

アジアにおける温室効果ガス排出削減の深掘りと その支援による日本への裨益に関する研究

課題代表者
増井利彦(国立環境研究所)

環境研究総合推進費 2-1908



Asia-Pacific Integrated Model
<http://www-iam.nies.go.jp/aim/index.html>



研究体制

- サブテーマ1: 2°C目標の達成に向けたアジア主要国での温室効果ガス排出削減の深掘りの効果と日本への波及効果の定量化
 - 国立環境研究所: 増井利彦・花岡達也・金森有子・芦名秀一・五味馨・高倉潤也・
Diiego Silva Herran(2020.5から)
 - 京都大学: 島田洋子
- サブテーマ2: 2°C目標の達成に向けたアジア主要国における温室効果ガス排出削減の深掘りに必要な技術とそのポテンシャルの定量化
 - 京都大学: 大城賢
 - みずほ情報総研: 日比野剛(2020.6退職; 2020.7国立環境研究所高度技能専門員)・
平山智樹・元木悠子・滝見真穂(2019.12退職)・川村淳貴(2021.6退職)
- サブテーマ3: 2°C目標の達成から見たアジア主要国における排出削減目標の深掘りの国際的な効果
 - 京都大学: 藤森真一郎
 - 立命館大学: 長谷川知子・橋本征二(2021.4から)
- 重点課題
 - 主: 重点課題⑥気候変動の緩和策に係る研究・技術開発
 - 副: 重点課題⑤低炭素で気候変動に柔軟に対応する持続可能なシナリオづくり
 - (重点課題①～③(統合領域)にも資する課題)
- 研究領域: 低炭素領域

研究協力者

- 日本 国立環境研究所 (Satish Yawale Kumar・Zhaoling Li・Ambiyah Abdullah・Saritha Vishwanathan・Marissa Malahayati) / 東京工業大学 (Gen Li・Tanawat Boonpanya・BounEua Khamphilavanh・Yalong Han・Enzo Ma) / 京都大学 (西浦理)
- 中国 国家発展和改革委員会 能源研究所 (Xiulian Hu・[Kejun Jiang](#)) / 北京大学 (Hancheng Dai) / 北京航空航天大学 (Yang Xie) / 中国科学院 広州能源研究所 (Daiqing Zhao)
- インド アーメダバード大学 ([P.R.Shukla](#)) / インド経営大学院アーメダバード校 (Amit Garg) / モーラーナ・アザット国立工業大学 (Manmohan Kapshe) / インド統合システム分析研究所 (Rahul Pandey)
- タイ タマサート大学 シリントーン国際工学部 ([Bundit Limmeechokchai](#))
- インドネシア ボゴール農業大学 ([Rizaldi Boer](#)) / バンドン工科大学 (Retno Gumilang Dewi・Ucok Welo Risma Siagian)
- マレーシア マレーシア工科大学 (Chin Siong Ho)
- ベトナム 自然資源環境戦略政策研究所 (Tung Lam Nguyen)
- ネパール アジア工科経営大学 (Ram Manohar Shrestha)
- 台湾 工業技術研究院 (Yi-Hua Wu)
- オーストリア 国際応用システム分析研究所 (Keywan Riahi・Volker Krey)

