

新型炉部会セッション

新型炉及び核燃料サイクルの技術開発の方向性

Path Forward for Development of Advanced Reactor and Nuclear Fuel Cycle Technologies

(2) 2024 年以降の高速炉開発の在り方

(2) Desirable direction of fast reactor development from 2024

*小竹 庄司¹¹ 日本原子力発電株式会社

1. はじめに

2022 年度は、高速炉開発において重要な進展が見られた。まず、2018 年 12 月に「原子力関係閣僚会議」で決定された高速炉開発に関わる「戦略ロードマップ」に沿って、国際協力も活用して進めている高速炉の共通基盤技術の整備（経産省の高速炉委託事業）と多様な技術間競争（経産省により支援される NEXIP イニシアチブ）で推進された複数の高速炉技術に対して、2024 年以降に採用する可能性のある技術の絞り込みを、有識者による委員会を立ち上げ開始した[1, 2]。また、「戦略ロードマップ」の改訂が行われ、実証炉開発に向けた具体的なマイルストーンを設定するとともに、高速炉開発に関わる関係機関（経産省、文科省、JAEA、電力、メーカー）の役割がより明確にされた[3]。

本報では、高速炉とその燃料サイクル（以下、高速炉サイクルという）の実用化に向けた我が国の取り組みと、今後の展望を紹介する。

2. 有望な技術の絞り込み

2.1 「高速炉技術評価委員会」と評価対象概念

2024 年以降の高速炉開発の在り方を決定していくためには、2023 年末には多様な技術間競争を踏まえた技術のメリット・課題を検討・評価していく必要がある。このために、2022 年度に、「高速炉開発会議」の「戦略ワーキンググループ」の下に「高速炉技術評価委員会」を設置し、各技術のメリット・課題を評価し、国の 2024 年以降の高速炉開発の在り方について検討した。そこでは、対象概念の技術成熟度と必要な研究開発、実用化された際の市場性、具体的な開発体制の構築と国際的な連携体制、実用化する際の規制対応等の観点から検討し、開発の方針案としてまとめられ、「戦略ワーキンググループ」に報告された。

評価対象とした高速炉技術は、「戦略ロードマップ」策定以降、経産省における研究開発事業に参画してきた事業者から提案された、ナトリウム冷却高速炉 3 概念、軽水冷却高速炉 1 概念、溶融塩高速炉 1 概念の 5 つである。

2.2 開発を優先すべき冷却材

2022 年度には、同委員会にて今後の開発で優先すべき高速炉の冷却材としてナトリウムが最も有望とされ、「戦略ワーキンググループ」に報告・了承された。その理由は以下のとおりである。

2016 年 12 月の「高速炉開発の方針」では、MOX 燃料によるナトリウム冷却炉を念頭に高速炉開発を継続することが掲げられたが、ナトリウム冷却高速炉は「技術の成熟度と必要な研究開発」、「実用化された際の市場性」、「具体的な開発体制構築と国際的な連携体制」、「実用化する際の規制対応」の 4 つの観点から優れていることが改めて確認された。加えて、実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」を経て、民間企業による研究開発が進展し、国際的にも導入が進んでいることも考慮し、今後開発を進める概念として最も有望であることが確認された。

この一方、ナトリウム冷却炉は実用化プロジェクトの空白により、既にサプライチェーンに脆弱性が出ている。こうした状況から、高速炉技術の 2050 年カーボンニュートラルに向けた貢献を見通し、市場の予見性を担保するため、2024 年より実証炉の概念設計を開始すべきであり、また、燃料技術の研究開発計画につい

ては、戦略的柔軟性を持たせつつ、JAEA による実証のための施設整備や国際協力の活用の可能性を含めた検討をすべきであることも指摘された。

軽水冷却高速炉は、本格的な高速炉利用までの繋ぎの技術として、その効果を発揮できる可能性を有している。2024 年以降の技術実証の見通しを得るため、その燃料技術の実現性・許認可性・開発ニーズについて引き続き検討が必要とされた。

熔融塩高速炉は、実現すれば放射性廃棄物の減容・有害度低減とウラン資源の有効利用について高い性能を発揮する可能性を有しているため、大学等の学術機関における研究を含めた基礎・基盤的な研究の継続が望まれる。また、将来に繋がる人材育成が必要であるとされた。

3. 戦略ロードマップの改訂

3.1 具体化された作業計画

今回の改定で、具体化された開発のマイルストーンは以下のとおりである。

- ① 2023 年夏：2024 年から開始する実証炉の概念設計の対象とするナトリウム冷却高速炉を選定
- ② 2024 年度から 2028 年度：実証炉の概念設計と研究開発
- ③ 2026 年頃：燃料技術の具体的な検討
- ④ 2028 年頃：実証炉の基本設計・許認可手続きへの移行判断

