

# 2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

2024年2月29日

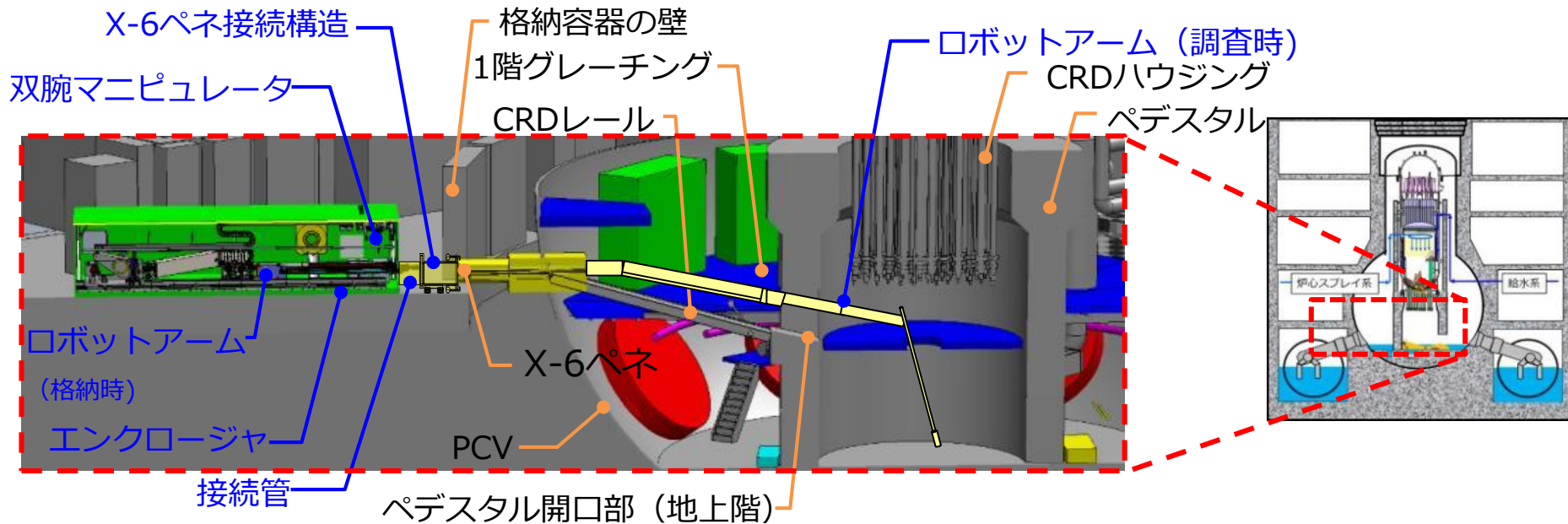
**IRID** **TEPCO**

---

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
  - 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

## 2-1. 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
- ・ 手動運転にて周辺構造物に接触することなくペDESTAL底部までアクセスできること及び障害物の切断・除去が可能なが確認できたため、遠隔自動運転でのX-6ペネ通過/ペDESTAL底部へのアクセス試験について、**最終の4ステップ目が完了**
- ・ **現在、ワンスルー試験に向けてエンクロージャ内へアームを組込中**であるが、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

今回報告

### 性能確認試験項目

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	今後実施
ワンスルー試験 (アーム+双腕マニピュレータ)	アームと双腕マニピュレータを組合わせ、調査に必要な一連の作業を試験で検証 ・ペDESTAL上部調査 ・ペDESTAL下部調査	今後実施

## 【ペDESTALアクセス試験】

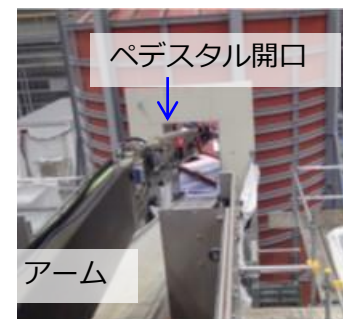
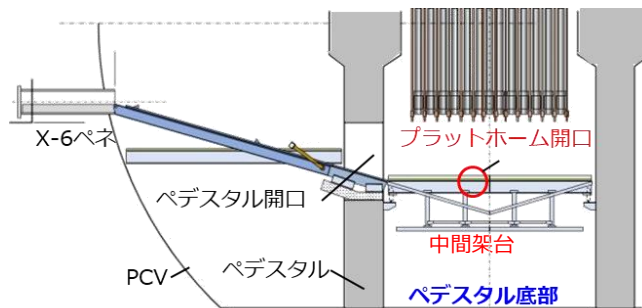
- アームの機能/適用性を見極めるため、重要かつ技術的ハードルが高い、「プラットフォーム開口（狭隘部）を通過しペDESTAL底部へのアームのアクセス」に着目した試験ステップのうち最終ステップ④が完了

※：ティーチ&リピートファイル（アーム各軸の動作を設定したファイル）

### <試験概略フロー>

#### ステップ①

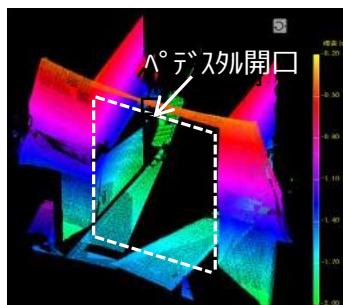
- ペDESTAL底部までのアームアクセス（作業員補助）
- T&RF※の作成 **【完了】**



