GEO-5　地球環境概観 第５次報告書　上

―― 私達が望む未来の環境 ――

前付け

第１章　駆動要因

第２章　大気

第３章　陸

第４章　水

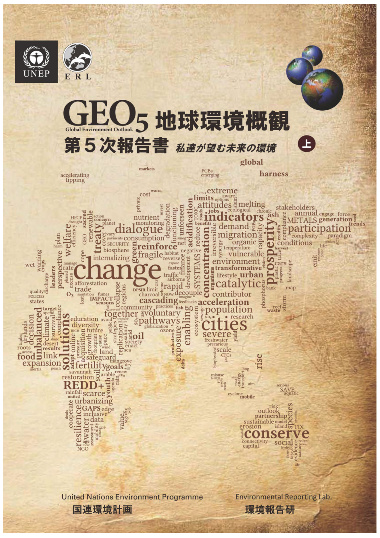
第５章　生物多様性

第６章　化学物質と廃棄物

第７章　地球システムの全体像

第８章　必要なデータの見直し

後付け



ここをクリックすると本の全体
を読むためのページが開きます。

2015年 10月　1日　発行

編　　　UNEP（国連環境計画）

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

印刷者　　大日本印刷株式会社

ISBN　　978-4-9907-839-0-7

第１部：地球環境の現状と傾向

第１章：　駆動要因

第２章：　大気

第３章：　陸

第４章：　水

第５章：　生物多様性

第６章：　化学物質と廃棄物

第７章：　地球システムの全体像

第８章：　必要なデータの見直し

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

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

第 1 章

駆動要因

© samxmeg/iStock

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

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

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

主科学査読者： Shobhakar Dhakal

章編集者： Jason Jabbour

主要メッセージ

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

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

駆動要因には、一般的に高い慣性と経路依存性があり、そのことが効果的な対策への障害として働くことがある。アメリカの農地の４分の３が、トウモロコシ、小麦、綿、大豆、米、大麦、オートミール、モロコシという、たった８つの農作物に専用されている。この専用は、高水準の農業補助金が交付され、食べ物の好みがあり、そうして食品加工経済が大規模に産業化されるという、一連の構造的制約が連動することによって強められる。例えば、アメリカで産業公害を生み出すトップ 20 の発生源のうち、８つが屠殺場であるが、この食糧システムに付随する環境問題や健康問題はよく理解されているにもかかわらず、その体質が非常に確立されたものであるめに、修正が極めて困難になっている。

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

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

序文

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

地球システムは複合生物であるという考えを、ラブロック(1972)が導入してから 40 年になる。つい最近になって、科学的知識体系は、地球システムの多くが、超えてはならない惑星限界に到達しているという認識と格闘するようになった(Rockstrom *et al.* 2009)。これらの概念は、人類の発展が環境に依存していること、そして地球システムの生物、物理、化学的プロセスの上に、人類の活動の総集計を加えた時に導かれる帰結について早急に検討しなければならないことを知らせてくれている。人類の活動による影響には、二酸化炭素(CO2)とメタン(CH4)排出による地球規模での炭素循環の変化、窒素とリンと硫黄の循環の崩壊、水の循環を妨げる自然河川の流れの遮断、無数の種を絶滅へと導く生態系の破壊、地球の土地被覆の劇的な変化(Rockstrom *et al.* 2009)などがある。

枠組み

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

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

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

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

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

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

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

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

駆動要因

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

人口

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

量

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

出生率については、割合は大きく異なるが、ほとんどすべての国々で低下している。地球規模のレベルでは、出生率は 1950～1955 年において 1000 人当たり 37 人の出生であったものが、2005～2010 年には 20 人にまで下がった。また同時に合計特殊出生率、すなわち 1 人の女性が一生の間に生む子供の数が、1950～1955 年の 4.9 から、2005～2010 年の 2.6 に減少した(UN 2011)。開発途上国では、特殊出生率の減少がより顕著で、1950～2010 年の間に、1 人の女性当たり 6.0 から 2.7 に減少したが、低開発地域の国々における特殊出生率のレベルは、まだ広範囲に分布している。先進国の間で、出生率は、1950 年 に 1 人の女性当たり 2.8 とすでに比較的低かったが、2010 年に 1.6 にまで落ち続けていて、置換水準である 2.1 に満たない（Box 1.1）(UN 2011)。世界人口の成長速度は 40 年以上前にピークに達しているが、いくつかの推定では、2025 年までにさらに 10 億人、世紀半ばになる前にさらに 10 億人増えると示唆されている(UN 2009a)。

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

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

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

表 1.1 人口統計データ、2011年*

	アフリカ	アジアとオセアニア	ヨーロッパ	中南米とカリブ諸国	北アメリカ	世界（データを持つ全ての国）
人口 1 000人当たり出生率	36	18	11	18	13	20
人口1 000人当たり死亡率	12	7	11	6	8	8
平均寿命	58	70	76	74	78	70
合計特殊出生率（1 女性が一生に生む子供数）	4.7	2.2	1.6	2.2	1.9	2.5
出生数1 000当たり乳児死亡率	74	39	6	19	6	44
人口 1000 人当たり正味の移住者	-1	0.04	2	-1	3	N/A
1990～2005年の国内移動, %	15.4	13.2	22.3	19.3	17.8	17.5
避妊具（全避妊法）を用いている15～49才の既婚女性, %	29	64	73	74	78	61
現代的な避妊法を用いている15～49才の既婚女性, %	25	59	60	67	73	55

* 特に明記しない限り2011年のデータ

出典: PRB 2011; UNDP 2009

Box 1.1 教育を通しての人口転換の促進

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

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

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

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

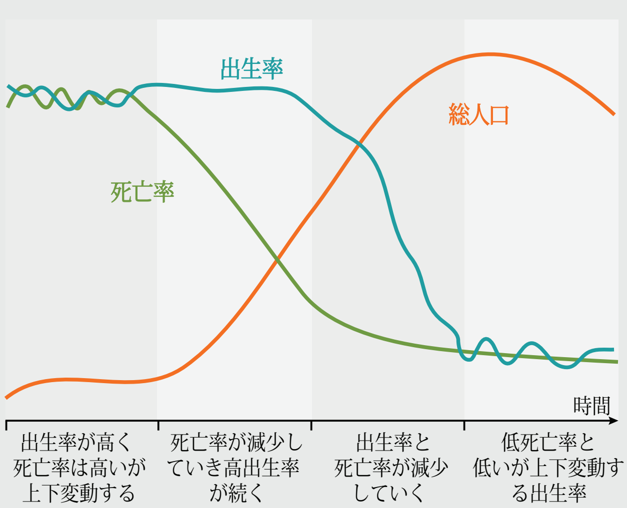
移住は、人口の変遷を促進するもう一つの要素で、その変遷の初期段階では、地域における主として田舎と田舎の間の移住であったものから、後期段階では田舎と都市の間の移住および国家間の移住へとシフトすることが特徴である。その三つの変遷過程を持つ非常にダイナミックな人口移動が、地方と世界の環境に帰結をもたらす。移住は、環境に対して次の三つの直接的な影響のいずれをも及ぼすと言える。

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

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

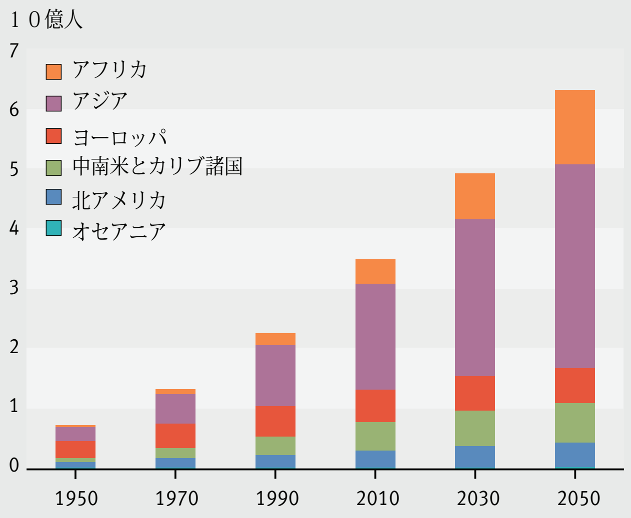
田舎と都市の間での移住、および国家間の移住の送り出し側のエリアと受け入れ側のエリアは、地域によってかなり異なる特性はあるが、送金を通してつながった状態にある。送金で駆動される土地使用の変更がもたらす潜在的な影響は重大であり、また送金で駆動される消費は、大きさにおいて同じでも、その環境への影響においては、より拡散する可能性がある(World Bank 2011b)。

図 1.1 人口転換



出典: University of Michigan

図 1.2 都市人口、1950～2050年



出典: UN 2009b

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

世界人口は、2010 年の人口密度が、マカオの 1 km^2 当たり 21,000 人から、グリーンランドの 1 km^2 当たり 0.03 人まで異なり、不均等に分布している。これは、植民の歴史、出生率や死亡率や移住といった人口動態の地域格差、いくつかの場所が単に人類の居住に適さないという事実など、多くの要因によるものである(Adamo and de Sher- binin 2011)。人口は特に、より標高の低い所や海岸近くに集結する。1998 年からの推定では、標高 100m以下の地帯が、全居住地の 15%を占め、その地帯に人口の約 30%が住んでいることが示された(Cohen and Small 1998)。標高の低い沿岸地帯にはさらに集中し、全陸地面積の約 2%に相当する地域に人口の 13 パーセントが居住し、急速に成長している (McGranahan *et al.* 2007)。

