

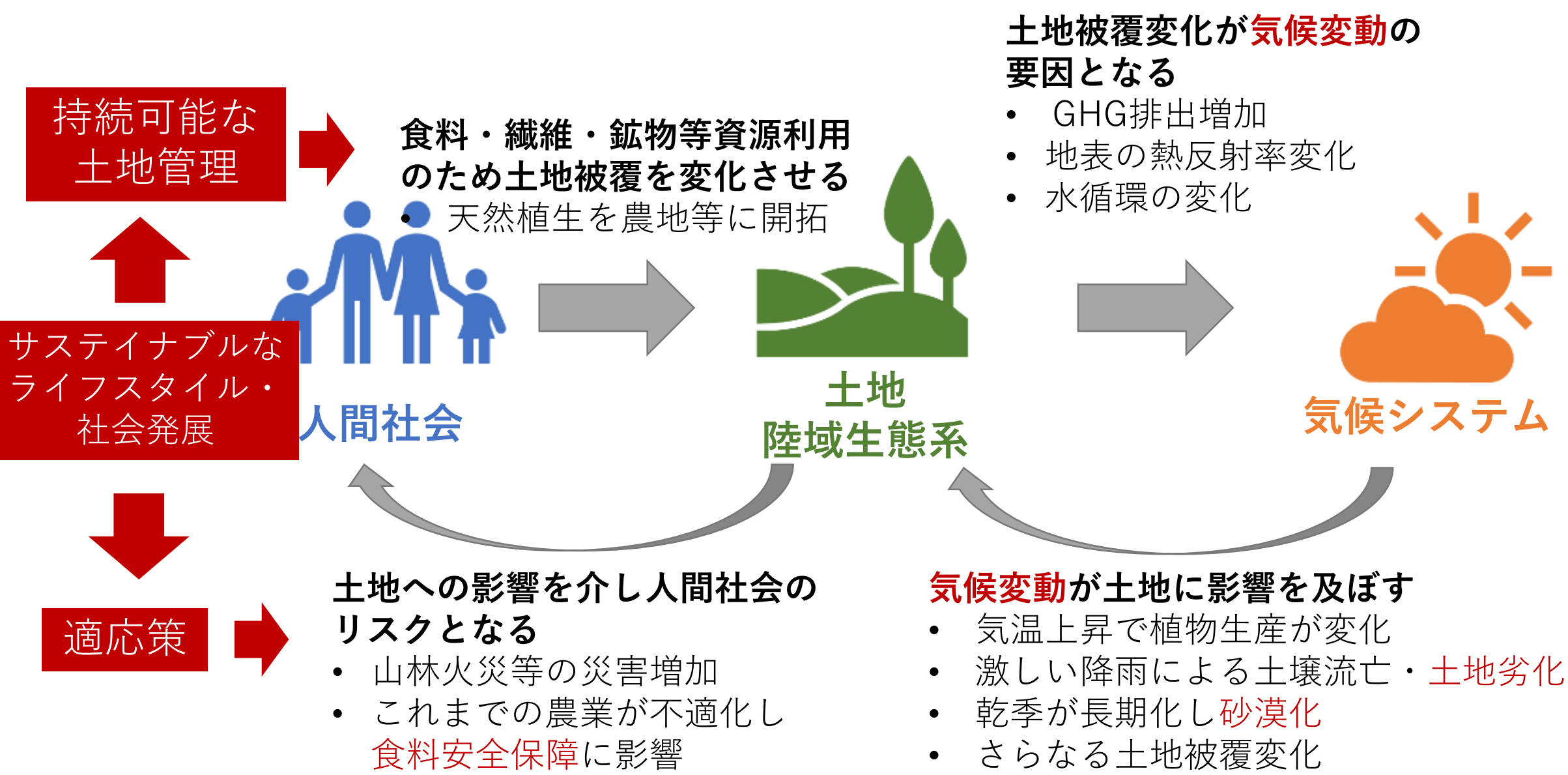
IPCC特別報告書 『気候変動と土地』 『海洋・雪氷圏』

地球環境戦略研究機関
気候変動とエネルギー領域 ディレクター

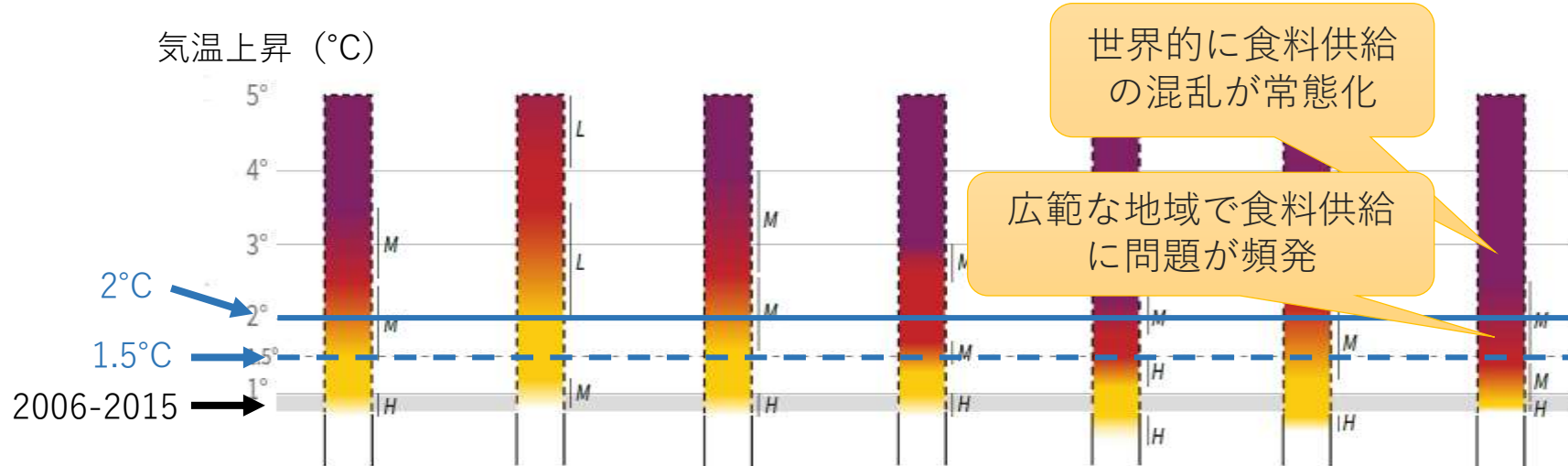
田村 堅太郎

『気候変動と土地』報告書の部分の発表資料作成：
IGES 自然資源・生態系サービス領域 山ノ下麻木乃

特別報告書「気候変動と土地」の全体像



気候変動による土地への影響を通じた人間社会へのリスク



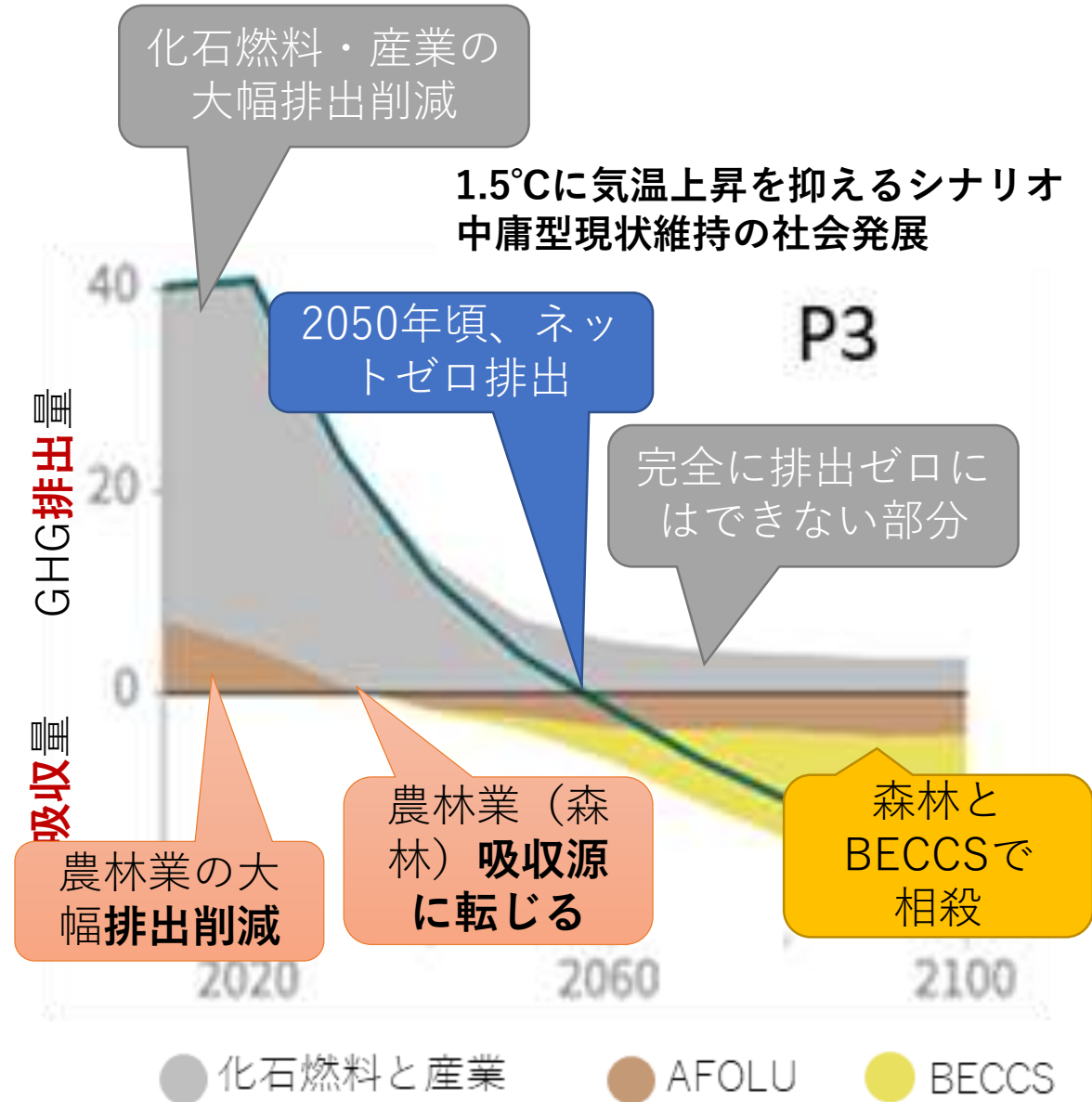
- 気温上昇によって、土地への影響は深刻さを増す
 - 影響の範囲と頻度
- 人間社会に様々なリスクを及ぼす

