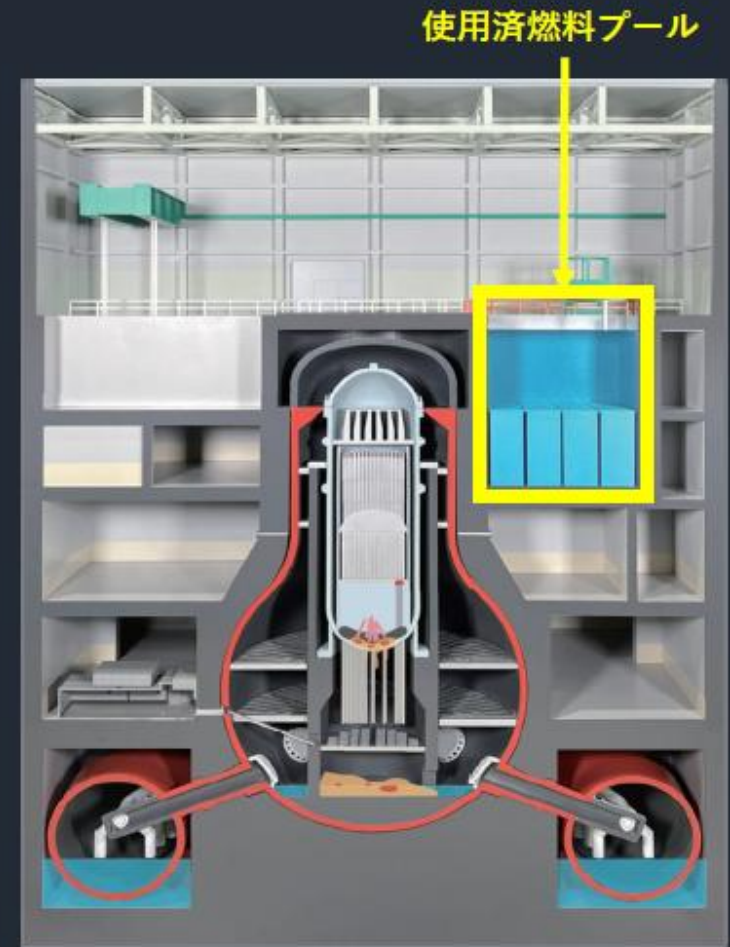


2号機 燃料取り出しに向けた工事の進捗について



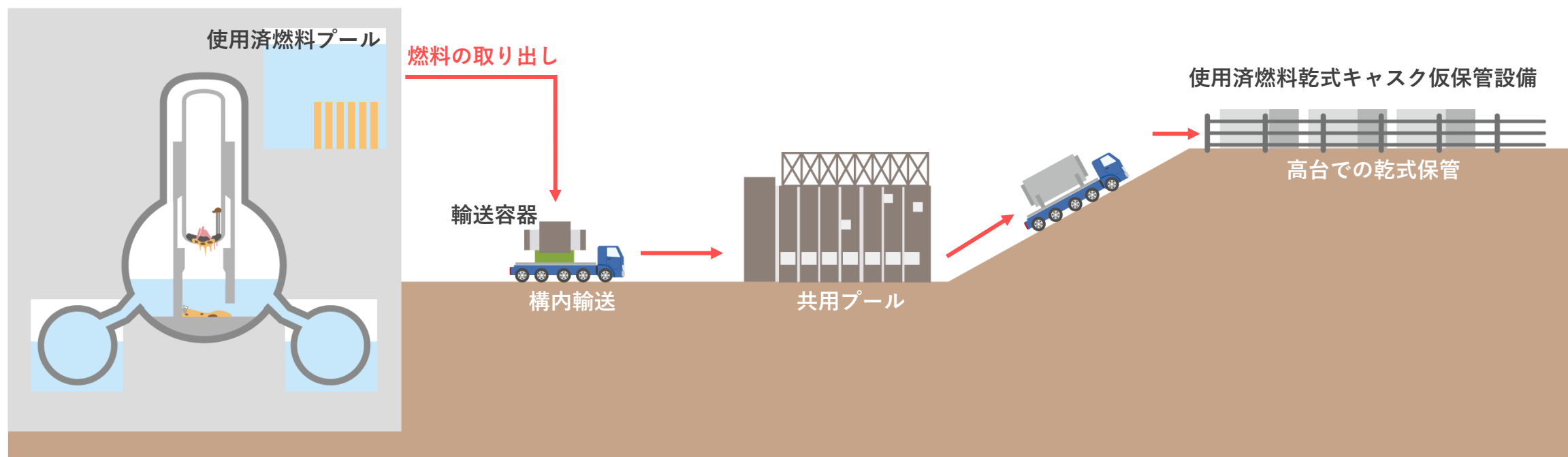
使用済燃料取り出し

用語	解説
使用済燃料プール	各号機の原子炉建屋オペレーティングフロアに設置された新燃料や使用済燃料を貯蔵するためのプール。
新燃料	一度も使用されていない燃料
ランウェイガーダ	原子炉建屋と構台をまたぐ形で敷設された移動用レールの基礎
共用プール	各号機に設置されている使用済燃料プールの運用上の余裕を確保する為の各号機共用のプール。
乾式キャスク	使用済燃料の輸送や貯蔵をするための鋼製の円柱状の容器。「放射性物質の封じ込め」、「放射線の遮蔽（しゃへい）」、「臨界防止」、「除熱」の安全機能を備えている。
使用済燃料乾式キャスク仮保管設備	乾式貯蔵キャスクの仮保管施設。

燃料の取り出しについて

原子炉建屋上部にある「使用済燃料プール」には、発電に使用された「使用済燃料」等が貯蔵されています。「使用済燃料」は熱を発するため、「使用済燃料プール」の水中で、冷却・保管しています。この「使用済燃料」等を、原子炉建屋の「使用済燃料プール」から「共用プール」に移送し、一元的に管理することで、冷却機能の喪失や水位低下などのリスクを低減しています。

なお、「使用済燃料」等を着実に共用プールへ移送するために、共用プールで十分に冷却された使用済燃料は使用済燃料乾式キャスク仮保管設備へ移し、共用プールの空き容量を確保しています。



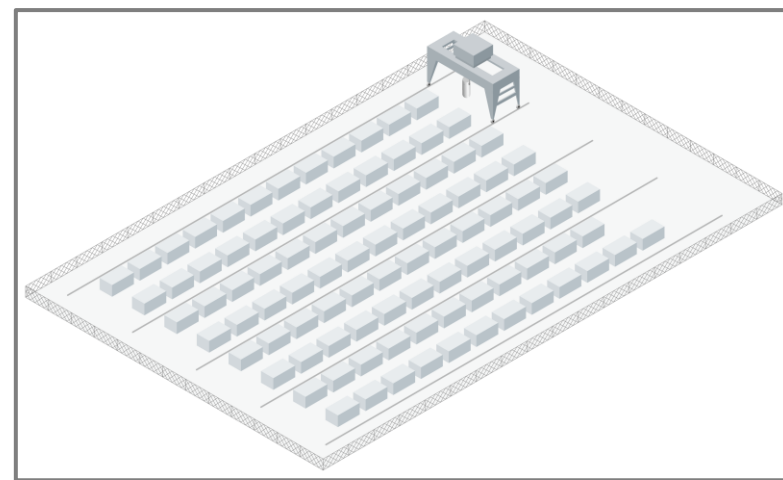
参考_使用済燃料取り出し後の保管先概要



共用プール



使用済燃料乾式キャスク仮保管設備

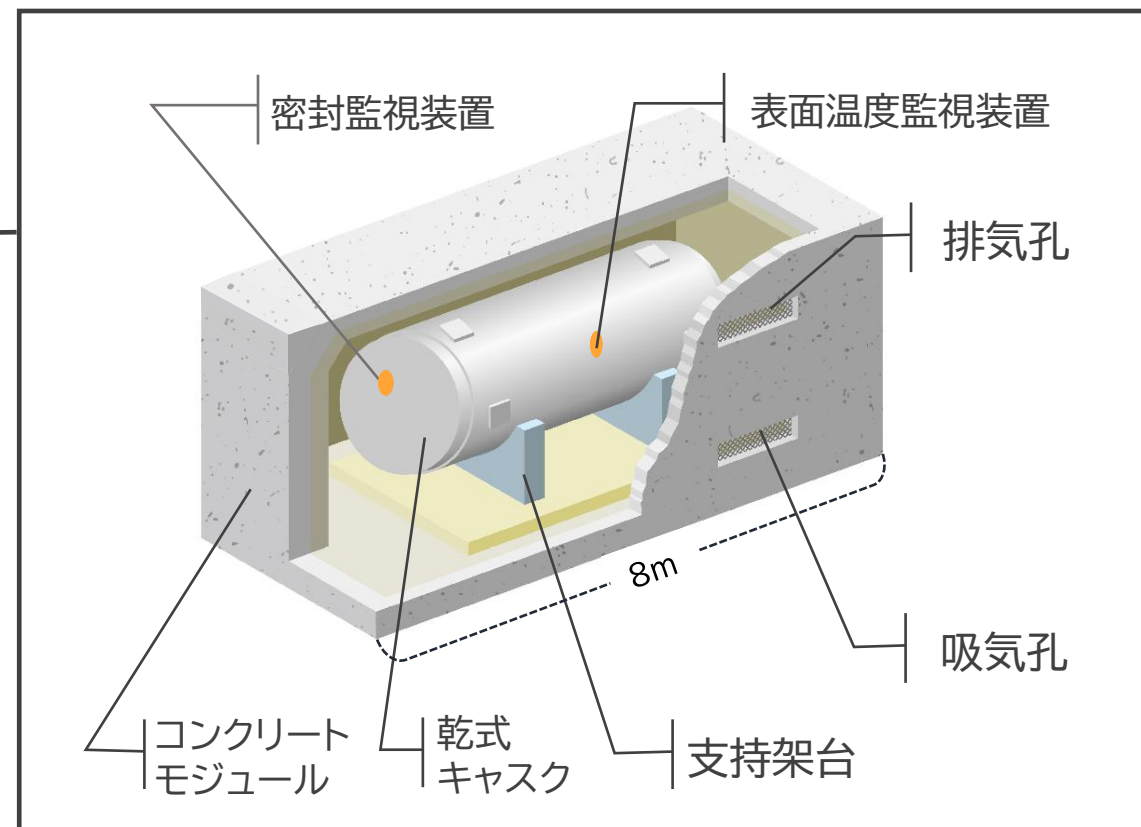
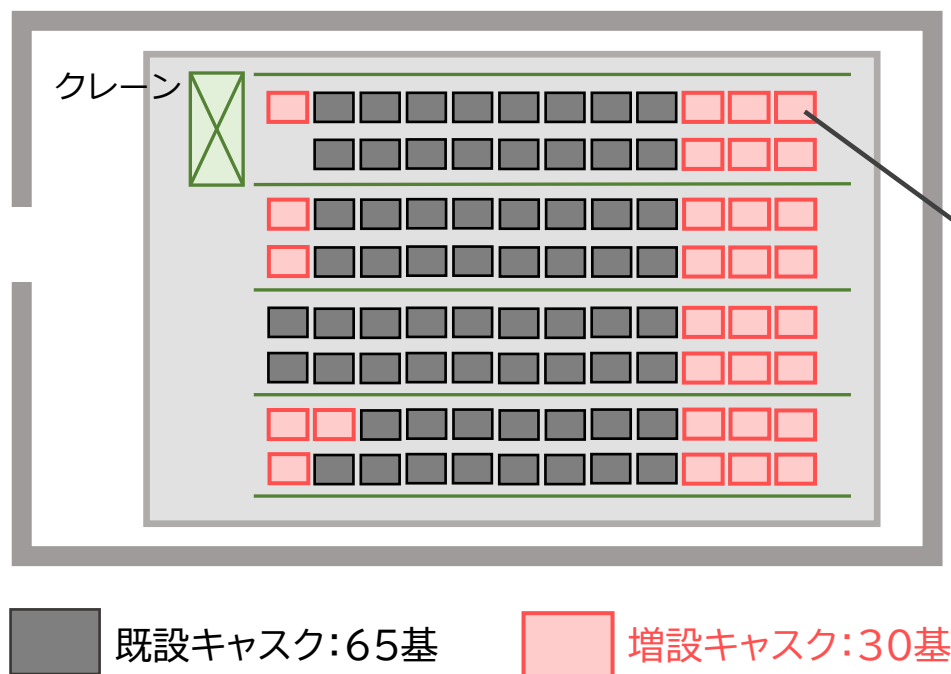


共用プールの空き容量確保

使用済燃料プールから取り出した燃料を全て受け入れられるように、共用プールに保管している使用済燃料を使用済燃料乾式キャスク仮保管設備へ移送し、共用プールの容量を確保しています。

また、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の拡張も並行してすすめています。

拡張後の使用済燃料乾式キャスク仮保管設備の配置



各号機の状況[1～4号機]

