

<再掲 2024年1月25日 廃炉・汚染水・処理水対策チーム会合事務局会議（第122回）>

特定原子力施設監視・評価検討会
（第111回）
資料4-2-9

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

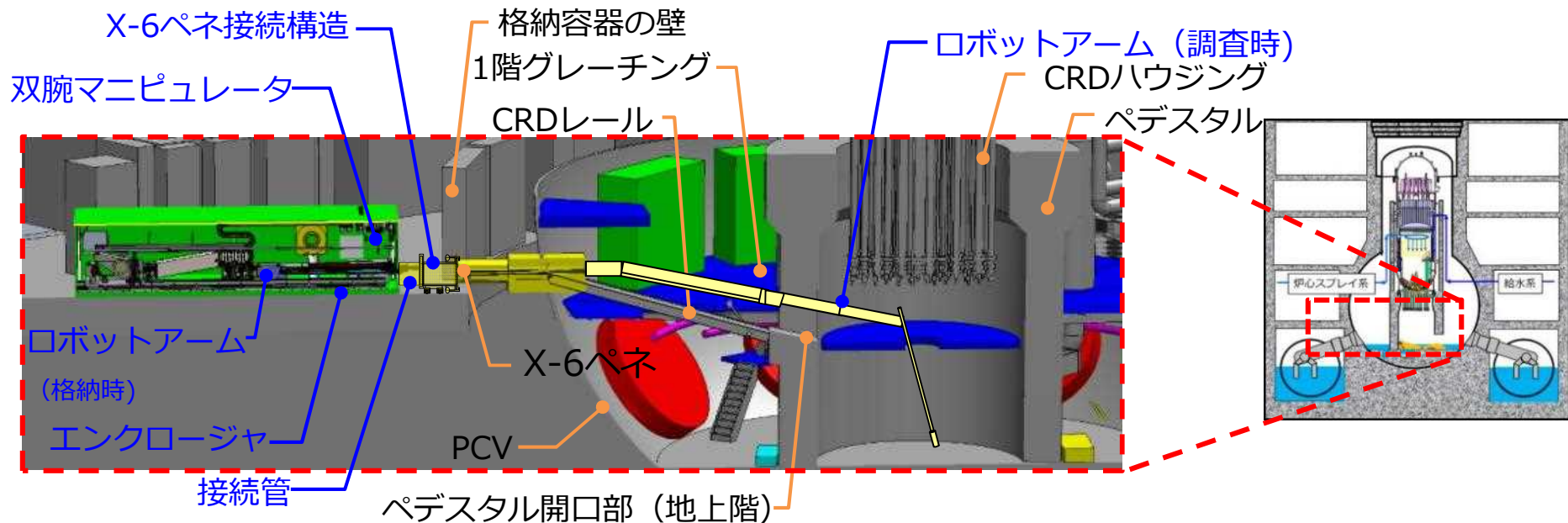
2024年2月19日

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

- 櫛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 | 櫛葉 |
|----------------------------|---|--------------|
| 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DESTAL上部へのアクセス ・ペDESTAL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） |
| 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み合わせ、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 |

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実施中。

※：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

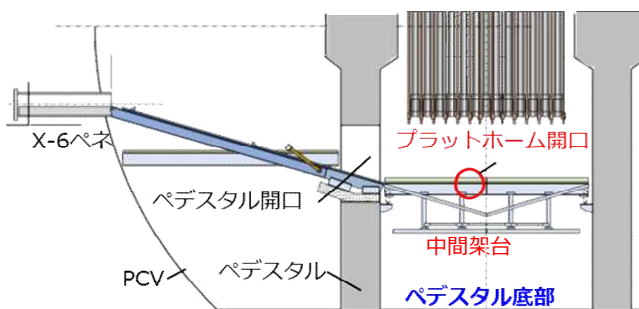
- アームにレーザスキャナを搭載し、アーム周辺の障害物の位置・形状データ（点群データ）取得 **【完了】**

ステップ③

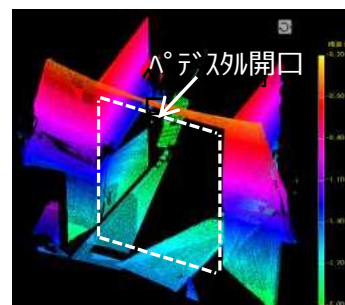
- アームVRシステムへの点群データの反映 **【完了】**

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① ペDESTAL底部までのアームアクセス（作業員補助）