	砂漠化	土地劣化				食料安全保障	
人間社会へのリスク	乾燥地の水不足	土壌侵食	植生損失	山林火災	永久凍土融解	熱帯の作物収量低下	食料供給の不安定化
食料						●	●
生計手段	●	●	●			●	
土地価格	●	●		●			
人間の健康	●	●	●	●			●
生態系の健全さ	●		●	●	●	●	
インフラ	●			●	●		

1.5°Cの達成には土地セクターによる排出削減と吸収が不可欠

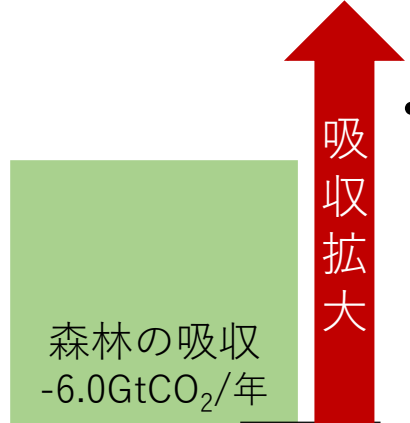
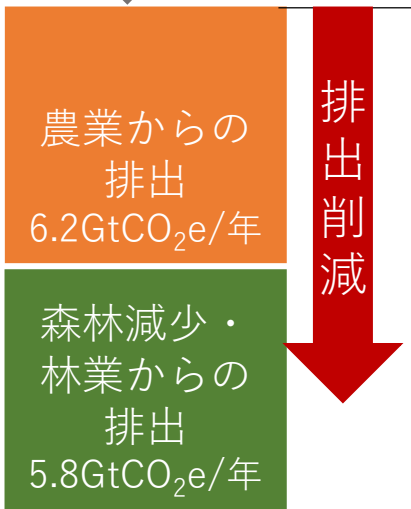
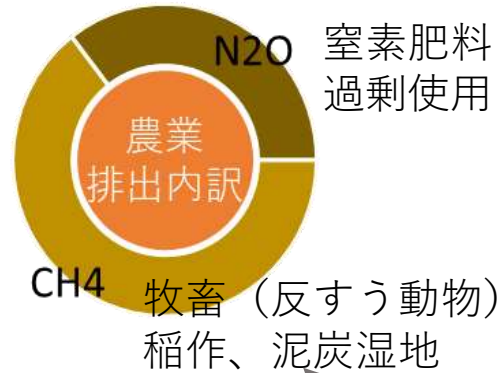
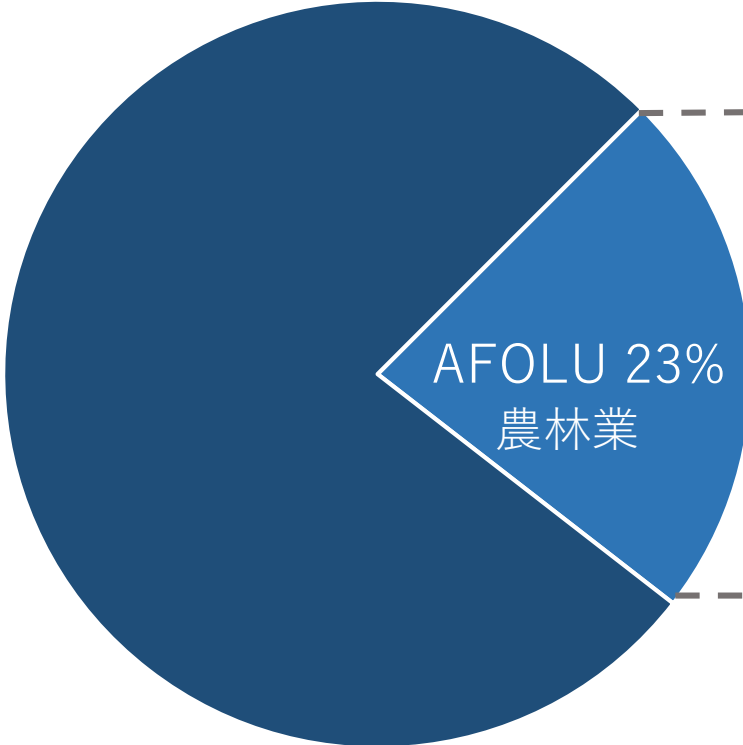
- 化石燃料と産業による大規模な排出削減に加えて同時に、
- AFOLU（農業・林業・その他土地利用）による**大幅な排出削減**
- 2050年頃、「ネットゼロ」を達成するために、それより前に**農林業（森林）が吸収源に転じる**
- 森林のCO₂吸収とBECCSで、**大気中にすでに排出されたCO₂を吸収・回収する**

BECCS：バイオマスエネルギー（ゼロエミッション）から出るCO₂を技術的に回収・貯留する(CCS)ことで、ネガティブエミッション（≒吸収）となる

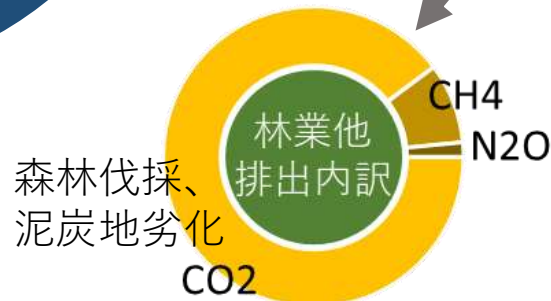


しかし現状では 農林業(AFOLU)は大きな排出源

世界のGHG排出量
約52GtCO₂e/年



- 農林業からの排出
 - 農業：窒素肥料過剰投入、水田の水管理
 - 畜産：家畜のげっぷ、し尿処理
 - 林業・土地利用転換：森林伐採
- 森林の吸収量は排出量よりも小さい