※ [青字](#)で示した4名は、2019年11月に行った「国民との科学・技術対話」での登壇者。

研究の背景・目的: アジアでの着実なGHG削減に向けて

パリ協定: 2°C/1.5°C目標・グローバルストックテイク・
NDC(排出削減目標)の見直し・長期低炭素発展戦略

日本の省エネ技術、環境インフラを通じた支援
人材育成・制度設計

【アジア各国】
条件付きのNDC(国際的な技術支援)
GHG排出削減目標の見直し
経済発展

【日本】
第五次環境基本計画
グリーンな経済システム構築
国際貢献によるパートナーシップ
未来投資会議

取り組みによる貢献

目標達成の条件

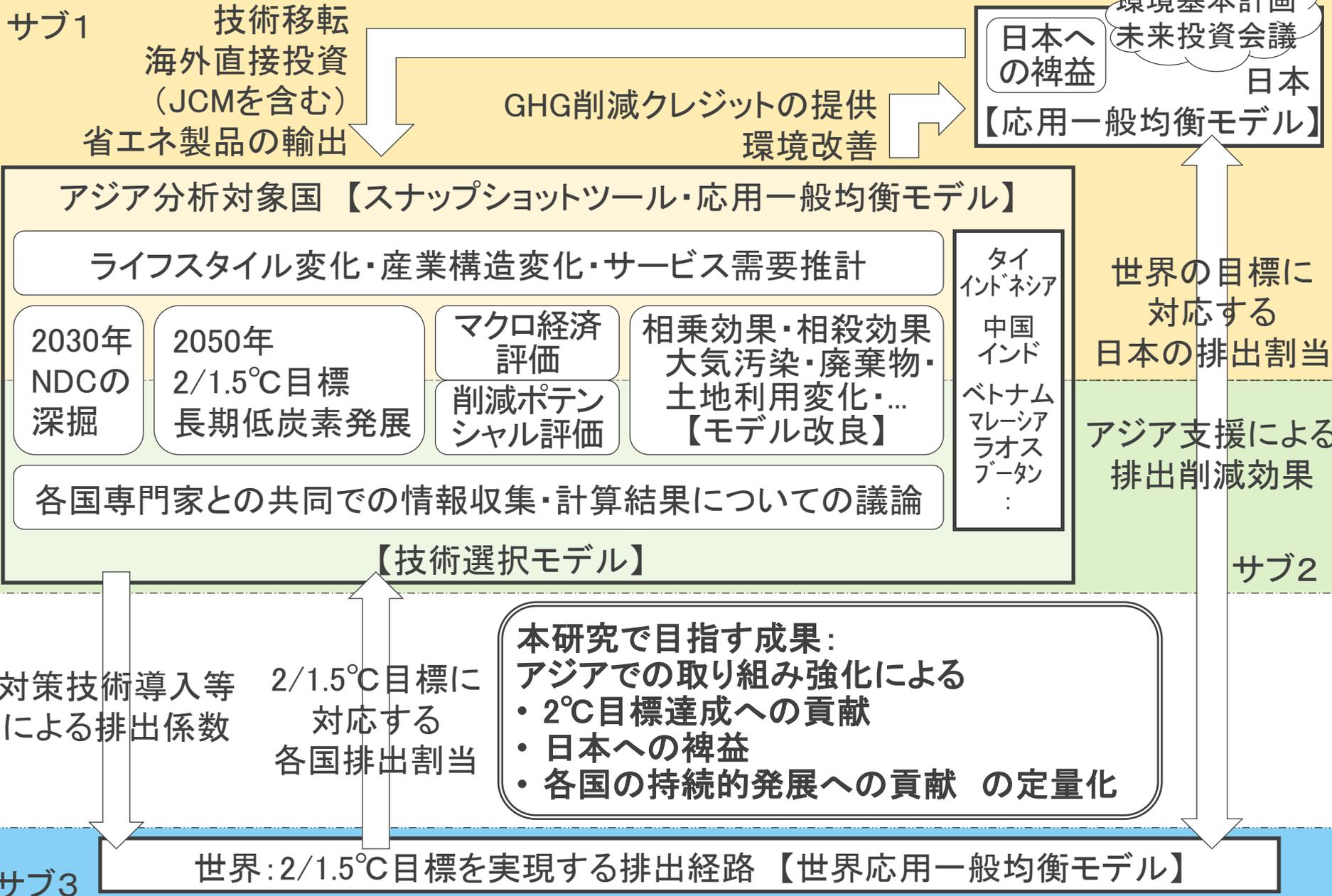
環境ビジネスの拡大
日本の環境・経済への裨益

【世界】
2°C目標・1.5°C目標を実現する排出経路

本研究の最終目標

- アジアの分析対象国に対して、現在定められている2030年を対象とした温室効果ガスの排出削減目標(NDC)を深掘りするための技術や取り組み、特に海外からの支援が期待されているものを明らかにし、そうした活動を日本からの支援によって実現する場合の日本への裨益を定量的に明らかにする。
- サブテーマ1: 排出経路を含めた社会経済シナリオ、副次効果、日本からの省エネ技術の輸出等による日本への裨益等の定量化。
- サブテーマ2: 2030年や2050年を対象とした技術的な排出削減ポテンシャル、削減対策の相互作用、副次効果の定量化。
- サブテーマ3: 2°C目標や1.5°C目標に対応する各国のエフォートシェアの定量化。新しいグローバルシナリオの提案。

研究概要(全体像)



科学的意義(独創性・新規性)

- 日本の技術によるアジア各国での排出削減効果や、技術の輸出による日本への裨益について分析。
- アジアの分析対象国における2°C/1.5°C目標の達成に相当する排出削減や、これまでに公表されているNDCの深掘りをどのように達成するかについて、アジアでの深掘りによる世界規模での2°C/1.5°C目標の達成への貢献といった観点からの分析とその発信。
- 廃棄物処理など非エネルギー起源の排出削減対策については、各国における重要性は高く、日本が優位な技術をもつ分野にもかかわらず、エネルギー起源CO₂に対する取り組みと比較して定量的な評価が十分ではなく、すべてのGHG排出削減と相乗的な効果のある取り組みをあわせて評価。

行政ニーズ・環境政策等への貢献

- 関連する重点課題
 - 低炭素領域
 - 重点課題⑥: 気候変動の緩和策に係る研究・技術開発
 - 重点課題⑤: 低炭素で気候変動に柔軟に対応する持続可能なシナリオづくり
 - 統合領域
 - 重点課題①: 持続可能な社会の実現に向けたビジョン・理念の提示
 - 重点課題②: 持続可能な社会の実現に向けた価値観・ライフスタイルの变革
 - 重点課題③: 環境問題の解決に資する新たな技術シーズの発掘・活用
- 本研究課題を通じて貢献する政府の戦略
 - 第五次環境基本計画の重点戦略
 - 国際貢献による我が国のリーダーシップの発揮と戦略的パートナーシップの構築
 - 持続可能な生産と消費を実現するグリーンな経済システムの構築
 - 途上国を巻き込んだ環境と経済の好循環への転換(未来投資会議)
 - 革新的環境イノベーション戦略(2020年1月統合イノベーション戦略推進会議)

具体的に期待される取り組みとそれによるGHG削減・経済影響の定量的評価を行うとともに、2°C目標・1.5°C目標の達成に向けた貢献を定量的に評価する。

- 研究を通じたIPCC第六次評価報告書(AR6)への入力

主な研究成果

• サブテーマ1

- タイ、インドネシア、ベトナム等を対象とした応用一般均衡モデルの開発とそれを用いた各国の緩和策の評価と政策決定者との議論。
- 省エネ技術の輸出による日本への裨益の評価。
- 中国、インド等を対象に詳細化したモデルの開発と分析。

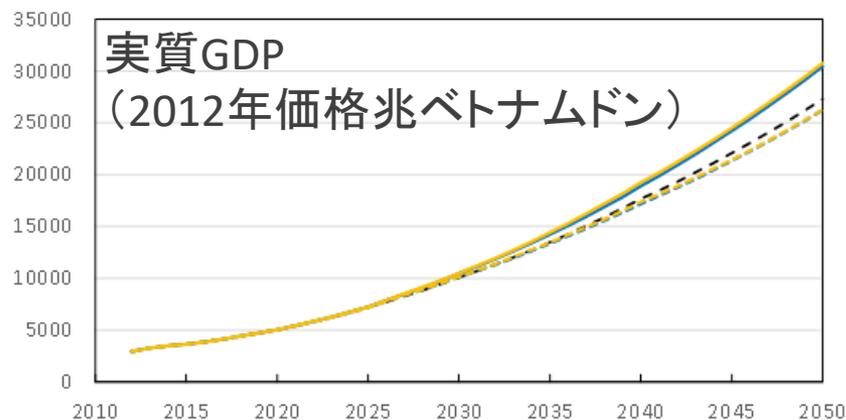
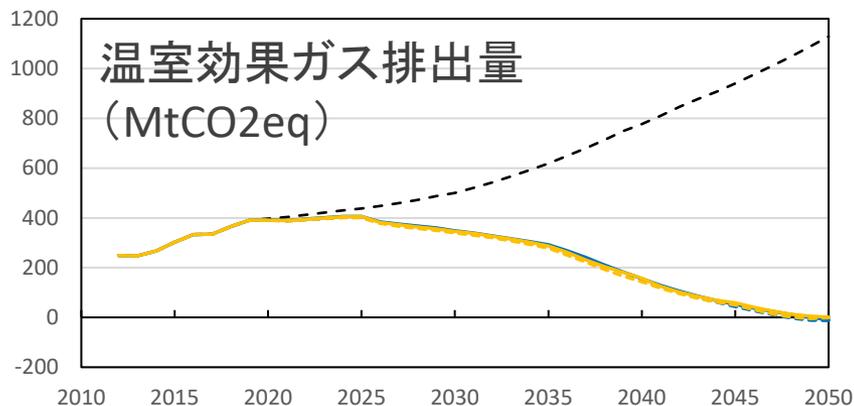
• サブテーマ2

