

2025 年度廃炉研究開発計画

B1 建屋内外環境改善

B1 原子炉建屋内の環境改善のための技術

【目的】 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、事故による損傷状態が不明な場所が残り、未だに線量率が高い原子炉建屋内において、作業を安全、効率的に行うために必要となる環境改善に関わる技術開発を実施する。

<現状の課題(必要とされる技術)>

環境改善に関わる技術として、原子炉格納容器(以下PCV)貫通配管等撤去のための遠隔監視及び撤去作業システムの開発を計画している。具体的には、燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、線量低減や作業エリア確保のために、高所や狭隘部など作業の難易度が著しく高い箇所への対策だけでなく、早期に低所の高線量配管への対策(撤去等)を安全、確実に進める必要がある。上記対策の検討に必要な低所のPCV貫通配管等配管内の非破壊調査を可能とする観点で技術的課題があり、その解決に向けた技術開発が求められている。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- PCV 貫通配管等撤去のための遠隔監視及び撤去作業システム
- PCV 貫通配管等配管内非破壊調査技術の開発

<2026年度開発内容>

PCV 貫通配管等撤去のための遠隔監視及び撤去作業システムの現場適用性の評価と仕様提案及び低所配管調査技術の現地実証計画立案

B2 PCV/RPV 内部調査・燃料デブリ性状把握

B2② 原子炉圧力容器内部調査技術

【目的】

原子炉圧力容器(以下 RPV)内部の燃料デブリ取り出しの検討に資するため、RPV 内部の状況を把握するための調査技術を開発する。

<現状の課題(必要とされる技術)>

RPV内の状況や線量等の内部状態を確認するため、高線量下、高汚染下等の環境条件下での遠隔操作による閉じ込め機能を確保しつつアクセスルート構築を行う穴開け装置や、RPV内部へ調査用機器類を送り込むための装置・システムを開発する。

小規模な上アクセス調査のアクセスルートとして、以下に示すアクセスルート構築に必要な加工技術、およびRPV内部調査に必要なアクセス・調査装置を開発する。

- ・シールドプラグの小開口での穿孔加工装置と加工方法
- ・気水分離器インレット案内羽根の加工装置と加工方法 他

DSピットからの上側側面アクセス工法において、調査装置をアニュラス部まで降下し、ジェットポンプ内部にアクセスして、さらにRPV炉底部までアクセスしてRPV内部の状況を調査する工法に用いるアクセス・調査装置の開発計画の策定。また、下部アクセス工法において、RPV内部アクセス・調査装置の現場適用性を向上した装置の開発計画を策定する。併せて、そのアクセス・調査装置を搭載する既設ペネトレーション・CRD開口からペDESTAL内にアクセスする装置への要求仕様の策定。

CS系配管及びMS系配管を利用したRPV内部調査技術において、以下の課題に対して対応策を立案し、アクセス・調査装置を改善する。

- ・配管継手・弁等通過時における装置類の遠隔操作性
- ・N3ノズルからRPV内部にアクセスした調査装置の移動及び回収方法の確実性 他

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 小規模な上アクセス調査工法の技術開発
- 上部側面・下部アクセス調査工法の技術開発
- 既存配管を利用した RPV 内部調査の技術開発

<2026年度開発内容>

小規模な上アクセス調査装置の設計、要素試験計画の策定

DSピットを起点とした上部側面アクセスによりシュラウド内を調査する装置の設計

小型・軽量化した下部アクセス調査装置の設計

既存配管を用いた内部調査工法の改善、確認試験計画の策定

B2③ 燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術

【目的】

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し方法、燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発等に資するため、燃料デブリ成分の定量分析及び性状推定の実施に必要な技術の開発等を行う。

<現状の課題(必要とされる技術)>

原子炉内に存在する燃料デブリの性状を把握し、燃料デブリ取り出し・収納・保管、その後の処理・処分等の検討に資するため、原子炉格納容器内部で採取された燃料デブリ及び堆積物等に関するデータ・情報を取得することが必要である。また、取得したデータ・情報を廃炉に役立つものとするためには、実際に取り出される燃料デブリ及びPCV内部調査等において取得されるサンプルを分析し、燃料デブリとその周辺の状態、今後予想される状況を正しく推定する技術の開発が必要である。

