

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の状況

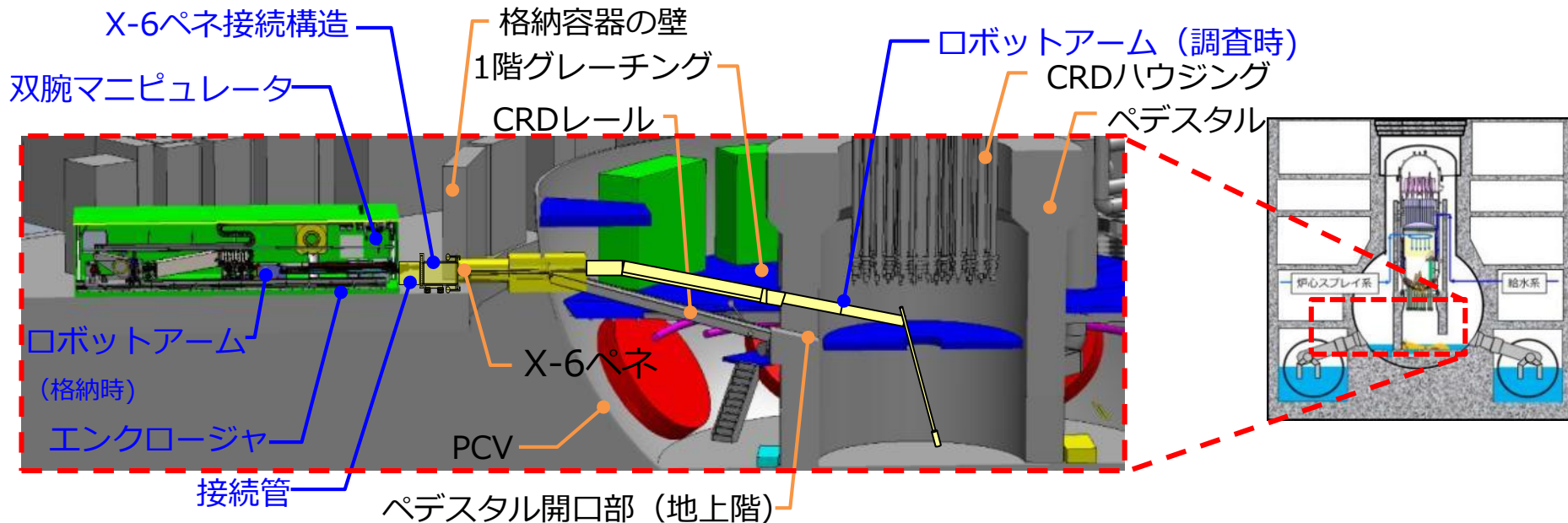
2024年12月16日



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
 - 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

2-1. 現地準備作業状況

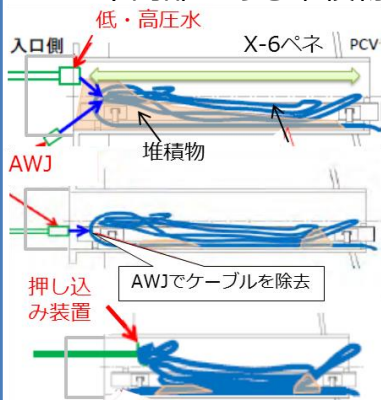
試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の主なステップ

1. 隔離部屋設置

2. X-6ペネハッチ開放

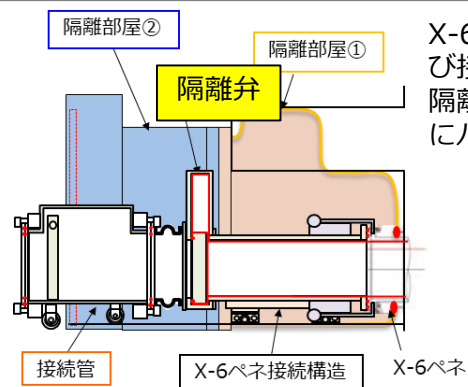
3. X-6ペネ内堆積物除去

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

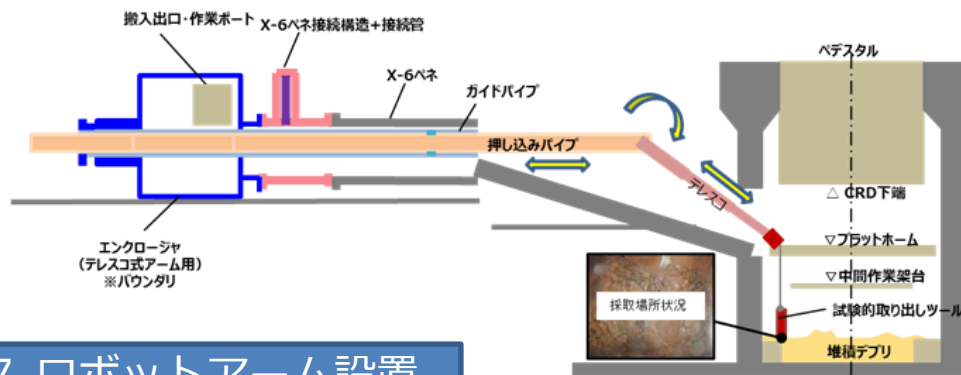
4. X-6ペネ接続構造及び接続管設置



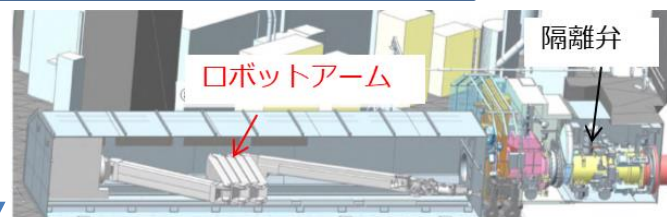
X-6ペネに接続構造及び接続管を取り付け、隔離部屋から接続構造にバウンダリを変更

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）

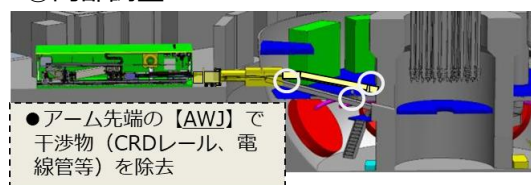


7. ロボットアーム設置



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



②ロボットアームによるデブリ採取



(注記)

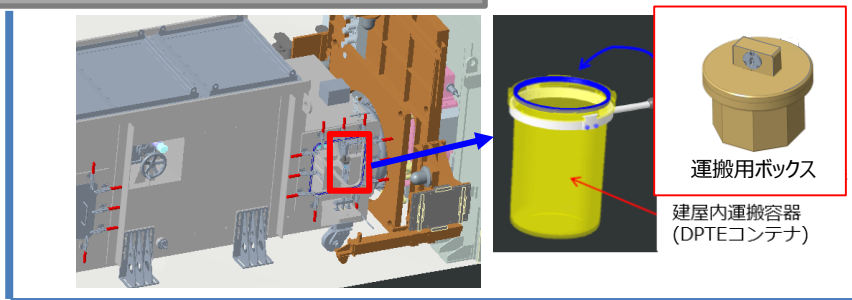
- ・ 隔離弁：PCV内/外を仕切るために設置した弁
- ・ AWJ（アブレシブウォータージェット）：高圧水に研磨材（アブレシブ）を混合し、切削性を向上させた加工機

2-2. 現地準備作業状況

試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の主なステップ

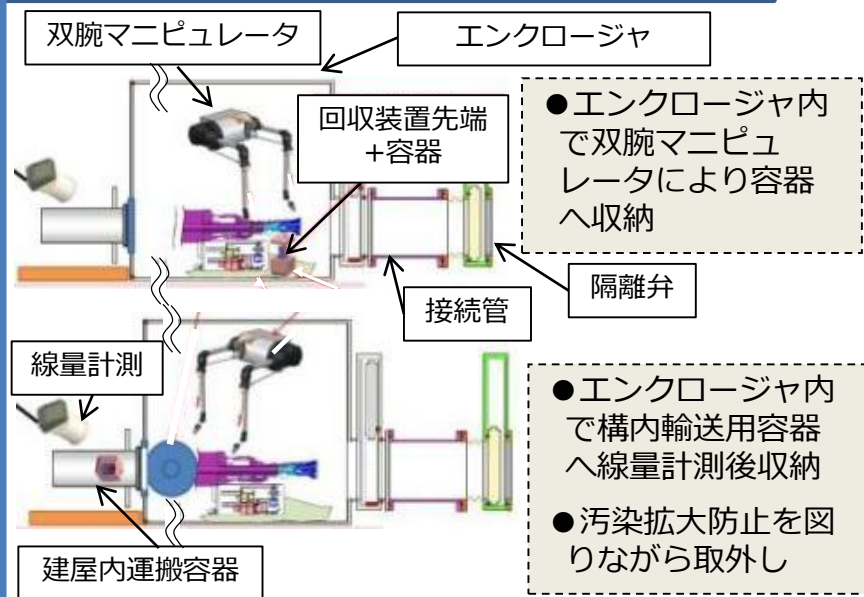
↓(前スライド ステップ6より)

