

2020年3月7日脱炭素型ライフスタイル・イノベーションシンポジウム

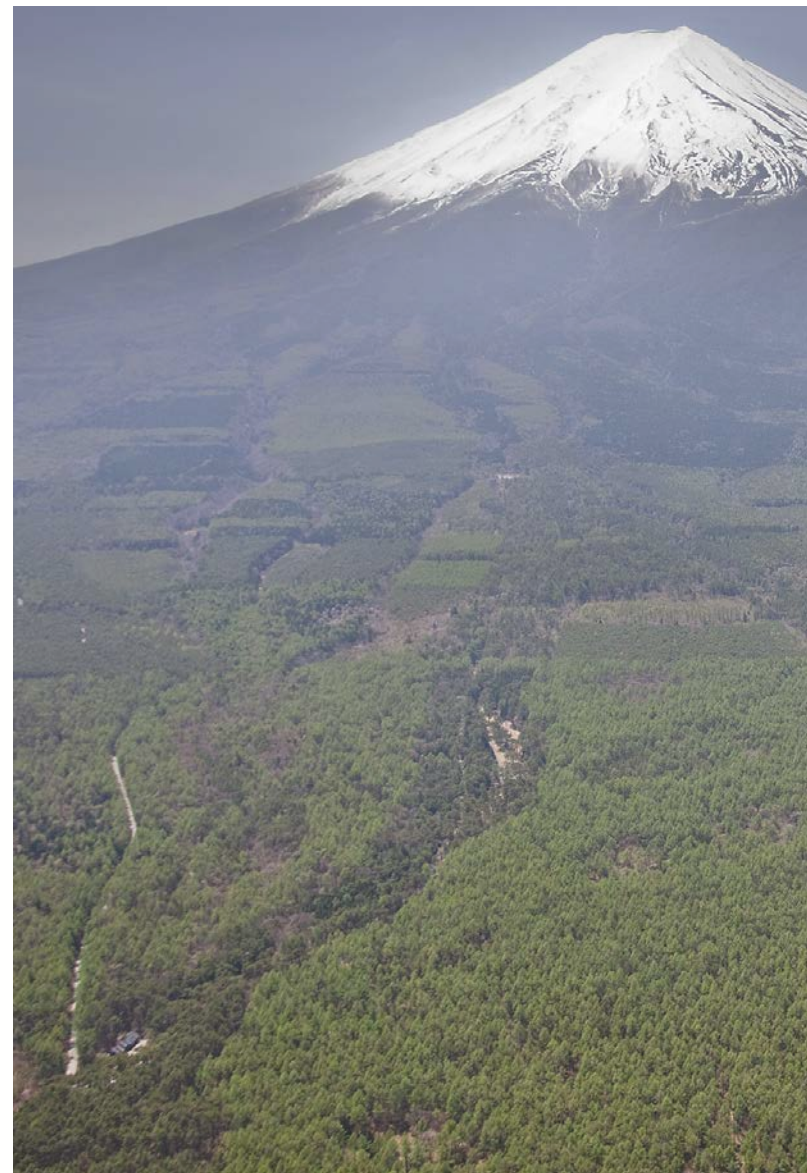
土地は有限

— 食料・水・生態系と調和する 気候変動対策とは？ —

国立環境研究所
地球環境研究センター

(茨城県つくば市)

さいぐさ のぶこ
三枝 信子



国立環境研究所 富士北麓森林炭素収支
モニタリングサイト 遠景

IPCC 土地関係特別報告書 (Climate Change and Land) より

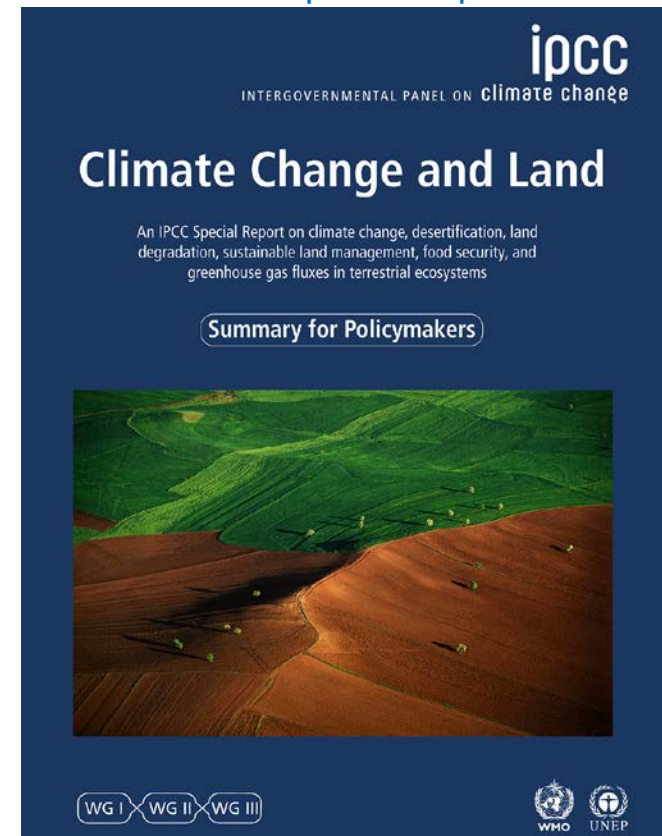
政策決定者向け要約 (2019年8月8日公開)

www.ipcc.ch/report/SRCCL

タイトル (和訳):

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

- 気候変動対策と食料安全保障は土地と水をめぐって競合する。
- 持続可能な土地管理により、食料・水・生態系と調和する気候変動対策をどこまで推進できるか？



IPCC土地関係特別報告書
政策決定者向け要約の表紙

IPCC 土地関係特別報告書 作成プロセス

2016年4月

第43回IPCC総会にて作成決定

2017年2月

スコーピング会合にて全体構成策定

2017年～2018年

執筆者会合(計4回)