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

質

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

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

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

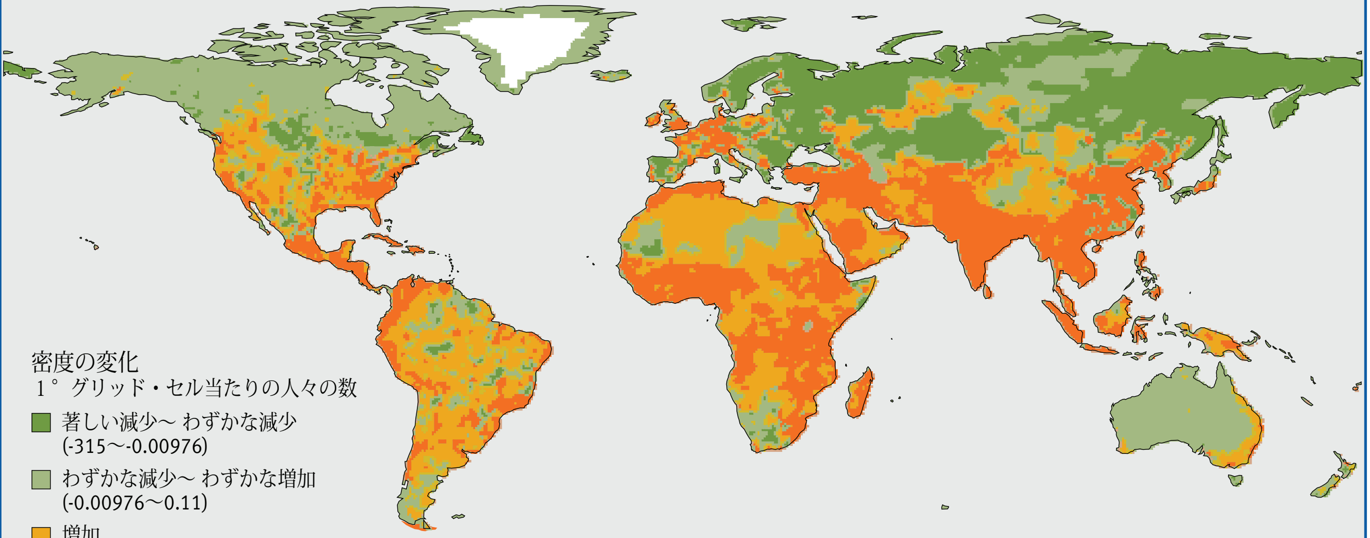
表 1.2 国家間の移住、1950～2100年

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

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

出典: UN 2011

図 1.3 人口密度の変化、1990～2005年



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

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

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

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

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

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

世帯をユニットとする研究以外に、絶対的な人口規模に関連付けられる影響を特定する研究もなされている。カリフォルニア州の研究では、人口規模が窒素酸化物と一酸化炭素の排出量の増加に著しく寄与していることが分かった(Cramer 1998)。同様に、研究者たちは、人口規模と CO_2 排出とが正の相関関係にあることを示し(Cole and Neumayer 2004; Mackellar *et al.* 1995; Bongaarts 1992)、二酸化硫黄に対しては逆 U 字型カーブの関係にあることも観察した(Cole and Neumayer 2004)。世帯と人口がどのように生態系に影響するかは、発展の段階、地理的スケール、および生態系自体に大きく依存する。そのことは第 2～6 章でさらに議論される。

経済発展

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

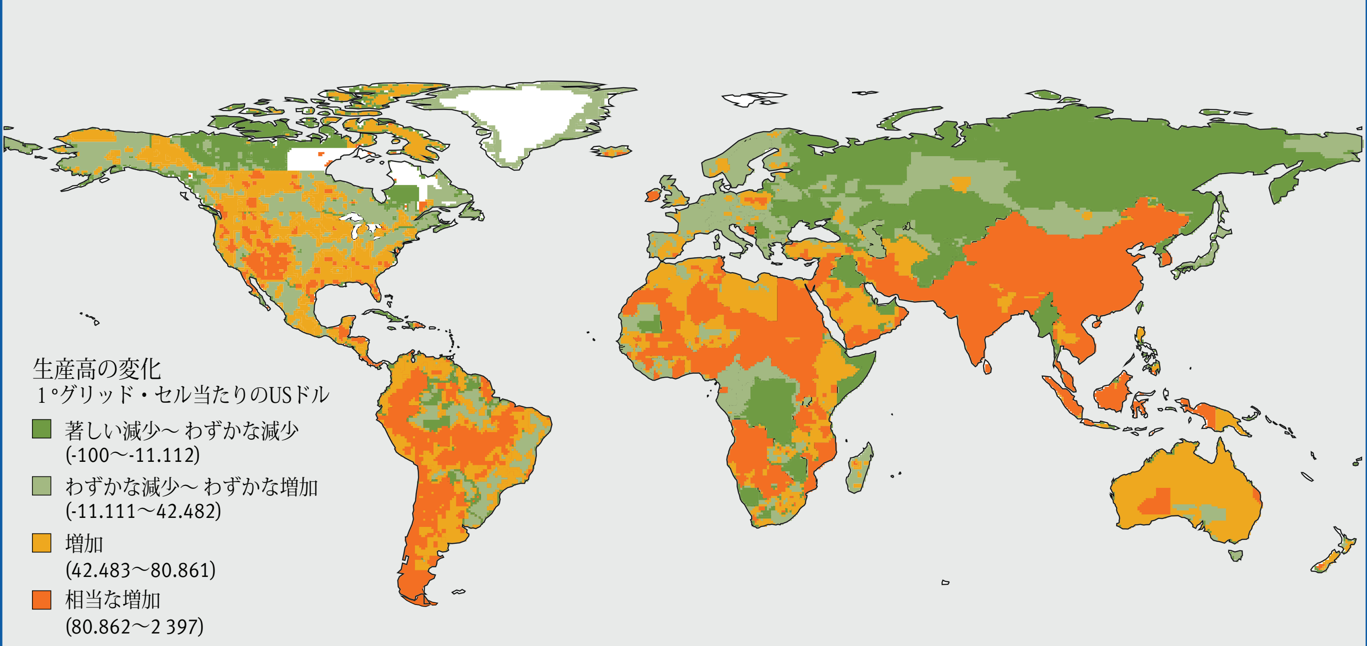
量

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

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

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

図 1.4 経済生産高の変化、1990～2005年



注釈：国境の内側のすべてのセルを集めた経済生産高の変動は、GDPの変動と一致する。

出典: Nordhaus et al. 2008

Box 1.2 繁栄を表すGDPに勝る指標

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

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

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

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

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

20 世紀中に、原材料採取の合計が、70 億トンからほぼ 600 億トンまで増加する一方で、GDP は 24 倍増加した(Krausmann *et al.* 2009)。同期間に、一人当たりの資源利用が 4.6 トンから約 9 トンと 2 倍になる一方で、一人当たり収入は 7 倍に増大した(UNEP 2011a; Krausmann *et al.* 2009)。その時、資源価格は下落するか、停滞していた。総合すると、これらのデータは、全体的に見た場合と、一人当たりを基準として見た場合のいずれにおいても、資源デカップリング（一経済活動当たりの資源利用量を減らすこと）または脱物質化が、20 世紀の間に起こったことを示す。その間に、デカップリングのために特に充当された包括的な政策は何も無かったので、それはおそらく世界規模の経済システム内の力によって、自然に起こったように見える。しかし、さらなる研究によって、その原因となった要因の特定が必要であることは明らかである。

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

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

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

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

経済成長を予測するのは難しく、1980 年代と 1990 年代に、韓国は、中国やインドの最近の成長率に似た急激な成長率を経験したが、その後、より穏やかな比率に減速した(World Bank 2011b)。現状での資源使用の程度を満たすために必要とされる仮想の土地の大きさという尺度で、すべての環境圧力を集約して示すエコロジカル・フットプリントの概念を用いると(Wackernagel *et al.* 2002, 1999)、中国およびインドが、毎年の生産効率をそれぞれ 2.9 および 2.2%改善できなければ、両者で、2001～2015 年の間の地球全体のフットプリントの予測増加量のうちの 37%を占める可能性がある(Dietz *et al.* 2007)。このような成長速度が、地球システムの生物物理的な

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

質

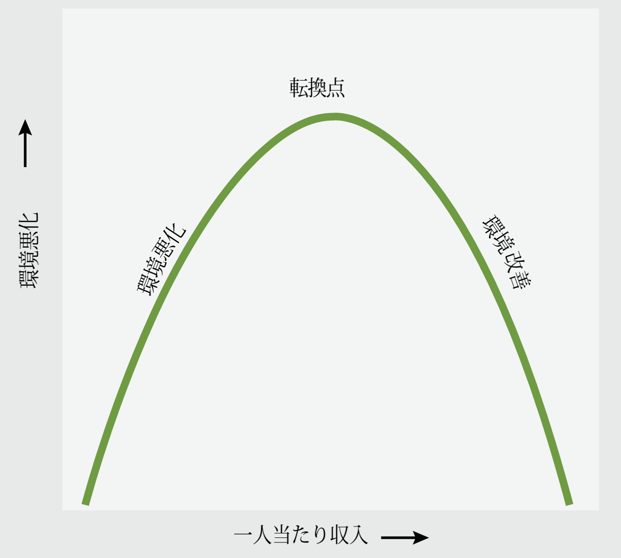
技術は、商品やサービスを生産するための鍵になる要素であり、環境影響の点からも重要な要素である。強度や質といった要素は、技術革新による影響を受けて、人口の上昇という悪影響を十分に補うことができるから、経済成長はいずれ環境の改善をもたらすことになる、と議論されてきた。その一例は 1970 年以降の先進国における温室効果ガス排出の割合であるが、環境影響をより小さくする方向へ技術変革がなされるため、排出量は経済活動よりも遅い速度で増加していくと説明されている(Bruvoll and Medin 2003; Hamilton and Turton 2002)。しかし他部門がそのようにうまくいくかは定かで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

