

## 2号機燃料デブリ試験的取り出し作業の 準備状況について

**IRID** **TEPCO**

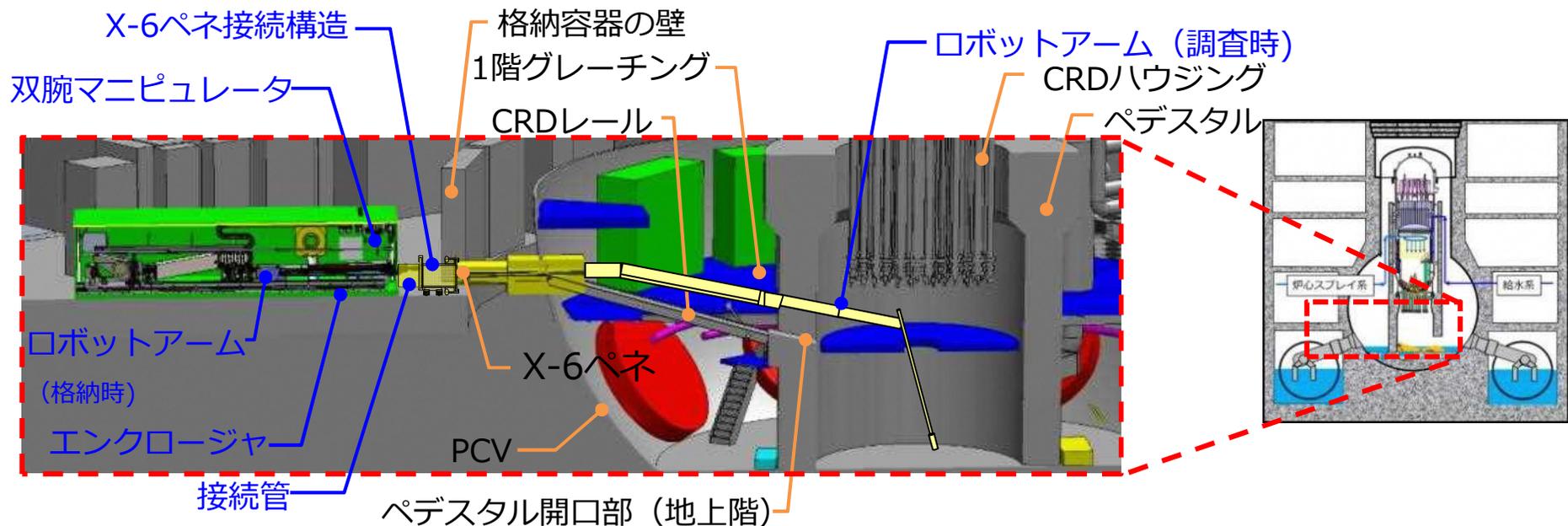
---

2024年8月20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

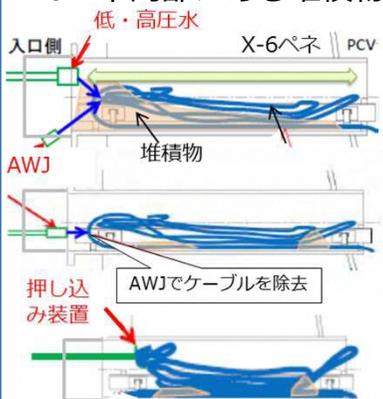
## 2. 作業のステップ (1 / 2)

### 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

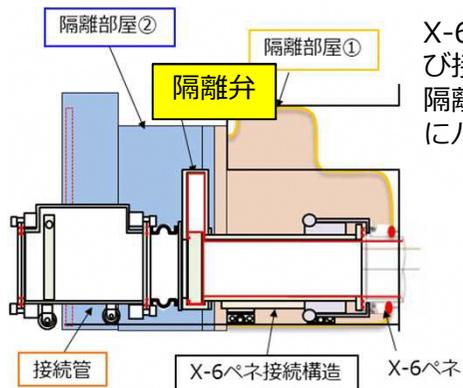


- 【低・高圧水】で堆積物の押し込み

- 【AWJ】でケーブル除去

- 【押し込み装置】でケーブルを押し込み

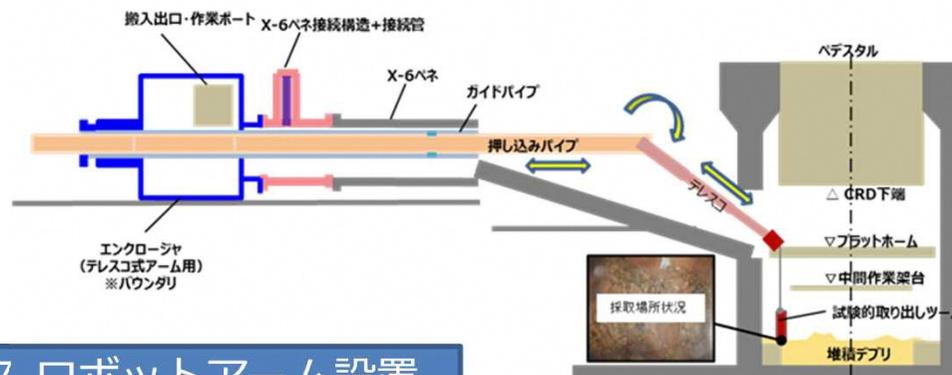
### 4. X-6ペネ接続構造及び接続管設置



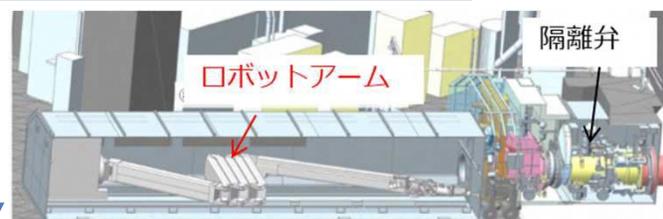
X-6ペネに接続構造及び接続管を取り付け、隔離部屋から接続構造にバウンダリを変更

### 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)

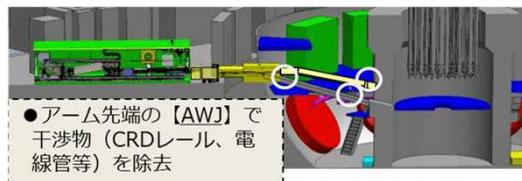


### 7. ロボットアーム設置



### 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

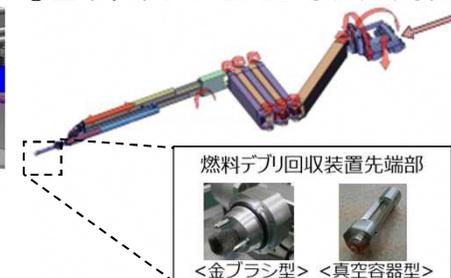


- アーム先端の【AWJ】で干渉物 (CRDレール、電線管等) を除去

(注記)

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

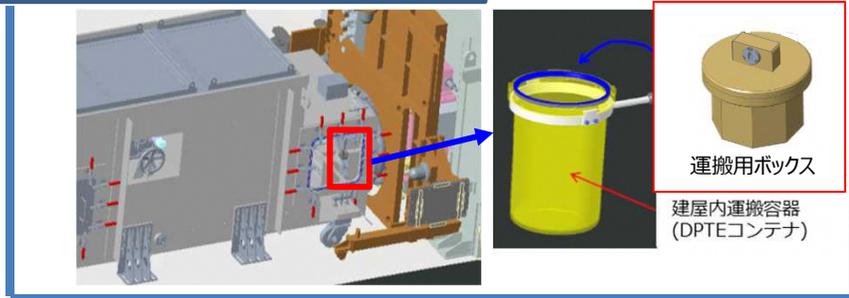
#### ②ロボットアームによるデブリ採取



## 2. 作業のステップ (2 / 2)

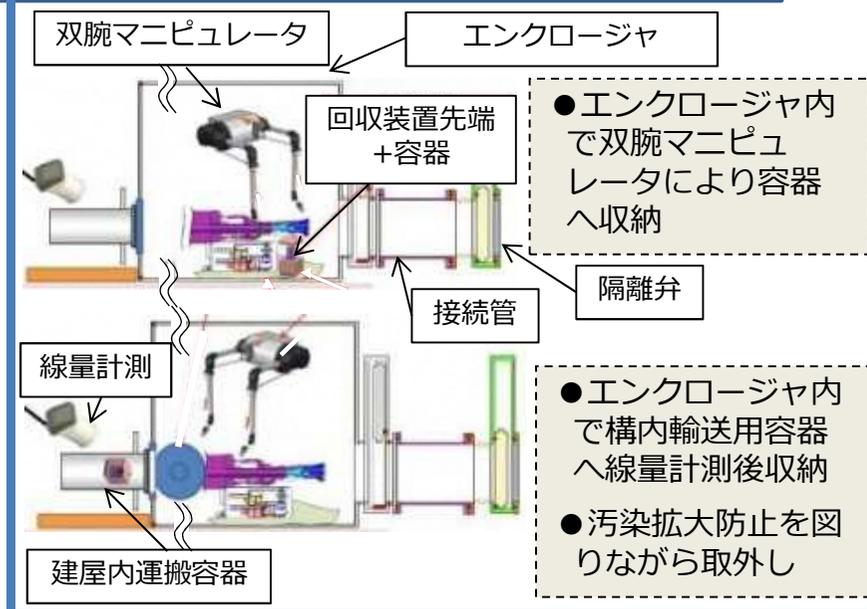
↓ (前スライド ステップ6より)

### 9-1. 燃料デブリの収納



↓ (前スライド ステップ8より)

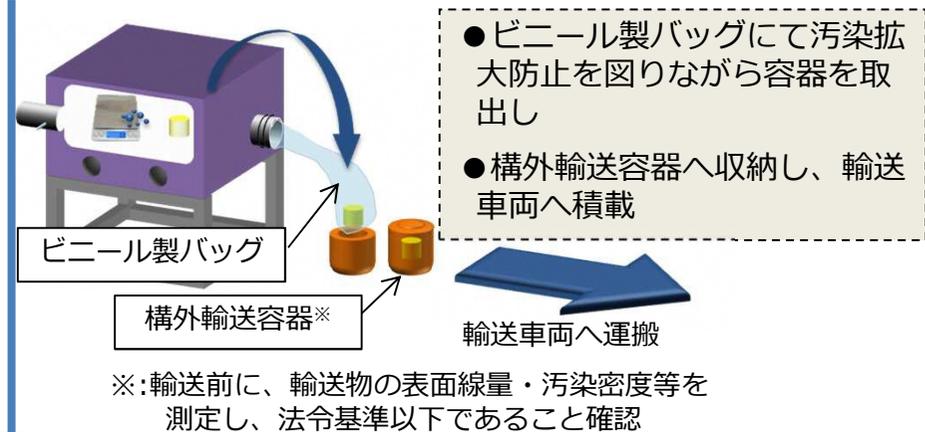
### 9-2. 燃料デブリ回収装置先端部の収納 構内輸送用容器へ収納・線量計測



### 10. グローブボックス受入・計量



### 11. 容器の取出し・輸送容器へ収納・搬出



### 12. 構外輸送及び構外分析

(注記)

・DPTEコンテナ：Double Porte pour Transfert Etancheの略  
コンテナの蓋とグローブボックスのダブルドアが一体となって開閉することで、密閉を維持しながら物を移送することが可能なコンテナ

### 3 - 1. 堆積物除去作業の状況

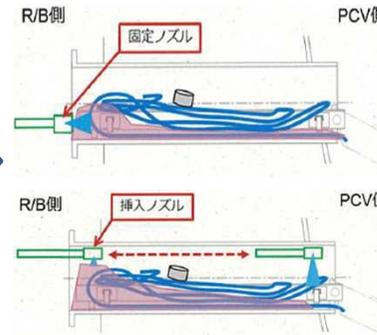
- X-6ペネ内堆積物除去作業は、PCVバウンダリとなる隔離部屋の中に堆積物除去装置を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう安全かつ慎重に作業を進める
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する



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

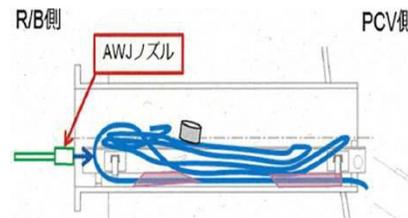


堆積物除去装置  
(低圧水) 撤去

X-6ペネ接続構造及び接続管設置作業 完了



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

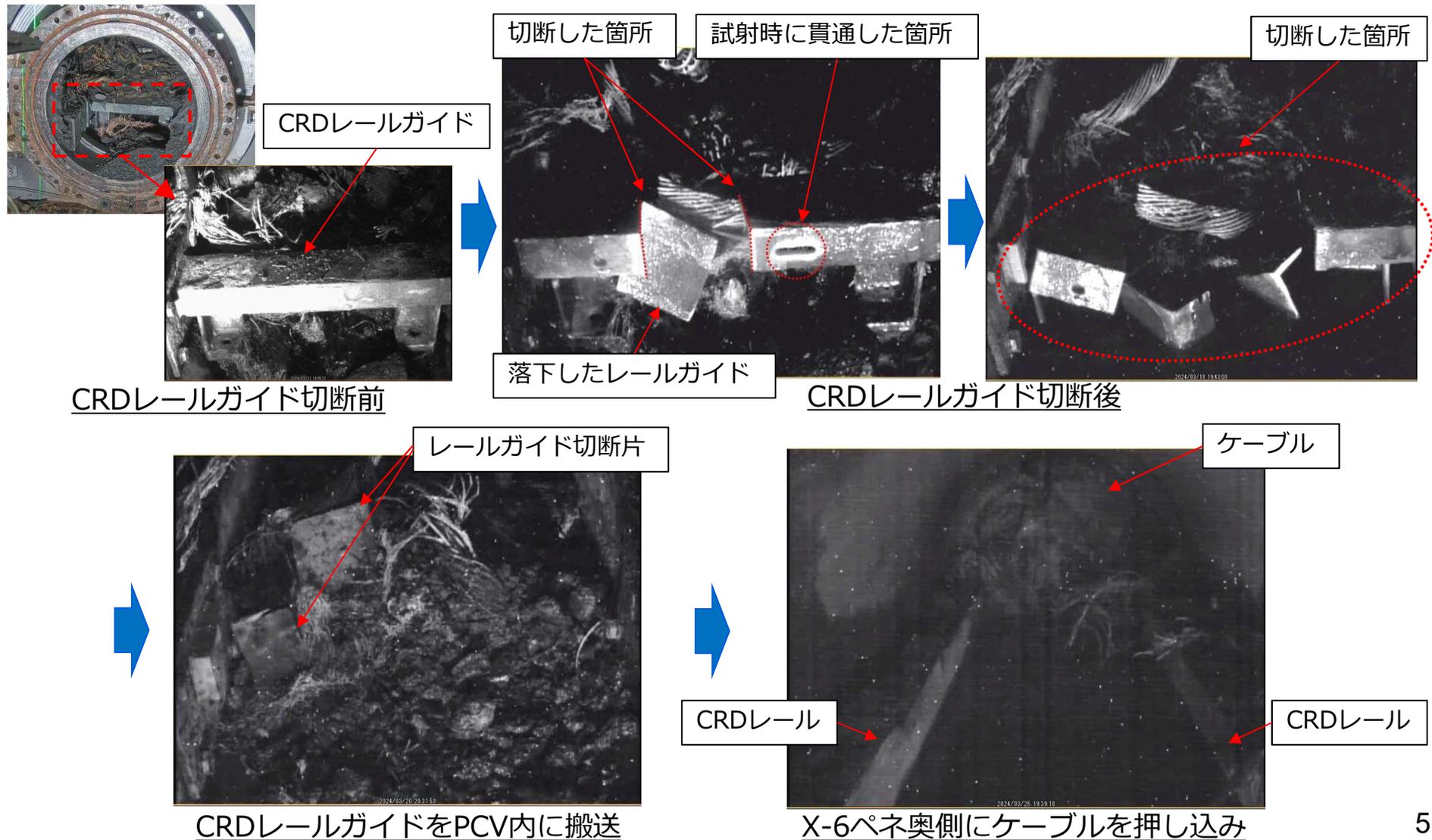
次工程へ  
X-6ペネ接続構造設置

※写真はモックアップ時の状況

### 3-2. 堆積物除去作業の状況

( 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)

