

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

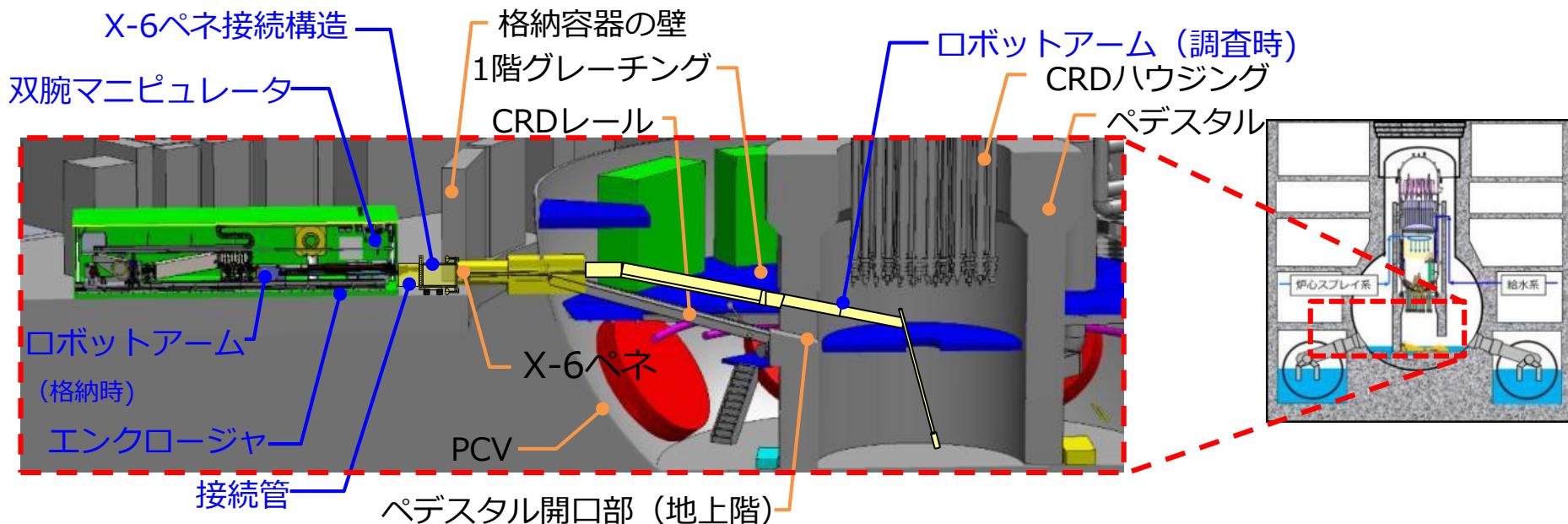
2023年12月21日



技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV内部調査及び試験的取り出しの計画概要

- 2号機においては、PCV内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、作業上の安全対策及び汚染拡大防止を目的として、今回使用する格納容器貫通孔（以下、X-6ペネ）に下記設備を設置する計画
 - X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）
 - PCV内側と外側を隔離する機能を持つX-6ペネ接続構造
 - 遮へい機能を持つ接続管
 - ロボットアームを内蔵する金属製の箱（以下、エンクロージャ）
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内に進入させ、PCV内障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

性能確認試験項目

- ・ 檜葉モックアップ施設を用いて、現場を模擬したモックアップ試験を実施中
- ・ 手動運転にて周辺構造物に接触することなくペデスター底部までアクセスできること及び障害物の切断・除去が可能なことが確認できたため、現在、遠隔自動運転でのX-6ペネ通過/ペデスター底部へのアクセス試験について、最終の4ステップ目を実施中
- ・ 現地ではアームによる狭隘部へのアクセスを繰り返し行う必要があり、現場適用に向けた位置精度やハンド/ソフトの連係等の向上の観点で、引き続き、接触リスクの低減を図るべく制御プログラムを改善、最適化し、その他試験も並行し進めていく
- ・ また、ロボットアームの開発に加えて、実作業を模擬した手順、オペレータの操作性、装置の信頼性を踏まえて、実際の現場適用性について確認していく

性能確認試験項目

今回報告

試験分類	試験項目	檜葉
ロボットアーム関連	X-6ペネの通過性	実施中
	AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去	完了（作業効率化検討中）
	各種動作確認（たわみ測定等）	完了
	PCV内部へのアクセス性 ・ペデスター上部へのアクセス ・ペデスター下部へのアクセス	実施中
	PCV内部障害物の撤去 ・X-6ペネ通過後のPCV内障害物の切断	完了（作業効率化検討中）
	センサ・ツールとアームの接続	完了
双腕マニピュレータ関連	外部ケーブルのアームへの取付/取外し	完了
	センサ・ツールの搬入出	完了
	アーム固定治具の取外し	完了
	アームカメラ/照明の交換	完了
	エンクロージャのカメラの位置変更	完了
	アームの強制引き抜き	今後実施
	ワンスルー試験 (アーム+双腕マニピュレータ)	今後実施
アームと双腕マニピュレータを組合せ、調査に必要な一連の作業を試験で検証 ・ペデスター上部調査 ・ペデスター下部調査		

