

環境研究総合推進費令和元年度終了課題成果報告会

# 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

実施機関： 国立研究開発法人 国立環境研究所  
みずほ情報総研 株式会社

研究代表者・説明者： 高橋 潔

補助説明者： 増井利彦・日比野剛

環境再生保全機構東京事務所大会議室

2020年7月20日(予定)

# 研究目的・サブテーマ構成・サブテーマ別目標

## 【研究の目的】

長期気候目標・持続可能開発目標の同時実現に向けた世界規模及び我が国の気候政策の統合分析、ならびに同分析のための一連の評価手法の開発

- サブテーマ1: パリ協定気候目標に統合的な世界の気候政策とその波及効果に関する分析(国立環境研究所: 高橋潔・他4名)
  - 最新の気候科学を反映した全球排出経路モデルによる、長期気候目標に統合的な排出経路の提示
  - 世界経済モデルによる、気候目標を達成する緩和策、エネルギーシステム、土地利用の提示
  - パリ協定に統合的な緩和策実施時の、飢餓リスク人口、水ストレス人口等の持続可能性関連指標の評価
- サブテーマ2: わが国におけるゼロ排出の実現に向けた社会シナリオの検討(国立環境研究所: 増井利彦・他4名)
  - 日本の削減目標を実現するための、人々の行動や生活の変革、炭素税等の政策的オプションの提示と、それらのGHG削減効果の定量的評価
  - ステークホルダー対話や国際比較を通じた評価手法改良・対策オプション充実
- サブテーマ3: わが国におけるゼロ排出の実現に向けたエネルギー技術対策の定量化(みずほ情報総研: 日比野剛・他4名)
  - 技術モデルの改良を通じた、我が国のゼロ排出実現に向けたエネルギー技術対策の定量化シナリオの提示
  - ゼロ排出の実現を見据えた、2030年～2050年頃の到達水準、その実現に向けた対策・政策ロードマップの提示

# 研究体制変更

平成29年度

## サブテーマ 1

国立環境研究所

高橋 潔  
藤森 真一郎  
塩竈 秀夫  
田中 克政  
長谷川 知子

## サブテーマ 2

国立環境研究所

増井 利彦  
花岡 達也  
金森 有子  
芦名 秀一  
江守 正多

## サブテーマ 3

みずほ情報総研

日比野 剛  
大城 賢  
滝見 真穂  
平山 智樹  
川村 淳貴



令和元年度

## サブテーマ 1

国立環境研究所

高橋 潔  
塩竈 秀夫  
田中 克政

## サブテーマ 2

国立環境研究所

増井 利彦  
花岡 達也  
金森 有子  
芦名 秀一  
江守 正多

## サブテーマ 3

みずほ情報総研

日比野 剛  
滝見 真穂  
平山 智樹  
川村 淳貴

京都大学

大城 賢

研究協力

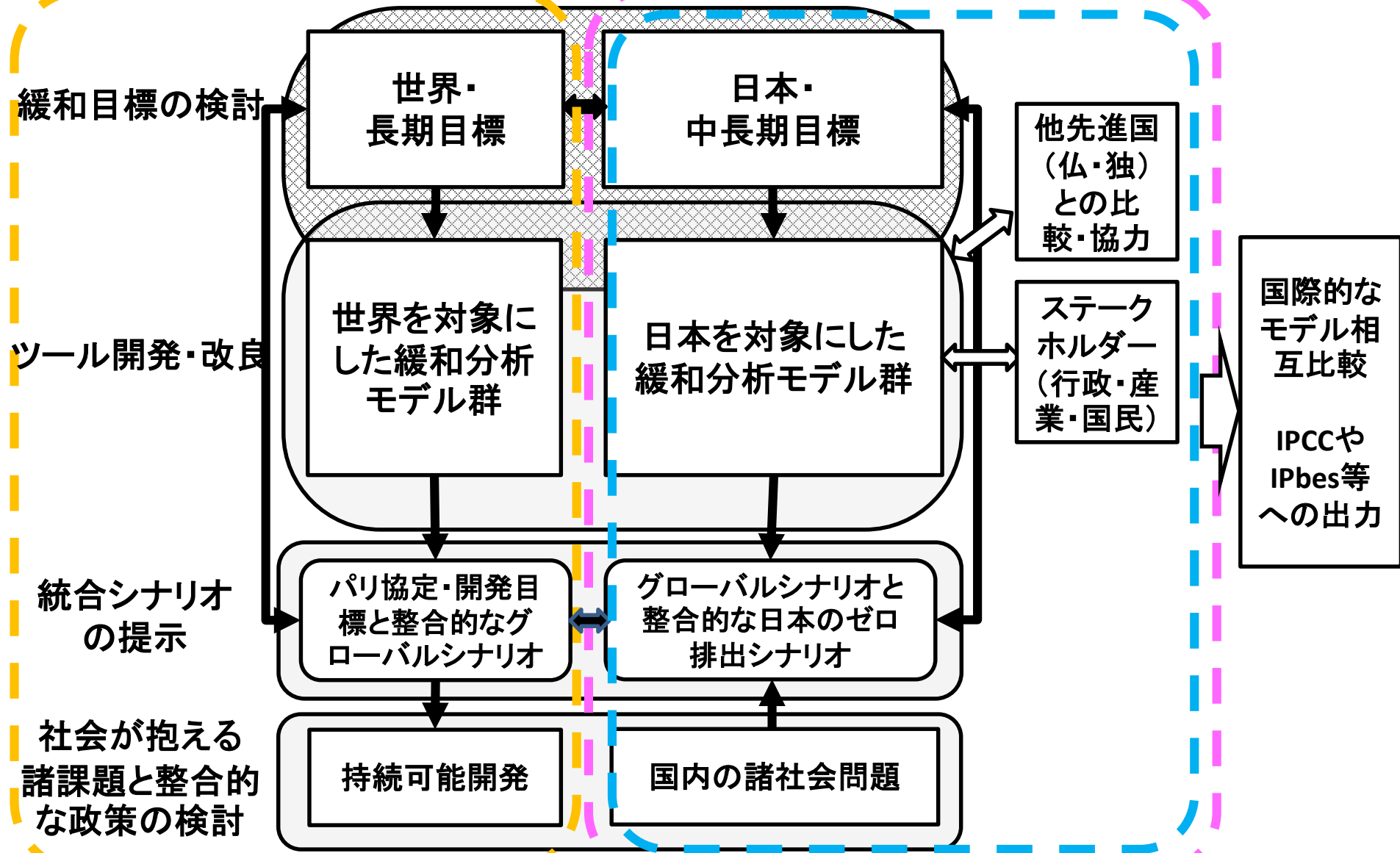
藤森 真一郎(京都大学)

長谷川 知子(立命館大学)