ステップ① ペDESTAL底部までのアームアクセス（作業員補助）

#### ステップ②

- アームにレーザスキャナを搭載し、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】**



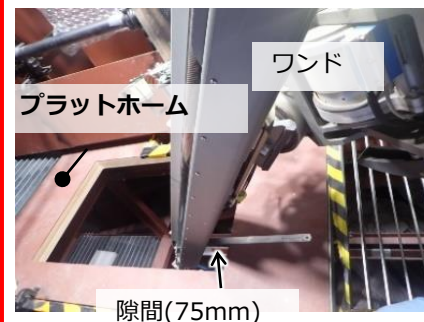
ステップ②③ 点群データの取得

#### 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

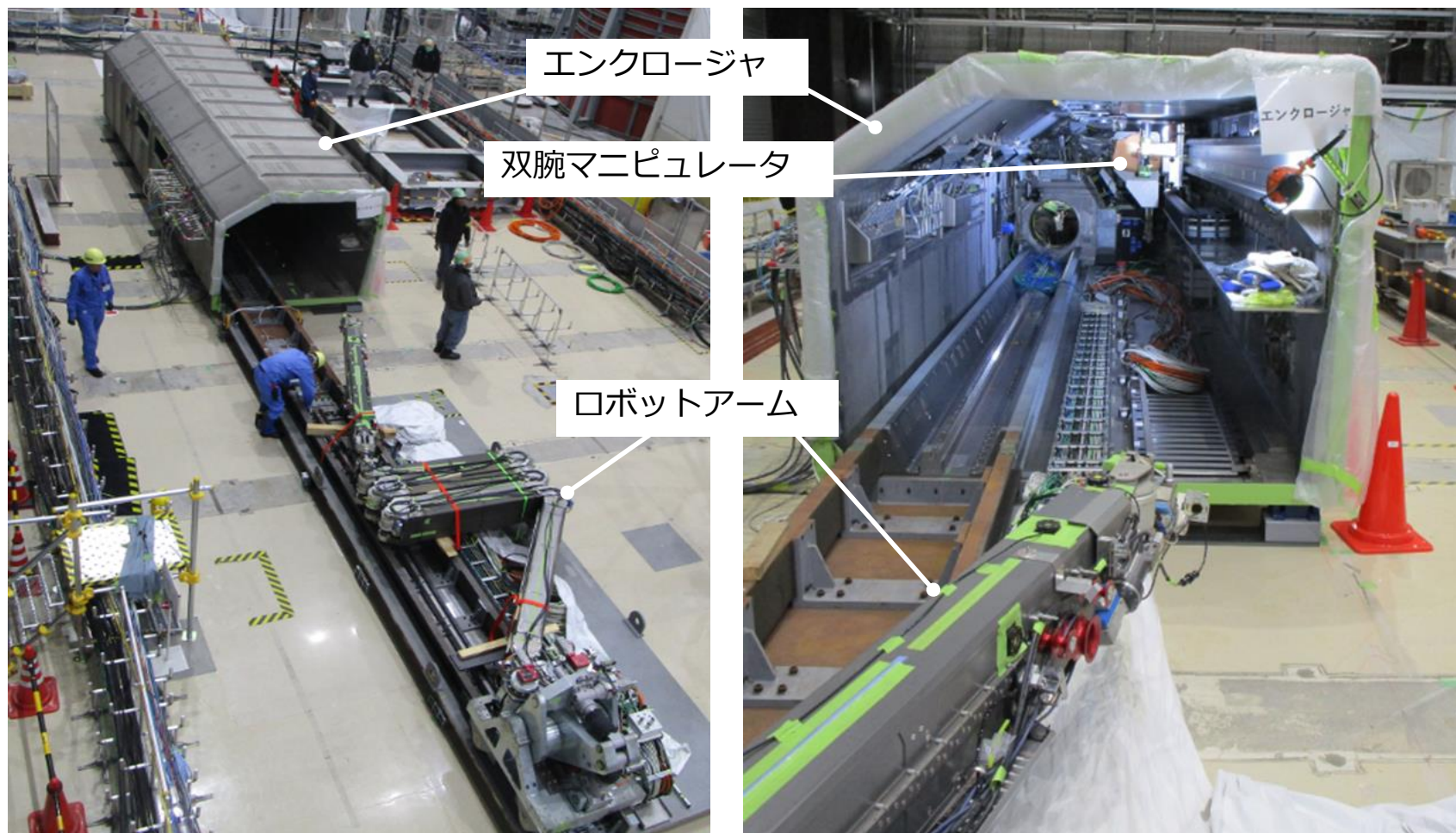
- T&RF※及びVRとカメラによる底部へのアクセス
- VR精度の把握
- カメラ視認性の確認 **【完了】**



ステップ④ 点群データ反映、遠隔アクセス状況

## 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 【ワンスルー試験】

- 現在、ワンスルー試験に向けてエンクロージャ内へアームを組み込み中



エンクロージャへのロボットアーム組み込み状況

### 3. テレスコ式試験的取り出し装置の製作状況

- 主要構成品について製造が完了し、神戸工場にて現在モックアップ試験を実施中。



テレスコ式アーム (組立中)



エンクロージャ (組立中)



テレスコ式試験的取り出し装置 (装置を上方から撮影)

# 4 - 1 . 現場作業の進捗状況

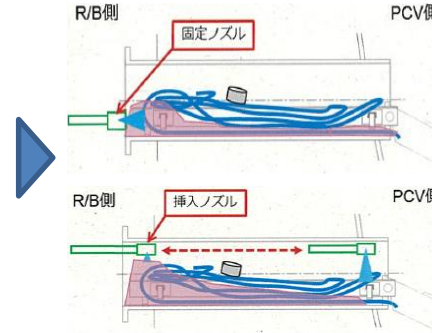
- X-6ペネ内堆積物除去作業は、PCVバウンダリとなる隔離部屋の中に堆積物除去装置を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう安全かつ慎重に作業を進める
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する



