

令和 4 年 3 月 31 日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
福島研究開発部門長 舟木 健太郎 殿

福島研究開発・評価委員会
委員長 高橋 隆行

研究開発課題の事後／事前評価結果について (答申)

令和 3 年 9 月 29 日付貴発「令 03 原機 (福) 011」において諮問のありました第 3 期中長期計画における「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事後評価及び第 4 期中長期計画における「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事前評価を行った結果を別紙のとおりにお返しします。

記

別紙 1 : 第 3 期中長期計画における「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事後評価

別紙 2 : 第 4 期中長期計画における「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事前評価

第 3 期中長期計画における「東京電力
福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事後評価

2022 年 3 月

福島研究開発・評価委員会

第3期中長期計画における「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事後評価

目次

1. はじめに	.....	1
2. 福島研究開発・評価委員会委員名簿	.....	1
3. 評価の方法	.....	2
4. 事後評価結果		
4. 1 燃料デブリ取り出し技術開発に関する研究開発	.....	3
4. 2 事故進展挙動評価・炉内状況把握に係る研究開発	.....	5
4. 3 廃棄物処理・処分に係る研究開発	.....	6
4. 4 遠隔技術に係る研究開発	.....	8
4. 5 環境回復に係る研究開発	.....	9
4. 6 各研究開発の共通項目	.....	11
4. 7 総合評価	.....	17

1. はじめに

福島研究開発・評価委員会は、日本原子力研究開発機構が第3期中長期目標期間（平成27年度から令和3年度まで）に実施した東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発（他部門で評価される研究開発を除く）を対象とし、機構部門長からの諮問（令和3年9月29日 令03原機（福）011）に基づき、令和4年1月25日に第3回福島研究開発・評価委員会を開催し、事後評価を実施した。

2. 福島研究開発・評価委員会委員名簿（敬称略）

本評価委員会は令和2年11月19日に設置され、以下の11名の委員から構成されている。（以下の委員名簿は、令和3年度）

- 委員長 高橋 隆行 国立大学法人福島大学 共生システム理工学類 教授
- 青野 辰雄 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門
放射線医学研究所 福島再生支援研究部 環境動態研究グループ
グループリーダー
- 井口 哲夫 元国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 名誉教授
- 伊藤 京子 学校法人京都橘学園 京都橘大学 工学部 情報工学科 教授
- 伊藤 繁 福島県 危機管理部 原子力安全対策課 課長
- 小澤 隆 一般社団法人日本電機工業会 原子力部 部長
- 神野 郁夫 国立大学法人京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
- 木倉 宏成 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 准教授
- 崎田 裕子 SAKITA Office 代表、ジャーナリスト・環境カウンセラー
- 田南 達也 東京電力ホールディングス株式会社 執行役員
福島第一廃炉推進カンパニー バイスプレジデント
- 新堀 雄一 国立大学法人東北大学大学院 工学研究科
量子エネルギー工学専攻 教授

3. 評価の方法

機構が第3期中長期目標期間に実施した研究開発の実施状況に対し、以下の観点について評価を行った。

評価の観点

- (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) 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）

評価は、第3回福島研究開発・評価委員会における機構からの実施状況の説明及び、上記(1)から(11)の観点に基づく自己評価に対し、各委員からSABCDの評価とその評価理由やご意見をいただき、それを集約して委員会としてとりまとめた。

なお、出された意見については、各委員の専門的知見による意見であり、各委員の所属機関の見解ではない。

以下、「福島研究開発・評価委員会」は「評価委員会」、「日本原子力研究開発機構」は「機構」、「東京電力福島第一原子力発電所」は「1F」という。

4. 事後評価結果

4. 1 燃料デブリ取り出し技術開発に関する研究開発

自己評価：「A」

評価委員会 評価：A（委員評価：「S」1名、「A」7名）

3. (1)～(3)の観点から評価し、以下の意見を頂いた。

- 燃料デブリの性状把握・分析技術の開発、分析手法の標準化など着実な成果を上げている。また、プラント内線源・線量率分布状況の把握や非破壊測定技術開発など、難しい取組を着実に進めており、評価できる。燃料デブリの経年変化メカニズムの解明や、水素発生・腐食に関する放射線効果の解明なども、知見の収集や取得など所期の目的を果たしているとともに、水素挙動解明・リスク低減化に関しても予定通りの成果となっており、データの公開も含めて評価できる。（評価：A）
- 燃料デブリの取り出しに関する何れの課題についても計画以上に成果を挙げ、国内外に積極的に公表している。燃料デブリの取り出しに関する各研究開発課題における成果は1Fの課題解決に大きく貢献するものであり、特に放射線照射下の腐食現象に関する研究ではPCV等の健全性評価に資する顕著な成果を上げている。（評価：S）
- 燃料デブリの取り出しに向けた技術開発のみならず、計量管理の検討、保管管理の技術開発や腐食解明等の廃止措置に向けて、これまでに蓄積された知見等を基盤に必要な課題を洗い出し、着実に対応されている。（評価：A）
- 安全な実燃料デブリの取り出しに貢献するために、燃料デブリの非破壊測定技術開発を着実に進めるなど、研究計画は妥当であると評価する。なお、1F内部の線量把握は、今後の燃料デブリ取り出し作業時に、作業環境の維持などに重要な役割を果たすことになり、開発技術を活用した現場での実装を進めて欲しい。また、燃料デブリの経年変化メカニズムの解明や、保管・管理技術の研究開発、放射線照射下の腐食現象に関する研究などは、燃料デブリ取り出しが始まる段階では、かなりの進展が必要な分野である。研究開発計画は段階的に進めているが、今後のスピードアップにも備えるような体制作りが必要と考える。その点、次世代研究者の人材育成に取り組み、国内外の研究機関との連携や学生の研修を進めるなど、方向性は適切に考えられていると評価する。（評価：A）
- 研究開発成果の把握や発信を踏まえて、1F廃炉作業を迅速かつ系統的に進めることに大きく貢献していると考ええる。また、燃料デブリ取り出しが始まる段階では、燃料デブリ非破壊測定技術や、プラント内線源・線量率評価技術は迅速な実装が求められると共に、廃炉作業の進捗に大きく関わってくると考える。本開発技術を迅速に実装に移す積極的な取組が必要であり、国内外の研究機関とも連携した実装への推進が必要となる。燃料デブリの経年変化メカニズムの解明や、水素発生・腐食メカニズムの解明や、水素挙動の解析なども、燃料デブリ取り出しと、貯蔵などが始まる段階でその方針づくりにも大きく影響すると考えられ、廃炉実施者とも連携した迅速な取組を期

待する。既に連携した取り組みは始まっているとのことで、迅速な取組が成果をあげるように期待する。（評価：A）

- 燃料デブリに関する性状等の基礎データは、実際のデブリ取り出しの工程に反映され、分析技術や作業体制も整えている。また、プラント内線源・線量率の分布についても、燃料デブリ経年変化メカニズムの解明は着実に進めた。特に燃料デブリの性状把握・分析技術の開発、線量率分布評価技術の開発では、所期の目標を超える成果を挙げていると評価できる。また、水素挙動解析コード・手法は、燃料デブリの取り出しに係る工程のリスク評価に大きく貢献すると考える。（評価：A）
- 本課題に対する取り組みは良い成果を上げていると推察されるが、ロードマップと研究開発のスケジュールについて、第3期中長期計画の具体的な計画と成果の達成度の記載が不明確であり、成果は第3期中長期計画の研究開始時から想定されたものか、研究進展に伴ってわかってきたのか、それらに応じた計画変更も含めて、分かりやすく報告する必要がある。また、予算については当初予定に比較して追加予算検討などがなされたのか、計画と実績の関係性を明らかにしてもらいたかった。（評価：A）
- プラント内線源・線量率分布評価シミュレーションコード開発、燃料デブリの経年変化予測、データベース（debrisWiki）については、CLADSという廃炉に関する研究機関としての研究成果を高く評価でき、今後の廃炉計画に役立つものであると考えられる。これら得られた成果を、第3期中長期計画以降、どのように展開するのか、研究継続するのか、実際の廃炉作業への展開等、整合性を取って報告を明示されたい。（評価：A）
- 一部の報告内容において、非常に専門的な内容が見られるが、専門外の委員への評価を求めるには、その説明・理解を促すために、成果に至る背景や情勢等を記載することが望まれる。例えば、燃料デブリ経年変化予測に関わる微生物の存在影響の生物学的な背景や、放射線環境での水から発生した H_2 を除去するものとして触媒式の水素再結合装置（PAR）の研究開発成果の記載があったが、既存の触媒と本課題で開発されたものとの性能の違いを記載されるなど、既存の研究やその専門的背景について明示してほしかった。（評価：A）
- 今後本格化するデブリ取り出しに向け、貴重な知見を取得できたと評価する。特に機械的な切断試験等、現場に活かすことができるデータと考える。また、評価手法の標準化などを、デブリ取り出しの計画に活かすことを期待する。その際、JAEAが廃炉事業者に技術指導して、得られた成果を実践で最大限に活用し、ミッションを遂行できるように努力して欲しい。PCV内線源・線量率分布は、実作業の安全にも係わると思われるため、整備した予測手法がより正確となるよう、今後の実測との調整などが行われると良い。非破壊検査フィールドの整備完了、微生物が経年変化に及ぼす影響評価に向けた基礎基盤研究、そしてPCV等の腐食が厳しくなる条件なども、今後事業者との連携にどう活かすか、議論して頂きたい。国税を使う立場から、如何に産業や国