福島第一原子力発電所の事故は、炉内に装荷されていた燃料集合体と制御棒が通常の運転温度よりも高い温度の過熱蒸気中で熔融し、周囲の構造物を巻き込みながら原子炉圧力容器から流出したと考えられている。

このように事故が発生した領域に多くの物質が存在し、生成時の熱履歴等において不明の点が多い燃料デブリの化学組成、組織及び構造は複雑かつ不均質になっていることが予想される。化学組成だけでなく、化学形、結晶構造の解析等の結果とともに、総合的に燃料デブリの性状を判断することが重要である。また、分析は燃料デブリ取り出し作業と並行して行うことから、作業現場(その場)、又は作業現場近傍で簡易的かつ迅速に燃料成分を検出する分析技術を開発することは、燃料デブリ取り出し作業を効率化、省力化する上で有効である。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 分析能力の向上
- 燃料デブリの簡易(その場)分析技術
- 燃料デブリの非破壊計測技術

<2026年度開発内容>

燃料デブリ性状の分析・推定に必要な技術

燃料デブリの簡易分析・非破壊計測技術

B3 取り出し設備・安全システム・メンテナンス設備・保管設備

B3① 燃料デブリ取り出し工法

【目的】

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、取り出し工法の成立性に関し必要となる要素技術開発及び試験を実施し、現場適用性を評価する。

<現状の課題(必要とされる技術)>

2024年3月に提示された「燃料デブリ取り出し工法評価小委員会」報告書の提言に基づいた具体的な設計検討を進めており、取り出しシナリオの策定や工法の技術的成立性などを検討しているところ。燃料デブリ・炉内構造物の取り出しが高線量下・高汚染下、不確定要素を含む環境条件での遠隔作業となることを前提に、長期間の燃料デブリ取り出しの継続的な作業を考慮した技術として、PCV 底部においては、堆積する粒状の燃料デブリを対象に、これを連続的に効率よく回収する技術が必要となる。

また、燃料デブリに起因する中性子計測値や組成分析の結果は、堆積物、水分や遮蔽物、対象までの距離などの観測条件により大きく変動することが知られている。これらの条件差に伴う不確かさは、組成や状態に応じてさらに増大する可能性があり、安全確保上必要な対応策の選定に影響を及ぼす。そのため、将来の現場条件に応じた不確かさ評価につながる情報の取得を念頭に、小型かつ軽量で、多様な工法や環境条件下に適用可能な中性子検出器の開発が必要である。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 燃料デブリの連続回収についての要素技術
- 小型軽量の中性子検出器の現場適用のための要素技術

<2026年度開発内容>

燃料デブリを連続的に回収する要素技術の試作・試験による検証

小型軽量の中性子検出器の計測システム全体の基本的要件の整理

B3②-2 汚染モニタリングのための分析技術の開発

【目的】

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、効率的に汚染モニタリングを行い、作業時の安全を確保するために必要な技術開発を実施する。

<現状の課題(必要とされる技術)>

燃料デブリ取り出し時には、放射性ダストの飛散防止、加工による発熱の除去、燃料デブリの冷却等のために、燃料デブリに対し冷却水を噴霧、吹き付け等を行う必要がある。燃料デブリに接触することで液体処理系の循環冷却水中に、核燃料物質や放射性元素が溶け出す。また、気体の放射性物質も壊変や化学変化によって微粒子となって析出する。水や気体のような流体中に含まれる核燃料物質、放射性元素は移動して壁や床に付着、あるいは滞留水や循環冷却水に混入することになる。これにより建屋内に広範囲に汚染が広がることになる。これらの核燃料物質や放射性元素の濃度は、取り出すべき燃料デブリと比較して低いものの、汚染状況のモニタリングのために試料数を多く採取することになり、核燃料物質、放射性同位元素等を含む建屋内の汚染モニタリング用の試料を対象とした分析において、前処理等を迅速化、効率化、自動化、または省力化するための技術開発が重要である。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 核燃料物質・難分析元素の分析
- 分析迅速化・効率化
- 弱エネルギー放射性元素の迅速な前処理のための技術

