

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

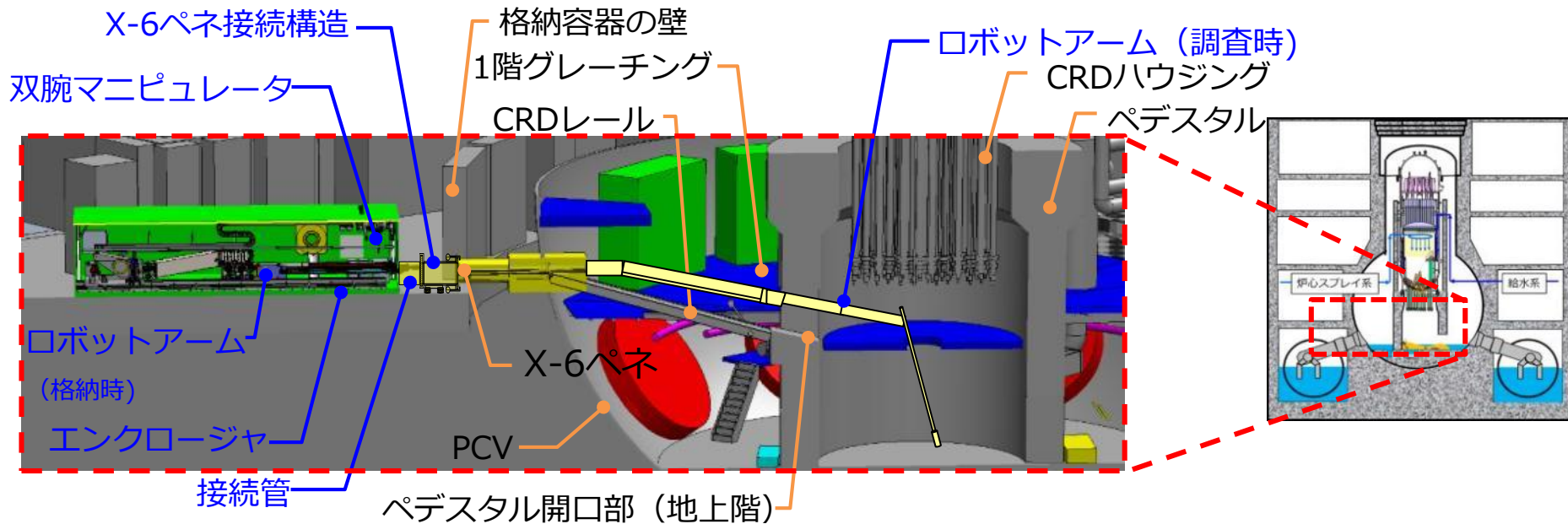
2024年4月25日

IRID **TEPCO**

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
 - テレスコ式装置、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いくつか、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

2-1. 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

- ・ 楢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
- ・ 現在、エンクロージャ内へアームの組み込み後のワンスルー試験、センサ/ツール外部ケーブルのアームへの取付を実施中。現地ではアームによる狭隘部へのアクセスを繰り返すため、ワンスルー試験以降も現場適用に向けた位置精度やハード/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最適化していく
- ・ また、ロボットアームの試験に加えて、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開発を進めていく

性能確認試験項目

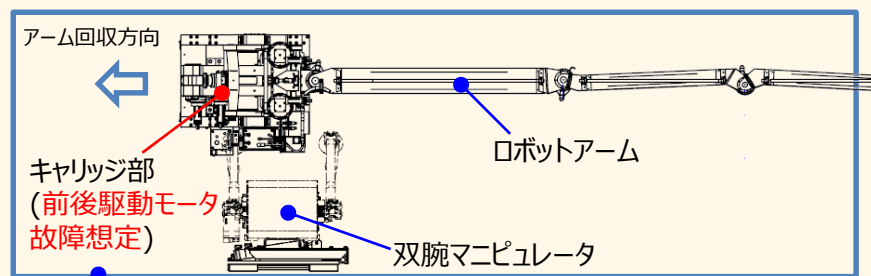
 今回報告

| 試験分類 | 試験項目 | 楢葉 |
|----------------------------|--|--------------|
| ロボットアーム関連 | X-6ペネの通過性 | 完了 |
| | 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DESTAL上部へのアクセス ・ペDESTAL下部へのアクセス | 完了 |
| | 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） |
| 双腕マニピュレータ関連 | センサ・ツールとアームの接続 | 完了 |
| | 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 | 完了 |
| ワンスルー試験 (アーム+双腕マニピュレータ) | センサ/外部ケーブルのアームへの取付、ツール/外部ケーブルのアームへの取付 | 実施中 |
| | アクセスルート構築（AWJツール搭載し、障害物撤去） | |
| | ペDESTAL上部調査（センサ、ワンド搭載） | 今後実施 |
| | ペDESTAL下部調査（センサ、ワンド搭載） | |

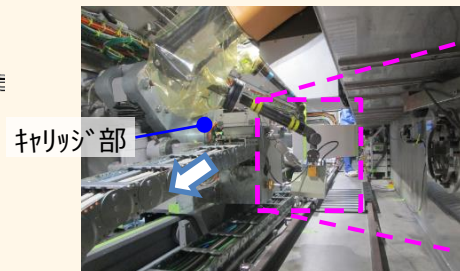
2-2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 アームの強制引き抜き

- 内部調査中のアームの駆動部(モータ)の故障を想定し、アームの強制引き抜き(非常時回収)試験を実施

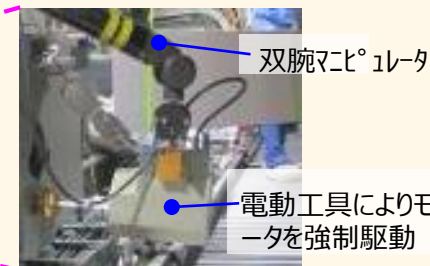
キャリッジ部(前後駆動モータ)故障を想定した非常時回収試験



<上から見た図>



キャリッジ部



双腕マニピュレータ

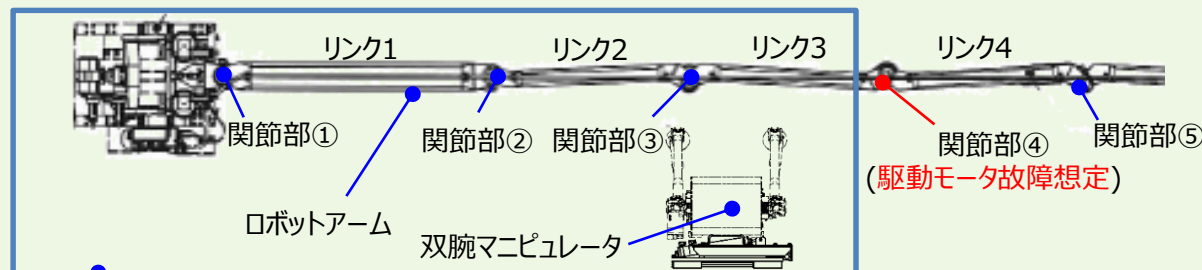
電動工具によりモータを強制駆動

キャリッジ部側面

インクロージャ

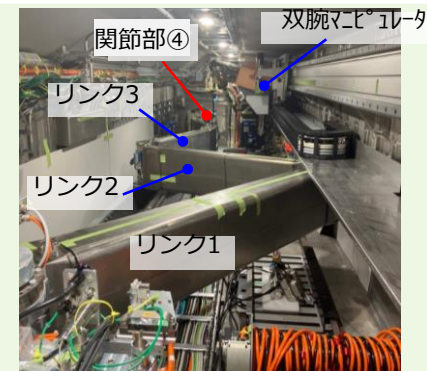
- 双腕マニピュレータにより電動工具を使用して故障モータを強制駆動し、キャリッジ部を後退させてアームを回収
- インクロージャ内へのアーム回収が可能な見込みが得られたことを確認