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

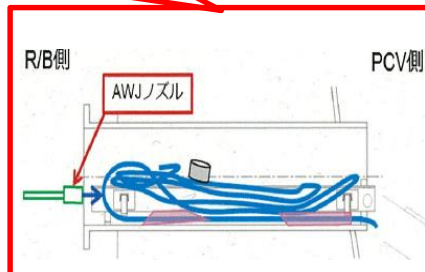


堆積物除去装置  
(低圧水) 撤去

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

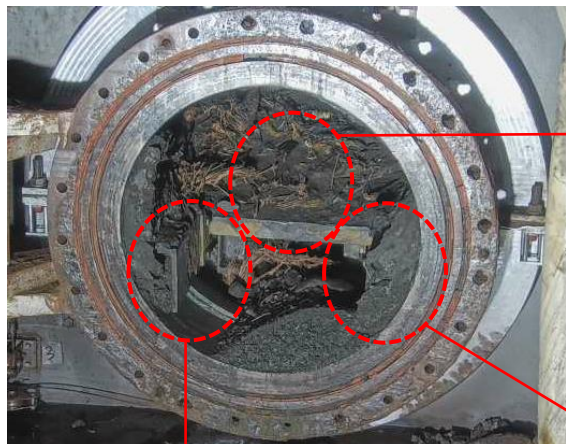
次工程へ  
X-6ペネ接続構造設置

※写真はモックアップ時の状況

## 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) : 高圧水による堆積物除去)

- 高圧水によるX-6ペネ内堆積物除去作業を開始し、高圧水噴射を実施
- 高圧水噴射の結果、CRDレーンガイド付近の堆積物を除去できたことを確認
- 現在、AWJの試射を実施中 (ノズルの位置を変えながら、複数ケース実施予定)
- なお、X-6ペネハッチ開放時に落下した堆積物について、構外運搬及び分析を準備中



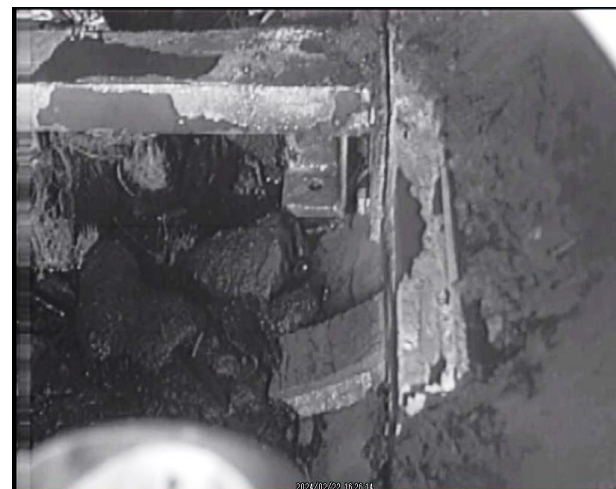
X-6ペネフランジ：堆積物除去装置接続前



高圧水施工後 (X-6ペネ中央部)



高圧水施工後 (X-6ペネ左下部)



高圧水施工後 (X-6ペネ右下部)

## 5. 工程

- 現場の状況については、低圧水による堆積物除去作業が完了し、高圧水・AWJによる堆積物除去作業を開始。高圧水噴射の結果、CRDレールガイド付近の堆積物が除去できたことを確認。現在、AWJの試射を実施しており、完了後、AWJ連続施工を実施する予定。
- 低圧水による除去作業結果及び高圧水／AWJによる作業の不確実性に加え、試験的取り出しに向けて、ロボットアームについては、モックアップ試験からアクセスルート構築に時間を要すること、また、事故炉の格納容器内で初めて使用するための信頼性を確認するべく今後も予定されている試験があること等を踏まえ、燃料デブリの性状把握のための燃料デブリの採取を早期・確実に行うべく、まず過去の内部調査で使用実績があり、堆積物が完全に除去しきれていなくても投入可能なテレスコ式の装置を活用し、燃料デブリの採取を行う。その後、ロボットアームによる内部調査及び燃料デブリの採取も行うべく、本試験的取り出しにおける取組を継続。
- ロボットアームによるアクセスルート構築作業に先立ち、テレスコ式の装置でPCV内の堆積物除去後の状態を確認することで、ロボットアーム作業の確実性が向上できると考えている。
- 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。

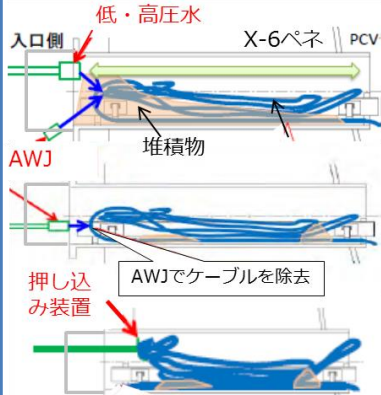
	2023年度	2024年度				2025年度
	第4Q	第1Q	第2Q	第3Q	第4Q	
堆積物除去作業						
テレスコ式装置製作・設置準備等			┌───┐			
試験的取り出し作業 (テレスコ式装置によるデブリ採取)				┌─┐		
ロボットアーム装置試験、 試験結果に応じた必要な追加開発		┌───┐	┌───┐	┌─┐		
ロボットアーム設置準備等・ ロボットアームによるアクセスルート構築				┌───┐	┌───┐	
ロボットアームによる内部調査・デブリ採取						┌───┐

