

IPCC「土地関係特別報告書」の概要

本資料は、IPCC「土地関係特別報告書」※の政策決定者向け要約（SPM）及び特別報告書本体を基本とし、他に既存文献・資料を参考情報として作成しています。なお、資料中では各情報の出典を明示しています。

また、本資料は可能な限り原語に忠実な表現を用いて作成していますが、必要に応じて[]内に語句を補っています。

※正式名称：「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関するIPCC特別報告書」

目次

序章	2	C. [必要な緩和策・適応策を]可能とする対応の選択肢	98
i. はじめに	3	C1. 土地に関する政策設計	99
ii. 土地関係特別報告書のアウトライン	4	C2. 持続可能な土地管理と食料システムに係る政策	103
iii. 土地関係特別報告書の主なポイント	5	C3. 政策の設計及びガバナンス	107
iv. 土地関係特別報告書の作成方法・執筆者・スケジュール	6	C4. 意思決定における利害関係者の参加	110
v. 土地関係特別報告書において重要な中核的概念	7		
A. 昇温する世界における人々、土地及び気候	9	D. 当面の対策	112
A1. 土地の機能と人間の利用による変化	10	D1. 当面の対策と気候変動の適応・緩和	113
A2. 陸域における気候変化及びそれに伴う影響	18	D2. 当面の対策とコベネフィット	115
A3. 農業、林業及びその他土地利用(AFOLU)に関する温室効果ガス排出	27	D3. 対応の遅れによる負の影響	118
A4. 土地の状態/状況の変化が気候に与える影響	38		
A5. 気候変動が悪化させる土地関係のリスク	47	参考情報	122
A6. 共通社会経済経路(SSP)とリスクの関係	56	i. IPCCの報告書における「可能性」の表現	123
B. 適応及び緩和の対応の選択肢	60	ii. IPCCの報告書における「確信度」の表現	124
B1. 土地に関連する対応の選択肢	61	iii. IPCCの報告書における「確信度」の表現	125
B2. 対応の選択肢とコベネフィット	66	iv. 土地関係特別報告書における「共通社会経済経路」の利用	127
B3. 対応の選択肢と負の副作用	70	v. 乾燥地域と砂漠化	128
B4. 砂漠化及び土地の劣化への対処	77	vi. 略語集	130
B5. 持続可能な土地管理と森林管理	82		
B6. 食料システムにおける対応の選択肢	86		
B7. 緩和経路に必要な選択肢	91		

序章

i. はじめに

- 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、気候変動に関して科学的、技術的及び社会経済的な見地から包括的な評価を行い、5～7年ごとに評価報告書、及び不定期に特別報告書、技術報告書、方法論報告書を作成・公表している。
- 第50回IPCC総会(2019年8月2～7日、ジュネーブ)において、「気候変動と土地: 気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関するIPCC特別報告書」の政策決定者向け要約(SPM)が承認されるとともに、特別報告書本体が受諾された。
- 同特別報告書は、「気候変動に関する国際連合枠組条約(UNFCCC)」をはじめとする、地球温暖化に対する国際的な取組みに必要な科学的根拠を提供する重要な資料となる。
- UNFCCC第25回締約国会議(COP25:2019年12月2～15日、マドリード)においても、締約国に対し、UNFCCC補助機関下のすべての議題において、IPCC「土地関係特別報告書」及び「海洋・雪氷圏特別報告書」¹に含まれる情報を活用するよう招請することを含む決定文書が採択された。[Decision 1/CP.25, para 7]

※「特別報告書」とは

気候変動に関連する特定のテーマに対して、科学的・技術的な評価を行うもの。本文とともに、政策決定者向け要約が作成される。

ii. 土地関係特別報告書のアウトライン

「気候変動と土地: 気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関するIPCC特別報告書」

政策決定者向け要約 (SPM)

第1章: 構成と背景

第2章: 陸面・気候相互作用

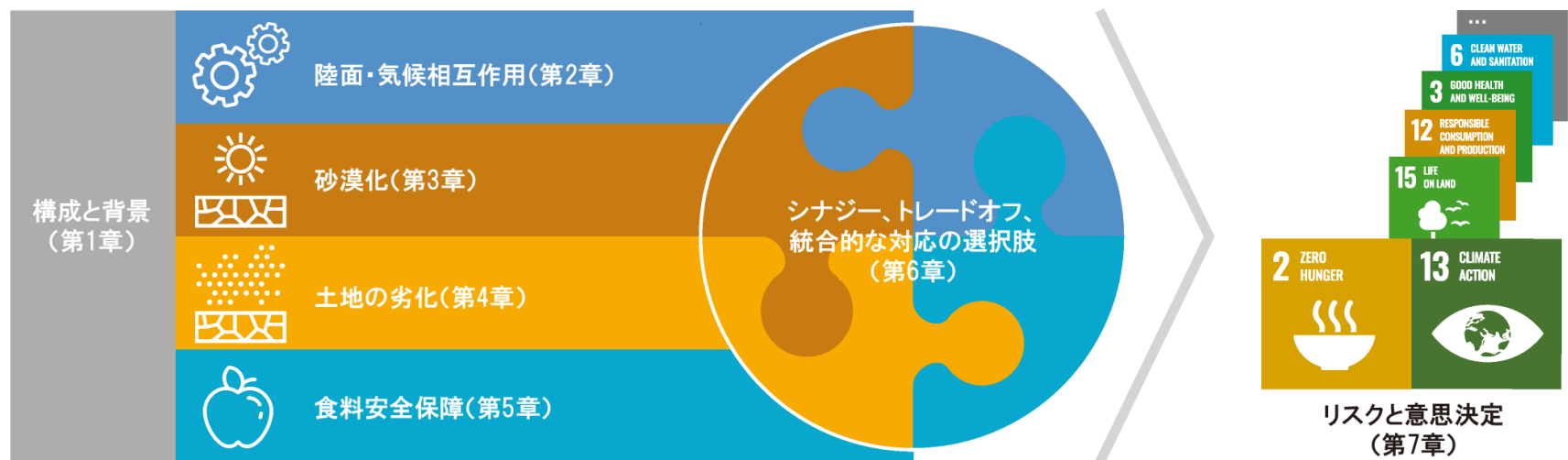
第3章: 砂漠化

第4章: 土地の劣化

第5章: 食料安全保障

第6章: 砂漠化、土地の劣化、食料安全保障及び温室効果ガスフラックスの間での
インターリンケージ: シナジー、トレードオフ及び統合的な対応の選択肢

第7章: リスク管理と持続可能な開発に関する意思決定



iii. 土地関係特別報告書の主なポイント

政策決定者向け要約（SPM）

セクションA：昇温する世界における人々、土地及び気候

- 工業化以前の期間以来、**陸域の気温（1.53℃）**は**世界全体（陸域＋海域）の平均気温（0.87℃）**に比べて2倍**近く上昇**している（確信度が高い）。（A2, A2.1, A2.2）
- 農業、林業及びその他土地利用（AFOLU）**は人為起源温室効果ガス（GHG）総排出量の**約23%**を占める。食料生産に伴う加工、流通等をふくめた**世界の食料システムの排出量は21-37%**を占める（確信度が中程度）。（A3）
- 気候変動は土地に対して追加的なストレスを生み、生計、生物多様性、**人間の健康及び生態系の健全性、インフラ、並びに食料システムに対する既存のリスクを悪化**させる（確信度が高い）。（A5）2100年に気温上昇が収まるシナリオでは、**2050年に穀物価格が7.6%増加**する（中央値。前提とする排出経路によって1-23%の幅がある）。

セクションB：適応及び緩和の対応の選択肢

- 土地に関する数GtCO₂/年の**大規模な対策は**（大規模バイオエネルギー作物生産等）、砂漠化、土地劣化及び食料安全保障にとって**負の副作用につながりうる**（確信度が高い）。（B3）
- 食品ロス及び廃棄からの排出は人為起源GHG排出量の8-10%**に寄与した（2010-2016年。確信度が中程度）。（B6.3）

セクションC：[必要な緩和策・適応策を]可能とする対応の選択肢

- 食品ロス及び廃棄を削減**し、食生活における選択に影響を与える政策を含む、食料システム全体にわたる政策は、より**持続可能な土地利用管理、食料安全保障の強化及び低排出シナリオを可能**とする（確信度が高い）。（C2）

セクションD：当面の対策

- 当面の対策をすることで、社会的、生態的、経済的及び開発に関する**共便益（コベネフィット）**を急速にもたらしうる（確信度が高い）。（D2）

（対策例：土壌有機物の増加、土壌侵食の管理、肥料管理、水田管理、既存の耐性種の利用及び耐暑・耐干ばつのための育種、家畜排せつ物管理等）

iv. 土地関係特別報告書の作成方法・執筆者・スケジュール

作成方法

- 基本的に、査読付き論文や公的報告書をレビューして作成される。新聞・雑誌・ウェブ上の記事は原典とされない。

執筆者

- 各国政府等からの推薦を踏まえ、IPCCが52か国から107名の執筆者を選出。
- 日本からは、下記の3名が主執筆者または査読編集者を担当した。

担 当	執筆(所属)
第2章 陸面・気候相互作用	北島 薫 (京都大学)
第6章 砂漠化、土地の劣化、食料安全保障及び温室効果ガスフラックスの間でのインターリンケージ：シナジー、トレードオフ及び統合的な対応の選択肢	三枝 信子 (国立環境研究所)
	山形 与志樹 (国立環境研究所)

スケジュール

時期	内容
2017年3月 (IPCC第45回総会)	報告書のアウトラインの採択
2017年7月	執筆者決定
2018年6～7月	一次草案に対する専門家レビュー
2018年11月～ 2019年1月	二次草案に対する政府・専門家レビュー
2019年4～6月	最終政府レビュー
2019年8月 (IPCC第50回総会)	政策決定者向け要約(SPM)承認、報告書本体受諾

v. 土地関係特別報告書において重要な中核的概念

土地

自然資源(土壌、地表面近くの大気、植生及びその他の生物相、水)、生態学的プロセス、地勢、並びにそのシステム内で営まれる人間の居住地及びインフラから成る生物圏の陸域の部分。
(IPCC SRCCL SPM 序)

土地利用

土地の区画に適用される取り決め、活動及び投入の全て。「土地利用」という用語は、土地が管理されている社会的・経済的目的(放牧、木材採取、保全、都市住居など)の意味でも使用される。国別の温室効果ガスインベントリでは、土地利用は、IPCCの土地利用カテゴリーである森林、農地、草地、湿地、開発地、及びその他の土地に分類されている。

(IPCC SRCCL 817頁 Glossary)

土地利用変化

ある土地利用区分から別の土地利用区分への変化。(注:土地関係特別報告書で評価されたいくつかの科学的文献では、土地利用変化には、土地利用区分の変化と土地管理の変化が含まれている。)

尚、間接的な土地利用変化とは、ある地域内での土地利用や土地管理が、市場や政策といった要因によって変化した結果、その地域外で生じる土地利用変化のことである。例えば、農地がバイオ燃料生産地に転用されると、それまで行われていた農業生産を行うために別の場所で森林伐採が行われる可能性がある。

(IPCC SRCCL 817頁 Glossary)

農業、林業、及びその他の土地利用 (AFOLU)

国連気候変動枠組条約(UNFCCC)による国別温室効果ガス(GHG)インベントリにおいて、AFOLUはGHGインベントリ部門の「農業」、並びに「土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)」の合計とされている。人為起源の二酸化炭素(CO₂)除去量については、国別インベントリと全球モデルによる推定手法が異なっているため、土地関係特別報告書で言及されている全球モデルによる土地関連の正味のGHG排出量は、国別の温室効果ガスインベントリのLULUCFの推定値と必ずしも直接比較できるものではない。

FOLU(林業及びその他の土地利用)は、直接的に人間が引き起こした土地利用、土地利用変化及び林業活動の結果生じるAFOLUの排出量と除去量の一部を構成するもので、農業の排出量は含まれない(FOLUは、土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)とも呼ばれている)。

(IPCC SRCCL 805頁 Glossary)

v. 土地関係特別報告書において重要な中核的概念(続き)

砂漠化

乾燥地 (arid)、半乾燥地 (semi-arid) 及び乾燥した半湿潤地 (dry sub-humid) において、気候の変動及び人間の活動を含む数多くの要素の結果起こる土地の劣化。

(IPCC SRCCL SPM 序)

土地の劣化と砂漠化の違いは地理的なものである。また、一部の認識に反して、砂漠化は 砂漠の拡大と同義ではなく、不可逆的な土地の劣化に限ったものでもない(乾燥地域 (dryland) の定義については本資料の参考情報参照)。(IPCC SRCCL 107頁 第1章 FAQ 1.3)

土地の劣化

人為起源の気候変動を含む直接的または間接的な人為のプロセスによって引き起こされた土地の状況の負の傾向で、次に挙げる項目の少なくとも一つの長期的な低減及び喪失: 生物学的生産性、生態学的十全性、または人間にとっての価値。

(IPCC SRCCL SPM 序)

持続可能な土地管理

変化する人間のニーズに対応すると同時に、土壌、水及び動植物を含む土地の資源の長期にわたる潜在的生産性と環境的機能 (environmental functions) の維持を確保する目的での土地の資源の管理と利用。

(IPCC SRCCL SPM 序)

持続可能な土地管理には、地域の農場(確信度が非常に高い)から流域全体(確信度が中程度)に至るまでの多様な景観規模において土地の劣化に対処できることが証明されている技術や[対応の選択肢を]可能にする条件が包摂されている。また、SRCCL 第4章 図4.2 (382頁) には、土地の劣化や砂漠化に対する具体的な土地管理の選択肢が示されている。(IPCC SRCCL 348頁 第4章 エグゼクティブサマリー)

食料の安全保障

すべての人々が常時、活動的で健康な生活に必要な食事及び食べ物の好みを満たされ、十分に安全な栄養価の高い食料に対する物理的、社会的及び経済的アクセスを有すること。

(IPCC SRCCL SPM 序)

A. 昇温する世界における人々、土地及び気候

世界全体の陸域の大部分は人間による影響を受けている

■ 人間による利用は、世界全体の氷のない陸域の地表面の70%(69-76%の**可能性が高い**範囲)を超える面積に対して直接的に影響を与える(**確信度が高い**)。 (IPCC SRCCL SPM A1.)

2015年頃の世界全体の土地利用

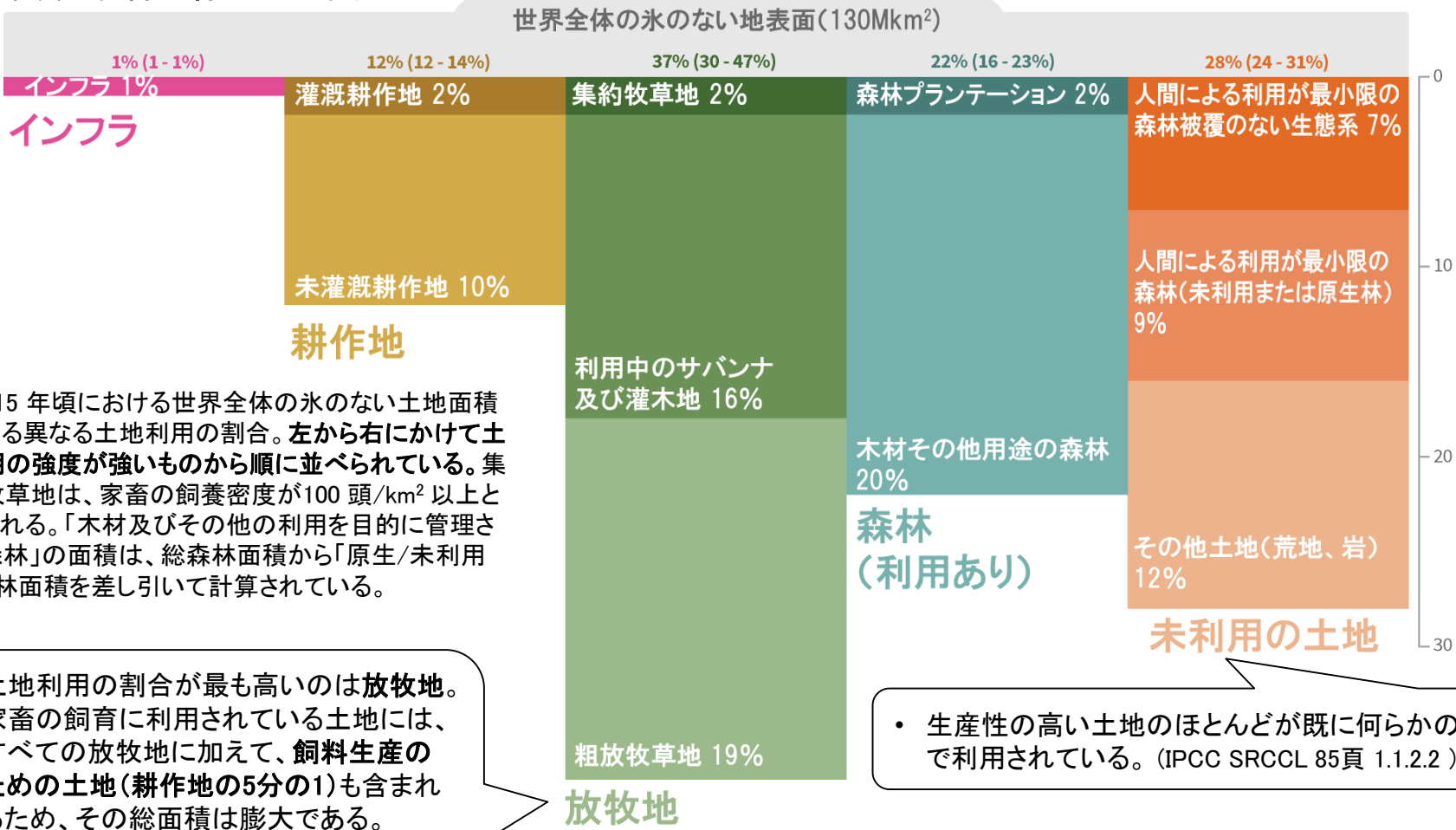


図. 2015 年頃における世界全体の氷のない土地面積における異なる土地利用の割合。左から右にかけて土地利用の強度が強いものから順に並べられている。集約的牧草地は、家畜の飼養密度が100 頭/km² 以上と定義される。「木材及びその他の利用を目的に管理された森林」の面積は、総森林面積から「原生/未利用の」森林面積を差し引いて計算されている。

• 土地利用の割合が最も高いのは**放牧地**。
• 家畜の飼育に利用されている土地には、すべての放牧地に加えて、**飼料生産のための土地(耕作地の5分の1)**も含まれるため、その総面積は膨大である。
(IPCC SRCCL 85頁 1.1.2.2)

• 生産性の高い土地のほとんどが既に何らかの形で利用されている。(IPCC SRCCL 85頁 1.1.2.2)

世界全体の陸域の大部分は人間による影響を受けている（続き）

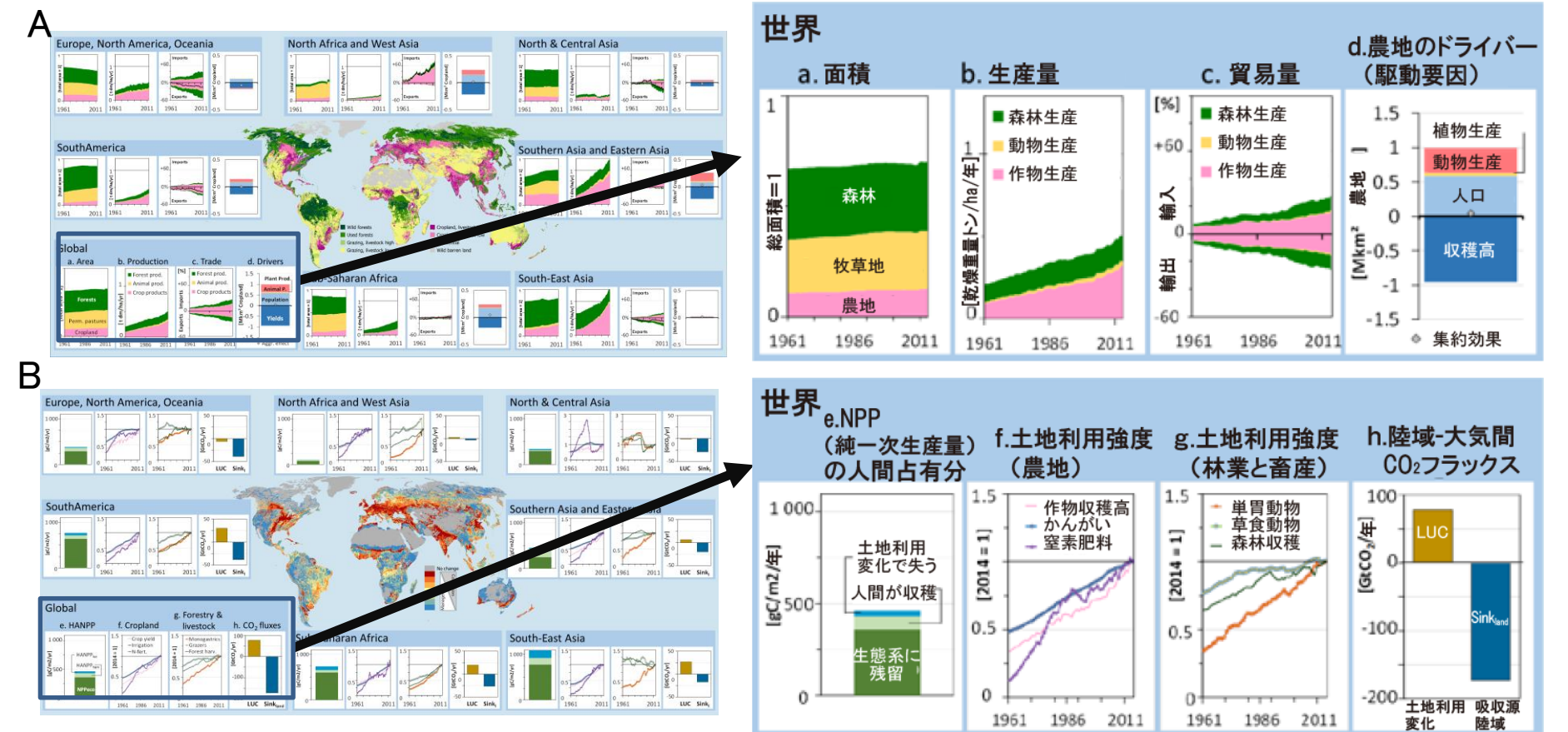


図. 世界の土地システムの現状と変化傾向。A. 面積、生産量と貿易量、及びドライバー（駆動要因）の変化傾向。パネル中央の地図は土地システムの分布状況を示す。グラフは、(a) 農地、永年牧草地、及び森林（利用有り無し）の面積（総面積を1として表示）、(b) 生産量（延べ面積あたりの年間乾燥重量）、(c) 貿易量（乾燥重量換算で国内生産量に占める割合）、及び(d) 1994～2011年の間の食料生産用の農地の駆動要因（driver）を示す。B. 土地利用の圧力と影響。地図は、土地被覆転換と土地管理（土地被覆の種類によって生じる変化）のバイオマス資源量への影響と、潜在的植生（土地利用がなかった場合に現在の気候下で存在するであろう植生）のバイオマス資源量との間の比率を示す。グラフは、(e) 2005年の純一次生産量の人間による占有割合、農地(f)と林業・畜産(g)の土地利用強度変化(2014年比)、及び(h) 陸域-大気間のCO₂フラックス(2000-2014年の累積量)を示す。

尚、スペースの関係でここでは世界に関するグラフのみ詳細を表示した。各地域及び分布図の詳細については、SRCCL 第1章 図1.3を参照されたい。

土地は人類、生態系、気候システムにとって重要である

- 土地は、生物多様性ととも、食料、淡水及び複数の生態系サービスの供給を含む、人間の生計と福祉の主たる基礎を提供する。
(IPCC SRCCL SPM A1)

- 土地は、人類にとって不可欠な、文化的及び調整的サービスを含む、その他の多くの生態系の機能及びサービス¹の基礎を提供する(確信度が高い)。
 - ✓ 現在、人々は陸域の潜在的な純一次生産²の4分の1から3分の1を、食料、飼料、繊維、木材及びエネルギーとして利用している。
 - ✓ 世界全体の陸域の生態系サービス(年間基準で評価)は、世界の1年間の国内総生産(2007年の米ドルベースで2011年について75兆米ドルと推定される)にほぼ相当する(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM A1.1)
 - ✓ 土地がもたらす生態系と生物多様性が提供する複数の資源、サービス、及び生計システムなしには個人や社会のアイデンティティも、世界経済も、存在できないだろう。
(IPCC SRCCL 79頁 第1章 エグゼクティブサマリー)
- 現在の土地利用の地理的広がり、複数の生態系サービスの大規模利用、及び生物多様性の喪失は、人類史上前例のないものである(確信度が高い)。
- 生態系サービスを金銭的な方法で評価すると、社会や文化、生活の質を形成する無形のサービスや、生物多様性の本質的な価値を見落としがちになる。
- 地球上の土地は有限である。土地資源の持続可能な利用は、人間の福祉の基礎である(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL 79頁 第1章 エグゼクティブサマリー)

¹IPBESは、その概念的枠組みにおいて「自然がもたらすもの」(NCP)を用い、その中に生態系の財とサービスを含む。

²このSRCCLにおいて、土地の潜在的純一次生産(NPP)は、土地利用がなかった場合に見られる、一定の期間にわたって光合成によって蓄積された炭素量から植物の呼吸によって失われた量を引いた炭素量として定義される。

土地は人類、生態系、気候システムにとって重要である(続き)

気候と陸域の相互作用

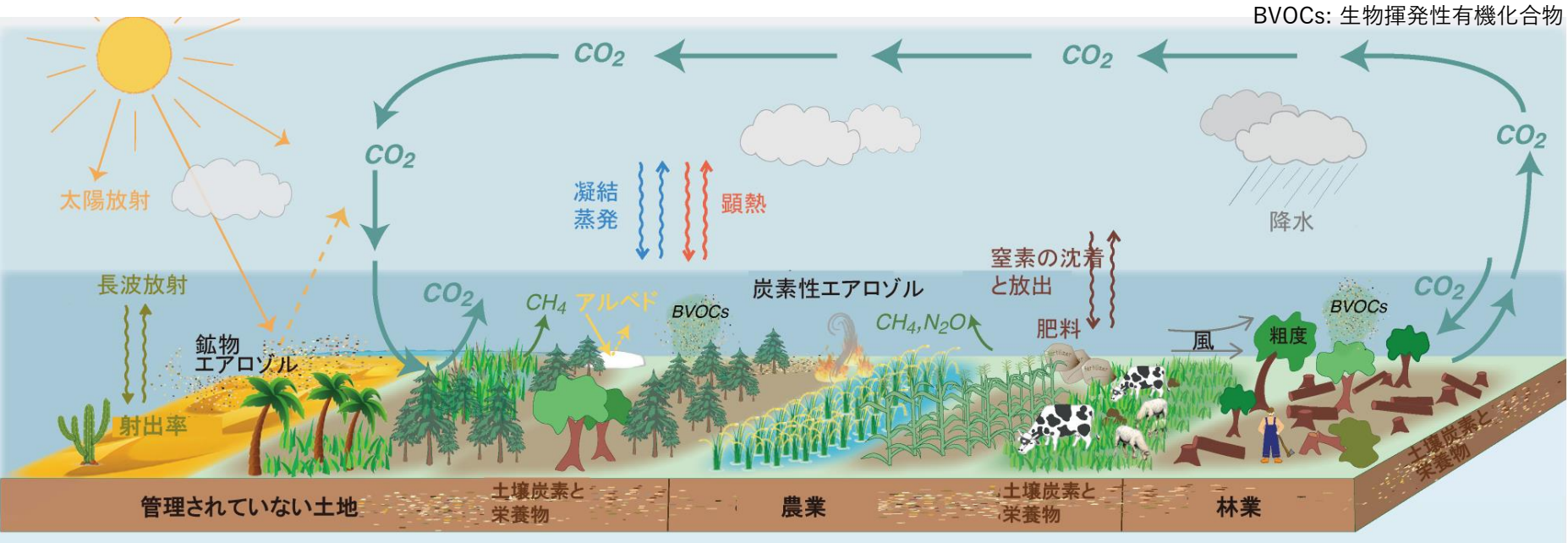


図. 管理された生態系と管理されていない生態系が局所的気候、地域の気候、世界全体の気候に与える影響の構造と仕組み。

出典: 図, IPCC SRCCL 139頁 第2章 Box 2.1 図1

土地と大気の水とエネルギーの交換(生物物理学的相互作用): 土地は、太陽放射を吸収することで温められ、地表面から大気に熱を放出することで冷やされる。この作用はアルベドや射出量、地表面の粗度、及び土壌の水分量や植生といった地表面の性質の影響を受けている。

土地と大気間のGHGの交換(生物化学的相互作用): 主に植物の光合成と呼吸のバランスや微生物による土壌有機物の分解によって駆動されている。植物の光合成による大気中のCO₂の有機化合物への変換は、陸域の純一次生産と呼ばれ、植物の成長、人間や他の生物の食料、土壌の有機炭素の源である。土壌は、CO₂に加えて、メタン(CH₄)と一酸化二窒素(N₂O)も排出している。土壌の温度と水分は、微生物の活動とその結果として生じるこれら3つの温室効果ガスのフラックスに強く影響を与えている。

→人為的な土地被覆の変化や土地管理に由来するGHGの排出は、化石燃料からの排出と同様に、気候システムの「強制力」である。

土地は人類、生態系、気候システムにとって重要である(続き)

■ 土地は、気候システムにおいても重要な役割を担う。 (IPCC SRCCL SPM A1)

- 土地は温室効果ガス(GHGs)の排出源であるとともに吸収源であり、陸面と大気間のエネルギー、水及びエアロゾルの交換において重要な役割を果たす。陸域の生態系及び生物多様性は進行する気候変動、並びに気象及び気候の極端現象に対して脆弱で、その程度は様々である。
- 持続可能な土地管理は、気候変動を含む複数のストレス要因が生態系及び各社会に与える負の影響の低減に寄与する(確信度が高い)。 (IPCC SRCCL SPM A1.2)

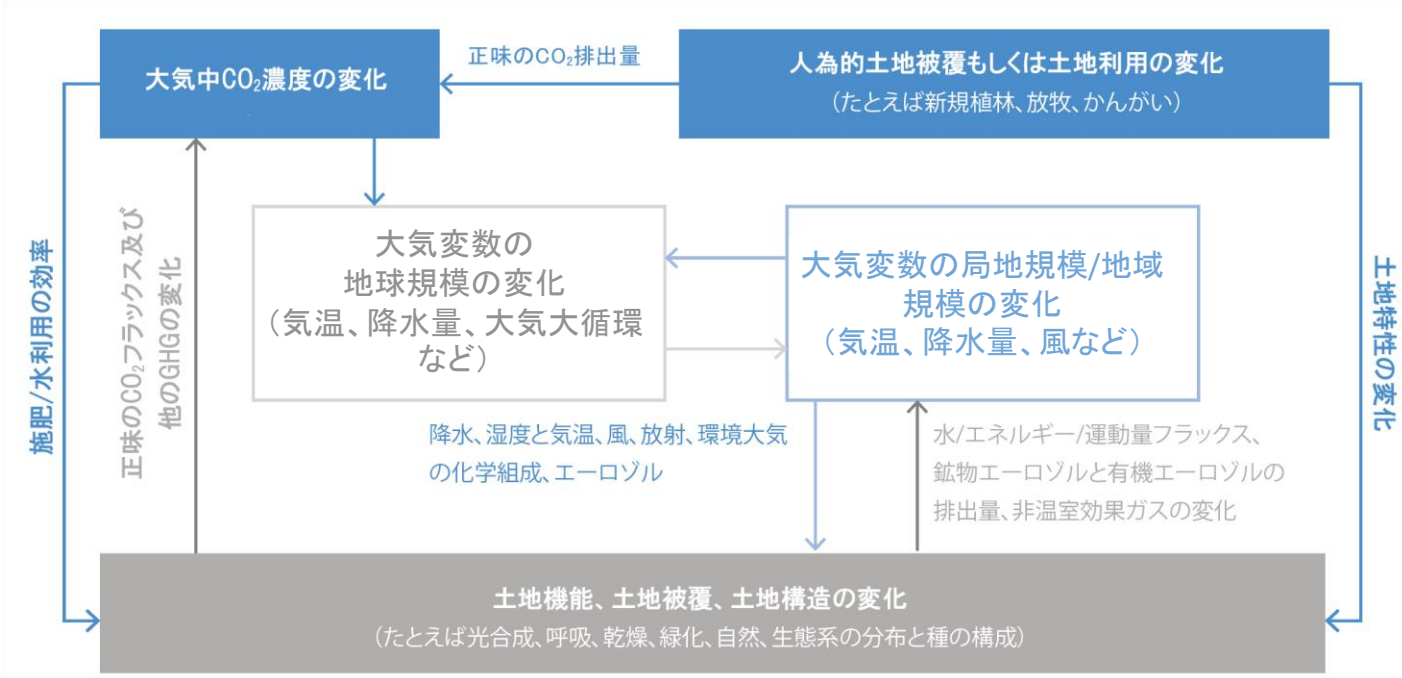


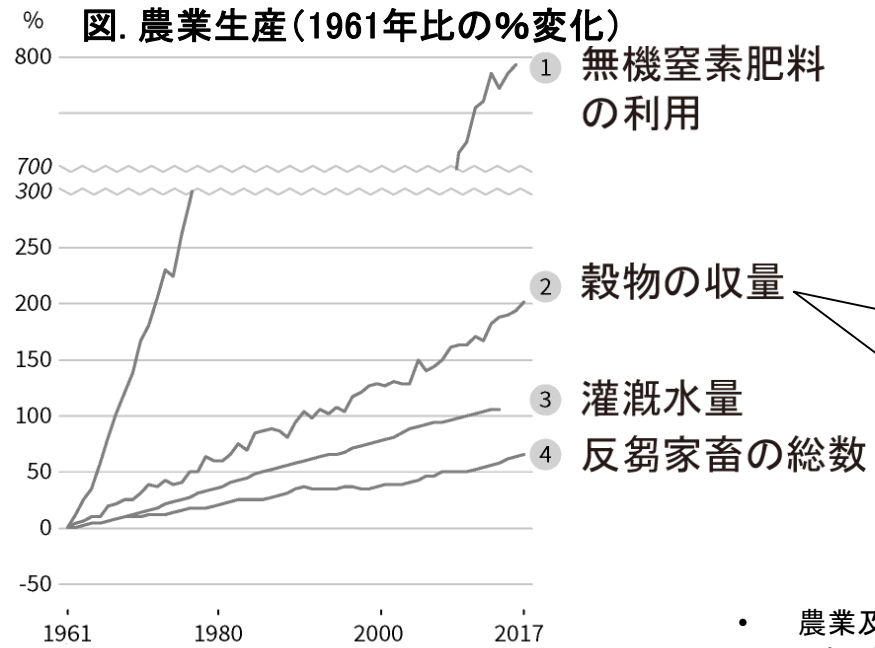
図. 土地と、地球規模、局地規模、及び地域規模の気候の間の生物物理的作用及び生物化学的作用。濃い青色は強制された変化(強制力)を示し、濃い灰色は強制力に対する土地の応答とフィードバックを示す。薄い灰色及び薄い青色は、それぞれ地球規模、及び局地規模/地域規模の気候変動とそれに伴う陸地上での変化を示す。

土地利用変化が温室効果ガス排出量増に寄与してきた

- 1961年※より利用可能なデータによれば、世界全体の人口増加並びに食料、飼料、繊維、木材及びエネルギーの一人当たり消費量の変化によって、土地及び淡水が先例のない速度で利用されており(確信度が非常に高い)、農業による利用が世界全体の淡水利用の約70%を占めることが示されている(確信度が中程度)。
- 大きな地域差を伴いながら、これらの変化は温室効果ガスの正味の排出量の増加(非常に確信度が高い)、自然の生態系の喪失(例、森林、サバンナ、自然の草地及び湿地)及び生物多様性の減少(確信度が高い)に寄与してきた。

(IPCC SRCCL SPM A1.3)

※この記述は、データの蓄積が1961年から始まるFAOSTAT内で入手可能な国別統計の中でもっとも総合的なデータに基づく。これは変化が1961年に始まったことを示唆するものではない。土地利用変化は工業化以前の期間から現在にかけての期間よりはるか以前から起こっている。



- 商用生産を含む農業及び林業が営まれている面積の拡大、並びに農業及び林業の生産性の強化によって、増加し続ける人口の消費及び食料の入手可能性は支えられてきた(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A1.3)

土地利用変化及び急速な土地利用の集約化によって、食料、飼料及び繊維の生産増加が支えられてきた。
✓ 繊維(綿花)の生産は(2013年までに) **162%増加**している。
(IPCC SRCCL 図SPM1 解説)

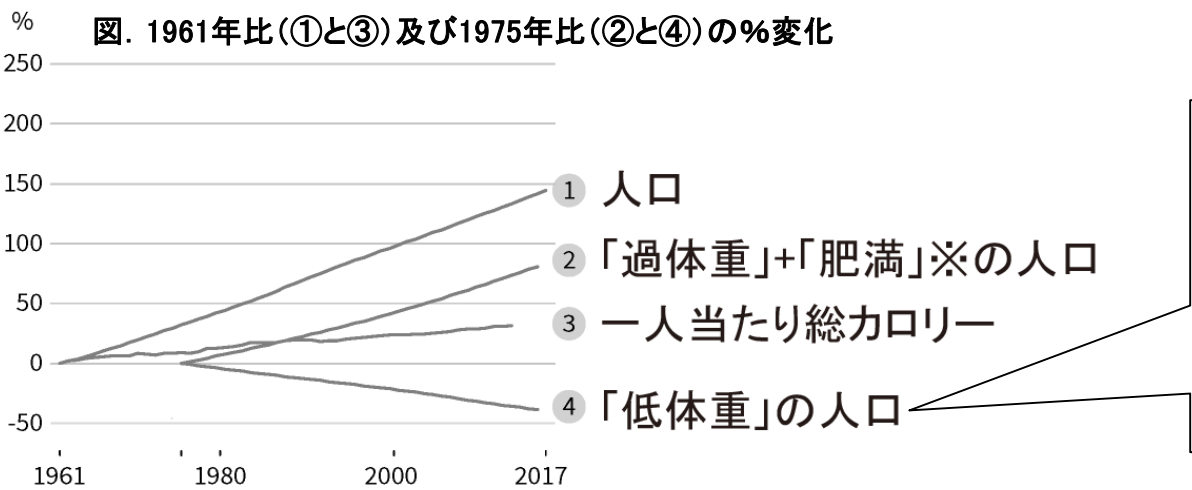
- 農業及び林業が営まれている面積の拡大、並びに農業及び林業の生産性の強化についてはスライド24頁参照。

食料の損失や廃棄が追加的なGHG排出に関連している

- 1961年より入手可能なデータによれば、植物油及び肉の一人当たり供給量が2倍以上に増加し、一人当たりの食料供給カロリーは約3分の1増加したことが示されている(確信度が高い)。
 - 現在、生産される食料の25-30%は、損失または廃棄となっている(確信度が中程度)。これらの要素は追加的なGHG排出に関連している(確信度が高い)。
- (IPCC SRCCL SPM A1.4)

- ・ 消費パターンの変化によって、現在20億人の大人が過体重または肥満となっている(確信度が高い)。
 - ・ 8.21億人が依然として栄養不足であると推定される(確信度が高い)。
- (IPCC SRCCL SPM 1.4)

食料需要 生産量の増加は消費量の変化に関連する



世界の飢餓は、長い間減少傾向にあったが、再び増加傾向に転じている。
✓ 栄養不足の状態にある人々の数は、2015年に7.84億人、2016年に8.04億人、2017年に8.21億人と増加していると推定されているが、2000年に報告された9億人はまだ下回っている。
(IPCC SRCCL 89頁 第1章 1.2.1.4)

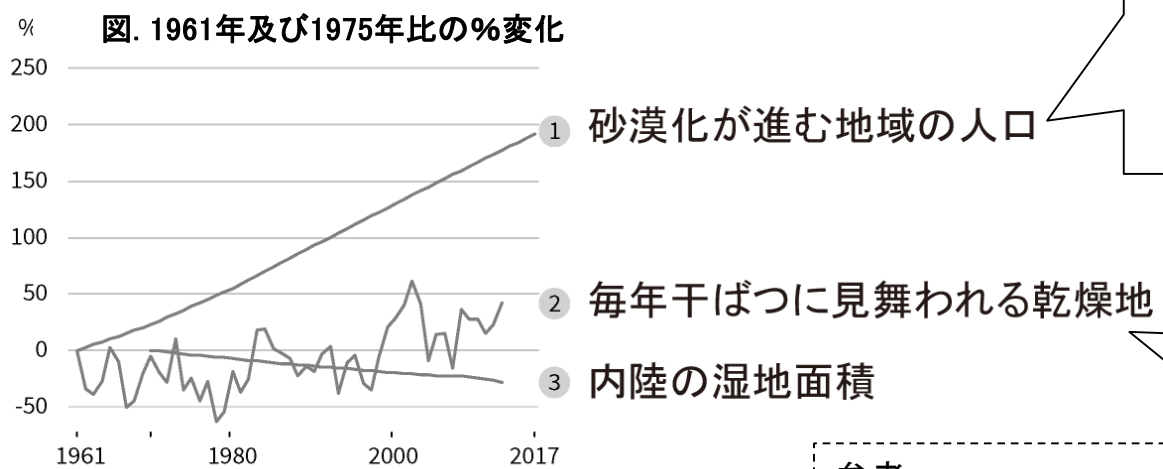
※WHOの国際基準で、体格指数(BMI)が25 以上30未満が「過体重」、30 以上は「肥満」、18.5 以下は「低体重」と定義されている。

気候変動は土地の劣化を悪化させる

- 気候変動は土地の劣化を、特に低平地沿岸部、三角州、乾燥地及び永久凍土の地域において悪化させる(確信度が高い)。
 - すでに劣化または砂漠化した地域に居住する人々は、益々気候変動の負の影響を受けている(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A1.5)
-
- ・ 地球の氷のない土地の面積の約4分の1は人間に起因する劣化が起こりやすい(確信度が中程度)。
 - ・ 現在、農業地による土壌侵食は、土壌形成の速度の10～20倍(不耕起栽培の場合)から100倍以上(従来の耕起の場合)であると推定される(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A1.5)

砂漠化及び土地の劣化

土地利用変化、土地利用の集約化及び気候変動は砂漠化及び土地の劣化に寄与してきた。



✓ 2015年には、約5.0 (3.8～6.2) 億人が1980年代から2000年代にかけて砂漠化を経験した地域に居住していた。

✓ 影響を受けた人々が最も多いのは、南アジアと東アジア、北アフリカを含む環サハラ地域、及びアラビア半島を含む中東地域である(確信度が低い)。その他の乾燥地域も砂漠化を経験している。

(IPCC SRCCL SPM A1.5)

1961～2013年の期間に、干ばつの状態にある乾燥地の延べ面積は平均1%/年よりわずかに大きい割合で増加し、その年々変動性は大きい。

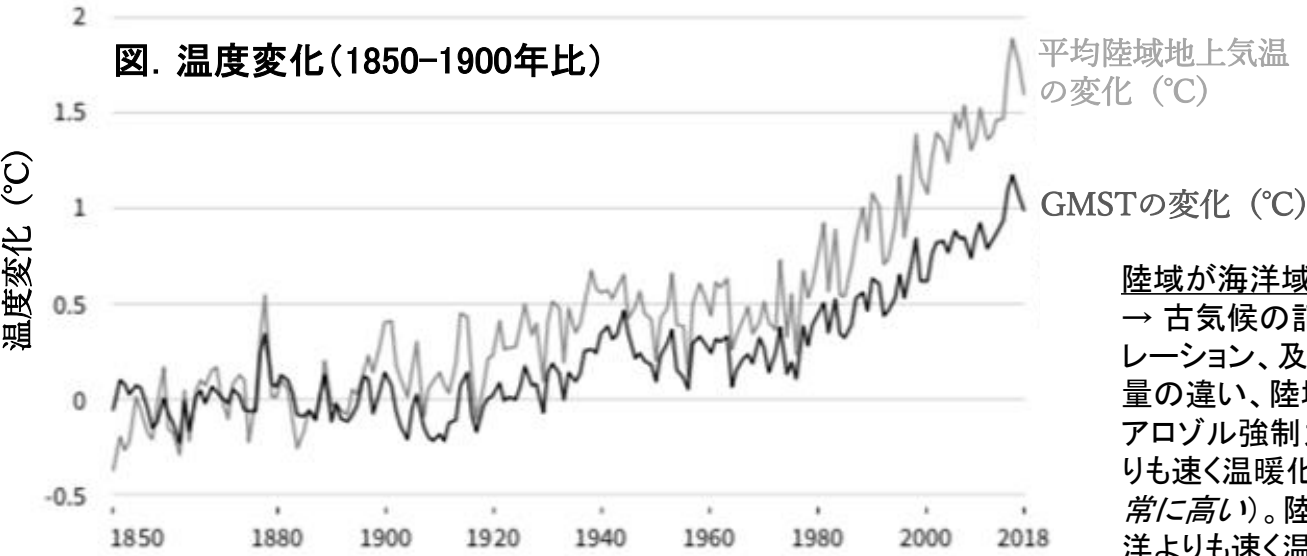
(IPCC SRCCL SPM A1.5)

参考
SRCCL第4章 FAQ4.1(404頁)では、「気候変動と土地の劣化はどのように相互作用するのか?」という問いに答えている。

陸域地上気温はGMSTに比べて2倍近く上昇している

- 工業化以前の期間以来、陸域地上気温は[陸域及び海水の表面付近の気温と、海水のない海域の海面水温による]世界全体の平均気温に比べて2倍近く上昇している(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A2)
- 昇温の結果、陸域のほとんどの地域において、熱波を含む暑熱に関連する現象の頻度、強度及び持続期間が増大している(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A2.2)

- 1850～1900年から2006～2015年にかけてGMSTが 0.87°C ($0.75^{\circ}\text{C}\sim 0.99^{\circ}\text{C}$ が可能性が非常に高い範囲) 上昇した一方で、平均陸域地上気温は 1.53°C ($1.38^{\circ}\text{C}\sim 1.68^{\circ}\text{C}$ が可能性が高い範囲) 上昇している(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A2.1)
- 干ばつの頻度及び強度は一部の地域(地中海、アジア西部、南アメリカの多くの地域、アフリカのほとんどの地域、及びアジア北東部を含む)において増加している(確信度が中程度)。
- 大雨の強度が世界規模で増大している(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A2.2)



陸域が海洋域よりも速く温暖化している原因？
→ 古気候の記録、過去の観測データ、モデルシミュレーション、及び基礎となる物理的原理の解析は、蒸発量の違い、陸域－気候のフィードバック、及び陸域のエアロゾル強制力の変化の結果として、陸域が海洋域よりも速く温暖化していることを示唆している(確信度が非常に高い)。陸域と海洋の熱容量の違いは、陸域が海洋よりも速く温暖化している主な理由ではない(確信度が高い)。(IPCC SRCCL 143頁 第2章 2.2.1.2)

植生の緑化は褐変より広い面積で起こっている

■ 世界全体で、植生の緑化は、植生の褐変より広い面積で起こっている（確信度が高い）。
(IPCC SRCCL SPM A2.3)

- 人工衛星の観測は、過去30年間にアジア、ヨーロッパ、南アメリカ、北アメリカ中央部、及びオーストラリア南東部の一部において植生の緑化があったことを示している。緑化の原因には、生育期間の拡大、窒素沈着、CO₂施肥効果、及び土地管理が含まれる（確信度が高い）。
 - 植生の褐変は、主に水ストレスの結果、ユーラシア北部、北アメリカの一部、中央アジア、及びコンゴ盆地を含む一部の地域において観測されている（確信度が中程度）。
- ※人工衛星による植生の緑化・褐変(NDVI)の観測とCO₂施肥効果についてはスライド次頁に詳細。
(IPCC SRCCL SPM A2.3)

CO₂施肥効果は、大気中のCO₂濃度が増加した結果起きた植物の生長の促進。効果の規模は栄養分及び水の利用可能性に依拠する。（IPCC SRCCL SPM 脚注 17）