リンク部(関節部④軸駆動モータ)故障を想定した非常時回収試験



<上から見た図>

インクロージャ



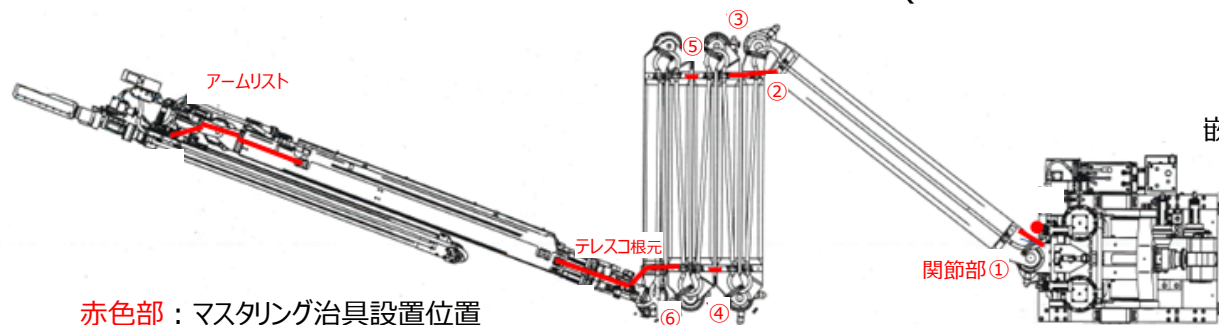
回収状況 (リンク折りたたみ途中)

- 関節部④のクラッチを遠隔操作で解除し、関節部④以外の健全な軸の遠隔操作及び双腕マニピュレータによるリンク部の引き込み(折りたたみ)により、インクロージャ内へのアーム回収が可能な見込みが得られたことを確認

2-3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況

アームのマスタリング治具の改良

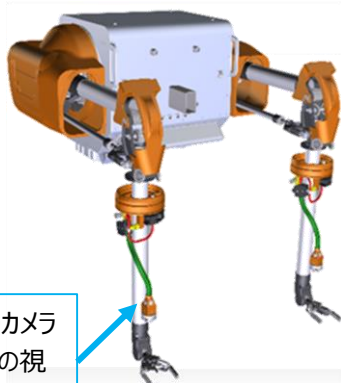
- 現地作業時に、アームの位置ズレ(ソフトウェア上の値と実際のアーム位置のズレ)有無の確認やアームの位置の微修正作業(マスタリング作業)を計画している。マスタリング作業は、双腕マニピュレータによりマスタリング治具をアームの所定の位置に取り付け、アーム収納状態を確認する作業である。(ズレがある場合は正規の位置に修正)



アーム側に突起があり、マスタリング治具の穴との嵌合で位置決めを確認する。

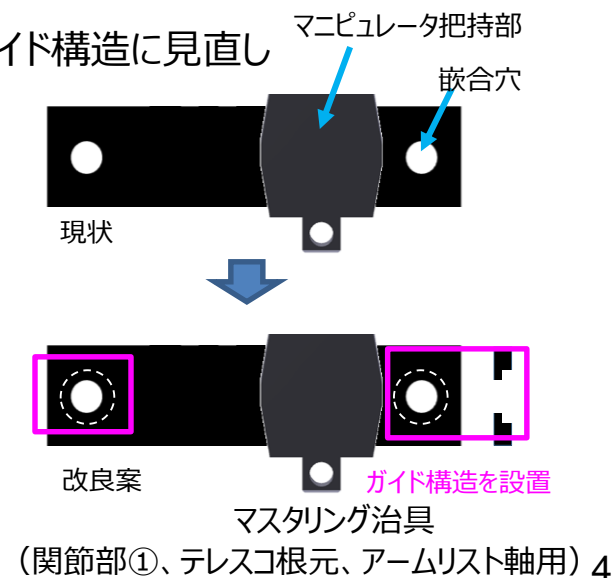
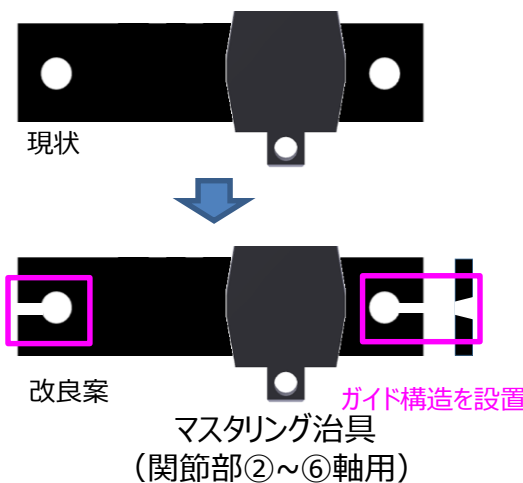
- アームをエンクロージャに組込後、双腕マニピュレータによるマスタリング作業性の検証試験を実施し、視認性の改善と治具の改良が必要であることが判明。

- 視認性改善：双腕マニピュレータの腕のカメラを変更し、視認性を改善
- 治具改良：マスタリング治具が嵌り易くするために嵌合穴の形状をガイド構造に見直し



既存カメラを別仕様のカメラに変更(マスタリング時の視認性を向上)

双腕マニピュレータ



3. テレスコ式試験的取り出し装置のモックアップ状況 (1 / 2)

- 2号機試験的取り出しに向けて、現在工場にてモックアップによる機能検証中。



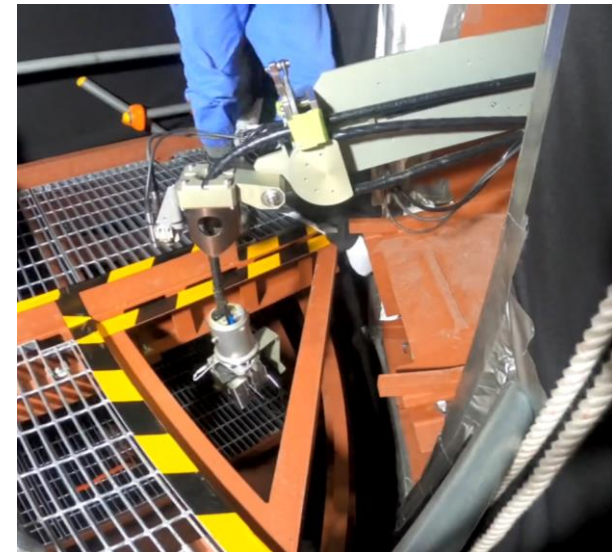
テレスコ式試験的取り出し装置 (装置を上方から撮影)



