

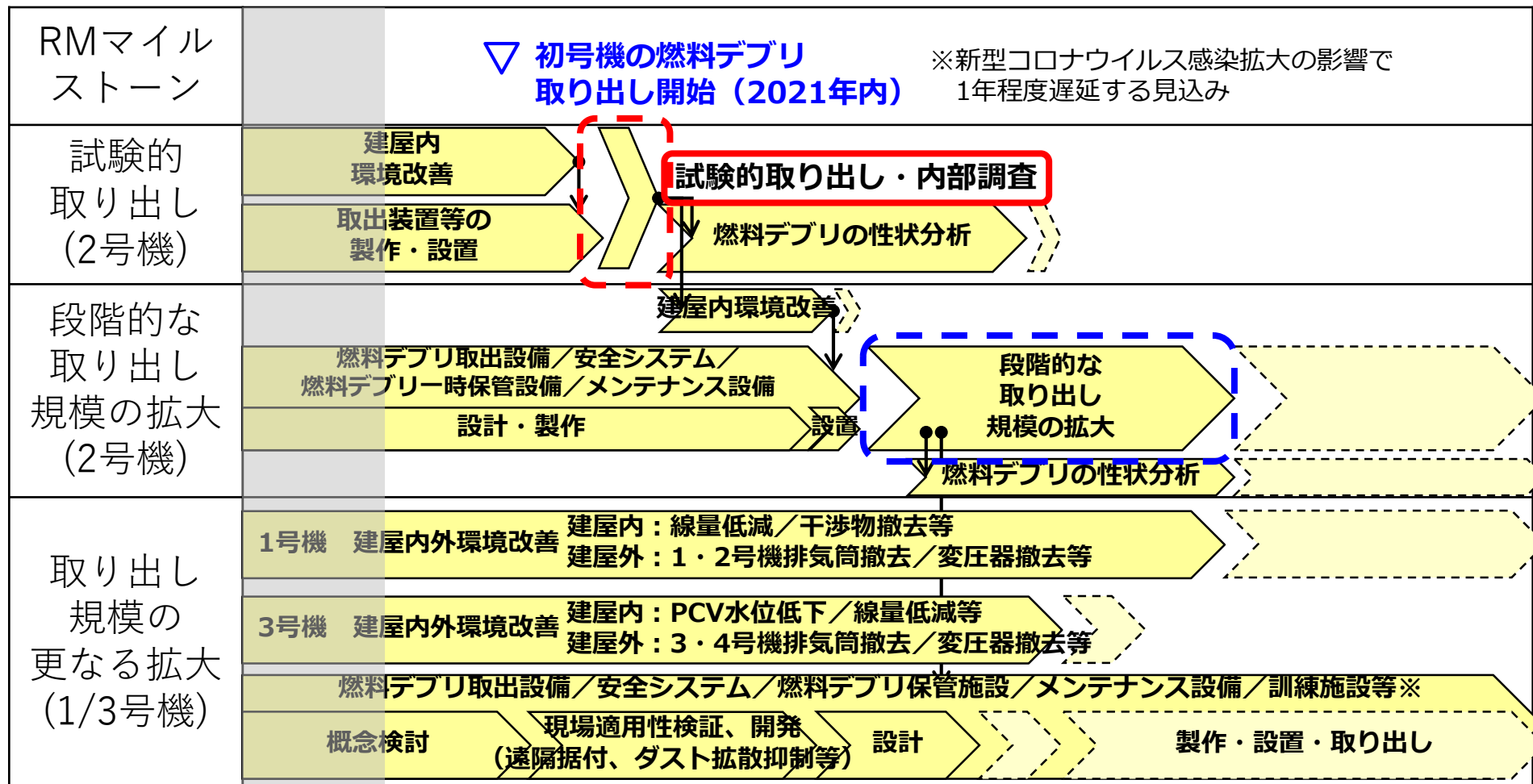
燃料デブリ取り出しに向けた至近の取り組み (2号機試験的取り出しに向けた準備状況)

2021年12月14日

東京電力ホールディングス株式会社

1. 燃料デブリ取り出しの工程と実施内容 (1/3)

- 燃料デブリの取り出しについては、取り出しの初号機を2号機とし、試験的取り出しから開始し、その後、段階的に取り出し規模を拡大していく計画



※3号機を先行して検討を進め、1号機に展開することを想定

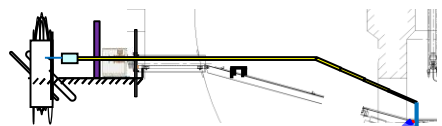
1. 燃料デブリ取り出しの工程と実施内容 (2/3)

■ これまでの2号機PCV内部調査の結果、以下を確認

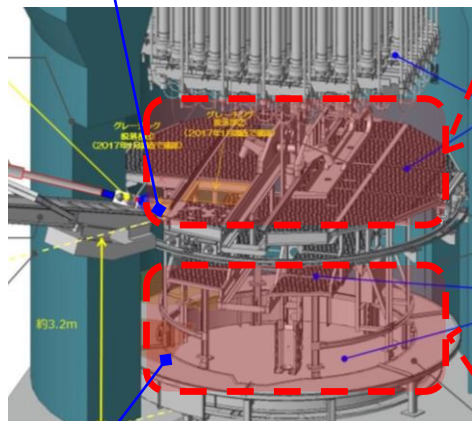
- ペDESTAL内のプラットフォーム上および地下階へアクセスすることが可能なこと
- プラットフォーム上及び地下階に堆積物が存在しており、一部は把持して動かせること

2018年1月

2019年2月



①



② ペDESTAL内概要図



ペDESTAL内プラットフォーム上調査結果



プラットフォーム上堆積物の把持状況
(概要図①の付近)

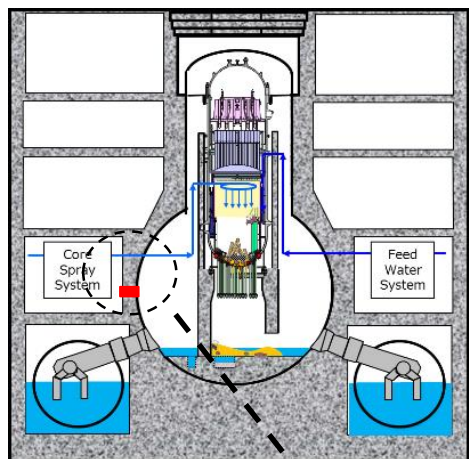


ペDESTAL内地下階調査結果

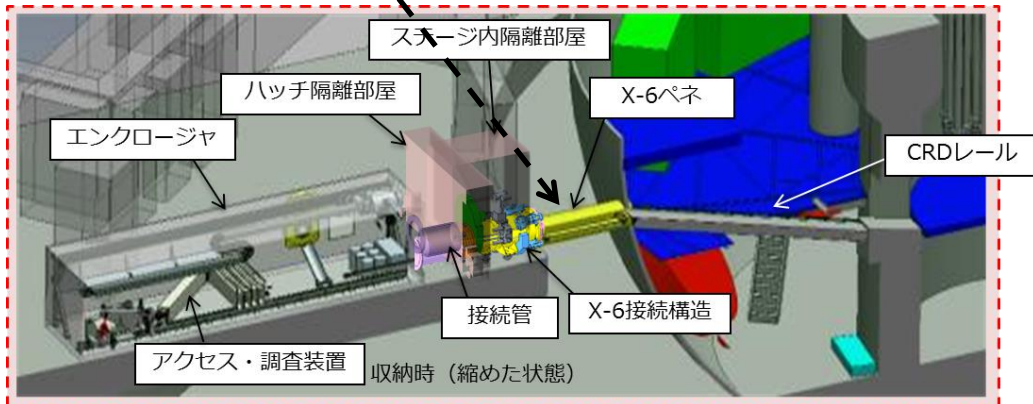


地下階堆積物の把持状況
(概要図②の付近)

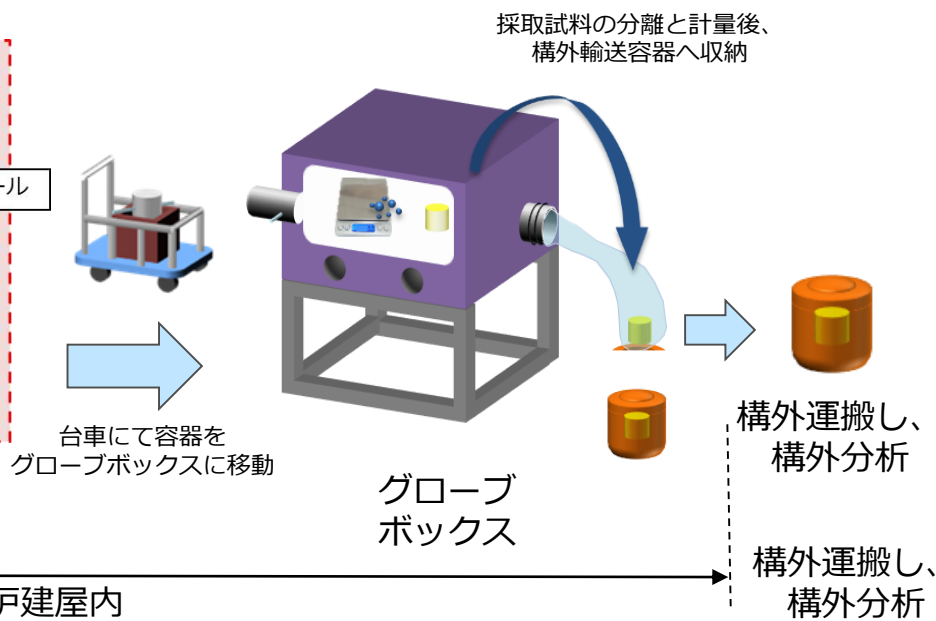
1. 燃料デブリ取り出しの工程と実施内容 (3/3)



- 燃料デブリ取り出しを進めるにあたり、燃料デブリの分布と既設構造物の状態等を把握することは重要であり、原子炉格納容器内部調査及び試験的取り出しを実施していく計画
- 試験的取り出しは原子炉殻用容器内部調査に使用する調査装置を用いて、少量の燃料デブリを取り出す
- 取り出した燃料デブリは構外分析施設へ輸送し、性状把握を実施
- 試験的取り出しは性状把握だけでなく、将来的な取り出し装置の検証や確認を行うことにより、将来的な取り出し作業の安全性向上を図ることに資する。