9-1. 燃料デブリの収納

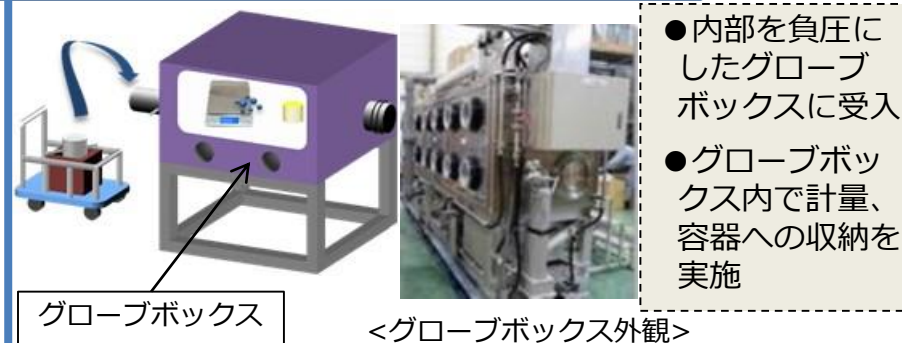


↓(前スライド ステップ8より)

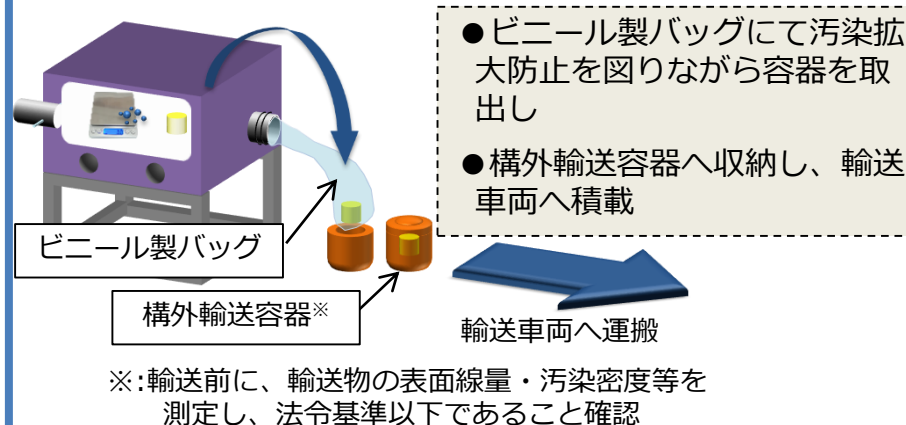
9-2. 燃料デブリ回収装置先端部の収納 構内輸送用容器へ収納・線量計測



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)

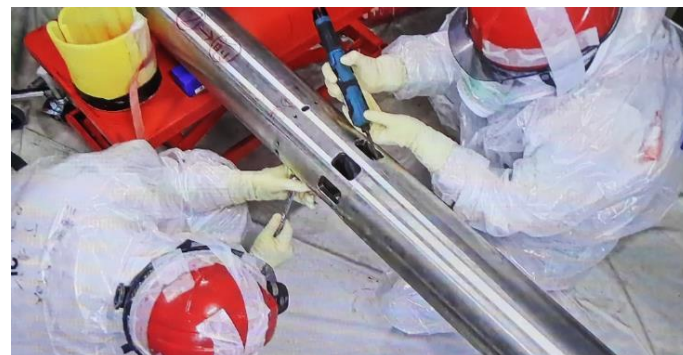
・DPTEコンテナ：Double Porte pour Transfert Etancheの略
コンテナの蓋とグローブボックスのダブルドアが一体となって開閉することで、密閉を維持しながら物を移送することが可能なコンテナ

3 - 1. 現場作業の進捗状況（試験的取り出し作業）

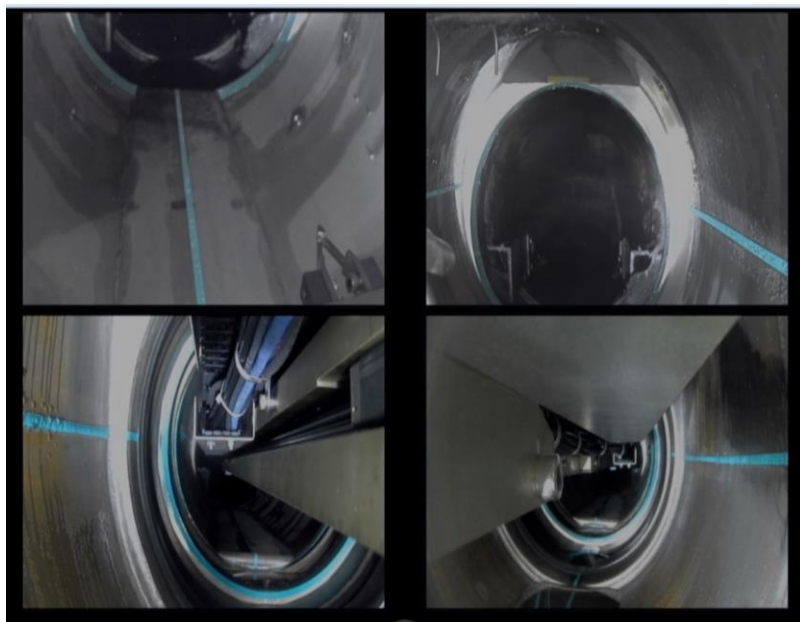
- カメラ交換作業および作業再開に向けた事前検討や手順等の最終確認ができたことから10月28日から燃料デブリ試験的取り出し作業の再開に着手。X-6ペネ接続機構の隔離弁の開操作を実施し、ガイドパイプ挿入作業を実施



遠隔操作室における当社の立会



押し込みパイプ②を①に接続する状況



ガイドパイプ挿入作業の状況（10月28日）



ガイドパイプ挿入作業の状況（10月29日）

3 - 2. 現場作業の進捗状況（試験的取り出し作業）

- 10月30日、テレスコ式装置の先端治具を吊り降ろし、ペDESTAL底部の燃料デブリ把持作業を実施
- 先端治具のグリッパが燃料デブリを把持した状態で作業開始前の位置に戻り、把持作業を完了
- ガイドパイプの引き抜き作業を実施。テレスコ式装置先端治具をエンクロージャ内へ戻し、燃料デブリの線量率測定を実施



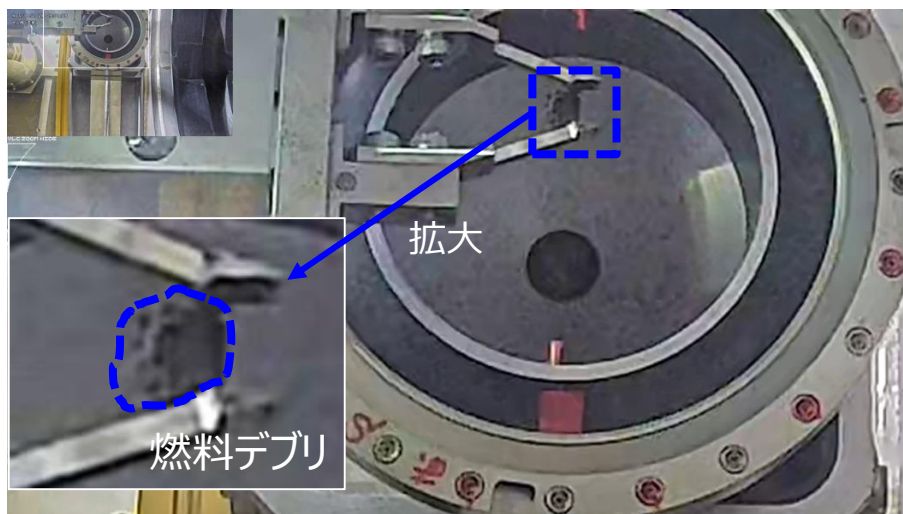
遠隔操作室の状況



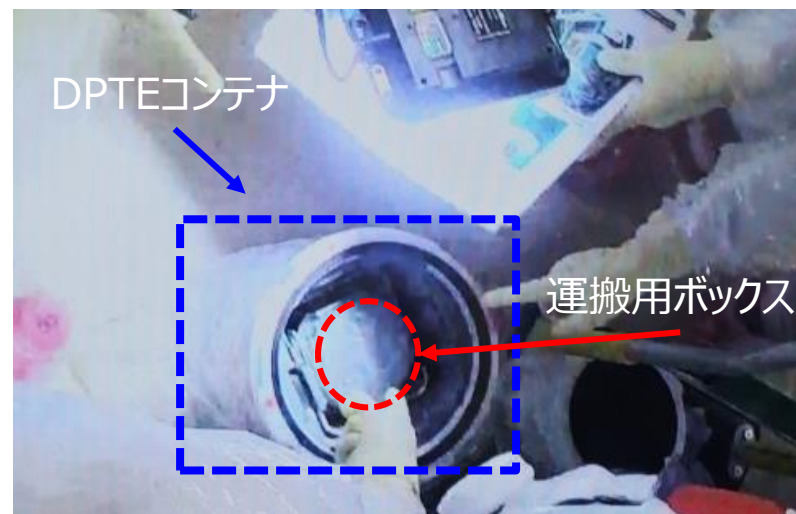
燃料デブリを先端治具で把持した状況

3-3. 現場作業の進捗状況（試験的取り出し作業の完了）

- 11月6日、燃料デブリ回収可否の判断基準「線量率24mSv/h（20cm位置）以下」であることを確認したことから、把持した燃料デブリを運搬用ボックスに回収
- 11月7日、エンクロージャ側面ハッチを開放後、エンクロージャ外へ運搬用ボックスを取り出し、DPTEコンテナへ収納（2号機燃料デブリ試験的取り出し作業の完了は、運搬用ボックスをDPTEコンテナへ収納したタイミングをもって完了）



