



Original English version © 2012, United Nations Environment Programme.  
All rights reserved. ISBN: 978-92-807-3177-4 (English), 978-4-9907839-0-7  
(Japanese)

This publication may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from the copyright holder, provided acknowledgement of the source is made and any extracts are provided in their proper contexts. UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source.

*No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior permission in writing from UNEP and ERL. Applications for such permission, with a statement of the purpose and extent of the reproduction, should be addressed to:*

Publishing Unit  
Division of Communications and Public Information  
United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552  
UN Avenue, Gigiri  
Nairobi, Kenya  
unepub@unep.org

*While reasonable efforts have been made to ensure that the contents of this publication are factually correct and properly referenced, UNEP does not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents, and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned directly or indirectly through the use of, or reliance on, the contents of this publication, including its translation into languages other than English. This translation is not an official United Nations translation or publication. The translation has been undertaken by Environmental Reporting Lab (ERL) with kind permission from the United Nations Environment Programme (UNEP), the publisher of the original text in Chinese, English, Russian and Spanish. ERL takes sole responsibility for the accuracy of the translation.*

*The authors are responsible for the choice and the presentation of the facts contained in this publication and for the opinions expressed therein, and do not necessarily reflect the views or stated policy of UNEP.*

*The designations employed and the presentation of material in this publication do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of UNEP concerning the legal status of any country, territory, city or its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries.*

表紙デザイン: MJS, Kenya and Jason Jabbour  
レイアウト: Ali Cherri



オリジナル英語版©2012 国連環境計画。著作権保有。  
ISBN: 978-92-807-3177-4 (英語版)、978-4-9907839-0-7  
(日本語版)

本書は、出典が明記され、かついかなる引用文もその適切な文脈において提供されるということを条件として、著作権保有者から特別な許諾を得ず、教育目的または非営利目的で、形式を問わず全部または一部を複製することができる。本書を出典として利用する場合は、その出版物のコピーを国連環境計画 (UNEP) に送付していただければ幸いである。

本書は、国連環境計画 (UNEP) および一般社団法人環境報告研 (ERL) からの書面による事前の許可を得ないで、再販売またはその他の商業的な目的で使用されてはならない。その許可の申請は、複製の目的と範囲を記載し、以下に送付されるべきである。

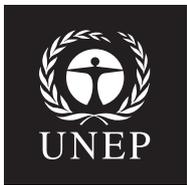
Publishing Unit  
Division of Communications and Public Information  
United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552  
UN Avenue, Gigiri  
Nairobi, Kenya  
unepub@unep.org

UNEP は、本書の内容が事実として正確で、かつ適切に文献参照がなされていることを確実なものとするよう相当な努力を払っているが、英語以外の言語への翻訳を含め、その内容の正確さあるいは完全性に対する責任は負わない。また本書の内容を用いたり、内容に頼ることによって、直接または間接的に引き起こされるかもしれないあらゆる損失や被害に対して UNEP には責任がないものとする。この翻訳は、国連の公式な翻訳あるいは出版物ではない。本翻訳は、中国語、英語、ロシア語、スペイン語の原本の出版者である国連環境計画 (UNEP) から許可を得た一般社団法人環境報告研 (ERL) によってなされた。環境報告研が、翻訳の正確さに対して単独の責任を負う。

本書に記載されている選択肢や、事実についての発表、およびそこで示された意見に対しては、執筆者たちが責任を負っており、それらは必ずしも UNEP の見解や政策を反映したものではない。

本書で用いられている設定および資料の提示は、国、領域、都市もしくはその当局の法的地位に関して、またその国境や境界の画定に関して、何ら UNEP 側の見解を示すものではない。

UNEPは環境にやさしい  
取り組みが、世界でそして自分  
たち自身の活動においてなされる  
よう推進している。この出版物は、  
持続可能に管理された森林の木材パルプ  
で作られた無塩素漂白の中性紙に印刷されて  
いる。私達は配本に際して、UNEPのカー  
ボンフットプリントの低減を目指している。



# GEO5 地球環境概観

Global Environment Outlook

## 第5次報告書 私達が望む未来の環境

上







# 謝辞

この地球環境概観第5次評価報告書（GEO-5）は、多数の個人による多大な貢献と並外れた投資によって作られたもので、彼等の知識、専門技術、見識が、本書の重要な本文を形作るのに役立った。UNEP は、本報告書を準備し出版するために、多くの政府、個人、機関によってなされた寄与に感謝する。本評価プロセスに関与した個人と機関の名前の全リストは、242～248 頁に掲載されている。中でも以下の方々には特に感謝の意を表する。

## ハイレベル政府間諮問パネル

Rajender Ahlawat, Hussein A. Al-Gunied, Mohammed Saif Al-Kalbani, Wahid Al-Shuely, Burcu Bursali, Mantang Cai, Jorge Laguna Celis, Raouf Dabbas, Guilherme da Costa, Martijin Dadema, Sandra De Carlo, Idunn Eidheim, Prudence Galega, Nilkanth Ghosh, Rosario Gomez, Xia Guang, Han Huiskamp, Jos Lubbers, John Michael Matuszak, Samira Nateche, Kim Thi Thuy Ngoc, Van Tai Nguyen, Jose Rafael Almonte Perdomo, Majid Shafie-Pour-Motlagh, Jiang Wei, Albert Williams and Daniel Ziegerer.

## 科学及び政策諮問委員会

Joseph Alcamo, Asma Ali Abahussain, Pinhas Alpert, Torkil Jonch Clausen, Ahmed Djoghlaif, Susanne Droege, Kejun Jiang, Nicholas King, Filipino Lansigan, Anne Larigauderie, Emilio Lèbre La Rovere, Jacqueline McGlade, Luisa T. Molina, Toral Patel-Weynand, Nicolas Perritaz, Carlos A. Quesada, Chirapol Sintunawa, Sandra Torrusio, George Varughese and Robert Watson.

## データ及び指標ワーキンググループ

Asma Ali Abahussain, Ezgi Akpınar-Ferrand, Barbara Clark, Sandra De Carlo, Volodymyr Demkine, Alexander Gorobets, Eszter Horvath, Koffi Kouadio, Murari Lal, Samwiri Muisi-Nkambwe, Ambinistoa Lucie Noasilalaonomenjanahary, Toral Patel-Weynand, Muhammad Munir Sheikh, Ashbindu Singh, Anil Kumar Thanappan, Susan Tumwebaze, Héctor Tuy and Jaap van Woerden.

## 統括執筆責任者

May Antoniette Ajero, Dolores Armenteras, Jane Barr, Ricardo Barra, Ivar Baste, James Dobrowolski, Nicolai Dronin,

Amir El-Sammak, Tom P. Evans, C. Max Finlayson, Erica Brown Gaddis, Keisha Garcia, Nesreen Ghaddar, Paul Roger Glennie, Yi Huang, Carol A. Hunsberger, Maria Ivanova, Jill Jäger, Peter N. King, Johan C.I. Kuylenstierna, Bernice Lee, Marc A. Levy, Lailai Li, Clever Mafuta, Ruben Mnatsakanian, Jennifer Clare Mohamed-Katerere, Alexandra C. Morel, Begum Ozkaynak, Neeyati Patel, Renat Perelet, Laszlo Pinter, Pierre Portas, Walter Rast, Asha Singh, Detlef P. van Vuuren, Roy Victor Watkinson and Joanna Noelia Kamiche Zegarra.

## 科学査読者(地球システム科学パートナーシップによってコーディネートされた)

秋元 圭吾, Mahmoud Ali, Erik Ansink, Masroor Ellahi Babar, David Barkin, Janos Bogardi, Philippe Bourdeau, Josep Canadell, Graciela Ana Canziani, Andrea Birgit Chavez Michaellesen, Kevin Cheung, Antonio Cruzado, Shobhakar Dhakal, Serigne Faye, Marina Fischer-Kowalski, Amadou Thierno Gaye, Mark O. Gessner, Evgeny Gordov, Dagmar Haase, 半藤 逸樹, Nick Harvey, Lars Hein, Gerhard J. Herndl, Shu-Li Huang, Falk Huettmann, Ada Ignaciuk, Muhammad Mohsin Iqbal, Louise Jackson, Sharad Jain, Ian Jenkinson, Rainer Krug, Nelson Lourenco, Angela M. Maharaj, 長島 美由紀, 成田 大樹, Isabelle Niang, Patrick Nunn, Jay O’Keeffe, Jean-Pierre Ometto, Ursula Oswald Spring, Claudia Pahl-Wostl, Nirmalie Pallewatta, Henrique M. Pereira, Erika Pires Ramos, Germán Poveda, Francesc Prenafeta, Seema Purushothaman, Dork Sahagian, Galia Selaya, Mika Sillanpaa, Maria Siwek, Erika Techera, Holm Tiessen, Klement Tockner, Aysun Uyar, Emma Archer van Garderen, Tracy Van Holt, Stefano Vignudelli, Hassan Virji, Angela Wagener and Hong Yang.

## アウトリーチグループ

Adel Farid Abdel-Kader, Robert Barnes, Matthew Billot, Peter Browne, Bryan Coll, Richard Crompton, Ivica Cvetanovski, Marie Daher, Salif Diop, Silvia Giada, Peter Gilruth, Elisabeth Guilbaud-Cox, Suzanne Howard, Alexander Juras, Satwant Kaur, Fatoumata Keita-Ouane, Fanina Kodre-Alexander, Alejandro Laguna, Thor-Jürgen Greve Løberg, Amos Muema, Nicole Lettington, Michael Logan, Angele Luh, Kelvin Memia, Graciela Mettemicht, Waiganjo Njoroge, Nick Nuttall, Neeyati Patel, Audrey Ringler, Stuart Roberts, Andrea Salinas, Ashbindu Singh, Janet Fernandez Skaalvik, Anna Stabrawa, Mia Turner, Frank Turyatunga, Isabelle Valentiny, Ronald Witt, Jinhua Zhang, Laetitia Zobel and Shereen Zorba.

## GEO-5 の財源

カナダ、ノルウェー、韓国、オランダ、スウェーデン、スイス、光州市(韓国)の政府は、UNEP 環境基金と共に、GEO-5 の制作とその後の広報活動のために必要な資金を

提供した。グリッドアレンダール (GRID-Arendal) と中南米の開発銀行からも寄付がなされた。



## 地球環境概観 5

**GEO-5 中心チーム:** Matthew Billot (Head of GEO Unit), Ludgarde Coppens, Volodymyr Demkine, Salif Diop, Peter Gilruth, Jason Jabbour, Fatoumata Keita-Ouane, Josephine Nyokabi Mwangi, Brigitte Ohanga, Nalini Sharma

**大陸域コーディネーターチーム:** Adel Farid Abdel-Kader, Fouad Abousamra, Silvia Giada, Graciela Metternicht, Charles Sebukeera, Ashbindu Singh, Anna Stabrawa, Frank Turyatunga, Jaap van Woerden, Ronald Witt, Jinhua Zhang

**制作コーディネーター:** Jason Jabbour

**制作支援:** Sarah Abdelrahim, Sylvia Adams, Joana Akrofi, Joseph Alcamo, Chris Ambala, Liana Archaia-Atanasova, Suzanne Bech, Charles Davies, Tessa Goverse, Loise Kinuthia, Fanina Kodre, Sunday Leonard, Erick Litswa, Kelvin Memia, Monika G. MacDevette, Patrick M'mayi, Edwin Mwanyika, Trang Nguyen, Thierry De Oliveira, Janak Pathak, Audrey Ringler, Pinya Sarasas, Tunnie Srisakulchairak, Mick Wilson, Shereen Zorba

**UNEP世界自然保全モニタリングセンター(UNEP-WCMC):** Mari Bieri, Satu Glaser, Maxwell Gomera, Abisha Mapendembe, Alison M. Rosser, Jörn Scharlemann, Matt J. Walpole

**地球資源情報データベースセンター、ノルウェー(GRID-Arendal):** Björn Alftan, John Crump, Lawrence Hislop, Tiina Kurvits, Thor-Jürgen Greve Løberg, Clever Mafuta, Riccardo Pravettoni, Peter Prokosch, Petter Sevaldsen, Janet Fernandez Skaalvik

**GEO-5 電子査察システム:** Herb Caudill, Shane Kunkle

**データ支援:** Andrea de Bono, Dominique del Pietro, Stefan Schwarzer, Jaap van Woerden

**地図とグラフ:** Riccardo Pravettoni (GRID-Arendal), UNEP/GRID-Geneva, Mattias Turini, Nieves López Izquierdo, Audrey Ringler

**編集チーム:** Bart Ullstein, Helen de Mattos, Christine Hawkins, Catherine P. McMullen, Jason Jabbour, Jörn Scharlemann

**デザインとレイアウト:** GRID-Arendal, Ali Cherri

**編集およびアウトリーチの調整:** Neeyati Patel

# 目次

## 上巻

謝辞	vi
はじめに	xiii
緒言	xiv
序章	xv

## 第1部：地球環境の現状と傾向

1

駆動要因	3
大気	31
陸	65
水	97
生物多様性	133
化学物質と廃棄物	167
地球システムの全体像	193
必要なデータの見直し	215
GEO-5の制作過程	233
頭字語および略号	237
寄与した方々	242
用語解説	249
索引	263

## 下巻

## 第2部：政策オプション

アフリカ
アジア太平洋地域
ヨーロッパ
中南米とカリブ諸国
北アメリカ
西アジア
大陸域の要約

## 第3部：地球規模での対応

シナリオと持続可能性への転換
地球規模での対応



## 第1章：駆動要因

人口転換 .....	7
都市人口、1950～2050年.....	8
人口密度の変化、1990～2005年.....	9
経済生産高の変化、1990～2005年.....	10
環境クズネツ曲線の簡単な説明.....	12
肉の供給の変化、地域別、1960～2007年.....	13
人口、GDP、貿易、CO <sub>2</sub> 排出量の成長、 1990～2008年.....	19
先進国と開発途上国との間での CO <sub>2</sub> 排出量の移動、1990～2010年.....	21
第二次世界大戦後の「大加速」 .....	22

## 第2章：大気

大気に放出された物質（選定された）による 影響と、物質間の相互連関.....	33
1850年から2010年までの温度変化と大気 のCO <sub>2</sub> 濃度の傾向.....	37
20世紀を通しての温度変化.....	37
冬と秋の北極の海氷範囲の傾向、1979～2010年.....	38
アフリカと南アジアと西アジアの降雨の傾向、 1960～1998年の5月から9月.....	38
化石燃料排出量における傾向、算出された 現実とIPCCシナリオ、1990～2015年.....	39
排出量の隔たり.....	40
二酸化硫黄排出量の地域傾向、1850～2050年.....	42
アジアにおいて酸性化被害の危険性のある エリアと酸性化に至るまでの期間.....	43
窒素酸化物とアンモニアの排出量の地域傾向、 1850～2050年.....	45
保護地域への窒素沈着の傾向、2000～2030年.....	46
PM10に対する各国の環境大気質基準と WHOのガイドライン.....	48
選定された地域や都市における都市のPM10 の傾向、1993～2009年.....	48
北半球の汚染地域を覆うオゾンの発生源、 1850年と2000年.....	49
地表オゾン濃度の地域変化、1960～2000年.....	50
北半球の汚染地域における地表オゾン濃度の 変化の予想、2000～2050年.....	51
オゾン破壊物質の消費量、1986～2009年.....	52
成層圏におけるオゾン破壊物質の削減、 1994～2009年.....	52
南極のオゾンホールの広がり、1980～2010年.....	52
世界が回避したモデル計算によるUVインデックス、 1975年、2020年、2065年.....	53
加鉛ガソリンの段階的廃止、2002年と2011年.....	55

ガソリン中の鉛の段階的廃止に追随するスウェーデン のガソリンと血液の鉛濃度、1976～2004年.....	56
ガソリン中の鉛の段階的廃止に追随するアメリカ での血液中の鉛濃度、1976～2008年.....	56
基準シナリオに対して、CO <sub>2</sub> 、メタン、黒色炭素の排 出量を削減する対策を加えた場合に予想される効果.....	59
南アジアの一部を覆う大気の褐色雲.....	60

## 第3章：陸

2009年に耕地と牧草地に使用された面積（地域別）、 また1960年と2010年間の地球全体での変化.....	68
2010年に収穫された面積と、2001～2010年 間の変化（選定された作物別） .....	70
2007年における食糧供給の平均、および 1998～2007年間の変化（地域別） .....	71
地域別の森林地帯の変化、1990～2010年.....	72
世界における乾燥地と、人類が引き起こした 乾燥地の劣化の範囲.....	74
砂漠化防止条約（UNCCD）運用の目的と成果、 2010年.....	75
北極圏の植生の変化、1982～2005年.....	77
珠江デルタ地帯（中国）の都市の拡大、1990～2009年.....	78
開発途上国の都市人口の分布（都市サイズ別） .....	78
2050年までの農業に対する食糧安全保障と環境目標.....	80
気候変動による2050年に予測されるアフリカの サハラ以南における収穫量の変化.....	81
世界の人口と、肉、魚、海産物の供給の変化、 1992～2007年.....	82
ブラジルのアマゾンでの明確な森林伐採、 1988～2011年.....	83
湿度の高い熱帯諸国における作物（選定された） の耕作面積、1960～2010年.....	84

## 第4章：水

主な河川流域での水不足、1996～2005年の年平均.....	102
部門別の取水量と将来予測、2000～2050年.....	103
世界の年間の地下水の減少量、2000年.....	104
世界と大陸域の年間の水フットプリント、 1996～2005年.....	105
世界の灌漑効率、2000年.....	106
世界をめぐる仮想水の輸入と輸出とその流れ、 1996～2005年.....	106
洪水と干ばつによって影響を受けた人々と関連 する被害、1980～2010年.....	107
世界の中規模から大規模なダムの密度 .....	108
水文地質状況に基づいて推定される飲料水中 のヒ素の危険性.....	109
主要都市の近くの川の糞便由来の大腸菌濃度 （水媒介性の病原体の指標）1990～2011年.....	110
改良された下水設備を利用できない人口数とミレニアム 開発目標ターゲットとの対比、1990～2015年.....	111

世界の沿岸の低酸素地域と富栄養地域、2010年.....	112
特定の深海魚類での有機塩素汚染の傾向、 1995年～2005年.....	113
基盤施設への投資をした場合と、しない場合の 水安全保障への脅威、2000年.....	115
改善された飲料水を利用できない人々の数、 1990～2015年.....	116
地域別のコレラ患者発生数、1989～2009年.....	117
北太平洋におけるCO <sub>2</sub> 濃度と海洋の酸性化、 1960～2010年.....	120
南アジアと東南アジアの5か国における火力発電 と水力発電の工場立地と、水ストレスのレベル.....	121
統合的水管理プランの開発と実施における進展.....	122
18の地域海と64の大規模海洋生態系の図示、 2011年.....	124
国際河川流域、2000年.....	125
問題のタイプ別で見た淡水の紛争、1948～1999年 および2000～2008年.....	126

## 第5章：生物多様性

IUCN レッドリストにて絶滅危惧IA類、 絶滅危惧IB類、絶滅危惧II類とされている 脊椎動物に対する主な脅威.....	139
生物多様性の指標の傾向.....	141
乱獲によって世界的に脅かされている脊椎動物 の数（2010年）.....	142
世界の漁業資源の状態の変化（1950年～2006年）.....	142
エコロジカルフットプリント（1961～2007年）.....	144
生きている地球指数（1970～2007年）.....	145
鳥類、哺乳類、両生類、サンゴの全ての種に対する 種存続のレッドリスト指数（1980～2010年）.....	145
生物多様性と生態系サービスと人類の福利との関係.....	146
食用・薬用に使用される鳥類と哺乳類の種存続 に関するレッドリスト指数（1988～2008年）.....	147
IUCN レッドリスト用に評価された薬用植物種の 分布と保全状態（地域別、2009年）.....	147
侵略的外来種を制御するための誓約 （1970～2010年）.....	151
国によって設定された保護区の大きさ （1990～2010年）.....	152
各陸域エコリージョンにおける保護区の割合 （2011年、生物地理区）.....	153
すべての言語の中で、消失が危惧される言語 の割合（2010年）.....	155
遺伝資源の取得機会と利益配分に関する措置の数 とタイプ（2011年）.....	156
種の変化のシナリオ.....	158

## 第6章：化学物質と廃棄物

バーゼル条約の締約国による国の報告書の送付、 1999～2009年.....	173
---	-----

国別の化学物質の売上高、2009年.....	174
化学物質のライフサイクル分析.....	176
海岸に打ち上げられたプラスチック中のPCB.....	177
人体中のDDTレベル、1960～2008年.....	179
北半球の2つの現場での大気監視データから 得られた2種類のPCBの（経年的）傾向、 1995～2005年.....	179

## 第7章：地球システムの全体像

大気中のCO <sub>2</sub> 濃度の変化.....	195
様々な駆動要因とフィードバックに起因する レジームシフトの例.....	198
地球表面の年平均気温について観測された 1960～2009年の変化.....	199
ヒンドークシュ山脈からヒマラヤ山脈の地域 の最近の洪水.....	202
カナダの森林火災、1920～1999年.....	205
米国連邦エネルギー情報局によって特定された 世界のシェールガス堆積盆.....	205
大陸域のエコロジカル・フットプリントと バイオキャパシティ、2002年.....	206
世界の物質採取、1900～2005年.....	207
地球システムのプロセスにおいて、臨界閾値を 超えてしまうことを回避するために設定され る限界である惑星限界の概念についての記述.....	208
遷移の段階.....	209

## 第8章：必要なデータの見直し

環境統計上での国の概要の例、ウガンダ.....	226
国の環境統計プログラムとテーマ別の取組率 （2007年）.....	228

# 表

## 第1章：駆動要因

人口統計データ、2011 年.....	6
国際的な移住、1950～2100 年.....	8

## 第2章：大気

ミレニアム開発目標の達成に影響する 大気の問題.....	34
大気の問題に関して国際的に合意された目標 とテーマ（選定されたもの）.....	35
温室効果ガスの濃度、2005 年、2009 年および 2010 年.....	38
粒子状物質の大気汚染による世界疾病負担.....	47
目標に向けた進展.....	61

## 第3章：陸

国際的に合意された土地に関する目標やテーマ （選定されたもの）.....	67
2010 年のプランテーション面積と、 2000～2010 年間の増加（地域別）.....	73
世界の湿地帯の推定量.....	76
木材と繊維の消費、2002 年と 2008 年.....	85
目標への進展.....	89

## 第4章：水

国際的に合意された水に関する目標とテーマ （選定されたもの）.....	101
主要な水文に関わる変数への、観測された 気候変動による影響とその将来予測.....	118
目標への進展.....	127

## 第5章：生物多様性

生物多様性に関して国際的に合意された ゴールと課題（選定された）.....	138
ゴールに向けた進展.....	159

## 第6章：化学物質と廃棄物

化学物質と廃棄物に関して国際的に合意された 目標（選定されたもの）.....	172
旧式の農薬の量.....	181
世界の放射性廃棄物の保有目録、2004 年.....	182
目標に向けた進展.....	187

## 第8章：必要なデータの見直し

環境 Data Explorer のデータ提供者.....	219
環境情報に対する大陸域のイニシアチブと 優先事項（選定されたもの）.....	225

# Box

## 第1章：駆動要因

教育を通しての人口転換の促進.....	7
繁栄を表す GDP に勝る指標.....	11
温室効果ガスの排出と国際貿易.....	21
情報通信技術の悪循環？.....	24
駆動要因を中心にした考え方の結論.....	26

## 第2章：大気

気候変動.....	36
硫黄汚染.....	41
大気の大気汚染.....	43
粒子状物質.....	46
対流圏オゾン.....	49
成層圏オゾン.....	51
ガソリン中の鉛.....	54
短期の気候変動を限定的にし大気質を向上させる ための相補的な活動.....	59
大気の色雲.....	60

## 第3章：陸

飢えの根絶.....	68
森林.....	71
ミシシッピ川に沿った湿地の回復.....	79
ケニアのマウ森林複合体.....	79
ブラジルの森林政策と、大豆生産の一時停止.....	83
インドネシアにおけるヤシ油の拡大と熱帯 雨林の破壊.....	84
持続可能な乾燥地の管理.....	88

## 第4章：水

ヨハネスブルグ実施計画の第 26 節(c).....	100
水不足.....	102
水の需要.....	103
水利用の効率.....	105
極端現象.....	107
ダムと河川分断化.....	108
地下水汚染.....	109
病原性の汚染.....	110
栄養塩汚染と富栄養化.....	111
海ゴミ.....	112
有毒化学物質.....	113
バラスト水と侵入生物種.....	114
水の安全保障.....	114
改善された水へのアクセス.....	115
水に関連する疾病.....	116
アフリカの子供たちの下痢.....	117
人の安全保障への気候変動の影響.....	118

海面上昇.....	119
海洋の酸性化.....	119
ディープウォーター・ホライズン石油流出.....	121
水力発電への干ばつの影響.....	122
統合的水管理.....	122
競争と紛争.....	125

## 第5章：生物多様性

生物多様性戦略計画 2011-2020 及び 愛知ターゲット.....	136
生物多様性のビジョン：自然と共生する世界.....	139
地球規模生物多様性概況.....	140
生物多様性への圧力の指標である エコロジカルフットプリント.....	144
遺伝子組換え.....	150
コミュニティによる管理の例.....	154

## 第6章：化学物質と廃棄物

多国間の環境協定および化学物質の適正な管理.....	171
ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002) の第 23 節.....	173
OECD の廃棄物.....	175
船上で発生する廃棄物.....	178
人の健康と環境と残留性有機汚染物質.....	178
資金調達：進行中の課題.....	186

## 第7章：地球システムの全体像

人の活動によって影響を受けた地球システムの 相互作用の例.....	196
レジームシフト.....	198
南極の生物多様性.....	200
エコロジカル・フットプリント.....	206
危機に対する革新的な対応.....	210
グレートバリアリーフのガバナンス改善という遷移.....	210

## 第8章：必要なデータの見直し

地球環境を変化させている駆動要因について 欠落している3つの主要データ.....	217
ヒマラヤ山脈の氷河のモニタリング.....	222

# はじめに

環境変化の速度や規模を理解したいと願う者は、誰もが、UNEP の最も重要な評価報告書であるこの地球環境概観 (GEO-5) : 「私達が望む未来の環境」が、どんどん先へ読み進めたいような報告書であることがわかるでしょう。また、本当に持続可能な世界へと私達を近づけることができるパラダイムシフトを求める者は、誰もが、この GEO シリーズの最新版にそのチャンスや政策オプションがあふれていることに気付くでしょう。

GEO-5 は、この種の評価報告書としては、最も包括的で、最も公平で、最も詳細なものとなるよう構成されています。各分野の第一人者および国連提携機関による研究、ならびに国連システム内およびそれを越えて為されている膨大な調査を引用し、近年の科学知識を総集させたものを反映しています。

GEO-5 の発表 (リリース) は、持続可能な発展について今の時代に考えることを議題に定めたリオデジャネイロ地球サミットから 20 年が経過した 2012 年に開催される国連持続可能な開発会議 (リオ+20) の準備の最終段階に、時期を合わせて行われます。本報告書は、世界のリーダーたちが、リオ+20 およびその先で、なぜ断固としたリーダーシップを発揮する必要があるのかを明らかにしています。また地球とその住人の現状、傾向、軌道を明らかにし、積極的な環境変化を構築していくための世界中からの 100 を超えるイニシアチブやプロジェクトや政策を提示しています。

世界は人口増大、明らかな不平等、そして不安定な環境基盤を抱えており、持続可能な発展をするには諸政府が協働して、経済、社会、環境で構成される「よりひも」の平衡を保っていくことが不可欠です。GEO-5 は、行動が遅延することによるリスクと共に、持続可能な発展を理論から現実へと転換させるためのオプションを明らかにしています。私は、我々が望む未来を創造するために、この時代のチャンスに投資したいと思うすべての方々に GEO-5 を推薦致します。



*Kim Moon Ban*

パン・ギムン

国連事務総長

ニューヨークの国連本部にて、

2012 年 5 月

# 緒言

古代のエジプト、ギリシャ、中国の時代から、イスラム黄金時代やルネッサンスを通じて、哲学者や科学者は、自然界の力やプロセス、およびそれらの中に置かれた人類の立場について、解明しようと努力してきました。過去半世紀ほどで、産業化による影響に対して懸念が抱かれるにつれ、この努力が加速されるようになり、かつては環境変化にとって取るに足りない影響しか及ぼさなかった人類が、ごく最近では、生物多様性損失から気候変動に至るまで、今やその主要な駆動要因になっていると認識されるようになり、ますますその解明への取り組みに力が注がれています。

地球環境概観 (GEO-5) : 「私達が望む未来の環境」は、この壮大な歴史の一部であり、2050年には90億人以上になるうとしている現在70億の人々を擁する一つの惑星上で起きている、過去に前例のない消費と生産のパターンに対して、生態系や大気が反応しているやり方について、一般の人々が理解できるようにすることに大きく貢献します。地球の現状についての本報告書による世界的な発見や地域的な発見は、やはりハッとさせられる、深刻な懸念を引き起こす内容であり、6月のリオ+20サミットに出席される世界のリーダーや代表者に、なぜ自分がそこにいるのか思い起こさせることになるでしょう。

科学と政策をその間に橋を架けてつなげることは、依然として難しく、科学による発見を環境の法令や政策策定に反映させることは、1992年のリオデジャネイロ地球環境サミットからさらに1972年のストックホルム人間環境会議にまでさかのぼる難題です。そのような中であって励まされることは、科学的理解や技術的進歩の高まりに、耳が傾けられなかったわけではないことであり、絶滅危惧種の取引、オゾン層の保護、気候変動、生物多様性損失、残留性有機汚染物質の禁止のような問題を対象とする数多くの条約や協定がもたらされました。

GEO-5は、国際的に合意された諸目標の達成に向けた進展を評価することを通して、またその達成に当たって欠落している点を特定することで、本報告に新たな一面を加えています。評価された90の目標や目的のうち、4つだけが著しい進展を示すことができました。等しく懸念事項であるもののうち、14の目標および目的に対する進展については、データ不足であったために、評価できませんでした。

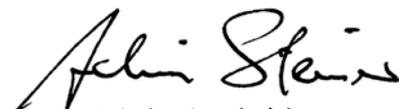
GEO-5でなされたもう一つの改革は、世界中の国やコミュニティで成功裡に試行された100を超える政策や変革的な活動の中から、大陸域 (region) で選定されたものに焦点を当てるやり方です。これらの政策オプションは、政策決定者に自分たちの状況にあてはまるかもしれないツールを提供します。



そういった政策オプションは、グリーン経済と名付けられる新たに出現している広範な取り組みの一部であり、持続可能な発展や貧困根絶を目指す状況の中で、リオ+20が掲げる二つの主要テーマのうちの一つです。リオ+20の目的は、誓約の評価とその更新ですが、また一方で、その目的は、証拠に基づく政策策定に科学的な諸発見を組み入れることであり、世界を持続可能な方向へと向かわせる取り組みに社会を再度関与させることです。

1992年のリオデジャネイロ地球サミット以降の20年間の持続可能な発展について諸国家が評価する際に、その達成が不十分であるものや、風土的な知識の南北間での分断は、優先議題にされるべきです。

以上要約しますと、科学が政策策定を下支えしなければなりません。第5次GEO評価報告書が示すように、それは十分にはなされていません。科学に基づいて政策を実現したり実施することが、現実において欠落している点ですが、これは、より多くの人工衛星による観察、フィールドモニタリング、計算、シナリオモデリングによって、またGEO-5が裏付けた現実に対して取り組む勇気と、決断力と、政治的指導力によって克服されることが可能です。

  
アヒム・シュタイナー

国連事務次長で国連環境計画の事務局長

# 序章

## 地球システムの状況

地球システムはすべての人間社会とその経済活動に対して基盤を提供している。人々は、呼吸するためのきれいな空気、飲むための安全な水、食べるための健康的な食糧、商品を生産し輸送するためのエネルギー、そしてこれらすべてのサービスに対して原材料を提供する自然資源を必要とする。しかし、今日生きている70億という人々の集団は、地球システムが廃棄物を吸収して、環境への悪影響を中和する能力を越える加速度と強度で、地球資源を不当に使っている。実際、いくつかの重要な資源が枯渇または劣化し、世界のいくつかの地域では、既にこれまでの発展が制約を受けている。

地球システムは物理的、化学的、生物的、人的な要素で構成される単体で自己調整するシステムとして機能しており、その中での人類の活動による影響は、惑星規模で検知されることができる(第7章)。このことによって科学者たちは、大気、地質、水文、生物、その他地球システムのプロセスが、人類の活動によって変化させられているという証拠に基づき、今の時代に対して「人新世」という新しい地質年代を定義付けた。最もたやすく認識された変化は、世界的な気温と海水位の上昇、海洋の酸性化などで、それらはすべて温室効果ガス、特に二酸化炭素やメタンの排出の増加に関係している(第2章と4章)。人類が引き起こしているその他の変化は、自然の生息・生育地が破壊されて種の絶滅を引き起こす農業や都市化による、広大な森林破壊や土地開墾などである(第3章と5章)。

人類は局所環境に及ぼす自分たちの活動の影響には長らく気づいていたが、これらの活動が累積して地球環境に影響を及ぼし得ることが、最近の数十年で初めて明らかになってきた(第1章～7章)。過去においては、自然資源に対する人為起源の圧力はそれほど広がらなかったため、地球の大気、陸、水は、人の消費と生産の負荷を支えることができた。しかし20世紀の後半には、多くの多様な局所環境で起こる変化の影響が、加速度的に組み合わせられて、世界的な影響を生み出すようになった。グローバル化は、消費者たちが自分たちの地域社会で生産されるのであれば拒絶していたであろう状況であっても、その商品が生産されることを可能にしたり、廃棄物が目に見えない所で輸出されることを可能にし、人々が廃棄物の大きさやそれによる影響の両方を無視できる状況を作り出す。しかし廃棄物(waste)が、文字通り(wasteには荒涼とした広がりという意味もある)、地球の端まで到達するようになるにつれ、環境に及ぼす懸念もグローバル化されるようになった(第1章)。

これらの地球システムに対する脅威のために、科学界や政策策定者は、持続可能で協力的なやり方で課題に対応できるよう、より一層緊密に協力するようになった。

## 科学—政策の状況

1972年の国連人間環境会議で、科学界や保全のコミュニティによって取り上げられた環境への重大な懸念について議論するために、119ヶ国が初めて集まった。その会議は第一歩としてUNEP(国連環境計画)を創設し、国際的および国連全体の環境行動に触媒作用を引き起こした。そして20年が経ち、リオデジャネイロでの国連環境開発会議が、持続可能な発展を導入するための青写真であるアジェンダ21を承認した。その「持続可能な発展」という概念は、「環境と開発に関する世界委員会」による1987年の報告書「我ら共通の未来」の中で「将来の世代が自らのニーズを充足する機会を損なうことなく、今日の世代のニーズを満たすこと」として初めて明らかにされた概念である。アジェンダ21は、新世紀の2010年代になっても、特に消費に関してこれから適用されるべき多くの指針を備えた活力ある適切な手引き書であり続けている。

21世紀になって国連の役割について議論するために世界のリーダーを集めて開かれた2000年のミレニアムサミットは、国際的発展が停滞していた間に経済的目標に焦点が当てられたことで生じた欠陥を補うため、8つのミレニアム開発目標(MDGs)を立てた。MDGsは、各国の政策の中に持続可能な発展原理を組み入れることを提案し、また期限付きターゲットを設定し、評価指標を確立して、人や環境資源の貧困化を反転させることを目指している。特に環境に取り組むMDG7は、生物多様性損失速度を2010年までに著しく低減させるターゲット、安全な飲料水や基本的な衛生施設を継続使用することができない人々の割合を2015年までに半減するターゲット、および少なくとも1億人のスラム居住者の生活を2020年までに著しく改善するというターゲットを設定している。

人の幸福と環境変化との関係についての理解が進むにつれて、それを政策決定者に関連付けさせる試みも進んだ。社会の発展や経済活動が環境サービスに依存していることは、徐々に理解されつつある。経済は、市場性のある商品やサービスを生産するために自然資源や人的資源を用い、一つまたは複数の社会、あるいはその社会間で機能している。と同時に、それらの社会は、大気、陸、水、生物多様性、その他物的資源などの物理的限界によって決定される環境の中に存続し、繁栄している。

相互作用する環境の力、社会の力、経済の力が生み出す複雑なシステムに焦点を当てた相当量の研究がなされてきたが、研究者が情報や通信技術を用いて、複雑で込み入った地球システム全体をモデル化し検証することができるようになったのは、まだ最近の20年に過ぎない。

複雑な地球システムの持つ力やニュアンスを正しく理解する能力が身に付いたことで得られる見識は、地球という惑星を管理する国民国家の義務や責任について新たな認識が必要となっていることをいやが応でも知らせることになった(第16章と17章)。そのため、環境と開発についての目標やターゲット

トを単に実現するだけでなく、より力を持つ人々の欲求に対しても、最も脆弱な人々のニーズに対しても対処し得る、地球規模での持続可能性を目指す特別な目標の開発が求められる。

そのような目標を入念に仕上げるには、目標の達成に向けた進展について、それを導き、追跡し、報告するための科学的に信頼できる指標や情報が必要となる（第8章）。統合された環境評価である IES (integrated environmental assessment) は、広範なツールキットの中でも、この要求を満たすために開発されたツールである。しかし、ほとんどの場合、IES によって発見された内容やその他の科学情報を、国際政策の優先事項の中に十分に組み込むことができるようにする政策の開発や改正ができていない。

## 背景

UNEP の GEO、つまり地球環境概観 (Global Environment Outlook) の主要な目標は、地球環境の現状と傾向についての情報を、政府と利害関係者に絶えず提供し続けることである。GEO 報告書は、過去 15 年にわたって地球環境に関する豊富なデータや情報や知見を調査し、潜在力のある政策対応を特定し、将来に向けた展望を提供してきた。その評価と、評価のための協議プロセスや協働プロセスによって、利用可能な最善の科学的知識が、政策決定者向けの関連情報に変換され、科学と政策の間のずれを補う働きをしてきた。

これまでの GEO 報告書は、様々なテーマにわたって総合的で学際的な概観を提供する統合的アプローチを用いて、環境問題の分析や対応策の特定に焦点を当ててきた。今回の第5次地球環境概観 (GEO-5) は、これまでの報告書を踏まえて、継続的に環境変化の現状、傾向、展望を分析し、環境変化への対応策を提供する。しかし GEO-5 は、さらにその上に、国際的に合意された目標の達成への進展度を評価し、目標の達成に当たって欠落している点を特定することによって (第2章～6章) 新たな側面を加え、また各大陸域 (region) で浮上してきた有望な対応オプションを分析し (第9章～15章)、国際社会のための政策対応を提示することによって (第16章～17章) 新たな側面を加えている。さらに GEO-5 は初めて、単に環境に対する圧力を考察するだけでなく、世界を変化させている駆動要因を考察すると共に、環境問題が分析されるやり方に根本的な転換がはかられるべきであることを提案している。

GEO-5 を制作する際に UNEP 事務局によって進められた制作工程については GEO-5 制作工程の章で詳しく示されるが、GEO-5 は政府諮問機関、科学的諮問機関、および政策諮問機関に導かれた 600 名を超える科学者の集団によって作成された。

## 構成

GEO-5 報告書は、異なるが関連する3つの部分に分けられた17章で構成される。

## 第1部:地球環境の現状と傾向(上巻)

今日の急激に変化する社会経済的状况を探るために、第1章では、地球環境を変化させている駆動要因 (環境に様々なレベルの影響や圧力をかける全体に及ぶ社会経済的な力) について見ていく。第1章は、環境の難題を引き起こす主要な根本原因を特定して記述し、政策介入のためのいくつかの提案を行う。

GEO-5 は、駆動要因 (drivers)、圧力 (pressures)、状態 (state)、影響 (impacts)、対応 (responses) からなる DPSIR という分析のための枠組み (図1) を用いて、大気、陸、水、生物多様性、また GEO シリーズでは初めてとなる「化学物質と廃棄物」というテーマを加えて、地球環境の最新の現状と傾向を示す (第2～6章)。

DPSIR の枠組みは、社会と環境の間の複雑で多次元の因果関係を特定し評価するために使用される。GEO 評価で用いられるこの枠組みは、1990 年代中頃に OECD と欧州環境機構によって開発された「圧力-状態-対応」というモデルを拡張したものである。人口動態、経済需要、持続不可能な消費と生産のパターン、といった駆動要因が、環境に影響を引き起こすプロセスである。これらの駆動要因は、多くの場合、直接あるいは間接的に汚染物質や廃棄物の排出を増大させたり、壊滅的な資源採取を行うなどの環境圧力をもたらす。そのような圧力は、人と生態系の両方に対して同時に影響を及ぼしながら、環境への変化を引き起こす。DPSIR の分析的な枠組みは、これらのプロセスを特定するのに役立つ。最後に、その枠組みは、根底にある駆動要因に対する対応策だけでなく、生態系や人の健康に及ぼす環境圧力とその影響に対処するための対応策を提示するが、その対応策はコミュニティ活動から国際協定に至るまでの多くの規模で、多くの形態を探ることが可能である。

第2～6章では、国際的に合意された環境目標の中から選定された目標が、それぞれのテーマに対して達成されているかどうか評価され、第7章では、地球システムの全体像から見たテーマについての情報が分析され提供される。第1部は、さらなる調査、モニタリングと評価、科学的アセスメント、効果的な政策策定、のために必要な基本要件として、環境の現状と傾向を追跡するための関連データの収集、分析、解釈を強化する必要性を見直して締めくくる (第8章)。

## 第2部:大陸域からの政策オプション(下巻)

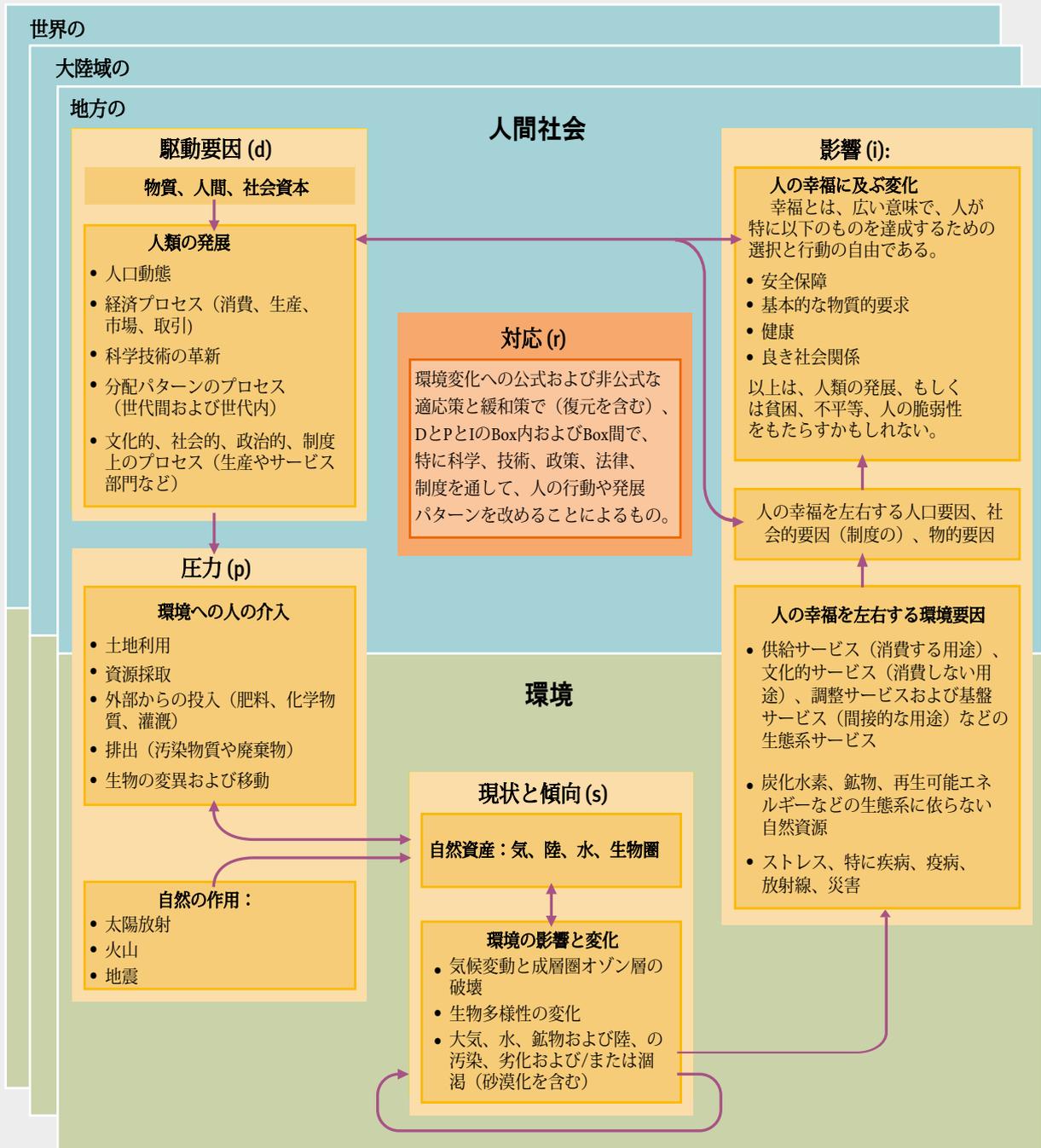
GEO-5 の第9～14章からなる第2部は、各大陸域 (図2) から示された政策オプションの中から、国際的に合意された目標の達成を加速するのに役立つ潜在力のある政策オプションについての評価が示される。これは UNEP の管理理事会によって要求されたもので、成功した政策を実施したいと望む読者に、検討するための有望な手段を提供する。

上記政策評価を指導するに当たって、多様な利害関係者による協議が各大陸域で開催され、優先度の高い環境課題と、その課題に関連する国際的に合意された目標が特定された。

政策を選定するに当たって、ふるい分け作業のあと、関連する目標に対して成功であるとする実績が示されているか、または有望な初期成果に結び付く革新的な特性が見られるか、のいずれかの政策または政策の集まりが選別され、さらに詳細に分析された。政策評価は、文献レビュー、文書化された事例研究、および専門家の意見に基づいてなされた。国際的に合意された

目標のうちのいくつかには多面的で定量化できない要素があり、また政策にはコベネフィットやトレードオフによる多次元で分野横断的な性質があるために、必ずしも一貫した評価方法を適用することはできなかった。また基本となるデータや指標が不足していたために、アプローチの一貫性も阻まれた。

図1 GEO-5でのDPSIRの概念的枠組み



出典: 2012 United Nations Environment Programme DEWA/ GRID-Geneva

政策の評価工程では、政策による恩恵と、政策を採用または成功させることになった条件が調査された。その他分析された特性は、政策が環境、経済、社会にもたらした成果についてのモニタリングと追跡； その他優先度の高いテーマや国際的に合意された目標に対してその政策が及ぼした分野横断的な影響； 新たな状況の中でその政策の応用の可能性などである。

各大陸域は、他の国々での再現や採用に際して、効果的かつ適用される可能性のある政策対応を特定した。その大陸域の章で特筆されたいくつかの非常に有望なアプローチは、諸政府によって綿密に分析され、できる限りテストされる価値がある。

第2部の最後の大陸域の要約の章（第15章）は、大陸域によって選定された優先度の高い環境課題の全体像； 共通する特徴、諸課題、チャンスについての考察； さらに政策オプションの要約を提示する。

### 第3部：地球規模での対応（下巻）

GEO-5の最後の部は、持続可能な世界に到達するために必要とされる行動の種類について分析することから始まる。まず既存の環境に関する条約と、特定のゴールやターゲットを持つ2050年に向けた可能なビジョンを構築するための国際的に合意された目標について見ていく。次に現在の傾向が継続する場合に起こり得る進展を描く従来の世界シナリオと、持続可能な世界を達成することを目指す世界シナリオという2つの起こり得るカテゴリーを背景に置いて、既存のシナリオ研究について見ていく。それに続く分析では、GEO-5によって特定された持続可能な開発ターゲットに世界を到達させることができるようにする様々な対策を特定する。しかし、これらのターゲットを達成するには、現在の傾向から根本的に脱却することが必要となる。グローバルな活動が深くかつ相互に結び付いたシステムにおいて、諸部門にまたがる政策の相互作用を説明する

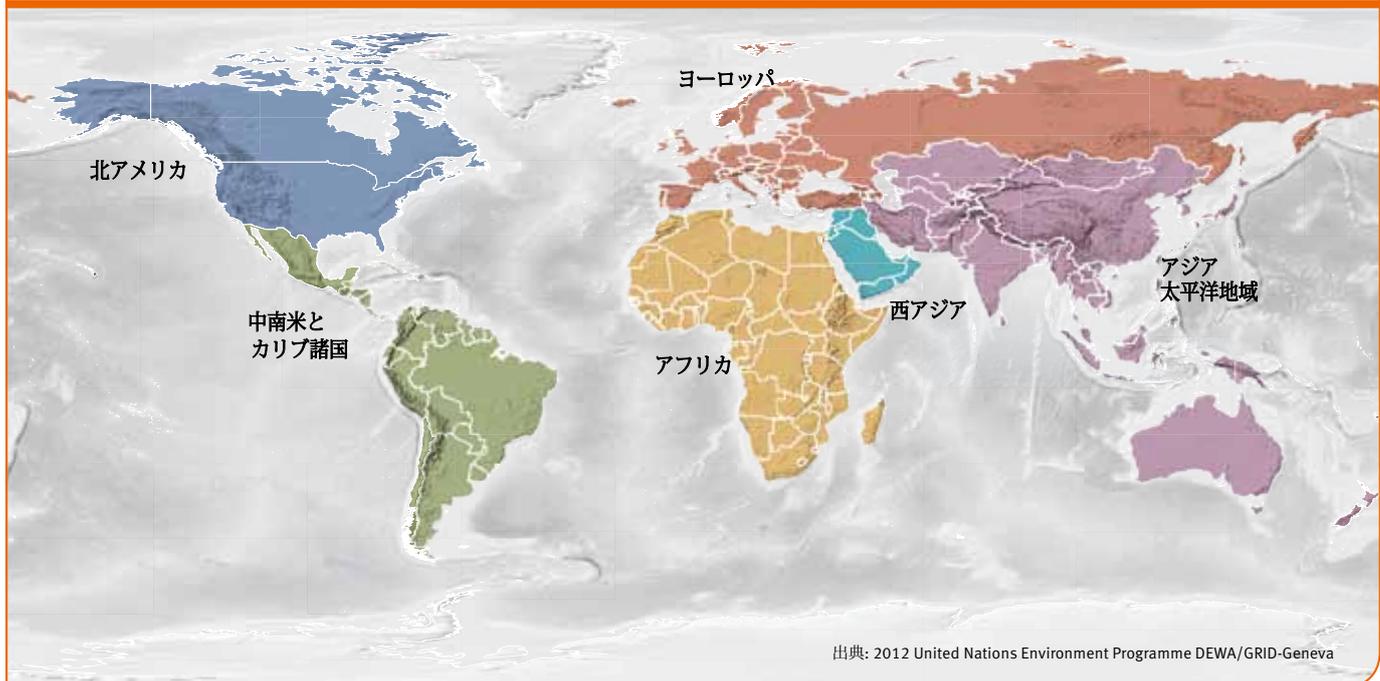
ために、一つの統合的で持続可能な世界シナリオを取り入れて、2050年に向けたビジョン（第16章）を達成する上で必要とされる政策変更の範囲と複雑さを検討する分析が行われる。

第16章と17章は、公共機関、民間企業、市民社会が、環境の変化に対して効果的で効率的な対応策をいかにすれば作成することができるか、知識の現状について見ていく。国と大陸域のレベルでの多くの対応策が、これらの課題のうちのいくつかに対処を開始していく軌道に社会を載せることに成功しているが、単一のアプローチでは、世界の環境変化にはうまく対処できないことが分析によって確認される。

GEO-5は必要に応じて、真に変革力のある政策と、それらの政策を成功させるために必要となる法的、制度的、政策上の枠組みを採用できるようにする関連国家による適用に結び付き、世界レベルで取り組むべき行動を特定して結論を出す。GEO-5は読者に、人類が直面している脅威の複雑さについて理解させるだけでなく、持続可能な未来へと向かうための可能な政策上の解決策や革新的な道すじも提供するだろう。

GEO-5によるプロセスは、国家と人々を鼓舞し、情報を伝え、将来世代の生活の質を危険にさらすことなく人々の生活の質を向上させることを可能にすることによって、環境を大切にしているリーダーシップを提供し、そして協力を促進していくというUNEPの使命に寄与するものである。その発展を促進するために、地球が、UNEPの地域事務所の懸案事項や付託権限を大きく反映する6つの地域（region：「大陸域」と訳す）に分けられ、各地域事務所がGEO-5準備作業チームに大陸域での支援を提供できるようにした。大陸域、サブ大陸域、およびその区域内の民族国家の全内訳は、[www.unep.org/geo/data](http://www.unep.org/geo/data)にて、環境Data Explore（以前はGEO Data Portal）上で見ることができる。

図2 UNEPの大陸域（UN region）



# 第1部：地球環境の現状と傾向

第1章： 駆動要因

第2章： 大気

第3章： 陸

第4章： 水

第5章： 生物多様性

第6章： 化学物質と廃棄物

第7章： 地球システムの全体像

第8章： 必要なデータの見直し



「私たちのふるさと地球の汚れた水域を覆うスモッグ、そして夕暮れに、太陽がその中を沈み行くのを見る度に思うのだが、ある別の惑星の未来の宇宙歴史家が、地球人類のことを『優れた才能、技術がありながら、将来への備え、大気、食料、水、アイデアを使い果たしてしまった』と言うのを本当に望むのかと、私たちは真剣に自分自身に問いかけなければならぬ。」

ウ・タント国連事務総長、1970年ニューヨークにて7度目の国連総会に臨む際に。

# 驅動要因



© sammeg/istock



統括執筆責任者： Marc A. Levy and Alexandra C. Morel

執筆責任者： Susana B. Adamo, Jane Barr, Catherine P. McMullen,  
Thomas Dietz, David López-Carr and Eugene A. Rosa

執筆協力者： Alec Crawford, Elizabeth R. Desombre, Matthew  
Gluschankoff, Konstadinos Goulias, Jason Jabbour, Yeonjoo Kim, David  
Laborde Debucquet, Ana Rosa Moreno, Siwa Msangi, Matthew Paterson,  
Batimaa Punsalmaa, Ray Tomalty and Craig Townsend

主科学査読者： Shobhakar Dhakal

章編集者： Jason Jabbour

# 主要メッセージ

地球の駆動要因が変化する規模、広がり、速度は、前例のないものである。急激に増大する人口、および成長していく経済は、環境システムを危うくする限界へと押し進めている。複雑な生態系に変動が生じると、突然のフィードバックを引き起こすことがあるという考えは以前からある。そこで、多大な科学的調査が行われ、人類が二酸化炭素排出を抑制しない場合、地球システムが直面するかもしれない閾値およびティッピングポイント（限界点）が調べられた。駆動要因の視点からフィードバックを理解することで、駆動要因の多くが予測不能な方法で相互作用していることが明らかになる。一般に、これらの駆動要因の変化率はモニターも管理もされていないので、臨界閾値に近づいていても、それを予測することも感知することもできない。危機的なことに、研究の多くは、駆動要因が生態系に及ぼす影響を理解しようとするものがほとんどで、変化した生態系が駆動要因に及ぼす影響、つまりフィードバック・ループに関するものではない。

貿易、金融、技術、通信が互いに連結するグローバル化のパターンによって、駆動要因における傾向が、世界中の集中する箇所において、非常に速く激しい圧力を生成するようになった。トウモロコシ、サトウキビ、ヤシ油、菜種から作られる輸送用のバイオマス燃料の生産が急増した。21世紀初頭にバイオディーゼル燃料は、その生産が年間約60パーセント成長したため、2009年に石油換算でほぼ1,300万トンに達し、広く利用されるようになった。しかし最近の情報では、大規模なバイオ燃料の生産による環境や社会への直接的な影響に懸念が投げかけられている。これらの複雑な問題には、例として土地の開墾と転用、侵入生物となり得る生物種の伝来、水の使い過ぎ、グローバルな食物市場への影響、食物やバイオ燃料を生産するための外国人投資家による土地の購入やリースなどがあり、それらは開発途上国や、時には半乾燥地域の国々において典型的に起こっている。

**駆動要因には、一般的に高い慣性と経路依存性があり、**

そのことが効果的な対策への障害として働くことがある。アメリカの農地の4分の3が、トウモロコシ、小麦、綿、大豆、米、大麦、オートミール、モロコシという、たった8つの農作物に専用されている。この専用は、高水準の農業補助金が交付され、食べ物の好みがあり、そうして食品加工経済が大規模に産業化されるという、一連の構造的制約が連動することによって強められる。例えば、アメリカで産業公害を生み出すトップ20の発生源のうち、8つが屠殺場であるが、この食糧システムに付随する環境問題や健康問題はよく理解されているにもかかわらず、その体質が非常に確立されたものであるために、修正が極めて困難になっている。

**環境を変化させる駆動要因を直ちに削減することは、政治的に困難に思えるかもしれないが、人類の幸福についての国際的目標のような、より適切な目標を掲げることにより、環境上のいくつかのコベネフィットを達成することは可能である。**教育は、世界人権宣言に含まれており、基本的な人類の権利として認められている。普遍的初等教育の達成は、ミレニアム開発目標の第2目標であり、男女平等と女性の社会的地位向上につながる。教育は、性と生殖に関する健康を入手できるようにするだけでなく、出生率のレベルを決定する重要な因子である。教育投資をより大きくすることが、出生率の低下、収入の上昇、長寿の増加と相関関係にあり、さらに環境問題に懸念を示すことができる教養ある市民の育成と相関関係にある。

**監視とモニタリングが成果をもたらす。**政策対応が直ちにできなくても、駆動要因の重要性に気付けば、監視とモニタリングを増大させる努力をすべきであることが分かる。本章において特定する最も重要な駆動要因の多くが、現状では、体系的なモニタリングを行う対象とされておらず、それらによる影響は、なおさらモニタリングされていない。そういう訳で、駆動要因およびそれらが環境と相互に結び付いていることについての理解と、モニタリングを強めることが切実に求められている。

# 序文

過去100年は、人口と世界経済の大きさの両方において、並外れた成長をしたことが特徴で、人口は4倍の70億人、世界経済の生産高は国内総生産(GDP)で約20倍に増大した(Maddison 2009)。この発展によって、社会の自然界との関係における規模、強度、形質が、根本的に変化した(Steffen *et al.* 2007; MA 2005; McNeill 2000)。これらの形質転換を追跡し分析することによって、地球の生物物理学システムの複雑さが新たに理解されるようになった。

地球システムは複合生物であるという考えを、ラブロック(1972)が導入してから40年になる。つい最近になって、科学的知識体系は、地球システムの多くが、超えてはならない惑星限界に到達しているという認識と格闘するようになった(Rockstrom *et al.* 2009)。これらの概念は、人類の発展が環境に依存していること、そして地球システムの生物、物理、化学的プロセスの上に、人類の活動の総集計を加えた時に導かれる帰結について早急に検討しなければならないことを知らせてくれている。人類の活動による影響には、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)とメタン(CH<sub>4</sub>)排出による地球規模での炭素循環の変化、窒素とリンと硫黄の循環の崩壊、水の循環を妨げる自然河川の流れの遮断、無数の種を絶滅へと導く生態系の破壊、地球の土地被覆の劇的な変化(Rockstrom *et al.* 2009)などがある。

## 枠組み

第5次地球環境概観(GEO-5)は、連続体としてつながる、駆動要因(Driver)、圧力(Pressure)、状態(State)、影響(Impact)、対応(Response)から成るDPSIRという枠組みを用いて構成される(Stanners *et al.* 2007)。駆動要因とは、環境の状態に圧力をかける、全体に及ぶ社会経済的な力のことである。GEO-4では、テーマの前後関係の範囲内で駆動要因を特定したが、GEO-5では、上記連続体上で、分野横断的な動的パターンに影響を及ぼし、かつ複雑なシステムの相互作用を引き起こす「人口」と「経済発展」という二つの主要な駆動要因を特定する。例えば、発展している都市部に食物や飼料や繊維を供給することによる圧力が、生物多様性を脅かし、その結果、気候変動による圧力が激化する。

圧力には、資源の採取、土地利用の変更、生命体の変異や移動なども含まれる。例えば経済成長や農産物の需要が上昇すると、農業の使用だけでなく、農業目的の土地転用も引き起こされる。同様に市場の需要や貿易やグローバル化のパターンが高まるにつれて、侵入生物種の不注意な輸送が引き起こされ、それらが新たに生息して自然生態系が破壊されるかもしれない。

DPSIRの枠組みでは3つの問いかけがなされる(Pinter *et al.* 1999)。

- 環境に何が、なぜ起こっているのか(圧力と状態)。
- 変化して環境はどのような結果になるのか(影響)。
- 適宜、それに対し何が行われ、それはどれほど有効なのか(対応)。

圧力の背後にある駆動要因の作用、そして圧力と駆動要因の間の関係について問いかけることによって、持続性のある論理的な議論へと導くことができる。GEO-5では、そのような作用や関係は、流動的で、時には偶然によるものであると仮定するが、それは本報告書の目的に沿うやり方である。

政策の決定を促すために、本報告書では、人類と地球システムの複雑な相互作用に対して介入する上で有利な場所であるレバレッジポイントについて検討する(Meadows 1999)。多くの場合、政策に対して最も重要なレバレッジポイントは、圧力そのものではなく、駆動要因であるかもしれない。環境上の圧力を削減するために駆動要因を変えることに関しては、相当なコベネフィットおよびトレードオフが起こるはずである。

選択された駆動要因について有効に記述するために、環境に作用する圧力についてよく理解するために、なぜ環境の変化が生じているのか、またもっと基本的には、なぜ圧力が存在するのかということに焦点を合わせた二つの問いかけがなされる。

- 駆動要因の規模や量はどれほどなのか。それを求めるには駆動要因が他のパラメーターに与える影響や効果の範囲、駆動要因の大きさとその成長速度の両方が必要である。
- 駆動要因の強度や質はどれほどなのか。それを求めるには、駆動要因が表し、影響を与える様々なプロセスと、駆動要因の組成が必要である。

## 駆動要因

人口増加および経済発展は、エネルギー、輸送、都市化、グローバル化といった圧力を及ぼす特有の側面を持ち、至るところに存在して環境を変化させる駆動要因であると見なされる。上記リストは、すべてを列挙していないかもしれないが、有効である。これらの駆動要因の増大とその間の連結を把握することが、それらの集合した影響に対処して、解決法を見つけるのに大いに役立ち、そうすることで、人間社会と経済が依存する環境上の利益が保全される。

## 人口

技術的進歩によって個々の影響が緩和されることはあるが、環境の圧力の多くは、自然資源に依存する人口数に比例して増える。鹿やネズミやウニの個体数は、それらの生態系の環境収容力を越えて増えると崩壊する。生態系は時には回復するが、時には永久に変わってしまう。このことが千年の間、人類の人口において起こっていて、人口は彼等の社会を支える谷や島や風土の収容能力を越えて増大すると、飢きん、疫病、または崩壊に直面する(Diamond 2005)。前世紀に人々は人口の増大と共に、地球表面のほとんどを開拓するようになったが、環境への圧力の本質に影響を与えるのは、単に人口の規模や量だけではない。それに加えて、人口がどう編成されているか、つまり移住者が残留者か、都市か村か、核家族か大家族かが、彼等の生活様式で彼等を支える環境の収容能力に違いを生じる。

## 量

人口は2011年に70億に達して、2100年までに100億に達すると予想されている(UN 2011)。国連統計部が定義した大陸域(region)で見ると、アジアとオセアニアを含む大陸域が最も人口が多く、アフリカは最も急成長している最も若い大陸域である。またヨーロッパと北アメリカは人口の成長が最も遅く高齢者の比率が最も高い。2012年時点で、地球人口が増大している原因の多くは、過去の人口増加からくる推進力、世代構成の変化、低開発国の農村地域の出生率が高いコミュニティ、その他であると言える(Bongaarts and Bulatao 1999)。出生率が低下しているのに、人口規模が増大していく明らかな矛盾については、人口の推進力によって説明される。前の数十年間の出生率が高かったことで多くなった若年世代が、現在、生殖可能な年齢グループに加わりつつあるか、加わっているためである。たとえ夫婦が少しの子供しか産まないとしても、この生殖可能な人口の増加は、全体として多くの出産をもたらす状況を引き起こす。

出生率については、割合は大きく異なるが、ほとんどすべての国々で低下している。地球規模のレベルでは、出生率は1950～1955年において1000人当たり37人の出生であったものが、2005～2010年には20人にまで下がった。また同時に合計特殊出生率、すなわち1人の女性が一生の間に生む子供の数が、1950～1955年の4.9から、2005～2010年の2.6に減少した(UN 2011)。開発途上国では、特殊出生率の減少がより顕著で、1950～2010年の間に、1人の女性当たり6.0から2.7に減少したが、低開発地域の国々における特殊出生率のレベルは、まだ広範囲に分布している。先進国の間で、出生率は、1950年に1人の女性当たり2.8とすでに比較的低かったが、2010年に1.6にまで落ち続けていて、置換水準である2.1に満たない(Box 1.1)(UN 2011)。世界人口の成長速度は40

年以上前にピークに達しているが、いくつかの推定では、2025年までにさらに10億人、世紀半ばになる前にさらに10億人増えると示唆されている(UN 2009a)。

出生率と死亡数は密接につながっている。例えば、妊娠が減ると、妊婦死亡率が低下する。まだ多くの国々では、妊婦の死亡は、出産年齢の女性にとって死亡の主要原因である。さらに、幼児や子供の死亡率が低下すると、親たちは自分たちの生き残る子どもに依存できるようになるので、出生率は下がる方向に動く(Palloni and Rafalimanana 1999)。

疫学的な変遷は、人口転換の出生率の側面に酷似している。出生率と死亡率が高い、初期の人口動態の段階にある地域では、幼児が次々と死んでいく。彼等のほとんどは、栄養不足と関係し、インフルエンザ、マラリア、結核、HIV/エイズのような伝染病で死んでいく。出生率と死亡率が低い、後期の人口動態の段階に入った地域では、乳児死亡率は低く、死は高齢者のものとなり、癌や心臓病による多くの死をもたらす肥満や老化と関係するようになる(Murray and Lopez 1997)。

死亡率の推移は、死亡率が改善されても、先進国と開発途上国とでは、依然はっきりと異ったままである。どこの国も乳児死亡率は下降し続け、平均寿命は上昇し続け、1950～1955年に47才であった世界の平均寿命は、2005～2010年には女性が70才、男性が65～68才になった(UN 2009a)。しかし地域で大きな差があり、後開発途上国の乳児死亡率、HIV流行の影響を受けた国々の若年層の死亡率、先進国の老年層の死亡率は、特にそうである(de Sherbinin *et al.* 2007; Rindfuss and Adamo 2004)。表 1.1 は、死亡率の顕著な相違を示す。乳児死亡率は、アフリカでは千人当たり74人、ヨーロッパと北アメリカでは千人当たり6人というように異なる。

表 1.1 人口統計データ、2011年\*

	アフリカ	アジアとオセアニア	ヨーロッパ	中南米とカリブ諸国	北アメリカ	世界(データを持つ全ての国)
人口1000人当たり出生率	36	18	11	18	13	20
人口1000人当たり死亡率	12	7	11	6	8	8
平均寿命	58	70	76	74	78	70
合計特殊出生率(1女性が一生に生む子供数)	4.7	2.2	1.6	2.2	1.9	2.5
出生数1000当たり乳児死亡率	74	39	6	19	6	44
人口1000人当たり正味の移住者	-1	0.04	2	-1	3	N/A
1990～2005年の国内移動, %	15.4	13.2	22.3	19.3	17.8	17.5
避妊具(全避妊法)を用いている15～49才の既婚女性, %	29	64	73	74	78	61
現代的な避妊法を用いている15～49才の既婚女性, %	25	59	60	67	73	55

\* 特に明記しない限り2011年のデータ

出典: PRB 2011; UNDP 2009

### Box 1.1 教育を通しての人口転換の促進

人口は、ミレニアム開発目標 (MDGs) などの重要な政策領域と直接関係するけれども、人口の水準や成長速度は、国際的な目標やターゲットの対象とされていない。人口の圧力を下げる最も費用対効果の大きい方法は、避妊の要望を満たすことによる。多くの国々が、少女に対する教育に投資することによって、避妊の要望を増大させると同時に、満たされていない要望に応じる政策目標を策定している。妊娠のおよそ 40 パーセントが予期せぬものであるならば、避妊を潜在的に必要とする大きなポテンシャルが存在する (Singh *et al.* 2010)。

教育は、世界人権宣言に含まれる基本的な人権として認識されている (UNDHR 1948)。普遍的初等教育の達成は、2 番目のミレニアム開発目標 (MDG) であり、男女平等の推進と女性の地位向上につながる (UN 2000)。教育は、性と生殖に関する健康 (MDG 5b) へのアクセスと共に、出生率を決める重要な要素である。教育投資を増大させることは、出生率を低下させ、収入を増加させ、寿命をより長くすることと相関性があり (Bulled and Sosis 2010)、さらに、教養のある人々の集団は、環境問題により大きな関心を示すことができる (White and Hunter 2009)。

開発途上国では、少女達への教育は、出生率を低下させるだけでなく、関連する死亡率をより低くし、健康を向上させるために重要である (Lutz and Samir 2011)。1970 年～2009 年の間に、5 歳未満の子供の死亡を半分以上防ぐことが出来たのは、生殖可能年齢の間に女性たちへの教育を促進させたおかげであると言える (Gakidou *et al.* 2010)。さらに、女性は教育で、より大きな社会経済的な立場を獲得することによって、より一層、暴力に抵抗できるようになってきた。この権限の付与は、例えば、女性が HIV/エイズ感染を避けるのに役立っている (Bhana *et al.* 2009; Vyas and Watts 2009)。

教育に積極的に介入することで大きな可能性が生まれる。倫理的規範、社会経済的な善といった普遍的な教育を少女達に施すことによって、彼女等が子供をつくり家族を拡大させることについても、自分自身で選択できる権限を得るようになるだろう。地球規模で見ると、小学校に通わない 7,700 万人の子供のうち 60 パーセントが、少女である (CARE 2011)。2015 年までに全世界の子供達を小学校に入学させる MDG を達成するには、初等教育に現在毎年費やされている約 800 億 US ドルに、さらに年間 100～300 億 US ドルの投資の必要があると推定される (Bruns *et al.* 2003; Devarajan *et al.* 2002)。

移住は、人口の変遷を促進するもう一つの要素で、その変遷の初期段階では、地域における主として田舎と田舎の間の移住であったものから、後期段階では田舎と都市の間の移住および国家間の移住へとシフトすることが特徴である。その三つの変遷過程を持つ非常にダイナミックな人口移動が、地方と世界の環境に帰結をもたらす。移住は、環境に対して次の三つの直接的な影響のいずれをも及ぼすと言える。

- 田舎と田舎の間での移住は、多くの場合、農業の拡大を通して自然資源に直接的な世帯単位での影響をもたらす。
- 田舎と都市の間での移住とそれに関連する生計の変化は、多くの場合、エネルギー消費のパターンを変え、食肉と乳製品の消費を増大させ、そのことが生産性の高い農村地域での土地圧力を強める。
- また、国家間の移住は、家に送られる送金額によって、土地使用に投資される直接的影響、また食肉、乳製品、物的消費を増大させる間接的影響を及ぼす。

アフリカは、人口のほとんどが田舎に残ったままであるが、次第に都市化しつつある。アジア、オセアニア、ラテンアメリカ、カリブ諸国は、すでに大部分が都市化され、移住の流れは、ますます国家間でなされるものになっている。また、アメリカやヨーロッパでは、労働力の移動と関係する高い内部移住がある (UNDESA 2011; Zaiceva and Zimmerman 2008)。

田舎と都市の間での移住、および国家間の移住の送り出し側

のエリアと受け入れ側のエリアは、地域によってかなり異なる特性はあるが、送金を通してつながった状態にある。送金で駆動される土地使用の変更がもたらす潜在的な影響は重大であり、また送金で駆動される消費は、大きさにおいて同じでも、その環境への影響においては、より拡散する可能性がある (World Bank 2011b)。

図 1.1 人口転換

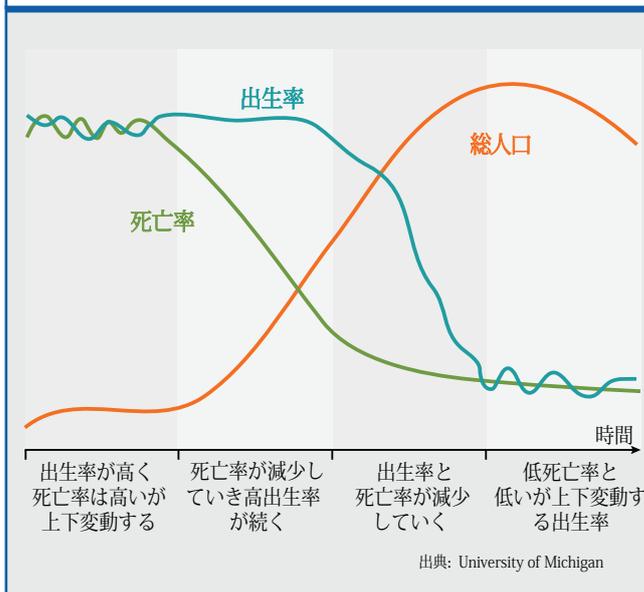
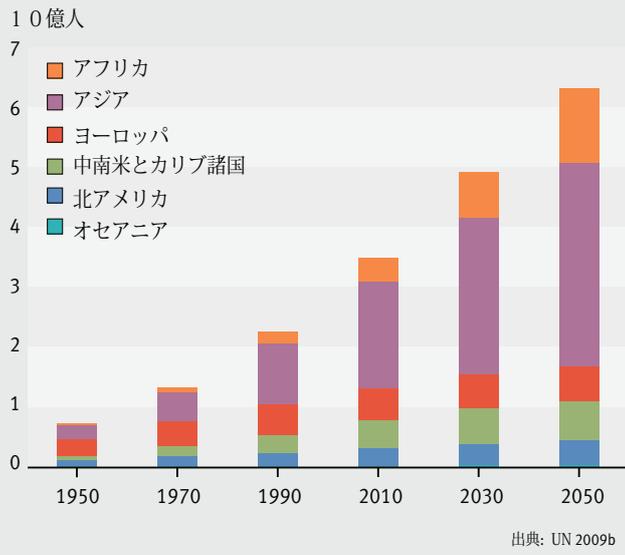


図 1.2 都市人口、1950~2050年



国内での移住は、田舎と都市の間の流れが次第に支配的になるが、その傾向は続くと思われる (Sommers 2010; Rindfuss and Adamo 2004; Cohen and Small 1998)。しかし、いくつかの開発途上国では、田舎と田舎の間での少数の移住者が、熱帯林伐採に大き過ぎるほどの影響を及ぼす (Carr 2009; Lambin *et al.* 2003)。沿岸地域や小さな島々に移住が増加すると、沿岸湿地帯および関連する漁場の環境保全に影響を与える場合がある (Rindfuss and Adamo 2004)。

世界人口は、2010年の人口密度が、マカオの1km<sup>2</sup>当たり21,000人から、グリーンランドの1km<sup>2</sup>当たり0.03人まで異なり、不均等に分布している。これは、植民の歴史、出生率や死亡率や移住といった人口動態の地域格差、いくつかの場所が

単に人類の居住に適さないという事実など、多くの要因によるものである (Adamo and de Sherbinin 2011)。人口は特に、より標高の低い所や海岸近くに集結する。1998年からの推定では、標高100m以下の地帯が、全居住地の15%を占め、その地帯に人口の約30%が住んでいることが示された (Cohen and Small 1998)。標高の低い沿岸地帯にはさらに集中し、全陸地面積の約2%に相当する地域に人口の13パーセントが居住し、急速に成長している (McGranahan *et al.* 2007)。

1950年に、都市部には世界人口の29%しか住んでおらず、1,000万人以上の人口をもつニューヨークと東京だけが、メガ都市としての要件を満たしていた。2010年には、アジアと中南米 (図 1.2) における都市人口の大部分を擁する20のメガ都市での都市部の人口が全人口の50%に達した。都市の成長率は、アジアとアフリカの両方で高く (Satterthwaite *et al.* 2010)、最近の数十年間では、中規模の都市が最も高い成長率を示している (Montgomery 2008)。

### 質

人口の大きさやその成長速度以上に、人々が定住するあり方や消費のあり方が、様々な生態系に影響を及ぼし得る。

2050年までの世界の純人口の増加のすべてが、世界の最貧都市で生じると予測されているが (UN 2009b)、すべての土地被覆の変化は、実質的には田舎の環境の中で起こるだろう。地球表面に人類が為した最も大きな刻印は、森林の農業への転用であった。現在、地球の地表の37.4%が農業生産に使用されている (Foley *et al.* 2011)。

地球の陸地表面の0.5%だけに局在 (Schneider *et al.* 2009) している都市部が必要とする食料のために使用される土地は、世界の土地利用の観点から見ると、不釣り合いに大きい。それに加えて、森林の喪失は、もはや農村人口の成長と相関性がな

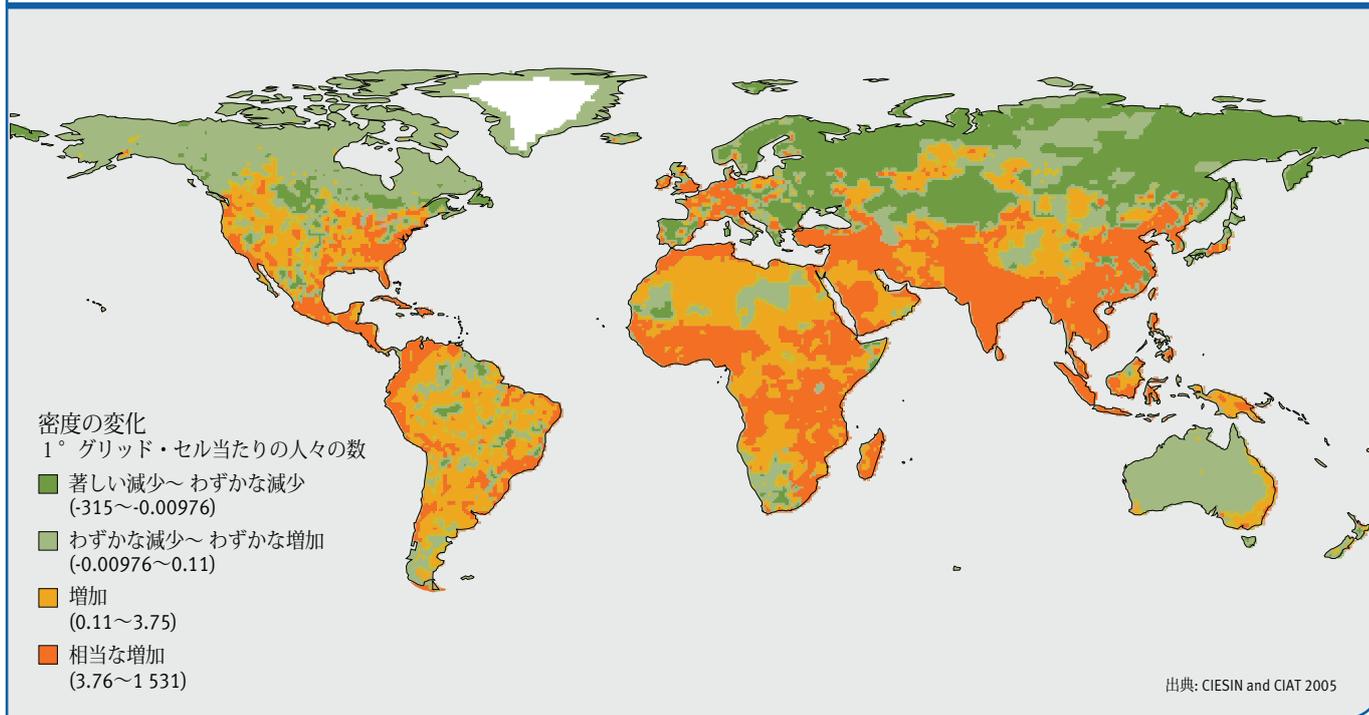
表 1.2 国家間の移住、1950~2100年

	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010
先進地域	6 122	6 076	5 643	7 433	11 895	13 821	17 450	16 558
発展途上地域	-6 122	-6 076	-5 643	-7 433	-11 895	-13 821	-17 450	-16 558
後発発展途上国	-4 872	-4 301	-5 735	-3 562	2 563	-3 061	-3 351	-5 559
後発発展途上国を除く、発展途上地域	-1 250	-1 775	92	-3 871	-14 458	-10 760	-14 099	-10 999
中国を除く、発展途上地域	-5 043	-6 210	-5 438	-7 194	-11 068	-13 535	-15 316	-15 107

注釈：数量は千単位。正数は入ってくる純移住を意味し、負数は出て行く純移住を意味する。

出典: UN 2011

図 1.3 人口密度の変化、1990～2005年



く、むしろそれは、国家規模での、農産物に対する国際的需要や都市消費のための森林伐採と連結している (DeFries *et al.* 2010)。

この世界は、田舎の居住者と都市の居住者のほぼ半分ずつに分けられる。その前半分には、空間的、時間的に土地に対して直接の影響を及ぼす田舎の食物生産者が含まれる。彼等が森林に及ぼす影響は、田舎と田舎の間での移住と、その移住に伴って森林が農地に転用されるために、特に深刻で広範囲なものになる。全移住者のうちのこの非常に少数の者たちが、熱帯林伐採に著しく大きな割合で関わっているのに、ほとんど調査されないままである (Carr 2009)。その活動の規模や拡散する性質があるために、駆動要因の観点からこの現象を制御することは、非常に難しい。後の半分は、急成長している都市人口であり、それらは限られた場所に集中しているが、土地に対するその影響は、たとえ間接的であっても大きい。

また、増大する人口は、水危機の根本的原因であることも確認された (UNEP 2006)。全体として、人類は作物栽培のために陸地の蒸発散量の4分の1以上を使用し、また利用可能な流出水の半分以上を使用している (Postel *et al.* 1996)。気候変動がいくつかの地域に、より多くの雨を降らせる一方で (Clark and Aide 2011)、アフリカの多くや中東では、膨張していく人口のために悪化していく水不足に苦しんでいる (Sowers *et al.* 2010)。さらに人口増加は、中国のような急進国における水不足にも関係している。つまりその都市の成長が、上水道と下水の設備を圧倒したため、利用可能な上水量が著しく低下した (Jiang 2009)。

人口は、ただそれだけの問題ではなく、例えばインドでは、地下水使用が、極めて不公平であり、10%の大規模農場が90%の地下水を消費している (Aguilar 2011; Kumar *et al.* 1998)。また民衆の喉の渇きだけが、その結果として生じるものではない。タンザニア共和国では、人口増加などの多様な一連の駆動要因が、水をめぐる紛争を引き起こした (Mbonile 2005)。さらにアフリカの至る所で報告されるように、水不足は移住を誘発することがある (Mwang'ombe *et al.* 2011; Grote and Warner 2010; Mbonile 2005)。

世界の環境変化を招く一つの駆動要因である人口に対処する際に、世帯を、消費パターンを分析するためのユニットと見なすことが可能である (Jiang and Hardee 2009; UNFPA 2008; Liu *et al.* 2003; MacKellar *et al.* 1995)。先進国では、世帯規模は、拡大家族から核家族へと家族構成が変化すると共に、縮小している (Bongaarts 2001)。結果として、世帯数の上昇は、人口の増加より速かった (Liu *et al.* 2003)。研究によれば、世帯数の増加は、電気器具の数を増加させ、一人当たりの消費電力量のレベルを上げるので (Zhou *et al.* 2011)、人口増加単独で発生するエネルギー消費量を2倍に上昇させる原因になり得ると指摘されている (MacKellar *et al.* 1995)。規模の経済の予想に従えば、一般により大きな世帯は、小さな世帯より一人当たりエネルギー使用が小さい (O'Neill *et al.* 2001; Ironmonger *et al.* 1995)。世帯の年齢構成も、エネルギー消費量に影響を及ぼす (Lenzen *et al.* 2006)。オーストラリア、ブラジル、デンマーク、インド、日本からのデータを用いて分析すると、世帯規模と都市への配置には負の相関関係が示される一方で、居住者の平均年齢と、一人当たりエネルギー

一消費量には明らかに正の相関関係があることが分かった。家屋数の増加は、主として人口密度の低い郊外の地勢において生じ (Seto *et al.* 2010)、ガソリン消費や汚染を増大させる乗用車や通勤車を増やす結果となるので、輸送もまた世帯数の影響を敏感に受けることになる。

世帯をユニットとする研究以外に、絶対的な人口規模に関連付けられる影響を特定する研究もなされている。カリフォルニア州の研究では、人口規模が窒素酸化物と一酸化炭素の排出量の増加に著しく寄与していることが分かった (Cramer 1998)。同様に、研究者たちは、人口規模と CO<sub>2</sub> 排出とが正の相関関係にあることを示し (Cole and Neumayer 2004; Mackellar *et al.* 1995; Bongaarts 1992)、二酸化硫黄に対しては逆 U 字型カーブの関係にあることも観察した (Cole and Neumayer 2004)。世帯と人口がどのように生態系に影響するかは、発展の段階、地理的スケール、および生態系自体に大きく依存する。そのことは第 2~6 章でさらに議論される。

## 経済発展

消費と生産は、共に経済発展の構成要素で、人口のように、環境への圧力に対して乗数的な効果を及ぼす。消費と生産は、専門的には別々の社会経済的な駆動要因であるが、それらは表裏一体であるので切り離して議論するのは難しい。つまり採鉱や林業という第一次産業による原材料の消費は、回りまわって個々の消費者によって消費される生産品の製造に生かされる。

## 量

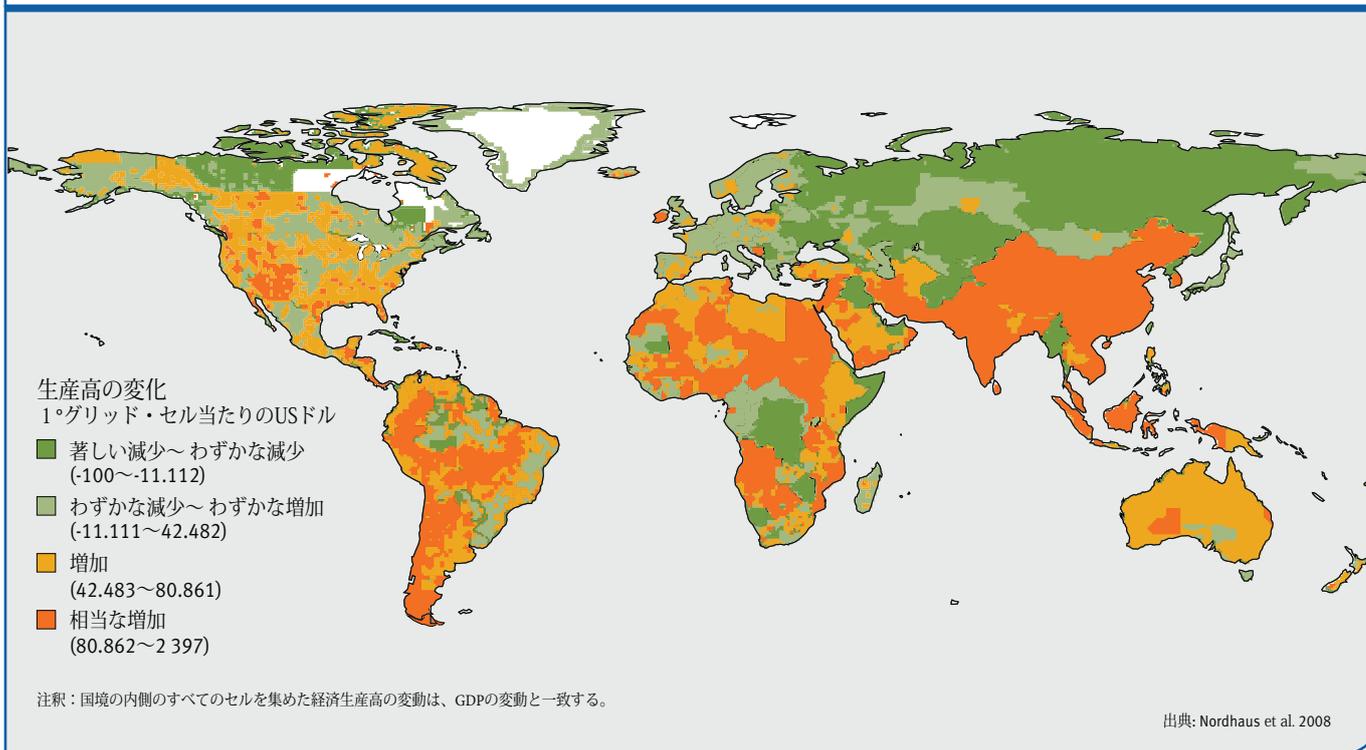
消費のための商品の生産には、鉱物、水、食糧、繊維といっ

た原材料と、エネルギーが必要である。20 世紀の間に、世界的な経済生産高は 20 倍以上に成長し、また原材料の採取は年間ほぼ 600 億トンに成長した (Maddison 2009)。人口によって消費されるこの原材料のレベルは、例えば緑色植物によって毎年生産されるバイオマスの量といったような、生態系の中を流れる大きな地球規模での原材料の流れと同規模のものである (Krausmann *et al.* 2009; UNEP 2009b)。

消費と生産の傾向は、先進国において安定しているように見える一方で、ブラジル、中国、インド、メキシコのような新興市場国では、一人当たりの資源使用とそれに関連する環境影響が、2000 年以降増加してきており (SERI 2008)、また低開発国では、より高い消費水準に向かってまさに移行し始めている。もし 2050 年まで世界的な経済発展が現状のまま続き、人口が予測通りに推移するならば、世界の資源使用の水準は、さらに急激に上昇しそうである (Krausmann *et al.* 2009; SERI 2008)。

1970~2010 年の間、購買力平価 (PPP) で測定された一人当たり GDP の世界平均成長率は、年間 -2% から 5% の間を上下し、平均は約 3.1% であった (World Bank 2011a)。しかし 2001 年以降、中国が 7 年で倍増することになる年間 10% で成長し、インドが 9 年で倍増する年間 8% で成長した。いずれもほとんど同じペースで環境圧力を増加させた。その結果、中国は今年年間の温室効果ガスの世界最大の排出国であり、また 2010 年以降、その経済の大きさはアメリカに次いで第 2 位である (World Bank 2011a)。

図 1.4 経済生産高の変化、1990~2005年



## Box 1.2 繁栄を表すGDPに勝る指標

経済実績をベンチマーク評価するためのこれまでの計算の枠組みでは、かなりの量の自然資本やサービスが外在化され（除外され）、そのために、重要な環境圧力やそれらを駆動する力が無視される。それらの圧力を含めるには、GDP や関連するベンチマークに代わる測定基準が必要である。そのような GDP に代わる手法は、通貨単位または物理的単位のいずれかによる測定が可能である。

GDP に代わる通貨単位でのアプローチは、従来の計算の枠組みを維持し、市場取引に対する従来の枠組みの信用の維持に努めるが、環境コストや圧力を内在化する（含める）ことによって従来の枠組みを補強する。これを達成する共通のアプローチは、1997 年にコスタンザらによって最初に試みられた手法であるが(Costanza *et al.* 1997)、市場および非市場の両方の費用便益を完全に計算することを目指し、自然資産やサービスに対して市場価格を割り当てるものである(Abraham and Mackie 2005; NRC 2004, 1994; Nordhaus and Kokkelenberg 1999)。

GDP に代わる物理的単位でのアプローチは、産業物質代謝または産業生態学の様式に根差したもので、経済を通過する原材料の流れの速度と量を特定しようとするものである。物質フロー勘定 (MFA) のようなシステムは、燃焼を介する抽出から、利用可能な商品への変換、消費者による消費、リサイクル、廃棄、管理に至るまで、資源の全ライフサイクルの過程からもたらされる資源に対する圧力や、環境への望ましくない影響も、より正確に明らかにできると推定される。

世界、国、都市の原材料の流れの傾向を示すために、二つの先行指標が使用される。

- 単位 GDP 当たりの原材料採取の合計
- 一人当たりの資源利用量である物質代謝率

20 世紀中に、原材料採取の合計が、70 億トンからほぼ 600 億トンまで増加する一方で、GDP は 24 倍増加した(Krausmann *et al.* 2009)。同期間に、一人当たりの資源利用が 4.6 トンから約 9 トンと 2 倍になる一方で、一人当たり収入は 7 倍に増大した(UNEP 2011a; Krausmann *et al.* 2009)。その時、資源価格は下落するか、停滞していた。総合

すると、これらのデータは、全体的に見た場合と、一人当たりを基準として見た場合のいずれにおいても、資源デカップリング（一経済活動当たりの資源利用量を減らすこと）または脱物質化が、20 世紀の間に起こったことを示す。その間に、デカップリングのために特に充当された包括的な政策は何も無かったので、それはおそらく世界規模の経済システム内の力によって、自然に起こったように見える。しかし、さらなる研究によって、その原因となった要因の特定が必要であることは明らかである。

使用可能なデータに制限があるため、かなり厳しい挑戦であるが、原材料使用が国別に増加しているか減少しているかが判断されようとしている。生産に基づく勘定体系では、環境圧力は圧力が生じている国に割り当てられるが、消費に基づく勘定体系では、製品が最後に消費される国に圧力が割り当てられる。

さらに、貿易勘定は、ただ単に国に入ってくる貿易商品の重量を計上するだけであって、直接的に貿易取引されない原材料が採取されたり動かされていても、そういった隠れた流れや間接的な流れは無視される。最後に、工業先進国は、原材料を輸入する傾向があり、開発途上国は輸出する傾向がある。先進国による高い資源利用は、実際には資源を輸出している国の中で起こっていることなので、上記のデータの制限やパターンのために、先進国の資源強度が大幅に低く見積もられている可能性がある\_(Caldeira and Davis 2011)。

同じ生活水準で、より人口密度の高い地域が、それほど高くない地域よりも、一人当たり資源消費量が少ないということになる場合は、これらのデータ制限が原因である可能性がある(Lenzen *et al.* 2006; Lariviere and Lafrance 1999; Kenworthy and Laube 1996)。産業化された人口密度の高い地域を人口密度の低い地域と比較する場合、その違いはより明白である。人口密度の高い地域は、都市化されているものと考えてよいから、これらの地域（辺境地でない）は、商品やサービスを受け取る国際貿易の中心地であるが、資源の採取は、一般的に人口の低い地域で行われていて、資源強度や環境影響はどこか別の場所でカウントされている(Rosa and Dietz 2009)。

中国の経済成長の多くは、国内市場と輸出向け製造の増大からもたらされた。それに比べて、サハラ以南のアフリカでの平均伸び率はマイナスで、中東と北アフリカでは 1% 未満である。図 1.4 に示されるように、地域によって相当な変異がある。さらに、1995 年以降、ロシアの年間成長率は -7.8% と 10.0% の間を上下し、平均 3.3% であった(World Bank 2011c)。

経済成長を予測するのは難しく、1980 年代と 1990 年代に、韓国は、中国やインドの最近の成長率に似た急激な成長率を経

験したが、その後、より穏やかな比率に減速した(World Bank 2011b)。現状での資源使用の程度を満たすために必要とされる仮想の土地の大きさという尺度で、すべての環境圧力を集約して示すエコロジカル・フットプリントの概念を用いると(Wackernagel *et al.* 2002, 1999)、中国およびインドが、毎年の生産効率をそれぞれ 2.9 および 2.2% 改善できなければ、両者で、2001~2015 年間の地球全体のフットプリントの予測増加量のうちの 37% を占める可能性がある(Dietz *et al.* 2007)。このような成長速度が、地球システムの生物物理的な

限界という観点で見た場合に、はたして現実的であるかどうかは、今のところ不明である(第7章)(Rockstrom *et al.* 2009)。

## 質

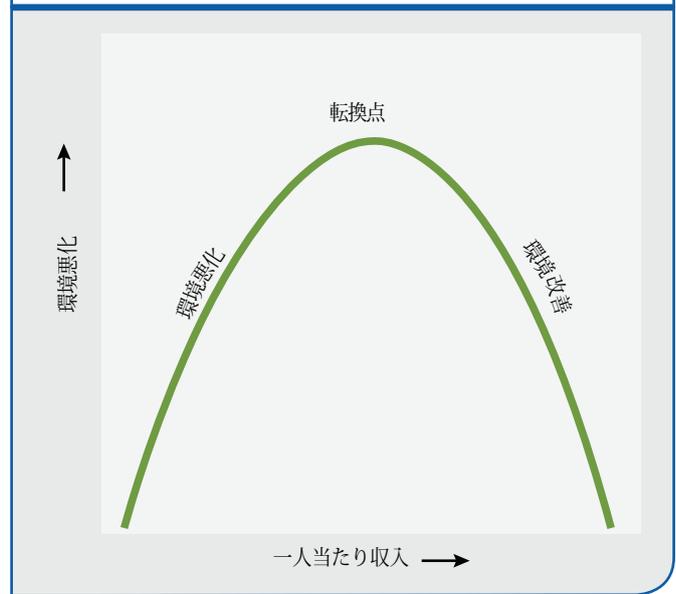
技術は、商品やサービスを生産するための鍵になる要素であり、環境影響の点からも重要な要素である。強度や質といった要素は、技術革新による影響を受けて、人口の上昇という悪影響を十分に補うことができるから、経済成長はいずれ環境の改善をもたらすことになる、と議論されてきた。その一例は1970年以降の先進国における温室効果ガス排出の割合であるが、環境影響をより小さくする方向へ技術変革がなされるため、排出量は経済活動よりも遅い速度で増加していくと説明されている(Bruvoll and Medin 2003; Hamilton and Turton 2002)。しかし他部門がそのようにうまくいくかは定かではなく、つまり国家レベルでの森林破壊を縮小させる努力が、国内で効果をもたらしたとしても、木材需要が他国での森林破壊を増加させるかもしれない(Meyfroidt and Lambin 2009)。

環境クズネッツ曲線(図1.5)は、国々がより豊かになるにつれて、環境に対する懸念が増して、環境を保護する政策へと導かれていくこと、またそれに加えて、嗜好が、環境に有害な商品やサービスから離れていくように変革していくことを示唆した(Grossman and Krueger 1995)。

この理論は広範囲に考察され(Carson 2010; Mol 2010; York *et al.* 2010; Aslanidis and Iranzo 2009; Galeotti *et al.* 2009; Jalil and Mahmud 2009; Lee *et al.* 2009; Roberts and Grimes 1997)、論争が続いているが、理論が予測するように、いくつかの企業や産業界が環境への影響を減少させた明らかな証拠があるように見える。しかしより環境に無害な技術へとシフトしていくには、多くの障害がある。いくつかの場合、それは経済的問題で、環境に配慮する技術には総合的に高いコストがかかる。しかし多くの場合、新技術の成長ペースの遅さを、単純な費用対効果の計算で説明するのは十分ではない。例えば、研究者が長年にわたってエネルギー効率に欠陥があることを指摘しても(Jaffe and Stavins 1994)、経済的に有利になるエネルギー効率への投資が為されてこなかった。特にライフサイクル原価計算(LCC)が適用されれば、消費者も産業界も、エネルギーコストを節約して潜在的な見返りを期待できるのに、その欠陥を埋める顕著な投資がなされてこなかった。

他方、資源効率を改善する技術的進歩は、資源利用のコストを下げるが、そのために需要が増大するという、思い通りにならない環境影響をもたらすことがある。その需要の増大が、効率性の利益より大きい場合、環境影響を伴って増加するために、資源の総消費量が実際に増大することになる。この現象は、ジェヴォンズのパラドックスまたはリバウンド効果として知られている(Polimeni and Polimeni 2006; York 2006)。技術の選択は、経済的要因ならびに個人や国民の決定によって形成されるが、環境に対する人類の全影響をも決定することになるので極めて大切である。環境的により無害でコスト効率の良い

図1.5 環境クズネッツ曲線の簡単な説明



技術であっても採用が妨げられており、その妨げている障害を明らかにする研究が始まったばかりである。採用を妨げる主な要因の一つは、少なくとも世帯が、ライフサイクル原価計算についてよく知らないこと、また一般に用いられている技術によるエネルギーやコストへの影響についての理解が不足していることである(Attari *et al.* 2010; Carrico *et al.* 2009)。また、同じ要因が、組織的意志決定にも作用しているようである。

## 価値観

価値観は、環境を変化させる一つの重要な駆動要因であると見なすのが一般的である。一つのレベルでなら議論は単純であり、特に消費に関する人間の決定は、価値観によって影響を受け、それらの決定が環境に影響を及ぼす。しかし、人間の意思決定についての研究によれば、信仰や規範も非常に重要であり、価値観は認知過程での単なる一つの要素に過ぎないと指摘されている(Stern 2011)。いくつかの決定には、価値観と信仰に基づくしっかりとした熟慮が反映されるが、多くの決定は、大した熟慮無しに、標準的な期待や感情や、シンボルについての解釈、またはせっかちな判断に基づいてなされている(Kahneman 2003; Jaeger *et al.* 2001)。

環境についての意思決定に関する社会心理学を調査した公に認められた膨大な文献があり、その中にいくつかの一般法則を見出すことができる(Carrico *et al.* 2011; Schultz and Kaiser 2011; Stern 2011; Stern *et al.* 2010)。まず第一に、環境についての意思決定を説明するには、単一の要素では不十分で、価値観、信仰、規範、信頼のすべてが必要である。ここでいう信頼とは、共に行動を起こさなければならない他の人々や、情報を提供してくれている他の人々への信頼である。第二に、意思決定は多くの場合、個々の人間が、損得を重視しているのかどうかといったことなどの周りの状況を読み取り、その

読み取ったものに基づいて決定を下しているという意味で、周りの状況に依存するものである。個々の人間は、時には消費者として、時にはコミュニティのメンバーとして、時には市民として行動する。第三に、社会のネットワークがとても重要であり、それは価値観、信仰、規範、信頼、その他の重要な要素を形成するだけでなく、上記の周りの状況も提供する(Henry 2009; Jackson and Yariv 2007)。第四に、価値観、信仰、規範、信頼、それに個性は、振る舞いを形にする際に起こさねばならない行動の特性によって反応する。例えば、環境保護活動に着手することが非常に簡単であるか困難である場合には、社会心理的な要素は、ほとんど問題にならないが、中程度に困難な活動の場合は、決定的に重要な意味を持つ(Guagnano *et al.* 1995)。

社会心理学は、環境について意思決定を行う基になる要素について説明する多くの概念を発展させた。これらの中でも、価値観が最も徹底的に調査され、多くの国の状況を踏まえて実験的に調べられた(Dietz *et al.* 2005)。すると、特に、他の人たちに向けられる愛他精神、他の生物種や生物圏に向けられる愛他精神が、一貫して見出され、環境保護の姿勢や振る舞いを予見させるものであった。次に、研究所や現場環境の両方で実施された試験的なゲームにおいては、他者と協力しようとする積極的な意思は、個々の人間や文化によってかなり異なる(Henrich *et al.* 2010, 2005)。最近、森林共有地のジレンマに対しては信頼が重要であることを示す相当量の文献が示されると共に(Fehr 2009)、上記の協力する傾向が、森林共有地を管理する際に重要であることが示された(Rustagi *et al.*

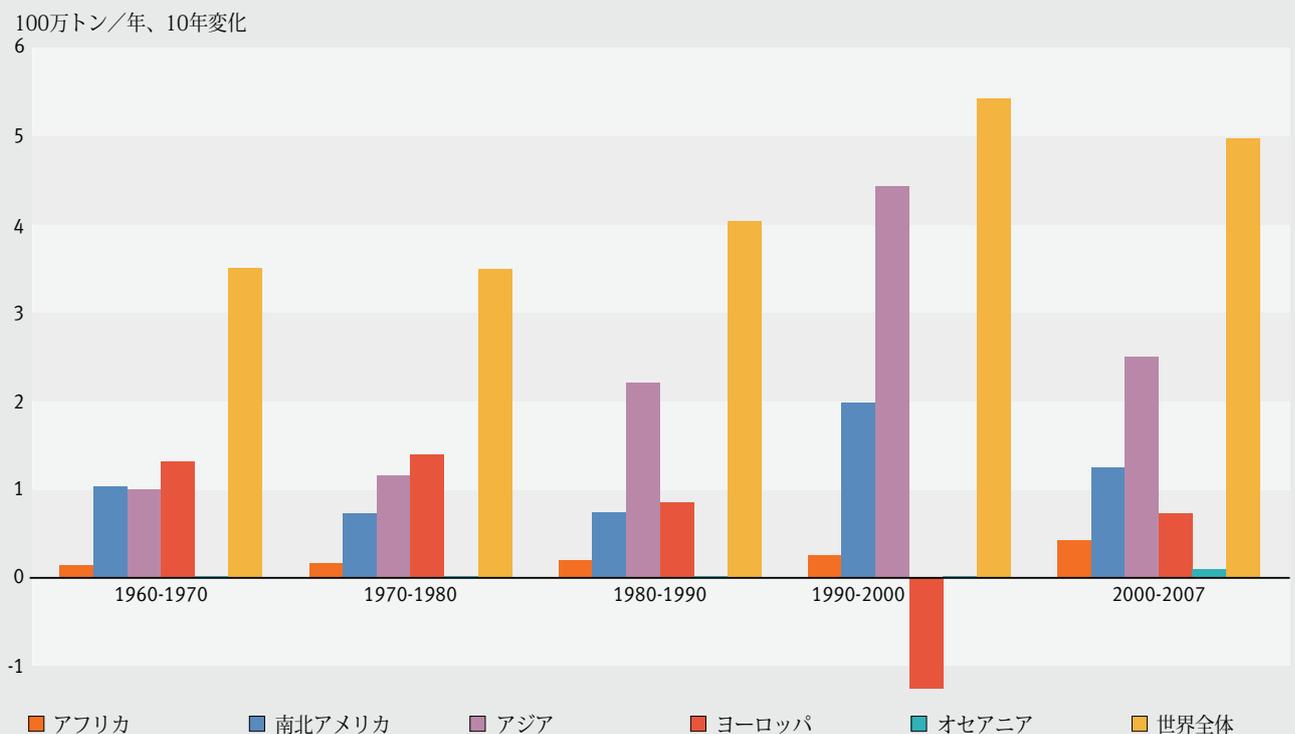
2010; Vollan and Ostrom 2010)。しかし、信頼についての研究は、価値観について為されたより多くの文献との関連付けが、まだ為されていない。消費者調査によって、環境に配慮された製品に対して、個人がなぜもっと支出しようとならないのか、その一連の理由が明らかにされた(WBCSD 2010)。その上位3つの理由は、その消費決定によって生じる環境上の悪影響について理解できていないこと、または無関心であることに関係したもので、そして4つ目の理由は、最も一般的なものであるが、個々の人たちが、彼等の仲間の中で、その行為を一般的慣習として見ているかどうかというものであった。この最後の点は、価値観に対して取られる社会的な圧力の重要性を示しており、ひいては、環境に影響を与える決定が、いかに社会的圧力によって影響を受けているかを示している。

### 食事

経済成長と共に、食事の量や質に変化が起き、ポピキン(Popkin 2002)は、それを栄養転換と表現している。これは次の3つの段階で起こる。収入の増加と共に飢きんの発生が減少する段階、行動や食糧消費パターンの変化によって慢性的な食事関連の疾病が発生する段階、そして、より健康的な人生を長く送ることができるよう食事や行動のレベルが、より良く管理されるようになる行動変化の段階。

食糧消費の増大とそれに関連する飼料向け需要の増大が、農産品の国内需要や輸出需要に応じて成長していく必要がある供給のペースを決定する。ブラジル、中国、インド、インドネシアといった、いくつかの急速に発展する地域が都市化して、

図 1.6 肉の供給の変化、地域別、1960~2007年



ヨーロッパは、1990年代の初めの牛海綿状脳症(BSE)危機により、1990年と1999年の間にその肉の供給が著しく減少した。

出典: FAOSTAT 2010

人口が変化し世帯が裕福になっており、食糧の消費パターンの変化が、地域の食糧システムに深刻な影響をもたらすようになることが示される(Satterthwaite *et al.* 2010)。これらの消費や消費の好みにおける変化は、需要サイドから、食糧やエネルギーのシステムに対する圧力を増大させ、その圧力が、市場を介して価格を変動させる、生産者との相互作用を通して、供給サイドにそれを補う調節を引き起こす。

したがって、地域経済が成長し続けると共に、肉に対する消費も生産も成長する(図 1.6)。畜産物の生産は、人為的な土地利用の中で最大のもので、地球の地表の 30%、全ての農地の 70%を占めており、さらに全ての耕作可能な土地の 33%が飼料の生産のために使用されている(Steinfeld *et al.* 2006)。ペルティエとタイドマースは(Pelletier and Tyedmers 2010)、地球規模での、気候変動、反応性窒素の移動、植物バイオマスの占有という 3 つの環境領域における人類の生物物理学的な限界、についての最近の推定値の大半を、2050 年までに、畜産部門が単独で占めるか、あるいはその推定値を著しく超えることになるかもしれないと示唆している。

都市地域は、田舎より一般に裕福であり、より高い水準の肉、乳製品や植物油を特徴とする都市型の食事をとるために、食品構成に相当な差が出る。これらの食糧は、多くの場合、輸入されるため、よりエネルギー集約的な生産が必要とされる(de Haen *et al.* 2003; Popkin 2001)。グローバル化と都市化は、食事の収れん (convergence) および適応 (adaptation) を引き起こすとされている。食事の収れんとは、カロリー摂取量が小麦、米、トウモロコシのような少数の主要農作物に集中することを指し、それに付随して健康への影響が伴う。食事の適応とは、ライフスタイルの変化、多くの広告に触れること、そして調理の時間的制約により、加工食品により大きく頼るようになることが特徴である。さらにこのように消費が集中することにより、スーパーマーケットおよびより大規模な農業生産を無条件に選択せざるを得なくなるため、比較的少数の企業間に食糧サプライチェーンが集中するようになる(Kennedy *et al.* 2005)。

## エネルギーと水の連立問題

消費のもう一つの重要な力学は、エネルギー消費と水消費との間でのトレードオフである。この力学は、エネルギー生産と農業のいずれにとっても重要である。Gerbens-Leenes ら (2009)は、全世界で使用される 60~80%の水が灌漑に提供され、降雨量の少ないいくつかの地域では、それがほぼ 90%にまで高まっていると推定している。その上、灌漑に費やされるエネルギー消費が、かなり大きい。インドでは、よく政府によって、揚水に多額の補助金が交付され、15~20%の電気がこの目的のために使用される (Shahra *et al.* 2004)。農業のためのエネルギー使用は、先進国、開発途上の両方においてかなり多いが、先進国においては、食糧の加工と輸送のために使用されるエネルギーが、農業生産部門全体の 2 倍になることもある(Bazilian *et al.* 2011)。

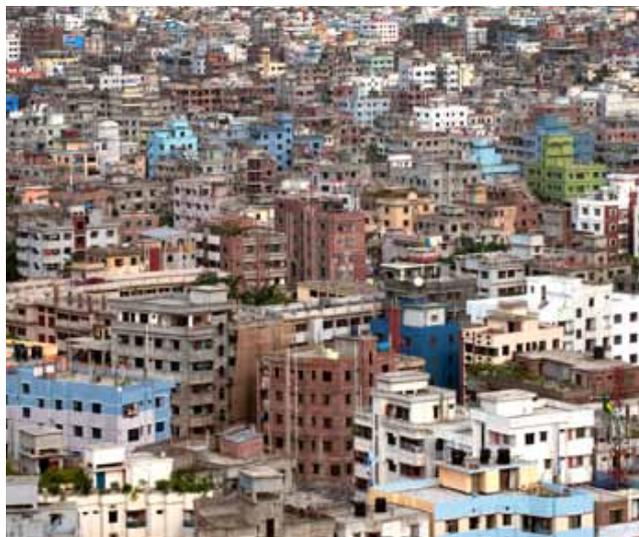
さらに水は、エネルギー生産、ならびに鉱物採取のための重要な資源となり得る。しかし最近の水圧破碎作業など、採鉱による一般的な副作用で淡水が汚染されている (Scott *et al.* 2011)。中国では、産業による汚染だけでなく、供給の減少による水不足に苦しんでいる。世界銀行(World Bank 2006) は、中国の水不足の 3 分の 1 までは、汚染によるもので、それにかかるコストは GDP の 1~3%に相当すると推測している。

## 駆動要因による圧力の連続体

人口と経済発展が、不況や景気低迷にもかかわらず成長し続けるなかで、技術革新が、コミュニティや社会を統合してグローバルな文明へと高めた。エネルギーや輸送における技術進歩が、生産と消費を成長させる新しい機会を絶えず生み出し、通信や移動性に注がれた創意工夫が、前の世代では想像もできなかった新製品やサービスを作り出した。人類の居住地、社会、人間関係が成長し統合されていくことは、迅速な都市化やグローバル化によって証明されている。

## エネルギー量

世界人口が増加するにつれ、より多くの人々が物質面でのより高い生活水準を目指すようになるが、それを提供するのに必要なエネルギー需要と共に、商品やサービスに対するさらに大きな需要も生み出される。1992~2008 年まで、一人当たりのエネルギー消費量は、毎年 5%の速度で増加した。2009 年に、金融および経済危機の結果、世界のエネルギー消費の合計が、この 30 年で初めて 2.2%だけ減少した(Enerdata 2011)。そのうちの半分は OECD の国で生じた(IEA 2011)。石油、天然ガス、原子力の消費はすべて減少し、一方で水力発電や再生可能エネルギーの消費が増加した。石炭は影響されなかった唯一のエネルギー源であった。2010 年の一次エネルギー消費は、2009 年のわずかな減少分を軽くしのいで、世界で 4.7%上昇したと推測される。しかし、人口増加が水平になると予想され、またエネルギー効率が継続的に向上するために、将来のエネルギー消費の成長率は減少すると予想されている(IEA 2011)。



2030年までに、アジアの人口の55%以上が都会に住むだろう。

© Kibae Park/UN Photo

各エネルギーのシェアは、石油の減少と天然ガスの増加によってもたらされる割合で変わるだろう。石炭は比較的一定を保つと予想され、原子力エネルギーの使用は、アジアでの投資のために増加するだろう。しかし、2011年の福島での惨事による政策変更の可能性があるため、原子力の成長軌道を予測するのは難しい。原子力エネルギー計画が継続されない場合、より多くの石炭が使用されることになり、気候変動の緩和努力に対して重大な影響がもたらされるだろう(IEA 2011)。開発途上の地域では、2005年～2010年間の一人当たりエネルギー消費量が、特に強い増加を示すが、2010年には、それが横ばい状態になっているようである。3つの主な経済部門でのエネルギー消費は次のとおりである(IEA 2011)。

- 製造部門：33%
- 世帯部門：29%
- 輸送部門：26%

電気および発熱が、全CO<sub>2</sub>排出のうちの40%以上の割合を占める(IEA 2010)。1992年～2008年間に、CO<sub>2</sub>排出が年間3%以上の率で上昇し、合計66%の上昇となったのは、世界人口の上昇よりはるかに大きな増加であるが、それは主として多くの開発途上国で、鉱工業生産が成長しただけでなく、生活水準がより高くなった結果である。

一人当たりを基準に、先進国における電力生産が、1992年の8.3MWh(メガワット時)から2008年の約10MWhにまで増え、これは、パーセンテージでいえば22%という(世界の中で)最小の上昇幅であるが、1人当たりの電力生産量では1.7MWhと最大の伸びであった(IEA 2010)。一人当たりの電力生産の世界平均は、1992年の2.2MWhから2008年の3.0MWhまで33%成長し、一方、開発途上国のそれは、1MWhから1.7MWhまで68%成長した(IEA 2010)。

2010年に、世界人口の約20%である14億4000万人が、まだエネルギー不足に苦しんでおり、信頼できる電気または送電網を利用できず、料理や照明を完全にバイオマスに依存している(UNEP 2011b)。

消費においてアメリカと競争を続けている中国が、貿易量と貿易額において勝っているエネルギー商品は原油である(EIA 2010)。中東は、全世界の石油取引のおよそ半分を占める(IEA 2008)。石炭の生産は、2005～2009年間に年当たり3～5%増加したが、それは、中国が石炭の生産を2008～2009年に16%増加させ、30億5000万トンという世界の総石炭生産高の44%に到達したためである。しかし、急速に増加するエネルギー需要で、中国は2007年に初めて石炭の純輸入国になった(Kahril and Roland-Holst 2008)。アメリカは、年間9億7500万トンの石炭を生産する2番目に大きな生産国で、5億6600万トンを生産するインドがそれに続く。

## 質

再生可能エネルギーの生産が、多くの注目を集めつつあり、太陽、風、水、木材などの再生可能資源から生産されるエネルギー量は、2008年に世界供給量の13%になり、2010年の推



石炭火力発電所からの排出物が大気へ上昇している。

© Sasha Radosavljevic/iStock

定量は16%になる(REN21 2011)。しかし最大の再生可能資源は、世界供給量の10%を占めるバイオマスで、さらにそのほぼ3分の2は、開発途上国で料理や加熱に使用されるバイオマスである(IPCC 2011)。したがって、バイオマスを除外すると、他の再生可能資源は、世界のエネルギーの約3%を提供するに過ぎない。

1992年以降、太陽エネルギー供給は30,000%上昇し、風エネルギーは6,000%の増加で、バイオ燃料の生産は3,500%上昇した。すべて非常に低い基準点からの上昇率である。これは主として、これらの技術のコスト削減、および再生可能エネルギー促進政策が、2010年に199か国によって採択されたことによる(REN21 2011)。

トウモロコシ、サトウキビ、油ヤシ、菜種といったバイオマスから作られる輸送用燃料の生産が急増した。エタノールは20年間ブラジルで広く使用されてきたが、その使用が1990年代の終わりに世界的に加速され、毎年20%ずつ増加し、2009年には石油換算で3,000万トンに達した。21世紀の初期に、バイオディーゼルが利用可能になり、生産が年間約60%で成長し、2009年には石油換算でほぼ1,300万トンに達した。しかし、バイオ燃料の生産について、最近の情報では、次のような懸念、つまり土地の開墾や転用による直接的な環境影響や社会的影響、可能性のある侵入生物種の伝来、水の使い過ぎ、グローバルな食糧市場に対する影響についての懸念が投げかけられている。また懸念される追加要素として、一般的には発展途上国において、時には半乾燥の国々において、食糧やバイオ燃料を生産するために、より裕福な国家による土地の購入やリースが行われることである。この傾向は、化石資源や再生可能な水資源だけでなく、地方の食糧安全保障にも重大な影響を及ぼしかねない(UNEP 2009a)。

エネルギー部門を環境に優しくするための投資は、2010年に総額2,110億USドルという新記録を樹立しつつあり、それは2009年からみて32%の上昇で、2004年の総額のほぼ5.5倍になる。開発途上国における実用規模の再生可能エネルギー事業への新たな投資額が、初めて、先進国経済のそれを上回った(UNEP 2011c)。

一部の人々によって、成長するエネルギー需要を賄うものと目されている原子力発電所の数は、1992年以降20%以上増加し、2012年中頃までに435箇所を上昇する。国際原子力機関によれば(IAEA 2008)、原子力を持っている30か国では、電気に占める原子力のシェアは、フランスの78%から中国の2%までの範囲にある。中国は14の稼働中のプラントと、建設中の25のプラント、さらに計画中のプラントを持つ(WNA 2011a)。1992年以降、原子力電源からのエネルギー生産は、ほぼ30%成長したが、供給中の全電源に占める原子力のシェアは1992年の17.5%から2008年の13.5%まで下がった。今日、世界中で、60のプラントが建設中で、155箇所が計画され、339プラントが提案されている(WNA 2011b)。

世界のエネルギー消費量は、成長し続けると予想されている。中国のエネルギー強度は1980~2002年の間に66%減少したが(IEA 2008; Polimeni and Polimeni 2006)、インドのGDPの単位当たりエネルギー使用量は、その同期間に、比較的一定のままだった。インドはその発展する経済のために、2030年までに、推定される世界のCO<sub>2</sub>排出の増加の8%を担うと予想される(World Bank 2008)。国際社会が、この先、気候変動の対処に困窮し続けるならば、今世紀の終わりまでに気温は3.5~6℃上昇するかもしれない(IEA 2011)。世界的な温室効果ガス排出の上昇を止めるために、京都議定書は、より環境にやさしい技術が、先進国から開発途上国の経済に移転されるよう促進した。貿易がこれらの技術を広げる手段と見なされているが、既存の貿易障壁を相当に減らさなくては、この削減手法は影響を限定されてしまうだろう(World Bank 2008)

エネルギーを求める世界的需要を満たす上で、依然として重大な不公正が残ったままである。今日、13億人が電気を使用できず、また27億人が食糧を調理する際にまだ従来のバイオマス使用に頼っており、そのためそれに付随する森林伐採速度、土壌侵食、人の健康に、影響が出ている(IEA 2011)。一人当たりの薪消費量は、世帯規模が小さくなると増え、資産効果の出る都市化によって減少することが示されているので、薪への依存は、人口動態的な側面を持つ(Knight and Rosa 2011)。2030年までに一次エネルギーを誰もが利用できるようにするためには、毎年480億USドルの投資が必要である(IEA 2011)。

## 輸送量

輸送は、人々、生産、消費のために役立ち、貿易を促進する重要なものである。世界経済は、厳しい景気後退から現在、回復しつつある。著しい地理的な差はあるが、世界の鉱工業生産および貿易が上昇して、深刻な景気後退の前の水準に戻りつつある。GDPは、中国において最も速く成長しており、2010

年に年間10.3%で、インドが9.7%である。グローバル・インサイトが発表したデータによれば(Global Insight 2010)、次の40年で、ブラジル、ロシア、インド、中国(BRIC国)が、GDPにおいて、ドイツ、英国、フランス、イタリアを上回って、アメリカに接近し始め、2050年までに中国が世界で最も高いGDPを持つ確かな可能性があると示唆している。この不均衡な成長は、物流管理やサプライチェーンの観点から多くの課題と機会をもたらす、国際貿易や物品の流れに影響を及ぼす。

国々とするすべての大陸域が、競争力をつけようとして特化しつつあり、輸送に対して、さらに大きな需要を生み出しつつあるように思われる。例えば、ヨーロッパ、アメリカ、カナダ、および日本は、中南米、いくつかの西欧諸国、多くの東欧諸国、およびアフリカの一部から輸出される果実に依存している。同様の特化したもので動く生産や消費の傾向が、すべての製品で起こっていて、輸送に対する需要がさらに高く押し上げられ、燃料価格に対する貨物量の弾性は小さい。この常に増大していく国際貿易を管理するために導き出された傾向がコンテナ輸送であり、それは産業界の多くの人々によって、より大型船を使用して規模の経済を達成する物品の取扱における大改革であると見なされている。国際貿易の80~90%は、船便によると推定されている(UNCTAD 2011)。

アメリカでは、輸送統計局(BTS 2011)が、2005年と2006年のコンテナ貿易が前の十年間の2倍だったと報告し、20フィートコンテナ(TEU: 19~43 m<sup>3</sup>)に換算すると4,630万TEUに増加した。世界規模で見ると、同期間にコンテナ貿易が3倍になった。世界で最大の通商圏である欧州連合(EU)は、その外部との貿易の90%、および内部での貿易の40%の計35億トンに船便で行なっている(Reynaud 2009; Goulias 2008)。しかし、主要港における調査によると、積荷を船便にすることが環境面で利点があるとしても、積み降ろし場所にかんがりの配慮が必要とされるということである。例えば、主要なハブ港である、カリフォルニアのロサンゼルス港は、天然ガスの燃料補給のための給油ステーションを備えた清掃車の導入、積荷取扱い人と湾の船のための作業基準、鉄道機関車の近代化と清掃、船舶速度を減速させるといった様々な方策を実施している(Port of Los Angeles 2010)。

航空貨物に関しては、2011年の成長については消費者の支出に強く依存すると予想されるが、2008年と2009年の不況の後、2010年に世界で年間21%という成長を為し、経済危機の前の水準に戻り始めた(IATA 2011)。鉄道貨物については、国際輸送フォーラム(ITF)のデータによれば、幾分か回復を示すものの、長期に渡って解明されていない影響で、まだ経済危機に苦しんでいる。例外的にインドは鉄道貨物が増加し続けている。自動車貨物の回復については、鉄道と同様に、多くのOECDやITFの国々にとって、国レベルでも国際レベルでも非常に遅れている。

移動した乗客数は、中国、インド、ブラジルで、2009年と比べて2010年に7.1%の成長を記録した。国際航空運送協会によれば、2010年に、これまでになく、およそ6.4%多い24



2011年、北京の高速輸送地下鉄網は21億8000万人以上の乗客を運んだ。 © Niclas Mäkelä

億もの国内および海外への乗客があり、乗客の移動したキロ数も同様の傾向が見られた。鉄道による移動乗客数は、可能な別の輸送機関に取って代われ、減少し続けた。自家用車による移動キロ数のデータは、整合がとれたデータではないものの、経済危機が全体的に旅行を縮小させたことは明らかである。さらに先進経済においては、自動車による移動者の飽和状態が観察されていて、それは年間およそ一桁のパーセントの成長率を前後していて、移動キロ数の増加は取るに足りない。

## 質

輸送は、人類の発展に寄与する相互作用を可能にするが、その一方で、高速の移動用乗り物のためのインフラ設備が、強制移転や障壁を生み出してコミュニティを分断し、幸福度を低下させる。道路、それに世界の10億台の自動車を格納するための莫大な量の駐車場は、最も一般的な障壁であるが、空港や、コンテナ船用の港も、大きな障壁である。

非常に高いレベルの移動性を備えた社会では、関連する環境による圧力や便益を社会的に分配する際の不公正に対して、高い懸念が示されるようになる (Adams 1999)。人々の住居のほとんどは、水や農地が供給される近くに配置されるので、輸送のためのインフラ設備が、食糧生産を立ち退かせるだけでなく、景観をばらばらにするので野生動物の維持ができなくなる (Huijser *et al.* 2008)。さらに輸送は、そのためのインフラ整備が、新たな場所に採鉱や林業や発電といった経済活動を促進するので、人々の土地へのアクセスを拡張させ、二次的な環境影響をもたらす。また輸送は、より広範囲に人々が永住する住居、特に郊外や都市を成長させる。

輸送のためのほとんどのエネルギーは化石燃料からもたら

されるので、自動車の増加は、土地や水質の劣化による都市衛生の問題から、気候変動の助長まで、様々な特定の環境影響をもたらす。多くの人たちは自動車が燃料電池や電動モーターで駆動するようにシフトする長期的見通しについては楽観的に見ているが、短期的な変化については難しいだろう。自動車は、最も高いレベルのエネルギー消費と、温室効果ガスの排出を示しているのであり、その競合する他の輸送技術より、環境に及ぼす影響は著しく強い (Chester and Horvath 2009)。また自家用車の所有は、分散していく低人口密度のスプロールを引き起こすことによって都市化のパターンに影響する傾向がある。スプロールは、多くの状況において、個々の世帯に都市環境に対する不満を抱かせ、全体として環境の質を低下させる。それらを引き起こす輸送インフラと同様に、このように新しく、または拡張して造られる都市区域は、自然景観に影響を与え、輸送による直接的環境影響を増幅させる。

景気後退により、例えば英国やアメリカでは、輸送活動量に一時的な減少があったかもしれない (Millard -Ball and Schipper 2011; Metz 2010)。しかし、これらの減少より、急速に発展する低所得国や中所得国での自家用車所有の増加が上回っているようである。現在、世界中の自動車の数は、人々の数よりはるかに速く増加している (World Bank 2012)。アメリカで達成された高機動性のレベルが、いつか他の多くの国々でも達成されるとは考えにくい、特に収入の増加と共に、移動のレベルが高まり、個人が電動モーター付き車両を持つようにシフトする可能性は多いにある。中国やインドなどの開発途上国では、大きく環境を汚染するオートバイの所有とその使用が、車より速く増大している (Pucher *et al.* 2007)。より燃費のいい乗り物が導入されても、数が増加すれば効率による便益が圧倒されてしまうだろう。



世界中の自動車産業は、現在1日当たり22万台以上の車を生産している。 © Josemoraes/iStock

しかし、グリーン市場の創設における政府や支持グループによる積極的な働きで、二つの関連する制度が実現されるだろう。一つは、企業がCO<sub>2</sub>の発生を処理しきれない部分を埋め合わせるために、先物やオプションとして、オフセットを購入することができるオフセット取引の市場である(Lequet and Bellasen 2008)。もう一つは、発生したCO<sub>2</sub>量を地域のサプライチェーンとの連携などの様々な緩和活動で相殺する、カーボンニュートラルのサプライチェーンを開発する試みである。政策全体から見て、これらは、カーボンニュートラルの達成を促進すると共に、小さな現地メーカーに、多国籍企業と組ませるよう働きかけることによる、いくつかの開発利益をもたらすことができるだろう。同じように、健康、環境、社会正義、個人正義、持続可能な生活を促進していくことを基本とするライフスタイルを基軸とした新しい市場が発展しつつある。その発展は、すべての部門にわたって、環境にやさしい輸送政策を組み入れた、より持続可能な開発を進める新しい政策を策定する機会を世界中に提供する。

## 都市化 量

都市化は、これまでに論じてきた、食糧やエネルギーと複雑に相互作用する。世界の人口の半分が暮らしている市街地は、世界のエネルギーの3分の2を使用し、世界の炭素排出の70%を生み出している(IEA 2008)。市街地が消費するエネルギー量は、そこに構築される環境が、住居や商業ビル群なのか、輸送インフラなのかによって大きく左右される。例えば、北京や上海の高度経済成長において、1985年以降、産業活動に起因

する排出量の割合が減少するということが起こったが、1985年～2006年の間に、乗り物を所有する個人が増加するにつれて、輸送に起因する排出が、北京で7倍、上海で8倍と著しく増加した(Dhakal 2009)。この増加量は、中国政府が実施したエネルギー効率ラベル制度によって、2006～2010年の間に回避された14億トンのCO<sub>2</sub>排出分のクレジットで、ある程度、相殺されたかもしれない(Zhan et al. 2011)。

一般に、開発途上国では、一人当たり温室効果ガス排出は、都市人口による生成量の方が、周囲の農村人口による生成量より高くなる。一方、先進国ではそれが逆になる(Dhakal 2010)。市街地でのエネルギー消費は、食糧消費の場合とよく似ていて、その環境影響が生じる場所から人々が消費する場所が遠く離れているため、人々は、自分たちの消費によって発生している温室効果ガスや水質汚濁の影響に気付かずにいることがある(Scott et al. 2011)。

人口増加とGDPは互いに結び付いているため、人口増加とGDPの正確な予測無しに、市街地が空間的に膨張する速度を正確に予測することは難しい。その予測に挑戦することは、最近の研究でこれら三つの要素間の関係が、地域によって著しく変わる場合があることが示唆されたため、さらに困難になっている。人工衛星を用いた都市空間の拡張変化についての評価によると、中国が最も速く、市街地が年間3～7%の平均速度で成長していることが示される。人口およびGDPの成長がこの膨張に及ぼす寄与度は、北アメリカでそれぞれ27%および72%であり、インドでそれぞれ23%および30%であることが分かった。その同じ研究において、アフリカの都市の成長は、GDPとの関係を示さなかったが、多くの開発途上国では、GDP統計によって捕らえられない、かなりの量の非公式な経済活動があるとの認識がなされている(Seto et al. 2010)。

成長している都市での人々の空間分布に関する決定的な特徴は、おそらく東アジアで最も一般的なことであるが、周辺地の発展である(Seto et al. 2010)。2000年の衛星画像を使用して、この現象を数値化すると、全市街地の空間的広がり の推定値は、市街地の被覆についての定義が様々であることも一つの原因であるが、陸地表面の0.2～2.4%の範囲にあることが示される(Potere and Schneider 2007)。アメリカやカナダのような先進国においては、およそ半分の都市人口が郊外に住んでいる一方で、開発途上の諸国においては、不法居住区またはスラム街が、都市人口の3分の1以上を抱えている(UN-Habitat 2003)。

都市の空間分布は、都市化と輸送の間に複雑な相互作用があることを示している。例えば、一人当たりの温室効果ガス排出を比較する場合、ニューヨークやロンドンでは、住居や商業ビルから著しく大きな排出がある一方で、バンコクでは輸送による排出が支配的である(Croci et al. 2011)。都市内を移動する

能力は、環境への影響と、経済的生産性の両面で非常に重要である (Bertaud *et al.* 2011)。開発途上国では、移動の大部分は通勤用（郊外電車）に乗って為されているが、収入の増加につれて、個々の人たちは、より私的に移動するようになるだろう。ショッピングや娯楽センターの所在地、学校や病院が広範囲に広がっていて、それほど容易には公共交通システムで接続されていないため、個人が乗り物を獲得するようになる (Bertaud *et al.* 2011)。最後に、使用される燃料のタイプが、市街地での環境影響に作用する重要な要素である。既に多くの列車は電気で走っているが、電動の乗り物の使用が増加すべきで、そうするとより多くの電気が必要とされるだろう。もし、エネルギー源の価格が、炭素強度に基づいて決められないなら、石炭を用いる電力生産の増加によって、温室効果ガス排出が著しく増大するだろう (Bertaud *et al.* 2011)

## 質

都市は、資源をより持続可能に管理する方法を進展させ、温室効果ガス排出を削減するための一つのチャンスであると見なされてきた。先進国の都市における一人当たりの排出量は、周りの農村地域よりも一般に低いけれども、その排出源が非常に分散しているため、一つの包括的な政策手段で管理することは困難である (Bertaud *et al.* 2011)。特に開発途上国においては、都市は、緩和策よりも、気候変動への適応策を進展させる必要がある (World Bank 2011d)。南アメリカ、アフリカ、アジアのいくつかの都市が、革新的な適応戦略の開発に、大きなリーダーシップを示した (Heinrichs *et al.* 2011)。

開発途上の都市は、廃棄物ゼロを達成するよう奨励されており、それらの都市の指針には、ごみ焼却の削減、大量の紙やプラスチックのリサイクル、既存の埋め立て地から貴金属やレア

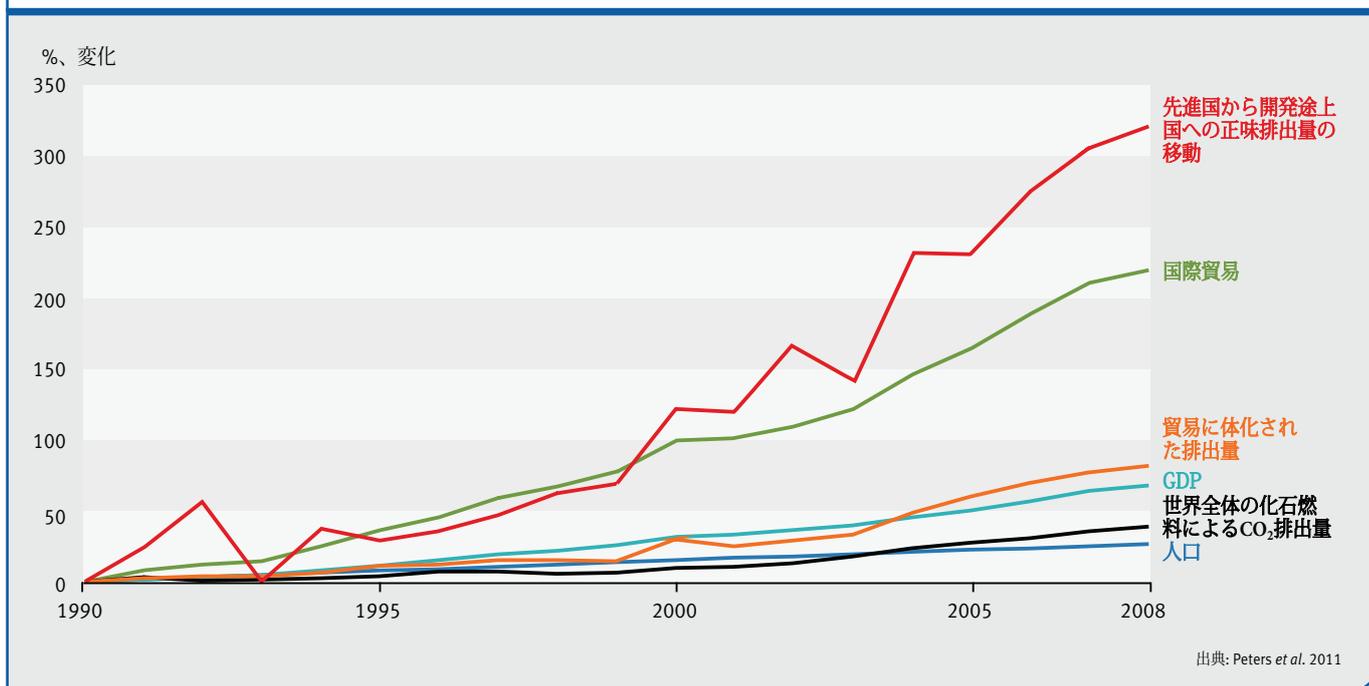
アースを採掘することが盛り込まれている (Zaman and Lehmann 2011)。

地球に新たに増える数十億人は、自給自足農業を通して土地に直接的影響を及ぼすが、地球は彼等を支えることができるのか、また、新たに増える何十億の都市人口は、大きな企業農場で生産される肉から、脂肪やタンパク質を消費者として消費することを通して、土地に間接的影響を及ぼすが、地球は彼等を支えることができるのかという疑問が残されたままである。この疑問に対する答えが出れば、どれだけの土地を、家畜の飼育や、飼料の生産や、農業に振り向けられるかが究極的に明らかになるだろう。短期において明らかにされていないことは、人口転換の加速か減速のいずれが、土地システムへの負荷を増加させるのか、それとも減少させるのかということである。しかし、最も貧しい人たちの生活水準が、より公平に先進国世界の人々に匹敵するところまで引き上げられる場合、人口増加は遅くなり、関連する環境影響は縮小し始めるに違いない。人口転換と健康の変遷は、一般的に環境の変化、特に土地利用と土地被覆の変化を予測する重要な判断材料であり続けるだろう。人口転換および健康の変遷を促す基本は、母子保健と教育への投資であるだろう。

## グローバル化量

食糧、燃料、鉱物の貿易が最近の数十年間に劇的に増加し、減速の兆候はほとんど見られない。国際貿易は1990年以降急速に成長し、年間12%で6年で2倍になった(図1.7) (Peters *et al.* 2011)。さらに輸出品からの年間排出量が4.3%増大した。それは多くの場合、先進国から、現場の技術がより精巧でない開発途上国へ製造が移転したためである (Peters *et al.* 2011)。

図1.7 人口、GDP、貿易、CO<sub>2</sub>排出量の成長、1990~2008年





世界中で太陽光などの再生可能資源から生産されるエネルギー量は上昇中である。© Fernando Alonso Herrera/iStock

貿易の自由化がより高まると、次の三つの点で、いずれも環境に対する圧力が加わることになる。

- 経済活動が増加し、自然資源の採取が拡大することによるスケール効果
- 多少の汚染産業であっても経済活動の様式を変えて実施されるため、圧力の強度に影響が及ぶこと
- より環境にやさしい製造技術はたまに促進すればいいように、製造の技術や強度が変更されること(Kirkpatrick and Scricciu 2008)。

地方で本質的な変化が起こっても、より広域で行われる貿易というものは、製造による環境影響を、消費の現場から完全に取除くか、あるいは切り離すことができる。

そのような切り離しは、先進国の世帯による消費が、どこか他の場所、特に開発途上国に著しい環境影響をもたらすことになる。ピーターズとヘルトウィッチは(Peters and Hertwich 2006)、ノルウェーにおける消費の影響を追跡調査したところ、輸入は家計の22%にしか過ぎないのに、ノルウェー世帯が諸外国にもたらしている環境影響は、その消費によって間接排出されたCO<sub>2</sub>の61%、二酸化硫黄の87%、窒素酸化物の34%になることが分かった(Wiedmann *et al.* 2007)。

中国は、貿易を理解するための有益な事例である。20世紀の後半に、中国は、加工基地となるよう、その経済を急速にシフトさせた結果、天然資源の純輸出国であったものが、純輸入国に変わった。そこで加工された商品の多くは、直接輸出されるが、中国の環境がその汚染を吸収している(Ma *et al.* 2006)。例えば2002~2007年の間の中国のCO<sub>2</sub>排出の8~12%は、アメリカへの輸出品に帰属すべきものであった(Xu *et al.* 2009)。

## 質

グローバル化は、新興経済国における環境クズネツ曲線の期待される効果を狂わせる。環境の状態を改善することは、豊かさと共に実現されるべきであるが、その両者を確実に結び付けることは、難しいことが分かっている。中国の事例では、窒素酸化物と二酸化硫黄の排出量が、収益を向上させることと複雑な関係を示しており、石炭の燃焼力に頼ることが、他の生産技術の向上を打ち消しているかもしれないことが示唆されている(Brajer *et al.* 2011)。

規制緩和は、経済活動を誘引し、競争相手を超える比較優位を作り出すと予想されるので、規制の緩和合戦が行われると、仕事に幾分かは従来の経済原動力が呼び起こされる。この概念は、それを示す証拠が決定的であるということではないが、先進国で環境に対する懸念が高まり、環境規制が増大すると、最も汚染を排出している産業が、低所得の国に移動させられる結果となることを示唆している(Kirkpatrick and Scricciu 2008)。また、そのパターンは、そもそもいかなる規制もなかったために、急速に工業化を進めている国が底辺に留まっている状況にむしろ近いという異なる説明も提示されている(Porter 1999)。また関連する議論が、貿易による環境影響についてもなされている(Jorgenson 2007; Cole 2003)。

いずれにしても、開発途上国に汚染の集中するところが形成されるという結果は同じである。このことは次のことを示唆する。最も豊かな国民の消費が、環境汚染を引き起こす製造や消費をそれほど豊かでない国民へと追いやるのであって、国の状況に関する環境クズネツ曲線は、国境を超える汚染の移動を覆い隠していたのである。例えば、コールは(Cole 2006, 2004, 2003)、先進国において多様な形の汚染が減少していく一方で、貿易によって、後発の開発途上国の環境被害が増大することを示した。恐らく、汚染がすべての国境を超える時、環境クズネツ曲線は機能しなくなる。

エネルギー消費量と温室効果ガス排出が、この移動パターンに追随すると思われる。高所得国では、貿易自由化に応じてエネルギー消費量が低下するようになるけれども、市場が開放されると、規制がさほど厳格ではない低所得国では、経済的には比較優位がある汚れた製造が増えて、全体のエネルギー消費量が増大することが分かるだろう(Cole 2006)。

したがって、将来の消費に生産される品物についても、先進国で規制が為されていても、必然的に多くの汚染が生み出されることになるのだろうか。炭素集約度の高い産業は、より厳しい炭素規制の敷かれた地域を去り、規制の無い地域に移っていく(World Bank 2008)。21世紀の初め、先進国は一人当たり換算すると、最大の温室効果ガス排出国であり続けた。しかし次の数十年間は、排出の増大は主に開発途上国からもたらされるだろう。したがって、この帰結を回避するために20年

### Box 1.3 温室効果ガスの排出と国際貿易

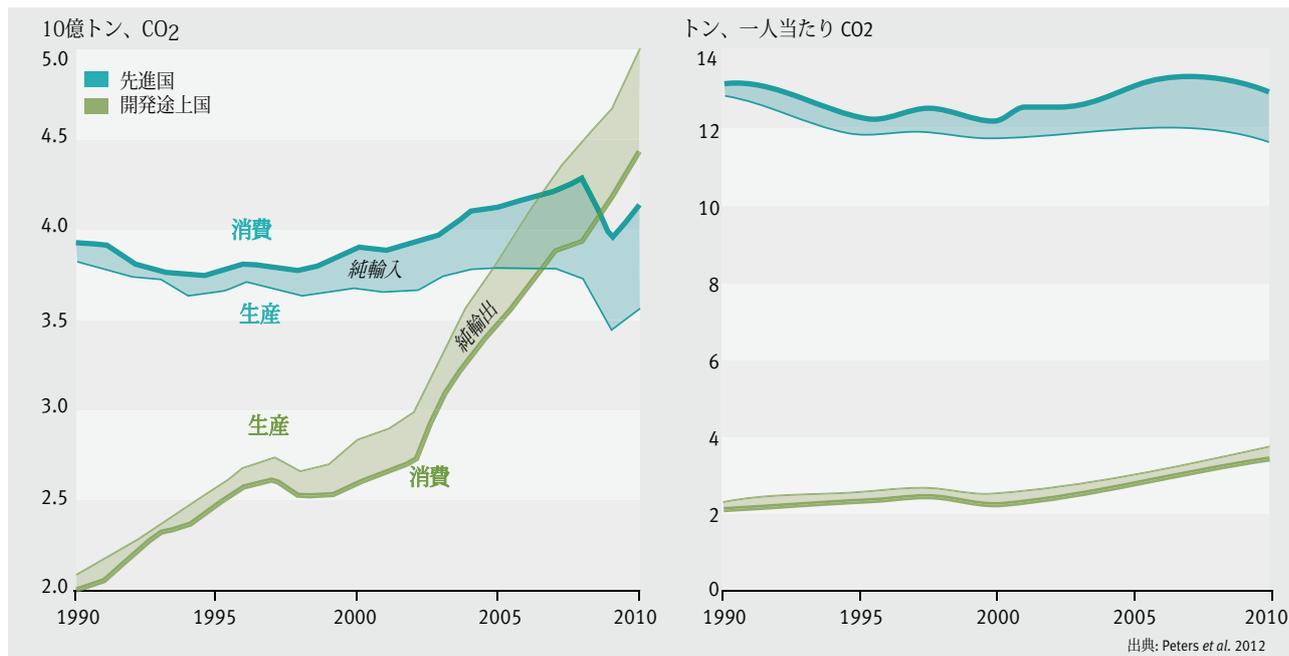
最近開発された分析手法を用いれば、国際的に生産され、消費され、貿易される商品やサービスに体化 (embodied) された炭素排出量を表示することができる (Peters and Hertwich 2006)。時間をかけてこれらのデータをプロットすることで、貿易収支の変化や排出量の移動を図示できる (Caldeira and Davis 2011)。直近の排出量や貿易データによって、2008年に始まったグローバルな金融危機の影響が明らかにされている (Peters et al. 2012)。

図 1.8 は、1990～2010年の先進国および開発途上国の経済活動とCO<sub>2</sub>排出量を追跡したものである。着色した部分は、開発途上国にて消費が生産より低いこと、先進国にて消費が生産より高いことを示す相対的な貿易収支を表す。開発途上国では生産と消費が分離されるにつれ、貿易収支がゆっくり増加していったが、商品やサービスの生産および消費に体化された総CO<sub>2</sub>排出量は、特に2002年以降、急勾配で上昇した。対照的に、先進国での生産と消費に体化された排出量は、

2002年頃までほとんど水平で、その後急激に上昇した後、2008年にピークに達した。先進国のCO<sub>2</sub>貿易収支のマイナスは、数十年にわたって拡大した。体化された炭素排出量によって表されるように、先進国は2010年までに従来の状態に戻るよう見えるが、一方の開発途上国の排出量はほとんど小休止もなく、先進国のそれを追いついた。一人当たりを基準として見ると、右側部分に示されるように、先進国と開発途上国からのCO<sub>2</sub>排出量の間には大きな格差が存続している。

グローバルな金融危機は、経済発展を炭素排出から切り離すデカップリングの機会を提示することができたが、2010年に高い排出量の成長状態に戻ったということは、その機会が消失したと言ってさしつかえない。環境に配慮した低炭素の景気刺激策の影響は、まだ明らかではないが、資源効率を向上させるようにする低炭素経済計画を根気強く実施することによって、体化排出量の将来の追跡調査において、肯定的な結果がもたらされることだろう (Peters et al. 2012)。

図 1.8 先進国と開発途上国との間でのCO<sub>2</sub>排出量の移動、1990～2010年



間交渉が行われているけれども、開発途上国は、相手方の先進国が行ってきたのと同じエネルギー集約度も、炭素集約度も高い発展経路をたどっていくだろう (World Bank 2008)。

## 考察

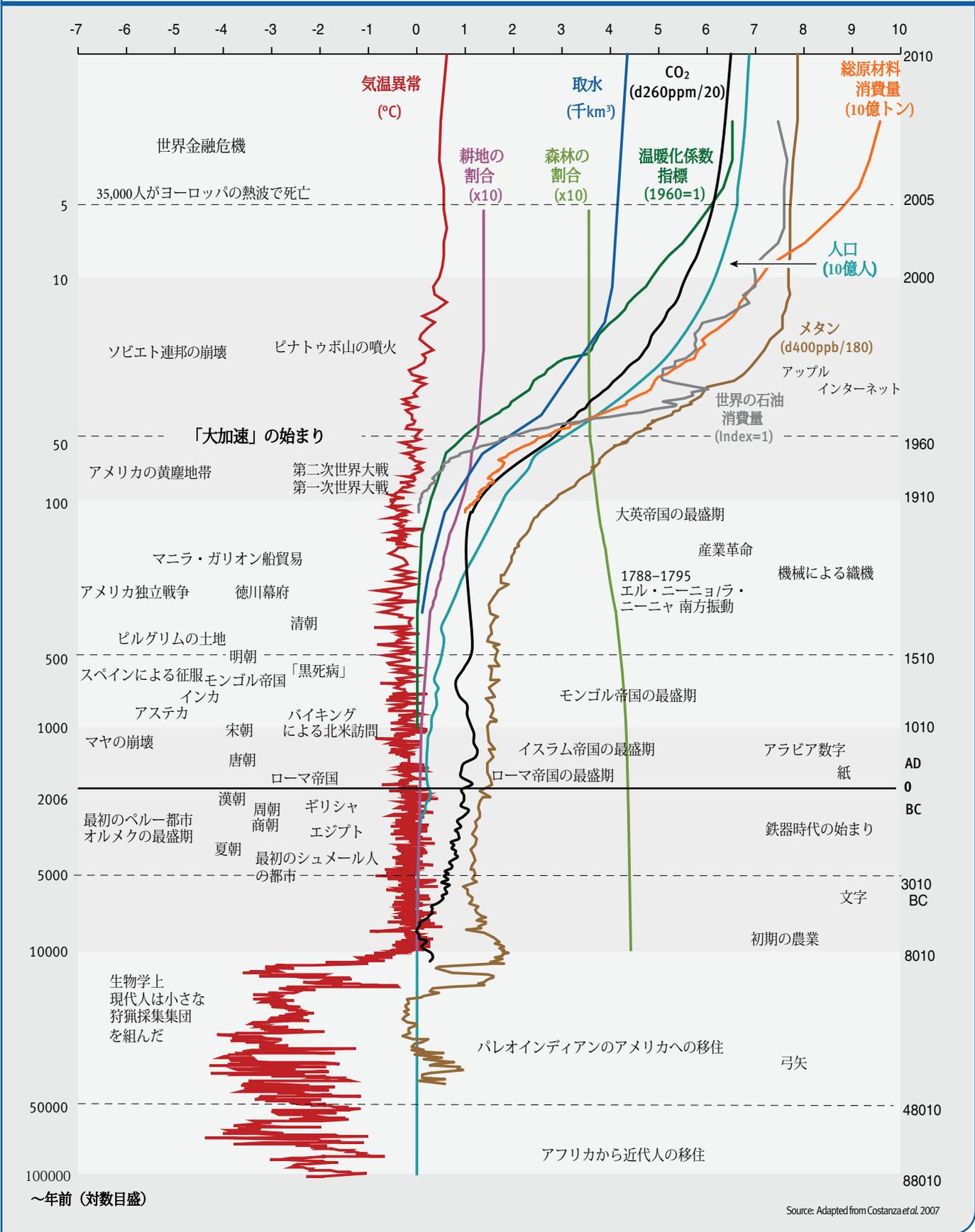
駆動要因は、いくつかの驚くべき結果をもたらす予測不可能な方法で相互作用している。この項では、駆動要因と、環境に作用する多くの圧力とを結び付けていくが、その複雑さを図示

し、また政策決定者がその影響の改善に取り組めるように、いくつかの方法を提供することを目指している。

## 臨界閾値

地球はいくつかの臨界閾値に接近するか、それを超えようとしている。生態系および生物圏は、人類からのストレスによって、ダイレクトで直線的に変化するか、またはより複雑な動態を示すかもしれないシステムである (Levin 1998)。生態系は、何らかの反応を示す前に、相当量のストレスを吸収すること

図 1.9 第二次世界大戦後の「大加速」



Source: Adapted from Costanza et al. 2007

ができるが、閾値を超過すると、人類が適応する機会をほとんど残すことなく、後戻りできない形で変化が唐突に起こる傾向がある(Carpenter *et al.* 2011; Folke *et al.* 2004)。

複雑なシステム(系)の動態を理解するために、分析者たちはレバレッジポイントを探し求める。複雑なシステムにおけるレバレッジポイントに関する研究で、次のことが示唆されている。間接介入が大きな力を発揮できること、直接介入もコベネフィットを強めるために用いられてよいこと、起こり得るすべての結果に対処すべきであること、困難な課題は取り扱いやすい部分に分解してもよいことが示唆されている。意図した変化と意図しなかった変化の両方に対して、そのシステムがモニターされなければならない(Meadows 1999)。

複雑な生態系の変動が突然のフィードバックを引き起こすことがあるという考えは、以前からあり、新しいものではない。人類が炭素排出量を抑制しない場合に、地球システムが直面するかもしれない閾値およびティッピングポイント(限界点)が、多大な科学的調査によって探究された。駆動要因の全体像から、フィードバックを理解することによって、駆動要因の多くが予測不可能な方法で相互作用することが明らかになっている。一般に、これらの駆動要因の変化率はモニターも制御もされていないので、閾値が近づいていても、閾値を予測することも知覚することもできない。批判的な表現になるが、研究の大部分は、駆動要因によって生態系が受ける影響を理解しようとするものであって、変化した生態系によって駆動要因が受ける影響、つまりフィードバックループを理解するためのものではない。

図 1.9 から、これらの変化の速度、およびそれらの変化に作用する人為起源の駆動要因が加速していることは明らかである。事実、コスタンザらは(Costanza *et al.* 2007)、第二次世界大戦の後に、人口増加ならびに経済の消費と生産の規模が、前の時代よりも桁違いの速度で増大し、この「大加速」が始まったと主張する。この規模と速度であるがゆえに、惑星限界の限度内にあるうちに、人類の軌道を変えて、より持続可能な開発へと向かわせることは、非常にごわい挑戦であるが、私たちはそれを遅らせるわけにはいかない。

### 天然資源の乱開発

世界的に消費される動物性たんぱく質の 14~16% が海からもたらされることを考えると、海洋資源の乱獲は、天然資源の乱開発を示す有意な例である。地球規模の乱獲は、広範囲に広まったが、普遍的と言うほどではなく、漁場管理の能力を備えた世界の漁業地域において乱獲を止めることは可能であり、以前に乱獲された分の回復も可能であることが証明されている(Worm *et al.* 2009)。しかし、方策の制定や効果的に管理するための能力向上の必要性を国際社会が強調する努力をしているにもかかわらず、乱獲が続くケースが多く残っている。

政府がかなりの補助金を提供して、収量を増大させる漁獲技術に多く投資するよう奨励したために、第二次世界大戦後に、漁業船舶と漁獲量が最大の伸展を見せた。しかし多くの場合、

漁獲量を増やすと、持続不可能になることが判明し、1970 年代までに漁場の衰退が広範囲に広がった(Pauly 2009)。国連海洋法条約(UNCLOS)による管轄権の拡張によって、多くの沿岸地域の管理実務の改善が為されたが、再度、漁獲能力が向上したため 2 度目の衰退がもたらされた(FAO 2010)。それに取り組むための国際協定である漁獲能力を管理する国際行動計画が 1999 年に採択されたが、依然として過剰な漁獲能力が世界の漁場における深刻な問題になっている(FAO 2010)。

漁場を持続可能に管理していく上で問題の一つは、魚の個体群数の状態をモニターすることの難しさである。生物情報や、さらに基本的な捕獲高データすら利用できないか、またはその信頼性が低く、特に国や国際機関の管轄外のエリアの場合はそうである。さらに、多くの漁場では、付随漁獲物(気付かずに捕らえられた望まれない魚で、多くは死ぬか死にかけた状態で海に返される)として捕獲された魚種のデータは記録されないため、それらの状況や漁獲の影響は分からないため管理されていない(Myers and Worm 2005)。全般的に、モニタリングが貧弱であり、多くの魚の個体群数の動態に関する情報が少ししか得られず、観察された個体群数が自然変動なのか、差し迫った崩壊の兆候を示すものなのかを識別することが困難である(Carpenter *et al.* 2011)。第 4 章と第 5 章で、これらの崩壊による環境影響についてより詳細に取り上げる。

### 駆動要因の結合と人の健康へのフィードバック

特に食糧生産で見ると、農業が産業化されるにつれ、人や生態系に対する化学物質の暴露が劇的に増加した(Wallinga 2009)。化学物質への長期暴露が人や環境衛生に与える影響の研究はわずかしかが為されていないが、開発途上国での農薬暴露による危険性が非常に高いことが知られており、その暴露による現在の世界の死亡の 99% が開発途上国で起こっており、それらは職業的な暴露や、安全衛生管理の怠慢または欠如で生じる偶発的な暴露によって発生している(De Silva *et al.* 2006)。

作物栽培と家畜生産の両方からもたらされる硝酸汚染は、食糧生産による最も破壊的な影響の一つであり、食肉生産の大規模化が、局所の汚染レベルに対して重大な問題を引き起こしている。例えばアメリカでは、産業公害のトップ 20 の源泉のうち、8 つが食肉解体場である(Hamerschlag 2011; EPA 2009)。さらに、その国の高密度舎飼家畜飼養経営体(CAFOs)は、2007 年にアメリカでの人の排せつ物の総量の 3 倍に当たる 5 億トンの糞堆肥を生産した(Hamerschlag 2011; EPA 2009)。集中化された食肉生産設備のさらなる問題は、そのような糞尿内の過剰な硝酸塩が、バクテリアによって強力な温室効果ガスである亜酸化窒素にいかにも多く変換されているか、また過剰な硝酸塩がいかにも多く水路や地下水へ浸出している可能性があるかということと関連している(Wallinga 2009)。

### 強烈な圧力の生成

環境を変化させる駆動要因は、とても速度を速めて、非常に大規模に広範囲に成長し、発達し、結合しつつあり、環境に対して前代未聞の圧力をかけつつある。ほとんどの消費と生産の

## Box 1.4 情報通信技術の悪循環？

### コンゴの民主主義共和国

環境を変化させる駆動要因の速度や規模が増大するのは、人々、考え、技術の移動する速さと広がりをもつグローバル化の過程と関係している。携帯電話の爆発的な需要とその生産に要する資源が、生産国にその影響を集中させた。1994年以来、100億を超える携帯電話が生産され、2010年半ばに世界でおよそ50億のユーザーがいた(ITU 2010)。この成長は、家電の重要な構成成分であるコルタン鉱石から抽出されるタンタルの需要を加速させることになった。ほとんどのコルタンはオーストラリアで採掘されるが、世界のコルタン供給のほぼ8~9%が、東コンゴ民主共和国(DRC)から来ている(Global Witness 2010)。その環境への影響は、次のような多くの理由のために重大なものとなるだろう。なかでも、不法な採鉱作業が、ほとんど国定公園の境界内で、環境保全対策無しに実施され、地表障害物の除去や採鉱場からの汚濁で、浸食、河川や地下水の劣化がもたらされている。また一般に、採鉱作業は、野生生物を脅かす密猟や現地での野生動物の肉の取引を増加させる(Hayes 2002)。さらに東コンゴでのほとんどの採鉱作業が、外部の政府によって管理されているので、コルタンや他の鉱物の採取および売買によって得られた収益が、暴力や他の人権侵害の資金にしばしば使用されている。

### 中国の珠江流域(Pearl River basin)

2008年に世界の電子機器の4分の1が中国、なかでも南部の珠江流域で製造された(Yunjie *et al.* 2010)。中国のGDP成長は2009年に9%だったが、珠江流域の広東地域は中国の平均より2~3%高い成長水準を示した(World Bank 2011e)。その地域は中国の面積の5分の1を占め、過去10年間で、中国の人口の3分の1を抱え、国民のGDPの40%を生産した(Barak 2009)。この経済成長による環境影響が、十分に監視されていなかったため、毎年、推定何万トンもの重金属、硝酸塩、燃料が処理されずに海洋に捨てられた(AsiaNews 2005)。また水の処理がうまく行われなかったために、農民たちは極度に汚染された灌漑用水を使用し、深刻な作物損失を被った。またその地域に多くの重金属が廃棄されたために、情報技術産業は非難され、珠江流域は2004年と2005年に中国で最も汚染された水系として名指しされた(Xu 2010)。

形態は、原材料の採取源としても、廃棄物の投棄先としても環境を用いている。その影響は、核廃棄物貯蔵施設や、電子廃棄物のリサイクル用地での毒性化合物の残留集積のように、世界のいくつかの地域に極めて集中する可能性がある(Box 1.4)。またその影響は、赤道から両極へ食物連鎖によって受け渡されるPCBのように、体系的に地球全体に広まって、新しい潜在的に危険な状況を短期間に生み出す可能性がある。多くの場合、それらの影響が、非常に深刻で、急速で、予測不能であるため、それらが、環境の閾値を超えたり、またそれらを監視し適切に

### ガーナのアボブロシ

電子廃棄物用の巨大な埋立地が、ガーナの首都、アクラの郊外にある。アボブロシ・スラム街は、ガーナの北部区域からの国内移住者たちの居住地であるが、過去10年にわたって、廃棄されるコンピュータ、スクリーン、ハードドライブ、携帯電話が爆発的に増加するのを目の当たりにしてきた。かつては生産力のある湿地であったおよそ4万人の故郷が、危険な化学地帯になってしまった(Safo 2011)。その地域経済は、この廃棄物のリサイクルに依存しており、大多数の労働力は、1日当たりおよそ8USドルを得ている11~18才の若い少年たちである。アフガニスタンとハイチに加えてバーゼル条約の締約国でないアメリカからも、この廃棄物のかなりの部分もたらされているようであるが、廃棄物の多くは、この条約の締約国が発生源であると見られる。

現在まで、この廃棄物取引の影響に関する調査はほとんど為されてこなかったが、毒素は、食物連鎖で集積される化学物質であるために、土の中や食糧のサンプルの中に発見されており、地元の犠牲者数は相当なものになるだろう(Dogbevi 2011; Monbiot 2011)。化学ガスに暴露されると、生殖や神経系の発達が阻害されることがあり、特に子どもの場合には、高濃度の鉛でそれらが阻害される。さらに水銀、カドミウム、鉛はすべて、若い労働力の認知発達や免疫発達を遅らせる可能性がある。アボブロシの話は、情報技術へのシフトによって、使い捨てられた多くの時代遅れの機器であふれるという、急速に新たに出現している地球規模の現象によって、局所的な環境や健康が実際に影響を受ける状況を垣間見た最初のケースである。それは、技術革新が世界経済や社会自体に、いかに並外れた影響をもたらすかという警告と、また特に、必要な制度上の監視が不在である場合に、ほとんど目に見えない形で、より脆弱なものがめちやくちやにされてしまうことがあるという警告の物語である。現在の経済規範が作り出したものは、世界と地方との間のこのような分断であり、現在のこの状況が理解されれば、研究者たちはサプライ・チェーンを通して過去に遡って調査しなければならない。

対応するための社会能力を越えてしまう危険がある。

いくつかの駆動要因が結合し規模が大きくなると、その次に、複雑で体系的な相互作用を生成するダイナミックなパターンを引き起こすことがある。その一例は、温室効果ガス排出量の上昇であり、その規模が大きすぎて、排出量を食い止めるための必要な行動を促進しようとする世界の努力を寄せ付けない。科学者たちは、地球の気温上昇と海面上昇に加えて、気候変動の速度と規模が、ある生態学的な限界、すなわち閾値をいずれ

越えて、酸性化させる炭素比率の増大による世界の海洋の化学組成の改変、サンゴ礁生態系の地球規模での喪失、西南極の氷床の崩壊など、驚くべき危険な結果に至ることになるだろうと予測している(Fabry *et al.* 2008; Lenton *et al.* 2008)。

一つの駆動要因が、ドミノ式に一連の駆動要因と圧力の作用を引き起こす引き金になることがある。例えば、作物の脆弱性や食糧不足など、気候変動の影響に対する懸念から、EUでは2008年に、アメリカでは2003年に導入された法律で、バイオ燃料の生産を増加させる権限を含む政策が生まれた。その結果として生じた需要は、バイオ燃料への作物転換を含む滝のように流れ出る圧力の集合を生み出し、それによる耕作地の転換が、2008年と2010年に、食糧の価格を上昇させることになり、食糧不足に関する懸念を増大させた。

## 慣性と経路依存性

地球の生態的で組織的なシステムは、非常に複雑で、変化が遅いので、今日なされた決定が、長期的かつ広範囲に影響を及ぼす。世界は、現在歩んでいる軌道の背後に存在している駆動要因に対処しなければ、環境的に持続可能となるひとそりの選択と結果をもたらす軌道へと移行することは難しいだろう。また同時に、それを急ぐ必要があることも認識しなければならない。それでも結局、システム内の慣性と、過去にこれらの駆動要因に対処することを渋ってきたために、回避できたはずの一連の影響を、将来の世代が担わされることになる。これらの問題の中で最も手ごわいのは、気候変動であり、それには、いくつかの駆動要因が結合していて、炭素排出量の削減を、非常に複雑で困難な作業にしている。例えば、現在の化石燃料依存のエネルギーや輸送インフラは、地球に対して、今から2060年までに4,960億トンのCO<sub>2</sub>を放出すると推定されている(Davis *et al.* 2010)。(これらの計算には、現時点で未達成である輸送網の拡張、追加予定である化石燃料による発電所、燃焼エネルギーに依存する基地や工場に燃料補給する複合経済、は含まれていない。またそれらの計算はすべて、現在のエネルギー生産や輸送モデルに従ってなされている。)そこで問題となるのは、単にその置き換えにコストがかかる既存の物的インフラだけでなく、現状維持の結果として発展してきた何百万もの仕事や加工施設や全ての副次産業に関するものである。

輸送インフラに為された投資のケースについては、すでに言及したが、世界の食糧生産の制度的慣行は、それを変えようとすると、輸送インフラに似た障壁となって立ちはだかる。決してそれが生じている唯一の国ではないが、アメリカの農業政策はこの現象の実例である。現在、アメリカの74%の農地は、8つの商品作物に専有されている。トウモロコシ、小麦、綿、大豆、米、大麦、オートミール、モロコシの支援に政府の農業助成金の70~80%が費やされ(Jackson *et al.* 2009)、農業が統合され、産業化された食糧生産システムとなった。不幸にも、食糧システムにおいて、これらの8つの作物商品の生産が重視されたことで、1985年~2000年に、これらの基本食料品に

由来する不健康な油脂の価格が35%だけ上昇する間に、野菜や果物のようなより健康的な食糧の価格が100%以上上昇するという結果になった(Jackson *et al.* 2009)。国の消費者の多くが価格に基づいて日々の消費決定をしている状況の中で、この縦割りでの政治的に強力な産業に対して、数十年間にわたって投資が為されてきたため、その食糧システムによる健康への影響を、根本的に変化させることが非常に困難になっている。

また一方、健康への影響は、すべてが食事に関連するものによるのではなく、数ある汚染源のなかでも、硝酸塩生成などによる大気汚染や、増強された農薬使用に起因する化学薬品による汚染とも結び付いていると言える。例えば、アメリカでは、トウモロコシや大豆といった作物の大部分が、雑草の根絶のために散布された莫大な量の除草剤グリフォサートの影響に抵抗できるよう、遺伝子組換えを施されている。トウモロコシと大豆は、サプライチェーン内で、家畜の飼料穀類の83~91%を構成している。進行中の研究であるが、グリフォサートには内分泌かく乱を起こす可能性があるという疑いが提起されている(Daniel and Margareta 2009; Gasnier *et al.* 2009)。環境中でのグリフォサートの滞留時間については、それが多くの生物物理学的な要因に依存すること(Vereecken 2005)、またモニタリング能力が最近になってやっと普及してきたばかりであることにより、モデル化するのは難しい。しかし、田畑の近くに位置するコミュニティでは、グリフォサートおよびその最も一般的な分解物であるアミノメチルホスホン酸(AMPA)の痕跡を、大気、雨、および地域の水域で見つけることができる(Chang *et al.* 2011)。



有機無農薬栽培のトウモロコシの茎、カリフォルニアのサンタクルーズにて。 © David Gomez/iStock

## Box 1.5 駆動要因を中心にした考え方の結論



1992年6月の国連の環境開発会議でのディスプレイで、世界人口の増加と生産性のある土地の減少を示す。© Michos Tzavaras/UN Photo

**影響よりもむしろ原因に注目すること。**環境政策のための重点項目として、駆動要因（原因）について考察することは、これまで一般的に行われてこなかった。どちらかといえば、政策の対応は、一般的に圧力（影響）を下げることに集中してきた。しかし、政策のための適切な重点項目として駆動要因を新たに見直す、やむにやまれぬ二つの理由がある。第一に、先例のない変化の速度が経験されつつあり、一組の圧力に対処することに成功した場合でも、他のものがすぐ近くに迫って来ている。第二に、国際社会が、環境変化をもたらす駆動要因に対して、これまでの試みよりももっと直接的に取り組むことを目指す、一連の国際的な環境目標を採択した。1992年の環境と開発に関する国連会議（気候変動、生物多様性、土地荒廃について）の主な法的取り決めによって、長期的な進展を計るためには、根本的な駆動要因の発展を制御する能力が必要であることが認められた。環境問題を制御するために、駆動要因に焦点を当てたオプションを選択できるようにしたレバレッジポイントのメニューが政策決定者に提供されるよう、関連性のあるひとそりの見識が利用可能になっている。

**人類の幸福と環境の持続性との関係は、互いに相乗効果をもたらすものである。**欠乏と飢えを終わらせる MDG 1、普遍的な教育を達成する MDG 2、および男女平等と子どもの健康と母の健康についての MDG 3~5 は、環境持続性の MDG 7 とすべて互いに相乗効果をもたらす。例えば、人類の全ての土地利用のおよそ4分の3が、肉と乳製品の生産に充てられているが、赤身の肉は、鶏肉やベジタリアン用の食糧よりも、土地や水を数倍要求し、その上、癌と心臓病にもつながる。したがって、赤身の肉の消費を減らすことを奨励する政策は、人の健康と環境持続性に関係する MDG に寄与するだろう。同様に、普遍的な教育と男女平等の向上は、互いに相乗効果をもたらす。これら両方の分野の向上が、母子保健サービスの需要を増大させ、望まれていない出産を減らし、次いで、環境への人口による影響を低減する。

**間接介入が大いに役立つ。**駆動要因を直接ターゲットとする政策介入は、時には現実的ではない。例えば、人口増加に

対して特定の目標を設定した政策は、政治上ほとんど実現性がなく、道徳および人道的な立場で問題視されてきた。しかし多くの場合、より受け入れやすい方法で駆動要因を間接的に縮小させることができる政策オプションがある。例えば、出生率は、女性の教育水準に非常に反応し、また家族計画プログラムへのアクセスにも反応して変化することが示されており、またそれは倫理的な人類正義の原則にも、また2つの重要な MDG とも調和する。

**直接介入は、様々なエントリー・ポイントを目標にすることができる。**直接介入が現実的でない場合でも、鍵となる駆動要因を十分に分解して示すことで、効果的な介入を行うための状況が生まれる。例えば、経済成長は、世界中で一般に肯定的な成果であると考えられているので、成長の縮小を目指した政策は、直接的であろうと間接的であろうと、受け入れられない。しかし、それは、駆動要因に焦点を当てた政策が不可能であることを意味しない。例えば、中国では、成長に関する問題を認識することによって、エネルギー効率を高める野心的なターゲットが設定された。

**意図しない結果をもたらされる問題。**一つの環境領域を改善しようとする政策が、別の環境領域に意図しない結果をもたらすことがある。マイナスの結果が、システムを超えて互いに連結する形をとることもある。例えば、バイオ燃料の促進が食糧安全保障に与える影響とか、一つのタイプのインフラを促進する政策が、より有望なインフラへの切り替えを一層困難にしてしまうという経路依存による影響である。駆動要因を制御しようと努力する政策決定者は、そういったマイナスの結果を最小化する政策を立案する方策を見つけ出す必要がある。

**扱いにくい駆動要因でも再構成は可能である。**紛争を解決するための核心となる理念は、見た目には扱いにくい要素でも、個々の部分に分割することであり、その分割されたものは有効な協定を結ぶための対象となり得る。幸福度を計る別の尺度に関する最近の議論には、これと共通する要素がある。一人当たり GDP は、幸福の代理指標として、また普遍的な政策目標として扱われているが、最近、幸福度から GDP を解析的に切り離して、代替りのものを策定する動きが推進されている。そのため、求められる幸福度の代理指標の調査が広範囲にわたって始められている。

**監視とモニタリングが好い結果をもたらす。**政策対応が直ちにできなくても、駆動要因の重要性に気付けば、監視およびモニタリングを増大させることの正当性が分かる。最も重要な駆動要因の多くが、現状では体系的なモニタリングを行う対象になっておらず、それらによる影響は、なおさらモニタリングされていない。そういう訳で、人為起源の駆動要因、ならびにそれらと環境との結び付きについて、収集とモニタリングを促進することが切実に求められている。

## 参照文献

- Abraham, K.G. and Mackie, C. (2005). *Beyond the Market: Designing Non-Market Accounts for the United States*. National Academy Press, Washington, DC
- Adamo, S. and De Sherbinin, A. (2011). The impact of climate change on the spatial distribution of populations and migration. In *Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development: An International Perspective* (ed. UN Population Division). United Nations, New York. <http://www.un.org/esa/population/publications/PopDistribUrbanization/PopulationDistributionUrbanization.pdf>
- Adams, J. (1999). *The Social Implications of Hypermobility*. OECD Environmental Directorate, Paris
- Aguilar, D. (2011). Groundwater reform in India: an equity and sustainability dilemma. *Texas International Law Journal* 46(3), 623–653
- AsiaNews (2005). *Pearl River Pollution a Serious Concern*. <http://www.asianews.it/news-en/Pearl-River-pollution-a-serious-concern-3264.html> (accessed 5 September 2011)
- Aslanidis, N. and Iranzo, S. (2009). Environment and development: is there a Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions? *Applied Economics* 41(6), 803–810
- Attari, S.Z., Dekay, M.L., Davidson, C.I. and De Bruin, W.B. (2010). Public perceptions of energy consumption and savings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(37), 16054–16059
- Barak, R. (2009). Fighting pollution on the Pearl River. *China Dialogue* (online). <http://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/3266-Fighting-pollution-on-the-Pearl-River> (accessed 5 September 2011)
- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R.S.J. and Yumkella, K.K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39, 7896–7906
- Bertaud, A., Lefèvre, B. and Yuen, B. (2011). GHG emissions, urban mobility, and morphology: a hypothesis. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda* (eds. Hoorweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC
- Bhana, D., Morrell, R. and Pattman, R. (2009). Gender and education in developing contexts: postcolonial reflections on Africa. In *International Handbook of Comparative Education* (eds. Cowen, R. and Kazamias, A.M.). pp.703–713. Springer, Netherlands
- Bongaarts, J. (2001). *Household Size and Composition in the Developing World*. Population Council, New York
- Bongaarts, J. (1992). Population growth and global warming. *Population and Development Review* 18(2), 299–319
- Bongaarts, J. and Bulatao, R.A. (1999). Completing the demographic transition. *Population and Development Review* 25(3), 515–529
- Brajer, V., Mead, R.W. and Xiao, F. (2011). Searching for an environmental Kuznets curve in China's air pollution. *China Economic Review* 22(3), 383–397
- Bruns, B., Mingat, A., and Rakotomalala, R. (2003). *Achieving Universal Primary Education by 2015 – A Chance for Every Child*. Washington, DC: The World Bank.
- Bruvold, A. and Medin, H. (2003). Factors behind the environmental Kuznets curve: a decomposition of the changes in air pollution. *Environmental and Resource Economics* 24(1), 27–48
- BTS (2011). *America's Container Ports: Linking Markets at Home and Abroad*. Bureau of Transportation Statistics, Washington, DC
- Bulled, N. and Sosis, R. (2010). Examining the relationship between life expectancy, reproduction, and educational attainment. A cross-country analysis. *Human Nature* 21, 269–289
- Caldeira, K. and Davis, S.J. (2011). Accounting for carbon dioxide emissions: a matter of time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(21), 8903–8908
- CARE (2011). *White Paper: Women's Empowerment*. CARE USA
- Carpenter, S.R., Cole, J.J., Pace, M.L., Batt, R., Brock, W.A., Cline, T., Coloso, J., Hodgson, J.R., Kitchell, J.F., Seekell, D.A., Smith, L. and Weidel, B. (2011). Early warnings of regime shifts: a whole-ecosystem experiment. *Science* 332, 1079–1082
- Carr, D. (2009). Population and deforestation: why rural migration matters. *Progress in Human Geography* 33(3), 355–378
- Carrico, A., Vandenbergh, M.P., Stern, P.C., Gardner, G.T., Dietz, T. and Gilligan, J.M. (2011). Energy and climate change: key lessons for implementing the behavioral wedge. *George Washington Journal of Energy and Environmental Law* 2, 61–67
- Carrico, A.R., Padgett, P., Vandenbergh, M.P., Gilligan, J. and Walston, K.A. (2009). Costly myths: an analysis of idling beliefs and behavior in personal motor vehicles. *Energy Policy* 37(8), 2881–2888
- Carson, R.T. (2010). The environmental Kuznets curve: seeking empirical regularity and theoretical structure. *Review of Environmental Economics and Policy* 4(1), 3–23
- Chang, F.C., Simcik, M.F. and Capel, P.D. (2011). Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30(3), 548–555
- Chester, M.V. and Horvath, A. (2009). Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. *Environmental Research Letters* 4, 1–8
- CIESIN and CIAT (2005). Gridded population of the world, version 3 (GPWv3). Center for International Earth Science Information Network, Columbia University and Centro Internacional de Agricultura Tropical. Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University, Palisades, NY. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw>
- Clark, M.L. and Aide, T.M. (2011). *An analysis of decadal land change in Latin America and the Caribbean mapped from 250-m MODIS data*. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 10–15 April 2011, Sydney
- Cohen, J. and Small, C. (1998). Hypsographic demography: the distribution of human population by altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, 14009–14014
- Cole, M.A. (2006). Does trade liberalization increase national energy use? *Economics Letters* 92(1), 108–112
- Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics* 48(1), 71–81
- Cole, M.A. (2003). Development, trade, and the environment: how robust is the environmental Kuznets curve? *Environment and Development Economics* 8(04), 557–580
- Cole, M.A. and Neumayer, E. (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment* 26(1), 5–21
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630), 253–260
- Costanza, R., Graumlich, L., Steffen, W., Crumley, C., Dearing, J., Hibbard, K., Leemans, R., Redman, C. and Schimel, D. (2007). Sustainability or collapse: what can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature? *Ambio* 36(7), 522–527
- Cramer, J.C. (1998). Population growth and air quality in California. *Demography* 35(1), 45–56
- CRI (2009). *Research Report on China's Cigarette Industry, 2009*. China Research and Intelligence, Shanghai
- Croci, E., Melandri, S. and Molteni, T. (2011). Comparing mitigation policies in five large cities: London, New York City, Milan, Mexico City and Bangkok. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda* (eds. Hoorweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC
- Daniel, H. and Margareta, W. (2009). Effects of Roundup and glyphosate formulations on intracellular transport, microtubules and actin filaments in *Xenopus laevis* melanophores. *Toxicology in Vitro* 24(3), 795
- Davis, S.J., Caldeira, K. and Matthews, H.D. (2010). Future CO<sub>2</sub> emissions and climate change from existing energy infrastructure. *Science* 329(5997), 1330–1333
- DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M. and Hansen, M. (2010). Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3, 178–181
- De Haen, H., Stamoulis, K., Shetty, P. and Pingali, P. (2003). The world food economy in the twenty-first century: challenges for international co-operation. *Development Policy Review* 21(5–6), 683–696
- De Sherbinin, A., Carr, D., Cassels, S. and Jiang, L. (2007). Population and environment. *Annual Review of Environment and Resources* 32, 345–73
- De Silva, H.J., Samarawickrema, N.A. and Wickremasinghe, A.R. (2006). Toxicity due to organophosphorus compounds: what about chronic exposure? *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 100(9), 803–806
- Devarajan, S., M.J. Miller & E. V. Swanson (2002). *Goals for Development: History, Prospects and Costs*. Policy Research Working Paper 2819. Washington, DC: The World Bank.
- Dhakal, S. (2010). GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2(4), 277–283
- Dhakal, S. (2009). Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications. *Energy Policy* 37(11), 4208–4219
- Diamond, J. (2005). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Viking Press.
- Dietz, T., Rosa, E.A. and York, R. (2007). Driving the human ecological footprint. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1), 13–18
- Dietz, T., Fitzgerald, A. and Shwom, R. (2005). Environmental values. *Annual Review of Environment and Resources* 30, 335–372
- Dogbevi, E.K. (2011). E-waste in Ghana – how many children are dying from lead poisoning? *Ghana Business News*, 7 June 2010
- EIA (2010). *World Energy Projection System Plus*. US Energy Information Administration. Washington, DC
- Enerdata (2011). *Global Energy Statistical Yearbook*. Enerdata, Grenoble

