

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

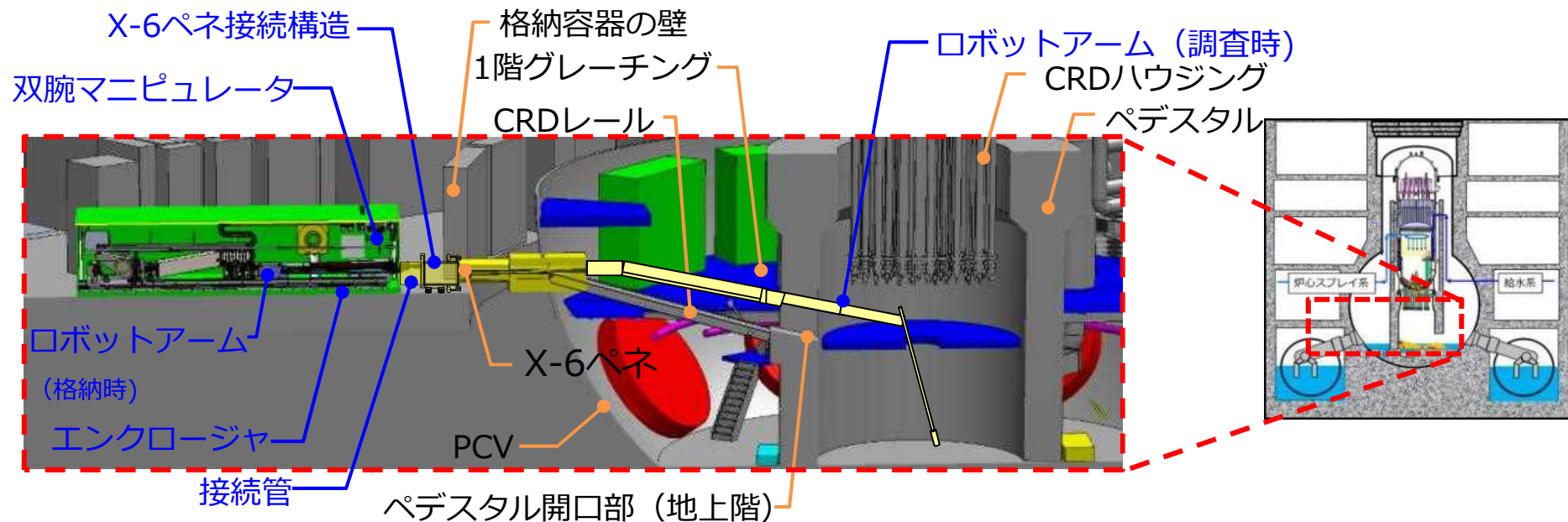


2024年4月24日

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

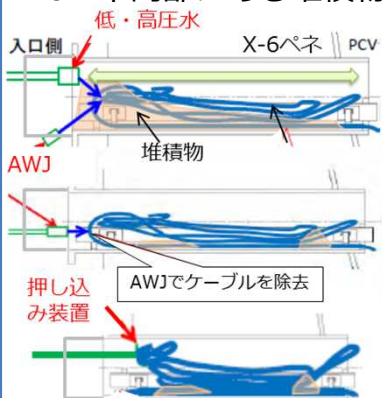
2. 作業のステップ (1 / 2)

1. 隔離部屋設置

2. X-6ペネハッチ開放

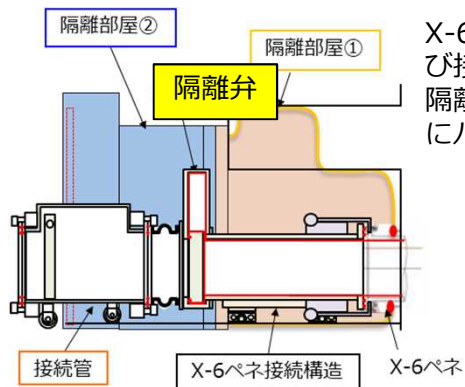
3. X-6ペネ内堆積物除去

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



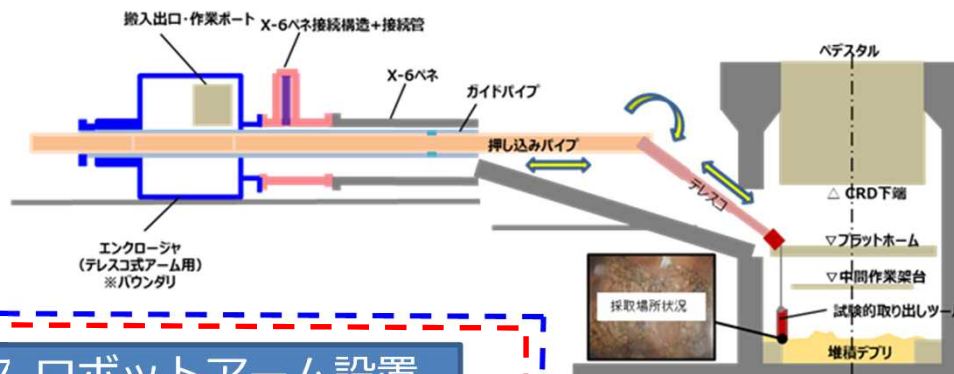
X-6ペネに接続構造及び接続管を取り付け、隔離部屋から接続構造にバウンダリを変更

認可済

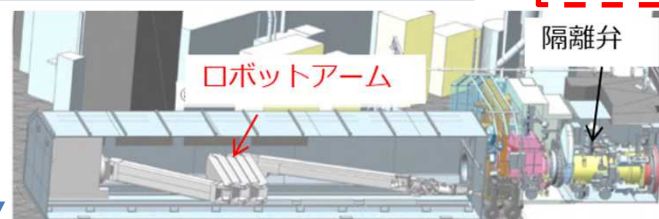
5. テレスコ式装置設置

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



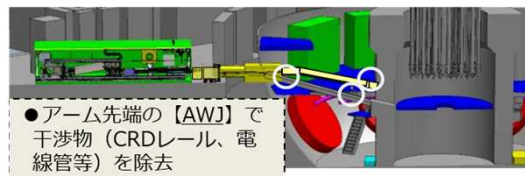
7. ロボットアーム設置



テレスコ式装置撤去後、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

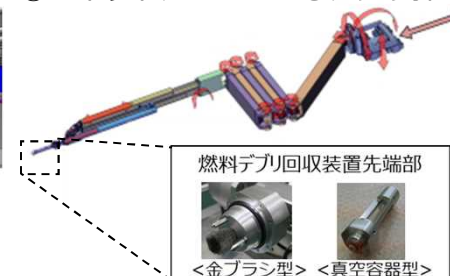
①内部調査



(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

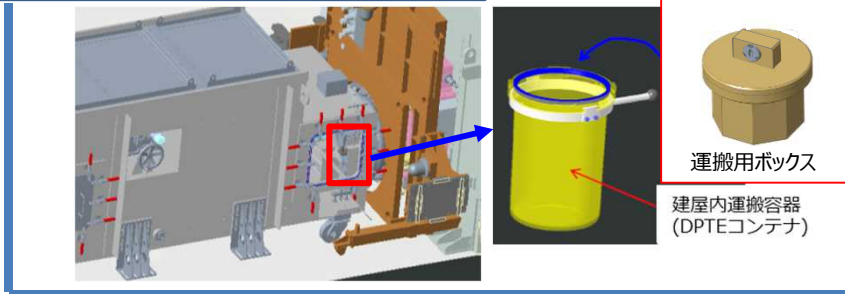
②ロボットアームによるデブリ採取



2. 作業のステップ (2 / 2)

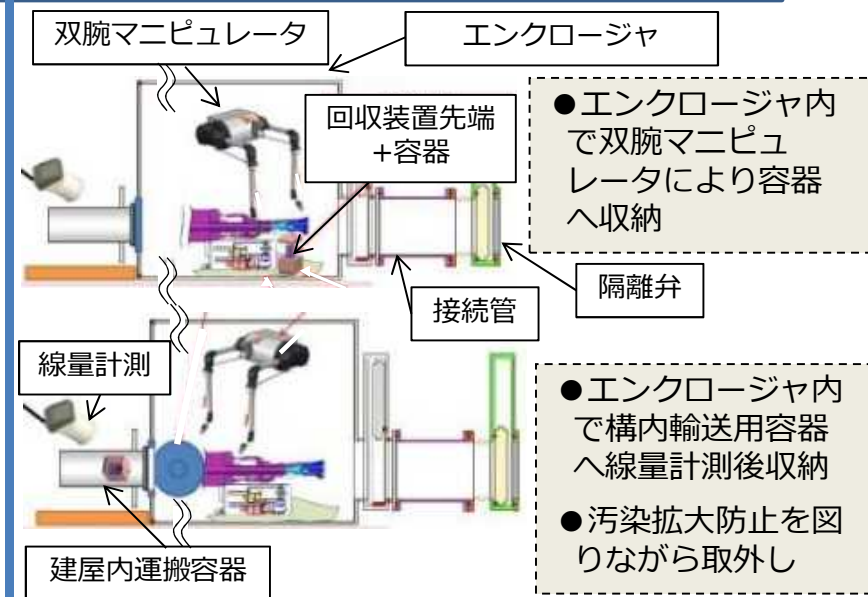
↓(前スライド ステップ6より)

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

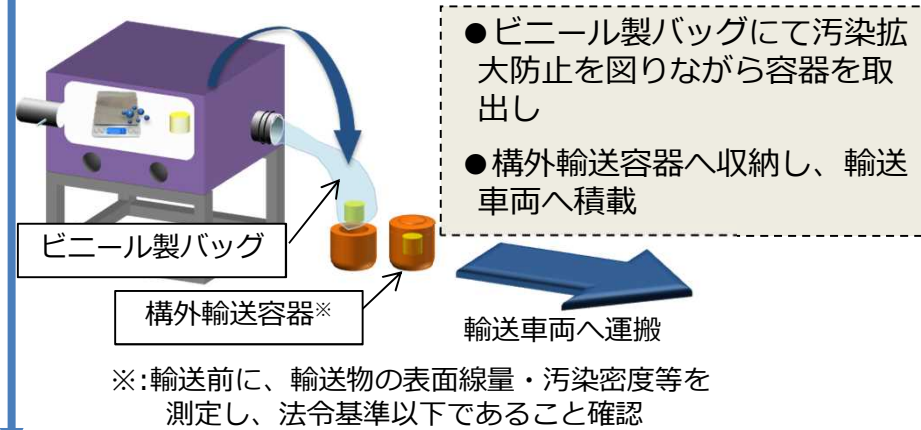


認可済

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

3 - 1. 現場作業の進捗状況

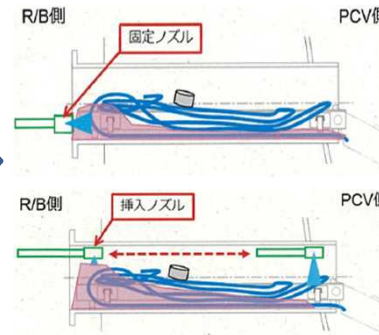
- X-6ペネ内堆積物除去作業は、PCVバウンダリとなる隔離部屋の中に堆積物除去装置を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう安全かつ慎重に作業を進める
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する



