

敦賀廃止措置セミナー

文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業
「福島第一原子力発電所の燃料デブリ分析・廃炉技術に関わる研究・人材育成」研究成果報告会

国際廃炉研究開発機構(IRID)における 1F廃炉技術開発の状況

令和元年9月10日

国際廃炉研究開発機構 (IRID)
奥住直明

この成果は、経済産業省/廃炉汚染水対策事業費補助金の活用により得られたものです。

無断複製・転載禁止 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

目 次

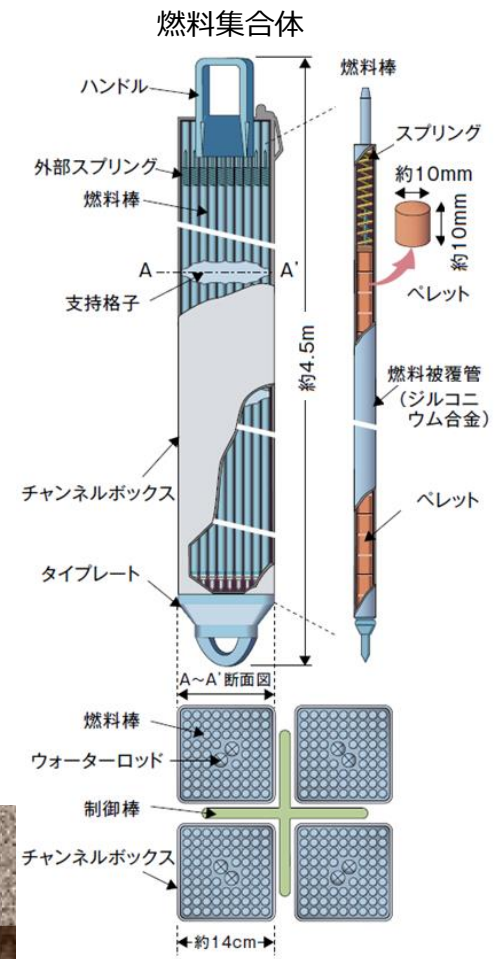
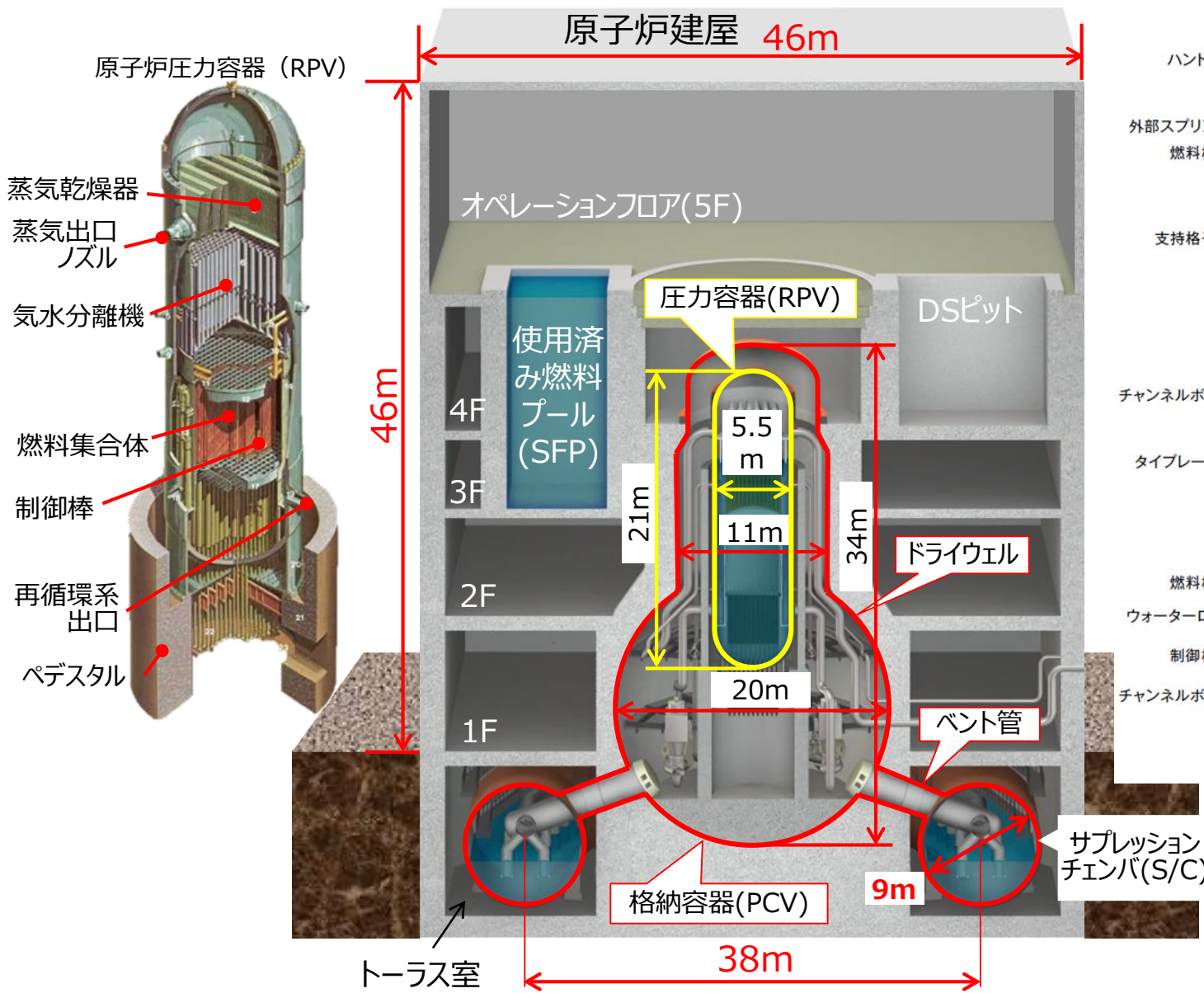
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. 燃料デブリ取り出し技術開発

目 次

1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. 燃料デブリ取り出し技術開発

IRID紹介ビデオ

沸騰水型原子力発電所の構造



(注) 図中の寸法は 2 / 3号機の例。

1. プール燃料取り出しに係る研究開発

使用済燃料プールから取出した燃料集合体の長期健全性評価 2016.3終了

2. 燃料デブリ取り出しに係る研究開発

除染・線量低減技術

R/B内の
遠隔除染
技術

2016.3終了

<安定状態の確保>

RPV/PCVの
腐食抑制
技術

2017.3終了

RPV/PCVの
耐震性評価
手法

2018.3終了

燃料デブリ取り出し技術

燃料デブリ・
炉内構造物取出
臨界管理
技術

2019.3終了

燃料デブリ・
炉内構造物取出
基盤技術

2019.3終了

<デブリ取り出し>

燃料デブリ・
炉内構造物取出
基盤技術
**小型中性子
検出器**

2018.9終了

環境整備技術

PCV
漏えい箇所の
補修・止水
技術

2018.3終了

PCV内
水循環
技術

PCV
漏えい箇所の
補修技術の
実規模試験

2018.3終了

PCV内
水循環技術
実規模試験

内部調査・分析技術

<間接的調査>

RPV内
**燃料デブ
リ検知**
技術

2016.7終了

総合的な
**炉内状況
把握**
の高度化

2018.3終了

<直接的調査>

PCV
内部調査
技術

2018.3終了

PCV
詳細調査
技術

2019.3終了

PCV詳細調査
X-6thネ
実証

PCV詳細調査
堆積物
実証

RPV
内部調査
技術

燃料デブリ
サンプリング
技術

燃料
デブリ性状
把握・分析

固体廃棄物の
先行的処理手法
技術

2019.3終了

固体廃棄物の
処理・処分
技術

燃料デブリ・
炉内構造物
取出技術
開発

燃料デブリ・
炉内構造物取出
ダスト集塵
システム

燃料デブリ
収納・移送
・**保管**技術

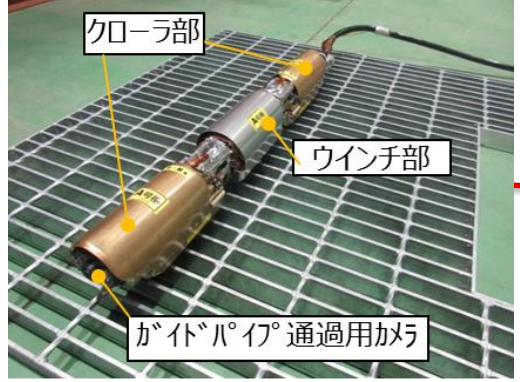
目 次

1. はじめに
2. **原子炉格納容器内部調査技術開発**
 - (1)既に終了した調査**
 - (2)今後計画している調査
3. 燃料デブリ取り出し技術開発

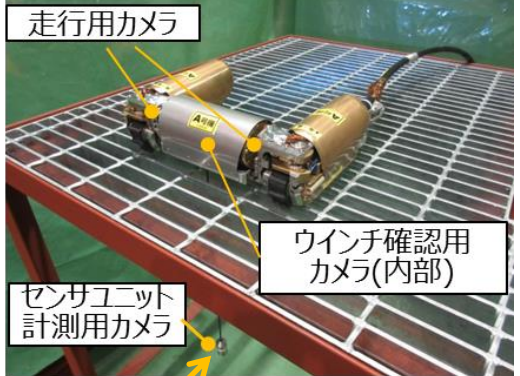
原子炉格納容器内部のロボット等による調査

ペDESTル外側の調査 (1号機)

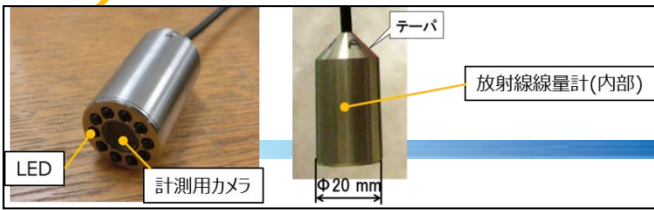
○形状変化型ロボット (B2調査)



I型(ガイドパイプ通過時)
 ↓変形
 ↓

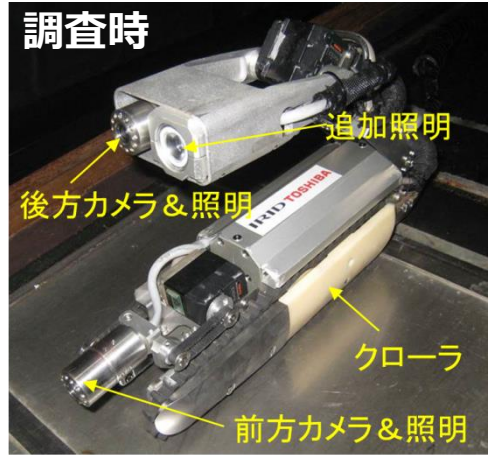
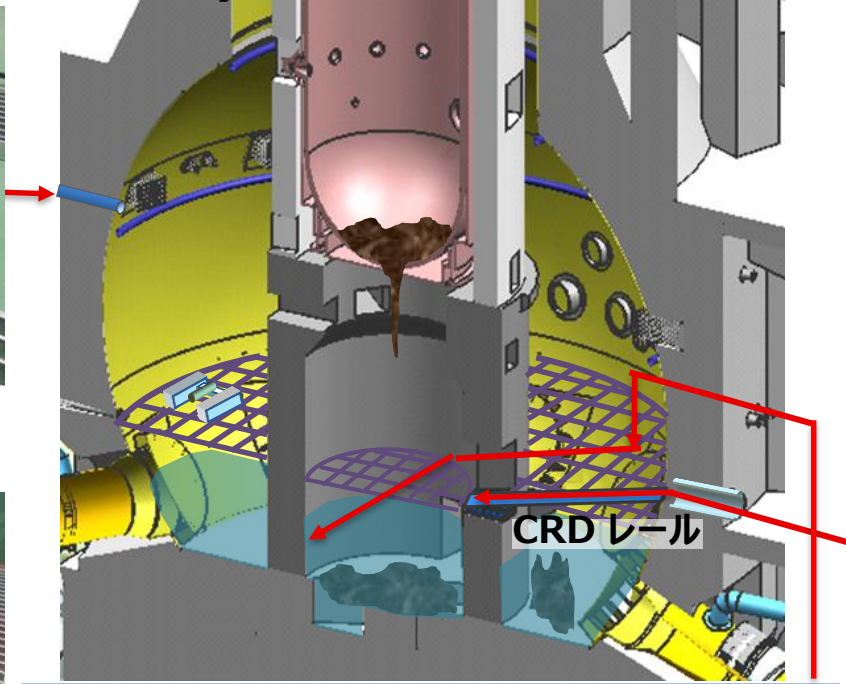