- EPA (2009). *National Water Quality Inventory: Report 2000*. US Environmental Protection Agency, Washington, DC
- Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A. and Orr, J.C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science* 65, 414–432
- FAO (2010). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food and Agriculture Organization, Rome
- FAOSTAT (2010). *Food Supply: Livestock and Fish Primary Equivalent*. 2 June 2010. UN Food and Agriculture Organization, Rome
- Fehr, E. (2009). On the economics and biology of trust. *Journal of the European Economic Association* 7(2–3), 235–266
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.S., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, F., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C.S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35, 557–581
- Gakidou, E., Cowling, K., Lozano, R. and Murray, C.J. (2010). Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: a systematic analysis. *The Lancet* 376(9745), 959–974
- Galeotti, M., Manera, M. and Lanza, A. (2009). On the robustness of robustness checks of the environmental Kuznets curve hypothesis. *Environmental and Resource Economics* 42, 551–574
- Gasnier, C., Dumont, C., Benachour, N., Clair, E., Chagnon, M.C., and Séralini, G.E. (2009). Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology* 262(3), 184–191
- Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. and Van Der Meer, T. (2009). The water footprint of energy from biomass: a quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecological Economics* 68(4), 1052–1060
- Global Insight. 2010. Economic Outlook 2010. IHS Global Insight, Englewood. <http://www.globalinsight.com>
- Global Witness (2010). *The Hill Belongs to Them: The Need for International Action on Congo's Conflict Minerals Trade*. Global Witness, London. <http://www.globalwitness.org/sites/default/files/library/The%20hill%20belongs%20to%20them141210.pdf>
- Goulias, K.G. (2008). Supply chain and transportation: a smorgasbord of issues. In *Agri-food Logistics in the Mediterranean Area* (ed. Gattuso, D.). Franco Angeli, Milan
- Grossman, G. and Krueger, A. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics* 110, 353–377
- Grote, U. and Warner, K. (2010). Environmental change and migration in sub-Saharan Africa. *International Journal of Global Warming* 2(1), 17–47
- Guagnano, G.A., Stern, P.C. and Dietz, T. (1995). Influences on attitude-behavior relationships: a natural experiment with curbside recycling. *Environment and Behavior* 27, 699–718
- Hammerschlag, K. (2011). *Meat Eater's Guide to Climate Change and Health*. Environmental Working Group, Washington, DC. [http://static.ewg.org/reports/2011/meateaters/pdf/report\\_ewg\\_meat\\_eaters\\_guide\\_to\\_health\\_and\\_climate\\_2011.pdf](http://static.ewg.org/reports/2011/meateaters/pdf/report_ewg_meat_eaters_guide_to_health_and_climate_2011.pdf)
- Hamilton, C. and Turton, H. (2002). Determinants of emissions growth in OECD countries. *Energy Policy* 30, 63–71
- Hayes, K. (2002). Update on coltan mining in the Democratic Republic of Congo. *Oryx* 36, 12–13
- Heinrichs, D., Aggarwal, R., Barton, J., Bharucha, E., Butsch, C., Fragkias, M., Johnston, P., Kraas, F., Krellenberg, K., Lampis, A., Ling, O.G. and Vogel, J. (2011). Adapting cities to climate change: opportunities and constraints. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda*. (eds. Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC
- Henrich, J., Ensminger, J., McElreath, R., Barr, A., Barrett, C., Bolyanatz, A., Cardenas, J.C., Gurven, M., Gwako, E., Henrich, N., Lesorogol, C., Marlowe, F., Tracer, D. and Ziker, J. (2010). Markets, religion, community size, and the evolution of fairness and punishment. *Science* 327(5972), 1480–1484
- Henrich, J., Boyd, R., Bowles, S., Camerer, C., Fehr, E., Gintis, H., McElreath, R., Alvard, M., Barr, A., Ensminger, J., Henrich, N.S., Hill, K., Gil-White, F., Gurven, M., Marlowe, F.W., Patton, J.Q. and Tracer, D. (2005). "Economic man" in cross-cultural perspective: behavioral experiments in 15 small scale societies. *Behavioral and Brain Sciences* 28, 795–855
- Henry, A.D. (2009). The challenge of learning for sustainability: a prolegomenon to theory. *Human Ecology Review* 16(2), 131–140
- Huijser, M.P., McGowen, P., Fuller, J., Hardy, A., Kociolek, A., Clevenger, A.P., Smith, D. and Ament, R. (2008). *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*. United States Department of Transportation, Washington, DC
- IAEA (2008). *Nuclear Power Global Status*. International Atomic Energy Agency, Vienna
- IATA (2011). *Cargo E-Chartbook Q1 2011*. International Air Transport Association, Geneva
- IEA (2011). *World Energy Outlook 2011*. International Energy Agency, OECD, Paris
- IEA (2010). *CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil Fuel Combustion*. International Energy Agency, Paris
- IEA (2008). *World Energy Outlook 2008*. International Energy Agency, OECD, Paris
- IPCC (2011). Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (eds. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlomer, S., von Stechow, C.). Cambridge University Press, Cambridge and New York
- Ironmonger, D.S., Aitken, C.K. and Erbas, B. (1995). Economies of scale in energy use in adult-only households. *Energy Economics* 17(4), 301–310
- ITU (2010). ITU sees 5 billion mobile subscriptions globally in 2010. Press release, 15 February 2010. International Telecommunication Union, Barcelona
- Jackson, M.O. and Yariv, L. (2007). Diffusion of behavior and equilibrium properties in network games. *American Economic Review* 97(2), 92–98
- Jackson, R.J., Minjares, R., Naumoff, K.S., Shrimali, B.P. and Martin, L.K. (2009). Agriculture policy is health policy. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition* 4(3–4), 393–408
- Jaeger, C., Renn, O., Rosa, E.A. and Webler, T. (2001). *Risk, Uncertainty and Rational Action*. Earthscan, London
- Jaffe, A.B. and Stavins, R.N. (1994). The energy-efficiency gap: what does it mean? *Energy Policy* 22, 804–810
- Jalil, A. and Mahmud, S.F. (2009). Environment Kuznets curve for CO<sub>2</sub> emissions: a cointegration analysis for China. *Energy Policy* 37, 5167–5172
- Jiang, Y. (2009). China's water scarcity. *Journal of Environmental Management* 90(11), 3185–3196
- Jiang, L. and Hardee, K. (2009). How do recent population trends matter to climate change? *Population Research and Policy Review* 30(2), 287–312
- Jorgenson, A.K. (2007). The effects of primary sector foreign investment on carbon dioxide emissions for agricultural production in less-developed countries, 1980–99. *International Journal of Comparative Sociology* 48, 29–42
- Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice. *American Psychologist* 58(9), 697–720
- Kahr, F. and Roland-Holst, D. (2008). China's water-energy nexus. *Water Policy* 10(S1), 51–65
- Kennedy, G., Nantel, G. and Shetty, P. (2005). *Globalization of Food Systems in Developing Countries: Impact on Food Security and Nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/007/y5736e/y5736e00.htm>
- Kenworthy, J.R. and Laube, F.B. (1996). Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 16(4–6), 279–308
- Kirkpatrick, C. and Scricciu, S.S. (2008). Is trade liberalisation bad for the environment? A review of the economic evidence. *Journal of Environmental Planning and Management* 51(4), 497–510
- Knight, K.W. and Rosa, E.A. (2011). Household dynamics and fuelwood consumption in developing countries: a cross-national analysis. *Population and Environment*, 1–14.
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H. and Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68(10), 2696–2705
- Kumar, C., Malhotra, K., Raghuram, S. and Pais, M. (1998). Case study: India. Water and population dynamics in a rural area of Tumkur district, Karnataka. In *Water and Population Dynamics: Case Studies and Policy Implications* (eds. Sherbinin, A.D. and Dompka, V.). American Association for the Advancement of Science (AAAS), Washington, DC
- Lambin, E.F., Geist, H.J. and Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28, 205–241
- Larivière, I. and Lafrance, G. (1999). Modelling the electricity consumption of cities: effect of urban density. *Energy Economics* 21(1), 53–66
- Lee, C.-C., Chiu, Y.-B. and Sun, C.-H. (2009). Does one size fit all? A reexamination of the environmental Kuznets curve using the dynamic panel data approach. *Review of Agricultural Economics* 31(4), 751–778
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H.J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 1786–1793
- Lenzen, M., Wier, M., Cohen, C., Hayami, H., Pachauri, S. and Schaeffer, R. (2006). A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan. *Energy* 31(2–3), 181–207
- Lequet, B. and Bellasen, V. (2008). *Comprendre la compensation carbone*. Pearson Education, Paris

- Levin, S.A. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* 1, 431–436
- Liu, J., Daily, G.C., Ehrlich, P.R. and Luck, G.W. (2003). Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. *Nature* 421, 530–533
- Lovelock, J.E. (1972). Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment* 6(8), 579–580
- Lutz, W. and Samir, K.C. (2011). Global human capital: integrating education and population. *Science* 333, 587–592
- MA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Ma, T., Li, B., Fang, C., Zhao, B., Luo, Y. and Chen, J. (2006). Analysis of physical flows in primary commodity trade: a case study in China. *Resources, Conservation and Recycling* 47(1), 73–81
- MacKellar, F.L., Lutz, W., Prinz, C. and Goujon, A. (1995). Population, households, and CO<sub>2</sub> emissions. *Population and Development Review* 21(4), 849–865
- Maddison, A. (2009). *Historical Statistics for the World Economy: 1–2001 AD*. <http://www.ggdc.net/maddison/>
- Mbonile, M.J. (2005). Migration and intensification of water conflicts in the Pangani Basin, Tanzania. *Habitat International* 29(1), 41–67
- McGranahan, G., Balk, D. and Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization* 19, 17–37
- McNeill, J.R. (2000). *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth Century*. Norton, New York
- Meadows, D. (1999). *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. Sustainability Institute, Hartland, VT
- Metz, D. (2010). Saturation of demand for daily travel. *Transport Reviews* 30(5), 659–674
- Meyfroidt, P. and Lambin, E.F. (2009). Forest transition in Vietnam and displacement of deforestation abroad. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(38), 16139–16144
- Millard-Ball, A. and Schipper, L. (2011). Are we reaching peak travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries. *Transport Reviews* 31(3), 357–378
- Mol, A.P.J. (2010). Ecological modernization as a social theory of environmental reform. In *The International Handbook of Environmental Sociology* (eds. Redclift, M.R. and Woodgate, G.). Edward Elgar Publishing, Cheltenham
- Monbiot, G. (2011). From toxic waste to toxic assets, the same people always get dumped on. *Guardian*, 21 September 2009. <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/cif-green/2009/sep/21/global-fly-tipping-toxic-waste>
- Montgomery, M.R. (2008). The urban transformation of the developing world. *Science* 319(5864), 761–764
- Murray, C.J.L. and Lopez, A.D. (1997). Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. *The Lancet* 349(9063), 1436–1442
- Mwang'ombe, A.W., Ekaya, W.N., Muiru, V.M., Wasonga, V.O., Mnene, W.M., Mongare, P.N. and Chege, S.W. (2011). Livelihoods under climate variability and change: an analysis of the adaptive capacity of rural poor to water scarcity in Kenya's drylands. *Journal of Environmental Science and Technology* 4(4), 403–410
- Myers, R.A. and Worm, B. (2005). Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1453), 13–20
- Nordhaus, W. (2008) New metrics for environmental economics: gridded economic data. *Integrated Assessment* 8(1), 73–84
- Nordhaus, W.D. and Kokkelenberg, E.C. (1999). *Nature's Numbers: Expanding the National Economic Accounts to Include the Environment*. National Academy Press, Washington, DC
- NRC (2004). *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC
- NRC (1994). *Assigning Economic Value to Natural Resources*. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC
- O'Neill, B.C., MacKellar, F.L. and Lutz, W. (2001). *Population and Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge
- Palloni, A. and Rafalimanana, H. (1999). The effects of infant mortality on fertility revisited: new evidence from Latin America. *Demography* 36(1), 41–58
- Pauly, D. (2009). Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. *Scientia Marina* 73(2), 215–224
- Pelletier, N. and Tyedmers, P. (2010). Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000–2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(43), 18371–18374
- Peters, G.P. and Hertwich, E.G. (2006). The importance of import for household environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology* 10(3), 89–110
- Peters, G.P., Marland, G., Quéré, C.L., Boden, T., Canadell, J.G. and Raupach, M.R. (2012). Rapid growth in CO<sub>2</sub> emissions after the 2008–2009 global financial crisis. *Nature Climate Change* 2, 2–4
- Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. and Edenhofer, O. (2011). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(21), 8903–8908
- Pinter, L., Cressman, D.R. and Zahedi, K. (1999). *Capacity Building for Integrated Environmental Assessment and Reporting – Training Manual*. International Institute for Sustainable Development and United Nations Environment Programme, Winnipeg
- Polimeni, J.M. and Polimeni, R.I. (2006). Jevons' paradox and the myth of technological liberation. *Ecological Complexity* 3(4), 344–353
- Popkin, B.M. (2002). An overview on the nutrition transition and its health implications: the Bellagio meeting. *Public Health Nutrition* 5(1A), 93–103
- Popkin, B.M. (2001). The nutrition transition and obesity in the developing world. *Journal of Nutrition* 131(3), 871S–873S
- Porter, G. (1999). Trade competition and pollution standards: “race to the bottom” or “stuck at the bottom”. *The Journal of Environment and Development* 8(2), 133–151
- Port of Los Angeles (2010). *Port of Los Angeles Annual Budget Fiscal Year 2010/2011*. Los Angeles
- Postel, S.L., Daily, G.C. and Ehrlich, P.R. (1996). Human appropriation of renewable fresh water. *Science* 271(5250), 785–788
- Potere, D. and Schneider, A. (2007). A critical look at representations of urban areas in global maps. *Geographical Journal* 69, 55–80
- PRB (2011). *World at 7 Billion: World Population Data Sheet 2011*. Population Reference Bureau, Washington, DC. <http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2011/world-population-data-sheet/data-sheet.aspx>
- Pucher, J., Peng, Z.-R., Mittal, N., Zhu, Y. and Korattyswaroopam, N. (2007). Urban transport trends and policies in China and India: impacts of rapid economic growth. *Transport Reviews* 27(4), 379–410
- REN21 (2011). *Renewables 2011 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris
- Reynaud, C. (2009). *Globalization and its Impacts on Inland and Intermodal Transport*. OECD/ITF, Paris
- Rindfuss, R. and Adamo, S. (2004). Population trends: implications for global environmental change. *IHDP Update* 3, 1–3
- Roberts, J.T. and Grimes, P.E. (1997). Carbon intensity and economic development 1962–1971: a brief exploration of the environmental Kuznets curve. *World Development* 25, 191–198
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Ö., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472–475
- Rosa, E.A. and Dietz, T. (2009). Global transformations: passage to a new ecological era. In *Human Footprints on the Global Environment: Threats to Sustainability* (eds. Rosa, E.A., Diekmann, A., Dietz, T. and Jaeger, C.). The MIT Press, Cambridge, MA
- Rustagi, D., Engel, S. and Kosfeld, M. (2010). Conditional cooperation and costly monitoring explain success in forest commons management. *Science* 330(6006), 961–965
- Safo, A. (2011). End of the road for “Sodom and Gomorrah” squatters. *News from Africa* 10 March 2011. [http://www.newsfromafrica.org/newsfromafrica/articles/art\\_827.html](http://www.newsfromafrica.org/newsfromafrica/articles/art_827.html)
- Satterthwaite, D., McGranahan, G. and Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554), 2809–2820
- Schneider, A., Friedl, M.A. and Potere, D. (2009). A new map of global urban extent from MODIS data. *Environmental Research Letters* 4, article 044003
- Schultz, P.W. and Kaiser, F.G. (2011). Promoting pro-environmental behavior. In *Handbook of Environmental and Conservation Psychology* (ed. Clayton, S.). Oxford University Press, Oxford
- Scott, C.A., Pierce, S.A., Pasqualetti, M.J., Jones, A.L., Montz, B.E. and Hoover, J.H. (2011). Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy* 39(10), 6622–6630
- SERI (2008). *Global Resource Extraction 1980 to 2005*. Sustainable Europe Research Institute, Vienna
- Seto, K.C., Sánchez-Rodríguez, R. and Fragkias, M. (2010). The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 35, 167–194
- Shah, T., Scott, C., Kishore, A. and Sharma, A. (2004). *Energy-Irrigation Nexus in South Asia: Improving Groundwater Conservation and Power Sector Viability*. International Water Management Institute, Colombo

- Singh, S., Sedgh, G. and Hussain, R. (2010). Unintended pregnancy: worldwide levels, trends, and outcomes. *Studies in Family Planning* 41(4), 241–250
- Sommers, M. (2010). Urban youth in Africa. *Environment and Urbanization* 22(2), 317–332
- Sowers, J., Vengosh, A., and Weinthal, E. (2010). Climate change, water resources, and the politics of adaptation in the Middle East and North Africa. *Climatic Change* 104(3), 599–627
- Stanners, D., Bosch, P., Dom, A., Gabrielsen, P., Gee, D., Martin, J., Rickard, L. and Weber, J.-L. (2007). Frameworks for Environmental Assessment and Indicators at the EEA. In *Sustainability Indicators – A Scientific Assessment* (eds. Hák, T., Moldan, B. and Dahl, A.). Island Press, Washington, DC
- Steffen, W., Crutzen, P.J. and McNeill, J.R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36(8), 614–621
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T.D., Castel, V., Rosales, M. and Haan, C.D. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. FAO Press, Rome
- Stern, P.C. (2011). Contributions of psychology to limiting climate change. *American Psychologist* 66(4), 303–314
- Stern, P.C., Gardner, G.T., Vandenbergh, M.P., Dietz, T. and Gilligan, J.M. (2010). Design principles for carbon emissions reduction programs. *Environmental Science and Technology* 44(13), 4847–4848
- UN (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York
- UN (2009a). *World Mortality*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York
- UN (2009b). *World Urbanization Prospects: The 2009 Revision*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York. <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm>
- UN (2000). *Millennium Development Goals*. <http://www.un.org/millenniumgoals/>
- UNCTAD (2011) *United Nations Conference on Trade and Development, Review of Maritime Transport, UNCTAD/RMT/2011*
- UNDESA (2011). *World Urbanization Prospects, the 2009 Revision*. United Nations Department of Economic and Social Affairs [http://esa.un.org/unpd/wup/Analytical-Figures/Fig\\_10.htm](http://esa.un.org/unpd/wup/Analytical-Figures/Fig_10.htm)
- UNDHR (1948). Article 26. In *The Universal Declaration of Human Rights*. United Nations. <http://www.un.org/en/documents/udhr/>
- UNDP (2009). *Human Development Report*. United Nations Development Programme, New York
- UNDP (1998). *Human Development Report 1998: Consumption for Human Development*. United Nations Development Programme, New York
- UNEP (2011a). *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2011b). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers*. United Nations Environment Programme, St-Martin Bellevue
- UNEP (2011c). *UNEP Global Trends in Renewable Energy Investment 2011: Analysis in Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy*. United Nations Environment Programme, Frankfurt
- UNEP (2009a). *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*. United Nations Environment Programme, Paris
- UNEP (2009b). *UNEP Year Book: Resource Efficiency*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2006). *Challenges to International Waters: Regional Assessments in a Global Perspective*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNFPA (2008). *Population and Climate Change: Framework of UNFPA's Agenda*. [http://www.unfpa.org/pds/climate/docs/climate\\_change\\_unfpa.pdf](http://www.unfpa.org/pds/climate/docs/climate_change_unfpa.pdf)
- UN-Habitat (2003). *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003*. Earthscan, London
- University of Michigan (2011). Population Growth over Human History. Michigan Population Studies Centre. [http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human\\_pop/human\\_pop.html](http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human_pop/human_pop.html)
- Vereecken, H. (2005). Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Management Science* 61(12), 1139–1151
- Vollan, B. and Ostrom, E. (2010). Cooperation and the commons. *Science* 330(6006), 923–924
- Vyas, S. and Watts, C. (2009). How does economic empowerment affect women's risk of intimate partner violence in low and middle income countries? A systematic review of published evidence. *Journal of International Development* 21(5), 577–602
- Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R. and Randers, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(14), 9266–9271
- Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A.C., Falfán, I.S.L., Garcíá, J.M., Guerrero, A.I.S. and Guerrero, M.G.S. (1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 29(3), 375–390
- Wallinga, D. (2009). Today's food system: how healthy is it? *Journal of Hunger and Environmental Nutrition* 4(3-4), 251–281
- WBCSD (2010). *Sustainable Consumption: Facts and Trends*. World Business Council for Sustainable Development.
- White, M. and Hunter, L. (2009). Public perception of environmental issues in a developing setting: environmental concern in coastal Ghana. *Social Science Quarterly* 90(4), 960–982
- Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K. and Barrett, J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities – Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological Economics* 61(1), 15–26
- WNA (2011a). *Nuclear Power in China*. World Nuclear Association. <http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html>
- WNA (2011b). *World Nuclear Power Reactors and Uranium Requirements*. World Nuclear Association. <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>
- World Bank (2012). *World Development Indicators*. <http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3/countries/1W?display=graph>
- World Bank (2011a). *Data Indicators: GDP growth (annual %)*. World Bank, Washington, DC
- World Bank (2011b). *Migration and Remittances Factbook 2011*. 2nd ed. World Bank, Washington, DC
- World Bank (2011c). *World Development Indicators*. <http://data.worldbank.org/indicator/> (accessed 9 January 2012)
- World Bank (2011d). Introduction: cities and the urgent challenges of climate change. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda* (eds. Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC
- World Bank (2011e). *World Development Indicators 2011: Part 2*. World Bank, Washington, DC
- World Bank (2008). *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. World Bank, Washington, DC
- World Bank (2006). *China Water Quality Management – Policy and Institutional Considerations*. World Bank, Washington, DC. [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/10/18/000310607\\_20061018111318/Rendered/PDF/377520CHA01Wat1management001PUBLIC1.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/10/18/000310607_20061018111318/Rendered/PDF/377520CHA01Wat1management001PUBLIC1.pdf)
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R. and Zeller, D. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science* 325(5940), 578–585
- Xu, J. (2010). IT pollution threatens Pearl River delta. *Chinadaily.com.cn* (online). [http://www.chinadaily.com.cn/china/2010-05/31/content\\_9913000.htm](http://www.chinadaily.com.cn/china/2010-05/31/content_9913000.htm) (accessed 5 September 2011)
- Xu, M., Allenby, B. and Chen, W. (2009). Energy and air emissions embodied in China – US trade: eastbound assessment using adjusted bilateral trade data. *Environmental Science and Technology* 43(9), 3378–3384
- York, R. (2006). Ecological paradoxes: William Stanley Jevons and the paperless office. *Human Ecology Review* 13(2), 143–147
- York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T. (2010). Ecological modernization theory: theoretical and empirical challenges. In *The International Handbook of Environmental Sociology*. 2nd ed. (eds. Redclift, M.R. and Woodgate, G.). Edward Elgar Publishing, Cheltenham
- Yunjie, L., Shumin, C. and Wen, L. (2010). The sustainable development of ICT in China. The rise and future development of the internet. In *Global Information Technology Report 2009–2010: ICT for Sustainability* (eds. Dutta, S. and Mia, I.). World Economic Forum, Geneva
- Zaiceva, A. and Zimmerman, K.F. (2008). Scale, diversity, and determinants of labour migration in Europe. *Oxford Review of Economic Policy* 24(3), 427–451
- Zaman, A.U. and Lehmann, S. (2011). Challenges and opportunities in transforming a city into a “zero waste city”. *Challenges* 2(4), 73–93
- Zhan, L., Ju, M. and Liu, J. (2011). Improvement of China energy label system to promote sustainable energy consumption. *Energy Procedia* 5, 2308–2315.
- Zhang, Z., Lohr, L., Escalante, C. and Wetzstein, M. (2010). Food versus fuel: what do prices tell us? *Energy Policy* 38(1), 445–451
- Zhou, W., Zhu, B., Chen, D., Griffy-Brown, C., Ma, Y. and Fei, W. (2011). Energy consumption patterns in the process of China's urbanization. *Population and Environment* 29 March

# 大氣



© Volker Mithner

**統括執筆責任者:** Johan C.I. Kuylenstierna and May Antoniette Ajero

**執筆責任者:** Drew Shindell, Eric Zusman, Frank Murray, Geir Braathen, Kevin Hicks, Linn Persson, Lisa Emberson, Martha Barata, Sara Feresu, Sara Terry, T.S. Panwar, Yousef Meslmani and Nguyen Thi Kim Oanh

**執筆協力者:** Luis Abdón Cifuentes, Msafiri Jackson, Nicholas Muller, Paulo Artaxo, Seydi Ababacar Ndiaye, Susan Casper Anenberg and Emily Nyaboke (GEO Fellow)

**主科学査読者:** Evgeny Gordov

**章編集者:** Volodymyr Demkine

# 主要メッセージ

地球の大気は、特に気候変動に関して危機的な段階にある。人の健康と生態系を守ることができるであろう原因と解決策について、相当な科学的根拠を基に有効な行動がとられた結果、いくつかの国際的に合意された目標が達成された。比較的単純でコスト効率の良い解決策が実施されて、ガソリンに含まれていた鉛、そしてオゾン破壊物質の段階的廃止が実現した。そのことは、主要な利害関係者のほとんどが同意すれば、著しい進展が起り得ることを示すものである。

粒子状物質（PM）と対流圏オゾンに対する環境目標の達成については、それらの影響に対する懸念が高まっているにもかかわらず、解決策が複雑で多額のコストがかかる可能性があり、進展が見られたものとそうでないものが混成している。先進国の多くは、屋内外のPM濃度、硫黄や窒素化合物の濃度を、世界保健機構のガイドラインに近い水準か、ガイドライン以内にまで削減することに成功した。しかし為されるべき多くのことがまだ残っている。アフリカ、アジア、中南米において、高い懸念があり、それらの多くの都市のPM水準が、ガイドラインをはるかに超過した状態のままである。既存の解決策は比較的成本が高く、ガイドラインやターゲット濃度が達成されるまでに要する期間は、その問題に向けられる優先度に左右されることになるだろう。また対流圏オゾン問題は、厳しい状況のまま、ヨーロッパと北アメリカでのピーク濃度については、ある程度の進展はあったけれども、対策が難しいことが判明しつつある。

気候変動は、最も重大な大気の問題である。この複雑な問題について深刻な懸念が示されているが、その進展については、モチベーションの高さが異なるためと、解決策であるいくつかの低炭素技術が高価であると考えられているために、遅れている。多くの国々で低炭素経済を開発しようとする試みが為されているが、温室効果ガスの大気濃度は、国際的に合意された産業革命以前の平均気温から2℃という上昇限界を超えて、地球の温度を押し上げそうな水準へと増大し続けている。現在の低

炭素技術や既存の政策オプションを適用することで、気候変動によってもたらされる危険性は減るだろうけれども、現在誓約されている排出削減量と、気候ターゲットを達成するために必要な削減量との間には、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）換算で数十億トンもの隔りがある。

黒色炭素、メタン、対流圏オゾンといった短寿命気候強制力因子（SLCF）に対処する補完的戦略が、もし広く実施されれば、短期間で、温度上昇の速度を著しく下げることができる上に、人の健康と食糧安全保障に対して実質的なコベネフィットがもたらされるだろう。政策手段と技術的な解決策が既に存在していると仮定すれば、SLCF削減は、迅速な進展を見せるだろう。しかしこれは、2℃限界を越えることから地球を守るために必要な、人為起源CO<sub>2</sub>排出量の削減に向けた補完的戦略と見なされなければならない。

気候変動、大気質、成層圏オゾン層破壊は、ますます密接に関連する問題であると見なされているのに、各国政府はそれらに対して一体的な対処をしていない。大気保護に向けた統合的アプローチが為されることで、経済発展が支えられ、また政策決定者が、鍵となる部門に対処することで、複数の目標を達成できるだろう。汚染の発生源に対処することによって、そこから放出される様々なガスや粒子状物質に影響を及ぼし、複数の気候や大気質に恩恵をもたらすことが可能である。課題は、その利益を最大限にし、かつ広範囲での実現へと結び付けるような解決策を見つけることである。

大気目標を達成することへの投資は、高い費用対効果を期待できる。これらの政策がもたらす恩恵には、人為起源の放射強制力を減少させ、何百万もの命を救い、著しく生活の質を向上させることなどがある。このような恩恵と、気候や大気質の目標を達成するには、現在利用可能な技術、実績のある政策を広範囲にわたって実施することが必要である。しかし同時に、排出の主要な駆動要因に影響を与える大変革も必要であると思われる。

# 序文

人類の活動の結果として大気に放出される物質は、環境と発展の両方に立ちはだかる難題である。そのために、毎年、何百万もの人々が、屋内と屋外の空気汚染のために天寿をまっとうせずに死んでいる。またオゾン破壊物質(ODS)が、オゾン層を薄くし、極地域上空の成層圏オゾン層に季節的な穴を作り出している。また気候変動が進行中で、気候に影響を与える温室効果ガスやその他の物質の大気中濃度が増加し続けている。中でも気候変動は、食糧安全保障と生物多様性を脅かし、地球のあらゆるところに、嵐による被害を増大させるだろう。開発途上の地域の多くの人々が特に脆弱である。

これらの大気の問題への対処は、アジェンダ 21(UNCED 1992)、ヨハネスブルグ実施計画(WSSD 2002)などのいくつかの世界的合意と地域協定によって進められている。国際的な目標が合意され、いくつかのケースで、ターゲットが設定された。さらに人の健康と生態系に関するいくつかの国際的に合意されたガイドラインがあり、大気の問題を取り扱う際の進展をモニターするために使用されている。

本章では、鍵となる指標を用いて、大気問題の地球および大陸域レベルで設定された目標の進展状況を評価する。その進展が、既存の政策や手段を用いてこれらの目標を達成し得る軌道にあるか否か、人類の幸福と発展にとって重要な鍵となる問題に取り組む上でこれらの目標が十分か否かが検討される。そして様々な問題に対する展望と何がもっと行われる必要があるかが検討される。既存の政策が不十分な場合には、第 16 章

で展開する概念である、より大きな変革の必要性が示される。

大気汚染対策を進展させるための科学的基盤が非常に向上し、大気問題の社会的側面についての理解が進みつつある(Stern 2007)。昨今、科学は、短期気候変動や短寿命気候強制力因子(SLCFs) (Shindell *et al.* 2012; UNEP and WMO 2011)のような新しい課題に注目し、また閾値とティッピングポイントについての知見が向上した(Lenton *et al.* 2008)。

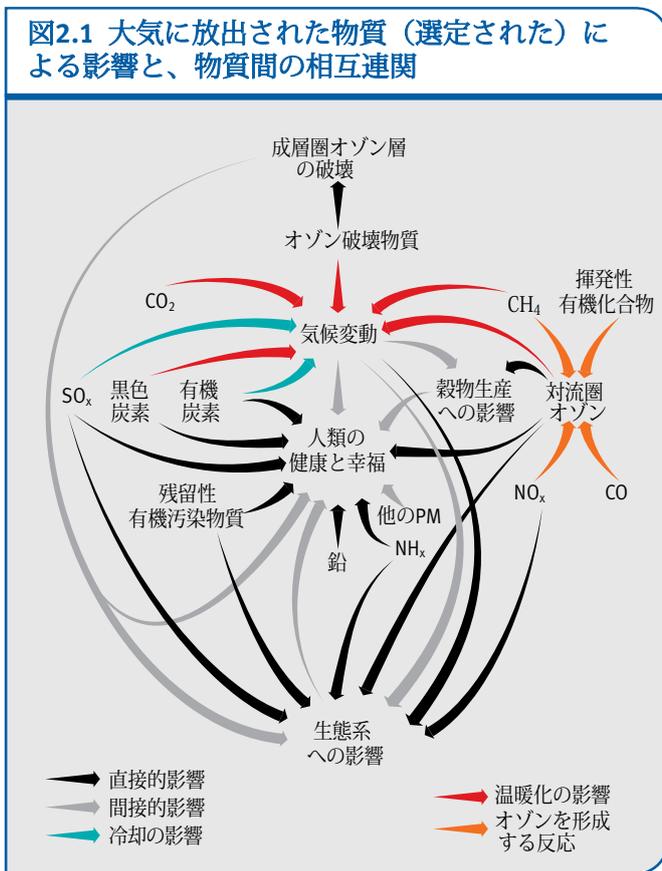
気候変動、大気質、成層圏オゾン層破壊は密接に関連している、それらの個々の汚染物質は、すべてが人の幸福に影響を与えるポテンシャルを持つ、健康、作物収穫量、生態系、大気の冷却加熱、成層圏オゾン層破壊に複合的な影響を及ぼしていると言える(図 2.1)。また多くの排出源が、大気質に影響を与え、かつ気候変動をも引き起こす多様な汚染物質を放出している。しかしこうしてこれらが相互に関連しているにもかかわらず、ほとんどの政府がこれらの問題を別々に取り扱っている。その理由の一つは、目標が上記のように 20 年前に設定されたためである。かといって、どの対策が実施されるかで、コベネフィットになったり、その反対の結果になることも起こり得る。また、より統合的なアプローチが開発されなければ、様々な大気政策が互いにマイナスに働くことも起こり得る危険性がある。

## 国際的な目標とターゲット

環境と人の幸福を、大気に放出された物質の影響から守るための主要な目標は、アジェンダ 21(UNCED 1992)とヨハネスブルグ実施計画(WSSD 2002)で設定された。これらは、「気候システムおよび環境に対して危険な人為的介入」を引き起こしている汚染物質と温室効果ガスのそれぞれの閾値のレベルを特定する必要性を強く打ち出した(アジェンダ 21 の第 9 章)。またこれらは 1985 年のオゾン層保護のためのウィーン条約(UNEP 1985)と、1987 年のオゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書(UNEP 1987)で定義されたように、クロロフルオロカーボン(CFC)とその他のオゾン破壊物質を段階的に無くすという目的の達成が不可欠であると判断した。またこれらは、1979 年の長距離越境大気汚染条約(CLRAP)とその条約の地域大気汚染を削減するための議定書の重要性を認め、これらのプログラムが継続され増強されるよう、またその経験が他の地域で共有されるよう勧告した。

ヨハネスブルグ実施計画は、政策の策定に統合的なアプローチを採用するよう推進し、大気質を全体的な展開の中での重要な部分と見なしてきた。そして女性と子どもに特別な注意を払って、大気汚染に起因する呼吸器疾患とその他の健康影響を減らす必要性を強調した。またガソリンに含まれる鉛を段階的に無くすこと、子どもの鉛への暴露を防ぐ手段、鉛中毒のモニタリング、監視、取扱を強化する努力を支援した。もう一つ重視したことは、特に料理や暖房を従来型の燃料に依存するのを減らすために、農村集落に手頃なエネルギーを供給できるよう開発途上国を支援することであった。

図2.1 大気に放出された物質（選定された）による影響と、物質間の相互連関





南アフリカのダーバンでの2011年国連気候変動会議の代表者たち © UNFCCC/Jan Golinski

表 2.1 に示されるように、大気の問題は、ミレニアム開発目標(MDG)(UN 2000)と密接に関連している。1992 年の生物多様性保全条約(CBD)のような大気関連でない他の条約も、大気汚染の影響と結び付いている。生物多様性の愛知ターゲット(CBD 2010a)は、次の 2 つの大気関連のターゲットを含む。

- ターゲット 8： 2020 年までに、富栄養化などによる汚染が、生態系機能と生物多様性に有害とならない水準にまで抑えられる。
- ターゲット 10： 2015 年までに、気候変動または海洋酸性化により影響を受けるサンゴ礁その他の脆弱な生態系に及ぶ複合的な人為的圧力が最小化され、その生態系の健全性と機能が維持される。

大気の問題とターゲットは、法的拘束力のあるものと無いものの両方の環境協定(表 2.2)によってサポートされていて、

その環境協定のほとんどが、世界的に合意された量的ターゲットと実行スケジュールを含み、それらが各国の国内規制の制定と実施を促進する。目標やターゲットは、次のような制御に関する様々な側面について述べたものである。

- 駆動要因の制御、例えば、オゾン破壊物質の生産と消費の完全禁止(一部の例外を除く)、ならびに加鉛ガソリンの段階的廃止。
- 圧力の低減、例えば、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)や他の温室効果ガスの排出量削減。
- 濃度に関するターゲット、例えば、粒子状物質(PM)やCO<sub>2</sub>

屋外と屋内の空気汚染については、そういった地球規模のターゲットは無いが、世界保健機関(WHO)が、科学的調査に基づいて、大気汚染(WHO 2006)からのリスク低減の進展を評

表 2.1 ミレニアム開発目標の達成に影響する大気の問題

目標	ターゲット	影響
極度の貧困と飢餓の撲滅	1990年から2015年までに、飢えに苦しむ人々の割合を半減させる。	気候の変異と変動(傾向と極致)が作物生産に影響する。対流圏のオゾンは直に作物収穫量に影響する。
普遍的初等教育の達成	2015年までに、すべての子どもたちが、男女の区別なく、初等教育の全課程を修了できるようにする。	鉛への暴露は、幼児の認知発達と機能に影響する。
幼児死亡率の削減	1990年から2015年までに、5歳未満の幼児死亡率を3分の2まで引き下げる。	子供は、大気汚染と鉛中毒による健康への影響に最も敏感である。過度に生物燃料を用いて調理することによって発生する屋内の空気汚染が、女性と小さな子供に影響を与える。
環境の持続可能性の確保	2010年までに、損失率の大幅な引き下げを達成して、生物多様性の損失を抑える。	気候変動は生物多様性にとって最も大きな脅威のうちの一つである。窒素沈着からもたらされる富栄養化は、陸性植物の多様性に影響する。対流圏オゾンは、敏感な生態系での植生構成に影響する。海洋の酸性化と温暖化が、海洋生物多様性に影響する。

出典: (goals and targets) UN 2000

備するために、大気質ガイドラインを設定した。今世紀末の世界の温度上昇の限界（2℃限界が合意）についての設定は、潜在的な影響に関する科学的な議論だけでなく、政治情勢や達成される見込みに基づいてなされた(Hare et al. 2011)。各国は、それぞれの国際的な義務、開発途上国が先進国かといった立ち位置、組織能力、に応じて、国家としての大気質基準と、温室効果ガスについての公約やターゲットを設定した。コペンハーゲン協定(UNFCCC 2009)は、先進国に対して2020年の経済全体の排出量削減ターゲットを提出するよう要請し、開発途上

国に対しては国としての適切な緩和行動(NAMA)を提出するよう要請した。カンクン合意(UNFCCC 2010)は、これらの誓約されたターゲットと緩和行動を、国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)に公式に固定させ、法的に確認した。越境大気汚染に関しては、いまだに CLRTAP だけが、様々な汚染物質のターゲットを設定している唯一の地域合意である。いくつかの大陸域とサブ大陸域（アフリカ、アジア、南アメリカ）には、排出量を削減する趣旨を示す協力協定があるが、これらは拘束力を持たず、一部では人手と財源不足により実施されていない。

表 2.2 大気の問題に関して国際的に合意された目標とテーマ（選定されたもの）

国際的に合意された目標の中の主なテーマ		数値目標（ターゲット）	範囲
<b>成層圏オゾン層の破壊</b>			
オゾン層の保護のためのウィーン条約(UNEP 1985)	オゾン層の保護		グローバル
オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書(UNEP 1987)	オゾン破壊物質の除去	定められた例外を除いて、オゾン破壊物質の生産と消費の全廃。	グローバル
<b>気候変動</b>			
国連気候変動枠組み条約(UNFCCC 1992)	気候システムに対して危険な人為的干渉を及ぼすこととしない水準に、大気中の温室効果ガス濃度を安定させる。		グローバル
UNFCCCに関連する京都議定書(UNFCCC 1998)	工業先進国からの温室効果ガス排出の削減。	1990年と比較して2012年までに添付1の（先進）国からの排出量を少なくとも5%削減。特定の国による削減の誓約。	議定書添付1の国々
カンクン合意(UNFCCC 2010)	世界の平均気温の上昇を産業化前の水準から2℃までに制限するために、世界の排出量を削減	添付1の参加国による2020年に向けた経済全体の排出量についての数量的な誓約と、添付1でない参加国（開発途上国）による適切な緩和行動についての誓約。	グローバル
EUの20-20-20ターゲット(EEA 2009)	2020年までにEUの国々からの温室効果ガス排出の削減。	1990年の水準から排出量を20%削減。エネルギー消費の20%を再生可能エネルギーで賄う。一次エネルギー使用量を予測値より20%削減する。	EU加盟国
<b>鉛汚染</b>			
アジェンダ21(UNCED 1992) ヨハネスブルグ実施計画(WSSD 2002)	鉛暴露を防ぐ。	輸送機関からの鉛の排出をゼロにする。	グローバル
<b>健康と生態系のための大気質</b>			
WHO ガイドライン(WHO 2006)	大気汚染による健康影響を削減	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、Pb、CO、O <sub>3</sub> に対して設定されたガイドラインで、例えば PM <sub>2.5</sub> は年平均 10 µg per m <sup>3</sup> 、PM <sub>10</sub> は年平均 20 µg per m <sup>3</sup> 。CLRTAP で設定されたように、臨界値と臨界負荷量に基づいて設定された生態系のためのWHOのガイドライン。	世界的に推奨
<b>大気汚染</b>			
大気質、乗り物、固定発生源、国の排出量に対するEU指令(EC 2008)	2020年までに人の健康と環境の質を増進する。	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、Pb、CO、O <sub>3</sub> に対して設定されたガイドラインで、例えば PM <sub>2.5</sub> は年平均25µg per m <sup>3</sup> 、PM <sub>10</sub> は年平均40µg per m <sup>3</sup> 。生態系のために設定された臨界負荷量と値。SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、VOC、NH <sub>3</sub> に対する各EU国のために設定された国の排出量の上限。	EU加盟国
<b>国境を越える大気汚染</b>			
長距離越境大気汚染条約(CLR TAP)(UNECE 1979)	条約の議定書で設定された目的によって実施され、大気汚染から人と環境を保護する。	イェーテボリ議定書(UNECE 2005)は、すべての参加国に対して削減を設定するもので、1990年との比較で2010年に達成されるべき排出量削減目標を備えた、複数の汚染物質に関する、複数の効果を持つ議定書である（達成年度は2020年に変更された）。特定の国の排出量上限については議定書の添付2を参照のこと。	ヨーロッパの国連欧州経済委員会の国々、中央アジア、北アメリカ
アセアン煙霧協定(ASEAN 2002)	泥炭地火災および(または)森林火災の結果、国境を越える煙霧汚染を、モニターして防ぐ。	火災をゼロにする政策を採択することに合意した。	東南アジアのアセアン諸国

# 大気目標達成の進展度

この節では、アジェンダ 21(UNCED 1992)が、鍵となる優先事項を定めて以降の 20 年ほどの間の、大気に関する懸念への取り組みの進展について考察する。多くの大気問題に対する、世界や大陸域に設定された目標とターゲットを現状と比較し、それらが達成されているかどうかを調べ、目標とターゲットの、現状との隔たりの大きさを明らかにする。

進展については、大気問題を次の大きく 3 つに分けて検討し、鍵となる指標に対して記述される。

- ターゲットが達成されておらず、その現状が全く持続可能な状況でない例。
- いくつかの大陸域がターゲットを達成し、他の大陸域がターゲットからほど遠い状況である、混成した進展の例。
- ターゲットが設定され、大部分が達成されているよい進展の例。

## 気候変動：目標達成にほど遠い

CO<sub>2</sub>やその他の温室効果ガスの人為起源による排出が、現代の気候変動の主要原因であることは、幅広く科学的に合意されている(IPCC 2007)。独立した 4 つの解析によっても、増大し続ける CO<sub>2</sub>の大気濃度によって、2000 年～2009 年が、記録上、最も暖かい 10 年間であったことが示されている(図 2.2)。地域の気温変化を見ると、過去 1 世紀にわたって最も大きく温暖化されたのは、高緯度の地域であることが分かる(図 2.3)。

気候変動は、熱波や猛烈な嵐の発生頻度を高め、降雨量パターンを変化させ、海面を上昇させ、多くの点で人類の幸福を脅かす(IPCC 2007)。熱帯低気圧の発生頻度の変化は不明確であるが、それらの強度は、温度の上昇につれて増大するだろう(IPCC 2011)。

人類は、例えば淡水供給の変化、農業の生産性や健康への変化を通して直接的影響を受け、次に生物多様性や生態系サービスの喪失による社会経済的影響によって、間接的影響を受ける。したがって、気候変動は、人類が直面している大気変化に關



22,000軒を超える家が、オーストラリア史上最悪であった2011年の悲惨なブリスベン洪水で浸水した。© On-Air/iStock

### Box 2.1 気候変動

#### 関連する目標

気候システムに対して危険な人為的介入を及ぼすことにならないようにする(UNFCCC)。

#### 指標

温度傾向、降雨量変化、海氷範囲、CO<sub>2</sub>濃度、温室効果ガス排出。

#### 世界の傾向

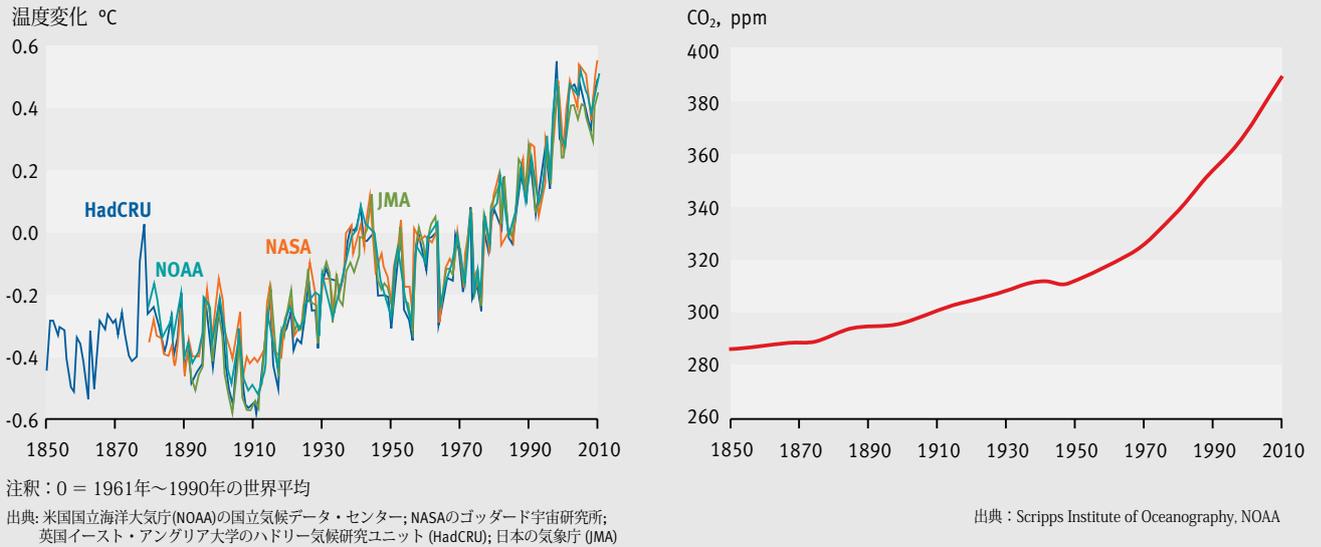
進展が遅い。UNFCCCが合意した2°Cの温度上昇限界を超えないようにするための軌道に乗っていない。

る最も重大な問題であると考えられる。経済面から捉えた文献を調査すると、温度が産業化前の水準より 2.5°C 上昇する場合、気候影響による損害が 2100 年までに、毎年、世界の国内総生産(GDP)の 1~2%になる可能性が示唆されている。これらの損害推定額は、4°C 上昇ならば、世界の GDP の 2~4%に増大する(Aldy et al. 2010)。極端な温暖化による損害額を推定したいくつかの研究によれば、世界の GDP 換算で 2100 年までの毎年の損失額が、6°C 温度上昇の場合の 10.2%から(Nordhaus and Boyer 2000)、7.4°C 温度上昇の場合の 11.3%まで(Stern 2007)、変動する可能性のあることが分かった。損害の評価は、割引率や破滅的な影響に関して、その基になる仮定に大きく左右されやすいが、気候変動による社会経済的影響が非常に大きくなるであろうことは明らかである。

影響は恐らく、温暖化が最も大きくなるだろう北極地方において特に深刻になるだろう。北極地方の大部分は、1890~1910 年と比べて、2°C を越える温度上昇を経験してきており(図 2.3)、北極を覆う海水が、秋と冬のいずれにおいても縮小する劇的な減少を呈している(図 2.4)。グリーンランドと南極の氷床のいずれも、融ける速度が急速に増大し、グリーンランドの融解面積が著しく拡大した(Rignot et al. 2011)。その他の地域で、かなり大きな気候変動の影響が予測されるのは、乾燥地の拡大が予想される亜熱帯地方や、海面上昇によって最も損害を受けるであろう低平地などである。このような変化への適応能力に限界がある低開発国は、対策目標を達成できない危機に置かれている。

地域的熱波や、降雨が極端に多いか少なくなるなどの異常気象が、気候の温暖化と共により一般的になり、その頻度や強度が変化すると予想される(IPCC 2007)。ヨーロッパは 2003 年と 2010 年に、非常に暑い夏を 2 度経験したが、研究によれば、巨大熱波を含む極端に暑い夏の来る可能性が、次の 40 年以内に 5~10 倍に増加するとの予測が示されている(Barriopedro et al. 2011)。豪雨の発生頻度が、世界の陸地部分(第 4 章)のほとんどで増加し、より激しいより長期にわたる干ばつが、1970 年代以降、特に熱帯地方と亜熱帯地方(IPCC 2007)で観察された。長期傾向では、サヘルやインド北部が、より乾燥した状況へと向かう傾向にあることが示されている(図 2.5)。

図 2.2 1850年から2010年までの温度変化と大気のCO<sub>2</sub>濃度の傾向



人類の時間尺度で見ても不可逆的となる変化、いわゆるティッピングポイントと呼ばれるものが、不実行によってもたらされるだろうという懸念が高まっている。CO<sub>2</sub>またはメタンとして、永久凍土層に格納されていた炭素の放出が増加し、それがさら

に温度を上昇させ、そのためにさらに温室効果ガスが放出されるというサイクルを引き起こしかねないといった変化が、その一例である (Schaefer *et al.* 2011; Lawrence and Slater 2005)。

図 2.3 20世紀を通しての温度変化

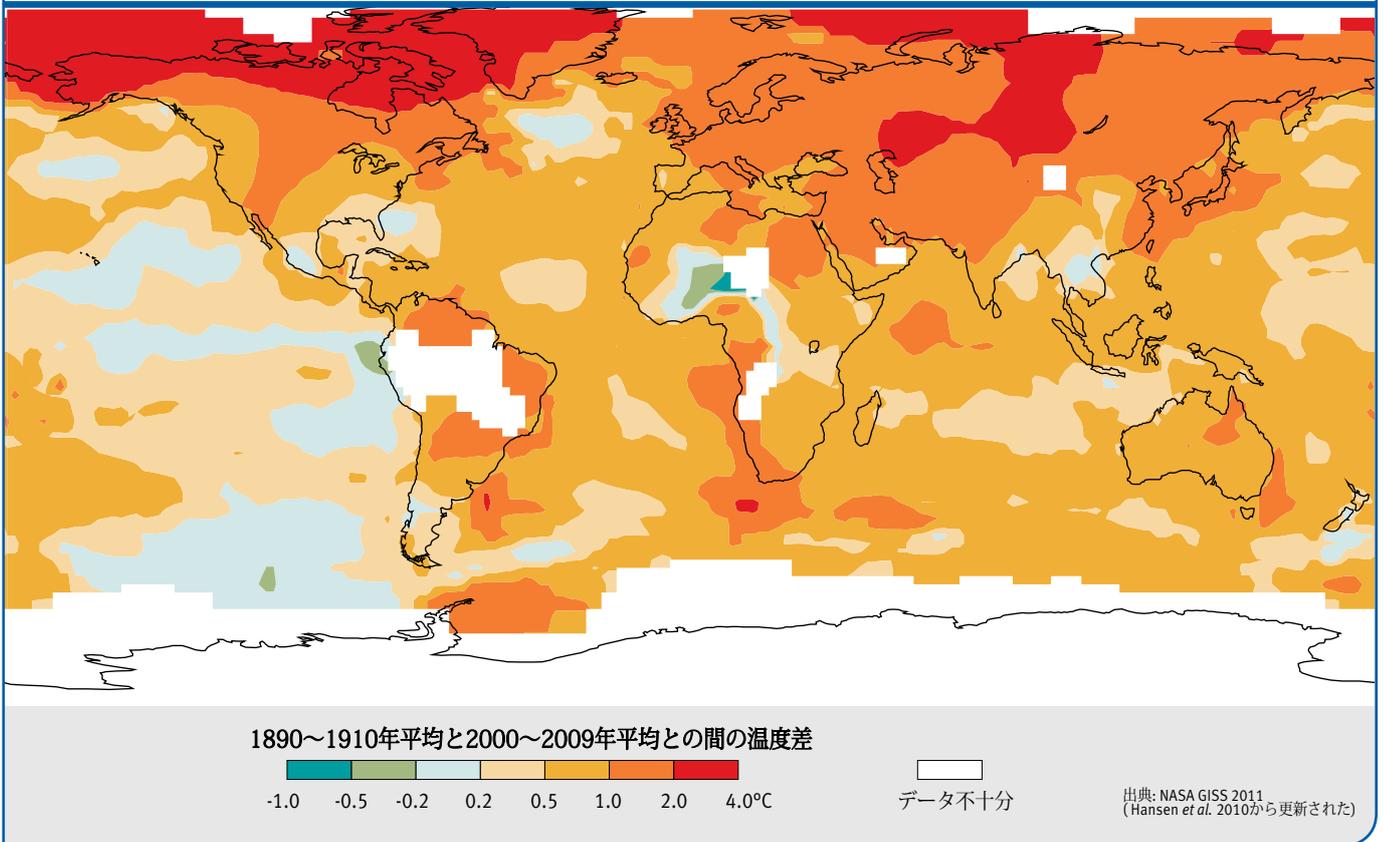
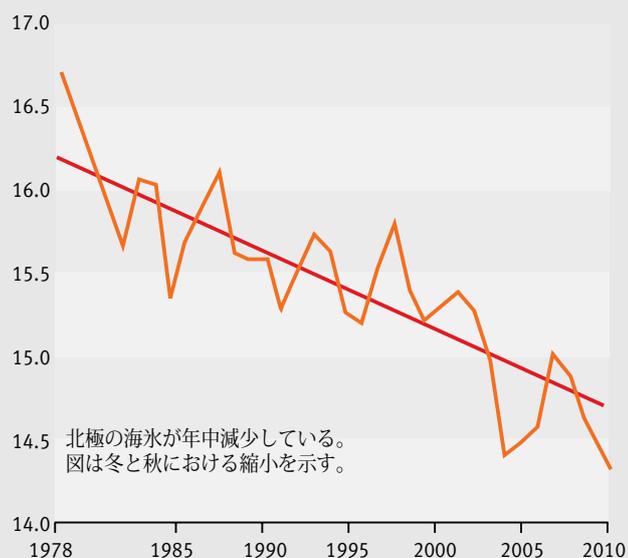


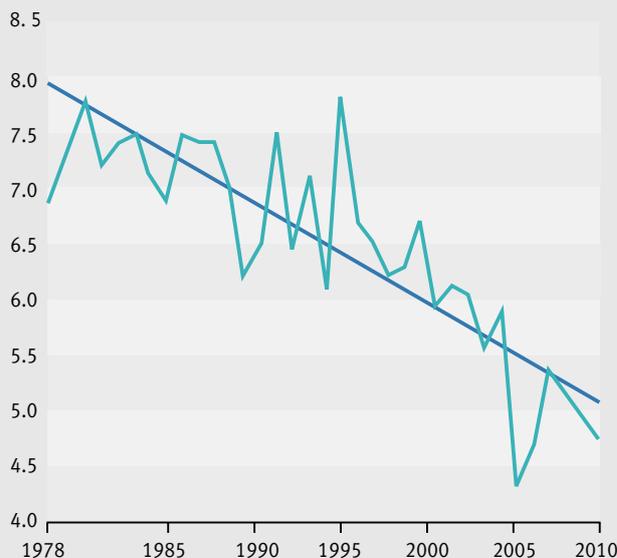
図 2.4 冬と秋の北極の海氷範囲の傾向、1979～2010年

2月の平均、100万km<sup>2</sup>



14.5 北極の海氷が年中減少している。  
図は冬と秋における縮小を示す。

9月の平均、100万km<sup>2</sup>



出典：NSIDC 2011

ほとんどの人為起源の温室効果ガスの濃度と発生量が、近年、増加し続けている(表 2.3 と図 2.6)。増加速度では、いくつかのハイドロフルオロカーボン (HFC) の濃度が、特に高くなっている。一方、化石燃料消費からくる CO<sub>2</sub> 排出は、2009 年に景気後退によって世界の排出量が短期下降したにもかかわらず(図 2.6)、気候変動に関する政府間パネルによる排出シナ

リオ特別レポート(SRES)(IPCC 2000)で広く用いられる予測の中のより悲観的なシナリオをこの 10 年間たどっている。また CO<sub>2</sub> 濃度の急速な増大は、同じように急速に進行している海洋の酸性化(4 章)と関連している。

IPCC は、2°Cの温度上昇限界内でとどまるために必要とされる、CO<sub>2</sub> 換算で 450ppm 大気濃度を超過しないようにするために、先進国が 2020 年までに排出量を 1990 年の水準より 25～40%削減する必要があると結論し(IPCC 2007)、さらに、専門家によって検証された文献によると、開発途上国が 2020 年までに現状と比較して 15～30%まで排出量を削減する必要

図 2.5 アフリカと南アジアと西アジアの降雨の傾向、1960～1998年の5月から9月

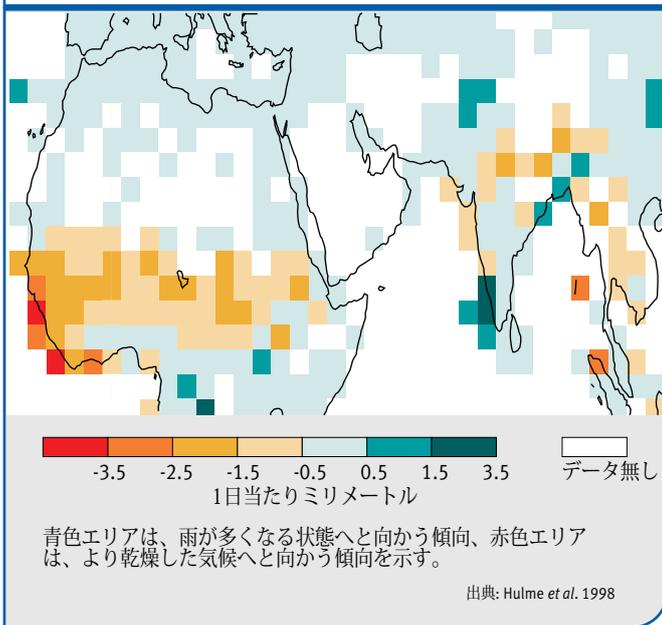
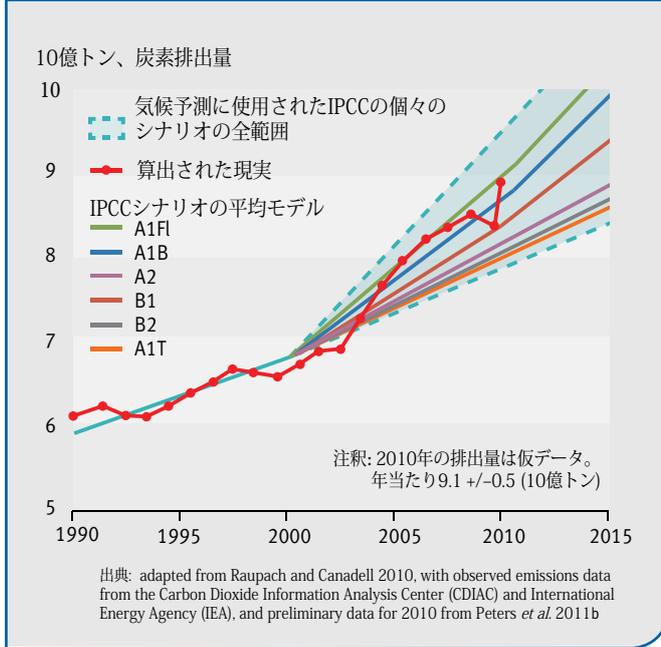


表 2.3 温室効果ガスの濃度、2005年、2009年および2010年

	2005	2009	2010
CO <sub>2</sub> (ppm)	378.7	386.3	388.5
CH <sub>4</sub> (ppb)	1 774.5	1 794.2	1 799.1
N <sub>2</sub> O (ppb)	319.2	322.5	323.1
CFC-11 (ppt)	251.5	243.1	240.5
CFC-12 (ppt)	541.5	532.6	530.8
HCFC-22 (ppt)	168.3	198.4	206.2
HFC-134a (ppt)	34.4	52.4	57.8

出典：NOAA GMD 2011a

図 2.6 化石燃料排出量における傾向、算出された現実とIPCCシナリオ、1990～2015年



があると結論した(den Elzen and Hohne 2010, 2008)。またターゲットを達成するには、2020年より先に、さらなる削減が必要とされている。京都議定書が2005年に施行されて

以来、いくつかの国々は CO<sub>2</sub> 排出量を削減したが、多くの国が京都ターゲットを達成しそうにない。その上、削減を報告しているその同じ国々の多くが、炭素集約的な製品の輸入を増加させている。いわゆる炭素リーケージである。輸入製品内に埋め込まれた他国の CO<sub>2</sub> 排出を計算に入れると、多くの先進国における排出量は、事実上増大していて、国内排出量に上記埋め込まれたものを加えた純排出量は、京都ターゲットよりはるかに大きくなる(Peters *et al.* 2011a)。

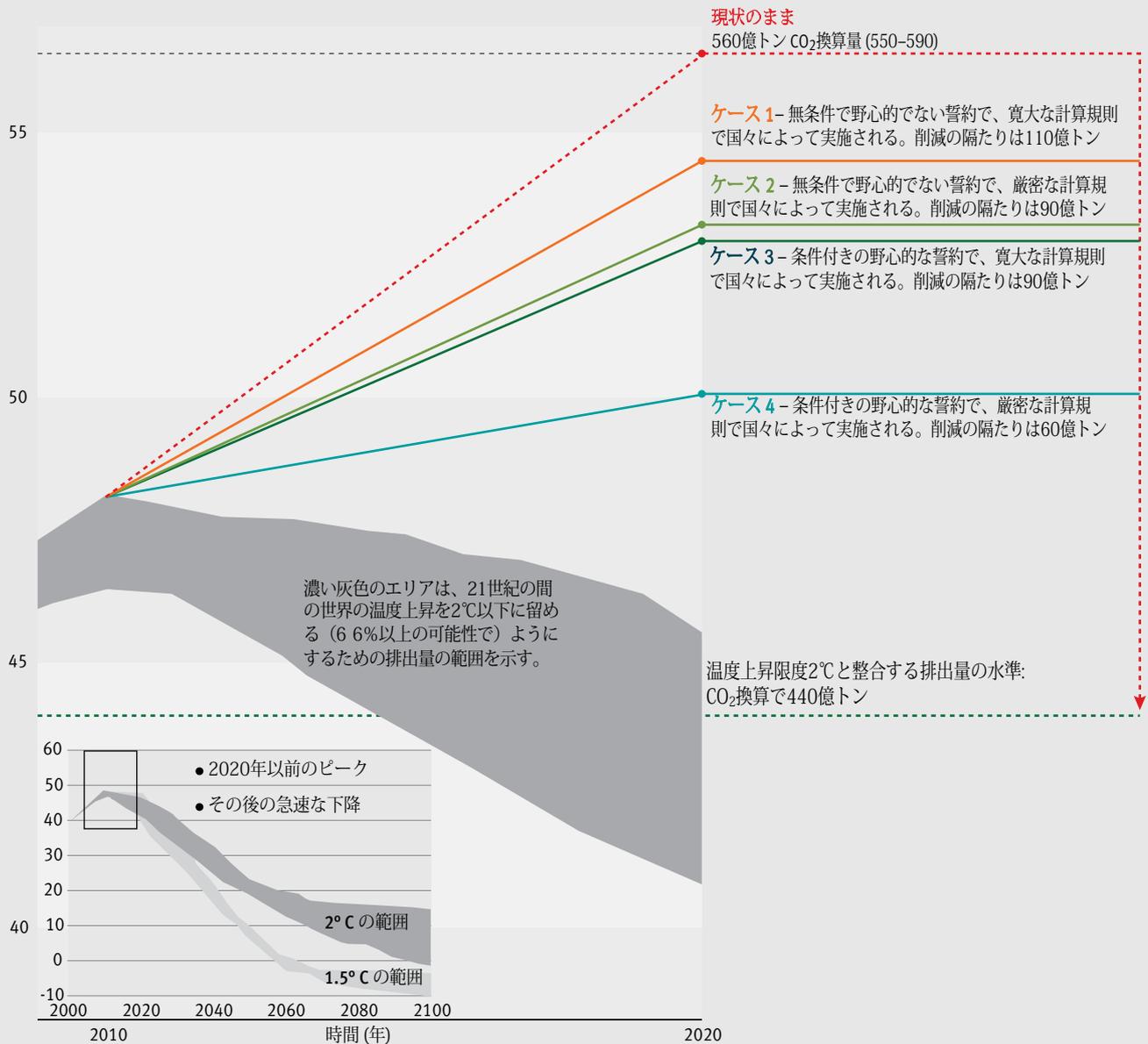
バリ行動計画(the Bali Action Plan)(UNFCCC 2008)以降これまでに、42の先進国が、2020年までの数量化された経済全体の排出量ターゲットを誓約(プレッジ)し、さらに44の開発途上国が、国の適切な緩和行動を誓約してきた。それにもかかわらず、これらの誓約の総計は、図2.7に示されるように、安全な限界内に気温を維持するであろう水準に達しておらず、CO<sub>2</sub>換算で約60億トン不足している。この図は、86か国から出された緩和行動の誓約から4つの可能な解釈により導かれる2020年の予想排出量と、参加国が合意した2℃の温度上昇限界内に留まる可能性が66%以上になる排出量範囲とを比較したものである。予想排出量と、合意されたUNFCCC 2℃限界内に留まるための排出量の間には、CO<sub>2</sub>換算で60億トンから110億トンの隔りがある。その隔りの大きさは、誓約が実行される範囲と、いかに誓約が適用されるかに左右される(UNEP 2011a)。



汚濁源に対処することは、気候と大気質の両方に恩恵をもたらすことができる。© Morten Madsen/iStock

図 2.7 排出量の隔たり

10億トン、CO<sub>2</sub>換算の年間排出量



カンクンで国々が提示し正式に承認された誓約に従った場合に2020年に予想される排出量と、UNFCCCで合意された2°C限界内に温度上昇を制限するための排出量の範囲、との間の隔たりを比較したもの。

出典: UNEP 2011a

気候変動の速度は歴史的に過小評価されてきた傾向があるため、推定される範囲の上限では、非線形な変化や物的損失が起こることもあり得る (Smith et al. 2009; Stern 2007)。全体として、国際レベルと国家レベルの両方において明白な進展がない場合、長期的に見た気候変動に対する前途は暗い。

たとえ国際レベルでの交渉が予想より長くかかっても、国の行動は前進し続けるべきである。発展しつつある多数の低炭素

研究によれば、英国 (Strachan et al. 2008) や日本 (Fujino et al. 2008 年)、そしてタイ (Shrestha et al. 2008) などの国々では、2050年までに排出を半分にすることが経済的技術的に実現可能であるだろうことを示した。これらの研究成果は、例えば排出権取引の仕組みを通して、炭素に値段をつけることによって成り立っている。しかし、排出権取引の仕組み、あるいはクリーン開発メカニズム (CDM) のような市場ベースの手段が、すべての状況で機能するとは限らないし、すべての大陸



世界貿易の大発展によって、国際間の海運業から、CO<sub>2</sub>の著しい排出、そしてSO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、黒色炭素を含む主要汚染物質の著しい排出がもたらされた。 © Mark Wragg/iStock

域に等しく恩恵をもたらすとも限らないことに注意することが重要である。例えば、CDM 市場では、中南米とアジア太平洋地域が全事業の 87%以上を占め、一方で、アフリカは 3% 未満である(UNFCCC 2012)。

他の研究では、特に排出枠のために開発を制約している開発途上国にとっては、気候変動を既存の開発計画の中心に位置付けることが、市場ベースの手段より、有望な選択肢となり得ることが示唆されている(Shukla *et al.* 2008)。このことは、次のような研究によってさらに裏付けられる。地方の大気質が改善されるといったコベネフィットが比較的大きな価値をもたらすために、低所得国では、開発の優先事項をかなえる形で、温室効果ガスを緩和することによって最大の利得を得ることが示されている(Nemet *et al.* 2010)。これらのコベネフィットを獲得するには、政策決定者が気候変動を開発計画の中心に位置付けることに精通するようになることと、気候変動とその他の大気問題との間の相乗作用をはっきりと認識する意思決定の枠組みが必要となる。そういった統合的アプローチは、相当量の気候緩和や大気質の制御を既に実施したことがある地方や都市レベルであれば、即座に導入可能である。

## 進展が混成している例

いくつかの地域で向上している一方で、他の多くの地域では大きな障害が残っていて、地球規模での目標達成にはほど遠い例がある。硫黄、窒素、小さな粒子状物質（通常、PM<sub>10</sub> および PM<sub>2.5</sub> と呼ばれる）、および対流圏オゾンという、大気的主要な 4 つの問題を以下に述べる。

## 硫黄汚染

火力発電、工業、輸送、による化石燃料の使用から主として排出される二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) は、PM<sub>2.5</sub> の一因となることによって、人の健康に有害な影響をもたらす。また二酸化硫黄は、酸性化によって陸域生態系や淡水生態系に有害な影響をもたらす(Rodhe *et al.* 1995)、腐食によって人工材料や文化遺産に(Kucera *et al.* 2007)、そして生物多様性(Bobbink *et al.* 1998)や林業(Menz and Seip 2004)にも有害な影響をもたらす。また硫酸塩エアロゾルは、大気を冷却するが、それゆえに、温暖化ガス削減戦略の全体的な恩恵を評価するには、それらを追跡することが重要になる。

越境大気汚染の問題がアジェンダ 21(UNCED 1992)で強調されて以来、ヨーロッパと北アメリカにおいて二酸化硫黄排

### Box 2.2 硫黄汚染

#### 関連する目標

長距離越境大気汚染条約 (CLRTAP)、EU指令、人類の健康と生態系のためのWHOのガイドライン。

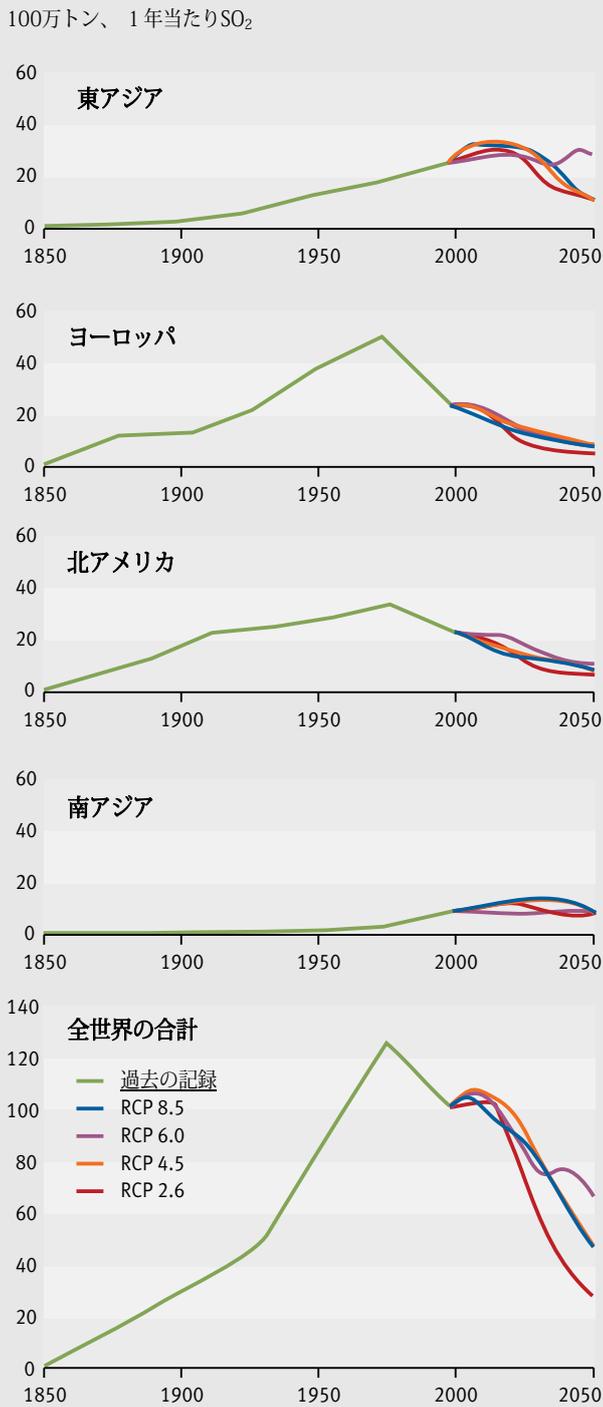
#### 指標

硫黄の排出量。 臨界の負荷量またはレベル（それ以上になると弊害が観測される閾値）の超過。

#### 世界的な傾向

地域の進展が混成している。

図 2.8 二酸化硫黄排出量の地域傾向、1850～2050年



1850～2000年までの排出量傾向と、IPCCC第5次評価に寄与するよう開発された4つの代表的濃度経路（RCP）シナリオの2000～2050年までが、大気汚染の半球輸送（HTAP）の多種モデル実験に基づいて、4つの発源地域と、世界全体に対して示される。

出典: HTAP 2010

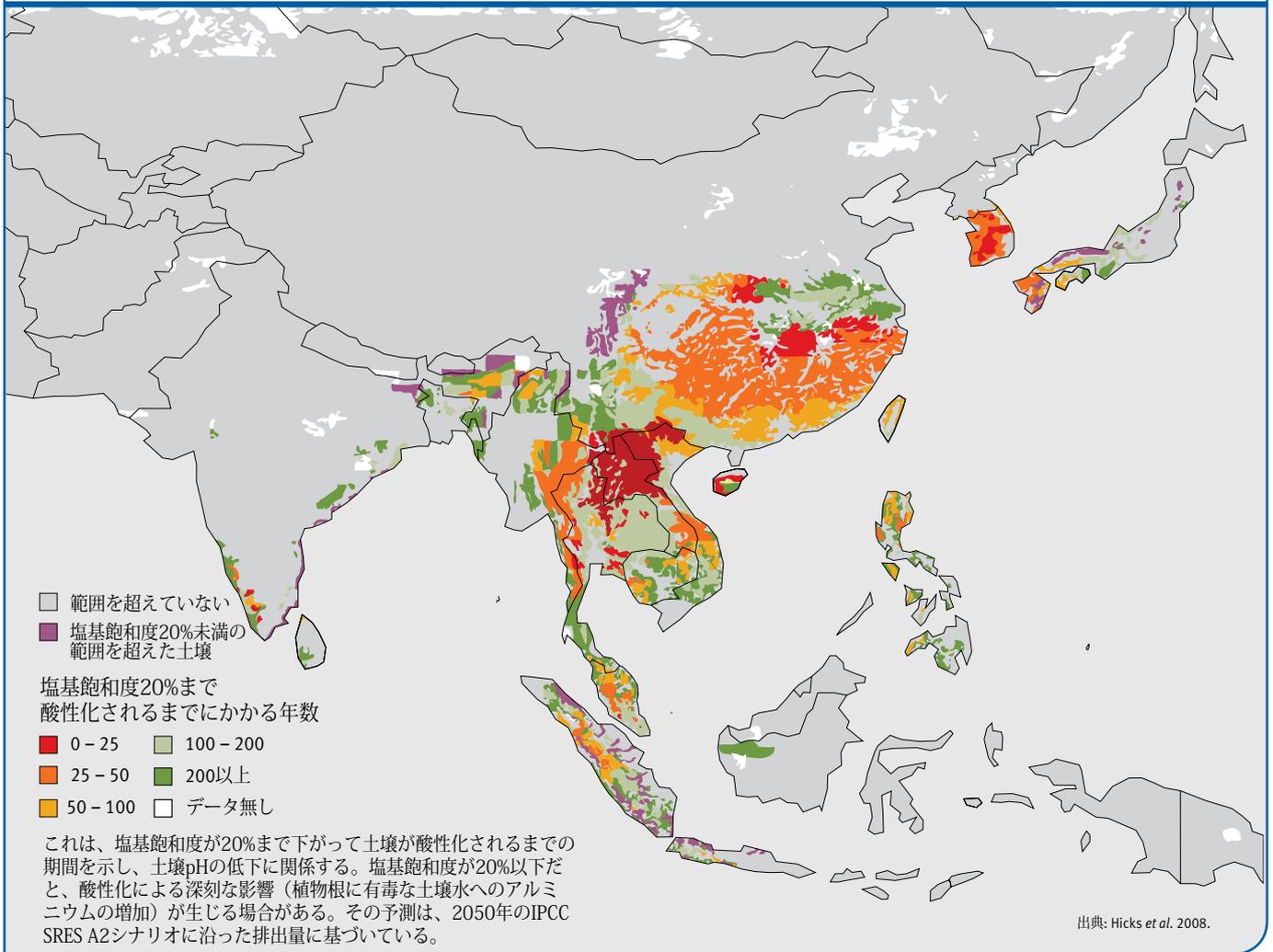
出量が、かなり削減され、CLRTAP 議定書、欧州連合（EU）の国家排出上限指令（NEC）、カナダとアメリカの大気清浄化法の、それぞれのターゲットが達成された(図 2.8)。ヨーロッパにおける各国のターゲットが進展した秘訣は、臨界負荷（それ以上に蓄積されると有害な影響が観察される閾値）を使用したことであった(Nilsson and Grennfelt 1988)。法令施行の好結果により、1980年から2000年の間に、世界の排出量の約20%が低下した。東アジアの排出量が優勢になり始めた2000年頃までは、ヨーロッパと北アメリカからの排出量が支配的であった。代表的濃度経路（RCP）のシナリオ(図 2.8)に従って、世界の二酸化硫黄排出量を予測すると、2005年以降着実に減少し、2050年までに、2000年より30%か、50%か、70%低くなる。この一組の新しい4つの経路は、短期と長期のモデリング実験のためのベースとして、気候モデリングを行う団体向けに開発された(van Vuuren *et al.* 2011; Moss *et al.* 2010)。

まだいくつかの地域で臨界負荷の超過が見られるが、硫黄の集積がヨーロッパと北アメリカで減少するにつれ、酸性化も縮小し、いくつかの淡水の生態系が回復した(Wright *et al.* 2005; Stoddard *et al.* 1999)。一方、アジアでは排出量が増加して、敏感に反応しやすい生態系を土壌酸性化の影響を受ける危険にさらしている(図 2.9)。しかし、ヨーロッパや北アメリカで経験された湖の大規模な酸性化は、観測されておらず、地域の土壌や地質により、アジアでは起こりそうもない(Hicks *et al.* 2008)。2005年に、中国の国土の28%、主として東部と中南部で、硫黄の集積によって土壌の臨界負荷が超過状態になっていることが推測された。超過している地域は、現在の排出量削減計画が実施され、2020年には20%まで減少すると予測されている(Zhao *et al.* 2009)。

硫黄排出におけるさらなる処置が、イェーテボリ議定書の改訂を通してヨーロッパで講じられている。またアジアでは、エネルギー使用の効率を改善し、二酸化硫黄排出量を削減するための措置が講じられている。例えば、中国は、その五か年計画の一部として、2005年から2010年の間に、二酸化硫黄排出量を10%削減する国家目標を達成する方策として、排煙脱硫と、発電部門の小さくて非能率的なユニットの段階的廃止を実施した(Zhang 2010)。

輸送や海運業などの主要部門からの硫黄排出量を削減する世界的な取り組みもなされている。直径2.5マイクロメートル以下の粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）による人への健康影響については、ディーゼル燃料の硫黄分を低下させることにより取り組まれている。例えば、UNEPのクリーン燃料と自動車のパートナーシップ（PCFV）は、世界的に、乗り物の燃料中の硫黄を50ppm未満まで削減するよう働きかけている(UNEP 2012)。海運業からの硫黄排出量が、ヨーロッパで重要な政策問題になり、「船舶による汚染防止のための国際条約」(MARPOL)で、

図 2.9 アジアにおいて酸性化被害の危険性のあるエリアと酸性化に至るまでの期間



硫酸化合物、窒素化合物、粒子状物質の排出量を世界的に漸減させていくことが表明された(MARPOL 2011 Annex VI)。

### 窒素化合物

人類の活動は、エネルギー消費や食糧生産と結び付いており、過去一世紀の間に(ENA 2011)、環境の中を循環する反応性窒素の量を2倍以上にした(ENA 2011)。この反応性窒素は、主として輸送部門と工業部門から窒素化合物( $\text{NO}_x$ )として、また主として農業部門からアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) と亜酸化窒素 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) として大気に放出されている。それらは、大気、陸域生態系、淡水システム、海洋システム、そして人の健康に対して、窒素カスケードとして知られる現象であり、様々な影響を与えている(Galloway et al. 2003)。窒素化合物は、人の健康に影響を及ぼす大気  $\text{PM}_{2.5}$  の前駆物質であり、一方、窒素化合物は対流圏オゾンの前駆物質であり、その対流圏オゾンは健康、作物収穫量、生態系、気候に影響を及ぼす。また亜酸化窒素と対流圏オゾンは、有力な温室効果ガスでもある。窒素沈着は、陸域生態系と水界生態系における富栄養化と酸性化を通して、生物多

様性の喪失を引き起こす(Bobbink et al. 1998)。しかし、それは収穫量にとっては有益で、また森林の成長も活性化させて炭素固定も増加させることになる(ENA 2011)。

### Box 2.3 大気中の窒素汚染

#### 関連する目標

CBD、CLRTAP、EU指令、人の健康と生態系のためのWHOのガイドライン

#### 指標

窒素化合物とアンモニアの排出量。窒素沈着。臨界の負荷量またはレベル（それを超えると有害な影響が観測される閾値）の超過。

#### 世界の傾向

進展が混成しており、いくつかの大陸域で窒素化合物が削減され、すべての大陸域でアンモニアの排出量が増加に向っている。



農業、輸送、工業からくる反応性窒素化合物の沈着は、亜酸化窒素 ( $N_2O$ ) の排出量を増加させ、森林のような生態系から生物多様性を喪失させることがある。 © Orchidpoet/iStock

世界の窒素酸化物排出量の合計は、2000年頃まで増加したが、その後、アジアと他のすべての大陸域での排出量の増大を補うヨーロッパと北アメリカでの削減で、ほぼ一定のままであると予想された(図 2.10)。道路輸送による排出量が2005年に40%を占めていたヨーロッパで、規制措置が講じられ、1990年から2005年の間に、窒素酸化物の排出量合計を32%削減することに成功し(Vestreng *et al.* 2009)、さらにアメリカでの措置によって、1990年から2008年の間に排出量が36%削減された(IJC 2010)。アジアでは、排出量が過去20年間にわたり増加し続け、その間の成長速度も加速している(図 2.10)。国際間の船舶輸送による二酸化窒素( $NO_2$ )の排出量は、2000年の1,600万トンから、2007年の2,000万トンまで上昇したと推測される(IMO 2009)。

世界のアンモニア排出量は、大部分が農業部門からで、前世紀の中頃以降、5倍に増加している。ヨーロッパは、例外として、わずかに減少しており、安定するかもしれないが、他のすべての大陸域で上昇し続けると予測される(図 2.10)(EEA 2009)。しかし、ヨーロッパには、このアンモニア問題についての関心の欠如と焦点にずれがあり、多くの場合、大改革に対して農業団体から抵抗がなされている。その他のほとんどの大陸域では、アンモニアは、主要な排出規制法の下での規制が行われていない。しかし、CLRTAPのイェーテボリ議定書は、より厳格なターゲットを持つよう改訂されつつあり、ヨーロッパでの排出量は一層削減されることになるだろう。

このように改善したけれども、農業、工業、市街地での交通、から発生する窒素に起因する大気汚染が、二次的な硝酸塩やアンモニウムの粒子状物質として、 $PM_{2.5}$ 濃度に著しく寄与し、それが中央ヨーロッパの多くに及んで、人々の平均寿命を数か月減少させている(ENA 2011)。

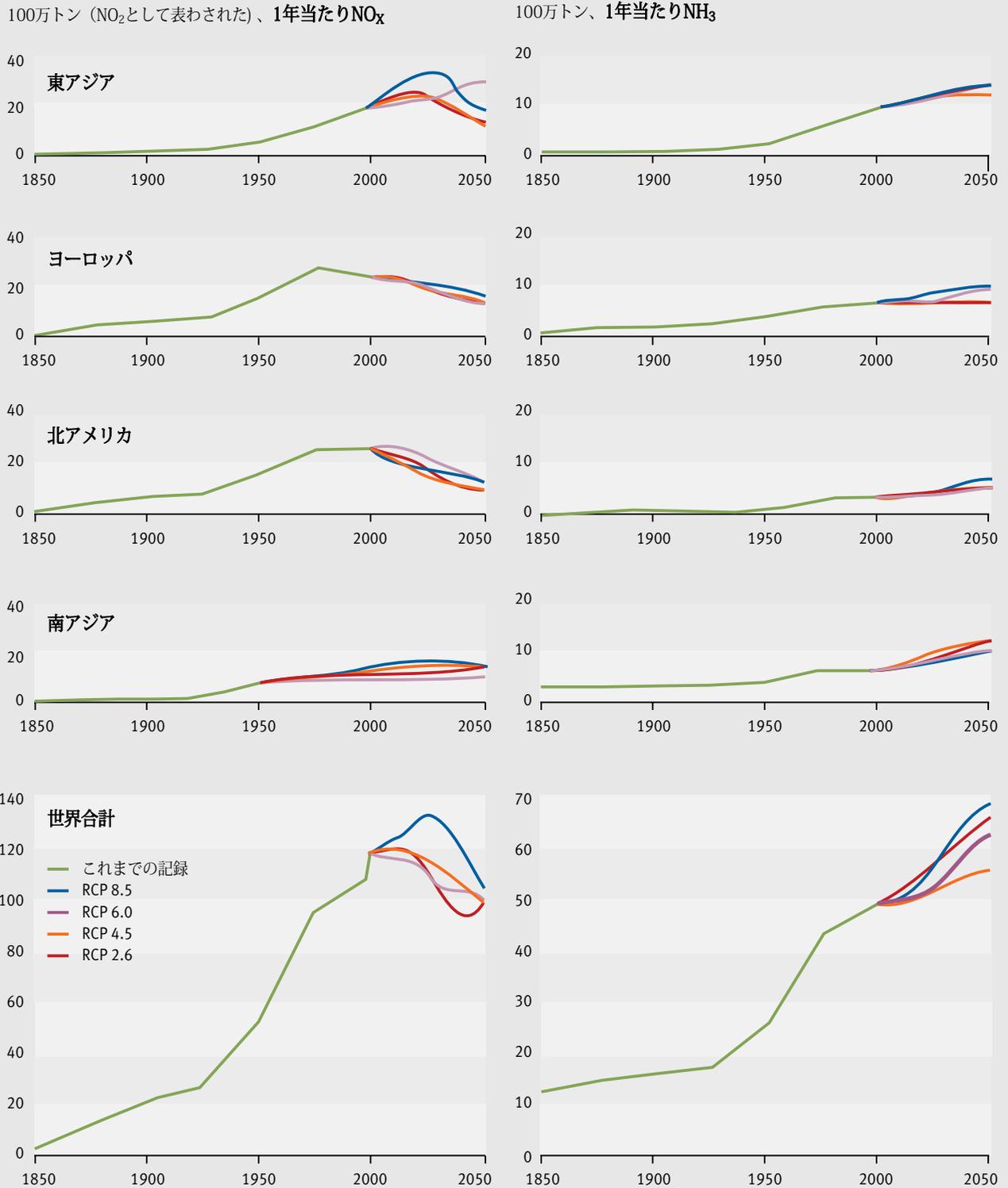
窒素排出量の規制がさほど優先されていないアフリカ、アジア、中南米では、窒素酸化物とアンモニアのいずれの排出量も増加すると予想されている(図 2.10)。いくつかの大陸域、特にアフリカでは、モニタリング能力の不足が、大きな問題である。これに対処するため、これらの大陸域では、食糧生産に利用できる適切な窒素肥料を確保する一方で、これらの物質の、特に農業、エネルギー、産業、輸送部門からの排出に関する政策をより重視することが必要になるだろう。

現在の技術は、窒素酸化物の排出量を著しく削減させることができるが、ある部門の成長、特に輸送部門の成長が、規制措置を打ち消してしまうことがある。アンモニア排出量を削減するためには、経営慣行を変えることが必要となるだろうし、また大きな削減を達成しようとする場合には、肉や乳製品の消費パターンの変更に加えて、農業政策や農業運営についてのより抜本的な検討が必要となる。

大気からの窒素沈着の増大は、植物多様性への影響を含めて、窒素カスケードによる環境影響を引き起こすだろう (Galloway *et al.* 2003)。生物多様性保全条約は、窒素沈着を生物多様性への脅威の指標であると認め、1ヘクタール当たり年間10kg以上の全窒素沈着を受けている繊細な生態系にとっては特にそうである(CBD 2010b)(図 2.11)。しかしヨーロッパと北アメリカ以外での生物多様性への影響の定量化はほとんど行われていないので、十分に影響を評価することは難しい。

作物収穫量や炭素の隔離を増やすという窒素沈着の肯定的な影響と、生物多様性の喪失や温室効果ガス排出の増大というマイナスの影響とのバランスのとれた有効な政策を策定するには、環境中の窒素を管理するための真に統合されたアプローチがまさに必要である。

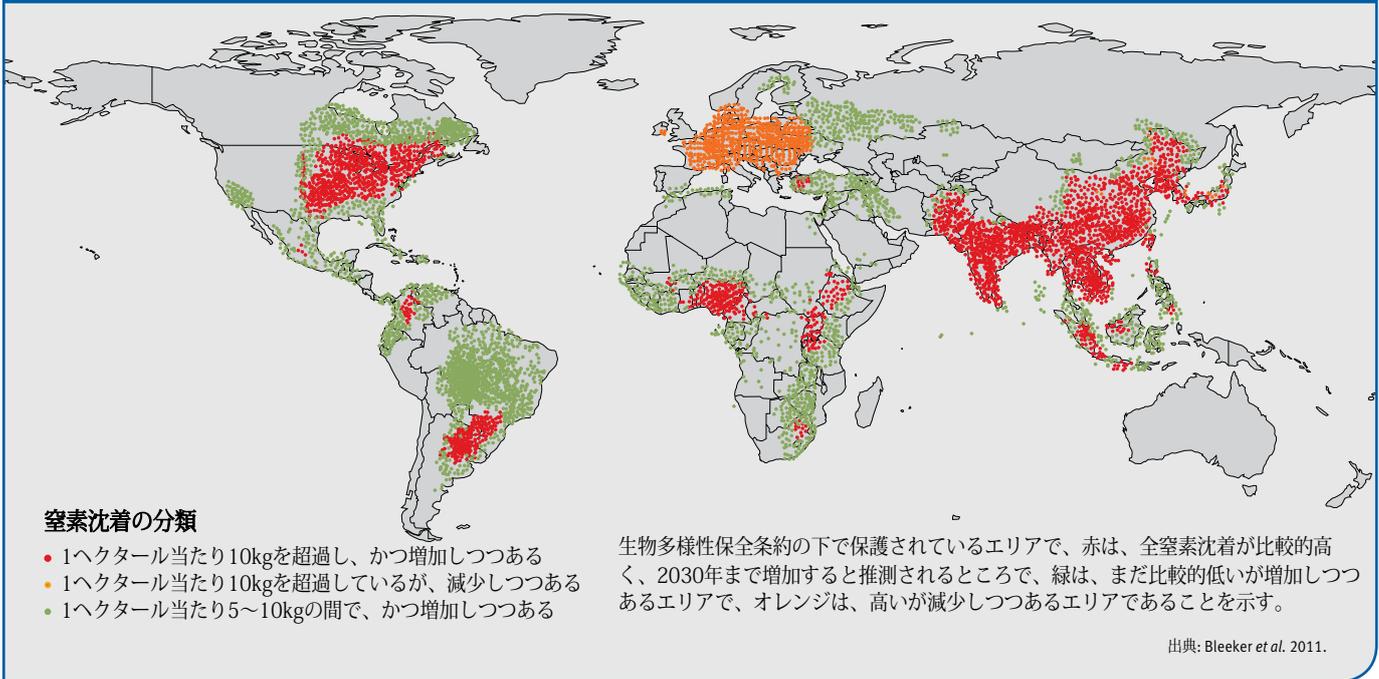
図 2.10 窒素酸化物とアンモニアの排出量の地域傾向、1850～2050年



1850～2000年までの排出量傾向と、IPCCC第5次評価に寄与するよう開発された4つのRCPシナリオの2000～2050年までが、HTAP多種モデル実験に基づいて、4つの地域と世界全体に対して示される。全窒素酸化物の排出量（左）は、世界規模では、ほぼ一定のままであるが、世界のアンモニア排出量（右）は、ほとんどのシナリオで増加すると予測されている。

出典: HTAP 2010

図 2.11 保護地域への窒素沈着の傾向、2000~2030年



## 粒子状物質

粒子状物質の制御について達成された進展は、世界的に見た場合、混成している。ヨーロッパや北アメリカの他に、中南米やアジアのいくつかの都市でも、PM<sub>10</sub>（直径 10 マイクロメートル以下の粒子状物質）の排出量は、削減されたが、アジアや中南米の多くの都市では、主要な汚染物質のままである。アフリカでは、全くわずかの都市しか、大気汚染物質をモニターしていないが、モニターしている数少ない都市の多くで、PM<sub>10</sub>濃度が WHO のガイドラインを超えていることが示されている (WHO 2012)。高所得国での屋外の濃度は、WHO の PM<sub>10</sub> ガイドラインである 1 m<sup>3</sup> 当たり 20 マイクログラムに接近している (図 2.13)。アフリカで最も広範囲におよぶ問題は、屋内の粒子レベルである。これらの汚染物質を規制することは、そ

れらが最初の排出物である一次放出と、それが大気中で変質する二次汚染物質とが絡み合っているために複雑である。都市にとって、粒子のホットスポット（高い地点）を消失させることは、さらに難題である。

粒子状物質、特に、より細かい PM<sub>2.5</sub> は、人の健康に被害をもたらす最も重大な大気汚染物質である (WHO 2011; Carnelley and Le 2001)。粒子状物質の主要な発生源は、エネルギー部門、輸送部門、工業部門に関係するが、固形廃棄物や作物残渣を野焼きすることも、有力な発生源である。世界中の健康に関する研究によって、粒子状物質への暴露に対しての安全な閾値は存在しない、つまり非常に低レベルでも健康被害を引き起こすことが指摘された。健康への影響は、圧倒的に呼吸と心血管の病気に関係するが、影響の範囲は、急性と慢性暴露の両方に及ぶ。2004 年の粒子状物質への暴露に基づいて、WHO は、世界中での年間の早死の 5.3%、約 310 万人の死亡が（屋外の都市汚染 2%、屋内の汚染 3.3%）、その大気汚染に起因していると判断した。これは他のすべての環境リスクを集結したものを上回る数字である (表 2.4) (WHO 2009)。しかし、より最近の研究では、屋外の人為起源の PM<sub>2.5</sub> だけによる早死が 370 万人と推定された。ただしそれは、農村地域での暴露を含め、低濃度の閾値を設けず、最新の濃度-反応関係を使用する特別な手法を用いて推定されている (Annenberg et al. 2010)。固形燃料とその使用方法に起因する世界全体の障害調整生命年 (DALY: 本来健康であるはずの人生のうち病気により失われた年数の合計) は、おおよそ 4,100 万で、その全体の 44% に当たる 1800 万が、サハラ以南のアフリカで生じている (UNDP and WHO 2009)。料理や暖房用に従来の燃料や手法を用いることへの依存を減らすように、家庭に対して

### Box 2.4 粒子状物質

#### 関連する目標

人の健康の保護。

#### 指標

PMの濃度

#### 世界の傾向

WHOのガイドラインに関して混成した進展が見られる。EUと北アメリカ、そしていくつかの中南米とアジアの都市で著しく削減されたが、アジアと中南米の都市部ではほとんど高濃度のままである。アフリカのデータは不十分であるが、いくつかの都市でPM濃度が高い。

表 2.4 粒子状物質の大気汚染による世界疾病負担

大気汚染のタイプ	早死	障害調整生命年 (DALY)
都市の屋外	115万人 = 世界中の死の2.0% 61万人の男性と54万人の女性肺癌死の8% 心肺死の5% 呼吸器系の感染死の3%	870万 DALY
屋内	197万人 = 世界中の死の3.3% 89万人の男性と108万人の女性 下気道感染症による死の21% 慢性的閉塞性の肺臓死の35% 肺癌死の3% 5才以下の子供の肺炎死 90万人	4,100万 DALY
大気汚染の合計	312万人 = 世界中の死の5.3%	4,970万 DALY

注釈：障害調整生命年 (DALY)：本来健康であるはずの人生のうち病気により失われた年数の合計

出典: WHO 2009

エネルギー介入することは、明らかに、健康を増進させ、かつミレニアム開発目標の達成を促進するポテンシャルがある。英国のような高所得国でさえ、PM<sub>2.5</sub>は、濃度の低減に相当な進展が見られたにもかかわらず、2008年に29,000人の早死と340,000生命年の喪失をもたらしたと推定されている(COMEAP 2010)。

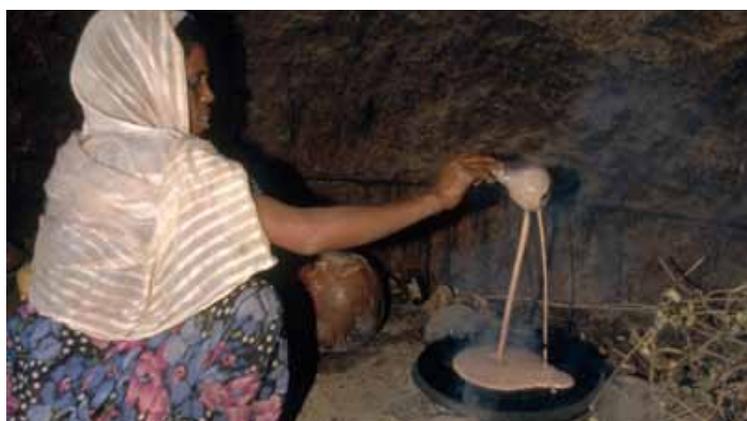
大気汚染の長距離に及ぶ移送についての最近の評価報告によると、粒子状物質の大陸間の移送が、公衆衛生基準や視程基準を超える大気汚染をもたらしていることが示されている。粒子が長距離に移送されていることが、世界で380,000人が早死している原因である可能性があり、その75%は、PM<sub>2.5</sub>という鉱物粉塵に起因している(HTAP 2010)。自然を発生源とする大気汚染の影響は、対応を要する新たに発生している大気問題で、大気ガバナンスの節で議論される。

自動車への技術的改善、輸送やエネルギー効率の向上、よりクリーンな燃料やフィルター、といった様々な手法が先進国において成果をあげ、開発途上国でもある程度まで成功している。しかし、後者が、よりクリーンな技術の使用で追いつく間に、そういった効率の向上は、排出発生源の急速な増加、例えばエネルギーや輸送のための燃料使用の急増によって、帳消しにされつつある。屋内の粒子が関係するところでは、グローバル・パートナーシップによって、よりクリーンなエネルギーと、改善された料理用かまどの普及が促進されている。

先進国と開発途上国の大部分が、環境大気質基準を採用したが(図 2.12)、ほとんどの都市の粒子の濃度は、人の健康と生態系を保護するためのWHOの環境大気質ガイドラインによって推奨された水準を超えている(図 2.13)。大抵の開発途上国のPM<sub>10</sub>基準は、大気汚染の漸進的な削減を促すためのWHOによって設定された暫定ターゲットほど厳格なものではない。WHOはさらにPM<sub>2.5</sub>ガイドラインを推奨したが、多くの国々がまだ、基準もモニタリングの履行も導入していない。2010年においてアジアでは、例えば、22か国のうちの4か国だけ

が、モニタリングによってサポートされているPM<sub>2.5</sub>の基準を持っている。後記の「新たに発生している問題」の節で述べるように、マイクロメートルおよびサブマイクロメートルの粒子状物質による健康への影響に関心が高まりつつある。

ヨーロッパでは、2020年までにPM<sub>2.5</sub>の排出量を20%削減する計画によって、PM<sub>2.5</sub>による損失生命年数を、2000年と比較して40%低下させることが期待されている。それでも、まだPM<sub>2.5</sub>大気汚染が、統計平均寿命を4.6か月短くすると予想されている(Amann *et al.* 2011)。しかし、ヨーロッパで新しい国家排出上限指令が実施される場合、その恩恵は、評価方法にもよるが、コストの12~37倍上回るだろう(AEA 2010)。また、対策の構成によっては、PM排出量を、35~50%削減することができるかもしれない。また一方、米国環境保護庁は、米国大気汚染防止法によって、環境のPM<sub>2.5</sub>とオゾン水準を低下させることで、2010年に1兆2000億USドル、2020年に1兆8000億USドルに相当する、多数の死者による損失を回避する計画であると報告している(2006 dollars)。これらの計画され実現される恩恵の90%以上が、粒子状物質への暴露を減らすことによってもたらされる(USEPA 2010)。



燃料としてバイオマスを用いる従来の調理法を使用すると、深刻な屋内での粒子汚染が引き起こされ、また屋外での黒色炭素や他の粒子状物質の濃度を著しく高める。© Stillpictures/nbsp

図 2.12 PM<sub>10</sub>に対する各国の環境大気質基準とWHOのガイドライン

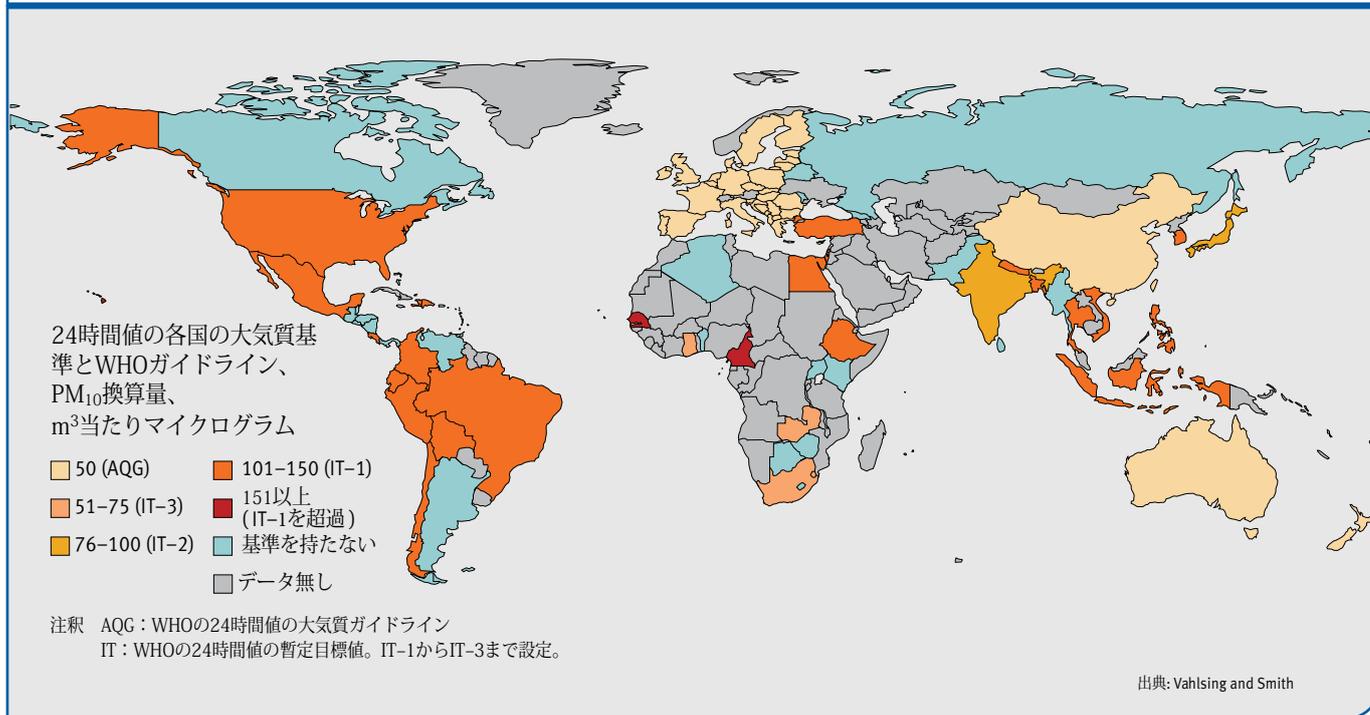
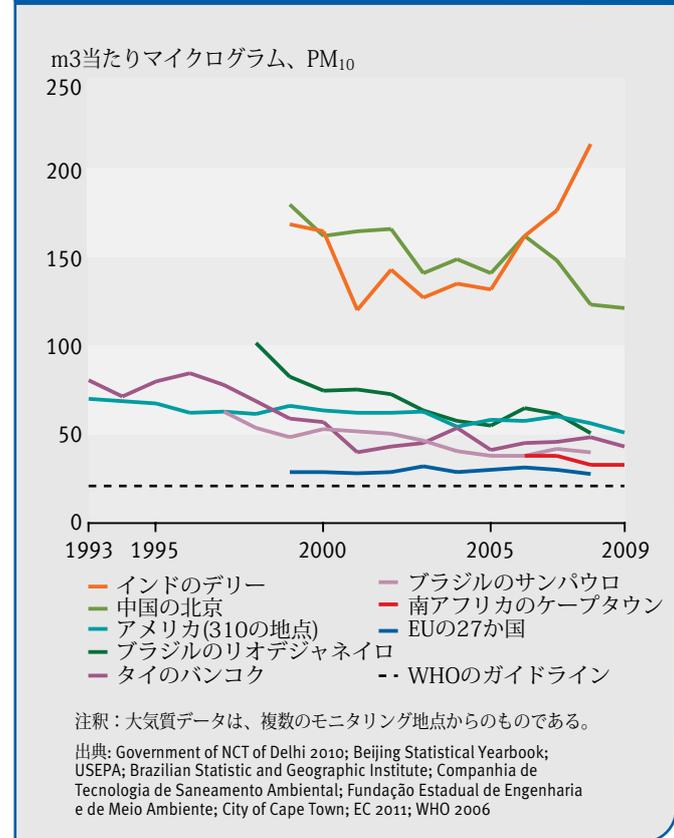


図 2.13 選定された地域や都市における都市のPM<sub>10</sub>の傾向、1993~2009年



粒子状物質と健康のための政策立案により良い情報を提供するには、解明されなければならないいくつかの不明な要素がある。それは、粒子の大きさ別の濃度と影響、様々な場所での一次 PM 汚染と二次 PM 汚染の性質についてであり、モニタリング、排出インベントリ、モデリングを通して理解すると共に、発生源の寄与率を把握したり、健康への影響を経済的価値で計ることを通して、より理解を深めることが必要である。環境大気質基準と能力の向上とを調和させる取り組みによって、ヨーロッパや北アメリカ、またアジアや南米のいくつかの都市において適用して成功した政策や技術を拡大させていくなから、開発途上国の PM を迅速に削減できる可能性がある。

### 対流圏オゾンと地表オゾン

対流圏オゾン (O<sub>3</sub>) は、地表上空 0~10km から 20km までの下層大気中のオゾンで、温暖化の原因になっている。地上または地表オゾンは、地表におけるオゾン濃度で表現され、人間の健康と生態系の両方に悪影響を及ぼす。対流圏オゾンの制御については、進展した部分とそうでない部分が混成している。つまり、ピーク濃度がヨーロッパと北アメリカで減少した一方で、バックグラウンド濃度は増加している。急速に産業化している地域においては、バックグラウンド濃度とピーク濃度の両方が、着実に上昇し続けている (Royal Society 2008)。

オゾンは主に 3つの点で害をもたらす。第 1 に、地表オゾンは人の健康を害し、その影響は粒子状物質に次いで第 2 位であると考えられている。それが世界で毎年、推定 70 万人の呼吸器関連の死をもたらしており、その 75%以上がアジアにおい

## Box 2.5 対流圏オゾン

### 関連する目標

人の健康、作物収穫量、生態系、気候の保護

### 指標

前駆物質排出量、オゾン濃度

### 世界の傾向

CLRTAPターゲットに関して混成した進展。EUと北アメリカで幾分か削減が見られ、アジアのほとんどで濃度が増加している。アフリカはデータが不十分である。

てである。さらにオゾンは、生涯続く肺損傷に至る慢性的な健康影響をもたらす(Royal Society 2008)。

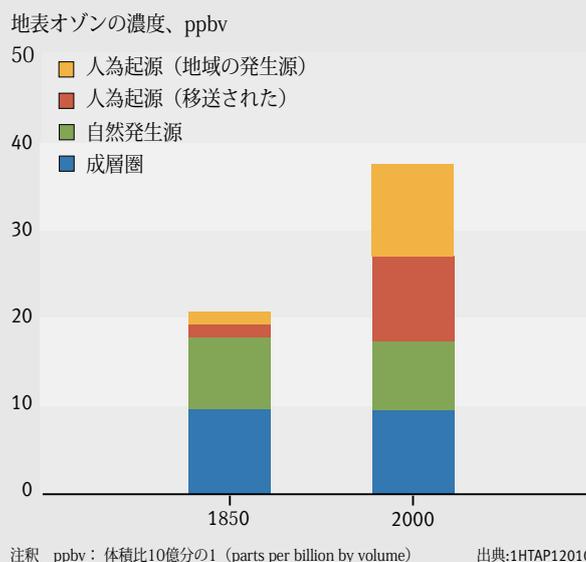
第2に、地表オゾンは、植生に最も重大な被害をもたらす大気汚染物質であり(Emberson *et al.* 2009; Ashmore 2005)、作物収穫量や森林の生産力を縮小させ、純一次生産力を変化させる。例えば、オゾンによって引き起こされる収穫の損失は、推定でトウモロコシ、小麦、大豆、米といった4つの主要生産物の3~16%に及び、それを経済的損失に換算すると、世界で毎年140億から260億USドルに相当する(HTAP 2010)。

最後に、オゾンは、CO<sub>2</sub>とメタンに次ぐ3番目に大きな影響を持つ温室効果ガスであるが(IPCC 2007)、たった数日から数週間という大気中での滞留時間のために、短寿命気候強制力因子に分類されている。人為起源による放射強制力は、全て合計すると1m<sup>2</sup>当たり+1.6(-1.0, +0.8)ワットであるが、そのうち、対流圏オゾンがもたらした産業革命以降の放射強制力の変化は、1m<sup>2</sup>当たり+0.35(-0.1, +0.3)ワットであると推定されている(IPCC 2007)。オゾンが引き起こした変化は、産業革命以前の時代からの世界的な温度変化の5~16%に相当すると考えられている(Forster *et al.* 2007)。さらにオゾンによって引き起こされたバイオマスの減少は、陸域生態系内に隔離して貯留される炭素量に影響を及ぼしている。この効果は、大気中の対流圏オゾンの直接放射効果による温暖化を上回る、追加の放射強制力が生み出されるほどの、大気CO<sub>2</sub>濃度の増加をもたらしていると推定されている(Sitch *et al.* 2007)。

オゾンは、大気に直接放出されるのではなく、むしろ、前駆汚染物質(窒素酸化物、メタンを含む揮発性有機化合物、および一酸化炭素)が、日光の存在下で反応する時に形成される。そのため、オゾン濃度が、前駆汚染源の風下の何十キロから何千キロメートル離れたところで高くなる傾向があり、地方、大陸域、半球の規模でオゾン汚染が引き起こされる。

対流圏中のオゾンのおよそ90%が光化学反応によるもので、残り10%は成層圏から直接移送される。対流圏オゾンの約

図 2.14 北半球の汚染地域を覆うオゾンの発生源、1850年と2000年



30%は、人為起源の排出が原因で、そのうち、産業革命以前の時代からの世界のオゾン負荷の変化の40%がメタンの増加によるもので、残りは、窒素酸化物、一酸化炭素、メタン以外の揮発性有機化合物の排出増加によるものである(HTAP 2010)。地上または地表オゾンは、北半球の汚染地域を覆い、人の健康と生態系に影響を及ぼすが、その起原は、成層圏からのものが20~25%で、自然発生のメタンの酸化と、雷光と、土壌や植生や火災からの放出など、自然の前駆発生源によるものが、成層圏からのものと同様の割合を占める。したがって、これらの地域では、人為起源によるものが、通常、50%以上を占める(図2.14)。



地表オゾンは、食用作物に対して他の大気汚染物質より、より多くの被害を与える。© Evgeny Kuklev/iStock



地表オゾンは、都市スモッグの主要原因の一つである。© T. Kimura

オゾン濃度の上昇は、太陽放射が高くなる季節に関係すると共に、産業や都市中心部から放出される野放しの高レベルの諸排出にさらされる地域に関連して起こる傾向がある。このことが、世界的に、そして季節的に高い濃度変動が引き起こされる原因である。北アメリカ、ヨーロッパ、アジアの地域には、高い人為起源のオゾン負荷があることが確認された（図 2.15）。

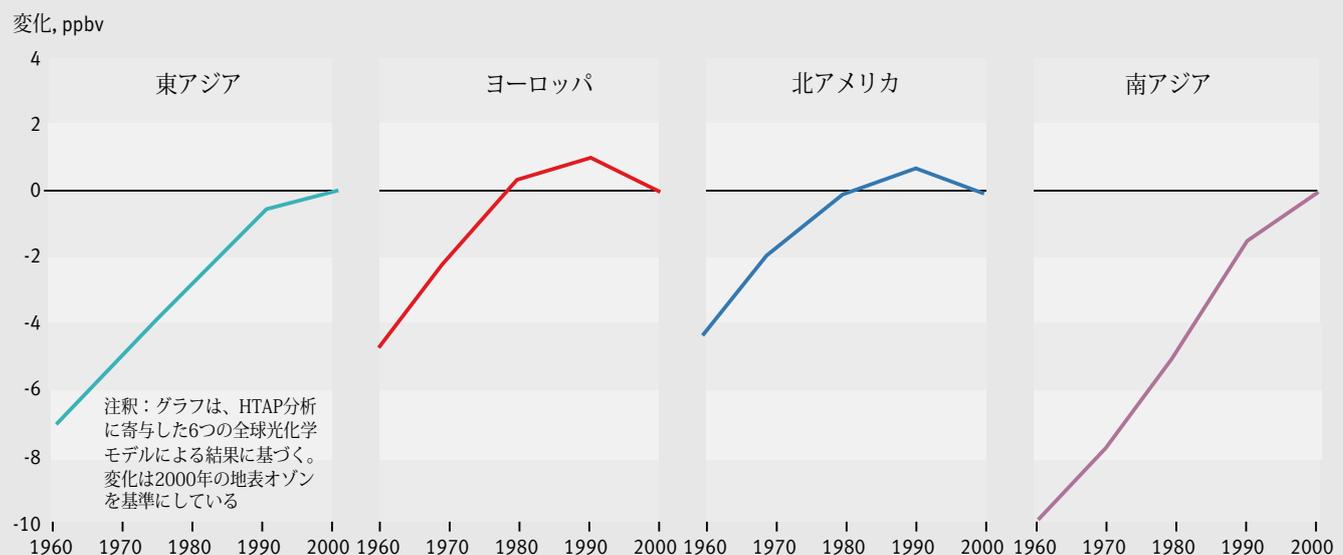
国連欧州経済委員会（UNECE）において規定された対流圏オゾンのターゲットを、現在、多くの地点のオゾン濃度が上回りつつある。しかし、ヨーロッパでの協調的行動によって、窒素酸化物と揮発性有機化合物の排出量を 1990 年比で 30%と 35%低減させたので、短期ピーク・オゾン濃度として空気 1 m<sup>3</sup> 当たり 1 日のピーク値を約 60 マイクログラムにまで削減する

に至った。それとは対照的に、多くの地点での平均オゾン濃度は、様々な異なった要因により増加している。例えば、地域での窒素酸化物の排出量の削減と、それによる一酸化窒素の削減は、オゾン破壊の主要なメカニズムを取り除くことになり、市街地でのオゾン濃度を増加させる結果になることがある（Royal Society 2008）。さらに 1970 年代以降、気候変動の影響を受けて、成層圏オゾンの流入、半球規模での移送、そして気候変動によるオゾン生成の変化によって、バックグラウンドオゾン濃度が、10 年当たり、空気 1 m<sup>3</sup> 当たり 10 マイクログラムまで増加していることが証明されている。これは平均濃度と、ピーク・オゾン濃度の両方を増加させるだろう。

HTAP(2010)評価のために行なわれた全球光化学モデリング研究によって、現在最も高い濃度を示している地域に対して、地表オゾン濃度の変化していく予測値が提供されている。これらのデータは、最近、北アメリカとヨーロッパで地表オゾンが減少したことを示している。このことは、米国大気汚染浄化法、ヨーロッパにおける CLRTAP と EU ターゲットに応じて、過去 20 年間にわたって、窒素酸化物と揮発性有機化合物が効果的に規制されたことによるだろう。対照的に、アジアにおける傾向は、地域において継続する迅速な産業化によって上昇し続けている（図 2.15）。しかし、これらの地域の傾向には、大きな地域変動が隠されているかもしれない。

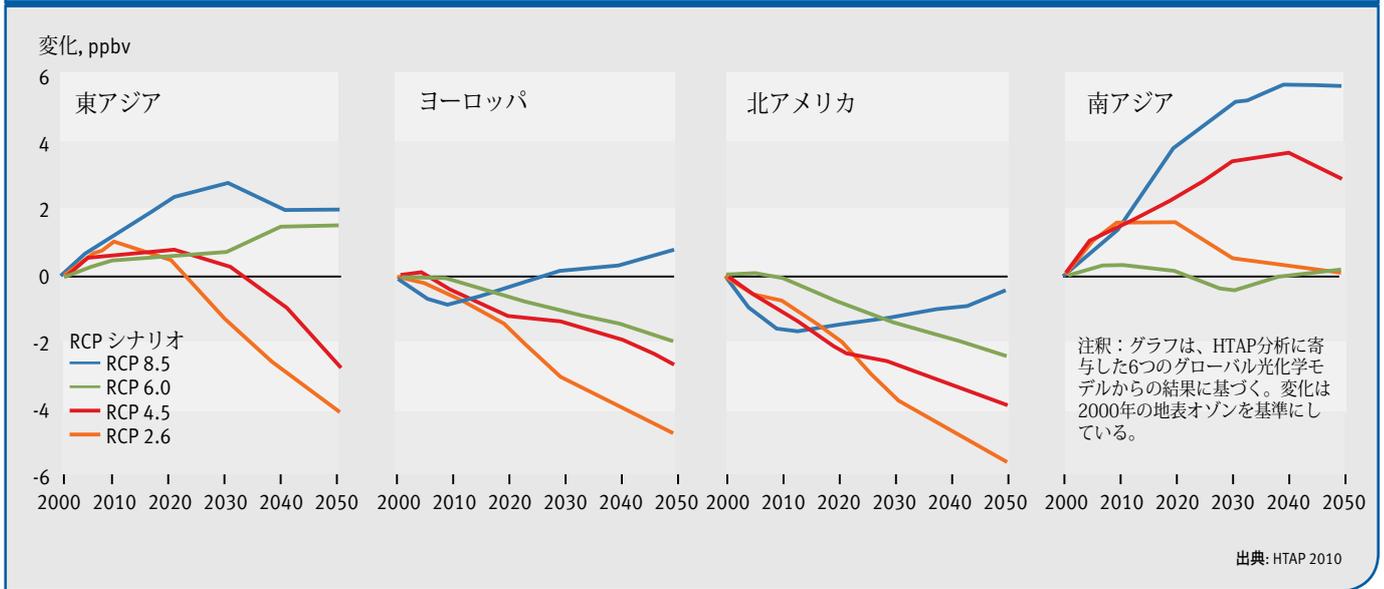
対流圏オゾン濃度の将来の変化については、様々な排出シナリオに対して、異なった多くの全球光化学モデルを用いて調査され、変化しやすい結果が提供されている（図 2.16）。HTAP(2010) 評価では、RCP 排出シナリオに従って 2000 年～2050 年間の排出量変化の予想される結果を算定するため

図 2.15 地表オゾン濃度の地域変化、1960～2000年



出典：HTAP 2010

図 2.16 北半球の汚染地域における地表オゾン濃度の変化の予想、2000～2050年



に、6つのグローバルモデルの平均値が使用された。オゾン濃度の見直しは、世界と地域の排出経路に極度に依存する。

オゾン抑制のために導入される政策の有効性を評価するには、都市も田舎もカバーする広く行き渡った世界規模の監視ネットワークが必要である。さらに、オゾンによる人の健康と生態系への影響、気候変動がどのようにオゾン生成に影響するのか、そして地球温暖化や過度の窒素沈着のような他のストレス要因と結合してオゾンがどのように作用するのか、といったことについての理解を高めることも重要である。短寿命気候強制力因子としてのオゾンに対する関心が増大していることと、オゾンの削減によって、関連する人の健康や農耕や生態系に恩恵がもたらされるかもしれないために(UNEP/WMO 2011)、オゾンは、政策介入する上で、特に興味をそそられる汚染物質となっている。

### 国際的に合意された目標が進展した例

問題の解決と、ターゲットの達成において、具体的に進展した2つの例がある。成層圏オゾン層の保護と、ガソリンからの鉛の除去である。

#### 成層圏オゾン層

成層圏のオゾン層破壊に対処する世界の制度には、1985年のオゾン層の保護に関するウィーン条約と、1987年のオゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書がある。最新の科学的評価は、オゾン破壊物質の消費を排除するために、モントリオール議定書の下で講じられた処置が成功したことを確認している(図 2.17)(WMO 2011; UNEP 2010)。

### Box 2.6 成層圏オゾン

#### 関連する目標

成層圏オゾン層の保護

#### 指標

オゾン破壊物質の消費量。大気への負荷。南極のオゾンホール(南極)の毎年の広がり。

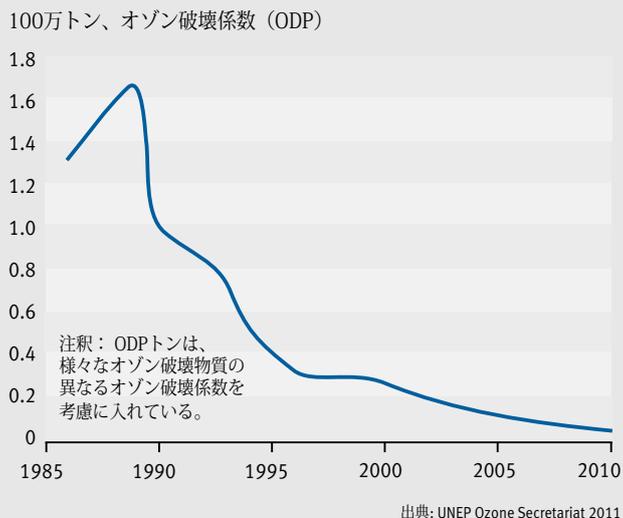
#### 世界の傾向

著しい進展

成層圏オゾンは、太陽からの紫外線B波(UV-B)という放射線を吸収するので、人や他の生物を保護している。人にとって、UV-B放射線への高度な暴露は、皮膚癌、白内障、免疫機能抑制といったリスクを増大させる。さらに過度のUV-B暴露は、陸上植物の生命、単細胞生物、水界生態系を損なう場合がある。1970年代中頃に、成層圏オゾン層の希薄化が、大気中のクロロフルオロカーボン(CFC)(冷凍や空調機器、発泡剤や産業用洗浄に使用される)の着実な増加と関係していることが発見された。

最も深刻で驚くべきオゾンの損失(オゾンホールとして知られるようになった)が、南極地域上空で、春季に繰り返されていることが発見された。オゾン層の希薄化は、北極地域(Manne *et al.* 2011)と、南北の中緯度地方のような他の地域の上空にも観察された。

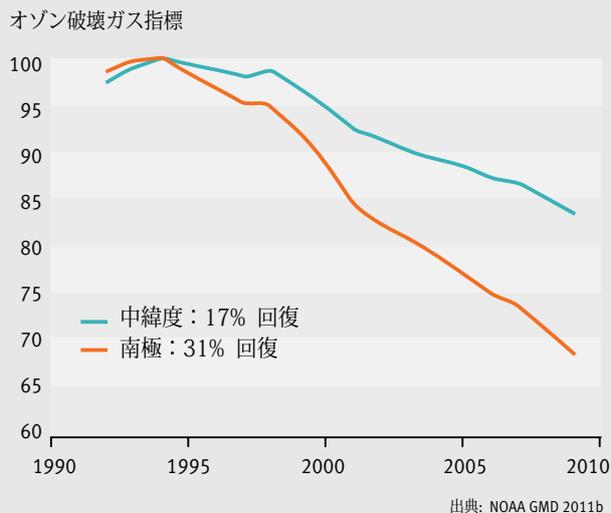
図 2.17 オゾン破壊物質の消費量、1986～2009年



オゾン破壊物質の消費は劇的に削減されたけれども(図 2.17)、それらの大気寿命が長いので、成層圏での濃度は、オゾン破壊ガス指標(ODGI)で示されるように高いままである(図 2.18)。図 2.18 は、その指標が中緯度で 1994 年のピークから 17%回復したことを示し、南極地域で 31%回復したことを示す。

南極のオゾン層のホールは、オゾン破壊物質の影響が最も明瞭に現れたものである。南極地域で春季に全オゾン量が減少するという現象が、気象条件による影響を受けて、毎年、発生し続けている。図 2.19 は、最近 30 年間にわたって、毎年 7 月

図 2.18 成層圏におけるオゾン破壊物質の削減、1994-2009年



19 日から 12 月 1 日まで測定された南極のオゾン層破壊の進行を示す。記録における最大のオゾンホールは、2006 年に生じた(WMO 2011)。

「世界が回避した」シナリオ、つまりモントリオール議定書が制定されずにオゾン層が破壊された場合のシナリオのモデル・シミュレーションによると、1980 年の水準と比較して 2065 年までに、中緯度以北の地域の紫外線が 300%増加していたか、あるいは中緯度での紫外線が 550%増加していたであろう(図 2.20)(Newman and McKenzie 2011)。紫外線のそのような劇的な増加は、人の健康と環境の両方に、重大な結果を

図 2.19 南極のオゾンホールの広がり、1980～2010年

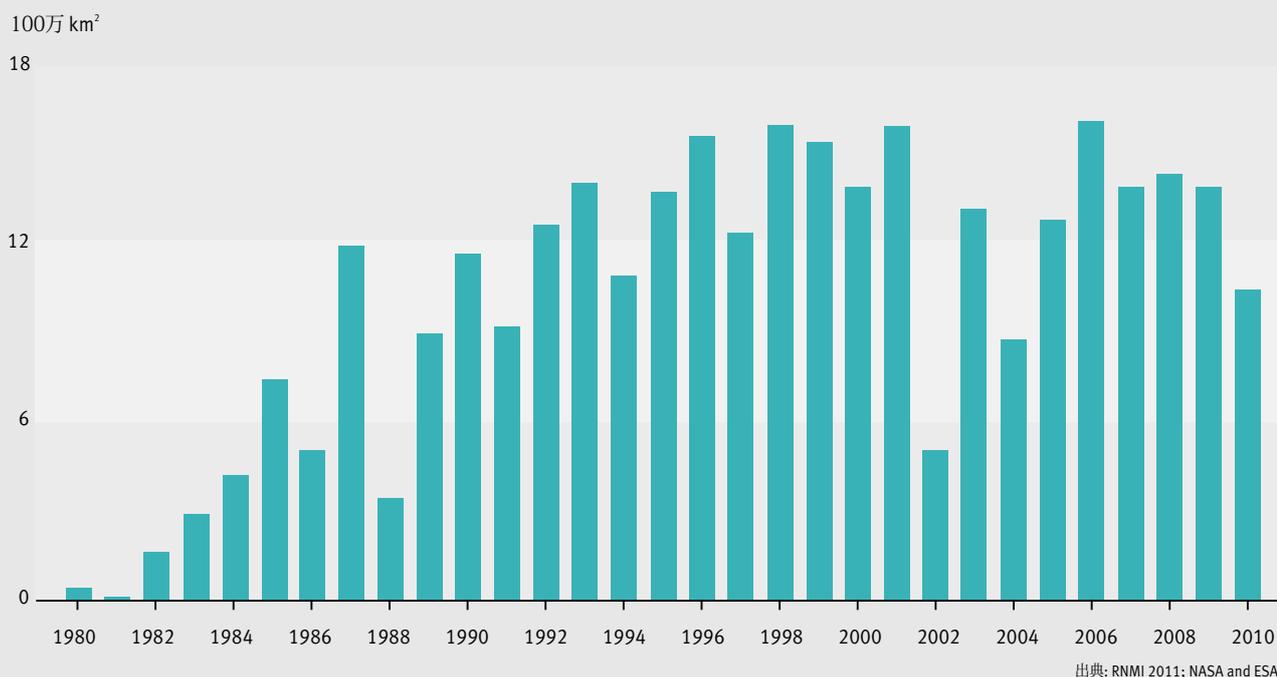
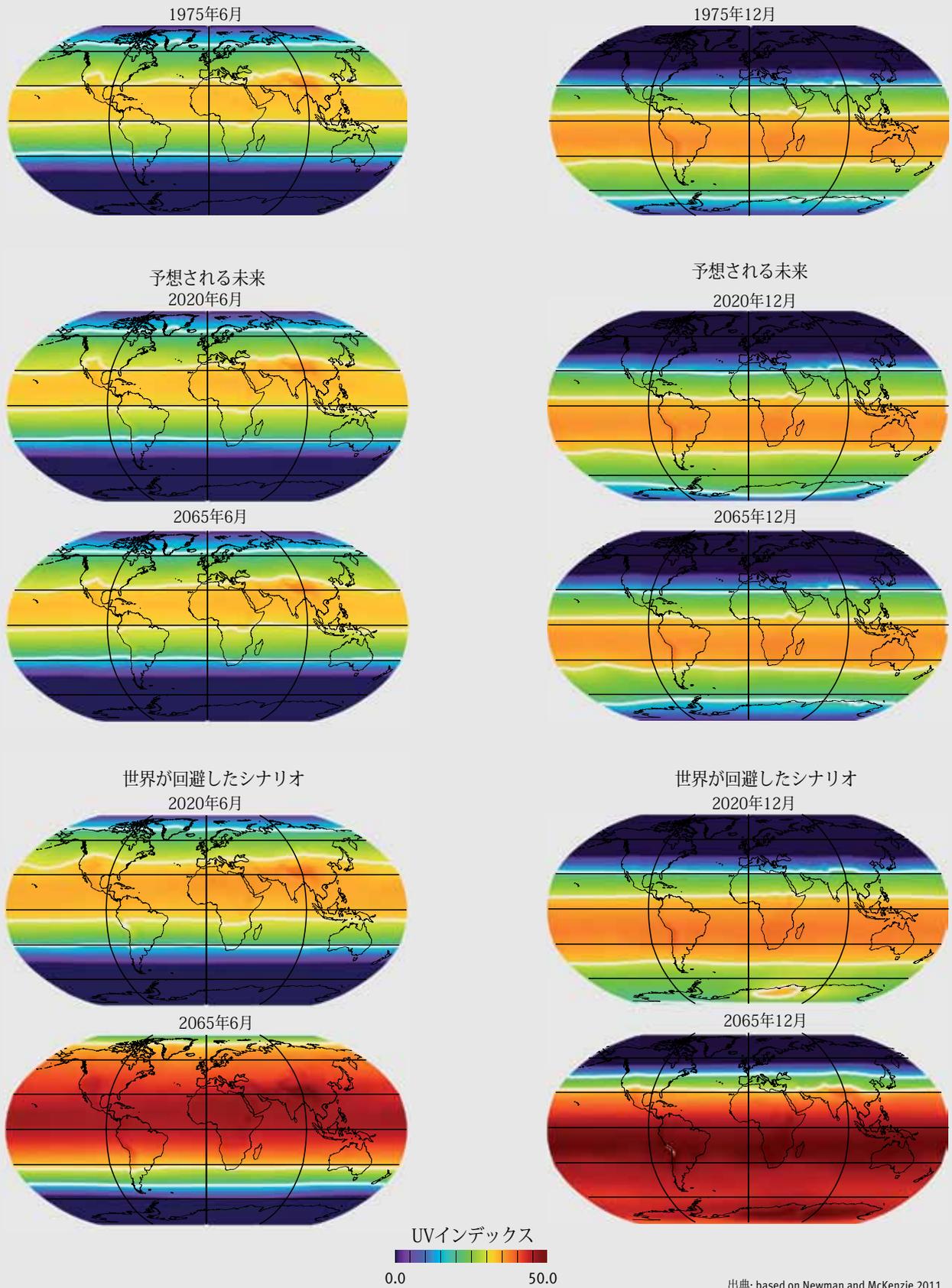


図 2.20 世界が回避したモデル計算によるUVインデックス、1975年、2020年、2065年





鉛が含まれていると警告する掲示を付けた古いガソリンポンプの側面 © Tim Messick

もたらしていただろう。モントリオール議定書の成果として、アメリカ単独で、1985年から2100年の間に生まれる人々に対して、2165年までに2200万人の白内障の発症が回避され、630万人の皮膚癌による死亡が回避されることになるだろう(USEPA 2010)。

2007年に行われたモントリオール議定書の最新の改正によって、地球温暖化係数(GWP)のCO<sub>2</sub>換算で約180億トンの排出量削減に貢献することになるハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC)の段階的廃止が加速された。

オゾン破壊物質の現在の段階的廃止が、様々な地域で、それぞれの時期に、オゾン層の回復につながると期待されている(WMO 2011)。世界全体として、全オゾン量の年間平均が、2025年から2040年の間に、1980年の水準に戻ると予測されている。しかし、これは南極地域においては世紀半ばまでかかり、小さな一時的な南極のオゾンホールが、21世紀の終わりになっても存続しているであろう(WMO 2011)。全オゾン量の年間平均は、北半球の中緯度において、2015年から2030年の間に1980年の値に戻ると予測され、一方、南半球の中緯度では、2030年から2040年の間に回復すると予測される。

### Box 2.7 ガソリン中の鉛

#### 関連する目標

鉛暴露の防止

#### 指標

加鉛ガソリンを持つ国々の数

#### 世界の傾向

世界的に6か国を除いて段階的に廃止された。

確かにモントリオール議定書の条項が成功裏に実施されたけれども、古い設備の中に捕獲されたままになっているオゾン破壊物質や、収集されたり備蓄された器具が破壊されることに関するいくつかの問題が残っている。

### ガソリンからの鉛の除去

鉛への暴露を削減するヨハネスブルグ実施計画の目標は、ほとんどの国々が2002年以降、ガソリン中の鉛を段階的に無くしたことで、大部分は達成されたが、少なくとも6か国では、加鉛ガソリンがまだ販売されている形跡がある(図2.21)。

鉛中毒は、あらゆるレベルの暴露でも、人の健康に対して有害であり、多くの場合、特に子供の場合に、不可逆的な影響を引き起こし、世界疾病負荷のうちのほぼ0.6%の約900万DALYを占めている(WHO 2009)。高レベルで急性の鉛暴露は、脳と中枢神経系に影響し、その結果、昏睡、痙攣、さらに死さえも引き起こす。また鉛は、比較的低レベルであっても、免疫、生殖、心臓血管系に悪影響を及ぼすことがある(WHO 2010)。鉛暴露には、それ以下なら悪影響が検知されないという閾値は存在しない(Lanphear *et al.* 2005; Schneider *et al.* 2003; Lovei 1998; Schwartz 1994)。

鉛暴露と鉛中毒は、絵の具や色素、電子廃棄物、化粧品や玩具、伝統薬、食糧への混入、飲料水システムといった、様々な発生源や製品が原因である可能性があるが、世界の鉛環境汚染の最大の原因は、ガソリン中の鉛である(WHO 2010)。

米国環境保護庁が、鉛の排出によって、特に子供の神経系への深刻な被害と、健康への重大な影響がもたらされることを結論付けた後の1973年に、アメリカで、ガソリンから鉛を取り除くための健康に基づく規制が作られた(Bridbord and Hanson 2009)。日本でも同様の結論が出され、日本は、鉛が添加されていないガソリンを販売する最初の国となり、1981年には、販売されていたガソリンのうち有鉛ガソリンは3%未満にまで減っていた(Wilson and Horrocks 2008)。

1976~1980年の期間から1999~2002年の期間までに、アメリカは、1~5歳の子供について、血液1デシリットル当たり10マイクログラム以上のレベルの鉛を持つ子供の割合を98%減らした(CDC 2005)。その他の世界中の研究で、ガソリン中の鉛の使用が減少すると、血液中の鉛が減少するという強い相関が示された(図2.22と2.23)(Thomas *et al.* 1999)。

鉛中毒を防ぐための介入が、非常に大きな経済的恩恵となることが示された。アメリカにおける子供の鉛中毒に関連する、直接的な医療コストと、間接的な社会コストが分析され、当時の比較的低レベルの鉛暴露であっても、それらのコストが毎年430億USドルになることが分かった(Landrigan *et al.* 2002)。人々の一生涯の生産性を見た場合の別の経済分析では、ガソリ

ンから鉛を除去することに起因する、子供の知能の増加と、それによる彼等の一生涯における経済生産性が、アメリカでの各出生コホートにおいて、1,100 億から 3,190 億 US ドルの恩恵を生み出すと推定された(Grosse et al. 2002)。

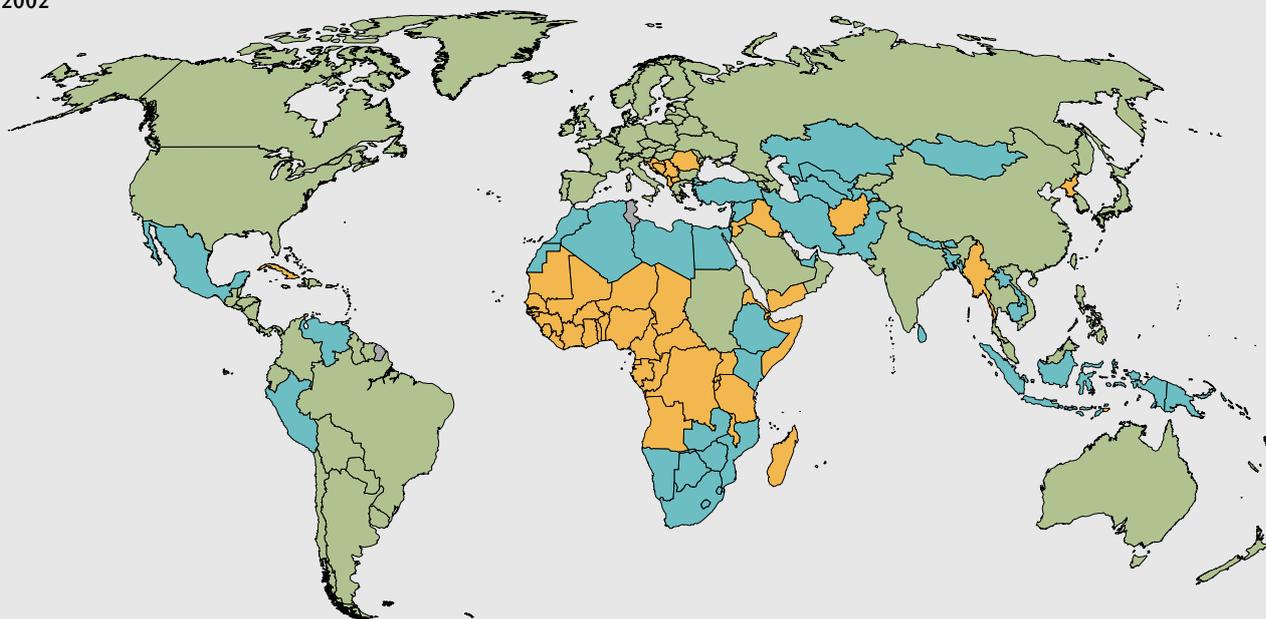
グールド(Gould 2009)によれば、鉛による危険を削減するために費やされた 1 US ドル当たり、17~220 US ドルの恩恵があり、ワクチン剤に費やされるより費用便益比がよい。それは、単一で最も費用対効果のある医学的介入または公衆衛生介入として、永く評されてきた。文献に公表された、GDP の既知の事実から推定する別の方法論によれば、ガソリン中の鉛の

段階的廃止によってもたらされる世界の恩恵が、毎年 1~6 兆 US ドルになり、その最良推定値が 2 兆 4500 億 US ドルで、世界の GDP のおよそ 4%になることが示された (Tsai and Hatfield 2011)。

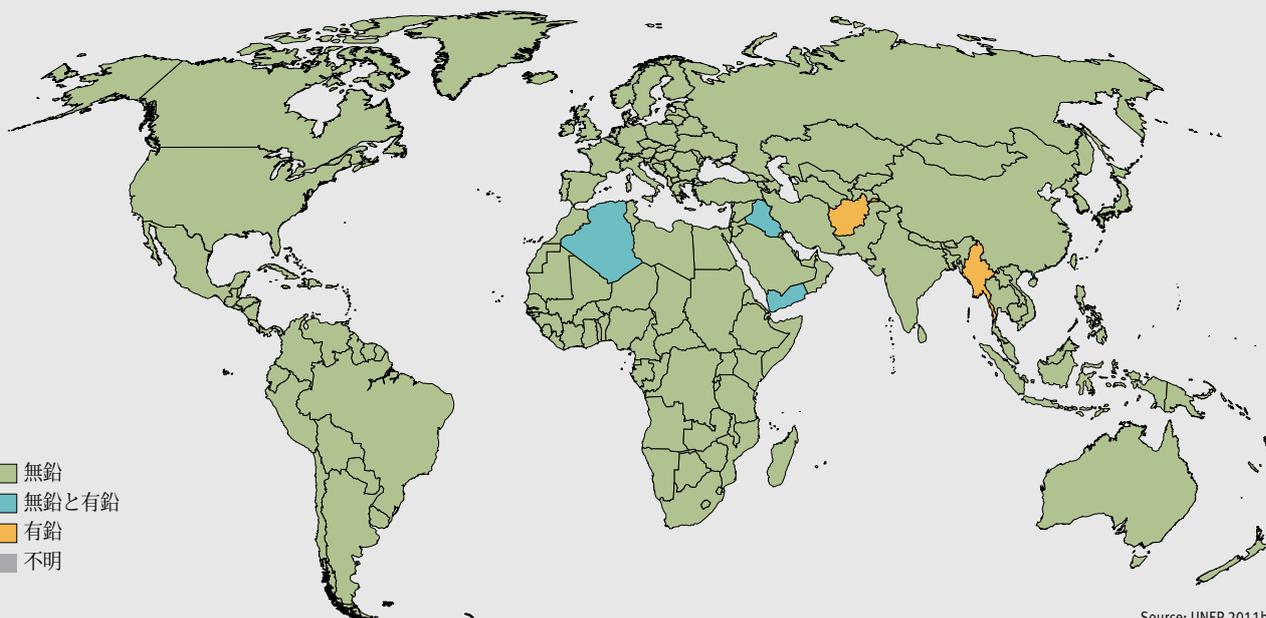
健康への影響に関する根拠となる最近のデータを基にして、米国環境保護庁は、鉛に対する 3 か月移動平均の大気質基準を、空気 1 m<sup>3</sup> 当たり 1978 年の 1.5 マイクログラムから、2008 年の 0.15 マイクログラムまで強化させた(USEPA 2008)。WHO の鉛に対する年間の環境大気ガイドラインは、空気 1 m<sup>3</sup> 当たり 0.5 マイクログラムのままである(WHO 2000)。

図 2.21 加鉛ガソリンの段階的廃止、2002年と2011年

2002



2011



Source: UNEP 2011b

図 2.22 ガソリン中の鉛の段階的廃止に追隨するスウェーデンのガソリンと血液の鉛濃度、1976～2004年

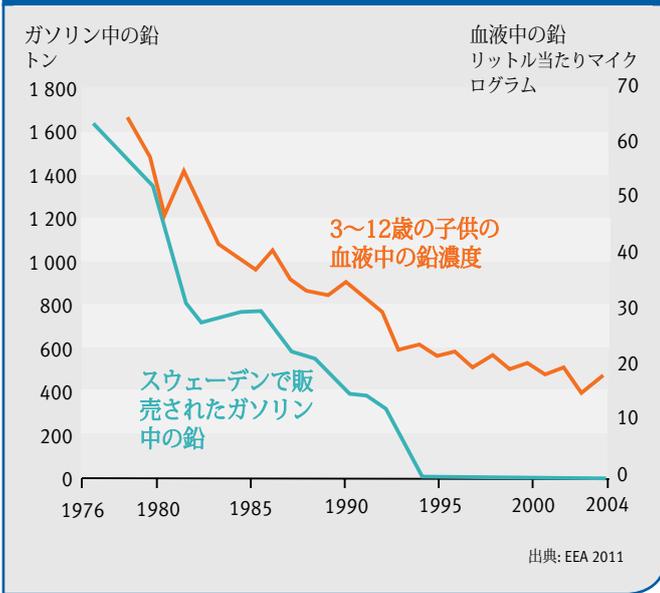
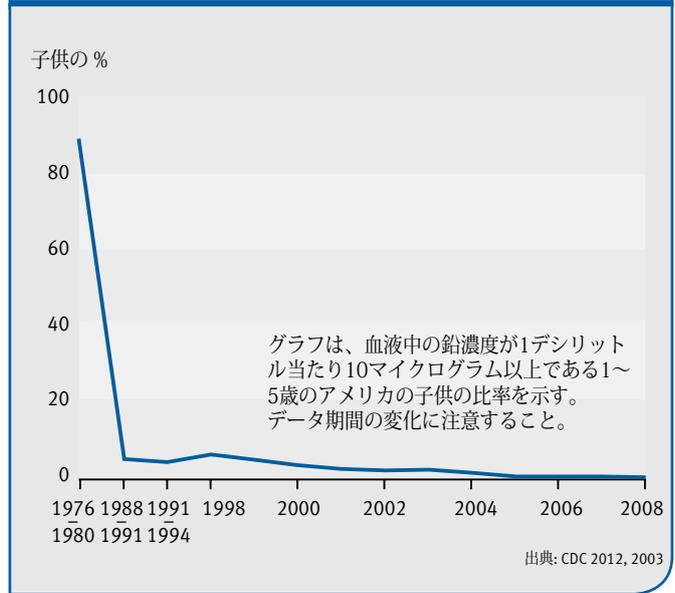


図 2.23 ガソリン中の鉛の段階的廃止に追隨するアメリカでの血液中の鉛濃度、1976～2008年



ガソリンから鉛を除去し、その結果として健康リスクが減少したことによって、数年の内に世界のガソリン中の鉛を期待通りに完全に消失させることになったのであり、これは地球規模で際立った成功物語である。

## 新たに発生している問題

大気環境に関する研究で最も重大な新しい問題は、短寿命気候強制力因子、特にメタン、対流圏オゾン、黒色炭素(UNEP/WMO 2011)が及ぼす作用である。一部のハイドロフルオロカーボン (HFC) もまた、重大な短寿命気候強制力因子である(UNEP 2011c)。

大気中の黒色炭素粒子状物質は、人の健康だけでなく、気候にも著しい影響を及ぼす。それらは雪や氷の表面を暗くし、アルベドを低下させて、日光の吸収を増加させる。そのため、大気の加熱に加えて、北極地方、ヒマラヤ山脈、他の氷河や雪で覆われた地域など、世界中の融雪と融氷を激化させる。このことは、水循環に影響し、洪水の危険性を増大させる可能性がある。メタンは、強力な温室効果ガスであり、かつオゾンを生産させる重大な前駆物質である。メタン、黒色炭素、対流圏オゾンは、大気での寿命が比較的短いので、より長寿命の温室効果ガスとは基本的に異なるが、今、黒色炭素とメタンの排出量を削減することで、今世紀前半の気候変動の速度を遅らせることができるだろう (Shindell et al. 2012; UNEP/WMO 2011)。



ヒマラヤ山脈の雪と氷の覆いは黒色炭素を含むエアロゾルによって影響される。© Arsgera



伝統的な窯でのレンガの生産が南アジアにおける黒色炭素の局所的で重大な発生源になっている。 © Alexander Kataytsev/iStock

二つ目に重大な新たな問題は、自然起原の微粒子による健康影響である。毎年、非常に大量の、土壌から派生するほこりや、野火からもたらされる粒子状物質が、主要な人口集中地域を飲み込んでいる。これらには、中国の海岸都市に堆積させられている乾燥地帯からの土壌粒子、アフリカや地中海の都市に到達するサハラのはこり、アメリカやオーストラリアの都市に堆積させられている、干ばつの影響を受けた内陸地方からのほこりなどがある。さらに、野火からの煙が、一般に、アフリカ、シベリア、地中海、アメリカ、南東アジア、オーストラリアにおける粒子の濃度を上げる。これらの粒子状物質は、人の健康に大きな影響を及ぼす力を持っており、最近の研究では、年間にほとんど 300,000 人以上が、その自然起原の微粒子が要因で死亡している可能性があることが示唆されている(Liu et al. 2009a, 2009b)。しかし、その発生源を少なくとも部分的に抑制することは可能である(第3章)。劣化した地形を再緑化する大規模な介入が、いくつかの国々で継続されており、国境を越える煙霧汚染に関する 2003 年の ASEAN 煙霧協定は、森林火災から生成された粒子状物質が国を超えて運ばれることへの対処を目指した国際協定の例である。

粒径と微粒子数と健康影響との間の関係についての理解が向上するにつれ、微粒子(直径 2.5 マイクロメートル未満)および超微粒子(1 マイクロメートルおよびサブマイクロメートルの大きさ)が、呼吸器系や心血管の健康に及ぼす影響についての懸念が高まってきた(Schmid et al. 2009; Valavanidis et al. 2008)。その証拠量が急速に増えつつあり、次の数年で、超微粒子への暴露を抑制することで健康を保護する、大気保全の基準やガイドラインが開発され、大気質の政策、監視、管理の焦点になるだろう。

気候変動の諸課題に取り組む、炭素の捕獲と貯蔵、地球工学などの多くの新しい手法が提案されている(IPCC 2005; Rasch et al. 2008)。

## 大気ガバナンスと対処への統合的アプローチ

この節では、大気問題のガバナンスについて評価するが、そ

の分析には、様々な課題への懸念の度合い、問題の解決に要する相対的成本、大気の問題に対処する際の複雑度、に基づく枠組みが用いられる。それは、ほとんどの大気問題には一つですべてを解決する方策が無いことを示唆している(Levy et al. 1993)。つまり成層圏オゾン層の破壊への対処に有効だったターゲットや工程表が用いられると、気候変動の交渉を遅らせることになるかもしれない(Sunstein 2007)。また二酸化硫黄の削減のために、いくつかの先進国で有効に働いた排出権取引の仕組みが、開発途上国では他の手段で補完される必要があるかもしれない(Chang and Wang 2010)。さらに多くの排出源が、温室効果ガスと大気汚染物質の両方を放出していて、その大気汚染物質のいくつかは気候にも追加的影響を及ぼしているため、オゾン破壊物質の消費を押さえれば、気候への影響も押さえられる。そういった大気を持つ統合的な性質をはっきりと認識した上で為される意思決定の枠組みや、そういった性質を認識し得る状況にすることの必要性が高まりつつある。

ガソリンからの鉛の除去は、政治家やその他利害関係者に伝え易いと判明したコスト効率の良い選択肢を用いて、よりたやすく達成された。UNEP によるクリーン燃料や自動車パートナーシップのような国際的な取り組みの時宜にかなった支援で、各国が次々に無鉛の燃料を導入した(Hilton 2006)。

ガソリンからの鉛の段階的廃止については、国際的に拘束力のある協定は無かったが、コスト効率の良い解決策があり、高いレベルの懸念が抱かれ、比較的扱いやすい問題であったという点で、オゾン破壊物質の段階的廃止と似ているところがある。オゾン層を傷つける物質を除去するために、諸政府は、最終的にモントリオール議定書となった、国際交渉のプロセスを発動するウィーン条約に同意した。その議定書は、先進国におけるオゾン破壊物質を廃絶するための一連のターゲットと工程表を求め、また CFC を製造し始めている開発途上国のための代替技術に対して融資する多国間基金の創設を求めた。それは、他の国際協定のためのモデルになった(Benedick 1998)。この合意に至ったプロセスは、懸念を提起し、コストを低下させ、複雑さを明確にするための手助けとなった。

他の汚染物質についての進展は、それほど平坦ではなかった。例えば二酸化硫黄の場合には、既存の技術、手頃なコスト削減、高まりつつあった理解が、多くの先進国においてその問題を次第に扱いやすいものにした。ところが、ターゲットを設定することや排煙脱硫を設置することは、常識になったけれども、石炭火力発電所の数が増大し、排出量を削減する努力を圧倒した。従って、東アジアの酸性降水物は、高水準のままである。

粒子状物質については、健康に影響が及ぶので、規制することが最優先事項になる。しかしその対策は、開発途上国では特に、数え切れないほどの産業、輸送、エネルギー、商業、家庭といった国内の発生源と、自然の発生源があるために、高価で



都市での使用を目的としたコンパクトな電気自動車は、特別な充電ステーションでバッテリーを充電する。 © iStock/code6d

複雑になり得る。車両の技術的改善、エンジン効率の向上、よりクリーンな燃料、粒子フィルタといった対策が、様々な都市で適用され成功した。先進国では、都市における粒子状物質のレベルが、1950年代と1960年代に急激に落ち始めた。開発途上国では、クリーンテクノロジーが、排出量削減を幾分か成功させたが、モータリゼーション、エネルギー、工業製品に対する高い需要のために総排出量を増加させながら急速に発展する都市においては、それは持続しなかった。問題の複雑さと、コストの両方が進展を妨げた。屋内の粒子状物質への暴露の削減に関しては、農村開発とエネルギーを含める国の政策が、総合的な開発政策の中心に位置付けられることが必要である。

気候変動に関するガバナンスの問題には、高レベルの複雑さ、懸念の度合いが混成すること、行動してから恩恵を得るまでに長いリードタイムがあり多くの場合に行政的な時間尺度を越えてしまうことなどが挙げられる。気候変動のためのガバナンスのアプローチは、多くの点で、オゾン層のそれとよく似たアプローチになるが、問題の性質が異なるために結果は異なる。懸念が増大したために、国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) という地球規模の合意がなされ、京都議定書の交渉が可能になった。この条約は、人為起源の温室効果ガス排出の削減プロセスを開始することを目的としたが、それが完全に遂行されたとしても、UNFCCCの合意である2°Cの温度上昇の限界内にとどまるために決して十分となるように計画されていなかった。

国際的な枠組みの中で、各国に拘束力のあるターゲットを展開させるアプローチは、これまでのところ、気候ターゲットや国際的に合意された目標を達成するための排出量の削減を遂行できていない。やや長い目を見た有望なアプローチとしては、各国なりの緩和行動で削減に寄与できるようにするための、「開発途上国による適切な緩和行動」(NAMAs)を発展させていくことであるように思われる。

地球規模で気候目標を達成するには、おそらく、電気を生成

する方法、エネルギーと資源の使用効率、陸域生態系の管理(第3章と12章)、といった排出の主要な駆動要因に対処する変革(第16章)が必要とされるだろう。消費水準と生産工程に対しては、循環経済のようなアプローチの導入が必要となるかもしれない。つまり、原材料の流れが生物圏に再投入されるようデザインされた、原材料が生物栄養素で構成される循環経済か、あるいは原材料が生物圏に入ることなく循環するようデザインされた循環経済である(Braungart et al. 2007)。しかしそのように変化するまでには時間がかかるので、短期的には、設定された気候目標の達成に向かう進路上に世界を置く、早期の排出量削減を達成できるよう、できるだけ早く費用効率の良い既存の選択肢を展開していく必要がある。

北極圏のような脆弱な生態系への被害、干ばつや洪水の傾向がある地域の脆弱な社会への被害を防ぐには、次の20~40年間にわたり経験されるだろう温暖化による短期気候変動を緩和することが重要である。しかしCO<sub>2</sub>への対処だけでは、一つにはCO<sub>2</sub>が長命であるので、20~40年という時間尺度で温暖化を緩和するには十分ではないだろう。幸運にも、短期の温暖化は、黒色炭素、メタン、対流圏オゾンなどの短寿命気候強制力因子の濃度を削減する相補的な政策措置によって対処できる(Box 2.8)(Shindell et al. 2012; UNEP/WMO 2011)。これら短命な物質への措置は、大気ガバナンスへの統合的アプローチの一例であり、費用効率の良い方法で政策を展開し、複数の目標を達成する機会を提供する。大気の色雲(Box 2.9)への認識が高まり、様々な大気の問題を統合することが重要視されている。また南極のオゾンホールが南半球の表層の気候に影響していることが一層明らかになってきており(Polvani et al. 2011)、さらにオゾン破壊物質の多くが非常に強い温室効果ガスでもあり、気候変動とオゾン破壊物質は互いに関連している。CFCの排出を回避できたことが、実際に気候変動の緩和に著しく貢献している(Velders et al. 2007)。

このように様々な大気の諸問題が相互作用し関連していることは、国際的に設定された目標を達成する上で、政策矛盾を回避して恩恵を最大限にし、その進展を好転させるきっかけを提供する。飛躍的な進展をもたらすには、政策決定者が問題の複雑さと共に、科学的知見をもっと効果的に扱うことができるよう、その知見が適切に提示される必要がある。選択肢が分析され、費用対効果が評価され、証拠に基づく政策が展開されるには大幅な改善が求められる。それには科学と政策関係者の間のより密接な意思疎通、利害関係者の参加の増加、能力の増強、技術移転が必要となるだろう。

## 結論と欠落点と展望

地球規模、大陸域規模、国の規模での大気問題に対する影響への懸念から、国際的に合意された目標やターゲットの達成に、排出量を抑制する相当な努力が為された。いくつかの問題は有効に対処された。その他の問題は、いくつかの地域で改善が見られたが、他に問題が残っており部分的に成功しただけである。

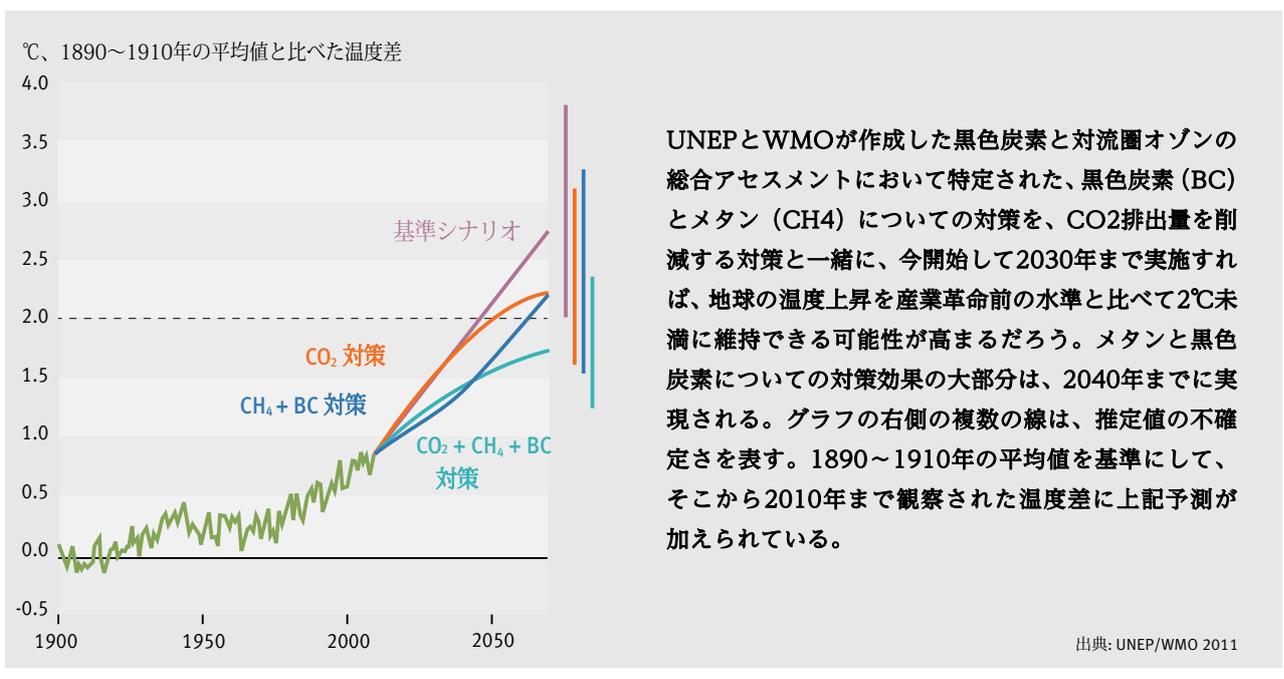
## Box 2.8 短期の気候変動を限定的にし大気質を向上させるための相補的な活動

黒色炭素、対流圏オゾン、メタンを対象とする限られた数の対策を実行することで、2050年に向けて予想される世界の温度上昇を0.5°C減少させる可能性があり、それは参照シナリオ中の温暖化のおよそ半分に相当し(図2.24)、次の数十年間の世界の温暖化の速度を大幅に下げる。この減少のうちおよそ半分はメタン排出の削減により、残り半分は、不完全燃焼に対処して黒色炭素の排出削減をターゲットとする対策による。この調査により北極圏で予測される2050年における温暖化の低減幅は、参照シナリオより低い約0.7°Cであり、世界で見られる低減幅より大きくなりそうである(UNEP/WMO 2011)。アジアモンスーンに関するいくつかの詳細な研究によれば、日光を吸収する粒子による地域の放射強制力が降雨パターンを大幅に変化させると示唆されており、地域の気候にとってさらなる

恩恵もたらされる(UNEP/WMO 2011)。黒色炭素の排出削減による大気の放射強制力の減少は、インド亜大陸およびアジアのその他の地域において最大となるので、排出削減がアジアモンスーンにかなりの影響を及ぼし、降雨パターンの崩壊を緩和するかもしれない。

特定された対策を十分に実施することで、大気質が大幅に改善され、屋内および室外の大気汚染が著しく低減されるために早死が世界的に減少し、作物収穫量が向上するだろう。対策を実施することでもたらされるPM2.5と対流圏オゾン濃度の低減によって、2030年までに、240万人の早死(70万~460万人の範囲の死)と、世界で毎年5,200万トンまたは1~4%のトウモロコシ、米、大豆、小麦の生産損失(3,000~14,000万トンの範囲)を回避できるだろう(UNEP/WMO 2011)。

図 2.24 基準シナリオに対して、CO<sub>2</sub>、メタン、黒色炭素の排出量を削減する対策を加えた場合に予想される効果



大気汚染から地球の大気を保護するターゲットについては、成層圏オゾン層の破壊とガソリン中の鉛に対するターゲットが達成されつつある。しかし、世界の大半は、政策の実行が不十分であるために、ほとんどの大気質ガイドラインが達成されていない。その間にも、重要な生態系が、臨界閾値を超えた汚染負荷に見舞われつつある。粒子状物質やその他の汚染物質などの大気の問題は、近いうちに、適切な誓約と援助をもって、既存の政策や技術がより広く実行されることによって、効果的に対処されることだろう。

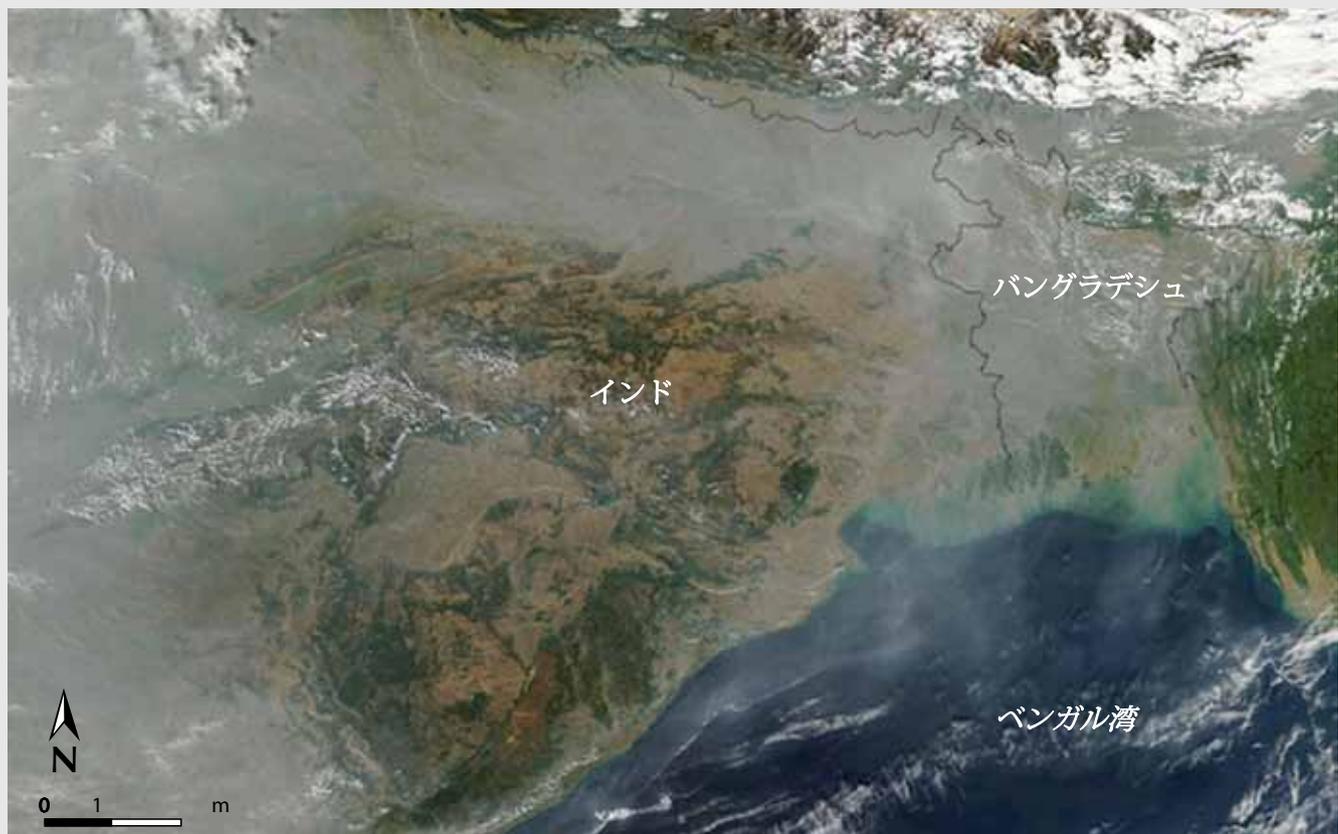
国際的なガバナンスの既存モデルに基づけば、現在の発展軌道は、恐らく国際的に合意された大気目標を達成しそうにない。特に気候変動の緩和、汚染物質による健康影響の削減目標は達成されそうにない。今後短期間にターゲットを達成できる見込みが増大するよう世界的に協働することによって、国や大陸域の規模での注意深く選択されたアプローチが奨励され促進される必要がある。

## Box 2.9 大気の色雲

大気の色雲とは、特に南アジアで、褐色を帯びた煙霧が広範囲の層として観察されるもので(図 2.25)、主としてエアロゾルとオゾンを生成する黒色炭素や前駆体ガスから成る大気汚染物質による地域規模の煙霧である。これらの雲は、地域の気候、水の循環、氷河の融解に著しく影響する。その汚染物質は、平原から山に向かう風のシステムが、気団を高地

へと長距離にわたって移送する地域の現象によって、この煙霧はヒマラヤ山脈の尾根に向かって運ばれる傾向がある(Bonasoni et al. 2010)。大気の色雲の広範に広がる性質、それらをもたらす多様な有害な影響についての発見がなされたことによって、統合的な枠組みの中で、科学、対処能力、排出量削減対策、を向上させる必要性が増大した。

図 2.25 南アジアの一部を覆う大気の色雲



出典: NASA-MODIS

気候変動は、国際社会に対して、対策の目標を達成すべき最も難しい課題の一つを提示している。気候変動によってもたらされる深刻な影響は、おそらく現在の排出量削減の誓約に基づいても、回避されることはないだろう。中期的には、進展が得られるかもしれないが、個々の国の状況を考慮に入れながら、国々の誓約をさらに促進させ、現在の技術的かつ政策的なアプローチを広く適用する必要がある。

短寿命気候強制力因子の排出量を削減する対策が、近いうちに温度上昇を低減することに寄与できるかもしれないが、究極的には、消費や生産パターンのシフトと、技術革新への投資に

加えて、エネルギーが提供される仕組みの変革と、電気やその他資源の使用効率の変革が、長期的な気候目標を達成するために必要となるだろう。そのような変革は、他の大気の問題にも影響を与えるだろう。しかし、変革を起こす一方で、現時点で利用可能な対策でもって、直ちに行動を開始すべきである。特に大気の問題と、必要とされる政策が、統合的手法で検討されるならば、そのような行動が著しい恩恵をもたらすことだろう。

表 2.5 は、鍵となる大気の問題に関して、それらの目標とターゲットについての進展の要約と、発展に向けた予測を提供する。

表 2.5 目標に向けた進展 (表2.2を参照)

A: 著しい進展 B: ある程度の進展		C: ほとんど進展はない D: 悪化している		X: 進展を評価するには早すぎ ?: データ不十分	
鍵となる問題と目標	現状と傾向	展望	欠落している点		
<b>1.気候システムに対して危険な人為的介入を及ぼすこととならない水準に、大気温室効果ガス濃度を安定化させる。</b>					
気候変動 地球の平均気温の上昇を産業革命前を基準に2℃未満に制限する。	C CO <sub>2</sub> とその他の温室効果ガス排出の増大、また濃度の増加。SLCF濃度は高いままで、そのうちいくつかは増加している。温度上昇が、最近の数十年間にわたって世界的、地域的に観察された。	京都ターゲットを達成するための、効率の向上と、ある程度の進展。さらなる誓約や行動が無い場合には2℃限界は破られそうである。	誓約された行動についてのモニタリングと報告を向上させること。開発途上国への財政と技術サポート。気候変動とその他の大気の問題の政策統合。		
<b>2.オゾン破壊物質 (ODS) を廃絶する究極の目的と共に、それらの世界での生産と消費の総計を公平に規制する予防措置をとることにより、オゾン層を保護する。</b>					
成層圏オゾン層の破壊 オゾン破壊物質の消費をゼロにする	A モントリオール議定書の対象にされた物質の生産と消費の削減を約98%達成 (2009年に)。大気濃度は減少しつつある。南極のオゾンホールは安定化。	オゾン破壊物質の大気濃度の継続的な減少。 世紀半ばまでにオゾン層の回復。	大気はまだ放出されていない設備、化学的備蓄、ウレタン、その他製品、からのオゾン破壊物質の回収と破壊。		
<b>3.女性と子供に重点を置いて、大気汚染に起因する呼吸器疾患とその他の健康影響を削減する。</b>					
粒子状物質 (都市と屋外) WHOのガイドラインと各国のターゲット	B ヨーロッパと北アメリカの大部分の国々における粒子状物質の屋外濃度は、WHOおよびEUのガイドラインの範囲内にあるか、あるいは接近している。アフリカとアジアの濃度は高いままである。	アフリカとアジアの開発途上国においては、どんなに効率が上昇しても、消費や活動水準の増大によって相殺されるので、進展が遅い。	主として開発途上国のモニタリングと、いくつかの開発途上国においては、粒子状物質に対する基準と、政治的な意志と、問題の認識。		
粒子状物質 (屋内) バイオマスを使用する家庭用料理	C 世界の貧しい農村地域、例えばアフリカとアジアの一部において、より無公害な料理用かまどや燃料を入手できる機会がほとんど無く、屋内の粒子状物質濃度が非常に高い。特に女性と子供に著しい健康影響が及んでいる。	継続的な貧困とその他の障壁が、近代的な燃料に移行することも、改良された炊事設備を使用することも妨げている。	開発途上国におけるモニタリングと、関連する技術。効率の材料用かまどの購入を可能にするメカニズム、制度上での強化、その問題に対処しようという政治的意志。		
対流圏オゾン 健康のためのWHOガイドライン	B 対流圏のピークオゾン濃度は、オゾンのホットスポットを除いて、ヨーロッパと北アメリカにおいて減少している。	ヨーロッパと北アメリカにおけるさらなる削減が、オゾン減少させるだろうが、他の大陸域では前駆物質とオゾンが増大するだろう。	開発途上国におけるオゾンと前駆物質のモニタリングをより多くする。その問題に対する認識。		
<b>4. 国境を越えた大気汚染と酸性降下物を含む大気汚染を軽減化するための、国際レベル、大陸域レベル、国レベルでの協力の強化。</b>					
対流圏オゾン CLRTAP目標	B オゾンのホットスポットを除いて、ヨーロッパと北アメリカで、前駆物質 (窒素酸化物、揮発性有機化合物、メタン、一酸化炭素) の排出量の縮小によりオゾンのピーク濃度が減少している。その他ではピーク濃度が増加している。バックグラウンド濃度は増加している。	いくつかの大陸域における改善が、バックグラウンド・オゾンの増加によって相殺されるであろう。	オゾン前駆物質の排出量を最小化する技術。農村の環境でのモニタリング。様々な前駆物質の排出に対しての様々な部門での政策の実施。地域と異地域間の協力。		
..... WHOガイドライン CLRTAP排出量ターゲット	B 二酸化硫黄の排出量と濃度は、ヨーロッパと北アメリカで著しく減少した。	全体的な二酸化硫黄排出量は、世界規模での脱硫により減少するだろうが、アジアのいくつかの急速に発展しつつある国で排出量が増加するだろう。	特にアジアでの、さらなる二酸化硫黄排出量の削減。		
窒素 WHOガイドライン CLRTAP排出量ターゲット	B 北アメリカとヨーロッパによる削減が、アフリカ、アジア、中南米でのわずかな増加と相殺されて、二酸化窒素濃度は、地球規模では一定のままであった。	窒素排出が最優先の問題になっていないアフリカ、アジア、中南米では、特に農業と車社会化からくる窒素酸化物とアンモニアの両方の排出量の増加が予想される。	問題の認識と政策的注目。窒素の排出量を最小化する技術改良。すべてから大陸域で窒素の長距離移送とその影響についての理解が為されること。		
<b>5.子供の鉛暴露の防止</b>					
鉛 ガソリン中の鉛の廃絶。	A 6か国を除いて、世界規模でガソリン中の鉛を段階的に無くした。子供における鉛の血中濃度が下がった。	塗料のような他の発生源の鉛に、世界で取り組まなければならない	開発途上国からもたらされる塗料中の鉛に対する政策と研究。		

## 参考文献

- AEA (2010). *Cost Benefit Analysis for the Revision of the National Emission Ceilings Directive*. [http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/pdf/necd\\_cba.pdf](http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/pdf/necd_cba.pdf)
- Aldy, J.E., Krupnick, A.J., Newell, R.G., Parry, I.W.H. and Pizer, W.A. (2010). Designing Climate Mitigation Policy. *Journal of Economic Literature* 48(4), 903–934
- Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J., Heyes, C., Höglund-Isaksson, L., Klimont, Z., Nguyen, B., Posch, M., Rafaj, P., Sandler, R., Schöpp, W., Wagner, F. and Winiwarter, W. (2011). Cost-effective control of air quality and greenhouse gases in Europe: modeling and policy applications. *Environmental Modelling and Software* (in press). doi:10.1016/j.envsoft.2011.07.012
- Anenberg, S.C., Horowitz, L.W., Tong, D.Q. and West, J.J. (2010). An estimate of the global burden of anthropogenic ozone and fine particulate matter on premature human mortality using atmospheric modeling. *Environmental Health Perspectives* 118(9), 1189–1195
- ASEAN (2002). *ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution*. [http://www.aseansec.org/pdf/agr\\_haze.pdf](http://www.aseansec.org/pdf/agr_haze.pdf)
- Ashmore, M.R. (2005). Assessing the future global impact of ozone on vegetation. *Plant, Cell and Environment* 28, 949–964
- Barriopedro, D., Fischer, E.M., Luterbacher, J., Trigo, R.M. and García-Herrera, R. (2011). The hot summer of 2010: redrawing the temperature record map of Europe. *Science* 332(6026), 220–4
- Benedick, R.E. (1998). *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet*. Harvard University Press, Cambridge, MA
- Bleeker, A., Hicks, W.K., Dentener, F., Galloway, J. and Erisman, J.W. (2011). Nitrogen deposition as a threat to the world's protected areas under the Convention on Biological Diversity. *Environmental Pollution* 159, 2280–2288
- Bobbink, R., Hornung, M. and Roelofs, J.G.M. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. *Journal of Ecology* 86, 738
- Bonasoni, P., Laj, P., Marinoni, A., Sprenger, M., Angelini, F., Arduini, J., Bonafè, U., Calzolari, F., Colombo, T., Decesari, S., Di Biagio, C., di Sarra, A.G., Evangelisti, F., Duchi, R., Facchini, M.C., Fuzzi, S., Gobbi, G.P., Maione, M., Panday, A., Rocco, F., Sellegri, K., Venzac, H., Verza, G.P., Villani, P., Vuillemoz, E. and Cristofanelli, P. (2010). Atmospheric brown clouds in the Himalayas: first two years of continuous observations at the Nepal Climate Observatory-Pyramid (5079 m). *Atmospheric Chemistry and Physics* 10, 7515–7531
- Braungart, M., McDonough, W. and Bollinger, A. (2007). Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production* 15(13–14), 1337–1348
- Bridbord, K. and Hanson, D. (2009). A personal perspective on the initial federal health based regulation to remove lead from gasoline. *Environmental Health Perspectives* 117(8), 1195–1201
- Camelley, T. and Le, X.C. (2001). *Correlation Between Chemical Characteristics and Biological Reactivity of Particulate Matter in Ambient Air*. Alberta. <http://environment.gov.ab.ca/info/library/6646.pdf>
- CBD (2010a). *Aichi Biodiversity Targets*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. <http://www.cbd.int/sp/targets/>
- CBD (2010b). *Global Biodiversity Outlook 3*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. <http://www.cbd.int/gbo3/ebook/>
- CDC (2012). *CDC's National Surveillance Data (1997–2009)*. US Centers for Disease Control and Prevention. <http://www.cdc.gov/nceh/lead/data/national.htm>
- CDC (2005). Blood lead levels: United States 1999–2002. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 54(20), 513–516
- CDC (2003). Blood lead levels: United States 1999–2002. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 52(SS-10)
- CDIAC (2010). Carbon Dioxide Information Analysis Center. <http://cdiac.ornl.gov/>
- Chang, Y.-C. and Wang, N. (2010). Environmental regulations and emissions trading in China. *Energy Policy* 38(7), 3356–3364
- COMEAP (2010). *The Mortality Effects of Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution in the United Kingdom*. Committee on the Medical Effects of Air Pollutants. Health Protection Agency, United Kingdom
- Den Elzen, M. and Höhne, N. (2010). Sharing the reduction effort to limit global warming to 2° C. *Climate Policy* 10, 247–260
- Den Elzen, M. and Höhne, N. (2008). Reductions of greenhouse gas emissions in Annex I and non-Annex I countries for meeting concentration stabilisation targets. *Climatic Change* 91, 249–274
- EC (2011). Eurostat. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsien110>
- EC (2008). *Directive 2008/50/EC on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe*. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:EN:PDF>
- EEA (2009). *NEC Directive Status Report of 2008*. EEA technical report 11/2009. European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/publications/>
- Emberson, L.D., Bükler, P., Ashmore, M.R., Mills, G., Jackson, L., Agrawal, M., Atikuzzaman, M.D., Cinderyb, S., Engardt, M., Jamir, C., Kobayashi, K., Oanh, K., Quadir, Q.F. and Wahid, A. (2009). A comparison of North American and Asian exposure-response data for ozone effects on crop yields. *Atmospheric Environment* 43(12), 1945–1953. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.01.005
- ENA (2011). *The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives* (eds. Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Van Grinsven, H. and Grizzetti, B.). Cambridge University Press. <http://www.nine-esf.org/ENA-Book>
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Bernsten, T., Betts, R., Fahey, D.W., Haywood, J., Lean, J., Lowe, D.C., Myhre, G., Nganga, J., Prinn, R., Raga, G., Schulz, M. and Van Dorland, R. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M. and Miller, H.L.). Cambridge University Press, Cambridge, and New York
- Fujino, J., Hibino, G., Ehara, T., Matsuoka, Y., Masui, T. and Kainuma, M. (2008). Back-casting analysis for 70% emission reduction in Japan by 2050. *Climate Policy* 8, S108–S124
- Galloway, J.N., Aber, J.D., Erisman, J.W., Seitzinger, S.P., Howarth, R.W., Cowling, E.B. and Cosby, B.J. (2003). The nitrogen cascade. *BioScience* 53(4), 341–356
- Gould, E. (2009). Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. *Environmental Health Perspectives* 117, 1162–1167
- Government of NCT of Delhi (2010). *State of the Environment Report for Delhi, 2010*. <http://www.delhi.gov.in/wps/wcm/connect/9e24b08042c37602aaafaa6c8168d2a2/SoE+Delhi+2010.pdf?MOD=AJPERES&Imod=301990690&CACHEID=9e24b08042c37602aaafaa6c8168d2a2>
- Grosse, S.D., Matte, T.D., Schwartz, J. and Jackson, R.J. (2002). Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental Health Perspectives* 110(6), 563–569
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M. and Lo, K. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics* 48, RG4004. doi:10.1029/2010RG000345
- Hare, W.L., Cramer, W., Schaeffer, M., Battaglini, A. and Jaeger, C.C. (2011). Climate hotspots: key vulnerable regions, climate change and limits to warming. *Regional Environmental Change* 11, S1–S13. doi:10.1007/s10113-010-0195-4
- Hicks, W.K., Kuylenstierna, J.C.I., Owen, A., Dentener, F., Seip, H.M. and Rodhe, H. (2008). Soil sensitivity to acidification in Asia: status and prospects. *Ambio* 37, 295–303
- Hilton, F.G. (2006). Poverty and pollution abatement: evidence from lead phase-out. *Ecological Economics* 56(1), 125–131
- HTAP (2010). *Hemispheric Transport of Air Pollution, 2010. Part A: Ozone and Particulate Matter*. Air Pollution Studies No. 17. (eds. Dentener, F., Keating T. and Akimoto, H. Prepared by the Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollution (HTAP) acting within the framework of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP) of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). United Nations, New York and Geneva
- Hulme, M., Osborn, T.J. and Johns, T.C. (1998). Precipitation sensitivity to global warming: comparison of observations with HadCM2 simulations. *Geophysical Research Letters* 25, 3379–3382
- IJC (2010). *US and Canada Air Quality Agreement Progress Report*. International Joint Commission. [www.ijc.org](http://www.ijc.org)
- IMO (2009). *Second IMO GHG Study 2009* (eds. Buhaug, Ø., Corbett, J.J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Lee, D.S., Lee, D., Lindstad, H., Markowska, A.Z., Mjelde, A., Nelissen, D., Nilsen, J., Pålsson, C., Winebrake, J.J., Wu, W., Yoshida, K.). International Maritime Organization, London
- IPCC (2011). Summary for Policymakers. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (eds. Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M. D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M. and P.M. Midgley). Cambridge University Press, Cambridge and New York
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva
- IPCC (2005). *Carbon Dioxide Capture and Storage* (eds. Metz, B., Davidson, O., de Coninck, H., Loos, M. and Meyer, L.). IPCC Special Report. Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC (2000). Summary for Policymakers: Emissions Scenarios. Special Report of IPCC Working Group III. Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- Kucera, V., Tidblad, J., Kreislova, K., Knotkova, D., Faller, M., Reiss, D., Snethlage, R., Yates, T., Henriksen, J., Schreiner, M., Melcher, M., Ferm, M., Lefèvre, R.-A. and Kobus J. (2007). UN/ECE ICP materials dose-response functions for the multi-pollutant situation. *Water, Air and Soil Pollution Focus* 7, 249–258. doi:10.1007/s11267-006-9080-z
- Landrigan, P.J., Schechter, C.B., Lipton, J.M., Fahs, M.C. and Schwartz, J. (2002). Environmental pollutants and disease in American children: estimates of morbidity, mortality, and costs