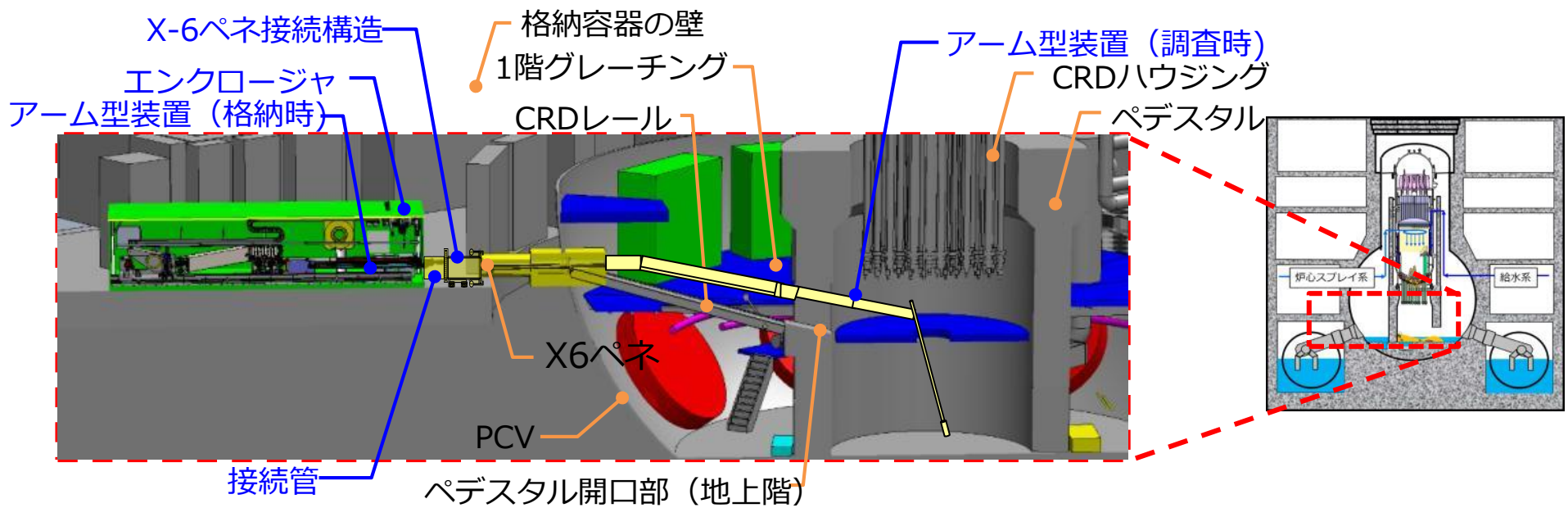
調査設備



原子炉建屋内

2-1. 2号機の試験的取り出し・内部調査の計画概要

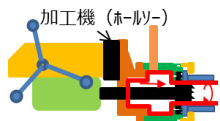
- 2号機においては、PCV内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、作業上の安全対策及び汚染拡大防止を目的として、今回使用する格納容器貫通孔（以下、X-6ペネ）に下記設備を設置する計画
 - X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）
 - PCV内側と外側を隔離する機能を持つ X-6ペネ接続構造
 - 遮へい機能を持つ接続管
 - アーム型装置を内蔵する金属製の箱（以下、エンクロージャ）
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内に進入させ、PCV内障害物の除去作業をいつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



2号機 試験的取り出し・内部調査の計画概要

2-2. 作業のステップ (1/2)

0. 事前準備作業



- 事前にスプレイ治具
取付事前作業 (X-53
ペネ孔径拡大) を実施

1. 隔離部屋設置 (実施中)



- ハッチ開放にあたり
事前に隔離部屋を設置

2. X-6ペネハッチ開放

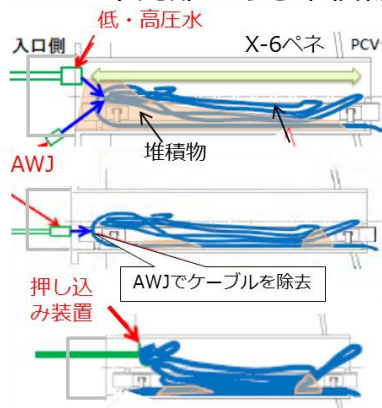
ハッチ開放装置



- ハッチ開放装置により
ハッチを開放

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. ロボットアーム設置



5. 内部調査及び試験的取り出し作業

① ロボットアームによる原子炉格納容器内部調査



- アーム先端の【AWJ】
で干渉物 (CRDレール、
電線管等) を除去

② ロボットアームによる試験的取り出し

燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型> <真空容器型>



↓ (次スライドへ)

(注記)

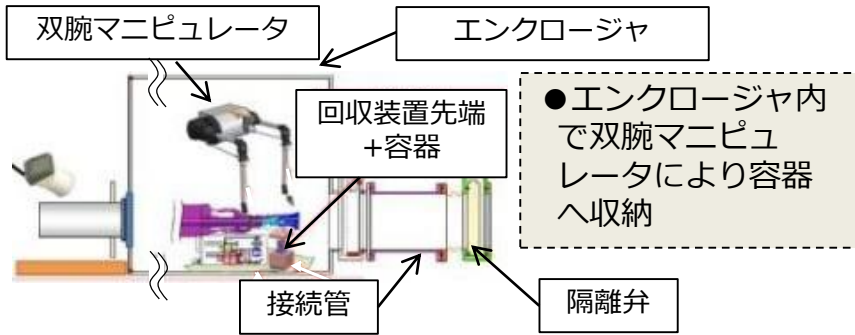
- ・ 隔離弁：原子炉格納容器内/外を仕切るために設置した弁
- ・ AWJ (アブレシブウォータージェット)：高圧水に研磨材 (アブレシブ) を混合し、切削性を向上させた加工機

2-2. 作業のステップ (2/2)

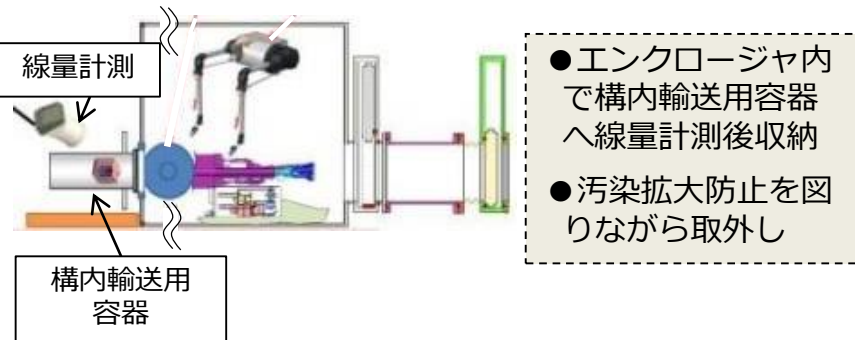
- 試験的取り出し後の燃料デブリについては、汚染拡大の防止及び遮へいにより、作業員および外部への影響がないよう取り扱う計画で検討中

↓(前スライドより)

6. 燃料デブリ回収装置先端部の収納



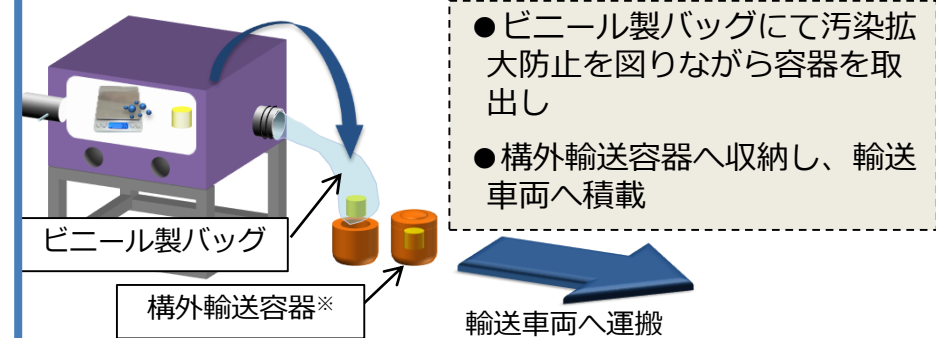
7. 構内輸送用容器へ収納・線量計測



8. グローブボックス受入・計量



9. 容器の取出し・輸送容器へ収納・搬出

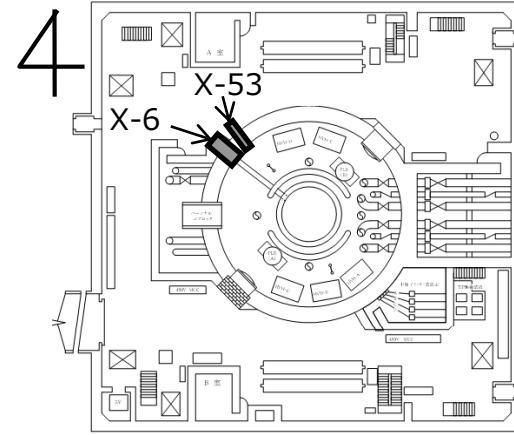


※:輸送前に、輸送物の表面線量・汚染密度等を測定し、法令基準以下であること確認

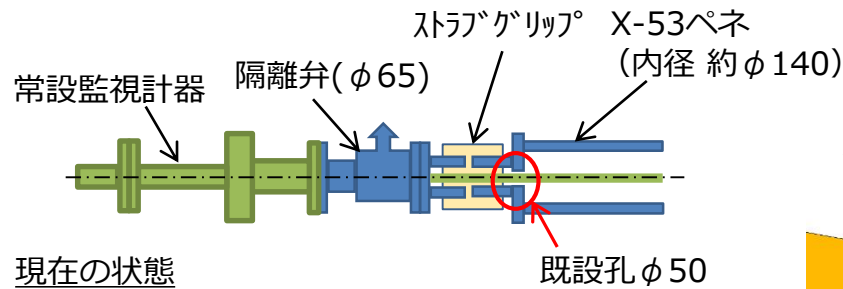
10. 構外輸送及び構外分析

3. 現場作業の進捗状況 (X53ペネ孔径拡大)