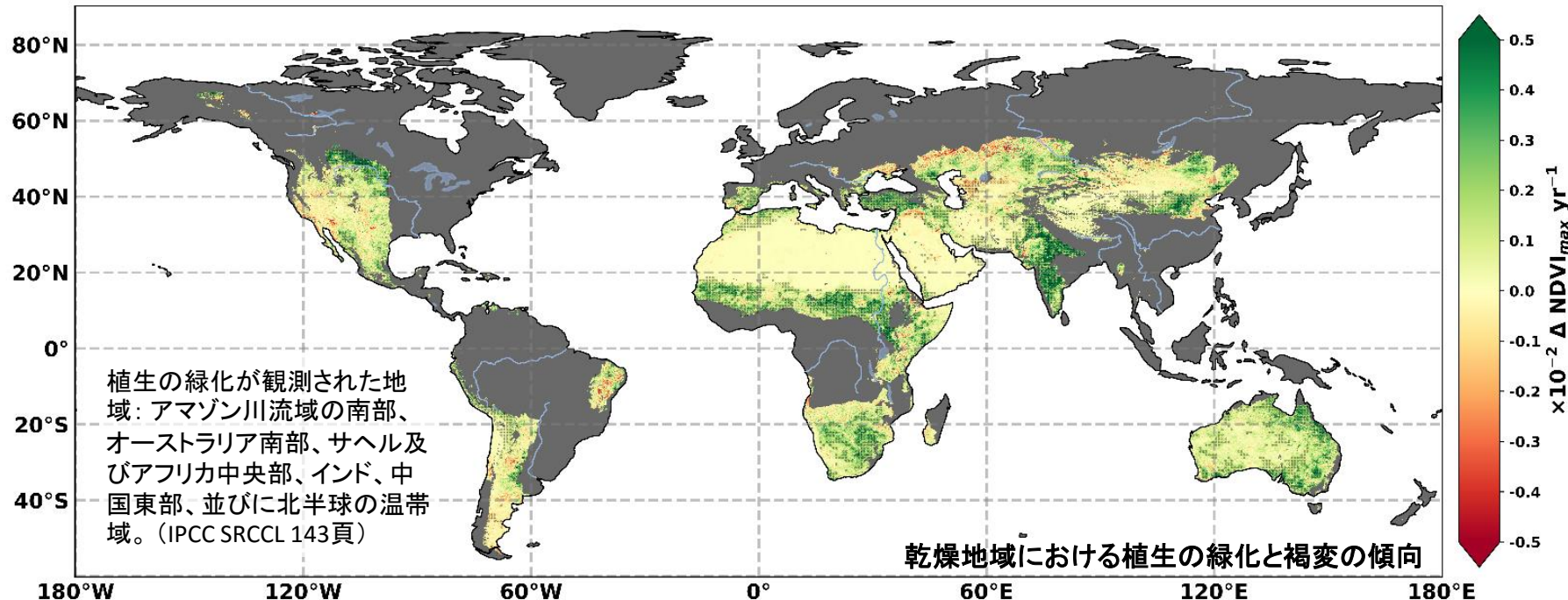


図. 1982年から2015年の年間最大NDVIの変化傾向(単位: $\times 10^{-2} \Delta \text{NDVI}_{\text{max}}/\text{年}$)。乾燥地域以外の地域(乾燥指数0.65以上)は灰色で示されている。緑色が緑化、赤色が褐変の傾向を示す。

植生の緑化は褐変より広い面積で起こっている(続き)

SRCCLにおける植生の緑化と褐変の定義について:

- 植生の緑化(褐変)は、SRCCLにおいて、「人工衛星の観測によって推測される、光合成が活発な植物バイオマスの増加(減少)」と定義されている。
(IPCC SRCCL SPM 脚注16、18)
- 具体的には、人工衛星観測によって求められた葉面積指数(LAI)や正規化差植生指数(NDVI)などによって、植生の光合成活動の変化(つまり、緑化・褐変)が推定されている。
(IPCC SRCCL 143頁 第2章 2.2.4)

NDVI は観測地点のバイオマス量に関連した緑被を示す指標であり、衛星観測による植生指標として最も一般的に使われている。
(IPCC SRCCL 261頁 第2章 2.2.4)

- 人工衛星の観測の解釈は、不十分な地上での検証及びセンサー較正の影響を受けうる。さらに、それらの空間分解能は小規模の変化の分解が困難になりうる。
(IPCC SRCCL SPM 脚注15)
- 観測された緑化は衛星観測による放射輝度のデータに基づいたものであり、生態系の健全性(種の構成や豊かさ、恒常性、病気の有無、生命力、システムのレジリエンス、及び生態系のさまざまな構成要素など)を示す指標ではないことに注意が必要である。例えば、農地の拡大や集約化に起因する地域的な緑化は、生態系の生物多様性を犠牲にしている可能性がある。
(IPCC SRCCL 144頁 第2章 2.2.4)

参考

SRCCL第2章 Box 2.3(165頁)には、CO₂濃度の上昇による施肥効果に関する最新の知見が紹介されている。例えば、CO₂の施肥効果により作物の水利用効率が向上し、その結果、生産された作物の単位収量当たりの農業用水使用量が減少したということについての確信度が中程度ある。この効果は、短期的には農地の緑化の継続につながるだろう。ただし、これらの効果に関する評価は、現在のところほとんどが温帯地域における限られた観測に基づいたものである。

(SRCCL 165頁 第2章 Box 2.3)

砂塵嵐の頻度と強度は増大している

■ 砂塵嵐の頻度及び強度はこの数十年の間に、多くの乾燥地域において、土地利用及び土地被覆の変化、並びに気候関連の要素によって増大し、その結果、アラビア半島及びより広範な中東地域、中央アジアなどの地域において、人間の健康への負の影響が増大している(確信度が高い)。※

(IPCC SRCCL SPM A2.4)

※砂塵嵐及びその他の地域における健康への影響のそのような動向に関連する証拠はSRCCLで評価された文献において限定的である。

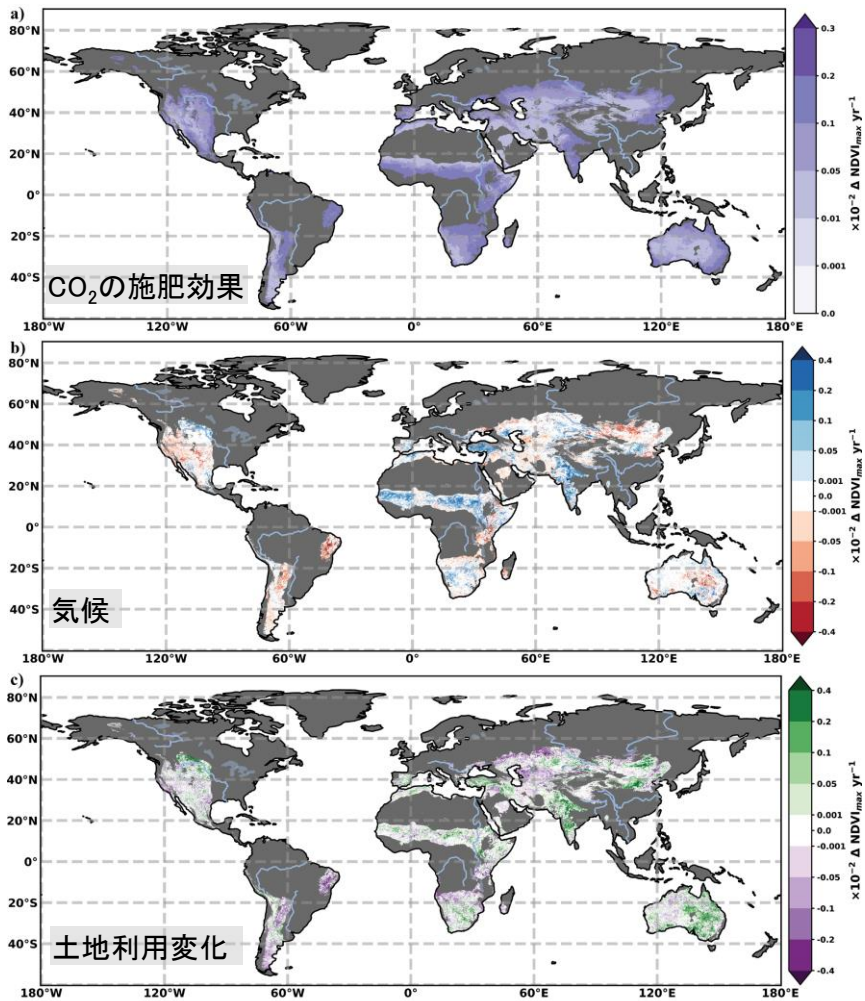
表. 砂漠化に関連した事象による影響(観測された影響)

事象	影響	確信度
砂漠化	農業の生産性と収入の低下	確信度が高い
	生物多様性の損失への寄与	確信度が中程度
	外来植物種の拡大による生態系サービスの損失	確信度が高い
	過剰利用による地下水の枯渇	確信度が高い
持続不可能な土地管理(特に干ばつと組み合わせた場合)	砂塵嵐の激化、それに伴う乾燥地域や周辺地域における人間の福祉の悪化	確信度が高い
砂塵嵐	砂塵嵐に関連した心肺機能の低下による2005年の死者数は、世界的に約402,000人だった。	確信度が高い
	砂塵嵐と砂丘の移動は、交通インフラや太陽光発電・風力発電のインフラの途絶や損害を引き起こしている。	

(IPCC SRCCL 251頁 第3章 エグゼクティブサマリー より作成)

様々な要因が相互に作用して砂漠化に寄与している

■ 一部の乾燥地域において、陸域地上気温の上昇及び蒸発散量の増加、並びに降水量の減少が気候の変動性及び人間活動と相互に作用し、砂漠化に寄与している。これらの地域には、サハラ以南のアフリカ、東アジア及び中央アジアの一部、並びにオーストラリアを含む。(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A2.5)



- 気候変動と相互作用している、人間による砂漠化の駆動要因の主なもの:
 - ✓ 耕作地の拡大
 - ✓ 持続不可能な土地管理の慣行
 - ✓ 人口と収入の増加による土地への圧力の増大
- 貧困によって、気候変動に適応する能力及び持続可能な土地管理に投資するための財源の利用可能性の両方が制限されている(確信度が高い)。(IPCC SRCCL 251頁 第3章 エグゼクティブサマリー)

図. 乾燥地域の植生の変化要因。CO₂の施肥効果(上段、a)、気候(中段、b)、土地利用(下段、c)に起因する、1982年から2015年のNDVI_{max}の平均変化(単位: $\times 10^{-2} \Delta \text{NDVI}_{\text{max}} / \text{年}$)。

世界の多くの地域で気候帯の移動が起こっている

- 地球温暖化の結果、世界全体の多くの地域において、乾燥気候帯の拡大及び極域の気候帯の縮小を含む気候帯の移動が起こっている(確信度が高い)。
- その結果、多くの植物種及び動物種はその生息分布域及び個体数の変化、及び季節行動の変化を経験している(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A2.6)

- アジアモンスーン地域、ヨーロッパ、中国、パキスタン、アルプス、ブラジル北東部、アルゼンチン南部、サヘル地域(サハラ砂漠南縁部に広がる半乾燥地域)、ザンビアとジンバブエ、地中海地域、アラスカ、カナダ、及びロシア北東部において、地域的な気候帯の移動が観測されている。

(IPCC SRCCL 143頁 第2章 2.2.4)

参考

SRCCL第2章 FAQ2.1では、「気候変動は土地利用と土地被覆にどのように影響するのか?」という問いに答えている。

現代の土地被覆と土地利用は特定の温度や降水量といった現在の気候の変動性の範囲に適応している。気候の温暖化は、例えば温暖な気候の変動性の範囲を極方向やより高い標高へと移動させ、当該地域での農業にとって栽培期の延長、気温の上昇、光合成活性を高める大気中のCO₂濃度の増加などの潜在的な利点をもたらすが、同時に融雪の促進とアルベドの減少、永久凍土の融解をもたらし、凍土の分解によってさらなるメタン(CH₄)とCO₂の放出につながる。一方で、熱帯では新たに高温気候が出現し、異常気象(熱波、大雨、干ばつなど)の頻度、強度、期間が増加する。このような高温気候は地球上の多くの場所で、作物の生産性の変化、灌漑の必要性、管理の実践を通じて土地利用に悪影響を与え、さらに、植生の生産性の喪失を通じて土地被覆に悪影響を与える。これは大気中のCO₂濃度の増加による土地利用や土地被覆への便益をしのぐものである。

(IPCC SRCCL 205頁 第2章 FAQ2.1)

気候変動は土地の劣化を悪化させうる

- 気候変動は土地の劣化の過程を悪化させうる（確信度が高い）。それは、降雨の強度、洪水、干ばつの頻度及び重度、熱ストレス、乾期、風、海面水位の上昇及び波動活動、並びに永久凍土の融解の増大によるものを含み、その結果は土地管理によって影響を受ける。
- 進行する沿岸侵食は強度が増大し、より多くの地域に影響を与え、海面水位の上昇が一部の地域において土地利用の圧力を拡大させている（確信度が中程度）。

(IPCC SRCCL SPM A2.7)

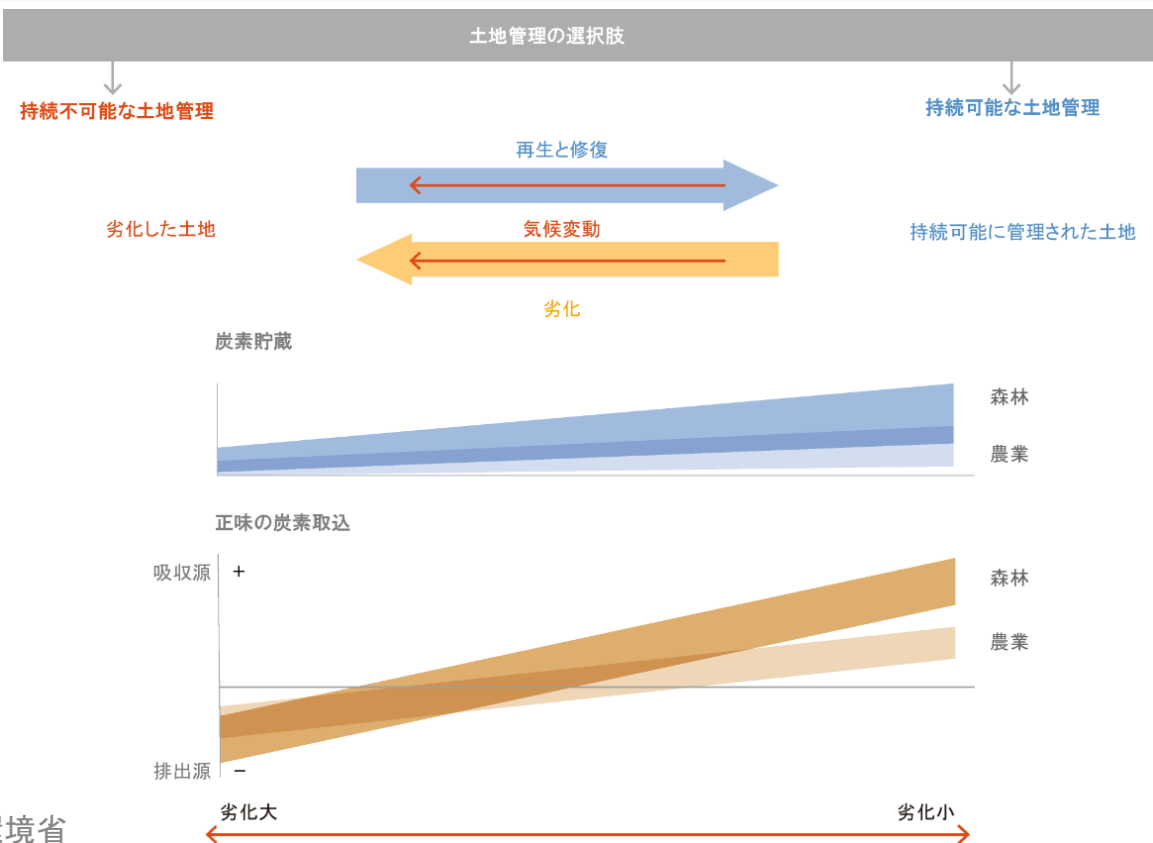


図. 気候変動の影響と土地管理が相互に作用して土地の劣化もしくは持続可能性をもたらすことを示す概念図。

気候変動は多くの土地劣化のプロセス（スライド次頁参照）を悪化させ、新たな劣化プロセス（例：永久凍土の融解）を引き起こす。そのため、劣化を防ぎ、低減し、もしくは逆行させるためには、気候影響に対応する管理が必要とされる。

人間による土地利用の種類と強度、及び気候変動による土地への影響は、土地の炭素貯蔵量と炭素の吸収源として機能する能力に影響を与える。管理された耕作地では、劣化は通常、土壌の有機炭素貯蔵量の減少をもたらす、これは土地の生産性と炭素吸収源にも悪影響を及ぼす。森林地では、バイオマス炭素蓄積量の減少だけでは、必ずしも炭素吸収源の減少を示すものではない。

気候変動は土地の劣化を悪化させうる(続き)

表. 土地の劣化のプロセスと気候変動との関係性。「注視ポイント」は劣化が最初にかかる場所(土壌、水、生物相)を示す。気候変動の影響は、影響の「近接性」(高＝非常に直接的、低＝非常に間接的)及び「優位性」(高＝その他の圧力より優位、低＝その他の圧力の方が優位)によって分類されている。土地劣化のプロセスのフィードバックは、物理的及び化学的影響の強度(高＝非常に強い、低＝少ない)によって分類されている。温暖効果は赤字で、冷却効果は青地で示した。

プロセス	注視ポイント	気候変動の影響				気候変動へのフィードバック			
		近接性	優位性	気候変動圧力	その他の圧力	化学的影響	物理的影響	世界的規模	影響の具体例
水食作用	土壌	高	中	降水強度の増加(影響と傾向についての確信度が高い)。火災の頻度／強度、永久凍土の融解、バイオマス生産への間接的影響。	耕起、わずかな植皮しか残さない耕作、過放牧、森林減少、植生除去、植生の焼失、道路設計の失敗	中	中	高	正味の炭素排出。正味の排出量は、沈着と埋没による場所固有の損失量よりもおそらく少ない(確信度が高い)。アルベドの増加。
有機物質の減少	土壌	高	中	温暖化により土壌の呼吸速度が増加(影響と傾向についての確信度が中程度)。植物リターの質の変化、及び火災・湛水に関する変化による間接的な影響。	耕起。土壌への植物流入量の減少。湛水した土壌の排水。他の土壌劣化プロセスのほとんどに影響を受ける。	高	低	高	正味の炭素排出(確信度が高い)。
永久凍土の融解	土壌／水	高	高	温暖化(影響と傾向についての確信度が非常に高い)、季節性の変化及び侵食の増加を引き起こす融雪の加速化。		高	低	高	正味の炭素排出。メタンの排出(確信度が高い)。
火災の増加	土壌／生物相	高	高	温暖化、干ばつ、降水型の変化、可燃物量(負荷)を増加させる多雨(影響と傾向についての確信度が高い)。	森林火災の強度を増大させる火災鎮圧策。放牧地管理のための焼畑の増加。それまで火災を経験したことが無い湿潤な気候の地域に火災を起こす農業。侵入種。	高	中	中	正味の炭素放出。CO、CH ₄ 、N ₂ Oの放出。アルベドの増大(確信度が高い)。適応できない生態系で長期的なNPPの減少。

気候変動は食料安全保障にも影響を与える

■ 気候変動は食料安全保障に対し、すでに、気温上昇、降水パターンの変化、及び一部の極端現象の頻度の増加を通し影響を与えている(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A2.8)

- 作物の収量に対する気候変動の影響とその他の影響要素を区別する研究は、多くの低緯度地域において、一部の作物の収量(例、トウモロコシ、コムギ)が観測された気候変動による悪影響を受けている一方で、多くの高緯度地域では一部の作物(例、トウモロコシ、コムギ及びテンサイ)の収量が最近数十年にわたってよい影響を受けていることを示している(確信度が高い)。
- 気候変動の結果、アフリカにおいて動物の成長速度及び牧畜システムの生産性が低下している(確信度が高い)。
- 農業における病虫害の状況はすでに気候変動に応答しており、その結果それらの発生の増加及び減少の両方が起きているという明確(Robust)な証拠がある(確信度が高い)。
- 先住民及び地域の知識に基づけば、気候変動は、乾燥地(特にアフリカの乾燥地)、並びにアジア及び南アメリカの高山地域において食料安全保障に影響を与えている。*

(IPCC SRCCL SPM A2.8)

先住民及び地域の知識に基づいた情報の例:

- ✓ **ナイジェリア:** 適応策として、混作、輪作、肥料散布などの技術を活用している(アナンブラ州、農業従事者を対象としたアンケート結果から判明)。キャッサバ栽培における主要な気候変動リスクは、高温ストレスの深刻化、及び相対湿度や洪水頻度の変化である(エボニ州、キャッサバ栽培従事者への聞き取り調査から判明)。
- ✓ **ヒンドークシュ・ヒマラヤの高山地域:** 洪水頻度の増加や干ばつの長期化によって農業生産量が減少し、食料不安が深刻化している(アンケート結果から判明)。
- ✓ **アンデスの高山地域:** コロミ州(ボリビア)では、気候変動が作物の収量に影響を与え、作付けの時期や土壌管理方法等の変化が起こっている。このような変化は地域の農業、人間の健康、及び生物多様性に重大な意味合いを持っている(参加型ワークショップ、専門家への聞き取り調査、定性的なフィールドワークを通じて判明)。

(IPCC SRCCL 452頁 第5章 5.2.2.1)

参考

SRCCL第5章 FAQ5.1(519頁)では、「気候変動は食料安全保障にどのように影響するのか?」という問いに答えている。気候変動は食料安全保障の4つの側面(入手可能性、アクセス、利活用、安定性)の全てに悪影響を及ぼす。例えば、食料へのアクセスと安定性は、市場、価格、インフラ、輸送、製造、小売の混乱や、低所得者の収入と食料購買力の直接的及び間接的な変化によって影響を受ける可能性がある。

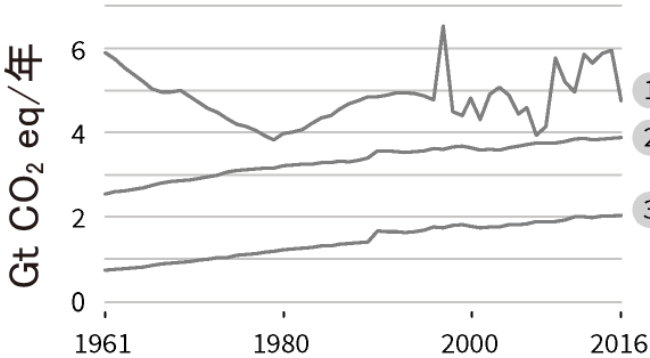
AFOLUは人為起源GHG総排出量の約23%を占める

■ 農業、林業及びその他の土地利用(AFOLU)は、2007～2016年の世界全体の人為的活動に起因する排出量のうち、CO₂排出量の約13%、メタン(CH₄)の約44%、及び一酸化二窒素(N₂O)の約82%を占め、温室効果ガスの人為起源の正味の総排出量の約23%(約12.0+/-3.0GtCO₂-eq/年)に相当した¹(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A3)

¹この評価はCO₂、CH₄及びN₂Oのみを対象とする。

- ✓ AFOLU起源のCO₂の正味排出量は主に新規植林／再植林による部分的な相殺を伴う森林減少、並びにその他の土地利用活動による排出及び吸収による(確信度が非常に高い)。
- ✓ 1990 年以降、年間排出量について明確な傾向はない(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A3.1)

図. GHG排出量(1961年比排出量の変化)



- ① FOLU起源のCO₂排出量 (Gt CO₂/年)
- ② 農業起源のCH₄排出量 (Gt CO₂ eq/年)
- ③ 農業起源のN₂O排出量 (Gt CO₂ eq/年)

反芻動物及び稲作の拡大は、CH₄濃度の増大に大きく寄与している(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A3.4)

- ✓ 土壌由来の人為起源のN₂O排出量は、主に窒素施肥によるもので、非効率的な施肥(過剰な施肥又は作物が必要としている時季と不一致)も含む(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A3.5)

出典: 図, IPCC SRCCL 8頁 図SPM.1B

AFOLUは人為起源GHG総排出量の約23%を占める（続き）

表. 農業、林業及びその他の土地利用（AFOLU）及び非AFOLUによる人為起源の正味の排出量（2007-2016年の平均）¹。
正の値は排出、負の値は吸収を表す。（注釈はスライド次頁に示す）

		直接人為起源							
気体	単位	農業、林業及びその他の土地利用 (AFOLU)による人為起源の正味の排出量			非AFOLUによる人為起源のGHG排出量 ⁶	気体ごとの人為起源の正味の総排出量(AFOLU+非AFOLU)	気体ごとの人為起源の正味の総排出量に占めるAFOLUの割合 (%)	人為起源の環境の変化に対する陸域の自然の応答 ⁷	すべての陸域における正味の陸域-大気間フラックス
パネル1：AFOLUによる寄与									
		林業及びその他の土地利用	農業	合計					
		A	B	C = A + B	D	E = C + D	F = (C/E) ×100	G	A + G
CO ₂ ²									
	GtCO ₂ yr ⁻¹	5.2 ± 2.6	No data ¹¹	5.2 ± 2.6	33.9 ± 1.8	39.1 ± 3.2	13%	-11.2 ± 2.6	-6.0 ± 3.7
CH ₄ ^{3,8}	MtCH ₄ yr ⁻¹	19.2 ± 5.8	142 ± 42	161 ± 43	201 ± 101	362 ± 109			
	GtCO ₂ eq yr ⁻¹	0.5 ± 0.2	4.0 ± 1.2	4.5 ± 1.2	5.6 ± 2.8	10.1 ± 3.1	44%		
N ₂ O ^{3,8}	MtN ₂ O yr ⁻¹	0.3 ± 0.1	8.3 ± 2.5	8.7 ± 2.5	2.0 ± 1.0	10.6 ± 2.7			
	GtCO ₂ eq yr ⁻¹	0.09 ± 0.03	2.2 ± 0.7	2.3 ± 0.7	0.5 ± 0.3	2.8 ± 0.7	81%		
合計(GHG)	GtCO ₂ eq yr ⁻¹	5.8 ± 2.6	6.2 ± 1.4	12.0 ± 2.9	40.0 ± 3.4	52.0 ± 4.5	23%		
パネル2：世界の食料システムによる寄与									
		土地利用変化	農業		生産・製造の前後における非AFOLUセクター ⁵	世界の食料システムにおける総排出量			
土地利用変化由来CO ₂ ⁴	GtCO ₂ yr ⁻¹	4.9 ± 2.5							
農業由来CH ₄ ^{3,8,9}	GtCO ₂ eq yr ⁻¹		4.0 ± 1.2						
農業由来N ₂ O ^{3,8,9}	GtCO ₂ eq yr ⁻¹		2.2 ± 0.7						
その他のセクター由来CO ₂	GtCO ₂ yr ⁻¹				2.6 - 5.2				
合計 ⁸	GtCO ₂ eq yr ⁻¹	4.9 ± 2.5	6.2 ± 1.4		2.6 - 5.2	10.8 - 19.1			

世界の食料システムによる寄与については、スライド36頁参照。

世界の食料システムによる寄与については、スライド36頁参照。

AFOLUは人為起源GHG総排出量の約23%を占める(続き)

スライド前頁の表(農業、林業及びその他の土地利用 (AFOLU) 及び非AFOLUによる人為起源の正味の排出量(2007-2016年の平均))の注釈。

- ¹ すべての気体のデータを入手可能な最新年である2016年までの推計値を示している。
- ² 森林減少及び植林、並びに木材の収穫と再成長を含む土地管理、及び泥炭地火災などによる土地被覆の変化に起因する人為起源の正味のCO₂フラックス。Global Carbon Budget の推定やAR5 で用いられている2つのブックキーピングモデルに基づく値。土地利用が変わらない場合の農地土壌炭素ストックの変化は、これらのモデルで考慮されていない。{2.3.1.2.1, 表 2.2, Box 2.2}
- ³ 推計値は、FAOSTAT 及びUSEPA 2012 の2つのデータベースの平均値及び評価された不確実性を示している。{2.3; 表 2.2}
- ⁴ FAOSTAT に基づく。この値に含まれるカテゴリーは、「正味の森林転換(正味の森林減少)」「有機質土壌(農地及び草地)の流出」「バイオマス燃焼(湿潤熱帯林、その他の森林、有機質土壌)」である。主に植林に起因する吸収源である「森林(森林管理と正味の森林拡大)」は除外している。注: FAOSTAT に基づく、2007~2016年の期間における林業及びその他の土地利用由来の総排出量は、2.8 (±1.4) Gt CO₂yr⁻¹ である。{表 2.2, 表 5.4}
- ⁵ AFOLU セクターに含まれない活動起源のCO₂排出量で、主にエネルギー(例: 穀物の乾燥)、輸送(例: 国際貿易)、及び産業(例: 無機肥料の合成)といった食料システムの一部に由来し、農業生産活動(例: 温室での暖房)、生産・製造前(例: 農地投入物の製造)及び生産・製造後(例: 農産食品加工)の活動を含む。この推計値は土地ベースであるため、漁業由来の排出量は除外されている。繊維及びその他の非食用農産物製造由来の排出量は、データベースにおいて食用から分離されていないため、当該排出量に含まれている。AFOLU 以外のセクターにおける食料システム関連のCO₂排出量は、人為起源のCO₂総排出量の6~13%である。これらの排出量は、典型的に小規模自給自足農業では少ない。AFOLU の排出量を追加すると、世界の人為起源排出量における食料システムの推定シェアは21~37%である。{5.4.5, 表 5.4}
- ⁶ 非AFOLU 総排出量は、エネルギー、産業排出源、廃棄物及びその他の排出量のCO₂換算総排出量の合計として計算されている。CO₂はGlobal Carbon Project のデータに由来し、国際航空及び海運の排出を含む。CH₄及びN₂O はPRIMAP データベースのデータに由来し、データが利用可能であった2007~2014年の平均値である。{2.3; 表 2.2}。
- ⁷ 人為起源の環境の変化に対する土地による自然の応答とは、大気中CO₂濃度の増加、窒素沈着、及び気候変動などの環境の変化に対する植生及び土壌の応答である。示されている推定値は、動的全球植生モデルの平均値を表している。{2.3.1.2.4, Box 2.2, 表 2.3}
- ⁸ CO₂換算値で表されているすべての値は、AR5 における気候-炭素フィードバックのない地球温暖化係数100年値(GWP)に基づいている(N₂O = 265; CH₄ = 28)。なお、このGWP は化石燃料起源及び生物起源のCH₄排出の双方に用いられている。化石燃料由来のCH₄により大きなGWPを用いた場合(AR5 では30)、CO₂換算で表される人為起源のCH₄総排出量は2%増える。
- ⁹ この推計値は土地ベースであるため、漁業由来及び水産養殖由来の排出量は除外されている(陸上で生産され水産養殖に使用される飼料由来の排出量を除く)。また、非食用農産物(例: 繊維、バイオ燃料)製造由来の排出量は、データベースにおいて食用から分離されていないため、当該排出に含まれている。土地利用変化に伴う非CO₂排出量(林業及びその他の土地利用のカテゴリー)は、森林及び泥炭地での火災によるものであるため除外されている。
- ¹⁰ 食品ロス及び食品廃棄物に関連する排出量は明示的ではないが(implicitly) 含まれている。これは、食料システムからの排出量は生産された食料に関連し、その中には栄養摂取のために消費されたものと食品ロス及び食品廃棄物となるものを含んでいるためである。後者は、人為起源のCO₂換算総排出量の8~10%と推定される。{5.5.2.5}
- ¹¹ 農業分野のCO₂排出量に関する世界全体のデータはない。

陸域の自然の応答はCO₂の純吸収源となる

- 人為起源の環境の変化に対する陸域の自然の応答の結果、2007～2016 年に11.2 GtCO₂/年の純吸収源(CO₂総排出量の29%に相当)となったが(確信度が中程度)、その吸収源の持続性は気候変化により不確実である(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A3)

- ・ 陸域は、人為及び自然の両方の要因により、CO₂の排出源であると同時に吸収源であり、人為的なフラックスと自然のフラックスを区別することが難しい(非常に確信度が高い)。全球のモデルは、2007～2016年の正味のCO₂排出量が5.2±2.6GtCO₂/年(可能性が高い範囲)であったと推定する。これらの正味排出量は、主に新規植林／再植林による部分的な相殺を伴う森林減少、並びにその他の土地利用活動による排出及び吸収による(確信度が非常に高い)
(IPCC SRCCL SPM A3.1)
- ・ 大気中のCO₂濃度上昇、窒素沈着、及び気候変動などの人為起源の環境変化に対する自然の陸域の応答の結果、2007～2016年に世界全体で11.2±2.6GtCO₂/年(確信度が高い範囲)の正味の吸収となった。人為起源の環境の変化応答による正味吸収量及びAFOLUの正味排出量を合計すると、陸域—大気間のフラックスの正味の合計は2007～2016年に6.0±3.7GtCO₂/年(可能性の高い範囲)の吸収となる。
- ・ 気候変動による植生及び土壌からのCO₂排出量の将来的な正味の増加は、CO₂施肥効果及び生育期の拡大による吸収量の増加を弱めると予測される(確信度が高い)。これらのプロセスの間の均衡は、土地の炭素吸収源の将来を決定する不確実性の主要な原因(source)である。
- ・ 予測される永久凍土の融解により、土壌炭素の喪失が増大すると予想される(確信度が高い)。21世紀の間、それらの地域における植生の成長は、部分的にこの喪失を相殺するかもしれない(確信度が低い)。

(IPCC SRCCL SPM A3.2)

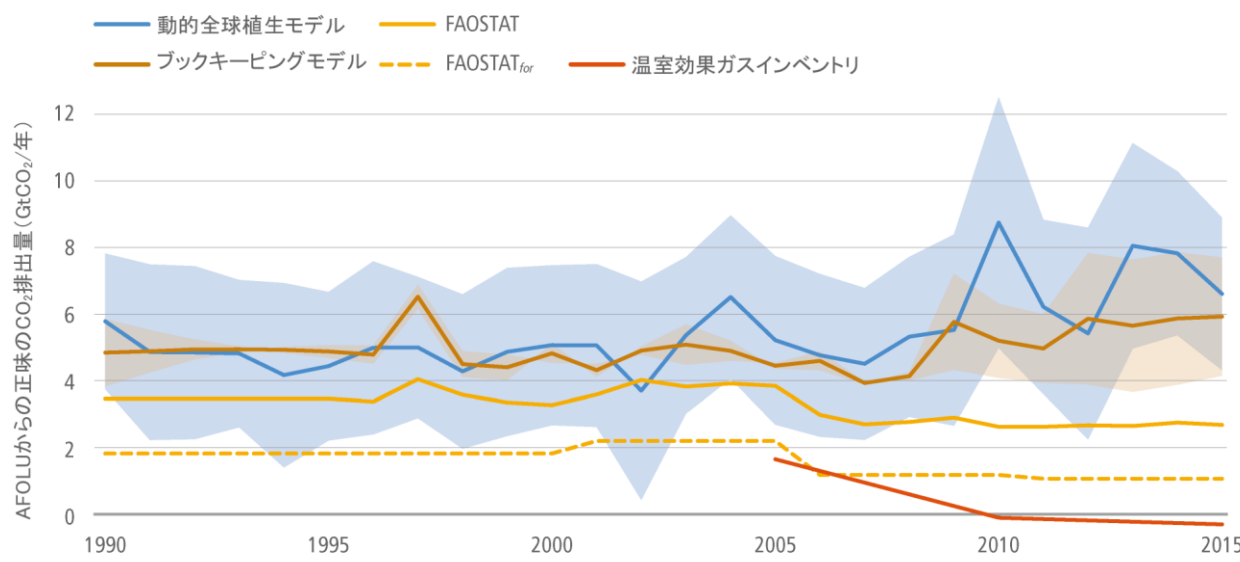
参考:

SRCCL 第2章 Box 2.3(165頁)には、CO₂濃度の上昇による施肥効果に関する最新の知見がまとめられている。CO₂効果の大きさや、陸域の吸収量の少なくとも一部を説明する可能性のある他の要因(例えば、窒素沈着、生育期の長期化、エアロゾルによる冷却、等)についての確信度は低い。大気中のCO₂の増加は、水利用効率の向上をもたらし、葉の光合成を促進する(確信度が高い)。CO₂の施肥効果による植物または生態系レベルの炭素蓄積の程度は、非常に可変的であり、他の環境要因の制約的影響を受ける(確信度が高い)。ここ数十年でCO₂の施肥効果が観測された生態系でも、生理学的な順化、土壌栄養分の制約、及び成長に対するその他の制約の結果、その効果は弱まっていることがわかっている。

排出量の推定方法の違いには注意が必要である

■ 全球モデル及び国別のGHGインベントリは異なる方法を用いて土地部門における人為起源のCO₂排出量及び吸収量を推定している。(IPCC SRCCL SPM A3.3)

- 全球モデルと国別のGHGインベントリの推定値は、森林が関係する土地利用変化(例えば、森林減少、新規植林)についてはほぼ一致しているが、管理された森林については異なる。
 - ✓ 全球モデルは、伐採の対象である森林を管理された森林としているのに対し、国別のGHGインベントリはIPCCのガイドラインに従って管理された森林をより広義に定義する。このより広い面積において、インベントリは人為的な環境変化に対する土地の自然の応答を人為起源とみなす一方で、全球モデルのアプローチ[表SPM.1]はこの応答を非人為的な吸収源として扱うことがある。
- 方法論の違いを考慮することは土地部門の正味排出量の推定値及びそれらの応用について、よりよく理解することに繋がる。(IPCC SRCCL SPM A3.3.)



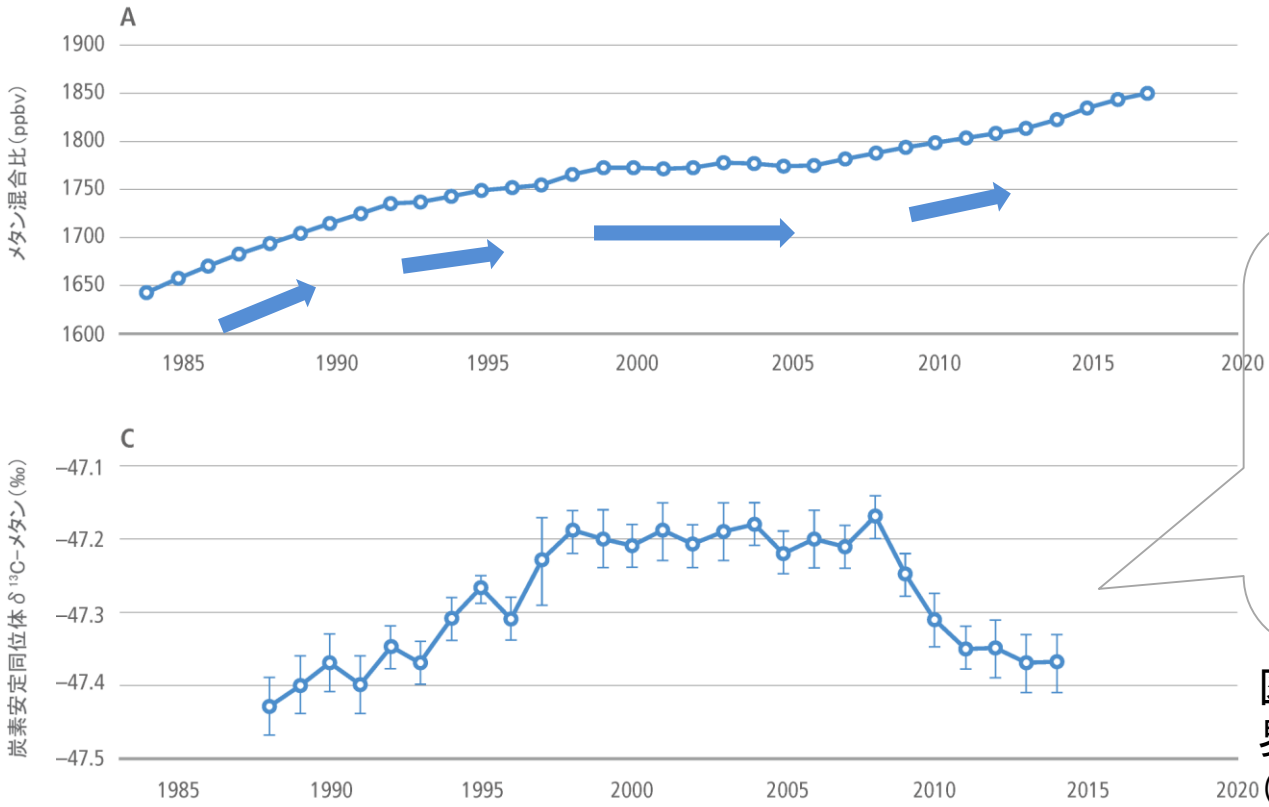
例えば、2005～2014 年に国別のGHG インベントリの正味排出量の推定値の合計が $0.1 \pm 1.0 \text{ GtCO}_2/\text{年}$ である一方で、2つの全球ブックキーピングモデルの平均値は $5.1 \pm 2.6 \text{ GtCO}_2/\text{年}$ である(可能性が高い範囲)。
(IPCC SRCCL SPM A3.3)

図. 異なるアプローチによって推計されたAFOLUによる全球の正味CO₂排出量 (単位: GtCO₂/年)

メタンの大気中濃度は増加している

■ メタンの大気中の濃度の世界平均は、1980年代半ばから1990年代初頭にかけて着実に増大しており、その後1999年までより緩やかに伸び、1999年から2006年にかけての増減のない期間を経て、2007年からは再び増加の途を辿っている(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM A3.4)

- 2000年以前と比べて、有機物由来の排出源が全排出量に占める割合が拡大している(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM A3.4)



✓ 2000年以前の $\delta^{13}\text{C}$ -CH₄ の比較的低い比率は、大気中濃度の上昇が発熱性(化石燃料)のCH₄排出によるものであったことを示している。

✓ 2007年以降に見られる傾向の逆転は、有機物由来の排出源への移行を示唆している。

(IPCC SRCCL 157頁 第2章 2.3.2.1)

図. 大気中のメタン混合比の世界平均(上段)、及び同位体($\delta^{13}\text{C}$ -CH₄)変動(下段)。

メタンの大気中濃度は増加している(続き)

- 2007～2016年の期間における世界全体のAFOLUによるメタンの排出量は $162 \pm 49 \text{ Mt CH}_4/\text{年}$ ($4.5 \pm 1.4 \text{ Gt CO}_2\text{-eq}/\text{年}$)であった(確信度が中程度)。(スライド27頁参照)
 - 反芻動物及び稲作の拡大は、濃度の増大に大きく寄与している(確信度が高い)。
- (IPCC SRCCL SPM A3.4)

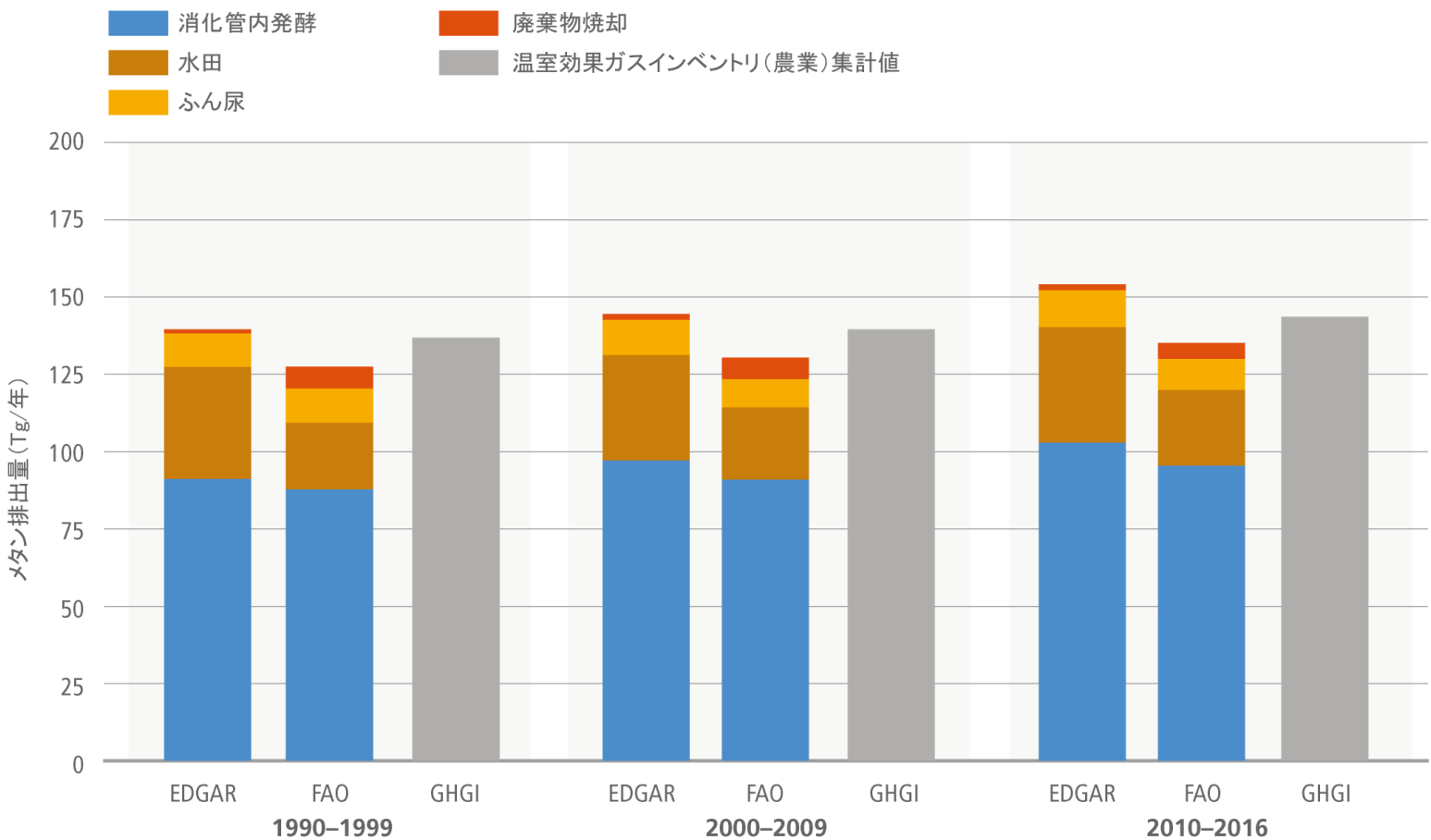
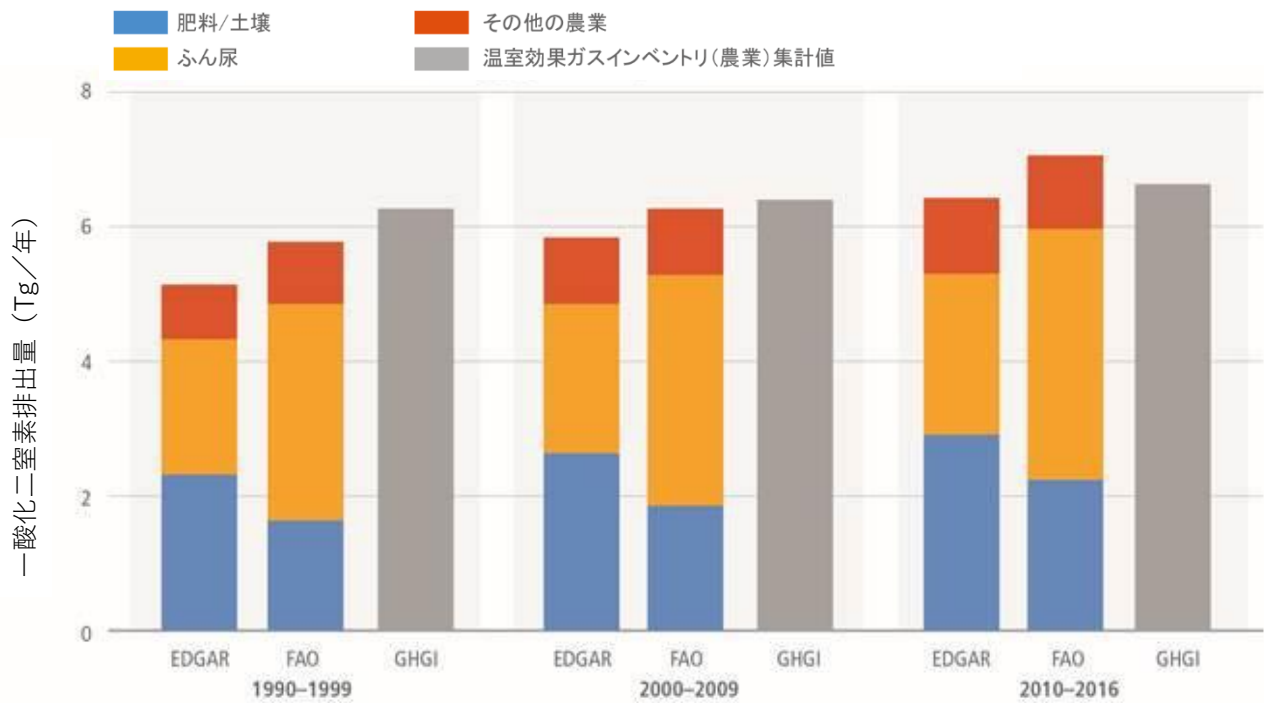


図. 農業由来のCH₄排出量の平均推定値。

出典: 図, IPCC SRCCL 160頁 第2章 図 2.9

AFOLU からの人為起源N₂O排出量は増加している

- AFOLUからの人為起源N₂O排出量は増加しており、2007～2016年の期間には8.3±2.5 Mt N₂O/年(2.3±0.7Gt CO₂-eq/年)であった。
 - 土壌由来の人為起源のN₂O排出量(図SPM.1、表SPM.1)は、主に窒素施肥によるもので、非効率的な施肥(過剰な施肥又は作物が必要としている時季と不一致)も含む(確信度が高い)。
- (IPCC SRCCL SPM A3.5)



- 農地の土壌からは2007～2016年の期間に約3Mt N₂O/年(約795Mt CO₂-eq/年)が排出された(確信度が中程度)。
- 管理された牧草地に由来する排出量は、糞尿の堆積が増加したことにより大幅に増加している(確信度が中程度)。
- 2014年の農業由来の人為起源のN₂O排出量の半分以上は、管理された牧草地及び放牧地における家畜に由来した(確信度が中程度)。