「使用済燃料」等の取り出しにあたっては、作業に伴って放射性物質が飛散しないよう、慎重に実施する必要があります。

そのため、号機ごとに最適な工程の下、作業や準備を進めており、**2031年内に全ての号機（1-6号）で燃料の取り出し完了**を目指しています。

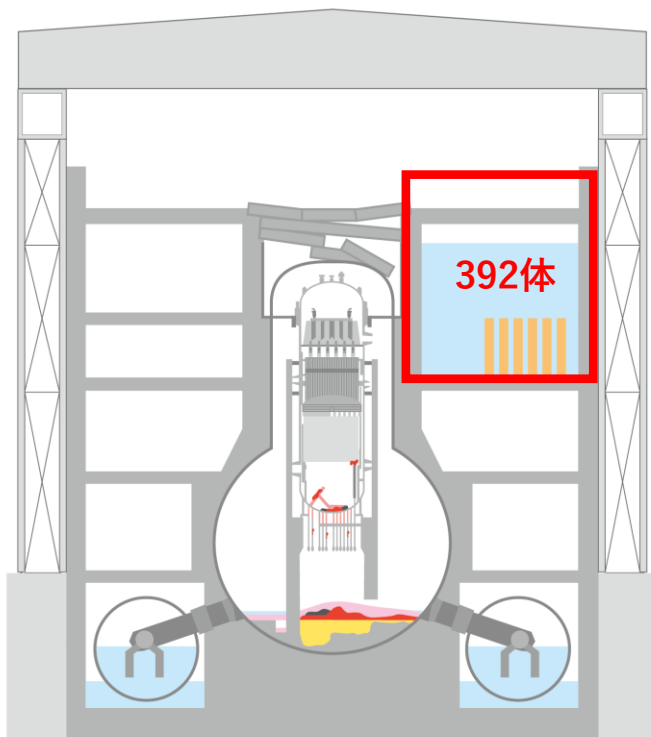
1号機



燃料取り出し開始
2027-2028年度

燃料貯蔵量

使用済燃料	292体
新燃料	100体



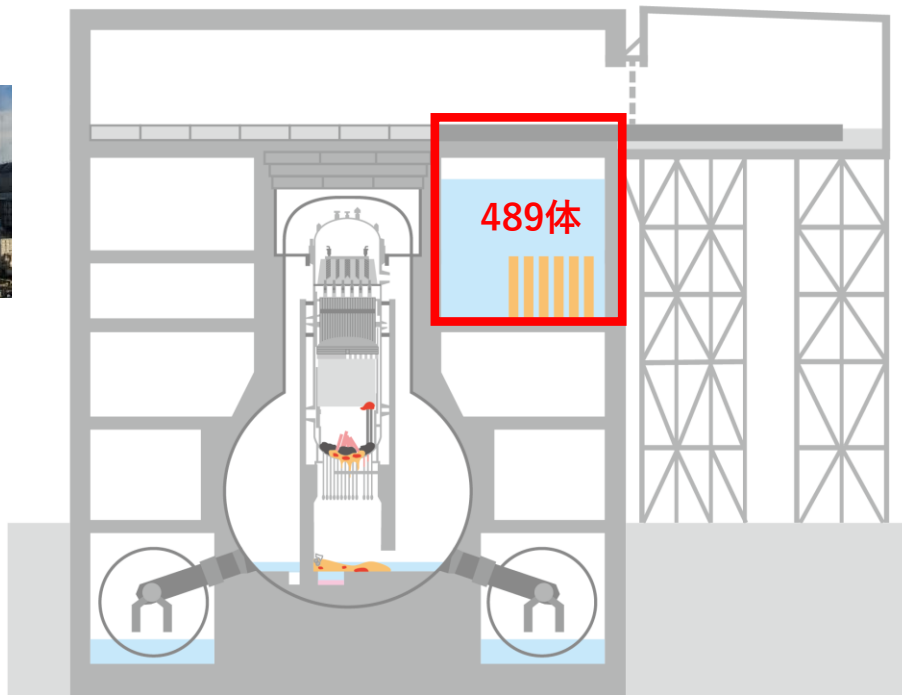
2号機



燃料取り出し開始
**2026年6月2日～
全89回を予定**

燃料貯蔵量

使用済燃料	489体
新燃料	0体



3号機

2021年2月

燃料566体の**取り出し完了**



4号機

2014年12月

燃料1,535体の**取り出し完了**



各号機の状況[5・6号機]

5号機・6号機の燃料取り出しは、1号機・2号機の燃料取り出し関連作業との調整を図りながら、安全かつ効率的に進める予定です。

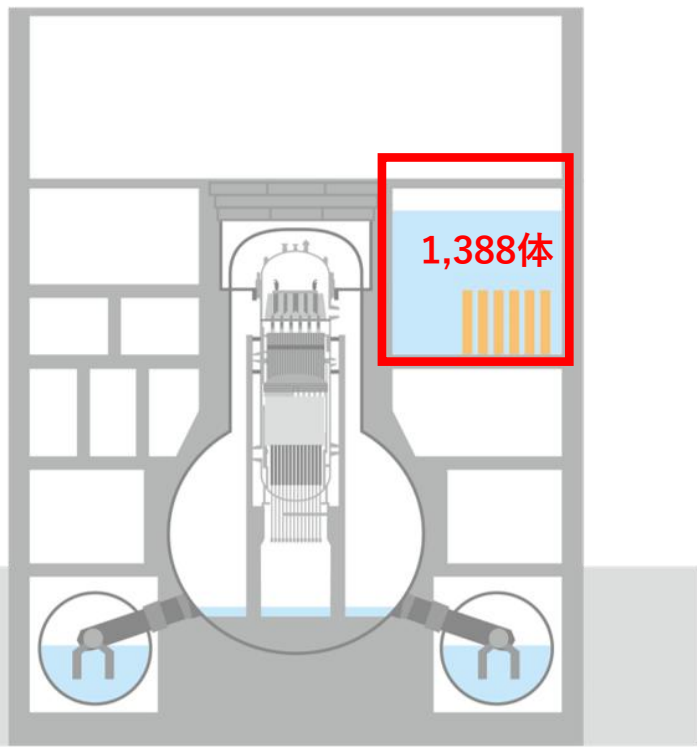
5号機



燃料取り出し開始
2025年7月23日～

燃料貯蔵量

使用済燃料	1,220体
新燃料	168体



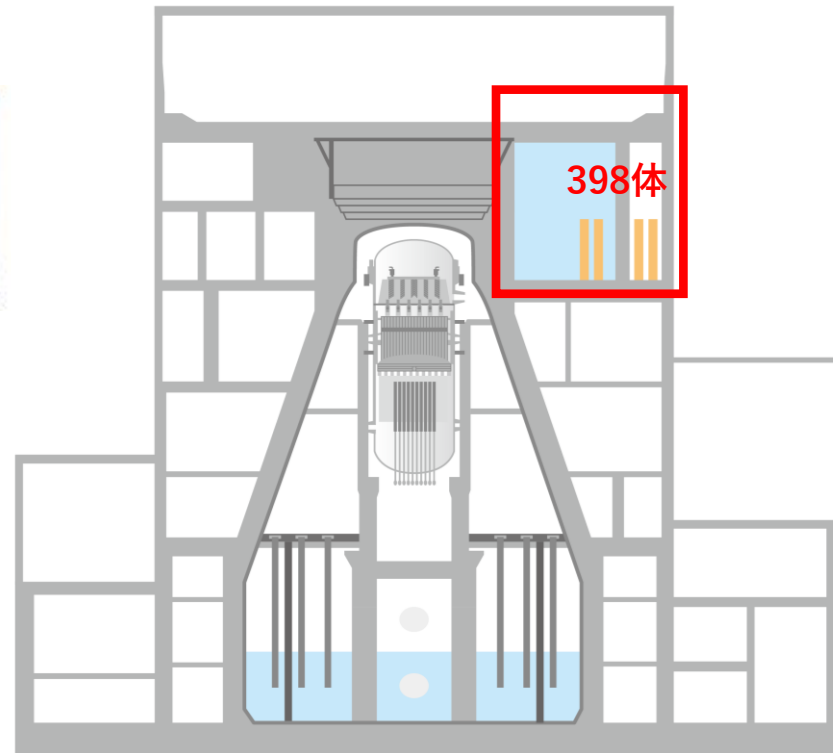
6号機



使用済燃料
2025年4月16日完了
新燃料取り出し開始
2025年9月9日～

燃料貯蔵量

使用済燃料	0体
新燃料	398体



[2号機]燃料取り出しを開始

2026年6月2日から燃料取り出しを開始しました。

[10月19日までの進捗状況]

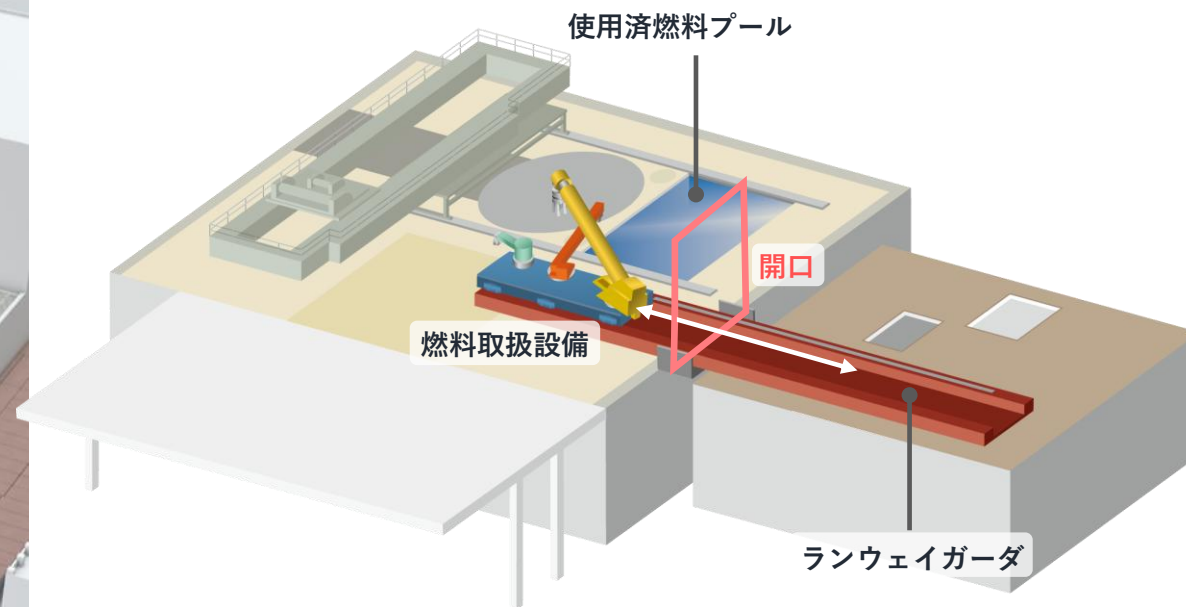
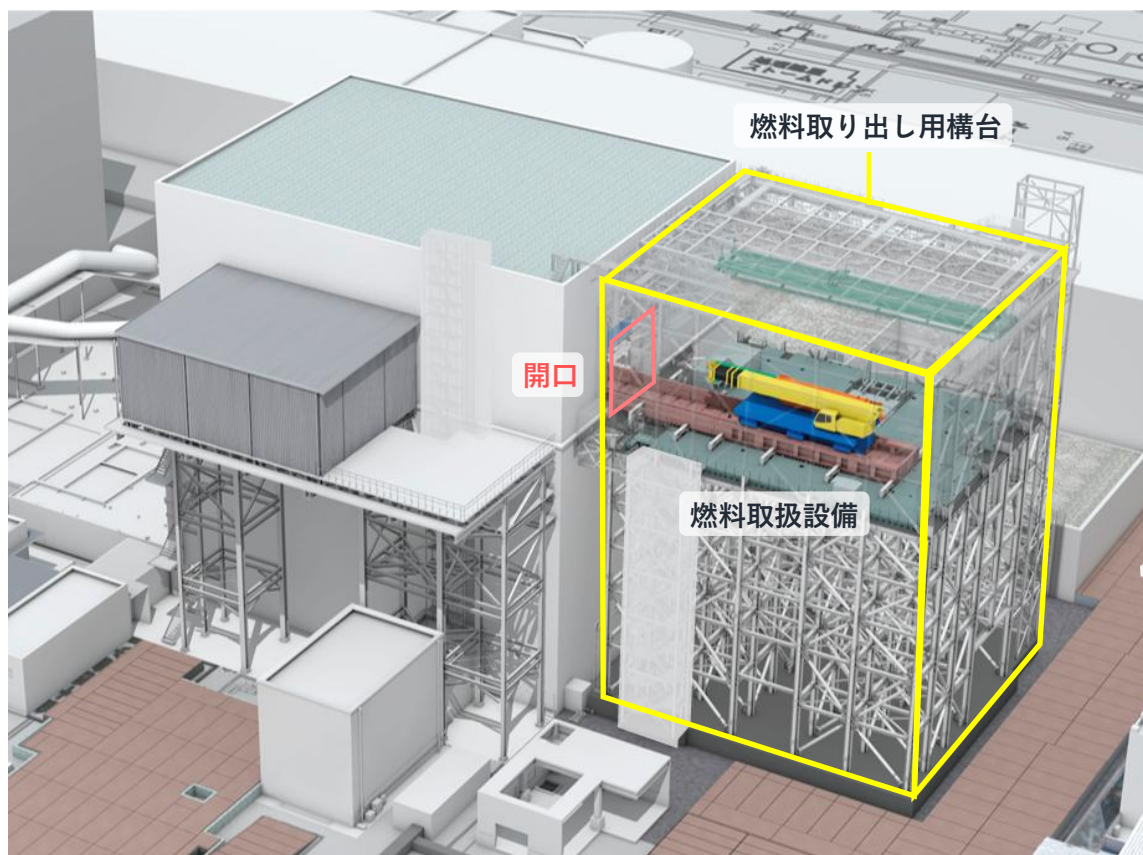
- ・新燃料 : 28体 / 28体 (全数の取り出しを完了)
- ・使用済燃料 : 98体 / 587体