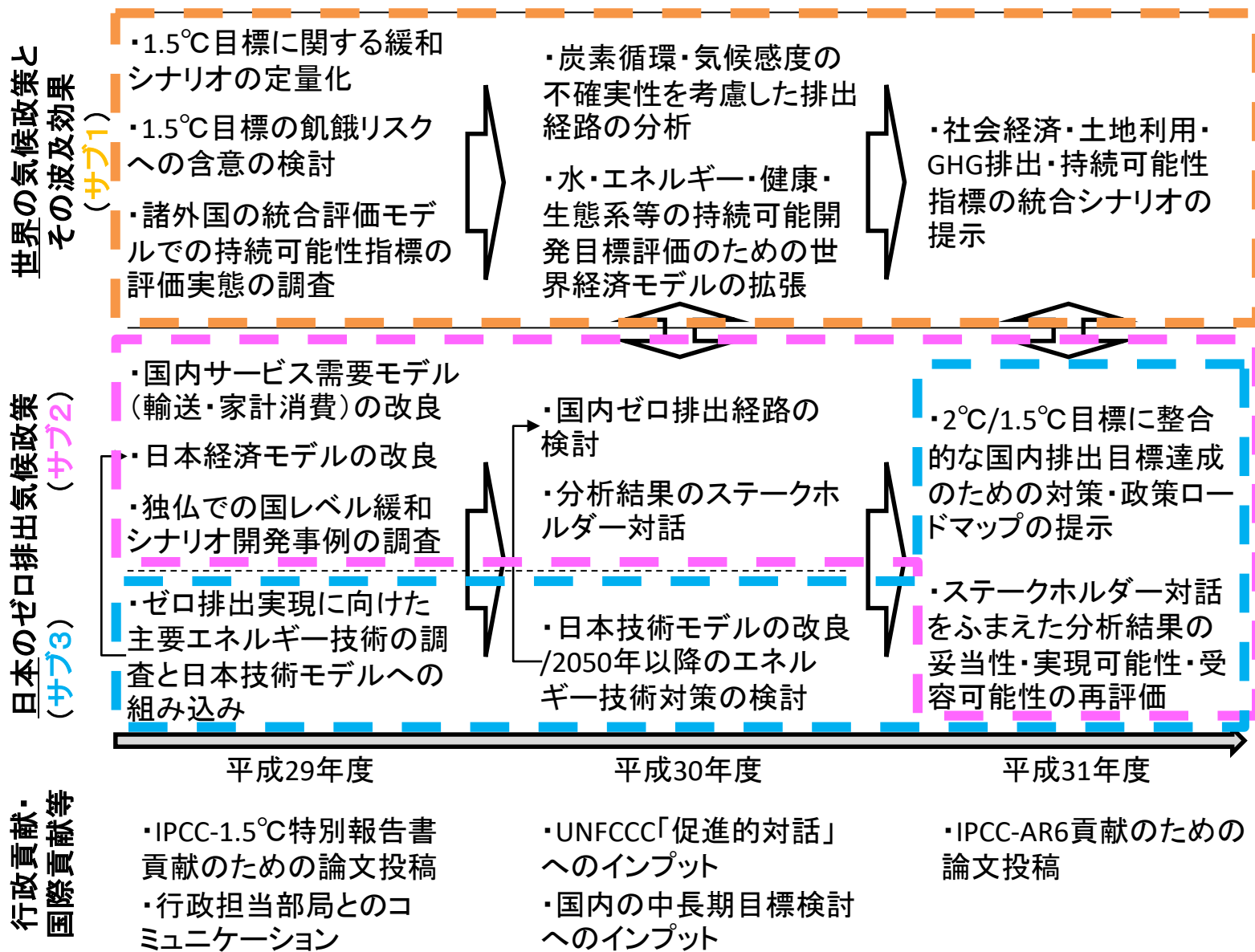
# 研究の概要・各サブテーマの役割

サブ1: 世界の気候政策とその波及効果

サブ2・サブ3: 日本のゼロ排出気候政策



# 研究のタイムライン



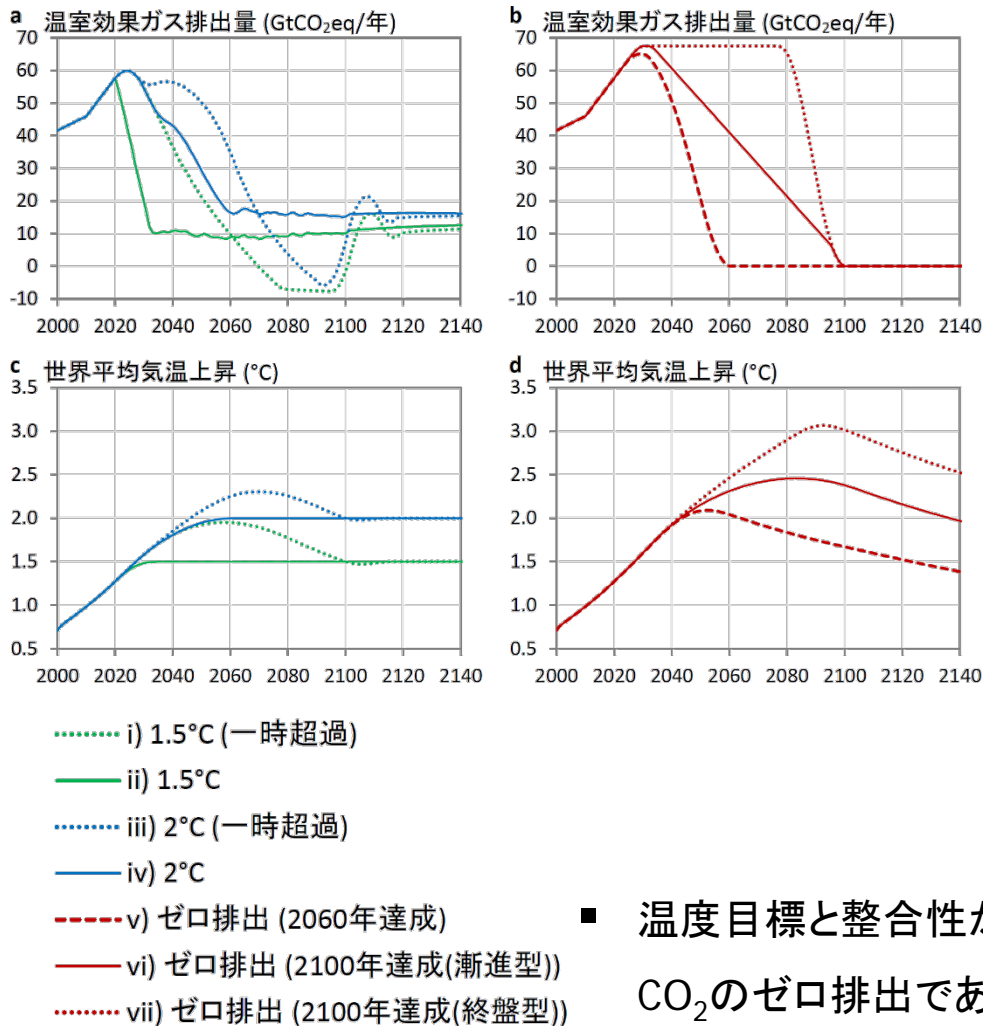
# 研究計画と進捗状況: サブテーマ1

## ●パリ協定気候目標に統合的な世界の気候政策とその波及効果に関する分析

- 「気候学ならびにGHG別削減費用の最新知見調査に基づく全球排出経路モデルの高度化」
  - Tanaka et al. (パリ協定の温度目標とゼロ排出目標の整合性に関する分析・Nature Climate Change誌)
  - Tanaka et al. (石炭から天然ガスへの火力発電燃料転換の評価・Nature Climate Change誌)
  - Shiogama et al. (1.5°C安定化と2.0°C安定化の公平性の観点からの差異・ERL誌)
- 「世界経済モデルを用いた1.5°C目標を達成する緩和策、エネルギーシステム、土地利用、交通システムの状況の描出、目標達成のための課題把握、課題克服のための施策提示」
  - Liu et al. (1.5°C目標の緩和政策分析・Carbon Management誌)
  - Zhang et al. (1.5°C目標に必要な交通政策の分析・ERL誌)
  - Wu et al. (生物環境・土壌保全を考慮したバイオエネルギーポテンシャル推計・GCB-Bioenergy誌)
- 「気候以外の持続可能性の評価事例としての1.5°C目標の飢餓リスクへの含意の評価」
  - Hasegawa et al. (緩和政策と飢餓リスクの関わりに関するマルチモデル分析・Nature Climate Change誌)
  - Hasegawa et al. (飢餓撲滅に向けた国際政策の分析・Nature Sustainability誌)
  - Fujimori et al. (気候目標達成による食料安全保障への副作用のマルチモデル分析・Nature Sustainability誌)
  - Liu et al. (中国における2°C気候政策とSDGsへの同時達成分析・ERL誌)
  - Ohashi et al. (土地利用変化と気候変化による生物多様性への影響・Nature Communications誌)

# ● パリ協定の温度目標とゼロ排出目標の整合性

両目標は必ずしも一致しないが、今世紀中盤までにCO<sub>2</sub>実質ゼロ排出が必要

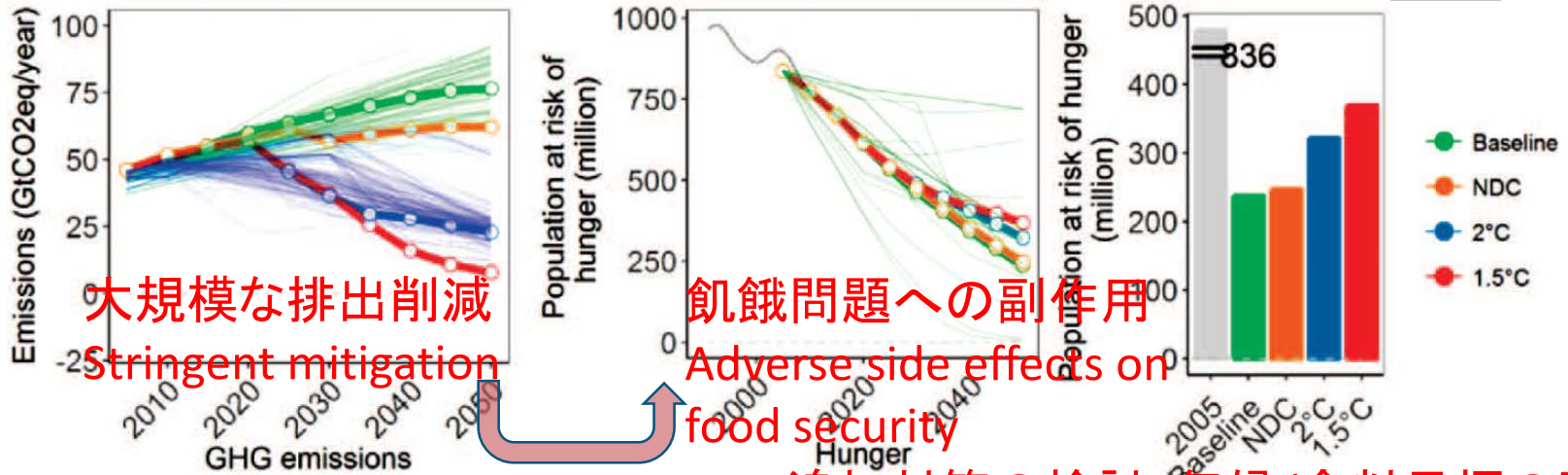


- 対策を早期から急激に進めて、温度目標を(一時超過なしで)達成するなら、ゼロ排出目標は必要ない。
- 一方、一時超過を許容して達成するなら、ゼロ排出目標だけでは不十分で、温室効果ガスの「負」の排出が必要になる。
- ゼロ排出を達成するタイミングが重要。今世紀後半にゼロ排出を達成しても、遅ければ、温度目標を大きく外れることがある。

- 温度目標と整合性が良いのは、温室効果ガスのゼロ排出ではなく、CO<sub>2</sub>のゼロ排出である。

# ● 気候政策の食料安全保障への副作用を回避する追加対策

## Adverse side effects of climate policy on food security and inclusive climate policy designs to solve them

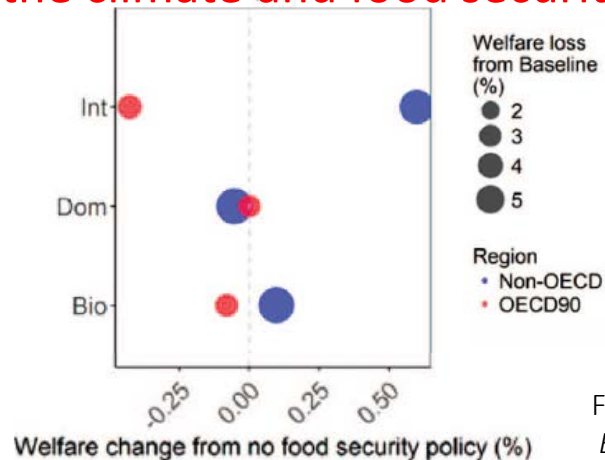
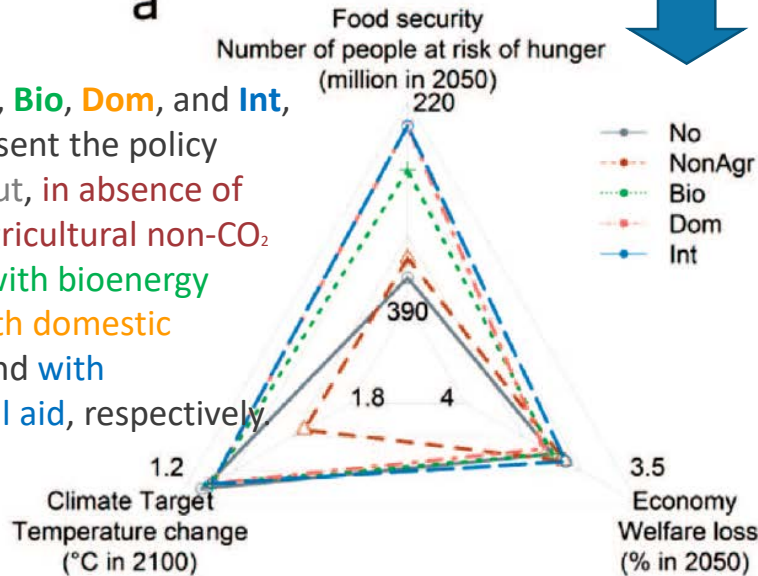


大規模な排出削減  
Stringent mitigation

飢餓問題への副作用  
Adverse side effects on food security

追加対策の検討 (気候/食料目標の両立)  
Inclusive policy designs for achieving both of the climate and food security targets

No, NonAgr, Bio, Dom, and Int, which represent the policy cases without, in absence of pricing of agricultural non-CO<sub>2</sub> emissions, with bioenergy taxation, with domestic allocation and with international aid, respectively.

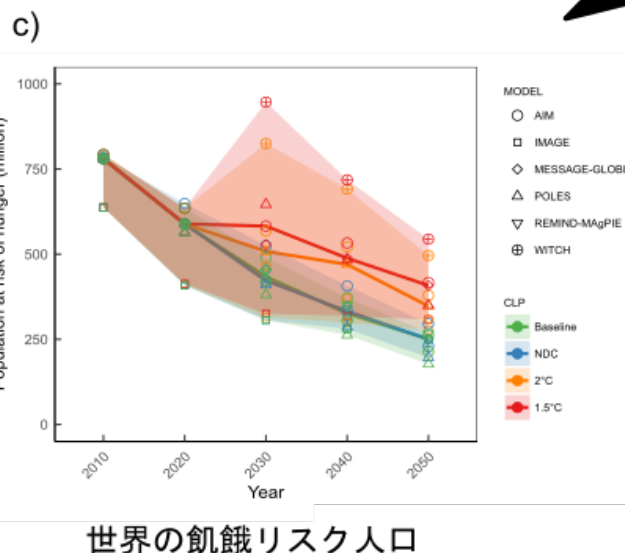
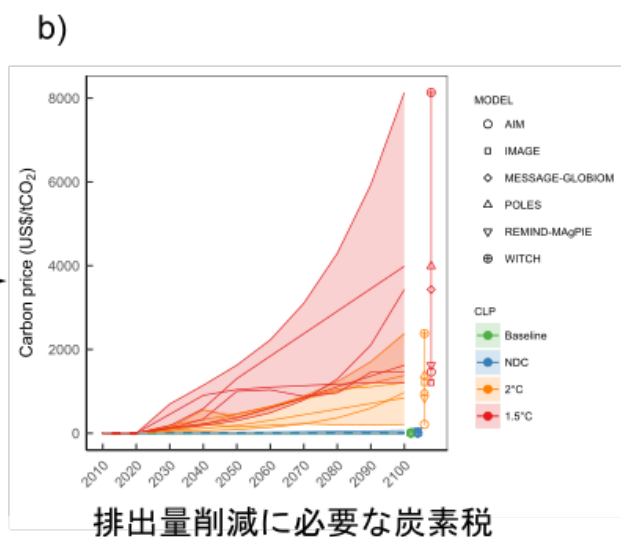
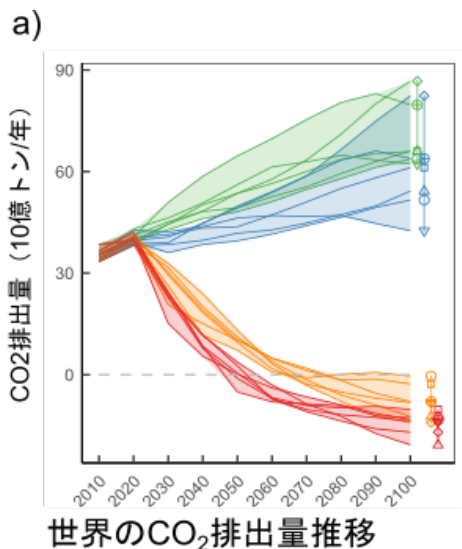




# ● 1.5°C気候目標達成による食料安全保障への副作用のマルチモデル比較及びその回避

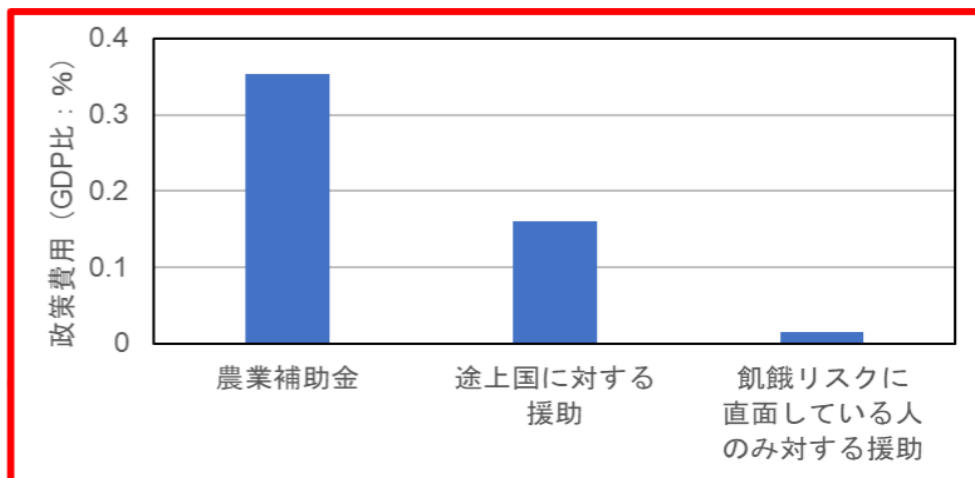


Fujimori et al. (2019),  
Nature Sustainability



バイオエネルギー作物の拡大  
農業のCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出削減費用  
農業のCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O排出に対する課税