ガイドパイプの挿入



ペDESTル開口部への
装置挿入



グレーチング開口部からの
先端治具吊り下ろし

3. テレスコ式試験的取り出し装置のモックアップ状況（2 / 2）

- 重量・寸法を模擬したインクロージャを用い、工場にて据付手順検証中。



②：西側通路の通過

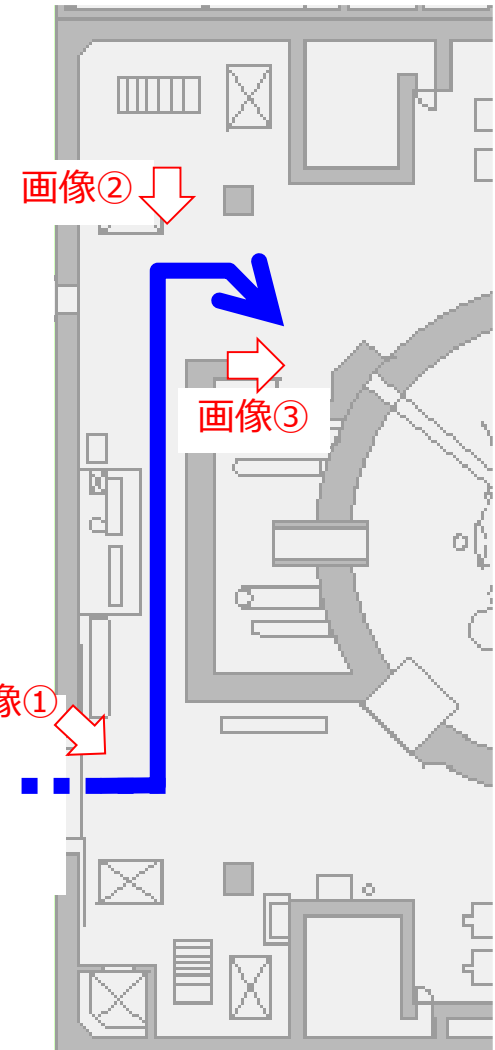


③：接続管との接続



①：南西エリアでの旋回

→：搬入ルート



4 - 1 . 現場作業の進捗状況

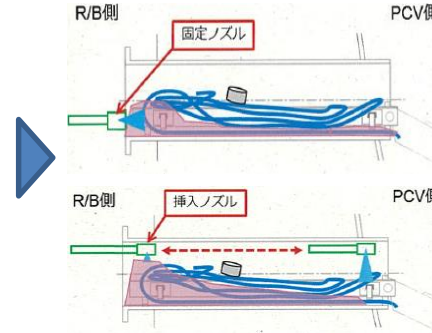
- X-6ペネ内堆積物除去作業は、PCVバウンダリとなる隔離部屋の中に堆積物除去装置を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう安全かつ慎重に作業を進める
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する



堆積物除去装置
(低圧水) 設置



スプレー治具設置
※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

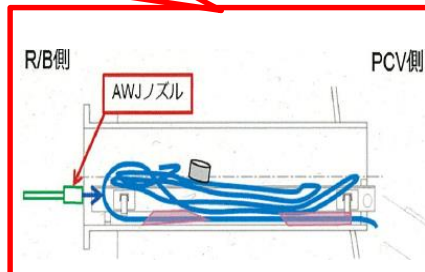


堆積物除去装置
(低圧水) 撤去

赤枠内：現在の状況
X-6ペネ内堆積物除去作業 (高圧水・AWJ) 実施中



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

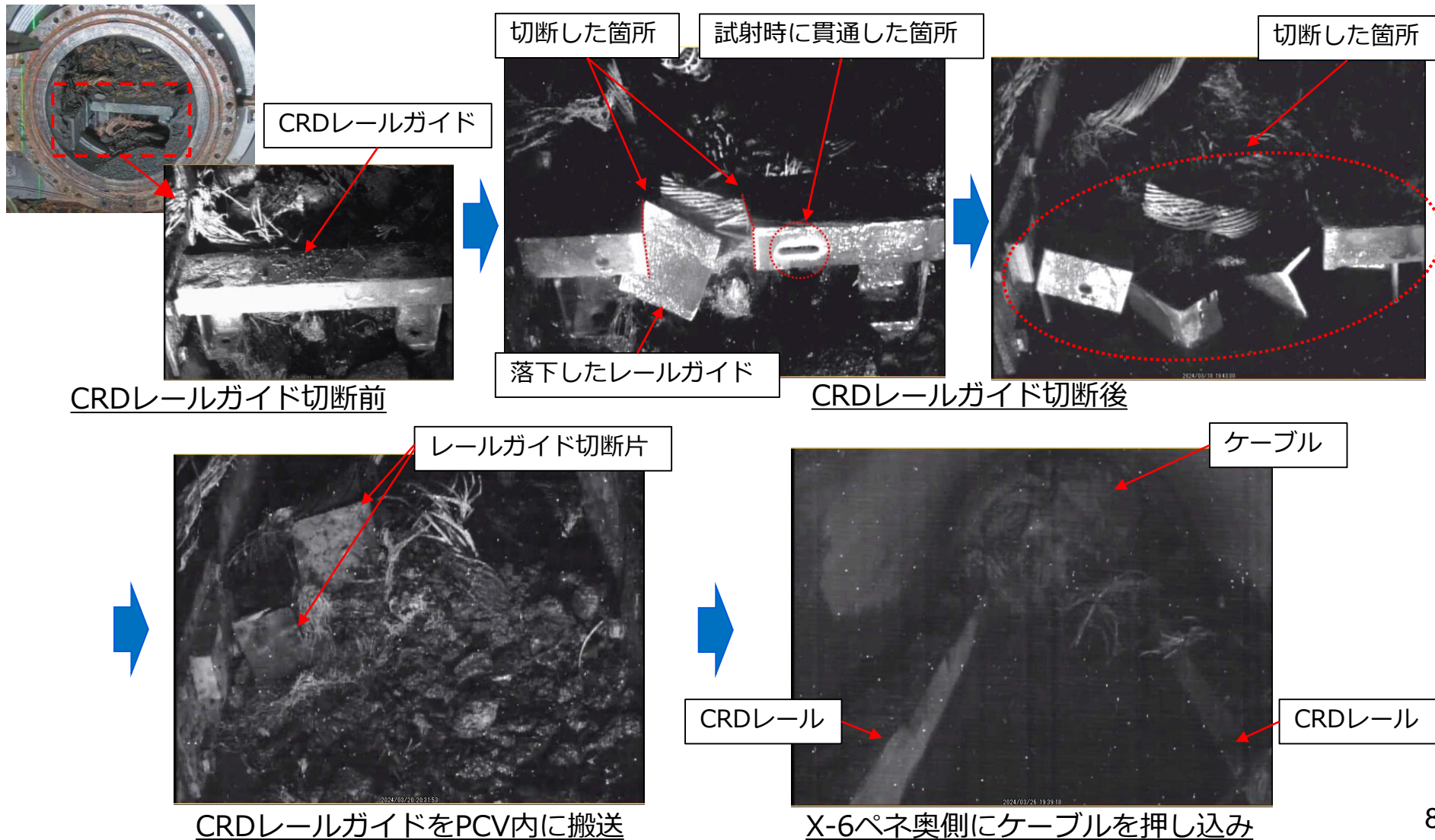


堆積物除去装置
(高圧水、AWJ) 撤去

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

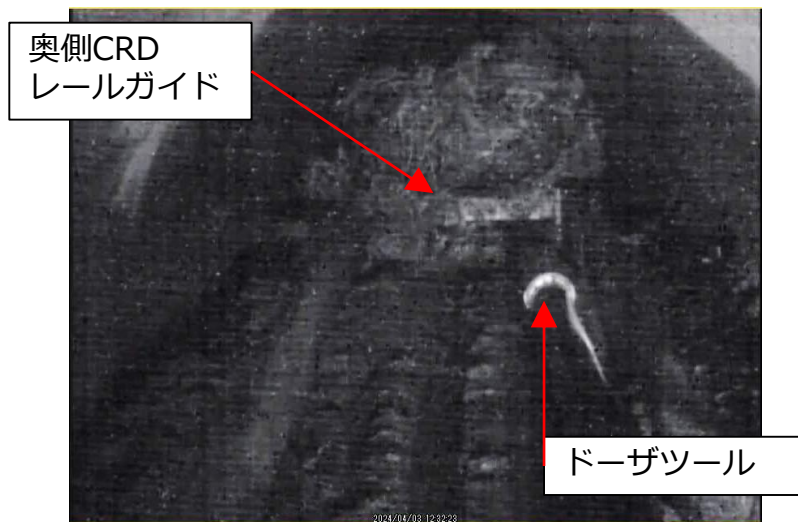
- 3/18よりAWJ施工を開始し、X-6ペネ手前側のCRDレールガイドの除去を実施。3/22よりX-6ペネ奥側へケーブルの押し込み及び押し込んだケーブルのAWJ切断を実施。その後、X-6ペネ奥側のCRDレールガイドの除去を実施。