レーザスキャンデータ

ステップ②③ 点群データの取得

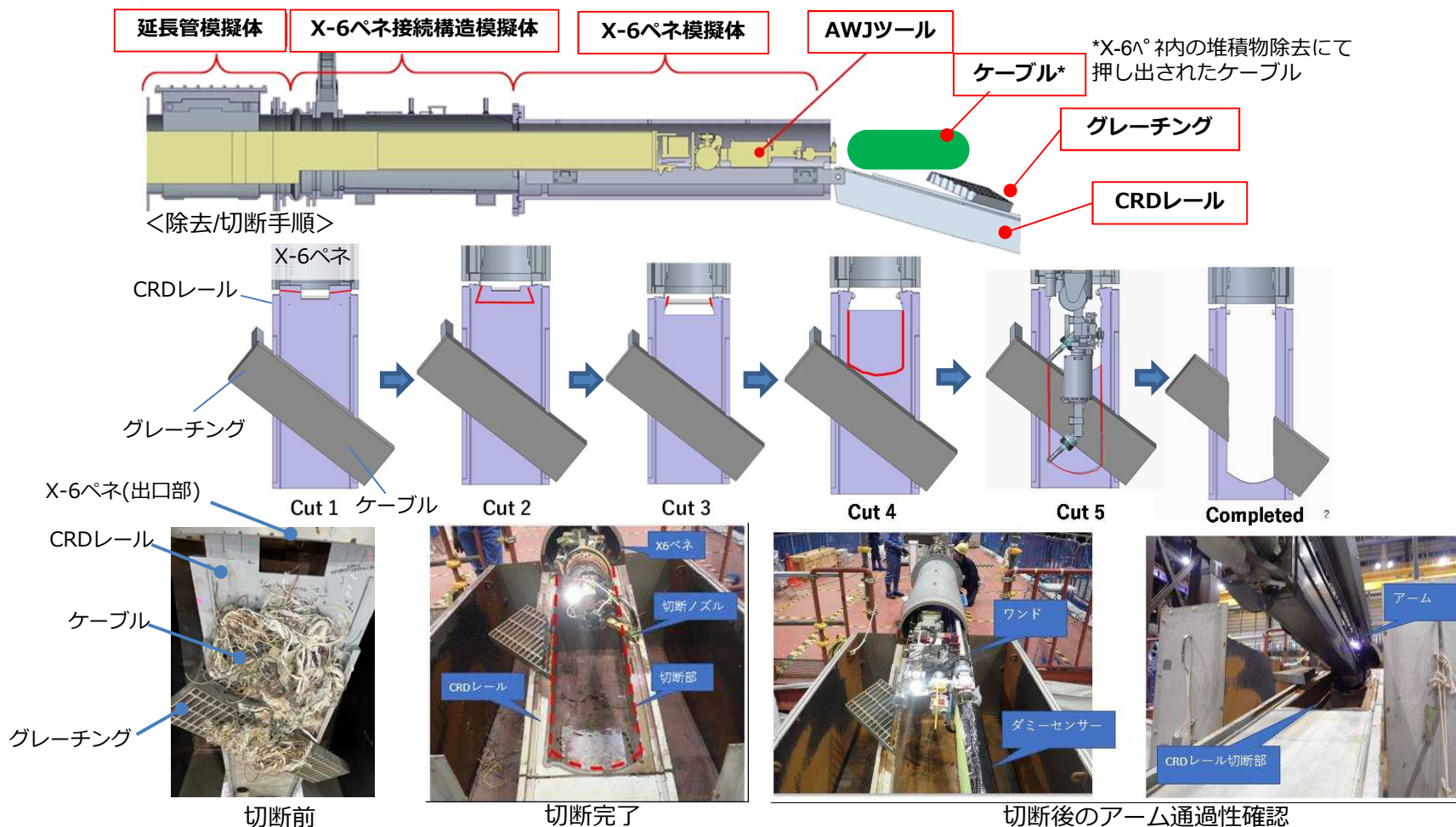


ステップ④ 点群データ反映、遠隔アクセス状況

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

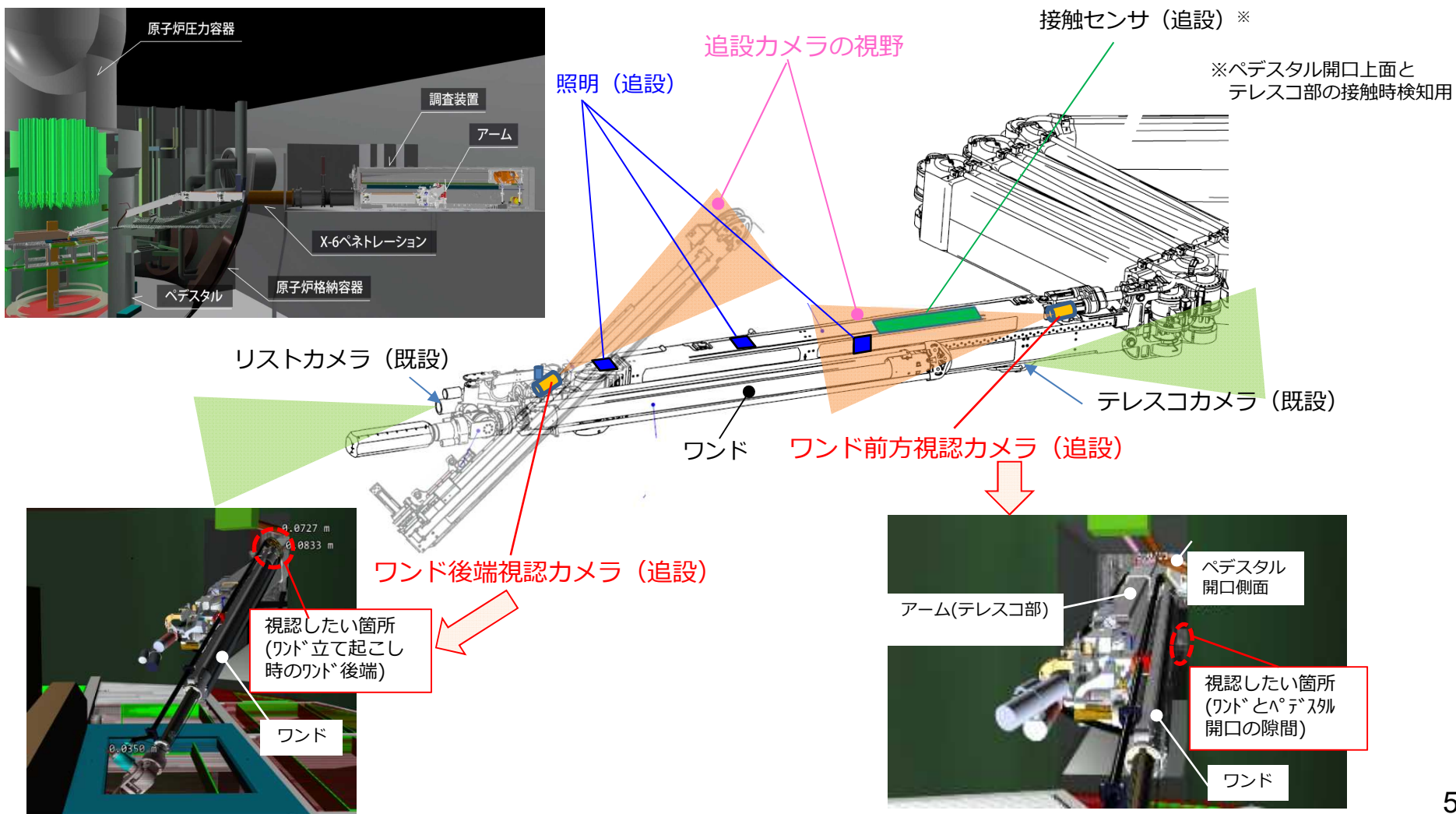
【AWJによるX-6ペネ出口の障害物撤去試験】

- アーム通過の障害物となるCRDレール/吊り具、グレーチング、ケーブル、電線管の除去/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、位置調整等に時間がかかり、ロボットアーム挿入後のアクセスルート構築に時間を要することが試験にて確認できたため、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
 【カメラ視認性の確認】

