

令和 3 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」
(事後評価・事前評価)

Assessment Report on Research and Development Activities in FY2021
Activity “Research and Development on Fast Reactor and Fuel Cycle Technologies”
(Post- and Pre-review Report)

(編) 小西 賢介 梶木 孝介
(Eds.) Kensuke KONISHI and Kosuke KUNOGI

高速炉・新型炉研究開発部門
Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development

November 2022

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートはクリエイティブ・コモンズ 表示 4.0 国際 ライセンスの下に提供されています。
本レポートの成果（データを含む）に著作権が発生しない場合でも、同ライセンスと同様の
条件で利用してください。（<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>）
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ウェブサイト（<https://www.jaea.go.jp>）
より発信されています。本レポートに関しては下記までお問合せください。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 JAEA イノベーションハブ 研究成果利活用課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>).
Even if the results of this report (including data) are not copyrighted, they must be used under
the same terms and conditions as CC-BY.
For inquiries regarding this report, please contact Institutional Repository and Utilization Section,
JAEA Innovation Hub, Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail: ird-support@jaea.go.jp

令和 3 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」
(事後評価・事前評価)

日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門

(編) 小西 賢介、楳木 孝介

(2022 年 9 月 28 日受理)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定）及びこの大綱的指針を受けて作成された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 29 年 4 月 1 日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 17 年 10 月 1 日制定、令和 2 年 4 月 22 日改正）等に基づき、令和 3 年 8 月 2 日に「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する事後・事前評価を高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会は、原子力機構の第 3 期中長期目標期間（平成 27 年 4 月から令和 4 年 3 月まで）の 7 年間における「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」の取組や成果等に関する聴取・審議を行い、その結果に基づき事後評価を実施した。また、第 4 期中長期目標期間（令和 4 年 4 月から令和 11 年 3 月）における研究開発の取組の方針及び計画の策定状況に関する聴取・審議を行い、その結果に基づき事前評価を実施した。そして、事後評価及び事前評価の結果は、評価理由及び提言・意見を含めて整理された各々の報告書（答申書）にまとめられた。

本報告書は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」に基づき、研究開発評価の評価情報の国民への積極的な発信を目的として発行するものであり、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会の構成、審議経過、評価項目について記載し、同委員会により提出された事後評価及び事前評価の報告書（答申書）を添付した。

本報告書は、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した外部評価の結果を取りまとめたものである。

日本原子力研究開発機構 高速炉・新型炉研究開発部門 戦略・計画室（事務局）
大洗研究所：〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地

Assessment Report on Research and Development Activities in FY2021
Activity “Research and Development on Fast Reactor and Fuel Cycle Technologies”
(Post- and Pre-review Report)

(Eds.) Kensuke KONISHI and Kosuke KUNOGI

Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development
Japan Atomic Energy Agency
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received September 28, 2022)

Japan Atomic Energy Agency (hereafter referred to as “JAEA”) consulted with the “Evaluation Committee of Research and Development Activities for Fast Reactor and Fuel Cycle” (hereinafter referred to as “Committee”), which consists of specialists in the fields of the evaluation subjects of fast reactor cycle technologies, for post-review and pre-review assessment of Research and Development (R&D) activities of fast reactor cycle in accordance with “General Guideline for the Evaluation of Government R&D Activities” by Cabinet Office, Government of Japan, “Guideline for Evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology” and Regulation on Conduct for Evaluation of R&D Activities” by JAEA.

In response to JAEA’s request, the Committee assessed mainly the progress of the R&D project according to guidelines, which addressed the rationale behind the R&D project, the relevance of the project outcome and the efficiency of the project implementation during the period of the current and next plan.

This report is issued for the purpose of actively disseminate evaluation information to the people of Japan (based on General Guideline), which lists the members of the Committee and outlines the assessment items and the review process for procedure of the assessment. The assessment reports which were issued by the Committee is attached.

Keywords: Evaluation Committee, FR, FR Cycle, Fast Reactor

This work was performed based on “General Guideline for Evaluation of Government R&D Activities” by Cabinet Office, Government of Japan, etc.

目 次

1. 概要	1
2. 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会の構成	2
3. 審議経過	4
4. 評価対象	5
5. 評価方法	6
6. 事後評価結果（答申書）	9
7. 事前評価結果（答申書）	49
付録（日本原子力研究開発機構作成資料）	79

Contents

1. Outline	1
2. Members of Evaluation Committee of Research and Development Activities for Fast Reactor and Fuel Cycle	2
3. Review process of assessment	4
4. Activities to be assessed	5
5. Assessment method	6
6. Result of post-assessment (Committee report)	9
7. Result of pre-assessment (Committee report)	49
Appendix (documents prepared by Japan Atomic Energy Agency)	79

This is a blank page.

1. 概要

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定）の下に整備された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 29 年 4 月 1 日文部科学大臣決定）及び原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 17 年 10 月 1 日制定、令和 2 年 4 月 22 日改正）等に基づき、「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する事後・事前評価を、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会は、原子力機構の第 3 期中長期目標期間（平成 27 年 4 月から令和 4 年 3 月まで）の 7 年間における「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」の取組や成果等に関する聴取・審議を行い、その結果に基づき事後評価を実施した。また、第 4 期中長期目標期間（令和 4 年 4 月から令和 11 年 3 月）における研究開発の取組の方針及び計画の策定状況に関する聴取・審議を行い、その結果に基づき事前評価を実施した。そして、事後評価及び事前評価の結果は、評価理由及び提言・意見を含めて整理された各々の報告書（答申書）にまとめられた。

本報告書の第 2 章には、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会の委員構成を示した。第 3 章には、委員会等の開催日時、議題について記載し、諮問から答申に至る審議経過を示した。第 4 章、第 5 章には、事後評価及び事前評価の評価対象と評価方法を各々示した。第 6 章、第 7 章には、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会から提出された報告書を掲載した。

なお、原子力機構が作成し提示した文書や資料（諮問書、事後・事前評価に供した資料及び事後・事前評価において委員会から示された提言に対する原子力機構の措置）は、一括して付録にまとめた。

2. 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会の構成

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会は、前身の高速炉サイクル研究開発・評価委員会（平成 26 年度から令和元年度まで設置）を引き継ぎ令和 2 年度に設置されたものであり、令和 4 年 3 月末現在、表 1 に示す 11 名により構成される。

委員会の下には、「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」（「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」の一部として含まれる分野）について詳細な内容等を討議するための分離変換技術研究専門部会（以下「専門部会」という。）を設置（原子力科学研究部門原子力基礎工学研究センターが所掌する原子力基礎工学研究・評価委員会との間で合同設置）している。委員のうち 3 名は専門部会の専門委員を兼務している。

表 1 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会委員（委員長除き、氏名は五十音順）

氏 名	区分	所 属 ・ 職 位
竹下 健二※	委員長	国立大学法人東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 所長（教授）
黒崎 健※	委員	国立大学法人京都大学 複合原子力科学研究所 教授
越塚 誠一	委員	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授
後藤 正治	委員	東京電力ホールディングス株式会社 原子力設備管理部 部長・スペシャリスト
鈴木 達也※	委員	国立大学法人長岡技術科学大学 大学院工学研究科原子力システム安全工学専攻 教授
塚田 毅志	委員	日本原燃株式会社 技術本部 エンジニアリングセンター 技術開発研究所 所長
西 義久	委員	一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター リスク評価研究チーム チームリーダー 研究参事
福元 謙一	委員	国立大学法人福井大学附属国際原子力工学研究所 副所長・教授
向 和歌奈	委員	亜細亜大学 国際関係学部 国際関係学科 准教授
村上 朋子	委員	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット 原子力グループマネージャ
山本 章夫	委員	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 大学院工学研究科 総合エネルギー工学専攻 教授

※分離変換技術研究専門部会の専門委員を兼務

3. 審議経過

(1) 諮問：令和3年8月2日

(2) 委員会及び専門部会の開催

① 第2回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会

令和3年9月30日（木） オンライン開催

議題：第4期中長期計画の策定に向けた事前評価（第1回）－研究開発の取組の基本方針案に関する事前評価－

- 1) 今年度の研究開発・評価委員会の進め方について
- 2) 第4期中長期目標期間における原子力機構の研究開発の取組の基本方針案
- 3) 研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する取組の基本方針案

② 第8回分離変換技術研究専門部会

令和3年11月22日（月） オンライン開催

議題：第3期中長期目標期間の「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」の実績・成果に対する事後評価

③ 第3回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会

令和3年12月14日（火） オンライン開催

議題1：第3期中長期目標期間の「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」の実績・成果に関する事後評価

- 1) 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と研究開発の成果の最大化を目指した国際的な戦略立案
- 2) 使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発

議題2：第4期中長期計画の策定に向けた事前評価（第2回）－研究開発計画案に関する事前評価－

(3) 答申：令和4年2月1日

4. 評価対象

4.1 事後評価の対象

事後評価は、第 3 期中長期計画の研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」として以下の各項目を評価の対象とし、平成 27～令和 3 年度の 7 年間を評価の対象期間とした。

- (1) 「高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と研究開発の成果の最大化を目指した国際的な戦略立案」
- (2) 「核燃料サイクルに係る再処理、燃料製造及び放射性廃棄物の処理処分に関する研究開発等」のうち、「再処理技術開発（ガラス固化技術を除く）」、「MOX 燃料製造技術開発」及び「放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発（ADS を除く）」

4.2 事前評価の対象

事前評価（第 1 回）では、第 4 期中長期目標期間における研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する取組の基本方針案を原子力機構から委員会に提示し、この基本方針案を対象として、その妥当性に関する委員の御意見を取得した。

事前評価（第 2 回）では、第 1 回で取得した委員の御意見を踏まえて原子力機構が検討し具体化した第 4 期中長期計画案を評価対象とした。この評価対象とした第 4 期中長期計画案は、国立研究開発法人審議会日本原子力研究開発機構部会（第 28 回）（令和 3 年 11 月 26 日、文部科学省・経済産業省合同開催）において示された第 4 期中長期目標案との整合を取ったものである。

5. 評価方法

5.1 事後評価

5.1.1 事後評価における評価の観点

事後評価における評価の観点は、原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」に基づき以下の12項目とした。

- (1) 研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析）
- (2) 当初の研究開発計画の妥当性
- (3) 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度
- (4) 若手研究者の育成・支援への貢献の程度
- (5) 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討
- (6) 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性
- (7) イノベーション創出への取組の妥当性
- (8) 社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）
- (9) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
- (10) 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）
- (11) 新たな原子力システムの構築（研究開発のDX化を含む）への取組の妥当性
- (12) 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）

5.1.2 事後評価における評価区分（基準）

事後評価における評価区分（基準）は、国立研究開発法人の評価における評定区分に準じて、以下のとおりS、A、B、C、Dの5段階区分とした。

- S：** 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待感が認められる。
- A：** 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待感が認められる。
- B：** 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待感が認められ、着実な研究開発運営がなされている。
- C：** 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な研究開

発運営」に向けてより一層の工夫、改善等が期待される。

D：目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な研究開発運営」に向けて抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。

5.2. 事前評価

5.2.1 事前評価における評価の観点

事前評価における評価の観点は、原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」に基づき以下の11項目とした。

- (1) 研究開発課題の選定の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）
- (2) 方向性・目的・目標等の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）
- (3) 研究開発の進め方の妥当性
- (4) 研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性
- (5) 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性
- (6) イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性
- (7) 社会実装に向けた取組計画の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）
- (8) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
- (9) 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）
- (10) 新たな原子力システムの構築（研究開発のデジタルトランスフォーメーション（DX）化を含む）の可能性
- (11) 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）

5.2.2 事前評価における評価区分

事前評価における評価区分は「妥当」あるいは「要改善」とした。

5.3 評価結果の取りまとめ方法

事後評価を1つ目の議題とし、第4期中長期計画案に係る事前評価を2つ目の議題とした第3回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会が令和3年12月14日に開催された。事後評価においては、原子力機構側から事後評価の対象となる研究開発の取組み実績及び成果並びにそれらについての自己評価等を説明し、討議を行って頂いた。事前評価においては、原子力機構側から事前評価の対象となる第4期中長期計画案及び想定する取組内容並びにそれらについての自己評価等を説明し、討議を行って頂いた。委員会の場では、委員のみによるクローズドセッションが設けられ、委員会としての総評（提言）が取りまとめられた。

同委員会において討議された内容に基づく各委員の評価とその評価理由・御意見は、各委員に評価シート（事後評価用と事前評価用の２種類）に記入し提出して頂くことで集約した。

集約された評価シートに基づき、委員会の総意としての評価結果が取りまとめられ、これに対する委員全員による最終的な合意確認は書面審議により行われた。

以上により取りまとめられた評価結果は、２編（事後評価及び事前評価）の答申書として完成され、令和４年２月１日、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会委員長から原子力機構高速炉・新型炉研究開発部門長宛て提出された。

6. 事後評価結果（答申書）

以降に、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会から提出された事後評価に係る答申書を掲載する。

This is a blank page.

令和4年2月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門
部門長 大島 宏之 殿

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会
委員長 竹下 健二 (公印省略)

研究開発課題の事後評価の結果について (答申)

当委員会に諮問(令03原機(炉)016)のあった下記の研究開発課題の事後評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」

以上

This is a blank page.

別紙

第3期中長期計画における
研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する事後評価

(評価報告書)

令和4年1月

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会

This is a blank page.

目次

1. はじめに	17
2. 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会委員名簿	18
3. 評価の対象	19
4. 評価の方法	19
4.1 評価の観点	19
4.2 評価区分（基準）	19
4.3 評価の取りまとめ方法	20
5. 事後評価結果	21
5.1 研究開発項目別評価結果	21
(1) 「高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と研究開発の成果の最大化を目指した国際的な戦略立案」（炉システム研究開発分野）	21
(2) 「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」（核燃料サイクル研究開発分野）	33
5.2 総合評価	42
(別添)	
・ 事後評価結果の総括	45
・ 研究開発項目別評価結果の総括	46

This is a blank page.

1. はじめに

高速炉及び関連する核燃料サイクル技術の研究開発については、「第6次エネルギー基本計画」（令和3年10月22日閣議決定）、「高速炉開発の方針」（平成28年12月原子力関係閣僚会議決定）等において、従来のウラン資源の有効利用のみならず、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減や核不拡散関連技術向上等の役割を期待されている。また、持続的なエネルギー基盤・成長基盤の構築並びに2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、原子力科学技術固有の貢献を果たすことが求められている。このため、原子力機構においては、安全最優先で、国際協力を進めつつ、高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発を実施し、今後の我が国のエネルギー政策の策定と実現に貢献するための取組が行われている。

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会は、第3期中長期計画に基づき原子力機構において進められてきた上記の取組を含む研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」について、事後評価を行うようにとの原子力機構高速炉・新型炉研究開発部門長からの諮問を受けた。これに対応するため、令和3年12月14日に開催した評価委員会では、7年間ある第3期中長期計画の最終年度における評価として、原子力機構から提出された資料に基づき説明を受け、事後評価を実施した。

評価委員会の開催後、11名の委員から提出された評価シートに記載された意見を集約し、これに基づいて本報告書を作成した。高速炉の研究開発については、令和10年頃までの開発作業を特定する「戦略ロードマップ」が平成30年12月に国レベルで決定されており、このロードマップに沿って原子力機構としての役割を果たしていくことが重要である。それとともに、今般の事後評価の結果を、原子力機構が担う「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」を社会のニーズ・情勢に沿って適切な方向に進めるために、役立てて頂けることを期待する。

評価委員会の委員各位には、多忙を極める中で、非常に熱心に評価活動を進めて頂いた。そのご尽力に対して、ここに深甚なる謝意を表する。

令和4年1月26日

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会
委員長 竹下 健二

2. 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会委員名簿

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会による評価は、表 2.1 に示す 11 名の委員で実施した。

表 2.1 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 委員名簿

(委員氏名は五十音順。ただし委員長を除く。)

	氏 名	所属・職位
委員長	たけした けんじ 竹 下 健二	国立大学法人東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 所長（教授）
委員	くろさき けん 黒 崎 健	国立大学法人京都大学 複合原子力科学研究所 教授
委員	こしづか せいいち 越 塚 誠 一	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授
委員	ごとう しょうじ 後 藤 正 治	東京電力ホールディングス株式会社 原子力設備管理部 部長・スペシャリスト
委員	すずき たつや 鈴 木 達也	国立大学法人長岡技術科学大学大学院 工学研究科原子力システム安全工学専攻 教授
委員	つかだ たけし 塚 田 毅 志	日本原燃株式会社 技術本部 エンジニアリングセンター技術開発研究所 所長
委員	にし よしひさ 西 義 久	一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター リスク評価研究チーム チームリーダー 研究参事
委員	ふくもと けんいち 福 元 謙 一	国立大学法人福井大学附属国際原子力工学研究所 副所長・教授
委員	むかい わかな 向 和歌奈	亜細亜大学 国際関係学部 国際関係学科 准教授
委員	むらかみ ともこ 村 上 朋子	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット 原子力グループマネージャ
委員	やまもと あきお 山 本 章夫	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻 教授

3. 評価の対象

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会における事後評価では、第3期中長期計画の研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」として以下の2項目を評価の対象とし、平成27～令和3年度の7年間を事後評価の対象期間とした。

- (1) 「高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と研究開発の成果の最大化を目指した国際的な戦略立案」(炉システム研究開発分野)
- (2) 「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」(核燃料サイクル研究開発分野)

4. 評価の方法

4.1 評価の観点

事後評価における評価の観点は、原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」に基づき以下の12項目とした。(ただし、評価の対象項目(2)に対する評価では、以下のうち⑫を除く11項目とした。)

- ① 研究開発の達成度(成功・不成功の原因の把握・分析)
- ② 当初の研究開発計画の妥当性
- ③ 研究開発成果の効果・効用(アウトカム)の把握・普及の程度
- ④ 若手研究者の育成・支援への貢献の程度
- ⑤ 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討
- ⑥ 国内外他機関(原子力以外の分野を含む)との連携の妥当性
- ⑦ イノベーション創出への取組の妥当性
- ⑧ 社会実装の達成度、取組の妥当性(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む)
- ⑨ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
- ⑩ 研究開発課題／成果の社会的受容性(社会へ及ぼす影響度の想定)
- ⑪ 新たな原子力システムの構築(研究開発のDX化を含む)への取組の妥当性
- ⑫ 人材育成に関する取組の妥当性(原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等)

4.2 評価区分(基準)

事後評価における評価区分(基準)は、国立研究開発法人の評価における評定区分に準じて、以下のとおりS、A、B、C、Dの5段階区分とした。

- S:** 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の最大化」に向けて特に顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待感が認められる。
- A:** 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な研究開発運営の下で、「研究開発成果の

最大化」に向けて顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待感が認められる。

B： 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待感が認められ、着実な研究開発運営がなされている。

C： 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な研究開発運営」に向けてより一層の工夫、改善等が期待される。

D： 目的・目標・計画等に照らし、研究成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な研究開発運営」に向けて抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。

4.3 評価の取りまとめ方法

事後評価を議題とした第 3 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会を令和 3 年 12 月 14 日に開催し、原子力機構から事後評価の対象となる研究開発の取組み実績、成果及びそれらについての自己評価等を聴取し討議を行った。

