

福島第一原子力発電所の早期安定化に向けた 燃料デブリ試験的取出しの完遂

Completion of the Fuel Debris Trial Retrieval Contributing to the Stabilization of
Fukushima Daiichi Nuclear Power Station



燃料デブリ試験的取出し装置 モックアップ試験状況

細江 文弘^{*1}
Fumihito Hosoe

石原 義尚^{*2}
Yoshinao Ishihara

辻田 芳宏^{*3}
Yoshihiro Tsujita

原 大輔^{*4}
Daisuke Hara

東端 良房^{*5}
Yoshifusa Tobata

本田 翔也^{*6}
Shoya Honda

三菱重工業株式会社は福島第一原子力発電所事故の直後より、早期安定化に向けて東京電力ホールディングス株式会社の対応に協力してきた。現在福島では、早期安定化に向けて燃料取出しや汚染水処理等様々なプロジェクトが進行しているが、早期安定化の根幹は原子燃料や炉内構造物が溶融し、冷却されて固まった“燃料デブリ”の取出しであり、最も技術的難易度が高いと考えられている。本報では三菱重工業株式会社が開発した装置により、燃料デブリの試験的取出しに成功したので、詳細について紹介する。

1. はじめに

福島第一原子力発電所事故(以下、福一事故)以降、早期安定化に向けた様々な取り組みが行われているが、圧力容器外に流出した燃料デブリの処置(取出し/保管)は、高放射線環境であるため遠隔操作で行う必要があり、最も技術的難易度の高い作業となっている。本報では福島で実施した、燃料デブリの試験的取出しを行うロボットアームのアクセスルート構築作業と、燃料デブリの試験的取出しについて紹介する。また、既報 Vol.57 No.4 (2020)⁽¹⁾では早期安定化に向けた三菱重工業株式会社(以下、当社)のこれまでの取組と、燃料デブリ取出しに向けたロボットアームの開発状況について記載したが、この進捗状況について紹介する。

2. 燃料デブリ取出しに向けて

東京電力ホールディングス株式会社(以下、東電 HD)は燃料デブリ取出しの計画として、廃炉中長期実行プラン 2024⁽²⁾の中で福島第一原子力発電所 2 号機を初号機として 2024 年 10 月頃テレスコピック式装置により燃料デブリの試験的取出しを実施し、その後ロボットアームによる調査を実施すると公表している。その後 2027 年以降段階的に取出しの規模を拡大し、1 号機/3 号機でも順次取出しに着手する計画となっている。

2 号機内部の構造物を図 1 に示す。溶融した原子燃料は圧力容器(Reactor Pressure Vessel, 以下 RPV)の底を貫通し、格納容器(Primary Containment Vessel, 以下 PCV)内のペDESTAL(圧力容器を支える基礎構造物)底部で構造物と共に冷却され固化し、燃料デブリになっていると考えられる。ペDESTAL底部までロボットをアクセスするルートを検討した結果、ペDESTALの開口まで直線で効率よくアクセスできる PCV の貫通口(X-6 ペネトレーション, 以下 X-6 ペネ, 直径約 550mm, 長さ約 2400mm)を活用することとした。

*1 原子力セグメント デコミッションング技術部 主幹プロジェクト統括 技術士(機械部門)

*2 原子力セグメント デコミッションング技術部

*3 原子力セグメント デコミッションング技術部 主席技師

*4 原子力セグメント デコミッションング技術部 主席プロジェクト統括

*5 原子力セグメント 建設・保全工事事部 主席チーム統括

*6 原子力セグメント 建設・保全工事事部

しかしながらロボットアームをペDESTAL底部へアクセスし、燃料デブリを取り出す作業のためには、以下の課題を解決する必要がある。

(1) X-6 ペネ内の堆積物(干渉物) 除去

X-6 ペネ内には PCV 内で適用する設備のケーブル等が収納されており、ロボットアームが X-6 ペネ内を通過する際に障害物となるため、これらを遠隔で除去する必要がある。

(2) 耐放射線性

PCV 内は高放射線環境(最大 100Gy/h)で、ロボットアームには高い耐放射線性が要求される。

(3) ロボットアームの位置決め

東電 HD が 2018 年 1 月に実施したペDESTAL内の目視調査の結果⁽³⁾(図 2)、ペDESTAL底部へはプラットホームのグレーチングが脱落した部位を通過してアクセスする必要があり、狭い隙間にロボットアームの先端を高精度に位置決めする必要がある。

次章より、当社が福島で行った X-6 ペネ内の堆積物除去作業、燃料デブリの試験的取出しについて紹介すると共に、PCV 内部調査用のロボットアームの開発状況、燃料デブリ取出しの規模を拡大するための設備の検討状況について記載する。