- ワンド後端部及び側面の干渉回避の観点で、カメラ2台及び照明3台を追設、ペDESTAL底部へのアクセス試験にて当該カメラの有効性（視認性）を確認済。



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

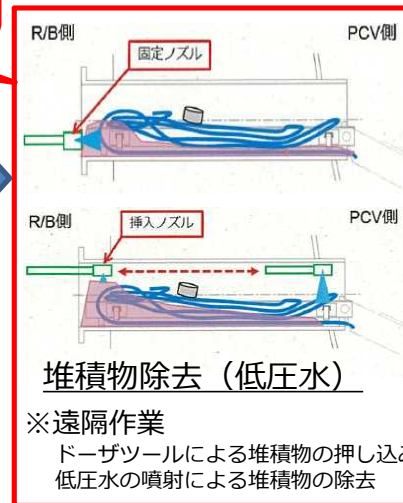
赤枠内：現在の状況
X-6ペネ内堆積物除去作業（低圧水）実施中



堆積物除去装置
（低圧水）設置



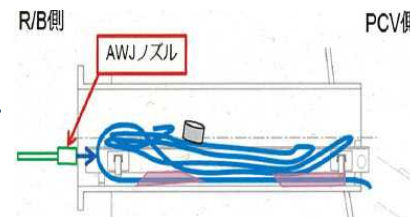
スプレー治具設置
※X-53ペネに接続



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）撤去

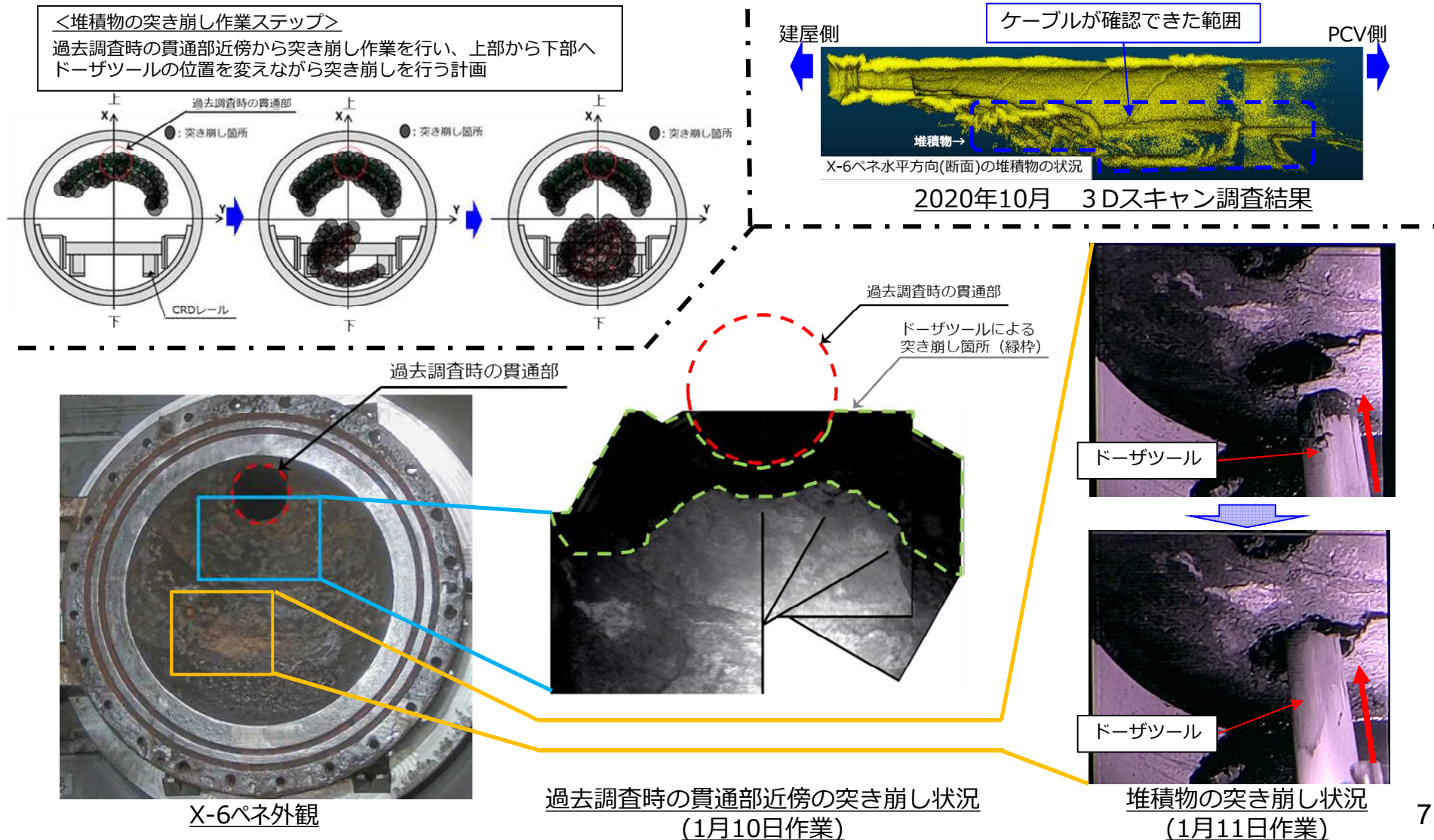
次工程へ
X-6ペネ接続構造設置

※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 (低圧水) : 堆積物突き崩し作業)