民に還元できるか、位置付けを記載して頂くことで、より良い計画立案や成果の活用が行われると考えるので、ご検討をお願いしたい。（評価：S）

4. 2 事故進展挙動評価・炉内状況把握に係る研究開発

自己評価：「S」

評価委員会 評価：S（委員評価：「S」6名、「A」2名）

3. (1)～(3)の観点から評価し、以下の意見を頂いた。

- 今後の燃料デブリ取り出しによる状況変化の可能性や、廃棄物の保管方法の選定や準備など、継続して判断すべきことは多く、研究成果の蓄積を政策判断につなげられるよう常に先を見据えて研究計画を立て、進めて頂きたい。また、処分方法や場所の選定など、現状把握と政策判断の過程を透明化することで、廃炉事業への地域社会、日本、世界の関心も一層高まると考える。廃炉状況の情報共有も重要なテーマとして位置づけ、工夫することに期待する。（評価：S）
- 令和2年の自己評価に記載されている研究成果がメディア等に取り上げられたことは、成果として記載すべきではないか。（評価：S）
- 期間を通じて、最も重要な成果である炉内状況推定図の精緻化を進め、その成果をdebrisWikiにまとめて関係者等に分かりやすくかつ効果的に発信をしており、高く評価できる。（評価：S）
- 計画通りに研究開発は実施され、計画や研究成果の自己評価も妥当である。（評価：S）
- 1F炉内状況の把握は、事故進展シナリオの解明と今後の燃料デブリ取り出しを含む廃炉行程全体の設計に直結する研究である。年々技術開発と知見の集約を進め、1F炉内推定図の精緻化を進めた取組は高く評価できる。また、その過程で得た知見は世界的にも重要なものであり、国内外に情報提供し、広く社会への貢献を目指していることも評価できる。（評価：S）
- 年度毎の成果が明確であり、進捗状況も理解しやすい工夫もされている。（評価：S）
- 事故進展挙動に関しては、東京電力HDとの連携が行われたことが伺える。金属デブリの流出等、具体的な成果が得られたことが良く理解できた。データの一般公開、今後の廃炉工程の理解促進など、具体的な適用先が記載され、研究者の意識が研究と実践の両方に向いていることの現れと感じる。（評価：S）
- 今後更に明確になるPCV内の様子は、デブリ取り出しの計画や、現場工事のツール作成等にも活かせることを期待する。（評価：S）
- 廃炉作業の進展に資する研究に加えて、今後の発電炉の安全性向上に役立つ研究開発についても有効な成果を期待したい。（評価：A）

- 模擬燃料集合体を使用した実験によって解析の妥当性評価については、まずは、模擬燃料集合体の模擬性がどの程度があるのか、また比較対象となる模擬燃料集合体の実験結果の妥当性についてより分かりやすく明示することが望まれる。（評価：A）

4. 3 廃棄物処理・処分に係る研究開発

自己評価：「A」

評価委員会 評価：A（委員評価：「A」8名）

3. (1)～(3)の観点から評価し、以下の意見を頂いた。

- 廃炉・汚染水対策として、廃棄物の性状把握・保管・処理・処分にに向けた取組を実施するとともに、廃棄物全体の含有量の把握や水処理二次廃棄物の分析に先行して取り組んでおり、計画通り成果を上げている。（評価：A）
- 国の政策や方針に沿って研究が進められ、関係機関との連携との相乗効果により、当初の達成度を超える顕著な成果を挙げている。（評価：A）
- 中長期ロードマップに基づいて基礎基盤的な研究開発は、振り返りや見直しに加え、確認が適宜実施されており、他の取り組みと競合することなく、独自性と独立性を保ちながら進められており、また結果として妥当な計画であった。（評価：A）
- 中長期ロードマップの廃棄物の性状把握の中で、全体の含有量や、水処理二次廃棄物の把握に加え、リスクの把握とリスクの高い分野に率先して取り組んでおり、妥当な計画だったと評価する。（評価：A）
- 廃棄物の分析データを着実に蓄積し、インベントリ推算に利用され、汚染のメカニズムの解明にもつながった。廃棄物管理手法の検討に必要なインベントリ推算の手法を確立するなど、成果を上げている。また、使用済みセシウム吸着塔の保管、水処理二次廃棄物の処理・処分などのデータを蓄積し、今後の具体的対応に備えてのリスク削減に向けて、着実に取り組んでいる。今後の廃棄物の処分に関しては、技術的な研究開発の段階から、処分の具体化に関する複合的なオプションを検討するとある。処分方法をどのようにし、どこで実施するのか、地域社会の合意を得て事業を進めるには、早い段階からの地域社会への情報提供と意見交換が必要であり、社会的な視点を早期から導入したことは評価する。なお、燃料デブリをどう保管するか、処分するかという課題に関しては、特に地域社会との合意形成は課題視していないが、燃料デブリに関してはどのように進めるのか、それに関する技術的、社会的、政策的な視点での検討に関してどのように研究開発するのか、この段階で気になっているのでコメントさせて頂く。（評価：B）
- 研究開発成果のアウトカムとして、廃棄物のインベントリの推定、セシウム吸着塔の安全管理及び水処理二次廃棄物の安定化に資する研究を着実に進めるとともに、1Fへの実装を念頭に多岐に亘る貴重な成果を挙げている。特に、廃棄物の分析データの蓄

積と廃棄物の保管、処理、処分に不可欠なインベントリに関する適切な推算手法の開発は高く評価できる。（評価：A）

- 科学技術開発についての国の方針に従って、1Fに存在する廃棄物について、そのインベントリの推定手法の開発、セシウム吸着塔の安全管理および水処理二次廃棄物の安定化に資する研究を着実に進めるなど、1Fへの実装を念頭に多岐に亘る顕著な成果を着実に挙げている。（評価：A）
- マイクロチップによる微量の環境試料からの対象元素の前処理化学分離に今後期待される場所であるが、時間的にはどの程度の高速化が達成可能かどうか明記されると良い。例えば、微量分析・高速分析を鑑みると、分離だけではなく、分析までを一貫してマイクロチップで行うようなシステム検討についても期待される。ただし、マイクロチップ関連研究の将来展望を明瞭化することや、パルスパワー法によるコンクリート汚染物の骨材回収・Cs除去についてはどういった手法なのか分かりやすい原理などの説明が求められるが、その説明がしっかりとなされることで本研究課題の成果が一層理解されると思われる。（評価：A）
- 本研究課題に取り組む他組織との役割・棲み分けが不明瞭であり、東京電力HD、IRID、関連企業、大学等の役割を明瞭に示し、GLADSという研究組織が他の組織と異なり、どのような取組を行っているのか示す必要がある。また、保管時のベース情報となるデブリ収納物の初期条件仕様の設定はIRID等との役割の棲み分けを考慮する必要があり、保管方法と以降の全ての行程を左右するため、最終目標として明示すべきであり、どの機関がこれを定めるのか位置づけを明確にすることが重要となる。この初期条件の仕様なくしては次のステップに進めないため、例えば、放射エネルギー・インベントリ等の仕様を取りまとめる必要があり、実施すべき大項目の1つとして最も基本となる項目として加えるべきであると考えられる。（評価：A）
- 将来オプションの検討のなかで、処理・処分・保管の前提が現行のワンウェイ処分を前提にしているが、他の方法（例えば、超長期を視野に入れれば、遠隔による一元管理・将来にわたって取り扱い可能な貯蔵管理）についても指針を示す程度の事は含めるべきであり、ワンウェイ処分以外の他のオプションとしての処理・処分・保管概念の検討はすべきではないかと思われる。加えて、本研究課題は、人類が未知の廃棄物処理・処分に挑むものであり、地球全体で考えるスタートを切るため、温暖化に対するCOPのような考え方の提案として、GLADSという国・企業・大学等との連携が可能な組織ならではの特異性を生かし、もう一步検討を進めた「国際共同処分場構想」等の項目を検討するなどのアイデアをもって、国際会議「廃棄物処理・処分連携会議」等のイベントを開催するなどもGLADSという組織の役割なのではないか。（評価：A）
- 1Fの廃棄物の処分と処分実施に向けた合意形成を考えた場合、県外処分などが検討されていると思うが、既存の放射性廃棄物の処分へ向けた合意形成のアプローチと何か

