

気候変動緩和策が持続可能な 開発に及ぼす影響の評価手法 の開発と応用

藤森真一郎（京都大学）

高橋潔（国立環境研究所）

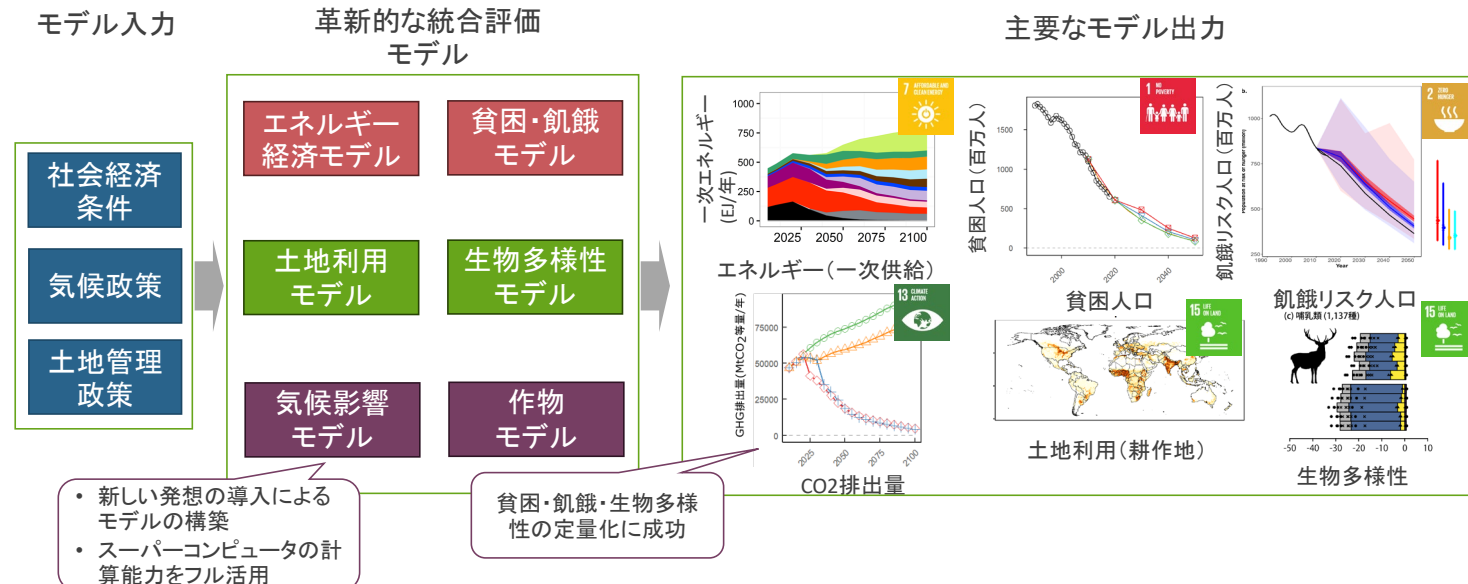
長谷川知子（立命館大学）

プロジェクト概要

実施主体	統合評価モデルAIMグローバルモデリングチーム（国立環境研究所、京都大学、立命館大学） 環境研究総合推進費プロジェクト（「パリ協定気候目標と持続可能開発目標の同時実現に向けた気候政策の統合分析（2017～2019年度）」、「世界を対象としたネットゼロ排出達成のための気候緩和策及び持続可能な開発（2020～2022年度）」）
実施時期	2017年度-2022年度
過去の受賞歴	<ul style="list-style-type: none">● 2022年度・日本学術振興会賞（藤森）● 2020年度・文部科学大臣表彰若手科学者賞（長谷川）● 2019、2020、2021、2022年 Web of science: Highly Cited Researchers（藤森、長谷川）● 2016年度土木学会環境システム委員会 環境システム論文奨励賞（長谷川）● 2015年度土木学会地球環境委員会 地球環境論文奨励賞（藤森）● 2014年度土木学会地球環境委員会 地球環境論文賞（長谷川）● 2009年度土木学会地球環境委員会 地球環境論文賞（高橋）● 2008年環境科学会奨励賞（高橋）● 2006年度土木学会環境システム委員会 環境システム論文賞（藤森）