3 – 1. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

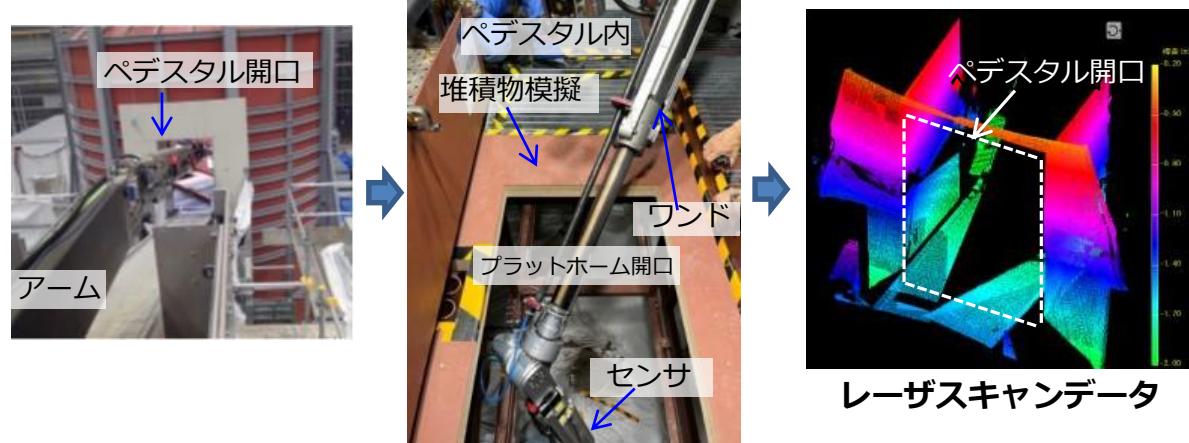
【ペデスタルアクセス試験】

- アームの機能/適用性を見極めるため、重要かつ技術的ハードルが高い、「プラットホーム開口（狭隘部）を通過しペデスタル底部へのアームのアクセス」に着目した試験を実施中
- 作業員補助でのペデスタル底部までのアームアクセスが可能なこと、その過程にてT&RF※の作成完了及びレーザスキャンデータ取得が完了。さらにVRシステムへの当該取得データの反映が完了、現在、最終ステップ④実施中

<試験概略フロー>

ステップ①

- ペデスタル底部までのアームアクセス（作業員補助）
- T&RF※の作成 **【完了】**



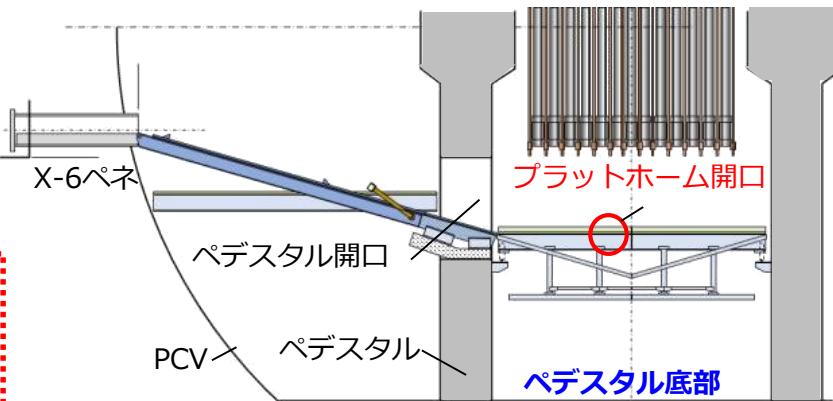
ステップ②

- アームにレーザスキナを搭載し、アーム周辺の障害物の位置・形状データ（点群データ）取得 **【完了】**

ステップ① ペデスタル底部までのアームのアクセス状況 ステップ② 点群データの取得

ステップ③

- アームVRシステムへの点群データの反映 **【完了】**



ステップ④

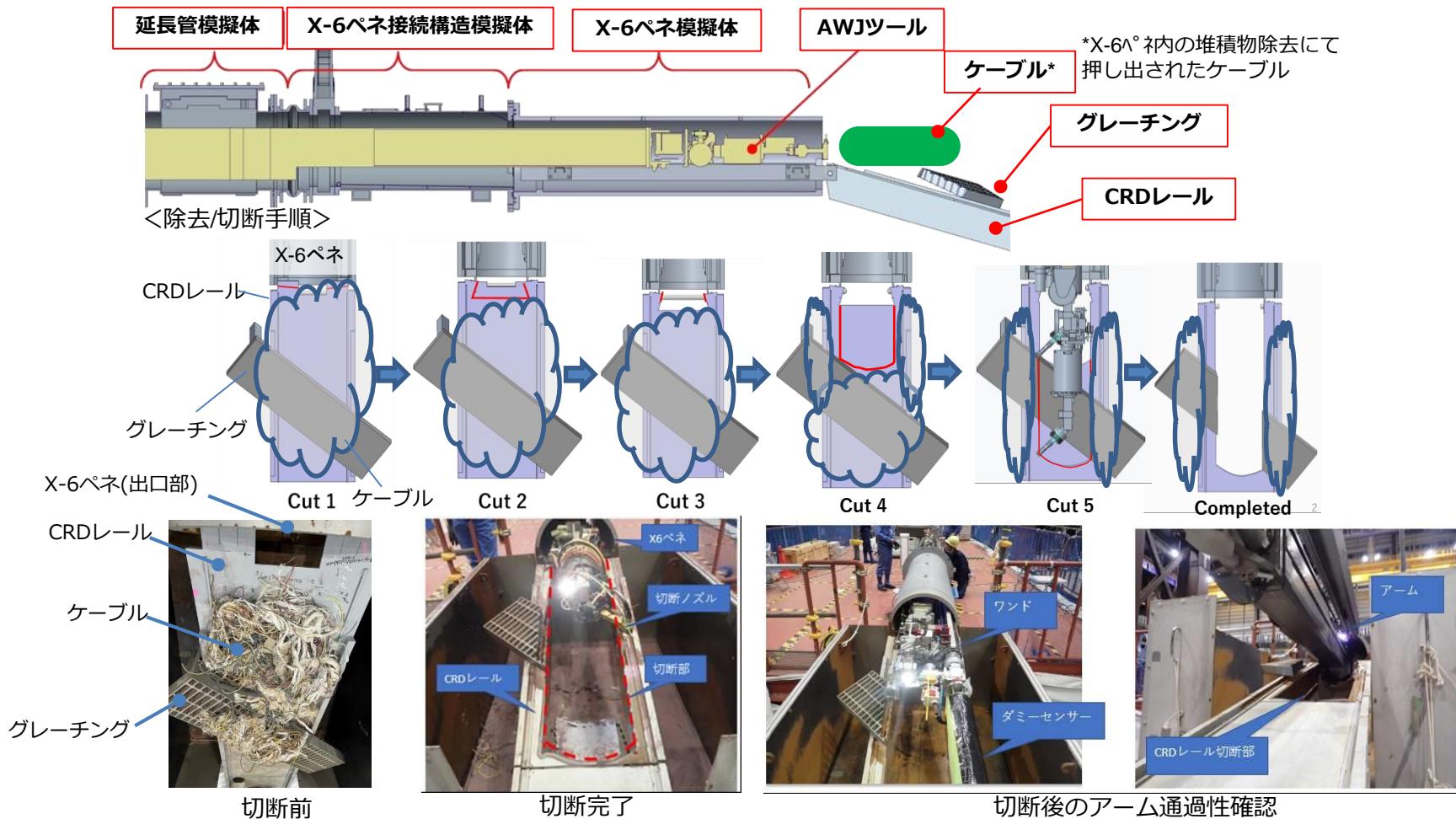
- T&RF※及びVRとカメラによる底部へのアクセス
 - VR精度の把握
 - カメラ視認性の確認

