

原子力科学技術委員会による
原子力科学技術に関する
研究開発課題の中間評価結果② (案)

令和 5 年 10 月

原子力科学技術委員会

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 (※2)	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	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) 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業における、個別課題に参画し、利害関係を有するため、本評価には参画しない。

(※2) 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業は日本原子力研究開発機構が実施する補助事業であるため、本評価には参画しない。

英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業の概要

1. 課題実施期間及び評価時期

課題実施期間：平成 27 年度～

評価時期：中間評価：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>

「東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等研究開発の加速プラン」（平成 26 年 6 月文部科学省）等を踏まえ、日本原子力研究開発機構廃炉環境国際共同センター（CLADS）を中核に、国内外の英知を結集し、様々な分野の知見や経験を融合・連携させることにより、中長期的な廃炉現場のニーズに対応する研究開発・人材育成を推進する。

<概要>

- ①課題解決型廃炉研究プログラム：東京電力福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）の廃炉を進めるにあたって、中長期的観点から課題である、燃料デブリの分析・評価や発生する放射性廃棄物の処理、保管等へ実際に役立てるために、1Fの廃炉への貢献をテーマに実施。
- ②国際協力型廃炉研究プログラム：1Fの廃炉の加速に資することを目的として、相手国との様々な分野の研究を融合・連携し幅広い知見を集めて研究開発を実施。
- ③研究人材育成型廃炉研究プログラム：1Fの廃炉ニーズを踏まえ、廃炉に係る研究活動を通じて研究人材を育てていくために、博士後期課程以上の人材に重点をおいて実施。

3. 研究開発の必要性等（平成 30 年度実施の中間評価概要）

<必要性>

1Fの廃炉は、これまでに経験のない困難な作業であり、「東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」（令和元年 12 月 廃炉・汚染水対策関係閣僚会議）等において、大学等で行われる基礎研究の知見や諸外国の技術や経験の取り込みにより、国内外の叡智を結集し、総力を挙げた研究開発を進めることなどの必要性が指摘されており、ニーズに適合した事業を実施している。

<有効性>

研究開発については、委託研究終了後、成立した特許を企業とライセンス契約を締結し、新たな研究資金を獲得し、実用化に向けて研究を進めている例などもあり、各研究開発課題は着実に進捗していると考えられる。

人材育成については、1F 廃炉を支える人材の裾野を広げる取組を実施するなど、様々な取組がなされている。その結果、本プログラムを受講した学生の卒業後の進路については、電力会社やプラントメーカーなどの原子力関連企業への就職や進学して引き続き研究を実施する学生もいる。

以上のことから、今後、本事業から1Fの廃炉に資する革新的な技術が創出されるとともに、研究機関や廃炉現場で活躍できる人材や、原子力の知見を持った人材が社会に輩出されることが期待される。

<効率性>

担当 P0（プログラムオフィサー）を中心に各課題の進捗管理や支援が丁寧に行われ、中間フォローを実施している。中間フォローの結果は PD・P0 会議で共有され、PD（プログラムディレクター）や他の P0 からの意見を踏まえ、研究代表者へフィードバックし、当該年度の研究開発の進め方や次年度以降の実施計画に反映されている。

また、全ての課題について、事業の計画・目標の達成度、成果や発展性について評価を行う評価委員会を設置し、事後評価を実施（採択機関が5年以上の課題は中間評価も実施）し、評価の結果は PD・P0 会議で共有され、PD・P0 から当該評価に関する意見を受け、本事業の研究テーマの設定や課題管理の在り方の検討に資されている。