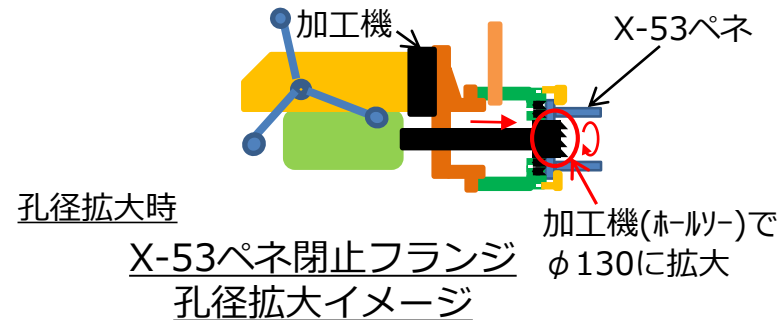
- 放射性ダストの発生が予想されるX-6ペネ内堆積物除去作業, PCV内干渉物切断時のダスト抑制のため, X-6ペネ近傍のX-53ペネからスプレーする計画。
- スプレー治具 (φ100) を挿入するには, 現在のX-53ペネ閉止フランジに設けられている孔径 (φ50) では小さいため, X-53ペネ閉止フランジの既設孔径をφ130に拡大を行う。
- スプレー治具はX-6ペネ堆積物除去作業前に取付け, ダスト発生作業時にスプレーすることにより, ダスト抑制を行う計画。



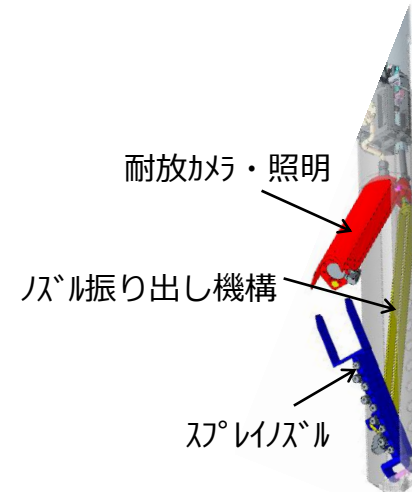
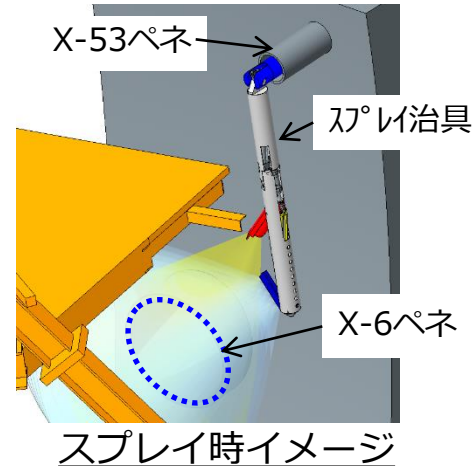
2号機原子炉建屋1階 ペネ配置図



現在の状態



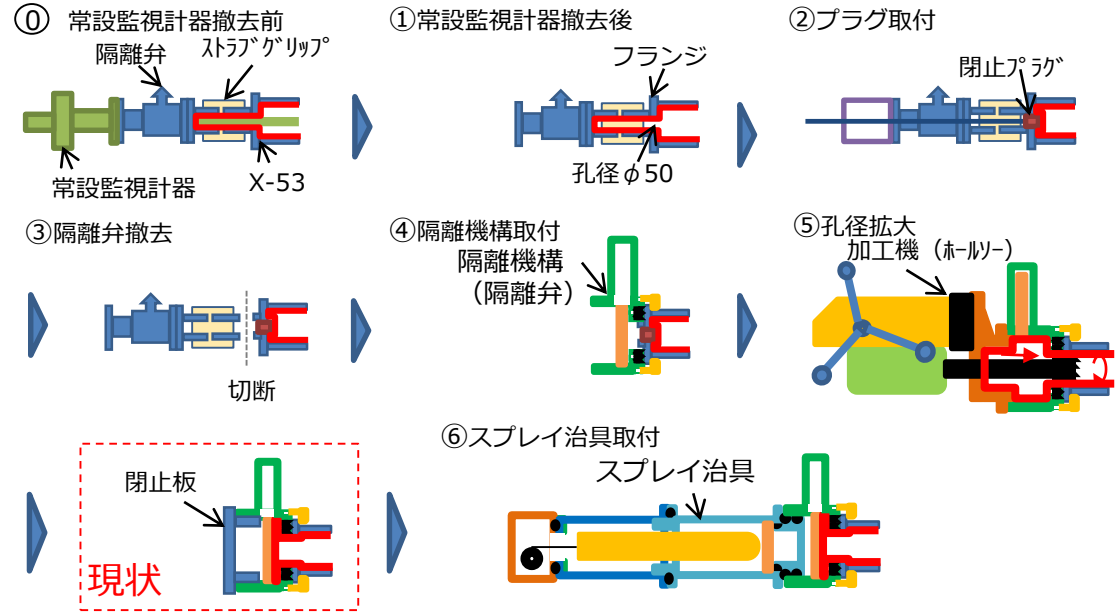
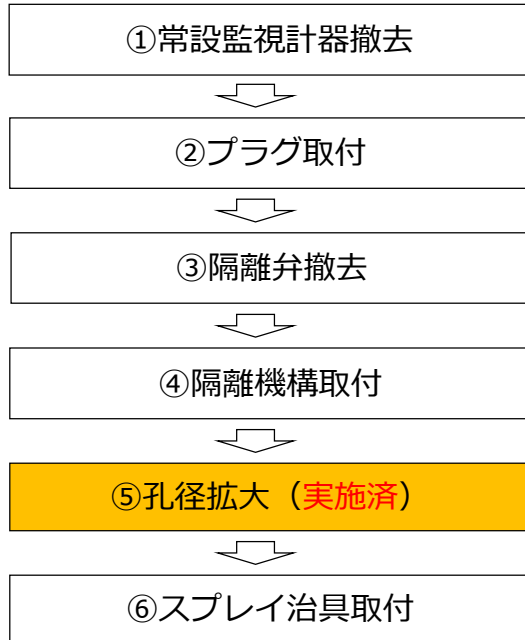
加工機(ホルナー)でφ130に拡大
孔径拡大イメージ



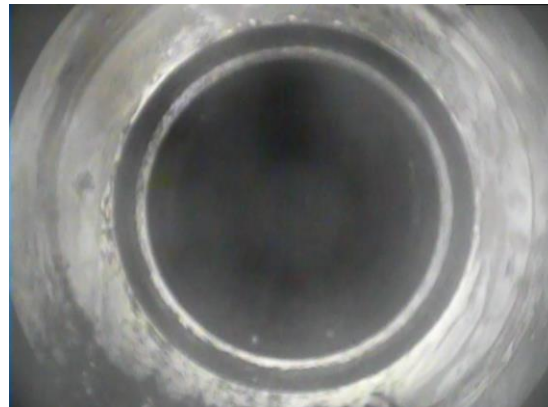
スプレー治具先端

3. 現場作業の進捗状況 (X53ペネ孔径拡大)

- X-53ペネの孔径拡大作業を9月から10月にかけて実施し、孔径をφ50mmからφ130に拡大



ペネ孔径拡大前 (孔径φ50)



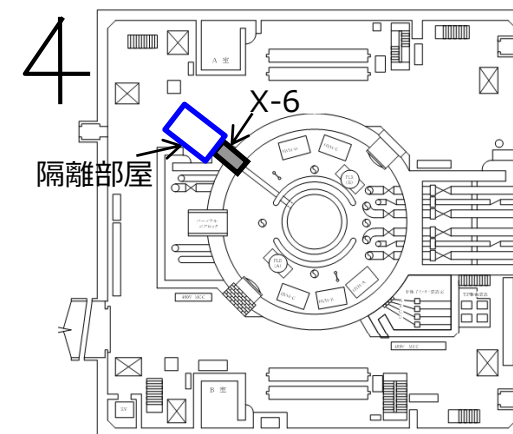
ペネ孔径拡大後 (孔径φ130)



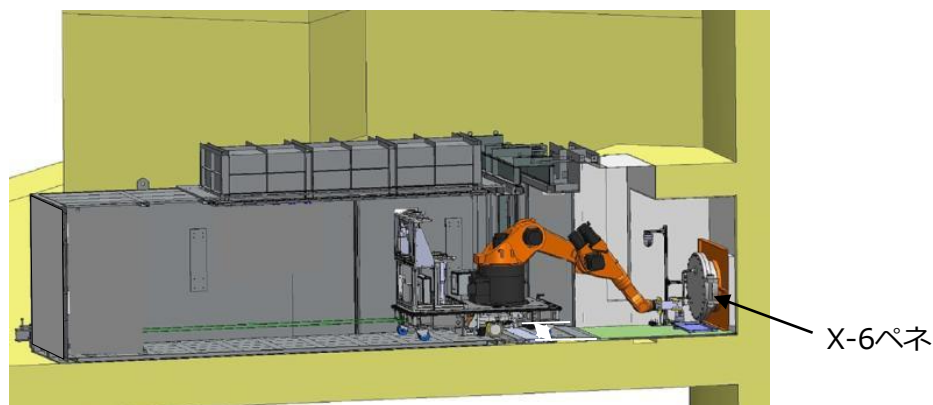
X53ペネ (現状)

3. 現場作業の進捗状況（隔離部屋設置）

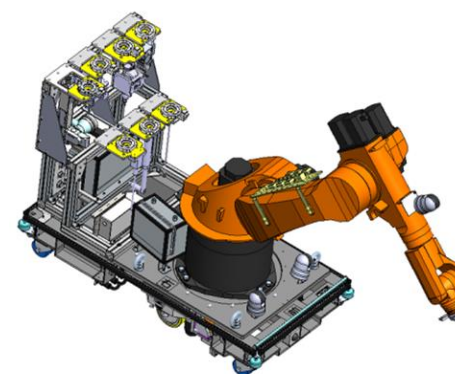
- ロボットアームをPCVに進入させるX-6ペネはハッチが閉じられているため、X-6ペネハッチの開放作業を実施する。
- まず、X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）を設置する。
- 隔離部屋設置後は遠隔操作可能なハッチ開放装置により、X-6ペネハッチのボルトナットを切断し、X-6ペネハッチを開放する。



