

「常陽」 設置変更許可申請書の 使用済燃料の処分の方法に係る記載について

令和4年9月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

第448回核燃料施設等の新規規制基準適合性に係る審査会合(2022年6月27日)でのコメント

設置変更許可申請書の記載においては、一定程度の実現可能性を確認することになるので、国内で再処理を行うことが現時点で計画されていない場合は、将来の必要な時期に変更することも選択肢として、今回の設置変更許可申請の記載について検討すること。



我が国においては、高速炉開発の方針、戦略ロードマップ、第6次エネルギー基本計画など、核燃料サイクル推進を堅持する方針である。また、2050年カーボンニュートラルへの貢献等の観点から、実証炉の概念設計、導入に向けたロードマップがより具体化されつつある。

(参考資料1、参考資料2)

JAEAには、核燃料サイクル開発の中心的役割を担うことが期待されており、再処理を含む高速炉サイクル開発の研究開発を着実に推進していく。このため、処分の方法については、現行の記載を踏襲させて頂きたい。

設置変更許可申請書「使用済燃料の処分」の申請書変更案

現申請	変更案(下線部)
<p>使用済燃料については、国内又は我が国が原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国において再処理を行うこととする。</p> <p>海外再処理を行うに際しては、政府の確認を受けることとする。海外再処理によって得られるプルトニウム及び濃縮ウランは国内に持ち帰ることとし、また再処理によって得られるプルトニウム、若しくは濃縮ウランを海外に移転しようとするときは、政府の承認を受けることとする。</p>	<p>使用済燃料については、国内又は^①我が国が原子力の平和利用に関する協力のための協定を締結している国において再処理を行うこととし、<u>再処理のために引き渡されるまでの間、高速実験炉原子炉施設の使用済燃料貯蔵施設にて使用済燃料を適切に貯蔵・管理する^②。</u></p> <p>海外再処理を行うに際しては、政府の確認を受けることとする。海外再処理によって得られるプルトニウム及び濃縮ウランは、国内に持ち帰る<u>又は海外に移転する^③</u>。また再処理によって得られるプルトニウム、若しくは濃縮ウランを海外に移転しようとするときは、政府の承認を受けることとする。</p>

① 国内再処理については現記載を踏襲(変更なし)

② 実用発電炉やHTTR、STACY等の設置変更許可申請書の記載等を参考とし、再処理までの間使用済燃料を適切に貯蔵・管理することを追記

③ 文章の適正化

参考資料 1

国的高速炉・核燃料サイクル政策と最近の動きについて

「戦略ロードマップ」(2018年12月21日原子力関係閣僚会議決定)

「高速炉開発の方針」(2016年12月)に基づき、研究開発政策の在り方やプレイヤーの役割を定めた「戦略ロードマップ」を策定し、開発を推進中。

<スケジュール>

- “高速炉の本格的利用が期待されるタイミングは21世紀後半のいずれかのタイミング”
- “例えば21世紀半ばの適切なタイミングにおいて、技術成熟度、ファイナンス、運転経験等の観点から現実的なスケールの高速炉が運転開始されることが期待”

<開発の進め方>

【ステップ1：競争の促進】

“当面5年間程度は、これまで培った技術・人材を最大限活用し、民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進する。”

【ステップ2：2024年以降に採用する可能性のある技術の絞り込み・重点化】

【ステップ3：今後の開発課題及び工程についての検討】

2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021年6月決定)

④原子力産業の

成長戦略「工程表」

- 導入フェーズ：**1. 開発フェーズ** → **2. 実証フェーズ** → **3. 導入拡大・コスト低減フェーズ** → **4. 自立商用フェーズ**

- 具体化するべき政策手法：①目標、②法制度(規制改革等)、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
高速炉	○戦略ロードマップに基づく開発 ステップ1 ・民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進 ・国際協力を活用した効率的な開発 ・日仏協力(安全性・経済性の向上)・日米協力(多目的試験炉等)			ステップ2 ・国、JAEA、ユーザーがメーカーの協力を得て技術を絞り込み(常陸等の施設を活用)		一定の技術が 選択される場合	ステップ3 ・工程の具体化	例えば21世紀半ば頃の適切なタイミングに、現実的なスケールの高速炉の運転開始を期待

第6次エネルギー基本計画(2021年10月決定)

我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本の方針としている。

【高速炉】

「高速炉開発の方針」及び「戦略ロードマップ」の下、米国や仏国等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組む。

