

最適化型電力需給モデルによる脱炭素電源ベストミックス分析

A study on the best mix of decarbonized power sources with an optimal power demand and supply model

○小宮山涼一
Ryoichi Komiyama

1. はじめに

2050年カーボンニュートラル実現に向け、省エネ徹底、再エネ主力電源化、原子力活用、水素・アンモニア導入などに関する方針が示され、日本ではGX実現を進めることになった。その中で、再エネ主力電源化により、2030年度の電源構成に占める再エネ比率を36～38%とする目標達成を目指すことが示された。太陽光や風力発電といった自然変動電源の普及拡大を進める中で、電力システムにおける調整力の確保、送電線の増強・拡張、系統安定性の維持をはかり、経済性も踏まえた電力安定供給対策の強化が重要になると考えられる。また、供給側の対策に加えて、分散型エネルギー資源(DER: Distributed Energy Resource)など需要側資源の能動的制御等を通じたデマンドレスポンス(DR)の活用への関心も高まっている。供給側および需要側資源双方の活用を通じて電力需要の柔軟性を高めることができれば、より経済的な再エネ導入実現が可能になることも考えられる。本発表では、筆者らが開発した最適化型電力需給モデルを利用することにより、複数シナリオのもとで、再エネ大量導入可能性を議論することを目的とする。

2. 分析方法

筆者らはこれまで、電気学会標準システムモデルを踏まえ、沖縄を除く全国の電力基幹システムを383ノード、475本の送電線で網羅し、将来導入が期待される新技術も考慮にいった最適化型電力需給モデル⁽¹⁾を開発した(図1)。本発表では、年間8,760時間にて、CO₂排出制約(カーボンニュートラル制約など)や新技術等に関する複数シナリオを想定の上、再エネ大量導入時の電力需給解析を行う。最適化型電力需給モデルの目的関数である年間総発電費用(資本費[電源、電力貯蔵技術等]、燃料費[化石燃料、輸入水素])の最小化により、経済合理性の観点から最適な設備投資とメリットオーダーに基づく需給運用を決定可能な点に特徴がある。383ノ

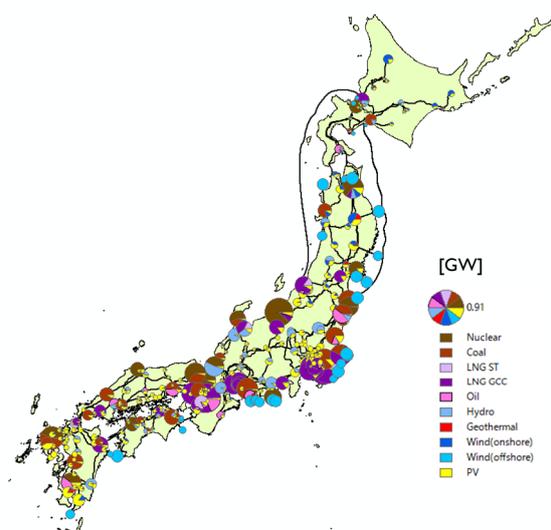


図1 電源設備容量、送電線の分布

最適化型電力需給モデルの目的関数である年間総発電費用(資本費[電源、電力貯蔵技術等]、燃料費[化石燃料、輸入水素])の最小化により、経済合理性の観点から最適な設備投資とメリットオーダーに基づく需給運用を決定可能な点に特徴がある。383ノ

* 東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻

ドと475本での送電線の潮流制約も踏まえて、時々刻々の電力需給運用に加え、電源設備容量等への投資も同時に分析可能である。制約条件は同時同量制約、設備容量制約、供給予備力制約、負荷追従制約、最低出力制約、電力貯蔵制約、送電制約、電源の定期点検制約、SNSP制約、バッテリーのCレート制約、CO₂制約等を考慮する。モデルでは地域間連系線と地内線の双方を考慮することにより、中立的に技術の導入や運用を評価することが可能である。時間解像度は1年間1時間値にて、年間8,760時間にて分析する。電源と電力貯蔵技術は、原子力(大型炉、小型炉)、火力(LNG複合、LNG汽力、石油、石炭、LNG-CCUS、石炭-CCUS、LNG-水素混焼、石炭-アンモニア混焼)、一般水力、地熱、バイオマス、陸上風力、洋上風力、太陽光、揚水式水力、NAS電池、Li-ion電池を考慮している。

3. 分析結果

CO₂排出ネットゼロ制約のもとで、需要側資源(デマンドレスポンス、DR)の活用に関するこれまでの予備的分析⁽²⁾では、再エネ電源が発電量の半分程度を占め、残りが原子力、ゼロエミ火力(水素発電等)、電力貯蔵(揚水、蓄電池)となり、電力脱炭素化が実現される。また、DRの導入規模の拡大につれて、再エネ大量導入時に調整力の役割を担う水素発電、ならびに、揚水や系統用蓄電池の充放電量が減少し、太陽光発電の出力抑制量も減少する一方、風力発電や太陽光発電の導入量が増加する傾向が確認できた。このため、電力需要の柔軟性の向上は、電力システムの調整力への投資の低減、再エネの導入拡大や有効利用に貢献する可能性があると考えられる。また、DR導入は各電源の運用にも影響を与えることが示された。例えば、CO₂排出ネットゼロ制約のもとでは、ゼロエミッション調整力として、水素発電が導入されるが、DR導入水準に応じて、その運用も変化し、DRを考慮しないケースでは、自然変動電源の出力に応じて、水素発電の大幅な出力調整が行われるが、DR導入が進展した場合はDRが調整力の主力になることで、水素発電はベースロード運転が主たる運転モードとなる。本発表ではさらに新技術等に関する感度分析等を通じて、再エネ大量導入に貢献する方策に関して分析を進める。

4. 結論

日本全国の送電システムを考慮した最適電源構成モデルにより、電力脱炭素化の将来像に関する分析を実施した。これまでの分析では、供給側資源のみならず、需要側資源の活用が、電力コストの抑制の上で重要であるとの示唆を得ている。特に需要側資源の導入と活用により、再エネ調整力への投資抑制効果が働き、システム全体のコストが低下する。例えば、脱炭素化実現ならびに再エネ導入時に調整力の役割を担う水素発電や蓄電池の投資がDR導入により低減し、コスト抑制に貢献するため、需要側資源導入に向けたインセンティブを醸成する制度設計が重要になると考えられる。

参考文献

- (1) Komiyama, R., Fujii, Y., *Renewable Energy*, 139, 1012-1028 (2019)
- (2) 小宮山涼一, 令和5年電気学会全国大会, S6 (2023)