プロジェクトの要旨

- 気候変動の影響が顕在化しており、社会の脱炭素化すなわち温室効果ガス（GHG）の大規模削減は喫緊の課題とである。
- しかしGHGの大規模排出削減は、気候変動問題以外の社会課題や環境問題に対しても、相乗効果・トレードオフ関係を通じて影響を及ぼし得る。
- 本研究プロジェクトは、GHG排出削減による社会・環境への波及的な影響を明らかにし、今後の気候政策策定に貢献することを目的としたものである。
- 本研究での長期将来予測には、統合評価モデルと呼ばれるシミュレーションモデルを用いた。
- GHG排出削減は、カーボンプライシングなどの単純な形で行うと、飢餓や貧困、生物多様性などに悪影響を及ぼし得ることが明らかとなった



プロジェクトの背景と目的

- パリ協定- 2°C・1.5°C目標→ネットゼロ排出
 - パリ協定で世界の国々は長期気候目標としていわゆる2°C目標に合意。IPCC1.5°C特別報告書を受けて1.5°C目標を支持する声の高まり。
 - いずれの目標の実現にも、21世紀後半には温室効果ガスのネットゼロ排出、あるいは21世紀前半の排出量次第では大規模なバイオエネルギー作物や植林等を用いたマイナス排出（吸収・隔離）が必須。
- ネットゼロ排出の実現性・困難性の精査が必要
 - ネットゼロ排出の実現に必要な対策・政策は？また、それらの対策・政策の実施の前提となる社会発展や変革の経路は？
 - 対策・政策の実施が、気候影響以外の形で、人間社会・生態系の持続可能性（SDGsの達成）にもたらす深刻な波及影響はないのか？