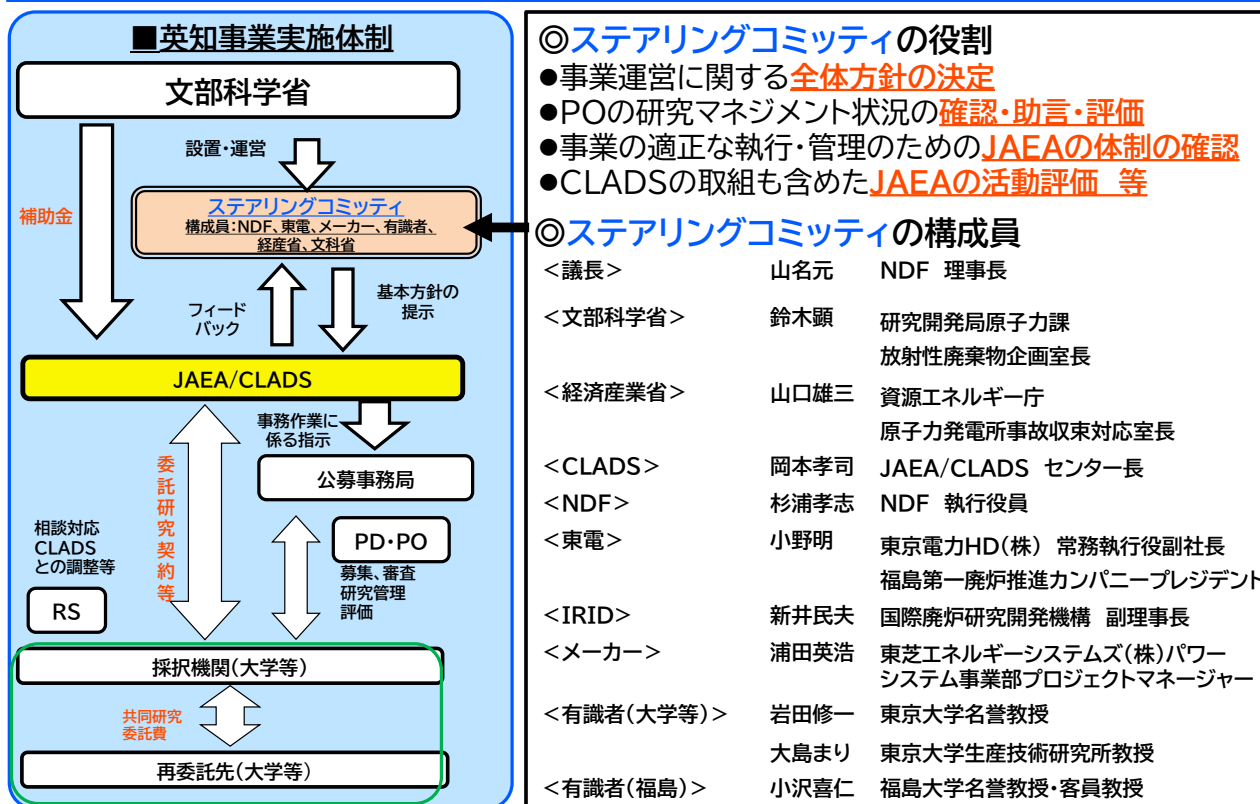
4. 予算（執行額）の変遷

年度	H27(初年度)	…	H30	R 1	R 2	R 3
予算額	1,402 百万	…	1,554 百万	1,454 百万	1,318 百万	1,318 百万
執行額	1,390 百万	…	1,562 百万	1,428 百万	1,250 百万	1,273 百万

年度	R 4	R 5	R 6
予算額	1,322 百万	1,249 百万	1,276 百万 (見込み)
執行額	1,281 百万	—	—

5. 課題実施機関・体制

英知事業の体制について



直近の採択課題一覧(1/2)

○課題解決型廃炉研究プログラム(令和5年度採択課題)