温室効果ガス排出削減策の  
意図せぬ悪影響をどうやって防ぐか？

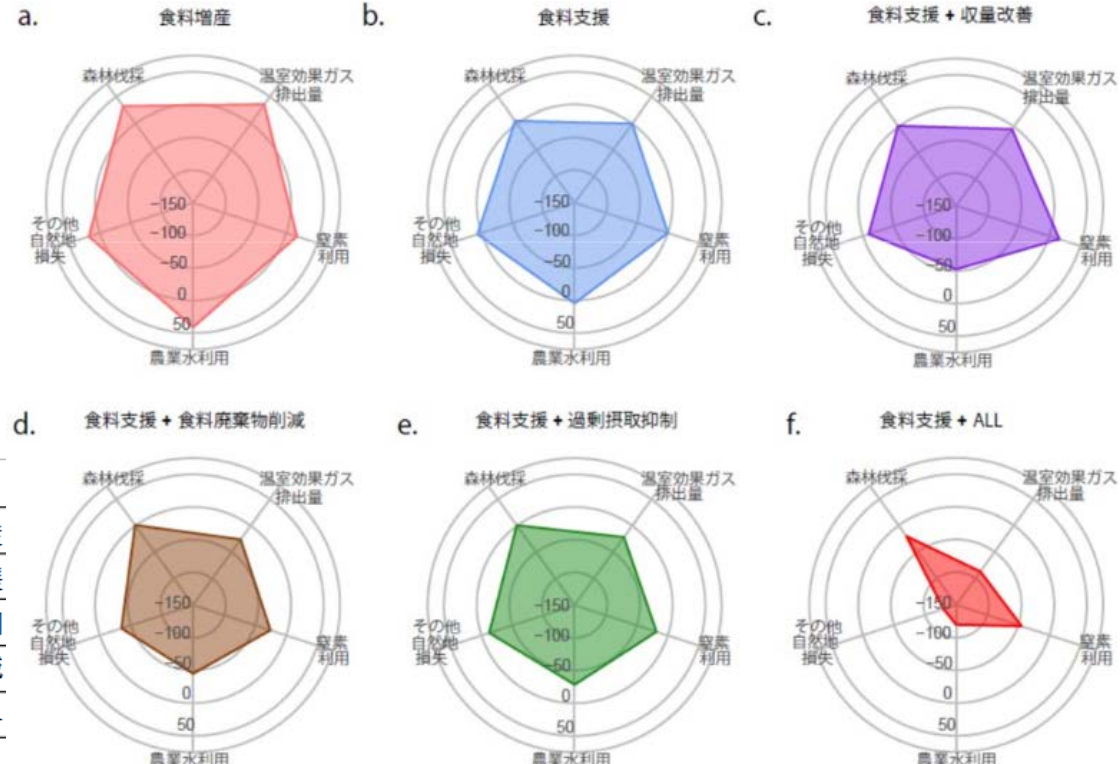
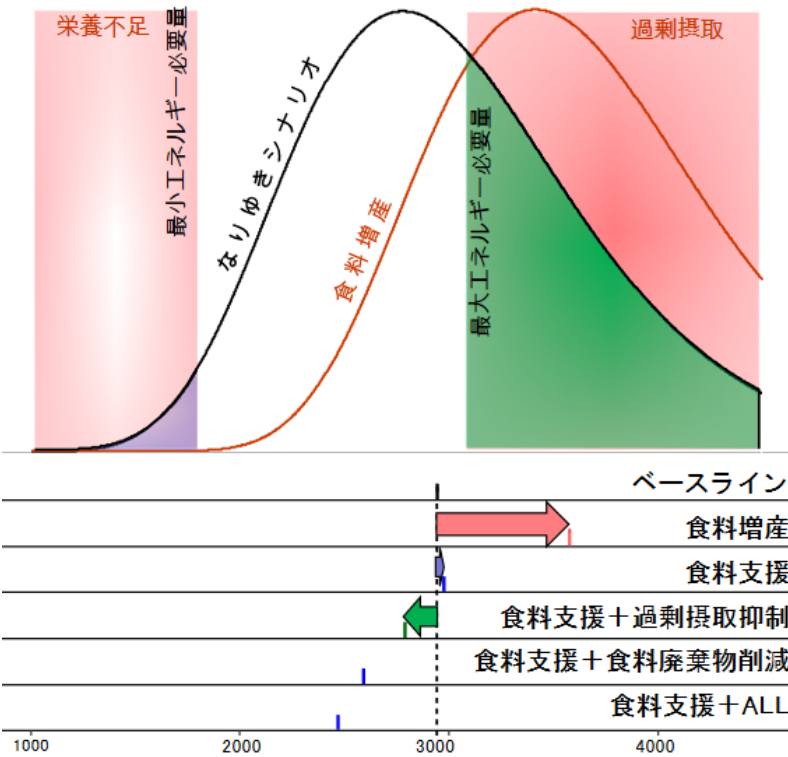


# ● 食料生産を減らしながら飢餓を撲滅



- 食料生産増は、環境に様々な悪影響を及ぼす。
- 環境悪化を回避しつつ飢餓撲滅を目指すには、食料生産増以外の方策が必要。
- 栄養不足の改善に向けた飢餓政策が適切にとられ、飽食・フードロスがともに抑制できた場合、必要な食料生産量は軽減でき、結果的に農地需要・GHG排出も減少する。

従来：低炭素社会実現に向けた政策がその他環境問題に及ぼす影響の評価  
 → 本研究： 飢餓解決に向けた政策が温暖化含めその他環境問題に及ぼす影響の評価



飢餓も飽食も同時抑制  
 できることが望ましい

各シナリオでの総食料カロリー需要：再分配等の政策による飢餓と環境影響の同時解決を模索する必要がある。  
 Hasegawa et al. 2019 (Nature Sustainability)

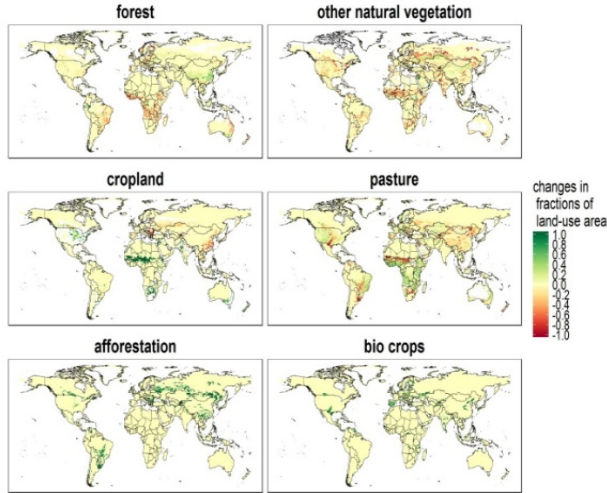
# ● 土地利用変化と気候変化による生物多様性への影響

Biodiversity loss through climate and land-use changes



## SSP-Landuse scenarios by AIM

### 土地利用シナリオ

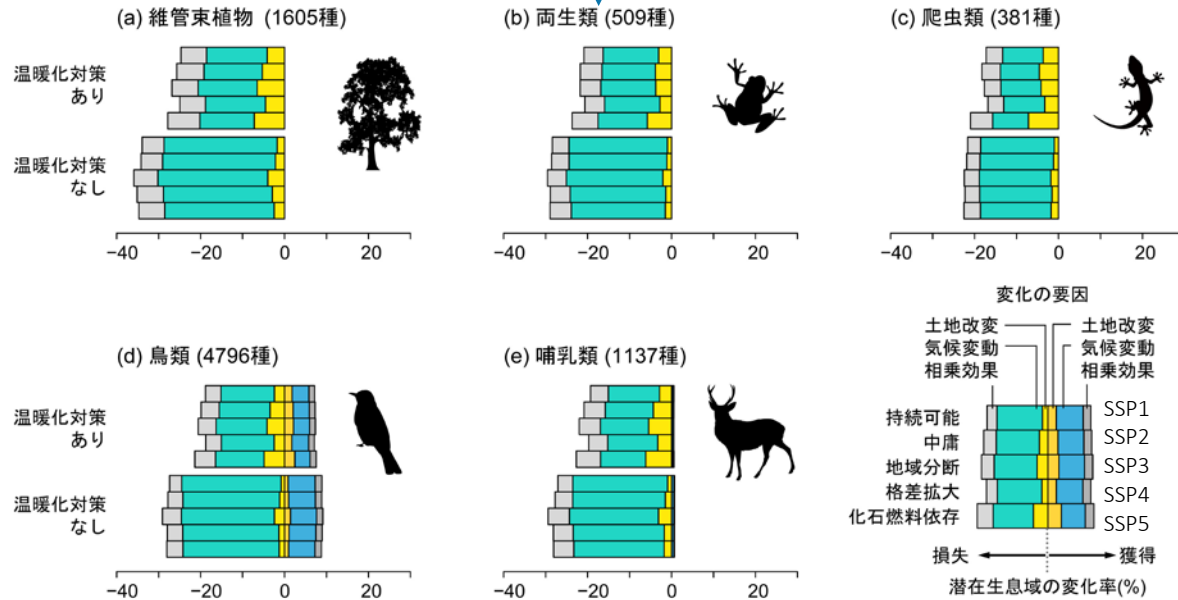


生物多様性  
影響モデル

Biodiversity  
impact  
model

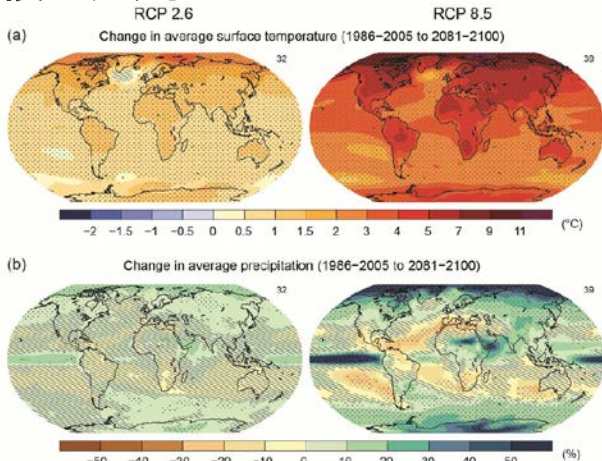
・「2°C目標」達成に必要な温暖化対策には、エネ作物栽培や植林など大規模な土地改変が必要だが、一方で生物多様性の損失も懸念されていた。  
・本研究は、温暖化対策が気温上昇の抑制により生物多様性にもたらす恩恵は、土地改変を通じた悪影響を上回ることを示した。

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



## RCP climate scenarios by CMIP5

### 気候シナリオ



Collaborative work with AFFRC

Ohashi et al (2019) *Nature Communications*, 10, 5240

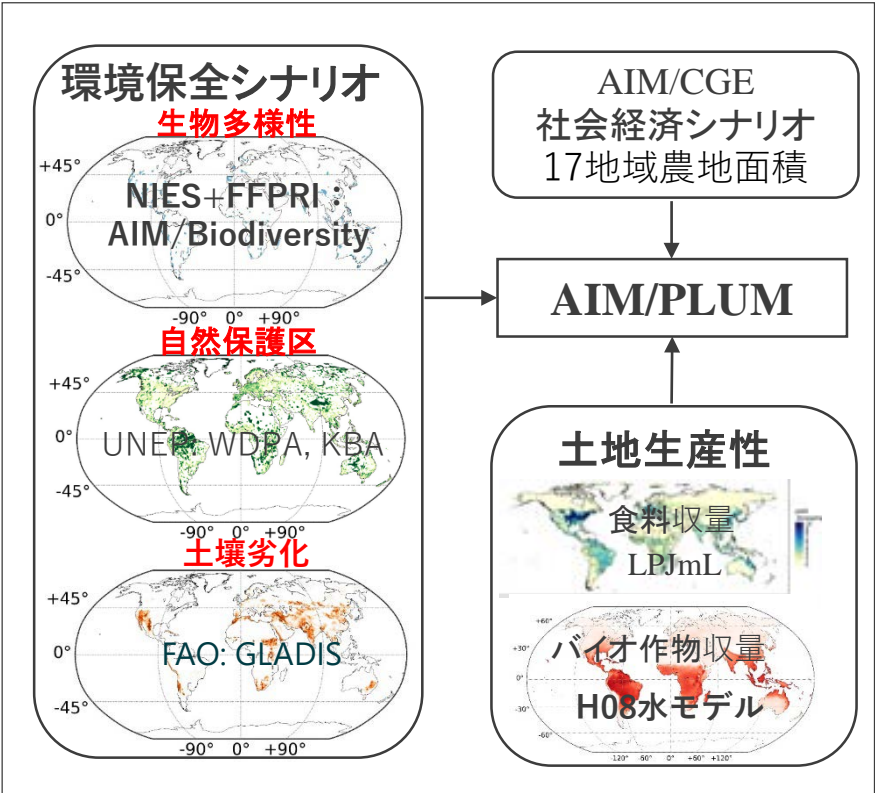
森林研究・整備機構(S-14-2)との共同研究成果  
森林研究・整備機構: 適域モデル開発と予測計算  
国立環境研究所: SSP別土地利用シナリオの提供



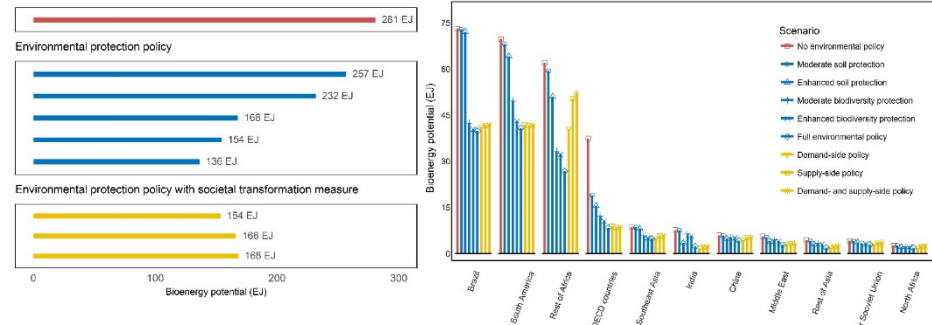
# ● 生物多様性保全と土壌侵食抑制のための土地資源の利用制約を考慮したバイオエネルギーポテンシャルの推計