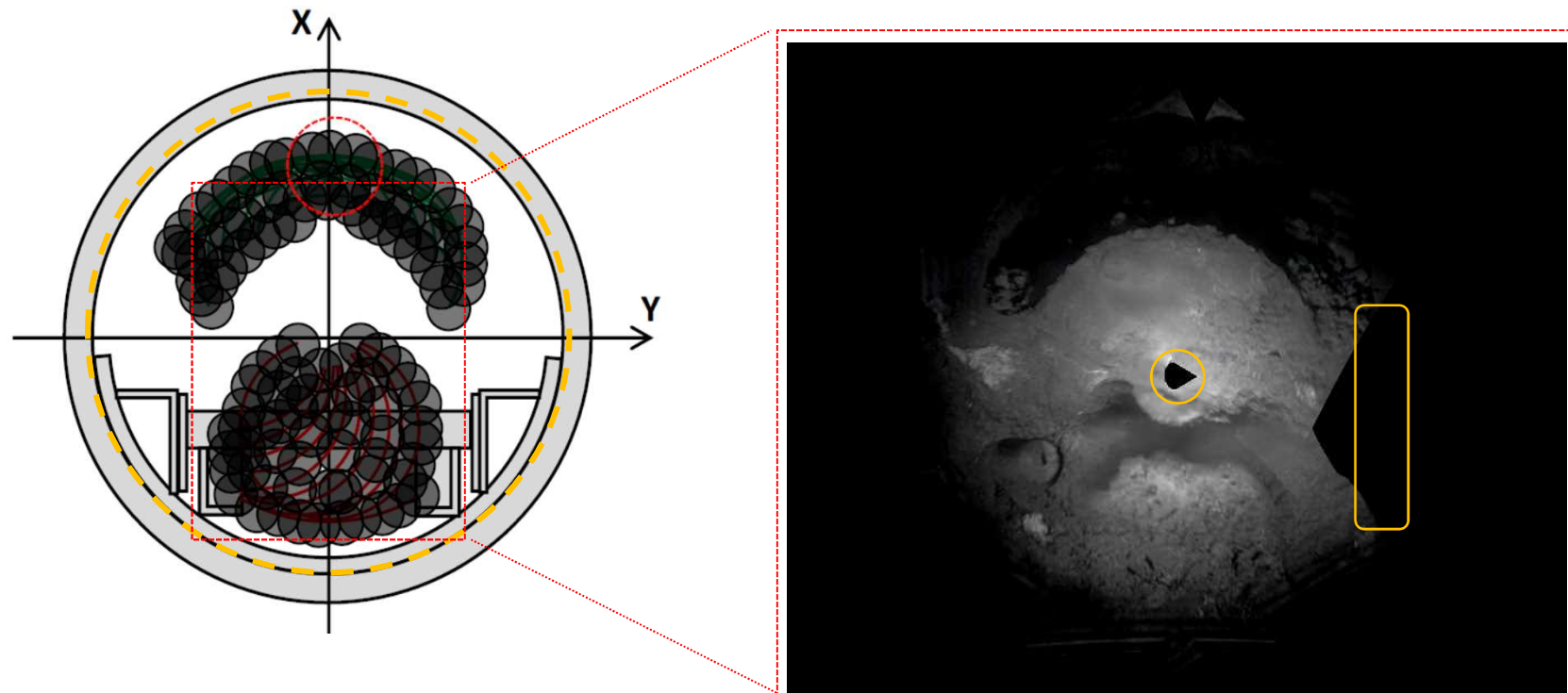
- X-6ペネ内堆積物除去作業を開始し、ドーザツールによる堆積物の突き崩しを実施
- 過去調査時の貫通部近傍から突き崩し作業を行い、上部はドーザツールで抵抗なく押し込めている状況、下部は上部よりも抵抗があるものの、ドーザツールで押し込めている状況



4-3. 現場作業の進捗状況

(X-6ペネ内堆積物除去（低圧水）：堆積物突き崩し作業)

- ペネ下部の抵抗を確認していた箇所も、問題なく押し込めている状況
- 堆積物突き崩し作業ステップ範囲について、事前のモックアップと同様に問題なくドーザツールによる突き崩し作業が完了
- 堆積物の性状としては、X-6ペネ中心部付近から底部にかけてドーザツールを押し込んだ際に抵抗を確認した箇所もあったが、最終的には押し込めている状況



堆積物の突き崩し状況
(1月12日作業)

※画像の貼り合わせによる合成図

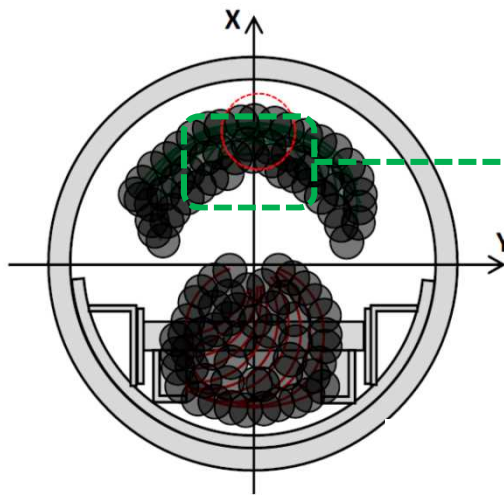
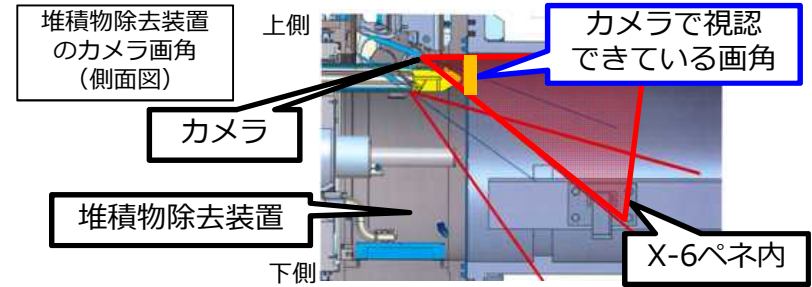
 : 写真がない箇所および貼り合わせ中心点を表す

4-4. 現場作業の進捗状況

(低圧水による堆積物除去作業状況 (X-6ペネ上部))



