



2035年日本レポート：電力脱炭素化に向けた戦略



著者

白石賢司^{1,2}, Won Young Park¹, Nikit Abhyankar^{1,2},
Umed Paliwal^{1,2}, Nina Khanna¹, 諸富徹³, Jiang Lin^{1,2*},
and Amol Phadke^{1,2*}

1 ローレンス・バークレー国立研究所

2 カリフォルニア大学バークレー校

3 京都大学

ローレンス・バークレー国立研究所

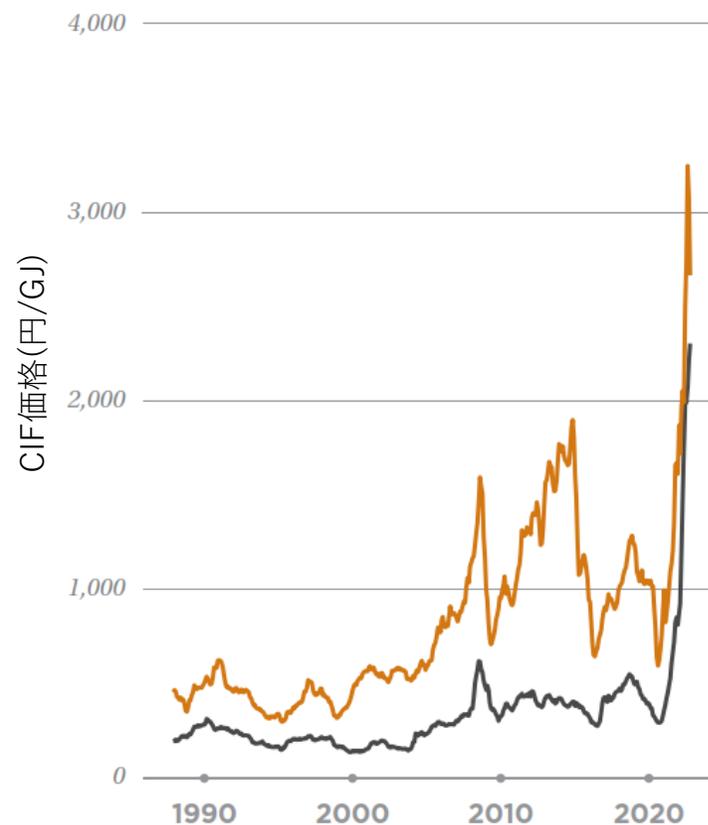
- 1931年に設立された米国エネルギー省（DOE）の国立研究所
- エネルギー科学を含む6分野の科学研究を行い、16名のノーベル賞受賞者を輩出
- 本研究チームは、世界の主要国を対象に、最新のデータとモデルを用いた電力部門におけるクリーンエネルギー統合を研究
- 米国（2020年）、インド（2021年）、中国（2022年）、日本（2023年）、韓国（2023年）



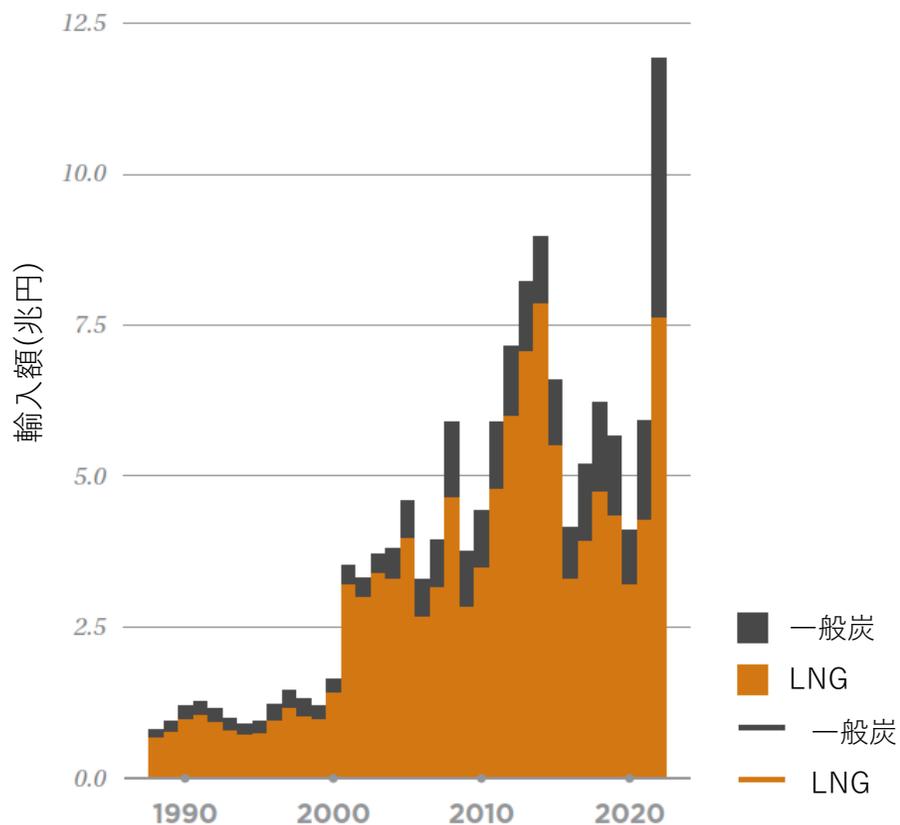
世界的なエネルギー危機は試練かつ大きな機会である

- 日本は一次エネルギー消費量の約90%を海外からの輸入化石燃料に依存
- 一方、太陽光発電、風力発電、蓄電池の技術的進歩によりコストは大幅に低下
- クリーンで安価な国産電力によってエネルギー安全保障を強化する新たな機会

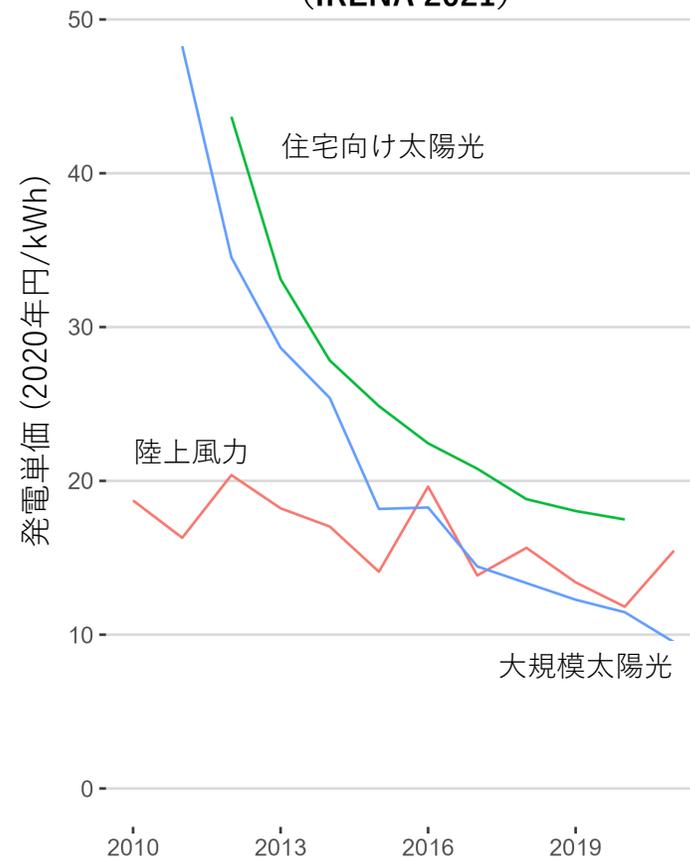
日本の一般炭・LNGの輸入価格
(貿易統計 2022)



日本の一般炭・LNGの輸入額
(貿易統計 2022)



日本の太陽光・風力の発電単価
(IRENA 2021)