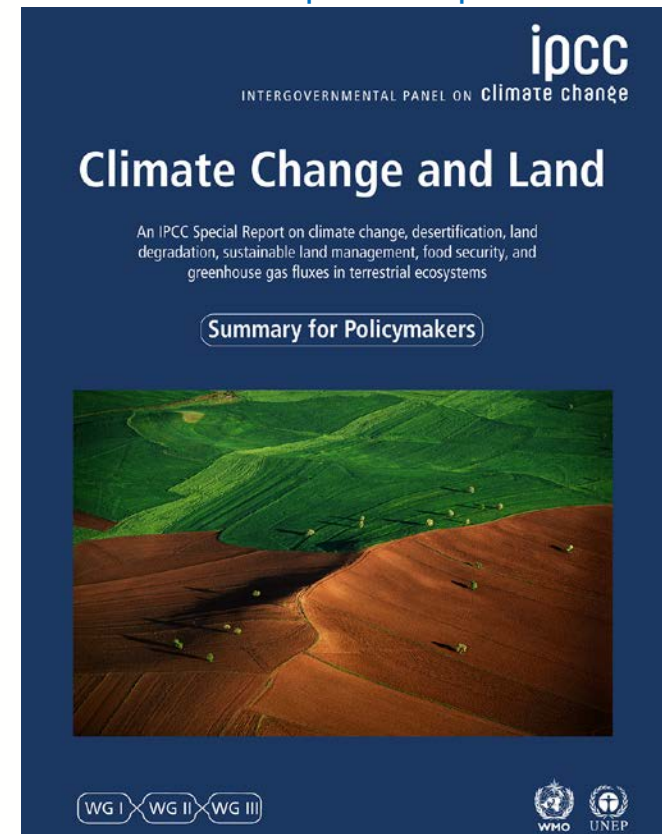
専門家や各国政府のレビュー

2019年8月

第50回IPCC総会で受諾 (政策決定者向け要約)

世界の52カ国100人以上の専門家が参加
途上国出身者が過半数(53%)