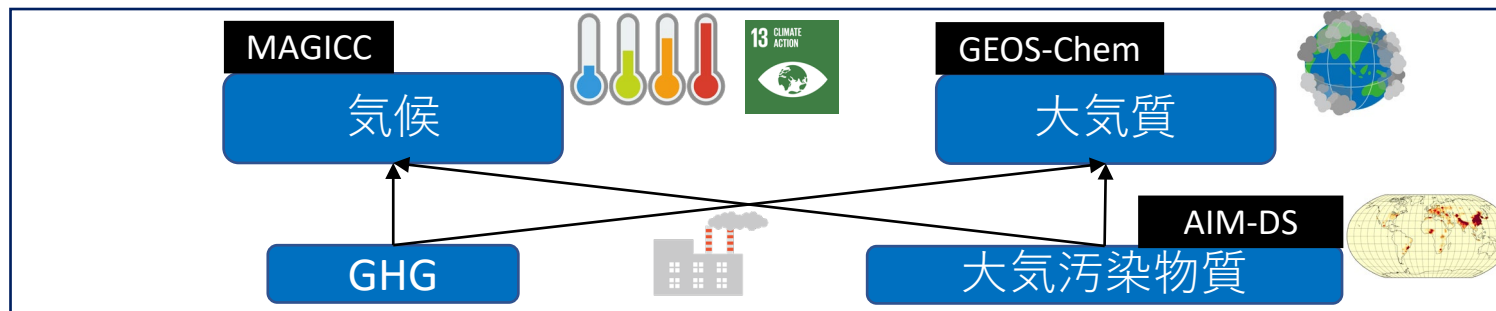
研究の目的

- 本研究はGHG排出削減による社会・環境への波及的な影響を明らかにし、今後の気候政策策定に貢献をすることを目的とした。

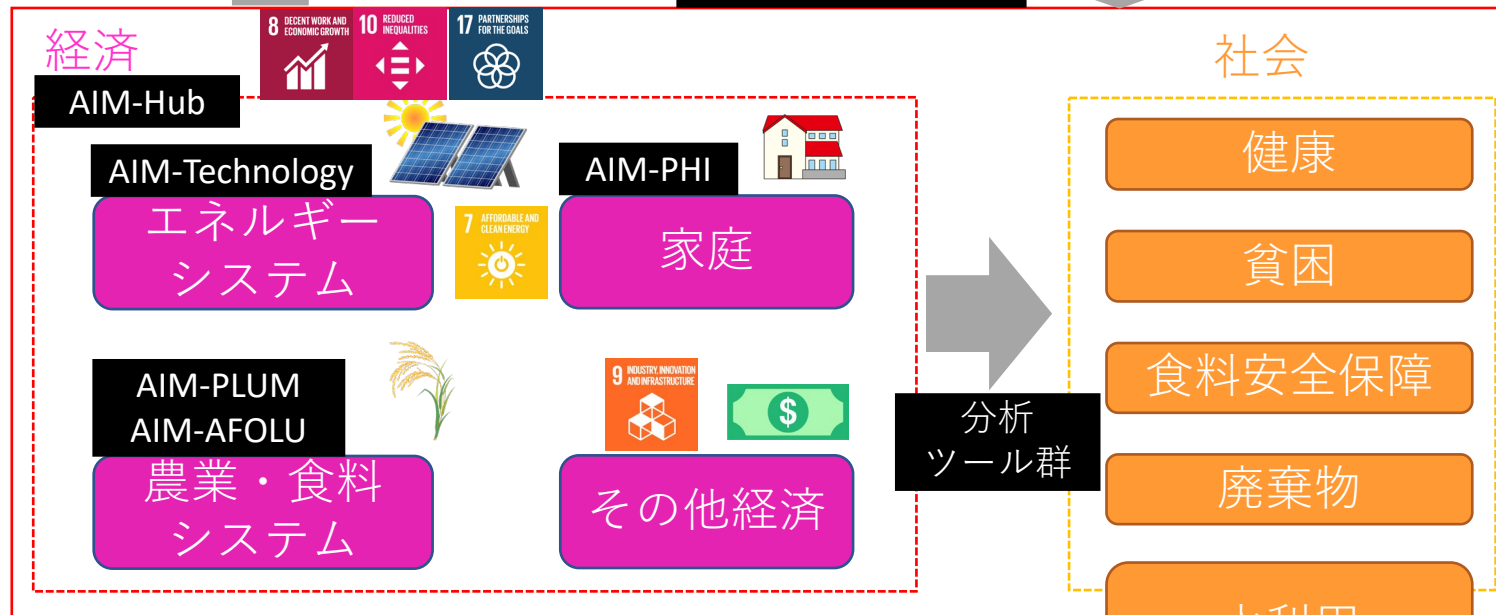
研究内容：使用した技術



大気環境



社会経済



陸域環境



- 長期的な将来の評価に、統合評価モデルと呼ばれるコンピュータシミュレーションモデルを用いた
- この統合評価モデルは今後数十年といた長期にわたる将来の経済、エネルギー、土地利用、GHG排出量及び気候を推計する
- 気候変動を中心的な研究対象とする
- 社会経済環境を広くカバー
- IPCCやその他国際的な活動に広く貢献