生物多様性保護の観点から優先的に保護すべき地域や、土壌劣化回避の観点から保護すべき地域を所与の制約条件として与えたうえで、炭素価格に応じた世界・地域別のバイオエネルギー供給ポテンシャルを推計し、供給曲線を描出した。その結果、保護地の制約条件を想定しない場合には245EJ/年(\$US5/GJのエネルギー価格では192EJ/年)であるバイオエネルギーポテンシャルは、保護地を考慮した場合には149EJ/年(\$US5/GJのエネルギー価格では110EJ/年)と見積もられた。

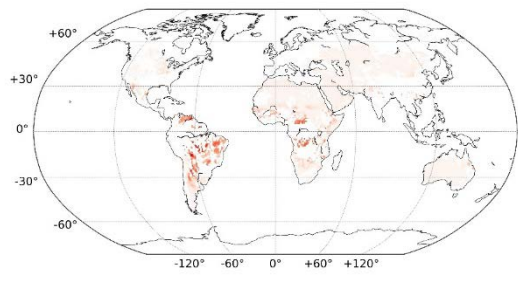
Wu et al. (2019) Global Change Biology Bioenergy



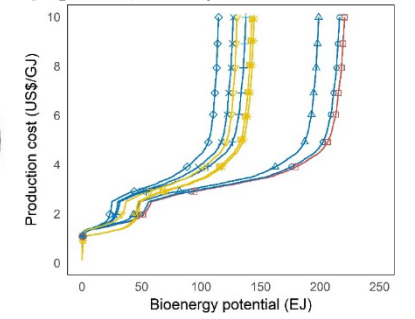
## 世界、地域別バイオエネルギー・ポテンシャル(2050)



## ポテンシャルマップ



## バイオエネルギー供給曲線

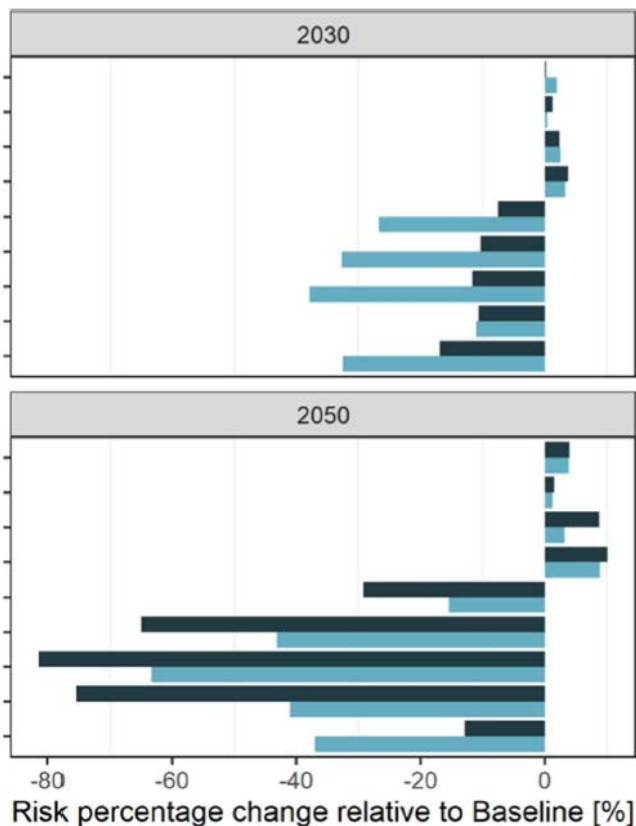


# ● 2°C気候政策と複数SDGsの同時達成分析(中国)



食料輸入依存度  
食料価格  
飢餓リスク人口  
森林伐採量  
黒色炭素排出  
NO<sub>x</sub>  
SO<sub>2</sub>  
一次エネ輸入依存度  
一次エネ多様性

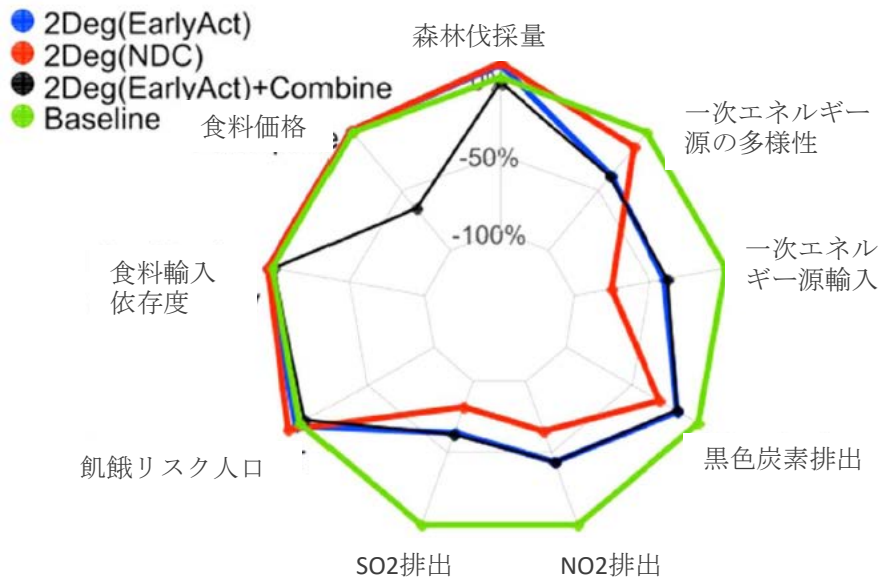
食料輸入依存度  
食料価格  
飢餓リスク人口  
森林伐採量  
黒色炭素排出  
NO<sub>x</sub>  
SO<sub>2</sub>  
一次エネ輸入依存度  
一次エネ多様性



■ 2Deg(EarlyAct) ■ 2Deg(NDC)

- 早期の緩和強化 + 追加的政策（食料補助金・森林用地費用補助）により、気候政策による環境・開発への負の波及影響を軽減できる。

Liu et al. (2019)  
ERL



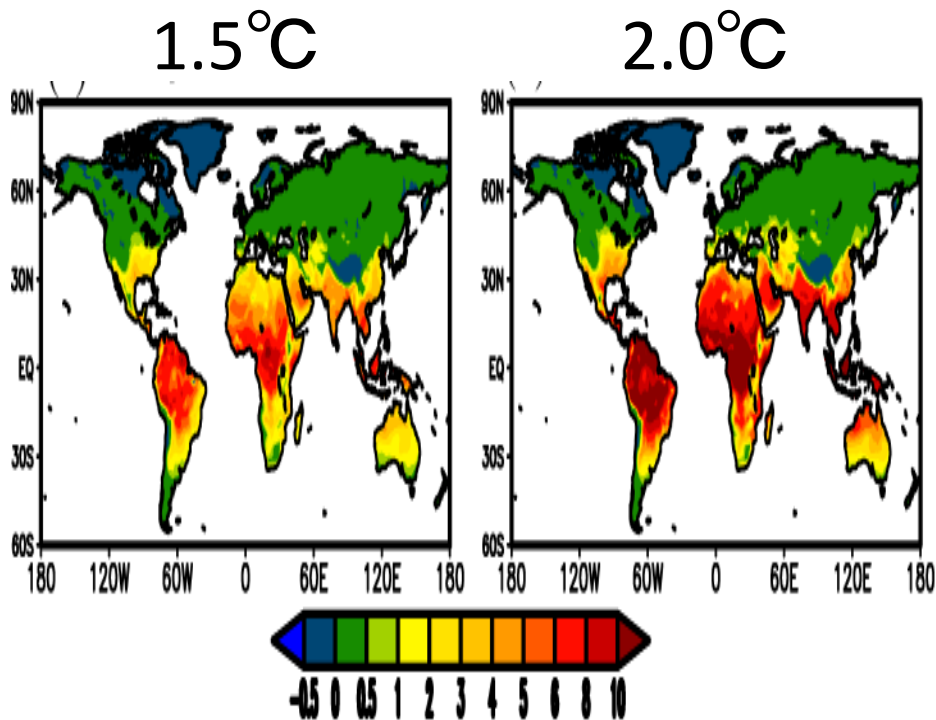
- エネルギー安全保障と大気汚染対策は気候政策により大きな共便益を受ける。
- 気候政策と、食料安全保障・土地資源利用にはトレードオフ関係。

**Baseline** : 緩和対策無し  
**2Deg(NDC)** : NDCを経由しその後2°C目標整合の排出経路を辿る  
**2Deg(EarlyAct)** : 早期削減 (NDCの深掘り) を想定。NDCを経由しその後2°C目標整合の排出経路を辿る。  
**2Deg(EarlyAct)+Combine** : 早期削減 (NDCの深掘り) を想定。2°C目標整合の排出経路を辿りかつ食料生産・消費及び森林保全推進への補助金を想定

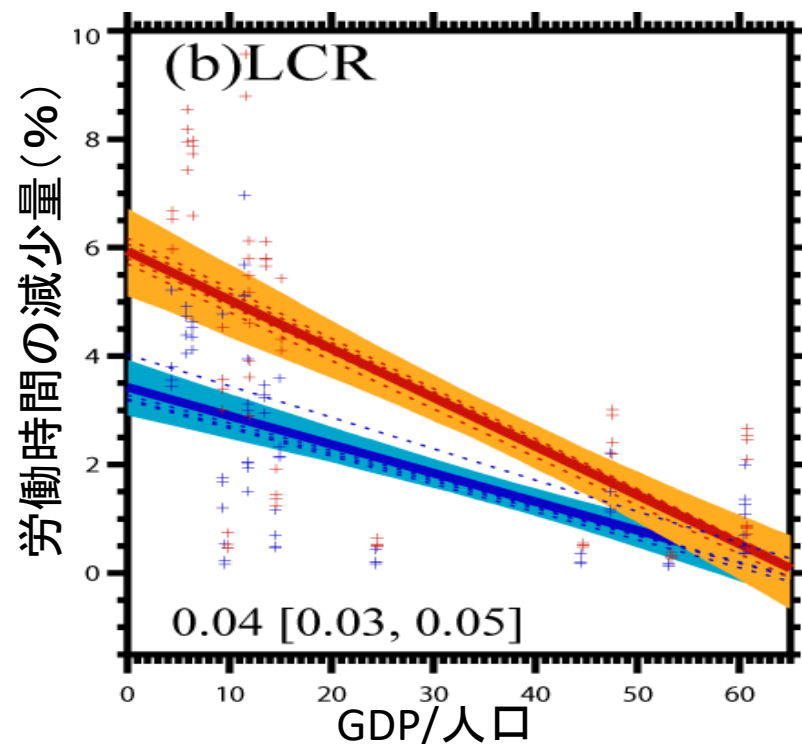
# ● 「1.5°C安定化」と「2.0°C安定化」の「公平性」の観点からの差異の提示



暑熱ストレスを避けるために  
労働時間が何%減るか？



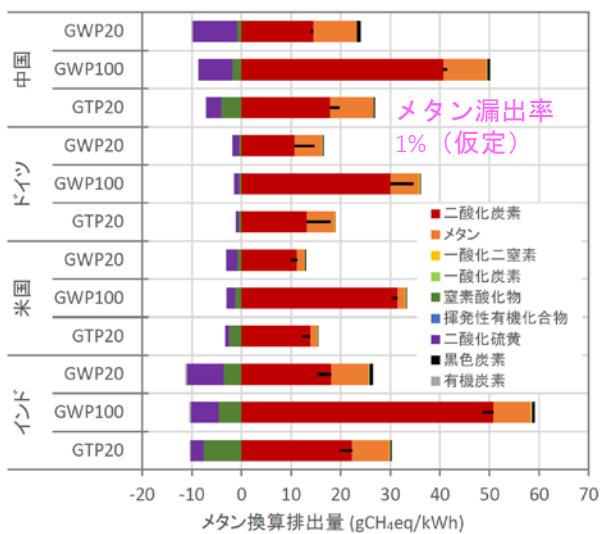
1.5°Cの世界は、2.0°Cの世界よりも、より「公平」なのか？



(bn USD2005/100万人)  
AIMのSSP2シナリオ計算

# ● 石炭から天然ガス火力発電への転換はパリ協定目標の達成に寄与 — 石炭火力発電の段階的廃止の追い風に —

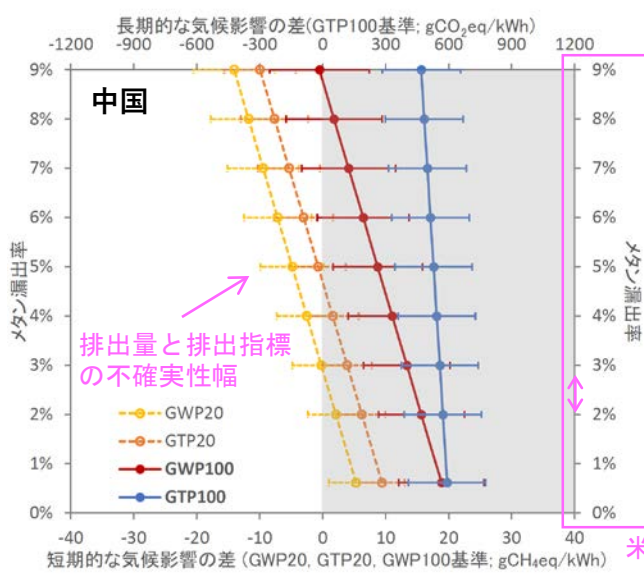
石炭火力発電・短期的な気候影響



- 石炭火力・天然ガス火力発電による温室効果ガスや大気汚染物質のライフサイクル排出量をecoinvent v3.4から導出
- 総CO<sub>2</sub>換算排出量（及び総CH<sub>4</sub>換算排出量）を排出指標で算出
  - 地球温暖化係数（Global Warming Potential: GWP）や地球温度変化係数（Global Temperature change Potential: GTP）など。数字は考慮する時間範囲年数。
- 気候影響の様々な時間スケールに対応する複数の排出指標を適用
- 排出や影響の地域差は大気化学輸送モデルにより分析
- 最終的に再生可能エネルギーへの変換が低炭素社会実現に重要