コ型(平面走行時)



ペDESTル内側の調査 (2号機)

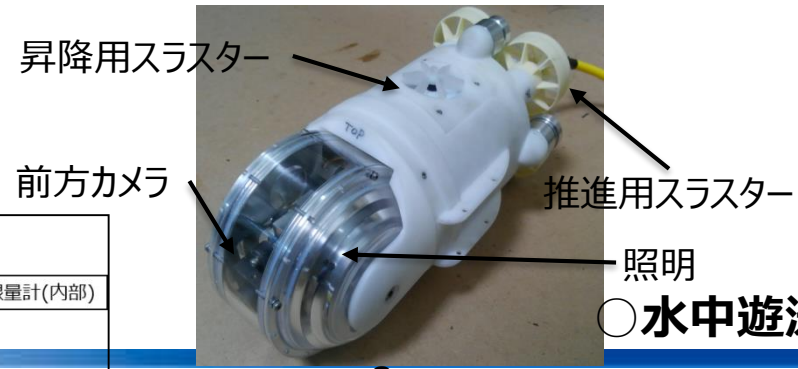
○クローラ型遠隔調査ロボット (A2調査)



○釣りざお型調査装置 (A2'調査)



ペDESTル内側の調査 (3号機)



○水中遊泳型ロボット

1号機 ペDESTAL外調査(2017.3)

3/18 (土)

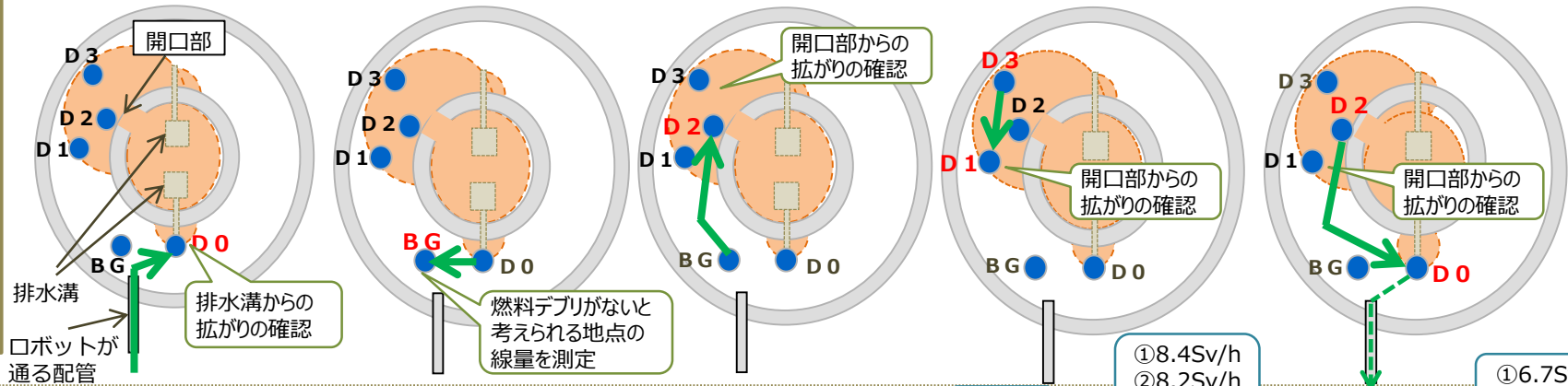
3/19 (日)

3/20 (月)

3/21 (火)

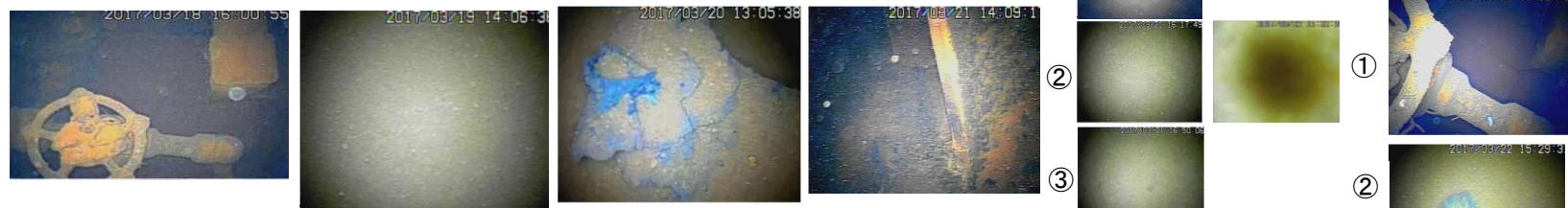
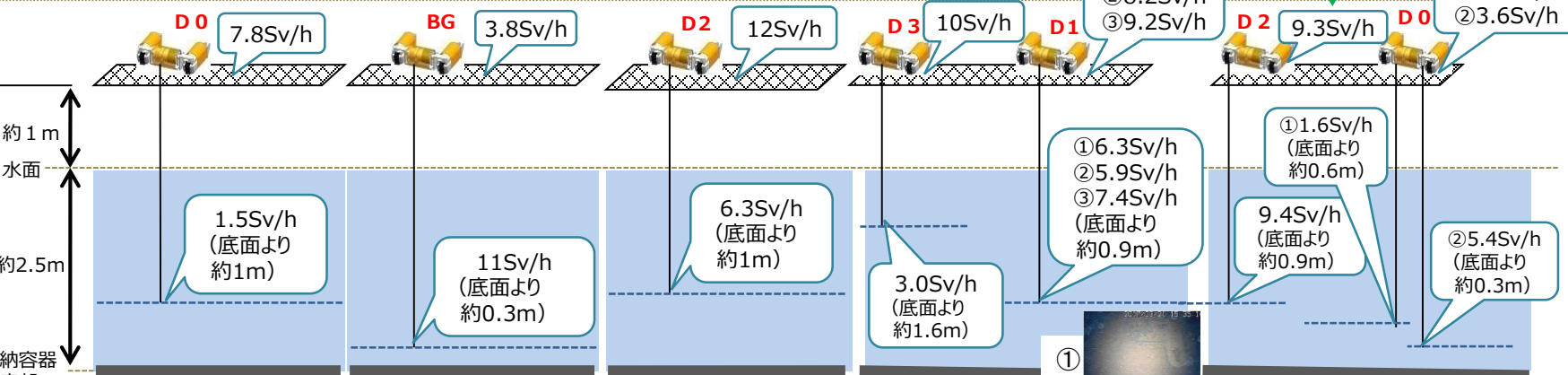
3/22 (水)

調査地点と調査の狙い
(平面図)



1階↑
地下階↓

調査結果 (断面図)



● 調査ポイント ← 調査経路 ○ 燃料デブリの拡がりイメージ (シミュレーションの一例)

※調査中の敷地境界における線量は、約0.5~2μSv/hで変化なく、周辺環境への影響は生じていない。
 ※放射線量・底面からの距離は、今後評価予定。
 ※1階部分の放射線量は前回(2015年4月)の測定値(4.1~9.7Sv/h)と同程度

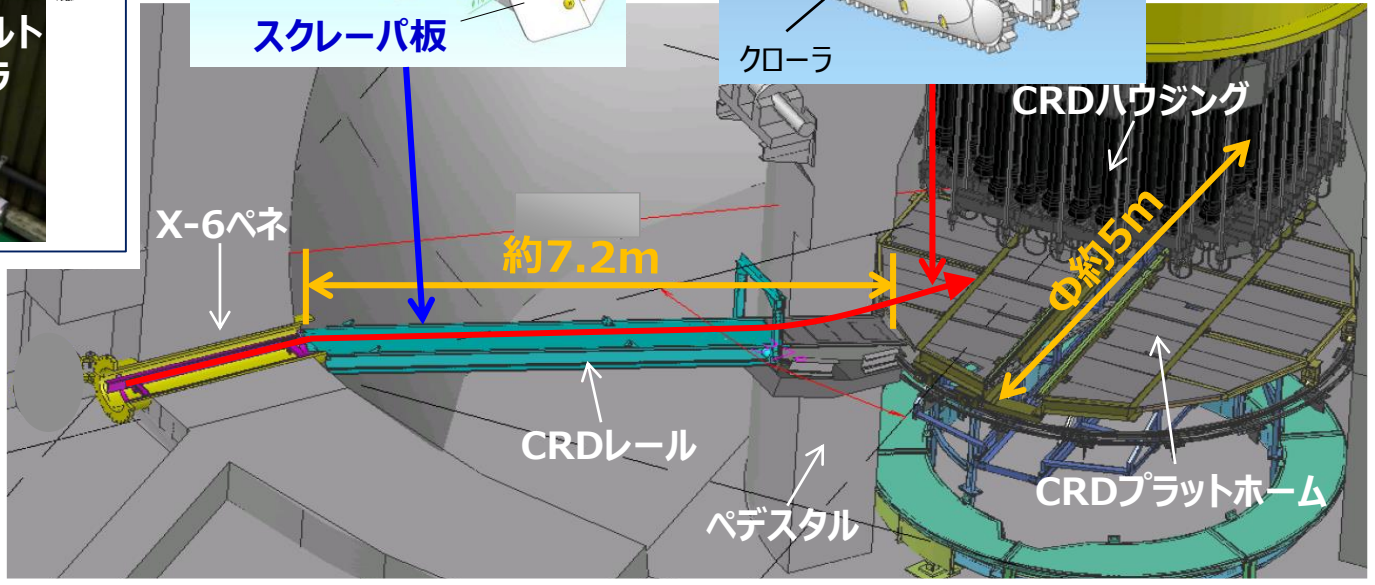
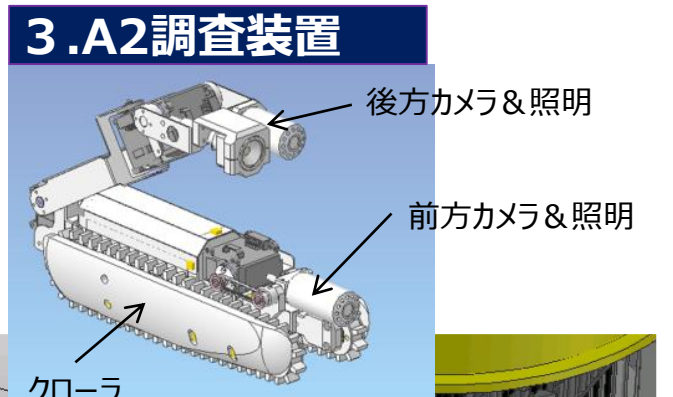
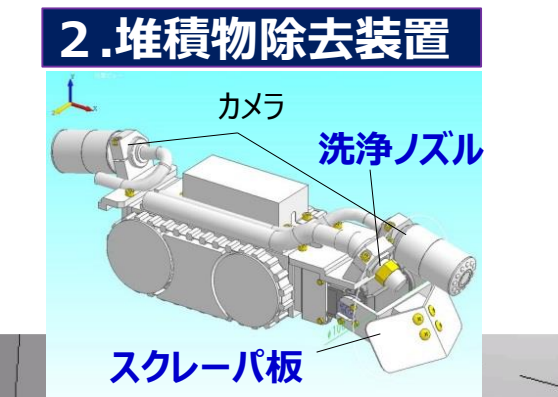
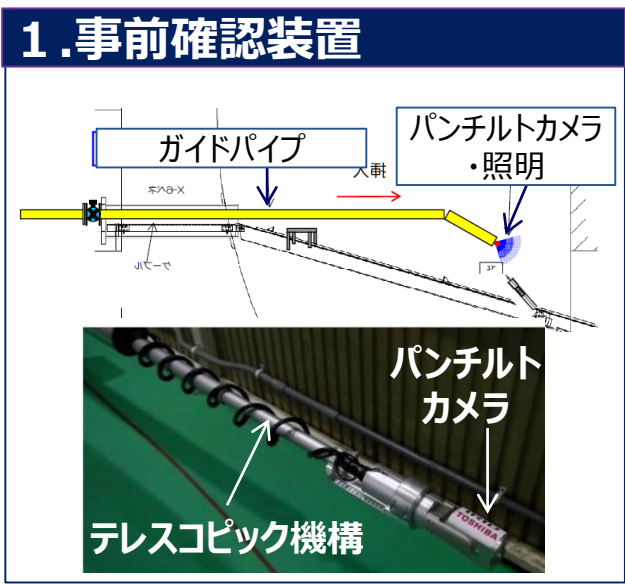
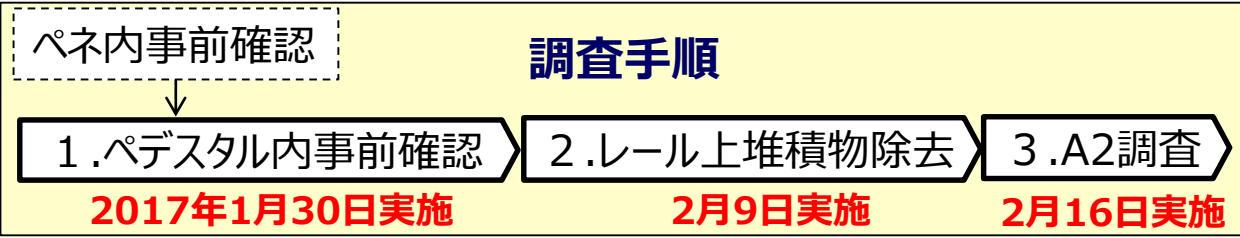
2号機 ペDESTAL内上部調査(A2調査 2017.1~2)

