

原子力科学技術に関する 研究開発課題の中間評価結果①

令和5年12月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 委員等名簿

| | | |
|--------|-----|---|
| 相澤 | 彰子 | 国立情報学研究所 副所長・教授 |
| ●五十嵐 | 仁一※ | ENEOS 総研株式会社顧問 |
| 菅野 | 了次 | 東京工業大学科学技術創成研究院特命教授、全固体電池研究センター長 |
| 栗原 | 美津枝 | 株式会社価値総合研究所代表取締役会長 |
| 田中 | 明子 | 国立研究開発法人産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 マグマ活動研究グループ長 |
| 原田 | 尚美※ | 東京大学大気海洋研究所教授、国立研究開発法人海洋研究開発機構地球環境部門招聘上席研究員 |
| ◎観山 | 正見 | 岐阜聖徳学園大学・同短期大学部・学長 |
| 明和 | 政子 | 京都大学大学院教育学研究科教授 |
| 村岡 | 裕由 | 国立大学法人東海国立大学機構 岐阜大学流域圏科学研究センター教授 |
| 村山 | 裕三 | 同志社大学名誉教授 |
| 出光 | 一哉※ | 東北大学特任教授 |
| 上田 | 良夫 | 大阪大学大学院工学研究科教授 |
| 大森 | 賢治※ | 大学共同利用機関自然科学研究機構 分子科学研究所 教授・研究主幹 |
| 上村 | 靖司 | 長岡技術科学大学技学研究院教授 |
| 佐々木久美子 | | 株式会社グルーヴノーツ代表取締役会長 |
| 高梨 | 弘毅※ | 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構先端基礎研究センター長、東北大学名誉教授 |
| 土屋 | 武司 | 東京大学大学院工学系研究科教授 |
| 長谷山 | 美紀 | 北海道大学副学長、大学院情報科学研究院長 |
| 原澤 | 英夫 | 元国立研究開発法人国立環境研究所理事 |
| 宮園 | 浩平 | 国立研究開発法人理化学研究所理事／東京大学大学院医学系研究科卓越教授 |

◎：分科会長、●分科会長代理

※本評価には参加していない

原子力科学技術委員会委員

| | 氏名 | 所属・職名 |
|------|------------|----------------------------------|
| 主査 | 出光 一哉 (※1) | 東北大学金属材料研究所特任教授 |
| 主査代理 | 石川 顕一 | 東京大学工学系研究科教授 |
| | 新井 史朗 | 一般社団法人日本原子力産業協会理事長 |
| | 遠藤 典子 | 慶應義塾大学グローバルリサーチ インスティテュート特任教授 |
| | 大場 恭子 | 長岡技術科学大学准教授 日本原子力研究開発機構技術主幹 |
| | 葛西 賀子 | フリージャーナリスト |
| | 黒崎 健 (※2) | 京都大学複合原子力科学研究所所長・教授 |
| | 高本 学 | 一般社団法人日本電機工業会専務理事 |
| | 竹内 純子 | NPO 法人国際環境経済研究所理事・主席研究員 |
| | 藤本 淳一 | 電気事業連合会専務理事 |
| | 吉橋 幸子 | 名古屋大学大学院工学研究科教授 |

(※1) H17～R1 まで事業のプログラムオフィサーを務めており、利害関係を有するため、本評価には参画しない。

(※2) R2 年度採択課題研究代表者、R4 年度採択課題研究代表者であり、利害関係を有するため、本評価には参画しない。

原子力システム研究開発事業の概要

1. 課題実施期間及び評価時期

課題実施期間 : 平成 17 年度～

評価時期 :

中間評価 平成 20 年度、平成 25 年度、平成 30 年度、令和 5 年度、
令和 10 年度（予定）

2. 研究開発目的・概要

（目的）

エネルギーの安定供給を図るため、原子力が将来直面する様々な課題に的確に対応し解決するとともに、脱炭素化等の観点から世界的に加速する革新炉の開発に我が国の国際競争力の維持、向上を図るため、多様な原子力システム（原子炉、再処理、燃料加工等）に関し、基礎的研究から工学的検証に至る領域における革新的な技術開発を進めることを目的とする。