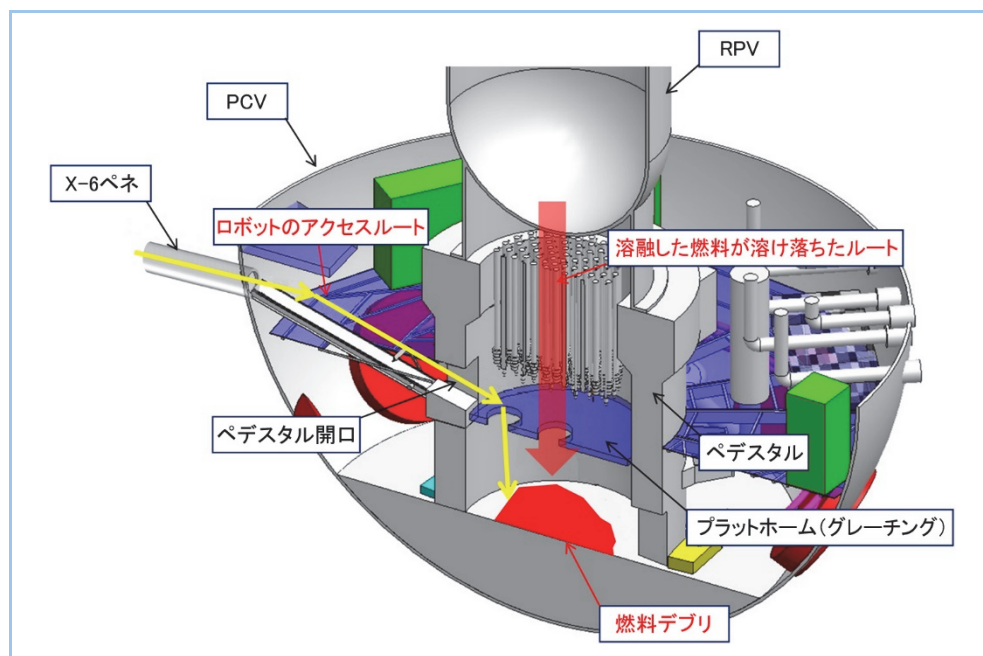


図1 福島第一原子力発電所 2 号機内部構造

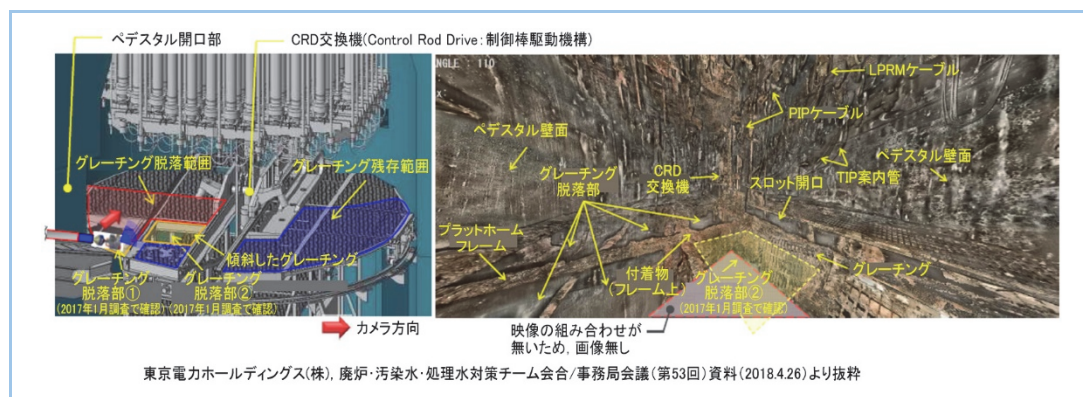


図2 PCV 内部目視調査結果

3. アクセスルート構築作業

X-6 ペネに収納されていたケーブル等は、事故の影響により熱で被覆が溶融し、ケーブルが複雑に絡まり容易には撤去が難しい状態で残留していると考えられている(これら残留物を堆積物と称す)。本章では堆積物除去工法の検討、装置設計・製作、機能検証及びトレーニング、現地工事の結果について述べる。

3.1 堆積物除去工法の検討、装置設計・製作

(1) 現地調査

X-6 ペネを閉止しているフランジ蓋(板厚 55mm)の一部に設けた直径 115mm の開口より、X-6 ペネ内の堆積物の性状調査を東電 HD が 2020 年に実施。この調査では、遠隔監視カメラを用いた 3 次元スキャニングにより、残留しているケーブル及び堆積物の形状を計測し、棒により堆積物の触診を実施している。この結果、堆積物が存在する範囲が明確となり、堆積物は 20N 程度の力で押すと崩れ、ケーブルは固着しておらず持ち上がることが確認できた⁽⁴⁾。ここで得られた結果を装置設計、工事計画立案に反映した。

(2) 堆積物除去装置設計、製作

堆積物除去手法として、次の機能を有する遠隔自動装置を設計、製作した(図 3)。

- ①遠隔で X-6 ペネにアクセスするための走行機能
- ②X-6 ペネ外の床面等への汚染拡大を防止するためペネフランジ部へ把持、封止する機能
- ③耐放射線カメラによる X-6 ペネ内部を遠隔監視する機能
- ④堆積物は以下の工具で除去するが、これらを位置決めするための回転、直動機能
 - ・堆積物を高圧水で切断するアブレシブウォータージェット(以下、AWJ)工具(水圧 245MPa, 流量 4L/min.)
 - ・ペネ底部を水洗いする洗浄工具(水圧 30MPa, 流量 60L/min.)
 - ・残置した堆積物を PCV 内へ押し出す押込み工具(約 1500N)