1. 隔離部屋設置

2. X-6ペネハッチ開放

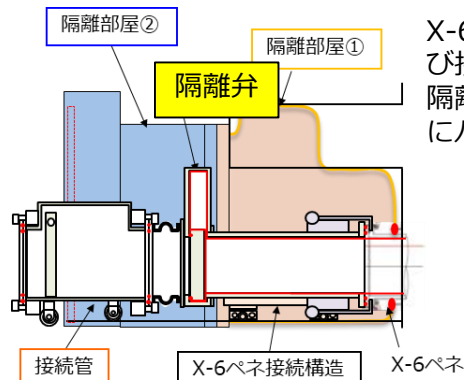
3. X-6ペネ内堆積物除去

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

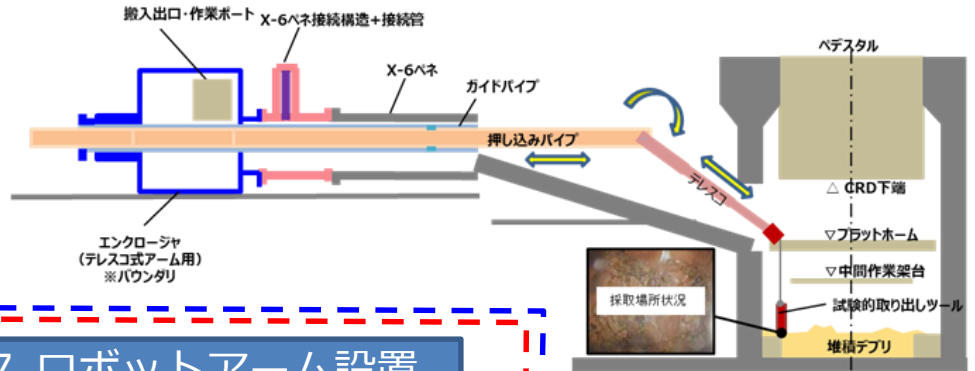


X-6ペネに接続構造及び接続管を取り付け、隔離部屋から接続構造にバウンダリを変更

認可済

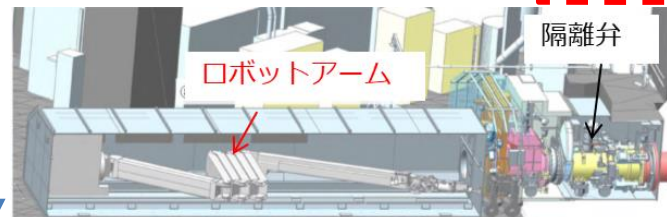
5. テレスコ式装置設置

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)



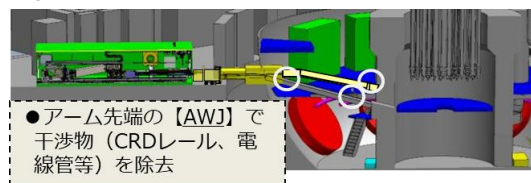
申請予定

7. ロボットアーム設置

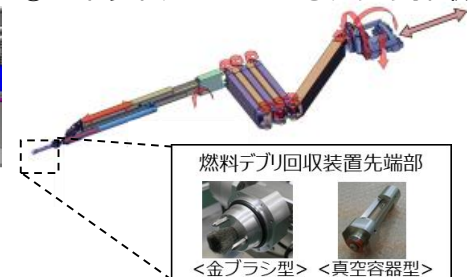


8. ロボットアームによる内部調査・デブリ採取

①内部調査



②ロボットアームによるデブリ採取



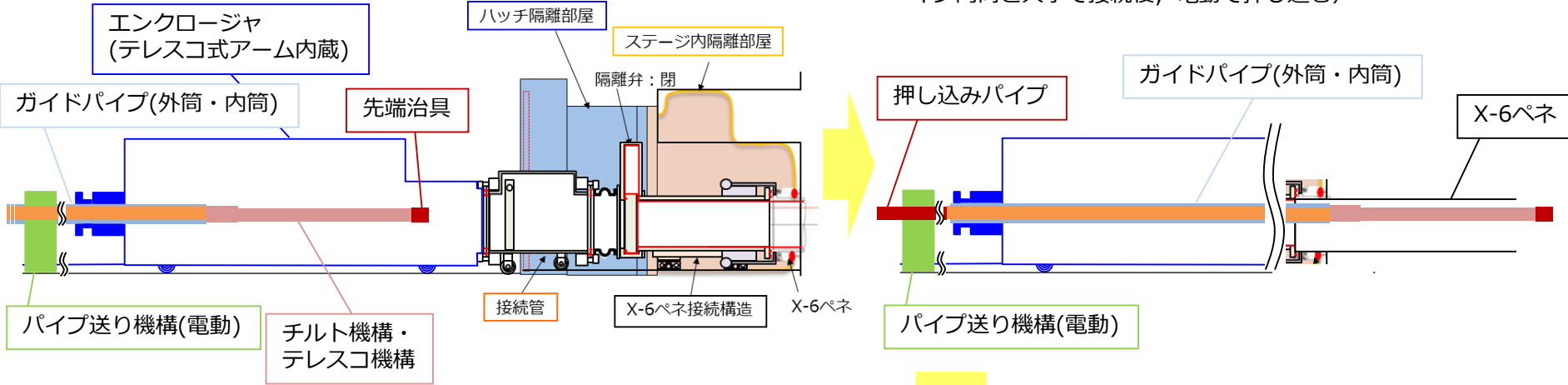
(注記)

- ・ 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

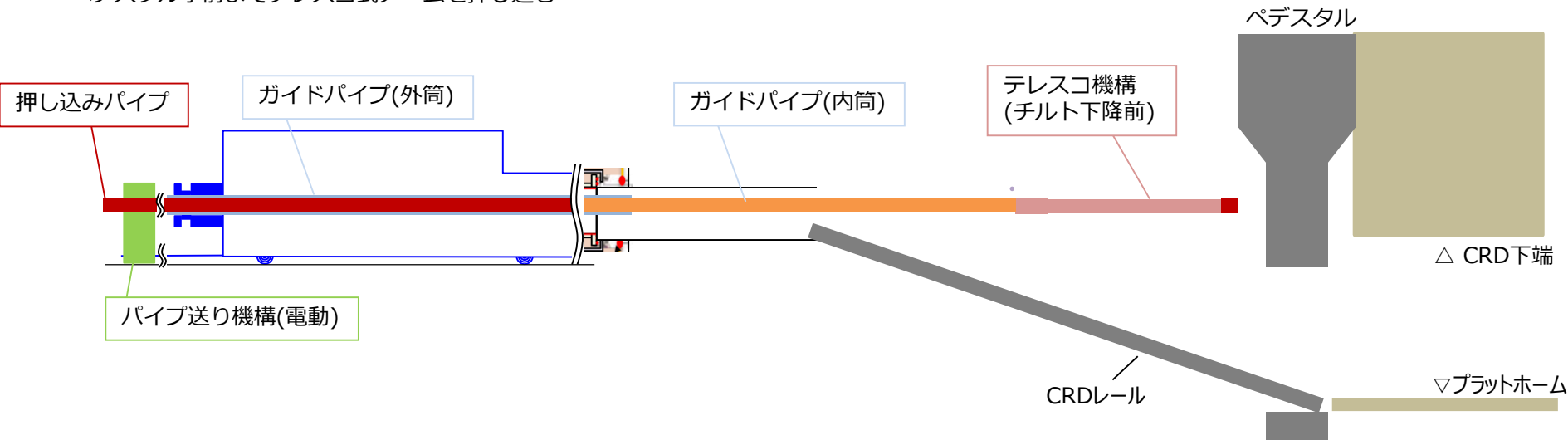
# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業概要 (1 / 3)