パリ協定の温度目標の時間スケールに最も整合するGWP100とGTP100で影響評価を行うことを提言

表1 各国における石炭から天然ガスへのエネルギー転換の気候影響評価のまとめ



排出指標の新解釈		気候影響評価の時間スケールと対応する排出指標			
		超短期	超短期	短期	長期
本研究		超短期	超短期	短期	長期
過去の研究		—	短期	長期	—
排出指標		GTP20	GWP20	GWP100	GTP100
気候影響のより小さい燃料種別 (もしくは分岐点のメタン漏出率)					
発電所の所在地	中国	5%	3%	9%	天然ガス
	ドイツ	天然ガス	9%	天然ガス	天然ガス
	米国	6%	5%	天然ガス	天然ガス
	インド	6%	5%	天然ガス	天然ガス

米国の最新推定値は2.0%から2.7%。他国はデータ不足。

# 研究計画と進捗状況: サブテーマ2

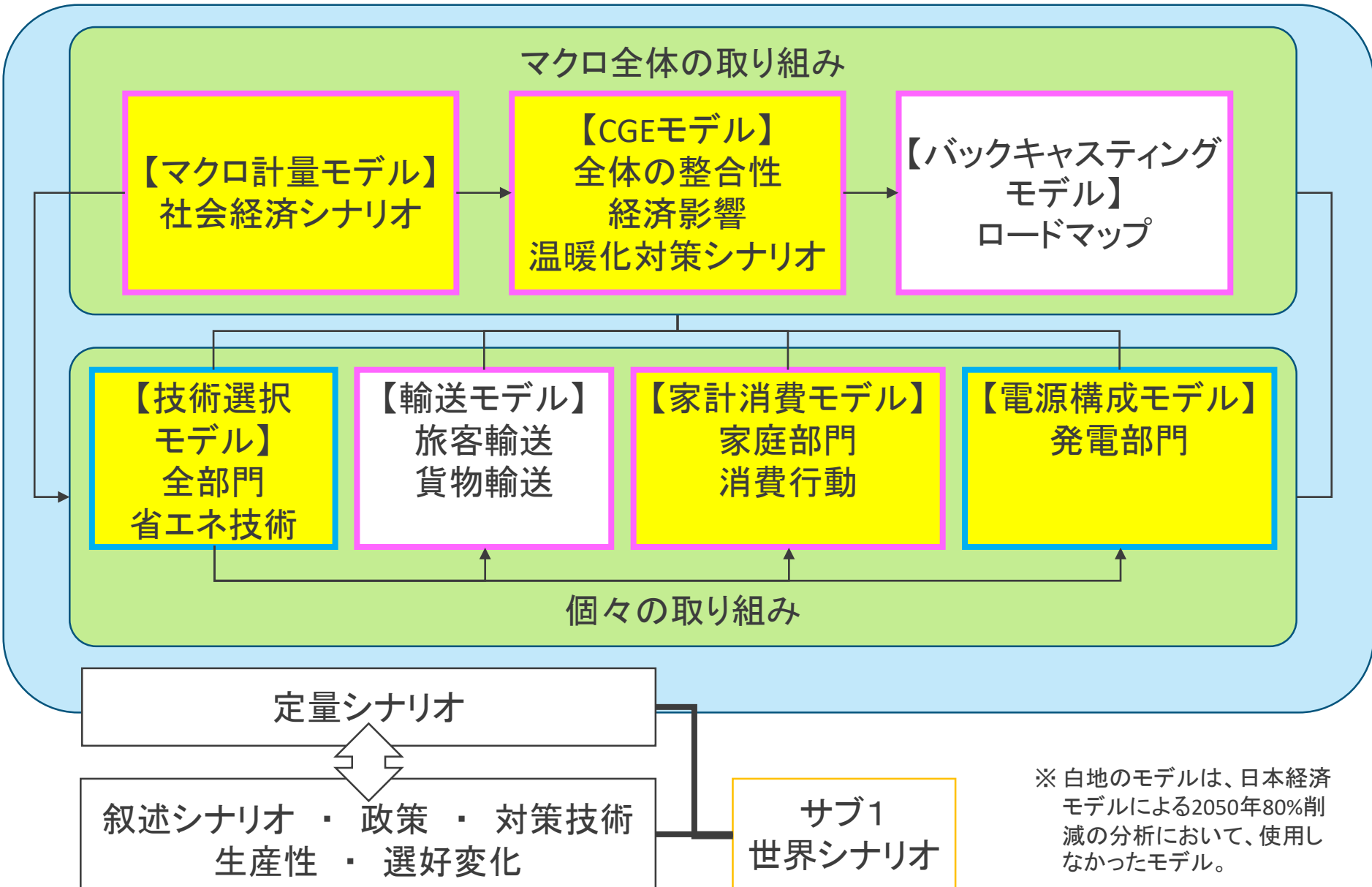
## ●わが国におけるゼロ排出の実現に向けた社会シナリオの検討

- 「将来のマクロフレームの推計」
  - 改良したマクロ計量モデルを使い、2050年までのマクロフレーム(経済成長)定量化を複数実施
- 「国内サービス需要モデルの改良とそれを用いた将来推計の検討」
  - 家計消費行動モデルを用いた機器買い換え行動の分析を実施(金森,2017)
- 「日本経済モデルの改良」
  - 家計の世帯主年齢に応じた分割、生産活動での複数の新技術想定、エネ起以外の温室効果ガス排出量への対応などのモデル改良を実施
- 「改良した日本経済モデルによる日本の温室効果ガス排出量を21世紀後半に実質ゼロにする排出経路の検討」
  - 2050年80%削減の検討を実施(ゼロ排出分析を今後を実施予定)
- 「ステークホルダー対話を踏まえた対策オプションの拡充」
  - 仏・独の研究者との意見交換を通じた、GHG削減による経済成長加速シナリオに関する情報収集の実施
  - 日本の温暖化対策に積極的な企業との意見交換

備考: 本サブ成果の一部を中環審長期低炭素ビジョン小委員会等に提供  
日仏、日独以外にも国際的な活動に貢献。

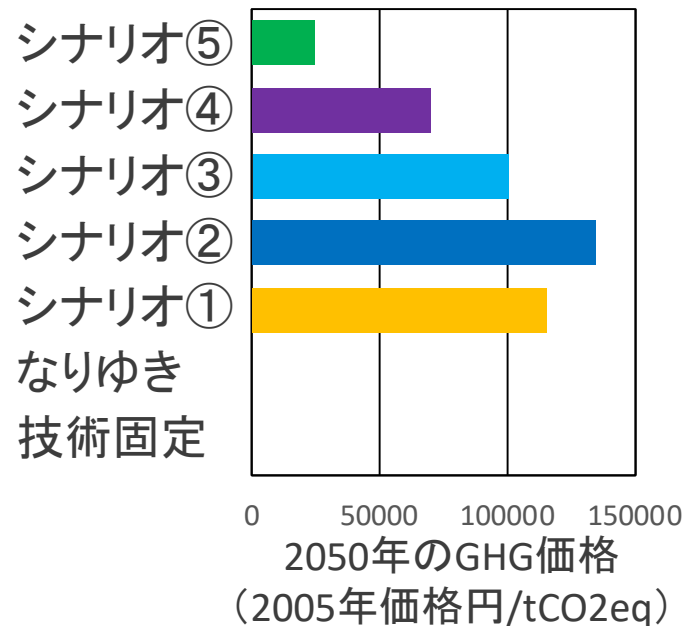
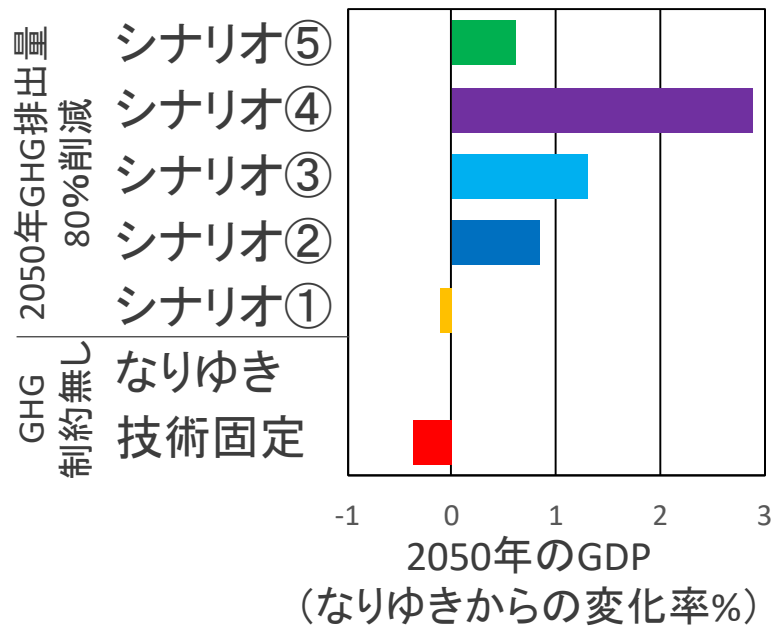


# モデルとシナリオ開発の関係(サブ2及びサブ3)



# ● 日本CGEモデル(経済モデル)を用いた分析の成果

日本を対象としたCGEモデルの改良を行い、改良したモデルに対して、マクロ計量モデルによる将来の経済成長、技術選択モデルによる省エネ技術、家計消費モデルによる消費行動の変化などの結果を反映させ、日本における2050年の温室効果ガス排出量を80%削減するシナリオの定量化を行い、どのような条件下でなりゆきのGDPを上回り、GHG価格を低く抑えられるかについて分析。



## 【シナリオの設定】

- 技術固定: 2015年時点のフローの技術が変化しないと仮定。
- なりゆき: 技術選択モデルにおける省エネ技術の選択・導入が2015年から可能と仮定。
- シナリオ①: なりゆきに対して単純な排出制約を想定。
- シナリオ②: シナリオ①に対して、省エネ導入に必要な追加投資を生産投資に加算。
- シナリオ③: シナリオ②に対して、投資回収年数を3年から10年に変更。
- シナリオ④: シナリオ③に対して、使用可能な従来技術のストックを退出させ、退出したストックに対応して投資を増加。
- シナリオ⑤: シナリオ④に対して、追加的な投資を半分に抑制。

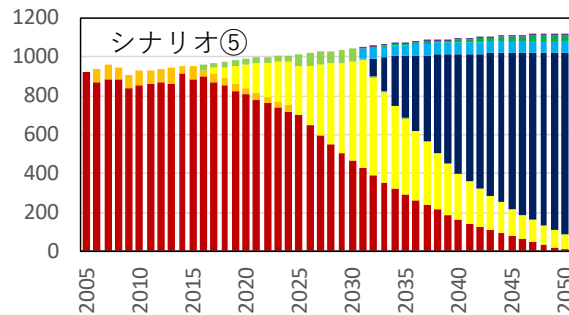
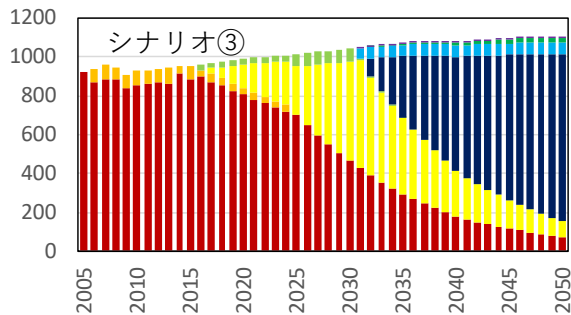
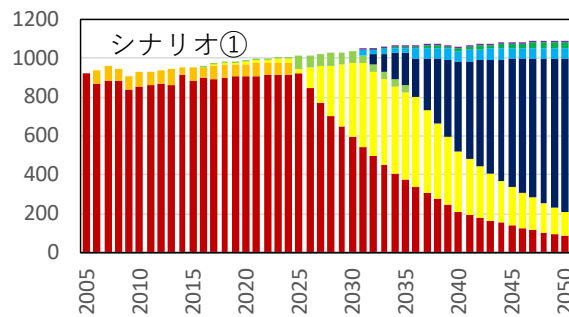
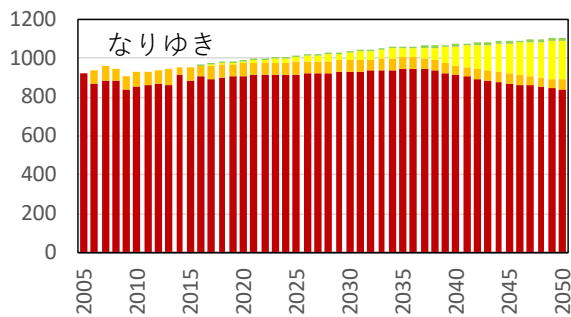
単純なGHG排出量の制約では、GDPのロスが発生し、GHG価格も大きい(シナリオ①)。