- 中国・インド・タイを対象とした緩和策に関する情報収集と、日本からの技術輸出(JCM)とその効果のとりまとめ。
- アジア全域・各国における2030年・2050年のエネルギー技術投資の定量化
- アジア主要国(中国・インド・タイ)のNDC目標相当及び2°C目標相当の排出量・技術別削減貢献量・投資額の定量化
- 中国・インドの対策シナリオにおける大気汚染物質削減の副次効果の評価。

• サブテーマ3

- アジアのエネルギー投資見通しの提示。
- 新しいグローバルシナリオの提案。
- 衡平性基準を元にしたアジア各国の排出許容量の算定。

サブテーマ1の成果①: ベトナムにおける脱炭素シナリオの経済影響

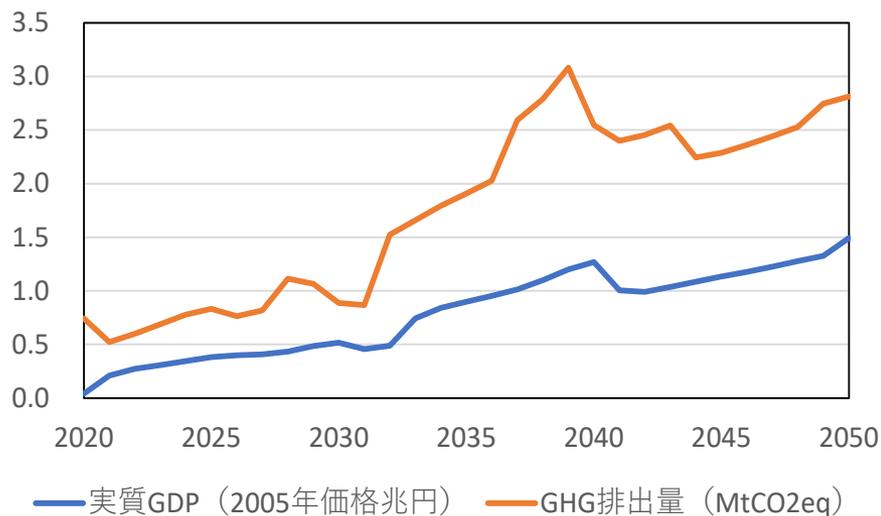


| シナリオ名 | | 概要 |
|----------------------------|-----------------|---|
| Ref ----- | | 温室効果ガス排出削減を想定しないなりゆきシナリオ |
| Net zero- CCS | sub-1 - - - - - | CCSの積極的な導入を行い、温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指すシナリオ(国際的な支援はなく自国において対策を導入する) |
| | sub-2 ————— | CCSの積極的な導入を行い、温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指すシナリオ(必要な追加投資が国際的な支援によって導入される) |
| Net zero- Renewabl e | sub-1 - - - - - | 再生可能エネルギーの積極的な導入により、温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指すシナリオ(国際的な支援はなく自国において対策を導入する) |
| | sub-2 ————— | 再生可能エネルギーの積極的な導入により、温室効果ガス排出量の実質ゼロを目指すシナリオ(必要な追加投資が国際的な支援によって導入される) |

国際的な支援の導入により、生産資本の維持と省エネ・再エネ導入を同時に実現し、経済的な便益を得ながら温室効果ガス排出量の実質ゼロを実現。

ただし、経済活動の増大に伴い、潜在的な温室効果ガス排出量は増加する点に注意。

サブテーマ1の成果②: アジアにおける温暖化対策による日本への裨益



ベトナムの脱炭素社会実現に必要な家庭部門における省エネ機器を日本から輸出した場合の日本の実質GDPと温室効果ガス排出量の変化(なりゆきケース)