把持した燃料デブリを運搬用ボックスに回収する様子



運搬用ボックスをDPTEコンテナへ収納する様子

3-4. 現場作業の進捗状況（燃料デブリの構外輸送の完了）

- 採取した燃料デブリについて、日本原子力研究開発機構(JAEA)大洗原子力工学研究所へ輸送が完了
- 輸送した燃料デブリは、今後数か月から1年程度をかけてJAEA等の分析施設で分析し、今後実施予定の燃料デブリ取り出し工法および安全対策や保管方法の検討等に活用



構外輸送車両に積載された構外輸送容器の状況



福島第一出発前の構外輸送車両最終確認の状況

4-1. ロボットアームの試験状況 性能確認試験項目

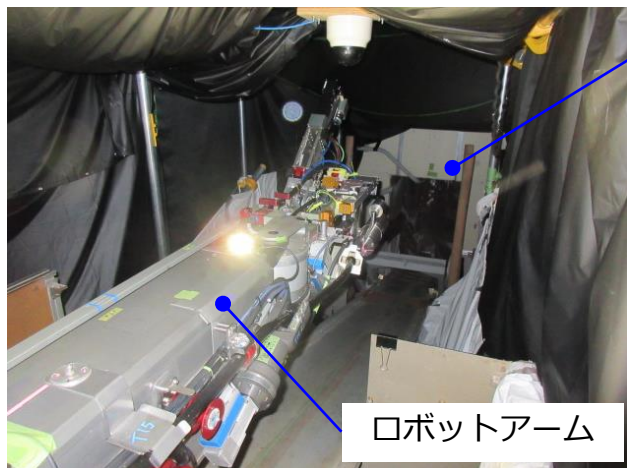
- ・ 檜葉モックアップ施設を用いて、現場を模擬したモックアップ試験を実施しており、組合せワンスルー試験を実施中
- ・ 現地ではアームによる狭隘部へのアクセスを繰り返し行う必要があり、現場適用に向けた位置精度やハード/ソフトの連係等の向上の観点で、引き続き、接触リスクの低減を図るべく制御プログラムを改善、最適化し、その他試験も並行し進めていく
- ・ また、ロボットアームの開発に加えて、実作業を模擬した手順、オペレータの操作性、装置の信頼性を踏まえて、実際の現場適用性について確認していく

性能確認試験項目

試験分類	試験項目	JAEA檜葉
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上部および下部へのアクセス）	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
組合せワンスルー試験 (アーム+双腕マニピュレータ)	センサ/外部ケーブル、ツール/外部ケーブルのアームへの取付等	完了
	ペDESTAL上部調査（センサ、ワンド搭載）	実施中
	ペDESTAL下部調査（センサ、ワンド搭載）	実施中
	アクセスルート構築（AWJツール搭載し、障害物撤去）	今後実施

4-2. ロボットアームの試験状況 【位置決め精度の向上／メンテナンス】

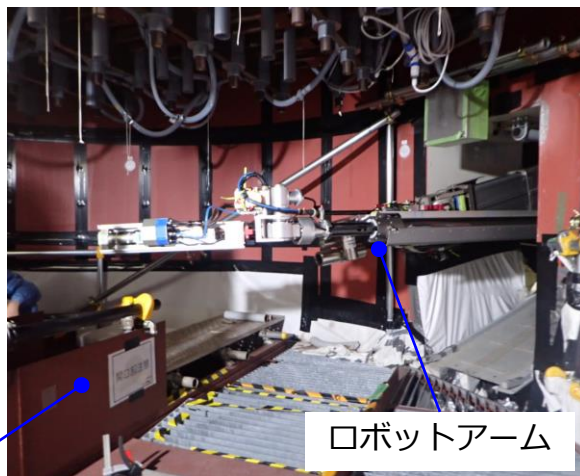
- 制御プログラム修正等の改良を行い、アームの動作確認、チューニング等を実施中。
- ロボットアームの動作試験において、モータケーブルの経年劣化による断線を確認したことから、ケーブル及びコネクタを交換し、試験を継続実施中。
- 今後、類似箇所のケーブル及びコネクタの交換を実施予定。また、あわせて現場適用に向けたメンテナンスを進めていく。



ロボットアーム

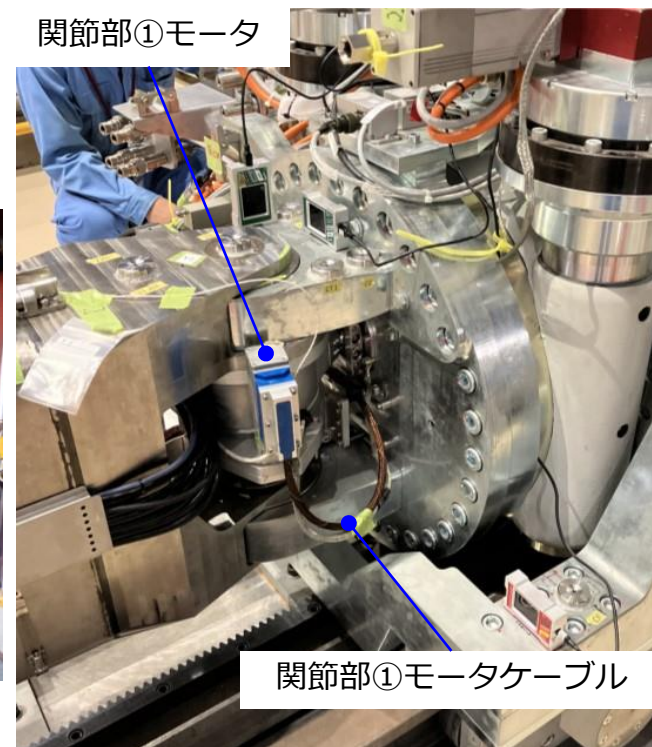
ペDESTAL内
(模擬体)

ペDESTAL開口
(模擬体)



ロボットアーム

関節部①モータ



関節部①モータケーブル

ロボットアーム櫛葉試験の状況

5. 工程

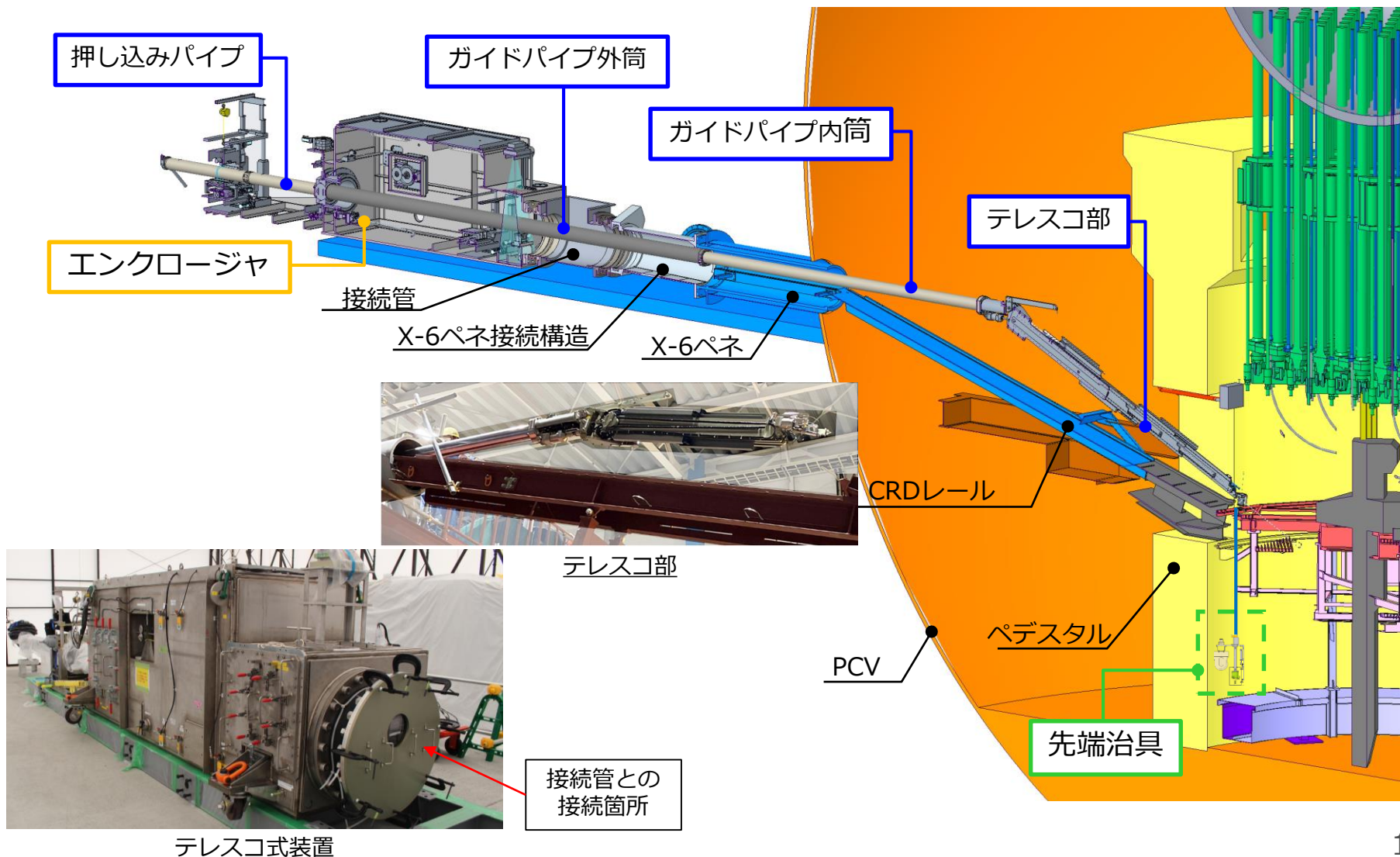
- テレスコ式装置による試験的取り出しについては、11月7日に試験的取り出し作業が完了。
- 11月12日に採取した燃料デブリの構外輸送を実施。
- ロボットアームについては、現場環境を模擬した楢葉モックアップ試験を通じて把握した情報をもとに、燃料デブリ取り出し時の接触リスクを低減するべく、制御プログラム修正等の改良に取り組んでいる。また、アームの位置精度の向上に加えて、試験中に確認された経年劣化箇所のメンテナンス及びテレスコ式装置カメラの不具合事案を受けて、対応について水平展開すべく検討を進めているところ。
- なお、サンプル数を増やし知見を拡充するため、次回の試験的取り出し作業について検討しており、今回のテレスコ式装置を用いた一連の試験的取り出し作業の実績、並びにロボットアームの試験状況等を踏まえ、安全かつ慎重に試験的取り出しを進めるべく、今後の工程等の詳細について精査していく。