【実施中】

ステップ③④ 点群データ反映、遠隔アクセス状況

【AWJによるX-6ペネ出口の障害物撤去試験】

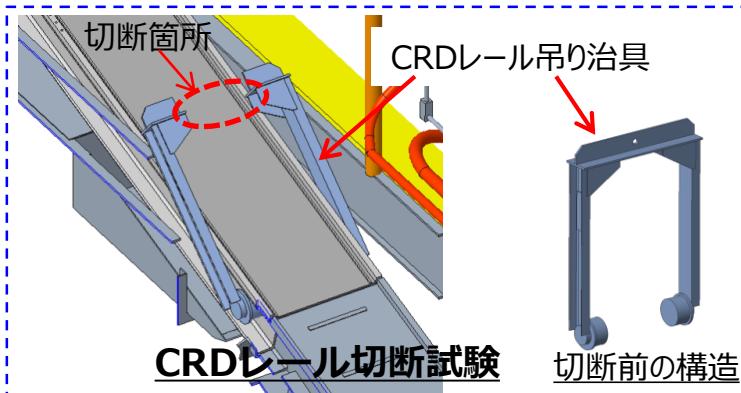
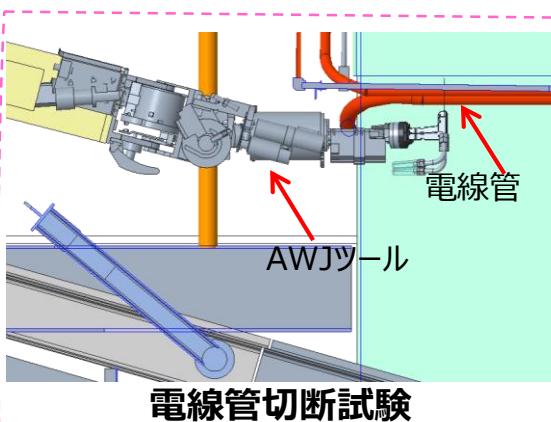
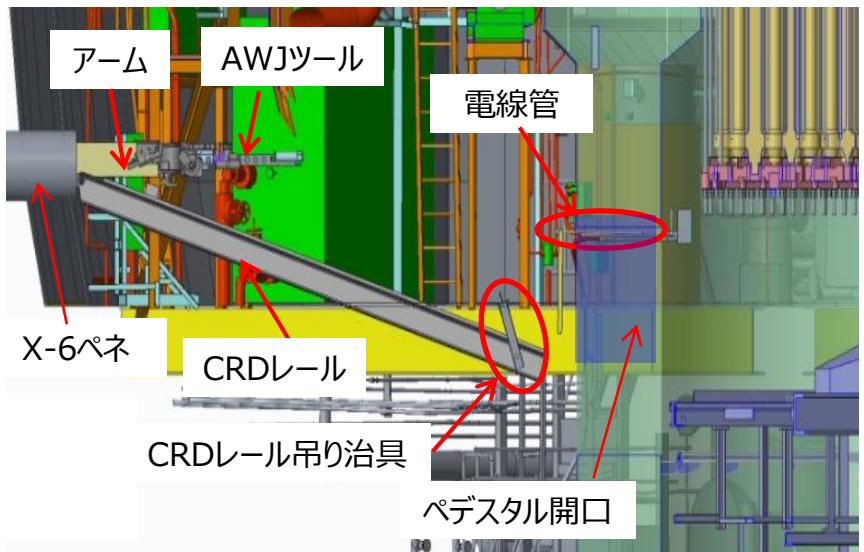
- アーム通過の障害物となるCRDレール、グレーチング、ケーブルの除去/切断を実施
- X-6ペネ出口の障害物をAWJで除去可能なこと及び除去後アームが通過可能なことを確認
- なお、CRDレール上のケーブル、堆積物の残置状態に応じたAWJノズルの角度、位置調整等に時間を要するため、作業効率化（作業時間短縮）についても継続検討中