本研究の問い

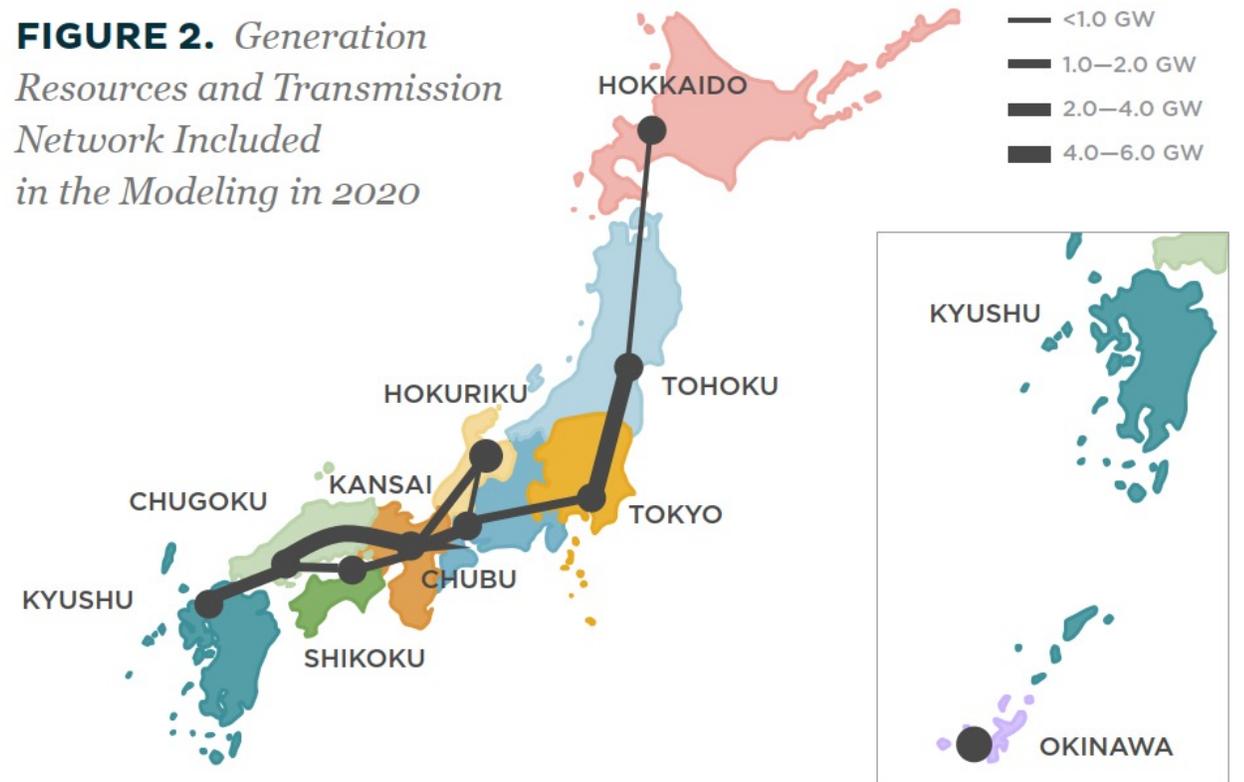
- 風力、太陽光、蓄電池の急速なコスト低下は、再エネ導入においてどのような意味を持つのか？
- 電力需要の伸び、化石燃料価格、再エネや蓄電池のコストなどの将来の不確実性を考慮した上で、経済的・技術的に実現可能なクリーンエネルギー目標とはどのようなものか？
- 迅速なクリーンエネルギーへの移行は、環境・経済・エネルギー安全保障について、どのようなメリットを生むか？



研究方法

- 最新の最適設備計画モデルと経済給電モデルによる発電、蓄電、送電に関する毎年の設備投資と毎時間の運用の最適化（費用最小化）
- 2030年にエネルギー基本計画を達成し、2035年にクリーンエネルギー90%となるような中核シナリオ（クリーンエネルギーシナリオ）の実現可能性と信頼性を検討
- 本研究で、クリーンエネルギーとは直接的にCO₂を排出しない電源（再エネ、原発、水素）と定義

FIGURE 2. *Generation Resources and Transmission Network Included in the Modeling in 2020*



クリーンエネルギーシナリオの主な仮定と感度分析

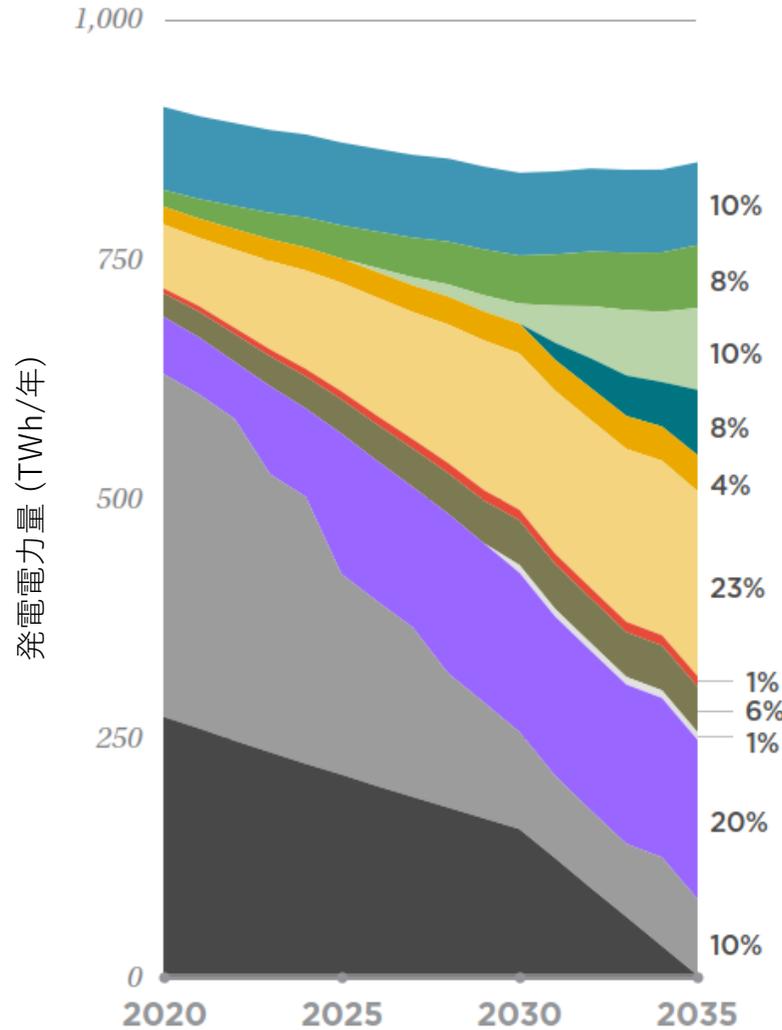
- エネルギー基本計画の電源構成（クリーンエネルギー59%やその内訳）を2030年に達成
- 2035年にクリーンエネルギーを90%に引き上げ、石炭火力の稼働をゼロに。
- 化石燃料価格はウクライナ侵攻以前の10年間の平均を使用
- 石炭火力、天然ガス火力は運転開始後50年間で廃炉。
- 既存の原発は全て再稼働かつ20年の運転延長。
- コストは発電コスト検証WG等、日本のデータを使用。ただし、太陽光、風力、蓄電池はグローバルなコスト低下と技術進歩が著しいことから、米国国立再エネ研（NREL）の将来技術見通し（ATB）を日本向けに調整して使用。
- クリーンエネルギーから一つだけ仮定を変えた5つの感度分析を実施
 - 再エネ及び蓄電池のコスト（高コスト、低コスト）、化石燃料価格（2022年水準）、電力需要、原発の稼働年数（既に認可を受けた炉以外は20年延長なし）