	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	■					
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						┌───┐

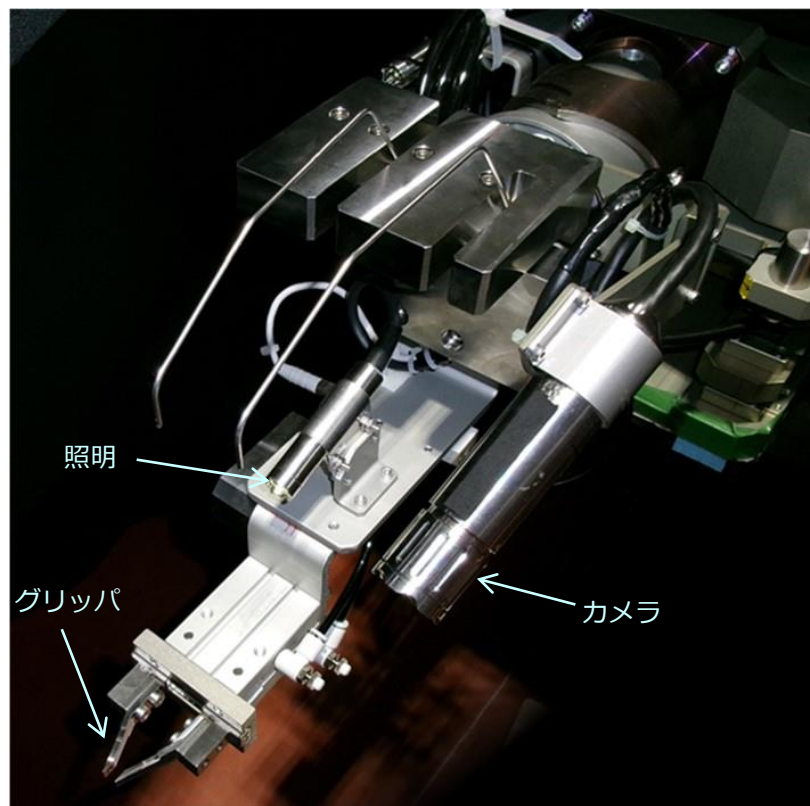
次回の試験的取り出し作業に向けて、工程等の詳細について精査中

参考. テレスコ式試験的取り出し装置によるデブリ採取

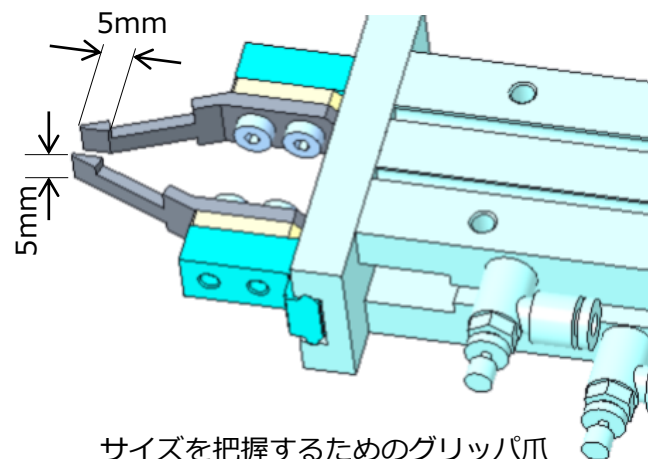
- テレスコ式装置は、X-6ペネからPCV内にアクセスし、燃料デブリの試験的取り出しを行う装置
- エンクロージャは、接続管に接続することで試験的取り出し時におけるPCVバウンダリの機能を有する



- 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

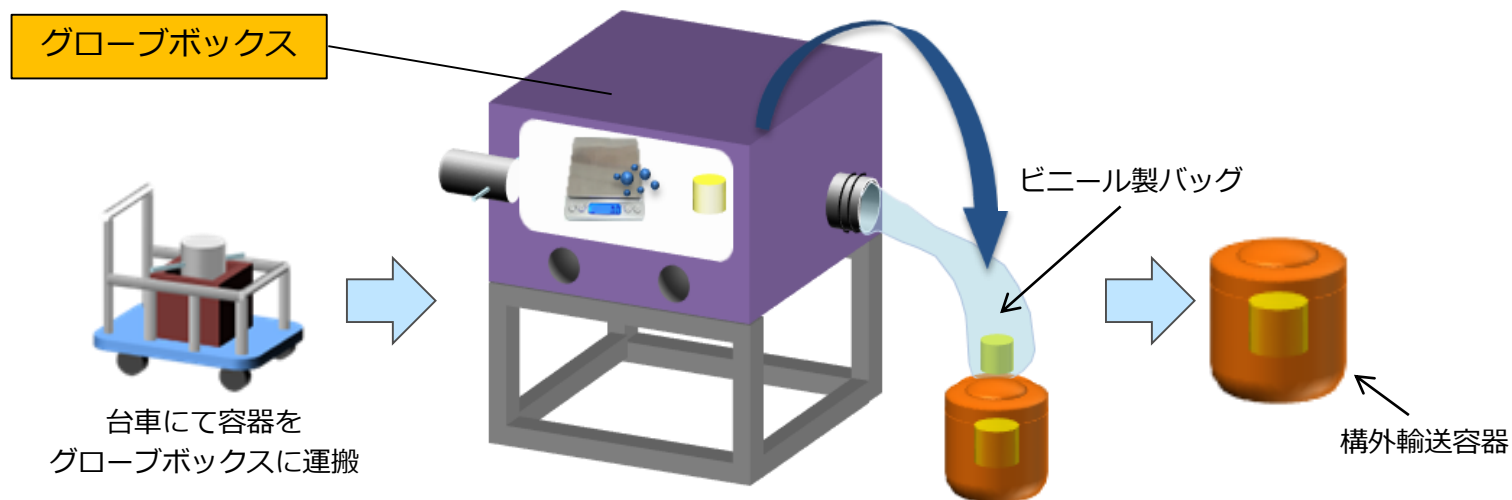


サイズを把握するためのグリッパ爪
(グリッパ型)



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)

- 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、原子炉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

- 試験的取り出しで採取した燃料デブリは、構外分析施設（JAEA大洗）に輸送。
- 法令上の各種試験条件に置かれた場合に、輸送容器の密封性能が失われないことを確認。
- 試料容器（ポリエチレン製）収納された燃料デブリは、つぼ型容器（ポリプロピレン、鉛製）に収納された状態でポリ塩化ビニール樹脂製の袋に密封した上で輸送容器に収納する。
- また、輸送前に燃料デブリを収納した状態で表面線量率及び表面汚染密度が基準値を下回ることを確認。
- 事故等が発生した場合においても、放射性物質が漏えいしないよう対策を講じている。
- 万が一漏えいした場合には、放射線測定を行い、ロープや標識で区画し立ち入りを制限し、除染することで、公衆への被ばくを抑制する。また、関係機関へ速やかに連絡する。
- 輸送に従事する者に教育及び訓練を実施。