①X-6ペネ接続構造, 接続管の後段にエンクロージャ設置

②ガイドパイプ (外筒・内筒) を押し込む (押し込み長さ: 6.5m)  
(エンクロージャの際まで押し込む際には押し込みパイプをガイドパイプ内筒と人手で接続後, 電動で押し込む)

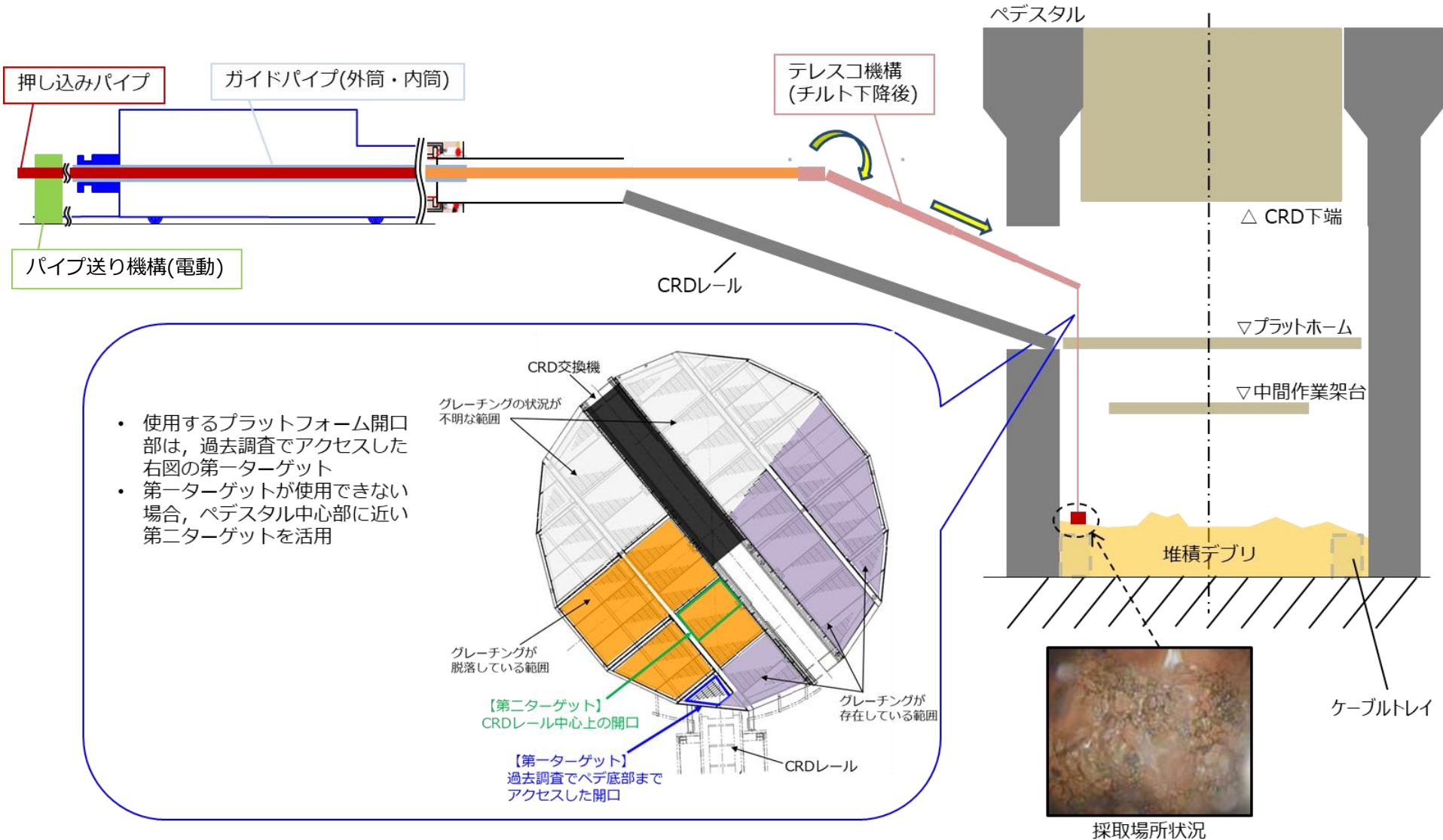


③押し込みパイプを順次接続し, 押し込みパイプを送り出すことでガイドパイプ内筒のみを押し込み (押し込み長さ: 5.0m),  
ペDESTAL手前までテレスコ式アームを押し込む



# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業概要 (2 / 3)