2号機原子炉建屋1階 ペネ配置図



隔離部屋のイメージ

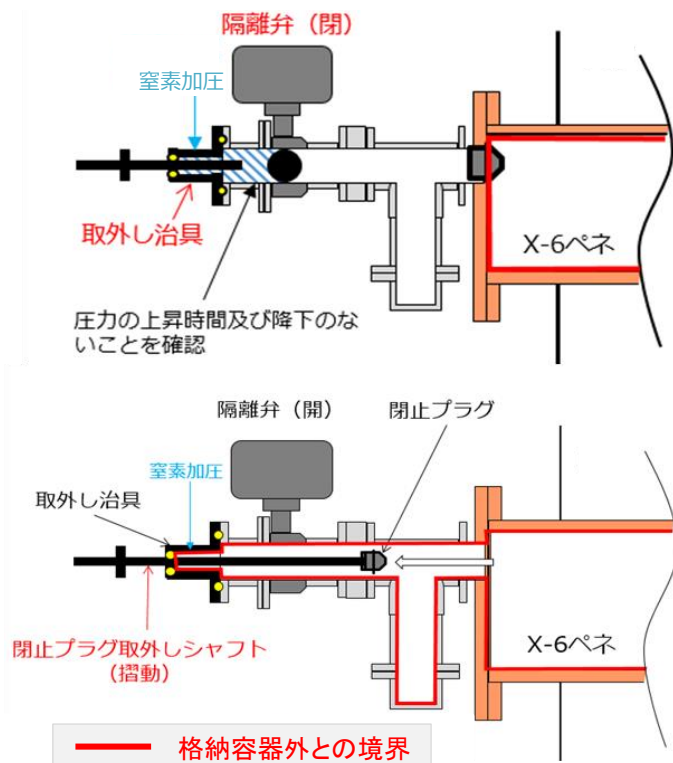


ハッチ開放装置のイメージ

3. 現場作業の進捗状況（隔離部屋設置）

- 隔離部屋の設置作業を行うに先立ち、X-6ペネに設置している閉止プラグの交換作業を実施

X-6ペネ閉止プラグ交換(12/3実施済)

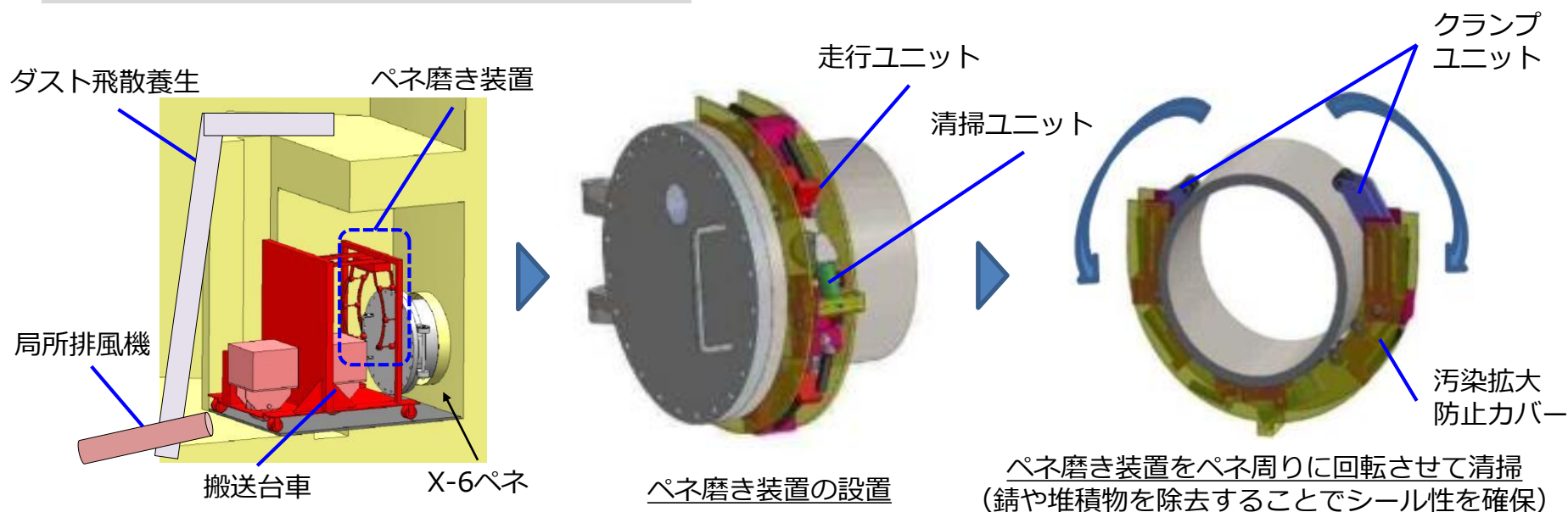


閉止プラグの交換作業については、取付けている閉止プラグの締め込み部が開放時に小部屋左壁に干渉するため実施するもので、締め込み部がコンパクトなタイプの閉止プラグに交換します。

3. 現場作業の進捗状況（隔離部屋設置）

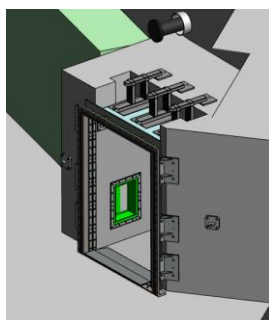
- 隔離部屋において、X-6ペネ配管部をシールする接続機構を設置する前準備として、X-6ペネ配管部の磨き作業を遠隔で実施。
- ダスト濃度を確認しながら、周辺に影響を与えないように、安全最優先で作業を行う。

X-6ペネ配管部の磨き作業（12月上旬予定）

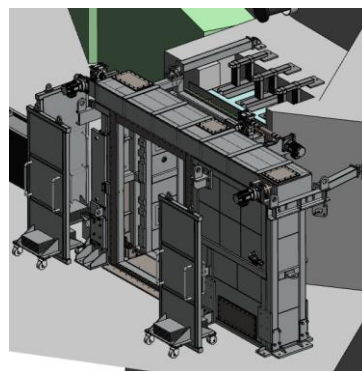


3. 現場作業の進捗状況（隔離部屋設置）

- X6ペネ閉止プラグ交換、配管部磨きの後、隔離部屋設置・X-6ペネハッチ開放は以下のステップで実施する。
- 隔離部屋設置によりX-6ペネ開放時のバウンダリを構築し、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作業する。
- 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予定。



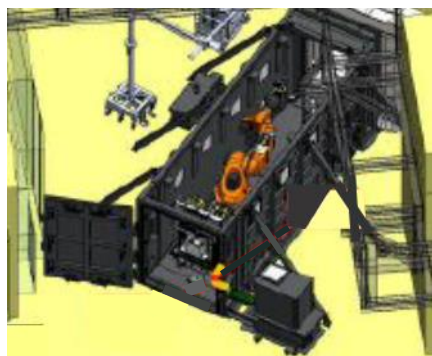
隔離部屋①の設置



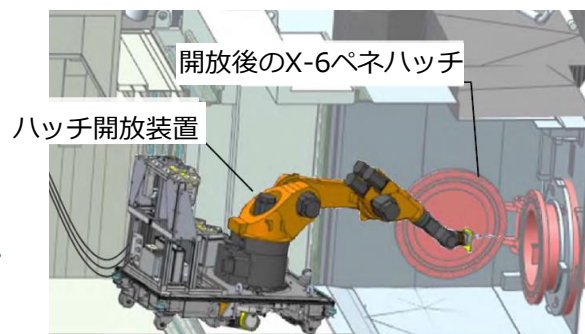
隔離部屋②の設置



隔離部屋③の設置
※ロボットアーム設置前
まで使用



ハッチ開放装置の
隔離部屋③への搬入



ハッチ開放装置による
X-6ペネハッチ開放

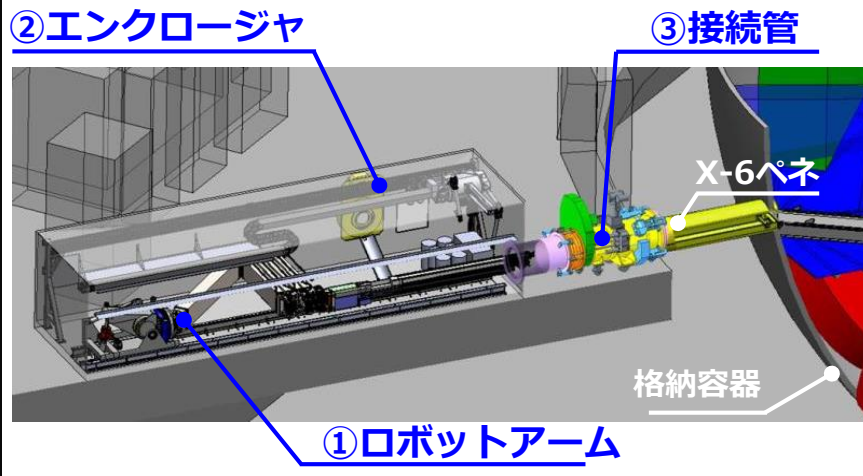
次工程へ
X-6ペネ内堆積物除去

4. 試験的取り出し装置の概要

- ロボットアームで燃料デブリにアクセスし、金ブラシや真空容器型回収装置により、格納容器内の粉状の燃料デブリ（1g程度）を数回取り出す予定。
- IRID(三菱重工担当)とVNS(通称OTL※1)が現在ロボットアームを開発中※2。

<試験的取り出し装置の全体像>

- 試験的取り出し装置は3種類の装置から構成。
 - ①ロボットアーム
 - ②インクロージャ
(ロボットアームを収納、放射性物質を閉じ込め)
 - ③接続管
(インクロージャと格納容器入口X-6ペネを接続)



<ロボットアーム>

- 先端に取り付ける燃料デブリ回収装置で燃料デブリを取り出すロボットアーム※2。
- 伸ばしてもたわまないよう**高強度のステンレス鋼製**。
※2：仕様；長さ約22m、縦約40cm×幅約25cm、重さ約4.6t、耐放射性約1MGy（累積）



※1：Oxford Technologies Ltdの略。2018年にVeolia Nuclear Solutions (UK) Limited（略称；VNS(UK)）に名称変更（合併）
 ※2：国際廃炉研究開発機構（IRID）により、下記URLに動画「燃料デブリへアクセスするロボットアーム等の日英共同開発の状況」を掲載
<https://youtu.be/8LhDa5z51GQ>