（概要）

「GX 実現に向けた基本方針」（令和 5 年 2 月 10 日閣議決定）、エネルギー安定供給の確保を大前提とした GX に向けた脱炭素の取組、東京電力福島第一原子力発電所事故及び「エネルギー基本計画」（令和 3 年 10 月 22 日閣議決定）を踏まえ、原子力施設の安全対策強化等に資する共通基盤的な技術開発、放射性廃棄物の減容化及び有害度低減に資する研究開発、原子力イノベーションを支える基礎基盤研究を支援する公募事業。

本事業は、NEXIP（Nuclear Energy × Innovation Promotion）イニシアチブの一環として、経済産業省と連携を取りながら原子力技術の基礎研究から実用化に至るまでの連続的なイノベーションを促進するものである。

3. 研究開発の必要性等

平成 30 年度中間評価時に示された研究開発の必要性等

（1）必要性

エネルギー基本計画を踏まえた事業であり、社会のニーズを的確に反映している。第 5 次エネルギー基本計画（平成 30 年 7 月）において、安全性の高度化に貢献する技術開発や、放射性廃棄物の減容化・有害度低減、安定した放射性廃棄物の最終処分に必要となる技術開発等を進めることが明記されており、原子力システムの安全性向上に資する安全基盤技術や放射性廃棄物の減容・有害度低減

に資する研究開発は、国が主体的に取り組むべき事業である。

(2) 有効性

公募により採択された課題においては、多様な原子力システム（原子炉、再処理、燃料加工）に関し、基礎的研究から工学的検証に至る領域における革新的な技術開発を実施している。また、安全基盤技術の向上、放射性廃棄物の減容化及び有害度低減の開発を継続的に進め、研究成果の国内外の学術誌や学会等での公表、発表等で優れた成果を挙げることにより、エネルギーの安定供給化及び原子力を利用する先端科学技術の発展に資する研究開発成果に寄与している。

(3) 効率性

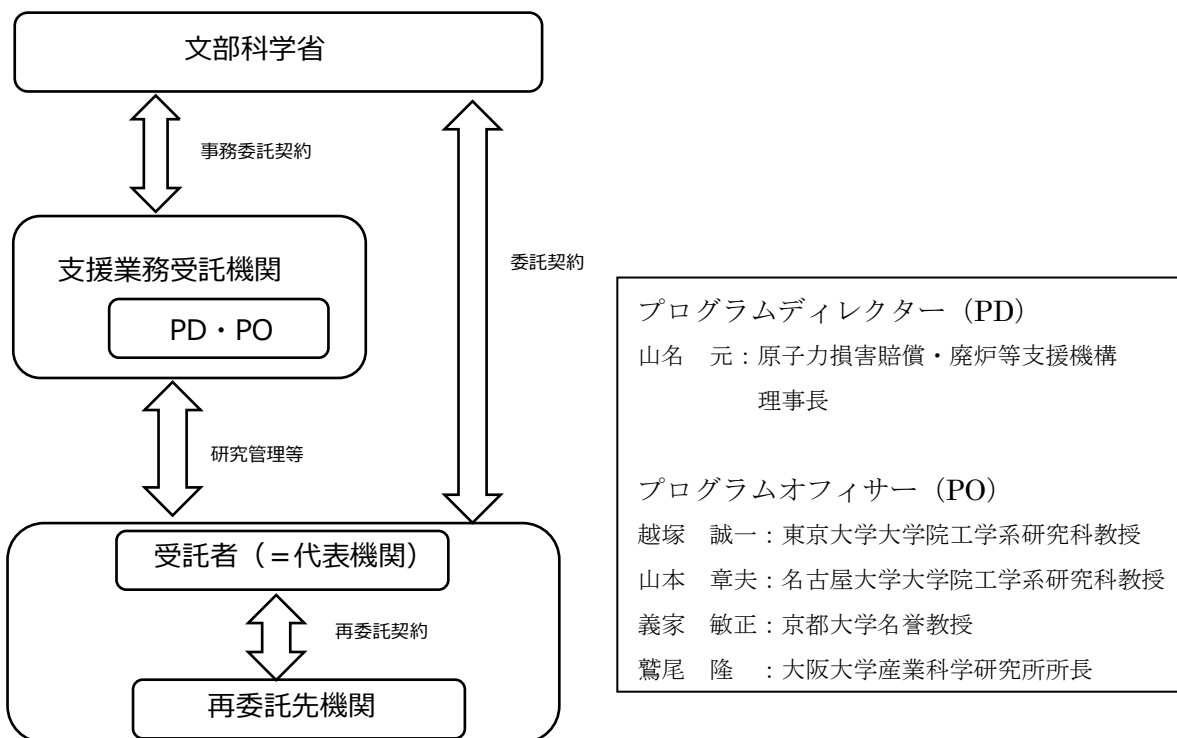
事業の実施に当たっては、外部有識者による評価に基づいて、優れた提案の採択を行う競争的資金制度の一つとして運用している。プログラムディレクター（PD）による各研究課題の内容の重複を避ける等の全体管理、担当するプログラムオフィサー（PO）による現地視察を含めた各研究課題の進捗管理を行うとともに、各研究課題の開始から2年経過後の中間評価と終了翌年度の事後評価を外部有識者により実施している。各研究課題を効果的、経済的に推進することで、原子力システム研究開発事業の効率性を確保している。

