

(ウェブ公開用資料)

# 日本における長期地球温暖化対策経路の 複数 [統合評価／エネルギー経済] モデルを 用いた評価と不確実性の分析 (2-1704)

杉山昌広 (東京大学未来ビジョン研究センター)

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)  
第6次評価報告書 代表著者 (WG3, Ch 12)

小宮山涼一 (東京大学大学院工学系研究科)

黒沢厚志 (エネルギー総合工学研究所)

松尾雄司 (日本エネルギー経済研究所)

本研究は、  
(独)環境再生保全機  
構の環境研究総合推  
進費2-1704により支  
援を受けております

# 【2-1704】日本における長期地球温暖化対策経路の複数モデルを用いた評価と不確実性の分析

## 長期戦略の策定とボトムアップの動きの強化

- 2019年6月パリ協定における長期戦略
  - 長期ビジョン
- IPCC SR 1.5
- RE100, TCFD, etc.

## 中長期の気候政策の評価

- 1 (東大未ビ) ← モデル相互比較
- 2 (東大工) 再エネ大量導入評価
- 3 (エネ総研) イノベーション
- 4 (エネ研) 原子力シナリオ

サブテーマと研究協力者はモデル比較にも参加

## 環境行政への貢献・学知創出

- 日本の排出削減経路に関するロバストな理解と政策的に重要な不確実性の同定
- 個別の政策課題(再エネ, イノベーション, 原子力)と全体の排出経路との関係についての理解

# 国内外の動向

---

- 国内

- 2019年6月26日、長期戦略をUNFCCC事務局に提出
  - 社会のビジョン
  - 2050年80%削減
  - 21世紀後半早い時期に正味ゼロ排出
    - しかし、モデルによる定量分析は今後の課題

- 国際（&国内）

- IPCC SR1.5
- パリ協定のルールブック
- TCFDのようなESG投資に関する枠組みの強化
  - シナリオ分析の重要性
- RE100のような民間の取り組みの加速
- Fridays for Futureや9/20の気候マーチなどの市民運動の加速

# 国際的な長期温暖化対策シナリオの研究動向

## 特徴

- モデル比較プロジェクトの増加（モデル間の不確実性の分析）
- 大規模化、モデル分析とその他の分析（ステークホルダーの観点、イノベーション）との統合

## モデル比較プロジェクトの例

- 米国・欧州  
Energy Modeling Forum  
EU Framework Programme 関連プロジェクト  
(CD-Links, ENGAGE など多数)
- 中国  
China Energy Modeling Forum
- インド  
研究実績あり
- アジア  
清華大学・シンガポール国立大学計画中
- 日本  
我々の分析が学術的な例として初

日本の長期温暖化対策の  
複数モデルによる評価：  
Sugiyama et al. (2019, *Energy*)の結果報告

---

本プロジェクトの暫定的な結果

# 本プロジェクトの長期温暖化対策評価に参加しているモデル

モデル	研究機関	近郊概念	時間の扱い	地域
AIM/CGE	国立環境研究所	一般均衡	逐次	世界
AIM/Enduse [Japan]	国立環境研究所	部分均衡	逐次	日本
DNE21	東大	部分均衡	通時	世界
DNE21+	RITE	部分均衡	通時	世界
IEEJ (based on MARKAL)	エネ研	部分均衡	通時	日本
TIMES-Japan	エネ総研	部分均衡	通時	日本