研究課題名	研究代表者	主管研究機関	共同研究機関
遮蔽不要な耐放射線性ダイヤモンド中性子計測システムのプロトタイプ開発	金子 純一	北海道大学	高エネルギー加速器研究機構、産業技術総合研究所、名古屋大学、九州大学、日本原子力研究開発機構
簡易非破壊測定に向けた革新的なn・γシンチレーション検出システムの開発	鎌田 圭	東北大学	東京大学、産業技術総合研究所、日本原子力研究開発機構
ペDESTル部鉄筋コンクリート損傷挙動の把握に向けた構成材料の物理・化学的変質に関する研究	五十嵐 豪	名古屋大学	東京大学、東北大学、日本原子力研究開発機構
動画像からの特徴量抽出結果に基づいた高速3次元炉内環境モデリング	中村 啓太	札幌大学	岩手県立大学、日本原子力研究開発機構
放射性コンクリート廃棄物の減容を考慮した合理的処理・処分方法の検討	小崎 完	北海道大学	福井大学、電力中央研究所、日本原子力研究開発機構
高バックグラウンド放射線環境における配管内探査技術の開発	鳥居 建男	福井大学	大阪大学、神戸大学、東北大学、埼玉大学、日本原子力研究開発機構
PCV気相漏洩位置及び漏洩量推定のための遠隔光計測技術の研究開発※	椎名 達雄	千葉大学	レーザー技術総合研究所
福島第一発電所2,3号機の事故進展シナリオに基づくFP・デブリ挙動の不確かさを低減と炉内汚染状況・デブリ性状の把握	小林 能直	東京工業大学	九州大学、日本原子力研究開発機構
非接触測定法を用いた燃料デブリ臨界解析技術の高度化	小原 徹	東京工業大学	産業技術総合研究所、長岡技術科学大学、東京都市大学

直近の採択課題一覧(2/2)

○国際協力型廃炉研究プログラム(日英)(令和5年度採択課題)

研究課題名	研究代表者	主管研究機関	共同研究機関
革新的分光画像解析による燃料デブリの可視化への挑戦とLIBSによる検証	牟田 浩明	大阪大学	日本核燃料開発株式会社、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ除去に向けた様々な特性をもつメタカオリンベースのジオポリマーの設計と特性評価	Yogarajah Elakneswaran	北海道大学	日本原子力研究開発機構

○研究人材育成型廃炉研究プログラム(令和元年度採択課題)

研究課題名	研究代表者	主管研究機関	共同研究機関
燃料デブリ取り出し時における炉内状況把握のための遠隔技術に関する研究人材育成	浅間 一	東京大学	福島大学、神戸大学、日本原子力研究開発機構
化学計測技術とインフォマティクスを融合したデブリ性状把握手法の開発とタイアップ型人材育成	高貝 慶隆	福島大学	株式会社パーキンエルマー・ジャパン、株式会社化研、日本原子力研究開発機構
放射線・化学・生物的作用の複合効果による燃料デブリ劣化機構の解明	塚原 剛彦	東京工業大学	株式会社ヴィジブルインフォメーションサービス、日本原子力研究開発機構
燃料デブリ分析のための超微量分析技術の開発	永井 康介	東北大学	長岡技術科学大学、日本核燃料開発株式会社、九州大学、日本原子力研究開発機構

6. その他

(関係省庁等との連携状況)

経済産業省や原子力損害賠償・廃炉等支援機構(以下「NDF」という。)、東京電力等とは、NDFが主催の、廃炉研究開発連携会議等において、研究開発等に関する意見交換を行うなど、本事業の成果が実際の廃炉作業に効果的に結び付けられるよう連携している。

(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廃炉現場へ橋渡しするため、本事業の成果報告会等においては、廃炉現場の関係者も出席の上、研究テーマ毎の座談会形式で実施するなど、研究成果の利活用につながるよう取組を工夫している。

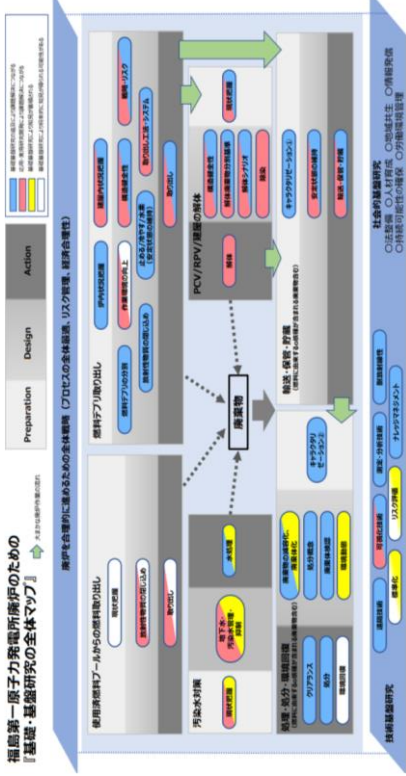
英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 (廃炉研究等推進事業補助金(CLADS補助金))