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

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

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

図 1.5 環境クズネッツ曲線の簡単な説明



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

価値観

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

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

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

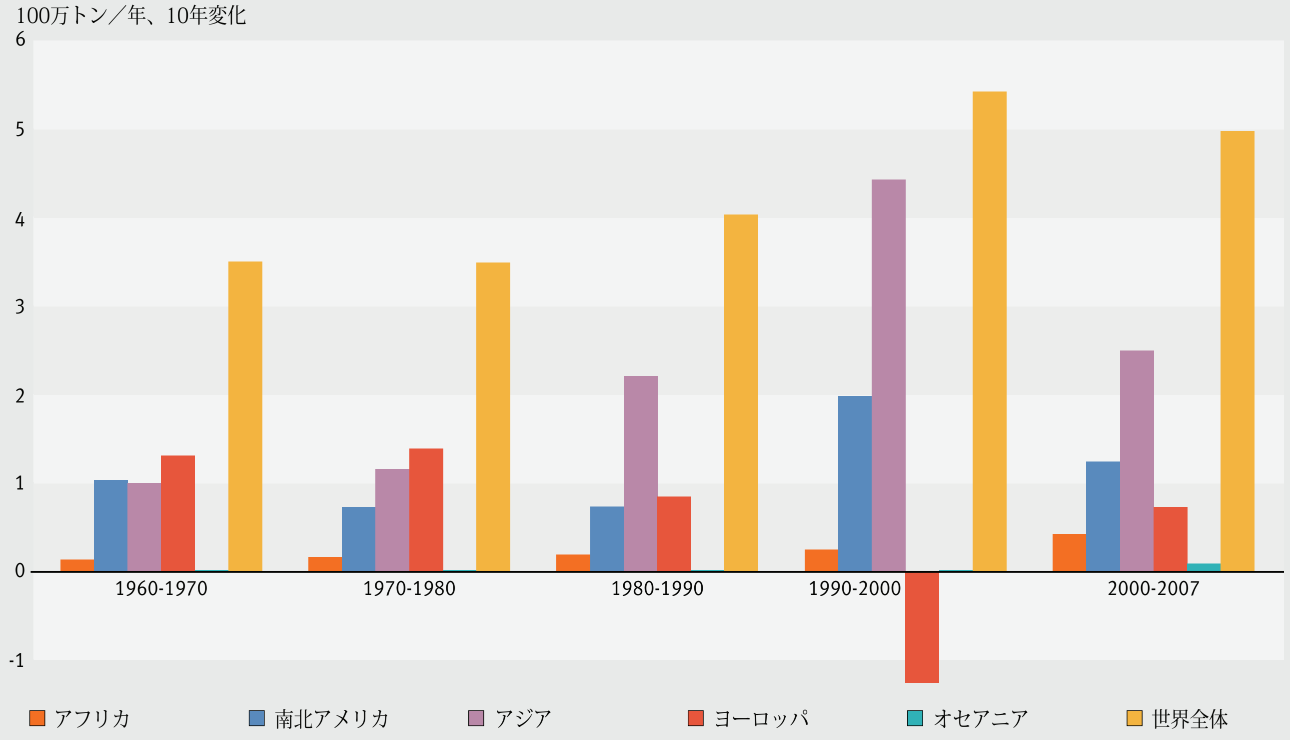
社会心理学は、環境について意思決定を行う基になる要素について説明する多くの概念を発展させた。これらの中でも、価値観が最も徹底的に調査され、多くの国の状況を踏まえて実験的に調べられた(Dietz *et al.* 2005)。すると、特に、他の人たちに向けられる愛他精神、他の生物種や生物圏に向けられる愛他精神が、一貫して見出され、環境保護の姿勢や振る舞いを予見させるものであった。次に、研究所や現場環境の両方で実施された試験的なゲームにおいては、他者と協力しようとする積極的な意思は、個々の人間や文化によってかなり異なる(Henrich *et al.* 2010, 2005)。最近、森林共有地のジレンマに対しては信頼が重要であることを示す相当量の文献が示されると共に(Fehr 2009)、上記の協力する性向が、森林共有地を管理する際に重要であることが示された(Rustagi *et al* 2010; Vollan and Ostrom 2010)。しかし、信頼についての研究は、価値観について為されたより多くの文献との関連付けが、まだ為されていない。消費者調査によって、環境に配慮された製品に対して、個人がなぜもっと支出しようとしないのか、その一連の理由が明らかにされた(WBCSD 2010)。その上位３つの理由は、その消費決定によって生じる環境上の悪影響について理解できていないこと、または無関心であることに関係したもので、そして４つ目の理由は、最も一般的なものであるが、個々の人たちが、彼等の仲間の間で、その行為を一般的慣習として見ているかどうかというものであった。この最後の点は、価値観に対して取られる社会的な圧力の重要性を示しており、ひいては、環境に影響を与える決定が、いかに社会的圧力によって影響を受けているかを示している。

食事

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

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

図 1.6 肉の供給の変化、 地域別、1960～2007年



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

出典: FAOSTAT 2010

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

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

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

エネルギーと水の連立問題

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

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

駆動要因による圧力の連続体

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

エネルギー

量

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

2030年までに、アジアの人口の55%以上が都会に住むだろう。
© Klbae Park/UN Photo

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

- 製造部門：33%
- 世帯部門：29%
- 輸送部門：26%

電気および発熱が、全 CO2 排出のうちの 40%以上の割合を占める(IEA 2010)。1992 年～2008 年の間に、CO2 排出が年間 3%以上の率で上昇し、合計 66%の上昇となったのは、世界人口の上昇よりはるかに大きな増加であるが、それは主として多くの開発途上国で、鉱工業生産が成長しただけでなく、生活水準がより高くなった結果である。

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

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

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

質

再生可能エネルギーの生産が、多くの注目を集めつつあり、太陽、風、水、木材などの再生可能資源から生産されるエネルギー量は、2008 年に世界供給量の 13%になり、2010 年の推定量は 16%になる(REN21 2011)。しかし最大の再生可能資源は、世界供給量の 10%を占めるバイオマスで、さらにそのほぼ 3 分の 2 は、開発途上国で料理や加熱に使用されるバイオマスである(IPCC 2011)。したがって、バイオマスを除外すると、他の再生可能資源は、世界のエネルギーの約 3%を提供するに過ぎない。

石炭火力発電所からの排出物が大気へ上昇している。
© Sasha Radosavljevic/iStock

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

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

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

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

世界のエネルギー消費量は、成長し続けると予想されている。中国のエネルギー強度は1980～2002年の間に66%減少したが(IEA 2008; Polimeni and Polimeni 2006)、インドのGDPの単位当りエネルギー使用量は、その同期間に、比較的一定のままだった。インドはその発展する経済のために、2030年までに、推定される世界の CO_2 排出の増加の8%を担うと予想される(World Bank 2008)。国際社会が、この先、気候変動の対処に困窮し続けるならば、今世紀の終わりまでに気温は3.5～6℃上昇するかもしれない(IEA 2011)。世界的な温室効果ガス排出の上昇を止めるために、京都議定書は、より環境にやさしい技術が、先進国から開発途上国の経済に移転されるよう促進した。貿易がこれらの技術を広げる手段と見なされているが、既存の貿易障壁を相当に減らさせなくては、この削減手法は影響を限定されてしまうだろう(World Bank 2008)

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

輸送

量

輸送は、人々、生産、消費のために役立ち、貿易を促進する重要なものである。世界経済は、厳しい景気後退から現在、回復しつつある。著しい地理的な差はあるが、世界の鉱工業生産および貿易が上昇して、深刻な景気後退の前の水準に戻りつつある。GDPは、中国において最も速く成長しており、2010年に年間10.3%で、インドが9.7%である。グローバル・インサイトが発表したデータによれば(Global Insight 2010)、次の40年で、ブラジル、ロシア、インド、中国 (BRIC国) が、GDPにおいて、ドイツ、英国、フランス、イタリアを上回って、アメリカに接近し始め、2050年までに中国が世界で最も高いGDPを持つ確かな可能性があると示唆している。この不均衡な成長は、物流管理やサプライチェーンの観点から多くの課題と機会をもたらし、国際貿易や物品の流れに影響を及ぼす。

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

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

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

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

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

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

質

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

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

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

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

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

しかし、グリーン市場の創設における政府や支持グループによる積極的な働きで、二つの関連する制度が実現されるだろう。一つは、企業が CO_2 の発生を処理しきれない部分を埋め合わすために、先物やオプションとして、オフセットを購入することができるオフセット取引の市場である(Lequet and Bellasen 2008)。もう一つは、発生した CO_2 量を地域のサプライチェーンとの連携などの様々な緩和活動で相殺する、カーボンニュートラルのサプライチェーンを開発する試みである。政策全体から見て、これらは、カーボンニュートラルの達成を促進すると共に、小さな現地メーカーに、多国籍企業と組ませるよう働きかけることによる、いくつかの開発利益をもたらすことができるだろう。同じように、健康、環境、社会正義、個人正義、持続可能な生活を促進していくことを基本にするライフスタイルを基軸とした新しい市場が発展しつつある。その発展は、すべての部門にわたって、環境にやさしい輸送政策を組み入れた、より持続可能な開発を進める新しい政策を策定する機会を世界中に提供する。

都市化

量

都市化は、これまでに論じてきた、食糧やエネルギーと複雑に相互作用する。世界の人口の半分が暮らしている市街地は、世界のエネルギーの３分の２を使用し、世界の炭素排出の70％を生み出している(IEA 2008)。市街地が消費するエネルギー量は、そこに構築される環境が、住居や商業ビル群なのか、輸送インフラなのかによって大きく左右される。例えば、北京や上海の高度経済成長において、1985 年以降、産業活動に起因する排出量の割合が減少するということが起こったが、1985年～2006 年の間に、乗り物を所有する個人が増加するにつれて、輸送に起因する排出が、北京で７倍、上海で８倍と著しく増加した(Dhakal 2009)。この増加量は、中国政府が実施したエネルギー効率ラベル制度によって、2006～2010 年の間に回避された 14 億トンの CO_2 排出分のクレジットで、ある程度、相殺されたかもしれない(Zhan et al. 2011)。

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

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

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

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

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

質

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

開発途上の都市は、廃棄物ゼロを達成するよう奨励されており、それらの都市の指針には、ごみ焼却の削減、大量の紙やプラスチックのリサイクル、既存の埋めたて地から貴金属やレアアースを採鉱することが盛り込まれている(Zaman and Lehmann 2011)。