# 考慮したシナリオ（計算の設定条件）

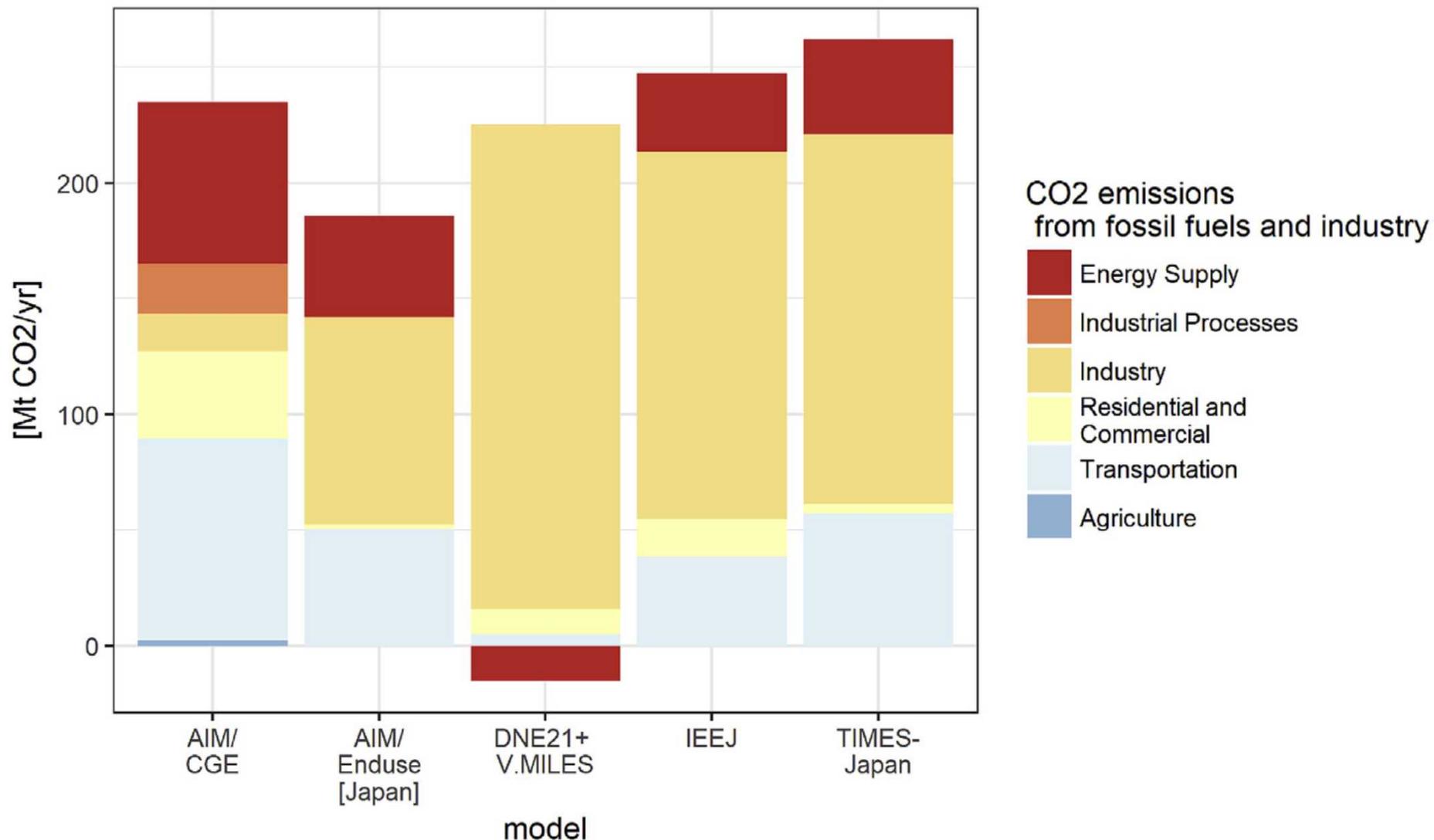
シナリオの名前	説明
Ref	気候政策を取らないベースライン・シナリオ
NDC+2050	日本政府の政策（2030年にはNDC,2050年には80%削減）
NDC+2050-50p	2030年までNDC、2050年に50%削減
NDC+2050-60p	2030年までNDC、2050年に60%削減
NDC+2050-70p	2030年までNDC、2050年に70%削減
NDC+2050world	2030年までNDC、2050年に80%削減、ただし世界で限界削減費用均等化

