

# 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

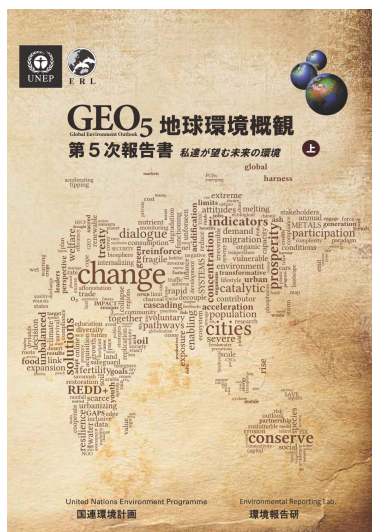
第5章 生物多様性

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

# 陸



© AVTG/istock

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

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

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

**主科学査読者:** Jean-Pierre Ometto

**章編集者:** Jason Jabbour

# 主要メッセージ

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

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

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

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

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

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

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

# 序文

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

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

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

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

## 国際的な目標

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

表3.1 国際的に合意された土地に関する目標やテーマ(選定されたもの)

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

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

## 現状と傾向

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

### 農業

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

### 農地と生産の傾向

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

### Box 3.1 飢えの根絶

#### 関連する目標

極貧と飢えを根絶する

#### 指標

栄養不良の人々の割合

#### 世界の傾向

比率は減少しているが、絶対数は増加している。

#### 最も脆弱なコミュニティ

慢性的な貧困、気候変化、または食品価格の変動のために食糧不足である人々。

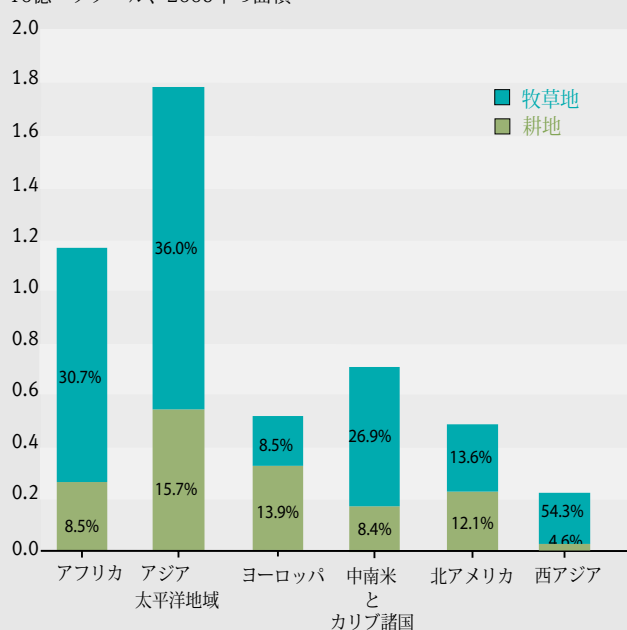
#### 最も懸念される地域

アフリカ、アジア太平洋地域

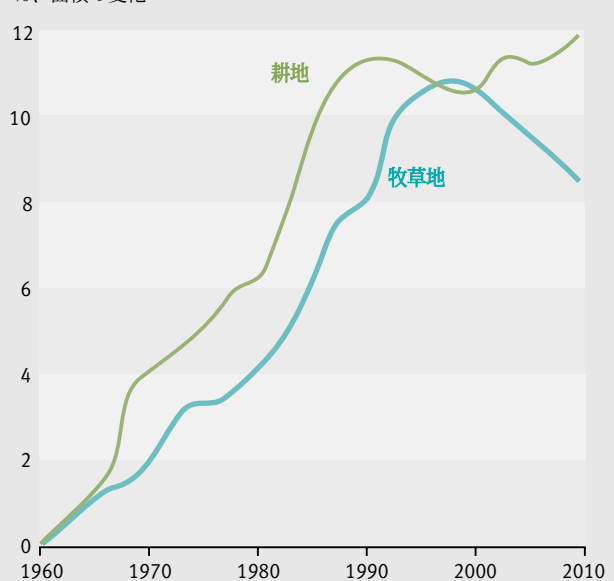
耕地よりも牧草地専用で使用していた。過去10年間に、耕地部分の合計はわずかに増加しただけであったが、育てられた作物には相当な変化があった (図3.2) (FAO 2012)。トウモロコシは、西アジア以外のすべての大陸域で重要な作物であり、2001~2010年の間に、アフリカとアジア太平洋地域において、25%以上収穫が増えた。2010年に合計約1億6,000万ヘクタールの土地でトウモロコシが収穫された。米の最大の生産地帯はアジア太平洋地域であるが、ヨーロッパとアフリカが、2001~2010年の間にそれぞれ約30%と20%という最大の増加率を示した。主要な大豆生産地域は、中南米とカリブ諸国、