4. 試験的取り出し装置の概要（英国から日本へ輸送）

- 英国でのロボットアームの動作試験やエンクロージャとの組み合わせ確認試験が終了し、日本への輸送を実施（2021年7月）

○到着時の写真（関西国際空港）



○到着時の写真（国内工場（神戸））



4. 試験的取り出し装置の概要（国内での試験状況）

- ロボットアームは国内工場にて性能確認試験および操作訓練を実施しているところ。

<主な実施内容>



ロボットアーム設置状況



ロボットアーム伸縮テスト



コントロールルーム設置状況



コントロールルーム内状況

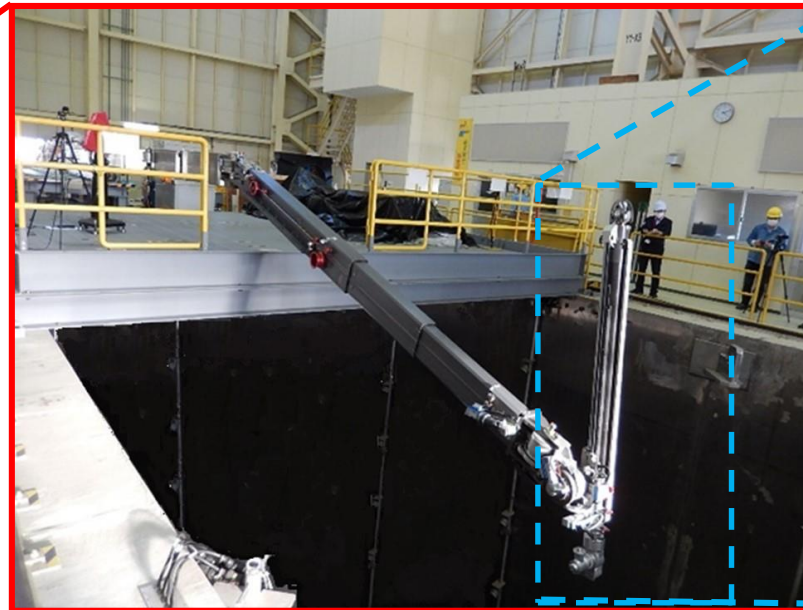
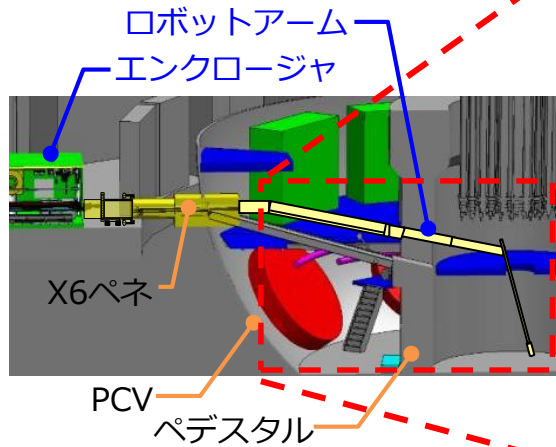
4. 試験的取り出し装置の概要（国内での試験状況）

- 性能確認試験はロボットアームを最大伸長などを行い、動作状況を確認。

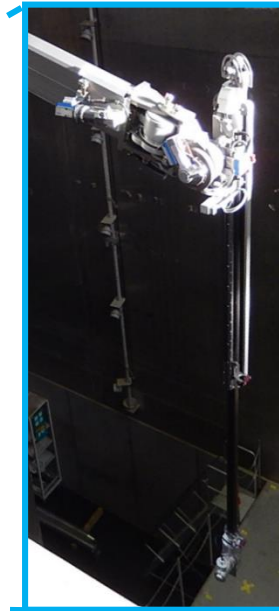
<主な実施内容>



アーム最大伸長時



アーム先端部



アーム先端部伸長時

4. 試験的取り出し装置の概要（国内での試験状況）

- 双腕マニピュレータの性能確認試験・操作訓練のため、エンクロージャ内にアーム模擬体の組み込みを実施。

<主な実施内容>



エンクロージャ養生除去作業状況



エンクロージャ内



模擬アーム組み込み（根元部）



双腕マニピュレータ

模擬アーム組み込み

4. 試験的取り出し装置の概要（国内での訓練状況）

- 訓練はVRシステムを使用したロボットアーム操作訓練及び双腕マニピュレータの実機を使用した訓練を実施しているところ。

<主な実施内容>

○ロボットアーム



ロボットアーム訓練状況（VRシステム）

○双腕マニピュレータ



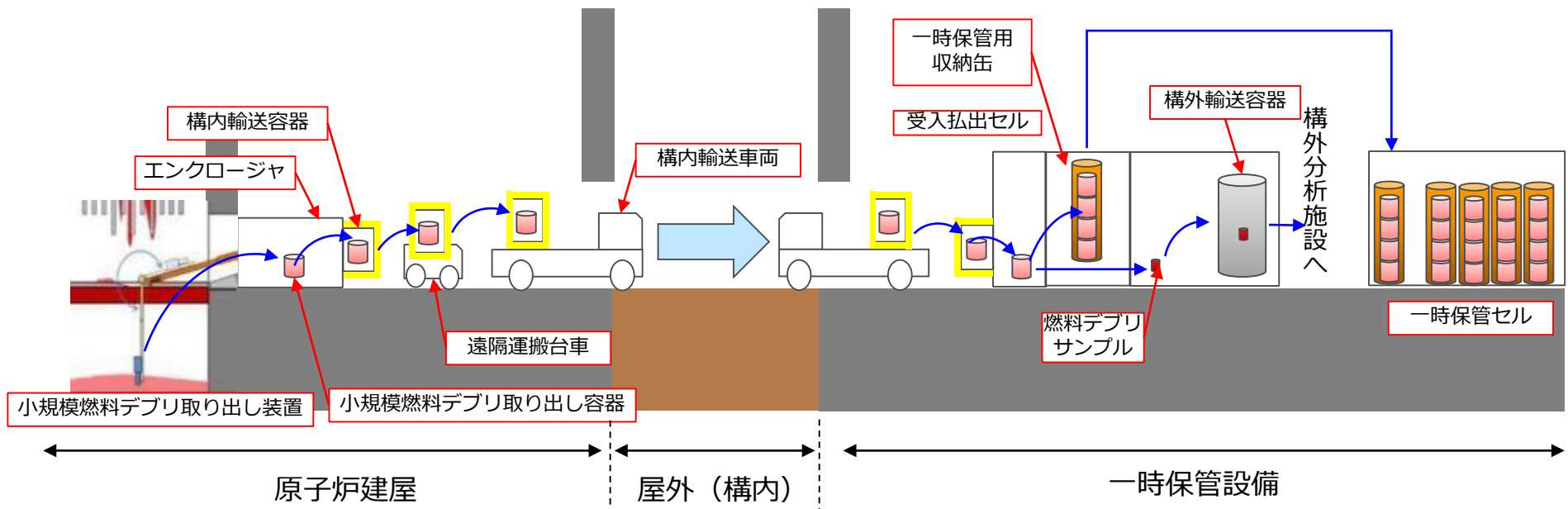
双腕マニピュレータ（コントロールルーム側）



双腕マニピュレータ（エンクロージャ側）

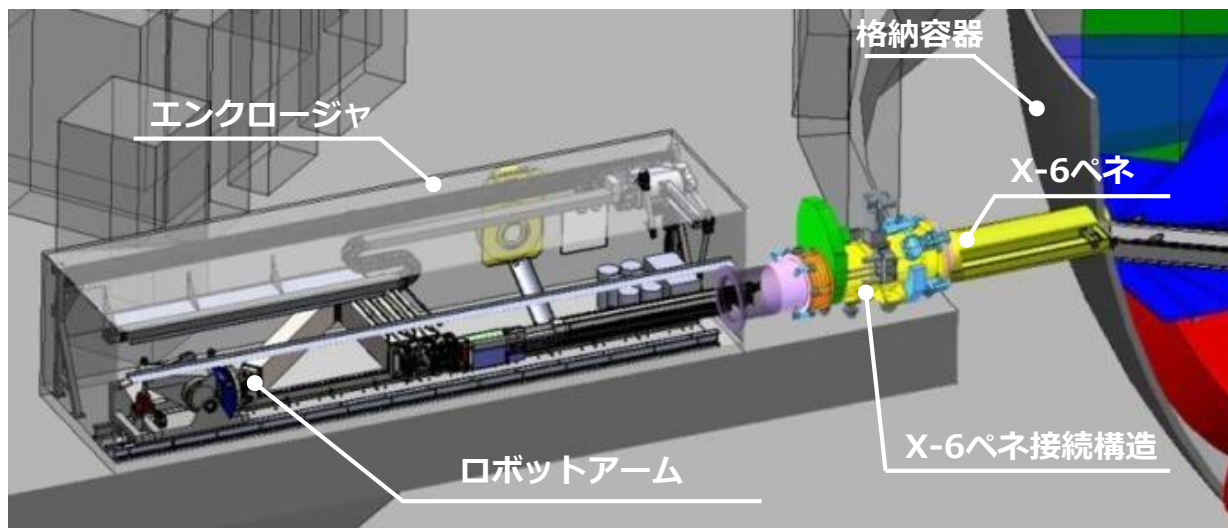
5. 段階的な取り出し規模の拡大 (1/2)

- 試験的取り出しの結果を踏まえ方法を検証・確認した上で、段階的に取り出し規模を拡大し、収納・移送した後に安定的に保管するまでの一連の作業を継続して行う
- 既設の安全設備を活用し、小規模な取り出しから開始し、ステップ・バイ・ステップの観点で徐々に規模を拡大していく
- 取り出した燃料デブリは、1F構内に乾式にて安全に保管する
- 取り扱う燃料デブリの量を制限することで、燃料デブリ取り出しによって上昇するリスクを抑えながら、取り出し規模の更なる拡大に向けて必要な情報・経験を得ていく



5. 段階的な取り出し規模の拡大 (2/2)