法令上の技術基準

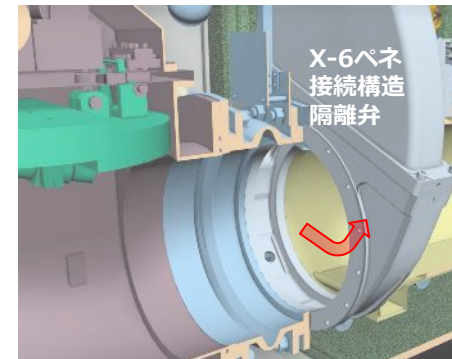
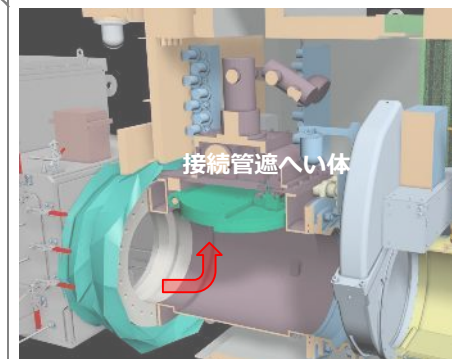
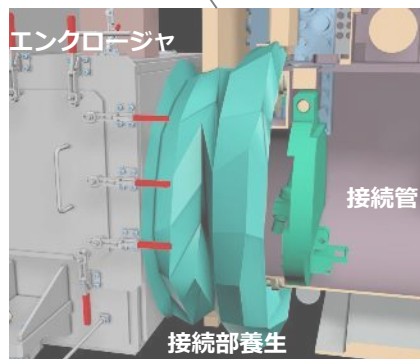
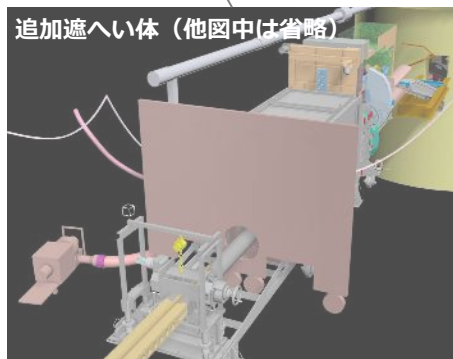
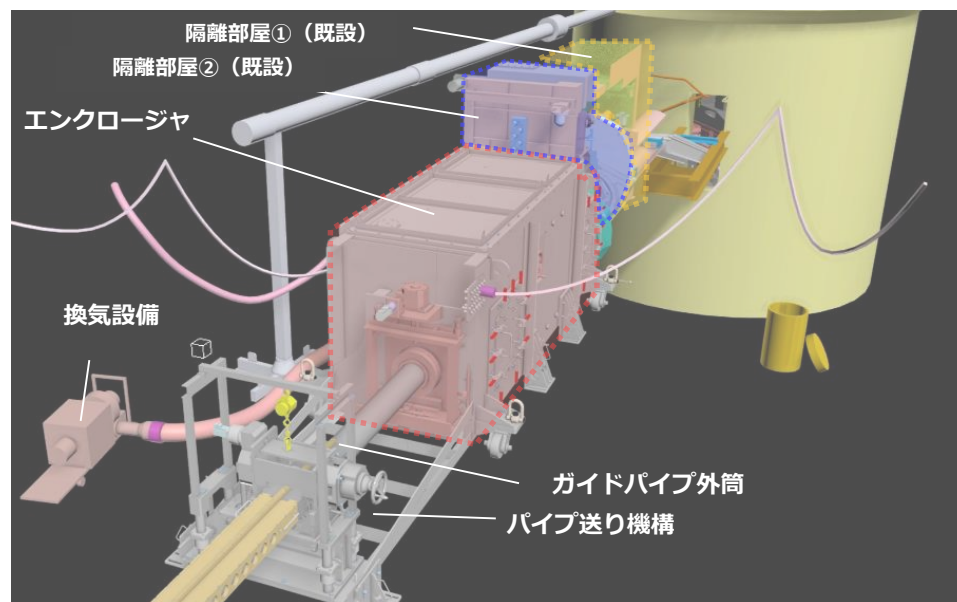
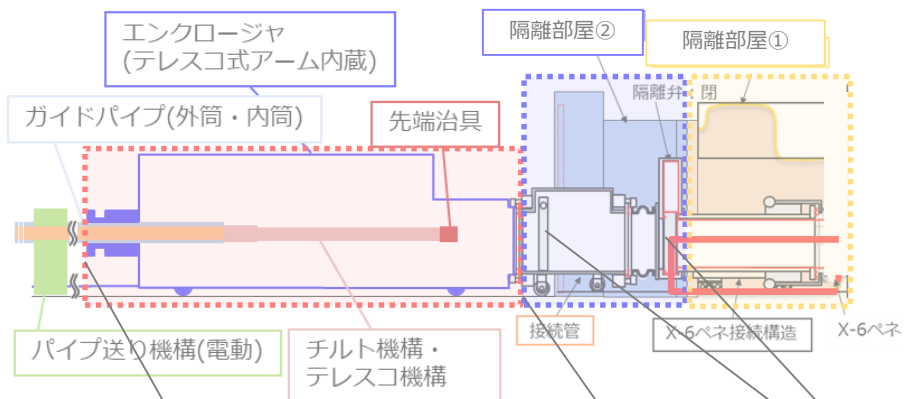
項目	内容
放射エネルギー	A2値比の総和が1以下 (約 3.7×10^{10} Bq)
線量当量率	輸送物表面 : 2mSv/h以下 輸送物表面から1m : 100 μ Sv/h
表面汚染密度	アルファ核種 : 0.4Bq/cm ² それ以外 : 4Bq/cm ²
輸送容器の試験条件	自由落下試験、圧縮試験、貫通試験等



A型輸送容器

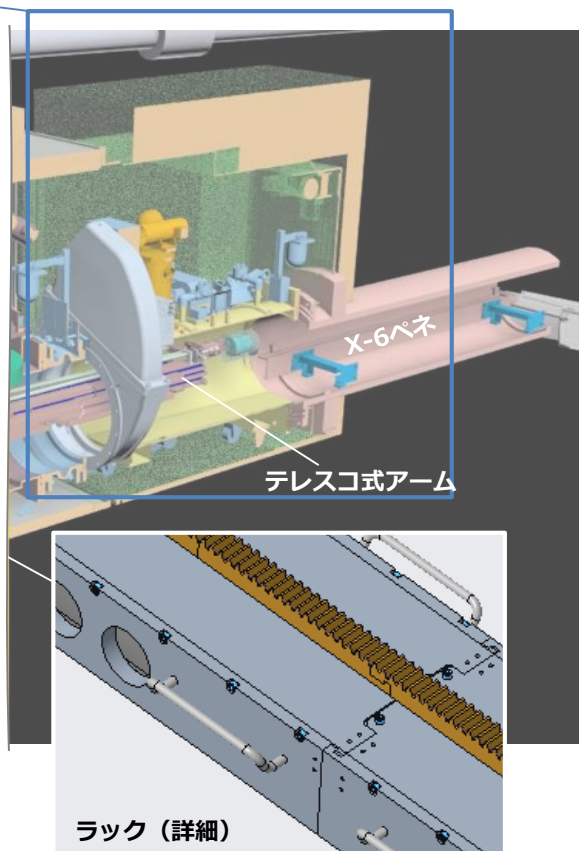
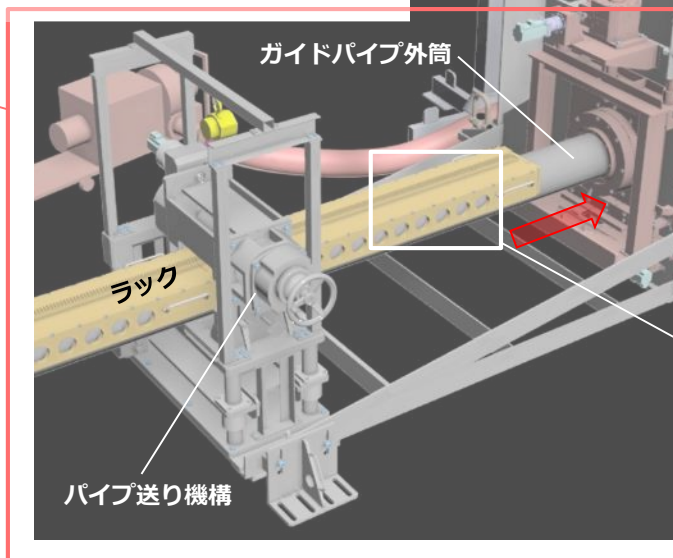
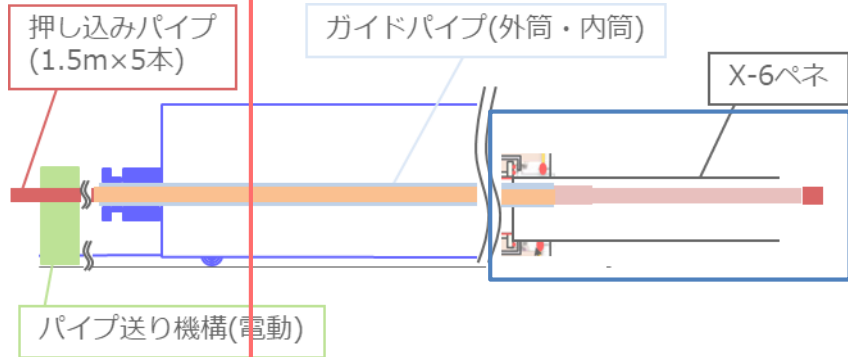
参考. 作業の詳細：搬入・据え付け