- for lead poisoning, asthma, cancer, and developmental disabilities. *Environmental Health Perspectives* 110(7), 721–728
- Lanphear B.P., Hornung R., Khoury J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D.C., Canfield, R.L., Dietrich, K.N., Bornschein, R., Greene, T., Rothenberg, S.J., Needleman, H.L., Schnaas, L., Wasserman, G., Graziano, J. and Roberts, R. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives* 113(7), 894–899
- Lawrence, D.M. and Slater, A.G. (2005). A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century. *Geophysical Research Letters* 32, L24401. doi:10.1029/2005GL025080
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H.J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(6), 1786–1793. doi:10.1073/pnas.0705414105
- Levy, M.A., Haas, P.M. and Keohane, R.O. (1993). Improving the effectiveness of international environmental institutions. In *Institutions for the Earth: Sources of Effective International Environmental Protection* (eds. Haas, P.M., Keohane, R.O. and Levy, M.A.). MIT Press, Cambridge, MA
- Liu, J., Mauzerall, D.L., Horowitz, L.W., Ginoux, P. and Fiore, A.M. (2009a). Evaluating intercontinental transport of fine aerosols: (1) Methodology, global aerosol distribution and optical depth. *Atmospheric Environment*. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.03.054
- Liu, J., Mauzerall, D.L. and Horowitz, L.W. (2009b). Evaluating inter-continental transport of fine aerosols: (2) Global health impacts. *Atmospheric Environment*. doi:10.1016/j.atmosenv.2009.05.032
- Lovei, M. (1998). *Phasing out Lead from Gasoline: Worldwide Experience and Policy Implications*. World Bank, Washington, DC
- Manney, G.L., Santee, M.L., Rex, M., Livesey, N.J., Pitts, M.C., Veefkind, P., Nash, E.R., Wohltmann, I., Lehmann, R., Froidevaux, L., Poole, L.R., Schoeberl, M.R., Haffner, D.P., Davies, J., Dorokhov, V., Gernandt, H., Johnson, B., Kivi, R., Kyrö, E., Larsen, N., Levelt, P.F., Makshtas, A., McElroy, C.T., Nakajima, H., Parrondo, M.C., Tarasick, D.W., von der Gathen, P., Walker, K.A. and Zinoviev, N.S. (2011). Unprecedented Arctic ozone loss in 2011. *Nature* 478, 469–475. doi:10.1038/nature10556
- MARPOL (2011). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. <http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-%28marpol%29.aspx>
- Menz, F.C. and Seip, H.-M. (2004). Acid rain in Europe and the United States: an update. *Environmental Science and Policy* 7(4), 253–265
- Moss, R.H., Edmonds, J.A., Hibbard, K.A., Manning, M.R., Rose, S.K., van Vuuren, D.P., Carter, T.R., Emori, S., Kainuma, M., Kram, T., Meehl, G.A., Mitchell, J.F.B., Nakicenovic, N., Riahi, K., Smith, S.J., Stouffer, R.J., Thomson, A.M., Weyant, J.P. and Wilbanks, T.J. (2010). The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463(7282), 747–756. doi:10.1038/nature08823
- NASA GISS (2011). *GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP)*. National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies. <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
- Nemet, G.F., Holloway, T., and Meier, P. (2010). Implications of incorporating air-quality co-benefits into climate change policymaking. *Environmental Research Letters* 5, 014007. doi:10.1088/1748-9326/5/1/014007
- Newman P.A. and McKenzie, R. (2011). UV impacts avoided by the Montreal Protocol. *Photochemical and Photobiological Sciences* 10, 1152–1160, doi:10.1039/c0pp00387e
- Nilsson, J. and Grennfelt, P. (1988). *Critical Loads for Sulphur and Nitrogen*. Nordic Council of Ministers, Copenhagen
- NOAA GMD (2011a). Carbon Cycle Greenhouse Gases Group (CCGG). National Oceanic and Atmospheric Administration Global Monitoring Division (GMD). [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg)
- NOAA GMD (2011b). NOAA Ozone Depleting Gas Index. National Oceanic and Atmospheric Administration Global Monitoring Division (GMD). <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/odgi/>
- Nordhaus, W.D. and Boyer, J. (2000). *Warming the World: Economic Models of Global Warming*. MIT Press
- NSIDC (2011). *NSIDC News*. National Snow and Ice Data Center, University of Colorado, Boulder. <http://nsidc.org/arcticseaicenews/>
- Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. and Edenhofer, O. (2011a). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(21), 8903–8908
- Peters, G.L., Marland, G., Le Quéré, C., Boden, T., Canadell, J.G. and Raupach, M.R. (2011b). Rapid growth in CO<sub>2</sub> emissions after the 2008–2009 global financial crisis. *Opinion and Comment, Nature Climate Change* 2, 2–4
- Polvani, L.M., Waugh, D.W., Correa, G.J.P. and Son, S.-W. (2011). Stratospheric ozone depletion: the main driver of 20th century atmospheric circulation changes in the southern hemisphere. *Journal of Climate* 24, 795–812
- Rasch, P.J., Crutzen, P.J. and Coleman, D.B. (2008). Exploring the geoengineering of climate using stratospheric sulfate aerosols: the role of particle size. *Geophysical Research Letters* 35, L02809
- Raupach, M.R. and Canadell, J.G. (2010). Carbon and the Anthropocene. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2, 210–218
- Raupach, M.R., Marland, G., Ciais, P., Le Quéré, C., Canadell, J.G., Klepper, G. and Field, C.B. (2007). Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(24), 10288–10293
- Rignot, E.I., Velicogna, M.R., van den Broeke, A., Monaghan, A. and Lenaerts, J. (2011). Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters*, 38, L05503. doi:10.1029/2011GL046583
- RNMI (2010). *Monitoring Atmospheric Composition and Climate – Interim Implementation*. Royal Netherlands Meteorological Institute. [http://www.temis.nl/macc/index.php?link=03\\_msr\\_intro.html](http://www.temis.nl/macc/index.php?link=03_msr_intro.html)
- Rodhe, H., Langner, J., Gallardo, L. and Kjellstrom, E. (1995). Global scale transport of acidifying pollutants. *Water, Air, Soil Pollution* 85(1), 37–50
- Royal Society (2008). *Ground-level Ozone in the 21st Century: Future Trends, Impacts and Policy Implications*. Science Policy Report. <http://royalsociety.org>
- Schaefer, K., Zhang, T., Bruhwiler, L. and Barrett, A.P. (2011). Amount and timing of permafrost carbon release in response to climate warming. *Tellus B* 63(2), 165–180
- Schmid, O., Möller, W., Semmler-Behnke, M., Ferron, G.A., Karg, E., Lipka, J., Schulz, H., Kreyling, W.G., Stoeger, T. (2009). Dosimetry and toxicology of inhaled ultrafine particles. *Biomarkers* 14 Suppl 1:67-73. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19604063>
- Schneider, J.S., Huang, F.N., Vemuri, M.C. (2003). Effects of low-level lead exposure on cell survival and neurite length in primary mesencephalic cultures. *Neurotoxicology and Teratology* 25, 555–555
- Schwartz, J. (1994). Low-level lead exposure and children's IQ: a meta-analysis and search for a threshold. *Environmental Research* 65, 42–55
- Shindell, D., Kuylenstierna, J.C.I., Vignati, E., Van Dingenen, R., Amann, M., Klimont, Z., Anenberg, S.C., Müller, N., Janssens-Maenhout, G., Raes, F., Schwartz, J., Faluvegi, G., Pozzoli, L., Kupiainen, K., Höglund-Isaksson, L., Emberson, L., Streets, D., Ramanathan, V., Hicks, K., Oanh, K., Milly, G., Williams, M., Demkine, V. and Fowler, D. (2012). Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security. *Science* 335(6065), 183–189. doi:10.1126/science.1210026
- Shrestha, R.M., Pradhan S. and Liyanage, M. (2008). Effects of a carbon tax on greenhouse gas mitigation in Thailand. *Climate Policy* 8, S140–S155
- Shukla, P.R., Dhar, S. and Diptiranjana, M. (2008). Low-carbon society scenarios for India. *Climate Policy* 8, S156–S176
- Sitch, S., Cox, P.M., Collins, W.J. and Huntingford, C. (2007). Indirect radiative forcing of climate change through ozone effects on the land carbon sink. *Nature* 448(16), 791–795
- Smith, J.B., Schneider, S.H., Oppenheimer, M., Yohe, G.W., Hare, W., Mastrandrea, M.D., Patwardhan, A., Burton, I., Corfee-Morlot, J., Magaña, C.H.D., Fussler, H.-M., Pittcock, A.B., Rahman, A., Suarez, A. and van Ypersele, J.-P. (2009). Assessing dangerous climate change through an update of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) "reasons for concern". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, 4133–4137
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge and New York
- Stoddard, J.L., Jeffries, D.S., Lukewille, A., Clair, T.A., Dillon, P.J., Driscoll, C.T., Forsius, M., Johannessen, M., Kahl, J.S., Kellogg, J.H., Kemp, A., Mannio, J., Monteith, D.T., Murdoch, P.S., Patrick, S., Rebsdorf, A., Skjelkvale, B.L., Stainton, M.P., Traaen, T., van Dam, H., Webster, K.E., Wieting, J. and Wilander, A. (1999). Regional trends in aquatic recovery from acidification in North America and Europe. *Nature* 401(6753), 575–578
- Strachan, N., Foxon, T. and Fujino, J. (2008). Policy implications from the Low-Carbon Society (LCS) modelling project. *Climate Policy* 8, S17–S29
- Sunstein, C. (2007). Of Montreal and Kyoto: a tale of two protocols. *Harvard Environmental Law Review* 31(1), 1–66
- Thomas, V.M., Robert, H.S., James, J. and Thomas, G. (1999). Effects of reducing lead in gasoline: an analysis of the international experience. *Environmental Science and Technology* 33(22), 3942–3948
- Tsai, P.L. and Hatfield, T.H. (2011). Global benefits from the phaseout of leaded fuel – going unleaded. *Journal of Environmental Health* 74(5), 8–14
- UN (2000). *Millennium Development Goals*. <http://www.un.org/millenniumgoals/>
- UNCED (1992). *Agenda 21*. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNDP/WHO (2009). *The Energy Access Situation in Developing Countries: A Review Focusing on the Least Developed Countries (LDCs) and Sub-Saharan Africa (SSA)*. UNDP, New York. [http://content.unpd.org/go/cms-service/stream/asset/?asset\\_id=2205620](http://content.unpd.org/go/cms-service/stream/asset/?asset_id=2205620)
- UNECE (2005). *The 1999 Gothenburg Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone*. Amended 2005. United Nations Economic Commission for Europe. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1999%20Multi.E.Amended.2005.pdf>

- UNEP (1979). *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*. <http://www.unep.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1979.CLRTAP.e.pdf>
- UNEP (2012). *Reduction in Sulphur in Fuels. Partnership for Clean Fuels and Vehicles*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unep.org/transport/pcfvc/corecampaigns/campaigns.asp#sulphur> (accessed 23 March 2012)
- UNEP (2011a). *Bridging the Emissions Gap*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2011b). *Global Status of Leaded Petrol Phase-Out*. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://www.unep.org/transport/PCFV/PDF/MapWorldLead\\_January2011.pdf](http://www.unep.org/transport/PCFV/PDF/MapWorldLead_January2011.pdf) and <http://unep.org/transport/pcfvc/PDF/leadprogress.pdf> (accessed 26 May 2011)
- UNEP (2011c). *HFCs: A Critical Link in Protecting Climate and the Ozone Layer*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unep.org/climatechange/Publications/Publication/tabid/429/language/en-US/Default.aspx?ID=6224>
- UNEP (2010). *Environmental Effects of Ozone Depletion: 2010 Assessment*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (1987). *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://ozone.unep.org/pdfs/Montreal-Protocol2000.pdf>
- UNEP (1985). *Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer*. Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://ozone.unep.org/pdfs/viennaconvention2002.pdf>
- UNEP Ozone Secretariat (2011). Data Access Centre. [http://ozone.unep.org/new\\_site/en/ozone\\_data\\_tools\\_access.php](http://ozone.unep.org/new_site/en/ozone_data_tools_access.php)
- UNEP/WMO (2011). *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone: Summary for Decision Makers*. UNON/Publishing Services Section/Nairobi, ISO 14001:2004. [http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/BlackCarbon\\_SDM.pdf](http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/BlackCarbon_SDM.pdf)
- UNFCCC (2012) *CDM in Numbers: Registration*. United Nations Framework Convention on Climate Change. <http://cdm.unfccc.int/Statistics/Registration/RegisteredProjByRegionPieChart.html>
- UNFCCC (2010). *Cancun Agreements*. <http://cancun.unfccc.int>
- UNFCCC (2009). *The Copenhagen Accord*. <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/l07.pdf>
- UNFCCC (2008). *The Bali Action Plan*. <http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/eng/06a01.pdf>
- UNFCCC (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- USEPA (2010). *Protecting the Ozone Layer Protects Eyesights: A Report on Cataract Incidence in the United States Using the Atmospheric and Health Effects Framework Model*. US Environmental Protection Agency, Washington, DC. <http://www.epa.gov/ozone/science/effects/AHEFCataractReport.pdf>
- USEPA (2008). *National Ambient Air Quality Standards for Lead (Final Rule)*. US Environmental Protection Agency, Washington, DC. <http://www.epa.gov/oaqps001/lead/fr/20081112.pdf>
- Vahlsing, C. and Smith, K.R. (2010). Global review of national ambient air quality standards for PM<sub>10</sub> and SO<sub>2</sub> (24h). *Air Quality Atmosphere and Health*. doi:10.1007/s11869-010-0131-2
- Valavanidis, A., Fiotakis, K., Vlachogianni, T. (2008) Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 26(4):339-62 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19034792>
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C. Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.-F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J. and Rose, S.K. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109, 5–31
- Velders, G.J.M., Andersen, S.O., Daniel, J.S., Fahey, D.W. and McFarland, M. (2007). The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(12), 4814–4819
- Vestreng, V., Ntziachristos, L, Semb, A., Reis, S., Isaksen, I.S.A., and Tarrason, L. (2009). Evolution of NOx emissions in Europe with focus on road transport control measures. *Atmospheric Chemistry and Physics* 9, 1503–1520
- WHO (2012). Database: outdoor air pollution in cities. [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/en/index.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/en/index.html)
- WHO (2011). *Health in the Green Economy: Health Co-benefits of Climate Change Mitigation – Housing Sector*. World Health Organization, Geneva
- WHO (2010). *Childhood Lead Poisoning*. World Health Organization, Geneva. <http://www.who.int/ceh/publications/leadguidance.pdf>
- WHO (2009). *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*. World Health Organization, Geneva. [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241563871\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241563871_eng.pdf)
- WHO (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Global Update 2005*. World Health Organization, Geneva
- WHO (2000). *Air Quality Guidelines for Europe*. Second Edition. WHO Regional Publications European Series No. 91. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen
- WHO (1999). *Air Quality Guidelines*. World Health Organization, Geneva
- Wilson, N. and Horrocks, J. (2008). Lessons from the removal of lead from gasoline for controlling other environmental pollutants: a case study from New Zealand. *Environmental Health* 7, 1. doi:10.1186/1476-069X-7-1
- WMO (2011). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010*. World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 52. World Meteorological Organization, Geneva
- Wright, R.F., Larssen, T., Camarero, L., Cosby, B.J., Ferrier, R.C., Helliwell, R., Forsius, M., Jenkins, A., Kopacek, J., Majer, V., Moldan, F., Posch, M., Rogora, M. and Schopp, W. (2005). Recovery of acidified European surface waters. *Environmental Science & Technology* 39(3), 64A–72A
- WSSD (2002). *Johannesburg Plan of Implementation*. [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/POIToc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm)
- Zhang, Z.X. (2010). *China in the Transition to a Low Carbon Economy*. East-West Centre Working Papers. Economics Series 109
- Zhao, Y., Duan, L., Xing, J., Larssen, T., Nielsen, C.P. and Hao, J.M. (2009). Soil acidification in China: is controlling SO<sub>2</sub> emissions enough? *Environmental Science & Technology* 43(21), 8021–8026

# 陸



© AVTG/istock

**統括執筆責任者:** Carol Hunsberger and Tom P. Evans

**執筆責任者:** T. Mitchell Aide, Juan Albaladejo Montoro, Saturnino (Jun) M. Borrás Jr., Héctor Francisco del Valle, Tahia Devisscher, Jason Jabbour, Shashi Kant, David López-Carr, Hillary Masundire, Narcisa G. Pricope (GEO Fellow) and Roberto Sánchez-Rodríguez

**執筆協力者:** Magdi T. Abdelhamid, Björn Alfthan, Fethi Ayache, Asmeret Asefaw Berhe, Chizoba Chinweze, Jana Frélichová, Lawrence Hislop, William K. Pan, Björn Schulte-Herbrüggen, Jessica Smith, Carlos Souza Jr., Tracy L. Timmins (GEO Fellow) and Leo C. Zulu

**主科学査読者:** Jean-Pierre Ometto

**章編集者:** Jason Jabbour

# 主要メッセージ

土地資源の管理を向上させる国際的な目標が掲げられたが、近年、土地資源に対する圧力が増大している。地球環境概観第4次報告(UNEP 2007)において、人口、経済発展、世界市場の急成長によって、前例のない土地利用の変化が引き起こされたことが明らかにされた。これらの駆動要因が、結果として、資源破壊や生態系の衰退を引き起こし続けている。

**経済成長は、自然資源と生態系を犠牲にして来た。**生態系の機能が非経済的であることや、生態系の生産力に生物物理的な限界があることについて、多くの場合、認識されることなく土地利用の決定がなされるために、たくさんの陸域生態系がひどく劣化させられている。例えば、森林減少や森林劣化だけでも、2008年の金融危機の損失を越える負担を世界経済にかけることになるだろう。絶え間ない成長という観念で構築されてきた現在の経済システムは、生物物理的な限界によって拘束される生態系内にあって、不安定な状態に置かれている。しかし、生態系サービスに価格を付ける、市場に基づくいくつかのアプローチが、環境被害を低減するインセンティブを提供する。

**食糧、飼料、燃料、繊維、原料を求める需要競争が、土地に対する圧力を高めている。**食糧や家畜用飼料の需要が、人口増加と食生活の変化により急速に増大している。またバイオ燃料や原料に対する需要が、人口増加、増大していく消費、それにバイオ燃料向けの政策によって駆り立てられ急激に上昇した。これらが同時に増加するため、土地転換、土地荒廃、保護区への圧力、が引き起こされている。それに加えて気候変動が、作物生産地帯に対してさらなるストレスを及ぼしつつある。その結果、生産に関する目標と、保護に関する目標との間で、緊張関係が高まるということが起こっている。

**グローバル化と都市化が、土地の需要競争を激化させている。**グローバル化と都市化のプロセスは、生産物が

作られる場所と、それらが消費される場所との間の距離を離すことになるため、土地制度に対する圧力を拡大し強める。距離が離れることで、資源の枯渇や生態系の劣化を引き起こす駆動要因が目立たなくなる。また距離が離れることは、輸送と輸送インフラによる高い環境コストを誘因し、かつ持続可能な土地管理を実践しようとする交渉を困難にする傾向がある。大規模な国際的な土地取引は、この流れから新たに出現してきた結果であり、この流れの引き金にもなっている。国際的に協調して対応することが、関連する社会や環境への圧力に対処するために必要である。

**ガバナンスの改善と能力向上が、持続可能な土地管理の達成に極めて重要である。**生態系を保護する目的で為された介入の多くが、その設計と実施において、地域の価値観を認識せず、また地元コミュニティを参画させずに創設されたために失敗してきた。全ての空間および時間スケールでの能力向上が、土地管理を改善させる上で必要である。現在のガバナンスのアプローチには、「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD)のための国連の協調的プログラムという市場に基盤を置く戦略と、認証という中央集権的な制度を用いた戦略と、コミュニティに基盤を置いた資源管理という地方分権的な戦略とがある。すべて土地ガバナンスを向上させるための機会と課題の両方を提供する。

**より持続可能な土地制度を創設できる可能性は有る。**これらの複雑な問題を解決するためには、さまざまな社会的、生態学的な駆動要因が、地方、地域、国、地球のそれぞれのスケールで、土地制度に対して、どのように影響を与えているかを理解することが決定的に重要である。国際組織、科学界、国や地方機関が、それぞれの行動を調整するために協調努力することによって、この目標を達成するために必要とされる政策オプションを創設することは可能である。

# 序文

気候パターンの変化、経済のグローバル化、人口増加、天然資源の使用増加、急速な都市化が、陸域生態系にかつてないほどの圧力をかけており、実際に陸域生態系のすべてがストレスを受けている。人類の用途に使用できていたものに、生物物理的な限界が存在するというのは本当であり、そのような限界に接近しているか、または既に超過してしまったことを示す強い兆候が見られる(Rockstrom *et al.* 2009)。それでも最近になって、いくつかの地域で、森林に覆われる区域や再生される土地が増えている事実は(Lambin and Meyfroidt 2010; Nepstad *et al.* 2009; Bai *et al.* 2008)、衰退は避けられないわけではないこと、そしてたとえ元の生態系機能が変化させられたり、あるいは生態系への圧力がどこか別のところへ移行するとしても、回復は本当に可能であるかもしれないことを示唆している(Meyfroidt *et al.* 2010)。

食糧、飼料、燃料、繊維、原料に対する需要の増加は、土地利用変化を引き起こす圧力を地方と遠方に作り出す(Lambin and Meyfroidt 2011)。これらの需要からもたらされる一連の現象は、都市化とグローバル化のために複雑なものにされ、物品の生産場所を消費場所から途方もなく遠くに引き離す(Barles 2010; Kissinger and Rees 2010)。核心となる問題は、人類の幸福と環境の持続性を両立させる方向で、これらの需要がいかにして対処され、または制御され得るかということである。これに対処するには、陸域生態系の制御に関わってい

る社会的関係や生物物理的プロセスについての注意深い調査、政策の優先順位と手法の設定、引き起こされそうなプラスとマイナスの両方の影響の配分について考慮しておくことが求められる。

地球環境概観第4次報告(GEO-4)(UNEP 2007)は、水と廃棄物処理と食糧に対する需要の増大が、持続不可能な土地利用や土地荒廃のパターンを招いたことを述べた。また、土地利用を変化させる主要な要因として、森林の被覆と構成、耕地の拡張、農業の強化、砂漠化、市街地開発を特定した。またGEO-4は、土地の管理を怠り続ける場合、増大する気候変動と相まって、将来のストレスからの回復を困難または不可能にして、社会のレジリエンス(回復力)を低下させるだろうと結論付けた。本章では、湿地を含む地球規模での土地制度の現状と傾向に関する最新情報を提供し、土地利用の変化に影響を及ぼす新たに出現した主要な問題を検証し、国際協定の達成に向けて最近引き起こされている変化の影響を考察し、いくつかの広範な対策を提示する。

## 国際的な目標

本章を解説するために選定された国際的な目標は、食糧の安全保障、貧困の削減、および環境の持続性に関する、生命にとって極めて重要なターゲットからなる(表3.1)。本章は、それらの達成を可能にするか、それとも制約するかもしれない生物物理的、社会的、経済的、政治的な要因を特定する。

表3.1 国際的に合意された土地に関する目標やテーマ(選定されたもの)

国際的に合意された目標の主要テーマ	ヨハネスブルグ実施計画(WSSD 2002)の第40節(b)	ミレニアム開発目標MDG1 (UN2000)	ミレニアム開発目標MDG7 (UN2000)	世界食糧サミット行動計画(FAO 1996)の第33節(g)	ラムサール湿地条約(1971)	国連砂漠化防止条約(UNCCD 1994)第2条
食糧安全保障を促進する。		X		X		
飢えに苦しむ人々の割合を削減する。		X				
食糧へのアクセスを改善する。		X		X		
食糧生産を増やす。		X				
環境資源の損失を反転させる。			X	X	X	X
森林破壊率を減らし、森林による被覆を増やす。				X		
熱帯林の破壊をやめさせる。				X		
湿地の損失を止める。					X	
砂漠化を防止し、干ばつの影響を緩和する。						X
統合した土地利用の計画と管理を実行する。	X		X	X	X	X
持続可能な発展の原則を、国の政策やプログラムに組み入れる。	X		X			X
生態系サービスの複合的な恩恵を認識し、維持し、開発する(それらの経済価値に加えて)。				X	X	

第16章で実証するように、これらのターゲットを達成できなければ、人類の幸福と環境保全に厳しい影響が及ぶことになる可能性があり、その危険度は高い。

## 現状と傾向

この節では、選定された指標を用いて、農地、森林、乾燥地、湿地、極地域、人類の居住地についての現在の状況、ならびにこれらの土地被覆と土地利用についての最近の変化を見ていく。

### 農業

食糧と家畜飼料に対する需要が、人口増加、都市化、ならびに動物性食品を多く含むようになった食事の変化により、急速に上昇している。これらの変化による結果の一つは、直接的にも間接的にも飼料生産専用の耕作地を通して、家畜に割り付けられる農地が広範囲に拡大したことである (Rudel *et al.* 2009; Naylor *et al.* 2005)。水不足と土地荒廃が食糧安全保障にとって依然として脅威である状況下で、近年のバイオ燃料、飼料、繊維に対する関心が加速されたことによって、農地をどのように使用するかという需要競争が引き起こされている。

### 農地と生産の傾向

2009年に世界には、およそ33億ヘクタールの牧草地と、15億ヘクタールの耕地がある。合計した土地面積の大きさと割合は、大陸域で大きく異なる (図3.1) (FAO 2012)。2009年にヨーロッパ以外のすべての大陸域は、土地面積の多くを、

### Box 3.1 飢えの根絶

#### 関連する目標

極貧と飢えを根絶する

#### 指標

栄養不良の人々の割合

#### 世界の傾向

比率は減少しているが、絶対数は増加している。

#### 最も脆弱なコミュニティ

慢性的な貧困、気候変化、または食品価格の変動のために食糧不足である人々。

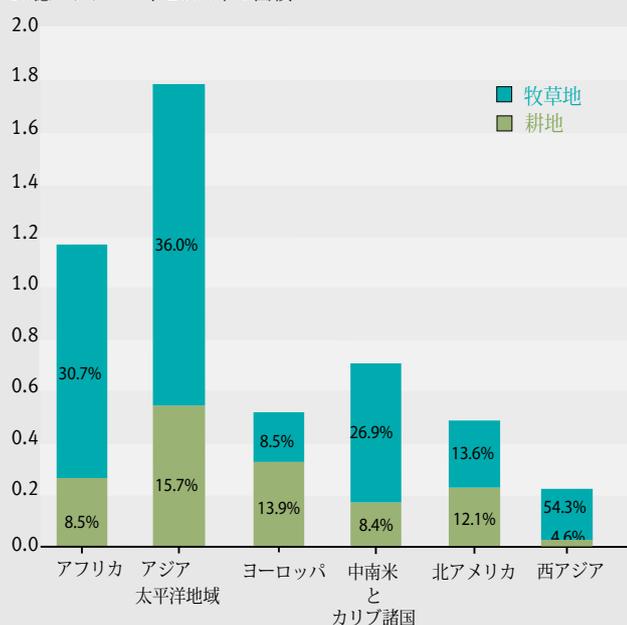
#### 最も懸念される地域

アフリカ、アジア太平洋地域

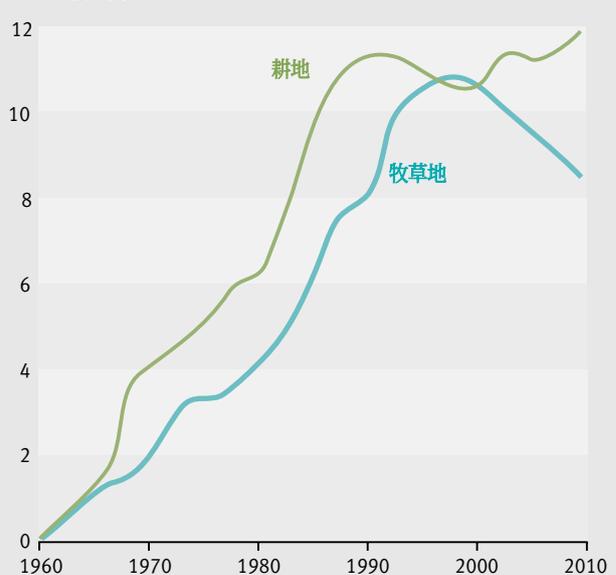
耕地よりも牧草地専用で使用していた。過去10年間に、耕地部分の合計はわずかに増加しただけであったが、育てられた作物には相当な変化があった (図3.2) (FAO 2012)。トウモロコシは、西アジア以外のすべての大陸域で重要な作物であり、2001~2010年の間に、アフリカとアジア太平洋地域において、25%以上収穫が増えた。2010年に合計約1億6,000万ヘクタールの土地でトウモロコシが収穫された。米の最大の生産地帯はアジア太平洋地域であるが、ヨーロッパとアフリカが、2001~2010年の間にそれぞれ約30%と20%という最大の増加率を示した。主要な大豆生産地域は、中南米とカリブ諸国、

図3.1 2009年に耕地と牧草地に使用された面積（地域別）、また1960年と2010年の間の地球全体での変化

10億ヘクタール、2009年の面積



%、面積の変化



出典: FAO 2012



中西部アメリカのエタノール工場の前にあるトウモロコシ畑、エタノール生産に使用される最も一般的な原料は、引き続きトウモロコシである。 © iStock/SimplyCreativePhotography

および北アメリカで、アメリカ合衆国、ブラジル、アルゼンチンが世界の3大生産国である。小麦の主要生産地はアジア太平洋地域とヨーロッパである。

これらの作物に使用された面積の増加によって、収穫が全体的に増加した(FAO 2012)。現在の世界全体の小麦、トウモロコシ、米の収穫高は、それらの潜在力のそれぞれ64、50、64%であると見積もられているが、収穫高との格差の大きさは、様々な要因の影響によって大陸域ごとに大幅に変わる(Neumann *et al.* 2010)。実際の収穫と潜在的な収穫との間に大きな格差が生じるのは、低肥料投入型農業が実施されている場合に起こる傾向がある(Licker *et al.* 2010)。作付面積が2001年以降に拡大した二つの大陸域、アフリカと中南米カリブ諸国は、北アメリカやヨーロッパと比較して、収穫高がまだ比較的低いが、大陸域に特有の制約が見極められて克服されれば(Neumann *et al.* 2010)、耕地の拡大を最小にしながら、食糧生産を増大させる潜在力があるかもしれない。

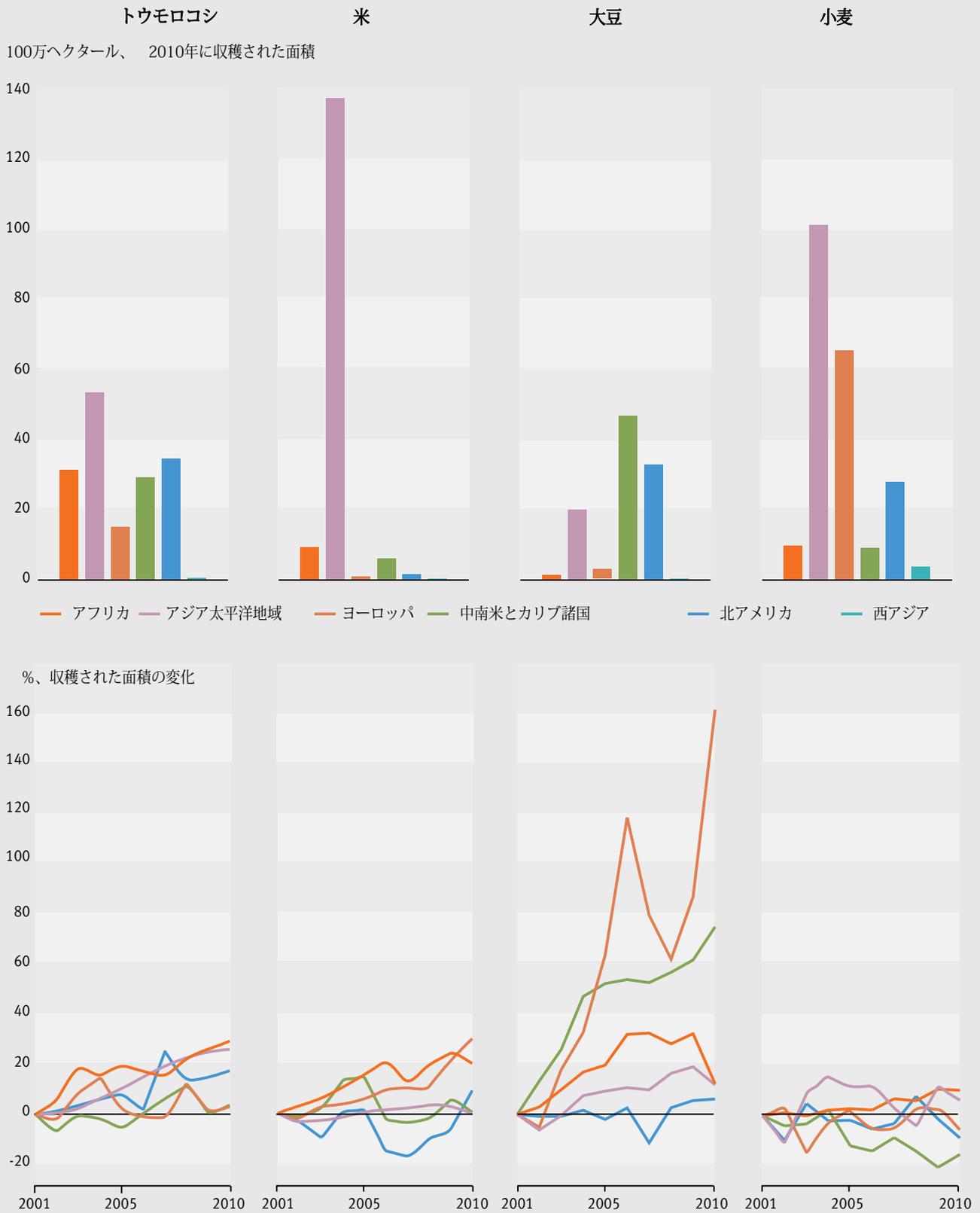
農業の生産性は、生物物理的な要因とその他の要因によって制約される。未開墾の土地に従来の農業を展開するには、その表層を改良するための機械化と、肥料、除草剤、農薬、灌漑用水という形での補填が必要になる。しかし、機械類や化学的な補填が過度に行われると、土壌構造が崩れ、浸食が増大し、化学的に土壌が汚染され、地下水と地表水が汚され、温室効果が

スのフラックスが変わり、生育地が破壊され、化学的な補填に対する遺伝的耐性が構築される(Blanco-Canqui and Lal 2010; Foley *et al.* 2005; Buol 1995)。集約的に機械化された高入力型の農業が広範囲で採用されたことで、土壌侵食の速度が大幅に加速した。さて、一般に行われている農業方式によって起こる浸食は、保存農業を実施する方式よりも3倍以上高く、自然植生で行う方式よりも75倍以上高い(Montgomery 2007)。劣化した土地は放棄されるため(Bakker *et al.* 2005; Lal 1996)、土壌侵食が、世界的に一人当たりの利用可能な農地を低下させる一因になっている(Boardman 2006)。したがって、これらの方法によって収穫の増加が達成されたとしても、それは環境上の負担ももたらしていることになる。

連続して耕作を行う低入力の農業方式では、土壌肥沃度と収穫高の急速な低下が、作物の国際的な価格変動と相まって、農村での人々の生活状況に影響を与え続ける(Koning and Smaling 2005)。一方、持続可能な集約技術は、先程述べた高入力型農業の問題のいくつかを回避しながら、状況によっては土壌肥沃度と収穫高を向上させる可能性を提供する。

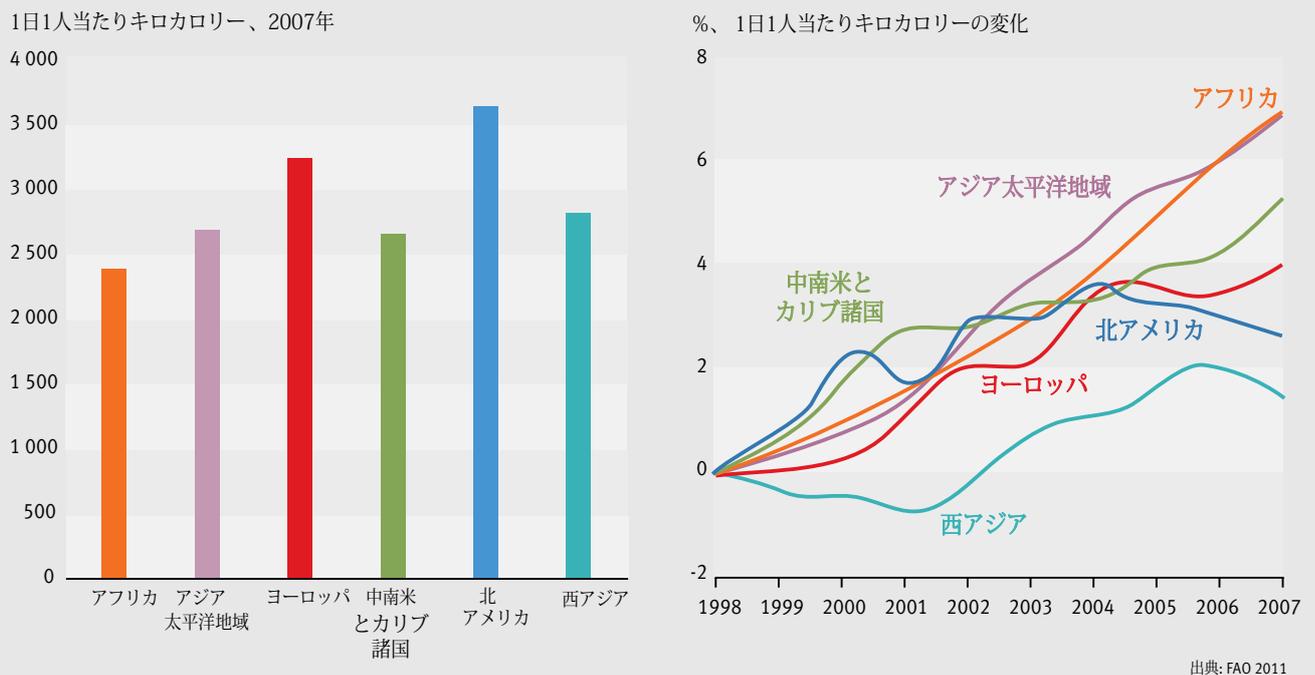
気候変動が将来の世界の食糧生産に与える影響を特定することは難しいけれども、気候変動が農業区域に与える影響によって、ますます多くの人々が直接的影響を受けるであろうことが、相当な証拠をもって示されている(World Bank 2010)。

図 3.2 2010年に収穫された面積と、2001～2010年間の変化（選定された作物別）



出典: FAO 2012

図 3.3 2007年における食糧供給の平均、および1998~2007年間の変化（地域別）



### 消費の傾向

栄養不良の人々の割合は、1995~1997年の世界人口の14%から、2010年の13%まで減少したが、絶対数は、人口増加によって同期間に7億8800万人から、およそ9億2500万人まで上昇した(Box 3.1) (FAO 2010b)。慢性的な食糧不足に陥っている区域は、地域紛争、弱いガバナンス構造、地方機関の崩壊など、多くの障害に直面しており、それらの障害すべてが、食糧へのアクセスと分配に影響を与えている(FAO 2010a)。また世界の栄養不良の人々の多くは、気候の変動性の被害を特に受けやすい地域に住んでいる。アフリカとアジア太平洋地域は、2007年の食糧消費の平均が最も低い大陸域であったが(図 3.3) (FAO 2012)、食料消費の変化においては最も高い増加率を経験した大陸域でもある。アジア太平洋地域は、栄養不良の人々の数が5億7800万人で最も多く、一方、サハラ以南のアフリカは、栄養不良の人々の割合が最も高く、2010年における人口の約30%である(FAO 2010b)。

### 森林

森林は、陸域生態系に極めて重要な役割を果たし、隠れ場、生息生育地、燃料、食糧、飼料、繊維、木材、薬、安全、雇用、といった多くのサービスを提供し、さらに淡水の供給を調節し、炭素を貯蔵して栄養素を循環させ、また地球の気候の安定に寄与している。歴史的に森林は、隠れ場、農地、食肉生産、燃料や木材の採取、に対する需要の増加による圧力を受けてきた。

しかし、最近の数十年間でこの圧力は増加した。それは、農業拡大とバイオ燃料生産による需要競争、急速な都市化と社会基盤整備、林産物に対する世界的な需要増大によるものである。さらに森林は、平均気温の年々の変化、降雨パターンの変化、より頻繁に起こる異常気象、からもたらされる強いストレスも受けている(Allen *et al.* 2010; Tiwari 2009)。

### Box 3.2 森林

#### 関連する目標

森林伐採を減少させ森林被覆を増加させる。

#### 指標

正味の森林変化

#### 世界の傾向

温帯地域において若干の森林増加。  
いくつかの熱帯諸国で森林伐採が減速。  
全体として熱帯での森林破壊は高いままである。

#### 最も脆弱なコミュニティ

熱帯諸国で森林に依存している人々

#### 最も懸念される地域

アフリカ、中南米とカリブ諸国

## 森林地帯

森林は、世界の全陸地部分のうちの 31%で、ちょうど 40 億ヘクタールある(FAO 2011)。これらの大多数は、ロシア北部と中部、およびカナダとアラスカのほとんどのに広がる寒帯林である。広大な熱帯雨林は、アマゾン、アフリカのコンゴ盆地、東南アジアの一部で見られる。温帯林は、アメリカ合衆国、ヨーロッパ、アジアの中緯度にまだら状に分布している。

森林伐採と自然原因の両方による森林損失は、その速度は低下しているものの、驚くほど高いままである (Box 3.2)。地球レベルでの、年間の森林損失は、1990 年代の 1,600 万ヘクタールから、2000~2010 年の間におよそ 1,300 万ヘクタールまで減少した(FAO 2011)。この期間に、最も速い速度での熱帯雨林損失が、南アメリカとアフリカで生じた (図 3.4)。1990 年代に広範囲の森林伐採を被ったブラジルやインドネシアなど、いくつかの急速に発展している国々は、熱帯雨林損失の速度を著しく低下させたが(FAO 2011; Ometto *et al.* 2011)、中南米とアフリカの低開発国は、高い速度での損失を続けている。先進国の多くは、1800 年代後半から、田舎から都市への移住と、農場放棄の結果として、正味の森林再生を経験してきたが(Walker 1993; Mather 1992)、干ばつ、森林火災、昆虫攻撃のような自然要因が、ここ数十年間に森林損失を悪化させた。しかし、森林損失の主要な駆動要因は、人口増加、貧困、経済成長、土地の価格設定、木材や他の林産物に対する国際的な需要、地元住民の権利の不安定さ、そして森林生態系に対する評価が十分になされていないことである(Carr *et al.* 2005; Lambin *et al.* 2001)。

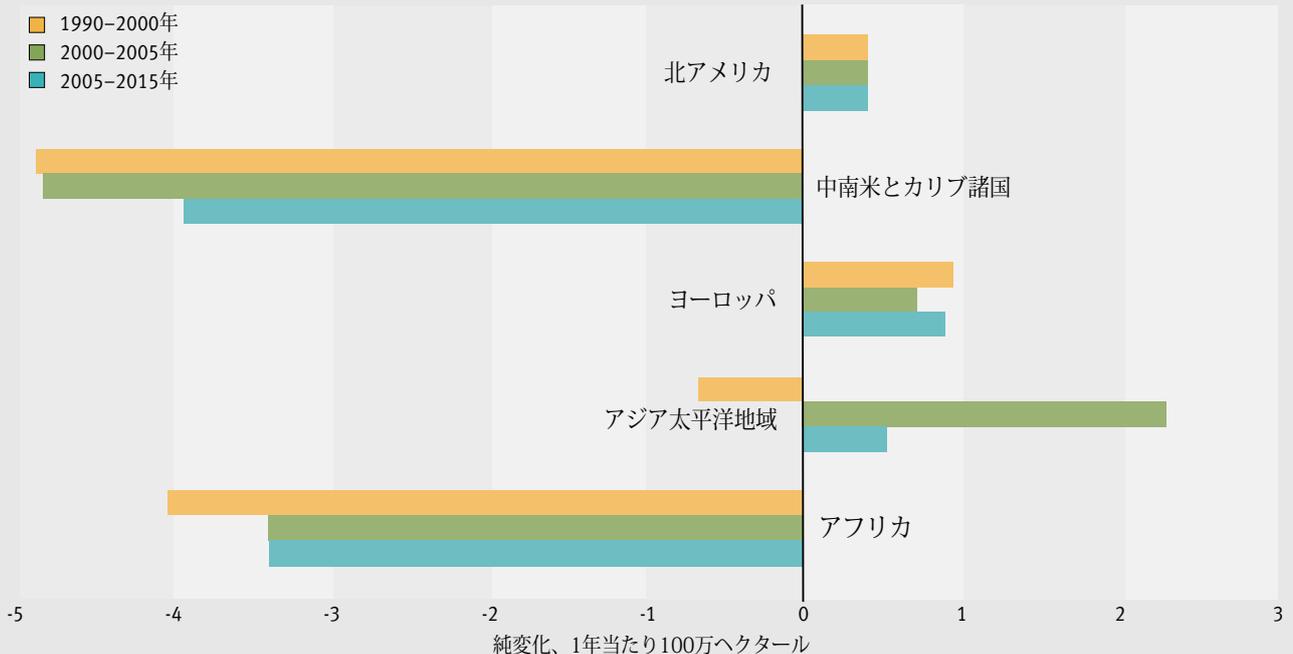


アマゾンにおける開墾であるが、その森林伐採のかなりの部分が、畜牛の大規模放牧と大豆の大規模生産に起因する。 © iStock/luoman

## プランテーション

森林プランテーションは、通常、産業目的のために開拓され、2000~2010 年の間に世界全体で 5,000 万ヘクタール増加し、全森林地帯の 7%である 2 億 6400 万ヘクタールに達した (表 3.2) (FAO 2011)。アジアは、この増加の 58%である 2800 万ヘクタールを占める。一般に単一栽培プランテーションは、地域の生物多様性を豊かにしない傾向があるが、材木、炭素や水の貯蔵、土質安定化などの生態系サービスを提供する。

図 3.4 地域別の森林地帯の変化、1990-2010年



出典: UNEP 2011c; FAO 2010a

表 3.2 2010年のプランテーション面積と、2000～2010年間の増加（地域別）

	アフリカ	アジア 太平洋地域	ヨーロッパ	中南米と カリブ諸国	北アメリカ	西アジア	世界全体
2010年のプランテーション 面積、1000ヘクタール	15 409	121 802	69 318	14 952	37 529	5 073	264 084
毎年の増加、1000ヘクタール	245	2 948	401	407	809	115	4 925
毎年の増加、%	1.75	2.82	0.6	3.23	2.46	2.6	2.09

注釈：FAOのデータからアフガニスタン、トルコ、イランを除き、それらを西アジア地域に含めるGEO地域カテゴリーが適用されている。

出典：FAO 2011

### 生産森林地帯と保護森林地帯

木材や非木材製品の生産用に指定された世界の森林面積は、2000年の約11億6,000万ヘクタールから、2010年の約11億3,000万ヘクタールまで減少し、年間の減少幅は、約291万ヘクタールで0.25%に相当する(FAO 2011)。しかし、土壌と水の保護用に指定された世界の森林面積は、2000年の約2億7,200万ヘクタールから、2010年の約2億9,900万ヘクタールまで増加し、年間の増加幅は、約277万ヘクタールで0.97%に相当する(FAO 2011)。同様に、生物多様性の保全用に指定された世界の森林面積は、約3億300万ヘクタールから、約3億6,600万ヘクタールまで増加し、年間の増加幅は約633万ヘクタールで1.92%に相当する(FAO 2011)。生産用に指定された森林面積の減少の主な理由は森林伐採で、保護用の森林面積の増加の主な理由は、植林である(FAO 2010a)。

### 森林管理と認証

森林管理協議会(FSC)と森林認証プログラム(PEFC)が、2つの主要な森林管理認証機関である。これらの2つの機関の下で、2002～2010年間に、認証された森林が、毎年約20%増加した(UNEP 2011c)。しかし、2010年にFSCまたはPEFCが認証した森林管理下にあった森林は、全森林面積の約10%である(UNEP 2011c)。これらの傾向は、森林管理が向上する一方で、実施されるべき多くの作業が残っていることを示す。

### 森林の炭素貯蔵

森林は、それらのバイオマスと土壌中に炭素を貯蔵する能力があるため、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を吸い込む重要な貯蔵庫と考えられている(Anderson *et al.* 2011)。全ての陸域のバイオマス炭素の貯蔵の75%以上、土壌有機炭素の貯蔵の40%以上が森林生態系内に存している(Jandl *et al.* 2007)。森林による1990年代の炭素隔離量は、化石燃料の燃焼と土地利用の変化によって生じる炭素排出量のおよそ3分の1に相当していた(Bonan 2008)。寒帯林は熱帯雨林より多くの炭素を土壌に貯蔵し、一方、熱帯雨林は寒帯林よりはるかに多くの炭素を植物バイオマスに貯蔵する(Prentice *et al.* 2001)。パーンらは(pan *et al.* 2011)、世界の森林システムが1990～2007年まで年間24億±4億トンの炭素を吸収していたと推定している。

火災は、森林から生じる温室効果ガス排出の主たる源泉である(van der Werf *et al.* 2010)。寒帯林の生態系は、大きな炭素排出に至る高頻度の激しい森林火災になる傾向がある。アミロらは(Amiro *et al.* 2001)、1949～1999年間に、毎年平均200万ヘクタールのカナダの寒帯林が燃え(その間の年間変動幅は30万～750万ヘクタール)、年間平均2,700万±600万トンの炭素が排出されたと推定した(その間の年間変動幅は300万～1億1,500万トン)。スクヒニンらは(Sukhinin *et al.* 2004)、1995～2002年間に、東ロシアで毎年平均770万ヘクタールの面積が燃え、その55%の420万ヘクタールが森林であったと推定した。ジレットらは(Gillett *et al.* 2004)、カナダで燃える面積が最近増加したことは、人為起源による気候変動の結果であることを突き止めた。将来、温帯地域と寒帯地域で、火災がより多く、焼失面積がより広く、火災期間がより長くなる可能性がある(Flannigan *et al.* 2009)。

### 乾燥地、草地、サバンナ

乾燥地、草地、サバンナは、降雨量の空間的・時間的な大きな変動に見舞われており、そのことが植物成長、生育環境、人間の生計に劇的な変化を生じさせている。乾燥地は世界の地表面のおよそ40%に当たり、開発途上国の人々の90%である20億人以上がそこを居住地としている(UNEP 2007)。しかし、乾燥地の空間的な範囲は、生態系サブタイプの変異、データのばらつき、遠隔探査データに適用されるクラスや閾値が様々であること、によって不明確なままであり、世界的な比較が困難な状況にある(Reynolds *et al.* 2007)。草地には、ほとんど砂漠のような非常に乾燥しているタイプから、湿度の高いタイプまで幅がある。サバンナは木と草が混合した生態系で、ほとんど樹木が無い草地から、閉鎖林冠の森林地帯までの幅があり、特にアフリカ、中南米、オーストラリアの熱帯地方や亜熱帯地方で大きな面積を占めている(Mistry 2000)。

### 乾燥地、草地、サバンナの傾向

降雨量の変動が、植生を変化させる主な駆動要因であるが、放牧の強度も長期的な乾燥地の劣化に直結する(Miehe *et al.* 2010)。放牧地を耕作地に転換することは、全体的な乾燥地の植物による生産性を、持続的に著しく減少させることにつながる

っている。シーズらは(Sietz *et al.* 2011)、乾燥地の脆弱性を引き起こす最も重要な要因が、水分ストレス、貧困、土壌侵食、自然農業が制約されること、政治的中枢からの孤立、であることを示した。

純一次生産力 (NPP) は、年間の光合成を通して植生によって捕らえられる炭素の正味量のことである(Melillo *et al.* 1993)。地球の陸域の NPP のおよそ 2% が、毎年、乾燥地の劣化のために失われており、それは乾燥地の潜在的な NPP の

4~10%に相当する(Zika and Erb 2009)。図 3.5 は、NPP 損失の観点から測定された乾燥地の劣化が、サヘル地域ならびに中国の乾燥や半乾燥地帯においていかに広範囲に拡がっているか、また、それに続いてイラン・中東の乾燥地、またそれ程ではないにせよ、オーストラリアと南部アフリカの大陸域にいかに拡がっているかを示す。乾燥地の持続可能な発展は、土壌肥沃度を向上させる技術、土壌と水を保全する技術、ならびにマルチ農業や保全耕うんや多様な作付体系といった農業効率を向上させる技術、に依存するだろう(Mortimore *et al.* 2009)。

図3.5 世界における乾燥地と、人類が引き起こした乾燥地の劣化の範囲

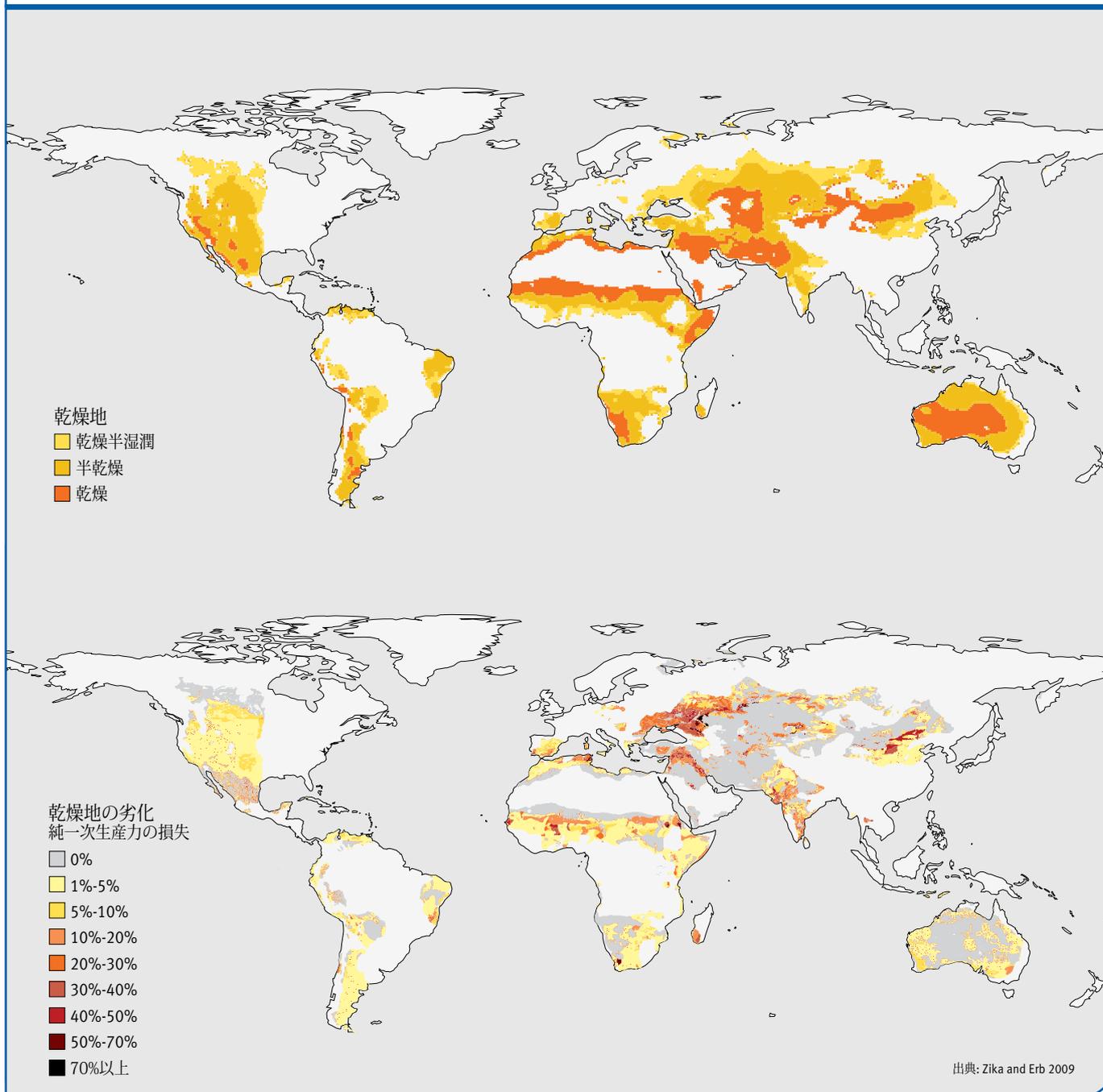


図 3.6 砂漠化防止条約（UNCCD）運用の目的と成果、2010年

運用の目的	達成の評価指標	現在の達成水準	全体のターゲット	ターゲットの期限
支持、認識、教育	情報と認識	25%	世界人口の30%が、砂漠化や土地荒廃や干ばつについて、またそれらと気候変動や生物多様性との相乗作用について知らされていること。	2018
政策の枠組み	国家行動計画との連携	5%	影響を受ける締約国の80%が、2008～2018年長期計画に沿って作成または修正された国家行動計画を持つこと。	2014
	リオ3条約*の統合計画	72%	影響を受ける締約国の100%が、リオ3条約間の相乗作用を確実にするための、統合された国家行動計画を実施するか、または機能的メカニズムを持つこと。	2014
科学、技術知見	乾燥地のモニタリング	38%	影響を受ける締約国の60%が、国の乾燥地モニタリングシステムを設立し支援すること。	2018
能力向上	乾燥地域の関係者の能力向上	71%	影響を受ける締約国の90%が、乾燥地に特有の能力向上の取り組みを実施すること。	2014
金融と技術移転	統合的な投資の枠組み	15%	影響を受ける締約国の50%が、統合的な投資の枠組みを持つこと。	2014

\* 生物多様性保全条約(CBD)、国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)、および砂漠化防止条約(UNCCD)

図は、UNCCDターゲットの進展度を評価するもので、いくつかの領域では具体的進展を示し、他の領域では改善が必要であることを明らかにしている。特に有望なことは、乾燥地の劣化に関して世界的に高い水準で認識されていることである。国家行動計画を連携させること、および統合的な投資の枠組みを進展させることに関して、諸問題に直面している。また2012年における次の報告サイクルに先立って得られたこれらの教訓に、UNCCDが対処できるよう、データの有効性や報告の仕方における問題点が、評価プロセスによって明らかにされた(UNEP-WCMC 2011)。

出典: Prepared by UNEP-WCMC

乾燥地における砂漠化、土地荒廃、干ばつに対する国際的な対策として、国連砂漠化防止条約（UNCCD）が1995年に採択され、193か国に欧州連合を加えた194の締約国によって署名がなされた。その初期の実施段階における成果がまちまちであったので(UNCCD 2007)、条約の締約国は、条約を再活性化するために2008～2018年の10年の長期計画を採択した(図 3.6)。その計画には、一組の特定の目的と指標に基づいて事を進める成果重視型の管理アプローチ、ならびに実施体制の遂行能力を審査し評価するための新しいモニタリング、評価、報告の工程が含まれている。

## 湿地

2003年に欧州宇宙機関が、国際的に重要な湿地に関する条約（ラムサール条約）の事務局と共同で、湿地生態系の目録作りとモニタリングと評価を支援するために、地球観測技術の現在の能力を使って、GlobWetland（地球湿地）プロジェクト

を開始した。そのプロジェクトによって、世界の湿地評価には、かなりの不一致があり、地球観測による知見と、従来の湿地群落(Jones *et al.* 2009)との間に大きな隔たりがあることが明らかになった(表 3.3)。

湿地の転用が続いている。内陸湿地と沿岸湿地の両方を最も顕著に変化させている駆動要因は、人口増加と増大する経済発展であり、それらが次々に社会インフラの開発と農業の拡大などによる土地転用を促進している(Wood and van Halsema 2008)。湿地に影響を与えるその他の直接的な駆動要因は、森林伐採、淡水の取水の増大、淡水の流れの転換、地形の崩壊や細分化、窒素負荷、乱獲、シルテーション、水温の変化、外来種の侵入である(Fraser and Keddy 2005)。コールマンら(Coalman *et al.* 2008)によって分析された14の三角洲で、調査された160万ヘクタールの湿地面積の過半数が、14年間で自然要因あるいは農業や工業向けの転用のために取り返し

表 3.3 世界の湿地帯の推定量

大陸地域	湿地資源についての世界的な再調査 (MA 2005b; Finlayson <i>et al.</i> 1999)		世界の湖と湿地のデータベース (Lehner and Döll 2004)	
	100万ヘクタール	世界の湿地帯の構成比%	100万ヘクタール	世界の湿地帯の構成比%
アフリカ	125	10	131	14
アジア	204	16	286	32
ヨーロッパ	258	20	26	3
新熱帯区	415	32	159	17
北アメリカ	242	19	287	31
オセアニア	36	3	28	3
合計	1 280	100	917	100

のつかないほど失われた。世界の気候変動は、沿岸湿地の損失や劣化を激化させるかもしれない。例えば、シビツキらは (Syvitski *et al.* 2009)、三角洲の沈下、洪水の影響を受け易いこと、海面上昇に対する脆弱性に、人間活動が及ぼす影響を分析し、洪水の危険にさらされる三角洲の面積が今世紀の終わりまでに 50%以上増加する可能性がある と結論づけた。

泥炭地での森林伐採や排水や農業転用は、CO<sub>2</sub>と亜酸化窒素の相当量の排出につながる (Mitra *et al.* 2005)。世界の泥炭地は、世界の地表面の 3%に当たる約 4 億ヘクタールを占め、そのうちの 5,000 万ヘクタールが排水されて分解されつつあり、全世界の CO<sub>2</sub> 排出量の 6%に相当するものを引き起こそうとしている (Crooks *et al.* 2011)。これ以上の湿地の劣化を回避することによって、気候変動を著しく緩和することが可能である (Wetlands International 2011)。

食糧、飼料、バイオ燃料、材料向けの土地需要が増大し続けるために、湿地と湿地に関連する生態系サービスの損失が続くだろう (CA 2007)。マングローブがあるような沿岸湿地は、世界で毎年 0.7%を超える 10 万ヘクタール以上が減少し続けているが、その損失速度は 1980 年代の年間 1%に比べれば遅くなった。1980 年代や 1990 年代と比較して、ほとんどの地域で損失速度は減少したが、2000~2005 年にかけてアジアでのマングローブの損失が再び加速した (UNEP-WCMC 2010)。このような損失はあるものの、アジア太平洋地域は、世界全体の 50%以上という最大の空間的広がりをもったマングローブ生態系を保持している。他の主なマングローブ地帯は、中南米の北部、東アフリカと西アフリカ、そして紅海である。

## 極地域

北極圏の永久凍土層 (24 か月以上連続して凍ったままである土壌の上層 3.5m) は、地球上で最大の有機炭素の貯蔵場所である。しかし、永久凍土層内の温度が、過去 20~30 年間で既に 2°C上昇している、地球上で最も急速に温暖化していると

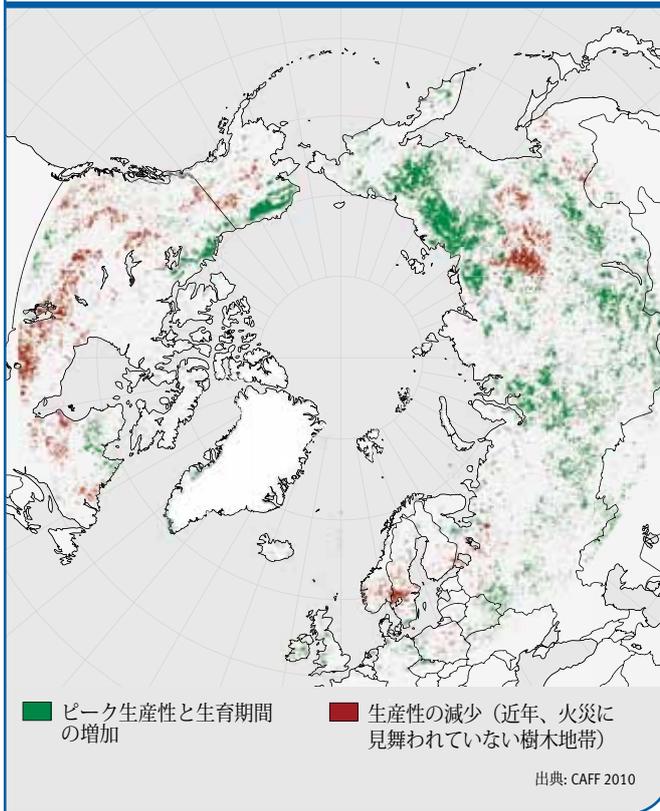
ころであるため (McGuire *et al.* 2009; Tarnocai *et al.* 2009)、来世紀にわたって炭素の相当な排出源となるだろう (Schuur *et al.* 2008)。北極圏のツンドラや寒帯林の生態系は、現在、炭素の吸収源として機能している (McGuire *et al.* 2009)。しかし、表面に近い永久凍土層の 90%までが、2100 年までに溶けて消えると予想されるので (Lawrence *et al.* 2008)、21 世紀の間に、北極地方が炭素の純排出源となる可能性がある (Schuur *et al.* 2008; Zimov *et al.* 2006)。

また、主として湿地から排出されるメタンは、北極圏の炭素収支における重大な要素である (O'Connor *et al.* 2010)。世界のメタン排出量のちょうど 2%が北極圏で生じているが、この地域の排出量は、2003~2007 年の間に 3分の 1 近く上昇し、その増加率は最大であった (Bloom *et al.* 2010)。これらの排出量のうちのいくつかは、永久凍土層の下にハイドレート結晶として凍結され閉じ込められていたメタンが開放されることで生じている。また、これらのメタンハイドレートは、深い海洋底の下や、大陸棚の内部に豊富に存在している (O'Connor *et al.* 2010)。メタンは、大気での 100 年間の温室効果が、CO<sub>2</sub> より 25 倍大きい (IPCC 2007)。

北極圏で生じている気候に関連するその他の土地変化には、樹木限界線の北方への移動、木本植物によるツンドラへの侵食、植物の生産性を増大させる結果になる生育期間の拡大などが上げられる (図 3.7) (Epstein *et al.* 2012; Walker *et al.* 2012; Callaghan *et al.* 2011; Wang and Overland 2004; Zhou *et al.* 2001; Myneni *et al.* 1998)。これらのプロセスは大気から CO<sub>2</sub> を取り除くけれども、永久凍土層が融けることによる炭素の放出やその他のプロセスが、植物による CO<sub>2</sub> 隔離を追い越すだろう (Schuur *et al.* 2008; Zimov *et al.* 2006)。

樹木限界線の北方への前進といった環境変化は、急速な産業振興と相まって、トナカイ牧畜のような伝統的な生計に課題を投げかけている。特にカナダやロシアの北部で、氷道がより早

図 3.7 北極圏の植生の変化、1982~2005年



く溶け、より遅く凍るので、陸地の多くの地域へのアクセスが困難になり、コミュニティや産業振興に深刻な影響を与えている (AMAP 2011; Stephenson *et al.* 2011)。同時に、季節ごとの北極海の氷の覆いが、面積、体積、持続期間において減少しているので、観光旅行の増加、林業、農業、油・ガス・鉱山開発の拡大などの新しいビジネスチャンスが出現しつつある。それでも永久凍土層の融解や海岸侵食によって、最も影響を受けた北極圏のいくつかのコミュニティは、移住を強いられており (ACIA 2005)、地元の先住民に特に配慮して、生活状況がどう変化するかを予見し、可能な適応オプションを評価するさらなる研究が必要である (AMAP 2011)。

また南極では、南極大陸の広大な土地が、地球の気候や海洋システムに深刻な影響を及ぼしている。しかし北極圏とは対照的に、南極大陸は氷河の氷によって 99%覆われている。この地域で生じている変化は、第 4 章と 7 章で詳しく議論される。

## 都市部と人間の社会基盤

都市化は、最近の数十年間に並外れた速度で進行した。この成長は今世紀の間中、継続すると予測される。都市部は、地方から世界に至るまで、土地利用と土地被覆、生物多様性、水資源、に影響を与える物的需要を通して、多くの変化を駆動させる社会プロセスの中心である。しかしうまく計画されれば、都市部は、成長し続ける人口による土地資源への全体的圧力を下げることが可能である。

人工衛星を利用した研究によれば、都市による土地被覆は、地球の全地球表面の 1%未満であると計算されている (Schneider *et al.* 2009)。しかし、地球環境に対する都市部の影響は、それらの物理的な広がりだけで測定することはできない。いくつかの研究では、全ての人為起源による温室効果ガス排出量の 60~70%が直接または間接的に都市部と関係し、少数の豊かな都市がその排出の大多数に関わっていると推定されている (Dodman 2009)。世界中の土地利用の変化に著しい影響を及ぼす食糧、エネルギー、水、生産材料への需要によって、都市部が地球環境に対して影響を強めるのは、都市部に人口と経済活動と裕福な世代が集中するためである (Grimm *et al.* 2008)。

都市化を土地変化の一過程として捉える考え方の多くは、大陸域や国々の間、国内でさえ、都市化の過程が著しく異なることを明らかにした個々の事例研究に基づく (Seto *et al.* 2010)。都市のエコロジカル・フットプリント分析は、これらの相違が地域環境や地球環境に及ぼす影響を説明する象徴的なパラメーターを提供する。例えば、アメリカ合衆国の人口 65 万人の典型的な都市の住民達は、彼らの家庭のニーズを満たすために、全部で 300 万ヘクタールの土地を必要とするのに対して、インドの同規模の都市の住民達は、たった 28 万ヘクタールを必要とするだけである (Newman 2006)。

## 都市の傾向

2007~2050 年の間に、開発途上国の都市と町のほとんどすべてで、将来人口が増加すると予想されており、国連人口部は世界の都市人口が 30 億人以上増加すると予測している (Montgomery 2008)。2050 年までに、100 万人以上の住民を抱える都市が中国で 30 ヶ所増え、インドで 26 ヶ所増える見通しで、中国の人口の 70%以上、インドの人口の 50%以上が都市に住むと予想されている (Seto *et al.* 2010)。

都市化は、一様なプロセスではない (Seto *et al.* 2010)。最近の研究では、次の 40 年間で都市用途のために必要とされる土地が、可能性としてさらに 1~2 億ヘクタール、著しく増大すると指摘している (Betten-court *et al.* 2007) (図 3.8)。この増加は、主としてスプロールを引き起こす形で生じ、温室効果ガスの排出、大気汚染、廃棄物処理に大きな影響を及ぼすと予想される (Lobo *et al.* 2009)。

非常に大きな都市は、例えば、温室効果ガスや、大気を薄暗くする効果をもたらすエアロゾルの排出といった環境影響を地方や世界に及ぼす。しかし特に人口が将来集中するであろう低所得や中所得の国々において、小さな都市や中くらいの都市は、都市自身がもたらす環境影響はあるものの、都市と環境との関係、都市と社会福祉との関係を向上させる良い機会を持てるかもしれない (Seto *et al.* 2010, Martine *et al.* 2008)。開発途上国では、都市人口全体の 12%だけが 1,000 万人以上の非常に大きな都市部に住んでおり、40%は 100 万人未満の都市に住んでいる (図 3.9) (Montgomery 2008)。

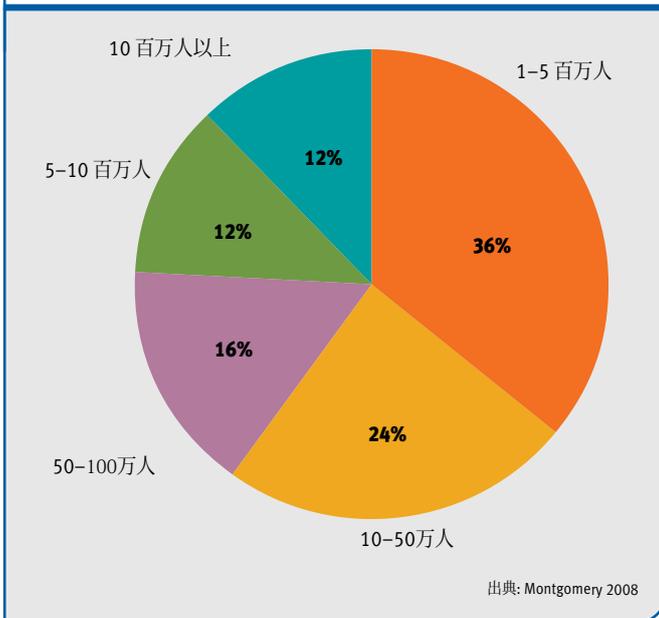
図 3.8 珠江デルタ地帯（中国）の都市の拡大、1990～2009年



左の画像に示される上部デルタ地帯の人口は、1990年に既に700万人を超えていたが、その後、トンコワン、仏山、広州、深川の都市が、1つの連続した都市へと融合し始め、2009年には3倍以上の2500万人を超えた。この極度の都市化は、生産的な農地や自然地帯を喪失させると同時に、様々な環境問題を引き起こしている。

出典：USGS EROS Data Center 2010 and UNEP 2011c

図 3.9 開発途上国の都市人口の分布  
(都市サイズ別)



## 土地変化の主な問題

本章で示される土地利用の変化は、人間の活動と、生物物理的なプロセスとの間での複雑な相互作用の産物である。国際的な目標として、土地管理のためのセットになったガイドラインが提示されているが、これらは多くの場合、他の圧力や競争の需要のために脇に追いやられている。ここで、土地にまつわる目標の達成を阻んでいる明らかな動きについて説明するのに役立つ4つの主要なテーマを検証する。

- 自然資本を犠牲にする経済成長
- 土地に対する需要競争
- 生産地と消費地の分離の拡大
- 持続可能な土地管理に関わるガバナンスの諸課題

各テーマ別に、圧力が土地に及ぼす影響、ならびに土地管理の決定が国際的な目標に沿った社会的成果や生態学的成果を得る方向へと向かう可能性について、例を用いて説明する。

## 経済成長と自然資本

世界の経済システムは、果てしない持続不可能な成長を追い求めることにその基盤が置かれている。資源やエネルギーの使用を削減しようとする試みは、たいていの場合、政治的に問題があるようにし向けられ、歪んだインセンティブによって自然

資本が取り壊されてきた(第1章)(Daly and Farley 2010; Dasgupta 2009)。手短かに言えば、経済成長は自然資本を犠牲にしてきた。

今日の多くの陸域生態系が劣化とレジリエンスの低下を示している。これは、経済費用便益分析において、これらの生態系の重要な機能を評価することに失敗したために起こっていると言える。例えば、経済的圧力によって広大な乾燥地帯が灌漑され、その後塩類化作用が引き起こされて、乾燥地の回復が非常に困難になるといったことである(Sakadevan and Nguyen 2010)。また農業や市街地開発のために湿地帯が排水され続けているが、それは、水量や水質を調整して異常気象を和らげる湿地帯の能力を破壊することになる(Box 3.3)。森林伐採や森林の規模縮小は、財政的に魅力的な短期の投資収益を生み出すが、世界の自然資本を毎年2兆~4兆5000億USドル損失させているという推定が最近なされた(Kumar 2010)。

生態系は、値段の付けられないほど貴重な精神的、美的、文化的な側面を持っている。また生態系は経済の土台であるのに、国家の損益勘定において、それらの実際の価値が、有効な形で目に見える状態に置かれていない(TEEB 2010)。より革新的で公正な土地管理のアプローチに取り組むことなく、民間が自然資本を採取して利益を得ることに許可を与えていることが、すべての土地被覆と土地用途に浸透している問題である。経済成長のみに焦点を合わせるインセンティブ(やる気を起こさせること)は、多くの場合、生態系サービスを低下させる土地管理を助長する。一方、会計システムの中に生態系サービスを取り入れて評価することが、生態系サービスを保護し増強する手

### Box 3.3 ミシシッピ川に沿った湿地の回復

湿地帯には、強い降雨を吸収、貯蔵することによって、洪水を抑制する働きがある。しかし、アメリカのミシシッピ川流域は、農業のために湿地から水を抜き、洪水をくい止めるためのダムと堤防を建造することで、これまで管理されてきたが、その戦略は、洪水による影響を深刻化させた(Hey and Philippi 1995)。同様にミシシッピデルタの沿岸湿地も人工的に洪水調節する構築物と取り替えられたが、土壌形成、魚や甲殻類のための生息地の提供、猛烈な嵐に対する防御、といった生態系サービスを低下させることになった(Twilley and Rivera-Monroy 2009)。

2005年に襲ったハリケーンであるカトリーナとリタが、自然災害に対する緩衝地として、湿地を維持する重要性に目を向けさせることになった。それ以来、ルイジアナ州では、新しい石油やガスのプロジェクトから得られる収入の37%を、海岸の保全や復元に当てており、他の資金と併せて、次の30年間、毎年、最大10億USドルが提供されることになるだろう(Day et al. 2007)。研究によれば、ミシシッピデルタを復元するための100~150億USドルの投資によって、追加の生態学的利益が得られると同時に、嵐による被害や、生態系機能の低下によってもたらされる損失が回避されることで、620億USドル相当のものが生み出されると示唆されている(Batker et al. 2010)。

### Box 3.4 ケニアのマウ森林複合体



ケニアのマウ森林複合体は、侵食防止や炭素隔離と共に、水力発電、農業、観光事業、都市や工業用途、のための水を通して、年間15億USドルに相当する商品やサービスを提供している(TEEB 2010)。そこに住んでいる人々の利益について検討する諸課題は残るものの、従来のものにとって代わる会計システムが、その区域と、区域の生命維持に必要な生態系サービスの再生に投資するよう、ケニア政府を促す手助けとなった(UNEP 2011a)。

© Christian Lambrechts

助けとなる。戦略の成功の鍵は、生態系の機能についての理解を向上させ、その理解を政策や制度に組み込めるか否かにかかっている(Daily *et al.* 2009)。実際、生態系の多種多様な用途や価値について認識することが、生態系の保護に資源を活用していくのに役立つ (Box 3.3 および 3.4)。

生態系サービスに対する支払い(PES)は、過去20年以上、注目されてきたメカニズムである。PESは生態系が提供するサービスを市場で扱えるようにし、またそのサービスの利用者と提供者間をつなげて双方に利益をもたらす、さらに環境保全と貧困緩和の問題を同時に対処するなどの潜在性をもつメカニズムである(Pascual and Corbera 2011; Engel *et al.* 2008)。生態系サービスに対する支払いは、「個人や団体の土地利用のやり方が、自然資源を管理して社会的利益を生じさせることに金銭的インセンティブが支払われるように、社会の当事者間で資金をやりとりさせる」という核となる広大な考えに沿う一連のアプローチをもたらす(Muradian *et al.* 2010)。

PESの概念は、従来の保全アプローチより優れたいくつかの長所がある。PESは、命令して管理するやり方や汚染者負担の原則を、より柔軟なインセンティブに基づくアプローチで補うものである。PESは、公正さ、説明責任、費用対効果を促進するポテンシャルを持つ条件付きで自発的な仕組みである。また生計のためのコベネフィットを生み出し、貧困の緩和に寄与できる(Borner *et al.* 2010; van Hecken and Bastiansen 2010)。すばらしい土地利用の成果が、いくつかのPES構想によって達成された。例えばコロンビア、コスタリカ、ニカラグアでは、地域で統合されたPESプロジェクトによって樹木による被覆が増加し、牧草地の劣化が減少した(第12章)。

しかし、自然を商品化し取引する考え方に反対するグループが、その概念を批評してきた(Pascual and Corbera 2011; Corbera *et al.* 2007)。さらに、ガバナンスが弱い開発途上国では特に、土地保有に対する保障が増大するという初期利益を望めるにもかかわらず、現時点でのPESの費用対効果についての証拠に関して、またPESがどのような条件下でプラスの環境影響や社会経済的影響を持つかについて結論を出せないでいる(Pattanayak *et al.* 2010; Wunder *et al.* 2008)。

PESを前進させるための諸課題は、費用対効果、モニタリング能力、実施能力、透明性、説明責任、土地へのアクセス権と保有権の境界を明確にすること、に集中している(Borner *et al.* 2010)。社会規範や文化を考慮に入れ、関係者との信頼を築き、力関係に対処することが、究極的にはPESの利益配分戦略を確かなものにし、良好な長期導入をもたらすだろう(Bille 2010; van Hecken *et al.* 2010)。

## 土地に対する需要競争

増大する人口に対して食物を供給するという問題は、いくつ

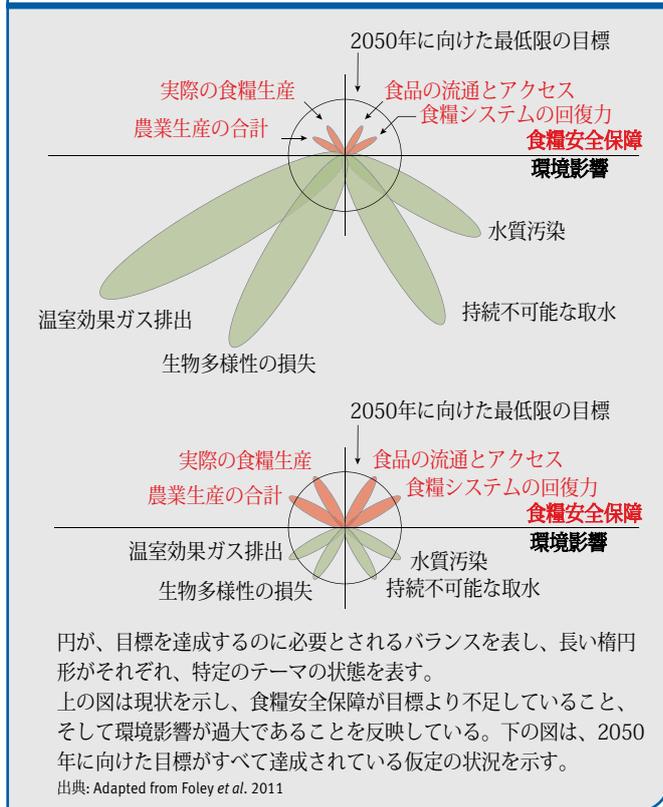
かの大陸域が豊かになったことで、問題の度合いを増している。食事の変化、バイオ燃料やその他産業資材である材木への需要の増大が、土地の競合や陸域生態系への圧力を強めている。

## 食糧安全保障

飢えを削減するミレニアム開発目標(MDG)のターゲット1cを達成するために、世界の食糧生産を増大させ、食品流通が改善されなければならないだろう。MDG7やその他の環境目標を達成するために、農業は、農業がもたらしている現在の環境影響を低減する必要がある(図3.10)。

推定量は変化するだろうけれども、国連の食糧農業機関(FAO)は、慢性的に栄養不良に陥っている開発途上国の人口割合を2050年に4%に削減するために、世界の食糧生産が2005年の水準から70%増加する必要があると推定している(Bruinsma 2009)。一人当たりの食糧消費は全ての大陸域で増加しているけれども、食糧が不均等に分配されており、余裕のある人々の肉を生産するために、多くの穀物が転用されるので、栄養不良となる人々の数が上昇し続けている。地域内の家畜や鶏肉は、慢性的な食糧不足に陥っている地域にとってタンパク質の重要な供給源として役立ち、凶作時の重要な緩衝機能を提供することができるが、先進国で消費される肉や乳製品の生産に、農地が振り向けられるために、地域内での割り振りが不釣り合いを来している。世界の食糧ニーズを満たすためのそういった土地利用は、効率的ではなく、通常の耕作よりも大きな環境影響を伴う(Steinfeld *et al.* 2006)。例えば、アメリカにお

図 3.10 2050年までの農業に対する食糧安全保障と環境目標



いて、家畜に供給される穀物量は、人口が直接消費する場合の量の7倍以上であると推定されている (Pimentel and Pimentel 2003)。

それと同時に、人類の消費のために生産されるすべての食糧の約3分の1、およそ13億トンが毎年浪費されるか失われている (Toulmin *et al.* 2011)。食糧安全保障の概念は、十分な食糧が利用可能であるかどうかということだけでなく、人々が食糧を物理的・経済的に入手できるかどうかにも配慮する (FAO 2008)。そのため、食糧の配給に関係する幅広い社会的・政治的な課題にも注目する。

食糧安全保障は、森林、湿地、その他生態系、へのマイナス影響を避けるか少なくとも緩和すると共に、貧困を減らし、生計を支援し、食品の安全性と動物保護を確保しながら、食糧に対する将来の世界的需要を満たしていく挑戦となるであろう。より多くの土地が農業に割り当てられなければならないだろうという議論はほとんどないが、収穫量を増大させないままでは、また食糧のサプライチェーンでの損失を削減しないままでは、不十分であるだろう。気候変動が、多くの地域の収穫量に影響するために問題をさらに複雑にするだろう (図 3.11) (Ringler *et al.* 2010; Lobell *et al.* 2008)。

農業のアプローチを多様にすることで、食糧安全保障と環境保全に最良の結果がもたらされる可能性がある。高入力で集中的な農業のやり方は、紛れもなく農業の収穫量を増大させるが、これらの増収は長期的な土壌肥沃度を犠牲にするかもしれない (Foley *et al.* 2005)。生物物理的考察と社会経済的考察に基づく持続可能な土地利用を達成するには、地域に根差したアプ



世界の食糧システムは、ますます複雑で相互に連結した諸課題に直面している。© Ralf Hettler/iStock

ローチが必要となる一方で (第 12 章) (DeFries and Rosenzweig 2010)、世界的な食糧供給には、アグロエコロジーや近郊農業が役立つ (Perfecto and Vandermeer 2010; Zezza and Tasciottia 2010)。無耕農業のような土壌や栄養素を節約する農業の実践は (第 12 章)、劣化して廃棄された農地を回復させるのに役立つだろう。

食糧に対する世界の要求を満たすことは、今世紀の最も重要な諸課題の1つであり、保全農業、多収穫栽培品種、肥料を効率的に注意深く管理して使用方法などの解決策を揃えることは、単一の戦略を促進するよりもむしろ必要である。遺伝子組換え作物の支持者は、農薬使用を減らして収穫を増やせるポテンシャルを指摘する (Brookes and Barfoot 2010; Fedoroff *et al.* 2010)。しかし、それらの使用には、人の健康、さらに農業の生物多様性 (第 5 章) の損失への潜在的危険性が不明瞭であるために部分的に抵抗が残る。

### 食肉生産

食肉生産は、過去 20 年間で著しく増加し、同期間における人口増加率を追い越した (図 3.12)。北アメリカやヨーロッパの年間一人当たり平均 83 kg から、アフリカの年間一人当たり 11 kg まで、肉の消費に関して、国内そして国々の間に大きな格差が存在する (FAO 2009)。特に開発途上国で、人口増加、都市化、収入の増大によって、肉の需要が増え続けると予想される (Delgado 2010)。

図 3.11 気候変動による2050年に予測されるアフリカのサハラ以南における収穫量の変化

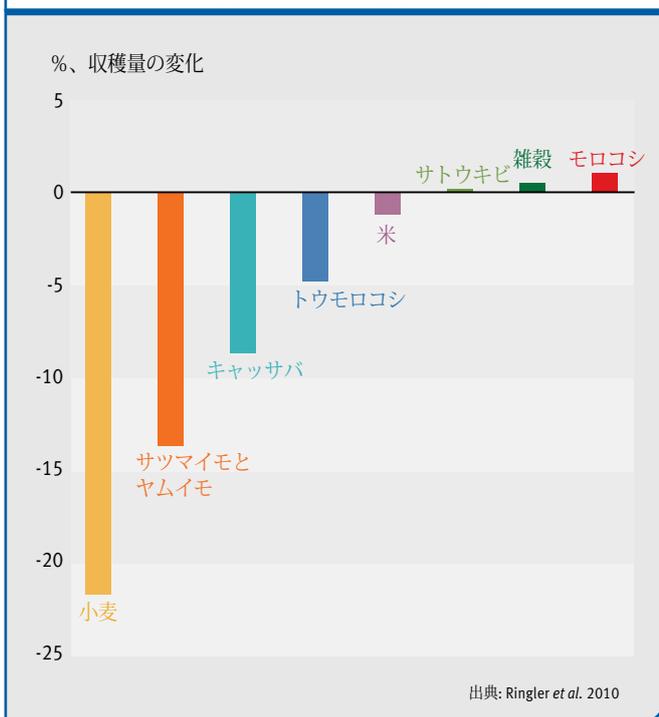
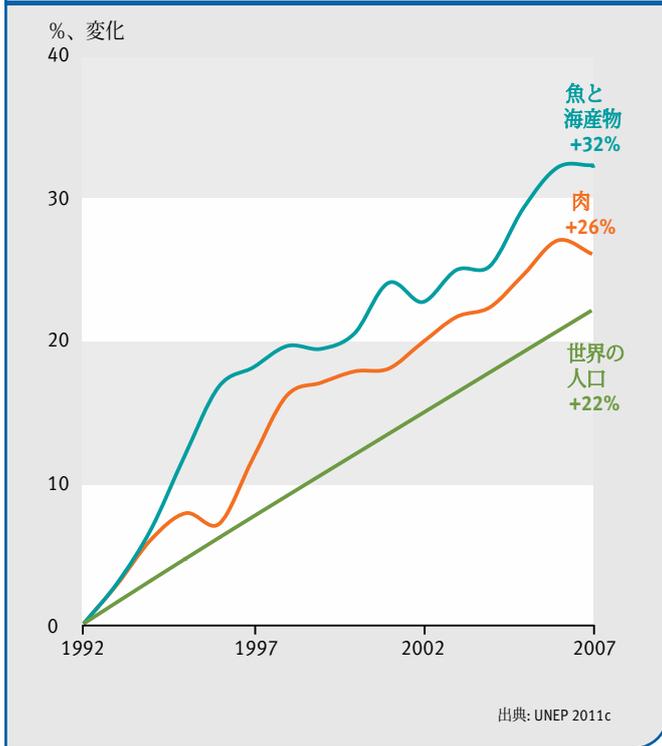


図 3.12 世界の人口と、肉、魚、海産物の供給の変化、1992～2007年



食肉生産による環境への影響は、生産の強度、範囲、管理によって左右される。しかし、家畜の飼料用の大豆を植えるために森林が除去されるので、世界中で増大する肉の需要が、南アメリカでの森林伐採の重大な駆動要因となった (Box 3.5)。食肉生産が増大したことで、その地帯は大豆作物を収穫するようになり、30年前は5,040万ヘクタールであったものが、2000年に7,430万ヘクタールに、2009年に9,880万ヘクタールまで拡大した (FAO 2012)。肉に対する需要の増大は、放牧地の劣化をいっそうひどくする可能性がある。家畜の生産は、世界の淡水使用の8%以上を占めており、富栄養化、藻類の異常繁殖、サンゴ礁の劣化、人の健康への問題、抗生物質耐性、栄養循環の崩壊、に至る水質汚濁の最大の源泉である (Steinfeld *et al.* 2006)。牧草地や飼料生産のための森林伐採など、商品連鎖の全体を考慮に入れると、食肉生産は世界の温室効果



肉と乳製品の生産システムが、世界の陸地部分の大きな割合を占める。© Anna Kontorov

ガス排出の18～25%を占め、それは全世界の輸送による排出量を超える (UNEP 2009b; Fiala 2008; Steinfeld *et al.* 2006)。したがって、肉の消費が比較的高い地域での肉の消費を削減できれば、さまざまな環境利益がもたらされるだろう (Marlow *et al.* 2009)。

### バイオ燃料

エネルギーの再生可能資源を早急に求めたことが、バイオ燃料の使用を促進する政策を招いた。油ヤシ、大豆、トウモロコシ、サトウキビのような、食糧、飼料、または燃料などの多目的に使用できる作物の生産が増加したのは、この傾向を示す (図 3.14)。しかし、バイオ燃料を促進する補助金が、世界の食糧システムの歪みと結び付き、食品価格を上昇させた (Pimentel *et al.* 2009)。食料、飼料、燃料が結び付いて生産されるようになった最近の変化が、生態系に対しても、社会的関係や脆弱性に対しても、広範囲に影響を及ぼしている (Bernstein and Woodhouse 2010; McMichael and Scoones 2010)。いかなるエネルギー源も完全に問題がないわけではないが、バイオ燃料は土地利用や陸域生態系に対して、特有の諸問題を提示している。そのことが、バイオ燃料生産の最近の急速な増加と相まって、本書でそれらを検討する理由である。

バイオ燃料を促進し投資する主な動機は、温室効果ガス排出を削減したいという願いであったが、最近の研究で、それらを削減できるか否かは、どの作物がどこでどの生産方式で栽培されるかに大きく左右され変化することが示されている (Cerri *et al.* 2011; Johnston *et al.* 2009; Pimentel *et al.* 2009)。例えば、バイオ燃料作物は、インドネシアでの森林伐採に結び付き (Box 3.6)、またこれまで保全されていた土地の転用に結び付く。これらの土地利用の変化を考慮に入れると、バイオ燃料の炭素収支は、否定的になる可能性がある。つまり化石燃料からのエネルギーによる排出量より多くの炭素が、バイオ燃料を生産し使用することで放出されることを意味する (Melillo *et al.* 2009; Fargione *et al.* 2008; Searchinger *et al.* 2008)。

バイオ燃料の需要に由来する作物用途の変更は、既に観察されてきた。例えば、2007年にアメリカ合衆国は、政府による補助金の支援でトウモロコシの24%をエタノールに変換した。2007年のアメリカ合衆国の再生可能燃料基準 (RFS) は、2001年の年間約65億リットル (17億USガロン) から、2022年までに年間1,360億リットル (360億USガロン) まで、バイオ燃料生産を増加させることを法令で定めた (US Government 2007)。また2007年にアメリカの農民が植えたトウモロコシの面積は1944年以降最大で、2006年より20%大きい3,780万ヘクタールであった (Gillon 2010)。これまで余剰分をチェックし、物価水準を維持し、生態的均衡を促進するのに役立つ保全回復プログラム (CRP) 中の多くの休耕地を、この補助金交付による作物変更によって、結果として生産に呼び戻すことになった。2007年の終わりから2009年3月の間に、アメリカのCRPの土地面積の合計は、1,490万から1,360万

### Box 3.5 ブラジルの森林政策と大豆生産の一時停止

ほとんどのアマゾンの森林伐採は、牛の牧草地や大規模放牧に結び付いたものであるが、2000～2004年にかけて、耕地(特に大豆)向けの森林転用が、マト・グロッソ(Mato Grosso)で増加した(Morton et al. 2006)。牧草地を置き換えることによって進められる大豆生産が、森林伐採をも推進し得ることが証拠によって示されている(Barona et al. 2010)。2004～2009年の年間の森林伐採は激減したが(図 3.13)、それは、アマゾン森林伐採を防止し規制するための行動計画(PPCD Am)の一環として、新しい政策が導入されたことと期を一にする。これらの政策には次のものが含まれる。

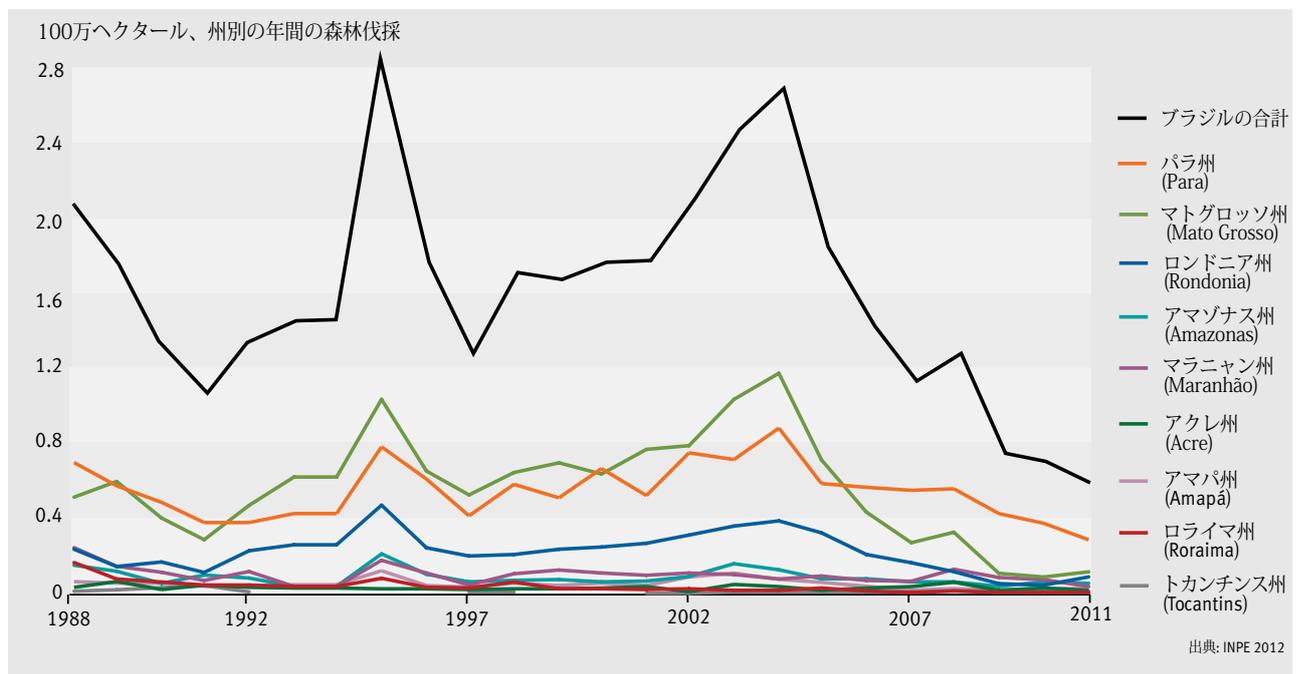
- 森林伐採のホット・スポットに新しい保護区を作ること。
- 衛星画像を使用する森林伐採モニタリング計画を開始すること。
- 資産の取り押さえ、没収、取り壊しさえも可能にする断固たる法執行戦略。
- 環境規制を破る生産者に対して、公共の地方クレジットの停止。
- 一定の閾値以下に森林伐採速度を下げ、また不法な森林伐採を速やかに明らかにするために GIS データベース内

に保護区を登録するよう地方自治体に義務づけること(BRASIL 2009)。

また不法な森林伐採に対するヨーロッパの消費者からの圧力や、グリーンピースのキャンペーンによって、ブラジルの植物油企業団体(ABIOVE)と国立穀類輸出者協会(ANEC)が、2006年7月に協定に署名したため、その加盟メンバーは、アマゾンで新たに森林伐採された地域で採れた大豆を取得しないと誓約することになった。この一時停止の成功によって、牛肉産業が、独自の商業協定を結ぶよう説得させられた。

森林伐採を削減するこれらの協定や、その他政策や協定が明らかな成功を収めたが、諸課題は残っている。例えば、ブラジルの森林法の改訂案によって、森林保護が減らされるかもしれないと多くの者が懸念している(Tollefson 2011)。また他の生物群系や他国における森林伐採の増加が懸念されるので、ブラジル政府は、セラード生物群系(BRASIL 2010)向けの行動計画を開始し、また近隣のアマゾン川流域の国々に対して学習されるべき教訓を普及させている。

図 3.13 ブラジルのアマゾンでの明確な森林伐採、1988～2011年

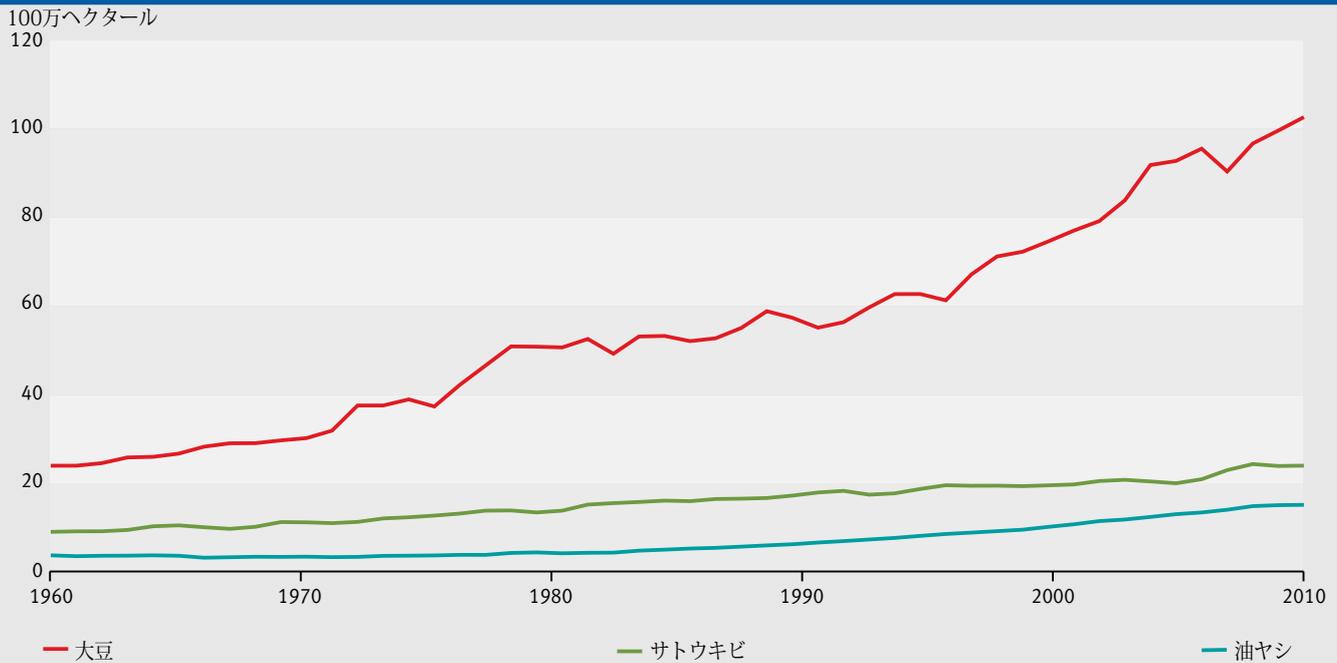


ヘクタールに落ちた(Gillon 2010)。つまり、保全されていた土地のうち 130 万ヘクタール近くが 1 年と少して失われた。

同様の傾向は、欧州連合(EU)、特にドイツでも見られ、ドイツのバイオディーゼルの生産設備が 2004～2008 年の間

に 5 倍に増加した(Franco et al. 2010)。ドイツでの菜種の耕作は 2007 年に 153 万ヘクタールに達したが、その 2 分の 1 強が、EU による強制的なバイオディーゼル混合のターゲットを達成するために使用された。ところがドイツではさらに 180 万ヘクタールの菜種が必要とされており、それはアメリカの

図3.14 湿度の高い熱帯諸国における作物（選定された）の耕作面積、1960～2010年



出典: UNEP 2011c

CRP の場合に似ているが、永久草地の転用を増やすことによるのみ可能である。しかしドイツは、EU 共同農業政策の下で、既にその許容し得る最大5%の草地を転用してしまっている(Franco *et al.* 2010)。アメリカや欧州連合での農業の拡大に対するそういった制約が、バイオ燃料（および食糧）生産を他国に外部委託することを後押しする弁明に使われている。

バイオ燃料に対する批判には、代替案が出されてきた。例えば、ブラジルで何人かの小規模農民が、自分自身の乗り物や設備のための燃料を生産するといったように、一定の状況下で、

地元で消費するための地域密着型のバイオ燃料を生産することは望ましいと言うものである(Fernandes *et al.* 2010)。バイオ燃料生産は、有益と判定されるには、実エネルギーの増加、温暖化ガス削減、生物多様性の保全、食糧安全保障の維持など、多数の基準を満たすべきである(Tilman *et al.* 2009)。実際に、バイオ燃料の生産を、生産と生計と保全の目的を相互達成する方向に誘導するには、生態系農業（エコ農業）の原理(Milder *et al.* 2008)を適用することが有効である。そのような体系は、バイオ燃料生産全体のほんの一部に用いられているに過ぎないが、公平に分配される代替燃料が、例えば木炭の生産の削減

### Box 3.6 インドネシアにおけるヤシ油の拡大と熱帯雨林の破壊

食糧と燃料の両方のための、油ヤシのプランテーションの拡大は、東南アジアにおいて熱帯雨林を破壊する最も重大な原因の一つであり、そこでの油ヤシの栽培面積は、2000～2009年の間に420万から710万ヘクタールに増加した(FAO 2012)。インドネシアでの油ヤシの拡大の3分の2が、熱帯雨林の転換によってもたらされた(UNEP 2009a)。熱帯雨林を取り除くことは、数十年から数世紀にわたって続く炭素の借金をもたらし、そもそもバイオ燃料を追い求めた主要な理由の一つに矛盾する(Gibbs *et al.* 2008)。また熱帯雨林の除去は、プランテーションでは代替できない、熱帯雨林が提供してきた生命維持に必要な生態系機能を危険にさらすことになる。

2009年にインドネシア政府は、次の10年または20年の

間に、大半は森林を伐採することによって油ヤシの植え付け面積を、2,000万ヘクタールまで劇的に増やす計画を立てた(UNEP 2009a)。この目標値は、関連する2つの想定に基づいていた。

- 料理用油やチョコレートからシャンプーに至るまでその他消費財に対する中国やインドでの需要が増大すること。
- またヨーロッパやどこか他国におけるバイオ燃料に対する需要が増大すること(McCarthy 2010; White and Dasgupta 2010)。

2011年5月に、インドネシア大統領は、油ヤシの拡大を遅らせることになる、新たな主要な森林や泥炭地の転用許可を2年間停止することに署名した。しかし主要でない森林や現行契約分は、適用外のままである(USDA 2011)。

表 3.4 木材と繊維の消費、2002年と2008年

種類	2002年 100万 m <sup>3</sup>	2008年 100万 m <sup>3</sup>	2002~2008 年の変化、%
薪	1 795	1 867	+4
工業用木材	1 595	1 544	-3
木材をベースにした パネル	197	263	+34
紙用のパルプ	185	191	+3
紙と板紙	324	388	+20

出典: FAO 2011b, 2005

など、陸域の生態系に恩恵をもたらす可能性を提供する。

### 木材と木製品

森林は、燃料、産業、パルプ、紙、木ベースの複合材などに用いられる木材の主要な源泉である（表 3.4）。木材消費を上昇させる主な要因は、人口と経済の成長である（FAO 2011）。加えて、特に農村部での貧しい生活をしている人々の絶対数の増加や、都市化の継続が、木質燃料の消費を増大させる主要因であり、また新興経済国における経済成長の進展も、紙や紙製品の消費増大に寄与している。

### 保護区

保護区は、時として地元住民の生計を犠牲にしているか否かが議論になるが、脆弱な環境資源を保全するための重要なメカニズムである。保護区内の森林伐採の速度は、その外部よりもはるかに遅く（Scharlemann *et al.* 2010; Nagendra 2008）、ある研究は、保護区が生態系サービスの保全に明確な恩恵をもたらすと指摘する（Stolton and Dudley 2010）。しかし、地元住民によって課せられている根底に流れる圧力を十分に活用しない場合、自然資源を保持するために策定した規則を施行するには、かなりのモニタリングや施行能力が必要となるため、自然資源を統治する設計や実施に地元ユーザーを参画させるガバナンスが、最も有効であることが明らかになっている。また保全政策を実施している国々が、例えば他国からの穀類輸入を増加させるなど、他国に保全政策の影響を波及させてしまう事態はいくつもある（Rudel *et al.* 2009）。またある特定の区域を保護すると、住むところを無くした住民が移動して、隣地で森林伐採を引き起こすことも明らかになった（Wittemyer *et al.* 2008）。保護された状態の土地の面積は増大し、地球の陸上面積のほぼ 13% が、現在ある程度の保護下にあるが（第 5 章）、政策決定者は自然資源を保護するために、単にこのメカニズムに頼るべきではない（Ostrom and Cox 2010）。それよりむしろ政策決定者は、地元の財産権や生計を保護する必要性を考慮に入れ、自然資源問題に対して最も適した制度を生み出

す順応的管理の戦略を立てる能力を開発すべきである。

## 生産の影響から消費が分離されること

都市化とグローバル化には、資源や物品が生産される場所と、生産物が消費される場所とを分離させる働きがある。最近の研究では、生産と消費の間の空間的な距離が著しく大きく、かつ増大していることが指摘されている（Erb *et al.* 2009）。そのため、消費によって発生する生態系コストの多くが、消費場所から遠く離れた人々や地域によって負担される。都市化が、人口密度の高い区域に人々を引き寄せ、食糧や材料や消費財への需要を集中させる一方で、グローバル化と貿易が、資源や最終製品の地域間や国際間での移転を可能にして、人々と物品の移動を促進している。食糧、飼料、その他林産物、その他自然資源を、遠方の国々の市場に供給するために為される大規模な土地取得は、生産と消費の分離によって生じている近年の現象であると同時に、それらを分離させる一因でもある（Toulmin *et al.* 2011）。しかし都市化やグローバル化は、もし慎重に計画され制御されるならば、資源利用の効率を増大させる機会を提供することができるかもしれない。

### 分離の増大という駆動要因

都市化は、地方や地域の規模で、消費パターンや物品需要を作り出す社会プロセスを通して、土地利用や土地被覆、水利用、生物多様性に影響を与える。多くの都市労働者間での高い購買力は、人生の質の向上に寄与するが、自然資源や環境の管理に新たな諸問題をもたらす。例えば、都市部では世界的に、西洋風の食事がますます採用されている（Pingali 2006）。また改善された都市の生活様式は、水やエネルギーの消費と炭素排出量の増大を伴う。これらの都市の消費パターンは、地元の生態系だけでなく、遠方の生態系に対してもストレスを強める。

グローバル化は新しいものではないが、現在起こっているグローバル化には、いくつかの明瞭な特徴がある（第 1 章）。貿易障壁の低下、コミュニケーション技術の向上、輸送コストのかなりの低下が、いずれも国々に対して、その経済活動における専門性をますます高めるように働き、製品やサービスを遠方の市場と結び付ける国際貿易に頼るように仕向けている（Gibbon *et al.* 2008）。国際貿易は、効率的な方法で製品を生産するための戦略的優位を活用できるようにする一方で、環境コストや社会的コストの両方を外在化することも容易にする。多くの場合、一つの場所での個々の幸福は、例えば再生不能な資源採掘といった、他国の環境を劣化させることで成り立っている。また同時に、資源と汚染の両方が、貿易に組み込まれており（第 4 章）、国々が、自由な市場経済を推し進める政策に大きく重点を置けば置くほど、高レベルの環境劣化と結び付けられてしまうことになった（Özler and Obach 2009）。世界経済の課題は、効率的な資源利用の観点から、環境コストや社会コストの発生、集中、移動を縮小させる対策を講じながら、世界経済が提供できる最上のものを推進することである。



地球上で単独で最も生物が多様な場所であると考えられている、エクアドルのアマゾン盆地の端にあるヤスニ国立公園は、公園の川の下に豊かな石油鉱床が発見されたことで、深刻な脅威にさらされるようになった。2011年12月に、生態系サービスに対する1億1600万USドルの支払いが、クラウドソーシングによって集められ、生態破壊と、4億トン以上の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の放出が一時的に停止された。 © Sebastian Liste

## 土地取引

生産パターンにおける最近の変化は、食糧危機、エネルギー危機、環境危機、金融危機の寄せ集まった状況や、鉱物産業や木材産業が急成長し続けていることと関連がある(表 3.2 と 3.4、第1章)。これらの相互作用によって、世界の南北に拠点を置く企業やいくつかの政府は、時には土地の買い占めと呼ばれる、遠方の国々での広範囲の土地取引を行ってきた。食糧安全保障の国連委員会は、そのような大規模な土地買収が今や1億ヘクタール近くに及ぶと示唆する(Toulmin *et al.* 2011)。世界の南部に集中するこの土地取引は通常、輸出用の食糧、飼料、バイオ燃料、木材、鉱物の生産を目的としている。この進行している土地への世界的需要の急増は、土地利用のパターンや社会の関係を変えつつあり、人々と圧力の新しい組み合わせを引き起こしている。最近の急速なペースでの開発や、食糧、飼料、バイオ燃料、材料に対する需要が予測通り成長するなら、将来の土地利用に大きな影響が及ぶだろう。

2007~2008年の食品価格の急上昇が、多部門の投資家を触発し、食糧生産や輸出に必要な土地の購入や賃借を促した(Toulmin *et al.* 2011)。同時に、EUや他の多くの国々で、バイオ燃料混合の要請が出され、外国での土地取引や土地利用変化を促すもう一つの推進力となった。これらが、直接および間接的に、コロンビア、グアテマラ、インドネシア、マレーシアでの油ヤシのプランテーション、ブラジルとアフリカ南部でのサトウキビによるエタノール生産、アルゼンチンとブラジルでの大豆の耕作、ガーナとインドでのヤトロファの植栽などの開発の拡大を触発した(Franco *et al.* 2010)。これら新しく開拓された現場での新生産パターンは、大規模な工業型の単一栽培である(Novo *et al.* 2010; Richardson 2010)。小自作農と共に成長するとの取り決めが新企業の重要方針として推進される場合でも、例えばインドネシアの油ヤシ部門のように、単

一栽培の工業型生産方式が採用されている(McCarthy 2010)。

よく土地取引に適用される耕作限界地という言葉は、理論的には、道路網から遠く離れ、灌漑されない、集約的な商業的農業に使用されない土地のことである。ただ実際には、投資家は給水源や輸送インフラへのアクセスが少ない土地には投資したくないと推測されるため、主要な農地が土地取引によって侵害されているとの指摘がなされている。

先住民を含む地元住民の置き換えは、これらの土地取引によって起こり得る結果である。置き換えが原因で、人々が職を探したり生計を立てるために、どこにも行けないならば問題である(Li 2011)。地元住民の置き換えが、現在の土地取引のいくつかの現場で起こっていて、人々を都市空間に群がらせたり、残った森林や、より急な斜面や河岸などの脆弱な環境へと追いやっている。例えばコンゴ民主共和国では、大規模農業投資が地元農民を国立公園に追いやったと報じられた(Deininger *et al.* 2011)。しかしすべての土地取引が、追い出しにつながっていないし、これからもつながるとは限らないだろう。農村の貧困層にとっての、土地取引による様々な結末が、マッカーシー(McCarthy 2010)によって解説されている。インドネシアのジャンビにおいて、3つの村が3つの大まかな経路をたどった。それは、追い出し、比較的成功的な油ヤシ居留地へのとり込み、不安定な雇用や生計手段を伴う有害なとり込みである。

土地取引にどう対応すべきかについては見解が分かれている。ある立場は、土地取引が機会と脅威の両方をもたらし、そのうちの機会は利用し、脅威は土地取引の自主行動規範を促すことで制御可能であると主張する(Deininger 2011)。これと対照的に、最低限の人権を支持する立場は、農業投資が「北部の金持ちに資源が移転するよう誘導するよりも、むしろ南部の貧困層に利益がもたらされる」よう保証するには、自主行動規範では不十分な場合があると主張する(De Schutter 2011)。中間の立場はFAOが推進する「自然資源を民主的に統治するための自主ガイドライン」に反映されているが、企業主導の行動規範ではなく、加盟国に報告を義務付けるものである。これらの見解がどのように展開するかは、今後の課題である。

## 土地ガバナンス

持続可能な土地管理に向けた課題の多くは、土地ガバナンス制度の根本的な弱点から生じている。一般に、ガバナンス制度には、当事者と組織、制度、慣行という3つの要素がある(GFI 2009)。土地資源の採取から持続可能な管理へと、うまく遷移できないのは、これらの要素間の調和がとれていないことが最もよくある原因である。例えば、様々な国が、持続可能な森林管理に向かわせるよう国の政策や管理規則を方向転換しても、林業組織での構造的文化的な抵抗のために、経営慣行が期待される水準にまで変化しない(Kumar and Kant 2005)。土地ガバナンスが貧弱なケースのその他共通の特徴は、意思決定時における透明性や説明責任や地元民参画が低レベルであること、土地管理を担当する当事者や組織の能力不足である。

土地ガバナンスには、その構成が全体的に中央集権型から、完全に地方分権型のものまでである。大切なことは、最良のガバナンス制度を見つけることだが、社会、経済、環境の状況やそれらの動力学や、既存のガバナンスに左右される(Kant 2000)。

## 市場に基づくアプローチ

炭素隔離への関心の高まりが、生態系保護のための新たなインセンティブや資金提供を呼び起こした。地方や世界が、森林に貯蔵された炭素に金融資産価値を付ける、市場に基づく気候アプローチに投資する取り組みが始まり、開発途上国が低炭素開発に投資するためのインセンティブが提供されることになった。そのような機会の一つである開発途上国での「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD)が、北から南へと向かう資金の流れを作ると共に、排出量を削減するための世界戦略の中の重要な要素として浮上してきた(Scharlemann *et al.* 2010; Angelsen 2009)。その開始以来、REDDはREDD+へと発展し、今や森林の減少と劣化対策の域を越えて、保全、持続可能な森林管理、森林炭素貯蔵の増強、を含めるようになってきている。REDD+計画を支援することで、森林だけでなく、乾燥地や草地の生態系も炭素隔離の潜在力を持っているという証拠が蓄積されつつある(Neely *et al.* 2009)。

現段階でREDD+は、いかなる正式な国際的炭素市場にも組み込まれていない。しかしREDD+は、義務を果たそうと努力する国々にふさわしい活動として、森林伐採の回避や、共同での対処を促進することによって、京都気候変動条約に取って代わる重要な要素を形成するだろう。カーボンオフセットの支払いは、開発途上国に、森林伐採の速度を低減するよう促すことになるだろう。さらにREDD+には、植林、森林再生、森林管理の改良、を促進するインセンティブを組み込むことができる可能性がある。研究によれば、適切な技術が使用される場合、森林の復元は、豊かな社会的恩恵と生態上の恩恵を提供すると同時に、炭素隔離を行うコスト効率の良い手段であると指摘されている(Sasaki *et al.* 2011)。

科学と政策の両面から支持する人たちは、REDD+が、ただ森林を保全するだけではないだろうと確信しており、また世界中で最もコスト効率の良い炭素削減のための選択肢の一つであると考えている(Corbera *et al.* 2010; Dickson and Osti 2010; Sikor *et al.* 2010; UN-REDD 2010; Kindermann *et al.* 2008; Thoms 2008)。REDD+は、適切な保障措置を設け、生物多様性保全、流域保護、熱帯雨林国の能力向上、農村社会の貧困緩和、を同時に可能にすることで、1992年のリオデジャネイロ地球サミット以来、曖昧にされてきた「持続可能な発展目標」を達成するための、極めて重要な新しいインセンティブを提供する可能性がある(Sikor *et al.* 2010)。

REDD+についての議論の多くは、その国際的な側面に焦点をあてたものであった。しかしその成功は、利益を地元から国レベルにまで配分することに大きく依存し、また間違ったインセンティブや森林に依存するコミュニティへの社会的排斥を

防ぐための国内保障措置を創設することにも大きく依存するだろう(Phelps *et al.* 2010; Cotula and Mayers 2009; Daniel and Mittal 2009)。このため利害関係者の中には、既に脆弱な住民にREDD+が、土地へのアクセスの制限、保有権の不安定な状況、資源をめぐる争い、権力の中央集権化、地域経済システムを歪める影響、による新たなリスクをもたらす可能性を懸念する者もいる。これに対し、観測筋では、REDD+は、関連する国々の特定の状況への適応がうまくいきさえすれば、恒久的な結果を達成するだろうし、能力を向上させながら地元住民のニーズに対応できると戒めている(IUCN 2010/11; Mayers *et al.* 2010; Preskett *et al.* 2008)。

REDD+によってもたらされるリスクとチャンスは、それがどのように融資され実施されるかを含む、いくつかの要因に左右されるだろう。多くの諸課題が森林国によって共有されているが、対応と解決策は、多くの場合、各国特有の地域特性に応じて開発されなければならないだろう。究極的に、REDD+が成功することになる場合、農村の貧困の削減や生計を支援しながら、保全と持続可能な森林管理を実施するために、かなりの財源が生み出されなければならない。また同時に、たいいてい原因と結果が時間的空間的に離れている世界システムの動的な複雑さについて認識されていなければならない。

## 土地管理と地方分権化

土地資源がどのように監視され使用されるか、また環境保護がどのように強化されるかは、ガバナンスの果たす役割が大きい。自然資源を管理する際の地方分権化を支持する者たちは、地方レベルの役人に、より大きな責任を与えることによって、より効率的で、柔軟で、公正で、責任ある、参加型のガバナンスがもたらされるはずであると提案する(Blair 2000)。地方レベルの意思決定者は、たいいてい地方の状況をより多く知っているの、新しい運営方法を十分に開発できる立場にある。このことは、順応的管理を行う観点から、また予知しない問題の解決策をすばやく展開する柔軟性を意思決定者に提供するという観点から重要である(Ostrom 2007)。しかし、地方自治体が環境の変化をモニターするための財源や技術的な能力を持っている場合にのみ地方分権化は有効である(Andersson 2004)。また、地方自治体の意思決定に民衆が参加していない場合には、地方分権化された環境ガバナンスからは、プラスの成果は得られそうもない(Larson 2002; Blair 2000)。このことは、土地制度の持続可能な管理を行うには、地方レベルの利害関係者の能力を開発しておくことが、いかに重要であることを示している。

## 持続可能な土地管理のための能力向上

能力向上(capacity building)によって、すべての利害関係者の知識体系や視点や価値観が認識され、資源システムがどのように機能しているかという深い理解が得られる。持続可能な土地管理には、一般的な土地管理者としての技能とは異なる、組織的、技術的、経済的、環境上、管理上の、技能が必要とされるので、すべての関係者と組織の能力を向上させることが、その政策を成功させる基軸になると言える。

### Box 3.7 持続可能な乾燥地の管理

世界の乾燥地の生態系を管理するための有望な戦略は、土地荒廃によって絶え間なく続く炭素損失に対抗するための植林であり、イスラエル(Tal and Gordon 2010)、イラン(Amiraslani and Dragovich 2011)、東ウガンダ(Buyinza et al. 2010)に成功例がある。乾燥地に適した管理を行うための、他の先進的な戦略は、回復力の強い窒素固定作物の植え付け(Saxena et al. 2010)、砂丘の安定化対策、流出制御、生育域の管理の改善、統合的土地管理であり、例としてイランの砂漠化防止に向けた国家計画がある。インドの Watershed Organization Trusts のように、乾燥地の中の流域を復元して、地域社会のレジリエンスを構築する計画も有望で、またオーストラリアで徐々に採用されている多元的な順応的ガバナンスのモデルもある(Marshall and Smith 2010; Smith et al. 2010)。また植生指数やリアルタイムの気候データに基づきモニタリング計画を増強することが、早期警戒と管理の介入を可能にする上で重要である(Veron and Paruelo 2010)。

乾燥地生態系で起こっている土地荒廃は、科学的、技術的、協調的な能力が足りなければ、環境問題の取り組みでは限られた成功しか得られないことを示す例である。乾燥地生態系の劣化は多様な原因によってもたらされ、世界的な気候変動でさらに悪化する複雑なフィードバックが特徴である(Ravi et al. 2010; Verstraete et al. 2009)。協調的な努力や、幅広い取り組み (Box 3.7) にもかかわらず、劣化の根本的な駆動メカニズムや特性や因果関係についての合意が得られないために、乾燥地は脅威にさらされ続けている(Reynolds et al. 2007)。整合のとれた長期にわたるデータが必要である。それは、観察される変化の根本原因を理解するためと、他の人間活動によって引き起こされる、たいてい一時的な局所的な変異が、もしかすると取り返しのつかない世界的変化となる影響を予測し、それを解きほぐすためである。これらのデータの欠落、次いで乾燥地の国々の間での能力や共通戦略の不足が、乾燥地の保全や復旧に関する国際的合意目標への進展を著しく妨げている。

## 展望

土地資源に対して複雑な力が、いくつかは劇的な速度で、また地域や国家の多様な特性を伴い、影響を及ぼしている。世界的な人口や消費の増大が、土地にますます大きな圧力となり、間違いなくかなりの土地転用をもたらし、その傾向は持続可能な軌道を進んでいる。森林減少の継続、湿地の転用、乾燥地の劣化が特に懸念される。熱帯雨林に圧力を増加させているのは、世帯による小規模な農業活動から大規模な産業プランテーションへの移行であり、そこで世界市場向けの大豆、肉や乳製品、ヤシ油、サトウキビ、その他産物が生産されている(DeFries et al. 2010, 2008)。また農業生産には温室効果ガス排出削減の大きなポテンシャルがあるが(Smith et al. 2007)、土地荒廃が多くの地域の土壌生産性や生態学的機能を阻害し続けてい

る。GEO-4 以来、開発途上国にて、バイオ燃料生産の拡大と土地取引の増大という二つの現象が発生した。これらの現象とその他プロセスが急速に展開している。それらによって引き起こされる長期的な影響は不確かなままであるが、それらが社会や環境に与える影響の初期兆候について入念に検討されるべきである。これらのプロセスは、組み合わせさっていくつかの地域の環境にひどく影響を与えており、緊急の対応が必要である。

## データとモニタリングの欠落

環境被害を回避する一つの鍵は、環境の傾向を効果的にモニターすることであるが、主要なデータの欠落が、望ましくない結果を回避する能力を制約している。人工衛星の機材を用いた新しい推定値が明らかになりつつあるが、土地荒廃に関する世界のデータは、長らく更新されていない。土地被覆に関するデータセットは存在するが、択伐や他のタイプの調節が施された面積を必ずしも十分に表現しているとは限らない。放牧地と草地が著しい炭素隔離の潜在力を持っている証拠が、さらに明らかにされつつある一方で、北方林や温帯林の森林被覆の損失は、熱帯雨林のものほど研究されていない。生態系の変化に関する記録は、主としてリモート・センシングによって改善されている。しかし土地利用の変化については信頼できるデータがまだ断片化していて、比較できない場合が多い。例えば、用いられる分類や方法論が、様々なプログラムによるものであるために、乾燥地の範囲が不明確である。同様に、湿地の数量を示す多くの目録に不一致があり(Ramsar Convention Secretariat 2007)、また包括的な世界の湿地データベースが存在しない。

人工衛星によるリモート・センシングは、世界の土地資源をモニタリングするための不可欠なツールであるが、人口パターンに対しては、そのような技術が存在しない。現時点での最良の技術である国勢調査の取り組みは、多くの国々において散発的で財源不足であり、また農村地域の人口変化に対して、著しくデータに欠落がある。さらに急速な広範囲の都市化が、土地資源に対して引き起こす影響が確定されておらず、その影響と共に環境に及ぼす影響を追跡することが非常に重要である。

バイオ燃料のデータ(生産と使用範囲を含む)は、いくつかの国々の国のデータセットを見いだせても、世界レベルでのそれは不完全である。同様に、大規模な土地取引を含む、国と世界レベルでの土地取引のモニタリングの改良が必要である。また様々なパターンの土地保有による環境影響をモニターするための、政府が使用できる標準指標がほとんどない。最後に、是非とも必要であるが、生態系サービスの評価価格を求めるための標準的な方法論が、現在開発の初期段階にある。

## 目標の欠落

表 3.5 は、土地利用と保全に関して国際的に合意された目標の中のテーマに対して、どのように進展があったかを要約したものである。しかし、いくつかの重要な項目がそれらには反映されていない。例えば、極地域に特有な脆弱性や諸課題を取り上げた目標やターゲットが全くない。

表 3.5 目標への進展 (表3.1を参照)

A: 著しい進展 B: ある程度の進展		C: ほとんど進展が無い D: 悪化している		X: 進展を評価するには早過ぎ? データ不十分	
重大な問題と目標	現状と傾向	展望	展望	欠落している点	欠落している点
<b>1. 食糧安全保障を促進する。</b>					
飢えに苦しむ人々の割合を下げる。	B	栄養不良の人々の割合は減少しているが、絶対数は増加している。	これから為される政策決定や介入に依存する。	食糧生産と食料入手を増やすための次の記載欄を参照のこと。	
食物を入手できるよう家庭経済を向上させる。	C	一人当たりの食糧は全体として増加している。しかし特に収入の半分以上を食糧に費やす農村の貧しい世帯にとって、地域間や地域内に大きな格差が残ったままである。人類の消費のために生産された食糧の3分の1が失われるか浪費されている。土地や食品の価格が、他の経済力と絡んで、バイオ燃料の需要の増大に影響されて変動している。	駆動要因が、土地や食品の価格を変動させているため、介入が無ければ、一人当たりの食糧格差が存続しそうである。	収穫後の食糧廃棄を削減するための介入、貧しい世帯に対して土地、水、保有権を手頃に入手できるよう促すことによる小自作農の農民を中心とした農業成長を促進していく介入、そして世界の食糧不足を悪化させないように国内や大陸域のバイオ燃料政策を調整する介入。	
食糧生産の増大	C	農業生産力は一般に増加しているが、地域間に大きな格差が残っている。	先進国における収穫量は、さほど改善されそうにない。開発途上国での収穫量の格差を減少させることに注目する取り組みが、いかに達成されるかによって多くが左右される。	収穫量を増加させ、かつ持続可能な土地利用を達成するためのその土地特有のアプローチ。例えば、小自作農民を中心とした農業の普及、養分の利用効率の向上、時間的空間的に植物の要求と栄養素の供給を一致させるよう改善することなど。	
<b>2. 環境資源の損失を反転させる。</b>					
森林伐採の速度を低下させ、森林被覆を増加させる。	B	森林伐採の速度は少し落ちたが、まだ速い。森林伐採は熱帯地方に集中している。温帯地域は森林を幾分か再生しつつある。	木材と繊維の需要は上昇するだろう。バイオ燃料を含む農業の拡大による森林伐採は、政策の変更が無ければ継続するだろう。	森林劣化についての理解の向上。森林伐採の規制エリアから無規制エリアへの移行による漏出を回避するための地域政策の調整。	
熱帯雨林の破壊を止める。	B	森林伐採の速度は、いくつかの熱帯諸国において遅くなったが、中南米およびカリブ諸国と、アフリカにおける正味の森林損失は、ほぼ年間700万ヘクタールのままである。	熱帯雨林や熱帯雨林の生態系サービスを保護する新しいインセンティブを提供するRED D+計画や、生態系サービスへの支払い構想の下に置かれる区域が、増加しそうである。	炭素の貯蔵/フラックスに関するデータとモニタリング、コミュニティに管理されるREDD+区域の数と面積、生態系に基づく要素を使った国の適応策。	
湿地の損失を止める。	C/D	農業、水産養殖、人間によるインフラのために、湿地が継続的に転用されている。	農地や都市の拡大に対する需要が継続しているため、湿地に対する圧力は、継続または増加するだろう。	世界の湿地のインベントリー（数量目録）とモニタリングの改善。国レベルでのラムサール条約に対する誓約の更新。	
砂漠化を防止し、干ばつの影響を緩和する。	C	乾燥地域における純一次生産力が減少している。	乾燥地に対する圧力は継続しそうである。	世界の乾燥地のインベントリーとモニタリングの改善。	
<b>3. 統合的な土地利用計画と管理の実施</b>					
持続可能な開発という原則を、国の政策や計画の中に組み込む。	B	UNCCD（砂漠化対処条約）の影響を受ける国々において、砂漠化に関する条約、生物多様性条約、気候変動に関する条約間の相乗作用を確実にするためのメカニズムの確立に良い進展があったが、少しの国しか投資の枠組みを統合していない。	これから為される政策決定や介入に依存する。	部門間でのより大きな統合や協調。	
生態系サービスによる多様な恩恵、例えば生物多様性や生態系サービスが持つ経済的価値に加えて、文化的、科学的、レクリエーションの価値を認識し、維持し、開発する。	C	生態系サービスの多様な恩恵を評価するいくつかの実例があるが、全体として、まだ大部分が表面的なものとして扱われている。	これから為される政策決定や介入に依存している。	市場外での評価手法の改善。土地利用の意思決定に地域の多様な価値観を含めるために必要な能力向上。	



かつてアメリカで最もひどく浸食された地域のうちの一つであった南西ウィスコンシンのコーン川流域は、今は土壌や農地を復元する技術進歩のおかげで、すばらしく統合された農地の組み合わせになっている。© Jim Richardson

能力向上と利害関係者の参画に関する問題が、国際的な目標の中で適切に表現されていない。含まれている土地関連の目標のいくつかは、計測可能なターゲットを欠いているため、達成の進展度を評価する作業が困難である。解決しなければならないことは、様々なスケールで、社会-生態システムの異なる構成要素間でなされている相互作用を認識することである。

目標は、単独で考察されることはできない。緊張関係と相乗作用のために、一つの目標への進展は、他の目標との関わり合いと照らして、考察されなければならない。例えば、図 3.10 は、飢えを縮小するミレニアム開発目標 MDG 1 と、環境の持続性についての MDG 7 とのあつれきを浮き彫りにしている。つまり食糧生産が農業の拡大によって増加されると、それは直ちに森林、湿地、その他の生態系の保護を危険にさらす。その一方で、MDG 2~6 に示された教育と健康の問題に対処する努力は、間接的に MDG 1 と 7 の達成を長期的に支援することができる。したがって目標を達成する上で、統合された全体像を見通すことが極めて重要である。

## 重大な問題についての考察

### 経済成長と土地資源

世界経済は過去 25 年間で 4 倍になった(IMF 2006)。しかし生計を下支えする世界の主要な生態系商品やサービスの 60%は劣化するか、持続不可能な形で使用されている(MA

2005a)。これは、これまでの経済成長では、持続可能な発展の基盤は作れないことを意味している。経済的厚生という新しいパラダイムが必要である。人類の福祉や社会的公正さを向上させ、環境リスクや生態学的希少性を減らすことに焦点を合わせたパラダイムである。そのアプローチの一つが、2010 年に UNEP が提案したグリーン経済で、次のものを含んでいる。

- 自然資源や環境資産の評価額
- これらの評価額を市場や市場外のインセンティブに変換する価格決定方針と調節機構
- そして生態系商品やサービスの使用や劣化や損失に対応する経済的厚生による措置(UNEP 2011b)

従来の経済成長からグリーン経済への移行には、国の規則、政策、補助金、インセンティブ、会計システム、の変更だけでなく、世界の法的基盤や市場基盤の変更、適切な国際貿易機構、ターゲットを設定した開発支援、も必要になるだろう。

### 食料の需要増大への対処

世界の人口と一人当たり消費は、いずれも増え続ける。極度の貧困と飢餓の撲滅を目指す MDG 1 の達成には、より多くの人々がより多くの食糧を得ることが必要になるだろう。これがどのように達成されるかは、環境の持続性を目指す MDG 7 にとって重要な意味合いを持つだろう。人口増加はこの複雑な相互作用のうちの重大な要素であるが、生活様式や消費パターン

の変化、特に動物性食品に対する世界的な需要の増加も重大な要素である。これら 2 つの MDG 目標の間のあつれきを以下の方法によって減らすことができるかもしれない。

- 研究と生産拡大を通じて収穫量を増加させ、全ての食品チェーンの効率を向上させること、開発途上国における輸送、貯蔵、分配のインフラを改善して食料の浪費と損傷を削減すること、食品小売市場や家庭で多くの食料の浪費を生じさせている裕福な社会の振る舞いを変えること、
- 消費パターンの転換を促進するために、生産環境や社会的コストを反映させる、食物生産にかかる全コストを組み込んだ原価計算を実行すること、
- 必要に応じて、食糧のサプライ・チェーンを短くし、かつ食糧安全保障を強化するための、食糧生産の革新的なアプローチを奨励すること、
- 土地利用を計画し管理する基礎とするため、生態系サービスを評価し、また潜在力のあるバイオ燃料生産による炭素収支の影響を評価すること、そして特に作物生産に関して非常に高い潜在力を持つ区域では、食糧生産とバイオ燃料生産の競合を少なくすること。

### 食料用でない資源の需要増大

プランテーションによる作物を用いたバイオ燃料生産が、近年急速に増加した。またこれに関連する土地利用の変遷が、強い環境影響と社会影響をもたらした。多数の国々において、燃料にバイオ燃料を混ぜるターゲット（目標値）が設定され、バイオ燃料生産の継続的な拡大を義務づけている。次世代バイオ燃料（例えば藻類やセルロースから採る）は、まだ開発中であり、近い将来にバイオ燃料生産の中で大きなシェアを占めることにはならないだろう。政府はバイオ燃料生産のターゲットが、国や世界規模での土地利用に対して、直接と間接的影響の両方をもたらしていることを認識すべきである。

大規模な土地買収が増えており、土地利用の変化や社会的関係に大きな影響を及ぼす可能性がある。最近の報告書では、土地へのアクセスを監視し、土地投資がその投資を受け入れたコミュニティや国々の飢えと貧困を確実に減少させる結果となるよう、土地所有権と食料確保の権利についてモニターする監視所を設立することが提言されている（Toulmin *et al.* 2011）。国連組織は、開発途上国での食糧へのアクセスを向上させる手助けの先例となる重要な役割を果たせるかもしれない。

### 複雑さと政策の諸課題

これらの諸課題に取り組むための重要なステップは、社会的な駆動要因と生物物理的な駆動要因がどのように相互作用しているかを、次いで駆動要因が、地方、大陸域、世界の各レベルで生成する社会、経済、環境への影響の多様性を、モニターし、研究し、理解することである。国際組織、科学界、ならびに国や地方機関による協力があれば、この目標の達成に必要とされる包括的なモニタリングのネットワークを創設すること

は可能である。しかしそれが効果的なものになるには、これらの関係者間での強い協働が必要である。

土地変化のプロセスを評価する際の制約が、それらの駆動力に対処する行動を遅らせることがあってはならないし、遅らせるべきではなく、予防原則がそれらによるマイナス影響を少なくするよう適用されるべきである。それらの結果についての最新の証拠から、不可逆的なマイナスの結果を長期に招く可能性を避けるために、短期に行動する必要があることが明らかになっている。これらの複雑な問題に対する安直な答えなどなく、結局は、広い解決策というよりも、単一の単独行動によって、限られたプラスの成果を達成できるかもしれない。土地管理のための新しいガバナンスによるアプローチは、コミュニティ機関やボトムアップアプローチの担うべきより大きな役割を、市場ベースのツールと結び付けることによって、順応的管理や能力向上の実現だけでなく、生態系サービスや自然資源に対するより有効な評価額を設定する手助けとなり得る。またその新しいガバナンスによるアプローチは、土地制度に対する圧力を下げるために必要となる消費パターンの変化を促し、生態系の多様な価値についてより良く理解し、認識してもらう手助けとなり得る。国連やその他の国際的な公共機関によるリーダーシップが、これらの取り組みの中心に位置付けられる要素であるが、各国政府には、変革の担い手として行動する、極めて重要な役割と責任と機会が与えられている。



新しいガバナンスのアプローチは、土地制度への圧力を下げるために必要とされる消費パターンの変化を促進し、かつ生態系の多様な価値観について、より良い理解と認識を生み出すことができるかもしれない。© Frank van den Bergh/iStock

## 参考文献

- ACIA (2005). *Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge
- Allen, C.D., Macalady, A.K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D.D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J.-H., Allard, G., Running, S.W., Semerci, A. and Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management* 259, 660–684
- AMAP (2011). *Snow, Water, Ice, Permafrost in the Arctic (SWIPA): Executive Summary*. Arctic Monitoring and Assessment Secretariat, Oslo
- Amirslani, F. and Dragovitch, D. (2011). Combating desertification in Iran over the last 50 years: an overview of changing approaches. *Journal of Environmental Management* 92(1), 1–13
- Amiro, B.D., Todd, J.B., Wotton, B.M., Logan, K.A., Flannigan, M.D., Stocks, B.J., Mason, J.A., Martell, D.L. and Hirsch, K.G. (2001). Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1949–1999. *Canadian Journal of Forest Research* 31, 512–525
- Anderson, R.G., Canadell, J.G., Randerson, J.T., Jackson, R.B., Hungate, B.A., Baldocchi, D.D., Ban-Weiss, G.A., Bonan, G.B., Caldeira, K., Cao, L., Diffenbaugh, N.S., Gurney, K.R., Kueppers, L.M., Law, B.E., Luyssaert, S. and O'Halloran, T.L. (2011). Biophysical considerations in forestry for climate protection. *Frontiers in Ecology and the Environment* 9(3), 174–182. doi:10.1890/090179
- Andersson, K. (2004). Who talks with whom? The role of repeated interactions in decentralized forest governance. *World Development* 32(2), 233–249
- Angelsen, A. (ed.) (2009). *Realising REDD+*. Centre for International Forestry Research, Bogor
- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L. and Schaepman, M.E. (2008). *Global Assessment of Land Degradation and Improvement: 1. Identification by Remote Sensing*. GLADA Report 5. ISRIC – World Soil Information, Wageningen
- Bakker, M.M., Govers, G., Kosmas, C., Vanacker, V., van Oost, K. and Rounsevell, M. (2005). Soil erosion as a driver of land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105(3), 467–481
- Barles, S. (2010). Society, energy and materials: the contribution of urban metabolism studies to sustainable urban development issues. *Journal of Environmental and Planning Management* 53(4), 439–455
- Barona, E., Ramankutty, N., Hyman, G. and Coomes, O.T. (2010). The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters* 5, 124009–124009
- Batker, D., de la Torre, I., Costanza, R., Swedeen, P., Day, J., Boumans, R. and Bagstad, K. (2010). *Gaining Ground: Wetlands, Hurricanes, and the Economy: the Value of Restoring the Mississippi River Delta*. Earth Economics, Tacoma
- Bernstein, H. and Woodhouse, P. (eds.) (2010). Productive forces in capitalist agriculture: political economy and political ecology. Special issue of *Journal of Agrarian Change* 10(3)
- Bettencourt, L.M., Lobo, J., Helbing, D., Kuhnert, C. and West, G.B. (2007). Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(17), 7301–7306
- Bille, R. (2010). Action without change? On the use and usefulness of pilot experiments in environmental management. *Veolia Environment* 3, 1–6
- Blair, H. (2000). Participation and accountability at the periphery: democratic local governance in six countries. *World Development* 28(1), 21–39
- Blanco-Canqui, H. and Lal, R. (2010). *Principles of Soil Conservation and Management*. pp.493–512. Springer
- Bloom, A., Palmer, P.I., Fraser, A.D., Reay, S. and Frankenberg, C. (2010). Large-scale controls of methanogenesis inferred from methane and gravity spaceborne data. *Science* 327(5963), 322–325
- Boardman, J. (2006). Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches. *Catena* 68, 73–86
- Bonan, G. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science* 320, 1444–1449
- Borner, J., Wunder, S., Wertz-Kanounnikoff, S., Tito, M.R., Pereira, L. (2010). Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: scope and equity implications. *Ecological Economics* 69, 1272–1282
- BRASIL (2010). *Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado – PPCerrado*. Presidência da República. Casa Civil. Brasília. [http://www.casacivil.gov.br/arquivos/101116%20-%20PPCerrado\\_Vfinal.pdf](http://www.casacivil.gov.br/arquivos/101116%20-%20PPCerrado_Vfinal.pdf)
- BRASIL (2009). *Plano de ação para a prevenção e o controle do desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAm, 2ª fase (2000–2011) Rumo ao desmatamento ilegal zero*. Presidência da República. Casa Civil. Brasília. [http://www.mma.gov.br/estruturas/168/\\_publicacao/168\\_publicacao02052011030251.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao02052011030251.pdf)
- Brookes, G. and Barfoot, P. (2010). Global impact of biotech crops: environmental effects, 1996–2008. *AgBioForum* 13(1), 76–94
- Bruinsma, J. (2009). The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? In *How to Feed the World in 2050: Proceedings of the Expert Meeting on How to Feed the World in 2050 24–26 June 2009, FAO Headquarters, Rome*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/012/ak542e/ak542e00.htm>
- Buol, S.W. (1995). Sustainability of soil use. *Annual Review of Ecology and Systematics* 26, 25–44
- Buyinza, M., Senjonga, M. and Lusiba, B. (2010). Economic valuation of a tamarind (*Tamarindus indica* L.) production system: green money from drylands of eastern Uganda. *Small-Scale Forestry* 9(3), 317–329
- CA (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, Battaramulla
- CAFF (2010). Trends in Arctic vegetation productivity 1982–2005 (Greening of the Arctic). Figure produced by Ahlenius, H., using data from Goetz et al. 2007. In *Arctic Biodiversity Trends 2010: Selected Indicators of Change*. CAFF International Secretariat, Akureyri. <http://maps.grida.no/go/graphic/trends-in-arctic-vegetation-productivity-1982-2005-greening-of-the-arctic>
- Callaghan, T.V., Tweedie, C.E., Åkerman, J., Andrews, C., Bergstedt, J., Butler, M.G., Christensen, T.R., Cooley, D., Dahlberg, U., Danby, R.K., Daniëls, F.J.A., de Molenaar, J.G., Dick, J., Mortensen, C.E., Ebert-May, D., Emanuelsson, U., Eriksson, H., Hedenäs, H., Henry, G.H.R., Hik, D.S., Hobbie, J.E., Jantze, E.J., Jaspers, C., Johansson, C., Johansson, M., Johnson, D.R., Johnstone, J.F., Jonasson, C., Kennedy, C., Kenney, A.J., Keuper, F., Koh, S., Krebs, C.J., Lantuit, H., Lara, M.J., Vanessa D.L., Lougheed, L., Madsen, J., Matveyeva, N., McEwen, D.C., Myers-Smith, I.H., Narozhniy, Y.K., Olsson, H., Pohjola, V.A., Price, L.W., Rigét, F., Rundqvist, S., Sandström, A., Tamstorf, M., Bogaert, R.V., Villarreal, S., Webber, P.J., Zemtsov, V.A. (2011). Multi-decadal changes in tundra environments and ecosystems: synthesis of the International Polar Year – Back to the Future project (IPYBTF). *Ambio* 40, 705–716
- Carr, D.L., Suter, L. and Barbieri, A. (2005). Population dynamics and tropical deforestation: state of the debate and conceptual challenges. *Population and Environment* 27(1), 89–113
- Cerri, C.C., Galdos, M.V., Maia, S.M.F., Bernoux, M., Feigl, B.J., Powlson, D. and Cerri, C.E.P. (2011). Effect of sugarcane harvesting systems on soil carbon stocks in Brazil: a review. *European Journal of Soil Science* 62, 23–28
- Coleman, J.M., Huh, O.K. and Braud, D.J. (2008). Wetland loss in world deltas. *Journal of Coastal Research* 24(1A), 1–14
- Corbera, E., Estrada, M. and Brown, K. (2010). Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and forest degradation in developing countries: revisiting the assumptions. *Climatic Change* 100, 355–388
- Corbera, E., Brown, K. and Adger, W.N. (2007). The equity and legitimacy of markets for ecosystem services. *Development and Change* 38(4), 587–613
- Cotula, L. and Mayers, J. (2009). *Tenure in REDD: Start-point or Afterthought?* International Institute for Environment and Development, London
- Crooks, S., Herr, D., Tamelander, J., Laffoley, D. and Vandever, J. (2011). *Mitigating Climate Change through Restoration and Management of Coastal Wetlands and Near-shore Marine Ecosystems: Challenges and Opportunities*. Environment Department Paper 121. World Bank, Washington, DC
- Daily, G.C., Polasky, S., Goldstein, J., Kareiva, P.M., Mooney, H.A., Pejchar, L., Ricketts, T.H., Salzman, J. and Shallenberger, R. (2009). Ecosystem services in decision making: time to deliver. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(1), 21–28
- Daly, H. and Farley, J. (2010). *Ecological Economics: Principles and Applications*, 2nd ed. Island Press, Washington, DC
- Daniel, S. and Mittal, A. (2009). *The Great Land Grab: Rush for World's Farmland Threatens Food Security for the Poor*. The Oakland Institute, Oakland, CA
- Dasgupta, P. (2009). The place of nature in economic development. In *Development Economics* (eds. Rodrik, D. and Rosenzweig, M.) 5, 4977–5046. Handbooks in Economics series (eds. Arrow, K.J. and Intriligator, M.D.). North-Holland, Amsterdam
- Day, J.W. Jr., Boesch, D.F., Ellis, J., Clairain, E.J., Kemp, G.P., Shirley, B., Laska, S.B., Mitsch, W.J., Orth, K., Hassan Mashriqui, H., Reed, D.J., Shabman, L., Simenstad, C.A., Streever, B.J., Twilley, R.R., Watson, C.C., Wells, J.T. and Whigham, D.F. (2007). Restoration of the Mississippi delta: lessons from hurricanes Katrina and Rita. *Science* 315(5819), 1679–1684
- DeFries, R. and Rosenzweig, C. (2010). Toward a whole-landscape approach for sustainable land use in the tropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(46), 19627–19632
- DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M. and Hansen, M. (2010). Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3, 178–181
- DeFries, R.S., Morton, D.C., van der Werf, G.R., Giglio, L., Collatz, G.J., Randerson, J.T., Houghton, R.A., Kasibhatla, P.K. and Shimabukuro, Y. (2008). Fire-related carbon emissions from land use transitions in southern Amazonia. *Geophysical Research Letters* 35, L22705
- Deininger, K. (2011). Challenges posed by the new wave of farmland investment. *The Journal of Peasant Studies* 38(2), 217–247
- Deininger, K., Byerlee, D., Lindsay, J., Norton, A., Selod, H. and Stickler, M. (2011). *Rising Global Interest in Farmland: Can it Yield Sustainable and Equitable Benefits?* World Bank, Washington, DC

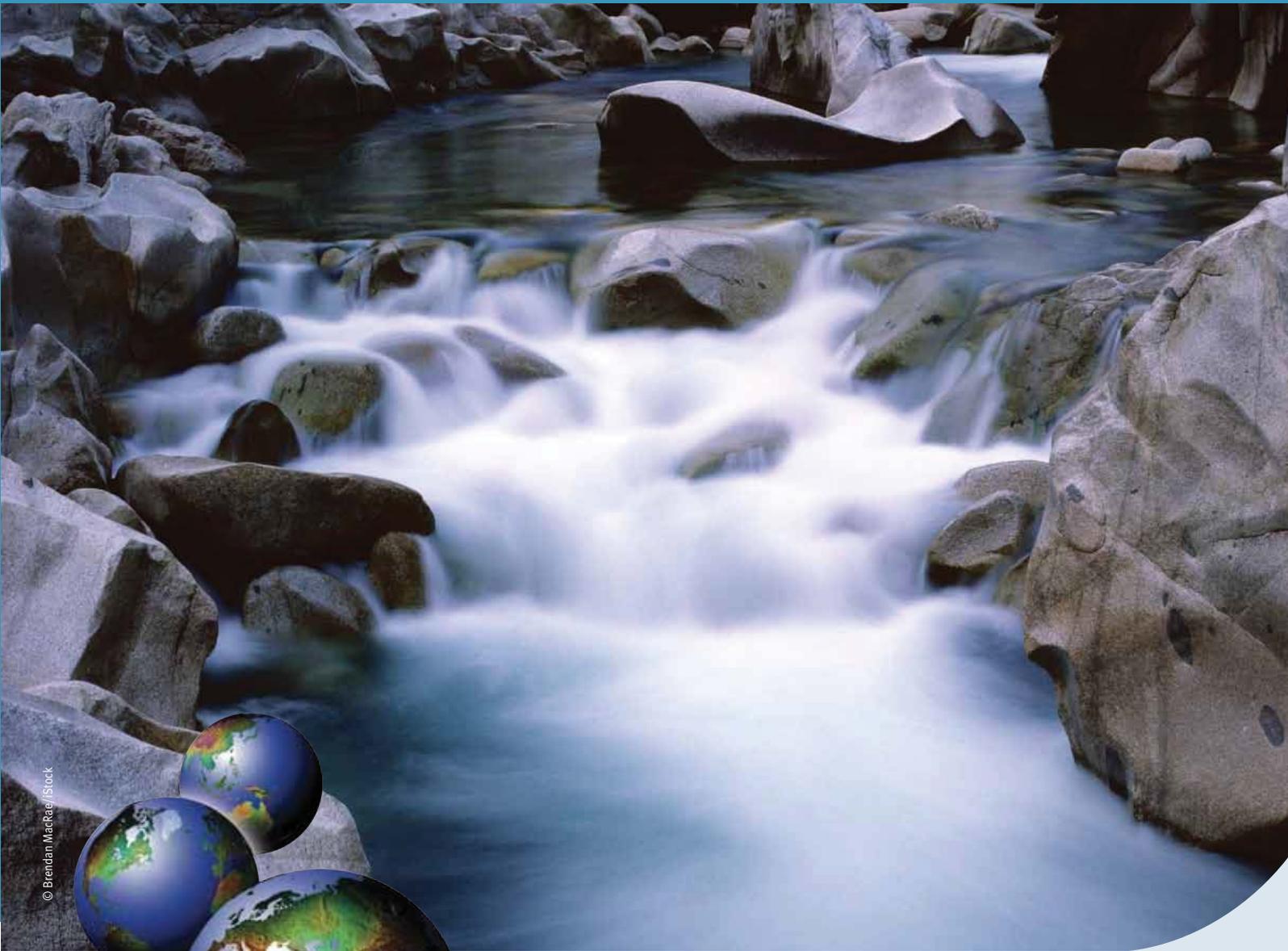
- Delgado, C.L. (2010). Future of animal agriculture: demand. In *Encyclopedia of Animal Science*, 2nd ed. (eds. Pond, W.G. and Bell, A.W.). Marcel Dekker, New York
- De Schutter, O. (2011). How not to think of land-grabbing: three critiques of large-scale investments in farmland. *The Journal of Peasant Studies* 38(2), 249–279
- Dickson, B. and Osti, M. (2010). *What are the Ecosystem-Derived Benefits of REDD+ and Why do they Matter?* Multiple Benefits Series 1. UN-REDD Programme, Nairobi
- Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and Urbanization* 21(1), 185–201
- Engel, S., Pagiola, S. and Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issue. *Ecological Economics* 65, 663–674
- Epstein, H.E., Reynolds, M.K., Walker, D.A., Bhatt, U.S., Tucker, C.J., and Pinzon, J.E. (2012). Dynamics of aboveground phytomass of the circumpolar Arctic tundra during the past three decades. *Environmental Research Letters* 7(1)
- Erb, K.-H., Krausmann, F., Lucht, W. and Haberl, H. (2009). Embodied HANPP: mapping the spatial disconnect between global biomass production and consumption. *Ecological Economics* 69(2), 328–334
- FAO (2012). *FAO Statistics*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2011). *2011: State of the World's Forests*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2010a). *Global Forest Resources Assessment 2010*. FAO Forestry Paper No. 163. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
- FAO (2010b). *The State of Food Insecurity in the World: Addressing Food Insecurity in Protracted Crises*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2009). *The State of Food and Agriculture 2009: Livestock in the Balance*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>
- FAO (2008). *An Introduction to the Basic Concepts of Food Security*. Practical Guides series. Food Security Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/013/al936e/al936e00.pdf>
- FAO (2005). *State of the world's forests 2005*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (1996). *World Food Summit Plan of Action*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/docrep/003/w3613e/w3613e00.htm>
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. and Hawthorne, P. (2008). Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319, 1235–1238
- Fedoroff, N.V., Battisti, D.S., Beachy, R.N., Cooper, P.J.M., Fischhoff, D.A. and Hodges, C.N. (2010). Radically rethinking agriculture for the 21st century. *Science* 327(5967), 833–834
- Fernandes, B.M., Welch, C.A. and Gonçalves, E.C. (2010). Agrofuel policies in Brazil: paradigmatic and territorial disputes. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 793–819
- Fiala, N. (2008). Meeting the demand: an estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics* 67(3), 412–419
- Finlayson, C.M., Davidson, N.C., Spiers, A.G. and Stephenson, N.J. (1999). Global wetland inventory – current status and future priorities. *Marine and Freshwater Research* 50, 717–727
- Flannigan, M.D., Krawchuk, M.A., de Groot, W.J., Wotton, B.M. and Gowman, L.M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire* 18, 483–507
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.S., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, F., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342
- Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N. and Snyder, P.K. (2005). Global consequences of land use. *Science* 309(5734), 570–574
- Franco, J., Levidow, L., Fig, D., Goldfarb, L., Honicke, M. and Mendonça, M.L. (2010). Assumptions in the European Union biofuels policy: frictions with experiences in Germany, Brazil and Mozambique. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 661–698
- Fraser, L.H. and Keddy, P.A. (eds.) (2005). *The World's Largest Wetlands: Ecology and Conservation*. Cambridge University Press, New York
- GFI (2009). The governance of forests tool kit (version 1). <http://www.wri.org/gfi> (accessed 6 September 2011)
- Gibbon, P., Bair, J. and Ponte, S. (2008). Governing global value chains: an introduction. *Economics and Society* 37(3), 315–338
- Gibbs, H.K., Johnston, M., Foley, J., Holloway, T., Monfreda, C., Ramankutty, N. and Zaks, D. (2008). Carbon payback times for crop-based biofuel expansion in the tropics: the effects of changing yield and technology. *Environmental Research Letters* 3, 034001
- Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W. and Flannigan, M.D. (2004). Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* 31(18), L18211. doi:10.1029/2004GL020876
- Gillon, S. (2010). Fields of dreams: negotiating an ethanol agenda in the Midwest United States. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 723–748
- Goetz, S.J., Mack, M.C., Gurney, K.R., Randerson, J.T. and Houghton, R.A. (2007). Ecosystem responses to recent climate change and fire disturbance at northern high latitudes: observations and model results contrasting northern Eurasia and North America. *Environmental Research Letters* 2(4), 045031
- Grimm, N., Faeth, S., Golubiewski, N., Redman, C., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science* 319, 756–760
- Hey, D.L. and Philippi, N.S. (1995). Flood reduction through wetland restoration: the Upper Mississippi River basin as a case history. *Restoration Ecology* 3(1), 4–17
- IMF (2006). World economic outlook database. International Monetary Fund, Washington, DC. <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2006/02/data/download.aspx>
- INPE (2012). *Prodes Project: Monitoring the Brazilian Amazon Forest by Satellite* (in Portuguese). National Institute for Space Research, São José dos Campos. <http://www.obt.inpe.br/prodes/>
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Working Group I contribution to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- IUCN (2010/11). *IUCN's Thematic Work on REDD: Community Forest Resource Planning – The Building of a Community of REDD Practitioners*. International Union for the Conservation of Nature, Gland. [http://www.iucn.org/about/work/programmes/forest/fp\\_our\\_work/fp\\_our\\_work\\_thematic/redd/iucn\\_s\\_thematic\\_work\\_on\\_redd?/](http://www.iucn.org/about/work/programmes/forest/fp_our_work/fp_our_work_thematic/redd/iucn_s_thematic_work_on_redd?/)
- Jandl, R., Lindner, M., Vesterdal, L., Bauwens, B., Baritz, R., Hagedorn, F., Johnson, D.W., Minkinen, K. and Bryne, K.A. (2007). How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma* 137, 253–268
- Johnston, M., Foley, J.A., Holloway, T., Kucharik, C. and Monfreda, C. (2009). Resetting global expectations from agricultural biofuels. *Environmental Research Letters* 4(1), 014004. doi:10.1088/1748-9326/4/1/014004
- Jones, K., Lanthier, Y., van der Voet, P., van Valkengoed, E., Taylor, D. and Fernández-Prieto, D. (2009). Monitoring and assessment of wetlands using earth observation: the GlobWetland project. *Journal of Environmental Management* 90(7), 2154–2169
- Kant, S. (2000). A dynamic approach to forest regimes in developing countries. *Ecological Economics* 32(2), 287–300
- Kindermann, G., Obersteiner, M., Sohngen, B., Sathaye, J., Andrasco, K., Ewald, R., Schlamadinger, B., Wunder, S. and Beach, R. (2008). Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(30), 10302–10307
- Kissinger, M. and Rees, W. (2010). An interregional ecological approach for modelling sustainability in a globalizing world: reviewing existing approaches and emerging directions. *Ecological Modelling* 221, 2615–2623
- Koning, N. and Smaling, E.M.A. (2005). Environmental crisis or “lie of the land”? The debate on soil degradation in Africa. *Land Use Policy* 22(1), 3–11
- Kumar, P. (ed.) 2010. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. Earthscan, Washington
- Kumar, S. and Kant, S. (2005). Bureaucracy and new management paradigms: modeling foresters' perceptions regarding community-based forest management in India. *Forest Policy and Economics* 7(4), 651–669
- Lal, R. (1996). Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. III. Runoff, soil erosion and nutrient loss. *Land Degradation and Development* 7, 99–119
- Lambin, E. and Meyfroidt, P. (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(9), 3465–3472
- Lambin, E. and Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land Use Policy* 27, 108–118
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E.F., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J.F., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G.D., Svedin, U., Veldkamp, T.A., Vogel, C. and Xu, J. (2001). The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11(4), 261–269
- Larson, A.M. (2002). Natural resources and decentralization in Nicaragua: are local governments up to the job? *World Development* 30(1), 17–31
- Lawrence, D.M., Slater, A.G., Tomas, R.A., Holland, M.M. and Deser, C. (2008). Accelerated Arctic land warming and permafrost degradation during rapid sea ice loss. *Geophysical Research Letters* 35, L11506. doi:10.1029/2008GL033985
- Lehner, B. and Döll, P. (2004). Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology* 296, 1–22

- Li, M.T. (2011). Forum on global land grabbing: centering labour in the land grab debate. *The Journal of Peasant Studies* 38(2), 281–298
- Licker, R., Johnston, M., Barford, C., Foley, J.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C. and Ramankutty, N. (2010). Mind the gap: how do climate and agricultural management explain the 'yield gap' of croplands around the world? *Global Ecology and Biogeography* 19(6), 769–782
- Lobell, D.B., Burke, M.B., Tebaldi, C., Mastrandrea, M.D., Falcon, W.P. and Naylor, R.L. (2008). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Science* 319, 607–610
- Lobo, J., Strumsky, D. and Bettencourt, L.M.A. (2009). *Metropolitan Areas and CO<sub>2</sub> Emissions: Large is Beautiful*. Rotman School of Management, University of Toronto, Toronto
- MA (2005a). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- MA (2005b). *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, DC. <http://www.maweb.org/documents/document.358.aspx.pdf>
- Marlow, H.J., Hayes, W.K., Soret, S., Carter, R.L., Schwab, E.R. and Sabaté, J. (2009). Diet and the environment: does what you eat matter? *American Journal of Clinical Nutrition* (89)5, 1699S–1703S
- Marshall, G.R. and Smith, D.M.S. (2010). Natural resources governance for the drylands of the Murray-Darling basin. *Rangeland Journal* 32(3), 267–282
- Martine, G., McGranahan, G., Montgomery, M. and Fernandez-Castilla, R. (2008). Introduction. In *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century* (ed. Martine, G., McGranahan, G., Montgomery, M. and Fernandez-Castilla, R.) pp.1-16. Earthscan
- Mather, A.S. (1992). The forest transition. *Area* 24, 367–379
- Mayers, J., Maginnis, S. and Arthur, E. (2010). *REDD Readiness Requires Radical Reform: Prospects for Making the Big Changes Needed to Prepare for REDD-Plus in Ghana*. TFD Publication No. 1. The Forests Dialogue, Yale University, New Haven, CT. [http://cmsdata.iucn.org/downloads/tfd\\_reddreadiness\\_ghana\\_report\\_lo\\_res\\_1\\_.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/tfd_reddreadiness_ghana_report_lo_res_1_.pdf)
- McCarthy, J. (2010). Processes of inclusion and adverse incorporation: oil palm and agrarian change in Sumatra, Indonesia. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 821–850
- McGuire, A.D., Anderson L.G., Christensen, T.R., Dallimore, S., Guo, L., Hayes, D.J., Heimann, M., Lorenson, T.D., Macdonald, R.W. and Roulet, N. (2009). Sensitivity of the carbon cycle in the Arctic to climate change. *Ecological Monographs* 79(4), 523–555
- McMichael, P. and Scoones, I. (eds.) (2010). Special issue on biofuels, land and agrarian change. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 575–962
- Melillo, J.M., Reilly, J.M., Kicklighter, D.W., Gurgel, A.C., Cronin, T.W., Paltsev, S., Felzer, B.S., Wang, X., Sokolov, A.P. and Schlosser, C.A. (2009). Indirect emissions from biofuels: how important? *Science* 326, 1397–1399
- Melillo, J.M., McGuire, A.D., Kicklighter, D.W., Moore, B., Vorosmarty, C.J., Schloss, A.L. (1993). Global climate change and terrestrial net primary production. *Global Change Biology* 3(3), 234–240
- Meyfroidt, P., Rudel, T.K. and Lambin, E.F. (2010). Forest transitions, trade, and the global displacement of land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(49), 20917–20922
- Miehe, S., Kluge, J., von Wehrden, H. and Retzer, V. (2010). Long-term degradation of Sahelian rangeland detected by 27 years of field study in Senegal. *Journal of Applied Ecology* 47(3), 692–700
- Milder, J.C., McNeely, J.A., Shames, S.A. and Scherr, S.J. (2008). Biofuels and ecoagriculture: can bioenergy production enhance landscape-scale ecosystem conservation and rural livelihoods? *International Journal of Agricultural Sustainability* 6(2), 105–121
- Mistry, J. (2000). *World Savannas: Ecology and Human Use*. Pearson Education Limited, Harlow
- Mitra, S., Wassmann, R. and Vlek, P.L.G. (2005). An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current Science* 88(1), 25–35
- Montgomery, M. (2008). The urban transformation of the developing world. *Science* 319, 761–764
- Montgomery, D.R. (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(33), 13268–13272
- Mortimore, M., Anderson, S., Cotula, L., Davies, J., Facer, K., Hesse, C., Morton, J., Nyangena, W., Skinner, J. and Wolfgang, C. (2009). *Dryland Opportunities: A New Paradigm for People, Ecosystems and Development*. International Union for the Conservation of Nature, Gland. <http://pubs.iied.org/pdfs/G02572.pdf>
- Morton, D.C., DeFries, R.S., Shimabukuro, Y.E., Anderson, L.O., Arai, E., del Bon Espirito-Santo, F., Freitas, R. and Morisette, J. (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 103(39), 14637–14641.
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy, N. and May, P.H. (2010). Reconciling theory and practice: an alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69, 1202–1208
- Myneni, R.B., Tucker, C.J., Asrar, G. and Keeling, C.D. (1998). Interannual variations in satellite sensed vegetation index data from 1981 to 1991. *Journal of Geophysical Research* 103, 6145–6160
- Nagendra, H. (2008). Do parks work? Impact of protected areas on land cover clearing. *Ambio* 37, 330–337
- Naylor, R., Steinfeld, H., Falcon, W., Galloway, J., Smil, V., Bradford, E., Alder, J. and Mooney, H. (2005). Losing the links between livestock and land. *Science* 310, 1621–1622
- Neely, C., Running, S. and Wilkes, A. (eds.) (2009). *Review of Evidence on Drylands Pastoral Systems and Climate Change: Implications and Opportunities for Mitigation and Adaptation*. Land and Water Discussion Paper No. 8. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i1135e/i1135e00.pdf>
- Nepstad, D., Soares-Filho, B.S., Merry, F., Lima, A., Moutinho, P., Carter, J., Bowman, M., Cattaneo, A., Rodrigues, H., Schwartzman, S., McGrath, D.G., Stickler, C.M., Lubowski, R., Pires-Cabezas, P., Rivero, S., Alencar, A., Almeida, O. and Stella, O. (2009). The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326, 1350–1351
- Neumann, K., Verburg, P.H., Stehfest, E. and Müller, C. (2010). The yield gap of global grain production: a spatial analysis. *Agricultural Systems* 103(5), 316–326
- Newman, P. (2006). The environmental impact of cities. *Environment and Urbanization* 18(2), 275–295
- Novo, A., Jansen, K., Slingerland, M. and Giller, K. (2010). Biofuel, dairy production and beef in Brazil: competing claims on land use in Sao Paulo state. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 769–792
- O'Connor, F.M., Boucher, O., Gedney, N., Jones, C.D., Folberth, G.A., Coppel, R., Friedlingstein, P., Collins, W.J., Chappellaz, J., Ridley, J. and Johnson C.E. (2010). Possible role of wetlands, permafrost, and methane hydrates in the methane cycle under future climate change: a review. *Reviews of Geophysics* 48, RG4005. doi:10.1029/2010RG000326
- Ometto, J.P., Aguiar, A.P.D. and Martinelli, L.A. (2011). Amazon deforestation in Brazil: effects, drivers and challenges. *Carbon Management* 2(5), 575–585
- Ostrom, E. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(39), 15181–15187
- Ostrom, E. and Cox, M. (2010). Moving beyond panaceas: a multi-tiered diagnostic approach for social-ecological analysis. *Environmental Conservation* 37, 451–463
- Özler, Ş.İ. and Obach, B.K. (2009). Capitalism, state economic policy and ecological footprint: an international comparative analysis. *Global Environmental Politics* 9(1), 79–108
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. and Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333, 988–993
- Pascual, U. and Corbera, E. (2011). Pagos por servicios ambientales: perspectivas y experiencias innovadoras para la conservación de la naturaleza y el desarrollo rural (Payment for ecosystem services: perspectives and experiences for conservation and rural development). *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 228, 11–29
- Pattanayak, S.K., Wunder, S. and Ferraro, P.J. (2010). Show me the money: do payments supply environmental services in developing countries? *Review of Environmental Economics and Policy* 4(2), 254–274
- Perfecto, I. and Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(13), 5786–5791
- Phelps, J., Webb, E.L. and Agrawal, A. (2010). Does REDD+ threaten to recentralize forest governance? *Science* 328(5976), 312–313
- Pimentel, D. and Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *American Journal of Clinical Nutrition* 78(3), 660S–663S
- Pimentel, D., Marklein, A., Toth, M.A., Karpoff, M.N., Paul, G.S., McCormack, R., Kyriazis, J. and Krueger, T. (2009). Food versus biofuels: environmental and economic costs. *Human Ecology* 37(1), 1–12
- Pingali, P. (2006). Westernization of Asian diets and the transformation of food systems: implications for research and policy. *Food Policy* 32, 281–298
- Prentice, I.C., Farquhar, G.D., Fasham, M.J.R., Goulden, M.L., Heimann, M., Jaramillo, V.J., Khesghi, H.S., Le Quére, C., Scholes, R.J. and Wallace, D.W.R. (2001). The carbon cycle and atmospheric carbon dioxide. In *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (ed. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A.) pp.183–237. Contribution of Working Group I to the Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge [http://unfccc.int/resource/cd\\_roms/na1/mitigation/Resource\\_materials/IPCC\\_TAR\\_Climate\\_Change\\_2001\\_Scientific\\_Basis/TAR-03.pdf](http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/mitigation/Resource_materials/IPCC_TAR_Climate_Change_2001_Scientific_Basis/TAR-03.pdf)
- Preskett, L., Huberman, D., Bowen-Jones, E., Edwards, G. and Brown, J. (2008). *Making REDD Work for the Poor. A Poverty Environment Partnership (PEP) report*. <http://www.cbd.int/doc/meetings/for/wscb-fbdcc-01/other/wscb-fbdcc-01-oth-10-en.pdf>
- Ramsar Convention Secretariat (2007). *Wetland Inventory: A Ramsar Framework for Wetland Inventory*. Ramsar Handbooks for the Wise Use of Wetlands, 3rd ed. vol. 12. Ramsar Convention Secretariat, Gland. [http://www.ramsar.org/pdf/lib/lib\\_handbooks2006\\_e12.pdf](http://www.ramsar.org/pdf/lib/lib_handbooks2006_e12.pdf)

- Ramsar Convention Secretariat (1971). *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat* (as amended in 1982 and 1987). Ramsar Convention Secretariat, Gland. [http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts-convention-on-main/ramsar/1-31-38%5E20671\\_4000\\_0](http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts-convention-on-main/ramsar/1-31-38%5E20671_4000_0)
- Ravi, S., Breshears, D.D., Huxman, T.E. and D'Oroic, P. (2010). Land degradation in drylands: interactions among hydrologic-aeolian erosion and vegetation dynamics. *Geomorphology* 116, 236–245
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, M., Lambin, E.F., Turner, B.L. II, Mortimore, M., Batterbury, S.P.J., Downing, T.E., Dowlatabadi, H., Fernández, R.J., Herrick, J.E., Huber-Sannwald, E., Jiang, H., Leemans, R., Lynam, T., Maestre, F.T., Ayarza, M. and Walker, B. (2007). Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316, 847–851
- Richardson, B. (2010). Big sugar in southern Africa: rural development and the perverted potential of sugar/ethanol exports. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 917–938
- Ringler, C., Zhu, T., Cai, X., Koo, J. and Wang, D. (2010). *Climate Change Impacts on Food Security in Sub-Saharan Africa: Insights from Comprehensive Climate Change Scenarios*. IFPRI Discussion Paper No. 1042. International Food Policy Research Institute, Washington, DC
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S. III, Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2), 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rudel, T.K., Schneider, L., Uriarte, M., Turner, B.L. II, DeFries, R., Lawrence, D., Geoghegan, J., Hecht, S., Ickowitz, A., Lambin, E.F., Birkenholtz, T., Baptista, S. and Grau, R. (2009). Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970–2005. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106, 20675–20680
- Sakadevan, K. and Nguyen, M.-L. (2010). Extent, impact, and response to soil and water salinity in arid and semiarid regions. In *Advances in Agronomy* (ed. Sparks, D.L.) 109, 55–74. Academic Press, San Diego, CA
- Sasaki, N., Asner, G.P., Knorr, W., Durst, P.B. and Priyadi, H.R. (2011). Approaches to classifying and restoring degraded tropical forests for the anticipated REDD+ climate change mitigation mechanism. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 4, 1–6. [http://www.sisef.it/forest/pdf/Sasaki\\_556.pdf](http://www.sisef.it/forest/pdf/Sasaki_556.pdf)
- Saxena, K.B., Mula, M.G., Sugui, F.P., Layaoen, H.L., Domoguen, R.L., Pascua, M.E., Mula, R.P., Dar, W.D., Gowda, C.L.L., Kumar, R.V. and Eusebio, J.E. (2010). *Pigeonpea: A Resilient Crop for the Philippine Drylands*. Information Bulletin No. 85. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Andhra Pradesh. <http://openaccess.icrisat.org/bitstream/10731/3590/1/Pigeonpea-resilient-crop.pdf>
- Scharlemann, J.P.W., Kapos, V., Campbell, A., Lysenko, I., Burgess, N.D., Hansen, M.C., Gibbs, H.K., Dickson, B. and Miles, L. (2010). Securing tropical forest carbon: the contribution of protected areas to REDD. *Oryx* 44(3), 352–357
- Schneider, A., Friedl, M.A. and Potere, D. (2009). A new map of global urban extent from MODIS satellite data. *Environmental Research Letters* 4(4), 044003. doi:10.1088/1748-9326/4/4/044003
- Schuur, E.A.G., Bockheim, J., Canadell, J.G., Euskirchen, E., Field, C.B., Goryachkin, S.V., Hagemann, S., Kuhry, P., Lafleur, P., Lee, H., Mazhitova, G., Nelson, F.E., Rinke, A., Romanovsky, V., Shiklomanov, N., Tarnocai, C., Venevsky, S., Vogel, J.G. and Zimov, J.G. (2008). Vulnerability of permafrost carbon to climate change: implications for the global carbon cycle. *BioScience* 58, 701–714
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A. and Fabiosa, J. (2008). Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319, 1238–1240
- Seto, K., Sanchez-Rodriguez, R. and Fragkias, M. (2010). The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 35, 167–194
- Sietz, D., Lüdeke, M.K.B. and Walther, C. (2011). Categorisation of typical vulnerability patterns in global drylands. *Global Environmental Change* 21, 431–440
- Sikor, T., Stahl, J., Enters, T., Ribot, J.C., Singh, N., Sunderlin, W.D. and Wollenberg, L. (2010). REDD-Plus, forest people's rights and nested climate governance. *Global Environmental Change* 20, 423–425
- Smith, P., Gregory, P.J., van Vuuren, D., Obersteiner, M., Havlík, P., Rounsevell, M., Woods, J., Stehfest, E. and Bellarby, J. (2010). Competition for land. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 2941–2957
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H.H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, R.J., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U. and Towprayoon, S. (2007). Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agriculture Ecosystem Environment* 118, 6–28
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T.D., Castel, V., Rosales, M. and de Haan, C. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Stephenson, S.R., Smith, L.C. and Agnew, J.A. (2011). Divergent long-term trajectories of human access to the Arctic. *Nature Climate Change* 1, 156–160
- Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) (2010). *Arguments for Protected Areas: Multiple Benefits for Conservation and Use*. Earthscan, London
- Sukhinin, A.I., French, N.H.F., Kasischke, E.S., Hewson, J.H., Soja, A.J., Csiszar, I.A., Hyer, E.J., Laboda, T., Conard, S.G., Romasko, V.I., Pavlichenko, E.A., Miskiv, S.I. and Slinkina, O.A. (2004). AVHRR-based mapping of fires in Russia: new products for fire management and carbon cycle studies. *Remote Sensing of Environment* 93, 546–564
- Syvitski, J.P.M., Kettner, A.J., Overeem, I., Hutton, E.W.H., Hannon, M.T., Brakenridge, G.R., Day, J., Vörösmarty, C., Saito, Y., Giosan, L. and Nicholls, R.J. (2009). Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience* 2, 681–686
- Tal, A. and Gordon, J. (2010). Carbon cautious: Israel's afforestation experience and approach to sequestration. *Small-Scale Forestry* 9(4), 409–428
- Tarnocai, C., Canadell, J.G., Schuur, E.A.G., Kuhry, P., Mazhitova, G. and Zimov, S. (2009). Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2023. doi:10.1029/2008GB003327
- TEEB (2010). *TEEB for Local and Regional Policy Makers*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Bonn. <http://www.teebweb.org/ForLocalandRegionalPolicy/tabid/1020/Default.aspx>
- Thoms, C.A. (2008). Community control of resources and the challenge of improving local livelihoods: a critical examination of community forestry in Nepal. *Geoforum* 39(3), 1452–1465
- Tilman, D., Socolow, R., Foley, J.A., Hill, J., Larson, E., Lynd, L., Pacala, S., Reilly, J., Searchinger, T., Somerville, C. and Williams, R. (2009). Beneficial biofuels: the food, energy, and environment trilemma. *Science* 325(5938), 270–271
- Tiwari, P.C. (2009). Sustainable land use for adaptation to long term impacts of climate change in Himalaya. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 6, 342007. doi:10.1088/1755-1307/6/4/342007
- Tollefson, J. (2011). Brazil revisits forest code. *Nature* 476, 259–260
- Toulmin, C., Borras, S., Bindraban, P., Mwangi, E. and Sauer, S. (2011). *Land Tenure and International Investments in Agriculture: A Report by the UN Committee on World Food Security High Level Panel of Experts*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Twilley, R.R. and Rivera-Monroy, V. (2009). Sediment and nutrient tradeoffs in restoring Mississippi River delta: restoration versus eutrophication. *Journal of Contemporary Water Research and Education* 14(1), 39–44
- UN (2000). *Millennium Development Goals*. <http://www.un.org/millenniumgoals/>
- UNCCD (2010). *Fostering Evidence-based Decision-Making in UNCCD Implementation: Initial Results from PRAIS Reports in 2010*. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn. <http://www.mediaterr.org/docactu,dW5pc2ZlcmEvZG9jcy9wcmFpcy1icmllZmluZ3BhcG VyMnJlc3VsdHM=,1.pdf>
- UNCCD (2007). *Follow-up to the Joint Inspection Unit Report and Strategy Development to Foster Implementation of the Convention. Situational Analysis*. ICCD/COP(8)/INF.5 Prepared by Unisféra International Centre (Unisféra, Canada) and Integrated Environmental Consultants Namibia (IECN), Namibia. <http://www.unccd.int/cop/officialdocs/cop8/pdf/inf5eng.pdf>
- UNCCD (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Especially in Africa*. <http://www.unccd.int/convention/text/pdf/conv-eng.pdf> and <http://www.unccd.int/convention/text/convention.php>
- UNEP (2011a). *European Commission and UNEP Announce New Partnership to Catalyze Green Economy: Support for Kenya's Mau Forest Restoration Project Spotlighted*. Press Release. United Nations Environment Programme, New York. <http://hqweb.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=659&ArticleID=6911&l=en&t=long>
- UNEP (2011b). *Green Economy Report: Towards a Green Economy – Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. United Nations Environment Programme, New York. <http://www.unep.org/greeneconomy/GreenEconomyReport/tabid/29846/Default.aspx>
- UNEP (2011c). *Keeping Track of our Changing Environment: from Rio to Rio+20 (1992–2012)*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2009a). *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*. International Panel for Sustainable Resource Management, United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2009b). (eds. Nellemann, C., MacDevette, M., Manders, T., Eickhout, B., Svihus, B., Prins, A.G. and Kaltenborn, B.P.). *The Environmental Food Crisis – The Environment's Role in Averting Future Food Crises*. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, Arendal
- UNEP (2007). *Global Environment Outlook GEO-4: Environment for Development*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP-WCMC (2011). *PRAIS Briefing Paper: 3. Lessons*. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. <http://www.unep-wcmc.org/medialibrary/2011/12/08/a2df8f9a/3.%20LESSONS.pdf>
- UNEP-WCMC (2010). *The Ramsar Convention on Wetlands and its Indicators of Effectiveness*. International Expert Workshop on the 2010 Biodiversity Indicators and Post-2010 Indicator Development. A workshop convened by the UNEP World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), in cooperation with the Convention on Biological Diversity (CBD), 6–8 July 2009. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge

- UN-REDD (2010). *Perspectives on REDD+*. United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries, Geneva
- USDA Foreign Agricultural Service (2011). *Indonesia Forest Moratorium 2011*. Global Agricultural Information Network Report Number ID1127. [http://www.usdaindonesia.org/public/uploaded/Indonesia%20Forest%20Moratorium\\_Jakarta\\_Indonesia\\_6-8-2011.pdf](http://www.usdaindonesia.org/public/uploaded/Indonesia%20Forest%20Moratorium_Jakarta_Indonesia_6-8-2011.pdf)
- US Government (2007). *Energy Independence and Security Act of 2007*. 110th Congress, USA
- USGS EROS (2010). U.S. Geological Survey - EROS Data Center 2010 <http://landsat.usgs.gov/index.php>
- van der Werf, G.R., Randerson, J.T., Giglio, L., Collatz, G.J., Mu, M., Kasibhatla, P.S., Morton, D.C., DeFries, R.S., Jin, Y. and van Leeuwen, T.T. (2010). Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997–2009). *Atmospheric Chemistry and Physics* 16153–16230
- van Hecken, G. and Bastiansen, J. (2010). Payments for ecosystem services in Nicaragua: do market-based approaches work? *Development and Change* 41(3), 421–444
- van Hecken, G., Bastiansen, J. and Vasquez, W.F. (2010). *Institutional Embeddedness of Local Willingness to Pay for Environmental Services: Evidence from Matiguás, Nicaragua*. IDPM-UA Discussion Paper 2010-04. Institute of Development Policy and Management, University of Antwerp
- Veron, S.R. and Paruelo, J.M. (2010). Desertification alters the response of vegetation to changes in precipitation. *Journal of Applied Ecology* 47(6), 1233–1241
- Verstraete, M., Scholes, R. and Stafford Smith, M. (2009). Climate and desertification: looking at an old problem through new lenses. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7(8), 421–428
- Walker, R. (1993). Deforestation and economic development. *Canadian Journal of Regional Science* XVI (3), 481–497
- Walker, D.A., Epstein, H.E., Reynolds, M.K., Kuss, P., Kopecky, M.A., Frost, G.V., Daniëls, F.J.A., Leibman, M.O., Moskalenko, N.G., Matyshak, G.V., Khitun, O.V., Khomutov, A.V., Forbes, B.C., Bhatt, U.S., Kade, A.N., Vonlanthen C.M. and Tichý, L. (2012). Environment, vegetation and greenness (NDVI) along the North America and Eurasia Arctic transects. *Environmental Research Letters* 7(1)
- Wang, M. and Overland, J.E. (2004). Detecting Arctic climate change using Köppen climate classification. *Climatic Change* 67, 43–62
- Wetlands International (2011). *Association and Foundation Wetlands International: annual plan and budget 2011*. Wetlands International, Wageningen
- White, B. and Dasgupta, A. (2010). Agrofuels capitalism: a view from political economy. *The Journal of Peasant Studies* 37(4), 593–607
- Wittemyer, G., Elsen, P., Bean, W.T., Burton, A.C. and Brashares, J.S. (2008). Accelerated human population growth at protected area edges. *Science* 321, 123–126
- Wood, A. and van Halsema, G.E. (eds.) (2008). *Scoping Agriculture-Wetland Interactions: Towards a Sustainable Multiple-Response Strategy*. FAO Water Report 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- World Bank (2010). *World Development Report 2010: Development and Climate Change*. The World Bank, Washington, DC
- WSSD (2002). *Johannesburg Plan of Implementation*. World Summit on Sustainable Development. [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/POIToc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm) [Accessed 20 May 2012]
- Wunder, S., Engel, S. and Pagiola, S. (2008). Taking stock: a comparative analysis of payments for environmental services programs in developed and developing countries. *Ecological Economics* 65, 834–852
- Zeza, A. and Tasciottia, L. (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy* 35(4), 265–273
- Zhou, L.M., Tucker, C.J., Kaufmann, R.K., Slayback, D., Shabanov, N.V. and Myneni, R.B. (2001). Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research – Atmospheres* 106, 20069–20083
- Zika, M. and Erb, K.H. (2009). The global loss of net primary production resulting from human-induced soil degradation in drylands. *Ecological Economics* 69, 310–318
- Zimov, S.A., Schuur, E.A.G. and Chapin, F.S. III (2006). Permafrost and the global carbon budget. *Science* 312, 1612–1613