【調査方法】

- カメラによる撮影

【実施時期】

- 2017年1~2月



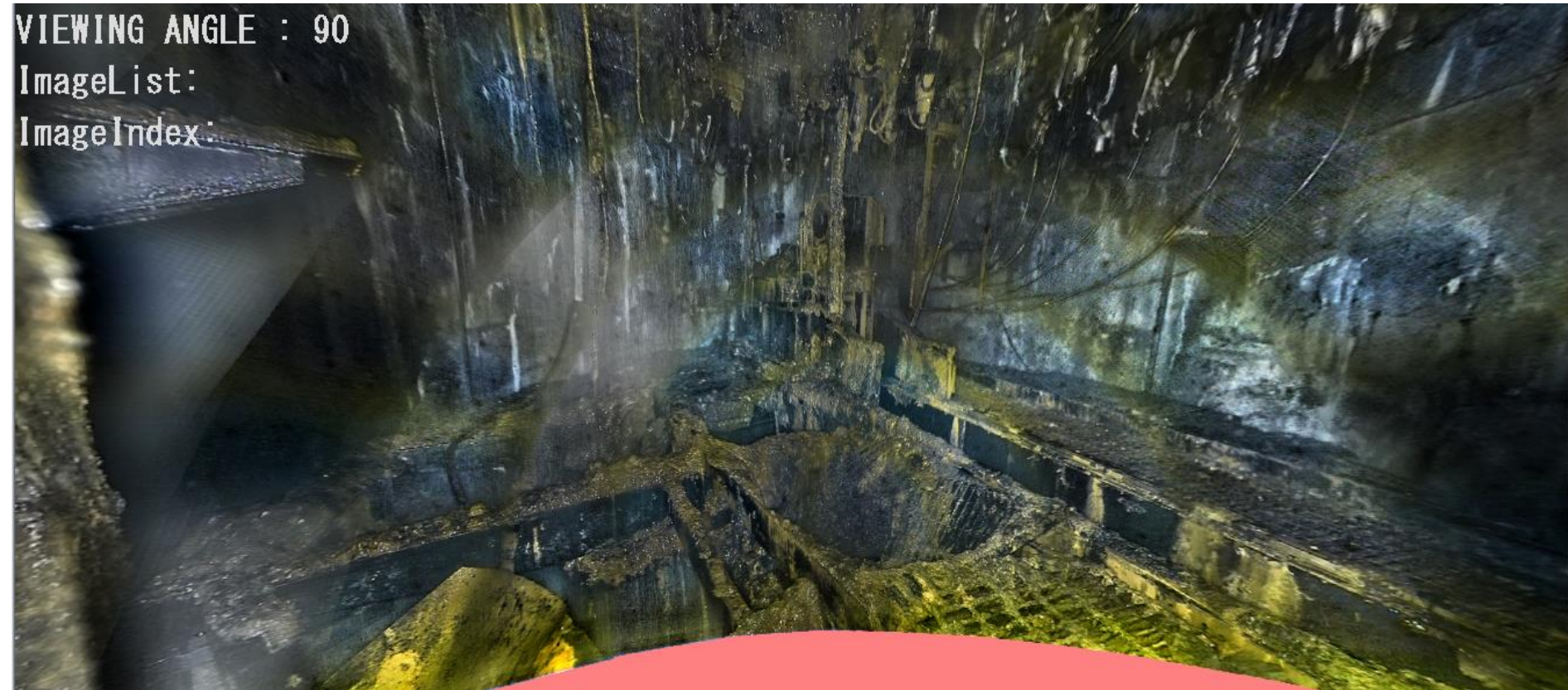
2号機 ペデスタル内上部調査(A2調査 2017.1~2)

ペデスタル内 上部 (画像処理後)

VIEWING ANGLE : 90

ImageList:

ImageIndex:



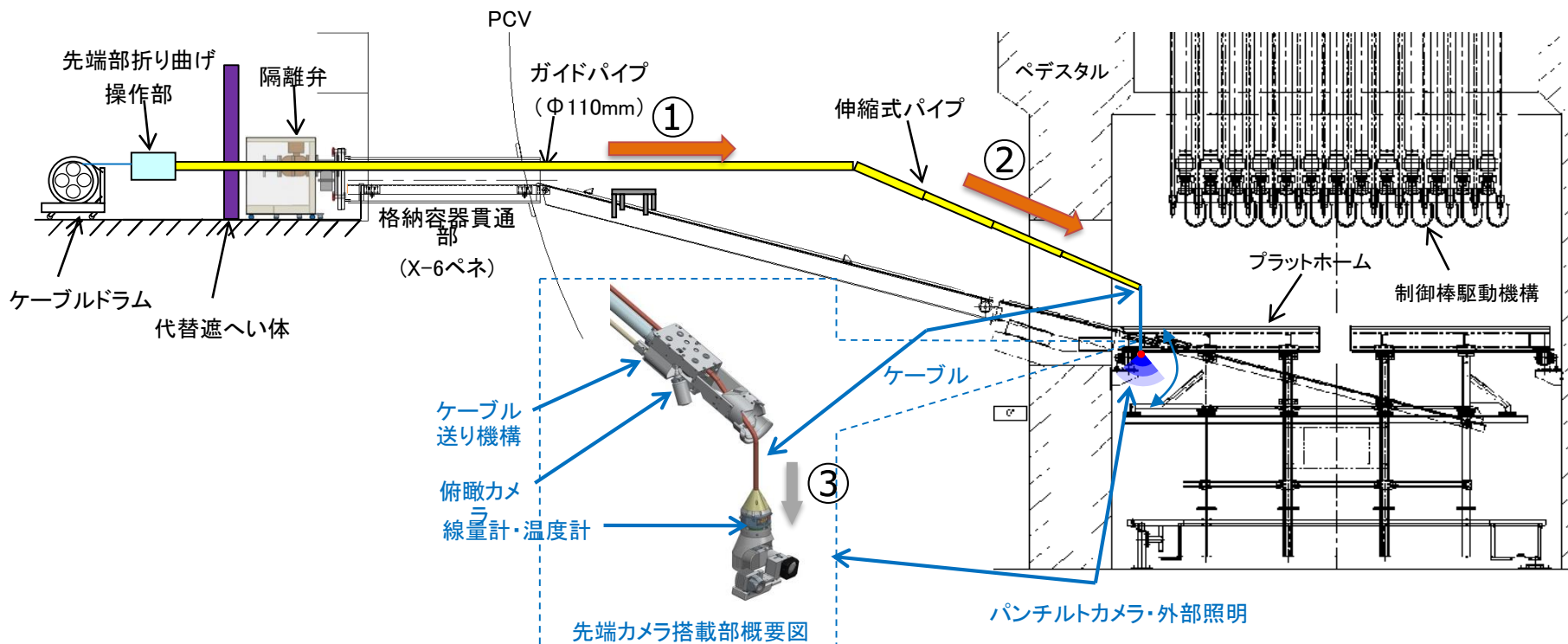
2号機 ペDESTAL内下部調査(A2'調査 2018.1)

■調査内容

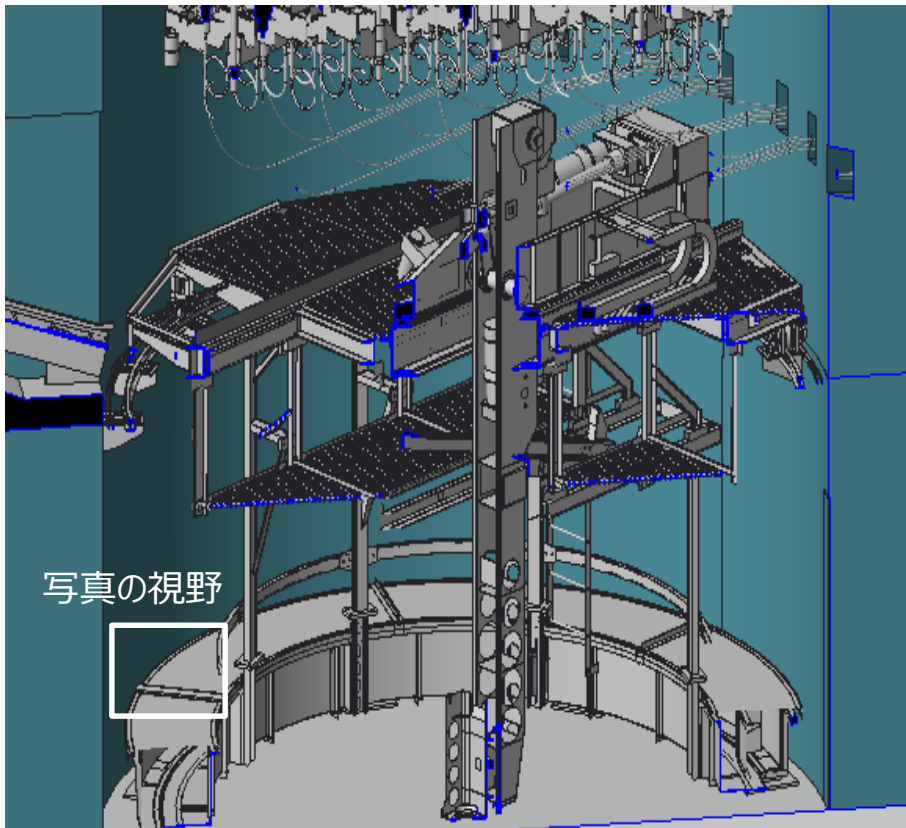
プラットホーム下の状況確認

■調査手順

- ①ガイドパイプ挿入 ⇒
- ②伸縮式パイプ伸展 ⇒
- ③パンチルトカメラ吊降し ⇒
- ④調査



2号機 ペDESTAL内下部調査(A2'調査 2018.1)