【使用済MOX燃料の処理・処分】

使用済MOX燃料の発生状況とその保管状況、再処理技術の動向、関係自治体の意向などを踏まえながら、引き続き2030年代後半の技術確立を目途に研究開発に取り組みつつ、検討を進める。

「戦略ロードマップ」改訂の方向性（案） （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）

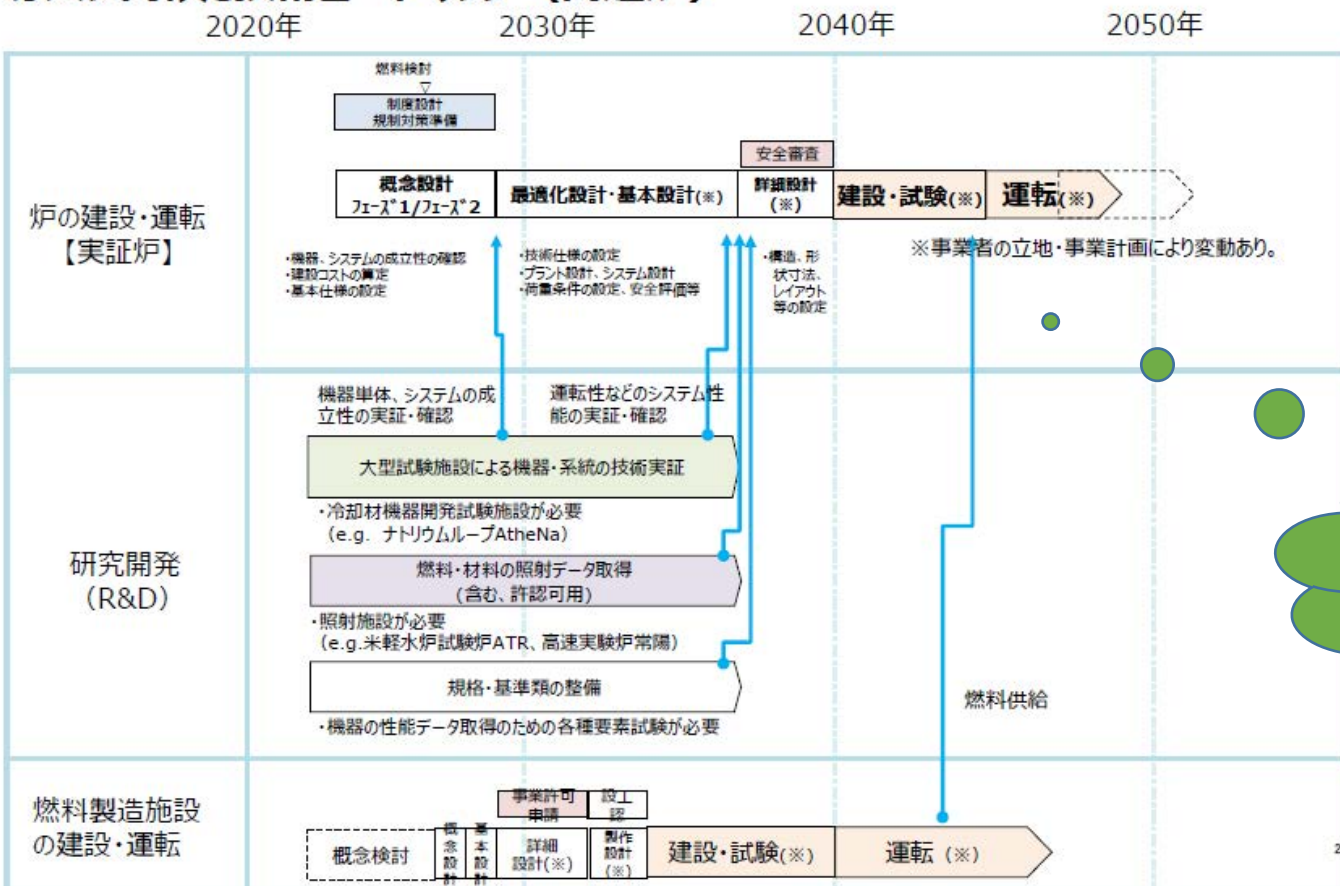
「戦略ロードマップ」改訂の方向性（案）より

2024年以降の開発のあり方について具体的な開発マイルストーンを設定し、関係者の役割をより明確にするため「戦略ロードマップ」を改訂することとしたい。

- 2023年夏：** 2024年以降の概念設計の対象となる炉概念の仕様を選定
- 2024年度～2028年度：** 実証炉の概念設計・必要な研究開発
- 2026年頃：** 採用する燃料技術の具体化
- 2028年頃：** 炉の概念設計の結果と制度整備の状況等に基づき、実証炉の基本設計・許認可の開始への移行判断