異なる背景や課題点などはあるのか、もしあるのであればそのような前提となる課題点を合意形成に至る背景など報告の中で明示されたい。（評価：A）

4. 4 遠隔技術に係る研究開発

自己評価：「S」

評価委員会 評価：S（委員評価：「S」6名、「A」2名）

3. (1)～(3)の観点から評価し、以下の意見を頂いた。

- 小型高線量率コンプトンカメラを活用した1F内部の3次元的可視化、3D放射線分布測定による汚染源の情報解析、作業環境地図生成および立体復元、 α 、 β 汚染計測など廃炉における放射線状況の把握の高度化に貢献するもので、このような成果は、燃料デブリ取り出しなど具体的な廃炉作業の計画立案の迅速化や、作業員の放射線リスク低減に貢献するものであり、研究成果を高く評価する。（評価：S）
- 光ファイバー検出器は今後の帰還困難区域の状況把握などにも役割を果たすことが期待されており、1F内外の放射線影響によるリスク低減への貢献が期待できる。（評価：S）
- 遠隔技術について、多くの成果を挙げている。特に、3D放射線分布測定による汚染源情報解析は、1Fにおける作業環境の安全確保および効率化に大きく貢献する。また、 α 、 β 汚染計測や炉内レーザーモニタリング・内部観察技術の開発、ロボットの標準的な性能試験方法の開発など、当初の目的を超えた、現場に適用可能な卓越した成果を挙げている。これらの成果を基盤に、今後も更なる信頼性の向上に向けて取り組むことが大いに期待される。（評価：S）
- コンプトンカメラと3D-LiDAR及び光学画像を組み合わせることにより、作業環境における線源像を3次元で可視化する技術の開発に成功するなど、廃炉に資する遠隔技術を多数開発しており高く評価できる。（評価：S）
- 研究計画の適切な設定と、適切な進行を踏まえ、高いレベルの成果が得られており、当初計画の妥当性は高いと評価する。（評価：S）
- 1Fへの適用を考慮した多くの成果を着実に挙げていることから、当初の研究開発計画は妥当であったと言える。（評価：B）
- 研究計画通りに研究開発は実施され、計画や研究成果の自己評価も妥当である。（評価：S）
- 論文発表や国内外の学会での口頭発表、プレス発表など踏まえ、関係機関からの表彰も受けるなど高い評価も得ており、賞賛に値すると考える。なお、廃炉作業や作業環境のリスク低減への貢献で、廃炉実施者からの信頼を高めたことは評価できるが、このような成果を地域社会からの信頼につなぐ努力も積極的に進めていただきたい。（評価：A）

- 得られた成果を積極的に公表し、国際的にも高く評価されるなど、その取り組みの成果は卓越していると言える。特に、遠隔放射線測定技術の開発は現場の状況を考慮し、事業者の取り組みの加速に大きく寄与するものとする。（評価：S）
- 放射線計測・可視化に係る研究は、現場の作業安全の支援、これを前提とする作業計画立案に直接貢献できる、意義の高い項目と認識する。線源像を三次元で復元する技術開発の成功、1Fでの試験の実施など、顕著な成果が出されたとする。（評価：S）
- 技術開発のプレス発表に関して発表したことを自己評価しているが、地域社会の信頼を増すような発表につながるには、どのように情報を伝えたいのか、常に細心の配慮をして臨んでいただきたい。（評価：S）
- ロボットの標準試験法の開発は現場の情報ニーズをどのように取り込んでいるのか明示できるのであればその明示が望まれることや、ロボットシミュレータはどのようにユーザーがR&Dをした独自のロボットをシミュレートできるのか、もしできるのであれば、その導入についても、もう一歩進んだ形で情報発信されるのが望ましい。（評価：A）

4. 5 環境回復に係る研究開発

自己評価：「S」

評価委員会 評価：S（委員評価：「S」7名、「A」1名）

3. (1)～(3)の観点から評価し、以下の意見を頂いた。

- 環境モニタリング・マッピング技術開発では、特に、無人ヘリやPSFを活用し、未除染の森林、河川等における線量率や放射性セシウムの分布状況評価手法を確立し、「統合マップ」の作成手法を開発するなど卓説した成果を挙げている。また、環境動態研究では、放射性セシウムの着目し、オンサイト課題の解決や、自然災害時の影響評価など、1F廃炉や自治体の課題解決に大きく貢献している。さらに、除染技術開発では、セシウムの移行メカニズムの解明等を根気強く実施し、それを減容方法や再生方策に応用するなど、除去土壌等の管理に係る負担低減に寄与しており、総合的に見ても、当初の目的を卓越する特に顕著な成果を挙げている。（評価：S）
- 事故以降、環境モニタリング・マッピングは福島の方々だけでなく、除染や環境回復に関わる政府機関を含めて全ての関係者にとって重要な基本情報である。その情報提供機関としての重責を果たすため、多様な手法を開発し、モニタリングデータを集積し、線量評価をパッケージ化した手法を中期目標期間の半分で整備したことは、大変高く評価できる。（評価：S）
- 帰還困難区域の避難指示解除に向けて、多様なモニタリングデータを統計的手法で統合し、「統合マップ」の作成手法を開発するなど、常に先を見据えて、福島環境回復に貢献した取り組みは、高く評価できる。（評価：S）

- 環境モニタリング・マッピング技術開発、環境動態研究、除染技術開発の全てにおいて有用な結果を多数得るとともに、それらを 140 編の論文として公表するなど大きな成果を挙げており高く評価できる。（評価：S）
- 卓越した成果を挙げており、当初の研究開発計画は妥当であったと言える。（評価：B）
- 研究計画通りに研究開発は実施され、計画や研究成果の自己評価も妥当である。（評価：S）
- 環境回復に向けた、環境モニタリング・マッピング技術開発、環境動態研究、除染技術開発においては、大幅に目標を前倒して実施する共に、その後の課題を想定した技術開発を進め、自然災害時には迅速に対応するなど取組の質を高く評価する。（評価：S）
- 研究開発の成果において、環境モニタリング・マッピング技術開発の成果は、オンサイトモニタリングに実装されている。また、環境動態研究の成果を地域に活かすために、分かりやすい情報提供に努め、最近頻繁に生じる自然災害時における放射性物質の影響についての住民の方々への不安の解消に寄与するとともに、オンサイトの核種組成推定にも貢献している。さらに、除染技術開発では、現在進めている環境省の除去土壌や除染廃棄物の取り扱いに活用され、実証事業等にも普及しつつある。これらの一連の成果は研究開発成果の効果・効用の観点からも特に顕著な成果と言える。（評価：S）
- 環境モニタリング・マッピング技術開発の成果は、避難指示解除に向けた基礎データとして重要であり、国・自治体の政策決定に貢献していることは高く評価する。また、環境動態研究の成果も、森林、河川との暮らしや、農林水産業の再開を検討し、復興施策立案に貢献していると高く評価する。（評価：S）
- 除染技術開発も除去土壌の再生利用や処分の基礎データとして環境省の取り組みを支えており、研究成果の社会での活用は高く評価できる。（評価：S）
- 成果は解析や手法の確立や高度化に留まらず、広い分野に創出されている。（評価：S）
- 情報共有に関して、学会や専門機関への情報発信だけでなく、自治体職員や大学生、一般市民、中学生など多様な対象に向けた情報提供の機会を作って取り組んでいる姿勢は高く評価できる。今後はこのような情報発信・情報共有の機会を自治体向け研究や教育者向け研修、そして次世代育成研修など、対象別にシステム化していくなど、周囲からもわかりやすい仕組みの構築を期待する。（評価：S）
- 開発した技術は民間が実施できるようにするなど、産業支援を進めてきたが、浜通りや福島県内の地域事業者の復興支援にどの程度貢献しているか、一度検証していただくのもいいのではないか。（評価：S）