4. 予算（執行額）の変遷

| 年度 | H30 | R1 | R2 | R3 |
|-----|----------|----------|--------|----------|
| 予算額 | 1,164 百万 | 1,212 百万 | 979 百万 | 1,029 百万 |
| 執行額 | 1,156 百万 | 1,196 百万 | 888 百万 | 1,029 百万 |

| 年度 | R4 | R5 | R6（要求） |
|-----|----------|--------|----------|
| 予算額 | 1,062 百万 | 995 百万 | 1,222 百万 |
| 執行額 | 1,046 百万 | - | - |

5. 課題実施機関・体制



【直近の採択課題一覧（令和5年度採択課題）】

基盤チーム型

| 課題件名 | 研究代表者 | 所属 |
|--|-------|------|
| アクチノイドマネジメントを備えた燃料サイクルの研究～持続的な原子力利用に向けて～ | 山村 朝雄 | 京都大学 |

ボトルネック課題解決型

| 課題件名 | 研究代表者 | 所属 |
|------------------------------|-------|--------|
| 二相流 CFD に基づく機構論的 DNB 予測手法の開発 | 大川 富雄 | 電気通信大学 |

新発想型(一般)

| 課題件名 | 研究代表者 | 所属 |
|--|--------|-------------|
| 照射劣化しない多元系固溶体の軽合金は作れるか? | 村上 健太 | 東京大学 |
| 高エネルギー中性子核データ高度化のための複合核崩壊過程の研究 | 西尾 勝久 | 日本原子力研究開発機構 |
| 超高温体の急冷機能を付与したハニカム冷却技術による新型原子炉の IVR 開発 | 森 昌司 | 九州大学 |
| ナノサイズグラフェンの花開く、革新的中性子反射材の開発 | 勅使河原 誠 | 日本原子力研究開発機構 |
| 核燃料の超高温その場観察技術の開発 | 有田 裕二 | 福井大学 |

新発想型(若手)

| 課題件名 | 研究代表者 | 所属 |
|--|-------|--------|
| データ駆動型音響診断を基盤とした炉内異常の早期検知による安全性強化技術の研究開発 | 植木 祥高 | 東京理科大学 |

6. その他

(関係省庁との連携状況)

原子力技術の基礎研究から実用化に至るまでの連続的なイノベーションを促進するために経済産業省（資源エネルギー庁）と相互に連携している。具体的には、以下の通り。

- ・ NEXIP 交流会として、本事業の関係者と資源エネルギー庁事業の関係者で意見交換、情報交換をする場を開催。(年 1 回程度)
- ・ 本事業の公募にあたり、一部枠組み※においては、資源エネルギー庁事業の関係者である民間企業からニーズを聞き取り、公募テーマに反映している。