[2号機]燃料取り出しの工法

建屋南側に「燃料取り出し用構台」を設置しました。（2024年6月完了）

建屋を解体せず、建屋の南側に開口を設け、そこから「燃料取扱設備」を移動用のレール「ランウェイガーダ」上を走行させ燃料を取り出す工法で進めています。

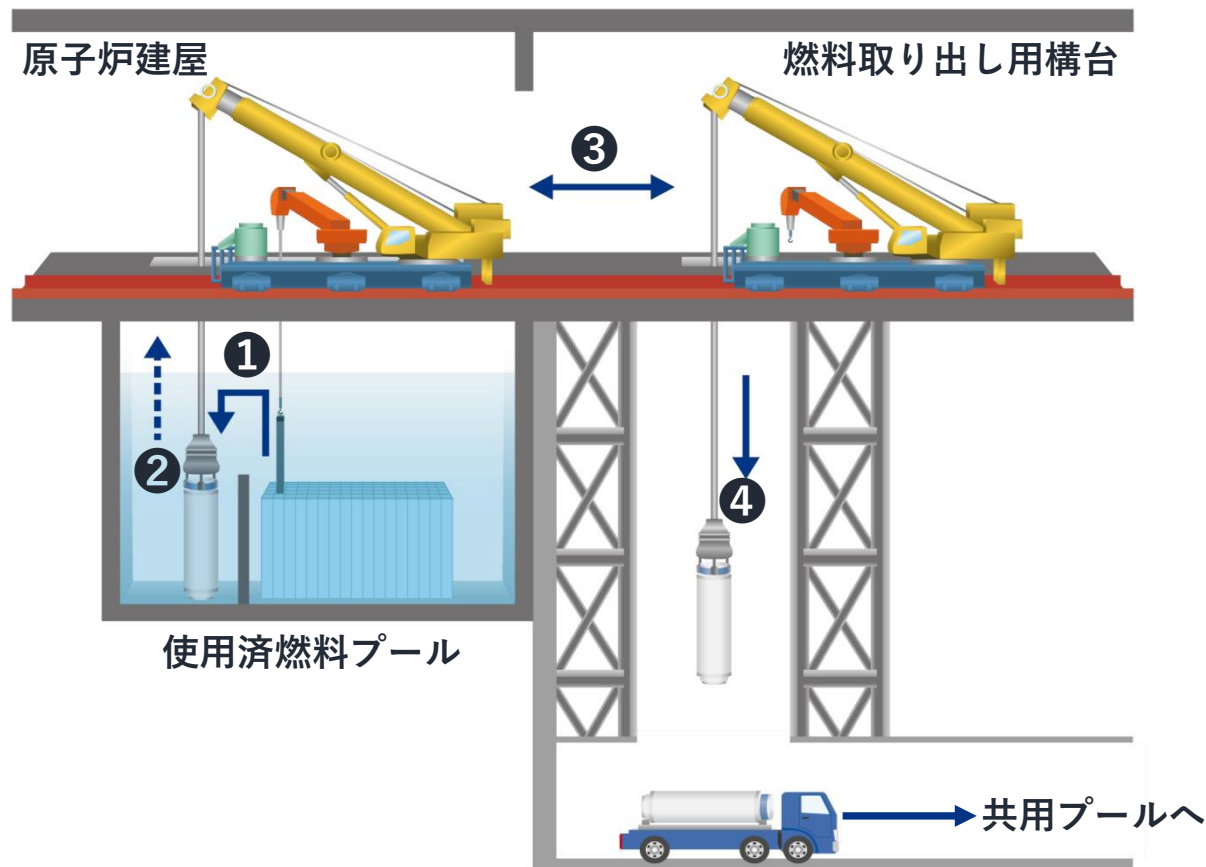


[2号機]燃料取扱設備について

使用済燃料プールから「クレーン（オレンジ色）」で燃料を取り出し、「キャスク」に収納します（①）。

キャスクを使用済燃料プールから「クレーン（黄色）」で引き上げ（②）、燃料取り出し用構台に移動します（③）。

「クレーン（黄色）」でキャスクを吊り下ろし（④）トレーラーに載せて、1F構内の「共用プール」に輸送して保管します。



キャスク

取り出した燃料を
収納する金属製の
輸送容器



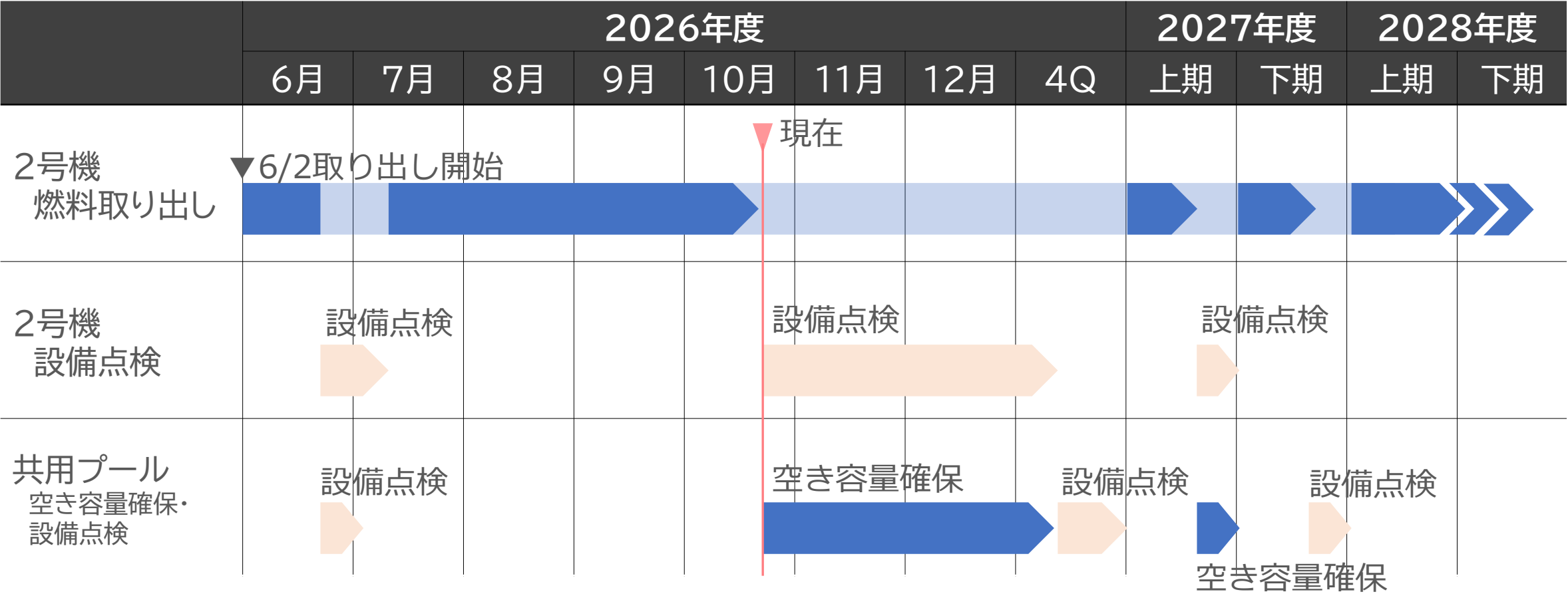
燃料取扱設備

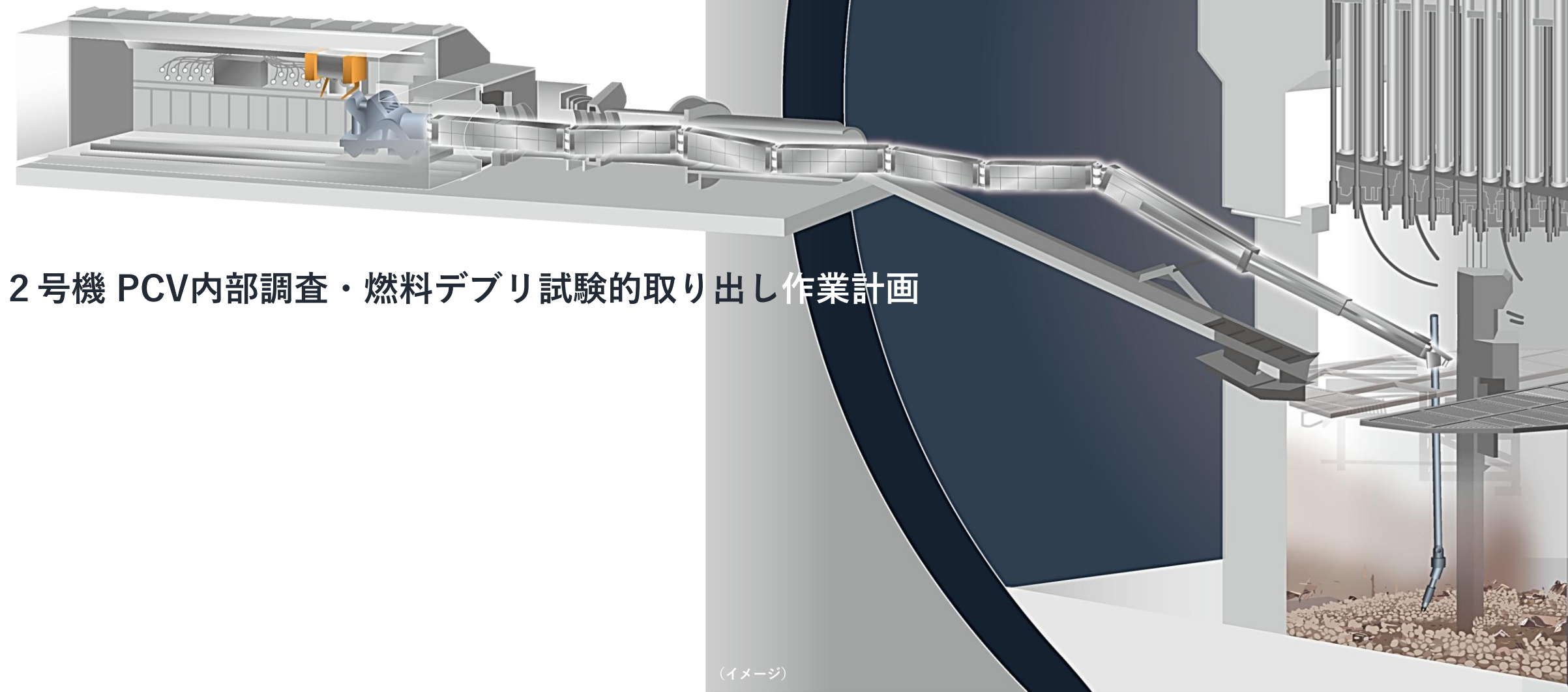


用途の異なる3基のクレーンで構成

[2 号機]燃料取り出しの今後のスケジュール

2028年度中の完了を目指し、引き続き安全最優先に作業を進めてまいります。





2号機 PCV内部調査・燃料デブリ試験的取り出し作業計画

(イメージ)

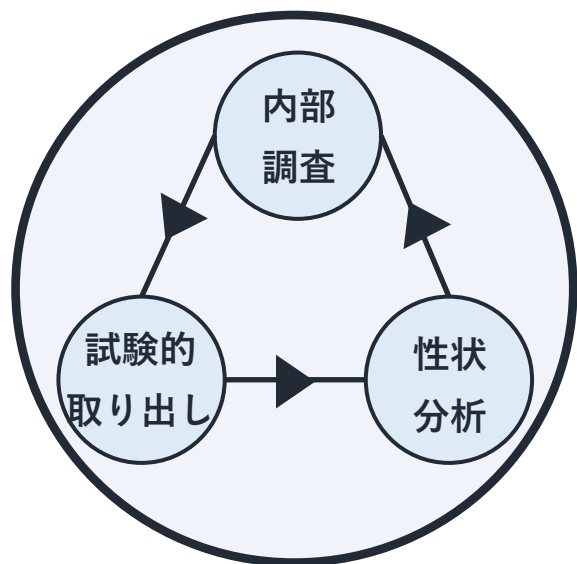
燃料デブリ取り出しの作業工程

用語	解説
燃料デブリ	事故により燃料が溶けて、原子炉構造材や制御棒と共に冷えて固まった物質。
PCV（Primary Containment Vessel：原子炉格納容器）	原子炉圧力容器を内部に収める設備で、放射性物質の閉じ込めを担う重要な安全設備。
ペデスタル	原子炉圧力容器を支える土台となる円筒状の構造物
ロボットアーム	遠隔操作により、狭い場所や人が近づけない場所で作業を行うロボット 内部調査や燃料デブリの試験的取り出しに使用する。
エンクロージャ	ロボットアームを格納する保護設備。放射性物質を隔離し、放射線を遮蔽しながら、機器の点検やメンテナンスを安全に行うことができる。
双腕マニピュレータ	2本のアームを使い、エンクロージャ内でロボットアームの先端ツールの交換を行うなど、高線量環境での機器交換や点検などに使用される。
CRDレール	原子との核反応を制御する装置（CRD）を交換するためのレール