ベトナムの家庭部門における省エネ機器を日本から輸出する場合の裨益

- ・2050年になりゆきで1.5兆円のGDPの増加。
- ・それに伴いGHG排出量も2.8MtCO2eqの増加。

→ 日本で輸出後も脱炭素を維持する場合、炭素価格は5000円/tCO2増加し、GDPの増加は1.3兆円にとどまる。

日本において省エネの前倒し等の緩和策の強化を行うことで、炭素価格は1000円/tCO2低下し、GDPの増加は1.6兆円と裨益が拡大。

こうした効果は対象となる製品や輸出額により異なる。

運輸部門の場合は輸出規模が大きいため、省エネの前倒しをしても裨益は減少。

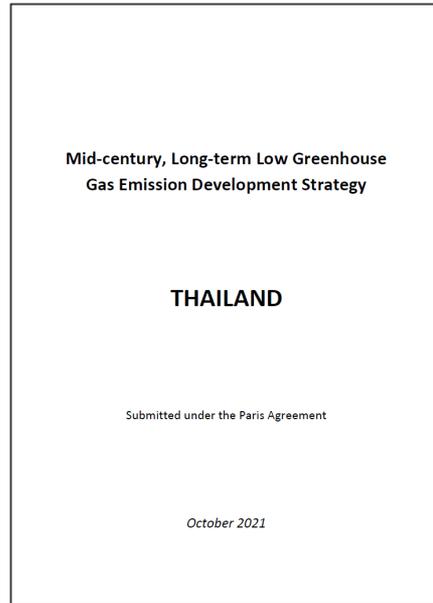
サブテーマ1の成果③: アジアにおける政策貢献

下記の国々においてAIMによる分析結果をもとに長期戦略が議論される。



インドネシアの長期戦略

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_LTS-LCCR_2021.pdf



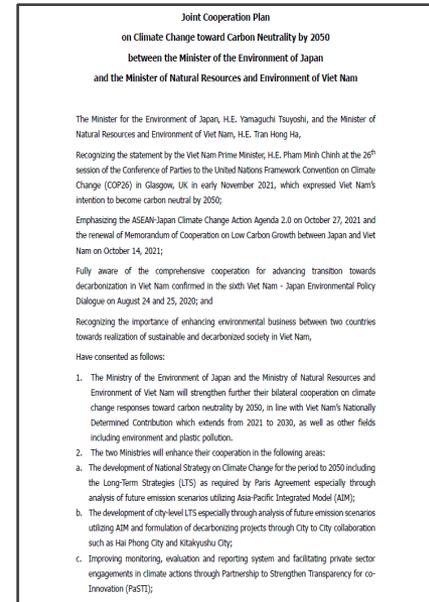
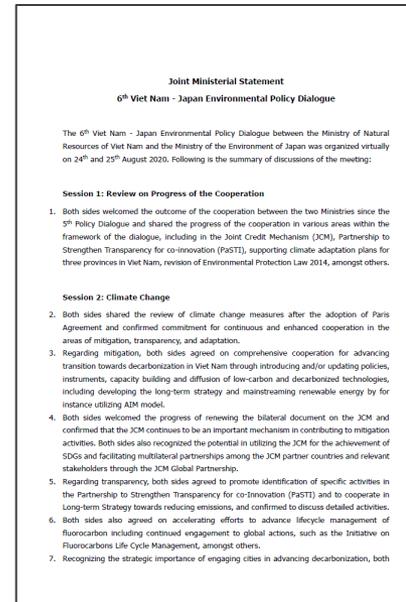
タイの長期戦略

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Thailand_LTS1.pdf

日越政府間の覚書

<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114598.pdf>

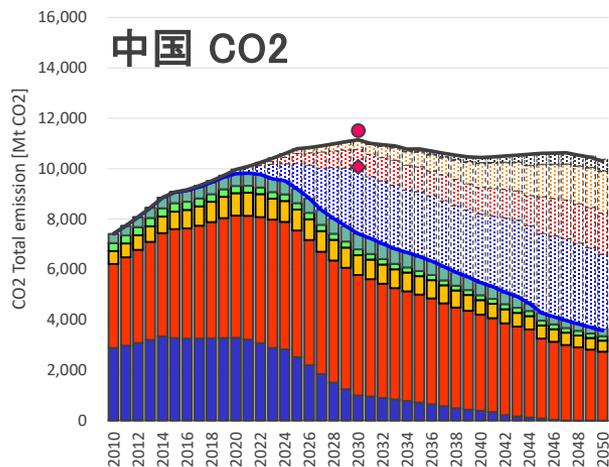
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/117125.pdf>



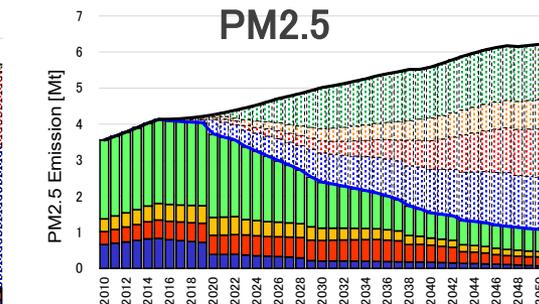
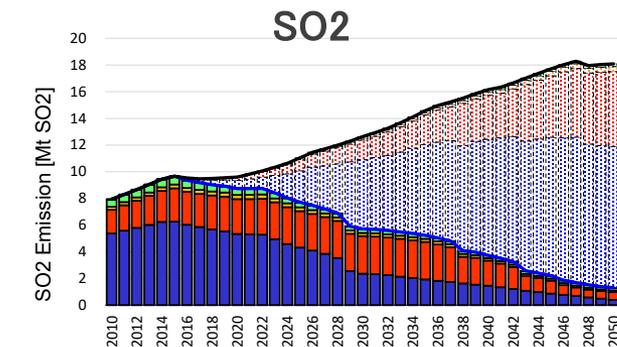
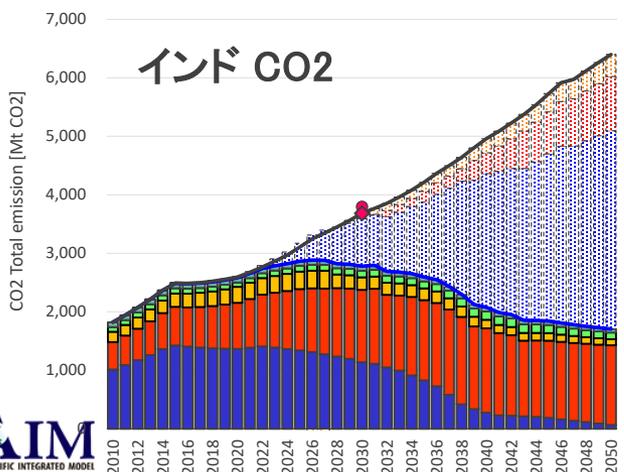
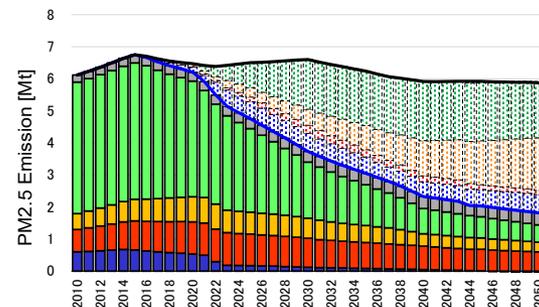
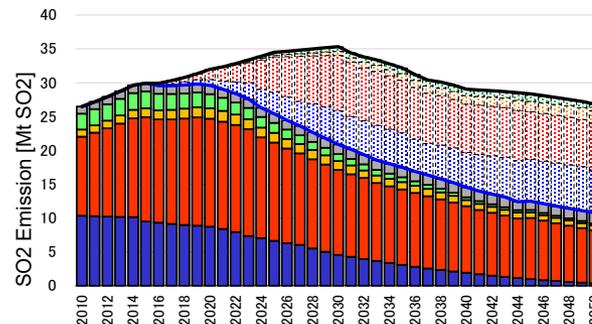
サブテーマ2の成果①:

CO2排出経路と大気汚染物質の副次削減効果の推計

- 中国・インドともに、「現行施策シナリオ」で2030年の排出量はNDC目標相当となり、「対策シナリオ」ではNDC目標相当排出量を目指す場合、NDCの目標には更なる深掘の余地がある。
- 民生・運輸部門での脱炭素技術の導入により、2020年頃以降に大気汚染物質を削減できる。



中国(上段)・インド(下段)の2050年までのCO2排出量(左)と、SO2(中)、PM2.5(右)の排出両及び副次削減効果(網掛け部分)



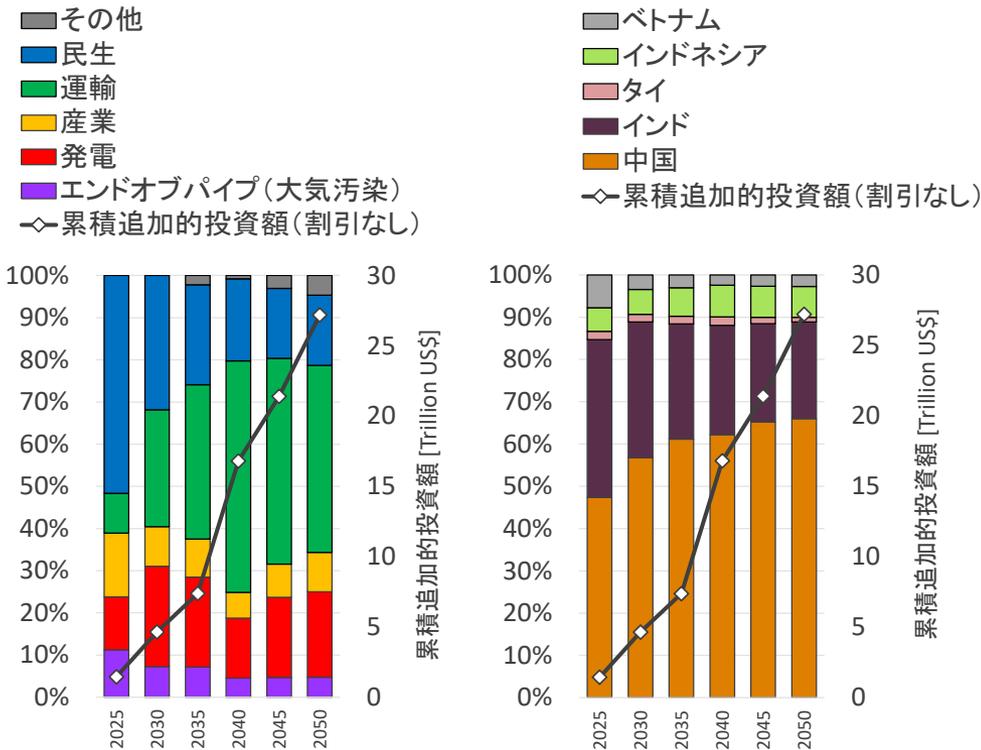
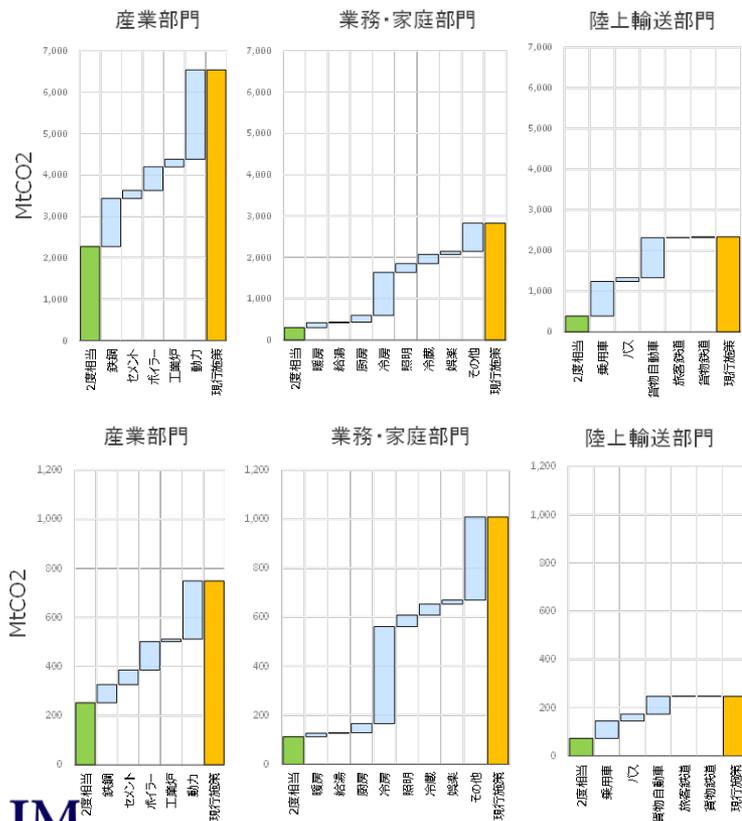
- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 発電部門 排出量 | 産業部門 排出量 | 運輸部門 排出量 | 民生部門 排出量 |
| 他部門 排出量 | 発電部門 削減寄与 | 産業部門 削減寄与 | 運輸部門 削減寄与 |
| 民生部門 削減寄与 | 他部門 削減寄与 | 排出量_対策 | 排出量_現行施策 |

サブテーマ2の成果②: 技術による削減貢献量、市場規模のポテンシャル推計

- 民生部門と運輸部門の電化、省エネ化に伴う今後の対策技術の規模は、排出削減の観点からに留まらず、投資額から見た市場規模の観点からもポテンシャルが大きい。
- 今後の大幅削減に向け、次世代自動車や空調機器、給湯用ヒートポンプなど、運輸部門と民生部門での日本の技術の導入が期待される。

中国・インド(上)およびタイ・インドネシア・ベトナム(下)の2050年における対策シナリオのCO2削減ポテンシャル(現行施策シナリオ比)