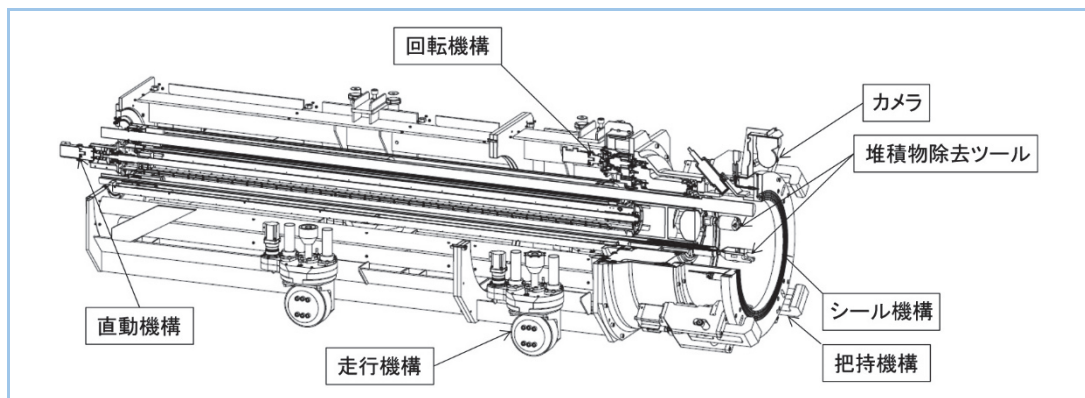


図3 堆積物除去装置

また、作業エリアとなる 2 号機原子炉建屋内は高放射線環境であるため、約 0.4km 離れた制御室から遠隔操作できる仕様とした。

X-6 ペネ内の堆積物を除去するにあたっては、AWJ 施工時の遊離性ダストの飛散により、放射性物質が拡散することが大きな工程延伸のリスクとなっており、以下の対応を実施することとした。

- ①AWJ 施工前に、低水圧(2MPa)で遊離性ダストの事前洗浄を実施
- ②AWJ 噴流が X-6 ペネから格納容器内部に放出される位置に、霧状のスプレイを噴霧することでダスト拡散を防止するスプレイカーテンを適用(図 4)



図4 スプレイカーテン(工場試験)

3.2 検証試験及び習熟トレーニング

現地工事に臨むにあたって、高放射線環境であり、作業場所によっては1日の1人あたりの作業時間が20分程度に制限されること、事故が発生した建屋内での作業であり、床面の凹凸の発生や照度が不足している環境であること、また放射線被ばく低減のために、現場確認の時間が限られていることなど過酷な環境であり、その中で工事を円滑に推進するべく、原子炉建屋内をフルスケールで模擬したトレーニング設備を工場内に構築し、作業のトレーニングを行った。

トレーニング時には、実際の放射線防護装備も装着し、全面マスクによる視認性悪化、呼吸のし難さ、通気性のない防護服による暑さ、3重ゴム手袋による手作業のしにくさも考慮したトレーニングを実施した。

特に、搬送台車を用いて約3トンの装置を狭い建屋内で運搬する作業や、約200本の作動用ケーブル、ホース類を建屋内に敷設するなどの、高放射線環境下での人力作業については個別トレーニングによるスキルの向上に加えて、複数回のワンスルートトレーニングを実施することで、作業間の受渡しを円滑にして連続作業を可能にした。

放射線管理の観点から、わずかな立止り、迷いが作業工程に影響する状況であることを理解し、作業者全員が理解するまで要領書の不足点の潰込みを行い、作業の詳細手割として現地工事要領書に落とし込んだ。

3.3 現地工事

開放直後のX-6ペネ内の状況を図5に示す。ペネ表面のほぼ全面に堆積物が存在している状態であることを確認した。X-6ペネフランジに堆積物除去装置を接続し、遠隔作業で堆積物除去作業を開始した。各種除去工具を用いて、徐々にX-6ペネ内部の堆積物除去を進捗させた結果、X-6ペネ内部に残留していた堆積物をほぼ全て除去することができた(図6)。制御室での遠隔操作の状況を図7に示す。

これら作業の完遂においては、現地工事要領書の事前読合せを工事に参加する全員で行い、作業着手に問題がないことを確認した。30分単位で最大7班が連続して作業を行うなど、作業員の入替りが複数回発生するため、日々の作業に於いては、分単位のタイムチャートを作成し、毎朝作業員一人ひとりが作業内容を全員と確認し、認識の一致、手戻り防止を徹底した。

また、作業進捗の確認を随時ランシーバーで行うことで、全員の動きを把握し、分単位の時間調整を行うことで徹底的な無駄の排除、被ばく低減を行った。少しでも現地工事要領書、トレーニング内容と異なることがあった場合は、必ず作業を止め、協議、確認を行い、問題ないことが確認、準備されてから作業再開することを徹底した。ステップを確実に積み重ねていくことで、後続工事へのフィードバックなど多くの学びも得て、無事故無災害にて、2023年11月27日～2024年6月28日の期間で、燃料デブリ取出し、内部調査のためのアクセスルート構築工事を完遂した。

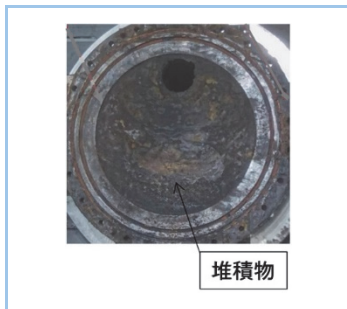


図5 施工前の X-6 ペネ入口の状態

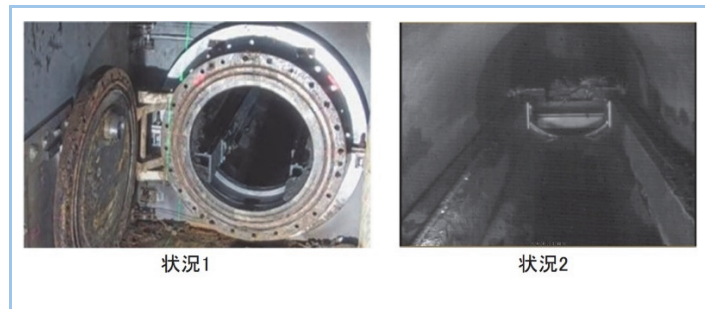


図6 堆積物除去後のペネ内の状況



図7 遠隔操作状況

4. 燃料デブリの試験的取出し

2号機 X-6 ペネ内の堆積物除去が完了しアクセスルートが構築されたため、PCV 内の本格的な内部調査に先立ち、燃料デブリの性状を早期に把握する目的で、燃料デブリの試験的取出しを実施した。本章では試験的取出し工法の検討、装置設計・製作、機能検証及びトレーニング、現地工事の結果について述べる。