投資回収年数を延長したり、生産投資に影響することのないように追加投資分を補助することで、GHG80%削減を実現してもGDPはなりゆきを上回ることが可能となる(シナリオ①→②・③)。一方で、経済規模が大きくなることから潜在的なGHG排出量が増加し、GHG価格は上昇する。

従来技術のストックを早期に退出させ、高効率の省エネ技術に適切に置き換えることで、GHG価格を大幅に低下させることが可能となることを示した(シナリオ⑤)。

# ● 日本CGEモデル(経済モデル)を用いた分析の成果

日本を対象としたCGEモデルの改良を行い、改良したモデルに対して、マクロ計量モデルによる将来の経済成長、技術選択モデルによる省エネ技術、家計消費モデルによる消費行動の変化などの結果を反映させ、日本における2050年の温室効果ガス排出量を80%削減するシナリオの定量化を行い、どのような条件下でなりゆきのGDPを上回り、GHG価格を低く抑えられるかについて分析。



## 【シナリオの設定】

- 技術固定: 2015年時点のフローの技術が変化しないと仮定。
- なりゆき: 技術選択モデルにおける省エネ技術の選択・導入が2015年から可能と仮定。
- シナリオ①: なりゆきに対して単純な排出制約を想定。
- シナリオ②: シナリオ①に対して、省エネ導入に必要な追加投資を生産投資に加算。
- シナリオ③: シナリオ②に対して、投資回収年数を3年から10年に変更。
- シナリオ④: シナリオ③に対して、使用可能な従来技術のストックを退出させ、退出したストックに対応して投資を増加。
- シナリオ⑤: シナリオ④に対して、追加的な投資を半分抑制。



各シナリオにおける技術別生産額の推移(単位:2005年価格兆円)

省エネ技術による生産を拡大することで、2050年GHG排出量の80%削減を実現することが可能となる。また、利用可能ではあるが従来型の技術ストックを2050年までにできるだけ早く廃棄することで、2050年の省エネポテンシャルは拡大し、GDPにプラスの効果をもたらすとともに、GHG価格を低く抑えることが可能となる。

# ● 日本CGEモデル(経済モデル)を用いた分析の成果

## 当分の間税率を廃止した場合のCO<sub>2</sub>排出量への影響

- 揮発油税等の当分の間税率を2018年に廃止した場合、輸送用燃料の価格下落に伴う輸送用燃料の需要増加に伴い、運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量は2030年に1,635万トン(2013年度運輸部門におけるエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の7.3%相当)の増加が見込まれる。  
※日本の約束草案では、2030年度に運輸部門で2013年度比▲27.6%程度の削減を目標としている。
- さらに、運輸部門以外のCO<sub>2</sub>排出量への影響も考慮すると、全体で1,849万トン(2013年度全部門におけるエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の1.5%相当)の増加が見込まれる。

### 当分の間税率廃止によるCO<sub>2</sub>排出量への影響試算(国立環境研究所(2017)※)

※ 環境研究総合推進費 2-1702「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」

	運輸部門	全部門
CO <sub>2</sub> 排出の増加量 (2030年)	1,635万トン (2013年度の運輸部門エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出量の7.3%に相当)	1,849万トン (2013年度の全部門エネルギー起源CO <sub>2</sub> 排出量の1.5%に相当)
CO <sub>2</sub> 排出の増加量 (2018~2030年(累計))	14,088万トン	16,101万トン

#### <試算の前提等>

- ・ ガソリンについては、揮発油税及び地方揮発油税の当分の間税率(53.8円/ℓ)と本則税率(28.7円/ℓ)の差分(25.1円/ℓ)、軽油については、軽油引取税の当分の間税率(32.1円/ℓ)と本則税率(15.0円/ℓ)の差分(17.1円/ℓ)がそれぞれ減税された場合を想定。その他、将来のGDP成長率や原油価格などのマクロフレームの想定は日本の約束草案をもとに設定。
- ・ 運輸部門におけるCO<sub>2</sub>排出量への影響は、ガソリン及び軽油の直接消費によるもの、運輸部門以外への影響は、それ以外の商品やサービスの消費、生産活動の変化によるもの。いずれも、当分の間税率を維持した場合の排出量と比べた増加分を示す。
- ・ 2013年度の日本のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量=1,235百万トン(うち運輸部門は225百万トン)、約束草案における2030年度の日本のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の目安は927百万トン(うち運輸部門163百万トン)。
- ・ 当分の間税率が維持された場合(なりゆきケース)のマクロフレームは、日本の約束草案等に準拠させているが、モデルが推計する2030年のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は、必ずしも約束草案の削減目標に一致しない点に留意が必要。

# 研究計画と進捗状況：サブテーマ3

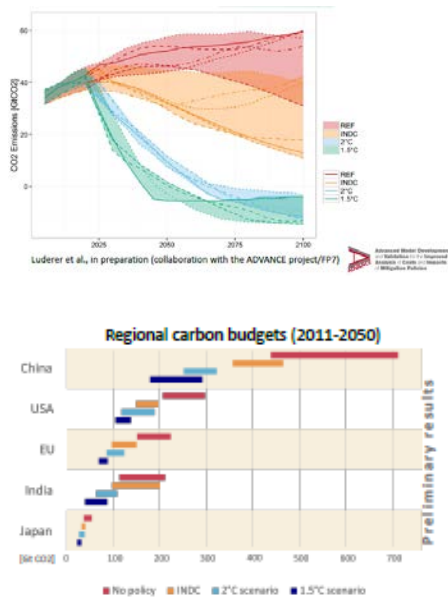
## ●わが国におけるゼロ排出の実現に向けたエネルギー技術対策の定量化

- ① 日本技術モデルの改良・技術データ拡充を通じて、サブテーマ1が描く全球気候政策に整合する日本のGHG排出量の削減目標を実現するための、我が国におけるゼロ排出実現に向けたエネルギー技術対策の定量化シナリオを示す。
  - 2°C、1.5°C目標に統合的な国別のカーボンバジェット(累積排出量)に基づく、今世紀中の日本の排出経路、エネルギー技術対策の提示(Oshiro et al., Climatic Change誌)
- ② 約束草案見直し等に係る国内政策検討への知見提供のため、ゼロ排出の実現を見据えた、2030年～2050年頃の到達水準、その実現に向けた対策・政策ロードマップを、他サブテーマと連携して提示する。
  - 日本の2050年80%削減に向けた2030年削減深堀の可能性、必要となる対策・施策の提示(Oshiro et al., Energy Policy誌)  
⇒中央環境審議会地球環境部会小委員会・日仏環境省会合への成果提供
  - 日本を対象とした2050年ゼロ排出シナリオにおける、部門別の対策の提示(Oshiro et al., Carbon Management誌)
  - 日本の2050年目標に必要なエネルギーシステム転換、削減費用の定量化(Fujimori, Oshiro et al. Nature Communications誌)

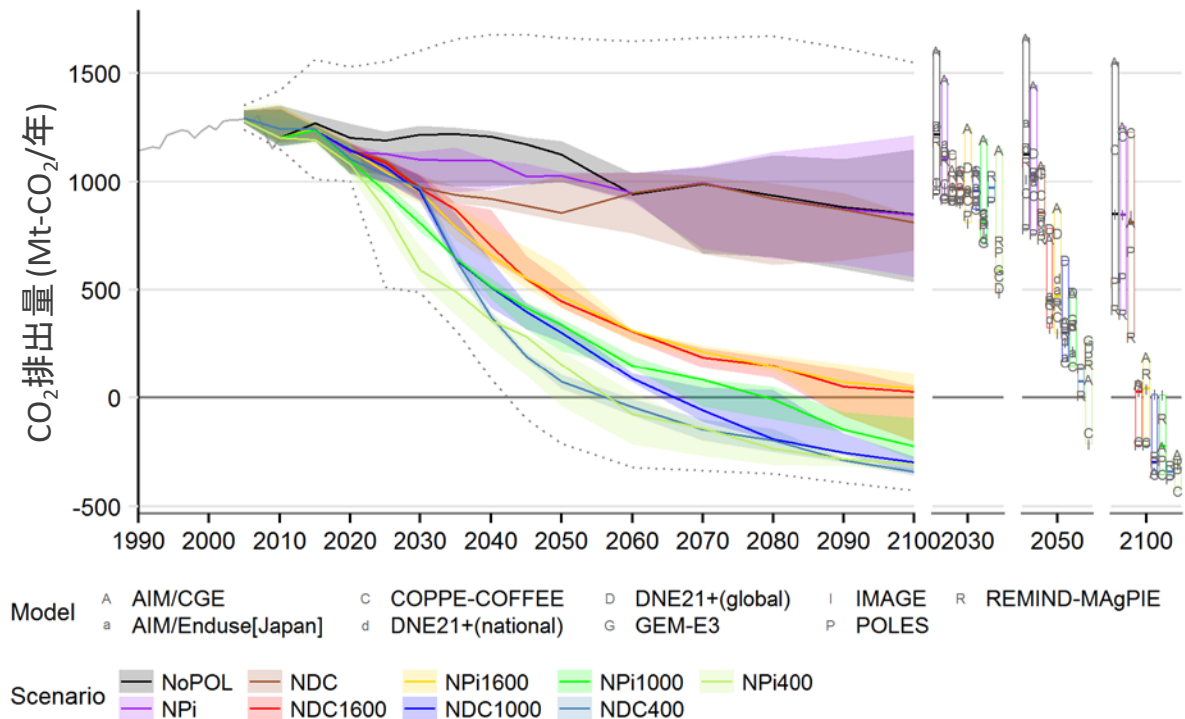
# ●●パリ協定気候目標に応じた日本の長期排出経路

- パリ協定の2°C目標から示唆される日本のカーボンバジェット(2050年まで)に応じた、日本の2050年までの排出経路について、複数の統合評価モデルに基づく分析を実施。
- 2°C目標に整合的なシナリオでは、2050年のCO<sub>2</sub>排出量は2010年比約75%減となり、2050年80%減目標は、世界2°C目標に整合的となる可能性が高い。
- 2°C目標に整合的なシナリオでは、日本のCO<sub>2</sub>排出量は2070-80年頃に正味ゼロとなる。

## 世界2°C目標に応じた排出経路と国別バジェット



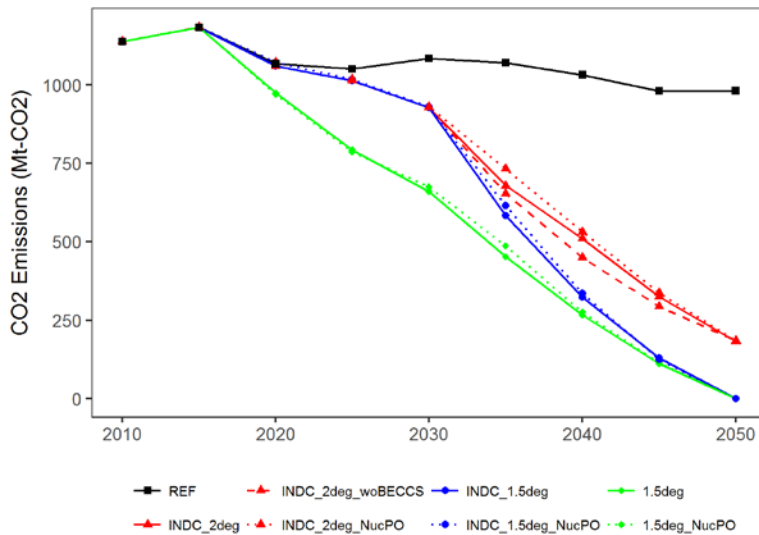
## 日本のエネルギー・工業プロセス起源CO<sub>2</sub>排出量



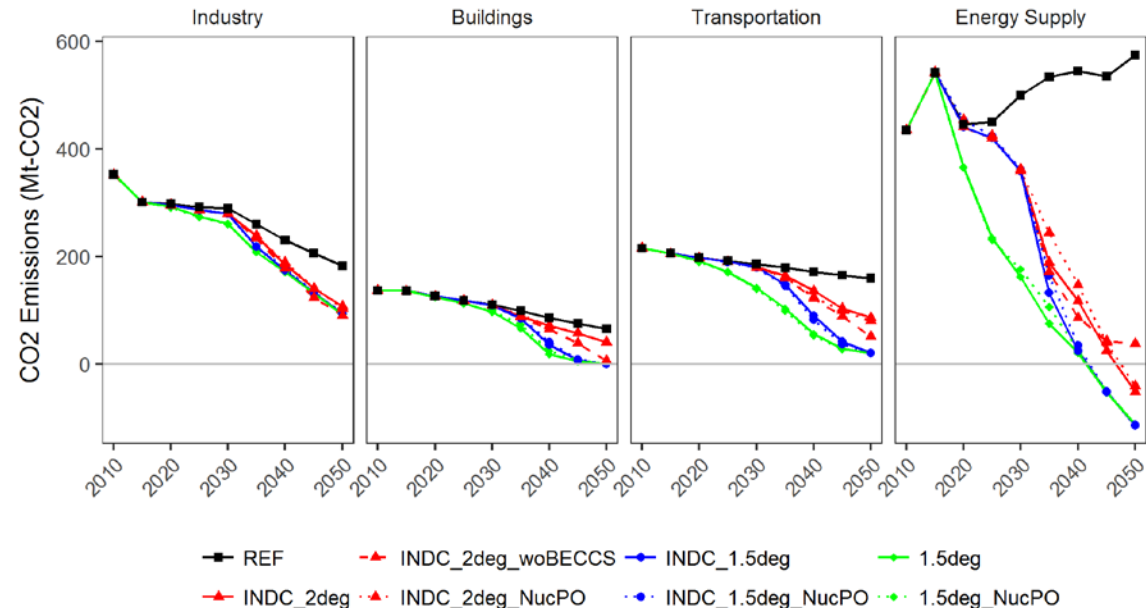
# ● 日本ゼロ排出シナリオのエネルギー技術対策

- 日本を対象とした技術モデルを用い、2050年CO<sub>2</sub>ゼロ排出シナリオにおけるエネルギー技術対策を定量化。
- 2050年ゼロ排出となるケースでは、BECCSを含む対策により、エネルギー供給部門からの排出は正味で負となる。
- 需要側では、運輸部門において大幅な追加削減が必要。民生では80%減ケースでもほぼゼロ排出を達成。いずれも電化などの低炭素エネルギー源への移行が重要な対策となる。
- 産業部門からの排出量が残存するため、革新的技術や資源の有効活用等が重要。

エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量(部門別)



# ● 日本技術モデルによる分析結果 (中環審長期低炭素ビジョン小委員会での報告)

## 国内の定量的なシナリオ分析事例②

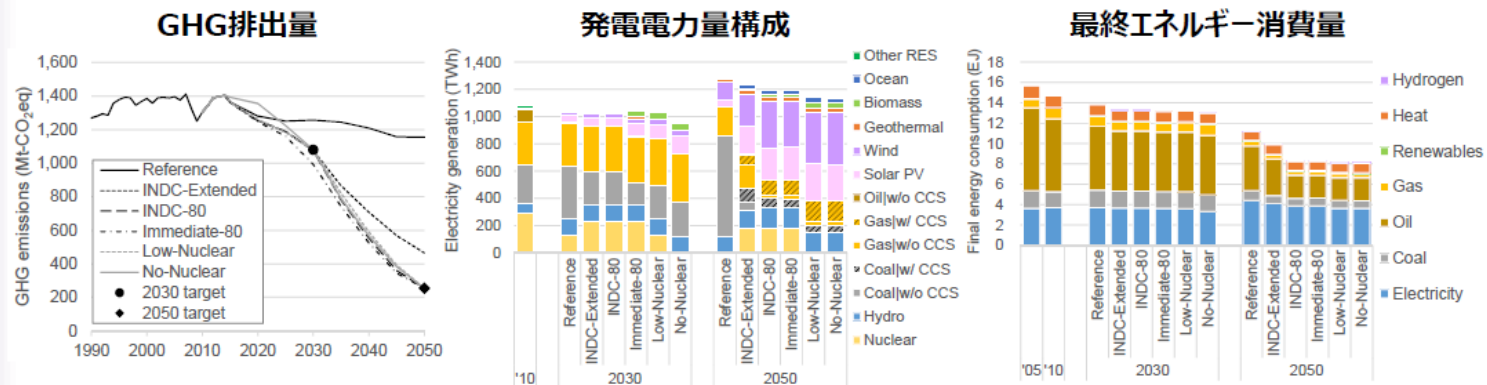
### 国立環境研究所AIMプロジェクトチーム (2017)

- ◆ 概要： 2030年▲26%、2050年CO2▲80%となる排出経路について、必要となる対策などを分析。
- ◆ 分析に用いたモデル： 技術評価モデル AIM/Enduse [Japan] (日本)

#### 【2050年における大幅削減の絵姿】

※「」の記述は出所からの引用  
( )の記述は出所の本文・表・グラフの情報から作成

- |                   |  |
|-------------------|--|
| <b>省エネ</b>        | - 「最終エネルギー消費量はレファレンスケース比で25～27%減」  |
| <b>電化</b>         | - 「最終エネルギー消費量における電力シェアは45～46% [レファレンスケースでは39%] 」<br>- 「家庭・業務部門の電化率は90%以上」<br>- 「運輸部門の電化率は約50%」 |
| <b>エネルギーの低炭素化</b> | - 「電力はほぼ低炭素エネルギー [原子力、再エネ、CCS] により供給され、電力のCO2排出係数はほぼゼロ」  |
| <b>CCS</b>        | - 「CCS付火力発電は、発電電力量の約15～18%」<br>- 「産業部門でのCCS導入を想定」  |



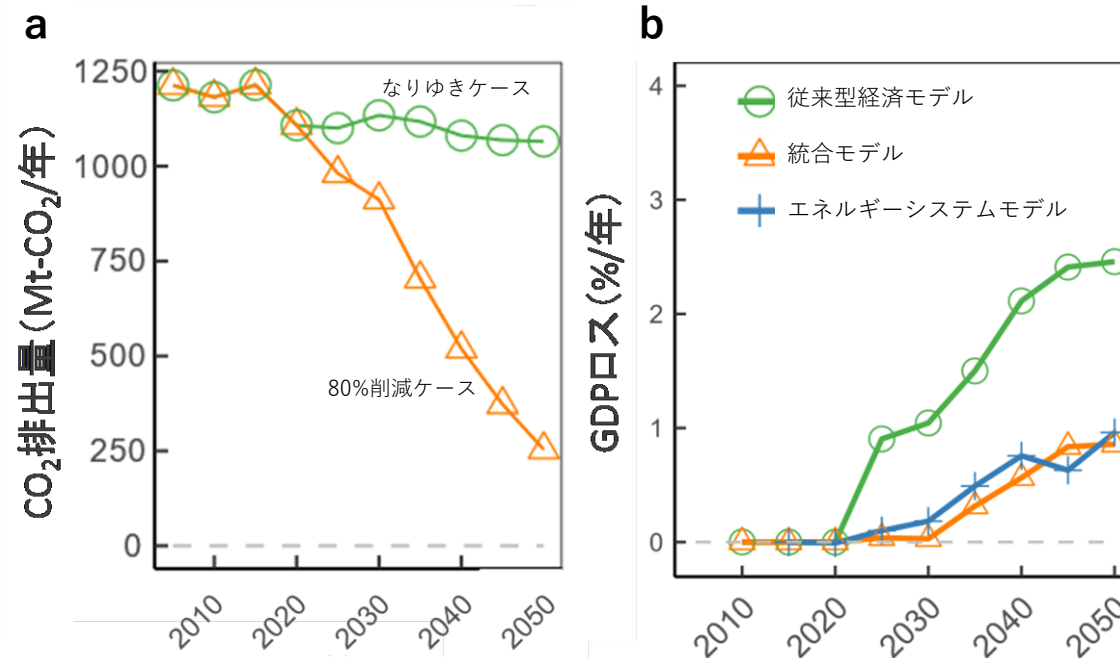
(出所) Oshiro, K., Kainuma, M., and Masui, T. (2017). Implications of Japan's 2030 target for long-term low emission pathways. Energy Policy, 110, 581-587. <sup>39</sup>



# ●●日本の2050年目標のエネルギーシステム転換の費用

- 経済・エネルギー・電力システムを統合したモデルを用いて、2050年80%シナリオにおけるエネルギーシステム技術、費用を推計。
- 80%減を達成するには、変動性再生可能エネルギーや蓄電池の導入拡大が必要。
- GDPロスはなりゆきケース比で0.8%となり、従来型の経済モデル単体を用いた場合の結果と比較して、半分以下の水準となった。

a) 日本のエネルギー・工業プロセス起源CO<sub>2</sub>排出量、b) なりゆきケース比のDPロス



# 参考資料：公表済・掲載決定済の査読論文

1. Baker H., ..., Shiogama H. et al. (2018) Higher CO2 concentrations increase extreme event risk in a 1.5° C world. *Nature Climate Change*, **8**, 604-608
2. Bauer N., ..., Fujimori S., ..., Hasegawa T., ... (2018) Global energy sector emission reductions and bioenergy use: overview of the bioenergy demand phase of the EMF-33 model comparison. *Climatic Change*, doi:10.1007/s10584-018-2226-y
3. Edelenbosch O.Y., ..., Fujimori S. et al. (2017) Decomposing Passenger Transport Futures: Comparing Results of Global Integrated Assessment Models. *Transportation Research, PartD: Transport and Environment*, **55**, 281-293
4. Fragkos P., ..., Oshiro K. et al. (2018) Coupling national and global models to explore policy impacts of NDCs. *Energy Policy*, **118**, 462-473
5. Fronzek S., ..., Takahashi K., ... (2018) Determining sectoral and regional sensitivity to climate and socio-economic change in Europe using impact response surfaces. *Regional Environmental Change*, **19**, 679-693
6. Fujimori, S., Hasegawa, T., Ito, A., Takahashi, K., Masui, T. (2018) Gridded emissions and land-use data for 2005–2100 under diverse socioeconomic and climate mitigation scenarios, *Science Data*, **5**, 180210
7. Fujimori S. et al. (2018) Inclusive climate change mitigation and food security policy under 1.5° C climate goal. *Environmental Research Letters*, **13**, 074033
8. Fujimori, S. et al.: A multi-model assessment of food security implications of climate change mitigation. *Nature Sustainability*, **2**, 386-396
9. Fujimori S., Oshiro K., Shiraki H., Hasegawa T. (2019) Energy Transformation Cost for the Japanese Mid-century Strategy: Energy System Feedback Effects in an Economic Model. *Nature Communications* (accepted)
10. Gao L., ..., Fujimori S. et al. (2017) An Economic Assessment of the Global Potential for Seawater Desalination to 2050. *Water*, **9**, 763-763
11. Gidden, M.J., ..., Fujimori, S., ..., Hasegawa, T., ..., Takahashi, K. (2019) Global emissions pathways under different socioeconomic scenarios for use in CMIP6: a dataset of harmonized emissions trajectories through the end of the century, *Geosci. Model Dev.*, **12**, 1443-1475.
12. Hasegawa T., et al. (2018) Risk of increased food insecurity under stringent global climate change mitigation policy. *Nature Climate Change*, **8**, 699-703
13. Hasegawa, T. et al. (2019) Tackling food consumption inequality to fight hunger without pressuring the environment, *Nature Sustainability*, **2**, 826-833
14. Kim, H., ..., Fujimori, S., ..., Hasegawa, T., ..., Takahashi, K., ... (2018) A protocol for an intercomparison of biodiversity and ecosystem services models using harmonized land-use and climate scenarios, *Geoscientific Model Development*, **11**, 4537-4562
15. Krey, V., ..., Oshiro, K., ..., (2019). Looking under the hood: A comparison of techno-economic assumptions across national and global integrated assessment models. *Energy*, **172**, 1254-1267
16. Kriegler, E., ..., Fujimori, S., ... (2018) Pathways limiting warming to 1.5° C: a tale of turning around in no time?, *Philosophical Transactions of The Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, **376**, 2119
17. Lee D., ..., Shiogama H. et al. (2018) Impacts of Half a Degree Additional Warming on the Asian Summer Monsoon Rainfall Characteristics. *Environmental Research Letter*, **13**, 044033
18. Liu J., Fujimori S., Takahashi K., Hasegawa T., Su X., Masui T. (2018) Socioeconomic factors and future challenges of the goal of limiting the increase in global average temperature to 1.5°C. *Carbon Management*, **9(5)**, 447-457
19. Luderer G., ..., Fujimori S. et al. (2017) Assessment of Wind and Solar Power in Global Low-carbon Energy Scenarios. *Energy Economics*, **64**, 542-551
20. Luderer G., ..., Fujimori S. et al. (2018) Residual fossil CO2 emissions in 1.5-2°C pathways. *Nature Climate Change*, **8**, 626-633
21. McCollum D.L., ..., Fujimori S. et al. (2018) Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, **3**, 589-599
22. Mitchell D., ..., Shiogama H., ... (2018) Extreme heat-related mortality avoided under Paris Agreement goals. *Nature Climate Change*, **8**, 551-553
23. Mittal, S., Liu, J., Fujimori, S., Shukla, P.R. (2018) An Assessment of Near-to-Mid-Term Economic Impacts and Energy Transitions under “2° C” and “1.5° C” Scenarios for India, *Energies*, **11**, 9, 2213, 24
24. Ohashi H., Hasegawa T., ..., Fujimori S., Takahashi K., ... (2019) Biodiversity can benefit from climate stabilization despite adverse side effects of land based mitigation. *Nature Communications*, **10**, 5240
25. Oshiro K., Kainuma M., Masui T. (2017) Implications of Japan's 2030 target for long-term low emission pathways. *Energy Policy*, **110**, 581-587
26. Oshiro K., Masui T., Kainuma M. (2018) Transformation of Japan's energy system to attain net-zero emission by 2050. *Carbon Management*, **9**, 493-501
27. Oshiro K., Gi K., Fujimori S., ..., Masui T. (2019) Mid-century emission pathways in Japan associated with the global 2° C goal: national and global models' assessments based on carbon budgets. *Climatic Change*, in press
28. Roe, S., ..., Hasegawa, T., ... (2019) Contribution of the land sector to a 1.5° C World, *Nature Climate Change*, in press.
29. Roelfsema, M., ..., Fujimori, S., ... Oshiro, K., (2020). Taking stock of national climate policies: the Paris agreement needs to speed up implementation and scale up ambition. *Nature Communications*, **11(1)**, 2096
30. Rogelj J., ..., Fujimori S., ..., Hasegawa T., et al. (2018) Scenarios Towards Limiting Global Mean Temperature Increase Below 1.5° C. *Nature Climate Change*, **8**, 325-332
31. Rosa I.M.D., ..., Fujimori S., etc. (2017) Multiscale Scenarios for Nature Futures. *Nature Ecology & Evolution*, **1**, 1416-1419
32. Saeed F., ..., Shiogama, H., ... (2018) Robust changes in tropical rainy season length at 1.5°C and 2°C. *Environmental Research Letters*, **13**, 64024
33. Silva Herran, D., Fujimori, S., Kainuma, M. (2019). Implications of Japan's long term climate mitigation target and the relevance of uncertain nuclear policy. *Climate Policy*, **19(9)**, 1117-1131.
34. Stehfest, E., ..., Hasegawa, T., ..., Fujimori, S., ... (2019) Key determinants of global land-use projections, *Nature Communications*, **10**, 2166
35. Tanaka K. and O'Neill B.C. (2018) The Paris Agreement Zero-emissions Goal is not Always Consistent with the 1.5° C and 2° C Temperature Targets. *Nature Climate Change*, **8**, 319-324
36. Tanaka K. et al. (2018) Climate effects of non-compliant Volkswagen diesel cars. *Environmental Research Letters*, **13**, 044020
37. Tanaka, K., et al. (2019) Asserting the climate benefits of the coal-to-gas shift across temporal and spatial scales. *Nature Climate Change*, **9**, 389-396
38. Wu, W., Hasegawa, T., ..., Liu, J., ..., Fujimori, S., Masui, T., Takahashi, K. (2019) Global advanced bioenergy potential under environmental protection policies and societal transformation measures. *GCB Bioenergy*, **11**, 1041-2055
39. Xie, Y., ..., Fujimori, S., Hasegawa, T., ..., Masui, T., ... (2018) Co-benefits of climate mitigation on air quality and human health in Asian countries, *Environment International*, **119**, 309-318
40. 石河正寛、松橋啓介、金森有子、有賀敏典 (2018) 家庭CO2統計に基づく全国10地方別の排出要因分析と市町村別世帯あたり排出量の推計: 全国試験調査結果を用いて. 土木学会論文集G(環境), 74(6), II\_193-II\_201
41. 金森有子 (2017) 家庭部門における地域別エネルギー消費特性を考慮した二酸化炭素排出削減目標の達成可能性. 土木学会論文集G(環境), 73(5), I\_121-I\_130
42. 櫛部航、藤森真一郎、長谷川知子 (2019) 食料廃棄物削減目標を達成することによる社会・経済・環境への副次的影響. 土木学会論文集G(環境), 75(5), I\_233-I\_238
43. 高橋潔、佐尾博志、本田靖、藤森真一郎、高倉潤也 (2018) 地球温暖化に伴う熱関連死亡による被害額. 土木学会論文集G(環境), 74(5), I\_53-I\_60
44. 藤森真一郎・大城賢・白木裕斗・長谷川知子 (2018) エネルギー技術情報を用いた経済モデルによる日本の長期二酸化炭素排出削減費用の推計. 土木学会論文集G(環境), 74(5), I\_213-I\_222
45. 白木裕斗、大城賢、藤森真一郎、長谷川知子 (2018) 長期低炭素シナリオ下での電力系統安定化策実施量の推計. (2018) 土木学会論文集G(環境), 74(5), I\_369-I\_378.