- ドーザツールによる突き崩し作業に続き、低圧水噴射による堆積物除去作業を実施
- 事前のモックアップと比較し堆積物の除去に時間を要しているが、徐々に堆積物が除去できてきており、ケーブル類が確認されてきた。また、ペネ下部に泥状の堆積物が残っている状況



低圧水施工前 1月17日作業開始前



1月18日作業後



1月19日作業後



1月20日作業後



1月22日作業後

参考. 低圧水による堆積物除去作業状況 (X-6ペネ下部右側)

堆積物除去装置のカメラ画角 (側面図)

カメラ

堆積物除去装置

X-6ペネ内

カメラで視認できている画角

上側

下側

堆積物除去装置のカメラ画角 (上面図)

カメラ

堆積物除去装置

X-6ペネ内

左側

右側

カメラで視認できている画角

X

Y

低圧水施工前 1月17日作業開始前

1月18日作業前

1月19日作業前

挿入ノズル

1月20日作業前

1月22日作業前

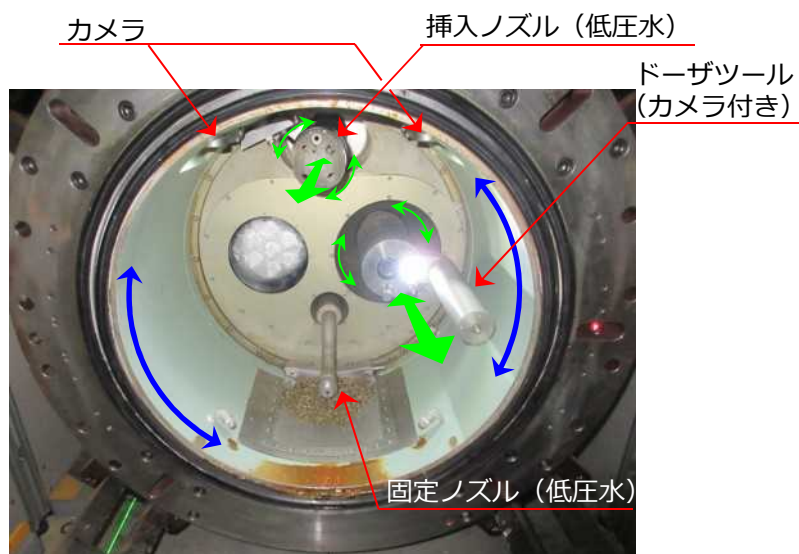
参考. 堆積物除去装置 (低圧水/高圧水・AWJ) について



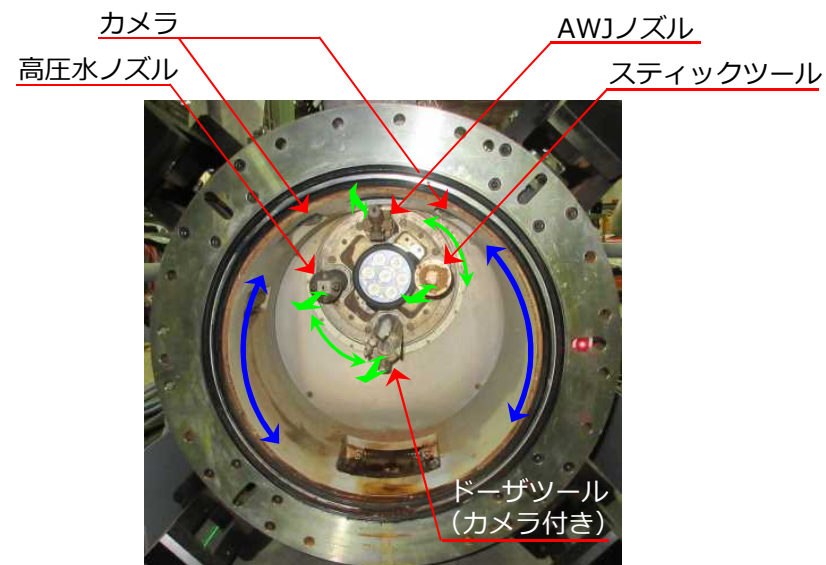
堆積物除去装置 (低圧水) 外観



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

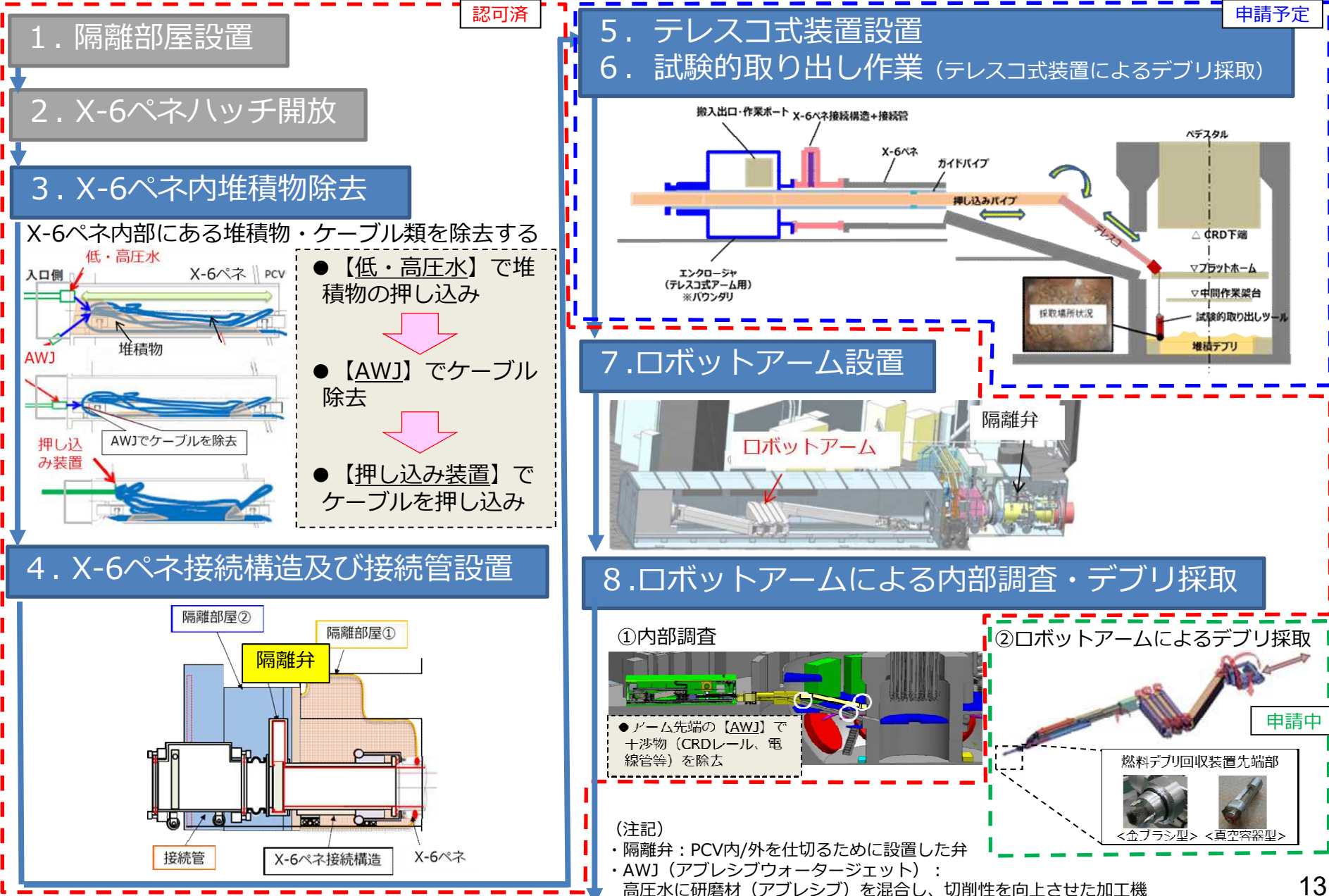


堆積物除去装置 (高圧水・AWJ)
X-6ペネ接続断面

5. 工程