- 試験的取り出しにおける工法の検証や確認を行った上で、同じ機構の装置を用い、段階的に規模を拡大した取り出しを実施していく計画

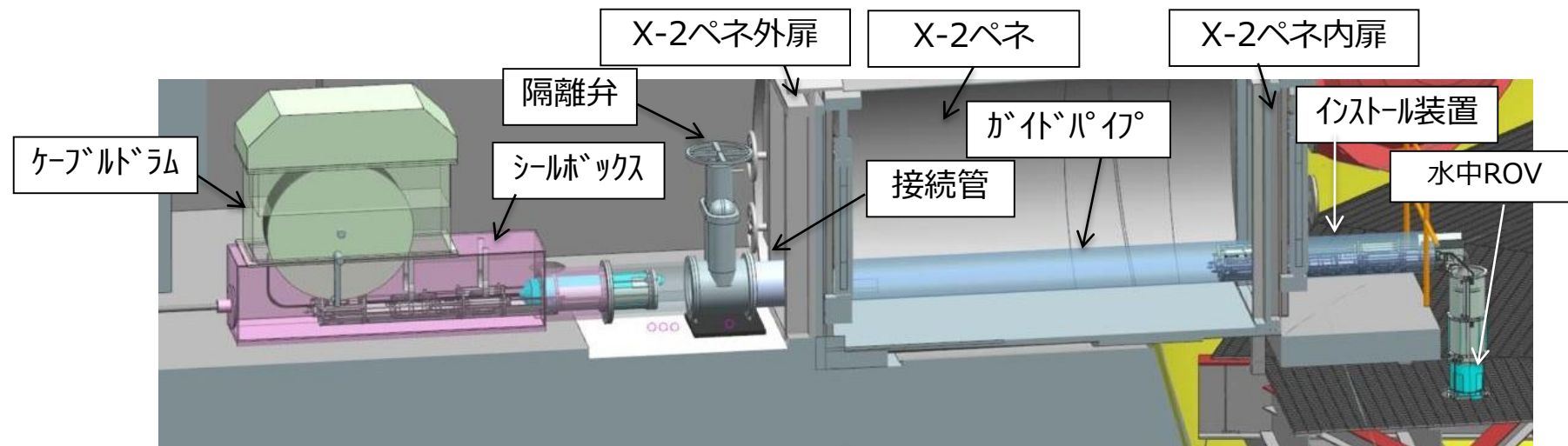
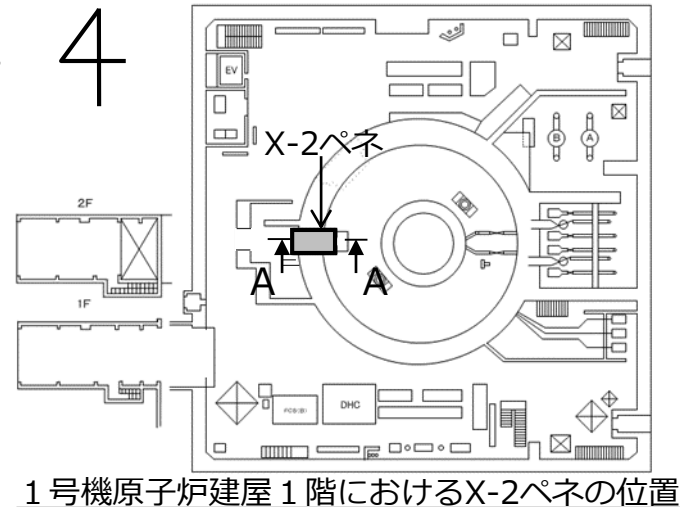


図：燃料デブリ取り出し装置のイメージ

試験的取り出し		段階的な取り出し規模の拡大	
<p>ロボットアーム</p>	<p>燃料デブリ回収装置</p> <p>金ブラシ案 真空容器案</p>	<p>ロボットアーム</p>	<p>燃料デブリ回収装置</p> <p>グリップツール案 掘削回収ツール案</p>

6. 1号機のPCV内部調査について

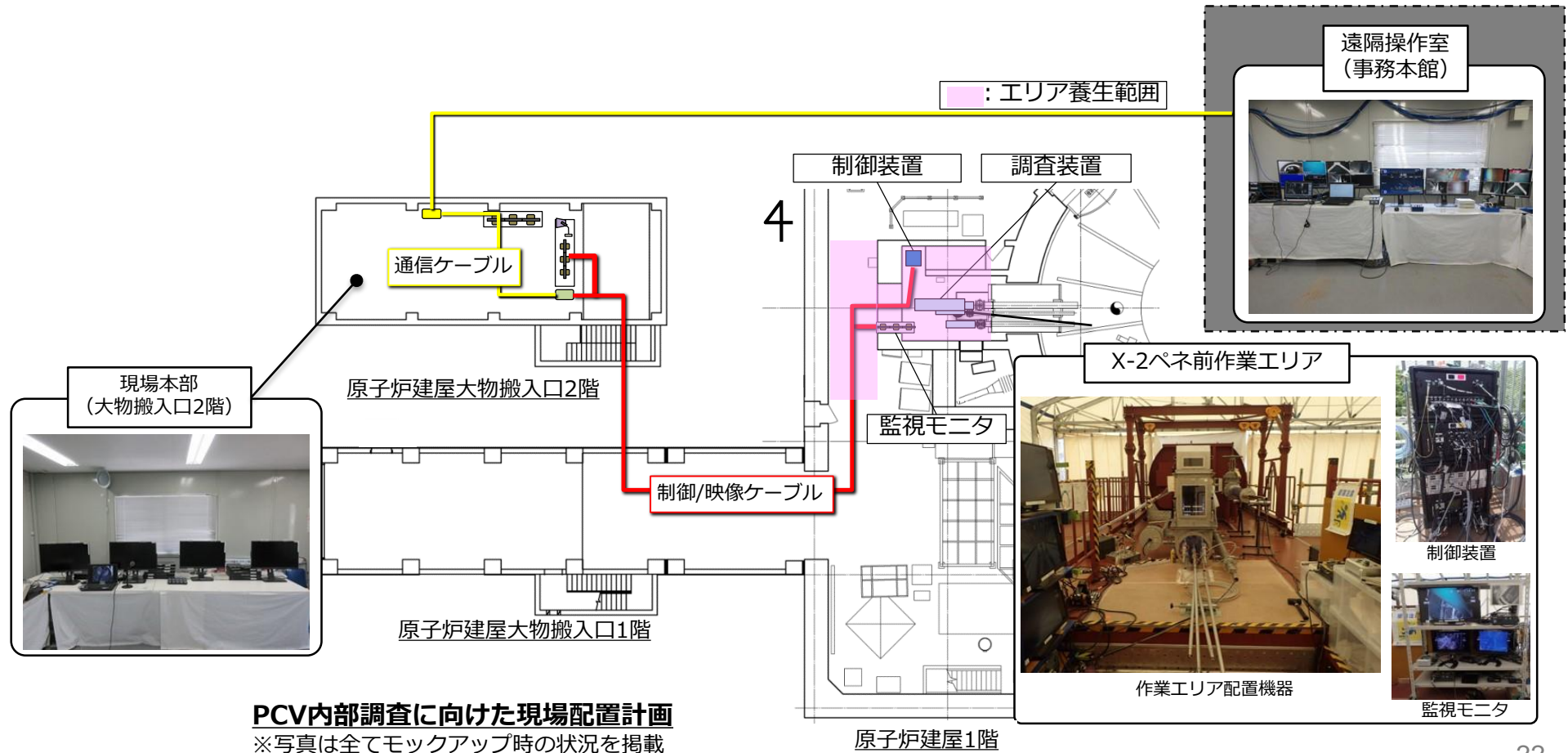
- 1号機原子炉格納容器（以下、PCV）内部調査は、X-2ペネトレーション（以下、X-2ペネ）からPCV内に投入する計画
- PCV内部調査に用いる調査装置（以下、水中ROV）はPCV内の水中を遊泳する際の事前対策用と調査用の全6種類の装置を開発
- 各水中ROVの用途
 - ① ROV-A 事前対策となるガイドリング取付
 - ② ROV-A2 ペDESTAL内外の詳細目視
 - ③ ROV-C 堆積物厚さ測定
 - ④ ROV-D 堆積物デブリ検知
 - ⑤ ROV-E 堆積物サンプリング
 - ⑥ ROV-B 堆積物3Dマッピング



内部調査時のイメージ図 (A-A矢視)

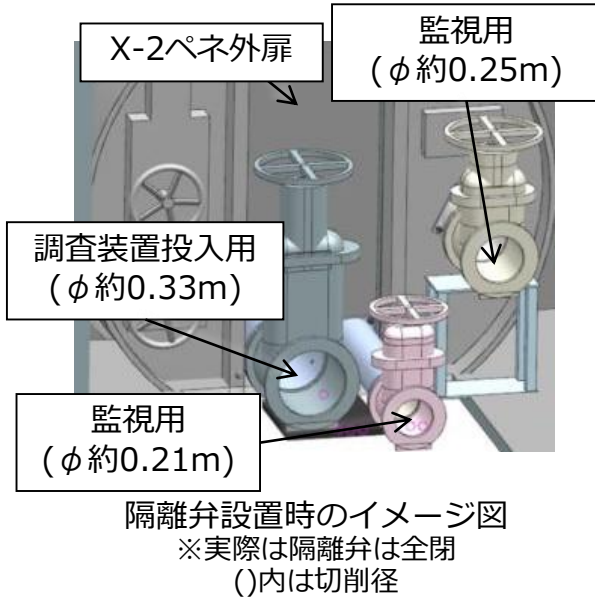
6. 1号機のPCV内部調査の準備作業

- PCV内部調査に向けたアクセスルート構築作業については、2019年4月より着手し、2021年10月のガイドパイプ設置作業が完了したことにより全ての作業が完了
- 11月からPCV内部調査開始に向けた**エリア再養生等の作業を開始**し、現在は平行して現場本部、遠隔操作室の機材設置作業を実施中
- PCV内部調査開始は**2022年1月中旬**を目指し、引き続き安全最優先で作業を進める