④チルト機構により先端部分を下降させ、テレスコ式アームをペDESTAL内に挿入。  
その後、ペDESTAL底部に先端治具を吊り下ろし、燃料デブリを採取する。

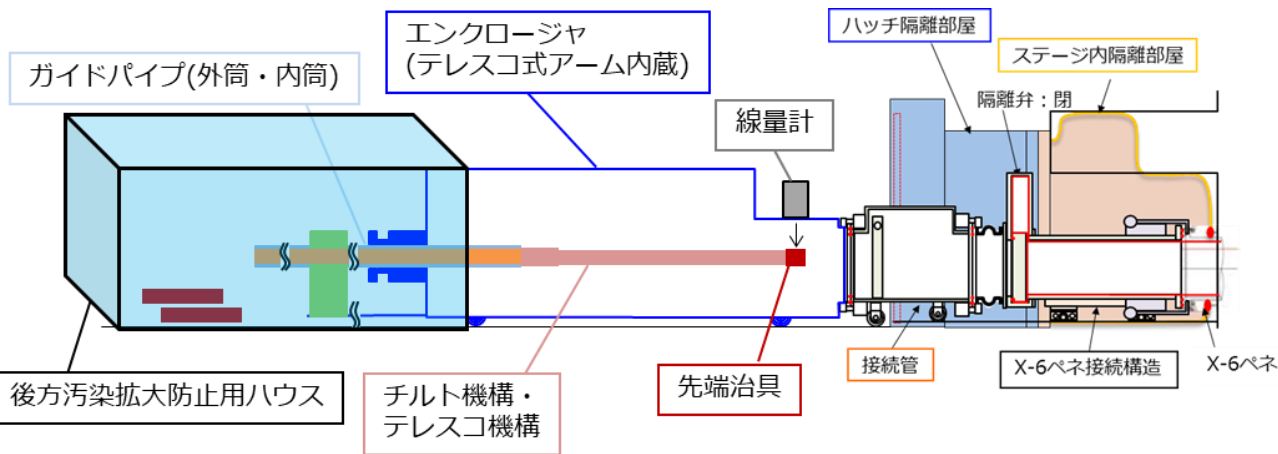


- 使用するプラットフォーム開口部は、過去調査でアクセスした右図の第一ターゲット
- 第一ターゲットが使用できない場合、ペDESTAL中心部に近い第二ターゲットを活用

採取場所状況

# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業概要 (3 / 3)

⑤エンクロージャ後段にエンクロージャ後方汚染拡大防止用ハウス（以下、後方ハウス）を設置後、挿入と逆手順でテレスコ式アームを引き抜き、隔離弁を閉止する。その後、採取した燃料デブリの線量を測定し、取り扱える線量であることを確認