- 事前のモックアップと比較し堆積物の除去に時間を要しているが、徐々に堆積物が除去できてきており、ケーブル類が確認されてきた。今後、2月以降、残った堆積物とケーブル類について、高圧水／AWJによる除去を実施していく。
- 低圧水による除去作業結果及び今後の高圧水／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

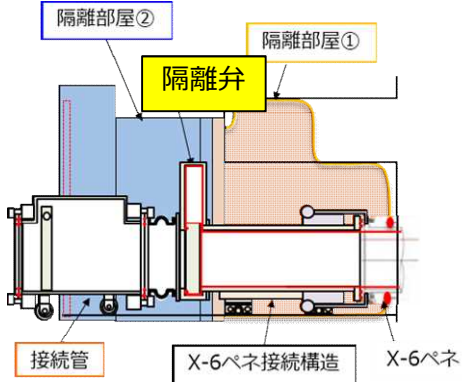
2. X-6ペネハッチ開放

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

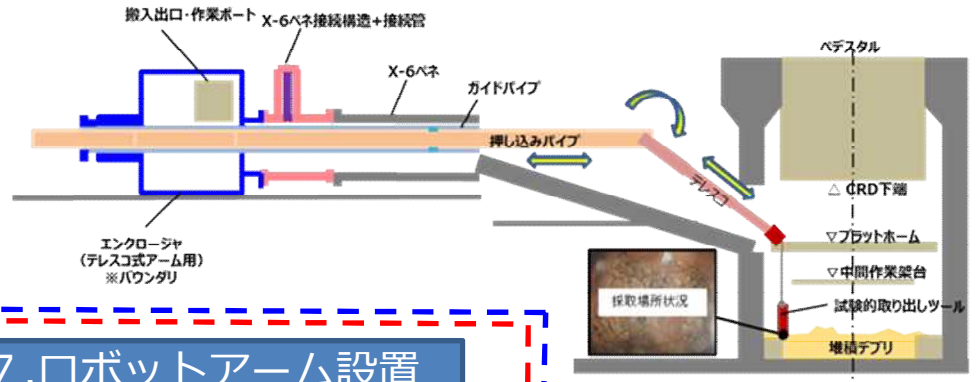
4. X-6ペネ接続構造及び接続管設置



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

- アーム先端の【AWJ】で十渉物 (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

申請中

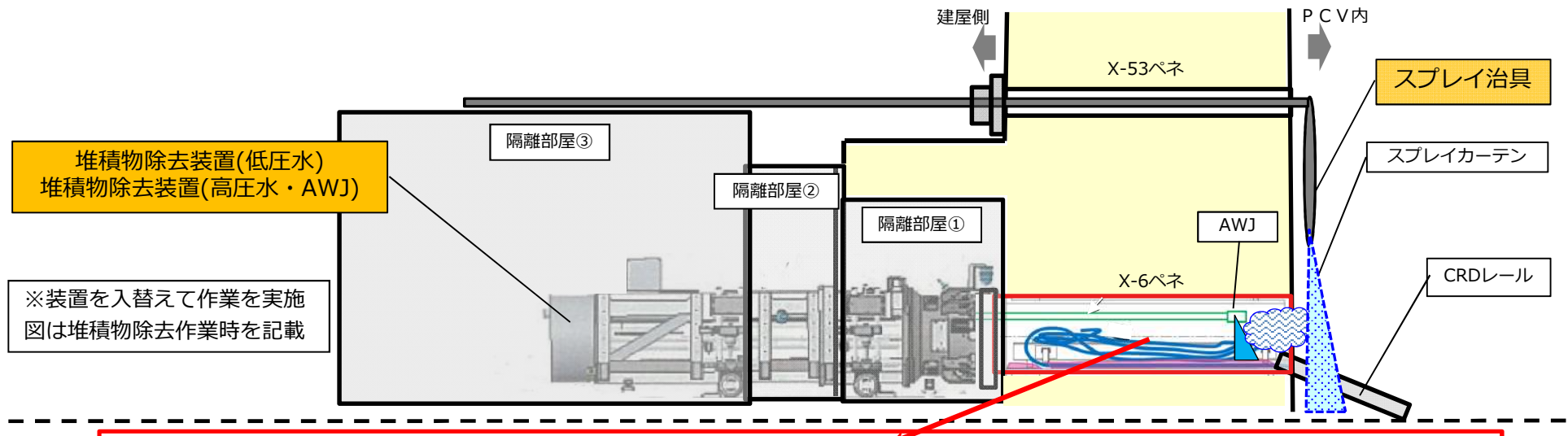
燃料デブリ回収装置先端部
<金ブラシ型> <真空器型>

(注記)
 ・隔離弁：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

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pray器具による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