参考. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

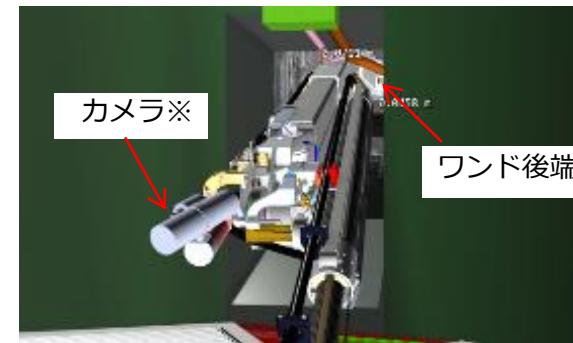
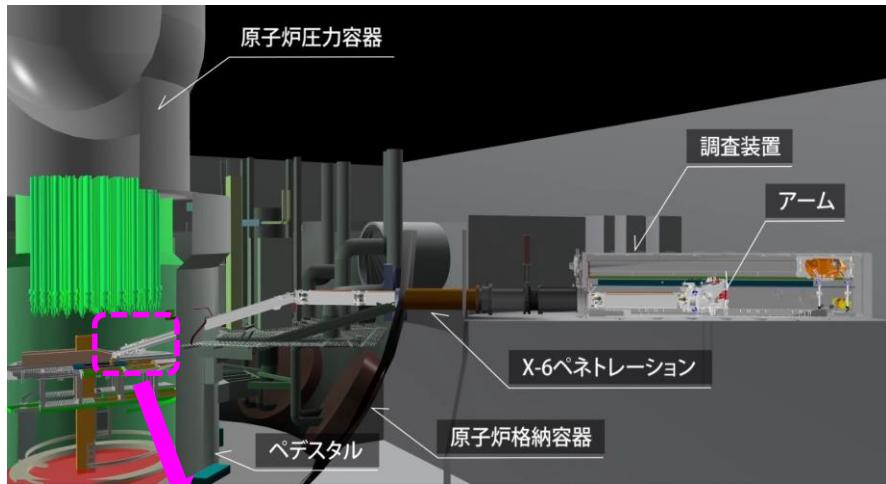
【PCV試験内障害物除去試験】

- AWJツールをアームに搭載し、アーム通過の障害物となるCRDレール吊り治具、ペデスタル開口部の電線管の切断試験を実施
- アーム先端に搭載したカメラによる視認にてCRDレール吊り具、電線管とも、計画通り切断できることを確認
- なお、CRDレール同様AWJノズルの角度、位置調整等に時間要するため、今後、作業効率化（作業時間短縮）についても継続検討中



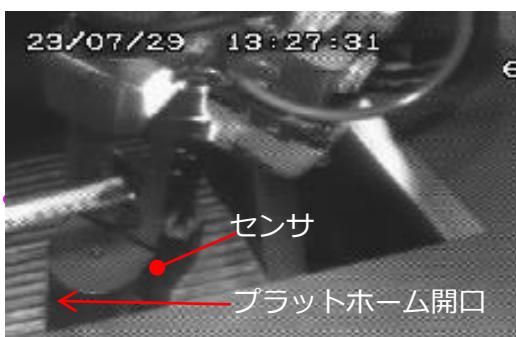
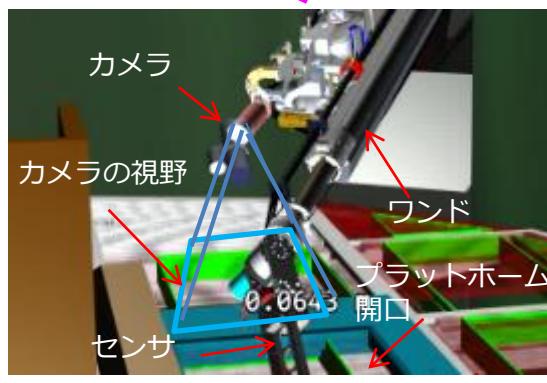
【カメラ視認性の確認】

- ペデスタルアクセス試験はVR及びT & RF機能による遠隔自動運転をベースに実施予定だが、特にアームの進行方向及び後方(ワンド後端)のカメラによる視認性について確認
- VR精度評価結果も踏まえ、特にプラットホーム開口通過時のワンド後端の視認性改善を目的に後方確認用カメラの追設を検討中

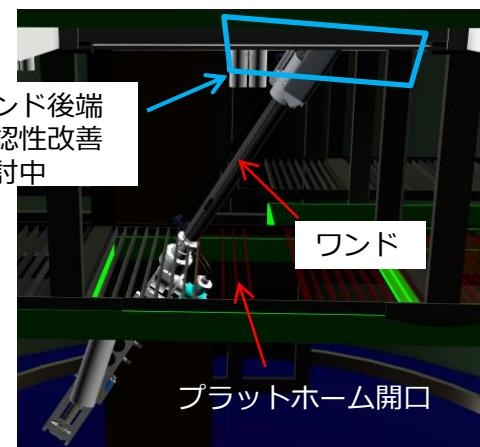


アームの後方（ワンド後端）

※カメラ①を後ろ向きに反転し、ワンド動作時に後端部と周辺構造物が干渉しないようカメラにて隙間を確認。



カメラの画像（視認性は問題無し）



アーム先端をプラットホーム開口部に進入させた状態

4 – 1. 現場作業の進捗状況

- ・ X-6ペネ内堆積物除去作業は、PCVバウンダリとなる隔離部屋の中に堆積物除去装置を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう安全かつ慎重に作業を進める
- ・ これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する