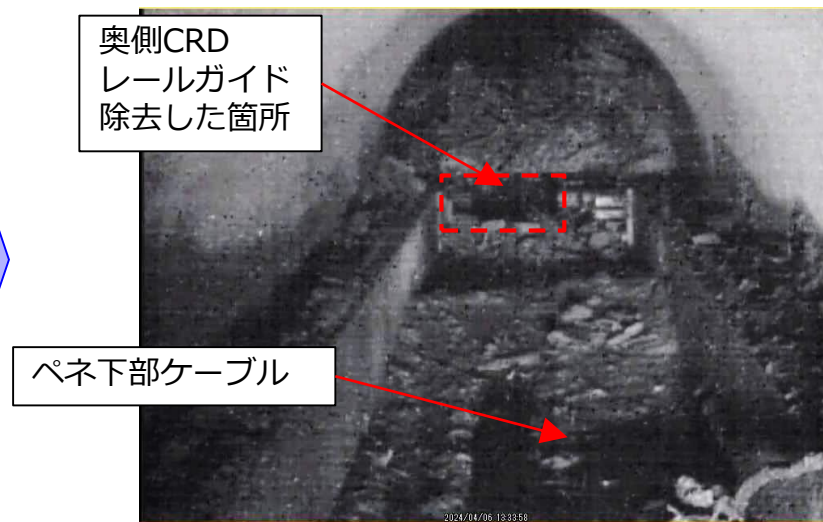
4-2. 現場作業の進捗状況

(X-6ペネ内堆積物除去 (高圧水・AWJ) : AWJ施工)

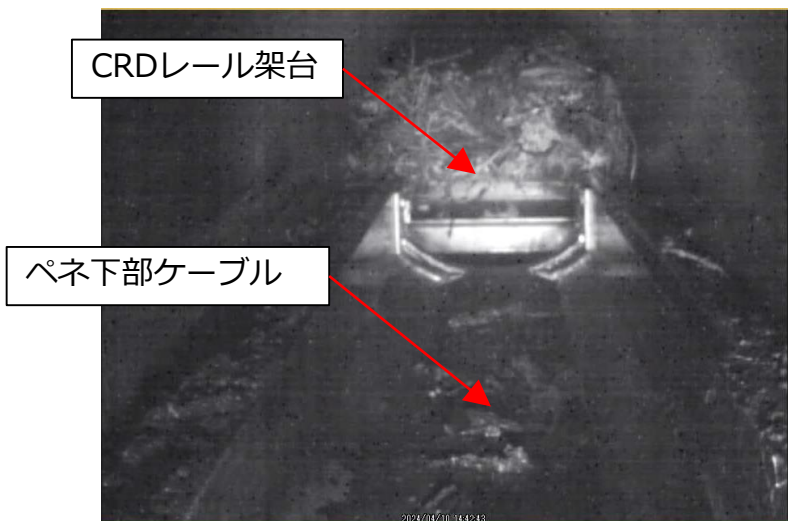
- AWJ施工により、X-6ペネ奥側のCRDレールガイド及びX-6ペネ外側 (PCV側) のCRDレール架台固定ピン、ペネ下部ケーブルの除去を実施