- 当初計画内容に対して、研究の進捗にあわせて派生した研究項目の記載があり、日本という土地の特性の性質も影響しており、人類がこれまでに経験したことがない課題への挑戦的研究であり、本来の研究の性質を鑑みると、派生的な研究開発項目を記載しているのは研究マネジメント上、自然な流れといえる。一方で、継続研究の計画含めて、第3期中長期計画以降の将来展望計画について、わかりやすく明示して欲しかった。（評価：A）
- 住民の帰還に繋がる GLADS の努力には敬意を表するところであるが、住民の帰還には生活圏内での放射線レベルの低下が必要であり、成果欄で人為的改変、森林生態系移動がなければ多くの Cs は表層部分にあるとしてよいのか、森林の表層部分の除去だけで森林の放射線 (Cs) レベルは非常に少ないと言えるのか、データを住民の帰還に生かす形で、情報発信の仕方について努力が望まれると思われ、更なる貢献を期待したい。（評価：A）

4. 6 各研究開発の共通項目

以下の(4)～(11)の評価の観点については、4. 1～4. 5の研究開発毎の取り組みではなく共通することからまとめて評価した。

(4) 若手研究者の育成・支援への貢献の程度（委員評価：「S」5名、「A」1名、「B」2名）

- 廃炉における燃料デブリ取り出し、分析、処理・処分は年数のかかる事業であり、若手の指導を重視して研究を進めることは重要なことと評価する。なお、論文作成や博士号の取得を人材育成成果の達成の物差しと考えておられるが、事故廃炉は通常の廃炉と違い、現実の取り組みにどのように貢献するか、その技術を社会実装するところまでが重要となる。その辺まで意識した指導であることを期待する。（評価：B）
- 限られた人員の中で、シニアおよび中堅研究者が、様々な工夫をして若手の育成に取り組んでいる。その成果は着実に機構内に蓄積され、若手研究者の今後の一層の発展が期待される。（評価：S）
- 長期の廃炉作業を踏まえ、若手研究者の育成支援は重要課題であり、学会支援だけでなく、研究体制からの取り組みも必要と考える。（評価：B）
- 若手研究者の育成を積極的に行うとともに、様々な工夫により着実な成果を挙げており、高く評価できる。（評価：S）
- 限られた人員の中で、シニアおよび中堅研究者が、様々な工夫をして若手の育成に取り組んでいる。その成果は着実に機構内に蓄積され、若手研究者の育成に重きを置いた取り組みがなされている。これらは顕著な成果であり、今後もより多くの若手研究者についてこれらの取り組みを継続的に進めることに期待する。（評価：A）

(5) 将来への研究開発の展開、新たな課題への反映の検討（委員評価：「S」3名、「A」5名）

- 燃料デブリの性状把握・分析技術や、分析精度の向上、非破壊測定技術の開発などは、全て実際の燃料デブリ取り出しを支える技術であり、その段階にとどまらず、保管や処分に関する重要な知見となる。特に、燃料デブリ取り出しが開始される段階では、すでに保管や処分についての一定の方針が決定している必要があり、今後の方針の検討や具体化にとって重要な研究であり、将来への研究成果の反映は貴重となる。その意義を踏まえて、取組を迅速化、加速化させる意思が強いことを、高く評価する。今後、廃炉の進捗に伴い、廃炉期間やその後の地域振興策の検討なども、周辺地域を中心に活発化すると考えられる。その際、廃炉のリスクの削減策や施設そのものの腐食の進展に関する知見などは重要な情報と想定される。研究経過の研究者間への公開や発信だけでなく、市民社会の理解を想定したわかりやすい情報提供なども検討に値すると考える。（評価：A）
- 燃料デブリ取り出しの安全な操業に向けて、本事業で得られた成果やノウハウを現場に適用することができる。これらの適用を通じて、更に課題を整理し、着実な成果を構築することが期待できる。（評価：A）
- 放射性廃棄物の処理・処分に関する様々な研究開発と並行し、社会的側面からも研究し、地域社会との合意形成を目指すのは重要な視点であり、今後に期待する。（評価：A）
- 光ファイバーLIBS技術の成果を活用して、次の研究開発課題に挑戦するなど、新たな課題への展開を進めており、その姿勢を評価する。（評価：S）
- 帰還困難区域における被ばくの精度を向上させることに焦点をあて、環境モニタリング・マッピング技術開発の高度化を進めている。また、セシウムについて、特に森林からの溶出モデルの検討を進めるなど、将来への研究開発の展開が、これまでの成果を基盤に適切になされている。（評価：A）
- 国の政策・方向性に従って、着実に研究の展開を図るとともに、現場指向を念頭に新たな課題を整理し、その解決に取り組む基盤を構築している。（評価：S）
- 政府の中長期ロードマップに従い、着実に研究を進め、それら成果を新たな課題に向けて活用していくことが機能している。特に、燃料デブリの取り出しの安全な操業に向けて、本事業で得られた成果やノウハウを現場に適用することができる。また、燃料デブリ非破壊測定技術では現場指向を念頭に新たな課題を整理しつつ、その解決に取り組む基盤を構築している。さらに、線量率の高い帰還困難区域における線量率分布と被ばくの精度の高い評価およびや森林等におけるセシウム移行挙動の解明等について、それら成果の進展や新たな課題の創出が強く期待される。（評価：A）
- 新たな課題の洗い出しや次期中長期計画を見据え、事業の展開や反映を考えて対応されている。（評価：S）

(6) 国内外他機関との連携の妥当性（委員評価：「S」4名、「A」4名）

- 研究内容に合わせて、仏国や海外専門機関、国内外の大学や研究機関、原子力に携わる企業と連携して研究しており、先進的な知見を得て研究の加速化を進め、研究成果を共有して次の発展につなぐなど、連携の成果が期待できる状況である。このような連携の広がりを評価する。また、廃炉の実施主体である東京電力との連携は、廃炉事業の効率化、迅速化にも直結する要素であり、連携を広げることを高く評価する。なお、研究に使用する装置開発や成果を活用した装置製作などに、地元の浜通りに進出した工場や、地元で立地する事業者などの、地域事業者を活用し、地元企業の技術力活用やスキルアップにつなげることも重要であり、そのような視点も今後期待する。（評価：A）
- 海外および国内の専門機関、及び大学と連携が進んでいる。また、国内では、メーカーおよび大学等との連携も進んでおり、その挑戦は目を見張るものがある。これらを基盤に、今後も継続的に国内外の関連機関との連携を深めていくことが可能となっている。（評価：S）
- 国内外の研究機関および大学との適切な連携があり、機構内の取り組みとの相乗効果を生み出している。（評価：S）
- 多くの機関との連携を積極的に図り、成果の最大化に向けて今後の発展が期待できる取り組みを行っている。国内外の大学、研究機関並びに1Fとの連携は多岐に亘り、機構内の取り組みとの相乗効果を生み出している。また、その管理も着実に行われていることも高く評価できる。これらを基盤に、今後も継続的に国内外の関連機関との連携を深めていくことが可能となっている。（評価：S）
- 課題毎に国内外の専門機関と緊密な連携が行われており、さらに研究の進展も期待できる内容である。（評価：S）

(7) イノベーション創出への取組の妥当性（委員評価：「S」4名、「A」4名）

- 事故廃炉に必要な技術は、すべてがイノベーション創出への取り組みともいえるが、燃料デブリの性状把握・分析や精度向上への取り組み、非破壊測定技術開発、経年変化メカニズムの解明に関する研究、水素発生・腐食にかかる放射線効果の解明など、今後の廃炉はもとより、他の産業等にも貢献できる技術開発といえる。イノベーション創出に向けて、柔軟な発想による広がりが期待されており、特に水素製造・管理部門にも活用が期待される分野は、2050年脱炭素に向けた水素社会への研究開発が重要性を増す中で、期待される研究分野であり、1F廃炉はもちろん、今後の広範な活用に期待する。（評価：A）
- 燃料デブリの取り出しには、その分析技術、安全性確保の観点から、イノベーションの創出が必要となり、本事業では、着実にそれを進めている。特に、水素発生・腐食等に係る放射線効果の解明・開発では特許の出願なども進めており、放射性廃棄物の