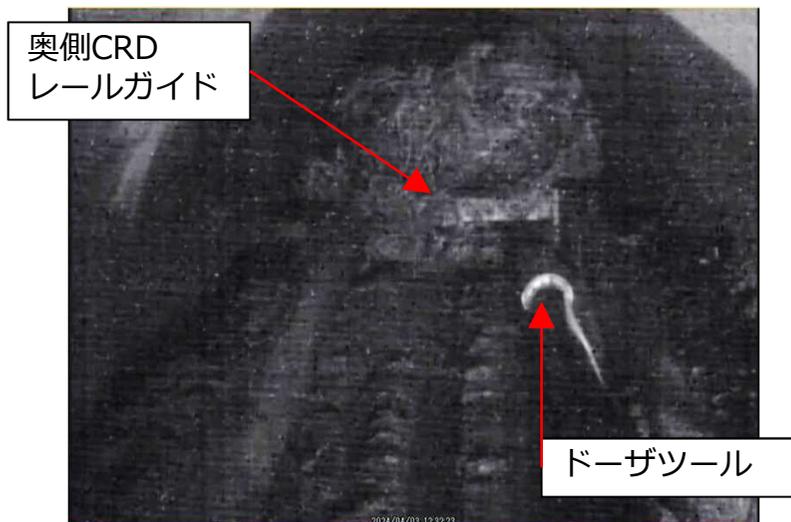
- 3/18よりAWJ施工を開始し、X-6ペネ手前側のCRDレーンガイドの除去を実施。3/22よりX-6ペネ奥側へケーブルの押し込み及び押し込んだケーブルのAWJ切断を実施。その後、X-6ペネ奥側のCRDレーンガイドの除去を実施。



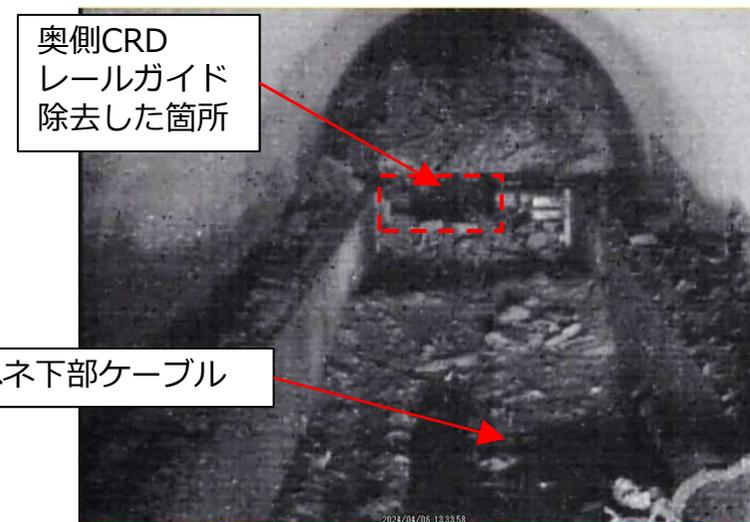
### 3 - 3. 堆積物除去作業の状況

( 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)

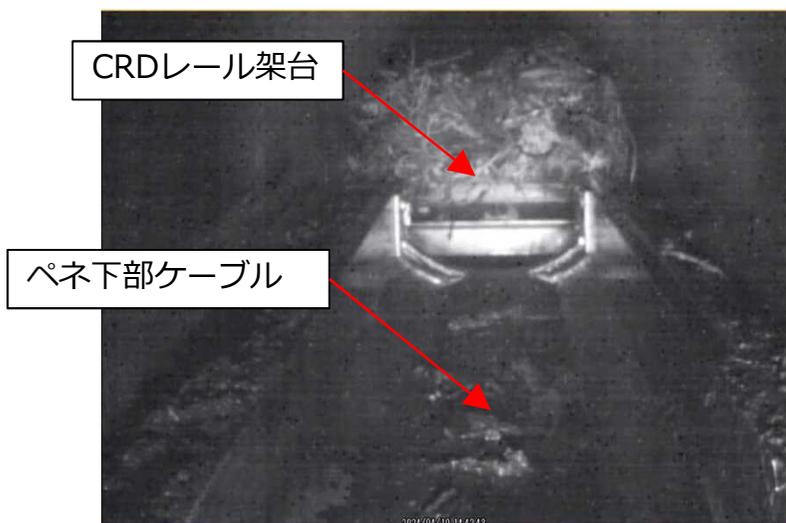
- AWJ施工により、X-6ペネ奥側のCRDレーンガイド及びX-6ペネ外側 ( PCV側 ) のCRDレーン架台固定ピン、ペネ下部ケーブルの除去を実施



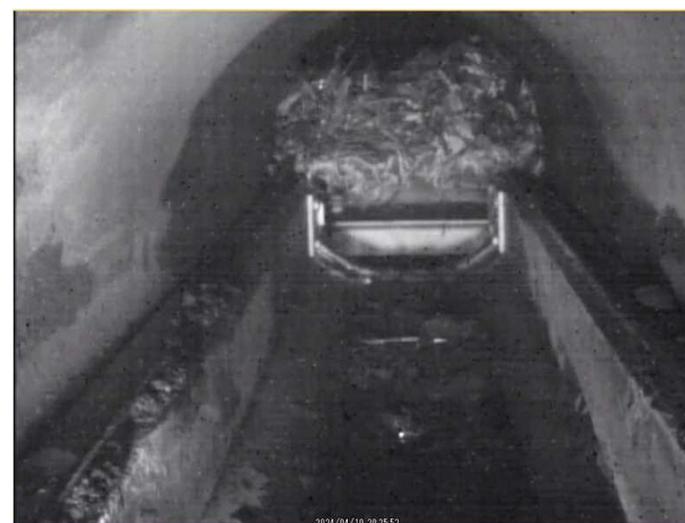
X-6ペネ奥側CRDレーンガイド除去前



X-6ペネ奥側CRDレーンガイド除去中



X-6ペネ奥側CRDレーンガイド及びレーン架台固定ピン除去後

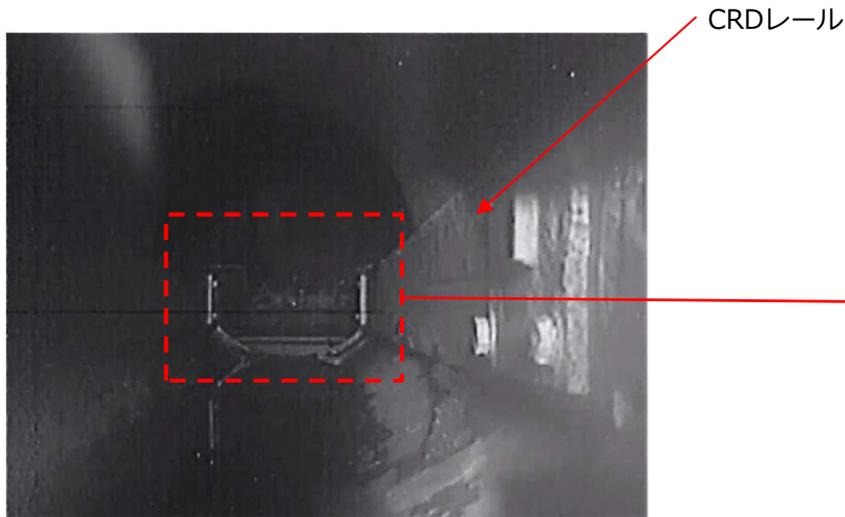


X-6ペネ下部ケーブル除去後

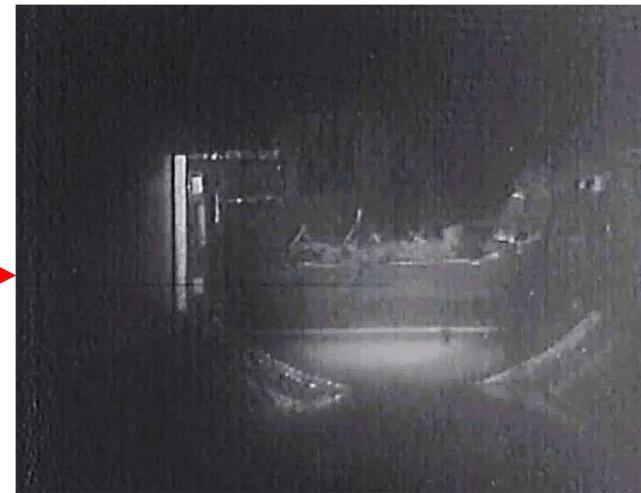
### 3 - 4 . 堆積物除去作業の状況

( 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)

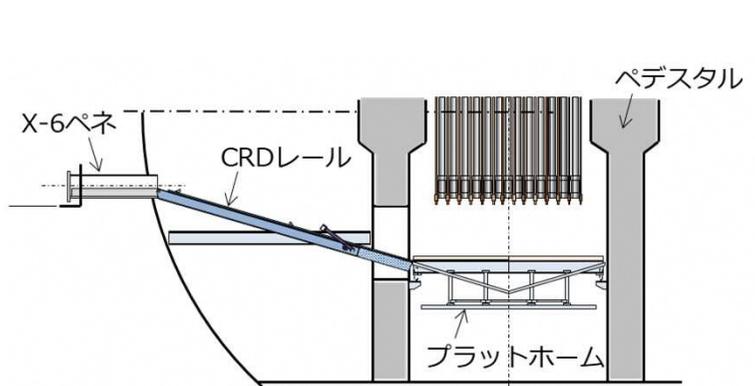
- X-6ペネ内堆積物除去作業が完了し、テレスコ式装置及びロボットアームのPCVアクセスに影響がないことを確認



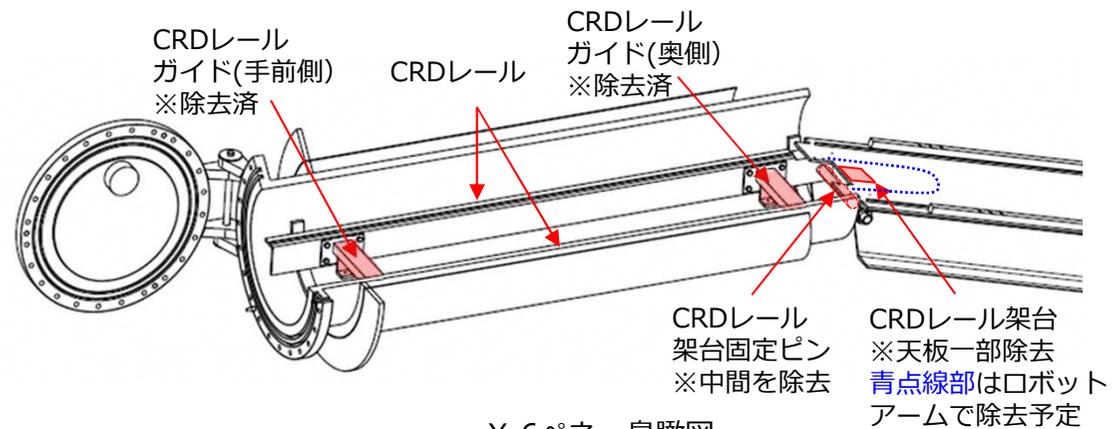
X-6ペネ 堆積物除去後の状況 ( 手前より奥側を撮影)



X-6ペネ 堆積物除去後の状況 ( 奥側)



X-6ペネ・原子炉圧力容器ペDESTAL 断面図



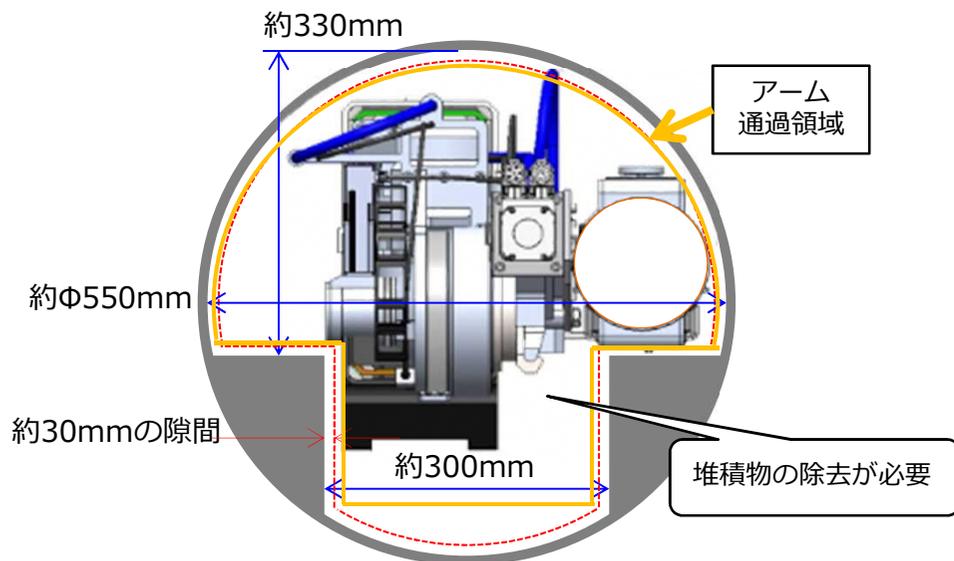
X-6ペネ 鳥瞰図

### 3 - 5. 堆積物除去作業の状況

( 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)