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

10億ヘクタール、2009年の面積



%、面積の変化



出典: FAO 2012



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

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

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

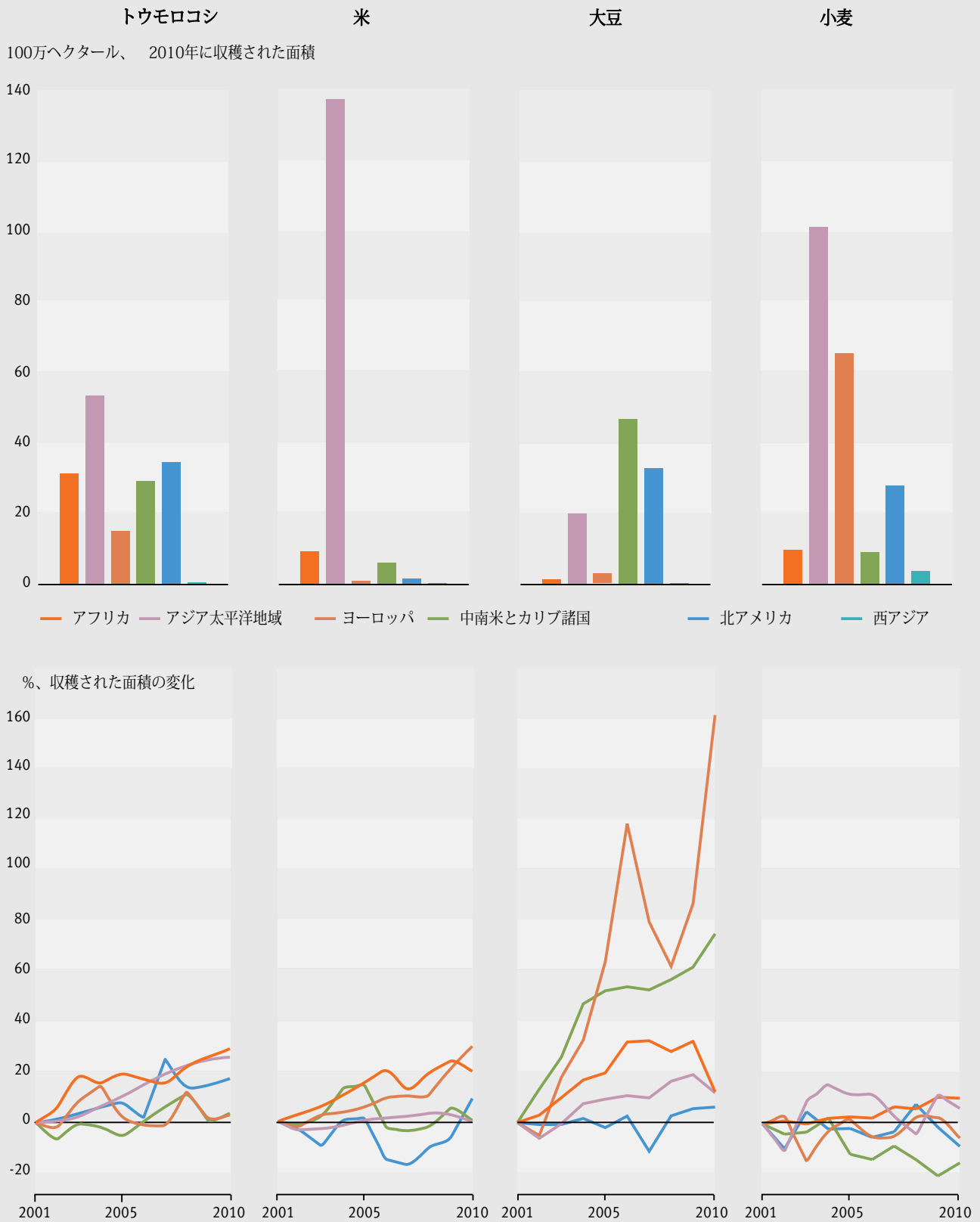
農業の生産性は、生物物理的な要因とその他の要因によって制約される。未開墾の土地に従来の農業を展開するには、その表層を改良するための機械化と、肥料、除草剤、農薬、灌漑用水という形での補填が必要になる。しかし、機械類や化学的な補填が過度に行われると、土壌構造が崩れ、浸食が増大し、化学的に土壌が汚染され、地下水と地表水が汚され、温室効果が