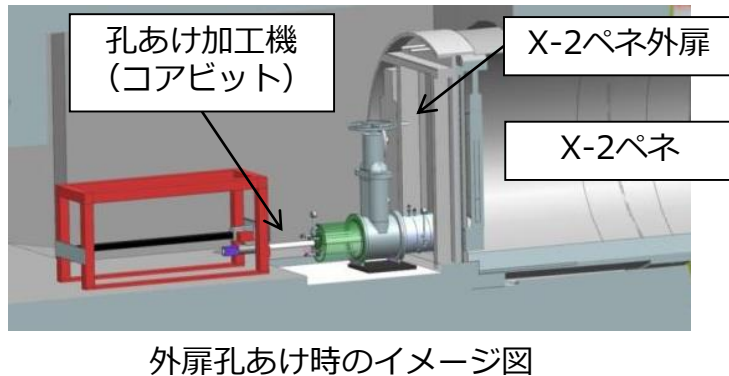


6. 1号機のPCV内部調査の準備作業

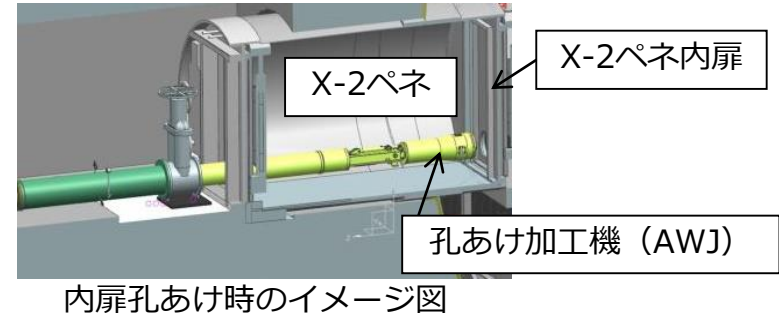
1. 隔離弁設置 (3箇所) 2019.5.10完了



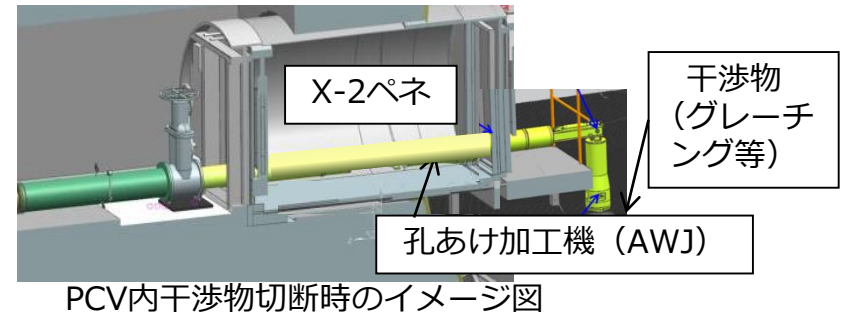
2. 外扉切削 (3箇所) 2019.5.23完了



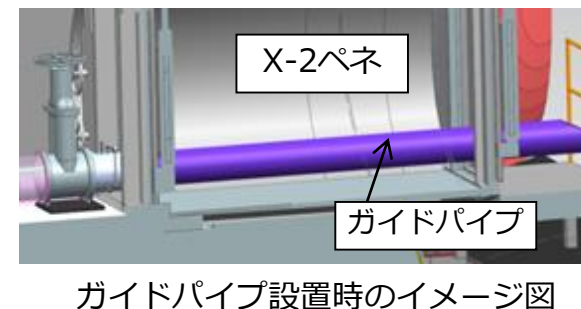
3. 内扉切削(AWJ) (3箇所) 2020.4.22完了



4. PCV内干渉物切断 2021.9.17完了

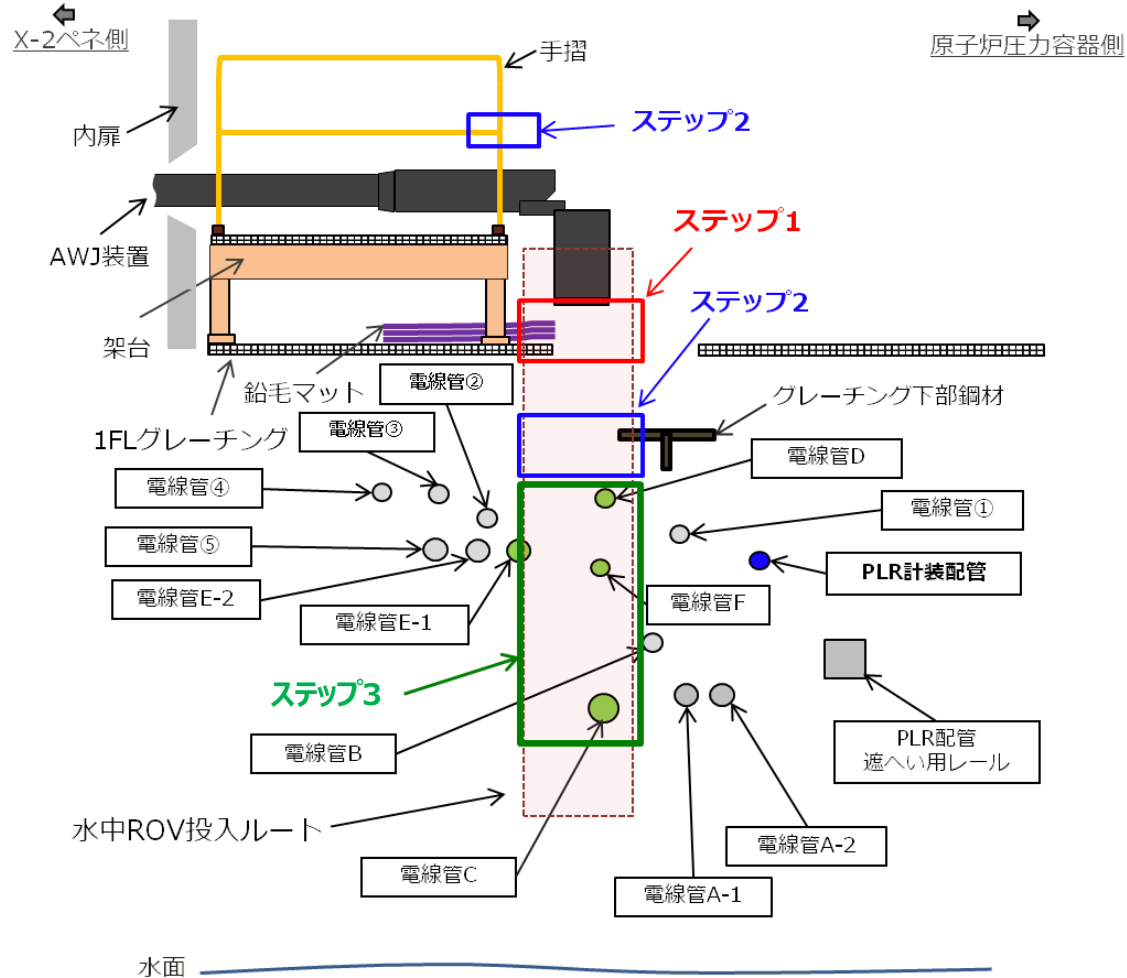


5. ガイドパイプ設置 (3箇所) 2021.10.14完了



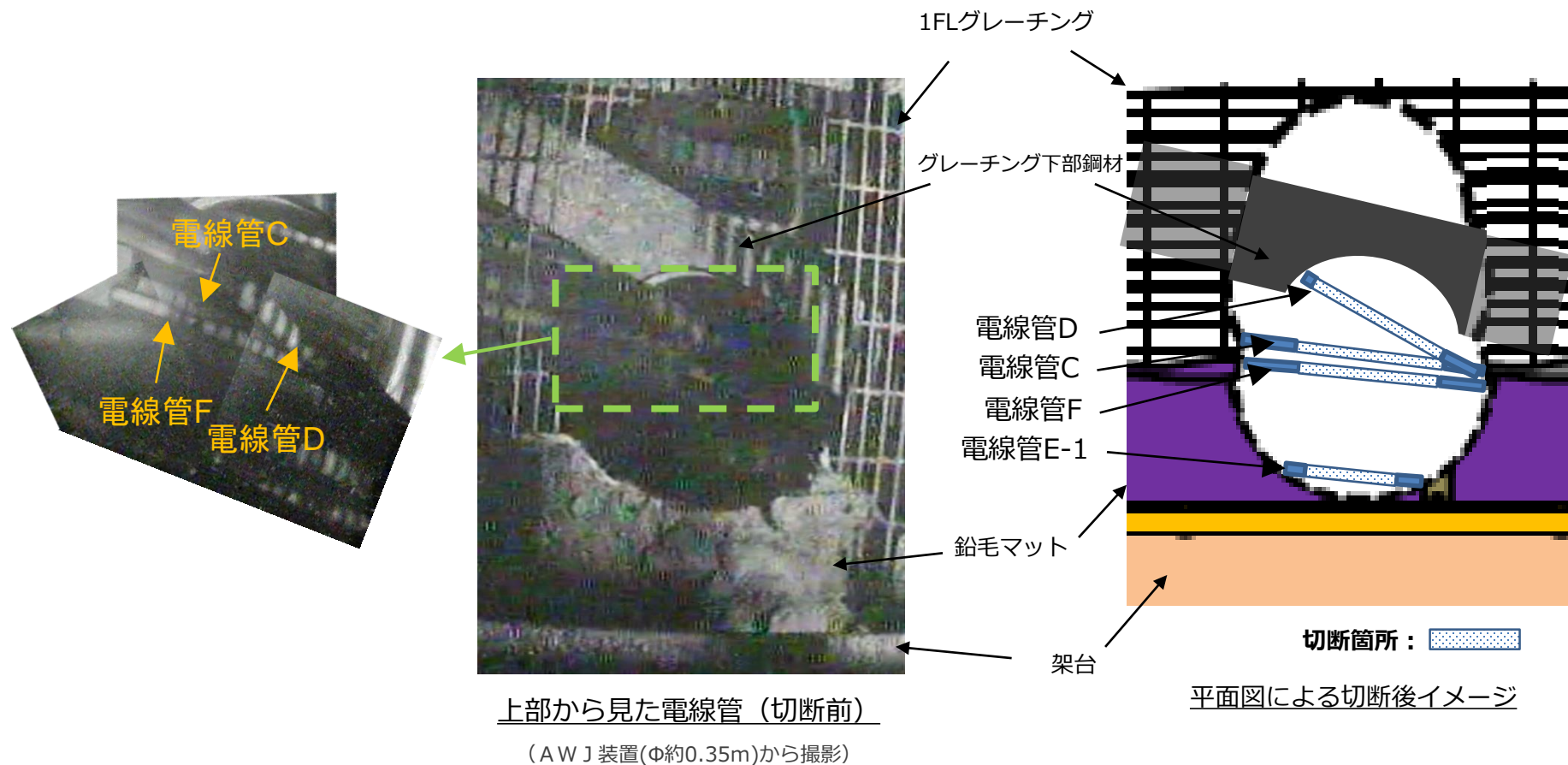
6. 1号機のPCV内部調査の準備作業（干渉物切断 1/2）

- PCV内干渉物切断作業は3ステップに分けて実施し、全ての作業を完了



6. 1号機のPCV内部調査の準備作業（干渉物切断 2/2）

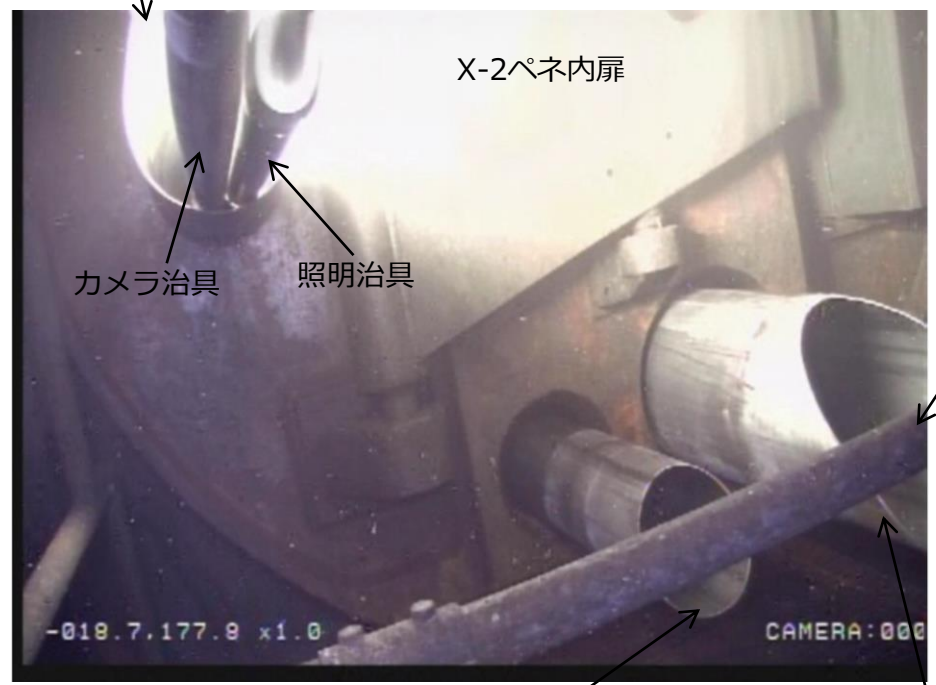
- 水中ROVの投入ルート内には4箇所の電線管が干渉していることから切断を実施（ステップ3）