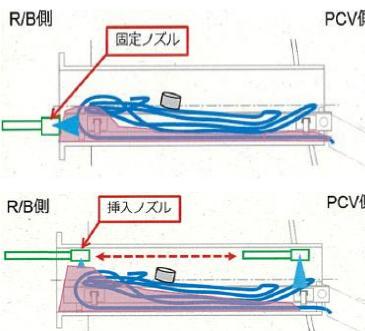
赤枠内：現在の状況
X-6ペネ内堆積物除去作業準備 実施中



堆積物除去装置
(低圧水) 設置



スプレイ治具設置
※X-53ペネに接続



堆積物除去（低圧水）
※遠隔作業

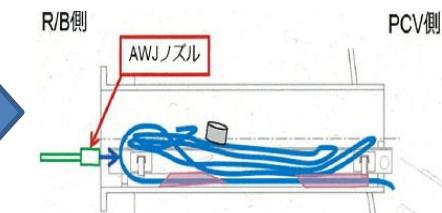
ドーザツールによる堆積物の押し込み、
低圧水の噴射による堆積物の除去



堆積物除去装置
(低圧水) 撤去



堆積物除去装置
(高圧水、AWJ) 設置



堆積物除去装置
(高圧水、AWJ)

※遠隔作業
ドーザツールによる堆積物の押し込み、
高圧水・AWJの噴射による堆積物の除去



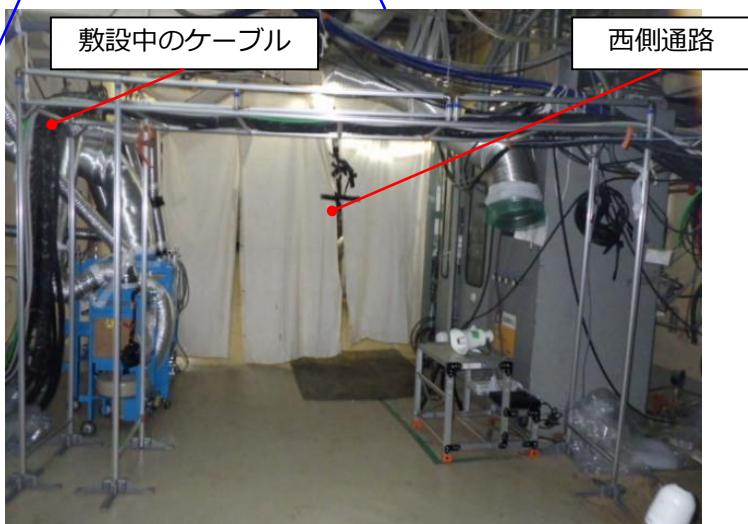
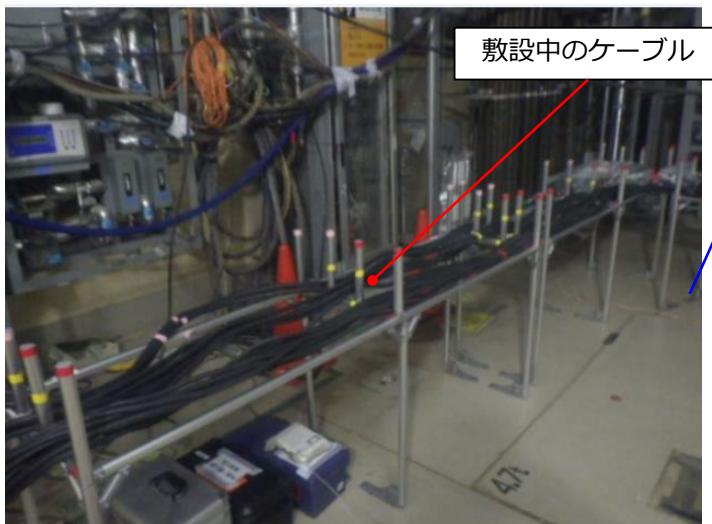
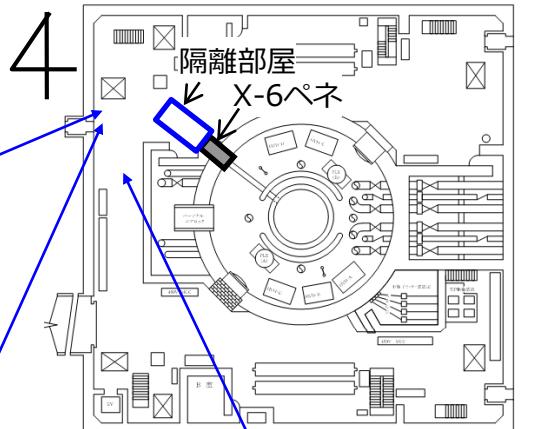
堆積物除去装置
(高圧水、AWJ) 撤去

次工程へ
X-6ペネ接続構造設置

※写真はモックアップ時の状況

4-2. 現場作業の進捗状況 (X-6ペネ内堆積物除去)

- ・ X-6ペネ内堆積物除去装置の設置に向けて、原子炉建屋 1 階にケーブル等の敷設を実施。
- ・ 現場設置の事前確認として、1F構内で堆積物除去装置（低圧水）及びスプレイ治具の動作確認等を実施。



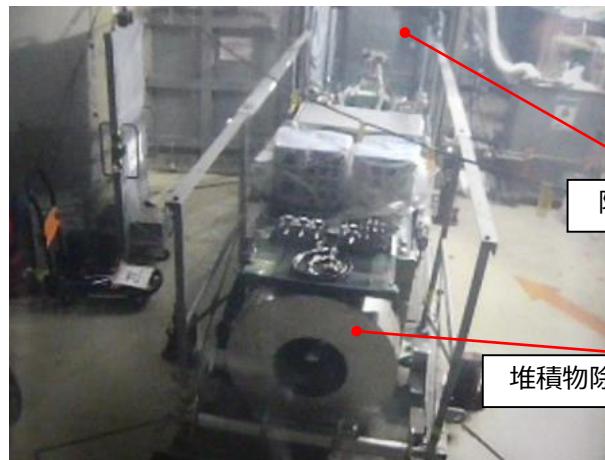
ケーブル敷設状況 (原子炉建屋 1 階北西エリア)

