

# GEO-5 地球環境概観 第5次報告書 下

—— 私達が望む未来の環境 ——

第9章「アフリカ」

第10章「アジア太平洋地域」

第11章「ヨーロッパ」

第12章「中南米とカリブ諸国」

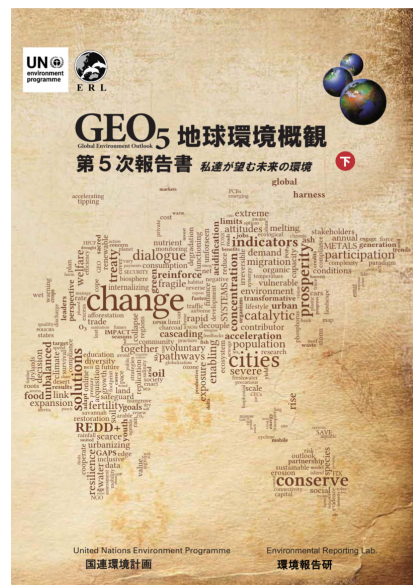
第13章「北アメリカ」

第14章「西アジア」

第15章「大陸域の要約」

第16章「シナリオと持続可能性への大転換」

第17章「地球規模での対応」



ここをクリックすると  
本の全体を見ることができます。

2020年 7月 18日 ウェブ版 初版発行  
2021年 7月 27日 ウェブ版 第2版発行

編 UNEP (国連環境計画)

発行所 一般社団法人 環境報告研  
<http://www.hokokuken.com>

ISBN 978-4-9907839-2-1

# 第3部：地球規模での対応

第16章：シナリオと持続可能性への大転換

第17章：地球規模での対応



「2200年あるいは2500年の私達の子孫を想像してください。彼等は、私達のことを、あたかも地球が単に燃料を補給するために立ち寄る星であったかのように、地球を取り扱った異星人にたとえるか、あるいはさらにもっと悪く、彼等の故郷を略奪した野蛮人であると見なすかもしれない。『人新世』にかなう生活をするには、地球を消耗する代わりに、地球の生物学的な豊かさと共に成長する文化を構築することを意味する。この新しい時代において、自然は私達であることを覚えておいてください。」

*Paul J. Crutzen, Nobel Laureate*

# シナリオと持続可能性への大転換



統括執筆責任者： Begum Ozkaynak, Laszlo Pinter and Detlef P. van Vuuren

執筆責任者： Livia Bizikova, Villy Christensen, Martina Floerke, Marcel Kok, Paul Lucas, Diane Mangalagiu, Rob Alkemade, Trista Patterson, John Shilling and Darren Swanson

執筆協力者： Andrea Bassi, Fabio Feldmann, Jill Jäger, Washington Ochola, Weishuang Qu, Kilaparti Ramakrishna, Claudia Ringler, Pinar Ertor (GEO Fellow) and Natalia Pervushina (GEO Fellow)

章編集者： Matthew Billot and Nalini Sharma



# 主要メッセージ

今世紀の中頃までに、持続可能性に関する一連の野心的なターゲットを達成することは可能だが、現状の支援政策や戦略は、これを達成するためには適切なものではない。シナリオ研究によれば、適切な短期政策を実施すると共に、長期政策として必要な構造変化を達成するために投資の方向を変え、さらに行動において大転換（transformation）をもたらすという、より一層の取り組み無しでは、持続可能性ターゲットの達成は不可能だ。これらのターゲットは、大気、気候変動、土地、食料安全保障、水、生物多様性などの諸課題に対して、環境を保全し人類を発展させる国際的合意に関するものだ。

消費と生産の両方を大転換することが重要である。シナリオ研究によれば、ターゲットが達成されるのは、消費と生産の水準やパターンに影響を与える対策が実施される場合だけだ。ほとんどの現在の政策は、ターゲット達成のために生産工程を変えることには着目しているが、消費への対処には失敗している。しかし消費の水準とパターンを変化させると（まだ実現されていないが）、環境圧力を下げる大きな潜在力になる。

広範囲に及ぶ技術的対策や政策的措置が効果的に実施されるには、根本的な動機や価値観のパターンに転換が起り、その対策や措置が下支えされる必要がある。変化には短期と長期の両方が必要である上

に、持続可能性と公正さを基本とする価値観に向かって、物の見方（マインドセット）が転換することによってもたらされる生活様式の変化と共に、技術、投資、ガバナンスの対策が組み合わされる必要がある。またそれらは、地域による格差や優先順位の違いを反映している必要がある。技術的な対策だけでは恐らく十分ではなく、すべてのレバレッジポイント〔頁495〕で大転換が起こらなければ、必要とされるレベルの支援が社会からもたらされることはないだろう。

そのように複雑な大転換を達成するには、徐々にではあるが、しっかりと加速していく遷移（トランジション）〔頁492〕のプロセスが必要だ。いくつかの政策改革が既に成功しているが、より効果的なものとなるようそれらが主流化される必要がある。また地球システムを持続不可能な方向へと引き入れる物事を行うことは中止しなければならない。同時に、持続可能な世界ビジョンに一致する方法で、資源を提供し、能力を構築し、持続可能となる環境を築くことが重要だ。

共同開発される持続可能な将来についてのビジョンに基づく広範な支持を得た社会契約を結ぶことは、主要な利害関係者（ステークホルダー）を参画させるのに役立つだろう。遷移の実現には、社会の主体（アクター）である行政、民間部門、市民社会の間で、活動についての高いコンセンサスと調整が必要

である。遷移の道筋は、個々の状況に影響されやすいので、一貫性を確保するため、将来についての共通ビジョンとして、開発されることができよう。これらが「人類の幸福にとって必要な資源の持続可能な利用が確実に行われるようにするために、要請されることを順守していく」という公式または非公式な社会契約として、合意されることは可能だ。

**遷移のプロセスは順応的管理に基づいて行われることが必要である。**地球システムの問題においては、不確実性が重大な役割を果たす。その結果、遷移プロセスを管理するには、試行することによって学習するプロセス、新たに得られた学びに基づいて定期的に再評価すること、極めて多様な対策をとること、が必要になる。対策を多様化することは、生来の不確実性または不適切な運用のいずれかのために、危機的問題に対する大規模な失敗が引き起こされても、それをカバーする保険を提供することになると共に、対策が互いに強化し合う効果ももたらすだろう。

**明確な長期の環境ターゲットと開発ターゲットが必要であると共に、国際的合意に対してより強い履行義務を持たせることが必要である。**地球システムの環境や社会の変化がゆっくりであるならば、社会契約として示される長期ビジョンや長期目標は、投資や技術開発を集中させ、社会の変化を引き起こし、社会のその他の主体（アクター）を引き入れるのに役立つだろう。

# 序論

第1部で述べた変化の本質と規模は、追加対策がなされなければ、地球環境が既に相当に懸念される状況から、さらに悪化することを示している。したがって、極めて重要な問題は、いかにしてそのような傾向をくい止めて反転させるかだ。

これまでの地球環境概観（GEO）報告書は、全く異なるいくつかの未来を見据えたシナリオを探索してきたが、GEO-5が重視するのは、2012年から、持続可能な未来へと導くことができる選択肢や戦略に関するものだ。本章は、既存のシナリオ研究を再調査した結果に基づく、次の大きく異なる二つのストーリーを考察することによって進められる。

- 一つは「従来型の世界」シナリオであり、「成り行き」の進行と行動が続くと仮定した場合の2050年の世界観。
- もう一つは「持続可能な世界」シナリオであり、持続可能性について私たちが現在抱いている理解、および2050年に至るまでの国際的な合意目標やターゲット、に沿う結果へと私たちを導く世界観。

2つのシナリオの決定的な違いは、大転換(transformation)がどれほど深く起こるかであり、その違いによって異なる開発の道筋が出現する(図16.1)。

このようなシステム全体の大転換を起こす大掛かりな目標を達成するには、共同思考(collective thinking)する力、創造力、調整力を高めることが必要である。特に、非線形な振る舞いやティッピングポイント(臨界点)が頻繁に現れる複雑な動的システムにおいては、長期にわたる大規模な変化を引き起こすのは、直線的なプロセスでも単純なプロセスでもない(Lenton et al. 2008; Folke et al. 2002; Levin 1998)。そのため、変化の兆しが直ちに現れそうになくても、システムの構成要素、それらの間の関係、相互作用、創発的な振る舞い、について知っておくことが、政策決定者にとって、より長期運用の

間に生起することについて理解し、予想し、戦略を立てる助けになる。持続可能な世界シナリオでは、社会と環境の相互作用において多くの根本的な転換が起こることになり、またそうなることが必要だ。これらのシナリオによる成果は、地球システムに関して利用し得る最善の科学と整合し、かつ多国間協定で示されている環境や持続可能な開発に対する願望に沿うよう、設計される。それらは、既に在る有望な措置を主流化することによって得られる効果と、徐々に深くなっていく構造レベルでの変化とを結び付ける。

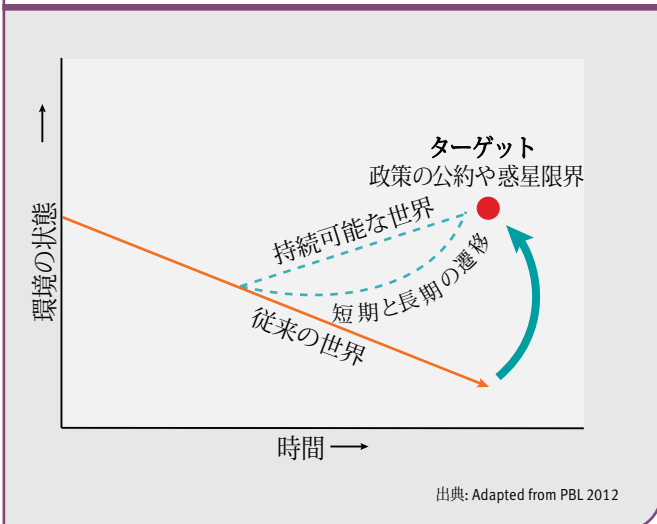
システムとは、限られた領域内で互いに相互作用し、長時間かけてそれら自身の振る舞いのパターンを作り出す諸物(ここでは地球システム内の人類と生態系)のまとまりだ。複雑性理論は、小さな諸行動でも、計算され戦略的に適用されれば、大きな変化をもたらし得ることを示している。複雑なシステムにおいて、レバレッジポイントとは、その出力が入力に対して不釣り合いなほど大きくなるポイントのことである。効果的なレバレッジポイントを特定して、そこに働きかけることは、古いパラダイム『物の考え方や認識の枠組み』を捨て去らなければならないような場合には、特に難しい作業となるが、いったんレバレッジポイントが正しい方向に押し進められたならば、結果として生ずる変化は、とりわけ長続きし大規模なものになり得る(Meadows 1999)。

「どこに存在して、どの方向に押し進めるべきかが分かっていたとしても、魔法のレバレッジポイントは容易に活用できるものではない。レバレッジポイントに精通するための簡便な手段はない。そのため、システムを徹底的に分析し、あなた自身のパラダイムを徹底的に切り捨て、無知であることを謙虚に受け入れなければならないとしても、そのことに取り組まなければならない。」(Meadows 1999)

図16.2は、レバレッジポイントを見いだせるようにする、大転換の層を描いたものだ。駆動要因(第1章)がシステムにより深く埋め込まれていればいるほど、大転換に必要な変化はより長続きする深遠なものである必要がある。物の見方(マインドセット)を変えることを、大転換の層の中心に置くのは、物の見方がビジョンや、目標や、集団行動へと形を変えるからだ。その次の層では、正しいインセンティブ(誘因)によって構造変化が生まれ、鍵となる駆動要因に影響を与えることができるので、規則やインセンティブを変えることは、大転換を進める上で、まさに形勢を一変させるもの(ゲームチェンジャー)になる。大転換の外側の層は、フィードバックを生じさせ、それを注意深く受け取ることで、環境への圧力を調整して持続可能性へと向かう進展を継続させるためのものだ。

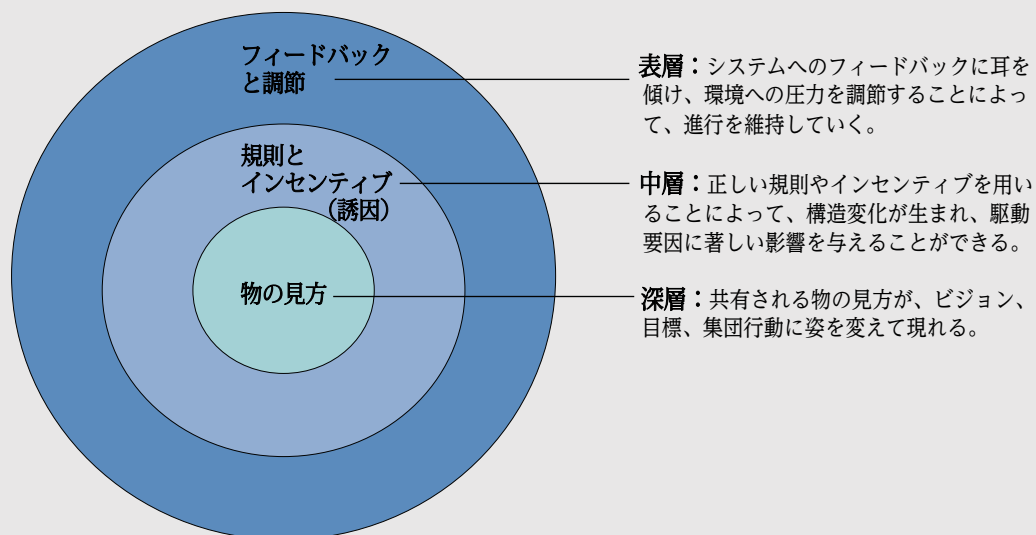
遷移(transition)〔訳注：社会システムの構成や機能の根本的な変化。頁492や第7章〕を通して、複雑な動的システムを導いていくことは、直線的な作業でも、一方向だけの作業でもなく、各層で起こる進展や後退が、絶えず他の層に影響を及

図16.1 GEO-5における従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオ



出典: Adapted from PBL 2012

図 16.2 大転換の層



出展: Meadows 1999

ばす。したがって、大転換のすべての層（図 16.2）にまたがる多様な戦略をとる政策アプローチが、レバレッジポイントを突いて最大の利益を上げる、多様で弾力性のある政策目録を提供する。その結果は、浅いレベルでの成功をあげつつ、システムの変化をモニターしながら、これまでになく深いレベルのシステム変化を時間をかけて醸成し、ターゲットとすることによって、短期のシステム転換と、大規模な長期のシステム転換の両方を生み出す統合的政策になる。これらの成果を生み出すには、明らかにある程度の不確実性を受け入れる能力が求められるが、それと同時に、成功しているビジョンをはっきりと表現し、そこへ向かう進展についてまとめて、文書化することに大きな重点を置くことが必要だ。「2050 年に至るまでのビジョン、目標、ターゲット」に関する節では、既存の国際協定に基づく目標やターゲットと共に、望ましい環境の状態についての一つのビジョンをはっきりと述べる。「持続可能性の目標を達成するための道筋」に関する節では、環境を変化させている駆動要因による前途がどうなるかを示す既存シナリオについて見たあとに、2050 年に向けて目標とターゲットを達成するために社会がたどって行くべき道筋を見ていく。過去数年間に、地球環境問題と人類の発展に関するシナリオをベースにした次のような多くの評価報告書が出版された。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) による気候評価 (Nakicenovic and Swart 2000)、GEO 地球環境概観報告書 (UNEP 2007, 2002)、ミレニアム生態系評価 (MA 2005a)、開発のための農業科学技術国際評価 (IAASTD 2009b)、世界水発展報告書 (UNESCO 2009, 2006) などだ。これらの評価報告書のほとんどは、将来に何が起こる可能性があるかについて評価する、広範囲に分歧する複数のシナリオを用いた探索的アプローチを採用している。Van Vuuren (2011a) らは、多くの評価報告書について考察し、それらが持つ共通点を明らかにしている。シナリオは、通常、起こり得る広範囲の結果を検証するものであるが、重要なことに、ほとんどのシナリオも、意図的に、持続可能性を達成するターゲットを含んでいないか、それらを目指して設

定していない。一方それとは対照的に、持続可能な開発のための世界経済人会議 (WBCSD 2010)、地球圏-生物圏国際協同研究計画 (Jäger and Cornell 2011)、UNEP グリーン経済報告書 (UNEP 2011c) のような、いくつかの組織によって実施されたビジョニング『ビジョンを描く』作業は、持続可能性を達成するターゲットを設定する試みを行った。

「持続可能性を促進させる」の節では、持続可能な世界についてのビジョンに合致する道筋に沿って遷移 (トランジション) を前進させる可能性のある戦略的な要素について検証する。現在の持続不可能な進み方を変えるには、人類の歴史において過去に例を見ない規模の取り組みが必要となる (Steffen et al. 2005)。この難題に対応するには、一つは失敗に対するある種の保険として働くように、また世界中の個々の国々や生態系のいろいろな動的に変化していく状況に対応できるように、多様な戦略や方策からなる政策目録が必要となるだろう (Innes et al. 2005; Speth 2005)。この節では、密接に結合している人類のシステムと生態系の機能やガバナンスについて理解するために、最新の科学的進歩を考慮して、地域の規模『第 17 章は地球規模』での対応策や戦略を開発するための指針を提供する。戦略的な要素として、持続可能性を実現した将来のビジョンを描くビジョニング、およびそのビジョンに対して社会的合意や政治的合意を形成する能力が、持続可能な開発を行うガバナンスにとって、必要不可欠であるが、軽視されていることを確認する (Costanza 2000; Meadows 1996)。そして社会が広く再学習すること、持続不可能な政策や慣行を段階的に廃止することが議論され、さらに、人々の物の見方 (マインドセット) を持続可能性と整合させることや、国内総生産 (GDP) に取って代わる、より幅広く意味のある何らかの指標を用いて、発展についての世界共通の意味を再定義するといった、介入すべき高いレバレッジポイントに投資するよう、資産の振り向け先を変えることが議論される。最後に、レジリエンスを構築する順応的な学習プロセスとして、遷移に取り組むことの必要性



(Loorbach 2007; Holling 2001; Lee 1993) が確認される。これらの戦略的要素は、地域規模での指針を提供すると同時に、国際機関内での対応を議論する出発点としての役割を果たす。

## 2050年に至るまでのビジョン、目標、ターゲット

本節は、主として既存の国際協定から得られる特定の目標やターゲットを用いて、2050年に向けた持続可能な世界のビジョンを紹介する。ビジョニングの作業は、新しいシステムを生み出そうとすることで、認識、感情、想像を活性化させる。また40年という展望される期間は、社会が政策の選択肢を特定し、必要とされる構造の大転換を始動させるのに十分な期間だ。

地球が持つ環境収容力の範囲内で、人類のニーズと願望の両方を満たそうとする挑戦は、その大望全体を複雑にする(UNEP 2011c, 2007; WBCSD 2010; MA 2005b; WCED 1987)。いくつかの国々は、人間開発という指標において高いレベルに達したが、大抵の場合、このことは地球規模で自然資源の基盤や環境の質を犠牲にしてきたのであり、温室効果ガスの高いレベルの排出をもたらしてきた(図16.3)。第1部での分析を見れば、この開発を行う道筋が、長期的に見て、持続可能でないことは明らかだ。一方、その他の多くの国々は、地球公共財を保護することよりも、エネルギー、食料、水など、市民としての人の基本的ニーズを優先させなければならない状況に直面している。現時点でこのような状況に直面している国々が地球環境に及ぼす一人当たりの圧力は、一般に他の国より低いが、その人口が多い場合や、地域に環境問題がある場合、その全体と

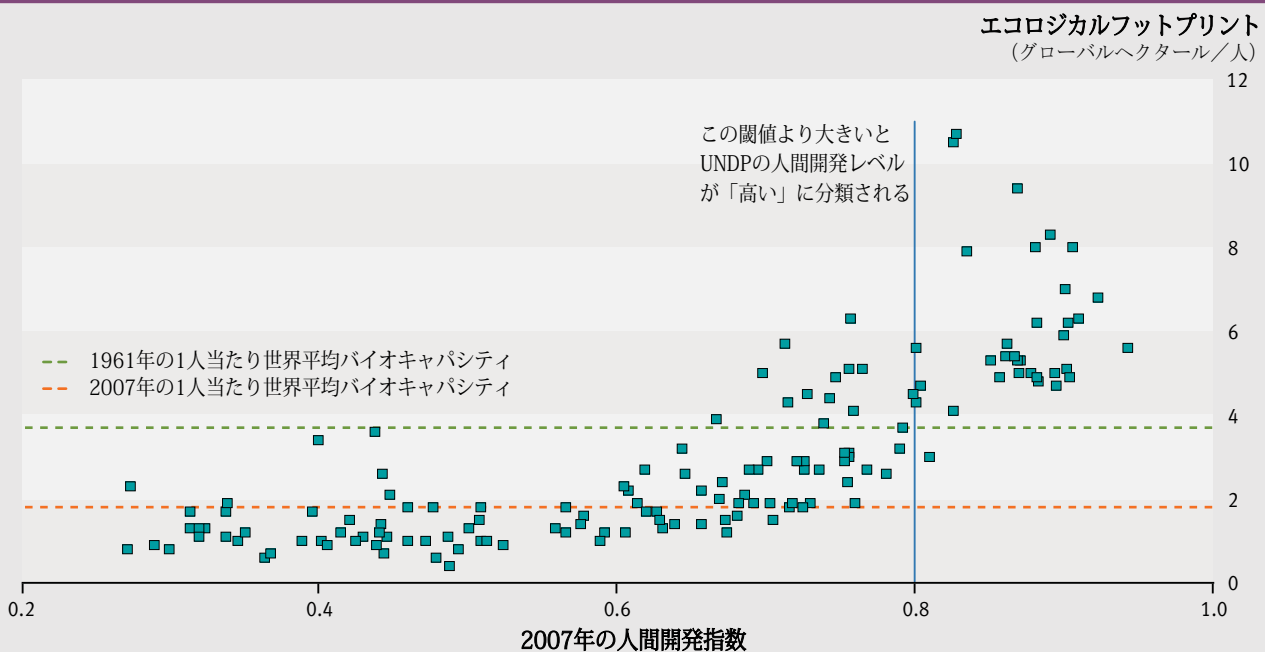


国家の発展度を測定するのに幸福という概念を最初に取り入れた国であるブータンのプーナカで、農民たちが収穫した稲を脱穀している。  
© Gill Fickling/UN Photo

しての圧力は深刻なものになり得る。さらに将来の動きを考慮に入れると、状況はさらに悪くなるだろう。

持続可能な世界というビジョンは、主として、信頼できる手頃な価格のエネルギー、食料、飲料水、衛生施設についての基本的な人のニーズを、幅広く全域に充足させる諸目標を達成し、かつ同時に世界、国、地域、地方レベルでの環境の持続可能性を達成することが基本になるだろう。そのビジョンは、1992年のリオ宣言(UNCED 1992)の基盤になったもので、ミレニアム開発目標(MDGs)においてさらに進化した(UN 2000)『訳注:MDGsは2016年からSDGsに統合されさらに進化』。

図16.3 対の課題 (人間開発指数を高めると共に環境影響を下げること)



この図は、一人当たりの人間開発指数(HDI)とエコロジカルフットプリント『人間が生きていくために使用している地球環境の総面積』という2つの指標を座標軸にして国々を図上にプロットしている。持続可能性を達成するには、国々は右下の角に近づかなければならない。したがって、人間開発を自然資源利用や環境影響からデカップリング『経済活動当たりの資源利用量または環境影響を減らすこと』しなければならない(UNEP 2011c)。この図は、2007年に世界のどの国も持続可能性を達成する位置にいないことを示している。

訳注:グローバルヘクタールは仮定の面積で、世界平均の生産性を持つ1ヘクタールの土地に相当する。

出典: Global Footprint Network; UNDP

## Box 16.1 2050年に持続可能性へと向かう軌道に世界が乗ることを可能にするビジョン

これは2050年のことだ。2010年代初めには、とても起こりそうもないと思われていたことが、結局、可能になっている。大きな変化が起こり、深刻な損失がもたらされた。しかし人々はこれまでに経験したような変化よりも、はるかに大きな変化が起こると予想し、それに備えていたので、多くのことが非常にうまくいき、今は持続可能性が実現するという感覚で満たされている。

気候変動はまだ問題であるが、40年前に比べると排出量はほぼ半分になった〔\*下記の訳注を参照〕。最も貧しい人たちに對しても、基本的な飲料水や必要な衛生施設がもたらされるようになった。自然の持つ回復力を学び、それを再現することで、かつては回復できないほど失われたと思っていた地域に生態学的な機能が復元した。食料システムに重大な影響をもたらす海洋酸性化や、地下水の塩水化、砂漠化、土地荒廃によって、世界中の食料システムが壊滅的に破壊されるだろうという予測は現実にはならなかった。環境に対して効率的で、高度に多様化された農業システムによって、食料不足はめったに起こらない局所的なものとなり、そのほとんどが異常気象によるものとなった。資源、食料、水にまつわる市民の不安定さや争いは、今日ではまれにしか起こらない。多くの人々が、以前より質の高い生活をより長く楽しんでおり、将来の世代が自分たちと同じ生活を続けることができなくなるとは考えていない。

世界の市民のほとんどが、地球の限界内で生活するという人類の目標に、個人として積極的に関わっている。石油のピークやその他いくつかの自然資源の供給のピークが来て、尽きてしまったが、生活様式や資源の生産性を根本的に変えたおかげで、絶対的な欠乏という崩壊には至っていない。いたる所でリーダーシップが発揮され、その結果、多様で斬新なボトムアップによる取り組みが満ちあふれ、社会ネットワークを通して以前よりも速く広まっている。