カーボンニュートラルやエネルギー安全保障の実現に向けた革新炉開発の技術ロードマップ（骨子案）

導入に向けた技術ロードマップ（高速炉）



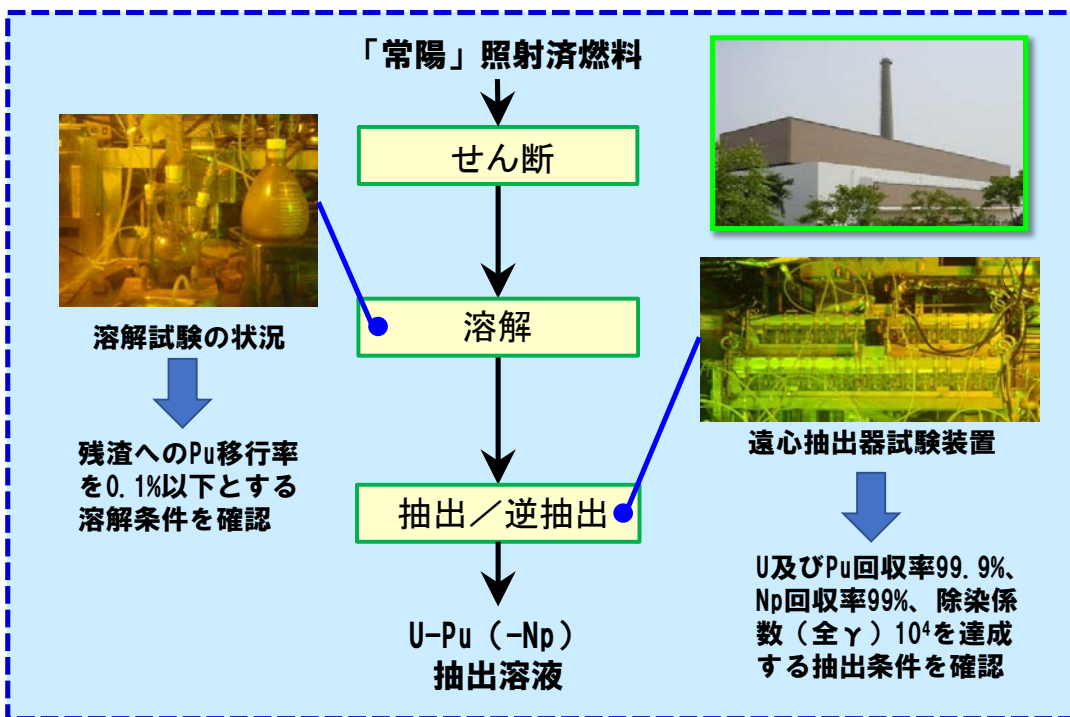
第29回 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会
(2022年8月9日)

高速炉の技術ロードマップでは、2040年代半ばに実証炉の運転開始

参考資料 2

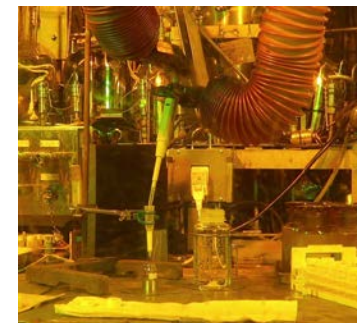
高速炉燃料再処理の研究開発の状況と方向性

- これまでCPFで実施してきた「常陽」使用済燃料を用いた小規模の再処理プロセス試験等により、既に、高速炉燃料再処理の技術的な成立性見通しを得ている。
- 高速増殖炉サイクル実用化研究開発（FaCT）及びそれ以降の研究開発において、経済性向上や放射性廃棄物の減容化・有害度低減に向けたマイナーアクチノイド（MA）の分離・回収に向けた開発を進めている。