本研究から得られた主な示唆

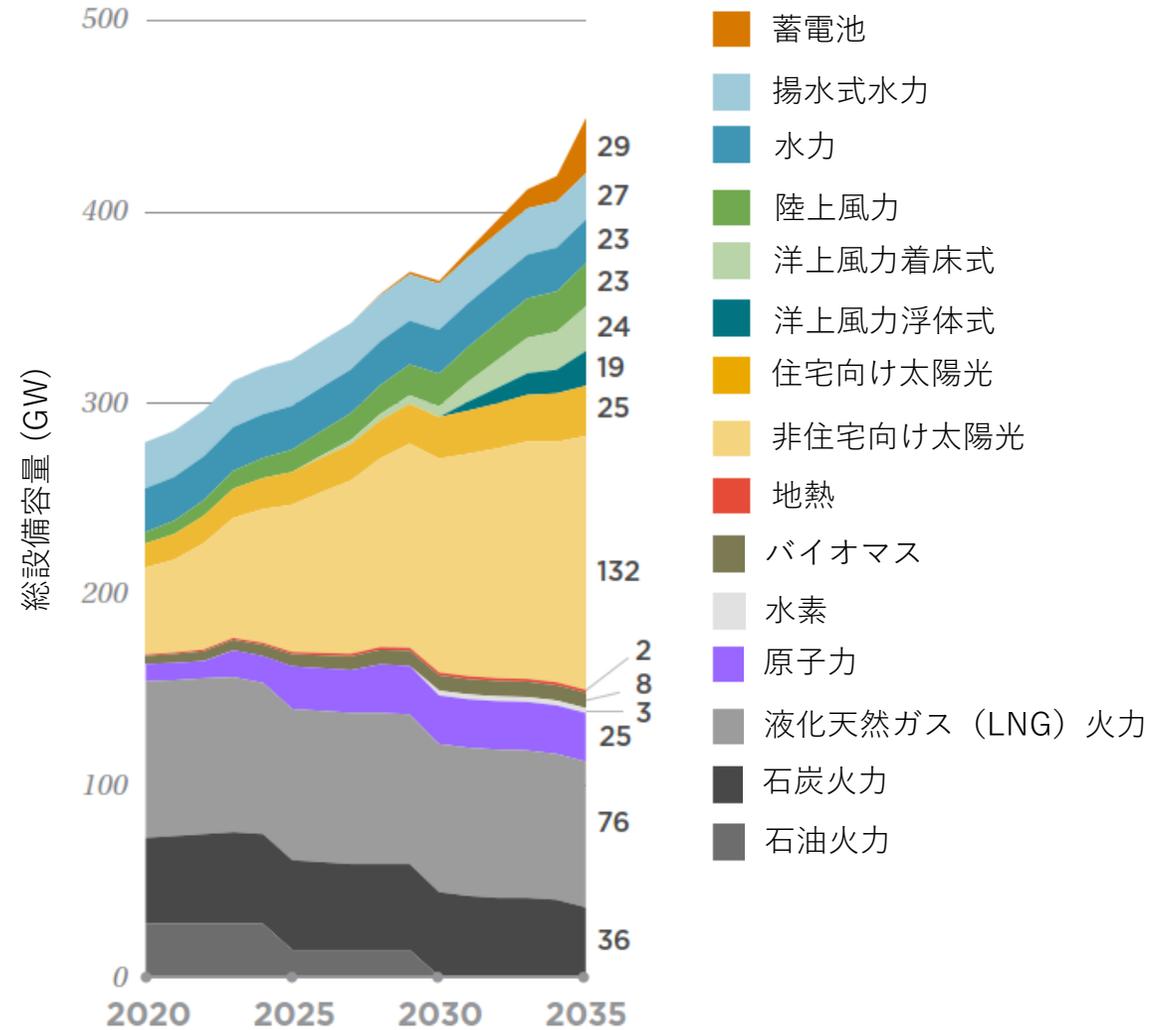


石炭火力による発電やLNG火力の新設なくとも 日本で90%クリーンで信頼性のある電力システムが構築できる

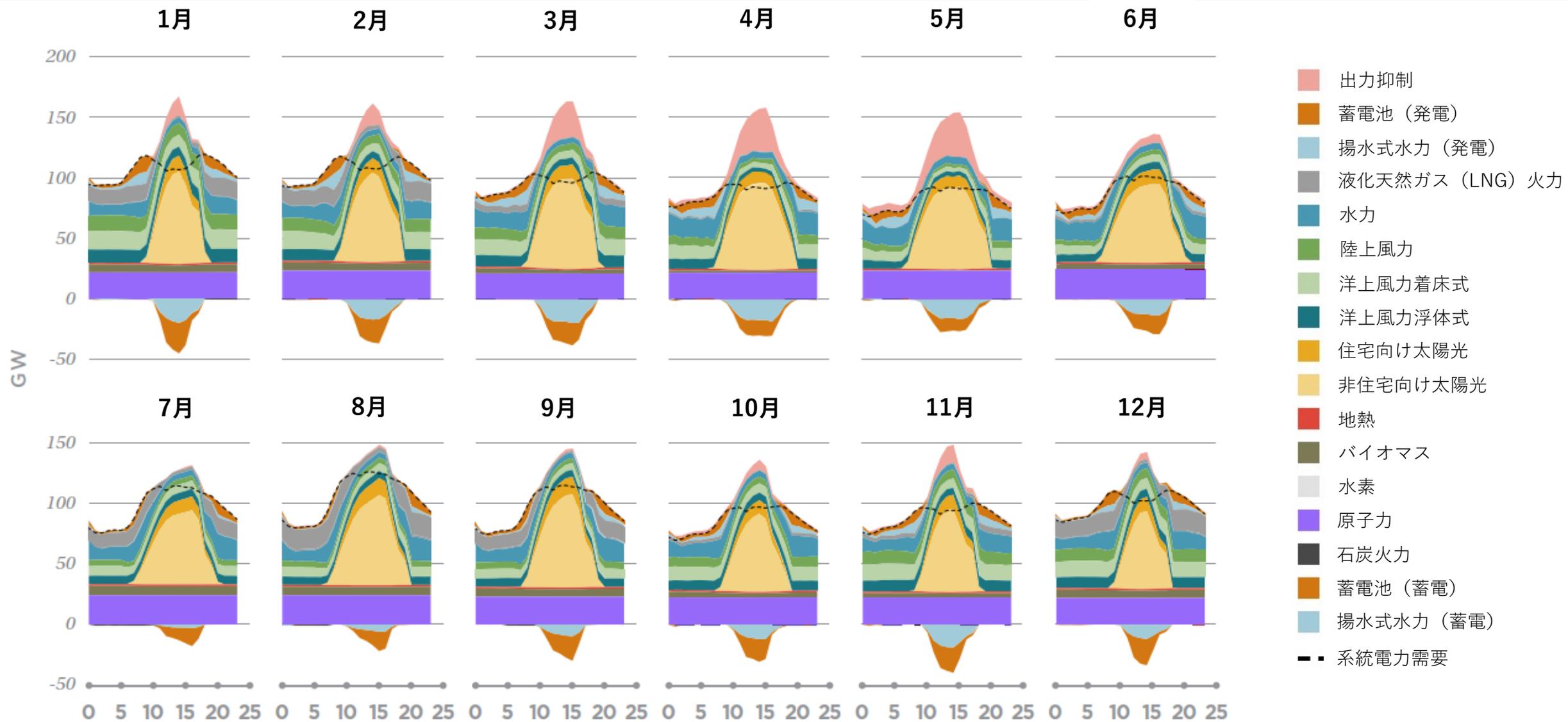