これらの開発を進めるに当たっては、我が国での高速炉開発プロジェクト、特に機器製造や建設経験の長期空白によって、既にサプライチェーンに脆弱性が出ていることに留意し、幾つかの産業技術の維持及び再構築が必要になる。そのためには、早期に建設計画を具体化し、高速炉技術が 2050 年カーボンニュートラルの実現及びそれ以降の安定的な持続に向けて貢献できることを見通せるようにしていくことが重要である。

3.2 関係機関の役割分担

国は、エネルギー基本計画、原子力利用に関する基本的考え方等を通じて、将来的な原子力開発の方向性を示すとともに、「戦略ロードマップ」において高速炉研究開発の目標と実用化に向けた工程を提示し、研究開発を先導する役割を担う。これによって、民間による実用化の予見性を高め、サプライチェーンの維持・強化につなげていくことが可能になる。加えて、経産省と文科省の役割分担を適切に行い、高速炉サイクル技術の開発をそれぞれ整合するように進めていく重要な役割がある。

次いで、高速炉の実用化開発を進めていくには、原型炉「もんじゅ」を含む高速炉開発プロジェクトマネージメントに係る反省に立ち、関係者間の調整を能動的に実施しつつ、炉と燃料サイクルの開発を整合させて進めていけるよう、研究開発全体を統括する機能を新たに強化することが必要である。具体的には、今後、JAEA の研究開発力と電力のプロジェクトマネージメント能力を結集した開発の司令塔機能、規模、組織形態等を特定していくことを検討していくこととされた。

JAEA には、高速炉サイクル技術の多くが蓄積されており、「常陽」、「大型ナトリウム試験施設」、「燃料サイクル試験施設」等の高速炉サイクルに特有の施設を保有しており、これらを有効に活用していくことが不可欠である。実証炉の実現に向けて、これまで JAEA が中心になって担ってきた研究開発（炉心燃料開発、シビアアクシデント対策を含めた安全技術、関連する燃料サイクル技術等）を行うとともに、開発支援を含む民間への技術移転を進めていくことが必要とされた。燃料サイクル技術は、研究開発のために大量のプルトニウムを扱い、ホット試験が必要となる等、民間が主体的に開発を進めるにはハードルが大きいことから、当面は、軽水炉の燃料サイクルとの共通技術を含めて、JAEA がステークホルダーとの連携を図りつつ開発の中心的役割を果たしていく必要があるとされた。

電力は、高速炉の将来的なユーザとして高速炉開発の方向性やその仕様について意見を述べつつ、軽水炉の建設・運転・保守、地元との共生の豊富な経験や、東京電力福島第一原子力発電所事故後の新規規制基準の対応等を、高速炉の開発において活用することが、社会実装のために重要である。「高速炉開発会議」、その下の「戦略ワーキンググループ」等、国が主導する開発プロジェクトに主体的に参画するとともに、軽水炉の経験を通じて培われたプロジェクトマネージメント能力を活かし、新たな開発の司令塔組織に、人材・ノ

ウハウ等の提供を積極的に行うこととされた。

メーカについては、多様な技術間競争の結果、高速炉の設計と必要な技術開発の中核を担うメーカを中核企業として選定し、国が掲げる政策の方向性や開発目標に応じた技術開発を推進する。この中核企業は、これまでの高速炉開発の基盤を結集して、高速炉の開発を進め、高速炉の設計作業を行って結果を取りまとめるとともに、プラント構成機器の設計具体化や性能評価のための技術開発を実施する。その設計には、自らが実施する技術開発と JAEA が実施する研究開発の成果を結集させる。同時に、「もんじゅ」を最後に、実機建設の機会が途絶えてしまっていることを念頭に、国際協力を活用しつつ、プラント構成機器や部材調達のためのサプライチェーンの維持・発展に努めることとされた。

4. 2024 年以降の進め方

4.1. 実証炉開発

我が国のエネルギー基本計画（2021 年 10 月閣議決定）では、「民間の創意工夫や知恵を活かしながら、国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進」とされており、戦略ロードマップにより、高速炉実証炉に適用できる技術基盤の整備を進めるとともに、概念設計を進めることとされている。このため、経産省は 2023 年度から、高速炉実証炉開発事業に 76 億円（国庫債務負担含めた総額 460 億円）を予算案として計上した[4]。