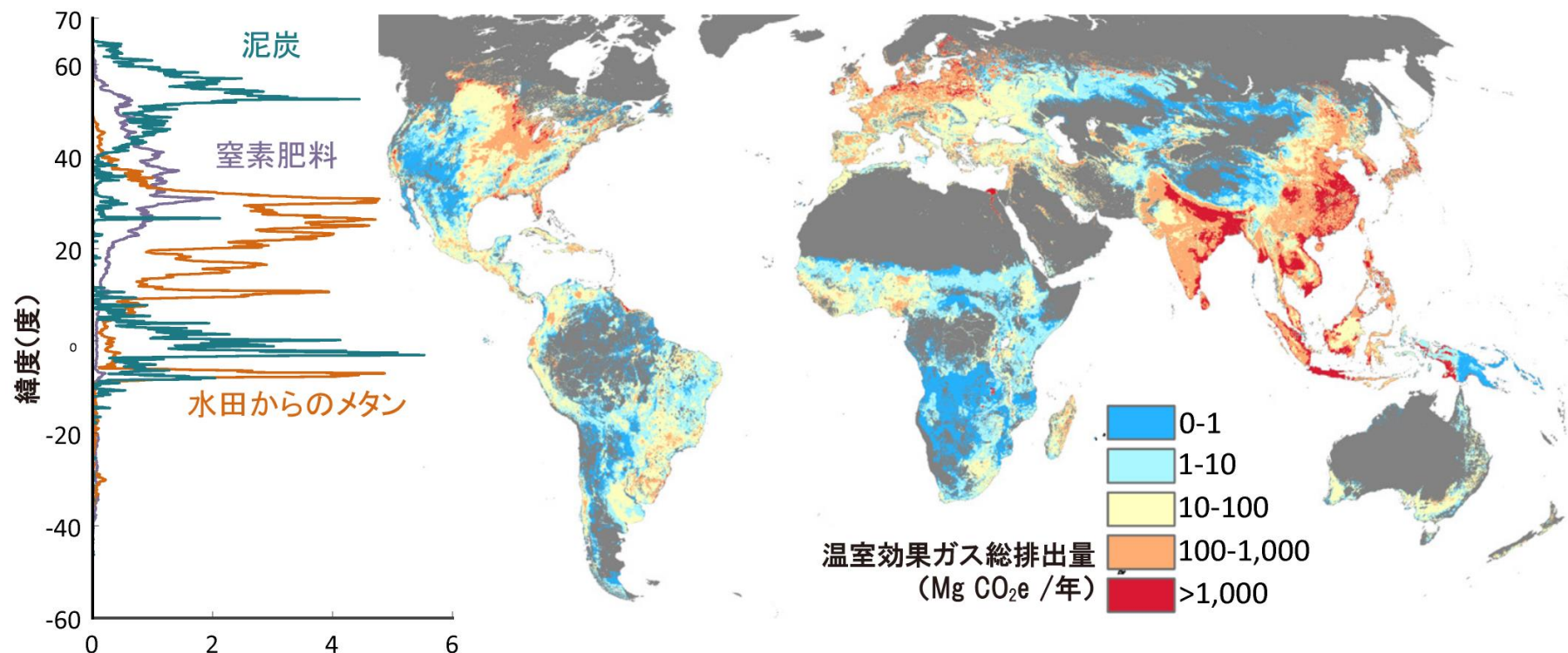
(IPCC SRCCL SPM A3.5)

図. 農業由来のNO₂排出量の平均推定値。FAOの「その他の農業」区分のデータには、作物残渣、有機土壌の耕作、及び作物残渣の燃焼に由来する排出量が含まれている。

出典: 図, IPCC SRCCL 161頁 第2章 図 2.11

AFOLU からの人為起源N₂O排出量は増加している(続き)

- 農地の土壌からは2007～2016 年の期間に約3 Mt N₂O/年(約795 MtCO₂-eq/年)が排出された(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM A3.5)



温室効果ガス総排出量(Mg CO₂e /年)

図. 農地由来の温室効果ガスには、稲作に起因するCH₄、泥炭の排水(水抜き)に起因するCO₂、N₂O、及びCH₄、並びに窒素施肥に起因するN₂Oが含まれる。

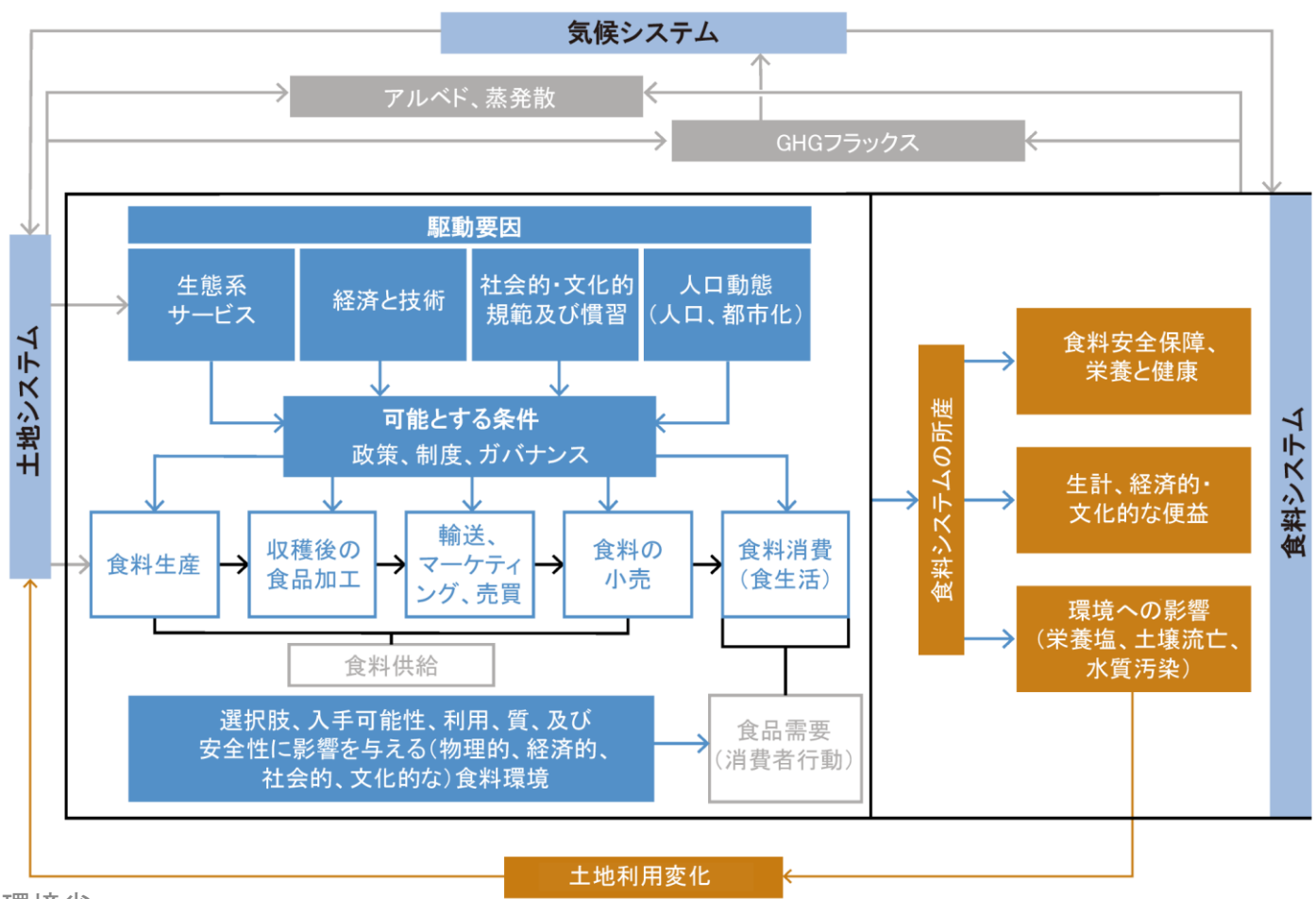
この図には、森林減少や土壌炭素量の変化に関連した排出は含まれていない。

(IPCC SRCCL 476頁 第5章 5.4.2)

食料システムからの排出は総排出量の21～37%を占める

■ 世界の食料システム (グローバルフードシステム)※[における食料の]生産・製造の前後に行われる活動に関連する排出量も含めた場合、[その排出量は]人為起源の正味の温室効果ガスの総排出量の21-37%を占めると推定される (確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM A3)



※世界の食料システム (グローバルフードシステム) は、SRCCLにおいて、「食料の生産、加工、流通、調理及び消費に関連するすべての要素 (環境、人々、投入資源、プロセス、インフラ、組織など) 及び活動、並びに世界レベルにおける社会経済的及び環境面の成果を含む、これらの活動の成果」と定義される。これらの排出データは、『2006年 IPCC 国別温室効果ガスインベントリガイドライン』に沿って作成された国家インベントリと直接比較することはできない。

(IPCC SRCCL SPM 脚注22)

図. 食料システムの概念図、及び食料システムと土地システム・気候システムとの関係。

食料システムからの排出は総排出量の21～37%を占める(続き)

- AFOLU による正味の総GHG 排出量は2007～2016 年に12.0 ±3.0Gt CO₂-eq/年である(人為起源の正味の総排出量の合計の23%に相当)。
- 世界の食料システムなどのその他のアプローチ[による排出量の計算で]は、農業からの排出及び土地利用変化(すなわち、森林減少及び泥炭地の劣化)に加え、食料生産のためのエネルギー、運輸及び産業部門からの農地外の排出量も含む。食料システムの多様性故に、食料システムの各要素による寄与には大きな地域差がある(確信度が非常に高い)。
- 農業生産からの排出量は増大すると予測され(確信度が高い)、それは人口及び収入の増加並びに消費パターンの変化によって引き起こされる(確信度が中程度)。
- 世界の食料システムに寄与する農地内からの排出量及び農地の拡大による排出量は、人為起源の排出総量の16～27%に相当する(確信度が中程度)。
- 農地外の排出量は人為起源の排出総量の5～10%に相当する(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A3.6)

表. 食料システムからの温室効果ガス排出量 (2007－2016年の平均)。(IPCC SRCCL 476頁 第5章 表5.4 及び SPM 表SPM1 パネル2より作成)

食料システムの構成要素	排出量 (Gt CO ₂ -eq/年)	平均総排出量に占める%	具体的な排出源、等
農業由来(CH ₄ , N ₂ O)	6.2 ± 1.4	9-14%	農地内の作物と家畜の活動 ¹ 。 CH ₄ は主に家畜(反芻動物)の消化管内発酵と稲作からの排出で、堆肥管理と廃棄物の焼却も寄与している ² 。 N ₂ Oは主に糞尿の堆積と合成窒素肥料の使用(及びそれに伴う土壌からの排出) ³ 。
土地利用変化由来(CO ₂)	4.9 ± 2.5	5-14%	農業に関連した土地利用及び土地利用変化動態 ¹ 。 正味の森林転換(正味の森林減少)、有機質土壌(農地及び草地)の流出、バイオマス燃焼(湿潤熱帯林、その他の森林、有機質土壌)が含まれる ⁴ 。
農地外(非AFOLUのCO ₂)	2.6 – 5.2	5-10%	AFOLU セクターに含まれない活動起源のCO ₂ 排出量で、主にエネルギー(例:穀物の乾燥)、輸送(例:国際貿易)、及び産業(例:無機肥料の合成)といった食料システムの一部に由来し、農業生産活動(例:温室での暖房)、生産・製造前(例:農地投入物の製造)及び生産・製造後(例:農業食品加工)の活動を含む ⁴ 。
世界の食料システム(合計)	10.8-19.1	21-37%	食品ロス及び食品廃棄物に関連する排出量は明示的ではないが(implicitly) 含まれている。これは、食料システムからの排出量は生産された食料に関連し、その中には栄養摂取のために消費されたものと食品ロス及び食品廃棄物となるものを含んでいるためである。後者は、人為起源のCO ₂ 換算総排出量の8～10%と推定される ⁵ 。

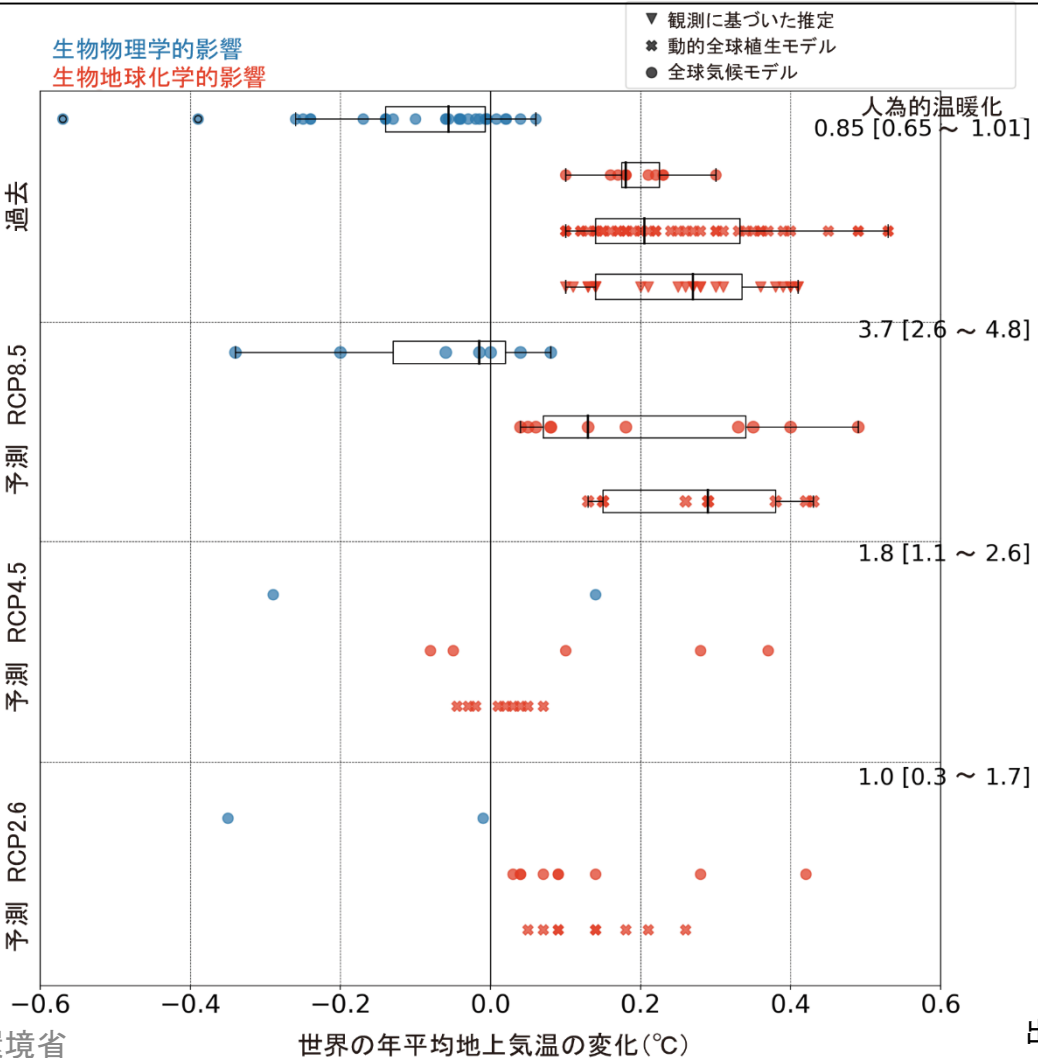
注意: 総排出量に占める%は、2007年から2016年までの総排出量約52GtCO₂-eq /年及びIPCC AR5の気候フィードバックなしのGWP値(GWP-CH₄=28; GWP-N₂O=265)を用いて計算された。

¹IPCC SRCCL 475-476頁 第5章 5.4.1参照。 ²IPCC SRCCL 159頁 第2章 2.3.2.2 及び スライド33頁 参照。 ³IPCC SRCCL 162頁 第2章 2.3.3.2 及び スライド34頁 参照。 ⁴IPCC SRCCL 表SPM1 注釈5。 ⁵IPCC SRCCL 表SPM1 注釈10。 37

土地の状態/状況の変化は気候に影響を与える

■ 土地の状態/状況 (condition) の変化は、土地利用または気候変動のいずれによるものであっても、世界全体及び地域の気候に影響を与える(確信度が高い)

(IPCC SRCCL SPM A4.1)



• 工業化以前の期間以来、人間活動による土地被覆の変化は、地球温暖化に寄与するCO₂の正味放出(確信度が高い)、及び地表面の冷却を引き起こす世界全体の陸域アルベドの増加(確信度が中程度)をもたらしている。過去の期間にわたって、その結果として表面温度の世界平均に与える正味の影響は小さいと推定される(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM A4.1)

図. 過去および将来の人為的な土地被覆の変化に対する世界の年平均地上気温の変化(単位:°C)。生物物理学的プロセス(例:アルベド、蒸発散量、及び粗度係数といった、土地表面の物理特性の変化)による気温変化は青色で、生物地球化学的プロセス(例:大気中CO₂濃度の変化)による気温変化は赤色で示してある。右端の数字は、様々な気候モデルによって計算された世界平均の年平均温度上昇とその範囲を示している。

土地の状態/状況の変化は極端現象にも影響する

- 熱波などの暑熱に関連する現象(確信度が中程度)及び大雨(確信度が中程度)を含む多くの極端現象の尤度(likelihood)、強度及び持続期間は、土地の状態/状況の変化によって大幅に変更されうる。

(IPCC SRCCL SPM A4.2)

- 土地の状態/状況の変化は、数百キロメートル離れた場所の気温及び降雨にも影響を与えうる(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A4.2)

【例】

- 乾燥した土壌は、蒸発散量を減らし、顕熱を増加させ、それにより夏の熱波が発生しやすくなったり、より強力になりやすくなる。
- 例えば灌漑や一年中被覆作物を維持する作物管理などによる湿潤な土壌は、蒸発散量を増加させ、顕熱を減少させることで、極端な暑熱の事象における湿度を上昇させうる。
- 干ばつは、不適切な土地管理によって激化しうる。
- 都市化は、都市の上空または風下において極端な降水現象の強度を増大させうる。

(IPCC SRCCL 135頁 第2章 エグゼクティブサマリー)

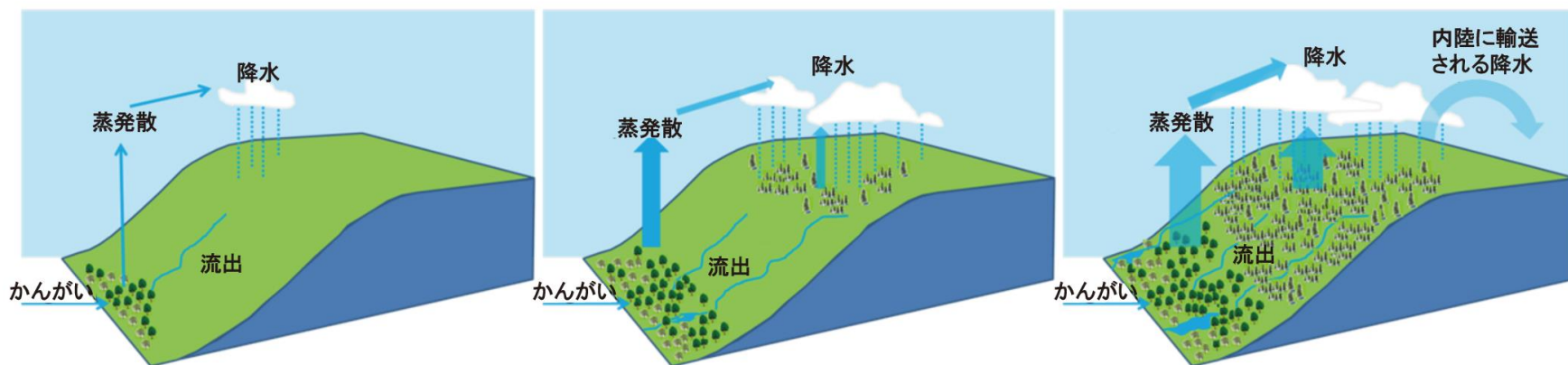


図. 森林造成と灌漑の組み合わせによって風下の山岳地帯における降水量に影響が及び、植生の成長が促進され、流出量が増加することで森林地帯にフィードバックされる様子を示した模式図。ロサンゼルス(カリフォルニア州)の例。

出典: 図, IPCC SRCCL 185頁 第2章 図 2.22

土地の状態/状況の変化は極端現象にも影響する(続き)

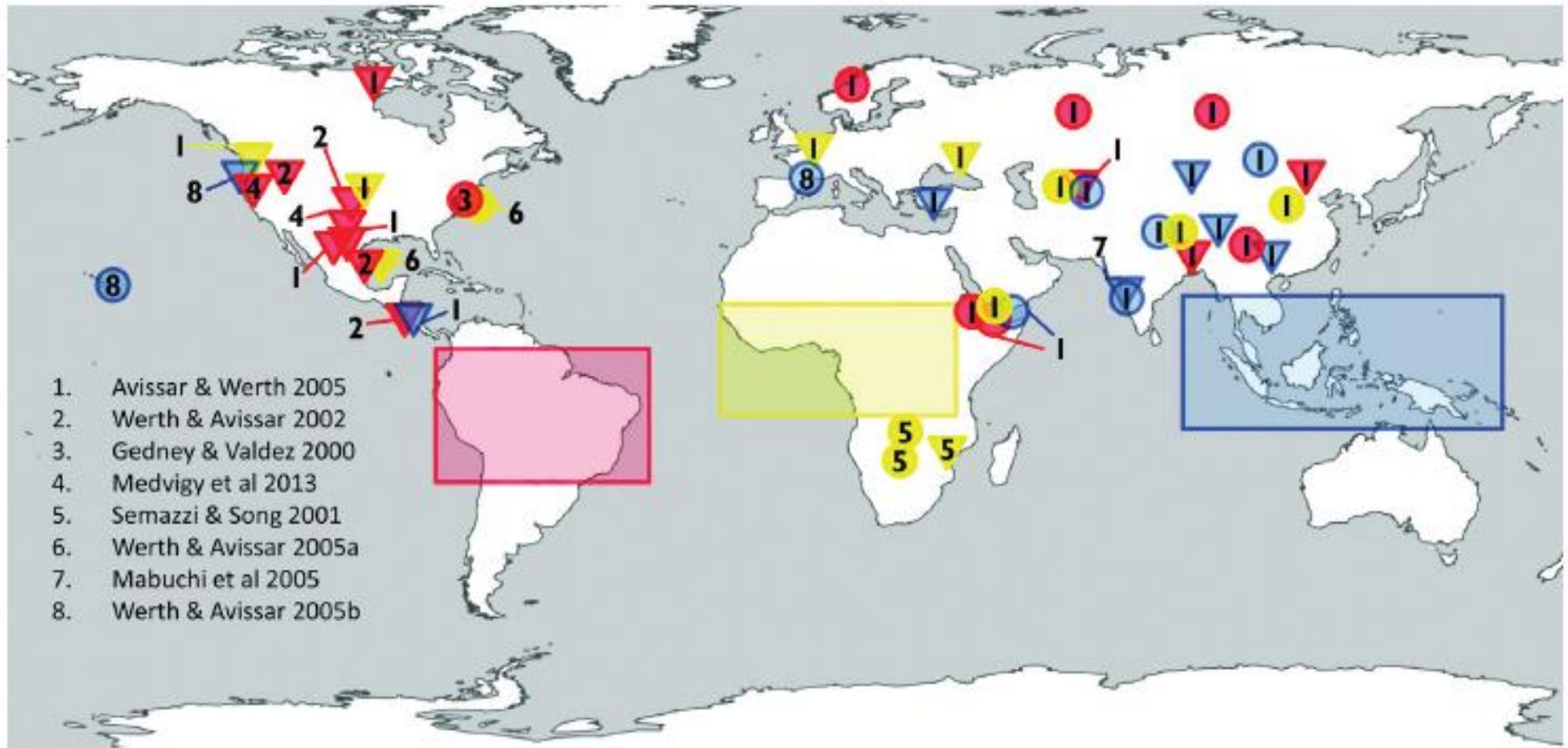


図. 3つの主要な熱帯地域の森林伐採が熱帯域外の降水量に与える影響。アマゾン(赤)、アフリカ(黄)、及び東南アジア(青)の四角で囲まれた地域内のそれぞれで全ての森林が消失することによって生じる降水量の増加(丸)・減少(三角)を示している。図内の数字は、データが引用された研究論文の番号に相当する。

土地の状態/状況の変化は極端現象にも影響する(続き)

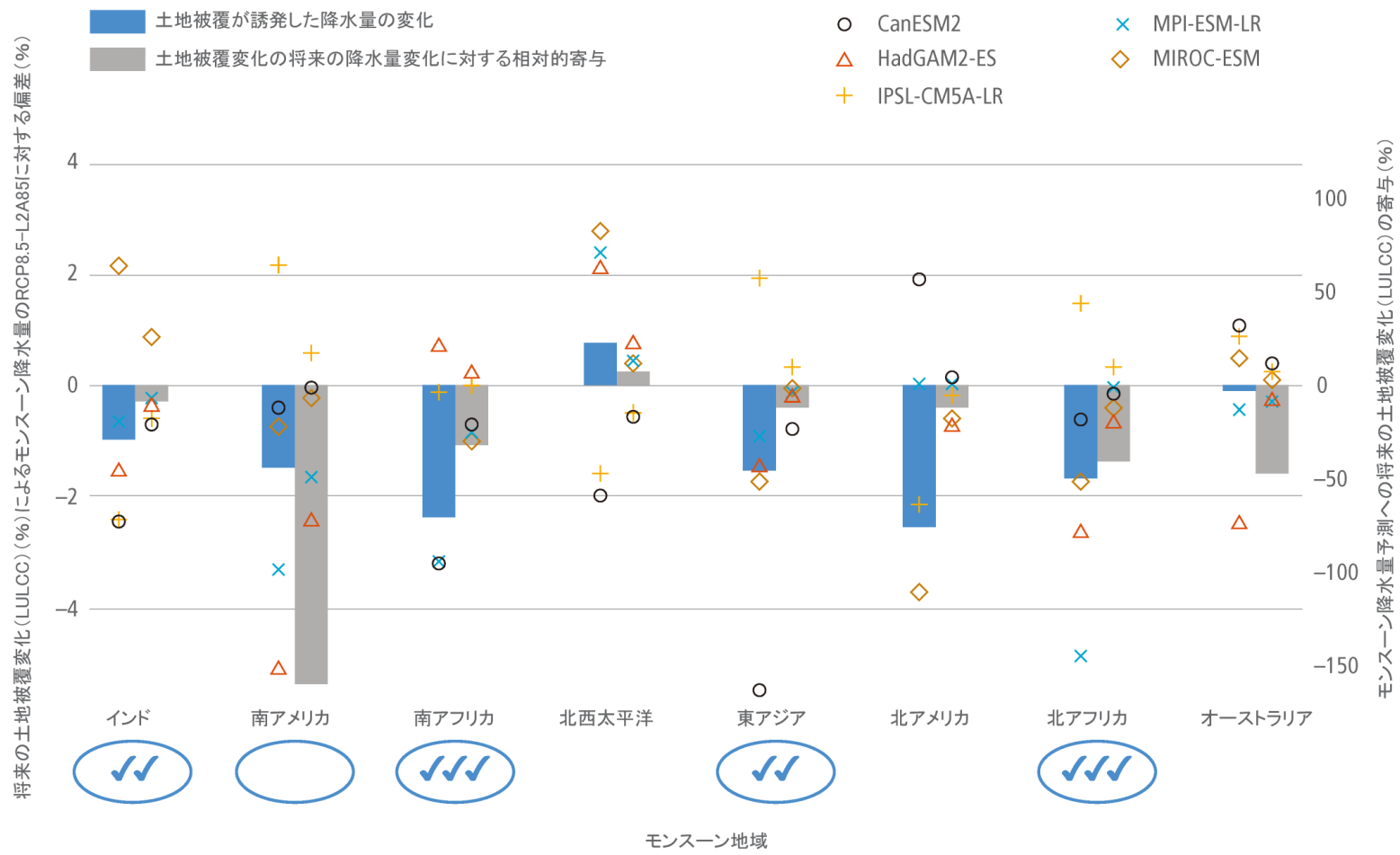


図. モンスーン地域において予測される人為的な土地被覆の変化によって、RCP8.5で生じるモンスーン地域の降雨量の変化(青色の棒グラフ、%)。灰色の棒グラフは、将来の降雨量予測に対する土地被覆変化の相対的な寄与度(%)を示しており、土地被覆の変化に起因した降雨量の変化と、すべての人為的变化に起因した降雨量の変化の比である。負の値は、土地被覆の変化が、すべての人為的变化による影響と比較して、逆の影響(減衰)を与えることを意味している。南半球については12～2月、北半球については6～8月の結果を示してある。青色の✓マークは確信度の高さを表している。

気候変動と土地の状態/状況変化は相互にフィードバックする

■ 気候変動は、地域の気候へのフィードバックを伴って土地の状態/状況を変化させると予測される。
(IPCC SRCCL SPM A4.3)

- 気候変動による土地のより乾燥した状況は、熱波の程度を増大させうる一方で、より湿潤な土地の状況は反対の効果を有する(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM A4.3)

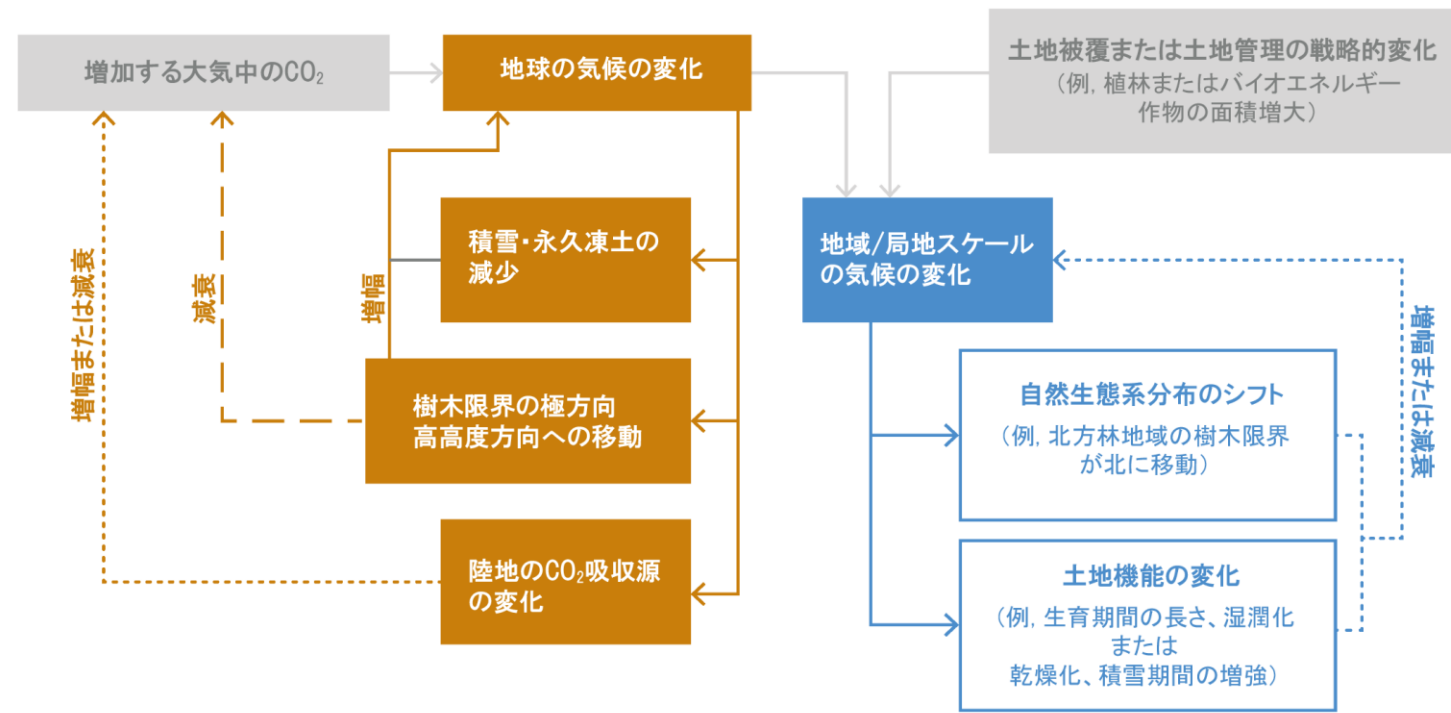


図. 最初は温室効果ガスによって誘発された気候変動を増幅させたり、減衰させたりすることが文献で示されている様々な土地の作用を示す模式図。茶色の矢印とボックスは地球規模の現象を、青色の矢印とボックスは地域的・局所的な規模の現象を表している。灰色の矢印とボックスは、強制された変化、つまり、当初の大気中のGHG含有量及び人為的な土地被覆の変化や土地管理を表している。減衰を伴うフィードバックは破線で、増幅するフィードバックは実線で、方向が変動するフィードバックは点線で示してある。

気候変動と土地の状態/状況変化は相互にフィードバックする

降雨量の増加が予測される熱帯域では、植生の生長の増加により地域の昇温は低減される(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM A4.3)

高木限界線〔森林限界〕が北方に移動及び／または生育期が拡大する北方林の地域では、積雪及びアルベドの減少により冬季の昇温は増大する一方で、蒸発散量が増加する結果、生育期における昇温は低減される（確信度が高い）。
(IPCC SRCCL SPM A4.3)

(IPCC SRCCL SPM A4.3)

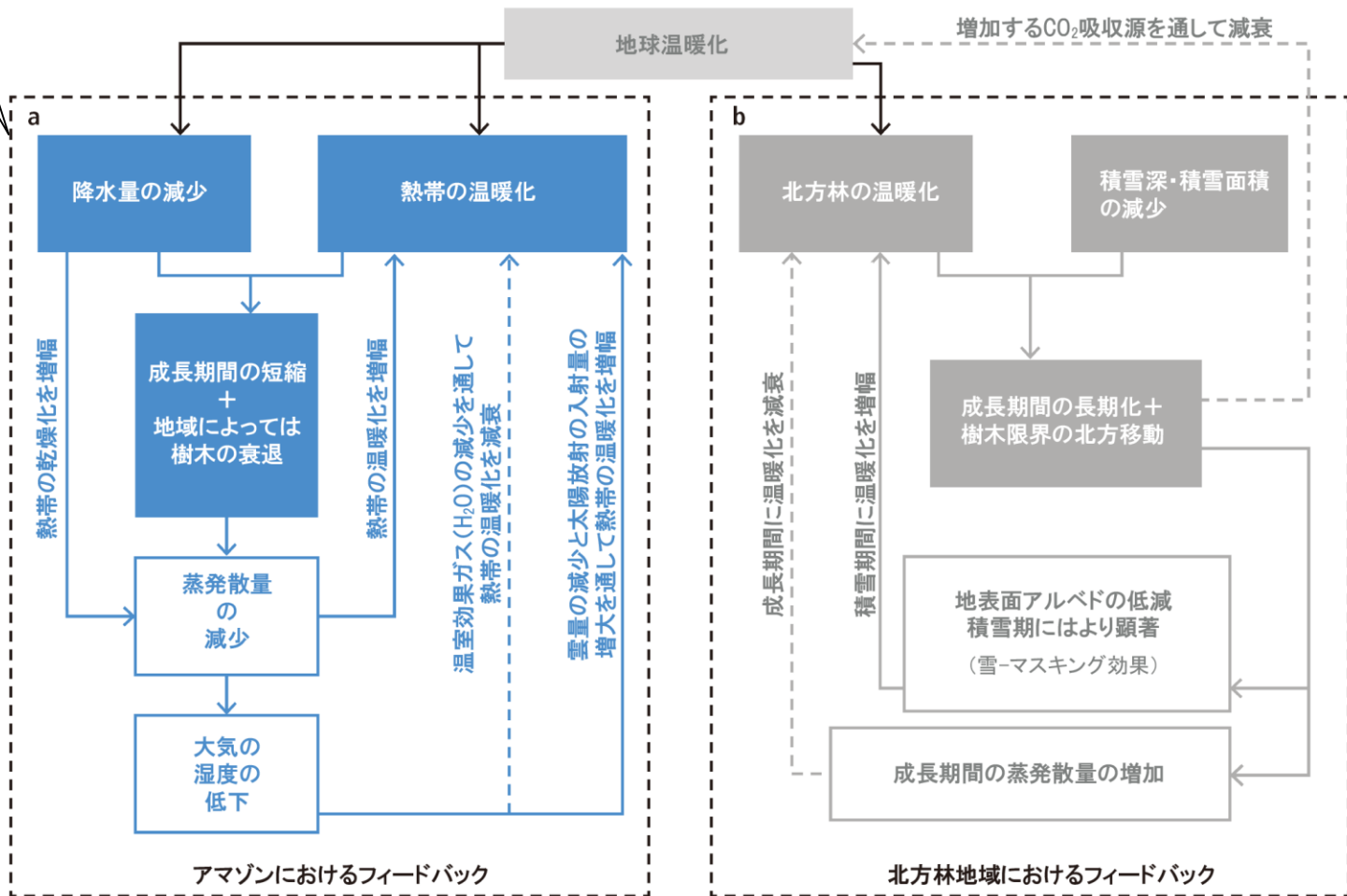


図. (a)アマゾンと(b)北方林地域において、地球温暖化の影響が地域の気候変動にフィードバックする過程を示す模式図。

気候変動と土地の状態/状況変化は相互にフィードバックする(続き)

■ 砂漠化は、植生被覆の減少に関連するCO₂の放出により気温上昇を増幅する(確信度が高い)。植生被覆の減少は、局所的なアルベドの増加をもたらす傾向にあり、その結果、地表面が冷却される(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A4.4)

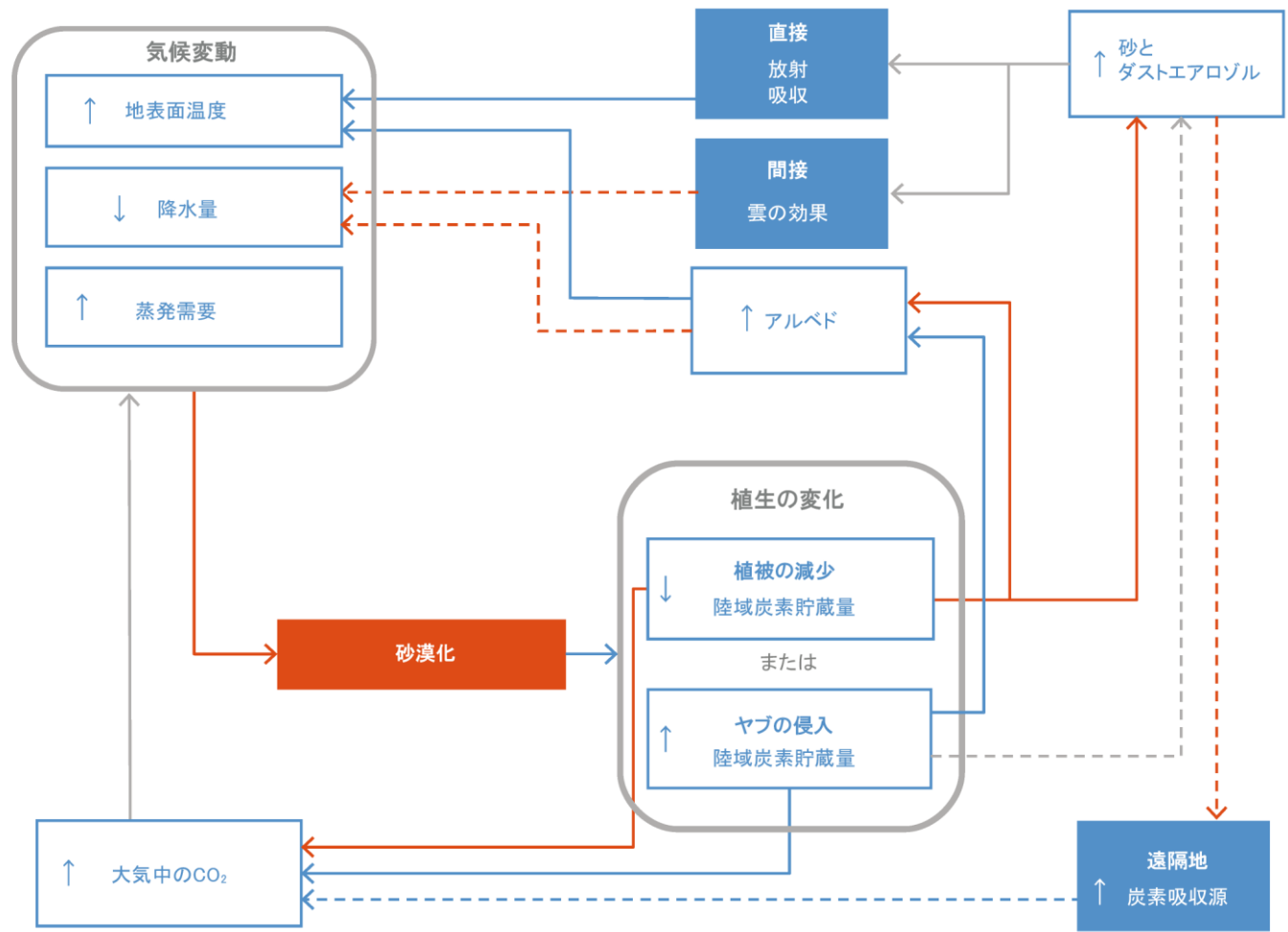


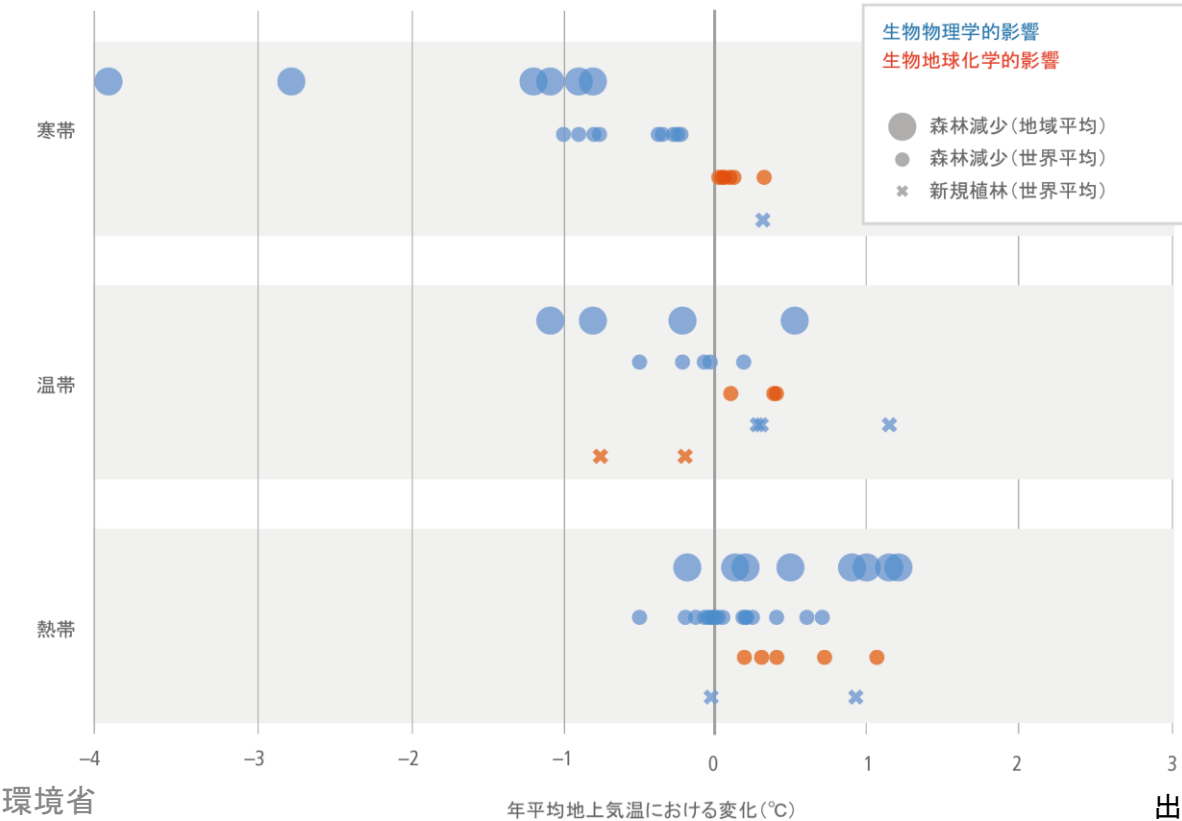
図. 砂漠化が気候にフィードバックする主な経路を示す模式図。

凡例:
赤色の矢印: 正[増幅]の効果。
青色の矢印: 負[減衰]の効果。
灰色の矢印: 正負どちらの可能性もある。
実線は直接的な影響、破線は間接的な影響を示す。

気候変動と土地の状態/状況変化は相互にフィードバックする(続き)

■ 例えば新規植林、再植林及び森林減少などの森林被覆の変化は、水とエネルギーの交換を通じて地域の表面温度に直接的に影響を与える(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM A4.5)

- 熱帯域において森林被覆が増加する地域では、蒸発散量の増大によって気温の低下が起こる(確信度が高い)。蒸発散量の増加の結果、生長期に、低温の日々が生じうるほか(確信度が高い)、暑熱に関連する現象の規模を低減させうる(確信度が中程度)。
- 北方林の地域及び一部の温帯地域などの季節的な積雪がある地域では、樹木及び低木による被覆の増加は、地表面のアルベドの減少による冬季の昇温効果も有する(確信度が高い)。



(IPCC SRCCL SPM A4.5)

図. 理想化した(idealized)大規模な森林減少(○印)または植林(×印)に対する年平均地上気温の変化。

凡例:
青色: 例えば、アルベド、蒸発散量、及び粗度係数等の土地表面の物理特性の変化といった生物物理学のプロセスによる温度変化。
オレンジ色: 大気中のCO₂濃度変化といった生物地球化学のプロセスによる温度変化。

地球温暖化及び都市化は都市周辺の気温を増大させる

■ 地球温暖化及び都市化は共に、特に、熱波を含む暑熱に関連する現象が起きている期間に、都市及びその周辺における昇温を増大させうる(ヒートアイランド効果)(**確信度が高い**)。

(IPCC SRCCL SPM A4.6)

- 夜間の気温は、日中の気温よりもこの効果の影響を大きく受ける(**確信度が高い**)。
- 都市化の拡大はまた、都市の上空または都市域の風下において極端な降水現象の強度を増大させうる(**確信度が中程度**)。
- ヒートアイランド効果により、都市では、特に夜間に、熱波の強度が1.22～4℃増大する(**確信度が高い**)。極端な高温事象と罹病率、死亡率、及び労働生産性との間には確立された関係があり、将来の気候変動に伴って予測される極端な暑熱の事象の増加は、都市の状況をさらに悪化させる。

(IPCC SRCCL 187頁 第2章 Cross-Chapter Box 4)

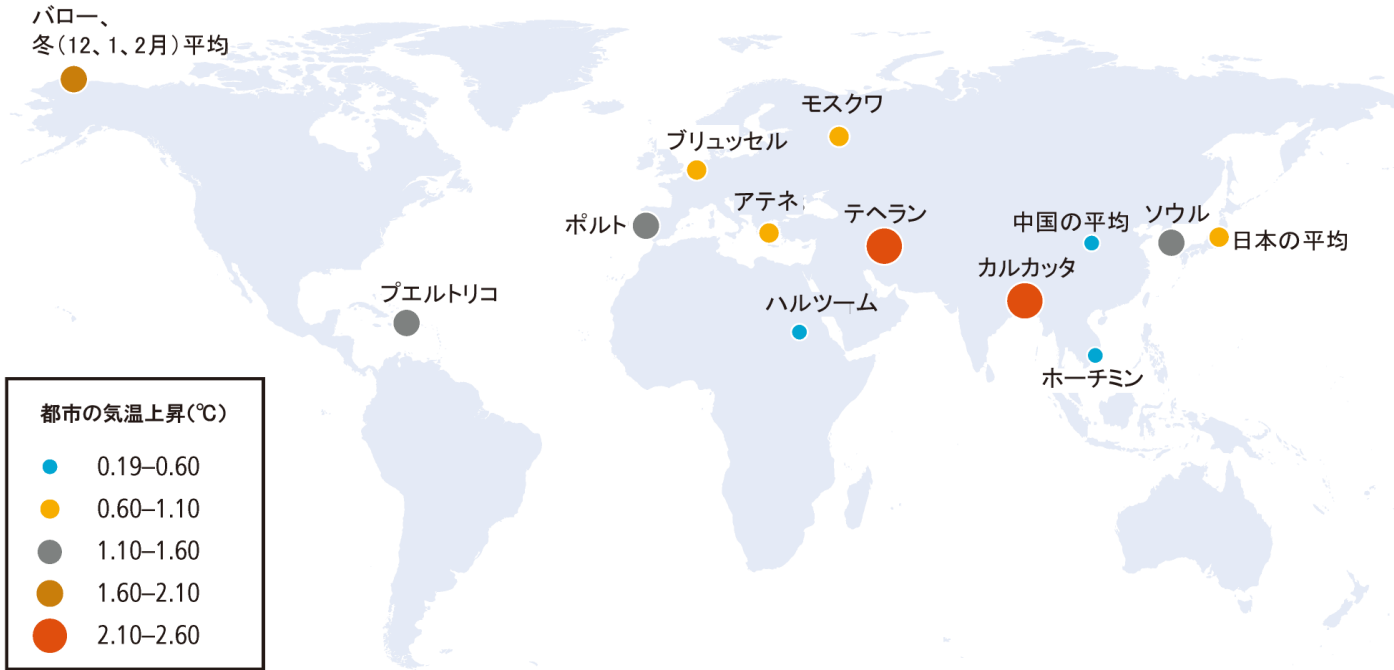


図. 都市化に伴う年間地上気温の変化(℃)。円の色と大きさは変化の大きさを示す。

熱波等の頻度・強度・持続期間が増加する

■ 気候変動は土地に対して追加的なストレスを生み、生計、生物多様性、人間の健康及び生態系の健全性、インフラ、並びに食料システムに対する既存のリスクを悪化させる（確信度が高い）。