1.5°C達成には、2030年頃には**吸収源に転じる**ことが求められている

吸収源に転じるためには、農林業からの排出を削減し、森林の吸収を拡大する必要がある。

地球上の土地はすでに 使い尽くされている

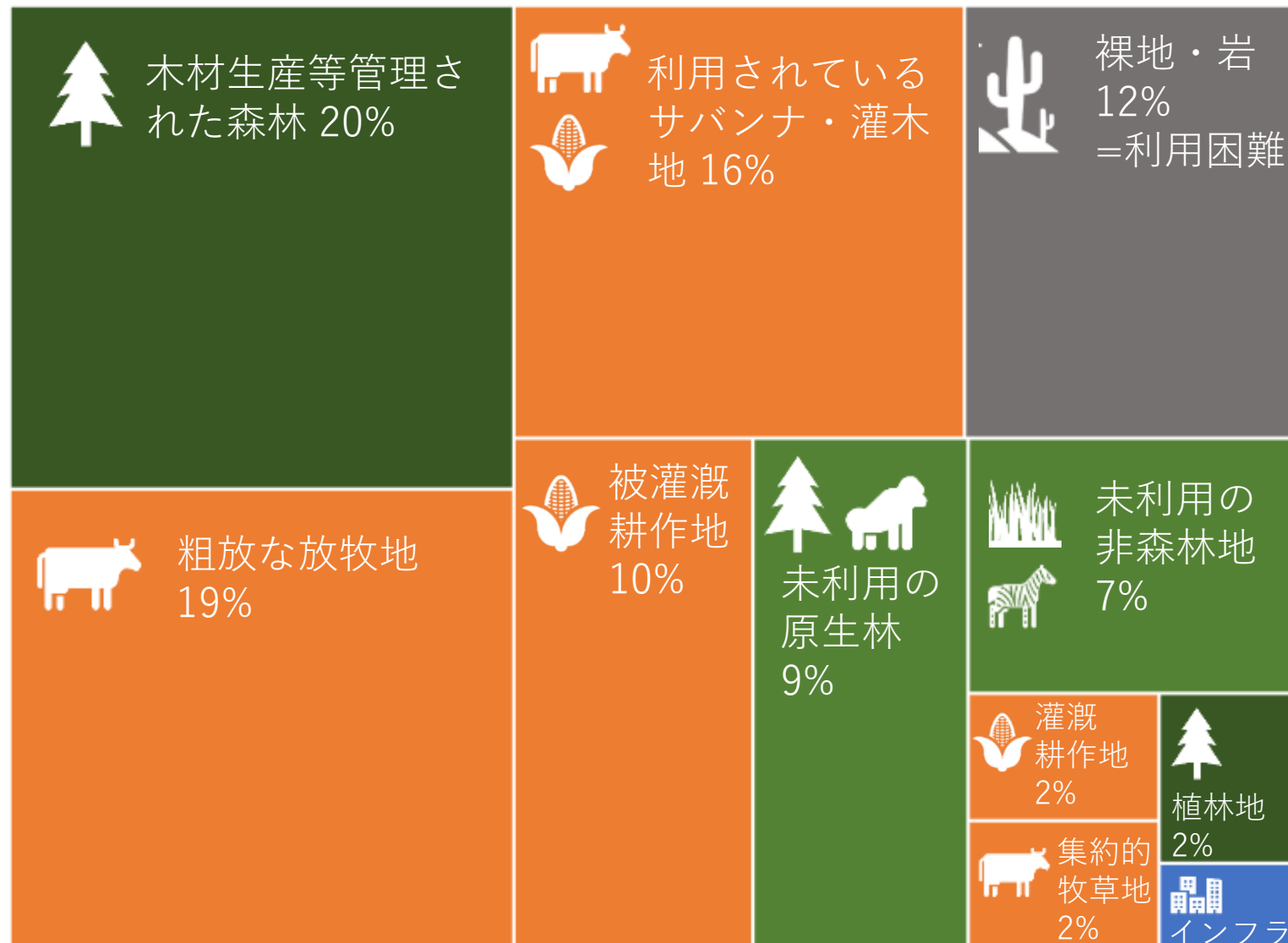
• 人間が利用できる土地は有限

- これまで人間は増大する世界人口を養う食料生産のために、農地面積拡大で対応
- 未利用の自然植生は残り僅か

• さらに吸収源拡大のために、森林とバイオマス燃料の生産の面積を拡大が必要

• どうしたら可能なのか？

地表面積合計（氷除く）1億3000万km²



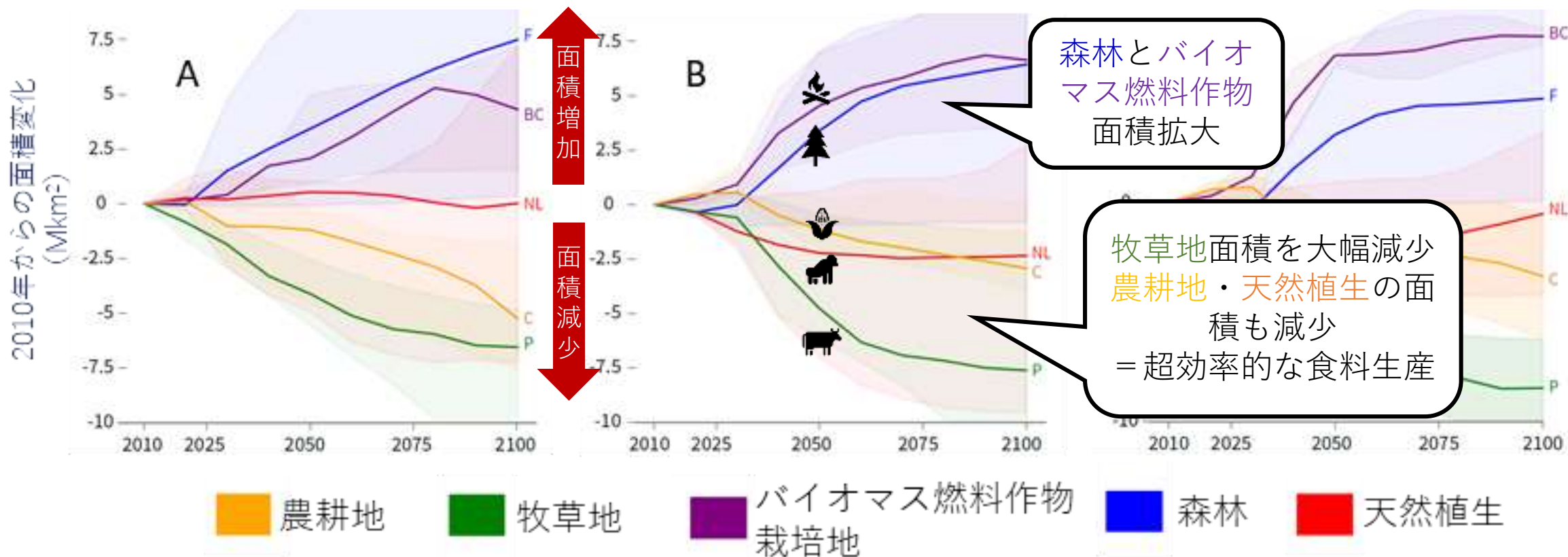
(IPCC気候変動と土地特別報告書を基に作成)

1.5°C達成のためには、現状の土地利用の大変革が必要

持続可能な社会発展

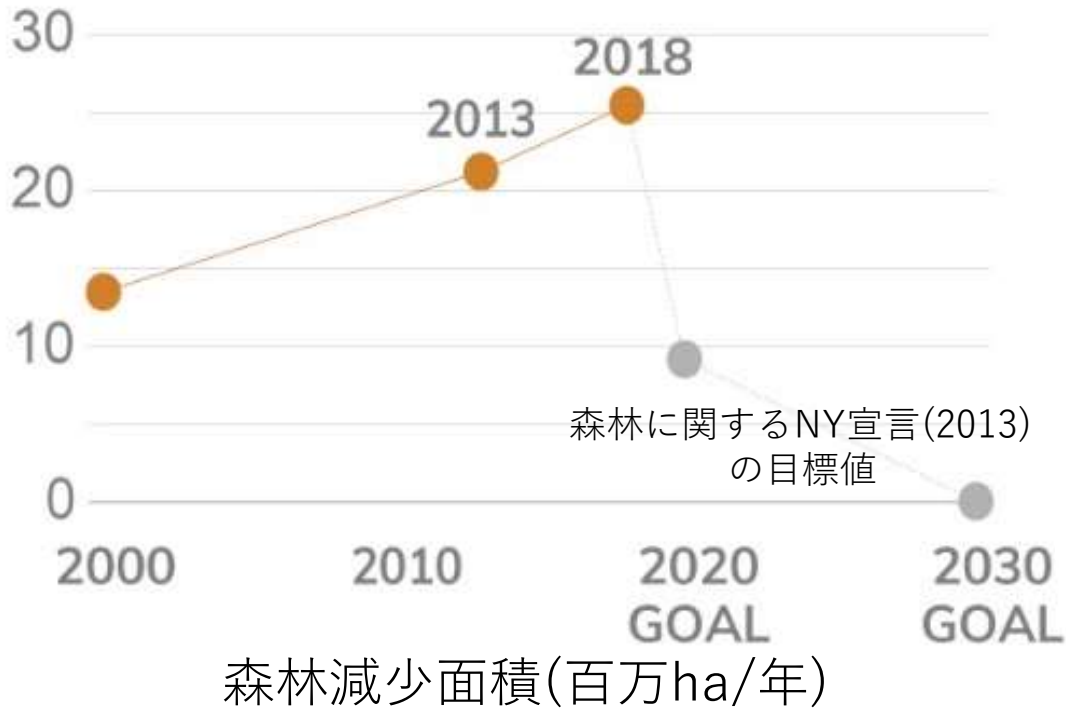
中庸型現状維持の社会発展

化石燃料消費型社会発展



- 現状維持・化石燃料消費型社会発展経路では、**土地をめぐる競争が発生**（食料生産vs気候変動緩和策）
 - 食料価格、土地価格に影響
- **持続可能な社会発展**経路では、牧草地・農耕地面積が**おのずと減少する**ので森林等に置き換えが可能
 - 緩やかな世界人口増加、人間開発、経済格差縮小、管理された土地利用、環境に配慮したライフスタイル

土地セクターの現在のトレンドは、未だ反対方向に進行中



森林減少によるGHG排出量：
2001-13年と2014-18年の年平均GHG排出量の比較

NYDF Assessment Partners (2019)

森林は特に**熱帯諸国**で減少中

- 熱帯林減少による年間GHG排出(4.7GtCO₂)は、2017年のEU全体のGHG排出量より大きい
- 熱帯林の減少面積の70%は**商業的な農地拡大**による
- 森林減少を引き起こす商業作物(Pendrill et al. 2019)
 - 牛肉（世界全体、特にブラジル）、パームオイル等油料種子（世界全体、特にインドネシア）、林業製品と米（アジア）

対応策は？日本で何ができるのか？

1.5°C達成のために土地セクターが求められていること：

- 土地セクターが吸収源として機能する
- 農地（特に牧草地）を減少させ、森林とバイオマス燃料
作物生産拡大

対応策：

- 農林業からの排出削減のために
 - 生産現場の施業改善（施肥・家畜のえさとし尿管理改善等）
- バイオマス燃料作物生産拡大
 - 土地利用の効率化（遊閑地利用）
- **日本国外（熱帯）の森林減少防止による排出の削減と森林再生・植林による吸収強化**
 - **日本と関係のない問題ではない！**

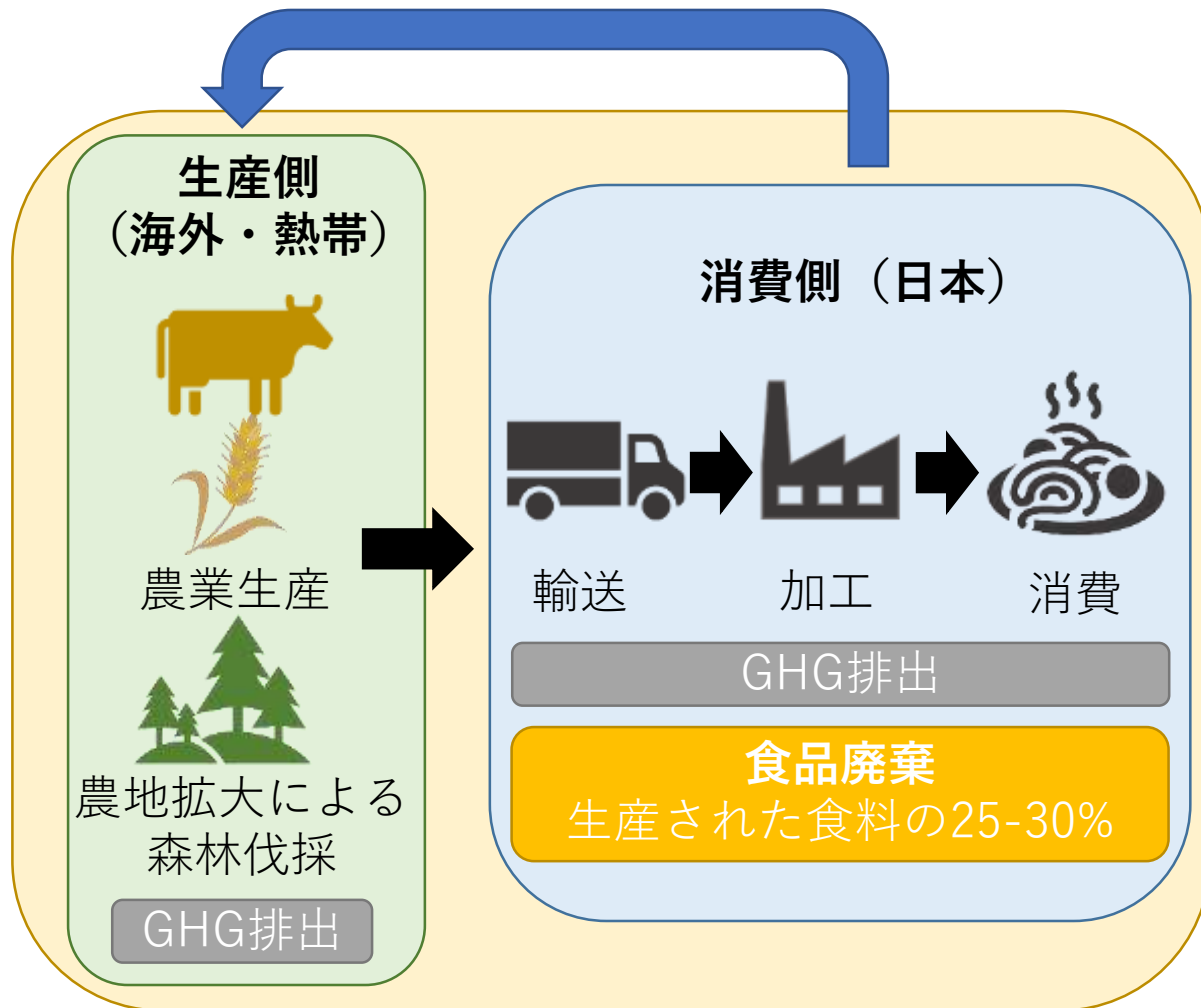
日本の現状：

- 農林水産業からの排出量は国全体の4%
- 食料自給率は38%で、輸入依存

- 日本が輸入する産品は海外で森林減少を引き起こしており、国内の約2倍の排出を引き起こしている (Pendrill et al. 2019)
- バイオマス燃料の輸入増加傾向