## 行政ニーズへの対応・環境政策等への貢献

- 行政ニーズ1-1「定量的なモデル分析を基礎とした我が国の温室効果ガス大幅削減ビジョン及びその実現に向けた政策に関する研究」への直接的な貢献を企図:タイムリーな行政貢献を目指し、採択後速やかに担当部局との打合せを持ち、研究提案のポイントを説明するとともに、行政ニーズの具体的把握に努め、研究実施計画に反映したい。
  - 環境省担当部局(低炭素室)への成果説明会を実施(2018年5月31日)
  - 中環審長期低炭素ビジョン小委員会(第22回:2018年3月16日)の配布資料でのAIM/Enduse [Japan]による日本の2050年までのシナリオ分析結果の紹介
  - UNFCCCタラノア対話へのサブミッション(2018年3月31日・2-1501と共同)
  - 環境省関係部局対象の「シナリオ勉強会」の講師(2019年10月・江守、高橋、増井)
- IPCCへの貢献・国際的なリーダーシップの発揮:国際交渉への強い影響力が予想されるIPCC1.5°C特別報告書に貢献すべく、初年度から成果の国際誌公表を目指す。社会経済・排出シナリオ開発に関する国際共同プロセスでの中心的役割を、維持・強化する。
  - IPCC-SR1.5およびSRCCLの評価対象の論文を多数投稿・公表
  - IPCC-AR6にLead Author3名(江守・増井・長谷川)が選出
  - 高橋・長谷川がICONICS(International Committee On New Integrated Climate change assessment Scenarios)の科学推進委員を担当
- 日仏・日独の低炭素社会構築に関する環境協力の枠組みを最大限活用した実効性のある対策・施策の提案
  - 2nd French-Japanese Annual Meeting on Low-Carbon Society(主催:仏国環境連帯移行省・環境省)での日本の2050年までのシナリオ分析の紹介や、意見交換・情報収集
  - LCS-Rnet年次会合での仏独英との行動変容等の研究協力に関する意見交換

# アウトリーチ活動・研究支援に向けた活動

- 国際研究会合の誘致・開催
  - Implications of Paris: Research and Workshop Series (2017年10月1-2日)
  - 第23回・24回・25回AIM国際ワークショップ
  - 日仏モデリングワークショップ(2019年1月28-30日@フランス)
  - IAMC(統合評価モデリングコンソーシアム)年次会合(2019年12月2-4日)
- 国民対話シンポジウムの開催
  - パリ協定の実現に向けて 世界の進路・日本の進路(2017年10月3日)
  - 東京工業大学オープンキャンパスでの、高校生対象の、日本における2050年のシナリオを構築する簡易ツールを用いた脱炭素社会の実現に向けた取り組み評価の実施(2018年8月10日)
  - 一般公開セミナー「「2050年の世界」イニシアティブの展望」(主催:国連大学サステイナビリティ高等研究所他・2018年10月15日、国連大学)での講演。
  - 低炭素社会から脱炭素社会を目指して(2019年11月20日)
- アジア途上国トレーニングワークショップ支援(S-12-2等と連携実施)
  - 国別応用一般均衡モデル(2017年9月4日-10月13日@つくば)／(2018年6月26-7月5日@タイ)
  - 国別技術選択モデル(2017年10月23-27日@つくば)／(2018年6月11-15日@タイ)／(2018年12月3-7日@インド)／(2019年6月27-7月4日@中国)
  - その他、JICA研修(2019年9月11日@つくば)、タイ・天然資源環境政策・計画局との意見交換(2019年7月5日@つくば)などのアジア途上国を対象とした政策支援
- 研究成果の報道発表実施
  - 「パリ協定の温度目標とゼロ排出目標の整合性:2つの目標は必ずしも一致しないことが明らかに(Nature Climate Change誌掲載)」(田中克政ら:2018年3月27日)
  - 「温室効果ガス排出削減策が食料安全保障に及ぼす影響の評価(Nature Climate Change誌掲載)」(長谷川知子ら:2018年7月30日)
  - 「石炭火力から天然ガス火力発電への転換は、パリ協定目標の達成に寄与(Nature Climate Change誌掲載)」(田中克政ら:2019年4月23日)
  - 「気候安定化による飢餓リスク増加抑制のための費用を算定(Nature Sustainability誌掲載)」(藤森真一郎ら:2019年5月16日)
  - 「飢餓撲滅と環境保全の両立のためには公平な食料分配が鍵であることを解明(Nature Sustainability誌掲載)」(長谷川知子ら:2019年9月12日)
  - 「日本の2050年温室効果ガス削減目標にかかる費用が従来より大幅に小さいことを解明(Nature Communications誌掲載)」(藤森真一郎ら:2019年10月21日)
  - 「生物多様性保全と温暖化対策は両立できる(Nature Communications誌掲載)」(大橋春香ら:2019年12月3日)

# 国民対話シンポジウム： パリ協定の実現に向けて 世界の進路・日本の進路

- 日時：2017年10月3日（火曜日）14:00-16:30
- 場所：東京工業大学蔵前会館 くらまえホール
- 入場者数：合計68名
- プログラム
  - 高橋潔：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
  - Elmar Kriegler（ドイツ・PIK）：Climate policy in the EU and Germany to fulfill their NDCs under the Paris Agreement
  - Jae Edmonds（米国・PNNL）：A Mid-Century Strategy
  - Rizaldi Boer（インドネシア・IPB）：Indonesian NDC: State and Progress of Implementation of Mitigation
  - パネルディスカッション



# 国民対話シンポジウム： 低炭素社会から脱炭素社会を目指して

- 日時：2019年11月20日（水曜日）午後
- 場所：TKPガーデンシティPREMIUM秋葉原



## • 講演

- P. R. Shukla (印国・IPCC第3作業部会共同議長)「IPCCの取り組み」
- Jae Edmonds (米国・太平洋北西国立研究所)「長期シナリオの観点から」
- 日比野剛 (日本・みずほ情報総研)「日本における脱炭素社会への道のり」
- パネル討論：アジアの取り組みと日本(司会：増井)
  - 高橋潔 (日本・国立環境研究所)「世界から見た脱温暖化社会の重要性」
  - Kejun Jiang (中国・エネルギー研究所)「中国における脱温暖化社会に向けた取り組み」○
  - Rizaldi Boer (インドネシア・ボゴール農業大学)「インドネシアにおける脱温暖化社会に向けた取り組み」
  - Budit Lim (タイ・タマサート大学)「タイにおける脱温暖化社会に向けた取り組み」
  - P.R.Shukla/Jae Edmonds/日比野剛

# 2nd French-Japanese Annual Meeting on Low-Carbon Society

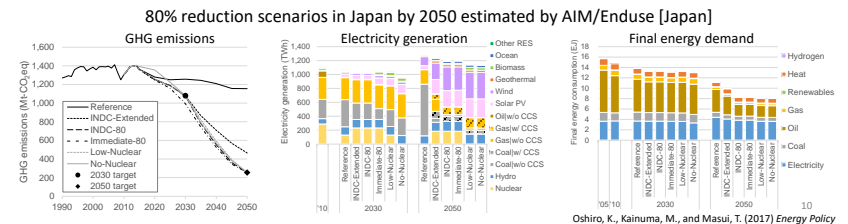
- 日時: 2018年3月6日
- 場所: Room 16 N 73, Grande Arche de La Defense, Paris
- 主催: 環境連帯移行省(仏)・環境省(日)
- 参加者: 環境連帯移行省、環境省、日仏の研究機関より約20名が参加
- Session 1 “Climate and Low-carbon Strategies”において、本研究課題の成果による日本の2050年までのシナリオ分析の紹介や、意見交換・情報収集を行った。



フランス大使館ウェブサイト (<https://jp.ambafrance.org/article12940>)

## Assessment of Japan's NDC and the 2050 goal using AIM/Enduse

- Three key options
  - ✓ Decarbonization of electricity
    - Large-scale deployment of renewables and CCS
  - ✓ Energy efficiency improvement
    - Final energy demand: -43% in 2050 compared with the 2010 level
  - ✓ Low-carbon energy carriers (electrification, hydrogen, and renewables)
    - Share of electricity: 46% in 2050
- In addition to 80% reduction, AIM/Enduse [Japan] estimated pathways to achieve zero emission in 2050. (Oshiro, K., Masui, T., and Kainuma, M. *Carbon Management* (in press))



# 特に評価して頂きたいポイント

- 研究計画に沿った着実な研究の実施
- 活発な論文発表
  - Nature Climate Change誌3件、Nature Sustainability誌2件、Nature Communications誌2件など、参画者/協力が主著の英文誌論文が計17件
  - Nature Climate Change誌1件 (Rogelij et al.), Nature Ecology & Evolution誌1件 (Rosa et al.) など、参画者共著の英文誌論文が計22件
  - 和英・主共著を全て含めると5月24日時点で計45件の査読論文公表
  - 報道発表: 論文掲載時に7件の報道発表、またそれを受けた多数の報道実績
- 国民対話シンポの開催
  - 「パリ協定の実現に向けて ー世界の進路・日本の進路ー」(2017年10月3日@東工大くらまホール、観客約70名)を主催
  - 「低炭素社会から脱炭素社会を目指して」(2019年11月20日@TKPガーデンシティPREMIUM 秋葉原、観客約70名)を主催
- 他推進費課題との連携
  - 気候政策3課題(2-1702/1704/1707)合同研究会の共催(2018年4月26日@東大伊藤国際学術研究センター)
- 行政貢献
  - 行政担当者への成果詳細の説明会(2018年5月31日)の実施.
  - 中環審長期低炭素ビジョン小委員会配布資料でのAIM/Enduse [Japan]による日本の2050年までのシナリオ分析結果の紹介
  - UNFCCCタラノア対話へのサブミッション(2018年3月31日・2-1501と共同)
  - 環境省関係部局対象の「シナリオ勉強会」の講師(2019年10月・江守、高橋、増井)