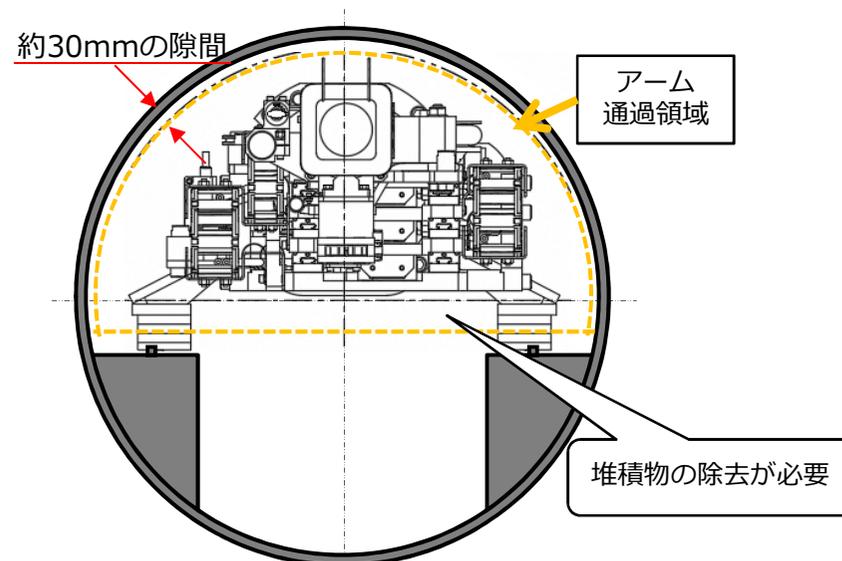
#### ロボットアーム

(X-6ペネ通過時の断面図)



#### テレスコ式アーム

(X-6ペネ通過時の断面図)



X-6ペネの状況 ( 堆積物除去前)

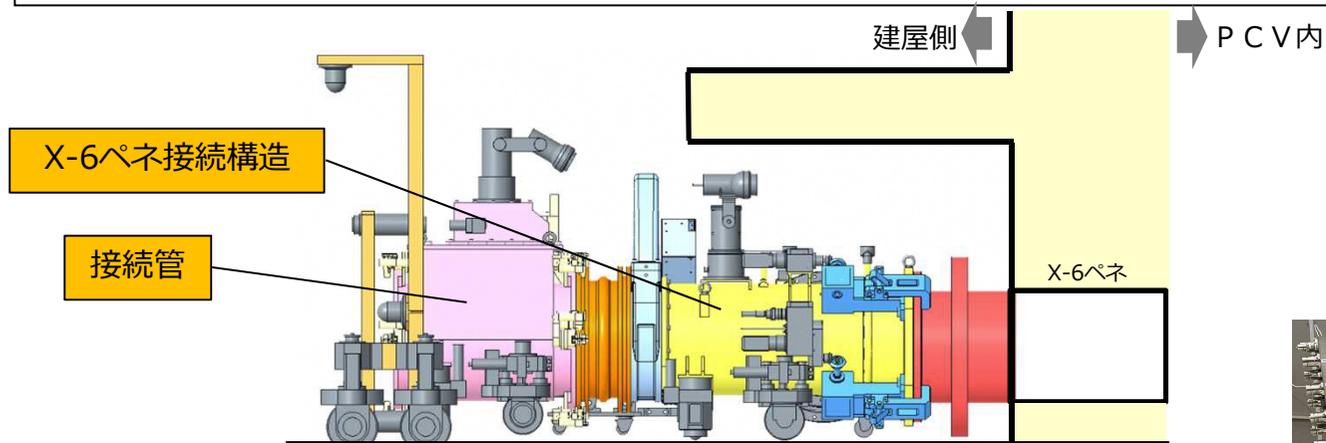


堆積物除去後のX-6ペネの状況

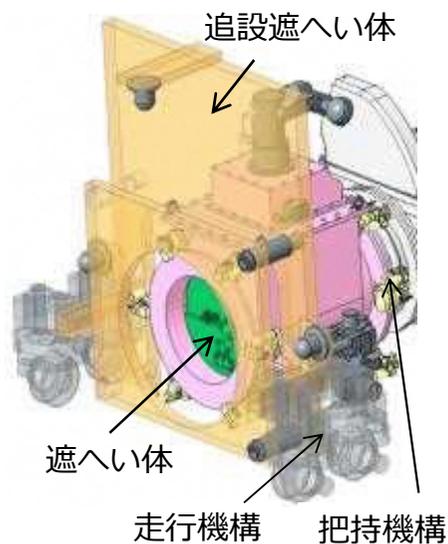
## 4 - 1. X-6ペネ接続構造及び接続管設置作業の状況

試験的取り出し作業用のアクセスルートを構築及びPCVバウンダリを確保するため、以下の機構を設置

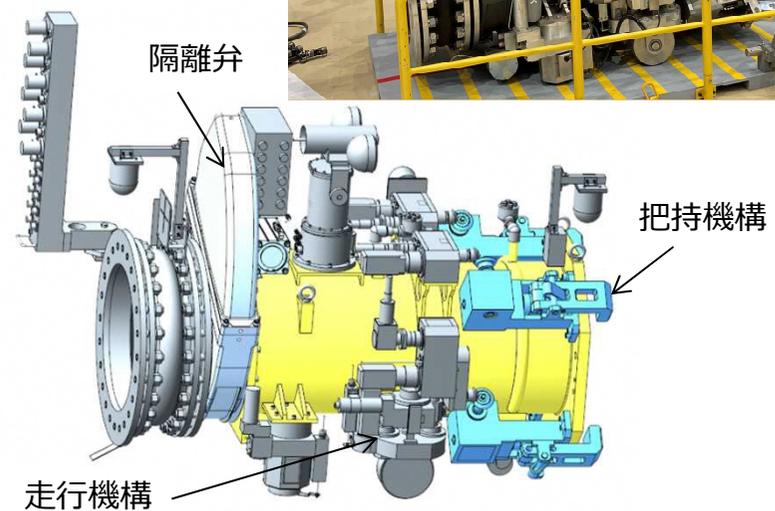
- X-6ペネ接続構造：X-6ペネと接続し、PCVと隔離する隔離弁によりPCVバウンダリを確保
- 接続管：PCV内からの放射線を遮へいし、X-6ペネ前の線量率を低下させる



### ➤ 接続管



### ➤ X-6ペネ接続構造

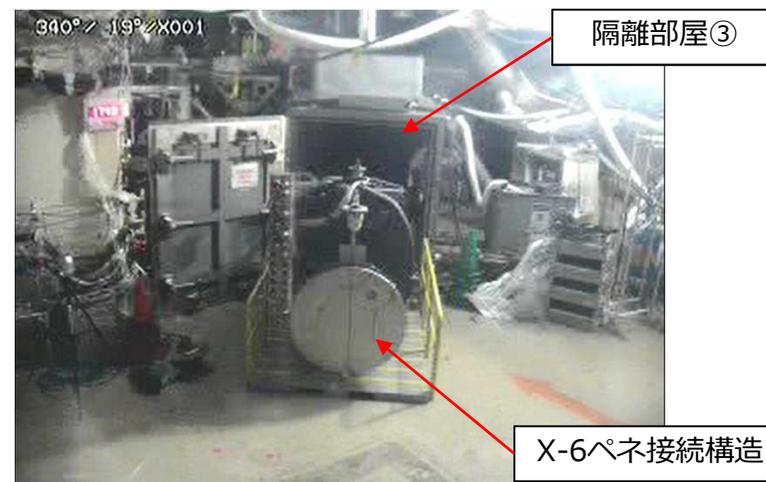


## 4 - 2. X-6ペネ接続構造及び接続管設置作業の状況

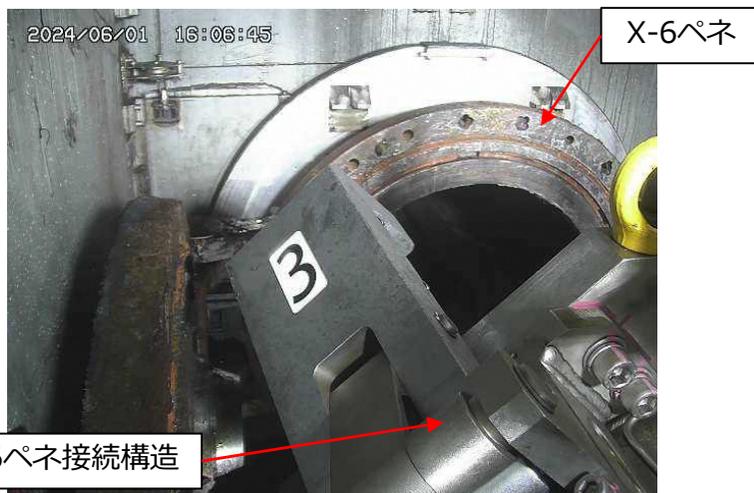
- X-6ペネフランジにX-6ペネ接続構造（隔離弁）の接続（把持）を実施。接続後、フランジ二重シール部の加圧確認を実施し、問題がないことを確認。※PCVバウンダリが隔離部屋からX-6ペネ接続構造に変更



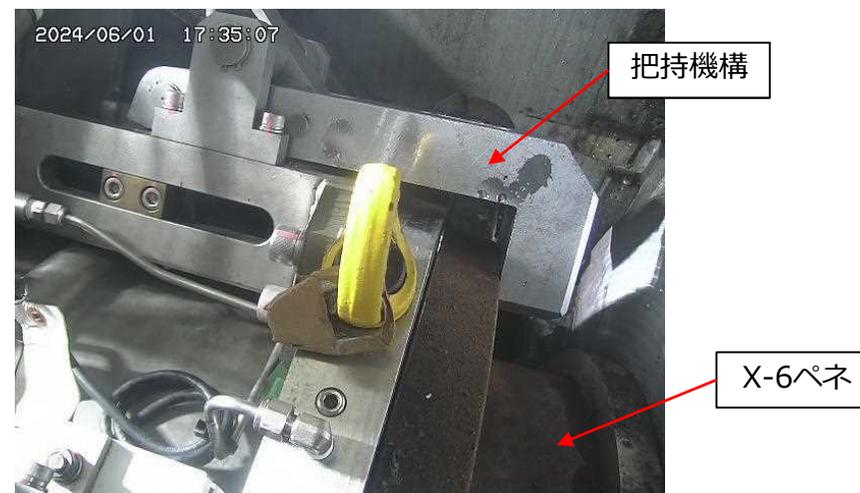
X-6ペネ接続構造をR/B北西エリアに運搬



X-6ペネ接続構造を隔離部屋③に搬入



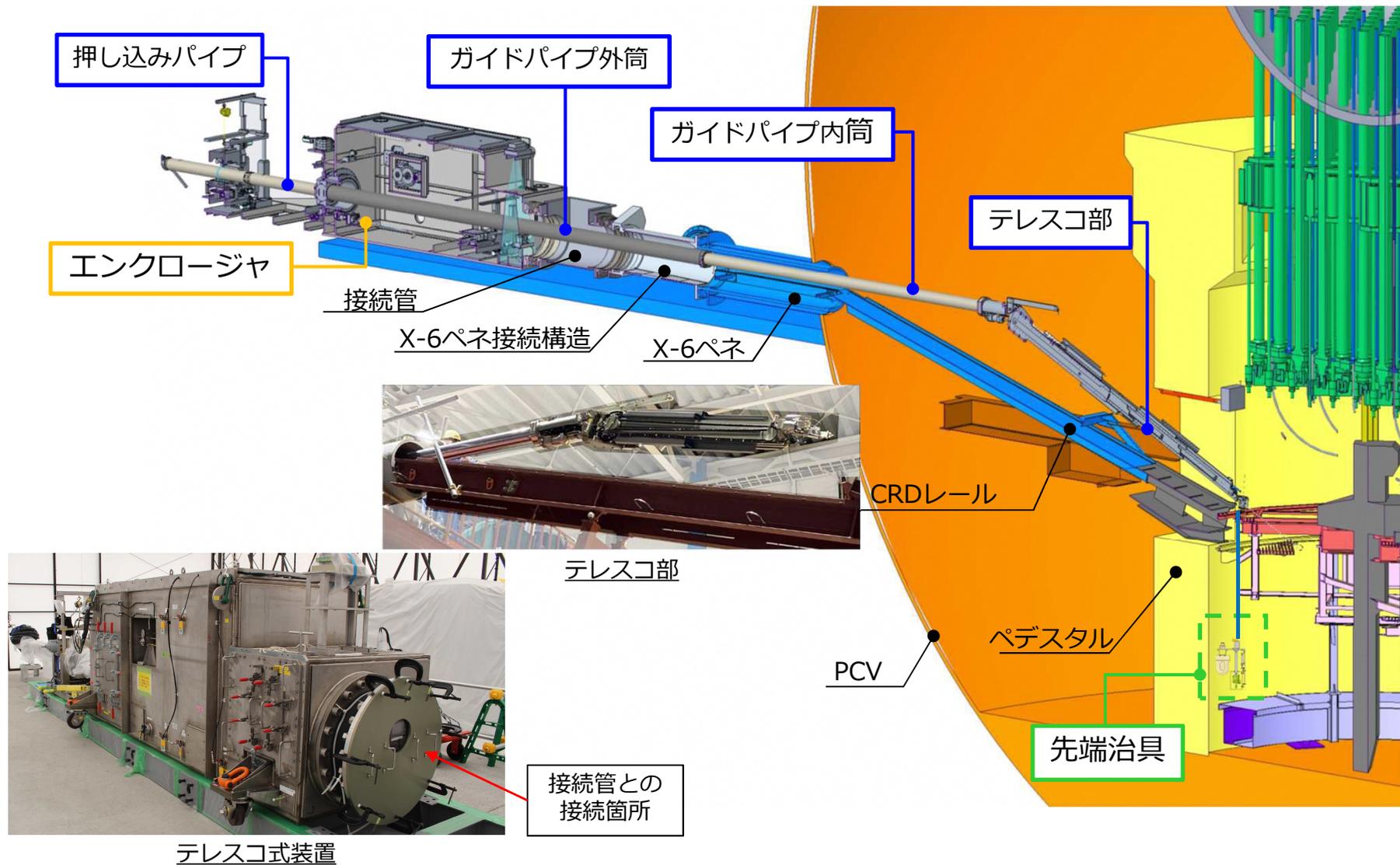
X-6ペネにX-6ペネ接続構造を接続



X-6ペネにX-6ペネ接続構造を接続

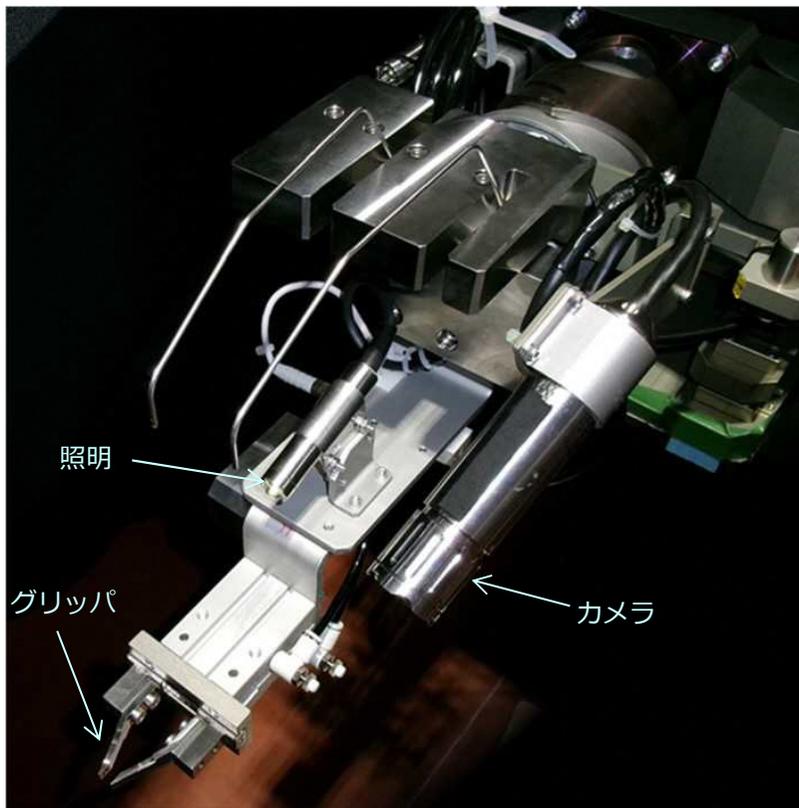
## 5 - 1. テレスコ式試験的取り出し装置によるデブリ採取

- テレスコ式装置は、X-6ペネからPCV内にアクセスし、燃料デブリの試験的取り出しを行う装置
- エンクロージャは、接続管に接続することで試験的取り出し時におけるPCVバウンダリの機能を有する