同委員会において聴取・討議した内容に基づく各委員の評価とその評価理由・意見は、各委員に評価シートに記入し提出して頂くことで集約した。

集約された評価シートに基づき、事後評価結果を取りまとめ、これに対する委員全員の合意確認を書面審議にて実施することにより委員会の総意としての事後評価結果として取りまとめた。事後評価結果を 5 章に記載する。

5. 事後評価結果

5.1 研究開発項目別評価結果

(1) 「高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と研究開発の成果の最大化を目指した国際的な戦略立案」(炉システム研究開発分野)

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：10名、B：1名

①-1 研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析）

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：7名、B：4名

Aとする理由／意見

- 「もんじゅ」の運転再開を中心にした開発、日仏協力、民間ニーズへの対応、カーボンニュートラルへの貢献など、めまぐるしく変化した情勢に対して、臨機応変に研究開発を行ってきたと評価できる。また、こうした情勢変化にも対応できるような基盤的な研究を実施して、大きな成果を挙げている。
- 当初目標に対し、所定の成果が得られている。
- 「常陽」の活用ができなかったこと、期待していた ASTRID 計画が実質上中止になったことなど第 3 期中長期目標期間中に起きた問題点はその経緯を総括しておく必要がある。自己評価にその点は加えてほしい。ASTRID に代わる日仏協力による大型タンク型炉概念の確立、GIF 等の国際協力を活用した成果の最大化、ARKADIA の開発整備・もんじゅ知見の知識ベース化の加速、規格基準類や安全設計基準の国際標準化の取組などは着実に進んでおり、十分に成果は挙げっていると判断する。
- （成功・不成功の原因の把握・分析）とあるが、事実は述べられているが、「原因の把握・分析」も記載してほしい。
- 日仏協力による国内立地可能な大型タンク型炉概念の確立、ARKADIA の開発整備・「もんじゅ」知見の知識ベース化の加速、規格基準類や安全設計基準の国際標準化の取組などにおいて、計画を上回る成果を挙げたことは認められると考える。
- 「もんじゅ」の轍を踏まないようしっかりと対応をとっていただくとともに、「もんじゅ」や「常陽」での規制庁及び各関係団体との対応の経験を元に不成功原因の把握分析を着実にを行い、次期計画にその知見が反映されるようまとめていってください。

Bとする理由／意見

- 「常陽」は運転再開には至らなかったものの、できることは着実に実施している。廃止措置決定後の「もんじゅ」に関してはもっと高く評価してもよいのではないかと個人的に思っている（廃止措置は別部門担当とのことであるが、難しい廃止措置（燃料輸送）を安全かつ着実に実施するために一定の貢献ができたということ。）
- 「常陽」の運転再開がかなわなかったことは、大変残念であるが、相手側のあることで、原子力機構の努力だけでは難しいことは理解している。次の期間内ではぜひとも再稼働に向けて努力してもらいたい。他の事業に関しては、大きな成果を挙げている。
- 成果の水準の高さについては異論ないものの、GIF等の国際協力を活用した成果の最大化や維持規格の国際標準化はもともとの目標に組み込まれていたものであり、「顕著な成果の創出」と言えるかは疑問と考える。
- 安全設計要件の国際標準化など顕著な成果を上げている項目が多いことは評価できる。一方、重要ミッションである「常陽」について運転再開ができなかった点を考慮した。

①-2 令和3年度計画の達成度（見込）

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：9名、B：2名

Aとする理由／意見

- 令和3年度目標に対し、所定の成果が得られている。
- 令和3年度の計画では、新たなことに取り組んでいるようで、たいへん好ましい。
- 第3期計画は「常陽」の稼働を除けば目標の達成はできると判断する。
- 当所見込んでいた「常陽」の新規制基準適合性審査の内、どの程度まで進んだのかも示してほしい。
- 令和3年度計画については、概ね計画どおり進捗していると理解する。これに加え、民間事業者へのサポートによるFBRの技術進展に資したことが評価できると考える。
- 「常陽」の医療用RIの取組などは、原子力機構内のことでしかなく、これから各関係機関との話し合いなどで大きく紆余曲折が出てくるかと思うので、具体的な次期計画立案のステージには達していないと思う。技術的な検討を行ったという点では達成されたとと言える。
- 原子力イノベーションへの貢献もさりながら、基盤技術開発の枠組み強化やARKADIA開発・整備等により、長期的な研究基盤が強化されたことのほうを評価したい。

Bとする理由／意見

- 医療用RIへの取り組みは、将来に向けて期待が大きい。
- 当初計画に沿って、着実に研究開発が進められている。医療用RI製造などについて検

討が進められていることは、今後の成果につながるものとして評価できる。ただし、顕著な成果と言えるものは少ないと思われる。

② 当初の研究開発計画の妥当性

原子力機構の自己評価：B

委員の評価：A：3名、B：7名、C：1名

Aとする理由／意見

- 研究開発計画は妥当である。
- 予期できない点は致し方ないので、当初計画は妥当ではないか。
- 今後再稼働に向けた活動の中で、予期できなかった事案の分析から準備できる十全な準備に対して経験を生かして速やかな対応ができるよう計らっていくことを期待する。

Bとする理由／意見

- 「常陽」の再稼働を除けば、研究開発は計画どおりに順調に進められた。
- 概ね妥当であると考えられるが、やはり「常陽」が再稼働にならなかったことは大変残念である。
- 高速炉の稼働は原子力の将来を左右する重要課題である。「常陽」が稼働できなかったことは大変に残念である。早期稼働に期待する。
- 「常陽」の再稼働に関しては、外的要因もあるので、計画どおりに進捗しないことは仕方がなく、責められるものではないと考えるが、「当初計画の妥当性」という意味では、未達であるのも事実であり、Bが適切かと考える。
- このような状況で「常陽」再稼働を除く他の研究項目を遂行したことは評価されてよいが、当初計画として妥当であったということ以上でもそれ以下でもない。
- 「常陽」の再稼働については達成できておらず、この理由は原子力機構の対応に起因するところが大きいと考えられる。一方、多くの項目については、適切に計画に沿って研究開発が進められた点を考慮した。

Cとする理由／意見

- 結果として「常陽」は今期に運転再開できていないので、当初の研究開発計画は妥当であったとは言えないのではないかと？

③ 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度

原子力機構の自己評価：S

委員の評価：S：3名、A：8名

Sとする理由／意見

- 文部科学大臣賞の受賞は特筆に値する。わかりやすい成果としてもっとアピールしてもいいのではないか？
- 研究成果を、世界の規格や標準化に役立てていることが高く評価できる。
- 自己評価は妥当であり、高く評価される成果と考える。

Aとする理由／意見

- 情勢の目まぐるしい変化という外部の原因があったとは思いますが、高速炉の実用化につながるようなきわめて大きなアウトカムにつながったとまでは言えない。
- 研究開発成果の効果等について、所定の成果が得られている。
- 高速炉の安全研究、過酷事故時の研究は十分にされており評価できる。
- 規格基準や安全設計要件の国際標準化等へ研究成果が着実に反映されている。
- 妥当
- 構造信頼性等にかかる規格基準の策定及び ASME 維持規格への反映は、他分野の技術開発にも貢献し得る顕著な成果であると評価できる。
- ASTRID 協力の成果により、タンク炉概念を構築できたこと、シビアアクシデント研究では EAGLE 実験など有用な実験データを取得したこと、大型設備（AtheNa）の整備と実験を進めたことなど顕著なアウトカムを得ている。

④ 若手研究者の育成・支援への貢献の程度

原子力機構の自己評定：A

委員の評定：S：1名、A：7名、B：3名

Sとする理由／意見

- 多くの若手研究者を国際プロジェクトに参加させたり、多くの学会発表や論文を執筆させたりしており、人材育成に関しては高く評価できる。

Aとする理由／意見

- 30名もの職員が国際的人材育成の場に参画したことは、特筆に値する。
- 若手研究者の育成・支援について、所定の貢献がなされている。
- 知識・知見の統合化、設計最適化、炉内事象の解析を行える ARKADIA の開発は若手人材の育成、技術伝承に大変に役立つ。今後も知の集積は継続して進めてほしい。
- 現在携わっている若手の育成・支援も大切であるが、新しく若手（高校生くらい）が原子力分野へ進んでもらえる仕組みも考えるべきである。
- 我が国の高速炉技術・人材の維持・発展を図るため、大学や研究機関等と連携して取り組む高速炉の技術基盤を支えることは非常に重要と考える。参考資料 2 を拝見し、大

学との連携もしっかり貢献されていることを認識いたしました。

- ARKADIA のナレッジ化の評価は A で妥当。今後 ARKADIA をどのように使っていくのが大事。ARKADIA だけの利用で大きなアウトカムが得られるのか？ARKADIA で得られた手法から今後大きな Deep ラーニングを行うような課題に取り組む計画があるかで ARKADIA の評価が変わってくるように思う。

B とする理由／意見

- 国際プロジェクト等への参加が若手研究者の育成・支援に結びついたかどうかは、当の若手研究者の評価も聞かなければ本当のところはわからないが、重要なことは、こういった若手研究者が自ら動くような場を継続的に提供することと考える。
- 高速炉分野については、若手研究者の活躍が限定的な印象である。若手研究者の数自体が減少していることもあると思われるが、さらなる取り組みを期待したい。

⑤ 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：8 名、B：3 名

A とする理由／意見

- 着実な海外連携がなされている。イノベーション化に向けた取り組みも、積極的になされている。AtheNa はいつ活用できるようになるのか？
- ASTRID 協力、NEXIP 対応など、新たな課題に対して積極的に対応してきた。
- 将来への研究開発の展開について、所定の成果が得られている。
- 研究開発の結果から外部資金の獲得につなげたことは評価できる。
- 高速炉の導入がさらに遅れて、たとえば、2100 年頃の投入を想定した時の研究開発の展望もプラン B として用意しておく必要はないのか。
- 自己評価は妥当であると判断する。特に、「民間事業者のニーズの取り込みを行い研究テーマを設定した。」ことは社会実装に向けた取り組みとして素晴らしいと考える。
- 民間ニーズを考えると、高速炉ニーズは西側諸国ではなくロシア・中国・インドなどが規模や技術力でも高いものを希望してくると思われ、原子力機構の持つ技術力が大きな創出力を与えるものと考えられる。政治的な問題もあるので慎重になることは正しい。ただ日本国内で高速炉開発を行う団体が二つあるとき原子力機構のような米仏側路線に傾倒していて、別組織がロ中印と密な関係を持っている状況が好ましいが、国内で現状高速炉開発路線は原子力機構のみであるところで、原子力機構がロ中印に関して積極的関与をとらないのは高速炉開発を進める上で有益なものではない、と危惧する。
- ARKADIA の開発、「常陽」の再稼働に向けた取り組み、原子力システム開発公募事業を用いた革新的な研究の取り組み、NATRIUM 炉への展開などの取り組みが進められ

ており、顕著な成果が得られていることは評価できる。一方、シビアアクシデント関連の研究やナトリウム技術の高度化などについては、今後の高速炉の開発計画を考慮すると、新たな研究開発や課題の発掘につながることは少ないのではないかと見受けられることに留意が必要である。

B とする理由／意見

- タンク型炉の概念検討は研究としては評価できるが、炉型選定に至った経緯は明らかにしておくべきである。民間のニーズの取り込みはどのように進め、何ができたのか、具体的に読み取れない。明確に記述してほしい。
- 日仏協力にしろ日米協力にしろ、両国にはナトリウム冷却高速炉の開発のインセンティブがもはや無い（と断言して差し障りがあれば、乏しい）。日仏共通仕様のタンク型炉概念を構築し、日米間で施設の共同利用を約束することがどれだけ実効的な「研究開発の将来への展開」につながるのか、今後を注視したい。NEXIP 関連の取り組みに関しては原子力機構の研究者が自ら提案・開発したというより多分に政策側主導のように思える。

⑥ 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：9名、B：2名

A とする理由／意見

- 国内外他機関との連携は妥当である。
- 日仏、日米の研究協力の発展など着実な成果を挙げている。また、国内における大学等の共同研究などの連携も良い。
- 高速炉は中国、ロシアの旧共産圏での開発も盛んであるので、これらの国との連帯も望む。
- 自己評価は妥当であると判断する。
- 高速炉開発分野での日本の国際的な評価は高いと考えている。それは第3期中長期目標期間中のみならず、これまでの数十年にわたる研究の積み重ねの成果だろう。今後はそういった過去の遺産だけでなく、今現在原子力機構が所有する人材・技術から新たな研究を提案し、国際連携を推進することを期待したい。
- GIF での取り組み、民間企業との協業、大学との連携などを行っており顕著な取り組みとして評価できる。

Bとする理由／意見

- 原子力以外の分野という点からみると、少し物足りない。
- 西側諸国陣営だけでなくバランスのとれた連携を戦略的に取り入れてほしいと思う。あるいは国際機関を通してロ中印とのできる範囲での共同研究を戦略的に進めるべきである。

⑦ イノベーション創出への取組の妥当性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：6名、B：5名

Aとする理由／意見

- イノベーション創出への取組は妥当である。
- 高速炉サイクル研究の進展、ARKADIA の開発はイノベーション創出への取り組みとして評価できる。原子力の社会受容の推進に対して、新型炉に係わる政策の検討や新型炉導入シナリオ研究を実施したことは大いに評価できるが、その結果これまでに何ができたのか具体的に示してほしい。
- 「イノベーション」の定義がちょっと曖昧かと思われる。自己評価の最後の記載中の「ブレイクスルー技術」の方がイメージに合う。定義はともかく、新型炉設計プロセスのイノベーションに繋がる ARKADIA の開発や、新型炉の実現に繋がるブレイクスルーにチャレンジしていることは評価できると考える。
- イノベーションの成果としては ARKADIA などのソフト分野の成果が主力であり、工学実験研究から得られた成果が相対的に少ない。本成果としては妥当だが次期計画への研究展開が狭隘化しないか懸念する。
- 高速炉概念は数十年前から存在しており、ここ数年で飛躍的な革新があったわけではない。イノベーションと呼ぶからには例えばガラケーとスマートフォンくらいの差があってしかるべきだが、再エネとの共存も水素製造も熱供給もやはり数十年前から提唱されてきた概念である。しかしながら、2019年4月資源エネルギー庁原子力政策課の資料「原子力イノベーションの追求について」の内容を「イノベーション」と定義するなら、確かにイノベーション創出であると言える。そんな定義でよいのかという疑問はあるが。

Bとする理由／意見

- イノベーション化に向けて、ARKADIA は一つの象徴となっている。
- 高速炉サイクルの実用化自体がイノベーションであり、その取り組みを進めていることは評価できる。ARKADIA により民間の利用を検討しているところも評価できるが、実際に民間でどれだけの利用があるのかなど、まだまだ足りないところがあるのではないかな。

- イノベーション創出への取組に関しては妥当と認めるが、イノベーションに必要なブレークスルー課題に対する具体的な成果が明確でない。計画のみで終わっているものが多い。
- ARKADIA の開発や革新的原子力システムの開発に取り組んでいることはイノベーション創出の観点から適切である。一方、このような活動は全体から見るとまだ一部にとどまっているように見受けられる。

⑧ 社会実装の達成度、取組の妥当性

(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む)

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：6名、B：5名

Aとする理由／意見

- NEXIP 事業への協力が積極的になされている。GIF 議長国としての働きは高く評価できる。
- 社会実装の達成度、取組は妥当である。
- 「国の NEXIP 事業等に参画している民間事業者から技術ニーズをくみ取る活動を通じ、原子力機構が持つ技術の社会実装へ向けた研究開発に繋げた」とあるが具体的に何ができただのか記述してほしい。
- ここでいう「社会実装」が「技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む」という定義であれば、確かに社会実装を達成している。ARKADIA が今後多くの研究者・民間事業者に汎用ツールとして活用されることを期待する。
- 構造関係の規格基準類の確立、GIF における安全設計ガイドラインの確立、「もんじゅ」成果のとりまとめなどは技術・知識基盤プラットフォームの構築の観点から顕著な成果と評価できる。一方、ARKADIA については、まだ開発段階であり、社会実装に至っていない。

Bとする理由／意見

- 社会実装に向けて着実に進めていることは理解できる。国際的にも活動していることは理解できる。
- 社会実装に関しては、個別の課題としての取組は妥当ではあるが、総合的に高速炉が社会実装に向かっているかは疑問である。
- 自己評価に記載された項目のうち、社会実装されたと明言できるのは、最初の項目のみでないかを感じる。計画どおりには進捗されていて、実装されないのは社会にも課題があるのかもしれないし、実装までには非技術要素のダーウィンの海や死の谷があるのかもしれないが、この項目は計画どおりに進捗したという意味で B の評価が適当である

ような気がする。

- 「もんじゅ」廃炉による社会実装への達成度は後退したと考えている。いかに「もんじゅ」後のシナリオの再構築化とその現実化を図るかが社会実装に繋がることと考える。技術レビューとしての成果は妥当と考えるので A であるが、全体としてはシナリオ自体が変わってしまったので A マイナスか B プラスではないかと考え、B と判定する。

⑨ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：7名、B：3名

Sとする理由／意見

- 科学政策としての高速炉導入の意義、国際的な規格や標準化、新たな概念の構築など大変高く評価できる。

Aとする理由／意見

- Pu 管理、廃棄物有害度低減・減容化に向けたシナリオ作成、幅広い意味での高速炉の用途拡大は高く評価できる。
- 高速炉開発が第 6 次エネルギー基本計画において位置づけられたことは高く評価できる。社会的・経済的意義やニーズに対して、例えば様々な高速炉概念を自ら提案するなど、主体的に対応してきてはいない。
- 科学技術政策、社会的・経済的意義やニーズに対し、適合するよう所定の成果が得られている。
- 「熱利用、蓄熱など新型炉の運転温度の高さを生かして再生可能エネルギーと共存し脱炭素に貢献するための研究」とあるが、具体的な研究成果を示してほしい。
- Pu を本格的に利用する社会の姿を具体的に示すべきではないか。炉の安全性やエネルギーシナリオばかりでなく、Pu がエネルギーの中心となり、輸送や廃棄物の問題として、社会の中に Pu が溶け込んでいる姿を示してみるのも大切ではないか。
- 自己評価は妥当であると判断する。

Bとする理由／意見

- 福島第一原子力発電所事故以降において世界的な原子力に対する期待はカーボンニュートラルに対する期待の増加とともに高まりつつあると考えている。社会的意義に対する安全性の確立／維持と経済的意義に対する U/Pu サイクルによる有益性を今一度明確に示して高速炉に関わる科学技術と国民生活のクロスポイントを示すべき。妥当ではあるけれども、より多くの提案によって研究資金を確保されることを望む。これは国内だけでなく海外との共同研究なども視野に入れるべき。

- 「幅広い高速炉の開発意義を示すこと」や「熱利用や蓄熱など...再生可能エネルギーと共存し脱炭素に貢献するための研究」が社会的・経済的意義/ニーズに適合したものか否か、客観的な評価の基準が示されていない。そういう意味では何をもって社会的・経済的意義があり、ニーズに適合していると評価するのかの判断基準をあらかじめ明らかにしておくべきではあった。厳正な評価基準がないまま判定せざるを得ないのであれば、目標を上回っているとも下回っているとも言えないので目標どおりの B とするしかない。
- 高速炉に関しては、今中長期目標期間中にも様々な外的環境の変化があり、その中での取り組みであったことを念頭に置く必要があるが、「もんじゅ」や「常陽」の実績などを見ると、社会的・経済的意義/ニーズへの適合性は必ずしも高くないと見受けられる。