(IPCC SRCCL SPM A5)

- ・ 昇温が進むにつれて、熱波を含む暑熱に関連する現象の頻度、強度及び持続期間は21世紀中増加し続けると予測される（確信度が高い）。
- ・ 干ばつの頻度及び強度は特に地中海地域及びアフリカ南部において増大すると予測される（確信度が中程度）。
- ・ 極端な降水現象の頻度及び強度は多くの地域において増大すると予測される（確信度が高い）。

(IPCC SRCCL SPM A5.1)

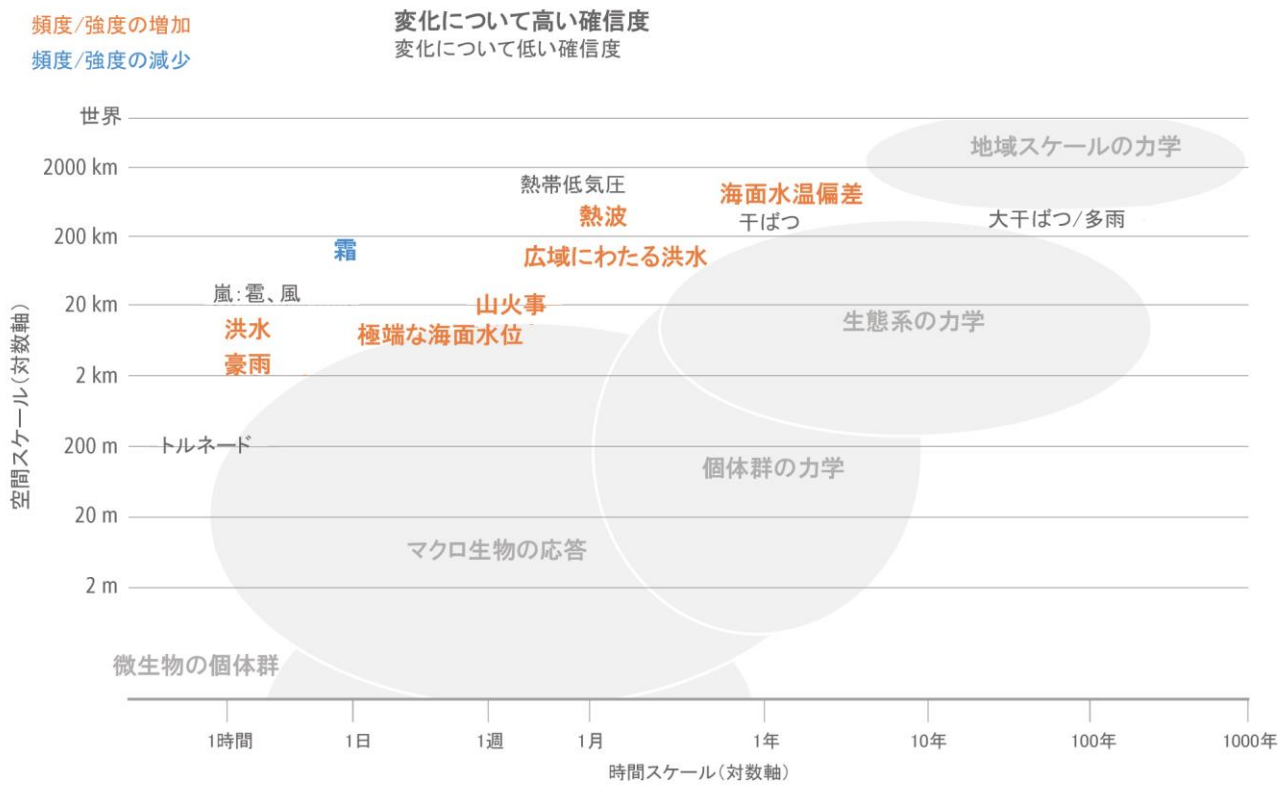


図. 典型的な極端な気象気候事象の時間的・空間的スケールと、それらが影響を与える生物システム。これらの時空間の範囲内に存在する個体、個体群、及び生態系が、関連する気候のストレス因子に反応する。図に示されている各事象は、図中の事象の場所の左と下に位置するすべての時間的・空間的スケールの生物システムに影響を及ぼす可能性が高いことを示唆している。

気候帯が極域の方向に移動する

- 昇温の増加に伴い、気候帯は中緯度及び高緯度において極域の方向に移動すると予測される(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A5.2)

- 高緯度地域では、昇温は北方林において、干ばつ、森林火災及び害虫の発生を含む攪乱を増大させると予測される(確信度が高い)。
- 熱帯地域では、GHG 排出量が中程度のシナリオ及び高排出シナリオにおいて、昇温の結果、前例のない気候の状況が21 世紀半ばから21 世紀末にかけて生じると予測される(確信度が中程度)

(IPCC SRCCL SPM A5.2)

- 人為起源の温暖化は、主に乾燥気候帯の増加と極域気候帯の減少という形で、気候帯の移動をもたらしてきた(確信度が高い)。
- 現在進行している温暖化は、熱帯域では新たな高温の気候をもたらし、中緯度及び高緯度地域では気候帯を極方向に、標高の高い地域では気候帯を高高度方向に移動させると予測されている(確信度が高い)。
- これらの地域の生態系は、現在適応している気候レジームを超えた温度や降水量の極端な変化にますます曝されるようになり(確信度が高い)、その構造、構成、機能を変化させる可能性がある。
- 加えて、高緯度地域における温暖化は、永久凍土の融解を加速させ、非生物学的要因(例えば、干ばつ、火災)及び生物学的要因(例えば、害虫、疾病)を介して、北方林の攪乱を増加させると予測されている(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL 133頁 第2章 エグゼクティブサマリー)

将来は土地に対する影響の増加が予測される

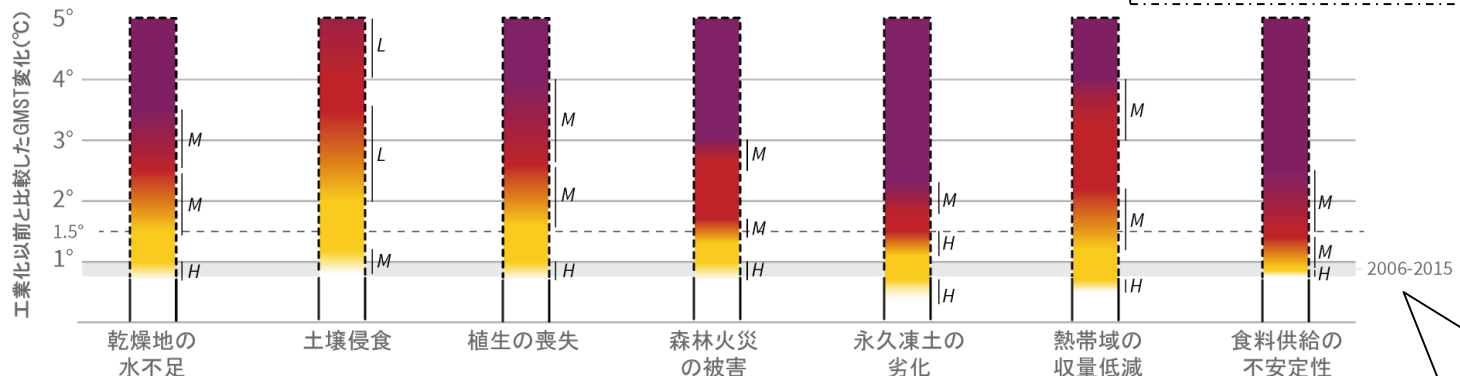
■ 将来の温室効果ガス排出シナリオすべてにおいて、土地に対する影響の増加が予測されている(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A5)

気候変動の結果起こる土地に基づくプロセスにおける変化による人間及び生態系に対するリスク

工業化以前の水準と比較したGMSTの上昇は、**砂漠化(水不足)**、**土地の劣化(土壌侵食、植生の喪失、森林火災、永久凍土の融解)**及び**食料安全保障(作物の収量及び食料供給の不安定化)**に関連するプロセスに影響を及ぼす。食料システム、生計、インフラ、土地の価値、人間・生態系の健康に対してリスクを引き起こす。1つのプロセス(例えば、森林火災または水不足)において起こる変化の結果、複合的なリスクを引き起こすかもしれない。リスクは場所に固有で地域毎に異なる。

各項目の解説についてはスライド次頁参照。



地球温暖化の現在の水準は、乾燥地における水不足の増大、土壌侵食、植生の喪失、森林火災による被害、永久凍土の融解、沿岸域の劣化及び熱帯域の作物の収量の減少による中程度のリスクに関連する(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A5.3)

リスクのあるシステム

食料						
生計	●	●	●		●	●
土地の価値		●		●		
人間の健康	●	●	●	●		●
生態系の健全性	●		●	●	●	
インフラ	●		●	●	●	

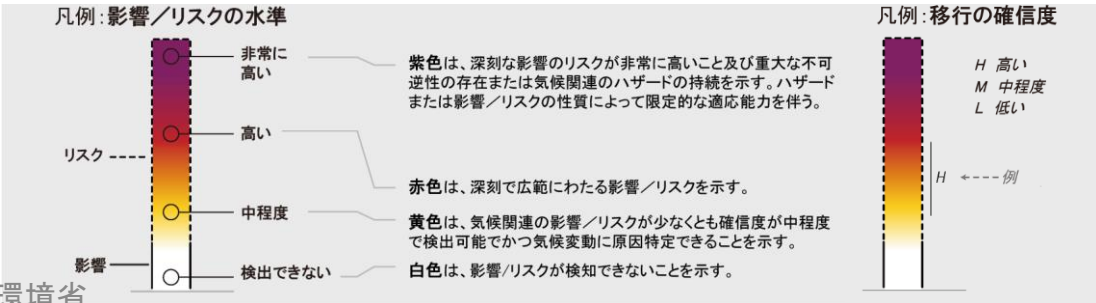
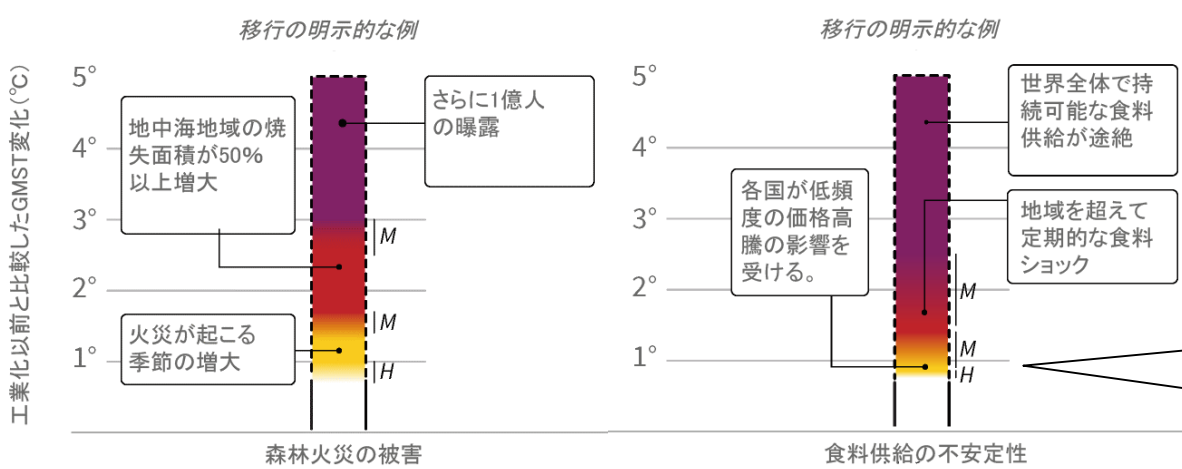


図. GMSTの関数としての土地システムの特定要素に対するリスク。より広範なシステムとの関連性は例示的であり、包括性は意図されていない。リスク水準は、SSP2の経路と大まかに一致する社会経済的な条件における中程度の傾向によって引き起こされる中程度の曝露及び脆弱性を想定して推定されている。

将来は土地に対する影響の増加が予測される(続き)

■ 将来の温室効果ガス排出シナリオすべてにおいて、土地に対する影響の増加が予測されている(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A5)

- 地球温暖化の現在の水準は、乾燥地における水不足の増大、土壌侵食、植生の喪失、森林火災による被害、永久凍土の融解、沿岸域の劣化及び熱帯域の作物の収量の減少による中程度のリスクに関連する(確信度が高い)。連鎖的なリスクを含むリスクは、気温の上昇に伴ってさらに深刻になると予想される。
- 約1.5℃の地球温暖化では、乾燥地における水不足、森林火災による被害、永久凍土の劣化及び食料供給の不安定性によるリスクは高いと予測される(確信度が中程度)。
- 約2℃の地球温暖化では、永久凍土の劣化及び食料供給の不安定性によるリスクは非常に高いと予測される(確信度が中程度)。
- さらに、約3℃の地球温暖化では、植生の喪失、森林火災の被害、及び乾燥地における水不足によるリスクは非常に高いと予測される(確信度が中程度)。
- 干ばつ、水ストレス、熱波などの暑熱に関連する現象及び生息地の劣化によるリスクは、1.5℃～3℃の昇温の間で気温上昇とともに増大する(確信度が低い)。(IPCC SRCCL SPM A5.3)



*その他の土地システムの要素に対するリスク及び凡例についてはスライド前頁参照。

2010年夏の世界的な酷暑が引き金となり、2010-2011年の食品価格は世界各国で急騰した。詳細はSRCCL 516頁 第5章 Box 5.5 参照。

極端気象により食料供給の安定性が低下する

■ 食物連鎖を破壊する極端な気象現象の規模及び頻度が増大するにつれ、食料供給の安定性は低減すると予測される(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A5.4)

- 大気中のCO₂の水準の上昇によって作物の栄養価も低下する(確信度が高い)。
- SSP2では、気候変動(RCP6.0)によって2050年に穀物価格が7.6%増加し(中央値:前提とする排出経路によって1-23%の幅がある)、食料価格の上昇及び食料不安及び飢餓のリスクの増大をもたらすと予測する(確信度が中程度)。
- 最も脆弱な人々がより深刻に影響を受ける(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A5.4)

大気中CO₂濃度の上昇に伴って起こると予測されている作物の栄養価の変化の例:
・コムギに含まれる亜鉛、鉄、たんぱく質が減少。
・コメに含まれるたんぱく質、各種ビタミンが減少(ビタミンEは増加)。
・豆類のたんぱく質、亜鉛、鉄が減少。
(IPCC SRCCL 461頁 第5章 5.2.4.2)

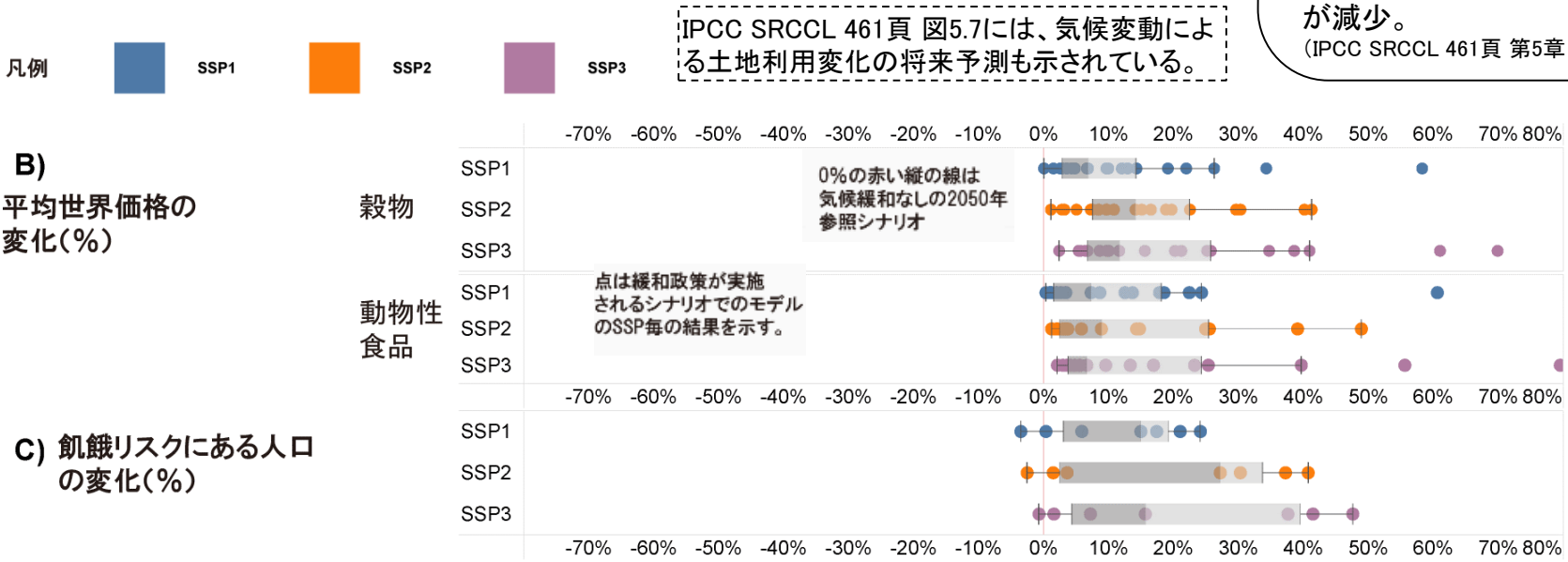


図. 2050年までの気候変動が土地利用、農産物価格、及び飢餓リスクにある人口に与える影響(経済モデルの分析に基づいた結果)。穀物:コメ、コムギ、雑穀。動物性食品:反芻動物・単胃動物の肉、及び乳製品。

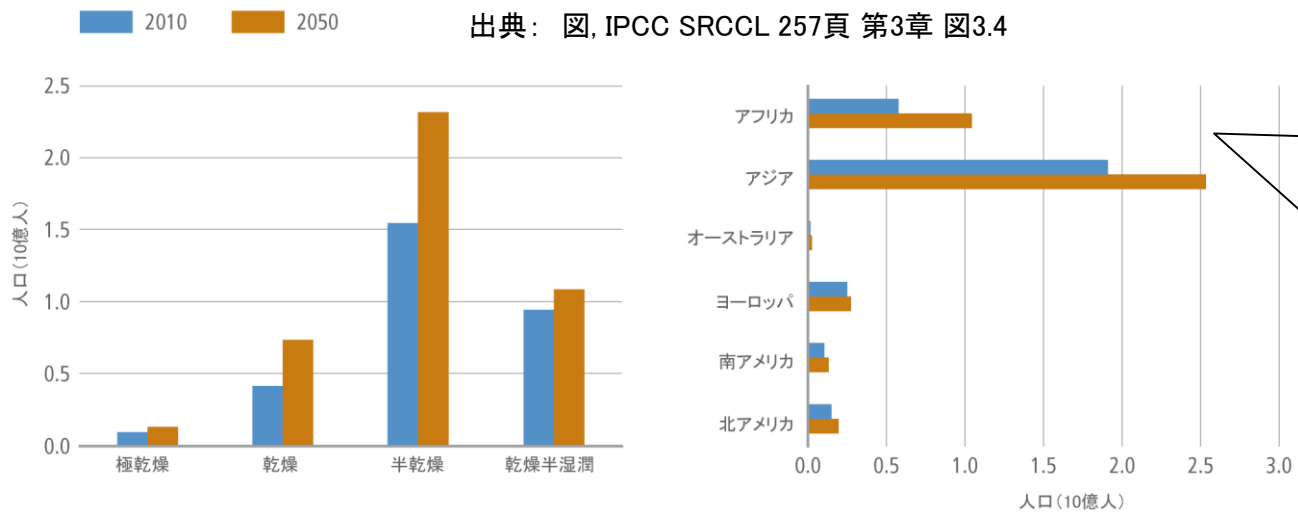
気候変動と砂漠化により作物と家畜の生産性が低下する

■ 乾燥地では、気候変動と砂漠化は、作物及び家畜の生産性を低減させ（確信度が高い）、植物種の組み合わせを変化させ、生物多様性を減少させる（確信度が中程度）。

(IPCC SRCCL SPM A5.5)

- SSP2では、水ストレス、干ばつの強度及び生息地の劣化に脆弱な乾燥地の人口は2050年に1.5℃の昇温の場合に1.78億人に達すると予測され、2℃の昇温で2.20億人に増加し、3℃の昇温で2.77億人に増加する（確信度が低い）。

(IPCC SRCCL SPM A5.5)



アジア及びアフリカは、砂漠化の拡大に脆弱な人々が最も多いと予測される（西アフリカは、砂漠化の拡大及び収量の減少に対して脆弱な人々が多い。北アフリカは水不足に対して脆弱である）。

(IPCC SRCCL SPM A5.6)

図. 現在(2010年)及び将来(2050年の予測)における乾燥地の人口(SSP2を想定)。

気候変動と砂漠化が動植物の生物多様性に与える影響の例:

- CO₂水準の上昇により、一部の地域では、いくつかの侵入植物種がより急速に拡大すると予想される。
- 草食動物が利用可能な資源の質と量が低下すると、その影響は捕食者に波及し、破壊的な生態学的連鎖につながる可能性がある（限定的な証拠、見解一致度は低い）。
- 一部の乾燥地において予想されている気温の上昇と干ばつの深刻さによって、森林火災の発生確率が高まる可能性がある（確信度が中程度）。

(IPCC SRCCL 251頁 第3章 エグゼクティブサマリー)

地域によって異なるリスクが存在する

- 一部の地域は、より高いリスクに直面する一方で、一部の地域は以前には予期されなかったリスクに直面する(確信度が高い)。
 - 複数のシステム及び部門に対する影響を伴う連鎖的なリスクも地域によって異なる(確信度が高い)
- (IPCC SRCCL SPM A5)

- ・ 北アメリカ、南アメリカ、地中海、アフリカ南部、及びアジア中央部は森林火災の影響が増大するかもしれない。
- ・ 熱帯域及び亜熱帯域は、作物の収量の減少に最も脆弱であると予測される。
- ・ 海面水位の上昇及びより強力な低気圧の組み合わせの結果起こる土地の劣化は、低気圧が起こりやすい地域において生命及び生計を危機に曝すと予測される(確信度が非常に高い)
- ・ 各集団内では、女性、非常に若年(幼年)の人々、高齢者及び貧困者が最もリスクに曝されている(確信度が高い)。

地中海地域、北アフリカ、ゴビ砂漠、韓国、及び米国西部を含む温帯地域は、干ばつの頻度や強度の増大、砂塵嵐や火災による混乱の影響を受けやすい(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL 675頁 第7章 エグゼクティブサマリー)

(IPCC SRCCL SPM A5.6)

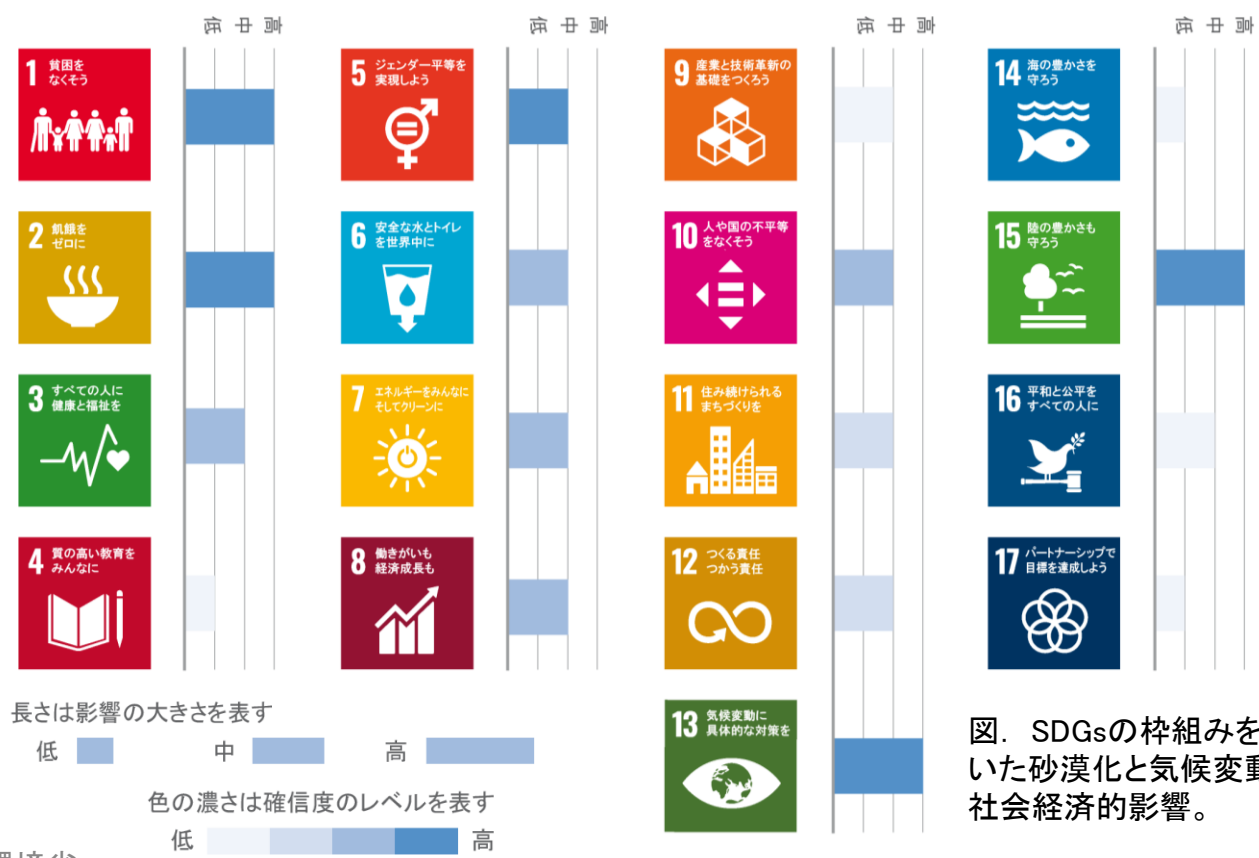
参考

SRCCL 148-150頁 第2章 Cross-Chapter Box 3には、気候変動と火災の関連性に関する最新の知見が紹介されている。気候変動は、人間活動同様、森林火災の動向を決定する上でますます重要な役割を果たしており(確信度が中程度)、将来の気候の変動性は、熱帯雨林などの多くの生物群系における森林火災のリスクと深刻度を高めると予測されている(確信度が高い)。1979年から2013年の間に、世界的に火災が起こる季節は長くなった(確信度が低い)。主に草原やサバンナでの火災(野焼き)が減少したことにより、世界の焼失面積はここ数十年で減少している(確信度が高い)。干ばつが依然として火災発生 of 主な要因ではあるが、一部の熱帯・温帯地域では最近、平年並み〜平均よりも降水量の多い年に、植生の燃焼性を高める気温の上昇によって火災活動が増加している(確信度が中程度)。また、北方地域はより大規模で頻繁な火災に見舞われており、これは温暖化が進むと増加するかもしれない(確信度が中程度)。

生計・経済への負の影響が予測される

■ 極端な気象及び気候または遅発の現象は強制移住の増大、食物連鎖の攪乱、生計への脅威の増加につながるかもしれない(確信度が高い)、紛争につながるストレスの悪化に寄与するかもしれない(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A5.7)

・ 気候の変化は、環境に起因する国家内及び国境を越える移住(migration)を増幅させうるが(確信度が中程度)、それは移住を引き起こす複数の要因及び利用可能な適応策を反映する(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM A5.7)



気候変動と土地の劣化に起因する移住の事例:

- エチオピアの高地: 繰り返す干ばつが深刻な表土侵食と森林劣化を増幅し、主要な環境ストレスの要因となっている。移住は各家庭の重要な適応戦略である。
- 高湿度の熱帯域: 森林減少によって引き起こされる土地の劣化が長年移住の引き金となってきた。近年ではグアテマラやケニアで土壌の劣化や質の低下に起因する移住や出稼ぎ労働が起こっている。
- アンデスの高地: 土地の質が向上すると共に移住が増加した。農業生産による収入の増加分が移住に必要な高額な費用に充てられたためとされている。

(IPCC SRCCL 380頁 第4章 4.7.3)

図. SDGsの枠組みを用いた砂漠化と気候変動の社会経済的影響。

生計・経済への負の影響が予測される(続き)

■ 持続不可能な土地管理は、負の経済影響をもたらしている(確信度が高い)。気候変動はこれらの負の経済影響を悪化させると予測される(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A5.8)

- 乾燥地における移住に対して気候変動が強い影響を与えているかについては異論があるが(証拠は中程度、見解一致度は低い)、一部の地域においては、気候変動下での砂漠化が移住の追加的な誘因となりうる(確信度が中程度)。特に農業生計への依存度が高い地域では、女性の方が男性よりも環境の劣化の影響を受けることになる。(IPCC SRCCL 251頁 第3章 エグゼクティブサマリー)
- 土地の劣化と気候変動は、すでに不安定な生計を脅かす要因となっており(確信度が非常に高い)、貧困や食料不安(確信度が高い)、場合によっては移住、紛争、文化遺産の損失(確信度が低い)といった結果を伴って、極端な気候の事象の影響に非常に敏感な状況を形成している。(IPCC SRCCL 347頁 第4章 エグゼクティブサマリー)

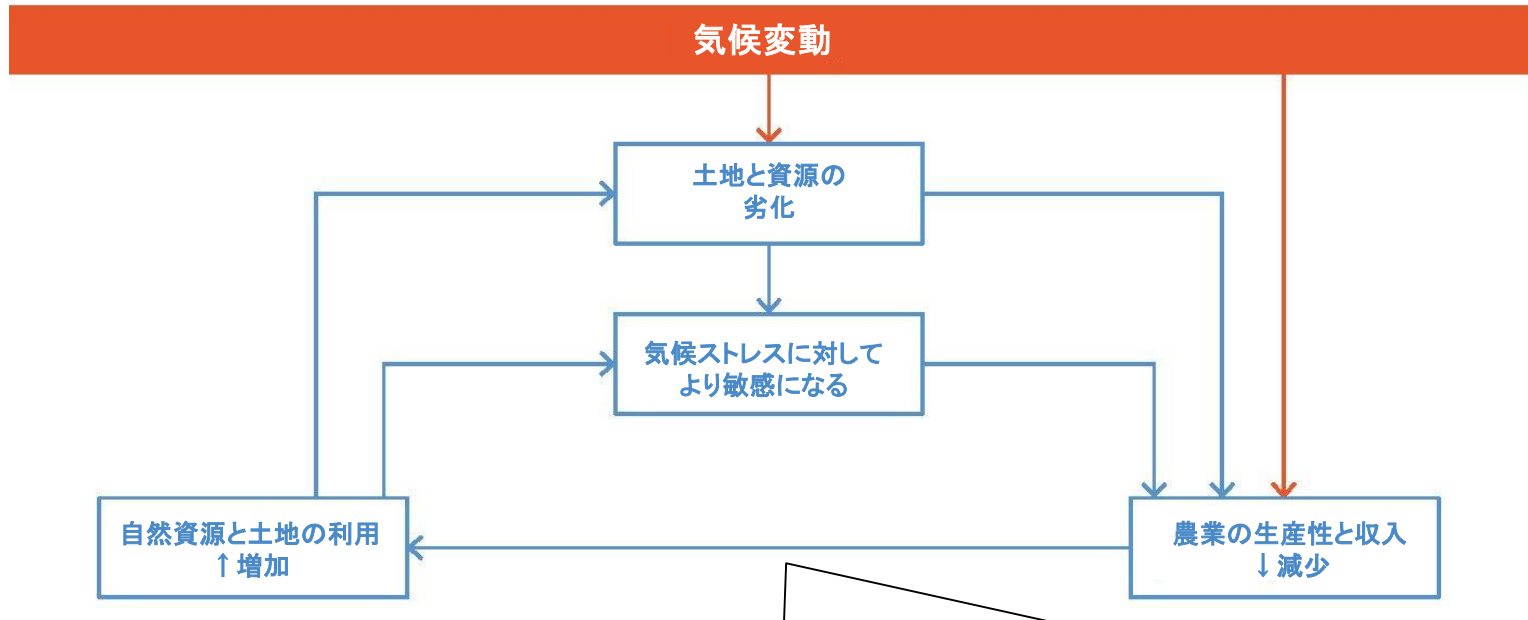


図. 気候変動、土地管理、社会経済的状態の関係性を示す模式図。

環境によっては、気候変動による土地の劣化と収入の減少により、貧困から抜け出せなくなる負の連鎖が起こりうる。(IPCC SRCCL 378頁 第4章 4.7.1)

気候変動リスクは昇温レベルと土地管理変化に依存する

■ 気候変動によってもたらされるリスクの水準は、昇温のレベルに依存するとともに、人口、消費及び生産、技術開発、並びに土地管理の様式(パターン)がどのように変化するかに依存する(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A6)

- 全てのSSPにおいて、予測される人口及び収入の増加は、消費パターンの変化を伴って、2050年に食料、飼料及び水の需要の増加をもたらす(確信度が高い)。これらの変化は、土地管理活動とあいまって、土地利用変化、食料不安、水不足、陸域のGHG 排出量、炭素固定ポテンシャル、及び生物多様性に影響を与える(確信度が高い)。
- 農地がより大幅に拡大するSSPにおいて、生物多様性の減少がより大きくなる(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM A6.1)

表. SSPベースラインシナリオの課題

	課題(要約)
SSP1	SSP1は、緩和と適応の課題が少ないシナリオ。そのため、ベースラインシナリオには以下のものが含まれる。 ✓ 気候変動は緩やかに継続: 2100年の世界の平均温度は3~3.5℃上昇。 ✓ 低水準の食料不安: 2050年までに栄養不足は解消。 ✓ 生物多様性の減少: 生物多様性の喪失は、2010年の34%から2100年には38%にまで増加する。 ✓ 水ストレスが高い: 世界の取水量は、2071年-2100年にベースラインからわずかに減少するが、水ストレス下にある地域には約26億人が暮らしている。 ✓ 砂漠化、土地の劣化、生物多様性の喪失の課題は、SSP2より少なくなる可能性が高い。
SSP2	SSP2は、緩和と適応の両方が中程度の課題を持つシナリオ。そのため、ベースラインシナリオには以下のものが含まれる。 ✓ 気候変動は継続: 2100年の世界の平均温度は3.8~4.3℃上昇。 ✓ 砂漠化に関連した課題の増加: 乾燥地に住む人口は2050年に43%増加。 ✓ 土地劣化の増加: 土壌の有機炭素は2050年に99GtCO₂e減少。 ✓ 低水準の食料不安: 2100年までに栄養不足は解消。 ✓ 生物多様性の減少: 生物多様性の喪失は、2010年の34%から2100年には43%にまで増加。 ✓ 水ストレスが高い: 世界の取水量は、2071年-2100年にベースラインの2倍近くに増加し、約40億人が水ストレス下にある地域で生活。
SSP5	SSP5は、緩和への課題は大きい、適応への課題は少ないシナリオ。そのため、ベースラインシナリオには、以下のものが含まれる。 ✓ 気候変動は継続: 2100年の世界の平均温度は4.6~5.4℃上昇。 ✓ 低水準の食料不安: 2050年までに栄養不足は解消。 ✓ 水需要と水不足の増加: 世界の取水量は2071-2100年に約80%増加し、人口の50%近くが水ストレス下にある地域で生活。 ✓ 生物多様性の喪失への影響が大きい(SSP5はSSP2に土地利用変化と気候変動が類似している)。

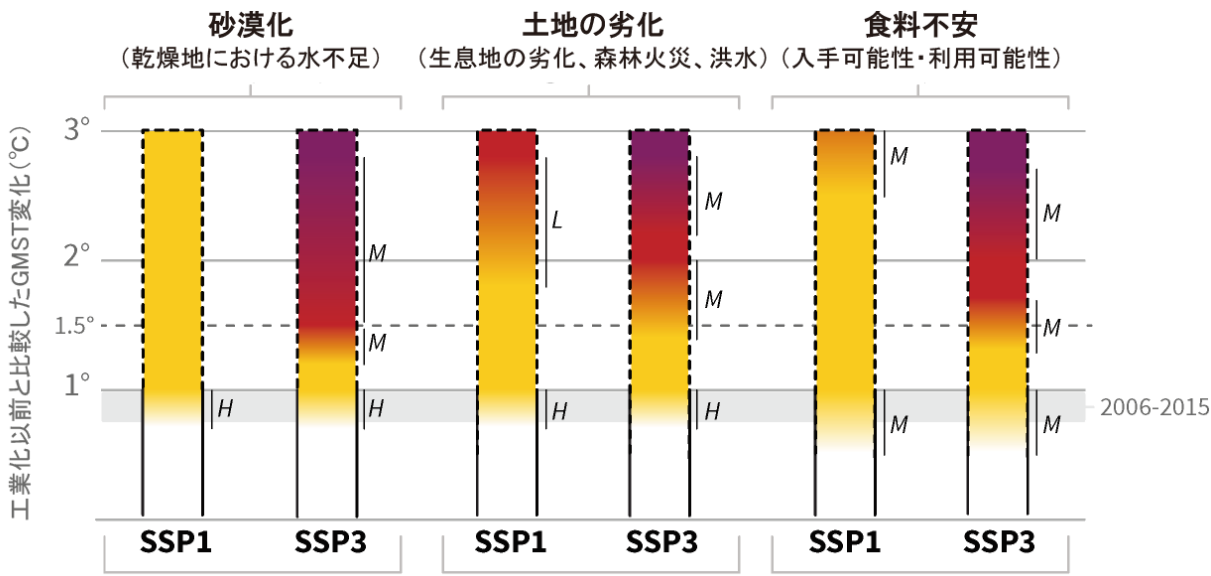
ベースラインシナリオとは、すでに実行(もしくは実行が予定)されている緩和政策や対策のみ実施した場合のシナリオ。将来予測を意図したものではなく、これ以上の政策努力なしで発生する排出量の水準を浮き彫りにする役割を果たす。
(IPCC SRCCL 806頁 Glossary)

適応能力が低い経路ではリスクが増大する

■ 食料、飼料及び水の需要の増大並びにさらなる資源集約型の消費及び生産を伴い、農業収量の技術的向上がさらに限定的な経路は、乾燥地における水不足、土地劣化及び食料不安 (food insecurity) によるリスクの増大をもたらす (確信度が高い)。

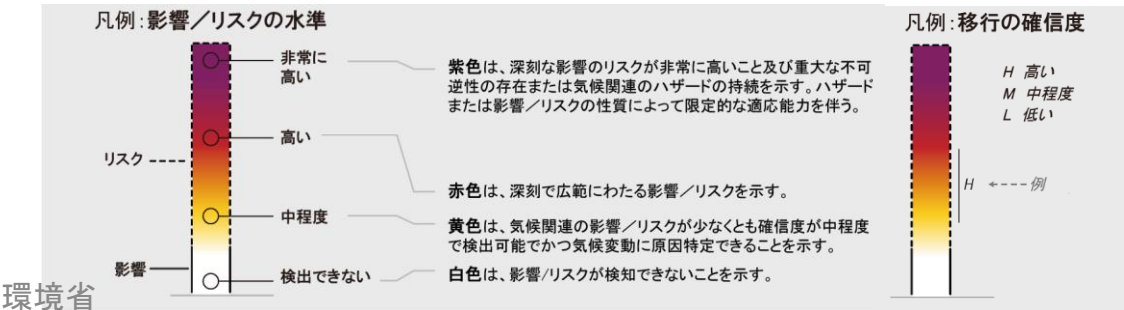
(IPCC SRCCL SPM A6)

気候変動に関連するリスクの程度は異なる社会経済経路の影響を受ける



社会経済的な選択は、気温上昇の速度に影響を与えるとともに、気候に関連するリスクを削減または増大させる。

SSP1の経路は、低い人口増加、高所得、不平等の減少、GHG低排出システムにおける食料生産、効果的な土地利用規制があり高い適応を伴う世界を描く。SSP3の経路は逆の傾向を有する。SSP3よりもSSP1の方がリスクは低い。



各項目の解説についてはスライド次頁参照。

適応能力が低い経路ではリスクが増大する(続き)

砂漠化に関連するリスク

- 評価された全ての将来の社会経済経路は、水需要及び水不足の増大を引き起こす(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM A6.1)
- 乾燥地における水不足に関連するリスクは、共通社会経済経路1(SSP1)(BOX SPM.1を参照)のように、人口増加が少なく、水需要の増加が少なく、適応能力が高い経路においてより小さい。これらのシナリオでは、乾燥地における水不足によるリスクは、3°Cの地球温暖化においてさえも中程度となる(確信度が低い)。
- 一方、乾燥地における水不足に関連するリスクは、SSP3などのように人口増加が大きく、脆弱性が高く、水需要がより大きく、適応能力が低い経路においてより大きい。SSP3では、1.2~1.5°Cの間でリスクが「中程度」から「高い」に移行する(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM A6.2)

土地の劣化に関連するリスク:

- 気候変動が引き起こす土地の劣化に関連するリスクは、人口がより多く、土地利用変化が増大し、適応能力が低く、適応の障壁が他にも存在する経路(例、SSP3)においてより高い。これらのシナリオでは、より多くの人々が生態系の劣化、火災及び沿岸洪水に曝される(確信度が中程度)。
- 土地劣化について、予測されるリスクの「中程度」から「高い」への移行は、SSP1では1.8~2.8°Cの地球温暖化において起こり(確信度が低い)、SSP3では1.4~2°Cで起こる(確信度が中程度)。予測されるリスクの「高い」から「非常に高い」への移行は、SSP3で2.2~2.8°Cにおいて起こる(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM A6.3)

食料不安に関連するリスク

- 収入が増加し、農業による需要の減少または生産性の改善のいずれかによって土地転換の需要が減少する開発経路は、食料不安の低減につながりうる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM A6.1)
- 食料安全保障に関連するリスクは、より低い収入、食料需要の増大、土地を巡る競争の結果起こる食料価格の上昇、貿易のさらなる縮小、及び適応に関するその他の課題を伴う経路(例、SSP3)においてより高い(確信度が高い)。
- 食料安全保障について、予測されるリスクの「中程度」から「高い」への移行は、SSP1では2.5~3.5°Cの地球温暖化において起こり(確信度が低い)、SSP3では1.3~1.7°Cで起こる(確信度が中程度)。予測されるリスクの「高い」から「非常に高い」への移行は、SSP3で2~2.7°Cにおいて起こる(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM A6.4)

相対的なリスクの評価についてはスライド前頁参照。

都市域の拡大は食料生産の損失を引き起こす

- **都市域の拡大は農地の転換をもたらし、その結果食料生産の損失を引き起こすと予測される(確信度が高い)。**これは、食料システムに対する追加的なリスクをもたらす。

(IPCC SRCCL SPM A6.5)

- これらの影響を低減する戦略は、都市域及び都市周辺の食料生産、及び都市域の拡大の管理、並びに都市において気候リスクを低減する都市域のグリーンインフラをも含む(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM A6.5)
- **都市域のグリーンインフラ**: 残存する原生植生、公園、個人の庭、ゴルフコース、街路樹、都市農業、並びに緑の屋根[屋上緑化]、緑の壁[壁面緑化]、バイオフィルター及び雨庭(raingarden)等の設計された選択肢を含む、公共および民間の緑地。(IPCC SRCCL 826頁 Glossary)
 - 炭素隔離を通じて気候変動を直接的に緩和する解決策として提案されてきたが、都市からの全体的な炭素排出量と比較すると、その緩和効果は小さい(確信度が中程度)。
 - 都市を気候変動に適応させる上で重要な役割を担っている(例えば、気温の低減(人間の健康と快適性を向上); 緑の壁や緑の屋根によるエネルギー需要の低減; 地表水の流出及び洪水リスクの低減)。
 - 非密閉的な表層の保持と管理を必然的に伴うことから、土地の劣化に対するコベネフィットが生じることは明らかである(証拠は限定的、見解一致度は高い)。
- **都市域及び都市周辺の農業**は、都市の食料安全保障の改善、GHG排出量の削減、気候変動影響への適応に貢献する(証拠は確実、見解一致度は中程度)。

【都市域・都市周辺の農業の利点の例】

 - GHG排出量の削減: 食料の輸送距離が短くなるため、カーボンフットプリントが低下する。
 - 気候変動への適応: 都市のヒートアイランド効果の軽減、水の浸透の促進、流出を遅らせることで洪水回避。都市庭園は植生がない場合と比較して表面温度を最大10℃まで低下させるとするシナリオ解析結果もある。
 - 生物多様性を改善し、関連する生態系サービスを強化。

(IPCC SRCCL 188頁 第2章 Cross-Chapter Box 4)

(IPCC SRCCL 505-507頁 第5章 5.6.5)

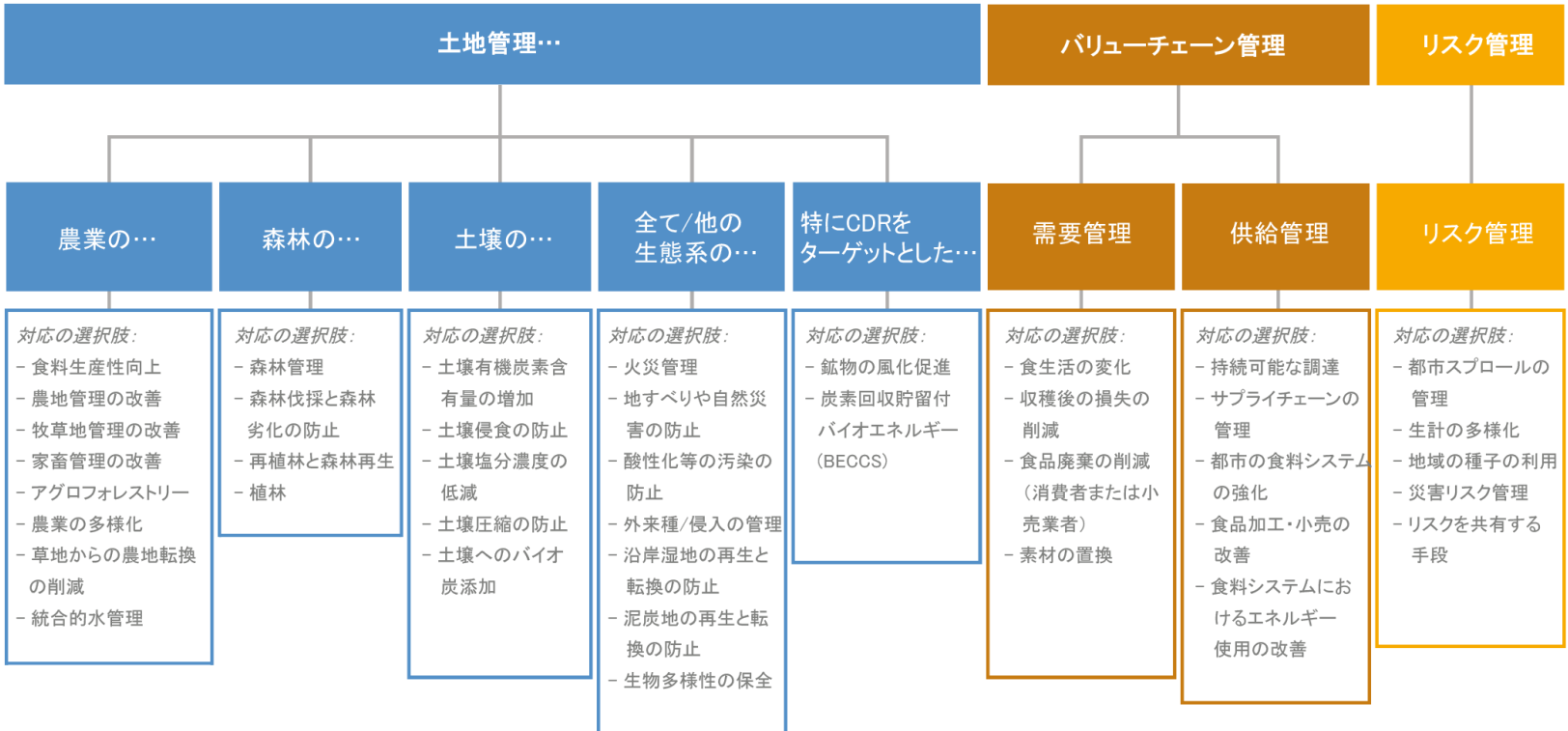
B. 適応及び緩和の対応オプション

SRCCLで扱う対応の選択肢について

- SRCCLで扱っている対応の選択肢は以下の3つのカテゴリーに依拠する。
(i) **土地管理**、(ii) **バリューチェーン管理**、(iii) **リスク管理**
- SRCCLでは、対応の選択肢は土地をめぐる5つの課題について評価されている：
(1) 気候変動の緩和、(2) 気候変動への適応、(3) 砂漠化、(4) 土地の劣化、及び(5) **食料安全保障**
(IPCC SRCCL 565頁 第6章 6.2)

評価結果の一覧は、スライド80-81頁及びスライド73-74頁参照。

図. 対応の選択肢の大まかな分類。(すべての選択肢を示しているわけではないことに注意が必要。)



ここに挙げられている選択肢の一つ一つは単発の技術的な介入や行動を指しているのではなく、スライド次頁に示すように様々な要因に大きく依存する複数の対応からなるものである。(IPCC SRCCL 556頁 第6章 6.1.2)

SRCCLで扱う対応の選択肢について(続き)

- 複雑な社会・経済システムの中で対応が共進化することによって、変化の要因と介入の影響の間の動態をより繊細に理解することが可能になる。したがって、具体的な対応の選択肢を議論する際には、すべてが導入されている固有の社会・経済システムの中で文脈化される必要があることに留意しなければならない。
(IPCC SRCCL 556頁 第6章 6.1.2)