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

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

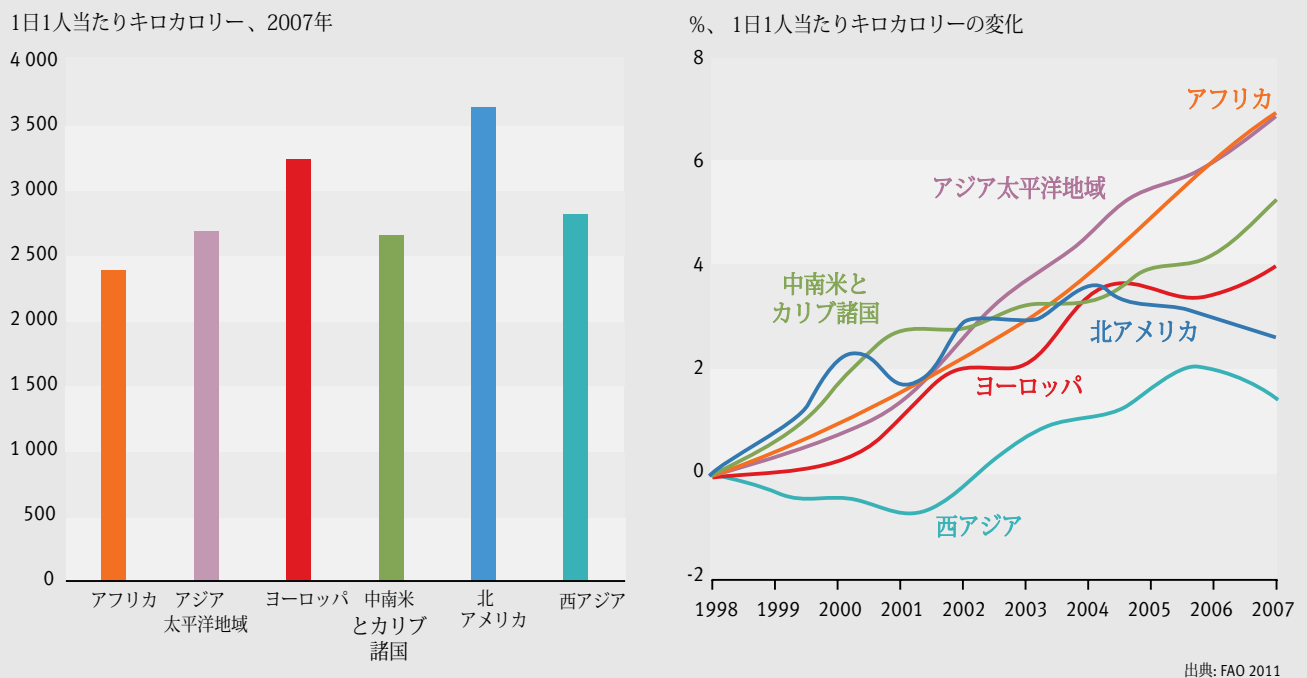
気候変動が将来の世界の食糧生産に与える影響を特定することは難しいけれども、気候変動が農業区域に与える影響によって、ますます多くの人々が直接的影響を受けるであろうことが、相当な証拠をもって示されている(World Bank 2010)。