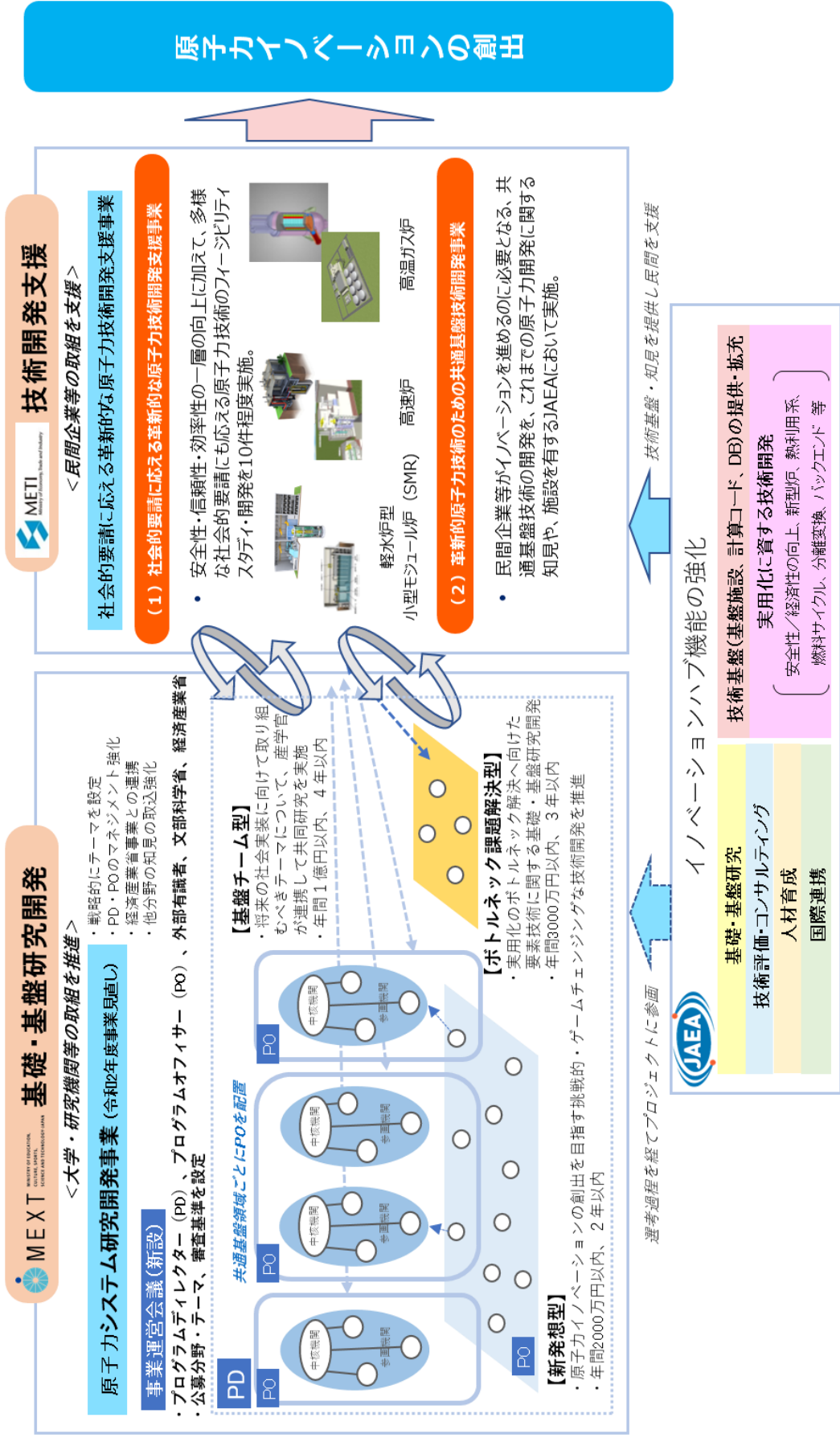
※原子力システム研究開発事業のうち、ボトルネック課題解決型

(本事業の成果の利活用に関する取組状況)

本事業で得られた成果を幅広く活用するため、事業の成果報告会を公開形式で実施している。また、成果報告書については国会図書館に納めており、誰でもアクセス可能としている。

NEXIPイニシアチブにおける事業の位置づけ

NEXIP (Nuclear Energy x Innovation Promotion) イニシアチブ
 開発に関与する主体が有機的に連携し、基礎研究から実用化に至るまで連続的にイノベーションを促進



原子力イノベーションの創出

中間評価票

(令和5年10月現在)