- 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



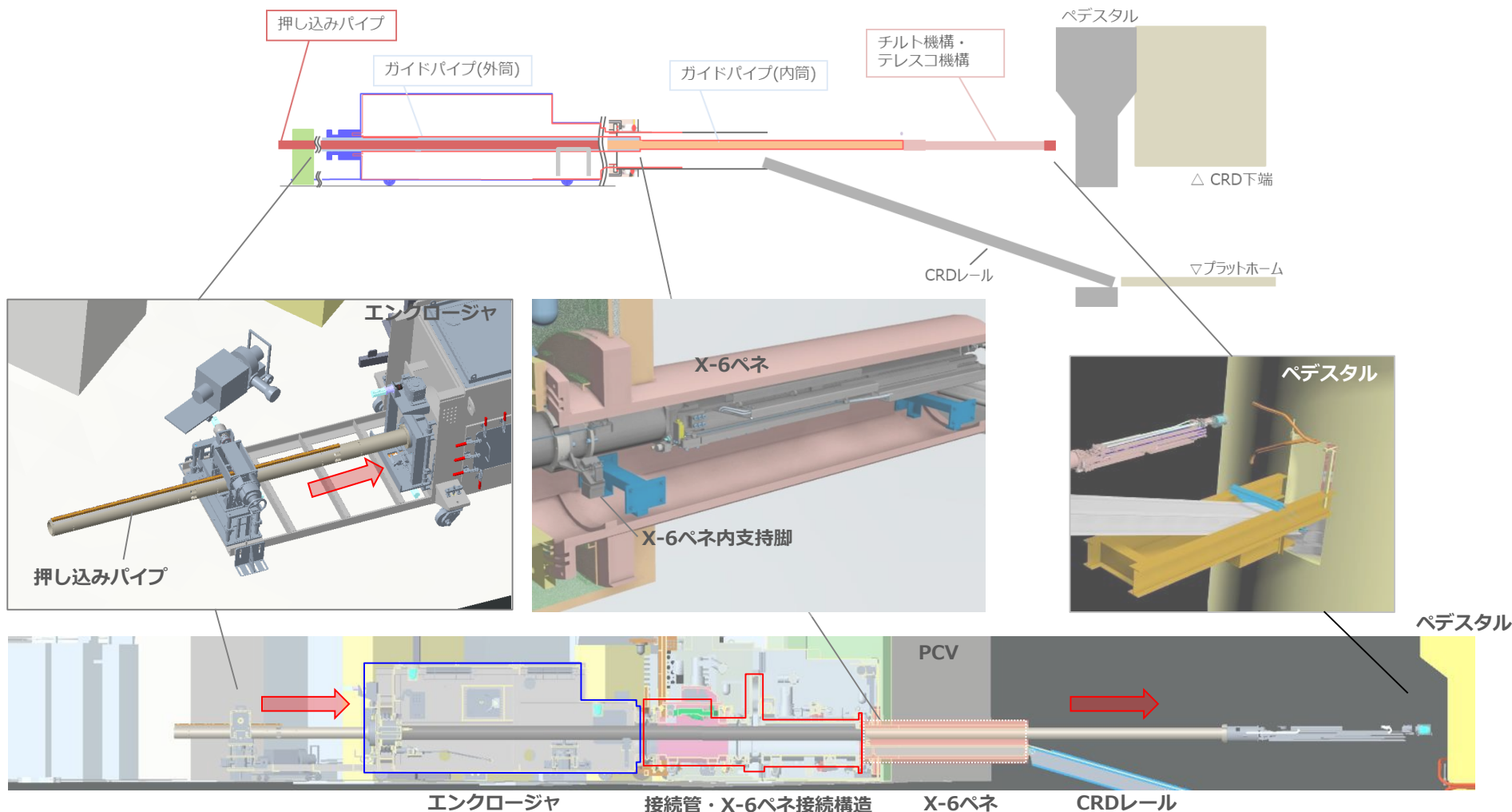
参考. 作業の詳細：外筒設置・挿入

- 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



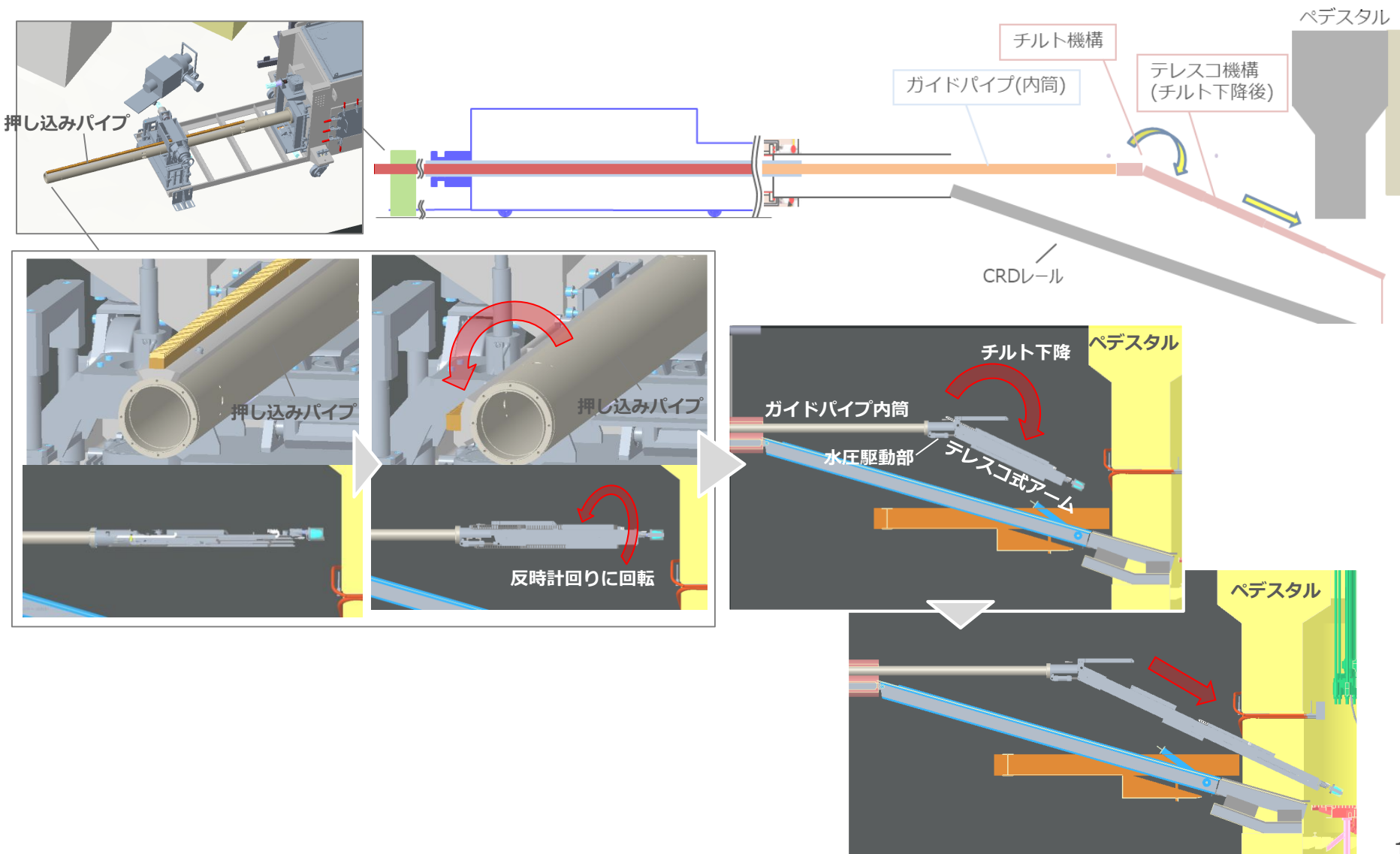
参考. 作業の詳細：内筒挿入（1 / 2）

- 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



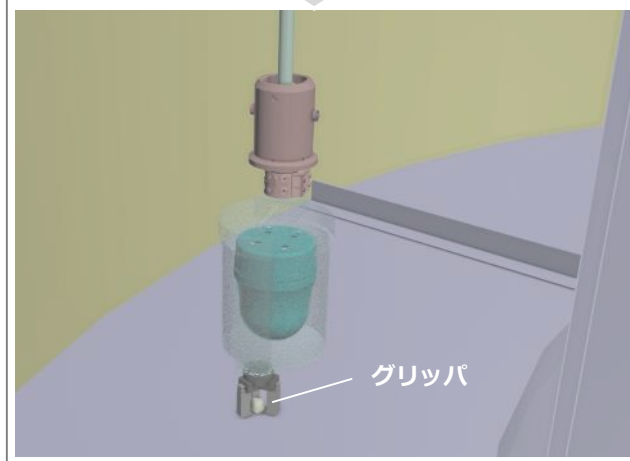
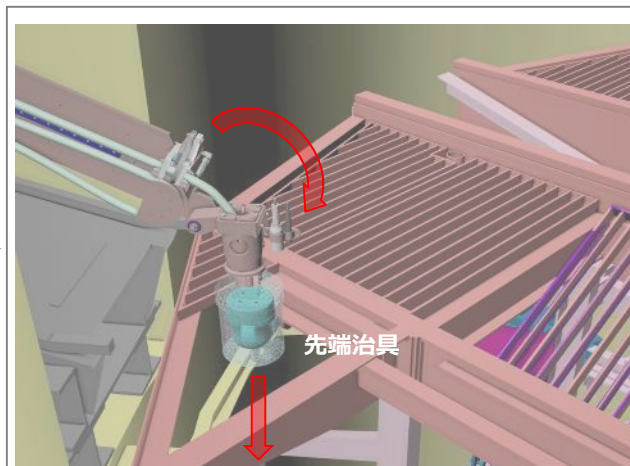
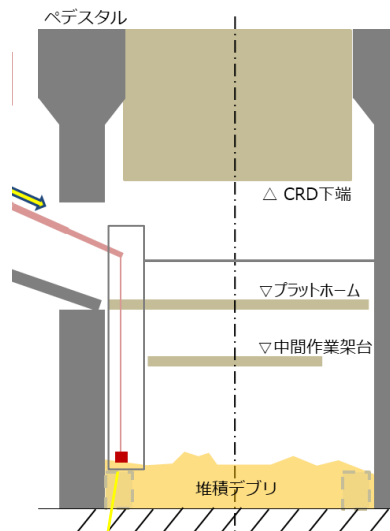
参考. 作業の詳細：内筒挿入（2 / 2）