www.ipcc.ch/report/SRCCL



IPCC土地関係特別報告書
政策決定者向け要約の表紙

IPCC 土地関係特別報告書 本文構成

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

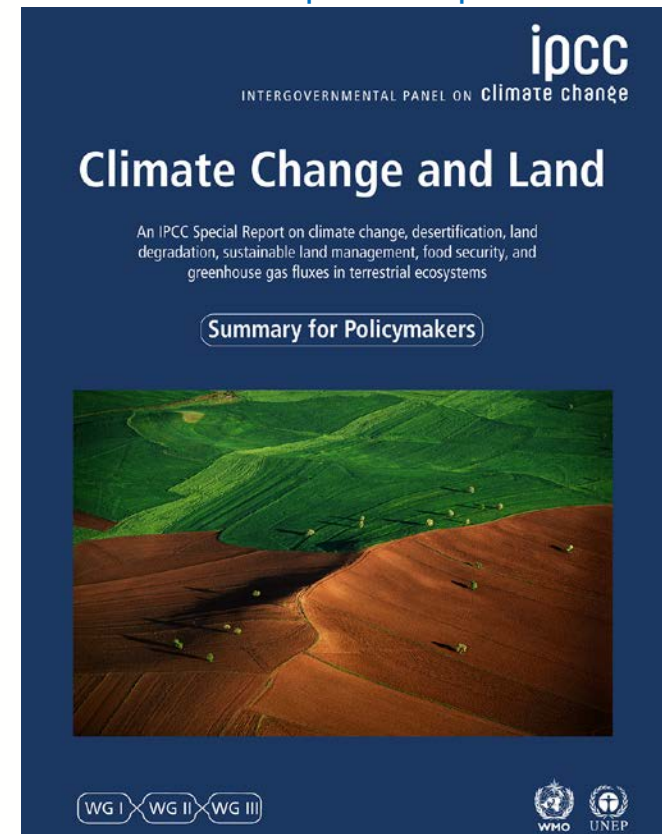
第4章: 土地の劣化

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

www.ipcc.ch/report/SRCCL



IPCC土地関係特別報告書
政策決定者向け要約の表紙

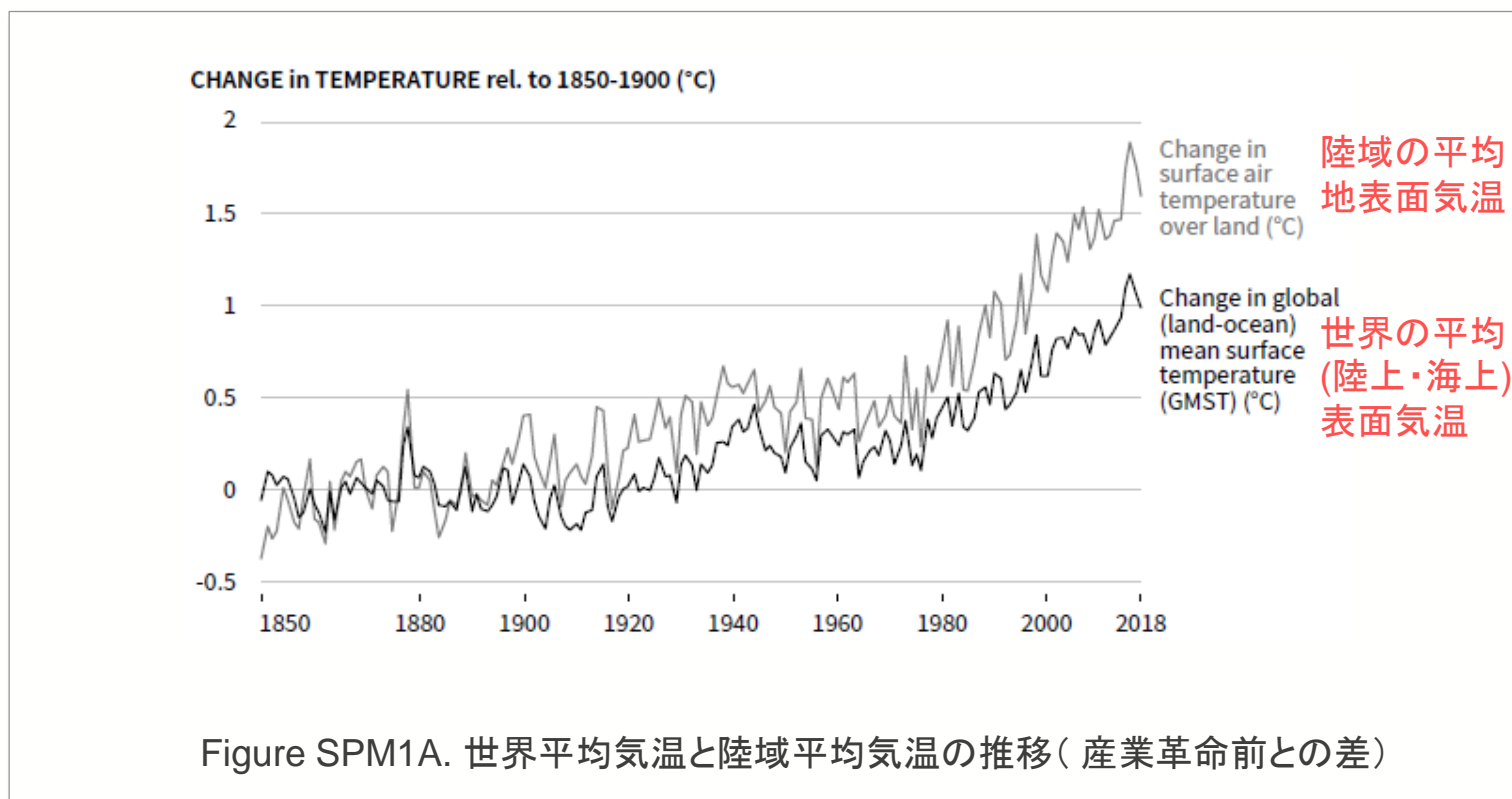
土地は有限：食料・水・生態系と調和する気候変動対策とは？

1. 気候変動が世界の陸域に与える影響は？
2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある
3. 食料供給や生態系保全と調和する気候変動対策とは：
相互のトレードオフ(競合)とコベネフィット(副次的便益)
4. 将来の気温上昇を1.5°Cまでに抑えるためのシナリオ

陸域の昇温速度は速い

産業革命前に比べ、2006～2015年の世界の気温は平均で**0.87°C**上昇

陸域は平均**1.53°C**上昇(1.38～1.68°Cの範囲である可能性が非常に高い)



気候変動は干ばつや洪水を起こす極端現象の頻度を上げる

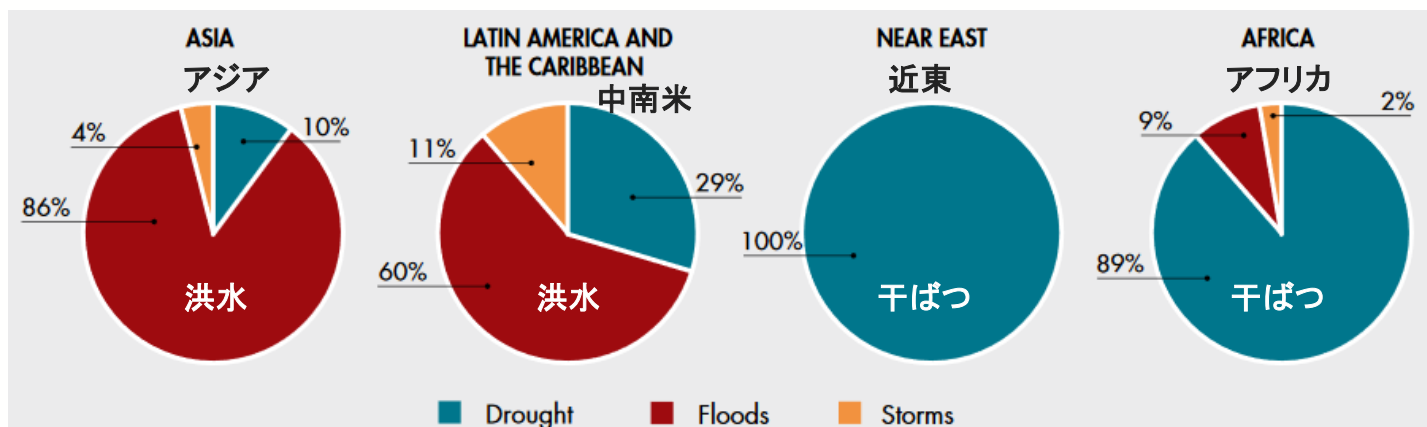
高温、干ばつ、洪水の増加は、既に食料供給に影響を与えている（高い確信度）

- 低緯度でトウモロコシと小麦の減収、高緯度で小麦やテンサイの増収
- アフリカで家畜生産性の低下、病害虫の増加、アフリカ・中央アジア等で砂漠化の危険

2050年までに食料価格が中央値で7.6%（1～最大23%）上昇する（中程度の確信度）

水不足にさらされる人口は1億7800万人（1.5℃上昇）～2億7700万人（3℃上昇）
（低い確信度）

世界の農・畜産業に被害を与えた主な災害 (2003~2013年)



出典: FAO (2016) <http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf>

気候変動対策の一部は食料安全保障と競合する

大規模な新規植林やバイオ燃料作物の増産(ネガティブエミッション含む)は、限られた土地や水をめぐり食料生産*や生物多様性保全と厳しい競合を起こす
(*最大 1億5000万人に悪影響を与える; 第6章)