もみならず、一般（産業）廃棄物の処理処分やリサイクル、水素製造・管理等の分野に波及する成果を挙げている。（評価：S）

- 性状把握や処理法において、新しい手法を開発しており、今後のイノベーション創出の可能性あることを高く評価する。（評価：S）
- 統計的な手法を組み合わせ、廃棄物の管理、処理および処分に重要な性状把握に資する取り組みを展開しており、その手法は他分野への波及が期待される。（評価：A）
- デブリの分析、炉内におけるFPの移行挙動の解明など前例のない技術に挑戦している。特に、水素発生・腐食等に係る放射線効果の解明・開発では特許の出願なども進めており、放射性廃棄物のもみならず、一般（産業）廃棄物の処理処分やリサイクル、水素製造・管理等の分野に波及する成果を挙げている。また、統計的な手法を組み合わせ、廃棄物の管理、処理および処分に重要な性状把握に資する取り組みを展開しており、その手法は他分野への波及が期待される。さらに、ガンマ線可視化・空間認識技術の研究成果は、原子力や放射線利用を進める多岐に亘る現場に応用することができ、1F以外での波及も期待される。加えて、ストロンチウム90のβ線のリアルタイムモニタリング技術をも開発し、1Fにも実装されている。また、上空からの放射線測定データの換算手法は他分野に波及する。これらの成果は新たな価値の創出に繋がることが期待される。（評価：A）
- それぞれの課題は独立しているわけではなく、廃炉工程の中ではイノベーションの創出は不可欠である。アプローチだけでなくインパクトがある創造や創出に十分な貢献をしている。（評価：S）

(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）（委員評価：「S」4名、「A」2名、「B」2名）

- 研究成果を1F廃炉に活かすことは直接的な第1の目標として重要であり、廃炉実施事業者との連携などはじっくり行われている。ただし、燃料デブリ取り出しが始まると同時に、保管や廃棄物処分への検討が必要になっており、研究成果の社会実装に向けて、一層のスピードアップと柔軟な発想が期待される。（評価：B）
- 安全な燃料デブリの取り出し、その安定な貯蔵という社会実装に向けた技術・研究開発が着実になされ、ノウハウの蓄積も顕著である。（評価：A）
- 廃棄物の性状把握、処理、処分の研究を並行して進めていることは評価する。ただし、具体的な社会実装には地域社会との合意形成が必要である。今後時間を要する課題となると考えられ対処を早める必要がある。（評価：B）
- debrisWikiなど、成果の社会への発信・還元などで多くの成果を挙げており、高く評価できる。（評価：S）
- 課題間の補完的な役割も含めしっかりとしたプラットフォームが形成されている。（評価：S）

- 何れの課題についても、1Fの現場指向・サイト周辺への寄与を念頭に進めており、社会実装に向けた技術・研究開発が着実になされ、ノウハウの蓄積も顕著である。それらの成果の一部は単に学会等で発表するだけでなく、自治体や関係機関に根気よく説明し、その有用性の普及にも努めている。特に有機結合型トリチウムの迅速分析技術の構築など、住民の方々や自治体のニーズに速やかに応える取り組みがなされ、卓越した成果を挙げている。（評価：A）
 - 最新技術の社会実装に向けて、すでに製品化を進めているとのことで、定着に期待する。なお、レーザー誘起発光分析装置の製作に、浜通り企業が携わっており、地域企業の技術力向上と産業振興にとって重要と考え、期待する。（評価：S）
- (9) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性（委員評価：「S」4名、「A」3名、「B」1名）
- 1F事故廃炉の重要な段階である、燃料デブリの取り出しに向けて、その性状把握、分析や経年変化に関する知見の集積に向けた取組は、ニーズへの適合性に合致しており、高く評価できる。また、ニーズへの適合性への合致だけでなく、水素戦略の定着やイノベーションに向けても重要な知見となりうるなど、社会的・経済的な意義は高いと考える。（評価：A）
 - 国の政策・方針に従って、研究開発を進めており、安全なデブリ取り出し、その安定な貯蔵に大きく貢献している。このことは福島復興を大きく前進させるものであり、ニーズの適合性は極めて高い。（評価：A）
 - 廃棄物管理は、長期にわたる経済的な影響を最小化するために重要な取り組みであり、積極的な取組を評価する。（評価：A）
 - 科学技術政策に沿って、社会のニーズに応える取り組みを着実に展開している。（評価：A）
 - 各研究テーマは、JAEAに期待される役割に十分に配慮され、また廃炉に資するものとなっており、高く評価できる。（評価：S）
 - 国の科学技術政策に沿って研究開発が進められ、社会的な意義も大きくかつ社会からのニーズに的確に応える取り組みになっている。特に、安全なデブリ取り出し、その安定な貯蔵に関する成果は福島復興を大きく前進させることが期待できる。また、環境モニタリング・マッピングに関する技術開発は効率的かつ迅速にマッピングが可能になり、環境動態技術による分析の迅速化、除染技術による合理的な除染と併せ、経済的な意義も大きいと考える。（評価：S）
 - 廃炉の迅速な推進と放射線リスクの低減は地域社会にとっても重要であり、廃炉の迅速な推進は、社会的意義とも適合すると評価する。（評価：S）
- (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）（委員評価：「S」4名、「A」2名、「B」2名）

- 燃料デブリの性状把握・分析技術や精度の高度化、非破壊測定技術開発は、今後の燃料デブリ取り出しの進展に伴う、社会的なリスク低減の上からも重要な研究と考える。なお、非破壊測定技術開発の目的が、将来の貯蔵時の安全管理だということは、はじめて記載されていると考える。デブリの保管・貯蔵へのつながりに関して、もう少し詳細に記載があったほうが、社会的なリスク低減に向けた研究の意義が明確になるのではないかと考える。また、社会的なリスク低減に向けた努力に関して適切に情報発信をすることで、廃炉事業への安心感や信頼感を醸成すると考えられ、様々な機会を活用して、廃炉事業のリスク低減に向けた研究開発に関する地域対話を実施して欲しいと考える。（評価：B）
 - 燃料デブリの取り出しに関する各研究開発課題における成果は目覚ましいものがあり、それらは国の中長期ロードマップや戦略プランに沿ったもので、事業者にも適切に情報の提供がなされ、着実に公表も進めている。但し、それらが社会（市民）にどこまで受容されているか、浸透しているかはさらに分析を要する。（評価：B）
 - 研究開発課題は、社会のニーズを念頭に設定され、着実に成果を公表し、またノウハウの蓄積も見られる。但し、より広い意味での社会（市民）への成果の提示については、機構外からの意見を踏まえつつ検討を深める必要がある。（評価：S）
 - 地域社会にとって重要な研究ながら、地域社会に的確に情報提供されておらず、社会的な受容性確保は今後取り組むべき課題と考える。（評価：B）
 - 「必要性」、「有益性」および「信頼性」は事業者に対して非常に高いものになっている。（評価：S）
 - 研究開発課題は、社会のニーズを念頭に設定され、着実に成果を公表し、またノウハウの蓄積も見られる。但し、より広い意味での社会（市民）への成果の提示については、機構外からの意見を踏まえつつ検討を深める必要がある。その中で、環境回復に係る研究開発研究開発の課題は、前述のように単に学術誌への成果の公表に留めず、住民の方々、自治体、また事業者へ分かりやすく伝えていることにある。これは、これまでの機構外の関係の方々との信頼関係のもとに実現したもので、その地道な努力が社会的受容性を卓越したものとしている。（評価：A）
- (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)（委員評価：「S」4名、「A」4名）
- 長期間の廃炉を支える次世代人材育成は重要であり、多様な講義への参加機会を通じて呼びかけを続けることは適切と考える。また、大学や大学院と連携した学生の研修機会は次世代人材開発にとって重要であり、今後も積極的な取組を期待する。なお、派遣労働者の資格取得などスキルアップ支援は、地域人材の雇用の促進や能力向上につながり、地域活性化への支援としても重要な要素と考えられ、一層の広がりに期待したい。（評価：A）

- 原子力分野における人材の育成は、課題の一つとなっている。その中で、本事業では、個々の課題を通じて、若手研究者の育成に注力している。特に博士号の取得にも積極的であり、今後も人材育成を進める基盤が構築されている。（評価：S）
- 若手研究者の確保に努めており、その人材育成も着実に進めている。そこでは、国内外との連携が、成果物の質の向上のみならず、人材育成にも大きく貢献しており、その仕組みを構築していることは高く評価できる。（評価：S）
- 学生を継続して採用するなど人材育成に配慮していることを評価する。なお、地域人材や地域事業者の育成などは、今後の地域との共生には重要であり、そのような視点も期待する。（評価：A）
- 原子力分野における人材の育成は、課題の一つとなっている。その中で、本事業では、個々の課題を通じて、人材育成に注力している。そこでは、国内外との連携も大きく貢献している。今後も、若手研究者などの育成された側からの意見や指導に直接携わった研究者・技術者の意見を多角的に検討し、機構での実習等を含め、今後の取り組みに活かしていくことに期待する。（評価：A）
- 関連する人材育成を積極的に進め、具体的な成果を挙げており、高く評価できる。（評価：S）
- 今後は高校生のロボコンや大学生の研修成果も踏まえると共に、地元企業への発注促進にも継続して取り組み、地元企業の技術力アップや地域の産業振興に向けて、継続的な取組を期待する。（評価：S）