\*訳注：今世紀末の温暖化抑制の目標が2°Cならこの表現だが、1.5°Cなら2050年に実質ゼロにする必要がある（1.5°C特別報告書 2018）

持続可能な世界というものは、広範囲に実際にビジョンが描かれるまでは、実現され得ない。その難題に前向きに取り組むために利用できる手法の中でも、ビジョニングは、持続する大規模な変化を作り上げる上で非常に重要だ。ビジョンを記述する方式は独特で、それらが未来を記述するものであるにもかかわらず、希望する変化があたかも既に起こっているかのように、現在時制で表現される。Box 16.1は、表 16.1にまとめられた国際合意目標に合致する、2050年に実現可能なビジョンを示す。その遷移に至る道筋と、鍵となる戦略的要素については本章の次節で述べる。

明らかにこれ以外にも、重要な世界の持続可能な開発ターゲットは存在するし、ここで概観されたビジョンや目標（Box 16.1、表 16.1）でもって、持続可能な世界の絵姿を完全に描

ガバナンスの仕組みが、これまで以上に、相乗的な効果を生み出しつつある。本当に持続可能となる選択肢を探し求めようという、気持ちの中での明らかな転換が起こり、いかなる代償を払ってでも経済成長を継続させることよりも、繁栄を目指すという国民の総意や、地球環境に役立つ起業やイノベーション（技術革新など）に投資する方向に転換するという誓約が見受けられるようになった。自然、生物学的な種、生態系についての知識が、人類最大の挑戦を行うための尺度やモデルとして用いられている。先住民の伝統的な知識、女性が教育を受けられること、ガバナンスと意思決定、南北間の視点のバランスおよび先進国と発展途上国間の視点のバランスがうまくとれていることなどが、これらの目標（表 16.1）を達成していく公開討論の場を提供するのであり、いずれも、人類のシステムが多様性を英知の一形態として尊重していることを示すものだ。

いかにして、こういったことが起こったのか。恐らく、物事には悪くなる時期があり、それなくして良くなる時期は来ないのだろう。また恐らく、財政的、社会的、生態的な債務危機がもたらしたそれぞれの問題が、プラスの効果を生んだのだろう。皮肉なことに、この遷移を実現するかなめとなったものは、これまで国際的なガバナンスにおいてほとんど見落とされていた要素だった。それは、ビジョニングや、社会ネットワークで交流の輪を広げることや、真実を伝えることを、年長者よりも生まれつき容易にこなせる若い人々の世代の出現だった。その結果、社会に既に存在していた推進力の上に、世代をまたぐ協定が結ばれ、地球の生命維持システムをむしろ価値観や行動について学んだことがない、問題の解決者となる若い世代が支えられ、以前には予想もされなかった解決策や成功の構想を描くことができたのだ。

これらの成果が達成されたのは、2012年のリオで開催された世界サミットで始められた主要な世界的取り組みの結果だ。

き出すこともできない。ビジョンは進化しながら発展し、ビジョンが成熟して説得力のあるものになるには、多くの人々が関与しなければならない。したがって、ここで形にされたビジョンは、単なる出発点に過ぎず、個々の人々が2050年に本当にそうあって欲しいと望む世界の構想を描き出すよう誘うものだ。持続可能で望ましい未来を実現するには、人々の想像力に触媒作用を引き起こすことが不可欠だ。

この後の分析は、第1部を構成するテーマに沿って進められ、まず最初に環境を変化させている地球規模の駆動要因、そして大気、土地、水、生物多様性という環境テーマが続く。化学物質と廃棄物という第6章のテーマに関して作られたシナリオは少ししかないので、表 16.1には完全を期すため載せているが、本分析には含まれない。持続可能な開発戦略にとって、人

表 16.1 2050年までの目標とターゲット

テーマ	目標	ターゲット
<b>大気</b>		
国連気候変動枠組条約(UNFCCC 1992)の第2条 カンクン合意(UNFCCC 2010)の第1条4節 『2018年に1.5℃特別報告書が出された』	気候システムに対する危険な人為的介入を抑える。	今世紀末までの地球の平均表面温度の上昇を産業革命前の水準より2℃未満に保持する水準に温室効果ガス排出を安定化させること。  〔訳注：1.5℃特別報告書によれば、上記の温度上昇を1.5℃に抑えるには、2050年頃にCO <sub>2</sub> 排出量を実質ゼロにする必要がある〕
長距離越境大気汚染条約(CLRTP 1979)の第2条  世界保健機構のガイドライン(WHO 2006)	大気汚染を削減し抑える。	WHOのガイドラインに従って、汚染物質(PM2.5、PM10、SO <sub>2</sub> 、NO <sub>2</sub> 、O <sub>3</sub> 、CO、Pbなど)の濃度を制限すること。
ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第9節(a) 持続可能な未来のためのエネルギー(AGECC 2010)	信頼性が高く手頃で経済的に実現可能で環境的に健全に供給されるエネルギーを利用できるよう改善する。	2030年までに現代的なエネルギー供給を誰もが利用できるようにする。
<b>土地</b>		
FAO世界食糧サミット行動計画(FAO 1996)の第33節(g)  FAO世界食糧サミット行動計画(FAO 1996)の第33節(g) アジェンダ21(UNCED 1992b)第11章12(a)	土地の保全および持続可能な使用。  森林被覆を持続させる。	塩水化を低減し、砂漠化と闘い、耕地拡張を減らし、土壌の汚染と劣化を防ぐ。  森林減少速度を下げ、森林地帯を拡張する。
国連ミレニアム宣言(UN 2000)MDG 1のターゲット1c	飢えを撲滅する。	1990年～2015年の間に、飢えに苦しむ人々の割合を半分にし、2050年までに飢えを撲滅する。
<b>水</b>		
ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第25節(d)  国連ミレニアム宣言(UN 2000)の第23節	水資源を持続させ、かつ水質と水界生態系を保護する。	健康上有害なものを低減し、かつ生態系を保護するために水質汚染防止を強化する。  大陸域、国、地方レベルで水管理戦略を開発することにより、水資源の持続不可能な搾取を止めて、公正なアクセスと十分な供給の両方を促進する。
国連ミレニアム宣言(UN 2000)MDG 7のターゲット7c	安全な飲料水と改善された衛生施設の供給を誰もが受けられるようにすること。	2015年までに、安全な飲料水および基本的な衛生施設を持続可能に利用できない人口の割合を半分にし、2050年までに全員が利用できるよう確保する。
<b>生物多様性</b>		
生物多様性条約(CBD)愛知ターゲット(CBD 2010)のターゲット5。  CBD愛知ターゲット(CBD 2010a)のターゲット12	生態系、種、遺伝的多様性を保護することにより生物多様性の状態を改善し、かつその持続可能な利用と公正かつ衡平な利益配分を促進する。	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。  2020年までに、既知の絶滅危惧種の絶滅が食い止められ、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。
国連海洋法条約(UNCLOS 1982)第192条  生物多様性条約の決定II/10(Jakarta Mandate 1995)  FAOの責任ある漁業のための行動規範(FAO 1995)の第6.2節	海洋環境を保護し保全する。	沿岸および海洋の生態系、ならびにそれらの自然資源の保全と持続可能な使用を促進する  現在と将来世代のために、漁業資源の質と多様性と、充分な量の入手を維持できるよう促進する。
<b>化学物質と廃棄物</b>		
ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第23節  残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(2009)  国際貿易の対象となる特定の有害な化学物質に関するロッテルダム条約(Rotterdam Convention 1998)の第1条	人の健康および環境を保護するために化学汚染を削減する。  特定の有害な化学物質の貿易を監視し規制する。	2020年までに、人の健康と環境に及ぶ著しい悪影響を最小化する方法で、化学物質の使用と生産を行う。  残留性有機汚染物質から人の健康と環境を保護する。  化学物質の潜在的な有害性から人の健康と環境を保護し、かつそれらの環境上適正な使用に寄与するよう、特定の有害化学物質の国際貿易での責任の共有を促進する。
ヨハネスブルグ実施計画(JPOI)(WSSD 2002)の第22節	廃棄物の量を最小限にし、再使用とリサイクルを促進する。	廃棄物を抑えて最小限にし、再使用、リサイクル、環境にやさしい代替物質の使用を最大限にする。



の基本的ニーズを満たすことは極めて重要なので、それに関わる人の幸福という目標が、各テーマで必要に応じて扱われている。ターゲットの選定作業では、望まれる地球環境の状況、および人の基本的ニーズに、諸々のターゲットが適切に対処するものとなるよう確保することに注意が払われた。

ここで、国際的な合意目標やターゲットが、当然のことながら、政治的な妥協の結果であることに留意することも重要だ。目標やターゲットは、多かれ少なかれ、科学的に確立された閾値を考慮に入れているが、そのような閾値がどこであるかについての科学的な理解も進化し続けているので、目標やターゲットが完全に閾値と一致しているわけではない。したがって、いくつかの場合には、選定ターゲットが、詳細を伴わず、単に目的について定性的に記述されるだけの場合があるが、それは、データが不足しているか、または定量化し得るターゲットに複数の案が今もなお存在するためだ。例えば、気候変動問題に対して、地球の平均表面温度の上昇がどのレベルに達すると危険と見なされるのか、またそのために、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) で合意された定性的な目的にしたがって、どのレベルの温度上昇が回避されなければならないのかが、大いに議論されている。しかしそうはいつでも、温度上昇に関連する複数の危険性が明確になり、そのいくつかがより深刻になりつつあるので、予防のための事前警告を発することが、持続可能性を確保する手段として必要である (UNFCCC 2010)。政治的民意に基づくよりも、むしろ利用可能な最善の科学知識に基づいて、世界的に合意される長期ターゲットを強化することが、今も UNFCCC 会合での検討課題である。それらのターゲットは、総じて、目指す目的地に向けて人類を鼓舞し導くための目標を定めた、最も新しい多国間協定に基づいている。

## 長期の持続可能性の目標を達成するための道筋

本節は、持続可能性のターゲットをどうすれば達成できるの

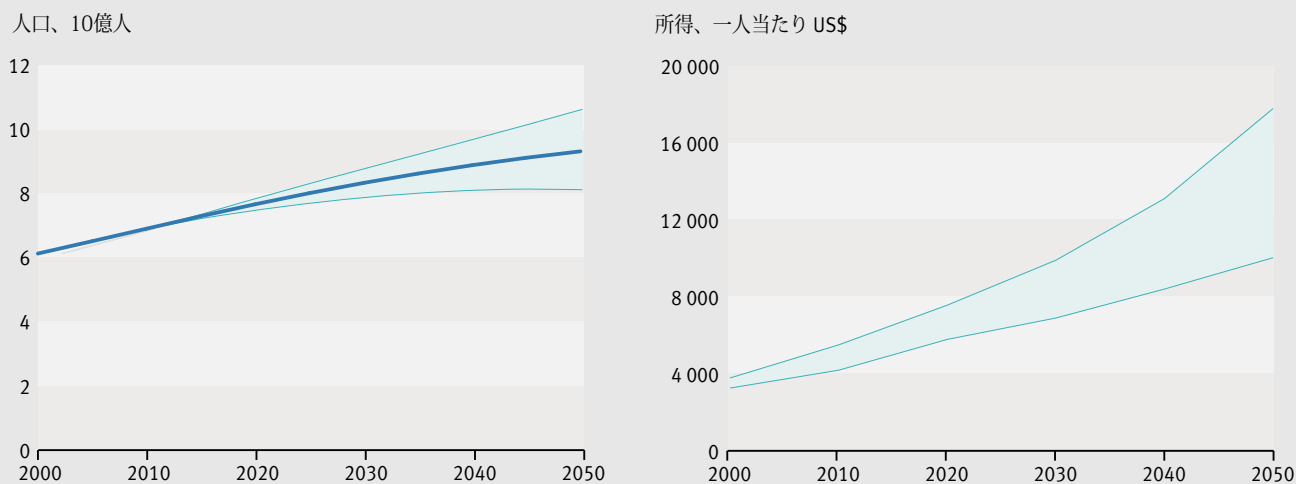
かを概説するために、定量的なシナリオに関する既存の文献を考察する。本章では、過去の評価報告書の中で用いられ科学的文献で公表されたシナリオについて見た後に、現在の政策を継続した場合の帰結を描いたシナリオである「従来型の世界予測」について分かったことを要約する。そうして、上記で構想を述べた長期ターゲットの達成を目指すシナリオである「持続可能な世界予測」と比較する。その目的は、これらの異なる道筋の間の隔たりを見極めて、どうすればその隔たりを埋められるのかを議論することだ。この2つのシナリオのカテゴリーには、一般的ないくつかの特色がある。「従来型の世界シナリオ」は、いかなる新たな政策の方向性も想定せず、典型的なこれまでの傾向から推定するもので、文献では「成り行き」シナリオと称されるものだ。またそれらは通常、今の世界を支配しているものと同じ市場力学によって駆動されるため、原材料やサービスの使用が増大し続けることを想定している。このように従来型の世界シナリオは、環境劣化と資源不足に関するリスクを無視する傾向がある。対照的に、「持続可能な世界シナリオ」は、もし持続可能な開発目標が達成されるのであれば、そのためにどんな変化が必要とされるのかを探し求める。明らかにこのカテゴリーには、先進技術の利用、効率の向上、生活様式の変更をベースとする広範囲のシナリオが含まれる。いくつかのケースでは、既存の文献に存在しなかったために新たな計算がなされた。

## 駆動要因

### 人口と所得

世界人口は 2050 年までに 80~105 億人に増える予想されている (図 16.4) (UNDESA 2011; Lutz et al. 2008)。世界の人口増のうち、群を抜いて大きな部分を占めると予想されるのは、現時点で低所得の国々で、主にサハラ以南のアフリカ、北アフリカと西アジア、南アジアだ。排出量を下げる結果になる高人口シナリオも文献に無くはないが、通常、高人口シナリオは、低人口シナリオよりも環境圧力が高くなる (van Vuuren et al. 2012)。さらに、持続可能性というターゲット

図 16.4 シナリオ文献における人口と所得の予測、2000~2050年



注釈: 薄く塗られた部分は上位10~90パーセントの文献の範囲。

出典: (GDP) van Vuuren et al. 2012; (population) UNDESA 2009





アフガニスタンのカピサ州で、商売の訓練を受けている少女。  
ここでは小学生と中学生の大部分が男子だ。© Eskinder Debebe/UN Photo

を掲げる状況の中で、人口が増大する事態の重大性は、国連の最高レベルにおいて認識されている(ICPD 1994)。高水準の教育を受けた女性ほど、少数の子供しか生まないので、女子教育に投資することが人口増加を低減させる最も効果的な方法の一つだ。ルツおよびサミル(Lutz and Samir 2011)のシナリオ分析によれば、高教育シナリオの場合と低教育シナリオの場合で、2050年における世界人口に、89億人と100億人という違いが出る事が示されている。

シナリオ間で違いはあるが、ほぼすべてのシナリオが、経済発展の指標としてのGDPが世界平均で一人当たり年間1.2~2.2%の成長率でさらに増大していくと予想している(図16.4)。所得と環境変化の関係は明確ではない。高所得は、それによってさらなる環境劣化を招く高消費をもたらす傾向がある。他方、所得の増加は、人口を低水準に保ち、きれいな環境の重要性を理解する力を高め、技術進歩を加速させる傾向もある。これらの傾向は、例えば、局所的な大気汚染で観察される、いわゆる環境クズネツ曲線(第1章)のように、所得が上昇するにつれて、環境への圧力が低下する現象をもたらすかもしれない(van Ruijven et al. 2008; Riahi et al. 2007; Smith 2005; Stern 2003)。しかしこういった効果は、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出など、多くの地球規模の環境問題に対しては観測されていない。いくつかのクズネツ曲線が観測される根底にある原因は、所得が上昇するにつれて製造業が低所得国に

移転される効果によるものであると報告されている(Luzzati and Orsini 2009)。環境への影響を決定するのは、経済成長のレベルや速度ではなく、経済の構造であることに気付くことが大切だ。例えば、有形財よりもサービスに重点を置くことで、自然資源に対する圧力を下げることができるだろう。この科学的議論に整合して、地球規模のシナリオにおいては、所得の将来予測と持続可能性ターゲット達成との間には、いかなる直接的な関係も見いだすことはできない(van Vuuren et al. 2012)。何人かの学者が、経済成長と持続可能性の目標達成との間に、正のフィードバック、例えばグリーン成長のパラダイム(WCED 1987)があると強調する一方で、他の学者は、定常経済のパラダイムで見られるように、トレードオフが起こることや、消費速度と有形財のフロー(流れ)に相関関係があることを強調する(Czech and Daly 2004; Daly 1974, 1971)。その違いは、技術開発、マクロ経済でのフィードバック、環境被害の回避、などの要素の扱い方による(UNEP 2011b)。

## 消費

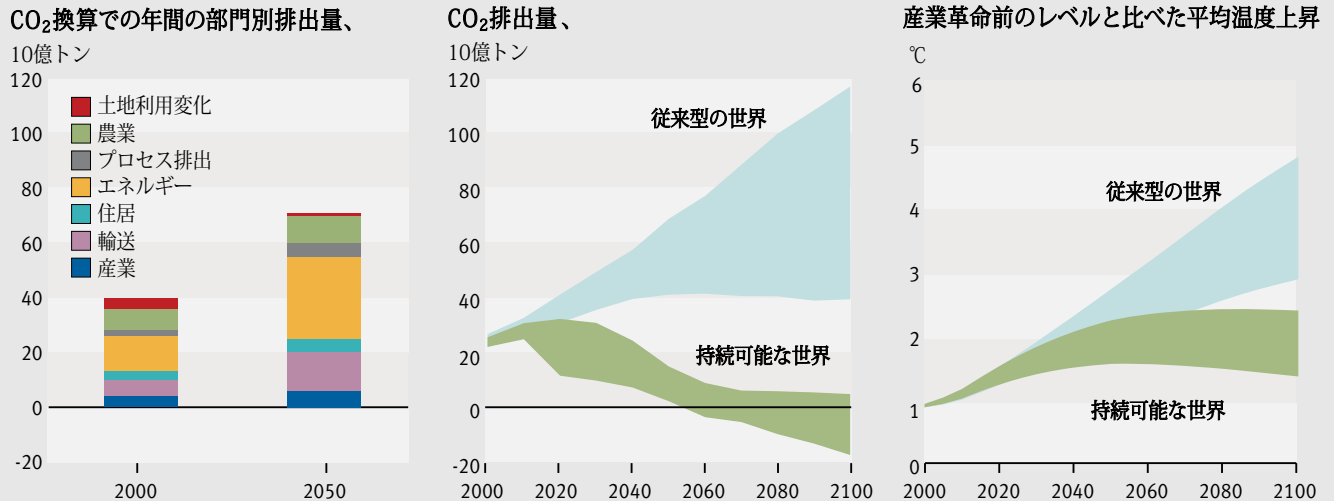
世界の平均消費レベルは、ここ数十年間に、並行してなされた効率改善を著しく上回る速度で上昇した。自動車の数と大きさの上昇は、燃料効率の改善よりはるかに大きかったため、輸送に関わる全体的な燃料消費量の急速な増加をもたらした(Girod et al. 2012)。実際には、効率の改善自体が消費コストを減少させたことで、より高い消費水準を誘発するというリバウンド効果が起きているのかもしれない。消費パターンの変更は、多くの場合に多様な恩恵をもたらす、かつ環境への懸念を消費者にとってより身近なものにするので、持続可能な開発戦略の重要な部分を構成できるだろう。しかし歴史上、消費パターンの変更を目指した運動は必ずしも成功していない。消費の変化による効果は、後の「土地」の節で述べるが、食事の変化に関するシナリオ研究によって説明できる。

人類の発展および生活の質にとって環境が重要であるという認識が高まりつつある(World Bank 2008; UNEP 2007; MA 2005b)。現在、世界の疾病負荷の推定24%、すべての死の推定23%が環境要因によるものだ(Prüss-Üstün and Corvalán 2006)。特に乳幼児死亡率については、低レベルの食物摂取量、安全でない飲料水、基本的な衛生施設の不足、料理や暖房に固体燃料が使用されていることが、重要な駆動要因だ(Black et al. 2010)。分析によれば、ある程度の進歩があっても、従来型の世界シナリオでは、南アジアやサハラ以南のアフリカの多くの国々では、2030年までに、あるいは2050年でさえ、必要とされる量の食料、水、エネルギーを十分に利用できるようにはならないだろう(World Bank/IMF 2011; Hilderink et al. 2009)。

## 大気 従来型の世界シナリオ

いかなる主要な政策変更も想定しない従来型のシナリオは、そのほとんどすべてが、エネルギー消費量が世界中で増え続けると予想している。それらのシナリオは、平均すると、21世

図 16.5 排出量と温度に関するシナリオ



注釈：排出と温度のシナリオは、気候システムにおける慣性のために、本章中のその他のシナリオより長い期間を対象にしている。薄く塗られた部分は上位10～90パーセントの文献の範囲を示す。

出展：van Vuuren et al. 2008a, 2008b; Fisher et al. 2007

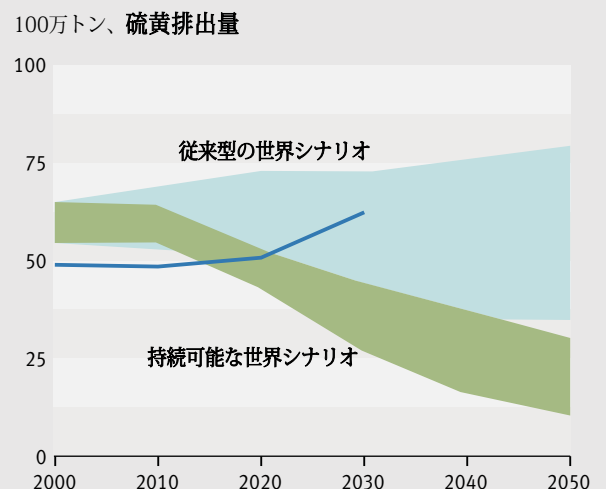
紀中にエネルギー消費量が3倍（2.5～5.5 倍の幅）に増加すると予測する(van Vuuren et al. 2012; Clarke et al. 2010; Fisher et al. 2007)。さらに、そのような従来型の世界シナリオは、化石燃料の価格、特に石炭に対する価格が、それらの代替燃料より安いと予想されるために、化石燃料が大きな市場占有率を維持すると予測する。しかし、化石燃料のその優越性にもかかわらず、ほとんどのシナリオが、原子力に加えて、バイオマス、太陽、風力、その他再生可能なものを含む非化石エネルギーの生産が著しく増加すると予測する。

また予測では、そのほとんどがサハラ以南のアフリカおよびアジアの農村地域の人々であるが、ほぼ30億人が2030年になってもまだ料理や暖房を従来のバイオマスに頼っていて、また約10億人が電気を使える状況になっていないだろうと指摘する(GEA 2011; IEA et al. 2010)。従来型の世界シナリオは、一貫して、従来の燃料を使用することによる健康影響に多くの人々が苦しみ、2030年になっても屋内の大気汚染に起因して、毎年約150万人が早死すると予想する(IEA et al. 2010)。また非効率的なストーブで従来の燃料を使用することが、森林減少や、局所のおよび広域的な大気汚染に深刻な影響を及ぼすことになる(FAO 2006a; IEA 2006; Arnold et al. 2003)。現代の燃料の価格上昇に応じて、薪使用が実質的に増加する可能性があることに注意すべきだ(Easterling et al. 2007)。

化石燃料使用を増やすことは、温室効果ガス排出が増加することを意味する。従来型の世界シナリオは、平均して次の50年で温室効果ガス排出がほぼ2倍に増加すると予想している(van Vuuren et al. 2012; PBL 2009; Fisher et al. 2007)。科学的知見によれば、その増加の影響によって今世紀末での地球の平均表面温度が産業革命以前のレベルと比べて、3～5℃

着実に上昇するだろうということに、ほとんど疑問の余地はない(図 16.5) (van Vuuren et al. 2008a, 2008b; IPCC 2007)。気候変動とそれによる影響のいずれにも、相当な不確実性はある。IPCC 第4次評価報告書によれば、今世紀末までに温度が4℃上昇すると、世界の大部分の農業生産力に悪影響が及ぶと共に(Easterling et al. 2007)、サンゴ礁、いくつかの山岳生態系、極域の海水、世界の多くの氷河など、影響を受けやすい系が失われ、かつ、恐らく海水位が1メートル以上上昇するだろう。さらに、嵐、干ばつ、その他の異常気象の頻度が増大するだけでなく、アマゾン熱帯雨林が機能していくための限界で

図 16.6 硫黄排出に対するシナリオ



従来型の世界シナリオが気候政策のないシナリオで構成されているのに対して、持続可能な世界シナリオは、厳格な気候政策を備えたシナリオで構成されている。青い線は現在の法制度に基づく場合のシナリオを示す。

注釈：薄く塗られた部分は、上位10～90パーセントの文献の範囲を示す。

出展：Van Vuuren et al. 2008a; Cofala et al. 2007



ある臨界閾値を超過してしまう危険性がある(IPCC 2007)。

大気汚染の制御に対して、歴史的に見れば、人々が豊かになるにつれてより多くの投資が行われる傾向がある。一般的に、大気汚染物質の排出量は開発の初期段階では増加しても、所得が上昇するにつれて縮小する可能性がある。通常、従来型の世界シナリオでは、21世紀の最初の数十年間は、高所得国において汚染排出量がゆっくり減少する一方で、低所得国においては増大することが示されている(van Ruijven et al. 2008)。この結果、かなりの不確実性はあるけれども、地球規模では、多くの大気汚染物質の排出量が一定、またはわずかに減少するというパターンになる(図 16.6)。したがって従来型シナリオでは、21世紀の大半にわたって、世界の多くの地域で、健康基準に対するターゲットは達成されそうにない。

### 持続可能な世界シナリオ

いくつかのシナリオ研究が、近代的なエネルギー供給を誰もが利用できるようにする持続可能性のターゲット(表 16.1)について評価している(GEA 2011; Pachuari et al. 2011; van Ruijven et al. 2012; IEA 2010)。誰もが電気を利用できるようにするには、送電網を拡張するか、あるいは分散化されたミニ送電網や独立型自家発電方式を開発して、後発開発途上国〔開発途上国の中でも特に開発が遅れている国々〕の電化のペースを加速させる必要がある(AGECC 2010)。料理するにあたってエネルギー効率を向上させ、健康への悪影響を減らす主要な