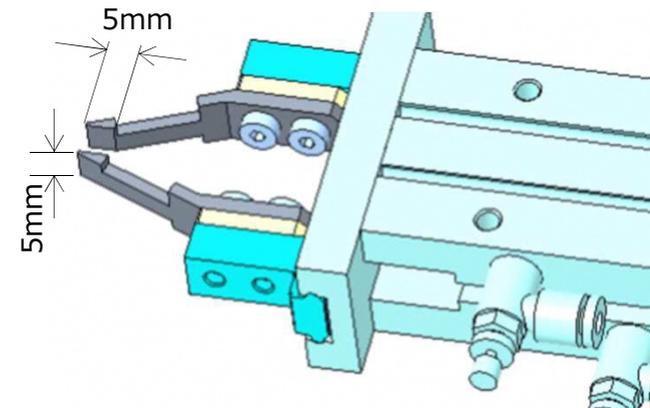


## 5 - 2. テレスコ式試験的取り出し装置によるデブリ採取

- テレスコ式装置による試験的取り出しに使用する先端治具については、グリッパ型を選定
- 先端治具のカメラを用いて、採取する燃料デブリの大きさを判定



グリッパ型



サイズを把握するためのグリッパ爪  
(グリッパ型)



球体と立方体の模擬デブリを把持したカメラ映像  
(グリッパ型)

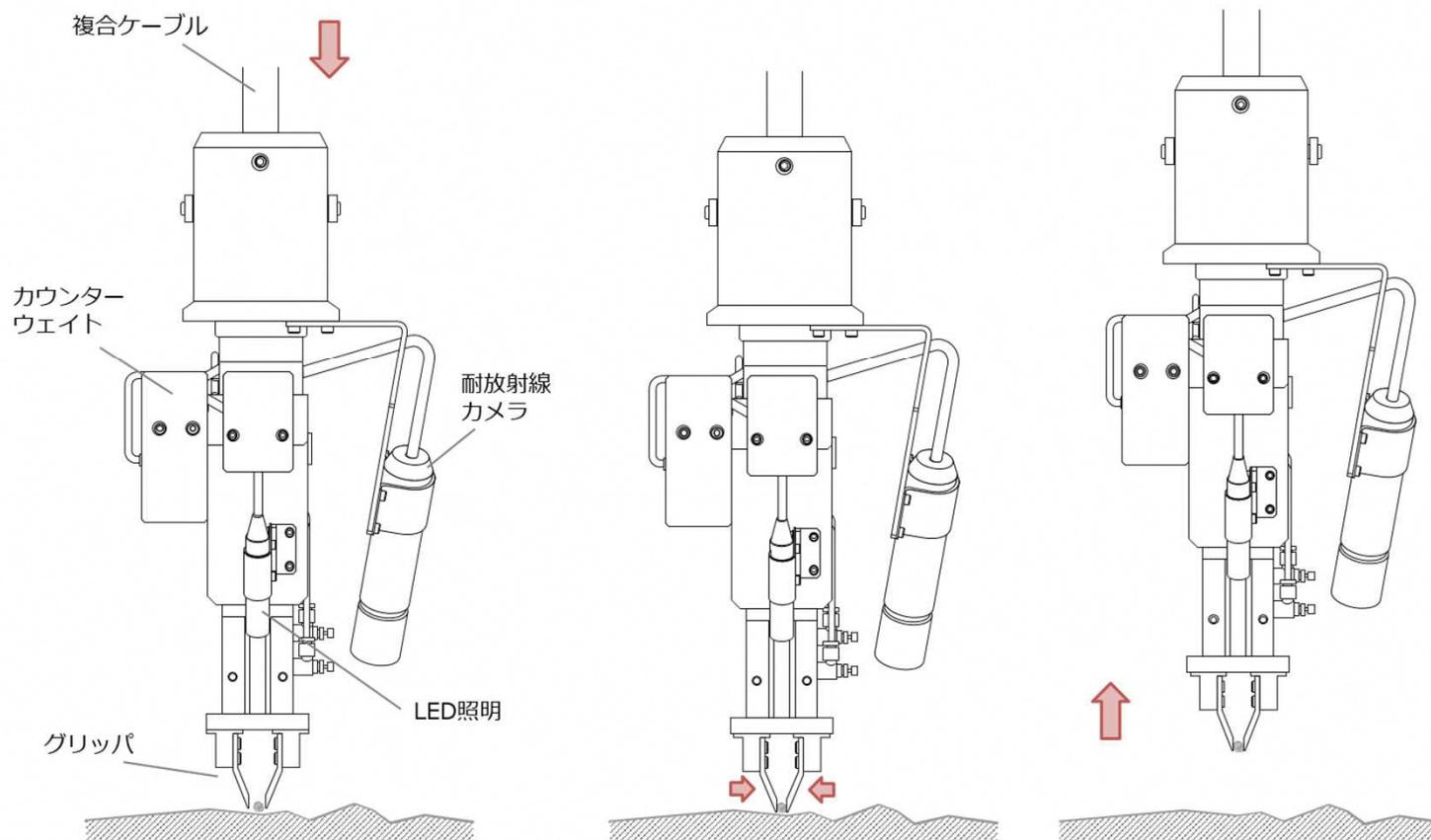
## 補足. テレスコ式試験的取り出し装置によるデブリ採取

- 金属製の爪（グリッパ）にて、PCV内の小石・粒状の燃料デブリを把持し、採取する。
- 先端治具については、十分なモックアップ試験や操作の検証及び習熟訓練を行い、グリッパ式を選定。
- 燃料デブリの取り出しについては、テレスコ式アームをPCV内に挿入し、採取可能なデブリを確認し、採取する予定。

- 耐放射線カメラで燃料デブリの大きさを確認
- 先端治具を燃料デブリに向け吊り降ろす

- グリッパにより、燃料デブリを把持

- 把持した燃料デブリの大きさを耐放射線カメラにより確認
- エンクロージャ内へ帰還後、エンクロージャ内のカメラにて確認



### 5 - 3. 現場作業の進捗状況（テレスコ式装置）

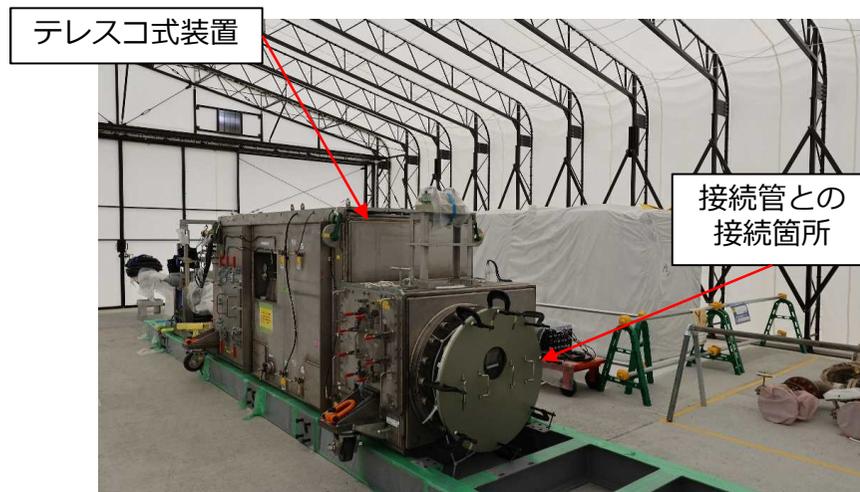
- 6月18日にメーカー工場にて使用前検査（耐圧確認検査）を受検し、「良」の判定を頂いている
- 7月3日にメーカー工場から輸送開始し、7月10日に福島第一原子力発電所構内に搬入を実施



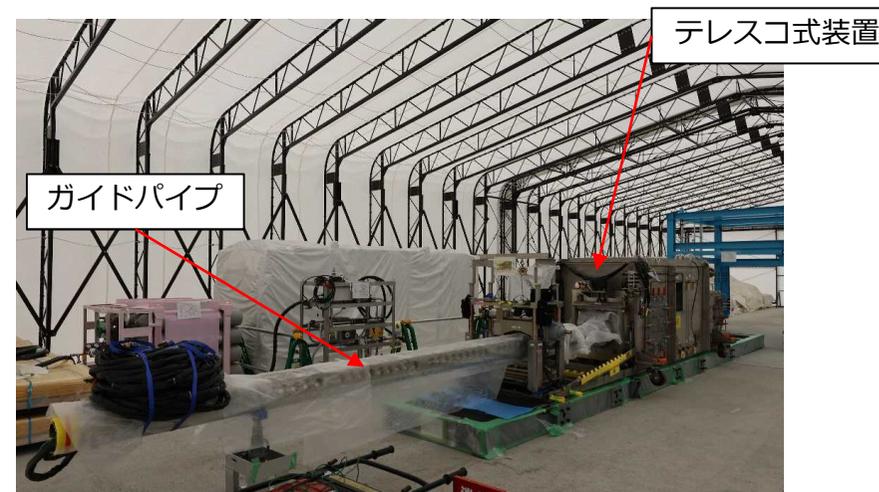
7/3 メーカー工場から輸送開始



7/3 メーカー工場から輸送開始

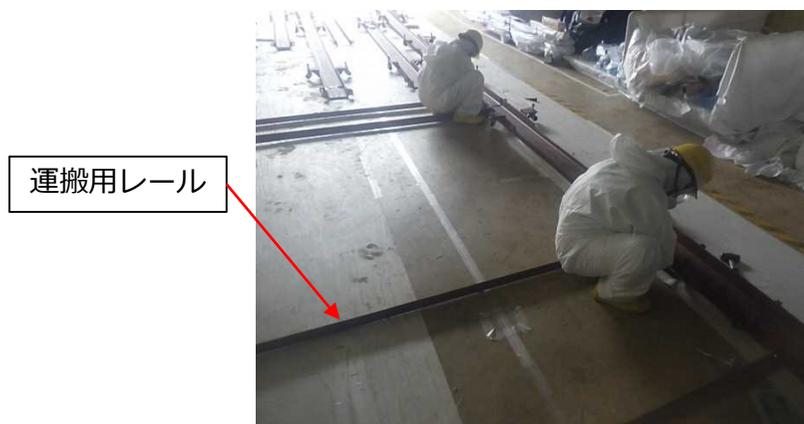


7/10 福島第一 構内テントハウスに搬入



## 5 - 4 . 現場作業の進捗状況 (テレスコ式装置)

- 7月18日に2号機原子炉建屋内の運搬用レール等の設置を行い、原子炉建屋への搬入準備が完了
- 7月19日に原子炉建屋内に搬入を実施



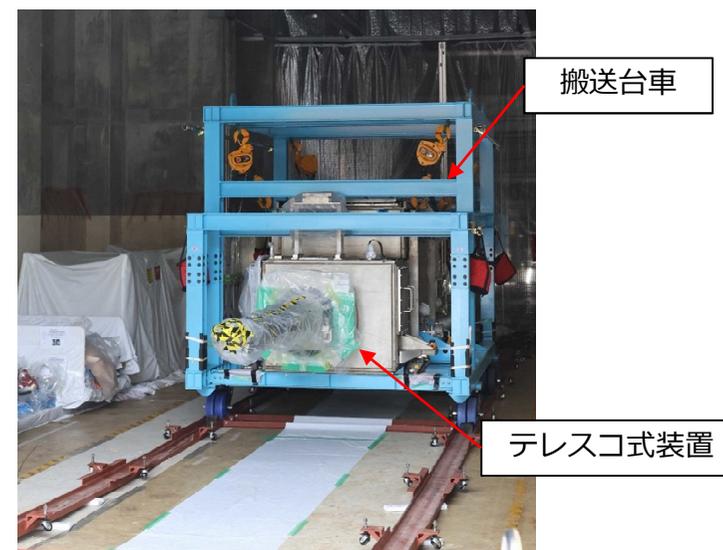
7/18 運搬用レール敷設作業状況



7/18 運搬用レール敷設後



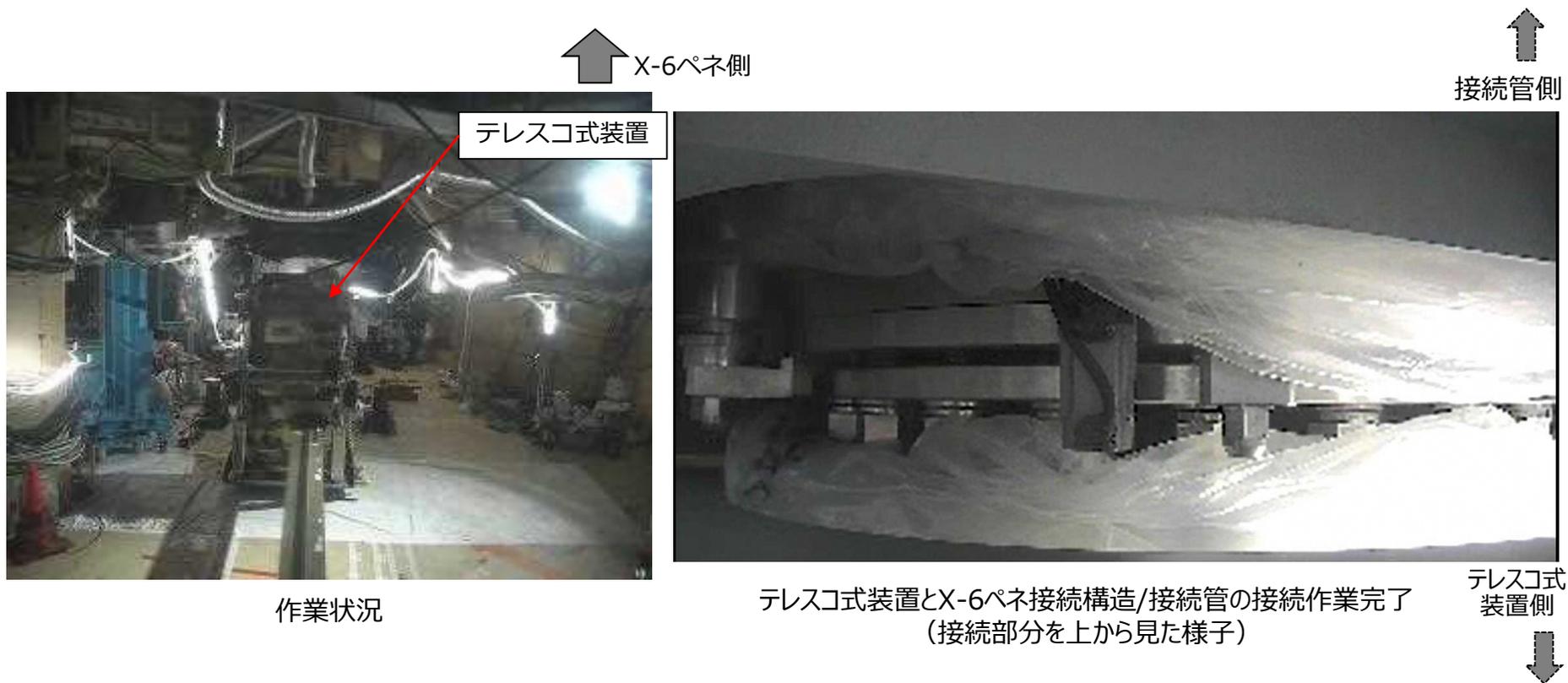
7/19 原子炉建屋内への搬入状況



原子炉建屋内への搬入後の状況  
(ガイドパイプ側)