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



出典: FAO 2012

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



### 消費の傾向

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

### 森林

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

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

### Box 3.2 森林

#### 関連する目標

森林伐採を減少させ森林被覆を増加させる。

#### 指標

正味の森林変化

#### 世界の傾向

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

#### 最も脆弱なコミュニティ

熱帯諸国で森林に依存している人々

#### 最も懸念される地域

アフリカ、中南米とカリブ諸国



## 森林地帯

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

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

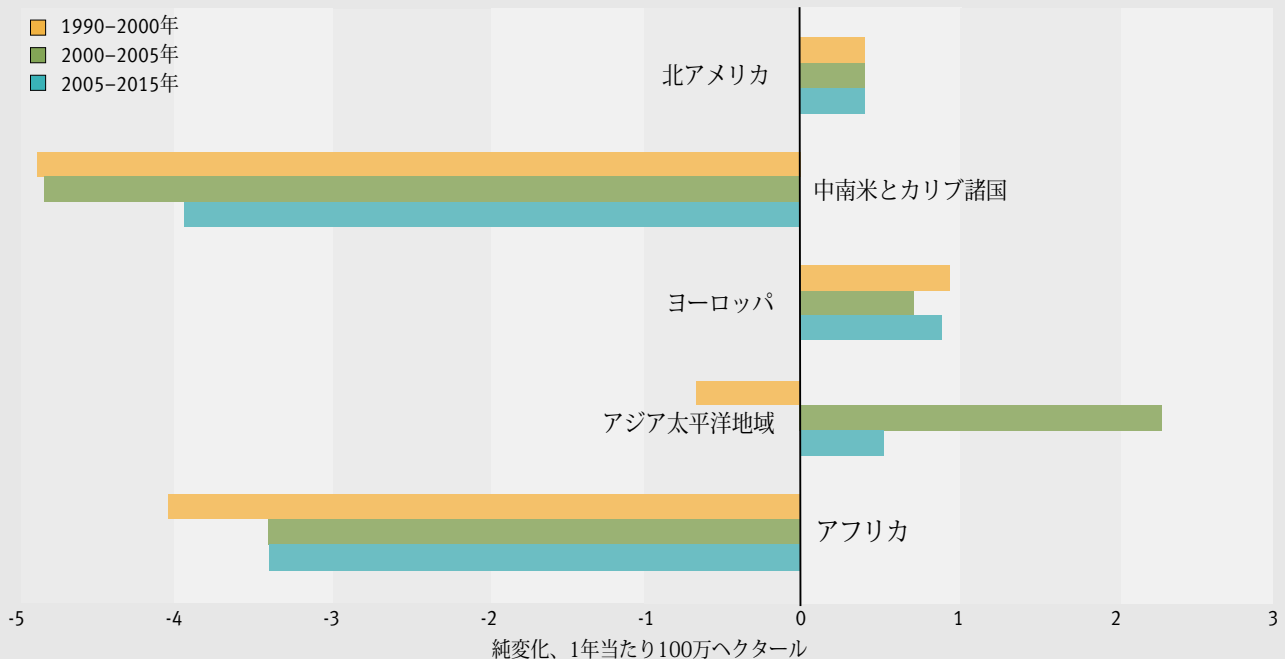


アマゾンにおける開墾であるが、その森林伐採のかなりの部分が、畜牛の大規模放牧と大豆の大規模生産に起因する。© iStock/luoman

## プランテーション

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

図 3.4 地域別の森林地帯の変化、1990-2010年



出典: UNEP 2011c; FAO 2010a

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

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

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

出典：FAO 2011

### 生産森林地帯と保護森林地帯

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

### 森林管理と認証

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

### 森林の炭素貯蔵

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

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

### 乾燥地、草地、サバンナ

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

### 乾燥地、草地、サバンナの傾向

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