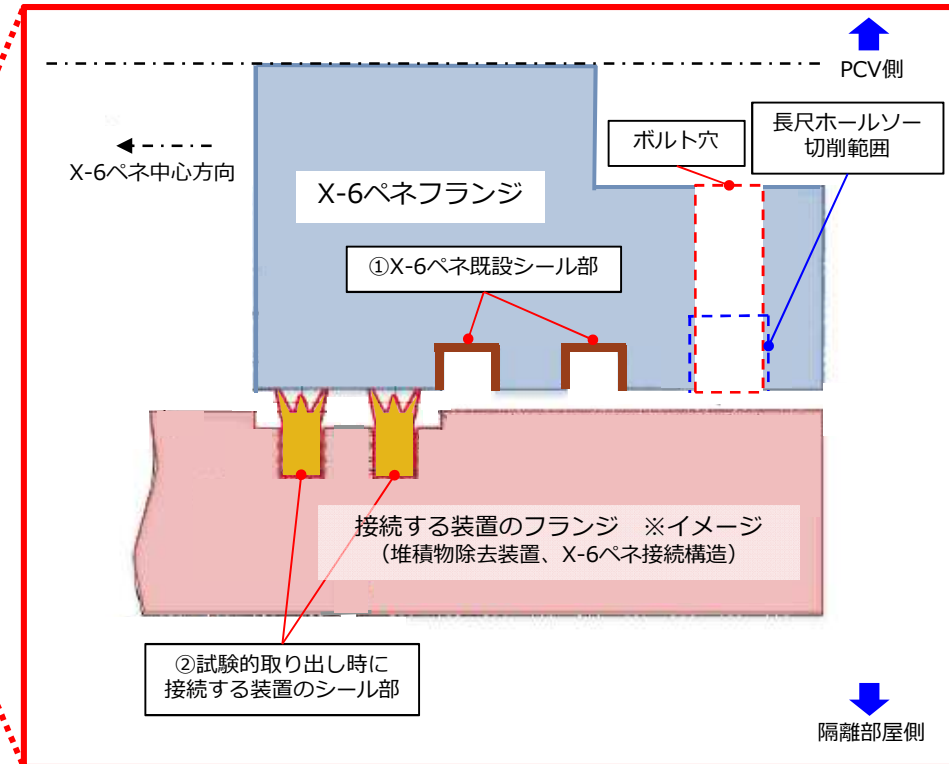
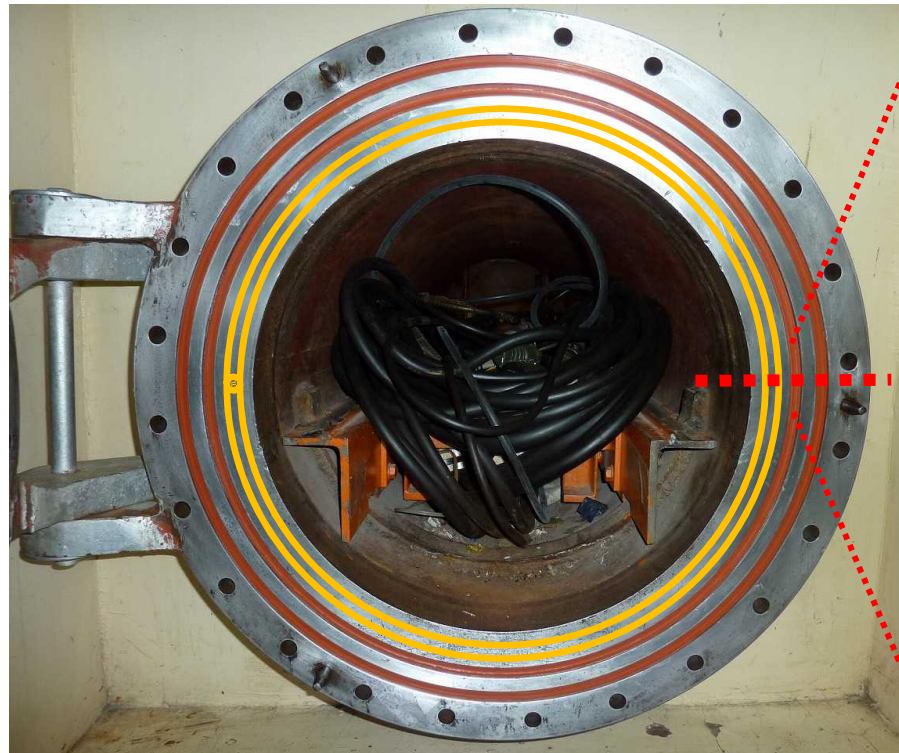


X-6ペネ内の状態(模擬)