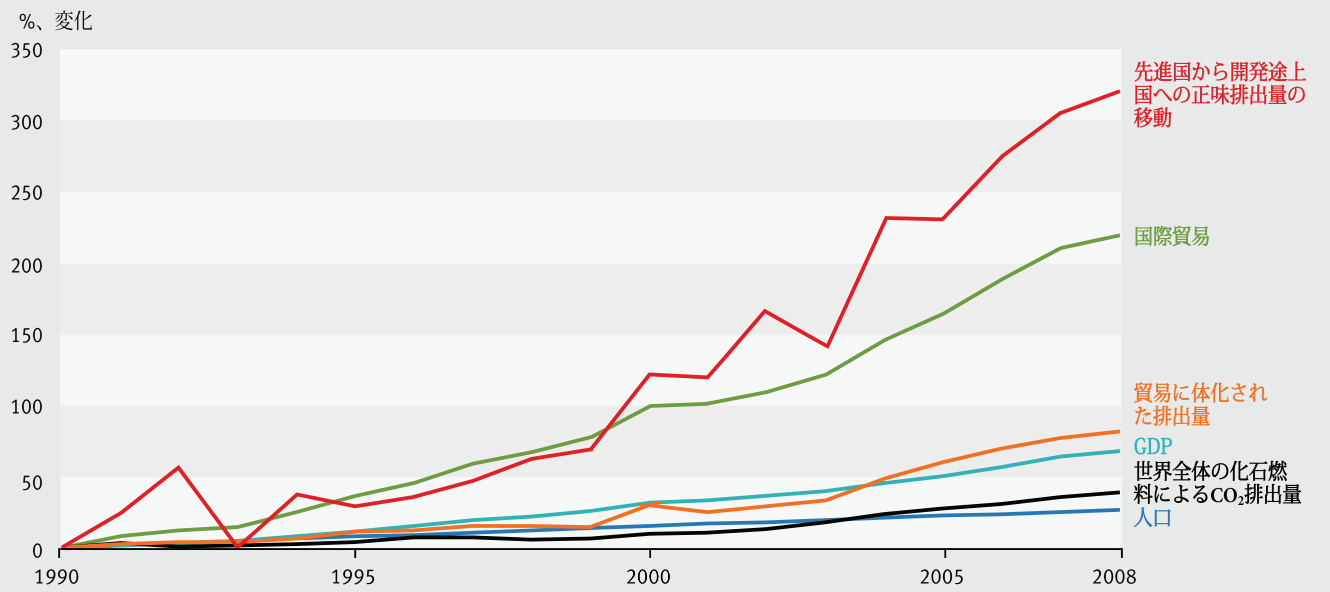
地球に新たに増える数十億人は、自給自足農業を通して土地に直接的影響を及ぼすが、地球は彼等を支えることができるのか、また、新たに増える何十億の都市人口は、大きな企業農場で生産される肉から、脂肪やタンパク質を消費者として消費することを通して、土地に間接的影響を及ぼすが、地球は彼等を支えることができるのかという疑問が残されたままである。この疑問に対する答えが出れば、どれだけの土地を、家畜の飼育や、飼料の生産や、農業に振り向けられるかが究極的に明らかになるだろう。短期において明らかにされていないことは、人口転換の加速か減速のいずれが、土地システムへの負荷を増加させるのか、それとも減少させるのかというこ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

グローバル化

量

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

図 1.7　人口、GDP、貿易、CO_2排出量の成長、1990～2008年



出典: Peters *et al.* 2011

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

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

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

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

そのような切り離しは、先進国の世帯による消費が、どこか他の場所、特に開発途上国に著しい環境影響をもたらすことになる。ピーターズとヘルトウィッチは(Peters and Hertwich 2006) 、ノルウェーにおける消費の影響を追跡調査したところ、輸入は家計の 22%にしか過ぎないのに、ノルウェー世帯が諸外国にもたらしている環境影響は、その消費によって間接排出された CO_2 の 61%、二酸化硫黄の 87%、窒素酸化物の 34%になることが分かった(Wiedmann *et al.* 2007)。

中国は、貿易を理解するための有益な事例である。20 世紀の後半に、中国は、加工基地となるよう、その経済を急速にシフトさせた結果、天然資源の純輸出国であったものが、純輸入国に変わった。そこで加工された商品の多くは、直接輸出されるが、中国の環境がその汚染を吸収している(Ma *et al.* 2006)。例えば 2002～2007 年の間の中国の CO_2 排出の 8～12%は、アメリカへの輸出品に帰属すべきものであった(Xu *et al.* 2009)。

質

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

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

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

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

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

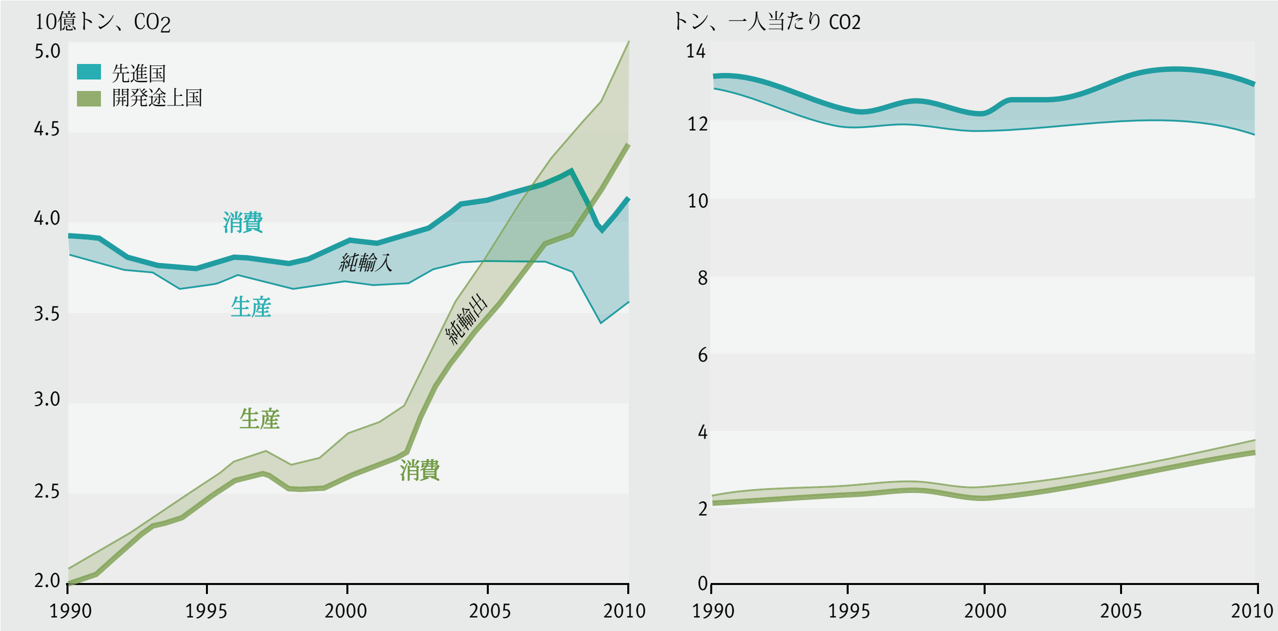
Box 1.3　温室効果ガスの排出と国際貿易

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

図 1.8 は、1990～2010 年の先進国および開発途上国の経済活動と CO_2 排出量を追跡したものである。着色した部分は、開発途上国にて消費が生産より低いこと、先進国にて消費が生産より高いことを示す相対的な貿易収支を表す。開発途上国では生産と消費が分離されるにつれ、貿易収支がゆっくり増加していったが、商品やサービスの生産および消費に体化された総 CO_2 排出量は、特に 2002 年以降、急勾配で上昇した。対照的に、先進国での生産と消費に体化された排出量は、2002 年頃まではほとんど水平で、その後急激に上昇した後、2008 年にピークに達した。先進国の CO_2 貿易収支のマイナスは、数十年にわたって拡大した。体化された炭素排出量によって表されるように、先進国は 2010 年までに従来の状態に戻るように見えるが、一方の開発途上国の排出量はほとんど小休止もなく、先進国のそれを追い越した。一人当たりを基準にして見ると、右側部分に示されるように、先進国と開発途上国からの CO_2 排出量の間に大きな格差が存続している。