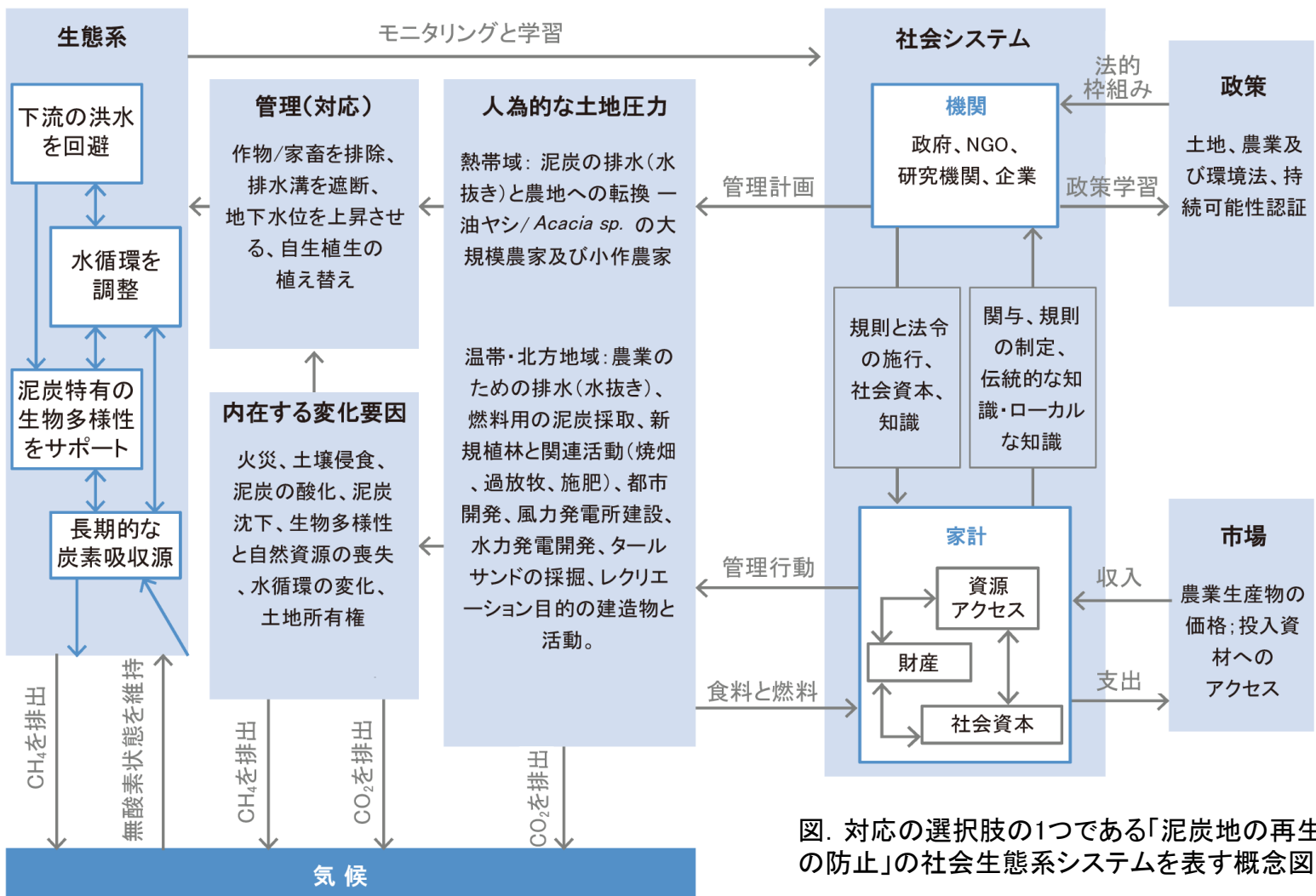


図. 対応の選択肢の1つである「泥炭地の再生と転換の防止」の社会生態系システムを表す概念図。

出典: 図, IPCC SRCCL 557頁 第6章 図6.1

優良な選択肢は様々な課題に効果を発揮する

- 気候変動への適応及び緩和に寄与する多くの土地に関連する対応は、砂漠化及び土地劣化にも対処することができ、食料安全保障も強化しうる。
(IPCC SRCCL SPM B1)

- 一部の対応の選択肢は即時的な影響をもたらす一方で、他の選択肢は、測定可能な結果を実現するまでに何十年も要する。
(IPCC SRCCL SPM B1.2)

- 気候変動への適応及び緩和、並びに持続可能な開発に寄与する一部の土地に関連する対策はすでに講じられている。
- 対応の選択肢は、適応、緩和、砂漠化及び土地の劣化への対処、食料安全保障、及び持続可能な開発にわたって評価され、一連の優良な選択肢はこれら全ての課題に対して効果を発揮する。これらの対応の選択肢は、生物物理的、社会経済的及びその他の可能とする要素の統合を必要とする。
(IPCC SRCCL SPM B1.1)

- ✓ 土地をめぐる5つの課題全てに対して効果を発揮する選択肢:
持続可能な食料生産、改善された持続可能な森林管理、土壌有機炭素の管理、生態系保全及び土地再生、森林減少及び劣化の削減、並びに食品ロス及び廃棄の削減(これらに限定されるものではない)(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPMB1.1)
- ✓ 複数の生態系サービス及び機能をもたらすが、その実現により多くの時間を要する選択肢:
例えば、高炭素生態系の復元、アグロフォレストリー及び劣化した土壌の再生(reclamation)、並びに新規植林及び再植林(確信度が高い)。
- ✓ 即時的な影響をもたらす対応の選択肢:
例えば、泥炭地、湿地、放牧地、マングローブ及び森林などの高炭素の生態系の保全。
(IPCC SRCCL SPM B1.2)

対応の選択肢の中には、行動が遅れると実施できなくなるものもある。例えば、ある特定の劣化のしきい値を超えるとその場所での泥炭地の再生が不可能になるかもしれない(確信度が中程度)。 (IPCC SRCCL 554頁 第6章 エグゼクティブサマリー)

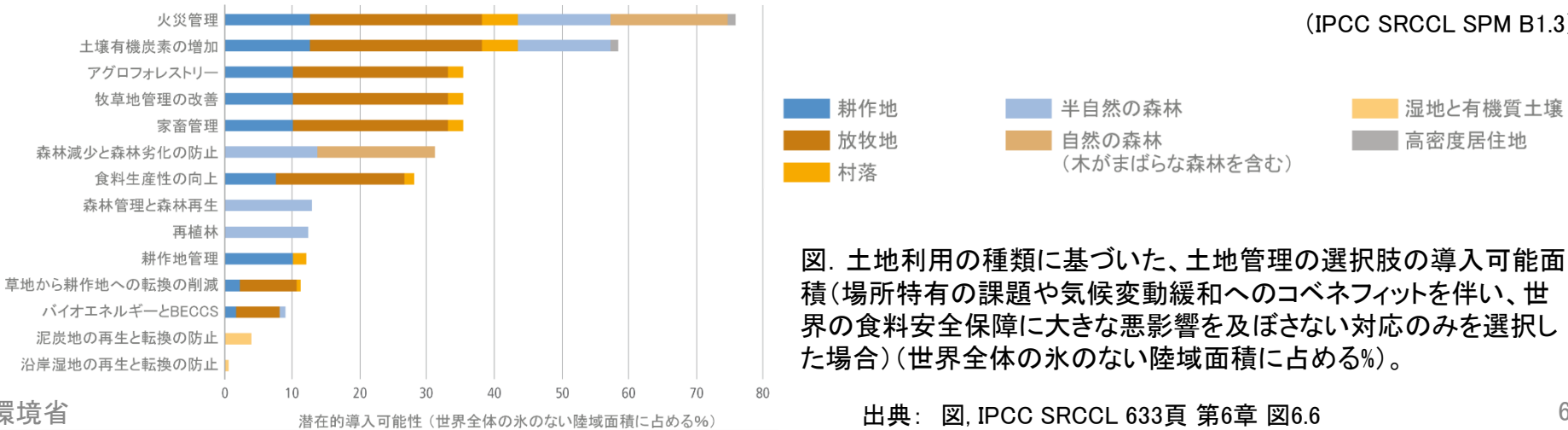
対応の選択肢の潜在的可能性の相対的評価については、スライド77-78頁及びスライド73-74頁 参照。

対応の効果は地域によって異なり、障壁も存在する

- 土地に関連する対応の潜在的可能性並びにそれに関連して強調される適応及び緩和は、地域社会及び地域の適応能力を含め、[これらの]文脈に[応じて]異なる。
- 土地に関連する対応の選択肢は、適応及び緩和に重要な貢献をしうる一方で、適応には障壁が存在し、世界全体の気候変動の緩和への貢献には限界がある。*(確信度が非常に高い)*。

(IPCC SRCCL SPM B1)

- 対応のオプションを成功裏に実施することは、局所的な環境及び社会経済的な状況の検討に依拠する。
 - ✓ 幅広い土地利用の形態にわたって潜在的に適用可能である選択肢：土壌炭素管理などの一部の選択肢。
 - ✓ 効率性が特定の農業生態学的な状況に依拠する選択肢：有機質土壌、泥炭地及び湿地に関する土地管理活動や、淡水資源に関連する土地管理活動。
- 食料システムの要素に対する気候変動の影響の場所に固有な性質、及び農業生態系の幅広い多様性ゆえに、適応及び緩和の選択肢及びその障壁は、地域及び局所的なレベルにおける環境及び文化の状況に関連づけられる*(確信度が高い)*。
- 土地の劣化が起こらない中立的な状況(neutrality)の達成は、局所、地域及び国家の各レベル、並びに農業、牧草地、森林及び水を含む複数の部門にわたる複数の対応を統合できるかに依拠する*(確信度が高い)*。



対応の効果は地域によって異なり、障壁も存在する(続き)

- 土地に基づく選択肢で土壌または植生に炭素を固定する、新規植林、再植林、アグロフォレストリー、鉱質土壌における土壌炭素管理などや、伐採木材製品への炭素貯留は、永久に炭素を固定し続けるものではない(確信度が高い)。しかし、泥炭地は何世紀にもわたって炭素を固定し続けることができる(確信度が高い)。
- 植生が成熟したとき、または植生及び土壌の炭素貯留先が飽和状態になったとき、CO₂が1年間に大気から吸収される量がゼロに向かって減少する一方で、炭素蓄積[(ストック)]は維持することができる(確信度が高い)。しかし、植生及び土壌に蓄積された炭素は、洪水、干ばつ、火災、または害虫の発生、または将来の劣悪な管理によって、将来的な喪失(または吸収源の逆転)が起こるリスクに曝されている(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B1.4)

土壌の有機炭素含有量は約1500Gt。これは、
➢ 大気中の炭素量の約1.8倍、
➢ 陸域の植生が保持している炭素量の約2.3～3.3倍。
自然の生態系を耕作すると、長い時間をかけて蓄積されてきた土壌炭素が失われ、大気中CO₂濃度に影響を与える。その喪失率は植生や土壌管理の方法等によって異なり、20～59%と推定されている。
(IPCC SRCCL 366頁 第4章 4.3.1)

表. 気候変動の影響に対する森林と土壌の対応の選択肢の感度の例

対応の選択肢		気候変動の影響に対する感度
土 壌 の 選 択 肢	土壌有機炭素含有量の増加	気候変動により土壌の炭素貯留の吸収容量が変化すると、土壌有機炭素含有量の増加は困難になる。
	土壌侵食の防止、土壌圧縮の防止	予測される気候変動により様々な圧力(異常気象、害虫、生物種の侵入、環境汚染物質等)に対する土壌の回復力が低下しうるため、土壌侵食の防止と土壌圧縮の防止の選択肢の達成は困難になる可能性がある。
	土壌塩分濃度の低減	気候変動は、乾燥地帯において灌漑需要を増大させる可能性が高いため、塩性化のリスクが高まり、土壌塩分濃度の低減の有効性は低減する。
森 林 の 選 択 肢	森林管理	疫病、害虫、及び火災の増加といった気候変動に起因する変化が、森林管理の利用可能性に影響を与える。
	新規植林と再植林	疫病、害虫、及び火災の増加といった気候変動に起因する変化に敏感である。具体的には、育苗、樹木の成長及び枯死、並びに侵入生物種及び／または害虫による影響が考えられる。これに伴い、炭素貯留先としての植生の吸収容量にも影響が及び、森林減少と森林劣化からの排出削減(REDD)、森林再生と新規植林の可能性が低減しうる。

多くの対応は複数のコベネフィットを提供する可能性を有する

- 評価されたほとんどの対応の選択肢は、持続可能な開発及びその他の社会目標に正の貢献をもたらす(確信度が高い)。多くの対応の選択肢は、土地をめぐる競争を伴わずに適用することができ、複数の共便益(コベネフィット)を提供する潜在的可能性を有する(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B2)
- 土地をめぐる競争を減少させる対応の選択肢は実現可能であり、農場から地域レベルに至る様々な規模において適用可能である(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B2.1)

土地転換の需要を生まない土地管理の選択肢の例:

- ✓ 改良された農地及び放牧地の管理、持続可能な森林管理、及び土壌有機炭素含有量の増加などの、複数の土地管理の選択肢は、土地利用の変化を必要とせず、従って更なる土地転換の需要を生まない(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B2.1)

土地転換の需要を削減し得る選択肢の例:

- ✓ 食料生産性の増大、食生活の選択及び食品ロス・廃棄の削減などの複数の対応の選択肢は、土地転換の需要を削減し、その結果土地を潜在的に解放し、その他の対応の選択肢の実施を強化する機会を生む(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B2.1)

共便益を提供しうる選択肢の例:

- ✓ 泥炭地、沿岸域の土地及び森林などの自然生態系の保護及び再生、生物多様性保全、土地をめぐる競争の削減、火災防除、土壌の管理、及びほとんどのリスク管理の選択肢(例、地域の種子の利用、災害リスク管理、リスク共有手段)などの広範な適応及び緩和の対応は、持続可能性、生態系の機能及びサービスの強化、及びその他の社会的目標に対して正の貢献をする潜在的可能性を有する(確信度が中程度)。
- ✓ 生態系を活用した適応(ecosystem-based adaptation)は、一部の文脈においては自然保全を推進しながら貧困を緩和し、温室効果ガスを除去し、生計を守ることによってコベネフィットの提供さえもなしうる(例、マングローブ)(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM B2.2)

対応の選択肢の潜在的可能性の相対的評価については、スライド77-78頁及びスライド73-74頁 参照。

多くの対応は複数のコベネフィットを提供する可能性を有する(続き)

緩和、適応、砂漠化及び土地の劣化への対応、並びに食料安全保障の強化に対する対応の選択肢による世界全体への潜在的寄与

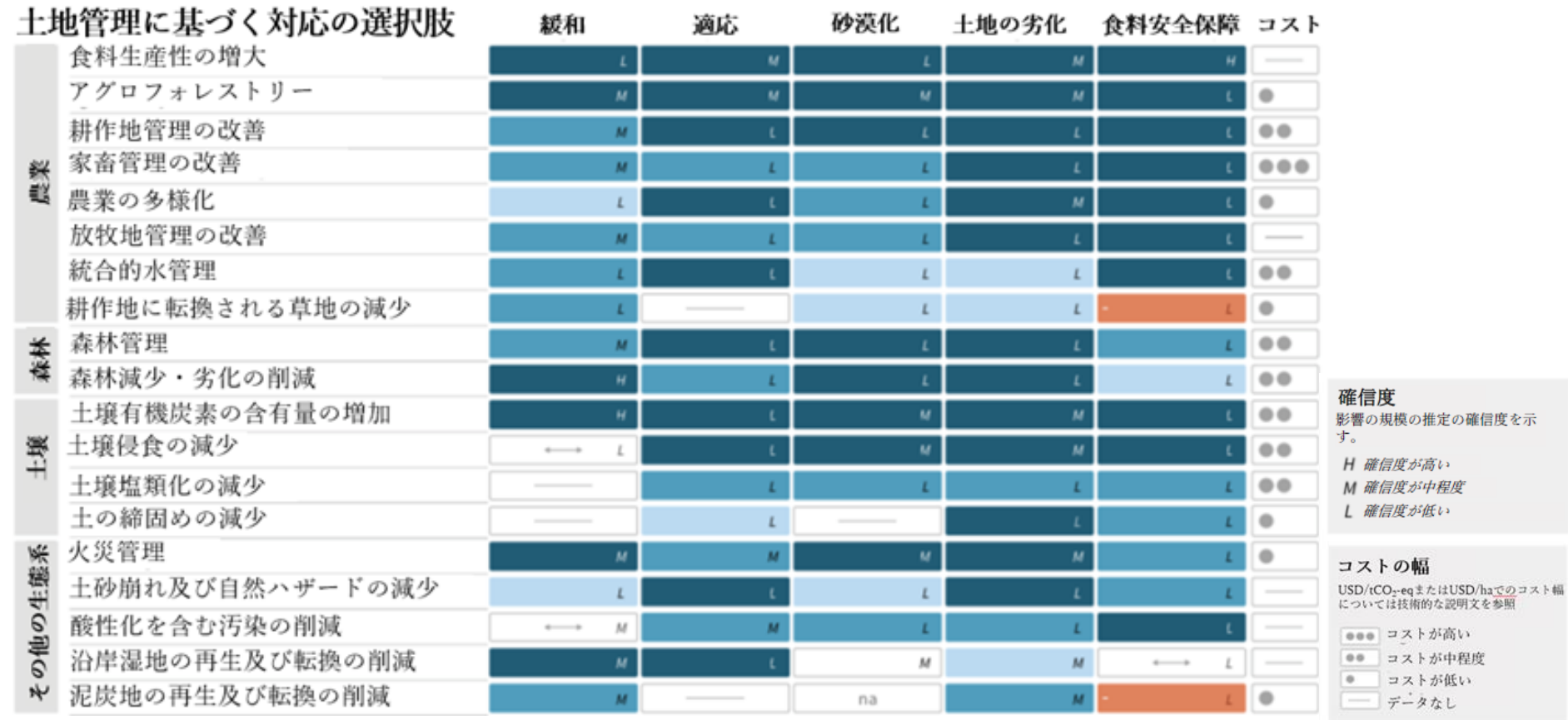
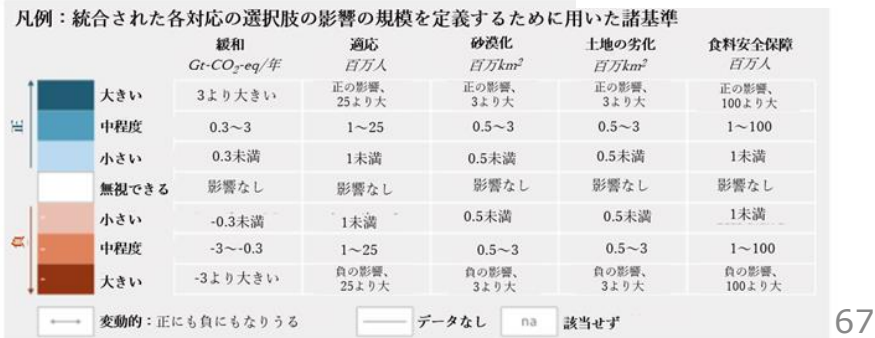


図. 世界全体の対応の選択肢の技術的な潜在的可能性の規模を示す。土地をめぐる競争がないまたは限定的な状況で実施可能な対応の選択肢を示し、土地需要を減少させる潜在的可能性を有するものも含む。コベネフィット及び悪い副次的効果は、評価された潜在的可能性（ポテンシャル）の幅の最も高い値に基づいて数量的に示される。寄与の規模は正または負の影響の閾値を用いて分類される。各セル内のアルファベットは、用いた閾値と比較した影響の規模の確信度を示す。変化の方向の確信度は一般的により高い。

ここに示す選択肢は、3つ以上の土地をめぐる課題について世界全体の潜在的可能性の評価のためのデータが利用可能な選択肢。影響の規模は、積み上げではなく、個別に評価されている。



多くの対応は複数のコベネフィットを提供する可能性を有する(続き)

緩和、適応、砂漠化及び土地の劣化への対処、並びに食料安全保障の強化に対する対応の選択肢による世界全体への潜在的寄与

バリューチェーン・マネジメントに基づく対応の選択肢



リスク管理に基づく対応の選択肢

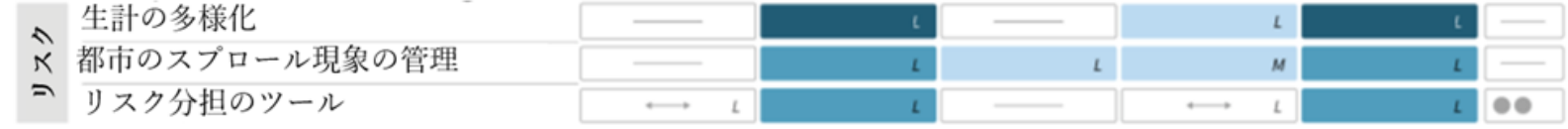


図. 世界全体の対応の選択肢の技術的な潜在的可能性の規模を示す。
土地をめぐる競争がないまたは限定的な状況で実施可能な対応の選択肢を示し、土地需要を減少させる潜在的可能性を有するものも含む。コベネフィット及び悪い副次的効果は、評価された潜在的可能性(ポテンシャル)の幅の最も高い値に基づいて数量的に示される。寄与の規模は正または負の影響の閾値を用いて分類される。各セル内のアルファベットは、用いた閾値と比較した影響の規模の確信度を示す。変化の方向の確信度は一般的により高い。
ここに示す選択肢は、3つ以上の土地をめぐる課題について世界全体の潜在的可能性の評価のためのデータが利用可能な選択肢。影響の規模は、積み上げではなく、個別に評価されている。



対応の選択肢が適応・緩和と土地関連課題に及ぼす効果

- さらなる一連の対応の選択肢は、土地の需要を低減させる潜在的可能性を持ち、その結果、他の対応の選択肢が気候変動の適応及び緩和のそれぞれにわたって成果をもたらす潜在的可能性を強化し、砂漠化及び土地劣化に対処し、食料安全保障を強化する(確信度が高い)。

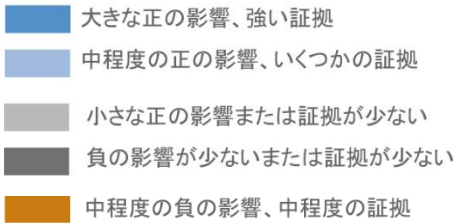
(IPCC SRCCL SPM B2)
- ほとんどの土地管理に基づく対応の選択肢で、土地をめぐる競争を増大させないもの、バリューチェーンの管理(例、食生活の選択、収穫後の損失(ロス)の削減、食品廃棄物の削減)に基づくほぼ全ての選択肢、及びリスク管理は、良好な健康及び福祉、清潔な水及び衛生、気候行動、及び陸域での生活を推進しながら、貧困の撲滅及び飢餓の撲滅に貢献しうる(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM B2.3)

表. バリューチェーンの管理に基づく対応の選択肢がSDGsにあたる影響

	目標1: 貧困をなくそう	目標2: 飢餓をゼロに	目標3: すべての人に健康と福祉を	目標4: 質の高い教育をみんなに	目標5: ジェンダー平等を実現しよう	目標6: 安全な水とトイレを世界中に	目標7: エネルギーをみんなにそしてクリーンに	目標8: 働きがいも経済成長も	目標9: 産業と技術革新の基盤をつくろう	目標10: 人や国の不平等をなくそう	目標11: 住み続けられるまちづくりを	目標12: つくる責任つかう責任	目標13: 気候変動に具体的な対策を	目標14: 海の豊かさを守ろう	目標15: 陸の豊かさを守ろう	目標16: 平和と公正をすべての人に	目標17: パートナリーシップで目標を達成しよう
バリューチェーン管理に基づく統合的対応の選択肢																	
食生活の変化																	
収穫後の損失(ロス)の削減																	
食品廃棄物の削減(消費者または小売業者)																	
素材の置換																	
持続可能な調達																	
サプライチェーンの管理																	
都市の食料システムの強化																	
食品加工・小売の改善																	
食料システムにおけるエネルギー利用の改善																	

土地管理に基づく選択肢及びリスク管理に基づく選択肢についての評価はIPCC SRCCL 第6章 表 6.73(631頁)及び表 6.75(632頁)参照。



土地に関する大規模な対策は負の副作用につながりうる

■ ほとんどの対応の選択肢は、利用可能な土地をめぐる競争を伴わずに適用可能だが、一部の選択肢は土地転換の需要を増大させうる(確信度が高い)。数GtCO₂/年の規模においては、この土地転換需要の増大は適応、砂漠化[防止]、土地劣化[防止]及び食料安全保障にとって負の副作用につながりうるだろう(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B3)

これまでの土地をめぐる競争と気候変動

- ✓ 土地利用の変化は経済発展といった正の効果もたらしうる一方で、緊張状態や社会不安の原因となり、汚職や土地をめぐる争いを引き起こすことがある。
- ✓ 土地は有限の資源であり、生産性の高い土地のほとんどはすでに人間に利用されているため、世界的に土地をめぐる競争が起こっている。
- ✓ 土地をめぐる競争は古来より存在する問題だが、人口増加、都市化の進行、食料とエネルギーの需要の増大、及び土地劣化の進行によって、土地不足がより深刻化するだろう(証拠が確実、見解一致度が高い)。

(IPCC SRCCL 90頁 第1章 1.2.1.5)

スライド55頁参照。

今後、気候変動緩和のためのCDR(CO₂除去)技術で大規模展開するために必要な土地の需要が増加すると…

- 数GtCO₂/年の水準でCO₂を大気中から除去するために必要な規模で適用された場合、新規植林、再植林及び炭素回収・貯留付きもしくは無しのバイオエネルギー用、またはバイオ炭用の原料を提供するための土地利用は、土地転換の需要を大幅に増大させるだろう(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B3.1)

従来の要因: 人口増加、都市化の進行、食料とエネルギーの需要の増大、及び土地劣化の進行(気候変動によってさらに深刻化)等



気候変動の緩和に必要な新たな土地の需要の増大: 例えば、新規植林、再植林、土壌へのバイオ炭の施用、及びバイオエネルギーとBECCS



土地をめぐる競争がより深刻化

例えば、地球温暖化を1.5°Cに抑えるためには、SSP1によっては2100年に最大1100万km²の土地を新たにバイオエネルギー作物の耕作地に転換しなければならないと予測されている(スライド93頁参照)。

*参考: 2010年の世界の耕作地面積: 約1590万km²、
オーストラリアの面積: 約770万km²、
日本の面積: 約 38万km²。

土地に関する大規模な対策は負の副作用につながりうる(続き)

参考1:

オーバーシュートしないまたは限られたオーバーシュートを伴って地球温暖化を1.5°Cに抑える全ての[排出]経路は、二酸化炭素除去(CDR)を利用すると予測する。(IPCC SR1.5 SPM C3.)

1.5°C経路において必要とされる土地に基づくGHG排出量の削減に必要な土地利用変化はスライド91頁参照。

CDR(二酸化炭素除去)とは? → CO₂を大気から除去し、地中、陸域もしくは海域の貯留層(リザーバ)または製品中に永久的に貯留する、人為的な活動。既存の及び潜在的な生物学的または地球化学的吸収源の人為的な強化、並びに直接空気回収・貯留も含むが、人為的な活動が直接的な原因にならない自然のCO₂の吸収は含まない。

CCS(二酸化炭素回収・貯留)とは? → 工業・エネルギー関連から排出される比較的高濃度の二酸化炭素(CO₂)を分離(回収)、調整、圧縮して、大気から長期的に隔離するために貯留場所に輸送するプロセス。

BECCS(CCS付きバイオエネルギー)とは? → CCS技術を活用したバイオエネルギー設備のこと。BECCSの供給網全体から排出される総量によっては、大気中のCO₂が実質的に除去される。(IPCC SRCCL 806-807頁 Glossary)

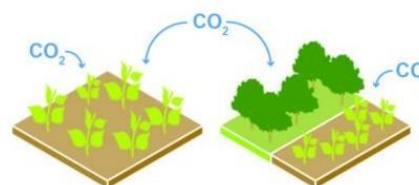
炭素回収・貯留付きバイオエネルギー(BECCS)



大気中のCO₂は植物や樹木が成長する際に吸収され、植物原料(バイオマス)がバイオエネルギーに変換される。

バイオエネルギーを生産する際に放出されるCO₂が、大気中に達する前に回収され、地中に貯留される。

新規植林及び再植林



植林(植樹)及び再植林(以前に樹木が存在した場所へ再び植樹する)は自然のCO₂吸収源を強化する。

出典: 図, IPCC SR1.5 395 頁 第4章 FAQ 4.2

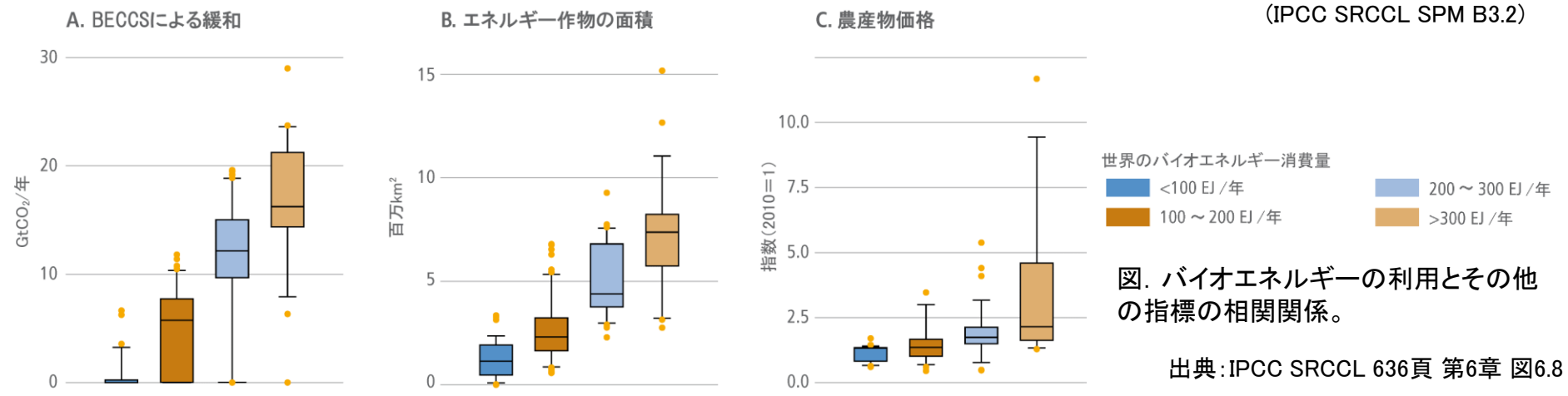
参考2:

✓ バイオエネルギーと炭素回収・貯留付きのバイオエネルギー(BECCS)が緩和シナリオで果たす役割について→ IPCC SRCCL 580-582頁 第6章 Cross-Chapter Box 7参照。

✓ 大規模な新規植林の影響について→ IPCC SRCCL 98-100頁 第1章 Cross-Chapter Box 2参照。

土地に関する大規模な対策は負の副作用につながりうる(続き)

- 土地は気候変動の緩和に貴重な貢献ができる一方で、バイオエネルギー作物または新規植林などのように土地に基づく緩和策の普及には限界がある。世界全体で数百万km²の規模で広範に導入した場合、砂漠化、土地の劣化、食料安全保障及び持続可能な開発に関するリスクを増大させうるだろう(確信度が中程度)。



参考: 「気候変動の緩和におけるバイオエネルギーの役割とその課題とは何か？」 (SRCCL 646頁 第6章 FAQ6.3 より作成)

バイオエネルギーのGHG排出量？

植物由来の原料(バイオマス)をエネルギーとして利用すると、植物が成長する際に吸収された炭素が再度放出される。近代的な技術によってバイオエネルギーを電気、ガス等に転換することで化石燃料の燃焼を減らし、GHGの排出削減に貢献できるが、総体的な排出削減量はバイオマスの種類、その栽培地、エネルギーへの転換方法、及び代替したエネルギー源の種類によって異なる。

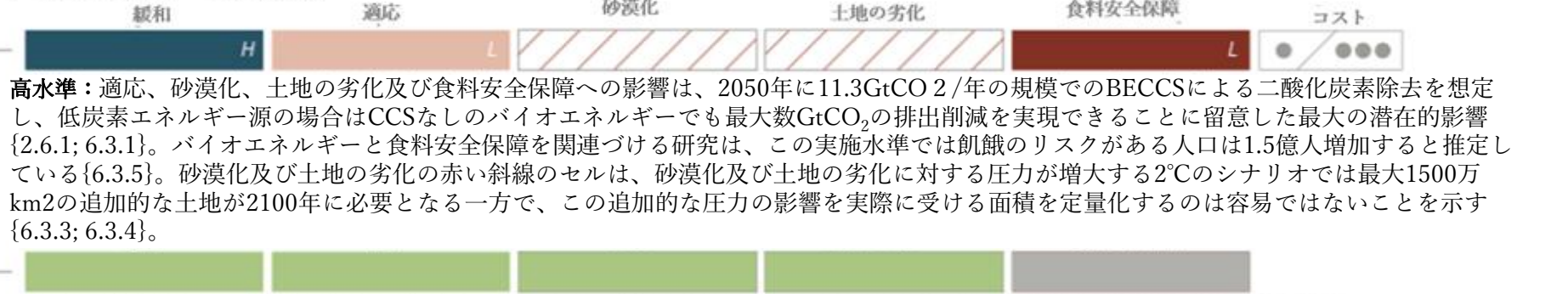
バイオエネルギー作物の栽培と課題？

バイオディーゼル用のキャノーラ、多年生草、短伐期の植林木のように専用の土地が必要な場合と、砂糖及び澱粉の製造過程の残渣から作られるエタノールや家畜糞尿から作られるバイオガスのように、副産物や農業残渣、工業残差を使う場合がある。そのため、バイオエネルギー作物の栽培方法によっては食料生産や他の緩和の選択肢と競合したり、土地の劣化、森林減少、生物多様性の損失を引き起こす可能性がある。しかし一方で、土壌中の有機炭素を増加させるなど土地に良い作用をもたらす場合もある。農業・工業残渣を使うものは専用の土地を必要としない一方で、本来土地に戻されていた炭素や養分を奪うことになり土地の劣化を引き起こす可能性もある。バイオエネルギーの転換過程で生じる副産物を肥料として土地に戻すことで、別の共便益を生むものもある(例えば、家畜糞尿スラリーに起因する汚染の低減)。

土地に関する大規模な対策は負の副作用につながりうる(続き)

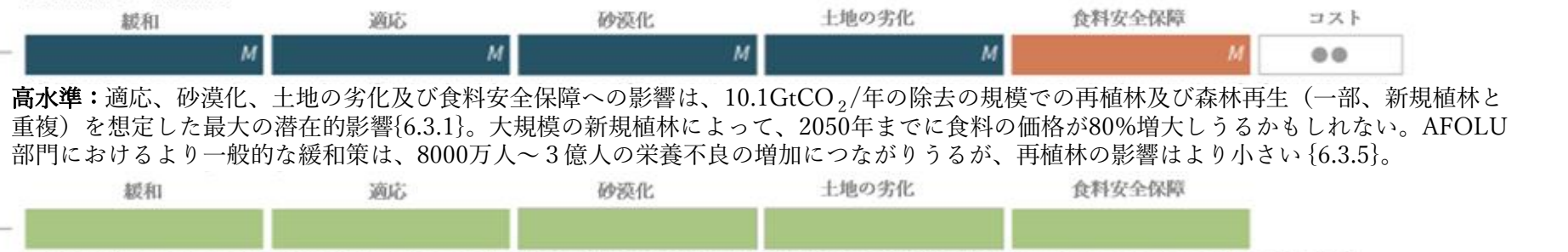
追加的な土地利用変化に依拠する対応の選択肢で、実施する状況によっては3つ以上の土地に関連する課題にわたって影響を与えうるかもしれない選択肢について、1行目(高水準の実施)は、3GtCO₂/年のCO₂除去を実現する規模での世界全体で実施した場合の影響の定量的な評価を示す(SRCCLSPM 図SPM3 パネルAと同じ定義を使用)。赤い斜線のセルは、圧力は増加するが影響は定量化されていないことを示す。各選択肢について、2行目(最優良事例の実施)は、効率的で持続可能な資源利用を可能にする、適切に管理された景観システムにおいて最優良事例を用い、適切なガバナンスのメカニズムに支えられて実施した場合の影響の定性的な推定を示す。これらの定性的な評価においては、緑色は正の影響、灰色は中立的な相互作用を示す。

バイオエネルギーとBECCS



最優良事例：バイオエネルギー及びBECCSの影響の正負及び規模は、導入の規模、バイオエネルギーの原料の種類、他にどの対応の選択肢が含まれるか、及びバイオエネルギーがどこで栽培されているか（以前の土地利用及び間接的な土地利用変化による排出量を含む）に依拠する。例えば、バイオエネルギー生産を耕作限界地または放棄された耕作地に制限することによる生物多様性及び食料安全保障への影響はごくわずかで、土地の劣化にコベネフィットをもたらす潜在の可能性を有するが、緩和への便益はより小さくもなりうるかもしれない。{Table 6.58}

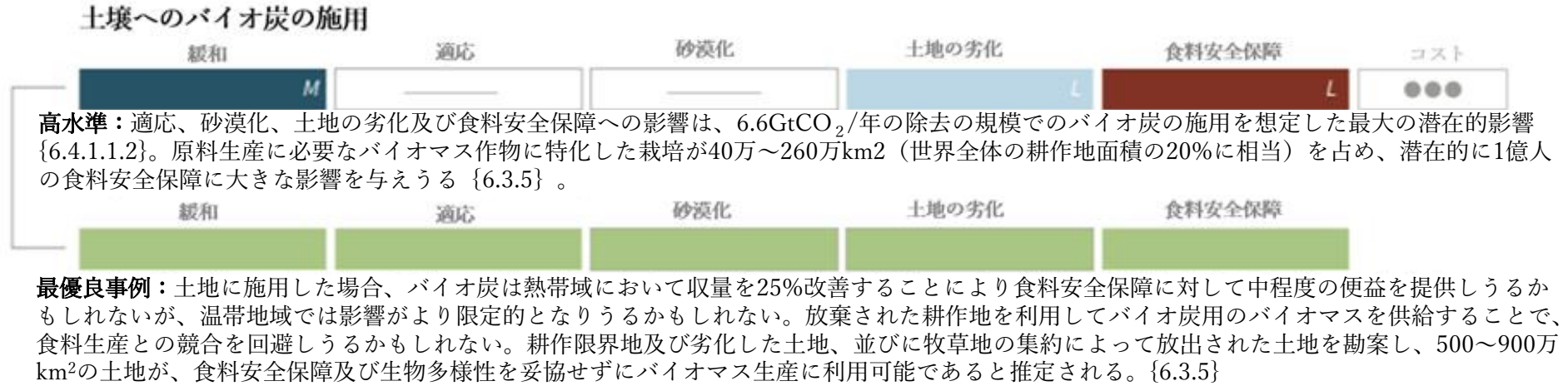
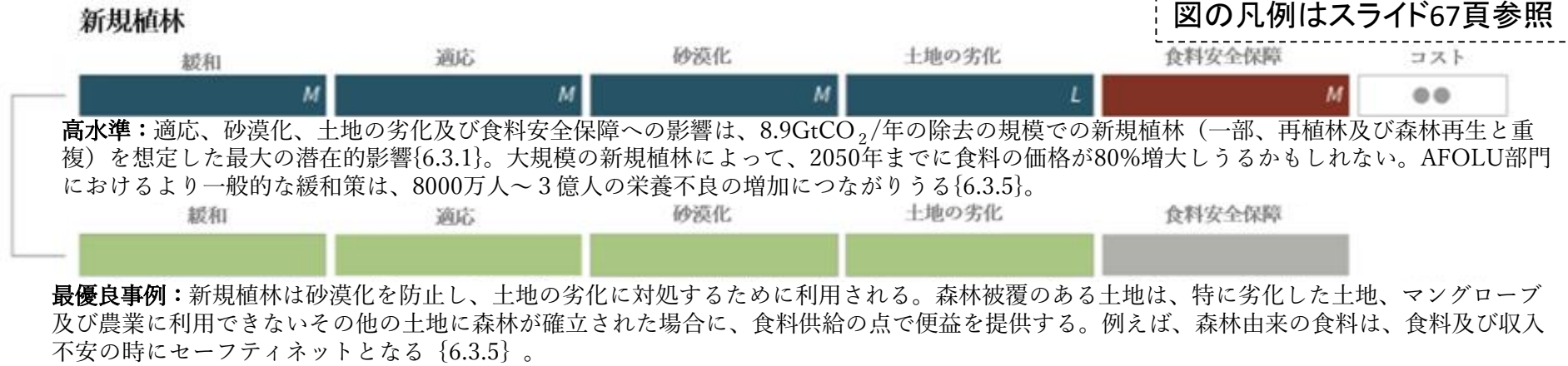
再植林及び森林再生



最優良事例：食料安全保障のセーフティネットを提供するための在来種を用いた小規模導入及び地元の利害関係者の参加があった場合、以前森林に覆われていた地域での再植林及び森林再生にはコベネフィットがある。持続可能な実施の例には、保護地域における違法伐採の削減及び違法の森林喪失の阻止、劣化及び砂漠化が進む土地における再植林及び森林再生が含まれるが、これらに限定されない{Box6.1C; Table 6.6}

土地に関する大規模な対策は負の副作用につながりうる(続き)

追加的な土地利用変化に依拠する対応の選択肢で、実施する状況によっては3つ以上の土地に関連する課題にわたって影響を与えるかもしれない選択肢について、1行目(高水準の実施)は、3GtCO₂/年のCO₂除去を実現する規模での世界全体で実施した場合の影響の定量的な評価を示す(SRCCL SPM 図SPM3 パネルAと同じ定義を使用)。赤い斜線のセルは圧力の増加を示すが、影響は数量化されていない。各選択肢について、2行目は(最優良事例の実施)は、効率的で持続可能な資源利用を可能にする、適切に管理された景観システムにおいて最優良事例を用い、適切なガバナンスのメカニズムに支えられて実施した場合の影響の定性的な推定を示す。これらの定性的な評価においては、緑色は正の影響、灰色は中立的な相互作用を示す。



持続的管理により負の副作用を減らすことができる

- 土地全体の限定的な割合に適用され、持続的に管理された全体像(landscape)に統合された場合、負の副次的効果は減少し、一部の正の共便益(コベネフィット)を実現する(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B3)

- 新規植林、再植林及び炭素回収・貯留付きもしくは無しのバイオエネルギー用、またはバイオ炭用の原料を提供するための土地利用:
 - ✓ 適切な規模で持続可能に管理された全体像(landscape)へと統合することによって悪い影響を緩和しうる(確信度が高い)。草地の農地への転換の削減、泥炭地の再生及び転換の削減、並びに沿岸湿地の再生及び転換の削減によって、世界全体において影響を受ける面積がより小さくなり、これらの選択肢が土地利用変化にもたらす影響はより小さいかより変動性が高くなる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B3.1)
- バイオエネルギー作物または新規植林などの様に土地に基づく緩和策:
 - ✓ 全土地の限られた割合に対して適用するのであれば、他の土地利用を置き換える形で導入される土地に基づく緩和策であっても、副作用がより少なくなり、適応、砂漠化、土地の劣化、または食料安全保障に正の共便益(コベネフィット)をもたらしうる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B3.2)
- バイオエネルギー用のバイオマスの生産及び利用は、土地の劣化、食料不安、GHG排出量及びその他の環境及び持続可能な開発の目標に対して、共便益、副作用、及びリスクをもたらしうる(確信度が高い)。
 - ✓ これらの影響は、文脈によって異なり、導入規模、当初の土地利用、土地の種類、バイオエネルギーの原料、初期の炭素蓄積量、気候帯や管理体制に依拠し、その他の土地を必要とする対応の選択肢も同様の範囲の結果をもたらす可能性がある(確信度が高い)。残渣及び有機廃棄物をバイオエネルギーの原料として利用することによって、バイオエネルギーの普及に関連する土地利用変化の圧力を緩和しうるが、[バイオエネルギーに利用できる]残渣[の量]は限られており、本来なら土壌に残される残渣を除去することによって土壌の劣化が引き起こされうるかもしれない(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B3.3)

各選択肢の「最優良事例」の詳細については、以下のスライド参照。

- バイオエネルギーとBECCS、再植林・森林再生 → スライド73頁
- 新規植林、土壌へのバイオ炭の使用 → スライド74頁

持続的管理により負の副作用を減らすことができる(続き)

- 人口が少なく、土地利用が効果的に規制され、低GHG排出のシステムで食料が生産され、食品ロス及び廃棄がより少ない、予測された社会経済経路(SSP1)では、食料安全保障、土地の劣化及び乾燥地における水不足のリスクの「低い」から「中程度」への移行は、バイオエネルギーまたはBECCS に利用される面積が100～400万km² の範囲である(確信度が中程度)。それに対し、人口が多く、低所得で技術変化がゆっくりと進行する経路(SSP3)では、「低い」から「中程度」のリスクへの移行は10万～100万km²の範囲である(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM B3.4)

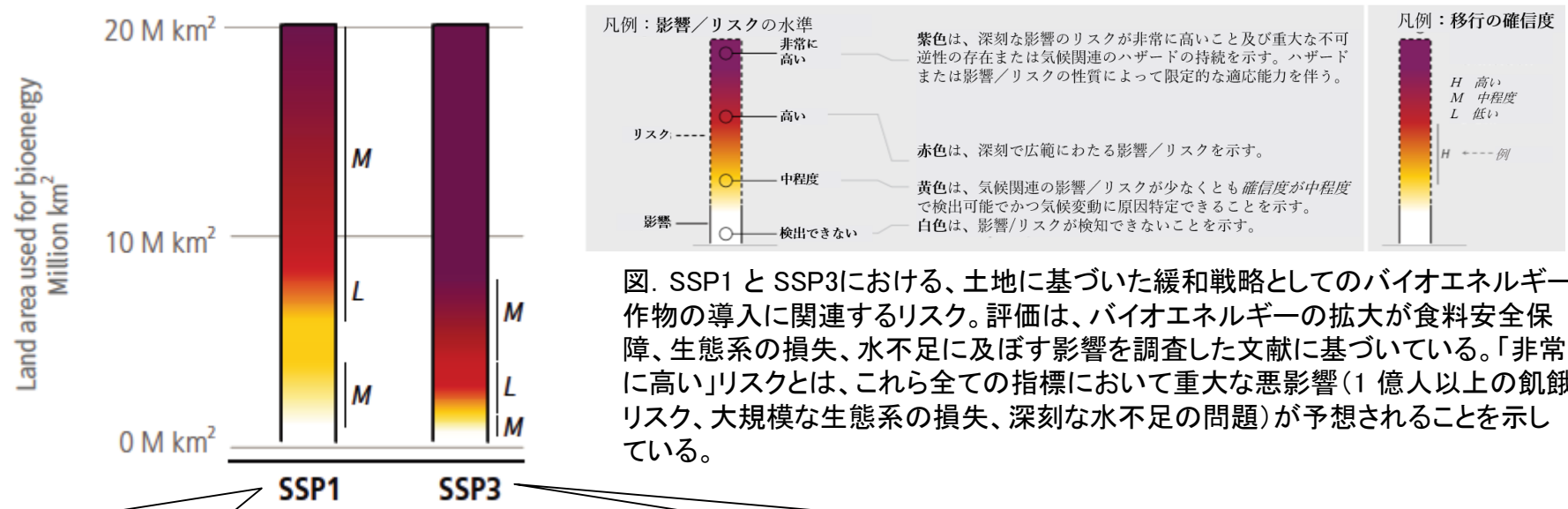


図. SSP1 と SSP3における、土地に基づいた緩和戦略としてのバイオエネルギー作物の導入に関連するリスク。評価は、バイオエネルギーの拡大が食料安全保障、生態系の損失、水不足に及ぼす影響を調査した文献に基づいている。「非常に高い」リスクとは、これら全ての指標において重大な悪影響(1億人以上の飢餓リスク、大規模な生態系の損失、深刻な水不足の問題)が予想されることを示している。

SSP1では、食料安全保障、生態系サービス及び水不足に大きなリスクを及ぼすことなく、100 万～400 万 km² をバイオエネルギー生産に割り当てうる(確信度が中程度)。これらの導入規模では、バイオエネルギーと BECCSは、例えば、劣化した土地や土壌の再生に貢献するなどのコベネフィットをもたらさう。

(IPCCSRCCL 687頁 第7章 7.2.3.2)

SSP3では、すべてのリスクの移行がより低いバイオエネルギーの水準で発生する。これは、この経路では土地をめぐる競争がより激しいため、バイオエネルギー導入に関連するリスクがより高いことを示唆している。したがって、土地を利用した緩和は持続可能性の制約により大幅に制限され、50万～150万 km²の間で既に中程度のリスクが発生する(確信度が中程度)。

(IPCCSRCCL 688頁 第7章 7.2.3.2)

砂漠化への対処は様々なコベネフィットを伴う

■ 砂漠化に対処するための多くの活動は、緩和の共便益(コベネフィット)を伴って気候変動への適応に寄与しうるほか、社会に対する持続可能な開発の共便益(コベネフィット)を伴って生物多様性の喪失の抑止に寄与しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B4)

- 砂漠化への対処に寄与しながら気候変動への適応及び緩和を助ける解決策は場所や地域に固有で、とりわけ、水の採取及び小規模灌漑、干ばつからの立ち直りが早い(レジリエントで)環境に適した植物を用いた劣化した土地の再生、並びにアグロフォレストリー及びその他の農業生態学的な生態系を活用した適応の実践などが含まれる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B4.1)
- 砂塵嵐及び砂丘の移動の抑制は、風食作用を低減し、大気質及び健康を向上させうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B4.2)