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

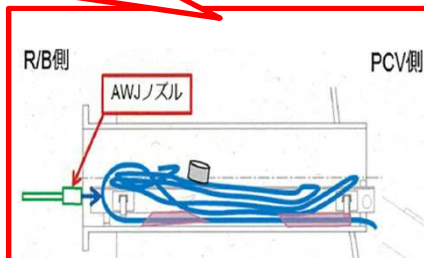


堆積物除去装置
(低圧水) 撤去

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

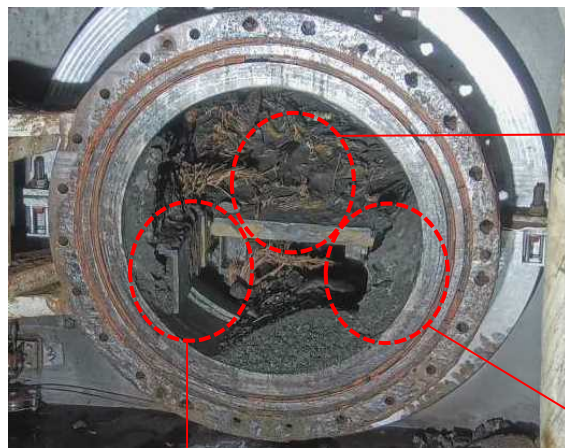
次工程へ
X-6ペネ接続構造設置

※写真はモックアップ時の状況

3 - 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
- なお、X-6ペネハッチ開放時に落下した堆積物について、構外運搬実施



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)



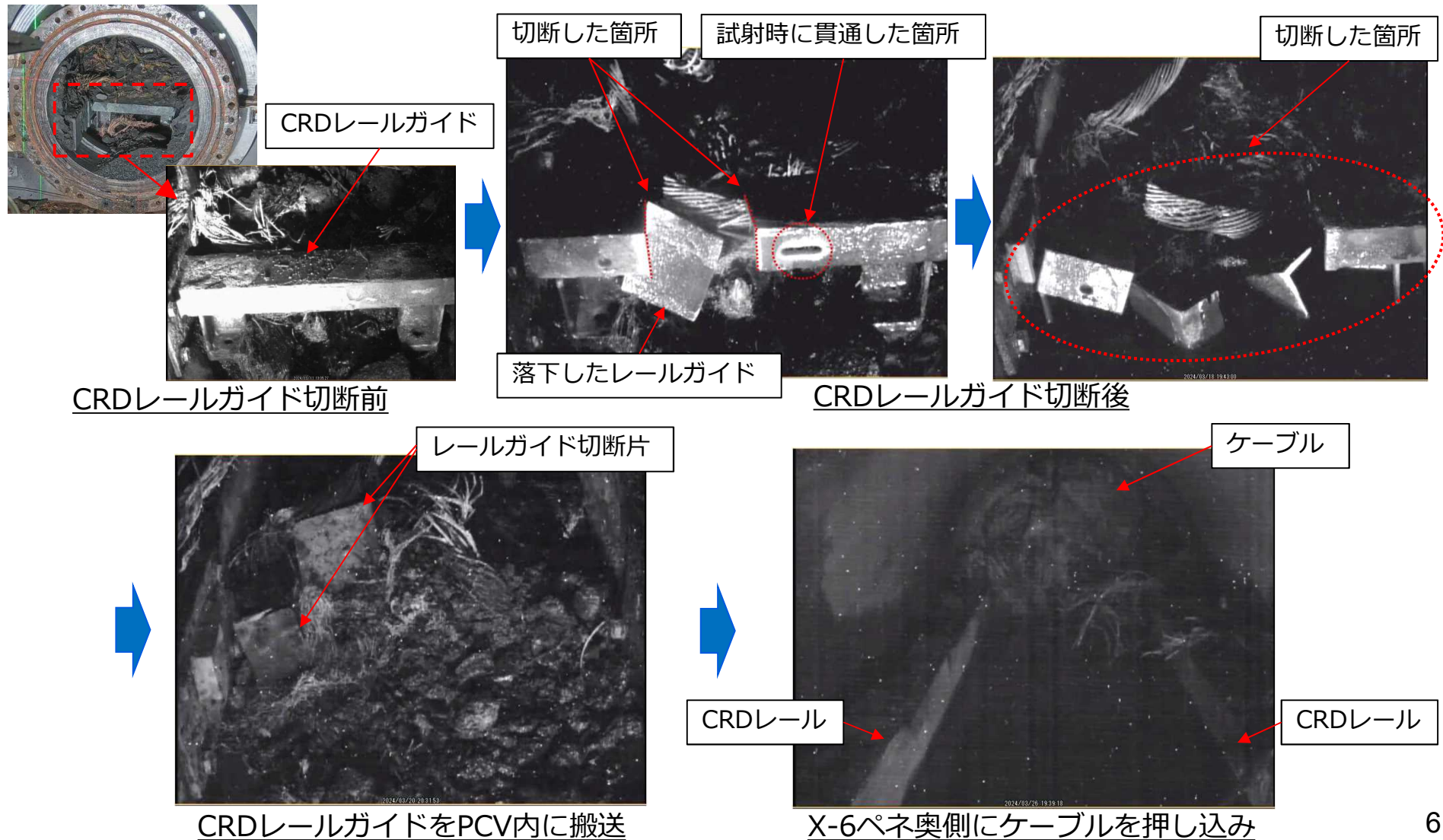
高圧水施工後 (X-6ペネ左下部)



高圧水施工後 (X-6ペネ右下部)

3-3. 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)

- 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を実施しており、引き続き、ケーブルの押し込み及び押し込んだケーブルのAWJ切断を実施している状況。その後、X-6ペネ奥側のCRDレーンガイドの除去を実施予定



4-1. テレスコ式試験的取り出し装置の製作状況

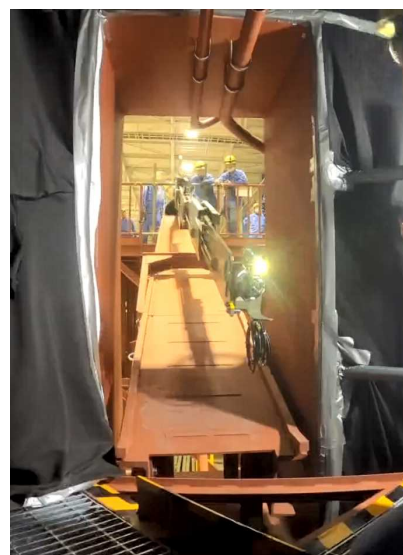
- 主要構成品について製造が完了し、メーカ工場にて現在モックアップ試験を実施中。



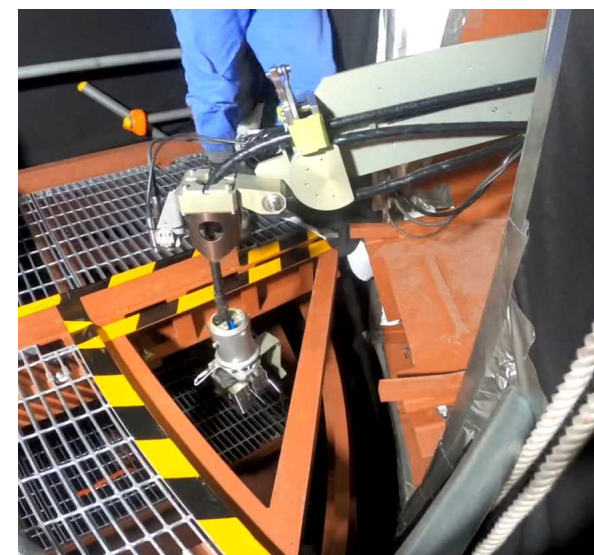
テレスコ式試験的取り出し装置（装置を上方から撮影）



ガイドパイプの挿入



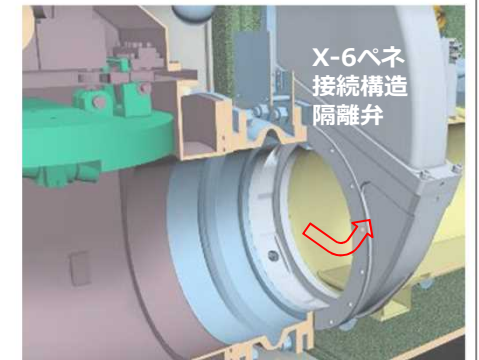
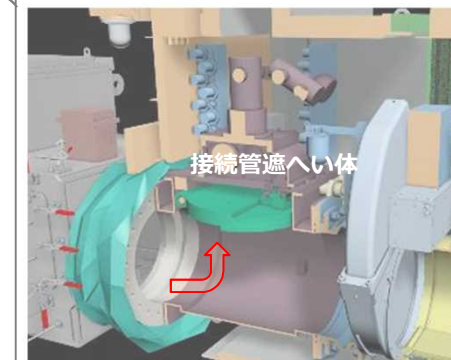
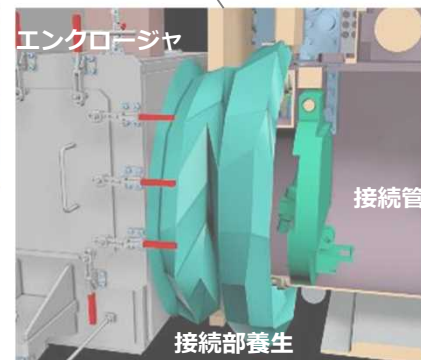
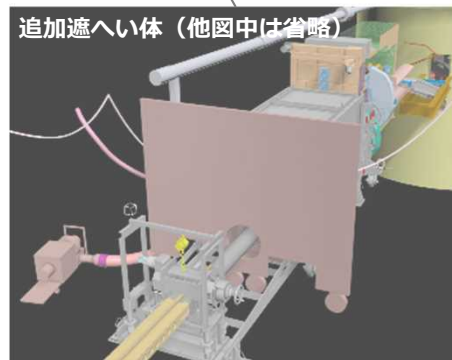
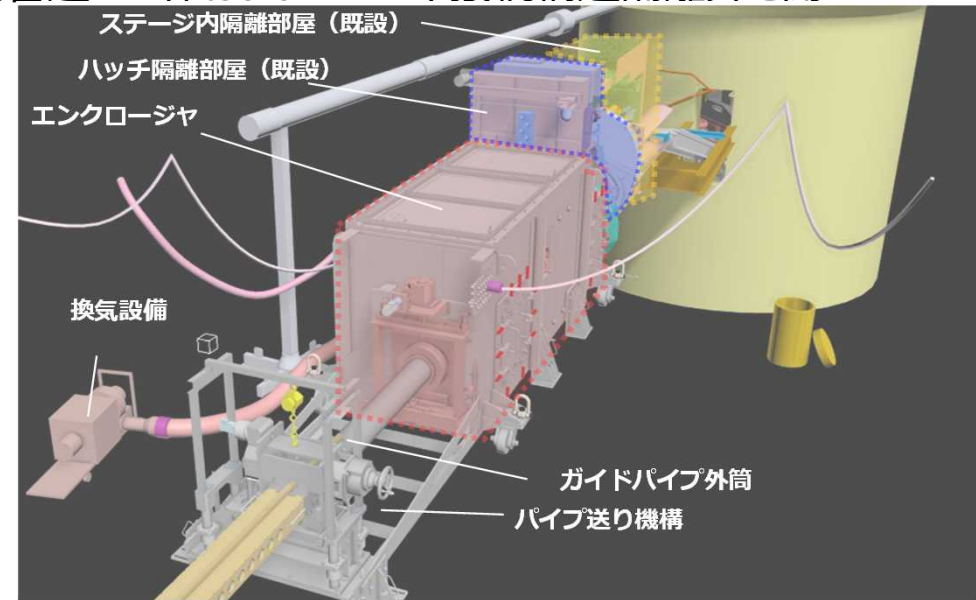
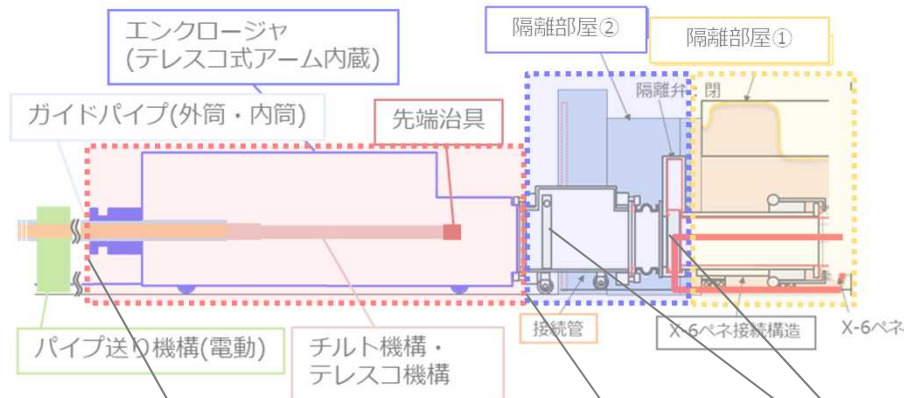
ペDESTラル開口部への
装置挿入