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

図 1.8　先進国と開発途上国との間でのCO_2排出量の移動、 1990～2010年



出典: Peters *et al.* 2012

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

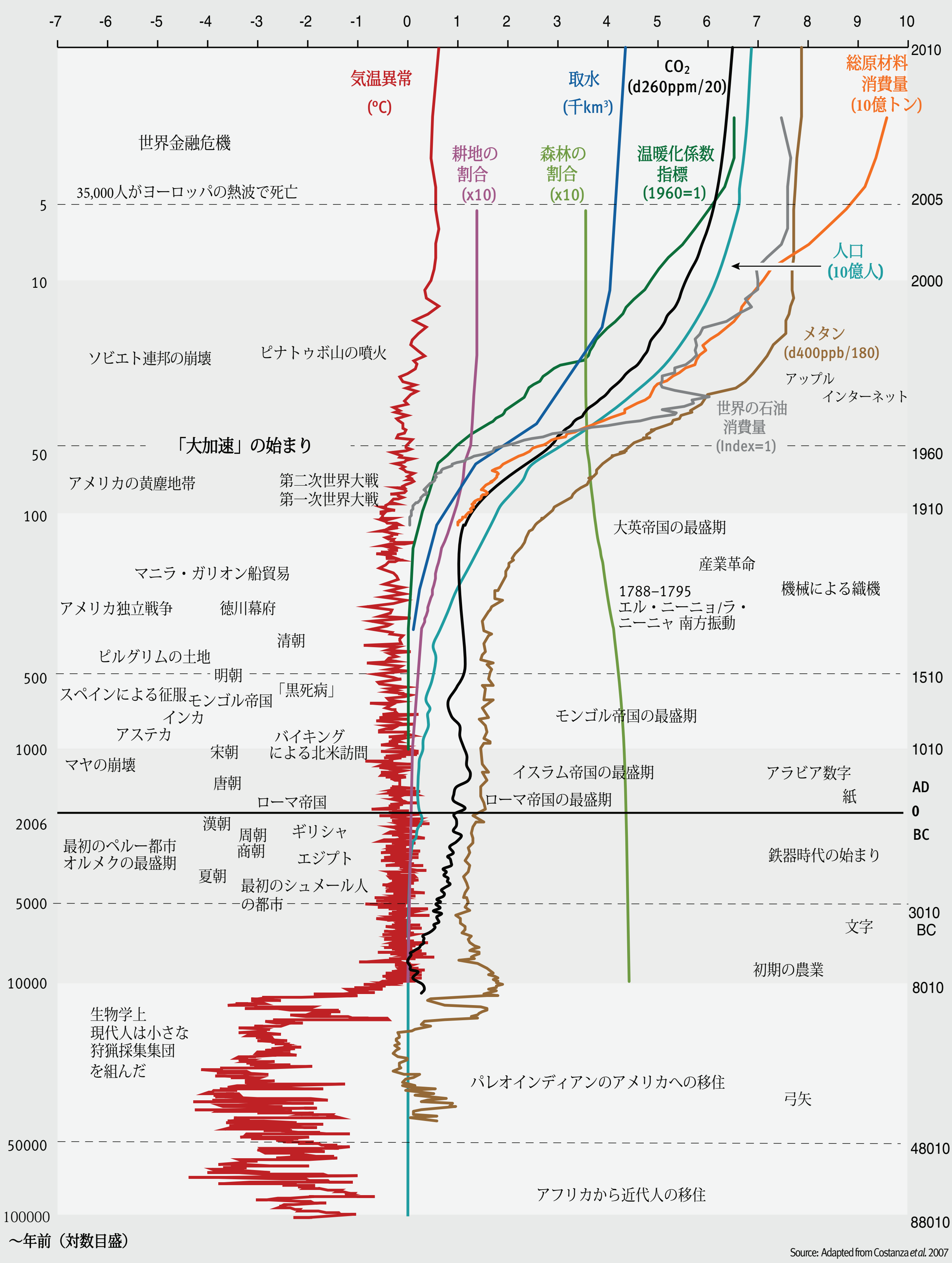
考察

駆動要因は、いくつかの驚くべき結果をもたらす予測不可能な方法で相互作用している。この項では、駆動要因と、環境に作用する多くの圧力とを結び付けていくが、その複雑さを図示し、また政策決定者がその影響の改善に取り組めるように、いくつかの方法を提供することを目指している。

臨界閾値

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

図 1.9　第二次世界大戦後の「大加速」



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

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

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

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

天然資源の乱開発

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

政府がかなりの補助金を提供して、収量を増大させる漁獲技術に多く投資するよう奨励したために、第二次世界大戦後に、漁業船舶と漁獲量が最大の伸展を見せた。しかし多くの場合、漁獲量を増やすと、持続不可能になることが判明し、1970 年代までに漁場の衰退が広範囲に広がった(Pauly 2009)。国連海洋法条約(UNCLOS)による管轄権の拡張によって、多くの沿岸地域の管理実務の改善が為されたが、再度、漁獲能力が向上したため 2 度目の衰退がもたらされた(FAO 2010)。それに取り組むための国際協定である漁獲能力を管理する国際行動計画が 1999 年に採択されたが、依然として過剰な漁獲能力が世界の漁場における深刻な問題になっている(FAO 2010)。

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

駆動要因の結合と人の健康へのフィードバック

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

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

強烈な圧力の生成

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

Box 1.4 情報通信技術の悪循環？

コンゴの民主主義共和国

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

中国の珠江流域(Pearl River basin)

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

ガーナのアボブロシ

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

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

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

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

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

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

慣性と経路依存性

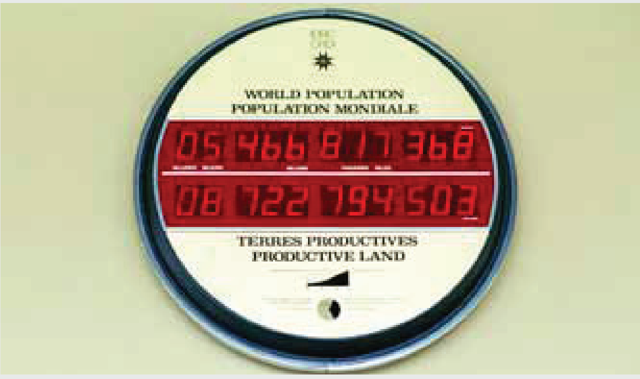
地球の生態的で組織的なシステムは、非常に複雑で、変化が遅いので、今日なされた決定が、長期的かつ広範囲に影響を及ぼす。世界は、現在歩んでいる軌道の背後に存在している駆動要因に対処しなければ、環境的に持続可能となるひとそろいの選択と結果をもたらす軌道へと移行することは難しいだろう。また同時に、それを急ぐ必要があることも認識しなければならない。それでも結局、システム内の慣性と、過去にこれらの駆動要因に対処することを渋ってきたために、回避できたはずの一連の影響を、将来の世代が担わされることになる。これらの問題の中で最も手ごわいのは、気候変動であり、それには、いくつかの駆動要因が結合していて、炭素排出量の削減を、非常に複雑で困難な作業にしている。例えば、現在の化石燃料依存のエネルギーや輸送インフラは、地球に対して、今から2060年までに 4,960 億トンの CO_2 を放出すると推定されている(Davis *et al.* 2010)。（これらの計算には、現時点で未達成である輸送網の拡張、追加予定である化石燃料による発電所、燃焼エネルギーに依存する基地や工場に燃料補給する複合経済、は含まれていない。またそれらの計算はすべて、現在のエネルギー生産や輸送モデルに従ってなされている。）そこで問題となるのは、単にその置き換えにコストがかかる既存の物的インフラだけでなく、現状維持の結果として発展してきた何百万もの仕事や加工施設や全ての副次産業に関するものである。

輸送インフラに為された投資のケースについては、すでに言及したが、世界の食糧生産の制度的慣行は、それを変えようとすると、輸送インフラに似た障壁となって立ちはだかる。決してそれが生じている唯一の国ではないが、アメリカの農業政策はこの現象の実例である。現在、アメリカの74%の農地は、8つの商品作物に専有されている。トウモロコシ、小麦、綿、大豆、米、大麦、オートミール、モロコシの支援に政府の農業助成金の70～80%が費やされ (Jackson *et al.* 2009)、農業が統合され、産業化された食糧生産システムとなった。不幸にも、食糧システムにおいて、これらの８つの作物商品の生産が重視されたことで、1985年～2000年に、これらの基本食料品に由来する不健康な油脂の価格が 35%だけ上昇する間に、野菜や果物のようなより健康的な食糧の価格が 100%以上上昇するという結果になった (Jackson *et al.* 2009)。国の消費者の多くが価格に基づいて日々の消費決定をしている状況の中で、この縦割りで政治的に強力な産業に対して、数十年間にわたって投資が為されてきたため、その食糧システムによる健康への影響を、根本的に変化させることが非常に困難になっている。

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

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

Box 1.5 駆動要因を中心にした考え方の結論



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

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

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

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

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

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

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

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

参照文献

Abraham, K.G. and Mackie, C. (2005). *Beyond the Market: Designing Non-Market Accounts for the United States*. National Academy Press, Washington, DC

Adamo, S. and De Sherbinin, A. (2011). The impact of climate change on the spatial distribution of populations and migration. In *Population Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development: An International Perspective* (ed. UN Population Division). United Nations, New York. http://www.un.org/esa/population/publications/PopDistribUrbanization/PopulationDistributionUrbanization.pdf

Adams, J. (1999). *The Social Implications of Hypermobility*. OECD Environmental Directorate, Paris

Aguilar, D. (2011). Groundwater reform in India: an equity and sustainability dilemma. *Texas International Law Journal* 46(3), 623–653

AsiaNews (2005). *Pearl River Pollution a Serious Concern*. http://www.asianews.it/news-en/Pearl-River-pollution-a-serious-concern-3264.html (accessed 5 September 2011)

Aslanidis, N. and Iranzo, S. (2009). Environment and development: is there a Kuznets curve for CO_2 emissions? *Applied Economics* 41(6), 803–810

Attari, S.Z., Dekay, M.L., Davidson, C.I. and De Bruien, W.B. (2010). Public perceptions of energy consumption and savings. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(37), 16054–16059

Barak, R. (2009). Fighting pollution on the Pearl River. *China Dialogue* (online). http://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/3266-Fighting-pollution-on-the-Pearl-River (accessed 5 September 2011)

Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R.S.J. and Yumkella, K.K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. *Energy Policy* 39, 7896–7906

Bertaud, A., Lefèvre, B. and Yuen, B. (2011). GHG emissions, urban mobility, and morphology: a hypothesis. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda* (eds. Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC

Bhana, D., Morrell, R. and Pattman, R. (2009). Gender and education in developing contexts: postcolonial reflections on Africa. In *International Handbook of Comparative Education* (eds. Cowen, R. and Kazamias, A.M.). pp.703–713. Springer, Netherlands

Bongaarts, J. (2001). *Household Size and Composition in the Developing World*. Population Council, New York

Bongaarts, J. (1992). Population growth and global warming. *Population and Development Review* 18(2), 299–319

Bongaarts, J. and Bulatao, R.A. (1999). Completing the demographic transition. *Population and Development Review* 25(3), 515–529

Brajer, V., Mead, R.W. and Xiao, F. (2011). Searching for an environmental Kuznets curve in China's air pollution. *China Economic Review* 22(3), 383–397

Bruns, B., Mingat, A., and Rakotomalala, R. (2003). *Achieving Universal Primary Education by 2015 – A Chance for Every Child*. Washington, DC: The World Bank.