具体例はスライド次頁参照
- 水の入手可能性及び土壌の状態によって、「緑の壁」または「緑のダム」の形での防風林を作るための、多くの水を必要としない在来種及び気候対応力のある(レジリエントな)樹種を用いた新規植林、植林及び生態系再生プログラムは、微気候(マイクロクライメート)、土壌養分及び保水力を改善するとともに、砂塵嵐を削減し、風食作用を回避し、炭素吸収源に寄与しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B4.2)

中国、アルジェリア、及びアフリカにおける「緑の壁」・「緑のダム」の事例が SRCCL 294-296頁 第3章 3.7.2で紹介されている。
- 砂漠化に対処する対策は土壌への炭素固定を促進しうる(確信度が高い)。劣化した土地における自然植生の再生及び植林は、長期的には表土及び心土における炭素を増やす(確信度が中程度)。
- モデルによると、乾燥地における保全型の農業活動が実施された後の炭素固定の速度は局所的な状況によって異なる(確信度が中程度)。土壌炭素が喪失されると、炭素蓄積量の回復までにかかる期間は長引きうるかもしれない。

(IPCC SRCCL SPM B4.3)

砂漠化への対処は様々なコベネフィットを伴う(続き)

トルコ・カラプナル(Karapinar)地区における事例:



深刻な風食被害

トルコ・カラプナル地区では、深刻な風食作用による砂丘の移動によって1950年代から住民の生活が脅かされ、1960年代前半には転出者が増加し、地区全体が放棄される寸前であった(図パネル1)。カラプナル地区の風食作用増加の原因は、要約すると以下の通り: 湖が干上がった後に砂状の物質が移動、高温と半乾燥の気候条件、過放牧と牧草植物の燃料利用、過剰な耕起、及び強い卓越風。



保全策・緩和策の実施(1959年開始)

- i) 物理的対策: 風速を低減し、砂の移動を防ぐため、枝で作ったフェンス(cane screen)を設置した(図パネル3)。
- ii) 植被の再生: 現地の牧草地から採取した種子の使用、もしくは乾燥した高温条件で生育することが知られているライムギ(*Secale sp.*)とカモジグサ(*Agropyron elongatum*)の栽培によってフェンス間の草地を増やした。
- iii) 新規植林: 苗圃で育てた苗木をフェンスの間に植え、栽培した。主な樹種は、グミ(*Eleagnus sp.*)、ニセアカシア(*Robinia pseudeaccacia*)、トネリコ(*Fraxinus sp.*)、ニレ(*Ulmus sp.*)、カエデ(*Acer sp.*) (図パネル4)。



土地の再生とコベネフィット

- ✓ 今日までに4300 haの土地が再生された(図パネル2)。
- ✓ 侵食を抑制し、近代的な灌漑によって新しい樹木の苗圃が確立された後に、経済成長が遂げられた。

(IPCC SRCCL 292-293頁 第3章 3.7.1.3より作成)

図. トルコ・カラプナル地区の様子。1960年代(パネル1(土地の劣化が深刻な状態)及び3(枝製フェンスを設置する様子))並びに2013年(パネル2及び4)。

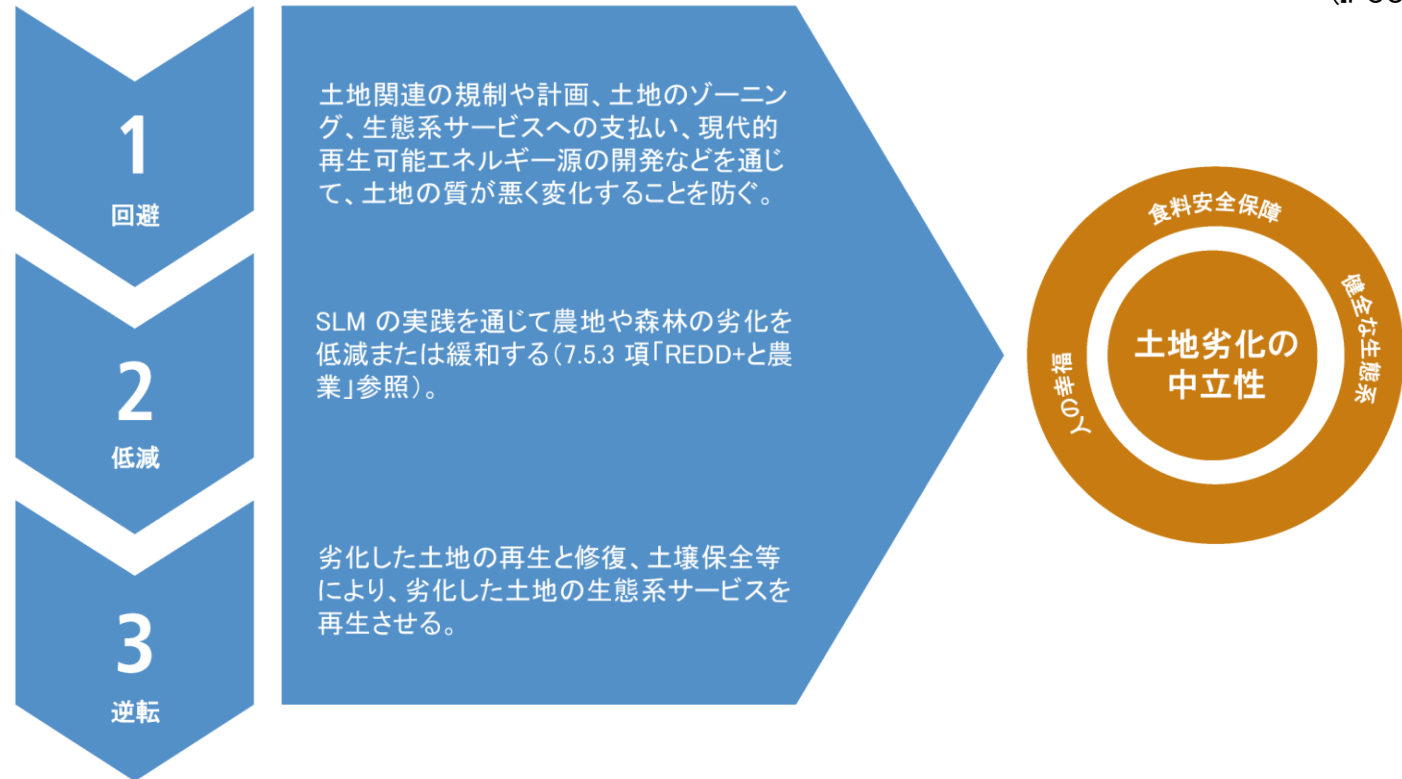
砂漠化への対処は農業生産性と食料安全保障を向上させる

■ 砂漠化を回避、低減し[同現象を]逆転させることは、土壌肥沃度を増大させ、土壌及びバイオマス中の炭素貯留を増大させ、同時に農業生産性及び食料安全保障に便益をもたらすだろう(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B4)

- 貧困の撲滅及び食料安全保障の確保は、持続可能な開発の枠組みの中で気候変動の緩和及び適応をしながら、放牧地、耕作地、及び森林において砂漠化への対処に寄与する土地の劣化が起こらない中立的な状況(土地の劣化の回避、削減及び逆転を含む)を推進することからの恩恵を受けることができる。そのような対策には、森林減少の回避、並びに放牧地及び森林火災の管理を含む局所的に適した実施が含まれる(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B4.4)



極端な砂漠化は、適応の選択肢を制限する

- 劣化した土地の再生には残存リスク及び適応の失敗の潜在的可能性があるため、その試みよりも砂漠化の防止のほうが好ましい（確信度が高い）。(IPCC SRCCL SPM B4)

- ・ 現在、適応の限界及び気候変動と砂漠化を組み合わせた影響に適応できない可能性に関する知識が不足している。新たなまたは強化された適応の選択肢がないなか、残存リスク及び適応の失敗が起こる潜在的可能性は高い（確信度が高い）
- ・ 解決策がある場合も、社会的、経済的及び制度的制約がそれらの実施の障壁となりうるかもしれない（確信度が中程度）。
- ・ 土壌の塩性化を引き起こす灌漑または地下水の枯渇を引き起こす過剰利用など、一部の適応の選択肢は、その環境影響によって適応の失敗をもたらしうる（確信度が中程度）。
- ・ 極端な形の砂漠化は、土地の生産性を完全に喪失させ、適応の選択肢を制限し、または適応の限界に達しうる（確信度が高い）。

(IPCC SRCCL SPM B4.5)

- ・ 残存リスク（許容可能か否かにかかわらず（許容可否は主観的概念であるため）、適応努力を行った後に残るリスク）の例：
 - 持続可能な土地管理（SLM）の対策は干ばつの影響を軽減するのに有用であるが、作物の水ストレスとそれによる収量の低下を完全に防ぐことはできない。さらに、多くの場合SLMの対策は砂漠化を低減したり、逆行させたりするのに有用だが、土地の生産性の短期的な低下は起こるだろう。
 - 不可逆的な形で土地の劣化（例えば、表土の喪失、深刻なガリ侵食）は、結果的に土地の生産性を完全に損なうおそれがある。解決策がある場合でも、そのコストは桁違いに高くなり、適応の限界を示唆する。
 - 乾燥地での昇温が人間の熱生理学的許容範囲を超えると、最終的に適応は意味をなさなくなるだろう。
 - 生態系機能と生態系サービスの壊滅的な変化（例えば、沿岸侵食）や経済的要因もまた、適応の失敗につながりうる。

(IPCC SRCCL 291頁 第3章 3.6.4)

エネルギー供給の多様化が砂漠化対処にも寄与する

- よりクリーンなエネルギー資源及び技術へのアクセスを開拓し、それを可能とし、推進することにより、従来型のバイオマスのエネルギーとしての利用を削減する一方でエネルギー供給の多様性を増大させることで、適応及び気候変動への緩和、並びに砂漠化及び森林劣化への対処に寄与する(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM B4.6)

- これは、特に女性及び子どもに対して社会経済的及び健康面の便益をもたらす(確信度が高い)。
- 風力及び太陽光のエネルギーインフラの効率の問題は認識されており、その効率は一部の地域において、砂塵嵐の影響を受けうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B4.6)

砂塵嵐は、砂塵の堆積、太陽放射の到達距離の低減及びブレード表面の粗度増加を通じて、太陽光発電や風力発電設備の運用能力に悪影響を与え、高圧送電線による配電の効率も低下させうる(証拠は確実、見解一致度は高い)。(IPCC SRCCL 275頁 第3章 3.4.2.6)

参考:

IPCC SRCCL 740-742頁 第7章 Cross-Chapter Box 12には、従来型のバイオマスの利用が土地、気候、及び開発に持つ意味合いに関する最新の知見が紹介されている。

今日エネルギー利用されているバイオマスのほとんどは従来型(燃料用の薪、木炭、農業残渣)で、世界の約30億人が調理や暖房に利用している。従来型のバイオマスは土地や気候への影響が大きく、大幅な収穫損失、温室効果ガスの排出、土壌への影響、及び低転換効率といった問題を抱えている。加えて、屋内調理による室内の空気汚染は、低・中所得国の死亡原因の主たるものであり、特に女性と子供がその影響を受けている。農村部では、燃料となる薪を集めるのに必要な多大な時間が、女性と子供たちにさらなる負担を強いている。農業バイオマス・木質バイオマスともに、資源管理を改善し、近代的な転換技術を用いることで単位あたりのエネルギー出力が大幅に改善され、持続可能に利用できる。一般的に、従来型バイオマスの利用は貧困と関連している。したがって、薪利用への依存度を減らす努力は、貧困の緩和とセットで行う必要がある。潜在的なコベネフィットの大きさは、費用対効果の高い排出削減の点で、また気候安定化目標と他のSDGs との間の相乗効果の点で、従来型バイオマス分野の研究とその活用が不十分であることを示唆している。

持続可能な土地・森林管理は土地劣化を防止・低減する

■ **持続可能な土地管理※は、持続可能な森林管理※※も含め、土地劣化を防止及び低減し、土地の生産性を維持し、場合によっては気候変動が土地劣化に及ぼす悪い影響を覆しうる(確信度が非常に高い)。**
(IPCC SRCCL SPM B5)

- 農業システムにおける土地の劣化は、持続可能な土地管理を通じて、生態学的及び社会経済的な視点を持って対応することができ、気候変動への適応に対してコベネフィットをもたらす。
- 土壌侵食及び栄養分の喪失に対する脆弱性を低減する管理の選択肢:
 - ✓ 緑肥作物及び被覆作物の栽培、作物残渣の保持、省耕起または不耕起、並びに放牧管理の改善による被覆植物の維持などが含まれる(確信度が非常に高い)。
(IPCC SRCCL SPM B5.1)
- 次に挙げる選択肢も緩和にコベネフィットをもたらす。
 - ✓ アグロフォレストリー、多年生牧草及び多年生の穀物の使用などの農業システムは、土壌炭素を形成しながら侵食及び養分溶脱を大幅に低減しうる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B5.2)
- 被覆作物の世界全体の炭素固定ポテンシャルは、世界全体の農地の25%に適用された場合に約 0.44 +/- 0.11 GtCO₂/年となるだろう(確信度が高い)。特定のバイオ炭の施用により炭素を固定し(確信度が高い)、一部の土壌の種類/気候において土壌の状態を改善しうる(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM B5.2)

※**持続可能な土地管理**は、SRCCLにおいて、「土壌、水、及び動植物を含む土地資源を、その長期的な潜在的生産性及びそれらの環境面の機能の維持を確保すると同時に、人間のニーズを満たすために管理及び利用すること」と定義される。選択肢の例として、特に、アグロエコロジー(アグロフォレストリーを含む)、[環境]保全型農業及び森林施業、作物及び森林の種の多様性、適切な作物の輪作及び森林の周期、有機農業、総合的病害虫管理、花粉を運ぶ昆虫などの保全、集水農業、及び放牧地と草地管理、並びに精密農業システムなどが挙げられる。

※※ **持続可能な森林管理**は、SRCCLにおいて、「森林及び林地を、それらの生物多様性、生産性、再生能力、生命力、並びに現在及び将来において、関連する生態的、経済的、及び社会的機能を局所(local)、国家及び世界レベルで発揮する潜在的能力を維持し、他の生態系に対して被害を及ぼさない方法と速度で管理及び利用すること」と定義される。
(IPCC SRCCL SPM 脚注 33及び34)

持続的な土地管理は緩和と適応にも貢献する

■ 持続可能な土地管理は、緩和及び適応にも貢献しうる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B5)

- 森林減少及び森林劣化の削減はGHG排出量を削減し(確信度が高い)、その技術的な緩和のポテンシャルは0.4~5.8Gt CO₂/年である。コミュニティに長期的な生計を提供することにより、持続可能な森林管理は、非森林利用(例、農地または居住地)に転換される森林の面積を減少させうる(確信度が高い)。
- 木材、繊維、バイオマス、非木材資源及びその他の生態系の機能及びサービスの提供を目的とした持続可能な森林管理は、GHG排出量を削減し、適応に寄与しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B5.3)
- 持続可能な森林管理によって森林の炭素ストックを維持または強化することができ、炭素を木材製品に移すことも含め、森林炭素吸収源を維持し、その結果、吸収源が頭打ちになる問題に対処しうる(確信度が高い)。
- 木質炭素が伐採木材製品に移される場合、これらは炭素を長期にわたって貯留でき、高排出の原料を代替し、その他の部門における排出量を削減しうる(確信度が高い)。
- バイオマスがエネルギーに利用される場合(例えば、緩和の戦略として)、その炭素その炭素はより急速に大気に放出され、戻される(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B5.4)

森林及びその他の生態系からの排出量削減

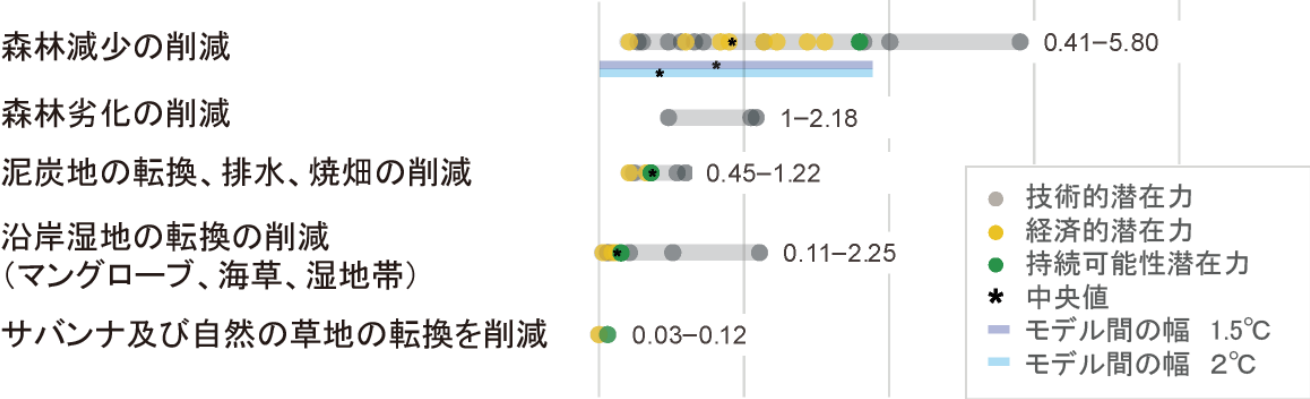


図. 森林とその他の生態系による排出削減の緩和ポテンシャル (2020-2050年)
(単位: Gt CO₂-eq/年)。

参考: 土地管理や需要管理に基づいたその他の選択肢の緩和ポテンシャルについては、IPCC SRCCL 190頁 第2章 図 2.24参照。

持続的な土地管理は緩和と適応にも貢献する(続き)

■ 土地劣化を低減し[進行を]逆転させることは、個々の農場から流域(watershed)全体に至る規模において、費用対効果の高い、即時及び長期にわたる便益を地域社会に直ちにもたらし、適応(確信度が非常に高い)及び緩和(確信度が高い)への共便益(コベネフィット)を伴っていくつかの持続可能な開発目標(SDGs)を支える。(IPCC SRCCL SPM B5)

事例解析 (4.9)	緩和の便益とポテンシャル	適応の便益	共便益	凡例	
都市のグリーンインフラ (4.9.1) 世界の人口の大半が都市部に居住しており、都市部では土地の劣化が喫緊の課題となっている。	↓	 ↓ 	人間の健康、レクリエーション	↓	炭素吸収源
多年生穀物 (4.9.2) 40年の育種後、多年生穀物は現在、農業の全体的な持続可能性を高めながら、気候の影響を軽減する潜在的可能性を持つと思われる。	↓ ↑	  ↓	除草剤使用の減少、土壌侵食と栄養塩漏出の減少	↑	排出量削減
再植林 (4.9.3) 再植林に成功した2事例は、再植林への継続的取組の可能性の具体例を提供している。	↓	 ↓	持続可能な林業からの経済的見返り、下流の洪水リスクの低下		暑熱ストレス低減
泥炭土壌の管理 (4.9.4) 熱帯地域と北極圏における泥炭土壌の劣化は、温室効果ガスの主要な発生源であり、その緩和策が急務である。	↑		熱帯地域の大気質の改善		干ばつ耐性
バイオ炭 (4.9.5) バイオ炭は、ポテンシャルの高い土地管理技術であるが、物議を醸している。	↓ ↑		土壌肥沃度の向上		暴風雨対策
ハリケーン被害に対する保護(4.9.6) より激甚な熱帯低気圧は、いくつかの地域で土地の劣化のリスクを高め、それゆえ、より適応の必要性を増大させる。		 ↓ 	損失の減少(人命、生活、資産)		海面上昇に対する防護
塩水侵入に対する対応 (4.9.7) 気候に起因する海面上昇と沿岸地域の土地利用変化の複合影響は、多くの沿岸地域における塩水侵入リスクを増大させる。		 	食料と水の安全保障の向上		
沿岸域における適応の限界の回避(4.9.8) 沿岸低平地は適応が急務であるが、適応の限界に至った例もある。		 	損失の減少(人命、生活、資産)		

表. SRCCLで紹介されている事例と、気候変動やより広範なコベネフィットとの相互作用。

出典: 表, IPCC SRCCL 392頁 第4章 表4.3

持続的な土地管理は緩和と適応にも貢献する(続き)

■ 持続可能な土地管理を行っても、状況によっては適応の限界を超えうる(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM B5)

- 気候変動は土地の劣化の回避、低減または[進行の]逆転を目的とした対策の実施を伴っても、土地の劣化をもたらしうる(確信度が高い)。そのような適応の限界は、動的で、場所に固有で、生物物理的な変化と社会的・制度的状況との間の相互作用によって決定される(確信度が非常に高い)。
- 一部の状況においては、適応の限界を超えることによって喪失を増大させたり、強制的な移住(確信度が低い)、紛争(確信度が低い)、または貧困(確信度が中程度)などの望まない変革的な変化をもたらしたりしうる(確信度が中程度)。
- 適応の限界を超えうるかもしれない、気候変動によって引き起こされた土地の劣化の例:
 - ✓ インフラ及び生計に影響を与える永久凍土の融解(確信度が中程度)、
 - ✓ **生産能力の喪失**をもたらす極端な土壌侵食(確信度が中程度)、
 - ✓ 海面水位の上昇で悪化した沿岸侵食による、**陸域の消滅**(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM B5.5)

沿岸域の劣化(沿岸侵食、沿岸の圧迫、沿岸域の生物多様性の喪失、等)に対する適応策とその限界の事例:

海面上昇に伴う沿岸域の劣化は、沿岸低平地や小島嶼にとって重大な懸念事項であり(確信度が高い)、気候変動が沿岸域の劣化をさらに悪化させることはよく知られている(IPCC AR5やSROCC参照)。一方で、沿岸域の環境変化を伴う適応策(例:洪水の増大や海面水位上昇による侵食を防ぐための海岸防護)が沿岸域の劣化を引き起こしている場合もある。

【例】

- ツバルでは、低気圧による極端な波高によってあふれ出した海水を護岸(seawall)が[陸側に]せき止めたことで、沿岸域の植生に塩水が流入し、影響を与えた。
- キリバスでは、護岸の欠陥により埋立地の侵食と氾濫が増加した。
- レユニオン島では、護岸等の垂直構造物によって自然の緩衝地帯(砂浜、砂丘、等)が減少したことで、熱帯低気圧の影響が増大した。

コモロやツバルでは、気候変動適応基金による護岸建設も行われてきたが、国際的な開発機関が投資の具体的な証拠を残すことだけを目的として行っている場合も多い。そのような場合、計画性の低さや、沿岸域劣化の他の要因を無視することで、沿岸侵食を増大させてきた。(IPCC SRCCL 403頁 第4章 4.9.8)

多くの場合、護岸の建設による沿岸域の侵食の増加は、周辺沿岸域の形態学的動態や自然の変動性、及び沿岸域の変化を引き起こす環境的要因と人為的要因の相互作用を無視した結果である。これらの悪影響は、地域の社会的・生態学的動態を考慮することで回避しうる(例えば、海岸線の変化の複合的要因の詳細調査、地域に適した沿岸保護の選択肢の実施)。(IPCC SRCCL 402-403頁 第4章 4.9.8)

農業・畜産分野の緩和ポテンシャルは大きい

- 適応及び緩和を進めるために、食品ロス及び廃棄を含む、生産から消費に至るまでの食料システム全体にわたる対応の選択肢を導入及びスケールアップしうる(確信度が高い)。
- 耕作及び牧畜活動、並びにアグロフォレストリーに由来する技術的な総緩和ポテンシャルは2050年までに2.3-9.6Gt CO₂-eq/年になると推定される(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM B6)

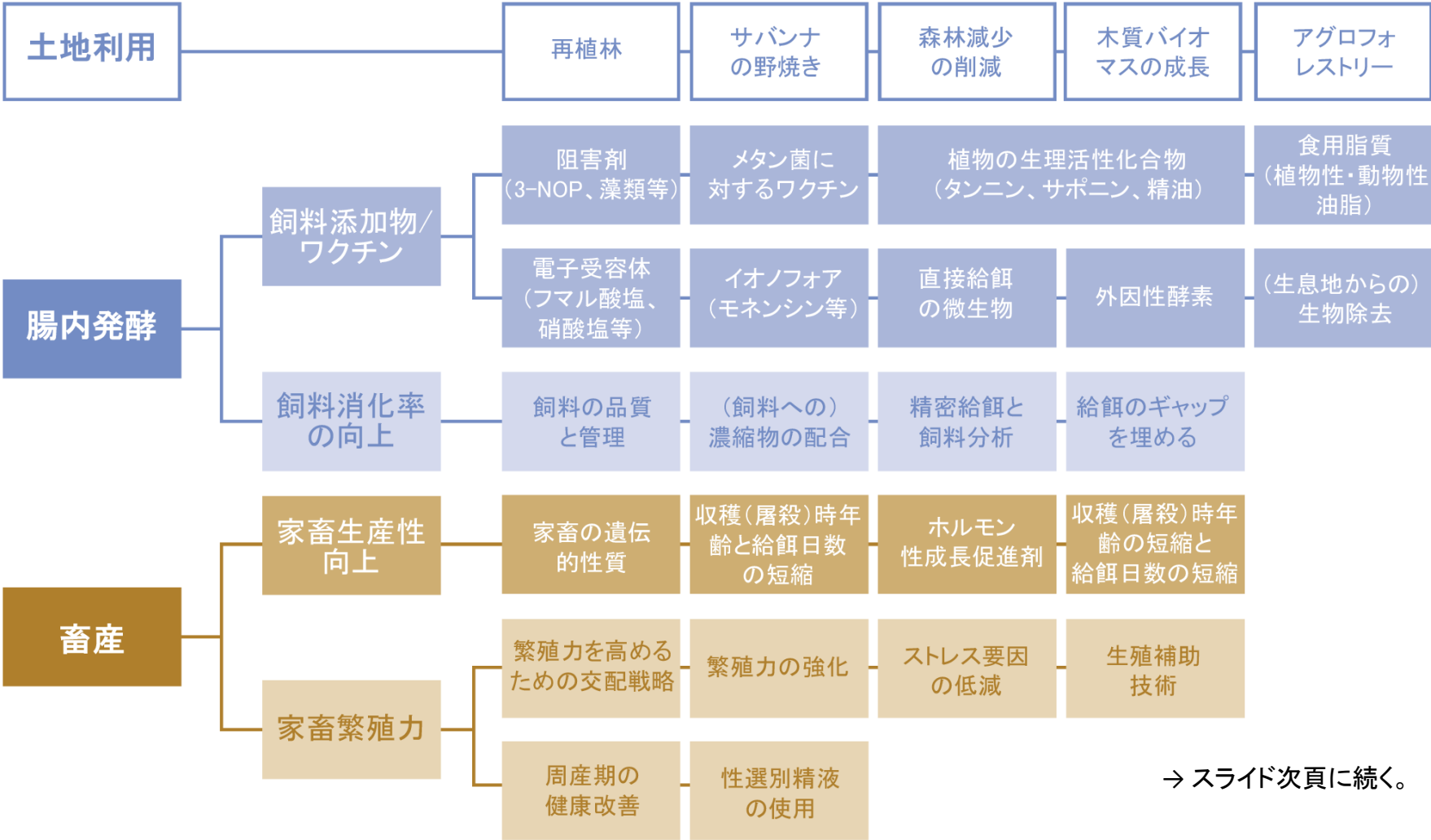
- 農地における気候変動への適応及び緩和に寄与する実施には、土壌有機物の増加、侵食の抑制、施肥管理の改善、稲作管理を含む作物管理の改善、並びに暑熱及び干ばつに強い品種の利用や遺伝子の改良が含まれる。
- 畜産については、放牧地管理の改善、堆肥の管理の改善、飼料の高品質化、及び異なる品種の利用や遺伝子の改良などの選択肢が含まれる。
- 異なる農業及び牧畜システムによって、畜産製品の排出源単位の低減を達成しうる。農業及び牧畜システム並びに開発の水準次第では、畜産製品の排出源単位の低減がGHG 排出量の絶対量の削減につながる可能性がある(確信度が中程度)
- 畜産に関連する多くの選択肢は、農村域のコミュニティ、特に小規模農家及び牧畜家の適応能力を強化しうる。
- 適応と緩和の間には、例えば持続可能な土地管理のアプローチを通して、大きな相乗効果が存在する(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B6.1)

農業・畜産分野の緩和ポテンシャルは大きい(続き)

図. 畜産分野における供給側の技術的な緩和事例

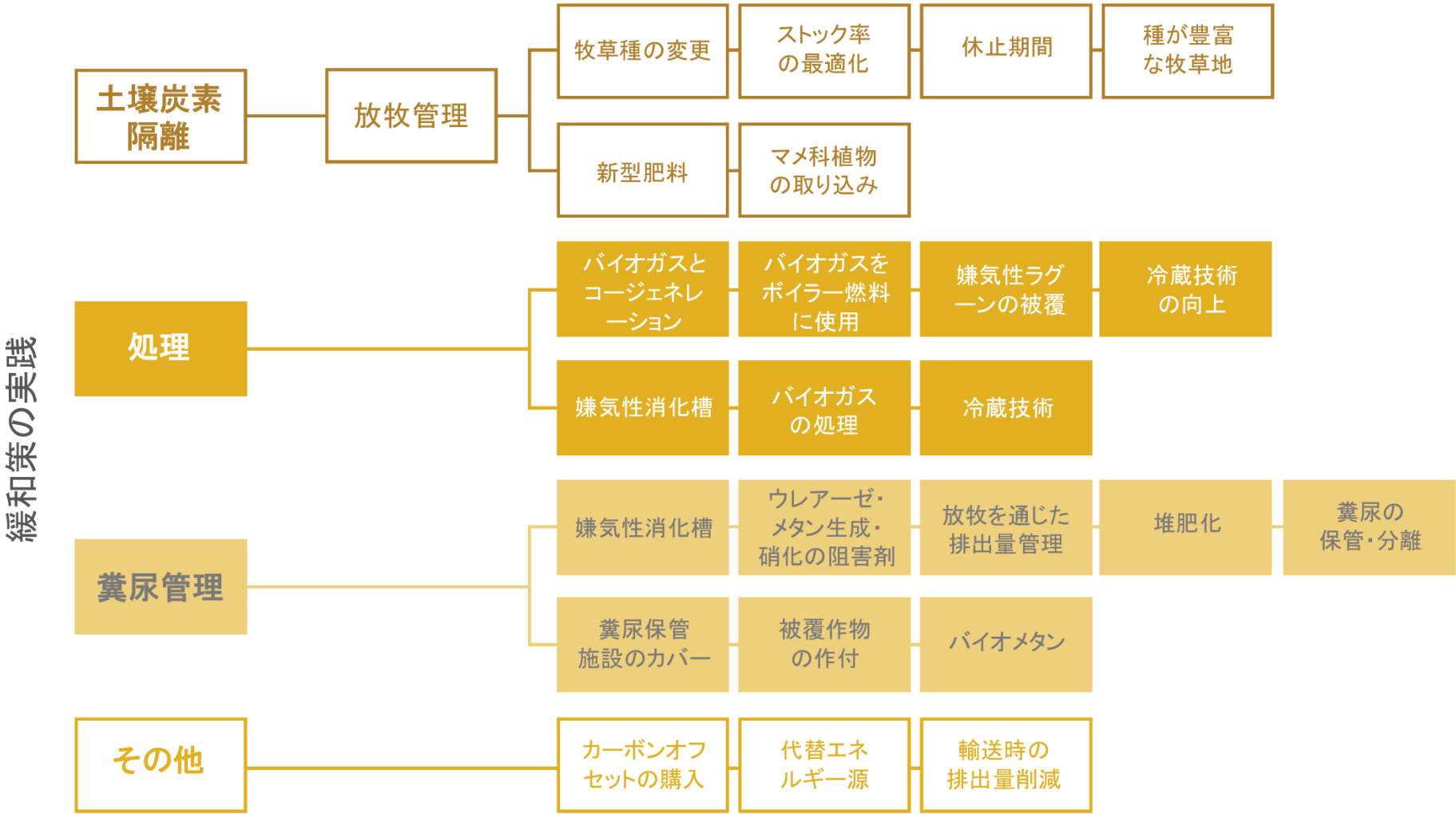
緩和策の実践



→ スライド次頁に続く。

農業・畜産分野の緩和ポテンシャルは大きい(続き)

図(スライド前頁からの続き). 畜産分野における供給側の技術的な緩和事例



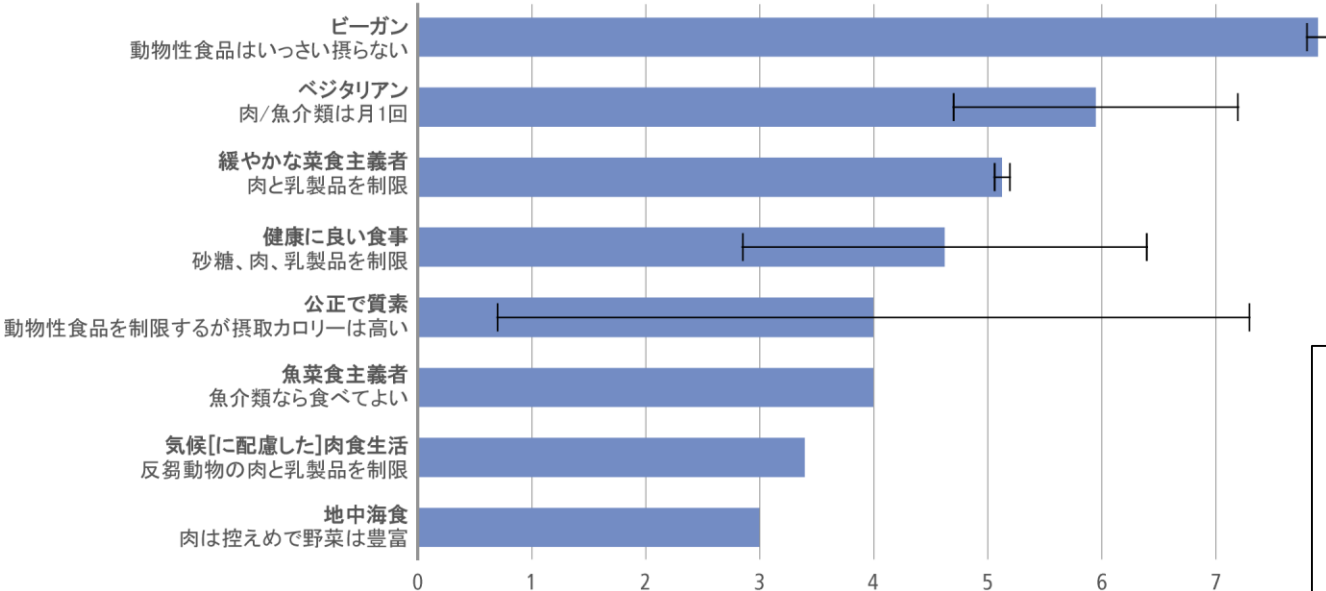
食生活変化による緩和ポテンシャルも大きい

■ 食生活の変化による総緩和ポテンシャルは2050 年までに0.7～8 GtCO₂-eq/年になると推定される(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM B6)

- 食料システムの多様化(例、統合的な生産システムの実施、広範な遺伝子資源及び食生活)によって、気候変動に起因するリスクを低減しうる(確信度が中程度)
- 粗粒穀物[トウモロコシ等の雑穀類]、マメ科植物、果物及び野菜、木の実及び種子などの植物性の食品、並びにレジリエントで持続可能な、GHG 排出量の少ないシステムにおいて生産された動物性の食品を特長とするバランスのとれた食生活は、人間の健康面で大きなコベネフィットを生むとともに、適応及び緩和の大きな機会を提供する(確信度が高い)。
- GHG 排出量の低い食生活への移行は地域の生産手段、技術的・財政的障壁、並びに関連する生計及び文化的習慣の影響を受けるかもしれない(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM B6.2)

需要サイドの緩和
異なる食生活のGHG緩和ポテンシャル

図. 食生活の変化による2050年までの技術的な緩和ポテンシャル。



食生活の変化によって、2050 年までに数百万km² の土地を解放し(確信度が中程度)、対策なし(BAU)の予測と比較して0.7～8.0Gt CO₂e/年の技術的な緩和ポテンシャルを提供(確信度が高い)することができうるだろう。
(IPCC SRCCL SPM B6.2)

この緩和ポテンシャルの値は、畜産の排出削減量と解放された土地の土壌炭素貯留による削減量を考慮した値(健康面でのコベネフィットは考慮されていない)。(IPCC SRCCL 440頁 第5章 エグゼクティブサマリー)

食品ロスと廃棄の削減が適応に寄与する

- 2010～2016年の間、世界全体の食品ロス及び廃棄は、人為起源のGHG総排出量の8～10%に寄与した(確信度が中程度)。
- 食品ロス及び廃棄の削減は、GHG排出量を削減し、食料生産に必要な土地面積の減少を通じた適応に寄与しうる(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM B6.3)

- ・ 現在、生産されている食料の25～30%が損失(ロス)または廃棄されている(確信度が中程度)。
- ・ 収穫技術の向上、農場での貯蔵、インフラ、運輸、包装、小売及び教育などの技術的な選択肢によって、サプライチェーン全体にわたって食品ロス及び廃棄を削減しうる。
- ・ 食品ロス及び廃棄の原因は、先進国と開発途上国の間、及び地域間で大幅に異なる(確信度が中程度)。

開発途上国では、インフラの貧弱さに起因する食品ロスが主要な課題である(サハラ以南のアフリカでは生産された食品の約30%が[食品ロスとして]失われた)。
先進国では、食品廃棄が主要な課題である(2007年に、ヨーロッパと北米では、生産された食品の約20%が捨てられた)。(IPCC SRCCL 490頁 第5章 5.5.2.5)

- ・ 2050 年までに、食品ロス及び廃棄の削減は、数百万km²の土地を解放しうる(確信度が低い)。(IPCC SRCCL SPM B6.3)

表. 需要管理に基づいた対応の選択肢が土地の劣化に与える影響(ポテンシャルは、各対策によって土地劣化の圧力から解放されうる土地の面積)。
出典: 表, IPCC SRCCL 602頁 第6章 表6.42 (抜粋)

統合された対応の選択肢	ポテンシャル	確信度
食生活の変化	400万～2800万km ²	確信度が高い
収穫後の損失の削減	198万km ²	確信度が中程度
食品廃棄の削減(消費者または小売業者)	700万km ²	確信度が中程度

1.5°C経路には土地に基づく緩和と土地利用変化が必要

- 将来の土地利用は、部分的に、期待される気候の結果及び導入された対応の選択肢のポートフォリオに依存する(確信度が高い)。
- 昇温を1.5°Cにまたは2°Cより大幅に低く抑えると評価された全てのモデル経路は、土地に基づく緩和及び土地利用変化を必要とし、そのほとんどが再植林、新規植林、森林減少の低減、及びバイオエネルギーの多様な組み合わせを含む(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B7)

A. 持続可能性に焦点(SSP1)

土地管理、農業の集約化、生産及び消費パターンにおける持続可能性は、一人当たりの食料消費量が増加するにもかかわらず、必要な農地の削減につながる。この土地は、代わって再植林、新規植林及びバイオエネルギーに利用できる。

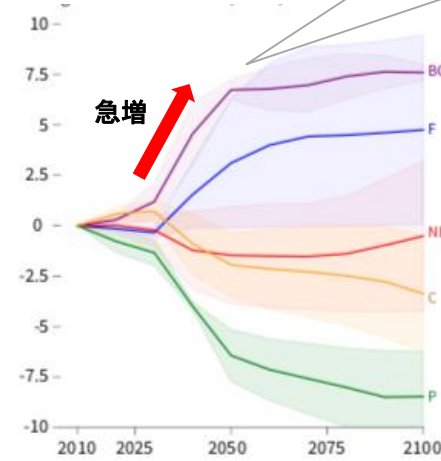
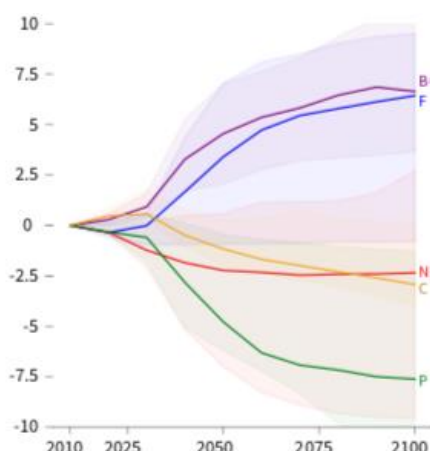
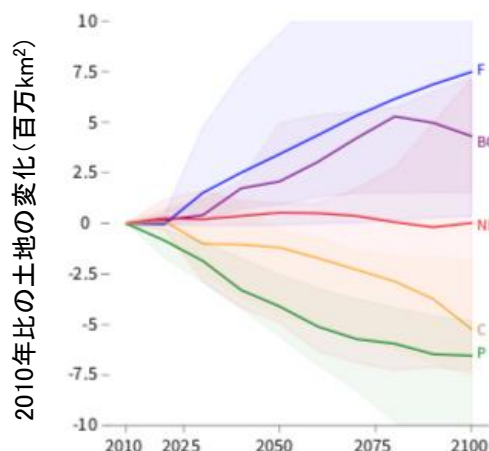
B. 中道(SSP2)

技術開発のみならず社会的発展も歴史的な傾向をたどる。バイオエネルギー、森林減少の削減または新規植林など土地部門の緩和の選択肢の需要の増大によって、食料、資料及び繊維用の農地の入手可能性が低減する。

C. 資源集約型(SSP5)

資源集約型の生産及び消費パターンの結果、ベースラインの排出量が多い。緩和策は、大幅なバイオエネルギー及びBECCSの導入を含む技術的解決策に焦点を当てる。集約化及び競合する土地利用は農地の減少に寄与する。

地球温暖化を1.5°Cに抑える経路では、2050年に最大700万km²がバイオエネルギーに利用される。(IPCC SRCCL SPM B7.3)



C: 耕作地
P: 牧草地
F: 森林
BC: バイオエネルギー耕作地
NL: 自然の土地

A~Cは全て1.5°C経路での土地利用変化予測

図. RCP1.9(2100年に昇温を1.5°Cに抑える確率が66%である経路)におけるSSP1、SSP2及びSSP5についての統合評価モデル(IAM)の結果。

1.5℃経路には土地に基づく緩和と土地利用変化が必要（続き）

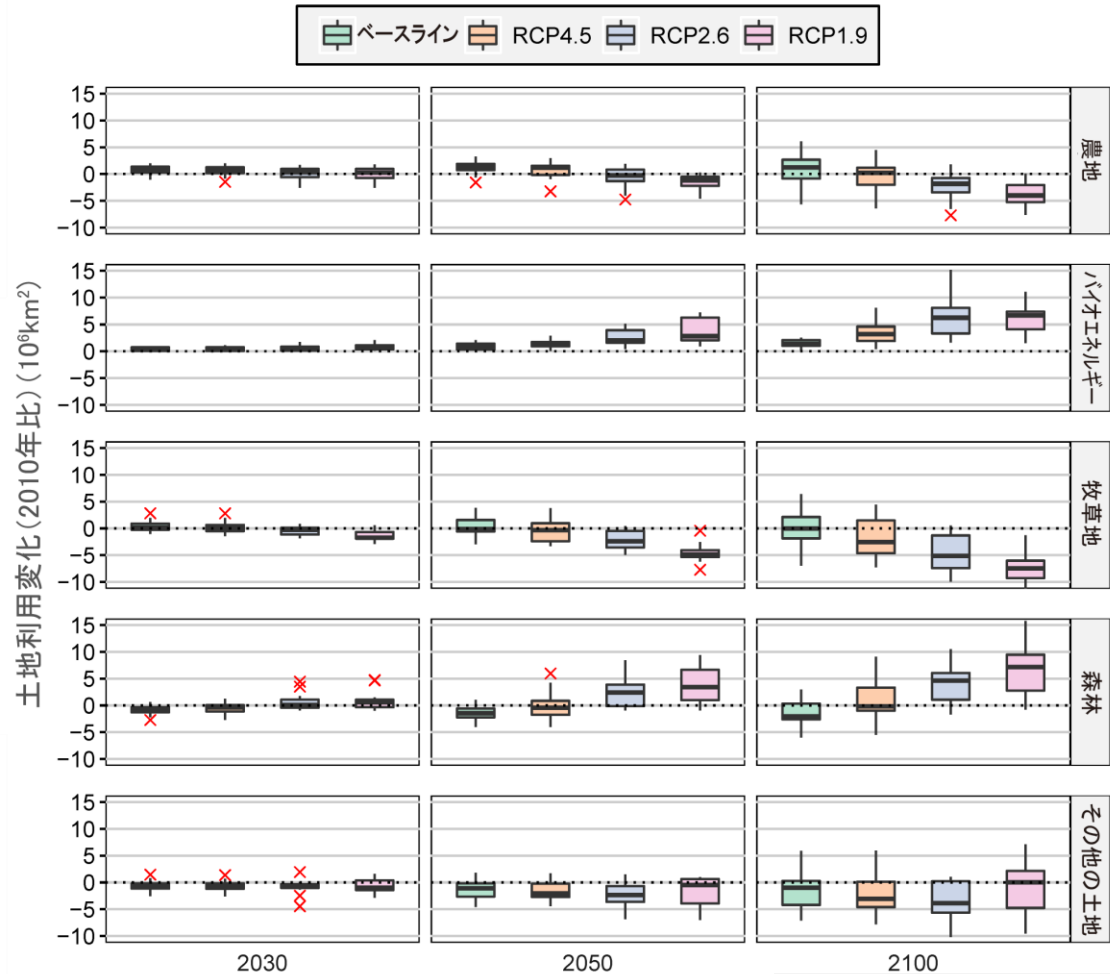


図. 2030年、2050年、2100年までの主要な土地被覆タイプの世界的な変化(2010年比)。ベースライン、RCP4.5、RCP2.6、RCP1.9について、5つのSSPと5つのIAMsに基づいた中央値(横線)、四分囲範囲(ボックス)、及び四分位範囲の1.5倍の値の範囲(縦線)を示す。赤い×印は外れ値(outlier)。

IAM(統合評価モデル)とは？

2つ以上の領域の知識を一つの枠組みに統合するモデルのことで、統合評価を行うための主要なツールの1つである。IAMsは、例えば、作物収量、人口増加、バイオエネルギー利用などの仮定に基づいたAFOLUの予測を含む、地球規模の社会経済的枠組みの中で、ストーリーラインを用いてGHGの排出量と大気中濃度の将来の代替シナリオを構築するものである。(IPCC SRCCL 816頁 及び 163頁)

- 地球温暖化を1.5℃に抑えるよう設計された経路は、昇温の程度がより高い経路よりも土地に基づく緩和をより多く含むが(確信度が高い)、これらの経路において気候変動が土地システムにもたらす影響の深刻さは、[昇温の程度がより高い経路に比べて]より低い(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM B7.1)

- 地球温暖化を1.5℃に抑える経路では、2050年に最大700万km²がバイオエネルギーに利用され、バイオエネルギーに利用される土地面積は、2℃(40～500万km²)及び3℃(10～300万km²)の経路においてより小さくなる(確信度が中程度)。

(IPCC SCCL SPM B7.3)

*参考:

2010年の世界の耕作地面積: 約1590万km²、
オーストラリアの面積: 約 770万km²、
日本の面積: 約 38万km²。

1.5℃経路には土地に基づく緩和と土地利用変化が必要(続き)