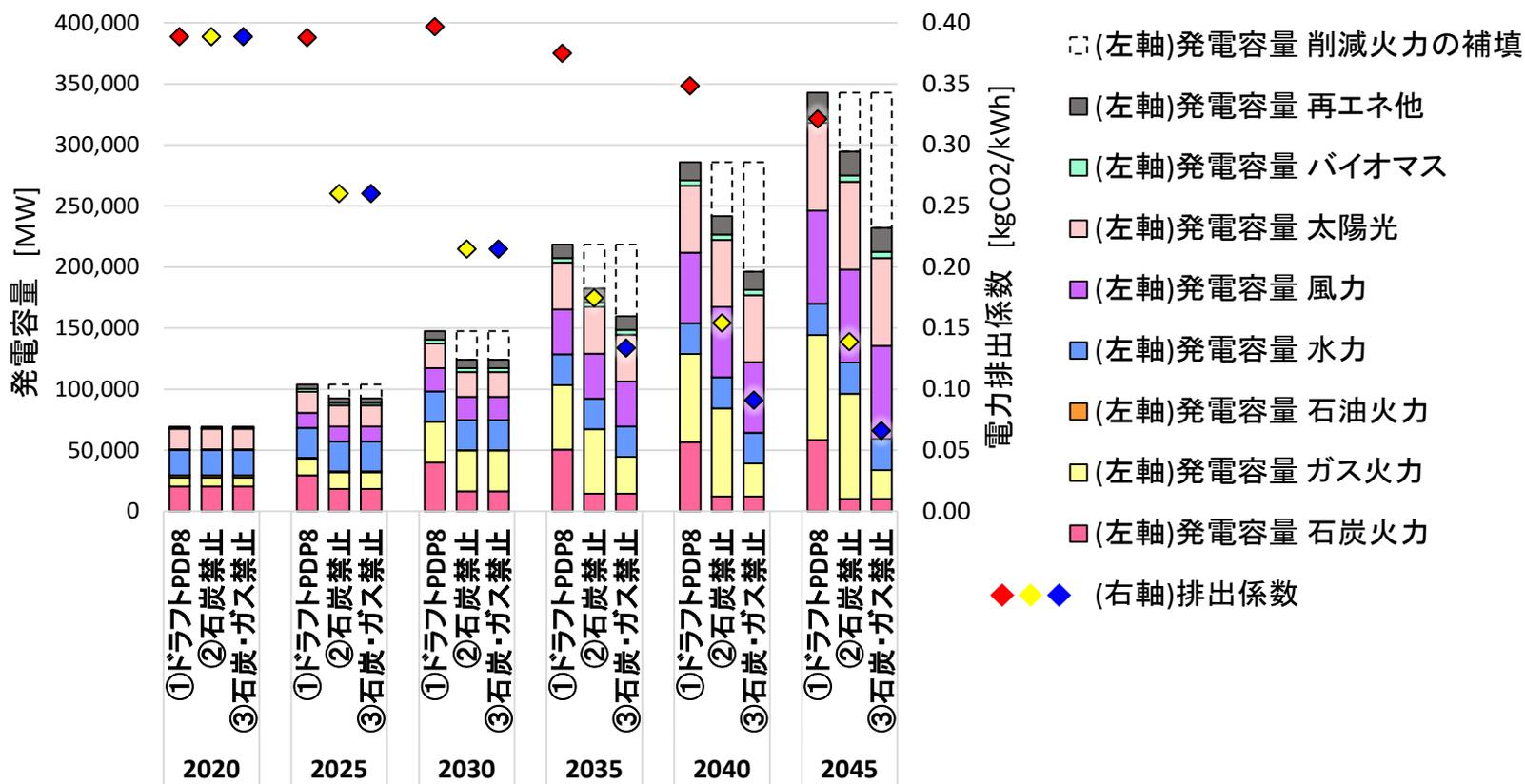
中国・インド・タイ・インドネシア・ベトナムの2050年までの対策に要する追加的投資額(左:部門別 右:国別)



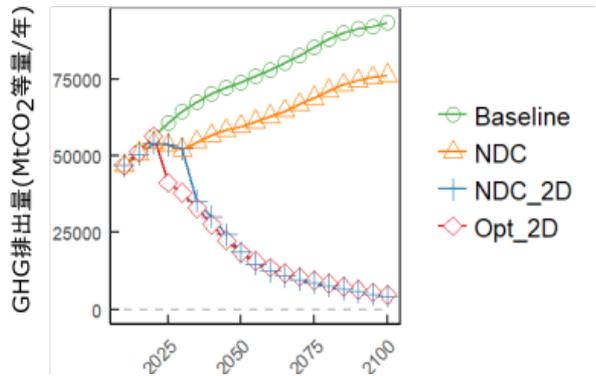
サブテーマ2の成果③: 1.5度目標に向けた分析

- 検討が進められているベトナムの電力量マスタープランは、現状の計画から再エネの導入量を大幅に拡大し、石炭火力発電の段階的廃止も考慮に入れるなど、カーボンニュートラルの達成に資するものへと変更する必要がある

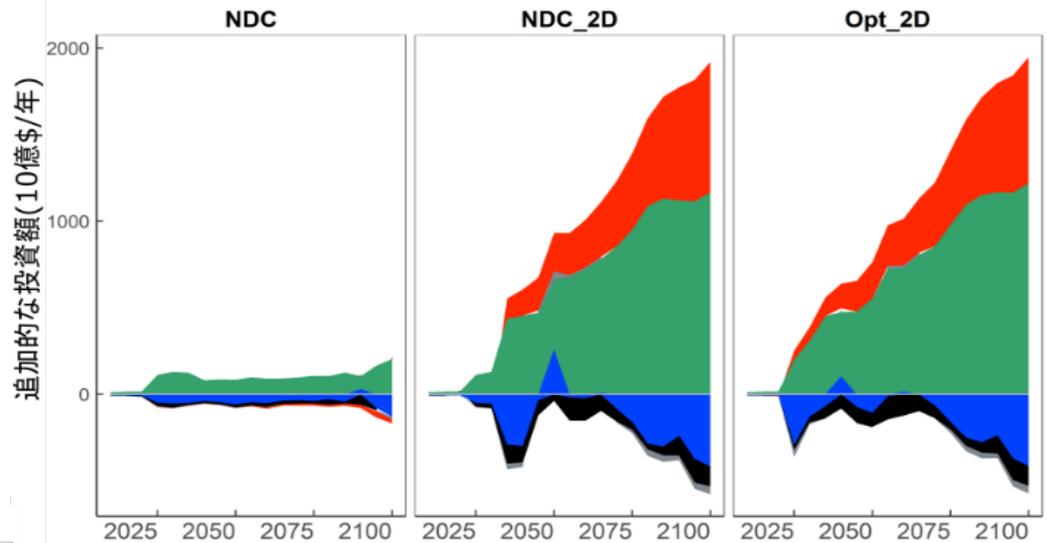
ベトナムの電力量マスタープランの発電容量推移と火力発電の新設禁止による電力排出係数の低減効果の分析結果