グレーチング開口部からの
先端治具吊り下ろし

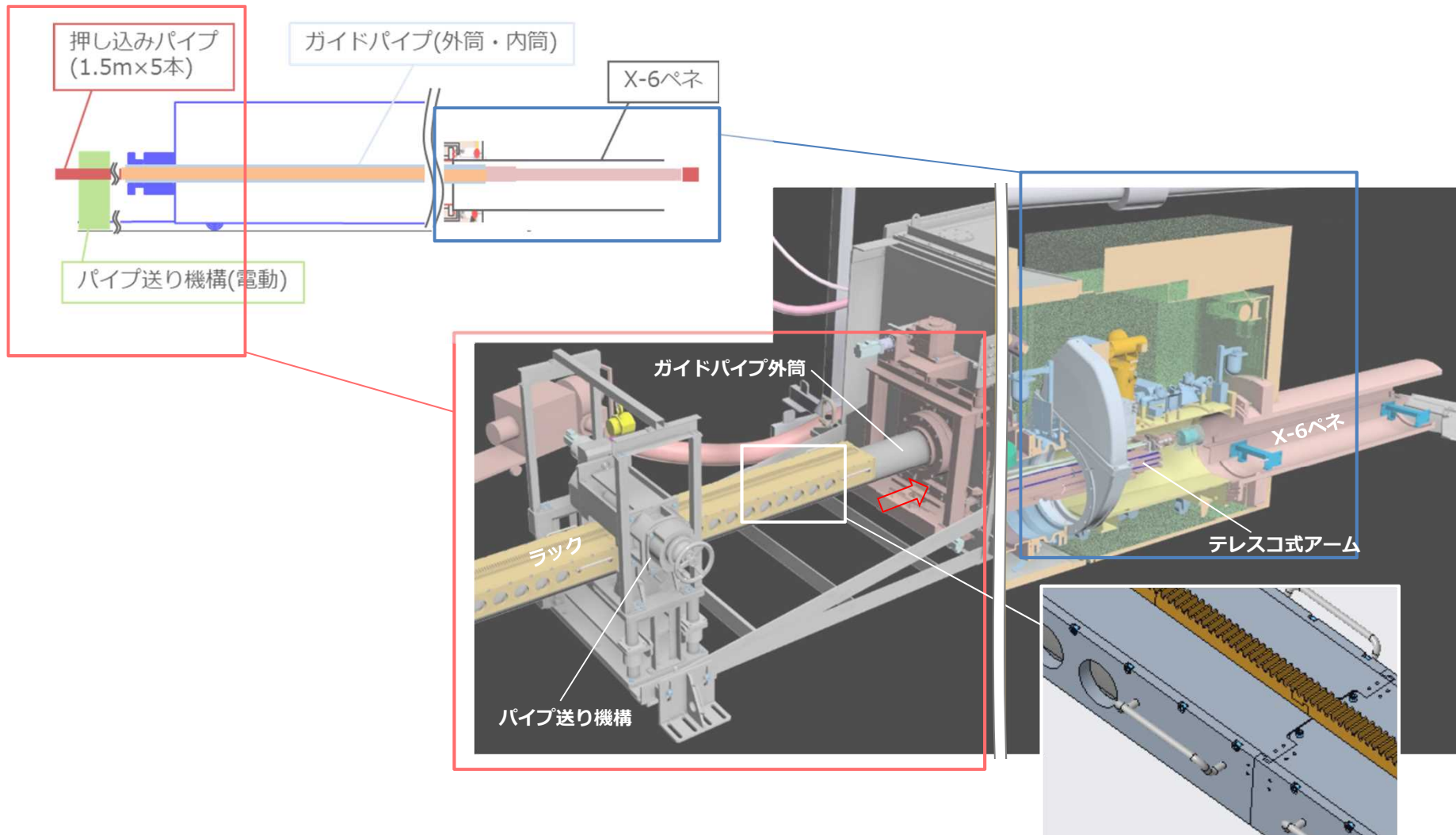
4 - 2. 作業の詳細：搬入・据え付け

- X-6ペネ接続構造および接続管の後段に、エンクロージャを設置
- 換気設備、接続部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（以下、後方ハウス）を設置（後方ハウスのイメージはP.13参照）
- 窒素にてエンクロージャ内部を置換・均圧後、接続管遮へい体およびX-6ペネ接続構造隔離弁を開