戦略は、燃焼が改善されたバイオマスストーブの利用を促進することや、よりクリーンな燃料を使用する方式に完全に移行することだ(Venkataraman et al. 2010)。シナリオ分析によれば、そういった戦略によって、2030年までに、毎年100万人を超える早死者を出していた状況を回避できる可能性がある(GEA 2011)。そのような戦略を実施するために必要な年間投資額は、100億から1,400億USドルになると推定される(GEA 2011; Bazilian et al. 2010; IEA et al. 2010)。またシナリオ分析によれば、全ての人々が近代的エネルギーを利用できるよう確保することによって生じる気候への影響は小さく、従来型の世界シナリオと比較した、化石燃料から排出されるCO<sub>2</sub>の増加分は、2030年における全世界の排出量の1%程度である可能性があり、しかもこれは、薪需要の減少と、そのために低減される森林減少によって補われるだろう(GEA 2011; IEA et al. 2010)。

気候感度における不確実性に関する現在の推定に基づく(IPCC 2007)、温室効果ガス濃度をCO<sub>2</sub>換算で450ppm(百万分の一体積分率)および400ppmにするというターゲットは、UNFCCCで合意された限界である温度上昇を2°C未満に抑える(表 16.1)確率をそれぞれ50%(半分の確率)および70%確保するだろう(Meinshausen et al. 2006)。持続可能な世界シナリオでは、そのようなターゲットを達成するためには、世界の温室効果ガス排出を、たった10~20年間でピークに到達させ、次いで2050年までに現在レベルの半分程度かそれ以下に下げ、今世紀末までには実質ゼロにするか、マイナス



アラブ首長国連邦のアブダビ近くに建築中のマズダールシティは、世界で最初のゼロ炭素、ゼロ廃棄物の都市になる大望を持っていて、そのエネルギー源は、太陽やその他再生可能なものに完全に依存することになるだろう。©www.masdar.ae

にする必要があるだろう〔訳注：今世紀末の温度上昇を2℃に抑える目標であればこの表現でよいが、2018年に発表された1.5℃特別報告書は、今世紀末の温度上昇を1.5℃に抑える必要性を強調し、そのためには温室効果ガスの排出を2050年頃までに実質ゼロにする必要があると報じた〕。実質ゼロやマイナスとは、植林またはバイオエネルギーや炭素回収貯留などを組み合わせて温室効果ガスを吸収して、ガス排出量をゼロやマイナスにすることだ(van Vuuren and Riahi 2011; UNEP 2010a)。排出量の削減には、次の4つの基本的な方法がある。

- 経済成長の構造を変える
- 技術または生活様式を変えることによってエネルギー効率を向上させる
- ゼロ炭素エネルギーを選択するなど、エネルギー供給のあり方を変える
- 炭素回収貯留のようなエンドオブパイプの手法を実施する。

持続可能な世界の排出量削減目標(表 16.1)を達成するには、手法を幅広く組み合わせることが必要だ。図 16.7 は、引き起こされるべき遷移(トランジション)の大きさの程度を示す。現時点で特定可能な技術を用いて低炭素経済が達成可能であることを、非常に多くのシナリオが示されており、またそれらのシナリオは次のような多くの共通の特徴を有している(Clark et al. 2010; ECF 2010; Fisher et al. 2007; van Vuuren et al. 2007)。

- エネルギーの効率改善は、すべてのシナリオが唱える断固たる選択肢だ。
- エネルギーの生産については、各々に制約や欠点はあるが、再生可能エネルギー、原子力、および(または)炭素回収貯留、を組み合わせることで、排出量を非常に大きく低減できる可能性がある。中央集約的なエネルギー部門では、炭素回収貯留を伴うバイオエネルギーを用いれば、排出量を実質マイナスにすることさえ本当に可能だろう。
- メタン、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、黒色炭素などのCO<sub>2</sub>以外

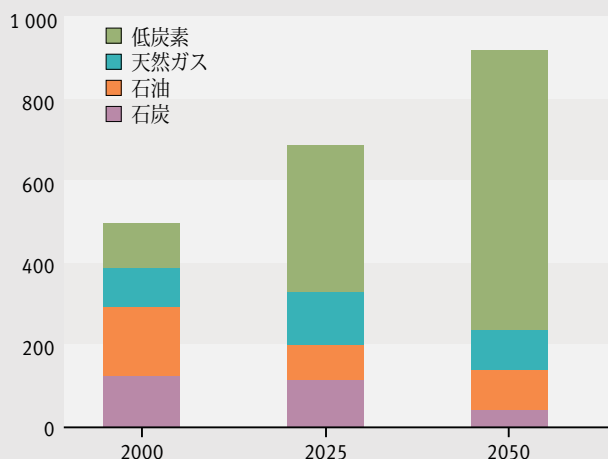
の温室効果ガスの排出削減、およびオゾン前駆物質の削減(第2章)は、例えば、エネルギー生産時に漏洩するメタン排出の削減や、畜産や稲作水田から発生するメタン排出量の幾分かを削減することによって、比較的 low cost で気候変動を著しく緩和することに貢献できるだろう。

- 生活様式の変更は、多くの場合、シナリオの中ではっきり計算に組み入れられているわけではないが、輸送や食料消費におけるような、相当な低減を達成できるかもしれない。
- バイオエネルギーの使用は、低炭素排出シナリオでは非常に一般的だ(van Vuuren et al. 2010)。しかし、バイオエネルギー生産は、生物多様性、食料生産、温室効果ガス排出に対して深刻な影響を与えるかもしれない(Dornburg et al. 2010; Searchinger et al. 2008; Bringezu et al. 2009; Fargione et al. 2008)。したがって慎重にモニターして、その利用できる潜在力をできるだけ効率よく使う必要がある。さらに、バイオエネルギーが最も大きな便益を生み出す部門にその使用を集中させることが重要だろう。
- 近代的なエネルギー資源を誰もが利用できるようにするには、送電網、ミニ送電網や独立型自家発電の拡張、補助金や助成金、あるいはストーブ購入のためのマイクロクレジット融資などの改善が必要だ。

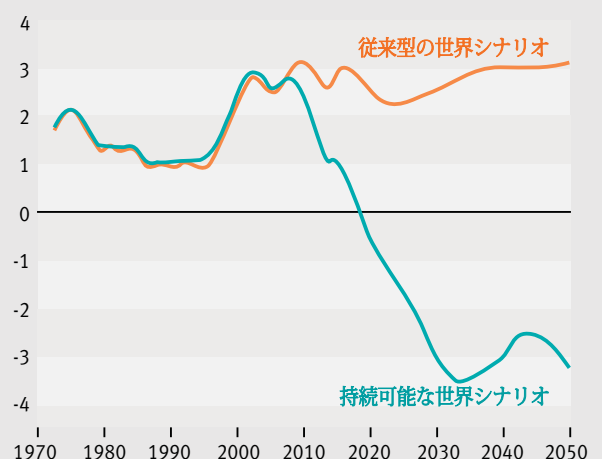
低所得国の大気質は、最新技術を早急に導入することで著しく改善できるだろうけれども、エネルギー部門の構造変化によって、大気汚染物質の排出量にも強く影響が出ることに注意を払う必要がある。メタンや黒色炭素のような汚染物質は、気候変動に重大な影響を及ぼしているだけでなく、人の健康および作物の成長にも(メタン等が原因で生じる地表オゾンを通して)重大な悪影響を及ぼしており(第2章)、そのことは、気候変動単独の場合よりも、それらの汚染物質を低減しようという大きな引き金になるだろう。持続可能な世界シナリオは、気候政策の厳格な実施と同時に現存の大気汚染を抑制する措置によって、それらの排出量が著しく削減されるであろうことを

図 16.7 持続可能な世界シナリオにおける一次エネルギーの使用例およびCO<sub>2</sub>排出の年次変化の例

エクサジュール(10<sup>18</sup>ジュール)、エネルギー消費量



%, 排出量の年次変化



低炭素というカテゴリーは、再生可能エネルギー、原子力、および「炭素回収貯留と高効率を組み合わせる使用される化石燃料」のことを指し、必要とされる遷移の程度を示す。様々なモデルや研究が様々な組み合わせを提案している。

出展: PBL 2009



示している。そういった戦略を採用することで、世界保健機構（WHO）の掲げる大気質ターゲットが達成され、また、気候変動と大気汚染に関する目標達成を足し合わせた便益が、それらを別々に達成する戦略の場合よりも、はるかに低コストで、もたらされるだろう(UNEP 2011a; GEA 2011; Bollen 2008)。

低炭素社会に向けた動きによって生じうる帰結がいくつかある。それは、例えば、温室効果ガスと共に大気汚染を低減するコベネフィットであり、また排出量の削減と共にエネルギー安全保障を改善するコベネフィットだ。同様にいくつかのトレードオフもある。例えば、温室効果ガス排出を削減するための措置に起因してエアロゾル排出量が減少することであり、それは初期においては、現状のエアロゾルによる冷却効果から来る気候への恩恵を部分的に相殺するだろう。また重大なトレードオフは、バイオエネルギーに関するものだが、その他の技術に関しても副作用が起こる。水力発電の基盤設備は、農地の損失、居住地の代替、生物多様性の損失、貯水域から発生し続ける温室効果ガスなど、いくつかの影響を及ぼし得る(Fearnside 2011; St. Louis et al. 2000)。風力タービンは、通常、地元コミュニティからの反対に遭い、炭素回収貯留は（大規模に適用された場合には）CO<sub>2</sub> 放出の危険性を伴う可能性がある。また気候政策は、森林管理との相互作用で、生物多様性にプラスとマイナスの両方の影響をもたらす可能性がある。

## 土地

### 従来型の世界シナリオ

土地利用における将来の動向を探るために、経済モデルから生物物理的モデルまで、広範囲のモデルが使用された(Smith et al. 2010)。どの研究もすべて、経済成長によって拍車のか

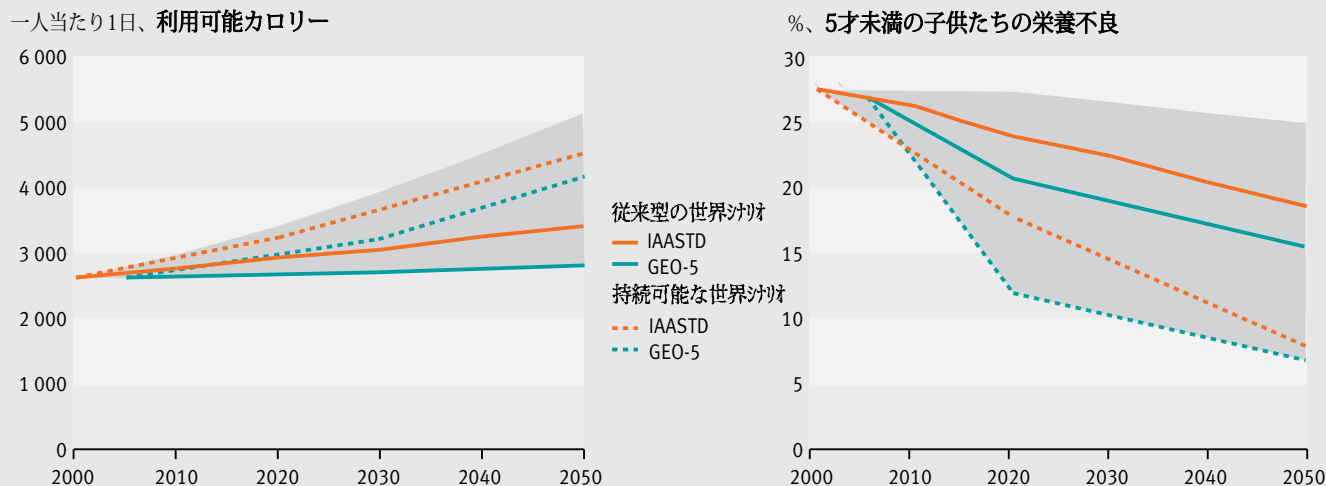
かる人口増加と食生活の変化によって、2050年までに、食料に対する需要が大幅に増加すると予測している。2000～2050年の間に、肉の消費が2倍になると予想されると同時に、世界的な穀物需要も70～75%増加すると推定されている(Thornton 2010; IAASTD 2009a; FAO 2006b)。大幅な農地拡張を避けて生物多様性を護りながら、これらの需要増を満たすことは大きな挑戦となるだろう。また世界の食糧市場は、資源不足の深刻化に影響を受けそうなので、食料安全保障の確保も問題となるだろう。問題を緩和するための重要な要素は、既存の耕作地での収穫高を増やし集約化への投資を継続することだろう(FAO 2011; UNEP 2011b; Rosegrant et al. 2009)。

食料安全保障は、全ての人々が、いつも活発で健全な生活を送るための食事のニーズや食物の嗜好を満たすために、十分に安全で栄養のある食料を、物理的、社会的、経済的に利用できる状況にある場合に実現されていると言える(FAO 1996)。従来型の世界シナリオでの食料の入手可能性を見ると、2050年までに世界一人当たりの一日平均のカロリー入手可能量は、約3,000～3,500になると思われるが、サハラ以南のアフリカでは、それが2,100～3,350カロリーと、はるかに低い範囲になると予想される。環境の劣化、投資不足、土地への競合が、世界の食品価格を高騰させ、特に都市部の貧困層に追加のストレスを及ぼすことが予想される(OECD/FAO 2011; IAASTD 2009a)。言い換えれば、主要な政策転換が伴わない従来型の世界シナリオでは、2050年までに栄養失調が完全に撲滅される可能性は極めて低いことが示唆される(IAASTD 2009a; UNEP 2007; FAO 2006b; MA 2005a)。開発途上国における2050年での子供の栄養失調の発生率は、13～25%の範囲になると予想される(図16.8; Box 16.2)。現時点で飢えに



ケニア、リムルの茶畑。ケニアの茶畑の全体的な生産性は、世界最高水準であると考えられている。 © Jason Jabbour

図 16.8 様々なシナリオの下での食糧消費と子供の栄養不良



注釈：GEO-5、IAASTD研究、ミレニアム生態系評価から選定されたシナリオは、ストーリーラインまたは定量化の結果に基づき、持続可能な世界シナリオと従来型の世界シナリオを最もよく反映しているシナリオである。灰色に塗られた部分は文献の範囲を示す。GEO-5はBox16.2で議論されるような結果になる。IAASTDは、開発のための農業科学技術国際評価のこと。

出展：Hughes et al. 2011; IAASTD 2009a; UNEP 2007; FAO 2006b; MA 2005a

苦しみ、人口増加率が高く、急速な経済発展の見込みが無く、限られた農業資源しか持たない国々では、最もひどいレベルの栄養不良が予測される(FAO 2006b)。

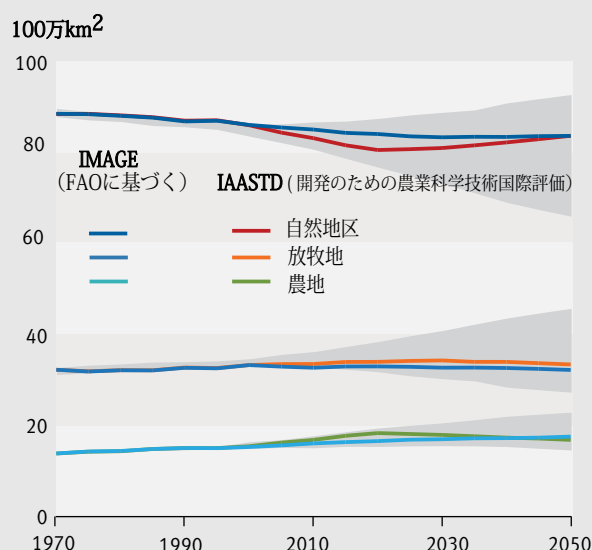
人口増加と食生活の変化が、農産物の需要を増大させてきた。過去40年間における、世界の農産物の供給量の増大の約78%は、収穫量の増加とサプライチェーンの効率向上によって達成された。さらに7%は作付強度の向上によるもので、耕作面積の拡大によってもたらされたのは15%だけだ(Smith et al. 2010; Bruinsma 2003)。しかし大陸域のレベルでは、大きな相違が見られる。例えば、サハラ以南のアフリカでは、生産高の上昇の34%だけが収穫率の向上に由来し、残り66%は耕作面積の拡大によるものだ(Mery et al. 2010; Smith et al. 2010)。経年的に、地域によって傾向は異なるだろうが、これらの要素は将来にわたって重要であり続けると予想される。

収穫量の伸びがここ数十年の間減速している(FAOSTAT 2012)。さらに、気候変動と地表オゾンの影響などによる環境圧力が、今後の収穫にもマイナスの影響を及ぼす可能性がある。IPCCの推定は、不確かではあるが、高い平均温度上昇シナリオ(産業革命以前と比較して4°C)の下での気候変動が世界の作物に与える潜在的な影響について、どのような適応策〔頁236〕も実施されない場合、すべての緯度で、トウモロコシや小麦などの作物に対して、気候変動が収穫量に10~35%というかなりのマイナス影響を及ぼす可能性を示唆している。適応策を実施することによって、全体として、温帯地方のマイナス影響は防ぐことができるだろうが、熱帯地方では平均約10%の収穫量の減少は避けられないだろう(Easterling et al. 2007)。

作物生産に注目すると、諸々のシナリオは、予想される土地利用に関して、ある程度のばらつきを示す(図16.9)(Smith et al. 2010)。農地の利用に対する2050年の予測は、低くて6%

から、高くても30%以上(高い人口増加を想定するIPCCのA2シナリオで示される)までの幅があるが、平均すれば約10~20%増加する(van Vuuren et al. 2008b)。大陸域ごとに結果は大きく異なっていて、アフリカ、アジア、中南米では耕作地の相当な拡大が予想される一方で、それが、温帯地方の収穫面積の減少によって相殺される(van Vuuren et al. 2008b; UNEP 2007)。シナリオ分析では通常、土地荒廃が計算に入れないので(CBD 2010b)、実際の影響はもっと悪くなる可能性がある。動物性食品について、既存のシナリオでは、世界の畜産の生産量の増加のほとんどが開発途上国で起こるとしている(Bouwman et al. 2005)。放牧方式に関して、畜舎内飼育での畜産生産は大きく伸びると予測されるが、放牧地での伸びは、ほとんどの研究で10%以下にとどまるとしている。

図16.9 土地利用の傾向、1970~2050年



注釈：灰色の部分は10~90パーセントの文献の範囲を示す。

出展：Rose et al. 2012; Hurr et al. 2011; Smith et al. 2010; IAASTD 2009a; OECD 2008a; UNEP 2007; FAO 2006; MA 2005a



## 持続可能な世界シナリオ

農業の生産性と、食物、飼料、繊維、エネルギー、生物多様性を提供している生態系サービスとの間の強い結び付きを前提とすれば、持続可能な開発は農業や土地利用に影響を与えるため、その達成には統合的なアプローチが必要になる(Smith et al. 2010)。そのアプローチは、限られた土地資源への競合する需要と、環境が農業生産性に及ぼす影響との間の関係を考慮に入れることになるだろう(UNEP 2010b)。

将来において食物の入手可能性を確保する一つの鍵は、生産性を向上させる農業研究への投資だ(Rosegrant et al. 2009)。もう一つの鍵は、食物の廃棄と損失を減らすことだが、現在、農業生産物の約 10~40%が廃棄されている(Parfitt et al. 2010)。生活様式の変化、技術の開発、基盤施設への投資によって、この廃棄を大きく改善できる(Jäger and Cornell 2011; Parfitt et al. 2010)。また人々の食生活を変えることが、さらなる生産の必要性を減らすことに役立つだろう。シナリオ研究

### Box 16.2 気候、食料、土地の 2050 年ターゲットについての統合的シミュレーション

農業生産性および水生産性に対して非常に多くの投資を行うことが、本章初めに議論された持続可能性の目的を達成するのに役立つのだろうか？ここでは、この疑問について、国際食料政策研究所(IFPRI)の IMPACT モデル(農作物と貿易の政策分析のための国際モデル)を用いて調べる(Nelson et al. 2010; Rosegrant et al. 2008)。従来分析では、飢えと栄養失調を低減するには経済発展が重要であることが示されてきた(Nelson et al. 2010)。

持続可能な世界シナリオは、従来型の世界シナリオに比べると、開発途上国の経済成長がより高くなり、世界全体としての人口増加率がより低下すると想定される(Nelson et al. 2010)。農業の研究開発に追加投資することは、農業生産の急速な増大をもたらすだろう。その結果、穀物の収穫量が、それに相当する従来型の世界シナリオより、2030年までに15%、2050年までに35%多くなる。さらに家畜の頭数が30%上昇する。また、産業革命以前のレベルと比べた温度上昇を2℃に抑制するというUNFCCCで合意された目標が達成され、また2050年までに安全な飲料水を誰もが十分に利用できるようになり、2030年までに全ての少女が中等教育を受けていることが想定される。最後に、持続可能な取水シナリオによって進められる水効率の改善も行われると想定される(常時灌漑される地域を例外として)(Box 16.3)。

上記で概説された変化によって、穀物の平均価格が、従来型の世界シナリオと比べて、2030年、2050年にそれぞれ21%、39%低くなる結果がもたらされる。世界の作物収穫面積は、従来型の世界シナリオでは、サハラ以南のアフリカと中南米での増加によって、いくつかのOECDの国々やアジアでの縮小が補われて余りあり、毎年0.23%ずつ成長して2005年~2050年の間に、1億6,900万ヘクタール増加すると推定されている。他方、持続可能な世界シナリオでは、上記収穫面積が2030年までに1億1600万ヘクタール、2050年までに2億100万ヘクタール縮小する。持続可能な世界シナリオによって示される食品価格の低下が、値ごろ感と食物へのアクセスを高めて、世界の開発途上の国々での毎日のカロリー入手量が、2030年までに496キロカロリー、2050年までに1,336キロカロリー増加すると予想される。その結果、栄養不良の子供たちの数は、57%の6600万人が減少し、残り約5,000万人となるだろう。しかし一方、モデル計算によると、2050年までに飢えを撲滅することは、複雑で多角的な挑戦になることが分かっている。しかし重要なことは、投資や政策を変えることによって、そこに向けて大きく前進できることだ。幼児の栄養失調に変化をもたらすことのできる主な要素は、食物を入手しやすくし、安全な飲料水を利用できるようにし、女性中等学校への入学者数を増すことなどだ。さらに、気候変動に対する緩和策や適応策が、農業生産に有益な効果を生み出すだろう。

表 16.2 いくつかの指標についての従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオの値

	2005年	2030年 従来型の世界	2050年 従来型の世界	2030年 持続可能な世界	2050年 持続可能な世界
面積加重平均した穀物価格、 トン当たりUSドル	150	202	253	160	154
作物収穫面積の合計、1,000ヘクタール	1 520 811	1 684 798	1 689 758	1 569 207	1 489 230
開発途上国でのカロリー入手可能量、 1人1日当たり	2 637	2 717	2 823	3 213	4 159
世界の栄養不良の子供の数、100万人	153	136	115	78	50
インドでの栄養不良の子供の割合、%	46	41	39	30.7	27.4

出展: New calculations IMPACT model; Nelson et al. 2010; Rosegrant et al. 2008

は、畜産物を野菜の代替品に置き換えることによって、畜産物の消費を減らすことの影響を調査した。そのような食生活の変化による土地への影響について、様々な結果が発表された。研究のいくつかは、土地利用を相当に低減できることを示唆している(Ten Brink et al. 2010; Stehfest et al. 2009)、他の研究では、先進国での肉の消費の減少が、世界の他の地域での肉や穀物の消費の増大をもたらすことになる反作用が起こる危険性が明らかにされている(Rosegrant et al. 1999)。また肉を減らす食生活の健康への影響については、多少の議論があり、研究では、肉の過剰消費を減らすことで、高所得国に恩恵がもたらされると指摘されているが、肉を減らす食生活の設計はうまくなされる必要がある。

2050年までにすべての人々に本当に食料安全保障が確保されていると予測するシナリオは、ほとんど見あたらない。しかし、国連食糧農業機関(FAO 2009)によれば、世界の食物供給が、現在の状況からさらに約70%増えるならば、それを達成することができるかもしれない。これを達成し得る条件としては、アフリカ、アジア、中南米での農業生産の増産が全ての基本であるが、その上で、政局の安定、良いガバナンス、食料安全保障戦略、世界市場の統合、強い経済成長などが必要になる。このことは、農業貿易を自由化すること(世界市場の統合)が、脆弱なコミュニティに悪影響を及ぼすものではないことを示唆するものだ(Jäger and Cornell 2011)。「開発のための農業科学技術国際評価(IAASTD)」(IAASTD 2009a)には、水の基盤設備および女性の中等教育への投資拡大と併用して、農業技術への投資を拡大するシナリオが含まれている。このシナリオでは、食物を入手できる可能性を著しく増大させるけれども、それでも8%の子供たちが、その多くはサハラ以南のアフリカだが、栄養不良のまま取り残される。明らかなことだが、食物を入手できるようにすることは、農村の開発を促進して、最貧困者が食物を直にただちに入手できるよう、貧困を削減するという趣旨で理解される必要がある(Broca 2002)。

図16.9は、いくつかのシナリオでは、農地面積がほとんど拡大せず、中には縮小に至るものもあることを示す。その一つの要因は、食物の需要の増加をこれまでよりも小さくする、人口増加率の低下だ。これまでの収穫量の増加速度が維持される場合は、世界の農地面積は安定するか、減少することさえあるかもしれない。確かに、IAASTD(2009a)やソーントン氏(Thornton 2010)は、全く容易なことではないが、農業の知識、科学、技術をもっとうまく活用することに基づけば、収穫量を著しく増大させることができると分析している。農業の収穫量をより高めていくための政策は、土壌の侵食や、害虫に対する作物の抵抗力を損失させるその他の負の環境傾向を低減または回避する政策と併用される必要がある(Killham 2010; Petermann et al. 2008; Kaiser et al. 2007; Paulitz et al. 2002)。最終的には、財産権を効果的かつ適正に定めること、および農林業における水、土壌、生物資源の利用に対して、より長期的な投資を促す地方制度を開発することも必要だ(FAO 2011;