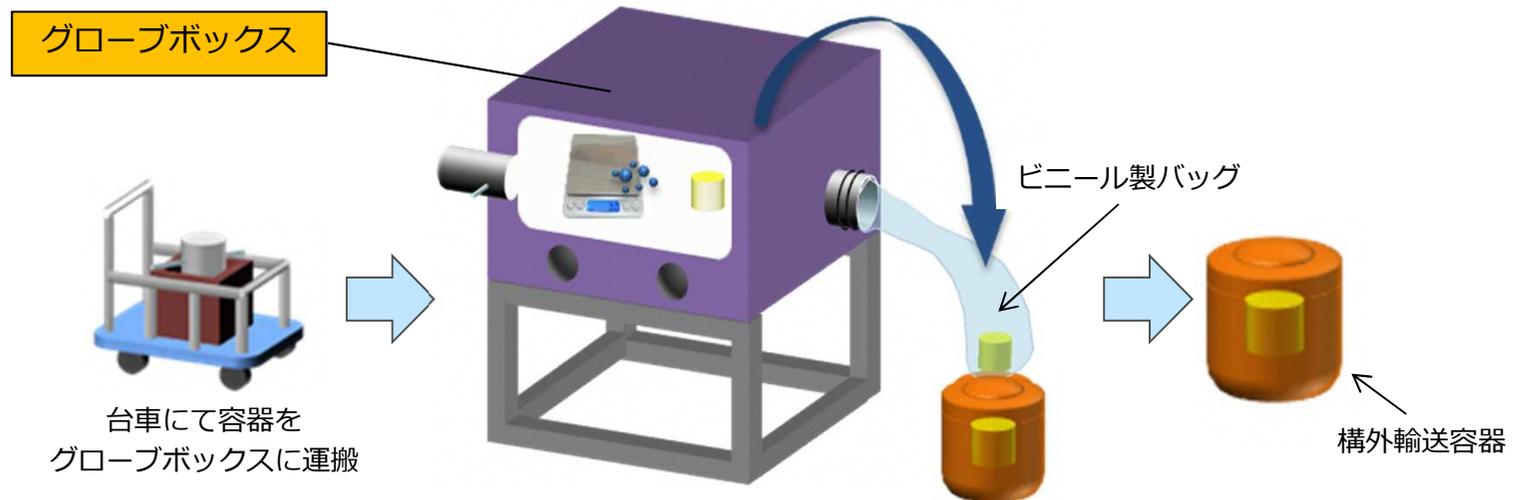
## 5 - 5. 現場作業の進捗状況 (テレスコ式装置)

- 7月20日～ 原子炉建屋内の搬送、X-6ペネ接続構造・接続管への取り付け作業を実施
- 7月25日 X-6ペネ接続構造/接続管への取付が完了
- 7月31日 現地にて使用前検査を受検し、「良」判定を頂いている



## 6-1. グローブボックス作業の状況

- 採取した燃料デブリは、テレスコ式装置またはロボットアームのエンクロージャから搬出する際に線量測定を行い、原子建屋内に設置するグローブボックスまで運搬し、グローブボックス内で各種測定を行う。測定後、汚染拡大防止措置を実施し、構外運搬を行う。



- 内部を負圧にしたグローブボックスに受入
- グローブボックス内で各種測定、容器への収納を実施
- ビニール製バッグにて汚染拡大防止を図りながら容器を取り出し
- 構外輸送容器へ収納し、輸送車両へ積載
- 構外輸送容器は鉛遮へいや蓋の二重シール等により、安全に輸送する計画。

## 6 - 2. グローブボックス作業の状況

- 2号機原子炉建屋内でグローブボックスの設置作業を実施
- 7月17日に現地にて使用前検査（気密性確認検査他）を受検し、「良」の判定を頂いている



グローブボックス設置状況

## 7. 工程

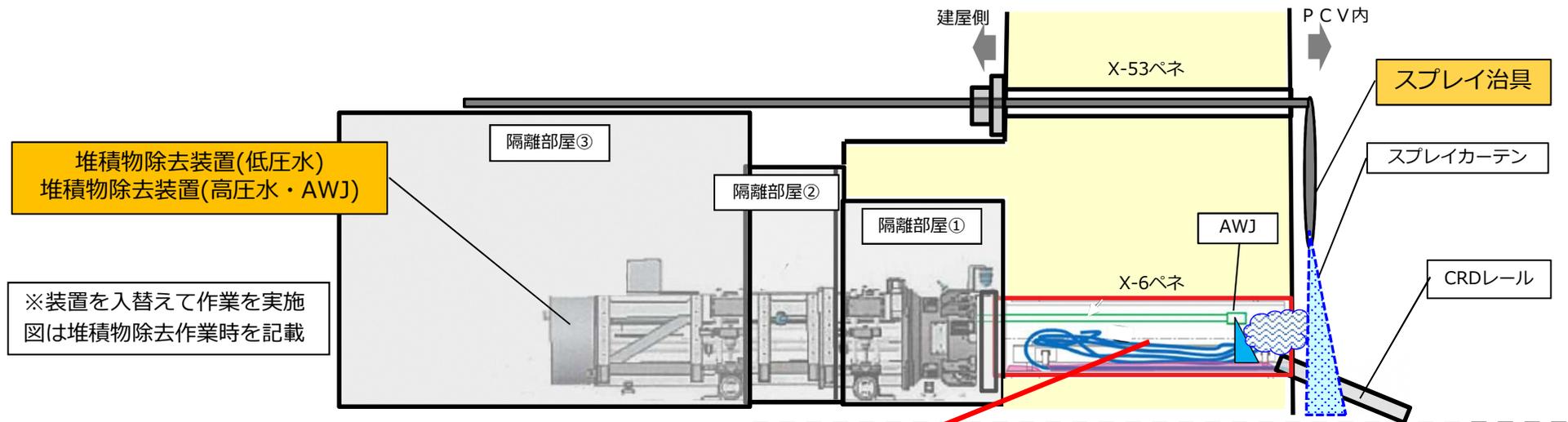
- テレスコ式装置については、メーカ工場から福島第一原子力発電所構内への輸送を実施。現地据付に向けて構内での事前確認を行い、2号機原子炉建屋への搬入、X-6ペネ接続構造・接続管への取り付け作業を実施中。
- テレスコ式装置によるデブリ採取に使用する先端治具は、グリッパ型とする方針。
- 試験的取り出しの着手時期としては、現時点で2024年8月から10月頃を見込む。
- 今後も試験的取り出し作業について、安全確保を最優先に着実に作業を進めていく。

	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					□	□

## 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

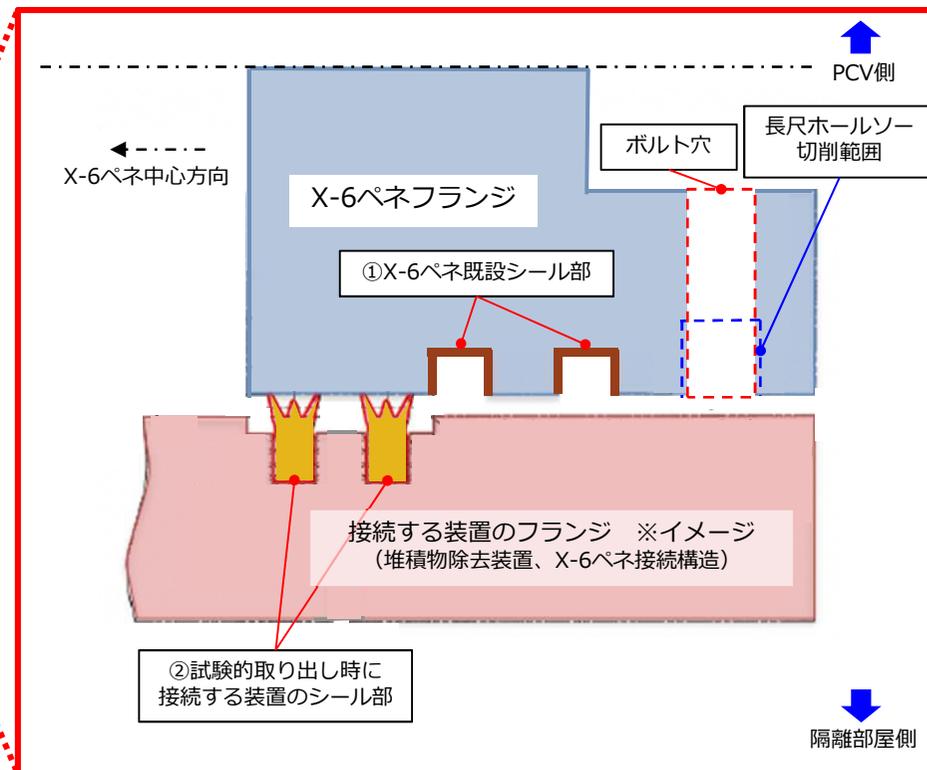


X-6ペネ内の状態(模擬)