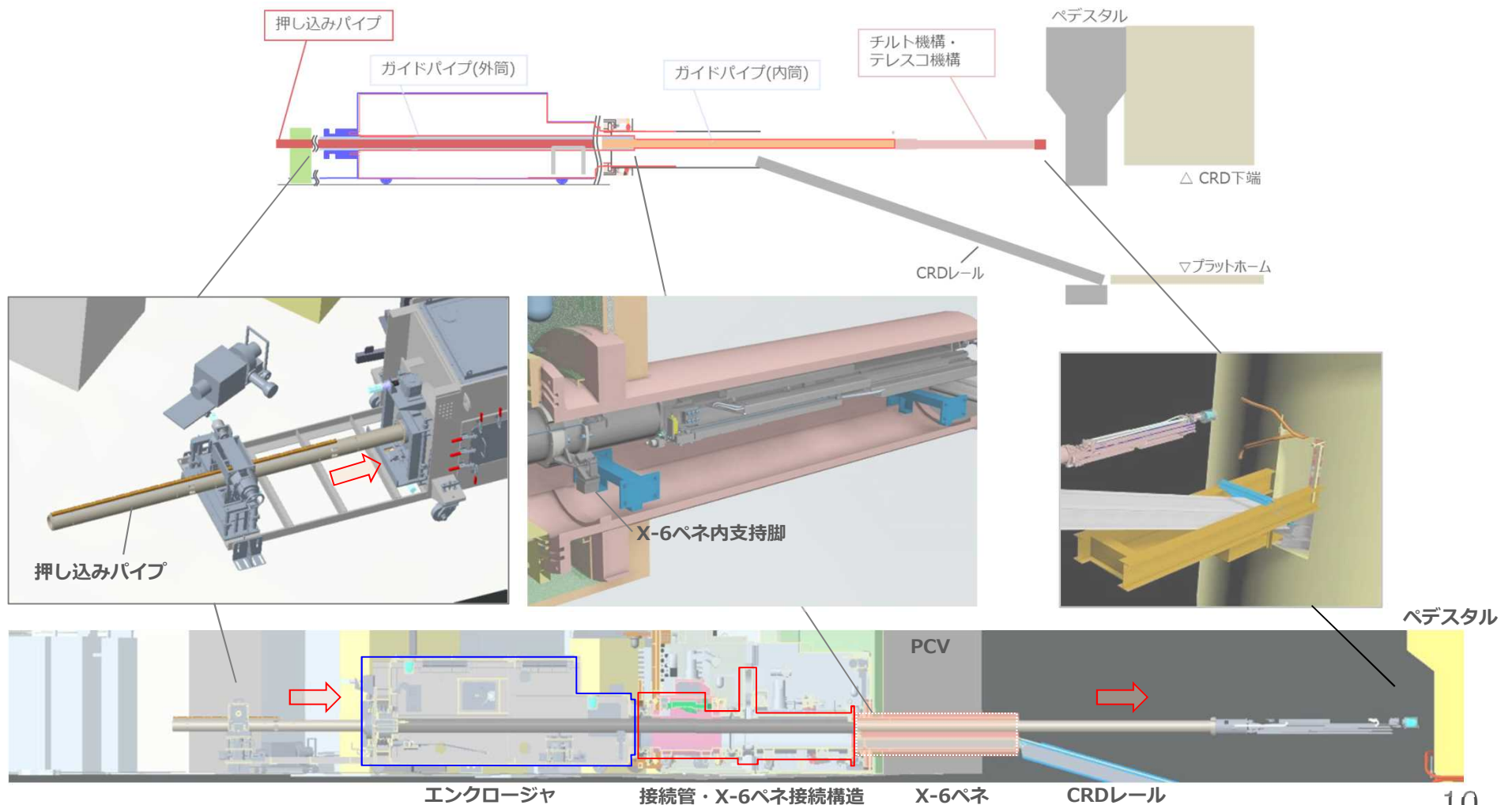
4 - 3. 作業の詳細：外筒設置・挿入

- 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



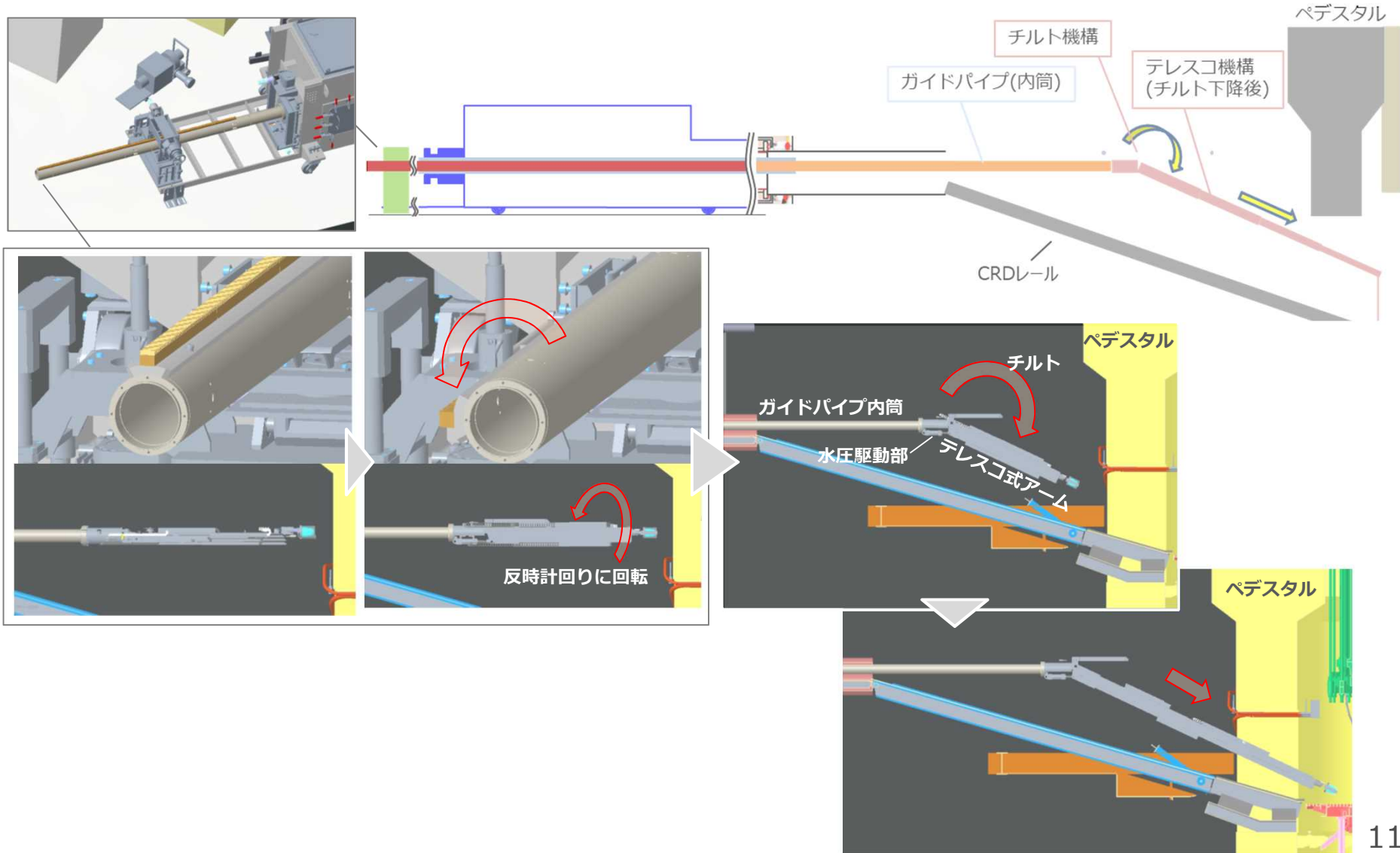
4-4. 作業の詳細：内筒挿入（1 / 2）

- 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



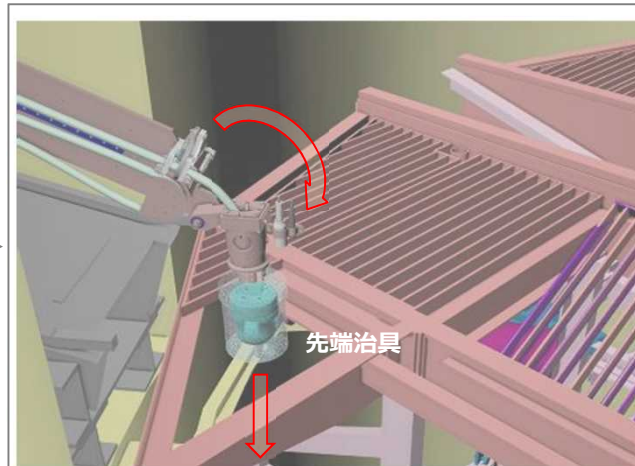
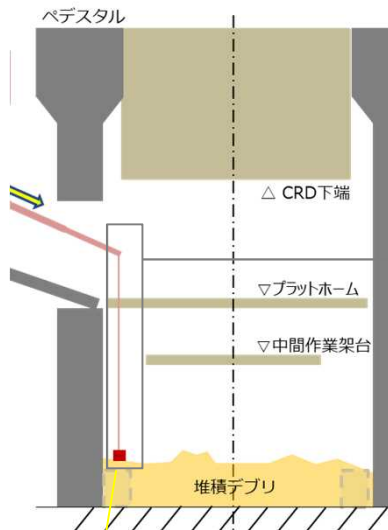
4 - 5. 作業の詳細：内筒挿入（2 / 2）

- 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し、ペDESTAL内部に向け挿入

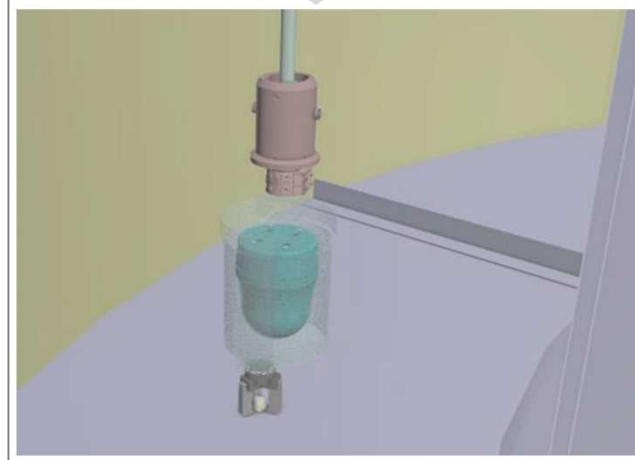


4 - 6 . 作業の詳細：燃料デブリ採取

- 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）（金ブラシ方式またはグリッパ方式）
- 燃料デブリを採取した先端治具を吊り上げ



先端治具 (グリッパ式)



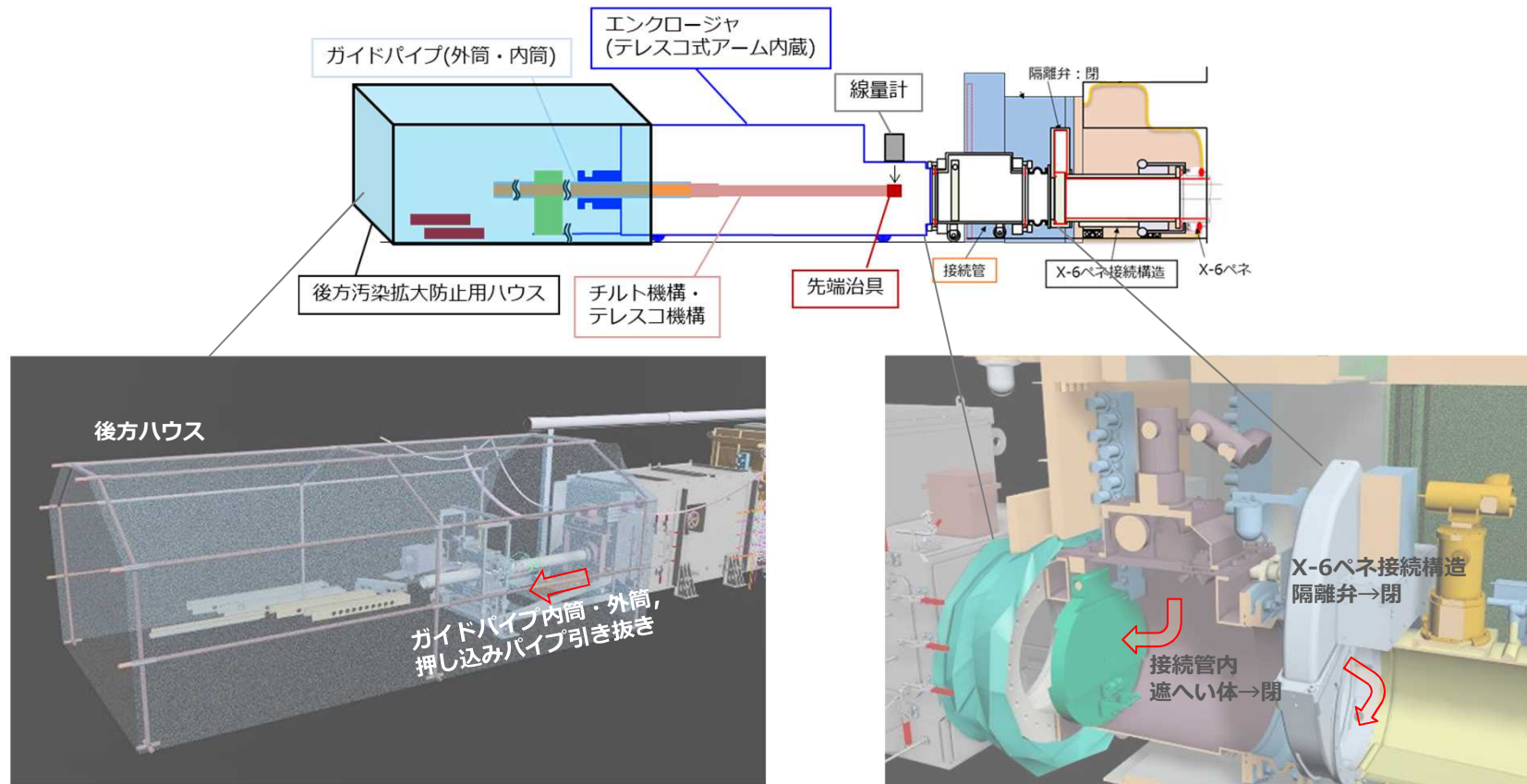
(ペDESTAL底部の状況は簡易的に表現)



先端治具 (金ブラシ式)