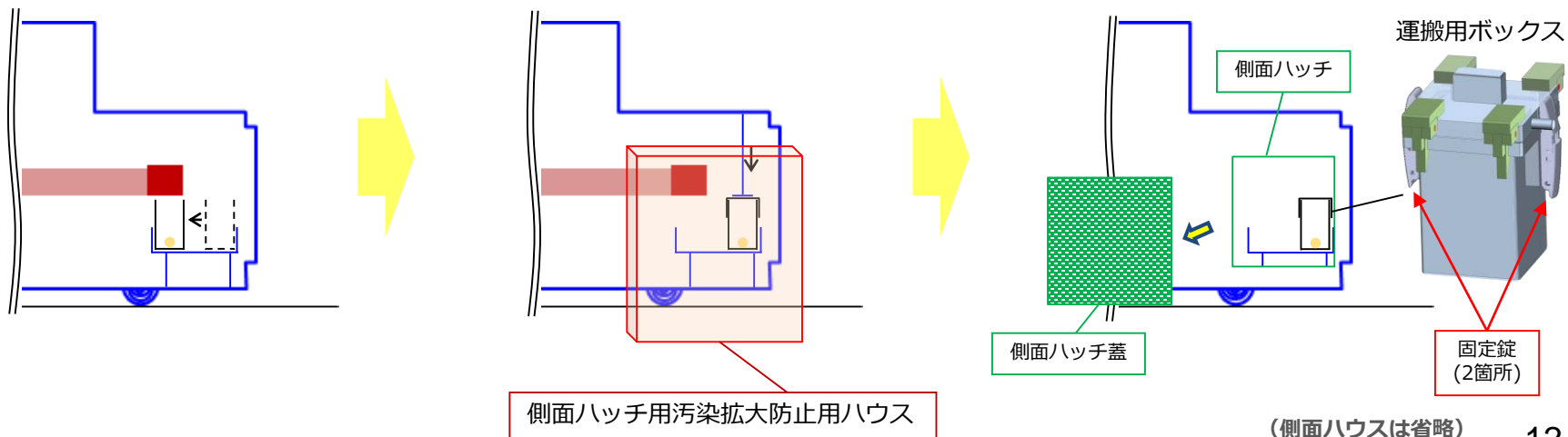


※**Double Porte pour Transfer Etanche**(仏語)。汚染拡大防止のため、蓋と専用ポートの開閉が一体で実施できるシステム

⑥遠隔で運搬用ボックスを先端治具の下へ移動させ運搬用ボックス内に燃料デブリを収納

⑦遠隔で運搬用ボックスを蓋下に移動し、蓋を押し付け、新たなダストが舞わない状態を確認した後に、側面ハッチ用汚染拡大防止用ハウス（以下、側面ハウス）を設置

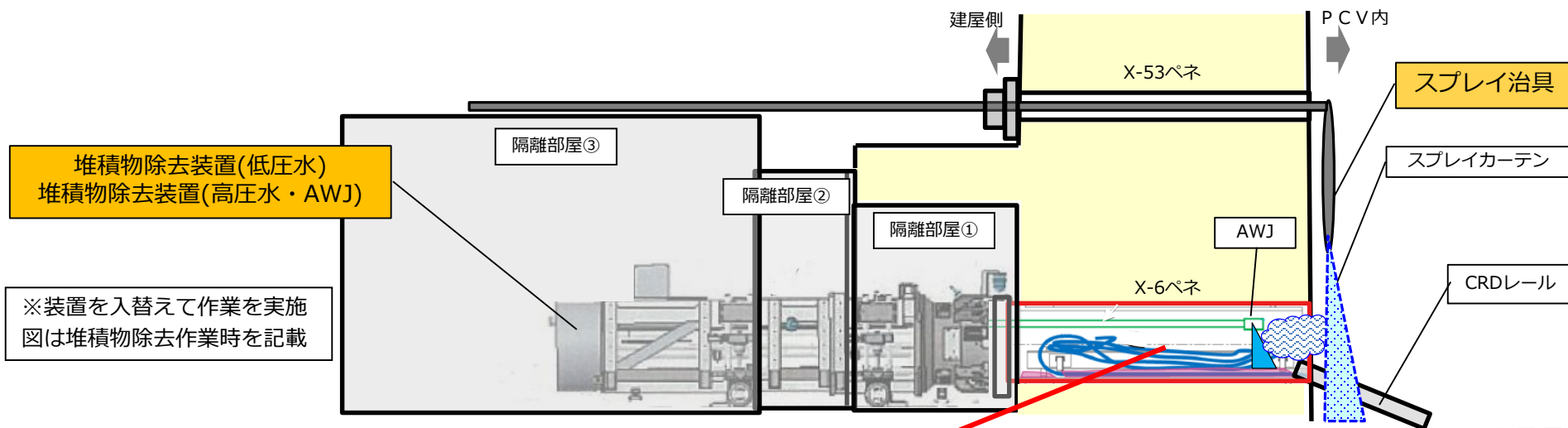
⑧側面ハウス越しに、エンクロージャ側面ハッチを開け、運搬用ボックスの蓋を固定した後に取り出し、DPTE※コンテナに入れてグローブボックスへ運搬



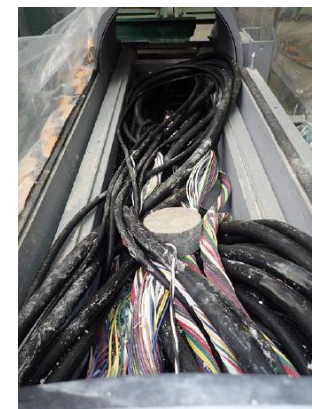
(側面ハウスは省略)

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

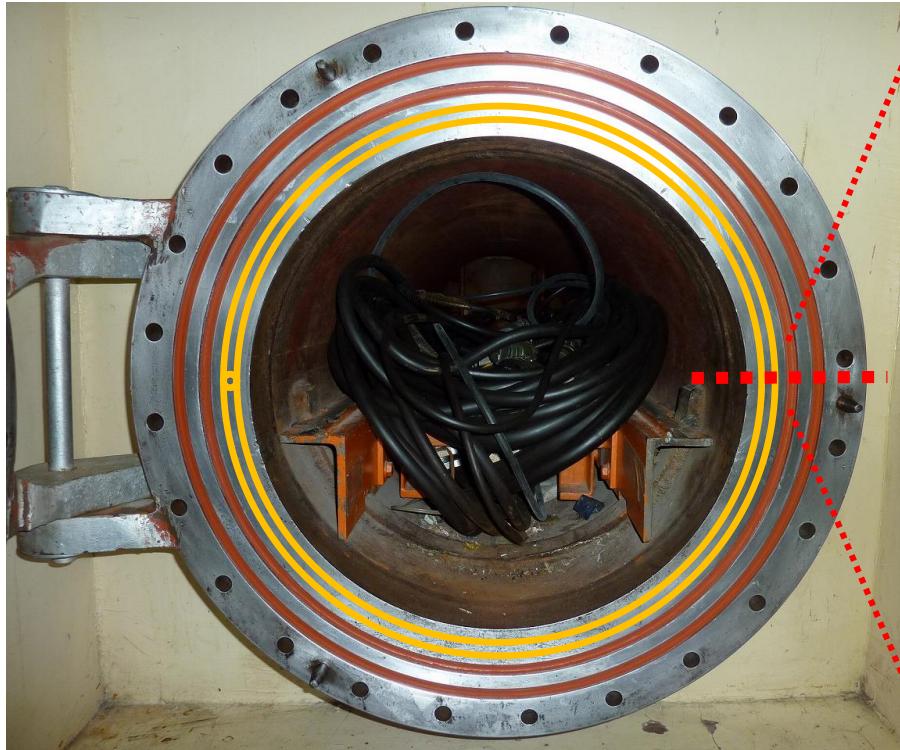


X-6ペネ内の状態(模擬)