Bruvoll, A. and Medin, H. (2003). Factors behind the environmental Kuznets curve: a decomposition of the changes in air pollution. *Environmental and Resource Economics* 24(1), 27–48

BTS (2011). *America's Container Ports: Linking Markets at Home and Abroad*. Bureau of Transportation Statistics, Washington, DC

Bulled, N. and Sosis, R. (2010). Examining the relationship between life expectancy, reproduction, and educational attainment. A cross-country analysis. *Human Nature* 21, 269–289

Caldeira, K. and Davis, S.J. (2011). Accounting for carbon dioxide emissions: a matter of time. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(21), 8903–8908

CARE (2011). *White Paper: Women's Empowerment*. CARE USA

Carpenter, S.R., Cole, J.J., Pace, M.L., Batt, R., Brock, W.A., Cline, T., Coloso, J., Hodgson, J.R., Kitchell, J.F., Seekell, D.A., Smith, L. and Weidel, B. (2011). Early warnings of regime shifts: a whole-ecosystem experiment. *Science* 332, 1079–1082

Carr, D. (2009). Population and deforestation: why rural migration matters. *Progress in Human Geography* 33(3), 355–378

Carrico, A., Vandenbergh, M.P., Stern, P.C., Gardner, G.T., Dietz, T. and Gilligan, J.M. (2011). Energy and climate change: key lessons for implementing the behavioral wedge. *George Washington Journal of Energy and Environmental Law* 2, 61–67

Carrico, A.R., Padgett, P., Vandenbergh, M.P., Gilligan, J. and Walston, K.A. (2009). Costly myths: an analysis of idling beliefs and behavior in personal motor vehicles. *Energy Policy* 37(8), 2881–2888

Carson, R.T. (2010). The environmental Kuznets curve: seeking empirical regularity and theoretical structure. *Review of Environmental Economics and Policy* 4(1), 3–23

Chang, F.C., Simcik, M.F. and Capel, P.D. (2011). Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30(3), 548–555

Chester, M.V. and Horvath, A. (2009). Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. *Environmental Research Letters* 4, 1–8

CIESIN and CIAT (2005). Gridded population of the world, version 3 (GPWv3). Center for International Earth Science Information Network, Columbia University and Centro Internacional de Agricultura Tropica. Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University, Palisades, NY. http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw

Clark, M.L. and Aide, T.M. (2011). *An analysis of decadal land change in Latin America and the Caribbean mapped from 250-m MODIS data*. 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 10–15 April 2011, Sydney

Cohen, J. and Small, C. (1998). Hypsographic demography: the distribution of human population by altitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 95, 14009–14014

Cole, M.A. (2006). Does trade liberalization increase national energy use? *Economics Letters* 92(1), 108–112

Cole, M.A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological Economics* 48(1), 71–81

Cole, M.A. (2003). Development, trade, and the environment: how robust is the environmental Kuznets curve? *Environment and Development Economics* 8(04), 557–580

Cole, M.A. and Neumayer, E. (2004). Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment* 26(1), 5–21

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. and Van Den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387(6630), 253–260

Costanza, R., Graumlich, L., Steffen, W., Crumley, C., Dearing, J., Hibbard, K., Leemans, R., Redman, C. and Schimel, D. (2007). Sustainability or collapse: what can we learn from integrating the history of humans and the rest of nature? *Ambio* 36(7), 522–527

Cramer, J.C. (1998). Population growth and air quality in California. *Demography* 35(1), 45–56

CRI (2009). *Research Report on China's Cigarette Industry, 2009*. China Research and Intelligence, Shanghai

Croci, E., Melandri, S. and Molteni, T. (2011). Comparing mitigation policies in five large cities: London, New York City, Milan, Mexico City and Bangkok. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda* (eds. Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC

Daniel, H. and Margareta, W. (2009). Effects of Roundup and glyphosate formulations on intracellular transport, microtubules and actin filaments in *Xenopus laevis* melanophores. *Toxicology in Vitro* 24(3), 795

Davis, S.J., Caldeira, K. and Matthews, H.D. (2010). Future CO_2 emissions and climate change from existing energy infrastructure. *Science* 329(5997), 1330–1333

DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M. and Hansen, M. (2010). Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3, 178–181

De Haen, H., Stamoulis, K., Shetty, P. and Pingali, P. (2003). The world food economy in the twenty-first century: challenges for international co-operation. *Development Policy Review* 21(5–6), 683–696

De Sherbinin, A., Carr, D., Cassels, S. and Jiang, L. (2007). Population and environment. *Annual Review of Environment and Resources* 32, 345–73

De Silva, H.J., Samarawickrema, N.A. and Wickremasinghe, A.R. (2006). Toxicity due to organophosphorus compounds: what about chronic exposure? *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 100(9), 803–806

Devarajan, S., M.J. Miller & E. V. Swanson (2002). *Goals for Development: History, Prospects and Costs*. Policy Research Working Paper 2819. Washington, DC: The World Bank.

Dhakal, S. (2010). GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2(4), 277–283

Dhakal, S. (2009). Urban energy use and carbon emissions from cities in China and policy implications. *Energy Policy* 37(11), 4208–4219

Diamond, J. (2005). *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed*. Viking Press.

Dietz, T., Rosa, E.A. and York, R. (2007). Driving the human ecological footprint. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(1), 13–18

Dietz, T., Fitzgerald, A. and Shwom, R. (2005). Environmental values. *Annual Review of Environment and Resources* 30, 335–372

Dogbevi, E.K. (2011). E-waste in Ghana – how many children are dying from lead poisoning? *Ghana Business News*, 7 June 2010

EIA (2010). *World Energy Projection System Plus*. US Energy Information Administration. Washington, DC

Enerdata (2011). *Global Energy Statistical Yearbook*. Enerdata, Grenoble

EPA (2009). *National Water Quality Inventory: Report 2000*. US Environmental Protection Agency, Washington, DC

Fabry, V.J., Seibel, B.A., Feely, R.A. and Orr, J.C. (2008). Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes. *ICES Journal of Marine Science* 65, 414–432

FAO (2010). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food and Agriculture Organization, Rome

FAOSTAT (2010). *Food Supply: Livestock and Fish Primary Equivalent*. 2 June 2010. UN Food and Agriculture Organization, Rome

Fehr, E. (2009). On the economics and biology of trust. *Journal of the European Economics Association* 7(2–3), 235–266

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Mueller, N.S., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, F., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D. and Zaks, D.P.M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L. and Holling, C.S. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35, 557–581

Gakidou, E., Cowling, K., Lozano, R. and Murray, C.J. (2010). Increased educational attainment and its effect on child mortality in 175 countries between 1970 and 2009: a systematic analysis. *The Lancet* 376(9745), 959–974

Galeotti, M., Manera, M. and Lanza, A. (2009). On the robustness of robustness checks of the environmental Kuznets curve hypothesis. *Environmental and Resource Economics* 42, 551–574

Gasnier, C., Dumont, C., Benachour, N., Clair, E., Chagnon, M.C., and Séralini, G.E. (2009). Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology* 262(3), 184–191

Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. and Van Der Meer, T. (2009). The water footprint of energy from biomass: a quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply. *Ecological Economics* 68(4), 1052–1060

Global Insight. 2010. Economic Outlook 2010. IHS Global Insight, Englewood. http://www.globalinsight.com

Global Witness (2010). *The Hill Belongs to Them: The Need for International Action on Congo's Conflict Minerals Trade*. Global Witness, London. http://www.globalwitness.org/sites/default/files/library/The%20hill%20belongs%20to%20them141210.pdf

Goulias, K.G. (2008). Supply chain and transportation: a smorgasbord of issues. In *Agri-food Logistics in the Mediterranean Area* (ed. Gattuso, D.). Franco Angeli, Milan

Grossman, G. and Krueger, A. (1995). Economic growth and the environment. *Quarterly Journal of Economics* 110, 353–377

Grote, U. and Warner, K. (2010). Environmental change and migration in sub-Saharan Africa. *International Journal of Global Warming* 2(1), 17–47

Guagnano, G.A., Stern, P.C. and Dietz, T. (1995). Influences on attitude-behavior relationships: a natural experiment with curbside recycling. *Environment and Behavior* 27, 699–718

Hamerschlag, K. (2011). *Meat Eater's Guide to Climate Change and Health*. Environmental Working Group, Washington, DC. http://static.ewg.org/reports/2011/meateaters/pdf/report_ewg_meat_eaters_guide_to_health_and_climate_2011.pdf

Hamilton, C. and Turton, H. (2002). Determinants of emissions growth in OECD countries. *Energy Policy* 30, 63–71

Hayes, K. (2002). Update on coltan mining in the Democratic Republic of Congo. *Oryx* 36, 12–13

Heinrichs, D., Aggarwal, R., Barton, J., Bharucha, E., Butsch, C., Fragkias, M., Johnston, P., Kraas, F., Krellenberg, K., Lampis, A., Ling, O.G. and Vogel, J. (2011). Adapting cities to climate change: opportunities and constraints. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda*. (eds. Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC

Henrich, J., Ensminger, J., McElreath, R., Barr, A., Barrett, C., Bolyanatz, A., Cardenas, J.C., Gurven, M., Gwako, E., Henrich, N., Lesorogol, C., Marlowe, F., Tracer, D. and Ziker, J. (2010). Markets, religion, community size, and the evolution of fairness and punishment. *Science* 327(5972), 1480–1484

Henrich, J., Boyd, R., Bowles, S., Camerer, C., Fehr, E., Gintis, H., McElreath, R., Alvard, M., Barr, A., Ensminger, J., Henrich, N.S., Hill, K., Gil-White, F., Gurven, M., Marlowe, F.W., Patton, J.Q. and Tracer, D. (2005). "Economic man" in cross-cultural perspective: behavioral experiments in 15 small scale societies. *Behavioral and Brain Sciences* 28, 795–855

Henry, A.D. (2009). The challenge of learning for sustainability: a prolegomenon to theory. *Human Ecology Review* 16(2), 131–140

Huijser, M.P., McGowen, P., Fuller, J., Hardy, A., Kociolek, A., Clevenger, A.P., Smith, D. and Ament, R. (2008). *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*. United States Department of Transportation, Washington, DC

IAEA (2008). *Nuclear Power Global Status*. International Atomic Energy Agency, Vienna

IATA (2011). *Cargo E-Chartbook Q1 2011*. International Air Transport Association, Geneva

IEA (2011). *World Energy Outlook 2011*. International Energy Agency, OECD, Paris

IEA (2010). *CO_2 Emissions from Fossil Fuel Combustion*. International Energy Agency, Paris

IEA (2008). *World Energy Outlook 2008*. International Energy Agency, OECD, Paris

IPCC (2011). Summary for policymakers. In *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (eds. Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlomer, S., von Stechow, C.). Cambridge University Press, Cambridge and New York

Ironmonger, D.S., Aitken, C.K. and Erbas, B. (1995). Economies of scale in energy use in adult-only households. *Energy Economics* 17(4), 301–310