ネガティブエミッション(負の排出)とは: 大気からCO₂を除去する技術

↳ バイオマスエネルギー燃焼とCO₂回収貯留の組合せ



図: Williamson (2016) *Nature* に追記

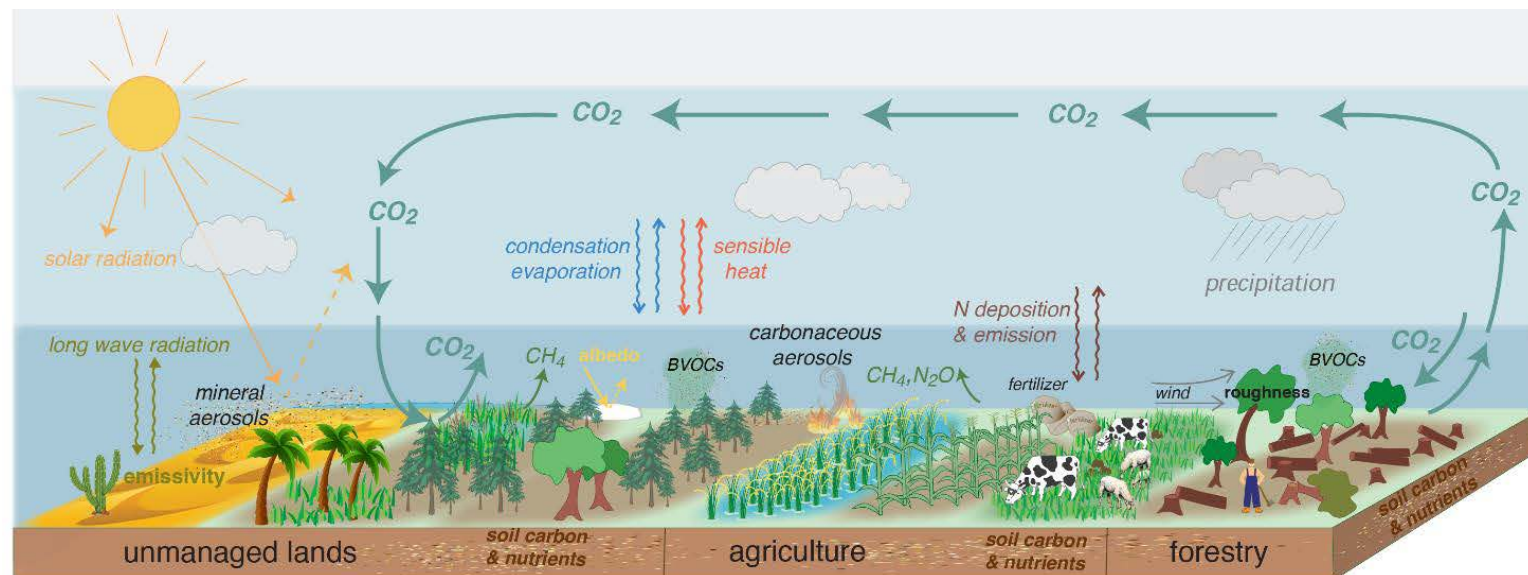
土地は有限：食料・水・生態系と調和する気候変動対策とは？

1. 気候変動が世界の陸域に与える影響は？
2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある
3. 食料供給や生態系保全と調和する気候変動対策とは：
相互のトレードオフ(競合)とコベネフィット(副次的便益)
4. 将来の気温上昇を1.5°Cまでに抑えるためのシナリオ

陸域で行われる農業等の活動は温室効果ガスの排出源

農林畜産業とそれに伴う土地利用変化による排出は、世界の温室効果ガスの人為起源総排出量の約23%に相当(2007~2016年)(中程度の確信度)

世界の食料生産・加工・流通・調理および消費に関連する活動による排出量は、人為起源総排出量の21~37%に相当すると推定



第2章Box 2.1 図1: 気候と陸域の相互作用

2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある

農林畜産業およびそれに伴う土地利用変化による排出量

		AFOLU 排出量	全人為起源排出量	全人為起源排出量 に対する割合
CO ₂	Gt CO ₂ y ⁻¹	5.2 ± 2.6	39.1 ± 3.2	13%
CH ₄	Gt CO _{2e} y ⁻¹	4.5 ± 1.4	10.1 ± 3.1	44%
N ₂ O	Gt CO _{2e} y ⁻¹	2.3 ± 0.7	2.8 ± 0.7	82%
合計	Gt CO _{2e} y ⁻¹	12.0 ± 3.0	52.0 ± 4.5	23%

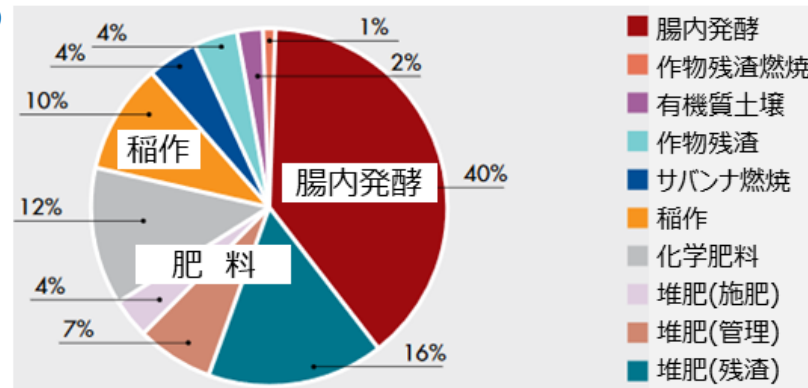
食料システムからの排出

農畜産業	Gt CO _{2e} y ⁻¹	6.2 ± 1.4	全人為起源排出量 に対する割合
土地利用変化	Gt CO _{2e} y ⁻¹	4.9 ± 2.5	
食料加工, 流通, 調理, 消費他	Gt CO _{2e} y ⁻¹	2.4 から 4.8	21 から 37%
合計	Gt CO _{2e} y ⁻¹	10.7 から 19.1	

出典: IPCC土地関係特別報告書
政策決定者向け要約 Table SPM1

世界の農・畜産業からの 温室効果ガス排出源

(CO₂換算; 2014年)

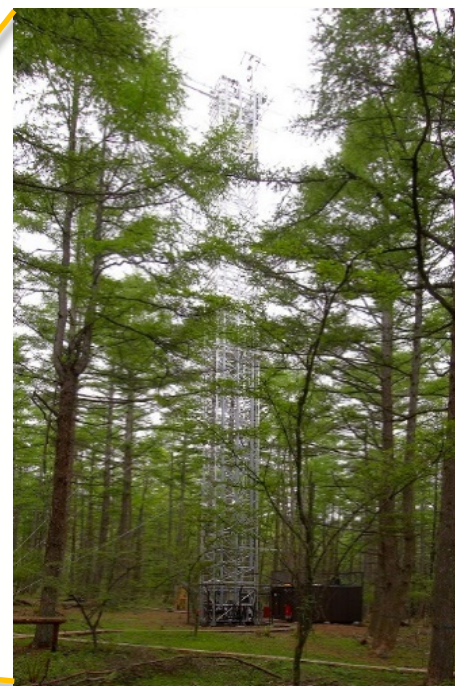


出典: FAO (2016)
<http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf>

陸域(主に森林)は二酸化炭素の重要な自然吸収源

世界の陸域は人為起源CO₂総排出量の約29%を正味で吸収(2007~2016年)
(中程度の確信度)

ただし、気候変化に伴いその吸収源の持続性は不確実(高い確信度)