SSPにおける土地利用及び土地被覆の変化

例えば、1.5℃経路(RCP1.9)では、2050年の森林面積は2010年比90万km²の減少～940万km²の拡大と予測されている。

SSPの定量的指標		含まれる モデルの数*	2010年比 自然の土地の変化 Mkm ²	2010年比 バイオエネルギー 耕作地の変化 Mkm ²	2010年比 耕作地の変化 Mkm ²	2010年比 森林の変化 Mkm ²	2010年比 牧草地の変化 Mkm ²
SSP1	RCPI.9で2050年	5/5	0.5 (-4.9, 1)	2.1 (0.9, 5)	-1.2 (-4.6, -0.3)	3.4 (-0.1, 9.4)	-4.1 (-5.6, -2.5)
	↳ 2100		0 (-7.3, 7.1)	4.3 (1.5, 7.2)	-5.2 (-7.6, -1.8)	7.5 (0.4, 15.8)	-6.5 (-12.2, -4.8)
	RCP2.6で2050年	5/5	-0.9 (-2.2, 1.5)	1.3 (0.4, 1.9)	-1 (-4.7, 1)	2.6 (-0.1, 8.4)	-3 (-4, -2.4)
	↳ 2100		0.2 (-3.5, 1.1)	5.1 (1.6, 6.3)	-3.2 (-7.7, -1.8)	6.6 (-0.1, 10.5)	-5.5 (-9.9, -4.2)
	RCP4.5で2050年	5/5	0.5 (-1, 1.7)	0.8 (0.5, 1.3)	0.1 (-3.2, 1.5)	0.6 (-0.7, 4.2)	-2.4 (-3.3, -0.9)
	↳ 2100		1.8 (-1.7, 6)	1.9 (1.4, 3.7)	-2.3 (-6.4, -1.6)	3.9 (0.2, 8.8)	-4.6 (-7.3, -2.7)
SSP2	ベースラインで2050年	5/5	0.3 (-1.1, 1.8)	0.5 (0.2, 1.4)	0.2 (-1.6, 1.9)	-0.1 (-0.8, 1.1)	-1.5 (-2.9, -0.2)
	↳ 2100		3.3 (-0.3, 5.9)	1.8 (1.4, 2.4)	-1.5 (-5.7, -0.9)	0.9 (0.3, 3)	-2.1 (-7, 0)
	RCPI.9で2050年	4/5	-2.2 (-7, 0.6)	4.5 (2.1, 7)	-1.2 (-2, 0.3)	3.4 (-0.9, 7)	-4.8 (-6.2, -0.4)
	↳ 2100		-2.3 (-9.6, 2.7)	6.6 (3.6, 11)	-2.9 (-4, 0.1)	6.4 (-0.8, 9.5)	-7.6 (-11.7, -1.3)
	RCP2.6で2050年	5/5	-3.2 (-4.2, 0.1)	2.2 (1.7, 4.7)	0.6 (-1.9, 1.9)	1.6 (-0.9, 4.2)	-1.4 (-3.7, 0.4)
	↳ 2100		-5.2 (-7.2, 0.5)	6.9 (2.3, 10.8)	-1.4 (-4, 0.8)	5.6 (-0.9, 5.9)	-7.2 (-8, 0.5)
SSP5	RCP4.5で2050年	5/5	-2.2 (-2.2, 0.7)	1.5 (0.1, 2.1)	1.2 (-0.9, 2.7)	-0.9 (-2.5, 2.9)	-0.1 (-2.5, 1.6)
	↳ 2100		-3.4 (-4.7, 1.5)	4.1 (0.4, 6.3)	0.7 (-2.6, 3.1)	-0.5 (-3.1, 5.9)	-2.8 (-5.3, 1.9)
	ベースラインで2050年	5/5	-1.5 (-2.6, -0.2)	0.7 (0, 1.5)	1.3 (1, 2.7)	-1.3 (-2.5, -0.4)	-0.1 (-1.2, 1.6)
	↳ 2100		-2.1 (-5.9, 0.3)	1.2 (0.1, 2.4)	1.9 (0.8, 2.8)	-1.3 (-2.7, -0.2)	-0.2 (-1.9, 2.1)
	RCPI.9で2050年	2/4	-1.5 (-3.9, 0.9)	6.7 (6.2, 7.2)	-1.9 (-3.5, -0.4)	3.1 (-0.1, 6.3)	-6.4 (-7.7, -5.1)
	↳ 2100		-0.5 (-4.2, 3.2)	7.6 (7.2, 8)	-3.4 (-6.2, -0.5)	4.7 (0.1, 9.4)	-8.5 (-10.7, -6.2)
SSP5	RCP2.6で2050年	4/4	-3.4 (-6.9, 0.3)	4.8 (3.8, 5.1)	-2.1 (-4, 1)	3.9 (-0.1, 6.7)	-4.4 (-5, 0.2)
	↳ 2100		-4.3 (-8.4, 0.5)	9.1 (7.7, 9.2)	-3.3 (-6.5, -0.5)	3.9 (-0.1, 9.3)	-6.3 (-9.1, -1.4)
	RCP4.5で2050年	4/4	-2.5 (-3.7, 0.2)	1.7 (0.6, 2.9)	0.6 (-3.3, 1.9)	-0.1 (-1.7, 6)	-1.2 (-2.6, 2.3)
	↳ 2100		-4.1 (-4.6, 0.7)	4.8 (2, 8)	-1 (-5.5, 1)	-0.2 (-1.4, 9.1)	-3 (-5.2, 2.1)
	ベースラインで2050年	4/4	-0.6 (-3.8, 0.4)	0.8 (0, 2.1)	1.5 (-0.7, 3.3)	-1.9 (-3.4, 0.5)	-0.1 (-1.5, 2.9)
	↳ 2100		-0.2 (-2.4, 1.8)	1 (0.2, 2.3)	1 (-2, 2.5)	-2.1 (-3.4, 1.1)	-0.4 (-2.4, 2.8)

図. 土地利用及び土地被覆の変化(様々なSSP-RCP の組み合わせについて、複数のモデルの中央値及び範囲(最小、最大)が示されている)。

出典: 図, IPCC SRCCL SPM 図SPM.4(パネルB、抜粋)

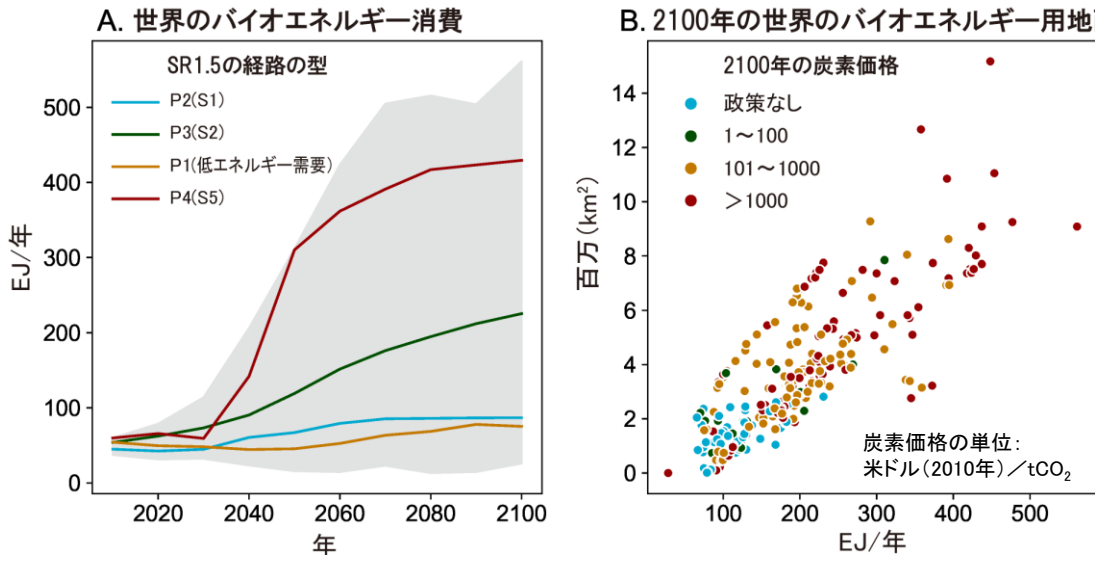
評価された全てのモデルにおいてSSP3ではRCP1.9とRCP2.6が、SSP4ではRCP1.9が実現不可能であった。詳細は SRCCL SPM 図SPM.4参照。

多くの緩和経路でバイオエネルギー技術の大幅普及が必要

- 設計された経路においてバイオエネルギーに必要とされる土地面積は、社会経済経路、昇温の程度、並びに利用される原料及び生産システムによって大幅に異なる（確信度が高い）。
(IPCC SRCCL SPM B7.3)
- ほとんどの緩和の経路は、バイオエネルギー技術の大幅な普及を含む。
(IPCC SRCCL SPM B7.4)

• バイオエネルギー及びBECCS、並びにその他の二酸化炭素除去(CDR)の選択肢への依存を下げて(2050年に百万km²未満の土地面積)昇温を1.5°Cに抑制する経路は数少ない（確信度が高い）。

(IPCC SRCCL SPM B7.4)



一般的に、炭素価格が高い程、バイオエネルギーのより広範な普及とBECCSの割合の増加につながる。化石燃料のコストや利用可能性、社会経済的要素、及び政策といったその他の要因も、バイオエネルギーの利用に多大な影響を与える。

(IPCC SRCCL 581頁 第6章 Cross-Chapter Box 7)

図. 統合評価モデル(IAM)のシナリオにおける世界のバイオエネルギー消費の変化。左のパネルAは、シナリオデータベース全体(灰色の領域)と SR1.5で示された 4 つの例示的な経路(色付き線)におけるバイオエネルギーの消費量(普及量)の時系列変化を示している。右のパネルBは、2100年の世界のバイオエネルギー消費量に対する2100年の世界のエネルギー用地面積を示したもので、データの色は2100年の炭素価格(米ドル(2010年)/tCO₂)を示している。本図には409個のシナリオが含まれているが、その多くが1.5°Cを超えるものであることに注意が必要。

多くの緩和経路でバイオエネルギー技術の大幅普及が必要(続き)

- バイオエネルギー及びBECCS、並びにその他の二酸化炭素除去(CDR)の選択肢への依存を下げて(2050年に百万km²未満の土地面積)昇温を1.5℃に抑制する経路は、他の1.5℃の経路と比較して、エネルギー、土地、都市システム及びインフラにおける急速で広範囲に及ぶ移行の達成、並びに行動や生活様式の変化に依拠するところがより大きい。

(IPCC SRCCL SPM B7.4)

SSP2(中道型経路)で1.5℃(もしくは2℃)目標を達成する排出経路の例:

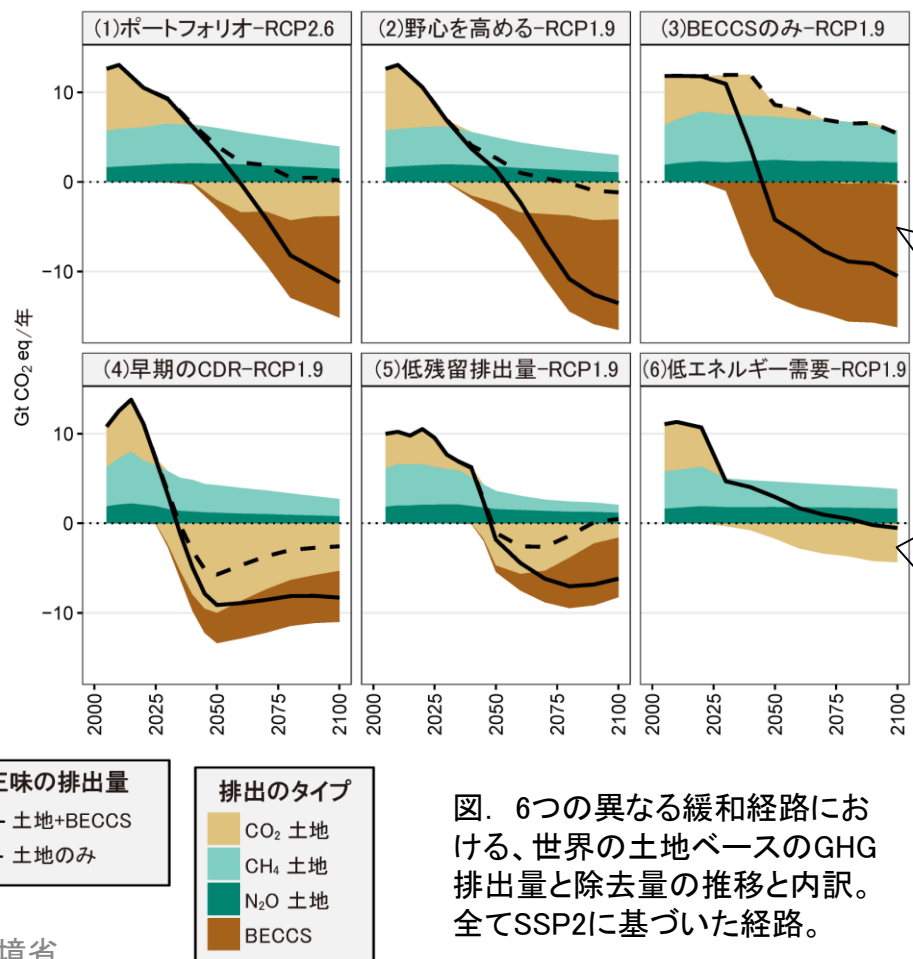


図. 6つの異なる緩和経路における、世界の土地ベースのGHG排出量と除去量の推移と内訳。全てSSP2に基づいた経路。

経路(3)には、BECCSによるCDRのみが含まれている。その結果、主として保護されていない自然地域に大規模なバイオエネルギー用農地が拡大し、間接的な土地利用変化によって、より長期間にわたってCO₂の排出が継続する。2100年のBECCSによる年間CDR量は経路(1)と(2)と同程度(-15.9Gt CO₂/年)であるが、今世紀を通したBECCSによるCDRの累積量ははるかに大きい(-944Gt CO₂)。

(IPCC SRCCL 199頁 第2章 2.6.2)

経路(6) (SR1.5の低エネルギー需要社会に基づく経路(LED)に相当)は、土地部門におけるGHG排出量の削減の重要性を示唆している。この例では、エネルギー需要の迅速かつ早期の削減とそれに伴うエネルギー関連のCO₂排出量の低下によってオーバーシュートが制限され、ネガティブエミッション(負の排出)技術、特にBECCSのためのバイオマス生産や新規植林のような土地需要の高いCDRの必要性が低減する。経路(6)において、BECCSは全く使用されていないが、新規植林による今世紀中のCDRの累積量は-124Gt CO₂にのぼる。

(IPCC SRCCL 199頁 第2章 2.6.2)

多くの緩和経路でバイオエネルギー技術の大幅普及が必要(続き)

出典: 表, IPCC SRCCL 637頁 第6章 表6.77

	気候変動	緩和	適応	砂漠化	土地の劣化	食料安全保障	生物多様性/生態系サービス/持続可能な開発
食料生産性の向上		正			正	正	正
食料生産性の向上 ; 家畜管理の改善					正		
農地管理の改善							正
統合的な水管理		負			負	負	混合
森林減少の削減		正			正		
森林減少の削減; 草地の農地転換回避		正			正	負	混合
再植林						負	
再植林、新規植林; 草地の農地転換回避	負	正			正	負	正
新規植林		正					
生物多様性の保全		混合			正	負	混合
汚染の削減					正		
食生活の変化		正				正	
食品廃棄の削減; 食生活の変化						正	
サプライチェーンの管理		正					
サプライチェーンの管理; 生産性向上		正					
森林減少の削減; 農地管理の改善; 食料生産性の向上; 統合的な水管理の向上		正			正	正	正
森林減少の削減; サプライチェーンの管理; 統合的な水管理; 農地管理の改善; 食料生産性の向上					正	正	正
森林減少の削減; サプライチェーンの管理; 統合的な水管理; 農地管理の改善; 食料生産性の向上; 食生活の変化					正	正	正

正の相互作用 負の相互作用 混合型相互作用

例えば、1.5℃経路で予測された2100年の食料価格(2010年を1とした場合)は、

- SSP1で 1.9 (7.0, 0.4)
- SSP2で 6.5 (13.1, 1.8)

と予測されている(数値は複数のモデルの平均値で、括弧内の数字はその最大値と最小値)。※

(IPCC SRCCL 643頁 第6章 Cross-Chapter Box 表1 より)

※本評価では、気候変動の影響は考慮されていない。

- 土地転換の程度が大きい経路では、十分に注意深く管理されなければ、水不足、生物多様性、土地の劣化、砂漠化及び食料安全保障に影響を与える副作用を伴うかもしれないが、最優良事例を適切な規模で実施することで、乾燥地の塩分濃度の管理、バイオコントロール(生物的防除)及び生物多様性の強化、並びに土壌における炭素貯留の強化などのコベネフィットをもたらしうる(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM B7.3)

表. バイオエネルギーと BECCS、並びに他の対応の選択肢の間の相互関係。表は、気候変動、緩和、適応、砂漠化、土地の劣化、食料安全保障、及び生物多様性・生態系サービス・持続可能な開発に対する、複数の土地に関連した対応の選択肢の複合的な影響を示したものである。各セルは、バイオエネルギーとBECCSに加えて、その行で指定された選択肢を追加した場合の意味合いを示している。

土地需要の増大を抑制して1.5°Cを達成する経路も少数だが存在する

- 少数のモデル経路は、土地転換の低減とともに1.5°Cを達成し(確信度が高い)、したがって、砂漠化、土地劣化及び食料安全保障の影響が低減される(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM B7)

- これらの経路[CDRの選択肢への依存を下げた昇温を1.5°Cに抑制するモデルの経路]は、気候変動が土地にもたらす影響もCO₂施肥効果も考慮していない。さらに、これらのモデル経路は本報告書にて評価された対応の選択肢の一部しか含まない(確信度が高い)。追加的な対応の選択肢を含めることによって、土地の需要を増大させるバイオエネルギーまたはCDRについて予測される必要量を低減するだろう。

(IPCC SRCCL SPM B7.5)

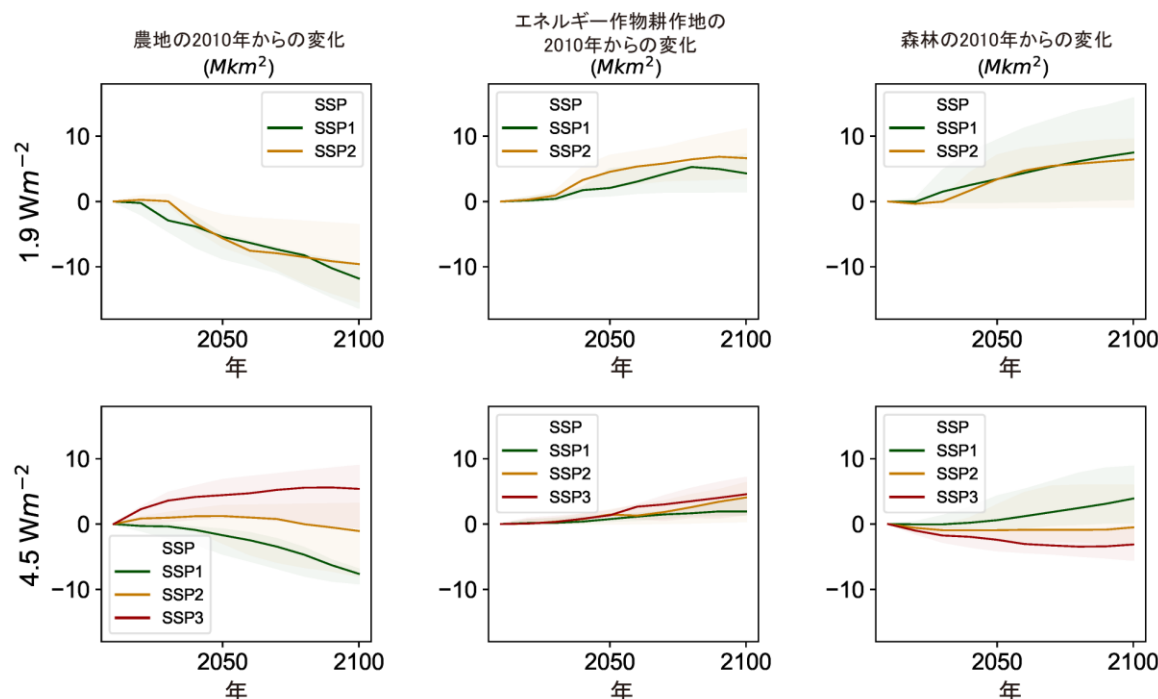


図. 3つの異なるSSPと2つの異なる温暖化レベル(上段:RCP1.9、下段:RCP4.5)の下での農地(左)、バイオエネルギー用耕作地(中央)、及び森林(右)の土地面積の推移。農地には牧草地と耕作地が含まれている。

C. [必要な緩和策・適応策を]可能とする 対応の選択肢

適切な政策設計が土地に関する適応と緩和に寄与する

- 全ての規模において政策、制度、及びガバナンスシステムの適切な設計をすることは、土地に関連する適応及び緩和に寄与し、同時に気候に適応する開発経路の追求を促進しうる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM C1)

- 土地利用のゾーニング、空間設計、統合的な景観計画、規制、刺激策(例えば、生態系サービスへの支払いなど)及び自主的または説得的手段(例えば、環境配慮型の農場計画、持続可能な生産の基準及び認証、科学知・地域知・先住民知識の利用、並びに集団行動)によって、適応及び緩和について積極的な(正の)結果を達成しうる(確信度が中程度)。
- それらはまた、収益を提供し、劣化した土地の修復、並びに一定の状況における気候変動への適応及び緩和の動機を与える(確信度が中程度)。
- 土地の劣化が起こらない中立的な状況(land degradation neutrality)の目的を推進する政策も食料安全保障、並びに人間の福祉、及び気候変動への適応及び緩和を支えうる(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM C1.1)

森林保全制度: REDD+ とガバナンスの課題

50カ国以上の国々が REDD+(途上国における森林減少・森林劣化に由来する排出の抑制、並びに森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強)の戦略を策定しており、それらの戦略は森林減少と森林劣化に対処するための重要な条件(モニタリング能力の向上、駆動要因の理解、利害関係者の関与の促進、及び先住民やコミュニティの土地の権利を確立するためのプラットフォームの提供)を備えている。しかし、本来の目的を達成し、実際の状況で効果を発揮するためには、森林を基盤とした緩和行動を国の開発計画や公式の気候戦略に組み込み、部門や政府のレベルを超えて主流化する必要がある。

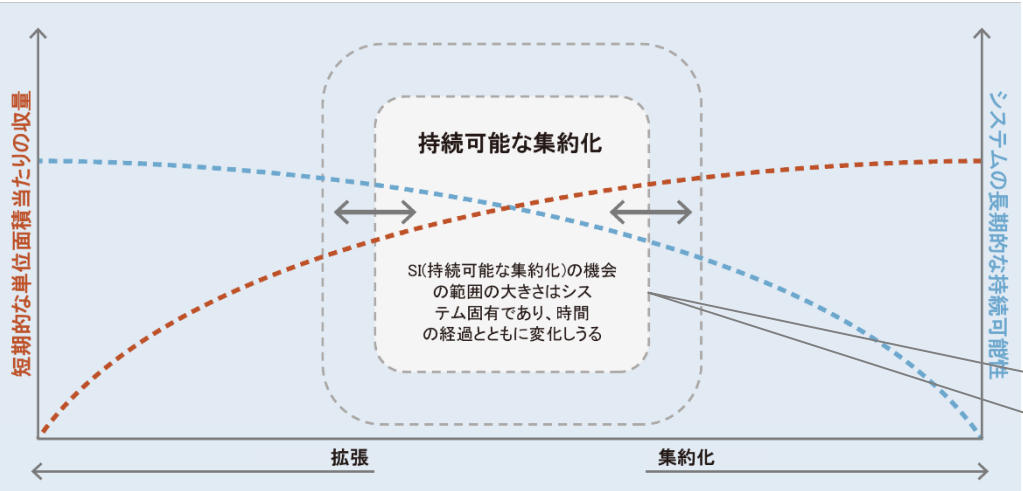
IPCC SRCCL 709-711頁 第7章のケーススタディには、アマゾンの熱帯雨林とインドにおいて実践されている REDD+と、それぞれが抱えているガバナンスの課題が紹介されている。

(IPCC SRCCL 709-711頁 第7章 Case Study)

適切な政策設計が土地に関する適応と緩和に寄与する(続き)

- 不安定な土地保有 (tenure) は、人、コミュニティ及び組織が、適応及び緩和を土地に対して進めようとする際に影響を与える(確信度が中程度)。慣習的な土地へのアクセスや土地の所有が限定的にしか認定されない場合、脆弱性の増大や適応能力の低減をもたらすだろう(確信度が中程度)。
- 土地政策(慣習的な土地保有の認定、コミュニティマッピング、再分配、分散化、共同管理、賃貸市場の規制を含む)は、気候変動に対して安全保障及び柔軟性の両面での対応を示すことができる(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM C1.2)



出典: 図, IPCC SRCCL 504頁 第5章 Cross-Chapter Box 6 図1

図. 持続可能な集約化の概念図。持続可能な集約化により、理論的には、劣化を引き起こすことなく土地利用を集約化する機会を提供しうる。これにより、他の生態系サービス(炭素隔離や生物多様性の保護等)を提供するための土地の節約(land sparing)が可能になりうる。しかし、持続可能な集約化の可能性[の範囲]はシステム固有のものであり、時間経過とともに変化しうる(図中の灰色の矢印)。

現在行われている慣行は既にこの範囲外にある可能性があり、システムの長期的な持続可能性に負の影響が及び、持続不可能な状態にあるかもしれない。

(IPCC SRCCL 504頁 CB.6 図1 解説)

持続可能な集約化(SI)の例: 景観(landscape)アプローチ

SIを実施するために用いられる土地の節約と共有のアプローチは、本質的に「景観アプローチ」である。景観アプローチは、保全目標と生産目標のバランスを図るための計画策定プロセスを通じて、耕作、粗放牧・集約放牧、林業、採掘、保全、レクリエーション、都市、産業、インフラといったさまざまな用途に土地を割り当てるアプローチである。

例えば集水域の規模に着目した景観アプローチは、一般的に、競合する土地需要の課題に取り組むための最良の方法とされており、重点的にSIを実施するのに適切な規模である。SIの観点からは、景観アプローチは、SIを通じて「節約された」土地を確実に保護し、保護地域への農業による悪影響を最小限に抑えることで、生物多様性保全の潜在的な便益を達成するものである。関連する管轄域内で適用されている土地ガバナンスの仕組みによって、異なるアプローチが適切／必要となる場合もある。ただし、土地利用規制が策定・施行された場合にのみ、便益が保証される。

(IPCC SRCCL 505頁 第5章 Cross-Chapter Box 6)

適切な政策設計が土地に関する適応と緩和に寄与する(続き)

- **土地劣化が起こらない中立的状況**は、持続可能な土地管理の採用、並びに劣化した土地の修復及び再生によって劣化を逆転させようとする対策を通じて行われ、土地の劣化を回避及び低減する対策をバランスよく実施することによって達成しうる。
- 土地の劣化が起こらない中立的な状況を達成するための多くの**介入**は、共通的に気候変動に対する適応及び緩和の便益を実現する。土地の劣化が起こらない中立的な状況を追求することによって、土地の劣化及び気候変動に同時に対応するための推進力となる(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM C1.3)

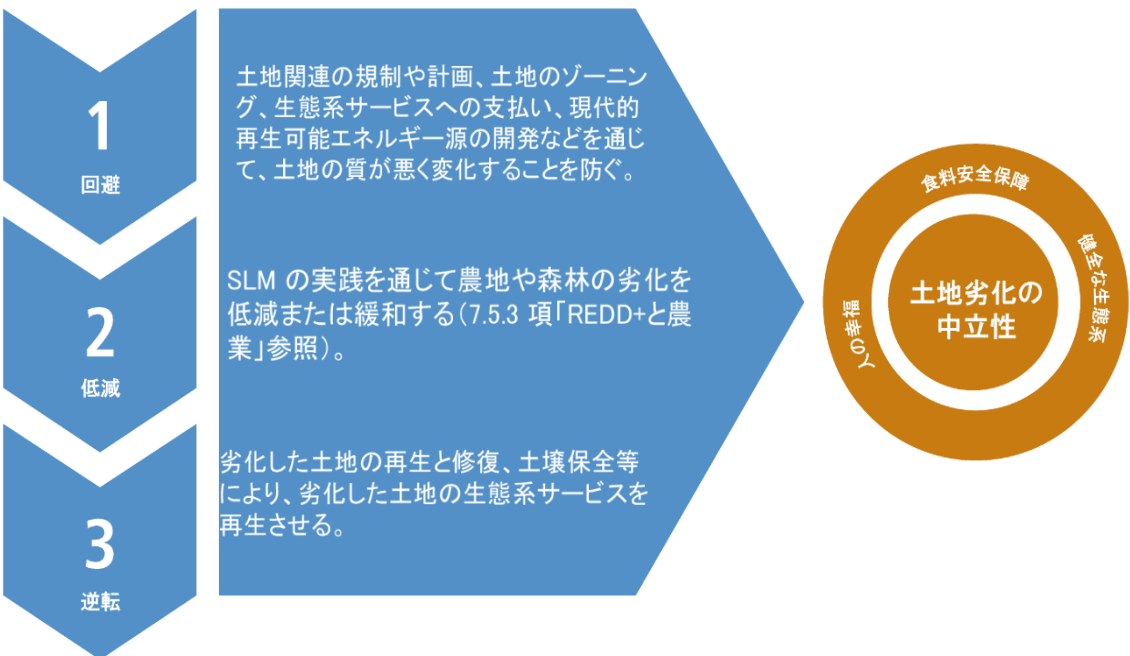


図. 中立的な土地劣化への対応の階層。

土地劣化の中立性:

土地劣化が起こらない中立的な状況 (Land Degradation Neutrality : LDN) (SDG目標15.3)は、国連砂漠化対処条約 (UNCCD)が持続可能な土地管理 (SLM) を促進するために導入したネットゼロの土地劣化という概念から発展したものである。ここでの中立性とは、ベースラインまたは基準となる状態と比較して、土地を基盤とした自然資源と生態系サービスに正味の損失がないことを意味する。

LDNは、土地の劣化(及びそれに伴う生態系サービスの損失)の速度を減少させ、劣化または砂漠化した土地の再生及び修復の速度を加速させることで達成しうる。したがって、LDN目標の達成のためには、世界的な土地劣化の速度が土地再生の速度を上回ってはならない。

(IPCC SRCCL 705頁 第5章 7.4.5)

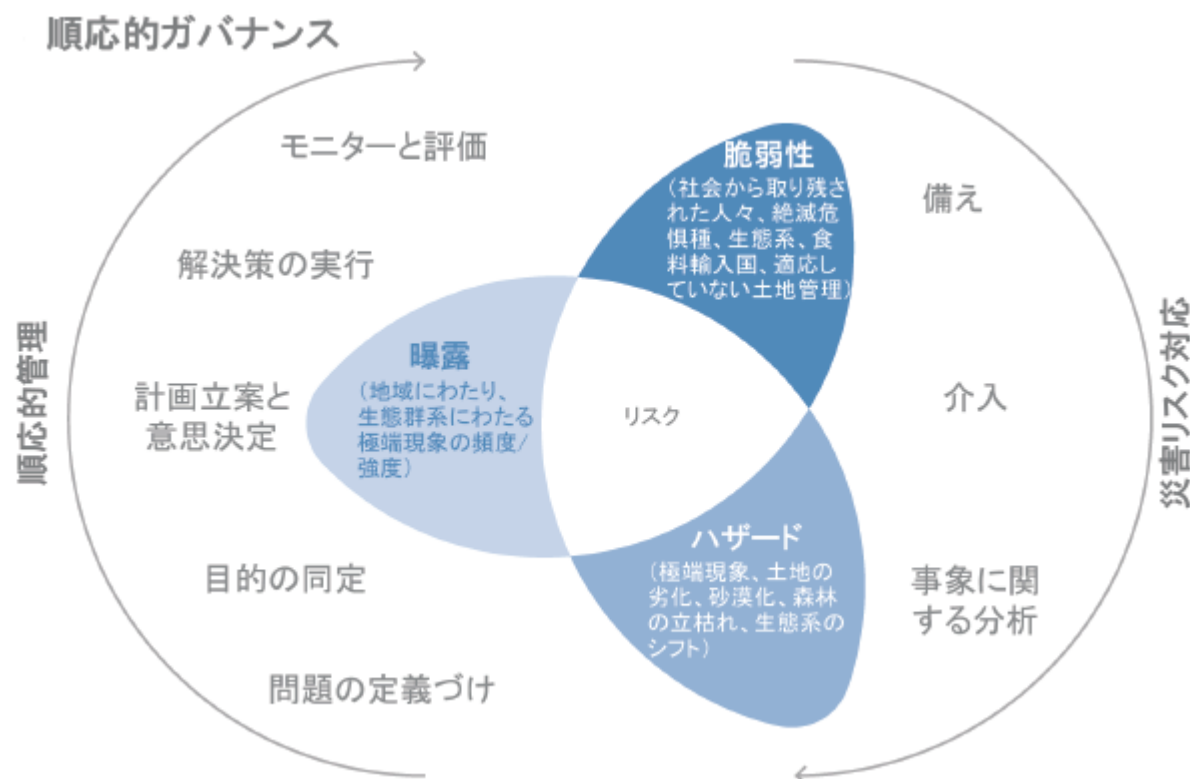
相互補完的な政策が利害関係者の協力を育む

- 相互補完的な気候及び土地の政策は、資源を保全(節約)し、社会的なレジリエンスを強化し、生態的な再生を支え、複数の利害関係者の関与及び協力を育む潜在的可能性を有する(確信度が高い)。
- (IPCC SRCCL SPM C1)

(IPCC SRCCL SPM C1)

- 土地をめぐる課題は複雑で、それらの課題に関連する主体が多様であるため、単一の政策アプローチよりも、複数の政策の組み合わせの方が、持続可能な土地管理及び気候変動の複雑な課題に対して改善された結果を実現しうる（確信度が高い）。(IPCC SRCCL SPM C1.4)

(IPCC SRCCL SPM C1.4)

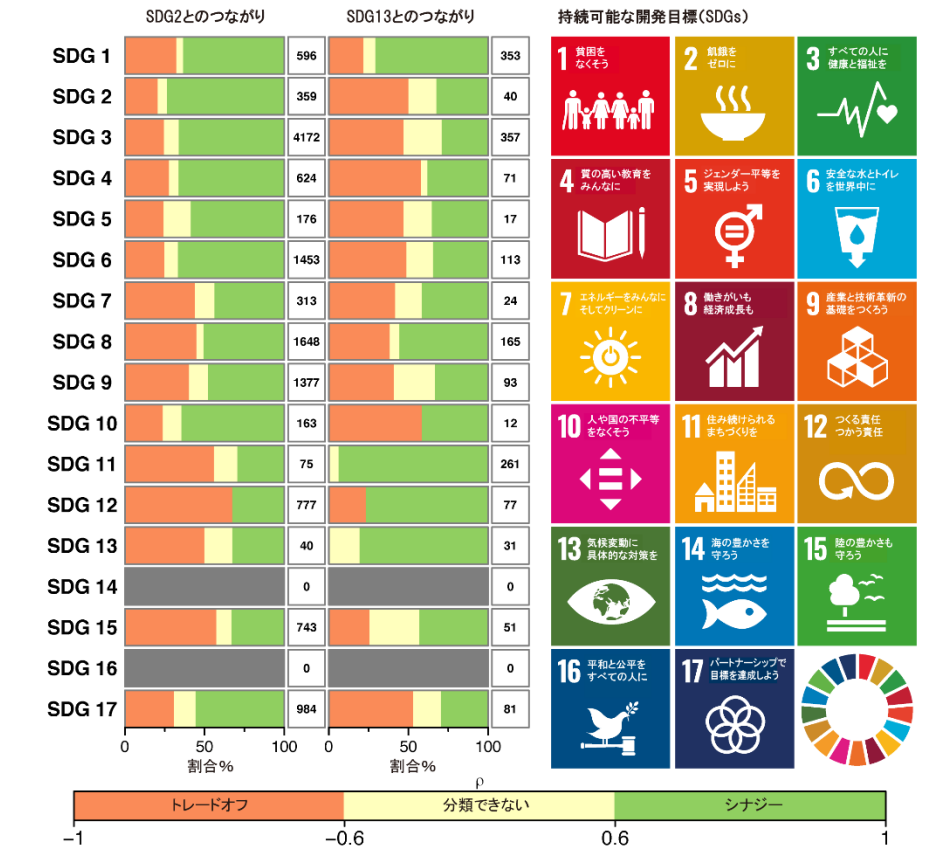


- 政策ミックスは、人間及び自然システムの気候変動に対する脆弱性及び曝露度合を強力に低減しうる（確信度が高い）。
- そのような政策ミックスの要素には、天候及び健康保険、社会保護及び順応的なセーフティネット、臨時の融資及び積立金、効果的な緊急時対応策を伴う早期警戒システムにすべての人がアクセスできることなどを含むかもしれない（確信度が高い）。

(IPCC SRCCL SPM C1.4)

食料システムに係る政策は適応と緩和に貢献する

- 食品ロス及び食品廃棄物を削減し、食生活における選択に影響を与える政策を含む、食料システムにわたって運用される政策は、より持続可能な土地利用管理、食料安全保障の強化及び低排出シナリオを可能とする(確信度が高い)。
- そのような政策は気候変動の適応及び緩和に貢献し、土地劣化、砂漠化及び貧困を低減するとともに公衆衛生を改善しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM C2)



- 食料システムに影響を与える極端現象に対する適応及びレジリエンスの強化は、リスクの共有及び移転メカニズムを含む総合的なリスク管理によって促進される(確信度が高い)。
- 農業の多様化、市場アクセスの拡大及びサプライチェーンの混乱の増加に対して準備することによって食料システムにおける適応をスケールアップしうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM C2.3)
- 政府調達における食料源のさらなる多様化、健康保険、財政的インセンティブ及び意識向上運動などの栄養状態の改善を目的とした公衆衛生政策は、潜在的に食品需要に影響を与え、医療費を削減し、GHG 排出量の削減に寄与し、適応能力を強化しうる(確信度が高い)。
- 公共の健康指針に基づく食生活の推進を通じて食品需要に影響を与えることによって、より持続可能な土地管理を可能とし、複数のSDGs の達成に寄与しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM C2.4)

食料システムに係る政策は適応と緩和に貢献する(続き)

表. 食料関連の気候変動への適応と緩和のための政策の潜在的な区分。「スケール」は導入の規模を示す(I =世界(international)、N=国家(national)、R=準国家・地域(sub-national-regional)、L=地方(local)。

大分類	小分類	スケール	介入	例
供給側の効率	農業の効率化と収量の向上	I, N	農業の研究開発	遺伝学、収量格差、レジリエンスなどに関する研究、イノベーション、知識の交換への投資
		I, N	精密農業の支援	農業工学、ロボティクス、ビッグデータ、リモートセンシング、投入
		I, N	持続可能な集約化プロジェクト	土壌、栄養、資本、労働力 (Cross-Chapter Box 6)
		N, R	農家研修と知識共有の改善	改良普及サービス、オンラインアクセス、農家フィールドスクール、農家間ネットワーク (CABI 2019)
	土地利用プランニング	N, R, L	生態系サービスのための土地利用プランニング(リモートセンシング、土着・郷土知)	ゾーニング、保護区ネットワーク、多機能景観、「土地の節約」 (Cross-Chapter Box 6; Benton et al. 2018; Jones et al. 2013)
		N, R, L	保全型農業プログラム	土壌・水の侵食対策、土壌品質の向上 (Conservation Evidence 2019)
		N	生態系サービスへの支払い	ボリビアのロス・ネグロス・バレーなど、農民や土地所有者が、低収益だが環境に優しい資源利用を選択するためのインセンティブ
	市場へのアプローチ	I, N	サプライチェーンにおける炭素コスト報告の義務化;官民インセンティブ付き保険商品	炭素と自然資本の会計(CDP 2019)、作物保険(Müller et al. 2017a)
	売買	I	売買の流れの自由化;グリーン売買	サプライチェーンからのGHG排出量削減
収益性と品質の向上	高級品市場の活性化	N, R	持続可能な農業基準、農業生態学プロジェクト、地域の食の運動	地域政策の立案、持続可能な食料の公的調達(Mairie de Paris 2015)

→ スライド次頁に続く。

食料システムに係る政策は適応と緩和に貢献する(続き)

表(スライド前頁からの続き). 食料関連の気候変動への適応と緩和のための政策の潜在的な区分。「スケール」は導入の規模を示す(I = 世界(international)、N=国家(national)、R=準国家・地域(sub-national-regional)、L=地方(local)。出典: 表, IPCC SRCCL 509頁 表5.6

大分類	小分類	スケール	介入	例
需要の変更	食品廃棄物の削減	I, N, L	規制、税金	「捨てるごみの量に応じて処理費用を支払う(PAYT)」スキーム、EUの埋立処分指令、2008年日本食品廃棄物リサイクル法、2010年南アフリカ廃棄物分類・管理規則草案 (Chalak et al. 2016)
		I, N, L	啓発キャンペーン、教育	FAO食品ロス・廃棄物削減に関するグローバルイニシアティブ(FAO 2019b)
		I, N	食品廃棄物削減のための資金調達	賞味期限、加工、包装、冷蔵保存のための研究と投資 (MOFPI 2019)
		I, N, L	廃棄物を投入物として利用する循環型経済	バイオ燃料、余剰食品を慈善団体に配布(Bagliioni et al. 2017)
	炭素を多く含む食品の消費量を削減	I, N, L	特定の食料品に対する炭素価格設定	生産とサプライチェーン全体のGHG排出量を反映した食品価格 (Springmann et al. 2017; Hasegawa et al. 2018)
		I, N, L	教育で食の選択を変える	栄養とポーションサイズの表示、「ナッジ」戦略(積極的補強、間接的提案) (Arno and Thomas 2016)
		I, N, L	資金移動で食の選択肢を変える	無条件の現金授受; 電子バウチャーを事前に選択した特定の商品の設定された数量または金額と交換 (Fenn 2018)
		N, L	計画して食環境を変える	ファーマーズマーケット、コミュニティの食料生産、「食の砂漠」への対処 (Ross et al. 2014)
	炭素と健康目的を組み合わせる	I, N, L	補助金、基準、規制の変更により、より健康的で持続可能な生産食品へ転換する	USDAの「学校のためのスマートスナック」規制は、栄養ガイドラインを義務付け(USDA 2016)。補助金を通じて生産にインセンティブ(生産物に基づいて生産者に直接的、または投入物に補助金を与えることで間接的に)。
		N	予防対治療の公的医療インセンティブ	健康的で持続可能な食生活に対する健康保険費用の削減
		I, N, L	食料システムの表示	オーガニック認証、栄養ラベル、ブロックチェーン台帳
		N, L	教育・啓発キャンペーン	学校のカリキュラム、啓発キャンペーン
		N, L	破壊的技術への投資(例: 培養肉)	研究開発減税、産業戦略
		N, L	公的調達	健康のために: 健康のための食品の公的調達 (Caldeira et al. 2017) 環境のために: パリ持続可能な食料計画2015-2020公共調達条例 (Mairie de Paris 2015)

持続可能な土地管理にインセンティブを与える政策がある

- 持続可能な土地管理の採用及び貧困の撲滅は、市場へのアクセスの改善、土地の保有(tenure)の確保、環境コストの食料への組み入れ、生態系サービスへの支払いの形成、並びに地域及びコミュニティの集団行動の強化によって可能となりうる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM C2)

- 気候変動への適応及び緩和に向けた持続可能な土地管理を可能としインセンティブを与える政策には、投入、産出、金融サービス市場へのアクセスの向上、女性及び先住民のエンパワーメント、地域及びコミュニティにおける集団行動の強化、補助金の改革、並びに成功要因となる貿易システムの推進などが含まれる(確信度が高い)。
- 土地の再生及び修復の努力は、政策が国際的なレベルを含め、各主体と組織の協力を強化すると同時に自然資源の局所的管理を支えるときにより効果的になりうる。
(IPCC SRCCL SPM C2.1)
- 土地を劣化させる農業の実施の環境コストを反映することによって、より持続可能な土地管理にインセンティブを与えうる(確信度が高い)。環境コストの反映の障壁となるのは、これらのコストの推定に関する技術的な課題及び食料に関する課題である。
(IPCC SRCCL SPM C2.2)

参考:

気候変動と土地の経済的側面

持続可能な土地管理(SLM)は、社会的にも経済的にも道理にかなっている。気候変動への適応と緩和のためにSLMを早期に実施することは、明確な社会的メリットをもたらす。気候変動と土地の相互作用が社会に与える影響の程度と規模及びそれらの影響の社会的重要性に関する解釈が不十分なため、気候変動がもたらすリスクの全容に関する理解が必要とされている。何も行動を起こさなかったり、行動が遅れることによって、不可逆的な変化及び土地の生態系サービス(食料安全保障を含む)の損失といった深刻なリスクが生じ、世界の多くの地域の多くの国々で重大な経済的損失がもたらされる可能性がある(確信度が高い)。

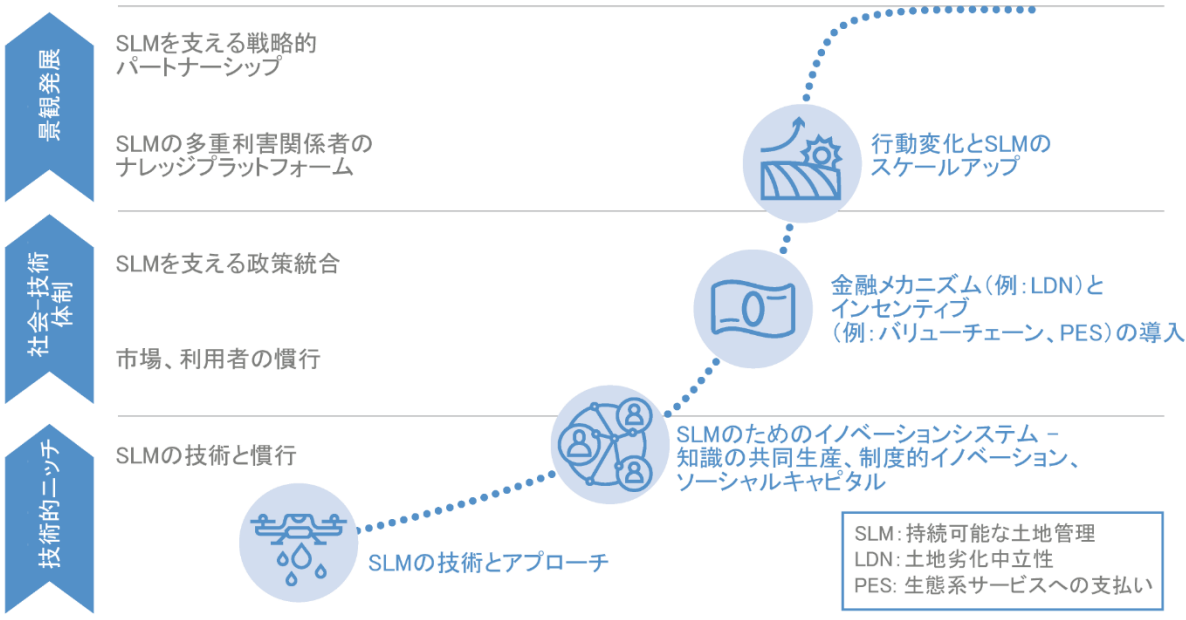
SRCCL 第7章 Cross-Chapter Box 10では、土地を基盤とした気候変動対策の社会的・経済的な影響を評価するためには、(1)社会的価値、(2)気候と土地に起因した介入による土地生態系へのダメージ、(3)行動を起こすことのコストと何もしないことのコスト、及び(4)不確実性の下での意思決定、の4つの概念が不可欠であるとして、その詳細を説明している。

(IPCC SRCCL 692-694頁 第7章 Cross-Chapter Box 10 より)

コベネフィット・トレードオフの認識が実施の障壁を克服する

■ 土地及び食料の政策の設計の際に共便益(コベネフィット)及びトレードオフを認識することによって実施の障壁を克服しうる(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM C3)

- 統合的で、調整のとれた一貫性のある形で砂漠化、土地の劣化及び食料安全保障に対応することによって、気候にレジリエントな開発を助け、潜在的に複数のコベネフィットを提供しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM C3.1)
- 技術的、生物物理的、社会経済的、財政的及び文化的な障壁は、便益に関する不確実性同様に、土地に基づく多くの対応の選択肢の採用を制限しうる(確信度が高い)。
- 多くの持続可能な土地管理の実施は、不安定な土地保有(tenure)、資源及び農業指導サービスへのアクセスの欠如、民間及び政府による不十分かつ不平等なインセンティブ、並びに知識及び実践的経験の不足により、広く採用されていない(確信度が高い)。
- 国民対話、慎重に設計された政策介入、社会学習の組み込み、及び市場の変化を組み合わせることによって、実施の障壁を削減しうる(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM C3.2)



イノベーションと新しい技術の採用のための分析には、移行理論(transition theory)の枠組みが利用されることが増えている。その出発点には、地球環境問題の多くは技術的な変化だけでは解決できず、より広範囲な社会生態系の変化が必要であるという認識がある。

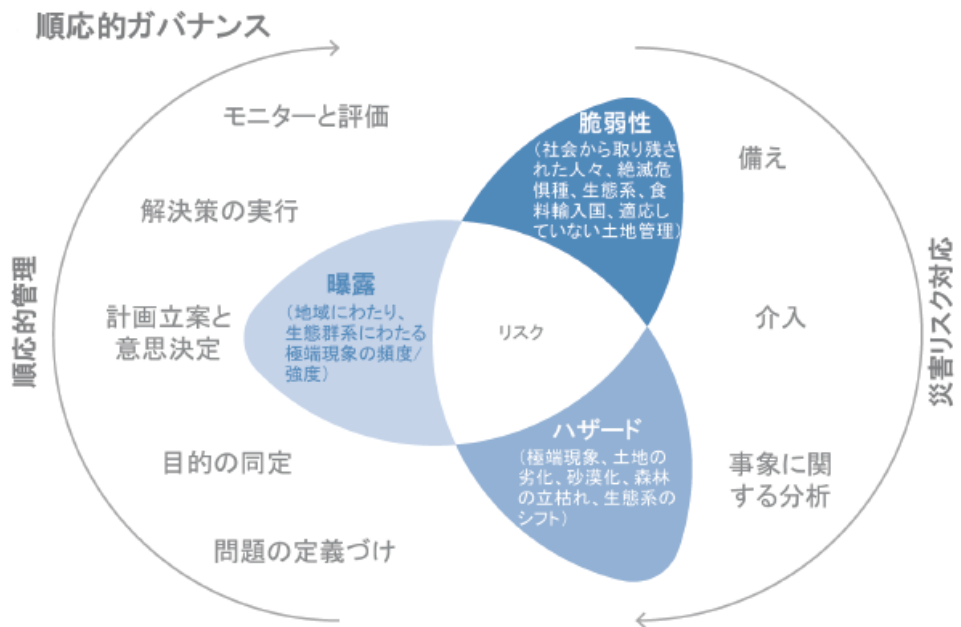
(IPCC SRCCL 390頁 第4章 4.8.7)

