



# 気候変動問題の構図

～気候危機と持続可能な社会を考える～

国立環境研究所社会システム領域

高橋 潔

# 略歴

- 国立環境研究所 社会システム領域(1996年～)
- IPCC: 第4次・第5次・極端現象と災害報告書執筆者
- 地球温暖化の影響予測、および統合評価モデル  
(AIM: Asia-Pacific Integrated Model)開発  
→ ネットゼロ目標と持続可能開発目標の同時達成

- 参考



– <http://www.nies.go.jp/researchers/100053.html>



<https://www.nies.go.jp/social/interview06a.html>



<https://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/61/02-03.html>

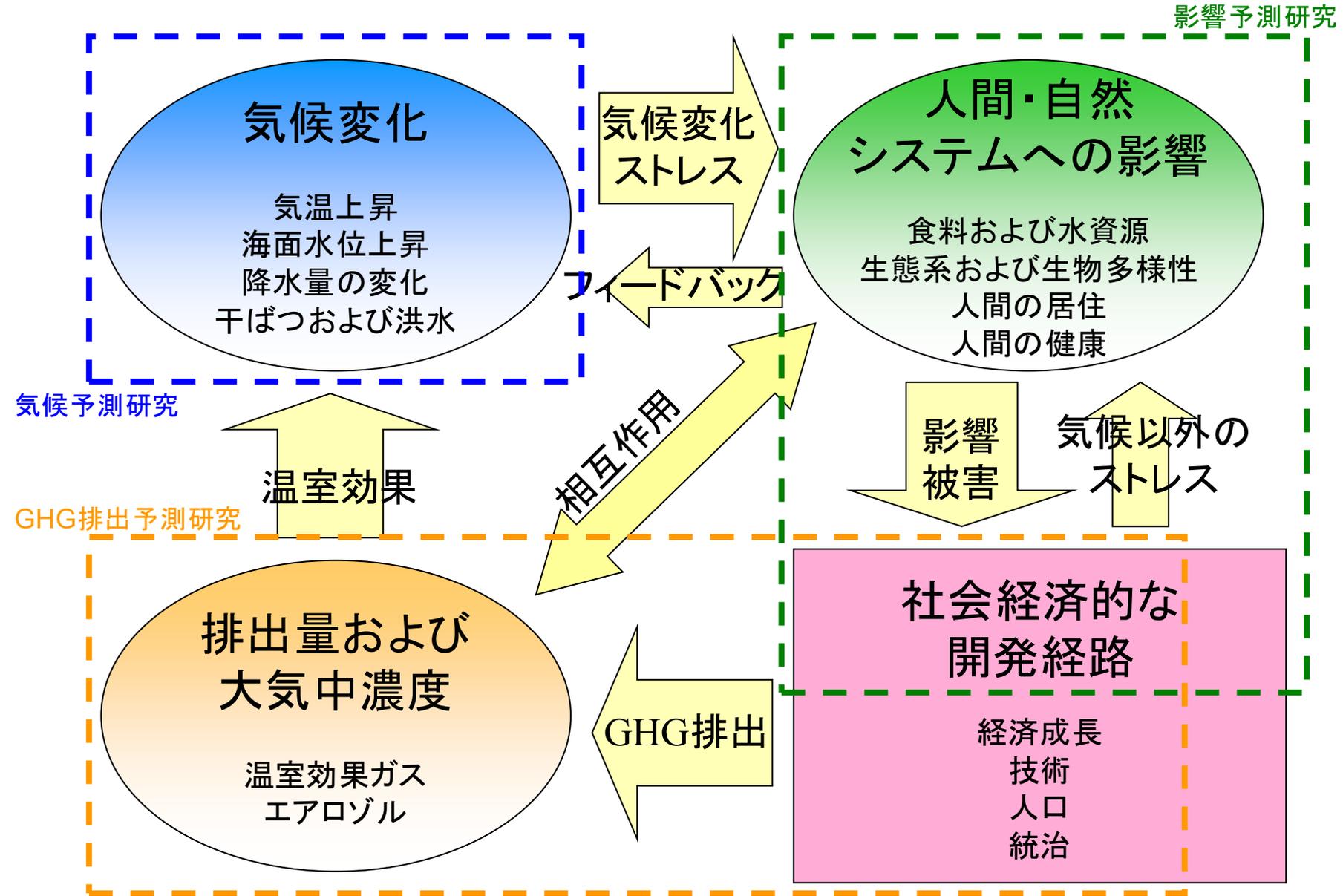


<http://www.nies.go.jp/>

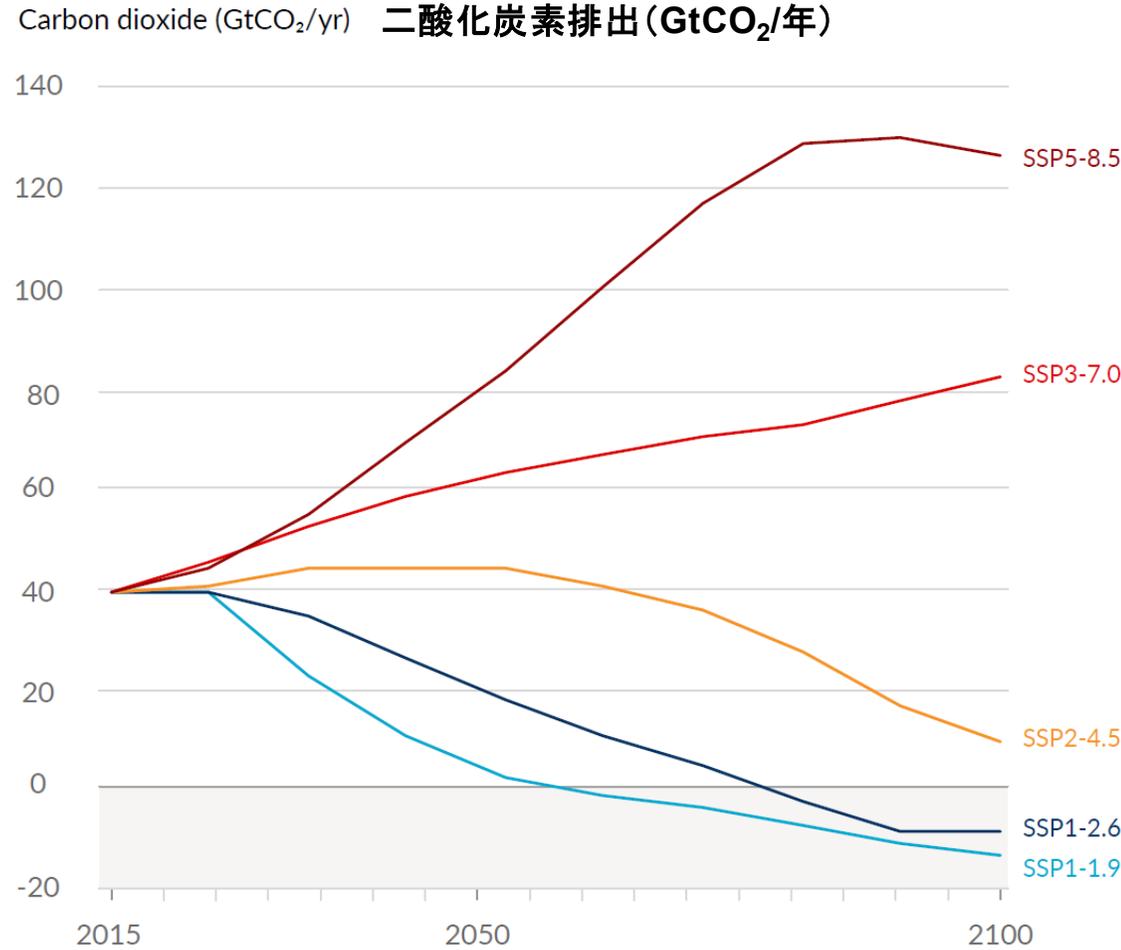