食料システムで排出をとらえる試みから見えてくる対応策

消費側の需要や指向が生産側に大きな影響



食料システムからの排出は、世界の排出の約30%

消費側の対策

- 輸送・加工・消費におけるエネルギー効率改善
- 食品廃棄の防止
 - 捨てられるための食料生産をなくす
- サステイナブルな調達・サプライチェーン管理
 - 森林減少や土地劣化を引き起こさない商品を選択して使用すれば、生産側の排出削減努力をサポートできる
 - 「サプライチェーンの森林減少ゼロ」に取り組む企業も増加中
- 食生活の変化
 - 植物性たん白質中心、健康的
 - 環境に配慮した商品の選択

キーメッセージ

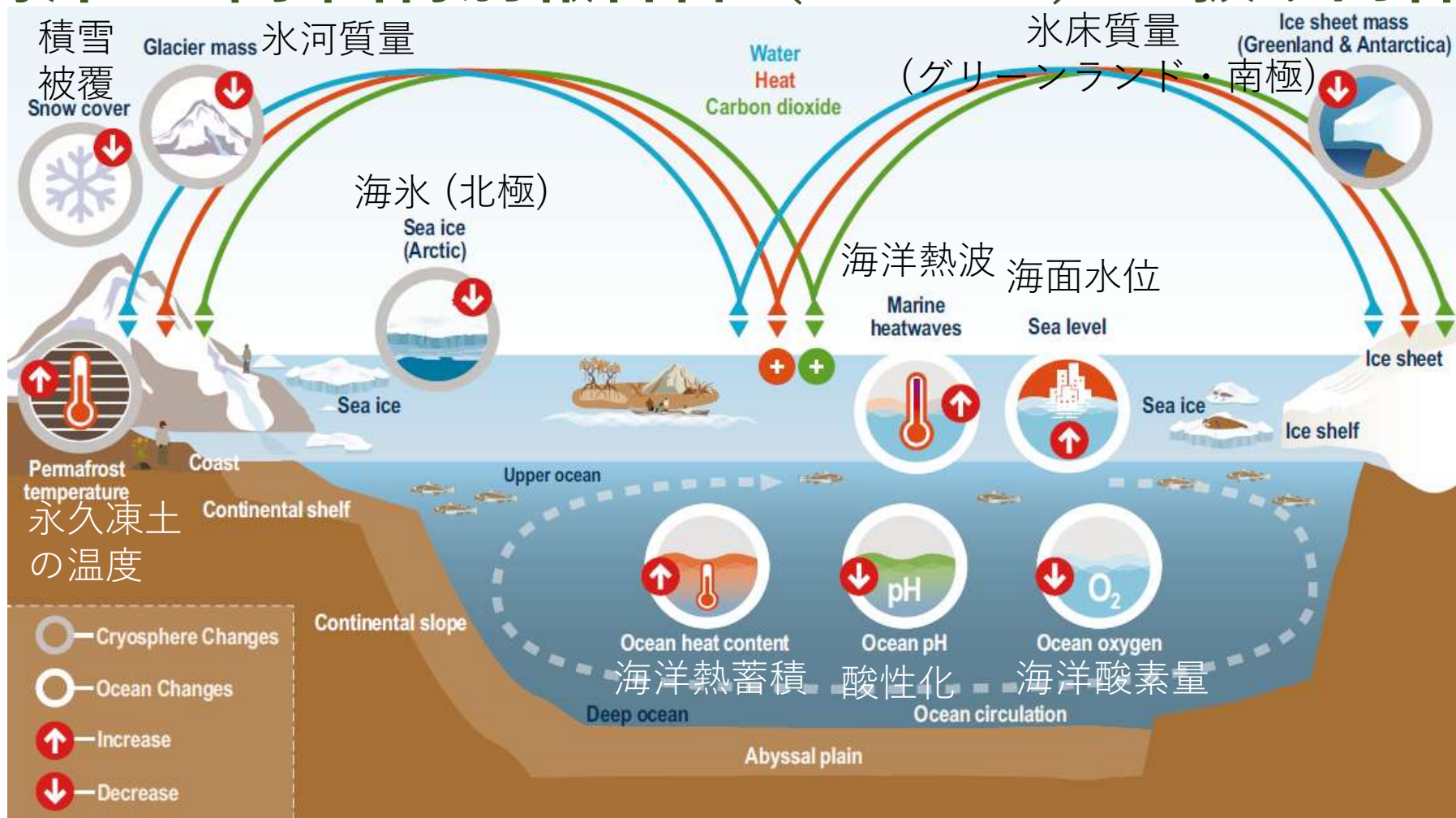
- 気候変動を1.5°Cに抑えるためには、**土地セクターによるCO2吸収は不可欠な要素**。化石燃料・産業セクターでの大規模な排出削減と**同時に取り組む**必要がある
- **持続的な土地管理に基づく大きな土地利用の改変**が必要、**土地をめぐる競合の回避**が重要
- **サステイナブルなライフスタイルと社会発展**は、土地をめぐる競合の回避に不可欠
- **消費国は、サプライチェーンを通じて、海外の土地からの排出削減に貢献**できる
 - 熱帯の森林減少は日本と無関係の問題ではない



パームオイル生産のために開拓された天然林
(インドネシア)

海洋・雪氷圏特別報告書（SROCC）が扱う内容

海洋（地球表面の7割）：
 気候システムの
 余剰熱の
 90%を蓄積、
 産業革命以降
 に排出された
 CO2の1/3を
 吸収



氷床・氷河（陸域の約10%）：
 温暖化する環境に非常に敏感。
 雪氷圏の喪失は、雪・氷・永久凍土のフィードバックを通じて気候変動を加速

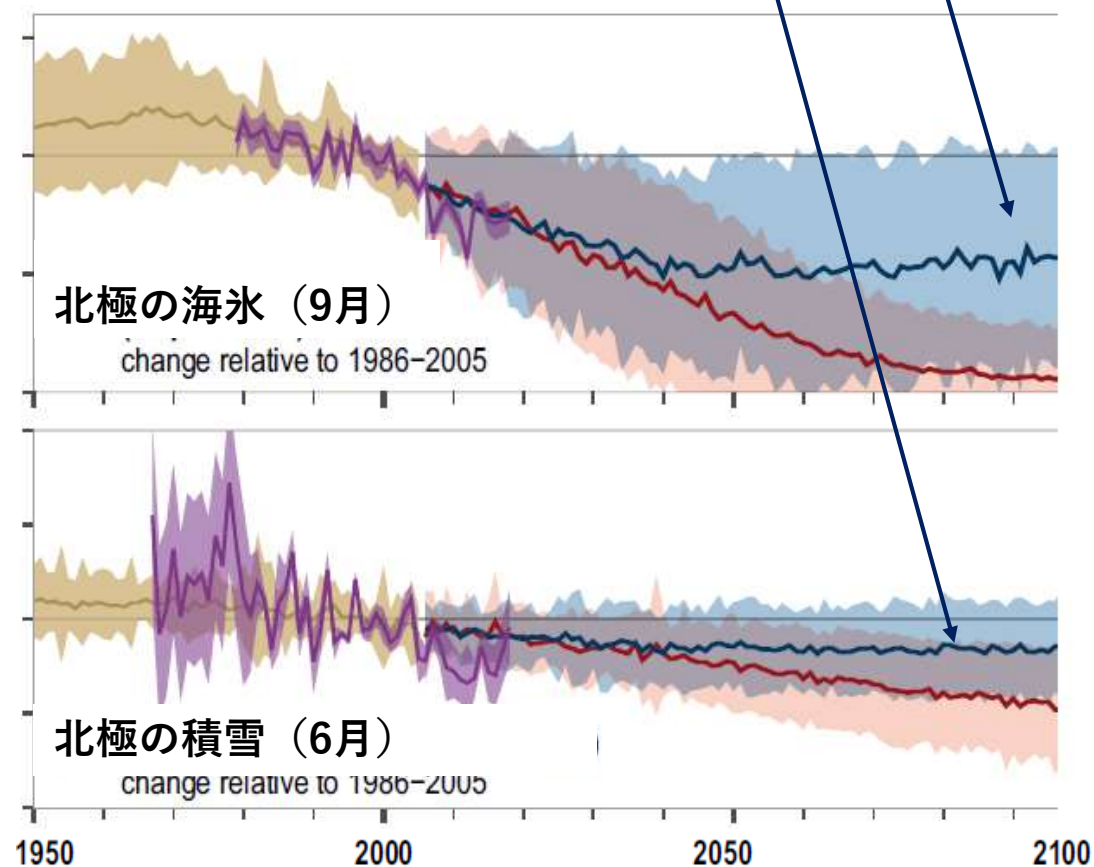
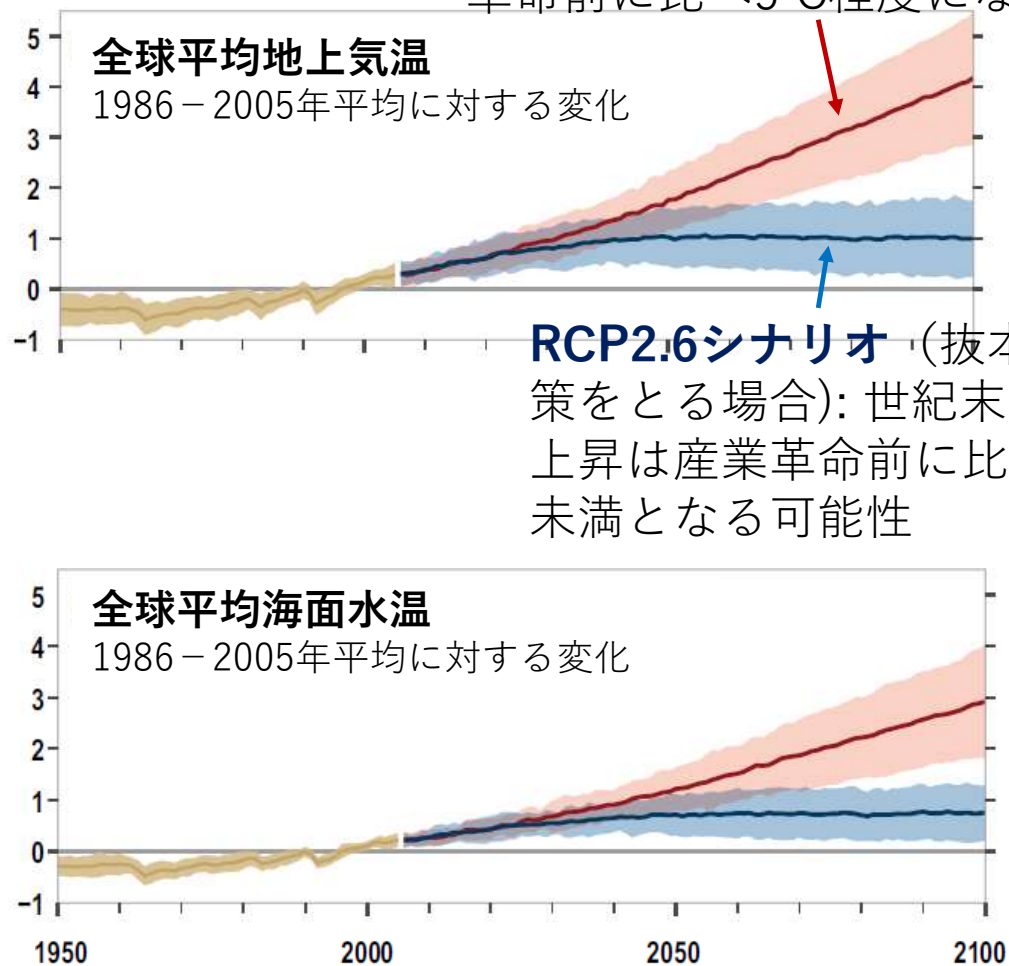
- 海洋と雪氷圏は、将来の気候変動の行方を左右
- 高山地域（6.7億人）、低平地沿岸域（6.8億人）、北極圏（400万人）、小島嶼発展途上国（6,500万人）→これらの地域における、生活基盤にかかわる課題