電源構成



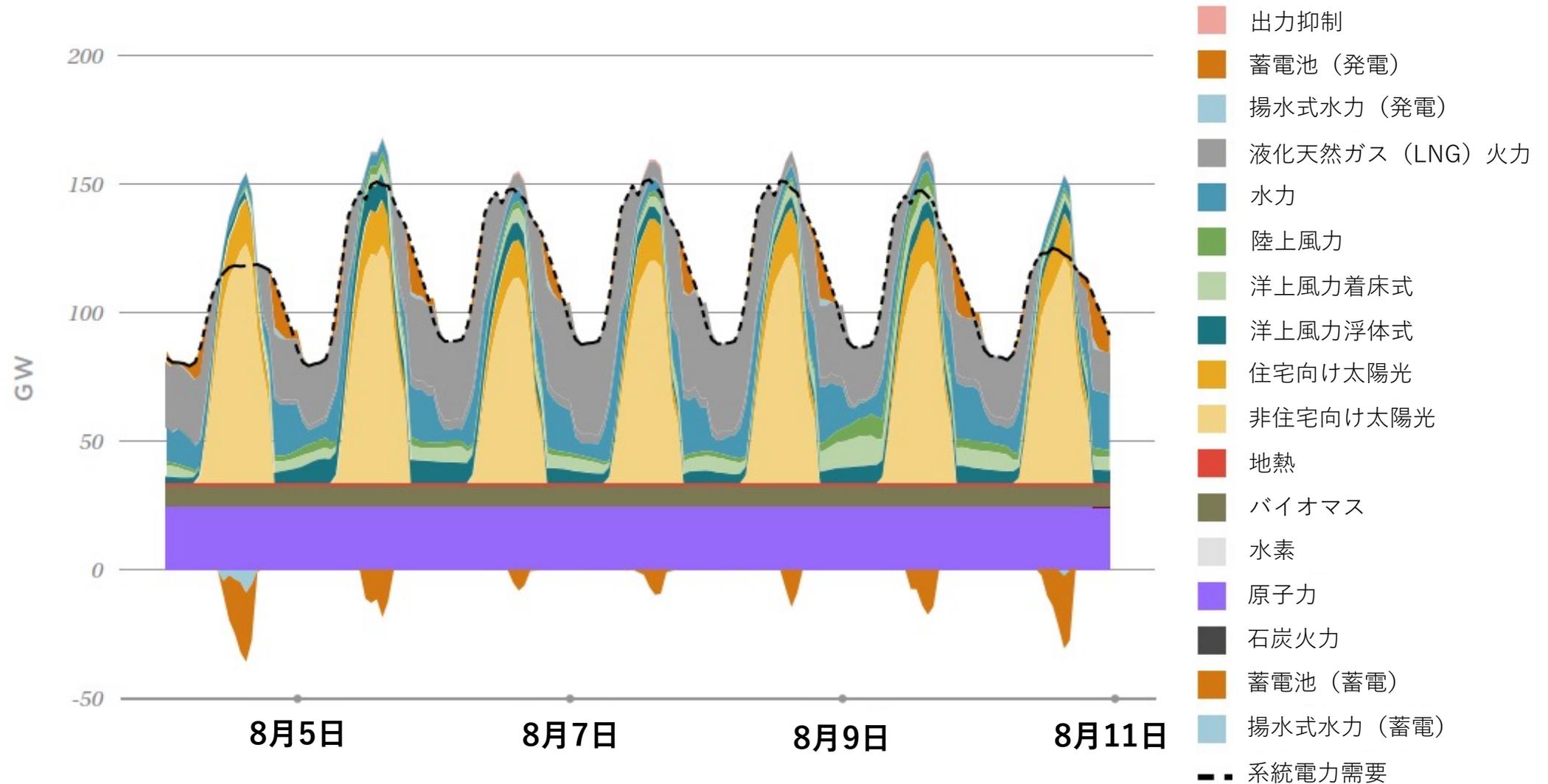
総設備容量



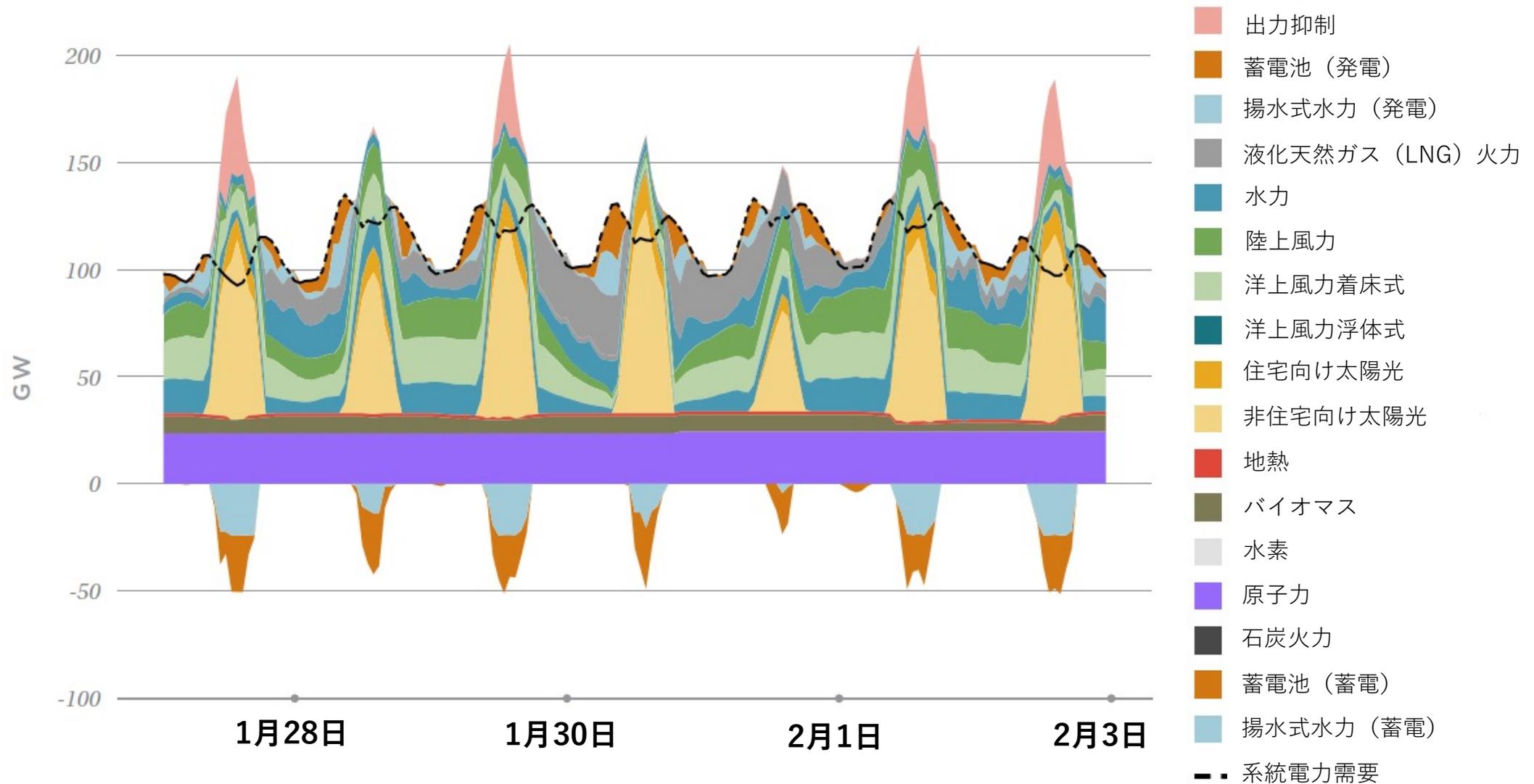
2035年の電力システムの平均的な発電・蓄電の様子(月別)