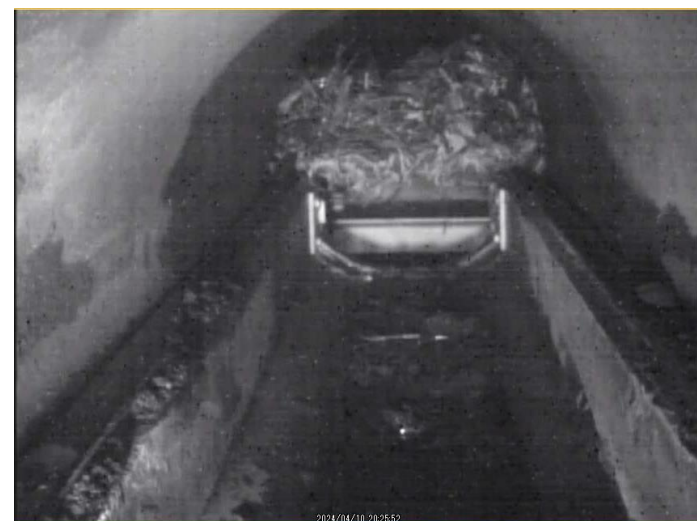
X-6ペネ奥側CRDレールガイド除去前



X-6ペネ奥側CRDレールガイド除去中



X-6ペネ奥側CRDレールガイド及びレール架台固定ピン除去後

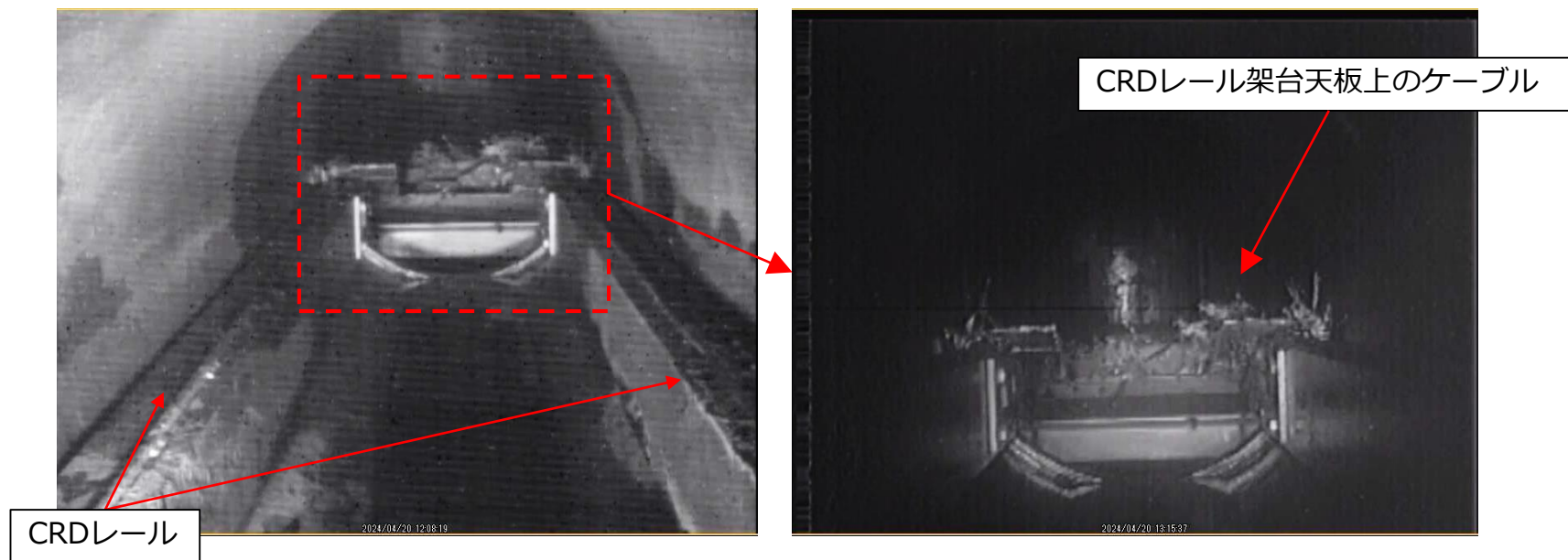


X-6ペネ下部ケーブル除去後

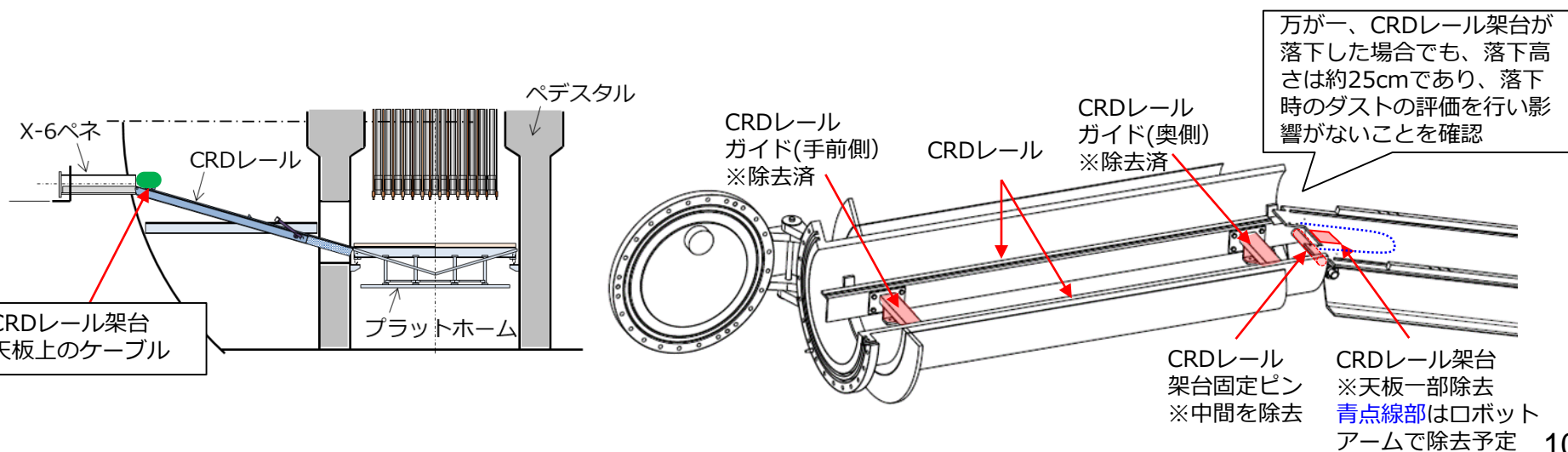
4-3. 現場作業の進捗状況

(X-6ペネ内堆積物除去 (高圧水・AWJ) : AWJ施工)

- X-6ペネ外側 (PCV側) のCRDレール架台天板上のケーブル及び天板の一部について切断・除去を実施中



X-6ペネ外側のCRDレール架台天板上のケーブル除去



5. 工程

- 現場では、X-6ペネ奥側のCRDレールガイド、ペネ外側（PCV側）のCRDレール架台天板上のケーブル、天板の一部について、AWJ施工による切断作業と高圧水施工による押し流し作業を繰り返し実施。引き続き、高圧水／AWJによる堆積物除去作業を実施しているところ。
- テレスコ式装置及びロボットアームのPCVへのアクセス（X-6ペネ内の通過）に影響がないことを確認後、堆積物除去装置の取り外しを行い、X-6ペネ接続構造及び接続管の設置を実施予定。
- 試験的取り出しの着手時期としては、遅くとも2024年10月頃を見込む。
- 今後も堆積物除去作業、試験的取り出し作業について、安全確保を最優先に着実に作業を進めていく。

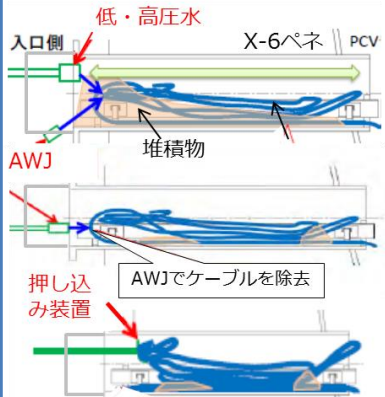
| | 2023年度 | 2024年度 | | | | 2025年度 |
|--------------------------------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| | 第4Q | 第1Q | 第2Q | 第3Q | 第4Q | |
| 堆積物除去作業 | | ┌──┐ └──┘ | | | | |
| テレスコ式装置製作・設置準備等 | | | ┌───┐ └───┘ | | | |
| 試験的取り出し作業 (テレスコ式装置によるデブリ採取) | | | | ┌──┐ └──┘ | | |
| ロボットアーム装置試験、 試験結果に応じた必要な追加開発 | | ┌───┐ └───┘ | ┌───┐ └───┘ | ┌──┐ └──┘ | | |
| ロボットアーム設置準備等・ ロボットアームによるアクセスルート構築 | | | | ┌───┐ └───┘ | | |
| ロボットアームによる内部調査・デブリ採取 | | | | | ┌───┐ └───┘ | |

1. 隔離部屋設置

2. X-6ペネハッチ開放

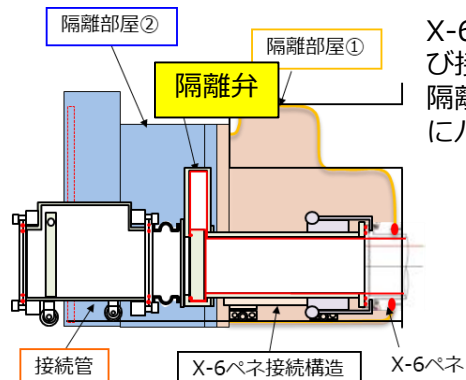
3. X-6ペネ内堆積物除去

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. X-6ペネ接続構造及び接続管設置

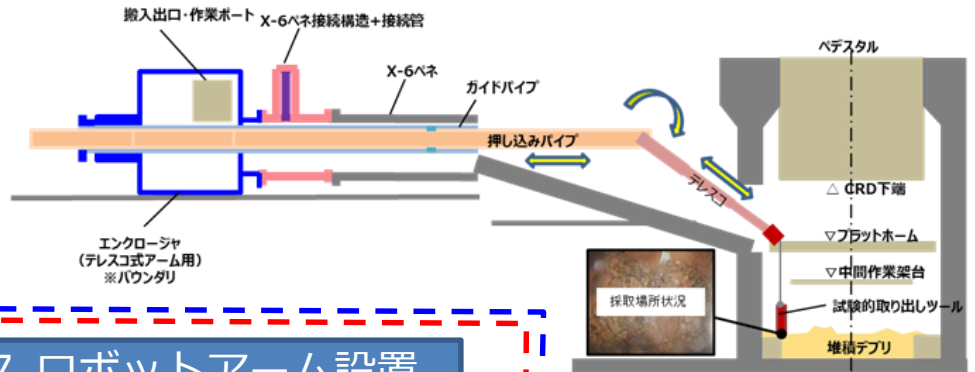


X-6ペネに接続構造及び接続管を取り付け、隔離部屋から接続構造にバウンダリを変更

認可済

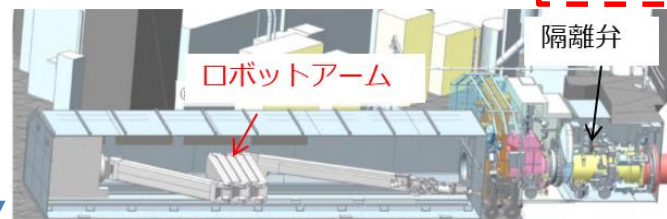
5. テレスコ式装置設置

6. 試験的取り出し作業 (テレスコ式装置によるデブリ採取)