目的・概要

「東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等研究開発の加速プラン」(平成26年6月文部科学省)や、廃炉現場のニーズ等を踏まえ、**日本原子力研究開発機構**、**環境国際共同研究センター(CLADS)**を中核に、**国内外の英知を結集し**、様々な分野の知見や経験を融合・連携させることにより、**産学が連携した基礎・基盤的研究や人材育成の取組を推進する**。

研究動向調査・戦略方針検討等

廃炉現場のニーズを俯瞰・可視化した「基礎・基盤研究マップ」について、東京電力(株)による現場レビューの実施や時系列情報の追加、全国の大学の有するシーズとニーズの紐づけ等の高度化を実施。また「**廃炉創造ロボコン**」等を通じた国内の学生の**人材育成等**を実施。



国際的人材ネットワーク形成

経済協力開発機構/原子力機関(OECD/NEA)の枠組みを活用し、世界各国の大学等と連携し、若手研究者等を派遣・招へいすることで、**中長期的に廃炉に資する人材を国際的ネットワークの下で育成**。

■ 廃炉を支える基礎・基盤的研究の推進

「基礎・基盤研究マップ」に基づき、公募を実施し、国内外の大学等の有する多様な分野の優れた知見を、**廃炉研究の国際的な中核**であるCLADSに結集し、**廃炉現場のニーズへの橋渡し**を実施。

□ 課題解決型廃炉研究プログラム

廃炉現場の課題解決に資する研究開発を推進

□ 国際協力型廃炉研究プログラム

国際共同研究により国外の知見を廃炉に向けて取り込むための研究開発を推進

□ 研究者人材育成型廃炉研究プログラム(第2期)

JAEAと大学が連携ラボを設置し、**廃炉研究を支える人材育成等**を推進。

中間評価票

(令和5年10月現在)

1. 課題名 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業

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2年	令和3年	令和4年
学会発表数等	136件	168件	190件
研究成果論文数	32本	76本	93本

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2年	令和3年	令和4年
当該年度に実施する事後評価での評価（SABCD）のうち、計画通りの成果が挙げられ、又は見込まれるとされたA評価以上の課題の件数割合	79%	71%	87%

3. 評価結果

(1) 課題の進捗状況

○事業全体の状況

平成27年度の開始以降、文部科学省の委託事業として実施していたが、日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）廃炉環境国際共同研究センター（以下「CLADS」という。）に研究成果等を集約化し、様々な分野の知見や経験を融合・連携させることにより、産学が連携した基礎・基盤的研究や人材育成の取組を推進するため、平成30年度新規採択分から段階的に JAEA 補助事業へ移管し、令和2年度末をもって JAEA の補助事業へ移管が完了した。

本事業では、主に、以下のプログラムを実施している。（文部科学省の委託事業時からプログラム名を変更している。）

- ①課題解決型廃炉研究プログラム：1Fの廃炉を進めるにあたって、中長期的観点から課題である、燃料デブリの分析・評価や発生する放射性廃棄物の処理、保管等へ実際に役立てるために、1Fの廃炉への貢献をテーマに実施。
- ②国際協力型廃炉研究プログラム：1Fの廃炉の加速に資することを目的として、相手国との様々な分野の研究を融合・連携し幅広い知見を集めて研究開発を実施。
- ③研究人材育成型廃炉研究プログラム：1Fの廃炉ニーズを踏まえ、廃炉に係る研究活動を通じて研究人材を育てていくために、博士後期課程以上の人材に重点をおいて実施。

また、上記①～③のプログラムに加え、全国の高専生を対象とした廃炉創造ロボコンの実施や、経済協力開発機構/原子力機関（OECD/NEA）の枠組みを活用し、世界各国の大学等と連携し、若手研究者等の派遣・招へい等を実施している。