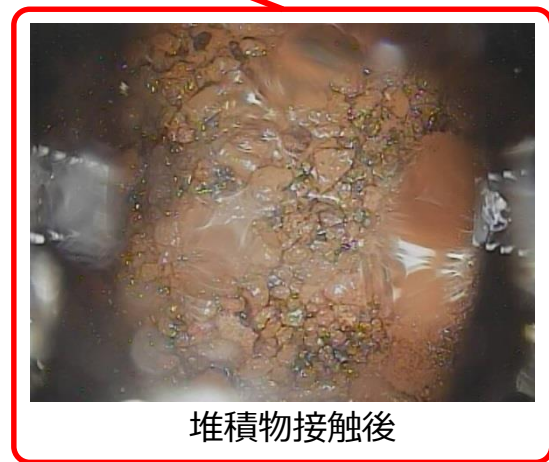
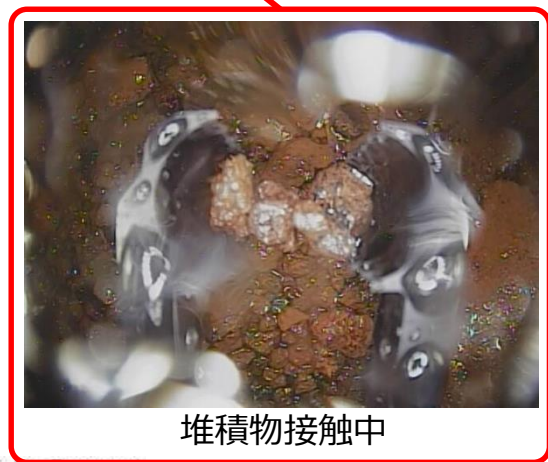
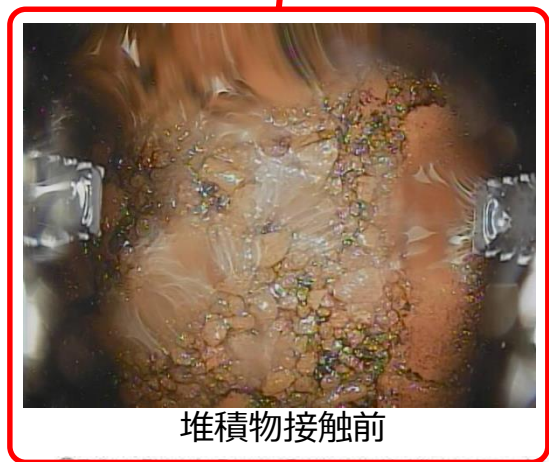
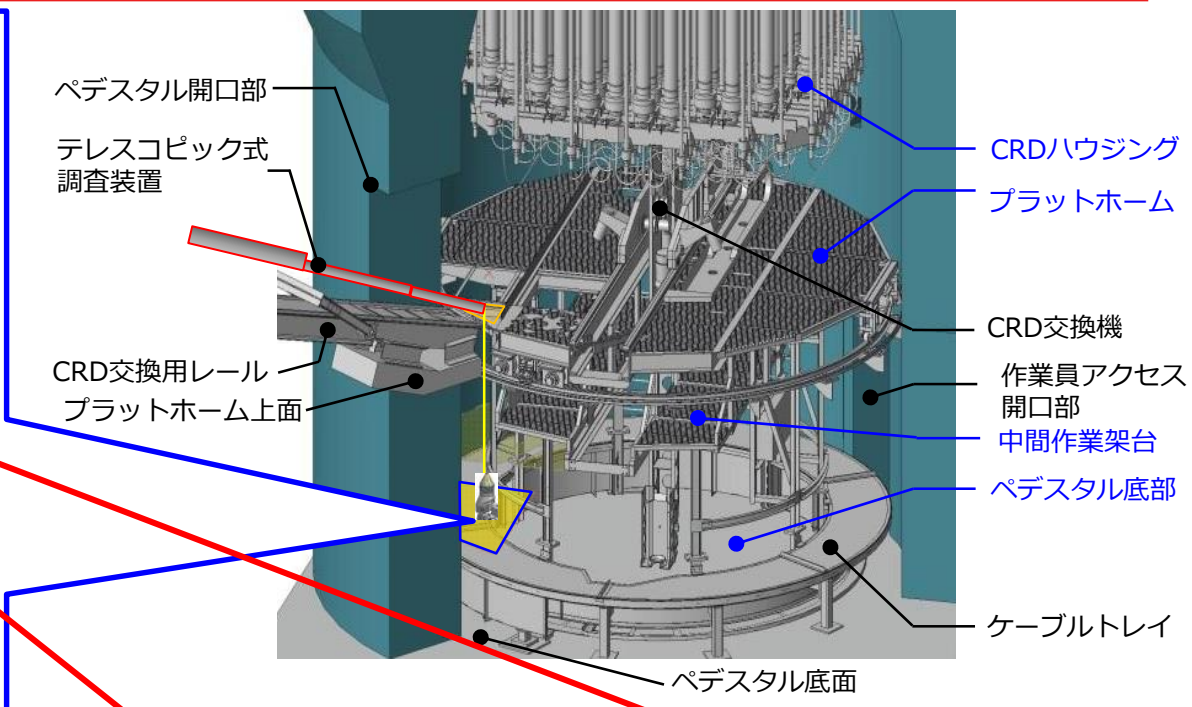


2号機格納容器内底部
(鳥瞰イメージ)

画像：2号機格納容器内底部,
ペDESTAL内 内壁付近



2号機 ペDESTAL内下部調査(A2"調査 2019.2)TEPCO



3号機格納容器内調査 水中ROV



昇降用スラスタ

推進用スラスタ

中性浮力ケーブル

項目	仕様
外形寸法	外径：φ125mm 全長：約300mm
重量	約2000g（気中）
耐放射線性	200Gy

前方カメラ

照明

後方カメラ

照明



3号機 格納容器内調査結果

2. 調査結果

2.3. ペDESTAL内下部



作業員アクセス開口部
180°
プラットフォーム
フレーム
撮影エリアC1
撮影エリアC5
撮影エリアC3
撮影エリアC4
撮影エリアC2
90°
0°

撮影エリアC1
＜カメラ向き：下方＞
堆積物 (小石状)

グレーチング
落下物
堆積物 (砂状)

撮影エリアC2
＜カメラ向き：水平＞

塊状の堆積物
撮影エリアC3
＜カメラ向き：上方＞

塊状の堆積物
撮影エリアC4
＜カメラ向き：下方＞

旋回レールブラケット
堆積物
作業員アクセス開口部の方向

■ 砂状、小石状や塊状の堆積物を確認
■ 作業員アクセス開口部は視認できなかった (近傍に堆積物を確認)

株式会社
画像提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID)
11

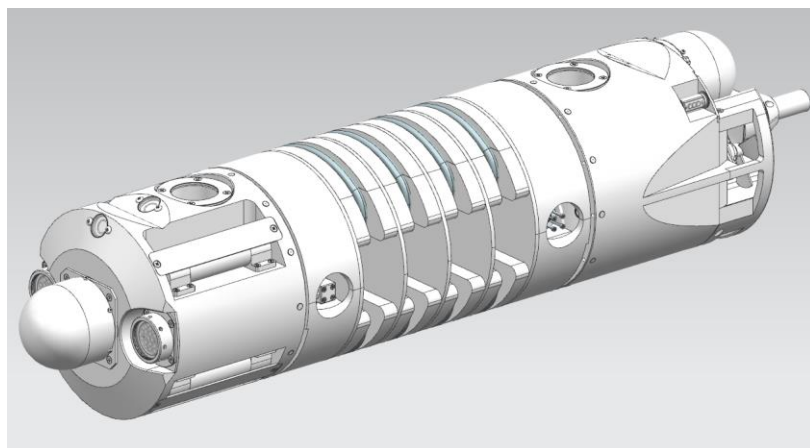
「3号機原子炉格納容器内部調査について(2017年11月30日 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議(第48回)報告資料)」より抜粋

目 次

1. はじめに
2. **原子炉格納容器内部調査技術開発**
 - (1) 既に終了した調査
 - (2) 今後計画している調査**
3. 燃料デブリ取り出し技術開発

ボート型アクセス装置

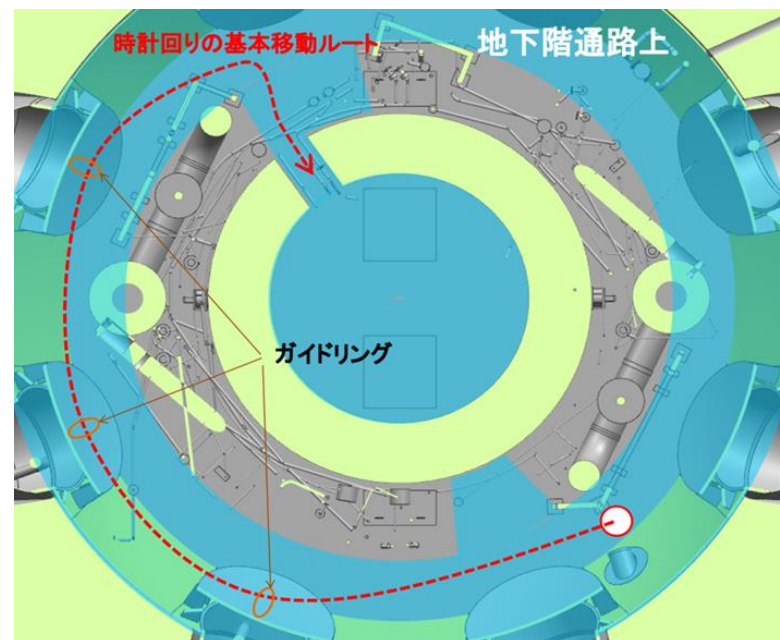
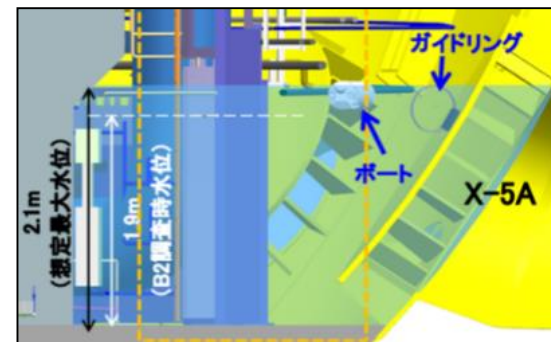
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



