

## 新型炉部会セッション

再生可能エネルギー導入拡大を見据えた新型炉に期待される新たな技術開発  
New technology development expected for advanced reactors toward massive expansion of renewable energy capacity

## (2) 新型炉とエネルギーミックス

## (2) Advanced reactors and energy mix

\*小宮山 涼一<sup>1</sup><sup>1</sup> 東京大学

## 1. はじめに

エネルギー政策での3E（安定供給、経済効率性、環境性）+ S（安全性）の基本方針を踏まえ、2050年までのカーボンニュートラル達成が目標とされている。また、近年の自然災害の激甚化を踏まえた強靱化（レジリエンス）や、再生可能エネルギー主力電源化、非効率石炭火力のフェードアウトの方針等を踏まえ、それらの様々な方針に適合した電力エネルギーシステムの構築が重要であると考えられる。その中で近年、エネルギーセキュリティや脱炭素への関心等を背景に、新型炉への注目が内外で高まり、例えば、小型モジュラー炉（SMR）は安全性や機動性、水素製造等の多目的利用、そして分散配置可能性を踏まえ、エネルギー・環境問題解決への貢献が期待される。一方、SMR等の新型炉の導入可能性を考える上で、エネルギーシステムの将来像を具体的に示すことが重要になる。将来像を示すことで、例えば、再エネ大量導入時に求められる新型炉に必要とされる具体的な技術要件への示唆を得ることが可能になると考えられる。中でも、太陽光発電や風力発電の拡大に向けては、電力安定供給対策強化が重要となり、システムの供給力や調整力の確保、電力系統制約などの諸課題への取組が必要となる。調整力や電力貯蔵等による電力システムの柔軟性向上、送配電線容量の増強、電力系統安定性強化（周波数や電圧安定化）などが求められる中、再エネ大量導入時の新型炉に望まれる技術性能を客観的に検討することが大切になると考えられる。

筆者らは、カーボンニュートラル、再エネ主力電源化、電力レジリエンス強化など電力エネルギー市場を取り巻く様々な要因を踏まえ、既存の大型原子炉や小型軽水炉、水素製造が可能で機動性に優れた高温ガス炉、燃料の安定供給性に優れた小型高速炉を組み込んだ最適導入シナリオを導出可能な数値シミュレーション手法の開発を進め（図1）、原子力の最大限の活用と再エネ大量導入によるエネルギー安定供給、脱炭素を実現するエネルギーシステムの定量的分析をこれまで実施しており<sup>2)</sup>、本発表では主として電力部門での主要な分析結果に関して報告する。