# 限界削減費用の国際比較

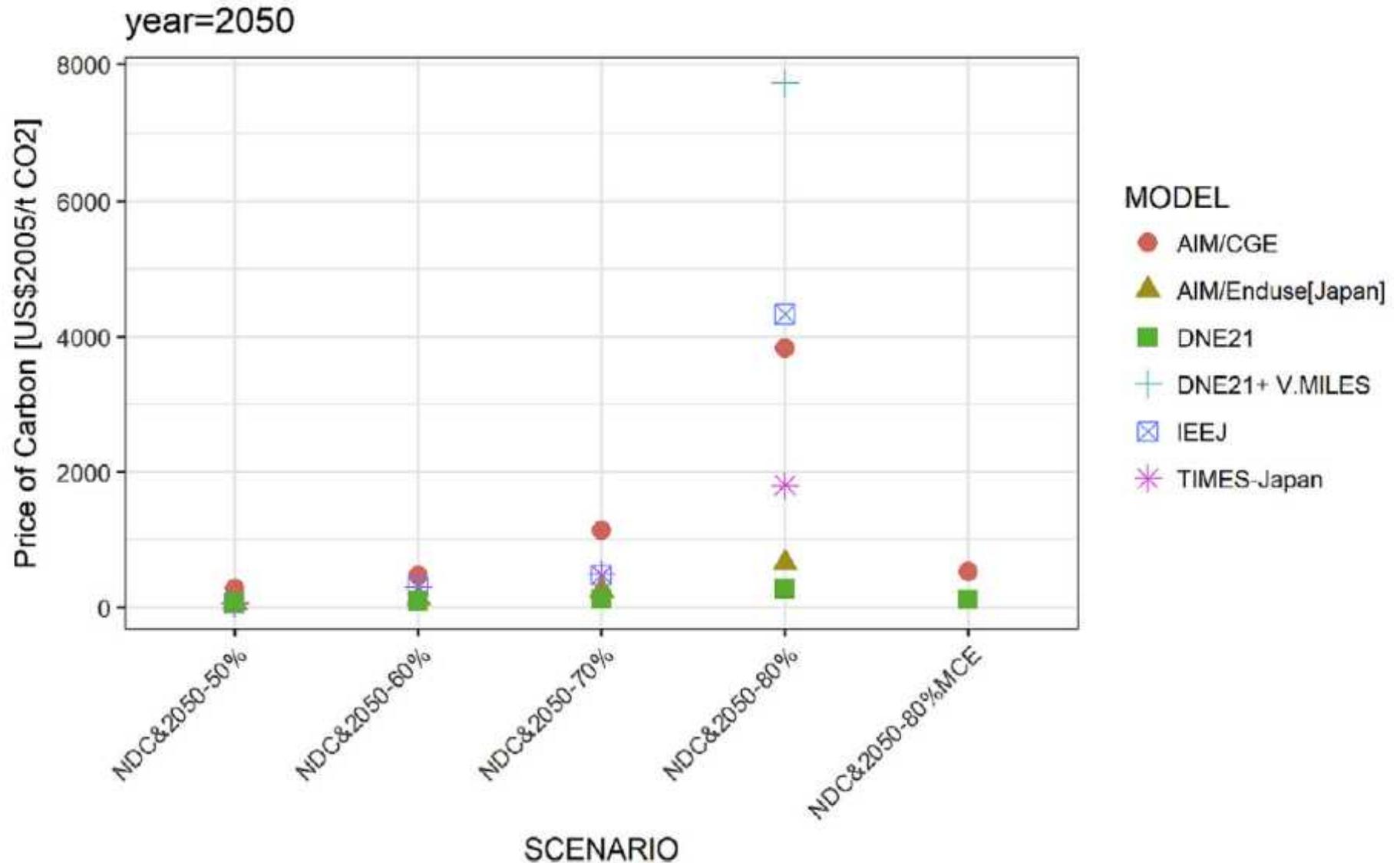
地域	論文	限界削減費用(炭素価格)の値
日本	Sugiyama et al. (2019)	(Min., Median, Max.) = (273, 2818, 7730) USD2005/tCO <sub>2</sub>
米国	EMF 24 (Clarke et al. '14)	~ 100-500 USD2005/tCO <sub>2</sub> (80% reduction from '05 levels)
欧州	EMF 28 (Knopf et al. '13)	Median 625 USD2005/tCO <sub>2</sub> Interquartile range 288-1352USD2005/tCO <sub>2</sub> (80% reduction from '90 levels)