1. 課題名 原子カシステム研究開発事業

2. 関係する分野別研究開発プラン名と上位施策との関係

| | |
|-------------------|--|
| プラン名 | 原子力科学技術分野研究開発プラン |
| プランを推進するにあたっての大目標 | 国家戦略上重要な基幹技術の推進（施策目標9-5） 概要：宇宙・航空、海洋・極域、更には原子力の研究開発及び利用の推進については、産業競争力の強化や経済・社会的課題への対応に加えて、我が国の存立基盤を確固たるものとするものであり、国家戦略上重要な基幹技術として、長期的視野に立って継続的な強化を行う。 |
| プログラム名 | 原子力科学技術分野研究開発プログラム（達成目標8） 概要：福島第一原子力発電所の廃炉やエネルギーの安定供給・原子力の安全性向上・先端科学技術の発展等を図る。 |
| 上位施策 | 第6次エネルギー基本計画（令和3年10月22日閣議決定） |

| プログラム全体に関連する アウトプット指標 | 過去3年程度の状況 | | |
|--------------------------|-----------|------|------|
| | 令和元年 | 令和2年 | 令和3年 |
| 学会等での発表件数（件） | 160 | 64 | 129 |
| 研究成果論文数（件） | 24 | 15 | 22 |

| プログラム全体に関連する アウトカム指標 | 過去3年程度の状況 | | |
|---|-----------|------|------|
| | 令和元年 | 令和2年 | 令和3年 |
| 当該年度に実施する中間評価及び事後評価での評価（SABCD）のうち、計画通りの成果が挙げられ、又はみこまれりとされたA評価以上の課題の件数割合 | 100% | 94% | 90% |

3. 評価結果

(1) 課題の進捗状況

○事業全体について

原子力が将来直面する様々な課題に的確に対応し解決するとともに、原子力分野における我が国の国際競争力の維持・向上のため、多様な原子力システム（原子炉、再処理、燃料加工）に関し、基盤技術から工学研究に至る領域における革新的な技術開発を、競争的資金制度を活用して実施している。

平成30年度～令和元年度までの公募テーマは、急務である安全性向上に資する「安全基盤技術研究開発分野」や「放射性廃棄物減容・有害度低減技術研究開発分野」としていたが、令和2年度からは第5次エネルギー基本計画（平成30年7月）を受けて、多様な社会的要請に応えつつ、原子力イノベーションを支える基礎基盤研究を戦略的に推進するため、一部事業スキームを変更し、公募の枠組みを見直した。

具体的には、以下の3点を重視した内容の公募テーマとした。

- ・将来の社会実装に向けた道筋を示す研究テーマであること
- ・実用化に向けたボトルネックを解消する革新性があること
- ・原子力イノベーションの創出を目指した挑戦的な内容であること

上記に沿うような形となるように公募の枠組みを以下の通りとした。

①基盤チーム型

産学官の知見を結集してチームで取り組むプラットフォーム型の研究開発。

特徴として、大学、研究機関等と産業界の密接な連携、社会実装へ向けた具体的な計画、異分野融合などによる他分野からの知見導入などが盛り込まれた例案を期待し、特に計算科学技術とデータサイエンスを活用した研究開発の加速を推奨しており、実証試験等を伴うような大型の研究開発が多く実施されている。

②ボトルネック課題解決型

社会実装を目指す上で具体的なボトルネックとなっている課題を基礎・基盤に立ち返って行う研究開発。

特徴として、事前に原子力事業に携わる民間企業からボトルネックとなっている課題を聞き取り、そのニーズに合ったテーマで公募を実施している。そうすることで次なる研究開発に繋がり、実用化までの連続的なイノベーションとなることを目指している。

③新発想型（一般/若手）

原子力イノベーションの創出を目指すゲームチェンジングな研究開発。

特徴として、より幅広い研究分野を対象としており、技術の新規性や、得られる成果が課題解決に如何にインパクトを与えられるかという点を重視している。また、若手研究者が本事業を通じてキャリアアップをすることを期待し、一般枠と若手（45歳以下）の区分を設けている。

研究成果については国会図書館への納本や学会・論文等での発表を通じて、広く公表することに努めている。

また、令和3年度からは、産学官の連携の場として、NEXIP 交流会を開催し、関係者の情報交換や意見交換の場を設け、更なるイノベーションに繋げている。

○個別研究課題について

研究開発・技術開発等に実績のあるプログラムディレクター（PD）及びプログラムオフィサー（PO）により、事業の計画、課題採択、課題管理、ステージゲート評価、事後評価まで一貫したマネジメント体制を構築している。外部有識者から成る審査委員会を開催し、書類審査及び面接審査を経た上で結果をPD/POに諮り、提案課題を採択している。