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

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

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

図3.5 世界における乾燥地と、人類が引き起こした乾燥地の劣化の範囲

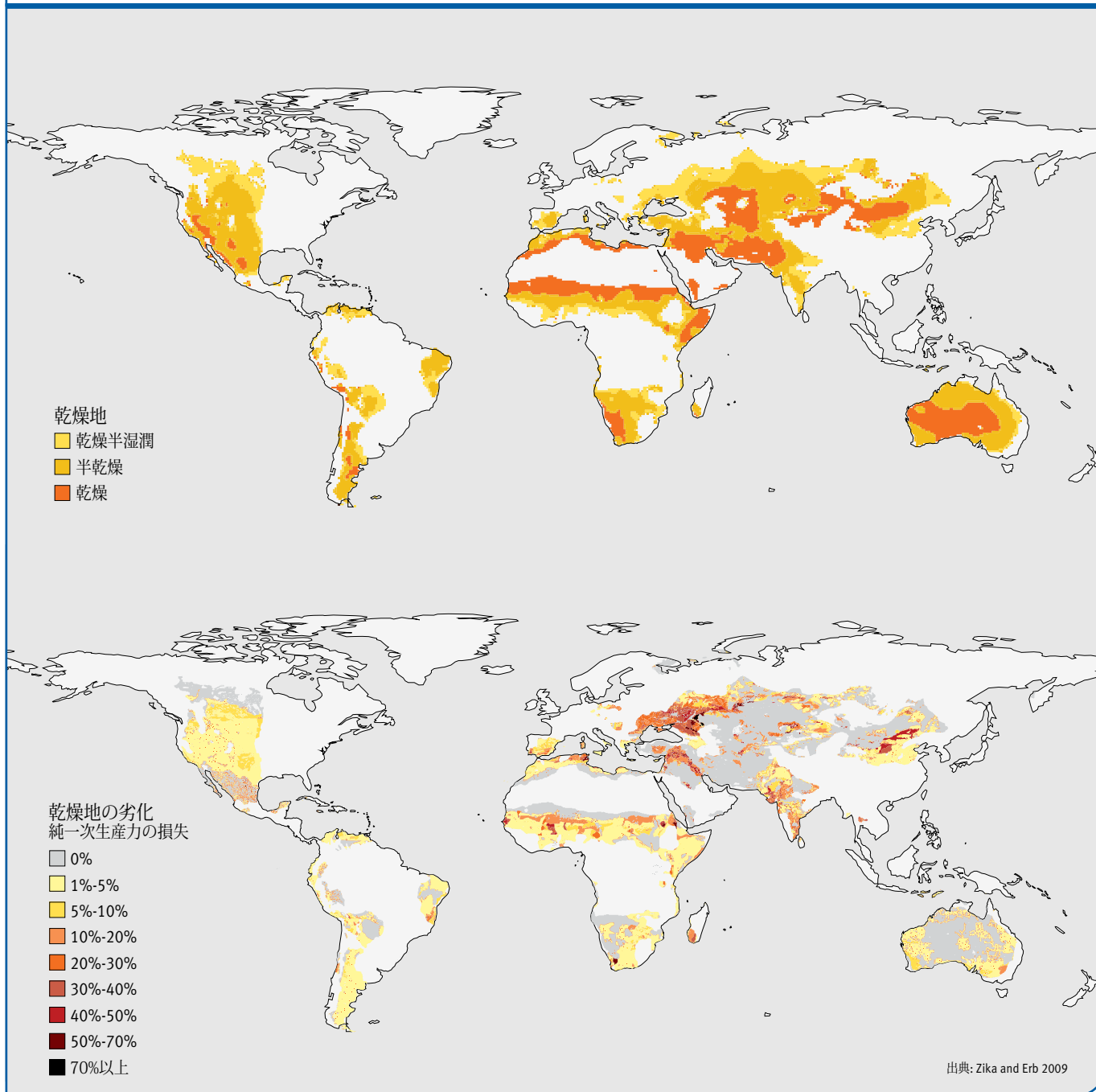


図 3.6 砂漠化防止条約（UNCCD）運用の目的と成果、2010年

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

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

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

出典: Prepared by UNEP-WCMC

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

## 湿地

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

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

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

表 3.3 世界の湿地帯の推定量

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

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

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

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

## 極地域

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

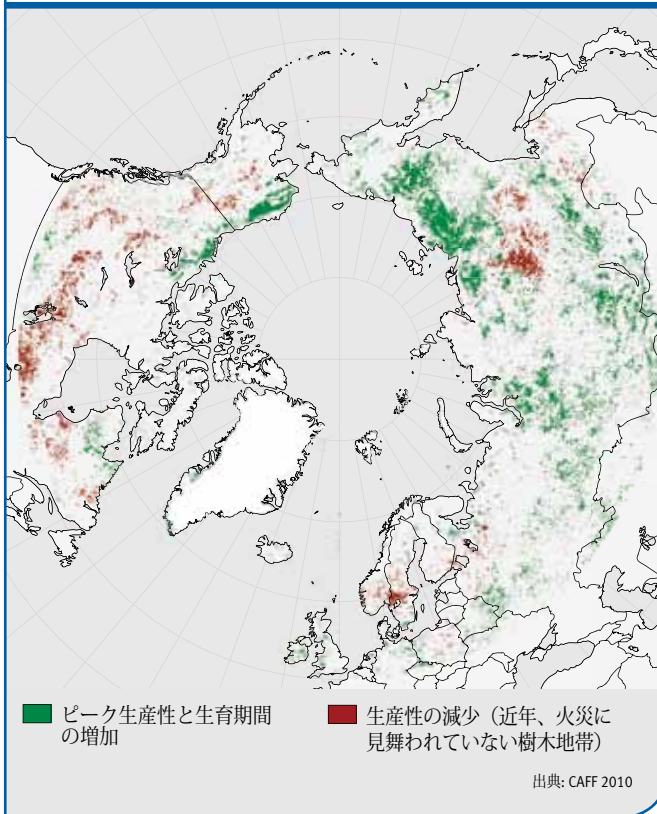
ころであるため (McGuire *et al.* 2009; Tarnocai *et al.* 2009)、来世紀にわたって炭素の相当な排出源となるだろう (Schuur *et al.* 2008)。北極圏のツンドラや寒帯林の生態系は、現在、炭素の吸収源として機能している (McGuire *et al.* 2009)。しかし、表面に近い永久凍土層の 90%までが、2100 年までに溶けて消えると予想されるので (Lawrence *et al.* 2008)、21 世紀の間に、北極地方が炭素の純排出源となる可能性がある (Schuur *et al.* 2008; Zimov *et al.*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