以上のことから、本事業は、1F廃炉に係る基礎・基盤的研究を推進し、我が国の原子力研究の裾野の拡大を図るとともに、1Fの廃炉等に向けた人材育成に貢献している。

(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	中

1Fの廃炉は、世界にも前例のない困難な作業であり、線量が高い場所が多い現場での作業環境は依然として厳しく、新たに判明した事象にも応じた研究開発が重要となる。

「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(令和元年12月 廃炉・汚染水対策関係閣僚会議)においては、「政府は、前面に立ち、安全かつ着実に廃止措置等に向けた中長期の取組を進めていく」ことや、「大学等で行われる基礎研究の知見や諸外国の技術や経験の取り込みにより、国内外の叡智を更に結集し、総力を挙げた研究開発を進める」こと、「30~40年程度かかると見込まれている廃止措置等を実施していくため、中長期的な視点での計画的な人材育成に取り組む」ことが記載されている。

また、NDFの「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2022」においては、「英知事業の仕組み・実施内容は、高等教育機関に属する研究者及び学生に対して一定の成果を上げており、卒業生が廃炉関連事業に従事するなどの人材の活性化も出てきている」とされている。

本事業は、廃炉現場から求められている基礎・基盤的研究や中長期的な人材育成を着実に実施するものであり、その必要性は極めて高い。

<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、人材の養成	定量的	研究成果論文数、学術論文の発表件数	中
		「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」における各採択課題で実施する人材育成プログラム等の受講人数	中 ※1
人材の育成、知的基盤の整備への貢献の程度	定性的	廃炉を支える人的基盤の拡大に資するものとなっているか。	中 ※2

※1 平成30年度の間評価でのみ適用し、今回の中間評価では適用していない。

※2 今回の中間評価でのみ適用。

研究開発において、新型コロナウイルス感染症の影響により、研究の活動や計画の進捗に支障が生じた状況下においても、学会発表件数等は増加しており、各研究開発課題は着実に進展していると考えられる。本事業は、1F廃炉に関する基礎・基盤的研究等を実施するものであるが、研究成果が廃炉現場に橋渡しされるよう、例えば、本事業の成果報告会では、従来の対面による発表形式ではなく、研究テーマに合わせてグループ分けを行い、東京電力等のニーズ側とのパネルディスカッション形式による実施や、研究成果の橋渡しのための種まきとして、ニーズ側とシーズ側のマッチングに向けて、ワークショップを行うなど、JAEAにおいては、東京電力等のニーズ側との連携を強化している。

その結果、本事業で得られた成果が、更なる現場適用に向けて、実用化研究等を行う経済産業省の「廃炉・汚染水・処理水対策事業」に採択されているものや東京電力やメーカーから費用を得て研究開発を実施しているもの、実際に1Fの現場で運用が開始しているものもあり、1F廃炉に資する研究成果を創出していることに加え、原子力以外にも、宇宙や素粒子分野に展開されているものもある。


英知事業の成果例

第11回廃炉研究開発連携会議
資料1-2より抜粋

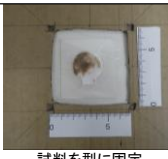
アルファ粒子の可視化

研究代表者:黒澤 俊介(東北大) 受託期間:平成30~令和2年度

○アルファ粒子の可視化を行うため、1Fスミア試料を用いて試験を実施

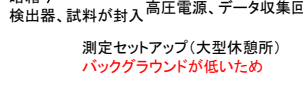


暗箱
検出器、試料が封入




試料を型に固定

測定セットアップ(大型休憩所)
バックグラウンドが低いため



検出器にセット・測定



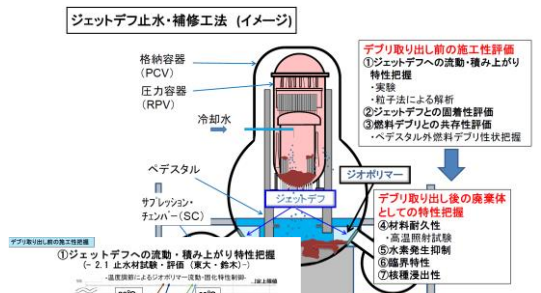
写真+放射線イメージ

【成果の展開・応用】
○令和4年度、東京電力と共同研究により精度向上化を実施中

ジオポリマーによる止水技術

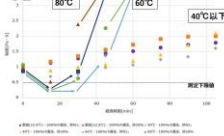
研究代表者:鈴木 俊一(東京大) 受託期間:平成30~令和2年度

○流動特性を把握し、デブリ取り出し時に1Fジェットデフにジオポリマーを流し込むことで、サブプレッションチェンバーとの間で止水した上で燃料デブリを取り出す工法を提案