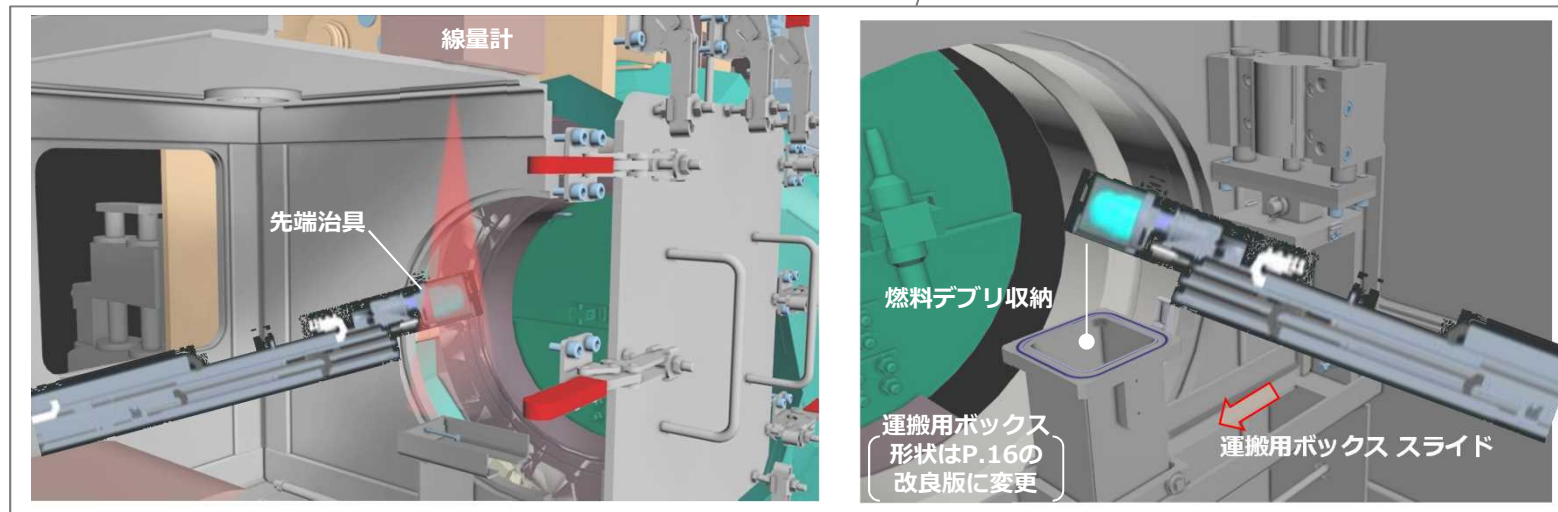
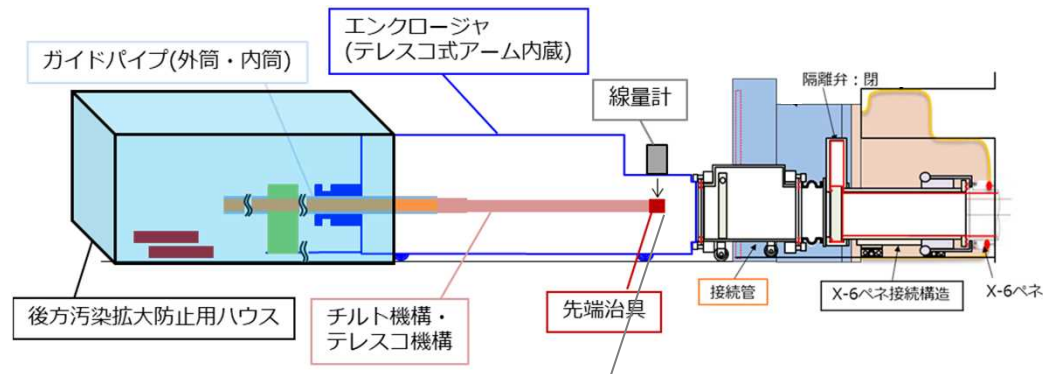
4 - 7. 作業の詳細：外筒・内筒引き抜き

- 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ペネ接続構造隔離弁および接続管内遮へい体を閉



4 - 8 . 作業の詳細：燃料デブリ収納（1 / 3）

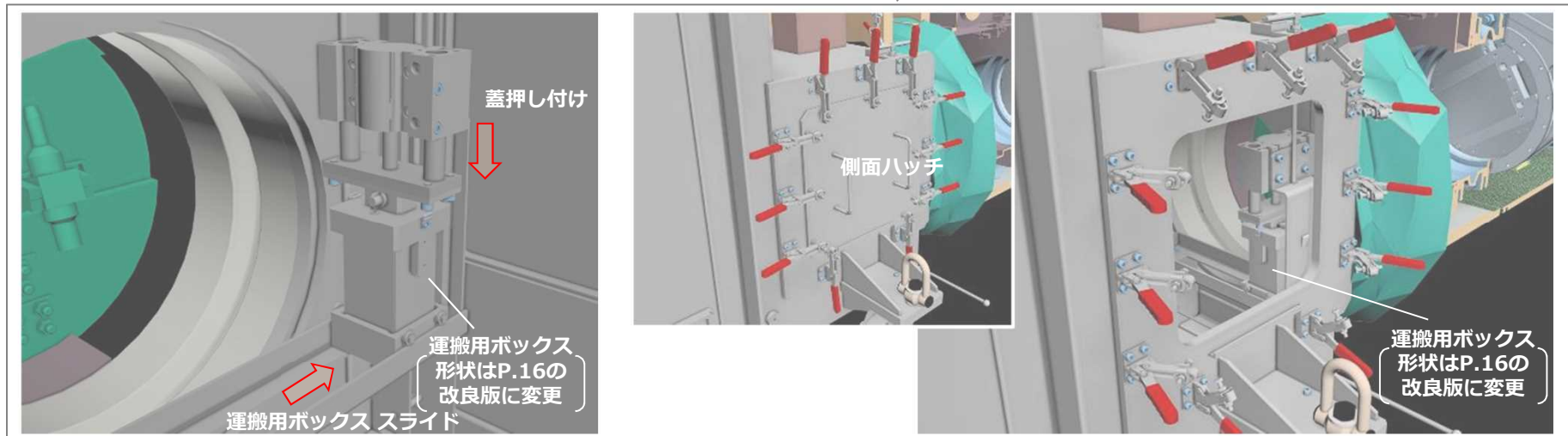
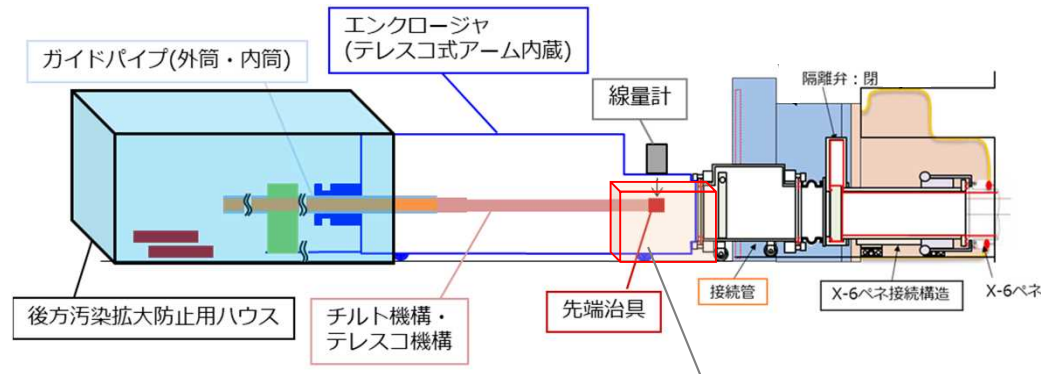
- エンクロージャ内の線量計にて、採取した燃料デブリの線量率を測定（20cm離隔にて24mSv/hを超えた場合、PCV内に戻す）
- 運搬用ボックスを先端治具の下にスライドし、運搬用ボックスに燃料デブリを収納



(手順表示のため、一部を非表示)

4-9. 作業の詳細：燃料デブリ収納（2 / 3）

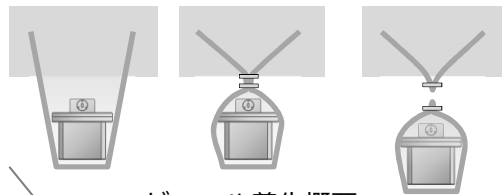
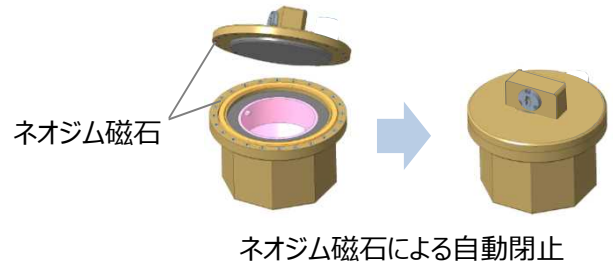
- エンクロージャ内を大気圧まで降圧し、窒素から大気に換気するとともに、放射性ダストの除去を行う
- 運搬用ボックスをエンクロージャの側面ハッチ側にスライドし、蓋を押し付け（水圧駆動）、新たにダストが浮遊しない状態を形成
- 局所排風機により、エンクロージャ内雰囲気吸引することで、エンクロージャ外側から内側への流れを形成したのちに、側面ハウスをエンクロージャの側面ハッチ前に設置し、側面ハッチ開放



(側面ハウスは省略)

4-10. 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）
- 解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