海洋と雪氷圏の過去と将来：氷床及び氷河の質量の消失、積雪被覆の減少及び海氷の面積や厚さの減少

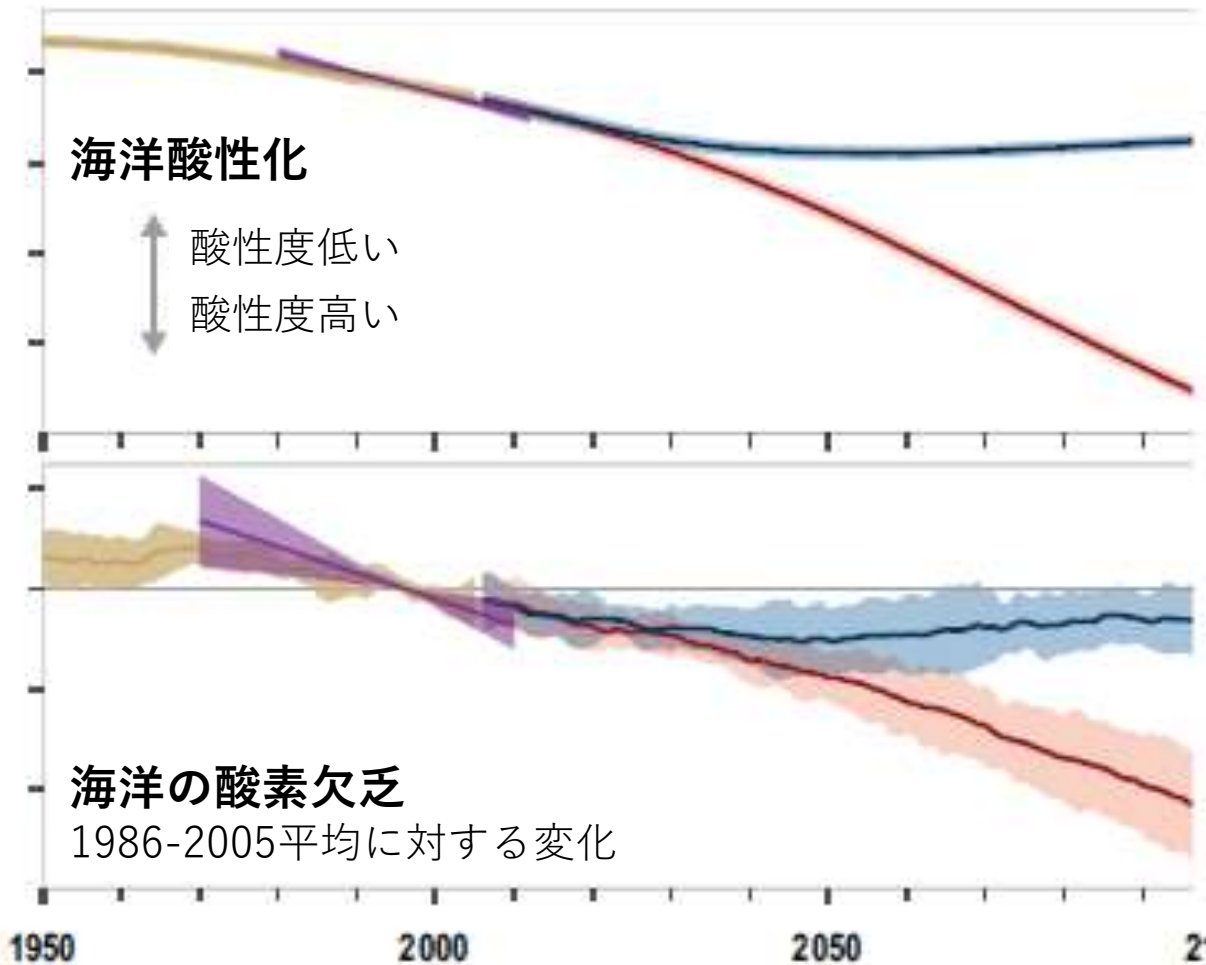
RCP8.5 シナリオ (対策をとらない場合): 世紀末の気温上昇は産業革命前に比べ5°C程度になる可能性

RCP2.6シナリオ (抜本的な対策をとる場合): 世紀末の気温上昇は産業革命前に比べ2°C未滿となる可能性

RCP2.6シナリオでは、進行が止まる。回復も。



海洋と雪氷圏の過去と将来：海洋の酸性化及び酸素欠乏



出典：IPCC SROCC

海洋がより多くの**CO₂を吸収**することによって、海面（表面海水）の**酸性化**が進行

（温暖化を原因とする確信度は高い）

- 産業革命以降に排出されたCO₂の1/3を吸収
- 植物・動物プランクトン、サンゴなどの骨格、殻の生成が難しくなる

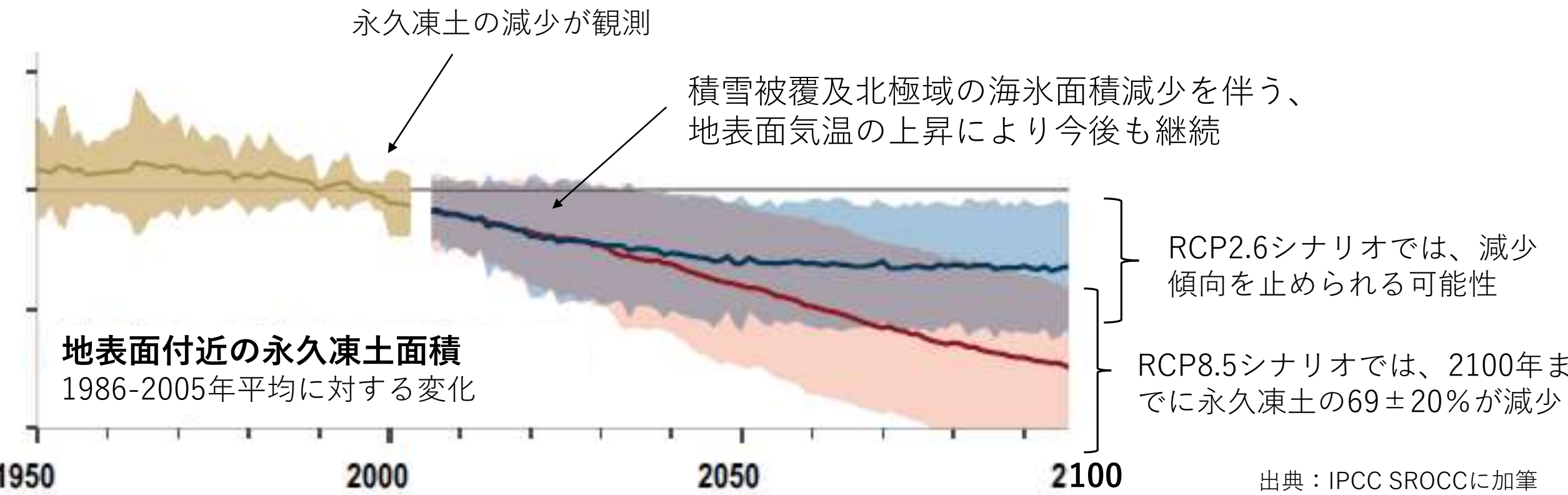
海面から水深1000mまで**酸素の損失**が起きている

（温暖化を原因とする確信度は低い）

- 表面海水の温暖化により、上層・下層間の対流が衰える（表層から酸素を含む海水が下層に届かなくなる）
- 海水温上昇による酸素飽和量の低下
- 河川からの栄養塩の増加等にも起因