ジェットデフ止水・補修工法 (イメージ)

①ジェットデフへの流動・積み上がり特性把握
(〜2.1 止水材試験・評価 (東大・東電)〜)



デブリ取り出し前の施工性評価

- ①ジェットデフへの流動・積み上がり特性把握
- ・実験
- ・前手法による解析
- ②ジェットデフとの密着性評価
- ③燃料デブリとの共存性評価
- ・ペDESTAL外殻燃料デブリ性状把握

↓

デブリ取り出し後の廃棄体としての特性把握

- ④材料耐久性
- ・高温照射試験
- ⑤水素発生抑制
- ⑥臨界特性
- ⑦核種浸出性

【成果の展開・応用】
○令和4年度、廃炉・汚染水対策事業補助金による「燃料デブリの取り出し工法の開発」(IRID)の中で実用化に向けた研究を実施。

人材育成においては、1Fの事故から12年以上が経過し、廃炉作業は着実に進展しているものの、今後、30~40年は続くと思われる廃炉の現場を支える研究人材を長期的な視野で育てていくことは引き続き重要である。研究人材育成型廃炉研究プログラム(第2期)においては、採択機関が、JAEAに連携ラボを設置し、JAEAの研究者と連携することにより、JAEAの施設・設備を使用した実践的な1F廃炉研究を行うことで効率的な人材育成を実施しているほか、JAEAや東京電力の職員が大学院生向けの講義を行うことなどにより、廃炉研究に関心を持つ学生の裾野の拡大に貢献してきた。その結果、若手研究者が東京電力やJAEA等の原子力関連企業に就職する(令和2年度の実績:20名)等、廃炉研究人材が着実に育成されている。

さらに、本事業の事業運営に関する全体方針の決定や、本事業の実施主体の取組の評価を行う文部科学省に設置した外部有識者委員会(ステアリング・コミティ)においても、本事業の取組は高く評価されている。