4.1 取出し工法の検討、装置設計・製作

(1) 事前調査

前章で記載した東電 HD が 2018 年から 2020 年にかけて実施した調査の結果を受けて、試験的取出しが可能と想定される燃料デブリの位置や、装置のアクセスルートを設定した。

(2) 試験的取出し装置設計、製作

試験的取出しを行う装置として、次の仕様・機能を有する装置を開発した(図 8)。

①装置は燃料デブリ取出しに特化した仕様とし、構造を極力シンプルにするため、伸縮部にテレスコピックの構造を採用した(以降、テレスコピック式装置と呼ぶ)。伸縮部はエンクロージャと呼ばれるアームを収納する鋼製の容器に収納され、押込みパイプで装置後方より押されることにより前方へ進む機構となっている。

②X-6 ペネ内通過時において内面との隙間を確保すべく、装置サイズの最小化を図った(横 390×縦 210mm)。結果、X-6 ペネ内壁から全周で 27mm 以上の隙間を確保し、遠隔目視で確認できるようカメラを設置した。

③装置のペデスタル内位置決めは目視で実施するため、4 個の耐放射線性カメラを設置した。

④装置故障時においても、非常脱出用ワイヤーを外部から引っ張ることで、装置を PCV から搬出することができる構造とした。

燃料デブリを把持する装置先端部の工具は、把持性能に関わる要素試験を実施して構造を決定した。工具の候補として把持式及びブラシ式を複数種試作して要素試験を実施。模擬燃

料デブリ(鉛球体:球径 0.35～15mm や複雑形状な砂利等)を用いて、採取時の操作性・採取後の取扱い性を検証した結果、グリップ式を選定した。要素試験の様子を図9に示す。

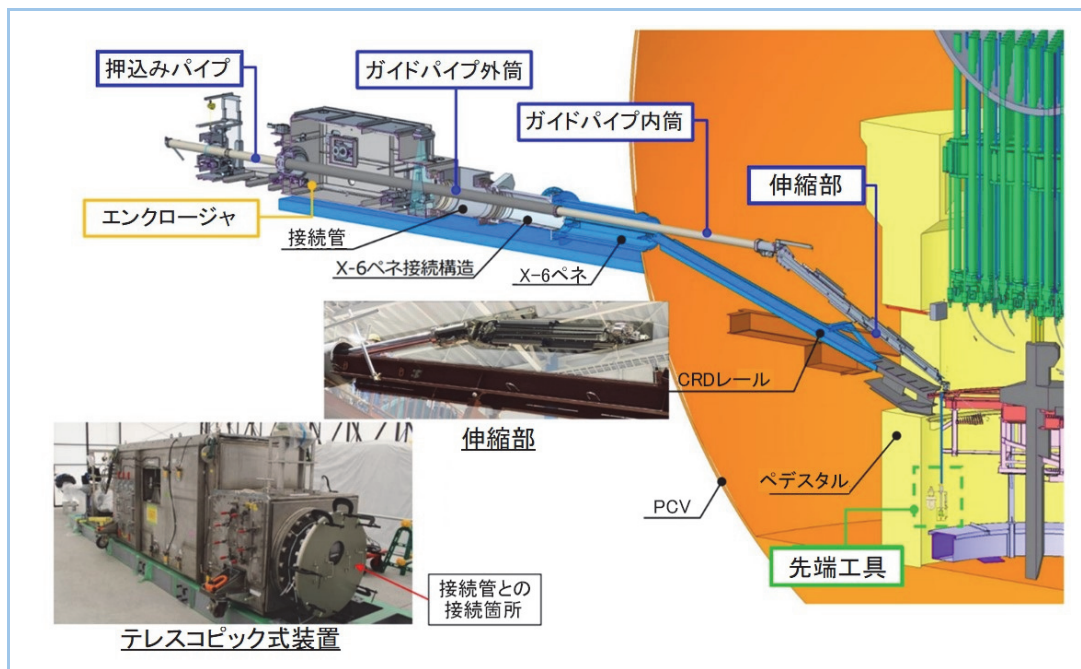


図8 燃料デブリ試験的取出し装置



図9 先端工具要素試験と現地工事時の状況

4.2 検証試験及び習熟トレーニング

前章の堆積物除去工事と同様に、燃料デブリ取出し作業も、高放射線環境での作業が求められる。より効果的なトレーニングとすべく、以下取組みを実施。

- ① 堆積物除去工事における良好／反映事例を抽出し、燃料デブリ取出し工事のトレーニング要領に抜けなくフィードバック。
- ② 原子炉建屋内をフルスケールで模擬したトレーニング環境を工場内に構築。ペDESTAL内部の実寸大モックアップを用いて、作業一連・非常回収機構の成立性を確認(図10)。
- ③ 実際の放射線防護装備を装着し、全面マスクによる視認性悪化、呼吸のし難さ、通気性のない防護服による暑さも踏まえたトレーニングを実施した。
- ④ 要領書の見える化を推進。従来は紙ベースの要領書であったが、より見やすくするためビジュアルを工夫した。ロボット操作画面のキャプチャーしたチェックシートを導入したり、建屋内作業を全て3次元動画(手順のアニメーション)化したりした。作業手順に加え、重要作業の注意事項やポイントを織り込み、被ばく低減、熱中症対策に向け、更に一段高い理解度向上活動が推進できた。