4 – 3. 現場作業の進捗状況 (X-6ペネ内堆積物除去)

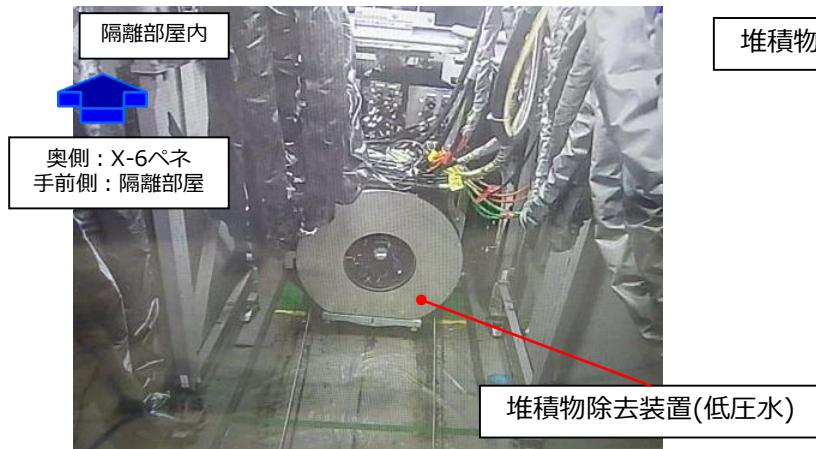
- 堆積物除去装置（低圧水）の原子炉建屋内及び隔離部屋内への搬入、ケーブル等の接続が完了
- X-6ペネフランジへの接続（把持）を行い、フランジシール部の加圧確認を実施し問題がないことを確認
- 引き続き、スプレイ治具の設置作業を実施中



堆積物除去装置運搬状況

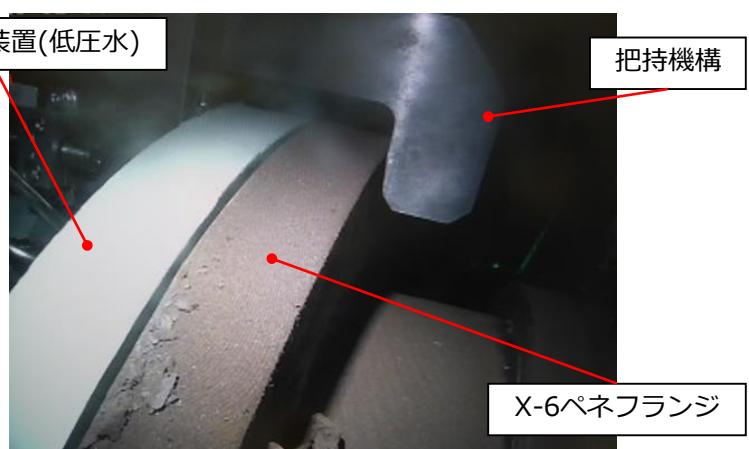


堆積物除去装置（低圧水）隔離部屋に搬入



堆積物除去装置（低圧水）を
X-6ペネフランジに接続中

※装置後方から撮影



X-6ペネフランジに接続（把持）

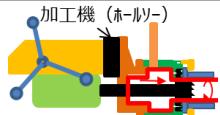
5. 工程

- ロボットアームについて、2022年2月より実施している現場を模擬した楓葉モックアップ試験を通じて把握した情報と、事前シミュレーション結果との差異を補正することで、燃料デブリ取り出し時の接触リスクを低減するべく、現在、制御プログラム修正等の改良に取り組んでいるところ。試験状況から、ロボットアームによるアクセスルートの構築に時間を要する可能性を確認したことから、現場適用に向けて作業効率化やVR精度等の課題解決を図り、安全性と確実性を高めるため、アクセスルート構築等の試験を進めている。
- また、2023年11月にX-6ペネフランジ面の清掃が完了。堆積物除去装置及びスプレイ治具の設置を実施し、1月初旬から堆積物除去作業を開始予定。ハッチボルトの固着やフランジ面の付着物の除去に時間を見たことを踏まえ、X-6ペネ内の堆積物除去に向けて、安全かつ着実に作業を進める。
- 他方、ハッチ開放準備作業において確認されたボルトの固着状況等を踏まえ、X-6ペネ内の堆積物が完全に除去できない場合でも燃料デブリの取り出し可能な手法を検討中。過去の調査で用いた実績があり、ペデスタル底部へのアクセス性が確認できているテレスコ式の装置について、ロボットアームでの内部調査・試験的取り出しを補完する手法として並行して検討を進めている。
- X-6ペネ内堆積物除去作業の実施状況及びロボットアームの試験状況を踏まえ、安全かつ慎重に試験的取り出しを進めるべく、工程について精査していく。

	～2021年度	2022年度	2023年度
ロボットアーム・エンクロージャ装置開発	性能確認試験・モックアップ・訓練（国内）		▽12月現在
・スプレイ治具取付作業 ・隔離部屋設置	X-53ペネ孔径拡大作業 ↓	隔離部屋設置	スプレイ治具取付け ↓
・X-6ペネハッチ開放		↓	
・X-6ペネ内の堆積物除去 ・試験的取り出し装置設置			↓ ↓
試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取)			↓