以上のことから、本事業の有効性は高いと評価できる。

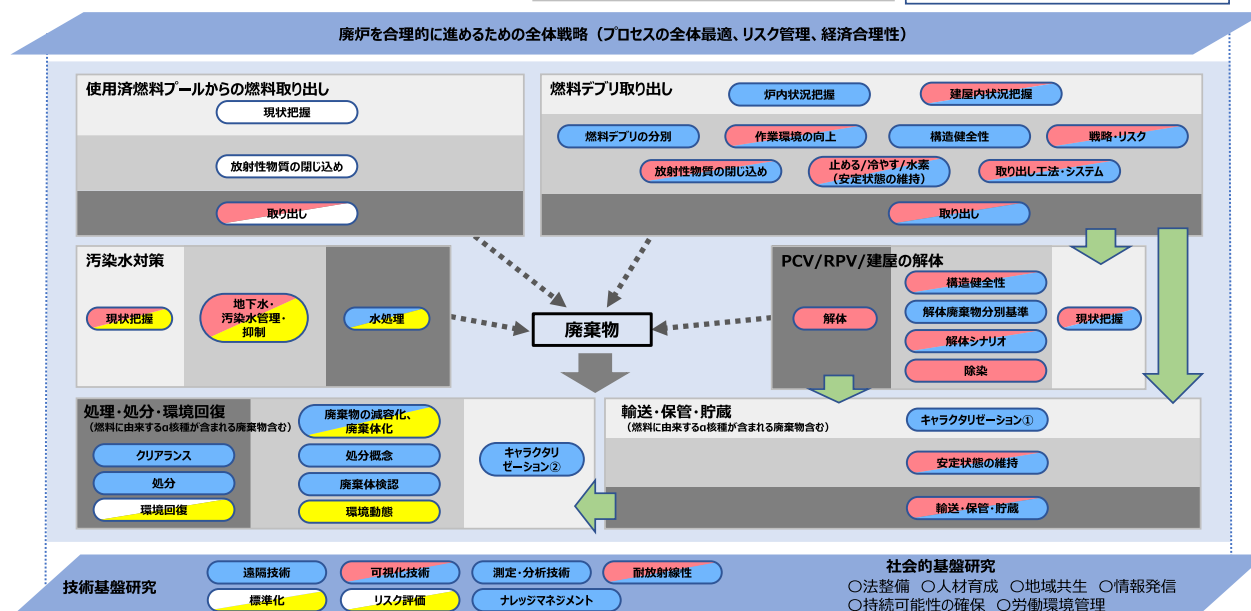
<効率性>

評価項目	評価基準		評価項目・評価基準の適用時期
計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の向上方策の妥当性	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を取られているか。	中

本事業の公募にあたっては、汚染水対策から廃棄物の処理・処分まで含めた廃炉全体を俯瞰し、求められる研究開発のニーズとシーズを整理した「基礎・基盤研究の全体マップ」を活用している。また、「基礎・基盤研究の全体マップ」を通じて、現場のニーズをより具体化した特定ニーズを抽出し、募集要綱に反映した上で、現場のニーズを踏まえた公募を実施している。

福島第一原子力発電所廃炉のための『基礎・基盤研究の全体マップ』

→ 大まかな廃炉作業の流れ



また、全ての課題について、POが中心となって、課題の進捗状況を把握し、必要に応じ助言や研究計画の変更等の指示を行う等適切に課題管理を行うとともに、研究受託者の研究のサポートを行うRS（リサーチサポーター）をCLADS内に設置し、受託者側に立った相談対応、研究支援の方策等に関するPOやCLADSとの調整を行うことで、研究進捗の促進ができる体制を構築している。

以上のことから、本事業の効率性は高いと評価できる。

(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」(令和3年3月閣議決定)では、「現在見直しに向けた議論が進められている「エネルギー基本計画」等を踏まえ、省エネルギー、再生可能エネルギー、原子力、核融合等に関する必要な研究開発や実証、国際協力を進める。」とされており、また、「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(令和元年12月廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議決定)では、「大学等で行われる基礎研究の知見や諸外国の技術や経験の取り込みにより、国内外の叡智を更に結集し、総力を挙げた研究開発を行う」や「国際共同研究棟を中心に『廃炉国際共同研究センター』における研究活動等を推進する。」とされた目標の達成に向けて貢献している。

(4) 事前評価結果時の指摘事項とその対応状況

<指摘事項>

前回実施した中間評価での指摘事項は以下のとおり。

- ①課題採択、課題管理、課題ごとの中間評価・事後評価については、PD・P0、外部有識者によるマネジメント体制の下、効率的・効果的な運営を継続して、行うことが必要である。
- ②今後、本事業における東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置に資する人材育成についても、他の原子力人材育成事業等と連携した取組を検討する必要がある。

<対応状況>

上述の指摘事項①、②についての対応状況は以下のとおり。

- ①事業実施において、事業の計画・目標の達成度、成果や発展性について評価を行う評価委員会(PD・P0会議)を設置し、事後評価を実施(採択期間が5年以上の場合は中間評価も実施)するなど、効率的・効果的な運営を行っている。
- ②OECD/NEAで実施している、廃炉の課題解決に向けた先進的な遠隔技術を中心とした、学術的な領域の科学技術について、最先端且つ実践的な教育実習を行う、NEST/ARTERDプロジェクトと連携するなど、他の原子力人材育成事業等と連携している。

(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(いずれかに丸をつける)。

理由: 1Fの安全かつ着実な廃止措置を行っていくためには、政府及び関係機関が一丸となり、国内外の英知を結集し着実に取組を進める必要がある。本事業においては、中長期的な廃炉現場のニーズに対応するため、大学等の基礎・基盤的な研究開発や研究人材の育成を推進しており、得られた成果が、1Fの廃炉現場に適用されるなど、優れた成果を創出している。そのため、引き続き継続的に実施すべきである。

<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