# 地球温暖化とその影響の仕組み:

## 一 解決に向けては排出・気候・影響の関係理解が重要

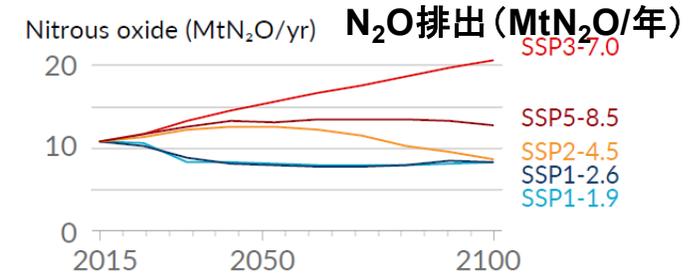
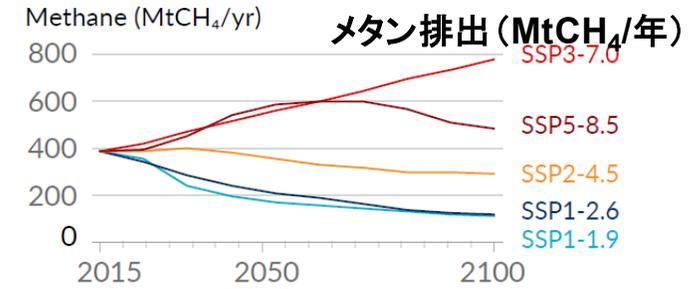


# IPCC第6次報告書(2022)の気候予測で用いられた5つのGHGs排出シナリオ



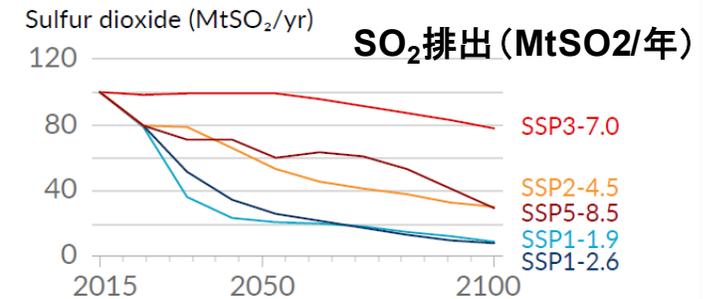
## 非CO<sub>2</sub>の温室効果ガス

Selected contributors to non-CO<sub>2</sub> GHGs

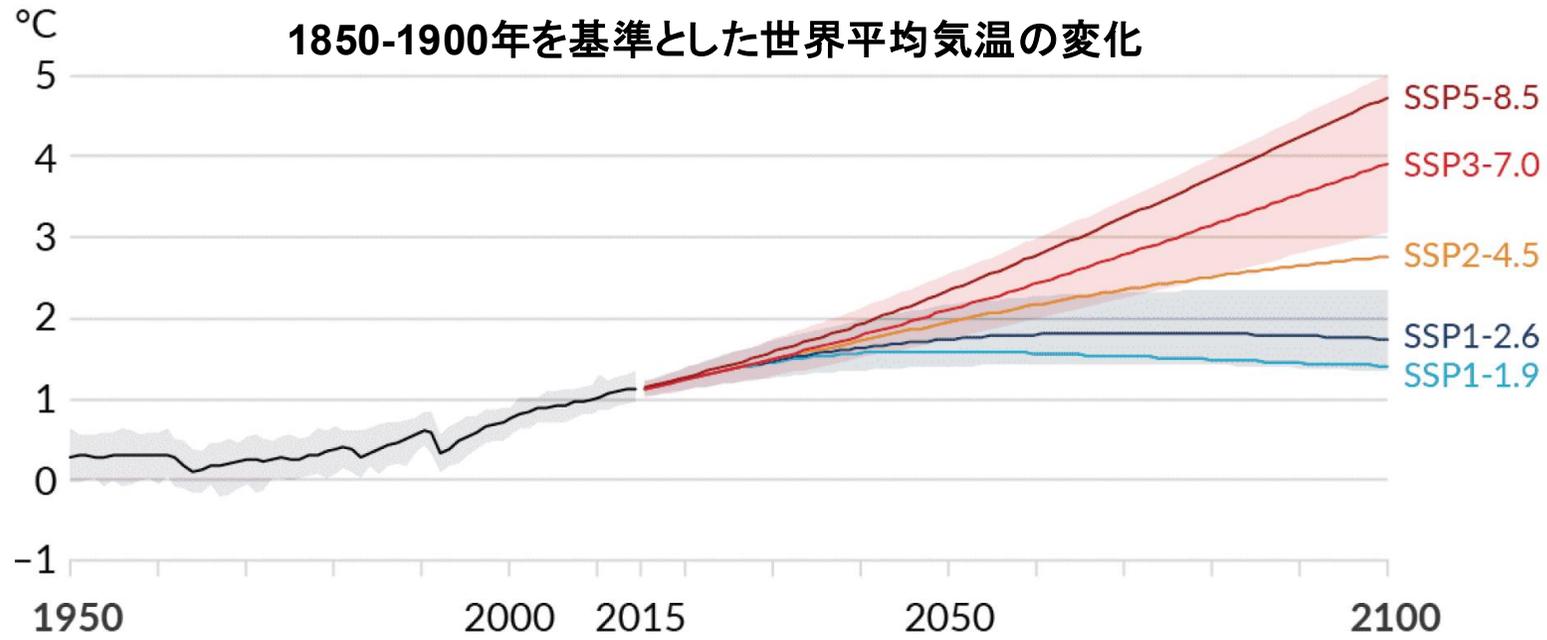


## 大気汚染物質

One air pollutant and contributor to aerosols



# 5つのGHGs排出シナリオの下で生じる全球気温変化の予測



シナリオ	短期、2021～2040年		中期、2041～2060年		長期、2081～2100年	
	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に 高い範囲 (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7