ガイドリング取付用の例

- 直径: $\phi 25\text{cm}$
- 長さ: 約1.1m
- 推力: 25N以上

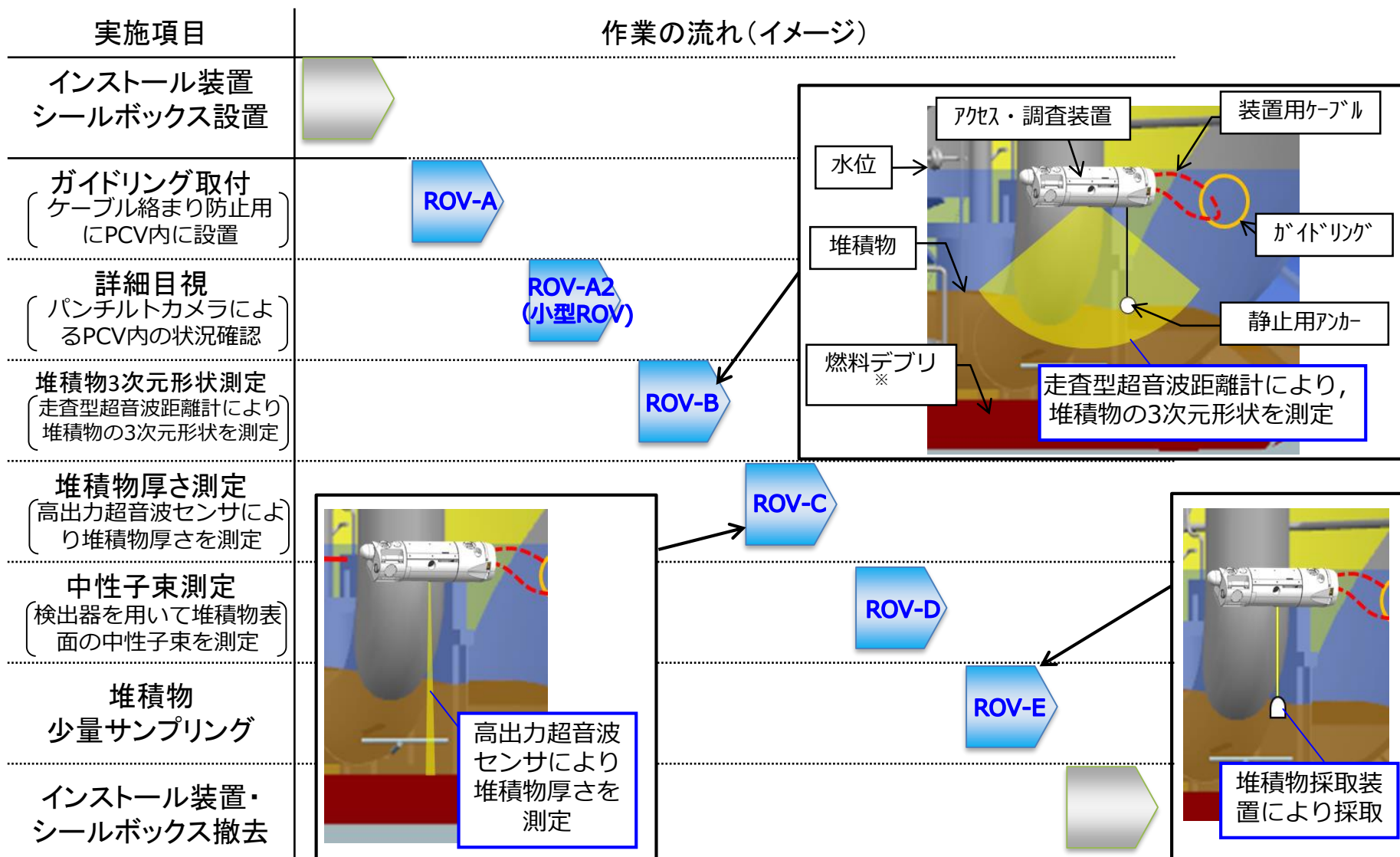
ボート型アクセス装置外観



ボート型アクセス装置の動線

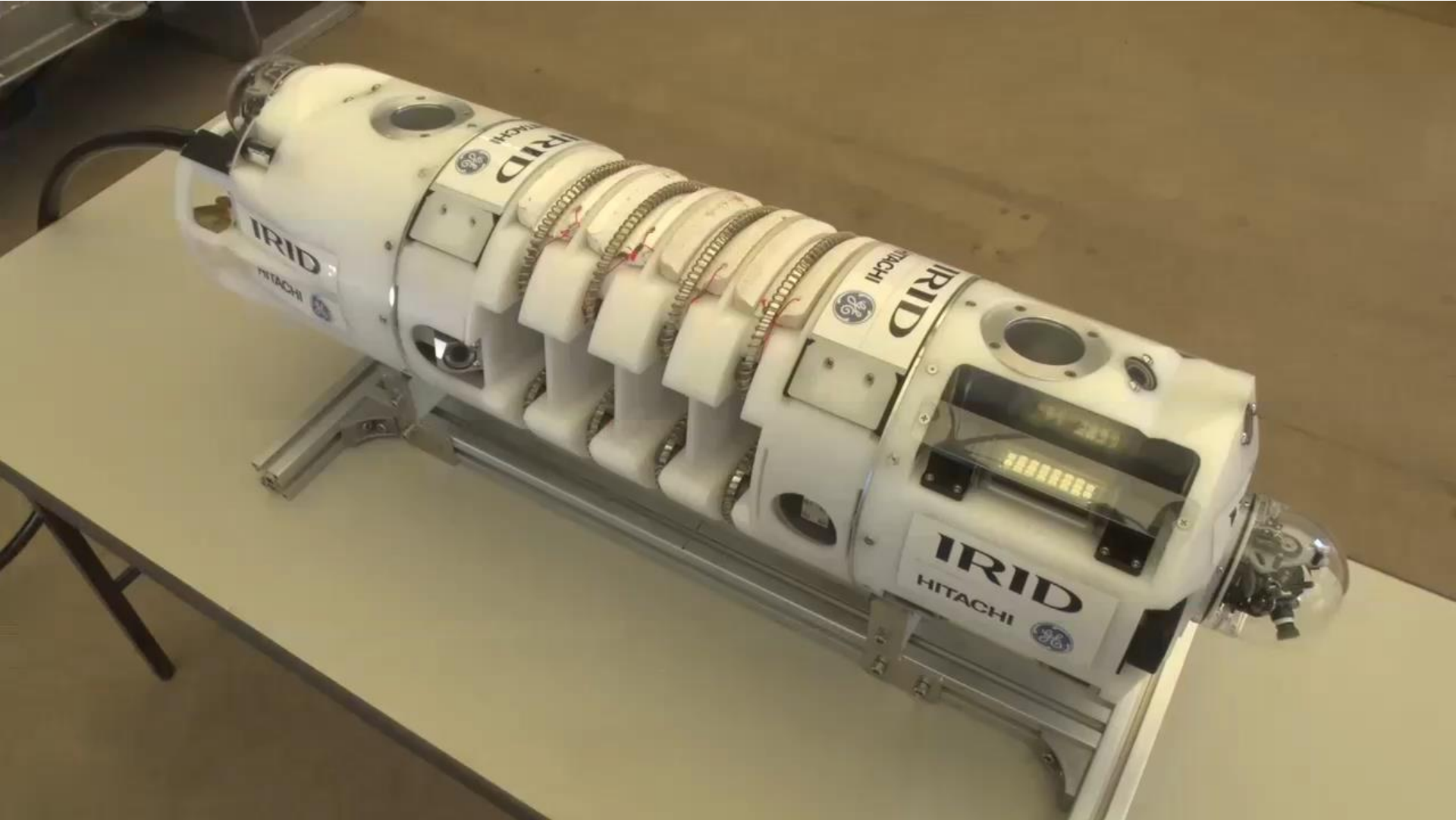
1号機：ボート型アクセス装置(X-2ペネからのPCV内部調査)