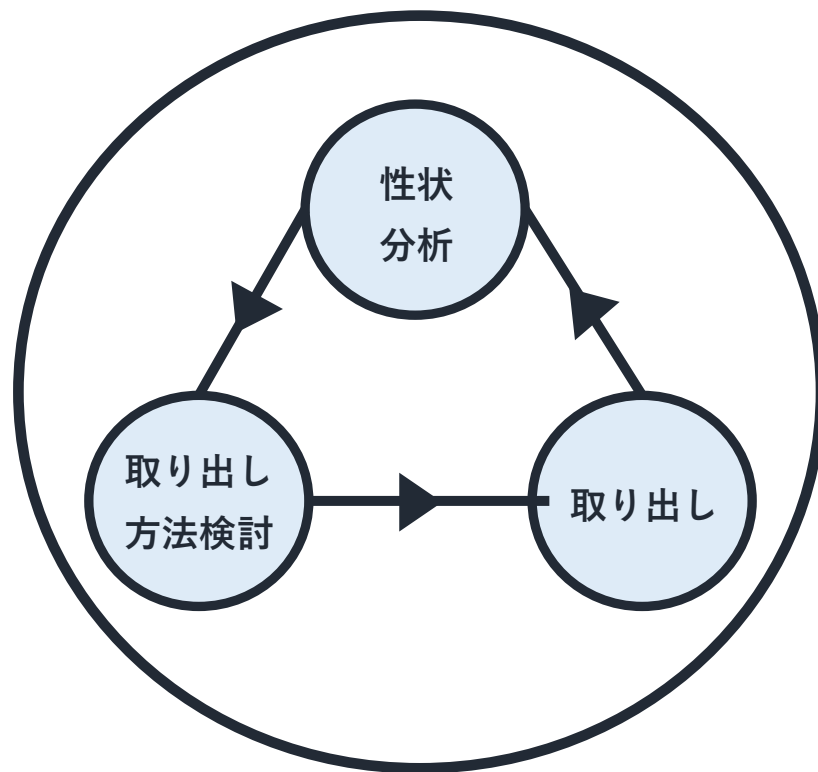
燃料デブリ取り出しについて

遠隔操作ロボットなどを活用しながら、「PCV内部調査」や「燃料デブリ試験的取り出し」を行います。調査で得られた「PCV内部の情報」や採取した「デブリの性状分析等の情報」をもとに、専用の取り出し装置を開発し、燃料デブリの取り出し規模を段階的に拡大していく「ステップ・バイ・ステップ」で、一連の作業を進めてまいります。

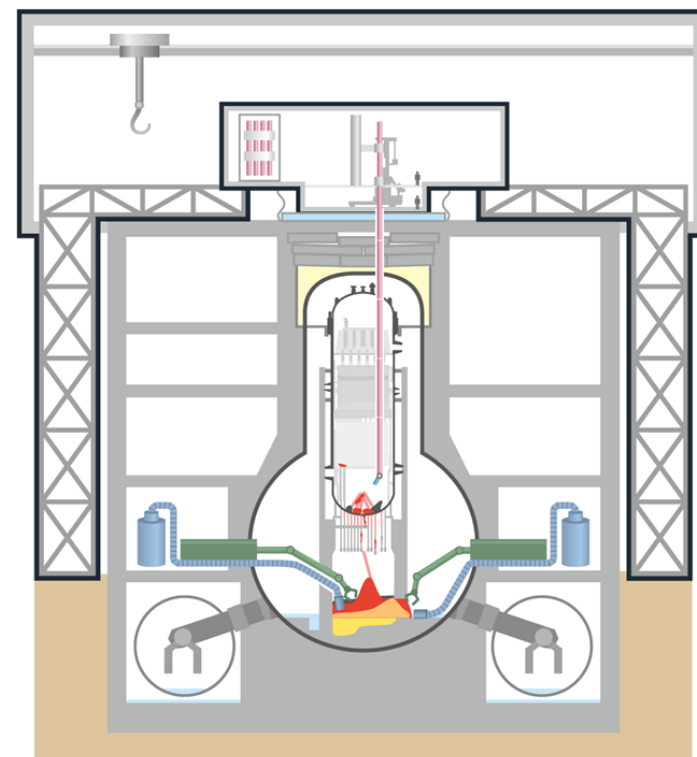
試験的取り出し



段階的に拡大



本格的取り出し

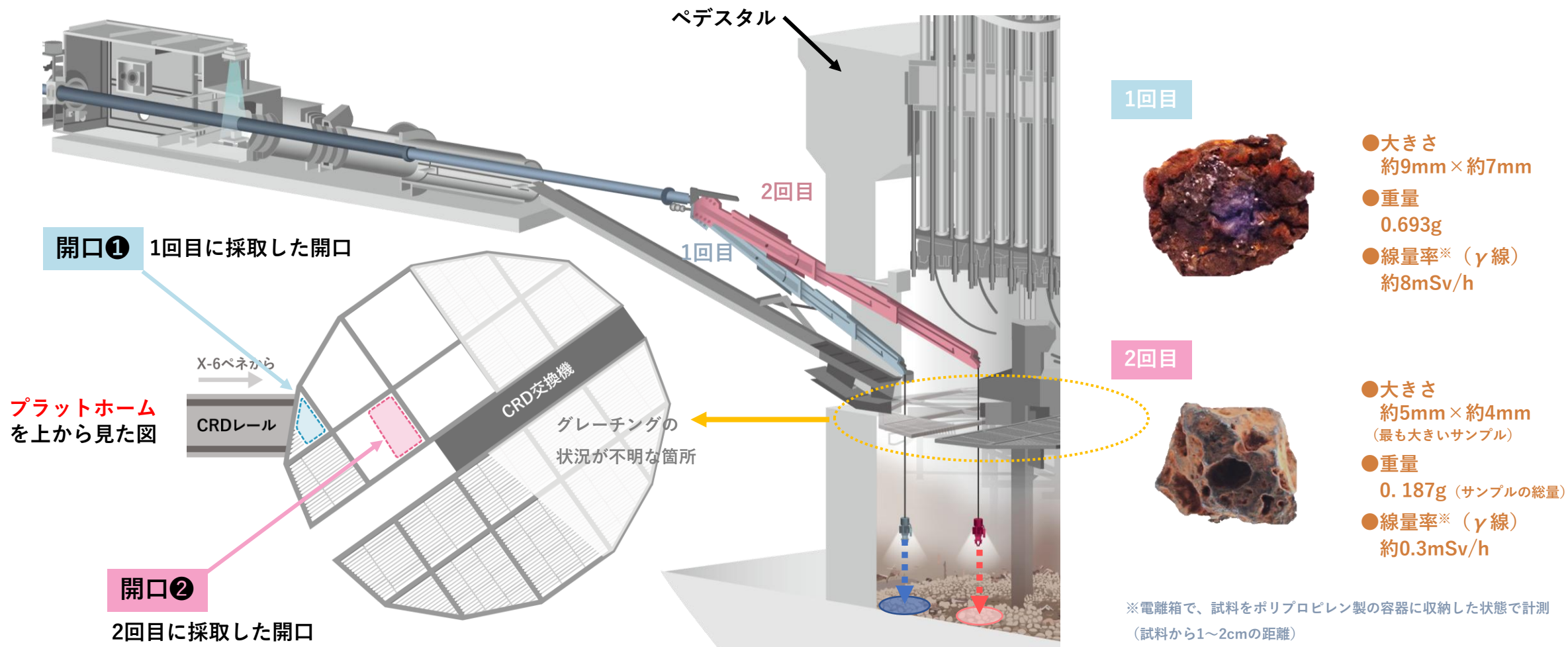


(例) 燃料デブリ取り出し工法イメージ

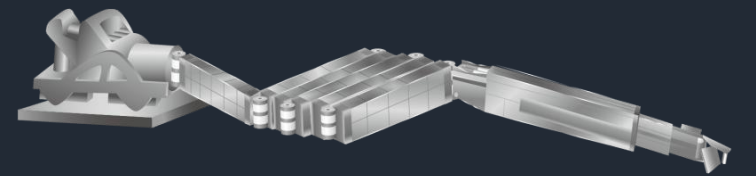
2号機 テレスコ式装置による試験的取り出し

2号機では、**テレスコ式装置**による燃料デブリの試験的取り出しを、これまで2回実施しています。

(1回目：2024年11月7日／2回目：2025年4月23日)



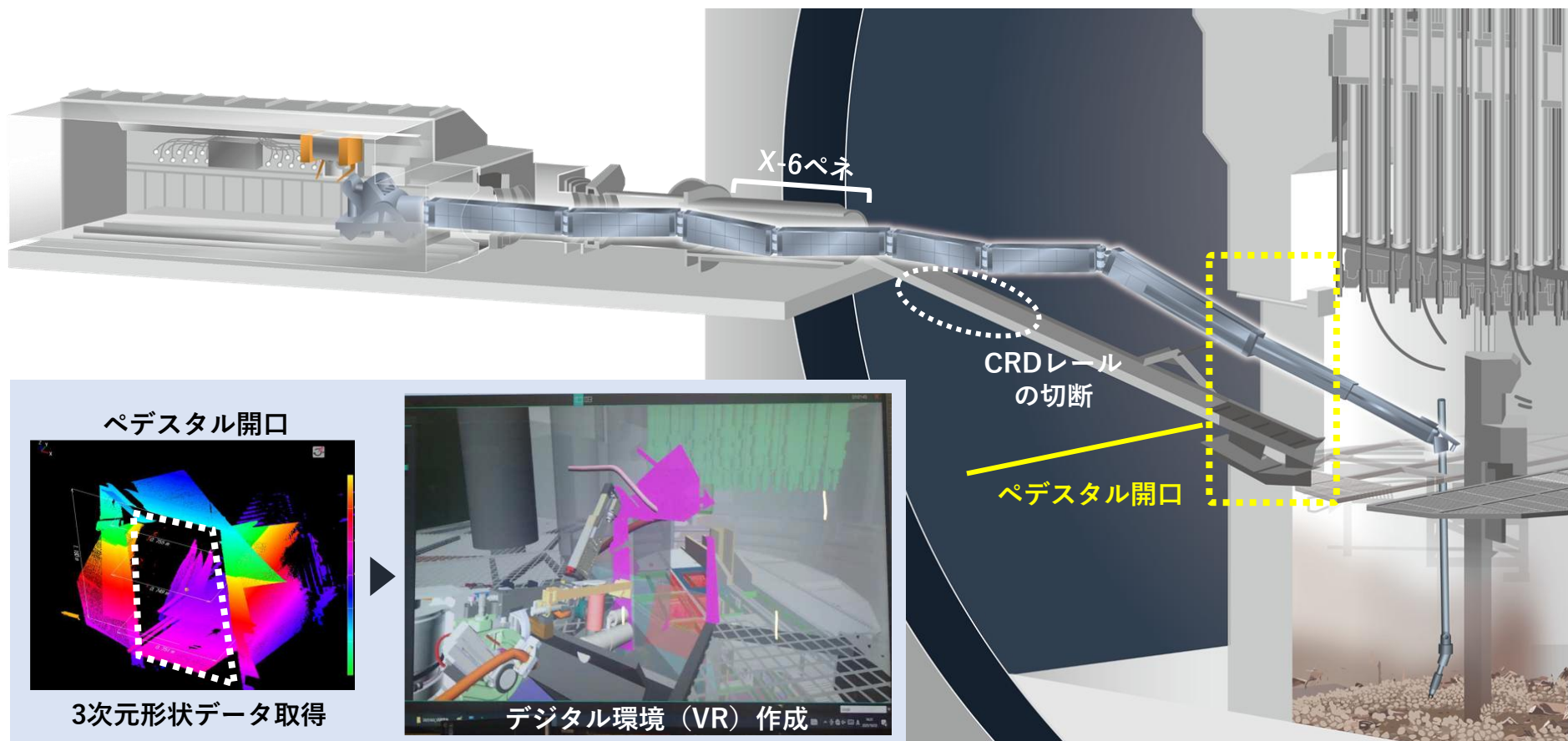
2号機 ロボットアームによるPCV内部調査・試験的取り出し



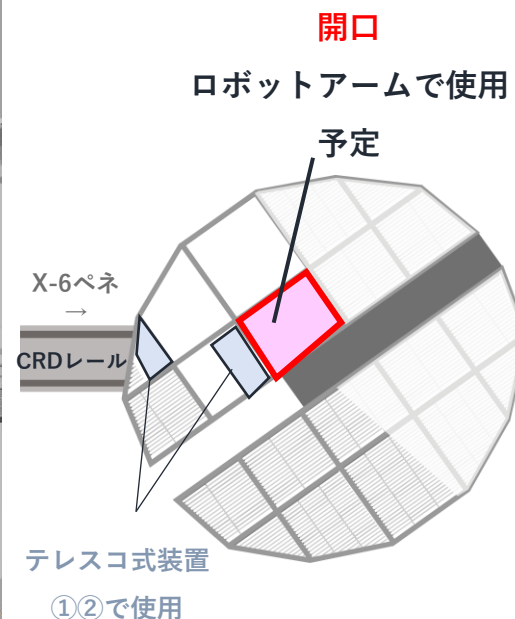
ロボットアームによるPCV内部調査・試験的取り出しの目的

PCVの「貫通孔（X-6ペネトレーション）」から、ロボットアームを進入させ、内部調査や試験的取り出しを行います。目的は3つです。

- テレスコ式装置より大型の「ロボットアーム」を進入させる際に障害となる干渉物を撤去する「**アクセスルート※の構築**」
- 「規模を拡大して取り出す装置の設計」や「作業計画の妥当性確認」に活用するため、「**PCV内部の3次元形状データや映像等を取得**」すること
- デジタル環境（VR等）を活用した「**完全遠隔オペレーション作業の実証**」や「**高線量環境下での長期間使用による装置の実証**」