4. 7 総合評価

自己評価：「A」

評価委員会 評価：A

評価委員会は、機構が第3期中長期目標期間に実施した東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発の実施状況に対し、事後評価を行った。

その結果、燃料デブリ取り出し技術開発、事故進展挙動評価・炉内状況把握、廃棄物処理・処分、遠隔技術に係る研究開発に対して適切に組み、すべての項目で中長期計画を達成するとともに、国が定め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の主要マイルストーンである燃料デブリ取り出しや廃棄物管理の戦略策定・実行に際して鍵となるデータ・情報、知見を提供し、活用されるなど顕著な成果を挙げている。特に、コンプトンカメラと3D-LiDAR及び光学画像を組み合わせた放射線源の3次元可視化などは、廃炉における放射線状況の把握の高度化に貢献するもので、燃料デブリ取り出しなど具体的な廃炉作業の計画立案の迅速化や、作業者の放射線リスク低減に貢献するものであり、このような多様な技術開発が進んでいることを高く評価する。

また、環境回復に係る研究開発については、国・自治体による環境調査及びモニタリングに機構が提供したデータ・情報や研究成果が活用され、避難指示解除の方針策定にも参照された。成果の对外公表・報道発表を積極的に進めたことは、自治体・地元市民の理解促進に寄与するものと評価する。得られたデータ・情報の統合的な分析・再解釈を新たな知見の創造・蓄積に繋げ、災害時や平時の防災対策にも寄与したことが表彰されるなど、顕著な成果を挙げている。特に火災や自然災害時のセシウムの挙動に関する知見も蓄積し、早期に公開するなど、開発成果が社会で活かされていることを高く評価する。

以上のことにより、評価委員会は、3. (1) ～ (11) の評価の観点から、総合評価を「A」評価とした。

第 4 期中長期計画における「東京電力
福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事前評価

2022 年 3 月

福島研究開発・評価委員会

第4期中長期計画における「東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発」に関する事前評価

目次

1. はじめに	1
2. 福島研究開発・評価委員会委員名簿	1
3. 評価の方法	2
4. 事前評価結果	
4. 1 研究開発の基本方針案に対する評価結果	3
4. 2 研究開発の具体案に対する評価結果	4
4. 2. 1 燃料デブリ安全に関連する研究開発	4
4. 2. 2 放射性廃棄物管理に関連する研究開発	6
4. 2. 3 環境回復等に関連する研究開発	8
4. 2. 4 放射線共通基盤技術の研究開発、研究開発基盤の整備・強化	9
4. 3 総合的所見	11

1. はじめに

福島研究開発・評価委員会は、日本原子力研究開発機構が第4期中長期目標期間（令和4年度から令和10年度まで）に実施する東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発（他部門で評価される研究開発を除く）を対象とし、機構部門長からの諮問（令和3年9月29日 令03原機（福）011）に基づき、令和3年9月29日、令和3年12月17日に第1回、第2回福島研究開発・評価委員会をそれぞれ開催し、事前評価を実施した。

2. 福島研究開発・評価委員会委員名簿（敬称略）

本評価委員会は令和2年11月19日に設置され、以下の11名の委員から構成されている。（以下の委員名簿は、令和3年度）

委員長 高橋 隆行 国立大学法人福島大学 共生システム理工学類 教授

青野 辰雄 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門
放射線医学研究所 福島再生支援研究部 環境動態研究グループ
グループリーダー

井口 哲夫 元国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学 名誉教授

伊藤 京子 学校法人京都橘学園 京都橘大学 工学部 情報工学科 教授

伊藤 繁 福島県 危機管理部 原子力安全対策課 課長

小澤 隆 一般社団法人日本電機工業会 原子力部 部長

神野 郁夫 国立大学法人京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授

木倉 宏成 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 准教授

崎田 裕子 SAKITA Office 代表、ジャーナリスト・環境カウンセラー

田南 達也 東京電力ホールディングス株式会社 執行役員
福島第一廃炉推進カンパニー バイスプレジデント

新堀 雄一 国立大学法人東北大学大学院 工学研究科
量子エネルギー工学専攻 教授

3. 評価の方法

機構が第4期中長期目標期間に実施する研究開発の基本方針案及び具体案とその自己評価に対し、以下の観点について評価を実施した。

評価の観点

- (1) 研究開発課題の選定の妥当性
- (2) 方向性・目的・目標等の妥当性
- (3) 研究開発の進め方の妥当性
- (4) 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性
- (5) 国内外他機関との連携の妥当性
- (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
- (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
- (10) 人材育成に関する取組の妥当性

評価はまず、第1回目の事前評価として、機構から示された研究開発の基本方針案に対し、各委員が上記の(1)と(2)の観点から評価を行った。基本方針案が妥当か要改善かの評価とご意見をいただき、研究開発の基本方針案の妥当性について委員会としての評価をとりまとめた。

次に、第2回目の事前評価において、第1回目でとりまとめた基本方針案への評価を反映した研究開発課題の設定や進め方の具体案に対する説明を受け、上記(1)から(10)の観点に基づく自己評価に対し、各委員が妥当か要改善かの評価とその評価理由やご意見をいただき、それを集約して委員会としての評価をとりまとめた。

なお、出された意見については、各委員の専門的知見による意見であり、各委員の所属機関の見解ではない。

以下、「福島研究開発・評価委員会」は「評価委員会」、「日本原子力研究開発機構」は「機構」、「東京電力福島第一原子力発電所」は「1F」という。

4. 事前評価結果

4. 1 研究開発の基本方針案に対する評価結果

第4期中長期計画の研究開発の基本方針案として掲げられた、1. 燃料デブリ安全、2. 放射性廃棄物管理、3. 環境回復等及び4. 放射線共通研究・基盤強化の各実施課題は、いずれも社会的ニーズが高く、それらの成果達成が必要不可欠と考えられ、政策上の課題解決に向け、機構が果たすべき役割を見据え、国が定めるロードマップや基本方針に沿って立案されていること、第3期の成果ならびにその総括に基づいて課題を整理し、第4期に向けて課題の構造を再度見直すなど適切な手法により課題の選定を行っていることから、評価委員会は、3. (1)、(2) の観点において、一部改善すべき点があるものの、研究開発の基本方針は概ね妥当であると判断する。

(1) 研究開発課題の選定の妥当性

- Society5.0 との関係について、Society5.0 を Cyber-physical System、Real と Virtual 両方の活用、IoT や AI 等のデジタル技術を活用したスマート社会に向けて、よりゆたかな社会であり、それを目指すものと理解しています。回答頂いたデジタルツインや、VR、ロボット等の研究の位置づけを示されることにより、今回の研究開発が Society5.0 に向けてどのような位置づけであるかを理解しやすくなると感じました。
- これからデブリ取り出し作業が本格化します。装置の設計や製造、現場作業が、安全かつ円滑に行えるよう、前もって知識を提供することが重要です。また、国を挙げて必ず成し遂げるべき1F廃止措置、環境回復ですから、長期にわたる技術の発展や人材育成も重要です。福島研究開発部門の皆さんがモチベーションを持って取り組めるよう、社会的意義を含め具体的な計画に織り込んで頂けるよう希望します。

(2) 方向性・目的・目標等の妥当性

- 廃棄物等の技術を丁寧に検討されていますが、最終的な処分に向けて、「リスクコミュニケーション」の観点から方向性・目的・目標に含まれていることを明示的に示していただけると、理解しやすいと感じます。また、取り組みの基本方針において、地域社会への理解活動の記載が薄いと感じます。地域の理解が得られなければ、成果が出た段階でゴールが動く可能性があります。科学的・技術的な目標とともに、その目標が社会的にも受け入れられるよう、きちんと計画に記載いただけるようお願いいたします。

4. 2 研究開発の具体案に対する評価結果

4. 2. 1 燃料デブリ安全に関連する研究開発

1Fの廃止措置において、最大の課題は安全な燃料デブリの取り出しであり、その達成に向けて、国のロードマップやNDFの戦略プランを念頭においた炉内状況の推定、燃料デブリの分析評価手法の確立、燃料デブリ取り出し及び保管時の安全の確保と処分概念の提示といった必要な課題設定となっており、妥当と判断する。また、得られた知見を結集し、原子力安全にも寄与することが研究開発課題として挙げられており、この成果は、今後増えることが予想される事故炉ではない通常の原子力発電所や再処理工場の廃止措置にも波及、貢献できるものであり課題設定として妥当と判断する。さらに、これらの研究を進めるにあたっては、廃炉事業者、プラントメーカーだけでなく、特に国内外の研究機関と連携すること、長期的な人材育成に取り組むことが示されている。以上から、評価委員会は、燃料デブリ安全に関連する研究開発の具体案に対し、3. (1)～(7)、(9)の評価の観点において一部改善すべき点があるものの、概ね妥当であると評価する。