Von Braun and Meinzen-Dick 2009; Hazell and Wood 2008)。持続可能な世界シナリオにおける収穫量は、気候変動の影響が低減されることによる恩恵を受ける。IPCC 評価報告書は、農業において気候変動に適応することと、温度上昇を産業革命以前と比べて2°C未満に押さえることの両方が組み合わせられれば、世界全体の平均収穫高にプラスの影響をもたらされるかもしれないと示唆している(Easterling et al. 2007)。

持続可能な農業生産を強化できるかもしれない政策オプションには次のようなものがある。

- 農地の拡張を制限し、かつ先進国と開発途上国の間の収穫量の格差を縮めるために、開発途上国の収穫量を増やすことへの投資を支援すること
- 気候が変動していく状況下でもより抵抗力を持つ作物種や作物品種を奨励することによって、気候変動への適応を促進すること
- 食物廃棄を削減するために、基盤設備、食品加工、貯蔵技術に投資すること
- 食料システムおよび自然資源を利用するために、都市農村の地勢をもっとうまく活用すること
- 畜産物の消費を減らすこと
- 土地と資源の統合的な管理を促進することによって土地利用の政策や立案を強化すること。

農地面積の拡大ゼロを達成した上に、十分あるいはさらに多くの食物を生産することは技術的に可能だが、その実現には多くの困難がある。中でも重大なのは、土地と水の劣化が続いていること、気候変動、バイオ燃料需要の増大だ(FAO 2009)。例えば、肥料を用いることによって生産効率が大きく高まる可能性はあるけれども、窒素肥料からもたらされる温室効果ガスの排出ならびに水質汚染が増加する傾向は、2050年でも続いていると予想される(Power 2010; Bruinsma 2003)。その上に、予測される畜産業での改善によって一頭当たり排出量は多少減るだろうけれども、開発途上国で予想される家畜生産の増加が、堆肥からのメタンや亜酸化窒素の排出の増大をもたらすだろう(Smeets et al. 2009; Bouwman et al. 2006)。気候変動の緩和はマイナスの気候影響を減らすために行われるが、ロシア連邦などの特定の地域では、そのような政策は、収穫量が増えるようプラスに変化する可能性を妨げてしまうことになるだろう。さらに、諸々の改善の効果は、農地を、作物かバイオ燃料のどちらに配分するのかというトレードオフに依存するだろう。なぜなら、農地のバイオ燃料への配分は食料の生産と安全保障を一層脅かす結果を招くかもしれないからだ。

## 水 従来型の世界シナリオ

第4章で、利用可能な水量と取水量とのバランスがとれていないこと、水ストレス、さらに多くの地域が様々な発生源からの水質汚染で深刻な影響を受けていることを示した。川という生態系は、地球上で最も絶滅が危惧される生態系と考えられ、



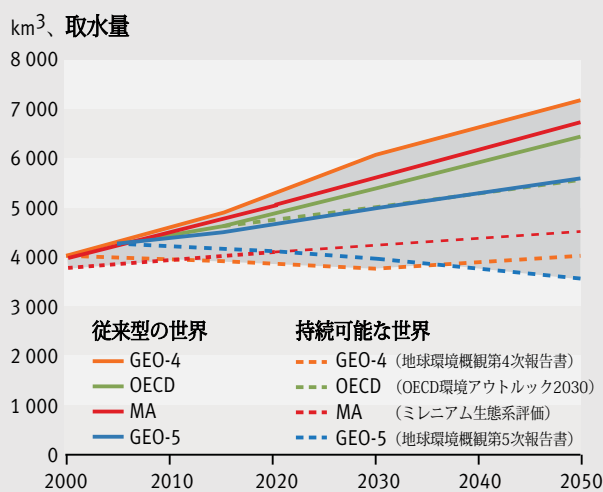
川の生物多様性の損失は、過去 30 年にわたって他のいかなる陸域生態系や海洋生態系よりも速かった(Jenkins and Lowe 2003)。ヨハネスブルグ実施計画(WSSD 2002)の第 26 節(c)は、淡水資源を効率的でバランスよく利用するだけでなく、飲料水の品質も保護するよう要請している。水不足の重要な駆動要因は、人口増加、水の消費拡大、汚染、気候変動などだ。水利用の増大、川や貯水池への規制、処理されずに戻される還流水の増加、などが流況の変化をもたらすために、生態系が必要とする水と、人への供給やエネルギー生成などの河川管理に要する水との間で、高まる複雑な競合が助長される。気候変動は、降雨の変化、流出量の変化、極端現象、川の稀釈能力の低下、海面上昇による塩水化など多くの面で、淡水問題に影響を与える可能性がある (Schneider et al. 2011; Bates et al. 2008)。

人口、消費パターン、利用可能な技術などの要素の様々な想定に基づいて、取水量(地表や地下水源から多様な用途に取水される全容積)を評価したいいくつかのシナリオが存在するが、それぞれ大きな違いが見られる(図 16.10)。取水量の推定のほとんどが、地域間に著しい差はあっても、世界全体では大きく純増することを示している。増加する最も重要な要因は、家庭での水利用と、それに次ぐ工業、農業での水利用の増大だ(Alcamo et al. 2007)。取水量が増加するために廃水量も増加するが、それらの多くが低所得地域では処理されずに廃水されている。GEO-4 の「市場優先」シナリオでは、例えば、処理法が改善されても、処理されない廃水が着実に増加すると報告された。GEO-4 の「持続可能性優先」シナリオでは、対照的に、処理効率の大幅な向上によって、全体的に廃水が減少する結果、未処理の廃水量が減少する(UNEP 2007)。GEO-5 の計算は、Box 16.3 において、より詳しく議論される。

取水量の増加は水ストレスの増大をもたらすと予想される(Arnell et al. 2011; Alcamo et al. 2007, 2003; Cosgrove and Rijsberman 2000; Vörösmarty et al. 2000)。現在 20 億人以上が、主にアジアにおいて、激しい水ストレスの状態にある区域で暮らしている(図 16.12)。モデルシミュレーションによれば、従来型の世界シナリオの下では、人口増加、水使用の増加、気候変動によって、このような区域が広がると共に、水ストレスの状態にある区域に住む人々の数も、大幅に上昇すると予想される。水ストレスを受けている人口の現在の値に対する将来の比率を図 16.12 に示すが、気候やその他世界規模の変化に関する様々な想定が考えられるために、シナリオに不確実性があることも示されている。アフリカでの増加が最も高く、深刻な水ストレスの状態にある区域に住む人々の数が 4 倍(中央値)に増加すると予想されている。南アメリカとアジアでも、著しい変化が起こるかもしれない。深刻な水ストレスに置かれる多くの河川流域では、家庭、工業、農業の利用者間で競合が起こるだろう。川の集水域のどこかで起こる水利用の変化や自然状況の変化が、下流での水の入手可能性や質に影響を及ぼすことに注意しなければならない。

現在ほぼ 10 億人が清潔な飲料水を利用できず、26 億人が改善された衛生施設サービスを利用できていない(WHO/UNICEF 2010)。2004 年において、安全でない水と不適切な衛生施設は、主に下痢のために約 160 万人の死亡と世界の障害調整生命年(DALY: 第 2 章)の 6.3%をもたらす原因になっている(WHO/UNICEF 2010)。シナリオ分析によれば、2015 年になってもまだ 6 億 2700 万人が清潔な飲料水を利用できず、27 億人が改善された衛生施設を利用できない生活をしているだろう。様々な研究が、1990~2000 年の改善率が継続すると想定するか(Prüss-Üstün et al. 2004)、社会経済指標との横断的な関係を用いるか(OECD 2012; Hughes et al. 2011)のいずれかによって、飲料水と衛生施設に関する長

図 16.10 様々なシナリオでの取水量、2000~2050年



注釈: 灰色の部分は文献の範囲を示す。

出展: Bakkes et al. 2008; OECD 2008a; UNEP 2007; Alcamo et al. 2005b; MA 2005a



北ダルフールのトーラにある水の配分場へ行く途中の女性。最も近い水源が村から歩いて1時間以上だ。© Olivier Chassot/UN Photo

期的な開発が行われると予測している。これらの研究は、安全な飲料水を利用できない世界人口の割合が、2000年の23%から、2050年には3~5%まで縮小すると予想する。衛生施設を利用できない世界人口の割合は、2000年の51%から2050年には15~18%まで縮小するだろう。このことは、関連する健康障害に苦しむ子供たちの数を著しく減少させるだろう(OECD 2012; Hughes et al. 2011)。

### 持続可能な世界シナリオ

水に対する目標は世界の水ストレスを減らすことだ。この目標を達成するため、ミレニアム生態系評価の「テクノガーデン」シナリオ(Alcamo et al. 2005b)や、WBCSDによって開発された3つの代替的な遷移シナリオ(WBCSD 2006)など、いくつかのシナリオがその見通しについて調査した。効率を高める主な対策がBox16.3で議論される。一般に、持続可能な世界シナリオでは、主に行動の変化や技術の変化によって取水量

が減る結果、深刻な水ストレスを受ける人々の数が低下する。しかし、持続可能な世界シナリオの想定下でも、いくつかの地域では、水ストレスを受ける人々の数が現在と比べて2倍(中央値)になる(図16.12)。やはり、地域での人口増加や、気候変動の空間的変動の影響のために、水ストレスが現在と比べて増加することは明らかだ。このことは、水に関する部門間での競争がさらに顕著になることを意味している。

「OECD 環境アウトルック 2050」(OECD 2012)は、2005年のレベルと比較して、安全な飲料水を手に入れない人々の数を2030年までに半減させ、2050年までにすべての人々が利用できるようにするための費用と便益について算定している。その研究は、そのような目標を達成するには、著しい追加の基盤設備投資と、運用と維持管理のための財源が必要になることを示している。必要になる財源を平均すると、全世界で2010~2030年の間は毎年19億USドル、2031~2050年の間は

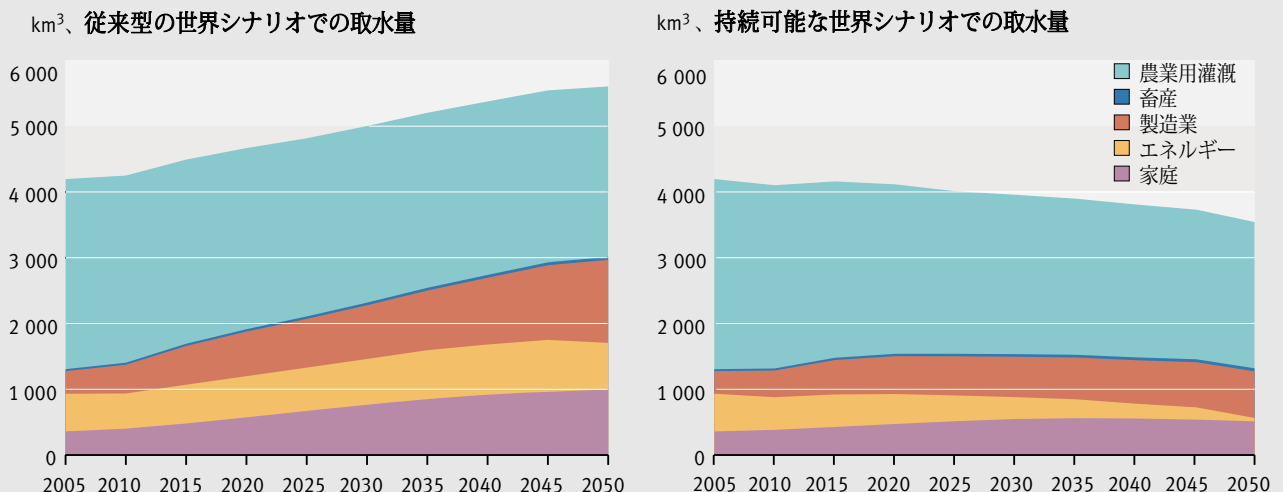
### Box 16.3 取水量に対する持続可能な世界シナリオ

従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオの下で、同じ社会経済的な開発を想定して、将来の水の入手可能性、取水量(図16.10および16.11)、水ストレス(図16.12)を計算するシミュレーションが行われた。これらの計算では、持続可能な世界シナリオに対して、次の想定が設けられた。

- 工業および家庭での水利用に対して、厳しい効率改善策が採られる。
- 灌漑面積は一定のままとする。
- 気候政策によって、化石燃料を動力とする発電設備が、部分的に再生可能エネルギー源によるものと置き換えられるので、発電での熱冷却に対する水需要が下がる。
- 地球表面の平均温度の上昇を産業革命以前と比べて2℃未満に制限する政策に沿った気候パターンになると仮定する。

その結果、2015年以降の世界の取水量は、従来型の世界シナリオと比べて大幅に減少すると予想される(図16.11)。それでも、深刻な水ストレスによって影響を受ける地域はまだ存在し、また水ストレスに苦しむ河川流域に住む人々の数が、2050年に39億人に達するかもしれない(図16.12)。教訓とすべき重要なことは、利水の効率改善が取水量を削減するために必要だが、それだけでは水不足を回避するには不十分だということだ。問題の核心は、灌漑に利用される水量が多すぎることで、また都市部に水需要が高度に集中することだ。言い換えれば、水不足をさらに削減するには、農業慣行の根本的変更、つまり灌漑効率の向上、灌漑する区域を水の乏しい流域から豊富な流域へ切り替えること、灌漑作物から天水作物に移行すること、他の地域からの輸入作物に依存することが必要だ。

図16.11 従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオの下での取水量、2005~2050年

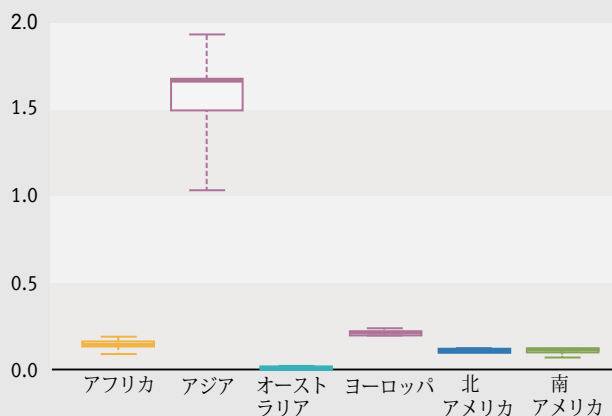


出展: New calculations for GEO-5; WaterGap model from Alcamo et al. 2003 and Flörke and Alcamo 2004

図 16.12 現状での水ストレス、従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオの下での2050年の水ストレス

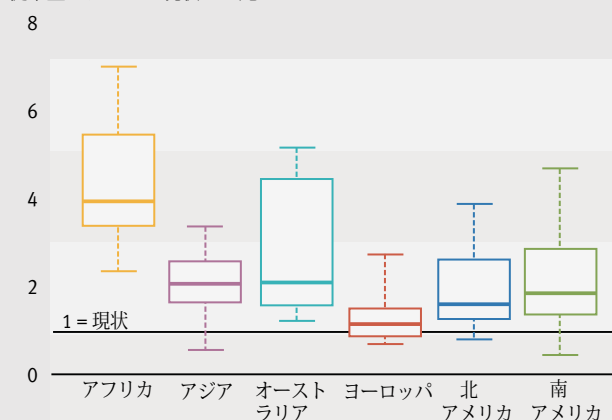
現状 (1961~1990年)

10億人、水ストレスを受けている人々



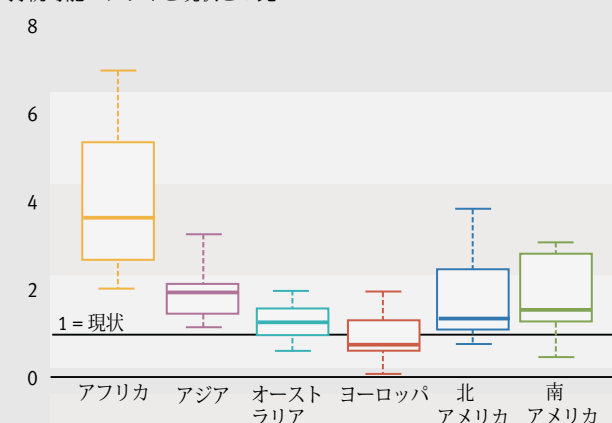
従来型の世界シナリオでの2050年の水ストレス

従来型シナリオと現状との比



持続可能な世界シナリオでの2050年の水ストレス

持続可能シナリオと現状との比



注釈：箱ひげ図を使用することによって、五数要約、つまり最小値、第1四分位点、中央値、第3四分位点、最大値を、同じグラフ内に描くことができる。箱ひげ図で不確実性の範囲が表現されているが、様々な条件を考慮に入れた二つの地球規模の水文学モデル/水モデルによる「基準」シナリオや「チャレンジ」シナリオとして分類された様々なモデルがあることを示す。

出展: Arnell et al. 2011; Alcamo et al. 2007, 2005b; UNEP 2007

毎年76億USドルと推定された。飲料水と衛生設備を利用できるよう改善できれば、次のような大きな恩恵もたらされるだろう。ハットンおよびハラー(Hutton and Halle 2004)によれば、地域や技術にも左右されるが、飲料水と衛生設備に1USドルが費やされる毎に、12~34USドルの経済的見返りが生じると推定する。これらの恩恵の4分の3は、特に水道管で屋敷内に水が送られる場合に、とりわけ女性にとって水の収集に要していた時間が削減されることから生じる。その他の恩恵の多くは、飲料水によって媒介される疾病や下痢などによる死が減少することに関連するものだ。OECD(2012)は、2050年に年間約81,000人の死が回避されると予測する。安全な飲料水を利用できるよう改善し、かつ水ストレスを減らすことを可能にする政策手段は、以下ようになる。

- 灌漑効率を増加させるための調査、開発、訓練に投資する
- 灌漑区域の範囲を規制する
- 淡水資源を節約して使うために廃水や脱塩水を利用する
- 製造工業において水を再使用する
- 灰色の水(家庭などからの廃水)を再使用するための装置や処理工程に投資する
- 水を節約する必要性や、安全でない飲料水と疾病との間の関係についての認識を高める教育に投資する
- 安全な水を利用できるようにするための基盤設備や、廃水を集めて浄化するための基盤設備に投資する
- 電気の生成で用いられる冷却水の使用を削減する
- 気候変動の影響を低減する適応策と緩和策を開発する。

世界で最も水を使用しているのは農業であるので、水ストレスと食料安全保障は互いに強く関連する。恐らくは他の用途への水使用によって、十分な水を使用できなくなり、食料生産を制限せざるを得なくなる。またその逆で、農業生産のための水消費が、生活用水や工業用水の供給を制限するという事が起こり得る。これらの関係は、水資源計画が流域レベルで統合される必要があることを、より一層示すものだ。

## 陸域の生物多様性

### 従来型の世界シナリオ

様々なシナリオ研究や評価報告書が、生物の絶滅速度、森林被覆の変化、種の個体数や分布変化の情報など(Leadley et al. 2010)、生物多様性の損失について考察してきた(CBD 2010b, 2006; UNEP 2007; van Vuuren et al. 2006; MA 2005a; Sala et al. 2000)。将来において生物多様性を損失させる重要な要素は、マングローブの喪失、湿地の喪失、熱帯雨林の消失などの特に重大な傾向を伴う土地利用の変化だ(図 16.13)(CBD 2010b)。諸々のシナリオは、熱帯雨林がさらに衰退することを示しているが、その一方で温帯林の面積は拡大しそうだ。生物多様性に影響を与えるもう一つの重要な要素は、自然資産の搾取だが、例えば、従来型の世界シナリオでは、豊かさの増大と共に人口が増えて、林産物や木製品に対する需要も増える。現在、ほとんどの木材製品が天然林から採取されていて、人工林から採取される材木は約35%だ(Sohngen et al. 2001)。



木材需要の増大によって、管理されていない森林が犠牲になり、熱帯域で管理される森林がさらに拡大すると予想される(Gibson et al. 2011)。

絶滅速度の予測は、諸研究によって大きく異なる。種数面積関係『面積と生息する種数の関係』に基づく予測では、絶滅速度は比較的高くなるが、移住を考慮に入れる種の分布モデルでは、はるかに低くなる。しかし、将来の絶滅速度の推定はいずれも、持続可能なシナリオの場合よりも相当に高い。将来の絶滅速度についての控えめな推定でも、現在の高い絶滅速度と同程度になると予想されている(Pereira et al. 2010)。

### 持続可能な世界シナリオ

農作物の生産高を増加させると共に、食物の廃棄を減らし、バイオ燃料使用を規制し、資源を節約し、食生活を変えるなどの政策を併用することによって、農地の拡大を回避できる可能性があることが示された(図 16.14) (Ten Brink et al. 2010; Stehfest et al. 2009; Wise et al. 2009)。また分析によって、既知の絶滅危惧種の絶滅を防ぐための 2020 年ターゲットが、生息地の損失を減らすことと併せて、うまく選択された保護区のネットワークを構築することによって達成できるかもしれないことが示された (Butchart et al. 2012; Ricketts et al. 2005)。最近の研究で、厳選された保護区ネットワークを世界の地表の 29% をカバーするよう拡張すること、農業生産性の向上、収穫後の農作物の損失を減らすこと、食生活の変更、森林管理の改善、気候緩和などの政策オプションを組み合わせることによって、自然区域が著しく復元し、生物多様性の損失を減少させられることが示された(Ten Brink et al. 2010)。ま

た金融メカニズムを用いて、土地利用の変化に大きな影響を与えることができるかもしれない。ワイズらは(Wise et al. 2009)、温室効果ガス排出を削減する金銭的インセンティブを、土地利用を含むすべての排出源に対して、等しく提供する政策を実施することで、管理されている森林と、されていない森林の両方を保全できることを実証した。その他の対策として、混農林業、持続可能な木製品の認証などが考慮されてもよい (Angelsen 2010)。

生物多様性にとって深刻な脅威は、自然生息地の転換を引き起こすことになる農地需要の上昇なので、単位収穫高を実質的に増加させることが、土地需要を下げ、生息地損失を減らす上で必要だと考えられる。一方、単位収穫高の増加は、農地の持つ生物多様性と生態系サービスを低下させるが(Robinson and Sutherland 2002; Tilman et al. 2002)、その景観全体で生物多様性を増加させる可能性はある(Phalan et al. 2011)。また保護区の拡大は、土地への競合を増やし、農業生産性の低下を招き、次いでそれが食物価格を上昇させる可能性がある。

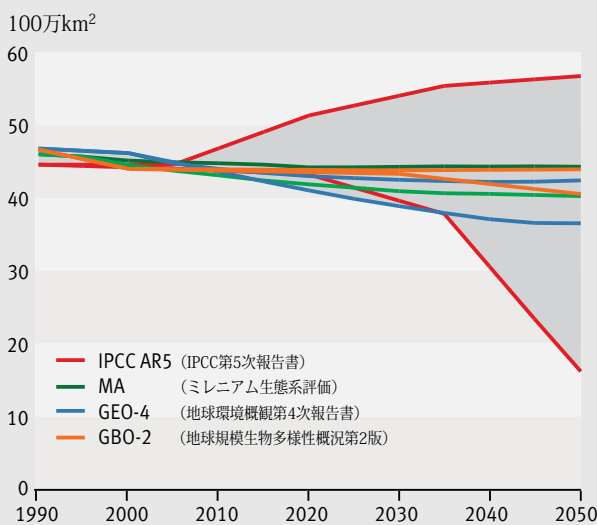
### 水域の生物多様性

#### 従来型の世界シナリオ

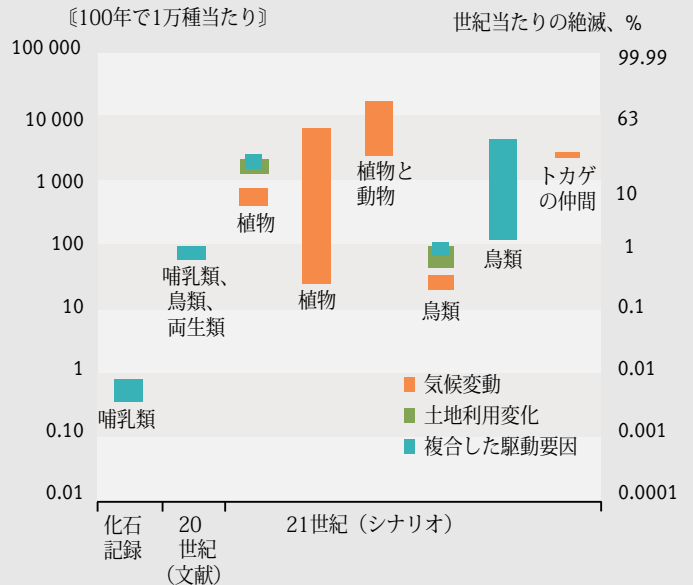
水界生態系の生物多様性の変化について予測した従来型の世界シナリオの数は少ないが、水不足、気候変動、汚染、搾取が増大する結果、生物多様性への圧力は高いままであると予想される(CBD 2010b; Rands et al. 2010)。淡水システムについては、有機汚染とダム建造が重大な脅威だ。海洋システムについては、破壊的で集約的な漁業と海洋酸性化が、生物多様性を減少させる主要な要素だ(Halpern et al. 2008; Pinnegar et