※:X-6ペネからペDESTALに至るまでのルート

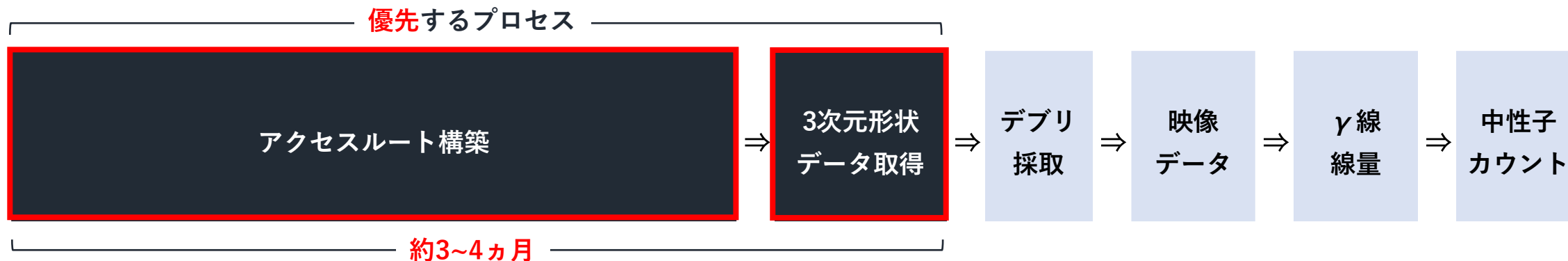


作業工程について

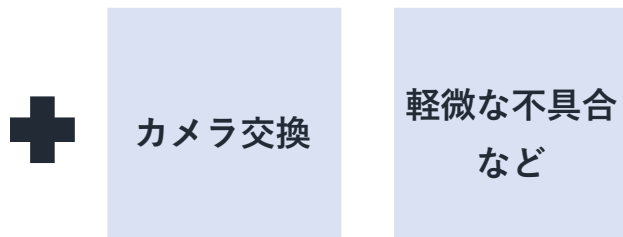
工程については、「アクセスルート構築」「3次元形状データ取得」「デブリ採取」「その他データの取得」の計画です。

この中では、「**アクセスルート構築**」、的確な「装置設計・妥当性検証」や「オペレーションの検証・効率化」を行うための

「**ペDESTAL内の3次元形状データ取得**」を優先して実施します。全工程を実施すると、**全体で半年程度**のオペレーションとなります。



上記の作業ステップ中に、適宜追加で実施

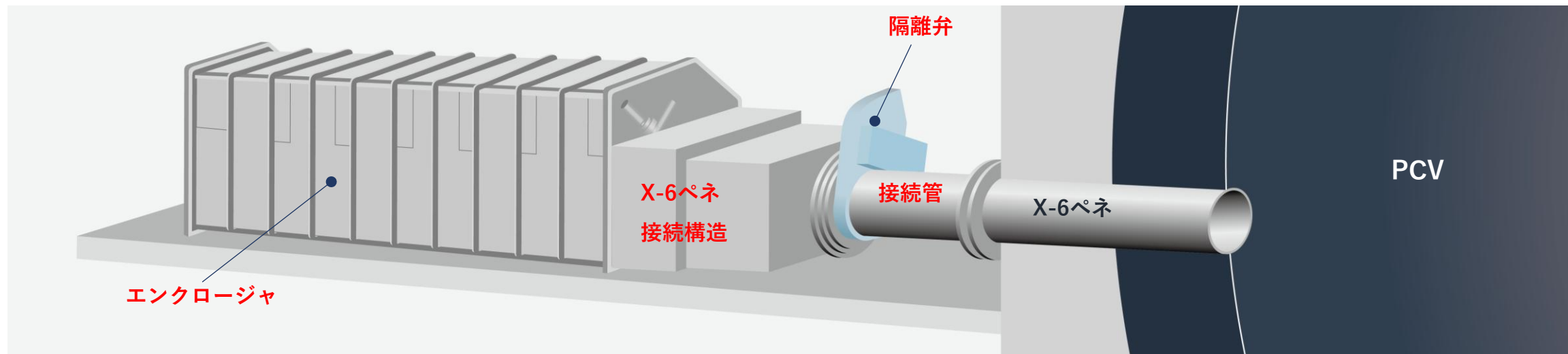


(カメラ交換は照射試験状況からの目安として設定)

作業状況について

ロボットアームの設置

4月21日、ロボットアームが収納されたエンクロージャを原子炉建屋内に搬入し、搬送用レール及び、搬送台車を用いてX-6ペネ手前の北西エリアまで搬送しました。その後、「X-6ペネ接続構造」及び「接続管」への接続を開始し、5月18日に接続が完了しました。



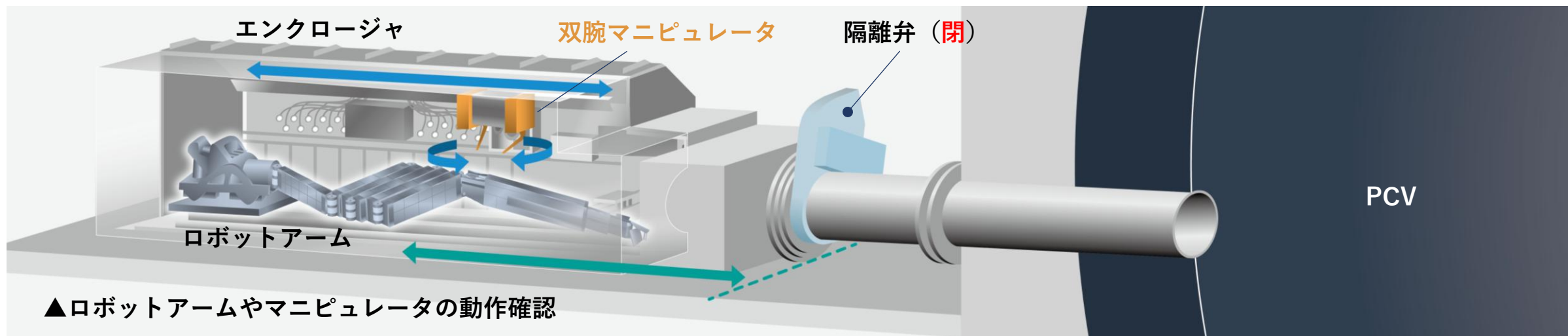
搬送レール
を用いた搬送
2026.4.21



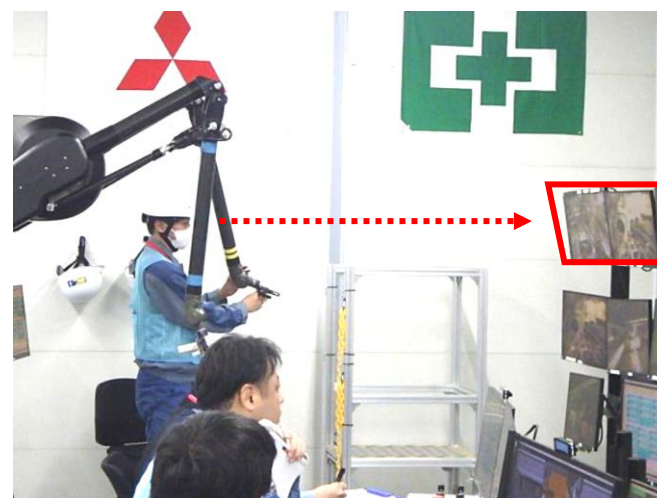
遠隔搬送台車
による搬送
2026.5.18

ロボットアームの設置

PCV とエンクロージャを隔離する「X-6 ペネ接続構造」の隔離弁を閉めた状態で、ロボットアーム及びマニピュレータの動作確認を実施しました。



遠隔操作室



エンクロージャ内を
カメラで確認しながら
当社操作員がマニピュレータ
を遠隔操作

2号機PCV内部調査・試験的取り出し作業の着手について

10月2日午前10時に、PCV内部調査・試験的取り出し作業に着手（ロボットアームの先端が隔離弁を通過）しました。



遠隔操作室の状況
(10月2日 午前10時頃)

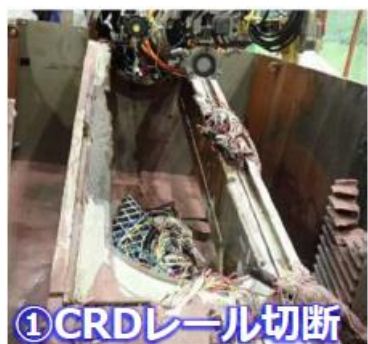
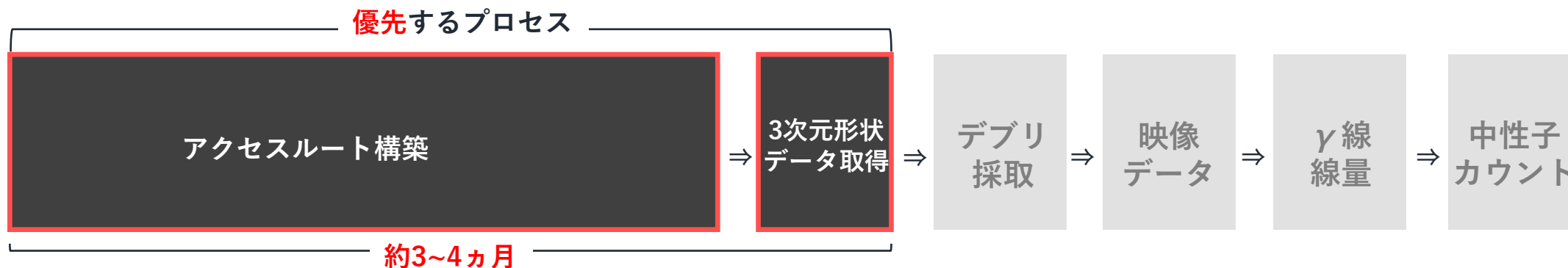


ロボットアームの先端が隔離弁を通過した状況（上部が隔離弁側）
(エンクロージャ内カメラ)

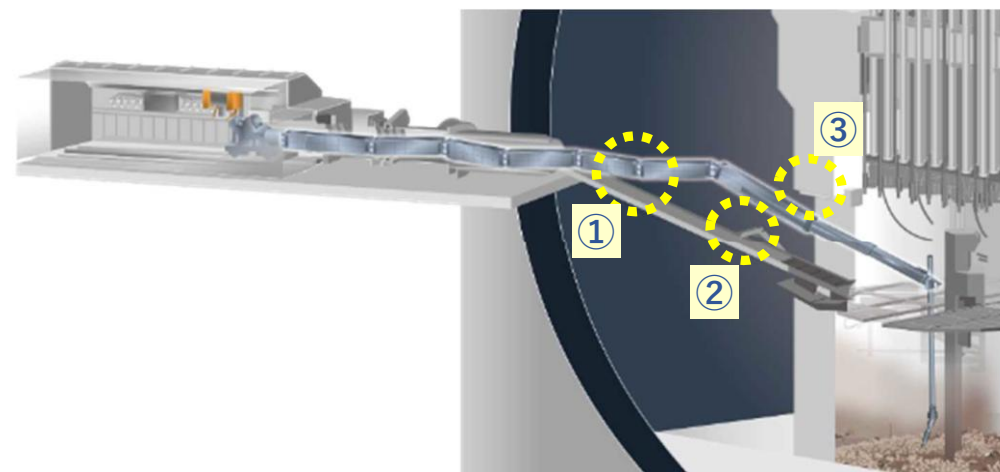
アクセスルートの構築について

PCV内部調査・試験的取り出し作業を行うためには、ロボットアームペデスタル内に進入するためのアクセスルート構築（干渉物の除去）が必要となるため、①CRDレール切断、②CRDレール吊り治具の撤去、③電線管の順に作業する予定です。