国立環境研究所
富士北麓
森林炭素収支
モニタリングサイト

2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある

2008～2017年における世界の人為および自然起源のCO₂の吸収・排出量

人間活動（化石燃料等）



人為排出

34.4 GtCO₂/yr
87%

土地利用変化



13%
5.3 GtCO₂/yr

吸収

17.3 GtCO₂/yr
44%

29%
11.6 GtCO₂/yr

22%
8.9 GtCO₂/yr

大気中蓄積



陸域正味吸収



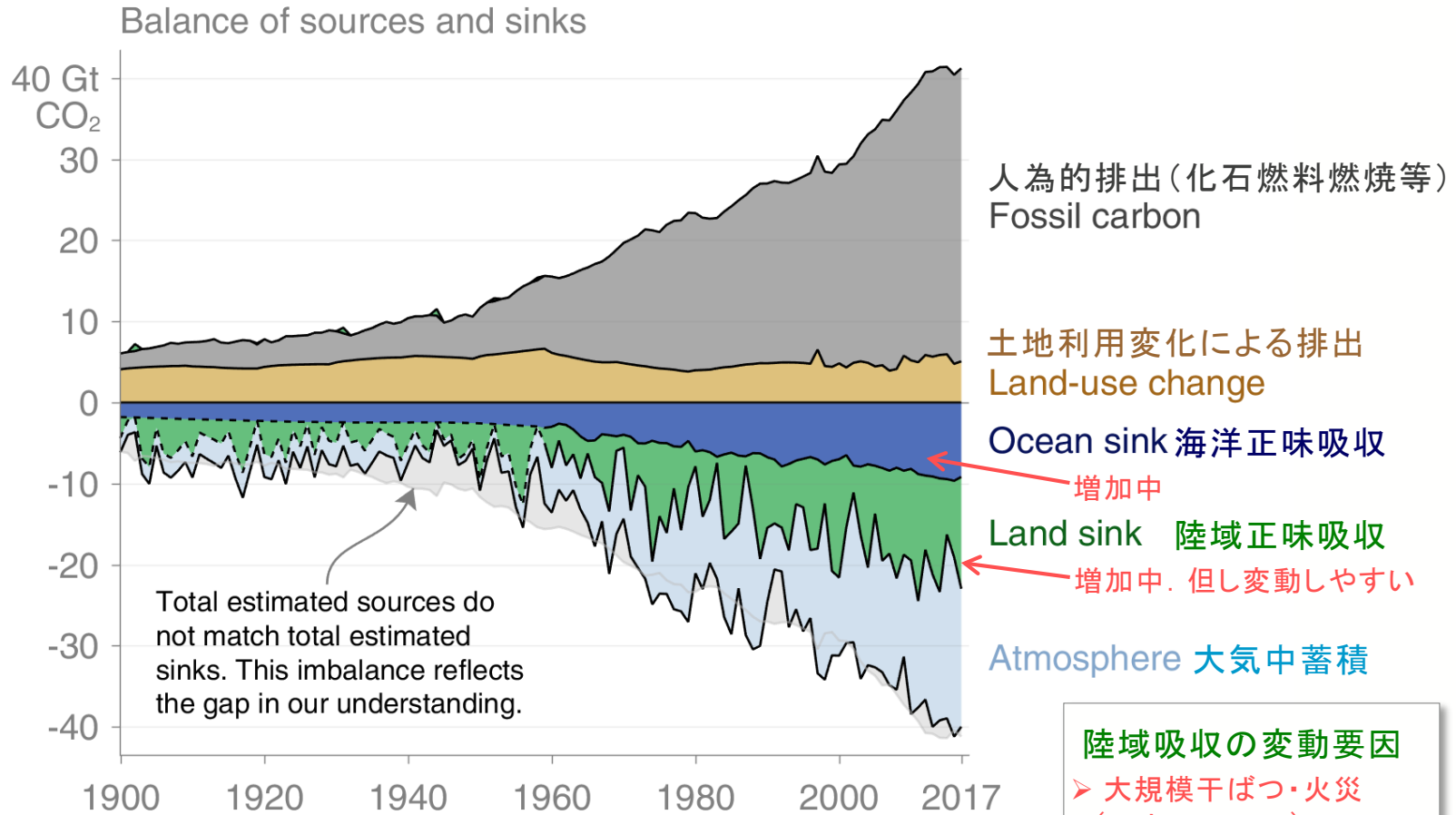
海洋正味吸収



誤差 5%
1.9 GtCO₂/yr

2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある

1960～2017年における世界の人為および自然起源のCO₂の吸収・排出量



© Global Carbon Project • Data: CDIAC/GCP/NOAA-ESRL/UNFCCC/BP/US

陸域吸収の変動要因

- 大規模干ばつ・火災 (エル・ニーニョ)
- 気温・日射量の変動 (火山噴火、他)

陸域で行われる農業等の活動は温室効果ガスの排出源

農林畜産業とそれに伴う土地利用変化による排出は、世界の温室効果ガスの
人為起源総排出量の約23%

世界の食料生産・加工・流通・調理および消費に関連する活動による排出量は、
人為起源総排出量の 21~37%

⇒ 農業技術の改良、作物収量向上、食品ロス・廃棄*の削減は排出削減に貢献

*食品ロス:本来は食べることができたはずの食品の廃棄. 食品廃棄:食品の製造~消費等の間に発生する廃棄物.

陸域(主に森林)は二酸化炭素の重要な自然吸収源

世界の陸域は人為起源CO₂総排出量の約29%を正味で吸収
ただし、吸収源の持続性は不確実

⇒ 森林減少や火災の防止、森林や土壌への炭素蓄積等は吸収源の確保・強化に貢献

土地は有限：食料・水・生態系と調和する気候変動対策とは？

1. 気候変動が世界の陸域に与える影響は？
2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある
3. 食料供給や生態系保全と調和する気候変動対策とは：
相互のトレードオフ(競合)とコベネフィット(副次的便益)
4. 将来の気温上昇を1.5°Cまでに抑えるためのシナリオ

3. 食料供給や生態系保全と調和する気候変動対策とは

複数の対策間で副次的便益(コベネフィット)がある

		Mitigation Gt CO ₂ -eq yr ⁻¹	Food Security Million people
Positive	Large	More than 3	Positive for more than 100
	Moderate	0.3 to 3	1 to 100
	Small	Less than 0.3	Less than 1
Negative	Negligible	No effect	No effect
	Small	Less than -0.3	Less than 1
	Moderate	-0.3 to -3	1 to 100
	Large	More than -3	Negative for more than 100

