

## 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の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熟度が低い（TRL3～5）が、既設軽水炉のシステム技術を参考に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で進められ、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。

- しかしながら、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の可能性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通しについて整理
  - 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

## 高速炉技術評価委員会の設置について

令和 4 年 7 月 29 日  
戦略ワーキンググループ

### 1. 背景・目的

- (1) 2018 年 12 月に高速炉の「戦略ロードマップ」が決定され、当面 5 年は多様な技術間競争（ステップ 1）の末、2024 年以降に採用する可能性のある技術の絞込みを、国、原子力機構、電気事業者が実施するとした（ステップ 2）。
- (2) 2024 年以降の高速炉開発の在り方を決定していくためにも、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・課題を検討・評価を行っていくことが必要。
- (3) 2022 年度内に経済産業省内に高速炉技術評価委員会（以下、本委員会）を設置し、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、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、本年中に戦略ワーキンググループに報告を行う。

### 2. 構成等

有識者

オブザーバー：国、電力事業者、原子力機構

### 3. 庶務

会議に係る庶務は、経済産業省資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力政策課が行う。

### 4. その他

本委員会は企業機密を扱うため、原則非公開とするが、国の高速炉開発の在り方に関する検討の概要については、戦略ワーキンググループに報告・公表する。

## 高速炉技術評価委員会委員名簿

(五十音順、敬称略)

### 委員長

山口 彰 公益財団法人原子力安全研究協会理事

### 委員

浅沼 徳子 東海大学 工学部応用化学科 准教授  
石川 顕一 東京大学 大学院工学系研究科原子力国際専攻 教授  
糸井 達哉 東京大学 大学院工学系研究科建築学専攻 准教授  
黒崎 健 京都大学 複合原子力科学研究所 教授  
堺 公明 東海大学 工学部機械工学科 教授  
竹下 健二 東京工業大学 理事副学長特別補佐(特任教授／名誉教授)

### オブザーバー

遠藤 量太 経済産業省資源エネルギー庁原子力政策課長  
貴田 仁郎 経済産業省資源エネルギー庁原子力立地・核燃料サイクル産業課長  
新井 知彦 文部科学省研究開発局原子力課長  
嶋崎 政一 文部科学省研究開発局研究開発戦略官(核燃料サイクル・廃止措置担当)  
劔田 裕史 電気事業連合会 高速増殖炉委員会 委員長  
中熊 哲弘 電気事業連合会 原子力部長  
大島 宏之 日本原子力研究開発機構 理事

高速炉概念提案事業者一覧

三菱 FBR システムズ株式会社

【ナトリウム冷却タンク型高速炉】

三菱重工業株式会社

【安全性・信頼性を高めた小型ナトリウム冷却高速炉(MCR)】

日立 GE ニュークリア・エナジー 株式会社

【革新的小型ナトリウム冷却高速炉(PRISM)】

日立 GE ニュークリア・エナジー 株式会社

【軽水冷却高速炉(RBWR)】

一般社団法人次世代エネルギー研究・開発機構 (BERD)

【熔融塩高速炉システム】

以上