図. ニッチなSLMの採用からレジームシフトと景観発展までの移行。

複数のレベルをまたぐ部門横断型のガバナンスが有用

- 土地管理の決定は農場レベルから国家の規模にわたって行われ、気候政策及び土地政策がいずれも複数の部門、省庁及び機関にわたることが多いため、複数のレベルをまたぐ、ハイブリッドで部門横断型の強化されたガバナンスは、反復的で一貫性のある、順応的で柔軟性のある方法で開発され採択された政策とともに、共便益(コベネフィット)を最大化し、トレードオフを最小化しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM C3)
- 土地及び食料部門は、制度的な分断という特有の課題に直面し、多くの場合、異なるレベルの利害関係者間の関わり合いの欠如、及び焦点の狭い政策目的に苦しむ(確信度が中程度)。
- 公衆衛生、運輸、環境、水、エネルギー及びインフラなどその他の部門との協調は、リスクの低減及び健康の改善などの共便益(コベネフィット)を増大させうる(確信度は中程度)。(IPCC SRCCL SPM C3.3)

順応的管理は、問題と目的の特定、対応の選択肢に関連した意思決定、不確実性の中で対応の選択肢を進めるための手段によって、土地や気候変動の影響への曝露や脆弱性を特定し、対応する。これらの意思決定は継続的に監視され、評価され、変化する状況に合わせて調整される。(IPCC SRCCL 745 頁 第7章 Box 7.2)

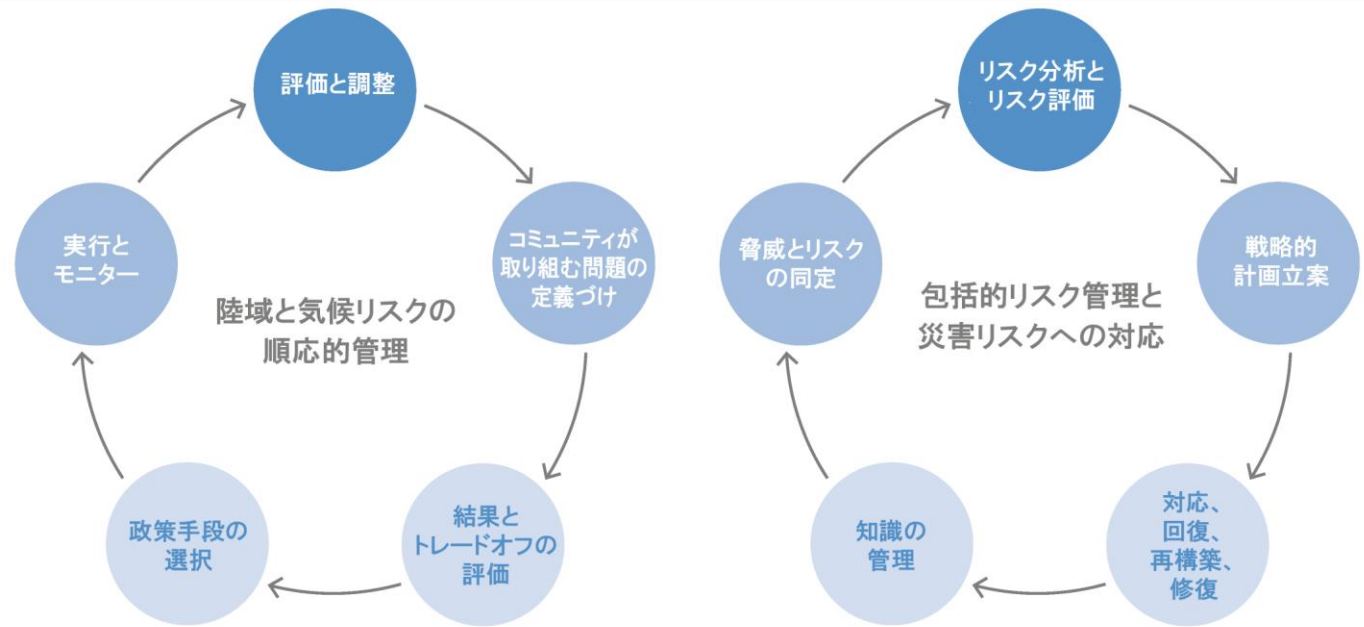


順応的管理同様に、災害リスク管理は、備え、予防、対応、分析、再構築の反復的プロセスを通じて、災害に対応する。(IPCC SRCCL 745 頁 第7章 Box 7.2)

複数のレベルをまたぐ部門横断型のガバナンスが有用(続き)

- 一部の対応の選択肢及び政策は結果的に、制度的な最優良事例を用いても十分に管理ができないような社会的影響、生態系機能及びサービスの破壊、水の枯渇または高コストを含むトレードオフを引き起こしうるかもしれない(確信度が中程度)。それらのトレードオフへの対応は、適応の失敗の回避の助けとなる(確信度が中程度)。
- 潜在的なトレードオフ及び知識ギャップ(knowledge gap [知見不足や見解の不一致等])を予想し評価しておくことは、証拠に基づく政策決定において、異なる利害関係者について特定の対応のコスト及び便益を比較検討することを助ける(確信度が中程度)。
- トレードオフの管理に成功するには、特に地域密着型の事例において、構造化されたフィードバックのプロセスを伴う利害関係者からのインプットの最大化、対話促進や空間的に系統立てられたマッピングのような革新的なフォーラムの利用、並びに新たな証拠の発見により継続的に政策を再調整できる反復的な順応的管理を含むことが多い(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM C3.4)



持続可能な土地管理の実現に必要な事項

■ 持続可能な土地管理活動を成功裏に実施するには、その地域の環境及び社会経済的条件の考慮を必要とする(非常に確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM C4.1)

- 気候変動の文脈における持続可能な土地管理は典型的に、土地劣化の防止、削減及び再生に加え、土地利用による圧力及び影響(例えば、生物多様性の減少、土壌の喪失、地下水の過剰利用、生息地の喪失、農業、食料生産及び林業における土地利用変化など)の同定に、全ての関連する利害関係者を巻き込むことによって進められる(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM C4.1)
- 政策手段の成果の測定、報告及び検証における広い参加は持続可能な土地管理を支持しうる(確信度が中程度)。指標の選択、気候データの収集、土地モデリング及び土地利用計画に利害関係者の参加を得ることは、統合的な景観計画及び政策の選択を仲介し、促進する(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM C4.2)

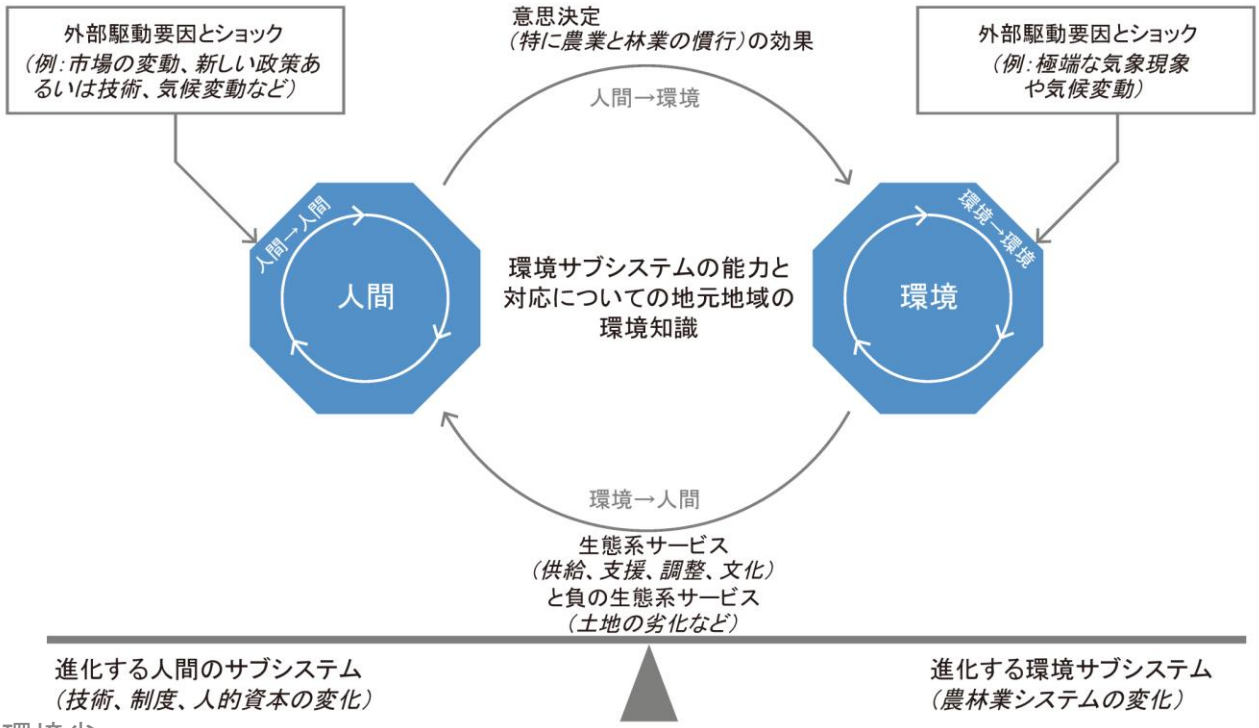


図. 土地システムを構成している人間の要素と環境の要素の間の相互作用を示す模式図。意思決定と生態系サービスが、(ローカルな知識と科学的知識からなる効果的なシステムによって調整されながら)構成要素間をつないでいる。また、構成要素が機能的に共進化するためには、変化の速度とこれらのつながりの動向のバランスがおおむね保たれていなければならないことを示している。

最も脆弱な人々の関与によってガバナンスの効果が強化される

- 意思決定及びガバナンスの効果は、地域の利害関係者(特に先住民族、局所的な地域社会、女性、並びに貧困者及び社会から取り残された人々など、気候変動に最も脆弱な人々)による、土地に基づく気候変動への適応及び緩和の政策手段の選定、評価、実施及び監視における関与によって強化される(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM C4.)

- 先住民の知識及び地域の知識を含む農業の実施は、気候変動、食料安全保障、生物多様性の保全、並びに砂漠化及び土地劣化への対処の複合的な課題の克服に寄与する(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM C4.3)

- 女性のエンパワーメントは、家庭の食料安全保障及び持続可能な土地管理に相乗効果及び共便益(コベネフィット)をもたらす(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM C4.4)

- ・ 先住民及び地域コミュニティの協力を得た、事業者、生産者、消費者、土地管理者及び政策決定者を含む幅広い主体にわたる調整された行動によって、対応の選択肢を採用するための条件を可能とする(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM C4.3)
- ・ 気候変動の影響に対する女性に偏った脆弱性により、土地管理及び土地保有における女性の参加は制約を受ける。
- ・ 土地をめぐる権利及び持続可能な土地管理への女性参加の障壁を取り扱うことのできる政策:
 - ✓ 貧困撲滅プログラムの下での女性への資金の移転、女性の健康・教育・研修・キャパシティビルディングに向けた支出、有利な条件での資金提供、及び既存のコミュニティベースの女性組織を通じたプログラムの普及など(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM C4.4)

参考

気候変動、土地及び持続可能な開発への包括的な取り組みにおけるジェンダーの課題について、SRCCL 717-719頁 第7章 Cross-Chapter Box 11で解説している。先住民の知識及びローカルな知識の利用やその制約、課題等については、SRCCL 746-748頁 第7章 Cross-Chapter Box 13で解説している。

D. 当面の対策

当面の対策が土地部門の適応・緩和を強化する

- 既存の知識に基づき当面の対策を取ることで、砂漠化、土地劣化及び食料安全保障に取り組むと同時に、気候変動に対する適応及び緩和を可能とする、より長期的な対応を支える。これらには、個人及び組織の能力開発、知識移転の加速化、技術の移転及び普及の強化、資金メカニズムの有効化、早期警戒システムの実施、リスク管理の実施、並びに実施及びスケールアップのギャップへの対応を目的とした対策が含まれる(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM D1.)

- 短期的な能力開発、技術移転及び普及、並びに金融メカニズムを実施可能にすることによって、土地部門における適応及び緩和を強化することができる。
- 知識及び技術移転は、変化する気候の下での食料安全保障に向けた自然資源の持続可能な利用の強化を助けうる(確信度が中程度)。持続可能な土地管理活動、農地の拡大及び相談サービスに関する啓発活動、能力開発及び教育の向上、並びに生産者及び土地利用者に対する農業サービスの利用拡大によって土地劣化に効果的に対処しうる。(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM D1.1)
- 土地の劣化及び砂漠化を含む土地利用変化の測定及び監視は、新たな情報通信技術(携帯電話を利用するアプリケーション、クラウドを利用するサービス、地上センサー、ドローン映像)の利用拡大、気候サービスの利用、並びにリモートセンシングによる土地資源に関する土地及び気候の情報によって支えられる(確信度が中程度)。
- 極端な気象及び気候の現象の早期警戒システムは生命及び財産の保護並びに災害リスクの軽減と管理の強化に不可欠である(確信度が高い)。
- 季節毎の予測及び早期警戒システムは、食料安全保障(飢餓)及び害虫や疫病を含む生物多様性の監視、並びに順応型気候リスク管理に不可欠である(確信度が高い)。
- 人間及び組織の能力に対する投資はハイリターンである。これらの投資には観測及び早期警戒システム、並びに水文気象学及びリモートセンシングを利用した現場の監視システム及びデータ、現場の観測、インベントリ及び調査、並びにデジタル技術の利用拡大その他のサービスへのアクセスを含む(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM D1.2)

気候リスクの情報提供が時宜を得た意思決定を可能にする

- 気候関連のリスクに関する情報提供は、土地管理者の能力を向上させ、時宜を得た意思決定を可能とする（**確信度が高い**）。
(IPCC SRCCL SPM D1.3)

- 持続可能な土地管理は、新しい対応の選択肢の効果、共便益（コベネフィット）及びリスクのデータ及び情報の入手可能性及び利用可能性の向上、並びに土地利用の効率の拡大によって改善する（**確信度が高い**）。
(IPCC SRCCL SPM D1.4)

- 土地に特有のリスク管理の観点から土地管理を構成することは、景観アプローチ、害虫及び疫病の発生の生物学的抑制、並びにリスクの共有及び移転のメカニズムの改善を通じて適応において重要な役割を果たしうる（**確信度が高い**）。
(IPCC SRCCL SPM D1.3)
- 一部の対応の選択肢（例えば、土壌炭素管理の改善）は、小規模実証設備においてのみ実施されており、これら対応の選択肢の規模の拡大及び広範な普及については知識的、金銭的、制度的なギャップ及び課題が存在する（**確信度が中程度**）
(IPCC SRCCL SPM D1.4)

行動の遅れは結果的に、気候変動やその他の圧力によって、土地をめぐる課題への対応の必要性を高め、土地に根ざした対応の選択肢の潜在的可能性を減少させるだろう（**確信度が高い**）。しかし、早期の対策実施にあたっては、**技術力、規模の拡大、及び制度的な障壁といった課題**が存在している（**確信度が高い**）。

- ✓ 対応の選択肢の中には、技術的な障壁があり、短期的には大規模導入が制限される可能性があるものがある（**信頼度が高い**）。例えば、BECCSやその他のいくつかの対応の選択肢は、小規模実証設備でしか実施されておらず、SRCCLで議論されている水準にまで規模を拡大するためには課題が存在している（**確信度が中程度**）。
- ✓ 当初は容易に実施できるとされていた行動でさえ、その実施が困難になっているものもある。REDD+のための政策は停滞しており、十分な資金、制度的支援、地元の賛同・協力、及び成功に向けた明確な指標といった、対応の選択肢を可能にする条件が必須であることを明示する実例となっている。

(IPCC SRCCL 554-555頁 第6章 エグゼクティブサマリー)

持続可能な土地管理の対策が脆弱性の低減に役立つ

- 気候変動への適応及び緩和、砂漠化、土地劣化並びに食料安全保障に対応する当面の対策は、社会的、生態的、経済的及び開発に関する共便益(コベネフィット)をもたらしうる(確信度が高い)。共便益(コベネフィット)は、貧困の撲滅及び脆弱な人々のよりレジリエントな生計に貢献しうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM D2.)

- 持続可能な土地管理を推進する当面の対策は、土地及び食料に関連する脆弱性を低減させるのに役立ち、よりレジリエントな生計を創造し、土地の劣化及び砂漠化、並びに生物多様性の喪失を減少させる(確信度が高い)。
- 持続可能な土地管理、貧困撲滅努力、市場アクセス、非市場メカニズム及び生産性の低い手法の廃止の間には相乗効果がある。これらの相乗効果を最大化することによって、生態系の機能及びサービスの保存を通じて適応、緩和及び開発の共便益(コベネフィット)をもたらしうる(確信度が中程度)。(IPCC SRCCL SPM D2.1)



一方で、行動の遅れは継続的且つ増大する気候の影響に脆弱な人々を曝すことになる。

- 対応の選択枝の実施における行動の停滞や遅れは、**既存の不平等や影響を悪化**させる。そのため、人口増加と気候の影響の増大に起因して、気候変動の影響に脆弱な人々の数が増加することになる。
- 将来の気候変動は、既存の土地をめぐる課題のさらなる深刻化、農業生計への圧力の増大、土地の急速な劣化の可能性、及び食料不安に曝される人々の数百万人単位での増加につながる。
- 行動の遅れは、政治的リスク及び重大な社会的影響(例:人間の(特に沿岸地域の)居住地、大規模な移住、及び紛争のリスク)をもたらす可能性がある。
- 脆弱性と曝露を低減する早期の行動は、回復力のある生計の向上、土地の劣化の低減、及び食料安全保障の改善という、事実上の便益のサイクルに向けた機会を生み出しうる。

(IPCC SRCCL 644頁 第6章 6.4.5)

持続可能な土地管理の対策が脆弱性の低減に役立つ(続き)

- 気候変動への適応及び緩和、砂漠化、土地劣化並びに食料安全保障に対応する当面の対策は、社会的、生態的、経済的及び開発に関する共便益(コベネフィット)をもたらす(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM D2.)

- ・ バランスのとれた食生活への短期的な転換(B6.2 参照)は、土地に対する圧力を低減させ、栄養の改善を通じて健康面で大きな共便益(コベネフィット)を実現する(確信度が中程度)。
- ・ 持続可能な土地管理活動及び技術に対する先行投資は20～5,000 米ドル/ha となりえる。また、その中央値は500 米ドル/ha 前後と推定される。政府の支援及び信用貸しの利用可能性の向上により、採用に対する障壁、特に小規模農家が直面する障壁の克服を助けうる(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM D2.3)

政策による対応には実施までのリードタイム(準備期間)が必要であり、行動の遅れはこれをさらに悪化させる。

- すべての対応の選択肢、特に政策制度を通じて実施する必要があるものについては、その実施サイクルには不可避免的な遅延期間(lag)がある。政策実施サイクルの遅滞によって実施が遅れる「政策の遅れ」は、多くの土地を基盤とした対応の選択肢において重大なものである。
- さらに、いくつかの需要サイドとリスク管理の対応の選択肢を実現するために必要な行動変容には多くの場合長い時間が必要であり、遅延はこのプロセスをさらに先延ばしすることになる。例えば、個々の食事に関する決定[選択]を通じた、より健康的で持続可能な食生活の必要性を積極的に促進していくことは、将来的な変化を可能にする重要な基盤となるが、そのプロセスの進展はゆっくりである可能性が高く、行動開始の遅延はこれを悪化させるだけである。

(IPCC SRCCL 645頁 第6章 6.4.5)

土地再生と修復の対策は短期・長期の便益をもたらす

- 土地再生及び修復の対策は、生計システムを向上させ、気候変動への適応及び緩和、生物多様性、並びに生態系の機能及びサービスの強化の面で、短期的な正の経済的利益及び長期的な便益の両方を提供する（**確信度が高い**）。(IPCC SRCCL SPM D2.2)

- 土地再生に対する投資は世界全体の便益をもたらす、乾燥地では、便益費用比率は再生された生態系サービスの価値において3～6 になりうる（**確信度が中程度**）。多くの持続可能な土地管理技術及び実施は、3～10 年以内に採算がとれるようになる（**確信度が中程度**）。
- 持続可能な土地管理を確実にする対策は、先行投資を必要とする一方で、作物収量及び牧草地の経済的価値を増大させる。

(IPCC SRCCL SPM D2.2)



行動が遅れると対応のコストが増大し、経済成長が抑制がされる。

- 早めに行動を起こして排出量を削減（緩和）することで、行動が遅延した場合よりも温度の上昇幅が小さくなり、緩和コストも低く抑えられると推定されている。
- 緩和、適応、及び持続可能な土地利用に対処するための行動を起こさないことのコストは、計算方法にもよるが、ほとんどの国で即時行動のコストを上回っている。
- 即時行動のコストは、特に開発途上国では、行動の遅れによる経済的損害（例：気候変動の影響や経済成長の低下の可能性による資産への損害）よりも1～2桁低くなるだろう。
- 今世紀末までの健康面でのコストとエネルギーコスト（例：熱波の増加に対抗するためのエアコンの稼働）の増加は、米国だけで2010年の米国のGDPの10～58%に達すると推定されている。

(IPCC SRCCL 644頁 第6章 6.4.5)

行動の遅れは選択肢の可能性を低減させ、効果を制限する

- 野心的な緩和経路に従う、全ての部門にわたる人為起源の温室効果ガスの急速な削減は、陸域生態系及び食料システムに対する気候変動の負の影響を抑制する(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM D3)

- 異なる部門にわたる行動が遅れることで、土地に基づく適応及び緩和の選択肢を広範に導入する必要性が拡大し、その結果、世界のほとんどの地域においてこれらの多様な選択肢の潜在的可能性を低減させ、それらの現在及び将来の効果を制限する(確信度が高い)。今行動することによってリスク及び損失を回避または低減し、社会に対して便益を生むだろう(確信度が中程度)。
(IPCC SRCCL SPM D3.1)

- 気温が上昇すると土壌は炭素固定のための吸収源としての能力が低減されるため、土壌有機炭素の増加など、一部の対応の選択肢の潜在的可能性は、気候変動の進行に伴って減少する(確信度が高い)。
(IPCC SRCCL SPM D3.2)
- 行動の遅れは土地を基盤とした緩和策(新規植林、BECCS)の広範な導入の必要性を増大させうる。一方で、気候変動はバイオエネルギー作物の生産性に作用し、バイオエネルギーとBECCSの緩和ポテンシャルに影響を与える。
(IPCC SRCCL 645頁 第6章 6.4.5)
- (現時点での意思決定は将来の開発と経路を制約するため) 行動の遅れは固定化(lock-in)を引き起こしうる。例えば、どこにインフラを構築し、投資を行い、技術を導入するかについての決断は、資本ストックの慣性により、数十年間といったより長期的に派生する影響を及ぼすことになる。それと同時に、貧困層の脆弱性は気候変動によって悪化する可能性が高く、残り少ないカーボンバジェットの負担を増加させることによって最貧困層のエネルギー利用の改善を支援することで、固定化(lock in)の悪循環が生じる可能性がある。
(IPCC SRCCL 645頁 第6章 6.4.5)

行動の遅れは選択肢の可能性を低減させ、効果を制限する(続き)

- 地域に応じた持続可能な土地管理及び持続可能な開発と協調した気候の緩和及び適応について迅速に行動することにより、何百万人もの人々に対する、気候の極端現象、砂漠化、土地の劣化、並びに食料不安及び不安定な生計によるリスクを低減しうるかもしれない(確信度が高い)。(IPCC SRCCL SPM D3.1)



一方で、行動の遅れは適応の要件を増大させる。

- 気候変動の緩和に失敗すると、適応の要件が増大する。

【例】

- 緩和と適応なしでは、2100年までに、世界全体で3,100万～6,900万人が洪水にさらされる可能性がある。このような結果は、緩和と適応の両方に今すぐ投資することで防ぐことができるだろう。
- いくつかの具体的な対応の選択肢(例: 森林減少と森林の劣化の減少、泥炭地や湿地の転換の減少)は、地表にさらなる有害な影響が及ぶのを防ぐ。しかし、これらの対策が遅れると、森林減少、転換、劣化の増加をもたらし、結果的にGHGの発生源が増加し、同時に生物多様性や生態系サービスに負の影響が及ぶ。

(IPCC SRCCL 644頁 第6章 6.4.5)

GHG削減の先送りは高コストとトレードオフをもたらさう

- 将来のシナリオでは、GHG排出削減の先送りは、気温の上昇に伴う大幅に高いコスト及びリスクをもたらすトレードオフが起こることを示唆する(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM D3.2)

- 土地の劣化の回避または低減、及び実地的な生態系の再生の推進の遅れは、農業及び放牧地の生産性の急速な減少、永久凍土の劣化、泥炭地の再湛水における困難を含む長期的な影響のリスクを伴う(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM D3.2)

- 高排出シナリオにおいて想定される対策の先送りは、一部の生態系に対して不可逆的な影響をもたらさうだろうし、それはより長期的には大量のGHGが追加的に生態系から排出されることにつながり、地球温暖化を加速させる潜在的可能性を有する(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM D3.3)

行動の遅れは、生物物理学的影響の不可逆性やティッピングポイントの問題を引き起こさう。

- 不可逆性(元(ベースライン)の状態に戻すことが不可能な生態系の劣化など)や、ティッピングポイント(生態系や気候システムが急激に新しい状態に移行するような臨界点)は、早期に行動を起こすことで回避できる可能性がもたらされる。
- 泥炭地のような生態系は、元の状態に再湛水することが難しいため、不可逆性に対して特に脆弱である。
- 乾燥地の放牧システムは、地面の被覆が50%を下回ると、生産性が低下し、浸透量が減少し、さらに侵食が増大することで、ティッピングポイントに到達する危険性が高まる。
- さらに、ティッピングポイントのようなシステムの移行を人間は経験したことがないため、そのような変化への適応は特に困難になりうる。

(IPCC SRCCL 645頁 第6章 6.4.5)

対応の遅れが持続可能な開発の展望を低減させる

- 異なる部門にわたって気候の緩和及び適応の対応を遅らせることによって、土地に対してさらなる負の影響をもたらし、持続可能な開発の展望を低減させうるだろう(確信度が中程度)。

(IPCC SRCCL SPM D3)

- 全ての部門においてGHG排出削減の先送りは、食料、健康、生息可能な居住地及び生産に必要な陸域の生態系の機能及びサービスの不可逆的な喪失を含むトレードオフ、そしてそれによって世界の多くの地域における多くの国に対する益々大きな経済的影響がもたらされることを示唆する(確信度が高い)。

(IPCC SRCCL SPM D3.3)

行動の遅れは、土地に基づく緩和策(新規植林、BECCS)を広範に導入する必要性を増大させうる。

緩和の実施がさらに遅れると、二酸化炭素除去(CDR)の選択肢の必要性が今後増大しうるだろう。

- 例えば、緩和の遅延により、今世紀中のCDRの累積量を10%増加させる必要が生じる。一方で、短期的な緩和努力を強化すれば、2100年に必要なCDRの量を2～8分の1に低減しうる。
- 逆に、CDRを限定したシナリオでは、より早期の排出削減が必要とされ、1.5°C目標のようなより厳しい緩和シナリオは実現不可能になるかもしれない。

(IPCC SRCCL 645頁 第6章 6.4.5)

参考情報

i. IPCCの報告書における「可能性」の表現

■ 「可能性」とは、不確実性を定量的に表現する用語であり、観測、モデル結果の統計的解析や専門家の判断に基づいて確率的に表現される。

※ 下記の表現は、IPCC第5次評価報告書と土地関係特別報告書で整合している。

※ 本解説資料では、可能性の表現を斜字体で記載している。

可能性が高い



可能性が低い

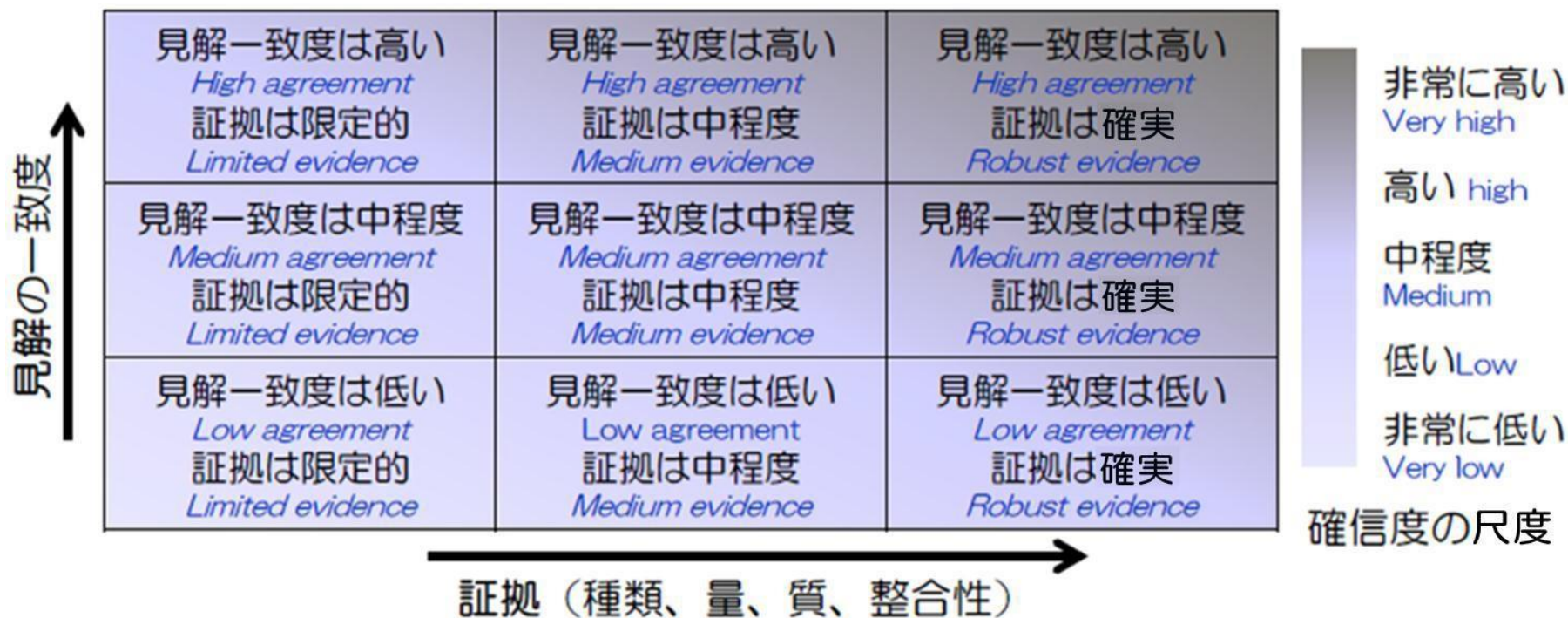
原語	和訳	発生確率
Virtually certain	ほぼ確実	99～100% の確率
Extremely likely	可能性が極めて高い	95～100% の確率
Very likely	可能性が非常に高い	90～100% の確率
Likely	可能性が高い	66～100% の確率
More likely than not	どちらかと言えば可能性が高い	50～100%の確率
About as likely as not	どちらも同程度	33～66% の確率
Unlikely	可能性が低い	0～33% の確率
Very unlikely	可能性が非常に低い	0～10% の確率
Extremely unlikely	可能性が極めて低い	0～5% の確率
Exceptionally unlikely	ほぼあり得ない	0～1% の確率

ii. IPCCの報告書における「確信度」の表現

■ 「確信度」とは、メカニズムの理解、理論、データ、モデル、専門家の判断などの証拠の種類、量、質、整合性及び見解の一致度に基づいて、妥当性を定性的に表現する用語である。

※ 下記の表現は、IPCC第5次評価報告書と土地関係特別報告書で整合している。

※ 本解説資料では、確信度の表現を斜字体で記載している。



iii. 土地関係特別報告書における「共通社会経済経路」の利用

- 土地関係特別報告書では、将来の社会経済の進展が気候変動の緩和、適応及び土地利用に与える影響を「共通社会経済経路[/シナリオ](SSPs)」を用いて調査している。(IPCC SRCCL SPM Box SPM.1)

表. 5つの共通社会経済経路と緩和・適応の相対的な困難さ

緩和 の困難さ	適応の困難さ		
	小さい	中程度	大きい
大きい	SSP5: 化石燃料依存社会 人口が最大となった後に減少(2100 年に70 億人以下)。高所得、不平等の減少及び自由貿易; 資源集約的な生産、消費及びライフスタイル。		SSP3: 地域間競争 人口が多い(2100 年に130 億人以下)。低所得、継続的な不平等、物質集約的な消費及び生産、貿易障壁、低速な技術変化。
中程度		SSP2: 中間型社会 中程度の人口増加(2100 年に90 億人以下)。中程度の所得。技術進歩、生産及び消費パターンは過去の動向の延長上にあり、不平等の改善は緩やかに起きるのみ。	
小さい	SSP1: 持続可能性重視型 人口が最大となった後に減少(2100 年に70 億人以下)。高所得、不平等の減少、効果的な土地利用規制、低GHG 排出型システムで生産された食料及び食品廃棄の削減を含む資源集約的な消費の減少、自由貿易並びに環境配慮型技術の普及。		SSP4: 不平等社会 中程度の人口増加(2100 年に90 億人以下)。中程度の所得を伴うが、地域内及び地域間の不平等が著しい。

(SRCCL SPM Box SPM.1 より作成)

- SSP は、適応についての示唆を与えると同時に、異なる緩和レベルを示唆する代表的濃度経路(RCP)と組み合わせることで、異なる水準のGMST と整合した経路を示すことができる。(IPCC SRCCL SPM Box SPM.1)

➡ SSPとRCPの組み合わせについてはスライド次頁参照。

iii. 土地関係特別報告書における「共通社会経済経路」の利用(続き)

SSPとRCPの組み合わせについて:

RCP (代表的濃度経路) : 大気中の温室効果ガスの濃度の違いによって生じる放射強制力 (Wm^{-2}) の水準を規定しており、それによって気候変動の水準が異なってくる。例えば、RCP2.6 (2.6Wm^{-2}) では、2100年の世界の平均温度が約 $0.9^{\circ}\text{C}\sim 2.3^{\circ}\text{C}$ 、RCP8.5 (8.5Wm^{-2}) では、約 $3.2^{\circ}\text{C}\sim 5.4^{\circ}\text{C}$ 変化すると予測されている。

SSP (共通社会経済経路) ... 気候緩和への課題と気候適応への課題に焦点を当て、将来の社会経済発展の複数の道筋を説明している(スライド前頁参照)。(IPCC SRCCL 92頁 第1章 1.2.2.2)

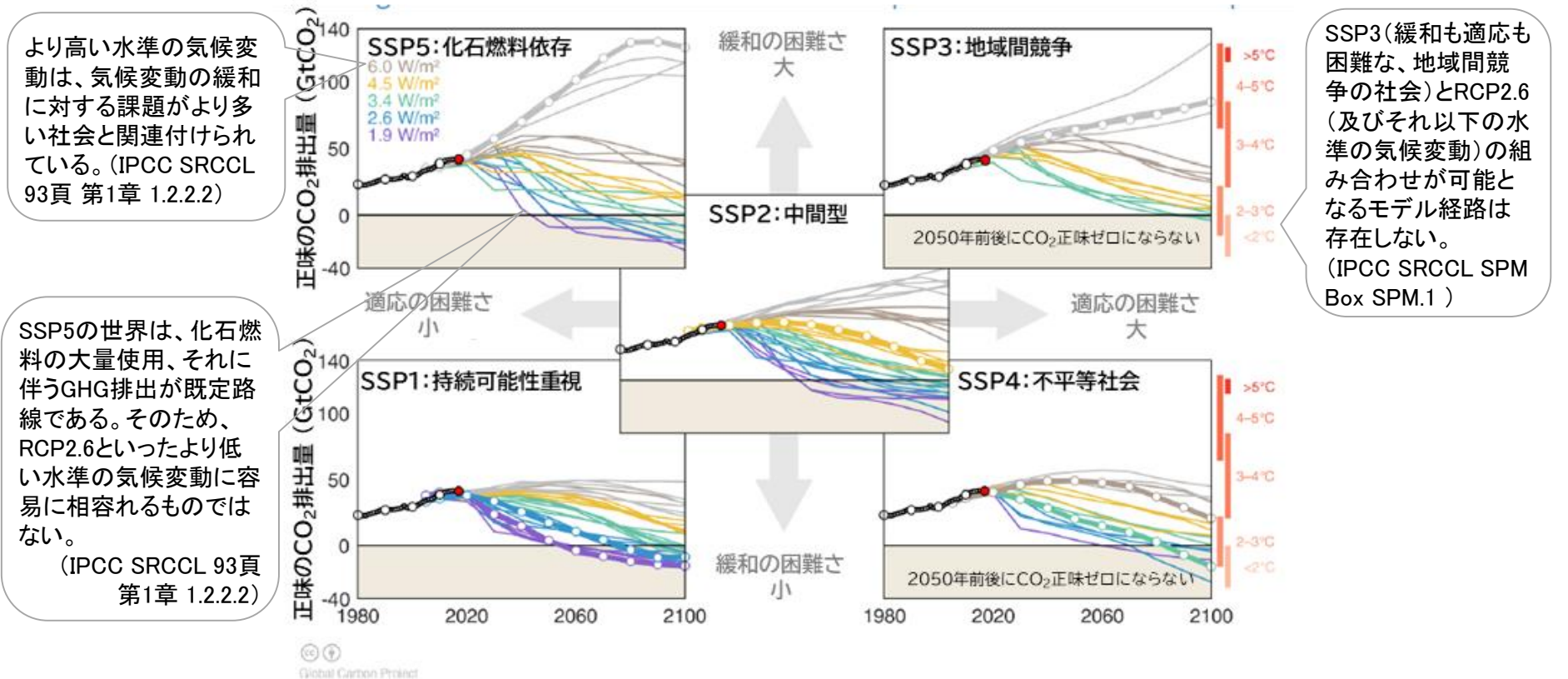


図. 様々なSSPとRCPの組み合わせで推定された将来の排出経路と適応・緩和の困難さとの関係。正味の排出量は土地利用変化とBECCSを含んでいる。

出典: 図, Global Carbon Budget 2018, Global Carbon Project

iv. 乾燥地域と砂漠化

乾燥地域(dryland)の地理的分布:

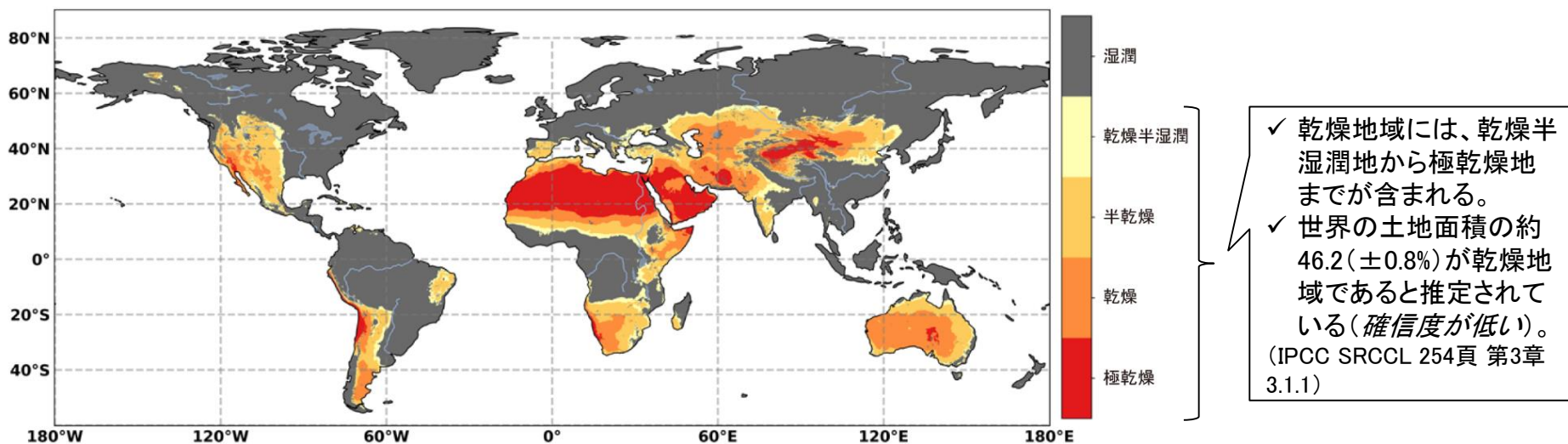


図. 乾燥地域の地理的分布(乾燥指数(AI)による区分)。AIの区分は、湿潤: $AI > 0.65$ 、乾燥半湿潤: $0.50 < AI \leq 0.65$ 、半乾燥: $0.20 < AI \leq 0.50$ 、乾燥: $0.05 < AI \leq 0.20$ 、極乾燥: $AI < 0.05$ 、である。データ: TerraClimateによる降水量と潜在的蒸発散量(1980-2015)。乾燥指数(AI)は、可能蒸発散量(PET)に対する年平均降水量の比率である。

出典: 図, IPCC SRCCL 254頁 第3章 図3.1

- SRCCLにおいて、砂漠化は「乾燥地(arid)、半乾燥地(semi-arid)及び乾燥した半湿潤地(dry sub-humid)において、気候の変動及び人間の活動を含む数多くの要素の結果起こる土地の劣化」と定義されている。つまり、極乾燥地(hyper-arid)(上記図参照)は乾燥地域(drylands)の一種ではあるが、砂漠化の定義からは除外されている。
- 砂漠は、地理的に乾燥地域に位置する貴重な生態系であり、気候変動に対して脆弱である。しかし、砂漠が砂漠化しやすいとは考えられていない。
- 乾燥状態(aridity)は、平均降水量や利用可能な水量が少ないことを特徴とする長期的な気候特性である。したがって、乾燥状態は一時的な気候の事象である干ばつ(drought)とは異なる。さらに、干ばつは乾燥地域に限定された現象ではなく、乾燥地域と湿潤地域の両方で発生する。IPCCでは、干ばつは「深刻な水文学的不均衡を引き起こすのに十分な異常に乾燥した天候が続く期間」と定義されている。

(IPCC SRCCL 254頁 第3章 3.1.1)

v. 土地関係特別報告書に登場する用語の解説

生物多様性

生物多様性、もしくは生物学的多様性とは、陸域、海洋、及びその他の水生生態系、並びにそれらが属する生態系の複合体といった全ての源からの生物の間の多様性を意味し、これには種内、種間、及び生態系の多様性が含まれる。(IPCC SRCCL 806頁 Glossary)

森林減少

森林減少とは、被覆樹木の喪失や土地利用の変化を伴った森林から非森林への転換のこと。一方で、**森林劣化**とは、森林が残っている状態での土地の劣化のことである。国際的な森林の定義(FAO及び UNFCCC)では、攪乱や伐採によって一時的に被覆樹木が失われても、森林の再生が見込まれる土地は森林とされる。したがって、このような一時的な森林被覆の喪失は森林減少には該当しない。

(IPCC SRCCL 350頁 第4章 4.1.3)

また、**新規植林**とはこれまで森林がなかった土地を森林に転換することで、**再植林**(森林以外の利用に転換された、以前は森林を含んでいた土地を森林に転換すること)とは区別される。

(IPCC SRCCL 804頁 及び 832頁 Glossary)

生態系サービス

個人または社会全体にとって金銭的もしくは非金銭的価値を持つ生態学的プロセスまたは機能。生態系サービスは、(1)生産性または生物多様性維持のような基盤サービス、(2)食料もしくは繊維のような供給サービス、(3)気候調節または炭素固定のような調節サービス、及び(4)観光や精神的、美的認識のような文化的サービスに分類されることが多い。

(IPCC SRCCL 811頁 Glossary)

(参考)生態系サービスと自然がもたらすもの

基盤サービス(例:土壌の形成、一次生産、栄養循環)、供給サービス(例:飲用水、食料、繊維、薬用・遺伝資源)、調節サービス(例:花粉の媒介、大気質の調節、気候調節、水質調節、自然災害の緩和、病虫害の緩和)、及び文化的サービス(例:精神的・宗教的な価値、レクリエーション・エコツーリズム)といった生態系サービスの概念は、人々が生態系から得ている便益を表現するために有効なものであり、持続可能な土地管理に関する意思決定及びその所産と密接に関係している。一方で、IPBESは、2015年以降その概念的枠組みにおいて「自然がもたらすもの」(Nature's Contribution to People)を用いており、その中に生態系の財とサービスも含まれている。

(IPCC SRCCL 625-626頁 第6章 Cross-Chapter box 8)

アグロフォレストリー

空間的配置やローテーションを工夫することで、多年生木本植物(樹木、低木、ヤシ、竹など)を、農作物及び／または動物[家畜]と同じ土地管理単位に意図的に取り入れる土地利用システムと技術の総称。

アグロフォレストリーのシステムでは、異なる構成要素の間に生態学的な相互作用と経済的な相互作用の両方が生じる。また、アグロフォレストリーは動的で生態学に基づいた自然資源管理システムであり、農場や農業景観に樹木を統合することで、生産が多角化され持続的になり、あらゆるレベルの土地利用者の社会的・経済的・環境的便益を高めることができる。

(IPCC SRCCL 805頁 Glossary)

v. 土地関係特別報告書に登場する用語の解説(続き)

食料システム

食料の生産、加工、流通、調理及び消費に関連するすべての要素(環境、人々、投入資源、プロセス、インフラ、組織など)及び活動、並びに世界レベルにおける社会経済的及び環境面の成果を含む、これらの活動の成果のこと。(IPCC SRCCL SPM 序)

食品ロス、食品廃棄

食品ロスと食品廃棄は「食品の量や質の低減」を指すものである。食品廃棄は食品ロスの一部であり、一次生産から最終的な消費までの食品のサプライチェーン全体において、人間による消費のために生産された安全で栄養価の高い食品を処分(廃棄)または非食品として代替利用することである。食品廃棄が発生する要因とその解決策は食品ロスのそれとは異なるため、食品廃棄は食品ロスの一部として解釈されている。(IPCC SRCCL 813頁 Glossary)

共便益(コベネフィット)

ある目的に向けた政策や施策が、他の目的に与えるかもしれない好影響のことで、それによって社会や環境に対する総体的な便益が増加する。コベネフィットは不確実性を伴うことが多く、特に局所的な状況や実施方法といった要素に依存する。(IPCC SRCCL 809頁 Glossary)

【例】

- 森林保護の強化、森林管理と農業管理の改善、燃料転換、及び効率的な調理・暖房機器の採用は、GHG排出量の削減、人間の健康の改善、及び、特に女性と若年層の、労働負荷の軽減というコベネフィットを伴って、より持続可能なバイオマス利用を促進し、土地の劣化を低減しうる(確信度が非常に高い)。(IPCC SRCCL 348頁 第4章 エグゼクティブサマリー)

トレードオフ

リスクのトレードオフとは、ターゲットであるリスクを低減するための介入によって拮抗するリスクが(故意または不注意によって)生まれることで発生するリスクのポートフォリオの変化のこと。(IPCC SRCCL 822頁 Glossary)

例えば、気候緩和や持続可能な開発目標(SDG)7(手頃な価格のクリーンエネルギー)のための土地利用と、生物多様性、食料、地下水、及び河川の生態系サービスとの間に、トレードオフが発生する可能性がある。(IPCC SRCCL 675-676頁 第7章 エグゼクティブサマリー)

【例】

- 小規模な水力発電所(特に複数が集中している場合)は、下流域の魚類の生態学的連結性に影響を与えうる(見解一致度が高い、証拠は中程度)。
- 大規模な太陽光発電施設や風力タービンの設置は、絶滅危惧種に影響を与え、生息地の連結性を分断しうる(見解一致度が中程度、証拠は中程度)。
- 河川を運送用に転換することは、(浚渫や往来を通じて)漁業を妨害したり、絶滅危惧種をさらなる危機に曝しうる(見解一致度が中程度、証拠は限定的)。(IPCC SRCCL 676頁 第7章 エグゼクティブサマリー)

vi. 略語集

AFOLU	農業、林業及びその他の土地利用
	Agriculture, Forestry and Other Land Use
AI	乾燥指数
	Aridity Index
BECCS	炭素回収・貯留付きバイオエネルギー
	Bioenergy with Carbon Capture and Storage
BVOC	生物揮発性有機化合物
	Biogenic Volatile Organic Compounds
CCS	炭素回収・貯留
	Carbon Capture and Storage
CDR	二酸化炭素除去
	Carbon Dioxide Removal
CMIP5	第5期結合モデル相互比較計画
	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
CO _{2e} , CO _{2eq}	二酸化炭素換算
	Carbon dioxide equivalent

FAO	国連食糧農業機関
	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FOLU	林業及びその他の土地利用
	Forestry and Other Land Use
GHG	温室効果ガス
	Greenhouse Gas
GMST	陸域及び海氷の表面付近の気温と、海氷のない海域の海面水温による世界全体の推定平均値
	Global Mean Surface Temperature
GWP	地球温暖化係数
	Global Warming Potential
IAM	統合評価モデル
	Integrated Assessment Model
IPBES	生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム
	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

vi. 略語集(続き)

IPCC	気候変動に関する政府間パネル
	Intergovernmental Panel on Climate Change
LDN	土地劣化が起こらない中立的状況(土地劣化の中立性)
	Land Degradation Neutrality
LULUCF	土地利用、土地利用変化及び林業
	Land Use, Land Use Change and Forestry
NVDI	正規化植生指標
	Normalised Difference Vegetation Index
NPP	純一次生産／純一次生産量
	Net Primary Production/Net Primary Productivity
RCP	代表的濃度経路
	Representative Concentration Pathway

REDD+	途上国における森林減少・森林劣化に由来する排出の抑制、並びに森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の増強
	Reducing Emissions from Deforestation and Degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries
SDGs	持続可能な開発目標
	Sustainable Development Goals
SI	持続可能な集約化
	Sustainable Intensification
SLM	持続可能な土地管理
	Sustainable Land Management
SSP	共通社会経済経路
	Shared Socio-economic Pathways
UNFCCC	国連気候変動枠組条約
	United Nations Framework Convention on Climate Change