温室効果ガス削減 気候変動適応 砂漠化防止 土地劣化防止 食料安全保障 コスト

Response options based on land management		Mitigation	Adaptation	Desertification	Land Degradation	Food Security	Cost
Agriculture	Increased food productivity	L	M	L	M	H	---
	Agro-forestry	M	M	M	M	L	●
	Improved cropland management	M	L	L	L	L	●●
	Improved livestock management	M	L	L	L	L	●●●
	Agricultural diversification	L	L	L	M	L	●
	Improved grazing land management	M	L	L	L	L	---
	Integrated water management	L	L	L	L	L	●●
	Reduced grassland conversion to cropland	L	---	L	L	L	●
Forests	Forest management	M	L	L	L	L	●●
	Reduced deforestation and forest degradation	H	L	L	L	L	●●
Soils	Increased soil organic carbon content	M	L	M	M	L	●●
	Reduced soil erosion	↔ L	L	M	M	L	●●
	Reduced soil salinization	---	L	L	L	L	●●
Other ecosystems	Reduced soil compaction	---	L	---	L	L	●
	Fire management	M	M	M	M	L	●
	Reduced landslides and natural hazards	L	L	L	L	L	---
	Reduced pollution including acidification	↔ M	M	L	L	L	---
	Restoration & reduced conversion of coastal wetlands	M	L	M	M	L	↔
Restoration & reduced conversion of peatlands	M	---	na	M	L	●	
Response options based on value chain management							
Demand	Reduced post-harvest losses	H	M	L	L	H	---
	Dietary change	H	---	L	H	H	---
	Reduced food waste (consumer or retailer)	H	---	L	M	M	---
Supply	Sustainable sourcing	---	L	---	L	L	---
	Improved food processing and retailing	L	L	---	---	L	---
Improved energy use in food systems	L	L	---	---	L	---	
Response options based on risk management							
Risk	Livelihood diversification	---	L	---	L	L	---
	Management of urban sprawl	---	L	L	M	L	---
	Risk sharing instruments	↔ L	L	---	↔ L	L	●●

青: 便益がある

赤: 競合がある

対策

作物収量向上
アグロフォレストリー
農業・牧畜管理向上
農業の多様化
牧草地管理の向上
統合的な水管理

森林管理向上
森林減少・劣化防止
土壌への炭素蓄積
土壌流出防止

森林火災防止
土砂災害の低減
沿岸湿地の再生・保全

食品ロス・廃棄削減
食習慣の見直し

Figure SPM3A. 各種対策による世界全体への潜在的寄与

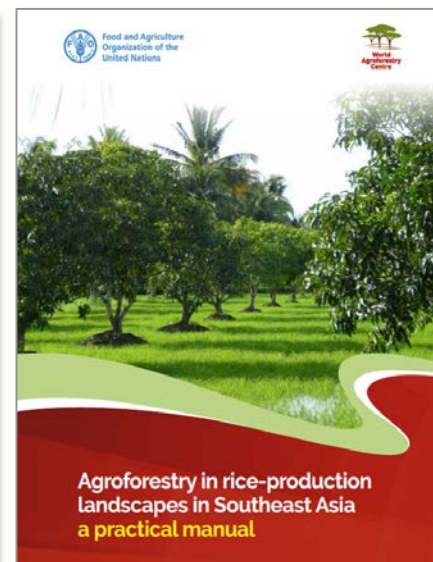
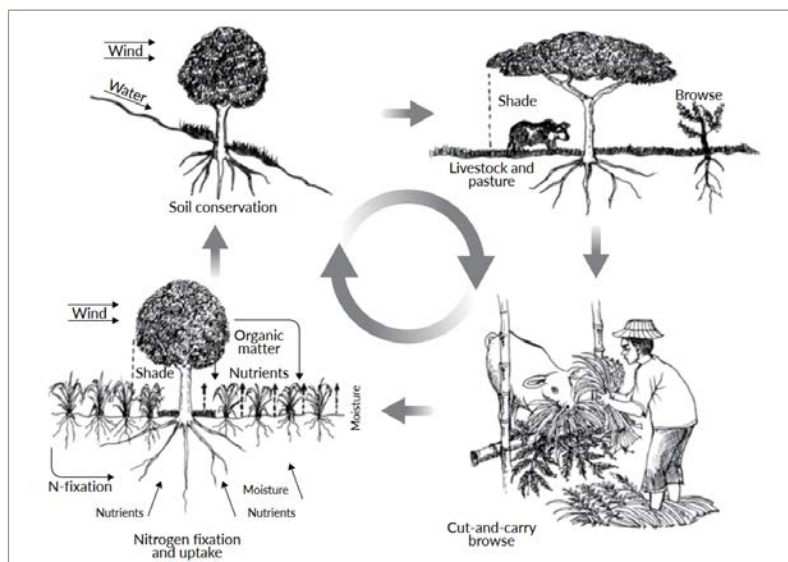


複数の対策間で副次的便益(コベネフィット)がある

作物の収量向上、農耕・牧畜管理技術の改良(アグロフォレストリー*等)

- 削減効果: $2.3\sim 9.6\text{GtCO}_2\text{e}/\text{年}$ (中程度の確信度)
- 共便益: 食料安全保障, 砂漠化・土地劣化防止, 気候変動適応

アグロフォレストリー: 農地に樹木を植栽し、その間で家畜や作物を育成する農法。熱帯域等で効果があるとされる。



出典: FAO (2017) (<http://www.fao.org/3/a-i7137e.pdf>)

複数の対策間で副次的便益(コベネフィット)がある

持続可能な森林管理(森林減少・劣化・森林火災の防止)

- 削減効果: $0.4\sim 5.8\text{GtCO}_2\text{e}/\text{年}$ (高い確信度)
- 共便益: 生物多様性保全, 砂漠化・土地劣化防止, 気候変動適応

全ての規模における、政策・制度・ガバナンスシステムの適切な設計が必要

- 土地利用のゾーニングや統合的な景観計画
- 規制や刺激策(生態系サービスへの支払いなど)
- 自主的または説得的手段(持続可能な生産のための基準や認証)
- 科学知・地域知・先住民知識の利用

SPM C1.1 より抜粋

複数の対策間で副次的便益(コベネフィット)がある

食品ロス・食品廃棄の削減、食習慣の見直し(生産~消費の低炭素化)

- 削減効果: **0.7~8GtCO_{2e}/年** (中程度の確信度)
- 共便益: **食料安全保障, 砂漠化・土地劣化防止, 気候変動適応**

2010~2016年に世界で生産された食料の **25~30%は廃棄** (中程度の確信度)

これは世界の人為起源温室効果ガス総排出量の **8~10%**に相当(中程度の確信度)

- 収穫技術の向上、収穫地での貯蔵・運輸・包装・小売の技術的な選択により、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、先進国と途上国、地域間で大きく異なる(確信度が中程度)
- 食品ロス及び廃棄の削減は**数百万km²の土地を解放**する(確信度が低い)

SPM B6.3 より抜粋

複数の対策間で副次的便益(コベネフィット)がある

社会の複数の部門において、温室効果ガスを大幅に削減する野心的な対策を実施することが必要であり、それが陸域生態系と食料システムに対する気候変動の負の影響を抑制する

実際に実行する上での課題:

- 複数部門(工業・農業・エネルギー・廃棄物等)を管轄する省庁・機関の協調による、分野横断的で一貫性のある政策の立案
- 社会的不平等や政情不安に基づく不安定な土地所有権等の問題の解消
- 技術普及や社会的学習の機会不足の解消
- 気候変動の影響に脆弱な人々による意思決定への関与(先住民族、地域コミュニティ、女性、貧困者等)

SPM C3 より抜粋

土地は有限：食料・水・生態系と調和する気候変動対策とは？

1. 気候変動が世界の陸域に与える影響は？
2. 陸域は温室効果ガスの排出源でもあり吸収源でもある
3. 食料供給や生態系保全と調和する気候変動対策とは：
相互のトレードオフ(競合)とコベネフィット(副次的便益)
4. 将来の気温上昇を1.5°Cまでに抑えるためのシナリオ

将来予測シナリオについて

RCP (Representative Concentration Pathways)

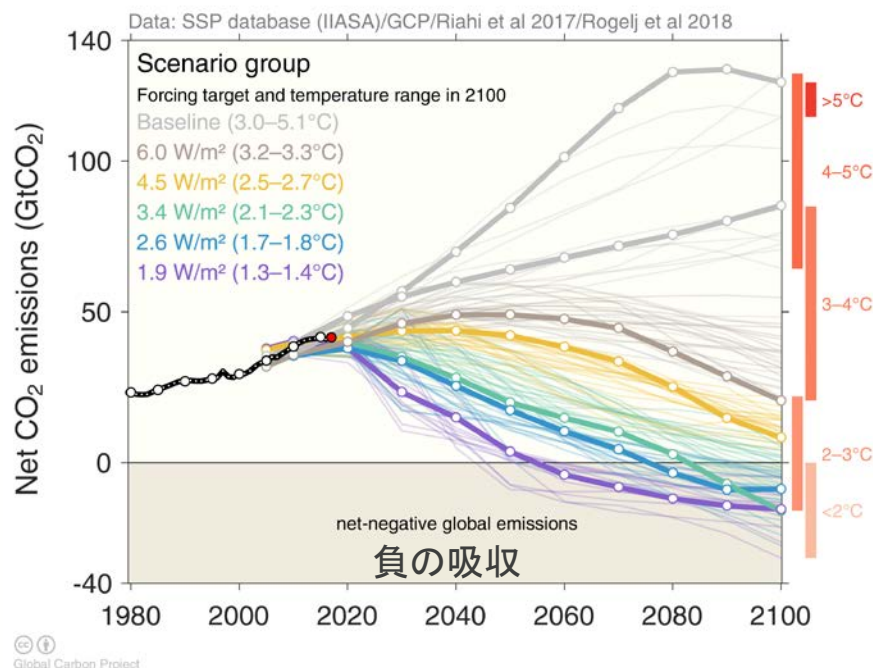
温室効果ガスの濃度(排出削減の程度)に応じた代表的濃度経路。

温室効果ガスの影響が大きい順に、

- ・高位参照シナリオ RCP8.5
- ・高位安定化シナリオ RCP6.0
- ・中位安定化シナリオ RCP4.5
- ・低位安定化シナリオ RCP2.6

などがあり(IPCC AR5)、
さらに強い削減により1.5°C目標を達成するシナリオ RCP1.9
が追加された。

シナリオ別CO₂排出量の推移



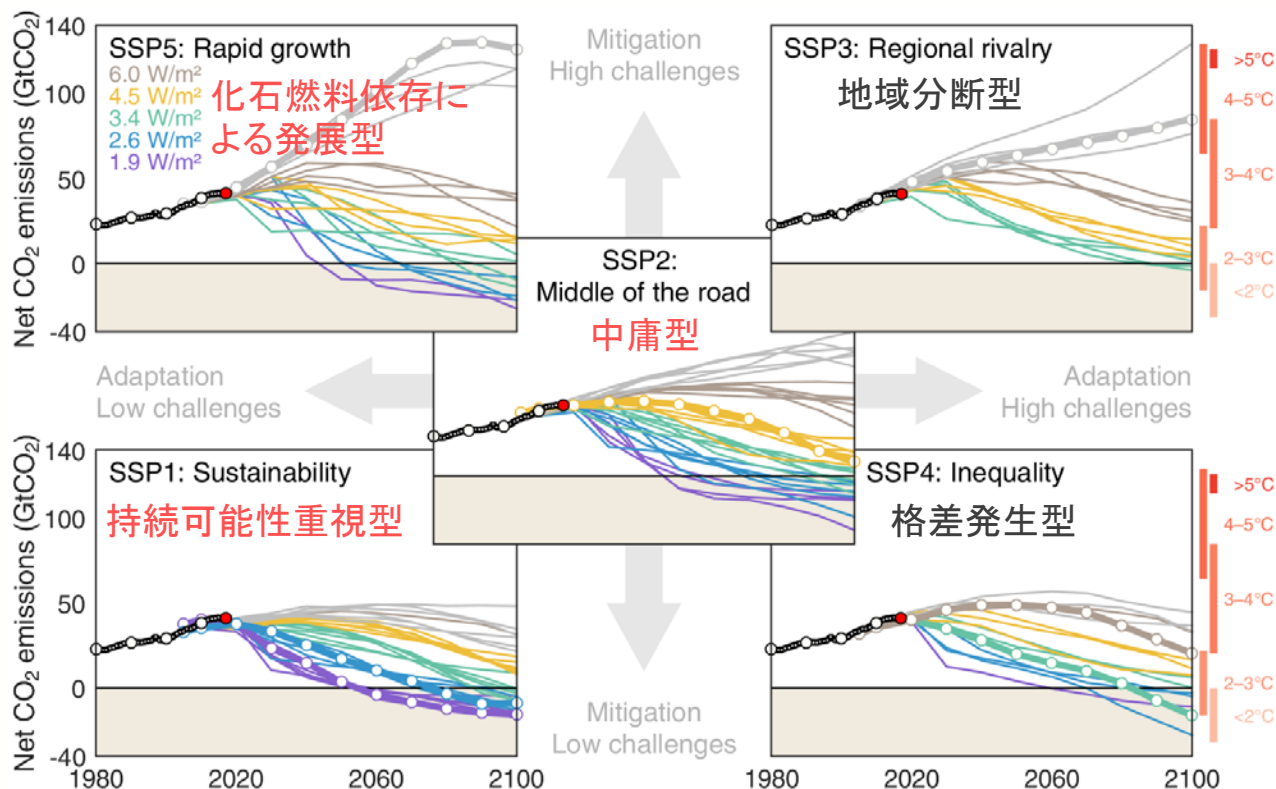
Global Carbon Project, Carbon Budget 2018より