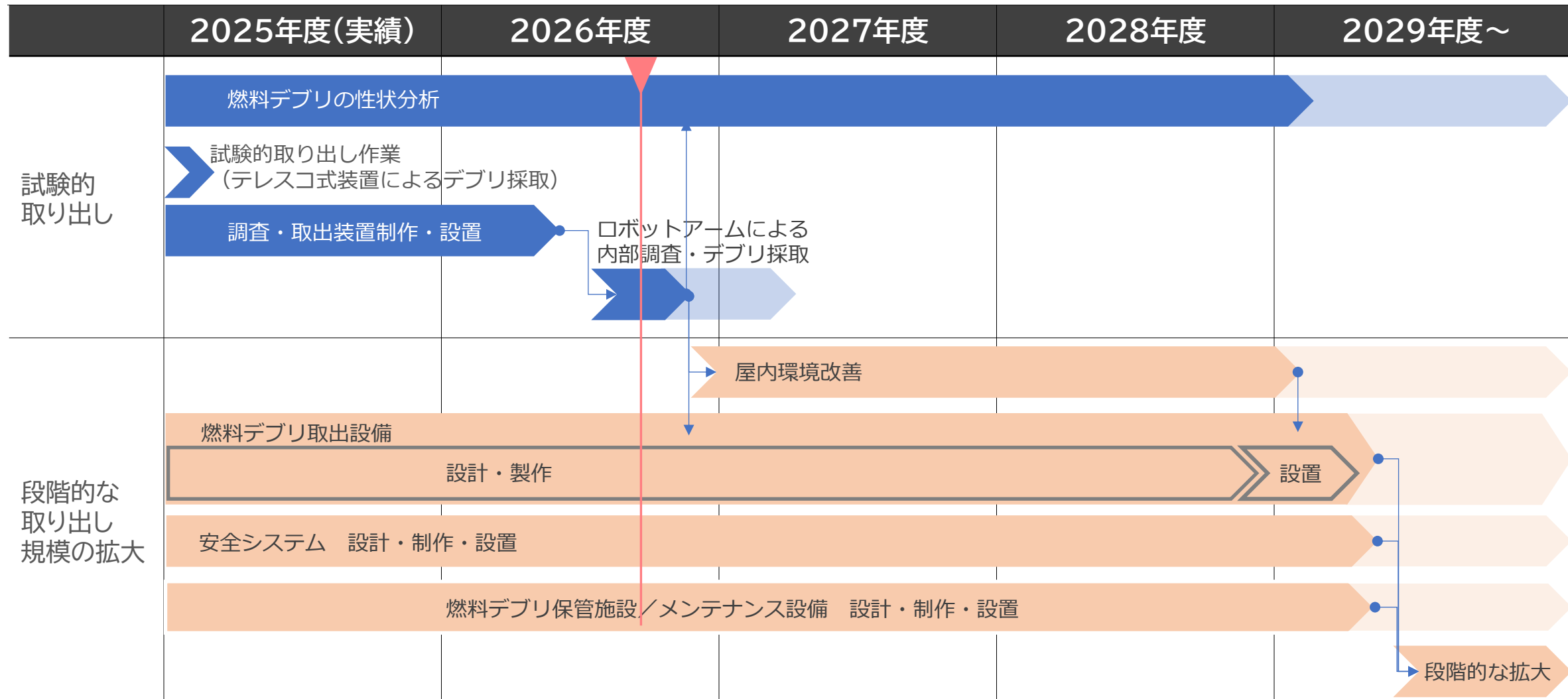
10月9日、①CRDレール切断を開始しました。



アクセスルート構築（干渉物除去箇所）



[2号機]燃料デブリ取り出しの今後のスケジュール

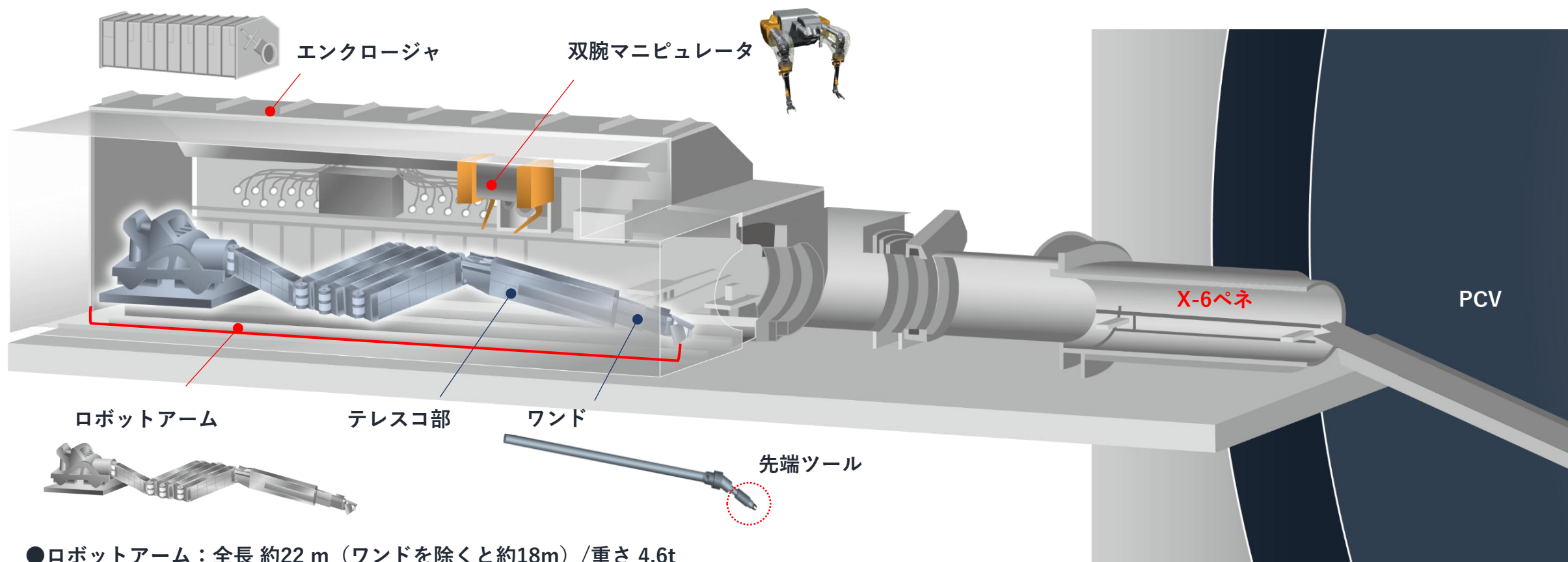


※2号機の段階的な取り出し規模の拡大は、試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）等の結果を踏まえ見直す
 2号機の取り出し規模の更なる拡大は、試験的取り出し、段階的な取り出し規模の拡大等を踏まえ今後検討

参考_ロボットアームの構造

PCV内の気体を隔離する「**エンクロージャ**」内に、「**ロボットアーム**」及び「**双腕マニピュレータ**」を格納しています。

「双腕マニピュレータ」は、「ロボットアームの**先端ツールの交換**」や「**カメラ交換等のメンテナンス**」「採取したデブリの容器への収納」を行います。また、「ロボットアーム」には先端ツールを取り付ける「**ワンド**」を搭載しています。



●ロボットアーム：全長 約22 m（ワンドを除くと約18m）/重さ 4.6t

●エンクロージャ：大きさ 約2.4m×約8.8m×高さ約2.0m/重さ 約30t（アーム・双腕マニピュレータ等を含む）

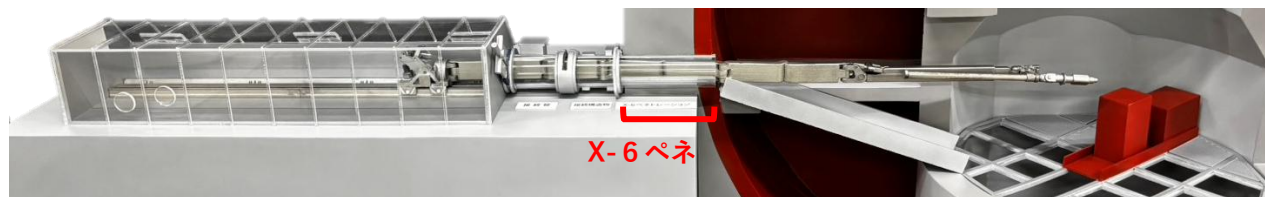
参考_ロボットアームの動作

ロボットアームを「**エンクロージャ**」から「**X-6ペネ**」を通して「**PCV内**」へ進入させます。その後、「**テレスコ部**」を**延伸**させ「**ワンド**」を**立ち上げ**、ペDESTAL底部へアプローチします。

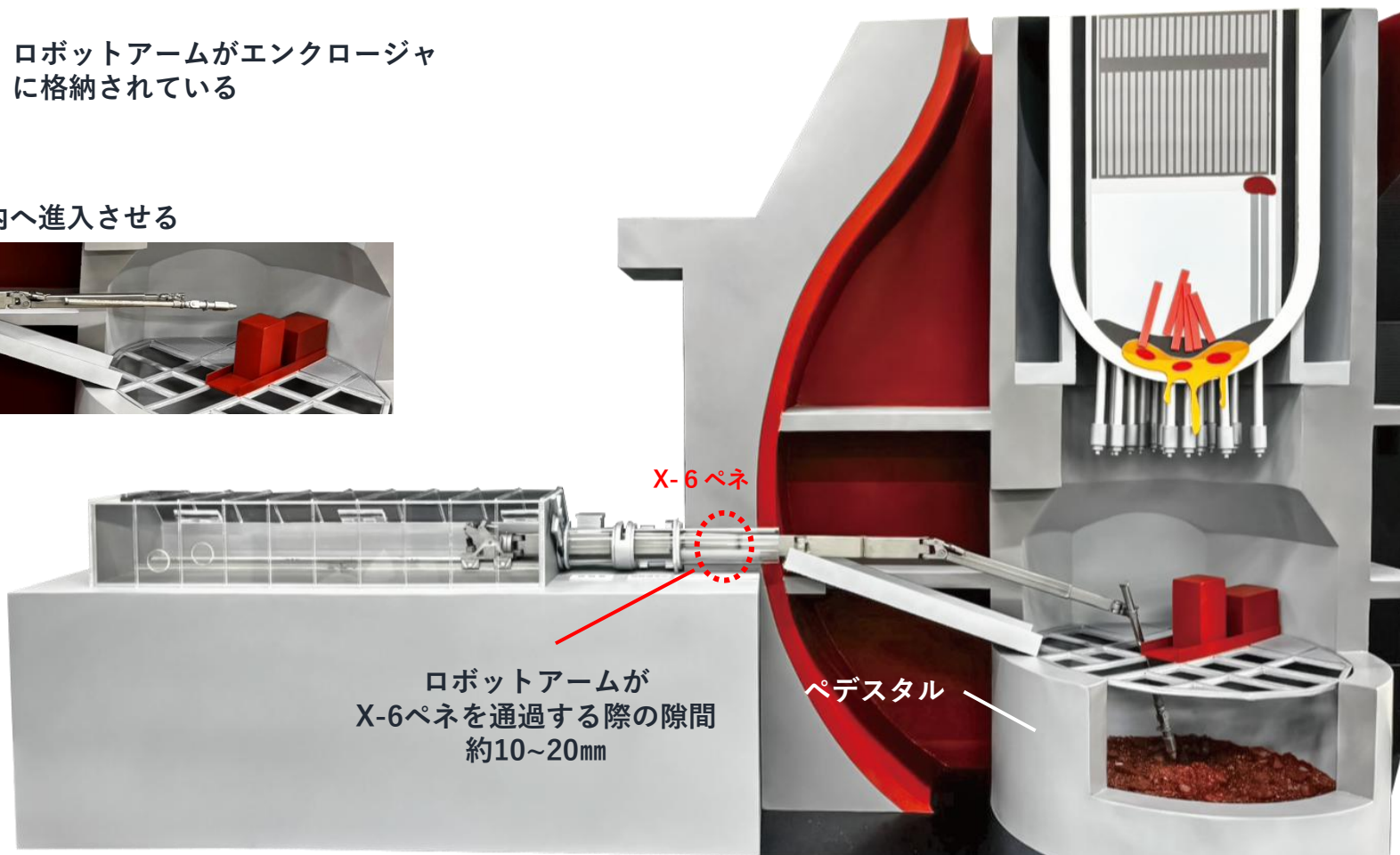
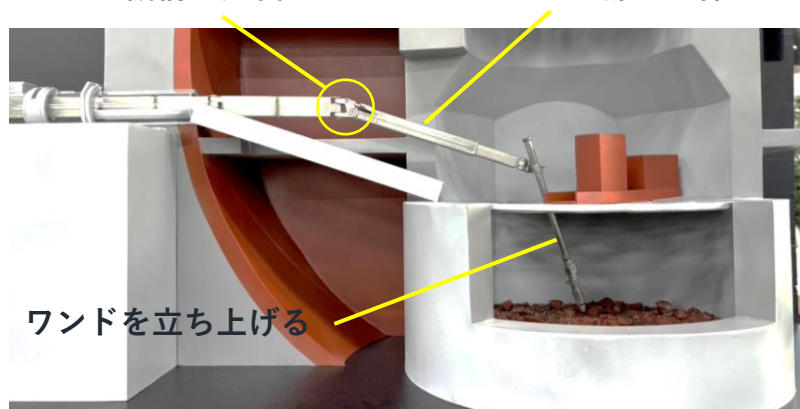