# 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

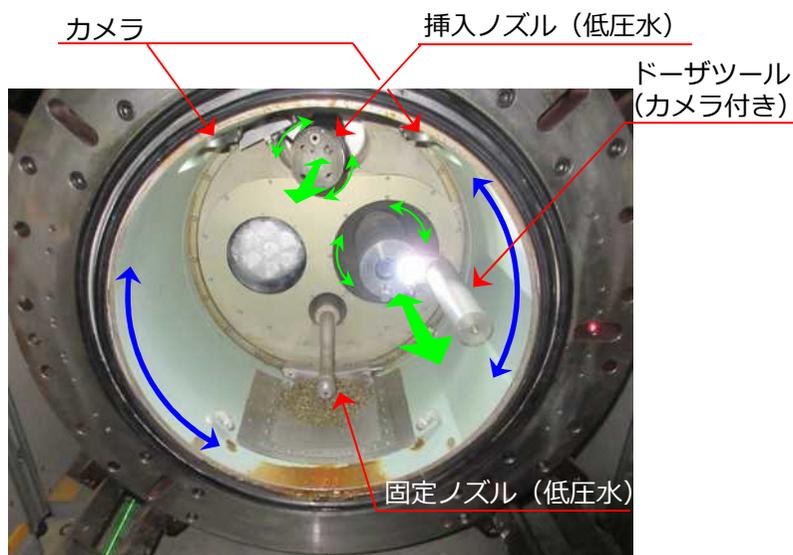
# 参考. 堆積物除去装置 (低圧水/高圧水・AWJ) について



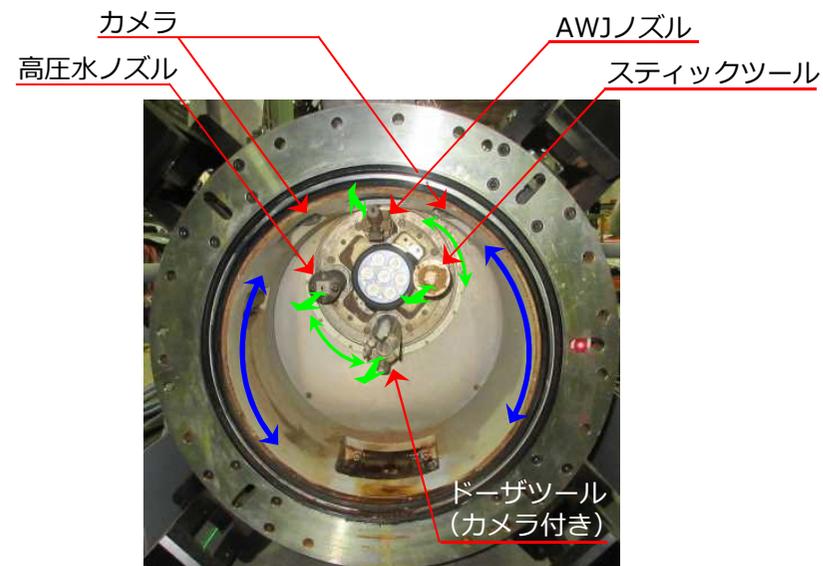
堆積物除去装置 (低圧水) 外観



堆積物除去装置 (高圧水・AWJ) 外観



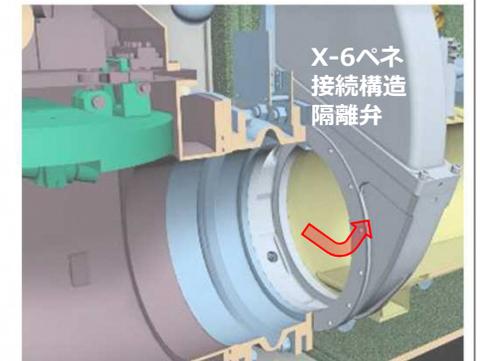
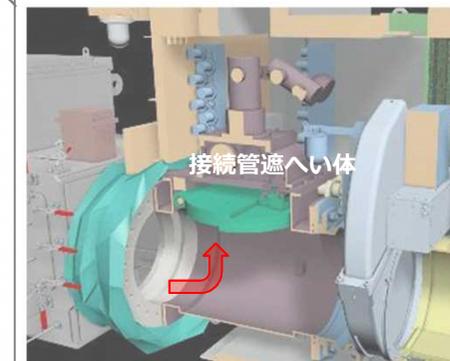
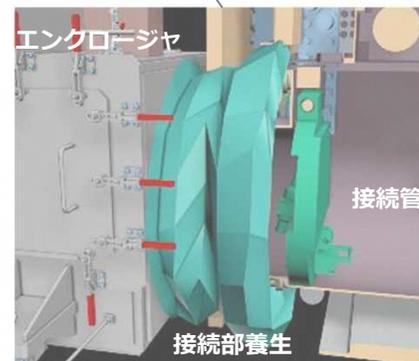
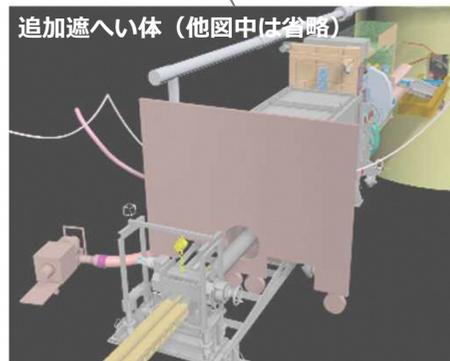
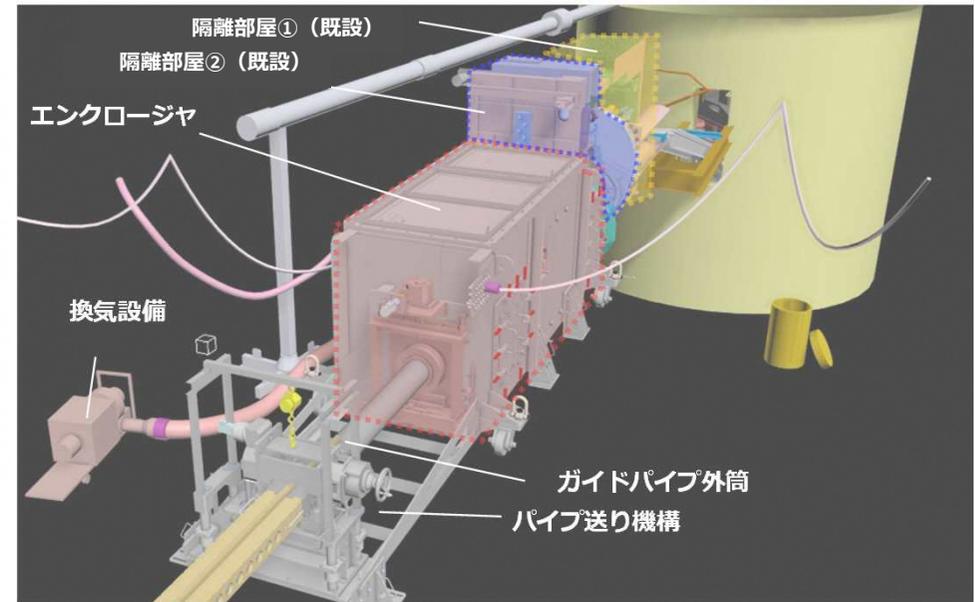
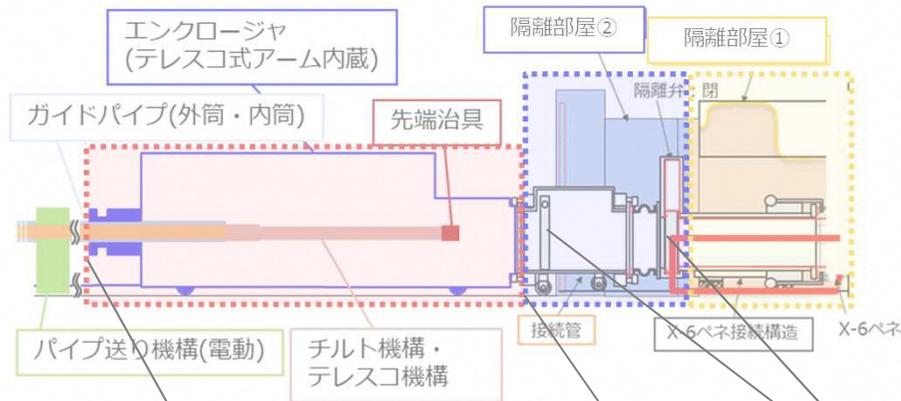
堆積物除去装置 (低圧水)  
X-6ペネ接続断面



堆積物除去装置 (高圧水・AWJ)  
X-6ペネ接続断面

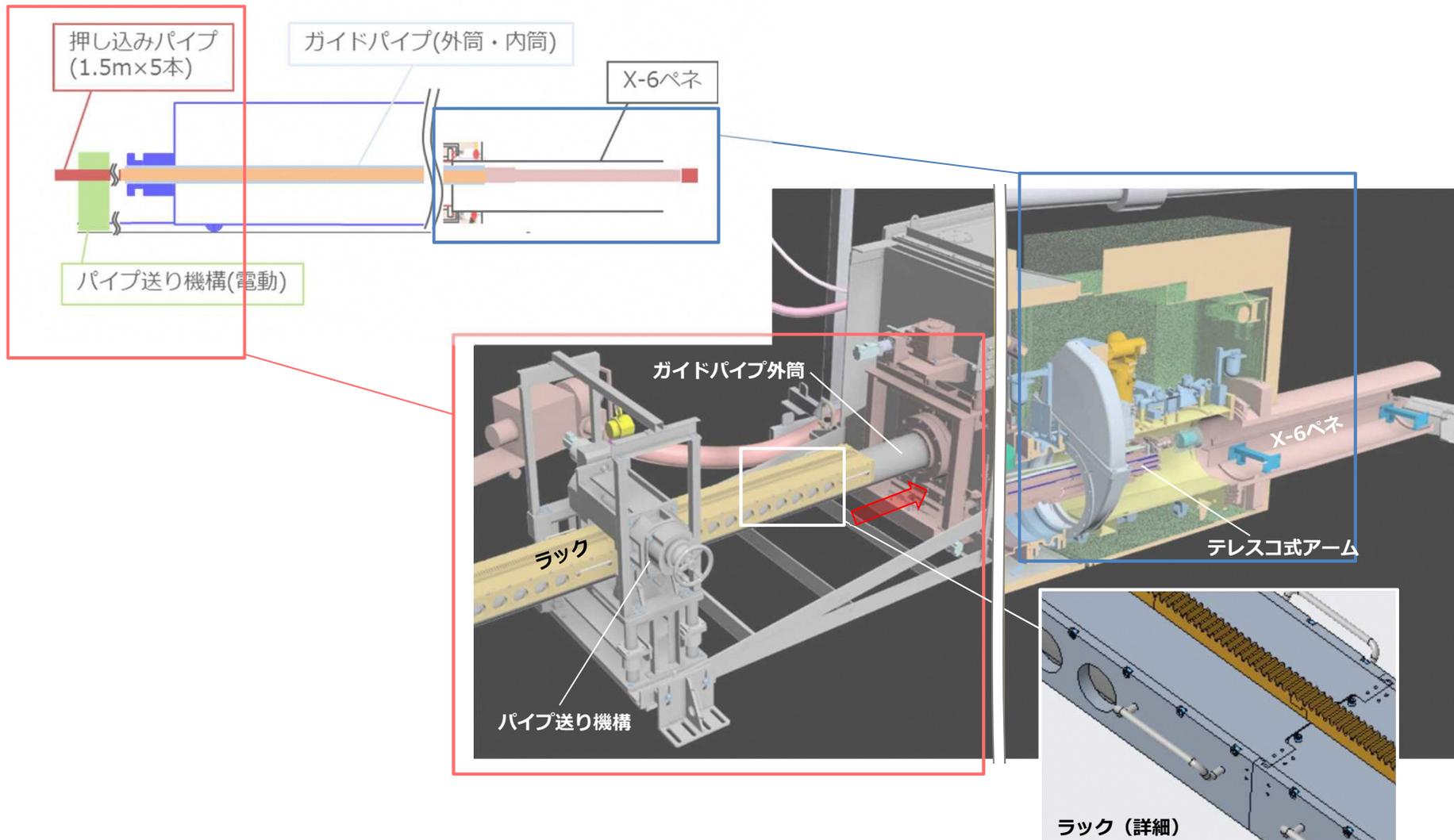
# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：搬入・据え付け

- X-6ペネ接続構造および接続管の後段に、テレスコ式装置のエンクロージャを設置
- 換気設備、接続部のビニールバッグ養生、追加遮へい体、後方汚染拡大防止用ハウスを設置
- 窒素にてエンクロージャ内部を置換・均圧後、接続管の遮へい体及びX-6ペネ接続構造の隔離弁を開



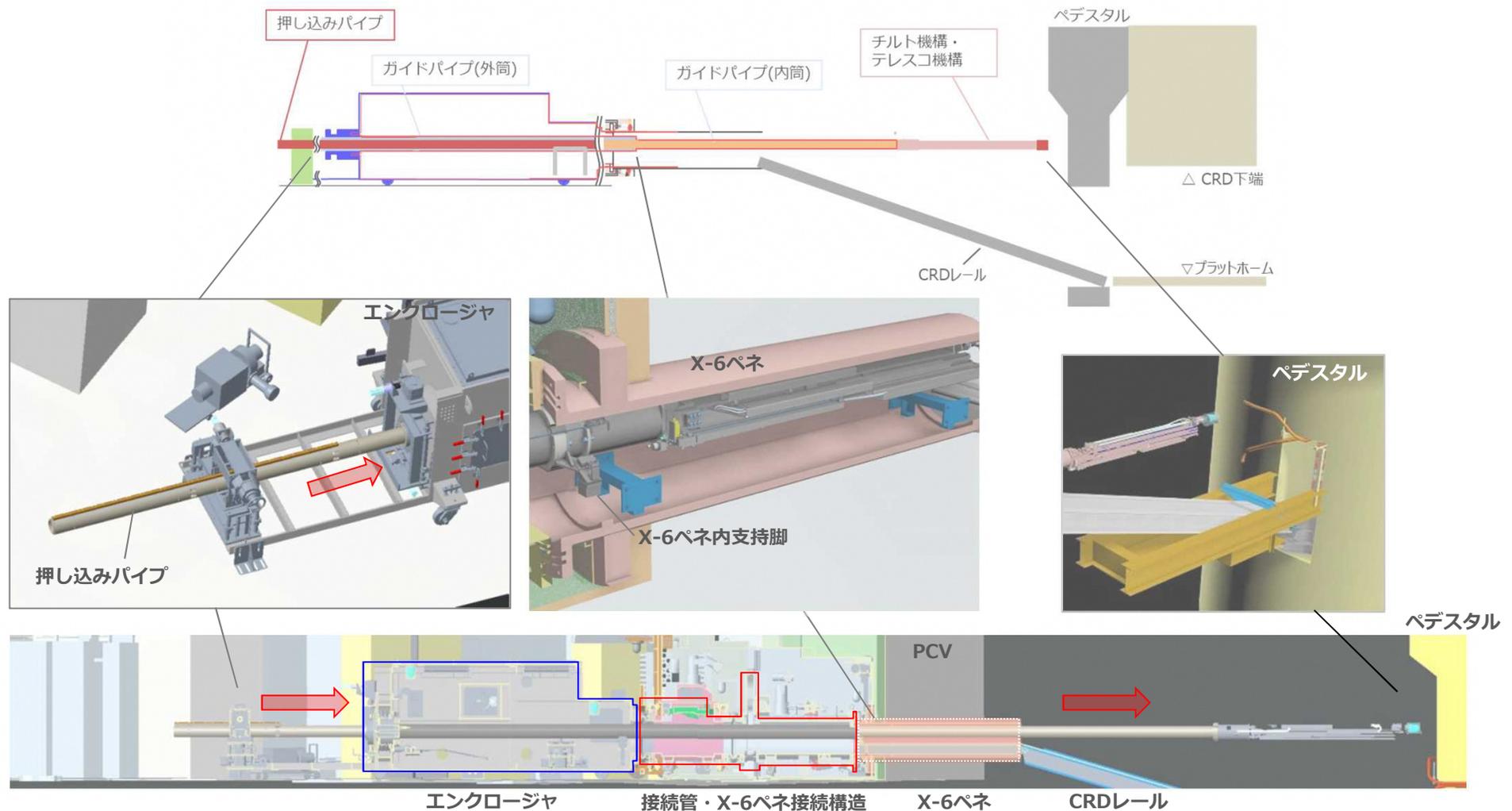
# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：外筒設置・挿入

- パイプ送り機構（モータ駆動・遠隔）にて、ガイドパイプ外筒をPCV内部へ挿入
- ラックはエンクロージャに接触する前に取り外し（人手作業）、ガイドパイプ外筒最後部まで順次送り出し



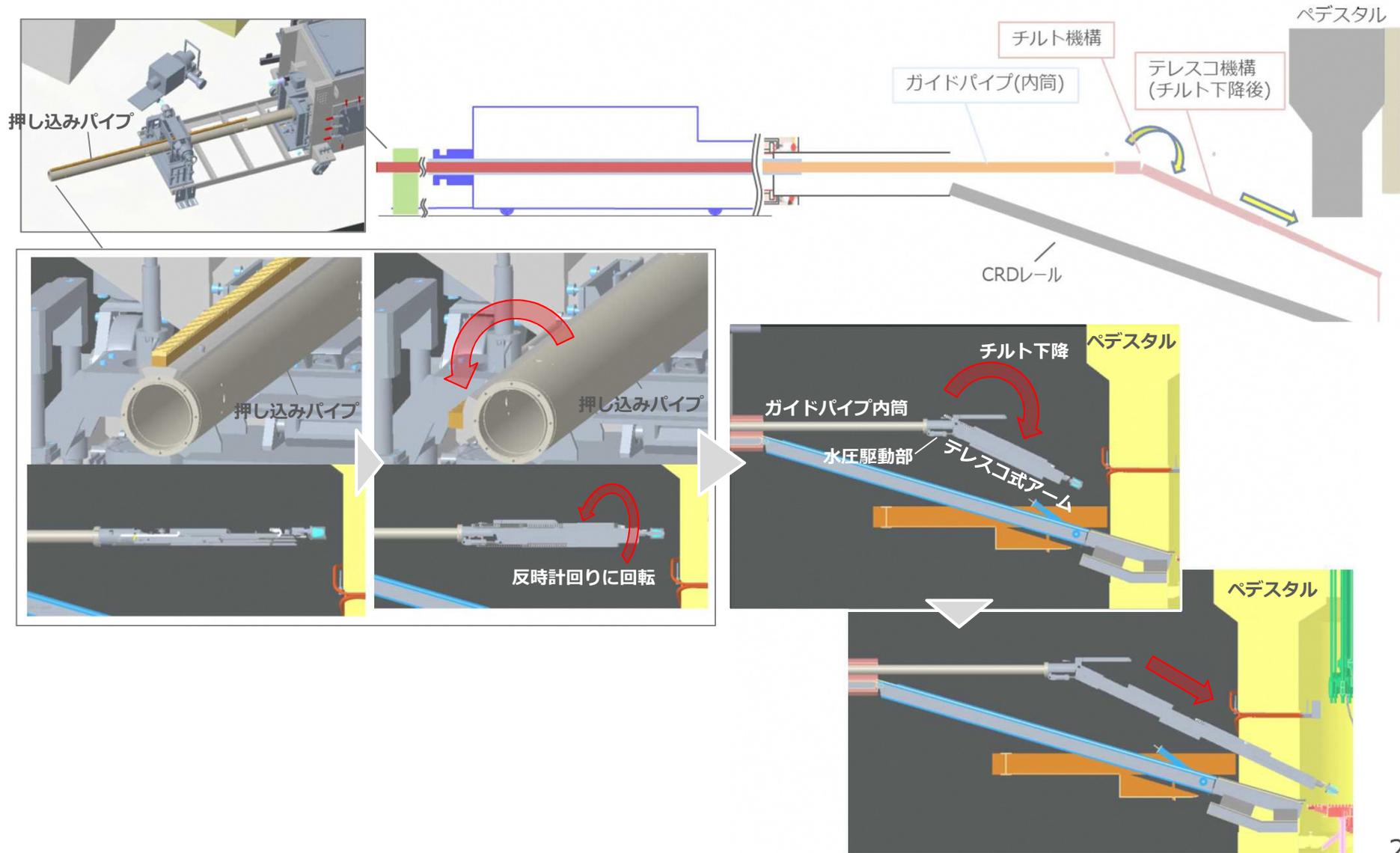
# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：内筒挿入（1 / 2）