採択された各研究課題に対して、担当POが直接研究現場へ赴いて進捗確認や問題点確認等の中間フォローや、必要に応じて適宜助言等を行って適切に課題管理をしている。3年を超える研究課題に対しては、外部有識者で構成される審査委員会によりステージゲート評価を実施し、その進捗及び中間の成果等を評価している。また、研究終了時にも、最終的な研究成果に対して外部有識者で構成される審査委員会により、事後評価を実施している。ステージゲート評価及び事後評価ともに、その評価結果は公表されている。

以上のように、原子力が将来直面する様々な課題に的確に対応し解決するとともに、多様な原子力システム（原子炉、再処理、燃料加工）に関し、基盤的研究から工学的検証に至る領域における革新的な技術開発に貢献している。

（２）各観点の再評価

<必要性>

| 評価項目 | 評価基準 | | 評価項目・評価基準の適用時期 |
|------------------|------|------------------------------------|----------------|
| 国費を用いた研究開発としての意義 | 定性的 | 国や社会のニーズに適合しているか、国が関与する必要性・緊急性はあるか | 前・中 |

（国費を用いた研究開発としての意義）

エネルギー基本計画を踏まえた事業であり、社会のニーズを的確に反映している。第6次エネルギー基本計画（令和3年10月22日）において、「多様な社会的要請を踏まえた技術開発等を通じて高いレベルの原子力人材・技術・産業基盤の維持・強化を図る」と明記されており、原子力システムに係る研究開発は国が主体的に取り組むべき事業である。

また、令和4年には原子力小委員会の下、革新炉ワーキンググループが立ち上げられ、令和5年6月に閣議決定された、「経済財政運営と改革の基本方針 2023」では「新たな安全メカニズムを組み込んだ次世代革新炉の開発に取り組む」と明記され、革新炉の開発が目指されており、本事業の目的とも合致している。

社会のニーズという面で、直近5年間における公募の平均倍率は約5倍あり、引き続き本事業のニーズが高いことを示している。

以上のことから、本事業の「必要性」は高いと評価できる。

<有効性>

| 評価項目 | 評価基準 | | 評価項目・評価基準の適用時期 |
|-------------|------|------------------------------------|----------------|
| 新しい知の創出への貢献 | 定量的 | 中間評価及び事後評価において、計画通りの成果が挙げられ、又は見込まれ | 前・中 |

| | | | |
|--|--|----------------------|--|
| | | るとされた A 評価以上の課題の件数割合 | |
|--|--|----------------------|--|

(新しい知の創出への貢献)

当初の目標を上回る実績を挙げており、また外部有識者による事後評価委員会において研究成果を評価し、当初の目標に見合った成果が達成されていることを確認しており、成果実績は成果目標に十分見合ったものとなっている。

それぞれの課題においては、多様な原子力システム（原子炉、再処理、燃料加工）に関し、基礎的研究から工学的検証に至る領域における革新的な技術開発を継続的に進め、研究成果を国内外の学術誌や学会等で公表、発表等で優れた成果を挙げることにより、エネルギーの安定供給化及び脱炭素化に向け原子力を利用する先端科学技術の発展に資する研究開発成果に寄与している。

主要な成果の1例としては、令和元年度に実施した課題の成果を利用して日本原子力研究開発機構が次世代革新炉の社会実装を支援する統合システム ARKADIA（アルカディア）の開発を進めており、令和5年8月2日に公式 HP にてプレスリリースされている。その研究は今後、民間企業や教育機関と幅広く連携し、開発が加速される見込み。