- 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. 作業の詳細：燃料デブリ採取

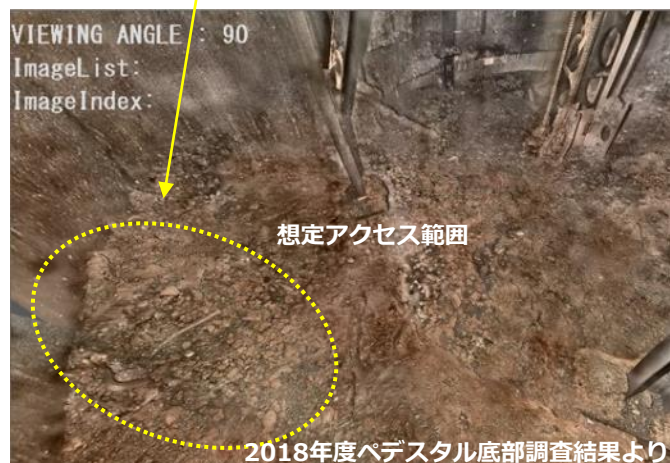
- 先端治具を下方に回転し（電動）、ペDESTAL底部に向けて吊り降ろし
- 先端治具により燃料デブリを3g以下採取
- 燃料デブリを採取した先端治具を吊り上げ



(ペDESTAL底部の状況は簡易的に表現)

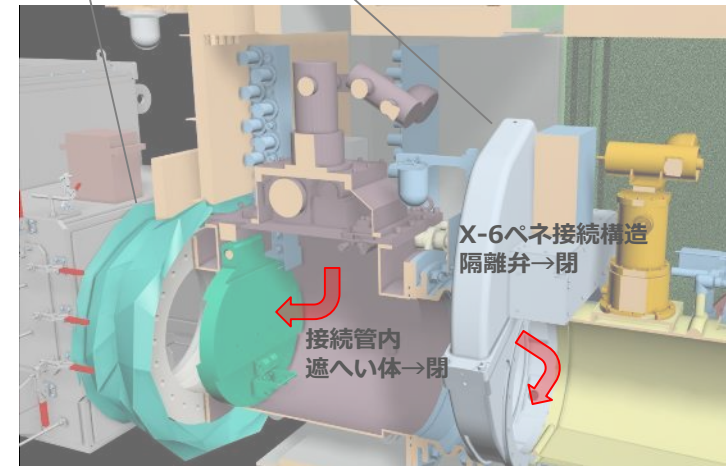
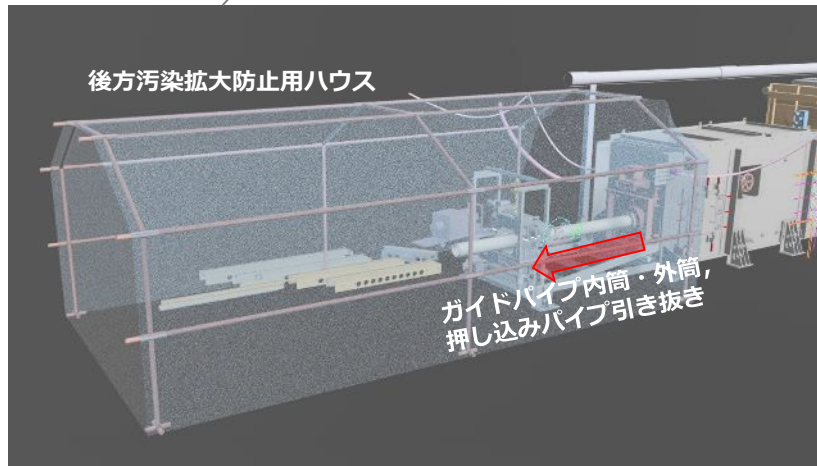
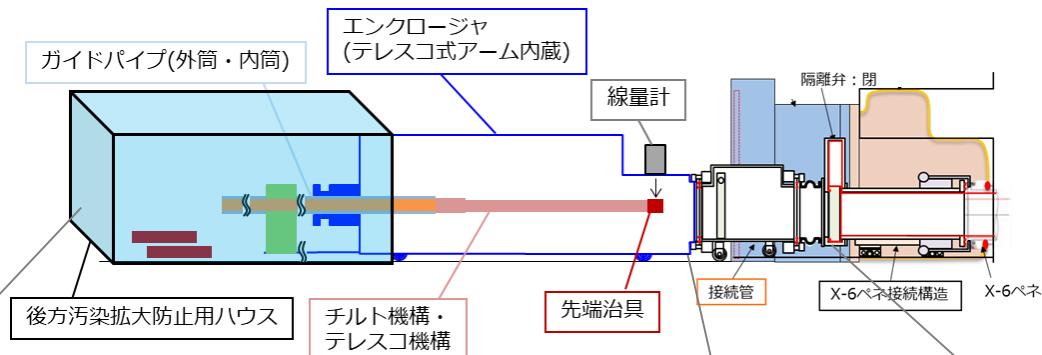


先端治具 (グリッパ型)



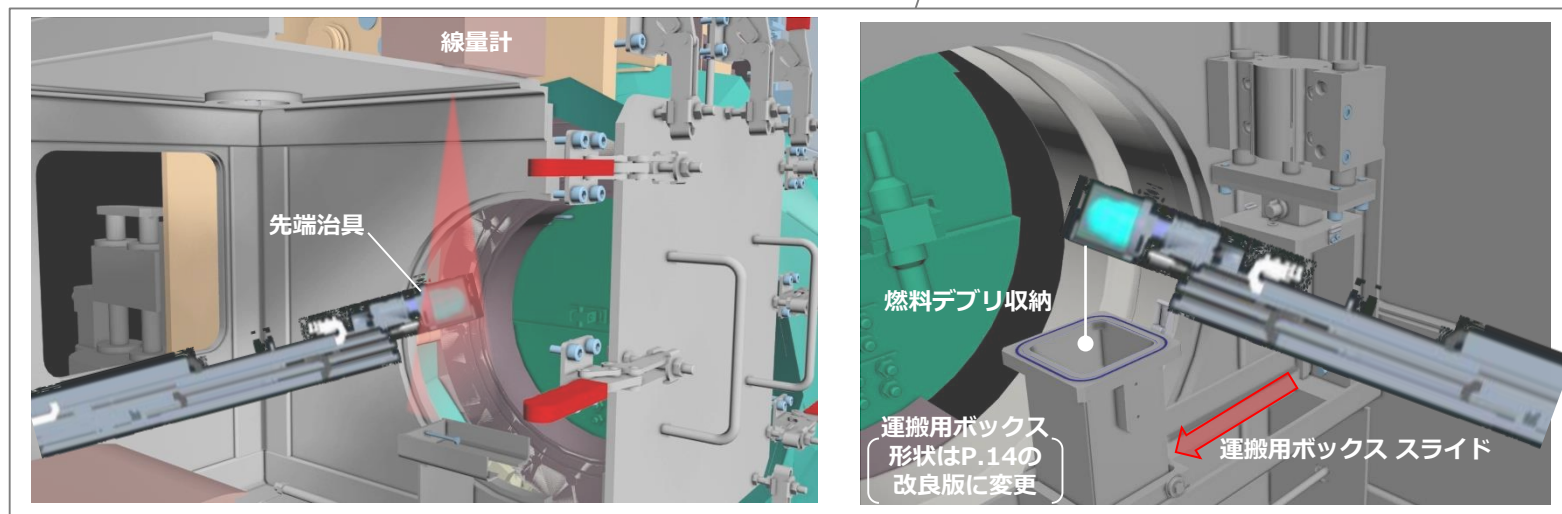
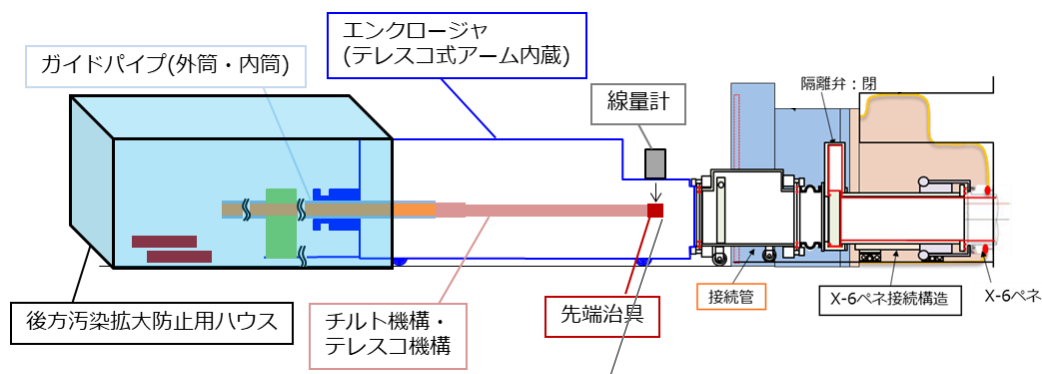
参考. 作業の詳細：外筒・内筒引き抜き