# 2050年で80%削減をしたときの部門別 残存排出量→産業部門が大きいのが特徴的

NDC&2050-80%, year=2050



# シナリオごとの限界削減費用（炭素価格）の比較→80%のうち10-20%は国際取引？



# 注意： 非常に高い限界の解釈

---

- 1000ドル/t-CO<sub>2</sub> > 負の排出技術のコスト
    - →モデルの不備もあり  
(例えば直接空気回収が入っていない)
  - イノベーションによって大きく変わる可能性あり
  - とはいえ、欧米より高い方にあるのは事実  
(多くの欧米のモデルも直接空気回収を無視し  
イノベーションの考慮も不十分)
- 政策における工夫が必要

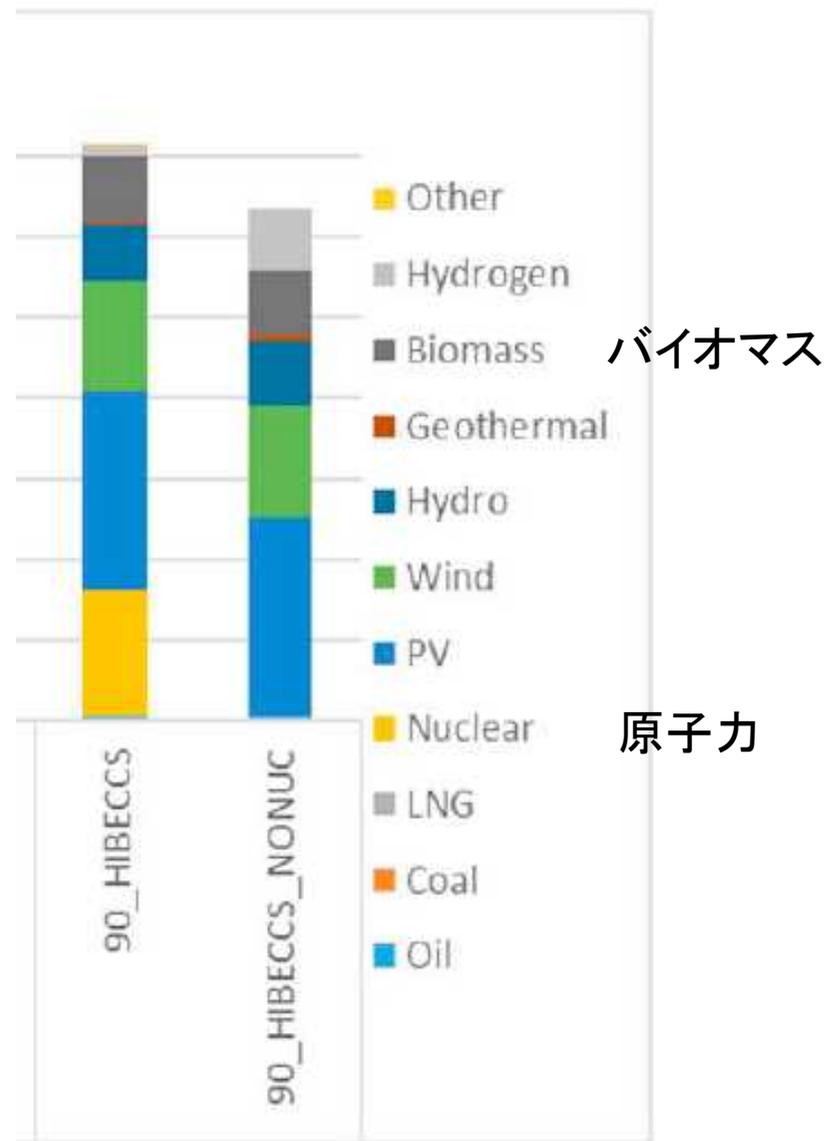
# 今後の分析の課題

---

負の排出技術  
再エネ大量導入  
再エネに関する日本固有の課題  
など

# 80%削減を超えるためには 負の排出技術が重要（サブテーマ3）

- Kato and Kurosawa (2019):  
TIMES-Japanで2050年の感度解析
  - 80%削減はCCSありで解あり
  - 90%削減はCCSありで解なし
    - バイオマスの資源量が豊富でBECCS活用できる場合のみ実行可能解があり



# 再エネ大量導入のモデルにおける 表現の精緻化と原子力の役割（サブテーマ 2・4）

---

- 10分刻みの最適電源構成モデルによる  
太陽光・風力などの評価

# 再エネ大量導入のモデルにおける 表現の精緻化と原子力の役割（サブテーマ2・4）

Matsuo et al. (2018, *Energy*)

---

- 変動性の太陽光・風力（+水力）で100%近くまかなうとコストが高くなり、輸入水素（又はバイオマス発電）のような低炭素で負荷配分可能（dispatchable）な電源が10-20%程度あると有効

（図は著作権の関係で省略）

最後に

---

# まとめ

---

- 日本の限界削減費用は欧米に比べて同等か高い
  - 国際排出量取引、イノベーション、負の排出技術など政策の工夫が必要
- 政策分析・政策立案に日本の特徴を踏まえることが必要
  - 大幅削減には産業部門の対策が不可欠
  - 再生可能エネルギーのコストが高く不遜量が小さい
  - →東アジアと近いため欧米との違いを認識した上での分析、政策が必要

## 最近の業績一覧（査読付き論文のみ）

- 1) 松尾雄司, 下郡けい, 根井寿規 (2019) 「長期原子力見直しへの影響要因に関する分析」『エネルギー・資源学会論文誌』 Vol40, 4 (予定) .