仮想的な事故の発生が、プラント全体にどう影響するかをシミュレーション

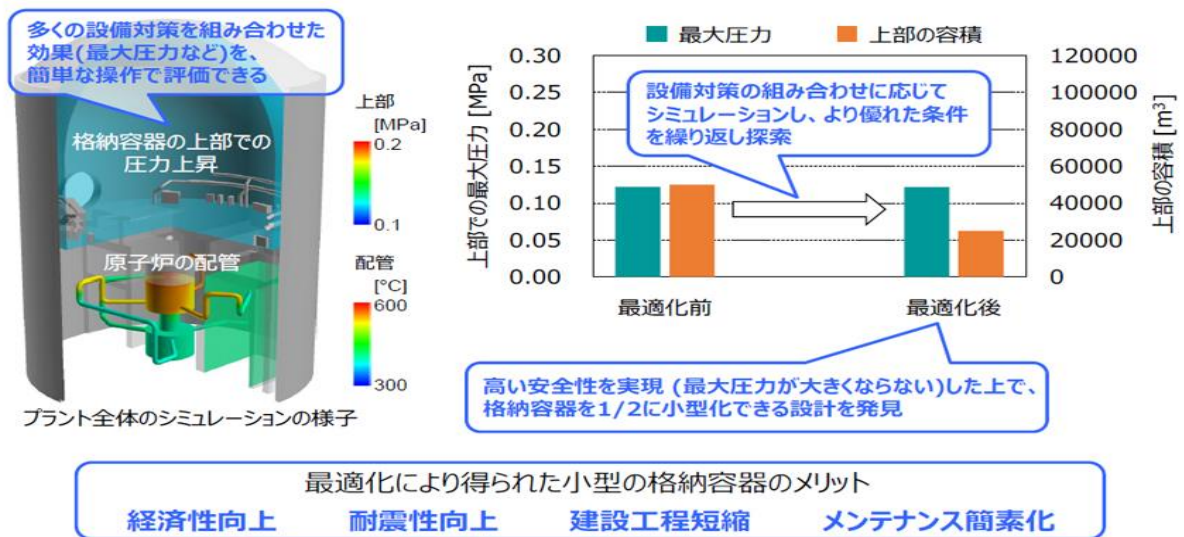


図 ARKADIA によりナトリウム冷却高速炉の最適な設計条件を探索した例

(出典) 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 令和5年8月2日付

「智慧と電腦を駆使した設計革新を目指す-統合システムARKADIA（アルカディア）次世代革新炉の実現に向けて-」

以上のことから、本事業の「有効性」は高いと考える。

<効率性>

| 評価項目 | 評価基準 | 評価項目・評価基準の適用時期 |
|------|------|----------------|
|------|------|----------------|

| | | | |
|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 実施体制の妥当性、 目標・達成管理向上 方策の妥当性 | 定性的 | 研究開発をより効率的かつ効果的に実施するための方策はとられているか | 前・中 |
|----------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|

事業の実施に当たっては、外部有識者による評価に基づいて、優れた提案の採択を行う競争的資金制度の一つとして運用している。PDによる各研究課題の内容の重複を避ける等の全体管理、また担当するPOによる現地視察を含めた各研究課題の進捗管理を行っている。また、3年を超える課題にはステージゲート評価を実施し、終了翌年度には事後評価を外部有識者により実施しており、各研究課題を効果的、経済的に推進することで、原子力システム研究開発事業の効率性を確保している。

以上のことから、事業の「効率性」を確保出来ていると評価できる。

(3) 科学技術・イノベーション基本計画等の上位施策への貢献状況

第6期科学技術・イノベーション基本計画の中で、「多様なエネルギー源の活用等のための研究開発・実証等の推進」が示されており、原子力に関する必要な研究開発や実証を進めることとしている。本事業は原子力研究開発の基礎基盤にあたる部分を支援しているものであり、貢献している事業であると判断できる。

(4) 事前評価結果時の指摘事項とその対応状況

<指摘事項>

なし

<対応状況>

(5) 今後の研究開発の方向性

本課題は「継続」、「中止」、「方向転換」する（いずれかに○をつける）。

理由：

本事業は、脱炭素を目指すエネルギー改革の中で、国民的関心の高い原子力施設等の安全や基盤技術等に係る研究開発事業であり、これらの研究開発は国民の生活や経済を支えるエネルギーの安全で安定的な確保に繋がるものであることから、国が主体的かつ優先的に取り組むべきである。また、本事業は大学、高等専門学校、独立行政法人、民間法人、特定非営利活動法人等の幅広い主体を対象としており、研究開発を通じた人材育成の点からも活用されるとともに、国際競争力の確保に寄与してきたところである。よって、本事業は継続して実施すべきである

<本課題の改善に向けた指摘事項>

特になし

(6) その他

特になし