- 押し込みパイプをガイドパイプ内筒に接続（人手作業）し、X-6ペネ内支持脚でガイドパイプ外筒を支持
- パイプ送り機構にてラックを設置した押し込みパイプを押し出し、ガイドパイプ内筒をPCV内部に挿入
- 同様に、ラックはエンクロージャに当たる前に取り外し（人手作業）、所定位置まで順次送り出し



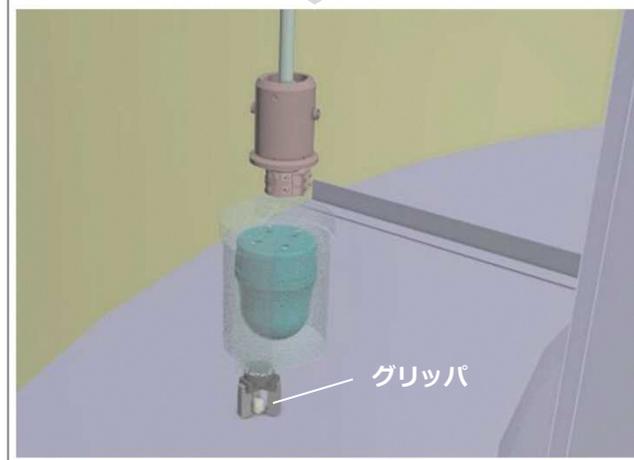
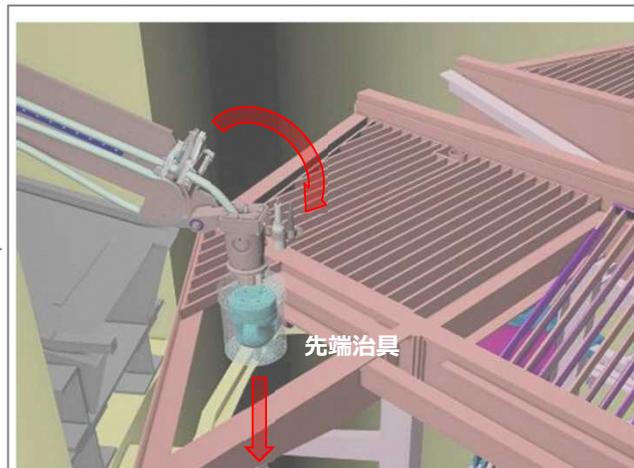
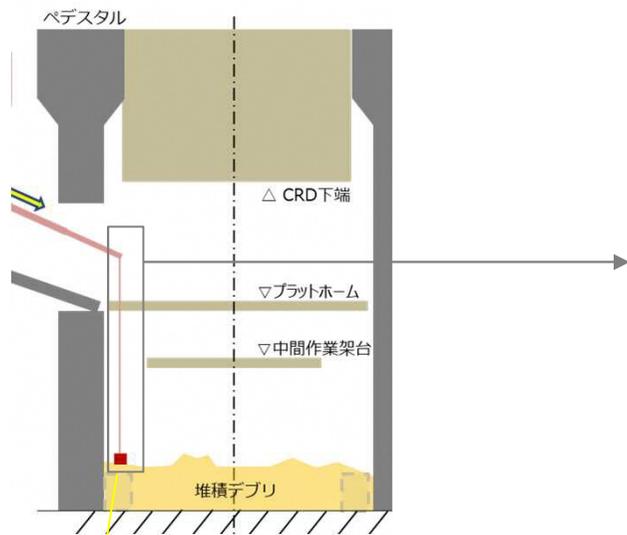
# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：内筒挿入 (2 / 2)

- 押し込みパイプをエンクロージャ後方から見て90°反時計回りに回転 (人手作業)
- 水圧駆動にてテレスコ機構をチルト下降し、ペDESTAL内部に向け挿入



# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：燃料デブリ採取

- 先端治具を下方に回転し（電動）、ペDESTAL底部に向けて吊り降ろし
- 先端治具により燃料デブリを3g以下採取（計画）
- 燃料デブリを採取した先端治具を吊り上げ

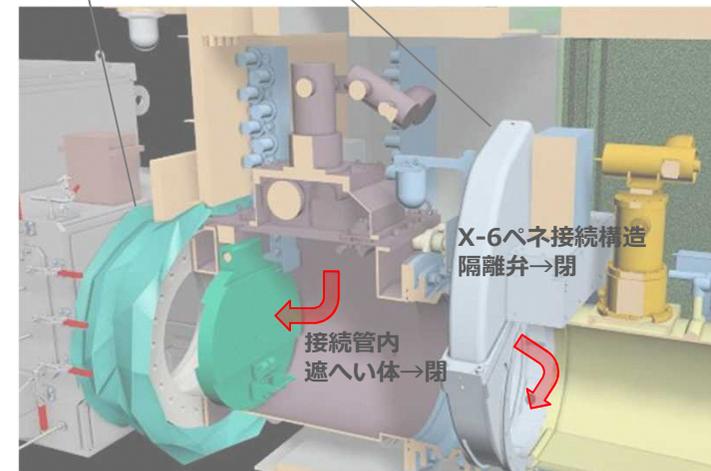
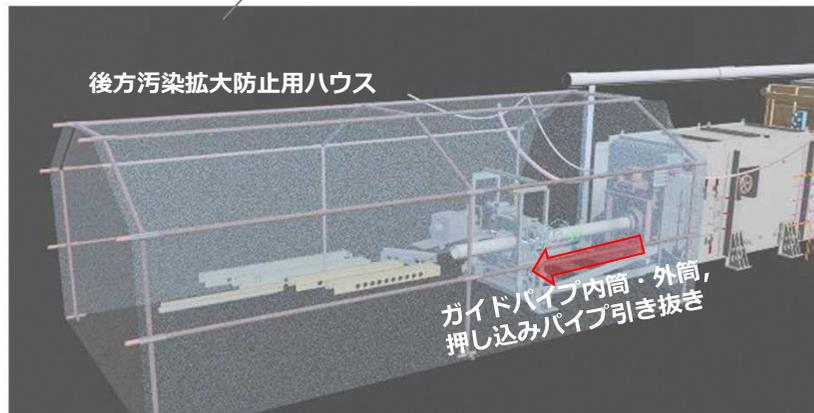
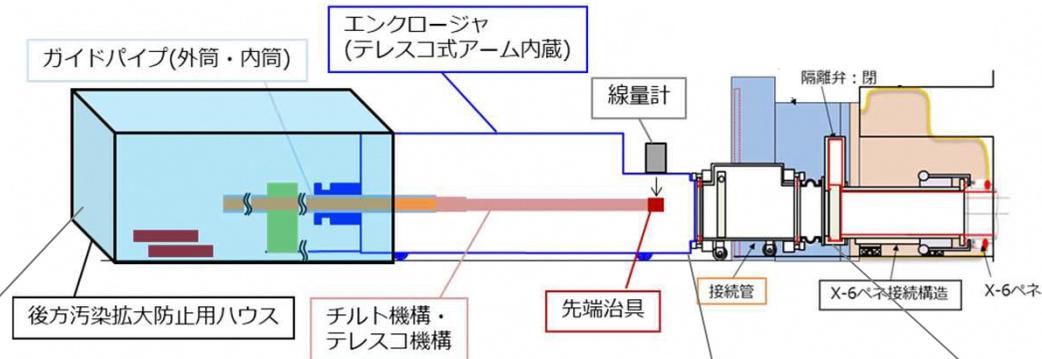


先端治具 (グリッパ型)

(ペDESTAL底部の状況は簡易的に表現)

# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：外筒・内筒引き抜き

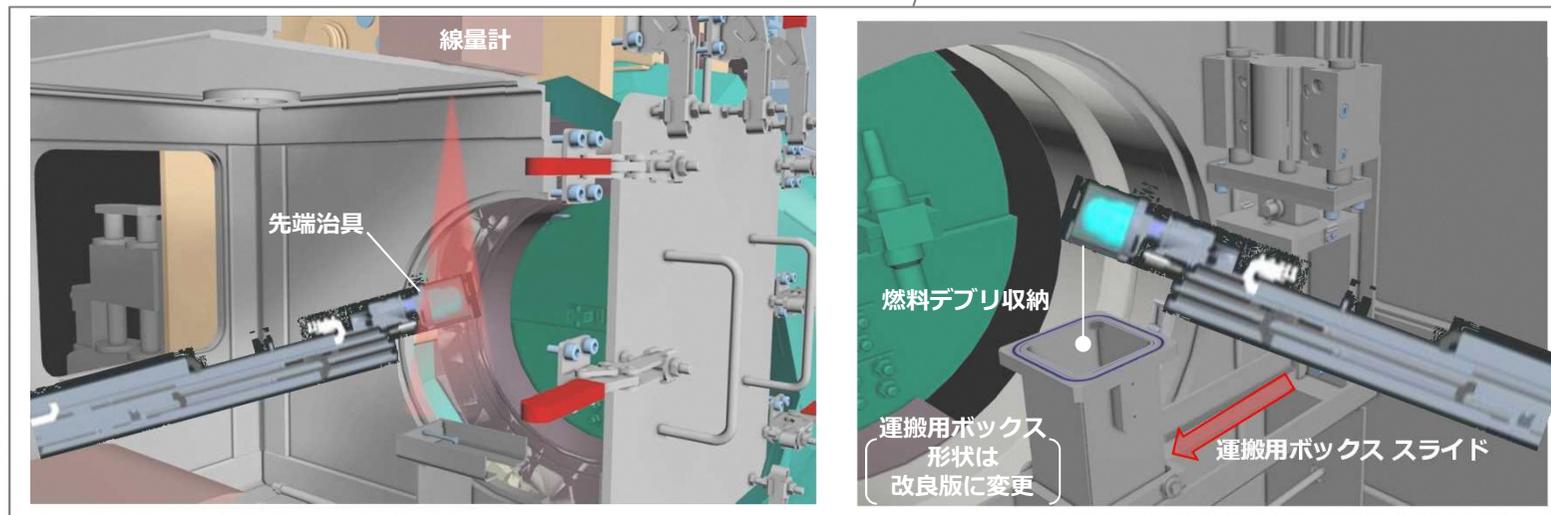
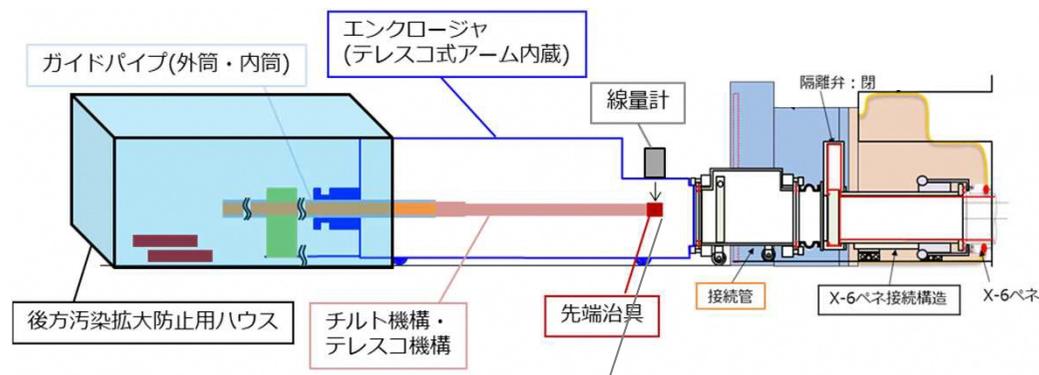
- ガイドパイプ（外筒・内筒）および押し込みパイプを、挿入の逆手順で引き抜き
- X-6ペネ接続構造の隔離弁および接続管の遮へい体を閉



- 後方ハウス内は、局所排風機及びダストモニタでハウス内のダストを管理
- 作業中のダスト濃度は監視員が監視
- ダスト濃度の管理値を超過した場合は、直ちに作業を中止し局所排風機にて吸引

## 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：燃料デブリ収納（1 / 3）

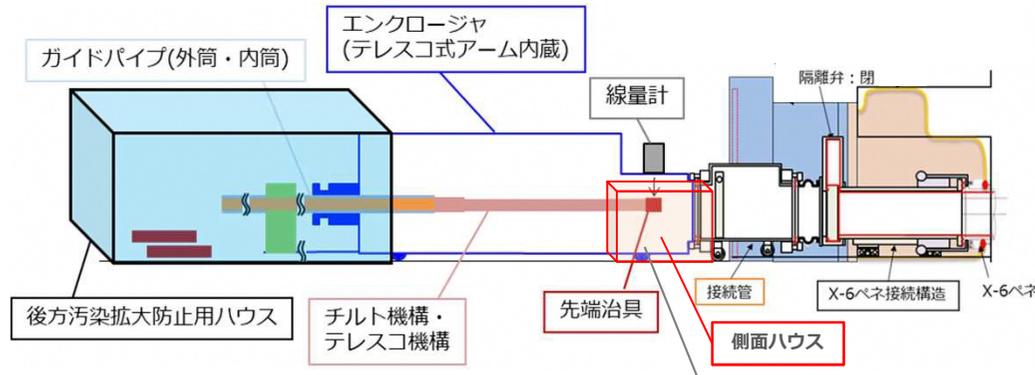
- エンクロージャ内の線量計にて、採取した燃料デブリの線量率を測定（20cm離隔にて24mSv/hを超えた場合、PCV内に戻す）
- 運搬用ボックスを先端治具の下にスライドし、運搬用ボックスに燃料デブリを収納