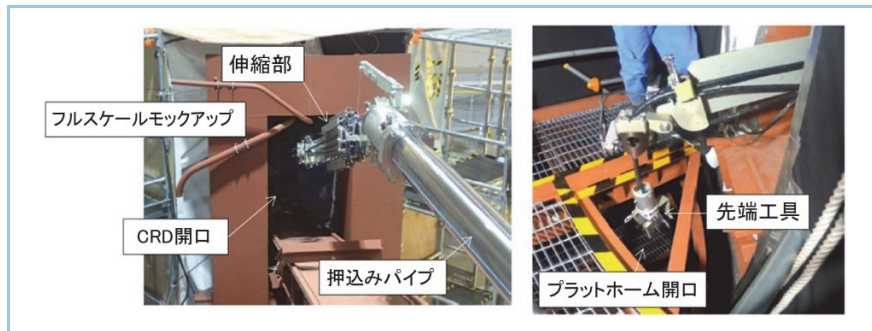


図 10 トレーニング状況

4.3 現地工事

工事計画検討にあたり、堆積物除去工事等の先行工事で得た知見やデータを活用し、高線量下における作業員配置の最適化、作業時間の適正化を実施し、計画精度を高めた。現地の工事は6月より着手、福島構内のエリア(建屋外)で、装置の外観検査・機能確認を行った上で建屋内に搬入。トレーニングした手順に従い、常に安全を考慮した作業を実施した。

また、被ばく低減対策に加え、熱中症対策にも注力した。保冷剤ベストの着用・スポットクーラーの増設などの物的対策に加え、勤務時間の工夫(早朝より作業を開始し、気温が上がる前に完了する)を実施した。先行工事でも実施した分単位のタイムチャートも合わせて行うことで、高い工事品質を確保し無事故で現地工事を完遂した。

なお、取り出した燃料デブリは、装置に搭載されたカメラで外観を確認し、エンクロージャに帰還後、高放射線環境を考慮した計測要領にて、燃料デブリ自体の放射線量を計測した上で搬送を行い、東電 HD に引き渡した。

5. PCV 内部調査ロボットアーム開発状況

2号機での試験的取出し後 PCV 内の詳細調査を実施する計画であるが、調査に適用するロボットアームは組立てが完了し 2024 年度中の現地投入に向けて、実規模モックアップによる検証試験を実施している。本章では検証試験の状況と、アームの位置決め精度向上に向けた取組みについて述べる。

5.1 装置概要

ロボットアームは多関節の構造で、アーム先端にセンサを搭載し PCV 内部の構造(形状、寸法)、燃料デブリの分布、 γ 線量分布等の情報を取得する。アームはエンクロージャに折りたたんだ状態で収納され、調査の際はアームを展開して X-6 ペネ内を通過して PCV 内ペDESTAL にアクセスする(図 11)。

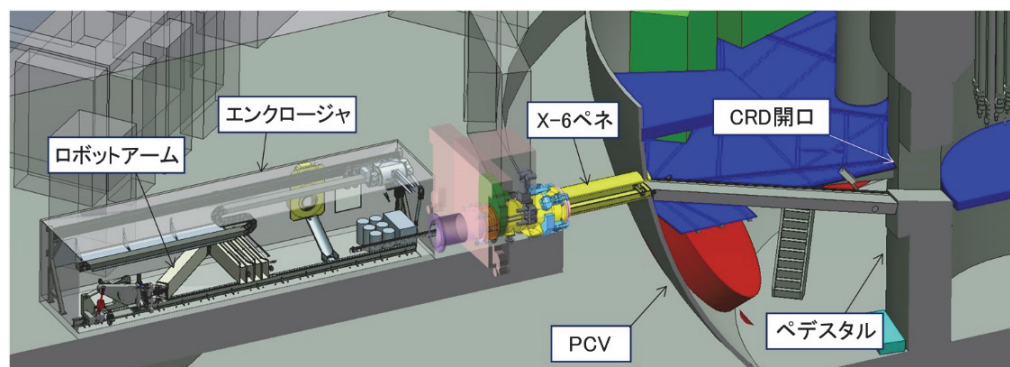


図 11 PCV 内部調査ロボットアーム

5.2 検証試験の状況

ロボットアームは、現在モックアップ試験及び操作トレーニングを実施中である(図 12)。アーム先端を X-6 ペネから展開し、プラットフォーム上の狭い開口を通過させる試験を実施している。開口

を通過する運転はアーム先端のカメラの情報や、VR(ロボットの姿勢をモニタ上に投影した3次元CADの仮想現実の画)の情報を活用し実施するが、干渉回避の観点でより信頼性を向上するため当初のアーム先端の位置決め精度($\pm 100\text{mm}$)を $\pm 10\text{mm}$ に向上する目処が得られた。