新規性および優位性

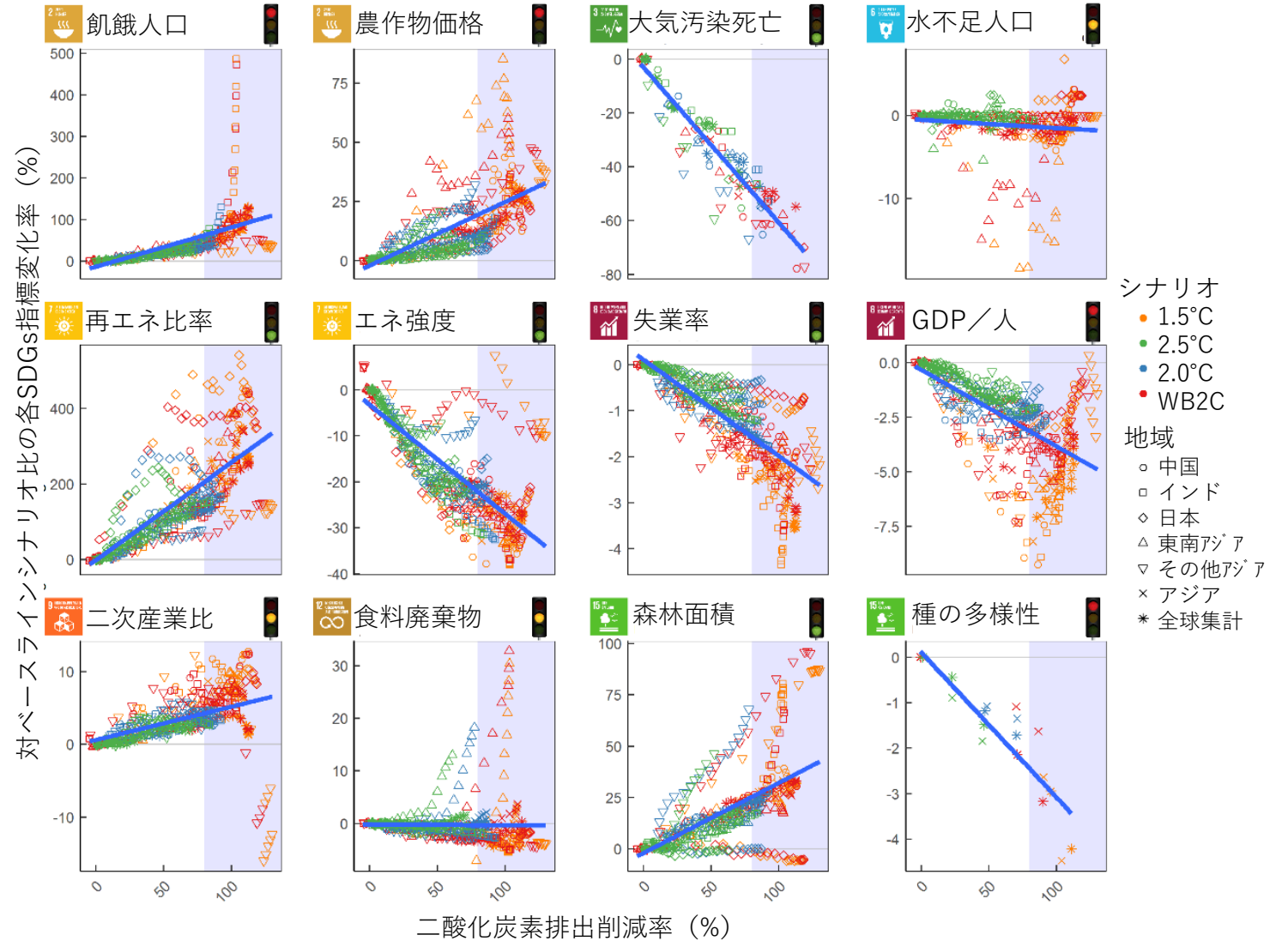
- 研究を実現するために、世界に先駆けて既存のモデル枠組みに7つのモデルモジュールを追加した
 - 貧困、飢餓、土地利用、生物多様性、大気輸送化学、健康影響、水消費モデルを新たに加えた
- その過程で様々な技術的工夫を加えた
 - 土地利用モデルの開発
 - 生物多様性評価のためには空間詳細な土地利用推計をする必要があった。そこで、全球を $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 格子で扱えるように、種々の空間情報の収集と線形計画問題で現実的に運用できる数理計画モデルの構築を行った。
 - 生物多様性モデルの開発
 - 1万を超える種の生息適域を全球規模で評価するためにスーパーコンピュータを活用できるように工夫した。
 - 貧困モデル
 - 世界180か国内を対象として、さらに各国を100以上の所得階層に分けた家計消費を明示的に扱うモデルを構築した。その過程では各国のマイクロデータの収集・整理作業（欠損補完等を含む）を通じてモデルパラメータ推定を行った。

得られた主要な成果

- 気候変動政策が不用意に実施された場合、特に途上国を中心に、気候問題以外の社会問題の解決や開発を阻害する可能性がある。この要素に目を向けながら包括的な政策をとる必要があり、これを強く主張するものがあった。
- 貧困や飢餓への影響
 - 全球平均気温上昇を1.5°C以内に抑制するといった気候目標の達成には、世界全体のCO2排出量を正味で負とする、すなわち大気中からCO2を大規模に回収することが求められる。
 - バイオ燃料と炭素隔離貯蔵を組み合わせた技術や植林が現在有力な対応策として考えられているが、これらは土地消費し、食糧生産との競合が発生する。
 - これらによる飢餓リスク人口の増加、その要因の同定やそれに対する追加的な政策の検討に関する研究は、世界で当該グループが中心的に進めた
- 生物多様性への影響
 - 上述の土地利用改変を伴うGHG排出削減策により影響を受けうるが、気候変動自体も脅威である。
 - 土地を一定程度改変してでも気候緩和した方がいいのか、気候変動を一定程度許しつつも過剰な土地利用改変をやめたほうが生物多様性にとっていいのか？
 - 仮に一定程度バイオ燃料や植林に依存したとしても、正味では気候変動を抑えた方が生物多様性を守れるという結論を得た。

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。
- CO₂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CO₂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CO₂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。
- CO₂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：CO₂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。