⑩ 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：8名、B：3名

Aとする理由／意見

- 学会発表や論文発表は、思っていたよりたくさんなされている。一般社会を対象とした取り組みも着実になされている。
- 研究開発課題や成果について、社会的受容性を高める活動をしている。
- 研究成果の学会発表等は積極的に行っており、それらを HP や SNS での発信をしているのは高く評価できる。新たなネットワーク作りも高く評価できる。医療用 RI の製造など、今まで原子力に関心の薄かった人々にアピールを試みるのも大変高く評価できる。ただ、社会的受容性としては、まだまだ不十分であり、特に一般の方々が受容できるように、専門家だけでなく一般の方々への説明機会を増やしてほしい。
- 社会の受容性を向上させるためには、一方的な情報発信のみではなく、一般市民も含めた議論・対話が必要ではないか。
- 高速炉開発が政府のグリーン成長戦略の中であらためて位置付けられた意義は大きいと判断する。
- 妥当と思う。グリーン戦略とともに核燃料サイクルに付随する廃棄物処理／管理についても併せて理解を求め、国民の同意を得られるよう着実に啓発活動を進めていくべき。
- 社会的受容性の定義及びその評価基準についても本来であれば厳密な定義をしておくべきであったが、原子力機構の研究成果がより広く認知されるようになったこと、原子力以外の関係者とのコミュニケーション窓口も広がっていることは事実であり、顕著な成果を上げつつあると評価できる。

Bとする理由／意見

- 高速炉を含めた原子力に対する社会的受容性は、福島第一原子力発電所事故以降、あまり改善しているようには見えない。
- 成果の情報発信については、着実に取り組まれていると評価できる。一方で、高速炉の技術開発課題全体として見たときには、社会に及ぼす影響は必ずしも高くないと見受けられる。

⑪ 新たな原子力システムの構築（研究開発のDX化を含む）への取組の妥当性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：8名、B：3名

Aとする理由／意見

- ARKADIA の開発に研究成果を集約していくという、研究開発の方向性として高く評価できる。
- 新たな原子力システムの構築に向けた取組は妥当である。
- 「もんじゅ」の建設・運転を含む設計を生かして ARKADIA を開発し、それが民間で利用可能としたことは高く評価できる。ただ、高速炉の開発に関して、民間の活力を利用することは良いことではあるが、原子力機構が主体的に取り組んでいくことを期待したい。
- 自己評価は妥当と判断する。特に、民間と連携し「ブレークスルー技術の開発」に取り組むことにしたことは高く評価されると考える。
- 妥当である。「もんじゅ」の成果は既知成果情報の積み上げによるものであり本事後評価内での成果としては妥当と考える。「もんじゅ」成果を構造物の維持規格やARKADIAなどで反映させ、次期計画ではさらにその技術を使ってより先進的な研究に進むべきであるため、同様の研究方針のままで次のステップを見るのではなく、新たな技術開発への取り組みが必要である。
- 「もんじゅ」を含む過去数十年の知見を次世代に確実に継承していくための取り組みとして、ARKADIA 等のナレッジ・マネジメントツールは重要である。ただし、新型炉システムへの社会ニーズや開発目標は昔から大きく変わってきたわけではなく、要素技術は進歩しても概念は変わっていないことは認識しておくべき。

Bとする理由／意見

- DX化については、正直、次期中長期計画での話になるように思う。今回はその準備段階としてそれなりに進められている。
- AI やカーボンニュートラルなど新たな技術や課題を取り込んだ原子力システムは構築しているが、原子力が新しくなっている印象が薄い。

- 「もんじゅ」の成果データベース、ARKADIAの開発、3Dプリンタ造形、浮体免震など新しい技術の開発に取り組みがなされている。一方、このような新しい取り組みは全体から見ると一部であると見受けられる。

⑫ 人材育成に関する取組の妥当性

(原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等)

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：8名、B：2名

Sとする理由／意見

- 大学から特別研究生や学生実習生を受け入れ、夏季休暇期間中の研修など学生の受入を積極的に進めたことは若手研究者・技術者の育成に大いに役立つ。今後も継続してほしい。

Aとする理由／意見

- 人材育成に関する取組は妥当である。
- 評価の観点④と重なる内容であるが、人材育成については高く評価している。なお、原子力機構として取り組むことは、新型炉や関連するイノベーションを担う人材育成であり、デジタル化を担う人材育成は原子力機構の役割なのかは疑問に思う。
- 高速炉の導入が2050年頃と見込んでいるが、この時期に合わせた長期の人材育成も検討してもらいたい。
- 自己評価は妥当であるとする。我が国の高速炉技術・人材の維持・発展を図るため、大学や研究機関等と連携して取り組む高速炉の技術基盤を支えることは非常に重要と考える。
- 炉設計や建設に携わる若手人材育成は急務であり重要である。現場と知識データベースの両面からの取り組みということで妥当と判断する。JRR-3など小型炉での運転経験や「もんじゅ」サイト試験炉建設などでの建設プロセスへの関わりなども今後考えていくべき。
- 大学等と連携して若手研究者を広く受け入れ、広い分野の研究を進めて成果を共有していくことにより、イノベーションやデジタル化を担う人材だけでなく、ナレッジマネジメントの在り方も工夫して使い勝手を向上させていくことを期待する。
- 大学などからの実習生の受入、国際プロジェクトへの参加、研究開発プロジェクト内でのOJTなど、人材育成については配慮がなされ、顕著な取り組みがなされている。

Bとする理由／意見

- 学生の受入等積極的になされている。

(2) 「使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発」(核燃料サイクル研究開発分野)

原子力機構の自己評価 : A

委員の評価 : S : 1 名、A : 9 名、B : 1 名

①-1 研究開発の達成度 (成功・不成功の原因の把握・分析)

原子力機構の自己評価 : S

委員の評価 : S : 5 名、A : 6 名

S とする理由／意見

- 基礎的なところではあるが、期待以上の成果を得ている。燃料分野の研究・技術レベルは世界トップだと思う。
- 使用済燃料から実際に約 2g の MA を回収したことなどは、大変すばらしい成果であると評価できる。
- MA を秤量可能なレベルで分離し、しかもその回収率も大変高いものであり、高く評価できる。
- 自己評価にあるように、計画を大きく上回る成果が得られたと判断する。
- 当初の計画に加えて世界的に価値の高い成果が出た点は評価に値すると考える。

A とする理由／意見

- 当初目標に対し、所定の成果が得られている。
- グラムオーダーの MA を回収したことは大きな成果ではあるが、回収率の向上につとめてほしい。
- 被覆管製管技術の確立やクリープ強度向上など材料関連でも成果はめざましいが、照射試験研究成果が多く見られず危惧するところである。ただ照射機会が減少していた期間のことでもあり妥当とせざるを得ない。製管技術では製管プロパー撤退を考慮する必要がある。
- 多くの制約がある中で最大限の成果を出したと評価できる。
- 抽出クロマトグラフィによる MA の抽出、計算科学技術に基づく物性の機構論的モデルの開発、長時間の構造材クリープデータの取得など、顕著な成果を得ている。

①-2 令和 3 年度計画の達成度 (見込)

原子力機構の自己評価 : B

委員の評価 : A : 6 名、B : 5 名

Aとする理由／意見

- 令和3年度目標に対し、所定の成果が得られている。
- MOX燃料の製造、MA分離変換の研究において優れた成果が得られそうである。
- 2gのMA回収によるMA分離技術の実証、MOX燃料製造技術の進展は大いに評価できる。
- 計画されたことは実施できていると思われる。
- 今後のMA分離変換やMOX燃料・MA含有燃料製造に向け、最終的に詰めておくべき点を確認できた点を評価したい。

Bとする理由／意見

- 当初計画が着実に達成されている。
- 計画どおりに進捗していると判断する。
- 令和3年度の計画については、着実に実施されている。今後予定されているTREATでの試験については、成果に期待している。

② 当初の研究開発計画の妥当性

原子力機構の自己評価：B

委員の評価：A：5名、B：6名

Aとする理由／意見

- 研究開発計画は妥当である。
- 評価は妥当である。
- 計画が概ね達成できる見通しだから、ではなく、この研究を進めれば確実に社会実装につながるという理由で妥当。

Bとする理由／意見

- 「常陽」運転再開ありきで計画を立てていたのであれば、若干想定が甘かったと言わざるをえない。ただ、「常陽」の運転再開に関しては、炉システム側は主体的に取り組む一方で、燃料サイクル側は従属的な側面もあるので、そこまで厳しく評価しなくてもよいと思う。従ってBとした。
- 当初の計画は、妥当であり、目標設定としても悪くないものである。
- 計画どおりに進捗していると判断する。
- 計画については適切に実施されており、実施可能性の観点からは適切であったと考えられる。一方、燃料製造技術などについては、詳細（実用に近）過ぎる技術開発を実施する計画になっていると見受けられ、次期中長期計画においては、現状の延長でない形で開発計画を検討すべき。

③ 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：10名

Sとする理由／意見

- 自己評価は妥当であり、MOX燃料の機構論的物性モデルにより、様々な組成の酸化物燃料について照射挙動解析に適用されるなど高い成果を挙げていると判断する。

Aとする理由／意見

- バックエンド・燃料分野において、世界の高速炉開発をリードできていると思う。
- 研究開発成果の効果等について、所定の成果が得られている。
- 研究で得られた成果が、幅広く国際的にも認められ、利用もされており、高く評価できる。
- 燃料解析コードが国際的に認められ、ベンチマーク解析に適用されたことは大いに評価できる。新型炉（RBWR）燃料として高Pu富化度MOX燃料の製造とその基礎データの取得、高速炉による核変換技術への貢献、金属燃料炉心によるMA核変換などは、将来の原子力に有益な研究が実施されており、大いに評価できる。
- 商用軽水炉MOX燃料の再処理に関する研究も実施しているので、現行再処理プラントに適用可能な成果を期待する。
- 国際機関を通して中国・インド・ロシア等、今後核燃料サイクル技術の社会実装が期待できる国においても活用され得る解析ツールを開発したという点を評価したい。（欲を言えば、中国やロシア等の研究者からの評価を直接聞きたかった。）
- MAの分離技術は核変換技術の中核であり、実験を通じてその技術的成立性を確認できたことは顕著なアウトカムと評価できる。また、機構論的な物性評価、炉心解析手法の高度化など、今後活用できる顕著な成果が創出されている。

④ 若手研究者の育成・支援への貢献の程度

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：6名、B：4名

Sとする理由／意見

- 若手研究者の外部発表も顕著であり、海外の研究機関への長期派遣を通じた人材育成は大変高く評価できる。

Aとする理由／意見

- 若手研究者の育成・支援について、所定の貢献がなされている。
- 研究者の国際会議発表や海外派遣は若手人材育成にとって大切である。継続していただきたい。
- 燃料サイクル事業に関心のある学生の育成に努めてもらいたい。
- 国際会議を含む各種外部発表及び大学等との連携でしっかりと人材を育てていると判断する。

Bとする理由／意見

- 海外への長期派遣は重要な取り組みだと思う。
- 若手研究者の育成につながっているかどうかは彼らが今後出す研究成果により評価され则认为る。現段階で期待以上とも期待以下とも言えない。
- サイクル技術についても、若手技術者の数の問題かもしれないが、活躍が可視化されていない。

⑤ 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討

原子力機構の自己評定：A

委員の評定：A：6名、B：5名

Aとする理由／意見

- 将来への研究開発の展開について、所定の成果が得られている。
- 高速炉使用済み燃料の再処理や MA 分離に関する技術に関しては実証を目指せるところまで高まっており、核変換に係る照射試験等に関しては今後の「常陽」の再稼働が待たれるところであるが、期待している。
- 「常陽」の再稼働に注力して、早期に実現してほしい。
- 「常陽」で行うミッションが開始時と現状では大きく異なってきているので、調整を行う必要があると考える。照射技術や分離変換挙動研究に医療や放射化分析を加えていくことで PIE 施設や炉の運営管理、照射設備にどれだけ影響が出るか評価しておく必要がある。この点を除けば妥当と判ずる。
- 機構論的物性モデルは、今後の使用済み燃料等の組成等の解析だけでなく、対象物をより広げた適用性もあるのではないかと。

Bとする理由／意見

- 「常陽」の照射試験に係る期待は大きい。
- それほど新たな課題とは読み取れない。
- 自己評価の記載は妥当と判断されるが、計画どおりなら B 判定が妥当と思われる。

- 分離技術については、技術開発を通じて、新たな研究課題を特定できる良いフィードバックが実現されている。「常陽」における照射試験については、今後に期待する。機構論的物性モデルについては Materials Informatics などを用いた発展が期待できる。炉心解析手法については、従来の延長でない開発を期待したい。

⑥ 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：10名、B：1名

Aとする理由／意見

- 国内外他機関との連携は妥当である。
- 海外との連携や共同利用に関しては最大限有効活用していると見受けられる。国内の大学との共同研究に関しても成果を挙げている。
- 我が国で開発されている方法とは異なる燃料サイクル技術に関しても情報を入手しておいてもらいたい。
- 自己評価は妥当であると判断する。
- 現有の協力関係や成果から妥当と判定する。今後高速炉研究を行う上で国外に大きく依存していく必要がある。
- 連携する組織や分野が拡大すれば、原子力機構自身の研究成果の最大化だけでなく個々の研究者の研究分野の拡大・経験値の蓄積にもつながる。
- 輸出管理の観点から、国外機関との連携には難しい点もあると考えられるが、うまく連携に取り組めており、顕著な成果の創出につながっている。

Bとする理由／意見

- 原子力以外の分野という点からみると、少し物足りない。

⑦ イノベーション創出への取組の妥当性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：A：8名、B：3名

Aとする理由／意見

- 核燃料分野に世界に先駆けて AI 技術を適用しようとしており、高く評価できる。
- イノベーション創出への取組は妥当である。
- 新たな技術開発に取り組んでおり、評価できる。

- 新しい燃料製造技術などにしっかり取り組んでいることが評価できると判断する。
- 妥当

Bとする理由／意見

- 「分離技術の応用」とあるが具体的にどのような内容か不明
- 有用な成果を挙げたことは評価するが、イノベーションの創出とまでは言えないのではないか。また、一般産業界への技術の展開についてはまだ成果が見える前の段階と認識している。
- 3D 造形技術等を用いた開発を行っているが、新規技術の開発は限定的である。

⑧ 社会実装の達成度、取組の妥当性

(技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む)

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：4名、B：6名

Sとする理由／意見

- 高速炉サイクルや分離変換技術（特に MA サイクルや MA 含有燃料製造）に関しては、かなり進んでおり、社会実装直前まで進んでいるのではないかと評価する。今後はプラントへの反映やその経済性などの評価などを期待している。

Aとする理由／意見

- 成果を一般産業界（希土類分離等）にも展開している点は高く評価できる。
- 社会実装の達成度、取組は妥当である。
- 一般産業に活用可能な知見とは何か、具体的に記述してほしい。
- 「技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供」が社会実装に含まれるという定義であれば、十分な成果を挙げたと評価できる。

Bとする理由／意見

- 高速炉サイクル技術の研究開発から実際に社会実装されるのは将来と考えられる。
- 「一般産業界にも活用可能な知見」とは具体的にどのような知見か。
- 社会実装に関しては、社会側の問題もあり、なかなか期待どおりには進まないと思われるが、期待以上の成果でなければ、B 評価が妥当と判断する。
- 「もんじゅ」廃炉による社会実装への達成度は後退したと考えている。いかに「もんじゅ」後のシナリオの再構築化とその現実化を図るかが社会実装に繋がることと考える。技術レビューとしての成果は妥当と考えるので A であるが、全体としてはシナリオ自体が変わってしまったので A マイナスか B プラスではないかと考え、B と判定する。

- 機構論的物性モデルや長寿命炉心材料の開発など、今後の技術や知識基盤のプラットフォームとして使用できる成果の創出が着実に進んでいる。

⑨ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：8名、B：2名

Sとする理由／意見

- 分離変換を含む高速炉サイクルが高く評価され、科学技術政策やエネルギー政策にも反映されるようになったことは大変高く評価される。

Aとする理由／意見

- 高速炉サイクル、有害度低減・減容に対する社会的ニーズは高い。
- 高速炉開発が第6次エネルギー基本計画において位置づけられたことは高く評価できる。
- 科学技術政策、社会的・経済的意義やニーズに対し、適合するよう所定の成果が得られている。
- 持続可能な原子力エネルギー利用にとって分離核変換は欠くことができない技術であり、それを着実に進めてきたことは大いに評価できる。
- 廃棄物問題を解決することにより、社会のニーズに大きく応えることが可能となる。
- 自己評価は妥当と判断する。
- 福島第一原子力発電所事故以降において世界的な原子力に対する期待はカーボンニュートラルに対する期待の増加とともに高まりつつあると考えている。社会的意義に対する安全性の確立／維持と経済的意義に対するU/Puサイクルによる有益性を今一度明確に示して高速炉に関わる科学技術と国民生活のクロスポイントを示すべき。妥当ではあるけれども、より多くの提案によって研究資金を確保されることを望む。これは国内だけでなく海外との共同研究なども視野に入れるべき。
- 分離核変換技術は、高レベル廃棄物処分のキーテクノロジーであり、その意味では社会的・経済的意義への適合性は高い。

Bとする理由／意見

- この研究に経済的・社会的な意義があり、またニーズにも適合しているかどうかについては、前もって明確な定義と判断基準を定めておくべきであった。厳正な評価基準がないまま判定せざるを得ないのであれば、目標を上回っているとも下回っているとも言えないので目標どおりのBとするしかない。

⑩ 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：7名、B：3名

Sとする理由／意見

- 社会科学系の有識者による委員会・研究会を設定し議論を始めたことは高く評価できる。

Aとする理由／意見

- 研究開発課題や成果について、社会的受容性を高める活動をしている。
- 多くの学会発表や論文を通して成果を公表していること、HPやSNSを通して広報活動を行っていることなどは、たいへん高く評価できる。ただ、まだまだ、一般の方々の認知は低いように思われるので次の計画では一般の方々への広報活動にも力を入れていただければと思う。
- 将来のカーボンニュートラル社会に新型炉研究は不可欠である。より一層力を入れて積極的に開発を進めてほしい。
- 再処理や燃料製造のみでは高速炉サイクルの社会的受容性を得るための説明はできないので、炉も合わせて全体として説明することが重要である。
- 学会発表や社会への発信により、新型炉技術が、政府のグリーン成長戦略の中であらためて位置付けられたことは高く評価されると思われる。
- 妥当と思う。グリーン成長戦略とともに核燃料サイクルに付随する廃棄物処理／管理についても併せて理解を求め、国民の同意を得られるよう着実に啓発活動を進めていくべき。
- 社会的受容性の定義及びその評価基準についても本来であれば厳密な定義をしておくべきであったが、原子力機構の研究成果がより広く認知されるようになったこと、原子力以外の関係者とのコミュニケーション窓口も広がっていることは事実であり、顕著な成果を上げつつあると評価できる。