- 2) 松尾雄司, 遠藤聖也, 永富悠, 柴田善朗, 小宮山涼一, 藤井康正 (2019). 「2050年の発電部門ゼロ・エミッション化に向けた検討(2) 気象条件の変動に関する評価」『エネルギー・資源学会論文誌』 Vol40, 3 (予定) .
- 3) Komiyama, R., & Fujii, Y. (2019). Optimal Integration Assessment of Solar PV in Japan's Electric Power Grid Renewable Energy, 139, 1012-1028.
- 4) Kato, E., & Kurosawa, A. (2019). Evaluation of Japanese energy system toward 2050 with TIMES-Japan – deep decarbonization pathways Energy Procedia, 158, 4141-4146, doi:10.1016/j.egypro.2019.01.818.
- 5) Sugiyama, M., Fujimori, S., Wada, K., Endo, S., Fujii, Y., Komiyama, R., Kato, E., Kurosawa, A., Matsuo, Y., Oshiro, K., Sano, F., Shiraki, H. (2019). Japan's long-term climate mitigation policy: Multi-model assessment and sectoral challenges Energy, 167(15), 1120-1131.
- 6) Matsuo, Y., and Nei, H. (2019). An analysis of the historical trends in nuclear power plant construction costs: The Japanese experience, Energy Pol, 124.
- 7) Matsuo, Y., Endo, S., Nagatomi, Y., Shibata, Y., Komiyama, R., and Fujii, Y. (2018). A quantitative analysis of Japan's optimal power generation mix in 2050 and the role of CO2-free hydrogen, Energy, 165.
- 8) 川上恭章, 小宮山涼一, 藤井康正 (2018). 「多地域・高時間解像度の電力部門を有する技術選択モデルによる日本のCO2削減に関する分析」『エネルギー・資源学会論文誌』 Vol.39, 4, 10-19.