

カーボンニュートラルの実現に向けた 原子力イノベーションへの取り組み

日本原子力研究開発機構理事 長

児玉敏雄
こたま としお



日本原子力研究開発機構のミッション

日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」という)は、原子力に関する我が国唯一の総合的な研究開発機関として、これまで福島第一原子力発電所事故への対応、原子力の安全性向上、核燃料サイクル・高速炉の研究開発、放射性廃棄物処理・処分等の様々な分野の研究開発に取り組んできている。2019年10月には、2050年の将来社会を見据え、何を指し、そのために何をすべきかという研究開発の方向性を、原子力機構の将来ビジョン「JAEA 2050+」として策定・公表した。本ビジョンでは、「気候変動問題の解決」、「エネルギーの安定確保」および「未来社会(Society 5.0)の実現」に貢献すべく、原子力科学技術によるイノベーション創出を目指した「新原子力」と称する取り組みを推進していくことを掲げ、「革新的原子炉システム^(注1)の探求」をはじめとする6つの研究テーマ^(注1)に取り組むこととしている。

また、政府は2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」を表明し、さらに2021年4月16日に開催された日米首脳会談の共同声明の別添文書(「野心、脱炭素化及びクリーンエネルギーに関する日米気候パートナーシップ」)においては、日米が「革新原子力(Advanced Nuclear Power)」も含むクリーン技術に関するイノベーション協力を強化すること等が明記された。

本稿では、最近国内外で関心を集める革新的原子炉システムに関する研究開発を中心に、2050年カーボンニュートラルに向けた原子力機構の取り組みを紹介する。

原子力イノベーションへの取り組み

世界各国では、原子力の抱える様々な課題の解決を目指し、優れた安全性、経済性、再生可能エネルギーとの高い親和性等を有する革新的原子炉システムとしてのSMR(小型モジュラー炉)の実用化に向けた取り組みが加速している。我が国では、民間での原子力

イノベーションを支援する経済産業省および文部科学省のNEEIP(Nuclear Energy × Innovation Promotion)イニシアチブ事業のもと、様々な形式(軽水炉、高温ガス炉、高速炉および溶融塩炉)のSMRのフィージビリティスタディーが進行中である。原子力機構は、保有する技術基盤を提供し活用いただくことで、民間の原子力イノベーション創出を支援するとともに、高温ガス炉と高速炉の分野では、自ら研究開発に取り組んでいる。

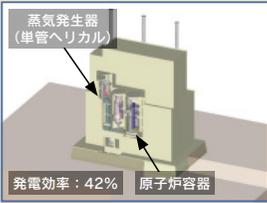
代表的なSMRの形式である高温ガス炉は、炉心溶融や水素爆発を起さないなど優れた安全性を有し、高温熱供給による水素製造、発電、海水淡水化等、幅広い熱利用が可能で優れた経済性を有している。特に、水素利用など発電以外の分野でのCO₂削減への貢献が期待されている。このような優れた特徴を有することから、日本以外でも、中国、米国、仏国、英国、ポーランド等で実用化に向けた計画が進んでいる。原子力機構では、高温工学試験研究炉(HTR)を用いて世界で初め

(注1) 将来ビジョンの6つのテーマ: 「安全の追求」、「革新的原子炉システムの追求」、「放射性物質のコントロール」、「デコミッショニング改革」、「高度化・スピノフ」、「新知見の創出」

図表 SMR(小型モジュラー炉)の概要

高速炉SMR

- 大型炉との経済性競争を目的として物量低減を追求（1ループ、炉内燃料貯蔵等）。
- 閉サイクルによりウラン資源によらず燃料サイクルの持続可能性を達成。
- マイナーアクチニド含有燃料により環境負荷低減を達成。



ナトリウム冷却小型炉

項目	仕様
炉心燃料	MOXまたは金属燃料
出力	714MWt / 300MWe
原子炉型式	ループ型（1ループ）
1次冷却系温度	550 / 395℃
2次冷却系温度	520 / 335℃
バッチ数/運転サイクル	4バッチ / 24か月
平均燃焼度	80GWd/t