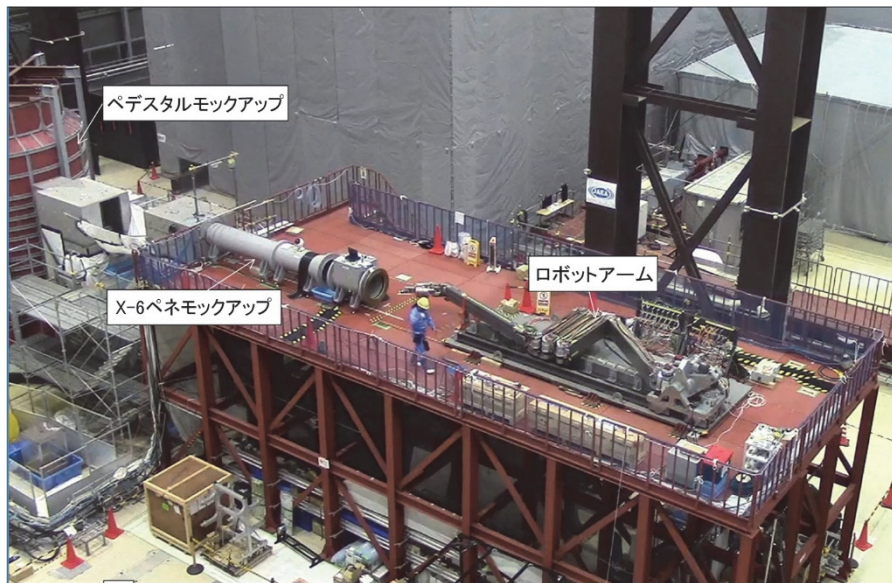


図 12 PCV 内部調査ロボットアームモックアップ試験状況

5.3 位置決め精度向上に向けた取組み

アームの関節は可動部に取り付けた検出器(出力軸レゾルバ)で回転角度を検知しているが、現状は出力軸レゾルバの値を用いて制御している。これより、さらなる精度向上のためモータに設置されている検出器(モータ軸レゾルバ)も活用し、両者を併用する手法を考案した。

出力軸レゾルバとモータ軸レゾルバの構造を図 13 に示す。モータの回転は直結されているモータ軸レゾルバで検出され、減速器を介した後、出力軸レゾルバは回転するため、モータ軸レゾルバは出力軸レゾルバより高回転となり検出精度は高いが、減速器が有しているバックラッシュや機械的なヒステリシス(内部のねじれ)の影響を受けるというデメリットを有している。これらを踏まえ、出力軸レゾルバとモータ軸レゾルバのそれぞれの特長を考慮したハイブリッド制御を考案した。

ハイブリッド制御とは、モータ回転開始時はモータ軸レゾルバの値をモニタし、減速器の非線形領域を脱した後は出力軸レゾルバの値でこれを補正し、非線形成分により誤検知していた量を相殺する手法で、この制御方式を採用した結果、アーム先端の位置決め精度は 8mm となり目標値を達成することができた。

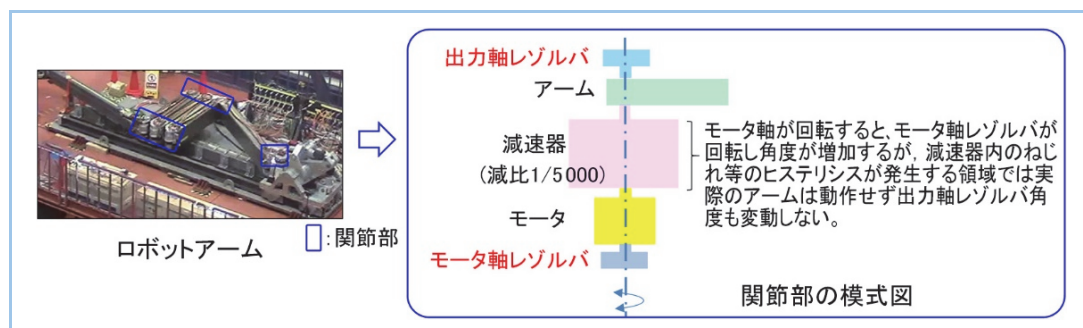


図 13 角度検出器(レゾルバ)の得失

6. 段階的な取出し規模を拡大した燃料デブリ取出しに向けて

2号機でのPCV内部調査後、段階的に取出し規模を拡大するための装置開発にも当社は取り組んでおり、本章では段階的な規模拡大に向けた設備の検討状況について述べる。

6.1 段階的な規模拡大に向けたロボットアーム

(1) 設備概要

2号機における段階的な取出し規模の拡大に向けたロボットアームを開発中であり、現在、詳細設計フェーズにある。先行設備と同様に、PCV 外に設置するエンクロージャから PCV 内に向かって伸展し、X-6 ペネ及びペDESTAL内プラットフォーム開口を通過してペDESTAL底部に到達し、燃料デブリの調査及び取出し作業を遠隔操作にて実施する(図 14)。試験的取出しでは 3 グラム程度の採取を目標としていたが、本設備では 1 日あたり 3 キログラム程度の取出しを目標とする。