試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の主なステップ

0. 事前準備作業



- 事前にスプレイ治具取付事前作業(X-53ペネ孔径拡大)を実施

1. 隔離部屋設置



- ハッチ開放にあたり事前に隔離部屋を設置

2. X-6ペネハッチ開放

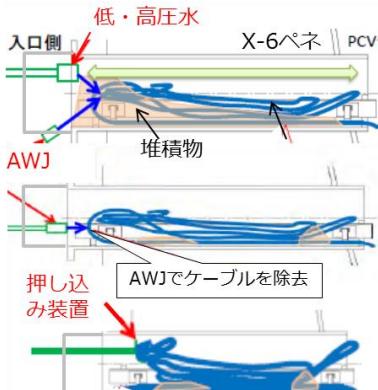
ハッチ開放装置



- ハッチ開放装置によりハッチを開放

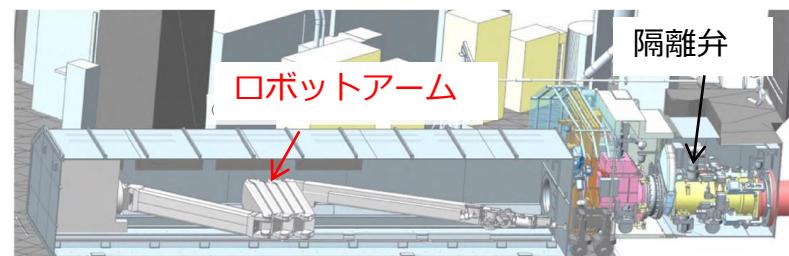
3. X-6ペネ内堆積物除去

X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



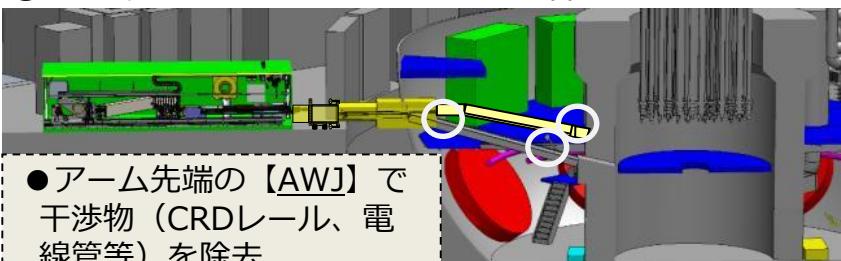
- 【低・高圧水】で堆積物の押し込み
- 【AWJ】でケーブル除去
- 【押し込み装置】でケーブルを押し込み

4. ロボットアーム設置



5. 試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）

①ロボットアームによるPCV内部調査



- アーム先端の【AWJ】で干渉物(CRDレール、電線管等)を除去

②ロボットアームによるデブリ採取

燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型> <真空容器型>

(注記)

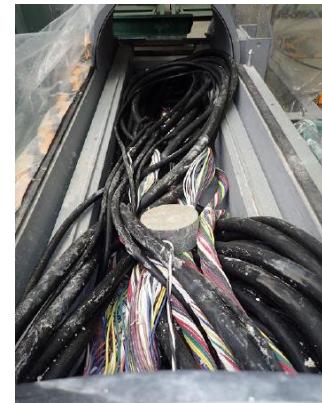
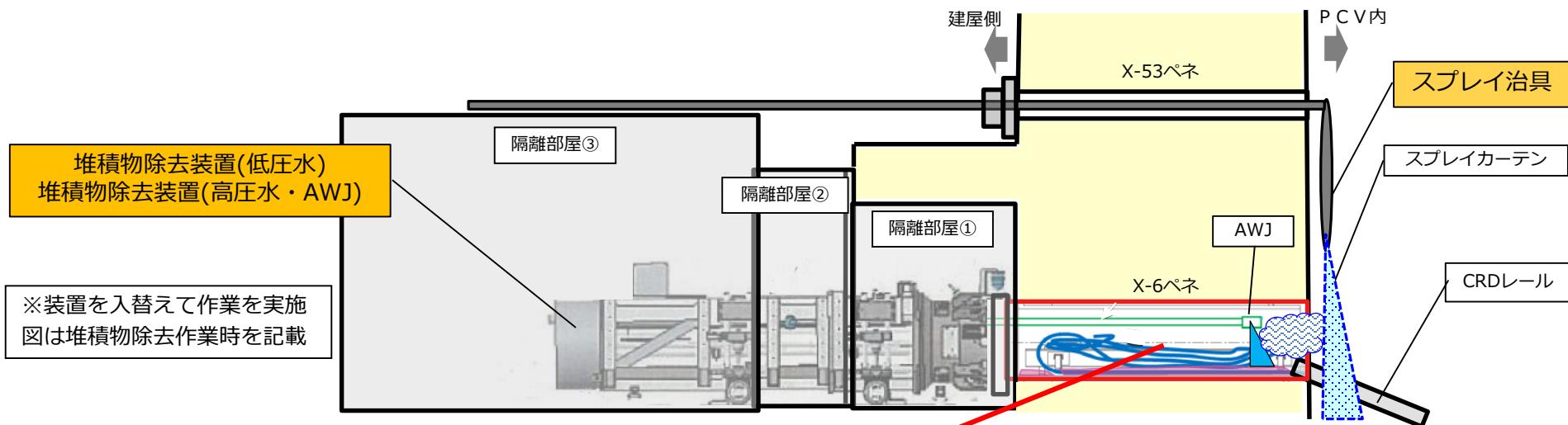
- ・隔壁弁：PCV内/外を仕切るために設置した弁
- ・AWJ（アプレシブウォータージェット）：高圧水に研磨材（アプレシブ）を混合し、切削性を向上させた加工機