(1) 研究開発課題の選定の妥当性

- 「燃料デブリ取り出し及び保管時の安全を確保し、処分概念の技術候補を提示する」については、廃炉作業時のベンチレーションに影響するため、課題のなかに、デブリ取り出し作業時に放射線場の影響によって発生する水素だけではなく、ガス状ヨウ素を考慮する必要があると考える。追加検討されたい。
- また、MCCI発生の有無により（ある場合には、粒子状デブリが形成されやすい）、デブリ形態が大きく変わり、処理方法が異なるため、考慮する必要があると考える。

(2) 方向性・目的・目標等の妥当性

- 「燃料デブリ取り出し及び保管時の安全を確保し、処分概念の技術候補を提示する」については、(1)の課題選定に関連するが、材料腐食研究の位置づけについて、課題選定の説明のなかでもわかりやすく明示するべきであると考えられる。

(3) 研究開発の進め方の妥当性

- 「非破壊測定を含む取り出された燃料デブリの分析評価手法を確立する」について、実燃料デブリ分析を想定した進め方を考慮し、目標達成に向け、段階を踏んだ計画となっており、計画については妥当性が認められる。一方で、燃料デブリディビジョン長が実施責任者として関連機関、機構内部署と連携する体制について、各課題について、わかりやすい記載が求められる。加えて、IRIDや東京電力HD、大学等の他機関との連携関係についても記載が必要であると考えられる。
- 「燃料デブリ取り出し及び保管時の安全を確保し、処分概念の技術候補を提示する」について、燃料デブリ取り出しや保管の方法・計画に応じた、実施計画となっており、計画については妥当性が認められる。一方で、「非破壊測定を含む取り出された燃料デブリの分析評価手法を確立する」と同様になるが、燃料デブリディビジョン長

が実施責任者として関連機関、機構内部署と連携する体制について、機構内外との連携体制などわかりやすい記載が求められる。

(4) 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

- 「1-②非破壊測定を含む取り出された燃料デブリの分析評価手法を確立する」、「1-③燃料デブリ取り出し及び保管時の安全を確保し、処分概念の技術候補を提示する」について、研究資金・人材等の研究開発資源について、そもそもの研究資金の位置づけやその取り扱い、また、下記(5)に関連しますが、体制について、フローを明示すべきではないか。

(5) 国内外他機関との連携の妥当性

- (4)に関連するが、国内外との連携体制について、各連携機関との連携でどのようなことをしているか、羅列的に行われている印象を受けるが、それぞれの研究機関との研究の有機的な結びつきや目標を明確にするべきではないか。

(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

- 「1-②非破壊測定を含む取り出された燃料デブリの分析評価手法を確立する」、「1-③燃料デブリ取り出し及び保管時の安全を確保し、処分概念の技術候補を提示する」については、イノベーション創出の可能性と創出に向けた取組計画について、イノベーション創出の可能性があることは認められるが、廃炉環境国際共同研究センターの使命として、取組計画のなかでは、一般産業界への応用などは二の次であるので、自らの実施すべき計画に特化するべきではないでしょうか？示す必要があるのであれば、その計画を明示する必要があるのではないか。

(7) 社会実装に向けた取組計画の妥当性

- 同様な記述となってしまう項目については、枝分かれした研究内容を一つにまとめるのが良い。

(9) 研究開発課題／成果の社会的受容性

- 「燃料デブリ安全に関連する研究開発」について、科学的に基準値より大幅に低くても、地域住民の不安や、全国的な風評被害が大きいことは処理水の問題でも指摘されており、燃料デブリに関する研究成果が「社会的に受容される」という自己評価は安易な印象がある。まず浜通りや福島県との情報共有と対話のあり方など真剣に準備を進めるべき。

その他、主なご意見は以下の通り。

- 燃料デブリの分析のサンプルの2つの代表性の考え方は重要な視点と考えられ、具体的な課題設定において、デブリ取り出し規模に応じた分析目標（要求仕様）の明確化

が望まれる。一方でとても困難な課題であるとも推察され、是非有用な成果を挙げて欲しい。

- debrisWiki に関して、誰にどのように使われているか、どのように評価されているか、など、フィードバックループをまわせる仕組みがあるとよいと考えます。また、研究者や専門家及び廃炉メーカー等に加え、地元企業や他分野からの廃炉関連産業への新規参入にも役立つ活用についても検討をお願いしたい。また、一般ユーザー向けには、特に高校生や大学生等が、学習や進路選択において興味を引くものとなるよう検討をお願いしたい。
- 炉内状況推定図等を逐次的に精緻化するに当たっては、分析や推定の進捗率（%）を示す等により、一般の方にも目標達成までの見通しを分かりやすく伝えていただきたい。社会との繋がりにおいて、より実践的、かつ経済的な原子力安全に貢献することを期待します。
- 1F 廃炉・福島復興は、原子力エネルギーを継続して利用する中で、必ず成し遂げるべき重要な事業と考えます。第 4 期においては、1F は本格的なデブリ取り出しの段階に入ります。そのため、あらかじめ知識を供給することは、国立研究開発法人として重要な業務と認識します。
- 原子力損害賠償・廃炉機構や東京電力ホールディングス等関係機関と協力しながら進めることを期待します。同時に、地元の方々をはじめとし、理解活動も強力に実施することを期待します。

4. 2. 2 放射性廃棄物管理に関連する研究開発

これまでの知見を基盤とし機構として取り組むべき課題を整理し、廃止措置の進行とともに今後重要となる放射性廃棄物の管理、安全な保管、処理処分に関する課題を挙げていること、1F 以外の研究所 RI 廃棄物の処理処分にも波及する課題を計画していることから、課題設定は妥当と判断する。また、放射性廃棄物の管理に関する課題について、先行実績を有する国内外の他機関との連携を継続する計画としていること、長期的な研究開発課題であることから人材育成についても継続する計画としていることから、課題設定は妥当と判断する。以上のことから、評価委員会は、放射性廃棄物管理に関連する研究開発課題の具体案に対する評価結果に対し、3. (1)、(2)、(4) の評価の観点において一部改善すべき点があるものの、概ね妥当であると評価する。

(1) 研究開発課題の選定の妥当性

- 前回の委員会のコメントで複数あったリスクコミュニケーションに関して、環境回復の方での説明があり、廃棄物処理の方でも明示されたと 4 ページにありました。対象事例によって方法が異なると考えられますが、廃棄物等の場合、日本のこれまでの経験を踏まえ、現時点での課題は国民性や経験を踏まえ、どこにあるか、それに向けて近い将来の社会的受容性、リスクコミュニケーションに関して、現段階か

らどのようなアプローチをとるかを示して頂くことが重要であると考えます。質疑の際に回答いただきました、セーフティーケースを示すことや法制度への適用に関して、明示的に示して頂くことにより、研究開発課題の選定の妥当性が明確になると考えます。

(2) 方向性・目的・目標等の妥当性

- 研究の方向性・目的は妥当だが、「30～40年で更地化」との目標だけでなく、廃炉の最終的な姿は複数想定されうると考えられ、今後科学的根拠に基づく現実的な選択肢の提示を想定してはいかがか。

(4) 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性

- 多様な資金を確保して実施することは妥当と考える。なお、人材育成に関しては地元人材の育成や、地元産業との連携体制づくりも積極的に取り組むなど、地元の復興に廃炉事業が貢献することを明確に位置付けることを願う。

その他、主なご意見は以下の通り。

- 原子力機構の関係部門のみならず、外部の廃棄物所有者との意見交換等連携も実施し、国全体のニーズにマッチするように進めてはいかがかと思えます。
- 今後、処理水の海洋放出の準備が進むと同時に、廃棄物の処分方法と処分地の選定などに関して社会の関心も高まると考えられ、処分方法の選択肢などを廃炉実施事業者等に提案する際、社会への情報公開と対話も期待している。
- 原子力関連研究機関や事業者だけでなく、他分野の研究機関や産業との連携、地元事業者との積極的連携は進めていただきたい。
- 除染土壌の再資源化では、放射線量は低いですが社会の安心感の醸成が難しいなど課題も明確になっており、多様な分野と協力して進めて欲しい。
- 1Fの廃炉における放射性廃棄物、という対象の研究から、他の放射性廃棄物、さらに一般の廃棄物にまで展開できる知見が得られることを期待する。
- 放射性廃棄物の問題は単に技術の問題ではなく社会的受容性の観点が特に重要である。研究開発にあたっては常にその点を意識して進めていただきたい。
- 提示している課題解決は、社会に大きな貢献をもたらす。地域をはじめ、国内外に成果を的確に公表し、外部からの意見も逐次受け、対話をし、進めてほしい。
- 原子力関連以外の人材も必要であり、種々の事業や外部との連携等を通じて、次世代の研究者・技術者に継投する必要がある。そのためには、本課題に懸命に取り組む特に若手の姿が、より外部に見えることが重要と考える。