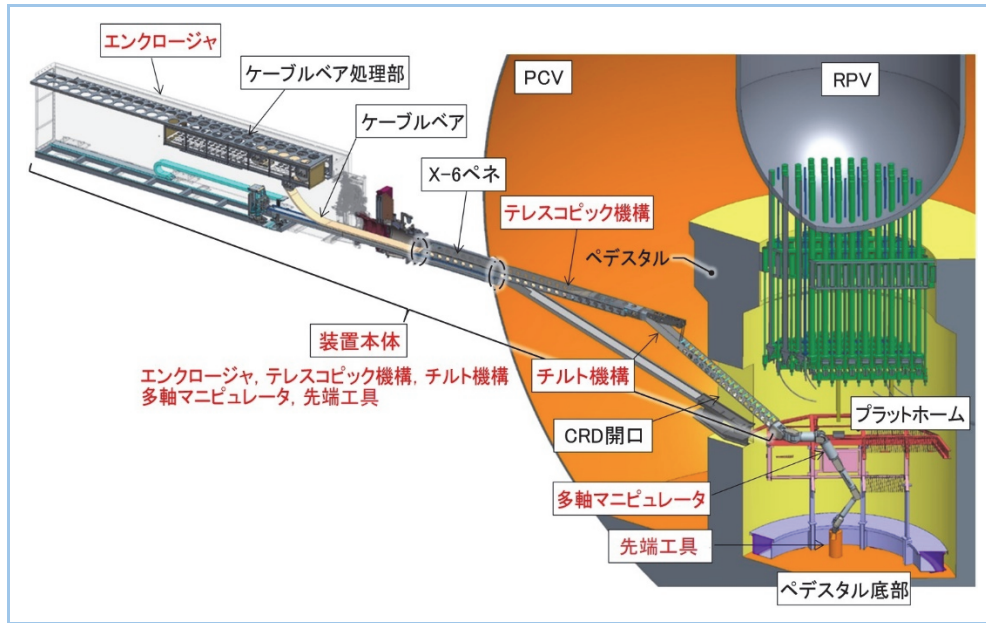


図 14 段階的な取出し規模を拡大した燃料デブリ取出しに向けたロボットアーム

装置本体には直線的に伸縮展開するためのテレスコピック構造・チルト機構を装備しており、その前方に多軸マニピュレータを搭載し、更に先端に作業用工具(先端工具)を装着することで、燃料デブリの調査並びに取出しを実現する。また、エンクロージャ内の天井にはアームの伸縮展開に連動して多軸マニピュレータと先端工具にユーティリティを供給するケーブルベア処理部を装備している。

多軸マニピュレータは先端工具を装着した状態で、全長:約 4m、質量:約 200kg であり、自由度 10 軸を有することで燃料デブリの堆積状況が不明確なペDESTAL内部環境においても周囲との干渉を回避した姿勢制御により先端工具を作業場所まで案内できるようにしている。また、エンクロージャ内での先端工具の遠隔着脱もマニピュレータ部の姿勢制御により可能としている。

装置故障時の非常脱出機能としては、駆動機構を二重化して冗長性を向上させている。また、PCV 内部の高放射線環境に適用すべく構成機器の耐放性を試験により検証しながら開発中である。

(2) 遠隔操作性の改善

段階的な規模拡大に向けた取出しアームでは、多軸マニピュレータを採用しているため手先位置・姿勢を保持したまま肘の回避運動ができる。これにより、干渉物の多い環境で障害物を避けながら作業を進めることができるが、遠隔操作の場合視野が制限されるため、障害物を回避する遠隔操作はオペレータへの負荷が高く、マニピュレータの一部を障害物に衝突させるリスクがある。そこで、マニピュレータの障害物回避を自動で行うシステムを開発し、オペレータの負荷を軽減するとともに作業の安全性及び効率の向上を図った。

操作システムには神戸大学と共同開発した軌道計画を採用した⁽⁵⁾。軌道計画は大域軌道計画と局所軌道計画という 2 種類の機能で構成される(図 15)。これらはともに、予め設定された環

境モデル(障害物モデル)に対してロボットモデル(多軸マニピュレータなど)が干渉なく目的地へ到達するための軌道(状態遷移)を計算し、実機ロボットでその軌道を再生するものである。

例として、X-6 ペネをスタート地点、ペデスタル底部をゴール地点と設定した場合、大域軌道計画によって大まかな障害物回避ルートが計算される。操作者はこのルートに沿ってロボットを移動させるが、障害物回避を行ったロボットの姿勢が局所軌道計画で逐次計算され、大域軌道計画で対応できない複雑な障害物回避が可能となる。大域と局所の二段構成とすることで、障害物回避の信頼性向上と計算時間の短縮を実現した。

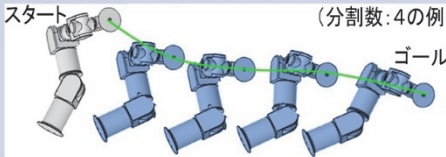
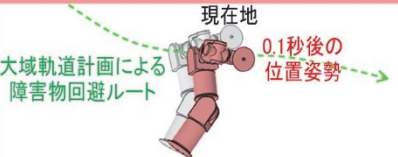
	アクセスルート自動生成システム(大域軌道計画)	逐次障害物回避システム(局所軌道計画)
概念図	 スタート (分割数:4の例) ゴール	 現在地 0.1秒後の位置姿勢 大域軌道計画による障害物回避ルート
計算内容	スタート地点からゴール地点まで分割数に応じて大まかな障害物回避ルートが計算される	障害物を回避するためのロボット姿勢が逐次計算される(0.1秒ごと)
使い方	フットペダルを踏むことによって、障害物回避ルートに沿ってロボットを移動させる(オペレータはペダル操作＝踏み込み量で速度調整のみ実施する)	・大域軌道計画の障害物回避ルートを移動中にバックグラウンド(裏側)で逐次実行される ・ゲームパッドを使ってロボットの手先を任意のポイントへ誘導する際、自動的に障害物回避姿勢が実行される(目標への到達よりも障害物回避が優先される)
従来手法に対する利点	オペレータが障害物回避ルート(障害物回避姿勢の遷移)を検討・作成していた従来手法と比べ、計算機によって短時間で障害物回避ルートが作成できる	障害物回避ルートを移動中に逐次姿勢を計算して障害物を回避させるため、複雑な障害物にも対応することができ、大域軌道計画と合わせて障害物回避の信頼性が向上する