■ 潜水機能付ボート型アクセス・調査装置については、機能毎に6種類準備する予定。



※：堆積物の厚さや燃料デブリの有無及び厚さは未知だが、説明のためイメージとして記載

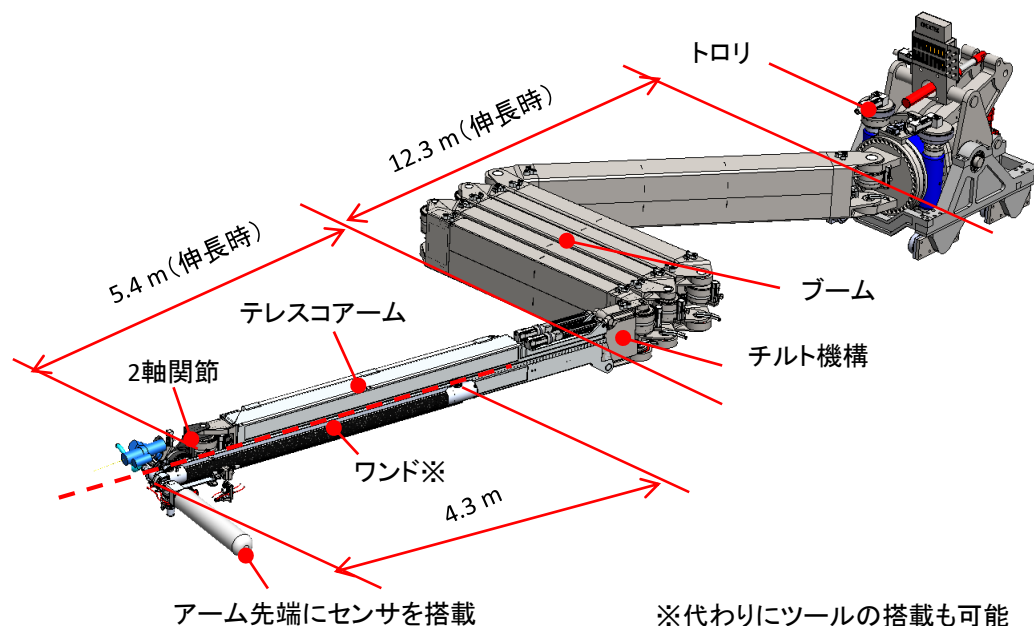
1号機：ボート型アクセス装置



アーム型アクセス装置

■ 制御棒駆動機構メンテナンス用の格納容器貫通部（X-6ペネ）を通じて広範囲にアクセス可能なアーム型アクセス装置を製作中

- アーム全長約22 m
- 10 kgまでの調査装置を搭載可能



アーム型アクセス装置

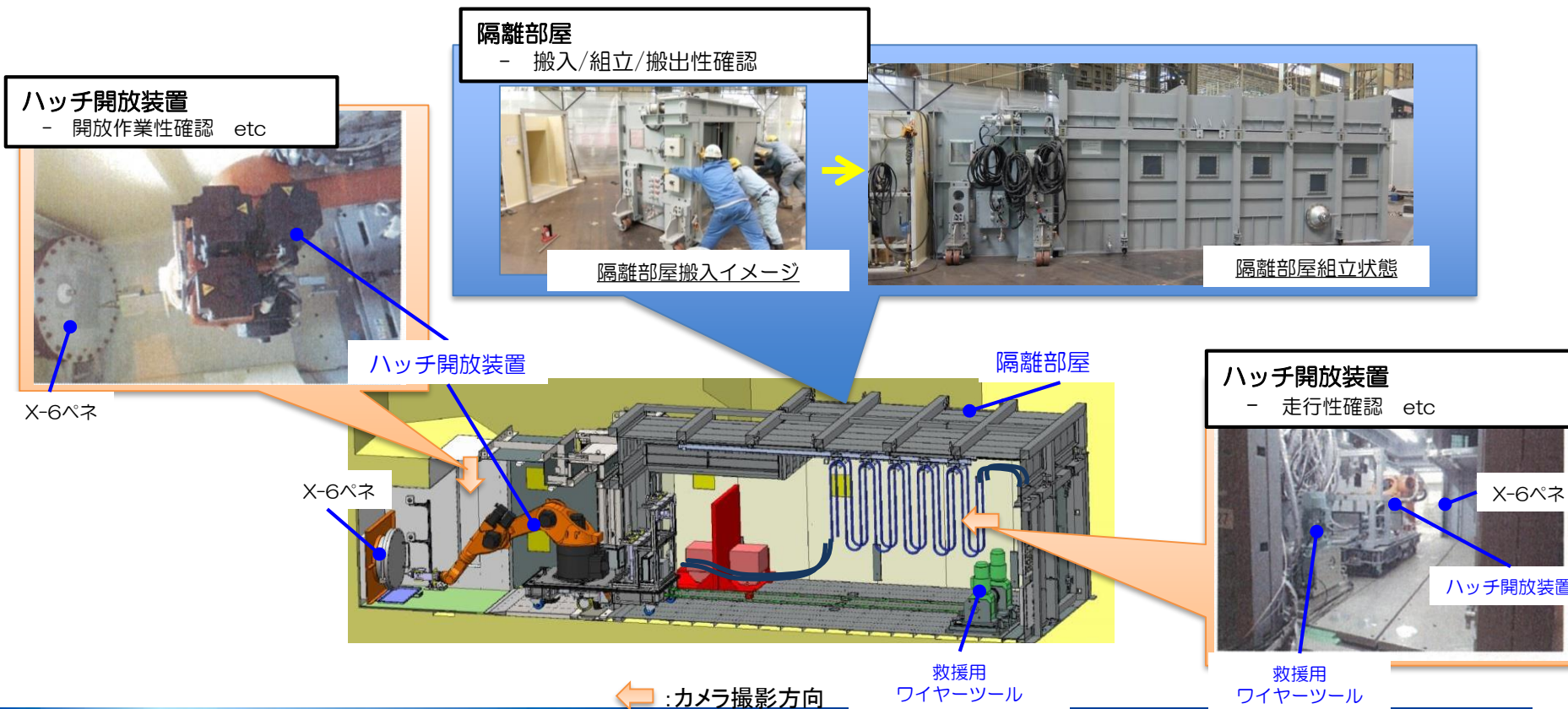
格納容器貫通部ハッチ開放

■ 格納容器貫通部（X-6ペネ）の開放

アーム型アクセス装置を投入するX-6ペネの開放技術を開発中

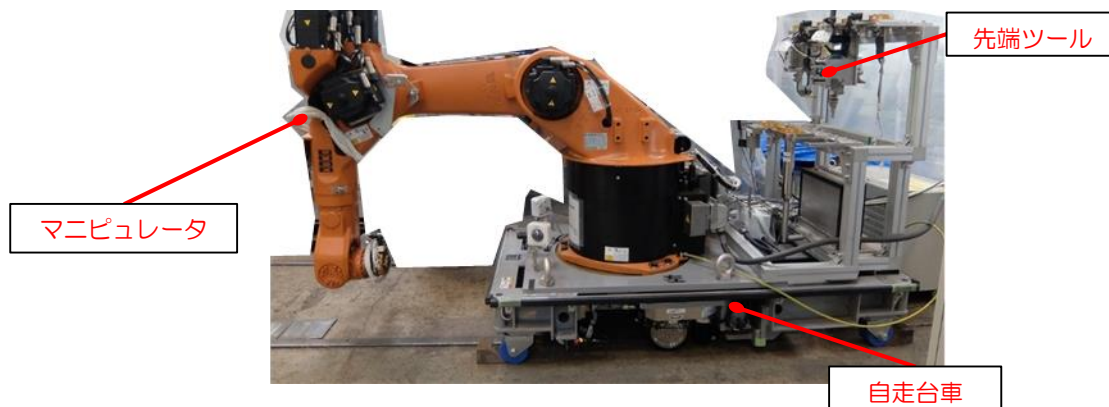
✓ ハッチ開放時の閉じ込め機能

✓ 遠隔でのハッチ開放

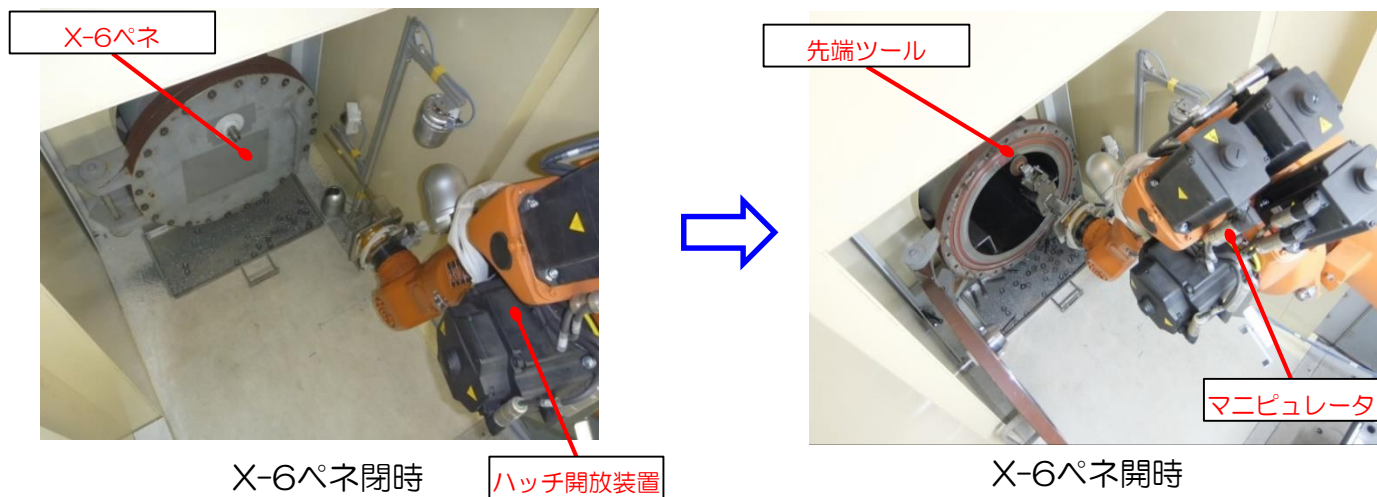


ハッチ開放装置

■ ハッチ開放装置の外観



■ ハッチ開放装置 X-6ペネ開放前後の外観

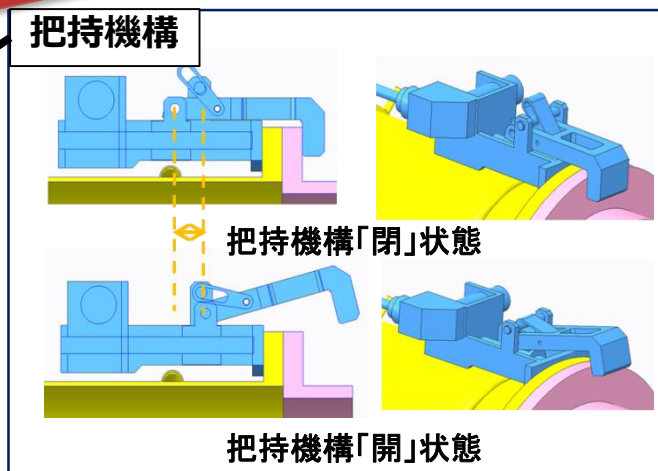
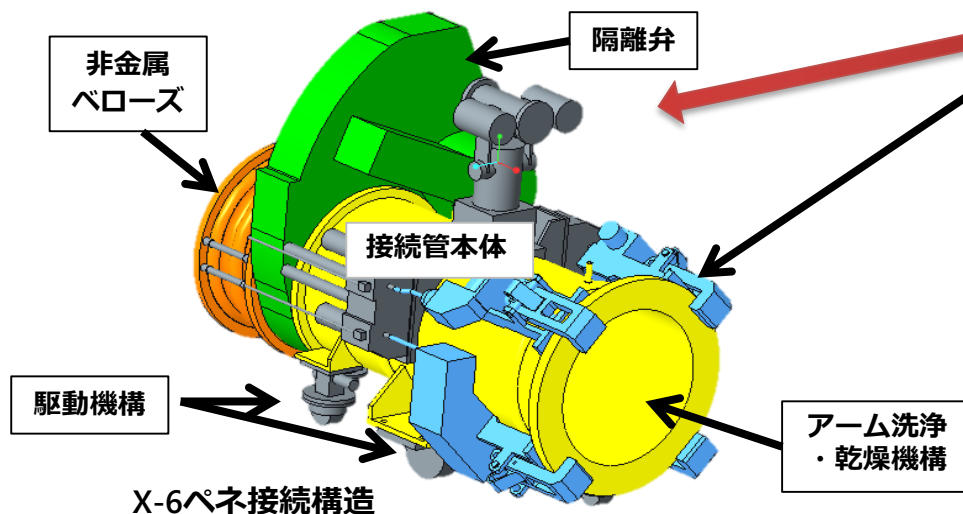
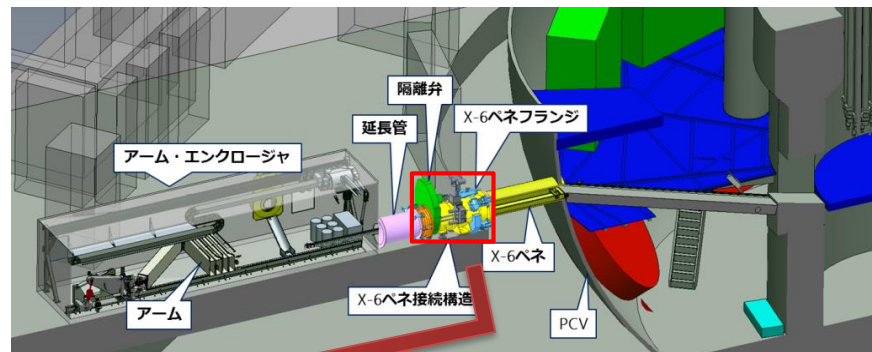


アーム型のアクセスルート

■ 格納容器への接続構造体

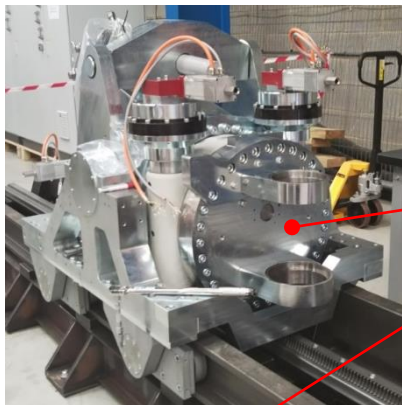
以下の機能等を有する接続構造体を開発中

- ✓ 遠隔で既存のペネフランジに接近・取りつく機能
- ✓ 把持機構の耐震性
- ✓ 閉じ込め機能
- ✓ アーム通過性の維持

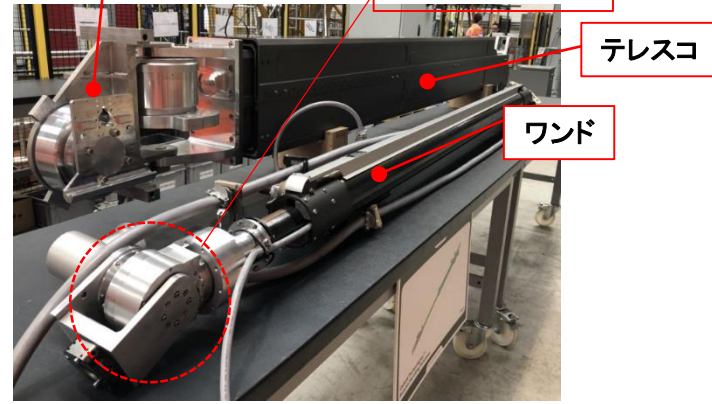
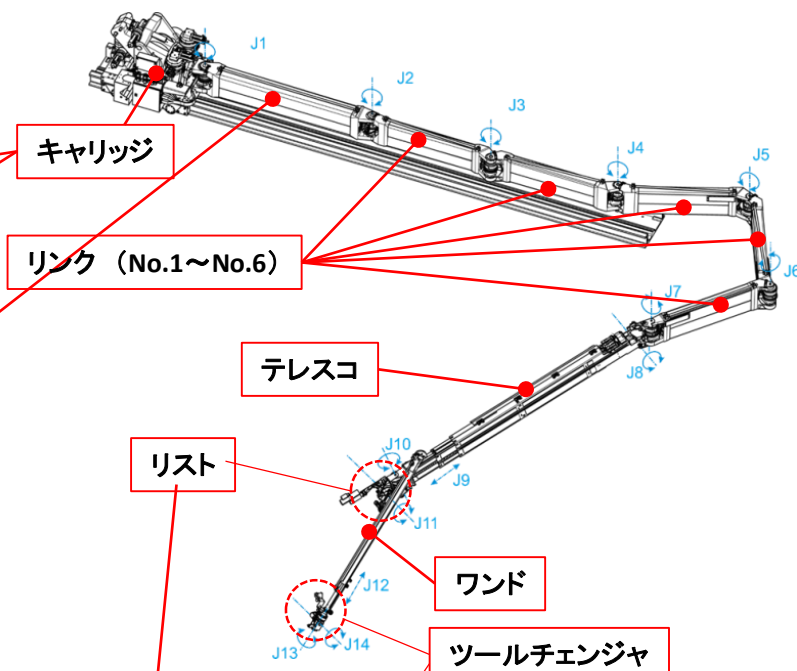