ロボットアームがエンクロージャに格納されている

ロボットアームを延伸させ、アームをX-6ペネからPCV内へ進入させる



チルト機構で角度をつける テレスコ部を延伸する



参考_双腕マニピュレータの遠隔操作

ロボットアームのワンドに装着する「**先端ツール**」は複数あり、作業内容に応じて交換します。その「**先端ツール**」の交換は**エンクロージャ内の「双腕マニピュレータ」**で行います。この双腕マニピュレータは、**遠隔で手動操作**します。

遠隔手動操作



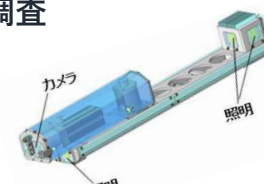
＜先端ツール＞



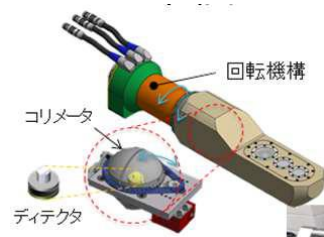
切断ツール



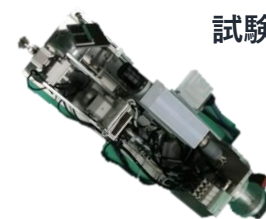
内部調査



映像データ



ガンマ線量



試験的取り出し



真空容器型

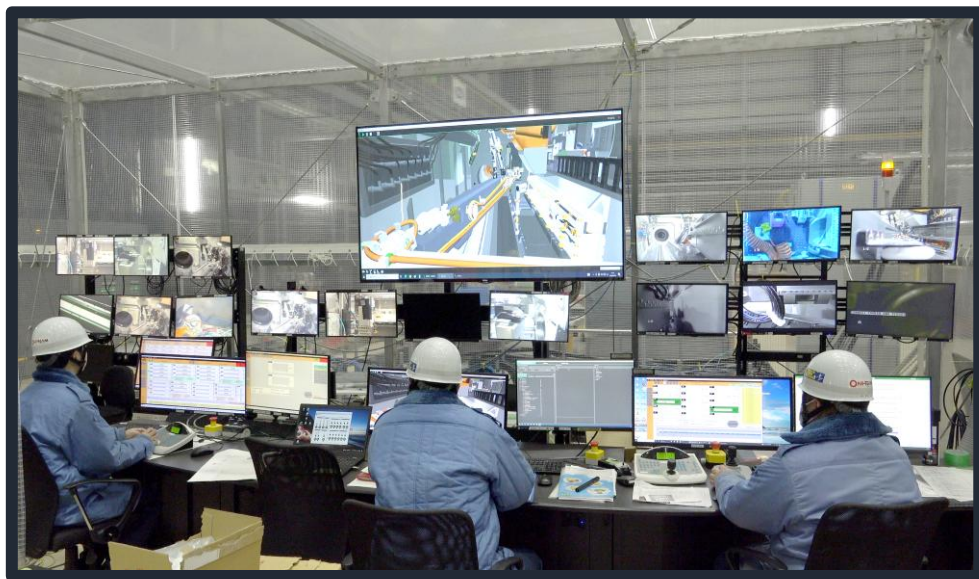
双腕マニピュレータ



参考_ロボットアームの遠隔操作

ロボットアームは、実物大の設備を使った**事前検証に基づく動作プログラム**を用いて操作します。障害物との接触がないことを確認した精度の高い動きをあらかじめ設定しているため、**再現性が高く、安全かつ正確に遠隔作業**を行うことができます。

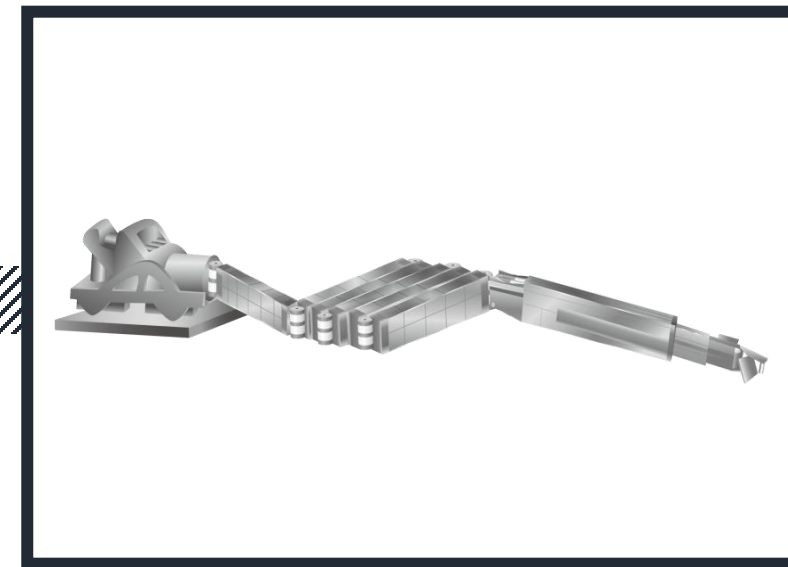
ロボットアーム操作（動作プログラムによる遠隔操作）



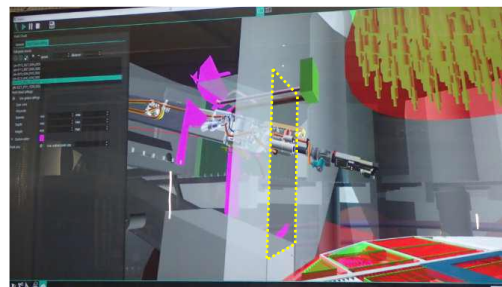
制御システム



ロボットアーム



VR



ロボットアームをPCVペデスタル内に進展させる際には、「カメラからの映像」や「**レーザスキャナにて取得した3次元形状データとアーム関節の軸の位置情報を組み合わせて構築したVR環境**」を確認しながら、動作プログラムを操作します。

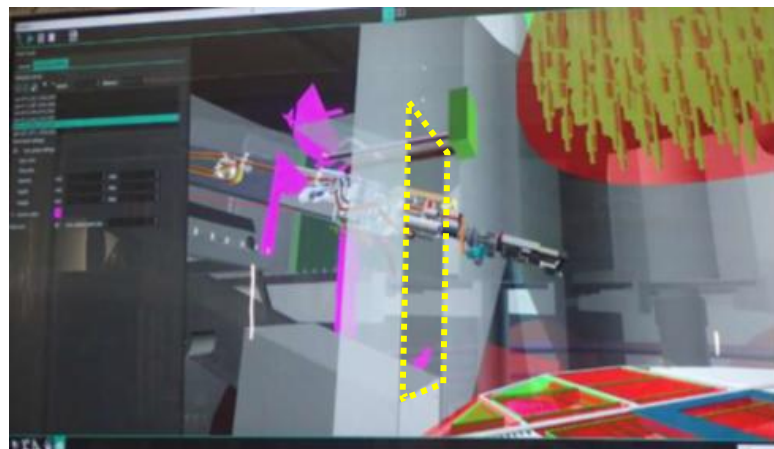


プログラム 読み込み

プログラム
再生

アームの各軸 の関節情報

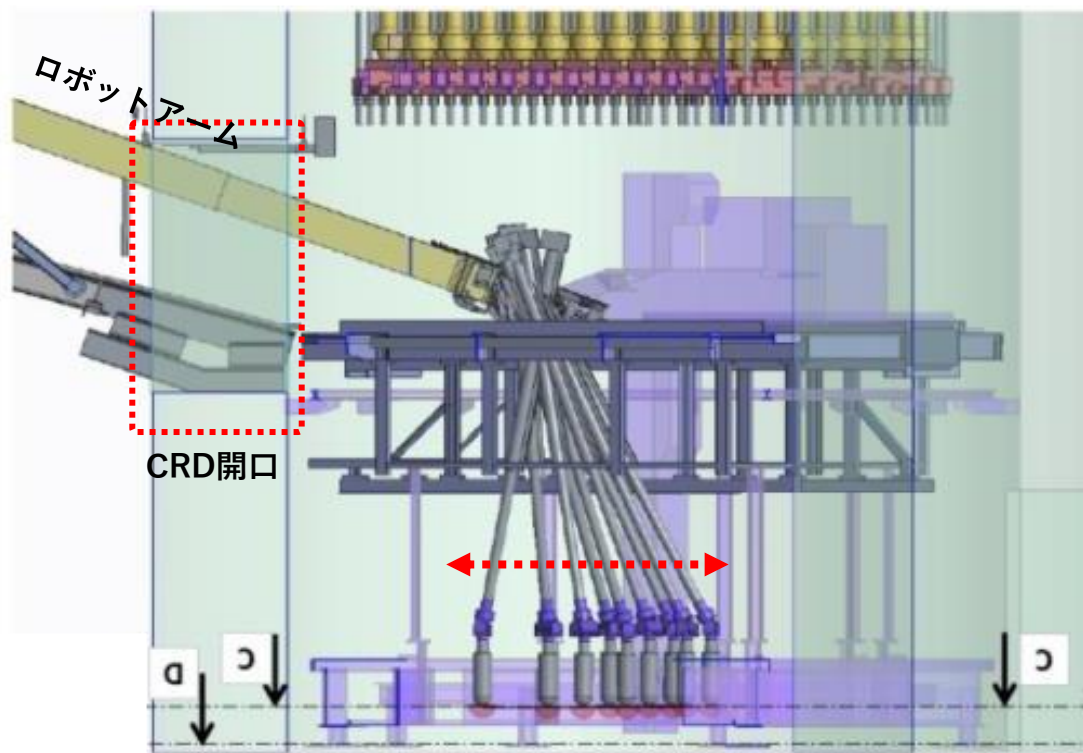
プログラム
画面表示



参考_ロボットアームのアクセス範囲

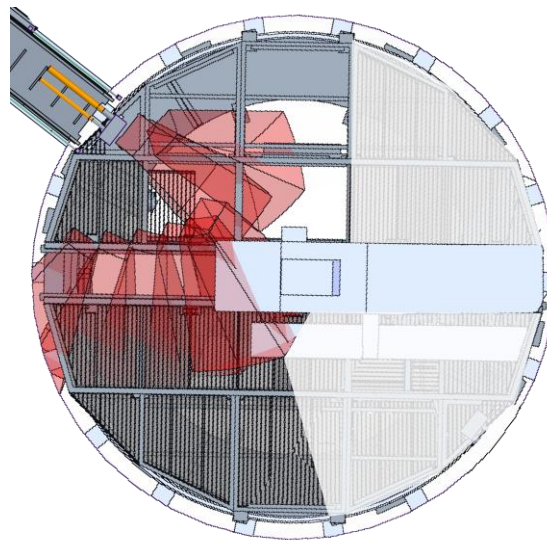
ロボットアームは、テレスコ式装置に比べ、PCV内の**広い範囲にアクセスが可能**です。数種類の先端ツールをワンドに装着し干渉物の除去作業やPCV内部調査を行います。