Bとする理由／意見

- 高速炉燃料サイクルを含めた原子力に対する社会的受容性は、福島第一原子力発電所事故以降、あまり改善しているようには見えない。
- 重要な技術を研究しているが、社会実装までにはまだ距離がある。成果の発信については取り組まれている。

⑪ 人材育成に関する取組の妥当性

(原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等)

原子力機構の自己評価：A

委員の評価：S：1名、A：8名、B：2名

Sとする理由／意見

- 人材育成に関しては④に示したとおりであり、積極的に進めていると評価している。

Aとする理由／意見

- 新たな原子力システムの構築に向けた取組は妥当である。
- 次世代を担う人材の育成はまだ不足している。福島第一原子力発電所事故以降、高速炉開発や燃料サイクル技術の開発が停滞した結果、経験豊かな技術者の引退などもあり、若手への技術伝承や技術者育成は危機的状況にある。さらに頑張ってもらいたい。
- 軽水炉燃料の商用再処理事業に必要な人材とも共通するため、サイクル事業に関心のある人材育成に期待する。
- 人材育成に関しては、しっかり進められていると判断する。
- 妥当であるが、一般的な人材育成で留まっているようでもあり、原子力機構の特徴をいかしたプログラムなどを取り入れてもいいかもしれない。
- 大学等と連携して若手研究者を広く受け入れ、広い分野の研究を進めて成果を共有していくことにより、MA 分離変換・燃料組成変化の評価等に関する大胆なモデルを開発・運用するだけでなく、そういった知見全般の散逸を防ぐための手法も創出されることを期待したい。
- 国際プロジェクトへの参画を積極的に進めるなど、人材育成に関する取り組みを行っている。

Bとする理由／意見

- 原子力を担う人材のみならず、イノベーション・デジタル化を担う人材の育成にも取り組んでいる。

5.2 総合評価

炉システム研究開発分野と核燃料サイクル研究開発分野とを総合した本研究開発課題全体に対する評価結果は下記のとおりである。

委員の評定：A：10名、B：1名

Aとする理由／意見

- 炉システムのほうは、当初計画の妥当性以外は、妥当あるいはそれ以上と評価できるので総合的に A（または A+）とした。燃料サイクルのほうは、総じてよい成果が得られていて、こちらも総合的に A（または A+）とした。ということで、総合評価 A とした。
- 高速炉に関する目まぐるしい情勢変化に対応して研究開発を進め、大きな成果を得ている。
- 「常陽」については第 3 期中長期目標期間内での運転再開という当初目標の達成には至らなかったものの、その他の課題については、概ね所定の成果が得られている。2050 年頃の「高速炉の運転開始が期待される時期」に向け、国内で唯一の高速炉に関する研究機関として、何をいつまでに実施すれば高速炉の運転開始が達成できるかを考え、第 4 期中長期目標期間の研究目標の設定及び研究成果に期待する。
- 全体的に、研究に関しては進捗が見られ、成果も上がっており、高く評価している。「常陽」が再稼働しなかったことは大変残念ではあるが、それを差し引いても、十分に評価できる。高速炉を含む新型炉の開発については、民間活力を活用すること自体は、良いことであるが、原子力機構が主体的に、民間を引っ張っていくような姿勢を見せていただきたい。
- 「常陽」の再稼働を除けば、第 3 期中長期計画に示された高速炉開発、高速炉燃料サイクル・燃料製造開発は計画どおり進められ、顕著な成果を創出したと判断する。評定は A とするが、高速炉の再稼働は分離核変換技術開発の肝である。早急に進めてほしい。
- 全ての計画は、高速炉の導入が 2050 年頃に行われることを前提としているが、現実的に考えて、かなり厳しい状況ではないか。そこで、たとえば、2100 年頃の投入を想定した時の研究開発の展望もプラン B として用意しておく必要はないのか。ただし、あまり遅くなると開発そのものがなくなってしまうので、それまでどのようにつなげていくかが課題である。燃料サイクルについては、コプロセッシング法、遠心抽出器、抽出クロマトグラフ、簡素化ペレット法、ODS 鋼被覆管と、コア技術については、高速増殖炉サイクル実用化研究開発当時に選定されたものばかり（コプロは違うが）であり、同じことを延々と行っている感じがする。
- 高速炉及び核燃料サイクルについては、マスコミを含めなかなか社会的な理解を得ることが難しい状況が続いていると思われるが、そのような中、「常陽」の再稼働に向けた

ご尽力や、その技術の必要性の社会への発信、またそれらの努力により、政府のグリーン成長戦略の中であらためて高速炉開発が位置付けられたことは高く評価されると思われる。

- 事前評価を行っていないものが事後評価を行うことは難しい。提出された成果のみを見ての評価であるため、当初狙っていた達成目標の設置基準の背景などを知らないで行うのは難しい。事前成果目標との対応表などがあるとわかりやすかったかもしれないが、途中で事業の中身が大きく変わってしまった経緯があり、踏み込んで評価できないように思えた。

「もんじゅ」廃炉、「常陽」の停止期間の長期化など技術的問題では片付けられないファクターが強すぎるため、技術関連の研究者として被評価者に対して「もっとこうしてください、こうすればよかった」とか言えないところが事態を複雑にさせている。事前計画での見通しが甘かったか、期間中の緊急対応策を提示するなどの方法を活用していけなかったかと考える。これは次期計画を考える上でもっと考慮しなければならないと考える。次期計画中に「常陽」が動かなかつたら？廃炉にすることになったら？を考えて回避策を検討しておく必要がある、とも言える。

国内外の研究において仏国を含む西側諸国との関係に傾倒している嫌いがある。現状の高速炉実証研究を手がけているロ中印などの国々との直接・間接による研究連携をもっと考慮して研究計画に反映させるべきである。日本国における高速炉研究で競合する組織があればその中で西側諸国とロ中印に分かれて協力体制をとって切磋琢磨するような関係であればよいが、高速炉開発は原子力機構のみが主体であるので、西側諸国とロ中印を分けて協力体制をすることは不合理であり国益になるとは言えない。

人材育成において海外からの技術者受入れをもっと積極的に行うべきと思う。無論、知見の国外への流出は断じて許すべきではないが、国内に限って優秀な人材を確保するには現状の原子力研究の体制では難しいと実感している。

- 現段階では原子力機構としての責務や役割を全うされており、技術開発に努められていると感じる。特に、原子力の将来的な可能性を多方面から検討し、技術開発を進めておられる点は、評価に値すると思う。ただ、様々な方面での可能性を開拓していくのと同時に、原子力に係る技術や今後の開発が日本の今後において、どのような意味をもたらすのか、着地点・終着点がどこなのか、なぜこのような技術開発が必要なのか、という点を、理系の研究者や技術者の視点のみならず、もう少しわかりやすくかみ砕いた説明（小学生が分かるような・納得するような単純明快なもの）があると、さらに理解が深まるように思う。

原子力のニーズがエネルギー安全保障の観点から重要視され、また、地球温暖化への対策の切り札としても考えられている。国内の老朽化した原子炉を新型炉や高速炉に置き換える際に想定されるさまざまな社会的な課題への対応（特に世論を味方につける）を急ぎ、それによって実装を可能とし、着実な予算の確保という好循環を生み出さない限り、高速炉や新型炉、小型炉の普及やニーズのさらなる確保や理解につながらないよ

うにも思う。原子力の活用方法について、特に国内での原子力の需要が少なければ、高速炉等の国内での実装が難しくなり、それがひいては予算の確実な確保や研究の基盤の構築にも影響するようになると思う。そのためには、実装（リプレースメントも含めた）を可能とする社会の流れをつくることが求められるが、現在、原子力の（本当の意味での）必要性についての一般的な理解がまだまだ足りないように感じる。新たな課題の開拓もとても重要であるが、国内での理解をしっかりと獲得しながら、進めていくことが今後にもさらに重要になるかと思う。

中でもとりわけ、エネルギーの観点からは、既存の化石燃料への依存からの脱却をそもそもどうやって可能としていくのか（そしてそこに携わる様々なアクターの利害関係も含めて）についての明確な案がない中で、これらの点も含めた包括的なエネルギー安全保障の議論の中で、どのように原子力を推進していくのか、原子力の立ち位置や役割についての議論があるとよいように思う（もしくはすでにあるのであれば、それを踏まえた案を示していただけると、世論もより納得するようになる）。また、原子力技術がデュアルユース技術である点、核拡散を引き起こす可能性、国際協力を進めた結果として、それが国際秩序の形成や再編に影響しかねない現状も踏まえたうえで、国際協力を、覚悟をもって推し進めることが求められると思う。そのような社会科学的な課題などについても、研究者や技術者の間での理解を深めていただきたい。

そしてこれらの視点を踏まえたうえでの、当分野における若手研究者の育成・支援は、日本全体での課題となっている。特定の大学のみならず、広く日本全国から優秀な研究者が当分野に関心を持てるような仕掛けも必要になろうかと思う。原子力機構としてどのように貢献できるのか、今後の課題としてぜひさらに積極的に検討・取組を実施していただきたい。

- 評価基準における「イノベーション」「社会実装」「社会的・経済的意義」「ニーズへの適合性」といった言葉について厳密な定義を明確化しておくべきだったと考える。解析モデルや情報プラットフォームの開発を「社会実装」と呼ぶか否か、エネルギー基本計画に記載があるから社会的なニーズに合致しているとするか否か、といった違いにより評価は S から C まで変動し得る。その定義の厳格化がなされていない前提で、限られたリソースと数々の制約を考慮すれば顕著な成果を挙げた、と評価する。

Bとする理由／意見

- 高速炉と核燃料サイクル技術については、外的環境の変化が大きく、長期を見越した研究開発が難しい状態であると理解している。分離変換技術など、幅広いシナリオで不可欠な技術もある一方、特定のシナリオに特化した技術開発も行われており、研究の取り組みとしてアンバランスであると感じられる。次期の中長期計画を策定するに当たっては、原子力機構における研究の取り組みに関する基本的な考え方にのっとり、共通基盤的な技術開発に注力することが望まれる。

(別添)

事後評価結果の総括

評価の観点 \ 評定	原子力機構の自己 評定	委員の評定
総合評定（炉システム研究開発分野と核燃料 サイクル研究開発分野を合わせた全体）	－	A : 10 名、B : 1 名
炉システム研究開発分野の総合評定	A	A : 10 名、B : 1 名
核燃料サイクル研究開発分野の総合評定	A	S : 1 名、A : 9 名、B : 1 名

研究開発項目別評価結果の総括（1/2）

《炉システム研究開発分野》

評価の観点 \ 評定	原子力機構の自己 評定	委員の評定
①-1 研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析）	A	A：7名、B：4名
①-2 令和3年度計画の達成度（見込）	A	A：9名、B：2名
② 当初の研究開発計画の妥当性	B	A：3名、B：7名、C：1名
③ 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度	S	S：3名、A：8名
④ 若手研究者の育成・支援への貢献の程度	A	S：1名、A：7名、B：3名
⑤ 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討	A	A：8名、B：3名
⑥ 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性	A	A：9名、B：2名
⑦ イノベーション創出への取組の妥当性	A	A：6名、B：5名
⑧ 社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）	A	A：6名、B：5名
⑨ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性	A	S：1名、A：7名、B：3名
⑩ 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）	A	A：8名、B：3名
⑪ 新たな原子力システムの構築（研究開発のDX化を含む）への取組の妥当性	A	A：8名、B：3名
⑫ 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）	A	S：1名、A：8名、B：2名

研究開発項目別評価結果の総括 (2/2)

《核燃料サイクル研究開発分野》

評価の観点 \ 評定	原子力機構の自己 評定	委員の評定
①-1 研究開発の達成度（成功・不成功の原因の把握・分析）	S	S : 5 名、A : 6 名
①-2 令和 3 年度計画の達成度（見込）	B	A : 6 名、B : 5 名
② 当初の研究開発計画の妥当性	B	A : 5 名、B : 6 名
③ 研究開発成果の効果・効用（アウトカム）の把握・普及の程度	A	S : 1 名、A : 10 名
④ 若手研究者の育成・支援への貢献の程度	A	S : 1 名、A : 6 名、B : 4 名
⑤ 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討	A	A : 6 名、B : 5 名
⑥ 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性	A	A : 10 名、B : 1 名
⑦ イノベーション創出への取組の妥当性	A	A : 8 名、B : 3 名
⑧ 社会実装の達成度、取組の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）	A	S : 1 名、A : 4 名、B : 6 名
⑨ 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性	A	S : 1 名、A : 8 名、B : 2 名
⑩ 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）	A	S : 1 名、A : 7 名、B : 3 名
⑪ 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）	A	S : 1 名、A : 8 名、B : 2 名

This is a blank page.

7. 事前評価結果（答申書）

以降に、高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会から提出された事前評価に係る答申書を掲載する。

This is a blank page.

令和4年2月1日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門
部門長 大島 宏之 殿

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会
委員長 竹下 健二 (公印省略)

研究開発課題の事前評価の結果について (答申)

当委員会に諮問(令03原機(炉)016)のあった下記の研究開発課題の事前評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

記

研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」

以上

This is a blank page.

別紙

第4期中長期計画における
研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する事前評価

(評価報告書)

令和4年1月

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会

This is a blank page.

目次

1. はじめに	57
2. 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会委員名簿	58
3. 評価の対象	59
4. 評価の方法	59
4.1 評価の観点	59
4.2 評価区分（基準）	59
4.3 評価の取りまとめ方法	59
5. 事前評価結果	60
5.1 総括と提言	60
5.2 評価の観点に基づく意見	61
別添 1 事前評価の対象とした次期中長期計画案	63
別添 2 事前評価の詳細（評価の観点ごとの評価・意見の詳細）	69

This is a blank page.

1. はじめに

高速炉及び関連する核燃料サイクル技術の研究開発については、「第6次エネルギー基本計画」（令和3年10月22日閣議決定）、「高速炉開発の方針」（平成28年12月原子力関係閣僚会議決定）等において、従来のウラン資源の有効利用のみならず、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減や核不拡散関連技術向上等の役割を期待されている。また、持続的なエネルギー基盤・成長基盤の構築並びに2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、原子力科学技術固有の貢献を果たすことが求められている。こうした中、日本原子力研究開発機構（以下「原子力機構」という。）においては、令和4年度から始まる7年間における研究開発の取組に関する計画（第4期中長期計画）の検討が進められている。

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会は、原子力機構における研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」について、第4期中長期計画案を評価対象とする事前評価を行うようにとの原子力機構高速炉・新型炉研究開発部門長からの諮問を受けた。これに対応するため、令和3年9月30日及び12月14日に開催した評価委員会では、第4期中長期計画案及びそれに基づく取組計画の概要に関して、原子力機構から提出された資料に基づき説明を受け、事前評価を実施した。

評価委員会においては委員会としての提言を総評にまとめるとともに、開催後、11名の委員から提出された評価シートに記載された意見を集約し、これに基づいて本報告書を作成した。今般の事前評価の結果を、原子力機構が担う「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」を社会のニーズ・情勢に沿って適切な方向に進めるために、役立てて頂けることを期待する。

評価委員会の委員各位には、多忙を極める中で、非常に熱心に評価活動を進めて頂いた。そのご尽力に対して、ここに深甚なる謝意を表する。

令和4年1月26日

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会
委員長 竹下 健二

2. 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会委員名簿

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会による評価は、表 2.1 に示す 11 名の委員で実施した。

表 2.1 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 委員名簿

(委員氏名は五十音順。ただし委員長を除く。)

	氏 名	所属・職位
委員長	たけした けんじ 竹 下 健二	国立大学法人東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所 所長（教授）
委員	くろさき けん 黒 崎 健	国立大学法人京都大学 複合原子力科学研究所 教授
委員	こしづか せいいち 越 塚 誠 一	国立大学法人東京大学 大学院工学系研究科システム創成学専攻 教授
委員	ごとう しょうじ 後 藤 正 治	東京電力ホールディングス株式会社 原子力設備管理部 部長・スペシャリスト
委員	すずき たつや 鈴 木 達也	国立大学法人長岡技術科学大学大学院 工学研究科原子力システム安全工学専攻 教授
委員	つかだ たけし 塚 田 毅 志	日本原燃株式会社 技術本部 エンジニアリングセンター技術開発研究所 所長
委員	にし よしひさ 西 義 久	一般財団法人電力中央研究所 原子力リスク研究センター リスク評価研究チーム チームリーダー 研究参事
委員	ふくもと けんいち 福 元 謙 一	国立大学法人福井大学附属国際原子力工学研究所 副所長・教授
委員	むかい わかな 向 和歌奈	亜細亜大学 国際関係学部 国際関係学科 准教授
委員	むらかみ ともこ 村 上 朋子	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 戦略研究ユニット 原子力グループマネージャ
委員	やまもと あきお 山 本 章夫	国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 大学院工学研究科総合エネルギー工学専攻 教授

3. 評価の対象

研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に係る第4期中長期計画案（令和3年11月末時点のもの。別添1参照）

4. 評価の方法

4.1 評価の観点

事前評価における評価の観点は、原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」に基づき以下の11項目とした。

- (1) 研究開発課題の選定の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）
- (2) 方向性・目的・目標等の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）
- (3) 研究開発の進め方の妥当性
- (4) 研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性
- (5) 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性
- (6) イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性
- (7) 社会実装に向けた取組計画の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）
- (8) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性
- (9) 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）
- (10) 新たな原子力システムの構築（研究開発のデジタルトランスフォーメーション（DX）化を含む）の可能性
- (11) 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）

4.2 評価区分（基準）

事前評価における評価区分は、「妥当」・「要改善」の2区分とした。

4.3 評価の取りまとめ方法

事前評価を議題とした第3回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会を令和3年9月30日及び12月14日に開催し、原子力機構から事前評価の対象となる第4期中長期計画案及びそれについての自己評価等を聴取し討議を行った。同委員会においては、聴取・討議結果を踏まえた委員のみによる討議を行い、委員会としての提言を総評としてとりまとめた。

同委員会において聴取・討議した内容に基づき、評価の観点ごとの各委員の評価とその評価理由・意見は、各委員に評価シートに記入し提出して頂くことで集約した。

委員会の事前評価結果を5.節に記載するとともに、別添2には評価シートに記された委員の評価結果と評価理由・意見の詳細を網羅して掲載する。

5. 事前評価結果

5.1 総括と提言

【総括】

当委員会に提示された研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に係る第4期中長期計画案は、概ね妥当と判断する。

評価の観点ごとの委員11名による評価の結果は、表5.1に示したとおりである。

表5.1 評価の観点ごとの委員の評価（集計結果）

評価の観点	委員の評価（名）	
	妥当	要改善
(1) 研究開発課題の選定の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）	10	1
(2) 方向性・目的・目標等の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）	7	4
(3) 研究開発の進め方の妥当性	8	3
(4) 研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性	11	0
(5) 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性	10	1
(6) イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性	8	3
(7) 社会実装に向けた取組計画の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）	9	2
(8) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性	9	2
(9) 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）	8	2 (保留1)
(10) 新たな原子力システムの構築（研究開発のDX化を含む）の可能性	10	1
(11) 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）	9	2