# 様々な気候リスク



## 熱ストレス

温暖化に伴い、熱波への曝露の増加が継続



## 水不足

2050年以降、2°Cの昇温で、雪解水に依存する地域で農業用水資源が20%減



## 食料安全保障

気候変化により食料安全保障が低下



## 洪水リスク

今世紀中頃までに沿岸・島嶼の低平都市の約10億人が海面上昇のリスクに曝露

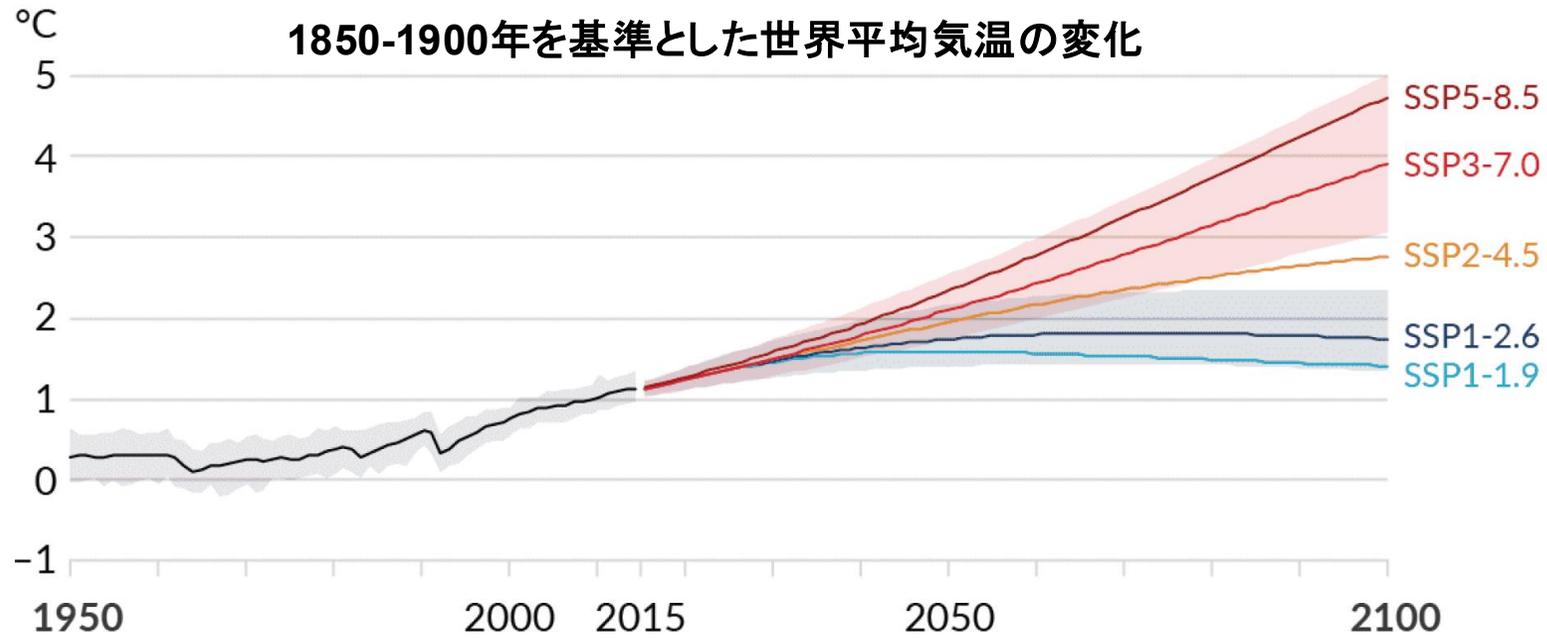
[Well Bred Kannan - WBK Photography CC BY-NC-ND 2.0; Jay Huang CC BY 2.0; Cristina Anne Costello, Marcus Woodbridge / Unsplash]

## ○ 困難な条件が複数重なる場合に気候リスクは深刻になる。

- 水資源、衛生、健康サービスへのアクセスの不足
- 気候資源に依存した生計
- 深刻な貧困
- リーダーシップの欠如
- 資金の欠如
- 政府の透明性や信頼度の不足



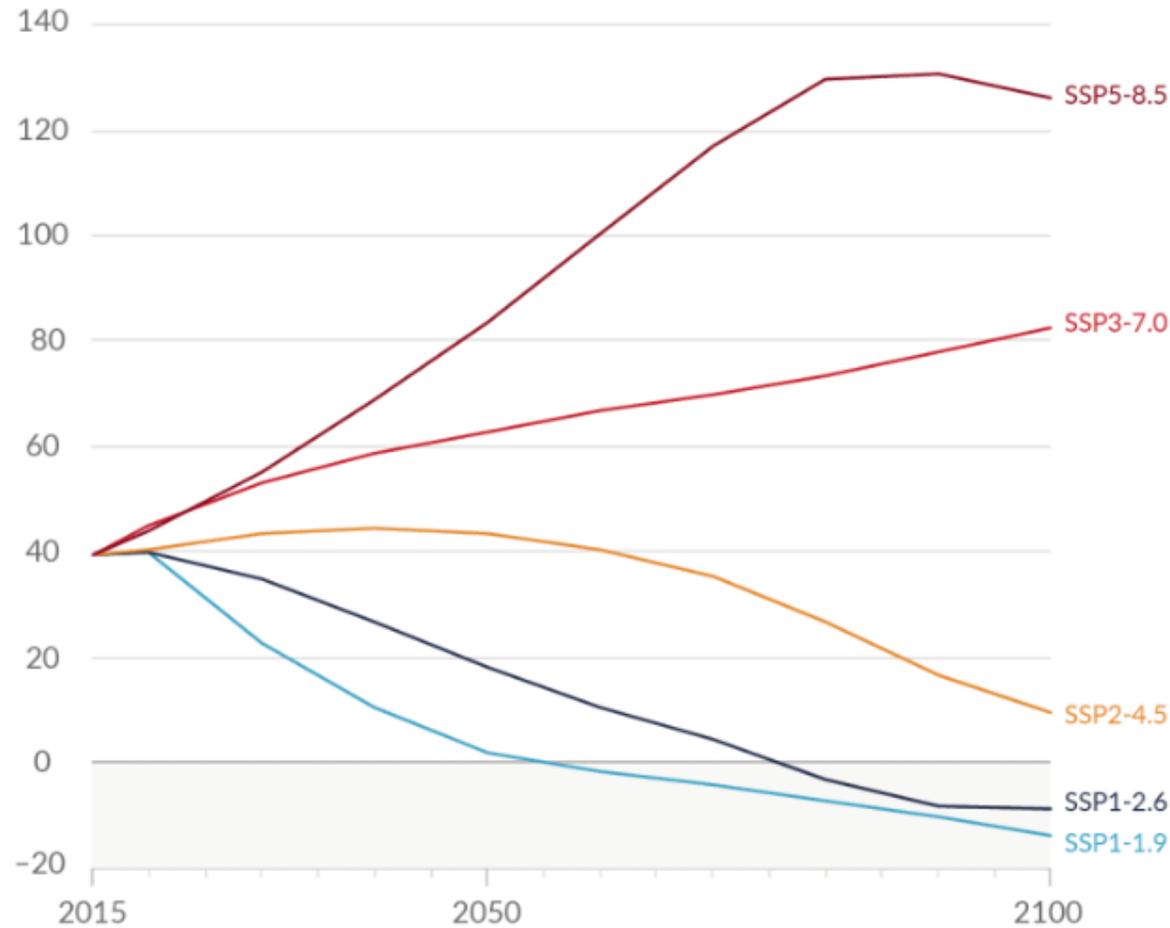
世界平均気温は、いずれの排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間にCO<sub>2</sub> 及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、1.5°C 及び2°C の地球温暖化を超える。