デブリ採取時



ワンドの操作範囲

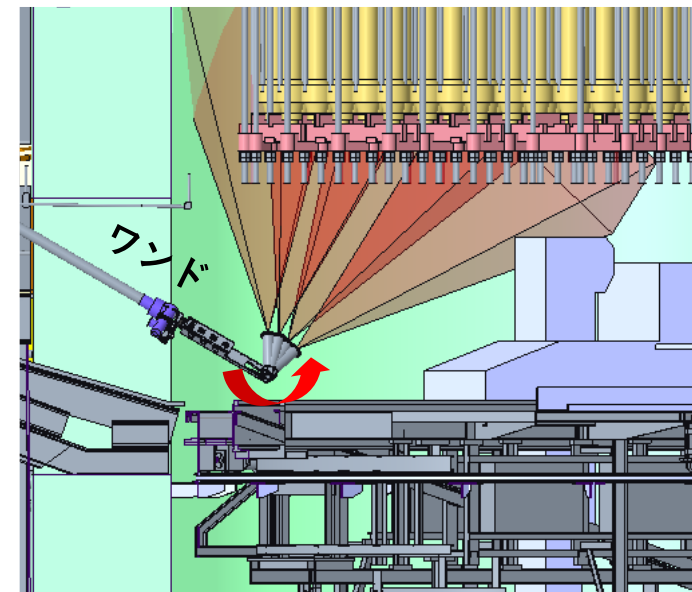
3次元形状データ取得



「ロボットアーム」や「将来的に実施する取り出し装置」の進入のために必要な調査範囲

調査範囲

カメラ調査



原子炉圧力容器下部を調査

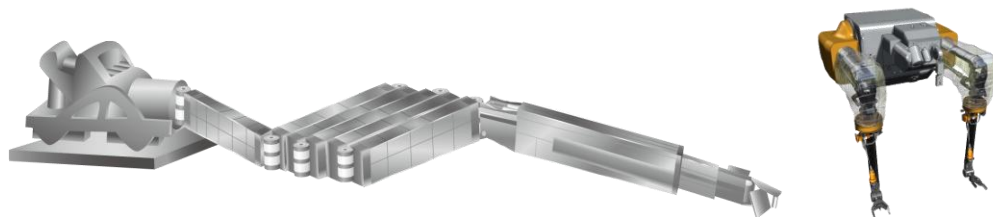
現地作業時の運用方針

参考_現地作業時の運用方針

現地作業への適用に向けてリスク評価を行い、劣化による故障リスクの低減を目的に構成部品のメンテナンスを実施しました。

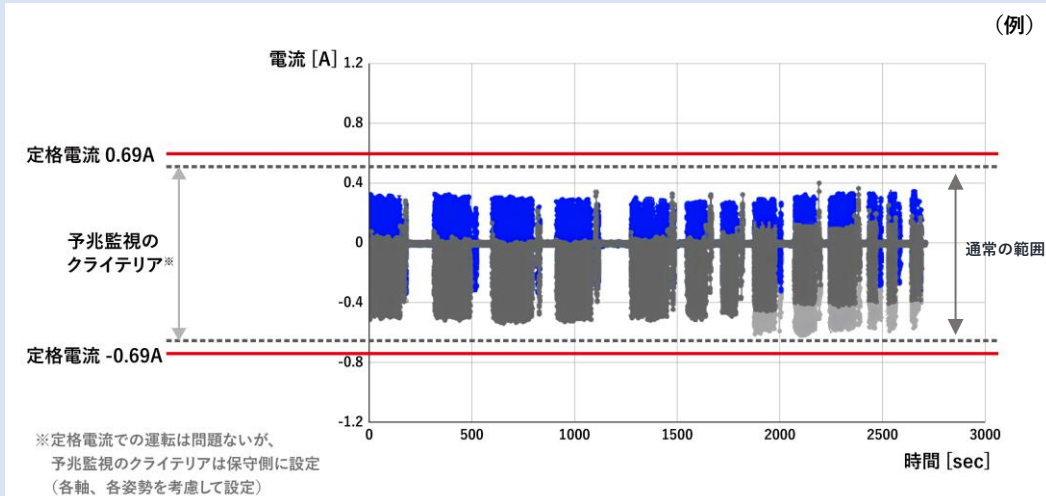
また、**ロボットアームの電動機**の電流値を継続的に監視等し、**故障の前兆となるわずかな変化を早期に感知する「予兆管理」**を導入し、**異常の傾向を検知**することで、**故障発生前**にロボットアームを**エンクロージャ内**に**回収**し動作確認等を行い作業を進める計画です。

■電流値の監視モニター



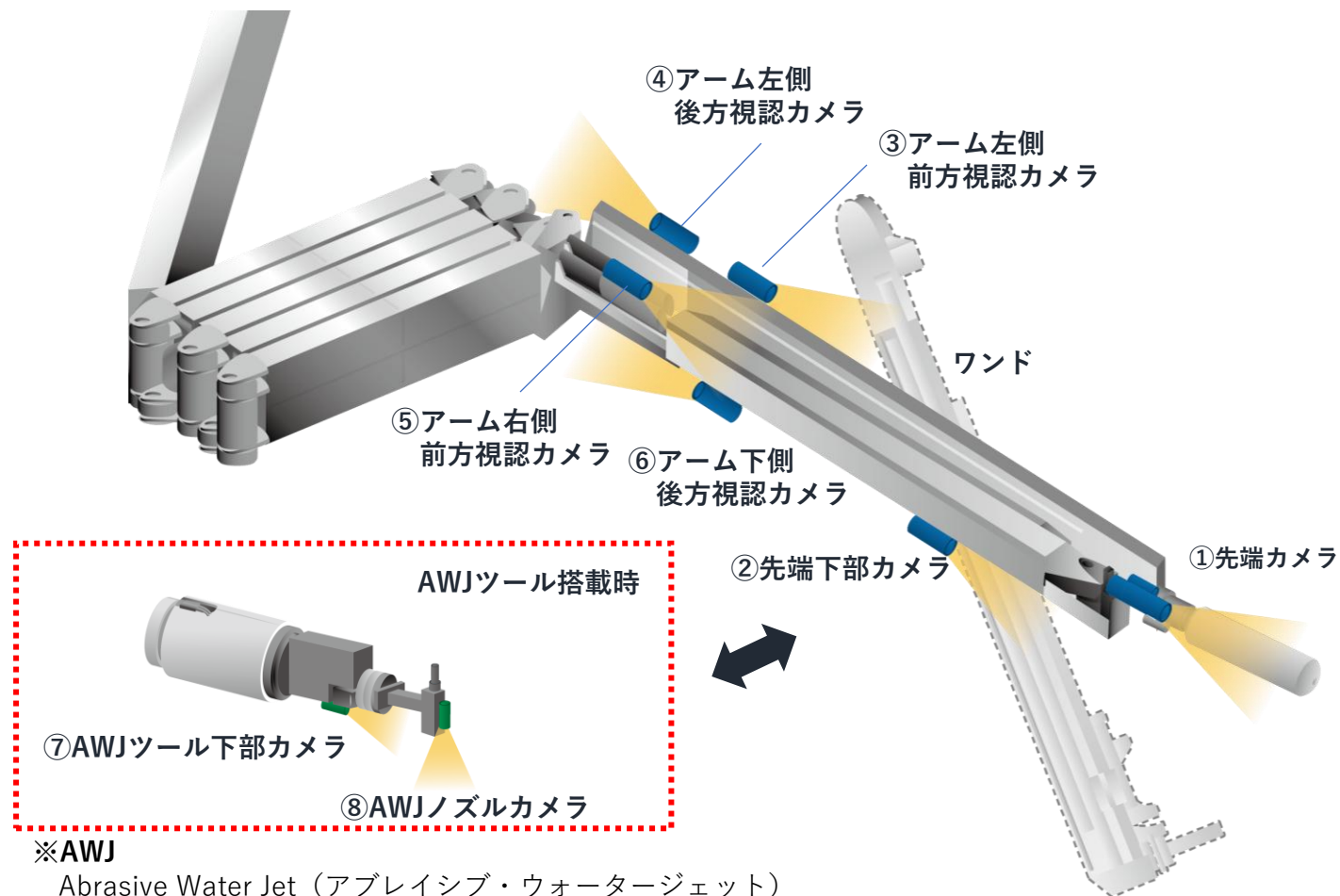
モックアップ運転時のデータを踏まえて

「アーム」や「双腕マニピュレータ」のモータ電流値や線間抵抗値について、予兆監視の判断基準（クライテリア）を設定して異常を検知します。基準に到達した場合は、念のためアーム各部の詳細点検を行います。



参考_カメラについて

メーカー仕様の耐放射線性が確認できない一部のカメラ（②③④⑤）については、**テレスコ式装置**での取り出し作業で**実績のあるカメラに変更**しました。変更したカメラは**照射試験**を行い、メーカー**仕様通りの耐放射線性を確認**しました。しかし、**耐放射線性が現地作業の計画線量よりも低いため、双腕マニピュレータでの遠隔操作により適宜交換**を行い、**オペレーションを継続**していきます。



※AWJ

Abrasive Water Jet（アブレイシブ・ウォータージェット）
研磨材を混ぜた高圧水で対象物を切断・除去する技術

カメラの対放射線性能の確認について

●内部調査・デブリ採取作業の累積線量は
概算で約100kGyと想定。

- ・アクセスルート構築：約10kGy
- ・内部調査・デブリ採取：約90kGy



●変更カメラについては、現場環境に合わせた
照射試験（空間線量率100Gy/h）を実施。
メーカー仕様の耐放射線性50kGy以上を確認。
ただし、累積線量に応じて映像の劣化を確認。



カメラ交換は、状況に応じて
1カ所あたり、**3～4回程度**の**交換**を想定

想定リスクと対策

参考_主な想定リスクと対策の代表例

主な**想定リスク**として、ロボットアームの主要な構成要素であるアーム、ワンド、双腕マニピュレータ、カメラにおける「**故障**」と「**予防策**」
「**故障発生時の対応**」は以下の通りです。

ロボットアームが動作不良となった場合は**エンクロージャへ回収**し、アームの動作確認等の**対応**を実施します。

■主な想定リスクと対策の代表例

故障	予防策	故障発生時の対応
アーム関節部の電動機が故障	● 部品の交換等のメンテナンスを行い、組立後は動作確認を実施 ● 現地作業時は予兆管理を行い不具合の早期検知を行う ● 作業体制を見直し、日毎の作業時間を拡大することでPCV内滞在時間を低減（累積線量を低減） ● アーム動作不良時の回収方法、マニピュレータ交換方法の検証実施 ● PCV内に滞在する際は、万一の場合の回収を容易にするためPCV内でアームを真っすぐに伸ばした状態で待機	現地で遠隔交換不可の部品についてメンテナンスを実施しリスクを低減
アーム先端部（ワンド）の電動機が故障		予兆管理で検知した状況に応じて対応
マニピュレータ制御の通信エラー		アームが動作不良となった場合は回収し、動作や制御系の確認等の対応を行う
マニピュレータの電動機の故障		アーム先端部が動作不良となった場合は先端部の切り離しを行い、アームを回収（調査の続行は不可）
アームの動作不良+マニピュレータ故障		マニピュレータ制御系のエラー状況を確認し、リセット装置または電源On-Off実施
アーム搭載カメラの映像が映らない	● 事前に照射試験を行い、耐放射線性の実力値を確認	マニピュレータの交換を検討
	● カメラ映像停止時の回収方法の検証	
	● カメラ予備品の確保	アーム回収不可及びマニピュレータの遠隔操作不可の場合、アームを切断し回収を検討（長期間必要）
		確実なオペレーションが困難と判断した場合、アームをエンクロージャに回収し、カメラを交換
		アーム搭載カメラが前代停止した場合でもエンクロージャへ回収できることを確認

参考_想定リスクと対策の例

アームが**動作不良**となった場合は、エンクロージャ内に**回収**し、動作や制御系の確認等の対応を行います。

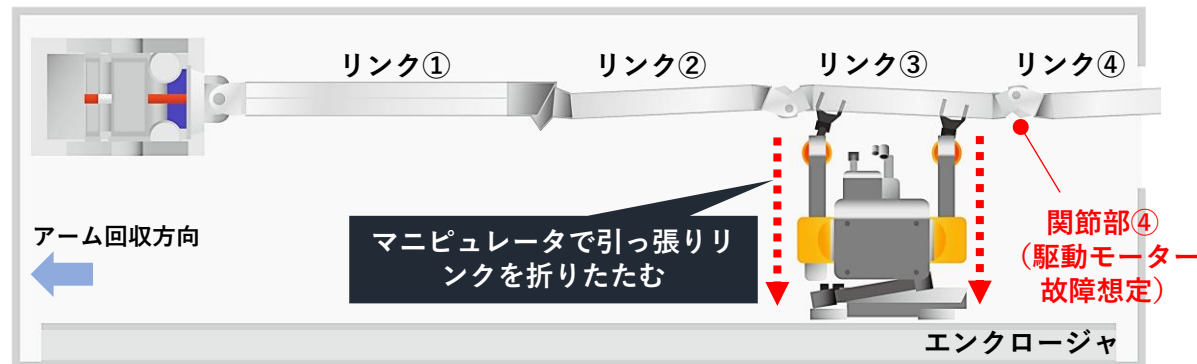
▼内部調査中のアームの駆動部(モータ)の故障を想定し、アームの強制引き抜き(非常時回収)試験を実施

キャリッジ部(前後駆動モータ)故障を想定した非常時回収試験



- ・双腕マニピュレータにより電動工具を使用して故障モータを強制駆動しキャリッジ部を後退させてアームを回収
- ・エンクロージャ内への**アーム回収が可能な見込みが得られたことを確認**

リンク部(関節部④軸駆動モータ)故障を想定した非常時回収試験



- ・関節部④のクラッチを遠隔操作で解除し、関節部④以外の健全な軸の遠隔操作及び双腕マニピュレータによるリンク部の引き込み（折りたたみ）によりエンクロージャ内への**アーム回収が可能な見込みが得られたことを確認**

参考_想定リスクと対策

テレスコ式装置のパイプ順番間違いの**教訓**を踏まえ、本調査の準備段階となる**装置の運搬据付作業のモックアップ**を行い作業員の**習熟訓練**を実施しています。



エンクロージャの搬送



付帯設備の搬送



ケーブルラックの設置



ケーブルの敷設