【委員会からの提言】

第4期中長期計画案の改善点についての以下の委員会提言を参考として、しっかりとした計画を立てていただきたい。

- (1) 全体的に目標設定に関する表現が曖昧である。「...を達成する。」とせず「...を目指す。」等の表現とされており、研究に対する決意が見えない。目標が移り変わってきた結果としてそのような計画になっていると理解するが、そのような中で、第4期中長期

計画の中で何をやるのかをしっかりと示していただきたい。

- (2) 目標を達成できない状況を想定して、代替の計画もしっかり立てておくような計画にしていきたい。
- (3) 第4期中長期目標期間が終わる2028年以降の2050年までの道筋をどのように描くのか、大まかなものでも良いので、原子力機構が目標とする道筋をしっかりと描いた上で第4期の計画を位置付けるように、全体計画をしっかりと描いていただきたい。
- (4) 2050年までに高速炉を実用化するには、社会に受け容れられる必要がある。社会受容性を高めるような活動も、計画の中で取り組んでいただきたい。高速炉を導入していくことのアピールをすることも原子力機構の一つの重要な仕事ではないか。
- (5) 原子力機構側が何かを待ってそれを支援するだけではなく、原子力機構自身で魅力的な高速炉プラントをしっかりと提案し、それを売り込んで行く位の積極的な立場で研究を進めていただきたい。第4期中長期計画を超えての話かもしれないが、そうした態度を計画の中で示していただきたい。
- (6) 高速炉サイクルを確立し軽水炉用MOXの利用から高速炉用MOXに移行していくのであれば、それを目指してどのように研究を進めていくのか、全体のバランスもしっかりと考えた将来計画を立てていただきたい。
- (7) DX化の本質は業務プロセスの改善であるが、そのような立場でDXを捉えていないのではないか。DXに関しては、実際に今後どのような研究・実験を行って知識の集約をしていくのかという所がしっかりと分かるような計画を書いていただきたい。

5.2 評価の観点に基づく意見

評価シートに記された各委員の意見（別添2に掲載）の中から、以下の代表的な意見を摘出した。これらの意見については、第4期中長期計画の記載に反映すべきものは含まれないが、今後の具体的な取組計画の検討において参考とされたい。

【委員からの意見】

- (1) AtheNaについては、どのようなスコープで活用していくのかを議論すべきである。Na冷却小型SMRの安全性研究などへの活用に当たって検討しておくべき点はないかなどの観点が必要である。
- (2) 国際連携と高速炉サイクルの社会実装については、NEXIP事業の進捗も見ながら研究を進めるべき。この意味で、中長期目標期間の途中であっても、中長期計画を見直すプロセスを想定しておいても良いのではないか。
- (3) 高速炉の安全性向上技術については、特定の炉型の安全評価技術の研究にならないように注意が必要である。
- (4) ARKADIAについては、解析手法が旧世代のものをそのまま採用しているケースがあり、解析手法自体も最新のものに見直していくべきである。また、設計メーカーのみならず、大学など新型炉の研究を行う研究機関で広く活用される姿を目指すべき。

そのために、使いやすさの向上や検証にしっかり取り組むべきである。また、「何を達成すれば社会実装にどのように貢献できるか」は明確にして研究に取り組む必要がある。

- (5) 核燃料サイクル技術のうち、分離技術についてはどのようなサイクルを考えても必要となる可能性が高く、基盤技術の開発を継続すべき。なお、抽出クロマトグラフィについては、スケールアップの可能性を早期に確認すべきではないか。
- (6) 軽水炉及び高速炉用 MOX 燃料（特に軽水炉の MOX 燃料）の再処理技術については事業者のニーズを十分に確認した上で計画に反映する必要がある。特に高速炉用 MOX 燃料の再処理について、現時点において優先度の高い課題となり得るかどうか、確認が必要である。
- (7) 高速炉用の MOX 燃料製造技術は、現時点で開発を進めるべきテーマかどうか疑問であり、高速炉の導入スケジュールと合わせてよく検討するべきである。技術維持を考えると、製造の共通基盤技術研究に取り組むべきではないか。
- (8) 核変換技術については、「何を達成するべきなのか」を明確にして研究に取り組むべき。
- (9) 現在計画で上げられている項目は全て原子力システム研究開発事業などで実施中の項目であり、中長期計画として策定することは良いが、それだけで研究開発法人の責務を果たせるかどうかは疑問である。
- (10) イノベーションの促進のためには、各研究者の自由闊達な発想が必要と考える。計画には記載しにくいと思うが、研究者がそれぞれ「やるべき」「やりたい」研究をエフオーの一部を使って実施するような取組を考えてはどうか。
- (11) 国内だけの人材育成に留まらず、海外からの研究者の受入育成を進めるべき。国内のみの原子力人材育成では人材維持に追いつかない可能性が強い。7 年計画の後半に何名か受け入れているという具体的数値があればなお良い。
- (12) 国内／国際学会における口頭発表、国際プロジェクトへの参画、論文執筆などを通じて人材育成に取り組むことを期待している。全般的に、原子力機構は若手研究者／技術者に対する上司のフォローが手薄であると感じている。昔ながらのやり方（放任）により若手を育てることには限界があることを認識すべきではないか。上司が若手の育成についてよりきめ細かに取り組むことを期待したい。例えば、若手研究者については、原子力機構内外の方にメンターをお願いして、フォローしてもらうことが考えられる。

以上

事前評価の対象とした次期中長期計画案

次期中長期計画については、次期中長期目標に合わせて設定すべきものであり、中長期目標が確定していない現時点では、まだ変更される可能性はあるが、本委員会においては、令和 3 年 11 月末時点における中長期計画案に基づき事前評価を行うこととした。以下に、事前評価の対象とした中長期計画案を示す。

Ⅱ. 研究開発の成果の最大化その他の業務の質の向上に関する目標を達成するためとるべき措置

1. 安全性向上等の革新的技術開発によるカーボンニュートラルへの貢献

(3) 高速炉・核燃料サイクルに係る研究開発

「エネルギー基本計画」並びに「高速炉開発の方針」（平成 28 年 12 月 原子力関係閣僚会議決定）及び当該方針に基づく「戦略ロードマップ」（平成 30 年 12 月 原子力関係閣僚会議決定）等において、高速炉には、従来のウラン資源の有効利用のみならず、放射性廃棄物の減容化・有害度低減や核不拡散関連技術等の新たな役割が求められており、将来の政策環境によっては、例えば、21 世紀半ば頃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される。

このような政策の方向性の下、機構においては、社会環境の変化に応じて、これまで蓄積してきた高速炉開発を中心とする知見について広く民間との共有を図り、民間が取り組む多様な技術開発に対応できるニーズ対応型の研究基盤を維持していくことが必要である。このため、産業界や関係省庁との連携を強化し、役割分担を明確にした上で、令和 6 年（2024 年）以降に採用する可能性のある技術の絞り込みに対応するほか、必要な研究開発を進める。

このため、安全最優先で高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発等を推進することにより、我が国における諸課題の解決、社会的要請に応える原子力イノベーションへの挑戦及び我が国のエネルギー政策策定への支援と実現に貢献する。

新たな研究として、カーボンニュートラルへの貢献、安全性向上、経済性向上等の社会的要請に応える原子力システムとして、SMR 等の革新原子炉技術の研究を行う。また、再処理技術の高度化や軽水炉及び高速炉の MOX 燃料等の再処理に向けた基盤技術の開発に取り組むとともに、これらの成果を活用して民間事業者への技術支援を行うことで、核燃料サイクル政策の推進に貢献する。さらに、プルトニウムマネジメントに必要な基盤技術開発及び基盤データの取得・拡充を進めるとともに、プルトニウム燃料製造プロセスの経済性及び信頼性を向上させるための要素技術の開発を進める。

また、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度の低減を目指し、高レベル放射性廃棄物に含まれる長寿命で有害度の高いマイナーアクチノイド（MA）等を高速炉で核変換するために必要な炉物理研究や分離技術、燃料製造等に係る研究開発を進める。

加えて、原子力革新技术に関する情報発信等、社会活動に取り組み、高速炉によるクローズドサイクル技術の社会実装が日本のエネルギー及び環境、医療、重要な政策に貢献できることについて、国内の様々なレベルでの共有・具体化を主導する。

1) 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発

「エネルギー基本計画」に示された、高速炉、SMR等の革新的技術の研究開発の推進のため、高速炉サイクルの研究基盤、安全性、経済性の更なる向上を図る革新炉技術を、民間を含む日米、日仏等の国際連携を活用しつつ開発し、今後開発すべき高速炉の設計概念の絞り込みと具体化に貢献する。これらの技術開発の成果は民間が進める開発の取組を推進するよう技術提供・移転を図る。

「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に従って「戦略ロードマップ」に記載されている高速中性子照射場を提供するため、早期に高速実験炉「常陽」の運転を再開する。また、運転の継続に必要な燃料の供給についても、必要な対応を行う。「常陽」に関連する照射後試験施設の試験機能を段階的に照射燃料集合体試験施設（FMF）に集約し、「常陽」運転再開後に求められる照射後試験機能の維持・強化を進める。

高速炉の実証技術の確立等に向けて、国内における採用技術の絞り込みや国際協力の進捗状況を勘案しつつ、冷却系機器開発試験施設（AtheNa）を外部資金も活用して整備し、高速炉の安全性等に係る試験研究施設を維持・強化する。

高速炉の実証技術の確立のために、日米、日仏協力を基軸に IAEA、経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）、GIF（第4世代原子力システムに関する国際フォーラム）等への対外的な働きかけを進めつつ、国際協力を通じて実用化のための技術基盤を確立し、国内高速炉プラントの設計及び機器開発に反映させる。高速炉安全技術向上のため、シビアアクシデントの防止と影響緩和について、既存施設を活用し、シビアアクシデント時の除熱特性評価や損傷炉心挙動評価、放射性物質の移行挙動評価に必要なデータを取得する。

「もんじゅ」の研究開発で得られた経験、高速炉安全技術の向上に向けた研究開発等の成果を知識ベース及び解析システムに集約する。さらに、国内の研究機関や大学、メーカー等との連携を強化し AI 等の最新技術を用いて、これらを統合・制御することにより高速炉の安全評価、構造設計、保守に係る主要目の最適化支援機能を具備する、AI 支援型革新炉ライフサイクル最適化手法（ARKADIA）を外部資金も活用しつつ構築し、プラント設計の高度化に資する。主要な解析システムの基本的な開発を行い、今期中長期目標期間半ばを目途に民間での「開発フェーズ」に供用を開始する。また、今期中長期目標期間中に統合したシステムの開発と検証を実施し、当該システムのメーカー等への提供を目指す。

高速炉の規格基準体系を、規制の国際的な動向であるリスク情報活用と適合する形で整備するため、リスク情報活用に係る方法論を提案するとともに、構造設計や保全等に係る規格

基準類整備に必要なデータの取得・評価を実施し、学協会規格の整備を支援する。これらの規格基準案については「開発フェーズ」に向けて提案する。さらに、国際協力の枠組みを利用して、国際標準化を推進する。特に、高速炉の安全性評価及び安全設計に関わる基準・指針の展開を図る。

炉心燃料・材料について、炉開発の方向性を見極めながら適切な開発目標を設定し、設計手法の高度化を含めた必要な研究開発を実施するとともに、それらの成果に基づき「常陽」での照射試験に向けた準備を進める。長寿命炉心材料について、実用化に向けた量産技術開発や基準類整備のためのデータ取得を外部資金も活用して継続して進める。また、「常陽」運転再開後には長寿命炉心材料、燃料等の照射性能を把握するための照射試験を実施する。

これらを通じて維持・強化した研究開発施設、開発・整備した解析システム、規格基準類を高速炉サイクルの実現に向けた研究基盤として、国が進める NEXIP 等を通じた民間での革新炉や SMR を含む技術開発の取組への提供を図るとともに、今後開発すべき高速炉の設計概念の絞り込みと具体化に貢献する。

2) 原子力イノベーション技術の研究と脱炭素社会達成への貢献

国が進める NEXIP 事業を中心とした技術開発支援の枠組み、国際協力及び産業界との連携を活用し、より簡素で信頼性の高い原子炉冷却と安全性の向上等、SMR 等の革新原子炉技術の研究を進める。持続的な燃料供給が可能な高速炉と水素製造や調整電源用の高温ガス炉が共存する革新的原子力システム概念を中心に外部資金等も活用しつつ研究を進め、カーボンニュートラル、エネルギーセキュリティ等に貢献可能な概念を提示し、性能を評価する。これらの要件を満足する革新的原子力システム概念を提案する。

前項で提示するシステムの実現に加え、民間が開発する SMR への提供に向けた炉型横断的な免震安全技術、熱貯蔵及び熱利用を含む再生エネルギーと調和するための技術、安全性や機動性等の試験・評価技術の研究開発を進める。また、安全性や経済性向上等の多様な社会ニーズに応じた炉心構成要素仕様に適用可能な 3D プリント製造・評価技術、燃料特性評価技術等、革新技術を適用したプラントと燃料材料技術に関する研究開発を進める。原子力イノベーション創出のためのプラットフォームとして、機構の内外との研究連携を推進・コーディネートし、外部資金等を活用しつつ ARKADIA、3D プリント等の革新技術を開発し、社会のニーズと結びつけ、社会実装へ展開する。

3) 資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の核燃料サイクルに係る研究開発

軽水炉及び高速炉用使用済 MOX 燃料等の再処理技術の構築を目指し、外部資金も活用し、溶解、抽出、清澄、プラント技術等の枢要技術の実用性について評価するための知見を整備する。経済性及び信頼性に優れた MOX 燃料製造プロセスの構築を目指し、プルトニウムマネジメントに係る研究・技術開発として、高プルトニウム含有 MOX 燃料の製造・実用化や

分離済プルトニウムの有効利用に向けた要素技術開発等を通じて、経済性及び信頼性に優れた MOX 燃料製造プロセス概念を構築する。

産業界や関係省庁との連携の下で、役割分担を明確化しつつ、国が進める NEXIP 等を通じた民間での革新炉開発上のニーズも考慮の上、高速炉サイクルに関連する技術開発を推進する。これらの研究開発等を円滑に進めるため、新規制基準への適合性確認が必要な施設については、これに早急かつ適切に対応する。

抽出クロマトグラフィと溶媒抽出法（SELECT プロセス）の 2 つの手法を軸とした MA の分離回収に係るプロセスデータの拡充を図るとともに、分離システムの工学的成立性や安全性を確保するための技術開発を実施し、実用化に向けた見通し判断と 2 つの手法の技術の評価に必要な知見を取得する。幅広い条件の高速炉燃料の照射挙動解析を可能とするための機構論的物性・挙動モデルの開発を行うとともに、高速炉用 MA 含有酸化物燃料製造プロセスや設備として新規焼結法等の革新技術の適用や基礎基盤技術に関する研究開発を実施する。

「戦略ロードマップ」に記載されている高速炉の意義が多様化している点を留意しつつ、プルトニウムマネジメントや放射性廃棄物の減容化・有害度低減等への寄与、安全性強化等高速炉のポテンシャルを活かした革新性のある炉心概念の設計研究を行い、今期中長期目標期間内に炉心概念の高度化・設計詳細化結果を提示する。また、日米 CNWG 等の国際協力や「常陽」の利用により、プルトニウムや MA の核種燃焼、使用済燃料特性等の実験データベースを拡充し、高速炉炉心設計手法の検証・妥当性評価に反映する。高プルトニウム含有 MOX 燃料及び MA 含有 MOX 燃料（小規模 MA サイクル実証試験を含む。）については、試験燃料の遠隔製造技術、照射後試験・解析技術等の開発を進めるとともに、「常陽」運転再開後に照射性能を把握するための照射試験を開始する。

上記の研究開発に加え、原子力イノベーション、軽水炉サイクル等に係る様々な研究開発ニーズに応えるための照射試験・照射後試験に係る技術基盤を維持・強化するとともに、必要な研究開発を実施する。

4) 人材育成

「常陽」、AtheNa 等のインフラ及び ARKADIA の開発を人材育成の場として活用し、国内外の研究者等に高速炉の研究開発に関する知識を習得させ、高速炉の運転開始に備えて優秀な人材を育成し、技術の継承を図る。

国際協力への参画を通じ、国際交渉力のある人材を確保・育成し、国外への情報発信力の強化を図る。

2. 原子力科学技術に係る多様な研究開発の推進によるイノベーションの創出

(1) 原子力基礎基盤研究、先端原子力科学研究、中性子利用研究及び原子力計算科学研究の推進

3) 中性子利用研究等

・・・また、「常陽」の高速中性子を利用した医療用放射性同位元素（アクチニウム 225）の製造に加え、幅広い材料照射に関する研究を進める。

(2) 特定先端大型研究施設の共用促進・高度化並びに供用施設の利用促進

2) 供用施設の利用促進

・・・JRR-3 や運転再開後の「常陽」、放射性物質の取扱い施設、分析機器等について、機構において整備しているオープンファシリティプラットフォーム（利用者のニーズに応じた適切な施設、設備、分析機器及び施設利用を支援する研究者等を紹介し、外部利用者の円滑な利用を支援する枠組み）を通じて、適切な対価を得て、国内外の産学官の幅広い外部利用者の利用に供する。

(3) 産学官の共創によるイノベーション創出への取組の強化

・・・「常陽」の高速中性子を利用したアクチニウム 225 の製造に関する研究の結果を踏まえ、照射試験に必要な設備を整備するとともに、アクチニウム 225 のサプライチェーンの構築に向けた検討に貢献する。

5. 高レベル放射性廃棄物の処理処分に関する技術開発の着実な実施

(1) 高レベル放射性廃棄物の処理に関する研究開発

高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度の低減に大きなインパクトをもたらす可能性のある分離変換技術の研究開発を、国際的なネットワークを活用しつつ推進し、放射性廃棄物の処理処分に係る安全性、信頼性、効率性等を高め、その幅広い選択肢の確保を図る。具体的には、Ⅱ.1. (3) 章に示す高速炉における核変換に係る研究開発に加え、MA 分離のための共通基盤技術の研究開発と加速器駆動システム (ADS) を用いた核変換技術の研究開発^{*}を実施する。

研究開発の実施に当たっては、国内外の幅広い分野の産学官の研究者と連携を行うとともに、研究開発を通じた原子力人材の育成を図り、我が国の科学技術の発展に貢献する。

1) MA 分離のための共通基盤技術の研究開発

抽出クロマトグラフィと溶媒抽出法 (SELECT プロセス) の 2 つの手法を軸とした MA の分離回収に係るプロセスデータの拡充及び工学データの取得を行い、実用化に向けた見通し判断と 2 つの手法の技術の評価に必要な知見を取得する。

2) 加速器駆動システム (ADS) を用いた核変換技術の研究開発

原理実証段階に移行する過程にある ADS については、概念設計の高度化、実用に近い条件下でのターゲット窓材評価を進めるとともに、国際協力によりその開発を加速させる。

J-PARC 核変換実験施設計画については、関連研究開発の成果及び核変換研究以外の施設への多様なニーズを踏まえて施設計画の見直しを行う。*MA* 含有窒化物燃料の製造及び乾式処理技術について準工学規模試験に向けた技術開発を行うとともに、「常陽」等での中性子照射試験の可能性検討を進める。様々な原子力利用シナリオに対応して、減容化・有害度低減を可能とする原子力システムを提示する。