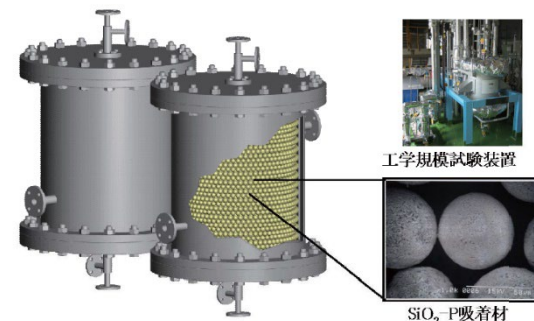


「常陽」照射済燃料を使用したCPFでの再処理試験^[1]

[1] N. Masaumi, et al., "Uranium, Plutonium and Neptunium Co-recovery with Irradiated Fast Reactor MOX Fuel by Single Cycle Extraction Process", Atalante 2008: Nuclear fuel cycle for a sustainable future, France (2008)



MA分離回収ホット試験の実施状況



MA分離回収用抽出クロマトグラフィー機器概要図

- 戦略ロードマップにおいては、
 - ・ 我が国が核燃料サイクルの意義として、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化、潜在的有害度の低減の3点の意義を掲げ、高速炉開発を推進してきたこと
 - ・ 21世紀半ば頃の適切なタイミングにおいて、現実的なスケールの高速炉が運転開始されることが期待されること、
 - ・ 高速炉の意義を実現するためには再処理技術を伴う必要があることが示されている。

- 直近の戦略ワーキンググループ会合（9/13）では、2028年頃に実証炉の基本設計・許認可の開始への移行判断を行うことが提言されている。また、燃料サイクル技術開発の中心的役割を原子力機構が果たすことが期待されている。

- MA分離・回収を含む高速炉燃料再処理を実用化するためには、実際の使用済燃料を使用した小規模試験、コールドやウラン（未照射）溶液を用いた工学規模試験に加え、使用済燃料を用いた工学規模試験（実証試験）が不可欠であると考えられる。この実証試験には「常陽」使用済燃料を適用することが合理的であると考えられる。

- 高速炉燃料の再処理技術や、高速炉を利用したMAの分離変換システムの実用化を目指した開発の中で、「常陽」使用済燃料の国内再処理は重要な研究開発オプションであり、これまでの工程技术開発の成果を踏まえて、この実現性はあると評価している。

資料 1

高速炉の多様な技術間競争を踏まえた 2024 年以降の高速炉開発の在り方

2022 年 9 月 13 日
高速炉技術評価委員会

2018 年 12 月に決定された高速炉の「戦略ロードマップ」に基づき、2023 年末には多様な技術間競争（ステップ 1）を踏まえた技術のメリット・課題の検討・評価を行い、2024 年以降の高速炉開発の在り方を決定していくため、戦略ワーキンググループの下、高速炉技術評価委員会（以下、本委員会）が設置された。【別添 1：高速炉技術評価委員会の設置について】

多様な技術間競争（ステップ 1）を踏まえた各技術のメリット・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、その方針案について以下のように報告を行う。

1. 高速炉の多様な技術間競争を踏まえた評価結果

戦略ロードマップ策定以降、資源エネルギー庁における研究開発事業に参画してきた事業者に対し、本委員会での技術評価に向けて、高速炉概念の提案を求めたところ、ナトリウム冷却高速炉 3 概念、軽水冷却高速炉 1 概念、熔融塩高速炉 1 概念について提案があった。【別添 2：高速炉概念提案事業者一覧】

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 つの評価軸に沿って、各技術の評価を実施したところ、以下の通り：

【ナトリウム冷却高速炉】

- プラントの重要要素技術については技術成熟度が高く（TRL6 以上が 7 割）、これまで「常陽」「もんじゅ」の設計・建設・運転・保守等で蓄積されてきた国内技術・知財の有効活用が可能である。
2024 年からの概念設計開始が可能な見通し。
- 放射性廃棄物の減容・有害度低減に資するマイナーアクチノイド含有燃料を含めた燃料サイクル技術については、プラント技術と比較して実用化に向けて課題があり、研究開発計画については、日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）による実証のための施設整備や国際協力の活用可能性を含めた検討が必要。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、1F 事故）の教訓を踏まえた受動的安全性等の新たな安全メカニズムと、市場ニーズに応じた経済性を備えた上で、高速炉開発の目的である放射性廃棄物の減容・有害度低減やウラン資源の有効利用が可能な見通しである。市場ニーズに応じて、小型から大型（電気出力 15 万～100 万 kW）と幅広い出力の展開が可能であり、再生可能エネルギーとの共存のための負荷追従運転への対応や蓄熱システム等によるエネルギーシステムとしての柔軟性確保の可能性がある。
- これまでの国内における開発体制をベースとした実用化に向けた開発体制の提案がなされており、また、国外でも実用化に向けて実証プロジェクトが進展しており、米仏等との国際連携を構築できる可