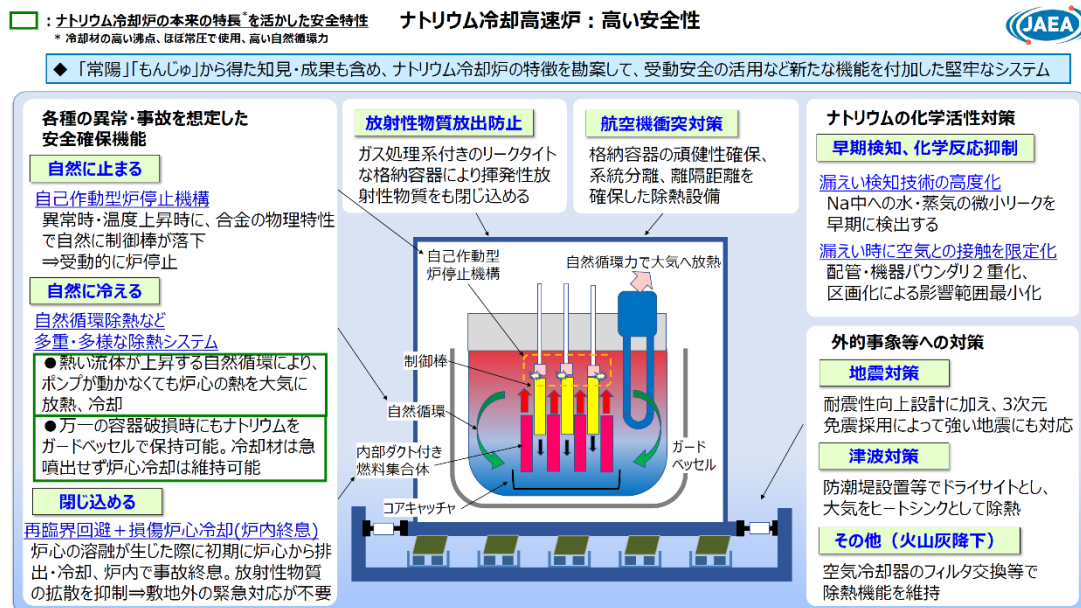
そこでは、国内の高速炉開発の技術基盤を維持するために、高速炉の共通課題に向けた基盤整備と安全性向上に関わる要素技術開発を拡充し、将来の高速炉で重要となる枢要技術の確立と民間企業の開発を支える試験研究施設の整備を進めていく。また、将来の核燃料サイクルの検討に資するデータ整備の充実化を行うとともに、日米・日仏の高速炉協力を活用し、試験データ等に係る知見を充実化することで基盤整備の効率化を目指す。2023 年度では、戦略ロードマップにおける技術絞り込みと概念設計に必要となる R&D を行い、国内メーカの技術基盤を維持しつつ、2024 年度から概念設計へと進むことを目指すとしている。

4.2. 実用化に必要な研究開発と基盤整備

経産省の総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会・革新炉ワーキンググループや、高速炉開発会議 戦略ワーキンググループにおいて、高速炉を含む次世代革新炉の開発に係る方向性の検討が進められる中で、JAEA に対して研究開発基盤に係る中核的な役割が求められていることを踏まえ、文科省は、今後の次世代革新炉の開発に必要な研究開発項目及び基盤インフラの整備などの課題について、研究開発用原子炉、燃料製造及びバックエンド対策等の観点から、専門的・技術的に検討し、課題整理を行うため、学識経験者による「次世代革新炉の開発に必要な研究開発基盤の整備に関する検討会」[5]を 2022 年 10 月に設置した。

そこでは、高速炉サイクルの実用化に必要な研究開発と基盤整備について、開発目標としている①安全性向上、②経済性向上、③環境負荷低減性、④資源有効利用性、⑤核拡散抵抗性、⑥柔軟性の区分毎に、必要となる研究開発項目を摘出するとともに、これらを実用化していくまでに必要な試験施設や解析コードの整備等が検討されている。

例えば、安全性向上については、下図に示すように、第 4 世代原子炉に求められる受動的安全性と、シビアアクシデント時の影響を原子炉容器内に閉じ込め、格納容器の健全性への脅威をならないようにして、周辺住民の緊急退避を不要とできる概念の実現を目指している。



令和4年11月22日 第4回次世代革新炉の開発に必要な研究開発基盤の整備に関する検討会 資料2

5. おわりに

ロシアによるウクライナ侵攻によるエネルギー安全保障に対する認識の高まりと、2050年のカーボンニュートラル実現に向けて政府が推進するグリーントランスフォーメーション(GX)の活動を踏まえ、高速炉サイクル実用化の取り組みを着実に進めていくことが、現世代の関係者に課せられた大きな使命である。今回の戦略ロードマップで設定されたマイルストーンを遅滞なくクリアしつつ、高速炉技術のサプライチェーンを維持・発展させて、まずは、実証炉と燃料サイクルの実証施設の運転開始に結び付けていくことが望まれる。

参考文献

- [1] 第17回 高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ：2022年7月29日
- [2] 第18回 高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ：2022年9月13日
- [3] 戦略ロードマップ：2022年12月23日原子力関係閣僚会議
- [4] 令和5年度経済産業省関連予算案等の概要：2022年12月23日
- [5] 第4回 次世代革新炉の開発に必要な研究開発基盤の整備に関する検討会：2022年11月22日