※斜体文字部は対象外

事前評価の詳細（評価の観点ごとの評価・意見の詳細）

事前評価を議題とした第 3 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会を令和 3 年 12 月 14 日に開催し、原子力機構から事前評価の対象となる第 4 期中長期計画案及びそれについての自己評価等を聴取し討議を行った。同委員会において聴取・討議した内容に基づく各委員の評価とその評価理由・意見は、各委員に評価シートに記入し提出して頂くことで集約した。

以下、評価シートに記された評価の観点ごとの原子力機構の自己評価、委員の評価結果の集計と評価理由・御意見の詳細を掲載する。

(1) 研究開発課題の選定の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む）

【委員の評価結果】 妥当：10 名、要改善：1 名

（妥当とする理由／意見）

- カーボンニュートラルを進めていくために、原子力エネルギーの利用におけるオプションの 1 つとして、高速炉の重要性は高まっている。
- 第 3 期中長期計画の結果、国の政策の観点から見て妥当である。
- 新しい政策に沿った計画ではあるが、従来の計画との違いが不明である。
- 高速炉開発を中心とする知見について広く民間との共有を図り、民間が取り組む多様な技術開発を支えることは非常に重要である。
- 国の政策に沿った研究開発計画を妥当と評価するべきであれば、必要十分な政策文書をリファアーしているといえるので妥当といえる。

（要改善とする理由／意見）

- 以下のとおり。
 - AtheNa については、どのようなスコープで活用していくのかを議論すべき。大型高速炉の安全性に特化した研究を今後も続けていくのか？ Na 冷却小型 SMR の安全性研究などへの活用に当たって検討しておくべき点はないかなどの観点が必要。
 - 国際連携と高速炉サイクルの社会実装については、NEXIP 事業の進捗も見ながら研究を進めるべき。この意味で、中長期目標期間の途中であっても、中長期計画を見直すプロセスを想定しておいても良いのではないか。
 - 高速炉の安全性向上技術については、特定の炉型の安全評価技術の研究にならない

ように注意が必要。

- ARKADIA については、解析手法が旧世代のものをそのまま採用しているケースがあり、解析手法自体も最新のものに見直していくべきである。また、設計メーカーのみならず、大学など新型炉の研究を行う研究機関で広く活用される姿を目指すべき。そのために、使いやすさの向上や検証にしっかり取り組むべき。
- 規格基準類の整備についての計画は妥当と思われる。
- 燃材料の開発についての計画は妥当と思われる。「常陽」の照射炉としての活用を期待している。
- 核燃料サイクル技術のうち、分離技術についてはどのようなサイクルを考えても必要となる可能性が高く、基盤技術の開発を継続するべき。なお、抽出クロマトグラフィについては、スケールアップの可能性を早期に確認すべきではないか。
- 軽水炉及び高速炉用 MOX 燃料（特に軽水炉の MOX 燃料）の再処理技術については事業者のニーズを十分に確認した上で計画に反映する必要がある。特に高速炉用 MOX 燃料の再処理について、現時点において優先度の高い課題となり得るかどうか、確認が必要。
- 高速炉用の MOX 燃料製造技術は、現時点で開発を進めるべきテーマかどうか疑問。高速炉の導入スケジュールと合わせてよく検討するべき。技術維持を考えるとしても、製造の共通基盤技術研究に取り組むべきではないか。
- 核変換技術については、「何を達成するべきなのか」を明確にして研究に取り組むべき。

(2) 方向性・目的・目標等の妥当性（効果・効用（アウトカム）の観点を含む。）

【委員の評価結果】 妥当：7 名、要改善：4 名

（妥当とする理由／意見）

- 研究の方向性、目的等は、我が国の政策や国際的な動向から見ても妥当である。
- カーボンニュートラル社会において原子力エネルギー利用はどのような形で進められるべきかを原子力機構は積極的に提言すべきである。それができる研究組織を大学や産業と連携して作ってほしい。
- 第 4 期では目標の柱立てが変更されており、分かり易くなっている。

（要改善とする理由／意見）

- 2050 年「高速炉の運転開始が期待される時期」に向け、運転開始までに何をどのように研究開発を進めていくか、全体像が示されていないため、第 4 期中長期目標期間の研究開発の方向性・目的・目標等の妥当性が判断できない。

- 「常陽」再稼働が重要視されている点は評価するが、諸事情による再稼働延期などで期間内に再稼働ができない場合の計画を提示するべきであると考ええる。
- 「常陽」再稼働時期を期中の早い段階としている点や、高速炉の採用技術の絞り込みを早期に行うとしている点などにプラン B の備えが必要ではないか。
- (1) の（要改善とする理由／意見）を参照

(3) 研究開発の進め方の妥当性

【委員の評価結果】 妥当：8 名、要改善：3 名

（妥当とする理由／意見）

- 高速炉の社会実装に向けては、民間に対する技術基盤の提供という立場で、研究を進めていくことは妥当である。
- 第 3 期中長期計画の結果を踏まえ、また、世界の研究開発の動向などから見ても研究開発の進め方は妥当である。
- SMR を含む未来の原子力システム研究には、これまでの研究に加えて金属燃料研究や乾式再処理研究など多彩な研究を進めて行く必要がある。そのための研究組織、研究計画をしっかりと作ってほしい。
- 民間や諸外国からの提案を受け入れるだけでなく、原子力機構自らも積極的に革新的原子炉システム概念を提案すべきだ。
- 特に SMR に関しては、民間の提案を待たず、原子力機構が蓄積した知見に基づき、民間が投資を検討したくなる魅力的な（安全性高く、低コストで採算性のある）炉の提案を頂くのが良いと考える。個人的には、かつての実験炉や実証炉などのステップを踏まず実現可能な、プループンな技術で構成され、研究開発投資が削減でき、早期の投資回収が可能であり、また固有の安全性を具備するような炉をイメージする。このようなアプローチのイノベーションによる早期の高速炉時代の到来を期待する。
- 妥当であるが、国際協力関係で考慮していただきたい。仏国を含む西側諸国のみならず高速炉開発を進めているロ中印各国と直接・間接的な連携協力を強化していただきたい。ロ中印各国は高速炉の商業化／実証化に実績があり、協力する上で有益である。各国の事情に合わせて配慮する必要はあるが、現状より積極的に協力を進めるべきである。
- 高速炉開発を進めることが、国際的な視点からみてどのような意味を持つのか。特に、中露の原子力マーケットにおける存在が大きいことを受けて、日本が国際的に参入していくのであれば、どのような「売り」を打ち立てるのかという戦略のもとでの研究開発の必要性があると思う。安心・安全・拡散対抗性などは、日本の強みになると思われ、他国に先駆けた技術の構築は必要不可欠になると思う。国際的なマーケットへの参入には、国と民間の連携が求められる。また、事業を担っていく人材の確保も必要となる。

今後 10 年 20 年後の将来的な方向性や社会実装も含めた戦略などにおける日本の立ち位置を念頭においた研究の基盤の構築が求められると考える。

(要改善とする理由／意見)

- 「常陽」の運転再開は必須事項なので、確実に進めてほしい。ただ、うまくいかなかったときのための対策も講じておくべきだと思う。再稼働が計画どおりできるのかどうか、できたとして、その後、順調にいかないこともありえるので、そういったことを想像しつつ計画を立てるべき。
- 高速炉開発でも革新型原子炉システム開発でも、政策の方向性や最優先とされる技術が期中で変化しないという保証はない。短期的な政策変更や提携相手の都合に左右されない、研究開発の基本に立ち返る姿勢が必要ではないか。
- (1) の（要改善とする理由／意見）を参照

(4) 研究資金・人材（体制）等の研究開発資源の配分計画の妥当性

【委員の評価結果】 妥当：11 名

(妥当とする理由／意見)

- 人材育成と国際連携をうまく連動させてほしい。
- 研究資金、人材の配分は、現状を鑑みると妥当と言えよう。
- 幅広く予算の確保に努めることは重要である。
- 外部資金の獲得を目指すことで、外部のニーズも明確になると考えられるため、よい運営方針である。
- 現在の資源配分が妥当かどうかは結果が出ないことには判断できないが、否定する根拠もない。

(5) 国内外他機関（原子力以外の分野を含む）との連携の妥当性

【委員の評価結果】 妥当：10 名、要改善：1 名

(妥当とする理由／意見)

- 社会科学関係の分野と連携しようとされていて、これは非常に面白いと思う。
- 他機関との連携に関しては、現状でも積極的に展開されているが、第 4 期計画においても積極的に進める計画とされており、妥当である。
- 自己評価に記載のとおり、原子力分野以外との連携も大切と思います。

- ロ中印の国際協力関係が考慮すべき課題である。
- 高速炉の技術が軍事利用されうることについて、特に民間は必ずしも知見が深いわけではないと推察する。社会科学視点からの課題などについては、他機関との連携をすすめる中でしっかりと情報を提供しつつ、意識の共有をお願いしたい。
- 原子力以外の産業界や海外の研究機関等との多様なチャネルを確保・拡大している姿勢は評価できる。

(要改善とする理由／意見)

- 原子力以外の分野のニーズを調査することが中心となっており、本質的な連携となっているか疑問である。

(6) イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画の妥当性

【委員の評価結果】 妥当：8名、要改善：3名

(妥当とする理由／意見)

- 革新的原子力システムの構築は、イノベーション創出そのものであり、その取り組みに係る計画は妥当である。なお、Society5.0 との関わりについては説明がなかったが、ARKADIA のことか？
- 「機構内外との研究連携を推進・コーディネートし、開発した革新技術を社会のニーズと結びつけ、社会実装へ展開する計画」とあるが具体的にどのように進めるのか第4期中長期計画に示してほしい。
- 提案される炉システムが、研究開発要素満載で、いつ実現するか分からないようなものでなく、直ちに民間が投資をしてくれるような魅力的な炉であることを期待する。
- 妥当と考える。そもそもの社会のニーズが何かという点がややわかりづらい印象である。国が求める計画＝社会のニーズといってもよいのかについて、よく検討する必要があるように感じる。
- どういった成果があれば「イノベーションが創出された」と言えるのか、定義がなされていれば妥当である。

(要改善とする理由／意見)

- カタカナ語が多くて具体的な内容が伝わってこない。
- 横文字やカタカナが多くてよくわかりません。概念というかはっきりしないイメージが先行して何でもありの計画に思われます。整理してみても項目立ててみてはいかがでしょうか、具体的な実施計画はあまり出てこないようにも思えます。
- 現在計画で上げられている項目は全て原子力システム研究開発事業などで実施中の項

目であり、中長期計画として策定することは良いが、それだけで研究開発法人の責務を果たせるかどうかは疑問である。

- イノベーションの促進のためには、各研究者の自由闊達な発想が必要と考える。計画には記載しにくいと思うが、研究者がそれぞれ「やるべき」「やりたい」研究をエフォートの一部を使って実施するような取組を考えてはどうか。

(7) 社会実装に向けた取組計画の妥当性（技術・知識基盤プラットフォームの構築・提供を含む）

【委員の評価結果】 妥当：9名、要改善：2名

（妥当とする理由／意見）

- 高速炉の開発においては ARKADIA の構築、「常陽」を用いた研究など妥当であり、サイクル技術に関しても、第3期中長期計画を踏まえ着実に計画が作られており概ね妥当と言える。ただ、ARKADIA を構築した後にそれを用いて具体的にどのようなようにしていくかも示していただくと良い。
- 燃料サイクル技術に関しても何かプラットフォーム的な知識の集約はできないか。
- ARKADIA のアプローチは貴重であると考ええる。
- ARKADIA の適用先・活用先・効果としてどのようなことがなされれば「社会実装された」とするのか、定義がなされていれば妥当である。

（要改善とする理由／意見）

- ARKADIA を使ってどのような成果を出すかが今ひとつはっきりしない。ARKADIA はツールであって開発目標ではないし、前計画で成果として挙げた以上 ARKADIA を使ったアウトカムを明示していただきたい（「もんじゅ」のデータの V&V ではなく、次世代炉やタンク型 FBR の設計にどう活用するか、あるいは ARKADIA から得られる FBR 最適化プロセスの方針原則など社会実装に適合した研究など）。
- ARKADIA については、技術供与の対象を高速炉設計メーカーだけではなく、大学など広く高速炉の研究をしている研究組織とするべきである。高速炉開発及び核燃料サイクル技術開発いずれにしても社会実装までのタイムスパンが長く、ロードマップを描きにくい状態であるものの、「何を達成すれば社会実装にどのように貢献できるか」は明確にして研究に取り組む必要があると考える。

(8) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性

【委員の評価結果】 妥当：9名、要改善：2名

(妥当とする理由／意見)

- 「常陽」での医療用 RI 製造は、まずは基礎研究を進めることとされているが、大きな柱になるかもしれない。
- 我が国の政策や社会的意義/ニーズに関して新型炉・核燃料サイクルの研究開発は妥当であり、また、近年の医療用アイソトープ製造のニーズにこたえるべく計画も入っており妥当であると言える。
- 高速炉の再稼働は第 4 期中長期目標期間中に確実に進めてほしい。高速中性子が使えないと分離核変換技術の研究も進まない。
- 「常陽」でのアイソトープ製造は中性子照射場としては当然可能であるのであえて強調する必要があるのか。唐突感がある。
- 妥当と考える。「常陽」の多面的な活用を期待する。
- 「戦略ロードマップ」等の記載が本当に社会的ニーズに適合しているかの検証は必要だが、適合しているという前提であれば妥当である。

(要改善とする理由／意見)

- 「常陽」については再稼働が達成できない場合のプランの提示があるべき。医療用 RI 製造はある程度期待できるが、実現に向けては原子力機構内のみならず外部との調整が不可欠であり、コストパフォーマンスなど検討すべき課題が存在するため留意する必要がある。「常陽」は高速中性子源として学術的あるいは産業的利用価値が高く、中長期計画内での再稼働を最優先とすべきである。
- (1) の(要改善とする理由／意見)を参照

(9) 研究開発課題／成果の社会的受容性（社会へ及ぼす影響度の想定）

【委員の評価結果】 妥当：8名、要改善：2名、保留：1名

(妥当とする理由／意見)

- 分離核変換技術や高速炉の必要性を社会に受け止めていただくため、国民、市民への啓発活動を大学などと協力して着実に進めてほしい。
- 高速炉を中心とした Pu を利用する社会像が一般に受け入れられるかが課題である。
- 妥当と考える。高速炉の重要性は関係の有識者であれば誰もが賛同するものであると考える。民間や投資家の力を借りてまずは魅力的な SMR を具現化し、それにより逆に日

本のエネルギー戦略を書き換えるようなイノベーションに期待する。

- 米仏など欧米諸国 (like-minded states) との連携は必要不可欠であると考える一方で、中露との競争が激化していくであろう点を踏まえて、国際的な対立軸が深まることを避けつつ、高い競争力を培っていく必要があると思われる。そのためには、日本が（他国に一方的に政策的に引っ張られるのではなく）自身の長期的な戦略を明確に立てて、それに向けた研究開発を進めることが重要であると考ええる。
- 「高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減、資源の有効利用の効果が期待できる」から「成果の社会的受容性は高い」かどうかの検証は本来であれば必要だが、既に検証済みであれば妥当である。

（要改善とする理由／意見）

- 研究計画から想定される成果や課題解決に関しては社会へ及ぼす影響は大きく、それらの結果が社会的受容性の観点から重要であることは間違いなく、その点は妥当であると言えよう。ただし、成果が優れたものであり、それが社会的受容性を喚起するものであったとしても、一般社会に訴えることが重要であり、私はまだ一般への広報活動が不足していると感じている。また、第 4 期計画では本件について全く触れられていないのが残念である。
- (1) の（要改善とする理由／意見）を参照

（保留とする理由／意見）

- 判断しにくいので評価は保留したい。高速炉が社会受容性を勝ち得ない理由は、まだ基礎研究技術レベルを出ないもので信頼に足り得ないものであるという印象が強いからと推測する。これを克服するためには、高速炉技術の民生化プロセスを明示化して説明し実施して成果を示すことであると考ええる。現状での基礎研究止まりのやり方ではなく実行可能なロードマップを示して根拠のある予算要求とプロジェクト案提案を行うのが妥当かと考える。

（10）新たな原子力システムの構築（研究開発のデジタルトランスフォーメーション（DX）化を含む）の可能性

【評価結果】 妥当：10 名、要改善：1 名

（妥当とする理由／意見）

- デジタル化推進のためのシンボルが ARKADIA 一択にならないように注意してほしい。
- 高速炉に関する知識基盤プラットフォームとして ARKADIA を整備していくことは適切であると評価できる。ただし、ソフトウェアの信頼性を高めるには実験による妥当性

確認が不可欠であり、これまでの原子力機構の実績も踏まえた様々な実験的研究についても、位置づけを明記すべきと考える。

- 高速炉核燃料サイクルそのものが新たな原子力システムの構築につながるものであり、さらには新型炉の開発まで計画に入っており、研究計画は妥当である。
- ブレークスルー技術の具体的課題を明確にしてほしい。
- 妥当と考える。既存路線を AI で効率化するのではなく、発想の転換により高速炉の早期具現化に期待したいと思う。
- 妥当とするが、ARKADIA 一辺倒の計画には疑問を感じる。ARKADIA は「もんじゅ」までのデータベース化がメインであって、そのビッグデータから抽出する方法を経験則に則って効率的に創出するのであって新型炉などの新たな創成研究に適用するには限度があるので ARKADIA に注力するだけではよくない。それともプラントエンジニアリングに特化した最適化支援コードを作る場合、民間に提供して利用してくれる先はあるか、あるいは競合するものが既存なのではないかなどリスクが多い気がしている。
- ARKADIA の整備・活用や研究活動における DX 推進は手段であって、目的ではない。「ARKADIA を整備し、活用した」「DX を推進した」とことと新たな原子力システムの構築との因果関係が明確化されている上で目標達成、と定義してあれば、妥当。

(要改善とする理由／意見)

- デジタルトランスフォーメーションの本質は、デジタル空間でプラントの設計を行うことではなく、設計のプロセスを変革することである。そのためには、ツールをデジタル化するだけでは不足であり、設計の手順や考え方まで含めて見直す必要がある。

(11) 人材育成に関する取組の妥当性（原子力を担う人材、イノベーション・デジタル化を担う人材等）

【委員の評価結果】 妥当：9 名、要改善：2 名

(妥当とする理由／意見)

- 大学との共同研究や学生実習は、原子力以外の分野へも対象を広げてほしい。
- 第 3 期中長期計画でも、国際連携に関連して若手研究者の派遣など人材育成については努力されており、次期計画においても国際連携、大学との共同研究、学生の実習受入れなどの計画が盛り込まれており、大変結構である。
- 福島第一原子力発電所事故後、若手人材育成や若手への技術伝承は危機的な状況にある。第 4 期中長期目標期間に確実に進めてほしい。
- イノベーション・デジタル化を担う人材に関しては、他分野でイノベーション・デジタル化を担当している人材が原子力分野へ目を向けてくれるような施策が必要ではない

か。

- 原子力機構が所有する設備などを活かし、原子力人材の育成を継続して頂くことを強く希望する。
- 次世代育成にあたり、単に研究開発を担うだけでなく研究開発のあり方そのものや開発目標設定の思想、国際連携に当たっての哲学（我が国の国益を第一に考えるかどうか）をしっかりと持てる人材育成を手掛けられれば、妥当。

（要改善とする理由／意見）

- 国内だけの人材育成に留まらず、海外からの研究者の受入育成を進めるべき。国内のみの原子力人材育成では人材維持に追いつかない可能性が強い。7年計画の後半に何名か受け入れているという具体的数値があればなお良い。
- 国内／国際学会における口頭発表、国際プロジェクトへの参画、論文執筆などを通じて人材育成に取り組むことを期待している。全般的に、原子力機構は若手研究者／技術者に対する上司のフォローが手薄であると感じている。昔ながらのやり方（放任）により若手を育てることには限界があることを認識すべきではないか。上司が若手の育成についてよりきめ細かに取り組むことを期待したい。例えば、若手研究者については、原子力機構内外の方にメンターをお願いして、フォローしてもらうことが考えられる。

付録

(日本原子力研究開発機構作成資料)

付録 1 研究開発課題の事後評価及び事前評価について（諮問）

付録 2 事後評価において委員会から示された提言と原子力機構の措置

付録 3 事前評価において委員会から示された提言と原子力機構の措置

付録 4 評価に供した資料*

*タイトル目録を掲載するとともに、添付 CD-ROM に電子ファイルを収録する。

This is a blank page.