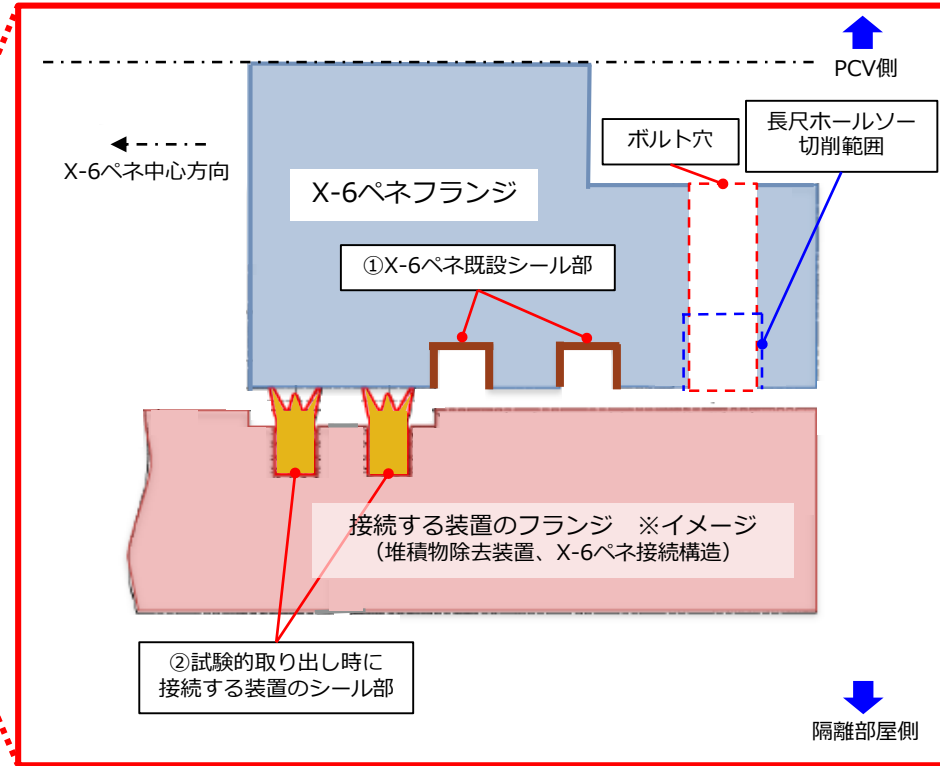


# 参考. X-6ペネに接続する装置のシール部

- ・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）

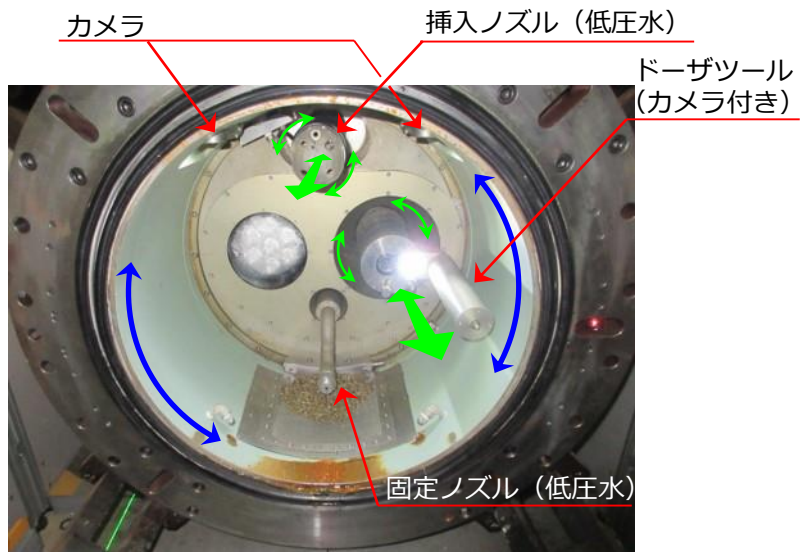
- : ①X-6ペネ既設シール部
- : ②試験的取り出し時に接続する装置のシール部  
※堆積物除去装置、X-6ペネ接続構造



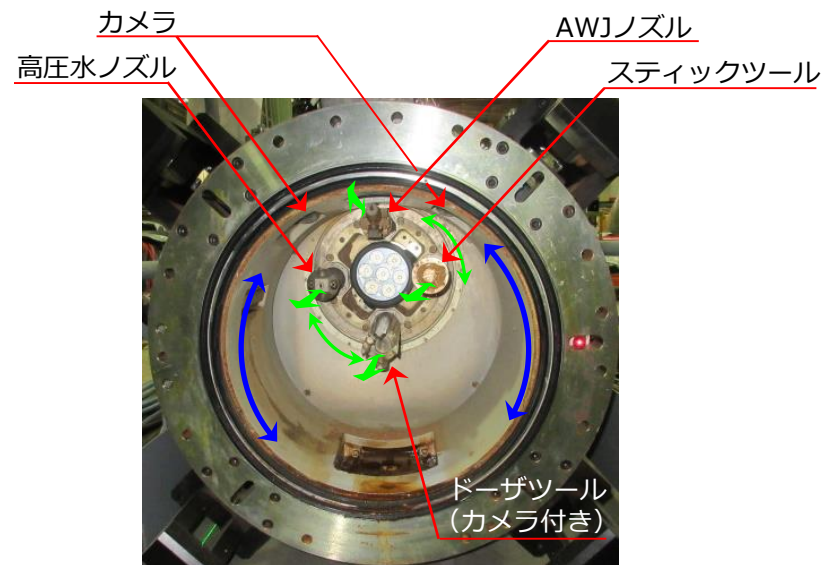
堆積物除去装置（低圧水）外観



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

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

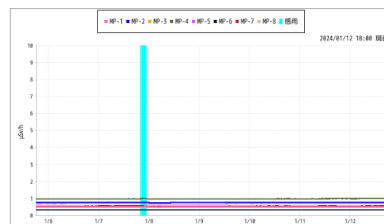
福島第一原子力発電所敷地境界でのモニタリングポスト計測状況

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。

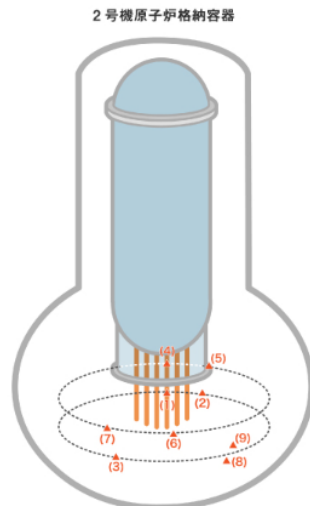
参考URL：[https://www.tepco.co.jp/decommission/data/plant\\_data/unit2/pcv\\_index-j.html](https://www.tepco.co.jp/decommission/data/plant_data/unit2/pcv_index-j.html)

### （参考）ホームページのイメージ

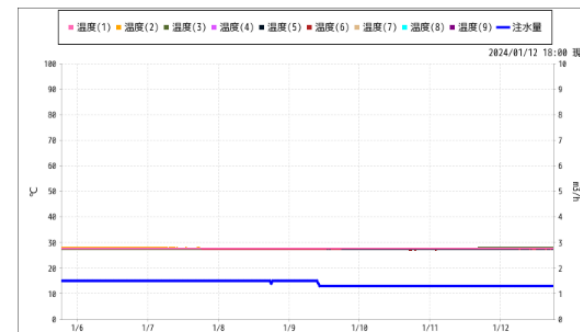
福島第一原子力発電所2号機 原子炉格納容器内温度計測状況

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: m<sup>3</sup>/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