サブテーマ3の成果①: アジアのエネルギー投資見通し

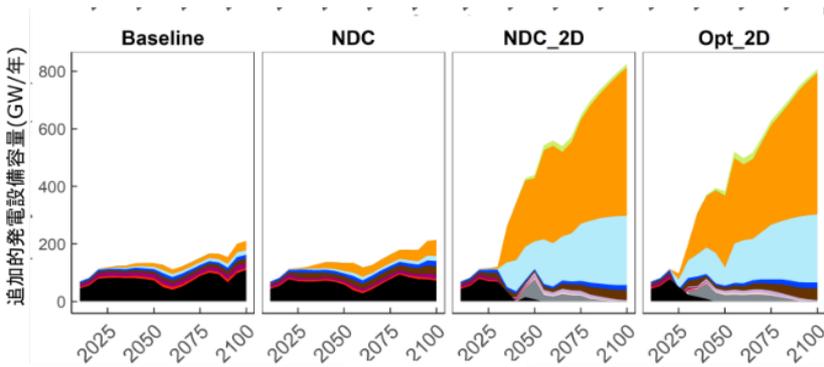


世界のGHG排出パス



アジアにおけるBaselineと比較した追加投資額

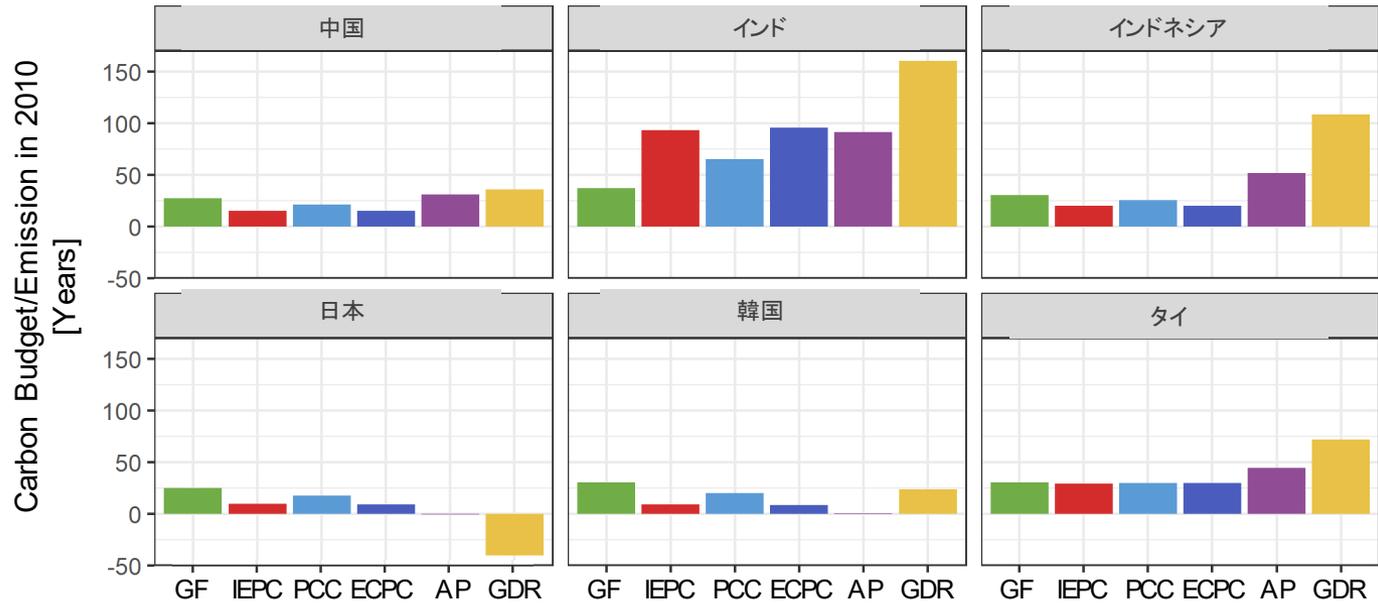
- グローバルでパリ協定の目標を投資という観点から評価。Baseline、NDCのみ、NDCから2°C目標、2020年から2°C目標へ向かうシナリオを扱う
- 2°C目標相当のシナリオではいずれも大規模な低炭素エネルギー投資が発生
- エネルギー投資全体で見ると再生可能エネルギーの追加投資が大きい
- エネルギー需要側も長期的には主要な投資先となるが、化石燃料は縮小



アジアにおける発電設備追加容量

サブテーマ3の成果②: 2°C目標に対する各国の排出割当

- 2°C目標に対する世界の炭素バジェットと、各国への配分基準の違いによる各国のバジェットを評価。
- 日本では配分基準によってはバジェットがマイナスとなる。



| 配分基準 | 原則 | 正当化の根拠 | 配分方法 |
|--|-----------|-----------------------------|---|
| ■ Grandfathering (GF) | 領有権 | これまでに構築された文化や慣習として正当化される既得権 | 現状の排出量シェアで配分 |
| ■ Immediate per capita convergence (IEPC) | 平等 | すべての人間が平等な価値、権利を有する | 人口の比率で配分 |
| ■ Per capita convergence (PCC) | 領有権/平等 | GFとEqualityの組み合わせ | 現状の排出量シェアと人口シェアの両方を勘案して配分 |
| ■ Equal cumulative per capita emissions (ECPC) | 平等/責任 | 先進国が既に世界全体の排出枠を過度に使用している | 一定期間の累積1人当たり排出量をもとに配分 |
| ■ Ability to pay (AP) | 能力/ニーズ | 支払い能力 | ベースライン排出量と削減目標との差を1人当たりGDPで配分 |
| ■ Greenhouse development rights (GDR) | 責任/能力/ニーズ | 尊厳ある持続可能な人間開発の水準に達する権利の保護 | ベースライン排出量と削減目標との差をResponsibility-Capacity Indexに基づき配分 |
| ■ Cost-optimal (CO) | 費用対効果 | 限界削減費用曲線により費用最小化 | 各国の限界削減費用をもとに世界全体で費用が最小になるように配分 |