付録 1 研究開発課題の事後評価及び事前評価について（諮問）

This is a blank page.

令 0 3 原 機（炉） 0 1 6
令和 3 年 8 月 2 日

高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会
委員長 竹下 健二 殿

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門
部門長 大島 宏之（公印省略）

研究開発課題の事後評価及び事前評価について（諮問）

「研究開発・評価委員会の設置について」（17（達）第42号）第3条に基づき、下記の事項について諮問します。

記

〔諮問事項〕

- ・ 第3期中長期計画における「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する事後評価
- ・ 第4期中長期計画における「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する事前評価

以上

This is a blank page.

付録 2 事後評価において委員会から示された提言と原子力機構の措置

This is a blank page.

付録 2 事後評価において委員会から示された提言と原子力機構の措置

総合評価	
提言	原子力機構の措置
2050 年頃の「高速炉の運転開始が期待される時期」に向け、国内で唯一の高速炉に関する研究機関として、何をいつまでに実施すれば高速炉の運転開始が達成できるかを考え、第 4 期中長期目標期間の研究目標の設定及び研究成果に期待する。	高速炉の運転開始が期待される 2050 年頃に向けての展開については、原子力機構としてのロードマップをしっかりと持った上で、第 4 期中長期目標期間の取組を進めるとともに、国の方針が明らかになるように働きかけていきます。
高速炉を含む新型炉の開発については、民間活力を活用すること自体は良いことであるが、原子力機構が主体的に民間を引っ張っていくような姿勢を見せていただきたい。	高速炉開発における原子力機構の役割は、第 4 期中長期目標において、「社会環境の変化に応じて、これまで蓄積してきた高速炉開発を中心とする知見について、広く民間との共有を図るという視点の下、民間が取り組む多様な技術開発に対応できるニーズ対応型の研究基盤を維持していくために必要な取組を進める。また、長寿命で有害度の高いマイナーアクチノイド (MA) を分離するための共通基盤技術の研究開発をはじめ、高速炉を用いた核変換技術の研究開発を推進する。さらに、高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発等の推進により、我が国の有するこれらの諸課題の解決及び将来のエネルギー政策の多様化に貢献する。」とされています。こうした役割を果たしていく中で、民間との連携を通じた研究開発成果の最大化に努めます。
- 次期計画中に「常陽」が動かなかった場合を含め回避策を検討しておく必要がある。 2100 年頃の投入を想定した時の研究開発の展望もプラン B として用意しておく必要はないのか。	第 4 期中長期目標においては、「高速炉の実証技術の確立に向けての研究開発を円滑に進めるため、『常陽』については、新規制基準への適合性確認を受けた後、一日も早い運転再開を目指す。」とされています。この目標の達成に向けて真摯に取り組むことで、御指摘のような

	事態を含む種々のリスクを回避したいと考えます。 ・ 「エネルギー基本計画」並びに「高速炉開発の方針」(平成 28 年 12 月 原子力関係閣僚会議決定) 及び当該方針に基づく「戦略ロードマップ」(平成 30 年 12 月 原子力関係閣僚会議決定)において、「高速炉には、従来のウラン資源の有効利用のみならず、放射性廃棄物の減容化・有害度低減や核不拡散関連技術等の新たな役割が求められており、将来の政策環境によっては、例えば、21 世紀半ば頃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される。」とされています。このような政策の方向性に基づき策定された第 4 期中長期目標の下で第 4 期中長期計画を定め、それに組み込んでいくこととしています。将来的に政策変更がなされる場合には、それに伴って変更される中長期目標に沿って計画を見直すことになります。
・ 原子力に係る技術や今後の開発が日本の今後において、どのような意味をもたらすのか、着地点・終着点がどこなのか、なぜこのような技術開発が必要なのか、という点を、理系の研究者や技術者の視点のみならず、もう少しわかりやすくかみ砕いて説明いただくと、さらに理解が深まる。 ・ 国内の老朽化した原子炉を新型炉や高速炉に置き換える際に想定されるさまざまな社会的な課題への対応（特に世論を味方につけること）を急ぎ、それによってこれらの炉の実装を可能とし、着実に予算を確保するという好循環を生み出さない限り、高速炉や新型炉、小型炉の普及、ニーズの確保	・ 広聴・広報につきましては、受け手である国民のニーズを意識し、研究開発成果の社会還元や、社会とのリスクコミュニケーションの観点を考慮しつつ、立地地域を始めとする多くの方々との広聴・広報及び対話活動を積極的に展開します。 なお、研究開発機関としてのポテンシャルをアピールするとともに社会からの理解促進につなげるため、原子力機構の研究施設等の公開や見学会、報告会の開催や外部展示への出展等の活動を効果的に行います。 また、双方向コミュニケーション活動であるアウトリーチ活動においては、サ

や理解につながらないように思う。 ・ 包括的なエネルギー安全保障の議論の中で、どのように原子力を推進していくのか、原子力の立ち位置や役割についての議論があるとよい。 ・ 当分野における若手研究者の育成・支援は、日本全体での課題となっている。特定の大学のみならず、広く日本全国から優秀な研究者が当分野に関心を持てるような仕掛けも必要。	イエンスカフェや実験教室の開催等理科教育への支援を積極的に行います。 これらの取組の実施に当たり、多様なステークホルダー及び国民目線を念頭に、職員の情報発信能力の向上を図ります。
・ 分離変換技術など、幅広いシナリオで不可欠な技術もある一方、特定のシナリオに特化した技術開発も行われており、研究の取組としてアンバランスであると感じられる。次期中長期計画を策定するに当たっては、原子力機構における研究の取組に関する基本的な考え方にのっとり、共通基盤的な技術開発に注力することが望まれる。	・ 研究開発を進めるためには、原子力機構が保有するシーズとステークホルダーのニーズが一致し、かつ、予算の裏付けが伴うことが重要と考えます。これらのバランスの上で、予算や人員の確保が困難な研究課題については、中長期計画上でやや控えめな記載としています。御指摘のとおり、共通基盤的な技術開発については優先的に対応したいと考えます。
・ 社会的受容性としては、まだまだ不十分であり、特に一般の方々が受容できるように、専門家だけでなく一般の方々への説明機会を増やして欲しい。 ・ 原子力の社会受容の推進に対して、新型炉に係る政策の検討や新型炉導入シナリオ研究を実施したことは大いに評価できるが、その結果、これまでに何ができたのか具体的に示してほしい。	・ 社会的受容性については、人文社会科学と自然科学の融合による「総合知」をベースに一般の方々への働きかけを行うことが重要であると認識しています。御指摘に従って説明機会を増やしていきます。 ・ 新型炉に係る政策の検討に関しては、社会科学的な視点での新型炉の価値や課題を共有することが重要と考え、社会科学系の有識者による委員会・研究会を設置し、多様な視点からの議論を始めたところであり、これまで原子力との関係が薄かった有識者も巻き込んだ新たなネットワークの形成につながっていると考えています。 また、新型炉導入シナリオ研究では、例えば、既存軽水炉の運転期限の延長や計画的なリプレースによる人材・サプラ

	イチェーンを含む建設需要の平準化の可能性とそれに対応した高速炉導入シナリオの分析を行い、日本原子力学会で発信を図るなどしており、引き続き、多様な可能性を考慮したシナリオ評価を行って、議論の際の共有可能な情報として発信していきます。
炉システム研究開発分野	
提言	原子力機構の措置
・ 「常陽」の活用ができなかったこと、期待していたASTRID計画が実質上中止になったことなど第3期中長期目標期間中に起きた問題点はその経緯を総括しておく必要がある。	・ 「常陽」については、国内初の高速炉の新規制基準への適合性審査対応、商用炉に準じたレベルでの審査要求等があり、今中長期期間内での運転再開に至りませんでした。規制側とのコミュニケーションの向上等の対策を含め、次期計画での活動に反映するように努めます。 ・ ATSRID計画については、2020年以降の詳細設計フェーズは凍結となりましたが、当初から2019年までの基本設計フェーズを協力範囲として設定し、以降については状況に応じて新たに協力範囲を設定することとしていました。2019年までの協力成果を踏まえて2020年から引き続き研究開発協力を行うべく日仏協力の実施取決めに締結するに至ったことは、柔軟な対応の成果であると考えています。国際協力は相手国の影響を受けますので、その点に十分配慮して、今後の国際協力の進め方に今回の経験を活かしていきたいと考えます。
・ 現在携わっている若手の育成・支援も大切であるが、若手（高校生くらい）が新たに原子力分野へ進んでもらえる仕組みも考えるべきである。 ・ 人材育成において海外からの技術者受入れをもっと積極的に行うべきと思う。	・ 若手研究者確保のためには、魅力あるプロジェクトを実行し、若手の参加意欲を引き出すことが重要と考えますので、高速炉研究開発の計画を明確にして実行し、成果を挙げていることを広く発信し、そのプロジェクトに参加したいと思ってもらえるよう努めます。

	・ 海外からの技術者受入れは既存制度の下で取り組んでいるところです。我が国の高速炉人材育成を考える中で適切に対応していきます。日仏、日米等の国際協力場を通じて、海外の研究者との交流（受入れを含む。）を進めています。また、セキュリティも考慮の上、海外研究者及び海外出身の国内大学卒業者の受入れについても検討していく所存です。
・ 国際プロジェクト等への参加が若手研究者の育成・支援に結びついたかどうかは、当の若手研究者の評価も聞かなければ本当のところは分からないが、重要なことは、こういった若手研究者が自ら動くような場を継続的に提供することと考える。 ・ 高速炉分野については、若手研究者の活躍が限定的な印象である。若手研究者の数自体が減少していることもあると思われるが、さらなる取組を期待したい。	・ 御指摘のように若手の力量に合わせて課題設定を行い、課題への取組方は若手に任せ、課題解決に向けて自らやるべきことを考えて実行する能力を養うことが高速炉の研究開発に限らず重要と考えます。 ・ 御指摘のとおり高速炉分野の若手研究者の数自体が減少していると認識しております。若手研究者確保のためには、魅力あるプロジェクトを実行し、若手の参加意欲を引き出すことが重要と考えます。このため、高速炉研究開発の今後の計画をマイルストーンも含めて明確にして実行し、成果を挙げていることを広く知らせ、そのプロジェクトに参加したいと思ってもらえることが重要と考えます。 ・ 国際プロジェクト等へ参加した若手研究者が外部から評価された好例としては、米国との民生用原子力エネルギーに関する研究開発協力（CNWG）に関わって、サンディア国立研究所へ派遣された研究者が、日本機械学会の奨励賞を受賞した例などがあります。新型コロナウイルスの影響もあり、人材交流は捗々しくありませんが、こういった研究開発協力の枠組みを介して築かれた人脈を有効

	に活用し、共著論文の投稿などを継続して行う環境を維持するとともに、良好な関係がさらに次の世代に引き継がれるよう配慮しています。 大学との共同研究を従前より実施しているところですが、これらの共同研究を、高速炉分野の研究開発に即戦力として貢献できる人材発掘の場としても活用していきます。
シビアアクシデント関連の研究やナトリウム技術の高度化などについては、今後の高速炉の開発計画を考慮すると、新たな研究開発や課題の発掘につながることは少ないのではないかと見受けられることに留意が必要である。	- 今後の高速炉開発においては、「戦略ロードマップ」に基づき多様な概念の高速炉の検討が行われること、国際協力の活用において新たな概念が対象となり得ること、再生可能エネルギーとの共存性等の要求がさらに高まること等により新たな研究開発課題や技術開発ニーズの創出につながると考えます。 - 長年の研究開発により培われたナトリウム技術は、高速炉の実用化において必要不可欠と考えています。一方、民間レベルの研究や試験施設は限られており、原子力機構が技術基盤を維持する必要があります。大学での基礎研究や工業分野への応用も視野に技術基盤を維持し、今後の研究の進展や技術実証段階で生じる課題にも対応し得る技術力を維持していきます。
福島第一原子力発電所事故以降において、世界的な原子力に対する期待はカーボンニュートラルに対する期待の増加とともに高まりつつあると考えている。社会的意義に対する安全性の確立／維持と経済的意義に対する U/Pu サイクルによる有益性を今一度明確に示して高速炉に関わる科学技術と国民生活のクロスポイントを示すべき。より多くの提案によって研究資金を確保されることを望む。提案においては国内だけで	- 御指摘のとおりであり、そのように努力していく所存です。SDGs が世の中に浸透しつつあり、環境負荷を低減しつつ持続可能なエネルギーを提供することが高速炉サイクルシステムの目的ですので、カーボンニュートラルの議論の中で、そのことについて訴えていきたいと考えます。 - 高速炉開発に国際協力を活用することが国の方針となっていますので、日米、

なく海外との共同研究なども視野に入れるべき。	日仏を中心に国際協力による研究開発を展開していきます。 高速炉サイクル開発を進める上では、その意義、必要性について国民的な理解を得ることが不可欠です。U/Pu サイクルによる資源論的な有益性について、改めて提案できるように努めていきます。 また、このような認識の下で、研究資金獲得、共同研究の提案等についても努めていきます。
「もんじゅ」成果を構造物の維持規格やARKADIAなどで反映させ、次期計画ではさらに、その技術を使ってより先進的な研究に進むべきであるため、同様の研究方針のままで次のステップを見るのではなく、新たな技術開発への取組が必要である。	ARKADIAの開発や規格基準類の整備においては、今後の新型炉規制の国際的動向であるリスクインフォームド・パフォーマンススペースの考え方に適合する形で体系化するために、プラントのシミュレーションとリスク評価を統合的に行うシステムの開発に着手するなど、新たなステージの研究開発を行う計画としています。
- 高速炉の導入を2050年頃と見込んでいるが、この時期に合わせた長期の人材育成も検討してもらいたい。 - 炉設計や建設に携わる若手人材育成は急務であり重要である。JRR-3など小型炉での運転経験や「もんじゅ」サイト試験炉建設などでの建設プロセスへの関わりなども今後考えていくべき。 - 大学等と連携して若手研究者を広く受け入れ、広い分野の研究を進めて成果を共有していくことにより、イノベーションやデジタル化を担う人材だけでなく、ナレッジマネジメントの在り方も工夫して使い勝手を向上させていくことを期待する。 - 原子力機構として取り組むことは、新型炉や関連するイノベーションを担う人材育成であり、デジタル化を担う人材育成は原子力機構の役割なのかは疑問に思う。	- 高速炉の導入にこぎつけるためには、多くの人材が必要であり、御指摘のように長期的な視点に立った人材育成が重要と考えます。このためには、国家プロジェクトとしての高速炉の開発計画をより具体化し、概念設計や基本設計、さらには建設、運転等の工程を明確にして、それに合わせて必要な研究開発が展開できるように要員計画を立てる流れを作ることが重要と考えます。これは、高速炉を支える技術の研究開発だけでなく、燃料製造及び再処理に関する技術についても同様と考えます。 - その上で、魅力あるプロジェクトを実行し、若手の参加意欲を引き出すことが重要と考えますので、高速炉研究開発の計画を明確にして実行し、成果を挙げていることを広く発信し、そのプロジェクト

・ 軽水炉燃料の商用再処理事業に必要な人材とも共通するため、サイクル事業に関心のある人材育成に期待する。 ・ 一般的な人材育成で留まっているようでもあり、原子力機構の特徴をいかしたプログラムなどを取り入れてもいいかもしれない。	に参加したいと思ってもらえるよう努めます。 ・ 技術伝承において人材が核となるものであり、「常陽」の運転・保守、安全審査及び様々な安全研究等を通じて高速炉開発の人材の維持・育成に努めていきます。 ・ デジタルを担う人材育成のリソースが限定される中で新型炉の技術開発やイノベーションに関する成果を創出するためには、DX 技術を最大限活用し、研究開発プロセス自体を効率化・合理化することが必須です。この意味で DX に係る人材育成が必要とされています。
核燃料サイクル研究開発分野	
提言	原子力機構の措置
・ グラムオーダーの MA を回収したことは大きな成果ではあるが、回収率の向上に努めてほしい。	・ MA 回収フローシート条件の最適化を進め、引き続き回収率の向上を図ります。
・ 製管技術では製管プロパー撤退を考慮する必要がある。	・ 現在、小規模ではありますが新規メーカーにて被覆管製造試験を進めています。今後、素材（インゴット、母管等）の製造が可能なメーカーの確保、製品検査及び製造工程全体の品質管理・保証が可能な体制の再構築が不可欠であると認識しています。
・ 燃料製造技術などについては、詳細すぎる（実用化に近すぎる）技術開発を実施する計画になっていると見受けられ、次期中長期計画においては、現状の延長でない形で開発計画を検討すべき。	・ 燃料製造技術については、国外ではスパークプラズマ焼結法といった、従来よりも大幅に製造時間を短縮できる可能性を有する革新技術の適用性検討が進んでいます。原子力機構においても、第 4 期中長期計画では、従来の開発の延長のみならず、実用化までは若干時間は要するものの、大幅に経済性を向上させる可能性がある革新的な要素技術の開発と新しい燃料製造プロセスの設計を進めていきます。

	また、具体的な実施内容は検討段階ですが、燃料製造データの構造化及びデータベース化を通して燃料製造技術のDX化に関する研究開発をスタートしたいと考えています。
商用軽水炉 MOX 燃料の再処理に関する研究も実施しているので、現行再処理プラントに適用可能な成果を期待する。	軽水炉 MOX 燃料再処理開発を進める上では、将来プラントのみならず、高燃焼度燃料対応を含む現行プラントの安全・安定運転にも貢献可能な技術を念頭に開発を進めていきます。
「常陽」で行うミッションが開始時と現状では大きく異なってきているので、調整を行う必要があると考える。照射技術や分離変換挙動研究に医療や放射化分析を加えていくことで照射後試験（PIE）施設や炉の運営管理及び照射設備にどれだけ影響が出るか評価しておく必要がある。	「常陽」での医療用 RI 製造は外部からの期待も大きく、積極的に進める計画です。一方で、高速炉の燃料・材料開発に不可欠な照射試験や外部ニーズを踏まえた照射試験も進めていく必要があると認識しています。これらが効率的かつ着実に実施できるよう関係部署間で協議・調整しながら進めます。
機構論的物性モデルについては Materials Informatics などを用いた発展が期待できる。炉心解析手法については、従来の延長でない開発を期待したい。	- 機構論的物性モデルは、高温物性や燃焼効果の扱いなど、まだ課題が残されていると考えています。本モデルに加え、核燃料データベースの構築、照射性能シミュレーションなどを統合した核燃料開発システムの開発を検討しており、外部資金の獲得に向けた準備を進めています。 - また、炉心解析手法については、従来技術の延長となりますが、現状では妥当性確認のための実験データがほとんどない実機燃焼核特性を取得し、設計に取り入れることが重要と考えています。これを次期中長期目標期間中に達成し、次期炉の基本設計に用いることを目標とします。従来の延長でない炉心解析手法の開発については、別途 ARKADIA の開発の一環として実施します。具体的には、核－熱－構造連成解析による炉心変形

	反応度の解析手法や、炉心設計最適化を自動で行うシステムの開発を予定しています。
・ 我が国で開発されている方法とは異なる燃料サイクル技術に関しても情報を入手しておいてもらいたい。	・ 海外で開発が進められている先進的な燃料サイクル技術の動向については、国際協力や国際会議等を通じて、適宜、調査を進めており、今後も取組を継続していきます。
・ 「高速炉サイクル技術開発や分離変換技術開発で得られたこれまでの成果を応用する形で一般産業界にも活用可能な知見を創出している」、との原子力機構の説明における、「一般産業に活用可能な知見」とは何かを具体的に説明してほしい。	・ 特に燃料製造技術開発の中で、添加剤フリー乾式造粒技術は粉体を扱う一般産業、粉末付着防止技術は粉塵付着による窓の汚れ防止や太陽光パネルの汚れ防止による効率低下の抑制、また、自己修復機構を有するグローブについては、危険な化学物質や細菌等を扱う分野に適用できる可能性があります。これらの研究については、まだ原理確認段階ですが、今後も研究を進めていきます。
・ 大学等と連携して若手研究者を広く受け入れ、広い分野の研究を進めて成果を共有していくことにより、MA 分離変換・燃料組成変化の評価等に関する大胆なモデルを開発・運用するだけでなく、そういった知見全般の散逸を防ぐための手法も創出されることを期待したい。	・ 燃料サイクル分野全体として、大学等との共同研究を積極的に進めており、得られた成果については共有の上、互いに外部発表を行うことで、人材育成を図っています。また、サイクル研究で得られた知見についてはデータベース化の取組も着実に進めており、知見の散逸を防ぎつつ、技術維持に貢献しています。

付録 3 事前評価において委員会から示された提言と原子力機構の措置

This is a blank page.