図 16.13 様々な世界シナリオにおける2050年までの森林の広がりの変化と、種の損失速度の推定

#### 森林面積の上位および下位の予測、



#### 100万種年あたり絶滅種数、対数目盛

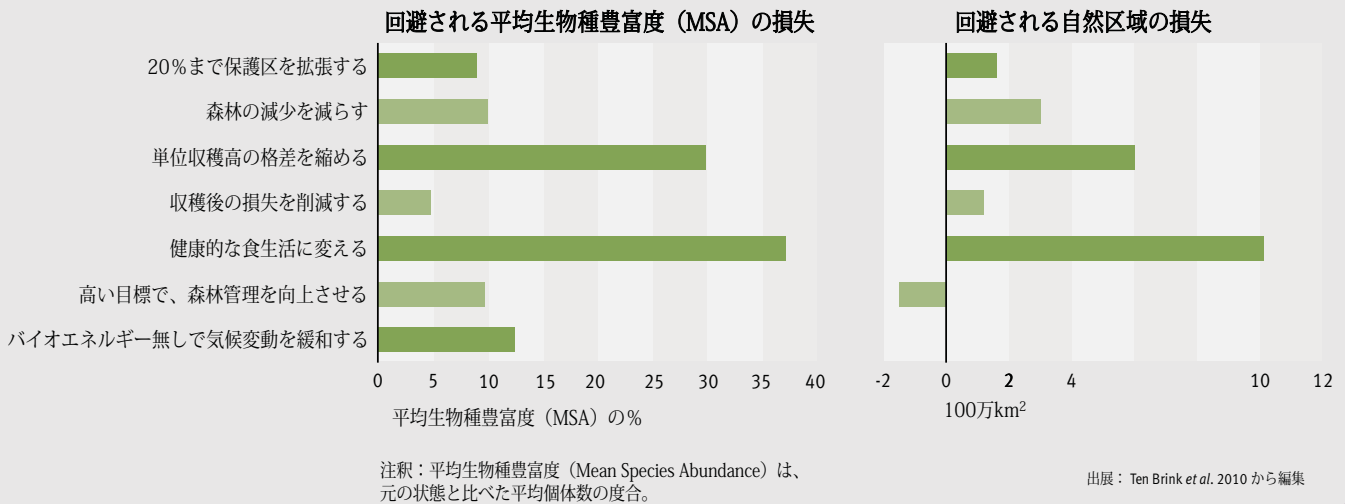


グラフは、絶滅速度についての遠い昔と近年の比較、および21世紀の間の種の絶滅予想を示す。21世紀については様々な世界シナリオによる複数の予測が併示されている。可能な場合は、個別の駆動要因によって引き起こされる絶滅速度と、全ての駆動要因による絶滅速度が区別されている。注釈：20世紀の絶滅について、哺乳動物は上部の範疇で、鳥類と両生動物は下部の範疇になる。

出展: CBD 2010b; Pereira et al. 2010a



図 16.14 2050年までに生物多様性損失を低減するためのオプション



al. 2006; Pauly et al. 2003)。海洋酸性化は、サンゴ礁を、その他の種が優占する生態系に置き換えてしまうかもしれないし、特に南極海では、海洋食物網の深刻な崩壊を引き起こす原因となるだろう (McNeil and Matear 2008)。

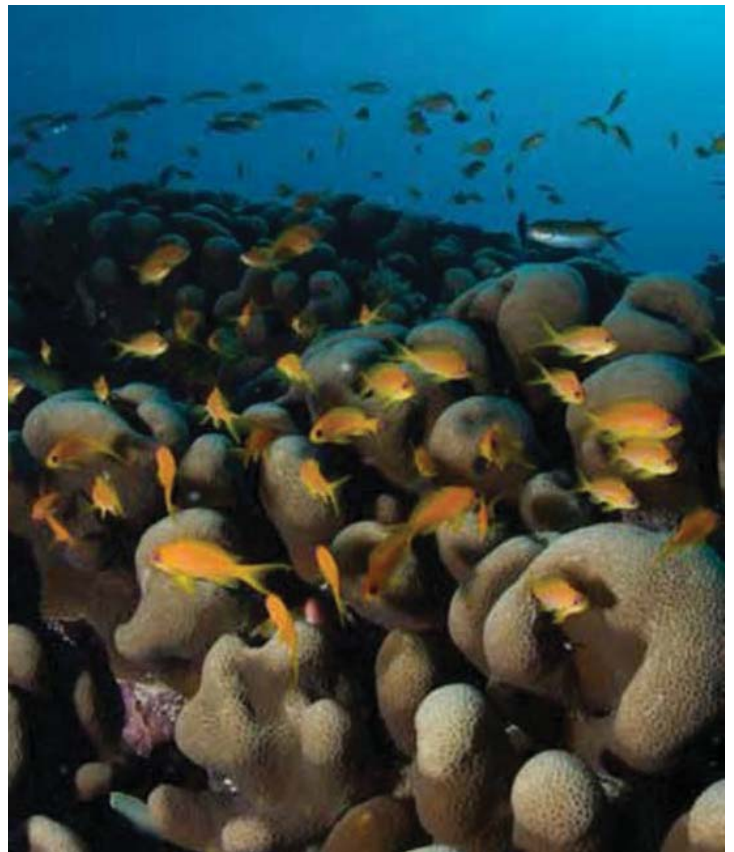
野生の海水魚の個体群数の約 32%が、崩壊か、激減か、回復期にあるものか、のいずれかに分類されていて (FAO 2010)、漁業管理が強化されている海域ではいくぶん回復しつつあるけれども (Worm et al. 2009)、世界の漁場の大多数は、深刻な経済的損失 (Arnason et al. 2009; Srinivasan et al. 2012) を招く著しい過剰設備でもって営まれている (Anticamara et al. 2011)。搾取されている海洋無脊椎動物に対する地球規模の評価も、同様の傾向を示す (Purcell et al. 2011)。乱獲が既に漁獲高を激減させ、大型魚の個体数を減少させ、局所絶滅を引き起こしている。分析では、漁獲努力と漁獲率が持続可能なレベルまで下がらなければ、世界の野生魚の漁獲量は将来において減少することが示されている (図 16.15)。また、現在の傾向が続けば、世界の海洋での中型と、より大型の魚の個体群数は減少し続けるけれども、小さな魚は捕食から解放されるため個体数を増やすだろうと予測されている (Ten Brink et al. 2010; Pauly et al. 2003)。

### 持続可能な世界シナリオ

すべての魚の個体群数を維持し得る最大の漁獲レベルにまで、漁獲努力量を下げさえすれば、持続可能な世界に向かう重大な変化を引き起こせるだろう。それには大型魚と中型魚の個体群数が回復するまでのほんの一時だけ、厳格な削減が必要となるだろう (Ten Brink et al. 2010; Pauly et al. 2003)。この期間の後、漁業は、長期に持続できるレベルに戻すことができるだろう。

陸域と海域の保護区を増やすと、食料生産に適した利用可能な土地や漁場が減ることになる。したがって、保護区を増やす

ことは、耕作地での生産方式をより効率化することや、持続可能な漁業を構築することを組み合わせた場合に限り、有効だろう。また漁獲努力量を削減する場合、初期において魚の水揚げ量が減少することに注意しなければならない。このことは、個体群数が回復するまでの間、野生の捕獲魚に対する需要が、水産養殖 (これ自身が環境に特定の影響を及ぼす)、または農産物や畜産物で置き換えられる必要があることを意味する。しかし、魚の個体群数が回復すると、魚の供給は、ピークだった 1980 年代の漁獲レベルに匹敵する長期的に持続可能なレベル



ある海水魚の個体群数は、回復できないかもしれないほど激減してしまっ。 © J Tamelander/IUCN

に成長するだろう (Ten Brink et al. 2010; Pauly et al. 2003)。

## 総合的考察：従来型との隔たりと持続可能性に至る道筋

本章のここまでで議論した戦略的な目標に関する従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオについての考察は、現在の軌道が継続するならば、2050年までに大規模な環境被害、および生態系サービスの著しい損失を招く事態になることを示している。また現在の軌道を取り続けるならば、多くの人々が、食料、水、エネルギーを持続可能に利用できない状態で取り残されるだろう。それとは対照的に、持続可能な世界シナリオは、2050年に向けたターゲットのいくつかを、社会がいかにすれば達成できるか、あるいは、そのようなターゲットを達成できるようにする軌道に、少なくともどうすれば乗ることができるかを示す。持続可能な世界シナリオで推奨される改善点は、もっと技術を多用すること、消費パターンの変更、管理の改善などに関するあらゆる種類の措置だ。一般に、現在の傾向から大きく転換することが、それぞれの課題に対して要求される。人と環境からなるシステム内には慣性があるために、温度上昇を産業革命以前と比べて2℃未満に抑える〔1.5℃特別報告書以降は1.5℃に抑える必要性が強調される〕といったいくつかのターゲットは、今後さらに重大な環境変化が起こり得ることを暗示しているということに注意すべきだ。持続可能な世界シナリオは、緩和対策を要求すると同時に、これらの環境変化の悪影響に対処または適応するための対策も求めている。

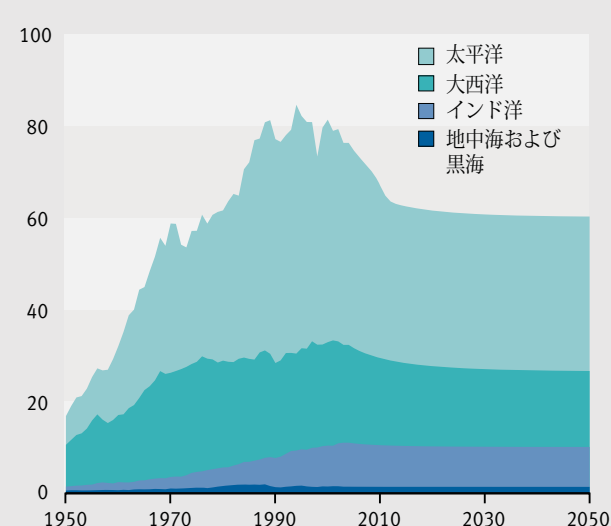
表 16.3 は、消費と生産の水準やパターンの変更など、GEO-5 のテーマ別の節で示された重要な対策の概要を示す。生産側での変更すべき点は、効率を改善して投入エネルギー量を減らすこと、投入エネルギーを切り替えて低公害または無公

害のエネルギーで生産すること、エンドオブパイプ措置、生産システムの統合などだ。消費側での変更すべき点は、食生活の転換や公共交通機関の利用を多くするといった生活様式の変更から成る。持続可能な世界シナリオに含まれるその他の対策は、環境に対する認識を高めるなどの教育に焦点を当てること、社会基盤への投資や市場の創設と強化、緩和できない環境変化に対しては適応策で対処することなどだ。諸々の対策は、図 16.2 の大転換の層と関係していて、多くの対策が外側の層に対応しているのに対して、主に教育や意識向上による行動変容のように、中央あるいはさらに深い層に対応した対策もある。

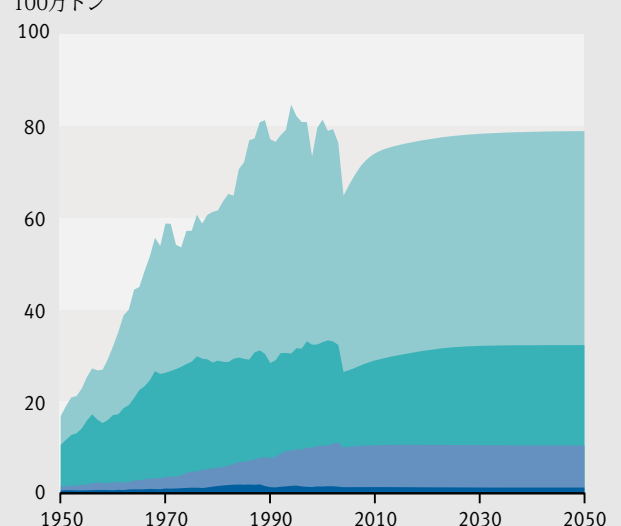
様々な目標間で重要な相乗効果が起こる。例えば、気候変動の緩和は、生物多様性に対する圧力を軽減すると共に、利用可能水量や収穫量を向上させるだろう。食料、水、化石燃料の消費を削減することは、生物多様性、水ストレス、気候変動の目的達成に必要な緩和要件を引き下げるだろう。また農業生産力を高めることは、生物多様性への圧力を低減するだろう。しかしいくつかのケースでは、特定の課題に対する選択肢が、他の課題と重大なトレードオフ〔何かを得ると何かを失う〕を引き起こすかもしれない。環境を悪化させないための政策が、人類の発展に影響を及ぼすかもしれないし、その逆も起こり得る。例えば、生物学的保護区域の創設は、土地や食料の価格を引き上げる可能性があり、また脱塩して水を生成することは、エネルギー需要を著しく増大させるだろう。そういった分野をまたぐ相互の結びつきが無視されると、持続可能性に向けた遷移の取り組みの成功が危うくなり、ターゲットの達成が著しく遅れるかもしれない。したがって、その戦略には、個別課題を重視する従来の考え方を乗り越えて、これらの相互の結びつきが反映されるより広い全体的にとらえる見方が導入されなければならない。そこで重要となることが、様々な課題向けに採用さ

図 16.15 漁獲努力量を下げると下げない場合の漁獲高、海域別、1950～2050年

漁獲努力量を維持する従来型の世界シナリオ  
100万トン



漁獲努力量を削減する持続可能な世界シナリオ  
100万トン



出典: Ten Brink et al. 2010

れた対策が、いかにすれば一体となって働くようにできるかだ。Box 16.4は、統合的なシナリオが探究される際の分析の一例を述べたものだが、持続可能な複数の開発ターゲットを達成する道筋を特定することが本当に可能であることを示す。

## 持続可能性を促進させる

2050年における従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオの間に大きな違いがあることを考えると、持続不

可能な過程や構造や習慣が支配的なままで続いていくという慣性こそが、主たる障害であることは明らかだ。現在の軌道から抜け出すには、人類の歴史に前例を見ないほどの大転換が必要となるだろう(Steffen *et al.* 2005; Takács-Sánta 2004)。それほど大きくて複雑な変化を誘導するには、時には着実では時には断続的となる遷移(トランジション)〔頁492や第7章〕のプロセスを促進していく時間と忍耐が必要となるだろう。この遷移のプロセスが進行していく間に、社会の構造とその根底に横たわるメンタルモデル〔物事に対してこうだと心に思い

表16.3 従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオ間の隔たりの概要と、隔たりを縮める重要な方策

テーマ	従来型の世界シナリオの、持続可能な世界シナリオとの隔たり	隔たりを縮めるための重要な方策の例
大気とエネルギー	<p>2050年までに、持続可能な構想では温室効果ガスの排出量を50%〔2℃目標ならそうだが、1.5℃目標なら100%〕低減することが求められるが、従来型のシナリオでは、今と比べて70%増加する。</p> <p>2030年になっても、10億人が電気を利用できない状況で生活し、ほぼ30億人が料理と暖房のために従来のバイオマスに依存する。</p> <p>ほとんどの開発途上国で、まだ大気質レベルがWHOのガイドラインを超えている。</p>	<p>部分的ではあるが、非炭素エネルギーという選択肢による貢献度を50%以上に増やし、またエネルギー効率を著しく向上させることで、年間2%増加している炭素強度の基準値を、年間4~5%の減少に転じさせる。</p> <p>電化への投資を増やす。 最も貧しい人々に対して、料理や暖房のための近代的な燃料を提供するための補助金や小口融資の制度を創設する。</p> <p>エネルギー集約的でない生活様式や物質消費を少なくするよう促す。研究と開発への投資を増やす。 大気汚染を削減する技術を使用する。</p>
土地と食糧	<p>2050年になっても、すべての子供の13~25%が栄養不良である。</p> <p>2050年までに、耕地が2010年と比較して10~20%増加する。</p> <p>2050年までに、放牧地が2010年と比較して10%増加する。</p>	<p>例えば、先進国と開発途上国の間の収穫量の差を縮めることによって、作物収穫量および全体的な農業生産性を向上させる。</p> <p>変動する気候条件にもよく適応する作物を植え、作物の多様性を促進する。</p> <p>食物の廃棄を減らす。</p> <p>食糧生産システムおよび自然資源のために、都市田園の地勢を活用できるよう改善する。</p> <p>土地利用の政策および立案を強化する。</p> <p>基盤設備への適切な社会投資、技術投資、経済投資を行い、灌漑効率の改善、栄養再循環、害虫管理などを通して、農業を整える。</p> <p>畜産物の消費を減らす。</p>
水	<p>2050年に、65億人が水ストレスを抱える区域に住んでいる。</p> <p>2030年になっても、人口の5~8%が安全な飲料水を入手できない生活をしている。</p> <p>2030年になっても、人口の17~28%が改善された衛生設備を利用できない生活をしている。</p>	<p>灌漑効率を向上させるために、調査、開発、訓練に投資する。 灌漑する区域の範囲について規制を設ける。 淡水資源を節約するために、廃水や脱塩水を活用する。</p> <p>水節約に対する義務および認識を向上させるための教育に投資する。</p> <p>安全な飲料水と廃水処理のための基盤設備に投資する。</p> <p>新技術で冷却水の必要性を減らす。 製造工業で、灰色の水を再使用するための装置や工程に投資して、水の再使用を増やす。</p> <p>気候変動の影響を防ぐための緩和政策。 雨水活用、河川の洪水調節、水の移送といった気候変動に対する適応措置。</p>
陸域および水域の生物多様性	<p>2050年までに、2010年と比較して、森林面積がさらに減少する。</p> <p>絶滅の速度は、化石記録から割り出される速度を明らかに超えている。</p> <p>世界の魚は持続可能なレベル以上に漁獲されている。</p>	<p>主に、テーマである土地に関する選択肢を用いて、土地にかかる圧力を下げる。森林管理を向上させる。</p> <p>主要な陸域および水域の生物多様性を保護する。</p> <p>世界の漁獲努力量を削減する。</p>



## Box 16.4 持続可能なシナリオについての統合的な地球規模での分析

このシナリオ評価は、他のテーマとのトレードオフやコベネフィットの可能性だけでなく、従来型のシナリオとの隔たりや持続可能性に至る道筋についてテーマ毎に検討している。しかし、テーマ間の相互の結びつきを、統合的な方法でさらに分析することが大切だ。ここでは、地球規模の Threshold21 (T21) モデル (Bassi et al. 2010) を用いて、必要とされる投資や、多部門に及ぶ介入の間でのトレードオフや相乗作用に、焦点を当てることによって、表 16.1 に設定された目標をいかにして達成するかを検討する。2050 年までの代替的な 2 つの持続可能な世界シナリオが、従来型の世界シナリオと比較される。シナリオ A は、目標を達成するために技術や生産の大転換に追加投資することにもつぱら焦点が当てられる。シナリオ B は、生活様式に変化を加えることで、いかにしてそのような投資を削減するかに焦点が当てられる。

シナリオ A は、2011～2050 年の間に GDP の約 2% を投資することが、持続可能な開発に必要な転換をもたらすことを示す。その投資による介入は、建設、製造、輸送におけるエネルギー需要の削減 (投資の 38%)、より多くの再生可能なエネルギー源への転換 (31%)、環境を損なわない農法による食料生産の増産 (10%)、漁業資源の再建 (8%)、森林 (3%) や水 (10%) の持続可能な管理などの取り組みだ。したがって、このシナリオによる気候目標の達成には、最も高い投資が必要となる。エネルギーと農業部門での対策は、温室効果ガスの大気中濃度の限界を 450ppm とし、それを越えないレベルに排出を削減する。また T21 では、自然資源をより持続可能に管理することで、主要な自然資源を回復させたり、その枯渇を大きく緩和する (表 16.4)。シナリオ B は、生活様式を変更するこ

とで、輸送、暖房、冷却などに要するエネルギーが減り、かつ水やバイオマスに対する需要も減って、製造や技術への投資の必要性が、GDP の約 1.2% 低下することを示す。ただし生活様式を変更するために必要な費用が計上されておらず、少なくとも情報を伝えるための費用が発生することに注意を要する。

いずれのシナリオにおいても、追加投資による相乗効果は、環境を持続可能にすること、ならびに自然資源の劣化が経済の生産性に及ぼす圧力を低下させること、に重点が置かれた。全体的に見て、T21 モデルによるマクロ経済的な効果は、持続可能性の目標を達成するための投資が、従来型の世界シナリオより多くの仕事を生み出し、GDP をより大きく成長させることを示している。遷移に対する投資が通常そうであるように、より環境にやさしい投資へ転換されると、初期においては成長の速度がわずかながら低下するけれども、A や B シナリオの GDP は、2030 年までには「成り行き」予測による GDP を追い越すだろう (UNEP 2011c)。これは重要な結果であるが、不確かな要素もある。というのは、他のいくつかのモデルにおいては、化石燃料とそれに代わる再生可能エネルギーに要する費用、環境変化による影響、投資の増加への対応、などによっては、GDP にマイナスの影響が出ることが示されているからだ (Bassi and Eaton 2011; Clarke et al. 2010; Fisher et al. 2007)。統合的アプローチによる農業と林業の間に起こる相乗効果などの分野横断的な影響について気付くことによって、社会経済と環境の間の相互依存の根底にある複雑性や、GEO-5 の目標を達成するために相互調整されたプログラムや投資の必要性について、一層理解できるようになる。

表 16.4 重要な指標に対する Threshold 21 シナリオの結果

	2011年		2050年	
	従来型の世界シナリオ	従来型の世界シナリオ	持続可能な世界シナリオA	持続可能な世界シナリオB
<b>経済部門</b>				
年間の実質GDP、10億USドル	69 363	155 192	190 428	181 762
年間一人当たりGDP、USドル	9 996	17 472	21 166	20 217
追加投資、年間10億USドル	0	0	3 712	2 133
<b>社会部門</b>				
総人口、10億	7.0	8.9	9.0	9.0
1日当たりの1人当たりカロリー	2 787	2 981	3 348	3 234
1日当たり2 USドル未満で生活している人口、%	19.5	11.1	8.9	9.4
人間開発指数	0.60	0.67	0.71	0.70
雇用総数、100万人	3 186	4 624	4 689	4 612
<b>環境部門</b>				
森林面積、10億ヘクタール	3.9	3.7	4.5	4.5
廃棄物の発生量、年間100万トン	11 242	13 855	14 497	14 338
バイオキャパシティに対するフットプリントの割合	1.5	2.1	1.1	1.2
一次エネルギー需要、石油換算で年間100万トン	12 956	19 733	13 421	12 470
一次需要に占める再生可能エネルギーの割合、%	13	13	27	26
化石燃料からの温室効果ガス排出量、年間10億トン	32.1	52.0	18.9	20.6

浮かべるモデル』が検証される必要があり、そのいくつかは段階的に廃止され、他のいくつかは積極的に導入される必要がある。これらの根底に横たわるメンタルモデルは、大気と気候変動、土地、水と生物多様性、資源効率、廃棄物管理、についてのターゲットに求められる軌道と整合しているべきだ。諸々の変化が、社会の物質代謝『物質を取り込み利用し廃棄する作用』、特に国々が望ましいと思っていない軌道に今の国々をつなぎとめている要素や原動力を、事実上大転換しなければならない。世界を持続可能な状態へと導く軌道を現実のものとするために必要となる諸々の変化は、多様でなければならず、かつ物の見方(マインドセット)を物質的ではない価値観に転換させることによって生じる生活様式の変化と併せて、人口動態、技術、ガバナンス、投資、への対策と、組み合わされるべきだ。またそれらの変化は、持続不可能な傾向が続いていく慣性を打ち砕くための十分な影響力を提供する必要がある。

多様性は、複雑な適応システムの構造や機能を理解する鍵であり、ストレスに対抗するレジリエンス(強靱性)を増強する鍵だ(Innes et al. 2005)。効果的な介入は、社会と文化、環境と開発といった文脈に依存して異なるので、対応する能力には多様性が求められる。また生物多様性、気候変動、その他重要な環境問題に関して、最近の数十年にわたって多くの対策が失敗してきたが、多様性は、レジリエンスの強化に役立ち、対応のうちのいくつかが失敗した場合でも、一種の保険を提供する(Sept 2005)。

また対応を地元固有のやり方や経験に立脚させることは、多様性を構築するだけでなく、特定の環境に直に接する中で発展してきた知識を活用できるようにする。本節は、国、コミュニティ、またはその他の地方政府などが、特定の地域の立場から

環境問題に取り組む際に、その対応する仕組みを自分たちで構築するといった地域規模のレベルでの取り組みに焦点を当てる〔本章は「地域」規模で第17章は「地球」規模が対象〕。コミュニティ、企業、市民社会、その他の主体が自らを組織化する潜在力は、ネットワークを構築すること、ガバナンスの規模を問題になっている生態系の規模に一致させること、イノベーション(技術革新など)や活動を促進すること、によって強化できる(Berkes et al. 2003)。

諸々の対応策がどのように相互作用するのか、つまり互いに支え合うのか、制約し合うのかということに注意を払うことは、難しいことだが、ますます重要になっている。生態系サービスの場合、そのことの重要性が認識されるようになってきていて、一つを強化するために、一つを低減しなければならないということが起こり得る。例えば森林の炭素隔離や生物多様性の価値を最適化するために、鉱物を採掘できる潜在的価値を犠牲にしたり、その逆が起こるかもしれない(Rodríguez et al. 2006)。同時に、対策が多様であるならば、森林保全による炭素隔離と生物多様性とのコベネフィットといった複数の恩恵を生み出す対策が支援され、相乗効果が見いだされる機会が増える(UNEP 2011b)。

地域規模レベルの対応は、多様性があり、地元の状況に根ざしているであろうが、持続可能性を促進するためには、いくつかの共通する戦略的な要素を特定することが重要だ。本節は、次の4つの戦略的な要素について述べる。

- 説得力のあるビジョンと社会契約
- 持続不可能なものを反転させる
- レバレッジの適用
- 順応的ガバナンス



UN-REDDプログラムの対象国の一つであるエクアドルは、そのREDD+の準備を整えるにあたって、社会と環境に対するコベネフィットを優先している。© Elena Kalistratova/iStock