認可済

参考. 堆積物除去作業の概要

試験的取り出し作業用のアクセスルートを構築するため、準備工事として以下の項目を実施予定。

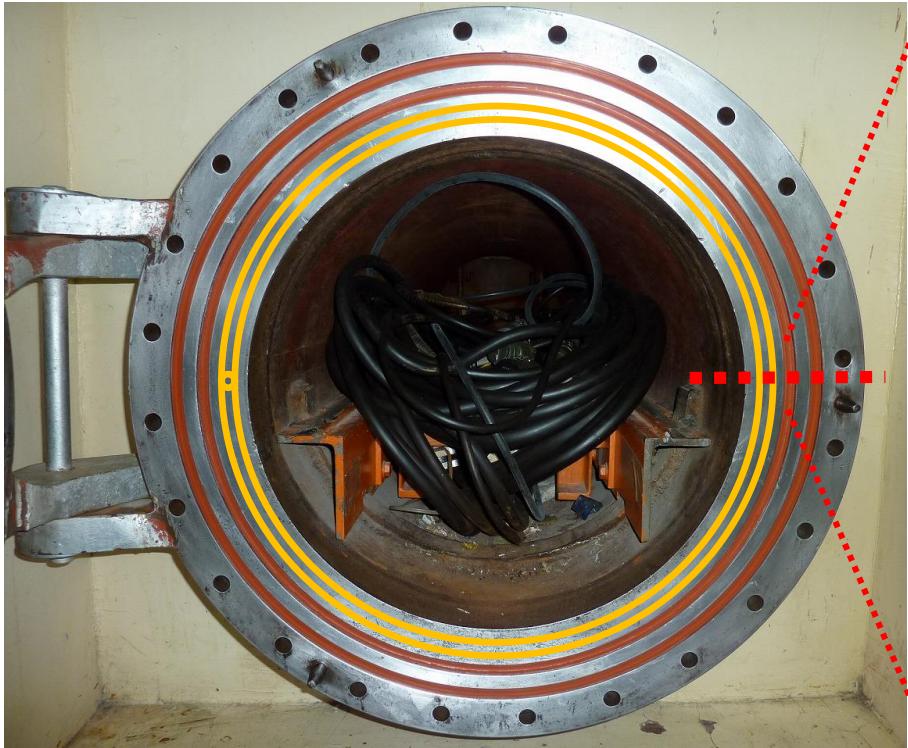
- スプレイ治具によるPCV内のダスト飛散抑制
- 堆積物除去装置（低圧水・ドーザツール）を用いてX-6ペネ内の堆積物を除去
- 堆積物除去装置（高圧水・AWJ・ドーザツール）を用いてX-6ペネ内の堆積物を除去



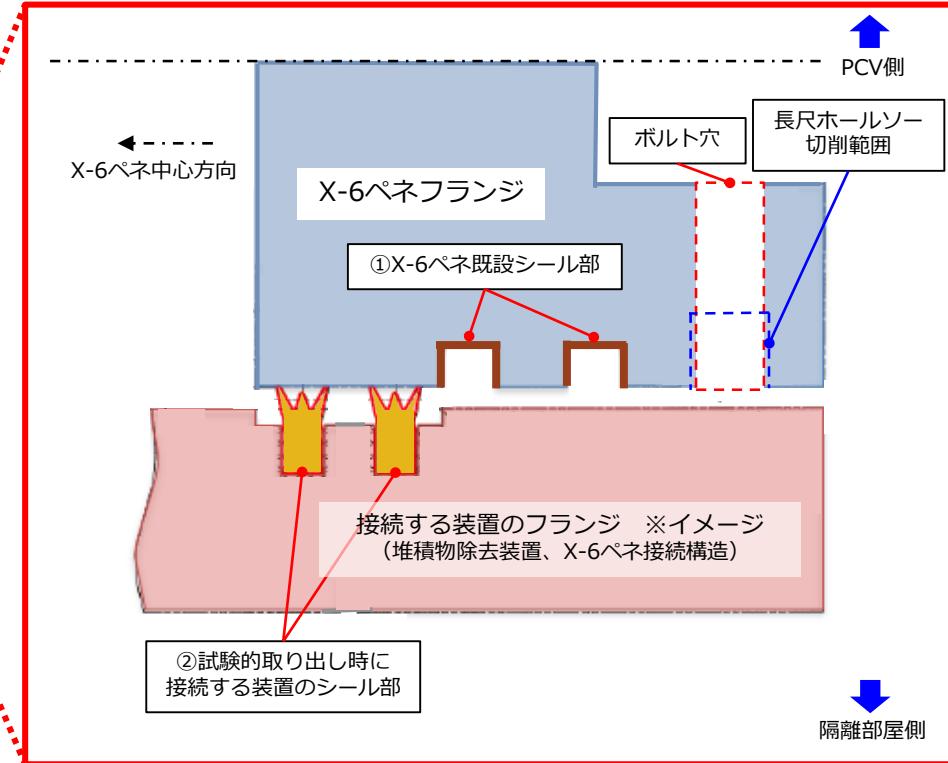
X-6ペネ内の状態(模擬)

参考. X-6ペネに接続する装置のシール部

- ・ハッチ開放後のフランジ面に堆積物除去装置、X6ペネ接続構造を接続



震災前のX-6ペネハッチ（開放時）



X-6ペネ接続時のシール位置（上から見た図）

- : ①X-6ペネ既設シール部
- : ②試験的取り出し時に接続する装置のシール部
※堆積物除去装置、X-6ペネ接続構造