# 水



**統括執筆責任者:** Erica Brown Gaddis, Paul Roger Glennie, Yi Huang and Walter Rast

**執筆責任者:** Magdi Abdelhamid, Maite Aldaya, Björn Alfthan, Peter Koefoed Bjørnsen, Mariele Evers, Gensuo Jia, Ljubomir Jeftic, Alioune Kane, Santiago Reyna and Judith Weis

**執筆協力者:** Hermanni Backer, Hans Günter Brauch, Eberhard Braune, Salif Diop, Carlo Giupponi, Sherry Heileman, Lawrence Hislop, Tiina Kurvits, Robin Mahon, Liana Talaue-McManus, Lisa Speer and Jaap van Woerden

**主科学査読者:** Úrsula Oswald Spring

**章編集者:** Salif Diop

# 主要メッセージ

すべての部門での水利用効率を増大させることが、あらゆる用途に対して持続可能な水資源を確かなものとする上で極めて重要である。人による水の需要は、利用効率の改善が不十分なまま増加しており、多くの地域で既に持続不可能になっている。それでも、効率の向上の余地はまだ残されている。例えば灌漑効率は、既存の技術を駆使するだけで、3分の1程度は向上できるだろう。地方レベルでは統合的な需給戦略が重要である。河川流域レベルではより効率的で公平な水の配分システムが必要である。もっと広域のレベルでは仮想水取引によって、いくつかの場所の水需要を抑制することができる。

生態系の必要水量を水配分システム内に組み込むという認識が、生命を支える生態系サービスを保護するのに役立つことになる。淡水と海洋の生態系サービスが人類の発展にとって決定的に重要であり、グリーン経済への移行に不可欠である。ところが、打ち出された計画目標が不適切であったり、データが不足していると、環境が必要とする水量が満たされているかを評価することが難しくなる。環境を含めた利水者間で、効率的に公平に水を配分するための、より良い方策や手法が必要である。国際的な公約を完全に実施すること、法律的拘束力のある協定を完全に執行すること、そして利水の慣行的秩序に十分配慮することによって、人と生態系にとって持続可能な水利用が促進される。

点源汚染と非点源汚染の両方を削減することが、生態系の健全性を増進し、かつ人に安全な水を提供するために欠かせない。多くの水域がまだ影響を受け、多くの新

たな汚染物質の影響がほとんど解明されていないけれども、いくつかの汚染物質の削減に1992年以降かなりの成果が見られた。都市や工場の廃水処理は、既存の技術で達成可能であるが、開発途上国においては特に、よりふさわしい規制制度や、基盤施設への投資や、能力向上が必要である。淡水と海洋の両システムの非点源汚染を減らすには、統合的な土地水管理や、利害関係者の参画が必要である。

水の供給と衛生設備の改善は、おそらく、水関連の死亡と疾病を世界的に削減するための、単独で最もコスト効率の良い手段である。水の供給に関するミレニアム開発目標（MDG）のターゲット（半減）は、2010年に達成されたが、2015年になってもまだ6億人以上が安全な飲料水を利用できないだろう。衛生に関するMDGターゲットについては、改善された衛生設備を持たない人々が現時点で25億人おり、おそらく達成されないだろう。そのことによって最も影響を受けるのは、貧しい農村の人々である。水の供給と衛生に関するMDGが達成されると、水関連の世界の疾病負荷は約10パーセント減るだろう。それには基盤施設への投資、能力向上、それに規制が必要であり、また水管理と水系感染症の予防のために女性の参画が極めて重要である。

極端現象と気候の変動性の増大に対処するには、水に関連する全部門にわたって気候に鋭敏に対応する政策が不可欠である。洪水と干ばつは、依然として毎年数十億ドルの損失を引き起こしている。気候変動は水の循環を変えつつあり、多くの地域で人の水安全保障だけでな

く淡水と海洋の生態系を脅かしつつある。外洋は、表面水の温度上昇と海面上昇となって現れている気候変動の影響を受けながらも、地球の気候と気象パターンを調節する重要な役割を果たしている。海洋の温度上昇と酸性化によって、熱帯サンゴ礁の生態系が脅かされ、2050年までには急激に縮小すると予想されている。気候変動の影響を緩和し適応するには、他の駆動要因や圧力の状況に合わせた検討が為されなければならない。エネルギー生産に関しては、人的なエネルギー必要量、水需要、生態系保護の間のトレードオフが必要になるだろう。

淡水資源や海洋資源に対して需要が増大していくベ-ースは、ガバナンスを向上させることによって、環境との適合が計られなければならない。淡水系は、国や大陸域の全域において、人的活動と土地管理を結び付けている。外洋は、世界の重要なコモンズ（共有物）であり、効果的な国際協力とガバナンスを必要としている。人と環境の多くの水問題は、政策や制度、財政、そして利害関係者に関わる問題などの不適切なガバナンスに起因する。これらの制約に対処するための統合的な管理の取り組みが成功するには、時間と資源が必要である。そしてそのアプローチには、部門間やガバナンスのレベルの間の政策や制度の統合強化、関連する協定や目標の実施および執行、モニタリングの改善、国や行政範囲の境界をまたいで生じている問題（越境問題）の解決が、必要である。利害関係者と民間企業を参画させ、ジェンダーに配慮することなどを取り入れた、望ましいガバナンスが、社会や環境の回復力と持続可能性を高める上でとても重要である。

# 序文

水圏生態系は自然の営みと人間の営みを統合する重要な働きをしている。淡水生態系と海洋生態系は、汚染物質の最終の受け皿であり、人の活動の環境への影響が最も鋭敏に表れる指標の一つである。それらの生態系は広く多種多様な生命（第5章）を支えており、人の生存と生活を直接または間接的に支援し持続させる重要な財とサービスを提供している。適切な品質を満たす淡水の十分な供給を受けることは、国連総会の清浄水と衛生に関する宣言によって、人の権利として認められている。

ミレニアム生態系評価(MA 2005)の中で明らかにされているように、淡水と海洋の生態系は、供給サービス（食料、水、繊維、燃料）、調整サービス（気候、水文、浄化）、文化的サービス（精神、レクリエーション）、基盤サービス（堆積物の輸送、栄養塩循環）など様々なサービスを提供する。そのような生態系サービスは、水、陸、生物多様性、大気が相互に結び付いた機能である。健全な水圏生態系は、財やサービスを提供するだけでなく、環境の変動または災害によるマイナスの影響に対するレジリエンスも高める。また水のシステムは、世界の主要な生物学的、地球化学的な循環を駆動させている。外洋は地球の気候と気象パターンを調整する重要な役割を果たしている。

本章は、水環境の中で、個別ではあるが互いに結び付いている水文要素として、淡水システムと海洋システムを取り扱う。また GEO-5 のハイレベル政府間諮問パネルと地域協議会によって選定された、多国間環境協定における主な水関連の目標の達成状況を評価する。GEO-5 の評価に使用される、駆動要因－圧力－状態－影響－対応（DPSIR）という枠組み(Stanners *et al.* 2007)に基づき、本章は、水環境の現状、傾向、影響に焦点を当て、必要に応じて駆動要因（第1章）、対応策（下巻の第2部と3部）、他の環境部門（第2、3、5、6章）に言及する。

淡水生態系の財とサービスは広大であるが、水紛争や多部門からの需要によって、多くの地域で資源の乱開発と汚染がもたらされた。水量と水質の問題を含む水利用の競合と、それが持続可能な水資源に及ぼす影響が、生態系に必要とされる水と併せて議論される。また本章は、多くの国で起きている不均等で非持続的な水の需要について取り上げる。陸上や海洋での活動からくる汚染（第6章）は、沿岸地域と外洋をだめにし続けている。水質変化の動向も議論される。ひどい乱獲が続いていることが、多くの魚種資源、特に海の魚種（第5章）に影響を与えている。

多くの予測される世界の気候変動の影響が、水循環の変化となって現れるだろう。気候変動が水環境にどう影響を与えるのか、干ばつと洪水の頻度、期間、程度の増大を含めて明らかにされる。予測される気候変動の影響とその不確実性が、多くのコミュニティの脆弱性と、適応の必要性を含めて議論される。



マングローブは、海洋生物の重要な繁殖地であり、かつ高潮や他の自然災害から沿岸地域を保護する © Jeremy Sterk

流域は、河川、湖沼、貯水池、湿地、地中の帯水層、下流の海洋システムなどの水系群が相互に連結した一つのグループとして成り立っているが、水管理計画を立てる際に、これらの相互の結びつきが考慮されていないことが多い。このことは重大な手落ちである。なぜならいくつかは非常に困難ではあるが、世界が複雑につながっている状況の中で、疾病と貧困、経済発展と持続可能な環境の保全といった人の健康と社会的懸念に同時に対処するには、多くの場合、環境と経済のトレードオフが求められるからである。多くの水に関する問題が、政策、制度、財政、またはその他ガバナンスの不備に起因しているため、本章は、多国間の環境協定にて認められた淡水と海洋の両方のガバナンスの要素についても考察する。水に関連する目標を達成する上で、重要な政策やデータの欠落箇所を特定し本章を終える。本章で取り上げた問題に対処するための政策オプションは、GEO-5 の第2部（下巻）の全体を通して取り組まれる。

## 国際的に合意された目標

UNEP の GEO-5 のすべての大陸域スコーピング協議において、淡水が優先課題として選ばれた。そしてその淡水の最も重要な目標として、ほとんどの大陸域が、ヨハネスブルグ実施計画の第26節(c) (Box 4.1) を選定し、いくつかの大陸域は、水の利用可能量の問題と、海洋の問題を選定した。地球規模のデータや特定のターゲットが欠落しているために、制限はあるものの、水に関連する多国間の環境協定がどの程度まで取り組まれてきたのかを示すことが、本章の焦点である。

目標の選定は、1992年の国連環境開発会議（UNCED）以降とそれ以前の政府間協力について説明するに当たって、その政策の妥当性と機能に基づいて行われた（表4.1）。

### Box 4.1 ヨハネスブルグ実施計画の第26節(c)

水資源のより効率的な利用、また競合する用途の間での水資源の有効な配分を、人の基本的な要求を充足することを優先しつつ、生態系とその機能の維持・再生のための必要（特に脆弱な生態系においては）と人の生活（飲料水の品質保全を含む）、工業、農業での要求を調和させながら行うこと。

出典: WSSD 2002

表 4.1 国際的に合意された水に関する目標とテーマ (選定されたもの)

国際的に合意された目標の主なテーマ		ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)**										ミレニアム開発目標(MDG)(UN 2000)*																		
		7*	25*	26**	30*	31*	32	40-45	1*	4	7*	55/2	国連海洋法条約(UNCLOS 1982)**	海洋汚染に関するロンドン条約(1972)*海	洋汚染に関するマルポール条約(1973)	1992年ターゲット	愛知ターゲット	ラムサール湿地条約(1972)*	国際水路の非航行利用に関する条約(1997)	国連気候変動枠組み条約(UNFCCC 1992)	パラスト水管理条約(2004)	陸上活動からの海洋環境の保護に関する世界行動計画(GPA)(1995)	FAOの責任ある漁業(1995)*	国連公海漁業実施協定(2001)	小島嶼開発途上国の開発のためのバルバドス行動プログラム(1994)	水と持続可能な開発に関するダブリン原則(1992)	地域海条約と計画	多国間の淡水協定		
生態系	陸水生態系とそれらのサービスを保護し回復させる。	X	X				X			X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	海洋生態系とそれらのサービスを保護し回復させる。				X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	湿地を保全し、その管理を向上させる。					X	X								X	X	X	X									X	X	X	X
	環境が必要とする水を確保する。			X	X						X				X	X	X								X	X	X	X	X	X
人の幸福	水に関連する人の健康に危害を及ぼす要因を減らす。	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X			X		X	X				X	X	X	X	X	X	X
	改良された飲料水の供給への公平なアクセスを確保する。		X							X	X							X								X	X	X	X	X
	適切な持続可能な淡水の供給を確保する。	X	X				X			X	X							X							X	X	X	X	X	X
	水に関連する極端な事象の影響を緩和するための計画を策定する。			X														X							X					X
	気候変動による水環境への悪影響を緩和し、適応していく。			X											X			X							X					X
水利用の効率	水資源の利用効率を向上させる。			X			X				X							X							X	X	X	X	X	X
水質	淡水汚染を減らし制御する。	X	X	X			X	X	X	X					X	X	X			X				X	X	X	X	X	X	X
	海洋汚染を減らし制御する。			X	X	X					X	X	X	X	X	X			X	X		X		X	X	X	X	X	X	X
	下水の収集、処理、処分などを行う下水設備の普及率を向上させる。	X							X	X							X									X			X	
制度と法律の問題	水の経済的価値を認識する。																	X							X	X	X	X	X	X
	有効な法的枠組みと規制を開発し強化する。	X	X	X							X	X	X	X	X				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	制度の調整メカニズムを強化する。		X	X	X	X					X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
水資源管理	統合的な管理戦略と計画を開発し実施する。	X	X	X			X			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	適切なモニタリングシステム(国、大陸域、世界)を開発する。	X	X		X		X					X	X	X	X			X	X					X	X	X	X	X	X	X
	利害関係者が参加するように改善し、水管理にジェンダー(性)を組み入れる。	X					X	X																		X	X	X	X	X
	地下水の管理を向上させる。	X	X															X								X	X	X	X	X

注釈: JPOI、MDG、国連ミレニアム宣言の下の欄の数字は、特定の節、目標、または条項を表わす。

\*GEO-5の政府間のハイレベル諮問パネル(HLIAP)によって選定されたもの。 \*\*大陸域協議で選定されたもの。

# 現状と傾向

## 水不足

### 乏しい水資源をめぐる人間と環境の競合

水不足 (water scarcity) は、環境、人の健康、開発、エネルギー安全保障、世界の食料供給にとって、深刻で増大しつつある脅威である(Pereira *et al.* 2009)。生命維持のための財とサービスを提供している生態系 (第5章) は、適切なタイミングで適切な量と質の水 (環境流量) を必要とするなど、多くの要請を抱えている。本報告書では「青の水」の不足 (図4.1) という指標が用いられるが、それは「消費された地下水と地表水の合計量」を「環境流量を除いた後の人間のために利用できる持続可能な水量」で割った値である(Hoekstra and Mekonnen 2011)。水不足は、世界人口の5分の1が物理的な水不足の区域に住んでおり、人の水安全保障における重要な因子である (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture 2007)。

Falkenmark と Rockstrom(2004)は、生態系がその財とサービスを維持するために必要とする水量を、全利水量の 75% であるとし、直接的に人が使用する水量を全利水量の 25% と算定した。これらの計算には、「青の水」(地下水と地表水) と「緑の水」(土壌中に保持されている水) の両方が含まれている。水は、多くの場所で使われ過ぎていて、人と環境のニーズの両方にとって、不足する資源となっている (Gleick and Palaniappan 2010)。39 億人が住む世界の主要な 424 の河川流域での研究では、必要な環境流量が 223 の流域において満たされず、その流域の 26 億 7000 万人が、年間の少なくとも 1 か月間は厳しい水不足の状況に置かれている (図 4.1) (Hoekstra and Mekonnen 2011)。乾燥地帯であるアフリカ

### Box 4.2 水不足

#### 目標

環境が必要とする水を確保する。  
湿地を保全し、その管理を向上させる。

#### 指標

青の水不足 (blue water scarcity)

#### 世界の傾向

悪化している。

#### 最も脆弱なコミュニティ

生態系サービスに大きく依存する貧しいコミュニティ

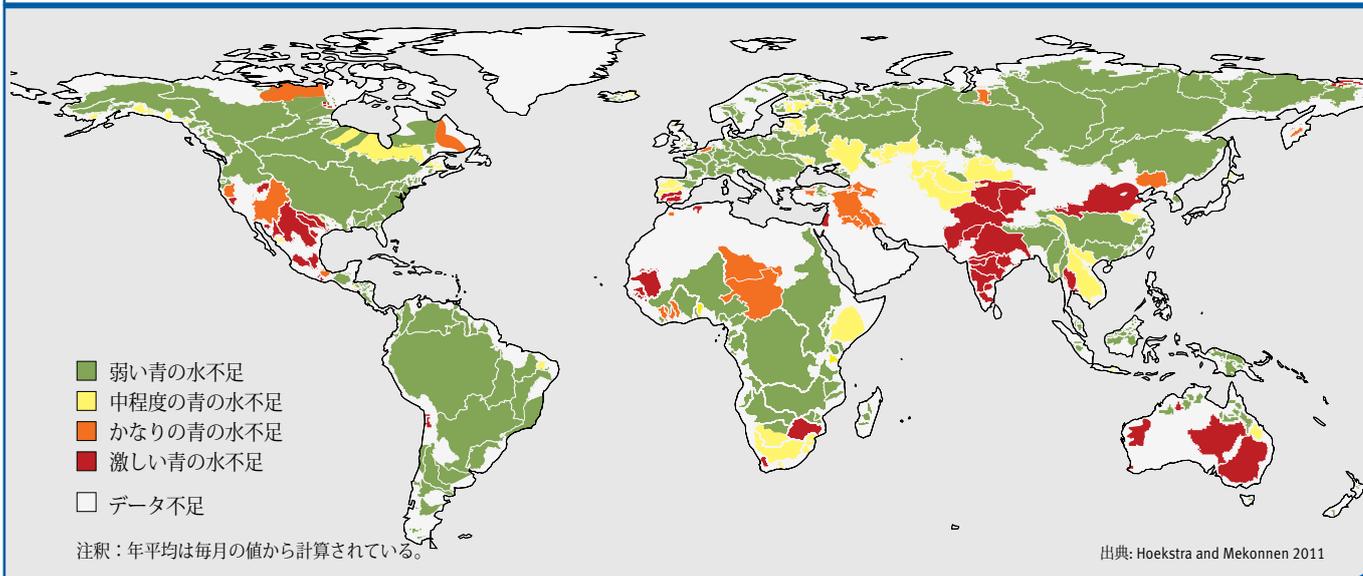
#### 最も懸念される地域

西アジア、南アジア、中央アメリカ、オーストラリア

北部と中東はこの分析に含まれていないが、それ以外の地域のデータから、これらの地域で取水される再生可能な水の割合は全利水量の 50~75% を超過していて、環境流量が少ししか残らないことが示されている (FAO 2008)。

ヨハネスブルグ実施計画の中の多くの目標は、海洋と沿岸の生態系の重要性を認めているが (WSSD 2002)、正当な水の利用者である陸水生態系を支えるための水の必要性についての認識が乏しい (第5章)。多くの水界生態系が依然として危険な状況にあり、環境を正当な水の利用者であると正式に認める重要性が高まりつつあるが、その認識は実際にはまだ比較的小さな規模に留まっている (Garrick *et al.* 2009)。

図 4.1 主な河川流域での水不足、1996~2005年の年平均



## 水需要

全世界の取水量は、富と消費のレベルが高まり、成長していく人口による需要を満たすために、過去50年で3倍になった。この間、水の供給は比較的一定していたのに対して、需要は今や多くの地域で、持続可能な供給を上回っていて、厳しい長期的な影響が予想される(2030 Water Resources Group 2009)。利用された地下水と地表水が同じ流域内で再利用できない場合、人が消費できる青の水の惑星限界は、年間4,000km<sup>3</sup>であると推定されているが、現在の青の水の消費量は推定で年間およそ2,600 km<sup>3</sup>である。したがって、予測される水需要は、今後数十年で惑星限界に到達する可能性がある(Rockstrom *et al.* 2009)。

農業、工業、そして生活用の取水量は、着実に増加している。農業は、世界的に群を抜いて最も多く水を使用している(図4.2)。農業目的の取水は、長期にわたる過剰な灌漑取水によるためと、帯水層開発や大規模導水プロジェクトに依存していることから明らかなように、多くの地域で持続不可能である(MA 2005)。これらの取水は、増加し続けると予想されるので、水界生態系に対して一層の制約をかけることになる。それは、水界生態系も、その健全な状態の保持のために、適切な量と質とタイミングの水を必要としているからである。

多くのコミュニティが、農業や生活のための用水需要を満た

### Box 4.3 水の需要

#### 目標

適切な持続可能な淡水の供給を確保する。

#### 指標

取水量、地下水の取水量、正味の水フットプリント

#### 世界の傾向

悪化している。

#### 最も脆弱なコミュニティ

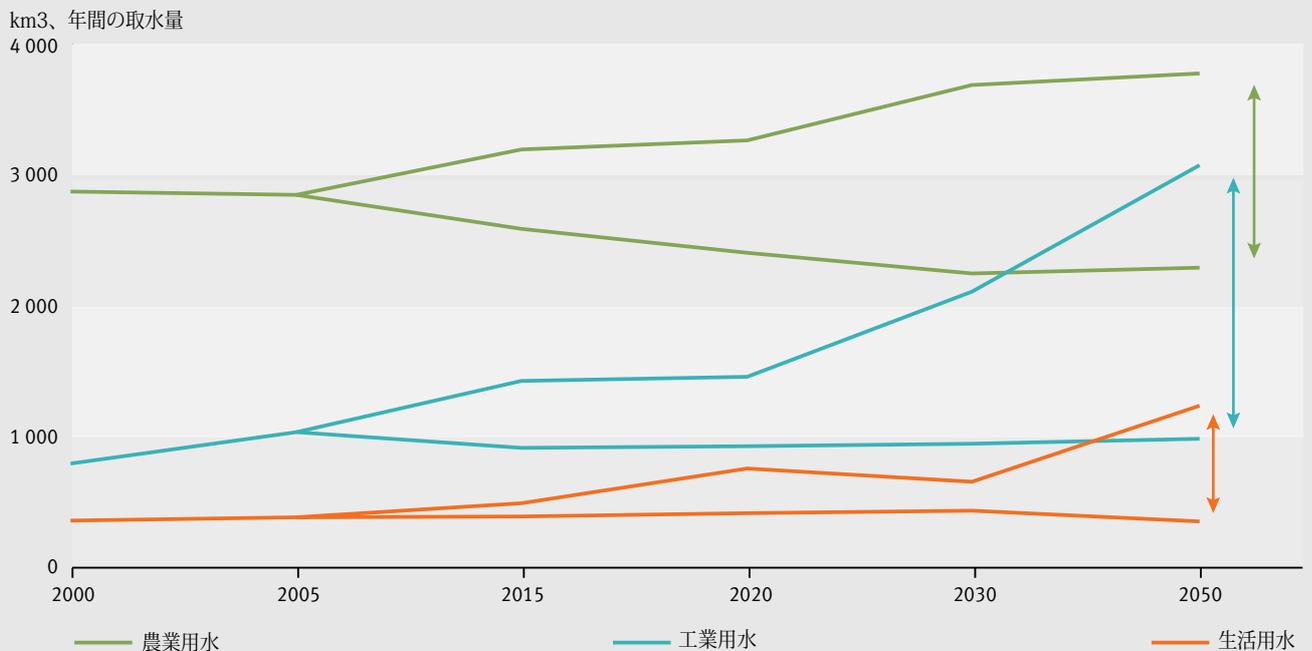
水需要が増加している開発途上国、  
地下水による灌漑農業に依存するコミュニティ

#### 最も懸念される地域

地下水取水：アジア太平洋地域、北アメリカの一部  
水フットプリント：北アメリカ、中南米およびカリブ諸国、  
ヨーロッパ

すために、持続不可能な地下水からの取水(帯水層開発)に依存していて、そのことが、さらに多くの地域の水安全保障を脅かしている。1960年から2000年の間に、全世界での地下

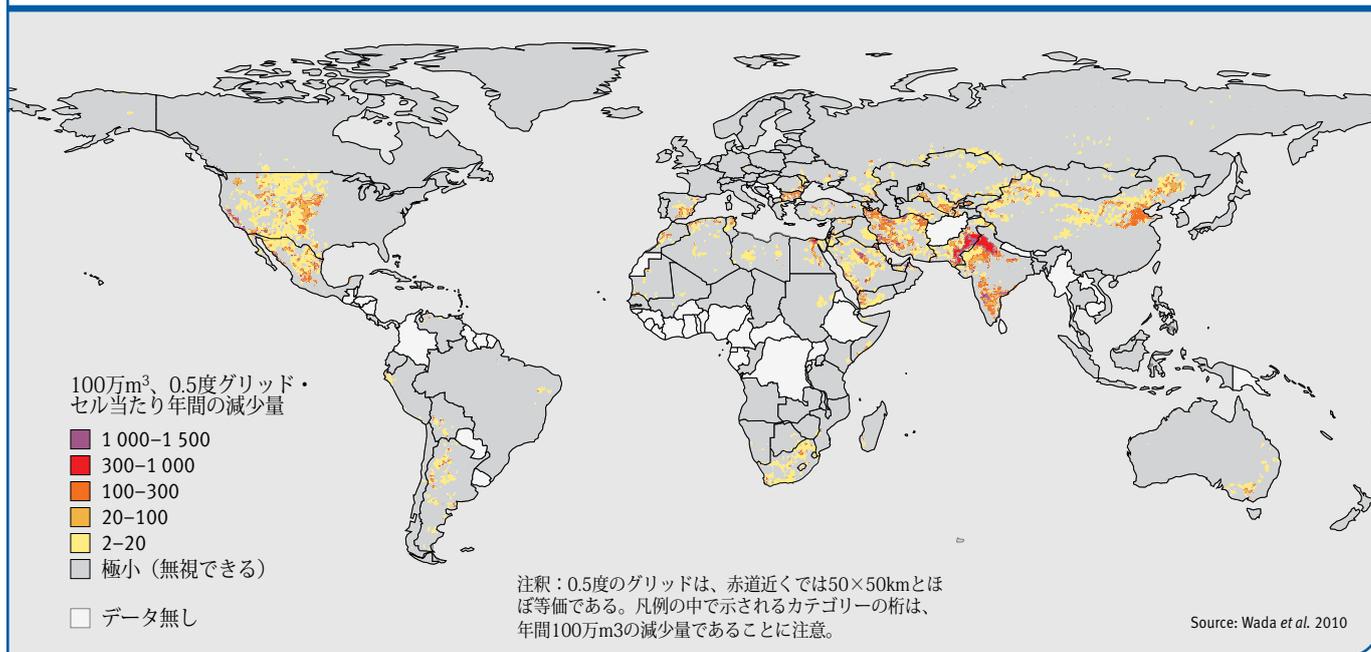
図4.2 部門別の取水量と将来予測、2000~2050年



注釈：グラフは、3つの異なるグループのシナリオ（ミレニアム生態系評価、GEO-4、OECD）を含み、各5年の区間での最大値と最小値の範囲を示す。

出典：CESR, University of Kassel, Germany; Alcamo *et al.* 2005a, 2005b (MA scenarios); Rothman *et al.* 2007 (GEO-4 scenarios); Bakkes *et al.* 2008 and OECD 2008 (OECD scenarios)

図 4.3 世界の年間の地下水の減少量、2000年



水取水が、年間 312 km<sup>3</sup> から 734km<sup>3</sup> に増加し、その結果、地下水の減少量が 126 km<sup>3</sup> から 283 km<sup>3</sup> に増加した(Wada *et al.* 2010)。世界的に重要な農業の中心地の多くは、特に、北西インド、中国東北部、北東パキスタン、カリフォルニアのセントラル・バレー、アメリカ西部などは、地下水に依存している (図 4.3) (Wada *et al.* 2010)。

取水された水の多くは、排水または灌漑の還元水となって戻されるので、すべての取水が消費されるわけではない。また天水農業は、直接的な取水を伴わないが、重要な人による水利用である。世界の 1 人当たり水消費量は、水フットプリントによって計測すると、年間平均 1,387 m<sup>3</sup> である。北アメリカの一人当たり水フットプリントは、年間 2,798 m<sup>3</sup> で最も多く、その一方でアジア太平洋地域は、1,156 m<sup>3</sup> で最も少ない (図 4.4)。全世界の水フットプリントのうち、74%は土壌中に保持された雨水 (緑の水) で、11%は消費に供される表面水と地下水 (青の水) で、15%はすべての発生源からの汚染を希釈するために必要となる淡水 (水フットプリントの用語で「灰色の水」と呼ばれる) である。農業が世界全体の水フットプリントの 92% を占め、家畜とその関連生産物だけで 27% (第 1 章) を占める (Mekonnen and Hoekstra 2011)。

### 水利用効率と仮想水取引

水が継続的に再生補充される水量はほぼ一定であるので、水不足への対策は、水の利用効率の向上と、消費される水使用を削減して水需要を減らすことにほぼ依存する。環境用水を含めて、全てのユーザーの需要を連動して検討しなければならない。

いくつかの大陸域では、全部門で手法や技術の改良によって利用効率が向上したけれども、生態系への影響と生態系の財やサービスへの影響を最小限にしなが、増大していく世界人口の幸福を確保するために一層改良する必要性があり、その実現の可能性はある。

人口の増大と食生活の変化 (第 1 章) に対処するためには、2050 年までに、およそ 70% 多くの食料が必要とされるだろう



スプリンクラー灌漑システムは湛水システムより通常効率的である。© Pgiam/iStock

### Box 4.4 水利用の効率

#### 目標

水資源の効率的な使用を向上させる。

#### 指標

灌漑効率；正味の仮想水取引

#### 世界の傾向

ある程度の進展。

#### 最も脆弱なコミュニティ

乾燥地域において灌漑農業に依存している人々；正味の仮想水を輸出している国々の貧しいコミュニティ

#### 最も懸念される地域

西アジア、アジア太平洋地域、アフリカの各地、中央アメリカ

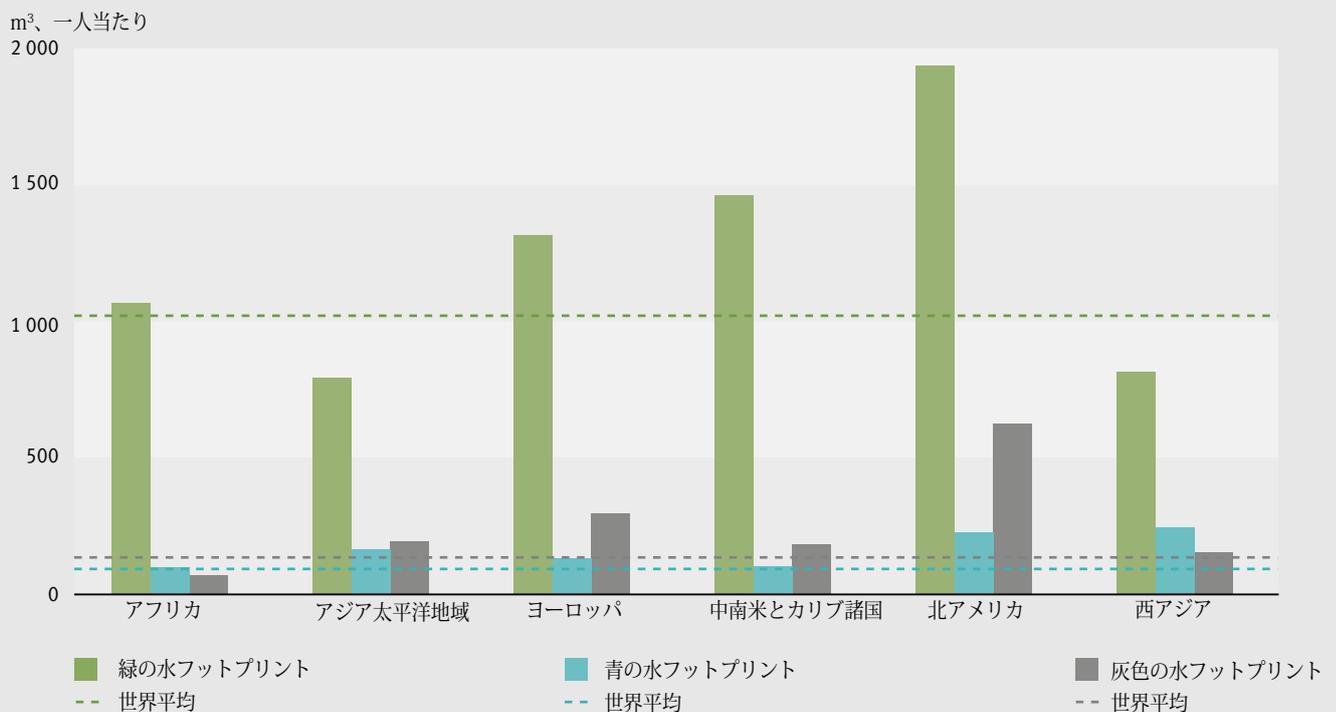
から、改良の必要性と可能性は農業部門（図 4.5）が最も大きい(Boelee 2011)。灌漑における灌水、送水、配水、管理、の改善によって、およそ 35～75%あるいはそれ以上に、水が作物に到達するまでの水の全システムの効率を上げることができる(Rohwer *et al.* 2007)。農業用水の利用効率に関わるより幅広い戦略としては、土地水管理と再利用などがあるが(Ali

2010)、農場を超えての食料供給チェーンにおいても、より多くの水の効率化が可能である。

工業や生活での水利用効率の全体的な状態と傾向を評価するには、グローバルなデータが足りない。それでも、特に大規模な取水がなされているところや、急速な都市化が起きているところでは、工業部門や生活部門に著しい改善のチャンスがある（第 1 章）。また持続可能で、公平で、経済的な水使用を確保するには、河川流域レベルで、水の分配を効率化することが必要である。

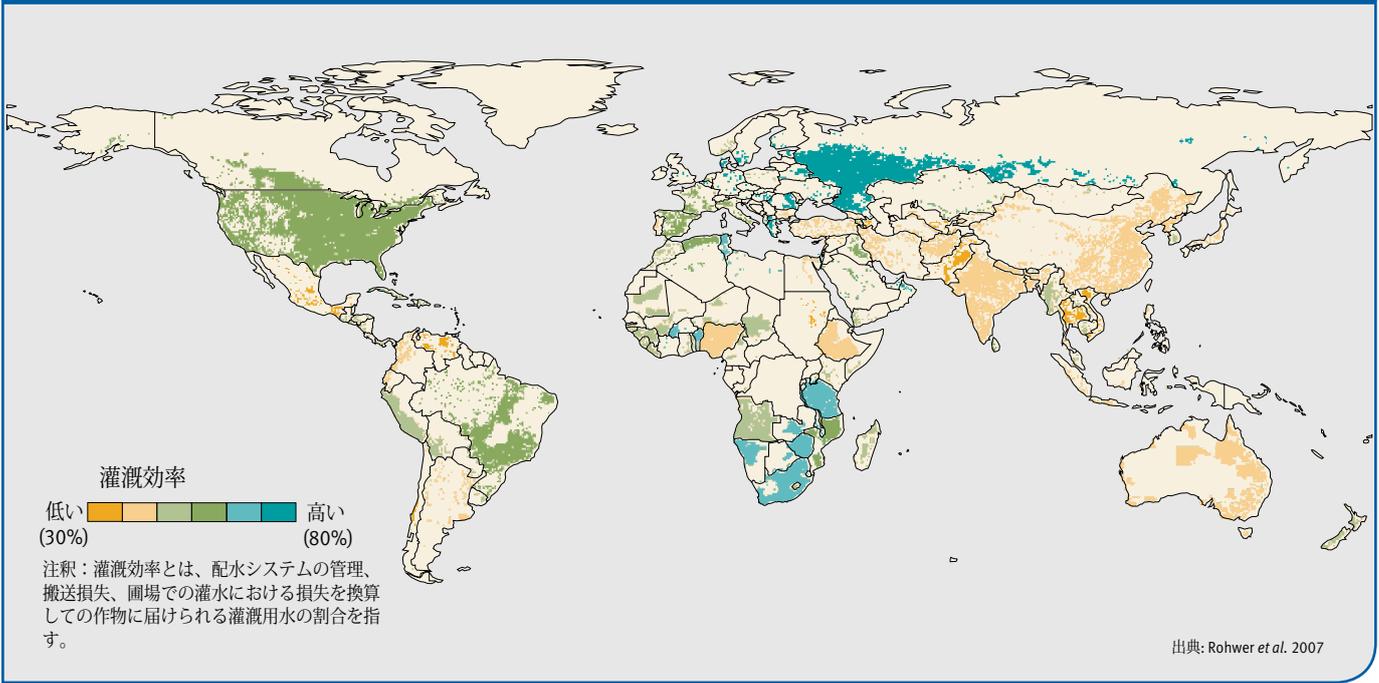
国、大陸域、そして世界規模での、仮想水取引（農作物から工業製品に及ぶ、取り引きされた生産物に組み込まれた水）は、特定の地域で一定量の水を使用することの比較優位を生かすことによって、全体的な効率を向上させるツールになり得る。世界の水フットプリントのおよそ 5 分の 1 は、輸出向けの生産と関係がある（図 4.6）。農業と工業製品に対する世界の仮想水取引は、1996 年から 2005 年にかけて年間合計 2,320 km<sup>3</sup> で、そのうち農作物が 76%、畜産物と工業製品が共に 12%であった(Mekonnen and Hoekstra 2011)。仮想水取引は、効率的に水を再分配することができ、また消費による影響と生産による影響とが分離されることに、部分的に対処する役割も果たすことができる（第 3 章）。例えば、水が乏しい流域や国や大陸域では、乏しい水資源をより貴重な目的のために温存して

図 4.4 世界と大陸域の年間の水フットプリント、1996～2005年



出典: Mekonnen and Hoekstra 2011

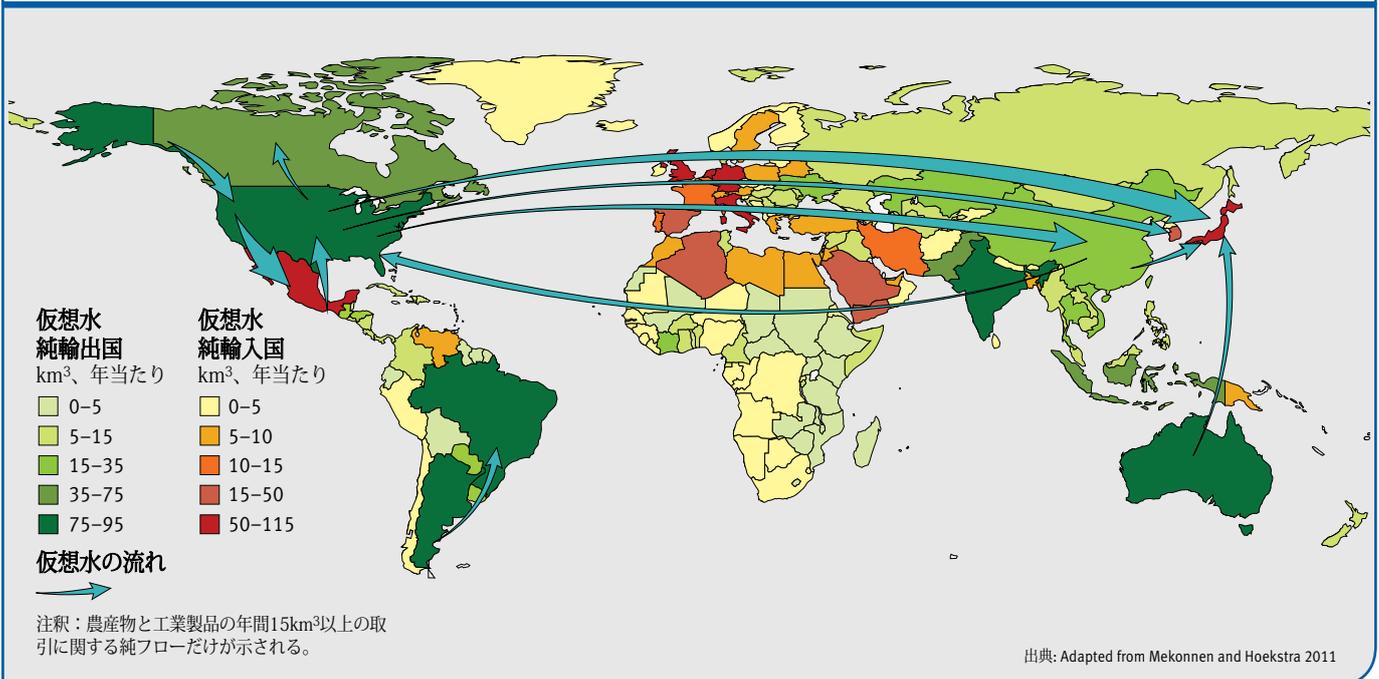
図 4.5 世界の灌漑効率、2000年



において、水集約的な産物を取引を通じて輸入することができる。しかし、特に、強い経済的な駆動要因によって商品の輸出が促進されている場合には、基本である地方ニーズよりも商品の水ニーズが優先され、純輸出国において水資源の乱開発が引き起

こされる場合がある（第1章）。またもう一つの特性は、中央ヨーロッパの場合のように、いくつかの純輸入国が、豊富な水供給量を持っている一方で、オーストラリアや南アジアのようないくつかの仮想水の純輸出国が、水不足の状態になることである。

図 4.6 世界をめぐる仮想水の輸入と輸出とその流れ、1996～2005年



## 流況の変動

### 極端現象：洪水と干ばつ

1980年代以降に、10人以上の人々が亡くなったり、100人が被災したり、非常事態が宣言される場合や、国際的な援助が要請される場合(EM-DAT 2011)など、災害として分類される洪水や干ばつが増加して、影響を受ける面積や人の数と被害程度が大きくなっている(EM-DAT 2011; Rosenfeld *et al.* 2008; Kleinen and Petschel-Held 2007)。河川の人工水路化、氾濫原の損失、特に沿岸地域における都市化、土地利用の変化が、洪水や干ばつの影響を増大させると共に、影響に対する脆弱性も大きくしている主な要因である(第1章)。影響を被る人々の数や被害の総数が著しく変化するので、確信を持って傾向を特定することが困難になりつつある(Lugeri 2010)。脆弱性は、極端現象を予想し対応するための準備や能力によって左右される。突然発生する災害(洪水)や、徐々に広がる災害(干ばつ)に対処するための準備の度合いは、地域によって異なる(IOM 2010)。

洪水は、毎年、人命の損失と何十億ドルの被害を引き起こしているが(図4.7)、先進国においては、金融上の評価額が高いことや、資産保険による損害補償額が高いために、より大きな経済損失を伴うことになる。1980年代から2000年代の間に、洪水災害の発生数が230%上昇し、被害レベルを増大させることになった(図4.7)(EM-DAT 2011)。さらに、洪水にさらされる人々の数が114%増加した(UNISDR 2011)。例えば、1970年から2008年の間の自然災害に関係した死者の95%以上が、開発途上国で発生しており(IPCC 2011)、南アジアと東アジアの政府は災害に対する備えのレベルを上げた

### Box 4.5 極端現象

#### 目標

水に関連する極端現象の影響を緩和するための計画を開発する。

#### 指標

洪水と干ばつによって影響を受けた人々の数；  
洪水と干ばつによる被害総計

#### 世界の傾向

いくつかの年または地域で、ますますの進展があり、その他では悪化する状況にある。

#### 最も脆弱なコミュニティ

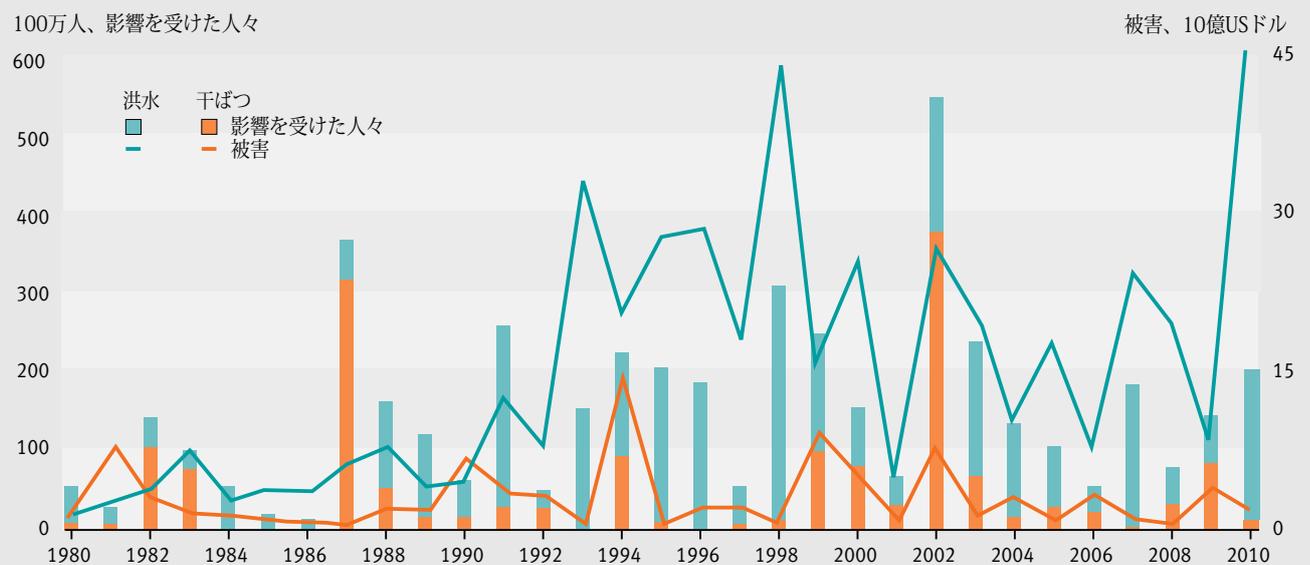
三角州、低平地、河川の氾濫原の中の開発地、島、排水設備の不十分な都市部は、洪水に弱い；天水農業に直に依存するコミュニティは、干ばつに弱い。

#### 最も懸念される地域

洪水に対しては、東南アジア、北アメリカ(ミシシッピ流域)、中南米(アマゾン流域)；  
干ばつに対しては、小島嶼開発途上国(SIDS)、西アジア、アフリカ北部と西、オーストラリア、南アジアと中央アジア

が、そのような極端現象に対処するコミュニティの能力が、社会的な能力不足と洪水の深刻化のために弱まりつつある(Osti *et al.* 2011)。将来に目を向けると、北半球と赤道域で、降水強度がより高くなることが予測され、また既に乾燥した地域や

図4.7 洪水と干ばつによって影響を受けた人々と関連する被害、1980～2010年



注釈：2011年のタイとパキスタンにおける大洪水のコストは、ここに含まれていない。

出典：EM-DAT 2011

半乾燥地域の多くでは、より乾燥することが予想される(IPCC 2007a)。

干ばつ災害の数が 1980 年代と 2000 年代の間に 38% 上昇し、その影響を被った人々の数が増加し、関連する被害も増加した(EM-DAT 2011)。干ばつは、ミレニアム開発目標(MDG)の達成を妨げ、持続可能な社会経済の発展を分断させ、さらに生態系にストレスを及ぼす。世界の作物生産のおよそ 70% を占める天水作物に依存している地域社会は、多くの場合、国際援助以外には、代替となる食料資源をほとんど持っていない(Portmann *et al.* 2010)。このことは、東アフリカで進行中の厳しい干ばつによって実証され、また中南米、アフリカ、東南アジアにおける純一次生産量の減少によっても実証されている(Zhao and Running 2010)。また干ばつは、灌漑に影響を与え、特に気候変動の状況の中で、とりわけ脆弱な乾燥地域と半乾燥地域で、水資源の争いを悪化させる可能性がある。

### ダムと河川分断化

ダムの建設と河川の制御は、洪水を防ぎ、信頼できる水供給と水力発電による電力を提供して、人類に大きな恩恵をもたらす。しかしまた、ダムは、流路を分断し流れを調整することによって、生態系プロセスを変化させ、水生生物の、特に移動性の種に作用して、生態系に有害な影響を及ぼすことがある。環境流量を確保し、かつ魚道を保持するかまたは創設して、既存のダム管理を改善することが、両者の競合を緩和するために重要である。しかし多くの場合、そうした方策は、改善策として十分なものとなっていない(Gleick 2003)。新しいダムの設計と配置と操作によって環境影響を最小にしていくには、精緻なトレードオフ分析が必要である(Matthews *et al.* 2011)。

### Box 4.6 ダムと河川分断化

#### 目標

適切で持続可能な淡水の供給を確保する。  
水に関連する人の健康被害を削減する(洪水防止)。陸水生態系とそれらのサービスを保護し回復させる(多くの場合は対立的である)。

#### 指標

ダムの密度

#### 世界の傾向

ダムの密度は増加している。持続可能な淡水を適切に供給することに、ある程度の進展が見られる。陸水生態系とそれらのサービスは劣化している。

#### 最も脆弱なコミュニティ

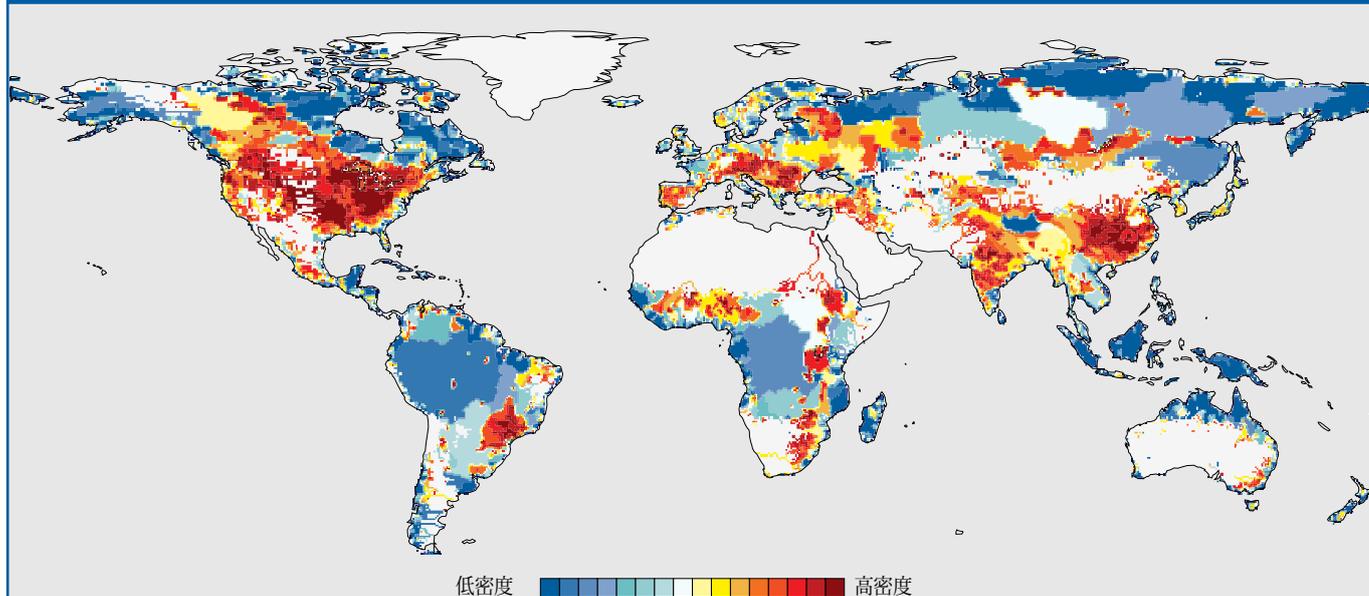
ダム建設によって立ち退かされた人々。  
水の供給をダムに依存する人々。

#### 最も懸念される地域

開発途上国、アジア、アフリカ南部

より適した場所にダムがすでに建設済みであったり、最近の法令や公共の圧力がダム建設を認めないために、先進地域における建設は減速してはいるが、ダムの密度は工業先進国が最も高い(図 4.8)。しかし一方、多くの開発途上国では、水と電気の供給を確保するためにダムが次々に建設されている。この

図 4.8 世界の中規模から大規模なダムの密度



出典: Vörösmarty *et al.* 2010

傾向は続きそうであり（第1章）、ダムの計画は、気候変動によって予想される何らかの流量変化の増大を考慮すべきである。

## 淡水と海水の質

### 地下水汚染

世界中の地下水は、農業や都市部からの汚染、固形廃棄物、現場での廃水処理、油やガスの抽出と精製、採鉱、製造工業、ならびにその他の工業汚染源、によって脅威にさらされている。



採鉱や鉱物の抽出は、河川の水位や地下水位を著しく低下させることがある。© BanksPhotos/iStock

#### Box 4.7 地下水汚染

##### 目標

地下水汚染の影響を緩和する。

##### 指標

ヒ素、硝酸塩、塩化

##### 世界の傾向

いくつかの区域で非常にわずかな進展。その他は悪化している。

##### 最も脆弱なコミュニティ

下水設備が不適切な急速に都市化している区域の人々。

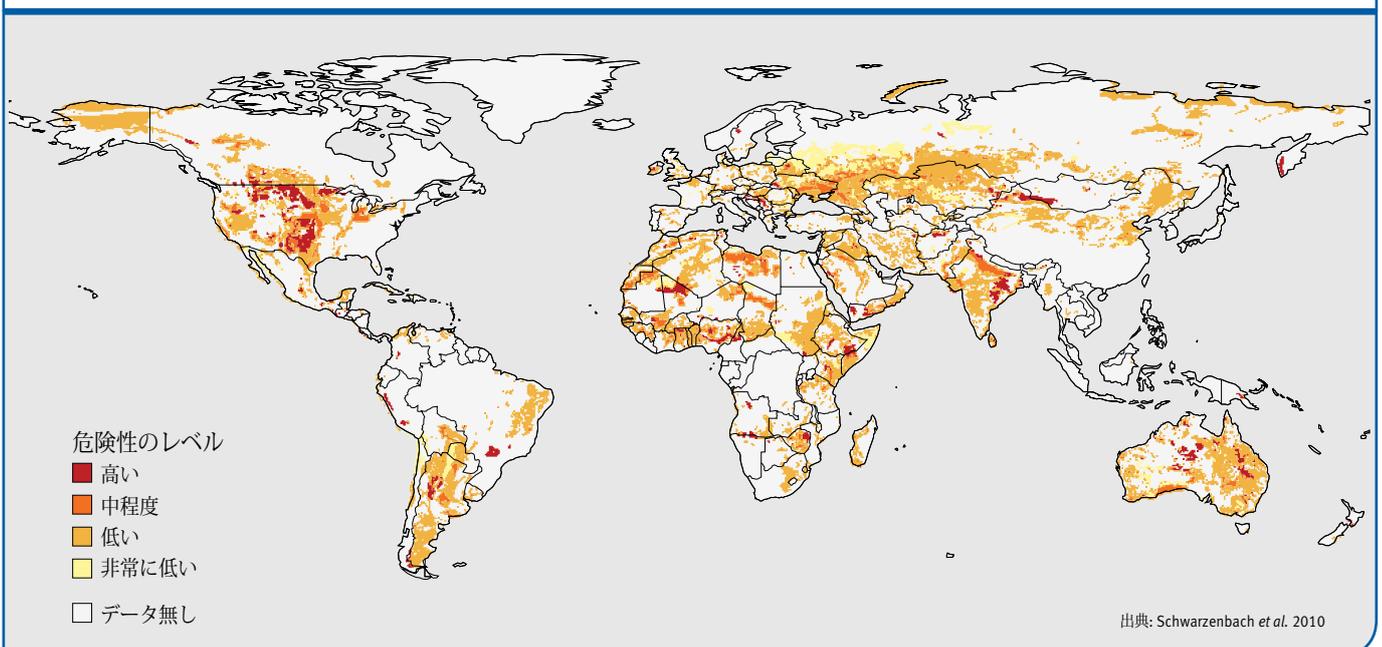
##### 最も懸念される地域

ヒ素は、バングラデシュ、インド、東南アジアにおける人口密度の高い三角洲、北アメリカ、東ヨーロッパ、で特に懸念される。

その根本原因は、これらの活動に対する制御が不適切であることと、これらが地下の土壌や地層の持つ自然の浄化能力を超えていることである(Foster *et al.* 2006)。乱開発による帯水層の塩水化が、特に海岸地域で、とりわけ飲料水を地下水に依存する地域社会にとって、新たな深刻な懸念となっている。

地下水の硝酸塩濃度は、特に、急速に都市化されている区域、下水設備が不足している区域、農業用肥料の多量施用がなされている区域で高くなっている。地下水中の硝酸塩は、富栄養化をもたらし、人の健康に直接影響を及ぼす。自然発生のヒ素と、

図 4.9 水文地質状況に基づいて推定される飲料水中のヒ素の危険性



人の活動によって発生するヒ素の両方が、多くの国々で飲料水の品質を脅かしている（図 4.9）。元々地層に存在する発生源由来のヒ素で汚染された地下水によって、3,500 万～7,500 万の人々が影響を受けている。地表水汚染のために地下水を飲料水の源泉として開発したいくつかの地域で、こうした自然発生ヒ素に人々をさらす予想もしなかったことが起こっている（Schwarzenbach *et al.* 2010; Brunt *et al.* 2004）。

### 病原性の汚染

地表水と地下水の病原性の汚染は、多くの地域の人々の健康にとって重大な脅威であり、地域社会の多くで水処理コストを高める原因になっている。ほとんどの先進国では、下水を収集して処理しており、微生物汚染は過去数十年にわたって減少した。先進国とは対照的に、多くの開発途上国では、微生物病原体は、しばしば喫緊の水質問題となっている（図 4.10）。

人と動物の糞便が、水質汚染となる主要な病原体の源泉であることから、2015 年までに基本的な下水設備を持たない人口の割合を半減させるというミレニアム開発目標の 7c が達成されれば、その汚染を減らすことになるであろう。しかし、いくつかの地域ではかなりの進展が見られるものの、現時点で世界的にはこの目標に着実に向かっているとは言えない（図 4.11）。特にアフリカや南アジアの最も貧しい地域社会や個人

**Box 4.8 病原性の汚染**

**目標**  
 下水の収集、処理、処分を行う下水設備の普及率を向上させること；  
 淡水汚染と海洋汚染を削減し抑制すること。

**指標**  
 糞便由来の大腸菌濃度；  
 改良された下水設備を利用できない人々の数。

**世界の傾向**  
 ある程度の進展。

**最も脆弱なコミュニティ**  
 最も貧しい農村社会の大部分。

**最も懸念される地域**  
 アフリカ、南アジア、南太平洋。

にとって、依然として下水設備は改良されていない（WHO 2012）。ミレニアム開発目標の下水設備の目標が今後達成されたとしても、下水を収集して処理する施設の提供を伴うものでなければ、改良された衛生設備の利用の増加で、未処理の排水

図 4.10 主要都市の近くの川の糞便由来の大腸菌濃度（水媒介性の病原体の指標） 1990～2011年

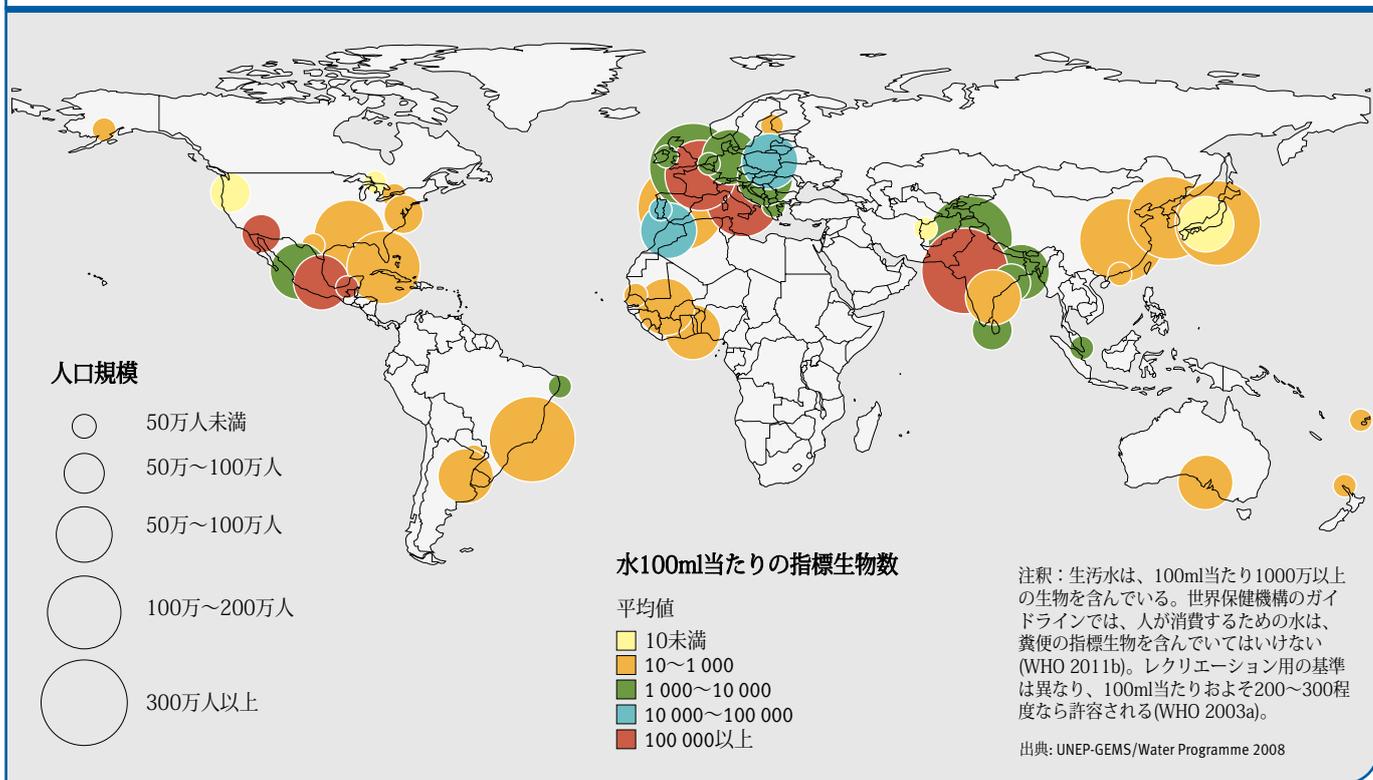
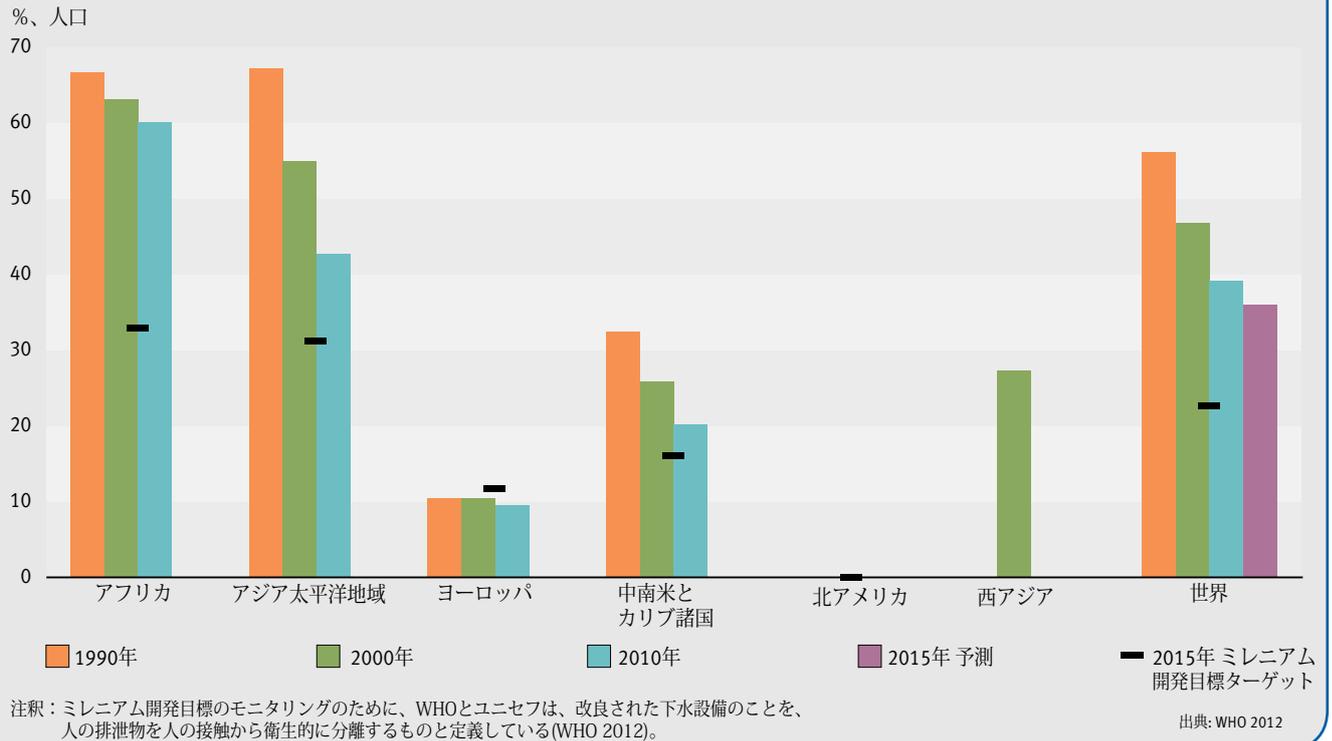


図 4.11 改良された下水設備を利用できない人口数とミレニアム開発目標ターゲットとの対比、1990～2015年



が水域に流れ込み、下流の水質をさらに低下させるという、意図しないマイナスの影響を招きかねない(Biswas and Tortajada 2011)。

### 栄養塩汚染と富栄養化

生活排水、畜産廃棄物、肥料、大気降下物、侵食由来の過度の栄養塩汚染による富栄養化は（第3章）、引き続き蔓延している水質問題である。多くの区域で排水処理は増えたが、農業

排水や都市排水、淡水系や海洋系への大気降下物、などの面源（非点源）由来の栄養塩負荷の軽減はほとんど進んでいない。地球規模の栄養塩循環の改変は、これらのプロセスに対する具体的な閾値がまだ明確になっていないわけではないが、海洋生態系および陸水生態系によって回復できる限界を超えて惑星限界に到達している可能性がある (Rockstrom *et al.* 2009)。

世界の河川の栄養塩流出は、1970年以降、およそ15%増加した。南アジアがその増加の少なくとも半分を占めている (Seitzinger *et al.* 2010)。1970年以降、湖沼における藻や大型水生植物の全発生量は74%増加した (Lewis 2011)。また1990年以降、富栄養状態になっている沿岸地域の数が劇的に増加した。激しい富栄養の状況の下では、アオコが低酸素状態を生み出すことがあり、その結果、湖沼では魚が死に、沿岸地域では酸欠海域が発生する。低酸素は、世界中の湖沼や河川、河口、沿岸地域において大きな影響を与える深刻化している問題になっている (Diaz *et al.* 2010; Rabalais *et al.* 2010; Diaz and Rosenberg 2008)。少なくとも169カ所の沿岸地域が、低酸素状態であると考えられており、特に東南アジア、ヨーロッパ、北アメリカ東部の周りの海で酸欠海域が広がっている (図 4.12)。そんな中で、13カ所の沿岸地域だけが、回復していて、そのほとんどが北アメリカとヨーロッパ北部である (Diaz *et al.* 2010; Rabalais *et al.* 2010)。リン負荷は横ばいになると予測されるが、世界の河川の窒素負荷は、南アジアを

### Box 4.9 栄養塩汚染と富栄養化

#### 目標

淡水汚染と海洋汚染の削減と制御。

#### 指標

海洋：海岸の酸欠海域の発症率；有害アオコの発生頻度と程度  
淡水：世界の川への窒素とリンの流出

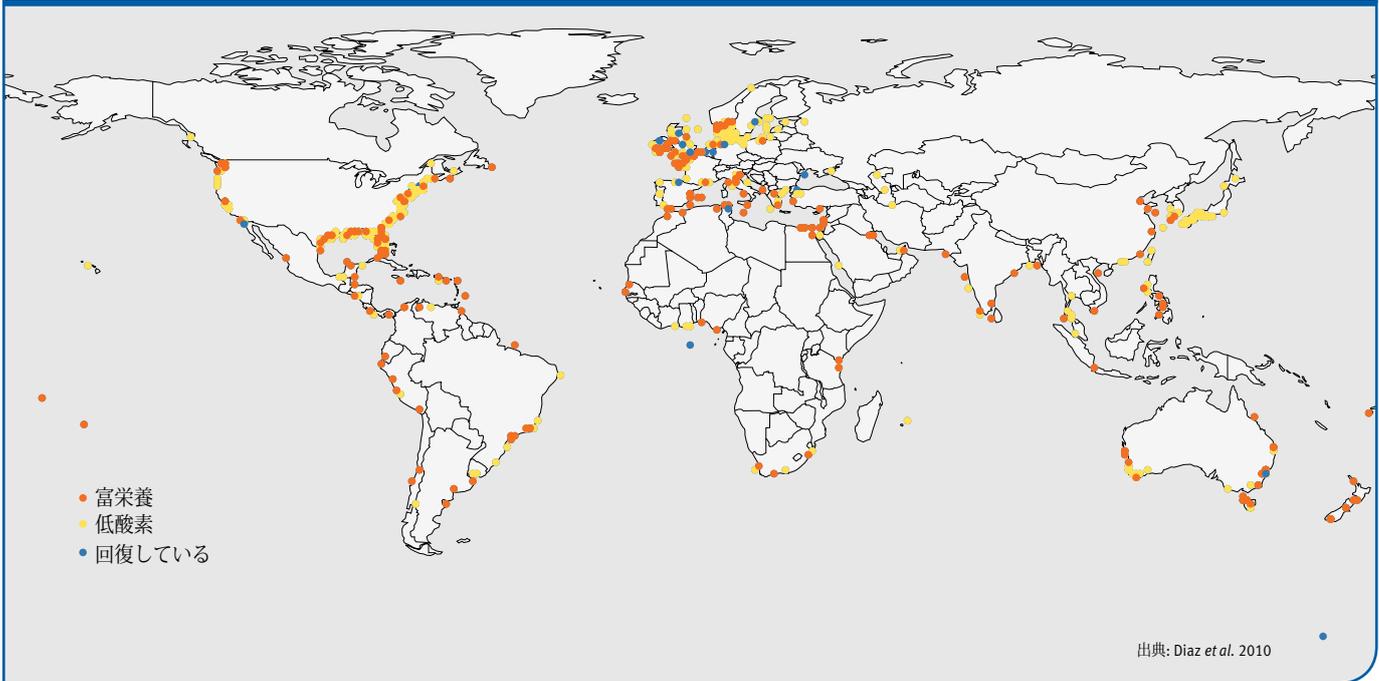
#### 世界の傾向

ほんの少しの進展あるいは悪化

#### 最も懸念される地域

東南アジア、ヨーロッパ、北アメリカ東部

図 4.12 世界の沿岸の低酸素地域と富栄養地域、2010年



中心に、2030 年までにさらに 5%増加するだろう(Seitzinger *et al.* 2010)。

また栄養塩は、淡水地域と沿岸地域において有害なアオコを引き起こし、そのいくつかは藻類毒素を放ち、人の健康(WHO 2003a)や、水生生物や、家畜に直接影響を及ぼすことがある。富栄養の水域で発見された有害な藻類毒素である、まひ性貝中毒の公表発生数は、1970 年の 20 回未満から、2009 年には 100 回以上にまで増加した(Anderson *et al.* 2010)。

### 海ゴミ

ごみは、固形廃棄物処理が不十分であることや、プラスチックの使用増加のために、世界中の海洋で発見される(UNEP 2009)。ごみは、野生生物、漁場、船に損害を与え、沿岸地域を汚染し、安全と人の健康に対してリスクを生じさせる。漂流・漂着ごみは、海岸の砂浜、大西洋や太平洋の海底(Galgani *et al.* 2000)、そして大きな海洋の渦の中に蓄積される(Law *et al.* 2010; Martinez *et al.* 2009)。

2005 年から 2007 年に調査された 12 の海のうち、南東太平洋、北太平洋、東アジア海、広域カリブ海の海岸は、最も多くの海ゴミを含んでおり(UNEP 2009)、カスピ海、地中海、紅海は最も少なかった。バルト海(HELCOM 2009)、北東大西洋(OSPAR 2009)、米国海岸線(Sheavly 2007)、北大西洋亜熱帯環流に関する地域研究では、1986 年から 2008 年の間のごみの量について、統計的に著しい変化は見られなかった。しかし、中部大西洋からのデータでは、1997 年から 2007 年の間に、陸上からのものと、発生源全般からの海ゴミに増加が見られた(Ribic *et al.* 2010)。

### Box 4.10 海ゴミ

#### 目標

海洋汚染を削減すること。

#### 指標

海岸線のごみのレベル；  
海底と海洋渦巻きの中のごみのレベル。

#### 世界の傾向

少しの進展か、もしくは全く進展がない。

#### 最も脆弱なコミュニティ

海岸沿いに住んでいる人々

#### 最も懸念される地域

不明

### 難分解性の有毒化学物質

毒性汚染物質には、カドミウムや鉛や水銀といった微量金属、ジクロロジフェニルトリクロロエタン(DDT)やクロルデコンのような農薬とそれらの副産物、工業用化学物質、ならびに燃焼副産物などがある。それらは、まだ多くの場所で使用されており、底質汚染として長く留まり、水システムに蓄積され続けるため、水域の 90%で発見されるまでになっている。汚染物質で最も懸念されるのは、難分解性で、有毒で、生物濃縮性が

### Box 4.11 有毒化学物質

#### 目標

海洋汚染と淡水汚染を削減すること。

#### 指標

補食性の魚類中の有機塩素化合物の濃度；北極大気中の残留性有機汚染物質の濃度。

#### 世界の傾向

ある程度の進展。

#### 最も脆弱なコミュニティ

海岸沿いに住む人々；食料を魚に依存する人々。

#### 最も懸念される地域

極地域

あるものである（第6章）。生物は、水、底質、食料から汚染物質を集積して、周辺環境中よりもはるかに高いレベルの汚染物質を、細胞組織に蓄える傾向がある。脂肪組織中のポリ塩化ビフェニル(PCB)あるいはDDT濃縮物のような有機塩素化合物は、長期間留まって、食物連鎖による生物濃縮を受け、頂点の捕食者において最も高濃度になる。

北極圏に蓄積する傾向がある(Hung *et al.* 2010)、多くの残留性有機汚染物質(POP)の濃度が、1990年代の初め以降、北極圏の大気サンプルで減少し続けている（第2章）。また、太平洋西部の12種の深海魚類の細胞組織中の、少なくとも3つの有機塩素系化学物質の濃度（図4.13）(Oshihoi *et al.*

2009)、ならびにサンフランシスコ湾の少なくとも4種の魚類の中のPCB濃度(Davis *et al.* 2003)が、1990年代中頃以降、下がり続けている（第6章）。

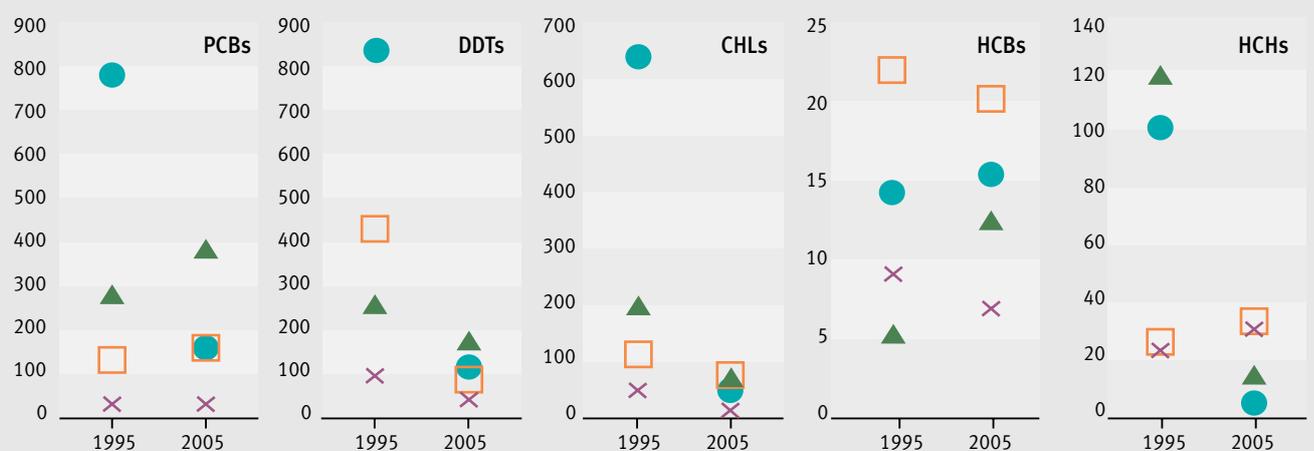
### 新たに出現している水質懸念

従来の毒性汚染物質は多くの工業地域で減少しているが、追加の汚染物質が新しい懸念を引き起こしている。例えば、一種のPOPであるポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDEs)のような防燃剤の使用が、ヨーロッパや北アメリカや日本において、過去30年にわたって指数関数的に増加した(Schwarzenbach *et al.* 2010)。また、使用後に、ほとんどの下水設備で取り除かれることなく環境に入り込む、薬剤やパーソナルケア製品に対する懸念が増大している。薬剤や内分泌腺かく乱化合物は、非常に低濃度であっても、生物学的作用を引き起こす可能性が明らかになっているが、水生生物や人間にとっての長期的な危険性については、ほとんど分かっていない(Schwarzenbach *et al.* 2010)。

ナノ粒子とマイクロプラスチックは、水に対する比較的新しい汚染物質（第6章）である。1~100ナノメートルの粒子（1ナノメートルは1メートルの10億分の1）が、現代の生活の中で次々に使用されるようになっていく。ナノエコトキシコロジーという新しい学問領域によって、水界生態系に及ぼすそれらの環境動態と潜在的影響が調べられている(Hasselov *et al.* 2008; Navarro *et al.* 2008)。マイクロプラスチックは、プラスチック製品の劣化から生じるもので、水生生物に蓄積する添加物を含んでいる可能性があり(GESAMP 2010; Ryan *et al.* 2009)、特に海洋システムの中では、それらの濃度が、世界のプラスチック消費の増加につれて高まると予想されている。現

図 4.13 特定の深海魚類での有機塩素汚染の傾向、1995年～2005年

ナノグラム、脂質重量1グラム当たり



PCBs = ポリ塩化ビフェニル

DDTs = ジクロロジフェニルトリクロロエタン

CHLs = クロルデン化合物

HCBs = ヘキサクロロベンゼン

HCHs = ヘキサクロロシクロヘキサン

注釈：サンプルは日本の沖合の太平洋西部から集められた。

出典：Oshihoi *et al.* 2009

#### Box 4.12 バラスト水と侵入生物種

生物学的汚染の一つの形態である侵入生物種は、水界生態系に対して大きな脅威を生み出し、甚大な環境被害と経済的被害を引き起こす場合がある。バラスト水は、世界中に種を送り届ける運び屋である。2004年のバラスト水条約は、持ち込みを減らすために一般的に行われる外洋でのバラスト交換と共に、管理計画の実施を要求した。多くの航路でこれを実施することは難しいので、デンマークとオーストラリアなどのいくつかの国々では、寄生微生物を殺すバラスト水処理を課す規制を設けた。

在ほとんど知られていないタイプの新たな汚染物質が、まがいがいなく継続して特定されていくだろう。新しくはないが、2011年の津波が日本の原子力発電所に損害を与えた後の水質汚染によって例証されるように、産業、医学、軍事、そして事故による放射性物質の放出が、再認識された懸念材料である。また侵襲性の外来種も、多くの沿岸地域における問題となっている（Box 4.12：第5章）。

## 分野横断的な問題 水の安全保障と人の健康

既に述べたように、水の地域間格差は、絶対的な利用可能水

#### Box 4.13 水の安全保障

##### 目標

持続可能な適切な淡水の供給を確保すること。

##### 指標

人の水安全保障上の脅威。

##### 世界の傾向

悪化している。

##### 最も脆弱なコミュニティ

水需要が増加している開発途上国。

##### 最も懸念される地域

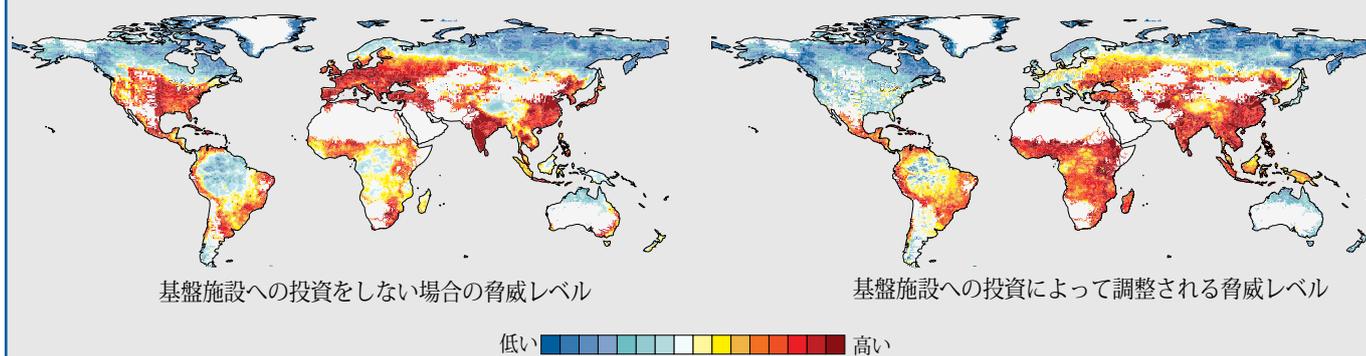
アフリカ、西アジア、アジア太平洋地域、中南米、カリブ諸国。

量と、基盤施設が不十分であることによってその利用可能水量が受ける制限の両方に関係している。これらはいずれも、人と環境が利用する水の範囲に影響を及ぼすことから、いずれも水質汚染に関わると共に、水の安全保障にも関わる。改善されているにもかかわらず、依然として適切な質と量の飲料水を利用できないでいることは、世界的な最大の人の健康問題の一つである。しかし、十分な水を供給できないのは、本質的には地域的な現象であって、流域レベルでの水不足、地域の水質、基盤施設とガバナンスの不適切さ、文化的視点や不公正な水価格によって、引き起こされている。



水の供給についてのミレニアム開発目標ターゲット（半減）は2011年に満たされたが、2015年に6億人以上が安全な水の供給を受けられないだろう。 © Kibae Park/UN Photo

図 4.14 基盤施設への投資をした場合と、しない場合の水安全保障への脅威、2000年



出典: Vorosmarty et al. 2010

## 水の安全保障

1992年のリオ地球サミット以降、水の安全保障の定義がいくつか提案されたが、いずれも誰もが受け入れるものとはなっていない(Oswald Spring and Brauch 2009)。定義が様々であれば、異なる基準による多くの指標をもたらすことになり、傾向データを導き出すことが困難になる。ハーグ閣僚宣言は、水の安全保障を、広く定義していて、水に関連するリスクと災害から脆弱なコミュニティを保護すると共に「健全で生産的な生活を送るための負担可能なコストで安全かつ十分な水」をすべての人が利用できるようにすることを目的として、淡水生態系と海洋生態系の保護と改善、持続可能な発展、政情の安定を含むと定義している (World Water Council 2000)。

世界人口の約 80%が、水の安全保障上の脅威の高い区域に住んでおり、それは 34 億人が関わる最も深刻な事態で、そのほとんどすべてが開発途上国である。ここでの水の安全保障上の脅威とは、23 の駆動要因が水資源に及ぼす影響の累積効果であり、流域の改変、汚染、水資源開発、生物要因に分類される(Vorosmarty et al. 2010)。今後数十年のうちに、より多くの人々が、気候変動で変化する降水パターンに加え、水需要の増大(第 1 章)による深刻な水ストレスを経験するだろう。

図 4.14 は、人類の水安全保障に対する世界的な脅威を明らかにしたもので、これまでと現行の基盤施設への投資による効果を加えた場合の脅威と、投資をしない場合の脅威を比較している。この図は、工業先進国においては、基盤施設により多く投資することで、水資源に対する様々な脅威が克服され、人類の水安全保障が強化される可能性を示す一方で(Vorosmarty et al. 2010)、開発途上国においては、投資が少ないと、水の安全保障は貧弱なままであることを示している。投資は、十分な制度面で能力開発と一体で為されなければならないし、また多くの場合、基盤施設の開発は、水生の生物多様性や環境の質を犠牲にして行われるので、投資による環境リスクが考慮され、適度に緩和されることが不可欠である。

## Box 4.14 改善された水へのアクセス

### 目標

改善された飲料水の供給を公平に利用できるようにすること。

### 指標

改善された飲料水源を持たない人口の割合；農村と都市の公平性。

### 世界の傾向

改善された水の供給にかなりの進展；農村と都市の公平性にまずまずの進展。

### 最も脆弱なコミュニティ

開発途上国と農村地域における貧困層。

### 最も懸念される大陸域

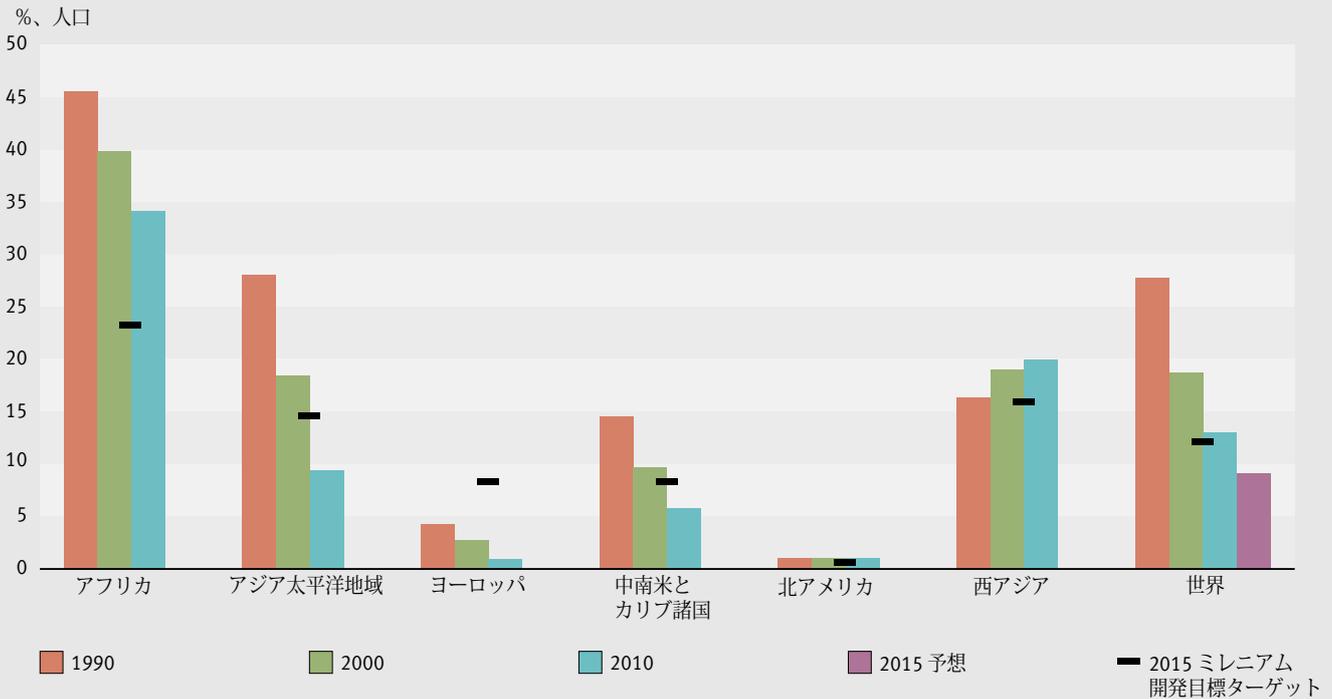
南太平洋のサブ大陸域；アフリカのほとんど、特にインド洋西部のサブ大陸域

## 改善された飲料水の公平な利用

水の安全保障が世界の多くの地域で、ますます問題となっているが、改善された飲料水の利用には、1990 年以降、大幅な進展があった。しかし、アフリカのほとんどや、その他の開発途上国の農村区域など、いくつかの地域では、まだ改善された飲料水源を利用できていない(UNDESA 2010)。国連総会は、2010 年 7 月に上水と下水設備を利用することは人の権利であると宣言したが、その権利は、まだ多くの国々で認識されておらず、また適用されていない。

最近のデータによれば、ミレニアム開発目標の飲料水ターゲットが 2010 年に達成された(図 4.15)。しかし、この改善には見過ごせない不公平がある。2010 年に、都市部で、改善された飲料水を利用できない人々は 4% だけになったが、農村区

図 4.15 改善された飲料水を利用できない人々の数、1990～2015年



注釈：WHO/ユニセフによって定義されるように、改善された飲料水源とは、その構造によって、あるいは積極的な手だてによって、外部の汚染、とりわけ糞便から保護されている水源である。

出典：WHO 2012

域では居住者の 19%が利用できていない。ミレニアム開発目標 7c の達成に向けた進展は、劣悪な水質や水不足を克服するための技術や基盤施設の使用が増大したことによるものである (WHO 2012)。

### 水に関連する疾病

世界保健機構(WHO)によって定義されている水に関連する疾病には、飲料水中の微生物と化学物質によって引き起こされる次のようなものがある。その媒介生物が水中でその生涯の一

### Box 4.15 水に関連する疾病

#### 目標

水に関連する人の健康被害を削減する。

#### 指標

水に関連する疾病による死を障害調整生命年 (DALY) に換算した値；公表されたコレラ患者数。

#### 世界の傾向

ある程度の進展。

#### 最も脆弱なコミュニティ

開発途上国や農村地域の貧困層；自然災害を被ったコミュニティ。

#### 最も懸念される地域

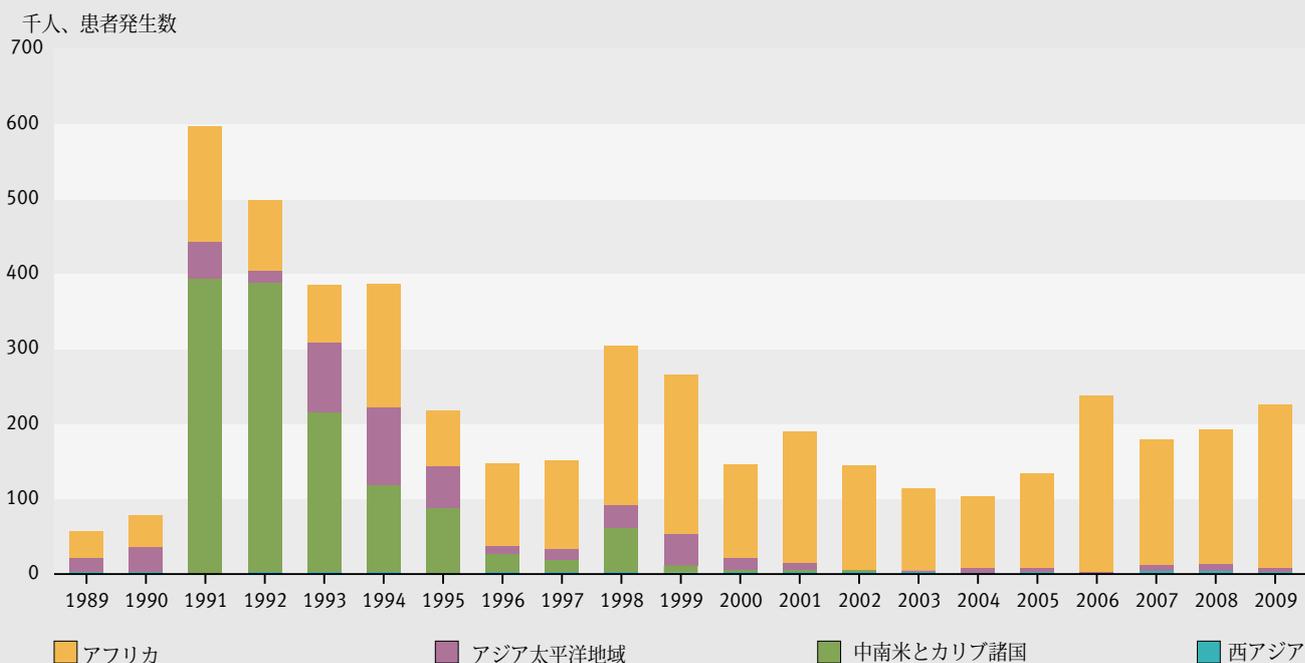
アフリカ



蚊によって伝播される疾病であるデング熱とマラリアは、蚊の発生する滞留水がある場所では、非常に問題になる。

© Salem Alkait/iStock

図 4.16 地域別のコレラ患者発生数、1989～2009年



注釈：多くが報告されずに終わるので、報告された患者数は合計数を過小評価したものである。

出典：WHO 2010

#### Box 4.16 アフリカの子供たちの下痢

世界の病院ベッドの半分は、いつでも、水に関連する疾病に苦しむ人々で満たされている(UNDP 2006)。下痢の疾病は、世界の疾病負荷の4%以上になり、下痢の90%は、環境汚染と、安全な飲料水や下水設備を利用できないことに関係している(Pruss-Ustun et al. 2008)。2008年に亡くなった5歳未満の子供は130万人であるが、その70%をアフリカが占めており、下痢関連の幼年期の死亡負荷はアフリカが最も高い。また、予想に違わず、基本的な下水設備を最も利用できていないのも、サハラ以南のアフリカで、3億3000万人が適切な下水設備を使用していない(WHO 2011a)。

部を過ごす住血吸虫症のような疾病、水に関連する媒介生物を持つマラリアのような疾病、その他、ある微生物を含むエアロゾルによって運ばれるレジオネラ症のような疾病である。

そのような疾病は、特にアフリカにおいて公衆衛生上の重大な懸念事項である。世界で、不適切な下水設備と水の供給のために発生する下痢は、2004年の世界の疾病負荷のうち、2番目に大きなものであった。それを健康障害、身体障害、または若死によって失われた年数である障害調整生命年(DALY)で

表すと7000万DALY以上になる(Box 4.15) (Prüss-Üstün et al. 2008)。世界の保健統計によれば、アフリカと南アジアには、水を媒介とする病気によって最も深刻な影響を受ける区域があることが示されている(WHO 2004)。

WHOは、25の様々な水に関連する疾病の発症を減らすことに力を入れている(WHO 2011a)。回旋系状虫症、マラリア、住血吸虫症、コレラの発症を減らすことには、いくつかの顕著な成功例がみられる。しかし、世界で報告されたコレラ発症率(水に関連する疾病の傾向を完全に明らかにしたデータが無い場合、その代用としてコレラ発症率を用いる)は、主としてアフリカで近年増加している(図4.16)。2009年には、全大陸の45か国で22万1,226人のコレラ発症数が報じられた(図4.16)。2010年のハイチでの地震のあと、コレラが流行したことで、さらに証拠づけられるように、水に関連する疾病は、適切な飲料水と下水設備を利用できない開発途上国では、長らく公衆衛生上の問題である(Walton and Ivers 2011)。

#### 水とエネルギーと気候の連立問題

水、エネルギー、経済発展、気候変動は、相互に関係する課題である。人口の増加と、経済発展に伴う一人当たりの消費増大が、エネルギー需要を駆動する。それと同時に、化石燃料エネルギーの使用が、気候変動をもたらす温室効果ガスの排出を生み出し、それが異常気象、氷冠の損失、水不足、海面上昇など、水に影響を及ぼす。それに対して今後は、気候変動への対応が水環境に影響を及ぼす。ある種の太陽エネルギー開発は、

表 4.2 主要な水文に関わる変数への、観測された気候変動による影響とその将来予測

主要な変数	観測された傾向	21世紀の予測
降水	傾向は不明瞭である；北緯30度から85度までの陸地に降る降水量は増加し；南緯10度から北緯30度までは顕著に減少している。	地域スケールで変化は異なるが、全体の降水量は、増加（温度上昇1℃当たり1～3%）すると予測される。
降水強度	激しい豪雨による降水量の極端な増加；地球的規模での豪雨の激化。	温度上昇1℃当たり、豪雨がおおよそ7%増加すると予測される。
干ばつ	いくつかの地域は湿潤になったり、干ばつ強度が下がったけれども、パーマー干ばつ深刻度指数（PDSI）によって計測された干ばつは、20世紀において増加した。	干ばつ強度は、いくつかの地域と季節に増加するだろう。パターンは複雑で予想するのが難しい。
熱帯低気圧	気候変動に関係して検知される変化は、いずれも不確実性の度合いが高い。	熱帯低気圧の平均最大風速は増加し、発生頻度は減少しそうである。頻度と進路の変化は不確かである。
氷河と積雪	すべての大陸域においてではないが、氷河の塊に減少が見られ、北半球の大陸域において積雪が減少している。氷河と融雪からのピーク流出がより早くなっている。	氷河の塊と積雪が減少し続けている。
海面水	海面は20世紀にわたって約0.2メートル上昇した；これが長期的な海面上昇の加速度であるかどうかは明らかではないが、一世紀当たり0.3メートルに相当する上昇が1990年代の初め以降、記録され続けている。	範囲の上限はもっと高くなる可能性があるが、海面は2100年までに0.2～0.6メートル上昇すると予測されている。
海洋の酸性化	海洋表面の平均pHは8.2から8.1まで減少した。	pHは、現在の傾向が持続する場合、2100年までに7.7または7.8まで減少すると予測される。
海面水温	1980年以降、0.5℃上昇した。	継続的に上昇する。

出典: IPCC 2011; Feely *et al.* 2009; World Bank 2009; IPCC 2007c

乾燥地域でよくあることだが、かなりの量の水を消費する。また水不足が増大すると、いくつかの地域は、大きなエネルギー投入が必要な海水の脱塩に依存することになる (World Bank 2009)。さらに、干ばつは水力による発電量を減少させる方向に働く (Box 4.21)。

2030年までに必要とされる追加の水基盤設備に要する費用は年間90～110億USドルで、そのうちの85%は開発途上国に要する費用であると見積もられている (UNFCCC 2007)。洪水のリスク管理と水質保全に関連しては、さらに追加費用がか

### 気候変動の水循環と海洋温暖化への影響

水の循環は、海洋や、大気や、地表と地下を巡る水の連続的な移動を指す。気候変動が次のような変化となって現れ、地球規模と大陸域の水の循環を変えつつあることは明らかである (Bates *et al.* 2008; IPCC 2007a; Kundzewicz *et al.* 2007)。それは、降水パターンの変化、異常気象とその結果生じる自然災害の強度の増大、河川の流出量の変化をもたらす氷河の後退、半乾燥地帯での干ばつの激化などである (表 4.2) (IPCC 2007b)。

気候変動が特定の水系に及ぼす影響を予測するには、相当の不確定要素があるけれども、気候変動は水管理に対して深刻な影響を及ぼすポテンシャルを持っている (Bates *et al.* 2008)。それでも、少なくとも次の20～30年の間は、都市化、産業化、水資源開発といった、その他の人類の活動によってもたらされる水循環への世界的影響が、気候変動による影響を上回るだろう (Gordon *et al.* 2005)。気候変動による影響に対処することになる場合、すべての国々に十分な量の水を提供するために、

### Box 4.17 人の安全保障への気候変動の影響

#### 目標

水環境への気候変動の悪影響を緩和し適応すること。

#### 指標

極端な降水量；氷河の後退；干ばつの強度；気候変動に適応するために水部門に要した費用。

#### 世界の傾向

適応策と緩和策に対するある程度の進展。  
資金調達および実施についてはほとんど進展がない。

#### 最も脆弱なコミュニティ

天水農業や氷河の融解水に依存している人々。  
長期にわたって再生不能な地下水に依存している人々。

#### 最も懸念される地域

乾燥地帯、熱帯地方、サイクロンやハリケーンに見舞われる沿岸地域。

かる(Parry *et al.* 2009)。緩和策と適応策の必要性についての認識が高まった兆候が見られ、2006～2008年の間に世界銀行によって資金提供された191の水道事業のうちの35%は、気候変動の影響に対する緩和策と適応策を具体化したものである(World Bank 2009)。しかし同時に、洪水や他の極端現象に対する防御を高めようとする地方や地域が行う取り組みは、水界生態系にとっては深刻なマイナスの影響を及ぼすだろう。

海洋に対して気候変動が最も直接的に及ぼす影響は、海水面温度(SST)の上昇で、1980年代以降、世界で0.5℃上昇しており、21世紀にわたって増加し続けると予想されている(IPCC 2007a)。世界の降水量は、多くの熱帯地域と温帯地域で予想される極端な降水事象のために(IPCC 2011; Gorman and Schneider 2009)、地表の1℃の温度上昇につき1～3%の割合で増加すると予想されている(Wentz *et al.* 2007)。

### 氷床の融解と海面上昇

海面上昇は、海洋の熱膨張によって、ならびに氷河と氷床が融けることによって引き起こされる(IPCC 2007a)。世界の平均海面水位は、3000年間ほとんどほぼ一定であったが、20世紀の間におよそ170mm上昇し(IPCC 2007b)、2100年までに少なくともさらに400mm(+/-200mm)上昇すると予測されている(IPCC 2007a)。1993年から2008年までの測定によると、海水面はすでに、以前の数十年間より2倍速く上昇しており(Cazenave and Llovel 2010)、気候モデルによって予想された上昇を超えていることが示されている。

こうした海面上昇の推定に関しては、かなりの幅があるが(Levitus *et al.* 2009; Ishii and Kimoto 2009)、1960年以降に観測された海面上昇の25～50%は、熱膨張に起因している

### Box 4.19 海洋の酸性化

#### 目標

海洋生態系とそれらのサービスを保護し回復させること。

#### 指標

海洋のpH。

#### 世界の傾向

悪化。

#### 最も脆弱なコミュニティ

サンゴ礁生態系やその他の石灰質を一次生産する生物に頼っている熱帯漁場に依存するコミュニティ。

#### 最も懸念される地域

熱帯の海洋。

(Cazenave and Llovel 2010; Antonov *et al.* 2005; Willis *et al.* 2004)。この幅の幾分かは、過去50年にわたって海面上昇を30～55mm減少させたと推定されている窪地に流れ込んだ水に起因しているかもしれない(Chao *et al.* 2008)。小さな氷河と氷冠が、20世紀を通して非常に多量に損失しており(Dyurgerov and Meier 2005)、陸上の水の源が融けて作られる淡水流出は今後増加するだろう。しかし、過去20年にわたって損失が加速しつつあるグリーンランドと南極の氷床の融解が、海面上昇の最も大きな原因であり、現在の傾向が続けば、21世紀においても海面上昇の主要な原因となり続けるだろう(Rignot *et al.* 2011; Rignot 2008)。

多くの国々では、沿岸地帯に人口と社会基盤が高度に集中しているため(McGranahan *et al.* 2007)、海面上昇とそれによる海岸沿いや低地の地域社会で起こる冠水に対して脆弱である(第7章)。開発途上国、とりわけ小島嶼開発途上国(SIDS)や三角州地帯が、特に脆弱であるが(IPCC 2007c)、それらの多くは、上昇する海水面に適応するための能力、また関連する損失から回復するための能力に限界を抱えている。沿岸地帯が適応するために要する費用は、海面上昇の大きさに左右されるが、2040年代までに年間260億～890億USドルと見積もられている(World Bank 2010)。

### 海洋の酸性化

海洋は、毎年、人為起源の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)のかなりの部分を吸収しているが、二酸化炭素は水と反応して炭酸を形成するために海洋をより酸性にする。地域によって差はあるが(図4.17; 第2章)、海洋表面の平均pHは、産業革命前の平均値であった約8.2から、現在8.1まで既に減少しており、フィーリーらは(Feely *et al.* 2009)、2100年までに平均で約7.8まで減少すると予想する。海洋の酸性化は惑星限界に達しつつある可能性がある(Rockstrom *et al.* 2009)。

### Box 4.18 海面上昇

#### 目標

気候変動による水環境への悪影響を緩和させ適応すること。

#### 指標

海面上昇; 海面上昇に適応するための費用。

#### 世界の傾向

進展はほとんど無い。

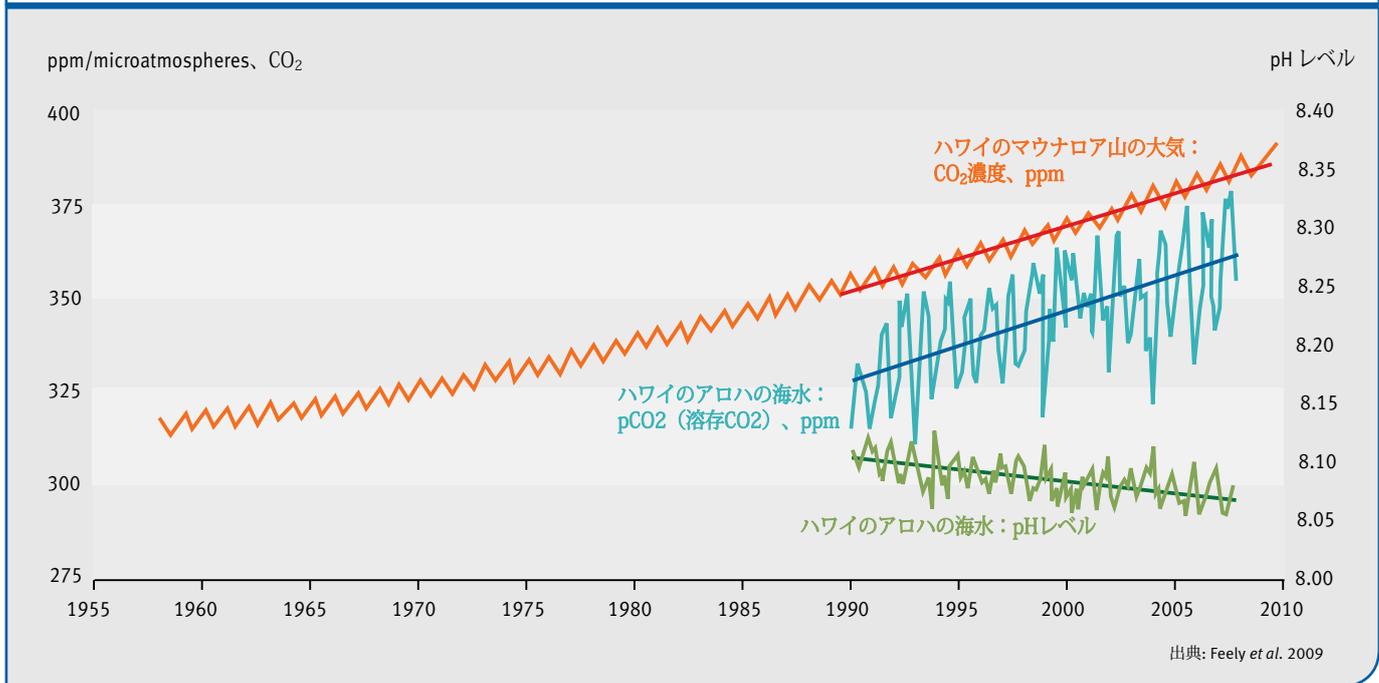
#### 最も脆弱なコミュニティ

沿岸地域、島のコミュニティ、人口が密集している三角州。

#### 最も懸念される地域

沿岸地域(三角州やアフリカの海岸)、小島嶼開発途上国、北極圏、南極大陸、高山地方

図 4.17 北太平洋におけるCO<sub>2</sub>濃度と海洋の酸性化、1960~2010年



海洋酸性度の増加は、炭酸塩から成る殻や骨格を備えた海生動物、石灰藻、ならびにその他の生物に影響を与える(Langdon and Atkinson 2005)。影響を受ける生物には、人間の食料資源として重要なカニや軟体動物など、海洋食物網にとって決定的に重要な動物だけでなく、造礁サンゴも含まれる。水温の上

昇と相まって、海洋の酸性化は、世界中のサンゴ礁生態系を破壊するサンゴ白化現象の主な原因であると考えられている(Hoegh-Guldberg *et al.* 2007)。いくつかの研究では、2050年までに熱帯サンゴ礁が急速に縮小すると予測されている(第5章)(Logan 2010)。サンゴ礁は、いくつかの商業的に重要な魚種にとって、産卵から稚魚生育の場など重要な生態系サービスを提供している。このような生態系やサービスの悪化が、ますます明らかになっており、それらの保護を強化するガバナンスが必要となっている。

#### エネルギー開発による水資源への影響

世界的なデータは不足しているが、米国と欧州連合(EU)において、全取水量のおよそ40%を、エネルギー部門が占めていると考えられる(Glennie *et al.* 2010)。エネルギーのための水需要には、原料の抽出と加工から、水力発電タービンの駆動、原子力発電所を含む火力発電所の冷却までが含まれる。また化石燃料の抽出は、水質に重大な影響を及ぼし得る。

石油やガスの探査や生産は、淡水生態系と海洋生態系の両方に影響を及ぼすことがある。新しく実証された技術によって、シェールガス堆積盆の新しい天然ガス井の拡大が加速している(EIA 2011)。それに関連する水資源への影響が現在調査されている。それらの影響は、爆発の可能性のある濃度のメタンによる帯水層汚染(Osborn *et al.* 2011)、地表水と地下水の汚染、排水を受けて生じる流れ(Johnson *et al.* 2007)、ならびに削井と仕上げに消費される多量の水などである(第7章)。またオイルサンドの開発には、大量の水が必要とされ、激しい水質汚染を生み出す可能性がある(Kelly *et al.* 2010)。



海洋の酸性化は、海洋生物、とりわけ珊瑚と甲殻類を脅かしている。それは、漁業と水産養殖に依存するコミュニティに壊滅的な影響を与える可能性がある。© Extreme-photographer/iStock

#### Box 4.20 ディープウォーター・ホライズン石油流出

2010年にメキシコ湾に490万バレルの原油が流出したディープウォーター・ホライズン石油流出は、事故による史上最大の海洋での流出だった。経済的損失と生態的損失は、まだ完全には数値化されていないが、海洋生物、野生生物生息地、漁業、観光事業に対して広範囲な被害をもたらした。以前の石油流出のように、流出した石油のほとんどが消散したり蒸発するのではなく、溶けた原油による巨大な水面下のプルーム（煙流）や分厚い層となって2011年の春には海底に残った。タールポールが岸に打ち寄せ続け、沿岸沿いの湿性植物が油まみれになって枯死する状況が続いた。

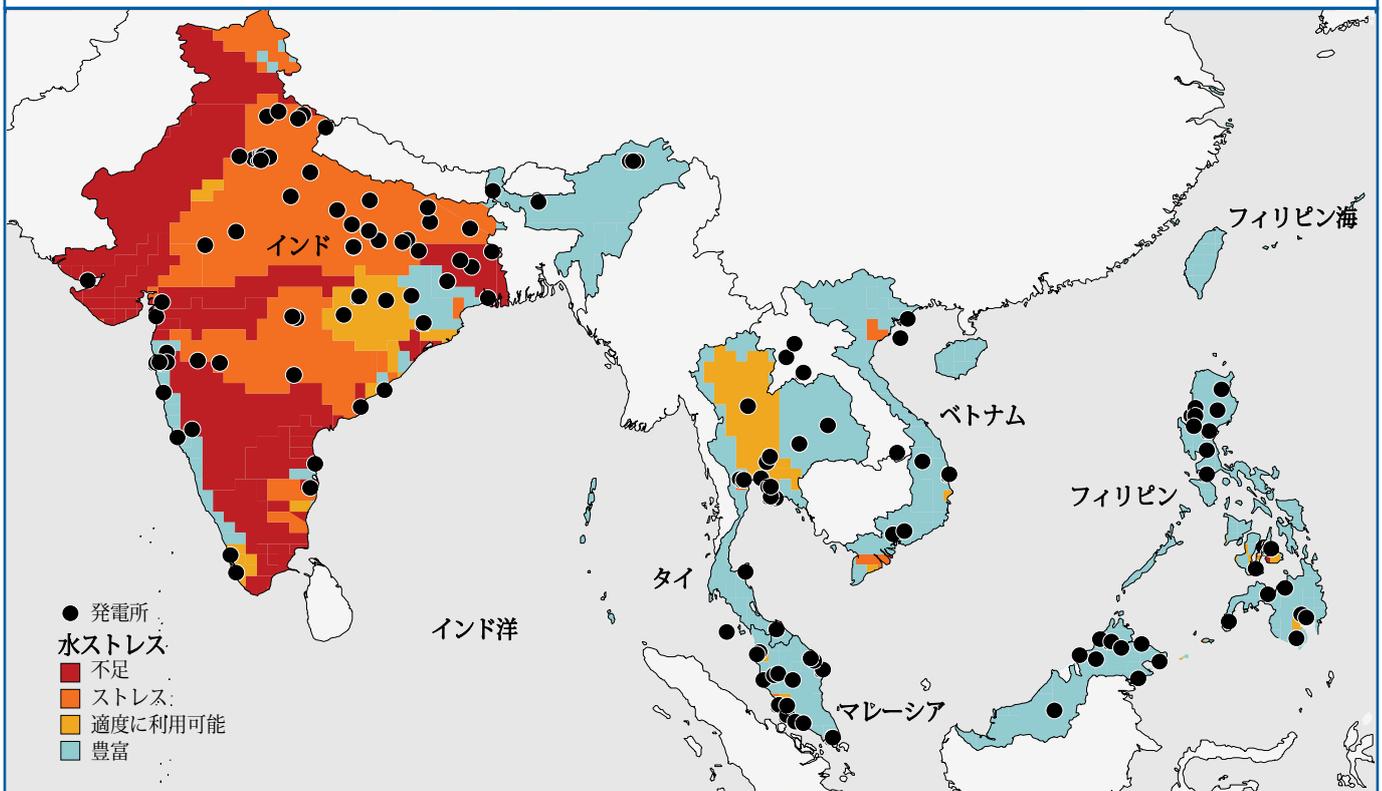
Source: National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling 2011

石油流出は、特に海洋生態系に環境上の脅威をもたらし続けている。石油タンカーからの流出件数は、1970年代と1980年代以降、著しく減少したが(ITOPF 2010)、メキシコ湾で最近、海底石油とガス探査に関連した大きな流出があったことは、海洋生態系にとって進行するリスクを示すものである(Box 4.20)。そんな中、世界の石油やガス需要の増大に伴って、そ

ういった沖合での活動が、海上境界線の問題解消によって促進され、さらに北極氷原が融けて、以前は近づけなかった区域に入れるようになることで、今後20年間で増加すると予想される。北極圏は、世界のおよそ20%の、未発見であるが、技術的に回収可能な石油やガス資源を埋蔵している(Bird *et al.* 2008; AMAP 2007)。しかし、北極圏は、遠隔であること、物理的環境が厳しいこと、多くの海生哺乳動物が集合すること、冷水中での油の分解速度が遅いという理由から、石油流出に対して、他に類を見ないほど脆弱である。

電力生産の中で最も水集約型であるのはバイオマスで、その次が水力で、石油や石炭や原子力発電、ガス発電、太陽熱を集めるいくつかのシステムや地熱発電、太陽光発電、そして風力が続く。正確には、発電のタイプや場所によって、大幅に異なる(Glennie *et al.* 2010)。例えば、太陽熱を集める形式の多くは、太陽エネルギーが高レベルになる乾燥地域において最も有効かもしれないが、それは、時には化石燃料による発電所と同程度に多いかなりの冷却用水を必要とする。水不足が既にエネルギー生産に影響している場合があり、例えば、南アジアと東南アジアの主な電力会社の、既存または計画されている発電設備の半分以上は、水不足か水ストレス区域に設けられている(図4.18)(WRI 2010)

図4.18 南アジアと東南アジアの5か国における火力発電と水力発電の工場立地と、水ストレスのレベル



注釈：水ストレス指標は、利用可能な水量と比べた総取水量の比率で表されるが、予想される人口動態も、降水のタイミングや量といった気候変動も反映しない。

出典：Sauer *et al.* 2010/WRI

### Box 4.21 水力発電への干ばつの影響

干ばつは、過去 10 年にわたって東アフリカでの水力発電の出力を著しく減少させ、国家経済に悪影響を与えてきた。例えば、2004 年～2006 年間のビクトリア湖の水位の低下が、ウガンダの水力発電の出力を 50 メガワット減少させ、この期間の経済成長率が 6.2～4.9%まで下がる要因となった(Karakezi et al. 2009)。

また気候変動に対する緩和政策が、電力生産に要する水量に影響を与える場合がある。例えば、石炭火力発電所からの炭素排出を回収して貯蔵することが、水消費量を 45～90%増加させる可能性がある(Glennie *et al.* 2010)。さらに、バイオマス発電や、太陽熱を集めるいくつかのタイプの発電の比率を増やすことは、利用可能水量を著しく減少させる要因となるから、より少ない水で、より効果的な技術を用いて発電するタイプを選定することが必要である(第 12 章)。

## 水ガバナンス

表 4.1 に整理された水の目標の多くに示されているように、水問題は、水ガバナンスの不適切さによるものと理解できることが多い(RCSE-SU and ILEC 2011; UNESCO 2006)。

## 適応可能な淡水管理と統合的計画

UNCED のアジェンダ 21 が、「水資源の開発、管理、利用に対する統合的アプローチ」(UNCED 1992)を提唱し、それに続き、次のようないくつかの統合的な管理パラダイムが展開された。それは統合的水資源管理(IWRM)(Global Water Partnership 2000)、統合的湖沼流域管理(International Lake Environment Committee 2006)、統合的沿岸域管理(ICZM)などであり、そのことは、海洋および沿岸の生物多様性に関するジャカルタ・マンデート(CBD 1997)、ならびに生物多様性条約(CBD)のその他成果の中で言及されている。また統合的管理アプローチは、2011 年に日本を襲った壊滅的な地震や津波のような自然災害のマイナス影響に対処する一定の防御を提供するものである。

統合的アプローチの必要性は、ヨハネスブルグ実施計画の第 26 節で正式に取り上げられ、諸政府は 2005 年までに、あらゆるレベルの行動を通じて、統合的水資源管理と水効率化プランを策定すべきであると述べられている(WSSD 2002)。この全体のターゲットは達成されていない。それでも、主として開発途上国が関わった 2003 年と 2005 年、すべての国々が関わった 2008 年と 2012 年の調査データによると、特に先進国において、計画の開発からそれらの実施に至るまで、大幅な前進があったことがうかがわれる(図 4.19)。一方で、開発途上国における進展は減速したように見える(UN-Water 2012)。

幾人かの水の専門家や政策決定者の指摘によると、時として、統合的管理の概念は、実際の実施にあたって十分に明確にされ

### Box 4.22 統合的水管理

#### 目標

統合的な管理の戦略とプランを開発し実施すること；陸水生態系とそれらのサービスを保護し回復すること。

#### 指標

統合的水管理プランの開発と実行に向けて為された進展。

#### 世界の傾向

ある地域においてある程度の進展があった；他の地域についてはデータが不十分。

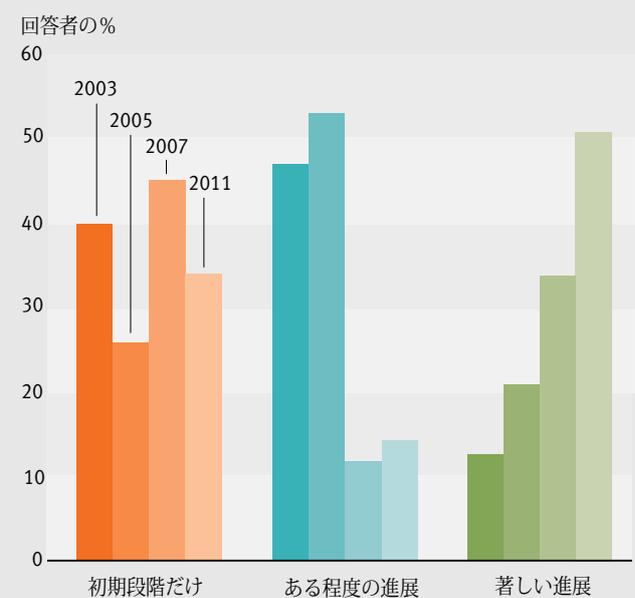
#### 最も脆弱なコミュニティ

幸福な生活を淡水系に直接依存している開発途上国の人々。

#### 最も懸念される地域

開発途上の地域、とりわけ水不足で水質が悪化している地域。

図 4.19 統合的水管理プランの開発と実施における進展



出典: Global Water Partnership 2006; UN-Water 2012



海岸砂丘は海岸線への浪害を和らげて塩水の侵入から土地を保護する。 © Rui Miguel da Costa Neves Saraiva

ておらず(Placht 2007; Watson *et al.* 2007)、制度的、経済的、政治的、資金的な多くの制約があり、軌道に乗るまでに時間がかかる (Brauch *et al.* 2009; Lansky and Uitto 2005)。さらに統合的水管理には、分野横断的な協働が提唱されるが、すべての関連する政府系機関や主要な水の利害関係者たちが、それに同意するとは限らない(Biswas 2004)。また参加型アプローチが必ずしも、ジェンダーの視点での考察を確保するとは限らないので、現行の取組みとして男女平等に向けた制度的・組織的な変更を確実に進めるためにも、また両方の性に影響を及ぼす水問題が、計画の立案、実施、評価の上で確実に不可欠な要素となるようにするためにも、経済発展が男女に及ぼす影響の違いを系統的に評価することが必要である(Bennett *et al.* 2005)。さらに統合的管理は、村から流域、国家、国境を越えた、多くのレベルで適用され得るが、これらのレベルのそれぞれに特有な管理の問題があり、ボトム・アップ方式とトップダウン方式の両方が必要である(Lenton and Muller 2009)。ただし既存の兆候を見ると、統合的な政策は、地方レベルの統合的な管理活動を現場で実施するというよりも、主として国策を改革したり河川流域の組織を設立するといったより高いレベルの活動に集中していることが分かる(Perret *et al.* 2006)。

欧州委員会 (EC) は、2000 年に EU 水枠組み指令の中で統合的水資源管理原則を採用し、2007 年に洪水リスク管理指令を採用した。次に、帯水層の保全については、ヨハネスブルグ実施計画の第 26 節のような目標に事実上含まれてはいるけれども、帯水層の保全を目的として作られた世界的な多国間環境協定は存在しない。しかし、2008 年に設立されたアフリカ地下水委員会など、いくつかの地域の地下水イニシアチブはある(AMCOW 2008)。地下水ガバナンスが貧弱であることが大きな問題であるので、国内法令の中で地下水系を公認することが、地下水ガバナンスの向上に向けた第一歩となり、持続可能な制度や融資の設立につながるだろう。

統合的水管理や国際的な河川流域管理について、その管理を行った地域の経験に関する社会科学文献は増えつつあるが、そのような取り組みの現状や傾向、特にそれらの長期的な便益や影響に関するデータはわずかしかない。研究では、関連する政策の実施にはあまり注目せず、その概念やその適用により多く注目し、進捗指標や、有効性評価のための継続的なモニタリングの枠組みの必要性を強調している(RCSE-SU and ILEC 2011; UN-Water 2012)。ある政策イニシアチブは、とりわけ国際的な河川流域の仕組みを支援し、次のような目的で UNEP によって実施される越境水アセスメント計画(TWAP)を取り入れている。その目的とは、中でも、環境と人の水ストレス、汚染、人口密度、水系の回復力、に関する傾向をモニタリングし評価するための方法論を開発することである。

## 海洋ガバナンス

海洋システムは、主要な食料の源泉であり、国際的な海運業にとっての輸送手段であり、観光のアトラクションであり、気候変動の調整役でもある。海岸の砂丘や干潟は、潮汐氾濫に対する重要な緩衝装置になっている。多くの国際条約が、海洋環境を保護するために制定され、国際協力の重要性を明らかにしている。ただ、それらの条約が持つ共通の制約は、別の政策を反映することもあり得る各国の立法行為に依存していることである。

国際協定としては、1972 年の「廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」(ロンドン条約) および 1973 年の海洋汚染防止条約(マルポール条約)が、海洋汚染に対処している。国連海洋法条約(UNCLOS 1982)は、160 か国によって批准され、1994 年より発効し、海洋とそれらの資源の共用、航法への対処、経済権利、汚染、海洋保護、科学探査に対して、統一したアプローチを示している。海ゴミ増大に関する懸念があるにもかかわらず、それらの条約が、一般的

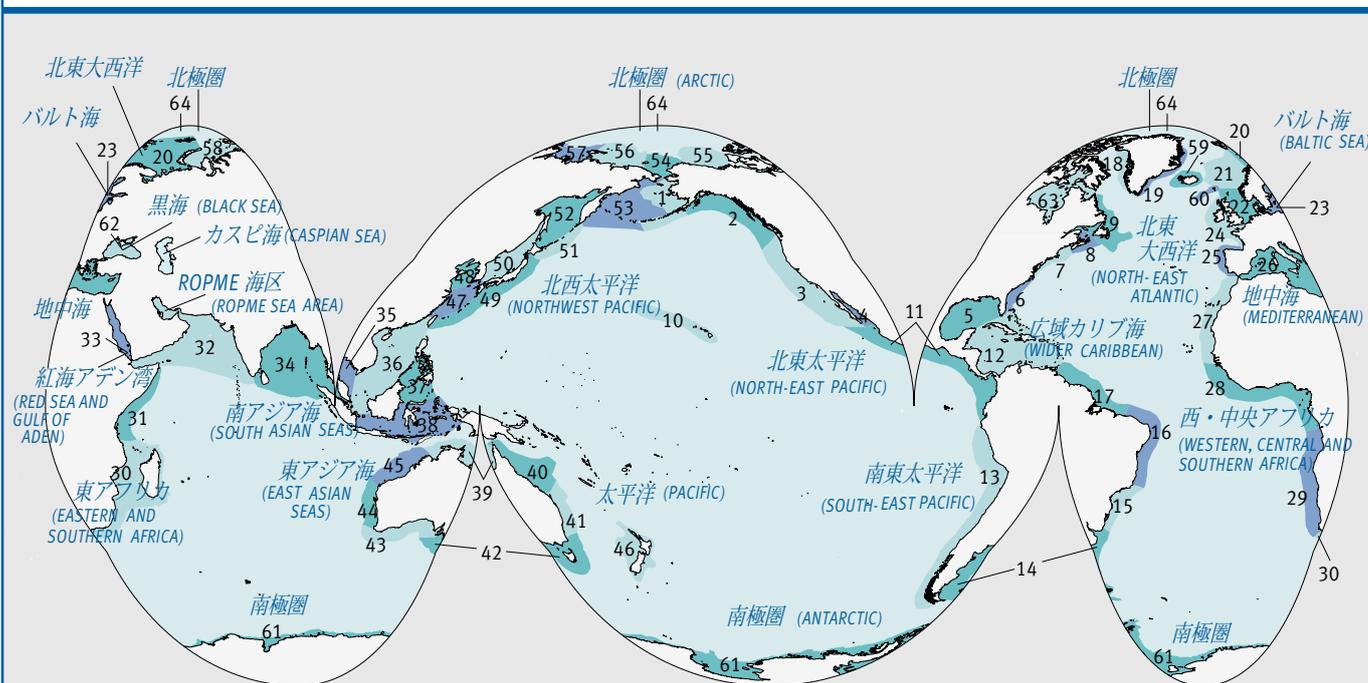
に海洋汚染を抑制し防止するための積極的な枠組みであると見なされている。2004年の「船舶のバラスト水及び沈殿物の規制及び管理のための条約」は、著しい環境被害と経済被害を引き起こす可能性がある国外の侵入生物種の移入に対処するための共同活動を示すものである。

もう一つの注目すべき国際的な取り組みは、「陸上活動からの海洋環境の保護に関する世界行動計画」(GPA)で、1995年に108ヶ国の政府とECによって採択された。法的拘束力はないが、GPAは、陸上活動に由来する海洋の破壊を、防ぎ、抑制し、排除するための持続的な行動に取り組むよう、国と大陸域の当局を奨励するために策定された。多くの国々が、その目標に同意することを表明し、流れ込む淡水による沿岸と沖合

の水の劣化に対処するため、協調的戦略を開発するための手段を提供している。海洋の空間計画については、国土計画や公有地の区域指定に似た、海洋ガバナンスにとって可能性のある新たな領域である。

地域海条約 (UNEP 主導の条約とそうでない独立した条約とがある)、他の行動計画、米国海洋大気庁 (NOAA) によって公表された大規模海洋生態系概念もまた、統合的管理アプローチを示すものである (図 4.20)。しかし、これらの計画の開発や実施は、関与している国々に左右されて異なり、いくつかの計画のガイドラインは参加国に対して拘束力があるが、拘束力がないものもある。

図 4.20 18の地域海と64の大規模海洋生態系の図示、2011年



世界の大規模海洋生態系

- |   |                                       |   |   |                                 |
|---|---------------------------------------|---|---|---------------------------------|
| 1. 東ベーリング海<br>East Bering Sea                       | 14. パタゴニア棚<br>East Bering Sea         | 27. カナリア海流<br>Canary Current            | 40. 北東オーストラリア棚<br>グレートバリアリーフ<br>Northeast Australian Shelf-<br>Great Barrier Reef | 52. オホーツク海<br>Okhotsk Sea       |
| 2. アラスカ湾<br>Gulf of Alaska                          | 15. 南ブラジル棚<br>South Brazil Shelf      | 28. ギニア海流<br>Guinea Current             | 41. 中東オーストラリア棚<br>East-Central Australian Shelf                                   | 53. 西ベーリング海<br>West Bering Sea  |
| 3. カリフォルニア海流<br>California Current                  | 16. 東ブラジル棚<br>East Brazil Shelf       | 29. ベンゲラ海流<br>Benguela Current          | 42. 南東オーストラリア棚<br>Southeast Australian Shelf                                      | 54. チュクチ海<br>Chukchi Sea        |
| 4. カリフォルニア湾<br>Gulf of California                   | 17. 北ブラジル棚<br>North Brazil Shelf      | 30. アグルハス海流<br>Agulhas Current          | 43. 南西オーストラリア棚<br>Southwest Australian Shelf                                      | 55. ボーフオート海<br>Beaufort Sea     |
| 5. メキシコ湾<br>Gulf of Mexico                          | 18. 西グリーンランド棚<br>West Greenland Shelf | 31. ソマリ沿岸流<br>Somali Coastal Current    | 44. 中西オーストラリア棚<br>West-Central Australian Shelf                                   | 56. 東シベリア海<br>East Siberian Sea |
| 6. 南東米国大陸棚<br>Southeast US Continental Shelf        | 19. 東グリーンランド棚<br>East Greenland Shelf | 32. アラビア海<br>Arabian Sea                | 45. 北西オーストラリア棚<br>Northwest Australian Shelf                                      | 57. ラプテフ海<br>Laptev Sea         |
| 7. 北東米国大陸棚<br>Northeast US Continental Shelf        | 20. バレンツ海<br>Barents Sea              | 33. 紅海<br>Red Sea                       | 46. ニューゼaland棚<br>New Zealand Shelf   | 58. カラ海<br>Kara Sea             |
| 8. スコティアン棚<br>Scotian Shelf                         | 21. ノルウェー棚<br>Norwegian Shelf         | 34. ベンガル湾<br>Bay of Bengal              | 47. 東シナ海<br>East China Sea  | 59. アイスランド棚<br>Iceland Shelf    |
| 9. ニューファンドランドラブラドル棚<br>Newfoundland-Labrador Shelf  | 22. 北海<br>North Sea                   | 35. シャム湾<br>Gulf of Thailand            | 48. 黄海<br>Yellow Sea  | 60. フェロー海台<br>Faroe Plateau     |
| 10. インシュラー太平洋ハワイ<br>Insular Pacific-Hawaiian        | 23. バルト海<br>Baltic Sea                | 36. 南シナ海<br>South China Sea             | 49. 黒潮<br>Kuroshio Current  | 61. 南極圏<br>Antarctic            |
| 11. 太平洋中央アメリカ沿岸<br>Pacific Central-American Coastal | 24. ケルトビスケー棚<br>Celtic-Biscay Shelf   | 37. スールーセレベス海<br>Sulu-Celebes Sea       | 50. 日本海<br>Sea of Japan   | 62. 黒海<br>Black Sea             |
| 12. カリブ海<br>Caribbean Sea                           | 25. イベリア沿岸<br>Iberian Coastal         | 38. インドネシア海<br>Indonesian Sea           | 51. 親潮<br>Oyashio Current   | 63. ハドソン湾<br>Hudson Bay         |
| 13. フンボルト海流<br>Humboldt Current                     | 26. 地中海<br>Mediterranean Sea          | 39. 北オーストラリア棚<br>North Australian Shelf |   | 64. 北極海<br>Arctic Ocean         |

注釈：ROPMEは、地域海計画のうちの1つで、湾岸海洋環境保護機構 (the Regional Organization for the Protection of the Marine Environment) の略語である。出典：UNEP/DEWA/GRID-Geneva 2011

### Box 4.23 競合と紛争

#### 目標

制度上の協調メカニズムを強化すること。

#### 指標

対立的事件と協調的事件の数；  
制度と条約の数。

#### 世界の傾向

ある程度の進展。

#### 最も脆弱なコミュニティ

制度的枠組が不十分で国境越えの流域を持つ  
コミュニティ。

#### 最も懸念される地域

水ストレスの状態で、かつ急速な開発が為されている地域。

国の統治権を超える外洋は、地球表面のほぼ半分を占める。外洋では、漁業、海運業、資源探査などの商業用途に対して、また二酸化炭素深海隔離のような将来性のある海洋工学に対して、急速に進歩する技術でもって新しい広範な大洋フロンティアが拓かれようとしている。外洋生態系と深海生態系は、海山、海溝や峡谷、冷水性サンゴ、熱水噴出口を含み、豊富な生物多様性を示す。そこに生息する、より大きくて、成長が遅く、長命で、種々様々に分布する種は、これらの安定した環境状態に適応しており、とりわけ環境ストレスの影響を受けやすい。しかし、国境を超える領域のガバナンスは、弱くかつ寸断されているので、それらが保全され持続可能に使用されるようにす

る必要があると共に、外洋での人の活動の増大と、国の統治権内に及ぶその影響に対する備えを強化する必要がある。

#### 紛争と協調のもとになる水

共有されている水資源に対する競合は、紛争を引き起こすことがある。特に地方レベルで、水需要が常に切迫していて、競合するすべての水需要に対処するには、水資源がたいてい不足しているといった場合に紛争が起こることがある。国内紛争は、農業、工業、都市といった、地方と都市の部門間、それに漁業、農業、家畜放牧といった、水に依存する生業の部門間で生じる。人口増加、経済発展、気候変動は、水管理の問題を悪化させる可能性がある。さらに、世界人口の約 40%が、越境河川流域に住んでいて、その流域は、地球の陸地表面のほぼ半分を覆い、世界の淡水の流れ(図 4.21)の 60%以上を供給しているので、これが水管理をさらに困難なものにしている。

また水の供給に関して、故意によるまたは恐れられながら避けられなかった中毒事件が増えている(Pacific Institute 2011; Greenberg 2009)。パシフィック・インスティテュート(Pacific Institute)によって整理管理されている水紛争年表(Water Conflict Chronology List)において、1975~1999年の間に 54 件の水紛争が記録されているのに対して、2000~2010年の間に 69 件が報告された。特定の事件は詳細には記述されていないが、デ・ステファノら(De Stefano *et al.* 2010)は、1948~1999年に報告された 1,831 件の水事件のうち、約 67%が実際には協調的であり、28%のみが対立的であったことを示した。そして 2000~2008年の間に対立的であった事件の割合は 33%で、わずかに増加していた。紛争を生み出す可能性があるのは、一貫して、基盤施設と水量に関する

図 4.21 国際河川流域、2000年

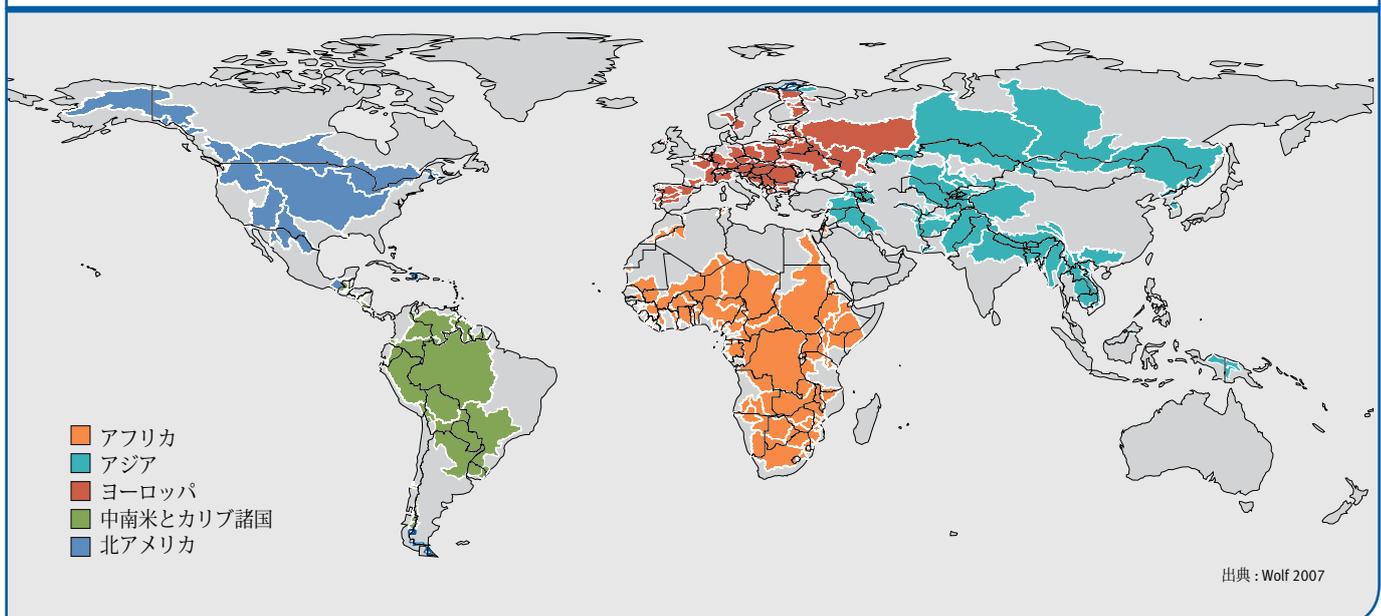
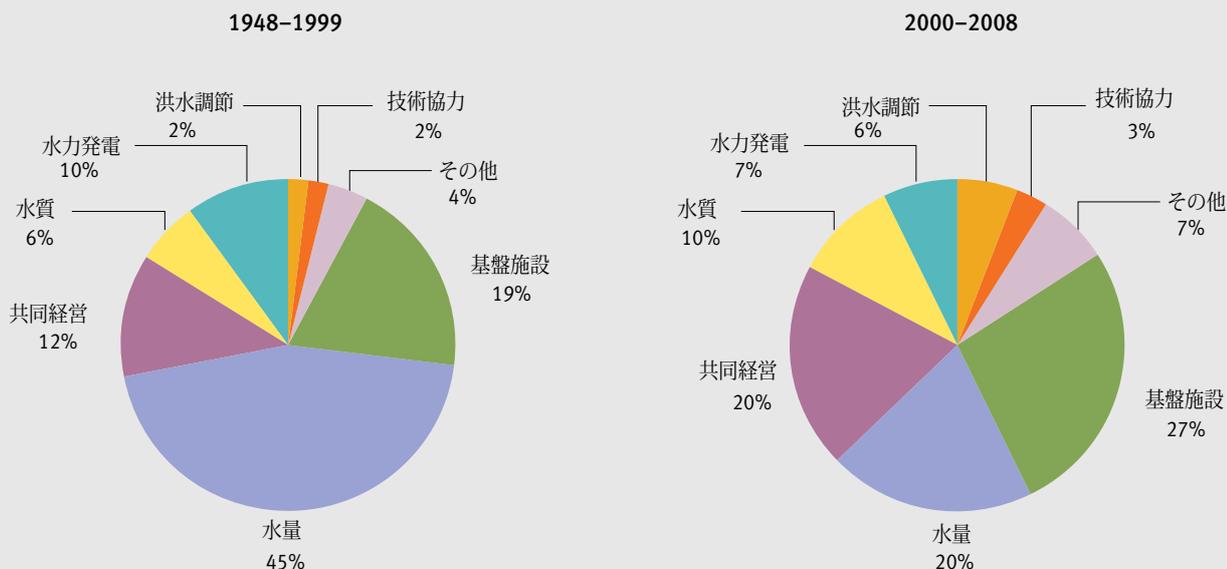


図 4.22 問題のタイプ別で見た淡水の紛争、1948～1999年および2000～2008年



出典: De Stefano *et al.* 2010

問題が主であった (図 4.22)。水紛争は多くの場所で生じており、争議が今後増えるかもしれないが (Kundzewicz and Kowalczak 2009; Greenberg 2009)、現在の兆候に基づけば、とりわけ国際的レベルでは、争いよりも協調に向かう可能性が大きいことが示されている (De Stefano *et al.* 2010)。

263 の国際的な淡水流域のうちの 158 流域については、まだ共同管理の枠組みはできていない。さらに水の制度を持つ 106 流域についても 20%未満しか、有効な多国間協定を持っていない (De Stefano *et al.* 2010)。しかし、越境流域組織を確立できた淡水システムは、一般に、協調関係を向上させることができ、それを示す主な例として、ビクトリア湖流域、ラブラタ川、メコン川、セネガル川などの河川流域がある (第 9 章)。実際に 1948 年以降、約 295 の国際的な水協定が署名されてきた。越境地下水については、国連国際法委員会 (ILC) による越境帯水層に関する法令の成文化が、2008 年の国連総会決議によって採用され大きく前進したが、越境地下水制度はまだわずかしかな存在しない。

越境流域組織は、いわゆる水外交、紛争の管理、争議の解消を促進してきたが (Oswald Spring 2007)、逆の例もある。セネガル河川流域の水不足は協調に向かっていたが、その後のダム建設は激しい争いを引き起こした (Kipping 2009)。さらに、水不足は、人口増加と気候変動が伴うと、気候に起因する淡水資源の劣化、食糧生産の減少、豪雨や洪水災害の増加などの、新たな様々な紛争のたねを引き起こし、それがさらに食糧安全保障を弱体化させる可能性がある (WBGU 2008)。

外洋での乱獲や深海の鉱物探査に関して発生し得る紛争に対しては上記水紛争のような分析は全くなされておらず、「海洋ガバナンス」の節で説明したいくつかの国際協定がある程度それらに対処しているだけである。沿岸区域と海洋資源の利用を持続可能なものにするには、UNEP の 13 の地域海計画や 64 の大規模海洋生態系 (図 4.20) などの例を用いて、地域と世界レベルで、効果的な調整や協調が行われる必要がある。EU 海洋戦略枠組み指令は別の地域制度であるが、バルト海、黒海、地中海、北東大西洋に接する EU 加盟国の統治権の下にあるヨーロッパの海域において適用されている。地域海計画と大規模海洋生態系は、国連海洋法条約 (UNCLOS) と整合するもので、2002 年の持続可能な開発に関する世界首脳会議 (WSSD) のターゲットを基本的に反映しているが、それらの達成状況は不明瞭なままである。

## 展望と欠落点

淡水問題と海水問題が、依然として世界的に高い優先度を保持する課題であることは、本章の領域をカバーしている条約や行動計画などの多国間協定を見れば明らかである。表 4.3 は、表 4.1 の協定について進展があったかどうかを評価するために、指標を用いて水環境の現状について概観し、またできる範囲でその展望について示している。

1990 年以降、飲料水の供給、人の健康を脅かすいくつかの毒性汚染物質の低減など、人の幸福や経済発展に直接関係する目標の達成に進展が見られた。しかし、開発途上国の農村地域における水に関連する疾病や水の供給について、さらに関心を

注ぐ必要がある。また統合的水資源管理計画と越境水協定が策定されたことで、水ガバナンスの上で進展が見られた。しかし、水界生態系と、生命を支えるそれらの財とサービスの持続可能性を向上させるために、今こそ、これらの計画が実行され、資金が十分に提供され、強化されなければならない。

水の安全保障を向上させること、水資源の公平な利用を確保することは、なお挑戦的な課題である。水質の悪化と乱開発が続く中で、水の供給を持続可能なものにするという要求は、依然として、人類にとって最も重要な資源に関わる要求の一つである。淡水や沿岸部への栄養塩負荷の削減と、国の統治権を超えた領域へのガバナンスについては、ほとんどの大陸域で進展が全くなかったか、ほとんど見られなかった。

水界生態系に影響を及ぼす諸々の駆動要因と、その関連の圧力が複雑に絡んでいることが、それらの根本原因に対処しようとする国際的な合意目標を達成する際の主な障害になっている。たくさんの環境、社会経済、ガバナンスの目標に対して、適切な指標やターゲットが無ければ、水に関する目標や、持続可能な水界生態系の達成に向けた進展度を評価することは非常に困難である。その他の主な障害としては、能力不足、技術や融資を十分に受けられないこと、情報やデータの欠落、計量可能なターゲットの欠如などが挙げられる。モニタリングの増強に努めると共に、人の健康や幸福、環境保全に対して気候変動や異常気象が及ぼす影響について、信頼度の高いデータを手に入るよう、もっと強調されるべきである。あいにく、多くの地域で、水質、水量、生態系の健康についてのモニタリングが縮小された。その結果、気候変動に関するものを含め、データが欠落し、水問題の性格が急速に変化していることによって、



2011年10月にタイのパトゥムタニーの洪水で冠水した道路の中を、家財がぎっしり積まれたいかだを引く人々。© ruchos/iStock

水環境の評価や管理について不確実性が増している。

最後に、表 4.1 に特定された多国間の環境協定に関する現状と傾向についての分析によると、国や国際レベルで調査や、政策の策定と実施を継続的に行う必要性が高いことが分かる。また男女別のデータを含むデータ収集について、特に豪雨、洪水、干ばつといった異常気象が人々に与える影響に関して、十分に注意を払う必要がある。そうすることで、女性、子供、高齢者など、こうした異常気象の影響を受ける全ての人々の安全と生活を増強することになる将来の政策を策定し、採用し、実施するための基盤が形成されるはずである (Bennett *et al.* 2005)。本評価は、データや情報の多くの欠落のために制限を受けてはいるけれども、本章の中で特定した水やそれに関連する土地の問題に対処するための、有用な政策的措置を策定するに当たっては、十分に情報は存在している。

表 4.3 目標への進展 (表4.1を参照)

A: 著しい進展 B: ある程度の進展		C: 全く無いかほとんど進展が無い D: 悪化している		X: 進展を評価するには早過ぎ ?: データ不十分	
鍵となる課題と目標	状態と傾向	展望	欠落している点		
<b>1. 生態系</b>					
陸水生態系とそのサービスを保護し回復させる。	? 半分の国々は、統合的水資源管理計画を策定し実行することに対して、著しい進展を見せた。しかし、陸水生態系の管理の改善がどれほど反映されているかは不明瞭である。特に開発途上国で、多くの中規模や大規模なダムが1990年以降建造され、陸水生態系の機能に不可欠な流況が壊されつつある (第5章を参照)。	エネルギー需要や食品需要の増大によって、より多くのダムや灌漑設備を建造しようとする圧力が、駆り立てられ続けるだろう。	陸水生態系の状態についての世界的データ；深刻で慢性的な影響から生態系を保全し回復させるための計量可能なターゲット。		
海洋生態系とそのサービスを保護し回復させる。	D/B D: 海洋温暖化と酸性化が加速されており、海洋生態系、とりわけ珊瑚礁がストレスを受けている；415カ所の沿岸地区が富栄養で、そのうちの169カ所が低酸素の酸欠海域を抱えている。B: 数ある目標の中でも、とりわけ生態系の健全性の向上を目指す143ヶ国が関わる18の地域海条約と行動計画がある；また64の大規模海洋生態系が世界の沿岸水域を覆い、そのいくつかが効果的に管理されているが、一方、他のものは資金と参加国の誓約が不十分で、進展が遅れるという結果になっている。B: 保護地区に関しては第5章を参照のこと。	多くの熱帯珊瑚礁が、海洋の酸性化と温暖化により2050年までに急激に死ぬかもしれない；海洋生態系に対する他の重大な脅威は、陸上からもたらされる汚染と、公海のカバナンスの欠如などである。	海洋のpHターゲット。		

表 4.3 目標への進展（表4.1を参照） つづき

1. 生態系 つづき				
湿地の管理を向上させ保全する。	D	第3章と第5章を参照のこと。		
環境が必要とする水を確保する。	D	主要な河川流域のほぼ3分の1において、人の水消費が、環境流量を利用しているために、生態系を危険にさらしている。	水需要の増大で、より悪化することが予想される。	流域レベルで生態系サービスを維持するために必要な毎月の環境流量に関するデータ；環境が必要とする水についての法的認知（第2部）；環境が必要とする最低限の水が流域レベルで満たされるように規定し保証するためのターゲット；流域配分の仕組みの中に環境流量を取り込むこと。
2. 人の幸福				
水に関連する人への健康被害を低減する。	B	改善された水の供給や下水設備の利用を増やすことによって、水に関連する人への健康被害が世界的に低減され、また、いくつかの水関連疾患を減らすことに、著しく成功した；しかし、2004年の時点でまだ毎年350万人が、水に関連する疾病で死んでいる；まひ性貝中毒の頻度が1970年以降5倍に増加した。	水の供給と下水設備の利用が改善され続けると予想される。アフリカは世界の他よりも遅れると予想される。	水に関連する疾病と被害についての最新データ；地方のスケールでミレニアム開発目標を厳格に実施するための仕組み。
改善された飲料水の供給を公平に利用できるようにする。	A/B	A：改善された飲料水の供給を利用できない人口は1990年の23%から2008年の13%に減少し、2015年までに9%になると予想される。B：より多くの改善が、農村社会よりも都市において為されたため、利用に関して大きな不正さが残っている；水供給の信頼性と質が、多くの区域での懸案事項である。	改善された飲料水の供給を利用できない人口は、関連するミレニアム開発目標を達成し、2015年までに9%になると予想される。	安全な（単に改善されているだけではない）飲料水の利用に関する地域別のデータ；ミレニアム開発目標を厳格に実施するための仕組み；公平ということについて合意された定義。
適切で持続可能な淡水の供給を確保する。	D/B	D：需要の増加を満たすために、世界の取水は過去50年で3倍になり、特に地下水が危険にさらされている；80%の人々が水安全保障の脅威レベルが高い区域に住んでいて、34億人が脅威の非常に深刻なカテゴリーに置かれている。B：多くの開発途上国では、ダム の 建造 によっ て、淡水の供給を利用できるように向上しつつある。	より多くの人々が、これから数十年のうちに、より激しい水ストレスを経験するだろう；あと数十年で、淡水使用について、惑星限界に到達することが予想される。	定義された水安全保障の測定基準と、長時間かけて傾向を追跡できるよう開発されたデータ（地下水の涵養；世界全体の取水量とエネルギー部門による消費水量；水不足とエネルギーによる水需要を世界規模でオーバーレイさせたもの）；水安全保障とそれに関連する測定基準について合意された定義。
水に関連する極端現象の影響を緩和するための計画を策定する。	B/D	B：多くの政府が、災害リスク軽減戦略の実施に向けて大きく進展したことを公表している。D：干ばつと洪水の災害数は、1980年代から2000年代までに、それぞれ38%と230%増加し、さらに洪水にさらされた人々の数は114%増加した。	降雨強度と乾燥状態の増加が、世界各地で水に関連する極端現象を強めると予想される。	様々な適応策と緩和策の全体的な費用便益分析と、緩和努力による影響の分析；水平的（例えば部門間）な政策統合と、垂直的（例えば世界から地域や地方へ）な政策統合；脆弱なコミュニティのためのリスク管理戦略。
水環境に及ぼされる気候変動の悪影響を緩和し適応する。	B/C	B：幅広い適応ツール、シナリオに基づくアプローチ、適応のための管理が、多彩な規模で定式化されつつある；また水部門における計画的介入が、後発発展途上国の国別適応行動計画（NAPA）において見られる；2006～2008年の世界銀行による水道事業の35%が、気候変動のための緩和策と適応策を含んでいた；C：気候変動に適応するための費用は、上水と下水設備に関する現在のミレニアム開発目標ターゲットを満たすのに必要な費用の上に追加が必要になるが、ミレニアムターゲットを満たす費用自体が資金不足である。	科学的な不確実性が、大陸レベルそして地方レベルで減少し、認識が増大するにつれ、緩和策と適応策が増加すると期待される；水部門と海面上昇に要する気候変動適応費用は少なくとも年間350億から1兆USドルになるだろう。	緩和成果と適応成果の報告；水に関連する気象異常に対するモニタリングと早期警報；気候変動の結果として現れる水循環への変化をモニターするための長期観測。
3. 水利用効率				
水資源の使用効率を向上させる。	B	多くの地域で灌漑効率が悪い；灌漑技術はより効率的になったが、広く適用されていない；いくつかの効率向上が仮想水取引を通じてもたらされた。	水効率改善の実施割合が、増加する需要ベースに合わせて増えていない；仮想水取引は、効率的な水の再分配を促進することができる。	水資源の効率の傾向を表す部門別（エネルギー部門など）と国別のデータ；仮想水取引の傾向データ；仮想水取引による水効率への影響；部門別の効率についての量的ターゲット；環境流量を含めた水配分の効率化。
4. 水質				
淡水汚染を低減し、かつ規制する。	?/C	全体的な傾向を評価するために利用できるような、淡水の質に関する世界規模のデータセットがない；いくつかの地方の水質には向上が見られたが、ほとんどの主要な河川系で、その中の少なくとも一部において、糞便の大腸菌が、飲料用のWHOの基準を超えている；湖沼における藻や大型水生植物の総発生量が、世界で74%増加した。	展望データは特定されなかった。	底質、栄養分、海ゴミ、有毒化学物質、新規汚染物質、に関する世界データと地域データ；総合的な長期データに基づく、正確な世界と地域の水質指標；新規汚染物質に対する水質基準とターゲット。

表 4.3 目標への進展（表4.1を参照） つづき

4. 水質 つづき				
海洋汚染を低減し規制する。	D/C/B	D：少なくとも415カ所の沿岸地区が深刻な富栄養化を抱えている。世界の栄養塩流出は1970年以降およそ15%増加した。C：多くの地域に対するデータは乏しいが、沿岸漂着ごみや海洋漂流ごみの量は、統計的に大きく変化していない。B：魚の細胞組織内の多くの汚染物質の低減；顕著な最近の汚染事象として、日本での福島原発危機やメキシコ湾でのディープウォーター・ホライズン石油流出などがある。	海洋への窒素負荷は、2000年の年間4,320万トンから、2030年には年間4,550万トンまで増加すると予想される。	底質、栄養塩類、海ゴミ、有毒化学物質、そして新たに生起している汚染物質についての世界データと地域データ。
下水の収集、処理、処分などを行う下水設備の普及率を向上させる。	B	最も貧しい農村社会のほとんどが、改善から取り残されているが、改善された下水設備を利用できる人口は、1990～2008年に54%から61%まで増加した；2008年時点で、26億人（2.5人に1人）が、改善された下水設備を利用できていない。	世界的に、改善された下水設備を利用できない人々を半減させるというミレニアル開発目標ターゲットを、達成できる軌道にない。	定義された水安全保障の測定基準と、長時間かけて傾向を追跡できるよう開発されたデータ（地下水の涵養；世界全体の取水量とエネルギー部門による消費水量；水不足と、エネルギーによる水需要を世界規模でオーバーレイさせたもの）；水安全保障とそれに関連する測定基準について合意された定義。
5. 制度と法律				
水の経済的価値を認識する。	?	生態系サービスの議論については第5章を参照のこと；第10、11、12章で、水と水界生態系の価値を反映する、水の価格決定の仕組みと、市場に基づく解決法の例を挙げる。	展望データは特定されなかった。	水に関連する生態系サービスの範囲、重要性、価値に関するデータ（例えば異常事象に対する緩衝装置としての湿地の価値）；人の健康、環境衛生、および幸福のための生態系サービスを認定、保護、評価する目標とターゲット。
法的な枠組みや規制を策定し施行する。	B	UNCLOSが、160ヶ国によって批准され、世界行動計画（GPA）が108ヶ国によって採用された；非点源に対する規制は遅れているが、産業と都市の廃水を排出するための法的な枠組みは、ほとんどの先進国に存在する；国境を超えた区域のガバナンスは、弱くかつ寸断されている；それを施行することは、依然として多くの地域で問題になっている。	展望データは特定されなかった。	国の統治権の域を超えて、環境影響を効果的に評価し、規制する能力。
制度が持つ協調のメカニズムを強化する。	B	水紛争の数は1970年代以降、増加したが、越境する水に関連する事件の3分の2は協調的である；1948年以降、295の国際的な水協定が署名された；水制度を持つ106の流域のうち、効力を有する多国間協定を持っているのは20%未満である；143ヶ国が18の地域海計画に参加し、大規模海洋生態系アプローチによって世界で64カ所の管理ユニットの線引きがなされた。	展望データは特定されなかった。	協調の効果についての測定基準。
6. 水資源管理				
統合的に管理する戦略と計画を策定し実施する。	B/?	淡水システムと海洋システムの管理のための統合的アプローチの必要性がますます認識されるようになってきている；国々のおよそ半分は、水資源管理と水効率に向けた統合的アプローチを策定し実施することに著しい進展が見られたが、2002年のWSSDターゲットの達成にはほど遠い；財政上、法制上、および/または能力上の障壁によって実施が遅れている；統合的水資源管理の長期的な効力を評価するにはデータが不十分である。	特に開発途上国は、資金、能力、ガバナンスの欠如のために、統合的管理アプローチを実施するに当たって、困難に直面するだろう。	そのようなアプローチの有効性を含めて、国々が統合的水資源管理に向けて進展していくための仕組みや、有意義なガバナンスの指標を発表すること；政策目標の実施。
適切なモニタリングシステムを開発する（国、大陸域、世界）	C/D	データが寸断され、完全に世界をカバーしていないか、定期的に更新されていない；海洋モニタリングやリモートセンシングによるデータ収集は増加したが、世界の淡水モニタリングが減少し、今は不十分である；モデリングやリモートセンシングが、多くの事例でモニタリングを補完しつつあるが、いまだに、かろうじて満たされたデータに依存している。	総合的なモニタリングシステムは、資金調達と能力の問題で、引き続き制限されるだろう。	既存のデータに関するメタデータ；総合的なモニタリングと報告制度について合意された量的目標。
利害関係者の参画を促進させ、水管理でジェンダー主流化を進める。	?	この目標を評価するために利用できるような、世界的な量的データが無い；利害関係者の参画とジェンダー主流化は、世界的により一般的になりつつあるが、まだ多くの地域で不十分である。	展望データは入手できていない。	男女の役割、性別にデータを分けることなど、利害関係者の参画を評価するためのデータ；利害関係者の参画を制度化すること；系統的なジェンダー影響評価。
地下水の管理を向上させる。	C/D/?	C：ヒ素と硝酸塩が、多くの国々の帯水層を脅かしている。D：多くの帯水層が、持続不可能な速度で水位低下させられている；効率的な管理を行うには、その問題を量的に評価するためのより多くのデータが必要である。？：越境地下水系は、大部分はデータが不十分なため、合意が為されていないために、ほとんど無視されてきた。	展望データは入手できていない。	地下水についての汚染、利用可能量、取水量に関する世界レベルのデータセット；地下水資源についての越境管理（データの欠落によって妨げられている）。

## 参考文献

- 2030 Water Resources Group (2009). *Charting our Water Future: Economic Frameworks to Inform Decision-Making*. [http://www.mckinsey.com/App\\_Media/Reports/Water/Charting\\_Our\\_Water\\_Future\\_Full\\_Report\\_001.pdf](http://www.mckinsey.com/App_Media/Reports/Water/Charting_Our_Water_Future_Full_Report_001.pdf)
- Alcamo, J., van Vuuren, D.P. and Cramer, W. (2005a). Change in ecosystem services and their drivers across the scenarios. In *Ecosystems and Human Well-being: Scenarios*. Volume 2 (eds. Carpenter, S.R., Pingali, P., Bennett, E.M. and Zurek, M.B.). Island Press, Washington, DC
- Alcamo, J., van Vuuren, D., Ringler, C., Cramer, W., Masui, T., Alder, J. and Schulze, K. (2005b). Changes in nature's balance sheet: model-based estimates of future worldwide ecosystem services. *Ecology and Society* 10(2), 19
- Ali, M.H. (2010). *Fundamentals of Irrigation and On-Farm Water Management* Volume 1, and *Practices of Irrigation and On-Farm Water Management* Volume 2. Springer Science+Business Media, New York, NY
- AMAP (2007). *Arctic Oil and Gas 2007: Overview Report of the Assessment of Oil and Gas Activities in the Arctic*. Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo. <http://www.amap.no/oga/>
- AMCOW (2008). *Roadmap for the Africa Groundwater Commission*. African Ministers' Council on Water. UNEP/UNESCO/UWC, Nairobi
- Anderson, D.M., Reguera, B., Pitcher, G.C. and Enevoldsen, H.O. (2010). The IOC international harmful algal bloom program: history and science of impacts. *Oceanography* 23, 72–85
- Antonov, J.L., Levitus, S. and Boyer, T.P. (2005). Thermodynamic sea level rise, 1955–2003. *Geophysical Research Letters* 32, L12602
- Bakkes, J.A. and Bosch, P.R. (eds.) (2008). *Background Report to the OECD Environmental Outlook to 2030: Overview, Details, and Methodology of Model-based Analysis*. MNP Report 500113001. Netherlands Environmental Assessment Agency (Milieu-en Natuurplanbureau) and Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P. (eds.) (2008). *Climate Change and Water*. Technical paper of Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva
- Bennett, V., Dávila-Poblete, S. and Rico, M.N. (2005). *Opposing Currents: The Politics of Water and Gender in Latin America*. University of Pittsburgh Press, Pittsburgh, PA
- Bird, K.J., Charpentier, R.R., Gautier, D.L., Houseknecht, D.W., Klett, T.R., Pitman, J.K., Moore, T.E., Schenk, C.J., Tennyson, M.E. and Wandrey, C.J. (2008). *Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle*. US Geological Survey Fact Sheet 2008-3049. <http://pubs.usgs.gov/fs/2008/3049/>
- Biswas, A.K. (2004). Integrated water resources management: a re-assessment. *Water International* 29(2), 248–256
- Biswas, A. and Tortajada, C. (2011). Water quality management: an introductory framework. *Water Resources Development* 27(1), 5–11
- Boelee, E. (ed.) (2011). *Ecosystems for Water and Food Security*. United Nations Environment Programme, Nairobi and International Water Management Institute, Colombo
- Brauch, H.G., Oswald Spring, U., Grin, J., Mesjasz, C., Kameri-Mbote, P., Behera, N.C., Chourou, B. and Krummenacher, H. (eds.) (2009). *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*. Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York
- Brunt, R., Vasak, L. and Griffioen, J. (2004). *Arsenic in Groundwater: Probability of Occurrence of Excessive Concentration on Global Scale*. Report SP 2004-1. International Groundwater Resource Centre (IGRAC), Delft
- Cazenave, A. and Llovel, W. (2010). Contemporary sea level rise. *Annual Review of Marine Science* 2, 145–173
- CBD (1997). *Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. <http://www.cbd.int/doc/meetings/mar/jmem-01/official/jmem-01-02-en.pdf>
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2008). The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. *Water International* 33(1), 19–32
- Chao, B.F., Wu, Y.H. and Li, Y.S. (2008). Impact of artificial reservoir water impoundment on global sea level. *Science* 320(5), 212–214
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, London and International Water Management Institute, Colombo
- Davis, J.A., Hunt, J.A., Greenfield, B.K., Fairey, R., Sigala, M., Crane, D.B., Regalado, K. and Bonnema, A. (2003). *Contaminants in Fish from the San Francisco Bay 2003*. SFEI Contribution 432. San Francisco Estuary Institute, Oakland, CA
- De Stefano, L., Edwards, P., de Silva, L. and Wolf, A.T. (2010). Tracking cooperation and conflict in international basins: historic and recent trends. *Water Policy* 12, 871–884
- Diaz, R.J., Selman, M. and Chique-Canache, C. (2010). *Global Eutrophic and Hypoxic Coastal Systems: Eutrophication and Hypoxia – Nutrient Pollution in Coastal Waters*. World Resources Institute, Washington, DC. <http://www.wri.org/project/eutrophication>
- Dyrgerov, M.B. and Meier, M.F. (2005). *Glaciers and the Changing Earth System: A 2004 Snapshot*. Occasional Paper 58. Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado, Boulder, CO
- EIA (2011). *World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States*. <http://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/pdf/fullreport.pdf>
- EM-DAT (2011). *EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database*. Université Catholique de Louvain, Brussels. [www.emdat.be](http://www.emdat.be)
- Falkenmark, M. and Rockström, J. (2004). *Balancing Water for Humans and Nature: The New Approach in Ecohydrology*. Earthscan, London
- FAO (2008). *FAO-Aquastat: Proportion of Renewable Water Resources Withdrawn (MDG Water Indicator)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/globalmaps/index.stm> (accessed May 2011)
- Feely, R.A., Doney, S.C. and Sarah, R. (2009). Ocean acidification: present conditions and future changes in a high-CO<sub>2</sub> world. *Oceanography* 22(4), 36–47
- Foster, S., Garduno, H., Kemper, K., Tuinhof, A., Nanni, M. and Dumars, C. (2006). *Groundwater Quality Protection: Defining Strategy and Setting Priorities*. Briefing Note Series 8. World Bank, Washington, DC
- Galgani, F., Leaute, J.P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., Goraguer, H., Latrouite, D., Andral, B., Cadiou, Y., Mahe, J.C., Poullar, J.C. and Nerisson, P. (2000). Litter on the sea floor along European coasts. *Marine Pollution Bulletin* 40(6), 516–527. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X99002349>
- Garrick, D., Siebentritt, M.A., Aylward, B., Bauer, D.C.J. and Purkey, A. (2009). Water markets and freshwater services: policy reform and implementation in the Columbia and Murray-Darling Basins. *Ecological Economics* 69, 366–379
- GESAMP (2010). *Proceedings of the GESAMP International Workshop on Plastic Particles as a Vector in Transporting Persistent, Bio-accumulating and Toxic Substances in the Oceans*. GESAMP Rep. Stud. No. 82 (eds. Bowmer, T. and Kershaw, P.J.). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
- Gleick, P.H. (2003). Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century. *Science* 302, 1524–1528
- Gleick, P.H. and Palaniappan, M. (2010). Peak water limits to freshwater withdrawal and use. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 11155–11162
- Glennie, P., Lloyd, G.J. and Larsen, H. (2010). *The Water-Energy Nexus: The Water Demands of Renewable and Non-Renewable Electricity Sources*. DHI, Hørsholm
- Global Water Partnership (2006). *Setting the Stage for Change: Second Informal Survey by the GWP Network g Giving the Status of the 2005 WSSD Target on National Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans*. Global Water Partnership, Stockholm
- Global Water Partnership (2000). *Integrated Water Resources Management*. Background Paper No. 4. Technical Advisory Committee, Global Water Partnership, Stockholm
- Gordon, L.J., Steffen, W., Jonsson, B.F., Folke, C., Falkenmark, M. and Johannessen, A. (2005). Human modification of global water vapor flows from the land surface. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, 7612–7617
- Gorman, P.A. and Schneider, T. (2009). The physical basis for increases in precipitation extremes in simulations of 21st century climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(35), 14773–14777
- Greenberg, M.R. (2009). Water, conflict, and hope. *American Journal of Public Health* 99(11), 1928–1930
- Hassellöv, M., Readman, J.W., Ranville, J.F. and Tiede, K. (2008). Nanoparticle analysis and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineered nanoparticles. *Ecotoxicology* 17(5), 344–361
- HELCOM (2009). *Marine Litter in the Baltic Sea Region: Assessment and Priorities for Response*. Helsinki Commission, Baltic Marine Environment Protection Commission.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A. and Hatzigeorgidis, M.E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, 1737–1742
- Hoekstra, A.Y. and Mekonnen, M.M. (2011). *Global Water Scarcity: Monthly Blue Water Footprint Compared to Blue Water Availability for the World's Major River Basins*. Value of Water Research Report Series No.53. UNESCO-IHE, Delft
- International Lake Environment Committee (2006). *Managing Lakes and their Basins for Sustainable Use: A Report for Lake Basin Managers and Stakeholders*. International Lake Environment Committee Foundation, Kusatsu
- IMO (1972) *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*. International Maritime Organization. <http://www.ecolex.org/server2.php/libcat/docs/TRE/Multilateral/En/TRE000420.txt>
- IOM (2010). *Disaster Risk Reduction, Climate Change Adaptation and Environmental Migration: A Policy Perspective*. International Organization for Migration, Geneva

- IPCC (2011). Summary for policymakers. In *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (eds. Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S., Tignor, M., Midgley, P.M.). Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC (2007a). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Working Group I contribution to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC (2007b). *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Pachauri, R.K. and Reisinger, A.). IPCC, Geneva
- IPCC (2007c). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Working Group II contribution to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- Ishii, M. and Kimoto, M. (2009). Re-evaluation of historical ocean heat content variations with varying XBT and MBT depth bias corrections. *Journal of Oceanography* 65(3), 287–299. doi:10.1007/s10872-009-0027-7
- ITOPF (2010). Oil tanker spill statistics. International Tanker Owners Pollution Federation Ltd. <http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/index.html>
- Johnson, B.M., Kanagy, L.E., Rodgers, J.H. and Castle, J.W. (2007). Chemical, physical, and risk characterization of natural gas storage produced waters. *Water, Air and Soil Pollution* 191, 33–54
- Karakezi, S., Kimani, J., Onguru, O. and Kithyoma, W. (2009). *Large Scale Hydropower, Renewable Energy and Adaptation to Climate Change: Climate Change and Energy Security in East and Horn of Africa*. Energy, Environment and Development Network for Africa (AFREPEN/FWD), Nairobi. <http://www.boell.or.ke/downloads/RenewableEnergyandAdaptationtoClimateChangePublication.pdf> (accessed 1 September 2010) and [www.afrepren.org/Pubs/Occasional\\_Papers/pdfs/OP33.pdf](http://www.afrepren.org/Pubs/Occasional_Papers/pdfs/OP33.pdf)
- Kelly, E.N., Schindler, D.W., Rodson, P.V., Short, J.W., Radmanovich, R. and Nielsen, C.C. (2010). Oil sands development contributes elements toxic at low concentrations to the Athabasca River and its tributaries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(37), 16178–16183
- Kipping, M. (2009). Water security in the Senegal River basin: water cooperation and water conflicts. In *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security* (eds. Brauch, H.G., Oswald Spring, U., Grin, J., Mesjasz, C., Kameri-Mbote, P., Behera, N.C., Chourou, B. and Krummenacher, H.). pp. 675–684. Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York
- Kleinen, T. and Petschel-Held, G. (2007). Integrated assessment of changes in flooding probabilities due to climate change. *Climatic Change* 81, 283–312
- Kundzewicz, Z.W. and Kowalczak, P. (2009). The potential for water conflict is on the increase. *Nature* 459, 31
- Kundzewicz, Z.W., Mata, I.J., Arnell, N.W., Döll, P., Kabat, P., Jiménez, B., Miller, K.A., Oki, T., Sen, Z. and Shiklomanov, I.A. (2007). Freshwater resources and their management. In *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II contribution to the Fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. Parry, M.I., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E.). pp.173–210. Cambridge University Press, Cambridge
- Langdon C. and Atkinson, M.J. (2005). Effect of elevated pCO<sub>2</sub> on photosynthesis and calcification of corals and interactions with seasonal change in temperature/irradiance and nutrient enrichment. *Journal of Geophysical Research* 110, C09S07
- Lansky, L. and Uitto, J.I. (eds.) (2005). *Enhancing participation and governance in water resources management: conventional approaches and information technology*. United Nations University Press, Tokyo; New York; Paris
- Law, K.L., Morét-Ferguson, K., Maximenko, S., Proskurovski, N.A., Peacock, E.E., Hafner, J. and Reddy, C.M. (2010). Plastic accumulation in the North Atlantic subtropical gyre. *Science* 329(5996), 1185–1188
- Lenton, R. and Muller, M. (2009). *Integrated Water Resources Management in Practice: Better Water Management for Development*. Earthscan, London
- Levitus, S., Antonov, J.L., Boyer, T.P., Locarnini, R.A., Garcia, H.E. and Mishonov, A.V. (2009). Global ocean heat content 1955–2008 in light of recently revealed instrumentation. *Geophysical Research Letters*, 36
- Lewis, W.M. (2011). Global primary production of lakes: 19th Baldi Memorial Lecture. *Inland Waters* (in press)
- Logan, C.A. (2010). A review of ocean acidification and America's response. *Bioscience* 60, 819–828
- Lugeri, N., Kundzewicz, Z.W., Genovese, E., Hochrainer, S. and Radziejewski, M. (2010). River flood risk and adaptation in Europe – assessment of the present status. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15, 621–639
- MA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Wetlands and Water Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, DC
- MARPOL (2011). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)*. <http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-%28marpol%29.aspx>
- Martinez, E., Maamaatuaiahutapu, K. and Taillandier, V. (2009). Floating marine debris surface drift: convergence and accumulation toward the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 58(9), 1347–1355
- Matthews, J., Wickel, B. and Freeman, S. (2011). Converging currents in climate-relevant conservation: water, infrastructure, and institutions. *PLOS Biology* 9(9), e1001159
- McGranahan, G., Balk, D. and Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization* 19, 17–37
- Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2011). *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*. Value of Water Research Report Series No. 50. UNESCO-IHE, Delft
- National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011). *Deep Water: The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling*. Report to the President, United States of America
- Navarro, E., Baun, A., Behra, R., Hartmann, N.B., Filser, J., Miao, A.J., Quigg, A., Santshi, P.H. and Sigg, L. (2008). Environmental behaviour and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi. *Ecotoxicology* 17, 372–386
- OECD (2008). *Environmental Outlook to 2030*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Osborn, S.G., Vengosh, A., Warnder, N.R. and Jackson, R.B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(20), 8172–8176. <http://www.pnas.org/content/early/2011/05/02/1100682108>
- Oshihoi, T., Isobe, T., Takahashi, S., Kubodera, T. and Tanabe, S. (2009). Contamination status of organohalogen compounds in deep-sea fishes in northwest Pacific ocean off Tohoku, Japan. In *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry – Environmental Research in Asia* (eds. Obayashi, Y., Isobe, T., Subramanian, A., Suzuki, S. and Tanabe S.). pp. 67–72. Terrapub, Tokyo
- OSPAR (2009). *Marine Litter in the North-East Atlantic Region: Assessment and Priorities for Response*. OSPAR Commission, London.
- Osti, R., Hishinuma, S., Miyake, K. and Inomata, H. (2011). Lessons learned from statistical comparison of flood impact factors among southern and eastern Asian countries. *Journal of Flood Risk Management* 4(3), 203–215
- Oswald Spring, U. (2007). Hydro-diplomacy: opportunities for learning from an interregional process. In *Integrated Water Resources Management and Security in the Middle East* (eds. Lipchin, C., Pellant, E., Saranga, D. and Amster, A.). pp.163–200. Springer, Dordrecht
- Oswald Spring, U. and Brauch, H.G. (2009). Securitizing water. In *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts* (eds. Brauch, H.G., Oswald Spring, U., Grin, J., Mesjasz, C., Kameri-Mbote, P., Behera, N.C., Chourou, B. and Krummenacher, H.). Springer-Verlag, Ebook at SpringerLink
- Pacific Institute (2011). *Water Conflict Chronology List*. <http://www.worldwater.org/conflict/list/>
- Parry, M., Arnell, N., Berry, P., Dodman, D., Fankhauser, S., Hope, C., Kovats, S., Nicholls, R., Satterthwaite, D., Tiffin, R. and Wheeler, T. (2009). *Assessing the Costs of Adaptation to Climate Change: A Review of the UNFCCC and Other Recent Estimates*. International Institute for Environment and Development and Grantham Institute for Climate Change, London
- Pereira, L.A.S., Cordero, I. and Iacovides, I. (2009). *Coping with Water Scarcity: Addressing the Challenges*. Springer Science
- Perret, S., Stefano, F. and Rashid, H. (eds.) (2006). *Water Governance for Sustainable Development: Approaches and Lessons from Developing and Transitional Countries*. Earthscan, London
- Placht, M. (2007). Integrated water resource management: incorporating integration, equity, and efficiency to achieve sustainability. *International Development, Environment and Sustainability* 3. <http://fletcher.tufts.edu/ierp/ideas/issue3.html>
- Portmann, F.T., Siebert, S. and Döll, P. (2010). MIRCA 2000 – Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: a new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling. *Global Biogeochemical Cycles* 24, GB1011. doi:10.1029/2008GB003435
- Prüss-Üstün, A., Bos, R., Gore, F. and Bartram, J. (2008). *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/saferwater/en/index.html](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/saferwater/en/index.html)
- Rabalais, N.N., Diaz, R.J., Levin, L.A., Turner, R.E., Gilbert, D. and Zhang, J. (2010). Dynamics and distribution of natural and human-caused hypoxia. *Biogeosciences* 7, 585–619
- RCSE-SU and ILEC (2011). *Development of ILBM Platform Process: Evolving Guidelines through Participatory Improvement*. Research Center for Sustainability and Environment, Shiga University and International Lake Environment Committee, Kusatsu
- Ribic, C.A., Sheavly, S.B., Rugg, D.J. and Erdmann, E.S. (2010). Trends and drivers of marine debris on the Atlantic coast of the United States 1997–2007. *Marine Pollution Bulletin* 60, 1231–1242
- Rignot, E. (2008). Changes in West Antarctic ice dynamics observed with ALOS PALSAR. *Geophysical Research Letters* 35, L12505

- Rignot, E., Velicogna, I., van den Broeke, M.R., Monaghan, A. and Lenaerts, J. (2011). Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise. *Geophysical Research Letters* 38, L05503
- Rockström, J., Stefen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475
- Rohrer, J., Gerten, D. and Lucht, W. (2007). *Development of Functional Irrigation Types for Improved Global Crop Modelling*. PIK Report No. 104. Potsdam Institute for Climate Impact Research, Potsdam
- Rosenfeld, D., Lohmann, U., Raga, G.B., O'Dowd, C.D., Kulmala, M., Fuzzi, S., Reissell, A. and Andreae, M.O. (2008). Flood or drought: how do aerosols affect precipitation? *Science* 321(5894), 1309–1313
- Rothman, D., Agard, J. and Alcamo, J. (2007). The future today. In *Global Environment Outlook-4 (GEO-4)*. pp.395–454. United Nations Environment Programme, EarthPrint, Stevenage
- Ryan, P.G., Moore, C.J., van Franeker, J.A. and Moloney, C.L. (2009). Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 364, 1999–2012
- Sauer, A., Klop, P. and Agrawal S. (2010). *Over Heating: Financial Risks from Water Constraints on Power Generation in Asia: India, Malaysia, Philippines, Thailand, Vietnam*. World Resources Institute, Washington, DC
- Schwarzenbach, R.P., Egli, T., Hofstetter, T.B., von Gunten, U. and Wehrli, B. (2010). Global water pollution and human health. *Annual Review of Environment and Resources* 35, 109–136
- Seitzinger, S.P., Mayorga, E., Bouwman, A.F., Kroeze, C., Beusen, A.H.W., Billen, G., Van Drecht, G., Dumont, E., Fekete, B.M., Garnier, J. and Harrison, J.A. (2010). Global river nutrient export: a scenario analysis of past and future trends. *Global Biogeochemical Cycles* 24, GBOA08
- Sheavly, S.B. (2007). *National Marine Debris Monitoring Program: Final Program Report, Data Analysis and Summary*. Ocean Conservancy, Washington, DC
- Stanners, D., Bosch, P., Dom, A., Gabrielsen, P., Gee, D., Martin, J., Rickard, L. and Weber, J.-L. (2007). Frameworks for environmental assessment and indicators at the EEA. In *Sustainability Indicators – A Scientific Assessment* (eds. Håk, T., Moldan, B. and Dahl, A.). Island Press, Washington, DC.
- UNCED (1992). *Agenda 21* (Chapter 18). United Nations Conference on Environment and Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNCLOS (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. [http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_e.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf)
- UNDESA (2010). *Millennium Development Goals Report*. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York. [http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2010/MDG\\_Report\\_2010\\_En.pdf](http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Resources/Static/Products/Progress2010/MDG_Report_2010_En.pdf)
- UNDP (2006). *Human Development Report 2006. Beyond Scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis*. United Nations Development Programme, New York. <http://undp.org/en/media/HDR06-complete.pdf> (accessed February 2010)
- UNEP (2009). *Marine Litter: A Global Challenge*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP-GEMS/Water Programme (2008). *Water Quality for Ecosystem and Human Health*, 2nd ed. United Nations Environment Programme GEMS/Water Programme, Burlington. [http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water\\_quality\\_human\\_health.pdf](http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf)
- UNESCO (2009). *Water in a Changing World*. 3rd United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. <http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/tableofcontents.shtml>
- UNESCO (2006). *Water: A Shared Responsibility*. 2nd United Nations World Water Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr2/>
- UNFCCC (2007). *Investment and Financial Flows to Address Climate Change*. Climate Change Secretariat, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn
- UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. [http://unfccc.int/key\\_documents/the\\_convention/items/2853.php](http://unfccc.int/key_documents/the_convention/items/2853.php)
- UNISDR (2011). *Revealing Risk, Redefining Development*. 2011 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Risk Reduction, Geneva
- UN-Water (2012). Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management. <http://www.unwater.org/rio2012/>
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liemann, C.R. and Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555–561
- Wada, Y., van Beek, L.P.H., van Kempen, C.M., Reckman, J.W.T.M., Vasak, S. and Bierkens, M.F.P. (2010). Global depletion of groundwater resources. *Geophysical Research Letters* 37, L20402
- Walton, D.A. and Ivers, L.C. (2011). Responding to cholera in post-earthquake Haiti. *New England Journal of Medicine* 364, 3–5
- Watson, N., Walker, G. and Medd, W. (2007). Critical perspectives on integrated water management. *The Geographical Journal* 173(4), 297–299
- WBGU (2008). *World in Transition – Climate Change as a Security Risk*. Earthscan, London. [http://www.wbgu.de/wbgu\\_jg2007\\_engl.html](http://www.wbgu.de/wbgu_jg2007_engl.html)
- Wentz, F.J., Ricciardulli, L., Hilburn, K. and Mears, C. (2007). How much more rain will global warming bring? *Science* 317, 233–235
- WHO (2012). WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) for water supply and sanitation: data resources and estimates. World Health Organization, Geneva. <http://www.wssinfo.org/data-estimates/introduction>
- WHO (2011a). *Water-Related Diseases: Information Sheets*. Water, sanitation and health. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/diseasefact/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/en/index.html)
- WHO (2011b). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Fourth edition. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/9789241548151\\_ch07.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/9789241548151_ch07.pdf)
- WHO (2010). *Weekly Epidemiological Record* 85(31), 293–308. World Health Organization, Geneva
- WHO (2004). *Burden of Disease (in DALYs) Attributable to Water, Sanitation and Hygiene*. World Health Organization, Geneva
- WHO (2003a). Algae and cyanobacteria in fresh water. In *Guidelines for Safe Recreational Waters Volume 1: Coastal and Fresh Waters*. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/bathing/srwe1-chap8.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe1-chap8.pdf)
- WHO (2003b). Faecal pollution and water quality. In *Guidelines for Safe Recreational Waters Volume 1: Coastal and Fresh Waters*. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/bathing/srwe1/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe1/en/index.html)
- Willis, J., Roemmich, D. and Cornuelle, B. (2004). Interannual variability in upper-ocean heat content, temperature and thermocline expansion on global scales. *Journal of Geophysical Research* 109, C12037
- Wolf, A.T. (2007). Shared waters: conflict and cooperation. *Annual Review of Environment and Resources* 32, 3.1–3.29
- World Bank (2010). *The Cost to Developing Countries of Adapting to Climate Change: New Methods and Estimates*. The Global Report of the Economics of Adaptation to Climate Change Study Consultation Draft. World Bank, Washington, DC
- World Bank (2009). *Water and Climate Change: Understanding the Risks and Making Climate-Smart Investment Decisions*. World Bank, Washington, DC <http://siteresources.worldbank.org/EXTNTFPSI/Resources/DPWaterClimateChangeWebLarge.pdf>
- World Water Council (2000). *Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century*. [http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Official\\_Declarations/The\\_Hague\\_Declaration.pdf](http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/Official_Declarations/The_Hague_Declaration.pdf)
- WSSD (2002). *Johannesburg Plan of Implementation (JPOI)*. World Summit on Sustainable Development. [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/POIToc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm)
- Zhao, M. and Running, S.W. (2010). Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009. *Science* 329(5994), 940–943