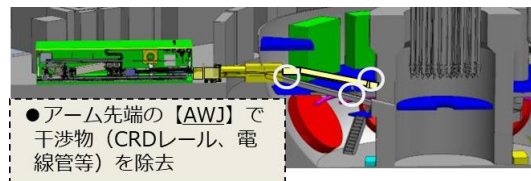
申請中

7. ロボットアーム設置

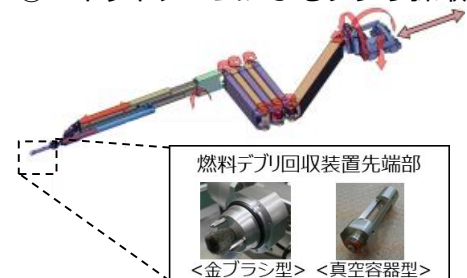


8. ロボットアームによる内部調査・デブリ採取

①内部調査



②ロボットアームによるデブリ採取

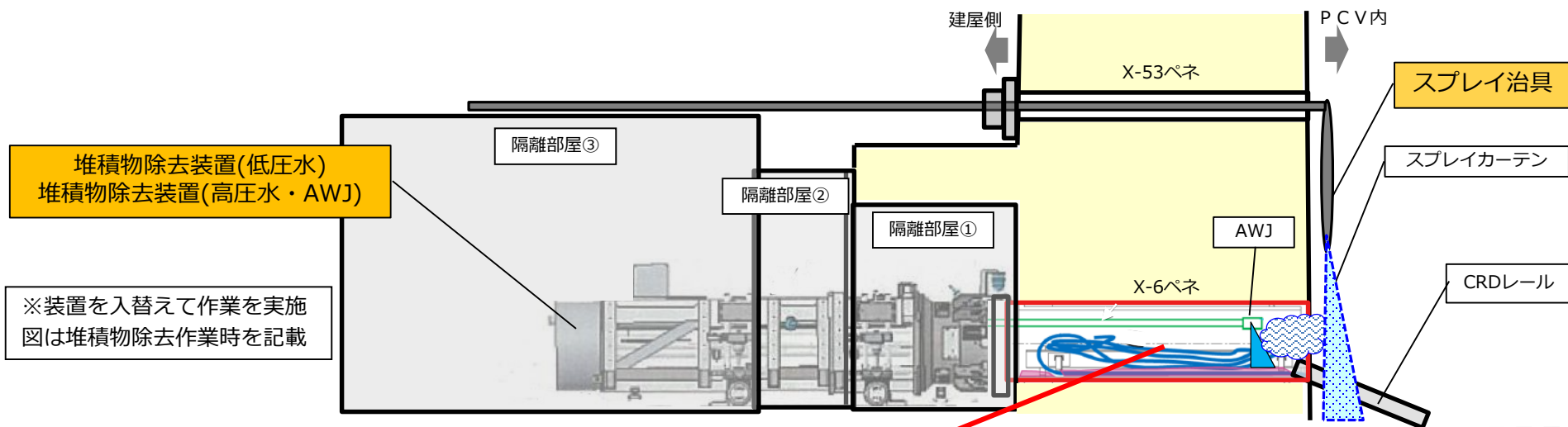


(注記)

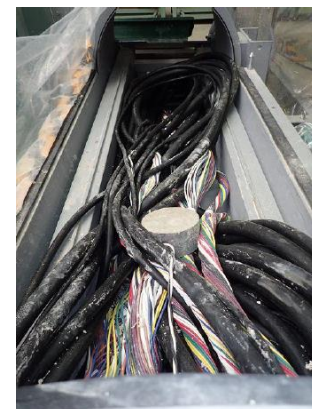
- ・ 隔離弁：PCV内/外を仕切るために設置した弁
- ・ AWJ (アブレシブウォータージェット)：高圧水に研磨材 (アブレシブ) を混合し、切削性を向上させた加工機

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pray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

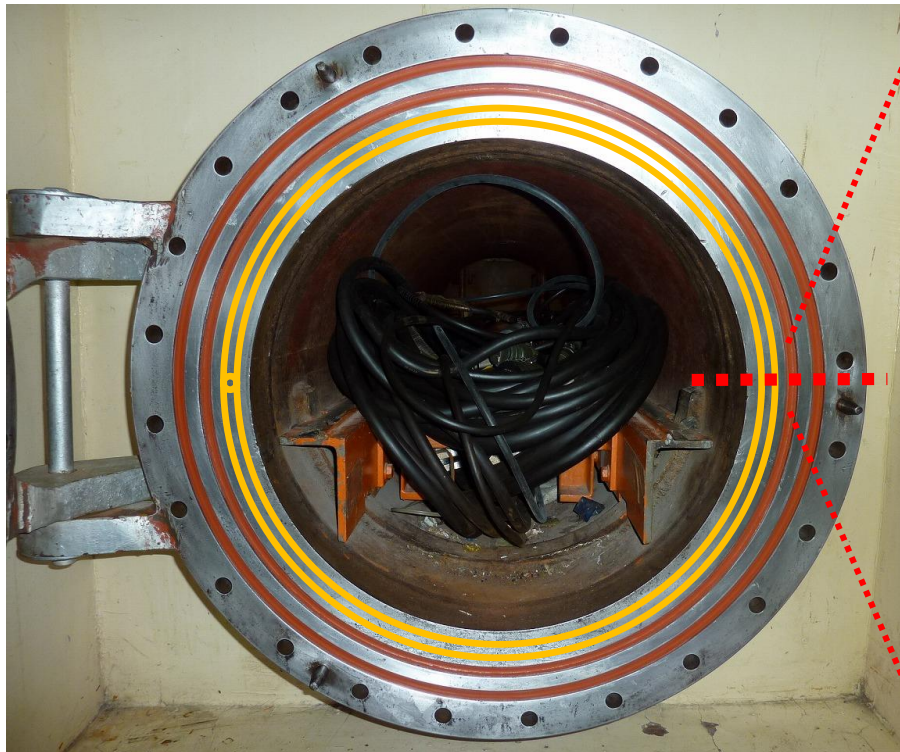


X-6ペネ内の状態(模擬)