CO₂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

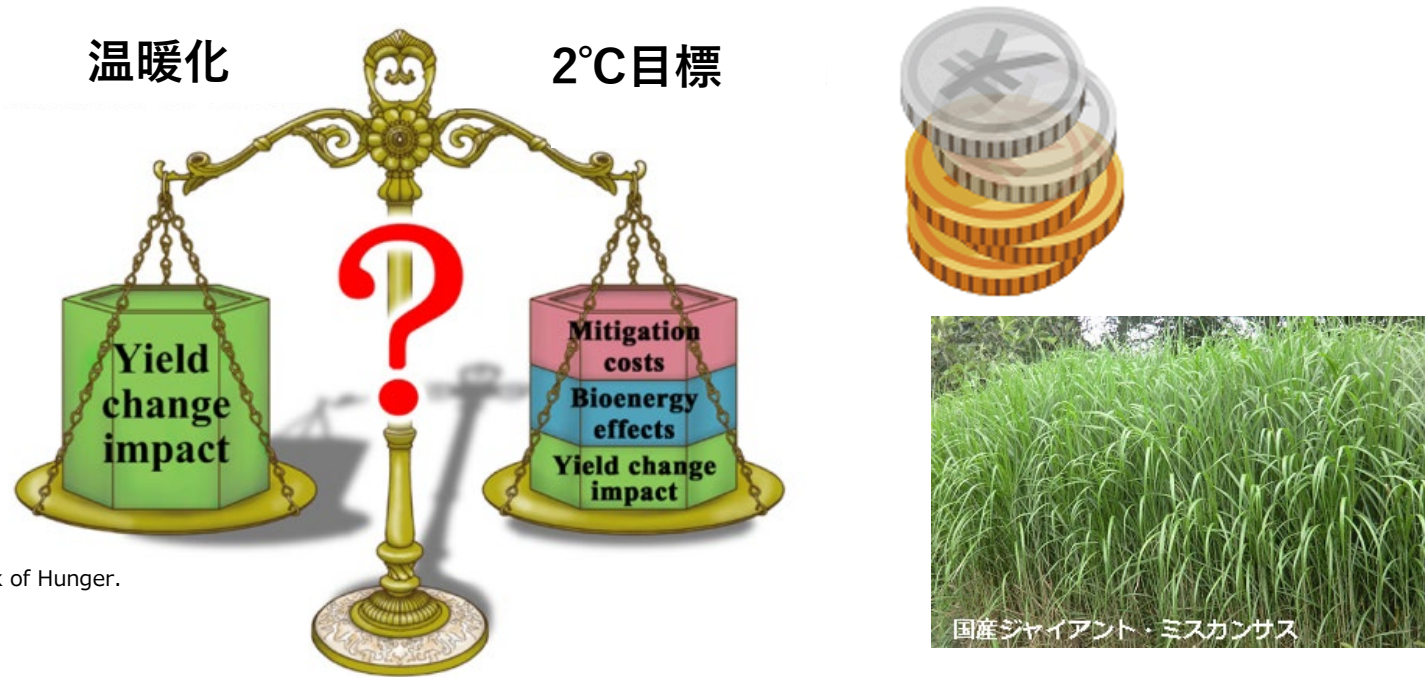
食糧消費は何に影響されるか？

- 所得と価格
 - 所得が上がれば消費アップ
 - 価格が上がれば消費ダウン



- 気候変動が起これらはどうなる？
- 気候変動を抑制するとこれらはどうなる？