# 生物多樣性



Credit: © Peter Prokoshch

**統括執筆責任者:** Dolors Armenteras and C. Max Finlayson

**執筆責任者:** John Agard, Stuart H.M. Butchart, Joji Carino, William W.L. Cheung, Ben Collen, Leslie G. Firbank, Simon Hales, Marc Hockings, Robert Hoft, Justin Kitzes, Melodie A. McGeoch, Christian Prip, Thomasina E.E. Oldfield, Kent H. Redford and Heikki Toivonen

**執筆協力者:** Neil Burgess, Mario Baudoin, Bastian Bertzky, Nigel Dudley, Rod Fuentes, Alessandro Galli, Valerie Kapos, Linda Krueger, Yogesh Gokhale, Ashish Kothari, J. Carter Ingram, Camilo Garcia Ramirez, Dan Laffoley, Jörn P.W. Scharlemann, Damon Stanwell-Smith, John G. Robinson, Bas Verschuuren, Johanna von Braun, Kabir Bavikatte, Holly Shrumm and Monica Morales Rivas (GEO Fellow)

**主科学査読者:** Klement Tockner

**章編集者:** Alison M. Rosser and Matt J. Walpole

# 主要メッセージ

生物多様性に対する圧力が増加し続けている。農業活動やインフラ整備や開発による生息・生育地の損失や劣化、乱獲、汚染、侵略的外来種が、依然として主要な脅威である。気候変動は重大性を増しつつあり、特にその他の脅威と複合して深刻な影響を及ぼすだろう。現在の減少傾向を食い止めて回復に転じさせるには、地域コミュニティの効果的な関与を得ながら政策や制度を大きく変えていく必要がある。世界では 2000 年～2005 年の間に森林の 1 億ヘクタール以上が失われ、また海洋沿岸域においては 1970 年以降に海草の生育地が、1980 年以降にマングローブ林が、それぞれ 20%失われた。湿地の 95%が失われた地域もある。サンゴ礁は 1980 年以降世界で 38%減少した。今や世界の大河川の 3 分の 2 が、中程度から深刻なレベルでダムと貯水池によって分断されている。

世界の生物多様性の状態は悪化し続けており、生物の個体群数、種数そして生息・生育地の大幅な減少が進行している。例えば、1970 年以降、脊椎動物の個体群数は平均 30%減少しており、今や、絶滅危惧種が 3 分の 2 にのぼる分類群もある。生物多様性の減少は、熱帯地域、淡水生態系、そして人間に利用されている海の生物種において最も急激に進んでいる。自然の生息・生育地の転用と劣化も進行しており、中には 1980 年以降に 20%減少した例もある。特定の種を絶滅の危機から救ったり、個体群数の減少を増加に転じたり、生息・生育地を再生させるといった成功の事例はあるものの、継続する下降を上回るものではない。

人が生物多様性から得ている恩恵が、失われつつある。自然の生態系から大規模な集約的農地への転用は、人の福利にとって純便益をもたらしたが、多くの場合、同時

に炭素隔離や洪水調節といったその他のサービスの低減を招いた。生態系の劣化、持続不可能な消費活動、生物多様性から受ける恩恵の不平等な配分などが続き、ここ数十年間で達成されてきた人の福利や健康の向上が脅かされている。

生物多様性の損失と劣化に対して、対策は増えているが減少を緩和することはできず、より多くの取り組みが必要になっている。成功している取り組みには、保護区の設定の増大があり、今では陸地部分のほぼ 13%が組み込まれ、先住民や地域コミュニティによって管理される保護区への認識が高まったことが挙げられ、また、侵略的外来種や遺伝子組換え生物 (GMOs) を管理するための政策や行動が採択されたことが挙げられる。約 55%の国々が、新しい外来種の移入を防ぎ、かつ既存の侵略的外来種を規制するための法律を定めている。しかし包括的な戦略と管理計画を持つ国は 20%未満と推定されており、しかもそれらの有効性についてのデータは不足している。この他に成功した取り組みには、持続可能な収穫や汚染の削減を支援する規則、種の回復や生息・生育地の再生、また遺伝資源の取得の機会や利益配分を公平にすることに関する進展などがある。生物多様性保全のための国際的な資金供給は、1992 年以降、実質ベースで約 38%増加したと推定され、今では年間 31 億 US ドルになっている。しかし、海域で保護区に設定されているのは、1.5%未満である。

愛知ターゲットを含む生物多様性戦略計画 2011-2020 の採択ならびに遺伝資源の取得の機会と利益配分に関する名古屋議定書の承認によって、生物多様性の減少を食い止めて回復に転じさせるために世界が協調して取り組む機会が到来した。

# 序文

生物多様性は、生物多様性条約（CBD）によって「すべての生物（陸上生態系、海洋その他の水界生態系、これらが複合した生態系、その他生息又は生育の場のいかなを問わない）の間の変異性をいうものとし、種内の多様性、種間の多様性及び生態系の多様性を含む」と定義されている(UN 1992 Article 2)。

近年、生物多様性と生態系サービスの関係、および人々がこれらから受けている恩恵に対する関心が高まっている(CBD 2010b;TEEB 2010; Sutherland *et al.* 2009; UNEP 2007; MA 2005a;2005b)。また、生物多様性がミレニアム開発目標の達成に極めて重要な役割を果たしていることが明らかになってきている。生物多様性は、例えば食糧安全保障や人の健康を根底から支えること、きれいな空気と水を提供すること、そして経済発展を支えることを通して貧困の削減ならびに人の暮らしと福利の維持に寄与しているからである(UNEP 2007; MA 2005a)。生物多様性の重要性と、それが低下していることを考え合わせると(CBD 2010b)、その低下速度を遅らせ、出来る限り回復させていく計画を立てることが必要不可欠である。

生物多様性の状態についての最近の評価でも、改善の兆しはほとんど見られない。2010年5月(CBD 2010b)に公表された第3次の地球規模生物多様性概況(GBO-3)の中でも、ミレニアム生態系評価(MA 2005a)と前回の地球環境概観(GEO-4)(UNEP 2007)の出版以降、生物多様性が衰退し続けていることが示された。本章は最近のこれらの評価結果に基づくものである。生物多様性条約の3つの目的、すなわち、生

物多様性の保全と、その構成要素の持続可能な利用と、遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分に加えて、その他の生物多様性関連の条約の使命や目的についても検討する。

本章では、生物多様性について、世界的に合意された指標とゴール、特に愛知ターゲットを提示する(Box 5.1)。これらのターゲットが達成されなかった場合に、人間の暮らしがどうなるのかを調査し、また、国際的に合意されたゴールを達成するために何が足りないかを特定して、国際社会に向けた重要なメッセージとする。生物多様性に影響する直接的圧力、生物多様性の状態と変化の傾向についての現在の知見、ならびに生物多様性が人々に与える恩恵についての知見を、過去の評価や最近の刊行物を基にまとめている。また、これらの圧力への対応策についても調査し、生物多様性の保護の進展について表にまとめた。特に、行政界を超えて起きている問題は、生態学の視点と公平性の両方の観点から取り組んでいる。生物多様性、伝統的知識、そして文化的多様性との間の結び付きについても検討した上で将来への展望とともに締めくくっている。

## 国際的に合意された目標

ゴールとターゲットは、生物多様性についての世界的な誓約について、その達成状況を評価するための政策課題の一つの見方を示すものである。生物多様性に関する18個の目標を選定して示す(表 5.1 と Box 5.2)。これには環境の持続可能性を確保するミレニアム開発目標7から、最近の生物多様性戦略計画2011-2020の5つの戦略目標と20の愛知ターゲット(Box 5.1)までが含まれている。これらの生物多様性のゴールとターゲットは、テーマごとに分類され、相互の関係性と生物多様性の重要課題を参考にして優先順位付けが行われた(表 5.1 と Box 5.2)。



ケニアのナクル湖国立公園は、400を超える鳥類のサンクチュアリ（聖域）として有名で、同時にウォーターバックなどの大型有蹄類の避難所にもなっている。© Jason Jabbour



生物多様性の国連親善大使である俳優エドワード・ノートンが、世界の生物多様性損失の危険性について記者会見で演説している。© Rick Bajornas/UN Photo

多数のパートナーの協働により開催された数々の地域協議、専門家ワークショップ、ハイ・レベル会議を経て、2010年10月に生物多様性条約（CBD）の締約国会議において愛知ターゲット（CBD 2010a）を含む生物多様性戦略計画 2011-2020（CBD 2010c）が採択された。その計画には、5つの戦略目標が盛り込まれ、次のようなビジョンを達成するためのターゲットを設定している。「自然と共生する世界、すなわち、2050年までに、生物多様性が評価され、保全され、回復され、そして賢明に利用され、それによって生態系サービスが保持され、健全な地球が維持され、全ての人々に不可欠な恩恵が与えられる世界」である（CBD 2010c Decision X/2）。

その戦略計画は、地域（UN region）や世界からの支援を受けて、主として国や地方政府により推進されることが想定されている。各国は、戦略計画と愛知ターゲットを柔軟な枠組みとして用いて、自国の生物多様性戦略と行動計画の中へこれらのターゲットを組み入れながら、国そして地域（UN region）のターゲットを開発することになっている。また2014年と2018年に達成状況を報告するための指標を開発することになっている。

**戦略目標A：政府と社会において生物多様性を主流化することにより、生物多様性損失の根本原因に対処する。**

**ターゲット1：**遅くとも2020年までに、生物多様性の価値と、それを保全し持続可能に利用するために可能な行動を、人々が認識する。

**ターゲット2：**遅くとも2020年までに、生物多様性の価値が、国と地方の開発及び貧困削減のための戦略や計画プロセスに

統合され、適切な場合には国家勘定や報告制度に組み込まれている。

**ターゲット3：**遅くとも2020年までに、条約その他の関連する国際的義務に整合し調和するかたちで、国内の社会経済状況を考慮しつつ、負の影響を最小化又は回避するために、生物多様性に有害となるような補助金を含む奨励措置が廃止され、あるいは段階的に廃止され、又は改革され、また、生物多様性の保全及び持続可能な利用に資する奨励措置が策定され、適用される。

**ターゲット4：**遅くとも2020年までに、政府、ビジネス及びあらゆるレベルの利害関係者が、持続可能な生産及び消費のための計画を達成するための行動を起こし、又はそのための計画を実施し、また自然資源の利用の影響を生態学的に十分な安全な範囲内に抑える。

**戦略的目標B：生物多様性への直接的な圧力を減少させ、持続可能な利用を促進する。**

**ターゲット5：**2020年までに、森林を含む全ての自然生息地の損失の速度を少なくとも半減させ、可能な場合にはゼロに近づけ、またそれらの生息地の劣化と分断を顕著に減少させる。

**ターゲット6：**2020年までに、すべての魚類と無脊椎動物の資源及び水生植物が、持続的かつ法律に沿ってかつ生態系を基盤とするアプローチを適用して管理、収穫され、それによって過剰漁獲を避け、枯渇したすべての種に対して回復計画や対策が実施され、絶滅危惧種や脆弱な生態系に対する漁業の深刻な影響をなくし、資源、種、生態系への漁業の影響が生態学的に安全な範囲内に抑えられる。

**ターゲット7：**2020年までに、農業、養殖業、林業が行われる地域が、生物多様性の保全を確保するよう持続的に管理される。

**ターゲット8：**2020年までに、富栄養化などによる汚染が生態系機能と生物多様性に有害とならない水準まで抑えられる。

**ターゲット9：**2020年までに、侵略的外来種とその移入経路が特定され、優先順位付けられ、優先度の高い種が制御または根絶される。また、侵略的外来種の導入又は定着を防止するために移入経路を管理するための対策が講じられる。

**ターゲット10：**2015年までに、気候変動または海洋酸性化により影響を受けるサンゴ礁その他の脆弱な生態系に及ぶ複合的な人為的圧力が最小化され、その生態系の健全性と機能が維持される。

**戦略目標C：生態系、種、遺伝子の多様性を守ることにより、生物多様性の状況を改善する。**

**ターゲット11：**2020年までに、少なくとも陸域及び陸水域の17%、また沿岸域及び海域の10%、特に、生物多様性と生態系サービスにとって特に重要な地域が、効果的に衡平に管理

されかつ生態学的に代表的で良く連結された保護地域システムや、その他の効果的な地域型的手段を通じて保全され、また、より広域の陸上景観や海洋景観に統合される。

**ターゲット 12:** 2020 年までに、既知の絶滅危惧種の絶滅が防止され、また、それらのうち、特に減少率の高い種の保全状況が改善され、維持される。

**ターゲット 13:** 2020 年までに、社会経済的、文化的に貴重な種を含む作物、家畜及びその野生近縁種の遺伝子の多様性が維持され、また、その遺伝資源の流出を最小化し、遺伝子の多様性を保護するための戦略が策定され、実施される。

**戦略目標 D: 生物多様性と生態系サービスから得られる全ての人のための恩恵を強化する。**

**ターゲット 14:** 2020 年までに、水に関連するものを含む基本的なサービスを提供しかつ人の健康、生活、福利に貢献する生態系が、回復及び保全され、その際には女性、先住民及び地域コミュニティ、貧困層及び弱者のニーズが考慮される。

**ターゲット 15:** 2020 年までに、劣化した生態系の少なくとも 15%以上の回復を含む生態系の保全と回復を通じ、生態系の回復力及び二酸化炭素の貯蔵に対する生物多様性の貢献が強化され、それが気候変動の緩和と適応及び砂漠化対処に貢献する。

**ターゲット 16:** 2015 年までに、遺伝資源の取得の機会（アクセス）及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分に

関する名古屋議定書が、国内法制度に従って施行され、運用される。

**戦略目標 E: 参加型計画立案、知識管理と能力開発を通じて実施を強化する。**

**ターゲット 17:** 2015 年までに、各締約国が、効果的で、参加型の生物多様性の国家戦略及び行動計画の改訂を策定し、政策手段として採用し、実施している。

**ターゲット 18:** 2020 年までに、生物多様性の保全及び持続可能な利用に関する先住民及び地域コミュニティの伝統的な知識、工夫、慣行、並びに生物資源に対する慣習的な利用法が、国内法制度及び関連する国際的義務に従って尊重され、あらゆる関連するレベルで、先住民及び地域コミュニティの全面的かつ効果的な参加と共に、生物多様性条約の実施において、十分に統合され、反映される。

**ターゲット 19:** 2020 年までに、生物多様性、その価値、機能、現状や傾向、及び生物多様性が損なわれた場合の結果、に関する知識、科学的基盤及び技術が改善され、広く共有されかつ伝達され、適用される。

**ターゲット 20:** 遅くとも 2020 年までに、戦略計画 2011-2020 を効果的に実施するための、また資源動員戦略において統合、合意されたプロセスに基づく、全ての資金源からの資金動員が、現在のレベルから顕著に増加すべきである。このターゲットは、締約国により策定、報告される資源ニーズを評価して変更される可能性がある。



2010年に名古屋で開催された生物多様性条約の第10回締約国会議（COP10）の様子。この会議で、愛知ターゲットを含む新しい国連の戦略計画が採択された。 © IISD/Earth Negotiations Bulletin

表5.1 生物多様性に関して国際的に合意されたゴールと課題 (ハイレベル政府間諮問パネルによって選定された)

国際的に合意されたゴールの中の主要課題		生物多様性			
		圧力	状態と傾向	恩恵	社会側の対応
		愛知ターゲット			
		5,6,7,8,9,10	11,12,13	14,15,16	1-20
国際植物防疫条約 (IPPC) (FAO 1951)の第1条	植物病虫害の侵入と拡散を防ぐと共に、適切な制御策を実施する。				X
絶滅のおそれのある野生動物の種の国際取引に関する条約 (ワシントン条約) (CITES 1973)の前文	野生動植物の国際取引の規制を輸出国と輸入国とが協力して実施することにより、採取・捕獲を抑制して絶滅のおそれのある野生動植物の保護をはかる。			X	X
ラムサール湿地条約(UN 1973)の第3条	国の領内の、リストに含まれた湿地の保全、およびその他の湿地の賢明な使用を促進する。		X	X	X
移動性野生動物種の保全に関する条約 (ボン条約) (CMS 1979)の前文	移動性の野生動物の保全および効果的な管理を行うための、それらの動物がそのライフサイクルの一部なりとも過ごす国家の管轄である境界内における、すべての国家による調和された行動。		X		X
アジェンダ21(UNCED 1992)の第17章86節	優先度の高い海洋生態系を特定し、特に保護区の指定によって、これらの区域の使用を制限する。	X	X		X
生物多様性条約(CBD 1992)の第1条	生物多様性の保全と持続可能な利用、遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分。		X	X	X
第6条	生物多様性の保全と持続可能な利用のための国家戦略を策定する。また、関連する計画や政策にも同様に組み入れる。		X	X	X
第8条(j)	生物の多様性の保全及び持続可能な利用に関連する先住民コミュニティの知識を維持し、それらの幅広い活用を促進し、そしてそれらの利用がもたらす利益の衡平な配分を奨励すること。		X	X	X
第10条	生物の多様性の構成要素の持続可能な利用、ならびに関連する者の協力を促進し、伝統的な文化的慣行を保護し、生物の多様性が減少した地域の修復のための作業を支援すること。	X	X	X	X
決定VII/28の1.2.3節	生物の多様性の構成要素の持続可能な利用ならびにそのための協力を促進し、伝統的な文化的慣行を保護し、生物多様性が減少した場所における修復のための行動を支援すること。	X	X	X	X
生物多様性条約 COP7(2004)の決定VII/30の付属書II	生態系プロセスを維持し、かつ移住性の種に配慮するため、生態系ネットワーク、コリドーや、バッファゾーンの設定を通して、より広域の陸域・海域の景観に保護区を組み込む。	X			X
2011-2050ビジョン (CBD 2010年c)	侵略的外来種による脅威を抑制する。	X	X	X	X
ミレニアムサミット (2000)でのミレニアム開発目標 (MDG) 7 (UN 2000)	自然と共生すること、そして2050年までに、生物多様性が評価され、保全され、回復され、そして賢明に利用され、そのことによって生態系サービスが保持され、健全な地球が維持され、全ての人々に不可欠な恩恵が与えられる。	X	X	X	X
ヨハネスブルグ実施計画 (JPOI)(WSSD 2002)の44節	環境の持続可能性を確保する。	X	X	X	X
CBD(CBD 2000)のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書の第1条	生物の多様性の持続可能な利用、および遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分。	X			
食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGRFA) (FAO 2001)	現代のバイオテクノロジーによる遺伝子組換え生物の移動、取り扱い、利用において、適切なレベルの保護を確保すること。		X	X	X
第1条の1.1項	植物遺伝資源の保全と持続可能な利用、ならびにそれらの利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分を通じた持続可能な農業と食糧安全保障。	X	X	X	X
世界サミット成果集(UNGA 2005)	遺伝資源の利用から生じる利益の公正かつ衡平な配分を促進し、保護する； 2010年までに生物多様性の損失速度を顕著に減少させる。	X	X	X	X

## 現状と傾向

生物多様性は多様な駆動要因や圧力によって影響を受ける。そのために人々にもたらされる生態系サービスにも変化が生じる。第1章で考察したように、人口、経済、社会政治、科学、技術などの多様な駆動要因の相互作用が、生物多様性に対する圧力を増加させ、生物多様性のさらなる減少、衰退、損失へと導いていることが分かっている。しかし、そのような損失に関わるメカニズムについては、さらなる研究が必要である。

### 圧力

生物多様性に対する主な圧力は、生息・生育地の損失と劣化、乱獲、侵略的外来生物、気候変動、汚染である(図 5.1) (Baillie *et al.* 2010; Vie *et al.* 2009; MA 2005a)。これらの圧力は増加し続けている (Box 5.3) (Butchart *et al.* 2010; CBD 2010b)。

### 生息・生育地の損失

陸域での生息・生育地の損失のほとんどが農地の拡大によって引き起こされており、陸地面積の 30%以上が農地に転換されてしまっている (Foley *et al.* 2011)。大規模な集約的農業は、従来型の農業に付随して成り立っている生物多様性に悪影響を及ぼしている (Belfrage 2006; Rosset 1999)。さらに、バイオ燃料に対する需要の増加によって、東南アジアで、単一作物プランテーションに転換される森林や自然地が拡大し、生息・生育地が大きく損なわれた (Danielsen *et al.* 2009; Fitzherbert *et al.* 2008)。

## Box 5.2 生物多様性のビジョン：自然と共生する世界

### 関連するゴール

生物多様性への直接的な圧力を減少させる；生物多様性の状態を改善する；生物多様性から受ける恩恵を増強する；生物多様性を保護するための対応を強化する。

### 指標

以下のものの傾向：

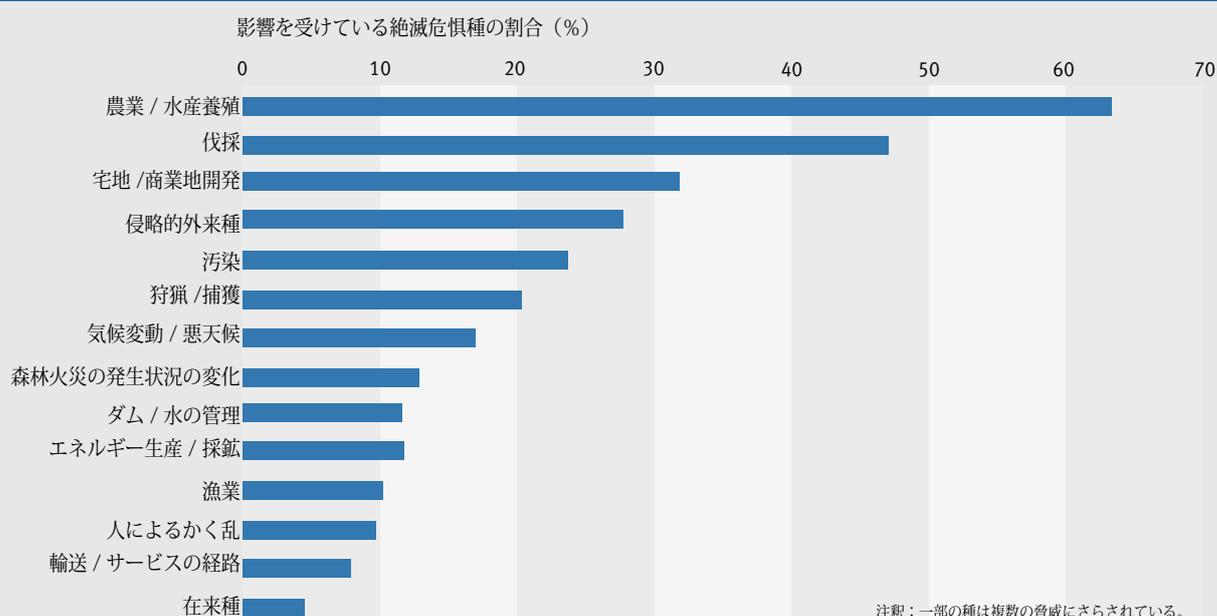
侵略的外来種、窒素沈着などの汚染物質；種の絶滅リスク；生物群系（バイオーム）と生息・生育地と生態系の、広がりや状態や健全性；食用や薬用に収穫される種の状態；保護区と、先住民や地域コミュニティによって保全されている地区と、生態系サービスを持続的に利用するための管理と、生態系サービスへの支払いを行うプログラム、についての発展と効果；持続可能な資源利用や保全を支える伝統的知識を伝える言語と話し手の数。

### 世界の現状と傾向

生物多様性に対する圧力が増加し、その状態が悪化すると予想されると同時に、良い対策が増え始めている。

水産養殖による直接的な生息・生育地の損失は、沿岸生態系にとって大きな脅威である (Valiela *et al.* 2004)。特に湿地は、20 世紀の間に 50%減少してしまった (MA 2005b)。淡水生態系は分断化によって深刻な影響を受け (Nilsson *et al.* 2005)、

図 5.1 IUCN レッドリストにて絶滅危惧IA類、絶滅危惧IB類、絶滅危惧II類とされている脊椎動物に対する主な脅威



出典: Baillie *et al.* 2010

### Box 5.3 地球規模生物多様性概況

地球規模生物多様性概況（Global Biodiversity Outlook）は、生物多様性条約の事務局が作成している定期報告書である。その第3版（GBO-3）は、世界レベル、大陸レベルおよび国家レベルで生物多様性の現在の損失速度を顕著に低下させることを目指した生物多様性2010年目標の達成状況を評価した主な報告書の一つであり、生物多様性戦略計画2011-2020および愛知ターゲットへの立案における重要な情報源であった。

GBO-3の主な結論は、生物多様性の2010年目標が達成されなかったということだった。具体的には、政府による対策が増えたにもかかわらず生物多様性損失の根本原因への取り組みが為されなかった、というものであった。生物多様性に対する圧力は、高いまま増加し続け、生態系の劣化の進行、種個体群の減少、絶滅リスクの増大を遺伝的多様性の減少と共に招いている（図5.2）。

生物多様性の変化を予測した将来シナリオのほとんどが、高いレベルの個体群および種の絶滅と、生息・生育地の損失が起

き続け、それに伴って、人類の福利にとって大切ないくつかの生態系サービスが低下すると予想する。生態系が、ある閾値レベルを越えて劣化すると、広範囲で様々な生態系サービスが損なわれる危険性が高い。

GBO-3の結論は懸念を引き起こしたが、一方で希望のメッセージも発信している。生物多様性を保全するための多くの対策が講じられた結果、特定の区域あるいは目標とされた種や生態系の中には、著しく良い成果がもたらされた事例があった。これは、適切な資金と政策的な意欲があれば、生物多様性の崩壊をくい止める手立てがあることを示唆している。これ以上の損失を防ぐことは短期的に実現できるわけではないが、効果的な処置が講じられれば、長期的には目標を達成することが可能である。生物多様性減少の根本原因に対処する行動を始めることが最優先である。このチャンスを逃せば多くの生態系がかつてない様な状態へと移行することになり、そうなれば、現在と将来の世代のニーズをまかなう生態系のキャパシティが極めて不確かなものになるだろう。

また氾濫源生態系も脅かされている(Tockner *et al.* 2008; Tockner and Stanford 2002)。底生生物の生息地も、底引き網漁やその他の破壊的な漁法の結果劣化してしまった(Thrush and Dayton 2002)。

### 乱獲

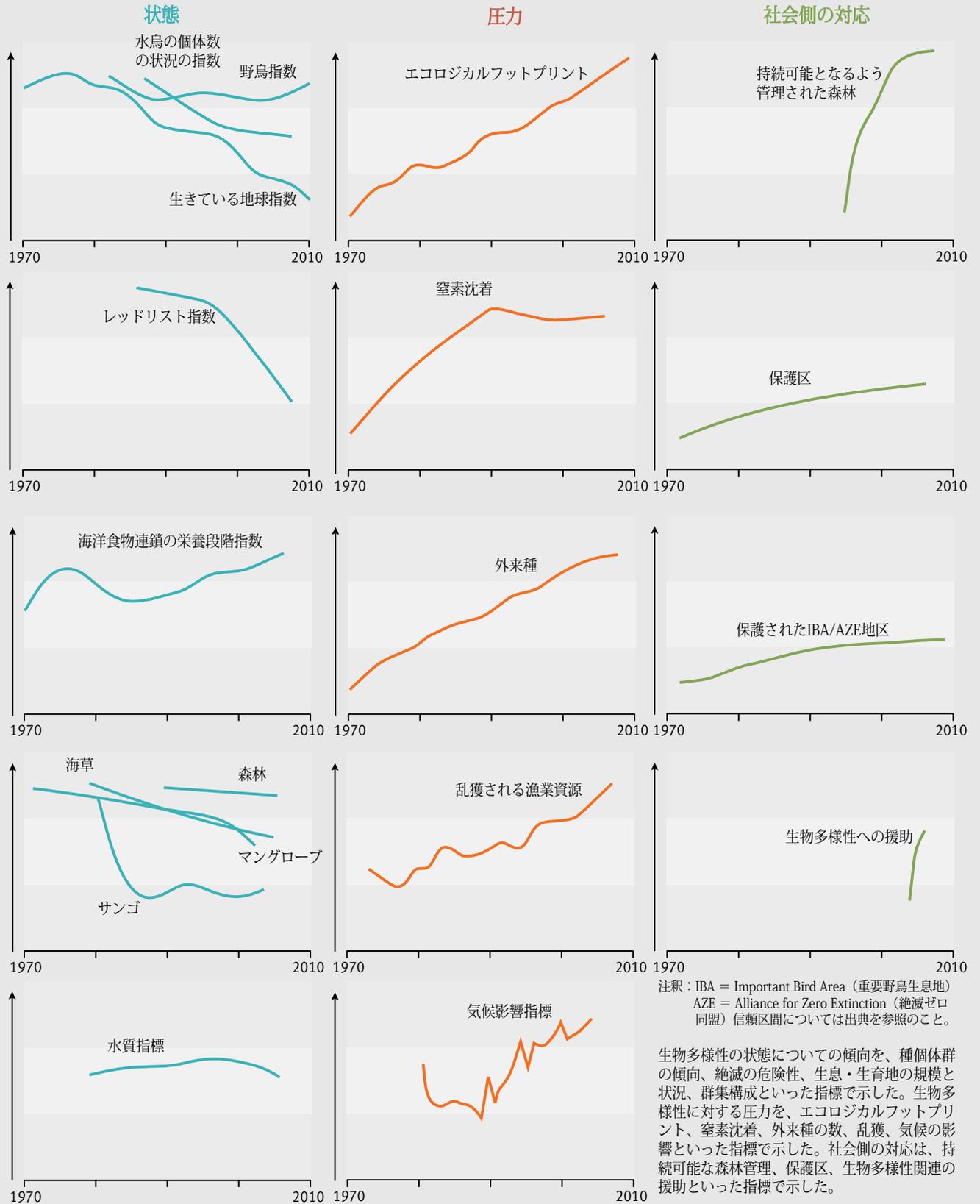
無秩序な過剰消費の需要を満たすための野生生物の乱獲は、陸上、海洋、淡水の各生態系の衰退をもたらし、生物多様性を



マレーシア・サバ州における油ヤシのプランテーションへの土地転換が、オランウータンの自然の生息地を奪い、本種を著しく脅かしている。

© Johannes Refisch/UNEP

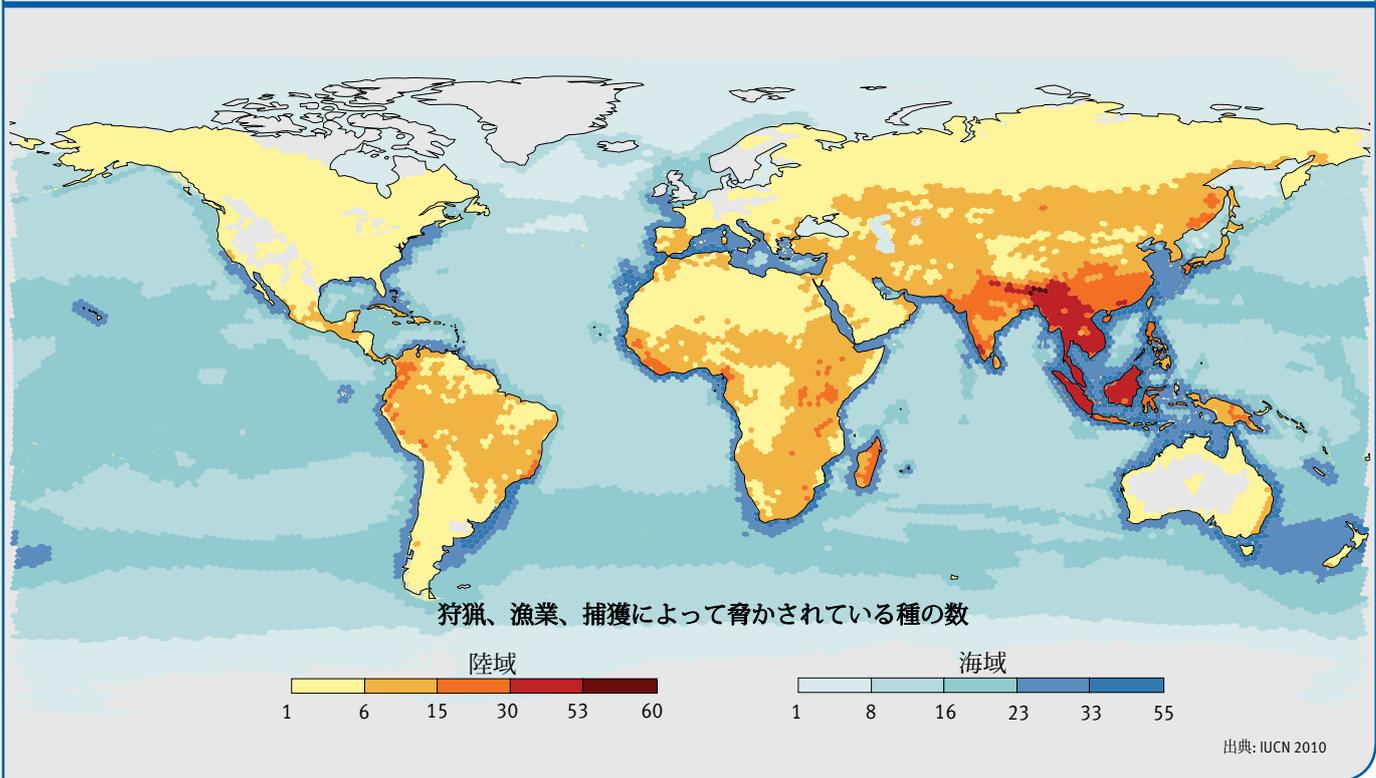
図 5.2 生物多様性の指標の傾向



縦軸の目盛りと単位は異なる。詳細は、出典を参照のこと。

出典: Adapted from Butchart et al. 2010

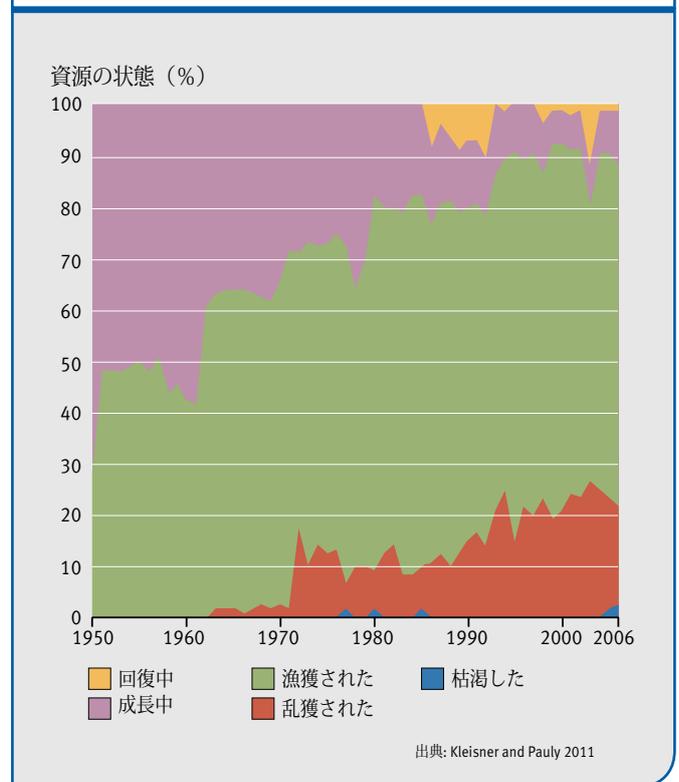
図 5.3 乱獲によって世界的に脅かされている脊椎動物の数（2010年）



脅かしている（図 5.3）(Peres 2010; Vorosmarty *et al.* 2010; Kura *et al.* 2004; Dulvy *et al.* 2003)。陸域生態系における乱獲量を定量化することは、多くの場合困難であるが、乱獲される主な生物は、材木、食品、薬のための植物、ブッシュミート（野生動物の肉）やレクリエーションの目的で狩猟される哺乳類、食用やペット取引のための鳥類、伝統的な薬や食用のための両生類などである(Vié *et al.* 2009)。乱獲による脊椎動物に対する脅威は、東アジアにおける野生生物やその産物への需要によって特に深刻である(図 5.3)。世界で人間に利用されている脊椎動物の個体群の数は、「生きている地球指数」で示されるように、1970 年以降 15% 減少した(Butchart *et al.* 2010)。同様に、利用されている鳥類についての絶滅リスクが、乱獲も影響して、1988 年～2008 年の間に増大した(Butchart *et al.* 2010)。

海洋では、1950 年代の初めから 1990 年代中頃までに漁獲量が 4 倍以上に増加した。それ以降、漁獲努力量は増えているにもかかわらず(Anticamara *et al.* 2011; Swartz *et al.* 2010)、漁獲量は変化していないか縮小している(FAO 2010b)。乱獲された、枯渇した、または枯渇から回復しつつある海洋の漁業資源の割合は、1974 年の 10% から 2008 年の 32% に上昇した（図 5.4）(FAO 2010b; Worm *et al.* 2009)。過去 200 年のうちに、局所的、地域的、または世界的に絶滅が確認された 133 種のうち 55% は乱獲が原因で、残りは生息・生育地の損失やその他の脅威が原因となっている(Dulvy *et al.* 2003)。商業漁業は漁業資源にとって一番の脅威であるが、零細漁業で

図 5.4 世界の漁業資源の状態の変化（1950年～2006年）



も乱獲が生じている(Garcia and Rozenberg 2010)。そのような行為は、最終的に群集構成に大きな変化をもたらすことがある。例えば、草食性魚の乱獲のために、サンゴ群集が、藻類が優占する系に転換されてしまった例がある(Mumby 2009)。

破壊的な漁獲技術の利用が、海洋の生物多様性や生息地に対する悪影響をさらに増幅している(FAO and UNEP 2009)。技術の革新は、漁業の影響を破壊的でないものに緩和することに役立つ一方で、生物多様性への人間による影響を拡大させてしまうこともある。さらに、投棄されたり流失した漁具が、海洋の生物多様性に負の影響(幽霊漁業の別名でも知られる)を及ぼしている(Brown and Macfadyen 2007)。

また乱獲は、淡水の湿地においても問題になっている。ただ多くの場合、その影響を定量できる適切なデータが無い(Kura *et al.* 2004)。放流や選択的に釣るといった遊漁の慣習は、淡水の漁業資源に、進化的な観点でみても重要な影響を及ぼす可能性がある(Jorgensen *et al.* 2007)。また、漁業の際の混獲は、サメ、カメ、アホウドリのようなグループにとって大きな脅威になり得る。

## 侵略的外来種

侵略的外来種は、交通や貿易のグローバル化による意図的・非意図的移入の両方により増加し、在来の生物多様性を脅かしている。ペット、園芸植物、観賞水槽用の生物などの貿易ルートのほか、雑な計画による商品の輸入、空輸、船体付着、船のバラスト水なども侵略的外来種が拡散する主要な経路である(Reise *et al.* 2006; Bax *et al.* 2003)。侵略的外来種は、主に、捕食、競合、生息・生育地の改変によって在来種に影響を及ぼし(McGeoch *et al.* 2010; Vie *et al.* 2009; Strayer *et al.* 2006)、ある研究によると、その経済的損害は年間合計で1兆4000億USドルと推定されている(Pimentel *et al.* 2004)。侵略的外来種はほぼすべての国や生態系で見られ、例えば、海洋生態系では、ハナミノカサゴ(*Pterois volitans*)がカリブ海のサンゴ礁に生息する魚に影響を及ぼし(González *et al.* 2009)、淡水生態系では、ナイルパーチ(*Lates niloticus*)がビクトリア湖の在来魚に影響を及ぼしている(Balirwa *et al.* 2003)。侵略的外来種は小さな島の陸域生態系では特に深刻な影響をもたらす(McGeoch *et al.* 2010)。ヨーロッパのデータによれば、外来種の数 は 1970 年以降 76%増加しており(Butchart *et al.* 2010)、この傾向は他の地域でも同様であると考えられる。もう一つの研究では、絶滅要因が特定されている脊椎動物の絶滅種のうち、50%以上で侵略的外来種が要因の一つとなっており、20%においては侵略的外来種が唯一の要因であった(Clavero and Garcia-Berthou 2005)。

## 気候変動

気候変動は、生物種や自然の生態系にとってますます重大な脅威になっている。様々な生物種の繁殖や移動のタイミングなどの生物季節、生理、行動、形態、個体群密度、分布などの変化が気候変動によって引き起こされていることがわかっている(Rosenzweig *et al.* 2007)。例えば、1990年以降のヨーロ

ッパの鳥類の個体群にはその影響が見られる。気候変動が有利に影響すると予測される種では個体群が増加している一方で、生息域が縮小すると予測される種では個体群の減少が報告されている(Gregory *et al.* 2009)。北極圏では、樹木限界線の前進のためにツンドラでの生息・生育域が縮小している(Callaghan *et al.* 2005)。海洋では、水温上昇と海洋酸性化によって広範囲にわたるサンゴ礁の死滅が起きている(Baker *et al.* 2008; Carpenter *et al.* 2008; Hoegh-Guldberg *et al.* 2007)。また北極では氷床が急激に縮小しており、氷に依存している種への影響が予想される(McRae *et al.* 2010; IPCC 2007)と同時に、海洋生物種の生物季節や分布の変化も予想される(Dulvy *et al.* 2008; Hiddink and Ter Hofstede 2008; Richardson 2008; Perry *et al.* 2005)。さらに最近の研究では、1,066種の海水魚と無脊椎動物種の分布が、極地に向かって10年に40kmという平均速度で移動しており(Cheung *et al.* 2009)、群集構成の崩壊や、局所絶滅が引き起こされると推定されている。

多くの湿地では、降雨と蒸散が変化し水環境に大きな影響を及ぼすと予想され、それにより移住性、定住性の両方の生物種が影響を受ける(Finlayson *et al.* 2006)と考えられる。同時に、短期的および長期的な水流の変化が多くの水生生物種に影響を与えるだろう(Bates *et al.* 2008; Xenopoulos and Lodge 2006)。また気候変動は病気や侵略的外来種の拡散といった他の脅威と相乗的に作用することもあるだろう(Benning *et al.* 2002)。しかし多くの場合、オーストラリアの湿地や河川について概説されているように、これらの異なる脅威の影響を分離することは難しいかもしれない(Finlayson *et al.* 2011)。

## 汚染

農林業の現場から流出した農薬や肥料、採鉱や石油・ガス採掘などで発生する産業廃液、汚水処理場の廃液、都市や郊外の居住地からの排水、流出した石油といった汚染物質が、生物の死滅や繁殖成功率の低下を通して生物多様性に直接的に害を及ぼし、また生息・生育地の劣化を通して間接的に害を及ぼす(MA 2005a)。内陸の湿地や、沿岸の生態系は、水に溶け込んだ汚染物質(第6章)により深刻な危機に直面している(Finlayson and D'Cruz 2005)。またその一方で、陸域生態系での大気汚染、特に窒素や硫黄のような富栄養化や酸性化をもたらす化合物の沈着(第2章)も重大な影響をもたらす。窒素の沈着の速度は1940年以降急激に増加したが、1990年以降には横ばいになった。それはおそらく、地域格差はあるものの全体的にバイオマス燃焼が減少したためだと考えられる(Butchart *et al.* 2010)。しかし窒素の沈着は、特に低窒素の生息・生育地に適合した種にとっては今でも重大な脅威である(Dise *et al.* 2011)。

## さらなる脅威

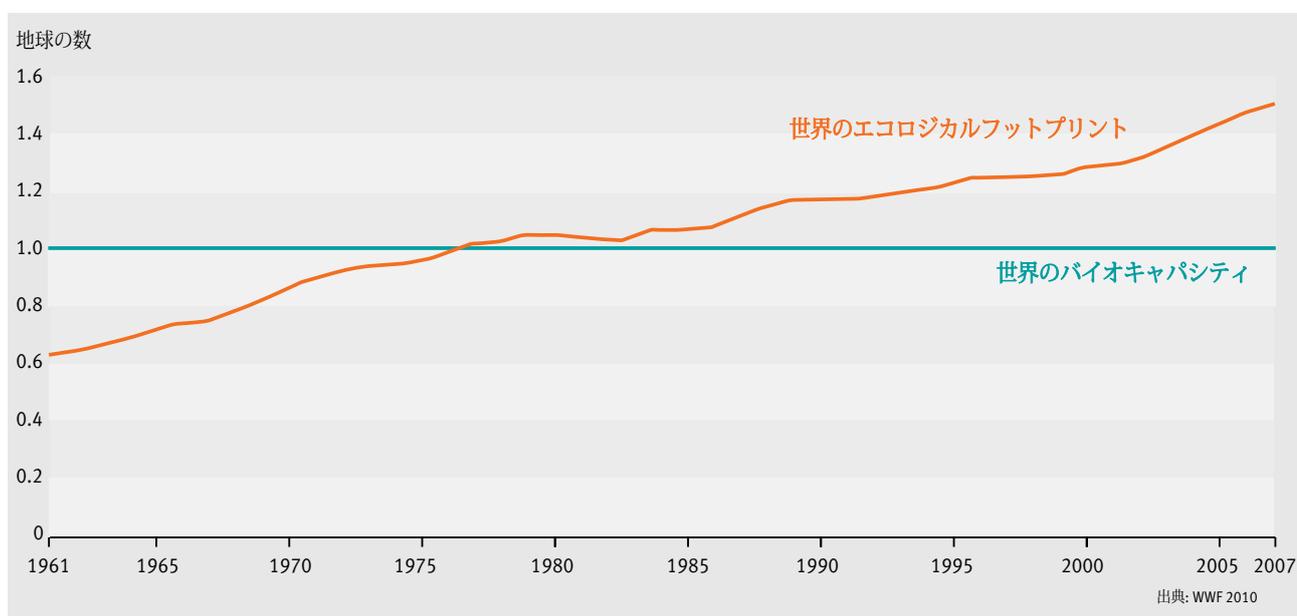
生物多様性にとってのさらなる脅威は、森林火災の発生状況の変化、問題を引き起こす外来種(図5.1)、人間活動による悪影響などである。生物多様性にとって有害となり得る人間活動には、人工照明、遺伝子組換え生物(Box 5.5)、マイクロ

## Box 5.4 生物多様性への圧力の指標であるエコロジカルフットプリント

エコロジカルフットプリントは、所定の人口の生活や活動に必要な、生物学的に生産力のある陸地と海域（作物生産や放牧用の土地、森林、漁場、および市街地）の面積を算出し、それを利用可能な陸地と海域の面積と比較する資源の分析手法である(Kitzes and Wackernagel 2009; Wackernagel et al. 2002; Wackernagel and Rees 1996)。それは、人間による環境への様々な圧力を表すための主要な指標として普及するようになったが、その方法論や適用については、議論が続いている(Kitzes et al. 2009; Best et al. 2008; Fiala 2008)。

エコロジカルフットプリント分析によれば、生物学的に生産力のある土地に対する世界の需要は、1960年代以降ほぼ倍増している(WWF 2010)。2007年に、地球全体で、地球1.5個分以上の生物学的生産力の需要があった。それは、再生可能資源のストックを使い果たし、また何よりも深刻な大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)放出など、廃棄物を溜め込むことでしか、帳尻を合わせられない損失である(図5.5)。この傾向は、他の指標(Butchart et al. 2010)と共に、生物多様性に対する圧力が全体的に増加している証拠である。これらの圧力がさらに増え続ければ、世界の生物多様性の損失をくい止めたり、回復に転じさせることはさらに難しくなるだろう。

図5.5 エコロジカルフットプリント (1961~2007年)



プラスチック、ナノテクノロジー、地球工学、純一次生産力の人間による占有率が高いこと (Box 5.4) などである(Cole 2011; Gough 2011; Galgani et al. 2010; Holker et al. 2010; Sutherland et al. 2009, 2008)。これらの脅威からくる生物多様性への影響について、科学的な知見が蓄積されつつある。その一方で、例えば近年の北オーストラリアの哺乳類(Woinarski et al. 2011) やサハラを通る渡り鳥(Moeller et al. 2008)の減少など、原因が解明できていない事象もあり、これらの原因を解明し解決策を見出すためのさらなる調査が必要である。

### 生物多様性の変化のパターン

生物多様性は、個体群、種、生態系のレベルで低下しつつあり、遺伝的多様性も、その傾向の大部分は分かっていないが低

下しつつあると推測されている (Box 5.3) (Butchart et al. 2010; CBD 2010b; Vié et al. 2009)。脊椎動物については、「生きている地球指数」に登録された種の個体群が、1970年以降に平均30%減少している(図5.6) (Loh 2010; Collen et al. 2008a)。中でも、淡水生物は1970年以降に35%減少しており、陸生生物の25%や海洋生物の24%よりも、急激な減少率である。また、熱帯域の生物は温帯域の生物よりも大きく減少した。生態系ごとの傾向について、一部の地域の鳥類についてわかってきている。例えば、ヨーロッパの農地に生息する鳥の個体群は、1980年以降、平均48%減少した(Gregory et al. 2005)。また、北アメリカでは1968年以降、草地と乾燥地に生息する鳥類の個体群はそれぞれ28%および27%減少したが、湿地性の鳥類は40%増加した(Butchart et al. 2010; NABCI US Committee 2009)。

種レベルで言えば、絶滅の危機 (IUCN レッドリスト上で絶滅の危機に瀕している、近い将来における野生での絶滅の危険性大、または危険が増大しているとして分類された) にさらされている種の比率は、鳥類の 13% からソテツの 63% までの範囲にわたり、脊椎動物の平均は 20% 近くにのぼる (Baillie *et al.* 2010; Hoffmann *et al.* 2010)。さらに、哺乳類、鳥類、両生類、サンゴのレッドリスト指数によると、ここ数十年間に絶滅の危機から回復した種よりも絶滅の危機がさらに高まった種の方が多く、特にサンゴについてその傾向が顕著である (図 5.7) (Butchart *et al.* 2010; Hoffmann *et al.* 2010)。人間活動、特に乱獲によって生物群集の構成の崩壊が進行している。例えば、いくつかの海域では、捕食者や大型の魚類を標的とする漁業が行われるために、群集構造をみると栄養段階が低下する変化が起こっているようである (Branch *et al.* 2010; Pauly and Watson 2005)。このように漁業により食物網が低い栄養段階の魚類群集になる現象 (fishing down the food web) は、カナダ (Pauly *et al.* 1998)、ブラジル (Freire and Pauly 2010)、インド (Bhathal and Pauly 2008)、タイ (Pauly and Chuen-pagdee 2003)、北海 (Heath 2005)、カリブ海 (Wing and Wing 2001) といった多くの海域で報告されている。しかし、漁獲量データからこの現象を評価する際には、データの質や漁業活動の空間的範囲などの要因によって結果が左右される可能性があるため (Swartz *et al.* 2010)、水産資源を定量化するための水準に関する独立したデータがない場合は慎重に解釈する必要があるだろう (Branch *et al.* 2011)。FIB (Fishing-In-Balance) 指数などの指標が今後は望ましいかもしれない (Kleisner and Pauly 2010; Bhathal and Pauly 2008)。

生態系レベルでは 2000~2005 年の間に世界の森林の 1 億ヘクタール以上、つまり 2000 年に存在していた 32 億ヘクタ

図 5.6 生きている地球指数 (1970~2007年)

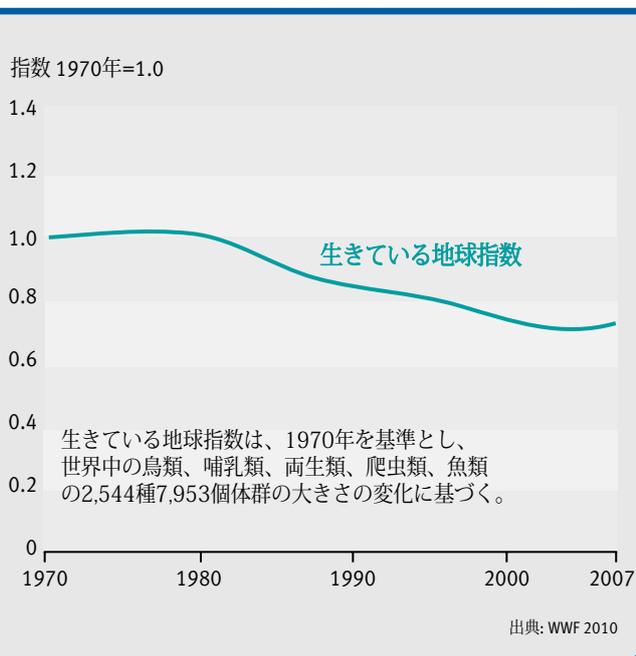
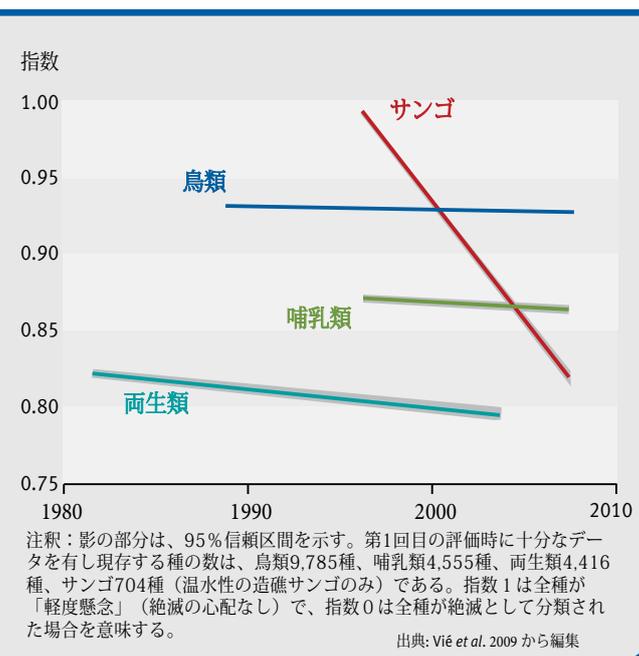


図 5.7 鳥類、哺乳類、両生類、サンゴの全ての種に対する種存続のレッドリスト指数 (1980~2010年)



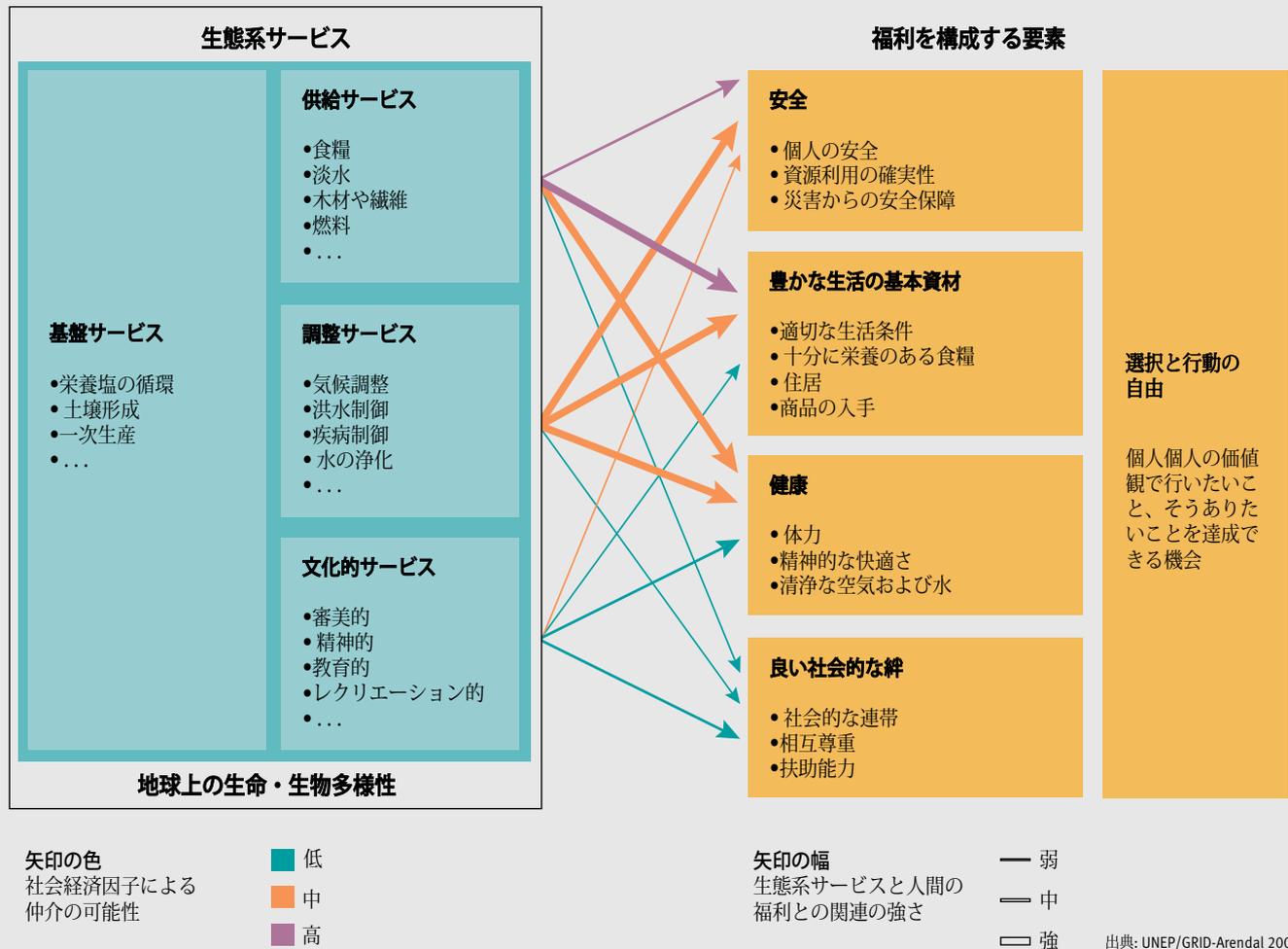
ールの森林の 3% が消失した (Hansen *et al.* 2010)。また、1980 年以降にマングローブの 20% が消失し、1970 年以降に海草の 20% が消失した (Butchart *et al.* 2010; Waycott *et al.* 2009)。他の生態系も次第に劣化しており、例えば、純一次生産量の計算から、全森林の約 30%、耕作地帯の約 20%、草地の約 10% が劣化しており、陸域全体の約 4 分の 1 が劣化していることが示されている (Bai *et al.* 2008)。同様に、世界のサンゴ礁は、1980 年以降に 38% 減少した (Butchart *et al.* 2010; Spalding *et al.* 2003)。また自然地は分断化がさらに進行しており、ブラジルのアトランティックフォレストに残っている森林断片の 80% は、一つの大きさが 50 ヘクタール未満であり (Ribeiro *et al.* 2009)、世界の最大河川の 3 分の 2 が、ダムや貯水池によって、中程度から深刻なレベルで分断されている (Nilsson *et al.* 2005)。

## 分野横断的な問題

### 生物多様性からもたらされる人への恩恵

生物多様性は、人々に恩恵をもたらす生態系サービスの基盤となっている (UNEP 2007; MA 2005a)。生物多様性と生態系サービスの劣化あるいは損失は、貧しい人々に最も直接的に影響する傾向がある。それは彼等が地域の自然に最も依存し、多くの場合、生態系の変化に対して脆弱な地域に住んでいるためである (UNEP 2007)。人間が生物多様性に依存している仕組みが完全には解明されておらず、また生物多様性が、特にその調整サービスについて過小評価されているため、生物多様性の保全が政策に十分に組み込まれている例はほとんどない。ミレニアム生態系評価が行われ、生態系サービスの概念や、その基盤サービス、供給サービス、調整サービス、文化的サービスの

図 5.8 生物多様性と生態系サービスと人類の福利との関係



役割が強く支持されて (図 5.8) からは進展が見られた (TEEB 2010; MA 2005a)。最近では、「生態系サービスと生物多様性の経済学」 (TEEB 2010)、そしてグリーン経済のアプローチによって、生物多様性や生態系サービスの価値が定量化された (UNEP 2011)。さらに、ラムサール条約によって、湿地がもたらす生態系サービスと人の健康との間の直接的な結びつきについて概要が示された (Horwitz and Finlayson 2011; Horwitz *et al.* 2011)。

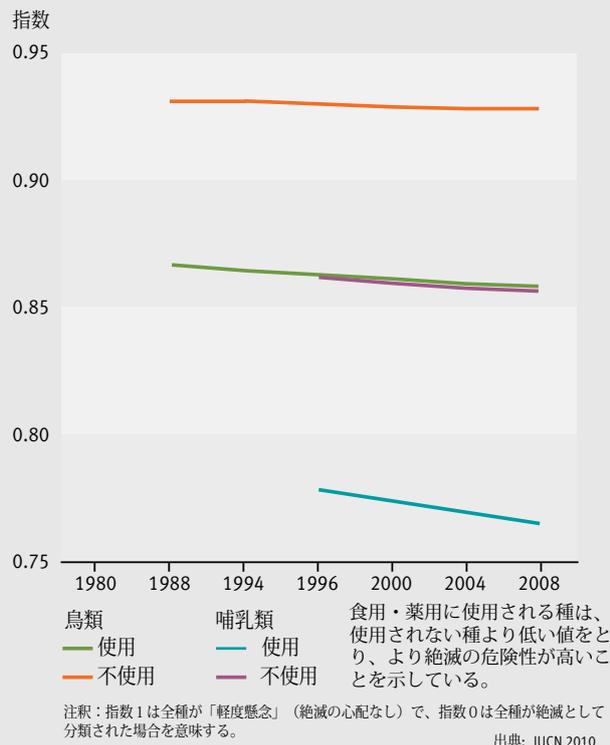
### 生物多様性と人類の福利

生物多様性と生態系サービスは、人間の暮らしと福利のために必要な、食糧、薬、魚や木材の加工品、またバイオマス、エネルギー、水などのサービスを提供している。これらの供給サービスを利用し管理する際、ほとんどの場合、その源である生態系の保全が軽視されてきた。このことは生態系の基盤・調整サービスをも低下させる結果となる。基盤・調整サービスは、生態系全体の機能や、変化に対応する長期的なレジリエンス (回復力) にとって大切であり、それゆえ人間の福利にとっても大切である。このことは、拡大している農業や水管理の影響

を考えると明白である (Gordon *et al.* 2010; Falkenmark *et al.* 2007)。供給サービスの低下は、多くの漁業の崩壊の事例のように、サービスを提供する生態系の能力という点に関する生物物理的な閾値を、既に超えてしまった決定的な証拠であるかもしれない (Westley *et al.* 2011)。

陸域生態系や水界生態系で生み出される食糧や医薬品には、農業作物、家畜、養殖魚、養殖生産物だけでなく、自然から捕獲・採集されたものも含まれる。野生動物の肉、材木以外の林産物、野生の果実、淡水資源といった自然から狩猟・採集される食糧は、今なお多くの人々の食糧安全保障や健康、そして文化的アイデンティティや適応のために重要である (Golden *et al.* 2011; Nasi *et al.* 2008; Robinson and Bennett 2000)。同様に、アジアやアフリカの一部では、人口の最大 80% が伝統的な医薬品に頼っている (WHO 2003)。これらの目的に使用される鳥類や哺乳類の種は、他の種よりも深刻な絶滅の危機に瀕していることが多いことが分かっている (図 5.9 と図 5.10)。植物について、全球規模のデータが利用可能になっているわけではないが、人々が薬用植物に強く頼っている地域で

図 5.9 食用・薬用に使用される鳥類と哺乳類の種存続に関するレッドリスト指数 (1988~2008年)

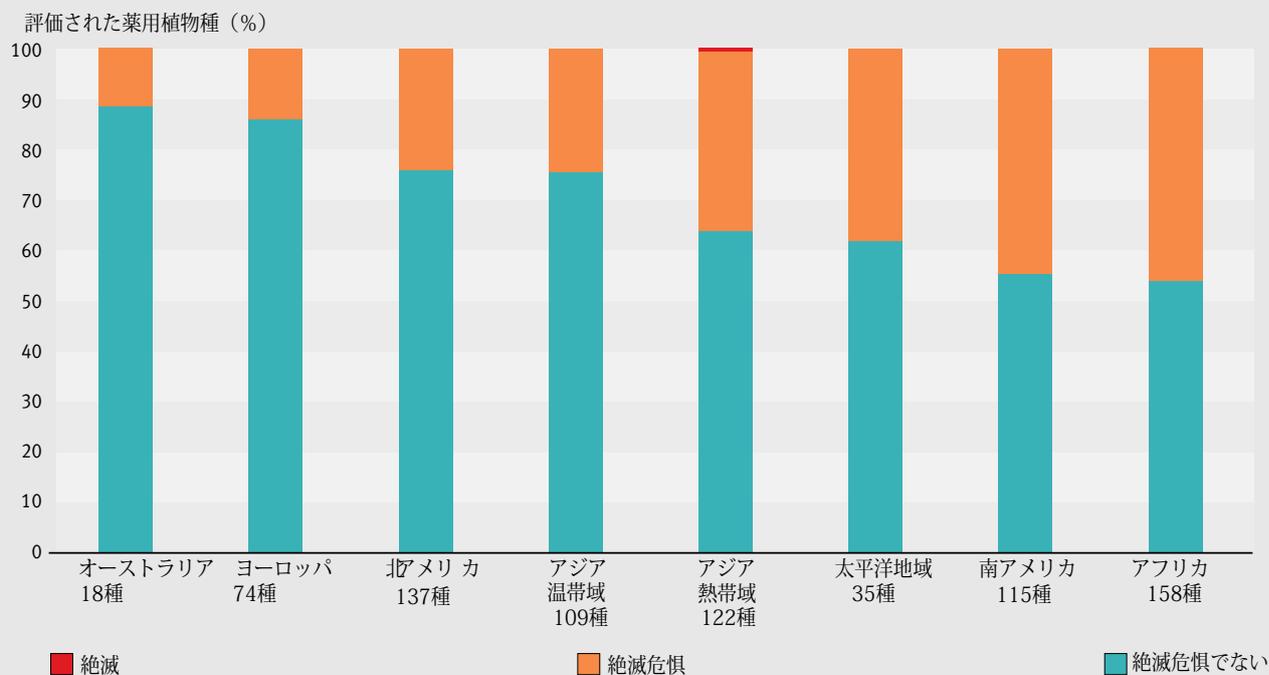


それらの種が高い絶滅の危機に瀕していることはわかっている。このことは、野生植物に強く依存する人びとの健康や福利が生物多様性の損失によって脅かされていることを浮き彫りにしている。

漁業は、人々に多くの食糧、収入、雇用をもたらしている。海洋の漁獲物のバイオマス量は、世界で年間 8,000 万トンを超え (Sumaila *et al.* 2010)、陸水からも大量に漁獲されている (Kura *et al.* 2004)。しかし、漁業資源が減少するにつれて漁業は徐々に養殖に依存するようになり、その養殖自体が、汚染、外来種の導入、小規模漁業の排除など、環境や社会に多くの悪影響をもたらしている (Barnhizer 2001; Naylor *et al.* 2000; Emerson 1999)。また最近の推定では、2000 年だけで、乱獲による潜在的な損失がその年の実際の漁獲量合計の 7~36% にもなり、金額にして 64 億~360 億 US ドルの損失をもたらしたとされている。この損失がなければ、世界の 2,000 万の人が栄養不良で苦しまずに済んだだろう (Srinivasan *et al.* 2010)。

農業生産も生物多様性と生態系サービスによって支えられており (Altieri 1999)、反対に、農業の多様性は気候変動に適応することで食糧安全保障に貢献できる (Thrupp 2000)。小規

図 5.10 IUCNレッドリスト用に評価された薬用植物種の分布と保全状態 (地域別、2009年)





大規模ダムとそれによりできる貯水池が、生物を追い出し、または生物が川の中を上下に移動することを妨げることで生物多様性に影響する。 © Nikola Miljkovic/iStock

模の家畜飼育や牧畜は、生物多様性の維持、持続的な地域経済、気候変動への適応、病気への抵抗力、そして文化的多様性に寄与することが可能である(FAO 2009)。その一方で、過放牧は土壌侵食や砂漠化を引き起こして供給サービスを低下させる場合がある。家畜生産による生物多様性への脅威は、肉や乳製品に対する需要が増大して、より多くの家畜飼料や水が必要となるにつれて高まるだろう(Thornton 2010)。拡大していく人口に食糧を安定供給していくという難しい課題は、食糧生産と他の生態系サービスとのバランスを保つことにより得られる生物多様性の恩恵を同時に考えることで解決を図ることが、最近の評価書 (IAASTD 2009; Molden 2007) で取り上げられた。農業や水産養殖による土地や水や生物多様性への圧力は、一部の国々が食糧の過剰消費を減らし、肉や魚を減らした食生活を促進し、かつ作物や食糧の無駄を減らすことで低下させることができるだろう(Godfray *et al.* 2010; WHO 2005)。

世界の人口の大半が使うエネルギーはバイオマスに由来している。暖房や料理に最も一般的に用いられる燃料は、木材、炭、植物・動物性廃棄物である(Berndes *et al.* 2003)。水力発電は、集水域内の生態系から水が大量かつ定量的にダムへ流れ込み続けることで機能するが、大抵の場合、環境や社会の広い範囲へ負の影響を及ぼし、特に生物多様性の損失や種構成の置き換えりをもたらす(WHO 2009; Greathouse *et al.* 2006; Ligon *et al.* 1995)。エネルギーを提供している生態系サービスが衰退または消失していることは、貯水池のシルト沈積や、集水域の劣化に伴う水量の減少から明らかであるし(Nilsson *et al.* 2005)、また、木本植物の過剰伐採によって森林破壊が生じていることから、そして農業廃棄物や動物性堆肥を過剰に利用していることから明らかである。例えば、過

剰伐採、管理不足、気候変動、森林火災の増加などによる生態系サービスの損失は、生活のために薪やその他の形態のバイオマスを収集しなければならない、社会の主流から取り残されたグループが往々にして感じていることである(CBD 2010b)。沖合の風力発電基地のような海洋や沿岸の環境における再生可能エネルギーの開発は、エネルギー生産と生息地の損失との間のトレードオフ関係をもたらすかもしれない。

表層および地下の生態系からもたらされる淡水は、飲用、衛生、料理、農業に欠かせないきわめて重要な供給サービスである(第4章)。湿地帯や河川は、人間の生活を支え多くのセクターにとって必要不可欠である水と物質の循環を調整している(Arthurton *et al.* 2007; Falkenmark *et al.* 2007; Finlayson and D'Cruz 2005)。またこれらの生態系は、水質浄化、侵食防止、嵐の緩衝作用という形でも重要な調整サービスを提供している(Morris *et al.* 2003)。地下水生態系も、都市と農村地域の両方に、廉価で高品質の水を供給することで大きな社会経済的恩恵をもたらす(Bjorklund *et al.* 2009)。さらに地下水は灌漑にとっても重要であり、シーバートらは(Siebert *et al.* 2010) 灌漑面積のうちの40%、すなわち農地全体の約20%である約3億ヘクタールが、地下水によって潤されていると報告している。

生物多様性の文化的および精神的価値は、多くのコミュニティにとって重要である(Posey 1999)。多くの人々が、生物多様性のレクリエーションや文化的な価値を活用したエコツーリズムによって恩恵を受けてきた(Ehrlich and Ehrlich 1992)。例えば、湖、湿原、川、沿岸の生態系は、エコツーリズムの大きな可能性を秘めており、例えばベリーズのサンゴ礁

の観光事業は、年間1億5,000万~1億9,600万USドルの価値があると推定されている(Cooper *et al.* 2009)。またこれらの水生生態系は、多くの社会的、精神的、宗教的な活動にとって必須である水を供給する。その例として、アフリカ南部のバンツー民族にとって、水源や川辺が神聖な場所であることや(Bernard 2003)、ニュージーランドのマオリ族が実践する、水がはぐくむ生命の躍動の保護などがある(Williams 2006)。

野生動物や植物資源の販売や交換を含む野生生物や木材の取引は、各国内で広く行われている。しかし、他国間でも、例えばキャビアや薬のような高価な商品が大量に取引されている。野生生物の貿易業者にとって一番の目的は収益であり、その規模は、地方での小規模なものから海洋漁業や木材会社のような営利目的の事業までである。生物の採集・捕獲や取引が、地方または国の所得のうちの大きな割合を担っている場合がある。動物の生体、衣類や食料用の動物性製品、観賞用や薬用の植物、魚や木材などを含む野生生物の合法的な取引の合計は、2009年に3,000億USドル以上であったと推定された(TRAFFIC in prep.; Roe 2008)。さらに、不正取引がかなりの額にのぼり100億USドルに相当すると考えられている(Haken 2011)。国際的な野生生物取引の中では、木材と海産物が容積と価格の両面において最も重要なカテゴリーであり、2008年に約9,000万トンの魚が1,000億USドル以上で取引され(FAO 2010b)、2009年に主要な木製品が1,890億USドルで取引された(FAO 2010a)。

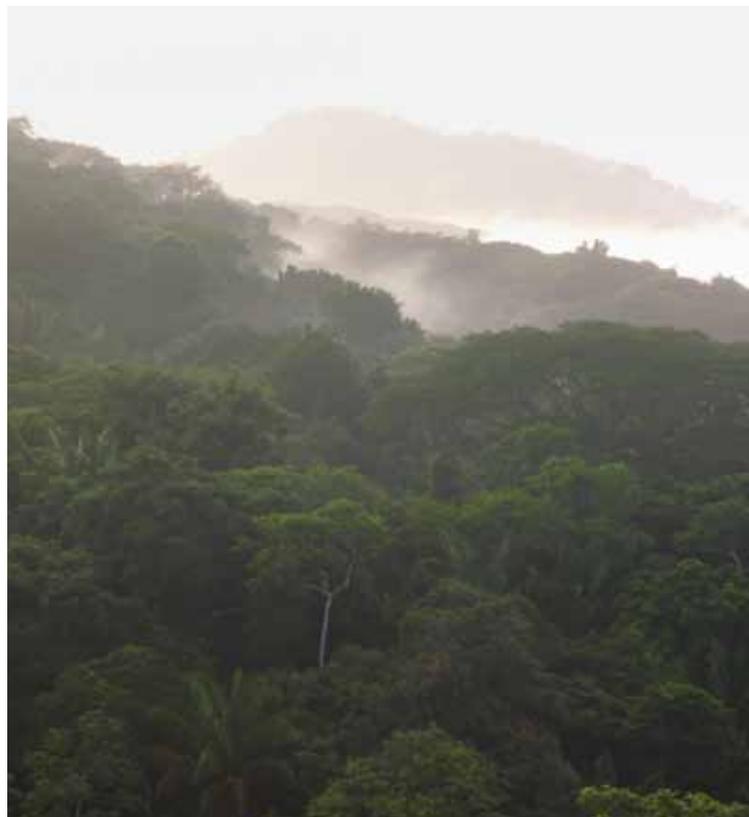
## 生物多様性と気候変動

生物多様性は、気候変動を緩和する取り組みの支援と気候変動の影響への社会の適応を助けることの両面で重要な役割を果たす。生態系は、生物多様性によって根底から支えられている生物学的および生物物理的なプロセスを通して炭素を貯蔵し封じ込めている。大気中の炭素量がおよそ7,500億トンであるのに対し、陸域生態系には約2兆5,000億トン分の炭素が貯蔵されている(第3章)(Ravindranath and Oswald 2008)。また、海洋には約38兆トンが貯蔵され、そのうちの約37兆トンが、大気へ戻るのに非常に長い時間を要する深海層に貯蔵されている(Sabine *et al.* 2004)。森林には、約1兆1,500億トンが貯蔵され、そのうち30~40%がバイオマスに、60~70%が土壌に貯蔵されている。また、湿地や泥炭地などその他の陸域生態系でもかなりの量の炭素貯蔵が確認されている。泥炭地は陸地面積の3%にしか満たないものの、全世界の土壌炭素のほぼ30%を含有していると目されている(Parish *et al.* 2008)。海洋生態系は、毎年平均して22億トンの炭素を吸収している(Le Quéré *et al.* 2009; Canadell *et al.* 2007)。また、世界の炭素循環における淡水域の重要な役割について、最近になって明らかになってきたところである(Battin *et al.* 2009; Cole *et al.* 2007)。

森林は陸域生態系の全炭素のほぼ半分を貯蔵し、大気から炭素を隔離することで気候変動の緩和における重要な役割を果

たしている。中でも原生林は、他の森林生態系よりも生物学的に多様性が高く、また炭素をより多く貯蔵する。同様の環境状況下でも、手が加えられた森や人工林は、原生林より生物多様性が低く炭素貯蔵量も少ない(CBD 2009a)。森林の健全性を維持する取り組み、例えば「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減(REDD+)」のような経済的インセンティブを通してなされる取り組みが、気候変動の緩和に役立つ可能性がある。このような取り組みは、先住民や地域コミュニティの全面的かつ効果的な参画など、環境および社会的なセーフガードが確保されれば、生物多様性にとって多くの効果があるだろう(Cotula and Mathieu 2008)。またこうした取り組みによって、森林伐採や劣化の起こる場所が保全価値の低い場所から生物多様性の価値が高い場所へ移るのを避けられる、もしくは他の自然生態系に圧力が及ぶのを避けられるのであれば、生物多様性にとって多くの効果があるだろう。

気候変動の影響に対して社会が適応していくための手段の多くが、生物多様性に依存しており、かつそれによって強化されている。この生態系を基盤とした適応は、生態系の持続可能な管理や保全や復元を行うための幅広い機会を利用して、気候変動の影響に人々が適応できるようにするサービスを提供する。例えば、健全でよく機能している生態系は自然なレベルの種多様性を持っていて、通常、劣化し衰弱した生態系よりも多くの生態系サービスを提供し続けることが可能であり、異常気象にも強く、即座に回復することができる(CBD 2009a)。ま



パナマの熱帯雨林は、少なくとも約1,569種の両生類、鳥類、哺乳類、爬虫類を擁しており、また貴重な炭素吸収源でもある。

© Jason Jabbour

た健全な生態系は、インフラを守り人の安全保障を高めることで、災害がもたらす危険を減らす重要な役割を果たす(ISDR 2009)。生態系を基盤とした適応オプションは、農村の貧困層にとって、大抵の場合、インフラ整備や工学技術に基づくものよりも利用しやすいものであり、また、適切に設計・管理されれば、それを利用することで、地域コミュニティに対して多くの社会的、経済的、環境的な複合効果を生むことができる。

## 生物多様性にとっての脅威への対応

### 農業と生物多様性の管理

農業景観の管理を成功させるには、増大していく人口に対して食糧を適切に供給しながら、生息・生育地の損失や劣化を減らしていく必要がある。農業の拡張は、世界的にみて生物多様性を低下させている主な駆動要因であるため、持続可能な農業への注目が高まっている(Brussaard *et al.* 2010; IAASTD 2009; MA 2005b)。近年、エコ農業または統合的な保全型農業という、生物多様性の保全と農村開発とを一体化することを目指した新しいパラダイムが注目されるようになってきている。生態系サービスなど、経済学と生態学の関係を明確に打ち出した保全戦略を作る際に、このパラダイムがはっきりと考慮されつつある(IAASTD 2009; Scherr and McNeely 2008)。粗放化した農業は、同じ生産水準を達成するための集約農業よりも多

くの土地を必要とするかもしれないが(Godfray *et al.* 2010; Phalan *et al.* 2011)、長期的に見ればより持続的であり、野生生物や人の健康への影響が抑えられる可能性がある(Perfecto and Vandermeer 2010)。時に持続可能な集約とも言われる、集約農法と粗放農法からそれぞれ最も効果的で最も害の少ない方法を取り入れ組み合わせた新しいアプローチが、必要とされるだろう(Royal Society 2009)。このような状況において、農業や水産養殖における GMO (遺伝子組換え生物) の利用は、生物多様性にとって脅威とチャンスの両方になる可能性がある (Box 5.5)。

### 侵略的外来種の管理

侵略的外来種の管理が成功するか否かは、定着した侵入種を制御し駆除すると共に、新しい区域への侵入と拡大を防ぐことができるかにかかっている。国際植物防疫条約、世界貿易機構、国際海事機関、国際民間航空条約、生物多様性条約など 10 の国際協定や組織が本課題に関連している。1970 年以降、これらの協定の締約国数が著しく増加し (図 5.11)、世界の 81% の国が加盟している(McGeoch *et al.* 2010)。これは、生物学的な侵入を管理しようとする国際的な意志の表れであるが、現在のところ、侵略的外来種の取引、輸送、規制のみを主軸に扱った国際協定はない(Stoett 2010)。国家レベルでは、新たな

### Box 5.5 遺伝子組換え

遺伝子組換え (GM) に関しては今なお対立する意見があり、生物多様性の保全に対する潜在的な脅威となるか、チャンスになるかは背景や状況による。遺伝子組換え技術は、製薬や作物生産において広く使用されているが、多くの人々が環境や人の健康にとって、不透明なリスクがあると考えている。遺伝子組換え生物(GMO)とは、現代のバイオテクノロジーの利用により作製されたこれまでにない遺伝物質の組み合わせを持つあらゆる生物、としてバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書によって定義されており(CBD 2000)、一般的に、ある種から他の種へ遺伝物質を移植したものなどを指す。遺伝子組換え作物のほとんどは、より効率的に雑草防除ができるように広域スペクトルの除草剤に対して耐性を持つよう改変されるか、植物体の中で食べながら生きるチョウやガの幼虫に対して毒素 (Bt) を与えるよう改変されている。

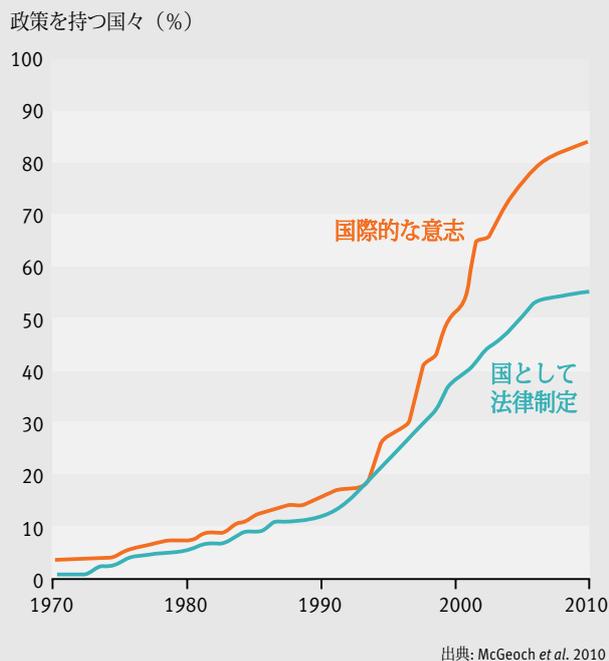
遺伝子組換え作物は、1996 年にはじめて商業的に植えられ、2010 年までに、1 億 4,800 万ヘクタールに広まった。面積の大きい国は、アメリカ、カナダ、ブラジル、中国、アルゼンチンであるが、導入者の多くは (推定合計 1,540 万戸のうちの 1,440 万戸)、途上国の小規模農家だった (James 2010)。

遺伝子組換え技術が、放射線の代わりにマラリアの防除のために利用されつつあり、野生の蚊がマラリア原虫を媒介しにくくなるようにしたり (malERA 2011; Sinkins and Gould

2006)、生殖能力を低下させて蚊の個体数を減らす取り組みが進められている (Bax and Thresher 2009)。

遺伝子組換え生物によってもたらされる、環境リスクはいくつか認められている。これは遺伝子組換え作物でなくとも起こることであるが、作物種とそれらの近縁の野生種との間の遺伝子流動による遺伝的多様性の損失などが確認されてきた (Piñeyro-Nelson *et al.* 2009)。もう一つの懸念は、遺伝子組換えのターゲットでない生物への影響である。ただし、生産されている Bt 毒素は極めて特異的で、その植物自身の中でしか発現しないので、Bt 作物によるターゲットでない種への毒性は低い。また、除草剤の利用が減ることで無脊椎動物の個体数が増加するため、ターゲットでない種への毒の影響は打ち消されてしまう (Marvier *et al.* 2007)。除草剤の利用が減少することは、人の健康に対しても良い効果を及ぼす場合がある (Raybould and Quemada 2010)。これとは対照的に、グリフォサートのような広域スペクトルの除草剤に耐性を持たせた遺伝子組換え作物の利用は、大抵、従来の作物の場合よりも雑草を減らすために、農地に生息する鳥のエサが減ってしまう (Gibbons *et al.* 2006)。さらに、生物はグリフォサートや Bt のいずれに対しても、抵抗力を進化させつつある (Powles 2010; Liu *et al.* 2010)。上記後段の報告は、遺伝子組換え生物が環境に与える影響の複雑さに対して懸念を提起するものである。

図 5.11 侵略的外来種を制御するための誓約 (1970~2010年)



種の侵入を防ぎかつ既存の種を規制するための法律を有する国は 55%のみであり、包括的な戦略と管理計画を有する国は 20%未満であると推定される。多くの場合、既存の管理活動についての情報が存在しないか、利用できる状況になっていない (Stoett 2010)。

侵略的外来種による脅威を抑制するために、次の行動が必要とされている。

- 優先度の高い経路を管理することによって、さらなる移入を防ぐ統合的な計画
- 既に定着した外来種と生物多様性に著しい影響を及ぼしている優先度の高い侵入種を規制することに焦点をあてること (Hulme 2009)
- リスク評価に必要な知見の蓄積やデータ照合や調査への投資 (McGeoch *et al.* 2010)。

### 野生生物の取引と利用についての管理

野生生物の利用や取引は、次のように様々な方法で管理できる。政策や法律による規制と、認証制度などの自発的な手段。積極的な経済的インセンティブを持たせる公式な措置と、持続可能な消費者行動をとらせるなどの非公式な措置。税関検査や他の強制行動といった直接的措置と、経済的に促すなどの間接的措置。これらの対策は、保護区内での資源抽出ゾーンの線引きや、コミュニティに基盤を置いた天然資源管理の確立、といったローカルレベルの対応から、グローバルに「絶滅のおそれのある野生動植物種の国際取引に関する条約」(CITES)を通して行うといった様々なレベルで適用することができる (Roe 2008)。

### 緩和策と適応策を通じて生物多様性への気候変動の影響を制御する

最近の研究から、気候変動の結果による極地や高緯度方向への陸上生物の分布の移動が予想よりもかなり速く進行していることが示されており、気候変動の影響を制御することが肝要である (Tewksbury *et al.* 2011)。生物多様性への気候変動による悪影響を最小限にするために、以下の対策が重要である。

- 気候変動そのものを緩和する取り組み (第 3 章)
- 上記の活動や社会的適応の取り組み自体が、生物多様性に悪影響を及ぼさないようにするための対策
- 気候変動の状況下においても、生物多様性を保全し回復させるための最善の対策を行うこと。

広範囲に及ぶこれらのアプローチの多くは、健全な生態系の保全とその持続可能な利用に依存しているため、気候変動の緩和と、生物多様性の維持を両立するための相乗効果を生み出すチャンスとなる。これには、特に手つかずの森林や湿地が関係するほか、自然や半自然の草地、多くの農業生態系も関係する。例えば、保全耕うんや混農林業 (アグロフォレストリー) のようないくつかの農業の手法は、陸域の炭素貯蔵の維持と増加とともに生物多様性の保全と持続可能な利用に寄与することができる (CBD 2009a)。小規模な家畜飼育や農業、林産物の採集を行うための伝統的な知識や仕組みは、文化的に適切な方法で、地方での緩和策と適応策を大いに推進させることができる (RECOFTC 2010; IUCN 2008)。しかし、生態系に基づくアプローチにもリスクはあるため、そのリスクを評価し対処する



湿地の修復は、生物多様性を回復し、気候変動の影響へのレジリエンス (回復力) を構築するために重要である。 © J. Smith/Still Pictures



海洋保護区の設定を促進するため、東アフリカでは過去数十年に渡り努力が重ねられてきた。© J Tamelander/IUCN

必要がある。森林の場合には、国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC 1992) と生物多様性条約が、「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD+) によるリスクを最小限にするための、特に生物多様性と人のコミュニティにとってのセーフガードの必要性を明示している。炭素隔離のための京都議定書のクリーン開発メカニズムの目標と生物多様性保全との間で対立が生じるリスクもある(Heiskanen 2009; Kneteman and Green 2009)。

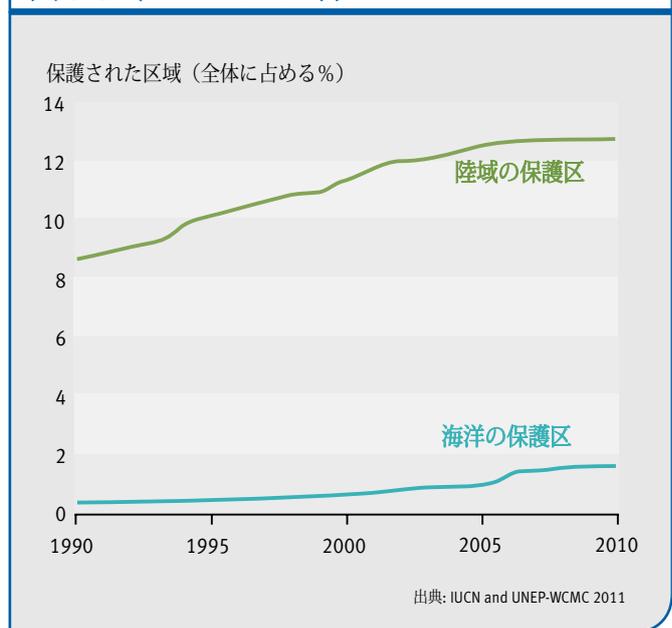
緩和策の影響として、大気中炭素の海への吸収量を増やすために行われる、鉄や窒素などによる人為的な海洋施肥なども懸念される。このアプローチの有効性は非常に不確かであり、ほとんどないと最近では考えられている。推定される負の影響は、メタンと亜酸化窒素の増加と、有毒アオコの発生を促すような植物プランクトンの群集構成の変化である (CBD 2009b)。バイオ燃料、水力発電、風力発電、海洋潮汐発電などの代替エネルギー源は、セーフガードが確立されなければ、すべて生物多様性に負の影響を及ぼすことが判明している (Keder and McIntyre Galt 2009; McDonald *et al.* 2009)。気候変動の状況下で、生物多様性を保全するための最も基本的な戦略は、手つかずで機能している生態系を保全しながら、出来る場合にはレストレーション(自然復元)を行っていくことである(CBD 2009a)。

## 保護区設定に基づく保全管理

保護区設定は、進行する種や生息・生育地の損失を食い止めるための中心的な手段として広く認識されている。過去 20 年の間に、保護区は数と面積ともに増加しており (図 5.12 と 5.13)、今や世界の陸地面積の 13% をカバーしている (IUCN and UNEP-WCMC 2011)。しかし、その分布は偏っており、14 の世界の生物群系 (バイオーム) のうちの 6 つ、および 821 の陸域エコリージョンの半分において、2010 年までに面積の 10% を保護するという生物多様性条約の目標が達成されていない (Jenkins and Joppa 2009)。生物多様性にとって最も重要な場所を対象に、世界の保護区ネットワークを拡大する必要がある。絶滅のおそれが高い多くの種の存続にとって極めて重要な場所として、絶滅ゼロ同盟 (AZE) により特定された 587 のサイトの約 51% と、10,000 を超える鳥の重要区域の 49% が、全く保護区ネットワークに入っていない (Butchart *et al.* 2012)。さらに重大なのは、主要な種の個体群を維持していく上で保護区の効果に関する知見が乏しいことである。保護区内で野生生物が減少したという事例の報告もあるが (Woinarski *et al.* 2011; Craigie *et al.* 2010)、そのままでは絶滅していただろう種の存続に、保護区が有効であったことが実証されている事例もある (Bruner *et al.* 2001)。しかし、すべての種が、存続のために保護区を必要とするとは限らず (Pereira and Daly 2006)、また保護区には、補完的な広範囲におよぶ保全対策が必要である (Boyd *et al.* 2008)。

保護区設定において生物群系 (バイオーム) の偏りが最も顕著なのは海域である。生物多様性条約 (CBD) にて 2012 年までに海域の 10% を保護区とするという目標が立てられたに

図 5.12 国によって設定された保護区の大きさ (1990~2010年)



もかわらず、2010 年末時点で実際の保護海域は 1.6%であった(IUCN and UNEP-WCMC 2011)。2010 年までに海域の 10%以上を保護区設定したのは 12 개국のみで、主に大面積の保護を通じてであり、121 개국は、管轄海域の 0.5%を超える設定を行わなかった(Toropova *et al.* 2010)。これを受けて CBD では、10%の達成目標をそのままに、期限を 2020 年に延長した。

海洋保護区は、保護のレベルを様々に設定することができるが、完全に保護される場合が生物多様性にとって最も良い。80 か所の異なる保護海域における 112 の独立した研究調査によると、保護海域に設定される前の同じ場所または周辺海域と比較して、保護区設定された海域では、魚の個体群数が有意に増加していた。保護区設定後 1~3 年の間に、基準サイトと比較して、個体群密度が 91%高くなり、生物量が 192%多くなり、生物の平均サイズと多様性が 20~30%高くなった。この傾向は、小さな海洋保護区でも見られた(Halpern 2003)。

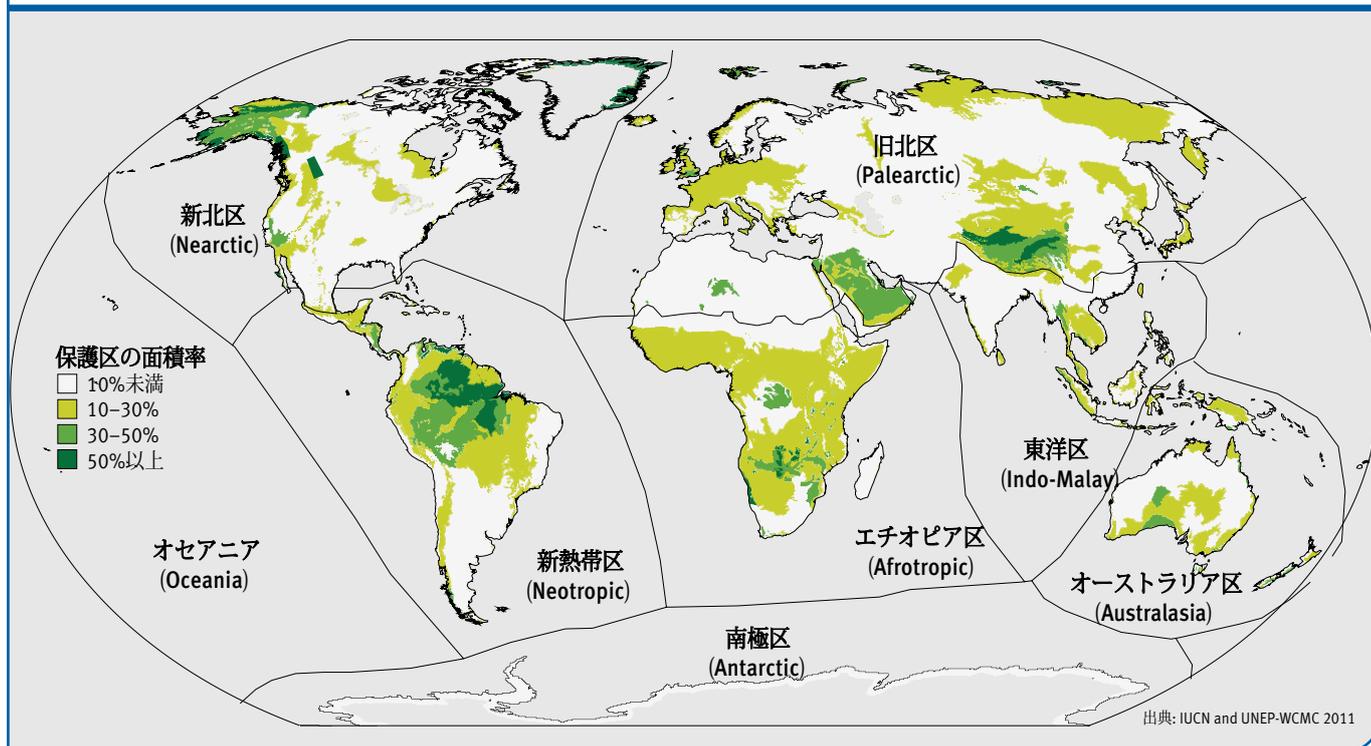
また保護区は、自然の生態系の他の土地利用への転換を防ぎ、そのため、炭素の大きな放出が回避されるので、気候変動の緩和と適応に重要な役割を果たすことができる(Dudley *et al.* 2010b)。森林の消失を中心とした土地利用の変化から生じる排出が、人間活動による温室効果ガス排出全体の 17%を占めている(IPCC 2007)。世界の陸域の炭素貯蔵量の約 15%が、世界の保護区ネットワーク内に貯蔵されていると推定されており (Campbell *et al.* 2008)、2000~2005 年の間に、湿润

熱帯林の保護区から放出された炭素量は同面積の保護されていない森林の約半分であったという事実からも、保護区による気候緩和の役割は大きい(Scharlemann *et al.* 2010)。

### 先住民やコミュニティが保全する区域

保護区は、政府機関から地域コミュニティ、先住民、非政府組織(NGO)そして個人にわたる多くのグループによって、効果的に管理され得る。近年では、保護区設定の際に IUCN(国際自然保護連合)による一連の保護区カテゴリーが使用されるようになった(Dudley *et al.* 2010a)。例えば、オーストラリアでは、先住民のコミュニティによって設立され管理されている保護区が、地方によっては国の保護区のほぼ 4 分の 1 に達している。先住民やコミュニティで保全される区域(ICCA)や、自然の聖地(SNS)は、伝統的な環境に関する知識や慣習が継承されることによって、生物学のおよび生物文化的に豊かな多様性の保全ができることがわかっている(Porter-Bolland *et al.* 2012; Sobrevila 2008)。このようにコミュニティにより保全される区域は、非常に多様性に富み、倫理的、経済的、文化的、精神的、政治的な特徴を示す(Brown and Kothari 2011; Borrini-Feyerabend *et al.* 2010a, 2010b; Kothari 2006; Posey 1999)。それらには、水鳥が巣を作る湿地、ねぐらなど動物にとって重要な生息場、ならびにペルーのアンデス高地のポテトパークやフィリピンの棚田群のような、自然と農業生態系が複雑に組み合わさった景観などがある。このような場所がもたらす様々な価値については多くの研究で示されている (Box 5.6) (Mallarach *et al.* 2012; Verschuuren *et al.* 2010; ICCA 2009)。

図 5.13 各陸域エコリージョンにおける保護区の割合 (2011年、生物地理区)



ICCA と SNS の数や規模について、これまで総合的に推定されたことがなかった。しかし、世界の一部の地域では、政府による保護区と同程度の面積にのぼると考えられている (Box 5.6) (Molnar *et al.* 2004)。さらに、18 の開発途上国では、全森林の 22% を、コミュニティが所有または管理していると推定されている (White and Martin 2002)。最近の分析から、熱帯雨林の保全における、先住民やコミュニティによって管理される区域が潜在的な有効性を持っていることが明らかにされている。例えば、そのような区域は、森林保護地区より効果的に熱帯森林破壊を減少させることができ (Porter-Bolland *et al.* 2012)、また先住民により多面的に利用されながら守られる保護区は、厳重な保護区と同じくらい効果的に熱帯雨林火災の発生率を下げるができる (Nelson and Chomitz 2011)。

ICCA と SNS は、それらの区域に広がる生物多様性とそれらを守る人たちのいずれに対しても安全を保障する合理的で強力な手法であるとして徐々に認められつつあり、保全、人権、開発などのさまざまな方面から支えられている。27 か国と 1 つの地方政府の法律と政策について予備調査したところ、ICCA と SNS に関する国の認識の進展にはばらつきがあり、急速に進んでいる国もあれば、ゆっくりと、または全く認識されていない国もある (Kothari *et al.* 2010)。ICCA と SNS に世界の注目が向けられている今、その最大の課題は、特に保有権、慣行、意思決定制度、その他基本的人権に対して、国による適切な認識や支援を獲得することにある (Stevens 2010)。保護区に関する、ガバナンス、参画、公正と利益配分に関する活動について、もっと考慮していく必要がある。

## 文化的多様性と伝統的知識についての価値の認識

人間と自然のシステムを社会生態系として総合的に捉えることは、生物多様性を保護する上で、ますます重要になっている (Ostrom 2007)。このことについての理解が深まるにつれ、生物多様性の持続可能なガバナンスや管理を行う上での生物学的多様性と文化的多様性とのつながりや、地域の人々や先住民の役割の重要性も明らかになっている (Sutherland 2003; Moore *et al.* 2002)。生物多様性戦略計画と愛知ターゲットは、先住民や地域コミュニティによる全面的かつ効果的な参画とともに、伝統的な知識のさらなる尊重と、生物多様性条約の実施の全てのレベルにおける伝統的知識の統合と反映を支援している (Aichi Target 18, Box 5.1)。言語の多様性についての現状と傾向に関する情報は (図 5.14)、生物多様性についての情報を含む、伝統的な知識、革新、慣習を評価する代理的指標として使用されている。伝統的な知識は、生物多様性と人間との関係に関する非常に貴重でかけがえのない情報源であり、それを失うことは、共同の文化遺産や、ある生態系や区域内で適応し持続可能に生活していくための能力を失うことになる (Maffi and Woodley 2010; Swiderska 2009)。

## 遺伝資源へのアクセスと利益配分および関連する伝統的知識

遺伝資源を利用することによって得られる利益を、公正かつ衡平に配分することは、生物多様性条約の 3 つの目的 (第 1 条) のうちの 1 つであり、生物多様性保全にとって、きわめて重要である。近年採択された「遺伝資源の取得の機会及びその利用から生ずる利益の公正かつ衡平な配分に関する名古屋議定書」によって、遺伝資源の取得の機会やそれらの利用から生

### Box 5.6 コミュニティによる管理の例

#### 世界全体:

コミュニティが管理している森林は、総計 4 億~8 億ヘクタールにのぼる (Molnar *et al.* 2004; White *et al.* 2004)。

#### アフリカ:

総計約 6,000 ヘクタールになる、およそ 70 ヶ所のカヤの森林のうちの 47 ヶ所が、ケニアで法的に認定され、地域コミュニティと協働で管理されている (Githitho 2003)。タンザニア共和国では、合計 200 万ヘクタールを越える森林が、コミュニティ主体で管理されている (Blomley and Iddi 2009)。

#### ヨーロッパ:

エストニアのような小さな国に、7,000 を超える SNS (自然の聖地) があると推定されているが、そのうち法的に保護されているものは 500 未満である (Valk and Kaasik 2007)。

#### アメリカ:

アマゾンの 5 分の 1 が、生物多様性の保全の達成を支える先住民の領土として分類され (Oviedo 2006)、カナダでは、80 万ヘクタール以上の北方林と湿地が、伝統的な領土として保護

されることが宣言された (Government of Manitoba 2011)。

#### アジア:

南アジアでは、1 ヘクタールから数百平方キロメートルにわたる面積を持つ数千ヶ所の自然生態系のサイトがコミュニティによって保全されている (Kalpavriksh 2011; Jana and Paudel 2010; Pathak 2009)。インドでは、少なくとも 13,720 ヶ所の神聖な林の存在が報告され、専門家によると国全体での総数は 10 万~15 万であると推定されている (Malhotra *et al.* 2001)。東南アジアから日本にかけて、持続可能な漁業や、沿岸生態系や海洋生態系の保全をめざして、コミュニティが管理する何百もの海洋区域がある (Yagi *et al.* 2010; Ferrari 2006; Lavidés *et al.* 2006)。

#### オセアニア:

南太平洋には、先住民による保護地区が 40 ヶ所、2,300 万ヘクタール以上あり (DSEWPC 2011)、またコミュニティによって保全されている区域や、地元で管理されている海洋区域が何百もある (Govan *et al.* 2009)。



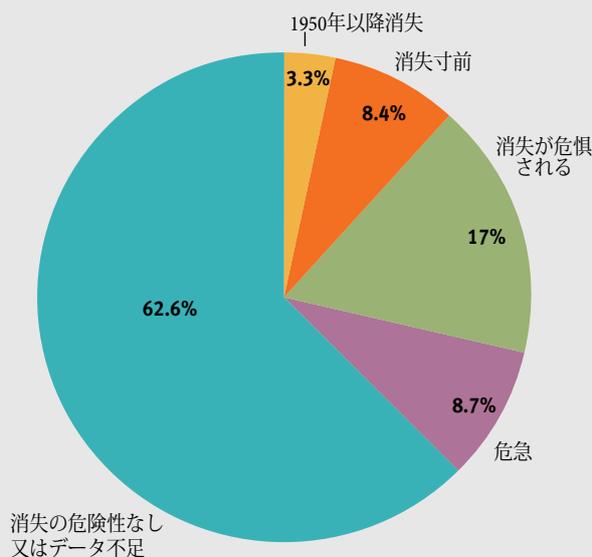
サンゴ礁を越え、約1キロメートル沖合で魚を捕るために、伝統的な木製のボートで漕ぎ出すケニアの漁師。

© Cheryl-Samantha Owen/ samowenphotography.com

じる利益、および関連する伝統的知識を取り締まるための基準が定められている。生物多様性条約の原則では、国は自国の資

源をその環境政策にしたがって利用する主権的権利を有することを認めている（第3条）。

図 5.14 すべての言語の中で、消失が危惧される言語の割合（2010年）

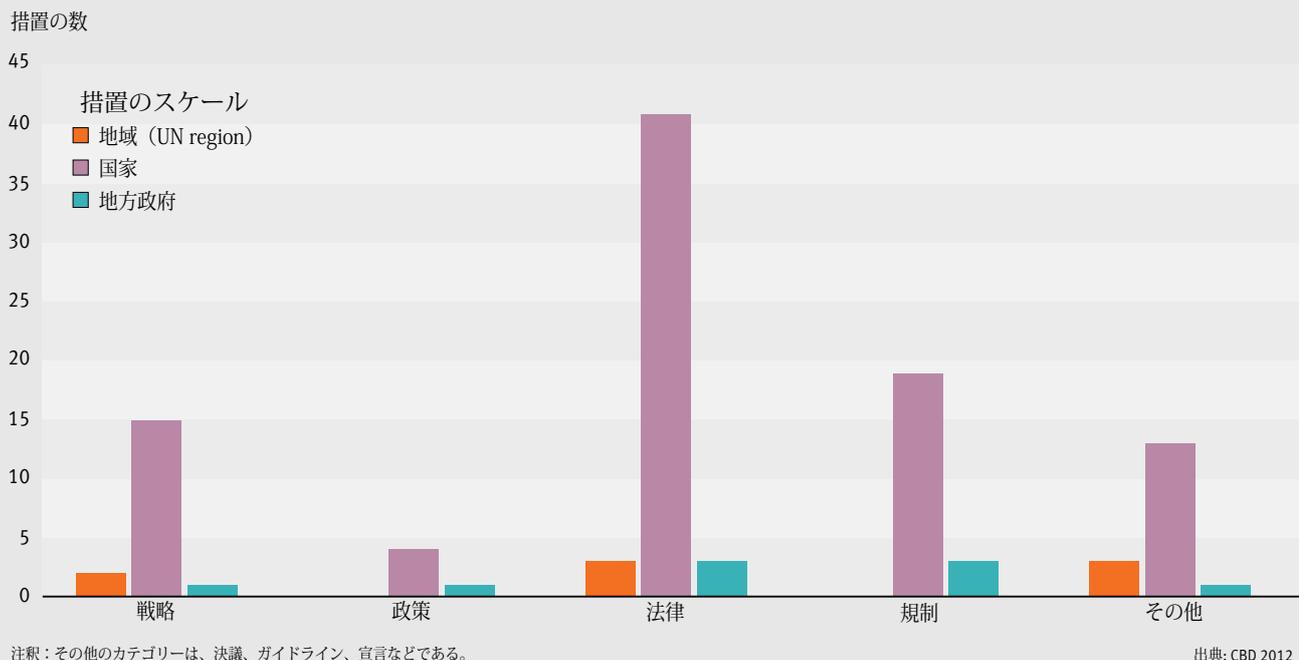


出典: Moseley 2010

遺伝資源の取得の機会（アクセス）の問題は、国際交渉の中で大きな政治的論点として挙げられた。世界の生物多様性の多くは、熱帯地域における発展途上国の森林に集中しているが、生物多様性の要素を商品に転換することができる技術や金融資本の多くは先進国が持っている。そのため、前例のない生物多様性損失が世界の懸念事項である中、知的財産の商業使用やそれに関連する問題が、地球の公共の財産という生物多様性の本質を、根本的に変えてしまっている (Giraud 2008; Gupta 2006; Schuler 2004)。名古屋議定書の採択の背景には発展途上国と先住民や地域コミュニティの中で高まっていた不満があり、それは、生物多様性条約が 1993 年に発効されて以来、その条約の利益配分条項の履行が不十分であったことに関係している。2002 年にガイドラインが採用されたにもかかわらず、バイオパイラシー（遺伝資源に対する盗賊行為）を防ぐためのコンプライアンスを順守する利用国がほんの一握りであったことで、この問題は一層悪化した。

名古屋議定書の採択は、遺伝資源と関連する伝統的知識の商業使用についての公正性の問題を正す上で重要な転機である。また、この議定書は、先住民や地域コミュニティの慣習法と手順に従って遺伝資源に関連する伝統的知識の取得機会を規制する権利を認定したことにおいても画期的である。名古屋議定書は 2011 年 2 月に署名のため開放されており、50 国が署

図 5.15 遺伝資源の取得機会と利益配分に関する措置の数とタイプ (2011年)



名して 90 日を経過してから発効となる。多くの国々は、遺伝資源の取得機会と利益配分の問題に関する国の法律や規則を既に持っているが、それらの動向を調査していくことで、今後の進展に関する役立つ指標が得られるだろう (図 5.15)

海洋の領域では、世界の海岸線の約 20% を占めているに過ぎない 10 ヶ国が、海洋生物の遺伝資源に付与された特許の 90% (70% がたったの 3 ヶ国に帰属している) を所有している。これらの国家は、遺伝子の宝庫である海を探索するために必要な先進技術を取得する機会から利益を得ているため、他の国々による取得の機会を増やすための能力向上に焦点を当てた政策が必要とされている (Arnaud-Haond *et al.* 2011)。

## 進展、欠落している点、展望

### 進展と欠落している点についての評価

#### 保全戦略

保護区は、特に陸域の生物多様性を維持するための重要な対策の一つであるが、一般的には不十分であると考えられている (Rodrigues *et al.* 2004)。生物多様性を守っている地域コミュニティの役割に関する認識が不十分であるために、地域コミュニティが国や民間の多くの保護区から排除されていることは、真の保全を図る上で依然として問題である。保護区以外で、持続可能に管理されている生産地の割合は、特に農業、林業、漁業、水産養殖で増加しているが、その進行は遅い。例えば、森林管理協議会 (FSC) によって認証された持続可能に管理されている森林の面積は増加し続けており、2012 年に 1 億 4900 万ヘクタールに達したほか (FSC 2012)、森林認証プログラム (PEFC) の下で管理されている森林もあるが、それでも世界で

管理されている森林のごく一部分である。同様に、海洋管理協議会 (MSC) によって認証されている水産物は、2007 年において、世界の水産業の 7% に過ぎない (Jacquet *et al.* 2009)。

#### 国の生物多様性戦略と行動計画

生物多様性条約は、その戦略計画を実施するための主要な仕組みとして、締約国すべてに、生物多様性戦略と行動計画を策定するよう定めている。現在までに 193 の署名国のうちの 172 ヶ国が、国家戦略またはそれと同等の文書を採択した (CBD 2011)。それら多くの戦略計画が採択されたこと自体が成果であり、さらに、それらによって国の保全活動が活性化し、生物多様性とその価値や管理について理解が深まったことも重要である。しかしこれらの功績にもかかわらず、諸々の国家戦略は、生物多様性損失の主要な駆動要因への対処には十分な効果を発揮していない。生物多様性と生態系サービスを主流化するための仕組みとして国家戦略を活用しているのはたった数か国のみであり、多くの場合、他の関連する政策との調整がうまくいっていない (Prip *et al.* 2010; CBD 2010c)。しかし、生物多様性条約の締約国は、生物多様性の主流化を強化することを述べている新しい生物多様性戦略計画 2011–2020 に沿って、2014 年までに計画を改訂することになっている。

#### 資源の動員

生物多様性条約 (CBD) に提出された多くの国別報告書によって、国家戦略と CBD 条約の内容を遂行する上での最も広く共通する課題は、資金、人手、技術、に関する資源不足であることが明らかになった。したがって、資源動員を大幅に増加させる愛知ターゲットの達成は、他のターゲットを達成する上で、極めて重要である。

生物多様性を保護するための資金について、その現状と、本来必要な額のいずれについても情報が不足しているが、両者の間に大きな差があることは間違いない。推定では、既存の資金源が年間数百億ドルのオーダーであるのに対して、必要とされる資金は年間数千億ドルのオーダーである (Rands *et al.* 2010; Berry 2007; James *et al.* 2001)。生物多様性のための国際的な資金源は、1992 年以来、実質ベースでおおよそ 38% 成長したと推定され、現在では年間 31 億 US ドルである (OECD 2010; Gutman and Davidson 2008)。地球環境ファシリテーター (GEF) は、生物多様性条約の遂行のために、2010~2014 年の間に、その前の 4 年間より 29% 増の 12 億 US ドルを提供するだろう。

生物多様性のための財源を増やすために、革新的な金融メカニズムが必要だと考えられるようになっている。これらは、生態系サービスに対する支払い、生物多様性オフセット、環境に配慮した財政改革、国際的な開発金融の新しい源泉となるグリーン製品や生物多様性の市場などである。その一例である「森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減」(REDD+) については第 3 章で紹介している。

### 生物多様性モニタリングのための情報の欠落

生物多様性の状態に関する指標の大部分は、その顕著な減少を示しているが (Butchart *et al.* 2010; CBD 2010b)、それらの地理的分布、分類群、時系列の網羅範囲はとて限られている (Pereira *et al.* 2010a, 2010b; Walpole *et al.* 2010; Collen *et al.* 2008a, 2008b)。生物多様性損失は世界的な現象であるが、その影響は、利用可能な指標やデータが最も不足している熱帯地方において、一番大きいかもしれない。

生物多様性の状態の指標のうち、情報が特に欠落しているものは、草地と湿地の範囲、生息・生育地の状態、一次生産量、野生種の遺伝的多様性、淡水域と陸域の食物連鎖の健全性、生態系機能、海洋酸性化などである。直接的原因となる圧力の指標については、汚染、陸域と淡水の生態系での過剰利用、野生生物感染症の発生率、淡水の取水についてのデータが欠けている。社会側の対応の指標については、農業や淡水漁業の持続可能な管理、侵略的外来種の管理などについて主に欠落している。

生態系サービスに関しても情報が顕著に欠落している (UNEP-WCMC 2011 年; TEEB 2010)。生態系サービスを支える生物多様性の指標は、例えば、農業やバイオマス生産では景観スケール、直接の利水や水力発電生成では流域スケール、というようにサービスを生み出す生態系プロセスが起こるスケールに応じて設定されるべきである。

生物多様性損失に対するその他の社会側の対応は、狩猟や汚染を含む多くの問題に取り組む政策的措置、ならびにインフラ整備の際の環境影響評価の強化や緩和策の実施などである。しかし、これらに関する世界の傾向を表すデータは利用できる状



マダガスカルキツネザルを含む多くの固有種が生息する世界的な生物多様性ホットスポットは、生物多様性・生態系の保護のための新しい資金の調達のため「生態系サービスへの支払い」制度を取り入れている。© Tdhster/iStock

態になっていない。愛知ターゲットのような、生物多様性に關する世界的な目標のほとんどが、国家レベルでの行動を必要とすることをふまえると、国の生物多様性データは、世界の目標の達成度を把握する上で極めて重要であり、また国家戦略に組み込むためにも重要である。国の絶滅危惧種に関するレッドリストは、国レベルの生物多様性データのうちの一つであり、目標の達成度の調査や、保全の際の優先順位の設定において、適切な情報源となりうるものである (Zamin *et al.* 2010)。もっとも、それ以外にも適切な情報を提供できるものはある (Jones *et al.* 2011)。地球規模生物多様性観測ネットワーク (GEO BON) が、将来のモニタリングの取り組みに重要な貢献をすると期待され (GEO BON 2011)、生物多様性指標パートナーシップが (BIP 2011)、世界および国の愛知ターゲット達成と、国々の生物多様性戦略および行動計画のための生物多様性指標の開発を支援している。

### 予測、シナリオ、将来展望

時間枠で不確実性が増加することを認識しつつ、この節では、比較的短期の政策提言を視野に、短期的な予測からより長期的なシナリオまで、生物多様性の研究を総合する。これは、21 世紀中の生物多様性の変化についての予測とシナリオに関しての共通見解を見出すために、多岐にわたる分野の科学者たちが協力して作成された GBO-3 の中で分析された生物多様性シナリオ (Leadley *et al.* 2010; Pereira *et al.* 2010a) に強く依存している。

定量的な予測やシナリオの方法論は十分に進歩しているが、数々の研究のレビューで報告されている変化の予測範囲はか

なり広い。その理由は、より良い政策の介入の余地が大きいためと、予測に大きな不確実性があるためである。グローバルな変化が生物多様性に及ぼす影響についての予測は、21世紀にわたって、種の絶滅(図 5.16)、自然の生息・生育地の損失、ならびに種と生物群系の分布と量における変化が継続し、多くの場合加速していくことを示している。生態系が急激に変化するポイント、いわゆるティッピング・ポイントに至る、潜在的な閾値、フィードバックの振幅、そしてタイムラグ効果は、その範囲の幅が広いと考えられ、グローバルな変化による生物多様性への影響の予測を困難にする。また、一度それらが始まれば制御は困難で、それらが起こった後では、元の状態に戻すには時間もコストもかかる。多くの重要なケースにおいて、生態系サービスの衰退は種の絶滅と密接に連動して進行し、種数を減らし、種と生物群系の分布を変化させる。しかし、生物多様性の保全といくつかの生態系サービス、特に供給サービスの保全はしばしば相反する。生物多様性を変化させる駆動要因を緩和し、かつ順応的管理戦略を開発するための国際、国、地方のレベルでの強い行動が、早急に包括的に適切に実行されるならば、望ましくない危険な生物多様性の変化を著しく抑制または回復させることができるだろう。

## 政策への提言

ここまで収集された知見から、持続可能な環境を支援する積極的な姿勢がとられれば、生物多様性と生態系サービスの悪化をくい止められることが示唆される。UNEPの「予見イニシアティブ(Foresight Initiative)」からの情報(Peduzzi *et al.* 2011)を加えて、全体として以上を総合すると次のことが示唆される。

- 陸地は、生息・生育地消失の速度を減少させるために、もっと効率的に使用されなければならない。
- 気候変動の緩和は緊急を要し、2010年のカンクンでのUNFCCC会合で合意された地球平均表面温度の変化の目標である2℃付近または、それより小さくても、ティッピング・ポイントに至る重大なリスクが存在する。
- 生態系サービスに対する支払いと国民会計のグリーン化は、もし適切に適用されれば、生物多様性を保護する手助けとなり得る。
- 保護区そのものだけでは、2010年までに生物多様性損失の速度を低下させるという目標を達成するには十分ではなかった。
- 海洋生態系が崩壊する可能性があるため、海域のガバナンスに対して、生態系を基盤にした統合的なアプローチが必要である。
- 地域コミュニティの参画と支援の重要性を認識し、確実に、政策が統合され、コミュニティに配慮し、コミュニティを含めるようにすることが極めて重要である。このことは、保全戦略、地域の文化や言語の保存、遺伝資源と伝統的知識の取得機会と利益配分にも適用される。

## 展望についての要約

主な生物多様性の目標達成の進展についての要約を、表 5.2 に示す。これは、専門家の見解に基づくもので、データおよび政策の欠落している点についても概説している。生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学政策プラットフォーム(IPBES)が、科学と政策をつなぐことに、今後、重要な役割を果たすことが期待される(Perrings *et al.* 2011)。

図 5.16 種の変化のシナリオ

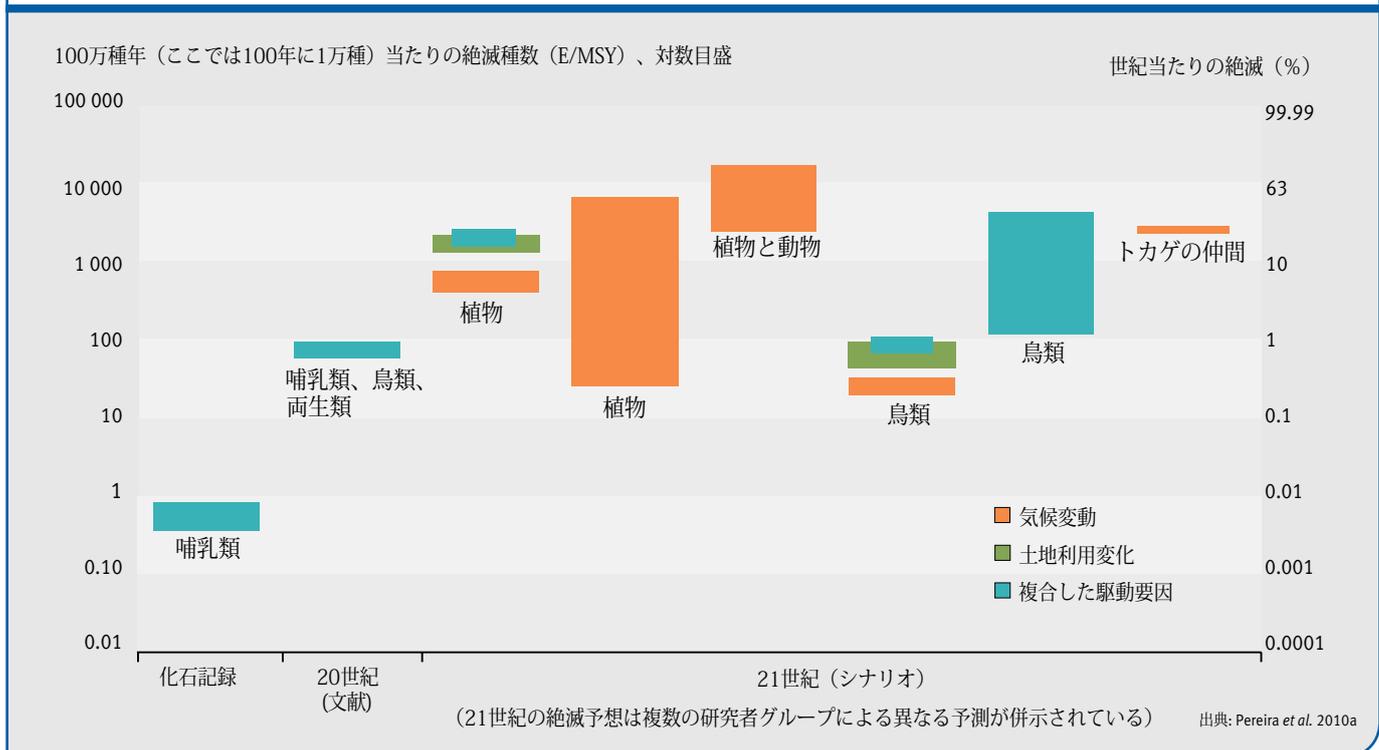


表 5.2 ゴールに向けた進展（表5.1を参照）

A: 著しく進展 B: ある程度進展		C: 進展がほとんど無いか全く無い D: 悪化している		X: 進展を評価するには時期尚早 ?: データ不十分	
鍵となる課題とゴール	現状と傾向	展望	欠落している点		
<b>1. 生物多様性への直接的な圧力を減少させる</b> (注釈 4, 6, 7, 13 ; CBD 愛知ターゲット 5~10)					
生息・生育地の損失と衰退の駆動要因	C	圧力が増加し続けている。例えば、農業やインフラ設備の開発など。	圧力が今後も増加。	様々な駆動要因の影響を受ける生息・生育地の範囲と状態についての傾向の定量化。	
搾取のレベル	C	大部分の種が乱獲によって脅かされている。一方、少数の種に関しては、合法的な国際取引の管理に成功している。	圧力が今後も増加。	不正取引を含む、特に地方や国レベルで行われる搾取に対する体系的な対策。	
侵略的外来種の拡散と影響	B/C	侵略的外来種の個体数と分布は、量的に評価された場所については増加している。一方で、影響が緩和され、分布拡大が抑制された事例もある。	一部地域の例外を除いて、拡大と影響が継続する。	開発途上国での事例の数および影響。地方または国レベルでの政策の実施とその有効性。	
汚染物質の影響	B	汚染の影響が一般的に増加しているが、1990年代以降の窒素沈着は、横ばい状態になっている可能性がある。	特定の汚染物質に対する一部地域の例外を除いて、圧力が増加。	窒素以外の汚染物質の濃度の傾向。	
気候変動の影響	C	全生態系において、生物季節、量、分布、群集構成への影響が増している。	圧力が今後も増加。	個体群の推移に及ぼす影響と、他の脅威との相互作用。	
<b>2. 生物多様性の状態を改善する</b> (注釈 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12 ; CBD 愛知ターゲット 11~13)					
野生生物の遺伝的多様性	?	農作物および飼育動物の遺伝的多様性は低下している。野生種においては評価されていないが、低下しているようである。	減少傾向が続く。	野生個体群の遺伝的多様性に関するデータ収集。	
生物の個体群数	C	世界規模で減少していて、熱帯域および淡水生態系の生物、食用・薬用に利用されている海洋生物種が最も急激に減少している。一方で、北アメリカの水鳥をはじめ効果的な保全活動による例外はある。	減少傾向が続く。	植物と無脊椎動物に対する傾向。熱帯域の調査対象範囲がまばらである。体系的なモニタリングの事例は先進国における鳥類に限定されている。	
種の絶滅リスク	C	複数分類群の13~63%の種が絶滅に瀕している。情報のある場所では、種の減少傾向が続いている（サンゴが最も急激に減少）。	減少傾向が続く。	植物、無脊椎動物、および評価がなされていない脊椎動物に対する傾向。国レベルでの絶滅リスクの傾向。	
生物群系（バイオーム）、生息・生育地および生態系の、規模と状態と保全性	C	傾向がわかっているすべての自然の生息・生育地で減少している。例えば、森林、マングローブ、海草、サンゴ礁など。一方で、温帯地域の国々での森林再生の事例がある。	減少傾向が続く。	森林地帯以外に対するものも含めて、一定の手法で継続されたりリモートセンシングによるモニタリング。状態と分断化の計測・評価基準。	
<b>3. 生物多様性から得られる持続可能な恩恵（生態系サービス）を強化する</b> (注釈 1, 2, 3, 4, 9, 11, 12 ; CBD 愛知ターゲット 14~16)					
食用・薬用に収穫される生物種の状態	C	絶滅リスクは、食用・薬用に収穫される種の方が、他の種よりも高い。	現在、恩恵は持続可能性がなく、減少する見込み。	植物と無脊椎動物に関する傾向。全体のデータを小規模の生活用、あるいは大規模/商業用に分解して当てはめること。	
天然資源の公平な利用	C	一部の国では平均寿命に対して、一人当たりのエコロジカルフットプリントが高く、また増加傾向にある。これは、資源の利用が非効率的で、多くの場合、持続可能でないことを示している。	利益配分において大きな調整を行い、人間の福利が強化されると世界のエコロジカルフットプリントが削減される可能性がある。	世界における天然資源の利用の強度や規模に関する空間分解能データや時間分解能データなど、フットプリントの分析に適したデータ。	

表 5.2 ゴールに向けた進展（表5.1を参照） つづき

4. 生物多様性を保護するための社会側の対応を強化する（注釈 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13； CBD 愛知ターゲット 1-20）

保護区について、その大きさ、生物多様性のカバー率、保全性	B	保護区の面積率は陸域では13%近くに達したが、海洋では1.5%未満である。幅広いエコリージョンが含まれているが、完全に保護された生物多様性保全のカギとなるサイトの割合は低い。	政府が誓約を果たせば、保護区的面積は増加するだろう。生物多様性の保全のためには、より注意深いサイト選定や、より優れた管理が必要となる。管轄の不明瞭さや対立は解決される必要がある。	保護区の有効性についての検証データ、および管轄の不明瞭さと対立に関する情報。
先住民やコミュニティによって保全される区域（ICCA）、自然の聖地（SNS）、およびその他のコミュニティに管理される自然の区域について、その大きさ、生物多様性のカバー率、保全性	B	コミュニティがガバナンスや管理を行うケースの大部分は国の承認なしで行われているか、新たに展開されている。生物多様性損失の外部からの駆動要因や他の要因が、生物多様性を保全するICCAやSNSや他のそのような区域を弱体化させる。	重要性が増すだろう。意思決定の際の地域コミュニティの権限の強化が、保護区に関わる政府役人の認識を高めることと共に必要となる。	これらの区域の位置、範囲、法的地位、および有効性に関するデータ。これらの区域について国家が適切に認識し支援ができるようにする仕組み。
REDD+や、生態系サービスに対する支払い（PES）といった仕組み。	B	生物多様性が気候変動の影響緩和と、気候変動への適応を支えているという観点から、REDD+やPESの仕組みの開発が増えている。	REDD+やPESの対象範囲は拡大する見込み。これは生物多様性保全のための好機と脅威のどちらにもなりうる。	コミュニティに管理されているREDD+区域の数や面積、あるいは、生態系ベースの構成要素を備えた国の適応戦略の数、といった潜在指標。
持続可能に管理された生産区域の割合	C	持続可能に管理されていると認証された区域は増えているが、その割合は小さく、地理的にも偏りがある。	特に先進国では、認証された生産地面積が増加している。	生物多様性保全にとっての有効性。認証されていない区域でのこれらのアプローチの影響。
侵略的外来種に対処する政策的対応	B	関連する法律を持った国々の割合が増加しているが、その運用や国境を越えた協力は不十分である。	政策的対応は増加しているが、相当の運用改善がなければ、効果はない。	運用状況と有効性に関するさらなるデータ。
種を回復させるための活動、サイトの保護、生息・生育地の復元	B	多くの地域の例から、保全活動が成功すれば、種の絶滅を防ぎ、生息・生育地を復元し、サイトが保全できることが示されている。しかし、これらの取り組みは依然として不十分である。	コーディネート、連携の改善が期待されるが、自力では不十分なままだろう。	種の回復と復元に関するさらなるデータ。
遺伝資源の取得機会と利益配分に対処する国家としての仕組みを持った国の数	B	遺伝資源の取得機会と利益配分に関する名古屋議定書の合意は、著しい前進であり、署名国が増加し、関連する法律を定めた国が増えている。	名古屋議定書の実施によって、この問題が効果的に対処される可能性がある。	取得機会と利益配分に関する合意や受益者に関するデータと、遺伝資源を利用することによる恩恵や持続可能性に関するデータ。
持続可能な資源の利用と保全を支える伝統的知識の指標としての言語と話者の数	C	言語と話者の数が減少しつつあり、持続可能な利用と保全を支える伝統的知識がより少なくなっていることが示唆される。	生物多様性の慣習的かつ持続可能な利用、ならびに土地保有権の確保をサポートするなどの適切な仕組みが、伝統的知識の減少をくい止めるのに役立つ可能性がある。	世代間での伝統的知識の受け継ぎやインセンティブの供与を把握するための指標。社会生態学的なレジリエンスを推定するための、伝統的知識の保持に関する指標。

注釈: 1. CBD Article 1; 2. CBD Article 6; 3. CBD Article 8; 4. CBD Article 10; 5. CBD COP 7 Decision VII/28 Paragraph 1.2.3; 6. CBD COP 7 Decision VII/30 Annex II; 7. Agenda 21 Chapter 17 Paragraph 86; 8. CMS 1979 Preamble; 9. CITES 1973 Preamble; 10. ICPP Article 1; 11. Ramsar Article 3; 12. ITPGRFA Article 1 Paragraph 1.1; 13. Cartagena Protocol on Biosafety Article 1.

## 参考文献

- Altieri, M.A. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, 19–31
- Anticamara, J.A., Watson, R., Gelchu, A. and Pauly, D. (2011). Global fishing effort (1950–2010): trends, gaps, and implications. *Fisheries Research* 107, 131–136
- Arnaud-Haond, S., Arrieta, J.M. and Duarte, C.M. (2011). Marine biodiversity and gene patents. *Science* 331(6024), 1521–1522
- Arthurton, R., Barker, S., Rast, W., Huber, M., Alder, J., Chilton, J., Gaddis, E., Pietersen, K., Zöckler, C., Al-Droubi, A., Dyhr-Nielsen, M., Finlayson, M., Fortnam, M., Kirk, E., Heileman, S., Rieu-Clark, A., Schäfer, M., Snoussi, M., Danling Tang, L., Tharme, R., Vadas, R. and Wagner, G. (2007). Water. In *Global Environment Outlook-4: Environment for Development*. pp.115–156. United Nations Environment Programme, Nairobi
- Bai, Z.G., Dent, D.L., Olsson, L. and Schaeppman, M.E. (2008). Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management* 24(3), 223–234
- Baillie, J.E.M., Griffiths, J., Turvey, S.T., Loh J. and Collen, B. (2010). *Evolution Lost: Status and Trends of the World's Vertebrates*. Zoological Society of London, London
- Baker, A.C., Glynn, P.W. and Riegl, B. (2008). Climate change and coral reef bleaching: an ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 80(4), 435–471
- Balirwa, J.S., Chapman, C.A., Chapman, L.J., Cowx, I.G., Geheb, K., Kaufman, L., Lowe-McConnell, R.H., Seehausen, O., Wanink, J.H., Welcomme, R. and Witte, F. (2003). Biodiversity and fishery sustainability in the Lake Victoria basin: an unexpected marriage? *BioScience* 53(8), 703–716
- Barnhizer, D. (2001). Trade, environment, and human rights: the paradigm case of industrial aquaculture and the exploitation of traditional communities. In *Effective Strategies for Protecting Human Rights: Economic Sanctions, Use of National Courts and International Fora, and Coercive Power* (ed. Barnhizer, D.). pp.137–155. Ashgate, Burlington, VT
- Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J. (eds.) (2008). *Climate Change and Water*. IPCC Technical Paper VI. IPCC Secretariat, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva
- Battin, T.J., Luysaert, S., Kaplan, L.A., Aufdenkampe, A.K., Richter, A. and Tranvik, L.J. (2009). The boundless carbon cycle. *Nature Geoscience* 2, 598–600
- Bax, N.J. and Thresher, R.E. (2009). Ecological, behavioral, and genetic factors influencing the recombinant control of invasive pests. *Ecological Applications* 19(4), 873–888
- Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E. and Geeves, W. (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy* 27, 313–323
- Belfrage, K. (2006). The effects of farm size and organic farming on diversity of birds, pollinators and plants in Swedish landscape. *Ambio* 34(8), 582–588
- Benning, T.L., LaPointe, D., Atkinson, C.T. and Vitousek, P.M. (2002). Interactions of climate change with biological invasions and land use in Hawaiian Islands: modelling the fate of endemic birds using a geographic information system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99, 14246–14249
- Bernard, P.S. (2003). Ecological implications of the water spirit beliefs in southern Africa: the need to protect knowledge, nature, and resource rights. In *Science and Stewardship to Protect and Sustain Wilderness Values* (eds. Watson, A. and Sproull, J.). 7th World Wilderness Congress Symposium, Port Elizabeth, South Africa, 2–8 November 2001
- Berndes, G., Hoogwijk, M. and van den Broek, R. (2003). The contribution of biomass in the future global energy supply: a review of 17 studies. *Biomass and Bioenergy* 25(1), 1–28
- Berry, P. (2007). *Adaptation Options on Natural Ecosystems*. A report to the United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat, Financial and Technical Support Division. Environmental Change Unit, University of Oxford, Oxford
- Best, A., Giljum, S., Simmons, C., Blobel, D., Lewis, K., Hammer, M., Cavalieri, S., Lutter, S. and Maguire, C. (2008). *Potential of the Ecological Footprint for Monitoring Environmental Impacts from Natural Resource Use: Analysis of the Potential of the Ecological Footprint and Related Assessment Tools for Use in the EU's Thematic Strategy on the Sustainable Use of Natural Resources*. Report to the European Commission, Directorate General for the Environment
- Bhathal, B. and Pauly, D. (2008). "Fishing down marine food webs" and spatial expansion of coastal fisheries in India, 1950–2000. *Fisheries Research* 91, 26–34
- BIP (2011). *Biodiversity Indicators Partnership*. <http://www.bipindicators.net> (accessed 30 November 2011)
- Björklund, G., Bullock, A., Hellmuth, M., Rast, W., Vallée, D. and Winpenny, J. (2009). Water's many benefits. In *United Nations World Development Report 3: Water in a Changing World*. World Water Assessment Programme, pp 80–95. UNESCO, Paris and Earthscan, London
- Blomley, T. and Iddi, S. (2009). *Participatory Forest Management in Tanzania 1993–2009, Lessons Learned and Experiences to Date*. Forestry and Beekeeping Division, United Republic of Tanzania Ministry of Natural Resources and Tourism
- Borrini-Feyerabend, G., Kothari, A., Alcorn, J., Amaya, C., Bo, L., Campese, J., Carroll, M., Chapela, F., Chatelain, C., Corrigan, C., Crawhall, N., de Vera, D., Dudley, N., Hoole, A., Farvar, M.T., Ferguson, M., Ferrari, M.F., Finger, A., Foggini, M., Haussler, Y., Ironside, J., Jallo, B., Jonas, H., Jones, M., Lasimbang, J., Lassen, B., Lovera, S., Martin, G., Morris, J., Nelson, F., Okuta, J.S., Oviedo, G., Pathak, N., Ramirez, R., Rasoarimanana, V., Riascos de la Peña, J.C., Royo, N., Sandwith, T., Shrumm, H., Smyth, D., Stevens, S., Surkin, J. and Wild, R. (2010a). *Strengthening What Works – Recognising and Supporting the Conservation Achievements of Indigenous Peoples and Local Communities*. Briefing Note 10. IUCN Commission on Environmental, Economic and Social Policy, International Union for Conservation of Nature, Gland
- Borrini-Feyerabend, G., Lassen, B., Stevens, S., Martin, G., Riascos de la Peña, J.C., Ráez-Luna, E.F. and Farvar, M.T. (2010b). *Bio-cultural Diversity Conserved by Indigenous Peoples and Local Communities – Examples and Analysis*. Companion document to Briefing Note 10. IUCN Commission on Environmental, Economic and Social Policy, International Union for Conservation of Nature, Gland
- Boyd, C., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Edgar, G.J., da Fonseca, G.A.B., Hawkins, F., Hoffmann, M., Sechrest, W., Stuart, S.N. and van Dijk, P.P. (2008). Spatial scale and the conservation of threatened species. *Conservation Letters* 1, 37–43
- Branch, T.A., Jensen, O.P., Ricard, D., Ye, Y. and Hilborn, R. (2011). Contrasting global trends in marine fishery status obtained from catches and from stock assessments. *Conservation Biology* 25, 777–786
- Branch, T.A., Watson, R., Fulton, E.A., Jennings, S., McGilliard, C.R., Pablico, G.T., Ricard, D. and Tracey, S.R. (2010). The trophic fingerprint of marine fisheries. *Nature* 468(7322), 431–435
- Brown, J. and Kothari, A. (2011). Traditional agricultural landscapes and community conserved areas: an overview. *Management of Environmental Quality: An International Journal* 22(2), 139–153
- Brown, J. and MacFadyen, G. (2007). Ghost fishing in European water: impacts and management responses. *Marine Policy* 31, 488–504
- Bruner, A.G., Gullison, R.E., Rice, R.E. and da Fonseca, G.A.B. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291(550), 125–128
- Brussaard, L., Caron, P., Campbell, B., Lipper, L., Mainka, S., Rabbinge, R., Babin, D. and Pulleman, M. (2010). Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2(1–2), 34–42
- Butchart, S.H.M., Scharlemann, J.P.W., Evans, M.I., Quader, S., Arinaitwe, J., Balman, M., Bennun, L.A., Besançon, C., Boucher, T.M., Bertzky, B., Brooks, T.M., Burfield, I.J., Burgess, N.D., Chan, S., Clay, R.P., Crosby, M.J., Davidson, N.C., De Silva, N., Devenish, C., Dutton, G.C.L., Díaz Fernández, D.F., Fishpool, L.D.C., Fitzgerald, C., Foster, M., Heath, M.F., Hockings, M., Hoffmann, M., Knox, D., Larsen, F.W., Lamoreux, J.F., Loucks, C., May, I., Millett, J., Molloy, D., Morling, P., Parr, M., Ricketts, T.H., Seddon, N., Skolnik, B., Stuart, S.N., Upgren, A. and Woodley, S. (2012). Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets. *PLoS ONE* 7(3): e32529
- Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Brown, C., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Cheney, A.M., Csirke, J., Davidson, N.C., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V., Lamarque, J.-F., Leverington, F., Loh, J., McGeoch, M.A., McRae, L., Minasyan, A., Hernández Morcillo, M., Oldfield, T.E.E., Pauly, D., Quader, S., Revenga, C., Sauer, J.R., Skolnik, B., Spear, D., Stanwell-Smith, D., Stuart, S.N., Symes, A., Tierney, M., Tyrrell, T.D., Vié, J.-C. and Watson, R. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328(5892), 1164–1168
- Callaghan, T.V., Björn, L., Chernov, Y.I., Chapin III, F.S., Christensen, T.R., Huntley, B., Ims, R., Johansson, M., Jolly, D., Matveyeva, N.V., Panikov, N., Oechel, W.C. and Shaver, G.R. (2005). Arctic tundra and polar ecosystems. In *Arctic Climate Impact Assessment* (eds. Symon, C., Arris, L. and Heal, B.). pp.243–235. Cambridge University Press, Cambridge
- Campbell, A., Kapos, V., Lysenko, I., Scharlemann, J.P.W., Dickson, B., Gibbs, H.K., Hansen, M. and Miles, L. (2008). *Carbon Emissions from Forest Loss in Protected Areas*. United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), Cambridge
- Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E.T., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and Marland, G. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(47), 18866–18870
- Carpenter, K.E., Abrar, M., Aeby, G., Aronson, R.B., Banks, S., Bruckner, A., Chiriboga, A., Cortés, J., DelBeck, J.C., DeVantier, L., Edgar, G.J., Edwards, A.J., Fenner, D., Guzmán, H.M., Hoeksema, B.W., Hodgson, G., Johan, O., Licuanan, W.Y., Livingstone, S.R., Lovell, E.R., Moore, J.A., Obura, D.O., Ochavillo, D., Polidoro, B.A., Precht, W.F., Quiblan, M.C., Reboton, C., Richards, Z.T., Rogers, A.D., Sanciangco, J., Sheppard, A., Sheppard, C., Smith, J., Stuart, S., Turak, E., Veron, J.E.N., Wallace, C., Weil, E. and Wood, E. (2008). One-third of reef-building corals face elevated extinction risk from climate change and local impacts. *Science* 321(5888), 560–563
- CBD (2012). ABS Measures Database. Convention on Biological Diversity. <http://www.cbd.int/abs/measures/>
- CBD (2011). *National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs)*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. <http://www.cbd.int/nbsap> (accessed 22 November 2011)
- CBD (2010a). *Aichi Biodiversity Targets*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. <http://www.cbd.int/sp/targets/>
- CBD (2010b). *Global Biodiversity Outlook 3*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal

- CBD (2010c). *Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. <http://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268> (accessed 14 November 2011)
- CBD (2009a). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. CBD Technical Series 41. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- CBD (2009b). *Scientific Synthesis of the Impacts of Ocean Fertilization on Marine Biodiversity*. CBD Technical Series 45. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- CBD (2008). *Access and Benefit-Sharing in Practice: Trends in Partnerships Across Sectors*. CBD Technical Series No. 38. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- CBD (2000). *Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity: Text and Annexes*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal. <http://bch.cbd.int/protocol/text/>
- CBD (1992). *Convention on Biological Diversity*. <http://www.cbd.int/> (accessed 30 November 2011)
- Cheung, W.W.L., Lam, V.W.Y., Sarmiento, J.L., Kearney, K., Watson, R. and Pauly, D. (2009). Projections of global marine biodiversity impacts under climate change scenarios. *Fish and Fisheries* 10(3), 235–251
- CITES (1973). *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*. (Amended in 1979) <http://www.cites.org/eng/disc/E-Text.pdf>
- Clavero, M. and García-Berthou, E. (2005). Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution* 20(3), 110
- CMS (1979). *Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals*. [http://www.cms.int/documents/convtxt/cms\\_convtxt.htm](http://www.cms.int/documents/convtxt/cms_convtxt.htm)
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. and Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin* 62, 2588–2597
- Cole, J.J., Prairie, Y.T., Caraco, N.F., McDowell, W.H., Tranvik, L.J., Striegl, R.G., Duarte, C.M., Kortelainen, P., Downing, J.A., Middelburg, J.J. and Melack, J. (2007). Plumbing the global carbon cycle: integrating inland waters into the terrestrial carbon budget. *Ecosystems* 10, 171–184
- Collen, B., Loh, J., Whitmee, S., McRae, L., Amin, R. and Baillie, J.E.M. (2008a). Monitoring change in vertebrate abundance: the Living Planet Index. *Conservation Biology* 23, 317–327
- Collen, B., Ram, M., Zamin, T. and McRae, L. (2008b). The tropical biodiversity data gap: addressing disparity in global monitoring. *Tropical Conservation Science* 1(2), 75–88
- Cooper, E., Burke, L. and Bood, N. (2009). *Coastal Capital: Belize. The Economic Contribution of Belize's Coral Reefs and Mangroves*. WRI Working Paper. World Resources Institute, Washington, DC
- Cotula, L. and Mathieu, P. (eds.). (2008). *Legal Empowerment in Practice: Using Legal Tools to Secure Land Rights in Africa*. International Institute for Environment and Development (IIED), London
- Craigie, I., Baillie, J., Balmford, A., Carbone, C., Collen, B., Green, R.E. and Hutton, J.H. (2010). Large mammal population declines in Africa's protected areas. *Biological Conservation* 143, 2221–2228
- Danielsen, F., Beukema, H., Burgess, N.D., Parish, F., Brühl, C.A., Donald, P.F., Murdiyasar, D., Phalan, B., Reihnders, L., Struebig, M. and Fitzherbert, E.B. (2009). Biofuel plantations on forested lands: double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology* 23, 348–358
- Dise, N.B., Ashmore, M., Belyazid, S., Bleeker, A., Bobbink, R., de Vries, W., Erisman, J.W., Spranger, T., Stevens, C.J. and van den Berg, L. (2011). Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity. In *The European Nitrogen Assessment* (eds. Sutton, M.A., Howard, C.M., Erisman, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., van Grinsven, H. and Grizzetti, B.). pp.463–494. Cambridge University Press, Cambridge
- DSEWPC (2011). *Declared Indigenous Protected Areas – Case Studies*. Australian Government Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities. <http://www.environment.gov.au/indigenous/ipa/declared/index.html> (accessed 11 November 2011)
- Dudley, N., Bhagwat, S., Higgins-Zogin, L., Lassen, B., Verschuuren, B. and Wild, R. (2010a). Conservation of biodiversity in sacred natural sites in Asia and Africa: a review of the scientific literature. In *Sacred Natural Sites, Conserving Nature and Culture* (eds. Verschuuren, B., Wild, R., McNeely, J. and Oviedo, G.). pp.19–32. Earthscan, London and Washington, DC
- Dudley, N., Stolton, S., Belokurov, A., Krueger, L., Lopoukhine, N., MacKinnon, K., Sandwith, T. and Sekhran, N. (eds.) (2010b). *Natural Solutions: Protected Areas Helping People Cope with Climate Change*. International Union for Conservation of Nature World Commission on Protected Areas (IUCN-WCPA), Gland, The Nature Conservancy (TNC), Arlington, VA, United Nations Development Programme (UNDP), New York, Wildlife Conservation Society (WCS), New York, World Bank, Washington, DC and WWF–World Wildlife Fund for Nature, Gland
- Dulvy, N.K., Rogers, S.I., Jennings, S., Stelzenmüller, V., Dye, S.R. and Skjoldal, H.R. (2008). Climate change and deepening of the North Sea fish assemblage: a biotic indicator of regional warming. *Journal of Applied Ecology* 45(4), 1029–1039
- Dulvy, N.K., Sadovy, Y. and Reynolds, J.D. (2003). Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries* 4, 25–64
- Ehrlich, P.R. and Ehrlich, A.H. (1992). The value of biodiversity. *Ambio* 21(3), 219–226
- Emerson, C. (1999). *Aquaculture Impacts on the Environment*. Cambridge Scientific Abstracts. <http://www.csa.com> (accessed 17 January 2012)
- Falkenmark, M., Finlayson, C.M. and Gordon, L. (2007). Agriculture, water, and ecosystems: avoiding the costs of going too far. In *Water For Food, Water For Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture* (ed. Molden, D.). pp.234–277. Earthscan, London
- FAO (2010a). *The Global Forest Resources Assessment 2010. Main Report*. FAO Forestry Paper 163. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2010b). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2009). *Livestock Keepers: Guardians of Biodiversity*. FAO Animal Production and Health Paper 167. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2001). *International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.planttreaty.org/content/texts-treaty-official-versions>
- FAO (1951). *International Plant Protection Convention*. (Amended 1979 and 1997) <http://www.fao.org/Legal/TREATIES/004t-e.htm>
- FAO and UNEP (2009). *Report of the FAO/UNEP Expert Meeting on Impacts of Destructive Fishing Practices, Unsustainable Fishing, and Illegal, Unreported and Unregulated (IUU) Fishing on Marine Biodiversity and Habitats*. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 932. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Ferrari, M.F. (2006). Rediscovering community conserved areas in South-East Asia: peoples' initiative to reverse biodiversity loss. *Parks* 16(1), 43–48
- Fiala, N. (2008). Measuring sustainability: why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics* 67(4), 519–525
- Finlayson, C.M. and D'Cruz, R. (2005). Inland water systems. In *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group* (eds. Hassan, R., Scholes, R. and Ash, N.). pp.551–583. Island Press, Washington, DC
- Finlayson, C.M., Davis, J.A., Gell, P.A., Kingsford, R.T. and Parton, K.A. (2011). The status of wetlands and the predicted effects of global climate change: the situation in Australia. *Aquatic Sciences* 1–21
- Finlayson, C.M., Gitay, H., Bellio, M.G., van Dam, R.A. and Taylor, I. (2006). Climate variability and change and other pressures on wetlands and waterbirds – impacts and adaptation. In *Water Birds Around the World* (eds. Boere, G., Galbraith, C. and Stroud, D.). pp.88–89. Scottish Natural Heritage, Edinburgh
- Fitzherbert, E.B., Struebig, M.J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C.A., Donald, P.F. and Phalan, B. (2008). How will oil palm expansion affect biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* 23(10), 538–545
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342
- Freire, K. and Pauly, D. (2010). Fishing down Brazilian marine food webs, with emphasis on the East Brazil Large Marine Ecosystem. *Fisheries Research* 105, 57–62
- FSC (2012). *Global FSC Certificates: Type and Distribution*. Forest Stewardship Council, Bonn
- Galgani, F., Fleet, D., van Franeker, J., Katsanevakis, S., Maes, T., Mouat, J., Oosterbaan, L., Poitou, I., Hanke, G., Thompson, R., Amato, E., Birkun, A. and Janssen, C. (2010). *Marine Strategy Framework Directive Task Team 10 Report: Marine Litter*. JRC (EC Joint Research Centre) Scientific and Technical Reports
- Garcia, S.M. and Rosenberg, A.A. (2010). Food security and marine capture fisheries: characteristics, trends, drivers and future perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365(1554), 2869–2880
- GEO BON (2011). *Adequacy of Biodiversity Observation Systems to support the CBD 2020 Targets*. A report prepared by the Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network (GEO BON) for the Convention on Biological Diversity. GEO BON, Pretoria
- Gibbons, D.W., Bohan, D.A., Rothery, P., Stuart, R.C., Houghton, A.J., Scott, R.J., Wilson, J.D., Perry, J.N., Clark, S.J., Dawson, R.J.G. and Firbank, L.G. (2006). Weed seed resources for birds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. *Proceedings of the Royal Society B* 273(1596), 1921–1928
- Giraud, G. (2008). Range and limit of geographical indication scheme: the case of basmati rice from Punjab, Pakistan. *International Food and Agribusiness Management Review* 11(1), 51–76
- Githitho, A. (2003). The sacred Mijikenda Kaya forests of coastal Kenya and biodiversity conservation. In *The Importance of Sacred Natural Sites for Biodiversity Conservation* (eds. Lee, C. and Schaaf, T.). Proceedings of the International Workshop held in Kuming and Xishuangbanna Biosphere Reserve, People's Republic of China, 2003. pp.27–35. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M. and Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327(5967), 812–818

- Golden, C.D., Fernald, L.C.H., Brashares, J.S., Rasolofoniaina, B.J.R. and Kremen, C. (2011). Benefits of wildlife consumption to child nutrition in a biodiversity hotspot. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (in press)
- González, J., Grijalba-Bendeck, M., Acero-P., A. and Betancur-R., R. (2009). The invasive red lionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus 1758), in the southwestern Caribbean Sea. *Aquatic Invasions* 4(3), 507–510
- Gordon, L.J., Finlayson, C.M. and Falkenberg, M. (2010). Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management* 97(2010), 512–519
- Gough, C.M. (2011). Terrestrial primary production: fuel for life. *Nature Education Knowledge* 2(2), 1
- Govan, H., Tawake, A., Tabunakawai, K., Jenkins, A., Lasgorceix, A., Techera, E., Tafea, H., Kinch, J., Feehely, J., Ifopo, P., Hills, R., Alefaio, S., Meo, S., Troniak, S., Malimali, S., George, S., Tauaefa, T. and Obed, T. (2009). *Community Conserved Areas: A Review of Status and Needs in Melanesia and Polynesia*. Indigenous and Community Conserved Areas (ICCA) regional review for the Centre for Sustainable Development (CENESTA)/Theme on Indigenous and Local Communities, Equity and Protected Areas (TILCEPA)/Theme on Governance, Equity and Rights (TGER)/International Union for Conservation of Nature (IUCN)/Global Environment Fund- Small Grants Programme (GEF-SGP)
- Government of Manitoba (2011). *Province Permanently Designates Largest Area of Protected Land in More Than a Decade*. <http://news.gov.mb.ca/news/index.html?archive=&item=11766> (accessed 21 November 2011).
- Greathouse, E.A., Pringle, C.M., McDowell, W.H. and Holmquist, J.G. (2006). Indirect upstream effects of dams: consequences of migratory consumer extirpation in Puerto Rico. *Ecological Applications* 16, 339–352
- Gregory, R.D., Willis, S.G., Jiguet, F., Voříšek, P., Klváňová, A., Huntley, B., Collingham, Y.C., Couvet, D. and Green, R.E. (2009). An indicator of the impact of climatic change on European bird populations. *PLoS ONE* 4(3), e4678
- Gregory, R.D., van Strien, A., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A.W., Noble, D.G., Foppen, R.P.B. and Gibbons, D.W. (2005). Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360(1454), 269–288
- Gupta, V.K. (2006). Protection of traditional knowledge. In *Perspectives on Biodiversity: A Vision for Megadiverse Countries* (eds. Verma, D.D., Arora, S. and Rai, R.K.). pp.243–258. Ministry of Environment and Forests, Government of India, New Delhi
- Gutman, P. and Davidson, S. (2008). *A Review of Innovative International Financial Mechanisms for Biodiversity Conservation with a Special Focus on the International Financing of Developing Countries' Protected Areas*. WWF–World Wide Fund for Nature, Gland
- Haken, J. (2011). *Transnational Crime in the Developing World*. Global Financial Integrity, Washington, DC
- Halpern, B.S. (2003). The impact of marine reserves: do reserves work and does reserve size matter? *Ecological Applications* 13, 117–137
- Hansen, M.C., Stehman, S.V. and Potapov, P.V. (2010). Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107, 8650–8655
- Heath, M.R. (2005). Changes in the structure and function of the North Sea fish foodweb, 1973–2000, and the impacts of fishing and climate. *ICES Journal of Marine Science* 62, 847–868
- Heiskanen, M. (2009). *The Regulatory Development Case of the CDM Forests – Seeking a Vital Balance between the Goals of Carbon Sequestration and Biodiversity Conservation through the New Biodiversitcal Concepts*. XIII World Forestry Congress. Buenos Aires, Argentina, 18–23 October 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Hiddink, J.G. and Ter Hofstede, R. (2008). Climate induced increases in species richness of marine fishes. *Global Change Biology* 14(3), 453–460
- HLIAP (2010). *Report of the First Meeting of the High-Level Intergovernmental Advisory Panel on the Selection of Internationally Agreed Goals for GEO-5*. 1st High-level Intergovernmental Advisory Panel, Geneva, 28-30 June 2010. United Nations Environment Programme, Nairobi
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, A.J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, A.J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A. and Hatzitolos, M.E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318(5857), 1737–1742
- Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Boehm, M., Brooks, T.M., Butchart, S.H., Carpenter, K.E., Chanson, J., Collen, B., Cox, N.A., Darwall, W.R., Dulvy, N.K., Harrison, L.R., Katariya, V., Pollock, C.M., Quader, S., Richman, N.I., Rodrigues, A.S., Tognelli, M.F., Vie, J.C., Aguiar, J.M., Allen, D.J., Allen, G.R., Amori, G., Ananjeva, N.B., Andreone, F., Andrew, P., Aquino Ortiz, A.L., Baillie, J.E., Baldi, R., Bell, B.D., Biju, S., Bird, J.P., Black-Decima, P., Blanc, J., Bolanos, F., Bolivar, G., Burfield, I.J., Burton, J.A., Capper, D.R., Castro, F., Catullo, G., Cavanagh, R.D., Channing, A., Chao, N.L., Chenery, A.M., Chiozza, F., Clausnitzer, V., Collar, N.J., Collett, L.C., Collette, B.B., Fernandez, C.F., Craig, M.T., Crosby, M.J., Cumberlidge, N., Cuttelod, A., Derocher, A.E., Diesmos, A.C., Donaldson, J.S., Duckworth, J., Dutton, G., Dutta, S., Emslie, R.H., Farjon, A., Fowler, S., Freyhof, J., Garshelis, D.L., Gerlach, J., Gower, D.J., Grant, T.D., Hammerson, G.A., Harris, R.B., Heaney, L.R., Hedges, S.B., Hero, J.M., Hughes, B., Hussain, S.A., Icochea, M., Inger, R.F., Ishii, N., Iskandar, D.T., Jenkins, R.K.B., Kaneko, Y., Kottelat, M., Kovacs, K.M., Kuzmin, S.L., La Marca, E., Lamoreux, J.F., Lau, M.W.N., Lavilla, E.O., Leus, K., Lewison, R.L., Lichtenstein, G., Livingstone, S.R., Lukoschek, V., Mallon, D.P., McGowan, P.J.K., McIvor, A., Moehlan, P.D., Molur, S., Muñoz Alonso, A., Musick, J.A., Nowell, K., Nussbaum, R.A., Olech, W., Orlov, N.L., Papenfuss, T.J., Parra-Olea, G., Perrin, W.F., Polidoro, B.A., Pourkazemi, M., Racey, P.A., Ragle, J.S., Ram, M., Rathbun, G., Reynolds, R.P., Rhodin, A.G.J., Richards, S.J., Rodriguez, L.O., Ron, S.R., Rondinini, C., Rylands, A.B., de Mitcheson, Y.S., Sanciangco, J.C., Sanders, K.L., Santos-Barrera, G., Schipper, J., Self-Sullivan, C., Shi, Y., Shoemaker, A., Short, F.T., Sillero-Zubiri, C., Silvano, D.L., Smith, K.G., Smith, A.T., Snoeks, J., Stattersfield, A.J., Symes, A.J., Taber, A.B., Talukdar, B.K., Temple, H.J., Timmins, R., Tobias, J.A., Tsytulina, K., Tweddle, D., Ubeda, C., Valenti, S.V., van Dijk, P.P., Veiga, L.M., Veloso, A., Wege, D.C., Wilkinson, M., Williamson, E.A., Xie, F., Young, B.E., Akcakaya, H.R., Bennun, L., Blackburn, T.M., Boitani, L., Dublin, H.T., da Fonseca, G.A.B., Gascon, C., Lacher Jr., T.E., Mace, G.M., Mainka, S.A., McNeely, J.A., Mittermeier, R.A., Reid, G.M., Paul Rodriguez, J., Rosenberg, A.A., Samways, M.J., Smart, J., Stein, B.A. and Stuart, S.N. (2010). The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* 330(6010), 1503–1509
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E.K. and Tockner, K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution* 25(12), 681–682
- Horwitz, P. and Finlayson, C.M. (2011). Wetlands as settings for human health: incorporating ecosystem services and health impact assessment into water resource management. *Bioscience* 61, 678–688
- Horwitz, P., Finlayson, C.M. and Weinstein, P. (2011). *Healthy Wetlands, Healthy People: A Review of Wetlands and Human Health Interactions*. Ramsar Technical Report No. 6. Secretariat of the Ramsar Convention on Wetlands, Gland, and the World Health Organization, Geneva
- Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46, 10–18
- IAASTD (2009). *Agriculture at a Crossroads. Synthesis Report* (eds. McIntyre, B.D., Herren, H.R., Wakhungu, J. and Watson, R.T.). International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. Island Press, Washington, DC
- ICCA (2009). *Indigenous People's Conserved Territories and Areas Conserved by Indigenous Peoples and Local Communities. A Bold New Frontier for Conservation*. <http://www.iccaforum.org> (accessed 21 November 2011).
- IPCC (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva
- ISDR (2009). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Geneva
- IUCN (2010). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org/> (accessed 23 November 2011).
- IUCN (2008). *Indigenous and Traditional Peoples and Climate Change*. Issues Paper. International Union for Conservation of Nature, Gland
- IUCN and UNEP-WCMC (2011). *The World Database on Protected Areas (WDPA)*. International Union for Conservation of Nature, Gland and United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge. <http://www.wdpa.org/> (January 2011)
- Jacquet, J., Hocevar, J., Lai, S., Majluf, P., Pelletier, N., Pitcher, T., Sala, E., Sumaila, R. and Pauly, D. (2009). Conserving wild fish in a sea of market-based efforts. *Oryx* 44(1), 45–56
- James, C. (2010). *Global Status of Commercialised Biotech/GM crops: 2010*. ISAAA Brief No. 42. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, Ithaca, NY
- James, A., Gaston, K.J. and Balmford, A. (2001). Can we afford to conserve biodiversity? *Bioscience* 51(1), 43–52
- Jana, S. and Paudel, N.S. (2010). *Rediscovering Indigenous Peoples' and Community Conserved Areas in Nepal*. Forest Action, Kathmandu
- Jenkins, C.N. and Joppa, L. (2009). Expansion of the global terrestrial protected area system. *Biological Conservation* 142(10), 2166–2174
- Jones, J., Collen, B., Atkinson, G., Baxter, P., Bubb, P., Illian, J., Katzner, T., Keane, A., Loh, J., McDonald-Madden, E., Nicholson, E., Pereira, H., Possingham, H., Pullin, A., Rodrigues, A., Ruiz-Gutiérrez, V., Somerville, M. and Milner-Gulland, E. (2011). The why, what, and how of global biodiversity indicators beyond the 2010 target. *Conservation Biology* 25(3), 450–457
- Jorgensen, C., Enberg, K., Dunlop, E.S., Arlinghaus, R., Boukal, D.S., Brander, K., Ernande, B., Gardmark, A., Johnston, F., Matsumura, S., Pardoe, H., Raab, K., Silva, A., Vainikka, A., Dieckmann, U., Heino, M. and Rijnsdorp, A.D. (2007). Managing evolving fish stocks. *Science* 318, 1247–1248
- Kalpavriksh (2011). *Recognising and Supporting Indigenous and Community Conserved Areas (ICCAs) in South Asia and Globally. Final Report, February 2011*. Kalpavriksh Environment Action Group. <http://www.kalpavriksh.org/community-conserved-areas/research-and-documentation/ccas-in-southasia/148-undp-final-report-feb-2011> (accessed 11 November 2011).
- Keder, G. and McIntyre Galt, R. (2009). *Impacts of Climate Change and Selected Renewable Energy Infrastructures on EU Biodiversity and the Natura 2000 Network: Task 4 – Wind, Hydro and Marine Renewable Energy Infrastructures in the EU: Biodiversity Impacts, Mitigation and Policy Recommendations*. European Commission and International Union for Conservation of Nature
- Kitzes, J. and Wackernagel, M. (2009). Answers to common questions in Ecological Footprint accounting. *Ecological Indicators* 9(4), 812–817
- Kitzes, J., Moran, D., Galli, A., Wada, Y. and Wackernagel, M. (2009). Interpretation and application of the Ecological Footprint: a reply to Fiala (2008). *Ecological Economics* 68(4), 929–930

- Kleisner, K. and Pauly, D. (2011). Stock-catch status plots of fisheries for Regional Seas. In *The State of Biodiversity and Fisheries in Regional Seas* (eds. Christensen, V., Lai, S., Palomares, M.L.D., Zeller, D. and Pauly, D.). pp.37–40. Fisheries Centre Research Reports 19(3)
- Kleisner, K. and Pauly, D. (2010). The Marine Trophic Index (MTI), the Fishing in Balance (FIB) Index and the spatial expansion of fisheries. In *The State of Biodiversity and Fisheries in Regional Seas* (eds. Christensen, V., Lai, S., Palomares, M.L.D., Zeller, D. and Pauly, D.). pp.41–44. Fisheries Centre Research Reports 19(3)
- Kneteman, C. and Green, A. (2009). The twin failures of the CDM: recommendations for the “Copenhagen Protocol”. *The Law and Development Review* 2(1), 9
- Kothari, A. (2006). Community conserved areas. In *Managing Protected Areas: A Global Guide* (eds. Lockwood, M.L., Worboys, G. and Kothari, A.). pp.549–573. Earthscan, London
- Kothari, A., Menon, M. and O'Reilly, S. (2010). *Territories and Areas Conserved by Indigenous Peoples and Local Communities (ICCAs): How Far Do National Laws and Policies Recognize Them?* International Union for Conservation of Nature (IUCN) Commission on Environmental, Economic and Social Policy-World Commission on Protected Areas (CEESP-WCPA), Theme on Indigenous and Local Communities, Equity, and Protected Areas (TILCEPA) and Kalpavriksh, Pune
- Kura, Y., Revenga, C., Hoshino, E. and Mock, G. (2004). *Fishing for Answers*. World Resources Institute, Washington, DC
- Lavides, M.N., Pajaro, M.G. and Nozawa, C.M.C. (2006). *Atlas of Community-Based Marine Protected Areas in the Philippines*. Haribon Foundation for the Conservation of Natural Resources, Inc. and Panama KaSaPilipinas
- Leadley, P., Pereira, H.M., Alkemade, R., Fernandez-Manjarrés, J.F., Proença, V., Scharlemann, J.P.W. and Walpole, M.J. (2010). *Biodiversity Scenarios: Projections of 21st Century Change in Biodiversity and Associated Ecosystem Services: A Technical Report for the Global Biodiversity Outlook 3*. Convention on Biological Diversity Technical Series No 50. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- Le Quéré, C., Raupach, M.R., Canadell, J.G., Marland, G., Bopp, K., Ciais, P., Conway, T.J., Doney, S.C., Feely, R.A., Foster, P., Friedlingstein, P., Gurney, K., Houghton, R.A., House, J.I., Huntingford, C., Levy, P.E., Lomas, M.R., Majkut, J., Metzl, N., Ometto, J.P., Peters, I.C., Randerson, J.T., Running, S.W., Sarmiento, J.L., Schuster, U., Sitoh, S., Takahashi, T., Viovy, N., van der Werf, G. and Woodward, F.I. (2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2, 831–836
- Ligon, F.K., Dietrich, W.E. and Trush, W.J. (1995). Downstream ecological effects of dams. *BioScience* 45(3), 183–192
- Liu, F., Xu, Z., Zhu, Y.C., Huang, F., Wang, Y., Li, H., Li, H., Gao, C., Zhou, W. and Shen, J. (2010). Evidence of field-evolved resistance to Cry1Ac-expressing Bt cotton in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China. *Pest Management Science* 66, 155–161. doi:10.1002/ps.1849
- Loh, J. (ed.). (2010). *2010 and Beyond: Rising to the Biodiversity Challenge*. WWF–World Wide Fund for Nature, Gland
- MA (2005a). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute. Island Press, Washington, DC
- MA (2005b). *Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute. Island Press, Washington, DC
- Maffi, L. and Woodley, E. (2010). *Biocultural Diversity Conservation: A Global Sourcebook*. Earthscan, London
- malERA Consultative Group on Vector Control (2011). A research agenda for malaria eradication: vector control. *PLoS Medicine* 8(1), 34–41.
- Malhotra, K.C., Gokhale, Y., Chatterjee, S. and Srivastava, S. (2007). *Sacred Groves in India: An Overview*. Aryan Books International, New Delhi and Indira Gandhi Rashtriya Manav Sangrahalaya, Bhopal
- Malhotra, K.C., Gokhale, Y., Chatterjee, S. and Srivastava, S. (2001). *Cultural and Ecological Dimensions of Sacred Groves in India*. Indian National Science Academy, New Delhi and Indira Gandhi Rashtriya Manav Sangrahalaya, Bhopal
- Mallarach, J.-M., Papayannis, T. and Väisänen, R. (eds.) (2012). *Sacred Natural Sites in European Protected Areas. Proceedings of the Third Workshop of the Delos Initiative, Inari 2010*. International Union for Conservation of Nature, Gland
- Marvier, M., McCreedy, C., Regetz, J. and Kareiva, P. (2007). A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science* 316(5830), 1475–1477
- McDonald, R.I., Fargione, J., Kiesecker, J., Miller, W.M. and Powell, J. (2009). Energy sprawl or energy efficiency: climate policy impacts on natural habitat for the United States of America. *PLoS ONE* 4(8), e6802
- McGeoch, M.A., Butchart, S.H.M., Spear, D., Marais, E., Kleynhans, E.J., Symes, A., Chanson, J. and Hoffmann, M. (2010). Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Diversity and Distributions* 16(1), 95–108
- McRae, L., Zöckler, C., Gill, M., Loh, J., Latham, J., Harrison, N., Martin, J. and Collen, B. (2010). *Arctic Species Trend Index 2010: Tracking Trends in Arctic Wildlife*. CAFF CBMP Report No. 20. Conservation of Arctic Flora and Fauna International Secretariat, Akureyri
- Moeller, A.P., Rubolini, D. and Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(42), 16195–16200
- Molden, D. (ed.). (2007). *Water For Food, Water For Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, London and Water Management Institute, Colombo
- Molnar, A., Scherr, S. and Khare, A. (2004). *Who Conserves the World's Forests: Community Driven Strategies to Protect Forests and Respect Rights*. Forest Trends and Eco-agriculture Partners, Washington, DC
- Moore, J.L., Manne, L., Brooks, T., Burgess, N.L., Davies, R., Rahbek, C., Williams, P. and Balmford, A. (2002). The distribution of cultural and biological diversity in Africa. *Proceedings of the Royal Society B* 269(1501), 1645–1653
- Morris, B.L., Lawrence, A.R., Chilton, P.J., Adams, B., Calow, R. and Klinck, B.A. (2003). *Groundwater and Its Susceptibility to Degradation: A Global Assessment of the Problems and Options for Management*. Early Warning and Assessment Report Series, RS, 03-3. United Nations Environment Programme, Nairobi
- Moseley, C. (ed.) (2010). *Atlas of the World's Languages in Danger*. UNESCO Publishing, Paris
- Mumby, P.J. (2009). Phase shifts and the stability of macroalgal communities on Caribbean coral reefs. *Coral Reefs* 28, 761–773
- NABCI US Committee (2009). *The State of the Birds: United States of America, 2009*. North American Bird Conservation Initiative, US Department of Interior, Washington, DC
- Nagoya Protocol (2011). *Access and Benefit-sharing*. ABS Measures Search Page. <http://www.cbd.int/abs/measures/> (accessed 8 September 2011)
- Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., van Tol, G. and Christophersen, T. (2008). *Conservation and Use of Wildlife Based Resources: The Bushmeat Crisis*. Technical Series No. 33. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal and Center for International Forestry Research, Bogor
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. and Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405, 1017–1024
- Nelson, A. and Chomitz, K.M. (2011). Effectiveness of strict vs. multiple use protected areas in reducing tropical forest fires: a global analysis using matching methods. *PLoS ONE* 6(8), e22722
- Nijar, G.S. (2011). *The Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing of Genetic Resources: An Analysis*. Centre of Excellence for Biodiversity Law (Ceblaw), Kuala Lumpur
- Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M. and Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308(5720), 405–408
- OECD (2010). *Paying for Biodiversity: Enhancing the Cost-Effectiveness of Payments for Ecosystem Service*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Ostrom, E.A. (2007). A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104, 15181
- Oviedo, G. (2006). Community conserved areas in South America. *Parks* 16(1), 49–55
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silvius, M. and Stringer, L. (eds.) (2008). *Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report*. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen
- Pathak, N. (ed.). (2009). *Community Conserved Areas in India: A Directory*. Kalpavriksh, Pune, Delhi. <http://www.kalpavriksh.org/community-conserved-areas/ccs-directory> (accessed 07 November 2011)
- Pauly, D. and Chuenpagdee, R. (2003). Fisheries and coastal systems: the need for integrated management. *Journal of Business Administration and Policy Analysis* 30–31, 1–18
- Pauly, D. and Watson, R. (2005). Background and interpretation of the ‘marine trophic index’ as a measure of biodiversity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360(1454), 415–423
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. and Torres, F.C. (1998). Fishing down marine food webs. *Science* 279, 860–863
- Peduzzi, P., Harding, R., Richard, J., Kluser, S., Duquesnoy, L. and Boudol. 2011. *UNEP Foresight Process: Phase I: Results of the UNEP consultation*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- Pereira, H.M. and Daily, G.C. (2006). Modeling biodiversity dynamics in countryside landscapes. *Ecology* 87, 1877–1885
- Pereira, H.M., Belnap, J., Brummitt, N., Collen, B., Ding, H., Gonzalez-Espinosa, M., Gregory, R.D., Honrado, J., Jongman, R.H., Julliard, R., McRae, L., Proença, V., Rodrigues, P., Opige, M., Rodriguez, J.P., Schmeller, D.S., van Swaay, C. and Vieira, C. (2010a). Global biodiversity monitoring. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8, 459–460
- Pereira, H.M., Leadley, P.W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J.P.W., Fernandez-Manjarrés, J.F., Araújo, M.B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W.W.L., Chini, L., Cooper, H.D., Gilman, E.L., Guénette, S., Hurr, G.C., Huntington, H.P., Mace, G.M., Oberdorff, T., Revenga, C., Scholes, R.J., Sumaila U.R. and Walpole, M. (2010b). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330(6010), 1496–1501

- Peres, C.A. (2010). Overexploitation. In *Conservation Biology for All* (eds. Sodhi, N.S. and Ehrlich, P.R.). pp.107–131. Oxford Scholarship Online Monographs. <http://www.oxfordscholarship.com> (accessed 17 January 2012)
- Perfecto, I. and Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(13), 5786–5791
- Perrings, C., Duraiappah, A., Larigauder, A. and Mooney, H. (2011). The biodiversity and ecosystem services science-policy interface. *Science* 331(6021), 1139–1140
- Perry, A.L., Low, P.J., Ellis, J.R. and Reynolds, J.D. (2005). Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308(5730), 1912–1915
- Phalan, B., Balmford, A., Green, R.E. and Scharlemann, J.P.W. (2011). Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally. *Food Policy* 36(supplement 1), S62–S71
- Pimentel, D., Zuniga, R. and Morrison, D. (2004). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52(3), 273–288
- Piñeyro-Nelson, A., van Heerwaarden, J., Perales, H.R., Serratos-Hernandez, J.A., Rangel, A., Hufford, M.B., Gepts, P., Garay-Arroyo, A., Rivera-Bustamante, R. and Alvarez-Buylla, R. (2009). Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology* 18(4), 750–761
- Porter-Bolland, L., Ellis, E.A., Guariguata, M.R., Ruiz-Mallen, I., Negrete-Yankelovich, S. and Reyes-Garciam, V. (2012). Community managed forests and forest protected areas: an assessment of their conservation effectiveness across the tropics. *Forest Ecology and Management* 268, 6–17.
- Posey, D.A. (ed.). (1999). *Cultural and Spiritual Values of Biodiversity*. United Nations Environmental Programme and Intermediate Technology Publications, London
- Powles, S. (2010). Gene amplification delivers glyphosate-resistant weed evolution. *PNAS* 107(3), 955–956. doi:10.1073/pnas.0913433107
- Prip, C., Gross, T., Johnston, S. and Vierros, M. (2010). *Biodiversity Planning: An Assessment of National Biodiversity Strategies and Action Plans*. United Nations University Institute of Advanced Studies, Yokohama
- Rands, M.R.W., Adams, W.M., Bennun, L., Butchart, S.H.M., Clements, A., Coomes, D., Entwistle, A., Hodge, I., Kapos, V., Scharlemann, J.P.W., Sutherland, W.J. and Vira, B. (2010). Biodiversity conservation: challenges beyond 2010. *Science* 329(5997), 1298–1303
- Ravindranath, N.H. and Ostwald, M. (2008). *Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*. Advances in Global Change Research. vol. 29. Springer Verlag, New York
- Raybould, A. and Quemada, H. (2010). *Bt crops and food security in developing countries: realised benefits, sustainable use and lowering barriers to adoption*. *Food Security* 2, 247–259
- RECOFTC (2010). *The Role of Social Forestry in Climate Change Mitigation and Adaptation in the ASEAN Region*. The Center for People and Forests (RECOFTC), ASEAN Social Forestry Network (ASFN) and Swiss Agency for Development and Cooperation (SDS), Bangkok
- Reise, K., Olenin, S. and Thielges, D.W. (2006). Are aliens threatening European aquatic coastal ecosystems? *Helgoland Marine Research* 60, 77–83
- Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F.J. and Hirota, M.M. (2009). Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142(6), 1141–1153
- Richardson, A.J. (2008). In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science* 65(3), 279–295
- Robinson, J.G. and Bennett, E.L. (eds.). (2000). *Hunting for Sustainability in Tropical Forests*. Columbia University Press, New York
- Rodrigues, A.S.L., Akçakaya, A.R., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., Boitani, L., Brooks, T.M., Chanson, J.S., Fishpool, L.D.C., Da Fonseca, G.A.B., Gaston, K.J., Hoffmann, M., Marquet, P.A., Pilgrim, J.D., Pressey, R.L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S.N., Underhill, L.G., Waller, W., Watts, M.E.J. and Yan, X. (2004). Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network. *BioScience* 54(12), 1092–1100
- Roe, D. (2008). *Trading Nature. A Report, with Case Studies, on the Contribution of Wildlife Trade Management to Sustainable Livelihoods and the Millennium Development Goals*. TRAFFIC International, Cambridge and WWF–World Wide Fund for Nature, Gland
- Rosenzweig, C., Casassa, G., Karoly, D.J., Imeson, A., Liu, C., Menzel, A., Rawlins, S., Root, T.L., Seguin, B. and Tryjanowski, P. (2007). Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E.). pp.79–131. Cambridge University Press, Cambridge
- Rosset, P.M. (1999). *The Multiple Functions and Benefits of Small Farm Agriculture*. Policy Brief. Institute for Food and Development Policy, Oakland and Transnational Institute, Amsterdam
- Royal Society (2009). *Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture*. The Royal Society, London
- Sabine, C.L., Feely, R.A., Gruber, N., Key, R.M., Lee, K., Bullister, J.L., Wanninkhof, R., Wong, C.S., Wallace, D.W.R., Tilbrook, B., Millero, F.J., Peng, T.-H., Kozyr, A., Ono, T. and Rios, A.F. (2004). The oceanic sink for anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Science* 305(5682), 367–371
- Scharlemann, J.P.W., Kapos, V., Campbell, A., Lysenko, I., Burgess, N.D., Hansen, M.C., Gibbs, H.K., Dickson, B. and Miles, L. (2010). Securing tropical forest carbon: the contribution of protected areas to REDD. *Oryx* 44(3), 352–357
- Scherr, S.J. and McNeely, J.A. (2008). Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of 'ecoagriculture' landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363(1491), 477–494
- Schuler, P. (2004). Biopiracy and commercialization of ethnobotanical knowledge. In *Poor People's Knowledge: Promoting Intellectual Property in Developing Countries* (eds. Finger, J.M. and Schuler, P.). pp.159–181. World Bank, Washington, DC and Oxford University Press, Oxford
- Siebert, S., Burke, J., Faures, J.M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Doll, P. and Portmann, F.V. (2010). Groundwater use for irrigation – a global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences* 14, 1863–1880.
- Sinkins, S.P. and Gould, F. (2006). Gene drive systems for insect disease vectors. *Nature Reviews Genetics* 7, 427–435
- Sobrevila, C. (2008). *The Role of Indigenous Peoples in Biodiversity Conservation: The Natural but Often Forgotten Partners*. World Bank, Washington, DC
- Spalding, M., Taylor, M., Ravilious, C., Short, F. and Green, E. (2003). Global overview: the distribution and status of seagrasses. In *World Atlas of Seagrasses* (eds. Green, E.P. and Short, F.T.). pp.5–25. University of California Press, Berkeley, CA
- Srinivasan, U.T., Cheung, W.W.L., Watson, R. and Sumaila, U.R. (2010). Food security implications of global marine catch losses due to overfishing. *Journal of Bioeconomics* 12, 183–200
- Stevens, S. (2010). Implementing the UN Declaration on the Rights of Indigenous Peoples and International Human Rights Law through the recognition of ICCAs. *Policy Matters* 17(3), 181–194
- Stoett, P. (2010). Framing bioinvasion: biodiversity, climate change, security, trade, and global governance. *Global Governance* 16, 103–120
- Strayer, D.L., Eviner, V.T., Jeschke, J.M. and Pace, M.L. (2006). Understanding the long-term effects of species invasions. *Trends in Ecology and Evolution* 21(11), 645–661
- Sumaila, U.R., Khan, A.S., Dyck, A.J., Watson, R., Munro, G., Tydemers, P. and Pauly, D. (2010). A bottom-up re-estimation of global fisheries subsidies. *Journal of Bioeconomics* 12, 201–225
- Sutherland, W.J. (2003). Parallel extinction risk and global distribution of languages and species. *Nature* 423, 276–279
- Sutherland, W.J., Adams, W.M., Aronson, R.B., Aveling, R., Blackburn, T.M., Broad, S., Ceballos, G., Côté, I.M., Cowling, R.M., Da Fonseca, G.A.B., Dinerstein, E., Ferraro, P.J., Fleishman, E., Gascon, C., Hunter Jr., M., Hutton, J., Kareiva, P., Kuria, A., Macdonald, D.W., MacKinnon, K., Madgwick, F.J., Mascia, M.B., McNeely, J., Milner-Gulland, E.J., Moon, S., Morley, C.G., Nelson, S., Osborn, D., Pai, M., Parsons, E.C.M., Peck, L.S., Possingham, H., Prior, S.V., Pullin, A.S., Rands, M.R.W., Ranganathan, J., Redford, K.H., Rodriguez, J.P., Seymour, F., Sobel, J., Sodhi, N.S., Stott, A., Vance-Borland, K. and Watkinson, A.R. (2009). One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity. *Conservation Biology* 23, 557–567
- Sutherland, W.J., Bailey, M.J., Bainbridge, I.P., Brereton, T., Dick, J.T.A., Drewitt, J., Dulvy, N.K., Dusic, N.R., Freckleton, R.P., Gaston, K.J., Gilder, P.M., Green, R.E., Heathwaite, A.L., Johnson, S.M., Macdonald, D.W., Mitchell, R., Osborn, D., Owen, R.P., Pretty, J., Prior, S.V., Prosser, H., Pullin, A.S., Rose, P., Stott, A., Tew, T., Thomas, C.D., Thompson, D.B.A., Vickery, J.A., Walker, M., Walmsley, C., Warrington, S., Watkinson, A.R., Williams, R.J., Woodroffe, R. and Woodroof, H.J. (2008). Future novel threats and opportunities facing UK biodiversity identified by horizon scanning. *Journal of Applied Ecology* 45, 821–833
- Swartz, W., Sala, E., Tracey, S., Watson, R. and Pauly, D. (2010). The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). *PLoS ONE* 5(12): e15143.
- Swiderska, K. (2009). *Protecting Community Rights over Traditional Knowledge: Implications of Customary Law and Practices. Key Findings and Recommendations 2005–2009*. International Institute for Environment and Development (IIED), London
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Progress Press, Malta
- Tewksbury, J.J., Sheldon, K.S. and Ettinger, A.K. (2011). Ecology: moving farther and faster. *Nature Climate Change* 1, 396–397
- Thornton, P.K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365(1554), 2853–2867
- Thrupp, L.A. (2000). Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs* 76(2), 265–281
- Thrush, S.F. and Dayton, P.K. (2002). Disturbance to marine benthic habitats by trawling and dredging: implications for marine biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33, 449–473
- Tockner, K. and Stanford, J.A. (2002). Riverine floodplains: present state and future trends. *Environmental Conservation* 29, 308–330