接続構造体外観

アーム型アクセス装置～製作状況～



キャリッジにリンク (No.1)を搭載

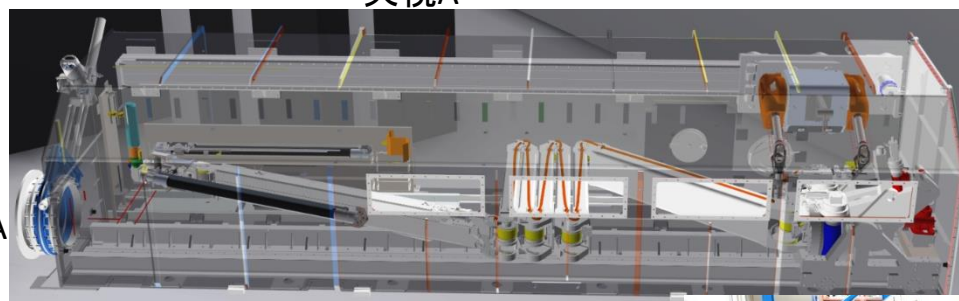


アームの製作と組立ての様子

アーム型アクセス装置～製作状況～



矢視A



矢視A

矢視B



矢視B



矢視B

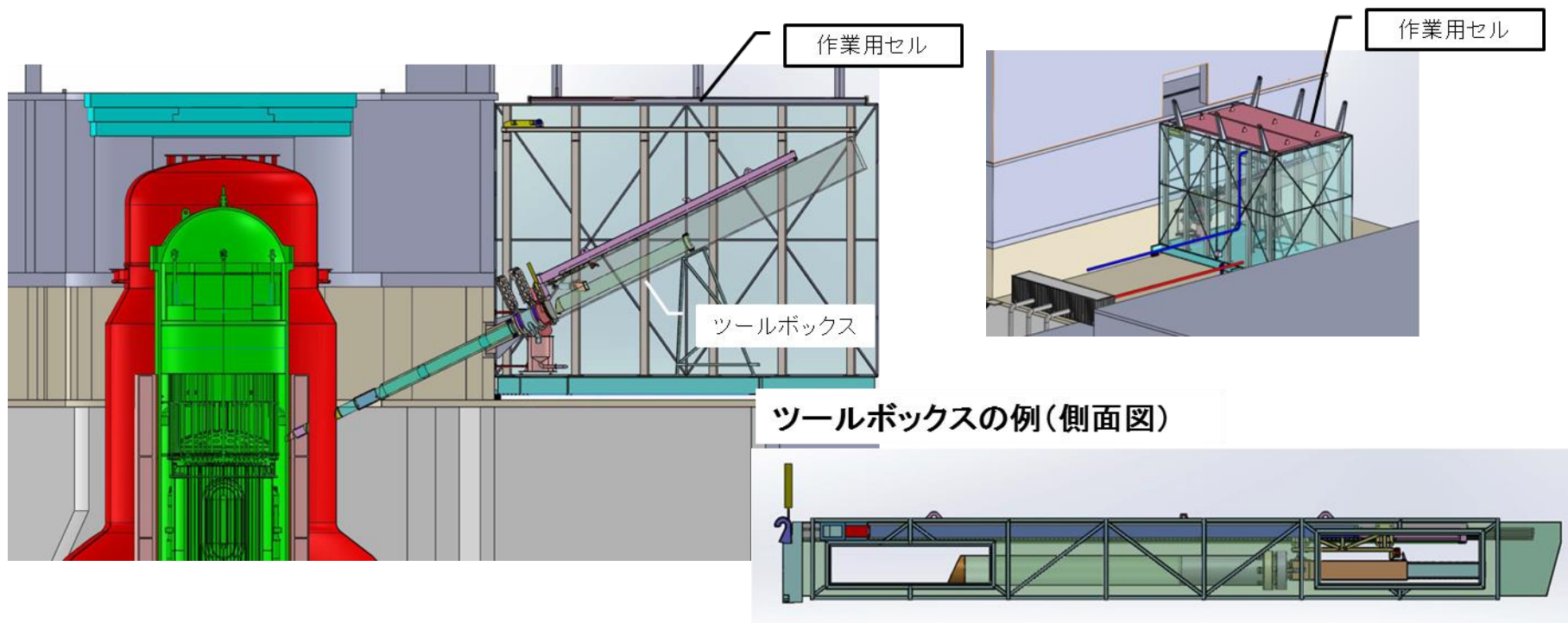
インクロージャーの製作と組立ての様子

アーム型アクセス装置(イメージ・動画)



圧力容器内部調査技術

- 上部から圧力容器にアクセスし内部調査するための要素技術は、今後の装置試作に向け、あらかた検証済
- 加えて側面から圧力容器にアクセスするための要素技術を開発中



側面穴開け調査工法のイメージ

目 次

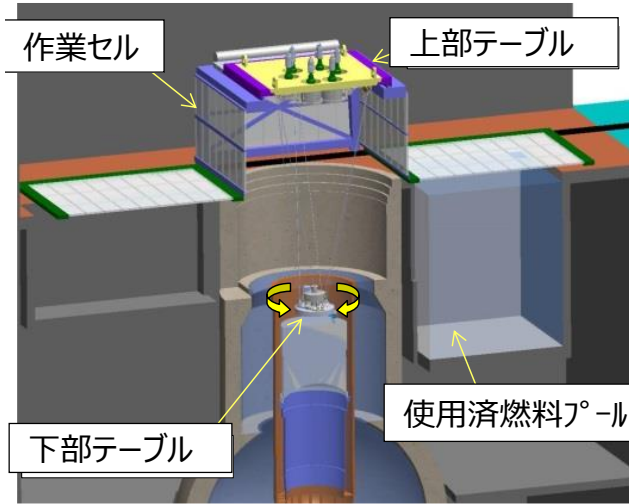
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
 - (1)既に終了した調査
 - (2)今後計画している調査
3. **燃料デブリ取り出し技術開発**