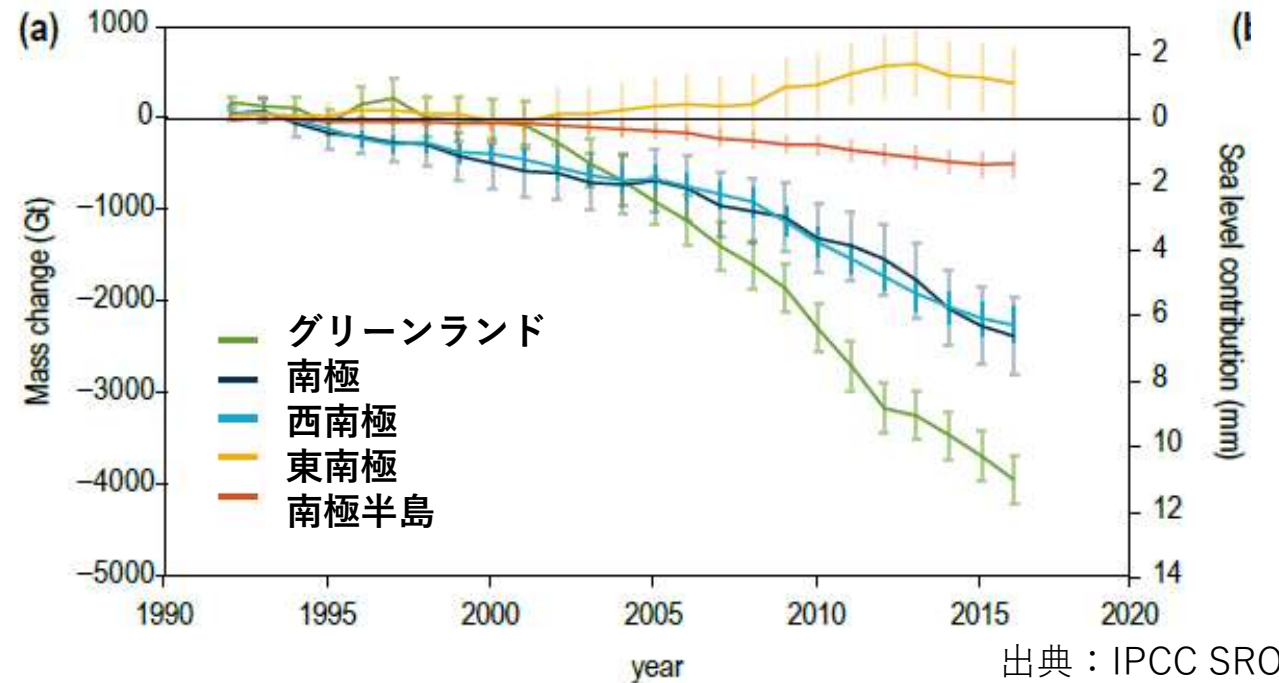
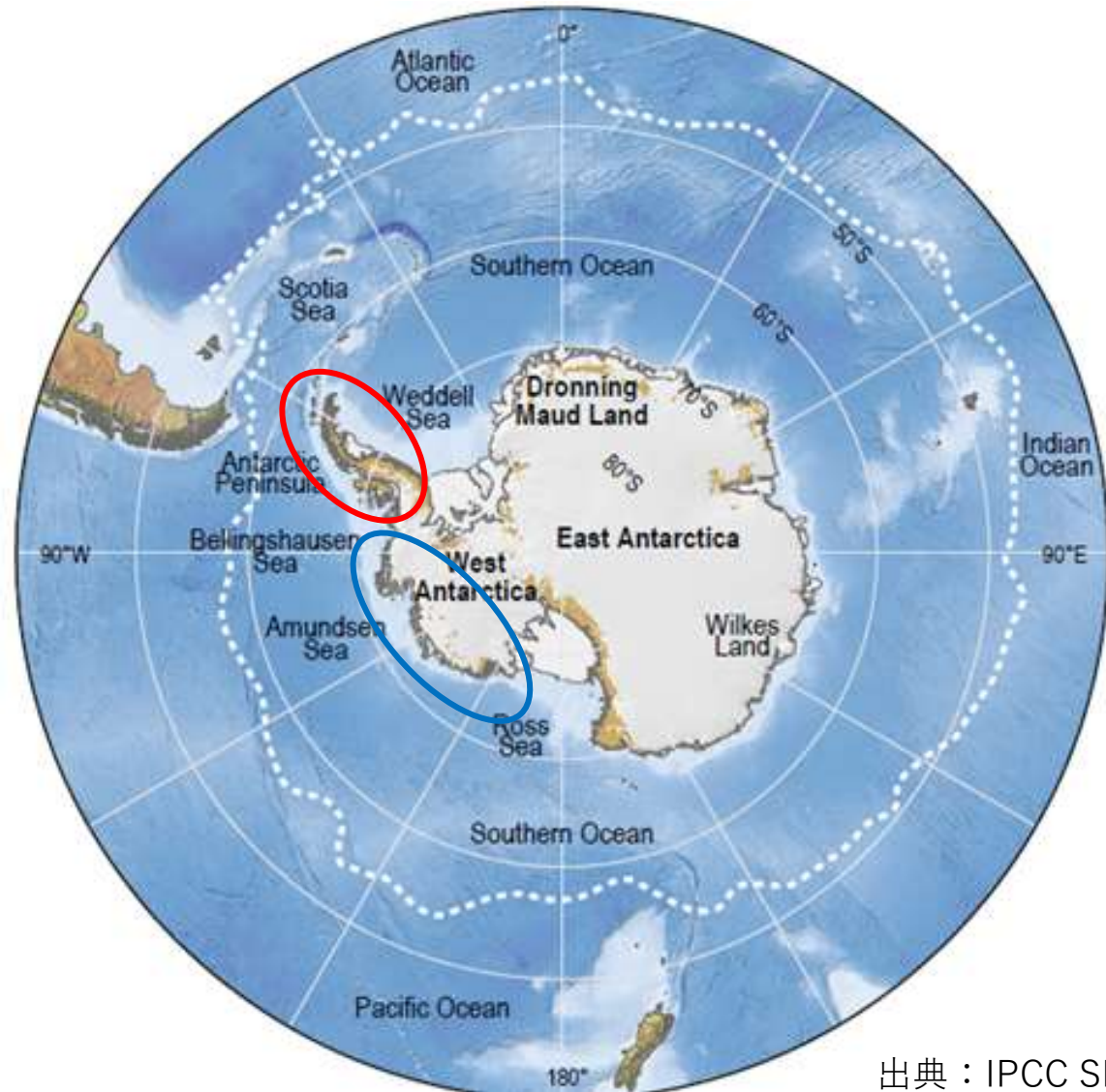
海洋熱波（後述）や乱獲・汚染・その他のストレス要因と重なり、生態系への影響を悪化させる¹⁴

海洋と雪氷圏の過去と将来：永久凍土の劣化と地球温暖化の加速



- 北半球の永久凍土には、1,460～1,600ギガトン(Gt)の有機炭素が含まれる（大気中の炭素のほぼ2倍）
- 永久凍土の劣化：**急激かつ非線形な温暖化を引き起こす可能性**も含む（高い確信度）
（現時点で、永久凍土の劣化が追加的なメタン及びCO2排出につながっているかについては中程度の証拠）

南極全体で見ると氷床質量が減少。一部で急激な質量減少。その変化が不可逆的であるとの証拠は、現時点では限定的。



出典：IPCC SROCC

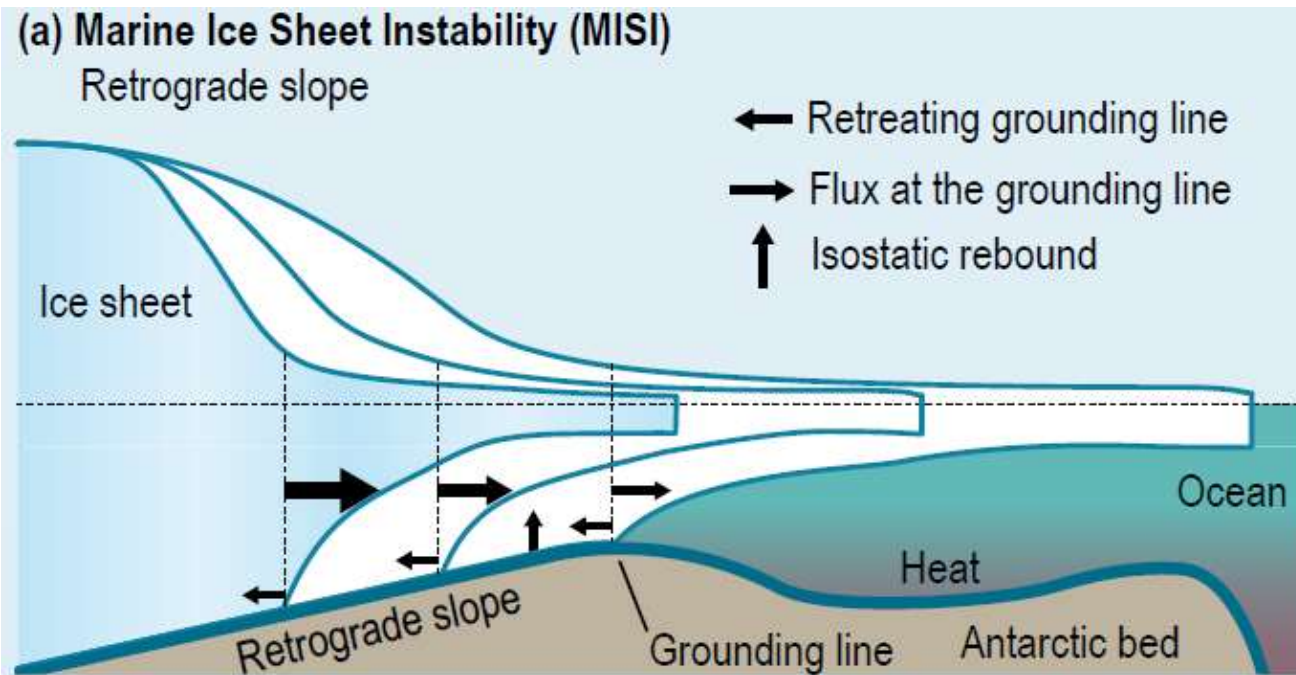
- 南極半島及び西南極の氷床質量は、大規模観測開始（1992年）以降、減少傾向、2006年以降に加速化
 - 海に接している氷床の不安定化（次頁）
- 東南極の氷床（南極氷床の85%を占める）はバランスを保つ

出典：IPCC SROCCに加筆

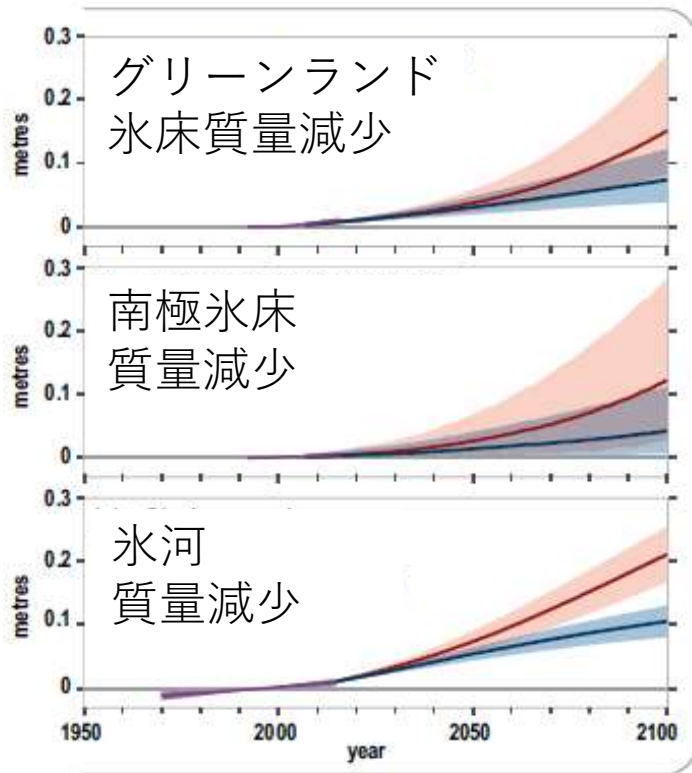
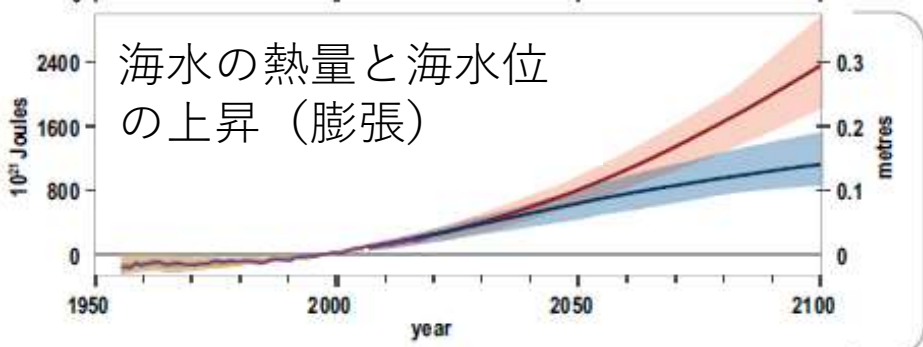
海に接している氷床の不安定性 (MISI: Marine Ice Sheet Instability)