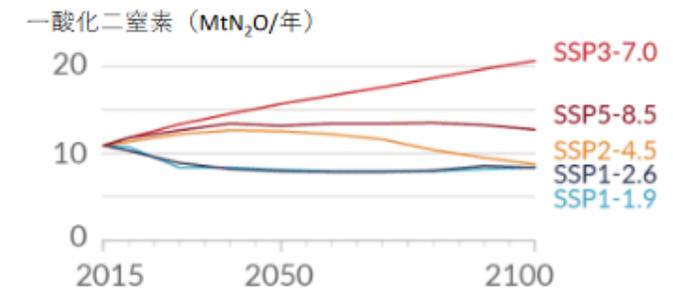
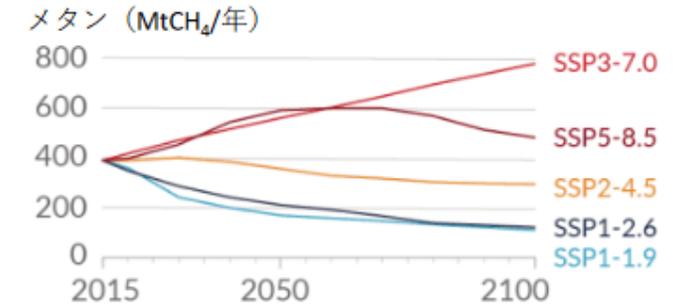
シナリオ	短期、2021～2040 年		中期、2041～2060 年		長期、2081～2100 年	
	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)	最良推定値 (°C)	可能性が非常に高い範囲 (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7

# 1.5°C・2°Cの昇温上限の気候目標に相当する排出経路 (SSP1-1.9・SSP1-2.6) では、21世紀後半に温室効果ガス排出を正味ゼロ～マイナス排出、CO2についてはマイナス排出を想定

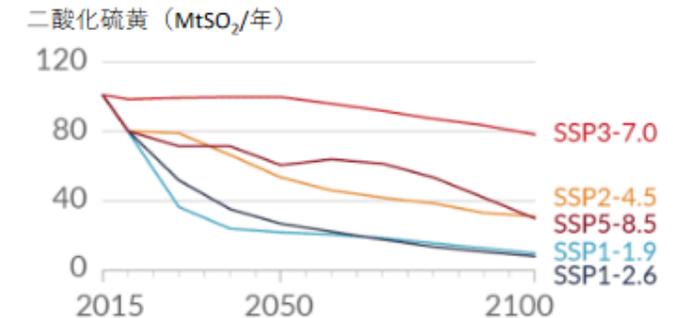
二酸化炭素 (GtCO<sub>2</sub>/年)



非CO<sub>2</sub>温室効果ガス



大気汚染物質かつエアロゾル前駆物質



# 気候変化と持続可能性：シナジーとトレードオフ



シナジー？トレードオフ？

# 極端な気象現象の変化に関する世代間不公平性とその地域間不公平性

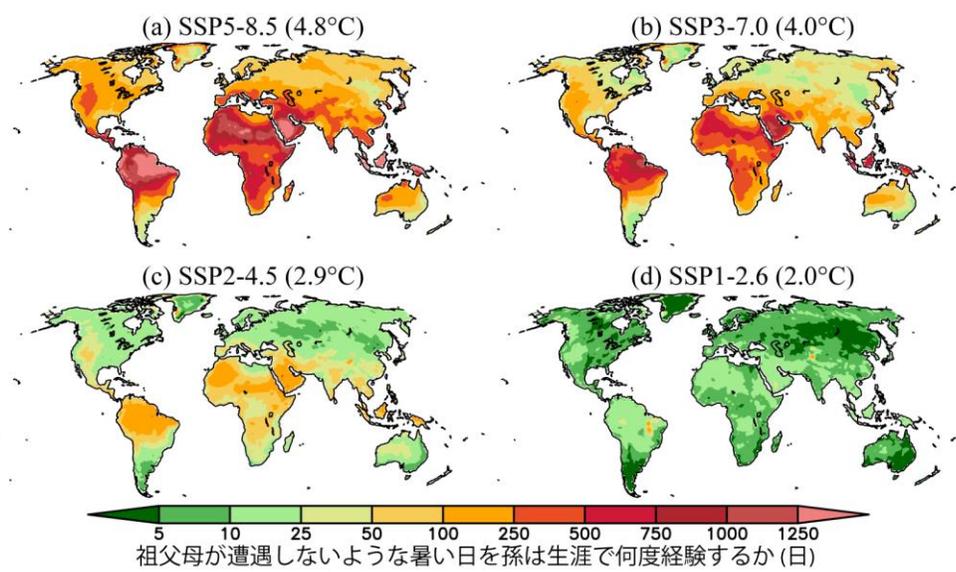


「祖父母がその人生の間に遭遇しないような暑い日や大雨を孫は何度経験するか」という指標を提案・推計

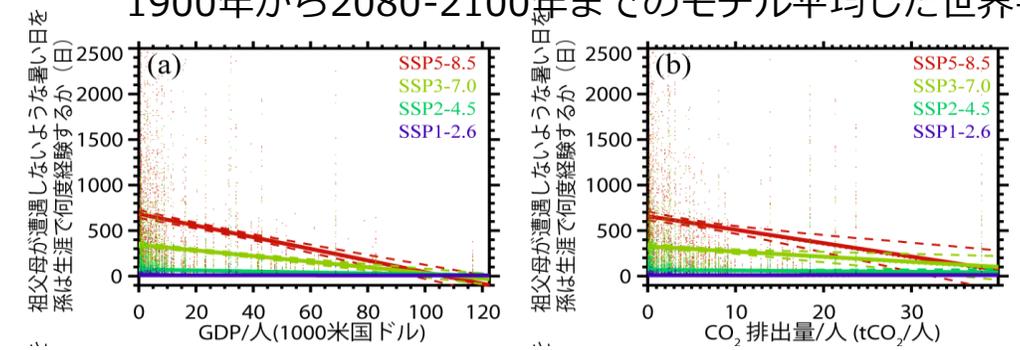
- 気候変動の緩和がうまく進まないシナリオ (SSP5-8.5) では、熱帯の一部で、祖父母世代が生涯に経験したことのないような暑い日を孫世代は一生に 1000回以上 (日本では400回程度)、大雨の日を5回以上 (日本では3回程度)、それぞれ経験しうる。