付録3 事前評価において委員会から示された提言と原子力機構の措置

提言	原子力機構の措置
全体的に目標設定に関する表現が曖昧である。「...を達成する。」とせず「...を目指す。」等の表現とされており、研究に対する決意が見えない。目標が移り変わってきた結果としてそのような計画になっていると理解するが、そのような中で、第4期中長期計画の中で何をやるのかをしっかりと示していただきたい。	研究開発を進めるに当たり、原子力機構が保有するシーズとステークホルダーのニーズが一致している研究課題であり、かつ、予算の裏付けが伴うものについては明確に「...を達成する。」と記載しています。一方、予算や人員の確保が困難な研究課題についてはやや控えめな記載にしています。表現に違いがあるものの目指す方向性は明確にしており、これら研究活動を進めていきます。
「常陽」の運転再開時期などの目標を達成できない状況を想定して、代替の計画もしっかり立てておくような計画にしていきたいと思います。	中長期計画の中に記載しております研究開発には、「常陽」運転再開のように、高額な予算を必要とする規制対応が不可欠の課題があります。これらの課題に対応する過程では、種々のリスクを想定し、リスクが顕在化する前に適切な対応や代替策をとることができるよう、リスク管理をしっかりと行っていきます。
第4期中長期目標期間が終わる2028年以降の2050年までの道筋をどのように描くのか、大まかなものでも良いので、原子力機構が目標とする道筋をしっかりと描いた上で第4期の計画を位置付けるように、全体計画をしっかりと描いていただきたい。	高速炉の運転開始が期待される2050年頃に向けての展開については、原子力機構としてのロードマップをしっかりと持った上で、第4期中長期目標期間の取組を進めるとともに、国の方針が明らかになるように働きかけていきます。
2050年までに高速炉を実用化するには、社会に受け容れられる必要がある。社会受容性を高めるような活動も、計画の中で取り組んでいただきたい。高速炉を導入していくことのアピールをすることも原子力機構の一つの重要な仕事ではないか。	第4期中長期計画の中で、「原子力革新技術に関する情報発信等、社会活動に取り組み、高速炉によるクローズドサイクル技術の社会実装が日本のエネルギー及び環境、医療並びに重要な政策に貢献できることについて、国内の様々なレベルでの共有・具体化を主導する。」と記しています。これに基づき、社会受容性を高めるような具体的な取組を行っていきます。
原子力機構側が何かを待ってそれを支援するだけではなく、原子力機構自身で魅力的な高速炉プラントをしっかりと提案し、それを	第4期中長期計画の、「2) 原子力イノベーション技術の研究と脱炭素社会達成への貢献」の取組において、革新的原子力システム概念

売り込んで行く位の積極的な立場で研究を進めていただきたい。第4期中長期計画を超えての話かもしれないが、そうした態度を計画の中で示していただきたい。	を中心に研究を進め、カーボンニュートラル、エネルギーセキュリティ等に貢献可能な概念を提示し、性能を評価し、これらの要件を満足する革新的原子力システム概念を提案することとしています。
高速炉サイクルを確立し軽水炉用 MOX の利用から高速炉用 MOX に移行していくのであれば、それを目指してどのように研究を進めていくのか、全体のバランスもしっかりと考えた将来計画を立てていただきたい。	軽水炉 MOX から高速炉 MOX への移行については、将来のサイクル動向を考慮の上、シナリオ研究も併せて進めており、その成果も踏まえ、今後の研究開発を進めていく計画です。
DX 化の本質は業務プロセスの改善であるが、そのような立場で DX を捉えていないのではないか。DX に関しては、実際に今後どのような研究・実験を行って知識の集約をしていくのかという所がしっかり分かるような計画を書いていたいただきたい。	リソースが限定される中で新型炉の技術開発やイノベーションに関する成果を創出するためには、DX 技術を最大限活用し、研究開発プロセス自体を効率化・合理化することが必須です。この観点で DX を進める計画としています。また個々の研究開発テーマで解析や試験計画を立案しておりこの結果を ARKADIA の知識管理システムに収録する計画です。
AtheNa については、どのようなスコープで活用していくのかを議論すべきである。Na 冷却小型 SMR の安全性研究などへの活用に当たって検討しておくべき点はないかなどの観点が必要である。	我が国の次期高速炉実現に向けての必要性の観点から AtheNa をはじめとした研究開発施設の活用を考えていくことが重要と考えております。AtheNa は原子力機構が整備する研究開発基盤を構成する主要施設の一つとしてその活用を幅広い観点で検討しているところです。ナトリウム冷却小型モジュール炉開発に関する日米協力において本施設を活用する可能性についても検討中です。
国際連携と高速炉サイクルの社会実装については、NEXIP 事業の進捗も見ながら研究を進めるべき。この意味で、中長期目標期間の途中であっても、中長期計画を見直すプロセスを想定しておいても良いのではないかと。	我が国の高速炉開発は「戦略ロードマップ」に従い進めているところです。「戦略ロードマップ」では、第4期中長期目標期間中において、開発対象候補の概念の絞り込みを行うことになっていることから、これに対応して以降の研究開発内容を具体化するものと考えています。また、国際協力については、相手国側の状況や得られる成果やニーズ等を勘案した具体的な協力項目の選定結果に応じて、柔軟に対応していく計画です。

	「戦略ロードマップ」ではステップごとの絞り込み等を考慮しており、その進展を踏まえて、国立研究開発法人に係る制度に従って、中長期目標（所管政府機関作成）及び中長期計画（原子力機構作成、所管政府機関認可）を柔軟に見直し、又はその働きかけをしています。
高速炉の安全性向上技術については、特定の炉型の安全評価技術の研究にならないように注意が必要である。	- 高速炉の炉心燃料の溶融挙動や、ナトリウムの流動や化学反応、放射性物質の移行挙動等、原子力機構が整備すべき高速炉の安全技術を次期炉の研究開発に活かせるように整備していきます。次期炉の概念の絞り込みに合わせて、開発対象となる設計概念のニーズに応えられるように研究開発を進めたいと考えています。 - 今後の高速炉の開発においては、「戦略ロードマップ」に基づき多様な概念の高速炉の検討が行われること、国際協力の活用において新たな概念が対象となりうること、再生可能エネルギーとの共存性等の要求がさらに高まること等により新たな技術開発ニーズが生まれる可能性が高いと考えています。安全性向上技術の開発においてもこのような多様性を考慮した上で研究開発計画の立案を行いました。
ARKADIA については、解析手法が旧世代のものをそのまま採用しているケースがあり、解析手法自体も最新のものに見直していくべきである。また、設計メーカーのみならず、大学など新型炉の研究を行う研究機関で広く活用される姿を目指すべき。そのために、使いやすさの向上や検証にしっかり取り組むべきである。また、「何を達成すれば社会実装にどのように貢献できるか」は明確にして研究に取り組む必要がある。	解析手法の高度化は ARKADIA 開発の根幹の一つと位置づけており、システムに組み込む解析手法については段階的に必要な刷新を行う計画としています。また、ARKADIA のプラットフォームは、例えば、大学や研究機関で開発された評価コード等をモジュール形式で容易に組み込めるように設計するなど、ARKADIA が産業界・学界で広く供用されるとともに、開発や検証にも広く貢献いただける形を社会実装の姿として描いています。
核燃料サイクル技術のうち、分離技術についてはどのようなサイクルを考えても必要と	抽出クロマトグラフィのスケールアップの可能性に関しては、令和 6 年度まで実施予定

なる可能性が高く、基盤技術の開発を継続すべき。なお、抽出クロマトグラフィについては、スケールアップの可能性を早期に確認すべきではないか。	の経済産業省からの受託事業において、分離性、安全性及びシステム成立性の観点から確認を行う予定です。
軽水炉及び高速炉用 MOX 燃料（特に軽水炉の MOX 燃料）の再処理技術については事業者のニーズを十分に確認した上で計画に反映する必要がある。特に高速炉用 MOX 燃料の再処理について、現時点において優先度の高い課題となり得るかどうか、確認が必要である。	軽水炉 MOX 燃料再処理開発は、電気事業連合会や日本原燃（株）と連携して進めています。高速炉用 MOX 燃料特有の再処理技術開発に関しては FaCT プロジェクト以降、優先度の観点から中断している状況であり、現状は軽水炉・高速炉 MOX 再処理に共通して必要な技術開発に重点化して取り組んでいます。
高速炉用の MOX 燃料製造技術は、現時点で開発を進めるべきテーマかどうか疑問であり、高速炉の導入スケジュールと合わせてよく検討すべきである。技術維持を考えると、製造の共通基盤技術研究に取り組むべきではないか。	次期高速炉の導入スケジュールについては原子力機構内で検討が進められています。なお、燃料製造技術については、次期炉燃料製造施設の建設計画の検討開始から初装荷燃料の供給開始まで、長期間を要するため、導入時期によっては、開発期間が大幅に制限される可能性があります。そのため、実用化に近い開発も進める計画になっています。
核変換技術については、「何を達成すべきなのか」を明確にして研究に取り組むべき。	魅力ある炉心概念を提案し、採用されることを目指して、炉心分野については、現状では実験データのほとんど無い実機燃焼核特性を取得し、炉心設計手法へ反映することで次期炉の基本設計に必要な基盤技術を開発することが重要と考えます。燃料開発の観点からは、MA 含有燃料の照射試験を着実に実施し、燃料設計に必要な照射データを取得するとともに、燃料健全性や核変換技術を実証することが重要と考えます。
現在計画で上げられている項目は全て原子力システム研究開発事業などで実施中の項目であり、中長期計画として策定することは良いが、それだけで研究開発法人の責務を果たせるかどうかは疑問である。	- この御意見は本中長期計画のうち(3)の 2)原子力イノベーション技術の研究と脱炭素社会達成への貢献に対しての御意見と推察します。予算確保も重要な課題であることも認識の上で、原子力機構が果たすべき役割の遂行に取り組んでいく所存です。 - 原子力機構の高速炉開発における役割は、高速炉開発の「戦略ロードマップ」等に記載さ

	れており、その役割については、中長期計画(3)の 1)高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と 2)原子力イノベーション技術の研究と脱炭素社会への貢献とに分けて記載しています。また、水素製造等の脱炭素社会への貢献については、(2)高温ガス炉に係る研究開発でも水素製造等について計画を記載しています。2)における記載は、上記の分担した記載を踏まえて、高速炉とガス炉の共生システムについて記載しており、原子力機構の責務として中長期計画全体で満たすべき役割を記載しています。
・ イノベーションの促進のためには、各研究者の自由闊達な発想が必要と考える。計画には記載しにくいと思うが、研究者がそれぞれ「やるべき」「やりたい」研究をエフォートの一部を使って実施するような取組を考えてはどうか。	・ 研究テーマを社内公募する形で予算を与える制度として理事長裁量経費及び萌芽研究開発を運用しています。これらに加えて、高速炉・新型炉研究開発部門独自の部門内公募制度を令和元年度から運用しています。これらの制度をうまく活用して、各研究者の自由な発想に基づくイノベーションの促進に役立てていきたいと考えています。 ・ イノベーションの促進については各研究者の意見を十分に取り入れて実施しています。今回目標として設定した高速炉と高温ガスの共生システムについても各研究者の「やりたいこと」「やるべきこと」を含め提案する革新的な技術(免震システム、固有安全技術、3D プリント等)を取り入れつつシステム全体を構築しています。
・ 国内だけの人材育成に留まらず、海外からの研究者の受入育成を進めるべき。国内のみの原子力人材育成では人材維持に追いつかない可能性が強い。7年計画の後半に何名か受け入れているという具体的数値があればなお良い。	・ 国民の税金を用いて開発を進めているため、国内の人材育成が最優先課題と考えていますが、御指摘いただいたような、海外からの研究者を受け入れて育成し国内人材の維持に役立てるような取組を進めていきます。
・ 国内／国際学会における口頭発表、国際プロジェクトへの参画、論文執筆などを通じて人材育成に取り組むことを期待している。全般的に、原子力機構は若手研究者／技術者に対	・ 御指摘を踏まえ、グループリーダーや課長級職員の外部講師を招いた教育活動に反映していきます。

する上司のフォローが手薄であると感じている。昔ながらのやり方（放任）により若手を育てることには限界があることを認識すべきではないか。上司が若手の育成についてよりきめ細かに取り組むことを期待したい。例えば、若手研究者については、原子力機構内外の方にメンターをお願いして、フォローしてもらうことが考えられる。	
・ 高速炉が社会受容性を勝ち得ない理由は、まだ基礎研究技術レベルを出ないもので信頼に足り得ないものであるという印象が強いからと推測する。これを克服するためには、高速炉技術の民生化プロセスを明示化して説明し実施して成果を示すことであると考え。現状での基礎研究止まりのやり方ではなく実行可能なロードマップを示して根拠のある予算要求とプロジェクト案提案を行うのが妥当かと考える。	・ 高速炉開発のロードマップを原子力機構内でブレークダウンして研究開発の目標を明確化し、若手研究者や技術者が魅力を感じるプロジェクトマネジメントを心掛けます。基礎研究と比較して、実炉を目指した開発は予算的な裏付けを得ることが困難ですが、御指摘に従って努力していきます。
・ 「機構内外との研究連携を推進・コーディネートし、開発した革新技术を社会のニーズと結びつけ、社会実装へ展開する計画」とあるが具体的にどのように進めるのか第4期中長期計画に示してほしい。	・ 高速炉・新型炉部門の計画としては、以下のように記載してあります。 「原子力イノベーション創出のためのプラットフォームとして、原子力機構の内外との研究連携を推進・コーディネートし、ARKADIA、3D プリント等の革新技术を開発し、社会のニーズと結びつけ、社会実装へ展開する。」 社会実装へ展開する計画などについては、全社として取り組んでおり、「2. 原子力科学技術に係る多様な研究開発の推進によるイノベーションの創出 (3) 産学官の共創によるイノベーション創出への取組の強化」として、技術シーズの取りまとめや、技術サロンの実施など、社会ニーズと結びつけるための具体的な計画について記載しています。

付録 4 評価に供した資料* (タイトル目録)

*添付 CD-ROM に電子ファイルを収録する。

第 2 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 (令和 3 年 9 月 30 日) 資料

(無番)	第 2 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 議事次第
資料 2-1	高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 委員名簿
資料 2-2	研究開発課題の事後評価及び事前評価について (諮問)
資料 2-3	令和 3 年度 高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会の進め方
資料 2-4	事前評価 (第 1 回) シート
資料 2-5	第 4 期中長期目標期間における原子力機構の研究開発の取組の基本方針案
資料 2-6	研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する取組の基本方針案
参考資料 1	令和 2 年度における業務の実績及び第 3 期中長期目標期間の終了時に見込まれる業務の実績に関する評価 (主務大臣評価結果)
参考資料 2	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の次期中長期目標・計画の策定に向けた提言
参考資料 3	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の見直し内容

第 3 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 (令和 3 年 12 月 14 日) 資料

(無番)	第 2 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 議事次第
資料 3-1	高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会 委員名簿
資料 3-2	研究開発課題の事後評価及び事前評価について (諮問)
資料 3-3	第 2 回高速炉・核燃料サイクル研究開発・評価委員会議事録
資料 3-4	事後評価及び事前評価の目的・方法等について
資料 3-5	事後評価シート
資料 3-6	事前評価 (第 2 回) シート
資料 3-7	事後評価用資料 5.(1) 高速炉の実証技術の確立に向けた研究開発と研究開発の成果の最大化を目指した国際的な戦略立案
資料 3-8	事後評価用資料 6.(1) 使用済燃料の再処理、燃料製造に関する技術開発及び (2) 放射性廃棄物の減容化・有害度低減の研究開発
資料 3-9	研究開発課題「高速炉・核燃料サイクル技術の研究開発」に関する計画案の概要
資料 3-10	補足説明資料 ARKADIA による研究開発の DX 化について
参考資料 1	事前評価 (第 1 回) シートによる評価・御意見収集結果
参考資料 2	研究開発の推進状況 (参考資料)

参考資料 2-1 共同研究、受託研究、委託研究リスト

参考資料 2-2 外部発表（論文）実績リスト

参考資料 3 令和 2 年度における業務の実績及び第 3 期中長期目標期間の終了時に見込まれる業務の実績に関する評価（主務大臣評価結果）

参考資料 4 第 3 期中長期目標期間における高速炉及び核燃料サイクル技術の研究開発に関する評価（これまでの経緯の整理）

