

廃炉プロセス 「燃料デブリ取り出し」
検討対象 「取り出し工法・システム」
課題 「燃料デブリへのアクセスルートの構築」

ニーズ

1. 干渉物を撤去したい。

燃料デブリ取り出し：【中期】

望ましい状態とその理由

- 燃料デブリ取り出しに係る機器・装置の搬入、設置、搬出等のために、作業可能な環境に線量低減がなされていることに加え、干渉物が安全に撤去されることが望まれる。
- 燃料デブリ取り出しを行うにあたり干渉物（建屋内構造物、炉内構造物）の撤去を安全に実施するために、PCV 及び RPV からの放射性物質の放出抑制、既存の構造物の健全性維持を考慮した干渉物撤去方法の確立が望まれる。
- 長期にわたる廃炉工程では、様々な想定外の事象、状況が起こりうるため、それらに対応できる体制を構築しておくことが望まれる。

理想に対する現状

- 上アクセス時は PCV 上部構造物及び RPV 内部構造物が、横アクセス時はペDESTAL外機器が干渉物となる。また、いずれのアクセスでもペDESTAL内機器及び原子炉建屋内構造物が支障物となる。
- 高所の設備機器、重量物など比較的撤去が難しい干渉物撤去について、2020 年度から高線量下における環境改善・干渉物撤去のための遠隔技術の開発に着手し、2022 年度には撤去対象物を選定した上で、要求機能を踏まえた遠隔操作装置の仕様を提案された。また、2024 年度からは PCV 貫通配管等を撤去するための遠隔監視及び撤去作業システムの開発に着手している。
- 2号機 X-6 ペネ内堆積物除去作業では、1号機 PCV 内部調査アクセスルート構築におけるアブレシブウォータージェット（AWJ）によるダスト拡散事象を踏まえ、ダスト拡散を抑制するために、低圧水洗浄装置による堆積物除去、スプレーカーテンによる拡散抑制等の対策を準備した。X-6 ペネ内部に存在する堆積物・ケーブル類を除去については、ドーザツール（押し込み治具）で堆積物を突き崩した後、低・高水圧による堆積物の押し込み、アブレシブウォータージェット（AWJ）によるケーブルの除去、押し込み装置によるケーブルの押し込みを実施し、2024 年 5 月には完了した。

解決すべき課題

- 干渉物を遠隔で解体、撤去、回収及び搬出する技術の開発が必要となる。特に、狭隘部における加工実現性及び遠隔操作による作業性が重要であり、多自由度ロボット動作時の周辺環境への接触防止機能などが求められる。
- 既存の構造物の健全性を維持するために、切削による装置及び周囲構造物の損傷を防止することが必要である。
- 加工作業よりも加工ツールの位置決めや対象物の把持、ツールの交換作業などに時間を要するため、作業員の操作を支援するツール開発が必要となる。
- 放射性物質の放出を抑制するにあたり作業セル外に設備を搬出する場合は除染が必要となるため、異物混入防止措置などによって除染性を向上させる必要がある。
- 遠隔での作業及び監視を行うために、作業装置、周辺設備及び監視装置を遠隔で構築する手法（遠隔による狭隘部へのカメラ設置など）を確立する必要がある。
- アクセスルート構築に伴う干渉物撤去作業ではダスト拡散抑制対策が重要であり、現状では作業手順として、ダスト濃度をモニタリングしながら徐々に作業を拡大していく等、安全対策が十分考慮されていることを確認している。一方、作業工程が大幅に延伸しないようにすることも求められており、ダスト濃度の作業管理値を適切に設定する必要がある。
- 現場情報およびその不確かさ、それを解決しようとする取組などに関する知見を集約し、想定外の状況や不測の事態が発生した場合に対応するための基本データベースを構築する必要がある。また、そのような集合知を開示することで、関連する検討課題において廃炉進捗を俯瞰的に捉え、廃炉工程全体の適正化や、研究を効率的に推進することが求められる。
- 今後の1F廃炉作業においては、多くの配管等を切断・撤去する必要があるが、当該配管等の内部がどのような状況となっているのかが分からないことが多い。例えば、内容物の有無、液体の有無、放射性物質濃度、水素濃度、等が分からない場合、適切な切断方法や対策（内容物の飛散防止対策等）を選定することが困難となる。現場での適用を勘案した場合、簡便な方法（短時間での把握、ハンディタイプ、等）であることが望まれる。特に、配管内における α 核種の有無を把握できること。 α 核種がある場合、どの程度存在するのかを把握できること等が望まれる。

参考文献

- 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 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
 - https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf

(参考) 関連する研究課題

実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発（燃料デブリ取り出し工法の開発）」
 - https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022007_deburitoridashi.pdf