現状の一人当たりGDPやCO<sub>2</sub>排出と極端気象の経験回数を比較

- 貧しくCO<sub>2</sub>排出量の少ない国ほど、未経験の暑い日の発生頻度に関する世代間不公平性が大きい。
- 2°C目標を満たす緩和策 (SSP1-2.6) は、世代間不公平性の地域格差を狭めることにも効果がある。



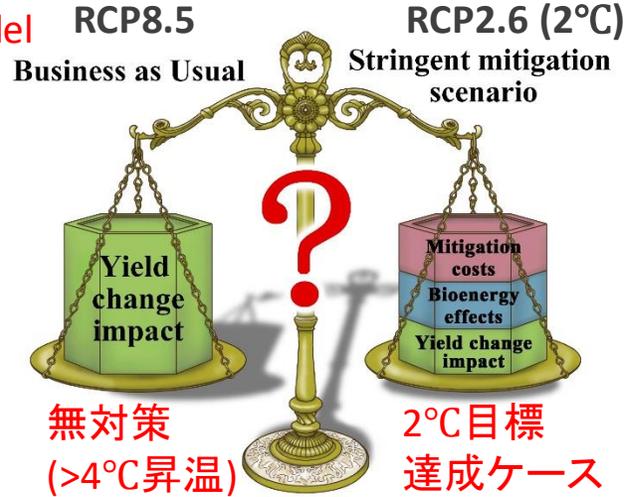
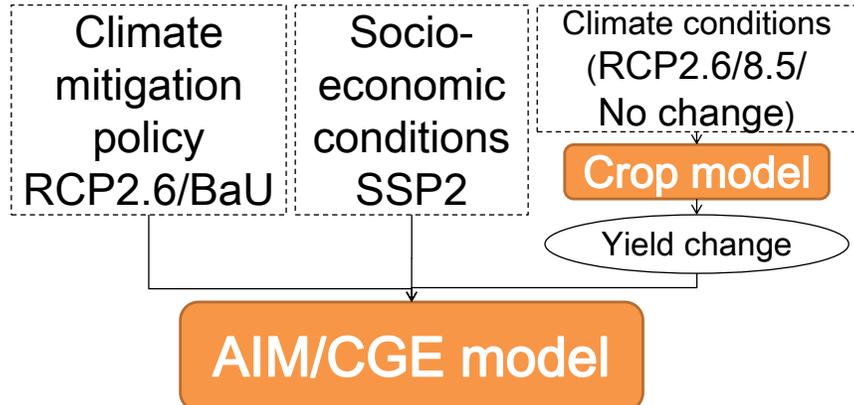
2020年に60歳だった祖父母の元に孫が生まれ、その孫が80歳まで生きると仮定した場合、祖父母が遭遇しないような暑い日を孫は生涯で何回経験するかの予測。モデル群の中央値を示す。カッコ内の数字は1851-1900年から2080-2100年までのモデル平均した世界平均気温上昇量。