ITU (2010). ITU sees 5 billion mobile subscriptions globally in 2010. Press release, 15 February 2010. International Telecommunication Union, Barcelona

Jackson, M.O. and Yariv, L. (2007). Diffusion of behavior and equilibrium properties in network games. *American Economic Review* 97(2), 92–98

Jackson, R.J., Minjares, R., Naumoff, K.S., Shrimali, B.P. and Martin, L.K. (2009). Agriculture policy is health policy. *Journal of Hunger and Environmental Nutrition* 4(3–4), 393–408

Jaeger, C., Renn, O., Rosa, E.A. and Webler, T. (2001). *Risk, Uncertainty and Rational Action*. Earthscan, London

Jaffe, A.B. and Stavins, R.N. (1994). The energy-efficiency gap: what does it mean? *Energy Policy* 22, 804–810

Jalil, A. and Mahmud, S.F. (2009). Environment Kuznets curve for CO_2 emissions: a cointegration analysis for China. *Energy Policy* 37, 5167–5172

Jiang, Y. (2009). China's water scarcity. *Journal of Environmental Management* 90(11), 3185–3196

Jiang, L. and Hardee, K. (2009). How do recent population trends matter to climate change? *Population Research and Policy Review* 30(2), 287–312

Jorgenson, A.K. (2007). The effects of primary sector foreign investment on carbon dioxide emissions for agricultural production in less-developed countries, 1980–99. *International Journal of Comparative Sociology* 48, 29–42

Kahneman, D. (2003). A perspective on judgment and choice. *American Psychologist* 58(9), 697–720

Kahrl, F. and Roland-Holst, D. (2008). China's water-energy nexus. *Water Policy* 10(S1), 51–65

Kennedy, G., Nantel, G. and Shetty, P. (2005). *Globalization of Food Systems in Developing Countries: Impact on Food Security and Nutrition*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/docrep/007/y5736e/y5736e00.htm

Kenworthy, J.R. and Laube, F.B. (1996). Automobile dependence in cities: an international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability. *Environmental Impact Assessment Review* 16(4–6), 279–308

Kirkpatrick, C. and Scrieciu, S.S. (2008). Is trade liberalisation bad for the environment? A review of the economic evidence. *Journal of Environmental Planning and Management* 51(4), 497–510

Knight, K.W. and Rosa, E.A. (2011). Household dynamics and fuelwood consumption in developing countries: a cross-national analysis. Population and Environment, 1-14.

Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., Haberl, H. and Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68(10), 2696–2705

Kumar, C., Malhotra, K., Raghuram, S. and Pais, M. (1998). Case study: India. Water and population dynamics in a rural area of Tumkur district, Karnataka. In *Water and Population Dynamics: Case Studies and Policy Implications* (eds. Sherbinin, A.D. and Dompka, V.). American Association for the Advancement of Science (AAAS), Washington, DC

Lambin, E.F., Geist, H.J. and Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources* 28, 205–241

Larivière, I. and Lafrance, G. (1999). Modelling the electricity consumption of cities: effect of urban density. *Energy Economics* 21(1), 53–66

Lee, C.-C., Chiu, Y.-B. and Sun, C.-H. (2009). Does one size fit all? A reexamination of the environmental Kuznets curve using the dynamic panel data approach. *Review of Agricultural Economics* 31(4), 751–778

Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S. and Schellnhuber, H.J. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105, 1786–1793

Lenzen, M., Wier, M., Cohen, C., Hayami, H., Pachauri, S. and Schaeffer, R. (2006). A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan. *Energy* 31(2–3), 181–207

Lequet, B. and Bellasen, V. (2008). *Comprendre la compensation carbone*. Pearson Education, Paris

Levin, S.A. (1998). Ecosystems and the biosphere as complex adapative systems. *Ecosystems* 1, 431–436

Liu, J., Daily, G.C., Ehrlich, P.R. and Luck, G.W. (2003). Effects of household dynamics on resource consumption and biodiversity. *Nature* 421, 530–533

Lovelock, J.E. (1972). Gaia as seen through the atmosphere. *Atmospheric Environment* 6(8), 579–580

Lutz, W. and Samir, K.C. (2011). Global human capital: integrating education and population. *Science* 333, 587–592

MA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Island Press, Washington, DC. http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf

Ma, T., Li, B., Fang, C., Zhao, B., Luo, Y. and Chen, J. (2006). Analysis of physical flows in primary commodity trade: a case study in China. *Resources, Conservation and Recycling* 47(1), 73–81

MacKellar, F.L., Lutz, W., Prinz, C. and Goujon, A. (1995). Population, households, and CO_2 emissions. *Population and Development Review* 21(4), 849–865

Maddison, A. (2009). *Historical Statistics for the World Economy: 1–2001 AD.* http://www.ggdc.net/maddison/

Mbonile, M.J. (2005). Migration and intensification of water conflicts in the Pangani Basin, Tanzania. *Habitat International* 29(1), 41–67

McGranahan, G., Balk, D. and Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment and Urbanization* 19, 17–37

McNeill , J.R. (2000). *Something New Under the Sun: An Environmental History of the Twentieth Century.* Norton, New York

Meadows, D. (1999). *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. Sustainability Institute, Hartland, VT

Metz, D. (2010). Saturation of demand for daily travel. *Transport Reviews* 30(5), 659–674

Meyfroidt, P. and Lambin, E.F. (2009). Forest transition in Vietnam and displacement of deforestation abroad. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106(38), 16139–16144

Millard-Ball, A. and Schipper, L. (2011). Are we reaching peak travel? Trends in passenger transport in eight industrialized countries. *Transport Reviews* 31(3), 357–378

Mol, A.P.J. (2010). Ecological modernization as a social theory of environmental reform. In *The International Handbook of Environmental Sociology* (eds. Redclift, M.R. and Woodgate, G.). Edward Elgar Publishing, Cheltenham

Monbiot, G. (2011). From toxic waste to toxic assets, the same people always get dumped on. *Guardian*, 21 September 2009. http://www.guardian.co.uk/commentisfree/cif-green/2009/sep/21/global-fly-tipping-toxic-waste

Montgomery, M.R. (2008). The urban transformation of the developing world. *Science* 319(5864), 761–764

Murray, C.J.L. and Lopez, A.D. (1997). Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. *The Lancet* 349(9063), 1436–1442

Mwang'ombe, A.W., Ekaya, W.N., Muiru, V.M., Wasonga, V.O., Mnene, W.M., Mongare, P.N. and Chege, S.W. (2011). Livelihoods under climate variability and change: an analysis of the adaptive capacity of rural poor to water scarcity in Kenya's drylands. *Journal of Environmental Science and Technology* 4(4), 403–410

Myers, R.A. and Worm, B. (2005). Extinction, survival or recovery of large predatory fishes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360(1453), 13–20

Nordhaus, W. (2008) New metrics for environmental economics: gridded economic data. *Integrated Assessment* 8(1), 73–84

Nordhaus, W.D. and Kokkelenberg, E.C. (1999). *Nature's Numbers: Expanding the National Economic Accounts to Include the Environment.* National Academy Press, Washington, DC

NRC (2004). *Valuing Ecosystem Services: Toward Better Environmental Decision-Making.* National Research Council. National Academy Press, Washington, DC

NRC (1994). *Assigning Economic Value to Natural Resources.* National Research Council. National Academy Press, Washington, DC

O'Neill, B.C., MacKellar, F.L. and Lutz, W. (2001). *Population and Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge

Palloni, A. and Rafalimanana, H. (1999). The effects of infant mortality on fertility revisited: new evidence from Latin America. *Demography* 36(1), 41–58

Pauly, D. (2009). Beyond duplicity and ignorance in global fisheries. *Scientia Marina* 73(2), 215–224

Pelletier, N. and Tyedmers, P. (2010). Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000–2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(43), 18371–18374

Peters, G.P. and Hertwich, E.G. (2006). The importance of import for household environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology* 10(3), 89–110

Peters, G.P., Marland, G., Quéré, C.L., Boden, T., Canadell, J.G. and Raupach, M.R. (2012). Rapid growth in CO_2 emissions after the 2008–2009 global financial crisis. *Nature Climate Change* 2, 2–4

Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L. and Edenhofer, O. (2011). Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108(21), 8903–8908

Pinter, L., Cressman, D.R. and Zahedi, K. (1999). *Capacity Building for Integrated Environmental Assessment and Reporting – Training Manual*. International Institute for Sustainable Development and United Nations Environment Programme, Winnipeg

Polimeni, J.M. and Polimeni, R.I. (2006). Jevons' paradox and the myth of technological liberation. *Ecological Complexity* 3(4), 344–353

Popkin, B.M. (2002). An overview on the nutrition transition and its health implications: the Bellagio meeting. *Public Health Nutrition* 5(1A), 93–103

Popkin, B.M. (2001). The nutrition transition and obesity in the developing world. *Journal of Nutrition* 131(3), 871S–873S

Porter, G. (1999). Trade competition and pollution standards: "race to the bottom" or "stuck at the bottom". *The Journal of Environment and Development* 8(2), 133–151

Port of Los Angeles (2010). *Port of Los Angeles Annual Budget Fiscal Year 2010/2011.* Los Angeles

Postel, S.L., Daily, G.C. and Ehrlich, P.R. (1996). Human appropriation of renewable fresh water. *Science* 271(5250), 785–788

Potere, D. and Schneider, A. (2007). A critical look at representations of urban areas in global maps. *GeoJournal* 69, 55–80

PRB (2011). *World at 7 Billion: World Population Data Sheet 2011.* Population Reference Bureau, Washington, DC. http://www.prb.org/Publications/Datasheets/2011/world-population-data-sheet/data-sheet.aspx

Pucher, J., Peng, Z.-R., Mittal, N., Zhu, Y. and Korattyswaroopam, N. (2007). Urban transport trends and policies in China and India: impacts of rapid economic growth. *Transport Reviews* 27(4), 379–410

REN21 (2011). *Renewables 2011 Global Status Report*. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris

Reynaud, C. (2009). *Globalization and its Impacts on Inland and Intermodal Transport*. OECD/ITF, Paris

Rindfuss, R. and Adamo, S. (2004). Population trends: implications for global environmental change. *IHDP Update* 3, 1–3