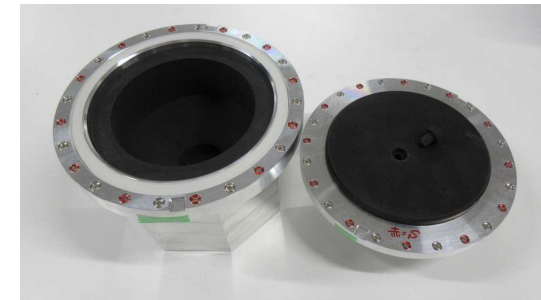


運搬用ボックス
形状は上記
改良版に変更

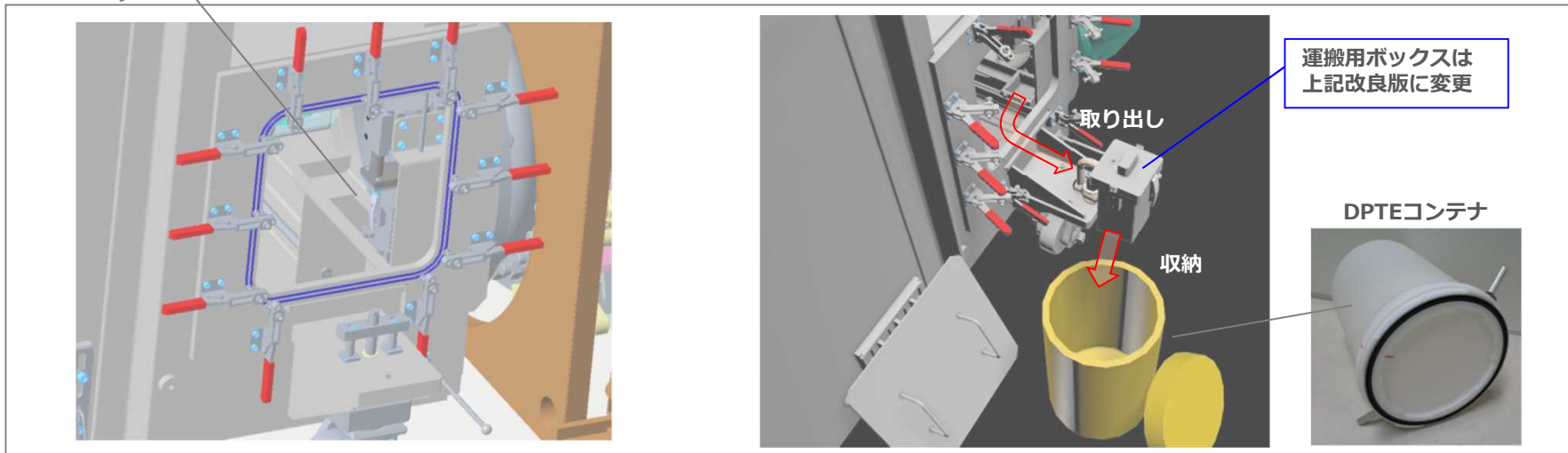
ビニール養生概要



運搬用ボックス改良版

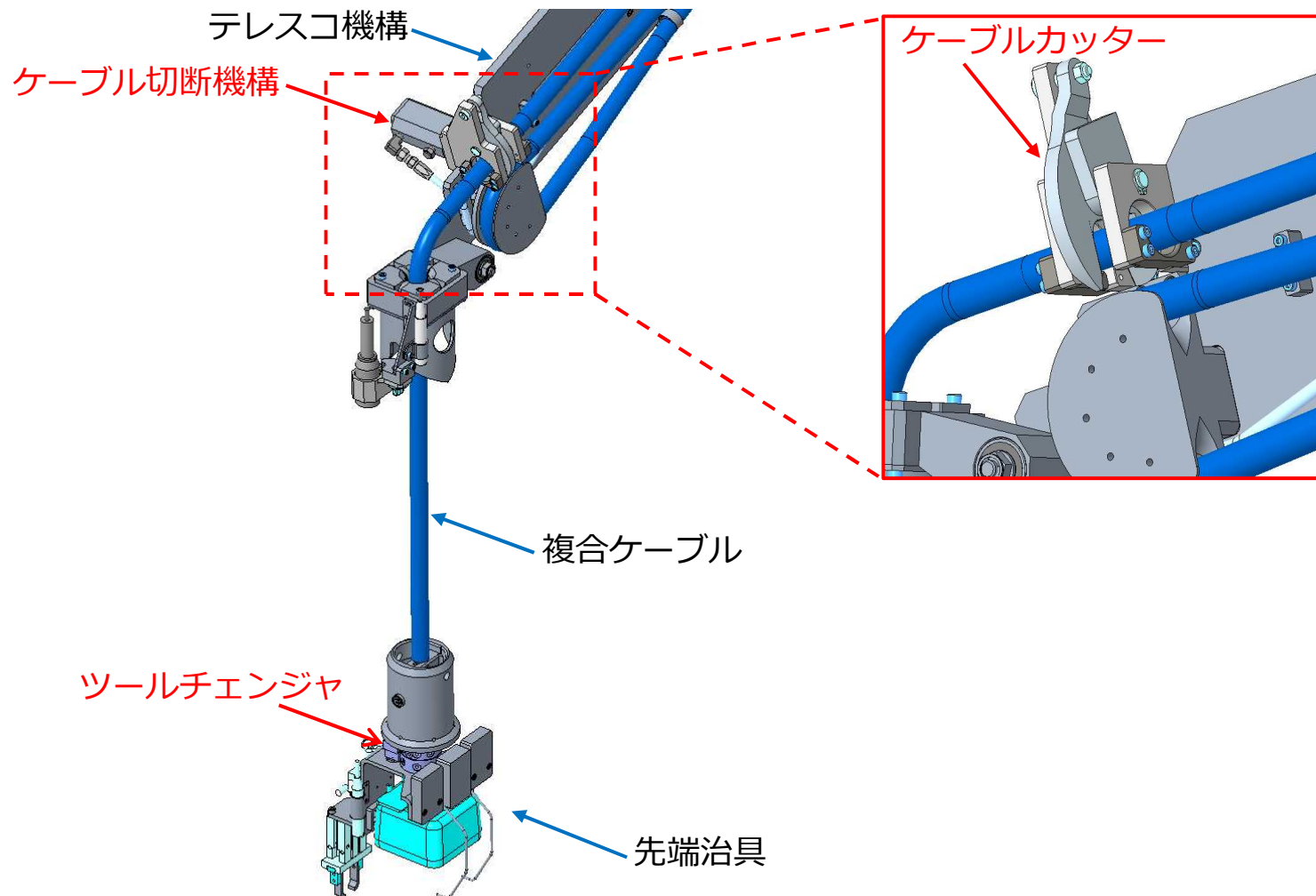


運搬用ボックス改良版
(蓋を開いた状態)