# 気候政策(排出削減)による飢餓リスクへの影響

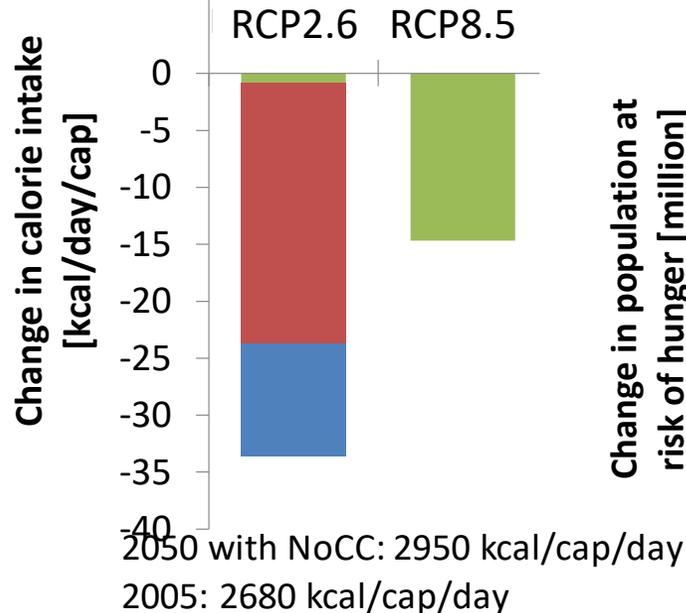
作物モデルと世界経済モデルの結合

## Methods Linking crop model and global trade model

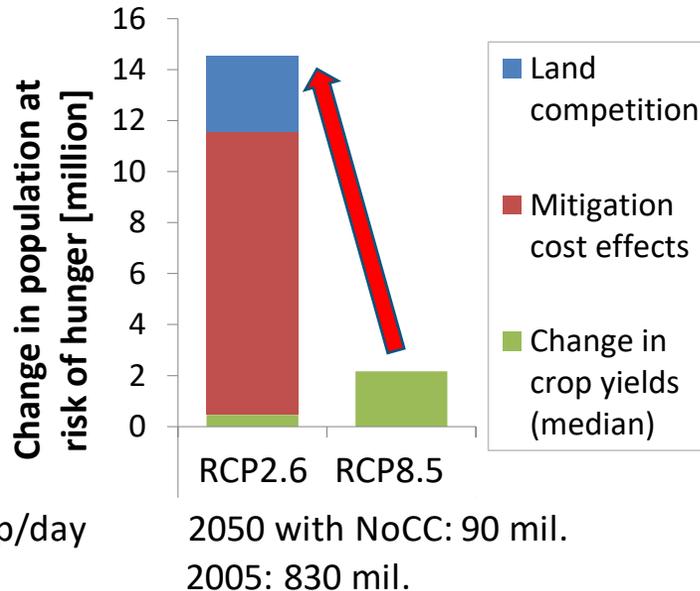


Hasegawa et al. (2015)  
*Environ.Sci.&Tech.*, 49, 7245-7253

平均カロリー摂取量  
Mean food calorie intake



飢餓リスク人口  
Global population at risk of hunger



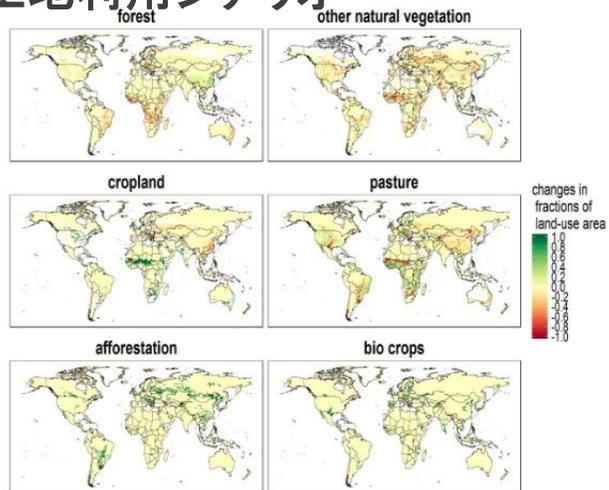
## 2°C目標達成ケース

- ・気候影響による飢餓リスク(緑)は減
- ・緩和費用(赤)や土地競合(青)により逆に飢餓リスク全体は増

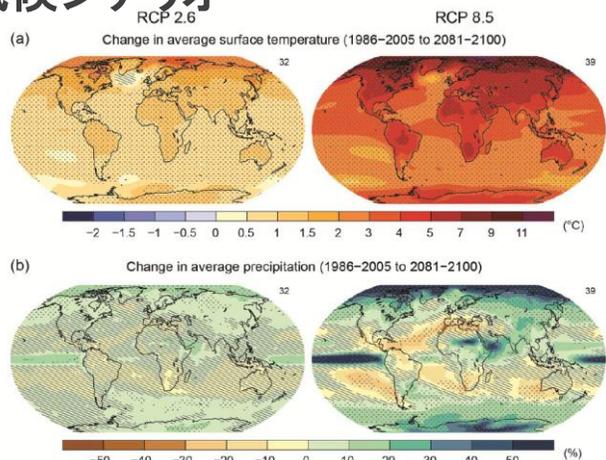
Increase in total hunger risk due to 2°C climate policy?