- Tockner, K., Bunn, S.E., Quinn, G., Naiman, R., Stanford, J.A. and Gordon, C. (2008). Floodplains: critically threatened ecosystems. In *Aquatic Ecosystems* (ed. Polunin, N.C.). pp.45–61. Cambridge University Press, Cambridge
- Toropova, C., Meliane, I., Laffoley, D., Matthews, E. and Spalding, M. (eds.) (2010). *Global Ocean Protection: Present Status and Future Possibilities*. Agence des aires marines protégées, Brest, International Union for Conservation of Nature World Commission on Protected Areas (IUCN WCPA), Gland, Washington, DC and New York, United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC), Cambridge, The Nature Conservancy (TNC), Arlington, VA, United Nations University (UNU), Tokyo and Wildlife Conservation Society (WCS), New York
- TRAFFIC (in prep.). *Global Values of Wildlife Trade*. The Wildlife Trade Monitoring Network, Cambridge.
- TRAFFIC and IUCN SSC Medicinal Plants Specialist Group (2009). *Biodiversity for Food and Medicine Indicator – Biannual Substantive Report to the Biodiversity Indicators Partnership*. <http://www.traffic.org/trade/>
- UN (2000). *Millennium Development Goals*. <http://www.un.org/millenniumgoals/>
- UN (1971). *Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*. Ramsar (Iran), 2 February 1971. UN Treaty Series No. 14583. (Amended 1982 and 1987). [http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts/main/ramsar/1-31-38\\_4000\\_0\\_\\_](http://www.ramsar.org/cda/en/ramsar-documents-texts/main/ramsar/1-31-38_4000_0__)
- UNCED (1992). *Agenda 21*. United Nations Conference on Environment and Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNEP (2011). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2007). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*. United Nations Environment Programme. Progress Press, Valletta
- UNEP/GRID-Arendal (2008). *Major Pathways and Origins of Invasive Species Infestations in the Marine Environment*. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. <http://maps.grida.no/go/graphic/major-pathways-and-origins-of-invasive-species-infestations-in-the-marine-environment> (accessed 3 September 2011)
- UNEP/GRID-Arendal (2005). *Linkages between Ecosystem Services and Human Well-being*. UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. <http://maps.grida.no/go/graphic/linkages-between-ecosystem-services-and-human-well-being> (accessed 22 November 2011)
- UNEP-WCMC (2011). *Developing Ecosystem Service Indicators: Experiences and Lessons Learned from Sub-global Assessments and Other Initiatives*. Technical Series No. 58. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- UNFCCC (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. FCCC/INF/MAL/84/GE.05-62220 (E) 200705. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- UNGA (2005). *World Summit Outcome 2005*. United Nations General Assembly. <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N05/487/60/PDF/N0548760.pdf?OpenElement>
- Valiela, I., Rutecki, D. and Fox, S. (2004). Saltmarshes: biological controls of foodwebs in a diminishing environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 300(1–2), 131–159
- Valk, H. and Kaasik, A. (2007). *Looduslikud pühapaigad: väärtused ja kaitse*. Õpetatud Eesti Seltsi. Toimetised. Verhandlungen der Gelehrten Estnischen Gesellschaft. *Looduslikud pühapaigad: väärtused ja kaitse*. Õpetatud Eesti Seltsi
- Verschuuren, B., Wild, R., McNeely, J. and Oviedo, G. (eds.) (2010). *Sacred Natural Sites, Conserving Culture and Nature*. Earthscan, Oxford
- Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C. and Stuart, S.N. (eds.) (2009). *Wildlife in a Changing World. An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species*. International Union for Conservation of Nature, Gland
- Vorosmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Reidy Liermann, C. and Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467, 555–561
- Wackernagel, M. and Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, BC
- Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C. and Loh, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(14), 9266–9271
- Walpole, M., Almond, R.E.A., Besançon, C., Butchart, S.H.M., Campbell-Lendrum, D., Carr, G.M., Collen, B., Collette, L., Davidson, N.C., Dulloo, E., Fazel, A.M., Galloway, J.N., Gill, M., Govere, T., Hockings, M., Leaman, D.J., Morgan, D.H.W., Revenga, C., Rickwood, C.J., Schutyser, F., Simons, S., Stattersfield, A.J., Tyrrell, T.D., Vié, J.-C. and Zimsky, M. (2010). Tracking progress toward the 2010 biodiversity target and beyond. *Science* 325(5947), 1503–1504
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, J., Nilsson, M., Lambin, E., Sendzimir, J., Banarjee, B., Galaz, V. and van der Leeuw, S. (2011). Tipping towards sustainability: emergent pathways of transformation. Working Paper No 3. In *3rd Nobel Laureate Symposium on Global Sustainability: Transforming the World in an Era of Global Change*. Stockholm, Sweden, 16–19 May 2011
- White, A. and Martin, A. (2002). *Who Owns the World's Forests? Forest Tenure and Public Forests in Transition*. Forest Trends and Center for International Environmental Law, Washington, DC
- White, A., Molnar, A. and Khare, A. (2004). *Who Owns, Who Conserves, and Why it Matters*. Forest Trends Association, Washington, DC
- WHO (2009). *Health Impact Assessment (HIA) – Health and Social Impacts of Large Dams*. <http://www.who.int/hia/examples/energy/whohia020/en/index.html> (accessed 07 November 2011)
- WHO (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Health Synthesis*. World Health Organization, Geneva
- WHO (2003). *Traditional Medicine*. WHO Fact Sheet No.134 revised May 2003. [http://www.who.int/mediacentre/factsheets/2003/fs134/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs134/en/) (accessed 18 September 2011)
- Williams, J. (2006). Resource management and Maori attitudes to water in southern New Zealand. *New Zealand Geographer* 62, 73–80
- Wing, S.R. and Wing, E.S. (2001). Prehistoric fisheries in the Caribbean. *Coral Reefs* 20, 1–8
- Woinarski, J.C.Z., Legge, S., Fitzsimons, J.A., Traill, B.J., Burbidge, A., Fisher, A., Firth, R.S.C., Gordon, I.J., Griffiths, A.D., Johnson, C.D., McKenzie, L., Palmer, C., Radford, I., Rankmore, B., Ritchie, E.G., Ward, S. and Ziembecki, M. (2011). The disappearing mammal fauna of northern Australia: context, cause, and response. *Conservation Letters* 4(3), 192–201
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R. and Zeller, D. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science* 325(5940), 578–585
- WSSD (2002). *Johannesburg Plan of Implementation*. World Summit on Sustainable Development. [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/POIToc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm)
- WWF (2010). *Living Planet Report 2010. Biodiversity, Biocapacity and Development*. WWF–World Wide Fund For Nature, Gland
- Xenopoulos, M.A. and Lodge, D.M. (2006). Going with the flow: using species-discharge relationships to forecast losses in fish biodiversity. *Ecology* 87, 1907–1914
- Yagi, N., Takagi, A.P., Takada, Y. and Kurokura, H. (2010). Marine protected areas in Japan: institutional background and management framework. *Marine Policy* 34(6), 1300–1306
- Zamin, T., Baillie, J.E.M., Miller, R.M., Rodrigues, J.P., Ardid, A. and Collen, B. (2010). National Red Listing beyond the 2010 target. *Conservation Biology* 24(4), 1012–1020

# 化学物質と廃棄物



Credit: © Vladimir Meinko / iStock

統括執筆責任者: Ricardo Barra, Pierre Portas and Roy Victor Watkinson

執筆責任者: Oladele Osibanjo, Ian Rae, Martin Scheringer and Claudia ten Have

執筆協力者: Borislava Batandjieva, Walter Giger, Ivan Holoubek, Heather Jones-Otazo, Liu Lili, Philip Edward Metcalf, Karina Silvia Beatriz Miglioranza, Arthur Russell Flegel, Adebola A. Oketola (GEO Fellow) and Monica Montory (GEO Fellow)

主科学査読者: Mika Sillanpaa

章編集者: Ludgarde Coppens

# 主要メッセージ

化学物質と廃棄物による人や環境への影響についての科学的知見は、広範囲に及んでいるが不完全である。それは化学物質の使用、排出、暴露の経路、およびその影響について、特定の情報やデータが欠落しているためである。したがって、化学物質と廃棄物の複雑な特性や、環境への影響についての世界の認識は極めて不十分である。第4次地球環境概観(2007)は、データが世界的に不完全であること、多くの地域にとって化学物質による汚染の大きさと、その汚染による環境や人の健康への影響について、評価することが重要であることを示した。しかしその時以降、ほとんど何も起こっていない。国連の事務総長は、持続可能な開発委員会(CSD)への廃棄物処理のための政策オプションに関する2011年5月の報告書において「廃棄物のシナリオに関して、データ、情報、知見が不足していることなどが、廃棄物の効果的な処理や最小化に際しての障害となっている。」と述べた。また、都市における廃棄物処理に関する国連ハビタット報告書は「廃棄物を削減することが望ましいにもかかわらず、通常それほどこにおいてもモニターされていない。」と表明した(UN-Habitat 2010)。

過去10年で、化学物質の生産が、経済協力開発機構(OECD)の国々からBRIC(ブラジル、ロシア、インド、中国)および他の開発途上国へ移行したが、その間、販売は倍増し、多くの新しいタイプの化学物質が開発された。世界生産におけるOECDの市場占有率は、今や1970年より9%減っている。この移行の多くは、主要な新興経済国によるものである。2004年に、中国がBRICの生産のうち、48%という最大の市場占有率を占め、ブラジルとインドが各々20%で続き、ロシアが12%である(OECD 2008b)。化学物質の消費についても、開発途上国のそれは、先進国の消費よりはるかに速く成長しており、

2020年までに世界の消費の3分の1を占めることもあり得る。

化学物質は人の生活、経済発展、繁栄に重要な役割を果たす一方、環境や人の健康に悪影響を及ぼすことがある。開発途上国や移行国には、これらの影響を制御する能力に限界があるということと合わせて、それらの影響の多様性と予想される結末を考えれば、化学物質と廃棄物を適正に処理することが、分野横断的に極めて重要な課題である。世界保健機構(WHO)による最近の研究(Prüss-Ustün *et al.* 2011)では、環境中の化学物質への暴露が原因で、2004年に490万人が死亡したことが示された。多くの地域で、有害廃棄物が、都市廃棄物または固形廃棄物と混ざり合ったまま投棄されるか、屋外焼却されるかのいずれかになっている(UN-Habitat 2010)。

化学物質による世界の汚染は、持続可能な発展や生計にとって重大な脅威である。その問題は、人類と生態系のいずれにも影響を及ぼし、低濃度または致死に近い濃度の単一化学物質あるいは混合化学物質への長期暴露による悪影響をもたらす。現在、水域環境から採られた水や魚のサンプルの90%以上は、農薬によって汚染されている。暴露された農業労働者の約3%が、毎年、農薬の激しい中毒症状に苦しんでいることが推定値によって示されている(Thunduyil *et al.* 2008)。残留性有機汚染物質(POPs)による汚染が、北極や南極地域のような特に影響を受けやすい遠隔地で広がっている。

次のような新たな問題が出現し、それらによる健康や環境に及ぼされる害についてもっと良く理解し、その害を防ぐために迅速に行動することが必要となっている。

つまり電子電気機器の廃棄物（電子廃棄物）の適正な処理、内分泌腺かく乱化学物質、環境中のプラスチック、屋外焼却、そしてナノ材料の製造と使用などである。電子廃棄物は、年間 2,000～5,000 万トンと見積もられる、世界で最も急成長している廃棄物の流れであり (Schwarzer *et al.*, 2005)、21 世紀の主要な環境諸課題の一つになった。そのことに対し特に関心が高まっているのは、水銀や鉛などの重金属、臭素化難燃剤 (BFR) のような内分泌腺かく乱物質といった有害物質を含んでいるからだけでなく、回収してリサイクルできる、金、パラジウム、レアアース金属といった多くの戦略上重要な金属を含んでいるためである。ナノ材料あるいはナノ粒子については、それを含む製品が焼却処分や、埋められたり、長時間かけて分解されたりする時に、それらが製品から放出されるか否かについて、ほとんど知られていないから、重大な廃棄物処理の問題を引き起こす可能性がある。ナノテクノロジーに関して適正な意思決定を行う仕組みについて、先進国の規制当局間で、さらに開発途上国の規制当局間で、多くの論争が誘発されている。

これらの問題に効果的に対処するには、より良い情報を収集し、化学物質、放射性物質、廃棄物の処理に向けた統合的な取り組みが必要である。またその取り組みは、改善された環境ガバナンスによって、適宜、支援されることが必要である。化学物質と廃棄物の諸条約、つまりバーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約の間で、もっと大きく協力したり調整するプロセスが行われることによって、さらに求められるべき意識の向上、知識伝授、能力向上、国による実施、を促進する機会が提供される。

# 序文

248,000 を超える化学品が、商業的に利用可能であり(CAS 2011)、それらは規制やインベントリのシステムの対象になっている。化学物質は、農業、医療、工業生産、エネルギーの抽出と生成、公衆衛生、そして病原菌媒介生物の抑制などにおいて、人類に役立つ恩恵を提供する。化学物質は、特に妊産婦の健康を増進し、乳幼児死亡を減らし、食糧安全保障を確保するといった開発目標や社会目標を達成する際に重要な役割を果たし、またそれらの生産や管理が進歩したことで、使用の安全性が高まった。しかしそれでも、それらに内在する有害性のために、化学物質のいくつかは、環境や人の健康に危険をもたらす。多くの化学物質への同時暴露は、カクテル効果または相乗効果によって、その影響を悪化させるだろう。

化学物質は、原料の取り出しから、生産諸過程、輸送、消費を通して、最終廃棄物処理に至るまでのライフサイクルの多くの段階で放出される。それらは、室内環境、食糧、飲料水を通して、また土壌、河川、湖を通して分散される。残留性有機汚染物質(POPs)および重金属のような、いくつかの長命の化学物質は、全世界に運ばれ、一部は、熱帯雨林、深海、あるいは極地域のような直接人間の手のおよばないような環境にも到達する。そして、食物連鎖を通して、すばやく生物濃縮されて、人や野生生物の中に毒作用を引き起こすことがある。

化学物質から構成される製品は、多くの場合、それらの使用が終わった段階で有害廃棄物となり、当初の便益の価値を下げ、開発の利益を打ち消すことがある付加的な汚染の危険性を生み出す。一般的な汚染は、不法投棄や規制されていない屋外焼却によるものであり(UN-Habitat 2010)、最近の数十年間で多少の進展はあったものの、世界のいくつかの地域では増加すらしている。取り締まりが出来ていない原因の多くは、制度や規制の枠組みの不備といった要因にある。またそのような欠陥が、先進国から開発途上国への有害廃棄物の越境移動の増大にも影響している。開発途上国ではコンプライアンス、モニタリング、規制が不十分となる傾向があり、先進的な廃棄物処理業務を実行する財政的および技術的な能力が限られている。この越境移動によって、人口のより大きな部分を占める人々に対する暴露が急速に増加する危険があり、また特に女性や子供にとって、多くの場合、関連する重大な健康問題が引き起こされる。

おおまかに言って、先進国と開発途上国では有害廃棄物処理の進み方が異なる。先進国は一般的に、化学物質の有害廃棄物を処理するための包括的システムを持っているが、開発途上国は一般的に持っていない。開発途上国および移行国は、多くの種類の廃棄物を分類して適正に処理する能力がほとんど無いため、それらを一緒に埋める簡単な埋立処理を行っていて、その解決に苦労している。

多くの開発途上国は、「有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」(Basel Convention

1989)のような、化学物質と廃棄物に関する多国間環境協定に批准しているが、必ずしもこれらに沿って包括的に国の法令が策定・整備されているとは限らない。さらにこの問題の分野横断的な性質を考えると、ほとんどの開発途上国での化学物質の規制や管理が農業、産業、労働、健康を含むいくつかの省にまたがり、その上、各省内のいくつかの機関にもまたがっている。

ほとんどの国々で、特に暴露の危険性が高いのは、人口のうちの最も貧しい人たちである。その原因は、職業上での暴露か、貧しい生活環境か、清浄水や食糧を入手できないためか、汚染(発生)地域に居住しているためか、化学物質の有害な影響について知識不足であるためか、またはこれらの要因が組み合わさったものである。

放射能汚染は、環境と健康にとって潜在的な有害性を持つ、もう一つの汚染源である。放射能は、制御された放出や廃棄物処理によるものと、事故による放出の両方からもたらされる。放射性核種の大気環境や水生環境への制御された放出とは、多くの場合、公的に認められたレベルと形で放出となっている。一方で、制御されていない放出が、事故の結果として、また核兵器実験により残されたレガシーサイトで、発生しているかもしれない。産業、研究、医療からの放射性廃棄物の処理や廃棄に関しては、ほとんどすべての国々が関与し、原子力発電所からのものと同様、廃棄物の容量、放射能、その他特性に応じて様々なアプローチが要求される。

当初、化学物質と廃棄物を管理するための法律文書は、問題が起きてからの対応で、断片的で個別的であったと考えられ、



下水処理場、アメリカのロサンゼルス © John Crall/iStock

部分的には成功したが部分的にはうまくいっていない。例えば、オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書 (UNEP 1987) は、オゾン層を破壊する物質の影響を削減することに効果があったが、一方で、バーゼル条約(1989)は、有害廃棄物の越境移動を削減しようと苦闘している。しかし、過去十年で著しい進歩があり、規制のための法律文書は、現在、化学物質のライフ・サイクルや、廃棄物の発生や処理と化学物質との関係が、より良く幅広く理解されるようになったことで好転しつつある。バーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約に共に成果がもたらされるよう取り組んでいくことが、化学物質の全ライフ・サイクルにわたる対処を行うための第一歩となる。またこのことは、「国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ」(SAICM)の制定や、水銀に関する国際協定に向けて現在行われている交渉にも当てはまる。同様に、「放射性廃棄物管理の安全性及び使用済み核燃料管理の安全性に関する条約」が制定されたことは、著しい前進である。しかし、これらの取り組みが国家レベルで続けられ完全に根を下ろすようにするには、化学物質と廃棄物についてのより一層の科学に基づいた理解、開発の規範と持続可能性の規範とをバランスさせるための政策を作成する力、技術革新と社会的責任とを結び付ける官民のパートナーシップ、包括的な能力向上のための資金配分、のためにさらなる投資が必要である。

## 国際的に合意された目標

本章では、化学物質と廃棄物に関する国際的に合意された目標の進展について評価する。その諸目標は、GEO-5 ハイレベル政府間諮問パネルが、多国間の重要な環境協定および関連する協定や宣言の中から選定した目標であり、さらに大陸域協議において検討され優先順位付けされたものである。現在のデータ不足は、化学物質と廃棄物処理の多くの面で大きな制約となっているが、目標の選定を妨げる理由とは見なされていない。評価の対象とされた諸目標を表 6.1 に示す。

1970年代と1980年代において、化学物質と廃棄物が人の健康や環境に影響を及ぼしたことが、多くの重要な国際協定を創設させることにつながった。これらの協定は、2002年のヨハネスブルグでの「持続可能な開発に関する世界首脳会議」(WSSD)から発せられたものなど、他の関連する目標ベースの国際協定や宣言に沿ったもので、環境に配慮したデザイン、生産、消費、化学物質と有害廃棄物のリサイクルや処分に対して、特定の目標を体系化して実行に移すための枠組みを構成している (Box 6.1)。またこれらの目標は、ミレニアム開発目標 (MDG)、特に、極貧と飢えを撲滅するための MDG 1、および環境持続可能性を確保するための MDG 7 を背景に据える考慮がなされている。MDG 7 は、安全な飲料水と衛生施設へのアクセスを改善するためのターゲットと共に、オゾン破壊物質に対する明確なターゲットも含んでいる。

国際協定の発展に極めて重要である広範な一連の原則は、次のようなものからなる。有害廃棄物と特定の有害化学物質の越

### Box 6.1 多国間の環境協定および化学物質の適正な管理

化学物質の適正な管理は、1998年「国際貿易の対象となる特定の有害な化学物質及び駆除剤についての事前のかつ情報に基づく同意の手續に関するロッテルダム条約」や、2001年「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」(いずれも2004年以降に発効)など、17の様々な多国間協定によって対処される。さらに、2006年に、第1回国際化学物質管理会議が、「国際的な化学物質管理に関する戦略的アプローチ」(SAICM)を制定した(SAICM 2009)。これは2020年までに世界中の化学物質の安全管理を達成するための、多様な利害関係者に関わる政策の枠組みである。これまでのところ、300を超える活動が、SAICMの「世界行動計画」の下で実施された。汚染物質の排出移動登録(PRTR)が促進され、現在、ちょうど23か国が、機能する国内登録を開設したところである。「化学品の分類および表示に関する世界調和システム」が、危険有害性の周知に備えるために制定された。それには、化学物質に内在する有害性に沿って化学物質を分類するために必要な基準がすべて含まれている。しかし、多くの諸課題が残っており、化学物質の適正な管理に関する優先順位の欠落、法律制定の限界、情報不足、汚染現場を改善するための活動資金を含む適正財源の不足が、今だに2020年の目標を達成するに当たっての主たる障害である(CSD 2010)。

境移動に対する事前告知に基づく同意； 国の公表による透明性； 化学物質と廃棄物を環境上適正に処理すること； 廃棄物発生抑制； 予防的措置； 汚染者負担の原則である。これらは、規制措置を実施し、環境状態をモニタリングし、コンプライアンス制度などの一定の義務を課して、取り込まれる。また、能力向上やトレーニング、国際協力、相乗作用、パートナーシップなどの支援を提供するメカニズムを伴ってなされる。

化学物質と廃棄物の適正な処理に関する目標は、資源効率を向上させながら、人の健康や環境を保護することを目指す。それらは6つのテーマに分類される。

- 残留性有機汚染物質と重金属などの化学物質の全ライフサイクルにわたる適正な処理、および廃棄物の適正な処理；
- 有害化学物質の貿易に責任を持たせることに加えて、有害廃棄物の越境移動の規制；
- 国、大陸域、世界レベルの監視システムに加えて、透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価とリスク管理手順；
- 化学物質と廃棄物を適正に処理する能力を国々が強化するための支援；
- すべての汚染源からの海洋環境の保護と保全；
- 放射能と核廃棄物に関する安全管理

表 6.1 化学物質と廃棄物に関して国際的に合意された目標（選定されたもの）

<p>ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第23節 (ヨーロッパとアジア太平洋地域での大陸域協議において優先順位が高い)</p> <p>第22節 (アジア太平洋地域での大陸域協議において優先順位が高い)</p> <p>第23節(g)</p>	<p>持続可能な開発と人の健康と環境の保護のために、ライフサイクルを考慮に入れた化学物質と有害廃棄物の適正な処理のためのアジェンダ21で促進されている誓約を更新する。とりわけ、環境と開発に関するリオ宣言の第15原則に記されている予防的措置に留意しつつ(UNCED 1992a)、透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価手順と科学的根拠に基づくリスク管理手順を用いて、化学物質が、人の健康と環境にもたらす著しい悪影響を最小化する方法で生産、使用されることを2020年までに達成することを目指す。</p> <p>また技術および資金協力を行うことにより、発展途上国が化学物質と有害廃棄物の適正な処理を行う能力を高めることを支援する。</p> <p>開発途上国への資金、技術、その他の援助により、環境への悪影響を最小限に抑え、資源効率を向上させるために、政府当局とすべての利害関係者が参加しつつ、廃棄物の発生を防ぎ、あるいは最少化し、再利用、リサイクル、環境に優しい代替物質を、最大限に活用する。</p> <p>水銀とその化合物に関する国連環境計画(UNEP)のグローバルアセスメントなどの関係する研究を見直すこと等を通じて、人の健康と環境に害を及ぼす重金属によるリスクの軽減を促進すること。</p>
<p>残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(Stockholm Convention 2001)の第1条</p>	<p>残留性有機汚染物質から人の健康と環境を保護すること。</p>
<p>国際貿易の対象となる特定の有害な化学物質及び駆除剤についての事前のかつ情報に基づく同意の手續に関するロッテルダム条約(Rotterdam Convention 2001)の第1条</p>	<p>特定の有害な化学物質の特性についての情報の交換を促進し、当該化学物質の輸入と輸出に関する各国の意思決定の手續を規定し並びにその決定を締約国に周知させることにより、人の健康と環境を潜在的な害から保護し並びに当該化学物質の環境上適正な使用に寄与するために、当該化学物質の国際貿易における締約国間の共同の責任と共同の努力を促進すること。</p>
<p>有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約(Basel Convention 1989)の前文</p>	<p>有害廃棄物及び他の廃棄物の発生及び処理から生ずることがある悪影響から人の健康及び環境を厳重な規制によって保護すること。</p>
<p>1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書(マルポール条約)(MARPOL 1973/78)の第17条</p>	<p>条約の締約国は、他の国際機関との協議で、またUNEPからの支援およびUNEP事務局長との調整によって、以下の領域での技術援助を必要とするかもしれない締約国に対して、必要な支援を促進する義務を引き受ける。この条約の意図および目的の実現を促進するため、できれば関係する国々の中で、以下が為されることが望ましい。</p> <p>a) 科学および技術スタッフのトレーニング；b) 必要とされる設備やモニタリング装置の取得；c) 船による海洋環境での汚染を防ぐかまたは減らすことを求める追加の措置および条件の採択を緩和すること；d) 研究の奨励</p>
<p>廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する国際条約(ロンドン条約)(London Convention 1972)の第2条</p>	<p>締約国は、個々におよび共同で、すべての汚染源から海洋環境を保護し保全するものとし、また、締約国の科学的、技術的、経済的な能力に応じて、廃棄物あるいはその他の物の海上での投棄あるいは焼却によって引き起こされる汚染を防ぎ、低減し、できれば廃絶するために有効な対策を取るものとする。</p>
<p>第12条</p>	<p>締約国は、次の物によって生じる汚染から海洋環境を保護するための措置を、権限のある専門機関およびその他の国際団体によって促進することを誓約する。</p> <p>(a)炭化水素(油を含む)およびその廃棄物</p>
<p>アジェンダ21(UNCED 1992b)の第22章3節</p>	<p>この計画領域の目的は、放射性廃棄物管理および安全への対話的で統合的な取り組みを行う広い枠組みの中で、人の健康および環境を保護することを前提に、放射性廃棄物が安全に管理され、輸送され、格納され、配置されることを確保することである。</p>
<p>使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約(IAEA 1997)の第1条</p>	<p>この条約の目的は、以下のとおりである。</p> <p>(1)・・・、使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全を高水準で世界的に達成し、かつ、維持すること。(2) 現在および将来において電離放射線による有害な影響から個人、社会および環境を保護するために、将来世代の必要および願望を満たすことを阻害することなく、現在世代の必要および願望を満たすことができるように、使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理のすべての段階において潜在的な危険に対する効果的な防護を確保すること。(3) 放射線による影響を伴う事故を防止すること、また、使用済燃料管理または放射性廃棄物管理のいずれかの段階において事故が発生した場合にはその影響を緩和すること。</p>

## 現状と傾向

第4次地球環境概観(2007)は、世界レベルでのデータが不完全であることを示した。そのため多くの大陸域が化学汚染の大きさと、それが環境や人の健康に及ぼす影響を評価すること

を課題とした。5年経過したが、ほとんど変わっておらず、この空白を埋めるために世界的な努力が必要である。次回のUNEP 地球化学物質概観レポートは、化学物質を適正に処理する国際的行動をさらに促進できるよう、評価して優先順位を設定する枠組みの提供を目指すべきである。

## 化学物質と廃棄物:データと指標

化学物質と廃棄物の現状と傾向を特定するには、時系列データを備えた一揃いの確立された指標が必要であるが、既存の化学物質についてのデータ不足と、市場に新しい化学物質がもたらされる技術進歩が速すぎるために、それらの指標作成が妨げられている。この欠陥を埋めることができるいくつかの指標を下記に提案する。その上で、必要とされるデータを照らし合わせ、知識ベースを強固なものにする長期時系列を構築するための大幅な投資が必要である。

廃棄物の発生、処理、リサイクルについての基礎データは取得が困難である。有害廃棄物についてのいくつかのデータは、バーゼル条約の事務局に提出される報告書(図 6.1)を通して利用可能である。国際的な移動の対象となる有害廃棄物については、その数量、特性、仕向先、処理または処分の方法についての情報を提供することになっている。しかしこれさえも、この条約の 2011 年第 10 回締約国会議で報告されたように、不完全で未証明のものである(UNEP 2011a)。有害でない廃棄物については、その発生と処分に関する世界のデータは、系統的に公表されておらず、したがって不十分である。国連事務総長が持続可能な開発委員会への報告書(2011年5月)で述べたように、「廃棄物を効果的に処理し最小化することを妨げている障害は、廃棄物の状況についてのデータや情報や知識の不足、現行法に包括的な規則が欠落していること、現行法の強制力が弱いこと、技術的組織的な能力が低いこと、人々の理解や協力が乏しいこと、資金不足などである。」(UNCSD 2011)。

これらの基本的なデータセットを利用可能にし、その質を向上させることが緊急に必要である。またそのデータセットは、国家間の比較に焦点が当てられ、適時性と経年的な一貫性がある

### Box 6.2 ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第23節

#### 課題

人の健康と環境を保護するための化学物質のライフサイクル全体にわたる適正な管理。

#### 関連する目標

化学物質が、人の健康と環境にもたらす著しい悪影響を最小化する方法で使用、生産されることを2020年までに確保すること。

#### 指標

化学物質と廃棄物に関する3つの条約(バーゼル、ロッテルダム、ストックホルム)の調印国の数；  
調印国によって講じられる実行計画の数。

#### 世界の傾向

いくつかの進展。

#### 最も脆弱なコミュニティ

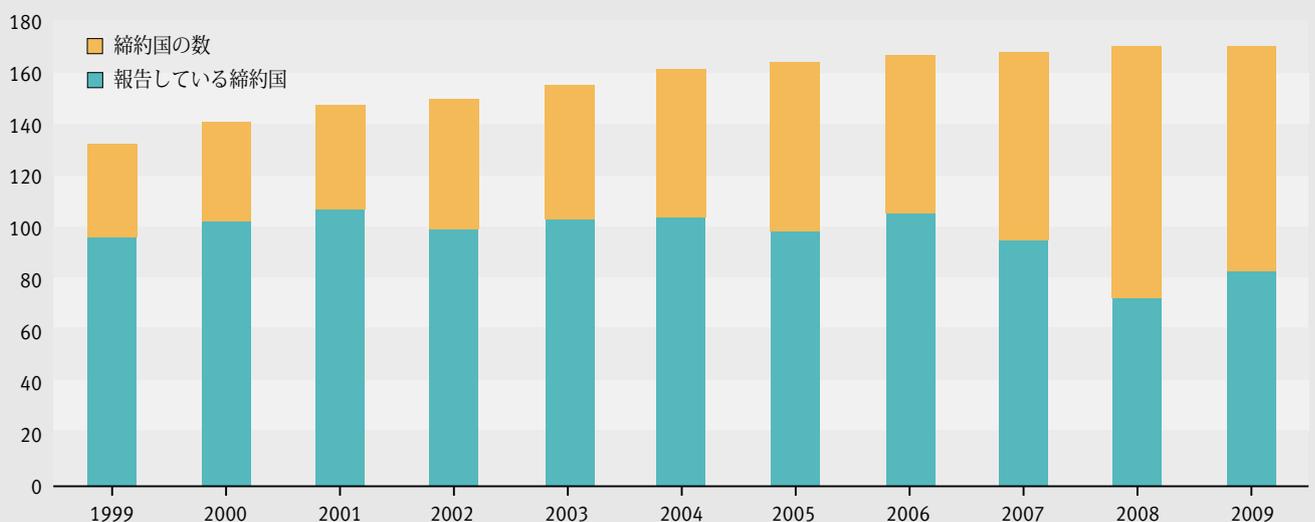
開発途上国の労働者、女性および子供、ならびに世界中の消費者

#### 最も懸念される大陸域

アフリカ、中南米、アジア

り、説明力のあるものが求められる。廃棄物が、しだいに潜在的な資源として見なされるようになるにつれて、廃棄物のデータや指標は、より密接に、経済や社会情報システム、物質フロー勘定と結び付けられるようになるはずである。地方自治、産業、農業、鉱業、軍事、放射能、核などにおける廃棄物の発生を評価するには、計測可能であることが決定的に重要である。

図 6.1 バーゼル条約の締約国による国の報告書の送付、1999~2009年



Source: Basel Convention 2011

産業の効率や進展について、政府や地方自治体が情報を得る手助けとなる3つの指標を、ここで明らかにする。世界が適正な廃棄物処理を行なおうと意思決定するように導くには、これらの指標のためのデータが作成されることが必須である。提言される重要な指標は次のとおりである。

- 処理または最終的に処分される廃棄物の数量とタイプ (固形物、有機物、有害、無害)；
- 一人当たりの廃棄物と有害廃棄物の発生量；
- リサイクルされる、都市または家庭の廃棄物量、産業固形廃棄物量、および有害廃棄物量。

## 化学工業の現状と傾向

化学工業は経済成長の主な駆動要因であり、その業績が経済発展の先行指標である。2008年に、世界の化学工業は、約3兆7,000億USドルの推定売上高を計上し(OECD 2010a)、一年当たり3.5%で成長している。世界中の2,000万人以上が、化学工業によって直接あるいは間接的に雇用されている。また、化学工業は、激しくエネルギーを消費し、至る所で廃棄物を放出している。

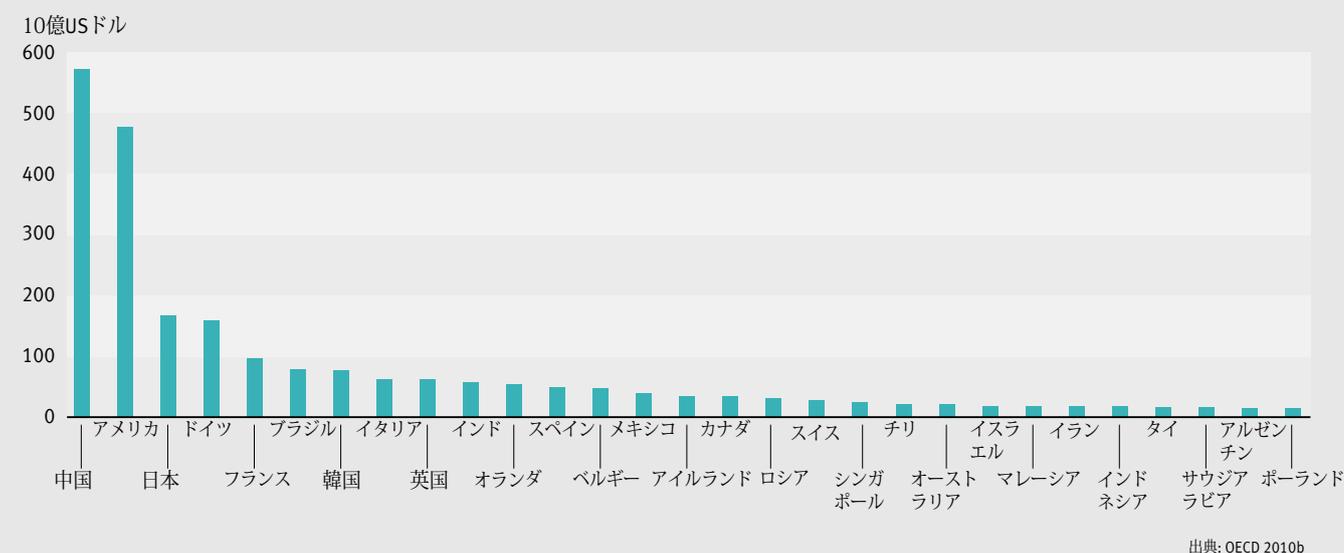
経済協力開発機構(OECD)の国々の企業が、世界生産の大部分(2004年に74.5%)を占め続ける一方、OECDの市場占有率は、現在、1970年の時より9%少ない。この変遷の多くは、主な新興経済国、特にBRIC国(ブラジル、ロシア、インド、中国)によって引き起こされた。2004年には中国がBRIC生産のほとんど(48%)を占め、ブラジルとインド(各20%)、そしてロシア(12%)が後に続いた(OECD 2008b)。同様に開発途上国の化学物質の消費は、先進国の消費よりはるかに速く成長しており、2020年までに世界の消費の3分の1



夜の大規模化学プラント © Tetsuo Morita/iStock

を占める可能性がある。一方で、いくつかのデータは、先進国が化学物質の使用を減少させていることを示している。例えば、国によって傾向は異なるが、OECDの国の農業の全体使用量は、1990~2002年の間に5%減少した(OECD 2008a)。アメリカとカナダにおいて共通である152種の農業の全放出量と移動量が18%減少し、オゾン破壊物質の生産がほとんど停止された。また酸性雨前駆物質の排出量が48%減少し、オゾン前駆物質が38%減少し、そして非メタン揮発性有機化合物が26%減少した。それでも、すべての政府間での国際的協力がなお必要であり、能力の向上、情報の共有、効果的な化学物質の管理を、世界的に促進する必要がある(OECD 2008b)。図6.2は、化学物質を生産している世界の主な国の売上データを示す。

図 6.2 国別の化学物質の売上高、2009年



## 世界の重要な問題としての廃棄物

世界中の廃棄物の発生が増大し複雑化するのに加えて、世界経済の相互依存が増すと、国々が不適切な廃棄物処理や処分操作へと誘導される可能性があり、また廃棄物関連のコストが増えて、経済や公衆サービスが維持できなくなる時が来るかもしれない。工業生産に投入されたいくつかの資源が、廃棄物として環境に戻り、有害なものになる可能性は避けられないので、自然資源の使用量と廃棄物量の両方を削減することを目指す、リサイクル、回収、再利用、その他運用によって、持続可能な経済発展を支援する統合政策が必要となる。決定的に重要なことは、廃棄物が発生する現在の傾向を逆転させることであるが、それには、有害物質の量とレベルの両方を最小にする、高いレベルの誓約が必要だろう。しかも不適切なリサイクルは、汚染のリスクをもたらす、毒性物質への人の暴露を増大させる。またリサイクルは、犯罪行為の偽装として悪用されることもある。

多くの新しい化学物質が市場に導入されることによって、新しい種類の廃棄物が生み出されている。多くの地域で、有害廃棄物の流れは、都市廃棄物または固形廃棄物と混合され、その後、野外で捨てられるか燃やされる(UN-Habitat 2010)。そのような危うい運用によって最も影響を受ける人々は、ごみ捨て場に隣接して、働いているか生活している貧困層であるので、このことは環境や社会正義の問題を提起する。

グローバル化によって、原材料は、一つの国または大陸域で生産され、もう一つの国または大陸域で使用され、第三の国または大陸域で廃棄物として処理されることになるかもしれない。電気電子機器はその代表例である (Schlupea *et al.* 2009; Cui and Forssberg 2003)。使用済み電子機器の処理は、それらの機器が難燃剤や貴金属を備え、毒性の物質やプラスチックも含んでいるため、この業界の2つの側面を例証するものである。機器には本来、人の健康を保護し、生計を支援し、仕事を生み出すことに貢献する潜在力があり、また経済発展、エネルギー効率、自然資源の保全、を支えることにつながる廃棄物から資源へのシフトを促進する潜在力もある。しかしその機器の廃棄処理が不適切または不十分だと、人の健康に深い影響を及ぼし、環境に重大な害をもたらす場合がある。電気電子機器の耐用年数を延ばし、製品の中に、より無害な物質を使用することが、廃棄の負担やそれに伴う危険を減らす一つの方法である。

## 都市廃棄物

都市廃棄物の不適切な処理は、互いに増強し合う望ましくない結果に至る場合がある。それは環境を汚染し悪影響を及ぼし、人の健康を脅かし、物質とエネルギーの両方の形で資源を損失していると言える。都市の固形廃棄物処理に関する最近の国連ハビタット報告書は、廃棄物の処理が、世界中で拡大している問題であると指摘し、例えば、「廃棄物を削減することが望ましいにもかかわらず、通常それは、どこにおいてもモニターされていない。」と述べ、進捗度が記録されない場合には、目的を達成することが難しいことなど、直面している問題の複雑さと多様性を詳細に説明している(UN-Habitat 2010)。

### Box 6.3 OECDの廃棄物

OECDの国々で発生した都市廃棄物の量は、2007年において推定6億5000万トン(一人当たり556kg)を超過し、1980年以降、著しく上昇した。データが入手できる国々のほとんどで、経済成長に伴って豊かさが増し、消費パターンが変化して、一人当たり廃棄物発生量がより多くなる傾向がある。しかし、過去20年において、廃棄物の発生は、民間消費のGDPあるいは支出高のいずれよりも、急速な上昇をしておらず、ここ最近では減速している。最終処分される都市廃棄物の量や組成は、国の廃棄物処理の方式によって左右される。都市廃棄物の処理方式は改善されているが、処分すべき固形廃棄物量を削減することに成功したのは、わずかの国々だけである(OECD 2010b)。

都市廃棄物は、年間一人当たり0.4~0.8トンで、国が排出している全ての廃棄物の中で大きな割合を占め(OECD 2008b)、固形廃棄物量は、年間約0.5~0.7%の推定率で増加している。また廃棄物はタイプで分別され、現在の都市固形廃棄物では、そのほとんど50%が生物分解性の成分で、5~15%が電子廃棄物であるが、これらが一緒に処分されるために廃棄物処理の複雑さが増している。さらに廃棄物処理は、鉱業や種々様々な製造業者による廃棄物から、農業や医療の廃棄物、家庭の廃物まで、廃棄物を発生させる者の範囲や多様性によって複雑になる。その上、都市廃棄物を適正に処理するために要する費用は、市町村予算の中で継続的にかなり大きな部分を占める。

多くの国は、ますます複雑になる廃棄物の流れに対処していくだけの設備を持っていない。また多くの国は、リサイクル可能な材料からいくらかの有価物を取り出すための制度(社会的仕組み)も施設も持っていないため、それらをやむなく都市廃棄物の一部としている。



リサイクルのための住居からの廃棄物を集めるロボットアームを備えた市のトラック © Paul Vasarhelyi/iStock

## ライフサイクル思考:化学物質と廃棄物から受ける影響の範囲を特定する

人や生態系が有毒化学物質にどれくらい暴露されているかを最終的に決めるものは、その化学物質のライフサイクル特性によって定義付けられる。物質の放出は、化学物質の生産時に生じるだけでなく、その化学物質を含む製品を使用している間に(図 6.3)、そして最後にそれらを廃棄処分する時にも生じる。ライフサイクル思考は、そのような物質を、持続可能に生産し消費するための統合的アプローチを促進する。

資源が採取され生産・製造されてから、消費・使用され、消費の後に廃棄処分されるまで、資源を使用する全ライフサイクルを通して、有害化学物質の排出物や廃棄物から、望ましくない環境影響がもたらされる。これらの影響には、内分泌腺のかく乱といった意図しない副作用が含まれることがあり、ほとんどの動物の成長や生育を直に妨げ、人にも影響を与える(WHO 2002)。ライフサイクル分析は、そのような影響を理解するのに役立つ有益なツールである一方で、その分析は非常に複雑になることがある。よく起こることであるが、問題が特定され、同じ所期の特性を持つ代替の化学物質に切り替えても、さらに予期しない、または望ましくない結果がもたらされることがある(Muir and Howard 2010)。

最近になって懸念を引き起こしているものは、合成生物学や加工ナノ材料から生み出されている原材料である。新しい技術や化学物質が、世に出る速度が加速しているため(Poliakoff *et al.* 2002)、

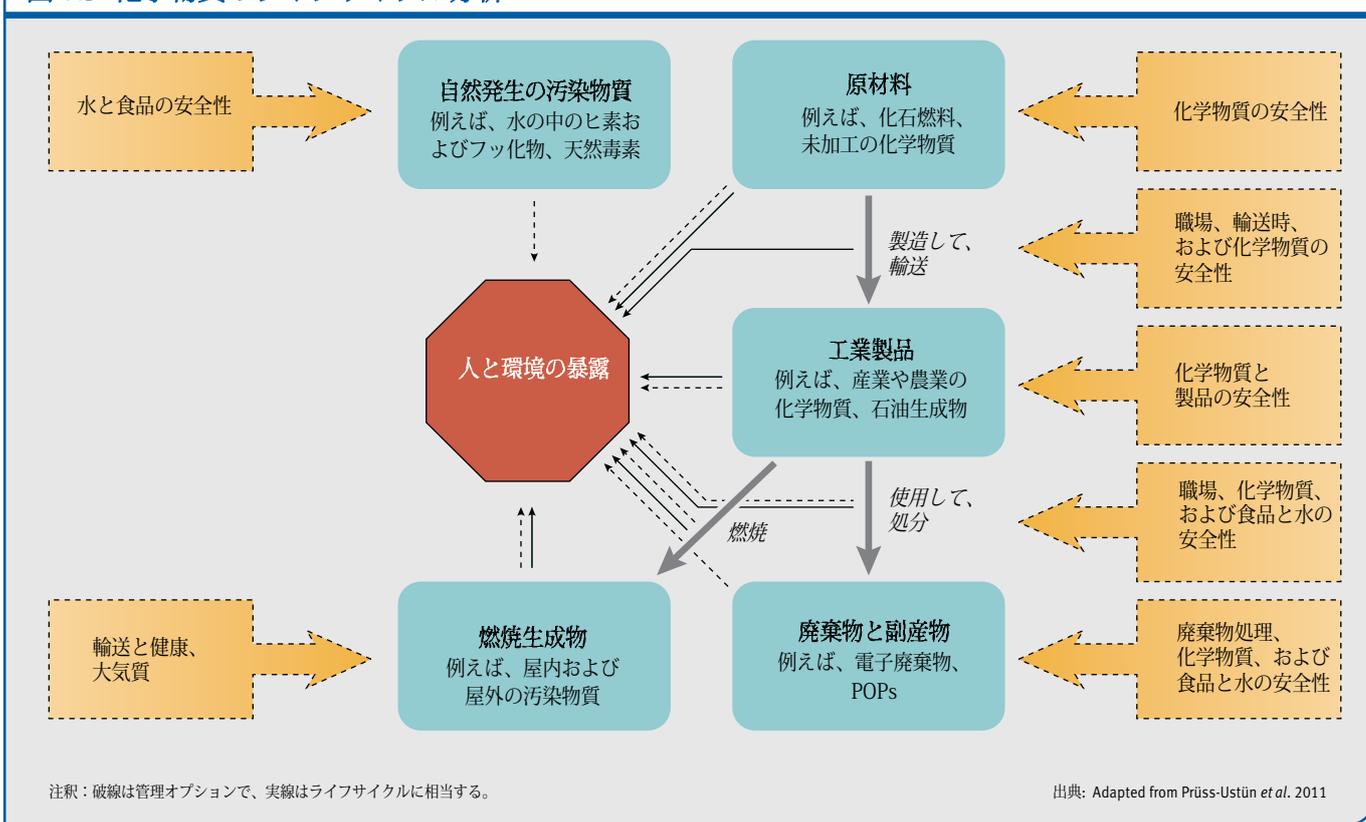
それらが生産に投入される前に、それらの影響を系統的、包括的に評価する様々なアプローチが必要である。化学物質のデザインにグリーンケミストリ原理を使用すること、またクリーン製造工程を採用することは、後々の段階での問題の発生を防ぐのに役立つかもしれない。このような手法は、世界の一部の地域で始められており、例えばカナダの環境モデリング・化学センター(CEMC 2012)では、いくつかの技術や化学物質に対して、暴露モデル(exposure model)が用いられ始めている。しかし、ライフサイクル分析は、まだ普遍的で体系的なアプローチにはなっていない。これには多分、新しい形の国際的なガバナンスが必要だろう(Finnveden *et al.* 2009)。

化学物質の数の多さや多様性、それらのライフサイクルの複雑さのために、化学物質の影響についての科学的な理解や、それらの制御に用いられる規制方針が、技術開発や経済発展より遅れて来るという事態は避けられない。

## 貧困と化学物質への暴露:脆弱なグループ

危険な化学物質の使用や、不適切な廃棄物処理からもたらされる影響(死、健康障害、生態系の衰退など)の圧倒的多数が、貧困の状況において生じている(Sexton *et al.* 2011)。毒素への暴露、有害な化学物質や廃棄物への暴露の危険性の増大は、圧倒的に、そういった危険に日常的に直面している貧困層に影響を及ぼす。それは、彼等の職業、貧しい生活水準、そしてこれらの化学物質や廃棄物への暴露によってもたらされる有害な影響についての知識不足、が原因である。貧困層の多くは、

図 6.3 化学物質のライフサイクル分析





汚染された水路に沿った掘っ立て小屋、フィリピンのマニラ。

© Marcus Lindström/iStock

電子廃棄物のような新しい種類の毒物による危険に遭遇する可能性がある経済のインフォーマルセクターに身を置いている。リスクは、そのような暴露から受ける量だけでなく、年齢、栄養状態、他の化学物質との複合暴露などの要因にも関係する。子供は、成長と発達が速く、体重の割にはより大きな暴露を受けることになるため、化学物質による健康への悪影響に特に弱い(Sheffield and Landrigan 2011)。

世界保健機構(WHO)による最近の研究(Prüss-Ustün *et al.* 2011)で、2004年に490万人が、化学物質への環境暴露に起因して死亡していることが示された。固体燃料の使用から来る屋内の煙、屋外の大気汚染、受動喫煙が、その最も大きな原因

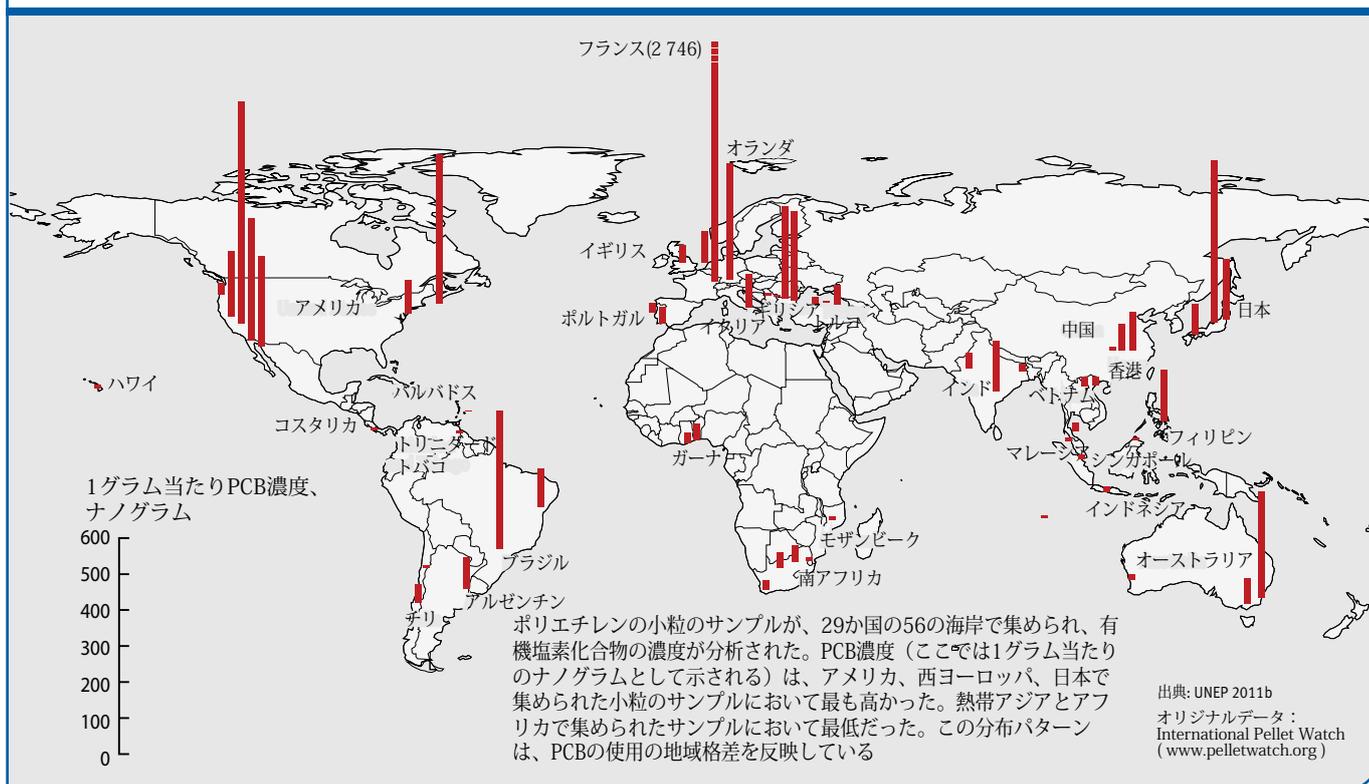
である。研究では、化学物質について既に知られている、人への負荷が大きいかかわらず、多くの化学物質についてのデータが不足しているために、そのことが過小評価されていると結論付けた。

有害廃棄物となる化学物質についての世界的な生産、貿易、用途における変化、ならびに有害廃棄物が付随して発生する生産に対して、必ずしもそれに対応する規制措置が実施されているとは限らないために、有害化学物質を環境に放出する危険性が增大している。ヨーロッパ、アメリカ、ロシアだけで200万の汚染現場があると推定されている。開発途上国や移行国のデータは、入手するのが難しく、懸念される状況にある。グローバルインベントリプロジェクト(Global Inventory Project)は、ブラックスミス研究所が、国連工業開発機関(UNIDO)、グリーンクロス、欧州委員会と共に関わっているプロジェクトであるが、現在、最も問題のある10タイプの汚染の中で、微量金属や農薬汚染を伴う世界中の80か国における汚染地区の状態を評価しつつある(Blacksmith Institute 2011)。これは、意思決定を行うために、政府、国際機関、影響を受けているコミュニティに対して、情報集約されたデータを与える初めての試みである。

## 海洋汚染

地球表面の71%を覆う海洋は、さまざまな度合いで汚染され、海洋生物、漁場、マングローブ、珊瑚礁、河口地帯、沿岸地帯が脅かされつつある。それらの汚染の約80%は陸上の発

図 6.4 海岸に打ち上げられられたプラスチック中のPCB



## Box 6.4 船上で発生する廃棄物

世界の船団は、8万隻を超える船から成り、そのうち約5万隻の商船が国際貿易の90%を担っている。すべての船は、その航行中または貨物輸送時に、スラッジ、油タンクの洗浄液であるスロップ、乗組員からの廃物、貨物の残留物などの廃棄物を発生する。その大きさにもよるが、船は一回の航海の間に、数百トンの汚水を発生することがある。世界の船団には、総トン数500トンを超える船が5万隻あり、1隻当たり年間平均10回の寄港を仮定すると、50万回の寄港が毎年行なわれている(Mikelis 2010)。港の設備状況が、「1973年の船舶による汚染の防止のための国際条約に関する1978年の議定書」(マルポール条約)(MARPOL 73/78)によって要求されていて、港は船上で発生した廃棄物を集めるための適切な受入設備を提供する。汚水の不法排出は、海洋汚染の主な源泉となる。例えば、地中海地域海洋汚染非常事態対応センター(REMPEC)によれば、地中海では船の廃棄物の不法排出が年間2500回以上なされている。「1972年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」(ロンドン条約)は、1975年から発効しており、1996年の議定書と共に、人の活動の影響から海洋環境を保護するための最初の国際条約の1つである。その目的は、海洋汚染のすべての汚染源について有効な規制を促進し、廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染を防止する実行可能な方策をすべて取ることである。

生源から来ている(UNEP 2011b)。海洋環境で一般的に検出される汚染物質は、農薬、化学肥料、重金属、洗剤、油、下水、プラスチック、その他の固形物などである(UNEP 2011b)。これらの汚染物質の多くは、深海や海底堆積物の中に蓄積され、そこで小さな水産生物によって消費され、世界の食物連鎖に再導入されている可能性がある(Jacobsen *et al.* 2010; Zarfl and Matthies 2010; Wania and Daly 2002)。海洋汚染の残り約20%は、海洋への直接投棄に由来する。直接投棄には、船から日常的に放出されている油廃棄物、事故による石油流出、地中海のような閉鎖性海域での生下水の流入などが含まれ、これらは海洋生態系にとって脅威である(UNEP 2011b)。図6.4は、世界中の海岸に打ち上げられたプラスチック中に含まれるPCBの分布を示す。また最も有害な汚染物質のいくつかは、大気汚染のような面的な汚染源からもたらされている。

## 残留性有機汚染物質

残留性有機汚染物質(POPs)は、残留性、生物蓄積、長距離移動などの共通した性質を備えた一群の化学物質である。これらの特性は、POPsが持つ毒性と組み合わせ、野生生物では海生哺乳動物などに、そして人では、特に養母や幼児のような脆弱なグループに、著しい悪影響を与える。POPsへの暴露による健康影響は、神経の発達障害、内分泌系の混乱、発癌性などである(Diamanti-Kandarakis *et al.* 2009)。

「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約」は、地球規模の行動に対する差し迫った必要に応じて2001年に採択され、2004年に発効した。現在、その条約は、177の締約国を擁し、まだ様々な国々の中に存在しているPOPsの量についての資料の作成、またヒトの組織(血液や乳)中のこれらの物質についての世界的なモニタリングを要請している。これは、環境中のPOPsの汚染状況や傾向、人の健康へのそれらの影響を、モニタリングし評価するために提案された2つの指標のうちの1つである。ストックホルム条約は、世界的に一貫した信頼できるデータの源泉となるよう、世界モニタリング計画(Global Monitoring Plan)を創設した。データの収集は初期段階にあり、今後数年のうちに、より多くのデータが利用できるようになるだろうが、個々の研究では、既にいくつかの物質に対して、歴史的傾向や地域的傾向が提供されている。一つの例はDDTである。DDTに対して、リッターら(Ritter *et al.* 2011)は、多くの個別測定から、(DDTの)ヒトの体組織中濃度の世界規模での時系列的傾向について報告している(図6.5)。一般に、DDTの体内負荷量は、ここ数十年間で減少したが、北部地域よりも、熱帯地域においてまだ相当に高い。DDTがマラリア予防対策に使用されている所では、他のどこよりも濃度がまだ非常に高く、際立った減少は見られない。

POPsに対するあともう一つの指標は、選定されたPOPsについて、都市または工業地域と、そこから遠く離れた地域との両方における大気中の動向である。大気中のこれらの物質の濃度は、食品やヒトの組織内での濃度よりもっと密接に排出量の変化に追随し、大気の長距離移動の影響を反映する。ハンegra(Hung *et al.* 2010)は、北極のモニタリング局で測定された様々なPOPsの長期的な時間的傾向について要約を提供している。北極の大気中のほとんどの物質の濃度は、一般的に低下してきているが、その半減期は長く、多くの場合、5~10年

## Box 6.5 人の健康と環境と残留性有機汚染物質

### 関連する目標

POPsから人の健康と環境を保護すること。

### 指標

選択されたPOPsのヒトの細胞組織内での量的レベルの傾向；PCBs(長年規制されてきた従来のPOPs)や、エンドスルファン(2010年にストックホルム条約でリストに加えられた新しいPOPs)などの選択されたPOPsの大気中の量的レベルの傾向。

### 世界の傾向

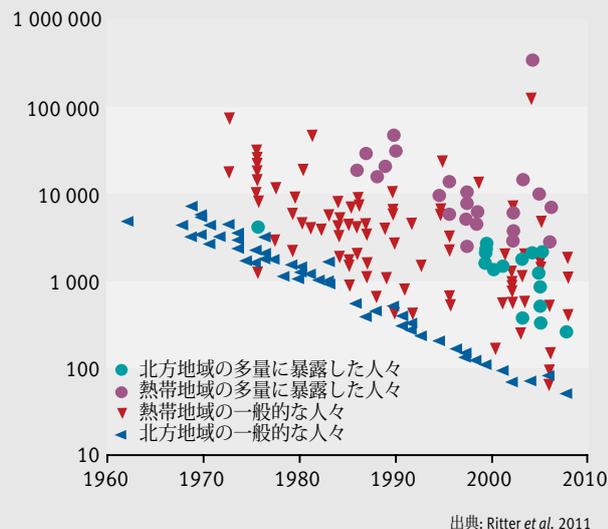
ある程度の進展；まだ早すぎて、上記の指標を用いて評価できない。

### 最も懸念される最も脆弱なコミュニティと領域

北極のコミュニティ、特に子供たち；  
屋内に、ジクロロジフェニルトリクロロエタン(DDT)の残留噴霧を持つ区域の地域社会；  
POPsに暴露される世界の子供たち。

図 6.5 人体中のDDTレベル、1960～2008年

ナノグラム、脂質重量のグラム当たり (対数目盛に注意)



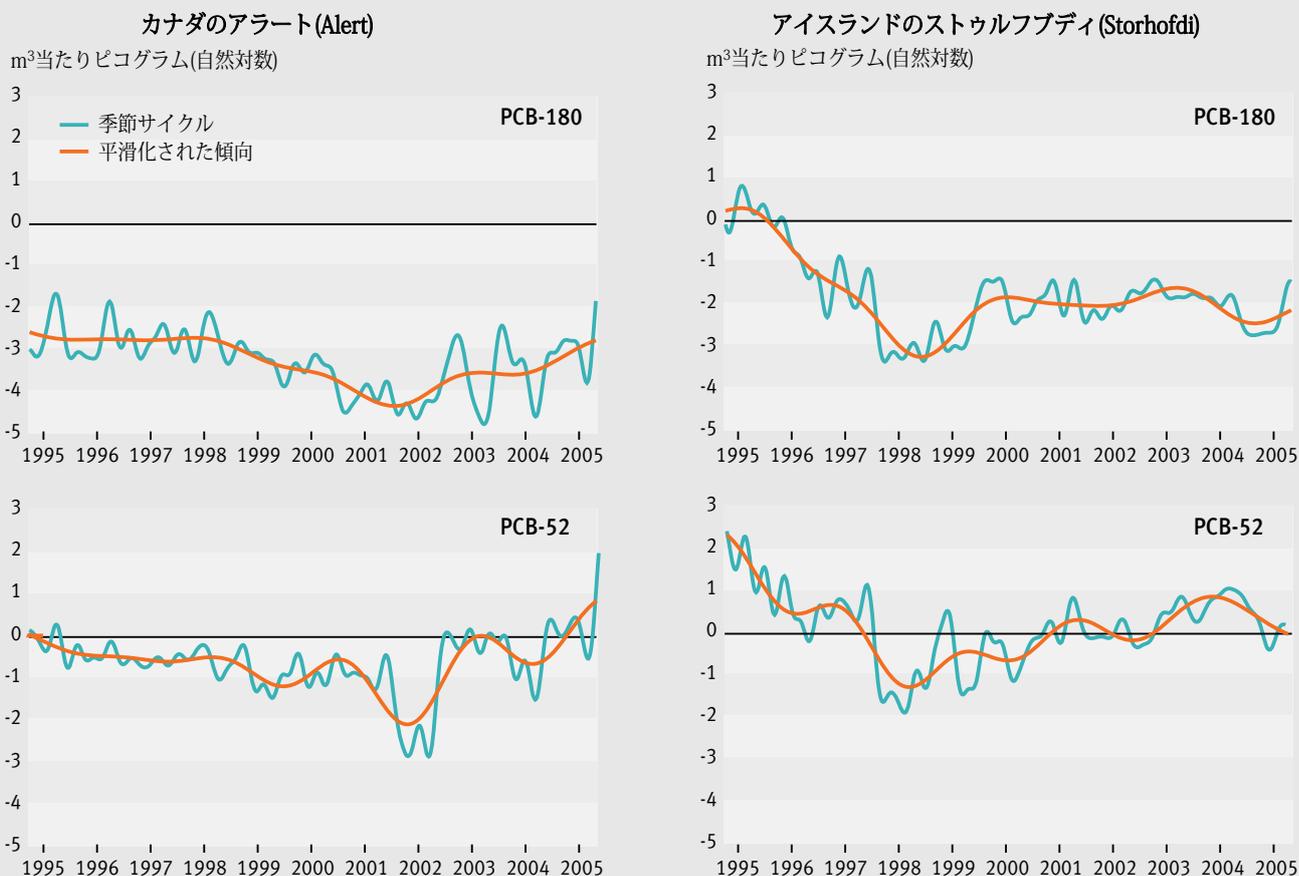
で、時にはそれよりもっと長い場合がある。近年、その濃度の低下が、いくつかの化合物に対して停止し、いくつかの物質では上昇していることが観測された。例えば、ポリ塩化ビフェニル(PCBs)、クロルデン、DDTの濃度が上昇している。2つの種類のPCBsに対する長期の傾向が図6.6に示される。

POPsの環境での振る舞いは、温度、その他気候関連の要因である降水パターン、風力場、異常気象などによって強く影響される(UNEP/AMAP 2010; Macleod *et al.* 2005)。一般に、気候変動(温暖化)は、一次発生源と二次発生源からのPOPsの放出を促進し、それらの大気による運搬移動を増大させることが予想される(Lamon *et al.* 2009)。気温の上昇が、どの程度までPOPsの分解を加速するかは不明瞭であるが、POPsをその中に数十年間保持していた氷が融解すると、環境中のPOPsやその他汚染物質の量を増大させることになる(Bogdal *et al.* 2010)。

### POPsを含む農薬

農薬は、特定の害虫を殺す目的で作られた化合物であるが、多くの場合、非標的生物にも影響が及ぶ。ある研究では、サンプリングされた水や魚の90%以上が、いくつかの農薬によって汚染されていることが分かり、また暴露した農業労働者の約

図 6.6 北半球の2つの現場での大気監視データから得られた2種類のPCBの(経年的)傾向、1995～2005年



Source: Adapted from Hung *et al.* 2010



保護具を着用せずに、農民がブドウの木に農薬を吹きかけている。© Alistair Scott/iStock

3%が、毎年、激しい農薬中毒の症状の発現に苦しんでいることが推定された(Thunduyil *et al.* 2008)。したがって、暴露のタイプや汚染原因を識別し、陸域生態系や水界生態系での農薬レベルを下げるために取れる行動を特定することが、ぜひとも必要である。長期的な農薬の売上高のデータは、農薬使用についての世界と地域の主要な指標となる(Brodesser *et al.* 2006)。過去 25 年間は、哺乳類への毒性の懸念から、殺虫剤の売上高に減少が見られたが、一般的な農薬の売上高は、中南米地域で 2004 年の 54 億 US ドルから、2009 年までに 75 億 US ドルまで増加した。これらの売上高の内、2,4-D、パラコート、メタアミドフォス、メソミル、エンドスルファン、クロルピリホスが高い割合を占めた(Brodesser *et al.* 2006)。

世界的に、河川や地下水で見られる主要な 15 の農薬は、除草剤のアトラジンとジエチルアトラジン、メトラクロール、シアナジンとアラクロール、殺虫剤のダイアジノンなどである。しかし、魚や河床堆積物や土壌に関して言えば、そこに見られる主要な農薬は、今でもまだ、1960 年代に多量に使用され、現在ほとんどの先進国で禁止されている難分解性の殺虫剤である DDT、ディルドリン、クロルデンなどである。さらに、エンドスルファン硫酸塩は、まだ多くの国々で使用されているエンドスルファンの代謝物質であるが、表面水や地下水で見られる非常に一般的な汚染物質である(Ondarza *et al.* 2011)。ほとんどの有機塩素系殺虫剤の使用は 10~25 年前に終わっているが、それらは、懸念される濃度レベルで環境中に残存している(Gonzalez *et al.* 2010; Ondarza *et al.* 2010)。

低所得国の人口の 70%以上が農村地域に住んでおり、農村人口の 97%は農業に従事している。開発途上国が世界の農薬使用のちょうど 3 分の 1 を占め、さらに農薬中毒の大部分がこれらの国々で生じている(Brodesser *et al.* 2006)。

将来の気候変動の下で、人が農薬に暴露する程度や、農薬に

よる健康への影響は、気温や降水量のような要因の変化を考慮に入れた、より毒性の弱い農薬散布を採用できるかどうかにか左右されるだろう(Boxall *et al.* 2009)。

### 旧式の農薬

農薬は、所期の目的のために使用できなくなると、もはや旧式のものとなり、使用されなくなる。農薬を規制するための 4 つの主な国際協定としては、ストックホルム条約、ロッテルダム条約、バーゼル条約、そして「長距離越境大気汚染に関する 1979 年のジュネーブ条約に基づく POPs に関する 1998 年の議定書」(UNECE Geneva Convention 1979/98)がある。旧式の農薬は、その多くが非常に古く、資料が不足しているので、正確な量を評価することは難しい。ストックホルム条約の締約国は、ヘキサクロシクロヘキサン(HCH)など、2009 年に条約の付属書に加えられた 9 種の POPs に関する情報収集の作業中であるが、たとえいくつかの小さな投棄現場が見逃されたとしても、あとの投棄現場については、かなりよく知られている。しかし、ストックホルム条約の分類に入っていない旧式の農薬の量は曖昧なままで、単におおまかに計算されている可能性がある。UNEP は、アフリカや中東での経験に基づき、POP 農薬は平均すると、既存の旧式的全農薬のうちの約 30%を占めているに過ぎないと推定している(UNEP 2000)。

国際 HCH 農薬協会(IHPA 2009)によって実施された国別の評価によれば、旧式の農薬は次の国々で 256,000~263,000 トンになる可能性があり、その処分におよ 7 億 8000 万 US ドルかかると示唆されている。その国々とは、旧ソ連、バルカン諸国の南部、新欧州連合のメンバー国(EU 初期の 12 か国、EU 加盟候補国、欧州近隣政策(ENP)の国々、ロシア、中央アジアを併せた国々)である。また一方、国連環境計画(UNEP)の化学部門による推定では、旧式の農薬がアフリカに 120,000 トンも残っている可能性があり(UNEP 2002)、国連食糧農業機関(FAO)の見積りによると、その処分に約 2 億~2 億 5000

表 6.2 旧式の農薬の量

大陸域	推定数量 (トン)	1トン当たり3,000～5,000USドルで評価された処分費 (100万USドル)
アフリカ	27 395	82.2～137.0
アジア	6 463	19.4～32.3
東ヨーロッパ	240 998	722.9～1 204.9
中南米とカリブ諸国	11 284	33.9～56.4
近東	4 528	13.6～22.6
<b>合計</b>	<b>290 668</b>	<b>872～1 453</b>

注釈：FAOから得られた最新情報、1994年から2006年まで幅がある。

出典：FAO 2012

万 US ドルかかると見られている (FAO 2002)。これらの評価だけでも、併せて 376,000～383,000 トン、その処分に 9 億 6800 万～10 億 4000 万 US ドルかかることが分かる。表 6.2 の最新の FAO の統計によると、1 トン当たりの処分に 3,000～5,000 US ドルかかると推定される農薬の残量が約 290,000 トンあることが示されている (FAO 2012)。

2005 年に開始された「アフリカ諸国における農薬の廃棄削減のためのプログラム」(ASP) は、10～15 年以内にアフリカ内の旧式の農薬と汚染廃棄物をすべて取り除くこと、ならびに予防対策と能力向上を促進することを目指している。不実行のコストは、取り除くコストより、はるかに高くつくことは間違いないだろう。欧州環境機構 (EEA) によって強調されるように、不実行のコストの軽視が、頻繁に起こっている (Koppe and Keys 2001)、不実行のコストが高くつくことは、分析で分かっている (OECD 2008c)。

## 金属、半金属、および重金属

金属や半金属などの無機汚染物質もまた、地球的規模で、人に悪影響を与える (Blacksmith Institute 2011)。有機化学物質と異なり、金属元素は分解されずに、環境に蓄積し、時間と共にどんどん生物の体内に吸収されてしまうかもしれない。金属元素による影響は、多くの場合、開発途上国で起こっており、環境の制御や規制が貧弱な状況の中で、それらが採掘され、加工され、使用され、リサイクルされるために、とても深刻である。また、中進国の人々は、進行中の歴史的に有名な汚染物質の産業排出に苦しんでいるだけでなく、酸性雨や酸性鉱山排水を引き起こす硫酸化物のような他の汚染物質の関連放出にも苦しんでいる (Carn *et al.* 2007)。さらに、工業による汚染物質の排出は、他の大陸から長距離の大気輸送によって運ばれるため、汚染が南極大陸にまで及ぶ (Caroli *et al.* 2001)。またその汚染物質は、数十年後に氷河が融けると、再度放出されることになる (Geisz *et al.* 2008)。

自然発生のヒ素による中毒は、世界的な問題である (Raven-scroft *et al.* 2009)。10 年以上前、世界中の 1 億 3000 万人が、飲料水中の毒性レベルに達したヒ素に暴露されていたことが推定された。その毒性レベルは、WHO が提言した 10 ppb (Smith and Lingus 2000) という限界を超えていた。その限界より下のレベルでも、ヒ素中毒が生じるという証拠が次々と出されている (Wasserman *et al.* 2004)。なおヒ素については、多くの未調査の発生源があり、影響を受けた人々の総数はもっと多いかもしれない (Huang *et al.* 2011)。関連する中毒症としては、糖尿病、皮膚疾患、腎臓疾患、肺疾患、神経系疾患や血管系疾患 (とりわけ壊疽に至る烏脚病)、膀胱癌などがある。これらの疾病を最も多く発症するのは、ヒ素に汚染された食糧を生存食として生活している人々で、かつその毒性を部分的に中和する上水やミネラルや栄養分をわずかししか入手できない脆弱な人々である。病原体によって汚染された表流水から人々を保護するために、井戸を掘削したことで生じたバングラデシュのヒ素汚染は (Lokuge *et al.* 2004)、「史上最大の集団中毒」と評された (Smith and Lingus 2000)。先進国でも開発途上国の人々でも、ヒ素が以前に農薬として広範囲に使用されたなら、後に残された汚染現場でヒ素に暴露される可能性がある。

鉛は、急性鉛中毒の原因となっいくつかの事業のために、世界の汚染物質の中で最も突出したものの一つである (Rauch and Pacyna 2009)。ザンビアのカブウェ (Nweke and Sanders 2009)、ロシアのルドナヤ川流域 (von Braun *et al.* 2002) などの以前に鉱業や精錬所の現場があったところで、人の健康問題が進行している。そこでは、両区域の精錬所が閉じられた後も、子供たちの中に高濃度の鉛が持続していた。またペルーのラオロヤにおいて、精錬所の最も近くに住んでいた子供たちの 99.7% が、体の組織内に危険な高濃度の鉛を持っていることが発見された (Fraser 2009)。世界的規模で、約 85% の鉛蓄電池がリサイクルされており、セネガルのダカールに、そのリサイクル現場がある (Haefliger *et al.* 2009)、その



アメリカのアリゾナ州ビスビーにある赤銅鉱の露天掘り鉱山ラベンダー

© Claude Dagenais/iStock

子供たちの平均血中鉛濃度は、1 デシリットル当たり 130 マイクログラムもあり、急性中毒どころか死を引き起こすのに十分な濃度であった(ATSDR 2007)。また子供たちは塗料の中の鉛に暴露される可能性もある。それは先進国では段階的に無くされたが、いくつかの開発途上国では続いている(Lanphear *et al.* 1998)。また電子廃棄物のリサイクルによって、ハンダの中の鉛による暴露が引き起こされ、中国のグイユに、そのような現場があり(Huo *et al.* 2007)、そこで検査された村の子供たちの 82%が、1 デシリットル当たり 10 マイクログラムという米国疾病管理センターの限界水準より高い血中鉛濃度を示した(ATSDR 2007)。その濃度は、推定される自然の鉛濃度より 2 ケタ高い。人の鉛中毒には、それ以下なら悪影響は出ないという閾値は設定されていない(Flegal and Smith 1992)。

ほとんどの石炭はわずかの水銀を含んでいるので、化石燃料の燃焼が増大するにつれ、産業による生物圏への水銀フラックスの増加が予測される(Soerensen *et al.* 2010)。こうして大量の水銀が、多くの産業活動によって環境へ放出されているが、水銀中毒からくる激しい神経毒性が報告されるのは、主として前近代的な採掘で金を水銀と化合させるために水銀を用いることに関係している。そのような採掘が 50 か国以上で実施されている(Bose-O'Reilly *et al.* 2008)。インドネシアやジンバブエでは、子供たちが鉱業に直接関係してもしていなくても、2 つの鉱業地区で検査された子供はすべて、水銀濃度が高く、水銀中毒に伴う兆候を示すことが分かった(Bose-O'Reilly *et al.* 2008)。ブラジルでの前近代的な金採掘場で働く人に発見されたように、水銀は、致死に至らないレベルであっても、発育を阻害し、また他のいくつかの毒素と同様、育まれた自己免疫力を永久に阻害することがあり、子供や成人が感染症や病気にかかりやすくする神経毒であるので、この子供たちの中毒は特に懸念される(Feingold *et al.* 2010)。現在、UNEP は水銀に対して世界の法的拘束力のある法律文書を準備するために、政府間交渉委員会を召集している。そこに 100 か国以上が参加していて、国際条約案が 2013 年の終わりに採択される状況になることが期待されている(Selin and Selin 2006)。

亜鉛、銅、マンガンのような他の多くの金属は、一定のレベルになると、人や環境に有害な影響を及ぼす可能性がある。カドミウムは、かつて顔料や電気めっきに使用されていたが、最も有毒な金属であり、汚染現場が残存しているかもしれない。現在の主な用途は、再充電可能なニッケルカドミウム電池で、これらの品目を回収しリサイクルすると、それが環境に放出されることがなくなるから、効果的であるにちがいない。またカドミウムは、化石燃料の燃焼によって環境に放出され、さらにリン鉱床中に存在する自然の汚染物質でもあるので、肥料を介して根菜類によって吸収される可能性がある(Jarup and Akesson 2009)。

## 放射性物質

放射性物質は、1890 年代以降に使用されるようになったが、1940 年代に核エネルギーが出現し、核兵器に使用され、放射性廃棄物の発生や汚染現場が付随的に増加したことで、著しく増大した。さらに産業、研究、医療での放射性物質の使用が増加し続けており、高濃度の天然に存在する放射性核種を含む鉱物の採取や処理も増加している。汚染現場のいくつかは相当の費用を掛けて除染されたが、その他の汚染現場は対処されていない。温室効果ガス排出への懸念が近年高まっているところに、化石燃料のコスト上昇やその供給力の低下が、時には原子力の採用に有利に働いた。しかし、スリーマイル島やチェルノブイリのような、希ではあるが非常に大きな影響を及ぼすことがある原発事故に対する社会の受け止め方が、抑制効果をもたらしてきた。核エネルギーの使用について、2020 年までに 15～45%、2030 年までに 25～95%増加するであろうと 2008 年に予測されていたが(IAEA 2008a)、将来の動向は、より最近の福島事故への対応により影響を受けるだろう。

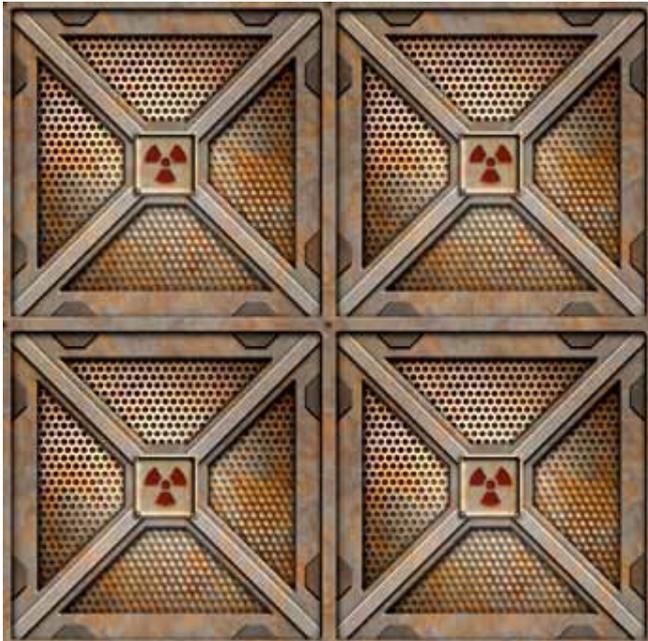
放射性廃棄物は、多くの物理的形態および化学的形態をとり、様々な放射線学的特性を持つ。国際的な分類体系(IAEA 2009 a)によって、廃棄物は分類(規制免除、極短寿命、極低レベル、低レベル、中レベル、高レベル)され、管理および処分オプションと結び付けられている。処分は、放射性廃棄物を管理する

表 6.3 世界の放射性廃棄物の保有目録、2004年

廃棄物の発生源	低レベルと中レベルの廃棄物		使用済燃料		高レベル廃棄物		採鉱	
	容積 (100万m <sup>3</sup> )	放射能 (100万TBq)	質量 (100万 MTHM)	放射能 (100万TBq)	容積 (100万m <sup>3</sup> )	放射能 (100万TBq)	容積 (100万m <sup>3</sup> )	放射能 (100万TBq)
原子力	2	1.2	0.17	28 000	0.034	42	1 600	0.028
産業または医療の用途	2	1.2						
兵器	4	0.7			0.8	31	250	0.0046
<b>合計</b>	<b>8</b>	<b>3.1</b>	<b>0.17</b>	<b>28 000</b>	<b>0.8</b>	<b>73</b>	<b>1 850</b>	<b>0.033</b>

注釈: MTHM: metric tonne of heavy metal (重金属 1 トン); TBq: テラ・ベクレル

出典: IAEA 2008b



放射性物質を貯蔵するための箱。© Clearviewimages/Stock

最終ステップであり、一般に、地表近くかまたは深い地層の施設内で為される。高レベルやいくつかの中レベル廃棄物は別として、大多数はそのような施設で処分されてきた。表 6.3 は世界の保有する放射性廃棄物の推定量を表す (IAEA 2008b)。

地表近くの施設は約 100 存在する。その他の様々なレベルの廃棄物処分用の施設については、多くの国々で開発中であるが、建設地の選定や設計のプロセスがしばしば論争的になる。多くの原子炉が、老朽化しており、近い将来に廃炉にされる必要があるだろう。そうすると放射性廃棄物となり、その処分のための施設と、それらを運用するための訓練された専門家が必要になることが示唆される。2012 年 2 月 2 日時点で、30 か国において合計約 368 ギガワットの能力になる 435 台の原子炉が稼働中であり、その約 75% が 20 年以上の年月を経ている。建設中のプラントは 63 個で、14 か国で合わせて 61 ギガワットの容量になる (European Nuclear Society 2012)。

「使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約」への締約国は、1997 年の設立後に着実に増加し、2011 年 4 月に 58 か国となり、放射性廃棄物管理に対して高水準の安全性を確保する義務を負う。3 年毎に開催されている 2009 年の検討会議で、45 の締約国からそれぞれ報告書が提出され、レビューに付された結果、安全性を向上させる義務、法令上の枠組みを構築し維持し実施していく義務、国の放射性廃棄物管理の戦略や政策が適正に実施されているかを監視する義務、があるとの結論が得られた (IAEA 2009b)。また 2006 年のレビュー会議以降に進展はあったけれども、2009 年の会議では、次の諸課題に対応するためにまだ多くのことを行う必要があると結論付けた。

- 処分を含む長期的な使用済燃料管理のための国家政策の実施；
- 使用済燃料と放射性廃棄物の処分施設の立地、建設、および操業；

- レガシー廃棄物（核兵器製造に伴い発生した放射性廃棄物や放射性物質で汚染したサイトにおける放射性廃棄物）の管理；
- 使用されなくなった密封線源のモニタリングおよび身元不明線源の回収；
- 知識管理と人材育成；
- 負債に対する財源の提供。

処分施設が、国際的な専門家によって検証され、安全性の実証を受けるという傾向が増えてきた (IAEA 2006)。その上で、国際原子力機関 (IAEA) の 2010 年の総会は、規制制度、専門的な取締官の育成、安全性、環境影響評価の適用を増強することを目指して、レガシーサイトを規制監督する国際ワーキングフォーラムを創設した (IAEA 2010)。

## 新たな問題

政策を策定して規制を行う工程は、化学物質や廃棄物の世界的な生産や分配で起こる急速な変化よりも、当然遅れがちである。したがってその課題は、数量的なデータが不十分であっても、また新旧の素材のライフサイクルにわたる潜在的危険性が完全に理解されていない場合でも、化学物質や廃棄物の望ましくない影響から人々の健康と環境を保護していくことである。

## ナノ材料とナノ粒子

多くの新素材が、1メートルの10億分の1という、ナノメートルの大きさの微粒子として生産されている。それらは、それに対応する集合体としての物質とは全く異なる、化学的・生物学的な特性を示す。ナノ材料の商業的用途は、例えば、食品包装、パーソナルケア製品、化粧品、薬剤などである。ナノ材料は、その特異な性質によって、癌治療や、汚染の中和や、エネルギー効率の改善に役立てられている。しかし、それらは広く販売され、人体への暴露の可能性も、ある程度特定されているにもかかわらず、その安全性のテストが初期段階にあり、政府によるこれら新素材への現行規則の適応が遅れている (Morris *et al.* 2010)。職場や消費者への暴露、関連する人々の健康への影響について、もっとよく理解されるためには、より多くの研究が必要である。特にこれらの材料のうちのいくつかは、皮膚を通り抜けることが知られていて、十分に小さいために細胞膜に浸透し、細胞や細胞より小さいスケールで毒作用を引き起こす。さらに、製品が焼却処分されるか、埋められるか、あるいは長い時間をかけて劣化する場合に、製品からナノ材料またはナノ粒子が放出されるかどうかについて、ほとんど知られていない。したがって、それらが重大な廃棄物処理障害をもたらす可能性がある。ナノテクノロジーに関する適切な意思決定の仕組みが、先進国の取締官の間で多くの論争を引き起こしており、開発途上国の取締官の間でもますますそうになっている (Morris *et al.* 2010)。

## 環境中のプラスチック

プラスチックは環境中のどこにもある。それらは、多くの製品に広く使用され、多くの形態がある。単純なプラスティック

ク袋は、実用的な物体がいかに環境に有害なものになるかを示す典型例である。5000億を超えるプラスチック袋が毎年使用されるが、その多くが不適切に処分され最後に海のごみとなっている。この重大な問題が、UNEPの2011年鑑(UNEP 2011b)で取り上げられ、廃棄されたプラスチックの碎片が、海のごみの主成分を形成することが示された。廃棄されたプラスチックは、海洋の渦の中でマイクロの汚染物質に分解され、沿海の海岸を汚し、食物連鎖に入って、それがカメや海鳥のような海洋動物によって消費され、消化や呼吸や生殖作用に影響することによって、それらの動物を弱めるか、または死なせる。またこれらのプラスチックが細かく分解されたマイクロプラスチックが、PCBやその類似化合物などの残留性有機汚染物質の輸送ベクターとして作用し、野生生物に慢性的な影響を及ぼすことが懸念されている。その解決策は、プラスチックの漏出または排出を防ぐ適正な管理である。しかしプラスチックがリサイクルや再利用される比率は、EUのいくつかの国々での80%以上から、多くの開発途上国での、ごくわずかの比率まで、国によって大きく異なる。海洋環境を陸上ベースの諸活動から保護するための、世界行動計画(GPA)、およびその他の地方や大陸域のイニシアチブが、この問題に対処しようと努力している(Astudillo *et al.* 2009; Young *et al.* 2009)。

## 電子廃棄物

情報通信技術産業での装置の入れ替わりが速いことが、時代遅れになる電気電子製品の増大をもたらし、結果的にほとんど制御しがたいほどの量の使用済み製品が、電子廃棄物の世界的な取引を引き起こしている。世界で最も急成長している廃棄物の流れとして、年間2,000~5,000万トンと見積もられている電子廃棄物が、21世紀の主要な環境諸課題の1つになった(Schwarzer *et al.* 2005)。それは広範囲の電気製品によって発生するため、水銀や鉛などの重金属や、臭素化難燃剤(BFR)のような内分泌かく乱物質などの有害物質だけでなく、回収されリサイクルできる金、パラジウム、レアアースメタルなどの多くの戦略上重要な金属も含んでいるので、とりわけ注目されている。そのため電子廃棄物は、二次原料の貴重な源泉とし



廃棄されたコンピューター回路のボード。© roccomontoya/iStock

ての機能を果たすことができ、かつ乏しい自然資源への負荷や鉱業の環境フットプリントへの負荷を下げるができる。

それにもかかわらず、中古または使用済み装置として、先進国から輸出されるほとんどの電子廃棄物の仕向け先は、開発途上国のままである。しかし、これらの国々は、多くの場合、電子廃棄物の適正な処理のための設備、能力、資源を欠いていて、インフォーマルセクターや脆弱なグループと一体となって、戸外で燃やしたり、酸浸出を行うといった粗雑な処理方法を使用して、銅や金のような貴金属を回収している(UNEP 2009)。その処理過程で、廃棄物中の毒性物質が環境へ放出され、生態系や人の健康に高いリスクがもたらされる可能性がある。最近の研究では、2016年までには、開発途上国が、先進国の2倍くらい多くの電子廃棄物を発生させるだろうということが明らかにされている(Zoeteman *et al.* 2010)。電子機器は発展や進歩に積極的な影響を及ぼす一方で、使用済み電子廃棄物となって、人の健康や環境保全の両方に悪影響を及ぼす。これは、開発途上国や移行国において、ミレニアム開発目標(MDG)の達成を脅かす、ますます高まる環境問題であり民衆の健康問題である。

## 内分泌かく乱物質

内分泌かく乱とは、生命体が特定の化学物質にさらされると、生命体のホルモンによる信号が変化させられることを指す用語である。相当な数の化学物質が、人を含む多くの生物種の成長、ならびに生殖器や神経の発達に影響を及ぼす、内分泌かく乱物質であることが示された(Wayne and Trudeau 2011; Gore and Patisaul 2010; Toppari *et al.* 1996; Colborn *et al.* 1993)。さらに、環境中に低濃度で存在している、自然と人為起源の複数の化学物質が同時に作用することにより、人と野生生物の両方への暴露が増幅されている。「内分泌かく乱化学物質の科学的現状に関する全地球規模での評価」(WHO 2002)が出版されて以降、多くの調査が行なわれ、無機物質、有機物質のいずれでも、ホルモンの信号に影響を与え得ることが明らかにされている。UNEPは、国際的化学品管理に関する戦略的アプローチ(SAICM)の下で、これを新たな政策課題としてリストに載せることを提案した。

## 屋外焼却

屋外焼却では、燃焼によって生じた汚染物質が、大気に直接放出されるので、環境への投入量をコントロールする手立てがない。屋外焼却には、森林の山火事、計画的な野焼き(直後の穀類作物の栽培に備えて刈り株を焼くなど)、家庭ゴミや電子廃棄物のような廃物の無責任な焼却、放火に起因する廃タイヤの燃焼、さらに公開の花火などがある(Lemieux *et al.* 2004)。多環式芳香族炭化水素類(PAHs)が、これらの燃焼過程で常に放出され、鉛や銅などの重金属(花火の場合)も放出される。PAHsは、先進国や開発途上国のいずれにおいても広がっており(Barra *et al.* 2007)、それらの発癌性への懸念から、米国環境保護庁のような機関によって、優先監視汚染物質として分類されるようになっている。

## 化学毒性についての理解の欠落

人は、生産される多くの化学物質に絶えずさらされているので、これらの化学物質の振る舞いや、人の健康や環境との、それらの相互作用を理解しておく必要がある。広く使用されてきた化学物質の、以前には思いも寄らなかった特性が、レガシー汚染を引き起こしており、科学界や市民の間で、その懸念が高まっている。例えば、内分泌かく乱特性を持つことが分かっている多くの化学物質のうち、ビスフェノール A は、多くのプラスチック哺乳瓶や食品缶詰めの内面コーティング中に存在し、またフタル酸エステルは、いくつかの子供の玩具などの様々な軟質プラスチックの中に存在する (Hengstler *et al.* 2011)。通常これらの化学物質の存在は、素人にははっきりと分からないので、消費者は、そのような場合の暴露を防ぐために十分に警戒することができない。そのため、公共団体に対しては、生産された化学物質に関する潜在的リスクについて、人々に通知するよう重い責任を持たせ、また製造業者に対しては、製品の使用段階だけでなく使用後の段階まで製品に対して幅広く責任を取らせるアプローチ（拡大生産者責任）を持たせたり、代替物を探させるようにする必要がある。

既存の世界中のほとんどの化学物質に対する規制は、個々の物質による影響を取り扱ったものである。単一の化学物質の管理だけでも困難であるが、化学物質の混合物による人体暴露に対する理解に欠落があることも懸念されている (Rajapakse *et al.* 2002; Silva *et al.* 2002)。前述したように、混合物による毒性の研究はほとんど為されていない。多数の化学物質への暴露が組み合わさった場合の、化学物質の混合または相乗作用の危険性について、人の健康や環境へのさらなる評価が緊急に必要である。最新式の動的汚染（動態）モデリングおよび混合された化学物質に関する毒性実験に基づく統合環境リスク評価は、化学物質の汚染に対する地球の限界量を計るのに役立つだろう (Handoh and Kawai 2011; Rockstrom *et al.* 2009)。

## 欠落点と展望

### 化学物質の特性、使用パターン、環境

多くの化学物質による健康や環境への影響についての情報や、製品内部にどのような様々なタイプの化学物質が使用されているかという製品に関する情報が不足している (OECD 2008b)。化学物質の評価における大きな欠落は、2つの原因から生じている。一つは、多くの化学物質が導入され、体系立った評価が始められる前に、商取引が行われる品目になってしまっていることである。有害であるか、または潜在的に有害であるという証拠が高まったところで、地域規制や最終的に国際条約のリストに載せることは可能であるのに、ほとんどの工業用化学物質が評価されないままになっている。化学物質に関する、もう一つの原因は、例えば、フタル酸エステル類やビスフェノール A が持つ内分泌の働きや、生物濃縮によって長距離移動するといった、これまで思いもよらなかった特性に対して懸念が持ち上がってきたことである。さらに、学術的な評価によると、さらなる工業用化学物質や農薬が、POPs と見なされ

る可能性が示唆されている (Muir and Howard 2010, 2006)。また廃棄物の多くが混合されていて、そこに存在する任意の化学物質の危険性を評価することが、非常に困難になっていることも注目されるべきである。その上、有害廃棄物のリサイクルから発生する残留物は、リサイクル可能な材料そのものよりも高濃度の有毒物質を含む可能性がある。

ヒトの体組織に対してと同様に、環境中の POPs に対する長期的なモニタリング計画が、特に南半球において維持され拡張される必要がある。それらは、世界的な化学汚染の傾向をもっと良く理解するためと、ストックホルム条約の効力を評価するために不可欠である。

化学物質の毒性インベントリを作る大規模な作業は、重大な欠落点を埋めることを目指している。一例は、ヨーロッパで制定された化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則 (REACH) である。REACH 規則は規制対象にする化学物質の数を拡張し、中でも、1981 年以前に市場に出ていた化学物質やこれまで免除されていたものも規制対象とした (第 11 章)。

現状では製品内に使用されている化学物質に関する情報が限られており、人の健康や環境にもたらされる危険性の程度を明らかにすることが困難である。進行中の UNEP による世界化学物質概観 (Global Chemicals Outlook) や不実行のコストといったイニシアチブ (UNEP による化学物質の主流化) は、いくつかの重要な情報の欠落点を埋めるのに役立つだろう。

また科学知識の欠落に加えて、財源不足、能力不足、法令順守の監視不足によっても、適正な化学物質や廃棄物の管理が妨げられる。また教育や訓練が不足しても、多くの開発途上国での化学物質と廃棄物の適切な管理が制限される。自由貿易協定に起因する貿易の増大は、この状況を複雑にすることになる。それは、自由貿易協定が、化学物質使用の規制または制限を尊重しなければならない新興経済国にとって、大きな圧力として働くからである (Vogel 1997)。

### 化学物質、廃棄物、飲料水

世界で見た場合、約 11 億人が安全な上水道を利用できる状況になっておらず、また 26 億人が適切なし尿処理施設を利用できる状況になっていない。そのことによる健康への影響は、年間 170 万人が死亡し、またその 90% が 5 歳未満の子供たちであることであり (WHO/UNICEF 2005)、憂慮すべき事態である。水質汚染による損失は農村部の国内総生産 (GDP) の 0.3 ~ 1.9% に相当している可能性がある (WHO/UNICEF 2005)。重大な水質汚染の潜在性を抱える工業部門には、化学物質部門、食品と飲料部門、織物と鉱業部門、パルプと紙部門などがある。水質汚染のうち工業の点汚染源を規制するための政策的枠組みは、ほとんどの OECD 国において高度に発達しているが、重金属や塩素系溶剤のようないくつかの汚染物質は、懸念事項のままである。規制することは困難であるが、水域の硝酸汚染につながる農業排水のような非点汚染源に対して注意が払わ

## Box 6.6 財政支援：進行中の課題

政府間レベルでの努力の多くは、開発途上国や移行国における化学物質と廃棄物の適正な処理のための、能力向上、技術援助、制度強化に要する財政支援と支援ニーズを特定することに注がれる。これは、バーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約の締約国会議の決定に反映され、特に国内の実施計画に対して反映される。化学物質と廃棄物の課題を遂行するための国際的な財政支援は、現在、OECD や地域開発銀行だけでなく、世界銀行、地球環境ファシリティ(GEF)、国連開発計画(UNDP)、UNEP、国連工業開発機関(UNIDO)、国連訓練調査研修所(UNITAR)、FAO、WHO、SAICMのクイックスタートプログラム、を通して管理され行われている。また、ある財政支援は、民間部門の機関を通して利用可能である。さらに、SAICM、化学物質の適正な管理に関する国際機関間プログラム(IOMC)、化学物質安全性政府間フォーラム(IFCS)、化学兵器禁止機関(OPCW)が、サポートと調整の役割を担っている。

既存のアプローチは分裂、断絶、不十分な調整によって阻まれており、適切な財政支援を行うことは、いまだに根本的な課題である。例えば、財政支援についての合意が不足していたことが、ストックホルム条約のためのコンプライアンス・メカニズムの制定を遅らせる大きな原因となった。その結果、2009年にUNEPの事務局長は、全体的な資金のニーズと可能性を検討するために、「化学物質と廃棄物に対する資金拠出選択肢に関する協議プロセス」を開始した。2009~2011年に参加国が次の4つの方針について議論した。

- 化学物質と有害廃棄物の適正な処理を中心に位置付けること；
- 国レベルと国際レベルで、官民協力や経済的手段を使用

- するなど産業界を関与させること；
- 多国間基金に似た新しい信託基金；
- 新しい地球環境ファシリティ (GEF) の重点分野として化学物質と廃棄物の安全処理を導入すること、GEF の下で既存の重点分野である POPs を拡張するか、または GEF の下で新しい信託基金を設立すること。

2011年10月の協議プロセスの最終会合で、化学物質と廃棄物の適正な処理に対して融資を行う統合的アプローチの概要を示す文書が作成された(UNEP 2012)。これは、2012年2月のUNEP運営審議会特別総会に提出されたUNEP事務局長の報告書の根幹を成し、そのことによって、化学物質と廃棄物の部門に最適な財政支援を確保する、統合的アプローチに関する本格的な提案を、各国政府が事務局長に要求するという成果につながった。これに関する決定が、2012年9月の第3回SAICM国際化学物質管理会議および2013年のUNEP運営審議会に期待されている。

協議プロセスを進めていくことは、化学物質と廃棄物の適正な処理に対する財政支援への注目を高め、また人の健康や発展、環境、炭素との結び付きに注目させる重要な機会である。持続する社会的、環境的、経済的な便益がもたらされることは、発展の本質的な要素であり不可欠な目標である。健康、水、下水、エネルギー、輸送、情報通信技術、災害管理、といった主要部門における適切な社会基盤が無ければ、有害な化学物質、危険な廃棄物または放射性的な廃棄物、環境を汚染するその他廃棄物の流れ、への暴露の危険性から人々を保護することはほとんど不可能である。

れるようになりつつある。化学肥料や有機質肥料からの有機汚染物質の流出を削減する取り組みに加えて、農業からの有機機酸エステル類の流出についても懸念されている。OECDによって再検討された研究(2008a、2008b)によれば、ヒ素や硝酸塩のような様々な汚染物質を削減することを目標にした対策を含め、農業排水を削減し、降雨流水を制御する国の対策が、大きなOECD経済圏において1億USドルを越える健康上の有益性を生み出すかもしれないと示唆されている(Hammer *et al.* 2011)。OECDでない国々においては、安全でない上水道や下水に関する不実行のコストが、特に深刻である。

### 世界の対応を増強すること

バーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約、ならびに化学物質と廃棄物に対処するその他の協定書であるオゾン破壊物質に関するモントリオール議定書、マルポール条約、ロンドン条約、ならびに水銀に関する水俣条約やそれと同様のバマコ条約、ワイガニ条約、地中海条約といった地域条約が、人の健康と環境を、化学物質や廃棄物の悪影響から保護するための世界的対応を組み立てて強固にするための土台を担っている。これらの世界的な諸条約による支援を下になされる議論

が、新たに発生する問題の予測を可能にし、問題を持続可能な方向へと、着実に集団的に制御する方法を策定するように働く。OECD や欧州委員会によって合意されたような地域協定と同様に、これらの世界の法律上拘束力のある条約はすべて、化学物質と廃棄物の環境上適正な処理を行う普遍的な原理を共有している。この世界的な構成の鍵となる特性は、情報の収集と普及における透明性である。EUの化学物質に関する規則、REACHは、そのような取り組みの典型である(Hartung and Rovida, 2009)。しかし、次のいずれにも、大きな問題点が残っている。すなわち、市場に出ている多くの化学物質とナノ材料への対処と、多くの国々が有害化学物質と廃棄物を環境上適正な方法で処理することができていないという事実である。

人の健康や環境を有害化学物質と廃棄物から保護するという共通の目標を共有するバーゼル条約、ロッテルダム条約、ストックホルム条約に関して、これらの協定の締約国は、化学物質のライフサイクルの様々な段階で化学物質を管理することに対して、国々への援助を向上させるために、その3条約の運営を合理化することに着手した。この着手は、2008年の化学物質汚染国際パネル(IPCP)の制定を促し、2008年と2009年

の締約国による3条約のそれぞれの会議で、また2010年2月のインドネシアのバリでの3条約の同時臨時会議において、3つの条約間の協力と調整を増強させた。2011年の初め以来、それらの条約事務局は、共同の事務局長の下で働いており、化学物質と廃棄物の適正な処理に向けて、より全体論的なアプローチを行う可能性が広がった(Basel Convention 2012)。

## 概観

表6.4は、鍵となる課題ごとに主たる目標を要約して示し、本章で述べた指標を用いて目標の達成に向けた進展について説明している。その表は、第二部と第三部(いずれも下巻)で概説されるような政策オプションや対応を開発していく際に考慮されるべき提言を、第一部の他章からの提言に沿って示す。

表6.4 目標に向けた進展(表6.1を参照) つづき

A: 著しい進展 B: ある程度の進展		C: 進展がほとんど無いか全く無い D: 悪化している		X: 進展を評価するには早過ぎ ?: データ不十分	
鍵となる課題と目標	現状と傾向	展望	欠落している点		
<b>1. 化学物質についての全ライフサイクルにわたる適正な管理、および廃棄物についての適正な処理を提供する。</b>					
化学物質の適正な管理	B	17の多国間協定があり、300以上の活動がSAICMの世界行動計画の下で行われてきた。23か国が、機能する国の化学物質登録簿を持っている。化学物質の分類および表示に関する世界調和システムが設立された。	適正な化学物質の管理を実施する開発途上国の数が増加している。	化学物質のリスク評価とリスク管理のためのより統合された世界の枠組み。特にアジア太平洋地域と中南米において、中でも特に化学物質の生産、貿易、使用に大きく関与している開発途上国が化学物質の適正な管理を実施するための計画	
廃棄物の適正な処理	B	環境上適正な廃棄物処理を行うための客観的な基準が、最適なものになっておらず、処理業務が地方の規準や状況によって大きく異なり、都市では、廃棄物についてのモニタリングが不十分で、屋外焼却、不法取引といった廃棄物処理問題の増大に直面している。	廃棄物の発生は、消費と貿易における現在の傾向に従って増加するだろう。	廃棄物に関するデータ。	
資源効率を向上させる。	C	開発途上国において、廃棄物をエネルギーに転換するために使う有効な方法が不足している。	エネルギーの解決策と張り合うよりも、再利用やリサイクルによる廃棄物回収を重視することと釣り合いを取るのであれば、環境上適正なエネルギー回収は、状況によって役立つだろう。	すべての設備の運転性能の維持を確保するための、長期にわたる技術移転と能力向上。	
再利用、リサイクル、環境にやさしい代替物質を、最大限に増して廃棄物を最小限に抑える。	?	次のような多くの構想と、いくつかの地域や国の計画が存在する。リデュース、リユース、リサイクル; E Uの生産者責任指令; バーゼル条約のモバイルフォン・パートナーシップ・イニシアティブ(MPPI); バーゼル条約のコンピュータ機器廃棄物に関するパートナーシップ(PASE)など。	これらの努力の多くを世界レベルにまで高める可能性。	廃棄物を最小化するために、全世界を測定する方法やそのデータ。信頼できるデータや傾向情報。	
有害廃棄物とその他廃棄物の発生および処理についての厳格な制御。	?	バーゼル条約事務局に報告される国からのデータは希薄で、解釈するのが難しい。締約国による報告が減少しつつある。	締約国がコンプライアンスを向上させ、方向を変えるよう支援されなければ、その傾向が継続するかもしれない。	意識向上と能力向上のためのさらなる努力。	
<b>2. 人の健康と環境をPOPsから保護する。</b>					
POPsの生産、使用、輸出入、を廃絶または制限する。	B/B/B	B: いくらかは前進しているが、指標に基づいて前進していると評価するには、まだ早い。B: 長期記録では、1980年代と1990年代の間に、大気中のPOP濃度に減少が見られるが、その傾向は2000年以降、横ばいになった。B: 西側の工業先進国の都市地域では、PCBの排出が進行中であり、年間一人当たり約0.1~1.0グラムである。	世界のどこにおいてもPOPsへの暴露は継続しそうである。気候変動は、POPsの移動性を増すことによって暴露を増加させるかもしれない。	ストックホルム条約に基づく開発途上国の国内実施計画への支援。マラリア予防対策から来るDDT暴露と、電子廃棄物の取り扱いから来るポリ臭化ジフェニルエーテル(化学物質の中でも特に)への暴露に対して十分に注意すること。	
<b>3. 重金属によってもたらされる危険性の低減</b>					
重金属の生産および使用を制限する。	B	先進国における進展は、急性毒性の発生頻度が少なくなったことであるが、暴露はまだ産業の現場やレガシーサイトで生じていて、慢性的な低濃度の曝露によって微妙に進行していく影響の可能性について懸念が増している。開発途上国では、重大な問題が残っており、多くの場合、重金属がわずかな規制の下で、採掘され、加工され、使用され、リサイクルされていて、ほとんどのケースの急性毒性、とりわけ鉛、水銀、ヒ素の急性毒性が発生している。	水銀に対して世界で進行中の包括的交渉は有望である。そしてさらに国際協定の中に重金属(鉛、カドミウム、ヒ素)を含める努力が必要である。	環境への重金属負荷を低減させることに役立つよう、消費財に、より無害な代替化学物質を使用できるようにするための追加調査。人の健康と環境についての、より厳格で業務的な基準。	

表 6.4 目標に向けた進展（表6.1を参照） つづき

3. 重金属によってもたらされる危険性の低減 つづき				
重金属と、重金属を含む廃棄物の輸出入を制限する。	B	電子製品の入れ替わりが速いこと、それらの内部の危険物質の排除に要するコストが高いために、人件費が低く、健康や環境の基準も低い開発途上国へ、電子廃棄物の取引と移動が増大することになった。	電子廃棄物における特定の有害性物質を制限するEU指令は、有望なステップであるが、さらなる世界的なイニシアチブが必要である。	水銀に関するような世界的なイニシアチブがあれば、有益だろう。
重金属を含有している廃棄物に対する廃棄技術を向上させる。	?	先進国では、非常に制御された廃棄処理が行われているが、多くの開発途上国では、採鉱、精錬、電池や電子廃棄物のリサイクル、に付随する廃棄処理を向上させる作業がまだ必要である。	鉛、水銀、場合により他の重金属に対する国際的に合意された目標が存在するかまたは展開中であるが、さらなる努力が必要である。	人の健康と環境についての、もっと厳格で業務的な基準、ならびに廃棄についてのもっと厳格な規制。
4. 特定の有害化学物質の国際貿易において、締約国間での共同責任や協調的努力を促進する。				
有害化学物質の輸出入に対して国が意志決定するためのプロセスを開発する。	C	多くの開発途上国において、制度や規制上の枠組みが弱く、現行法の執行度も低いため、適正な処理を行うための政策を欠いている。有害化学物質の輸出入のための権限を持っている政府系機関が多数あって、司法権の争いを引き起こし、意思決定が弱められるために、国が意思決定のための首尾一貫したアプローチを取れない。	ロッテルダム条約に基づいて通告される割合が継続または増強される場合、改善が予測される。	化学物質と廃棄物についての国際協定の実施における相乗作用を促進することを含めて、地域や国レベルで有効な意思決定を行うためのメカニズム、ガバナンス、規制の枠組みを改善すること。
化学的特性に関する情報交換を促進する。	?	化学物質の特性に関する情報の検索や普及のための、国、地域、世界の利害関係者が利用できるデータセットや有効なメカニズムが不足している。国レベルで、政府系機関の間での情報交換が不十分だと、情報に基づく意思決定が妨げられる。		有害化学物質と廃棄物の特性についての情報交換のための、世界、大陸域、国、の機能的なネットワークの開発と実施。
5. 透明性のある科学的根拠を有するリスク評価やリスク管理のやり方を用いる。				
ライフサイクル全てにわたる化学物質の適正な管理	?	リスク評価は、国際レベルで使用されつつあるが（ストックホルム条約）、開発途上国においては、化学物質と廃棄物によって引き起こされる暴露や影響に関するデータ不足、また能力的制約のために制約を受ける。  モントリオール議定書に基づき、不法な船積を見破るためのトレーニングが、オゾン担当職員に対して提供された。作業場の化学物質にラベル表示するための世界調和システム(GHS)は、危険有害性に基づくもので、リスク評価のためのデータとして用いることができる。  若干の化学物質は、危険有害性もそれらもたらすリスクも不明確である。製品内の化学物質は、時には商業機密を理由に、多くの場合明らかにされない。	その状況は、条約審査委員会の活動、水銀に関する政府間プロセス、EUのREACH、化学物質に関する国の再評価、によって好転するかもしれない。	化学物質のリスクに対する子供の脆弱性に関するデータ（平均リスク評価は単に成人のデータを用いている）。SAICMの支援による、化学物質の同定やリスク管理のトレーニング。製品組成の開示。
海洋環境の汚染を防ぎ、除去し、減らすための研究を奨励する。	A	これまで、海洋汚染研究への投資は、北半球においてより活発であった。最近では、発展途上の国々において、多くの場合、重要な食料源となっている海洋資源を汚染から保護する努力がなされている。		汚染に関する科学的に適正なデータ。
6. 適切なモニタリングシステムを開発する（国と大陸域と世界）。				
科学に基づいた適正なモニタリング計画を開発する。	?	POPsの世界的なモニタリング計画が実施されているが、広範囲の追加化学物質については、ほとんどの国々において生物学的モニタリング計画が不十分で、人体への暴露について完全な形での報告がなされていない；また有害廃棄物の報告制度は、バーゼル条約の締約国は利用できるが、完全には取り入れられておらず、報告も完全ではない；不適切に処分された廃棄物の影響は計量が困難である。	化学物質に関する世界モニタリング計画が開発され、今後数年間で制度的調和と世界的普及が達成されると予想される。	変化についてのモニタリングを可能にするデータセットや指標だけでなく、重要な化学物質と廃棄物の空間的・時間的傾向を構築する、包括的な地域と世界のモニタリング計画。化学物質への暴露とその影響についての評価を支援するバイオマーカーと生物指標。開発途上国におけるトレーニング、適切な実験施設、ならびに先進国から輸入された有害な残留物の貯蔵、廃棄、または再処理をモニタリングするための能力を向上させることへの支援。

表 6.4 目標に向けた進展（表6.1を参照） つづき

7. 能力開発				
化学物質と有害廃棄物の適正な処理。	C	国際機関による努力にもかかわらず、開発途上国が適正に処理するための能力の開発がまだ不十分である。バーゼル条約とストックホルム条約の地域センターが、開発途上国の政府と利害関係者の能力を増強するために設立されたが、適切な融資メカニズムはまだ実施されていない。	ストックホルム条約とバーゼル条約ならびにSAICMとGHSが、画期的な融資メカニズムによって支援されることになれば、状況は好転しそうである。	適切な融資メカニズムならびに南北間での情報と知識の共有。
資源効率を向上させる。	B	統合的な廃棄物処理ではなく、資源や物資を回収しない廃棄物投棄が行われており、収集用の設備も統合的な廃棄物処理を行う国の廃棄物政策も法律の制定も不十分である。粗雑で非能率的な資源リサイクルが、非公式の経済活動として存在している。	分別されない廃棄物（ごみ）の投棄や、規制されない屋外焼却にとって代わる、廃棄物の環境上適正な処理。	実験プロジェクトまたは実証プロジェクトによって、廃棄物をリサイクルし物資を回収することに加えて、廃棄物をエネルギーへ、そして廃棄物を有機質肥料へ変えるという地域や国のイニシアチブの促進。
有害廃棄物の越境移動の規制	?	バーゼル条約の事前告知に基づく同意届出の手順を通して利用される規制制度は、迂回や不法な取引に対しては脆弱であるけれども、完全に利用されるならば、非常によく機能する制度であると言える。	さらなる奨励に加えて、国々がバーゼル条約およびSAICMに基づく対策を十分に実施するならば、進展度は向上するだろう。	バーゼル条約の実施と順守を保持するための、能力向上と資金調達メカニズムの改善。大陸域と国レベルで相乗作用を引き起こす条約のイニシアチブを入念に作り上げること。有害廃棄物の越境移動を抑制するための世界と大陸域と国のネットワーク間の協力を向上させること。 例えば、国際刑事警察機構汚染犯罪作業部会のイニシアチブと共に、順守と執行を向上させるために、ヨーロッパのIMPELネットワークおよび世界のINECEネットワークを通してより大きな協力； 開発途上国における、バーゼル条約の担当者との活発な連携と協力ならびに報告の改善。
8. すべての汚染源から海洋環境を保護し保全する。				
船からの汚染	B	マルポール条約の下で進展があり、多数の国がまだ応じていないが、150か国が批准した。国際的な船舶輸送から出る温室効果ガス排出の抑制と、削減メカニズムそのものについての草案が、国際海事機関(IMO)の海洋環境保護委員会(MEPC)によって審議継続中である。	MEPCの下で、新しいメカニズムが開発され向上しそうである。	港湾でのゴミ処分施設など、船の廃棄物を制御するための機能的な国際的ネットワークの開発と実施。
海洋環境を保護する。	X	海洋環境の保護は、制度的取り決め、あるいは開発途上国における環境規制によって、必ずしも優先度を与えられているとは限らなかった。UNEPの地域海条約は、必ずしもすべてが国内法に反映されず、実施されているわけではない。多くの国々がマルポール条約を批准しなかったし実施しなかった。海岸や海洋の汚染レベルが、大陸域や国レベルでの陸上汚染源への制御が欠如しているために増大し続けている。海洋資源と海洋環境の持続不可能な開発が、広範囲に行われている。	進展と後退が混成している。	大陸域と国レベルでの、マルポール条約、地域海条約、ロンドン条約への批准と国内法令化と実施を促進するための国際的行動、ならびに化学物質と廃棄物に関する多国間協定を進展させるための国際的行動。
9. 放射性廃棄物の処理と安全性				
放射性廃棄物が安全に管理され、輸送され、格納され、配置されることを確保する。	B	核施設の操業から出る放射性廃棄物、ならびに医療、産業研究で使用される放射性物質は、一般に国際基準によって制御され、「使用済燃料と放射性廃棄物に関する合同条約」の会合で報告される。いくつかのレガシーサイトが、核兵器の生産と実験の後に残されたままである。いくつかのウランウム採鉱のレガシーサイトが、アフリカや中央アジアに残っている。	放射性廃棄物は、高レベルの自然発生の放射性核種と共に、原子力産業、医学使用、工業使用、ならびに採鉱や鉱物の資源開発によって発生し続けるだろう；管理し処理する設備が、近い将来に必要なだろう。	有利な相乗作用を展開させるために、前記合同条約（放射性廃棄物を安全管理するための重要な世界的協定書）および有害物質に関するその他の国際的協定書との間の結び付きをより密接にすること。ウランウム採鉱のレガシーサイトの修復を援助する国際的努力への支援。
放射線の影響を伴う事故を防ぎ、事故による放出の影響を緩和する。	B	福島事故は、チェルノブイリ以降の改善にもかかわらず、原発事故がまだ起こり得ることを例証する。また原子力安全条約（前記合同条約の姉妹条約）は、国々が高レベルの安全性を確実に維持することを目的としている。	他の国々が核計画を開発し続ける一方で、多くの国々が、福島事故の後に核計画の廃止を決定した。全体的な影響がどうなるかと言うには、早すぎる。	原子力安全条約および前記合同条約の目的が確実に達成されるようさらに重視すること。

## 参考文献

Astudillo, J.C., Bravo, M., Dumont, C.P. and Thiel, M. (2009). Detached aquaculture buoys in the SE Pacific: potential dispersal vehicles for associated organisms. *Aquatic Biology* 5, 219–231

ATSDR (2007). *Toxicological Profile for Lead*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Atlanta, GA

Barra, R., Castillo, C. and Torres, J.P.M. (2007). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the South American environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 191, 1–22

Basel Convention (2012). *The Synergies Process*. <http://www.basel.int/TheConvention/Synergies/tabid/1320/Default.aspx>

Basel Convention (2011). Basel Convention website. <http://www.basel.int/Countries/NationalReporting/StatusCompilations/tabid/1497/Default.aspx>

Basel Convention (1989). *The Basel Convention on the Control of Transboundary Movement of Hazardous Wastes and their Disposal*. <http://www.basel.int/>

Blacksmith Institute (2011). *Top Ten of the Toxic Twenty. The World's Worst Toxic Pollution Problems Report 2011*. Blacksmith Institute, New York and Green Cross Switzerland, Zurich. <http://www.worstpolluted.org>

Bogdal, C., Nikolic, D., Lüthi, M.P., Schenker, U., Scheringer, M. and Hungerbühler, K. (2010). Release of legacy pollutants from melting glaciers: model evidence and conceptual understanding. *Environmental Science and Technology* 44(11): 4063–4069

Bose-O'Reilly, S.B., Lettmeier, R.M., Gothe, R.M., Beinhoff, C., Siebert, U. and Drasch, G. (2008). Mercury as a serious hazard for children in gold mining areas. *Environmental Research* 107(1), 89–97

Boxall, A., Hardy, A., Beulke, S., Boucard, T., Burgin, L., Falloon, P., Haygarth, P., Hutchinson, P., Kovats, S., Leonardi, G., Levy, L., Nichols, G., Parsons, S., Potts, L., Stone, D., Topp, E., Turley, D., Walsh, K., Wellington, E. and Williams, R. (2009). Impacts of climate change on indirect human exposure to pathogens and chemicals from agriculture. *Environmental Health Perspectives* 117(4), 508–514

Brodesser, J., Byron, D.H., Cannavan, A., Ferris, I.G., Gross-Helmert, K., Hendrichs, J., Maestroni, B.M., Unsworth, J., Vaagt, G. and Zapata, F. (2006). *Pesticides in developing countries and the International Code of Conduct on the Distribution and the Use of Pesticides*. Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) Meeting on Risks and Benefits of Pesticides, Vienna, Austria, 30 March 2006. <http://www.naweb.iaea.org/nafa/fep/public/2006-AGES-CoC.pdf>

Carn, S.A., Krueger, A.J., Krotkov, N.A., Yang, K. and Levelt, P.F. (2007). Sulfur dioxide emissions from Peruvian copper smelters detected by the ozone-monitoring instrument. *Geophysical Research Letters* 34(09801) L09801, doi:10.1029/2006GL029020

Caroli, S., Cescon, P. and Walton, D.W.H. (eds.) (2001). *Environmental Contamination in Antarctica: A Challenge to Analytical Chemistry*. Elsevier Science, Oxford

CAS (2011). Chemicals Abstract Service. [www.cas.org](http://www.cas.org) (accessed July 2011)

CEMC (2012) Canadian Centre for Environmental Modelling and Chemistry website. [www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel](http://www.trentu.ca/academic/aminss/envmodel)

Colborn, T., vom Saal, F.S. and Soto, A.M. (1993). Developmental effects of endocrine-disrupting chemicals in wildlife and humans. *Environmental Health Perspectives* 101(5), 378–384

CSD (2010). *Review of implementation of Agenda 21 and the Johannesburg Plan of Implementation: Chemicals*. Report of the Secretary-General. Commission on Sustainable Development, 18th session. <http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N10/245/37/PDF/N1024537.pdf?OpenElement>

Cui, J. and Forsberg, E. (2003). Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. *Journal of Hazardous Materials* 99(3), 243–263

Diamanti-Kandaraki, E., Bourguignon, J.P., Giudice, L.C., Hauser, R., Prins, G.S., Soto, A.M., Zoeller, T. and Gore, A.C. (2009). Endocrine-disrupting chemicals: an Endocrine Society scientific statement. *Endocrine Reviews* 30(4), 293–342

European Nuclear Society (2012). <http://www.euronuclear.org/info/> (accessed February 2012)

FAO (2012) *Prevention and Disposal of Obsolete Pesticides*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/agriculture/crops/obsolete-pesticides/where-stocks/zh/> (accessed March 2012)

FAO (2002) *Stockpiles of Obsolete Pesticides in Africa Higher than Expected*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/9109-en.html>

Feingold, B.J., Vegosen, L., Davis, M., Leibler, J., Peterson, A. and Silbergeld, E.K. (2010). A niche for infectious disease in environmental health: rethinking the toxicological paradigm. *Environmental Health Perspectives* 118(8), 1165–1172

Finnveden, G., Hauschild, M.Z., Ekvall, T., Guine, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D. and Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management* 91, 1–21

Flegal, A.R. and Smith, D.R. (1992). Lead levels in preindustrial humans. *New England Journal of Medicine* 326, 1293–1294

Fraser, B. (2009). La Oroya's legacy of lead. *Environmental Science and Technology* 43(15), 5555–5557

Geisz, H.N., Dickhut, R.M., Cochran, M.A., Fraser, W.R. and Ducklow, H.W. (2008). Melting glaciers: a probable source of DDT to the Antarctic Marine Ecosystem. *Environmental Science and Technology* 42, 3958–3962

Gonzalez, M., Miglioranza, K.S.B., Aizpún, J.E., Isla, F.I. and Peña, A. (2010). Assessing pesticide leaching and desorption in soils with different agricultural activities from Argentina (Pampa and Patagonia). *Chemosphere* 81(3), 351–356

Gore, A.C. and Patisaul, H.B. (2010). Neuroendocrine disruption: historical roots, current progress, questions for the future. *Front. Neuroendocrinology* 31, 395–399

Haefliger, P., Mathieu-Nolf, M., Locicero, S., Ndiaye, C., Coly, M., Diouf, A., Faye, A.L., Sow, A., Tempowski, J., Pronczuk, J., Filipe Junior, A.P., Bertollini, R. and Neira, M. (2009). Mass lead intoxication from informal used lead-acid battery recycling in Dakar, Senegal. *Environmental Health Perspectives* 117(10), 1535–1540

Hammer, S., Kamal-Chaoui, L., Robert, A. and Plouin, M. (2011). *Cities and Green Growth: A Conceptual Framework*. OECD Regional Development Working Papers 2011/08, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/5kg0ffimxz34-en>

Handoh, I.C. and Kawai, T. (2011). Bayesian uncertainty analysis of the global dynamics of persistent organic pollutants: towards quantifying the planetary boundaries for chemical pollution. In *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry – Marine Environmental Modeling and Analysis* (eds. Omori, K., Guo, X., Yoshie, N., Fujii, N., Handoh, I.C., Isobe, A. and Tanabe, S.), pp.179–187. Terrapub, Tokyo

Hartung, T. and Rovida, C. (2009). Chemicals regulators have overreached. *Nature* 460, 1080–1081

Hengstler, J.G., Foth, H., Gebel, T., Kramer, P.J., Lilienblum, W., Schweinfurth, H., Völkel, W., Wollin, K.M. and Gundert-Remy, U. (2011). Critical evaluation of key evidence on the human health hazards of exposure to bisphenol A. *Critical Reviews in Toxicology* 41, 263–291

Huang, X., Sillampaa, T., Gjessing, E.T., Peraniemi, S. and Vogt, R.D. (2011). Water quality in the southern Tibetan Plateau: chemical evaluation of the River Yarlung Tsangpo (Brahmaputra). *River Research and Applications* 27, 113–121

Hung, H., Kallenborn, R., Breivik, K., Su, Y., Brorström-Lundén, E., Olafsdottir, K., Thorlacius, J.M., Leppänen, S., Bossi, R., Skov, H., Manö, S., Patton, G.W., Stern, G., Sverko, E. and Fellin, P. (2010). Atmospheric monitoring of organic pollutants in the Arctic under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP): 1993–2006. *Science of the Total Environment* 408, 2854–2873

Huo, X., Peng, L., Xu, X.J., Zheng, L., Qiu, B., Qi, Z., Zhang, B., Han, D. and Piao, Z. (2007). Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. *Environmental Health Perspectives* 115(7), 1113–1117

IAEA (2010). *Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation, Transport and Waste Safety*. General Conference Resolution GC (54)/RES/7 adopted 24 September 2010. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2009a). *Classification of Radioactive Waste General Safety Guide*. Series No. GSG-1. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2009b). *Summary Report. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*. Third Review Meeting of the Contracting Parties, 11–20 May, Vienna. JCR/M3/02/Rev2. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2008a). *20/20 Vision for the Future. Background Report by the Director General for the Commission of Eminent Persons*. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2008b). *Estimation of Global Inventories of Radioactive Waste and Other Radioactive Material*. TECDOC-1591. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (2006). *An International Peer Review of the Programme for Evaluating Sites for Near Surface Disposal of Radioactive Waste in Lithuania*. Report of the IAEA International Review Team. International Atomic Energy Agency, Vienna

IAEA (1997). *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*. International Atomic Energy Agency, Vienna. <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/1997/infcircs546.pdf>

IHPA (2009) *Obsolete (Lethal) Pesticides: A Ticking Time Bomb and Why We Have to Act Now*. International HCH and Pesticides Association. [http://www.iupa.info/docs/library/reports/timeBomb\\_Obsolete\\_Pesticides.pdf](http://www.iupa.info/docs/library/reports/timeBomb_Obsolete_Pesticides.pdf)

IPCP (undated). International Panel on Chemical Pollution, Zurich. <http://www.ipcp.ch/>

Jarup, L. and Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology* 238, 201–208.

Jacobsen, J.K., Massey, L. and Gulland, F. (2010). Fatal ingestion of floating net debris by two sperm whales (*Physeter macrocephalus*). *Marine Pollution Bulletin* 60(15), 765–767

Koppe, J.G. and Keys, J. (2001). PCBs and the precautionary principle. In: *Late Lessons from Early Warnings: The Precautionary Principle 1896–2000* (eds. Harremoës, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B. and Vaz, S.G.). pp.64–72. Environmental Issue Report No. 22. European Environment Agency, Copenhagen

- Lamon, L., Valle, M.D., Critto, A. and Marcomini, A. (2009). Introducing an integrated climate change perspective in POPs modelling, monitoring and regulation. *Environmental Pollution* 157(7), 1971–1980
- Lanphear, B., Matte, T., Rogers, J., Clickner, R., Dietz, B., Bornschein, R., Succop, P., Mahaffey, K., Dixon, S., Galke, W., Rabinowitz, M., Farfel, M., Rohde, C., Schwartz, J., Ashley, P. and Jacobs, D. (1998). The contribution of lead-contaminated house dust and residential soil to children's blood lead levels: a pooled analysis of 12 epidemiologic studies. *Environmental Research* 79(1), 51–68
- Lemieux, P.L., Lutes, C.C. and Santoianni, D.A. (2004). Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review. *Progress in Energy and Combustion Science* 30, 1–32
- Lokuge, K.M., Smith, W., Caldwell, B., Dear, K. and Milton, A.H. (2004). The effect of arsenic mitigation interventions on disease burden in Bangladesh. *Environmental Health Perspectives* 112, 1172–1177
- London Convention (1972/96). *Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter*. Adoption 1972; 1996 Protocol. <http://www.imo.org/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/Convention-on-the-Prevention-of-Marine-Pollution-by-Dumping-of-Wastes-and-Other-Matter.aspx>
- MacLeod, M., Riley, W.J. and McKone, T.E. (2005). Assessing the influence of climate variability on atmospheric concentrations of polychlorinated biphenyls using a global-scale mass balanced model (BETR-Global). *Environmental Science and Technology* 39, 6749–6756
- MARPOL (1973/78). *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*. Adoption 1973, 1978 Protocol. International Maritime Organization (IMO), London. [http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-\(marpol\).aspx](http://www.imo.org/about/conventions/listofconventions/pages/international-convention-for-the-prevention-of-pollution-from-ships-(marpol).aspx)
- Mikelis, N. (2010). *IMO's Action Plan on Tackling the Inadequacy of Port Reception Facilities*. Ships' Waste: Time for action! Conference organised by EUROSHORE and FEBEM-FEGE, Brussels, 14 October 2010. International Maritime Organization, London
- Morris, J., Willis, J., De Martinis, D., Hansen, B., Laursen, H., Sintes, J.R., Kearns, P. and Gonzalez, M. (2010). Science policy considerations for responsible nanotechnology decisions. *Nature Nanotechnology* 6, 73–77. doi:10.1038/nano.2010.191
- Muir, D. and Howard, P. (2010). Identifying new persistent and bioaccumulative organics among chemicals in commerce. *Environmental Science and Technology* 44, 2277–2285
- Muir, D. and Howard, P. (2006). Are there other persistent organic pollutants? A challenge for environmental chemists. *Environmental Science and Technology* 40, 7157–7166
- Nweke, O.C. and Sanders, W.H. (2009). Modern environmental health hazards: a public health issue of increasing significance in Africa. *Environmental Health Perspectives* 117(6), 863–870
- OECD (2010a). *Cutting Costs in Chemicals Management: How OECD helps Governments and Industry*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2010b). *OECD Factbook: Economic, Environmental and Social Statistics*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2008a). *OECD Environmental Data: Compendium 2008*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/56/45/41255417.pdf>
- OECD (2008b). *OECD Environmental Outlook to 2030*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2008c) *Costs of Inaction on Key Environmental Challenges*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- Ondarza P.M., Gonzalez, M., Fillmann, G. and Miglioranza, K.S.B. (2011). Polybrominated diphenyl ethers and organochlorine compound levels in brown trout (*Salmo trutta*) from Argentinean Patagonia. *Chemosphere* 83, 1597–1602
- Ondarza, P.M., Miglioranza, K.S.B., Gonzalez, M., Shimabukuro, V.M., Aizpún, J.E. and Moreno, V.J. (2010). Organochlorine compounds (OCCs) in common carp (*Cyprinus carpio*) from Patagonia Argentina. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology* 5, 41–46
- Poliakoff, M., Fitzpatrick, J.M., Farren, T.R. and Anastas, P.T. (2002). Green chemistry: the science and policy of change. *Science* 297, 807–810
- Prüss-Ustün, A., Vickers, C., Haefliger, P. and Bertollini, R. (2011). Knowns and unknowns on burden of disease due to chemicals: a systematic review. *Environmental Health* 10, 9–24
- Rajapakse, N., Silva, E. and Kortenkamp, A. (2002). Combining xenoestrogens at levels below individual no-observed-effect concentrations dramatically enhances steroid hormone action. *Environmental Health Perspectives* 110, 917–921
- Rauch, J.N. and Pacyna, J.M. (2009). Earth's global Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, and Zn cycles. *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2001
- Ravenscroft, O., Brammer, H. and Richards, K. (2009). *Arsenic Pollution: A Global Synthesis*. Wiley-Blackwell, Chichester
- Ritter, R., Scheringer, M., MacLeod, M. and Hungerbühler, K. (2011). Assessment of nonoccupational exposure to DDT in the tropics and the north: relevance of uptake via inhalation from indoor residual spraying. *Environmental Health Perspectives* 119, 707–712
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, S.F., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475
- Rotterdam Convention (2001). *Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade*. Revised in 2011. <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1048/language/en-US/Default.aspx>
- SAICM (2009). Background information in relation to the emerging policy issue of electronic waste. *Implementation of the Strategic Approach to International Chemicals Management: Emerging Policy Issues*. International Conference on Chemicals Management, Geneva, 11–15 May. SAICM/ICCM.2/INF/36. Strategic Approach to International Chemicals Management
- Schluepa, M., Hagelueken, C., Kuehr, R., Magalini, F., Maurer, C., Meskers, C., Mueller, E. and Wang, F. (2009). *Recycling from E-waste to Resources: Sustainable Innovation and Technology Transfer*. UNEP/DTIE
- Schwarzer, S., De Bono, A., Giuliani, G., Kluser, S. and Peduzzi, P. (2005). *E-Waste, the Hidden Side of IT Equipment's Manufacturing and Use*. UNEP Early Warning on Emerging Environmental Threats No. 5. United Nations Environment Programme/GRID Europe. [http://www.grid.unep.ch/products/3\\_Reports/ew\\_ewaste.en.pdf](http://www.grid.unep.ch/products/3_Reports/ew_ewaste.en.pdf)
- Selin, N.E. and Selin, H. (2006). Global politics of mercury pollution: the need for multi-scale governance. *Review of European Community and International Environmental Law* 15(3), 258–269
- Sexton, K., Ryan, A.D., Adgate, J.L., Barr, D.B. and Needham, L.L. (2011). Biomarker measurements of concurrent exposure to multiple environmental chemicals and chemical classes in children. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 74(14), 927–942
- Sheffield, P.E. and Landrigan, P.J. (2011). Global climate change and children's health: threats and strategies for prevention. *Environmental Health Perspectives* 119(3), 291–298
- Silva, E., Rajapakse, N. and Kortenkamp, N. (2002). Something from “nothing” – eight weak estrogenic chemicals combined at concentrations below NOEC produce significant mixture effect. *Environmental Science and Technology* 36(8), 1751–1756
- Smith, A.H. and Lingus, E.O. (2000). Contamination of drinking-water by arsenic in Bangladesh: a public health emergency. *Bulletin of the World Health Organization* 78(9), 1093–1103
- Soerensen, A.L., Sunderland, E.M., Holmes, C.D., Jacob, D.J., Yantosca, R.M., Skov, H., Christensen, J.H., Strode, S.A. and Mason, R.P. (2010). An improved global model for air-sea exchange of mercury: high concentrations over the North Atlantic. *Environmental Science and Technology* 44(22), 8574–8580
- Stockholm Convention (2001). *Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*. Adopted 2001. Secretariat of the Stockholm Convention, Châtelaine. <http://chm.pops.int/default.aspx>
- Thundiyil, J.G., Stober, J., Besbelli, N. and Pronczuk, J. (2008). Acute pesticide poisoning: a proposed classification tool. *Bulletin of the World Health Organization* 86(3), 205–209
- Toppari, J., Larsen, J.C., Christiansen, P., Giwercman, A., Grandjean, P., Guillet, L.J., Jegou, B., Jensen, T.K., Jouannet, P., Keiding, N., Leffers, H., McLachlan, J.A., Meyer, O., Muller, J., Rajpert-De Meyts, E., Scheike, T., Sharpe, R., Sumpter, J. and Skakkebaek, N.E. (1996). Male reproductive health and environmental xenoestrogens. *Environmental Health Perspectives* 104(4), 741–803
- UNCED (1992a). *Rio Declaration on Environment and Development*. United Nations Convention on Environment and Development, Rio de Janeiro
- UNCED (1992b). *Agenda 21*. United Nations Convention on Environment and Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNCSD (2011). *Report of the Secretary-General: Policy Options and Actions for Expediting Progress in Implementation: Waste Management*. Commission on Sustainable Development 19th Session, 2–13 May. Doc. E/CN.17/2011/6. United Nations Economic and Social Council. [http://www.un.org/esa/dsd/csd/csd\\_pdfs/csd-19-sg-reports/CSD-19-SG-report-waste-management-final-single-spaced.pdf](http://www.un.org/esa/dsd/csd/csd_pdfs/csd-19-sg-reports/CSD-19-SG-report-waste-management-final-single-spaced.pdf)
- UNECE Geneva Convention (1979/98). *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs)*. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/lrtap/full%20text/1998.POPs.e.pdf>
- UNEP (2012). 12th Special Session GC/GMEF Website: UNEP/GCSS.XII/8 and UNEP/GCSS.XII/7. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://www.unep.org/gc/gcss-xii/docs/info\\_docs.asp](http://www.unep.org/gc/gcss-xii/docs/info_docs.asp)
- UNEP (2011a). *Selected Documents Relevant to the Work of the Implementation and Compliance Committee, Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal*. Tenth meeting, Cartagena, Colombia, 17–21 October 2011. UNEP/CHW.10/INF/11. Implementation and Compliance Committee, United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2011b). *UNEP Yearbook 2011: Emerging Issues in Our Global Environment*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2010). *Report of the First Meeting of the Global Alliance to Eliminate Lead in Paints*. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead\\_Cadmium/docs/GAELP/FirstMeeting/GAELP\\_8\\_Meeting\\_report.pdf](http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/GAELP/FirstMeeting/GAELP_8_Meeting_report.pdf)
- UNEP (2009). *Recycling from E-Waste to Resources*. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies DTI /1192/PA. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2007). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*. United Nations Environment Programme and Earthscan, Nairobi

UNEP (2002). *Proceedings: Subregional Workshop on Support for the Implementation of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs)*. Port of Spain, Trinidad and Tobago, 4–8 June. United Nations Environment Programme – Chemicals, Geneva. [http://www.pops.int/documents/implementation/gef/TT\\_Proceedings.pdf](http://www.pops.int/documents/implementation/gef/TT_Proceedings.pdf)

UNEP (2000). *Related Work on Persistent Organic Pollutants under the Food and Agriculture Organization of the United Nations, Review of Ongoing International Activities Relating to the Work of the Committee*. Intergovernmental Negotiating Committee for an International Legally Binding Instrument for Implementing International Action on Certain Persistent Organic Pollutants, 5th Session, Johannesburg, 4–9 December. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.pops.int/documents/meetings/inc5/Fr/inf5-4/inf4.doc>

UNEP (1987). *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://ozone.unep.org/pdfs/Montreal-Protocol2000.pdf>

UNEP/AMAP (2010). *Climate Change and POPs. Predicting the Impacts*. Report of a UNEP/AMAP expert group. Secretariat of the Stockholm Convention, Geneva

UN-Habitat (2010). *Solid Waste Management in the World's Cities: Water and Sanitation in the World's Cities 2010*. United Nations Human Settlements Programme and Earthscan, London and Washington, DC

Vogel, D. (1997). Trading up and governing across: transnational governance and environmental protection. *Journal of European Public Policy* 4, 556–571

von Braun, M.C., von Lindern, I.H., Khristoforova, N.K., Kachur A.H., Yelpatyevsky, P.V., Elpatyevskaya, V.P. and Spalinger, S.M. (2002). Environmental lead contamination in the Rudnaya Pristan–Dalnegorsk Mining and Smelter District, Russian Far East. *Environmental Research* 88(3), 164–173

Wania, F. and Daly, G.L. (2002). Estimating the contribution of degradation in air and deposition to the deep sea to the global loss of PCBs. *Atmospheric Environment* 36–37, 5581–5593

Wasserman, G.A., Xinhua, L., Parvez, F., Ahsan, H., Factor-Litvak, P., van Geen, A., Slavkovich, V., Lolocono, N.J., Cheng, Z., Hussain, I., Momotaj, H. and Graziano, J.H. (2004). Water arsenic exposure and children's intellectual function in Arahazar, Bangladesh. *Environmental Health Perspectives* 112, 1329–1333

Waye, A. and Trudeau, V.J. (2011). Neuroendocrine disruption: more than hormones are upset. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews* 14(5-7)

WHO (2002). *Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors* (eds. Damstra, T., Barlow, S., Kavlock, R., Bergman, A. and Van Der Kraak, G.). International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/ipcs/publications/new\\_issues/endocrine\\_disruptors/en/](http://www.who.int/ipcs/publications/new_issues/endocrine_disruptors/en/)

WHO/UNICEF (2005). *Water for Life; Making It Happen*. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/waterforlife.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/waterforlife.pdf); [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/waterforlife.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/waterforlife.pdf)

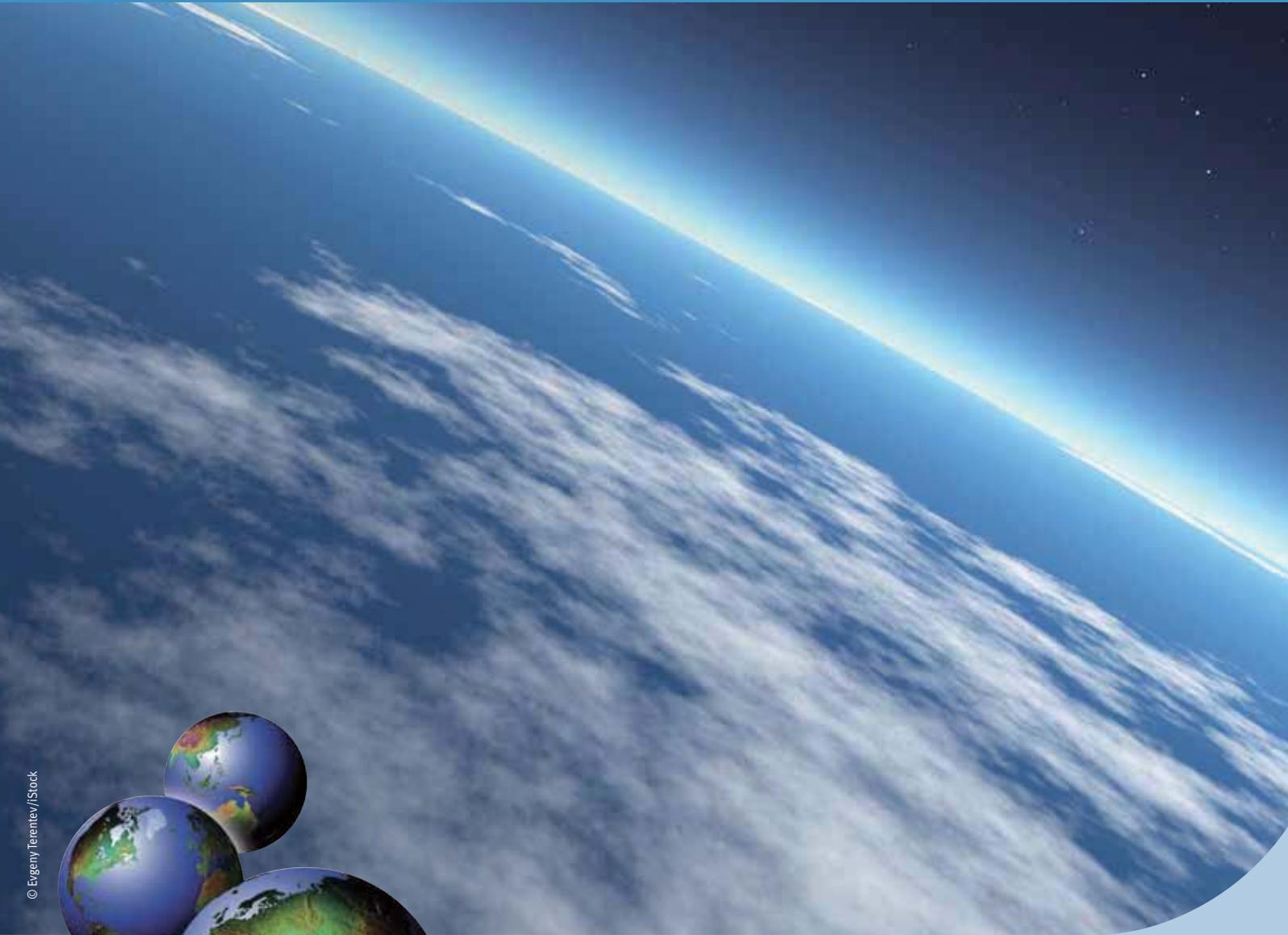
WSSD (2002). *Johannesburg Plan of Implementation*. World Summit on Sustainable Development. [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/POIToc.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm)

Young, L.C., Vanderlip, C., Duffy, D.C., Afanasyev, V. and Shaffer, S.A. (2009). Bringing home the trash: do colony-based differences in foraging distribution lead to increased plastic ingestion in Laysan albatrosses? *PLoS ONE* 4, 10

Zarfl, C. and Matthies, M. (2010). Are marine plastic particles transport vectors for organic pollutants to the Arctic? *Marine Pollution Bulletin* 60(10), 1810–1840

Zoeteman, B.C.J., Krikke, H.R. and Venselaar, J. (2010). Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 47, 415–436

# 地球システムの全体像



© Evgeny Terentev/iStock

統括執筆責任者: Jill Jäger and Neevati Patel

執筆責任者: Vladimir Ryabinin, Pushker Kharecha, James Reynolds, Lawrence Hislop and Johan Rockström

執筆協力者: Andrew Githeko, Pauline Dube, Niki Frantzeskaki, Derk Lorbach, Jan Rotmans, Genrikh Alekseev, Benjamin Gaddis and Jiansheng Ye (GEO Fellow)

主科学査読者: Gerhard J. Herndl

章編集者: Neevati Patel

# 主要メッセージ

第2章～第6章で議論された変化は、統合され相互接続された統一体である地球システムの中で起こっている。人は、そのシステムの不可欠な要素である。

地球システムは複雑であり、相互作用する構成要素からできている。これらの構成要素内、およびその構成要素間に非線形な相互作用があり、それに人の鼓動を予測することの生来の難しさが加わり、それらが地球システムの予測に制約を課している。

地球システム内の、人による圧力が増大するにつれて、地球はいくつかの臨界閾値に接近しているか、または既にそれを超過してしまっており、その臨界閾値を超過すると、地球の生命維持機能にとって、突然の非線形な変化が生起する可能性があり、このことは現在と将来の人間の幸福にとって重大な意味を持つ。例えば、気候の変動性や過酷な天候が食糧安全保障に影響を与え、閾値の超過が温度上昇に応じたマラリアの増加による著しい健康被害をもたらす。また気候事象の頻度と激しさの増加が、自然資産と人の安全保障の両面に影響を与え、気温や海面上昇の変化が加速することで、現地住民コミュニティの社会的結束に

影響を及ぼす。例えば、アラスカでは、永久凍土層が溶けて洪水が増加するために村が移転を強いられようとしている。

問題解決のためこれまでなされてきた専門家によるトップダウン方式は、柔軟性に欠けるため、地球システムの複雑で非線形な変化に対して、効果的に対処できない。これまで持続不可能な発展という難題に20年もばらばらに取り組んできたが、今は、情報を得て効果的な意思決定を行うための、地球システム（Earth Systems）として統合されたアプローチが必要になっている。

地球システムへの人間圧力の底流にある駆動要因に、緊急に対処する必要がある。と同時に、地球システムの複雑さとそこに内在する不確実性に、もっと適切に対処できるアプローチをとる必要がある。そのアプローチは、次の3つの要素を含んでいなければならない。相互作用とフィードバックを理解する基礎研究；基礎研究を下支えする継続的な長期モニタリングと観察；観察によって必要性が指摘された場合に、対応の調整が行えるように進展について定期的に評価しておくことである。

# 序文

宇宙から初めて撮られた地球の写真は、その境界線が有限であるという、一瞬にして深遠な理解をもたらした。科学の進歩によって、全体としての地球を、より良く見るようになってきている。それは、地球規模の現象を記録できるようにする、地上とリモートセンシングの地球観測システムを結合させたものや、環境の過去の状態を復元する能力の進歩や、地球規模のシミュレーション実験を行なう計算能力の向上などによる (Steffen *et al.* 2004b)。人類の活動が、現在、非常に広範囲になり、その影響が深刻であるために、惑星規模で地球に影響を与えているという証拠が示されている。

変化を来す主要な駆動要因を明らかにした第1章、そして地方レベル、大陸域レベル、世界レベルでの環境変化とその影響を例証した第2~6章に続いて、本章は地球システムの観点から、変化について議論し、私たちが生活し、働き、そして惑星を統治しながら進める遷移 (transition) の舵取りをすることとの関連について述べる。

## 地球システム

一つのシステムとは、一定の境界内で互いに相互作用する構成要素の集合体である。地球システムは、惑星とそこに住む生命の状態と進化を決定している、相互作用する物理的、化学的、生物的、社会的な構成要素とプロセスの巨大な集合体を含む、複雑な社会・環境システムである。地球システムの生物物理的な構成要素は、多くの場合、スフィア (圏) と呼ばれ、大気圏、生物圏、水圏、地圏がある。それらは、気候システムや、生き

ている生物圏によって生み出される食物生産などの生態系サービスや、化石燃料や鉱物のような自然資源、といった地球の機能を制御する環境プロセスを提供する。人間は地球システムの中に組み込まれている一つの要素である。すべてのスフィアは、無数のサブシステムと無数のレベルの構成を含んでいる。これらのスフィア内での相互作用と、スフィア間での相互作用は複雑であり、地球システムの将来の状態について予測できることには限界がある。

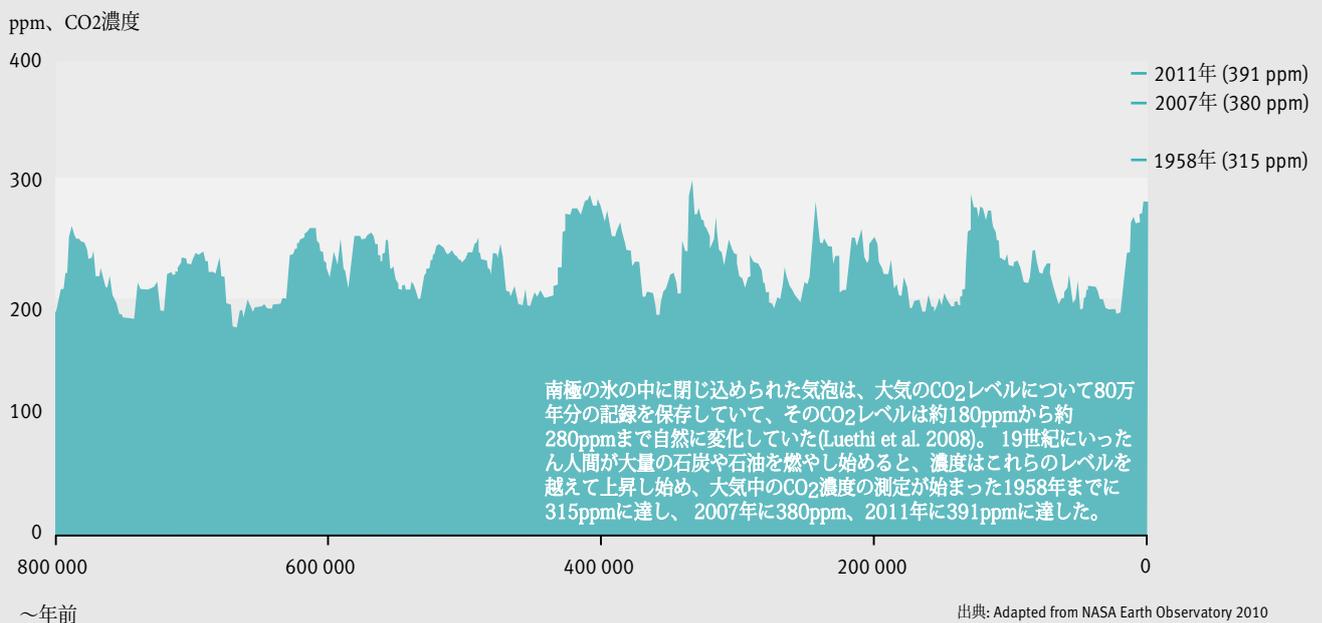
## 前例のない変化

何人かの専門家は、地球が人新世という新しい地質年代に入ったと言っている (Zalasiewicz *et al.* 2011, 2010)。その言葉は、ノーベル賞受賞者ポール・クルツェンによる造語で、人間が今や自然の力を圧倒しつつあるという考え方をとらえたものである。人新世に入ったということは、近代社会や70億人を擁する世界の発展を可能にする、非常によい生活環境を過去一万年にわたって人類に提供してきた「完新世」と呼ばれる間氷期から離脱することになるだろう (Folke *et al.* 2011)。

クルツェン (Crutzen 2002) は、250年前の産業革命が人新世の始まりであったと言う。19世紀前半以降、10億人未満から現在の70億人になったという前例のない人口上昇は、人新世が展開していくにつれての特有の出来事である (Zalasiewicz *et al.* 2010)。この人口の急増に伴って、天然資源の消費増大や、化石燃料への依存が途方もなく膨張するといった多くの社会変化が起こった (第1章)。

地球システムは、人による影響とは別に、人の影響を受ける前から、自然の変動の複雑さを呈している。南極大陸の氷床コアによって分かることは、過去80万年の間、気温や二酸化炭

図 7.1 大気中のCO<sub>2</sub>濃度の変化



素 (CO<sub>2</sub>) 濃度は、比較的限られた範囲内で振動しているが (Luethi *et al.* 2008)、それは、地球が自転や太陽を回る軌道に沿って回転運動する際の不規則なずれ (Hays *et al.* 1976) といった要因に、大きく結び付けられる変動によるものである。しかしながら、現在の大気 CO<sub>2</sub> 濃度は、過去の範囲とかけ離れており (図 7.1)、1950 年の 310ppm から 2011 年には 391ppm まで上昇し (NOAA 2011)、産業革命前の時代から後の大気 CO<sub>2</sub> 濃度の全上昇分のうちの半分が、過去 30 年間に生じた (Steffen *et al.* 2007)。

地球上の生命の多様性を示す生物多様性は、およそ 50 億年のこの惑星の歴史のうちの過去 38 億年程度の間に進化した。その間に 5 回の大規模な絶滅という出来事が記録されたが、これまでの出来事 (自然の隆起や惑星の変化によるもの) と異なり、現在の生物多様性の損失は、主として人の活動によるもので、多くの場合、6 度目の地球規模絶滅と呼ばれている (Barnosky *et al.* 2011; Eldredge 2001)。第 3 次地球規模生物多様性概況 (CBD 2010) によれば、有り余るほど生存していた、いくつかの脊椎動物の個体数が、1970 年から 2006 年の間に、平均してほぼ 3 分の 1 減り、なおも世界的に減り続けている。多くの生物学者が、今後数十年で多くの種が失われ (Leadley *et al.* 2010)、陸や海の景観が突然変化するリスクが増大するだろうと考えている (Estes *et al.* 2011)。少数の科学者は、より長期的には、これらの絶滅が、生物多様性だけでなく多様性が生成される進化のプロセスをも変えるだろうとい

うことを認めたようである (Myers and Knoll 2001)。

## 地球システムの相互作用

地球システムの様々なスフィアが相互に連結されていることを考えると、システムの一つにおける変化は、他のシステムの一つか、それ以上に影響を与える。Box 7.1 は、第 2 章～第 6 章の例を引用して、地球システムのスフィア間での相互作用を説明し、それらが人の活動によってどのように変化させられようとしているかを示す。

## 地球システムの複雑さ

地球システムの複雑さは、システム構成の多くのスケールやレベルで相互作用する無数のプロセスと関係している。重要なことは、これらの相互作用では、変化が直線的であったり、漸進的な形で起こることはめったにないということである。代わりに、地球上の様々なシステムが変化を受ける場合の振る舞いは、ほとんど非線形で起こり、変化を抑えるか (負のフィードバック)、変化を増強するか (正のフィードバック) のいずれかのフィードバックによって決定される (Steffen *et al.* 2004a)。多くのそのようなフィードバックが地球システムを形作る。

正のフィードバックは、システムを不安定にして、もう一つの状態へと移行させる、つまりレジームシフト (Box 7.2) を

### Box 7.1 人の活動によって影響を受けた地球システムの相互作用の例

#### 大気圏と生物圏

- 二酸化硫黄の大気濃度の変化が、酸性雨 (第 2 章) によって陸域生態系と淡水生態系に影響を与え、魚種資源や他の敏感な水生種を著しく損失させ、生物多様性や林業にも影響を及ぼしている。
- 極地域の生物圏が、他の大陸からの産業性汚染物質の長距離輸送によって汚染されてきた (第 6 章)。

#### 地圏と水圏

- 世界の地下水の貯水率は、1960 年から 2000 年の間に取水量が 2 倍以上になったために減少している (第 4 章)。地下水層の枯渇は、地盤沈下や、淡水を供給する際に、塩水の侵入を引き起こす場合がある。さらに農業のような人間の活動により、1960 年以降、世界中の流域でリンや窒素などの栄養塩の移動が著しく増加した (第 4 章)。

#### 大気圏と地圏

- 地表近くの永久凍土層の 90% が、大気圏に CO<sub>2</sub> とメタンを放出しながら、2100 年までに融けて無くなってしまいかもかもしれない (第 3 章)。
- 世界の陸地の多くで、極端に激しい雨が降ったり、極端に雨が少なくなったり (干ばつ) といったことが頻繁に起こるようになった。長期の傾向として、サヘルやインド北部で、より乾燥した状

況へと向かう傾向が示されている (第 2 章)。

#### 生物圏と水圏

- ダムの建設や、川や川の氾濫原の制御が、生態系や生物多様性に影響を与える (第 4 章と第 5 章)。
- 産業廃水、下水、廃物、農業排水、大気汚染 (酸性雨) などの廃棄物から来る水質汚染物質は、内陸の湿地やそれらの生物多様性に大きな脅威を与える (第 5 章)。

#### 大気圏と水圏

- 人為起源の CO<sub>2</sub> 排出のかなりの部分が、海洋に毎年吸収されている。これは水と反応して炭酸を作るため、海洋をより酸性化する。平均の海洋表面 pH 値は、既に 8.2 から 8.1 まで減少しており、2100 年までに 7.7 まで下がると予想されている (第 4 章)。
- 残留性有機汚染物質 (POPs) や重金属のような特定の長命の化学物質が、海洋環境に到達して、世界中に運ばれ、その結果、人間や野生生物に毒性作用を引き起こしている (第 6 章)。

#### 地圏と生物圏

- 石油流出が、水界と海洋生態系を脅かし続けている (第 4 章)。

引き起こすかもしれないシステムの反応の増加である。正のフィードバックの一例は、北極圏における黒色炭素沈着の影響である(McConnell *et al.* 2007)。黒色炭素粒子は、バイオマスや化石燃料の不完全燃焼から大気へ放出される(第2章)。極地の気候が、黒色炭素沈着に特に脆弱であるのは、黒色炭素が雪、氷河、海水のアルベド(反射率)に影響を与えるためである。黒色炭素はそれらの表面を黒くして、放射線の反射をより小さくするので、温暖化と、氷や雪の融解を増加させることになる。ラマナサンとカーマイケル(Ramanathan and Carmichael 2008)は、ヒマラヤ山脈の高地では、雪塊や氷河の融解にとって、黒色炭素による太陽放射線吸収の増加からくる正のフィードバックは、大気中のCO<sub>2</sub>増加に起因する温度上昇と同じくらい重大なことであるかもしれないと報告している。

地球の大気中の温度と炭素含有量との間の重要な関係が、比較的短い時間スケールと、地質年代の時間スケールの両方において明らかになった(Pagani *et al.* 2010)、それは、大気圏や、地球システムの他の構成要素における多くのフィードバックが関与した結果である。例えば、海水の温度がより高くなることや、酸性度がより大きくなることは、炭素吸収源として働く海洋の能力を弱める(Steffen *et al.* 2004b)。この正のフィードバックは、システムの反応を増加させて、不安定にするフィードバックである。

気候科学でますます議論されるようになってきている、もう一つの不安定にするフィードバックは、北極圏の永久凍土層内の炭素貯蔵と関係している。気温上昇が永久凍土層を融かすことになれば、これが炭素を放出し、気温をさらに上昇させ、結果として、より多くの永久凍土層を融かし、もっと多くの炭素を放出することになるだろう(Krey *et al.* 2009)。



森林は貴重な炭素吸収源であり、人為起源のCO<sub>2</sub>排出に対して負のフィードバック対応を提供する。© Eugenio Opitz



藍藻類マイクロキスティスの繁茂によって、水が明るい緑色に変色していることから、この川は明らかに富栄養化している。© Heike Kampe/iStock

そのようなフィードバックのプロセスにおける生物多様性の役割は、現時点では、物理的、化学的、生物的なプロセスにおける相互作用の複雑さのためによく理解されていない。しかし、もし土壌の温暖化で引き起こされる土壌呼吸の加速によって、地下に格納されていた炭素が大気へ放出されるならば、気候変動を増強する可能性がある正のフィードバックが生じるであろうことが、よく知られている(Rustad *et al.* 2001)。

負のフィードバックは、初期の反応を抑えるフィードバックで、安定させる傾向がある。例えば、大気中の水分が増加すると、より大きな雲の覆いが作られ、地球から太陽光を反射させる割合(アルベド)が高まり、そのことが大気中の温度を下降させ、蒸発率を減少させるに至る(Schmidt *et al.* 2010)。

これまでのところ、人間の圧力に対して地球システムがとった対応はその影響を抑えるほうが総じて支配的であった(Steffen *et al.* 2004b)。これは地球システムが持つ生来のレジリエンス(回復力)によって説明され、生物圏は、人によって引き起こされたいくつかの乱も含め、かく乱を和らげるように気候システムと相互作用する。その結果、世界の生物圏の中の炭素吸収源が、人の活動からもたらされるCO<sub>2</sub>排出に対して負のフィードバック対応を行い、1960年代に年間およそ20億トンであった炭素吸収を、2005年にはおよそ40億トンまで増加させた(Canadell *et al.* 2007)。しかし、世界の環境変化がもたらす圧力を和らげる生物圏の能力が、低下してきている兆しが見られる(Le Quéré *et al.* 2009)。例えば、地方レベルでは、湖の富栄養化が生じ(Qin *et al.* 2007)、大陸域レベルでは、地域の温暖化が増幅して北極圏の海水融解が加速されるというように、正のフィードバックが増大している証拠がある(Serreze and Barry 2011)。

## Box 7.2 レジームシフト

ある閾値を超えると発生する生態学上のレジームシフトは、たいてい突然発生し、それは強制力の変化（駆動要因の変化）によるよりも（社会側の）対応の変化によって、はるかに大きく発生する。またレジームシフトは、人間の経済や社会への影響を伴いながら、長期に続く可能性がある(Briggs *et al.* 2009)。いくつかの生態系は、2つ以上のかく乱による別々の影響の合計よりも、結合された影響の方が大きくなる相乗効果にさらされる時の変化に対して、極めて脆弱になる可能性がある(Folke *et al.* 2004)。一例は、干ばつと過放牧の結合した影響にさらされた牧草地であり、土壌、生物多様性、生産性に変化が起こり、結果として、異なる構造や機能特性を備えた新しい生態系がもたらされる。これは、フィードバックの変化が徐々に起こった例である(Wysham and Hastings 2008; Levin 1998)。対照的に、一つの状態からもう一つの状態へのシフトが、以下に例証するように、破局的または極端な外部からの混乱に起因して起こる場合もある(van Nes and Scheffer 2007)。

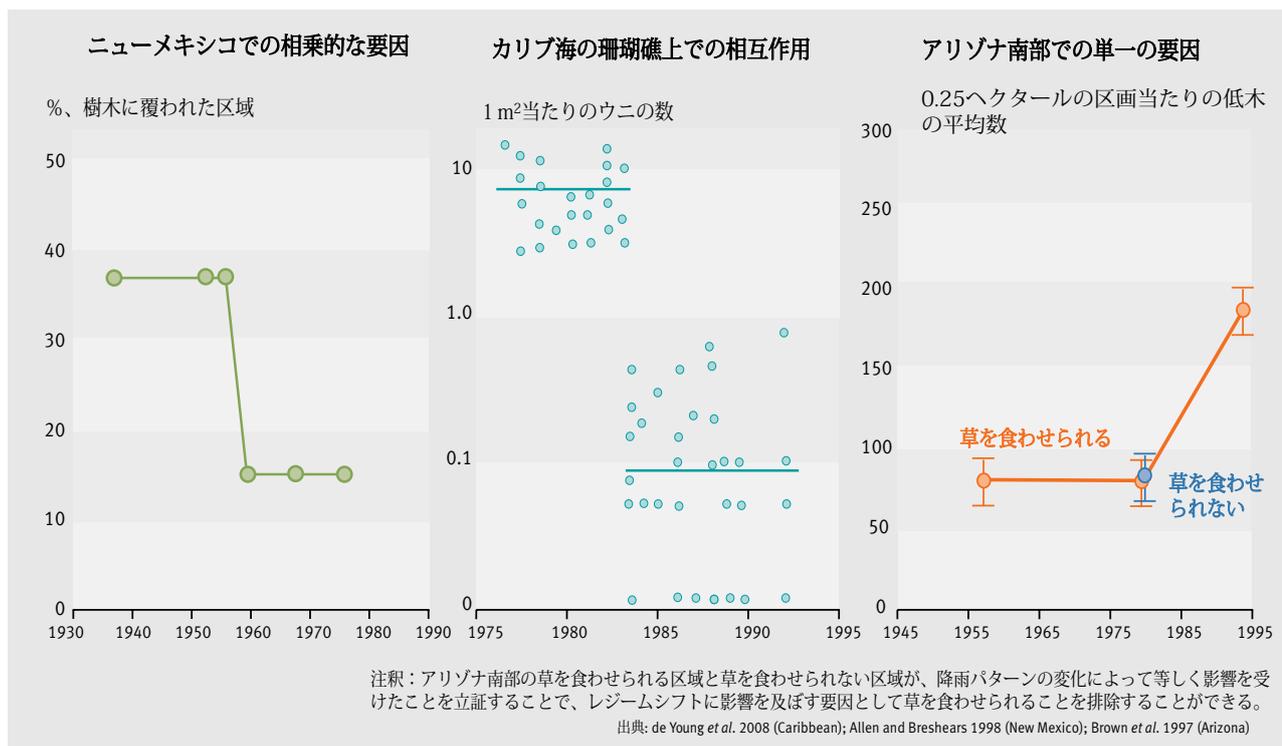
レジームシフトの3つの例が図7.2に示される。最初の例は、アメリカの北ニューメキシコにおいて、いかにして森林であった区域が消滅し、それらがピニオンやジュニパーの低木林によって置き換えられたかを示すもので、干ばつとキクイムシ来襲の相乗効果が、ポンデローザマツ（マツ属ポンデローサ）の枯死率を高めた結果である。これは、記録されている景観規模の

レジームシフトのうち最も急速に起こったものの一つである(Allen and Breshears 1998)。

第2の例も、急速であるが、基本的な原因が全く異なる。デ・ヤングらが(de Young *et al.* 2008)、生物間の相互作用の影響を例を用いて説明した。カリブ海のサンゴ礁の種特有の病原体が、1980年代の初めに、ウニの大量死を引き起こした。ウニの個体群密度が、それらの本来のレベルの1%に減少し、次いで茶色の肉質の藻類が、もはや（ウニに）食べられることなく増えることができるようになり、サンゴ礁に繁茂した。そのサンゴ礁の群落は、レジームシフトを引き起こしたのである。そのシフトは、トリガー（病原体）と、藻の優位性の両方のために、1年か2年以内で発生したが、その新しい状態が、20年以上の間、いくつかの区域で存続した。

ブラウンらは(Brown *et al.* 1997)、アメリカのアリゾナ南部の半乾燥の立地において、約10年の期間にわたって、草に支配されていた生態系から、低木に支配される生態系へのシフトについて記載した。これを駆動させたのは、季節的な降雨で、ゆっくりと変化する単一の駆動要因であった。冬の降雨は、草よりも木質の低木が成長して広がっていくのを容易にし、そのことが、いくつかの動物種の絶滅を引き起こし、以前は希であった他の動物種を増やした。

図7.2 様々な駆動要因とフィードバックに起因するレジームシフトの例



# 地球システムが人の幸福に及ぼす変化と影響

上記で議論された主要な地球システムの変化が、環境、経済、社会に対して影響を及ぼす。あらゆるスケールで、人の活動や環境変化がもたらす影響と地球システムとの相互の関わり合いを示しながら、決して包括的ではないが、実例を用いてこれらの影響について引き続き説明する。

## 極地域

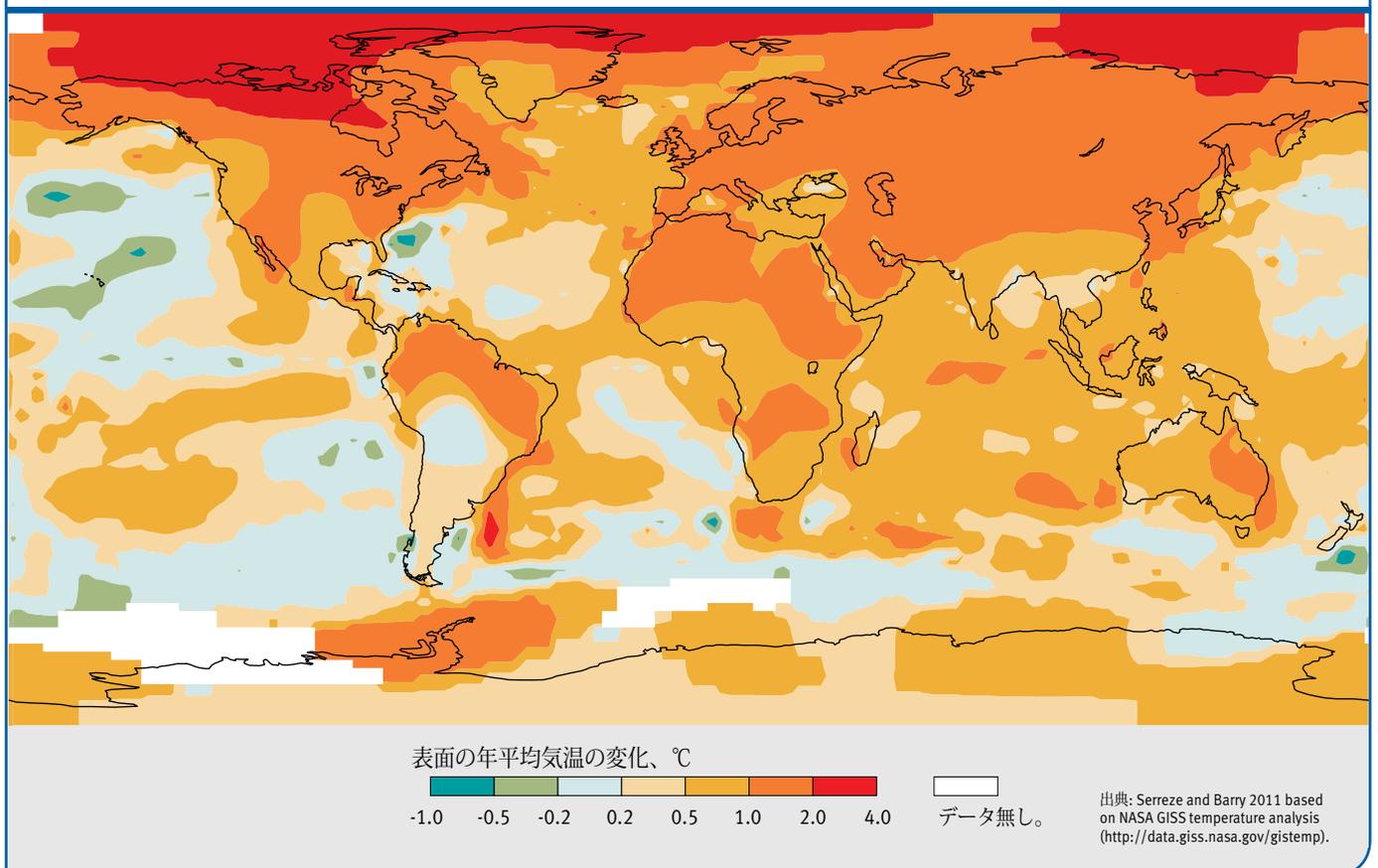
世界の環境の中で発生する複雑な変化の多くが、極地域において増幅する傾向がある。例えば、緯度のより低い地帯から来る熱流束は、北極海水の融解を加速するし、北極圏の氷河やグリーンランドや南極の水床の量を減少させ、そのすべてで世界の海面上昇に寄与する。極地域は、いろいろな経路で、緯度の低い地帯や地球全体に影響を及ぼしている。

## 北極圏

図 7.3 に示されるように、北極地域は最近の数十年間に、表面温度の最大の上昇を経験した（赤で示される）。この地球温暖化の増幅は、計器による記録と過去の気候を復元することによって確認され、気候モデルのシミュレーションでも示されている(Serreze and Barry 2011)。

その増幅は、北極圏への熱輸送(Graversen *et al.* 2008)、雪上への黒色炭素沈着(Hansen and Nazarenko 2004)、それに付随するアルベドの減少によって強められる海水の融解(Screen and Simmonds 2010)、大気によって下向きに放出される赤外放射(温室効果ガス等による赤外線エネルギー)の増加(Francis and Hunter 2006)、大気中において熱を吸収する黒色炭素エアロゾルの増加(第 2 章)(Shindell and Faluvegi 2009)など、いくつかの要因によって引き起こされる。北極の海水被覆が急速に縮むことは、正の気候フィードバックの一部である。人工衛星のデータによって示されるように、過去 30 年にわたって氷で覆われた区域の減少に加えて、最も古くて最も分厚い氷についても、かなりの減少が起こりつつある(Maslanik *et al.* 2011)。海洋と大気間の断熱材としての働きをしている海水の消失は、結果として、上向きの熱流束を強めることになり、そのことが北極圏における対流圏下部を暖めて、北半球の多くに行き渡る大気循環に影響を与える(Serreze and Barry 2011; WWF 2010)。これは、暴風の経路、降雨パターン、熱波と寒波に至る状況を変える。例えば、暖かい北極海と寒い大陸によって新たに生じている大気パターンは、寒い季節に、より激しい北極気団をより頻繁に発生させるように働き(Petoukhov and Semenov 2010)、北半球の中緯度で暮らしている何億もの人々の幸福に影響を及ぼす。

図 7.3 地球表面の年平均気温について観測された1960~2009年の変化



北極評議会の「北極圏の雪、水、氷、永久凍土」(SWIPA) 評価によると、永久凍土層の温度が、特に寒い場所で過去 20~30 年で 2℃も上昇したことが示されている(SWIPA 2011)。北極圏の温暖化は、永久凍土層の融解と減少を引き起こしており(Lawrence *et al.* 2008)、スカンジナビア、ウラル山脈西のロシア北極圏、アラスカの奥地において、季節的に永久凍土層の上部の土壌の融ける深さが増大した。1970~2005 年の間に、ロシアの永久凍土層の南限界が北方へ 30~80km 後退し、カナダのケベックでは、過去 50 年間に 130km 後退した(ACIA 2004)。地域規模で起こっている永久凍土層の融解というプロセスは、微生物の活性を増加させ、現在凍土に固定されている炭素を放出することになり(Tarnocai *et al.* 2009)、世界的な正の気候フィードバックを引き起こすだろう(Schaefer *et al.* 2011)。2030 年までに、北極圏は炭素吸収源というより、むしろ炭素発生源になる可能性がある(Schaefer *et al.* 2011)。

また北極海域が温暖化して海表面が開放されることは、炭化水素や他の天然資源が利用されるようになることを意味する(Stephenson *et al.* 2011)。石油やガスの生産、そして航行が増加して、北極圏は、人為起源の炭素排出量を増大させる産業振興の区域へと急速に変わる可能性があるかもしれない。これは正の気候フィードバックのもう一つの例であり、自然的影響(温室効果)と社会的影響(人間活動)の両方を引き起こす。

地球システムにおける世界と地域の相互の結び付きに関して、予期しなかったもう一つの兆候が、2011 年春、亜寒帯の北極圏で観測された。高度 18~20km の成層圏オゾンのおよそ 80%が消失するという前例のない現象で、マニーラによって(Manney *et al.* 2011)、それは成層圏下部の低温状態が変則的に永く続いたことが原因であるとされ、塩素がオゾン破壊する形となる大気状況が、永い低温状態によって持続強化されたのである。

## 南極圏と南極海

この辺境の地域は、まだよく理解されておらず、そこで起こる非常に複雑な地球システムの相互作用を観測する能力は制限されている。多くの観測によれば、南極海域が世界の海洋の平均よりも、急激に暖まっていることが示されている。中層水の温暖化が、ジル(Gille 2002)によって報告され、さらに船舶による観測結果とフロート観測を比較した結果、南極環流の海域が広範囲に温暖化し、塩分濃度が下がっていることが示された(Böning *et al.* 2008)。また深海と深層水の測定結果も、温暖化の傾向を示している(Purkey and Johnson 2010)。この地域の大きな特異性は、成層圏のオゾンホールであり、オゾンホールが過去 30 年にわたって南極の環境に著しい影響を及ぼしてきた。オゾンホールの影響による南半球環状モードとそれに関連する風が、温暖化を引き起こす温室効果ガスから、南極半島を除く南極大陸の大部分を保護する傾向にあったが、(オゾンホールの回復で) そのような気候変動に関する主要な地域パターンが変わろうとしている。(Turner *et al.* 2009; Thompson and Solomon 2002)。

南極圏は、地球最大の冷凍された淡水を貯蔵しており、61.1メートルに相当する海面上昇を引き起こす潜在力を持つ(IPCC 2001)。南極の氷床のかなりの部分が陸の上にとどまっているが、これらの陸地表面は現在の平均海面よりももっと低い。例えば、西南極の氷床の氷の底は、その多くが海洋表面より 1,000メートル以上も下にある。最近の推定では、この西南極の氷が世界の海面を 3.3メートル押し上げる可能性があることが示唆されている(Bamber *et al.* 2009)。東南極の氷床のこれまで未調査であった区域について、最近の航空機からの地球物理学的な測定結果によると(Young *et al.* 2011)、そのほとんどの氷床の底が海面より下にあることが示された。したがって、急激な温暖化に置かれている海洋氷床の安定性が懸念される。最近の南極大陸における地域的な温度傾向は、さほど著しいものではなく、いくつかの場所では温度が下がっているけれども、1951~2006年の間には、南極半島の北西部のファラデーやベルナツキー基地で10年当たり0.53℃の上昇を観測した(Turner *et al.* 2009)。この地方の温暖化とそれに伴う風の変化が、1995年におけるラーセン棚水Aの崩壊と、2002年のBの崩壊を引き起こした主な原因であると考えられている。温暖化にさらされている現在の西南極の氷床の崩壊の可能性、または融解の加速が集中的に調査されている(Huybrechts 2009; Pollard and DeConto 2009)。

通常、CO<sub>2</sub>の大気濃度が増加すると、海洋はさらにそれを吸収する傾向がある。しかし、世界の海洋の炭素吸収のうちの重要な部分を占めている(Takahashi *et al.* 2009) 南海洋では、CO<sub>2</sub>を吸収する能力が低下しつつある(Le Quéré *et al.* 2007)。

### Box 7.3 南極の生物多様性

南極の大規模海洋生態系は、魚、イカ、ヒゲクジラ、アザラシ、ペンギン、海鳥のすべてが常食としているナンキョクオキアミと、低次栄養段階の植物プランクトンとを結び付ける、やや短い食物網が特徴である(Hill *et al.* 2006)。1980年代までは、アザラシ、クジラ、魚の捕獲について、制御が為されていなかったか、または規制が緩かった(Sherman and Hempel 2008)。アザラシ、クジラ、海鳥が初期の捕獲の対象となったが、これらの資源が減少すると共に、魚、次いでオキアミ、そして最後にカニやイカに注目が移っていった。初期の搾取の多くは、やや急激に起こり、鍵となる生物の一連の破局的な資源崩壊を招いたので、激しい生態学的な影響が及ぼされたに違いない(Nicol and Robertson 2006)。オキアミ漁場を管理する予備的なアプローチが、以下の好ましいアプローチが開発されるまでの当面の手段として、「南極の海洋生物資源の保存に関する条約」(CCAMLR)によって採択され、1982年に施行された。好ましいアプローチとは、生態系モニタリングの増強、オキアミやそれらの捕食動物と環境影響と漁場とを結び付けるモデルのさらなる進化、漁船の挙動に関する高解像度リアルタイム情報などである(Hewitt *et al.* 2001)。

この理由として可能性の高いものの一つは、1970年代以降、南極海を覆う極地付近の西風が15~20%強まったことであるが、その西風の増大は、部分的に成層圏オゾンホールによる影響に起因している可能性がある(Thompson and Solomon 2002)。この現象は南極の生物多様性にとっても重要な意味を持つ(Box 7.3)。

世界気候研究計画の化学-気候モデル検証プロジェクト(CC MVal2)は、全体として、モントリオール議定書の実施による成層圏オゾン層の完全回復が、今世紀の中頃には達成されるとしている(Eyring *et al.* 2010)。しかし、オゾン層が復元されると、南半球環状モードとそれに関連する風に影響して、南極圏と南極海にて温室効果ガスの引き起こす温暖化を押さえ込んでいる既存の制約が弱まって(Turner *et al.* 2009)、その他の著しい変化を、その地域から世界にもたらす可能性がある。

### 人の幸福への影響

極地域での変化パターンが地球の他の場所での活動や影響と結びついていることは、GEO-4(UNEP 2007)で「地球公共財の乱用」と呼んだ、どこにでもある脆弱性のパターンを例証するものである。例えば、この乱用によって、気候変動や海面上昇といった環境変化がもたらされ、海面上昇した場合の漁場や土地の減少といった資源の枯渇に、人々も環境もさらされることになる。地球公共財の乱用に起因する変化に最も脆弱な人々は、たいていその乱用自体に責任を負っていない。