こういった戦略的な要素は、地元から国や大陸域に至るすべてのレベルにわたり、最も広範な地理的条件下でも、テーマ別条件下でも、特定の政策措置を開発し実施できるよう、情報を提供しかつ導いていく。またいくつかの場合には、それらは地球規模でも適用でき、第17章で述べる国際的な優先度の高い対応を実施する際にも当てはまる。

## 持続可能性という説得力のあるビジョンによる社会的コンセンサス

国際的に合意された目標やターゲットに向けて遷移(トランジション)を開始し、管理していくには、はっきりと表現されたビジョンによって、明確に定義された方向性を設定することが必要である。すべてのレベルの政府やその他の組織は、環境的に持続可能となる将来についてのまとまりのあるビジョンを提示する作業に、社会を関与させる能力を開発すべきで、そのビジョンが提示されることによって、慎重に合意された社会契約、部門別・テーマ別の戦略、および政策の形で、新たな社会的コンセンサスが形成され実行されることが可能になる。

公的機関や民間組織の経験に基づいて、環境的に持続可能となる将来のビジョンを開発することが、望ましい方向へと進展していくための効果的な方法である(Costanza 2000)。共有されるビジョンを作成することが、環境の戦略的な政策を策定し管理していく上で、必須の要素であると同時に、過小評価されてきた要素でもある(Meadows 1996)。多くの場合、現在の公的機関は利害関係者(ステークホルダー)の意見に頼って、正当で信頼できるビジョンを構築する能力が限られていた(Walker et al. 2006)。「サステナブル・ライフスタイルに関するグローバル調査(Global Survey on Sustainable Lifestyles)」もこのことを認識し、グローバルな環境問題と個人の行動の間を結び付けるべきものが欠落しており、それを結び付けるものかという実用的で総合的で説得力のあるビジョン]であると結論付けた(UNEP 2011c)。

社会、経済、環境のそれぞれの問題の間を結び付ける、持続可能な社会についての一貫した明確なビジョンが欠如している状況であるために、多くの場合、諸政策は、数値化された経済目標が提示されると、環境目標や社会目標を犠牲にする不利益なトレードオフを実施している可能性がある。その結果、一つの持続可能性の問題に取り組んでいても、たいてい他方で、長期に渡って持続する複雑なリスクを生み出す本当の意味での損失を、別の部門、コミュニティ、地域、または別の世代、にさえも引き渡している(Loorbach and Rotmans 2005)。

ビジョニングは、国際合意された世界的な目標とターゲットを同時に達成するために必要とされる、広範囲の取り組みの実施を検討するために重要であると共に、経済的、社会的、生態的な様々な条件下で、地域規模の戦略的な視点から、環境の将来について議論するためにも重要だ。ビジョンの力は、方向性

を提供し、進路を定め、解決策に気付き、不確実性を探究するために用いられるが、将来に対する見方や展望について明確に示すことを求められる地域規模での取り組みが増えたことによって、ビジョンの力がますます認識され例証されてきた。次にいくつかの顕著な例を示す。

### ● 資源効率の改善で得られる大陸域の見通し(ビジョン)

UNEPと大陸域のパートナーたちは、経済が急激に工業化していくアジア太平洋地域において、資源効率を改善することが、生態系の健全性を維持することにどれほど役立ち、また必要不可欠な生態系サービスを提供することに、どれほど寄与できるのかを見通すことができる概観報告書を作成した(UNEP 2011b)。

### ● 州や都市レベルでのシナリオのビジョニング

アメリカのミネソタで、定性的なビジョニングと定量的なモデリングを組み合わせた手法が用いられ、広範囲からの参加を呼び起こした。その一連の行為の目的は、持続可能性に関して地域の指導者が戦略的な意思決定を行えるよう手助けすること、関連する知識や調査の欠落点を特定すること、システム思考を政策の策定や立案に導入することだった(Schmitt-Olabisi et al. 2010)。インドのゴア州の州都であるパナジとその周辺地域のために開発された斬新な100年ビジョンは、ラーバニズム(RURbanism)『都市と田園の共生するライフスタイル』の概念を、資源利用の観点と、人々の幸福度を取れんさせる観点到に用いて、都市と農村の開発を統合させるものだ(Revi et al. 2006)。

### ● 特定の環境問題の解決策に焦点を当てたビジョン

クウェートでの深刻な水不足に取り組むために、一つのビジョンが開発された(Al-Damkhi et al. 2009)。ヨーロッパの特定の地域(Matthes et al. 2006)や北アメリカの都市(Metro City of Vancouver 2011; Danish Architecture Centre 2011)では、排出量の削減や低炭素を可能にする将来へと向かうための道筋が開発された。

ビジョンを開発することは、定量的なモデルに基づく予測と、定性的で規範的に表現された将来望まれるものとの間に、創造的緊張(creative tension)を引き起こす(Schmitt-Olabisi et al. 2010; Patel et al. 2007; Strauss 1987)。ビジョンとは、それがなければ拡散した力のままであるだろう、社会が持っている自己組織化する斬新な力を、導びいていく「動くターゲット」とみなせる。ビジョンは、具体的な将来のイメージであって、目標と異なり、目標の設定や達成に必要とされる厳密な定義に束縛されることはない(Jaeger et al. 2000)。

ビジョンを開発する場合、持続可能性の問題の、複雑に結び付いている生態、社会、経済、倫理、制度のそれぞれの側面をとらえるために、諸々の政策テーマを統合する作業を確保することが不可欠であり、また同時に地球システムのような非線形な自然や社会のシステムにおいて、本来起こり得る予期せぬ事態、臨界閾値、突然の変化などの不確実性についても考慮することが必要である(Swart et al. 2004)。またビジョニングの過



程は、人の意思決定を重要な調整要素として考慮すべきである。というのも意思決定によって、人々のニーズ、欲求、脆弱性、価値観が、形成され再生され再構築されていくが、それがこの世界の消費、社会目標、制度の刷新、社会的学習、代替となる将来に対する見通し、に光をあてるために必要不可欠であるからだ(Robinson 2004; Swart et al. 2004)。

総合的な参画型のビジョニングの作業は、それが繰り返し行われ、政策の開発や適用を支援し、かつその作業を管理する十分な能力を持つ制度化された文化に組み込まれる場合に、最も有効である。ビジョンの要素を制度に組み込むことは、法的および行政的な手段を通して行うことができる。しかし、そのような措置を実現可能にする政治的意志を創出し維持するには、上で詳しく述べた持続可能性のシナリオに含まれる生活様式の変更を社会が採用するよう誘うなど、一層多くのことが必要となる。

ドイツ連邦政府の地球気候変動諮問委員会によれば、低炭素経済へ遷移させる行動計画を正式なものにする承認は、新たな社会契約の形で達成されることができ(WBGU 2011)。その委員会の主張によれば、そのような社会契約が必要になるのは、地球システムの安定を脅かすものに対しては、諸国家とそれらの国の国際的なコミュニティ(業界、科学界、市民社会、さらに個々の人々でさえ)が、技術改革や官僚改革の域を越える変化でもって、対抗していく連帯責任があるということに基づく。将来についての建設的なビジョンを中心に置いて、そのビジョンに合致する成果が出る方向へ遷移のかじ取りが行われ、具体的な進展が達成されるように、政治、経済、社会、科学の間での新しい形の相互作用が、創造性、資源、能力、正当性、政治的意志を結び付けるよう定義される必要があるだろう。

社会契約は、社会を形成するために、人々の道徳や政治的な義務を決定する、人々の間でなされている契約または合意だ。ソクラテスは古代において社会契約を最初に提案した者として知られており、その概念はほとんど哲学と同じくらい古い。社会契約は様々なレベル、様々な形で存在でき、特定の利害関係者に対して様々な義務を大まかに示すことができる。例えば、科学に対する社会契約は、科学界には、地球システムおよび地球の公共の利益、に関する根本問題に取り組むことに、組織を挙げてその創造性を注ぎ込む責務がある、ということに重点を置く必要があるだろう(Lubchenco 1998)。しかし社会契約は、その他の部門では別の形をとることも可能だろう。林業や農業などの部門において、生産物とその生産過程の持続可能性を重視することが標準化されるよう、その運営の全体的な枠組みを国家が提供し、その細部を NGO や企業や消費者団体が仕上げて体系化するということが、一種の社会契約として、提案されている(Giovannucci and Ponte 2005)。

社会契約は短期課題と長期課題の両方に対処する必要があるだろう。ノーベル賞受賞者たちが、ストックホルムメモによ

って次の二つから成るアプローチを要請した。短期課題として、欠陥のある現在の制度的枠組内での、最も差し迫った環境問題とそれらの駆動要因に対処する緊急の解決策を要請し、長期課題として、現在の障害を無くして、イノベーション、学習、行動を引き起こせる環境を構築するために、制度的枠組そのものを転換させることに重点を置くよう要請した。受賞者たちは、短期的にはミレニアム開発目標(MDGs)の達成に重点を置き、長期的には、それらの目標達成に必要な投資と能力構築を拡大させるための、先進国と開発途上国間での新たな合意を形成するよう要請している(Royal Swedish Academy of Sciences 2011)〔訳注：MDGsは2016年から持続可能な開発目標SDGsに統合された〕。

## 持続不可能なものを反転させる

国際合意されている持続可能性の目標とターゲットに向けて遷移させるには、斬新な手段や政策を導入するだけでなく、遷移が起こることを妨げる既得権益を強める政策や慣行を速やかに段階的に廃止することも必要だ。

何をやってはいけないかを学ぶことは、必要なのに、多くの場合、無視されているが、それは持続可能性に向けて改善する枠組みを作るための前提条件で、特に、複雑な社会-生態システムに対して統合的で持続可能なガバナンスを行うための前提条件である。単純なイデオロギー議論を避けて、持続可能性に向けて改善する枠組を、科学、教育、政策の話し合いに取り入れる際の制約と機会について理解しておくことは、持続可能な世界に向かって前進するために不可欠だ(Tabara and Pahl-Wostl 2007)。しかし、既存の政策や慣行を段階的に廃止することは必ずしも容易ではない。諸政策が諸々の依存関係を作り出しているため、政策の中止は、経済やその他の既得権益を傷つけることになって、調整が行われるだけで終わってしまうかもしれない。それでも、持続不可能な政策や慣行を中止することで、資源を解放し、世界を持続可能な軌道へと導く斬新な手段に満ちた新たな領域を創設することが可能になる。

既存の持続不可能な措置で、段階的に廃止すべき一つの重要な分野は、逆効果となっている政府補助金だ。これらは農業、エネルギー、輸送といった部門で広範囲に行われ、持続不可能な活動を促進している(van Beers and van den Bergh 2009)。補助金は、「行政による個人または企業への支払いであり、その趣旨は、理論的には、外部性〔個人や企業の行動が市場を介さずに第三者に与える影響。ここでは良い影響〕を内部化して、社会的な費用と便益の間の乖離を減少させるもの」だ(Myers and Kent 2001)。補助金は、市場だけでは十分に供給されそうにない公共財の供給など、社会的に望ましい効果を生み出すことができる。またそれらが適切に設計され適用されれば、グリーン産業やグリーン技術の立ち上げを経済的に競争力のあるものにする上で手助けとなる投資を提供できる(Bagstad et al. 2007)。しかし、すべての補助金が、国際合意された目標やターゲットに向かう進展を支援するとは限ら

ない。いわゆる「間違っただけ」補助金がある(Myers and Kent 2001)。特に経済活動の規模や汚染強度を増大させることによって、個人的および社会的な費用と便益の間の乖離を強めてしまう補助金や、また多くの場合、成り行き経済において既得権を持った少数者に経済的利益をもたらすだけで、明らかに社会的便益の埋め合わせを行わないものがある(van Beers and van den Bergh 2009, 2001)。例としては次のようなものだ。

- 自然の生態系を犠牲にする生産強化や農地拡張を促進する農業助成金。そういった措置の多くは、予防的考え方が取られないために、生物多様性や生息地に著しい悪影響を及ぼす(Robin et al. 2003)。
- 化石燃料補助金は、温室効果ガス排出を増やして、気候変動を強める。これらの補助金は、多くの場合、貧困層がエネルギーに要する費用を、低く維持できるようにすることを目指しているが、結局は主として中所得世帯から高所得世帯を利している。例えば、2008年にインドネシアの経済省は、高所得家庭の上位40%が、補助金の70%から利益を受けている一方で、低所得家庭の下位40%は、補助金の15%から利益を受けているに過ぎないと結論付けた(IISD GSI 2011; IEA 2008)。
- 道路輸送に対する補助金。補助金を交付された道路工事が直接的に生息地を破壊し、自動車内で燃焼する補助金交付を受けた化石燃料が、大気汚染や気候変動を大きくする(Myers and Kent 2001)。

既存の持続不可能な慣行を中止することは、長く不安な作業かもしれないが、持続可能な行動へと転換させることにつながる。持続不可能なものを反転させた例は、海洋漁業において1989年署名の南太平洋での大規模流し網漁法を禁止するウェリントン条約の運用に見ることができる。この種の漁法は、その非選択性と混獲の多さのために破壊的だ。流し網漁法は、特に1980年代に広く用いられ、魚種資源、特にピンナガマグロを脅かした。当初その条約は、遠洋漁業を行う諸国家で緊張を生んだが、海洋環境への圧力と漁業の経済的利益とをうまくバランスさせて、公海上での完全な流し網漁法の世界的禁止が採用されるに至った(Techera 2011; Hewison 1993)。国際捕鯨取締条約(ICRW)は、初めはクジラ製品の供給過剰を防ぐことを目的としていたが、クジラ保全の極めて重要な手段へと変わったのであり(Maffei 1997)、もう一つの例として挙げることができる。クジラに対するそのガバナンスの制度は、自然資源の消費を主とする搾取(捕鯨)から、ホエールウオッチングやその関連の観光事業など、資源を消費しない形での使用に移行させることで、事業をより持続可能なものとし、物の見方に変化をもたらすことに寄与した。

持続可能性を押し進めるには、複雑性と不確実性について認識しておくことが必要なだけでなく、行動を起こすことを可能にするための、知識創造や集合行動の、標準的なパターンを開発しておくことも必要だ(Mangalagu et al. 2011)。持続可能性へと遷移していくには、各個人の行動を制御し調整している慣習、制度、社会構造における大転換が必要であるのと同様

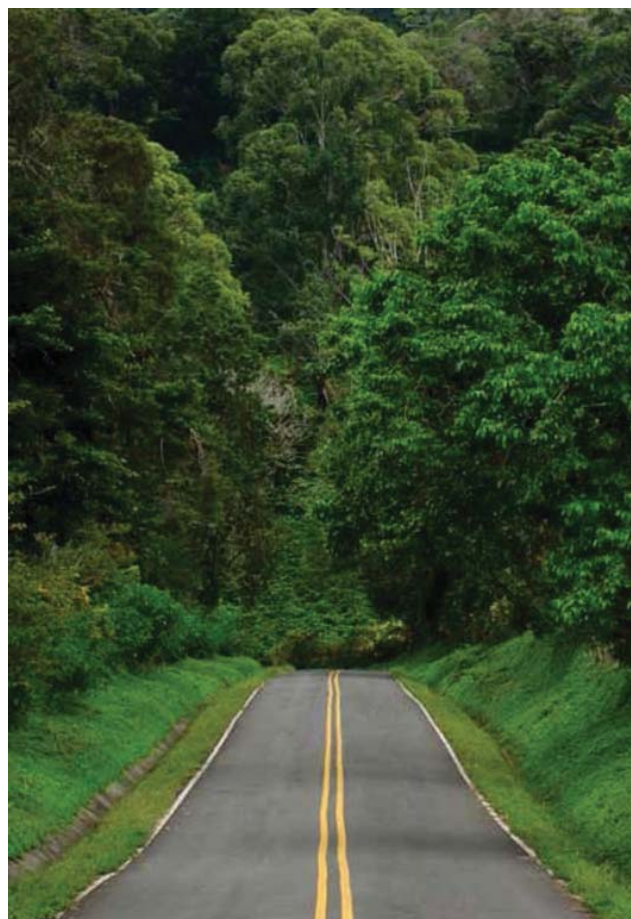
度に、ものごとの理解、解釈の枠組み、より広い文化的価値観、の本質的な変化が必要となる。これに関連して、人々や企業や政府が、「客観的事実」と、特定の利益を推進するための真実であるかのように提示された「意見」との違いを、容易に識別できる能力のレベルにまで到達していること、かつその客観的事実の方を信頼して、情報に基づいた決定を下すことが必須である。ここにおいてこそ教育が最重要になるのであり、教育は多様な知識を活用して情報をやり取りすることに加えて、諸々の課題や解決策について意識を向上させる。

持続不可能な政策や慣行を転換するか、段階的に廃止することが必要不可欠だ。しかしそれは、ほんの第一段階に過ぎず、もっと広い市民社会との関わりや、伝統的知識や新たな形の持続可能性の科学を組み合わせた解決策に取り組む投資が伴わなければならない(Bäckstrand 2003)。また持続不可能な慣行を転換するには、地球が有する資源の枠内で運用していくための知識や慣行を社会へ提供することも併せて行う必要がある。

## レバレッジの適用

国際合意された目標やターゲットを達成するには、政策決定者が、次のような多種多様な政策や手段を設計したり実施する介入を行って、レバレッジを適用するのに有利な場所(レバレッジポイント)を捜し求めることが必要だ。

- 持続可能性の本質と合致する方向へ、物の見方の転換が起こるよう促進する



パナマのチリキ高地の熱帯雨林を貫いている道路。熱帯雨林を通る道路網の増加は深刻な環境問題だ。 © Alfredo Maiquez



- 持続可能な慣行を前進させるように規則やインセンティブを変える
- 環境圧力を抑えるためフィードバックを起こして調整する。

従来型の世界シナリオと持続可能な世界シナリオを比較することで、目の前の問題が明確になる。世界経済が不安定でミレニアム開発目標の多くが達成されない状況の中で、世界の進む道筋を持続可能性へと向かわせるよう速やかに調整するため、消費パターンにおいて、また自然資源の取り扱いにおいて、エネルギーの生成方法や使用方法を社会システム全体にわたって至急転換させる必要がある。要は、無駄にしている時間もお金もない。しかし、持続可能性に関する状況が危機的であることは、問題とその根底にある原因およびそれらの間の関係についての認識と理解を深めさせ、解決に向けて推進させる手助けになるかもしれない。将来に向けた政策の取り組みは、特に、根底に深く組み込まれている駆動要因（第1章）に対処すること、また長期変化に向かって進んでいくよう目標を設定し調整することによって、人ができる範囲で最大限に効率的で効果的でなければならない。

深いレベルでの大転換が進展する速度は、速くはないだろうけれども、システムのさほど深くはないレベルでの変化と進展を促進できれば、深いレベルでの変化を促進する状況を作るのに役立つだろう。ここで強調しておくことは、わりと容易にアクセスして影響を及ぼせるレベルでの政策介入と、別のより深い分析、調整、構造変化を引き起こす政策介入とを併用する、多様な組み合わせを構築することの重要性だ。

図 16.2 で大転換の3つの層を紹介したが、そこにはレバレッジポイントが見いだされるかもしれない、これ（レバレッジポイント）は、政策決定者が持続可能性への遷移を管理するための、実戦的指針を提供する。これらのレバレッジポイントのそれぞれに介入を行っているか否かを顧みることによって、政策の力点を拡大させたり多様化させることができ、より弾力的で敏感に対応する統合的戦略を生み出すことができる。次に、いくつかの例を挙げるが、持続可能性を実現する遷移の中心に位置するものから始める。

### 物の見方を変える

持続可能性を実現する遷移の中心では、諸問題そのものがどのようにして形成されるのかを決定する、批判的省察『自己の知識や認識を支えているルールやシステムの前提が妥当か否かの評価』や、物の見方の変化や目標の変化が起こっている。ここでいう物の見方とは、個人が持っている物の見方と、社会の集団、文化、国家、または人類が共有する全体として物事に対してどのように取り組むかを決定する物の見方、との両者を指す。持続可能性を実現する遷移のプロセスにおいて、物の見方の重要性を認識することで、根底にある思い込みを顧みて分析し、共有されている価値観を特定し、共通の基盤を育成する機会が得られる。これらはいずれも、変化をもたらすために必

要な、共有される目標や説得力のあるビジョンを明示するのに役立つ。次の例を考察すること。

- **持続可能な開発のための青少年教育** 小中高등학교という成長している若い年齢の人々に、持続可能性の原理を紹介することで、複雑な問題解決の力が養われ、変化することは可能でありかつ望ましく、また持続可能な世界を本当に達成できるという確信を教え込むことができる。「国連持続可能な開発のための教育の10年」(UNESCO 2011)は、この点に関する国と地方の取り組みを促進しようとする世界的対応の一例だ。学校が持続可能性をカリキュラムに組み入れるよう手助けする政策的介入によって、物の見方が変わる可能性がある。
- **ソーシャル・マーケティング** 世界には、製品やサービスの広告があふれる一方で、持続可能性の原理、ならびに健康や余暇、友人や家族との時間といった、幸福の非物質的な側面を広める公衆への情報発信が欠けている。広告やマーケティングは、製品やサービスの情報を大衆に届けるのに適しているが、持続可能な将来に向けて行動を変化させることが（水やエネルギーの節約、エコ製品の使用など）極めて重要であることを伝えるために、広告やマーケティングの規則や道徳規範を変えることが、物の見方を変える可能性がある。
- **GDPを越えるもの** ノーベル賞受賞者である経済学者のジョセフ・スティグリッツ(Joseph Stiglitz)とアマルティア・セン(Amartya Sen)が、フランスのニコラス・サルコジ大統領から、経済の実績と社会の進展度を測る方法について調査するよう委任された。スティグリッツ=セン委員会は、重点項目を、経済的生産高を計測することから、人の幸福やその幸福の持続可能性を計測することへ移行させるよう求めた(Stiglitz et al. 2009)。委員会は、不安定性、不平等、危険なレベルの環境被害にどれほど接近しているかなどの側面だけでなく、健康状態、教育、個人の活動、環境の状況、社会的つながり、政治的発言などについても計測することの重要性を強調した。こうした物の見方の変化によってもたらされた大転換の一例が、ブータンの国民総幸福量という指標であり、果てしないGDP成長に単に注目するよりも、幸福の増大に注目することが国の優先課題となっている(Government of Bhutan 2011)。

### 規則やインセンティブを変える

システムの変化を深く持続させるように調整することは、一つの道筋だけでできるものではなく、その過程も直線的ではない。例えば、システムの規則は、多くの場合、物の見方が変化することが原因となって制定されるが、制定されると今度は、物の見方が転換するのを助ける働きをする。システムに介入するこの段階で重要なのは、それらの変化や転換の前兆となる信号を正しく理解することだ。規則やインセンティブは、構造に変化を引き起こすことができるので、時間をかけてシステムの挙動に強い影響を及ぼし、それを保持し続ける、大転換をもたらすもの（ゲームチェンジャー）であると言える。





森林管理協議会の認証の下で作業している、ブラジルのアマゾンの中にあるリオブランコ製材工場。第三者森林認証システムは、地域社会密着型の森林企業の市場参入を向上させると共に、持続可能な慣行を促進し、生産物の二酸化炭素排出量を減らす方策として用いられつつある。© Antoine Lorgnier

立法、課税、補助金、市場原理などの政策手段を用いて、環境の状態に悪影響を及ぼしている特定の駆動要因が転換するように仕向けることができるが、より影響力の大きい駆動要因が転換するほど、その変化はより全体的なものになる可能性がある。多くの区域で既に実施されている汚染課徴金のようないくつかの政策手段は、排出量を削減する直接的なインセンティブを生み出せる。しかし別の方策でもっと大規模な影響をもたらそうと思えば、物の見方のより深い部分での転換が必要だろう。例えば、「生態系サービスに対する支払い」という仕組みがそれで、通常は費用便益計算から除外されている生態系の機能に価値を与えて、その対価を官民から直に支払わせるといった経済モデルを主流化しようと試みる一連のアプローチだ (Milder et al. 2010)。生態系サービスに対する支払いは、例えば中南米とカリブ諸国で進められている (Wunder 2007)。

### フィードバックを起こして調節する

システムのさほど構造的に組み込まれていない (構造のより表層に近い) 部分を狙った介入でも、特にそれらが大衆行動に触媒作用を起こす場合、その介入は持続可能性を実現する遷移の達成に寄与できる。フィードバックを強化するための介入は、「以前には情報が伝わっていなかったために、人々に異なった行動をさせていた場所に情報が伝わる」ように設計される (Meadows 1999)。そのようなフィードバックは、環境圧力を緩和するための証拠基盤 (evidence base) を提供する。その例は次のようになる。

- **家庭用の水やエネルギーの測定** 電気や水の消費量を示す家庭用デジタルメーターは、個人の行動に大きな影響を及ぼし得る。例えばアルメニアでは、メーター設置後すぐの水消費量に関する研究で、水の使用量が平均して 1/3~1/4 に減少することが明らかになった (OECD 2008b)。
- **製品にラベル表示する** 製品の二酸化炭素排出量、森林

管理の認証、海洋管理の認証などの情報を提供することは、消費者行動に影響を及ぼし、諸部門にまたがる大転換につながるることができる。例えば、海洋管理協議会 (MSC) は、持続可能な海産物としての認証基準や要件を提供している。2011 年時点で、天然魚の総漁獲高のほぼ 6% に相当する、133 の漁場が MSC 認証されている (MSC 2011)。

- **コミュニティ指標システム** 『地域の主体たちが地域にとって重要な諸課題を追跡するために使用できるオンラインプラットフォーム』 クオリティオブライフ (生活の質) についての優先度の高い側面を特定する作業や、長期にわたって進捗を追跡するための指標を特定する作業に、多様な利害関係者が関わる形でコミュニティが取り組むことで、それらのコミュニティ内の協力行動や大転換に影響を及ぼし得る重要なフィードバックループが作られる。2011 年の研究 (US-GAO 2011) で、米国政府監査院は、コミュニティ指標システムは「システムの開発作業を通して、また指標システムが既に機能している場合はその活動を通して、市民参画を促進する手段」であり、「政府内外の様々な団体の連携を促進することで、コミュニティや国の諸問題への取り組みを助け」、「長期の問題への解決策を提供する」ことを明らかにした。米ネバダ州のリノとスパークスにおける複数のコミュニティによる一例は、「トラッキー・メドウズ・ツモロー (Truckee Meadows Tomorrow) のクオリティオブライフ指標」だ (TMT 2011)。