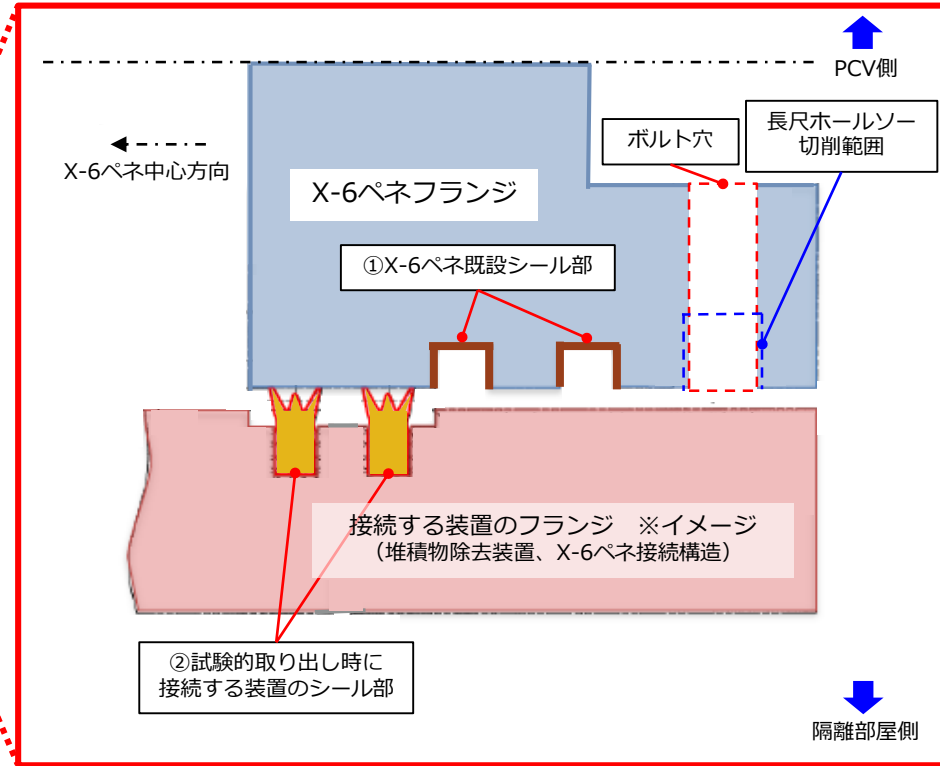


参考. X-6ペネに接続する装置のシール部

- ・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）

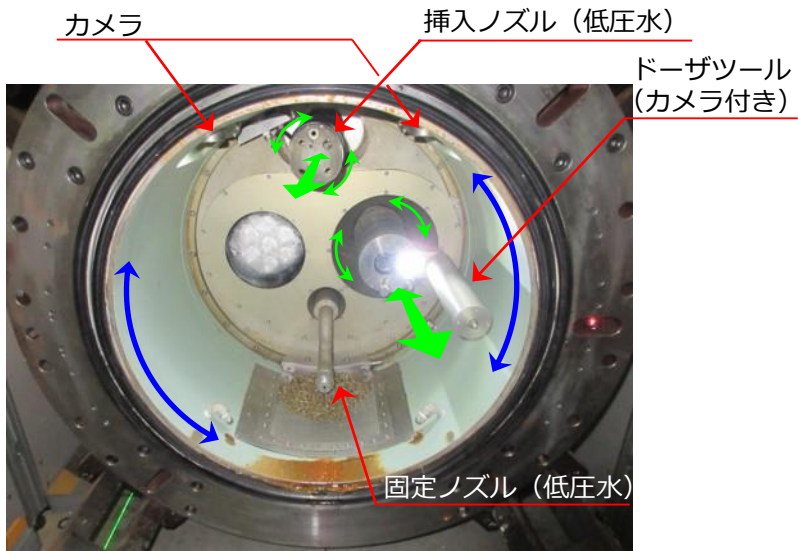
- : ①X-6ペネ既設シール部
- : ②試験的取り出し時に接続する装置のシール部
※堆積物除去装置、X-6ペネ接続構造



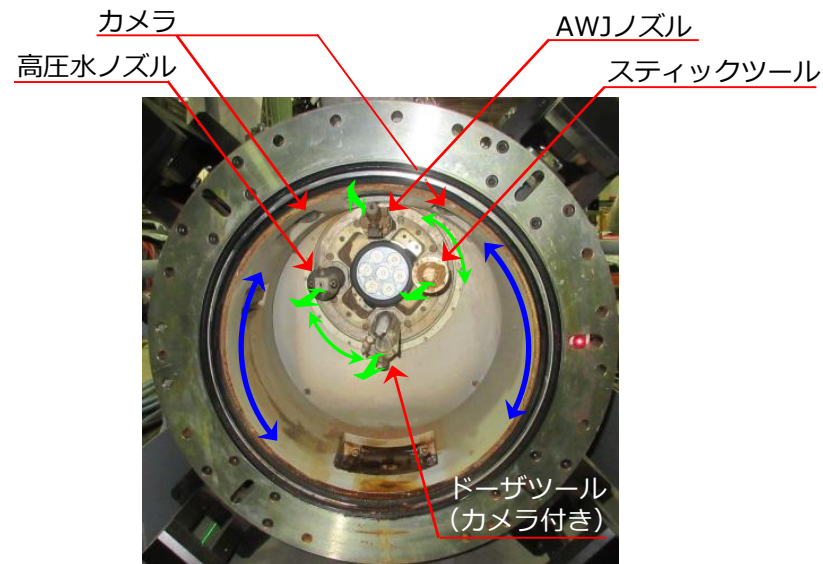
堆積物除去装置 (低圧水) 外観



堆積物除去装置 (高圧水・AWJ) 外観



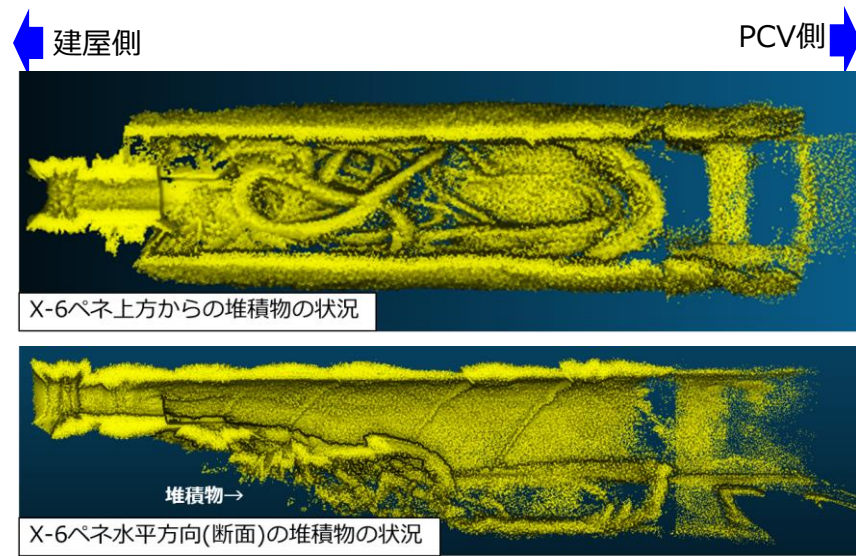
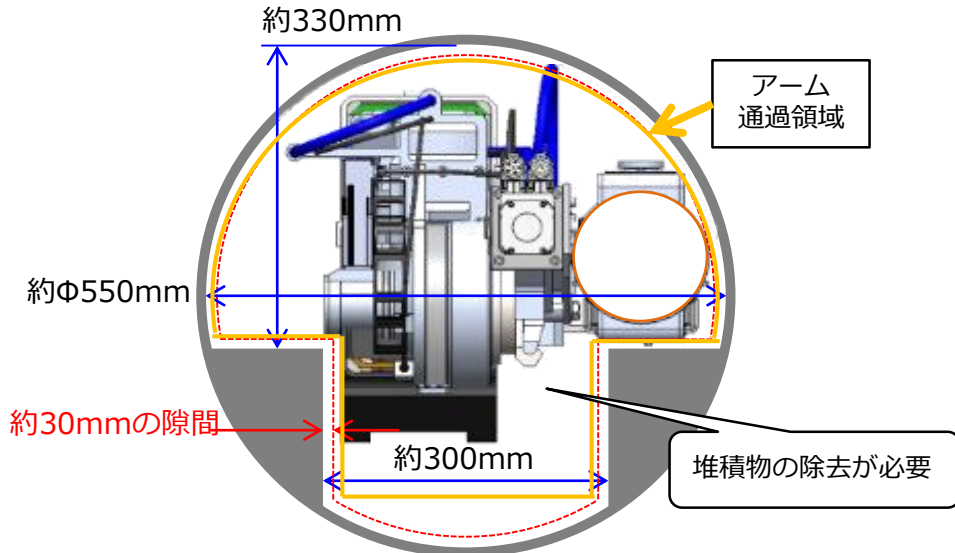
堆積物除去装置 (低圧水)
X-6ペネ接続断面