<2026年度開発内容>

アルファ放射性元素の分析における迅速化、効率化のための技術

ベータ放射性元素の分析における迅速化、効率化のための技術

固相吸着剤の吸着性能評価

B3②-3 ダスト飛散に係る影響評価技術の開発

【目的】

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、取り出し作業の安全確保に必要なダスト飛散に関連した影響評価技術を開発する。

<現状の課題(必要とされる技術)>

燃料デブリ取り出し規模の更なる拡大に向けて検討されている工法の通常作業時及び事故時の安全評価技術の開発が必要である。このため、燃料デブリ取り出し時に発生するダスト飛散影響を把握するため、乾燥および湿潤条件におけるダスト飛散率に係る基本的なデータ取得を進めている。また、燃料デブリ取り出しは、燃料デブリ加工時に取得されるデータから実際のダスト飛散影響を推定し、次のステップの安全評価を適正化することが必要となる。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- PCV 内環境(湿潤、水中、かけ流し)条件での試験
- 燃料デブリ切削時の飛散率データ、移行率データ取得
- 飛散率データを用いた安全評価

<2026年度開発内容>

想定される環境(ウェット条件等)で模擬デブリ(コールド材及びウラン含有模擬デブリ等)を用いたダスト飛散データの取得
大規模試験装置を用いた環境へのダストの移行挙動試験

B3②-4 被ばく線量評価のための分析手法

【目的】

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、作業時の安全を確保するために必要となる要素技術開発及び試験を実施する。

＜現状の課題(必要とされる技術)＞

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に係る作業等では、作業者の安全確保の観点から α 核種等の内部取り込みがないことを定期的を確認すること、また、万が一内部取り込み事象が発生した場合は、対応・対策の早期検討に資するため取り込んだ放射性物質の放射エネルギーを迅速に把握して線量を評価することが必要となる。 α 核種等の内部取り込みに対しては、 α 線測定の高さ等のため、バイオアッセイ等による評価が必須になることから、通常の運転(定期検査、保守を含む。)や廃炉段階の原子力発電所で整備していた対応体制を適用することはできない。特に、福島第一原子力発電所の廃炉に係る作業環境では、取り扱う放射性物質の核種組成や濃度、管理対象となる作業の状況・従事者数などが国内外の既存施設とは大きく異なる。これらの状況を専門的かつ総合的に勘案し、分析・測定等に使用するハードウェアの開発を含めたプロトコルの新たな開発が必要となる。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 内部被ばくの防御技術
- 内部被ばく測定手法
- 内部被ばく評価

＜2026年度開発内容＞

内部被ばく線量の測定・評価に係る技術

身体汚染の測定・評価に係る技術

B3④ 燃料デブリ収納・移送・保管技術

【目的】

燃料デブリの取り出しから保管に関わるシナリオを確立するために、取り出した燃料デブリを安全、確実かつ合理的に収納、移送、保管するためのシステムを開発する。

＜現状の課題(必要とされる技術)＞

取り出された燃料デブリを安全・確実・合理的に収納・移送・保管するためには、取り出された燃料デブリの性状や条件に適した収納缶を含む保管容器（以下、「保管容器類」という。）や移送・保管のための設備・施設、処理及び取り扱い方法が必要である。

特に、取り出し時の燃料デブリの切削や破砕など加工時に発生する粉体状の燃料デブリの一部は冷却水循環系等で回収される計画であるため、スラリー・スラッジ化することが予想される。このようなスラリー・スラッジ状の燃料デブリを安全・確実・合理的に収納・移送・保管するために必要となる水素ガス対策（水素ガス発生予測法の高度化、水素ガスだまり対策の確立）の検討が必要である。

また、燃料デブリを安全・確実・合理的に保管するためには保管容器類の閉じ込めバウンダリーの健全性を維持していくことが重要である。閉じ込めバウンダリーの健全性に影響する保管容器類の腐食に対するモニタリングの要否を将来検討していくために、保管容器類の材質や保管条件等を踏まえた腐食の発生進展モデルの構築とその検証を行う必要がある。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- スラリー・スラッジ状燃料デブリの取り扱い上の安全確保
- スラリー・スラッジ状燃料デブリの移送技術
- スラリー・スラッジ状燃料デブリの保管技術