- これまで南極は十分寒いので氷床は融け出さない。融け出すとしても氷床表面の融解を想定。
- しかし、「暖かい海水により底面が融ける→薄くなる→不安定になる」とい仕組みが提唱され、実際に証拠が集まってきた。

「氷床・氷河の下にある地形と海水浮力により、一度氷床の後退が起こると自発的な後退の停止がおきないという氷床の力学的特性」



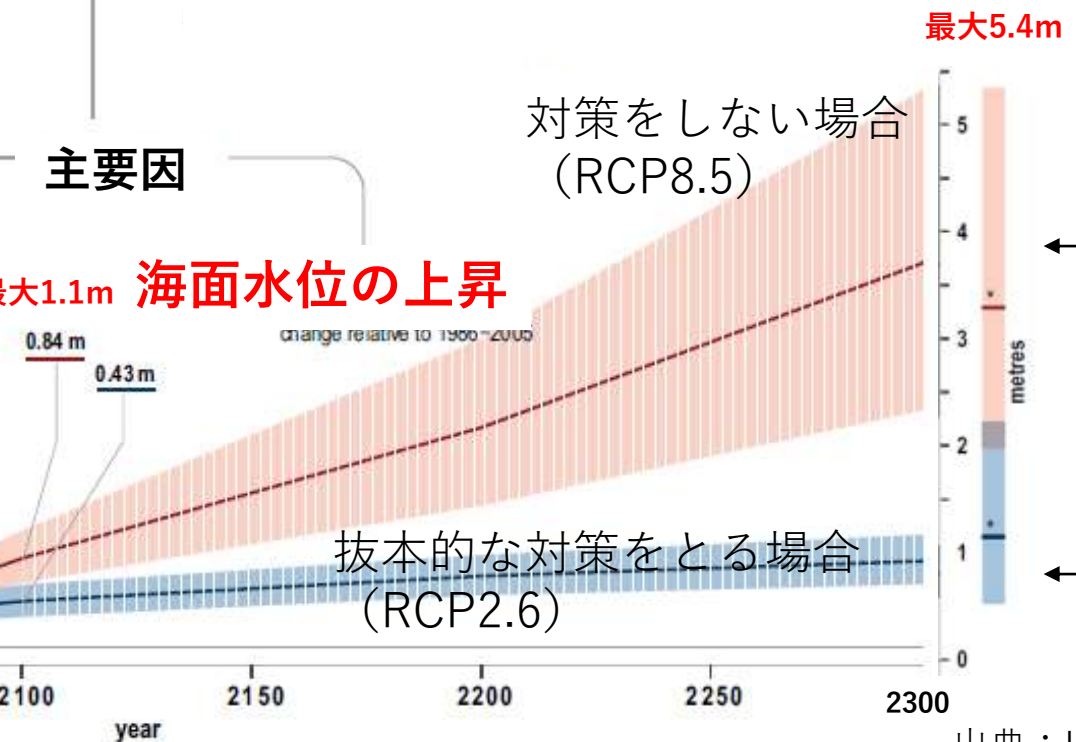
- 西南極の広域において、氷床の基盤（接地線）は海面下
→MISIにより不安定化し、崩壊しやすくなる
- 東南極の氷床はほとんどが基盤は陸上。ただし、一部（例、トッテン氷河域（フランスの国土面積に匹敵）の海岸側）は基盤は海底となっており、減少の加速が懸念



主要因

最大1.1m 海面水位の上昇

- 2100年の海面上昇
 - 排出削減対策をとらない場合：0.84m（最大1.1m）程度上昇
 - 抜本的な排出削減対策をとった場合（1.5°C程度の気温上昇）：0.43m上昇
- 2100年以降も海面上昇は続く（ただし、不確実性は高い）

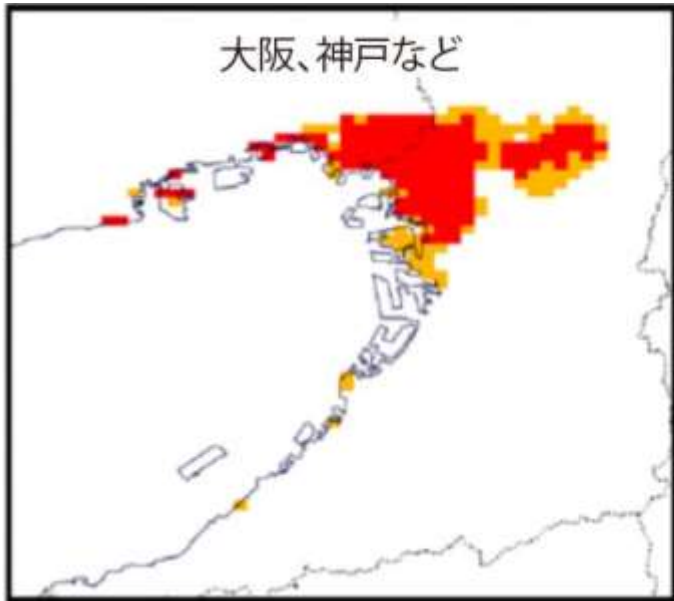


← 対策をとらなければ、2300年には上昇は5.4mに及びうる（南極氷床の応答による。不確実性高い）

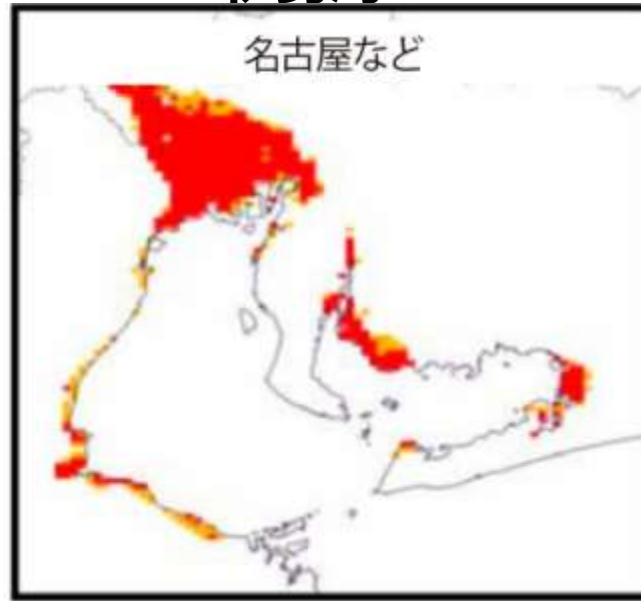
← 抜本的な対策をとっても、上昇傾向は持続

- 平均海面水位が59cm上昇した場合、日本の三大湾である大阪湾、伊勢湾、東京湾のゼロメートル地帯の面積は、5割広がると予測。

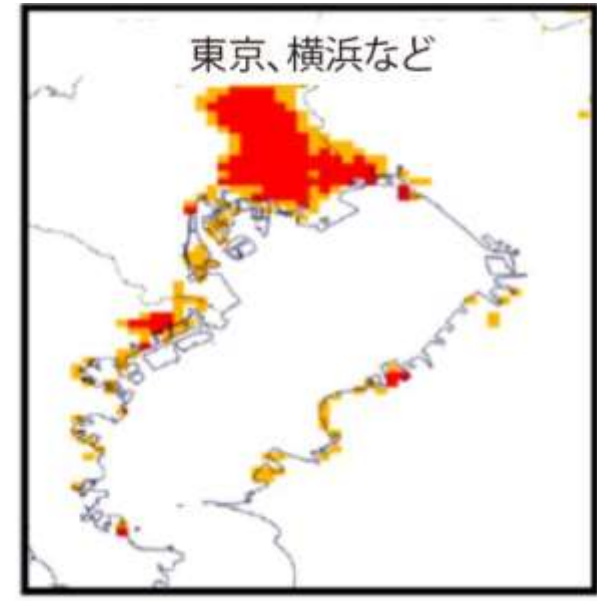
大阪湾



伊勢湾



東京湾



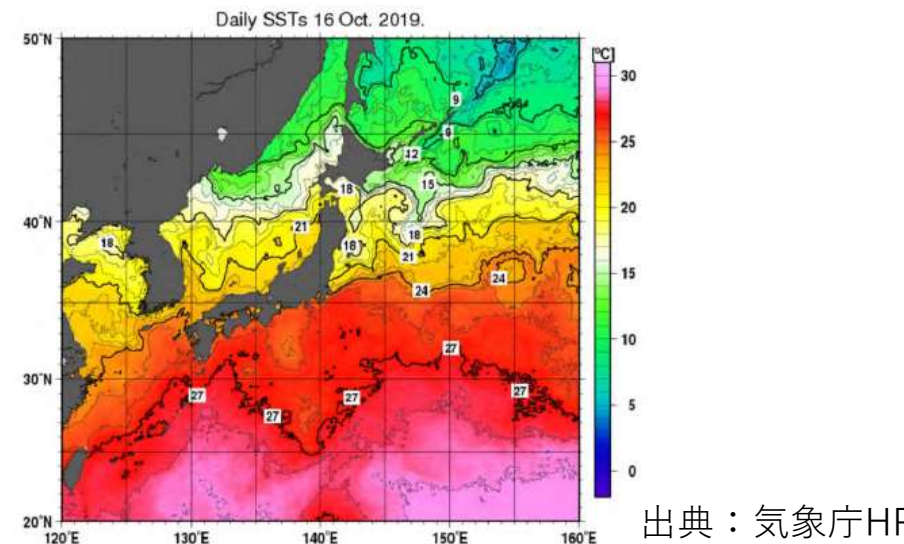
	現 状	海面上昇後	倍 率
ゼロメートル地帯の面積 (km ²)	577	879	1.5