### 順応的ガバナンス

人類にとって地球環境の安全域の限界点である惑星限界 (プラネタリーバウンダリー) を超えつつあることが認識されると、遷移管理に着手すると共に、国際合意された目標やターゲットを達成するために、順応的ガバナンスという新しいやり方が必要になる。

本分析は、持続可能な世界シナリオへと向かう遷移に至る道筋を実現することは可能だが、そのためには、広範囲の非常に複雑に互いに関連している諸問題を、同時に切り抜けていく必要があることを明らかにした。本来、幸福を追求し、自然資源を不可欠なものとして使用するこの社会は、様々なシステムが互いに作用して順応していく複雑適応系（complex adaptive system）であり、突然の衝撃やゆっくりと変化していく圧力に応じて自己組織化する創発能力『部分の性質の単純な総和にとどまらない性質が全体として現れる能力』を人々と生態系の両方に生じさせている(Liu et al. 2007)。またそのようなシステムは、決して膠着状態にあるのではなく、徐々に進行する適応、再構成、変更、改定、再構築といった過程が常に行われていて、長い安定または平衡の期間がある中で、短期間に急激な変化が訪れる (Grin et al. 2010; Loorbach 2007)。

このように予測が困難な状況では、失敗しないための青写真を作成したり、最適な政策をつくることはほとんど不可能だ。その代わりに必要とされるのは、政策の効果を注意深くモニタリングしながら、人々を巻き込んで試行錯誤して学習していくプロセスと、設定された目標に向かう軌道に整合するように重大な選択や改善を行う能力である。私たちの社会は、青写真を用いた柔軟性のないやり方ではうまくいかないことを既に経験していて、それに代わる、より順応性があるレジリエンスの構築に役立つ政策や戦略を立てる経験知と洞察力の両方を獲得しつつある。「レジリエンス思考」は、社会-生態システムの有する3つの側面である、レジリエンス (resilience)、適応能力 (adaptability)、変容能力 (transformability) をその中心に据える。「レジリエンス」は、国家や生態系などのシステムが、環境の安全な限界内で、変化に適応し、不測の事態に対処し、その基本機能と構造を保持していく能力を指す。「適応能力」は、レジリエンスの一部で、変化していく外部の駆動要因や内部の作用への対応を調整して、安定した領域内で、望ましい軌道に沿った開発が行われるよう誘導していく能力を指す。「変容能力」は、閾値を超えて、新しい開発軌道に乗り、かつ持続不可能な行動を止め、設定ターゲットへと向かう、より良い道筋を立案する能力を指す(Folke et al. 2010)。

これらの概念を実践するための関連する新しいアプローチがいくつか生み出されていて、順応的管理、持続可能性への遷移管理、順応的ガバナンス、順応的政策立案などがある。その各々が適するそれぞれの得意分野や規模があり、また共通の特徴もある。1980年代および1990年代に開発された順応的管理のアプローチ (Lee 1993; Holling 1978)は、地元や地域に根ざす自然資源を管理する取り組みに必要な、熟練した運用を行うための、経験知に基づく実務的な指針を提供する。

持続可能性への遷移管理、レジリエンス思考、複雑適応系における介入、を推奨することは、いずれも、ガバナンスを行う際に必要な洞察を提供する(Grin et al. 2010; Loorbach 2007; Berkes et al. 2003; Rihani 2002; Ruitenbeek and Cartier

2001; Axelrod and Cohen 2000)。また順応的な政策手段の設計や運用に関して、実践的な応用例を伴う一連の研究や経験知が存在しており、そこから順応的管理や、持続可能性への遷移管理といった原理の多くが具体的に実施されている(Swanson et al. 2010; Walker and Marchau 2003; Bankes 2002; Dewey 1927)。順応的なガバナンスや政策立案が、インドの水の流域管理に関して行われた一例を Box 16.5 に示す。次に引用される研究や経験知は、順応的ガバナンスや持続可能性への遷移管理の、一貫した極めて重要な機能一式を明らかにする。ここでの用語は主に Loorbach (2007) にならった。

- **多くの主体による協議と課題の構築** 多くの利害関係者が社会の変化に影響を及ぼしている。したがって、有利なレバレッジポイントと、変化を起こすためのレバーと、レバーを動かす正しい方向を識別するために、ガバナンスは参画型でなければならず、またそうすることで諸目標や野心について共有される概念を創り出すために一致団結でき、政策のデザインや運用が強化される。
- **将来についての分析と長期の共同目標の設定** 将来を見通した統合的な評価を行うことは、将来について体系的にじっくり考え、将来の目標やターゲットについて共有される概念を発展させることを通じて、現在進行している変化のプロセスに情報を与える極めて重要なツールとなる。
- **自己組織化とネットワークの構築を可能にする** 協力する機会および成功を再現する機会を創り出し、社会資本が損なわれず確実に残るようにし、住民が自由で相互作用できるような保証することは、いずれも、不測の事態に備えて立案し適応していくために、主体の能力を構築し、政策そのものを構築するための根本的な要素だ。

### Box 16.5 インドの天水エリアに対する国家流域開発プロジェクト (NDWPRA) — 地方政府レベルでの順応的ガバナンスと政策立案

インドのNDWPRAプロジェクトの目的は以下である。

- 農業の生産性と生産量を持続可能に増強すること
- 高木、低木、草本を適切に混合することによってこれらの区域を緑化して、劣化した脆弱な天水生態系の生態的均衡を復元すること
- 灌漑エリアと天水エリアの間の地域格差の低減
- 農村の貧困層のための持続する雇用機会の創出

マハラシュトラでは、1990～91年に開始されたNDWPRAプロジェクトが、インドの第9回5ヶ年計画によって継続され、その際にかかり再構成された。地方分権化と住民参加に、より大きな重点が置かれるようになった。第10回5ヶ年計画(2002～2007年)で、マハラシュトラ州は参加型のアプローチを持つ仕組みを実施し続け、目標とされる203,000ヘクタールの処理面積になる33地区にまたがる433ヶ所の小規模流域にまでそれを拡大した。地方分権化のアプローチへの転換は、水管理の改善に貢献し、順応的ガバナンスの例となった。出典: Swanson and Bhadwal 2009



- **バリエーション、実験、イノベーション** 対応に多様性を持たせることは、一般的にリスク管理アプローチとなり、また絶えず省察『決断し行動して、起こった結果を省みる』し改善し続けることは、望ましい変化を起こすイノベーションが盛んに行われる状況を作り出すのに役立つ。
- **省察性と適応** 様々な利害関係者との相互作用や連携を通して、過去、現在、未来の持続可能性の状態と、政策の成果について、全体的にとらえて検証することが、絶えざる改善と社会的学習を得る上で極めて重要だ。

これらの持続可能性への遷移管理と順応的ガバナンスを持つ極めて重要な機能は、先に述べたその他の戦略的な要素（説得力のあるビジョンによる社会的コンセンサス、持続不可能なものを廃止すること、政策立案でのレバレッジの適用）と共に、持続可能性を前進させて、国際合意されたターゲットを達成するための実践的な指針を提供する。

## 結論

想定される持続可能な世界は、地球、国、地域、地方の各レベルで、普遍的な人間の幸福と、環境の持続可能性を同時に達成することを目指している。そのビジョンは、2050年までにすべての人々が、食料、安全な飲料水、改善された衛生設備、現代的なエネルギー源を、すべて地球の生態的限界内で利用できるようにすることを想定している。

しかし、大きな軌道修正をせずに現在の軌道を継続すると、2050年までに、重大な環境被害、生態系サービスの深刻な損失、天然資源の枯渇を招き、多くの人々が食料、水、エネルギーを持続可能に利用できずに取り残されるだろう。結果として、国際合意されたほとんどの目標やターゲットが失敗に終わるだろう。いくつかの、特に気候変動、生物多様性、水、食料安全保障に関連するものは大きく失敗するだろう。

持続可能な世界シナリオについての検証によれば、諸々の対策を導入することによって、これらのターゲットの達成が支援され、かつ地球システムの変化によって引き起こされるリスクが減り、将来の人類の発展へのマイナス影響が低減されることが示唆されている。規則を変えろといった、大転換の中層（図16.2）での対策だけでは、世界を持続可能な道筋へ移行させるには十分ではないだろう。構造的な対策と、より強い政策を行うことによって、生産と消費のパターンの両方に影響を及ぼす必要がある。そのような諸々の変化は、短期と長期の両方で起こる必要があり、かつ持続可能性と公正さに根ざす価値観へ物の見方を転換させて生活様式を変えろと共に、技術、投資、ガバナンスによる手段を組み合わせる必要がある。

そのような複雑さに満ちた大転換を実現するには、徐々にではあるが、しっかりと強くなっていく遷移のプロセスが必要だ。その遷移の間に、持続不可能な状態へと地球システムを追いやる活動を止める必要がある。同時に、持続可能な世界というピ



最も単純に表現すれば、グリーン経済は、低炭素で、資源効率的で、社会において包摂的『排除せず一人ひとりを社会の構成員として取り込むこと』なものと考えられる。© Ilias Kordelakos

ジョンに合致するやり方で、すべての人々に対して、資源を供給し、能力を構築し、持続可能となる環境を築くことが重要だ。

そのような遷移には、多様な利益および作業環境に携わっている社会の主体（アクター）間での、高いコンセンサスと調整が必要である。その第一歩として、共同で開発される持続可能な将来についてのビジョンに基づく、広範な支持を得た社会契約が、人々の注目を将来に向けさせるために必要となるだろう。遷移の道筋は、個々の状況に影響されやすいので、社会のすべての主体の間で一貫性を確保するため、「社会的責任が尊重され、社会の他の人々が、幸福のために必要とする資源を持続可能に入手できるようになっている」という将来についての共通ビジョンとして、遷移の道筋が開発され、合意されることは可能だ。環境と社会の両方がシステム全体として変化するには、たいがい時間がかかるが、長期目標を設定しておくことは、それによって投資や技術開発に注目が集まり、社会変化が引き起こされ、社会のその他の主体を引き入れるのに役立つだろう。

地球システムの問題には不確実性が重大な役割を果たしているので、遷移のプロセスは、必然的に順応的管理に基づくものになるだろう。危機的な問題において、多様な対策をとることは、生来の不確実性や不適切な運用によって大きな失敗が引き起こされても、それを補う保険の役割を果たすと共に、諸対策が互いに強化し合うだろう。もちろん、ターゲットを達成するための戦略は、必然的に先進国と開発途上国とは異なるし、地域や国やそれらの内部のコミュニティ間でも異なるだろう。また環境的な要請を主要部門に組み入れるグリーン経済構想の機運が、持続され、政策、イノベーション、実践といった具体的な工程へと移行していく必要がある。資源の需要増大に対処しながら生態系の劣化を反転させることは、難題に思えるかもしれないが、環境の目標やターゲットの達成を支援する政策措置であり、人類の福利に恩恵をもたらす潜在性も併せ持つ。

これらはすべて政治的決断と強いガバナンスを必要とする。それを行う方法と、どのような地球規模の対応や制度が必要となるのかという問いに対しては、第17章で議論される。



## 参考文献

- ADB (2010). *An Eco-Compensation Policy Framework for the People's Republic of China: Challenges and Opportunities*. Asian Development Bank, Manila. <http://www.adb.org/documents/reports/eco-compensation-prc/eco-compensation-prc.pdf> (accessed 24 September 2011)
- AGECC (2010). *Energy for a Sustainable Future: Summary Report and Recommendations*. The Secretary-General's Advisory Group on Energy and Climate Change. United Nations, New York. [http://www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Publications/download/AGECCsummaryreport.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/download/AGECCsummaryreport.pdf) (accessed 24 September 2011)
- Alcamo, J., Floerke, M. and Maerker, M. (2007). Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal* 52, 247–275
- 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
- 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)
- Alcamo, J., Döll, P., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., Rösch, T. and Siebert, S. (2003). Development and Testing of the WaterGAP 2 Global Model of Water Use and Availability. *Hydrological Sciences Journal*, 48(3), 317–337
- Al-Damkhi, A.M., Al-Fares, R.A., Al-Khalifa, K.A. and Abdul-Wahab, S.A. (2009). Water issues in Kuwait: a future sustainability vision. *International Journal of Environmental Studies* 66(5), 619–636
- Angelsen, A. (2010). Policies for reduced deforestation and their impact on agricultural production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(46), 19639–19644
- 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
- Amason, R., Kelleher, K. and Willman, R. (2009). *The Sunken Billions: The Economic Justification for Fisheries Reform*. World Bank, Washington, DC and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Arnell, N.W., van Vuuren, D.P. and Isaac, M. (2011). The implications of climate policy for the impacts of climate change on global water resources. *Global Environmental Change* 21(2), 592–603
- Arnold, M., Kohlin, G., Persson, R. and Shepherd, G. (2003). *Fuel Wood Revisited: What Has Changed in the Last Decade?* Center for International Forestry Research, Jakarta
- Axelrod, R. and Cohen, M.D. (2000). *Harnessing Complexity: Organizational Implications of a Scientific Frontier*. Basic Books, New York
- Bäckstrand, K. (2003). Civic science for sustainability: reframing the role of experts, policy-makers and citizens in environmental governance. *Global Environmental Politics* 3(4), 24–41
- Bagstad, K.J., Stapleton, K. and D'Agostino, J.R. (2007). Taxes, subsidies, and insurance as drivers of United States coastal development. *Ecological Economics* 6(3), 285–298
- Bakkes, J.A. and Bosch, P.R. (eds.) (2008). *Background Report to the OECD Environmental Outlook to 2030. Overviews, Details, and Methodology of Model-based Analysis*. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven
- Bankes, S.C. (2002). Tools and techniques for developing policies for complex and uncertain systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(3), 7263–7266
- Bassi, A.M. and Eaton, D. (2011). In defence of green economy report. *Nature* 475, 454
- Bassi, A.M., Pedercini, M., Ansah, J.P. and Tan, Z. (2010). *T21-World Model Documentation, Modeling the Green Economy*. Millennium Institute, Arlington, VA
- Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Shaohong, W. and Palutikof, J. (2008). *Climate Change and Water*. IPCC Technical Paper VI. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva
- Bazilian, M., Nussbaumer, P., Haites, E., Levi, M., Howells, M. and Yumkella, K.K. (2010). Understanding the scale of investment for universal energy access. *Geopolitics of Energy* 32, 10–11
- Berkes, F., Colding, J. and Folke, C. (2003). *Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change*. Cambridge University Press, Cambridge
- Black, R.E., Cousens, S., Johnson, H.L., Lawn, J.E., Rudan, I., Bassani, D.G., Jha, P., Campbell, H., Walker, C.F., Cibulskis, R., Eisele, T., Liu, L. and Mathers, C. (2010). Global, regional, and national causes of child mortality in 2008: a systematic analysis. *Lancet* 375, 1969–1987
- Bollen, J.C. (2008). *Energy Security, Air Pollution, and Climate Change: An Integrated Cost Benefit Approach*. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven
- Bouwman, A.F., van der Hoek, K.W., Dreht, G.V. and Eickhout, B. (2006). World livestock and crop production systems, land use and environment between 1970 and 2030. In *Rural Lands, Agriculture and Climate beyond 2015: A New Perspective on Future Land Use Patterns* (eds. Brouwer, F. and McCarl, B.). pp.75–89. Springer, Dordrecht
- Bouwman, A.F., van der Hoek, K.W., Eickhout, B. and Soenario, I. (2005). Exploring changes in world ruminant production systems. *Agricultural Systems* 84(2), 121–153. doi:110.1016/j.agsy.2004.1005.1006
- Bringezu, S., Schütz, H., O'Brien, M., Kauppi, L., Howarth, R.W. and McNeely, J. (2009). *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*. International Panel for Sustainable Resource Management. United Nations Environment Programme, Division of Technology, Industry and Economics (UNEP DTIE), Paris
- Broca, S.S. (2002). *Food Insecurity, Poverty and Agriculture: A Concept Paper*. Agricultural and Development Economics Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome
- Bruinsma, J. (ed.) (2003). *World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective*. Earthscan, London
- Butchart, S.H.M., Scharlemann, J.P.W., Evans, M.I., Quader, S., Aricò, S., Arinaitwe, J., Balman, M., Bennun, L.A., Besançon, C., Boucher, T.M., Bertzy, B., Brooks, T.M., Burfield, J.J., Burgess, N.D., Chan, S., Clay, R.P., Crosby, M.J., Davidson, N.C., De Silva, N., Devenish, C., Dutson, G.C.L., Diaz 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., Uppgren, A. and Woodley, S. (2012). Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets. *PLoS ONE* 7(3)
- CBD (2010a). *Aichi Biodiversity Targets*. Tenth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (COP 10), Nagoya. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- CBD (2010b). *Global Biodiversity Outlook 3*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- CBD (2006). *Global Biodiversity Outlook 2*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal
- Clarke, L., Edmonds, J., Krey, V., Richels, R., Rose, S. and Tavoni, M. (2010). International climate policy architectures: overview of the EMF 22 international scenarios. *Energy Economics* 31(2), S64–S81
- CLRTAP (1979). *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Geneva
- Cofala, J., Amann, M., Klimont, Z., Kupiainen, K., Höglund-Isaksson, L. (2007). Scenarios of global anthropogenic emissions of air pollutants and methane until 2030. *Atmospheric Environment* 41, 8468–8499
- Cosgrove, W. and Rijsberman, F. (2000). *World Water Vision: Making Water Everybody's Business*. World Water Council, Earthscan Publications, London
- Costanza, R. (2000). Visions of alternative (unpredictable) futures and their use in policy analysis. *Conservation Ecology* 4(1), 5
- Czech, B. and Daly, H.E. (2004). The steady state economy – what it is, entails and connotes. *Wildlife Society Bulletin* 32(2), 598–605
- Daly, H.E. (1974). The economics of the steady state. *American Economic Review* 64(2), 15–21
- Daly, H.E. (1971). *The Stationary-State Economy: Toward a Political Economy of Biophysical Equilibrium and Moral Growth*. Distinguished Lecture Series No. 2. University of Alabama, Alabama
- Danish Architecture Centre (2011). *Lyon: An Overall Vision for Transport – Urban Mobility Master Plan*. Danish Architecture Centre, Copenhagen. <http://sustainablecities.dk/en/city-projects/cases/lyon-an-overall-vision-for-transport-urban-mobility-master-plan>
- Dewey, J. (1927). *The Public and its Problems*. Holt and Company, New York
- Dornburg, V., van Vuuren, D., van de Ven, G., Langeveld, H., Meeusen, M., Banse, M., van Oorschot, M., Ros, J., van den Born, G.J., Aiking, H., Londo, M., Mozaffarian, H., Verweij, P., Lysen, E. and Faaij, A. (2010). Bioenergy revisited: key factors in global potentials of bioenergy. *Energy and Environment Science* 3, 258–267
- Easterling, W., Aggarwal, P., Batima, P., Brander, K., Erda, L., Howden, M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.-F., Schmidhuber, S. and Tubiello, F. (2007). Food, fibre and forest products. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (eds. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E.). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- ECF (2010). *Roadmap 2050. A Practical Guide to a Prosperous, Low Carbon Europe*. European Climate Foundation, The Hague
- FAO (2011). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW): Managing Systems at Risk*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London
- FAO (2010). *State of World Fisheries and Aquaculture 2010*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO (2009). *High-level Expert Forum: How to Feed the World in 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (2006a). *WISDOM – East Africa: Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping (WISDOM) Methodology. Spatial Woodfuel Production And Consumption Analysis of Selected African Countries*. Forestry Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

- FAO (2006b). *World Agriculture: Towards 2030/2050. Prospects for Food, Nutrition, Agriculture and Major Commodity Groups*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (1996). *Rome Declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action*. Adopted at the World Food Summit, November 13–17, Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAO (1995). *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- FAOSTAT (2012). *FAO Statistical Databases*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://faostat.org>
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. and Hawthorne, P. (2008). Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319, 1235–1238
- Fearnside P.M. (2011). Methane emissions from hydroelectric dams. *Science* 28 July 2011, 50. <http://www.sciencemag.org/content/331/6013/50/reply>
- Fisher, B., Nakicenovic, N., Alfsen, K., Corfee Morlot, J.C., de la Chesnaye, F., Hourcade, J.-C., Jiang, K., Kainuma, M., La Rovere, E., Matysek, A., Rana, A., Riahi, K., Richels, R., Rose, S., van Vuuren, D. and Warren, R. (2007). Issues related to mitigation in the long-term context. In *Climate Change 2007. Mitigation of Climate Change* (eds. Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R. and Meyer, L.). pp.169–250. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York
- Flörke, M. and Alcamo, J. (2004). *European Outlook on Water Use*. European Environment Agency, Copenhagen. <http://scenarios.ewindows.eu.org/reports/fol949029>
- Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. and Rockström, J. (2010). Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* 15(4), 20. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C.S. and Walker, B. (2002). Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations. *Ambio* 31(5), 437–440
- GEA (2011). *Global Energy Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge
- Gibson, L., Ming Lee, T., Pin Koh, L., Brook, B.W., Gardner, T.A., Barlow, J., Peres, C.A., Bradshaw, C.J.A., Laurance, W.F., Lovejoy, T.E. and Sodhi, N.S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature* 478, 378–381
- Giovannucci, D. and Ponte, S. (2005). Standards as a new form of social contract? Sustainability initiatives in the coffee industry. *Food Policy* 30(3), 284–301
- Girod, B., van Vuuren, D.P. and Deetman, S. (2012). Global travel within the 2°C climate target. *Energy Policy* 45, 152–166
- Global Footprint Network (2010). *The Ecological Wealth of Nations: Earth's Biocapacity as a New Framework for International Cooperation*. [http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological\\_Wealth\\_of\\_Nations.pdf](http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/Ecological_Wealth_of_Nations.pdf) (accessed 24 September 2011)
- Government of Bhutan (2011). *Gross National Happiness*. National Portal of Bhutan, Government of Bhutan. <http://www.bhutan.gov.bt/government/gnh.php>
- Grin, J., Rotmans, J. and Schot, J. (2010). *Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change*. Routledge, New York, London
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R. and Watson, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319, 948
- Hazell, P. and Wood, S. (2008). Drivers of change in global agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363, 495–515
- Hewison, G.J. (1993). The Convention for the Prohibition of Fishing with Long Driftnets in the South Pacific. *Case Western Reserve Journal of International Law* 25, 449
- Hilderink, H.B.M., Lucas, P.L. and Kok, M. (eds.) (2009). *Beyond 2015: Long-term Development and the Millennium Development Goals*. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven
- Holling, C.S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological and social systems. *Ecosystems* 4(5), 390–405
- Holling, C.S. (1978). *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley, New York
- Hughes, B.B., Kuhn, R., Peterson, C.M., Rothman, D.S. and Solórzano, J.R. (2011). *Improving Global Health. Patterns of Potential Human Progress Vol.3*. Oxford University Press, New Delhi
- Hutton, G. and Haller, L. (2004). *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*. World Health Organization, Geneva
- Hurt, G., Chini, L., Frolking, S., Betts, R., Edmonds, J., Feddema, J., Fisher, G., Goldewijk, K.K., Hibbard, K.A., Houghton, R., Janetos, A., Jones, C.D., Kindermann, G., Kinoshita, T., Goldewijk, K.K., Riahi, K., Shevliakova, E., Smith, S., Stehfest, E., Thomson, A., Thornton, P., van Vuuren D.P., and Wang, Y.P. (2011). Harmonization of land-use scenarios for the period 1500–2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands. *Climatic Change* 109(1), 117–161
- IAASTD (2009a) *High-level Expert Forum: How to Feed the World in 2050*. International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development: Global Report. Island Press, Washington, DC and Rome
- IAASTD (2009b) *Synthesis Report: A Synthesis of the Global and Sub-Global IAASTD Reports*. International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development: Global Report. Island Press, Washington, DC and Rome. [http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads\\_Synthesis%20Report%20\(English\).pdf](http://www.agassessment.org/reports/IAASTD/EN/Agriculture%20at%20a%20Crossroads_Synthesis%20Report%20(English).pdf)
- ICPD (1994). *Report of the International Conference on Population and Development, Cairo, 5–13 September 1994*. UN Population Fund
- IEA (2010). *World Energy Outlook 2010*. International Energy Agency, Paris
- IEA (2008). *Energy Policy Review of Indonesia*. International Energy Agency, Paris. <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/Indonesia2008.pdf>
- IEA (2006). *Angola, Towards an Energy Strategy*. International Energy Agency, Paris
- IEA/UNDP/UNIDO (2010). *Energy Poverty: How To Make Modern Energy Access Universal? Special early excerpt of the World Energy Outlook 2010 for the UN General Assembly on the Millennium Development Goals*. International Energy Agency, United Nations Development Programme and United Nations Industrial Development Organization. OECD/IEA, Paris
- IISD GSI (2011). *A High-Impact Initiative for Rio+20: A Pledge to Phase out Fossil-Fuel Subsidies*. Global Subsidies Initiative of the International Institute for Sustainable Development (IISD), Geneva and Winnipeg
- Innes, A.D., Campion, P.D. and Griffith, F.E. (2005). Complex consultations and the “edge of chaos”. *British Journal of General Practice* 55(510), 47–52
- 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. Cambridge University Press, Cambridge
- Jaeger, C.C., Kasemir, B., Stoll-Kleemann, S., Schibli, D. and Dahinden, U. (2000). Climate change and the voice of the public. *Integrated Assessment Journal* 1, 339–349
- Jäger, J. and Cornell, S.E. (eds.) (2011). *The Planet in 2050: The Lund Discourse of the Future*. Routledge
- Jakarta Mandate (1995). *The Jakarta Mandate on the Conservation and Sustainable Use of Marine and Coastal Biological Diversity*. <http://www.ngo.grida.no/wfmeap/Projects/Reports/jakmand.pdf>
- Jenkins, G. and Lowe, J. (2003). *Handling Uncertainties in the UKCIP02 Scenarios of Climate Change*. Hadley Centre Technical Note 44. Met Office, Exeter
- Kaiser, M., Ellerbrock, R.H. and Gerke, H.H. (2007). Long-term effects of crop rotation and fertilization on soil organic matter composition. *European Journal of Soil Science* 58, 1460–1470
- Killham, K. (2010). Integrated soil management – moving towards globally sustainable agriculture. Foresight Project on Global Food and Farming Futures. *Journal of Agricultural Science* 149, 29–36
- Leadley, P., Pereira, H.M., Alkemade, R., Fernandez-Manjarres, J.F., Proenca, 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
- Lee, K. (1993). *Compass and Gyroscope: Integrating Science and Politics for the Environment*. Island Press, Washington, DC
- 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
- Levin, S.A. (1998). Ecosystem and the biosphere as complex adaptive systems. *Ecosystems* 1(5), 431–436
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A.N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C.L., Schneider, S.H. and Taylor, W.W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science* 317(5844), 1513–1516
- Loorbach, D. (2007). *Transition Management: New Mode of Governance for Sustainable Development*. International Books, Utrecht
- Loorbach, D. and Rotmans, J. (2005). Managing transitions for sustainable development. In *Industrial Transformation – Disciplinary Approaches Towards Transformation Research* (eds. Wieczorek, A.J. and Olshoorn, X.). pp.187–206. Kluwer Academic Publishers Dordrecht
- Lubchenco, J. (1998). Entering the century of the environment: a new social contract for science. *Science* 279(5350), 491–497
- Lutz, W. and Samir, K.C. (2011). Global human capital: integrating education and population. *Science* 333(6042), 587
- Lutz, W., Sanderson, W. and Scherbov, S. (2008). The coming acceleration of global population ageing. *Nature* 451, 716–719
- Luzzati, T. and Orsini, M. (2009). Investigating the energy–environmental Kuznets curve. *Energy* 34, 291–300