4. 将来の気温上昇を1.5°Cまでに抑えるためのシナリオ

将来予測シナリオについて

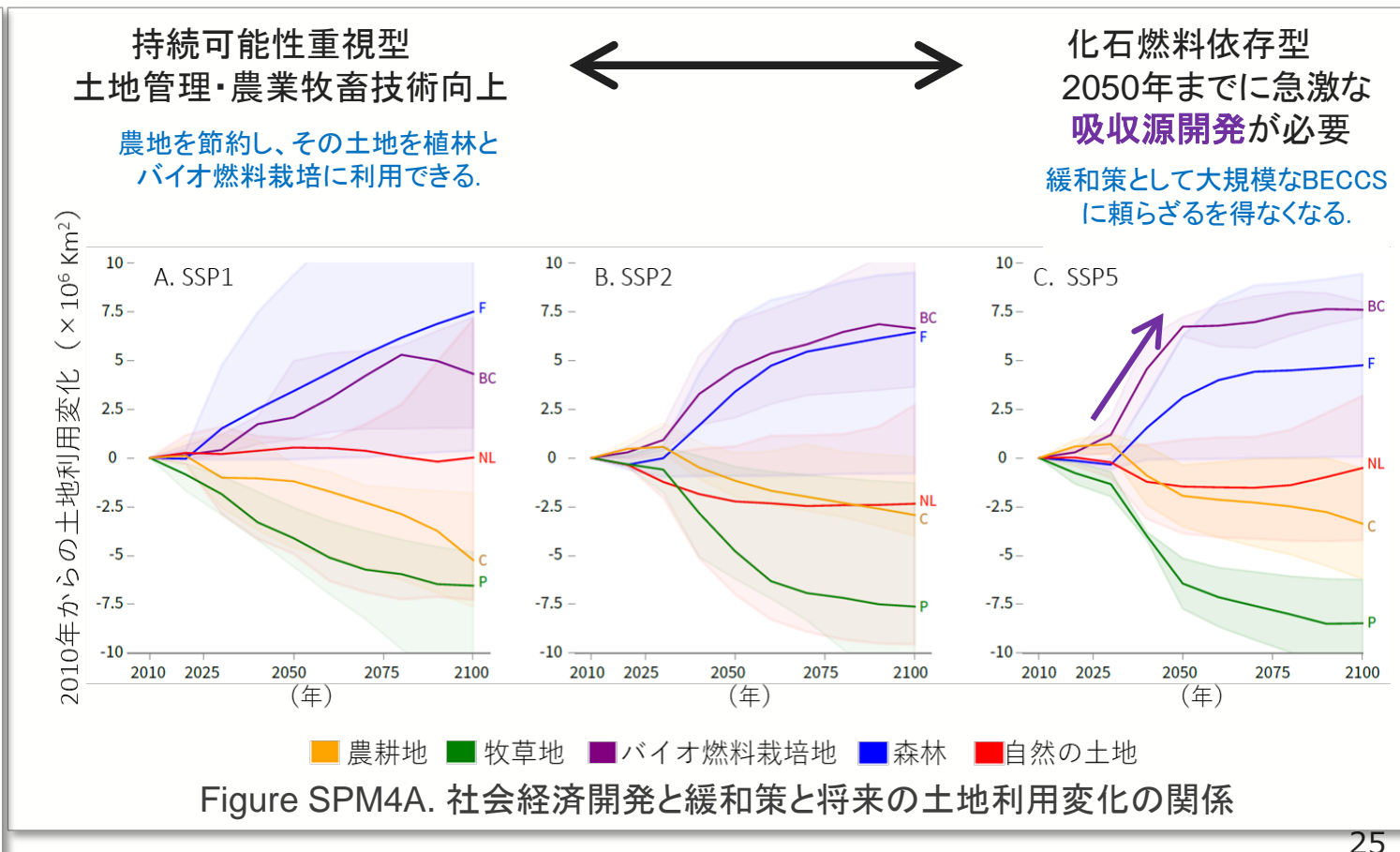
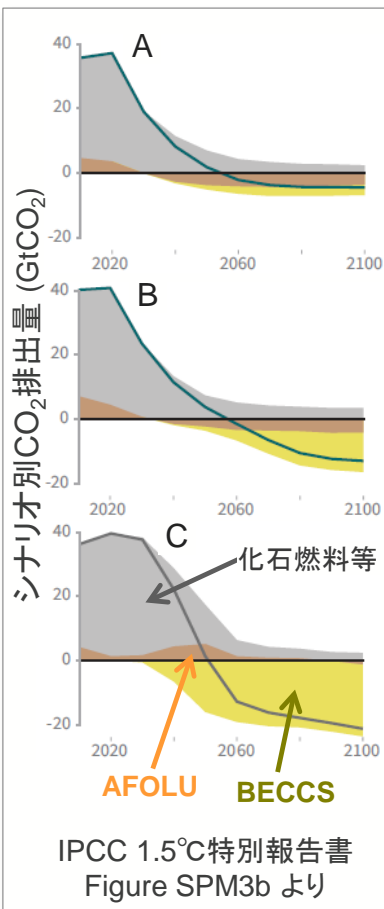
SSP (Shared Socioeconomic Pathways)

人口・経済成長・技術進展・消費嗜好・技術の社会的受容性等が異なるケースを想定して作成された社会経済シナリオ



4. 将来の気温上昇を1.5°Cまでに抑えるためのシナリオ

- ・人為的な温室効果ガス排出の急速な削減が第一
- ・新規植林、BECCS(バイオ燃料利用とCO₂回収固定)も必須
- ・農業生産性の向上、食料システムの改良も最大限必要



土地は有限：食料・水・生態系と調和する気候変動対策とは？

パリ協定の長期目標達成には、第一に温室効果ガスの人為排出を大幅削減する野心的な取組が必須かつ急務。排出削減の先送りは非常に高いコストとリスクを伴う。

森林減少の防止と新規植林、バイオマスエネルギーやネガティブエミッションの活用も、どうしても必要。

加えて、食料安全保障への悪影響を避けるためには、土地劣化防止による農業生産性の向上と、食品ロスの削減や食習慣の見直しを含む食料システムの低炭素化を同時に遂行する、という困難な課題を達成しなければならない。