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）

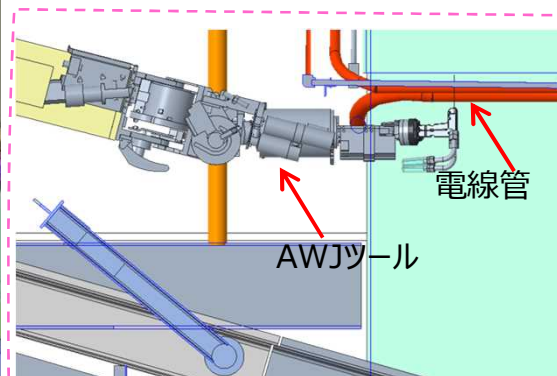
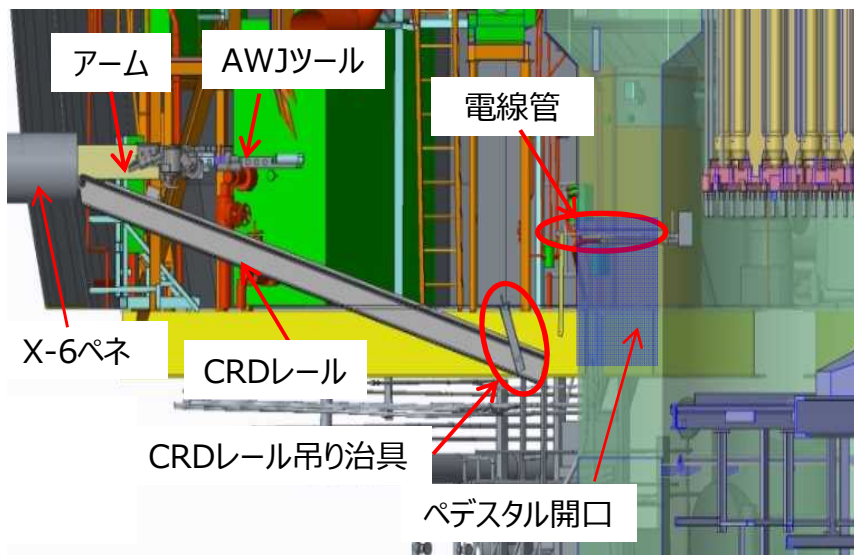
- : ①X-6ペネ既設シール部
- : ②試験的取り出し時に接続する装置のシール部
※堆積物除去装置、X-6ペネ接続構造

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

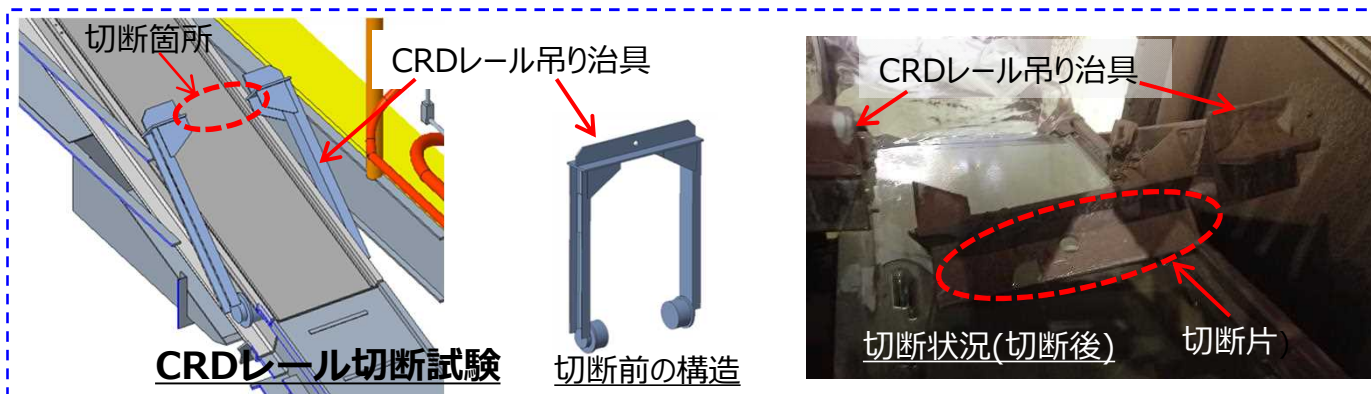


【PCV内部障害物の除去試験】

- 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DESTAL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レール吊り治具、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、位置調整等に時間がかかり、ロボットアーム挿入後のアクセスルート構築に時間を要することが試験にて確認できたため、作業効率化（作業時間短縮）についても継続検討中



電線管切断試験



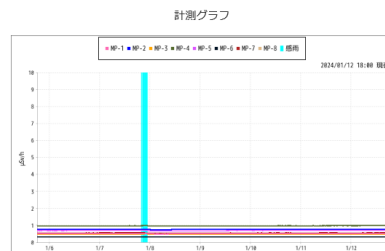
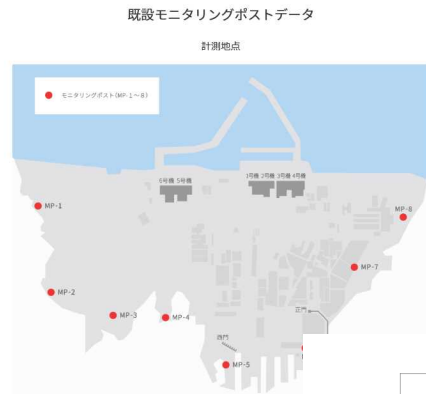
参考：環境への影響について（1/2）

- 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-1～8）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。



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。



敷地境界付近ダストモニタ単位：Bq/cm² 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。

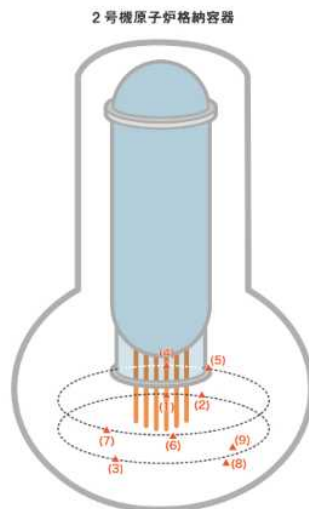
参考URL：https://www.tepco.co.jp/decommission/data/plant_data/unit2/pcv_index-j.html

（参考）ホームページのイメージ

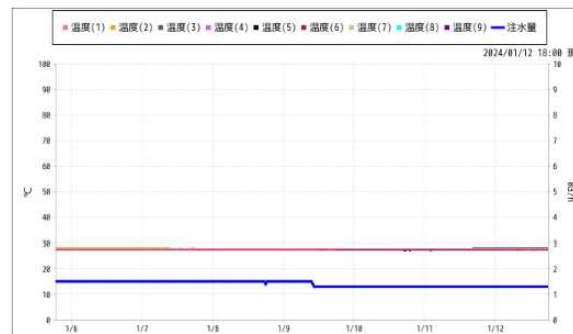
福島第一原子力発電所2号機 原子炉格納容器内温度計測状況

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:℃、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 |