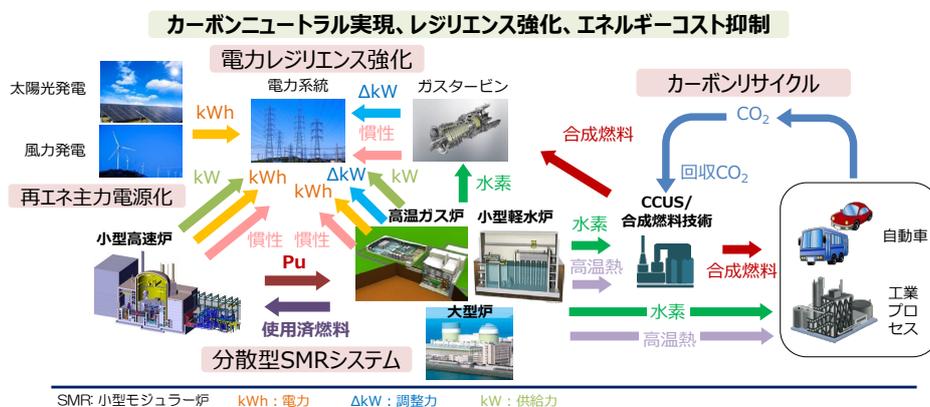


図1 既存大型炉、革新炉、再エネを活用したエネルギーシステムの概念図

\*Ryoichi Komiyama<sup>1</sup><sup>1</sup>The University of Tokyo

## 2. エネルギーシステムの数値シミュレーション手法の開発

コスト最小化や脱炭素化分析で利用されるエネルギーモデル(ボトムアップ型技術選択モデル)の多くは、電力部門の時間・空間的解像度が十分な水準に達しておらず、導入拡大が進展する自然変動電源(太陽光発電、風力発電)の出力変動や送電線による電力輸送制約、蓄電池などの需給調整技術の詳細な技術性能および動的挙動を詳細に組み込める仕様には至っていない。そこで本研究では、再生可能エネルギー発電の最適導入量評価が可能な時間解像度を有し、日本全体の地域間・地内の主要な電力基幹系統を考慮した地理的解像度の下で、電力・水素併給が可能な SMR の導入ポテンシャルの地域性、SMR の負荷追従性能や最低出力条件等の工学的制約条件等を考慮可能な電力需給分析ツールを開発する。また、電力部門に加えて燃料供給部門を含んだモデルを開発して、SMR によるクリーン水素製造・CO<sub>2</sub> 再資源化(カーボン・リサイクル)等への導入可能性を評価した。これにより、脱炭素・レジリエンス・再生可能エネルギー主力電源化といった社会ニーズに適合するための SMR のあり方に関する総合的検討が可能になると考えられる。

電力部門の分析では、日本全体の電力基幹系統(集中型電源や再エネ電源が主として接続される上位系統)を約 400 地点の母線、約 500 本の基幹送電線でモデル化の上、レジリエンス強化(電力システムの分散化、系統の供給力・調整力の確保、電力システムの安定性強化、電源投資インセンティブの維持等)とシステムコストや燃料消費量を最小化可能な電源構成と電力需給運用、原子力・再生可能エネルギー共存戦略、および SMR の地点別導入量を分析可能なツールを開発した。モデルでは、軽水炉 SMR、高温ガス炉 SMR、高速炉 SMR を考慮し、さらに年間 8,760 時間にて送電線制約ならびに技術間のコスト競合(例えば、コスト低下が進む自然変動電源、系統用蓄電池や、水素混焼・専焼火力などとの経済的競合)を考慮しており、経済合理的な観点から中立的に SMR の最適導入量と最適出力配分に関する数値シミュレーションを可能としている。分析結果の一例では、再エネ大量導入時においては、一定の技術的想定の下では、負荷追従性能の低い大型原子炉の年間稼働率が低下するため、大型炉の活用が顕在化する可能性のある一方、負荷追従性能の高い SMR は、一定の建設費で建設可能と想定した場合においては、再エネとも親和性の高い調整力を有する技術オプションとして選択される可能性が示唆される結果となった。

## 3. おわりに

本研究では、自然変動電源の影響を考慮した分析ツールを開発し、SMR の導入可能性や SMR に求められる技術要件等を分析した。今後の課題として、将来の電力系統を展望した場合、DER(Distributed Energy Resource)や Grid Edge Technology と呼ばれる需要家に近い配電系統に接続する調整力等を有する技術の普及進展が、SMR の導入可能性に影響を与える可能性も考えられる。これまでのアプローチでは、主に基幹系統といった上位側の電力系統のみを分析対象としているが、自然変動電源の接続量拡大が見込まれるローカル系統や配電系統など電力の下位系統を考慮に入れた拡張版モデルを開発し、需要端技術による電力需給安定化の効果を考慮した SMR 導入可能性評価を行う必要などが挙げられる。

## 謝辞

本発表は JSPS 科研費 JP22H00572、JSPS 科研費 24K08320、文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220354480 の助成を受けた。

## 参考文献

- 1) 内閣官房他 ”2050 年カーボンニュートラル に伴うグリーン成長戦略” 令和 3 年 6 月 18 日  
<https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>
- 2) 小宮山” 脱炭素化・レジリエンス強化に資する分散型小型モジュラー炉を活用したエネルギーシステムの統合シミュレーション手法開発” 文部科学省国家課題対応型研究開発事業 令和 3 年度「原子力システム研究開発事業」成果報告会 [https://www.nsystemkoubo.jp/result/r03/document/5\\_r3sys\\_seika.pdf](https://www.nsystemkoubo.jp/result/r03/document/5_r3sys_seika.pdf)