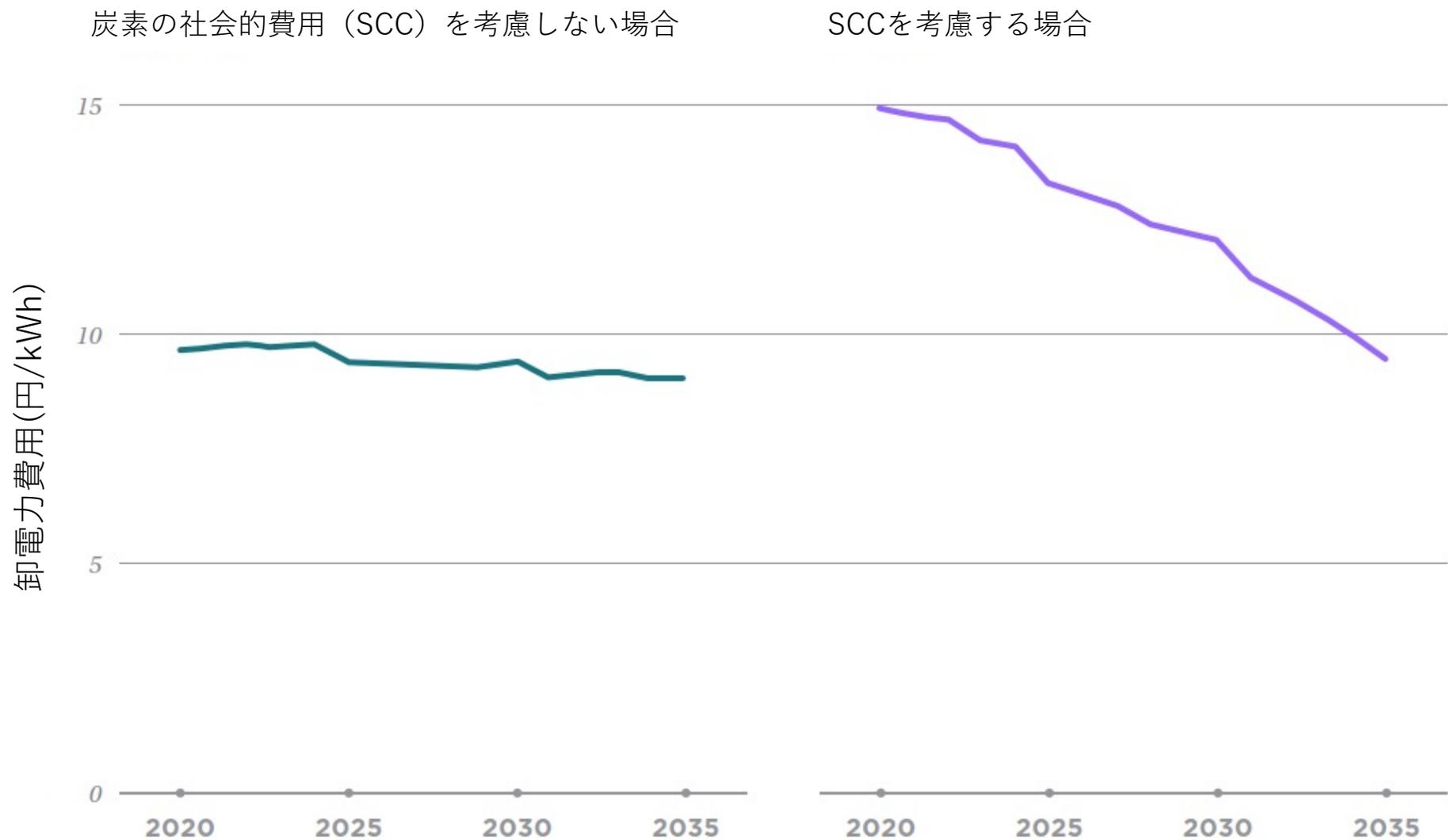
2035年夏のピーク残余需要時の発電・蓄電の様子



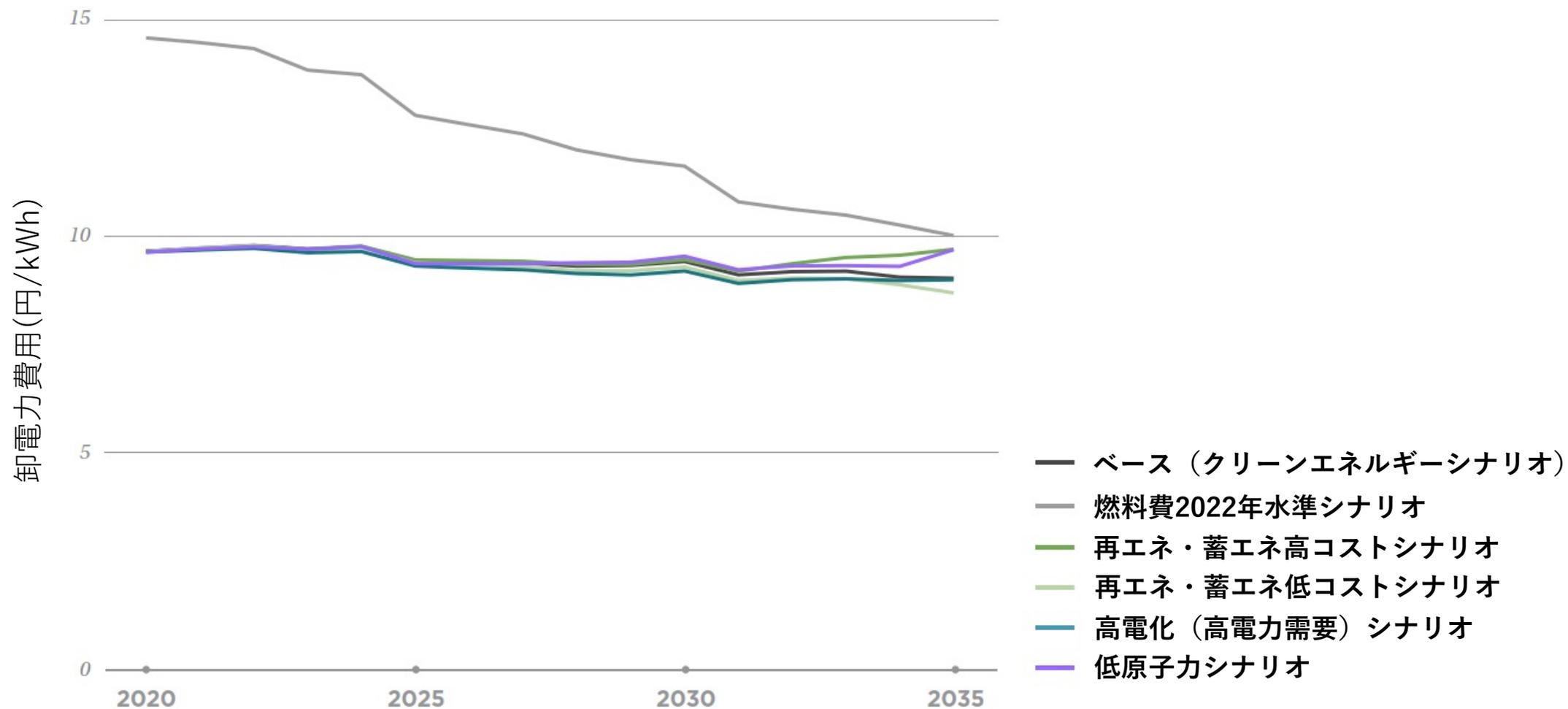
2035年冬のピーク残余需要時の発電・蓄電の様子



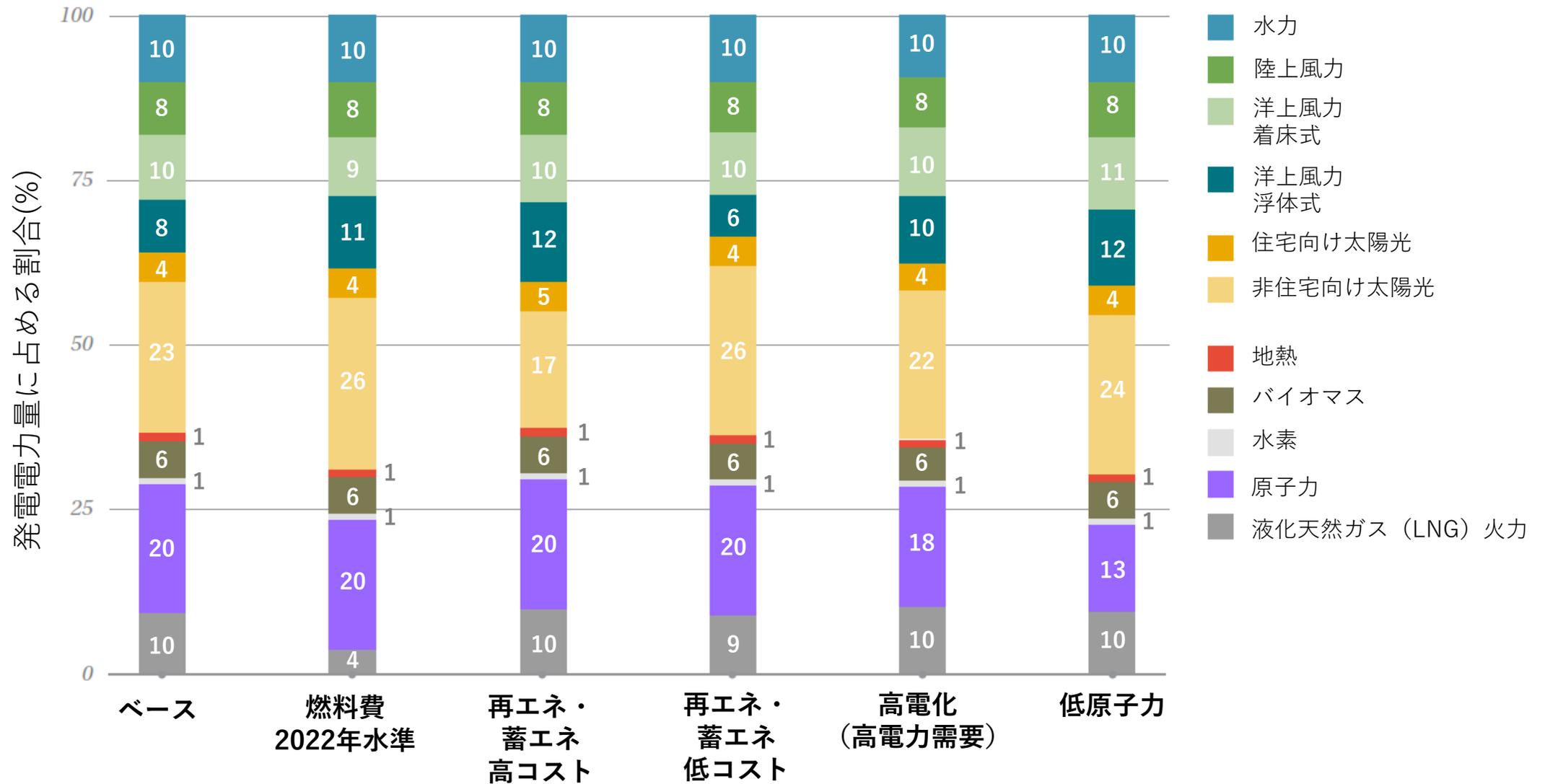
90%クリーンな電力システムの費用は現在より低下する



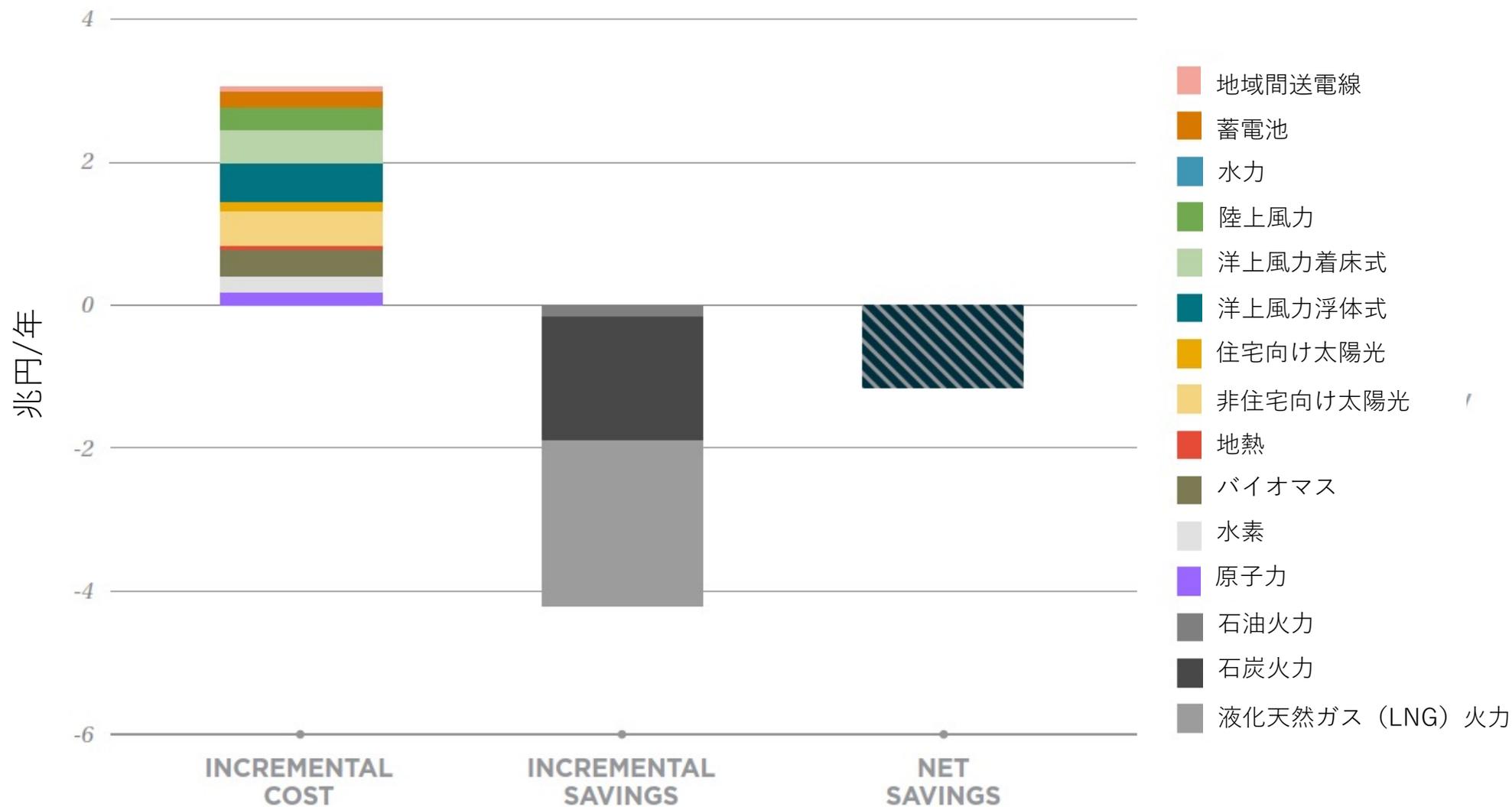
90%クリーンな電力システムの費用は現在より低下する



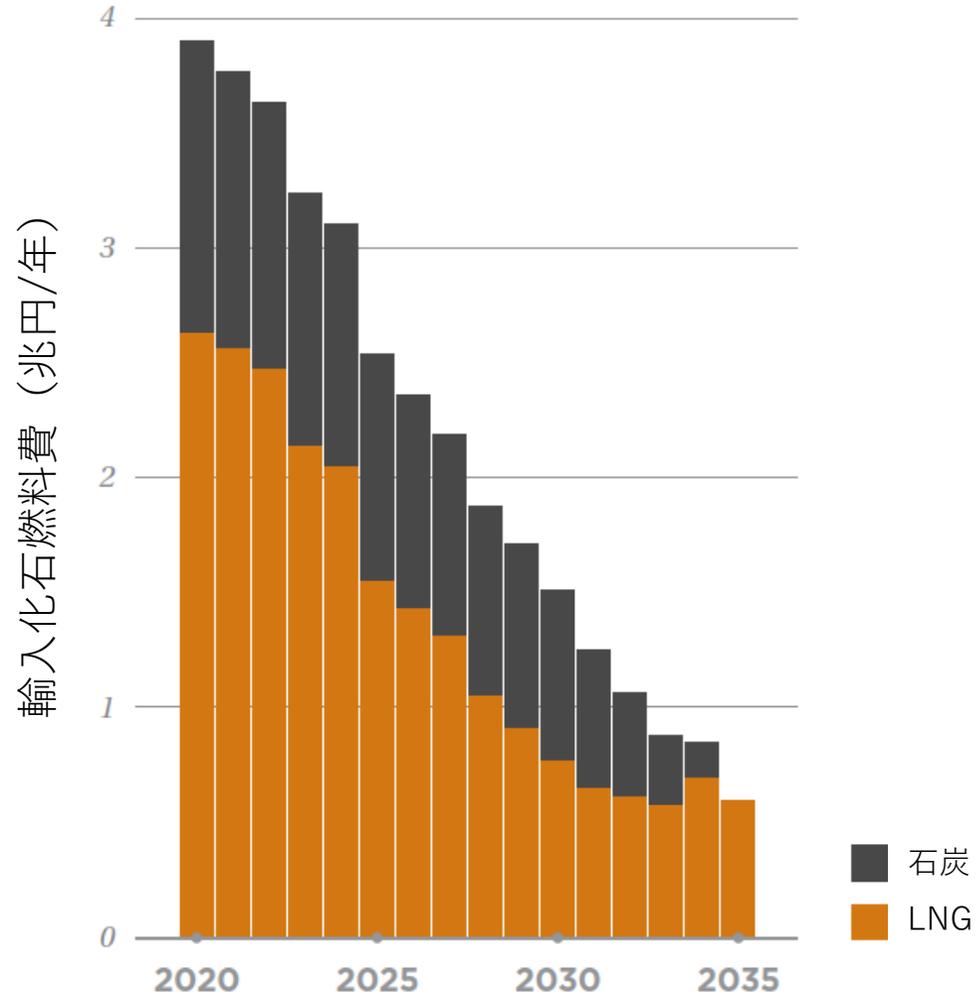
各シナリオの下での2035年の電源構成



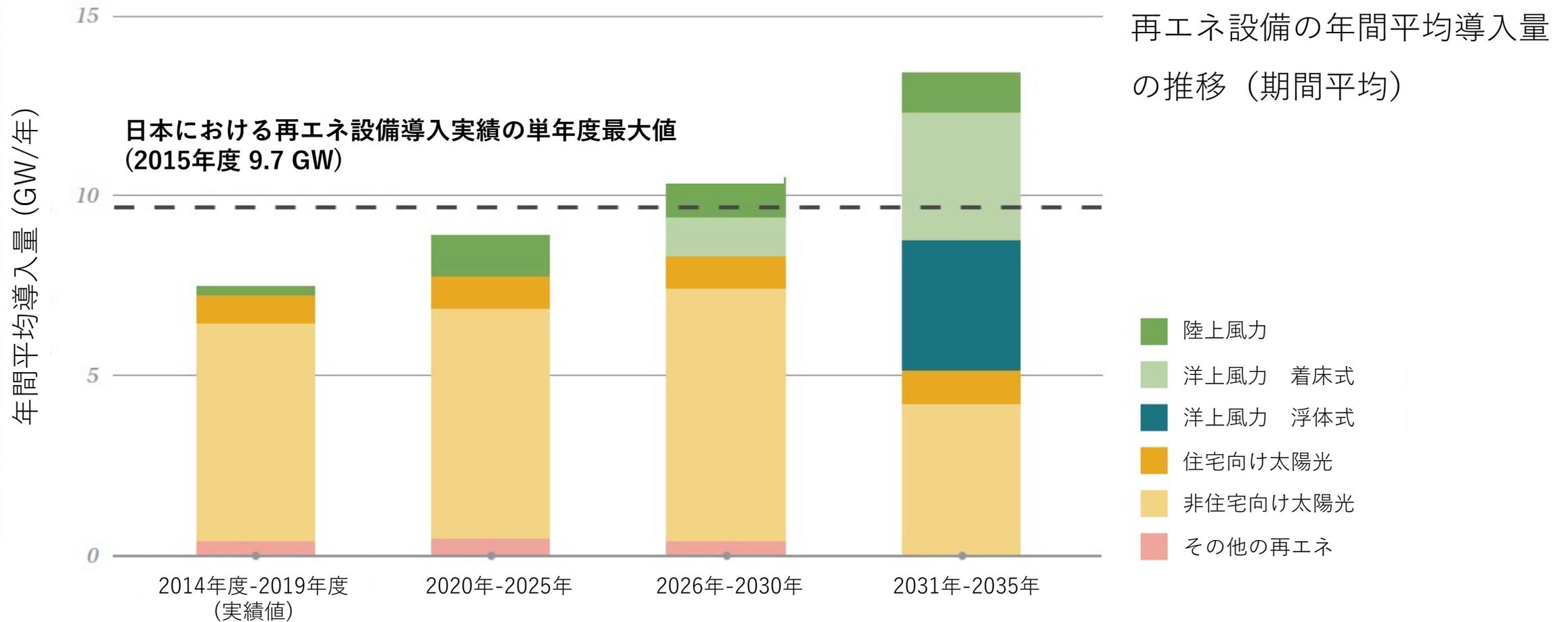
化石燃料の燃料費の削減が再エネ等の固定費増を上回る



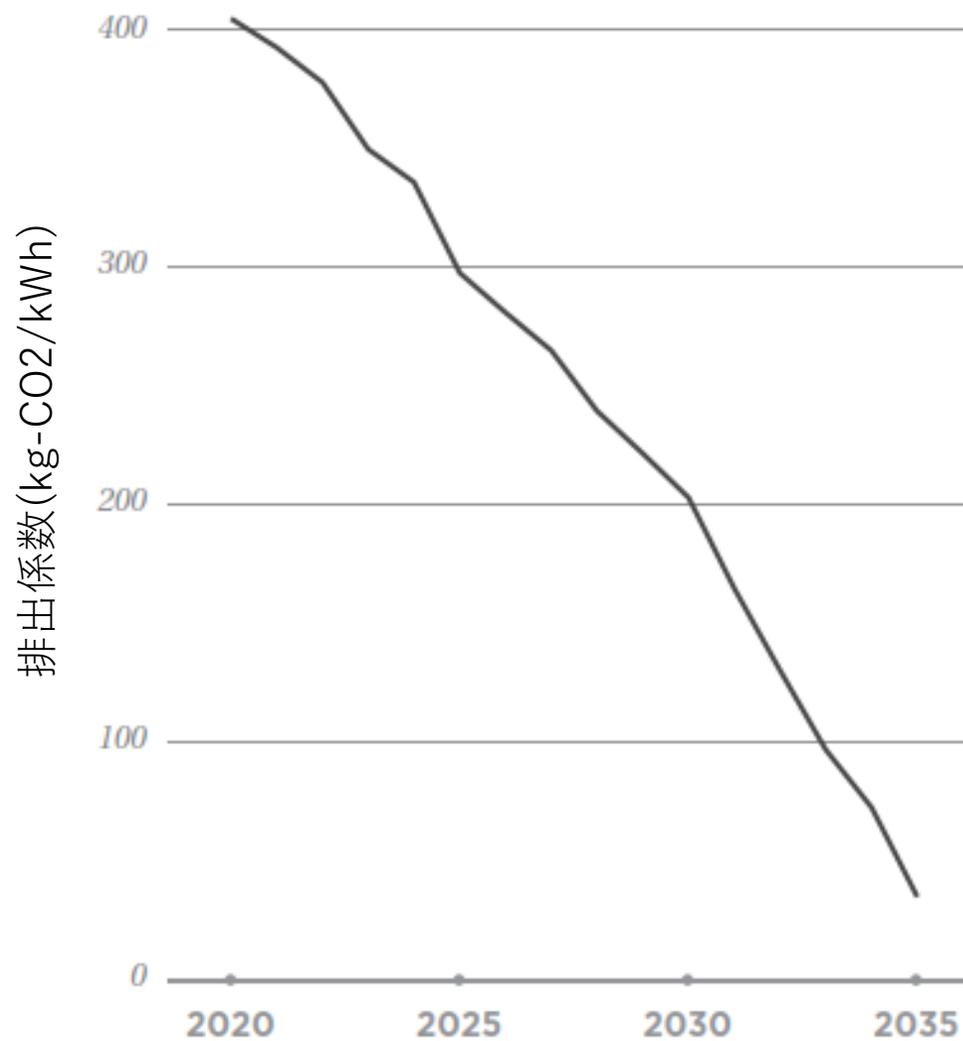
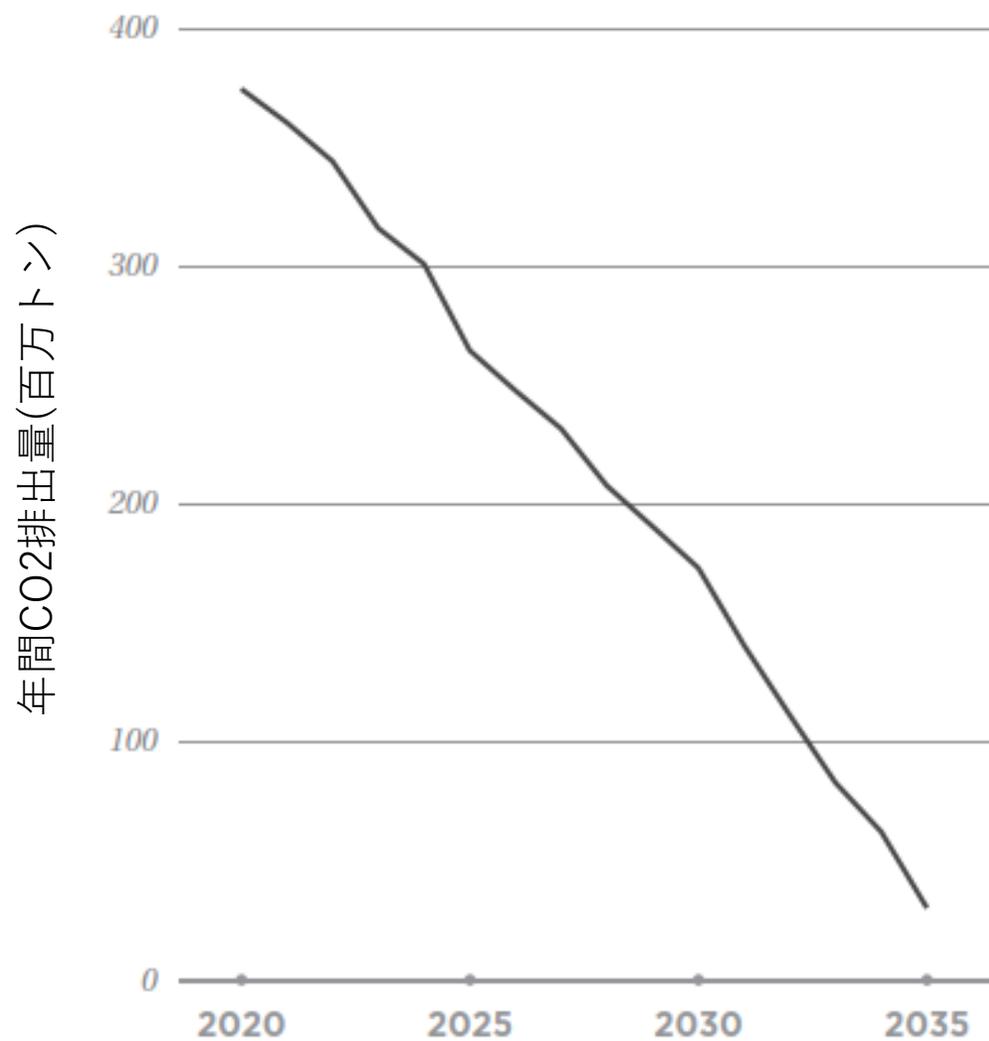