- <https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2023/06/2022008toridasikouhou202306F-.pdf>
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化（取り出し装置設置のための要素技術開発）」
 - http://irid.or.jp/_pdf/20180000_14.pdf
 - http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/06/20170000_09.pdf?v=2
- 廃炉・汚染水対策事業「原子炉压力容器内部調査技術の開発（アクセス・調査装置の開発）」
 - http://irid.or.jp/_pdf/20180000_14.pdf
 - http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/06/20170000_09.pdf?v=2
- 廃炉・汚染水対策事業「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た技術の開発（環境改善・干渉物撤去のための遠隔技術の開発）」
 - <https://dccc-program.jp/files/20230306IHI.pdf>
- 廃炉・汚染水対策事業「原子炉压力容器内部調査技術の開発（上部アクセス調査工法における加工技術の高度化、下部アクセス調査工法の開発）」
 - https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240918_r05-result-1st_DecomTech.pdf

検討されている研究課題

- 特になし

2. 安全性を考慮したアクセスルート構築方法を具体化したい。

燃料デブリ取り出し：【短期】

望ましい状態とその理由

- 燃料デブリ取り出しに係る機器・装置を安全（例えば耐荷重の超過等）に搬入・設置するために、具体的なアクセスルート構築方法を検討することが望まれる。
- 高線量廃棄物の増加や被ばくの著しい増大が避けられないシステムを避けることを考慮しつつ、ペDESTAL下部やRPV底部等の各所に存在する可能性のある燃料デブリに対して、適切なアクセスルートを構築することが望まれる。
- アクセスルートを構築するためにPCV等に新たな開口部を設ける場合等には、閉じ込め機能の観点からPCV及びRPVからの放射性物質放出を抑制することが求められるとともに、既存構造物の健全性維持に留意することが求められる。

理想に対する現状

- 1号機では、グレーチング上側からペDESTAL外側のドライウェル底部へのアクセスが可能であることが確認されている。また、2024年3月までに実施された、水中ROVによるPCV内調査、1階エリアを中心としたPCV内気中部により、ペDESTAL内外の既設構造物の状態や堆積物、落下物の状況に関する映像等の情報を得た。
- 2号機では、CRDレール上やペDESTAL開口部付近に大きな障害物はなく、開口部からペDESTAL内側底部へのアクセスが可能であることが確認されている。また、2024年9月から実施されている試験的取り出しでは、X-6ペネからペDESTAL内部までのアクセスに成功している。

- 3号機では、ペDESTAL開口部からペDESTAL内部底部へのアクセスが可能であることが確認されている。
- 現状、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は、PCV側面開口部から燃料デブリに到達するまでのアクセスルートとして横アクセス工法の検討が進められており、吊橋方式や軽量化セルと固定レールによる方式、アクセストネル方式が検討されている。
- 上アクセスを含む上取り出し工法の検討も進められており、スループット向上を目的に取り出し準備の工程が短縮できる干渉物撤去技術や搬送方法の検討が行われている。2020年度以降は、干渉物を一体または大型に切断して取り出し、閉じ込め、遮蔽を確保して搬送する方法等の実現性が検討されている。

解決すべき課題

- 高線量環境下での閉じ込め障壁拡張は極めて難しい作業であり、また重装備の作業員を短時間で交代させながら作業を実施する必要がある。そのような状況と、閉じ込め障壁が不完全かつ不確かさを有することや地震等の発生が予想されることを踏まえて、作業の安全性と確実性を高める必要がある。
- アクセスルート構築においては、加工等に伴い発生する二次廃棄物量（追加発生量）を極力低減できることが求められる。
- 横取り出し工法では、新設重量構造物とPCV側面開口部の接続部構造の閉じ込め、遮蔽や地震変位への対応が課題となっている。
- 上取り出し工法のアクセスルート構築においては、シールドプラグ下部の原子炉ウェル内の状況及び線量調査、掘削孔の線量調査などの追加調査結果を踏まえて検討する必要がある。

参考文献

- 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 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
 - https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf

(参考) 関連する研究課題

実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発（燃料デブリ取り出し工法の開発）」
 - https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022007_deburitoridashi.pdf
 - <https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2023/06/2022008toridasikouhou202306F-.pdf>
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化（取り出し装置設置のための要素技術開発）」
 - http://irid.or.jp/_pdf/20180000_14.pdf
 - http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/06/20170000_09.pdf?v=2
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発」
 - <https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2023/10/2023003dandori202310F.pdf>

- 廃炉・汚染水対策事業「原子炉压力容器内部調査技術の開発（上部アクセス調査工法における加工技術の高度化、下部アクセス調査工法の開発）」
 - https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240918_r05-result-1st_DecomTech.pdf

検討されている研究課題

- 特になし

関連する課題

- デブリ-102 「PCV・RPV 内部の構造物の状況把握」
- デブリ-104 「PCV・RPV 内部の線量の把握」
- デブリ-105 「炉内状況の知見集約」
- デブリ-106 「建屋内の汚染状況の把握」
- デブリ-211 「PCV・建屋の構造健全性確保」
- デブリ-301 「PCV 内燃料デブリ取り出し」
- デブリ-302 「RPV 内燃料デブリ取り出し」