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

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

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

図 3.7 北極圏の植生の変化、1982~2005年



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

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

## 都市部と人間の社会基盤

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

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

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

## 都市の傾向

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

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

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

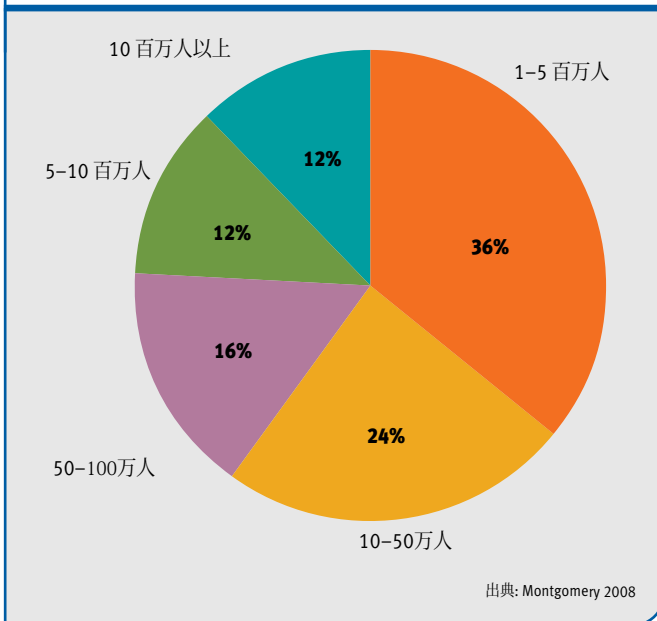
図 3.8 珠江デルタ地帯（中国）の都市の拡大、1990～2009年



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

出典：USGS EROS Data Center 2010 and UNEP 2011c

図 3.9 開発途上国の都市人口の分布（都市サイズ別）



## 土地変化の主な問題

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

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

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

## 経済成長と自然資本

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

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

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

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

### Box 3.3 ミシシッピ川に沿った湿地の回復

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

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

### Box 3.4 ケニアのマウ森林複合体



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

© Christian Lambrechts



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

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

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

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

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

## 土地に対する需要競争

増大する人口に対して食物を供給するという問題は、いくつ

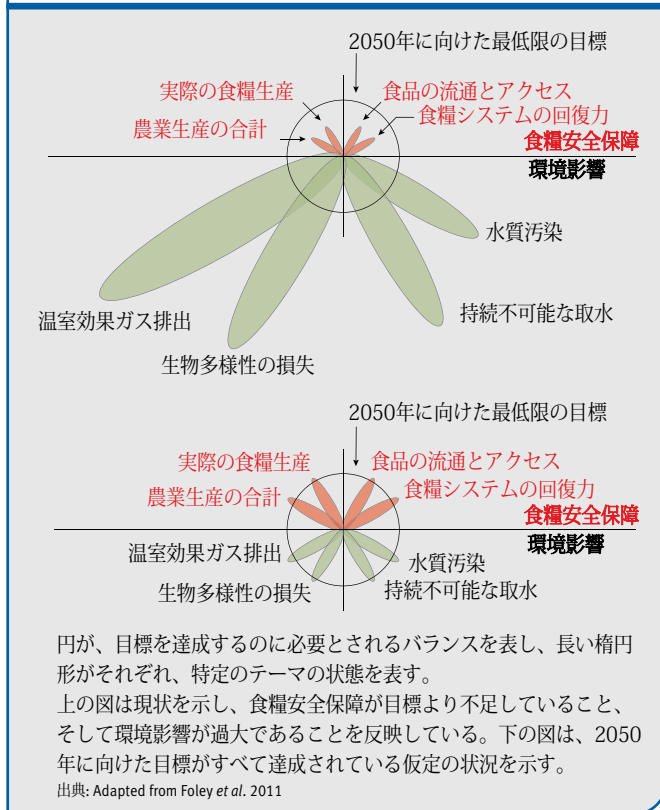
かの大陸域が豊かになったことで、問題の度合いを増している。食事の変化、バイオ燃料やその他産業資材である材木への需要の増大が、土地の競合や陸域生態系への圧力を強めている。

## 食糧安全保障

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

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

図 3.10 2050年までの農業に対する食糧安全保障と環境目標



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

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

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

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



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

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

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

### 食肉生産

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

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

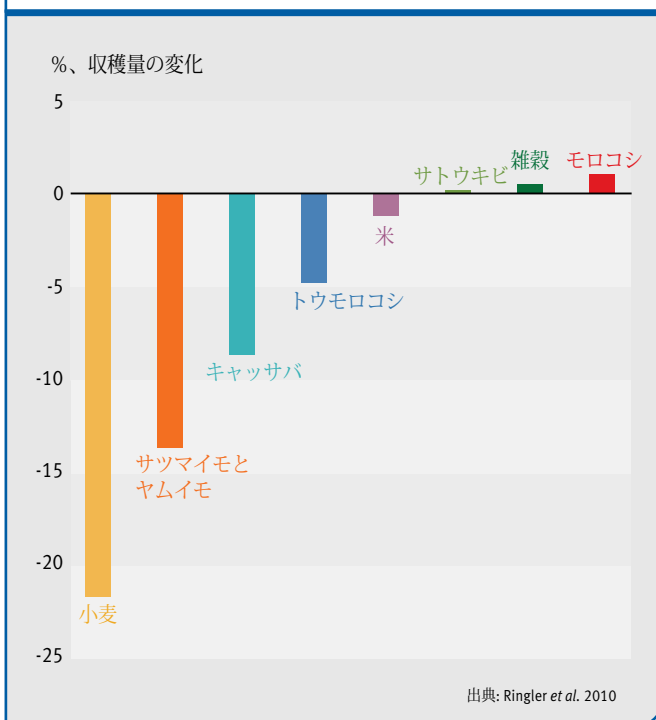
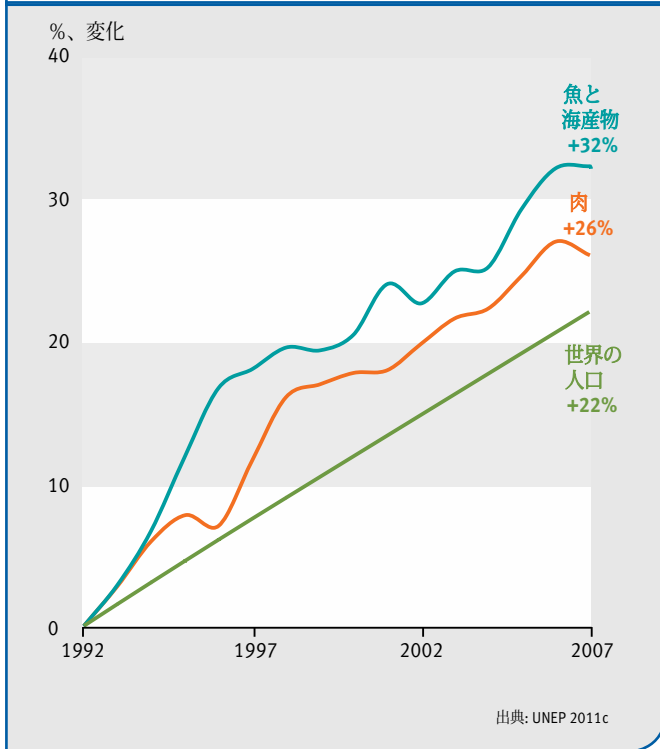