長い時間スケールで地球システムの全体像を見てみれば、極地域で進行する可能性がある将来の変化は、極地域と地球の残りの部分とが互いに接続されること、成層圏オゾンの回復と地球温暖化のような問題の領域間で相互作用が起こること、西南極の氷床の融解という大惨事が起こる可能性などである。これらの極地域での将来の変化は、潜在的な非常に大きな圧力であり、それらへの人々や環境の脆弱性を減らすために、地球公共財を管理する全体的な対策が必要であることを示している。

### ヒンドークシュ山脈とヒマラヤ山脈

ヒンドークシュ山脈からヒマラヤ山脈にかけては(図7.4)、時には第3の極と呼ばれ、世界で最も動的で複雑な山系の一つである。それは、10万km<sup>2</sup>以上の氷河の覆いと、アジアで最も大きい河川のうちの10本の水源を含み、極地域以外で見られる最大の量の雪と氷を擁する。この山系は、世界で最も多湿な環境や、最も乾燥した環境をいくつか通って3,500km伸び、垂直方向には地球上のほぼすべての生物分布帯を通して標高8,000mに達する。そして地理的には人間が最も集中し人口密度が最も高い地域の中心に位置し、非常に壊れやすい環境で、特に地球温暖化に脆弱であることが認められる(Bates *et al.* 2008; Xu *et al.* 2007)。

南アジアの国々は、自然災害に対して極端に脆弱であるため、周期的な災害が、地域の社会的・経済的に公平な発展に大幅な後退を繰り返し引き起こしている。気候変動が、災害に至る異常気



数年の間隔でパキスタンを襲う最悪の洪水による犠牲者が、ノウシェラの北西の都市の浸水した通りを歩いている。

© Amjad Jamal/UN Photo

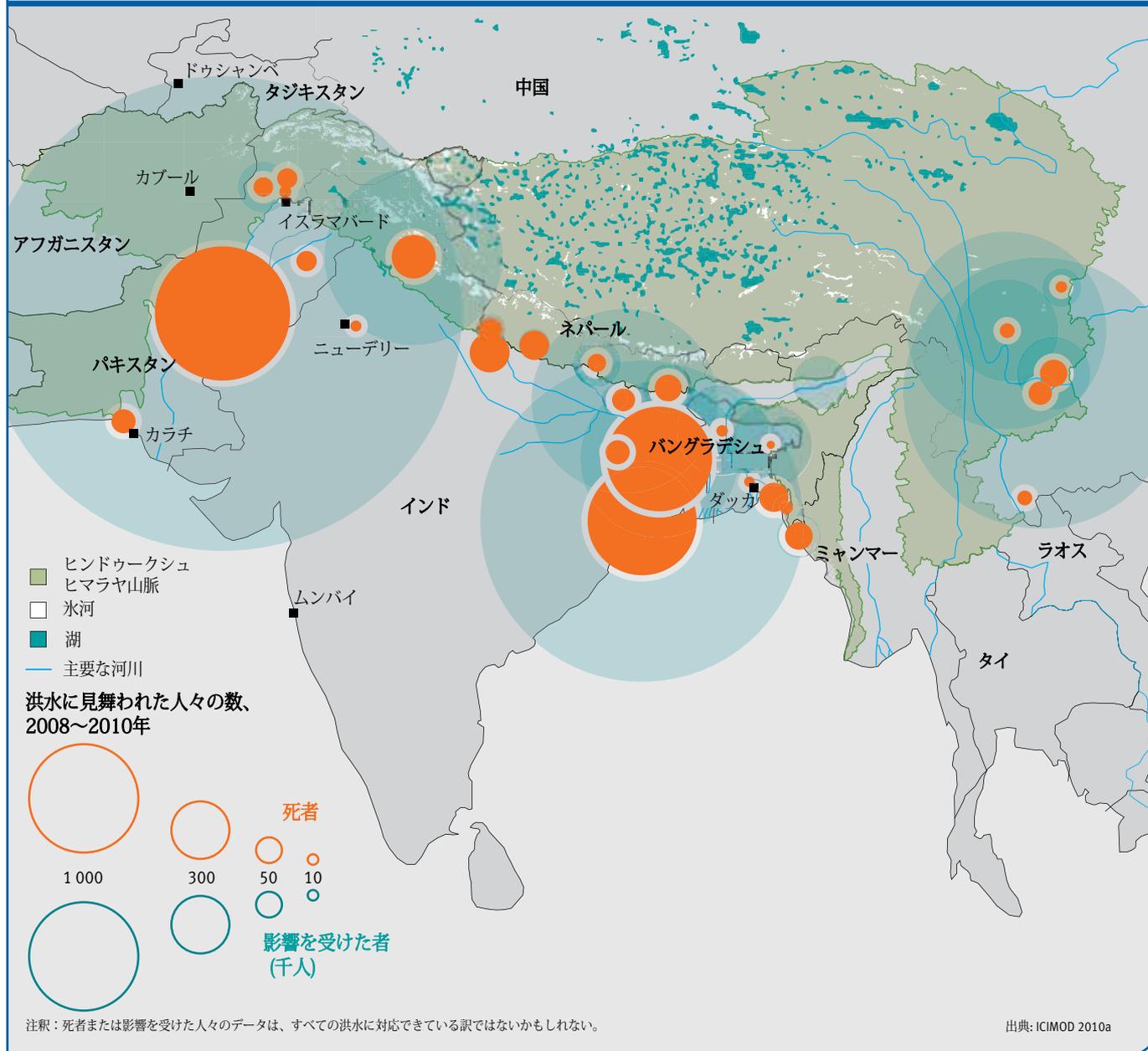
象の頻度と大きさの両方を増大させていると予想され、速やかな対応が必要である(Cruz *et al.* 2007)。

気候変動の頻度や大きさ、そしてそれによる影響の可能性に関して、不確実性が高まっているが、ヒマラヤ地域の環境的・社会的・経済的な景観を、徐々に、強力に変えつつある多くの圧力の一つが、気候変動であることに疑問の余地はない。このことは、山間部のコミュニティや生計に対して著しい影響を及ぼす水や生態系サービスについて特に当てはまり、下流の利用者、特に女性は、例えば飲料水や燃料のためにひんぱんに長距離を歩く必要があり大きな影響を受ける(UNEP 2011b)。しかし、山間地域では、近代化(通信、輸送、インフラ、貨幣化など)や移住による伝統的な性別関係を変更させる、全体的な変化の枠組みの中で、変化していく気候の影響が理解されなければならない(CIDA 2002)。

### 人の幸福への影響

ヒンドークシュ-ヒマラヤ山脈地域とその下流での、気候変動による人の幸福への影響は特に激しい。それは気候の影響を受けやすい農業などの職業に依存している人々が多いためである。この地域では、20%以上の総計約2億6,000万人が貧困ライン以下の生活をしている。国際食糧政策研究所(IFPRI)は、気候変動による世界の穀物生産への悪影響が、年間0.6~0.9%出るかもしれないが、南アジアではその影響が2080年までに18.2~22.1%程度まで高くなるかもしれないと結論した(von Braun 2007)。また最近の研究で、ヒマラヤ地域とその下流域の、南アジアの穀物地帯として知られるインドのガンジス川の平原などは、気候変動に特に弱いとの結論が出されている(Ma *et al.* 2009; Xu *et al.* 2009; Bates *et al.* 2008; Cruz *et al.* 2007; Beniston 2003; Nijssen *et al.* 2001)。

図 7.4 ヒンドークシュ山脈からヒマラヤ山脈の地域の最近の洪水



山間に住む人々や下流の氾濫原に住んでいる人々のような、貧しく社会の主流から取り残されたグループは気候変動に特に弱い。低所得で多くの家屋が丈夫でないことに加えて、ヒマラヤ山脈の荒い地形が、この地域を特に洪水の被害を受けやすい区域にしている。土砂崩れや不安定な地盤(図 7.4)が、定住するには重大な脅威になっている。さらに洪水後、人々は多くの場合、同じ危険を受けやすい区域に再建するために、死と破壊の危険性を増大させている。

山間での生計は、平地での生計よりも、環境や経済の激変にはるかに影響を受けやすく、山間における貧困は気候変動によって悪化する(ICIMOD 2010b)。特に女性は気候変動や環境劣化の影響に脆弱である(ICIMOD 2009; Plumper and Neemayer 2007)。

## アマゾン

アマゾンの森林は地球システムの非常に重要な構成要素である。それは地球で最大の陸域生物多様性の宝庫であり(Cochrane and Barber 2009; Foley *et al.* 2007)、莫大な量の水とエネルギーを大気圏と交換し、狭域や地域の気候に影響を与え(da Rocha *et al.* 2009)、また 900 億トンの炭素を保持する主要な炭素吸収源であり、貯蔵庫である(Chao *et al.* 2009)。この量は、世界の熱帯雨林に保持されている全炭素のおよそ 5 分の 1 になる(Pan *et al.* 2011; Chao *et al.* 2009)。

アマゾンは、最近になって世紀に一度の大干ばつを、2005～2010年の5年の間に2回も経験した。その2回はいずれも、普段は純炭素吸収源である平穏な地域に、炭素排出量を大きく増加させることになる急速で広範囲に及ぶ木の大量枯死を引き起こした(Lewis *et al.* 2011; Phillips *et al.* 2009)。森林減

少の速度は低下しつつあるけれども、干ばつは森林の燃焼性や延焼を大きくするために、火災への脆弱性を高める(Aragão *et al.* 2007)。ベルガラとショルツ(Vergara and Scholz 2010)によるモデル・シミュレーションによれば、ゼロ森林伐採(森林伐採させない)のシナリオにおいて、主として化石燃料の排出ガスによって駆動される気候変動単独の影響が、2100年までにアマゾン生物群系の規模を3分の1にまで縮小させるということが起こり得る。それも森林伐採と火災の影響が気候変動の影響と結合する場合、そのモデルはもっと大きな縮小を示す。

森林減少は一般的に、アマゾンにおいては特に、上記で議論された自然の要因に加えて、多数の社会経済的な要因(第3章)による相互作用の産物である。これらの中で最大のものは、圧倒的に牧草地への転用であり、それは国際的に増大している牛肉需要を満たすためのものである(Zaks *et al.* 2009)。第3章で議論されたように、アマゾンの未来に関する楽観論には、まだ根拠は残っている。例えば、ブラジル政府によるアマゾンの森林減少を予防し制御するための行動計画(PPCDAm)であり、それはモニタリングと法の執行、土地保有権の調整、持続可能な土地利用のための代替案の促進という3つの目標を焦点にした一連の政府イニシアチブを統合したものである。

### 人の幸福への影響

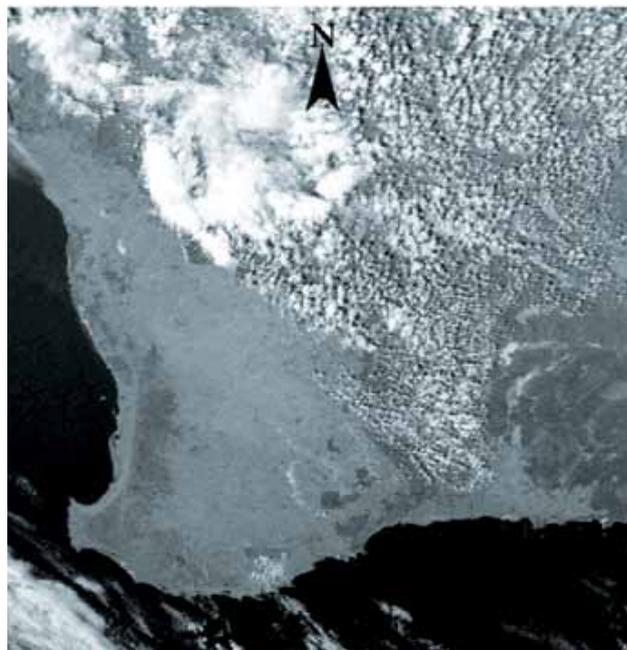
またアマゾンは、炭素吸収源として機能することによって、地球の気候を調節する重要性に加えて、先住民と最近の入植者の両者に対して生計を与える(Parry 2008)。フォーリーらは(Foley *et al.* 2007)、アマゾン生態系が、淡水や河川流量を調節し、地域の気候パターンを調整し、媒介生物による疾病や飲料水媒介の疾病の蔓延を抑制しており、それらのすべてが人の幸福にとって極めて重要であると指摘する。アマゾンの農民たちは、栽培時期における干ばつや洪水や火災による影響、疾病の蔓延による影響、食料や水や人の安全保障上の影響を受けるため、気候変動に脆弱である(Bronzio and Moran 2008)。

## 乾燥地域

乾燥地域の砂漠化または土地荒廃は、人間社会が直面する最も大きな環境諸課題の一つである(第3章)。世界の乾燥地域は(砂漠からステップ、サバンナに及ぶ、乾燥、半乾燥、乾燥半湿潤の気候地域)、世界の地表面積のおよそ40%を覆っていて、ほぼ20億人にとっての生活の地である(Ezcurra 2006)。景観の劣化は、社会経済、気象、生態系の各プロセスが密接に結合して生じるので、特に複雑な問題である(Reynolds and Stafford Smith 2002)。

### 西オーストラリア州

土地被覆の変化が、乾燥地帯の地域の気候にどのように影響を及ぼし得るかを示す一例がある。西オーストラリア州での、ウサギが耕地と牧草地に損害を与えるのを防ぐために構築されたウサギ防除フェンスである。そのフェンスは、750km以



西オーストラリア州の耐ウサギ性のフェンスが、自然植生(東側)と、農地および牧草地(西側)とを分離している。自然植生が成長しているフェンスの東側は、より暗くて、多くの雲がある。

Source: Pielke *et al.* 2011

上に及び、東の自然植生と、西の1300万ヘクタールの耕地を分離している。ウサギから作物が保護されたかは例証していないが、植生がどのように気候に影響したかを例証している。自然植生が残っているフェンス東側に、より多くの雲があり、より頻繁に雨が降る(写真を参照)。フェンスの両側で、多数の物理的、生物学的な変数を測定したネアら(Nair *et al.* 2011)によって、いくつかの妥当性のある説明がされている。彼等は、フェンスの農地側では、年間を通してこれらの変数が大幅に変動するが、自然植生の側では、小さな季節変動だけが見られることを発見した。ネアと同僚は、自然植生側の表面がより暗いこと、またより大きくでこぼこしていることが、大気の中へ流れていく熱流束を増強させる結果となり、それが雲を形成させるチャンスを増やしたと結論した。測定が1970年代に始まって以降、降雨量の観察結果では、主に農地側に限って、冬の降雨量が20%減ったことが示されている。

### サヘル

サヘルは、サハラの南のアフリカを東西に横切って、10か国にわたって延びる大きな半乾燥地帯である。降雨量が非常に変化しやすく、そして疑いなく相互作用している重要な次の二つの要因によって、その降雨の大半が駆動されている。それは、地球規模での海面温度のパターン(Biasutti *et al.* 2008)と、陸と大気の相互作用に影響を及ぼす土地被覆の大規模な変化(Huber *et al.* 2011)である。サヘルにおける降雨変動と植生の動態の役割は、多くの注目を集める研究対象となっているが、サヘル地域の国々の人口が、1960年の1900万人に対して2020年までに4倍になると予想されているので、それは特に重要である(Brown and Crawford 2009)。

サヘルは、ほぼ6千年前は、草地や灌木地によって覆われていたが(Prentice and Jolly 2000; Hoelzmann *et al.* 1998)、その後乾燥した状態に転換したことを示す海底堆積物や考古学的証拠資料がある。(Foley *et al.* 2003; de Menocal *et al.* 2000)。最近では、1950年代と1960年代のより降雨量の多い比較的湿潤な状態から、1970年代と1980年代のより乾燥した状態への明白な移行があり、それに続いて、過去30年にわたってサヘル地域全域での降雨量の全般的な増加傾向がもたらされ(Huber *et al.* 2011)、それが、一般に緑化傾向と呼ばれるものになっている。しかし、フーバーらは(Huber *et al.* 2011)、植生の変化が必ずしも降雨変化に直接に関係したとは限らないとして、この傾向の複雑さを明らかにしている。

## 人の幸福への影響

西オーストラリア州の場合には、土地利用の変化が意図しない影響をもたらした。根深い自然植生を除去したことが、降雨量の減少だけでなく、地下水面上昇をもたらした農地表層の塩分を増加させたために、農業生産性がさらに低下した。人が農業のために土地を開墾し続けるにつれ、逆説的なことが起り、食糧生産が短期的には増加しても、長期的にはひどく減少するかもしれない(Noticewala 2007)。

牛飼育と農業のためにオーストラリアの自然植生を広範囲に除去したことのもう一つの影響は、先住民に対するもので、彼等はこれまで伝統的な食物を、豊富な野生生物に頼ってきた。しかし多くの先住民のグループが、大牧場で働いてヨーロッパの食糧に適合する以外に選択肢がなかった(Kouris-Blazos and Wahlqvist 2000)。これは、肥満に関連する慢性病を引き起こし、彼等の栄養状態や幸福に対して、有害な影響を及ぼした(Wolfenden *et al.* 2011)。

アフリカの多くの地域、特にサヘルのような乾燥地域では、主に自給農業で生活が営まれている(Kumssa and Jones 2010)。このことは、人の活動と土地被覆と気候との間の複雑なフィードバックを考慮すると、食糧安全保障にとって著しいリスクとなる。アフリカ・パートナーシップ・フォーラム(APF 2007)は、アフリカの乾燥地域で暮らす7,500万から2億5,000万の人々が気候変動によって影響を受けると推定している。

サヘル地域の緑化は観測されているが、地域の西部区域の降雨量は増加していない(Huber *et al.* 2011)。メルツらは(Mertz *et al.* 2010)、年間400~900mmの降雨量であるサヘル地域の5つの国々の1,249世帯について行った研究で、天水作物生産が減少している原因が、降雨量の不足を主とする気候要因によるものであると信じているのは世帯の30~50%で、土地保有の変化のような広範な他の要因によるものであるとした者が、残り50~70%であることが分かった。メルツら(Mertz *et al.* 2010)は、最も乾燥した地帯と最も湿潤である地帯の違いに加えて、天水作物区域と家畜区域の違いを研究し、

最も乾燥した地域で天水農業を発展させようとしているサヘルの農業限界域にいる人々の直面している困難さを示した。乾燥地域における気候変動への適応策は、これらの込み入った相互作用を考慮に入れなければならないだろう。

## 火災

地球規模でのバイオマスバーニングの大半が、干ばつ年と並外れた降水年のサイクルがある熱帯地方で発生している(Liu *et al.* 2010; van der Werf *et al.* 2008; Goldammer and de Ronde 2004)。アフリカ大陸は、植生火災の発生が最も多く、世界全体での年間のバイオマスバーニングの推定30~50%を占める(Roberts and Wooster 2008; Dwyer *et al.* 2000)。

大規模な制御不能な火災が、植生に覆われた全ての大陸で近年増加しており、何百億米ドルの被害をもたらしている(Bowman *et al.* 2009)。アメリカやカナダからの検証データ(図7.5)では、両国での森林火災の程度が、20世紀の間に著しく増加したことを示している。アメリカ西部では、1980年代の中頃以降から、大規模な森林火災の頻度がほぼ4倍に増加し、その広がりには6倍以上になった(USGCRP 2009)。カナダやアラスカのツンドラでの最近の火災は、過去5千年の間に前例を見ないものである(Hessl 2011)。人工衛星による観察によって、気候と人的活動の間の強い非線形な関係が明らかにされている。干ばつは、より急速な森林減少をもたらすと同時に、泥炭地の地下水面上昇による火災緩衝の効果を減少させ、生態系の火災への脆弱性を増加させる(van der Werf *et al.* 2008)。将来の火災の動態を予測することは困難な作業である。それは、火災の様々な原因となる要素が非線形性を示すことや(Hessl 2011; Flannigan *et al.* 2009; van der Werf *et al.* 2008)、直接的な人間活動と気候変動のどちらが、一般的に言って、より支配的な役割を火災発生に及ぼしているのかという未解決の疑問があるためである(Bowman *et al.* 2009)。

## 人の幸福への影響

火災による人の幸福に対する著しい影響には、次のようなも



カナダ、ブリティッシュコロンビアのバーミリオン川、3年前に区域を荒廃させた森林火災の余波 © Bruce Smith/iStock

図 7.5 カナダの森林火災、1920～1999年



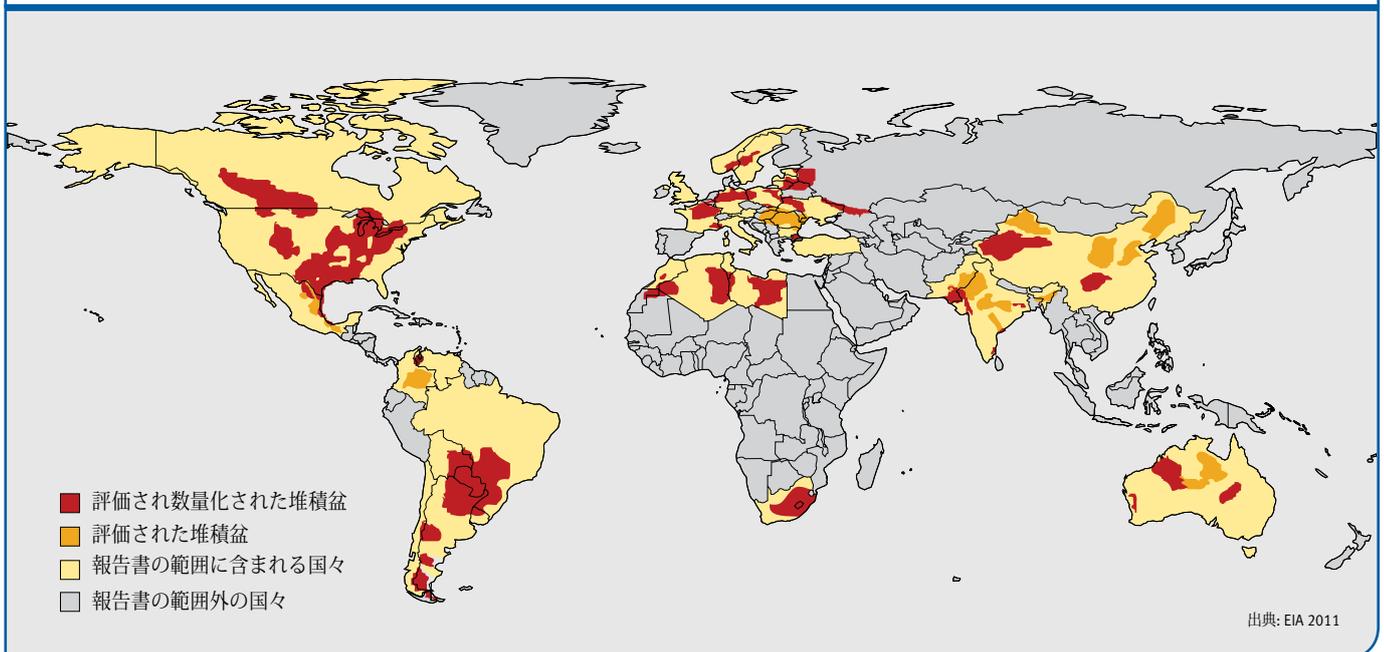
のがある。家屋などの資産の破壊(Bowman *et al.* 2009)、2010年のロシアでの火災で明らかにされた人の健康や大量死に及ぼす影響、また例えば2007年のレバノンで経験されたような農村資源に依存しているコミュニティでの生計の喪失(IUCN 2008)などである。さらに、現在の世界の火災の傾向が継続または悪化すると、森林や他の生態系に貯蔵された莫大な量の炭素による深刻な事態を招き、気候-炭素フィードバックの増幅が解放され、危険な気候変動のリスクが増大する可能性がある。

## シェールガス堆積盆

傾斜掘りや水圧破砕のような新しく実証された技術によって、低透過性の地層(シェール層)から、天然ガスを経済的に抽出することができるようになった。これらを実施することは、新しい天然ガス井の建設、そしてそれに伴う基盤施設であるパイプライン、道路、圧縮装置ステーション、蒸発池の建設を加速することになり、広範な土地の破砕とかく乱、大気質の悪化、地表水と地下水の質の低下をもたらす。アメリカの東部と西部の数箇所では、新たに対象となる地層が、新技術を使用して経済的に掘削できるようになるため、その発展の速度が急上昇した。現在まで、そのようなシェールガスの抽出は、主としてアメリカで起こっているが、新技術の使用が拡大するにつれて世界の他の地域(図7.6)に拡がると予想され、拡がってゆくにつれて、他のガス資源と比較した場合の収益性や、シェールガスの特性によって勢いを増す(Kuuskraa and Stevens 2009)。

天然ガスで石炭の燃焼を代用することは、排出量の低減になり、いくつかの地方の大気質に恩恵をもたらすかもしれないが(Howarth *et al.* 2011)、一方で、天然ガスを集中的に開発する現場近くでの大気質への影響は、特にベンゼンや、オゾンを生成する前駆物質や、浮遊粉じんなどの、危険な大気汚染物質の放出のために、非常に深刻になる可能性がある。さらに広い意味では、シェールガス燃料への切り替え、つまりシェールガスのような従来とは異なる化石燃料が、大規模に開発され使用され続けるようになると、そのメタン排出量が従来のガスと比べて少なくとも30%高いため、人為起源の気候変動を悪化させるだろう(Howarth *et al.* 2011; Wigley 2011)。さらにアメリカ西部では、生成された水(つまり炭層ガス水)の廃棄に使用される蒸発池が、揮発性有機物である、危険な大気汚染物質の深刻な発生源となっていることが最近分かった(USEPA

図 7.6 米国連邦エネルギー情報局によって特定された世界のシェールガス堆積盆



2009)。また、井戸を掘削し完成させるために使用される水の消費割合が高いことに伴って、その天然ガス開発が水資源に及ぼす影響も広範囲に及ぶ。また爆発可能レベルのメタンによる地下水層の汚染(Osborn *et al.* 2011)、塩化物、金属、有機化合物による表面水や地下水の汚染、生成された水が放出される河川の汚染などがもたらされる(Johnson *et al.* 2008)。天然ガスが採取される地層を持つ多くの複雑な性質が、地下水資源に対して、知られていない多くの影響を及ぼすかもしれない。このことは、世界にシェールガスの膨大な埋蔵量があるために特に懸念される(EIA 2011;IEA 2011)。

### 人の幸福への影響

関連する地表水汚染や大気汚染と同様に、水圧破砕で 사용되는化学物質も、人の健康にとって有害であると思われる(Finkel and Law 2011)。

## オーバーシュート

地球システムの機能やその最近の変化について、科学的に理解されるようになったことで、人間社会にとって深刻な影響と共に、根本的な状態変化をもたらすであろう閾値、あるいはティッピングポイントを超過する危険性があることが分かってきた。そのようなシフトには、熱帯雨林からサバンナへの転換、造礁サンゴ礁から軟質サンゴ礁への転換、降雨パターンの変化などを含めなければならないかもしれない(Box 7.2)。地域から地球規模の影響が引き起こされる急激に変化する危険性については、ティッピングエレメント(Schellnhuber 2009)や、惑星限界(planetary boundary)(Rockström *et al.* 2009a)といった概念で捉えられ、それらは地球システム科学によって洞察された比較的最近の見識である。持続可能性につ

### Box 7.4 エコロジカル・フットプリント

エコロジカル・フットプリントは、現在の技術を用いて、一人の住人の消費する資源を生成するために、かつ一人の住人の廃棄物を浄化するために、一人の住人が使用することになる生物学的に生産性のある陸地と水域の面積として表される。Kitzesらは(Kitzes *et al.* 2008)、エコロジカル・フットプリントを、利用可能なバイオキャパシティと比較した。バイオキャパシティは、規定された地理的区域内で、一人の住人が利用できる生物学的に生産性のある区域の面積である。図7.7は、北アメリカと西ヨーロッパでは、フットプリントがバイオキャパシティを超過していることを示す。Kitzesらは(Kitzes *et al.* 2008)、もし世界中の誰もが、典型的な北アメリカや西欧の人と同等のエコロジカル・フットプリントを持ったならば、国際社会は、地球のバイオキャパシティの3~5倍オーバーシュートするだろうと結論した。中央ヨーロッパや東ヨーロッパは、共にその地域における利用可能なバイオキャパシティ内で生活しているが、地球規模で見れば持続可能にやっていけないレベルの、一人当たり消費レベルで生活している。逆に、アジア太平洋地域は、その領域内において利用可能なバイオキャパシティを越えた生活をしているが、もし地球規模に拡張されれば、オーバーシュートを引き起こさない一人当たりのエコロジカル・フットプリントで生活している。アフリカの住民は平均して、地域規模でも、地球規模でも、一人当たり利用可能なバイオキャパシティ未満で生活している。

いてのこれらの地球規模での枠組みは、成長の限界、環境収容力、エコロジカル・フットプリント、オーバーシュートといった以前の概念を補完するものであり、天然資源の埋蔵量の推定

図7.7 大陸域のエコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ、2002年

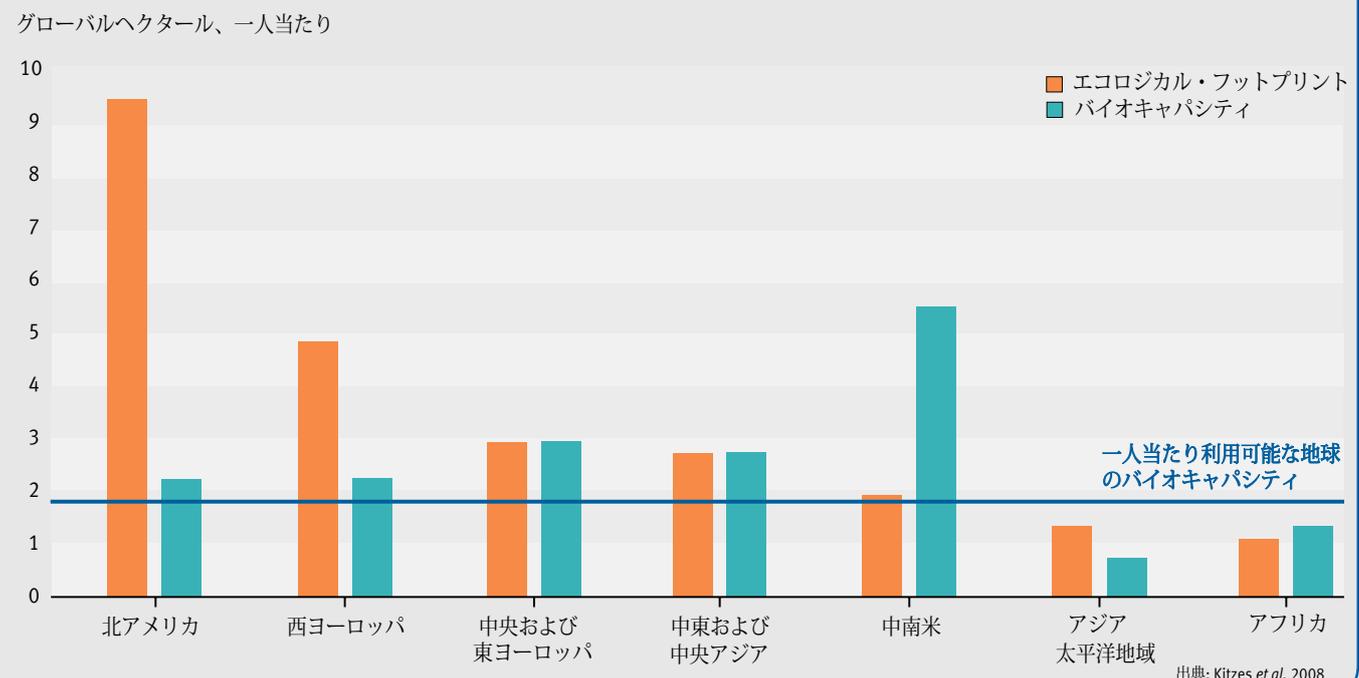
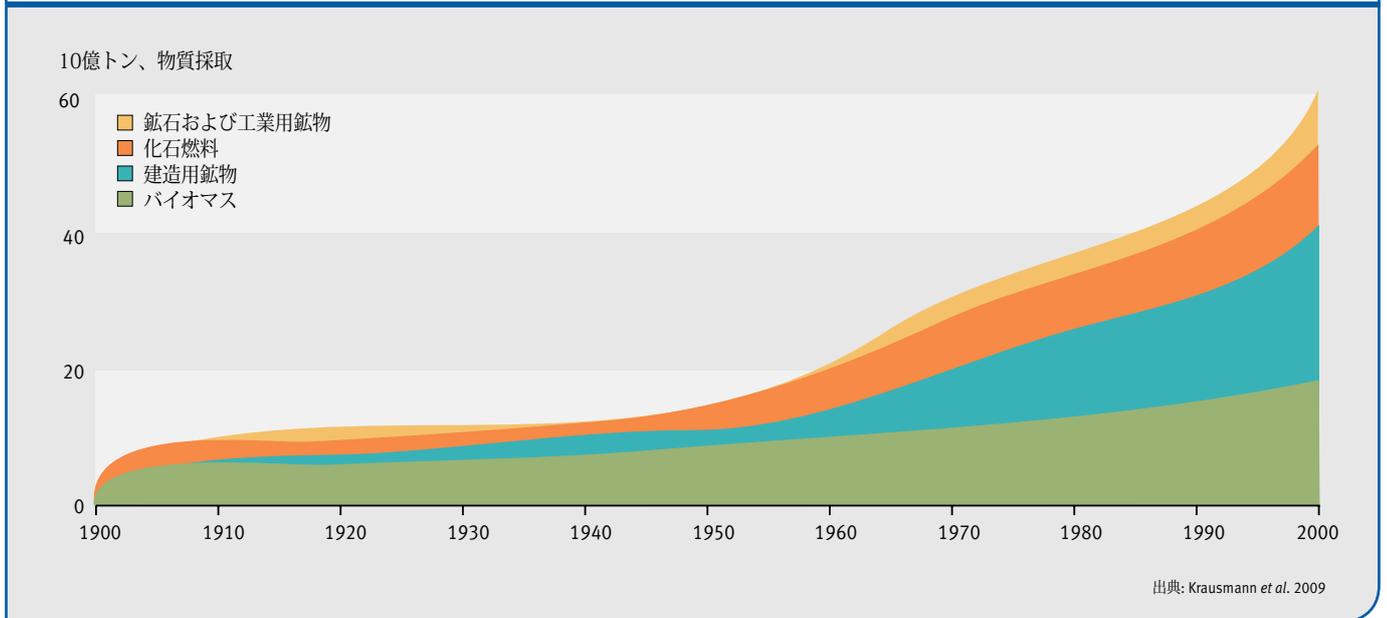


図 7.8 世界の物質採取、1900～2005年



や、主として健康に関する様々な汚染物質の臨界負荷についての推定と共通するところがある。これらを記述する言葉のすべての基本になるものは、人為起源による変化が、地球システムによるその変化を吸収する能力を超えてしまうポイントを特定するための、様々な方法であり想定である。この方法や想定については、まだ科学文献において議論されているところであるが、その結論はすべて、地球システムが閾値に到達しつつあり、その影響は重大であるという点で一致している。

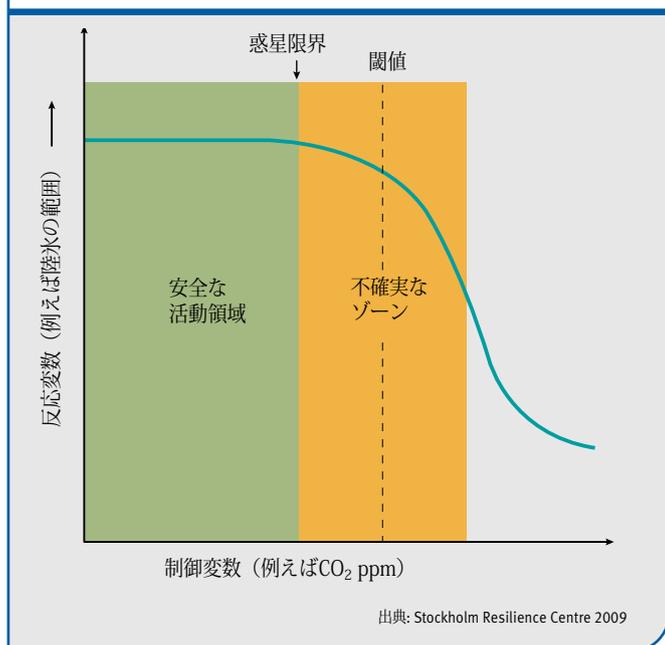
40年前に、メドウズらは(Meadows *et al.* 1972)「成長の限界」の中で、限りある惑星上で歯止めのない消費や経済を成長させると、地球の環境収容力を超過する方向へと地球を導き、それが世界経済に重大な影響をもたらすだろうと主張した。ホールとデイは(Hall and Day 2009)、この研究の結論を振り返って見て、その警告が概ね正しかったことを発見した。ターナーは(Turner 2008)、「成長の限界」の中で提示されたシナリオと1970年から2000年までの実際の歴史データとを比較し、その「成り行き」シナリオの特徴が、30年間の実際の歴史データとほぼ同じであったと見なすことができること、またその結末が21世紀の途中で世界システムが崩壊する結果になっているということを発見した。

エコロジカル・フットプリント(第5章)は、生物圏に対する人の需要や、地球のバイオキャパシティを理解するために使用される。さらなるデータ改善の必要性はあるが、1966年以降、人類全体のエコロジカル・フットプリントは、かなりの地域差はあるものの、2倍になった(WWF 2010)。Box 7.4や図7.7は、フットプリントと利用可能なバイオキャパシティの両方に、著しい地域格差があることを示しており、どの地域が利用可能量を超えてバイオキャパシティを使用しているかが分かる。巨大都市のエコロジカル・フットプリントは、著しくオーバーシュートしている。

地球システムの限界を示すもう一つのアプローチは、資源の使用に着目したものである(UNEP 2011a)。経済活動で使用される全ての物質を数値化する物質フロー勘定は、採取の工程で動員された物質の総計、および経済過程の中で実際に使用された物質を、それらの質量(トン)で測って計上する。21世紀初めに採取された世界の物質の推定量は、年間470~590億トンにのぼり(図7.8は高い方の推定値を示す)、世界の物質採取は20世紀の間に8倍に増大した(UNEP 2011a)。UNEP(2011a)が開発した3つのシナリオはすべて、2050年までに資源の生産性の著しい改善が無ければ、90億人のニーズを満たすことは不可能であるだろうということを明らかにしている。

地球システム内の相互作用と非線形性を考えに入れた惑星限界という概念が、ロックストロームら(Rockström *et al.* 2009a)によって導入され、幸福に暮らせる安全な活動領域を人類に提供する惑星限界の設定の鍵となる環境プロセスが特定された。ロックストロームらは(Rockström *et al.* 2009b)、9つの惑星プロセスを特定し、それらのうちの7つに対して安全な惑星限界を提案した。つまり気候変動、生物多様性の損失速度、窒素とリンの循環、成層圏オゾン層の破壊、海洋の酸性化、世界の淡水使用、土地利用の変化の7つである。提案された惑星限界の位置は、危機的な環境システムに有害な変化をもたらす引き金を引く可能性がある、重大なフィードバックや非線形シフトの危険性から距離を置いて、安全であると考えられる位置に置かれた(図7.9)。環境の危険性には不確実な領域があり、それも常にあるだろうという認識の下、プロセスにとっての安全な位置は、科学による現状の評価に基づかせた。その個々の環境プロセスにとって安全な限界のレベルは、予防的措置が反映されるよう、この科学的に不確実である領域の下端に選定された(Rockström *et al.* 2009a, 2009b)。その惑星限界は、資源の欠乏に関係するのではなく、人の活動によって駆動される速度とプロセスに関係する。

**図 7.9 地球システムのプロセスにおいて、臨界閾値を超えてしまうことを回避するために設定される限界である惑星限界の概念についての記述**



惑星限界の枠組みは、世界規模での環境の諸問題が気候変動だけにはとどまらないことを示す。さらに、分析された上記の諸々のプロセスが相互作用すること、つまり、一つの安全な惑星限界を超過することが、他の惑星限界からの距離に影響を与えるかもしれないことが、証拠によって示されている。例えば、農地の拡張は、陸域生態系からの炭素排出量を増加させることにより、気候変動の惑星限界に関係してくるかもしれない。惑星限界の分析において用いられた特定の数字については、異論が唱えられるかもしれないが(Nature 2009)、そのアプローチによって、オーバーシュートに関する議論が提供され、早期の分析によれば、気候変動、生物多様性の損失速度、窒素循環への世界的介入という3つの惑星限界を、人類がすでに超過してしまっていることが示されている(Rockström *et al.* 2009b)。リンの循環への人的介入に関する最近の追跡調査によれば、リンに関する惑星限界も、淡水系で超過してしまっていることが示されている(Carpenter and Bennett 2011)。

## 人の幸福への影響

生態系は、供給サービス、調整サービス、基盤サービス、文化サービスを提供しており、人の幸福にとって不可欠なものである(TEEB 2010; MA 2005)。人の幸福は、個々の人間が、価値あると思う人生を生きていく能力や、彼等の可能性を達成する機会をどの程度まで持てるかであり(UNEP 2007)、家計、安全、健康、社会関係だけでなく、資源へのアクセスを含む一連の要素によって決定される(序章)。これらの要素はすべて、地球システムの変化によって影響を受ける。また人と環境のシステムにおいて世界が相互に連結されていることは、一つの場所での幸福が、他の場所での行為によって影響されるかもしれないことを意味する。第2章～6章は、地球システムのサブシ

ステムの変化が、どのように幸福に影響するかの例を提供しているが、それらは概して、資産や社会的結束や身の安全というよりも、食料や水の安全保障などの側面について言及している。

惑星の環境収容力を超過したり、突然、不可逆的に変化する時代に入ることによる人の幸福への影響を、地球システムの全体像から検討することが重要である。以下の例で示されるように、地球システムの複雑で非線形な変化の影響は、既に人の幸福に対して重大な結果をもたらしている。

## 多くの相互作用する駆動要因が人の安全保障に影響する

気候の変動性や異常気象が食糧安全保障に影響を及ぼす。これらの駆動要因は複雑で、様々な経路で影響を引き起こす(地域的水不足、農地の塩類化、洪水による作物の破壊、災害による食品物流の途絶、伝染性の植物病や疫病の負荷の増加)(IPCC 2007)。

## 閾値の超過:健康への著しい影響

土地利用の変化や森林減少は、局所的に温度を上げ、陰を取り除くことになって生息地が変化し、その変化が、マラリア媒介生物の急速な発生を促すことがある(da Silva-Nunes *et al.* 2008; Afrane *et al.* 2005)。パスカルらは(Pascual *et al.* 2006)、地域の温度変化の影響による、マラリアのよく知られている非線形な閾値反応(生物系)の重要性を示した。

## 前例のない事象による資産や人の安全保障への影響

気候変動は既に人の安全保障をむしばんでいるが、生計を維持するために重要である天然資源へのアクセスと質が低下することによって、今後ますますそうなるだろう(Barnett and Adger 2007)。例えば、バングラデシュでは、かなりの人々が、農地、社会基盤、通信システムを損失させる河川堤防の浸食や洪水によって、毎年影響を受けている。これらの資産は生計を維持するために不可欠である(Poncelet *et al.* 2010)。

## 急速な変化と先住民コミュニティ

既に述べたように、北極圏は地球上のどこよりも速く暖まっている。1975年以降、アラスカの気温は平均2.0～3.5℃まで上昇した。アラスカの海岸や川の航行可能水域に沿ったおよそ200の先住民の村が、浸食または洪水の頻度の上昇に脅かされており、5つのコミュニティにおいて、移転が唯一の解決策であると結論が下された。研究では、立ち退きは相当な文化的、社会的、経済的、心理学的な影響を及ぼすことが示されている(Bronen 2010)。

## 地球システムの諸課題に対する遷移とシステム対応

地球システムの諸課題は「込み入ってはっきりとせず、多くの利害関係者を伴い、構造の不確実性に包まれ、制御することが困難である、持続不可能という難解な諸問題」であると見なされてきた(Rotmans 2006)。その難解な諸問題は、それらの

症状に対処するだけであったり、採られた対策が単に周辺部への対策をわずかに増やすだけで根本的原因に対処することが不十分である場合には、再発する傾向がある。第 2 章～第 6 章（気候変動、土地荒廃、生物多様性損失、水の安全保障、化学汚染）で議論された様々な諸問題の一つ一つについて、持続不可能という症状がみられるが、社会の機構や制度のより深い根本的な問題が覆い隠されている。

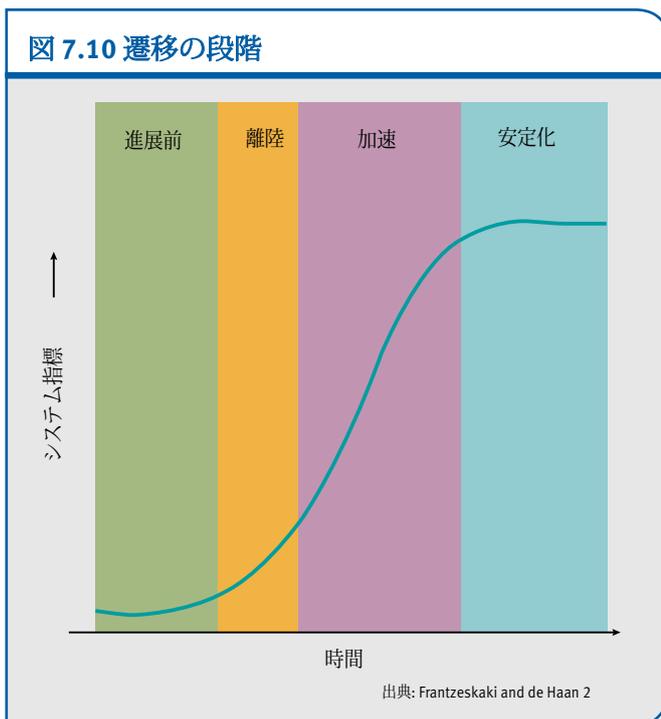
その問題の難解さは、Rotmans (2006)がシステム障害と呼ぶ、次のようなものによる。

- 制度のシステム障害：刷新を妨げる制度による支配
- 経済のシステム障害：市場開発の不十分さ、または投資資金の不足
- 社会のシステム障害：硬直化した行動
- 生態のシステム障害：本章初めに述べたレジームシフト

## 遷移管理

これらのシステム障害に対処するには、遷移管理など、斬新なガバナンスの形態が必要である(第 16 章)(Grin *et al.* 2010)。究極的に、これらのシステム障害が取り除かれると、構造や文化や慣習が変化すると共に、社会システムの構成や機能に、非線形な根本的なシステム変化がもたらされるだろう(Loorbach and Rotmans 2010)。

図 7.10 に示されるように、遷移 (transition: トランジション) の変化は、通常の徐々に進む社会変化とは異なり、次の 4 つの段階で生起する。すなわち進展前、離陸、加速、安定化の 4 つである。進展前と加速の段階の間にある離陸の瞬間が、多くの場合、システムが覆り、後戻りできなくなるポイントとして認識されている(Frantzeskaki and de Haan 2009)。



チリの特定海域内の大型船を削減したことで、漁業経営に斬新な解決策がもたらされた。© Joris Van Ostaeyen

1950 年以降の個人的移動手段や、集約農業、化石エネルギーインフラなどの出現といった歴史的な遷移は、貧困、不平等、教育不足といった社会問題を解決しようとする望みをもって、ある程度は推進された。しかし、これらの遷移が、今度は、それ自身による問題を生み出した。各個人は今や、安価なエネルギーや移動手段を利用できるようになったかもしれないが、その結果として、汚染や資源搾取や過密を招いている。複雑で難解な現代の諸問題に対処する際の課題は、より先を見越した、探索的なやり方で、それらに対処する新しい方法を見つけることである。変化の複雑なプロセスについて、その動態をよく理解し、それらの速度と方向に対して影響を及ぼそうとすることが必要である。

社会の遷移を推し進める力について、より完全に理解することが、地球システムのための政策を作る上で不可欠である(Frantzeskaki and de Haan 2009)。現在主流である政策や調査のアプローチは、主に、既存のシステムを向上させるように努力して、徐々に改善へと導いていくものであるが、遷移を思考するには、根本的な転換が必要である。周辺部を改善したり、既存システムの最適化を図るといった現在の流れは、技術システムだけでなく政策をも、そしてさらに社会システムも固定化してしまい(Frantzeskaki and Loorbach 2010)、結果的に、持続可能性から逸脱した社会へと導いてしまう。そのような固定化から抜け出すには、基本的に、構造、文化、慣習を改めて、長期の持続可能性を達成する根本的な転換、すなわち大転換 (第 16 と 17 章) が必要である。

社会経済システムと生態系の両者に不安定性が表れ、諸々の遷移がますます起こりそうになっているので、その速度と方向に対して効果的に、これらの遷移に影響を及ぼすための戦略を組み立てることが極めて重要である(Loorbach *et al.* 2011; Loorbach and Rotmans 2006)。指示して制御するやり方で遷移を誘導しても、うまくいかないけれども、様々な取り組み、例えば、既存社会の動きの統合、特定分野での技術革新、新たな慣習などを用いて、遷移に影響を及ぼすことは可能である。遷移を制御するためには、長期の安定した系統立てたモニタリングが重要であることが、Box 7.5 で例を用いて説明される。

### Box 7.5 危機に対する革新的な対応

チリでは、漁場連合が崩壊し、民主主義への動きが出たことで、漁師、科学者、管理者の間の非公式の協力と信頼に基づく、漁場を管理するためのいくつかの新しい取り決めを試みるチャンスが訪れた。チリの魚種資源が危機的な状況にあり、人々がその対策を求めていることを誰もが認識し、また同時に社会変化が始まっていた。このことが、新しいアプローチを積極的に受け入れるように促した。またその地域の沿岸生態系についての科学的な理解が十分に為され、漁業管理のための新しい管理計画の基盤と、新しい協同モデルが試行された。その結果、出来たものは、排他的な大洋領域を地元漁民や小規模漁業に割り付ける海洋保有権の全国システムだった。明確に定められた領域での大型船の数を減らすことによって、漁業圧力が下がった。

出典: Gelcich *et al.* 2010

地球システムが変化している証拠が示された以上、遷移の起こる必然性を理解することや、遷移のプロセスを統治し制御する方法を学ぶことが、特に重要である(Loorbach *et al.* 2011)。社会の変革に際して、徐々に導入されるトップダウンの変化と、自己組織化していくボトムアップのプロセスとの間で、動的な相互作用を引き起こす、新しい種類の複数レベルの変化プロセスが必要となる。なぜなら、専門家によって問題解決を行う伝統的なトップダウン方式は、複雑で非線形で急激に変化する状況に、効果的に対処できるほど、柔軟ではないからである。

これらの変化のプロセスには、新たな知識を発展させ、それを適用していくために、科学、政策、市民社会、企業からの担当者による活発な関与が必要である(O'Riordan 2008)。その

### Box 7.6 グレートバリアリーフのガバナンスの改善という遷移

ルソンら(Olsson *et al.* 2008)はグレートバリアリーフの場合には、管理が、柔軟なものでなければならず、また継続的で科学的なモニタリングに適応でき対応するものでなければならぬことを見出した。リーダーシップのもとでのコンセンサスの形成も重要であるが、この柔軟性が、新しい形の相互作用や作業のやり方を可能にする。グレートバリアリーフ海洋公園局と局長は、世界で最大のサンゴ礁生態系の管理を、生態学に基づくものにするために、国民、産業界、政府といったあらゆるレベルに支援を求め、それを獲得することに重要な役割を果たした。そのプロセスで決定的に重要なステップは、バリアリーフをより柔軟に管理するために、公的支援を得ることだった。新制度の下で、最も目を見張る最も議論的になったイニシアチブの一つは、あらゆる形態の漁業を禁止する地区を、6%から33%まで広げたことであり、何も採取しない世界最大のゾーンを作ることであった。バリアリーフの例は、人の幸福のために海洋生態系を積極的に管理するという姿勢に基づいて、人と自然を統合的に見る方向へ、考え方が転換されたことを示す。

出典: Westley *et al.* 2011

プロセスは、必然的に反復作業となるが、問題に共同で取り組む枠組の開発、将来についてのビジョンの共有、解決策を用いての実験、評価、学習から成る。このように展開されるボトム・アップの解決策は、地方の持続可能性を向上させることに寄与し、また当初のトップ・ダウンによる変化を補強し、それらのさらなる拡張を支援するものでなくてはならない(Weaver 2011)。またこれは、ドイツ地球環境変動諮問委員会(WBGU)によって提案されており、委員会は、州に対しては、優先度の決定とその決定を明確なメッセージで示す権限を与えると同時に、市民に対しては、発言権を持たせ、意思決定に関与させ、政策においてより積極的な役割を果たせるよう、広範囲な機会を与える必要性を指摘する(WBGU 2011)。

ボトム・アップの対応について、ウェストリーら(Westley *et al.* 2011)は、たいいていの場合、危機にひんした時に明らかになる、学識や技術革新に関する莫大な蓄積があると指摘する。トップダウンで立案プロセスを求めるのとは対照的に、ボトムアップで成功するためには、地域のコミュニティに考えを聞くこと、利用できる資源や可能性について地域住民に情報を流すこと、彼等を信頼し、多種多様な革新的な対応が出てくるようにすることが必要である。ウェストリーらによって示された例の一つが、Box 7.6に要約される(Westley *et al.* 2011)。

## 考察

地球システムは、サブシステム間やサブシステム内での多くの相互作用、フィードバック、非線形性を含み複雑である。人間は、地球システムの不可欠な要素として、その莫大な数と活動を通して、地球システムを変化させつつあるが、これらの変化の影響は一様には分布せず、人々や場所によっては、他よりも大きな影響が及んでいる。全体として、地球システムが余りにも複雑であるため、地球システムへの人間による圧力の急激な増加が及ぼす結果を予想することは出来ないが、それを超えると突然の不可逆的な変化を生じる閾値に既に到達しているか、または到達しようとしていることは明らかである。これらの変化は、地球の基本的な生命維持機能に影響を与えるだろう。

その変化のいくつかに対処する努力が為され、本報告書の他の箇所で述べたいくつかの成功例はあるが、本分析は、地球システムに対する人為起源の圧力である根本的駆動要因、特に人口増加と過剰消費に対処するアプローチの必要性を指摘する。と同時に、地球システムの複雑さと生来の不確実性によりうまく対処できるアプローチを採用することが必要である。そのようなアプローチは、順応的ガバナンスのプロセスとして第15章と第16章で議論される。しかし、これらのアプローチは、地球システムに関するあらゆる側面についての持続的な長期モニタリングや観察、進展についての定期的な評価、また観察で調整の必要が示された場合に目標を調整することによって、下支えされなければならない。同時に、基礎研究と応用研究によって、地球システムについての理解が向上し続けなければならないし、持続不可能という難解な問題の解決策を見出すために、この知見が利用できるようにされなければならない。

## 参考文献

- ACIA (2004). *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge
- Afrane, Y.A., Lawson, B.W., Githeko, A.K. and Yan, G. (2005). Effects of microclimatic changes caused by land use and land cover on duration of gonotrophic cycles of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) in Western Kenya Highlands. *Journal of Medical Entomology* 42, 974–980
- Allen, C.D. and Breshears, D.D. (1998). Drought-induced shift of a forest-woodland ecotone: rapid landscape response to climate variation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, 14839–14842
- APF (2007). *Climate Change and Africa*. Document prepared jointly by the African Partnership Forum (APF) and the Secretariat of the New Partnership for Africa's Development (NEPAD) for the 8th APF Meeting in Berlin, 22–23 May, 2007
- Aragão, L.E.O.C., Malhi, Y., Roman-Cuesta, R.M., Saatchi, S., Anderson, L.O. and Shimabukuro, Y.E. (2007). Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters* 34, L07701
- Bamber, J.L., Riva, R.E.M., Vermeersen, B.L.A. and LeBrocq, A.M. (2009). Reassessment of the potential sea-level rise from a collapse of the West Antarctic ice sheet. *Science* 324, 901–903
- Barnett, J. and Adger, W.N. (2007). Climate change, human security and violent conflict. *Political Geography* 26, 639–655
- Barnosky, A.D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G.O.U., Swartz, B., Quental, T.B., Marshall, C., McGuire, J.L., Lindsey, E.L., Maguire, K.C., Mersey, B. and Ferrer, E.A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471, 5–7
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P. (eds.) (2008). *Climate Change and Water*. IPCC Technical Paper VI. IPCC Secretariat, Geneva
- Beniston, M. (2003). Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change* 59, 5–31
- Biasutti, M., Held, I.M., Sobel, A.H. and Giannini, A. (2008). SST forcings and Sahel rainfall variability in simulations of the twentieth and twenty-first centuries. *Journal of Climate* 21, 3471–3486
- Böning, C.W., Dispert, A., Visbeck, M., Rintoul, S.R. and Schwarzkopf, F. (2008). The response of the Antarctic Circumpolar Current to recent climate change. *Nature Geoscience* 1, 864–869. doi: 10.1038/ngeo362
- Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C.L., Scott, A.C., Swetnam, T.W., van der Werf, G.R. and Pyne, S.J. (2009). Fire in the Earth system. *Science* 324, 481–484
- Briggs, R., Carpenter, S.R. and Brock, W.A. (2009). Turning back from the brink: detecting an impending regime shift in time to avert it. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(3), 826–831
- Bronzizio, E.S. and Moran, E.F. (2008). Human dimensions of climate change: the vulnerability of small farmers in the Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363, 1803–1809
- Bronen, R. (2010). Forced migration of Alaskan indigenous communities due to climate change. In *Environment, Forced Migration and Social Vulnerability* (eds. Afifi, T. and Jäger, J.). pp.87–98. Springer Verlag, Berlin
- Brown, O. and Crawford, A. (2009). *Climate Change and Security in Africa*. A study for the Nordic-African Ministers of Foreign Affairs Forum, 2009. International Institute for Sustainable Development (IISD), Winnipeg
- Brown, J.H., Valone, T.J. and Curtin, C.G. (1997). Reorganization of an arid ecosystem in response to recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94, 9729–9733
- Canadell, J.G., Le Quééré, D., Raupach, M.R., Field, C.R., Buitenhuis, E., Ciais, P., Conway, T.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A. and Marland, G. (2007). Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *PNAS* 104, 18866–18870
- Carpenter, S.R. and Bennett, E.M. (2011). Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *Environmental Research Letters* 6, 014009. doi: 014010.011088/011748-019326/014006/014001/014009
- CBD (2010). *Global Biodiversity Outlook 3*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- Chao, K.J., Phillips, O.L., Baker, T.R., Peacock, J., Lopez-Gonzalez, G., Vásquez Martínez, R., Monteagudo, A. and Torres-Lezama, A. (2009). After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences* 6, 1615–1626
- CIDA (2002). *Gender Equality and Climate Change: Why Consider Gender Equality when Taking Action on Climate Change?* Canadian International Development Agency (CIDA), Hull
- Cochrane, M.A. and Barber, C.P. (2009). Climate change, human land use and future fires in the Amazon. *Global Change Biology* 15, 601–612
- Crutzen, P.J. (2002). Geology of mankind. *Nature* 415, 23–23
- Cruz, R.V., Harasawa, H., Lal, M., Wu, S., Anokhin, Y., Punsalma, B., Honda, Y., Jafari, M., Li, C. and Huu Ninh, N. (2007). Asia. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Parry, M.L., Canziani, O.F., Paulutkof, J.P., van de Linden, P.J. and Hanson, C.E.). pp.469–506. Cambridge University Press, Cambridge
- da Rocha, H.R., Manzi, A.O., Cabral, O.M., Miller, S.D., Goulden, M.L., Saleska, S.R., R-Coupe, N., Wofsy, S.C., Borma, L.S., Artaxo, P., Vourlitis, G., Nogueira, J.S., Cardoso, F.L., Nobre, A.D., Kruijt, B., Freitas, H.C., von Randow, C., Aguiar, R.G. and Maia, J.F. (2009). Patterns of water and heat flux across a biome gradient from tropical forest to savanna in Brazil. *Journal of Geophysical Research* 114, G00B12
- da Silva-Nunes, M., Codeço, C.T., Malafronte, R.S., da Silva, N.S., Juncansen, C., Muniz, P.T. and Ferreira, M.U. (2008). Malaria on the Amazonian frontier: transmission dynamics, risk factors, spatial distribution, and prospects for control. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 79(4), 624–35
- de Menocal, P., Ortiz, J., Guilderson, T., Adkins, J., Sarnthein, M., Baker, L. and Yarusinsky, M. (2000). Abrupt onset and termination of the African humid period: rapid climate responses to gradual insolation forcing. *Quaternary Science Reviews* 19, 347–61
- de Young, B., Barange, M., Beaugrand, G., Harris, R., Perry, R.I., Scheffer, M. and Werner, F. (2008). Regime shifts in marine ecosystems: detection, prediction and management. *Trends in Ecology and Evolution* 23, 402–409
- Dwyer, E., Pinnock, S., Grégoire, J.-M. and Pereira, J.M.C. (2000). Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite observations. *International Journal of Remote Sensing* 21(6/7), 1289–1302
- EIA (2011). *World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions outside the United States*. US Energy Information Administration, Washington, DC
- Eldredge, N. (2001). *The Sixth Extinction*. American Institute of Biological Sciences. <http://www.actionbioscience.org/newfrontiers/eldredge2.html> (accessed 16 September 2011)
- Estes, J.A., Terborgh, J., Brashares, J.S., Power, M.E., Berger, J., Bond, W.J., Carpenter, S.R., Essington, T.E., Holt, R.D., Jackson, J.B.C., Marquis, R.J., Oksanen, L., Oksanen, T., Paine, R.T., Pickett, E.K., Ripple, W.J., Sandin, S.A., Scheffer, M., Schoener, T.W., Shurin, J.B., Sinclair, A.R.E., Soule, M.E., Virtanen, R. and Wardle, D.A. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science* 333, 301–306
- Eyring, V., Shepherd, T.G. and Waugh, D.W. (2010). *SPARC Report on Evaluation of Chemistry-Climate Models*. SPARC Report No. 5. Stratospheric Processes And Their Role in Climate. WCRP-132, WMO/TD-No. 1526
- Ezcurra, E. (ed.) (2006). *Global Deserts Outlook*. Division of Early Warning and Assessment, United Nations Environment Programme, Nairobi
- Finkel, M.L. and Law, A. (2011). The rush to drill for natural gas: a public health cautionary tale. *American Journal of Public Health* 101, 784–785
- Flannigan, M.D., Krawchuk, M.A., de Groot, W.J., Wotton, B.M. and Gowman, L.M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire* 18, 483–507
- Foley, J., Asner, G., Costa, M., Coe, M., Defries, R., Gibbs, H., Howard, E., Olson, S., Patz, J., Ramankutty, N. and Snyder, P. (2007). Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5, 25–32
- Foley, J.A., Coe, M.T., Scheffer, M. and Wang, G.L. (2003). Regime shifts in the Sahara and Sahel: interactions between ecological and climatic systems in northern Africa. *Ecosystems* 6(6), 524–539
- Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Crépin, A.-S., Daily, G., Danell, K. and Ebbesson, J. (2011). Reconnecting to the biosphere. *Ambio*. doi: 10.1007/s13280-011-0184-y
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C.S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35, 557–581
- Francis, J.A. and Hunter, E. (2006). New insight into the disappearing Arctic sea ice. *Eos, Transactions, American Geophysical Union* 87(46)
- Frantzeskaki, N. and de Haan, H. (2009). Transitions: two steps from theory to policy. *Futures* 41, 593–606
- Frantzeskaki, N. and Loorbach, D. (2010). Towards governing infrasystem transitions: reinforcing lock-in or facilitating change? *Technological Forecasting and Social Change* 77, 1292–1301
- Gelcich, S., Hughes, T.P., Olsson, P., Folke, C., Defeo, O., Fernández, M., Foale, S., Gunderson, L.H., Rodríguez-Sickert, C., Scheffer, M., Steneck, R.S. and Castilla, J.C. (2010). Navigating transformations in governance of Chilean marine coastal resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(39), 16794–16799. doi:10.1073/pnas.1012021107
- Gille, S.T. (2002). Warming of the Southern Ocean since the 1950s. *Science* 295(5558), 1275–1277. doi:10.1126/science.1065863
- Gillett, N.P., Weaver, A.J., Zwiers, F.W. and Flannigan, M.D. (2004). Detecting the effect of climate change on Canadian forest fires. *Geophysical Research Letters* 31, L18211. doi:10.1029/2004GL020876

- Goldammer, J.G. and de Ronde, C. (eds.) (2004). *Wildland Fire Management Handbook for Sub-Saharan Africa*. Global Fire Monitoring Centre (GFMC), Freiburg
- Graversen, R.G., Mauritsen, T., Tjernstrom, M., Kallen, E. and Svensson, G. (2008). Vertical structure of recent Arctic warming. *Nature* 451, 53–56
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. and Briggs, J.M. (2008). Global change and the ecology of cities. *Science* 319, 756–760
- Grin, J., Rotmans, J. and Schot, J. (2010). *Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long-Term for Transformative Change*. Routledge, New York
- Hall, C.A.S. and Day, J.W. (2009). Revisiting the limits to growth after peak oil. *American Scientist* 97(3), 230
- Hansen, J. and Nazarenko, L. (2004). Soot climate forcing via snow and ice albedos. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, 423–428
- Hays, J.D., Imbrie, J. and Shackleton, N.J. (1976). Variations in the Earth's orbit: pacemaker of the ice ages. *Science* 194, 1121–1132
- Hessl, A.E. (2011). Pathways for climate change effects on fire: models, data, and uncertainties. *Progress in Physical Geography* 35, 393–407
- Hewitt, R.P., Watkins J.L., Naganobu, M., Tshernyshkov, P., Briërley, A.S., Demer, D.A., Kasatkina, S., Takao, Y., Goss, C., Malyshko, A., Brandon, M.A., Kawaguchi, S., Siegel, V., Trathan, P.N., Emery, J.H., Everson, I. and Miller, D.G.M. (2001). Setting a precautionary catch limit for Antarctic krill. *Oceanography* 15(3), 26–33
- Hill, S.L., Murphy, E.J., Reid, K., Trathan, P.N. and Constable, A.J. (2006). Modelling Southern Ocean ecosystems: krill, the food-web, and the impacts of harvesting. *Biological Reviews* 81, 581–608
- Hoelzmann, P., Jolly, D., Harrison, S.P., Laarif, F., Bonnefille, R. and Pachur, H.-J. (1998). Mid-Holocene land-surface conditions in northern Africa and the Arabian Peninsula: a data set for the analysis of biogeophysical feedbacks in the climate system. *Global Biogeochemical Cycles* 12, 35–52
- Howarth, R., Santoro, R. and Ingraffea, A. (2011). Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic Change* 106, 679–690
- Huber, S., Fensholt, R. and Rasmussen, K. (2011). Water availability as the driver of vegetation dynamics in the African Sahel from 1982 to 2007. *Global and Planetary Change* 76, 186–195
- Huybrechts, P. (2009). Global change: west-side story of Antarctic ice. *Nature* 458, 295–296
- ICIMOD (2010a). *Mountain GeoPortal*. International Center for Integrated Mountain Development, Kathmandu. <http://geoportal.icimod.org/Downloads/FreeDataDownloads.aspx>
- ICIMOD (2010b). *Understanding Mountain Poverty: Exploring the Specificities of Poverty in the Mountain Areas of the Greater Himalayan Region*. International Center for Integrated Mountain Development, Kathmandu
- ICIMOD (2009). *Local Responses to Too Much and Too Little Water in the Greater Himalayan Region*. International Center for Integrated Mountain Development, Kathmandu
- IEA (2011). *World Energy Outlook 2011 Special Report: Are We Entering a Golden Age of Gas?* International Energy Authority, Paris
- IPCC (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- IUCN (2008). *Lebanon's National Forest Fire Management Strategy, Second Draft*. [http://cmsdata.iucn.org/downloads/forest\\_strategy\\_english\\_final\\_may09\\_1.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/forest_strategy_english_final_may09_1.pdf) (accessed 11 August 2011)
- Johnson, B., Kanagy, L., Rodgers, J. and Castle, J. (2008). Chemical, physical, and risk characterization of natural gas storage produced waters. *Water, Air, and Soil Pollution* 191, 33–54
- Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., Peller, A., Goldfinger, S., Cheng, D. and Tea, K. (2008). Shrink and share: humanity's present and future Ecological Footprint. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363, 467–475
- Kouris-Blazos, A. and Wahlqvist, M. (2000). Indigenous Australian food culture on cattle stations prior to the 1960s and food intake of older Aborigines in a community studied in 1988. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 9, 224–231
- Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Haberl, H. and Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20<sup>th</sup> century. *Ecological Economics* 68(10), 2696–2705
- Krey, V., Canadell, J., Nakicenovic, N., Abe, Y., Andruleit, H., Archer, D., Grubler, A., Hamilton, N.T.M., Johnson, A., Kostov, V., Lamarque, J., Langhorne, N., Nisbet, E., O'Neill, B., Riahi, K., Riedel, M., Wang, W. and Yakushev, V. (2009). Gas hydrates: entrance to a methane age or climate threat? *Environmental Research Letters* 4, 034007. doi:034010.031088/031748-039326/034004/034003/034007
- Kumssa, A. and Jones, J.F. (2010). Climate change and human security in Africa. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 17, 453–461
- Kuuskräa, V.A. and Stevens, S.H. (2009). *Worldwide Gas Shales and Unconventional Gas: A Status Report*. Advanced Resources International, Inc., Arlington, VA
- Lawrence, D.M., Slater, A.G., Tomas, R.A., Holland, M.M. and Deser, C. (2008). Accelerated Arctic land warming and permafrost degradation during rapid sea ice loss. *Geophysical Research Letters* 35, L11506
- Leadley, P., Pereira, H.M., Alkemade, R., Fernandez-Manjarrés, J.F., Proença, V., Scharlemann, J.P.W. and Walpole, M.J. (2010). *Biodiversity Scenarios: Projections of 21st Century Change in Biodiversity and Associated Ecosystem Services*. Technical Series No. 50. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- Le Quéré, C., Raupach, M.R., Canadell, J.G., Marland, G., Bopp, L., Ciais, P., Conway, T.J., Doney, S.C., Feely, R.A., Foster, P., Friedlingstein, P., Gurney, K., Houghton, R.A., House, J.I., Huntingford, C., Levy, P.E., Lomas, M.R., Majkut, J., Metz, N., Ometto, J.P., Peters, G.P., Prentice, I.C., Randerson, J.T., Running, S.W., Sarmiento, J.L., Schuster, U., Sitch, S., Takahashi, T., Viovy, N., van der Werf, G.R. and Woodward, F.I. (2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience* 2, 831–836. doi: 10.1038/ngeo689
- Le Quéré, C.L., Rödenbeck, C., Buitenhuis, E.T., Conway, T.J., Langenfelds, R., Gomez, A., Labuschagne, C., Ramonet, M., Nakazawa, T., Metz, N., Gillett, N. and Heimann, M. (2007). Saturation of the Southern Ocean CO<sub>2</sub> sink due to recent climate change. *Science* 316(5832), 1735–1738
- Levin, S.A. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* 1, 431–436
- Lewis, S.L., Brando, P.M., Phillips, O.L., van der Heijden, G.M.F. and Nepsstad, D. (2011). The 2010 Amazon drought. *Science* 331, 554
- Liu, Y., Stanturf, J. and Goodrick, S. (2010). Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management* 259 (4), 685–697
- Loorbach, D. and Rotmans, J. (2010). The practice of transition management: examples and lessons from four distinct cases. *Futures* 42, 237–246
- Loorbach, D. and Rotmans, J. (2006). Managing transitions for sustainable development. In *Understanding Industrial Transformation: Views from Different Disciplines* (eds. Olshoorn, X. and Wieczorek, A.J.). Springer, Dordrecht
- Loorbach, D., Frantzeskaki, N. and Thissen, W. (2011). A transition research perspective on governance for sustainability. In *European Research on Sustainable Development* (eds. Jaeger, C.C., Tabara, J.D. and Jaeger, J.). pp.73–89. Springer, Berlin-Heidelberg
- Luethi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K. and Stocker, T.F. (2008). High-resolution carbon dioxide concentration record 650,000–800,000 years before present. *Nature* 453, 379–382
- MA (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC
- Ma, X., Xu, J.C., Luo, Y., Aggarwal, S.P. and Li, J.T. (2009). Response of hydrological processes to land cover and climate change in Kejie watershed, southwest China. *Hydrological Processes*. doi:10.1002/hyp.7233
- Manney, G.L., Santee, M.L., Rex, M., Livesey, N.J., Pitts, M.C., Veefkind, P., Nash, E.R., Wohltmann, I., Lehmann, R., Froidevaux, L., Poole, L.R., Schoeberl, M.R., Haffner, D.P., Davies, J., Dorokhov, V., Gernandt, H., Johnson, B., Kivi, R., Kyrö, E., Larsen, N., Levelt, P.F., Makshtas, A., McElroy, C.T., Nakajima, H., Parrondo, M.C., Tarasick, D.W., von der Gathen, P., Walker, K.A. and Zinoviev, N.S. (2011). Unprecedented Arctic ozone loss in 2011. *Nature* 478(7370), 469–475. doi:10.1038/nature10556
- Maslanik, J., Stroeve, J., Fowler, C. and Emery, W. (2011). Distribution and trends in Arctic sea ice age through spring 2011. *Geophysical Research Letters* 38, L13502. doi:10.1029/2011GL047735
- McConnell, J.R., Edwards, R., Kok, G.L., Flanner, M.G., Zender, C.S., Saltzman, E.S., Banta, J.R., Pasteris, D.R., Carter, M.M. and Kahl, J.D.W. (2007). 20th-century industrial black carbon emissions altered Arctic climate forcing. *Science* 317, 1381–1384
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens III, W.W. (1972). *The Limits to Growth*. Universe Books, New York
- Mertz, O., Mbow, C., Nielsen, J.O., Maiga, A., Diallo, D., Reenberg, A., Diouf, A., Barbier, B., Moussa, I.B., Zorom, M., Ouattara, I. and Dabi, D. (2010). Climate factors play a limited role for past adaptation strategies in West Africa. *Ecology and Society* 15(4), 25. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art25/>
- Myers, N. and Knoll, A.H. (2001). The biotic crisis and the future of evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98, 5389–5392
- Nair, U.S., Wu, Y., Kala, J., Lyons, T.J., Pielke, R.A. and Hacker, J.M. (2011). The role of land use change on the development and evolution of the west coast trough, convective clouds, and precipitation in southwest Australia. *Journal of Geophysical Research* 116, D07103. doi:07110.01029/02010J014950
- Nature (2009). Earth's boundaries? *Nature* 461, 447–448. doi:10.1038/461447b
- NASA Earth Observatory (2010). *If Earth has Warmed and Cooled throughout History, What Makes Scientists Think that Humans are Causing Global Warming Now?* National Aeronautics and Space Administration. <http://earthobservatory.nasa.gov/blogs/climateqa/if-earth-has-warmed-and-cooled-throughout-history-what-makes-scientists-think-that-humans-are-causing-global-warming-now/>

- NASA GISS (2011). Surface Temperature Analysis. National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies. <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
- Nicol, S. and Robertson, G. (2006). Ecological consequences of Southern Ocean harvesting. *Books Online 2006*, 48–61. [http://www.publish.csiro.au/paper/9780643090712\\_03](http://www.publish.csiro.au/paper/9780643090712_03) (accessed 19 November 2011)
- Nijssen, B., O'Donnell, G.M., Hamlet, A. and Letterman, D.P. (2001). Hydrological sensitivity of global rivers to climate change. *Climate Change* 50, 143–175
- NOAA (2011). *Current Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. Earth System Research Laboratory, Global Monitoring Division. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/>
- Noticewala, S. (2007). At Australia's bunny fence, variable cloudiness prompts climate study. <http://www.nytimes.com/2007/08/14/science/earth/14fenc.html?pagewanted=print> (accessed 10 September 2011)
- Olsson, P., Folke, C. and Hughes, T.P. (2008). Navigating the transition to ecosystem-based management of the Great Barrier Reef, Australia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 9489–9494
- O'Riordan, T. (2008). Some reflections on the conditions for favouring integrated sustainability assessment. *International Journal of Innovation and Sustainable Development* 3(1–2), 153–162
- Osborn, S.G., Vengosh, A., Warner, N.R. and Jackson, R.B. (2011). Methane contamination of drinking water accompanying gas-well drilling and hydraulic fracturing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108, 8172–8176
- Pagani, M., Liu, Z., LaRiviere, J. and Ravelo, A.C. (2010). High Earth-system climate sensitivity determined from Pliocene carbon dioxide concentrations. *Nature Geoscience* 3, 27–30
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L., Canadell, J.G., Ciais, P., Jackson, R.B., Pacala, S.W., McGuire, A.D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S. and Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333, 988–993
- Parry, B. (2008). *Amazon: An Extraordinary Journey Down The Greatest River On Earth*. Penguin Books, London
- Pascual, M., Ahumada, J.A., Chaves L.F., Rodó X., and Bouma, M. (2006). Malaria resurgence in the East African highlands: temperature trends revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(15), 5829–5834. doi:10.1073/pnas.0508929103
- Petoukhov, V.A. and Semenov, V.A. (2010). A link between reduced Barents-Kara sea ice and cold winter extremes over northern continents. *Journal of Geophysical Research* 115, D21111
- Phillips, O.L., Aragão, L.E.O.C., Lewis, S.L., Fisher, J.B., Lloyd, J., López-González, G., Malhi, Y., Monteagudo, A., Peacock, J., Quesada, C.A., van der Heijden, G., Almeida, S., Amaral, I., Arroyo, L., Aymard, G., Baker, T.R., Bánki, O., Blanc, L., Bonal, D., Brando, P., Chave, J., de Oliveira, Á.C.A., Cardozo, N.D., Czimczik, C.I., Feldpausch, T.R., Freitas, M.A., Gloor, E., Higuchi, N., Jiménez, E., Lloyd, G., Meir, P., Mendoza, C., Morel, A., Neill, D.A., Nepstad, D., Patiño, S., Peñuela, M.C., Prieto, A., Ramírez, F., Schwarz, M., Silva, J., Silveira, M., Thomas, A.S., ter Steege, H., Stropp, J., Vásquez, R., Zelazowski, P., Dávila, E.A., Andelman, S., Andrade, A., Chao, K.-J., Erwin, T., di Fiore, A., Honorio C., E., Keeling, H., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Cruz, A.P., Pitman, N.C.A., Vargas, P.N., Ramírez-Angulo, H., Rudas, A., Salamão, R., Silva, N., Terborgh, J. and Torres-Lezama, A. (2009). Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323, 1344–1347
- Pielke, R.A., Pitman, A., Niyogi, D., Mahmoud, R., McAlpine, C., Hossain, F., Goldewijk, K.K., Nair, U., Betts, R., Fall, S., Reichstein, M., Kabat, P. and de Noblet, N. (2011). Land use/land cover changes and climate: modeling analysis and observational evidence. *WIREs Climate Change* 2, 828–850. doi:10.1002/wcc.144 <http://wires.wiley.com/WileyCDA/WiresArticle/wisid-WCC144.html>
- Plümper, T. and Neemayer, E. (2007). The gendered nature of natural disasters: the impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, 1981–2002. *Annals of the Association of American Geographers* 97(3), 551–566
- Pollard, D. and DeConto, R.M. (2009). Modelling West Antarctic ice sheet growth and collapse through the past five million years. *Nature* 458, 329–332
- Poncelet, A., Gemenne, F., Boussetta, H. and Martiniello, M. (2010). A country made for disasters: environmental vulnerability and forced migration in Bangladesh. In *Environment, Forced Migration and Social Vulnerability*. (eds. Afifi, T. and Jaeger, J.), Springer, Berlin
- Prentice, I.C. and Jolly, D. (2000). Mid-Holocene and glacial-maximum vegetation geography of the northern continents and Africa. *Journal of Biogeography* 27, 507–19
- Purkey, S.G. and Johnson, G.C. (2010). Warming of global abyssal and deep Southern Ocean waters between the 1990s and 2000s: contributions to global heat and sea level rise budgets. *Journal of Climate* 23, 6336–6351. doi:10.1175/2010JCLI3682.1
- Qin, B., Liu, Z. and Havens, K. (2007). *Eutrophication of Shallow Lakes with Special Reference to Lake Taihu, China*. Springer, Dordrecht
- Ramanathan, V. and Carmichael, G. (2008). Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience* 1, 221–227
- Reynolds, J.F. and Stafford Smith, D.M. (eds.) (2002). *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts?* Dahlem Workshop Report 88. Dahlem University Press, Berlin
- Roberts, C.J. and Wooster, M.J. (2008). Fire detection and fire characterization over Africa using Meteosat SEVIRI. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 46(4), 1200–1218
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J. (2009a). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14, 32. <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss32/art32/>
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009b). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475
- Rotmans, J. (2006). Tools for integrated sustainability assessment: a two-track approach. *The Integrated Assessment Journal* 6, 35–57
- Rustad, L.E., Campbell, J.L., Marion, G.M., Norby, R.J., Mitchell, M.J., Hartley, A.E., Cornelissen, J.H.C., Gurevitch, J. and GCTE-NEWS (2001). A meta-analysis of the response of soil respiration, nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia* 126, 543–562
- Schaefer, K., Zhang, T., Bruhwiler, L. and Barrett A.P. (2011). Amount and timing of permafrost carbon release in response to climate warming. *Tellus B* 63(2), 165–180
- Schellnhuber, H.-J. (2009). Tipping elements in the Earth system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(49), 20561–20563. doi:10.1073/pnas.0911106106
- Schmidt, G.A., Ruedy, R.A., Miller, R.L. and Lacs, A.A. (2010). Attribution of the present-day total greenhouse effect. *Journal of Geophysical Research* 115, D20106
- Screen, J.A. and Simmonds, I. (2010). The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification. *Nature* 464, 1334–1337
- Serreze, M.C. and Barry, R.G. (2011). Processes and impacts of Arctic amplification: a research synthesis. *Global and Planetary Change* 77, 85–96
- Sherman, K. and Hempel, G. (2008). *The UNEP Large Marine Ecosystem Report: A Perspective on Changing Conditions in LMEs of the World's Regional Seas*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- Shindell, D. and Faluvegi, G. (2009). Climate response to regional radiative forcing during the twentieth century. *Nature Geoscience* 2, 294–300
- Steffen, W., Crutzen, P.J. and McNeill, J.R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio* 36, 614–621
- Steffen, W., Andrae, M.O., Bolin, B., Cox, P.M., Crutzen, P.J., Cubasch, U., Held, H., Nakidenovic, N., Scholes, R.J., Talala-McManus, L. and Turner, B.L. (2004a). Abrupt changes: the Achilles' heels of the Earth system. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* 46, 8–20
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.J., Turner II, B.L., Wasson, R.J. (2004b). *Global Change and the Earth System*. Springer, Berlin
- Stephenson, S., Smith, L. and Agnew, J. (2011). Divergent long-term trajectories of human access to the Arctic. *Nature Climate Change* 1, 156–160
- Stockholm Resilience Centre (2009). *Tipping Towards the Unknown*. University of Stockholm. <http://www.stockholmresilience.org/research/researchnews/tippingtowardstheunknown.57cf9c5aa121e17bab42800021543.html> 20
- SWIPA (2011). *Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) – Executive Summary 2011*. Arctic Monitoring and Assessment Programme
- Takahashi, T., Sutherland, S.C., Wanninkhof, R., Sweeney, C., Feely, R.A., Chipman, D.W., Hales, B., Friederich, G., Chavez, F., Sabine, C., Watson, A., Bakker, D.C.E., Schuster, U., Metzl, N., Yoshikawa-Inoue, H., Ishii, M., Midorikawa, T., Nojiri, Y., Körtzinger, A., Steinhoff, T., Hoppema, M., Olafsson, J., Amarson, T.S., Tilbrook, B., Johannessen, T., Olsen, A., Bellerby, R., Wong, C.S., Delille, B., Bates, N.R. and de Baar, H.J.W. (2009). Climatological mean and decadal change in surface ocean p CO<sub>2</sub>, and net sea-air CO<sub>2</sub> flux over the global oceans. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 56, 554–577
- Tarnocai, C., Canadell, J., Schuur, E., Kuhry, P., Mazhitova, G. and Zimov, S. (2009). Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles* 23
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. <http://www.teebweb.org/TEEBSynthesisReport/tabid/29410/Default.aspx>
- Thompson, D.W.J. and Solomon, S. (2002). Interpretation of recent Southern Hemisphere climate change. *Science* 296(5569), 895–899. doi:10.1126/science.1069270
- Turner, G.M. (2008). A comparison of *The Limits to Growth* with 30 years of reality. *Global Environmental Change* 18, 397–411
- Turner, J., Bindschadler, R., Convey, P., di Prisco, G., Fahrback, E., Gutt, J., Hodgson, D., Mayewski, P. and Summerhayes, C. (2009). *Antarctic Climate Change and the Environment*. Scar and Scott Polar Research Institute, Cambridge

- UNEP (2011a). *Decoupling Natural Resource Use And Environmental Impacts From Economic Growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel*. United Nations Development Programme, Nairobi
- UNEP (2011b). Nellesmann, C., Verma, R., and Hislop, L. (eds). *Women at the Frontline of Climate Change: Gender Risks and Hopes*. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme and GRID-Arendal
- UNEP (2007). *Global Environment Outlook 4: Environment for Development*. United Nations Development Programme, Nairobi
- USEPA (2009). *Measurement of Emissions from Produced Water Ponds: Upstream Oil and Gas Study 1*. National Risk Management Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati
- USGCRP (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States* (eds. Karl, T., Melillo, J.M., and Peterson T.C.). US Global Change Research Program. Cambridge University Press, Cambridge. 188 pp. <http://www.globalchange.gov/what-we-do/assessment/previous-assessments/global-climate-change-impacts-in-the-us-2009>
- van der Werf, G.R., Dempewolf, J., Trigg, S.N., Randerson, J.T., Kasibhatla, P.S., Giglio, L., Murdiyarso, D., Peters, W., Morton, D.C., Collatz, G.J., Dolman, A.J. and DeFries, R.S. (2008). Climate regulation of fire emissions and deforestation in equatorial Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 20350–20355
- van Nes, E.H. and Scheffer, M. (2007). Slow recovery from perturbations as a generic indicator of a nearby catastrophic shift. *American Naturalist* 169, 738–747
- Vergara, W. and Scholz, M.S. (2010). *Assessment of the Risk of Amazon Dieback*. World Bank, Washington, DC
- von Braun (2007). *The World Food Situation. New Driving Forces and Required Actions*. International Food Policy Research Institute, Washington, DC
- WBGU (2011). *World In Transition. A Social Contract for Sustainability*. German Advisory Council on Global Change, Berlin
- Weaver, P.M. (2011). Pragmatism and pluralism: creating clumsy and context-specific approaches to sustainability science. In *European Research on Sustainable Development* (eds. Jaeger, C.C., Tabara, J.D. and Jaeger, J.). pp.173–186. Springer-Verlag, Berlin
- Westley, F., Olsson, P., Folke, C., Homer-Dixon, T., Vredenburg, H., Looibach, D., Thompson, J., Nilsson, M., Lambin, E., Sendzimir, J., Banarjee, B., Galaz, V. and van der Leeuw, S. (2011). *Tipping towards Sustainability: Emergent Pathways of Transformation*. Prepared for the 3rd Nobel Laureate Symposium on Global Sustainability: Transforming the World in an Era of Global Change, Stockholm. <http://www.stockholmresilience.org/seminarandevents/seminarandeventvideoes/>
- Wigley, T. (2011). Coal to gas: the influence of methane leakage. *Climatic Change*. doi:10.1007/s10584-10011-10217-10583
- Wolfenden, L., Hardy, L.L., Wiggers, J., Milat, A.J., Bell, C. and Sutherland, R. (2011). Prevalence and socio-demographic associations of overweight and obesity among children attending child-care services in rural and regional Australia. *Nutrition and Dietetics* 68, 15–20
- WWF (2010). *Living Planet Report 2010*. WWF–World Wide Fund For Nature, Gland
- Wysham, D.B. and Hastings, A. (2008). Sudden shifts in ecological systems: intermittency and transients in the coupled Ricker population model. *Bulletin of Mathematical Biology* 70, 1013–1031
- Xu, J., Grumbine, R.E., Shrestha, A., Eriksson, M., Yang, X., Wang, Y.U.N. and Wilkes, A. (2009). The melting Himalayas: cascading effects of climate change on water, biodiversity, and livelihoods. *Conservation Biology* 23, 520–530
- Xu, J.C., Shrestha, A.B., Vaidya, R., Eriksson, M. and Hewitt, K. (2007). *The Melting Himalayas: Regional Challenges and Local Impacts of Climate Change on Mountain Ecosystems and Livelihoods*. Technical paper. International Center for Integrated Mountain Development, Kathmandu
- Young, D.A., Wright, A.P., Roberts, J.L., Warner, R.C., Young, N.W., Greenbaum, J.S., Schroeder, D.M., Holt, J.W., Sugden, D.E., Blankenship, D.D., van Ommen, T.D. and Siegert, M.J. (2011). A dynamic early East Antarctic ice sheet suggested by ice-covered fjord landscapes. *Nature* 474, 72–75
- Zaks, D.P.M., Barford, C.C., Ramankutty, N. and Foley, J.A. (2009). Producer and consumer responsibility for greenhouse gas emissions from agricultural production—a perspective from the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters* 4, 044010
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Haywood, A. and Ellis, M. (2011). The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A* 369, 835–841
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Steffen, W. and Crutzen, P. (2010). The new world of the Anthropocene. *Environmental Science and Technology* 44, 2228–2231

# 必要なデータの見直し



© Nikada/iStock

執筆協力者: Charles Davies, Ashbindu Singh and Jaap van Woerden

主科学査読者: Rainer M. Krug

本章は事務局によって作成されたものである。

# 主要メッセージ

世界的な調査プログラムが実施され、環境情報を収集して人を引きつけるやり方でそれらを提示する技術が急速に向上したことで、現在と将来の環境問題について討論されている内容が情報提供されつつある。しかし、環境に関するデータ、特に、淡水の量や質、地下水の涸渇、生態系サービス、自然生息地の損失、土地荒廃、化学物質や廃棄物などの項目について、時系列の科学的に信頼できるデータが欠如しており、証拠に基づく政策を進展させる際の大きな障害になっている。

公式な環境統計は、まだ新しい分野のことであり、多くの国々においてデータの入手が困難であったりデータの質が低い。国の統計局によってその多くが収集され編集される環境統計は、GEO-5のような評価報告書にとって、最も重要な情報源の1つであるが、国連やその他機関から出される世界的報告書や大陸域の報告書では、通常、欠落している箇所がある場合は、欠落のままであるか、古いデータや推定値が使用される。

環境情報を支えていくための能力の開発が、特に開発途上国において著しく強化される必要がある。同じ項目に関するデータを作る際に、様々な国々が様々な手法を用いるために、多くの場合、比較が困難になる。このため、定期的なモニタリングが必要であり、国や大陸域をまたがって比較できるようにするために、データ作成の

手法を国際規格に沿うよう一致させることが必要である。また優先されるべきことは、既存の科学的な環境データが断片化しているなら、それらを国家レベルで統合し； 広範囲の潜在的な利用者に対して、例えばインターネット上で容易にアクセスできるようにし； その環境データを政策策定に使用される公的統計と結び付けることである。

環境問題には国境がないので、国際協力が不可欠である。環境情報を支える多くの世界や大陸域のイニシアチブの中のいくつかは、本章で説明される。比較可能なデータを国際的に協力して共有することが、気候変動のような地球規模の問題に対処する上で、また越境水路、大洋や海、極地域に関する環境問題に取り組む上で、特に重要である。現在、その協力メカニズムは、いくつかの地域において他の地域よりもはるかに強い。

効果的な環境政策を開発するための情報は十分に存在しており、データの欠落によって不実行が正当化されることはまずない。しかし、データ収集をより体系的に行う取り組みは、各国政府が国際的な目標へと向かう進展度を評価するのに役立つ、政府が政策の焦点を高め、政策の影響をモニターし、限られた資源を最も危機的な環境問題に投入して取り組むことができるようにする手助けとなる。

## 背景

本章は、GEO-5 が基にしているデータについて寸評を提供し、現在利用しているデータの制約のいくつかを明らかにし、また環境情報を下支えしているいくつかの世界プログラムと大陸域プログラムについて述べ、国々や大陸域がより効果的な環境モニタリングを促進できるようにするための最優先事項をいくつか特定する。

本章は、細かいことや技術的なことよりも、むしろ実際的なことに焦点を当てようとしている。世界の諸政府および多様な利害関係者で構成された協議会の要請に沿って、本章は、環境の現状と傾向（第1部）を追跡するために必要とされるデータに重点を置き、政策対応（第2部と第3部）に関するデータニーズについては簡潔に述べる。

## 定義

**データ**：「参照したり、分析するために使用される事実や統計値」のことであり(COD 2003)。本報告書でデータという場合は、普通に、ある種の科学的手法によって集められた複数の情報を指す。一個のデータという場合は、例えばカイロの繁華街で午前 8:00 に測定された気温である。

**データセット**：特定の課題について集積されたデータのことで、例えばカイロの繁華街の過去の気温についての記録である。

**情報**：「調査や研究の結果として、提供されたり習得される事実や知見」のことで(COD 2003)、本報告書における情報という言葉は、それらを用いる人によって正確に理解されたり不正確であったりする事実やデータや逸話や分析結果等の幅広い意味を持ち、例えばカイロを訪れるべき最も良い時期は 11 月から 3 月までの涼しい数か月間である、といったものである。

**統計**：本報告書において、統計とは、国の統計局によって収集された公的データを表記する際に使用されるものである。

**環境統計**：環境の現状と傾向について表記する統計のことで、自然環境（大気と気候、水、陸、土）という媒体、その媒体内の生物相、および人の居住地が対象とされる(OECD 2007)。

## 序文

GEO-5 のような評価書の事実としての質や、科学的な質は、環境の現状や傾向に関してどのようなデータが入手できるかに大きく左右される。経済データや社会データは、環境変化をもたらす駆動要因や社会経済的な影響（Box 8.1）を分析し、可能な対策やシナリオを検討するために重要である。指標は、多くの変数に関するデータを結び付けパッケージ化することによって得られるもので、情報を要約するため、また情報の伝達や理解を容易にするために使用される。その他様々な手段が、データや情報を視覚化し、提示し、広めるために使用される。

### Box 8.1 地球の環境変化をもたらす駆動要因に関して欠落している 3 つの主要データ

#### 人の移住

移住者がどこから来て、どこに行っているかというデータが、国際間での移住と国内での移住の両方に関して、また永続的な移住と一時的移住の両方に関して必要である。そのデータには、時期、人数、地理的な場所が含まれることが望ましい。

#### 農業システム

栄養塩類と水の流入と流出、ならびにその他の重要な資源の流れに関する基本的な情報が必要である。

#### 経済的生産に対する環境フットプリント

国レベルや製品レベルで、生産と消費のパターンが環境システムにどれほど影響しているかを理解するために、エネルギーと水の入力ならびに主要な汚染の出力に関する情報が必要である。

情報を入手できるか否かは、次のような諸活動に依存する。まずデータ収集で、例えば、大気と水の汚染レベル、海面水温の測定、土地被覆図作成のための人工衛星によるリモートセンシング画像等の収集；次に定期的な測定、比較を可能にする測定、また時系列測定などのモニタリングプログラム；次いで長時間かけて得られる傾向の比較や、設定ターゲットに向けた進展度などの、政策決定者が利用できる情報を作成するためのデータ分析；そしてパターンや傾向を説明するための結果についての解釈；などである。既存情報の欠落や、能力向上の必要性は、これらの諸活動の全領域に関連することである。

情報技術、リモートセンシング、地図情報システム(GIS)、全地球測位システム(GPS)、データベース管理、計測機器、データ視覚化ツール、ソーシャルメディア、インターネット、の急速な進歩によって、情報を収集し広めるためのこれまでにない機会が提供されている。デジタルデータ化される傾向によって、GEO のような従来の定期的で分析的な報告書に加えて、環境の現状を報告する新しい可能性が切り開かれ、利用者がデータや地図やその他情報に直接アクセスしたりダウンロードすることが可能になった。そうは言っても、多くの国の統計局は、国際的な協力や支援の恩恵を受けられる領域である統計システムの近代化に、このポテンシャルをまだ活用できていない。

大陸域と世界レベルで環境の変化を追跡するために、国際的に比較可能なデータが必要である。環境の現状や傾向を追跡するためのほとんどのデータは、国レベルで集められるが、その入手の可能性も質も、多くの国々でまだ低いままである。多くの国が、国独自のガイドラインに従うか、国際的なガイドラインの中のある改訂版に従っているため、国際的に比較可能なデータが生み出されない。

データは、広範囲にわたる公的および私的な情報源によって生成されるが、多くの場合これらは散在していて、世界的に比

較することが困難である。その上、私的に生成されたデータは知的所有権によって保護され、費用を支払った場合にのみ利用できるが、知的所有権が無ければデータは全く収集されなかったかもしれない。

2009年の国連報告で、「環境統計は、高い頻度で、高品質な統計としての標準的な特性、いわゆる適合性、正確性、適時性、アクセス可能性、解釈可能性、整合性、のうちの一つ以上を欠いていることが多い。環境統計がその場しのぎで、広く分散し、質のレベルが様々であるという事実を見れば、環境統計の指針となる体系化された基本構成、いわゆる枠組みが必要であることは明らかである(UN 2009)」と述べられている。

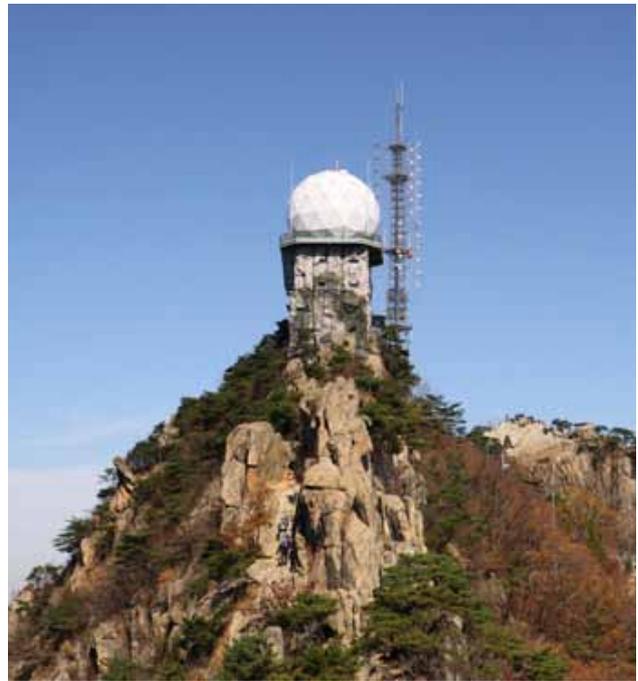
## 環境情報を支援する国際プログラム

多くの国際的なプログラムによって、データ収集や分析が支援され、環境の現状についての様々な項目のデータや情報が統合され、編纂され、広められ、提示されている。国連から発信される環境データや情報は、多くの場合、各国政府によって集められた統計に依存していることに留意しなければならない。

国連は、2002年の持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)と、国連の持続可能な開発委員会(CSD)の決定に応じて、持続可能な開発のためのコアセット指標(core set of indicators)を開発した。2007年10月に出版されたこれら指標の最新改訂版には、貧困、ガバナンス、健康、教育、人口動態、自然災害、大気、陸、大洋、海と沿岸、淡水、生物多様性、経済発展、世界経済パートナーシップ、消費と生産のパターン、を対象とする50のコアセット指標が含まれている(UN 2007b)。

環境統計整備に関する枠組み(UN 1984)は、各国が環境や関連する社会経済的データを整備し体系化するための、ひな形やガイドの役割を果たす。国連統計部(UNSD)は、国の統計制度が持つ伝統的な統計データの収集手法だけでなく、科学的モニタリングから得られる情報も含めて、広範囲に及ぶ環境統計の作成者たちにとって、この枠組みが中心(ハブ)となる転換がもたらされるよう、この枠組みを更新する作業プログラムを承認した。その更新は、各国内の環境データの統合、ならびに環境、経済、社会の各データの統合強化を目指す(UN 2009)。

環境統計におけるデータの収集、提供、トレーニング、能力向上のプログラムは、環境統計事務局間のワーキンググループ(IWGENV)によってコーディネートされ、国連統計部によって実施される。環境統計に関する国連統計部(UNSD)と国連環境計画(UNEP)によるアンケート調査は、水、大気、陸、廃棄物というテーマを対象にしている(UN 2011)。また国連統計部は、各国の環境経済勘定の現状についての特定データを集めて(UN 2007a)、国連環境経済勘定に関する専門家委員会(UNCREEA)の下で、環境経済勘定システム(SEEA)を開



韓国の冠岳山(クアナクサン)の測候所 ©Matteus/IStock

発した。経済協力開発機構(OECD)や欧州連合統計局(Eurostat)のような国連機関や国際的パートナーによる統計データに関する作業は、統計活動調整委員会(CCSA)によってコーディネートされ、また国連機関の間でのデータ交換は、UN dataの仕組み(data.un.org)を通して促進されている。

顕著な指標群や指数は、ミレニアム開発目標(MDGs)、特に環境の持続可能性を確保するためのMDG7に関する10個の指標と関連がある。指標群には、国連開発計画(UNDP)による人間開発指数(HDI)、エール大学の環境パフォーマンス指標、OECDのコアセット指標とキー環境指標、欧州環境機構(EEA)のコアセット指標などがある。多くの環境関連の世界的条約や大陸域の条約は、モニタリングや報告を行うプログラムを持っており、モンテリオール議定書の事務局のような条約事務局の多くが、担当する領域でのデータ収集、モニタリング、解釈、分析を行って国々を支援している(UNEP 1999)。

人工衛星によるリモートセンシングや、測候所や海洋ブイのネットワークといった技術からもたらされる地理空間データは、環境情報のもう一つの重要な源泉であるが、全球地球観測システム(GEOSS)のような、国際的な大きな地球変動研究プログラムやイニシアチブが、この種の情報にアクセスする新たな機会を提供している。GEOSSは、世界中の既存および計画中の観測システムを結び付けることによって、また情報の欠落がある場合には、新システムの開発を支援することによって、種々様々な利用者に意思決定の支援ツールを提供するために設立された。またGEOSSは共通の技術基準の普及を促し、多くの様々な観測手段から得られるデータを、一貫性のあるデータセットの中に結合させることを可能にする。さらにGEOSSのデータ共有原理は、人工衛星の運用者に対して、データへのアクセスをより多く可能とするよう促してきた(GEO 2010)。

表8.1 環境 Data Explorerのデータ提供者

環境 Data Explorer のウェブサイト(geodata.grid.unep.ch)にて、最新情報やデータ提供者へのウェブリンクを見ることができる。

生物多様性指標パートナーシップ (BIP)  
Biodiversity Indicators Partnership

フランス地質調査所 (BRGM)  
Bureau de Recherches Géologiques et Minières

二酸化炭素情報分析センター (CDIAC)  
Carbon Dioxide Information Analysis Center

環境システム調査センター (CESR)  
Center for Environmental Systems Research

国際地球科学情報ネットワーク協会 (CIESIN)  
Center for International Earth Science Information Network

災害疫学研究センター (CRED)  
Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

宇宙力学研究コロラドセンター (CCAR)  
Colorado Center for Astrodyamics Research

オーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO)  
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

コンサーベーション・インターナショナル (CI)  
Conservation International

環境システム研究所 (ESRI)  
Environmental Systems Research Institute

欧州委員会共同研究センター(JRC) の環境持続可能性研究所 (IES)  
European Commission Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability

欧州宇宙機関 (ESA)  
European Space Agency

国連食糧農業機関 (FAO)  
Food and Agriculture Organization of the United Nations

森林管理協議会 (FSC)  
Forest Stewardship Council

グローバル・フットプリント・ネットワーク (GFN)  
Global Footprint Network

Global Land Cover Facility (GLCF)

気象変動に関する政府間パネル (IPCC)  
Intergovernmental Panel on Climate Change

国際熱帯農業センター (CIAT)  
International Centre for Tropical Agriculture

国際エネルギー機関 (IEA)  
International Energy Agency

国際地下水資源アセスメントセンター (IGRAC)  
International Groundwater Resources Assessment Centre

国際労働機関 (ILO)  
International Labour Organization

国際標準化機構 (ISO)  
International Organization for Standardization

国際自然保護連合 (IUCN)  
International Union for the Conservation of Nature

IUCN と UNEP による世界自然保全モニタリングセンターの世界保護地域データベース (WDPA)

IUCN と UNEP World Conservation Monitoring Centre - World Database on Protected Areas

米航空宇宙局(NASA)  
National Aeronautics and Space Administration, United States

NASA のゴダード宇宙飛行センター (GSFC)  
NASA Goddard Space Flight Center

米国立生態系分析・統合センター (NCEAS)  
National Center for Ecological Analysis and Synthesis, United States

全米海洋漁業局 (NMFS)  
National Marine Fisheries Service, United States

米国立地球物理データセンター (NGDC)  
National Geophysical Data Center, United States

米国海洋大気局 (NOAA)  
National Oceanic and Atmospheric Administration, United States

オランダ環境評価庁 (PBL)  
Netherlands Environment Assessment Agency

原子力機関 (NEA)  
Nuclear Energy Agency

経済協力開発機構 (OECD)  
Organisation for Economic Co-operation and Development

森林認証プログラム (PEFC)  
Programme for the Endorsement of Forest Certification

ラムサール条約の事務局  
Ramsar Convention Bureau

バーゼル条約の事務局  
Secretariat of the Basel Convention

生物多様性条約の事務局  
Secretariat of the Convention on Biological Diversity

国連砂漠化防止条約 (UNCCD) の事務局  
Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification

国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) の事務局  
Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change

国連児童基金 (ユニセフ)  
United Nations Children's Fund

国連開発計画 (UNDP)  
United Nations Development Programme

国連教育科学文化機関 (ユネスコ)  
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

国連環境計画 (UNEP)  
United Nations Environment Programme

UNEP/GRID-Arendal

UNEP の地球環境モニタリングシステムの中の陸水監視部門 (GEMS Water)

UNEP Global Environmental Monitoring System - Water Programme

UNEP の世界自然保全モニタリングセンター (UNEP-WCMC)  
UNEP World Conservation Monitoring Centre

国連難民高等弁務官事務所 (UNHCR)  
United Nations Refugee Agency  
(以前は、United Nations High Commissioner for Refugees)

国連法務部 (OLA)  
United Nations Office of Legal Affairs

国連人口部 (UNPD)  
United Nations Population Division

国連統計部 (UNSD)  
United Nations Statistics Division

アメリカ地質調査所 (USG)  
United States Geological Survey

カリフォルニア大学バークレー校の脊椎動物博物館  
University of California at Berkeley Museum of Vertebrate Zoology

メリーランド大学 (UMD)  
University of Maryland

モンタナ大学の生態系及び保全科学部  
University of Montana Department of Ecosystem and Conservation Sciences

ウォーター・フットプリント・ネットワーク (WFN)  
Water Footprint Network

世界銀行の世界開発指標 (WDI)  
World Development Indicators, World Bank

世界エネルギー会議 (WEC)  
World Energy Council

世界氷河モニタリングサービス (WGMS)  
World Glacier Monitoring Service

世界保健機構 (WHO)  
World Health Organization

WHOによる州・県レベル行政界データセットプロジェクト(SALB)  
Second Administrative Level Boundaries dataset project

WHO とユニセフによる水と衛生施設に関する共同モニタリング事業 (JMP)

Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation

WHO とユニセフによるロールバックマラリア  
Roll Back Malaria

世界銀行  
World Bank

UNEPの環境Data Explorer(geodata.grid.unep.ch)は、500以上の変数を対象にした広範囲の経済、社会、環境に関するデータを編纂して提示しており、GEO やその他の環境影響評価を裏付ける、環境の現状や傾向を追跡するために用いることができる。データ提供者や変数の最新リストは、Data Explorer (表 8.1) 上で入手できる。

## テーマ別の欠落点

多くの世界プログラムは、国家レベルで集められるデータを支援し、編纂することに重点を置いている。ほとんどすべてのテーマに関して、データ入手の可能性が地理的に偏っていて、

開発途上国におけるデータが一般的に乏しい。地方政府レベルで集められたデータ（例えば都市の大気質に関して）は、さらに一層、断片化している傾向がある。二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）のいくつかの排出源を含め、産業活動や体系化された経済部門に結び付けられている変数は、容易に測定されモニター可能である。その他、森林被覆などの項目も、人工衛星のリモートセンシングを用いて、広いスケールで評価されることができるとは、しかし、人の健康に害を及ぼす大気汚染や水質汚染のような環境変化の影響は、広域に拡がるため、測定することも、特定の原因に結び付けることも難しい場合がある。これらの制約が、環境変化の影響を測定する際の重大な問題となっている。

環境の現状についての科学的側面と政策的側面の両方に関する調査は、絶えず進展し続けており、各国は新しく出現する問題に関するデータを集める際に、より大きな課題に直面する。極地域、公海上、大気上層でのデータ収集やモニタリングは、国際的に協力して実施されるプログラムに依存する。

## 大気

- 気候データは、開発途上国において著しく不足しているため、いくつかの大陸域では依然として制約されたままである。温度変化を大陸のスケールよりも細かい精度で把握し、その変化を人や自然の原因に帰属させることは、依然として難しく、土地利用の変化や汚染などの要因が複雑に絡まっている（IPCC 2007）。気候変動や極端現象から受ける影響は、性別、年齢、社会的地位に左右されると同時に、富や教育レベル、身体的障害、健康状態などの広範囲に及ぶ経済的、社会的、地理的、文化的、制度的な要因、

そしてガバナンスや環境の要因にも左右される。一般に、災害リスクを減らすための災害のデータと災害対策に関するデータが、地方レベルで欠けている（IPCC 2011）。

- 温室効果ガスの排出、オゾン層破壊物質、その他多くの汚染物質に関するデータの質や量が、近年向上してきたが、それはそれらのデータが国連気候変動枠組み条約（UNFCCC）やモントリオール議定書を含む、多くの国際的なプログラムや条約によって必要とされ、支援されているからである。排出量データについての政策の適合性は、それらを部門別に、例えば輸送などの部門に分けることによって高められる。つまり陸上輸送、航空輸送、水上輸送といったサブ部門別や、燃料やエンジンのタイプ別に分けることで高められる。関連する条約の締約国でない国々にとって、データ入手の可能性はより限定的であり、欠落する部分については、多くの場合、モデル推定を利用して充当される。
- 世界的な条約において焦点が当てられていない汚染物質である、硝酸塩、硫酸塩、対流圏オゾン、粒子状物質、黒色炭素、に関する大気質データについては多くが欠落しており、特に開発途上国ではそうで、データが入手できても、それらが断片化していて、アクセスが困難なことがある。屋内大気汚染は、特に低所得国において女性に過度の影響を及ぼし、主な死亡原因となっている。人々の家屋の内部をモニターすることは現実的ではないため、世界疾病負荷を算定する WHO の計画では、屋内大気汚染の影響の推定値が利用される（WHO 2010, 2009）。



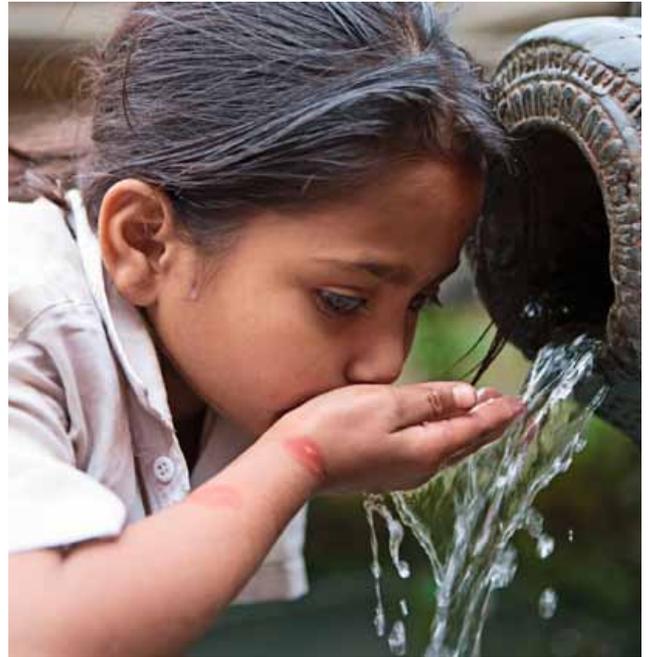
世界の主なバイオ燃料作物の一つであるサトウキビ。バイオ燃料の生産や使用に関するデータには依然として重大な欠落点がある。

© Wendy Townrow/iStock

## 陸

土地の被覆と利用に関する評価方法は様々であり、実に様々な結果がもたらされる。一般に、これらの項目に関して入手できるデータには多くの不備がある。

- 世界の乾燥区域の範囲は、様々なプログラムによって、様々な分類や方法論が用いられるために不明確である (ICTSD 2007)。
- 人工衛星のデータを使用する新しい推定法が開発されつつあるが、土地荒廃に関して世界規模で比較できるデータは限定されており、乾燥地域の国々が土地荒廃に対処するために、最も大切な情報ベースにしてきたものは、1990年の「地球規模での人為的土壌劣化に関する評価」(GLASOD) にまで遡らねばならない (UN 2004)。
- 湿地に関して、包括的な完成した世界規模のデータベースは存在せず、また地球の湿地範囲に関する様々な推定は、極めて一貫性がない (Lehner and Doll 2004; Finlayson *et al.* 1999)。
- リモートセンシングは土地被覆や土地利用に関する知識を前進させただけでも、様々な時点のデータが、センサー技術の変化、不十分なグラントゥルーシング、生態系描写に関する取り決め不足などによって、比較できないことが多く、変化についての情報の信頼性は限定的である。例えば、森林については多くの定義が存在する。
- 人工衛星によって導き出された都市の面積の推定値は、世界の土地被覆の0.5%未満で、世界の都市人口地図に基づくこれまでの推定値より4~6倍小さい (Schneider *et al.* 2009)。
- 森林減少に関する最近のFAOによる2つの再調査で、2000~2005年のデータに対して非常に異なった傾向が示された。一つは各国の報告書に基づく調査で、過去よりも森林減少の速度が遅くなっていることを示し、もう一方はリモートセンシングに基づく調査で、その速度がより速くなっていることを示している (FAO and EC-JRC 2011; Hansen *et al.* 2010)。
- 炭素貯蔵の基準値データと貯蔵変化のモニタリングが必要とされており、放牧地と草地在著しい炭素隔離の潜在力を持っているという証拠が今もなお提出され続けている。
- バイオ燃料に関する生産や使用の拡がりなどのデータは、いくつかの国々で国レベルのデータセットを見いだしても、世界レベルでは断片化されていて不完全である。
- 国際農業開発基金 (IFAD) は、貧しい人々に対して国が土地への立ち入りや土地保有権を保証する国としての能力を評価するための一連の指標をモニターしている (IFAD 2008)。諸政府は、それらの指標やその他の社会、経済、環境の指標を応用して、アフリカやその他どこかで起こっている土地利用の変化や、大規模な国際的土地取引の影響を評価できるかもしれない (Bach *et al.* 2009)。



カトマンズのパタン旧王宮広場の都市の泉から水を飲んでいるネパール人の少女。その地元住民たちは清潔な飲料水を汲むために何時間も行列に並ぶことがよくある。 © Wendy Townrow/iStock

## 水

- 水質や水量に関する包括的なデータは、依然として優先順位が高く、越境している帯水層系の地図の製作や目録の編纂は、越境水域評価プログラム (TWAP) にとって、大きな課題であるだろう (UNEP 2011a)。
- 地下水に関する、利用可能度、質、採取、用途、管理、規制などのデータは、一般に、地表水に関するデータよりも限定的である。多くの地域で、地下水が持続不可能に採取され続けている以上、これを是正することの優先順位が高められるべきである。また、硝酸塩やヒ素のような物質による地下水汚染に関するデータが限定されている。
- 飲料水と衛生施設を利用できているかどうかに関する情報は、ミレニアム開発目標7のターゲットを追跡する過程で向上してきた。これらの問題に関する性別のデータは、依然として優先順位が高い。
- すべての水関連の疾病傾向を評価するために利用できる世界規模のデータセットは存在しないため、コレラに関する世界の傾向データが、代わりに使用されている。
- 国連水関連機関調整委員会 (UN-Water) が、統合的な水管理アプローチの現状と傾向についての情報を編纂している (UN-Water 2008a)。
- 越境水の管理は、共同でモニタリングして評価すると共に、比較可能な情報を交換することが、長年にわたって持続可能な信頼できる協力関係を形成するために必要である (UN-Water 2008b)。

## Box 8.2 ヒマラヤ山脈の氷河のモニタリング

アジアのヒマラヤ山脈やその他の高い山脈の氷河は、大陸の主要な河川の源泉であり、下流の脆弱で人口密度の高い流域を支えている。氷河の質量の変動を理解することは、下流域の水資源、農業、災害リスク軽減に関する意思決定を行う際に不可欠である。氷河の質量の変化は、氷河の大きさ、微気候、局所地形、標高範囲、太陽の向き、インドのモンスーンによる影響の変化、中央アジアと中国西部の砂漠による影響の変化など、多くの複合要因に依存している。またヒマラヤ山脈地域の雪や氷河の融解が、気候変動にどう反応していくのか、またその変化が生態系や人の幸福にどう影響するのかということについても不確定な要素が大きい。

適切な衛星画像の入手や、野外調査（グラントトゥルーシング）による結果の確認などの制限はまだあるものの、氷河の面積や長さを測定する能力は、リモートセンシングによって改善

された。しかし、氷河の長さや面積だけでなく、重要な要素なのではなく、その厚みが重要であるのだが、その測定が非常に難しい。また必要なヒマラヤ山脈の気象データや観測基地の不足が、氷河、積雪、ならびに氷河湖決壊洪水といった関連現象に対する気候変動の影響に結論を出す上で、大きな障害になっている。さらにもう一つの難題は、ヒマラヤ山脈が、財政能力や社会経済的目標の異なる8つの国にまたがっていることであり、それは、この地域の長期プログラムの強化には、国際協力が必要であることを意味している。

「我々は氷河が後退しているかもしれないという事例に基づく証拠は持っているが、人工衛星画像と地上調査の両方による、注意深く入念に調べられた正確なデータが必要である。」  
インドのマンモハン・シン首相

- 比較可能なデータは、部門別、国別の水資源の効率、水フットプリント、取引製品中の仮想水の動き、に関するデータが必要とされている。
- 大洋や海洋生態系に関して新たに生じている問題、例えば海洋酸性化、海ゴミ、海水浴のための水質、海洋生物によって隔離される炭素、サンゴ礁やアオコの状態などに関するデータは、一連の調査や多くのイニシアチブによって向上してきている。全ての大陸域は、少なくとも漁業の現状と傾向に関する何らかの情報を持っているが、一般的に、海洋環境に関して世界全体をカバーするデータには大きな欠落があり、特に国の管轄権を超えた海域に欠落があって、時系列の一貫性はほとんど保たれていない(UNEP and IOC-UNESCO 2009)。
- 氷河や氷の被覆に関するデータの入手状況は、観測網とリモートセンシングによって向上しているが (Box 8.2)、永久凍土層についての情報は、まだほとんど調査段階にあり、ほんの少しの区域のみがモニターされている。

## 生物多様性

- 保護区や絶滅危惧種のような生物多様性の現状に関するデータは向上しつつあるが、偏りがある(BIP 2010)。例えば、無脊椎動物や植物より、鳥類や哺乳類の方が、多くのデータがある。一般に、熱帯地域は世界の生物多様性の中で最も大きな割合を占めているが、熱帯地域におけるモニタリングの規模が最も小さい(UNEP 2011a)。
- 侵略的外来種の個体群数についてのデータは、それが入手できたとしても、多くの開発途上国において特にそうであるが、恐らくかなり過小評価になっている。侵略的外来種に極度に苦しんでいる小さな島々にとって、この格差

への対処は優先事項である。

- 各国は、生物多様性条約(CBD)の下で採択された愛知ターゲット 2011-2020 に対して、報告を行うことになっている。最近の再調査によって、これらのターゲットについての報告を支援する既存の観測システムの妥当性が診断されたが、多くのデータ欠落点が確認されている(GEO BON 2011)。
- 以前の 2010 年生物多様性指標パートナーシップ (BIP 2010)の下では、伝統的知識についても、遺伝資源についても、取得機会と利益配分の状況といったテーマに対する指標が、包括的なデータ不足のために、完全には開発されることができなかった。
- 魚や材木など、直接消費される天然資源のデータ収集に、かなりの努力が過去になされてきたが、それらのデータの品質は、漁獲対象が食物網における低栄養段階の魚種へ移行することで生じる漁獲の構成変化をモニターするには不十分である。
- 生息地の範囲の変化、海洋酸性化、乱獲、化学物質などの、生物多様性を損失させる駆動要因を、生物多様性の現状における傾向と結び付けるデータが不足している。
- コミュニティに管理されている保護区の数や範囲について包括的に評価したものがない。
- ミレニアム生態系評価 (MA) や「生態系と生物多様性の経済学」(TEEB) といったイニシアチブは、広範囲に及ぶ生態系の物品やサービス、例えば災害リスクを軽減させる生態系の持つ価値である調整サービス、ならびに文化サ

ービスなどを算定し評価する手法を開発した。しかし、これらの手法をサポートするための統計システムの能力は、ほとんどの国々においてまだ限定的である。

## 化学物質と廃棄物

- 人の健康や環境への化学物質の影響は、単に少数の化学物質に対して、最新規格(USEPA 2005)に違反していないか評価されてきただけである。様々な暴露量や濃度による影響、複数の化学物質への暴露が結合された場合の影響についてのデータは、まだ調査の初期段階にあるか、行われていない。さらに、リスク評価の手続きの多くは、平均的な成人データを用いてなされているので、子供へのリスクも検討される必要がある。
- 多くの化学物質が、体系立てた評価がなされる前に、商品として定着されてしまう結果(Lowell Center for Sustainable Production 2003)、人や動物のホルモンや生殖器系に損傷を与える可能性がある化学物質による内分泌腺かく乱などの予期せぬ特性に対して、懸念が示されるようになった(UNEP 2010)。
- 多くの先進国では、欧州委員会の REACH プログラムのような化学物質に関する規則によって、化学物質の毒性や社会経済的影響といった問題に関する情報へのアクセスを、大きく向上させるデータ目録が作成された(EC 2012)。

- ナノ粒子を含有する多くの新素材が生産され、広く売買されているが、人体暴露の何らかの可能性が確認されても、安全性試験は限定的にしか行われていない(Morris *et al.* 2011; Sass *et al.* 2006)。

- 国際レベルでの有害廃棄物に関するデータは、主として「有害廃棄物の越境移動及びその処分の規制に関するバーゼル条約」の事務局に提出される報告書を通して提供される。しかし、各国の報告書の数は減少してきており、それらが含むデータも少なく、解釈が困難なこともある。最近の分析レポートによれば、報告している締約国からのデータが、報告していない締約国が関与する越境移動についての情報を含んでいる場合には、有害廃棄物の越境移動に関するデータは満たされていると言える。それでも、輸入の状況によっては、有害廃棄物の生成とそれらの処理について、もっと多くのデータが必要とされる。また、いくつかのデータについては、その質について懸念が表明されており、不法活動やインフォーマルセクターで生成および廃棄された分のデータが反映されていない(Basel Convention 2010)。

- 世界中の廃棄物の生成、収集、処理に関する信頼できるデータが不足しており、特に最も発展しつつある地域において、それらのデータが不足している。都市や家庭での廃棄物は、産業廃棄物や有害廃棄物と共に、特に優先される



北極圏に置かれた燃料や化学薬品の錆びたドラム。© Vladimir Melnik/iStock

べき事項である。都市や家庭廃棄物のデータ収集は、複雑で多くの時間を要し、また様々な発生源、例えば廃棄物の収集会社やゴミ処理施設などによる二重計上の危険性もある。

- ほとんどの高所得国では、激しく汚染された現場は、既に特定され改善されてきているが、多くの低所得国や中所得国では、汚染の多発地点がしっかり文書化されておらず、時には、地元や政府に全く知られていない(Blacksmith Institute 2011)。
- 環境内や人体内の残留性有機汚染物質 (POPs) に対する長期的なモニタリングプログラムが、特に南半球において維持され拡張される必要がある(UNEP 2009a)。
- 海洋汚染についての長期モニタリングは、特に開発途上国において財政的制度的な能力の制約に直面している(UNEP/GPA 2006)。

## 政策と対応

- 数値目標が掲げられたターゲットは、ターゲットが達成されつつあるか否かの追跡がなされるために、データ収集に拍車をかけることができる。しかし、水と衛生施設のためのミレニアム開発目標 MDG7 のターゲットのように、数値目標が掲げられた環境ターゲットは、ほんの少しの国際的目標にしか採用されていない。
- エコラベルや認証、またそれらに類似するプログラムの実施状況については、いくつかの情報が入手可能である。また保護区に関する情報や、条約の批准や実施に関する情報も入手可能である。これらの情報は条約事務局や ECOLEX (www.ecolex.org) のような編纂物によってもたらされる。
- 環境対策費、グリーン投資、グリーン GDP 勘定、「生態系サービスへの支払い」(PES) 構想の動向や有効性、環境犯罪、環境政策の有効性、などの項目に関しては、限られたデータが利用可能である。
- 政府やその他利害関係者は、保護区の拡がりや、車の排ガス規制の順守などの遂行状況を見たり、種の絶滅リスクや大気質の傾向などの影響を見ることにより、環境政策をモニターすることができる。

## 社会経済的な事項

- 社会経済のデータや指標、例えば、国勢調査データや従来の国内総生産 (GDP) は、環境領域に適合させることが難しいということが、これまでの経緯ではっきりと分かっている。環境経済統合勘定 (SEEA) (UN *et al.* 2003) や UNEP のグリーン経済イニシアチブ(UNEP 2011c) のような多くのイニシアチブが、GDP を補完するための環境指標や社会指標の開発を支援しており、世界中の様々な国々で適用され始めている。
- 人口趨勢と分布に関する基礎データは向上している。環



サンゴ礁を回復させようとするダイバーのチームが、タンザニアのペンバ島の北西海岸沖を調査している。© J Tamelander/IUCN

境の現状とより密接に関係する社会経済的なデータ、例えば、貧困と環境の関係や、環境と安全保障の関係などの項目は、まだ主として代理データや事例研究に基づいている。ミレニアムインスティテュート (Millennium Institute) の T-21 モデルのような手法(UNEP 2011b) は、環境データと社会経済的なデータを結合させて、政策関連の情報、例えば、資源の枯渇がどのように GDP に影響するかを実証するための情報を生成している。

- 環境に関する問題についての男女別のデータが、特に開発途上国のほとんどで不足していて、自然資源を使用し管理する仕組みにおける男女間格差を分析し理解することを困難にしている。
- 物流、ならびに資源の利用や効率に関するデータは向上しているが、資源の貯蔵といった項目について信頼できる基本データが、多くの場合、不足している。
- 再生可能エネルギーを含む、エネルギーの生産と消費に関するデータを入手できる可能性は、国際エネルギー機関やその他の組織を通して向上しつつある(IEA 2011)。

## 大陸域イニシアチブと優先事項

多くの大陸域のプログラムは、各大陸域内の国々の、特定ニーズ、発展状況、優先順位の高い環境項目、に基づいて環境情報の強化を目指している。表 8.2 は、これらのプログラムと大陸域での優先順位の高い項目について選定されたものを表にしている。

表 8.2 環境情報に対する大陸域のイニシアチブと優先事項（選定されたもの）

<p>アフリカ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国連統計部(UNSD)、アフリカ統計センター、およびUNEPが、持続可能な開発委員会（CSD）の指標、ミレニアム開発目標（MDGs）、およびアフリカ開発のための新パートナーシップ（NEPAD）に基づき、アフリカのための核となる指標リストが開発されるよう各国を支援している。</li> <li>西アフリカ諸国経済共同体（ECOWAS）のようなサブ大陸域団体が、食糧安全保障や経済発展のような関連分野のプログラムに基づき、関与を増大させつつある。</li> <li>概して、アフリカは環境統計における能力開発を行うことへの優先順位が高い地域である。</li> </ul>
<p>アジア太平洋地域</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全体としてアジアの国々は、国連統計部とUNEPによる環境統計のアンケート調査に対して、比較的高い回答率を示すが、太平洋の国々からの回答率は低い(UN 2011)。この大陸域での発展の度合いは、国によって大きく異なる。</li> <li>UNEPのこの大陸域での諸機関は、アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）やアジア開発銀行による、様々な情報源からもたらされる統計値の編纂などの課題に支援を提供している。</li> <li>特定のテーマに関する、また様々なサブ大陸域をカバーする、多くのプログラムが存在する。例えば、             <ul style="list-style-type: none"> <li>オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）とUNEPによるアジア-太平洋の物流（Asia-Pacific Material Flows）</li> <li>東南アジア諸国連合（ASEAN）の生物多様性センター</li> <li>UNEPと南アジア地域協力連合（SAARC）による評価報告書である南アジア環境概観</li> <li>東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）</li> <li>アジアのクリーンエアイニシアチブ（Clean Air Initiative）（アジアの都市の大気質、エネルギー、輸送などの問題に関するデータ）</li> <li>メコン河委員会（Mekong River Commission）（例えば水位データ）</li> </ul> </li> </ul>
<p>ヨーロッパ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州委員会、EU統計局、欧州環境機構（EEA）が、西ヨーロッパおよび中央ヨーロッパにおける環境データの主要な情報源である。またそれらの機関は、関連する能力向上の取り組みを中央アジアへと広げつつある。</li> <li>EU統計局は、主として加盟国の統計局によって提供されるデータに基づいて、関連する様々な経済社会データや、環境の現状と環境への圧力に関する統計を収集、制作、分析、提供している（Eurostat 2010）。</li> <li>EEAとそのメンバーおよび協力国は、欧州環境情報観察ネットワーク（EIONET）を運営し、多国間データを収集、統合、提供している。</li> <li>EU統計局とOECDは、両組織の加盟国を対象にする環境の現状について合同でアンケート調査を実施している。</li> <li>東ヨーロッパや南東ヨーロッパの多くの国々など、上記いずれの組織のメンバーでもないヨーロッパの国々では、環境のデータや情報はわずかであり、これらの国々の多くで最優先事項となっているものは、1990年代に中止されたモニタリングネットワークとその関連データの時系列を復旧することである（UNECE 2003）。</li> <li>バルト海のヘルシンキ委員会（the Helsinki Commission for the Baltic Sea）、北東大西洋のオスパール委員会（the OSPAR commission）、地中海のバルセロナ条約（the Barcelona Convention for the Mediterranean Sea）、黒海委員会（the Black Sea Commission）は、それぞれの海洋区域をカバーするデータプログラムを運用している。</li> <li>国連欧州経済委員会（UNECE）による長距離越境大気汚染条約（CLRTAP）の汎ヨーロッパ科学モニタリングネットワーク（the pan-European scientific monitoring network）は、ヨーロッパの最も重要な大気質問題を特定する証拠を提供する際に、極めて重要になっている。</li> </ul>
<p>中南米とカリブ諸国</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>この大陸域では、次のような多くのイニシアチブが、大陸域の環境統計を促進し統合している。             <ul style="list-style-type: none"> <li>持続可能な発展に関する中南米カリブ諸国イニシアチブ（ILAC；2011年末時点で24ヶ国32局）</li> <li>南北アメリカ統計会議の環境統計に関するワーキンググループ（10ヶ国15機関）</li> <li>アンデス共同体指標*5やカリブ共同体（CARICOM）指標といったサブ大陸域のイニシアチブ</li> </ul> </li> <li>この大陸域内の各国の統計局や環境省に対する最近の調査によれば、参加機関の81%が環境統計プログラムを持っているが、環境統計の専用予算を持っていたのは36%だけであった。なお、その他制度上の重大な課題が多くの国々に残っている（ECLAC 2011）。</li> </ul>
<p>北アメリカ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カナダの環境省、米国の環境保護庁（EPA）や海洋大気局（NOAA）などの、諸官庁ならびに学術機関やその他機関によって、環境の状況を追跡するためのデータや情報が収集され分析されている。</li> <li>また米国の政府や学術機関は、海水位、表面温度、土地被覆、サンゴ白化現象など、多くの問題に関する世界的な環境データを収集し、それらへのアクセスを提供している（表 8.1）。</li> </ul>
<p>西アジア</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アブダビ世界環境データイニシアチブ（AGEDI）が、UNEPと共同で、環境データや情報の、収集、提供、使用の強化を促進している。これらの組織やその他組織は、拡大していく世界の環境データの集積に対して、効果的にアクセスできるようにすることを目的とした、諸々のネットワークを束ねるグローバルネットワークというイニシアチブの共同出資者になっている。</li> <li>西アジア用の環境指標のコアセットは、西アジア経済社会委員会（ESCWA）とUNEPが連携して、アラブ連盟(LAS)によって開発され、この大陸域の国々によって自発的に導入された。</li> <li>アラブ連盟の保護の下で、アラブ環境情報ネットワーク（Arab Environmental Information Network）が、UNEPからの支援を受け、ESCWAやAGEDIやその他組織の協力を得て、開発されつつある。</li> <li>この大陸域の多くの国々では、環境に関する公的な統計は、めったに作成されることはなく、アクセスも困難で、様々な公的機関に散在していて、報告も断片化している(UNEP 2006)。主要テーマで欠落していて優先度の高いものは、土壌の塩類化、沿岸や海洋の汚染、災害、廃棄物の処理と輸送に関するデータなどである(UNEP 2006)。</li> </ul>

出典: (UN 2011)

# 国家に必要とされる能力

国レベルで集められたデータが、地球環境の現状や傾向を追跡するための、非常に重要な情報源のいくつかになっている。しかし環境統計はほとんどの国にとって新しい分野であるため、散在的なデータしか持っていない国が多い(UN 2011)。現在、ほとんどの開発途上国は、包括的な環境観測システムを持っていない。データは存在しても、大抵の場合、不連続であるため、経時変化やターゲットへの進展を評価するための基準値を設定することは困難である。最近の国連開発計画 (UNDP) と国連環境計画 (UNEP) と地球環境ファシリテ

ィ (GEF) による国家能力自己評価 (National Capacity Self-Assessments) を総合すると、119の参加国の90%以上が「情報管理と知識」を必要な能力と見なしていることが指摘されている。環境指標のリストの選定や情報収集は、多くの国にとって比較的容易であったが、最大の問題は、この情報を管理することと、調査を行う施設やプログラムなどに関わる組織を統合することであった。各国の環境管理情報システムが、その関与するスタッフの知識や技能と共に、強化される必要がある。その対策には、規格の適用、通信技術やネットワークの活用、ならびに能力開発や啓発活動や環境教育が含まれる。加えて、多くの利害関係者が、環境を管理するための伝統的知識の

図 8.1 環境統計上での国の概要の例、ウガンダ

## ウガンダ

### 大気と気候

#### 以下のガスの排出量

	Year
SO <sub>2</sub> (千トン)	...
一人当たりSO <sub>2</sub> (kg)	...
NO <sub>x</sub> (千トン)	...
一人当たりNO <sub>x</sub> (kg)	59 1994
CO <sub>2</sub> (百万トン)	3 2007
一人当たりCO <sub>2</sub> (トン)	0 2007
GHG (CO <sub>2</sub> 換算の百万トン)	42 1994
一人当たりGHG (CO <sub>2</sub> 換算のトン)	2.0 1994
オゾン層を破壊するフロンガス (ODPトン)	0 2008
エネルギー起源のGHG (%)	9 1994

### 生物多様性

陸域と海洋の保護区の割合 (%)	10	2009
絶滅危惧種の数	166	2010
漁獲量 (トン)	450 000	2008
漁獲量の前年からの変化 (%)	-11	2008

### 経済

前年からのGDP成長率 (%)	10	2008
一人当たりGDP (USドル)	523	2009
農業と狩猟と林業と漁業の付加価値額 (%)	23	2009
鉱業と製造業と電気ガス水道事業の付加価値額 (%)	12	2009
その他の付加価値額 (%)	65	2009

### エネルギー

エネルギー消費量 (原油換算 千トン)	1 064	2007
一人当たりエネルギー消費量 (原油換算kg)	38	2007
\$1,000(PPP* <sup>6</sup> )GDP当たりのエネルギー消費強度 (原油換算kg)	...	
再生可能な電力生産 (%)	72	2007

### 土地と農業

総面積 (平方km)	241 550	2008
農地 (平方km)	130 120	2008
耕作可能な土地 (農地のうちの%)	43	2008
永年作物地 (農地のうちの%)	17.0	2008
永年の採草地と牧草地 (農地のうちの%)	39	2008
1990年以降の農地面積の変化 (%)	9	2008
森林面積 (平方km)	29 880	2010
1990年以降の森林面積の変化 (%)	-37	2010

### 人口

人口 (千人)	33 425	2010
前年からの人口増加率 (%)	3	2010

### 廃棄物

都市ゴミ収集サービスを受けている総人口 (%)	...	
収集される都市ゴミ (千トン)	224	2006
生成された有害廃棄物 (トン)	...	



注釈：この地図に使用されている境界線や、示された名前や、指定は、国連による公式な認証または受理を意味しない。

### 水と衛生施設

再生可能な淡水資源の長期的な平均値 (百万m <sup>3</sup> /年)	66 000	N / A
改善された飲料水源を利用している都市人口 (%)	91	2008
改善された飲料水源を利用している農村人口 (%)	64	2008
改善された衛生施設を利用している都市人口 (%)	38	2008
改善された衛生施設を利用している農村人口 (%)	49	2008

出典: UN 2011



ハイチでの台風「ハンナ」によって浸水している家屋。災害の危険性についてより良い情報を得ることの優先度が、ほとんどの地域で高まっている。© Marco Dormino/UN Photo

価値を認識したとはいえ、伝統的知識をうまく取り込んだと思っている国はほとんどなく、仮に取り込んだとしても、環境の政策やプログラムの開発に活用していると思っている国はほとんどない(UNDP *et al.* 2010)。

各国の環境情報の現状についての最近の評価は、国家能力自己評価、国連統計部と UNEP による環境統計に関するアンケート調査、様々な大陸域や二国間でのニーズ調査などである。国連統計部による各国の概要情報(図 8.1)は、各国から入手できる環境統計を要約したものであるが、それぞれの国からは入手できない環境統計を示す。環境情報を強化しようとする各国のニーズは国によって異なるが、通常、次のような懸案事項と関係している。

- 国連の持続可能な発展指標 (Sustainable Development Indicators) (UN 2007b)のように、一貫性がある比較可能で、環境の現状や傾向をモニターするために使用できる実証済みのコア指標を用いて、その指標の全範囲を十分にカバーする高品質なデータを収集すること。図 8.2 は、各国の環境統計プログラムについて、既に実施されているテーマの割合と、計画中のテーマの割合についての大まかな情報を示す。
- 財源や人材面などでの一貫した支援を基に、優先分野における長期モニタリングプログラムを創設し、信頼性のある比較可能な時系列で利用できるデータを収集すること (UNECE 2003)。
- 様々なテーマ毎に、データ収集、品質評価、分析、解釈を行うために必要な専門知識と能力を国内で開発すること。

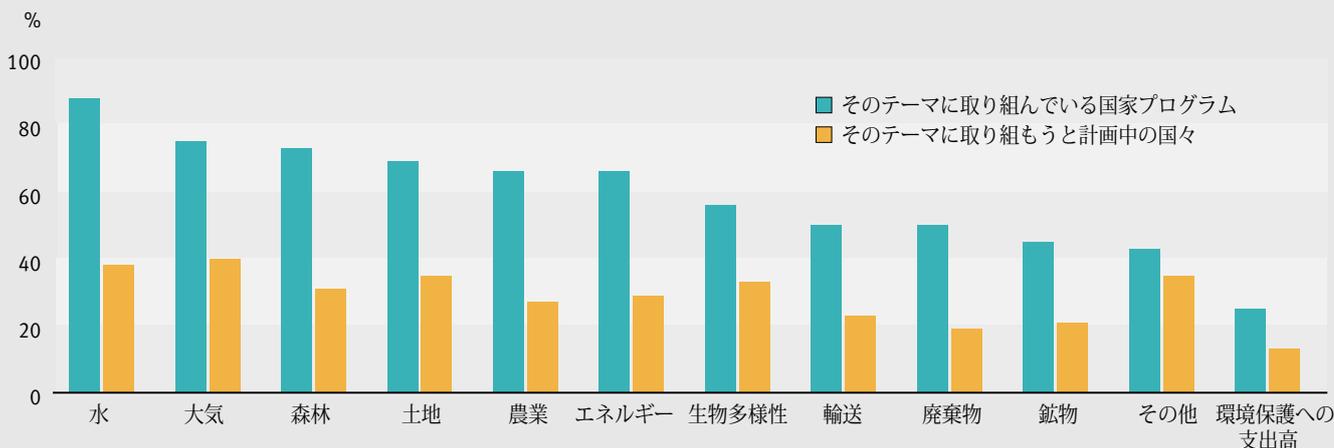
- 様々な機関の役割と責任を明確にし、かつ経済と社会と環境のデータを国家統計体系に取り込むことを基本にして、国内に存在しているが断片化しているかもしれない、環境情報や科学情報を統合するための制度的取り決めや専門知識の強化。
- 様々な利用者や一般大衆がデータや情報を容易に入手できるよう促進し(UNCED 1992)、価格、セキュリティ、知的財産の関連だけでなく言語障壁にも対処し、オンラインでアクセスできるようにし、環境情報を提供したり提示するために他の新技術を活用すること。
- 国のデータや指標や情報の利用を増大させる制度やその他取り決め、例えば、環境アセスメント、政策決定、条約に基づき行う報告、教育や科学や意識向上などを支援すること。

*「環境統計を実施することによって引き起こされる諸課題は、一般に、他のほとんどのタイプの統計によるそれよりも大きい。恐らく最も大きな課題は、国の統計局が大部分の一次データを集めて提供するには、その他の機関に大きく依存しなければならないという事実である。様々な政府機関が、それらの間でそのように高度な相互依存を行うには、緊密な協力や協調が必要である。」*

ADB 2002

環境データに関しては、スケールが非常に重要である。気候変動のようないくつかの環境問題は、地球規模のスケールで、その他は、大陸域レベルか、海域レベル(例えば魚種資源)か、

図 8.2 国の環境統計プログラムとテーマ別の取組率 (2007年)



出典: UN 2007a

流域レベル (例えば水の利用可能量や質) で対処されモニターされるのが適している。大気汚染のタイプの多くは、都市レベルでモニターされるのが適している。その他、生態系に影響を与えるスケールについては、例えばアマゾンの森林減少は、南アメリカのいくつかの国の諸地域に影響を与えるため、生態ゾーンの境界線や、環境問題の発生するスケールが、国や州の境界および他の公の地理的輪郭線とめったに一致することはない (ADB 2002)。それでも各国政府によるプログラム、特に国家統計は重要であり、データの収集と普及のための一貫した長期支援を確保したり、政策決定に対して科学的に信頼できる情報を使用できるようにするために必要である。これらのプログ

ラムを強化するには、懸念されている問題のスケールで、いかにすれば環境統計を集められるかをよく考慮することが大切である。

国レベルで環境データを構築する際の制約の多くは、財源や人的資源の入手の可能性と強く結び付いている。国の環境情報システムに要する費用は、国によって大幅に異なるかもしれないが、データを収集し分析し提供するための方法を明確にし、費用効率を良くすることが重要である (ADB 2002)。また、各国における環境データの収集を強化し、できれば国際規格との一貫性を向上させるためには、必要な時に利用できる国際的な財政支援、能力開発支援、技術援助を得ると共に、環境情報が国の政策目標を下支えすること、また政策決定者が彼等の選挙民にとっての環境情報の価値を理解していることが重要である。

## 結論

適切な環境アセスメントは、高品質で科学的な環境データ、社会データ、経済データによって裏付けられていなければならない。また環境データは、環境政策や環境プログラムの影響をモニターする上で重要である。本章で述べたように、多くのイニシアチブが、世界や大陸域や国のレベルで、環境情報を取得する機会を増やし、支持し、高めている。現在そして将来において優先されるべき事項は、できれば共通の規格を用いてデータを収集し分析するよう促進すること、データの共有を増やすこと、環境観察を一貫した時系列で行うこと、広範囲の国々で環境統計を強化するための能力開発を行うこと、政策決定者や大衆に環境情報を効果的に伝えるために新しい技術を活用すること、などである。



ケニアとタンザニア間を大移動中にマアラ川を横断しているヌー。  
© SimplyCreativePhotography/iStock

## 参考文献

- ADB (2002). *Handbook on Environment Statistics*. Development Indicators and Policy Research Division, Economics and Research Department, Asian Development Bank, Manila
- Bach, H., Bakker, M., Farrington, J., Drillet, Z., Duray, B., Frederiksen, P., Gyuró, E.K., Henrichs, T., Jansson, K., Jensen, T.S., Jombach, S., Jones, L., Kaee, B., Lindner, M., Lopatka, A., Kohlheb, N., Kuhlman, T., Petit, S., Paracchini, M.L., Petersen, L.K., Reid, L., Rothman, D., Scholefield, P., Schulp, N., Stuczynski, T., van Eupen, M., Verburg, P., Verkerk, H., Vogt, J., Vinther, F.P. and Wilson, C. (2009). Indicators – methodology and descriptions. In *SENSOR Report Series 2008/09* (eds. Helming, K. and Wiggering, H.). ZALF, Germany
- Basel Convention (2010). *Waste Without Frontiers – Global Trends in Generation and Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Other Wastes: Analysis of the Data from National Reporting to the Secretariat of the Basel Convention for the Years 2004–2006*. Secretariat of the Basel Convention, Geneva
- BIP (2010). *Biodiversity Indicators and the 2010 Target: Outputs, Experiences and Lessons Learnt from the 2010 Biodiversity Indicators Partnership*. CBD Technical Series No. 53. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- Blacksmith Institute (2011). *Top Ten of the Toxic Twenty. The World's Worst Toxic Pollution Problems Report 2011*. Blacksmith Institute, New York and Green Cross Switzerland, Zurich. <http://www.worstpolluted.org>
- COD (2003). *Concise Oxford English Dictionary, Tenth Edition*. (ed. Pearsall, J.) Oxford University Press, Oxford
- EC (2012). Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical (REACH) substances. European Commission, Brussels [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach\\_intro.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm)
- ECLAC (2011). *Report on the Coordination of International Statistical Activities in the Area of the Environment*. Tenth meeting of the Executive Committee of the Statistical Conference of the Americas of ECLAC (Havana, 6–8 April 2011). LC/L.3288(CE.10/7). United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Santiago
- Eurostat (2010). *Environmental Statistics and Accounts in Europe: 2010 Edition*. European Commission, Luxembourg
- FAO (2007). *The State of Food and Agriculture 2007 – Paying Farmers for Environmental Services*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO and EC-JRC (2011). *Global Forest Land-use Change from 1990 to 2005 – Initial Results from a Global Remote Sensing Survey*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and European Commission Joint Research Centre, Brussels
- Finlayson, C.M., Davidson, N.C., Spiers, A.G. and Stevenson, N.J. (1999). Global wetland inventory – current status and future priorities. *Marine and Freshwater Research* 50, 717–27
- GEO (2010). *Report on Progress, Beijing Ministerial Summit: Observe, Share, Inform*. Group on Earth Observations. GEO Secretariat, Geneva
- GEO BON (2011). *Adequacy of Biodiversity Observation Systems to support the CBD 2020 Targets*. Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network. [http://www.earthobservations.org/documents/cop/bi\\_geobon/2011\\_cbd\\_adequacy\\_report.pdf](http://www.earthobservations.org/documents/cop/bi_geobon/2011_cbd_adequacy_report.pdf)
- Haeberli, W. (2008). Changing views of changing glaciers. In Orlove, B., Wiegandt, E. and Luckman, B.H. (eds.), *Darkening Peaks: Glacier Retreat, Science, and Society*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles and London
- Hansen, M.C., Stehman, S.V. and Potapov, P.V. (2010). Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(19), 8650–8655
- ICTSD (2007). *Trade and Sustainable Land Management in the Context of Drylands*. ICTSD Project on Trade and Sustainable Land Management, Selected Issue Briefs. International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva
- IEA (2011). *Key World Energy Statistics 2011*. International Energy Agency, Paris
- IFAD (2008). *Policy – Improving Access to Land and Tenure Security*. International Fund for Agricultural Development, Rome
- IPCC (2011). Summary for policymakers. In *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (eds. Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., Tignor, M. and Midgley, P.M.). Cambridge University Press, Cambridge and New York
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report* (eds. Pachauri, R.K. and Reisinger, A.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva
- Jacob, T., Wahr, J., Pfeffer, W. and Swenson, S. (2012). Recent contributions of glaciers and ice caps to sea level rise. *Nature* 482, 514–518
- Lehner, B. and Döll, P. (2004). Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology* 296, 1–22
- Lowell Center for Sustainable Production (2003). *Chemicals Policies in Europe Set New Worldwide Standard for Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals (REACH)*. Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA
- Morris, J., Willis, J., de Martinis, D., Hansen, B., Laursen, H., Sintes, J.R., Kearns, P. and Gonzalez, M. (2011). Science policy considerations for responsible nanotechnology decisions. *Nature Nanotechnology* 6(2), 73–77
- OECD (2007). *Glossary of Statistical Terms*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://stats.oecd.org/glossary> (accessed 15 April 2012)
- Sass, J., Patrice, S. and Elliott, N. (2006). Nanotechnologies: the promise and the peril. *Sustainable Development Law and Policy* Spring 2006, 11–14, 74
- Schneider, A., Friedl, M.A. and Potere, D. (2009). A new map of global urban extent from MODIS satellite data. *Environmental Research Letters* 4, 044003
- UN (2011). *United Nations Brochure on Environment Statistics*. Statistics Division, United Nations. <http://unstats.un.org/unsd/environment> (accessed 20 December 2011).
- UN (2009). *Framework for the Development of Environment Statistics*. Report of the Secretary-General for the forty-first session of the Statistical Commission, 23–26 February 2010. Document E/CN.3/2010/9. United Nations Economic and Social Council, New York
- UN (2007a). *Global Assessment of Environment Statistics and Environmental-Economic Accounting*. Background document for the thirty-eighth session of the Statistical Commission, 27 February–2 March 2007. Statistics Division, United Nations, New York
- UN (2007b). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. Third Edition. Division for Sustainable Development, United Nations, New York
- UN (2004). *Land Degradation and Land Use/Cover Data Sources*. Statistics Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York
- UN (1984). *A Framework for the Development of Environment Statistics*. Statistical Papers, Series M, No. 78. Statistics Division, United Nations, New York
- UNCED (1992). *Agenda 21*. United Nations Conference on Environment and Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNDP, UNEP and GEF (2010). *Capacity Self-Assessments: Results and Lessons Learned for Global Environmental Sustainability*. United Nations Development Programme, United Nations Environment Programme and Global Environment Facility
- UNECE (2003). *Environmental Monitoring and Reporting – Eastern Europe, the Caucasus and Central Asia*. United Nations Economic Commission for Europe, New York and Geneva
- UN, EC, IMF, OECD and World Bank (2003). *Handbook of National Accounting – System of Integrated Environmental and Economic Accounting 2003*. Final Draft. United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Co-operation and Development and World Bank
- UNEP (2011a). *Methodology for the GEF Transboundary Waters Assessment Programme. Volume 1. Methodology for the Assessment of Transboundary Aquifers, River Basins, Large Marine Ecosystems, and the Open Ocean* (eds. Jetic, L., Glennie, P., Talaeu-MacManus, L. and Thornton, J.A.). United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2011b). *Modelling Global Green Investment Scenarios: Supporting the Transition to a Global Green Economy*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2011c). *Towards a Green Economy – Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication: A Synthesis for Policy Makers*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2010). *UNEP Yearbook 2010: New Science and Developments in Our Changing Environment*. Division of Early Warning and Assessment (DEWA), United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2009a). *Global Monitoring Report under the Global Monitoring Plan for Effectiveness Evaluation*. Note by the Secretariat for the Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, fourth meeting, Geneva, 4–8 May 2009. UNEP/POPS/COP.4/33. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2009b). *Recent Trends in Melting Glaciers, Tropospheric Temperatures over the Himalayas and Summer Monsoon Rainfall over India*. Division of Early Warning and Assessment, United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2006). *Multi-Scale Databases Comparison for West Asia*. Unpublished. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (1999). *Handbook on Data Reporting under the Montreal Protocol*. OzonAction Programme under the Multilateral Fund, Division of Technology, Industry and Economics, United Nations Environment Programme, Paris and Multilateral Fund for the Implementation of the Montreal Protocol, Montreal
- UNEP/GPA (2006). *The State of the Marine Environment: Trends and Processes*. United Nations Environment Programme Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities. UNEP/GPA Coordination Office, Nairobi
- UNEP and IOC-UNESCO (2009). *An Assessment of Assessments: Findings of the Group of Experts Pursuant to UNGA Resolution 60/30. Summary for Decision Makers*. United Nations Environment Programme and Intergovernmental Oceanographic Commission of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

UN-Water (2008a). *Status Report on Integrated Water Resources Management and Water Efficiency Plans*. Prepared for the 16th session of the Commission on Sustainable Development. UN-Water Report

UN-Water (2008b). *Transboundary Waters: Sharing Benefits, Sharing Responsibilities*. Thematic Paper. Task Force on Transboundary Waters, UN-Water

USEPA (2005). *Guidelines for Carcinogen Risk Assessment*. Document EPA/630/P-03/001F. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC

WHO (2010). *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants*. World Health Organization, Geneva

WHO (2009). *Global Health Risks: Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected Major Risks*. World Health Organization, Geneva

Zemp, M., Roer, I., Kaab, A., Hoelzle, M., Paul, F. and Haeberli, W. (2008). *Global Glacier Changes: Facts and Figures*. World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland



「我々が地球を持続可能な状態にしたいと思うならば、行わなければならないことは膨大にある。それに絶望したり、打ちひしがれてはならない。私があなた方に求めることは、家に戻って自分にできることをすることです。」

ワンガリ・マータイ（1940～2011年）、ノーベル賞受賞者

# GEO-5 の制作工程

## 任務

地球環境を査察していくという UNEP の全体的任務の一環として、2009 年 2 月に第 25 回国連環境計画 (UNEP) の管理理事会/グローバル閣僚級環境フォーラムが、地球環境概観 (GEO) の作成任務を再確認し、事務局長に対して

*「分野横断的な問題の分析、指標に基づく構成要素の分析を含め、全レベルでの意志決定プロセスを支援するために、最新科学に基づく信頼でき政策的に有効な、地球規模の環境変化に関する情報が引き続き必要であることを踏まえて、重複を避け、これまでの評価の上に構築する形で、広範囲にわたる統合的で科学的に信頼できる地球環境評価を継続して行っていく」*

ことを要請し、また

*「2000 年のミレニアム・サミットや多国間環境協定で合意された目標など、国際的合意目標の達成を加速するための有望な政策オプションを特定するために、環境、経済、社会、科学に関するデータや情報、ならびにそれらが示す費用対効果、を組み込んだ政策オプションについての事例研究の分析を GEO-5 に含めることによって政策の適合性を強化する」* ことを要請した (UNEP/GC.25/2/III) (<http://www.unep.org/gc/gc25/Docs/Proceedings-English.pdf>)。

さらに、国連総会の第 2 委員会 (経済と財政に関する) によって、第 5 次地球環境概観 (GEO-5) に対する支援が 2011 年 11 月に承認された (決議 A/C.2/66/L.57) (<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/N11/601/65/PDF/N1160165.pdf>)。

## 目的、範囲、制作工程

GEO-5 の目的と範囲と制作工程は、2010 年 3 月に開催された、91 名の政府代表および 55 名のその他の主要な利害関係者などで構成される「世界の政府間及び多様な利害関係者協議会」によって定義され、最終文書において採択された。

### 目的

その協議会は、評価のための次の諸目的を特定することによって、上記任務を再度確認した。

- 適切なレベルでの意志決定プロセスを支援するために、広範囲にわたる統合的で科学的に信頼のおける世界的な環境評価を提供する。
- その科学的信頼性、政策的妥当性、正当性を支え強化するために、全ての政府、関連する国連の諸機関、その他利害関係者を GEO-5 に関与させる。

- 南南協力や三角協力を含め、UNEP や他のイニシアチブによる進行中の関連活動と共同して、全てのレベルで環境モニタリングと評価を行なうため、開発途上国と市場経済移行国の能力を向上させる進行中のプロセスを強化する。
- UNEP やその他関連する国連諸機関の戦略的方向性に対して、必要に応じて、情報を与える。
- 2000 年のミレニアム・サミットや多国間環境協定での合意目標など、国際的な合意目標の達成を加速する有望な政策オプションを特定するために、環境、経済、社会、科学に関するデータや情報、ならびにそれらが示す費用対効果、を取り入れた政策オプションについての事例研究の分析を含めることによって GEO-5 の政策適合性を強化する。
- これらの合意目標の進展度が議論される世界と大陸域での関連工程や会議に情報を提供し、またそこから学び取る。
- そして、GEO-5 によって検討されるテーマ別課題におけるデータの欠落点を特定する。

### 範囲

GEO-5 はこれまでの GEO 報告書を踏まえて、引き続き地球環境の現状、傾向、展望についての分析を提供する。GEO-5 がこれまでの GEO 報告書と異なる点は、国際的に合意された目標を重要視している点と、それらの目標の達成を加速するための可能な手段を提供している点である。GEO-5 は、別個であるが密接に結び付いた第 1 部から第 3 部で構成される。

**第 1 部**では、ミレニアム開発目標および様々な多国間環境協定の目標など、国際的に合意された重要な目標に関する、地球環境の現状と傾向を評価する。その評価は、国、大陸域、世界による諸々の分析やデータセットに基づいてなされる。

**第 2 部**では、関連する国際的に合意された目標に照らして、協議プロセスを通して選定された大陸域毎の多くの環境テーマに優先順位を付ける。これらの目標の達成を加速するのに役立つであろう有望な政策対応が、大陸域で行われる審査によって、特定され評価される。

**第 3 部**では、持続可能な発展に向けた遷移を助ける潜在力を備えたオプションを特定し、地球規模での対応の可能性を示す。

上記協議会は、UNEP が対処していく上で鍵となる 10 の質問を提案した。これらの質問は、GEO-5 評価報告書の範囲を明らかにし、制作工程を導いていく上で大いに役立った。

#### 第 1 部のための鍵となる質問

- i. 地球環境の現在の駆動要因は何で、その現状と傾向、展望はどうであるか？
- ii. 地球環境の現在の駆動要因、現状、傾向は、国際的な合意目標を達成する方向に進展しているか？

- iii. 生命を支える地球システムの機能にとって主たる難題は何で、難題を引き起こしている駆動要因は何か？
- iv. 既存のモニタリングや観察活動、ならびに制度的な取り決めは、環境の現状と傾向を査察していく要求にどの程度まで対応できているか？
- v. 合意目標を達成する上で、主たる欠落点や障害は何か？

### 第2部のための鍵となる質問

- vi. 各大陸域でどの国際的合意目標の優先度が高いか？
- vii. 国際的合意目標の達成を加速するには、各大陸域でどの政策オプションを用いれば、最もうまくいくのか？
- viii. 意思決定に際して、どの政策オプションが環境モニタリングとモニタリングの使用を促進するか？

### 第3部のための鍵となる質問

- ix. 国際的合意目標の達成を加速させる上で、どの政策アプローチが、対処規模の拡大に適していると言えるか？
- x. どのタイプの持続可能な変化や技術革新が、長期にわたって必要とされているか？

## 制作工程

2010年3月に上記協議会は、GEO-5 評価の制作工程を強化するために以下の方向性も提供した。

- 利用可能な最善の科学的政策的専門知識を使用すること。
- 広範囲の利害関係者を関与させることにより評価の科学的信頼性、政策的妥当性、正当性を確保すること。
- 透明性のあるプロセスを用いて、諸政府やその他利害関係者による推薦を受けた専門家の学際的グループを構成すること。

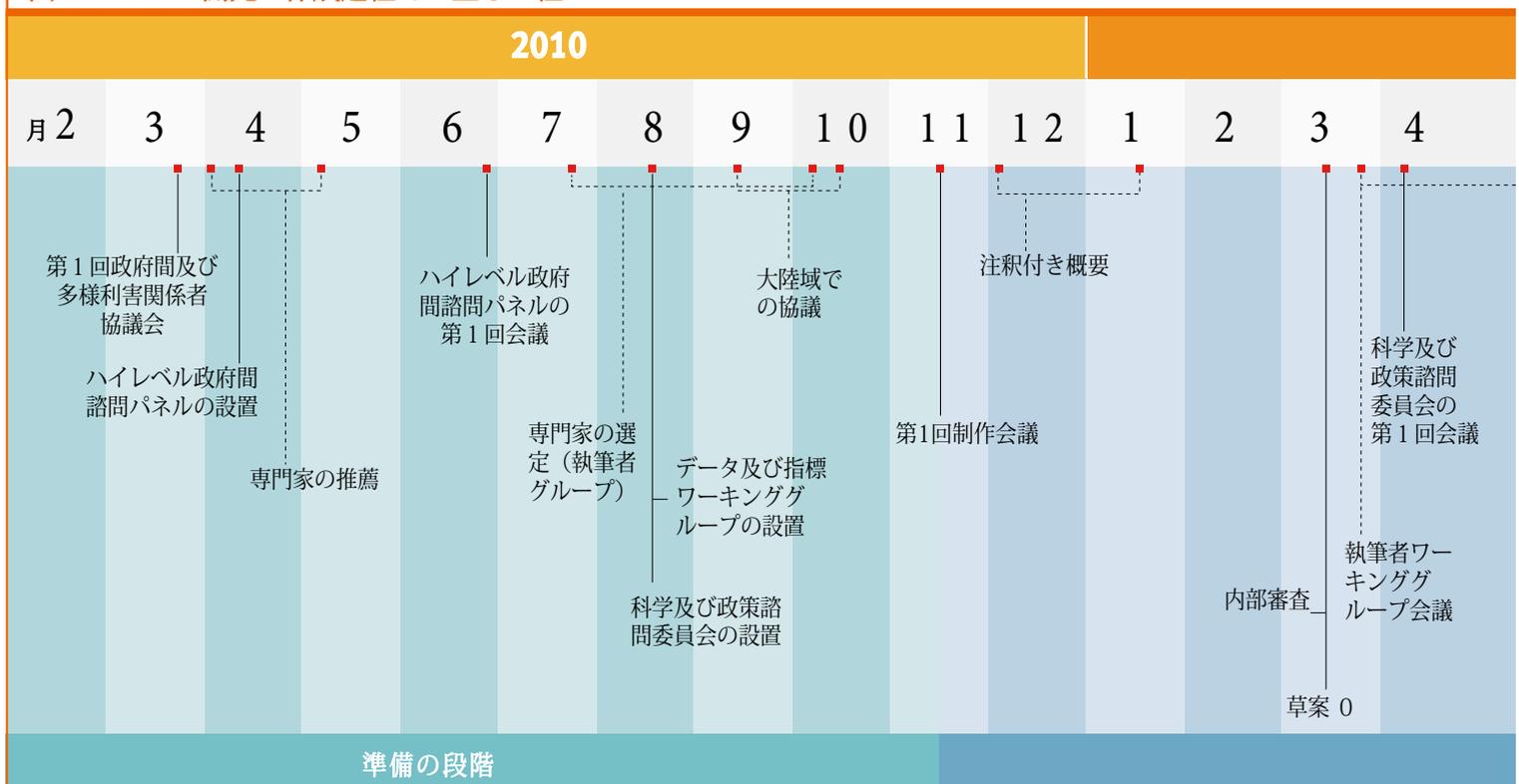
- 次の3つの包括的な諮問グループを設置すること。
- 専門家に指針を提供する「ハイレベル政府間諮問パネル」。
- 制作工程の科学的信頼性を確保するための「科学及び政策諮問委員会」。
- また制作工程にコアダータによる支援を提供するための「データ及び指標ワーキンググループ」。
- 本評価報告書に、広範囲に及ぶ科学専門家による査読ならびに政府による審査を受けさせること。
- 開発途上国の専門家を関与させることにより制度面での能力向上を目標にし続けること。
- また、対象とする聴衆に対してアクセスし易い方法で重要なメッセージや発見を伝えること。

## 協力と協調

GEO-5 の開発は、UNEP 内での広範囲に及ぶ協力、ならびに UNEP と、多分野にわたる専門家のネットワークとの間、研究機関との間、GEO 協力センターとの間での広範囲に及ぶ協調を呼び起こし、それらすべてによって彼等の貴重な時間と知識がその制作工程で利用できるようになった。

査読者や諮問グループを含むコンテンツ開発の専門家たちの選考について、上記協議会は、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の推薦手続きから得られる透明性のあるプロセスを用い、専門家たちがその専門技術に基づき、諸政府その他主要な利害関係者ら (GEO 協力センターその他パートナーを含む) からの推薦を受けることを必要な条件とした。推薦されたあと、専門家たちは、性別と大陸域のバランスが十分に考慮され、その専門技術に基づき UNEP 事務局によって依頼された。

図1 GEO-5の開発：作成過程での主な工程



## 章の専門家グループ

GEO-5 報告書は 17 章からなる。専門家ワーキンググループが、各章毎に設置され、構想を描き、調査し、ドラフトを作り、修正し、原稿を完成させた。310 名を超える執筆者がコンテンツの開発に参与した。各章の専門家グループは、2～3名の統括執筆責任者の指揮下に置かれた 5～38名のメンバーで構成され、UNEP の各章の取りまとめ担当者から支援を受けた。上記のグループ統括執筆責任者以外の構成メンバーは、執筆責任者や執筆協力者である。

## GEO-5 の特別研究員(フェロー)

GEO-5 は、2005 年の GEO-4 の制作過程の間に制定された特別研究員制度を続行した。この制度は、若手専門家を GEO 制作工程に従事させ、主要な地球環境評価に参加させることによって経験を得ることができるようにするもので、18 か国から合計 21 人のフェローが GEO-5 に参加した。

## アウトリーチ・ワーキンググループ

UNEP の専門家と、各章の専門家グループのうちの 1 名を組み込んだアウトリーチ・ワーキンググループが設置された。そのグループは、GEO-5 のための包括的なアウトリーチ（対外的広報や普及）戦略を準備し、評価結果を流布するターゲットとすべき聴衆や関連する会合を特定した。

## 審査の工程

GEO-5 評価報告書は、300 名以上の専門家が関与する 3 回の審査（レビュー）を受けた。第 1 回審査は、UNEP 内での

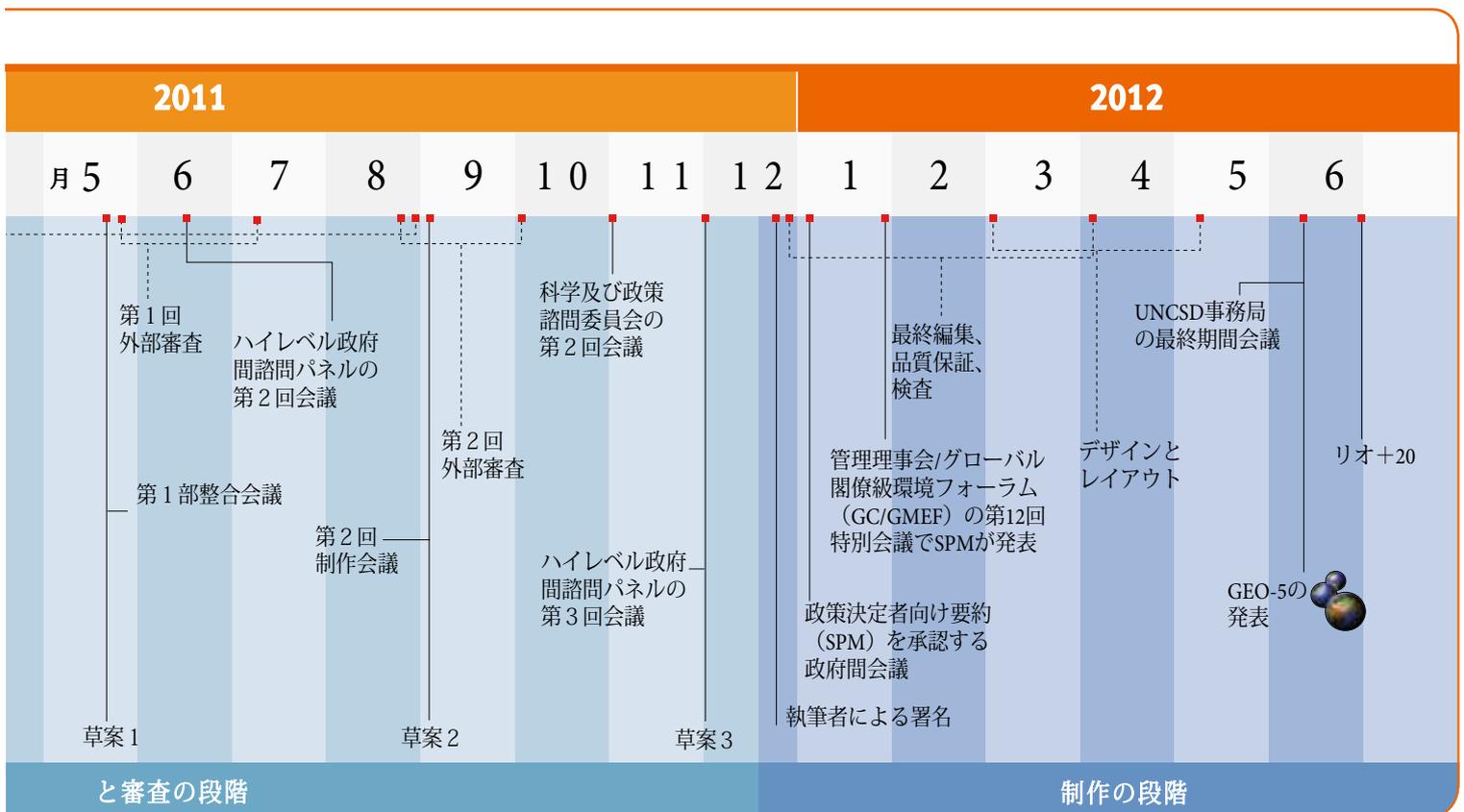
内部審査であった。第 2 回は、諸政府、ならびに科学および政策の専門家（諸政府とその他利害関係者によって推薦された者など）からなる UNEP の広範囲にわたるネットワークによる外部審査であった。最終審査は、諸政府、ならびに自然科学学会および社会科学界の両方の著名な科学専門家によって行われた。その専門家による最終審査は、地球システム科学パートナーシップ（ESSP）により推進された、利害関係者から独立した査読のプロセスであった。ESSP は、その世界的な専門家ネットワークに査読者を求める呼びかけをし、次に、性別と地理的バランス、それに彼等の専門分野に基づき、興味を抱いた専門家を選定した。専門家によるこの最終の査読では、各章が、章の対象領域に広く経験を持つ 3～4 名の科学専門家を査読者として擁した。科学及び政策諮問委員会は、コンテンツの開発工程および全ての審査段階に対して支援し、その工程が科学的に信頼でき強固なものとなるよう確保するため、各章の執筆者、審査員および査読者、UNEP 事務局に指針を提供した。

## GEO-5 諮問グループ

3 つの外部の専門諮問機関が評価工程を支援するために設置された。

### ハイレベル政府間諮問パネル

パネルは、6 つの全ての UNEP 大陸域からの 20 名のハイレベル政府代表者で構成された。パネルは、世界の環境目標の枠組み（詳しくは <http://geg.informea.org/goals> を参照）を用いて、GEO-5 が評価すべき国際的合意目標を特定し、GEO-5 の執筆者らや他のグループに戦略的な助言を組み立て、彼等が目標を評価するための支援を行った。またパネルは専門家たち



に、GEO-5 の政策決定者向け要約の構成と内容についての初期の指針、ならびに最終の政府間交渉用の草案を仕上げる際に更なる指針を提供した。また評価工程全体にわたって、臨機応変に UNEP に指針を提供した。特に 2012 年の国連持続可能な開発会議（リオ+20）の関連工程と、GEO-5 の工程の歩調を合わせるようにする指針を提供した。パネルは、2010 年と 2011 年の間に 3 回開かれた。

### 科学及び政策諮問委員会

委員会は、18 名の著名な科学者および政策コミュニティの上級代表者で構成され、2011 年に 2 回開かれた。委員会は、プロセス全体にわたって指針を提供することにより、本評価報告書の科学的信頼性および政策的妥当性を強化することに責任を負った。委員会は、ハイレベルの戦略的助言として、評価工程と審査工程に対する基準と指針、ならびに本評価作業に対する中間と最終時点での評価を提供した。

### データ及び指標ワーキンググループ

このグループは、2011 年 3 月に一度開かれ、コアデータセットおよび指標を利用することに関して、本評価工程に支援を提供した。また、優先すべき環境指標を特定するために本プロセスの専門家たちと協議して、利用可能なデータセットを特定し、さらにデータの欠落点および関連する課題を特定した。

## 協議の工程

UNEP は、本評価工程の全体にわたって、世界規模および大陸域レベルでの協議や会議を組織した。下記は、2009 年 11 月の開始以降、召集された主要な会議のうちのいくつかである。

### GEO-5 計画会議

2 回の計画会議が、2009 年 11 月および 2010 年 1 月に、UNEP の GEO 専門家を含む GEO 制作工程に精通している専門家を召集して開催された。会議では、これまでの GEO 制作工程から習得された教訓を検証すること、ならびに管理理事会によって決定された 25/2/III を遂行することに焦点が当てられた。専門家らは、UNEP の分析枠組み、ならびに GEO-5 の「世界の政府間及び多様な利害関係者協議会」に提案すべき未来の地球評価に関するビジョン、を策定した。

### 世界の政府間及び多様な利害関係者協議会

この協議会は 2010 年 3 月に、GEO-5 の範囲、目的、制作工程を定義し、採択した。

### 大陸域での協議

一連の大陸域での協議が、2010 年 9 月と 10 月の間に 7 回開催された。多くの様々な利害関係者が携わっているその協議は、各大陸域において優先度の高い 5 つか 6 つの環境課題を決定し、その課題に関連する国際的に合意された目標を選定し、また同時に、それが実施されれば、その大陸域においてその選定した目標の達成を促進できるであろうと思われる潜在的な政策オプションを特定した。



韓国の光州でGEO-5政策決定者向け要約を承認した政府間会議の参加者たち。

### 政策専門家の会議

2010 年 10 月に GEO-5 の大陸域の政策分析に参加するために各大陸域から推薦された各 1 名、および独立した数名の専門家を含む政策専門家グループが、国際的合意目標の達成を促進するのに役立つ政策を特定するという状況設定で、政策分析の課題について議論するために召集された。その政策専門家グループは大陸域の政策分析を行うための指針を提供した。

### 世界規模の制作及び執筆者たちの会議

世界規模の制作及び執筆者たちの会議が 2010 年 11 月と 2011 年 9 月の 2 回召集され、GEO-5 の章の目次とアウトラインを議論して開発し、審査時に寄せられた意見に対処し、様々なアプローチや提示の様式を調整した。

### 章のワーキンググループ会議

30 回を超える会議が、個々の章の草案を準備し、見直し、修正するために召集された。

### 政策決定者向け要約についての政府間会議

終了時間を設けない最終政府間会議が、韓国の光州市で 2012 年 1 月に召集され、GEO-5 の政策決定者向け要約について交渉がなされ、承認された。会議には 53 ヶ国の政府が参加し、GEO-5 の政策関連の成果を示した要約が承認された。要約は別文書で発行される。要約は、2012 年 2 月の管理理事会/グローバル閣僚級環境フォーラムの第 12 回特別会議で発表された。

GEO-5 本文の発表は、「環境と開発に関する国際連合会議（リオ地球サミット）が持続可能な開発へ移行する計画を決めてから 20 年経過して開催される「国連持続可能な開発会議」（リオ+20）の準備の最終段階に、時期を合わせて実施されるだろう。GEO-5 は、地球とその住人の現状、傾向、展望を明らかにし、世界にプラスの環境変化を呼び起こしていくための 100 を超えるイニシアチブやプロジェクトや政策を提示する。

GEO-5 は、行動の遅延によるリスク、持続可能な発展を理論から現実へと変えていくためのオプションを明らかにする。

さらに詳しい情報は、[www.unep.org/geo](http://www.unep.org/geo) で見られる。

# 頭字語および略号

3Rs	reduce, reuse, recycle	CBD	Convention on Biological Diversity (UN)
4Rs	reduce, reuse, recycle and re-think	CBNRM	Community Based Natural Resources Management
ABC	atmospheric brown cloud	CBR	crude birth rate
ABS	access and benefit sharing	CCAD	Central American Commission on Environment and Development
ACC	adaptation to climate change	CCCCC	Caribbean Community Climate Change Centre
ACCOBAMS	Agreement on the Conservation of Cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic Area	CDC	Centers for Disease Control and Prevention (United States)
ACP	Panama Canal Authority	CDEMA	Caribbean Disaster Emergency Management Agency
ACS	Association of Caribbean States	CDM	Clean Development Mechanism
ACSAD	Arab Center for Studies of Arid Zones and Dry Lands	CEB	Chief Executive Board for Coordination (UN)
ACTO	Amazon Cooperation Treaty Organization	CEC	Commission for Environmental Cooperation (under NAFTA)
ADB	Asian Development Bank	CEPA	Canadian Environmental Protection Act
ADFEC	Abu Dhabi Future Energy Company	CEHI	Caribbean Environmental Health Institute
AEM	agri-environment measures	CEPREDENAC	Centre for Natural Disaster Awareness and Prevention
AEWA	African-Eurasian Migratory Waterbird Agreement	CFC	chlorofluorocarbon
AHTEG	<i>Ad Hoc</i> Technical Expert Group	CFU	community forest unit
AICS	Australian Inventory of Chemical Substances	CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
AIDS	acquired immune deficiency syndrome	CH <sub>4</sub>	methane
ALR	Agricultural Land Reserve (Canada)	CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
AMAP	Arctic Monitoring and Assessment Programme	CLRTAP	Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
AMCs	advanced market commitments	CMC	Chemical Management Center
AMCEN	African Ministerial Conference on the Environment	CMP	Chemicals Management Plan
ANAM	National Environmental Authority of Panama	CMS	Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals
AOAD	Arab Organization for Agricultural Development	CO	carbon monoxide
APVMA	Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority	CO <sub>2</sub>	carbon dioxide
AQG	air quality guidelines	CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
ASCLME	Agulhas and Somali Current Large Marine Ecosystems	COP	conference of the parties
ASCOBANS	Agreement on the Conservation of Small Cetaceans of the Baltic, North East Atlantic, Irish and North Seas	COSEWIC	Status of Endangered Wildlife in Canada
ASEAN	Association of Southeast Asian Nations	CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
ATS	Antarctic Treaty System	CRP	Conservation Reserve Program (United States)
AZEs	Alliance for Zero Extension sites	CSA	environmental services certificates
BBOP	Business and Biodiversity Offsets Programme	CSCL	Chemical Substance Control Law
BC	black carbon	CSD	Commission on Sustainable Development
BCLME	Benguela Current Large Marine Ecosystem	CSP	Conservation Security Program (United States)
BFP	Bolsa Floresta Programme	CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australia)
BPA	bisphenol-A	CSO	civil society organisation
BRIC	Brazil, Russia, India and China	CSRFP	Sub-regional Fisheries Commission
CAA	Clean Air Act (United States)	CZMU	Coastal Zone Management Unit (Barbados)
CAC	command and control	DAC	Development Assistance Committee (OECD)
CAFE	Corporate Average Fuel Economy (United States)	DALY	disability adjusted life year
CAN	Andean Community	DDT	dichlorodiphenyltrichloroethane
CAP	Common Agricultural Policy of the EU	DESA	Department of Economic and Social Affairs (UN)
CAPRADE	Andean Committee for Disaster Awareness and Prevention	DEWA	1) Division of Early Warning and Assessment (UNEP), or 2) Dubai Electricity and Water Authority
CAR	1) Central African Republic, or 2) Central Albertine Rift		
CARICOM	Caribbean Common Market		
CAS	1) complex adaptive systems, or 2) Chemicals Abstract Service		

DPSIR	drivers, pressures, state, impacts, responses	FSC	Forest Stewardship Council
DRC	Democratic Republic of the Congo	G7	Group of Seven (Canada, France, Germany, Italy, Japan, United Kingdom, United States)
DRR	disaster risk reduction	G8	Group of Eight (Canada, France, Germany, Italy, Japan, Russian Federation, United Kingdom, United States)
EA	ecosystem approach	GAPS	Global Atmospheric Passive Sampling
EAC	East African Community	GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
EAF	ecosystem approach to fisheries	GCC	Gulf Cooperation Council
EAP	Environmental Action Programme of the EU	GCF	Green Climate Fund
EBA	ecosystem based adaptation	GCLME	Guinea Current Large Marine Ecosystem
EC	European Commission	GCM	general circulation models
ECESA	Executive Committee on Economic and Social Affairs (UN)	GCP	gross cell product
ECHA	European Chemicals Agency	GDP	gross domestic product
ECLAC	Economic Commission for Latin America and the Caribbean of the United Nations	GEF	Global Environment Facility
ECOWAS	Economic Community of West African States	GEMS	Global Environmental Monitoring System
EE	energy efficiency	GEO	Global Environment Outlook
EEA	European Environment Agency	GEOSS	Global Earth Observation System of Systems
EU	European Union	GESAMP	Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
EIA	1) Energy Information Administration, or 2) environmental impact assessment	GHG	greenhouse gas
EIONET	European Environment Information and Observation Network	GIS	geographical information systems
EKC	environmental Kuznets curve	GISS	Goddard Institute for Space Studies
EM-DAT	Emergency Events Database	GLASOD	Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme	GM	Global Mechanism
EMG	Environment Management Group	GMO	genetically modified organism
ENRM	Environmental and Natural Resources Management (World Bank)	GNP	gross national product
EPA	1) environmental performance assessment, or 2) Environmental Protection Agency (United States)	GPA	Global Programme of Action for the Protection of the Marine Environment from Land-based Activities
EQIP	Environmental Quality Incentives Program (United States)	GPCP	Global Precipitation Climatology Project
ERMA	Environmental Risk Management Authority	GPI	genuine progress indicator
ERS	Economic Research Service (United States)	GPW	Gridded Population of the World
ES	Earth System	GUPES	Global University Partnership on Environment and Sustainability
ESA	1) environmentally sensitive area, or 2) European Space Agency	GW	gigawatt
ESI	environmental services index	GWP	1) Global Water Partnership, or 2) global warming potential
ESS	Earth system science	GWSP	Global Water System Project
ETS	emissions trading scheme	HAB	harmful algal blooms
EU	European Union	HCFC	hydrochlorofluorocarbon
EUROBATS	Agreement on the Conservation of Populations of European Bats	HCH	hexachlorocyclohexane
Ex-COPs	Extraordinary Conferences of the Parties to the Basel, Rotterdam and Stockholm Conventions	HDI	Human Development Index
EWS	early warning system	HFA	Hyogo Framework for Action
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	HFC	hydrofluorocarbon
FDI	foreign direct investment	HIV	human immunodeficiency virus
FIBA	Fondation Internationale du Banc d'Arguin	HKHT	Hindu Kush-Himalayan-Tibetan
FIT	feed-in tariff	HLCP	High Level Committee on Policy
FIT-FIR	first-in-time, first-in-right (or the Doctrine of Prior Appropriation)	HLIAP	High-Level Intergovernmental Advisory Panel
FLORES	Forest Land Oriented Resources Envisioning System	HS	Harmonized System
FON	Friends of Nature	HTAP	hemispheric transport of air pollution
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal	HWS	human water security
FONAG	Fund for the Protection of Water	IAEG	Inter-agency and Expert Group
		IATTC	Inter-American Tropical Tuna Commission
		IBA	important bird area
		ICARM	integrated coastal and river management
		ICCA	indigenous and community-conserved areas

ICE	International Court for the Environment	JPOI	Johannesburg Plan of Implementation
ICHRP	International Council on Human Rights Policy	JPoI	Joint Plan of Implementation
ICLEI	Local Governments for Sustainability	JRC	European Commission Joint Research Centre
ICLZT	integrated rotating crops, livestock production and zero-tillage operations	LAC	Latin America and the Caribbean
ICRISAT	International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics	LAS	League of Arab States
ICT	information and communication technology	LECZ	low elevation coastal zone
ICZM	integrated coastal zone management	LDC	1) least developed country, or 2) London Dumping Convention: Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter
IDB	Inter-American Development Bank	LDCF	Least Developed Countries Trust Fund
IDMC	Internal Displacement Monitoring Centre	LEZ	low emission zone
IEA	1) International Energy Agency, or 2) integrated environmental assessment	LIFDC	low-income food deficit countries
IFAD	International Fund for Agricultural Development	LME	large marine ecosystem
IFPRI	International Food Policy Research Institute	LPG	liquefied petroleum gas
IGRAC	International Groundwater Resources Assessment Centre	LRTAP	long-range transboundary air pollution
IIASA	International Institute for Applied System Analysis	MA	Millennium Ecosystem Assessment
IISD	International Institute for Sustainable Development	MAP	Mediterranean Action Plan for the Barcelona Convention
IJC	International Joint Commission	MARPOL	International Convention for the Prevention of Pollution From Ships
ILBM	integrated lake basin management	M&E	monitoring and evaluation
ILC	indigenous and local communities	MDG	Millennium Development Goal
ILEC	International Lake Environment Committee	MDTF	Multi-Donor Trust Funds (UN)
ILM	1) integrated land management, or 2) indigenous land management	MEA	multilateral environmental agreement
ILO	International Labour Organization	MERCOSUR	Mercado Común del Sur
IMO	International Maritime Organization	MFA	material flow accounting
IMPACT	International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade	MINAM	Portal del Ministerio del Ambiente del Perú
INBO	International Network of Basin Organizations	MMA	marine managed area
INVERMAR	Invertec Pesquera Mar de Chiloé	MMWD	Marin Municipal Water District
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO	MPA	marine protected area
IOMC	Inter-organizational Programme for the Sound Management of Chemicals	MSC	Marine Stewardship Council
IP	intellectual property	MSW	municipal solid waste
IPA	indigenous protected area	N <sub>2</sub> O	nitrous oxide
IPA CIS	Inter-Parliamentary Assembly of the Commonwealth of Independent States	NAAEC	North American Agreement on Environmental Cooperation
IPAT	Impact = Population x Affluence x Technology	NAFA	National Forest Authority
IPBES	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services	NAFTA	North American Free Trade Agreement
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	NAMA	nationally appropriate mitigation actions
IPR	intellectual property rights	NASA	National Aeronautics Space Administration (United States)
IPSI	International Partnership on Satoyama Initiative	NBI	Nile Basin Initiative
IPSRM	International Panel for Sustainable Resource Management	NBSAP	national biodiversity strategies and action plans
IRP	integrated resource planning	NEG/ECP	New England Governors/Eastern Canadian Premiers
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction	NEPA	National Environment Policy Act (United States)
ISEW	Index of Sustainable Economic Welfare	NEPA	National Environmental Protection Agency (China)
ITPGRFA	International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture	NEPAD	New Partnership for Africa's Development
ITF	International Transport Forum	NEPAD CAADP	NEPAD Comprehensive Africa Agriculture Development Programme
IUCN	International Union for Conservation of Nature	NERC	1) National Energy Research Center (Jordan; Syria), or 2) Natural Environment Research Council (United Kingdom)
IWI	International Watersheds Initiative (North America)	NPP	net primary productivity
IWM	integrated watershed planning and management	NGO	non-governmental organization
IWRM	integrated water resources management	NH <sub>3</sub>	ammonia
JHU	Johns Hopkins University (United States)	NH <sub>x</sub>	ammonia and ammonium

NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey	REDD	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
NICNAS	National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme	REFIT	renewable energy feed-in-tariff
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (United States)	REMP	renewable energy master plan
NOWPAP	Action Plan for the Protection, Management and Development of the Marine and Coastal Environment of the Northwest Pacific Region	REMPEC	Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea
NO <sub>2</sub>	nitrogen dioxide	RES	renewable energy systems
NO <sub>x</sub>	nitrogen oxides	ROPME	Regional Organization for the Protection of the Marine Environment of the sea area surrounded by Bahrain, Iran, Iraq, Kuwait, Oman, Qatar, Saudi Arabia and the United Arab Emirates
NPRI	National Pollutant Release Inventory (Canada)	RPBR	Río Plátano Biosphere Reserve (Honduras)
NRTEE	National Roundtable on the Economy and the Environment	RPS	Renewable Portfolio Standard
NMVOCS	non-methane volatile organic compounds	RWH	rainwater harvesting
O <sub>3</sub>	ozone	SADC	Southern African Development Community
OCP	organochlorine pesticides	SAICM	Strategic Approach to International Chemicals Management
ODA	official development assistance	SCBD	Secretariat of the Convention on Biological Diversity
ODS	ozone-depleting substance	SCCF	Special Climate Change Trust Fund
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	SEA	strategic environmental assessment
OP	obsolete pesticide	SEEA	System of Environmental-Economic Accounting
OPRC	International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation	SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
OPT	Occupied Palestinian Territories	SFM	sustainable forest management
OSPAR	Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic	SICA	Sistema de la Integración Centroamericana (Central America Integration System)
PA	protected area	SIDS	small island developing states
PAEC	Cuban Energy Saving Programme	SLCF	short-lived climate forcer
PAH	polycyclic aromatic hydrocarbons	SLM	sustainable land management
PBDE	polybrominated diphenyl ethers	SNACs	Significant New Activity Controls
PCB	polychlorinated biphenyls	SNS	sacred natural sites
PCT	polychlorinated terphenyls	SNURs	Significant New Use Rules
PERI	Political Economy Research Institute, Univeristy of Massachusetts (United States)	SOE	state owned enterprises
PES	payment for ecosystem services	SoE	state of the environment
PM	particulate matter	SOER	State of the Environment Report of the EEA
PM <sub>2.5</sub>	particulate matter with a diameter of 2.5 micrometres (0.0025 millimetre) or less	SO <sub>x</sub>	sulphur oxides
PM <sub>10</sub>	particulate matter with a diameter of 10 micrometres (0.01 millimetre) or less	SO <sub>2</sub>	sulphur dioxide
POPs	persistent organic pollutants	SPB	sustainability policy banks
PCCDAm	Action Plan for Protection and Control of Deforestation in the Amazon	STAR	System for the Transparent Allocation of Resources
PPP	purchasing power parity	SST	sea surface temperature
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de energia eléctrica (National Electrical Conservation Programme) (Brazil)	SWF	Sovereign Wealth Funds
PSP	paralytic shellfish poisoning	TCO	traditional communal lands
PTC	production tax credit	TBNRM	transboundary natural resources management
QSAR	quantitative structure-activity relationships	TEAP	Technology and Economic Assessment Panel (the Montreal Protocol)
R&D	research and development	TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
RAFNET	Rwanda Agro-forestry Network	TEK	traditional ecological knowledge
RCP	representative concentration pathways	TEU	twenty-foot-equivalent units
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical substances programme (EU)	TFCA	transfrontier conservation areas
RE	renewable energy	TK	traditional knowledge
REC	renewable energy credits	TM	technology mechanism
		TMDL	total maximum daily load
		TRI	Toxics Release Inventory (United States)
		TRIPs	trade-related aspects of international property rights

TSCA	Toxic Substances Control Act (United States)	UN-REDD	United Nations collaborative initiative on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation in Developing Countries
UK	United Kingdom	UNSD	United Nations Statistics Division
UN	United Nations	UNU	United Nations University
UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification	UNWTO	United Nations World Tourism Organization
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development	USA	United States of America
UNCLOS	United Nations Convention on the Law of the Sea	USAID	United States Agency for International Development
UNCSD	United Nations Commission on Sustainable Development	US EPA	United States Environmental Protection Agency
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development	UV	ultraviolet
UNDG	United Nations Development Group	VITEK	vitality of traditional ecological knowledge
UNDP	United Nations Development Programme	VOC	volatile organic compound
UNDRIP	United Nations Declaration on the Rights of Indigenous Peoples	vPvB	very persistent and very bioaccumulative
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe	WAIS	West Antarctic ice sheet
UNEP	United Nations Environment Programme	WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
UNEP-CEP	United Nations Environment Programme – Caribbean Environment Programme	WCI	Western Climate Initiative (North America)
UNEP-PCFV	United Nations Environment Programme – Partnership for Clean Fuels and Vehicles	WCRP	World Climate Research Programme
UNEP-WCMC	United Nations Environment Programme – World Conservation Monitoring Centre	WFD	Waste Framework Directive of the EU
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	WFP	World Food Programme (United Nations)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	WHC	World Heritage Convention
UNFF	United Nations Forum on Forests	WHO	World Health Organization
UNHCR	The United Nations Refugee Agency	WIO	Western Indian Ocean
UNICEF	United Nations Children’s Fund	WMO	World Meteorological Organization
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization	WRI	World Resources Institute
UNITAR	United Nations Institute for Training and Research	WSSD	World Summit on Sustainable Development
		WTO	World Trade Organization
		WTP	willingness to pay
		WUE	water-use efficiency
		WWAP	World Water Assessment Programme
		WWDR	World Water Development Report
		WWF	World Wide Fund for Nature
		ZZE	economic and ecological zoning

# 寄与した方々

## GEO-5 執筆者チーム

**第1章 駆動要因:** Susana B. Adamo, Columbia University, USA; Jane Barr, independent expert, Canada; David Laborde Debucquet, International Food Policy Research Institute, USA; Elizabeth R. Desombre, Wellesley College, USA; Thomas Dietz, Michigan State University, USA; Matthew Gluschankoff, University of California, Santa Barbara, USA; Konstadinos Goulias, University of California, Santa Barbara, USA; Jason Jabbour, UNEP, Kenya; Yejoon Kim, Korea Environment Institute, Republic of Korea; Marc A. Levy, Center for International Earth Science Information Network, USA; David López-Carr, University of California, Santa Barbara, USA; Catherine P. McMullen, independent consultant, Canada; Alexandra C. Morel, Centre for International Earth Science Information Network, USA; Ana Rosa Moreno, National Autonomous University of Mexico, Mexico; Siwa Msangi, International Food Policy Research Institute, USA; Matthew Paterson, University of Ottawa, Canada; Batimaa Punsalmaa, Water Authority, Ministry of Nature, Environment and Tourism, Mongolia; Eugene A. Rosa, Washington State University, USA; Paul F. Steinberg, Harvey Mudd College, USA; Ray Tomalty, McGill University, Canada; Craig Townsend, Johns Hopkins University, USA.