高温ガス炉

- 高い固有の安全性により、事故時において炉心溶融せず、自然放熱により冷却。
- HTTRにより技術基盤が完成。高い技術成熟度。
- 発電のみならず高温を生かした多用途熱源。



高温ガス炉コージェネプラント

項目	仕様
炉心燃料	被覆粒子燃料 (UO ₂)
出力	600MWt / 202MWe 水素製造 1.9-2.4t/h
原子炉型式	ブロック型
1次冷却系温度	950 / 594℃
2次冷却系温度	900 / 475℃
バッチ数/運転サイクル	2バッチ / 18か月
平均燃焼度	120GWd/t

て950℃の連続運転を達成し、既に実用化に必要な最先端の原子炉技術を確立している。HTTRに関しては、近く運転を再開し、国際共同による安全性実証試験や「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に盛り込まれた水素製造技術の開発に取り組み、高温ガス炉を用いた水素製造により、カーボンフリーな水素還元製鉄の実現に貢献することを目指している。また、高度な高温

ガス炉の国産技術を輸出し、ポーランド、英国などでの実証炉建設を目的とした国際協力にも力を入れている。

軽水炉使用済み燃料に含まれるプルトニウムを柔軟に利用し、廃棄物減容に効果を期待できる高速炉SMRは、小型の炉心を活かした安全性と、高い運転温度(500℃)を利用して蓄熱技術等と組み合わせることによる機動性(市場ニーズに合わせた電力供給)が特徴である。炉心の固有の安全性を強化することで、事故時に万が一、制御棒が挿入されない状況でも自然に出力が下がり、自然循環冷却等により事故を自然に収束させることが可能である。

また、蓄熱技術との組み合わせにより、電力価格が高い時間帯に多く発電することにより経済性も向上させることが可能である。原子力機構では、高速実験炉「常陽」の運転再開を目指すとともに、高速炉SMRによる安全性向上と蓄熱技術により電力を柔軟に供給することで、変動再生可能エネルギーの導入拡大による脱炭素化と電力網の信頼性向上に貢献できる技術の開発に取り組んでいる。

技術的な課題解決策を提案し社会実装を進める

革新的原子炉システムの開発以外に、社会に貢献し続けるた

めには、原子力が抱える様々な課題に対して技術的解決策を提案し、社会実装を進める必要がある。具体的には、「安全の追求」(事故耐性燃料の開発、原子炉材料の経年劣化に関する研究等)、「放射性物質のコントロール」(核燃料サイクルを含む原子力エネルギー供給システムの構築や、放射性廃棄物の減容・有害度低減、地層処分技術に関する研究開発等)および「デコミッションング改革」(最先端技術を取り入れた安全・迅速・効率的な廃止措置)といった取り組みを着実に進めることとしている。

また、原子力科学技術は、原子力のエネルギー源としての利用だけでなく、原子力以外の分野との融合により、幅広い展開の可能性を秘めている。今後、環境、医療、食料、材料開発等の分野へ原子力機構の有するシーズを産業界と連携して「高度化・スピノフ」させることや、「新知見の創出」への取り組みを強化し、未来社会の(overall)の実現に向けてイノベーション創出を加速していく。

以上の取り組みに当たっては、国内外の産業界・大学・研究機関との連携をより一層強化していく必要がある。引き続き様々なセクターやステークホルダーとの対話、多様な分野との協働を進め、原子力イノベーションのいわば「プラットフォーム」としての役割を目指していく。また、2050年カーボンニュートラルに原子力が貢献するためには、原子力に対する国民の信頼を積み重ねていくことが大前提であり、原子力機構としても立地地域や国民社会へのアウトリーチ活動等に積極的に取り組んでいく。

(注2)スピノフ：特定の分野で開発された技術を他分野へと応用すること