Roberts, J.T. and Grimes, P.E. (1997). Carbon intensity and economic development 1962–1971: a brief exploration of the environmental Kuznets curve. *World Development* 25, 191–198

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Ö., Chapin, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461(7263), 472–475

Rosa, E.A. and Dietz, T. (2009). Global transformations: passage to a new ecological era. In *Human Footprints on the Global Environment: Threats to Sustainability* (eds. Rosa, E.A., Diekmann, A., Dietz, T. and Jaeger, C.). The MIT Press, Cambridge, MA

Rustagi, D., Engel, S. and Kosfeld, M. (2010). Conditional cooperation and costly monitoring explain success in forest commons management. *Science* 330(6006), 961–965

Safo, A. (2011). End of the road for "Sodom and Gomorrah" squatters. *News from Africa* 10 March 2011. http://www.newsfromafrica.org/newsfromafrica/articles/art_827.html

Satterthwaite, D., McGranahan, G. and Tacoli, C. (2010). Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365(1554), 2809–2820

Schneider, A., Friedl, M.A. and Potere, D. (2009). A new map of global urban extent from MODIS data. *Environmental Research Letters* 4, article 044003

Schultz, P.W. and Kaiser, F.G. (2011). Promoting pro-environmental behavior. In *Handbook of Environmental and Conservation Psychology* (ed. Clayton, S.). Oxford University Press, Oxford

Scott, C.A., Pierce, S.A., Pasqualetti, M.J., Jones, A.L., Montz, B.E. and Hoover, J.H. (2011). Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy* 39(10), 6622–6630

SERI (2008). *Global Resource Extraction 1980 to 2005*. Sustainable Europe Research Institute, Vienna

Seto, K.C., Sánchez-Rodríguez, R. and Fragkias, M. (2010). The new geography of contemporary urbanization and the environment. *Annual Review of Environment and Resources* 35, 167–194

Shah, T., Scott, C., Kishore, A. and Sharma, A. (2004). *Energy-Irrigation Nexus in South Asia: Improving Groundwater Conservation and Power Sector Viability*. International Water Management Institute, Colombo

Singh, S., Sedgh, G. and Hussain, R. (2010). Unintended pregnancy: worldwide levels, trends, and outcomes. *Studies in Family Planning* 41(4), 241–250

Sommers, M. (2010). Urban youth in Africa. *Environment and Urbanization* 22(2), 317–332

Sowers, J., Vengosh, A., and Weinthal, E. (2010). Climate change, water resources, and the politics of adaptation in the Middle East and North Africa. *Climatic Change* 104(3), 599–627

Stanners, D., Bosch, P., Dom, A., Gabrielsen, P., Gee, D., Martin, J., Rickard, L. and Weber, J.-L. (2007). Frameworks for Environmental Assessment and Indicators at the EEA. In *Sustainability Indicators – A Scientific Assessment* (eds. Hák, T., Moldan, B. and Dahl, A.). Island Press, Washington, DC

Steffen, W., Crutzen, P.J. and McNeill, J.R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature? *Ambio* 36(8), 614–621

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T.D., Castel, V., Rosales, M. and Haan, C.D. (2006). *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options.* FAO Press, Rome

Stern, P.C. (2011). Contributions of psychology to limiting climate change. *American Psychologist* 66(4), 303–314

Stern, P.C., Gardner, G.T., Vandenbergh, M.P., Dietz, T. and Gilligan, J.M. (2010). Design principles for carbon emissions reduction programs. *Environmental Science and Technology* 44(13), 4847–4848

UN (2011). *World Population Prospects: The 2010 Revision.* Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York

UN (2009a). *World Mortality*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York

UN (2009b). *World Urbanization Prospects: The 2009 Revision*. Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations, New York. http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm

UN (2000). *Millennium Development Goals.* http://www.un.org/millenniumgoals/

UNCTAD (2011) *United Nations Conference on Trade and Development,* Review of Maritime Transport, UNCTAD/RMT/2011

UNDESA (2011). *World Urbanization Prospects, the 2009 Revision.* United Nations Department of Economic and Social Affairs http://esa.un.org/unpd/wup/Analytical-Figures/Fig_10.htm

UNDHR (1948). Article 26. In *The Universal Declaration of Human Rights*. United Nations. http://www.un.org/en/documents/udhr/

UNDP (2009). *Human Development Report*. United Nations Development Programme, New York

UNDP (1998). *Human Development Report 1998: Consumption for Human Development.* United Nations Development Programme, New York

UNEP (2011a). *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth*. United Nations Environment Programme, Nairobi

UNEP (2011b). *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication – A Synthesis for Policy Makers*. United Nations Environment Programme, St-Martin Bellevue

UNEP (2011c). *UNEP Global Trends in Renewable Energy Investment 2011: Analysis in Trends and Issues in the Financing of Renewable Energy*. United Nations Environment Programme, Frankfurt

UNEP (2009a). *Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels*. United Nations Environment Programme, Paris

UNEP (2009b). *UNEP Year Book: Resource Efficiency*. United Nations Environment Programme, Nairobi

UNEP (2006). *Challenges to International Waters: Regional Assessments in a Global Perspective.* United Nations Environment Programme, Nairobi

UNFPA (2008). *Population and Climate Change: Framework of UNFPA's Agenda*. http://www.unfpa.org/pds/climate/docs/climate_change_unfpa.pdf

UN-Habitat (2003). *The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003.* Earthscan, London

University of Michigan (2011). Population Growth over Human History. Michigan Population Studies Centre. http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/human_pop/human_pop.html

Vereecken, H. (2005). Mobility and leaching of glyphosate: a review. *Pest Management Science* 61(12), 1139–1151

Vollan, B. and Ostrom, E. (2010). Cooperation and the commons. *Science* 330(6006), 923–924

Vyas, S. and Watts, C. (2009). How does economic empowerment affect women's risk of intimate partner violence in low and middle income countries? A systematic review of published evidence. *Journal of International Development* 21(5), 577–602

Wackernagel, M., Schulz, N.B., Deumling, D., Linares, A.C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard, R. and Randers, J. (2002). Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99(14), 9266–9271

Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A.C., Falfán, I.S.L., Garcı□a, J.M., Guerrero, A.I.S. and Guerrero, M.G.S. (1999). National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 29(3), 375–390

Wallinga, D. (2009). Today's food system: how healthy is it? *Journal of Hunger and Environmental Nutrition* 4(3-4), 251–281

WBCSD (2010). *Sustainable Consumption: Facts and Trends*. World Business Council for Sustainable Development.

White, M. and Hunter, L. (2009). Public perception of environmental issues in a developing setting: environmental concern in coastal Ghana. *Social Science Quarterly* 90(4), 960–982

Wiedmann, T., Lenzen, M., Turner, K. and Barrett, J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities – Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. *Ecological Economics* 61(1), 15–26

WNA (2011a). *Nuclear Power in China.* World Nuclear Association. http://www.world-nuclear.org/info/inf63.html

WNA (2011b). *World Nuclear Power Reactors and Uranium Requirements*. World Nuclear Association. http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html

World Bank (2012). *World Development Indicators*. http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3/countries/1W?display=graph

World Bank (2011a). *Data Indicators: GDP growth (annual %)*. World Bank, Washington, DC

World Bank (2011b). *Migration and Remittances Factbook 2011*. 2nd ed. World Bank, Washington, DC

World Bank (2011c). *World Development Indicators*. http://data.worldbank.org/indicator/ (accessed 9 January 2012)

World Bank (2011d). Introduction: cities and the urgent challenges of climate change. In *Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda* (eds. Hoornweg, D., Freire, M., Lee, M.J., Bhada-Tata, P. and Yuen, B.). World Bank, Washington, DC

World Bank (2011e). *World Development Indicators 2011: Part 2*. World Bank, Washington, DC

World Bank (2008). *International Trade and Climate Change: Economic, Legal and Institutional Perspectives*. World Bank, Washington, DC

World Bank (2006). *China Water Quality Management – Policy and Institutional Considerations*. World Bank, Washington, DC. http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2006/10/18/000310607_20061018111318/Rendered/PDF/377520CHA01Wat1management001PUBLIC1.pdf

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R. and Zeller, D. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science* 325(5940), 578–585

Xu, J. (2010). IT pollution threatens Pearl River delta. *Chinadaily.com.cn* (online). http://www.chinadaily.com.cn/china/2010-05/31/content_9913000.htm (accessed 5 September 2011)

Xu, M., Allenby, B. and Chen, W. (2009). Energy and air emissions embodied in China – US trade: eastbound assessment using adjusted bilateral trade data. *Environmental Science and Technology* 43(9), 3378–3384

York, R. (2006). Ecological paradoxes: William Stanley Jevons and the paperless office. *Human Ecology Review* 13(2), 143–147

York, R., Rosa, E.A. and Dietz, T. (2010). Ecological modernization theory: theoretical and empirical challenges. In *The International Handbook of Environmental Sociology.* 2nd ed. (eds. Redclift, M.R. and Woodgate, G.). Edward Elgar Publishing, Cheltenham

Yunjie, L., Shumin, C. and Wen, L. (2010). The sustainable develoment of ICT in China. The rise and future development of the internet. In *Global Information Technology Report 2009–2010: ICT for Sustainability* (eds. Dutta, S. and Mia, I.). World Economic Forum, Geneva

Zaiceva, A. and Zimmerman, K.F. (2008). Scale, diversity, and determinants of labour migration in Europe. *Oxford Review of Economic Policy* 24(3), 427–451

Zaman, A.U. and Lehmann, S. (2011). Challenges and opportunities in transforming a city into a "zero waste city". *Challenges* 2(4), 73–93

Zhan, L., Ju, M. and Liu, J. (2011). Improvement of China energy label system to promote sustainable energy consumption. *Energy Procedia* 5, 2308–2315.

Zhang, Z., Lohr, L. Escalante, C. and Wetzstein, M. (2010). Food versus fuel: what do prices tell us? *Energy Policy* 38(1), 445–451

Zhou, W., Zhu, B., Chen, D., Griffy-Brown, C., Ma, Y. and Fei, W. (2011). Energy consumption patterns in the process of China's urbanization. *Population and Environment* 29 March