能性を有している。他方、国内における長期間のプロジェクト不在により、一部部材のサプライチェーンに脆弱性が見られる。また、燃料サイクル技術を始め、将来に繋がる技術・人材基盤の整備が必要。

【軽水冷却高速炉】

- 炉心設計、燃料に関しては技術成熟度が低い（TRL3～5）が、既設軽水炉のシステム技術を参考にてできるメリットを有する。従来軽水炉と異なる安全確保対策等の課題解決の見通しが得られれば、2024 年からの概念設計開始は可能な見通し。
- 放射性廃棄物の減容・有害度低減やウラン資源の有効利用について、ナトリウム冷却高速炉並みの性能は期待できないものの、本格的な高速炉利用に先立ち、プルサーマルの代わりに国内の既設軽水炉に導入することにより再処理工場での処理量や使用済燃料の蓄積量等を一定程度低減できる可能性がある。但し、海外における市場ニーズは低いと考えられる。
- 本格的な高速炉利用に先立つ軽水炉で本技術を実装することに関するコストベネフィット分析に加え、燃料に一部のマイナーアクチノイド（アメリシウム）を含有し、燃焼させる技術については、課題も多く、その開発の必要性について検討が必要。
- 従来軽水炉と異なる点として、プルトニウム高富化度燃料を使用することによる、炉心損傷時の再臨界性とその対策の検討が必要。

【熔融塩高速炉】

- 国内建設経験がなく、国内事業者を主とした開発体制に基づく技術成熟度の評価ではなく、海外事業者の見通し等に基づく技術成熟度の評価がなされている。資源エネルギー庁の研究開発事業においては基盤技術開発の位置付けが進められ、主要な基盤技術開発項目が整理されている。概念設計に至るためには、基盤技術開発を継続し、将来に繋がる人材育成が必要。
- 安全性に加えて経済性、放射性廃棄物の減容・有害度低減やウラン資源の有効利用を含めた実用化された際の市場性について、現時点での定量的な評価は困難であるが、原理的には高い性能を発揮できる可能性がある。

2. 2024 年以降の高速炉開発の在り方について

(1) 開発を優先すべき冷却材

- 高速炉は、核燃料サイクルによって期待される高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減の効果、中長期的には資源の有効利用の効果をより高めるものであり、昨今のウクライナ情勢で燃料の安定供給に係る地政学リスクが顕在化していることに鑑みれば、エネルギー安全保障の確保にも貢献する。また、カーボンニュートラルへの貢献はもちろん、1F 事故を踏まえた新たな安全メカニズムや核拡散抵抗性、市場に応じた経済性・柔軟性が期待される。
- 2016 年 12 月に決定された「高速炉開発の方針」においては 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おり、今後開発を進める概念として最も有望である。

- しながら、ナトリウム冷却炉は長期の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。こうした状況を鑑みれば、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。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を含めた検討をすべき。
- 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である。
- 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。

(2) 2023年に更に検討すべき事項

- ナトリウム冷却高速炉に関しては、2024年より実証炉の概念設計を開始すべく、2023年に代表概念選定に向けて各炉型の評価を行う。そのため、特に下記の検討の実施を期待する。
 - 概念設計にむけた技術仕様の具体化
 - 代表的な条件・事象に関して、具体的なプラントの成立性評価、安全評価の実施
 - ボトルネックとなる要素技術の成立性見直しについて整理
 - 開発計画の具体化・必要予算の推計
 - プロジェクトマネジメント、国内サプライチェーンの維持・発展に向けた実施体制の構築
 - 規制対応に関する戦略の検討
- 軽水冷却高速炉に関しては、2024年以降の技術実証の見通しを得るため、2023年に向けてその燃料技術の実現性・許認可性・開発ニーズについては検討の実施を期待する。
- 熔融塩高速炉に関しては、2023年に向けて大学等の学術機関における研究を含めた基礎・基盤的な研究を継続し、将来に繋がる基盤技術・人材育成に関する戦略の検討の実施を期待する。