**第2章 大気:** May Antoniette Ajero, Clean Air Initiative-Asia Center, Philippines; Susan Casper Anenberg, US Environmental Protection Agency, USA; Paulo Artaxo, University of São Paulo, Brazil; Geir Braathen, World Meteorological Organization, Switzerland; Luis Abdon Cifuentes, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile; Lisa Emberson, Stockholm Environment Institute, UK; Sara Feresu, University of Zimbabwe, Zimbabwe; Kevin Hicks, Stockholm Environment Institute, UK; Msafiri Jackson, Ardhi University, Tanzania; Johan C. I. Kuylenstierna, Stockholm Environment Institute, UK; Yousef Meslmani, Atomic Energy Commission, Syria; Nicholas Muller, Middlebury College, USA; Frank Murray, Murdoch University, Australia; Seydi Ababacar Ndiaye, Labo de Physique et de l'Atmosphère et de l'Océan, Senegal; Emily Nyaboke (GEO Fellow), Intergovernmental Authority on Development Climate Prediction and Applications Centre, Kenya; Nguyen Thi Kim Oanh, Asian Institute of Technology, Thailand; T.S. Panwar, The Energy and Resources Institute, India; Linn Persson, Stockholm Environment Institute, Sweden; Drew Shindell, NASA Goddard Institute for Space Studies, USA; Sara Terry, US Environmental Protection Agency, USA; Eric Zusman, 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本.

**第3章 陸:** Magdi T. Abdelhamid, National Research Centre, Egypt; T. Mitchell Aide, University of Puerto Rico, USA; Björn Alftan, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Fethi Ayache, Université de Sousse, Tunisia; Asmeret Afesaw Berhe, University of California, Merced, USA; Saturnino (Jun) M. Borras Jr., Erasmus University Rotterdam, Philippines; Chizoba Chinweze, Nnamdi Azikiwe University, Nigeria; Tahia Devisscher, Stockholm Environment Institute, UK; Tom P. Evans, Indiana University, USA; Jana Frélichová, Charles University, Prague, Czech Republic; Lawrence Hislop, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Carol A. Hunsberger, Carleton University, Canada; Jason Jabbour, UNEP, Kenya; Shashi Kant, University of Toronto, Canada; David López-Carr, University of California, Santa Barbara, USA; Hillary Masundire, University of Botswana, Botswana; Juan Albaladejo Montoro, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain; William K. Pan, Johns Hopkins University, USA; Narcisca G. Pricope (GEO Fellow), University of Florida, USA; Roberto Sánchez-Rodríguez, University of California, Riverside, USA; Björn Schulte-Herbrüggen, UNEP-WCMC, UK; Jessica Smith, UNEP-WCMC, UK; Carlos Souza Jr., Amazon Institute of People and the Environment, Brazil; Tracy L. Timmins (GEO Fellow), University of Calgary, Canada; Héctor Francisco del Valle, Centro Nacional Patagónico, Argentina; Joris de Vente Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Spain; Leo C. Zulu, Michigan State University, USA.

**第4章 水:** Maite Aldaya, Botín Foundation, Spain; Hermanni Backer, Helsinki Commission, Finland; Erica Brown Gaddis, SWCA Environmental Consultants, USA; Paul Roger Glennie, UNEP-DHI Centre for Water and Environment, Denmark; Yi Huang, Peking University, China; Hans Günter Brauch, Freie University of Berlin, Germany; Peter Koefoed Bjørnsen, UNEP-DHI Centre for Water Environment, Denmark; Salif Diop, UNEP,

Kenya; Mariele Evers, Leuphana University of Lueneburg, Germany; Carlo Giupponi, University of Venice Ca' Foscari, Italy; Sherry Heileman, independent consultant, France; Gensuo Jia, Chinese Academy of Sciences, China; Ljubomir Jeftic, independent consultant, Croatia; Alioune Kane, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Tiina Kurvits, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Robin Mahon, University of West Indies, Barbados; Walter Rast, Texas State University, USA; Santiago Reyna, National University of Cordoba, Argentina; Lisa Speer, Natural Resources Defense Council, USA; Jaap van Woerden, UNEP, Switzerland; Roy Victor Watkinson, Roy Watkinson Environmental Consulting Ltd, UK; Judith Weis, Rutgers University, USA.

**第5章 生物多様性:** John Agard, University of West Indies, Trinidad and Tobago; Dolors Armenteras, Universidad Nacional de Colombia, Colombia; Mario Baudoin, San Andres University, Bolivia; Kabir Bavikatte, Natural Justice, South Africa; Bastian Bertschy, UNEP-WCMC, UK; Neil Burgess, University of Copenhagen, Denmark; Stuart H.M. Butchart, Birdlife International, UK; Joji Carino, International Indigenous Forum on Biodiversity, Philippines; William W.L. Cheung, University of East Anglia, UK; Ben Collen, Zoological Society of London, UK; Nigel Dudley, Equilibrium, UK; C. Max Finlayson, Charles Sturt University, Australia; Leslie G. Firbank, University of Leeds, UK; Rodrigo Fuentes, ASEAN Centre for Biodiversity, Philippines; Alessandro Galli, Global Footprint Network, Italy; Yogesh Gokhal, The Energy and Resources Institute, India; Simon Hales, University of Otago, New Zealand; Marc Hockings, University of Queensland, Australia; Robert Höft, Secretariat of the UN Convention on Biological Diversity, Canada; J. Carter Ingram, Wildlife Conservation Society, USA; Valerie Kapos, UNEP-WCMC, UK; Justin Kitzes, University of California, Berkeley, USA; Ashish Kothari Kalpavriksh, Environment Action Group, India; Linda Krueger, Wildlife Conservation Society, USA; Melodie A. McGeoch, South Africa National Parks, South Africa; Thomasina E.E. Oldfield, Traffic International, UK; Christian Prip, Ministry of Environment, Denmark; Camilo García Ramirez, National University of Colombia, Colombia; Kent H. Redford, Wildlife Conservation Society, USA; Monica Marcela Morales Rivas (GEO Fellow), Universidad Nacional de Colombia, Colombia; John G. Robinson, Wildlife Conservation Society, USA; Alison M. Rosser, UNEP-WCMC, UK; Jörn P.W. Scharlemann, UNEP-WCMC, UK; Holly Shrumm, Natural Justice, South Africa; Damon Stanwell-Smith, UNEP-WCMC, UK; Heikki Toivonen, Finnish Environment Institute, Finland; Bas Verschuuren, WCPA Specialist Group on Cultural and Spiritual Values of Protected Areas, Netherlands; Johanna von Braun, Natural Justice, South Africa; Matt Walpole, UNEP-WCMC, UK.

**第6章 化学物質と廃棄物:** Ricardo Barra, University of Concepción, EULA Environmental Sciences Centre, Chile; Borislava Batandjjeva, Consultancy Services, Bulgaria; Arthur Russell Flegal Jr., University of California, Santa Cruz, USA; Walter Giger, Giger Research Consulting, Switzerland; Ivan Holoubek, Research Centre for Toxic Compounds in the Environment, Masaryk University, Czech Republic; Heather Jones-Otazo, Health Canada, Canada; Liu Lili, Basel Convention Coordinating Center for Asia and the Pacific, China; Philip Edward Metcalf, Independent Consultant, British/South African; Karina Silvia Beatriz Miglioranza, National Council of Scientific and Technological Research, Mar del Plata University, Argentina; Mónica Patricia Montory Gonzalez (GEO Fellow), University of Concepción, Chile; Adebola A. Oketola (GEO Fellow), University of Ibadan, Nigeria; Oladele Osibanjo, Basel Convention Coordinating Centre for Training and Technology Transfer for the African Region, University of Ibadan, Nigeria; Pierre Portas, Waste Environment Cooperation Centre, Switzerland; Ian Rae, University of Melbourne, Australia; Martin Scheringer, Institute for Chemical and Bioengineering, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Switzerland; Claudia ten Have, UNEP, Kenya; Roy Victor Watkinson, Roy Watkinson Environmental Consulting Ltd, UK.

**第7章 地球システムの全体像:** Genrikh Alekseev, Arctic and Antarctic Research Institute, Russia; Opha Pauline Dube, University of Botswana, Botswana; Niki Frantzeskaki, Dutch Research Institute for Transitions, Netherlands; Benjamin Gaddis, SWCA Environmental Consultants, USA; Andrew Githeko, Medical Research Institute, Kenya; Jill Jäger, independent expert, UK; Pushker Kharecha, NASA Goddard Institute for

Space Studies, USA; Derk Loorbach, Dutch Research Institute for Transitions, Netherlands; Neeyati Patel, UNEP, Kenya; James Reynolds, Duke University, USA; Johan Rockström, Stockholm Environment Institute, Sweden; Jan Rotmans, Dutch Research Institute for Transitions, Netherlands; Vladimir Ryabinin, World Meteorological Organization, Switzerland; Jiansheng Ye (GEO Fellow), Lanzhou University, China.

**第8章 必要とされるデータ:** Charles Davies, UNEP, Kenya; Ashbindu Singh, UNEP, USA; Jaap van Woerden, UNEP, Switzerland.

**第9章 アフリカ:** Ameer Abdulla, International Union for Conservation of Nature, Centre for Mediterranean Cooperation, Spain; Osman Mirghani M. Ali, University of Khartoum, Sudan; Adnan A. Awad, University of the Western Cape, South Africa; Habtemariam Kassa Belay, Center for International Forestry Research, Ethiopia Office, Ethiopia; Kerry W. Bowman, University of Toronto, Canada; Rannveig K. Formo, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Marina Gomei, World Wildlife Fund, Italy; Charlotte Karibuhoye, Foundation Internationale du Banc d'Arguin, Senegal; Winnie Lau, Forest Trends, USA; Masego Madzwamuse, independent consultant, South Africa; Clever Mafuta, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Jennifer Clare Mohamed-Katerere, independent expert, South Africa; Francis Mwaura, University of Nairobi, Kenya; Valerie Rabesahala, independent consultant, Madagascar; Sachooda Ragoonaden, Indian Ocean Commission, Mauritius; Bevylyne Sithole, Shanduko Centre for Agrarian Research, Zimbabwe.

**第10章 アジア太平洋地域:** Iskandar Abdullaev, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Uzbekistan; Raquibul Amin, International Union for Conservation of Nature, Thailand; 朝山 由美子, 国立環境研究所, 日本; Magnus Bengtsson, 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; Robert Dobias, USAID/Climate Change Adaptation Project Preparation Facility for Asia-Pacific, Thailand; Mark Elder, 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; Rodrigo Fuentes, ASEAN Biodiversity Centre, Philippines; Anirban Ganguly, The Energy and Resources Institute, India; Prodipto Ghosh, The Energy and Resources Institute, India; Guibin Jiang, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, China; 甲斐沼 美紀子, 国立環境研究所, 日本; 片岡 八束, 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; Peter N. King, Institute for Global Environmental Studies, Thailand; Robert Kipp, 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; Marie Leroy, Institute for Political Studies, Science Po, France; Keping Ma, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, China; Vishal Narain, Management Development Institute, India; Simon Hoiberg Olsen (GEO Fellow), 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; Shavkat Rakhmatullaev, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Uzbekistan; Nilapha Ratanavong (GEO Fellow), Regional Resource Centre for Asia and the Pacific, Thailand; Jianbo Shi, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, China; Diana Suhardiman, International Water Management Institute – Southeast Asia, Indonesia; Poh Poh Wong, University of Adelaide, Australia; Shiqiu Zhang, Peking University, China.

**第11章 ヨーロッパ:** Thomas Bernauer, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland; Olga Chkanikova (GEO Fellow), Lund University, Sweden; Sophie Condé, National Museum of Natural History, France; Karine Danielyan, Yerevan State University, Armenia; Nicolai Dronin, Moscow State University, Russia; Lisa Emberson, Stockholm Environment Institute, UK; Joyeeta Gupta, Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands; Naira Harutyunyan, Central European University, Hungary; Anastasia Idrisova, Central European University, Hungary; Pavlos Kassomenos, University of Ioannina, Greece; Olena Maslyukivska, National University of Kyiv-Mohyla Academy, Ukraine; Ruben Mnatsakanian, Central European University, Hungary; Nora Mzavanadze, Central European University, Hungary; Alexander Orlov, The State University of New York, Stony Brook, USA; Mirjam Schomaker, independent consultant, Switzerland; Jerome Simpson, The Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, Hungary; Åsa Swartling, Stockholm Environment Institute, Sweden.

**第12章 中南米とカリブ諸国:** Andrea Brusco, UNEP, Panama; Ligia Castro, CAF – Development Bank of Latin America, Panama; Antonio Clemente (GEO Fellow), Water Center for the Humid Tropics of Latin America and the Caribbean, Panama; Keston Finch, The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Elsa Galarza, Universidad del Pacifico, Peru; Silvia Giada, UNEP, Panama; Alexander Girvan, The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Mayte González, The Nature Conservancy, Panama; Keisha García, The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Mark Griffith, UNEP, Panama; Gladys Hernández, Centro de Investigaciones de la Economía Mundial, Cuba; Guillermo Castro Herrera, International Sustainable Development Center, Panama; Paul Hinds, College of Science, Technology and Applied Arts of Trinidad and Tobago, Trinidad and Tobago; Martha Macedo de Lima, Barata Instituto Oswaldo Cruz, Brazil; Arturo Flores Martínez, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT, Mexico; Graciela Metternicht, UNEP, Panama; Ana Rosa Moreno, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico; Ernesto Guhl Nannetti, Institute for Sustainable Development – CIDES, Colombia; Keith Nichols, Organisation of the Eastern Caribbean States, St. Lucia; Rodrigo Noriega, International Sustainable Development Center – CIDES, Panama; Daniel Fontana Oberling, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil; Martin Obermaier, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil; Mary Otto-Chang, independent consultant, Jamaica; Aida Pacheco, Universidad del Pacifico, Peru; Maurice Rawlins (GEO Fellow), The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Andrea Salinas, UNEP, Panama; Asha Singh, Cariblnvest (West Indies) Limited, Guyana; Michael Taylor, University of West Indies, Jamaica; Elisa Tonda, UNEP, Panama; Angel Ureña, Panama Canal Authority, Panama; Oscar Vallarino, Panama Canal Authority, Panama; Ernesto Viglizzo, National Institute of Agricultural Technology, Argentina; Jessica Young, MarViva Foundation, Panama; William Wills, Federal University of Rio de Janeiro, Brazil; Joanna Noelia Kamiche Zegarra, Universidad del Pacifico, Peru.

**第13章 北アメリカ:** Robert Adler, University of Utah, USA; Jane Barr, independent expert, Canada; John Campbell, US Forest Service, USA; James Dobrowolski, US Department of Agriculture, USA; José Etcheverry, York University, Toronto, Canada; Catherine Hallmich (GEO Fellow), Commission for Environmental Cooperation, Canada; Jim Lazar, The Regulatory Assistance Project, USA; Philippe Le Prestre, Université Laval, Canada; Laili Li, Stockholm Environment Institute, Thailand; Alexander Kenny, Center for International Sustainable Development Law, Canada; Lori Lynch, University of Maryland, USA; Russell M. Meyer, Pew Center on Global Climate Change, USA; Robin Newmark, US Department of Energy, USA; Janet Peace, Pew Center on Global Climate Change, USA; Julie A. Suhr Pierce, US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, USA; Marc Sydnor, University of Denver, USA; Stephen Yamasaki, EcoTerra Solutions, Canada.

**第14章 西アジア:** Asma Abahussain, Arabian Gulf University, Bahrain; Ibrahim Abdel Gelil, Arabian Gulf University, Egypt; Mohamed Abdulrazzak, Independent Expert, Saudi Arabia; Anwar Abdu Khalil, Arabian Gulf University, Bahrain; Mohammad S. Abido, Damascus University, Syria; Fouad Abousamra, UNEP, Syria; Mukdad Al-Khateeb, Environment Research Center, Iraq; Maha Al-Sabbagh, Arabian Gulf University, Bahrain; Lulwa N Ali, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait; Mahmoud Al-Sibai, Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, Syria; Hashim Al-Sayed, University of Bahrain, Bahrain; Abdullah Droubi, Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, Syria; Amr El-Sammak, Arabian Gulf University, Egypt; Ahmad Fares Asfary, Independent Expert, Syria; Nesreen Ghaddar, American University of Beirut, Lebanon; Mohamed Abdel Raouf Abdel Hamid Aly, Gulf Research Center, Egypt; Amir Ibrahim, Tishreen University, Syria; Mohammad Abdul Rahman Hassan, Dubai Municipality, UAE; Muhyiddine Jradi, American University of Beirut, Lebanon; Ahmed Khalil, Regional Organization for the Conservation of the Environment of the Red Sea and Gulf of Aden, Sudan; Abdel Hadi Mohamed, Arabian Gulf University, Sudan; Amr El-Sammak and Ahmed Ali Salih, Arabian Gulf University, Sudan.

**第15章 大陸域の要約:** Jane Barr, independent expert, Canada; Ludgarde Angèle Elisa Coppens, UNEP, Kenya; Nicolai Dronin, Moscow

State University, Russia; Amir El-Sammak, Arabian Gulf University, Bahrain; Jose Etcheverry, York University, Toronto, Canada; Lailai Li, Stockholm Environment Institute, Thailand; Clever Mafuta, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Catherine P. McMullen, independent consultant, Canada; Renat Perellet, Institute for Systems Analysis, Russia; Flavia Rovira (GEO Fellow), Centro de Investigaciones Económicas, Uruguay; Asha Singh, Cariblnvest (West Indies) Limited, Guyana; Joanna Noelia Kamiche Zegarra, Universidad del Pacifico, Peru.

**第16章 シナリオと持続可能性への転換:** Pinar Ertör Akyazi (GEO Fellow), Boğaziçi University, Turkey; Rob Alkemade, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Andrea Bassi, Millennium Institute, USA; Livia Bizikova, International Institute for Sustainable Development, Canada; Villy Christensen, University of British Columbia, Canada; Fabio Feldmann, consultant, Brazil; Martina Floerke, University of Kassel, Germany; Jill Jäger, independent expert, UK; Marcel Kok, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Paul Lucas, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Diane Mangalagiu, University of Oxford, UK; Washington Ochola, Regional University Forum for Capacity Building, Kenya; Begum Ozkaynak, Boğaziçi University, Turkey; Trista Patterson, US Department of Agriculture, Forest Service, USA; Natalia Pervushina (GEO Fellow), Central European University, Hungary; Laszlo Pinter, Central European University/International Institute for Sustainable Development, Hungary/Canada; Weishuang Qu, Millennium Institute, USA; Kilaparti Ramakrishna, Woods Hole Research Center, USA; Claudia Ringler, International Food Policy Research Institute, Germany; John Shilling, Millennium Institute, USA; Darren Swanson, International Institute for Sustainable Development, Canada; Detlef van Vuuren, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands.

**第17章 地球規模での対応:** Ibrahim Abdel Gelil, Arabian Gulf University, Bahrain; Ivar Baste, Directorate for Nature Management, Norway; Satishkumar Belliethathan, Horn of Africa – Regional Environment Centre/Network, Ethiopia; Vivien Campal, Secretary of State for Environment and Sustainable Development, Guinea-Bissau; Bradnee Chambers, UNEP, Kenya; Melissa Goodall (GEO Fellow), Yale University, USA; Joyeeta Gupta, Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands; Peter M. Haas, University of Massachusetts Amherst, USA; Zerisenay Habtezion, Harvard University, USA; Achim Halpaap, UNITAR, Switzerland; Maria Ivanova, University of Massachusetts Boston, USA; Peter N. King, Institute for Global Environmental Strategies, Thailand; Marcel Kok, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Bernice Lee, Chatham House, UK; Marcus Lee, The World Bank, USA; Slobodan Milutinovic, University of Nis, Serbia; Jennifer Clare Mohamed-Katerere, independent expert, South Africa; Trista Patterson, US Department of Agriculture, Forest Service, USA; Felix Preston (GEO-Fellow), Chatham House, UK.

## 科学査読者 (ESSPによるコーディネイト)

秋元 圭吾, 地球環境産業技術研究機構(RITE), 日本; Mahmoud Ali, Arab Organization for Agricultural Development, Syria; Erik Ansink, Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands; Masroor Ellahi Babar, University of Veterinary and Animal Sciences, Pakistan; David Barkin, Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico; Janos Bogardi, University of Bonn, Germany; Philippe Bourdeau, Director (ret.) DG Research, European Commission; Josep Canadell, Marine and Atmospheric Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia; Graciela Ana Canziani, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina; Andrea Birgit Chavez Michaellesen, Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios, Peru; Kevin Cheung, Macquarie University, Australia; Antonio Cruzado, Oceans Catalonia International SL, Spain; Shobhakar Dhakal, 国立環境研究所, 日本; Serigne Faye, Universite Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Marina Fischer-Kowalski, Alpen Adria Universitaet, Austria; Amadou Thierno Gaye, Universite Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Mark O. Gessner, Berlin Institute of Technology, Germany; Evgeny Gordov, Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Russia; Dagmar Haase, Helmholtz Centre for Environmental Research, Germany; 半藤 逸樹, 総合地球環境学研究所, 日本; Nick Harvey, University of Adelaide, Australia; Lars Hein, Wageningen University, Netherlands; Gerhard J. Herndl, Royal Netherlands Institute for Sea Research, Netherlands; Shu-Li Huang, National Taipei University, Taiwan Province of China; Falk Huettmann, University of Alaska-Fairbanks, USA; Ada Ignaciuk, Earth System Sciences

Partnership, France; Muhammad Mohsin Iqbal, Global Change Impact Studies Centre, Pakistan; Louise Jackson, University of California, Davis, USA; Sharad Jain, Indian Institute of Technology Roorkee, India; Ian Jenkinson, Agency for Consultation and Research in Oceanography, France; Rainer Krug, Stellenbosch University, South Africa; Nelson Lourenco, IGBP-International Geosphere Biosphere Programme/Global Change, Portugal; Angela M. Maharaj, Macquarie University, Australia; 長島 美由紀, 地球環境産業技術研究機構(RITE), 日本; 成田 大樹, キール世界経済研究所, ドイツ; Isabelle Niang, University of Dakar, Senegal; Patrick Nunn, University of New England, Australia; Jay O'Keeffe, Rhodes University, South Africa; Jean-Pierre Ometto, Brazilian National Institute for Space Research, Brazil; Ursula Oswald Spring, National University of Mexico, Mexico; Claudia Pahl-Wostl, Institute for Environmental Systems Research, Germany; Nirmalie Pallewatta, University of Colombo, Sri Lanka; Henrique M. Pereira, University of Lisbon, Portugal; Erika Pires Ramos, Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources, Brazil; Germán Poveda, Universidad Nacional de Colombia, Colombia; Francesc Prenafeta, Institute of Agrifood Research and Technology, Spain; Seema Purushothaman, Centre for Conservation Governance and Policy, ATREE, India; Dork Sahagian, Lehigh University, USA; Galia Selaya, Madre de Dios-Pando Consortium, Bolivia; Mika Sillanpaa, Lappeenranta University of Technology, Finland; Maria Siwek, University of Technology and Life Sciences, Poland; Erika Techera, University of Western Australia, Australia; Holm Tiessen, Inter-American Institute for Global Change Research, Brazil; Klement Tockner, Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Germany; Aysun Uyar, 総合地球環境学研究所, 日本; Emma Archer van Garderen, Council for Scientific and Industrial Research, South Africa; Tracy Van Holt, East Carolina University, USA; Stefano Vignudelli, National Research Council, Italy; Hassan Virji, International START Secretariat, USA; Angela Wagener, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro, Brazil; Hong Yang, Swiss Federal Institute for Aquatic Science and Technology, Switzerland.

## ハイレベル政府間諮問パネル

Rajender Ahlawat, Ministry of Environment and Forests, India; Hussein A. Al-Gunied, Ministry of Water and Environment, Yemen; Wahid Al-Shuely, Ministry of Environment and Climate Change, Oman; Liana Bratasida, Ministry of Environment, Indonesia; Burcu Bursali, Ministry of Environment and Forestry, Turkey; Sandra De Carlo, Ministry of Environment, Brazil; Mantang Cai, Peking University, China; Jorge Laguna Celis, Ministry of Foreign Affairs, Mexico; Guilherme da Costa, Secretariat of State for Environment and Sustainable Development, Guinea Bissau; Raouf Dabbas, Ministry of Environment, Jordan; Martijn Dadema, Ministry of Foreign Affairs, Netherlands; Idunn Eidheim, Ministry of Environment, Norway; Prudence Galega, Ministry of Environment and Protection of Nature, Cameroon; Nilkanth Ghosh, Ministry of Environment and Forests, India; Rosario Gomez, Ministry of Environment, Peru; Xia Guang, Ministry of Environmental Protection, China; Han Huiskamp, Ministry of Foreign Affairs, Netherlands; Jos Lubbers, Ministry of Foreign Affairs, Netherlands; John Michael Matuszak, US Department of State, USA; Samira Nateche, Ministry of Land and Planning, Environment and Tourism, Algeria; Kim Thi Thuy Ngoc, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam; Jose Rafael Almonte Perdomo, Ministry of Environment and Natural Resources, Dominican Republic; Majid Shafie-Pour-Motlagh, Department of Environment, Iran; Van Tai Nguyen, Institute of Strategy and Policy on Natural Resources and Environment, Vietnam; Jiang Wei, Ministry of Environmental Protection, China; Albert Williams, Department of the Environment, Vanuatu; Daniel Ziegerer, Federal Office of Environment, Switzerland.

## 科学及び政策諮問委員会

Asma Ali Abahussain, Arabian Gulf University, Bahrain; Pinhas Alpert, Tel Aviv University, Israel; Torkil Jonch Clausen, UNEP-DHI Centre for Water and Environment, Denmark; Ahmed Djoghlaif, Secretariat of the UN Convention on Biological Diversity, Canada; Susanne Dröge, German Institute for International and Security Affairs, Germany; Kejun Jiang, Energy Research Institute, China; Nicholas King, Global Biodiversity Information Facility, Denmark; Filipo Lansigan, University of Los Banos, Philippines; Anne Larigauderie, DIVERSITAS, France; Emilio Lèbre La Rovere, Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente/COPPE/UFRJ, Brazil; Jacqueline McGlade, European Environment Agency, Denmark; Luisa T. Molina, Massachusetts Institute of Technology, USA; Toral Patel-Weynand, US Department of Agriculture Forest Service, USA; Nicolas Perittaz, Federal Office for the Environment, Switzerland; Carlos A. Quesada, University of San Jose,

Costa Rica; Chirapol Sintunawa, Mahidol University, Thailand; Sandra Torrusio, National Commission of Space Activities, Argentina; George Varughese, Development Alternatives Group, India; Robert Watson, Department for Environmental, Food and Rural Affairs, UK.

## データ及び指標ワーキンググループ

Asma Ali Abahussain, Arabian Gulf University, Bahrain; Ezgi Akpınar-Ferrand, University of Cincinnati, Turkey; Barbara Clark, European Environment Agency, Denmark; Sandra de Carlo, Ministry of Environment, Brazil; Volodymyr Demkine, UNEP, Kenya; Alexander Gorobets, Sevastopol National Technical University, Ukraine; Eszter Horvath, United Nations Statistics Division, USA; Koffi Kouadio, Ministry of Environment, Water and Forest, Cote d'Ivoire; Murari Lal, University of the South Pacific, Fiji; Samwiri Musisi-Nkambwe, University of Botswana, Botswana; Ambinistoa Lucie Noasilalaonomenjanahary, Ministry of Environment and Forest, Madagascar; Toral Patel-Weynand, US Forest Service, USA; Muhammad Munir Sheikh, Global Change Impact Studies Center, Pakistan; Ashbindu Singh, UNEP, USA; Anil Kumar Thanappan, Environmental Agency – Abu Dhabi, UAE; Susan Tumwebaze, Makerere University, Uganda; Héctor Tuy, University Raphael Landivar, Guatemala; Jaap van Woerden, UNEP, Switzerland.

## 拡大UNEPチーム

Henry Aguilar, Mozharul Alam, Jacqueline Alder, Jacqueline Alvarez, Meryem C. Amar, Neville Ash, Margarita Astrálega, Mario Bocchucci, Vivienne Caballero, Christopher Corbin, Mara Angélica Murillo Correa, Artie Dubrie, Heidelore Fiedler, Alex Forbes, Amy Fraenkel, Sandor Frigiyik, Joanna Granados, Julie Greenwalt, Moustapha Kamal Gueye, Niklas Hagelberg, Jonathan Gilman, Silja Halle, Ampai Harakunarak, Arab Hoballah, Melanie Hutchinson, David Jensen, Bob Kakuyo, Khaled Klaly, Alexander Koch, Fanina R. Kodre-Alexander, Nicolas Kosoy, Angela Lusigi, Janet Macharia, Kaj Madsen, Katarina Magulova, Isabel Martínez, Patricia Miranda, David H.W. Morgan, Richard Munang, Masa Nagai, Theodore Oben, Young-Woo Park, Wahida Patwa-Shah, Alex Pires, Ravi Prabhu, Purna Rajbhadari, Jean Jacob Sahou, Andrea Salinas, John Scanlon, Yasmin Shehata, Gemma Shepherd, Guido Sonnemann, Tunnie Srisakulchairak, Angele Lu Sy, Claudia ten Have, Dechen Tshering, Stephen Twomlow, Carla Valle-Klann, James Vener, Kamar Yousuf, Massimiliano Zandomenighi, Max Zieren.

## 他の国連機関

Russel Arthuton, IOC of UNESCO; Magaran Bagayoko, WHO; Juan Carlos Belausteguigoitia, The World Bank; Ruhiza Jean Boroto, FAO; Christopher Briggs, UNDP; Seon-Mi Choi, UNDP; Henrik Oksfeldt Enevoldsen, UNESCO; José Escamilla, PAHO; José Javier Gómez, UN ECLAC; Jacob Gyamfi-Aidoo, UNDP; Peter Holmgren, FAO; Mahendra Joshi, UNFF; Mikhail Kokine, UN ECE; Lars Gunnar Marklund, FAO; Johnson Nkem, UNDP; Emilio Pinto, PAHO; Hitomi Rankine, UN ESCAP; Mukundan Pillay, WHO; Paul Steele, UNDP; Terrence Thompson, WHO; María Noel Vaeza, UNOPS; Walter Vergara, The World Bank; Margarita Zambrano, UNHCR.

## 外部審査者

Asma Ali Abahussain, Arabian Gulf University, Bahrain; Mohammad Abido, Arabian Gulf University, Bahrain; Mariam Akhtar-Schuster, Desertnet International, Germany; Stephanie Aktipis, US Department of State, USA; Dhari Al-Ajmi, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait; Jean Albergel, Institut de Recherche pour le Développement, France; Mukdad Al-Khateeb, University of Technology, Iraq; Habiba Al Marashi, Emirates Environmental Group, UAE; Sergio Alvarez, Ministry of Environment Rural and Marine Affairs, Spain; Li An, San Diego State University, USA; Matheus Marques Andreozzi, Ministry of Environment, Brazil; Michelle Andriamahazo, Ministry of Agriculture, Madagascar; Fabio Franca Silva Araujo, Ministry of Environment, Brazil; Fethi Ayache, Université de Sousse, Tunisia; Julio Cesar Baena, Ministry of Environment, Brazil; Robert Bakiika, Environmental Management for Livelihood Improvement Bwaise Facility, Uganda; Jan Bakkes, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Zoltan Balint, FAO, Hungary; Martha Macedo de Lima Barata, Instituto Oswaldo Cruz, Brazil; Alisson Barbieri, Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil; Garfield Barnwell, Caribbean Community Secretariat, Guyana; Stephen Bates, Department of Sustainability Environment Water Population and Communities, Australia; Adriana Panhol Bayma, Ministry of Environment, Brazil; Douglas Beard, US Geological Survey, USA; Asmeret Asefaw Berhe, University of California Merced, USA; Martial Bernoux, Institut de Recherche pour le Développement, France; Alka Bharat, Maulana Azad National Institute of

Technology, India; Janos Bogardi, University of Bonn, Germany; Hans-Georg Bohle, University of Bonn, Germany; Marcel Bovy, Sustainability Guidance, Netherlands; Andreas Brink, Joint Research Center – European Commission, Italy; Carmen Burghelca, University of Vigo, Romania; Nadia Bystriakova, Natural History Museum, UK; Jillian Campbell, United Nations Secretariat, USA; Rita Cerutti, Environment Canada, Canada; Antony Challenger, Ministry of Environment and Natural Resources, Mexico; Hung Chak Ho, Mississippi State University, USA; Ge Chazhong, Chinese Academy for Environmental Planning, China; Marion Cheatle, independent expert, UK; Mbow Cheikh, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Weixue Cheng, Chinese Academy for Environmental Planning, China; Norma Cherry-Fevrier, Ministry of Finance, Economic Affairs and National Development, Saint Lucia; Barthod Christian, Ministry of Ecology, Sustainable Development, Transport and Housing, France; Adriano Ciani, Perugia University, Italy; Barbara Clark, European Environment Agency, Denmark; Petru Cocirta, Institute of Ecology and Geography of the Academy of Sciences, Moldova; Ana Corado, US Environmental Protection Agency, USA; Sérgio Ferreira Cortizo, Ministry of Environment, Brazil; Sylvie Côté, Environment Canada, Canada; Sandra De Carlo, Ministry of Environment, Brazil; Nathalie Delrue, OECD, France; Xiangzheng Deng, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, China; Alvaro Aguilar Díaz, Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, Costa Rica; Kelly Rain Dodge, US Department of State, USA; Ida Edwertz, Ministry of Environment, Sweden; Kassem El-Saddik, Développement Sans Frontières, Lebanon; Karlheinz Erb, Institute of Social Ecology, USA; Keston Finch, The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Jeff Fox, US Department of State, USA; Teodoro Georgiadis, Institute of Biometeorology of the National Research Council, Italy; Matthew Gerdin, US Department of State, USA; Anju Ghoorah, Ministry of Environment and Sustainable Development, Mauritius; Alexander Girvan, The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Kees Klein Goldewijk, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Liza Grandia, Clark University, USA; Xia Guang, Ministry of Environmental Protection, China; Andres Guhl, Universidad de los Andes, Colombia; Rodrigo Afonso Guimarães, Ministry of Environment, Brazil; Slayde Hawkins, Forest Trends, USA; Hans-Joachim Hermann, Federal Environmental Agency, Germany; Jeff Herrick, US Department of Agriculture, USA; Vicki Hird, World Society for the Protection of Animals, UK; Yi Huang, Peking University, China; Lloyd C. Irland, University of Maine, USA; Klaus Jacob, Freie Universität Berlin, Germany; Ljubomir Jeftic, independent consultant, Croatia; Gensuo Jia, Chinese Academy of Sciences, China; Li Jinhui, Basel Convention Coordinating Centre for Asia and the Pacific, China; Liu Jinyuan, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, China; Daniel Jones, Department of Environment, Food and Rural Affairs, UK; Heather Jones-Otazo, Health Canada, Canada; Muhyiddine Jradi, American University of Beirut, Lebanon; Wilfred Kadewa, University of Malawi, Malawi; Douglas Karlen, US Department of Agriculture, USA; Jiang Kejun, Energy Research Institute, China; Martin Kijazi, University of Toronto, Canada; Nicolas King, Global Biodiversity Information Facility, Denmark; Barbara Knox-Seith, US Agency for International Development, USA; Noriko Kobayashi, 外務省, 日本; Murari Lal, University of the South Pacific, Fiji; Greg Liknes, US Department of Agriculture, USA; Ronald Macfarlane, Toronto Public Health, Canada; Mazen Malkawi, WHO, Jordan; Cai Mantang, Peking University, China; Ney Maranhão, Ministry of Environment, Brazil; Saskia Marijnissen, UNDP/GEF Project on Partnership Interventions for the Implementation of the Strategic Action Programme for Lake Tanganyika, Burundi; Bernado Marke, Ministry of Foreign Affairs, Brazil; Mike McGahuey, US Agency for International Development, USA; Elizabeth McLanahan, National Oceanic and Atmospheric Administration, USA; Carlos Mena, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador; Alexander Metcalf, US Environmental Protection Agency, USA; Frank Müller, Asia Pacific Roundtable for Sustainable Consumption and Production, Thailand; Michele Muniz, Ministry of Environment, Brazil; John K. Musingi, University of Nairobi, Kenya; Mark Nelson, US Department of Agriculture Forest Service, USA; Keith E. Nichols, Organisation of Eastern Caribbean States, Saint Lucia; Itzchel Nieto, Ministry of Environment and Natural Resources, Mexico; Taina Nikula, Ministry of the Environment, Finland; Theophile Niyonzima, National University of Rwanda, Rwanda; Ambinintsoa Lucie Noasilalaonomenjanahary, Ministry of Environment and Forest, Madagascar; Patrick Nussbaumer, United Nations Industrial Development Organization, Austria; Htwe Nyo, National Commission for Environmental Affairs, Myanmar; Alice Oluoko-Odingo, University of Nairobi, Kenya; Andréa Oncala, Ministry of Environment, Brazil; Konrad Otto-Zimmermann, ICLEI – Local Governments for Sustainability, Germany; Dawn Parker, University

of Waterloo, Canada; Toral Patel-Weynand, US Department of Agriculture Forest Service, USA; Netatua Pelesikoti, Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme, Samoa; Maria Pena, University of the West Indies, Barbados; Monica Peres, Ministry of Environment, Brazil; Nicolas Perritaz, Federal Office for the Environment, Switzerland; Rebecca L. Powell, University of Denver, USA; Narcisa G. Pricope, University of Florida, USA; Kaushalya Ramachandran, Central Research Institute for Dryland Agriculture, Indian Council of Agricultural Research, India; Maurice Rawlins, The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Richard Roseman, US Department of State, USA; Kurt Riitters, US Department of Agriculture Forest Service, USA; Taeho Ro, Korea Environment Institute, Republic of Korea; John Romankiewicz, US Department of State, USA; Dale Rothman, University of Denver, USA; Najib Saab, Arab Forum for Environment and Development, Lebanon; Nurhuda Binti Salam, Department of Environment, Malaysia; Neil Sampson, Vision Forestry, LLC, USA; Henriette Schweizerhof, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany; Richard Sigman, OECD, France; Juliana Simões, Ministry of Environment, Brazil; Benjamin Sleeter, US Geological Survey, USA; Stephan Slingerland, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; William Sonntag, US Environmental Protection Agency, USA; Anand Sookun, Central Statistics Office, Mauritius; Mary Beth Steisslinger, Global Commons Trust, USA; Karen Regina Suassuna, Ministry of Environment, Brazil; Danling Tang, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, China; Tracy Timmins, University of Calgary, Canada; Mary Andy Rowen Tobiasson, US Agency for International Development, USA; Bella Tonkonogy, Department of Treasury, USA; Darin Tooney, US Department of State, USA; Jerry Touval, The Nature Conservancy, USA; Nathalie Unterstell, Ministry of Environment, Brazil; Niko Urho, Ministry of the Environment, Finland; Ingrid Verstraeten, US Geological Survey, USA; Anne Wein, US Geological Survey, USA; Judith S. Weis, Rutgers University, USA; Mona M. Westergaard, Environmental Protection Agency, Denmark; Dano Wilusz, US Department of State, USA; Maria Witmer, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Kerstin Wortman, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany; Lesley Woudberg, Ministry for the Environment, New Zealand; H. E. Mohammadi Zadeh, Department of Environment, Iran; Jieqing Zhang, Ministry of Environmental Protection, China; Daniel Ziegerer, Federal Office for the Environment, Switzerland.

## GEO-5の大陸域および政府間協議など、様々な方法で GEO-5評価プロセスに寄与した個人および機関(政府、 提携機関、科学界、民間部門):

アフリカ: Ahmed Abdelrehim, Centre for Environment and Development for the Arab Region and Europe, Egypt; Ali Adan Ali, National Museums of Kenya, Kenya; Jonathan Addo Allotey, Environmental Protection Agency, Ghana; Marie-Laetitia Busokeye, Rwanda Environment Management Authority, Rwanda; Lizete Marina Firmiro, Minister of Environment, Angola; Osman Mirghani Mohammed Ali, University of Khartoum, Sudan; Ayman Tharwat Amin, Ministry of Foreign Affairs, Egypt; Daniel S. Amlalo, Environmental Protection Agency, Ghana; Michelle Andriamahazo, Ministry of Agriculture, Madagascar; Samuel Ndonwi Ayonghe, University of Buea, Cameroon; Adnan A. Awad, University of the Western Cape, South Africa; Robert Bakiika, Environmental Management for Livelihood Improvement Bwaise Facility, Uganda; Ndey Sireng Bakurin, National Environment Agency, The Gambia; Philip O. Bankole, Federal Ministry of Environment, Nigeria; Mohammed El Bouch, Ministry of Water and Environment, Morocco; Viriatú Cassamá, Secretariat of State for Environment and Sustainable Development, Guinea-Bissau; Oliver Chapeyama, independent consultant, Botswana; Mbow Cheikh, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Thandiwe Chikomo, Birdlife International, Kenya; Tabeth Chiuta, World Fish Center, Zambia; Famara Drammeh, Daily Observer News Paper, The Gambia; Scopas Jibi Dima, Ministry of Environment, South Sudan; Mathieu Ducrocq, International Union for Conservation of Nature, Mauritania; Nadia Makram Ebeid, Center for Environment and Development for the Arab Region and Europe, Egypt; Abu Bakr Elsiddig Ahmed Eltohami, Omdurman Ahlia University, Sudan; Thiyu Kohoga Essobiyou, Ministry of Environment and Forest Resources, Togo; Serigne Faye, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Michael Vosa Flyman, Department of Environmental Affairs, Botswana; Cheikh Fofana, Secrétariat Interimaire du Volet Environnement du NEPAD, Senegal; Louis Gachimbi, National Environment Management Authority, Kenya;

Tesfaye Woldeyes Gammo, Ethiopia; Brad Garanganga, SADC Drought Monitoring Centre, Zimbabwe; Jean Paul Gaudechoux, Indian Ocean Commission, Mauritius; Noha Ekram Abdel Gawad, Centre for Environment and Development for the Arab Region and Europe, Egypt; Amadou Thierno Gaye, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Mercy Wamukore Gichora, Kenya Forestry Research Institute, Kenya; John Githaiga, University of Nairobi, Kenya; Sives Govender, Network for the Co-operative Management of Environmental Information in Africa (EIS Africa), South Africa; Youssouf Hamadi, Ministry of Production, Fisheries, Environment, Industry, Energy and Handicraft, Comoros; Mamoudou Hamadou, Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, Niger; Mohamed Salem Hamouda, Environment General Authority, Libya; Pascal Houenou, Network for Environment and Sustainable Development in Africa, Cote d'Ivoire; Issa Ibro, Ministère de l'Environnement et de la Lutte Contre la Désertification, Niger; I. A. Jaiyeoba, Ahmadu Bello University, Nigeria; Remi Jiagho, Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Cameroon; Marie Rose Kabura, Ministry of Water, Environment, Land Use and Urban Planning, Burundi; Wilfred Kadewa, University of Malawi, Malawi; Adjakouma Kakou, Radio des Nations Unies, Cote d'Ivoire; Timothy Kaluma, Ministry of Foreign Affairs, Kenya; Mona Mohamed Kamal, Egyptian Environmental Affairs Agency, Egypt; Macharia Kamau, Ministry of Foreign Affairs, Kenya; Alioune Kane, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Samuel Kanyamibwa, independent consultant, Rwanda; Lydia Karanja, National Environment Management Authority, Kenya; Charlotte Karibuhoye, Fondation Internationale du Banc d'Arguin, Senegal; Habtemariam Kassa, Center for International Forestry Research – Ethiopia Office, Ethiopia; Norah M. Kendeli, Ministry of Foreign Affairs, Kenya; Ahmed Khalil, Regional Organization for the Conservation of the Environment of the Red Sea and Gulf of Aden, Sudan; Mamadou Khouma, International Development Consulting, Senegal; John Kiringe, University of Nairobi, Kenya; Boniface Kiteme, Centre for Training and Research in ASAL Development, Kenya; Yao Bernard Koffi, Ministry of Environment, Water and Forest, Cote d'Ivoire; Kassim Kulindwa, Norwegian University of Life Sciences/University of Dar es Salaam, Tanzania; Christian Padingani Kunkadi, Ministry of Environment, Nature Conservation and Tourism, Democratic Republic of Congo; Winnie Lau, Forest Trends, USA; Robert Lewis Lettington, legal consultant, Kenya; Everlyn Macharia, Ministry of Foreign Affairs, Kenya; Lapologang Magole, University of Botswana, Botswana; Amadou Maiga, Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement, Mali; Willy R. Makundi, independent consultant, Tanzania; Joel Celestin Mamboundou, Croissance Saine Environnement, Gabon; Anna Mampye, Department of Environmental Affairs and Tourism, South Africa; Paul Stephen Maro, University of Dar es Salaam, Tanzania; Isabelle Masinde, African Wildlife Foundation, Kenya; Klaus Mithoefer, African Insect Science for Food and Health, Kenya; Nosiku S. Munyinda, University of Zambia, Zambia; Telly Eugene Muramira, National Environment Management Authority, Uganda; John K. Musingi, University of Nairobi, Kenya; Mukundi Mutasa, Topline Research Solutions, Zimbabwe; Nyawira Muthiga, Wildlife Conservation Society, Kenya; Francis Mwaura, University of Nairobi, Kenya; Richard Mwendandu, Ministry of Environment and Mineral Resources, Kenya; David Melchisédech Yangbondou, Central African Republic; Jacques Andre Ndione, Centre de Suivi Ecologique, Senegal; Parkinson Ndongye, Ministry of Environment and Mineral Resources, Kenya; Alleta R. Nenguke, Environment Management Agency, Zimbabwe; Tcharbuahbokengo Nfynn, Federation of Environmental and Ecological Diversity for Agricultural Revampment and Human Rights, Cameroon; Erasmo Roberto Nhachungue, Ministry of Environmental Affairs, Mozambique; Musisi Nkambwe, University of Botswana, Botswana; Isabelle Niang, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal; Betty Nzioka, National Environment Management Authority, Kenya; Jorge Rafael Jora Obiamo, Ministry of Fisheries and the Environment, Equatorial Guinea; David Obura, Coastal Oceans Research and Development in the Indian Ocean, Kenya; Ochieng Ogodo, Science and Development Network, Kenya; Jay O'Keeffe, Rhodes University, South Africa; Olukayode Oladipo, Bells University of Technology, Nigeria; Alice Oluoko-Odingo, University of Nairobi, Kenya; David Ongare, National Environment Management Authority, Kenya; Alfred Opere, University of Nairobi, Kenya; George Olago Owuor, Ministry of Foreign Affairs, Kenya; Chedly Rais, Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunisia; Belinda Reyers, Council for Scientific and Industrial Research, South Africa; John L. Roberts, independent consultant, Mauritius; Houssein Rirache Roble, Direction de l'Environnement du Territoire et de l'Environnement, Djibouti; Mayar Sabet, Centre for Environment and Development for the Arab Region and Europe, Egypt; Jefter Sakupwany, ORGUT Consulting AB, Mozambique; Camille Flore Jepang Sandjong, Programme Regional Eau et Zones Humides, Cameroon;

Gerald Musoke Sawula, National Environment Management Authority, Uganda; Ashraf Nour Shalaby, League of Arab States, Egypt; Constantine Shayo, Tanzania; Cletus Ignace Shengena, Vice-President's Office, Tanzania; Gift Sikaundi, Environment Council of Zambia, Zambia; Nouri Soussi, Ministry of Environment and Sustainable Development, Tunisia; Sokhna Sy Diallo, Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, Senegal; Egline Tawuya, Southern African Research and Documentation Centre/Musokotwane Environment Resource Centre for Southern Africa, Zimbabwe; Ben Wandago, International Union for Conservation of Nature Eastern Africa Regional Office, Kenya; Baraza Wangwe, National Environment Management Authority, Kenya; Harun Warui, Kenya Agricultural Research Institute, Kenya.

**アジア太平洋地域:** Joseph Aitaro, Ministry of Natural Resources, Environment and Tourism, Palau; Chamina Priyankari Alexander, South Asia Cooperative Environment Programme, Sri Lanka; Cholpon Alibakieva, State Agency on Environment Protection and Forestry, Kyrgyz Republic; Chonchinee Amawatana, Asian Development Bank, Thailand; Saikia Anshuman, International Union for Conservation of Nature Asia Regional Office, Thailand; Kamil Ashimov, State Agency on Environment Protection and Forestry, Kyrgyzstan; Uddhav Prasad Baskota, Ministry of Environment, Nepal; Henry Bastaman, Ministry of Environment, Indonesia; Mirza Salman Babar Beg, Ministry of Foreign Affairs, Pakistan; Mantang Cai, Peking University, China; 知足 章宏, 立命館大学, 日本; Kanchan Chopra, University of Delhi Enclave, India; Munir Chowdhury, Ministry of Environment and Forests, Bangladesh; Yoo Yeon Chul, Ministry of Environment, Republic of Korea; Nicholas T. Dammen, Ministry of Foreign Affairs, Indonesia; Ashish Deshpande, Maulana Azad National Institute of Technology, India; Laksmi Dewhanthi, Ministry of Environment, Indonesia; Chazhong Ge, Chinese Academy of Environment Planning, China; Manuel D. Gerochi, Department of Environment and Natural Resources, Philippines; Abbas Golriz, Department of International Economic Affairs and Specialized Agencies, Iran; Xia Guang, Ministry of Environmental Protection, China; 一ノ瀬 俊明, 国立環境研究所, 日本; Dahe Jiang, Tongji University, China; Galiya Karibzhanova, Ministry of Environment Protection, Kazakhstan; Soudavee Keopaseuth, Water Resources and Environment Administration, Lao PDR; Cheol Hee Kim, Pusan National University, Republic of Korea; 小林 正典, 地球環境戦略研究機関 (IGES), 日本; Peter Kouwenhoven, CLIMsystems, New Zealand; D. Johnny Kusumo, Ministry of Environment, Indonesia; Murari Lal, University of the South Pacific, Fiji; Kosimiki Latu, Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme, Samoa; Byoung Yoon Lee, National Institute of Biological Resources, Republic of Korea; Dong Li, Tongji University, China; Daniela Liggett, University of Canterbury, New Zealand; Demetrio Jr. Luciano, Department of Environment and Natural Resources, Philippines; Nguyen Hung Minh, Vietnam Environment Administration, Vietnam; Arabindra Mishra, The Energy and Resources Institute, India; Khieu Muth, Ministry of Environment, Cambodia; Seul-ki Myoung, UNEP National Committee, Republic of Korea; Hasnun Nahar, Ministry of Environment and Forests, Bangladesh; Somrudee Nicrowattanayingyong, Thailand Environment Institute, Thailand; Nuradi Noeri, Ministry of Foreign Affairs, Indonesia; Rahul Pandey, Integrated General Systems Analysis Labs, India; Majid Shafie-Pour-Motlagh, Department of Environment, Iran; Meera Pandit Pattai, Ministry of Foreign Affairs, Thailand; Batimaa Punsalma, Ministry of Nature, Environment and Tourism, Mongolia; Atiq Rahman, Bangladesh Centre for Advanced Studies, Bangladesh; Bakhodir Rakhmanov, State Committee for the Nature Protection, Uzbekistan; Neelam Rana, Development Alternatives Group, India; Kim Sanghoon, Ministry of Environment, Republic of Korea; Vivek Saxena, Ministry of Environment and Forests, India; Heinz Schandl, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia; M. I. Sharif, Bangladesh Centre for Advanced Studies, Bangladesh; Keshav Prasad Sharma, Ministry of Environment, Nepal; Leena Srivastava, The Energy and Resources Institute, India; Anond Snidvongs, Southeast Asia START Regional Center, Thailand; Laska Sophal, Ministry of Environment, Cambodia; Nguyen Van Tai, Institute of Strategy and Policy on Natural Resources and Environment, Vietnam; 高橋 潔, 国立環境研究所, 日本; Eiji Tanaka, 外務省, 日本; Abhimuk Tantiabhabkul, Office of National Resources and Environmental Policy and Planning, Thailand; Tshering Tashi, National Environment Commission, Bhutan; Nenenteiti Teariki-Ruatu, Ministry of Environment, Lands and Agriculture Development, Kiribati; Maung Maung Than, Ministry of Environment Conservation and Forestry, Myanmar; Somsak Triamjangarun, Ministry of Foreign Affairs,

Thailand; Karma Tshering, National Environment Commission, Bhutan; Hoang Duong Tung, Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam; Ahmed Ashan Uddin, Center for Global Change, Bangladesh; Jinnan Wang, Chinese Academy for Environmental Planning, China; Supat Wangwongwatana, Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand; Yohpy Ichsan Wardana, Ministry of Foreign Affairs, Indonesia; Albert Abel Williams, Department of Environment and Conservation, Vanuatu; Huang Yi, Peking University, China; Hai Yu, Ministry of Environmental Protection, China; Zhang Yutian, Ministry of Foreign Affairs, China; Tshewang Zangmo, National Environment Commission, Bhutan.

**ヨーロッパ:** Rashad Allahverdiyev, Ministry of Ecology and Natural Resources, Azerbaijan; Ros Almond, World Wildlife Fund IUCN/SSC Sustainable Use Specialist Group, UK; Valentine Altmater, Ministry of Foreign Affairs, France; Markus Amann, International Institute for Applied Systems Analysis, Austria; Erik Ansik, Vrije Universiteit Amsterdam, Netherlands; John Barrett, University of York, UK; Heike Baumüller, Chatham House, UK; Volodymyr Bilokon, Ministry of Ecology and Natural Resources, Ukraine; Bastian Bomhard, UNEP-WCMC, UK; Ninni Maud Christina Lundblad Borén, Swedish Environmental Protection Agency, Sweden; Daniela Bredler, Ministry of Foreign Affairs, Austria; Andreas Michael Burger, Federal Environmental Agency, Germany; Olga Butko, Ministry of Ecology and Natural Resources, Ukraine; Francisco Cadarso, Ministry of Agriculture, Food and Environment, Spain; Sophie Condé, National Museum of Natural History, France; William Darwall, International Union for Conservation of Nature, UK; Nicolas Dasnois, Ministry of Foreign Affairs, France; David Dent, CABI Bioscience, UK; Erdoğan Erturk, Ministry of Forestry and Water Affairs, Turkey; Joan Fabres, UNEP/GRID-Arendal, Norway; Jon Geddes, Ministry of Foreign Affairs, UK; Luminita Guminita Ghita, Ministry of Environment and Forests, Romania; Nino Gokhelashvili, Ministry of Environment Protection, Georgia; Richard Gregory, Royal Society for the Protection of Birds, UK; Charles Hieronymi, Federal Office for the Environment, Switzerland; Peter Hooda, Kingston University London, UK; Monika Kaczyńska, Ministry of the Environment, Poland; Larisa Kharatova, Ministry of Nature Protection, Armenia; Richard Klein, Stockholm Environment Institute, Sweden; Natalija Koprivanac, University of Zagreb, Croatia; Hratch Kouyoumjian, Regional Science, Technology and Innovation Observatory, UK; Fred Langeweg, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Evgeny Lazarev, Ministry of Foreign Affairs, Belarus; Melissa Leach, Institute for Development Studies, UK; Rik Leemans, Earth Systems Science Partnership, Netherlands; Roger Levett, Levett-Therivel, UK; Georgina Mace, Imperial College London, UK; Tural Mammadov, Ministry of Ecology and Natural Resources, Azerbaijan; Tom Manders, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Peter P. Mollinga, University of London, UK; Davut Oguz, Ministry of Forest and Water Affairs, Turkey; Nebojsa D. Redzic, Environmental Protection Agency, Serbia; Lisa Schipper, Stockholm Environment Institute, Sweden; Rima Mekdaschi Studeer, University of Bern, Switzerland; George Dragos Zaharescu, Vigo University, Spain; Dalia Maier, Ministry of Environment and Forests, Romania; Juliet Migwi, Ministry of Foreign Affairs, United Kingdom; Marketa Mohn, Ministry of the Environment, Czech Republic; Markus Ohndorf, Institut für Umweltentscheidungen (ETH Zürich), Switzerland; Véronique Plocq-Fichelet, Scientific Committee on Problems of the Environment, France; John Laing Roberts, independent expert, UK; Renate Schubert, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland; David Stanners, European Environment Agency, Denmark; Wendelin Stark, Swiss Federal Institute of Technology, Switzerland; Thomas Stratenwerth, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Germany; Petra Tacheci, Ministry of the Environment, Czech Republic; Victoria Thoresen, Partnership for Education and Research about Responsible Living, Norway; Jurjen van der Vlugt, Ministry of Foreign Affairs, Netherlands.

**中南米とカリブ諸国:** Gherda Barreto, Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Nicaragua; Marcela Bonilla, Ministry of the Environment, Colombia; Ralph Carnegie, University of West Indies, Barbados; Mónica Castillo, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, El Salvador; Candy Degracia, Asociación Panamá Verde, Panama; Randolph Antonio Edmead, Ministry of Sustainable Development, Saint Kitts and Nevis; Edgar Ek, Department of the Environment, Belize; Kenneth Fearon, Panama; Jose Feres, Institute of Applied Economic Research, Brazil; Argelia Estela Fernández, Agencia de Medio Ambiente, Cuba; Edwin Giovanni Tobar Guzman, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala; Arica Marianne Hill, Ministry of Agriculture, Land,

Housing, and the Environment, Antigua and Barbuda; Kenrick Leslie, Caribbean Community Climate Change Centre, Belize; Patricia Maccagno, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, Argentina; Mirella Martínez, Florida State University, USA; Diana Martucci, Ministerio del Ambiente, Ecuador; Anthony McKenzie, National Environment and Planning Agency, Jamaica; Marcelo Núñez, Ministry of the Environment, Ecuador; Gabriel Rodríguez Márquez, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica; César E. Rodríguez Ortega, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – SEMARNAT, Mexico; Luis Javier Campuzano Pina, Ministry of Foreign Affairs, Mexico; Jose-Manuel Sandoval, Ministry of Environment and Sustainable Development, Colombia; Sealy Sean, Ministry of Environment, Water Resources and Drainage, Barbados; Rodrigo Tarté, Fundación Ciudad del Saber, Panama; Vaitoti Tupa, National Environment Service, Cook Islands; Malena Sarlo, Fundacion Mar Viva, Panama; Jessica Young, Fundación Mar Viva, Panama.

**北アメリカ:** Karen Bakker, University of British Columbia, Canada; Scott Barclay, National Science Foundation, USA; M. Bruce Beck, University of Georgia, USA; Luc Bouthilier, Université Laval, Canada; Paula Brand, Environment Canada, Canada; Edward Carr, University of South Carolina, USA; Richard Connor, Unisféra International Centre, Canada; Tooney Darin, US Department of State, USA; Ligia Castro de Doens, Land Eco Services, USA; Stewart Elgie, University of Ottawa, Canada; James Galloway, Nitrogen Initiative, USA; Kathryn Harrison, University of British Columbia, Canada; David Houle, University of Toronto, Canada; Giorgios Kallis, University of California, Berkeley, USA; Douglas Macdonald, University of Toronto, Canada; Ronald Macfarlane, Toronto Public Health, Canada; Jerry Melillo, The Ecosystems Center, USA; Jean Mercier, Université Laval, Canada; Tim Morris, Walter and Duncan Gordon Foundation, USA; Adil Najam, Boston University, USA; Daniel Pauly, University of British Columbia, Canada; Jim Perry, University of Minnesota, USA; Rebecca L. Powell, University of Denver, USA; Carmen Revenga, The Nature Conservancy, USA; Andrew Rosenberg, Conservation International, USA; Roberto Sanchez-Rodriguez, University of California, Riverside, USA; Beverly Sithole, Management Consulting, USA; John D. Shilling, Millennium Institute, USA; Sarah Ryker, Science and Technology Policy Institute, USA; Liana Talaue-Mcmanus, University of Miami, USA; Tim Weis, The Pembina Institute, Canada.

**西アジア:** Hesham Abd-El Rasol, Arabian Gulf University, Bahrain; Yousef Attallah Ibrahim Abu-Safieh, Palestinian Environment Quality Authority, Palestine; Mohammad Mosa Afaneh, Ministry of Environment, Jordan; Saif Saad Abdaljabbar Al-Aany, Ministry of Foreign Affairs, Iraq; Ahmed Hammodi Hamdi Al-Husseini, Ministry of Environment, Iraq; Lulwa N. Ali, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait; Sabah Aljenaïd, College of Graduate Studies, Bahrain; Khalil Ismail Abdulsahib Al-Mosawi, Ministry of Foreign Affairs, Iraq; Bara Al-Nakeeb, Ministry of Environment, Iraq; Maha Al-Sabbagh, Arabian Gulf University, Bahrain; Hashim Al-Sayed, University of Bahrain, Bahrain; Waleed Al-Zubari, Arabian Gulf University, Bahrain; Yahia Awaidah, Consultants for Sustainable Development, Syria; Mohammad Badran, Regional Organization for the Conservation of the Environment of the Red Sea and Gulf of Aden, Saudi Arabia; Abdullah Droubi, The Arab Center for the Studies of Arid Zones, Syria; Alaa El-Sadek, Arabian Gulf University, Bahrain; Anwar Abdu Khalil, Arabian Gulf University, Bahrain; Mohammed Alaa Abdel Moati, Ministry of Environment, Qatar; Abdel Hadi Mohamed, Arabian Gulf University, Bahrain; Riad Sadek, American University of Beirut, Lebanon; Mohammed Saidam, Environment Monitoring and Research Central Unit, Jordan; Ahmed Salih, Arabian Gulf University, Bahrain; Walid Rajab Shahin, National Energy Research Center, Jordan; Batir Wardam, Ministry of Environment, Jordan.

**GEOフェローのための非資金援助:** American University of Beirut, Lebanon; Antioch University, USA; Regional Resource Centre for Asia and the Pacific, Thailand; Bogazici University, Turkey; University of Calgary, Canada; Central European University, Hungary; Concepción University, Chile; UNEP/GRID-Arendal, Norway; 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; IGAD Climate Prediction and Application Centre, Kenya; Lanzhou University, China; Lund University, Sweden; McGill University, Canada; Peking University, China; Red Mercosur, Uruguay; Chatham House, UK; The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; Universidad Nacional de Colombia; University of Florida, USA; Water Center for the Humid Tropics of Latin America and the Caribbean, Panama.

**寄与している機関と団体:** Abu Dhabi Global Environmental Data Initiative (AGEDI); Arabian Gulf University, Bahrain; Alexandria University, Egypt; American University of Beirut, Lebanon; ASEAN Centre for Biodiversity, Philippines; Central European University, Hungary; Centre de Suivi Ecologique, Senegal; Centre for Environment and Development for the Arab Region and Europe, Egypt; Centre for International Earth Science Information Network, Columbia University, USA; Centro de Investigaciones de la Economía Mundial, Cuba; College of Science, Technology and Applied Arts of Trinidad and Tobago, Trinidad and Tobago; Columbia University, USA; Commission for Environmental Cooperation, Canada; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Uzbekistan; DIVERSITAS – International Programme of Biodiversity Science, France; Earth System Science Partnership, France; European Environment Agency, Denmark; Federal University of Rio de Janeiro Interdisciplinary Environment Laboratory, Brazil; Higher Institute for Water Management, Syria; ICLEI – Local Governments for Sustainability, Germany; Indiana University, USA; Indian Ocean Commission, Mauritius; Institut für Umweltentscheidungen (ETH Zürich), Switzerland; 地球環境戦略研究機関(IGES), 日本; Institute Oswaldo Cruz, Brazil; Institute for Sustainable Development, Colombia; International Institute for Sustainable Development, Canada; International Sustainable Development Center, Panama; International Union for Conservation of Nature, Cameroon and Thailand; International Water Management Institute – Southeast Asia, Lao PDR; Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait; Moscow State University, Russia; National Environment Management Authority, Uganda; 国立環境研究所, 日本; National Institute of Agricultural Technology, Argentina; Network for Environment and Sustainable Development in Africa, Côte d'Ivoire; PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Netherlands; Regional Organization for the Conservation of the Environment of the Red Sea and Gulf of Aden, Kingdom of Saudi Arabia; Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, China; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Mexico; Secretariat of the UN Convention on Biological Diversity, Canada; Secretariat of the UN Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa, Germany; Secretariat of the UN-REDD Programme, Switzerland; Southern African Research and Documentation Centre/Musokotwane Environment Resource Centre for Southern Africa, Zimbabwe; Stockholm Environment Institute, Sweden, Thailand and United Kingdom; The Arab Center for the Studies of Arid Zones, Syria; The Cropper Foundation, Trinidad and Tobago; The Energy and Resources Institute, India; Tishreen University, Syria; Universidad del Pacífico, Peru; Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico; University of Bahrain, Bahrain; University of Technology, Iran; University of Toronto, Faculty of Forestry, Canada; World Resources Institute, USA.

注釈：専門家らの所属は識別する目的のためだけに提供されている。国名は通常、その専門家が所属している機関の所在を指す。

# 用語解説

この用語集は、各章における引用文から集めた用語を、次の組織、ネットワーク、およびプロジェクトのウェブサイト上で利用可能な用語解説やその他資料をもとに解説したものである。

*American Meteorological Society; Asian Development Bank; Center for Transportation Excellence (United States); Charles Darwin University (Australia); Consultative Group on International Agricultural Research; Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat (Ramsar); Edwards Aquifer Website (United States); Encyclopedia of Earth; Europe's Information Society; European Commission Environment A to Z; European Environment Agency; European Nuclear Society; Food and Agriculture Organization of the United Nations; Foundation for Research; Science and Technology (New Zealand); Global Earth Observation System of Systems; Global Footprint Network; GreenFacts Glossary; Illinois Clean Coal Institute (United States); Intergovernmental Panel on Climate Change; International Centre for Research in Agroforestry; International Comparison Program; International Federation of Organic Agriculture Movements; International Research Institute for Climate and Society at Columbia University (United States); International Strategy for Disaster Reduction; Lyme Disease Foundation (United States); Millennium Ecosystem Assessment; Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe; National Safety Council (United States); Natsource (United States); Organisation for Economic Co-operation and Development; Professional Development for Livelihoods (United Kingdom); Redefining Progress (United States); SafariX eTextbooks Online; TheFreeDictionary.com; United Nations Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa; United Nations Development Programme; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; United Nations Framework Convention on Climate Change; United Nations Industrial Development Organization; United Nations Statistics Division; US Department of Agriculture; US Department of the Interior; US Department of Transportation; US Energy Information Administration; US Environmental Protection Agency; US Geological Survey; USLegal.com; Water Footprint Network, the Netherlands; Water Quality Association (United States); Wikipedia; World Bank; World Health Organization and World Intellectual Property Organization.*

## REDD/REDD+

開発途上国の森林減少や森林劣化から生じる温室効果ガスの排出を削減すること。REDD+は、その上に既存の森林を増強させること、および森林被覆を増大させることを伴う。これらの目的を果たすために、政策によって、これらの区域への資金と投資を提供して、炭素貯蔵の増強に取り組む必要がある。

## IPCC シナリオ IPCC scenarios

4つのシナリオ群であるA1、A2、B1、B2に基づいた6つの将来の排出量シナリオで、Aがグローバル化される発展を表わし、Bが地域志向の発展を表わす一方で、1は経済成長を指し、2は環境保護を指す。

## 青の水 Blue water

淡水の地表水および地下水であり、言い換えれば淡水湖や河川や帯水層の水。青の水フットプリントは、物品やサービスを生み出すために消費される地表水および地下水の容積である。青の水の消費とは、使用された淡水の容積と、その後に蒸発または産物に組み込まれた淡水の容積を加えたものを言う。また青の水の消費には、地表水や地下水から貯水池に取り込まれたあと、別の貯水池や海に戻される水が含まれる。つまりそれは、地表水や地下水から取り込まれ、それが取水された貯水池には戻されない水量のことである。

## 安全保障 Security

個人や環境の安全保障に関するもの。自然や人が引き起こす災害からの安全保障だけでなく、自然やその他資源を利用できること、ならびに暴力、犯罪、戦争の心配が無いことも含まれる。

## 閾値 Threshold

そのレベルに達すると、突然または急速な変化が起こる、あるシステム作用の大きさのレベル。ある生態システム、経済システム、またはその他システムにおいて、そこに達すると、より低レベルで当てはまっていた数学的關係に基づく予測が無効になり、新しい特性が出現する点またはレベル。

## 一次エネルギー Primary energy

人為的ないかなる変換も転換も施されていない天然資源（石炭、原油、日光、またはウランなど）から得られるエネルギー。

## 1兆 Trillion

$10^{12}$  (1, 000, 000, 000, 000)

## 遺伝的多様性 Genetic diversity

ある特定の種、亜種、または品種内の遺伝子の多様性。

## 渦 Gyres

風の動きによって主として引き起こされる、海流を回転させる大規模なシステム。大きな渦は、インド洋、北大西洋、北太平洋、南大西洋、南太平洋に存在する。

## エアロゾル Aerosols

空中に浮かんだ固形または液体の微粒子の集合体であり、微粒子の典型的な大きさは0.01~10マイクロメートル( $\mu\text{m}$ )で、少なくとも数時間大気に存在する。エアロゾルは自然起源か人為起源のいずれかである。

## 永久凍土層 Permafrost

永久に寒冷地に置かれ、2年以上にわたって年中凍り続けている土壌、沈泥、岩。

## 栄養塩汚染 Nutrient pollution

栄養塩類が過度に投入されることによる水資源の汚染。

## 栄養塩類 Nutrients

窒素、硫黄、リン、炭素などの、生物の成長にとって不可欠であると認識されているおよそ 20 の化学元素とその塩。

## 栄養段階 Trophic level

食物連鎖のつながりによって表現される、連続した栄養の諸段階。簡単に言えば、一次生産者（植物プランクトン）が第一栄養段階に相当し、草食性の動物プランクトンが第二で、肉食性の生物が第三栄養段階である。

## エコツーリズム Ecotourism

特別の場所や地域の質の高い自然や生態を見るために行われる旅行で、そのような旅行を促進するための環境にやさしいサービスを提供することも含まれる。

## エコロジカルフットプリント Ecological footprint

一般に普及している技術と資源管理の慣習を用いて、個人、集団、または組織体が消費する全ての資源を生産するためと、その生産に対応する廃棄物（化石燃料の使用による二酸化炭素排出など）を吸収するために、必要となる生物学的に生産可能な陸域と水域の面積の大きさ。エコロジカルフットプリントは通常、グローバルヘクタールという単位で表される。

## エネルギー強度 Energy intensity

経済的または物的生産量と比べたエネルギー消費量の比率。全国レベルでは、エネルギー強度は、国内総生産または物的総生産量に対する、国内全体の一次エネルギー消費量または最終エネルギー消費量の比率である。エネルギー強度が低いことは、エネルギー使用の効率がより高いことを示す。

## 塩類化/塩化 Salinization/salination

水溶性塩分が土壌に蓄積する作用。塩類化は自然に発生するか、管理慣行に起因する状況によって発生することもある。

## オーバーシュート Overshoot

人類の生物圏に対する需要が、供給や再生能力を超過する場合に発生する状況。地球レベルでは、惑星への資源の純輸入がないので、生態上の不足分とオーバーシュートは同じである。

## オイルサンド Oil sands

ビチューメンとして知られる非常に重い石油を閉じ込めている砂、水、粘土の複雑な混合物。

## 汚染 Pollution

良い（受容可能な）質と、良くない（受容不可能な）質との間の境界を指すと考えられる値を超えて、鉱物や化学物質や物理的性質が現れることで、特定の汚染物質による作用である。

## 汚染物質 Pollutant

それが土壌、水、または大気に混ざる場合に、環境に害をもたらすあらゆる物質。

## オゾン層 Ozone layer

地表上空 10~50km（成層圏と呼ばれる）の高度に位置する、希薄オゾンを構成している大気の領域。

## 温室効果ガス (GHG) Greenhouse gases

熱放射を吸収し、また放出する、自然および人為起源の大気中のガス成分。このガスの性質が温室効果を引き起こす。水蒸気(H<sub>2</sub>O)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、メタン(CH<sub>4</sub>)、オゾン(O<sub>3</sub>)は、地球の大気中の主要な温室効果ガスである。大気中には、ハロゲン化炭素化合物、その他塩素や臭素を含む物質など人間によって作られた温室効果ガスがある。京都議定書は、CO<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 以外に、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)、ハイドロフルオロカーボン(HFCs)、パーフルオロカーボン(PFCs)、三フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)も対象としている。

## 温室効果 Greenhouse effect

地球表面からの熱放射が大気の温室効果ガスによって吸収され、四方八方に再放射される作用。この再放射の一部が地表や下層大気の方へ戻るので、ガスが無い場合と比べて平均表面温度を高める結果になる。

## 温帯地域 Temperate region

気候が気温や湿度における季節的変化を示す地域。地球の温帯地域は、両方の半球の主として緯度 30~60 度の間に位置する。

## 改善された飲料水 Improved drinking water

「改善された」飲料水の源泉には、管で住居に送られる水、管で庭や小地面に送られる水、公共の蛇口やスタンドパイプ、管井戸や試錐孔、保護された掘り井戸、保護された泉、雨水などがある。

## 改善された下水設備 Improved sanitation

「改善された」下水設備には、水洗便所、管で送られる下水道、汚水処理タンク、おとし便所に洗浄水を流すか注ぐもの、改善され換気されたおとし便所 (VIP)、平板を備えたおとし便所、堆肥化トイレなどがある。

## 海洋保護区 (MPA) Marine protected area

特定の保全目的を達成するために、指定または規制され管理される、地理的に範囲の定められた海洋区域。

## 隔離 Sequestration

GEO-5 という隔離とは、特定の期間、大気へ放出されるのを防ぐやり方で二酸化炭素を捕獲しておくことを指す。

## 化石燃料 Fossil fuel

何百万年も前に死んだ動植物の腐った体から生成された石炭、天然ガス、石油生成物（油など）。

## 河川分断化 River fragmentation

ダムや貯水池によるものがほとんどであるが、川の接続性や流動様式が、それらによって変更されてしまう程度。

## 仮想水取引 Virtual water trade

財やサービスが取り引きされる時、それらを生産するために必要とされた水も同様に取り引きされるという考え方。

## 川岸の Riparian

自然の川岸に関する、または川岸に位置する。通常は川であるが、時には湖、潮水、または閉鎖性海域。

## 環境影響評価 (EIA)

### Environmental impact assessment

与えられる活動やプロジェクトによって起こり得る環境影響を体系的に調べる分析の過程または手順。その目標は、決定が下される前に、確実に環境影響が考慮に入れられるよう確保することである。

## 環境衛生 Environmental health

環境の要因によって決定される人の健康や疾病の側面。また可能性として健康に影響を及ぼし得る環境中の要因を評価し制御する理論とその実践も指す。環境衛生には、化学物質、放射線、いくつかの生物的因子、による直接的な病理学的影響、ならびに広範な物理的、心理的、社会的、美的な環境によって健康や幸福に及ぶ多くは間接的な影響も含まれる。この間接的影響を及ぼすものには住宅供給、市街地開発、土地利用、輸送などがある。

## 環境教育 Environmental education

人間とその文化と生物物理的な周辺環境が相互に関係していることを理解し評価する際に必要となる技術や考え方を開発するために、その価値を認識し、概念を明確にする作業。また環境教育には、環境の質に関する問題について行動規範を政策決定したり自己制定する演習が必要である。

## 環境政策 Environmental policy

環境問題と課題に取り組むことを目指した政策。

## 環境統計 Environment statistics

環境の現状および傾向について記述する統計で、自然環境という媒体（大気/気候、水、陸地/土壌）と、その媒体内の生命体、

および人の居留地が対象になる。

## 環境評価 Environmental assessment

環境の政策決定を支援するようデザインされた情報を客観的に評価し分析する全過程。政策関連の疑問に対して科学的に信頼できる回答を示すために、既存の知識に専門家の判断を適用する。可能な場合は信頼度を数値化する。環境評価は複雑さを減らす、シナリオを要約し総合し構築することによる価値を加え、広く知られて受け入れられているものと、そうでないものを選別してコンセンサスを特定する。それは、政策ニーズに対する科学関係者の感性を高め、また行動を起こすための科学的根拠に対する政策関係者の感性を高める。

## 環境モニタリング Environmental monitoring

環境に関するデータの比較可能な定期的測定や時系列測定。

## 環境流量 Environmental flows

淡水および河口の生態系ならびにこれらの生態系に依存している人々の生計や幸福を持続させるために必要となる、流量、タイミング、質を備えた水の流れ。環境流量の運用を通して、水管理者は、人の利用のための供給と、健全な川の生態系を支えるために必要不可欠な作用を維持するための流況や流れのパターンを達成するよう奮闘する。

## 乾燥地域 Drylands

水の不足を特徴とする区域であり、一次生産と栄養循環という二つの深い結び付きのある主要な生態系サービスが制約される。乾燥地域は、乾燥または湿度不足の強度によって分けられる、乾燥半湿潤、半乾燥、乾燥、極乾燥という4つのサブタイプが一般に広く知られている。

## 官民のパートナーシップ Public-private partnership

公的機関（連邦、州、または地方）と民間部門の組織との間で契約される協定。そのような協定を通して、各部門（公的および民間）の技術や資産が、サービスまたは施設の提供時に共有される。

## 外来種 Alien species (non-native, non-indigenous, foreign, exotic とも言われる)

その通常分布の範囲を超えて、偶発的あるいは故意に導入された種。

## ガバナンス Governance

単一または複数の社会組織を統治する行為、過程、または力。例えば、国や市場によるガバナンス、市民社会グループや地方組織によるものがある。ガバナンスは、法律、所有権システム、種々の形態の社会組織といった制度や機構を通して行われる。

## 気候の変動性 Climate variability

個々の気象現象の変動を超えた、全ての時間的空間的スケール

での気候の平均状態やその他の統計値（標準偏差、極端な現象の発生頻度など）における変動。変動性（variability）は、気候システムにおける自然の内部作用によるもの（内部変動性）、あるいは自然または人為的な外部強制力の変化によるもの（外部変動性）によって引き起こされる場合がある。

### 気候変動 Climate change

国連気候変動枠組条約は気候変動を次のように定義している。「地球規模の大気組成に変化をもたらしている人間活動に直接あるいは間接に起因する気候の変化であって、その同じ期間にわたって観察される自然によってもたらされる気候変化の上に追加的に生じているもの」

### 基盤サービス Supporting services

他のすべての生態系サービスのうち、生産のために必要である生態系サービス。いくつかの例は、バイオマス生産、大気の大気酸の生産、土壌の形成や保持、栄養循環、水循環、生息地の提供などである。

### 供給サービス Provisioning services

生態系から得られる産物で、例えば、遺伝資源、食糧や繊維、淡水など。

### 京都議定書 Kyoto Protocol

1992年の国連気候変動枠組条約（UNFCCC）に従って、1997年に日本の京都で開かれた第3回国連気候変動枠組条約締約国会議で採択された議定書。それはUNFCCCに含まれているものに加えて、法的拘束力のある誓約を含んでいる。京都議定書付属書Bに含まれる国々（ほとんどのOECD諸国および市場経済に移行する国）は、人為起源の温室効果ガス（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、HFC、PFC、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>）の排出について、2008～2012年の誓約期間に、自国からの総排出量を1990年レベルより少なくとも5%削減するよう規制することに合意した。

### 共有水域 Shared waters

2つ以上の政府の管轄権によって共有されている水資源。

### 技術 Technology

知識を物理的に実用化したり形にすることが、技術の一つの表現である。例は、管井戸のような水を汲み上げる構造物、再生可能エネルギー技術、また伝統的知識である。技術と制度は関連づけられている。どんな技術にも、それを使用、アクセス、分配、管理するに当たって一連の慣行や規則や規制が伴う。

### クズネツ曲線（環境） Kuznets curve

経済発展と環境汚染との間の関係。実証的証拠によれば、工業先進国では経済が力強く成長しているにもかかわらず、いくつかの形態の局地汚染（空中浮遊の鉛、硫黄）が著しく減少した。この曲線は、貧しい国々は比較的汚染されず、中所得国になると、より汚染されるようになるが、豊かな国々になると再び汚

染されなくなるという大まかなパターンを示したものである。

### 駆動要因 Driver

環境の状態に圧力をかける全体に及ぶ社会経済的な力。

### クラウドソーシング Crowd-sourcing

クラウドとしても知られている、人々のネットワークに外部委託して問題解決や生産を行うこと。この行為は、オンラインでもオフラインでも行える。

### クリーン開発メカニズム(CDM)

#### Clean Development Mechanism

京都議定書の第12条により提供されるメカニズムで、工業先進国が開発途上国の温室効果ガス排出を削減するためのプロジェクトに融資し、その代わりに炭素クレジットを受け取ることができるようにして、開発途上国の持続可能な開発が達成されるよう支援することを目的とするメカニズム。

### クロロフルオロカーボン（CFC）

#### Chlorofluorocarbons

塩素、フッ素、炭素で構成される化学物質のグループで、揮発性が高く低毒性で、冷媒、溶剤、噴射剤、発泡剤として過去に広く使用されていた。クロロフルオロカーボンはオゾン層を破壊する潜在力、地球を温暖化する潜在力の両方を持っている。

### グラントルウーシング Ground-truthing

衛星画像や航空写真の内容、あるいはそれらに基づく地図を、現場査察や現地調査を通して、その土地の現実と比較する作業。それは画像の正確さ、あるいは地図を作るために画像が解釈された方法の正しさを確認するために用いられる。

### グローバル化 Globalization

特に貿易や金融の流れ、文化や技術の移転を通して、世界中の経済や社会の統合が進展すること。

### グローバル公共財 Global public good

複数のグループの国々や国民を対象とする、普遍的な恩恵をもたらす公共財。

### グローバルヘクタール Global hectare

資源を生産し、廃棄物を吸収する能力の世界平均値を備えた仮想の1ヘクタール。

### 形態（学） Morphology

生物の形状や、生物の組織間の結び付きを扱う生物学の部門。

### 公海 High seas

各国の排他的経済水域またはその他の領海を越えた、国の管轄権の外側の海洋。

### 耕作可能な土地 Arable land

一時的な作物用の土地（二毛作地は一度だけ計上される）、草刈りや牧草のための一時的な牧草地、市場向け栽培や家庭菜園に使用される土地、および一時休耕地（5年未満）。移動耕作が原因で放棄された土地は、このカテゴリーに含まれない。

### 洪水（川、鉄砲水、高潮） Floods

通常、3つのタイプに分類される。川の洪水、鉄砲水、高潮。川の洪水は、広い区域にわたって激しく、かつ/または長く降り続く雨に起因する。鉄砲水は、小さな区域に短時間に強烈な雨が降ることに起因する多くは局所的な現象である。高潮洪水は、海洋または大きな湖からあふれる水が、風や嵐によって陸地へと押し出される場合に発生する。

### 購買力平価（PPP） Purchasing power parity

基準国の通貨1単位（例えば US\$）で買えるものと等価量の物品やサービスを、そこは別の国で購入する際に必要とされる通貨量。

### 公正さ Equity

権利、分配、アクセスの公平。文脈によって、資源やサービスや力へのアクセスを指すことがある。

### 黒色炭素 Black carbon

吸光度と化学反応性および/または熱安定性の測定に基づき、操作的に定義されるエアロゾル。黒色炭素は、化石燃料、バイオ燃料、バイオマスの不完全燃焼によって形成されるもので、人為起源のすすと自然発生のすすの一部として放出される。それはいくつかが連結した形になった純粋な炭素から成る。黒色炭素は、日光を吸収して大気に熱を再放射することによって、また雪や水の上に積もった時にアルベド（日光を反射する能力）を減少させることによって、地球を温暖化する。

### 国内総生産（GDP） Gross domestic product

年間に国で生産される全ての最終財とサービスの価値。GDPは経済の収入（賃金、利子、利益、賃貸料）、あるいは支出（消費、投資、政府購入、純輸出（輸出－輸入））のすべてを合計することにより計算できる。

### 個体数 Abundance

ある集団やコミュニティや空間の単位で、個体の数あるいは関連する量を計測したもの（生物量など）。

### 災害リスク軽減 Disaster risk reduction

持続可能な発展という広い脈絡の中で、災害の悪影響を回避（予防）あるいは制限（緩和および備え）するために、社会全体にわたる災害への脆弱性を最小限にしようとする行為の概念的枠組み。

### 災害 Hazard

死亡または負傷、物的損害、社会的経済的崩壊、あるいは環境劣化を引き起こすかもしれない、潜在的に有害な物理的事象または現象または人間活動。

### 砂漠化 Desertification

気候変動や人の活動など様々な要素に起因して、乾燥、半乾燥、乾燥半湿潤地帯で起こる土地の荒廃。それは基盤となる生態系がそれを超えるとそれ自体を回復することができなくなる閾値の超過が引き起こされているのであり、回復させるには、より大きな外部資源が必要となる。

### サヘル Sahel

サハラ砂漠の南縁部にあってサハラ砂漠を熱帯サバンナから分離していて、植生の移行部にあたる、大まかに定義された細長い地帯。その地域は農業や放牧に使用されているが、砂漠の境界にあるという困難な環境条件のために、人為的な土地被覆の変更に非常に影響を受けやすい。そこは、セネガル、ガンビア、モーリタニア、マリ、ニジェール、ナイジェリア、ブルキナファソ、カメルーン、チャドの各一部を含んでいる。

### 参加型アプローチ Participatory approach

人々がすべてのグループメンバーに対して、意思決定するまでの間に、議題に対して疑問を抱いたり、最終結果について彼等の好みを示すのに必要な、十分かつ公平な機会を確保すること。参加は、直接あるいは正当な代表を通して行うことができる。参加は、協議することから、コンセンサスを成し遂げる義務にまで及んでよい。

### 酸欠海域 Dead zone

非常に低酸素であるため、通常は生命が生き残ることができない水域箇所。低酸素の状態は、通常、陸からの肥料流出によって引き起こされる富栄養化に起因する。

### 酸性化 Acidification

酸性の成分濃度が増加することによって引き起こされる、自然の化学的平衡の変化。

### 酸性度 Acidity

溶液がどれくらい酸性であるかを示す度合い。7.0以下のpH値である溶液は、酸性であると考えられる。

### 残留性有機汚染物質（POPs）

#### Persistent organic pollutants

環境に存続し、食物網を通して生物濃縮し、人の健康および環境に悪影響を引き起こす危険がある化学物質。

### CO<sub>2</sub>換算

#### Carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>-equivalent)

様々な温室効果ガスの地球温暖化係数を示すために用いられ

る世界共通の測定単位。二酸化炭素（自然発生しているガスで、化石燃料やバイオマスを燃やしたり、土地利用変化やその他工業工程によって排出される副産物）が、その他の温室効果ガスを測定する際の基準になっている。

### ジェヴォンズのパラドックス Jevons paradox

資源の使用効率を向上させる技術的進歩が、その資源の消費速度を加速させる（減速ではなく）傾向があるという問題。

### システム System

ある枠内で互いに影響を及ぼし合う構成要素が集合したもの。

### 自然資本 Natural capital

経済生産に対して、自然資源を投入したり環境サービスを提供する役割をしている自然資産。自然資本には、土地、鉱物や化石燃料、太陽エネルギー、水、生物、ならびに生態系内でこれら全要素の相互作用によって提供されるサービスなどがある。

### 湿地 Wetland

湿原、沼沢地、泥炭地、泥沼または水に覆われた区域であり、自然または人工のもの、永続的または一時的なもの、静止または流れている淡水か汽水か塩水を湛えている区域、干潮時の水深が6メートルを超えない海洋水の区域も含まれる。

### シナリオ Scenario

仮定の提案に基づいて未来がどう展開するかを示す記述で、通常、初期状況の説明に続き、主要な駆動要因についての説明、特定の未来の状態に至る変化から成る。例えば、「休日で海岸にいと仮定すれば、明日 30℃ならば、砂浜に行くだろう。」

### 資本 Capital

個々の目標の達成に向けて動員されることができる資源。例えば、自然資本（土地、水などの自然資源）、物的資本（技術、加工品）、社会資本（社会関係、ネットワーク、結び付き）、金融資本（銀行預金、借入金、クレジット）、人的資本（教育、技能）。

### 市民社会 Civil society

市民の利益や意志を代表する非政府組織や機関の集合体。

### 社会ネットワーク Social network

個々人や組織など一連の関係者で構成される社会構造、ならびに関係や連結や相互作用などこれら関係者間の結び付き。

### 種（生物学） Species

すべての他の生物から生殖的に隔離されている、生物のうちのお互いに交配しているグループのことであるが、この規則には多くの部分的例外はある。いったん特定され受理されると、唯一の学名が付けられる、広く合意されている基本的な分類の単位。

### 集水域 Catchment (area)

そこに降った降雨が川、盆地、または貯水池に流れ込む陸の区域。「流域」も参照のこと。

### 種多様性 Species diversity

種レベルでの生物多様性のことで、多くの場合、種の豊富さ、それらの相対存在量、相違度、の側面が組み合わされる。

### 種の豊富さ/種数 Species richness/abundance

与えられたサンプル、コミュニティ、または区域内での種の数。

### 主流化 Mainstreaming

問題になっている論点を、必須要素として考慮に入れること。

### 障害調整生命年 (DALYS) Disability-adjusted life years

若年死のために失われた潜在的な生命年と、身体障害により失われた生産的な生命年の合計。

### 消費される水使用 Consumptive water use

さらなる利用ができない状態になる、流域からの水使用や取り去り。

### 植物プランクトン Phytoplankton

淡水または海水の水域に浮かぶか弱々しく泳ぐ、顕微鏡でしか見れない程度の小さな植物。

### 食糧安全保障 Food security

人々の好みの食べ物と同様に、人々の食事ニーズを満たす食物も人々が物理的、経済的に入手できること。

### 植林 Afforestation

森林として分類されていない土地に木を植えて森林プランテーションを造ること。

### シルト沈積 Siltation

水路や河床および貯水池の底に、細かく砕けた土壌や岩の粒子が集積したもの。

### 人新世 Anthropocene

直近の完新世に続く、新たな地質学上の時代の名前として、科学者によって用いられている用語で、この新たな時代は主として人類の活動が原因で地球の大気圏、生物圏、水圏に著しい変化をもたらされたことが特徴である。

### 森林管理 Forest management

特定の環境上の、経済的、社会的、かつ/または文化的な目的の達成を目指して、森林やその他木の茂った土地を管理し使用する業務を計画し実施すること。

## 森林再生 Reforestation

他の用途に転換されていた以前は森林であった土地を、植林によって森林にすること。

## 森林伐採、森林破壊、または森林減少 Deforestation

森林地を非森林地帯に転換すること。

## 森林プランテーション Forest plantation

植林や森林再生の過程で、植えたり種をまくことにより造られる林分。それらは外来種（すべて植林された群生）か、集中的に管理された土着種の群生のいずれかであり、ほぼ次の基準に当てはまる。同程度の樹齢の1種類か2種類からなり規則的な間隔で配置される。「人工林」はプランテーションの代わりに用いられるもう一つの用語である。

## 森林劣化 Forest degradation

森林の群生や用地の構造や機能に悪影響が及び、そのために産物やサービスの供給能力が低下する森林内の変化。

## 森林 Forest

樹高 5メートル以上ある樹木の林冠被覆が 10%以上、または自然のまま樹木がその閾値に達しうる、面積が 0.5ヘクタール以上広がっている土地。主として農業や都市の目的に使用されている土地は含まれない。

## GEO Data Portal

（現在は Environmental Data Explorer）

地球環境概観報告書やその他の統合的な環境影響評価書の中で UNEP とそのパートナーによって使用されているデータセットの情報源。そのオンラインのデータベースは、500 以上の変数を保持しており、地理空間のデータセット（地図）をはじめ、淡水、個体群数、森林、排出量、気候、災害、健康、GDP などのテーマを対象とする、国、サブ大陸域、大陸域、世界の統計資料を含む。geodata.grid.unep.ch

## 持続可能性 Sustainability

将来世代やその他の場所の住民の能力を危険にさらすことなく、現在の住民のニーズが満たされていくことを可能にする特性または状況。

## 持続可能な発展 Sustainable development

現在の世代のニーズを満たすために、将来世代の能力を危険にさらすことなく、現在の世代のニーズを満たす発展。

## 持続可能な森林管理(SFM)

### Sustainable forest management

現在および将来において、関連する生態的、経済的、社会的な森林の諸機能を、地方、国家、地球レベルで満たすために、森林が持っている生物多様性、生産性、再生能力、活力、潜在力を維持し、かつその他の生態系に被害をもたらさない方法およ

びペースで、森林および林地を管理し使用すること。

## 持続可能な農業や畜産

### Sustainable agriculture and livestock production

将来世代のために環境の質を維持または向上させ、かつ天然資源を保全しながら、人間のニーズを満足させるための農業や家畜資源の管理。

## 10億 Billion

10<sup>9</sup> (1,000,000,000)

## 重金属 Heavy metals

金属の特性を示す元素のうちの一部で、ヒ素、カドミウム、クロム、銅、鉛、水銀、ニッケル、亜鉛といった遷移金属および半金属で、汚染や潜在毒性を伴う。

## 寿命（大気中での） Lifetime

別の化学化合物に転換されるか、除去源によって大気から取り除かれることで、大気汚染物の濃度が（排出を止めたと仮定して）バックグラウンド濃度に戻るまでに要するおおよその期間。大気中での一生は、数時間や数週間のもの（硫酸塩エアロゾル）から、1世紀以上のもの（CFC）まで様々である。

## 純一次生産 (NPP) Net primary productivity

生態系内の全植物が、正味の有用な化学エネルギーを生産する速度。純一次生産のいくらかは、一次生産者の成長と生殖作用のために使われ、いくらかは草食動物によって消費される。

## 順応的ガバナンス Adaptive governance

複雑で不確かで動的な問題に対処するために、順応的な管理や、適応性のある政策決定、遷移プロセスの管理、の手法を取り入れるガバナンスのやり方。順応的ガバナンスは、様々なスケールで意思決定を行えるよう組織が多中心的に配備されるか否かに依存する。局所レベルと世界レベルにわたるこの種のガバナンスは、協力的で、柔軟で、学習に基づく、生態系管理に向けたアプローチを提供する。

## 順応的管理 Adaptive management

自然資源を管理するための政策や行動は、固定的なものではなく、新たな科学情報や社会経済的情報を組み合わせるものに基づいて調節することが前提であるとする体系的な管理の概念。

## 蒸散 Transpiration

植物の各部位からの水蒸気の損失、特に葉だけでなく、茎、花、根からの損失。

## 蒸発散量 Evapotranspiration

土壌や地表水からの蒸発による水の損失と、動植物からの蒸散を合わせたもの。

## 水界生態系 Aquatic ecosystem

水中において相互作用する生きている要素と生きていない要素で構成される、基本的な生態学上の単位。

## 水圏 Hydrosphere

地表水（海洋や湖や川の水）、地下水（土壌中の水、地表の下にある水）、雪、氷、および水蒸気を含む大気中の水など、地球の水のすべて。

## 水質 Water quality

水の化学的、物理的、生物的な特性で、通常、特別な目的に対するその水の適性を見るために使用される。

## スケール Scale

何らかの現象を測定したり調査するために用いられる空間的、時間的な（量的または分析するための）大きさ。そうして、あるスケールは、地方、地域、国家、世界といった社会的単位のレベルを指す場合がある。

## スプロール（都市の） Urban sprawl

分散開発が無条件に都市縁辺部の外側へ拡張していくことによって都心が分散することを指し、そこでは住居や商業開発の密度が低いために土地利用に及ぶ力が分断化される。

## 成果重視型管理 Results-based management

一つの管理アプローチであり、実現可能な期待される成果を明確にし、それらの達成に向かう進展をモニタリングし、学習される教訓を管理の意思決定に組み入れ、実績を報告する、ことから成るアプローチ。

## 政策 Policy

何らかの介入または社会的対応。これは、意向を表明するだけでなく、経済的な手法の使用、市場創出、補助金、制度改革、法改革、地方分権、機構開発などの他の形での介入も含まれる。政策は、ガバナンスを行使するための手法と見なすこともできる。そのような介入が国によって施行される場合、公共政策と呼ばれる。

## 脆弱性 Vulnerability

リスクに曝（さら）されている人々についていう特性。脆弱性は、曝露の関数（曝露の強弱で変化するもの）で、曝露されている特定の社会的単位（流域、島、世帯、村、都市、または国など）が曝露による影響をどれほど受けやすいか、また曝露に対処したり適応したりできるか否かを示す度合いである。曝露とは、干ばつ、紛争、極端な価格変動といった危険に曝されることを指すが、内在する社会経済的、制度的、環境上の制約に曝されることも指す。

## 成層圏オゾン層破壊 Stratospheric ozone depletion

特に人の活動によって生産された物質によって成層圏オゾン

層が化学的に破壊されること。

## 生息地 Habitat

- (1) 生物や個体群が自然に発生する現場である場所またはタイプ。
- (2) 英語の Habitat には、「地理的特徴、生物および無生物の特徴、完全な自然であるか半自然であるか、によって識別される陸域または水域」という意味もある。

## 生態系 Ecosystem

植物、動物、微生物の群集、およびそれらを取り巻く非生物的環境が、互いに作用し、一つのユニットとして機能する動的な複合体。

## 生態系アプローチ Ecosystem approach

公平なやり方で保全と持続可能な利用を促進する土地、水、生物資源を統合管理するための戦略。生態系アプローチは、生物と生物を育む環境の間の本質的な構造、作用、機能、相互作用を包含する生物学的機構といったレベルに焦点を当てて、適切な科学的手法を適用することに基本が置かれる。そこでは、文化的な多様性を持つ人類も、多くの生態系の中の不可欠な構成要素として認識される。

## 生態系機能 Ecosystem function

生態系がそれによってその完全な状態（一次生産力、食物連鎖、生物地球化学的循環など）を維持している、一連の状態や作用に関する生態系内に元から備わっている特性。生態系機能には、分解、生産、栄養素の循環、栄養素とエネルギーの輸送などの作用がある。

## 生態系サービス Ecosystem services

生態系によってもたらされる恩恵。これらには、食糧や水などを供給するサービス、洪水制御や疾病制御などの調整サービス、精神的、レクリエーション的、文化的な恩恵などをもたらす文化的サービス、栄養塩類の循環などを支える基盤サービスがあり、地球上の生命のための状態を維持している。生態系の財およびサービスと呼ばれることもある。

## 生態系サービスに対する支払い（PES） payment for ecosystem services

環境サービスの供給を改善させる土地利用者の行為に対して、その環境サービスを求める需要に見合った金銭的インセンティブが支払われるようにする、適切な仕組み。

## 生態系農業 Ecoagriculture

農業の生産、生物多様性と生態系サービスの保全、持続可能な農村の暮らし、を同時に前進させていくという景観を管理するためのアプローチ。

## 生態系の健全性 Ecosystem health

生態学的な要素とそれらの相互作用が、適切であり、かつ生態系のレジリエンス、生産性、更新を維持する上でうまく機能している程度。

## 生態系のレジリエンス Ecosystem resilience

生態系が異なった構造になったり、異なった出力をもたらすようになってしまう閾値を越えることなく、環境のかく乱に対して生態系が持ちこたえることができる程度。レジリエンスは、生態動力学に左右されると同時に、人間が生態動力学を理解し、管理し、対応する組織的能力や制度的能力にも左右される。

## 正当性 Legitimacy

公的に容認できる程度、または認知される公平さの程度。国家の法は国家においてその正当性を持ち、地域の法や慣習は、その正当性を社会的な組織や関係の制度から導き出すので、社会的制裁システムがあってその上で機能する。

## 制度 Institutions

社会がそれによって社会自体を組織へと組み立てている相互関係のパターンを規則化したものであり、人の相互関係を構築する規則、慣行、しきたりである。この用語は、広く包括的なもので、多国間の環境協定、国際条約、融資メカニズムに対しても、法律、社会関係、財産権や土地保有上のシステム、規範、信仰、習慣、行動規範などに対しても使用されることができる。制度という用語は、公式なものである場合もあれば（明示的で、記述され、多くの場合に国の拘束力を持つもの）、非公式なものである場合もある（暗示的で、記述されず、言葉に表されないが、互いに同意し受け入れられたもの）。公式な制度とは、法律、国際的な環境協定、付属定款、覚書などである。非公式な制度とは、暗黙の規則、行動規範、価値観などである。制度という用語は、組織(organization)と区別されるべきである。

## 生物群系（バイオーム） Biome

地球レベルの下にあって、識別に便利である最大の生態系分類の単位。陸域の生物群系は、通常、優勢な植生構造（森林や草地など）を基盤にしている。非常に多様な種で構成されていても、生物群系内の生態系は概ね同様の方法で機能する。例えば森林はすべて、栄養循環や変動や生物量に関して、草地の特性と異なる一定の特徴を有する。

## 生物圏 Biosphere

生きた生物が存在しているか、または生命を維持する能力を持つ、地球および地球大気の部分。

## 生物コリドー、生物学的回廊 Biological corridor

人間や自然の原因によって分断された生息生育地の間の連結を修復し保全するために設けられる生息生育地の回廊。

## 生物多様性 Biodiversity

地球上の生命が多様であることであり、遺伝子レベルでの多様性、種間および生態系や生息地間の多様性も含まれる。個体数、分布、習性における多様性も含まれる。また生物多様性には人の文化的多様性も含まれ、それらはいずれも、生物多様性の受けているのと同じ駆動要因によって影響を受けている可能性があり、さらに生物多様性はそれ自体が、遺伝子の多様性や、その他の種や生態系の多様性に影響を及ぼしている。

## 生物蓄積 Bioaccumulation

生物体内で化学物質が濃縮されて濃度が増すこと。またその物質を取り込む速度が新陳代謝や排泄より大きくなることによって、生物体内に蓄積される化学物質の量が段階的に増加することを表現するために使用される。

## 絶滅危惧種 Endangered species

利用可能な最良の証拠資料によって、IUCN レッドリストの絶滅危惧カテゴリーに指定されたA~Eの基準のいずれかに該当し、野生において非常に高い絶滅の危険に直面していると考えられる種。

## 遷移 Transitions

その構造や文化や慣行と共に、社会システムの構成や機能が、非線形、体系的、根本的に変化すること。

## 早期警報 Early warning

災害に無防備な個人が、災害のリスクを避け、または低減し、効果的に対処する行動を採れるようにする時宜を得た情報を、特定の機関を通して提供すること。

## 相乗効果 Synergies

2つ以上の行為や組織や物質やその他動因による成果が、それらが別々の場合に生じる成果を合計したものよりも大きくなるようなやり方で相互作用する場合に、発生する効果。

## 組織 Organizations

特定の共通目的を持った個人からなる集まり。組織には、政治組織、政党、政府、省；また経済組織や産業の連合；また社会組織（非政府組織(NGO)や自助グループ）や宗教団体（教会や宗教トラスト）が挙げられる。組織という用語は、制度(institutions)と区別されるべきである。

## 堆積物 Sediment

その大半は崩れた岩から始まり、水、風、氷、その他有機的な化学作用によって運ばれ、浮遊し、堆積する固形物。

## 対流圏オゾン Tropospheric ozone

大気の底部にあるオゾンで、それは人間や作物や生態系がさらされる高さに存している。地表オゾンとしても知られている。

## 多中心的な Polycentric

特に権限や制御を担う中心が多くあること。

## 短寿命気候強制力因子 Short-lived climate forcers

メタン、黒色炭素、対流圏オゾン、および多くのハイドロフルオロカーボンなどの物質で、気候変動に著しい影響を及ぼし、二酸化炭素やその他寿命の長いガスに比べると大気中での寿命が比較的短い。

## 炭素隔離 Carbon sequestration

大気以外の貯蔵庫の炭素含有量を増大させる一連の作業。

## 炭素貯蔵 Carbon stock

炭素を蓄積または放出する能力を持つ貯蔵庫またはシステムを意味する「プール」に保持されている炭素量。

## 男女別のデータ Sex-disaggregated data

男性と女性への影響の違いを測定できるよう、男女別に分けられたデータ。

## データ Datum

参照したり分析のために使用される単一の情報（Dataの単数形）。

## 地下水 Groundwater

地下へ流れるか浸透する水で、土壌や岩を浸し、泉や井戸に水を供給する。水で満たされている層の天端は、地下水面と呼ばれる。

## 地球温暖化 Global warming

地球の温度とされている大気表層の気温が上昇することであり、大気への温室効果ガスの排出によって引き起こされる。

## 地球観測システム Global observation system

生物多様性、水の質および量、大気汚染、土地荒廃、化学物質放出などの様々な指標について、地球規模で必要とされる多くのデータを集める一連の統合的なモニタリング活動。

## 地球公共財 Global commons

大気、海洋、大気圏外、南極地域のような所有されていない自然資産。

## 地球システム Earth System

地球システムは、惑星とそこに住む生命の状態や進化を決定している、相互作用する物理的、化学的、生物的、社会的な構成要素と作用からなる、複雑な社会-環境システムである。

## 地形学 Topography

ある地域の表面の特徴についての研究または詳細な記述。

## 窒素沈着 Nitrogen deposition

主として窒素酸化物とアンモニアの排出から生じる反応性窒素が大気から生物圏へ投入されること。

## 地表水 Surface water

河川、湖、貯水池、水路、人工湖、海、河口などの、自然に大気に開放されているすべての水。この用語には、地表水によって直接影響を受ける泉、井戸、その他の水を収集するものも含まれる。

## 調整サービス Regulating services

生態系の諸作用の調整によって得られる恩恵で、例えば、気候、水、いくつかの人間の疾病、の制御など。

## ティッピングポイント Tipping point

進行しつつある状況の中で、そこを超えると、新しい、時には不可逆的な展開に至ってしまう臨界点。

## 抵抗力 Resistance

その現状を置き換えることなく、駆動要因の影響に耐えるシステムの能力。

## 低酸素 Hypoxia

酸素の不足。富栄養化やアオコによる低酸素は、水中の溶存酸素が使い果たされる作用による結果である。アオコは水をより不透明にし、それによって、水中の水生植物が利用できる光の量が減り、また人の有益な利水が妨げられる。アオコが次々に死んでいく時、底に沈んだアオコをバクテリアが分解し、有効酸素を使い果たす。低酸素は晩夏に特に深刻で、バクテリアだけがそこに生き残ることができるので、「酸欠海域」と呼ばれるいくつかのエリアでは低酸素が非常に深刻になりうる。

## 適応 Adaptation

新しいまたは変化していく環境に対して自然や人間のシステムが適応することであって、予期して行う適応と問題が起きてから対応する適応、民間による適応と公的な適応、自主的な適応と計画的な適応などがある。

## 大転換 Transformation

転換されていく状態。GEO-5の文脈では、大転換は、間違った方向に地球システムを引き寄せる諸行を止め、かつ同時に持続可能な世界構想に合致するものすべてに対して、資源や能力ならびにそれらを可能にする環境を提供する、機会を模索する一連の活動を指す。

## データセット Dataset

ある特定の問題に関するデータを集めたもの。

## DDT dichlorodiphenyltrichloroethane

合成有機塩素系殺虫剤。残留性有機汚染物質に関するストック

ホルム条約の下で規制リストに挙げられている残留性有機汚染物質のうちの1つ。

### 電子廃棄物 E-waste (electronic waste)

価値を考慮されなくなり処分される様々な形態の電気電子機器の総称。

### 伝統的あるいは地元民の生態学的知識

Traditional or local ecological knowledge

自然環境との相互作用に関する広範な歴史を持つ民族によって維持され開発された知識、ノウハウ、慣習、表現を累積したものの。

### 統合的沿岸域管理 (ICZM)

Integrated coastal zone management

海岸沿いの資源および区域を管理するための経済的、社会的、生態的な視点を統合するアプローチ。

### 統合的水資源管理 (IWRM)

Integrated water resources management

極めて重要な生態系の持続可能性を危険にさらすことなく、公平なやり方で、結果として得られる経済的社会的福祉が最大になるよう、水、土地、関連する資源の統合的開発や管理を促進すること。

### 都市化 Urbanization

都市部に住んでいる人口の割合が増加すること。

### 土地荒廃 Land degradation

気候変動、自然作用、持続不可能な人類の活動が原因となって、耕地、牧草地、森林、林地における生物学的または経済的な生産性や複雑性が減少または損失すること。

### 土地被覆 Land cover

土地の物理的な被覆のことで、草木によって覆われているか否かを言葉で表現したもの。土地利用によって影響を受けるが、土地利用と同義ではない。

### 土地利用 Land use

様々な人の目的や経済活動用のための、土地が持つ機能的な側面。土地利用の例を分類すると、農業、工業使用、輸送、保護区などがある。

### 土地利用計画 Land-use planning

土地と水のポテンシャル、土地利用の代替パターン、その他物理的、社会的、経済的な状態を体系的に評価することで、土地の利用者にとって最も有益となる土地利用オプションを選択し採用できるようにする作業。

### 突然の変化 Abrupt change

非常に急激に予期せず起こるために、人間や自然システムがそれに適合するのに困難を伴う変化。

### 毒性汚染物質 Toxic pollutants

それらを摂取するか吸収している生物に、死、疾病、または先天的欠損症を引き起こす汚染物質。

### 土壌酸性化 Soil acidification

長らく調査対象とされてきた、湿潤気候において自然発生している作用で、調査結果によれば、酸性雨が陸上植物の生産性に影響を与えていることが示唆されている。

### 内分泌かく乱物質 Endocrine disruptor

ホルモン系の機能を阻害（模倣、遮断、抑制、または刺激による）することによって、無傷の生命体や、その子孫や、(垂)個体群に、有害な健康影響を引き起こす外部物質。

### ナノ材料 Nanomaterial

粒子の外形の少なくとも1次元の大きさが1~100ナノメートル（1ナノメートルは1メートルの10億分の1）である粒子を個数粒度分布において50%以上含有する材料であり、粒子が結合していない状態で一つの集合体（aggregate）または塊り（agglomerate）として存在し、自然によるもの、偶発的なもの、または製造されたものがある。そのような粒子/材料を、一般にナノ粒子（NP）、ナノ化学物質、またはナノ材料（NM）と呼んでいる

### 二次汚染物質 Secondary pollutant

直接放出されるのではなく、他の汚染物質（一次汚染質）が大気中で反応する際に形成される汚染物質。

### 燃料電池 Fuel cell

化学反応のエネルギーを直接電気エネルギーに転換する装置。それは、燃料（水素など）と酸化剤（酸素など）を外部から供給して電気を生産する。必要な流れが維持される限り、燃料電池は稼働することができる。電池が閉鎖系に電気エネルギーを化学的に貯蔵しているのに対して、燃料電池は補充されなければならない反応物を消費するという点で電池と異なる。燃料電池の大きな利点の一つは、それらが非常に少しか汚染を出さずに電気を生み出すということである。電気の生成に使用される水素と酸素の多くが、結合して最終的に水になる。燃料電池は静止している動力源としても、自動車用の動力源としても開発されている。

### 能力開発 Capacity development

個人、組織、社会が、自分自身の開発目標を設定し達成する能力を、時間をかけて獲得、強化、維持すること。

## 灰色の水 Grey water

工業や農業や生活において人が使用することで、質的に悪影響を受けている水。ある製品の灰色の水フットプリントは、その全サプライ・チェーンにわたってその製品の製作に関係し得る淡水汚染を表す指標である。自然のバックグラウンド濃度と、既存の周囲の水質基準に基づいて、汚染の負荷を周囲と同質化するのに必要となる淡水の容積として定義される。それは、水質が上記合意された水質基準を維持する程度まで、汚染物質を希釈するために必要とされる水の容積として計算される。

## 廃水処理 Wastewater treatment

汚染度を下げるよう廃水の質を改良するために用いられるもので、機械的、生物的、または化学的な処理の方法がある。

## 廃水 Effluent

水質問題において、工業工程や污水处理プラントなどの発生源から環境に放出される液体廃棄物（処理または未処理のもの）を指す。

## ハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC)

### Hydrochloro- fluorocarbons

人によって作られた有機物で、水素、塩素、フッ素、炭素原子で構成されている。HCFCのオゾン破壊の潜在性はCFCよりはるかに低いので、HCFCはCFCの受容可能な臨時の代用品になると考えられた。

## 白化現象（サンゴ礁の） Bleaching

ストレスを受けているサンゴ礁がゾオキサンテラと呼ばれるサンゴに共生している微細藻類を放出する場合に起こる現象。これは光合成色素の深刻な減少か、場合によっては全喪失をもたらす。ほとんどの造礁サンゴは白い炭酸カルシウムの骨格を持っているので、その時これらがサンゴの細胞組織を通して現れ、サンゴ礁が白化したように見える。

## バイオキャパシティ Biocapacity

現在の管理の仕組みや採取技術を用いて、生態系が、有用な生物由来の物質を生産する能力、および人によって生成された廃棄物を吸収する能力。ある区域のバイオキャパシティは、実際の物理的な面積に収量ファクターと適切な等価ファクターを掛けることにより計算される。通常、グローバルヘクタールという単位で表わされる。

## バイオテクノロジー（現代の） Biotechnology

試験管内で核酸技術を適用するものであり、デオキシリボ核酸（DNA）の組換え、および細胞や細胞器官の中への核酸の直接注入、あるいは生物分類学上の科を超えて細胞を融合させるなど、従来の品種改良や淘汰において用いられる技術ではなく、自然の生理や生殖や組換え障壁を克服したものである。

## バイオ燃料 Biofuel

乾燥有機物から作られる燃料、あるいは植物から作られる可燃性の油。後者には糖やトウモロコシを発酵させて造られるアルコールや、油ヤシ、菜種、大豆から得られる油などがある。

## バイオマス Biomass

地上と地下ならびに水中の生きている有機物と死んでいる有機物の両方で、樹木や作物や草および樹木の落葉落枝や根など。

## 早死 Premature deaths

その危険要因がない場合にもたらされるであろう時期よりも早く、危険要因によりもたらされる死。

## 人の幸福 Human well-being

個々の人間が、自分の大望を追求する機会を持てることなど、彼等が価値あると考える人生を生きる能力を持っている程度。人の幸福の基本的構成要素は、安全保障、物質ニーズが満たされていること、健康、社会関係などである。

## 貧困 Poverty

定義された量の物的財産や金銭を欠いている人の状態。絶対的貧困は、一般に、清らかで新鮮な水、栄養、医療、教育、衣類、住まいなどの、基本的な人間としてのニーズを欠いている状態を指す。

## フィードバック Feedback

変化を抑える反応（負のフィードバック）か、変化を増強する反応（正のフィードバック）のいずれかによって非線形な変化が引き起こされること。

## 富栄養化 Eutrophication

主として窒素やリンの栄養塩類の濃縮のために水や土地の品質が劣化することで、過度の植物（主に藻類）の成長と崩壊に帰着する。湖の富栄養化は通常、湖が泥沼や湿原へとゆっくり変化し、最終的に乾燥地に至る一因となる。富栄養化は、人の活動がその変化の過程を早めることによって加速される可能性がある。

## 物質フロー勘定 Material flow accounting

経済活動で使用された全ての原材料の数量化。原材料の採取時に動員された全ての原材料と、経済過程の中で実際に使用された原材料と、の質量を測定して計上する。

## 文化的サービス Cultural services

生態系が人々に与える恩恵のうちの非物質的なもので、精神的に豊かになること、認知の発達、レクリエーション、美的体験など。

## 分野横断的な問題 Cross-cutting issue

通常は別々に定義されるその諸側面のいくつかについての

相互作用を考慮しなければ、十分に理解または説明されることができない問題。

### 放射強制力 Radiative forcing

地球の宇宙とのエネルギー収支における純変化量のことで、地球に入ってくる太陽放射から、出て行く地球放射を差し引いた変化量。

### 保護区 Protected area

関連する生態系サービスや文化的価値を備えた自然を長期に保護するために、法的またはその他効果的な手段を通して認定され、専用に割り当てられ、管理され、範囲を明確に定められた地理的空間。

### 牧草地 Pasture

家畜の放牧に使用されるか、または適した草や牧草で覆われている土地。

### 牧畜 Pastoralism, pastoral system

資源を得る主要な手段として家畜を飼育する仕事。

### 保全耕うん Conservation tillage

土壌をひっくり返さずに、土壌の表面を耕すこと。

### 水安全保障 Water security

水系の持続可能な使用や保全、水災害（洪水や干ばつ）の予防、水資源の持続可能な開発、ならびに人と環境に対して水が持つ機能やサービス（へのアクセス）の保護などを、幅広く指す言葉。

### 水循環 Hydrological cycle

水が大気から地球表面へ、そして大気へ戻る経路で、水が経ていく一連の流れ。その流れは、陸や海や陸水からの蒸発、雲を形成する凝結、降雨、土壌や水域への貯留、再蒸発などである。

### 水ストレス Water stress

水の供給が少ないことによって、食糧生産や経済発展が制限を受けたり、人の健康に影響を来す場合にそれが起こっている。年間の水の供給量が1人当たり1,700 m<sup>3</sup>以下に減少する場合、その区域は水ストレスの状態にある。

### 水フットプリント Water footprint

消費者または生産者による直接的な水利用および間接的な水利用の両方をとらえる水利用に関する指標。個人、コミュニティ、国、または企業の水フットプリントは、個人、コミュニティ、または国によって消費される製品やサービス、あるいは企業によって生産される製品やサービス、を生産するために使用される淡水の全容積として定義される。

### 水紛争 Water conflict

水資源に関わる国、州、またはグループ間の対立。

### 水不足 Water scarcity

年間の水の供給が一人当たり1,000 m<sup>3</sup>以下に減少する場合、または利用可能水の40%以上が使用されている場合を指す。

### 緑の水 Green water

陸上への降雨のうち、流出せず地下水も涵養しないで、土壌中に保持されるか、土壌や植生の上に一時的に留まる部分。結局、降雨のこの部分は植物を通して蒸発するか放出される。緑の水フットプリントは、植物による生産過程で消費される雨水の容積である。このフットプリントは、特に農産物や林産物（作物や木材に基づく産物）に関連するもので、雨水の蒸発散量（畑やプランテーションからの）に収穫された作物や木材に組み込まれた水を加えた合計のことである。

### ミレニアム開発目標 (MDGs)

#### Millennium Development Goals

ターゲット期限の2015年までに極度の貧困を半減すること、HIV/エイズのまん延防止、普遍的な初等教育の提供などの8つのミレニアム開発目標であり、世界中の国々および世界中の代表的な開発機関によって合意され青写真を形成している。2016年からは持続可能な開発目標 (SDGs) に置き換わった。

### 無耕農業 No-till (zero tillage)

ほとんどまたは全く事前に土地を耕すことなく種子をまく技術で、土壌侵食にプラスの影響を及ぼす。

### メガ都市 Mega-cities

1000万人以上の住民を抱える都市部。

### 有害廃棄物 Hazardous waste

人の健康および環境に害を及ぼす可能性がある、使用されているか廃棄された物質。有害廃棄物には、重金属、有毒化学物質、医療廃棄物、放射性物質などがある。

### 有機塩素化合物 Organochlorine compounds

ダイオキシン、ポリ塩化ビフェニル (PCB) など炭素、水素、塩素を含む有機化合物の類、および DDT のようないくつかの農薬など。

### 有機炭素 (OC) Organic carbon

有機炭素は、気候調査で使用されるが、通常、黒くないエアロゾルの炭素成分を指す。有機炭素は、変動する大気の振る舞いと共に、何百あるいは何千もの様々な有機化合物を包含するものなので、この用語は過度に単純化した表現である。炭素エアロゾルを熱分析することで得られる量である。

## 有機農業 Organic agriculture

土壌の健康、生態系の健康、人々の健康を持続させる作物生産システム。合成肥料を使用することに依存せず、地場の条件に適応した生態系の作用や生物多様性や循環に依存する。

## 予測 Projection

「明日 30℃なら砂浜に行くだろう」といった、ある前提条件を想定して、将来の課題について描写しようとする行為、または描写そのもの。

## 予防的措置/原則 Precautionary approach/principle

予防的措置または予防原則は、ある行為または政策が有害であるという科学的なコンセンサスがない状況で、その行為または政策に民衆や環境に害をもたらす疑わしい危険性があるならば、有害でないという立証責任はその行為を起こす人々が負うというものである。

## ライフサイクル分析 Life-cycle analysis

原材料の採取から材料の加工、製造、配布、使用、維持管理、および廃棄またはリサイクルまで（一生）、製品の生涯の全ての段階で関係する環境影響を算定する技術。

## 乱開発 Overexploitation

そのような使用により発生する長期にわたる生態への影響を考慮することなく、原材料を過度に使用すること。

## リモートセンシング Remote sensing

遠く離れたところから目的物についてのデータを収集すること。環境の分野では通常、気象学、海洋学、または土地被覆評価に用いられる航空機または人工衛星によるデータを指す。

## 流域 Drainage basin (watershed、river basin、catchmentとも呼ばれる)

降雨が小川、河川、湖、貯水池に流出する陸地の区域。その区域の地形の特定は、異なった区域間の最も標高の高い箇所（尾根など）に沿って線を引くことによって行える。

## 粒子状物質 (PM) Particulate matter

空中に浮遊する小さな固形微粒子または液滴。

## 流出 Run-off

降雨や融雪の一部、または地面を流れて最終的に水路に戻る灌漑用水。流出は、大気や陸から汚染物質を拾い上げて、排水水域に運ぶことができる。

## 林地 Woodland

樹高5メートル以上ある樹木の林冠被覆が5～10%以上あるか、または自然のまま樹木がこれらの閾値に達しうるか、または低木と灌木と樹木の組み合わせによる被覆が10%を超えている、そういった面積が0.5ヘクタール以上広がっている木の茂

った土地。主に農業や都市の目的に使用されている区域は含まない。

## レジリエンス Resilience

潜在的に災害にさらされる可能性のあるシステム、コミュニティ、社会が、許容水準の機能や構造を達成し維持していけるよう、災害に耐えるかまたは変化することによって適応していく能力。

## レバレッジポイント Leverage point

比較的少量の力で変化を達成できるシステム構造内のポイント。システムの挙動において、少量の力が小さな変化を引き起こす場合は、低いレバレッジポイントであり、少量の力が大きい変化を引き起こす場合は、高いレバレッジポイントである。

## 惑星限界 Planetary boundaries

持続可能な発展のための必須条件として、すべてのレベルの行政、国際組織、市民社会、科学界、民間企業を含む国際社会に対して、人類が安全に活動し得る領域を定義するために策定された枠組み。

## 湾岸海洋環境保護機構 (ROPME)

### Regional Organization for the Protection of the Marine Environment

湾岸海洋環境保護機構の8つの加盟国であるバーレーン、イラン、イラク、クウェート、オマーン、カタール、サウジアラビア、アラブ首長国連邦、に囲まれた海域。

# 索引

注意：太いページ番号は図に、斜めのページ番号は、表や Box 内にその言葉があることを意味する。

## あ

愛他精神 13  
愛知ターゲット 34, 101, 136, 154, 157, 222  
アイルランド、化学物質の売上高 174  
アオコ 111, 112  
青の水の不足 177  
アクセスと利益配分 154-6  
アクラ、電子廃棄物 24  
アジア  
    エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ 206  
    降雨の傾向 38  
    コミュニティ管理の区域 154  
    湿地面積 76  
    人口 6  
    窒素の排出量 45  
    土壌酸性化 42, 43  
    二酸化硫黄排出 42  
    アジア太平洋地域、東アジア、西アジアも参照のこと  
アジア太平洋地域  
    環境データイニシアチブ 225  
    下水設備 111  
    作物の生産性 70  
    食糧消費 71  
    森林被覆 72, 73  
アジアモンスーン 59  
アジェンダ21 33, 35, 122, 138, 172  
アセアン煙霧協定 35  
アブダビ世界環境データイニシアチブ 225  
油ヤシのプランテーション 84, 86  
アフリカ  
    エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ 206  
    環境データイニシアチブ 225  
    下水設備 111  
    降雨の傾向 38  
    子供の健康 117  
    コミュニティによる管理 154  
    作物生産 70  
    湿地面積 76  
    食糧安全保障 71  
    人口 6  
    森林被覆の変化 72  
    都市化 7, 18  
    水不足 9  
    サハラ以南も参照のこと  
アフリカ・パートナーシップ・フォーラム 204  
アフリカ諸国における農薬の廃棄削減プログラム (ASP) 181  
アフリカ地下水委員会 123  
アボブロシ 24  
アマゾン 72, 202-3, 203  
雨は、降雨を参照のこと  
アメリカ (US)  
    化学物質の売上高 174

石炭の生産 15  
農業 25  
アラスカの気温 208  
アラブ環境情報ネットワーク 225  
アルゼンチン  
    化学物質の売上高 174  
アルバド 197

## い

EC 統計局 (ユーロスタット) 225  
EU 20-20-20 ターゲット 35  
イェーテボリ議定書 35, 42  
閾値、臨界の 21-3, 194, 206-8  
生きている地球指数 141, 142, 144, 145  
意思決定 12-13  
移住 6, 7  
    田舎-田舎 7  
    田舎-都市 7  
    欠落しているデータ 217  
    国内の 6, 8  
    国家間の 7, 8  
異常気象 36, 36  
    干ばつ 108  
    洪水 36, 107-9  
イスラエル、化学物質の売上高 174  
イタリア、化学物質の売上高 174  
一酸化炭素 49  
    排出量のガイドライン 35  
遺伝子組換え 81, 150  
遺伝資源、アクセスと利益配分 154-6  
移動性  
    個人の 17-18  
移動性野生動物種の保全に関する条約 (CMS) 138  
イラン 88, 174  
インド  
    エネルギー使用 16  
    化学物質の売上高 174  
    経済成長 10-11  
    神聖な林 154  
    都市人口 18, 77  
    水使用 9  
インドネシア  
    油ヤシのプランテーション 84  
    化学物質の売上高 174  
    水銀中毒 182  
飲料水  
    アクセス 115-16, 128, 185  
    汚染 185  
    データの欠落点 221

## う

飢え 71, 80  
    根絶 68  
    食糧安全保障も参照のこと  
ウガンダ 226  
鳥脚病 (うきゃくびょう) 181  
ウサギ 203  
ウニ、大量死 198  
海ゴミ 112, 184  
海鳥、と海ゴミ 184

## え

エアロゾル 56  
永久凍土層 37, 76, 197, 200, 222  
英国 (UK)  
    化学物質の売上高 174  
    ヨーロッパも参照のこと  
栄養転換 13-14  
栄養不良の人々 71, 80  
疫学的な変遷 6  
エコツーリズム 149  
エコ認証 156  
ECOLEX 224  
エコロジカルフットプリント 141, 144, 206, 207  
    大陸域 206  
    都市 77  
SLCFs は、短寿命気候強制力因子を参照のこと  
エストニア 154  
越境管理  
    河川流域 125, 126  
越境水アセスメント計画 (TWAP) 123  
NOAA は、米国海洋大気庁を参照のこと  
エネルギー 14-16  
    再生可能エネルギーも参照のこと  
エネルギー消費 14-15  
    世界合計 14  
    世帯数 9-10  
    一人当たり 14  
    予想 16  
エネルギー不足 15, 16  
FIB (Fishing-In-Balance) 指数 145  
MDGs は、ミレニアム開発目標を参照のこと  
MPA は、海洋保護区を参照のこと  
沿岸地帯の人口 8, 119  
沿岸地帯の防御 119  
塩水化、地下水 109  
エンドスルファン硫酸塩 180  
Environmental Data Explorer、データ提供者 219

## お

欧州委員会 (EC)  
    グローバルイニシアチブプロジェクト 177  
    水枠組み指令 123  
欧州宇宙機関 75  
欧州環境機構 (EEA) 181, 225  
欧州近隣政策 (ENP) 180  
欧州連合 (EU)  
    海洋戦略枠組み指令 126  
    化学物質に関する規則 186  
    大気汚染に対する指令 35  
    船便による貿易 16  
OECD は、経済協力開発機構を参照のこと  
オーストラリア  
    化学物質の売上高 174  
    土地利用 203, 204  
ODS は、オゾン破壊物質を参照のこと  
オートパイによる移動 17-18  
オーバーシュート 206-8  
オスパール委員会 225  
汚染  
    移動 20-1

- 栄養塩 43, 111-12, 197
- 屋内 47, 61
- 海洋環境 129, 177-8, 189
- 北アメリカ 42
- 欠落しているデータ 220
- 地下水 109-11, 129, 180, 181, 206
- 都市 (市街地) 44, 46-7, **48**
- と生物多様性 143, 159
- と貧困 176-7
- 難分解性化学物質 112-13
- 農業 23, 43, 44
- 農薬 179-81
- オゾン
  - 成層圏の 32, 33, 51-4, 58, 61, 200, 201
  - モントリオール議定書がなかった場合の破壊のシミュレーション 52-4
  - 対流圏/地表の 32, 43, 47, 48-51, 57, 61
  - ガイドライン 35
  - 大陸域別の変化 50
  - 変化の予想 51
  - 発生源 49
- オゾン層保護のためのウィーン条約 33, 35, 51, 57
- オゾン破壊ガス指標 51, **52**
- オゾン破壊物質 (ODS)
  - 現在のレベル 51-2
  - 段階的廃止 51-2, 61
- オゾンホール 51-4, 58
- オフセット取引市場 18
- オランダ、化学物質の売上高 **174**
- 温室効果ガス 32
  - オゾン 49
  - 火災 73
  - 欠落しているデータ 220
  - 短寿命気候強制力因子 56, 58, 59
  - 中国 20
  - と国際貿易 20, 21, **21**
  - と人口増加 10
  - 農業 82
  - メタン 38, 49, 56, 57, 59, 76, 205, 206
  - 目標とターゲット 35
  - 目標に向けた進展 61
- 温度
  - 海洋 119, 127
  - 極地域 199-200, 208
  - 地表気温の傾向 36, **37**, 199
- か**
  - ガーナ 24, 86
  - カーボンオフセット 18
  - カーボンニュートラルのサプライチェーン 18
  - 外在化 85
  - 海産物 **82**
  - 海水面温度(SST) 119
  - 回旋系状虫症 117
  - 開発
    - 気候変動を中心に位置付ける 41
  - 開発途上国
    - 温室効果ガス排出 20, **21**
    - 都市化 77, **78**
    - 廃棄物の処理 170, 184, 188
  - 海氷範囲 36, **38**, 77, 199
  - 海面上昇 119, 200, 201
  - 海洋
    - 温度 119, 127
    - 気候変動の影響 119
  - 欠落しているデータ 222
  - 酸性化 119-20, 127
  - 人為的な海洋施肥 152
  - 炭素吸収源 152, 200-1
  - 海洋汚染 177-8, 189
    - 欠落しているデータ 224
  - 海洋環境
    - 遺伝資源 156
    - ガバナンス 123-5
    - 気候変動の影響 119-20, 127, 143
    - 欠落しているデータ 222, 224
    - 国際的なテーマ/目標 101, 123-4
    - 生物多様性 **141**, 142-3
    - 地域海条約 124, **124**
  - 海洋環境の保護に関する世界行動計画(GPA) 101, 124, 129
  - 海洋管理協議会 (MSC) 156
  - 海洋食物連鎖の栄養段階指数 **141**
  - 海洋保護区 (MPA) 152-3, 160
  - 化学工業の現状と傾向 174
  - 化学物質
    - 国別の化学物質の売上高 **174**
    - 欠落しているデータ 223-4
    - 国際的に合意された目標 171, 172
    - 多国間の環境協定 171
    - データと指標 172-3
    - 毒性についての理解 185
    - 難分解性で有毒な 112-13, 113, 178-9, 185, 187
    - ライフサイクル分析 176
  - 化学物質汚染国際パネル(IPCP) 186-7
  - 化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則 (REACH) 185, 204
  - 核廃棄物 170, 182-3, 189
  - 火災 57, 184, 204-5
    - 温室効果ガス排出 73
  - ガス探査 120
  - 風、南極付近 200-1
  - 化石燃料 15
    - 消費 38
    - 排出量 38, **39**
    - 埋蔵 121
  - 河川流域の管理 **125**, 126
    - 河川分断化 108-9
    - セネガル川 126
    - 富栄養化 111-12
  - 仮想水 105-6
  - ガソリン、鉛の除去 54-6
  - 価値観 12-3
    - 精神的/文化的 148-9
  - 褐色雲、大気の 58, 60
  - カドミウム 182
  - カナダ
    - 化学物質の売上高 **174**
    - 火災 204, **205**
  - カナダの環境モデリング・化学センター 176
  - 紙 85
  - カリブ諸国
    - サンゴ礁 198
    - 人口 6
    - 中南米とカリブ諸国も参照のこと
  - カルタヘナ議定書 138, 150
  - 灌漑 148
    - 水使用 14, 105, **106**, 128
  - 環境ガバナンス 86-7
    - 海洋ガバナンス 123-5
    - 市場メカニズム 40-1
  - 環境経済勘定システム (SEEA) 218, 224
  - 環境収容力 206-8
  - 環境情報、国際プログラムによる 218-19
  - 環境データ、問題のスケールに適した 227-8
  - 環境統計 217
  - 環境統計整備に関する枠組み 218
  - 環境と開発に関する国連会議 (1992年リオ地球サミット) 26, 87, 115
  - カンクン合意 35, 35
  - 韓国
    - 化学物質の売上高 **174**
  - 勘定 (会計)
    - 従来の勘定 11
    - 物質フロー勘定 11, 207
  - 乾燥 108, 128
    - アマゾン 202-3
    - 水力発電に及ぶ影響 122
    - と火災 204
  - 乾燥地 73-5, 203-4
    - 持続可能な管理 87-8
    - 種の消失 144
    - 劣化 74-5, **74**
  - 寒帯林 72, 73, 76
  - き**
    - キクイムシ 198
    - 気候影響指標 **141**
    - 気候変動
      - 影響 33, **33**, 36
      - 損害推定額 36
      - 水循環 118-9
      - 開発計画の中心に位置付けること 41
      - 海洋への影響 143
      - 緩和策と適応策 151
        - 生態系に基づく 149-50, 151-2
        - 短期の 58
        - 保護区 153
      - 相乗効果 143
      - 大気質を向上させる相補的な活動 59
      - ティッピングポイント 24-5, 37
      - データの欠落点 220
      - と生物多様性 143, 149-50, 159
      - ヒンドゥークシュとヒマラヤ地域 201
      - フィードバックのメカニズム 197
      - 北極圏 208
      - 水環境 128
        - 目標達成の進展度 36-41, 61
        - 温室効果ガスも参照のこと
    - 技術 12
      - クリーンテクノロジー 58
      - と資源利用 12
    - 気象変動に関する政府間パネル(IPCC) 38
    - 北アメリカ
      - エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ **206**
      - 環境情報に対するイニシアチブ 225
      - 下水設備 **111**
      - 作物の生産性 **70**
      - 湿地面積 76
      - 食糧消費 **71**
      - 人口 6
      - 森林被覆の変化 72, 73
      - 窒素の排出量 **45**
      - 二酸化硫黄排出 42
    - 揮発性有機化合物 (VOCs) 49, 50, 206
    - 基盤設備 (インフラ)
      - 水、気候変動への適応 118-19

- 教育 4  
 女性 7  
 共同農業政策 (CAP) 84  
 京都議定書 16, 35, 39, 58, 152  
 漁業 142  
 栄養段階の低下 145  
 過剰漁獲 23, 136, 147  
 持続不可能になる 23  
 チリ 210  
 破壊的な漁法 140, 143  
 遊漁 143  
 漁業資源 23, 136, 142  
 モニターすること 23  
 漁具、投棄または流失された 143  
 極端現象  
 干ばつ 108  
 洪水 36, 107-9  
 極地域 76-7, 199-201  
 炭素の貯蔵 76, 197, 200  
 南極大陸も参照のこと  
 金属、汚染 181-2, 187-8
- く  
 クズネツ曲線 12, 20  
 葉 146  
 駆動要因による圧力の連続体 14-21  
 駆動要因の変化 4  
 経済発展 10-14  
 人口 5-10  
 政策のための重点項目として 26  
 増大と相互作用 23-5  
 定義 5  
 国の GDP は、国内総生産を参照のこと  
 国別適応行動計画 (NAPAs) 128  
 GlobWetland プロジェクト 75  
 クリーン開発メカニズム (CDM) 40-1  
 グリーンクロス 177  
 グリーン経済イニシアチブ (UNEP の) 90, 224  
 クリーンテクノロジー 58  
 クリーン燃料と自動車のパートナーシップ (PCFV) 42  
 グリーンピース 83  
 グリーンランド 8, 36  
 グリフォサート耐性を持つ作物 25, 150  
 CLRTAP は、長距離越境大気汚染条約を参照のこと  
 グレートバリアリーフ 210  
 グローバルインベントリプロジェクト 177  
 グローバル化 14, 19-21, 85, 175  
 クロルデン 113, 179, 180  
 クロロフルオロカーボン (CFCs) 33, 38, 51, 58
- け  
 計画立案  
 参加型 137  
 経済協力開発機構  
 化学工業 174  
 廃棄物の発生 174  
 経済発展 10-14  
 経済生産高の変化 1990~2005 年 10  
 と自然資本 (資源) の損失 78-80, 90  
 携帯電話 24  
 経路依存性 25  
 下水  
 地表および地下水汚染 110-11  
 薬剤やパーソナルケア製品 113  
 下水設備  
 国際的な目標/テーマ 101  
 中南米とカリブ諸国 111  
 西アジア 111  
 へのアクセス 110-11, 128, 129, 185  
 ケニア 154  
 下痢、子供たち 117, 117  
 原価計算、全コストを組み込んだ 91  
 健康は、人の健康を参照のこと  
 言語の多様性 154, 155, 160  
 原材料採取の合計 11  
 原材料の消費 10  
 原子力 14, 15, 16  
 原発事故 182, 189
- こ  
 コア指標 218, 227  
 降雨  
 アフリカとアジアでの傾向 38  
 異常 (極端) 36  
 季節的な変化 198  
 光化学反応 49  
 工業  
 水使用 103, 103  
 航空貨物 16  
 耕作限界地 86  
 公衆衛生上の問題、水に関連する 117  
 洪水 36, 107-9, 128, 208  
 影響を受けた人々と被害 107  
 ヒンドゥークシュとヒマラヤ 201-2  
 リスク管理 118-19  
 購買力平価 (PPP) 10  
 国際 HCH 農業協会 180  
 国際植物防疫条約 (IPPC) 138  
 国際食糧政策研究所 201  
 国際食料農業植物遺伝資源条約 (ITPGRFA) 138  
 国際水路の非航行利用に関する条約 (1997) 101  
 国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ (SAICM) 171, 184, 186, 189  
 国際的に合意された目標/テーマ 101, 122  
 国際農業開発基金 (IFAD) 221  
 国際法委員会 (ILC) 126  
 国際連合 (UN)  
 国連公海漁業実施協定 (2001) 101  
 国連ハビタット報告書 175  
 国連ミレニアム宣言 (2000) 101  
 事務総長 173  
 統計部 (UNSD) 218, 227  
 黒色炭素 56-7, 59, 197, 199  
 国内総生産 (GDP)  
 気候変動によって起こり得る損害 36  
 成長 10-11, 16, 19  
 穀物生産 69, 70, 81  
 国連海洋法条約 (UNCLOS) 23, 101, 123-4, 126, 129  
 国連環境計画 (UNEP)  
 グリーン経済イニシアティブ 90  
 地球化学物質概観レポート 172  
 予見イニシアティブ 158  
 国連気候変動枠組み条約 (UNFCCC) 35, 35, 39, 58, 101, 152  
 国連工業開発機関 (UNIDO) 177  
 国連砂漠化防止条約 (UNCCD) 67, 75, 75  
 国連の持続可能な開発委員会 (UNCSD) 173
- 国家能力自己評価 (NCSA) 226  
 固定化 (lock-ins) 209  
 子供たち  
 汚染への脆弱性 24, 177  
 下痢 117  
 水銀中毒 182  
 鉛中毒 54, 182  
 コペンハーゲン協定 35, 35  
 コミュニティによる管理 153-4, 160  
 小麦の生産 69, 70, 81  
 米 68, 69, 70, 81  
 コルタン 24  
 コレラ 117  
 コンゴ民主主義共和国 24, 86  
 コンテナ貿易 16
- さ  
 採鉱 24, 109  
 汚染 14, 181, 182  
 コルタン 24  
 再生可能エネルギー 15-16  
 推定される負の影響 15, 84, 152  
 投資 16  
 再生可能燃料基準 (RFS)、米国 82  
 サウジアラビア  
 化学物質の売上高 174  
 魚の消費 82  
 魚を死なせる 111  
 作物  
 遺伝子組換え 25, 81, 150  
 専用 4, 25, 68-9  
 対流圏オゾン 49  
 バイオ燃料 82  
 作物生産  
 気候変動の影響 201  
 傾向 68-70, 81  
 殺虫剤 179-80  
 サツマイモ 81  
 砂漠化 148, 203-4  
 傾向 74-5  
 国際的な対策 75  
 砂漠化防止条約 (UNCCD) 運用の目的と成果、2010 年 75  
 目標に向けた進展 89  
 サハラ以南のアフリカ  
 作物収穫量の予測 81  
 食糧安全保障 71  
 サヘルも参照のこと  
 サバナ 73-5  
 サプライチェーン、カーボンニュートラルな 18  
 サヘル  
 土地の劣化 203-4  
 参加型計画立案 137  
 山系 201-2  
 サンゴ礁 120, 143, 149, 198  
 種の消失 145  
 大量死 198  
 酸性化 42-3  
 海洋 119-20, 127  
 淡水と土壌 42-3  
 酸性鉱山排水 181  
 残留性有機汚染物質 (POPs) 113, 178-9, 185, 187  
 モニタリング 178, 188, 224

## し

GPA は、海洋環境の保護に関する世界行動計画を参照のこと  
ジェヴォンズのパラドックス 12  
シェールガス 205-6  
紫外線 B 波(UV-B)  
    モンリオール議定書が無かった場合のシナリオ 52-4, **53**  
    有害な影響 51  
自家用車の所有 17  
ジクロロジフェニルトリクロロエタン (DDTs)  
    112, **113**, 178  
    人体中のレベル 178, **179**  
資源強度 11  
資源効率 12, 189  
資源デカップリング 11  
資源の生産性 207  
市場  
    オフセット 18  
市場に基づくアプローチ  
    気候変動 40-1, 87  
    輸送 18  
自然から捕獲・採集された食料 146  
自然資本、損失 78-80, 90  
自然の聖地 (SNS) 153-4, 160  
湿地 75-6  
    漁業 143  
    国際的な目標/テーマ 101  
    種の消失 144  
    全世界での面積 76  
    データベース 221  
    転用 75-6  
    と気候変動 143  
    ミシシッピデルタ 79  
    目標に向けた進展 89  
湿地に関するラムサール条約 67, 75, 101, 146  
疾病  
    と大気質 46-9  
    と地域の温度変化 208  
    水と関連する 116-17, 128  
支払い意欲 13  
指標  
    持続可能な発展 218, 227  
    生物多様性 **141**, 157  
死亡率 6, 6  
    自然災害 107  
    相違 6  
    乳児 6  
    妊婦 6  
社会経済のデータ 224  
社会心理学 13  
社会の遷移 209  
社会のネットワーク 12-13  
ジャカルタ・マンドート「海洋及び沿岸の生物多様性に関する決定」 122  
重金属 112, 181-2, 187-8  
住血吸虫症 117  
臭素化難燃剤 113, 184  
重要野鳥生息地 (IBA) **141**  
出生率 6, 6, 26  
ジュネーブ条約、長距離越境大気汚染に関する 180  
種の絶滅  
    脊椎動物 144, 196  
    大規模な絶滅の出来事 196  
    と侵略的外来種 143

    目標に向けた進展 159, 160  
    予測 158, 196  
樹木限界線、の前進 76-7, 143  
純一次生産力 (NPP) 74  
焼却、屋外での 184  
乗客の移動 16-17  
硝酸塩  
    地下水 109-10, 129  
    農業 23  
使用済燃料管理及び放射性廃棄物管理の安全に関する条約 172, 183, 189  
小島嶼開発途上国 (SIDS) 119  
小島嶼開発途上国の開発のためのバルバドス行動プログラム(1994) 101  
蒸発池 205-6  
消費 8-9  
    食糧 71, 80, 81, 148  
    生産の影響からの分離 10, 20, 85-6  
    と世帯のユニット 9-10  
情報、定義 217  
情報技術 217  
    工業による影響と廃棄物 24  
情報の欠落  
    化学物質の有害性 172-3, 185, 188  
    生物多様性モニタリング 157  
食事 13-14, 25, 81  
食品廃棄 81  
植物  
    生物多様性損失の予想 158  
    薬用 146, **147**  
    作物も参照のこと  
食物網  
    海洋 120  
    南極 200  
食糧安全保障 71, 80-1, 90-1  
    アフリカの乾燥地域 204  
    目標に向けた進展 89  
食糧消費 71, 80, 81, 148  
    肉 **13**, 14, 81-2  
食糧生産  
    目標に向けた進展 89  
    土地利用の変化 80-1  
女性  
    教育 7, 26  
    妊婦死亡率 6  
除草剤、汚染 179-80  
除草剤耐性作物 25, 150  
シン、マンモハン 222  
シンガポール **174**  
人口  
    沿岸 8, 119  
    人口密度の変化、1990~2005年 **9**  
    推進力 6  
    増加の予想 5-6  
    増大 5-10, 19  
    中南米とカリブ諸国 6  
    分布 8  
人工衛星によるリモートセンシング 88, 221  
新興経済国の GDP 成長 16  
    資源使用 10  
    個々の国も参照のこと  
人口転換 6-7, 19  
人新世 195  
新熱帯区、湿地面積 76  
ジンバブエ 182  
信頼 13

侵略的外来種 **141**, 143, 150-1  
    管理 150-1  
    欠落しているデータ 222  
    パラスト水 114  
    目標に向けた進展 159  
森林 71-3  
    圧力 71  
    寒帯林 72, 73  
    管理と認証 73, 156  
    北アメリカ 72, 73  
    喪失 8-9, 72  
    炭素隔離 73, 87, 149  
    断片化 145  
    プランテーション 72, 73  
    木材と木製品 73, 85, 149  
    森林伐採も参照のこと  
森林管理協議会 (FSC) 73, 156  
森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減 (REDD/REDD+) 87, 149, 152  
森林認証プログラム(PEFC) 73, 156  
森林伐採 8-9, 72  
    1990~2010 **72**  
    アマゾン 72, 203  
    欠落しているデータ 221  
    主要な駆動要因 71, 72  
    食肉生産 82, 83  
    中南米とカリブ諸国 72, 73, 82, 83  
    バイオ燃料生産 84  
    目標に向けた進展 89

## す

水銀 182  
水銀に関する水俣条約 186  
水質 14, 143  
    新たに出現している水質懸念 113-14  
    国際的な目標 101  
    地下水 109-11, 129, 180, 181, 206  
    目標に向けた進展 128-9  
水質指標 **141**  
スイス、化学物質の売上高 **174**  
水力発電 121, 122, 148  
    と干ばつ 122  
ストックホルム条約(2001) 71, 172, 178, 188, 189  
    資金拠出選択肢に関する協議プロセス 186  
    世界モニタリング計画 178, 188  
スペイン  
    化学物質の売上高 **174**

## せ

生計  
    アマゾン 203  
    極地域 76-7  
    山間地域 202  
精神的価値、生物多様性の 148-9  
生息・生育地の損失 139-40, 145  
生息・生育地の保全 160  
生態系サービス 79-80, 100, 135, 137, 145-50  
    エネルギー 148  
    情報の欠落 157  
    生物多様性と人類の福利との関係 **146**  
    目標に向けた進展 159-60  
    生態系サービスへの支払い (PES) も参照のこと  
生態系サービスと生物多様性の経済学 (TEEB)  
    146

- 生態系サービスへの支払い (PES) 80  
 批判と諸課題 80  
 利益 80  
 生態系農業 (エコ農業) 84, 150  
 「成長の限界」 207  
 正のフィードバック 196-7  
 生物学的汚染 114  
 生物季節 143  
 生物圏と水圏の相互作用 196  
 生物多様性  
 圧力 139-44, 159  
 エコロジカルフットプリント 144  
 国の戦略と行動計画 156  
 欠落しているデータ 222-3  
 資源の動員 156-7  
 指標 141, 157  
 情報の欠落 157  
 損失 196  
 定義 135  
 と気候変動 149-50  
 と窒素汚染 44  
 とフィードバックのプロセス 196, 197  
 南極大陸 200  
 農業 147-8, 150  
 ビジョン 139  
 人への恩恵 135, 145-50  
 変化のパターン 44  
 目標  
 国際的に合意された 135-8  
 それに向かう進展 159-60  
 予測とシナリオ 157-8  
 生物多様性指標パートナーシップ(BIP) 157, 222  
 生物多様性条約 (CBD) 34, 44  
 決定 VII/28 138  
 COP 7 (2004) 138  
 ジャカルタ・マンデート 122  
 生物多様性戦略計画 136-7  
 生物多様性の定義 135  
 第1条 154  
 第6条 138  
 第8条 (i) 138  
 第10条 138  
 2011-2050 ビジョン 138  
 水の関連する目標 101  
 生物多様性戦略計画 136-7, 154  
 精錬所 181  
 世界銀行 119, 128  
 世界サミット成果集 138  
 世界首脳会議 (WSSD) 129, 171  
 世界食糧サミット行動計画 67  
 世界調和システム(GHS) 188, 189  
 世界の耕地面積 68  
 世界保健機関 (WHO)  
 汚染による健康影響 176, 177  
 大気質ガイドライン 34-5, 46, 48  
 水に関連する疾病 117  
 石炭 14, 15  
 水銀中毒 182  
 世界の生産高 15  
 脊椎動物  
 絶滅危惧種にとっての脅威 139  
 種の消失 144, 196  
 乱獲 142, 142  
 石油 15  
 石油資源  
 北極圏 121, 200  
 石油探査 120  
 石油流出 121  
 世帯数 9-10  
 絶滅危惧種 145  
 絶滅ゼロ同盟 (AZE) 141, 152  
 絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引  
 に関する条約 (CITES) 138, 151  
 絶滅は、種の絶滅を参照のこと  
 セネガル川流域 126  
 セラード生物群系 83  
 漁業 156  
 森林 73, 156  
 遷移 208-10  
 歴史的な 209  
 繊維の消費 85  
 先住民コミュニティ 137  
 アマゾン 203  
 置き換え 86  
 脅かされる 208  
 環境の管理 153-4, 160  
 西オーストラリア 204  
 先住民やコミュニティで保全される区域  
 (ICCA) 153-4, 160  
 全球地球観測システム (GEOSS) 218  
 船舶  
 汚染 44, 178, 189  
 船舶による汚染防止のための国際条約(MAR  
 POL) は、マルポール条約を参照のこと  
 船舶のバラスト水及び沈殿物の規制及び管理の  
 ための条約は、バラスト水管理条約を参照  
 船舶輸送 16, 41  
**そ**  
 草地 73-5  
 地球全体での面積 68  
 レジームシフト 198  
**た**  
 タイ  
 化学物質の売上高 174  
 大加速 22, 23  
 大気  
 新たに発生している問題 56-7  
 ガバナンス 57-8  
 欠落しているデータ 220  
 国際的な目標とターゲット 33-6, 35  
 大気質、気候変動、温室効果ガスも参照のこ  
 と  
 大気汚染 143  
 汚染物質間の影響と相互作用 33  
 窒素 43-4, 45, 46, 141  
 二酸化硫黄 41-3, 57, 61  
 大気汚染の半球輸送 (HTAP) 50  
 大気汚染防止法 (米国) 47  
 大気圏と水圏の相互作用 196  
 大気圏と生物圏の相互作用 196  
 大気圏と地圏の相互作用 196  
 大気質  
 気候変動の緩和 59  
 国の基準 47, 48  
 欠落しているデータ 220  
 大気の色雲 58, 60  
 と人の健康 33, 46-9  
 大気の色雲 58, 60  
 大規模海洋生態系 124  
 大豆 25, 68-9, 70, 83  
 大腸菌、水源 110  
 代表的濃度経路 (RCP) のシナリオ 42, 42, 50,  
 51  
 太平洋  
 酸性化 120  
 アジア太平洋地域も参照のこと  
 太陽熱発電 15, 121, 122  
 薪 16, 85  
 脱硫 42, 57  
 ダブリン原則、水と持続可能な開発に関する  
 101  
 WHO は、世界保健機関を参照のこと  
 珠江流域、中国 24  
 ダム 108-9, 148, 273, 379  
 世界における密度 108, 108  
 多環式芳香族炭化水素類(PAHs) 184  
 タンザニア共和国 9, 154  
 短寿命気候強制力因 (SLCFs) 56, 58, 59  
 男女平等 123  
 淡水 14  
 国際的に合意された目標とテーマ 101  
 酸性化 42  
 農業による汚染 180  
 人々にとっての重要性 148  
 紛争 9, 125-6  
 炭素隔離  
 森林 73, 87, 149  
 炭素吸収源 (carbon sinks) 197  
 アマゾンの森林 202  
 海洋 152, 200-1  
 グローバルな変化 197  
 ツンドラや寒帯林 76, 197, 200  
 泥炭地 76  
 保護区 153  
 炭素リーケージ 39  
 タンタル 24  
**ち**  
 地域海条約 124, 124  
 地下水 148  
 汚染 109-11, 129, 180, 181, 206  
 欠落しているデータ 221  
 減少 9, 104  
 塩水化 109  
 地域ガバナンスの地下水イニシアチブ 123  
 地球温暖化  
 気温の傾向 36, 37, 199  
 気候変動； 温室効果ガスも参照のこと  
 地球化学物質概観レポート (UNEP) 172  
 地球環境概観、第4次報告 (GEO-4) 67, 135,  
 172, 201  
 地球環境ファシリティ (GEF) 157, 186  
 地球規模生物多様性概況 (GBO) 140, 157, 196  
 第3次報告 (GBO-3) 135  
 地球規模生物多様性観測ネットワーク (GEO  
 BON) 157  
 地球規模での人為的土壌劣化に関する評価  
 (GLASOD) 221  
 地球公共財 201  
 地球システム 195-6  
 オーバーシュート 206-8  
 諸課題に対する遷移とシステム対応 208-  
 210  
 人の幸福に及ぼす変化と影響 199-206  
 複雑さ 196-8

- 畜産物(肉)の生産 **13**, 14, 80-2  
 汚染 23  
 環境影響 82, 83, 148  
 西オーストラリア 203, 204  
 地圏と水圏の相互作用 196  
 地圏と生物圏の相互作用 196  
 地中海条約 186  
 窒素  
 大気の 43-4, **45**, **46**, 61, **141**, 143  
 窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) 38, 43, 49, 50  
 地域別の傾向 **45**  
 排出ガイドライン 35  
 地方分権化 87  
 中国  
 硫黄の集積 42  
 エネルギー使用 16  
 温室効果ガス排出 20  
 化学物質の売上高 **174**  
 経済成長 10-11  
 原子力 16  
 石炭、原油 15  
 珠江流域 24  
 DGP 16  
 都市化 18, 77, **78**  
 水の使用と水不足 9, 14  
 中東  
 エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ **206**  
 西アジアおよびその名の国や大陸域も参照  
 中南米とカリブ諸国  
 エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ **206**  
 環境情報に対するイニシアチブ 225  
 下水設備 **111**  
 作物の生産性 **70**  
 食糧の供給と消費 **71**  
 人口 6  
 森林損失(伐採) 72, 73, 82, 83  
 長距離越境大気汚染条約 (CLRTAP) 33, 35, 35, 50, 61, 225  
 調理法、従来の 47  
 鳥類  
 食用や薬用に使用される 146-7  
 生物多様性損失 144  
 予測 158  
 レッドリスト指標 **145**, **147**  
 チリ  
 漁業の管理 210  
 化学物質の売上高 **174**
- つ**  
 ツーリズム 148-9  
 ツンドラ 76, 143, 204
- て**  
 DDT は、ジクロロジフェニルトリクロロエタンを参照のこと  
 DPSIR の枠組み 5  
 ディープウォーター・ホライズン石油流出 121  
 低炭素研究 40-1  
 低開発地域、特殊出生率 6  
 泥炭地 76  
 ティッピングポイント 4, 23, 33, 206  
 気候変動 37  
 デイルドリン 180
- データ  
 国際的に比較可能な 217  
 国際的プログラム 218-19  
 国家に必要とされる能力 226-8  
 情報源 217  
 大陸域プログラム 224, 225  
 定義 217  
 テーマ別の欠落点 220-4  
 デジタルデータ化 217  
 鉄道貨物 16  
 鉄道による移動 17  
 電子機器、製造 24  
 電子廃棄物 (e-waste) 24, 175, 177, 184  
 埋め立てる 24  
 伝統的な知識 137, 151, 154  
 取得機会と利益配分 154-6  
 電動の乗り物 19  
 天然ガス 14, 15, 16
- と**  
 ドイツ  
 化学物質の売上高 **174**  
 バイオディーゼルの生産 83-4  
 ドイツ地球環境変動諮問委員会 210  
 統合的水資源管理 122-3  
 投資  
 再生可能エネルギー 16  
 トウモロコシ 25, 68, 69, **70**, **81**  
 トカゲの仲間、生物多様性損失の予測 **158**  
 都市 18-19, 77  
 アフリカ 7, 18  
 北アメリカ 18  
 空間分布 18-19  
 大気汚染 44, 46, 47, **48**  
 東アジア 18  
 都市化 7-8, 18-19, 77, 85  
 欠落しているデータ 221  
 と食事 14  
 都市の人口  
 インド 18, 77  
 中国 18, 77, **78**  
 都市サイズ別の人口分布 **78**  
 都市の輸送 18-19  
 都市廃棄物 175, 223  
 都市部 77  
 大気質 44, 46-7, **48**  
 土壌侵食 69  
 土壌の酸性化 **42**, **43**  
 土壌肥沃度 69  
 土地  
 ガバナンス 86-7  
 国際的目標 67-8  
 土地管理  
 データとモニタリングの欠落点 88, 221  
 西オーストラリア 203, 204  
 目標の欠落 88-90  
 土地使用  
 欠落しているデータ 221  
 世界的な変化 8-9  
 都市 77  
 農業 8-9, 68, 80-1  
 土地の取得(買収) 85, 86, 91  
 土地の保有権 221  
 土地の劣化(荒廃) 73-5, 87-8, 203-4  
 傾向 74-5  
 欠落しているデータ 221
- サヘル 203-4  
 世界的に劣化している範囲 74  
 目標に向けた進展 89
- な**  
 内分泌かく乱化学物質の科学的現状に関する全地球規模での評価 184  
 内分泌かく乱物質 25, 113, 184, 185  
 ナイルバーチ 143  
 名古屋議定書 137, 154, 155-6, 160  
 ナノ材料(粒子) 113, 183  
 鉛 35, 181-2  
 ガソリンからの除去 54-6  
 血液中の濃度 54, **56**  
 人の健康への影響 54  
 鉛蓄電池 181-2  
 南極海 200-1  
 南極大陸 77, 200-1  
 汚染 181  
 オゾンホール 51-4, 58  
 生物多様性 200  
 南極の海洋生物資源の保存に関する条約 (CCAMLR) 200  
 難分解性の有毒化学物質 112-13
- に**  
 肉の生産と消費 **13**, 14, 23, 81-2  
 二酸化硫黄 10, 41-3, 57, 61  
 排出量の地域傾向 42  
 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)  
 大気における変化 **195**, 196  
 排出量の隔たり 39-40  
 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出 10, 38, 38  
 1990~2008年の増大 **19**  
 海洋の酸性化 119-20  
 製品の輸入(炭素リーケージ) 39  
 とグローバル化 20, **21**  
 西アジア  
 環境データイニシアチブ 225  
 作物の生産性 **70**  
 食糧消費 **71**  
 プランテーション面積 73  
 日本  
 化学物質の売上高 **174**  
 乳児死亡率 6, 6  
 人間と環境の競合 102
- の**  
 農業 4, 68-71  
 汚染 23, 43, 44, 82  
 温室効果ガス排出 82  
 気候変動の影響 81  
 欠落しているデータ 217  
 産業化 25  
 生産の傾向 68-70  
 生息・生育地の損失 139  
 生物多様性 147-8, 150  
 大規模投資 86, 91  
 土地利用 8-9, 68  
 水利用 103, 104  
 農薬  
 汚染 179-81  
 旧式 180-1  
 耐性 25, 150  
 能力向上 87-8, 137  
 環境データ収集 216, 226-8

ノートン、エドワード 136

乗り物

個人所有 17-18

電気 19

排出量 44

乗り物の燃料

硫黄 42-3

鉛 54-6

## は

バーゼル条約(1989) 170, 171, 172, 186, 189

国の報告書 173, 173, 223

パーソナルケア製品 113

パーチ、ナイル 143

排煙脱硫 42, 57

バイオキャパシティ 206, 207

世界と大陸域の 206

バイオディーゼルの生産 15, 83-4

バイオ燃料 4, 15-16, 82-5, 91, 139

欠落しているデータ 84

地域密着型の生産 84

マイナスの影響 15, 25, 84

バイオマスの力(発電) 47, 121, 122

廃棄物 170-1

新たな問題 183-5

越境移動 170, 184, 188

欠落しているデータ 223-4

財源 186

世界の重要な問題 175

船舶 178

データと指標 172-3

電子/電気(電子廃棄物) 24, 175, 177, 184

都市廃棄物 175

発展途上国 19, 170, 184, 188

放射性 170, 172, 182-3, 189

目標に向けた進展 187-9

ライフサイクルのアプローチ 176, 188

「廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約」は、ロンドン条約を参照

排出権取引 40-1, 57

排出量の隔たり 39-40, 40

ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC) 54

ハイドロフルオロカーボン(HFC) 38, 38, 56

白内障 54

パシフィック・インスティテュート 125

発電

温室効果ガス排出 15

成長 15

と生物多様性 148

水使用 121-2

発電所、水ストレス区域 121, 121

ハナミノカサゴ 143

バマコ条約 186

パラスト水 114

パラスト水管理条約 101, 114, 124

パラスト水管理条約(2004) 101, 114, 124

バリ行動計画 39

半金属 181

バングラデシュ 208

ヒ素汚染 181

## ひ

PESは生態系サービスへの支払いを参照のこと

PM(粒子状物質) 32, 46-8

PM<sub>10</sub>(10マイクロメートル以下) 46, 48

PM<sub>2.5</sub>(2.5マイクロメートル以下) 42, 44, 46, 47, 57

ガイドライン 35

自然起源の 57

超微粒子 57

目標に向けた進展 61

PCBsはポリ塩化ビフェニールを参照のこと

Bt毒素 150

東アジア

都市 18

窒素の排出量 45

二酸化硫黄排出量 42

ピクトリア湖流域 126, 143

微生物病原体、水資源 110-11

ヒ素、地下水 109, 110, 129, 181

人の決定 12-13

人の健康

化学毒性 184, 185, 187

金属/半金属汚染 54, 181-2

残留性有機汚染物質 178, 187

大気質 33, 46-9, 57

と紫外線B波(UV-B) 51, 54

水へのアクセス 101, 114-17, 128, 185

人の幸福 26, 208

定義 208

と生物多様性 146-9

と地球システムの変化 208

と水資源 128

の代理指標 26

避妊具の使用 6

HIV/エイズ 6

ヒマラヤ山脈の氷河のモニタリング 222

氷河

ヒマラヤ山脈のモニタリング 222

融解/後退 119

病原菌、水 110-11

標高と人口密度 8

氷床 36, 38, 77, 119, 143, 200

貧困、汚染への暴露 176-7

ヒンドゥークシュとヒマラヤ山脈 201-2

## ふ

FAOの責任ある漁業(1995) 101

フィードバック 196-7

フィリピン 153

富栄養化 43, 111-12, 197

福島原発事故 15, 129, 182, 189

フタル酸エステル 185

物質採取、世界の年間の 207

物質フロー勘定 11, 207

負のフィードバック 197

ブラジル

アトランティックフォレスト 145

化学物質の売上高 174

耕地への森林転用 82, 83

バイオ燃料の生産 84

プラスチック

海岸に打ち上げられた 177

化学毒性 185

環境中の 183-4

リサイクル 184

ブラックミス研究所 177

フランス 16

化学物質の売上高 174

プランテーション 72, 73

ヤシ油 84

BRIC国 16, 174

文化的多様性 148, 154, 155, 160

分野横断的な問題 114-22

生物多様性 145-50

## へ

平均寿命 6

米国海洋大気庁(NOAA) 124

ヘキサクロロシクロヘキサン(HCHs) 113, 180

ヘキサクロロベンゼン(HCBs) 113

ベルギー、化学物質の売上高 174

ヘルシンキ委員会 225

変革 33, 58, 60

## ほ

貿易(取引)

自由化 20-1

成長 19

と温室効果ガス 20, 21

野生生物 149, 151

貿易勘定 11

放射性廃棄物 170, 172, 182-3, 189

世界の保有目録 182

防燃剤 113, 184

ポーランド、化学物質の売上高 174

ポール・クルツェン 195

牧草地

世界全体の面積 68

草地も参照のこと

保護区 85, 141, 152-3

海洋 152-3, 160

国によって設定された大きさ 152

先住民やコミュニティによって保全される 153-4, 160

窒素沈着 46

と生物多様性 160

保護区だけでは不十分 156

保護区設定による保全 152-3

ほこり、土壌から派生 57

補助金

バイオ燃料生産 82

北極圏 76-7, 199-200

気候変動の影響 36, 38, 143

黒色炭素の沈着 197, 199

植生の変化 76, 77

石油やガス資源 121, 200

炭素貯蔵 197

表面温度の変化 199-200, 208

「北極圏の雪、水、氷、永久凍土」 200

ポテトパーク、ペルー 153

哺乳類

食用や薬用に使用される 146-7

生物多様性損失の予測 158

レッドリスト指数 145, 147

ポリ塩化ビフェニール(PCBs) 113, 177, 178, 179

ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDEs) 113

## ま

マイクロプラスチック 113

マウ森林複合体、ケニア 79

マカオ 8

マツ、ボンデローサ 198

まひ性貝中毒 112

マラリア 117, 208

マルポール条約 42-3, 101, 123, 172, 186, 189

- マレーシア  
化学物質の売上高 **174**  
マングローブ 76, 100  
損失速度 76
- み**  
ミシシッピ川に沿った湿地の回復 79  
水  
仮想水 105-6  
へのアクセスと権利 115-16, 128, 185  
水安全保障 102-3  
主な河川流域の年平均 **102**  
脅威が高い区域 115  
中国 14  
定義 115  
と人の健康 114-17  
湖、富栄養化 111-12  
水資源管理  
ガバナンス 122-6, 129  
欠落しているデータ 221  
紛争と協調 9, 125-6  
水とエネルギーと気候のネクサス 14, 117-22  
水鳥の個体数の状況の指数 **141**  
水の循環、と気候変動 118-19  
水フットプリント 104, **105**  
水紛争年表 125  
水利用 9, 103-4  
エネルギー部門 14, 120-2  
農業 82, 103, 104  
一人当たり (水フットプリント) 104, **105**  
水利用の効率 104-6  
国際的目標 *101*  
目標に向けた進展 *128*  
南アジア  
大気の色雲 58, 60  
窒素排出量 **45**  
二酸化硫黄排出量 42  
ミレニアムインスティテュートの T-21 モデル 224  
ミレニアム開発目標 (MDGs) 7, 26  
MDG1 67, 90-1, 171  
MDG2 7  
MDG7 67, 91, 138, 171  
飲料水ターゲット 115-16  
指標 218  
生物多様性 135  
大気の問題 *34*  
水に関連する *101*  
ミレニアム生態系評価 135, 145-6
- め**  
メガ都市 8  
メキシコ  
化学物質の売上高 **174**  
メキシコ湾、石油流出 121  
メコン川流域 126  
メタン 37, 38, 49, 56, 57, 59, 76, 205, 206  
メタンハイドレート 76
- も**  
木材 73, 85, 149  
木質燃料 (薪) 16, 85  
木製品 149  
認証 73  
目標に向けた進展 126-7, 127-9
- モニタリング  
環境変化をもたらす駆動要因 26  
残留性有機汚染物質 (POPs) 178, 188, 224  
土地資源 88  
モンスーン、アジア 59  
モントリオール議定書 33, 35, 51, 52-4, 57, 170-1, 186, 188  
2007 年の改訂 54
- や**  
薬剤、水 113  
野生生物の取引 149, 151  
野鳥指数 **141**  
ヤトロファ 86  
山火事 57, 184, 204-5  
ヤムイモ **81**
- ゆ**  
UNCCD は、国連砂漠化防止条約を参照のこと  
有害廃棄物 170, 189  
越境移動 170, 171, 188  
欠落しているデータ 223  
有機塩素 113, 180  
幽霊漁業 143  
輸送 16-18  
環境にやさしい政策 18  
自動車の個人所有 17-18  
都市化 18-19  
と世帯数 10  
二次的な環境影響 17  
排出量 18, 44  
輸送、道路による  
個人的な 17-18  
排出量 18, 44
- よ**  
養殖 147  
ヨーロッパ  
エコロジカル・フットプリントとバイオキャパシティ **206**  
環境データイニシアチブ 225  
作物生産性 **70**  
湿地面積 76  
食糧の供給/消費 71  
人口 6  
森林被覆の変化 72, 73  
窒素の排出量 **45**  
二酸化硫黄排出 42  
バイオディーゼル生産 83-4  
予見イニシアチブ、UNEP の Foresight Initiative 158  
ヨハネスブルグ実施計画 33, 35, 100, *101*, 122, 138, 172  
第 22 節 172  
第 23 節 172, 173  
第 40 節 (b) 67
- ら**  
ラーセン棚氷 200  
ライフサイクルのアプローチ 176, 188  
ラオロヤ鉱山、ペルー 181  
ラプラタ川流域 126  
乱獲 (乱開発) 23, 140-3, 145, 159
- り**  
REACH は、化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則を参照のこと
- リオ宣言 (1992 年)、環境と開発に関する法的  
取り決め 26  
リサイクル 189  
プラスチック 184  
リバウンド効果 12  
リモートセンシング 88, 221  
流況の変動 107-8  
硫酸塩エアロゾル 41  
粒子状物質は、PM を参照のこと  
両生類 **145**, 158  
リン、淡水 111-12  
臨界閾値 21-3, 194, 206-8  
臨界負荷 42
- れ**  
レクリエーション、生物多様性の価値 148-9  
レジームシフト *198*  
レッドリスト、国による 157  
レッドリスト指数 **141**, 145, **147**  
レバノン 204  
レバレッジポイント 5, 23
- ろ**  
ロシア連邦 **174**  
ロッテルダム条約 *171*, *172*, 186  
ロンドン条約 *101*, 123, *172*, *178*, 186
- わ**  
ワイガニ条約 186  
惑星限界 5, 23, 103, 111, 119, *128*, 206, 207  
-208, **208**

## 査読者

第1章「駆動要因」	秋元 圭吾	地球環境産業技術研究機構 (RITE) グループリーダー・主席研究員
第2章「大気」	村野 健太郎	法政大学大気環境化学研究室 教授
第3章「陸」	宮崎 忠國	東京農業大学環境緑地学科 元教授
第4章「水」	渡邊 紹裕	京都大学大学院地球環境学堂 教授 一般社団法人 Com aqua 代表理事
第5章「生物多様性」	高村 典子	国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター センター長
	勝又 聖乃	生物・生態系環境研究センター 高度技能専門員
第6章「化学物質と 廃棄物」	高田 秀重	東京農工大学環境資源科学科 教授
第7章「地球システ ムの全体像」	西岡 秀三	地球環境戦略研究機関 (IGES) 研究顧問

上記の方々に訳文の査読をいただきました。ここに記して御礼申し上げます。

**翻訳者**                      **青山 益夫**    **環境報告研**    **代表理事**

---

# **GEO-5 地球環境概観 第5次報告書 上**

—— 私達が望む未来の環境 ——

2015年 10月 1日 発行

編                      UNEP (国連環境計画)

発行所                一般社団法人 環境報告研

印刷者                大日本印刷株式会社

ISBN 978-4-9907839-0-7



# 1972-2014: Serving People and the Planet

[www.unep.org](http://www.unep.org)  
United Nations Environment Programme  
P.O. Box 30552 - 00100 Nairobi, Kenya  
Tel: +254 20 762 1234  
Fax: +254 20 762 3927  
e-mail: [unepub@unep.org](mailto:unepub@unep.org)



持続可能な開発会議（リオ+20）に時期を合わせて出版される国連環境計画（UNEP）の2012年地球環境概観（GEO-5）は、世界の指導者に対して、国際的な環境悪化に対処し、持続可能な発展についての世界的な議論から実行に切り替える行動をただちに起こすよう要請している。

国連環境計画は1997年に最初のGEO報告書を世に発表した。GEOは、科学的知見に基づき、何千人もの科学者と、何百もの組織による支援と協力によって構築されてきたものであり、政府、地方自治体、企業、個々の市民に対して、21世紀に持続可能な社会を築いていくために必要となる情報を提供してきた。

GEO-5では、これまでのGEOの成果を踏まえ、地球環境の現状の説明、これから先の傾向の予測、そして持続可能な未来へとつながる軌道に地球を載せることができるであろう賢明な政策を提示することに重点を置いている。肝心なことは、行動が必要かどうかではなく、現在とこれからの世代がより幸福になるために利用できる十分な証拠と選択肢を提示して、あらゆるレベルの政策決定者に行動を引き起こさせることができるかどうかである。