図 15 段階的な規模拡大に向けたロボットアームの遠隔操作性改善向上策

6.2 構内輸送容器遠隔運搬台車

(1) 設備概要

構内輸送容器遠隔運搬台車は、取り出した燃料デブリを収納する遮蔽付き輸送容器(ラ・カレーネ社から市販されている輸送容器⁽⁶⁾。遮蔽厚さ 200mm, 質量 4 トン)を運搬するための装置である(図 16)。構内輸送容器遠隔運搬台車は原子炉建屋内を遠隔で走行し、燃料デブリ取出しのためのポートに対して正確に接続する必要があるため、その場での旋回や横行が可能な走行機構(全方位移動車輪)を採用している。また、遮蔽付き輸送容器を取出し用ポートに対して 0.5mm の精度で位置決めするため、機械式シリンダーを 6 軸組み合わせた位置調整機構を開発し、搭載している。その他、遠隔での前進・後退の走行量に応じて、ケーブルを自動で送り出し及び巻取りすることができるケーブルドラム機構を有するなど、高放射線環境下での遮蔽付き輸送容器の正確な運搬及び取扱いを可能とする装置である。

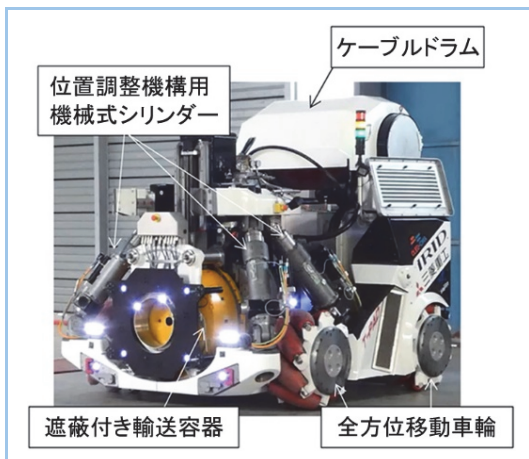


図 16 構内輸送容器遠隔運搬台車の検証機

(2) 開発状況及び今後の展開

構内輸送容器遠隔運搬台車の検証機を製作し、燃料デブリ取出し用ポートへの遠隔による接続(図 17)、切離し、原子炉建屋内を模擬した環境での走行を行い、一連の作業が可能であることを工場試験により検証した。また、高放射線かつ様々な悪条件(床面の凹凸、濡れなど)での対応や、装置の故障時の対応手順など、過酷な環境下での運用を想定した各種検証試験も実施した。

さらに、東電 HD のオペレーション担当者に検証機の操作を体験いただき、実機製作に向けたオペレーション目線の要望事項を取り込み、周辺障害物に対する衝突防止など装置の更なる高度化検討を行っている。

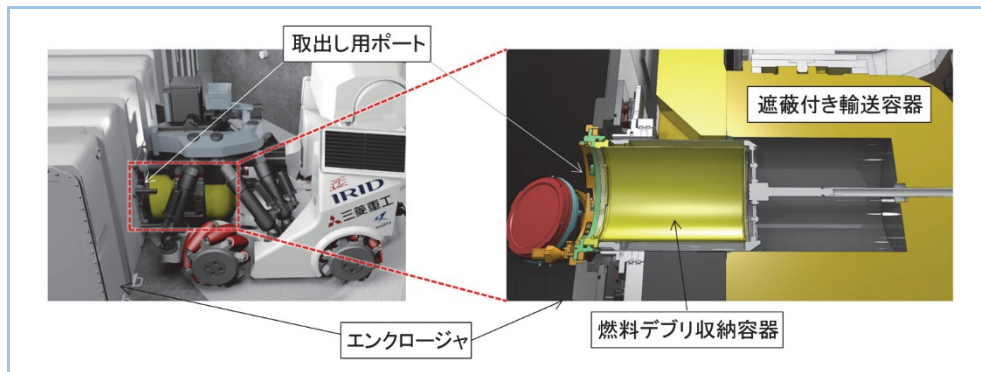


図 17 取出し用ポートと燃料デブリ収納容器の接続状態

7. まとめ

当社は福島第一原子力発電所の早期安定化を日本及び原子力事業の重要課題と認識し、国内外他社との連携により多様な支援を行ってきた。早期安定化に向けた燃料デブリの取出しは、今後規模を拡大しながら本格化する。これまで人類が経験したことのない未知なる領域で、難易度の高い作業が予想されるが、今後も当社は技術開発を積極的に進めていく所存である。

本内容の一部は、経済産業省 廃炉・汚染水対策事業補助金により、技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID:International Research Institute for Nuclear Decommissioning)の組合員として、当社が開発して得られた成果です。

参考文献

- (1) 藤本博之ほか、福島第一原子力発電所の早期収束安定化、三菱重工技報 Vol.57 No.4(2020)
- (2) 東京電力ホールディングス(株)廃炉中長期実行プラン 2024
<https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning/committee/osensuitaisakuteam/2024/03/03/4-2-1.pdf>
- (3) 東京電力ホールディングス(株)、廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議(第 53 回)資料(2018.4.26)
- (4) 東京電力ホールディングス(株)、廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合/事務局会議(第 84 回)資料(2020.11.26)
- (5) Tatsuya H. et al., Experimental Evaluation of Manipulator Teleoperation System Based on Trajectory Planning for Obstacle Removal Task in Nuclear Plant Decommissioning, JRM Vol.36 No.1 (2024) pp.49~62
- (6) LaCalhene, PADIRAC A robust, safe transfer and transport solution
<https://www.lacalhene.com/siteassets/start/products/padirac/lacalhene-padirac-en-2021.pdf>