温暖化をした方が食糧消費は減るのか？

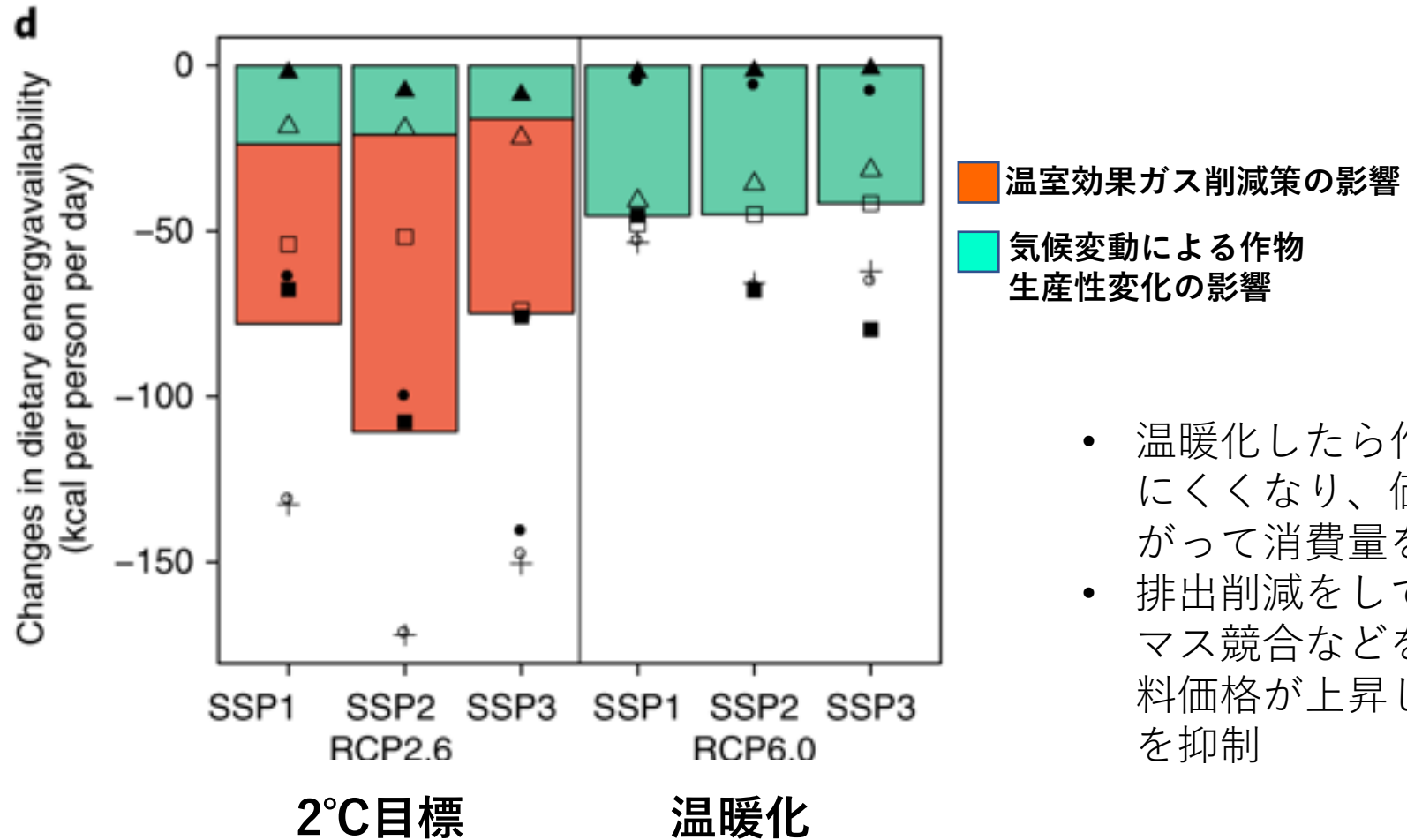


Hasegawa et al. (2015) Consequence of Climate Mitigation on the Risk of Hunger. *Environmental Science & Technology*, **49**, 7245-7253