- MA (2005a). *Ecosystems and Human Health: Scenarios*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC
- MA (2005b). *Ecosystems and Human Health: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC
- Maffei, M.C. (1997). The International Convention for the Regulation of Whaling. *International Journal of Coastal and Marine Law* 12(3), 287–305
- Mangalagiu, D., Wilkinson, A. and Kupers, R. (2011). When futures lock in the present. In *Reframing the Problem of Climate Change: From Zero Sum Game to Win-win Solutions* (eds. Jaeger, C.C., Hasselmann, K., Leipold, G., Mangalagiu, D. and Tåbara, J.D.). Earthscan, London and Washington DC
- Matthes, F.C., Gores, S., Graichen, V., Repenning, J. and Zimmer, W. (2006). *The Vision Scenario for the European Union*. Öko-Institut e.V., Berlin and Freiburg
- McNeil, B.I. and Matear, R.J. (2008). Southern Ocean acidification: a tipping point at 450-ppm atmospheric CO<sub>2</sub>. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 18860–18864
- Meadows, D. (1999). *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. The Sustainability Institute, Hartland. [http://www.sustainabilityinstitute.org/pubs/Leverage\\_Points.pdf](http://www.sustainabilityinstitute.org/pubs/Leverage_Points.pdf)
- Meadows, D.H. (1996). *Envisioning a Sustainable World*. Prepared for the Third Biennial Meeting of the International Society for Ecological Economics, 24-28 October 1994, San Jose, Costa Rica. [http://www.infoark.org/InfoArk/Sustainability/Envisioning%20a%20Sustainable%20World%20-%20Meadows\\_1994-10-24.pdf](http://www.infoark.org/InfoArk/Sustainability/Envisioning%20a%20Sustainable%20World%20-%20Meadows_1994-10-24.pdf)
- Meinshausen, M., Hare, B., Wigley, T.M.L., van Vuuren, D., den Elzen, M.G.J. and Swart, R. (2006). Multi-gas emissions pathways to meet climate targets. *Climatic Change* 75(1–2), 151–194
- Mery, G., Katila, P., Galloway, G., Alfaro, R.I., Kanninen, M., Lobovikov, M. and Varjo, J. (eds.) (2010). *Forests and Society – Responding to Global Drivers of Change*. IUFRO World Series Volume 25. IUFRO – The Global Network for Forest Science Cooperation, Vienna
- Metro City of Vancouver (2011). *Climate Smart*. Metro Vancouver Program Information. Metro Vancouver, Vancouver. <https://climatesmartbusiness.com/metrovancouver/#overview>
- Milder, J.C., Scherr, S.J. and Bracer, C. (2010). Trends and future potential of payment for ecosystem services to alleviate rural poverty in developing countries. *Ecology and Society* 15(2), 4. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss2/art4/>
- MSC (2011). *Marine Stewardship Council: Certified Sustainable Seafood*. <http://www.msc.org>
- Myers, N. and Kent, J. (2001). *Perverse Subsidies. How Tax Dollars Can Undercut the Environment and the Economy*. Island Press, Washington, DC
- Nakicenovic, N. and Swart, R. (eds.) (2000). *Emissions Scenarios*. IPCC Special Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge
- Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Palazzo, A., Gray, I., Ingersoll, C., Robertson, R., Tokgoz, S., Zhu, T., Sulser, T.B., Ringler, C., Msangi, S. and You, L. (2010). *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050*. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, DC
- OECD (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2008a). *OECD Environmental Outlook to 2030*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD (2008b). *Promoting the Use of Performance-Based Contracts between Water Utilities and Municipalities in EECCA. Case Study No. 2: Armenian Water and Wastewater Company, SAUR Management Contract*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris
- OECD/FAO (2011). *Agricultural Outlook 2011–2020*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Parfitt, J., Barthel, M. and Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 3065–3081
- Patel, M., Kok, K. and Rothman, D.S. (2007). Participatory scenario construction in land use analysis: an insight into the experiences created by stakeholder involvement in the Northern Mediterranean. *Land Use Policy* 24(3), 546–561
- Paulitz, T., Smiley, R.W. and Cook, R.J. (2002). New insights into the make-up and management of soilborne cereal pathogens under direct seeding in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Phytopathology* 24, 416–428
- Pauly, D., Alder, J., Bennett, E., Christensen, V., Tyedmers, P. and Watson, R. (2003). The future for fisheries. *Science* 302(5649), 1359–1361
- PBL (2012). *Roads from Rio+20: Pathways to achieve global sustainability goals by 2050*. Van Vuuren, DP and Kok, MJ (eds.). Den Haag/Bilthoven, the Netherlands, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- PBL (2009). *Growing within Limits*. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven
- 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, D., Gilman, E.L., Guénette, S., Hurr, G.C., Huntington, H.P., Mace, G.M., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, R.J., Sumaila, U.R. and Walpole, M. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science* 330(6010), 1496–1501
- Petermann, J.S., Fergus, A.J.F., Turnbull, L.A. and Schmid, B. (2008). Janzen-Connell effects are widespread and strong enough to maintain diversity in grasslands. *Ecology* 89, 2399–2406
- Phalan, B., Onial, M., Balmford, A. and Green, R.E. (2011). Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science* 333, 1289–1291
- Pinnegar, J.K., Viner, D., Hadley, D., Dye, S., Harris, M., Berkout, F. and Simpson, M. (2006). *Alternative Future Scenarios for Marine Ecosystems: Technical Report*. Cefas, Lowestoft
- Power, A.G. (2010). Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 2959–2971
- Prüss-Üstün, A. and Corvalán, C. (2006). *Preventing Diseases Through Healthy Environments: Towards an Estimate of the Environmental Burden of Disease*. World Health Organization, Geneva
- Prüss-Üstün, A., Kay, D., Fewtrell, L. and Bartram, J. (2004). Unsafe water, sanitation and hygiene. In *Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors* (eds. Ezzati, M., Lopez, A.D., Rodgers, K.B. and Murray, C.J.L.). World Health Organization, Geneva
- Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J.-F., Toral-Granda, M.V., Lovatelli, A. and Uthicke, S. (2011). Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries* (forthcoming)
- 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. and Vira, B. (2010). Biodiversity conservation: challenges beyond 2010. *Science* 329, 1298–1303
- Revi, A., Prakash, S., Mehrotra, R., Bhat, G.K., Gupta, K. and Gore, R. (2006). Goa 2100: the transition to a sustainable Urban design. *Environment and Urbanization* 18(1), 51–65
- Riahi, K., Grübler, A. and Nakicenovic, N. (2007). Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technological Forecasting and Social Change* 74(7), 887–935
- Ricketts, T.H., Dinerstein, E., Boucher, T., Brooks, T.M., Butchart, S.H.M., Hoffman, M., Lamoreux, J.F., Morrison, J., Parr, M., Pilgrim, J.D., Rodrigues, A.S.L., Secrest, W., Wallace, G.E., Berlin, K., Bielby, J., Burgess, N.D., Church, D.R., Cox, N., Knox, D., Loucks, C., Luck, G.W., Master, L.L., Moore, R., Naidoo, R., Ridgely, R., Schatz, G.E., Shire, G., Strand, H., Wettengel, W. and Wikramanayake, E. (2005). Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(51), 18497–18501
- Rihani, S. (2002). *Complex Systems Theory and Development Practice: Understanding Non-Linear Realities*. Zed Books, New York
- Robin, S., Wolcott, R. and Quintela, C.E. (2003). *Perverse Subsidies and the Implications for Biodiversity: A Review of Recent Findings and the Status of Policy Reforms*. Proceeding of the 5th World Parks Congress: Sustainable Finance Stream, September 2003, Durban, South Africa. [http://www.conservationfinance.org/guide/WPC/WPC\\_documents/Overview\\_PanB\\_Wolcott\\_v2.pdf](http://www.conservationfinance.org/guide/WPC/WPC_documents/Overview_PanB_Wolcott_v2.pdf)
- Robinson, J. (2004). Squaring the circle? Some thoughts on the idea of sustainable development. *Ecological Economics* 48(4), 369–384
- Robinson, R.A. and Sutherland, W.J. (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39, 157–176
- Rodríguez, J.P., Beard, T.D., Bennett Jr., E.M., Cumming, G.S., Cork, S., Agard, J., Dobson, A.P. and Peterson, G.D. (2006). Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society* 11(1). <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art28/>
- Rose, S.K., Ahammad, H., Eickhout, B., Fisher, B., Kurosawa, A., Rao, S., Riahi, K. and van Vuuren, D.P. (2012). Land-based mitigation in climate stabilization. *Energy Economics* 34(1), 365–380
- Rosegrant, M.W., Ringler, C., Sulser, T.B., Ewing, M., Palazzo, A., Zhu, T., Nelson, G.C., Koo, J., Robertson, R., Msangi, S. and Batka, M. (2009). *Agriculture and Food Security under Global Change: Prospects for 2025/2050*. Prepared for the Strategy Committee of the CGIAR. International Food Policy Research Unit (IFPRI), Washington, DC. [http://alliance.cgxchange.org/documentation-for-the-development-of-the-cgiar-strategy-and-mega-programs/SRF\\_IMPACT10-10-09c.pdf](http://alliance.cgxchange.org/documentation-for-the-development-of-the-cgiar-strategy-and-mega-programs/SRF_IMPACT10-10-09c.pdf)
- Rosegrant, M.W., Ringler, C., Msangi, S., Sulser, T.B., Zhu, T. and Cline, S.A. (2008). *International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT): Model Description*. International Food Policy Research Unit (IFPRI), Washington, DC. <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/impactwater.pdf>
- Rosegrant, M.W., Leach, N. and Gerpacio, R.V. (1999). Alternative futures for world cereal and meat consumption. *Proceedings of the Nutrition Society* 58, 219–234
- Rotterdam Convention (1998). *Rotterdam Convention on the Prior Informed Consent Procedure for Certain Hazardous Chemicals and Pesticides in International Trade*. <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/1048/language/en-US/Default.aspx>
- Royal Swedish Academy of Sciences (2011). *The Stockholm Memorandum. Tipping the Scales towards Sustainability*. 3rd Nobel Laureate Symposium on Global Sustainability, Stockholm, 16–19 May 2011. Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm
- Ruitenbeek, J. and Cartier, C. (2001). *The Invisible Wand: Adaptive Co-Management as an Emergent Strategy in Complex Bio-economic Systems*. Centre for International Forestry Research, Bogor
- Sala, O.E., Chapin III, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., LeRoy Poff, N., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M. and Wall, D.H. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287(5459), 1770–1774



- Schmitt-Olabisi, L.K., Kapuscinski, A.R., Johnson, K.A., Reich, P.B., Stenquist, B. and Draeger, K.J. (2010). Using scenario visioning and participatory system dynamics modeling to investigate the future: lessons from Minnesota 2050. *Sustainability* 2(8), 2686–2706
- Schneider, C., Flörke, M., Geerling, G., Duel, H., Grygoruk, M. and Okruszko, T. (2011). The future of European floodplain wetlands under a changing climate. *Journal of Water and Climate Change* 2(2–3), 106–122
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D. and Yu, T.-H. (2008). Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319, 1238–1240
- Smeets, E.W.M., Bouwman, A.F., Stehfest, E., van Vuuren, D.P. and Posthuma, A. (2009). The contribution of N<sub>2</sub>O emissions to the greenhouse gas balance of first-generation biofuels. *Global Change Biology* 15, 1–23. doi: 10.1111/j.1365-2486.2008.01704.x
- Smith, S.J. (2005). Income and pollutant emissions in the ObJECTS MiniCAM model. *Journal of Environment and Development* 14(1), 175–196
- 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(1554), 2941–2957
- Sohngen, B., Mendelsohn, R. and Sedjo, R. (2001). A global model of climate change impacts on timber markets. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 26(2), 326–343
- Speth, J.G. (2005). *Red Sky at Morning: America and the Crisis of the Global Environment*. Yale University Press, New Haven, CT
- Srinivasan, U.T., Watson, R. and Sumaila, U.R. (2012). Global fisheries losses at the exclusive economic zone level, 1950 to present. *Marine Policy* 36, 544–549
- Steffen, W., Sanderson, R.A., Tyson, P.D., Jäger, J., Matson, P.A., Moore III, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H.-J., Turner, B.L. and Watson, R.J. (2005). *Global Change and the Earth System*. Springer, Berlin
- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Eickhout, B. and Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic Change* 95(1–2), 83–102
- Stern, D.I. (2003). *The Environmental Kuznets Curve*. International Society for Ecological Economics/ Internet Encyclopedia of Ecological Economics. <http://www.ecoeco.org/pdf/stern.pdf>
- Stiglitz, J.E., Sen, A. and Fitoussi, J.-P. (2009). *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress*. Technical Report September 2009. <http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr>
- St. Louis, V.L., Kelly, C.A., Duchemin, E., Rudd, J.W.M. and Rosenberg, D.M. (2000). Reservoir surfaces as sources of greenhouse gases to the atmosphere: a global estimate. *BioScience* 50, 766–775
- Stockholm Convention (2009). *Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) – as Amended in 2009*. <http://chm.pops.int/Convention/Media/Publications/tabid/506/language/en-US/Default.aspx> (accessed 20 November 2011)
- Strauss, A.L. (1987). *Qualitative Analysis for Social Scientists*. Cambridge University Press, Cambridge
- Swanson, D.A. and Bhadwal, S. (eds). (2009). *Creating Adaptive Policies: A Guide for Policy-making in an Uncertain World*. Sage Publications, New Delhi/IDRC, Ottawa
- Swanson, D.A., Barg, S., Tyler, S., Venema, H.D., Tomar, S., Bhadwal, S., Nair, S., Roy, D. and Drexhage, J. (2010). Seven tools for creating adaptive policies. *Technological Forecasting and Social Change* 77, 924–939
- Swart, R.J., Raskin, P. and Robinson, J. (2004). The problem of the future: sustainability science and scenario analysis. *Global Environmental Change* 14(2004), 137–146
- Tabara J.D. and Pahl-Wostl, C. (2007). Sustainability learning in natural resource use and management. *Ecology and Society* 12(2), 3
- Takács-Sánta, A. (2004). The major transitions in the history of human transformation of the biosphere. *Human Ecology Review* 11(1), 51–66
- Techera, E.J. (2011). Convention for the Prohibition of Fishing with Long Drift Nets in the South Pacific. In *Encyclopaedia of Sustainability. Vol. 3: The Law and Politics of Sustainability* (eds. Bosselman, K., Fogel, D. and Ruhl, J.B.). Berkshire Publishing, Great Barrington
- Ten Brink, B., van der Esch, S., Kram, T., van Oorschot, M., Alkemade, J.R.M., Ahrens, R., Bakkenes, M., Bakkes, J.A., van den Berg, M., Christensen, V., Janse, J., Jeuken, M., Lucas, P., Manders, T., van Meijl, H., Stehfest, E., Tabeau, A., van Vuuren, D. and Wilting, H. (2010). *Rethinking Global Biodiversity Strategies: Exploring Structural Changes in Production and Consumption to Reduce Biodiversity Loss*. Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Bilthoven
- Thornton, P.K. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 365, 2853–2867
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. and Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677
- TMT (2011). *Truckee Meadows Tomorrow: Engaging the Community, Measuring Our Progress*. <http://www.truckeemeadowstomorrow.org/>
- UN (2000). *United Nations Millennium Declaration*. Resolution adopted by the General Assembly. United Nations, New York
- UNCED (1992). *Agenda 21*. United Nations Convention on Environment and Development <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/english/Agenda21.pdf>
- UNCLOS (1982). *The United Nations Convention on the Law of the Sea*. Montego Bay
- UNDESA (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision*. Population Division, United Nations Department of Economic and Social Affairs. <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>
- UNDESA (2009). *World Population Prospects: The 2008 Revision*, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat.
- UNDP (2009). *Human Development Report 2009. Overcoming Barriers: Human Mobility and Development*. United Nations Development Programme, New York
- UNEP (2011a). *Integrated Assessment of Black Carbon and Tropospheric Ozone: Summary for Decision Makers*. [http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/BlackCarbon\\_SDM.pdf](http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/BlackCarbon_SDM.pdf)
- UNEP (2011b). *Resource Efficiency: Economics and Outlook for Asia and the Pacific. Key Messages and Highlights*. United Nations Environment Programme, Nairobi. [http://www.unep.org/roap/Portals/96/REEO\\_AP\\_Key.pdf](http://www.unep.org/roap/Portals/96/REEO_AP_Key.pdf)
- UNEP (2011c). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*. United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unep.org/greeneconomy/GreenEconomyReport/tabid/29846/Default.aspx> (accessed 17 November 2011)
- UNEP (2010a). *Are the Copenhagen Accord Pledges Sufficient to Limit Global Warming to 1.5 or 2 Degrees C? Emissions Gap Report*. United Nations Environmental Programme, Nairobi
- UNEP (2010b). *Global Environment Outlook: Latin America and the Caribbean – GEO LAC 3*. United Nations Environment Programme, Regional Office for Latin America and the Caribbean, Panama City
- UNEP (2007). *Global Environment Outlook 4*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNEP (2002). *Global Environment Outlook 3*. United Nations Environment Programme, Nairobi
- UNESCO (2011). *UN Decade of Education for Sustainable Development (2005–2014)*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. <http://www.unesco.ca/en/interdisciplinary/ESD/default.aspx>
- UNESCO (2009). *Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. [http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr3/pdf/WWDR3\\_Water\\_in\\_a\\_Changing\\_World.pdf](http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf)
- UNESCO (2006). *Water – A Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report 2*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2\\_front\\_matter.pdf](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2_front_matter.pdf)
- UNFCCC (2010). *Report of the Conference of the Parties on Its Sixteenth Session*. United Nations Framework Convention on Climate Change, Cancun. <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf#page=2>
- 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>
- UNCED (1992a). *Rio Declaration on Environment and Development*. United Nations Convention on Environment and Development, Rio de Janeiro
- US-GAO (2011). *Key Indicator Systems: Experiences of Other National and Subnational Systems Offer Insights for the United States*. United States Government Accountability Office. <http://www.gao.gov/new.items/d11396.pdf>
- Van Beers, C. and van den Bergh, J.C.J.M. (2009). Environmental harm of hidden subsidies: global warming and acidification. *Ambio* 38(6), 339–341
- Van Beers, C. and van den Bergh, J.C.J.M. (2001). Perseverance of perverse subsidies and their impact on trade and environment. *Ecological Economics* 36(3), 475–486
- Van Ruijven, B.J., Schers, J. and van Vuuren, D.P. (2012). Model-based scenarios for rural electrification in developing countries. *Energy* 38, 386–397
- Van Ruijven, B., Urban, F., Benders, R.M.J., Moll, H.C., van der Sluijs, J.P., de Vries, B. and van Vuuren, D.P. (2008). Modeling energy and development: an evaluation of models and concepts. *World Development* 36(12), 2801–2821
- Van Vuuren, D.P., Riahi, K., Moss, R., Edmonds, J., Thomson, A., Nakicenovic, N., Kram, T., Berkhout, F., Swart, R., Janetos, A., Rose, S.K. and Arnell, N. (2012). A proposal for a new scenario framework to support research and assessment in different climate research communities. *Global Environmental Change* 22, 21–35
- Van Vuuren, D.P. and Riahi, K. (2011). The relationship between short-term emissions and long-term concentration targets – a letter. *Climatic Change* 104(3–4), 793–801
- Van Vuuren, D.P., Kok, M., Girod, B., Lucas, P., de Vries, H.J.M. and (2011a). Scenarios in global environmental assessments: key characteristics and lessons for future use. *Global Environmental Change* (submitted)
- Van Vuuren, D.P., Bellevrat, E., Kitous, A. and Isaac, M. (2010). Bio-energy use and low stabilization scenarios. *The Energy Journal* 31 (Special Issue 1), 193–222
- Van Vuuren, D.P., Meinshausen, M., Plattner, G.K., Joos, F., Strassmann, K.M., Smith, S.J., Wigley, T.M.L., Raper, S.C.B., Riahi, K., de la Chesnaye, F., den Elzen, M.G.J., Fujino, J., Jiang, K.,

Nakicenovic, N., Paltsev, S. and Reilly, J.M. (2008a). Temperature increase of 21st century mitigation scenarios. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105(40), 15258–15262

Van Vuuren, D.P., Ochola, W.O., Riha, S., Giampietro, M., Ginzo, H., Henrichs, T., Hussain, S., Kok, K., Makhura, M., Mirza, M., Palanisami, K.P., Ranganathan, C.R., Ray, S., Ringler, C., Rola, A., Westhoek, H., Zurek, M., Avato, P., Best, G., Birner, R., Cassman, K., de Fraiture, C., Easterling, B., Idowu, J., Pongali, P., Rose, S., Thornton, P.K. and Wood, S. (2008b). Outlook on agricultural change and its drivers. In *Agriculture at a Crossroads* (eds. McIntyre, B.D., Herren, H.R., Wakhungu, J. and Watson, R.T.). pp.255–305. Island Press, Washington, DC

Van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Lucas, P.L., Eickhout, B., Strengers, B.J., van Ruijven, B., Wonink, S. and van Houdt, R. (2007). Stabilizing greenhouse gas concentrations at low levels: An assessment of reduction strategies and costs. *Climatic Change* 81, 119–159

Van Vuuren, D.P., Sala, O.E. and Pereira, H.M. (2006). The future of vascular plant diversity under four global scenarios. *Ecology and Society* 11(2), 25

Venkataraman, C., Sagar, A.D., Habib, G., Lam, N. and Smith, K. (2010). The Indian National Initiative for Advanced Biomass Cookstoves: the benefits of clean combustion. *Energy for Sustainable Development* 14, 63–72

Von Braun, J. and Meinzen-Dick, R. (2009). *Land Grabbing by Foreign Investors in Developing Countries – Risks and Opportunities*. IFPRI Policy Brief No. 13. International Food Policy Research Institute, Washington, DC

Vörösmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J. and Lammers, R. (2000). Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science* 289, 284–288

Walker, W.E. and Marchau, V.A.W.J. (2003). Dealing with uncertainty in policy analysis and policy-making. *Integrated Assessment Journal* 4(1), 1–4

Walker, B.H., Gunderson, L.H., Kinzig, A.P., Folke, C., Carpenter, S.R. and Schultz, L. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1), 13. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>

WBCSD (2010). *Vision 2050*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva

WBCSD (2006). *Business in the World of Water: WBCSD Water Scenarios to 2025*. World Business Council for Sustainable Development, Geneva

WBGU (2011). *World in Transition. A Social Contract for Sustainability*. Summary for Decision-Makers. German Advisory Council on Global Change (WBGU). WBGU Secretariat, Berlin

WCED (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, New York

WHO (2006). *WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide: Global Update 2005*. World Health Organization, Geneva

WHO/UNICEF (2010). *Progress on Sanitation and Drinking Water: 2010 Update*. WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. World Health Organization, Geneva and United Nations Children's Fund, New York

Wise, M., Calvin, K., Thomson, A., Clarke, L., Bond-Lamberty, B., Sands, R., Smith, S.J., Janetos, A. and Edmonds, J. (2009). Implications of limiting CO<sub>2</sub> concentrations for land use and energy. *Science* 324(5931), 1183–1186

World Bank (2008). *Global Monitoring Report – MDGs and the Environment: Agenda for Inclusive and Sustainable Development*. World Bank, Washington, DC

World Bank/IMF (2011). *Global Monitoring Report 2011: Improving the Odds of Achieving the MDGs*. 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)

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J., Branch, T., Collie, J., Costello, C., Fogarty, M., Fulton, E., Hutchings, J., Jennings, S., Jensen, O., Lotze, H., Mace, P., McClanahan, T., Minto, C., Palumbi, S., Parma, A., Ricard, D., Rosenberg, A., Watson, R. and Zeller, D. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science* 325, 578

Wunder, S. (2007). The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology* 21(1), 48–58