以上

1. 改訂の目的

現行の「戦略ロードマップ」(平成30年12月21日原子力関係閣僚会議決定)では、2023年末まで多様な技術間競争を促進し、競争の結果によって、2024年以降に採用する可能性のある技術の絞り込みを行うこととされている。この方針に基づき、多様な技術間競争として、高速炉開発に関わる研究開発や実現可能性調査を複数の事業において実施してきたところであり、その成果を戦略ワーキンググループの下に設置された「高速炉技術評価委員会」において評価した。

この結果に基づき、高速炉の開発目標と開発を優先すべき冷却材・炉型の在り方等をより具体化しつつ、2024年以降の開発のあり方について具体的な開発マイルストーンを設定し、関係者の役割をより明確にするために「戦略ロードマップ」を改訂することとしたい。

2. 改訂の方向性

2.1. 高速炉技術評価委員会における評価

経済産業省が実施してきた「高速炉に係る共通基盤のための技術開発委託事業」及び「社会的要請に応える革新的な原子力技術開発事業」における成果を対象に、技術提案を求めたところ、ナトリウム冷却高速炉3概念、軽水冷却高速炉1概念、熔融塩高速炉1概念の提案があった。これらについて、高速炉技術評価委員会において評価を行い、まず開発を優先すべき冷却材について結論を取りまとめた。各冷却材における評価については以下の通り。

【開発を優先すべき冷却材】

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等の観点から優れており、今後開発を進める概念として最も有望との評価。

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は有しているが、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。

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、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おり、基礎・基盤的な研究の継続や将来に繋がる人材育成が望まれる。

2.2. 今後の開発の作業計画

国内外における軽水炉や原型炉「もんじゅ」の建設経験に基づけば、基本設計・許認可フェーズに10年程度、詳細設計・建設フェーズに10年程度を要している。さらには、燃料供給に向けて、炉に先行して燃料製造施設が運転を開始している必要があることを踏まえれば、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、研究開発を効率的に実施していくためには、2030年頃までを目途に概念を固める必要があるのではないか。

このような工程も踏まえ、今後の高速炉の研究開発では、研究開発のリソースを有効に活用するために技術の絞り込みを段階的に行いつつ、実証炉の基本設計・許認可の開始に繋げることができるよう、以下のマイルストーンを設定する必要があるのではないか。

2023年夏: 2024年以降の概念設計の対象となる炉概念の仕様を選定

2024年度~2028年度: 実証炉の概念設計・必要な研究開発

2026年頃: 採用する燃料技術の具体化

2028年頃: 炉の概念設計の結果と制度整備の状況等に基づき、実証炉の基本設計・許認可の開始への移行判断

2.3. 各プレイヤーの役割・開発体制

実証炉の開発工程の具体化を進めるにあたっては、関係者間での体制構築に向けた認識の共通化に加え、社会から当該技術が受容されるための説明責任を果たし、立地対策や規制対応についても具体的な対応の検討が必要である。また、適切な事業運営体制が構築されることが必須であり、国や日本原子力研究開発機構(JAEA)等各プレイヤーの役割・開発体制について、以下のような観点で改めて明確化する必要があるのではないか。

① 国

- 将来的な開発の方向性を明確にし、研究開発を先導。
- 必要な予算の確保
- 建設を可能とする制度設計
- 経産省と文科省の役割分担

② 開発の司令塔組織

- 研究開発全体を統括する機能の構築: JAEAの研究開発能力と電力のプロマネ能力を結集した司令塔機能が必要。
- 革新炉WGでの議論も踏まえ、司令塔組織の機能、規模、組織形態等を今後具体化。

③ JAEA

- 高速炉特有の開発基盤の維持・整備・提供、人材育成
- これまで担ってきた研究開発の推進(炉心燃料、安全解析技術、等)と、民間への技術移転
- 燃料サイクル技術開発の中心的役割
- シーズ型研究、医療用ラジオアイソトープ(RI)製造等の社会ニーズに対応した研究

④ 電気事業者

- 将来的なユーザーとして開発の方向性やその仕様について意見
- 軽水炉の建設・運転・保守、地元との共生に係る経験の提供
- 国が主導する開発プロジェクトへの主体的な参画
- プロジェクトマネジメント経験を活かし、司令塔組織への人材・ノウハウ等の提供

⑤ メーカー

- 選定される高速炉の設計と必要な技術開発の中核を担うメーカーを選定
- 中核企業は以下の役割も担う
- 国内サプライヤーの結集、サプライチェーンの維持・発展
- 高速炉開発を通じたイノベーションの実現