4. 2. 3 環境回復等に関連する研究開発

帰還困難区域の避難指示解除に向けたモニタリング手法の確立、信頼性の高い被ばく評価と解除後の安全な生活につながる森林・淡水生態系の管理方策、環境回復の取り組みの基礎となるデータベースの構築など、住民の帰還を最終目標としたこれまでの成果との連続性がある課題設定となっており、妥当と判断する。また、機構の内部の連携だけでなく、環境創造センターの三機関との連携について、モニタリングデータベースの構築、維持・更新において今後もその体制を維持・発展させていくこと、また、人材育成や次世代の育成に環境創造センターを活用することになっており、課題設定は妥当と判断する。以上のことから、評価委員会は、環境回復等に関連する研究開発に関する研究開発課題の具体案に対する評価結果に対し、3. (1)、(2)、(7)、(8)、(10)の評価の観点において一部改善すべき点があるものの、概ね妥当であると評価する。

(1) 研究開発課題の選定の妥当性について

- 里山エリアの空間線量率が高いことと、避難指示解除ができないこととは、必ずしもつながらないと考える。里山エリアへの個人の滞在時間などを考慮し、滞在時間を制限しつつ避難指示解除することも検討していただきたい。
- セシウムの移行・蓄積メカニズムが明らかになることと、溪流魚の利活用ができることとの間には、大きな乖離があると考えられる。この乖離を埋めていただきたい。

(2) 方向性・目的・目標等の妥当性について

- 方向性の妥当性には疑いはない。信頼性の高い被ばく量評価や、森林・淡水生態系の管理方策が必要であることには、異論はない。しかし、被ばく量評価法の研究に興味が行くことは、必ずしも帰還困難区域の解除につながる。被ばく量評価法の精度が粗くとも、帰還困難区域を解除できるように、文系的アプローチを期待したい。

(7) 研究資金・人材等の研究開発資源の配分の妥当性について

- 「3-①モニタリングデータ分析技術・被ばく評価手法の高度化により、避難指示解除に貢献する」についての自己評価に「EMDBの構築により、帰還困難区域解除に向けた施策検討に必要な信頼性の高いモニタリング・マッピングデータを提供し、活用しやすい形で社会に成果を還元していく」とあるが、この「活用しやすい形」の中に、住民の意見を取り入れていただきたい。

(8) 科学技術政策、社会的・経済的意義／ニーズへの適合性について

- 国の政策・事業に役立てられるのはもちろんだが、機構側から国へ提言をしていただきたい。機構の方々が、帰還困難区域の状況を最もよくご存知と考えるので。

(10) 人材育成に関する取組の妥当性について

- 実習生として、福島県の自治体、また福島県以外の自治体の職員を受け入れ、職員に対する教育を行う活動を期待する。

その他、主なご意見は以下の通り。

- 環境の問題は原子力にかかわらず取り組んでいる機関、組織が多岐にわたる。現在の計画で挙げられている機関、組織はもちろん、研究開発の中で必要に応じ、積極的かつ柔軟に多くの組織との連携を進めてほしい。
- 原子力防災に加え、データマイニングや統合化技術、さらに微量元素の自然界での移行挙動などは他の産業界での活用も期待できる。
- 国の政策のもとに、地域のニーズに応える課題解決を進めている。風評被害を防ぐ上でも極めて重要である。また、地域の方の理解向上、不安の払拭の結果に繋がるよう、創意工夫して取り組むことを期待します。風評被害払拭に付いても、国内外への適切な発信により、良い結果に繋がることを期待します。
- 研究として学会や国際的な発信は重要なが、原子力事故後の環境回復検討として地域社会の安心や風評被害解消に積極的に活かすことも重要。例えば、FaCE!Sに蓄積した知見を活用して、市場関係者向けの風評被害解消プログラムを、国の風評対策施策と連携して実施するなど、具体的な好事例開発まで視野に入れてはどうか。また、成果を広範に活かすための連携も検討を期待する。例えば放射線リスクミとして国が設置した相談員支援センターと講師派遣協力だけでなく、企画段階から係るなど、積極策を期待する。
- 原子力防災や廃炉への活用や、今後の廃炉の進展による環境影響の把握・予測などは、今後の廃炉の進展と地域社会との信頼の醸成には重要であり、これまでの研究成果を生かして取り組むことを期待する。
- モニタリングデータ分析や被ばく推定技術、そして環境動態研究の成果などを積極的に社会還元することは重要である。なお、情報公開をしても、そのデータの持つ意味が社会に理解されることにはつながらず、どのように情報共有するか、わかりやすく伝えるかまで検討した上で取り組んで欲しい。

4. 2. 4 放射線共通基盤技術の研究開発、研究開発基盤の整備・強化

被ばく量の低減や安全な廃止措置、燃料デブリの安全かつ効率的な取り出しに寄与する重要な技術である放射性物質の分布の可視化技術や遠隔分析技術の高度化、放射線と腐食・材料劣化の関係の明確化を研究開発課題としていること、またこれらの研究開発に際し、大学、その他の研究機関、民間企業との連携を継続・発展させることを研究開発課題としていることから妥当と評価する。また、このような比較的汎用性が高い基盤的研究開発は、人材育成を含めた多様な分野に波及効果をもたらすことから重要な課題であると評価できる。以

上のことから、評価委員会は、放射線共通基盤技術の研究開発、研究開発基盤の整備・強化に対し、3. (7)、(10)の評価の観点において一部改善すべき点があるものの、概ね妥当であると評価する。

(7) 社会実装に向けた取組計画の妥当性について

- 1F 廃炉への貢献を目指して進めている分野であり、妥当と考える。なお、4-④に関する自己評価の記載がないが、地域の産業振興との連携など重要な内容もあり、明記していただいてもいいのではないか。

(10) 人材育成に関する取組の妥当性について

- 地域の産業振興への視点も、今後重視していただくことを願う。

その他、主なご意見は以下の通り。

- 3D マッピング (AR/VR) の技術を、一般の人々とのリスクコミュニケーションに使うことも考えられると思います。質問でご回答いただきましたように、原子力施設のモデル化を一般に開示することに制限があることは理解できます。同様の技術を用いて、公開に制約のない部分を可視化することに利用できないかと考えます。
- 統計情報や目に見えないものは一般の方への理解を得るのは難しいので、例えば放射線が可視化されるなど一般的に見えないものを見えるといった技術をうまく活用することによって、確立された技術の一部をリスクコミュニケーションに適用できるようになると良いと考えます。
- 廃炉の最終的な姿をどう描くか、地域社会で多様な意見も出ており、放射線と腐食・材料劣化の関係の明確化は、廃炉期間の構造物の長期健全性・安全性だけでなく、最終的な姿の議論への重要な情報として、期待したい。
- 燃料デブリ取り出しには、想定 of 30~40 年より長くなるのではという原子力専門家の声もあり、放射線と腐食や材料劣化の関係を明確にしておく方向性は、社会の関心事として重要と考える。また、そのためには、原子力分野以外の研究者との連携が必要であり、推進中の分野横断的な研究体制は重要と考える。
- 成果は、各専門性の近い学協会等での公表 (発表や投稿) になると考えるが、廃炉を進める上での総合的な視点から (たとえば、一番、知見の不足している脆弱な領域はどこか、二次的な廃棄物の生成の是正、それらを踏まえ、研究資金や人材の配分の適切かなど) のバランスも重要であり、そのような観点からも定期的に議論を進め、社会に示していくことも重要となる。

4. 3 総合的所見

評価委員会は、機構が第4期中長期目標期間に実施する東京電力福島第一原子力発電所事故の対処に係る研究開発の基本方針案及び具体案とその自己評価に対し、事前評価を実施した。

その結果、国が定め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、原子力損害賠償・廃炉等支援機構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及び東京電力ホールディングス（株）の廃炉中長期実行プラン等を念頭に、第4期中長期目標期間において機構が果たすべき役割と廃止措置に係るニーズを整理して、達成すべき目標としての研究開発課題を設定していること、また、第3期中長期目標期間の成果をまとめ、残された課題に基づく研究開発課題を設定していることから、いくつかの点では改善を要するものの、概ね妥当であると評価する。

以上