サブテーマ3の成果③： 世界の排出経路の再検討

A new generation of emissions scenarios should cover blind spots in the carbon budget space

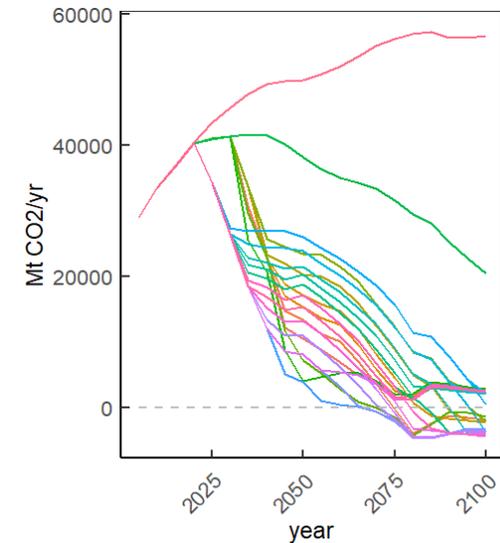
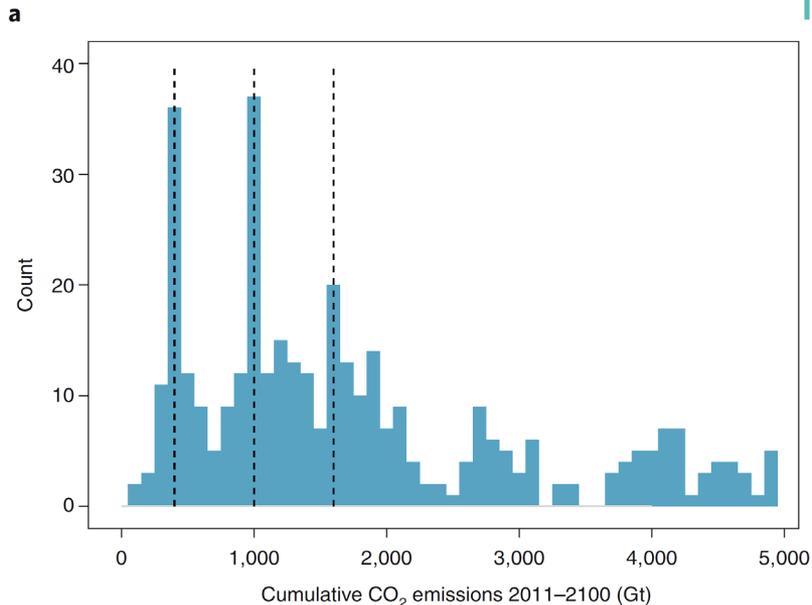
Future emissions scenarios for the IPCC Sixth Assessment Report should explore the carbon budget space in a systematic manner, which would be robust to the updates of latest climate science, so that policy implications can be adequately assessed.

Shinichiro Fujimori, Joeri Rogelj, Volker Krey and Keywan Riahi

The impacts of one degree of global warming are currently being experienced around the world'. For

1.5°C relative to preindustrial levels (the 'remaining carbon budgets'), the report also describes pathways with long-term

as scenario modelling focuses on generating scenarios consistent with one specific carbon budget or a limited set of carbon



1.5°C報告書のシナリオの炭素バジェット

- IPCCの1.5°C特別報告書のシナリオの問題点を指摘
- 欧州のプロジェクトENGAGEで今回提案した内容が採用されている

提案をもとにした世界のCO2排出パス

→ AR6のグローバルシナリオ
の主要なインプットは藤森
の提案をベースに

環境政策への貢献

- 我が国の脱炭素社会シナリオの定量化に向けた貢献
 - 総合資源エネルギー調査会基本政策分科会(第44回;2021年6月)
 - 中央環境審議会地球環境部会カーボンプライシングの活用に関する小委員会(第16回)
- 対象国の研究者との連携を通じて、タイ、インドネシア、ベトナムにおける長期戦略の策定に向けた長期シナリオの提供
- 地球温暖化対策計画(2021年10月閣議決定)において、「相手国への政策への関与を強化し、アジア太平洋統合評価モデル(AIM)による長期戦略策定支援、NDC改訂支援、民間企業の制度構築及び実施能力向上を支援し、相手国の野心の向上や脱炭素に向けた取組の強化に貢献する。」と本研究課題で取り組んできたAIMモデルを用いた途上国支援の活動が明記

研究成果の発表状況

- 誌上発表(査読有り): 36件

1. 藤森真一郎、大城賢、長谷川知子(2019) アジアのエネルギー関連低炭素技術投資の見通し, 土木学会論文集G(環境)75(5), I_247-I_254.
2. Fujimori, S., Rogelj, J., Krey, V., Riahi, K.(2019) A new generation of emissions scenarios should cover blind spots in the carbon budget space, Nature climate change (IF:25.170), 9, 798-800.
3. Boonpanya T., Masui T. (2020) Assessment of Thailand Socio-Economic Impact towards Greenhouse Gas Mitigation Actions in 2030 Using a Computable General Equilibrium Model. Chemical Engineering Transactions (SJR=0.27 (Q3)), 78, 289-294.
4. Li Z., Hanaoka T. (2020) Development of large-point source emission downscale model by estimating the future capacity distribution of the Chinese iron and steel industry up to 2050. Resources, Conservation & Recycling (IF=10.204), 161, 104853.
5. Fujimori S., et al. (2021) A framework for national scenarios with varying emission reductions. Nature Climate Change (IF=21.72), 11 (6), 472-480.

- その他誌上発表(査読なし): 15件

- 口頭発表: 81件

- 国民との科学・技術対話: 3件(19年度は対面; 20年度・21年度はオンライン)
(https://www-iam.nies.go.jp/aim/event_meeting/index_j.html)

- マスコミ等への公表・報道等: 17件

- 本研究に関する受賞: 1件

- そのほか、分析結果を各国の政策担当者と共有し、対話を数多く実施。