- 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



参考. 作業の詳細：燃料デブリ収納（1 / 3）

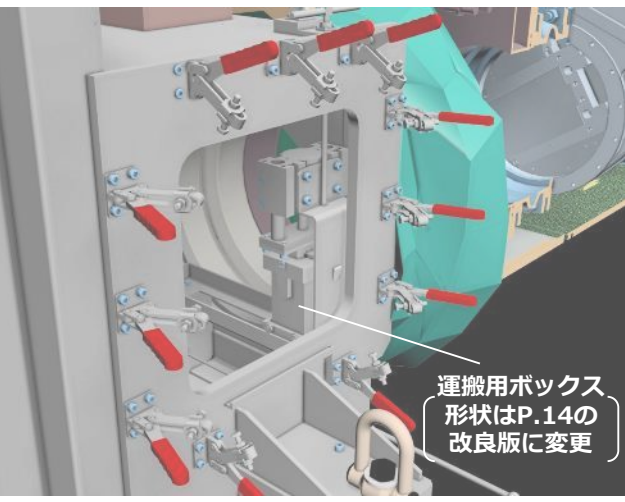
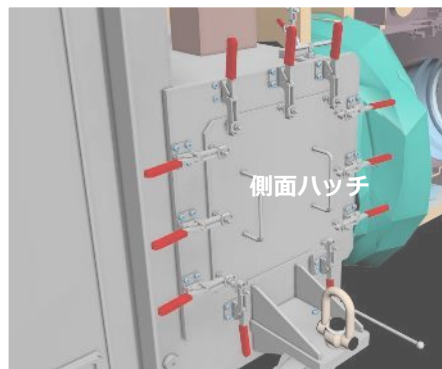
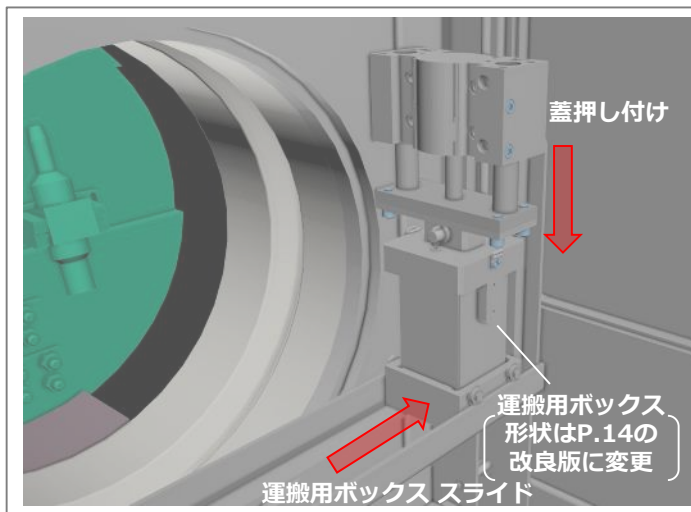
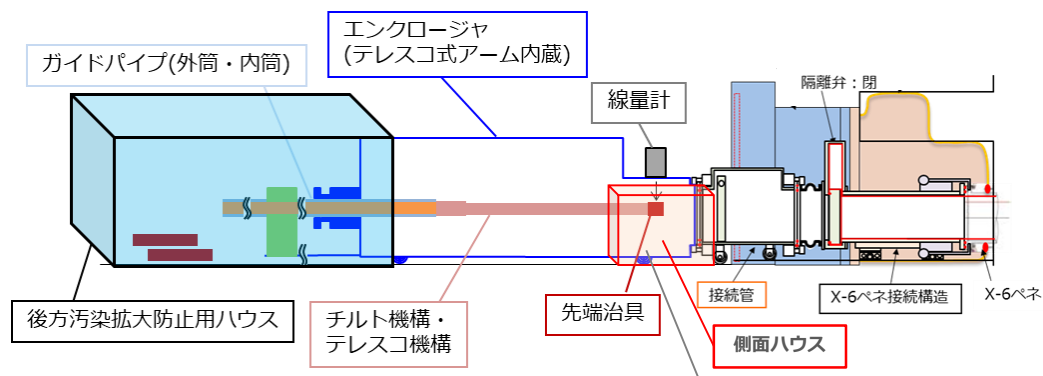
- ・ エンクロージャ内を線量計にて、採取した燃料デブリの線量率を測定（20cm離隔にて24mSv/hを超えた場合、PCV内に戻す）
- ・ 運搬用ボックスを先端治具の下にスライドし、運搬用ボックスに燃料デブリを収納



(手順表示のため、一部を非表示)

参考. 作業の詳細：燃料デブリ収納（2 / 3）

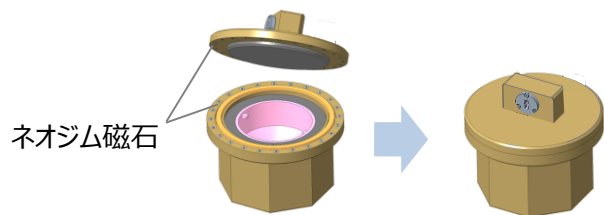
- ・ エンクロージャ内を大気圧まで降圧し、窒素から大気に換気するとともに、放射性ダストの除去を行う
- ・ 運搬用ボックスをエンクロージャの側面ハッチ側にスライドし、蓋を押し付け（水圧駆動）、新たにダストが浮遊しない状態を形成
- ・ 局所排風機により、エンクロージャ内雰囲気を吸引することで、エンクロージャ外側から内側への流れを形成したのちに、側面ハウスをエンクロージャの側面ハッチ前に設置し、側面ハッチ開放



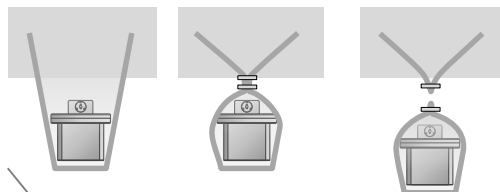
(側面ハウスは省略)

参考. 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

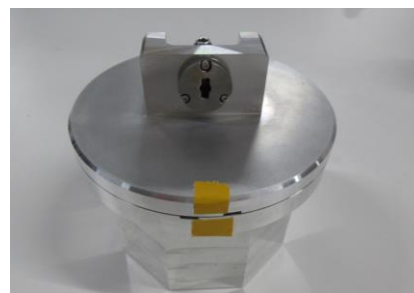


ネオジム磁石による自動閉止

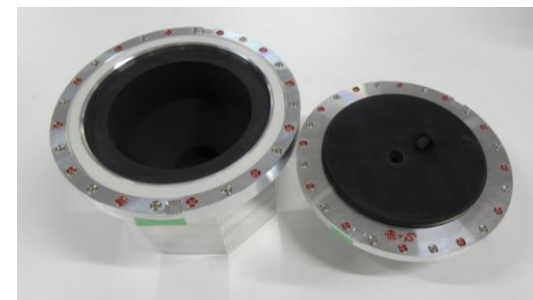


ビニール養生概要

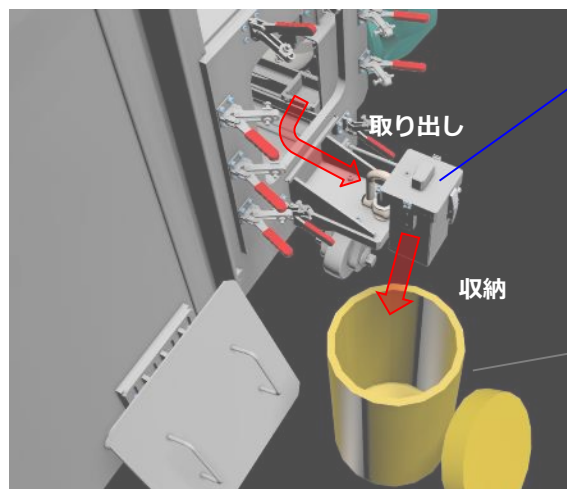
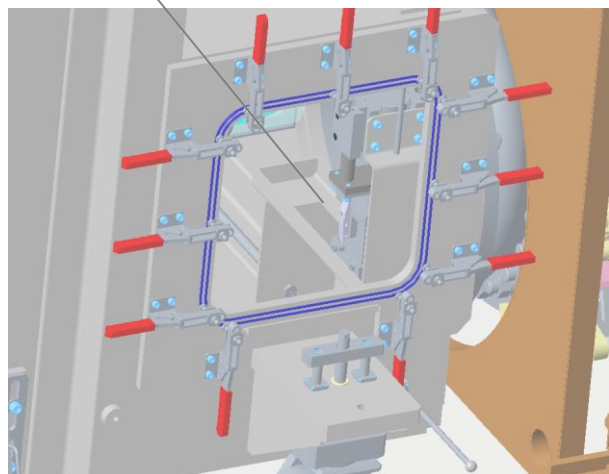
運搬用ボックス
形状は上記
改良版に変更



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)



運搬用ボックスは
上記改良版に変更