図 3.12 世界の人口と、肉、魚、海産物の供給の変化、1992～2007年



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



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

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

### バイオ燃料

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

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

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

### Box 3.5 ブラジルの森林政策と大豆生産の一時停止

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

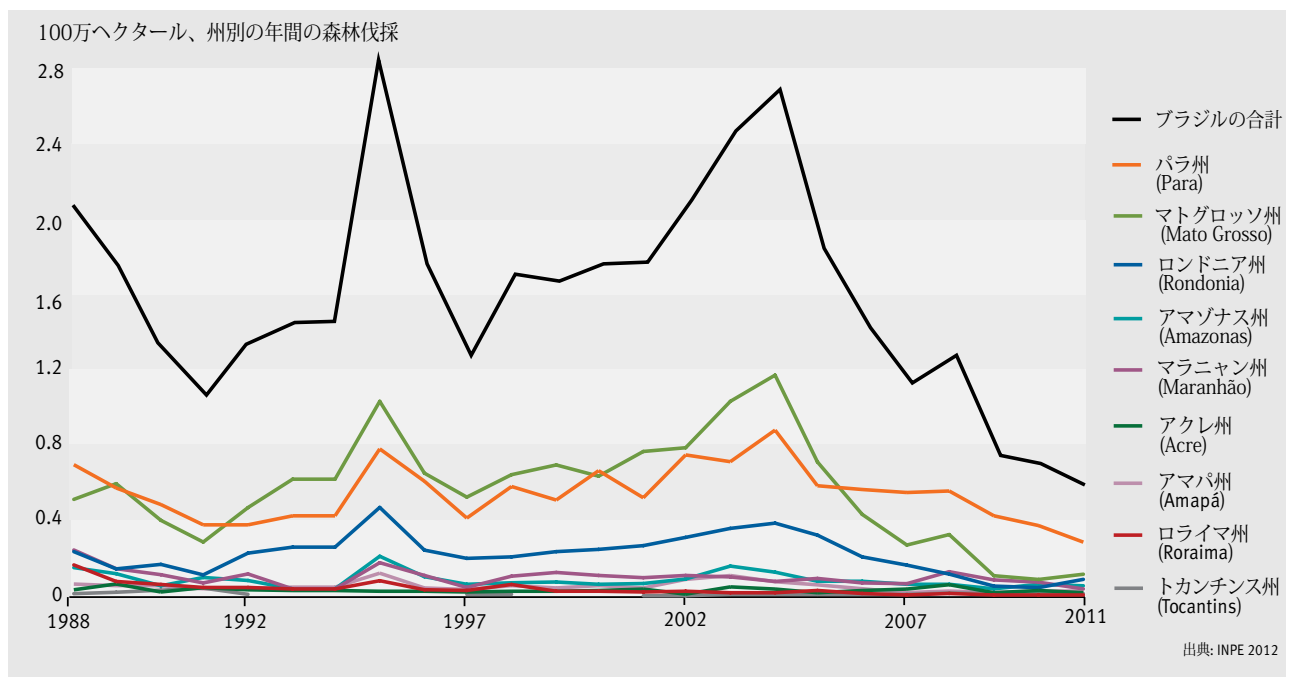
- 森林伐採のホット・スポットに新しい保護区を作ること。
- 衛星画像を使用する森林伐採モニタリング計画を開始すること。
- 資産の取り押さえ、没収、取り壊しさえも可能にする断固たる法執行戦略。
- 環境規制を破る生産者に対して、公共の地方クレジットの停止。
- 一定の閾値以下に森林伐採速度を下げ、また不法な森林伐採を速やかに明らかにするために GIS データベース内