90%クリーンな電力システムは化石燃料輸入を85%削減し、日本のエネルギー安全保障を大幅に強化できる



再エネ導入を加速して90%クリーンな電力システムを実現することは可能である



クリーンエネルギーにより電力部門のCO2排出量を92%削減できる



クリーンエネルギーの導入費用を抑えるために、政策、市場、土地利用に関する障壁を取り除く必要がある

- 2030年以降の中期的な政策目標を策定する
 - 2035年及びそれ以降の再エネ発電の導入、および石炭火力発電の段階的廃止について中期的な目標を設定し、政策および市場の不確定要因を減らす。
 - 中期的な政策目標を達成できるよう、研究開発・実証（RD&D）やカーボンプライシング（炭素の価格付け）を含む一貫性ある政策パッケージを策定する。
- 環境外部性を緩和し、再エネ導入と石炭火力発電の段階的廃止を加速させる
 - 再エネの普及を加速させるために、フィードインプレミアム（FIP）、固定価格買取（FIT）制度やオークションを強化する。
 - 石炭火力発電の段階的廃止を加速させるために炭素価格を上げる。
 - カーボンプライシングによる収入の一部を、電力システムの脱炭素化に必要なイノベーションに関する研究開発・実証に投資する。

クリーンエネルギーの導入費用を抑えるために、政策、市場、土地利用に関する障壁を取り除く必要がある

- 急速な再エネ普及を妨げる制度的、社会的な障壁を低くする
 - 地形および土地利用区分から見て適格な再生可能エネルギーゾーン（REZ）を設定し、許認可と再エネ導入の遅延を避ける。
 - 送電網の整備計画に当該ゾーニングのプロセスを統合する。
 - 計画段階の早期にステークホルダーの参加を得て、市民の意見を取り入れるとともに支持が得られるよう努める。
- 重点的支援を通じた公正なエネルギー移行
 - 地域社会や企業に対する移行支援プログラムを通して、石炭の段階的廃止による社会的、経済的な影響を低減する。
 - カーボンプライシングによる収入の一部を家庭や企業に還付して光熱費を低減し、負担の削減をはかる。

クリーンエネルギーの導入費用を抑えるために、政策、市場、土地利用に関する障壁を取り除く必要がある

- 電力システムの信頼性を確保し、運用面での柔軟性を強化し、エネルギー効率を高める
 - エネルギー貯蔵、デマンドサイドマネジメント（DSM）や施策、柔軟性のある発電などの柔軟性資源のために、市場および収益性のあるビジネスモデルを構築する。
 - 基準・規制の設定や資金的優遇措置の導入を通して、費用対効果の高いエネルギー効率向上への投資を促進する。

今後のステップ

- 本研究は再エネを中心とした技術ポートフォリオを検討したが、ディマンドレスポンスやその他の脱炭素技術を加えることで、よりコスト削減が可能
- 本研究で得られた設備容量を用いて、**LOLP**、慣性力、最適潮流計算（**OPF**）、無効電力補償等の詳細検討
- 再エネ及び電力需要の予測誤差の運用に与える影響の検討
等

強力な政策によって2035年までに90%クリーンな電力システムを実現し、様々な便益を具体化することができる

現在の電力システム (2023)

クリーンな電力システム (2035)

電力システムの脱炭素化



電力システムの信頼性の確保



電力コストの低下



再エネの拡大



環境コストの削減



エネルギー自給率の向上



Questions?

kshiraishi@lbl.gov