6. 1号機のPCV内部調査の準備作業（ガイドパイプ設置）

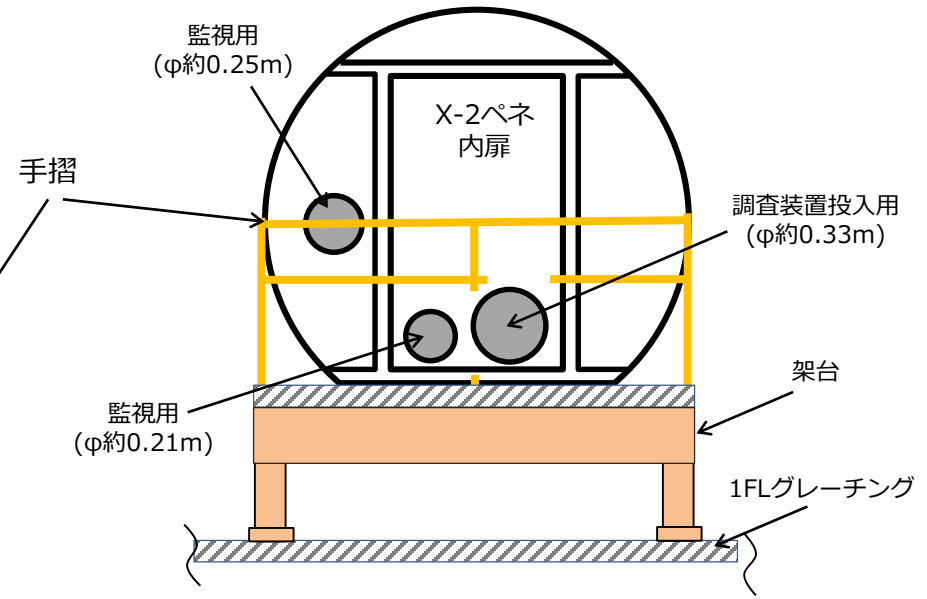
■ 2021年10月にガイドパイプ設置が完了し、PCV内部調査に向けたアクセスルート構築作業完了

監視用ガイドパイプ
(φ約0.24m)



監視用ガイドパイプ
(φ約0.18m)

調査装置投入用ガイドパイプ
(φ約0.32m)

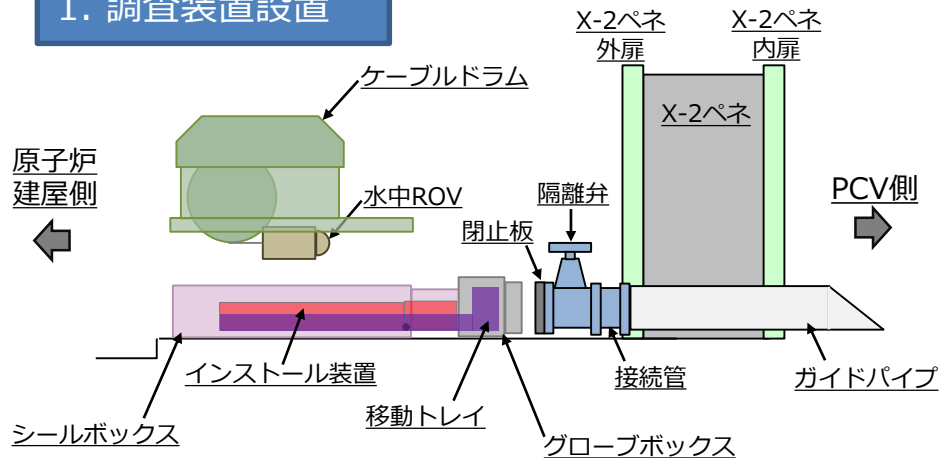


PCV内から見たX-2ペネ内扉イメージ

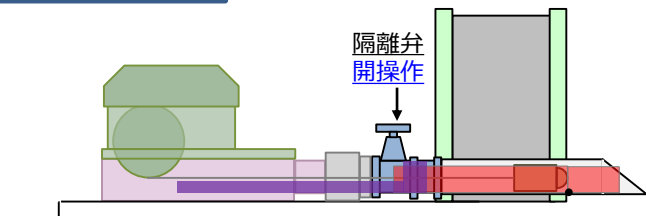
ガイドパイプ設置状況
※監視用ガイドパイプ(φ約0.24m)
から挿入したカメラ治具により撮影

6. 1号機のPCV内部調査の主なステップ

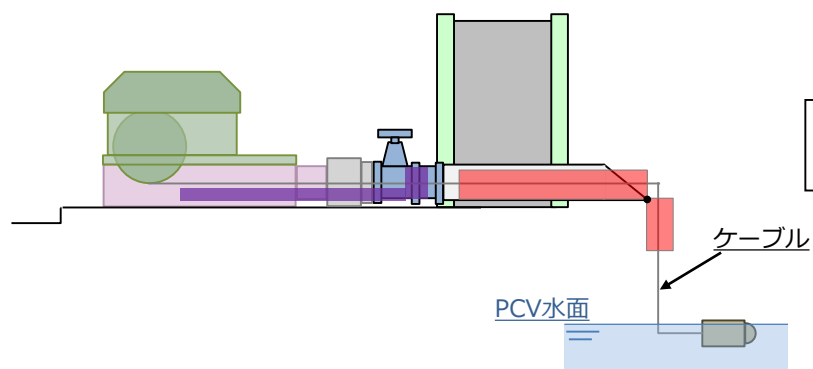
1. 調査装置設置



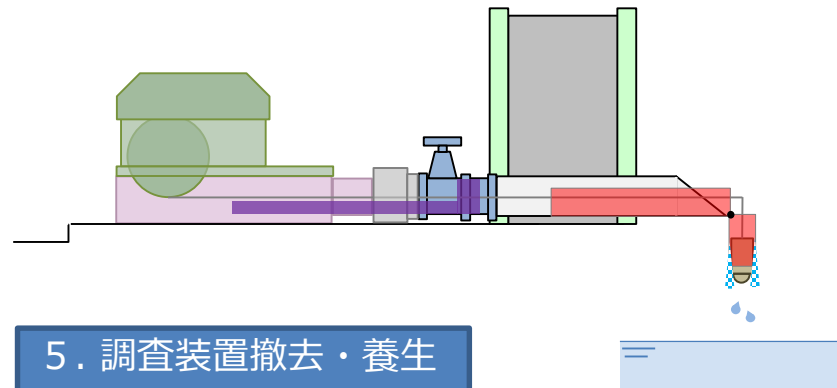
2. 水中ROV投入



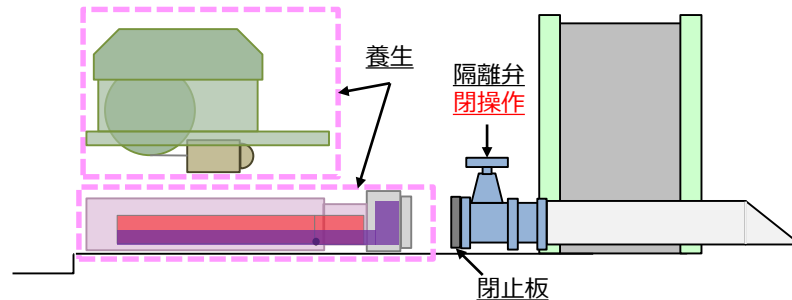
3. PCV内部調査



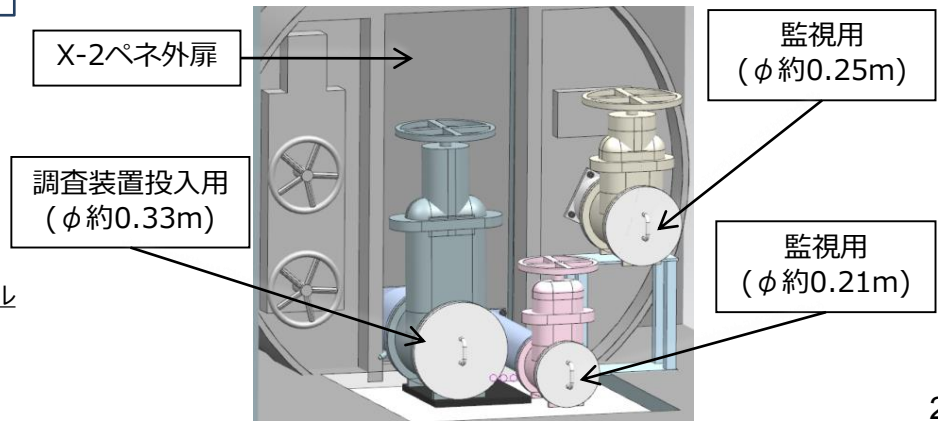
4. 水中ROV洗浄, 回収



5. 調査装置撤去・養生



調査装置設置前及び撤去後のイメージ



- 2号機は、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
- 現在、アーム型装置を開発中であり、国内試験を実施中
- 並行して、現場の準備作業を実施中
 - X-53ペネ閉止フランジ既設孔径拡大・スプレー治具設置
 - X-6ペネ隔離部屋設置・ハッチ開放
- 1号機は、2022年1月中旬のPCV内部調査開始を目指し、エリア再養生、現場本部、遠隔操作室の機材設置作業を実施中
- 引き続き、安全を最優先に準備を進めてまいります