複合したリスクと連鎖する影響

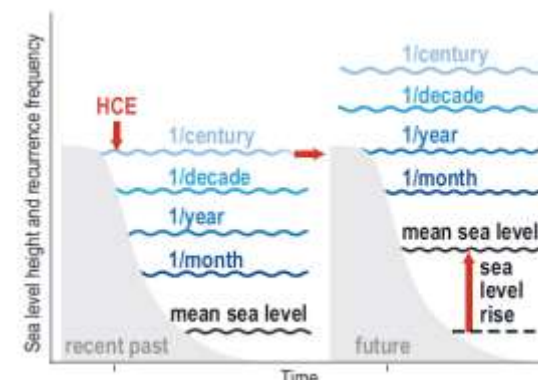
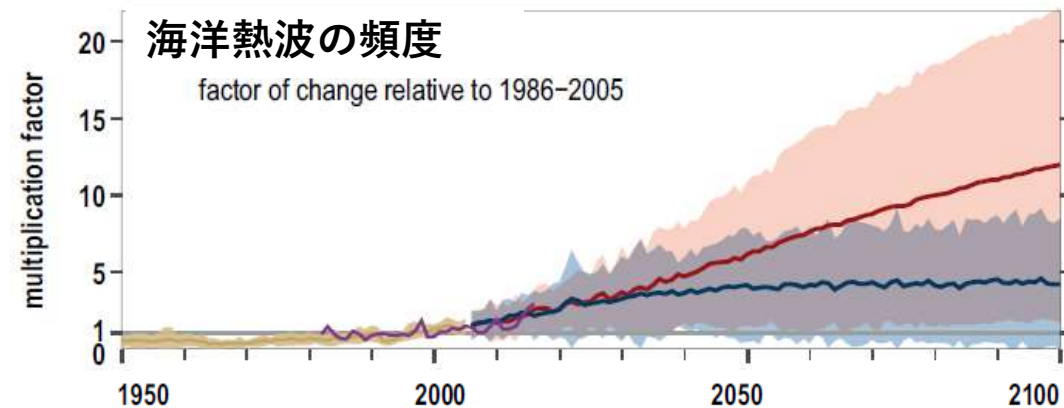
- 人為的な温暖化は、熱帯低気圧に伴う降水、風力、極端な海面水位現象を強めてきた（高い信頼度）
- 海洋熱波（Maritime Heat Waves：その海域の水温出現頻度で90%の値を超える水温が5日以上連続した状態）は、1982年から頻度が2倍に増大した可能性が高く、その強度は増大している
- 海面水位の上昇



- 満潮時や激しい暴風雨の際に生じる海面水位の極端現象の頻度を高める
- **1世紀に一回のペースで起きてきた現象**（HCE: Historical Centennial Event）は、多くの地域で今世紀半ばまでに**毎年一回**生じることになり、低平地沿岸域にある多くの都市や小島嶼でリスクが高まる

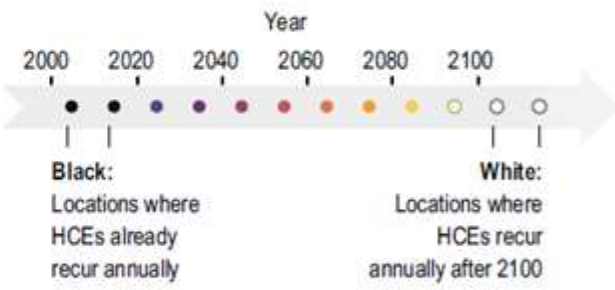
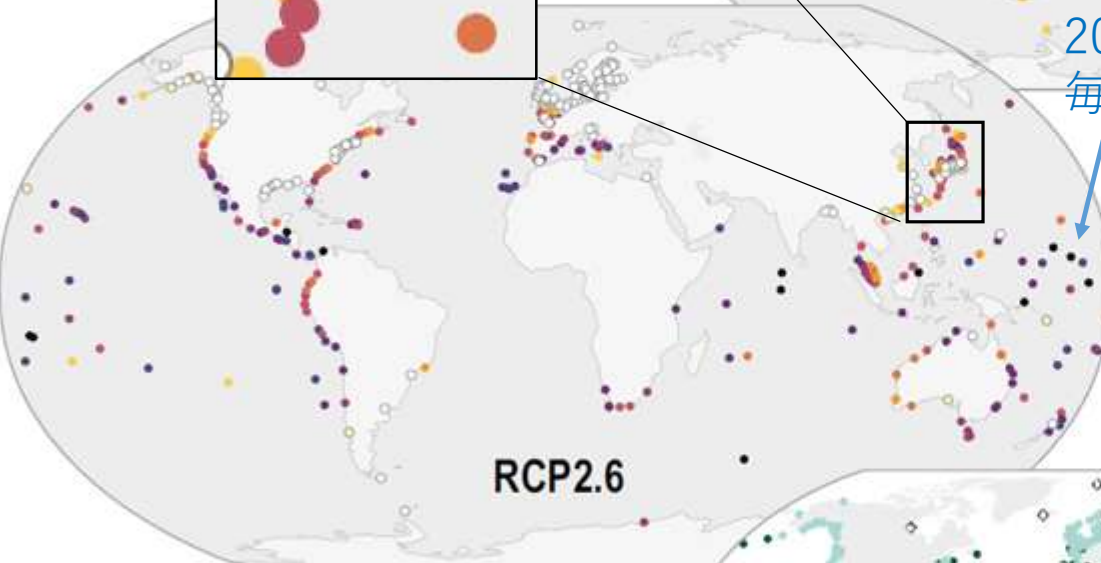
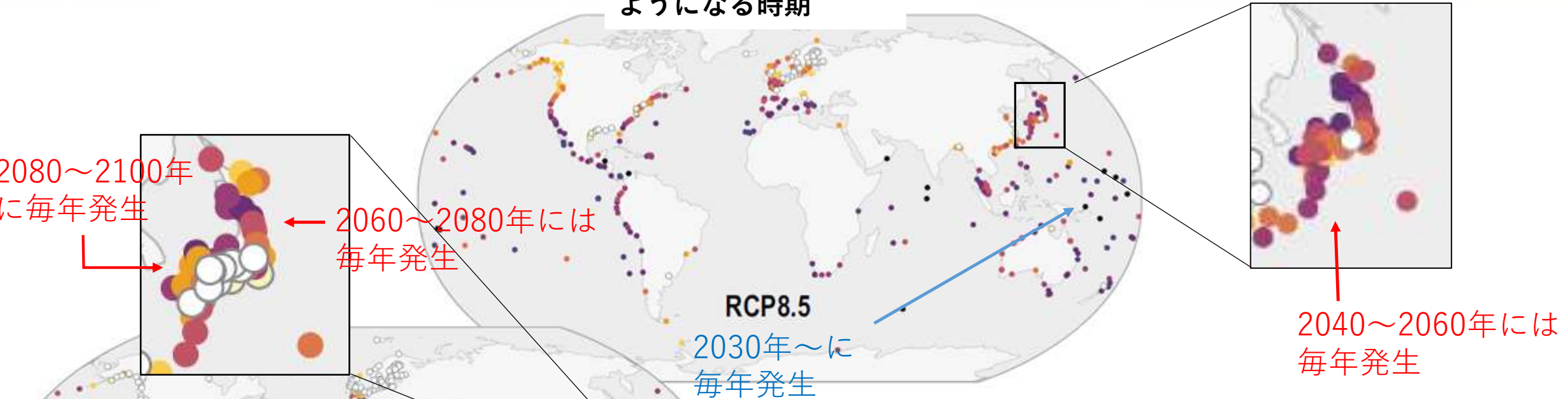


2019年10月の高温の海水温 = 強力な台風19号の発生原因



海面上昇による「かさ上げ」によりHCEが毎年発生へ

HCEが毎年発生するようになる時期



RCP8.5とRCP2.6の差

The difference map shows locations where the HCE becomes annual at least 10 years later under RCP2.6 than under RCP8.5.



- すべてのシナリオで極端な水位現象の頻度は高まる。RCP2.6シナリオでもそのリスクを無くすことはできない
- RCP8.5シナリオにおいては、熱帯低気圧の強度、高潮の規模、降水量の増大により、沿岸域のハザードは深刻なものに

出典：IPCC SROCCに加筆

海洋・雪氷圏の変化による地域的影響



¹ Eastern Boundary Upwelling Systems (Benguela Current, Canary Current, California Current, and Humboldt Current); [Box 5.3

海洋・雪氷圏の変化による地域的影響



² including Hindu Kush, Karakoram, Hengduan Shan, and Tien Shan; ³ tropical Andes, Mexico, eastern Africa, and Indonesia;

⁴ includes Finland, Norway, and Sweden; ⁵ includes adjacent areas in Yukon Territory and British Columbia, Canada; ⁶ Migration refers to an increase or decrease in net migration, not to beneficial/adverse value.

海洋及び雪氷圏の変化への対応の実施

課題

- 地域レベルから世界レベルにおいて適応策を策定・実施している現行の**ガバナンス**の取り組みは益々**困難**となり、場合によっては**限界**に達している。
- 最も**暴露の度合い**が高く、**脆弱性**の高い人々は、**対応能力が最も低い**人々であることが多い

対応の選択肢の強化

- 海洋及び雪氷圏が提供するサービス・選択肢は、**生態系の保護・回復、再生可能な資源利用**による予防的な生態系ベースの管理、及び**汚染その他のストレス要因を削減**することで支えられる。
- **統合的な水管理や生態系ベースの適応によるアプローチ**は気候リスクを低減し、複数の社会的便益を提供する。
- しかし、それらの対応について生態学的、資金的、制度的及びガバナンス上の**制約**が存在。また、多くの場合、**生態系ベースの適応は最も低い温暖化レベルにおいてのみ有効**。

対応を可能とする条件

- 気候に対し強靱で、持続可能な発展に向けて、協調され持続的な適応行動を伴う、**緊急かつ野心的な排出削減が決定的に重要**。
- **ガバナンス**当局間の空間スケール及び計画期間の協力・調整の強化。
- **教育及び気候リタラシー**、監視及び予測、利用可能なすべての知識の利用、データ・情報・知識の共有、社会的脆弱性・公平性への対応、制度的な支援。
- **投資**は、能力開発、社会学習、適応への参加、及び、短期的リスクの低減と長期的強靱性・持続性との間のトレードオフへの対応やコベネフィットの実現を可能にする。

ご清聴ありがとうございました。