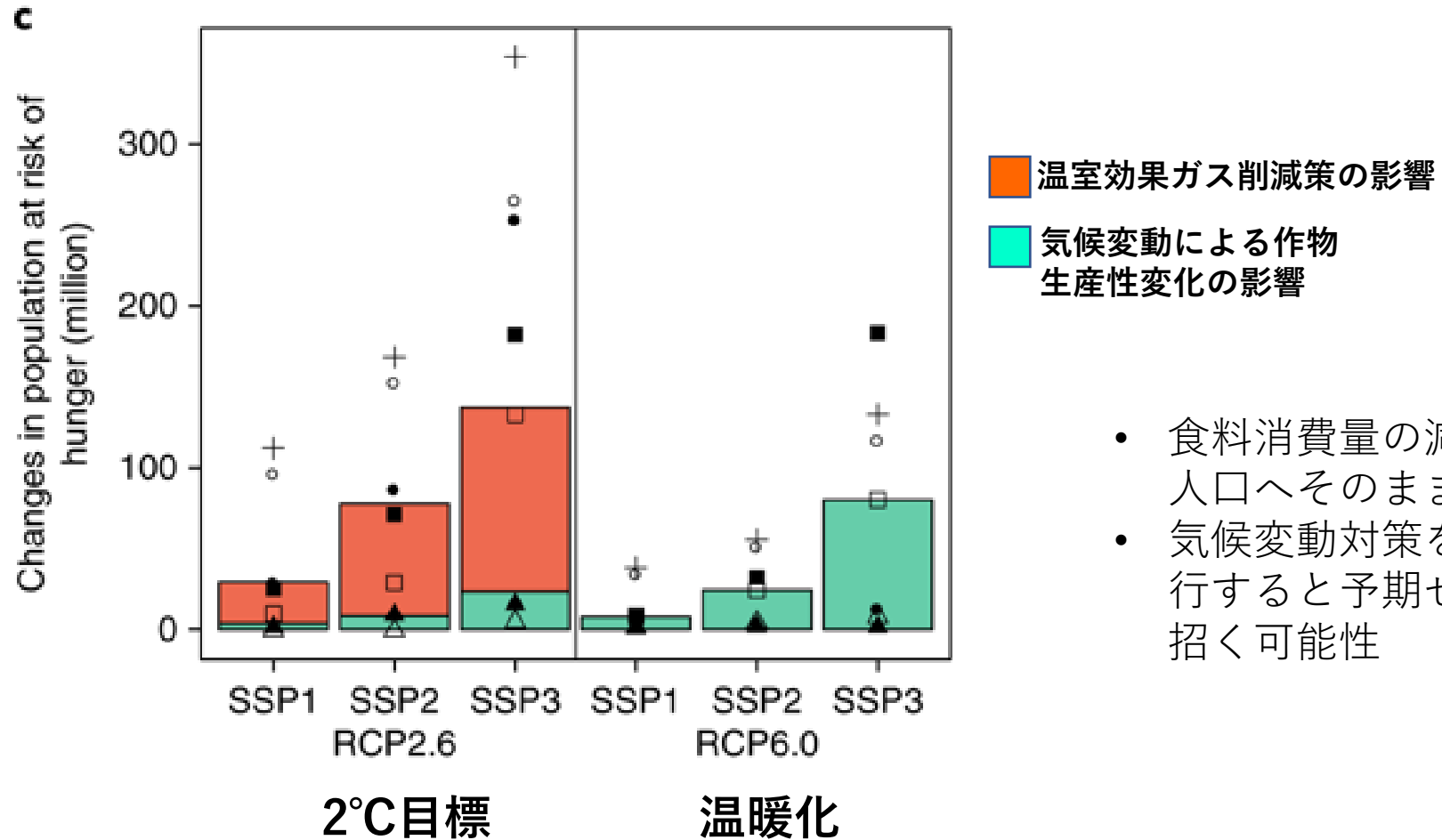
<https://www.lettuceclub.net-news-article-119053->
<http://www.biofuels.co.jp-page5.html>
<https://www.cnn.co.jp-fringe-35020107.html>

食糧消費への影響



- 温暖化したら作物が取れにくくなり、価格が上がって消費量を抑制
- 排出削減をしてもバイオマス競合などを通じて食料価格が上昇し、消費量を抑制

飢餓リスク人口は気候変動にどの程度影響される？



- 食料消費量の減少は飢餓人口へそのまま影響する
- 気候変動対策を無策で実行すると予期せぬ結果を招く可能性

論文発表、学会発表などの実績

- AIM (Asia-Pacific Integrated Model) チームとして、全球規模の気候政策分析について、環境研究総合推進費研究プロジェクトを6年間にわたって実施した。
- 査読付論文が96件、国内外学会発表が93件と、非常に多くの研究成果を発表できた。
 - 査読付論文の多くは学界ならびに国際政策検討に影響力のある国際誌で公表された。
 - 2021~2023年に公表されたIPCC第6次評価報告書でも、多数の成果論文が引用され、貢献ができた。
- 当該研究プロジェクトに関連した論文公表実績をふまえ、日本学術振興会賞（藤森）、文部科学大臣表彰若手科学者賞（長谷川）などが授与された。
- 気候変動統合評価モデル研究に係る国際学会（IAMC）から藤森が2021年に最も分野への貢献のあった研究者としてAward for Extraordinary Contributions to the field of IAMを受けた。
- 藤森、長谷川ともに科学論文で上位1%に相当する研究者が選ばれるClarivate社のHighly Cited Researchers 2019, 2020, 2021, 2022, 2023に選出された。