# 土地利用変化と気候変化による生物多様性への影響

## SSP-Landuse scenarios by AIM 土地利用シナリオ

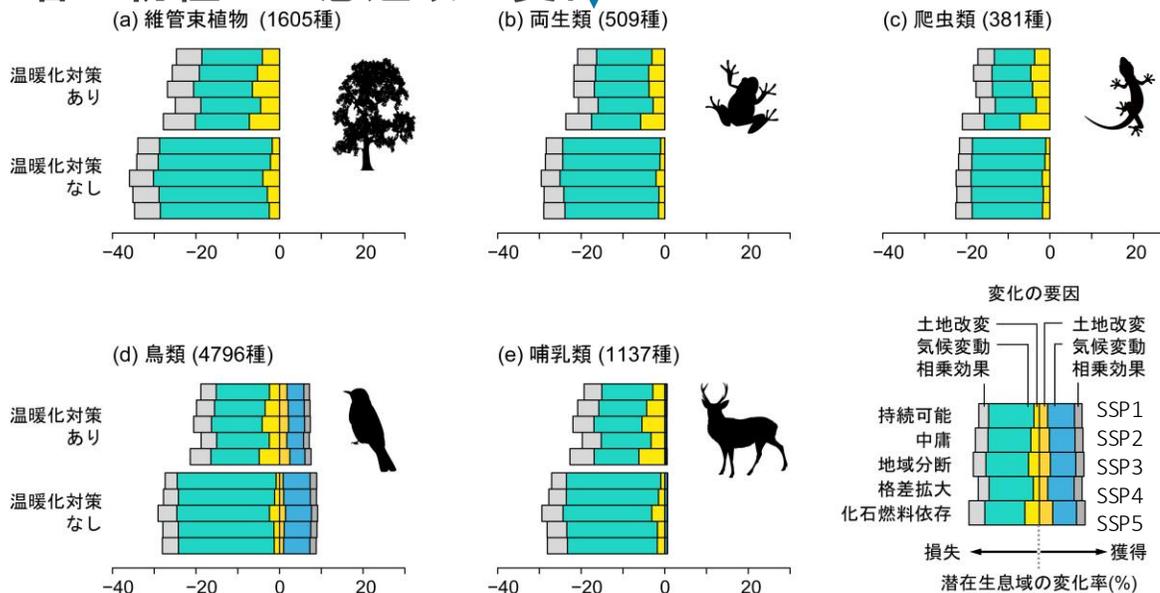


## RCP climate scenarios by CMIP5 気候シナリオ



Biodiversity impact model  
生物多様性影響モデル

## Change in Suitable Habitat for Species 各生物種の生息適域の変化

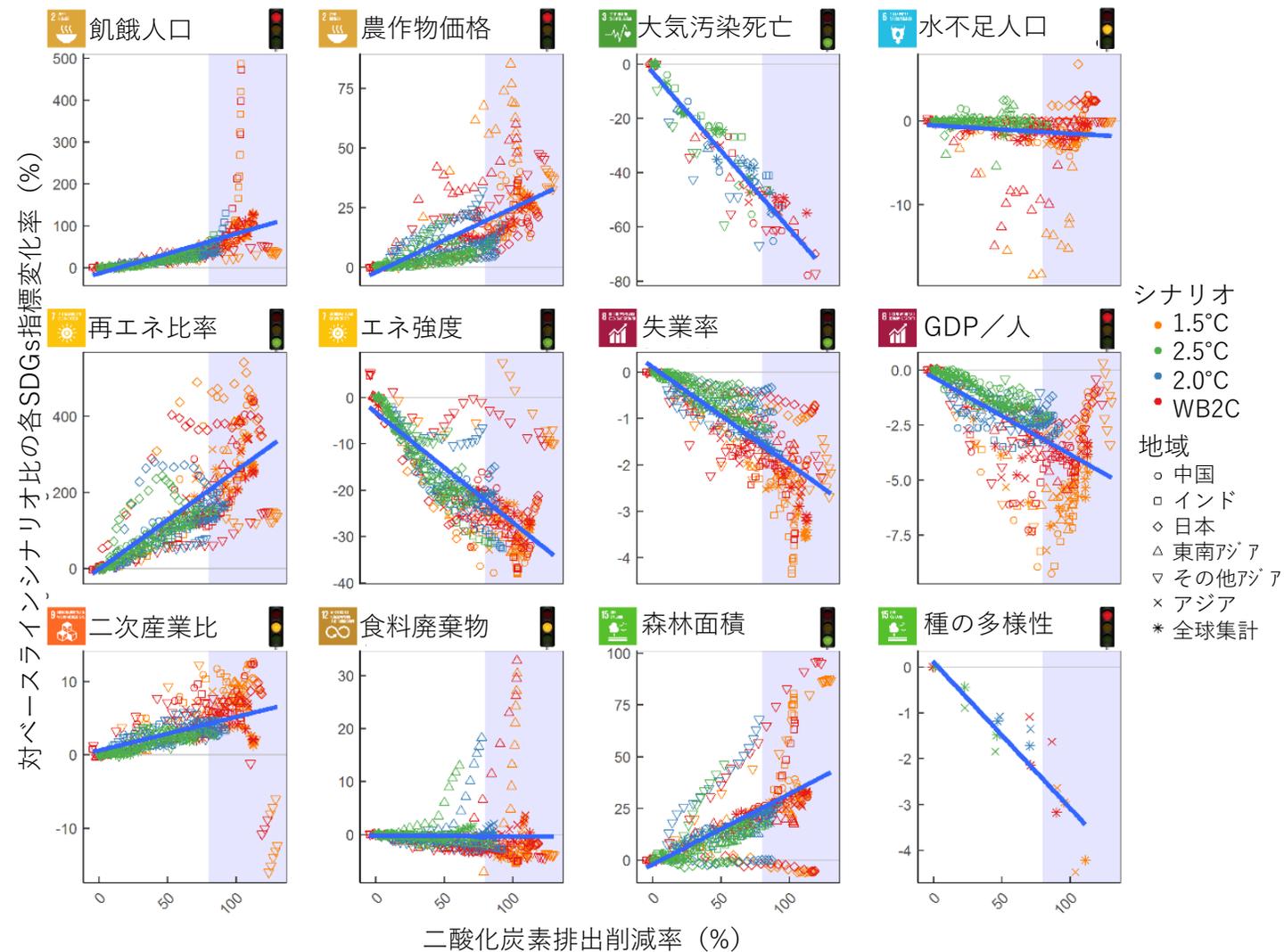


・「2°C目標」達成に必要な温暖化対策には、エネ作物栽培や植林など大規模な土地改変が必要だが、一方で生物多様性の損失も懸念されていた。  
 ・本研究は、温暖化対策が気温上昇の抑制により生物多様性にもたらす恩恵は、土地改変を通じた悪影響を上回ることを示した。

森林研究・整備機構(S-14-2)との共同研究成果  
 森林研究・整備機構: 適域モデル開発と予測計算  
 国立環境研究所: SSP別土地利用シナリオの提供

# 緩和政策下でのSDG指標の定量化

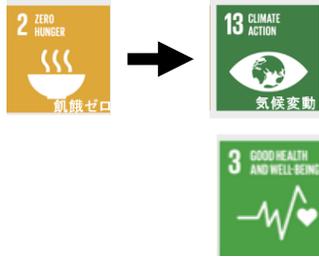
- 気候緩和政策とSDGs指標には、正の波及影響（相乗効果）と負の波及影響（トレードオフ）が存在。
- CO<sub>2</sub>排出削減によりSDGs指標が受ける影響について、複数指標を対象に多様なCO<sub>2</sub>排出削減強度について定量評価を実施。
- 排出削減の強度とSDGs指標の関係を描出するために、新たに「限界SDG排出削減指標（MSV: 単位CO<sub>2</sub>排出量を削減することによって各SDG関連指標が受ける波及影響）」を提案・評価した。
- CO<sub>2</sub>排出削減率と多くのSDGs指標との間に明確な関係があることが示された。
  - 例: CO<sub>2</sub>を1%削減すると、大気汚染に関連する早期死亡（SDG3）の0.57%を回避できる。



CO<sub>2</sub>排出削減率とSDGs指標との関係。色はシナリオ、マーカーは地域を表している

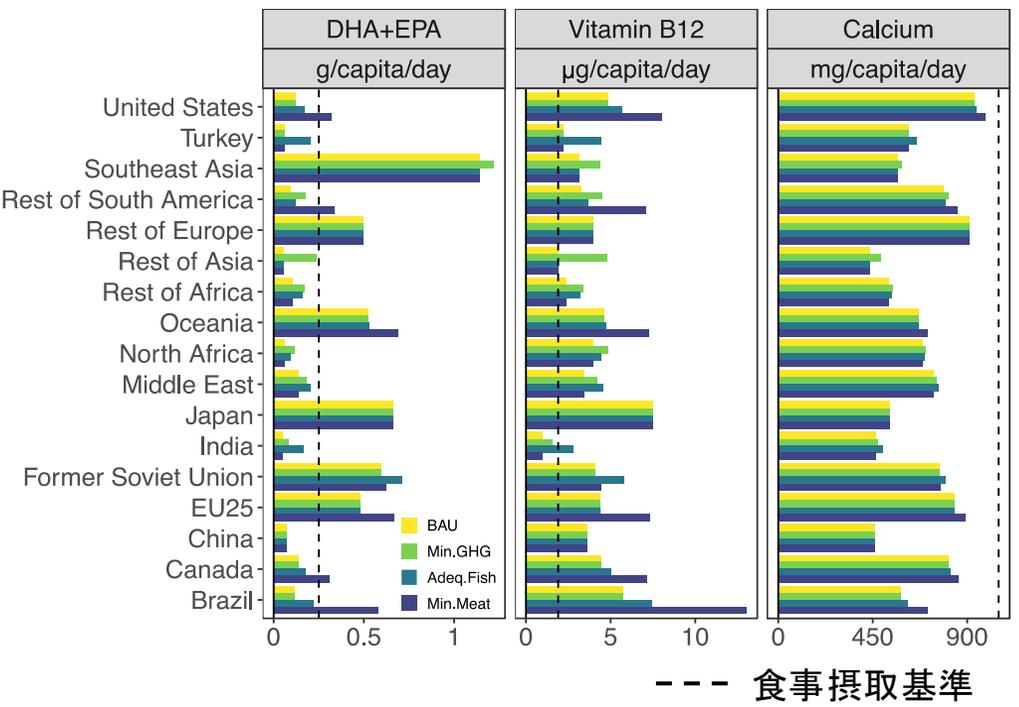
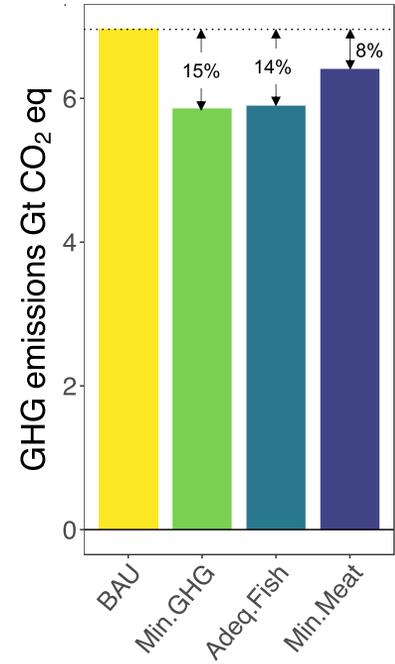
# 反芻動物肉を小型浮魚類に置き換えることの環境及び栄養面での潜在的な利益

- 牛などの反芻動物の温室効果ガスの排出量は小型浮魚類の100倍にもなる。
- 赤身肉の摂取量が少ないほど心血管疾患のリスクが低下する。
- 小型浮魚類は人の健康に必要な栄養成分を豊富に含んでいる良質のタンパク源である。