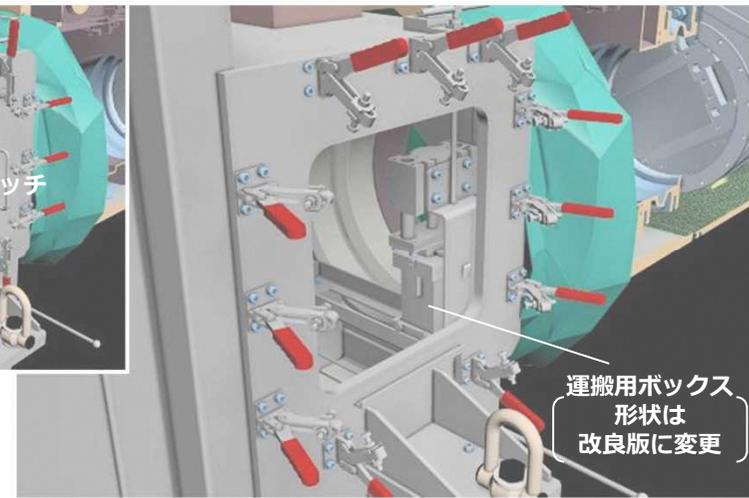
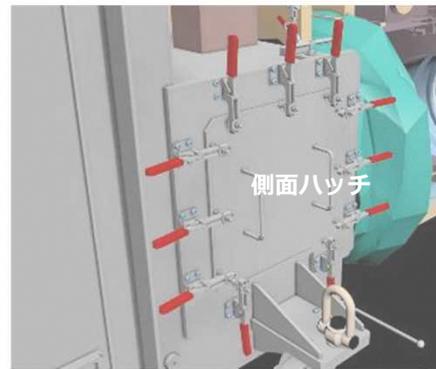
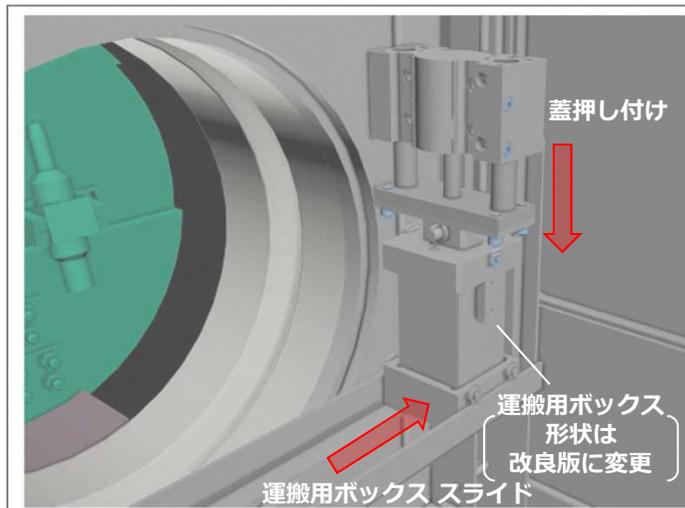
(手順表示のため、一部を非表示)

# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：燃料デブリ収納（2 / 3）

- ・ エンクロージャ内を大気圧まで降圧し、窒素から大気に換気するとともに、放射性ダストの除去を行う
- ・ 運搬用ボックスをエンクロージャの側面ハッチ側にスライドし、蓋を押し付け（水圧駆動）、新たにダストが浮遊しない状態を形成
- ・ 局所排風機により、エンクロージャ内雰囲気吸引することで、エンクロージャ外側から内側への流れを形成したのちに、側面ハウスをエンクロージャの側面ハッチ前に設置し、側面ハッチ開放



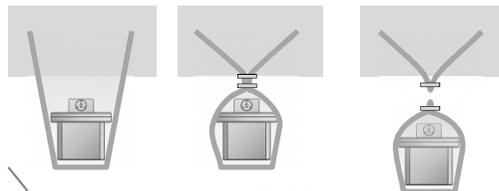
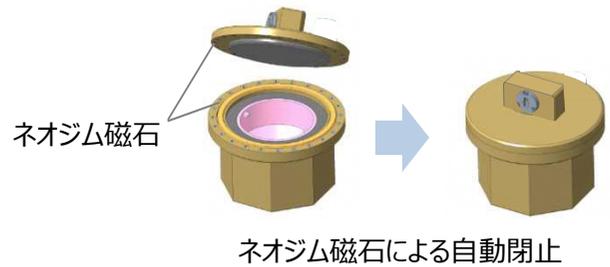
- ・ 燃料デブリを運搬用ボックスに収納後、ダスト濃度計測、局所排風機での吸引を実施
- ・ 側面ハッチにハウスを設置し、ハッチを開放し運搬用ボックスをバグアウトし取り出す。



(側面ハウスは省略)

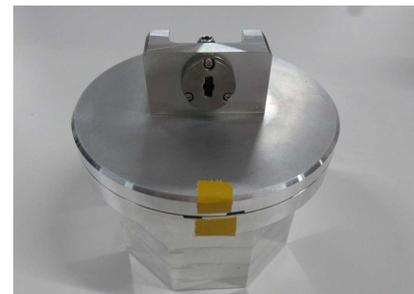
# 参考. テレスコ式装置による試験的取り出し作業ステップ 作業の詳細：燃料デブリ収納（3 / 3）

- 運搬用ボックスの蓋の押し付けを解除（ネオジム磁石による自動閉止する設計）
- 開放した側面ハッチから運搬用ボックスを養生しながら取り出し（手動）、DPTEコンテナへ収納後、DPTE蓋で閉止。その後DPTEコンテナをグローブボックスへ移動



運搬用ボックス  
形状は上記  
改良版に変更

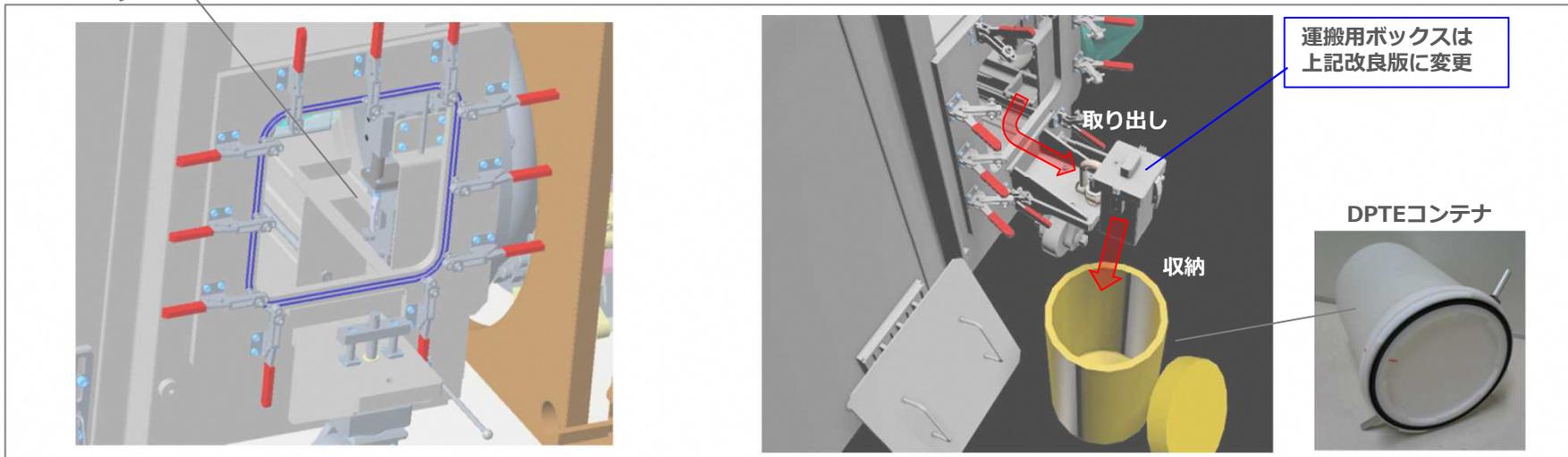
ビニール養生概要



運搬用ボックス改良版



運搬用ボックス改良版  
(蓋を開いた状態)



参考. ロボットアームの櫛葉試験状況  
(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
- 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

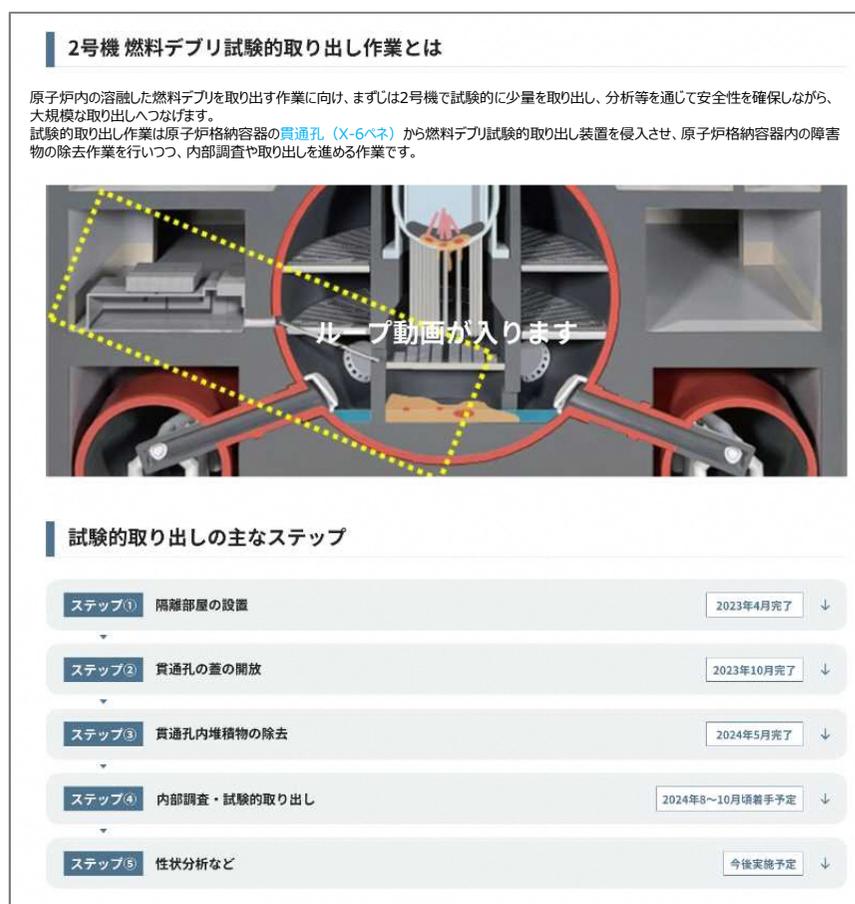
試験分類	試験項目	櫛葉
ロボットアーム関連	X-6ペネの通過性	完了
	AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去	完了 (作業効率化検討中)
	各種動作確認 (たわみ測定等)	完了
	PCV内部へのアクセス性 ・ペDESTAL上部へのアクセス ・ペDESTAL下部へのアクセス	完了
	PCV内部障害物の撤去 ・X-6ペネ通過後のPCV内障害物の切断	完了 (作業効率化検討中)
双腕マニピュレータ関連	センサ・ツールとアームの接続	完了
	外部ケーブルのアームへの取付/取外し	完了
	センサ・ツールの搬入出	完了
	アーム固定治具の取外し	完了
	アームカメラ/照明の交換	完了
	エンクロージ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)	

## 「燃料デブリポータルサイト」の開設について

- 今後、福島第一原子力発電所2号機において、燃料デブリ試験的取り出し作業が開始されることを踏まえ、地域の皆さまに燃料デブリに関する最新情報や過去の取り組み等を分かりやすくお伝えすることを目的として、当社ホームページ内に「**燃料デブリポータルサイト**」を開設いたします。
- ポータルサイト開設時期については、2号機燃料デブリ試験的取り出し作業の着手前を予定しております。



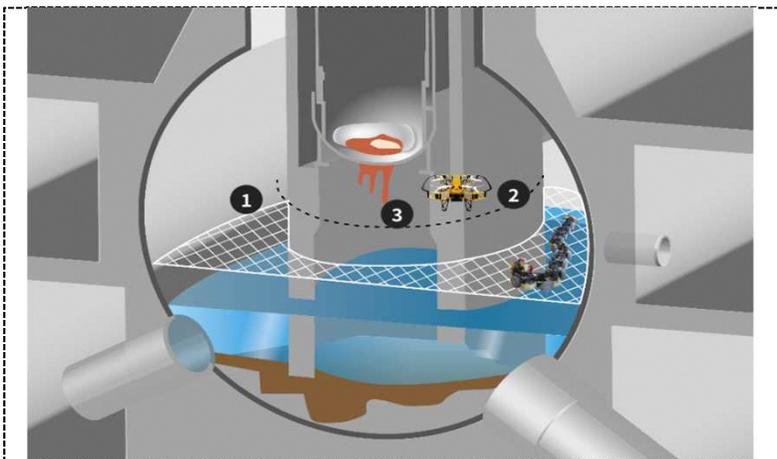
【イメージ】燃料デブリポータルサイト トップページ



【イメージ】最新情報

## 「燃料デブリポータルサイト」の開設について

- ポータルサイトでは、1～3号機毎にそれぞれ燃料デブリに関する取り組み状況をイラスト・動画・写真等を活用し、分かりやすく解説する構成となっております。また、原子力用語についても、一般の方でも分かるように「用語解説がポップアップ表示」される仕組みを入れたり、よくあるご質問に対するQ&Aの掲載等も予定しております。



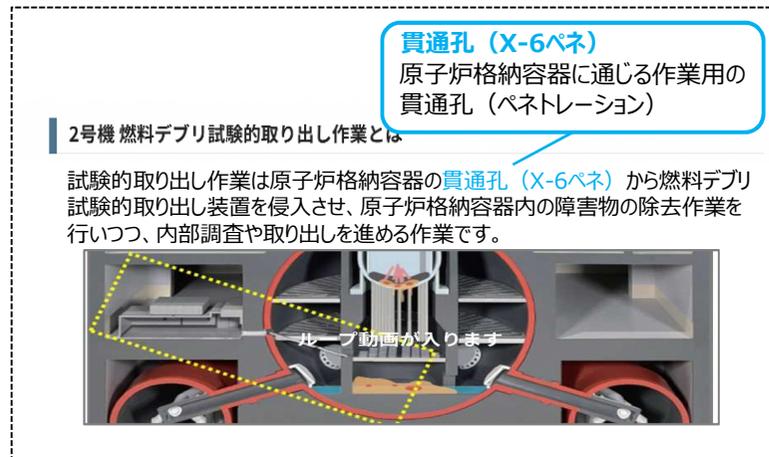
【イラスト】1号機 原子炉格納容器 気中部調査のイメージ図



【写真】2号機 燃料デブリ試験的取り出し装置の先端治具



【動画】2号機 原子炉格納容器 内部調査 (サソリ型ロボット)



### 貫通孔 (X-6ベネ)

原子炉格納容器に通じる作業用の貫通孔 (ペネトレーション)

### 2号機 燃料デブリ試験的取り出し作業とは

試験的取り出し作業は原子炉格納容器の貫通孔 (X-6ベネ) から燃料デブリ試験的取り出し装置を侵入させ、原子炉格納容器内の障害物の除去作業を行いつつ、内部調査や取り出しを進める作業です。

【ポップアップ表示】原子力用語の解説