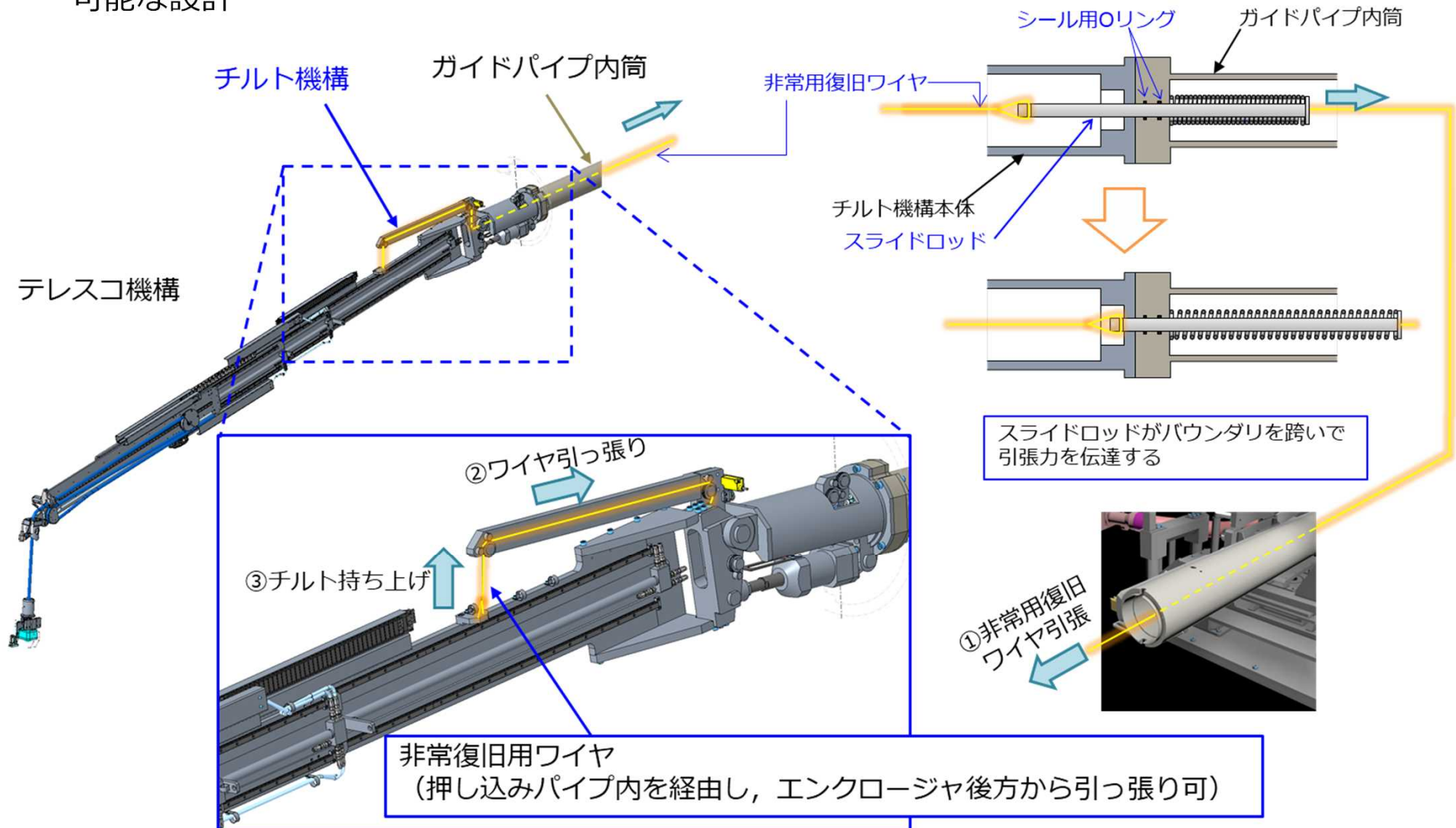
4 - 1 1. 非常時における対応（非常時における先端治具の切り離し）

- 先端治具を含めた吊り下ろし部が絡まった場合に備え、テレスコ機構の先端部にケーブルカッターを具備し、非常時は遠隔にてケーブルを切断



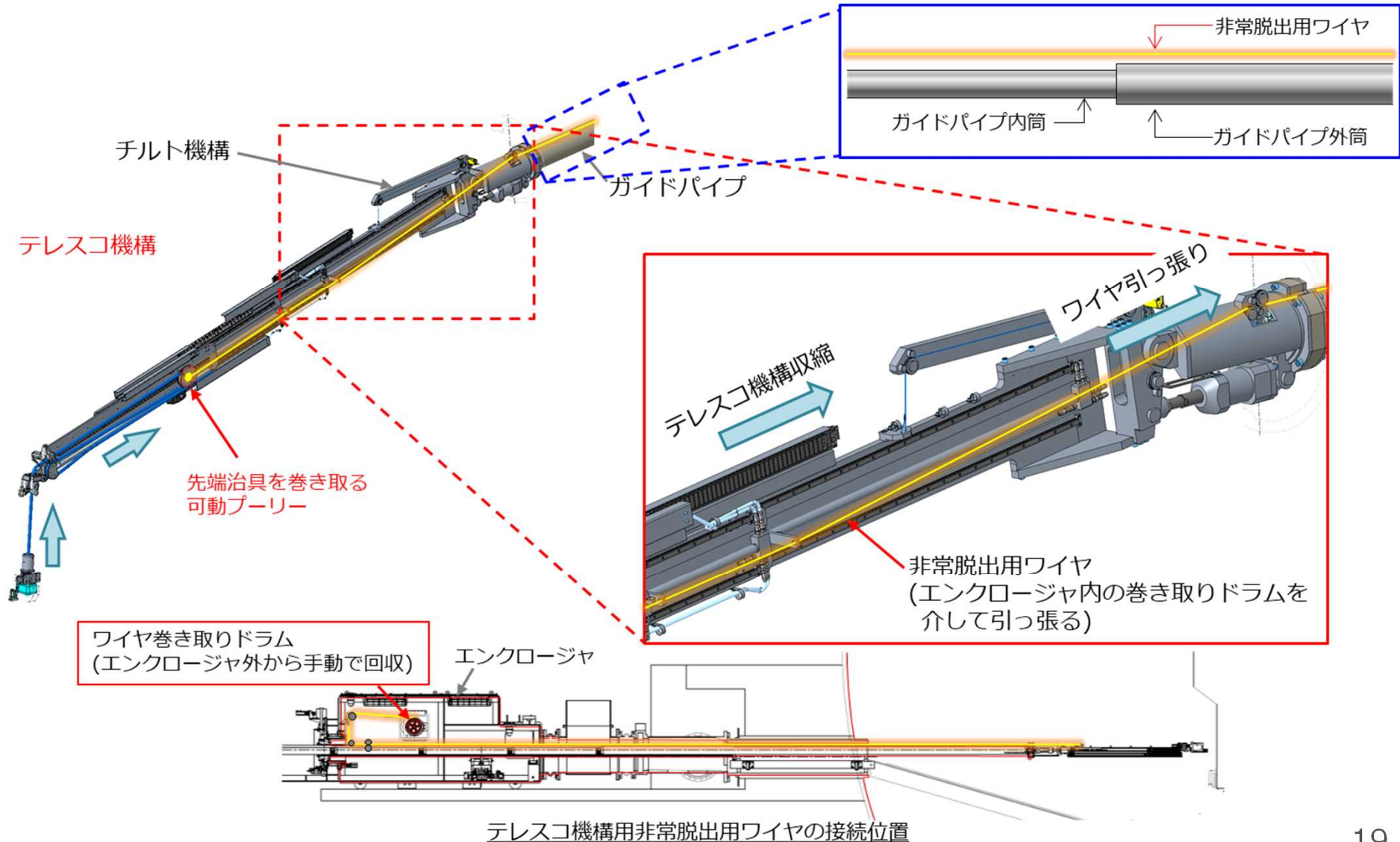
4-12. 非常時における対応（非常時におけるチルト機構の復旧）

- チルト機構は水圧駆動により角度調整をするが、万が一機能しなくなった場合、非常用復旧ワイヤを外部から手動で引っ張ることにより、チルト部を持ち上げて元の位置に戻すことが可能な設計



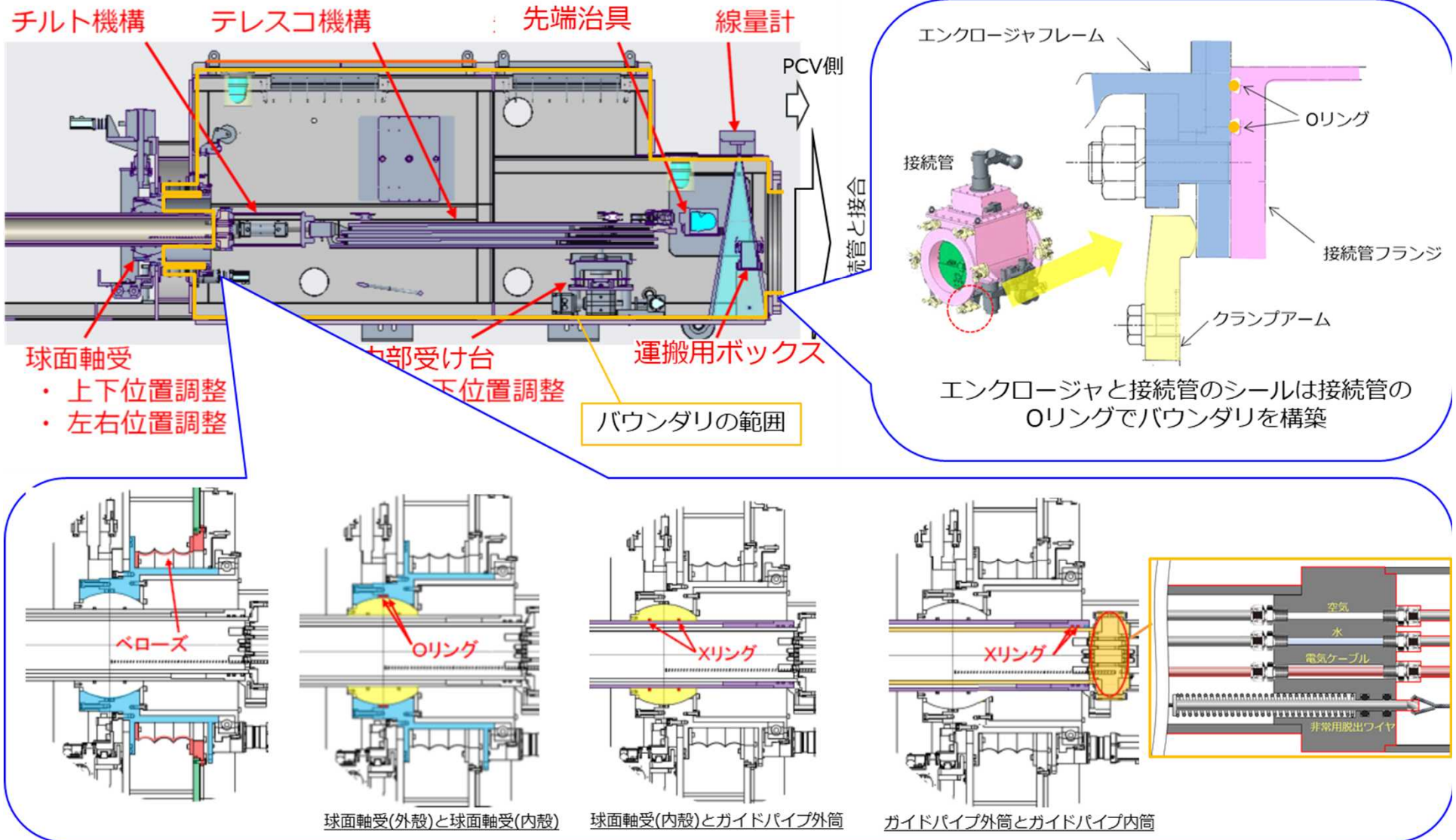
4-13. 非常時における対応（非常時におけるテレスコ機構の回収）

- テレスコ機構は水圧駆動により伸縮するが、万が一機能しなくなった場合、非常用脱出ワイヤを外部から手動により引っ張ることにより、元の位置に戻すことが可能な設計



4-14. 各ステップにおけるバウンダリについて

- シール部はベローズを除き二重シールとし、材質は耐放射線性のあるNBRを採用



5. 工程

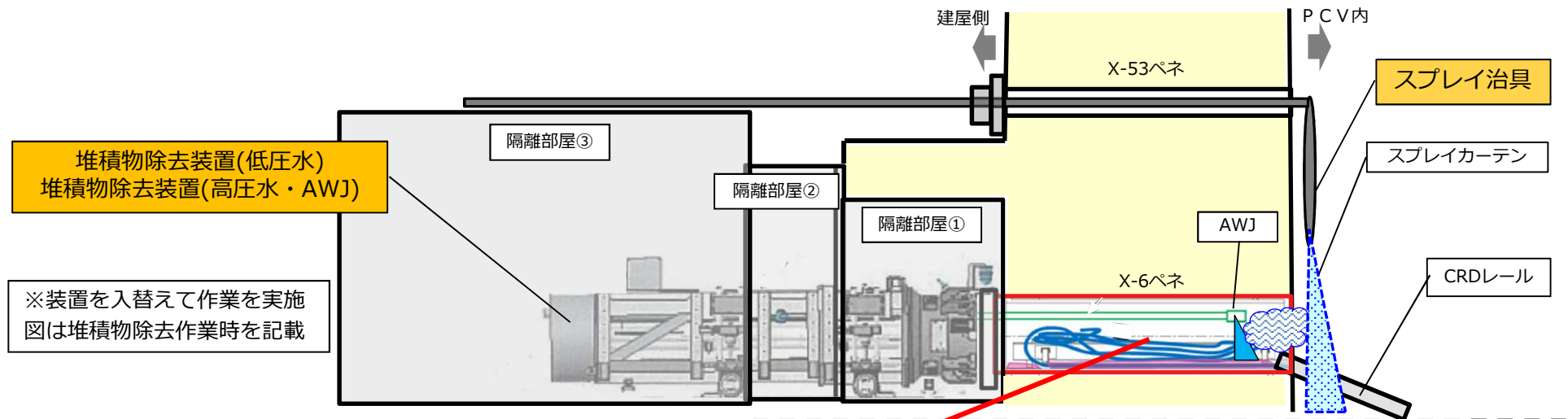
- 現場の状況については、AWJ施工による堆積物除去作業を開始し、X-6ペネ手前側のCRDレールガイドの切断を実施。引き続き、高圧水/AWJによる堆積物除去作業を実施しているところ。
- 低圧水による除去作業結果及び高圧水/AWJによる作業の不確実性に加え、試験的取り出しに向けて、ロボットアームについては、モックアップ試験からアクセスルート構築に時間を要すること、また、事故炉の格納容器内で初めて使用するための信頼性を確認するべく今後も予定されている試験があること等を踏まえ、燃料デブリの性状把握のための燃料デブリの採取を早期・確実に行うべく、まず過去の内部調査で使用実績があり、堆積物が完全に除去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						■