## シナリオ:

- BAU:** 2050年における反芻動物のGHG排出量と一人当たりの栄養摂取量
- Min.GHG:** 反芻動物の排出強度が高い国において、肉消費の代替を優先させる
- Adeq.Fish:** 魚の消費が少ない地域で、肉の代替を優先して魚の消費量を増やす
- Min.Meat:** 肉の消費量の多い地域の消費を最小限に抑える

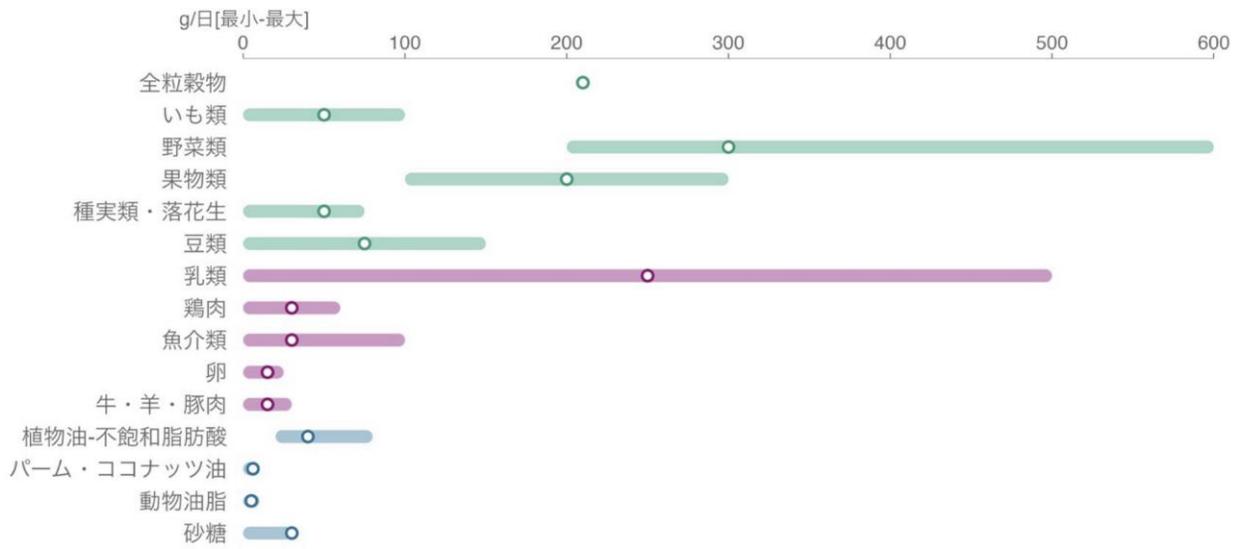
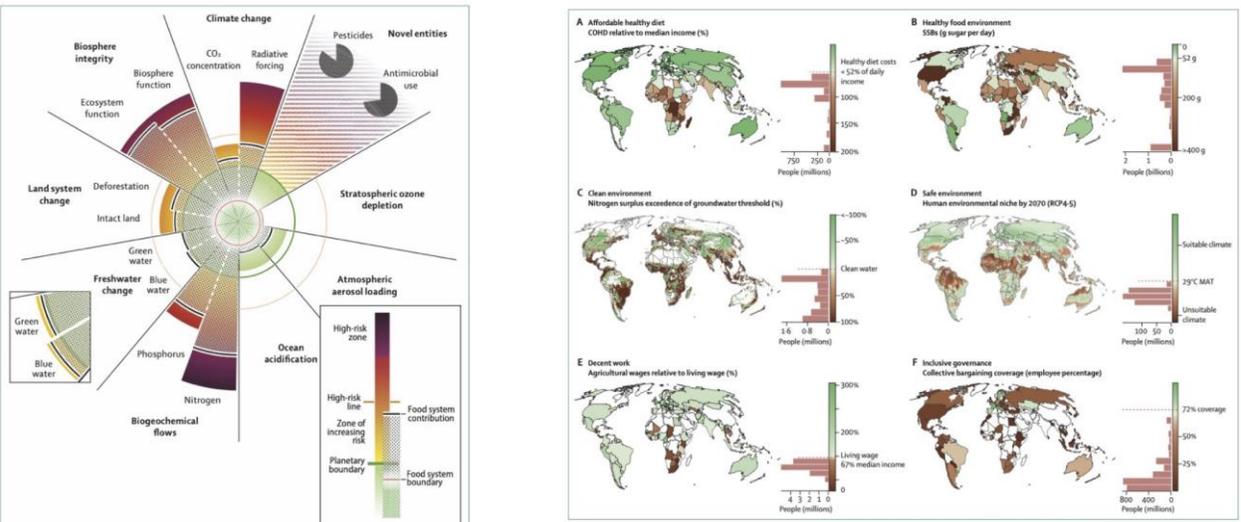


2050年には、小型浮魚類は世界の反芻動物肉の10%を代替することができる。  
 →反芻動物によるGHG排出量を15%削減することが可能である。  
 →DHA・EPA、ビタミンB12とカルシウムの摂取量を大幅に増やすことができ、地域によって摂取基準に達するところもある。

# プラネタリーヘルスダイエット (PHD) を前提としたシナリオ分析



Rockström, J. et al. (2025) The EAT–Lancet Commission on healthy, sustainable, and just food systems . *The LANCET*.



- プラネタリーバウンダリー (PB)
  - ✓ 地球環境の許容限界の概念。9つの分野で定義
- 現状の食料システムの問題
  - ✓ 食のみでPBを超過している。
  - ✓ 多くの国が社会的公正基準(最低限保障されるべき食料、健康的環境等)を満たしていない。
- プラネタリーヘルスダイエット (PHD)
  - ✓ 健康で地球環境に良い食事
  - ✓ 野菜、果物、豆類などの植物由来の食品を中心としながらも、肉類、乳製品、魚介類などの動物由来の食品を一定量食べるフレキシブルな食生活
- 食料システム転換のシナリオ分析 (~2050)
  - ✓ PHDへの食生活の変化
  - ✓ 土地生産性の向上
  - ✓ 食品ロス廃棄物の半減
  - ✓ (バイオ作物等の気候緩和策の影響)

食料システムの大転換を進めた場合、何もしない場合と比べて、農業・土地利用由来の温室効果ガス排出量を半減させる効果や、気候変動緩和策に起因する食料価格上昇の抑制効果など、地球環境と経済の両面の効果を得られる

- 気候変化・影響・対策と持続可能性の統合評価の試みはあるが未成熟
  - 評価対象の目標や指標に偏り
  - 特に目標間の相互作用の表現は限定的
- 複数目標の同時達成のためには、さまざまなシステムチェンジを検討し実現することがカギ
  - 食構成の変化が典型的な例
  - 技術、制度・政策、国際関係、価値観
- 定量分析に落とし込むには、目標を図る指標とその目標値の明確化が必要
  - 何を死守して何を少し我慢するか。
  - 自然科学と人文・社会科学と自然科学の連携