＜2026年度開発内容＞

粉状及びスラリー・スラッジ状燃料デブリ取り扱い技術

燃料デブリの安定保管維持のための技術

B4 過酷環境下の遠隔作業におけるフィジカル AI を搭載したロボット活用技術の開発

【目的】

熟練オペレータや準備作業を行う人に代わって作業を実施するフィジカル AI を搭載したロボットの活用可能性を検証するための技術開発を行う。

＜現状の課題(必要とされる技術)＞

原子炉建屋内では、線量低減や作業エリア確保のために、電源や通信環境がなく、狭隘部、高線量や視界不良など難度が著しく高い箇所での調査、作業を安全、確実に進めることが必要となる。このため、上記のような過酷環境下において人に代わってロボットが調査や準備作業等を行えるよう、4 足歩行ロボットなどにフィジカル AI を搭載し、自律的に調査・作業ができるよう技術開発を行うことが必要である。

特に原子炉建屋 1 階における調査・作業として、原子炉建屋入口外側から高線量箇所(HCU 周辺等)まで自律移動し、線量測定などの調査・作業を行い、原子炉建屋入口外側まで帰還する作業等が想定される。

上記に向けて、4 足歩行ロボットなどの姿勢を制御する機能や調査経路を最適化する機能などの動作に必要な要件の抽出、一般的なセンシング技術に加え放射線量センサーにより高線量箇所を把握する機能などの知覚に必要な要件の抽出、原子炉建屋内作業を考慮したフィジカル AI を搭載した 4 足歩行ロボットに求められる運用技術要件の整理などが必要である。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 機械学習のための点群データを基にした仮想空間の構築
- フィジカル AI を搭載した 4 足歩行ロボットなどによる自律移動・作業能力の検証

＜2026年度開発内容＞

フィジカル AI 搭載ロボットなどに求められる運用技術要件の整理

原子炉建屋内作業に必要な自律機能の習得

※フィジカル AI とは、ロボットに人工知能(AI)を搭載し、ロボット自身が現実世界の物理的な環境を認識し、それに基づいて自律的に行動ができる AI システムである。

C 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発

【目的】

2021年度に技術戦略プランで示した処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通しを踏まえ、固体廃棄物の特徴に応じた廃棄物ストリームの構築に向けて、性状把握を進めつつ、保管・管理、処理、再利用、処分に係わる方策の選択肢の創出とその比較・評価を行い、具体的な固体廃棄物管理全体(固体廃棄物の発生から再利用、処分までの管理)について適切な対処方策の提示に向けた検討を進める。

<現状の課題(必要とされる技術)>

固体廃棄物対策について、物量低減の更なる可能性を検討するとともに、固体廃棄物の特徴に応じた廃棄物ストリームの構築に向けて、固体廃棄物の具体的管理について全体として適切な対処方策の提示に向けた検討が必要である。

現状の取り組むべき主な課題を以下に示す。

- 固体廃棄物管理全体へ反映するため、分析データの取得・評価を行うとともに、性状把握の効率化
- 安全かつ合理的な保管・管理のため、物量低減に向けた減容・再利用技術及び震災影響を受けた廃樹脂の減容・安定化に関する技術の開発処理技術に関し、低温処理の適用性に関する課題の検討、低温処理技術の適用範囲の拡大のための中間処理技術の検討、柔軟かつ合理的な処理技術の検討
- 処分技術に関し、処分概念オプション案を構築・提示するとともに、必要なパラメータの取得、安全評価技術の改良を行った上で固体廃棄物処分の安全評価の実施

<2026年度開発内容>

性状把握 ・固体廃棄物管理全体へ反映するための分析データ取得、評価
・性状把握の効率化

保管・管理 ・汚染された金属を対象とした減容・再利用技術に関する開発
・廃樹脂の減容・安定化に関する開発

処理・処分 ・低温処理技術の実規模試験

・柔軟かつ合理的な処理技術の可能性検討・固体廃棄物の処分概念オプション案の提示

・固体廃棄物の処分概念オプション案の安全評価の実施