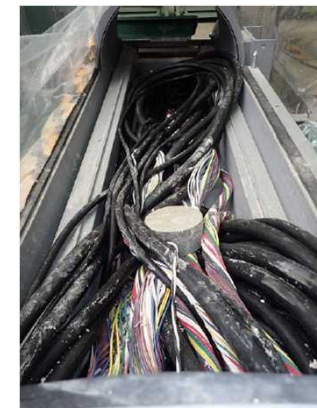
参考. 堆積物除去作業の概要

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。

- スプレー治具による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

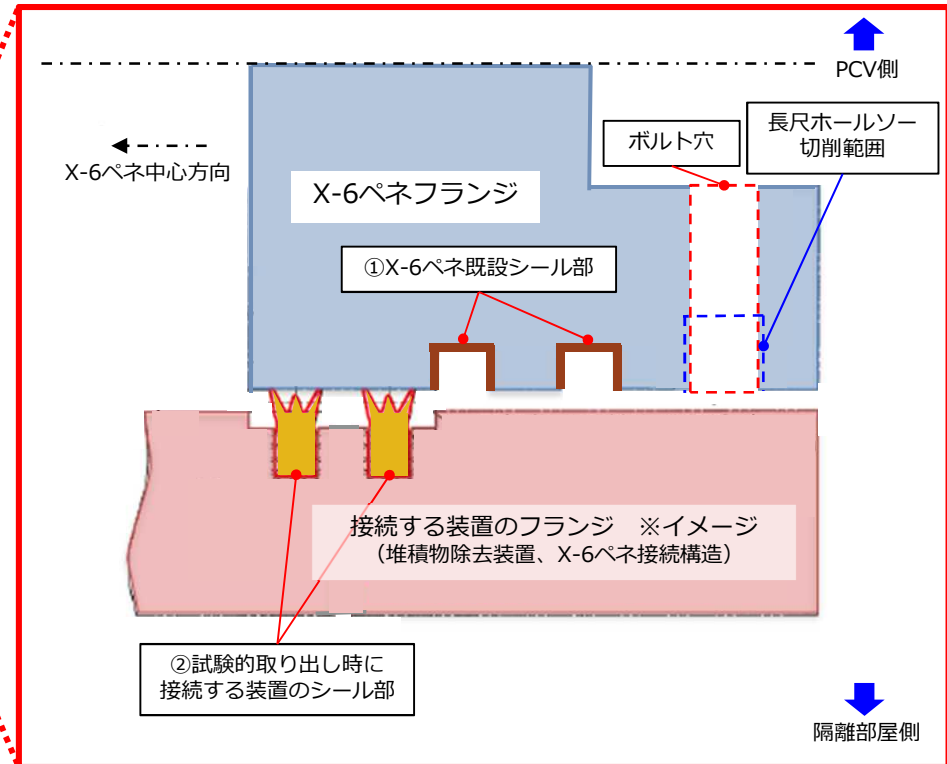
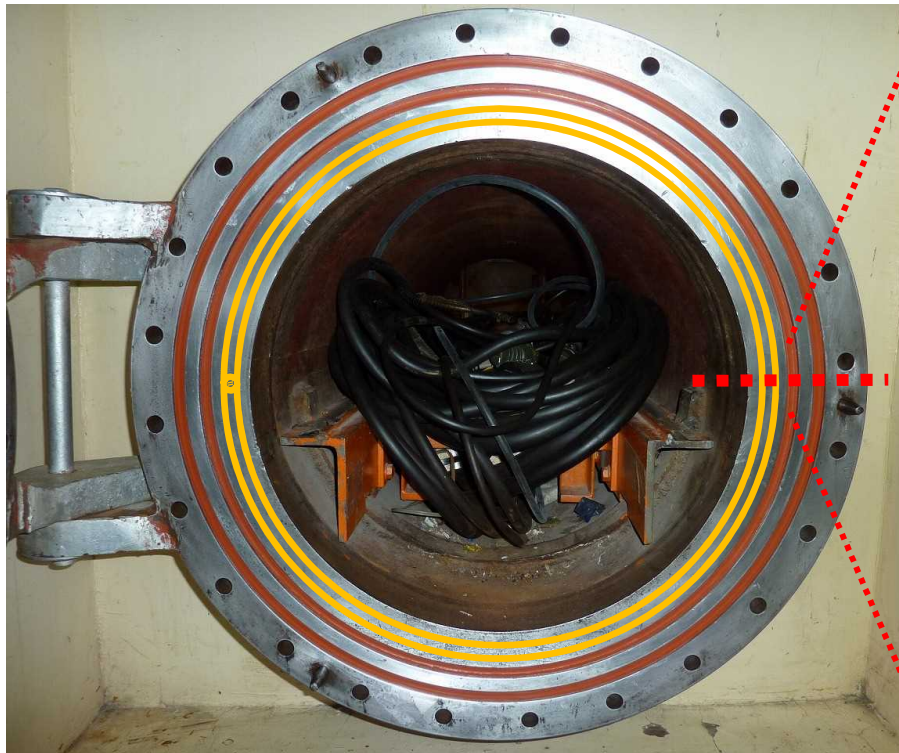


X-6ペネ内の状態(模擬)



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

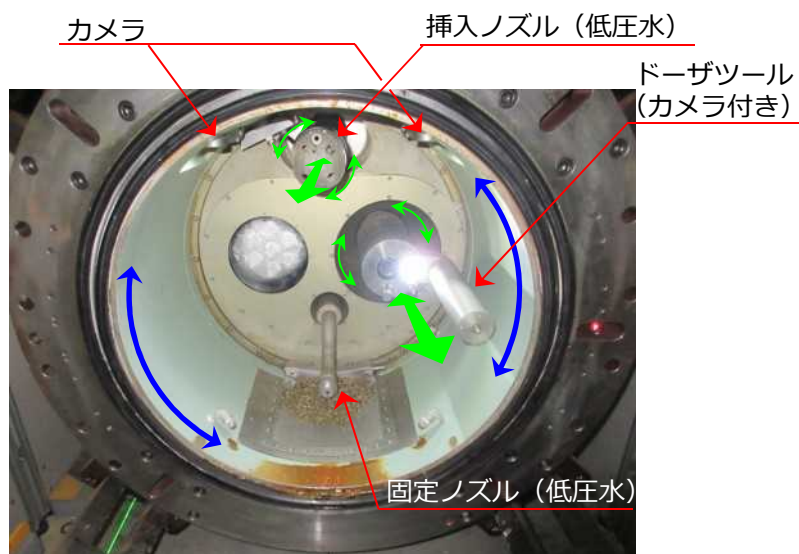
参考. 堆積物除去装置 (低圧水/高圧水・AWJ) について



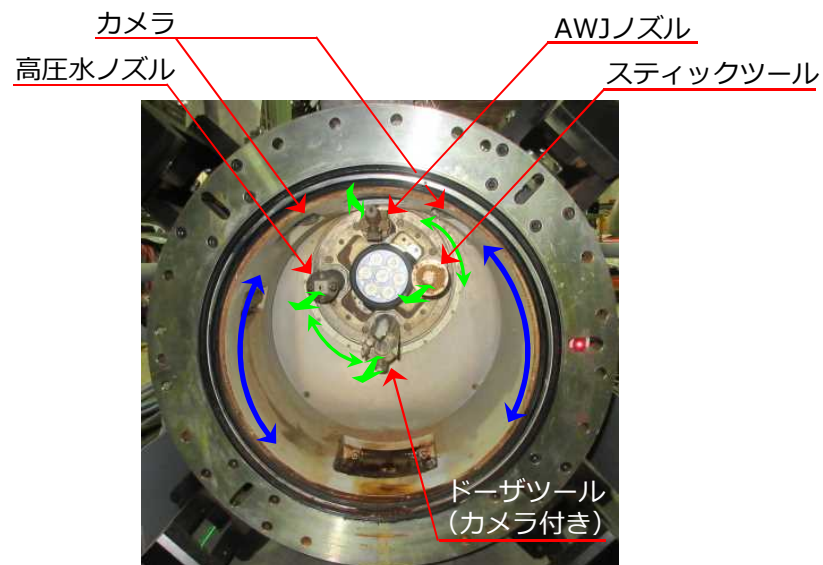
堆積物除去装置 (低圧水) 外観



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. ロボットアームの柵葉試験状況（性能確認試験項目）



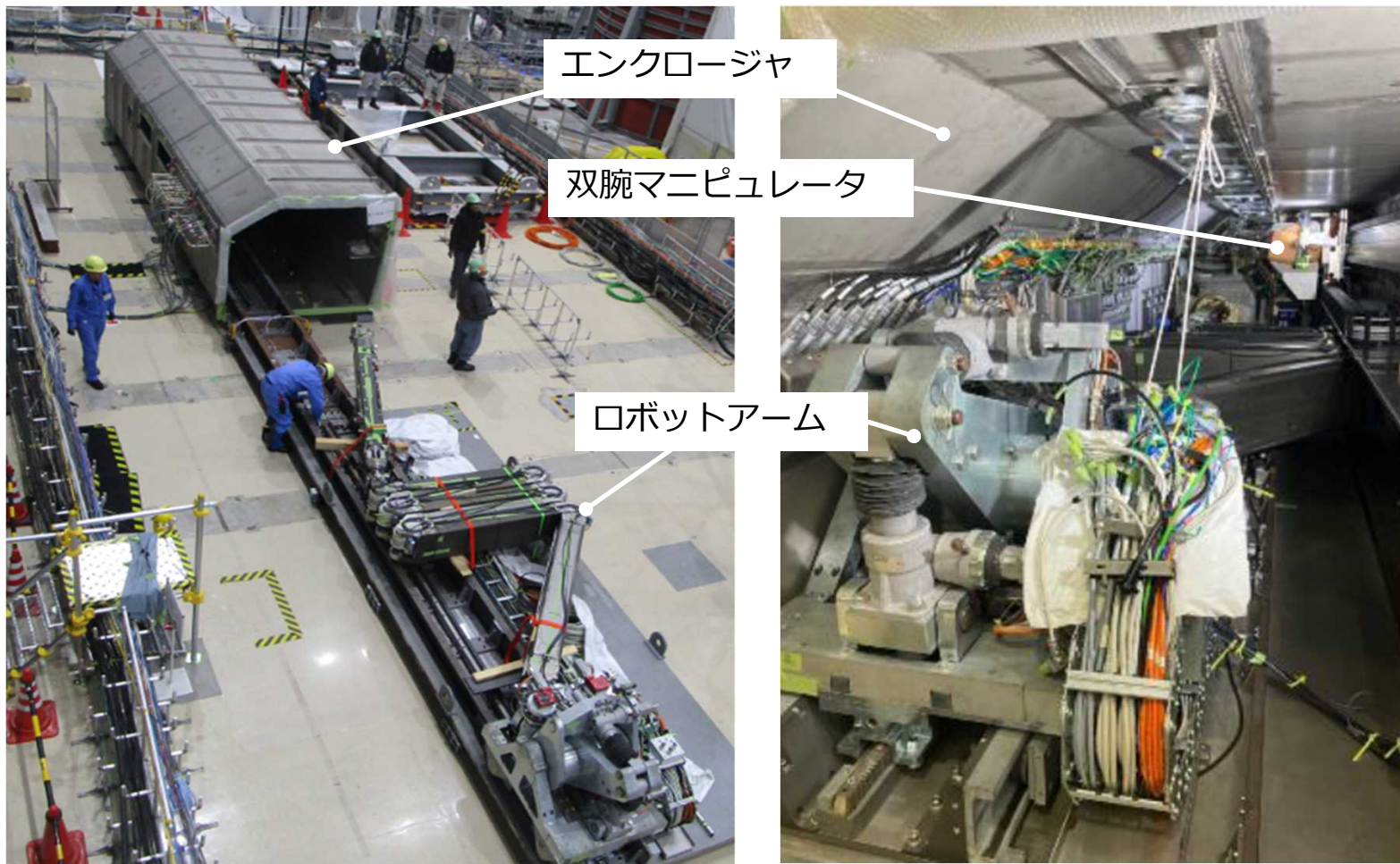
- 柵葉モックアップ施設を用いて、現場を模擬したモックアップ試験を実施中
- 現在、エンクロージャ内へアームの組み込みが完了し、双腕マニピュレータによるアームの強制引き抜き試験やワンスルー試験を実施中。現地ではアームによる狭隘部へのアクセスを繰り返すため、ワンスルー試験以降も現場適用に向けた位置精度やハード/ソフトの連係等の向上の観点で、引き続き、接触リスクの低減を図るべく制御プログラムを最適化していく
- また、ロボットアームの試験に加えて、実作業を模擬した手順、オペレータの操作性、装置の信頼性を踏まえて、実際の現場適用性について確認し開発を進めていく

今回報告

性能確認試験項目		
試験分類	試験項目	柵葉
ロボットアーム関連	X-6ベネの通過性	完了
	AWJによるX-6ベ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ベネ通過後の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	実施中
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）	

参考. ロボットアームの櫛葉試験状況 (ワンスルー試験)

- エンクロージャ内へアームの組み込みが完了
- 現在、エンクロージャ内での双腕マニピュレータの操作試験を実施中



エンクロージャへのロボットアーム組み込み状況