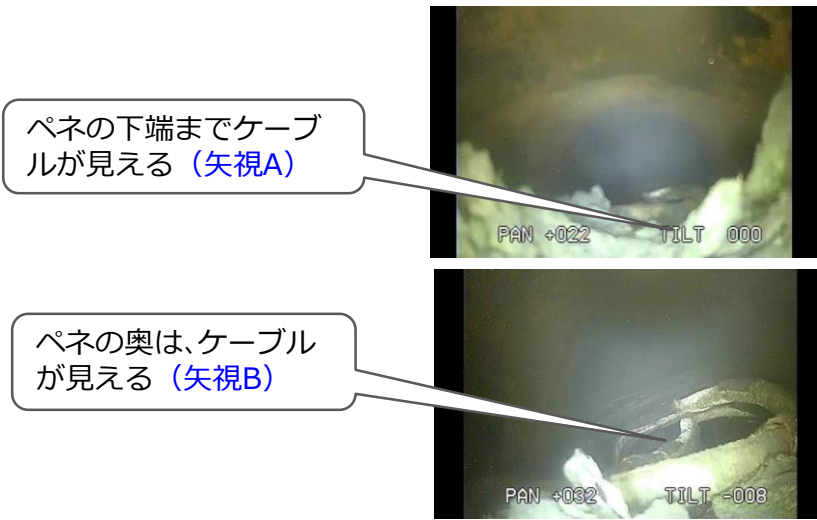
堆積物除去装置 (高圧水・AWJ)
X-6ペネ接続断面

ロボットアーム

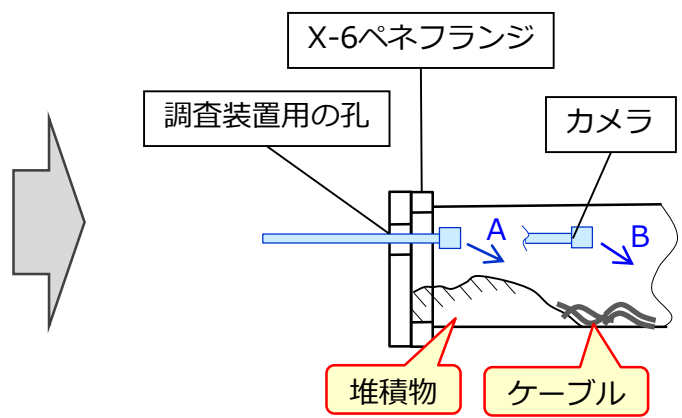
(X-6ペネ通過時の断面図)



2020年10月 3Dスキャン調査結果



2017年1月の状態 (X-6ペネ調査装置用の孔からカメラを挿入)



堆積物想像図

参考：環境への影響について（1/2）

- 2号機X-6ペネ内堆積物除去作業を1月10日から実施していますが、**周囲への放射線影響は発生していません。**
- 調査においては**格納容器内の気体が外部へ漏れないようバウンダリを構築して作業を実施しました。**
- **作業前後でモニタリングポスト／ダストモニタのデータに有意な変動はありません。**
- 敷地境界付近のモニタリングポスト／ダストモニタのデータはホームページで公表中です。

参考URL：https://www.tepco.co.jp/decommission/data/monitoring/monitoring_post/index-j.html
<https://www.tepco.co.jp/decommission/data/monitoring/dustmonitor/index-j.html>

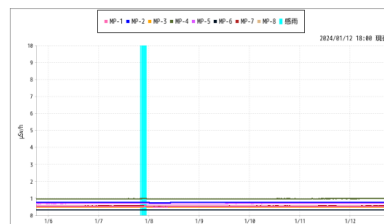
福島第一原子力発電所敷地境界でのモニタリングポスト計測状況

福島第一原子力発電所の敷地境界にあるモニタリングポスト（MP-1～MP-8）において測定している、空気中の放射線量の測定結果をお知らせいたします。

既設モニタリングポストデータ
計測地点



計測グラフ



MP単位：µSv/h 風速単位：m/s
○計測値（2024/01/12 18:00）

| MP-1 | MP-2 | MP-3 | MP-4 | MP-5 | MP-6 | MP-7 | MP-8 | 風向 | 風速 | 備考 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|----|
| 0.517 | 0.783 | 0.490 | 0.987 | 0.703 | 0.315 | 0.566 | 0.530 | 北北西 | 1.4 | 無 |

福島第一原子力発電所敷地境界付近でのダストモニタ計測状況

福島第一原子力発電所の敷地境界にあるモニタリングポスト（MP-1～MP-8）近傍において測定している、空気中の放射性物質濃度の測定結果をお知らせいたします。

計測地点



計測グラフ



敷地境界付近ダストモニタ単位：Bq/cm³ 風速単位：m/s
○計測値（2024/01/12 18:10）

| MP1近傍 | MP2近傍 | MP3近傍 | MP4近傍 | MP5近傍 | MP6近傍 | MP7近傍 | MP8近傍 | 風向 | 風速 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|-----|
| 1.0E-06 | 1.0E-06 | 1.0E-06 | 1.0E-06 | 1.0E-06 | 1.0E-06 | 1.0E-06 | 1.0E-06 | 北北西 | 1.2 |

参考：環境への影響について（2/2）

- 2号機X-6ペネ内堆積物除去作業を1月10日から実施していますが、調査中のプラントパラメータについても常時監視しており、**作業前後で格納容器温度に有意な変動はなく、冷温停止状態に変わりはありません。**
- 原子炉格納容器内温度のデータはホームページで公表中です。

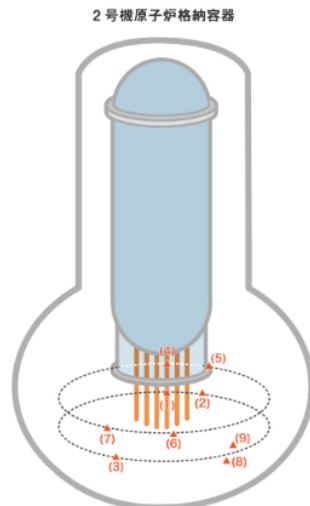
参考URL：https://www.tepco.co.jp/decommission/data/plant_data/unit2/pcv_index-j.html

（参考）ホームページのイメージ

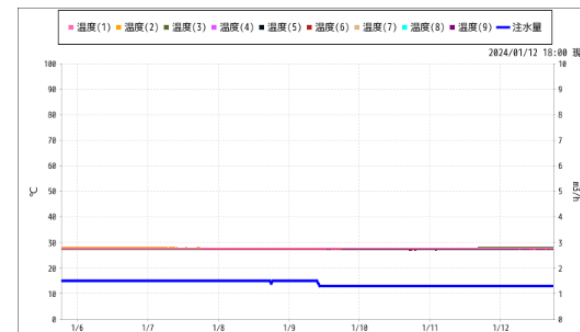
福島第一原子力発電所2号機 原子炉格納容器内温度計測状況

福島第一原子力発電所2号機の原子炉格納容器内温度の測定結果をお知らせいたします。

計測地点



計測グラフ



温度単位:°C、注水量単位:m³/h
○計測値 (2024/01/12 18:00)

| 温度(1) | 温度(2) | 温度(3) | 温度(4) | 温度(5) | 温度(6) | 温度(7) | 温度(8) | 温度(9) | 注水量 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 27.5 | 27.8 | 27.9 | 27.7 | 27.4 | 27.3 | 27.2 | - | - | 1.3 |