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

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

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

図 3.13 ブラジルのアマゾンでの明確な森林伐採、1988～2011年

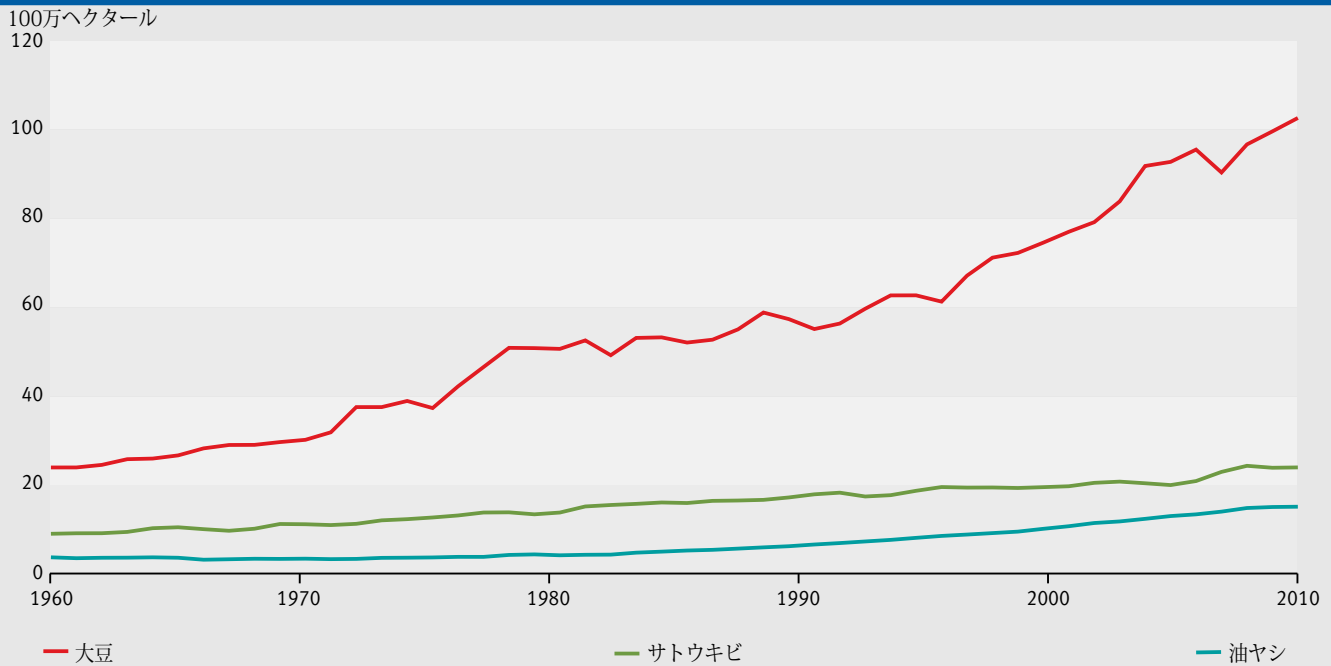


ヘクタールに落ちた(Gillon 2010)。つまり、保全されていた土地のうち 130 万ヘクタール近くが 1 年と少して失われた。

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

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

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



出典: UNEP 2011c

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

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

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

### Box 3.6 インドネシアにおけるヤシ油の拡大と熱帯雨林の破壊

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

2009年にインドネシア政府は、次の10年または20年の

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

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

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

表 3.4 木材と繊維の消費、2002年と2008年

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

出典: FAO 2011b, 2005

など、陸域の生態系に恩恵をもたらす可能性を提供する。

### 木材と木製品

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

### 保護区

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

す順応的管理の戦略を立てる能力を開発すべきである。

## 生産の影響から消費が分離されること

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

### 分離の増大という駆動要因

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

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



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

## 土地取引

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

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

一栽培の工業型生産方式が採用されている(McCarthy 2010)。

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

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

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

## 土地ガバナンス

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

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

## 市場に基づくアプローチ

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

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

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

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

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

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

## 土地管理と地方分権化

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

## 持続可能な土地管理のための能力向上

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



### Box 3.7 持続可能な乾燥地の管理

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

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

## 展望

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

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

## データとモニタリングの欠落

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

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

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

## 目標の欠落

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

表 3.5 目標への進展 (表3.1を参照)

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



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

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

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

## 重大な問題についての考察

### 経済成長と土地資源

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

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

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

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

### 食料の需要増大への対処

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

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

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

### 食料用でない資源の需要増大

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

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

### 複雑さと政策の諸課題

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

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

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



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

## 参考文献

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

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

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

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



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