デブリ取り出し工法

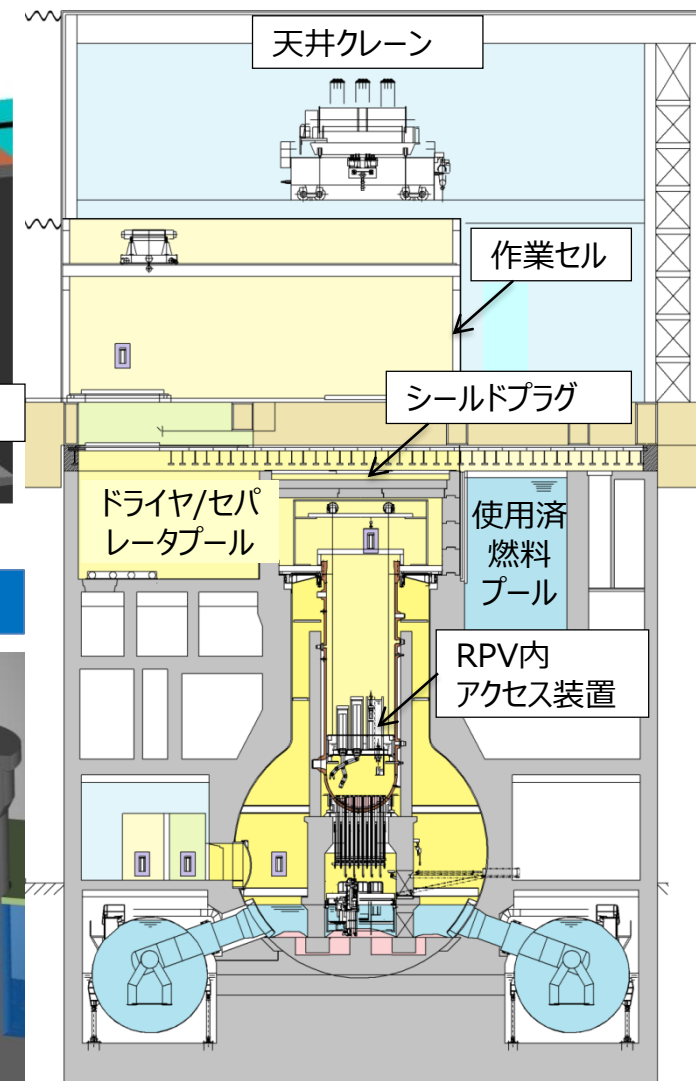
技術的課題

- **放射性ダストの閉じ込め**機能の確保
- **遠隔操作**技術の確立
- **被ばく低減・汚染拡大防止**技術の確立

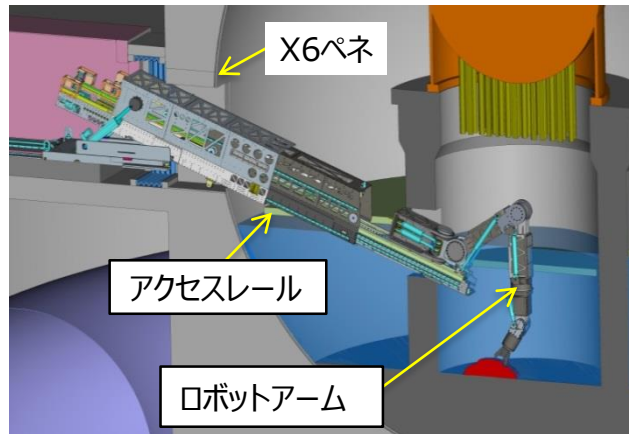
冠水-上アクセス工法（概念）



気中-上アクセス工法（概念）

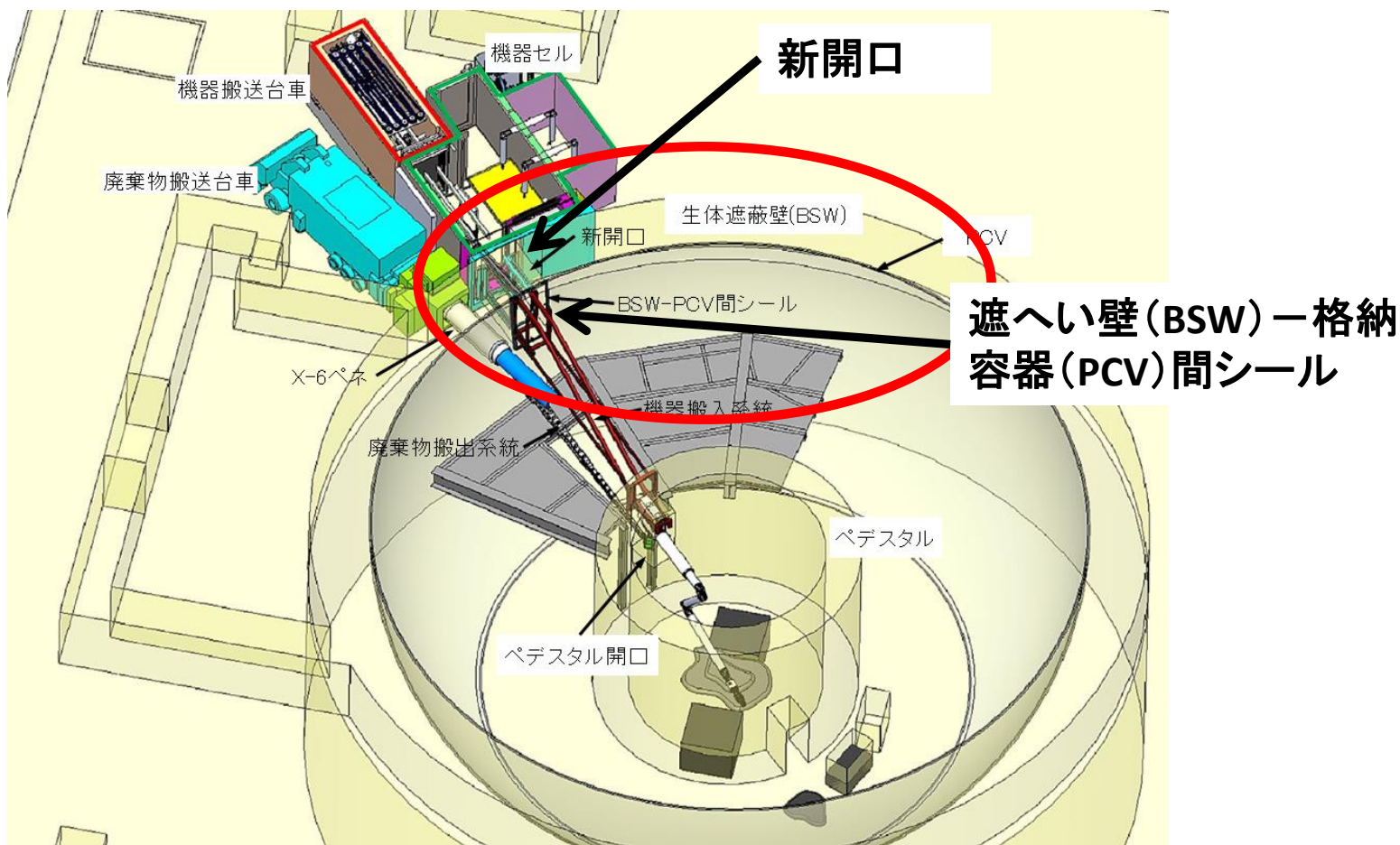


気中-横アクセス工法（概念）



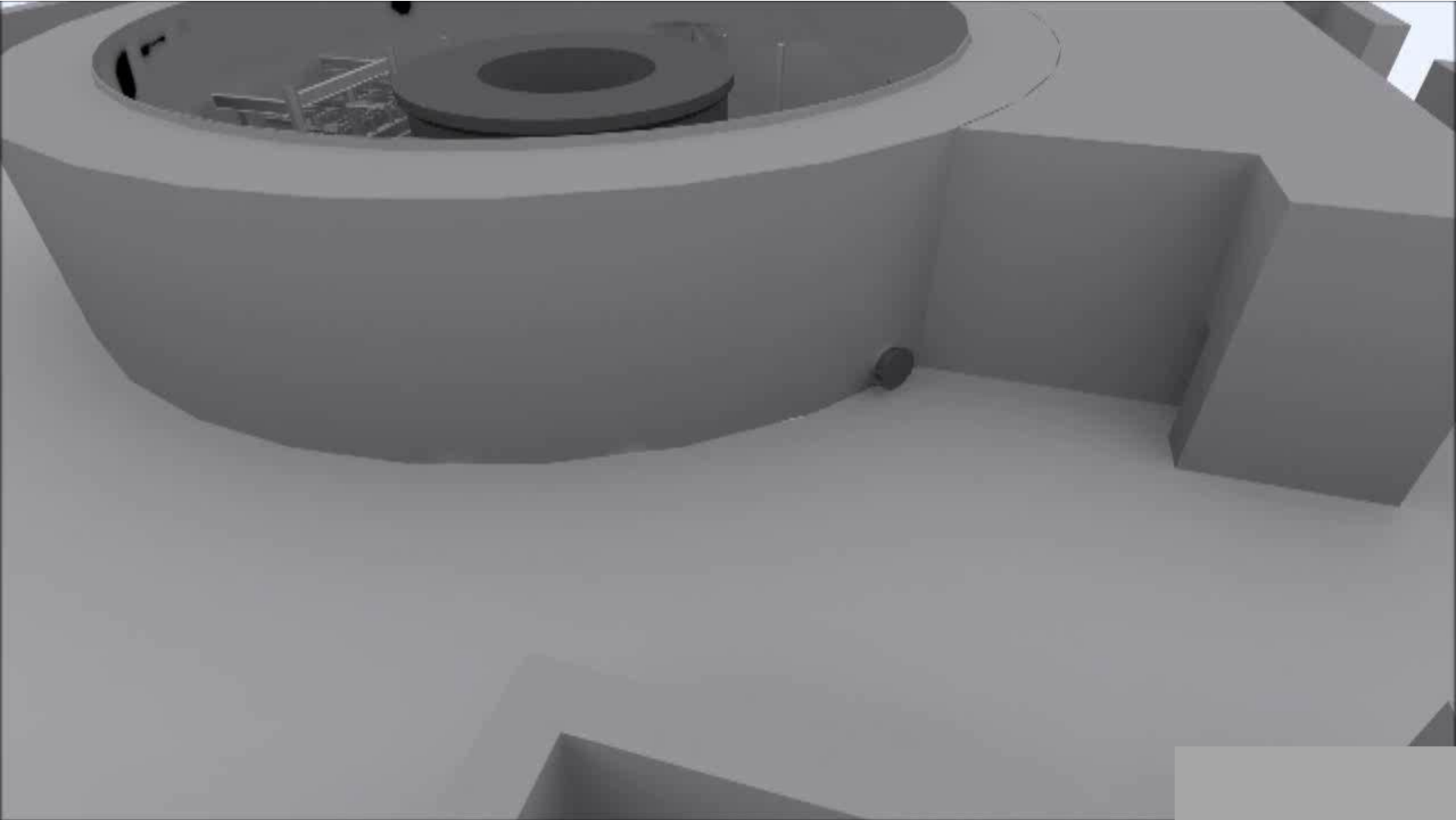
【横アクセス工法】デブリ取り出しに係る技術

- デブリ取り出しの工法を実現するための要素技術を開発中



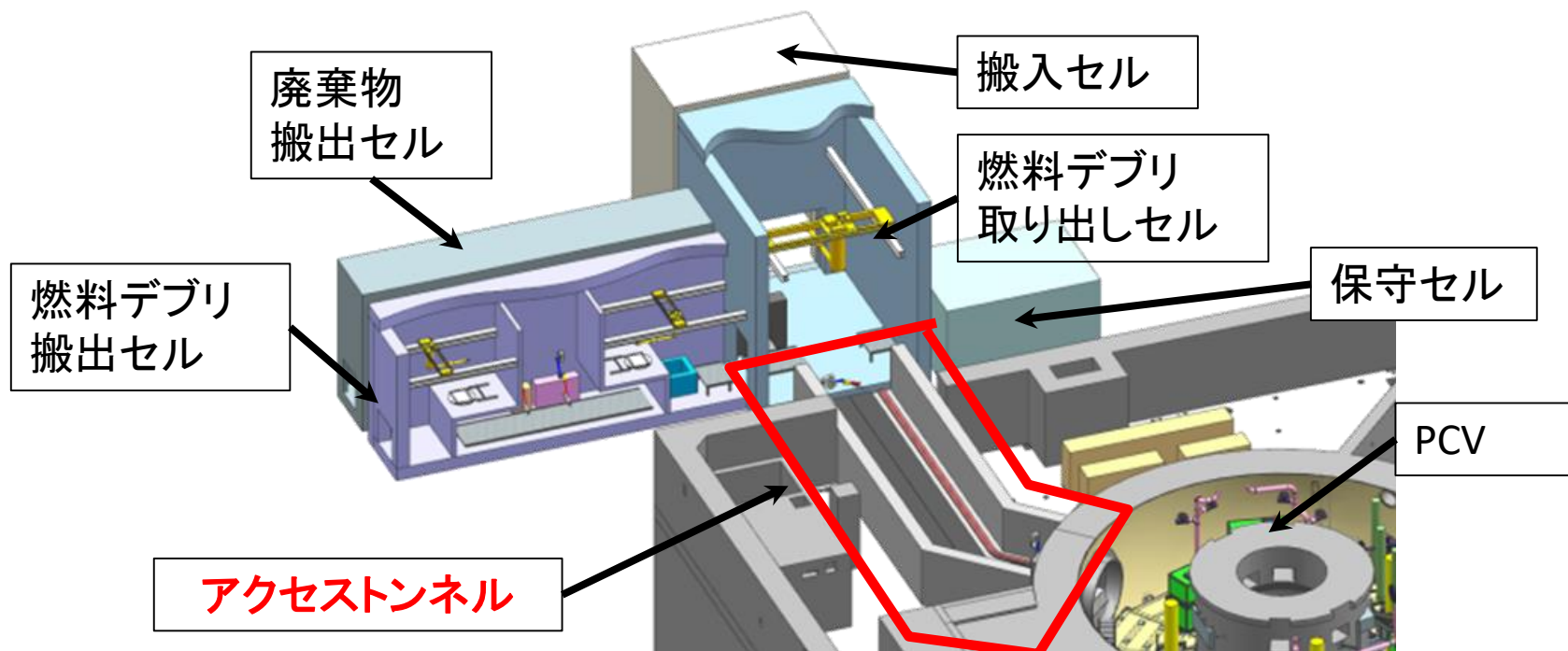
横アクセス工法の一例 イメージ

穴開け～シール設置 取り出し工法への適用イメージ



【横アクセス工法】トンネル施工技術

- アクセストンネル工法では、**重量物のトンネル（約800トン）**を原子炉建屋外から**精密な位置制御で送り出し、格納容器へ接続**させる必要有
- 橋梁等の工事で実績がある重量物送り出し工法を応用し、**狭隘部に曲がった形状の重量物トンネルを送り出す技術**を開発中

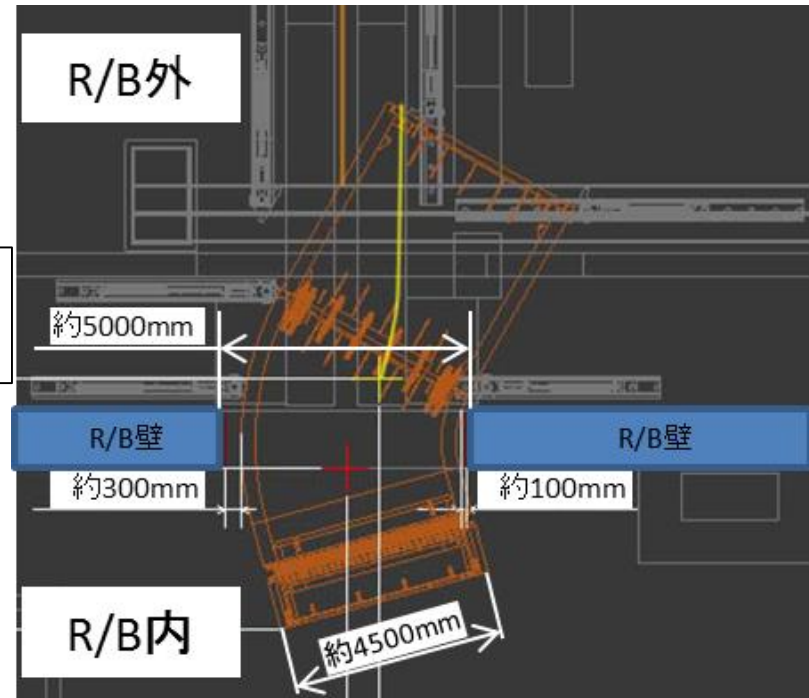
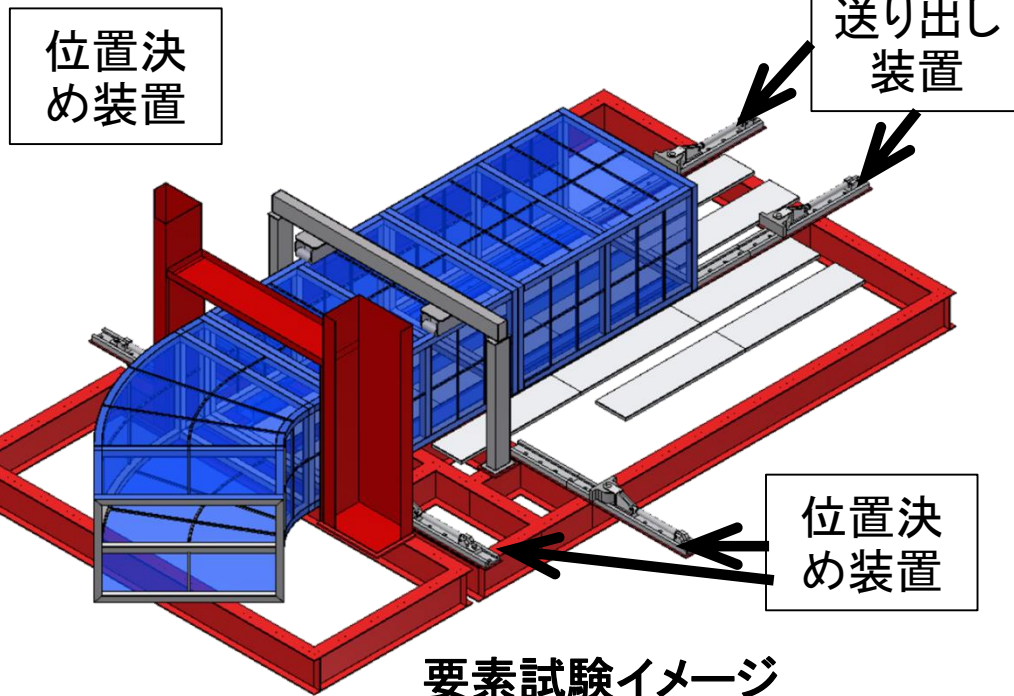


アクセストンネル工法の配置イメージ

トンネル施工技術の要素試験



送り出し工法の例

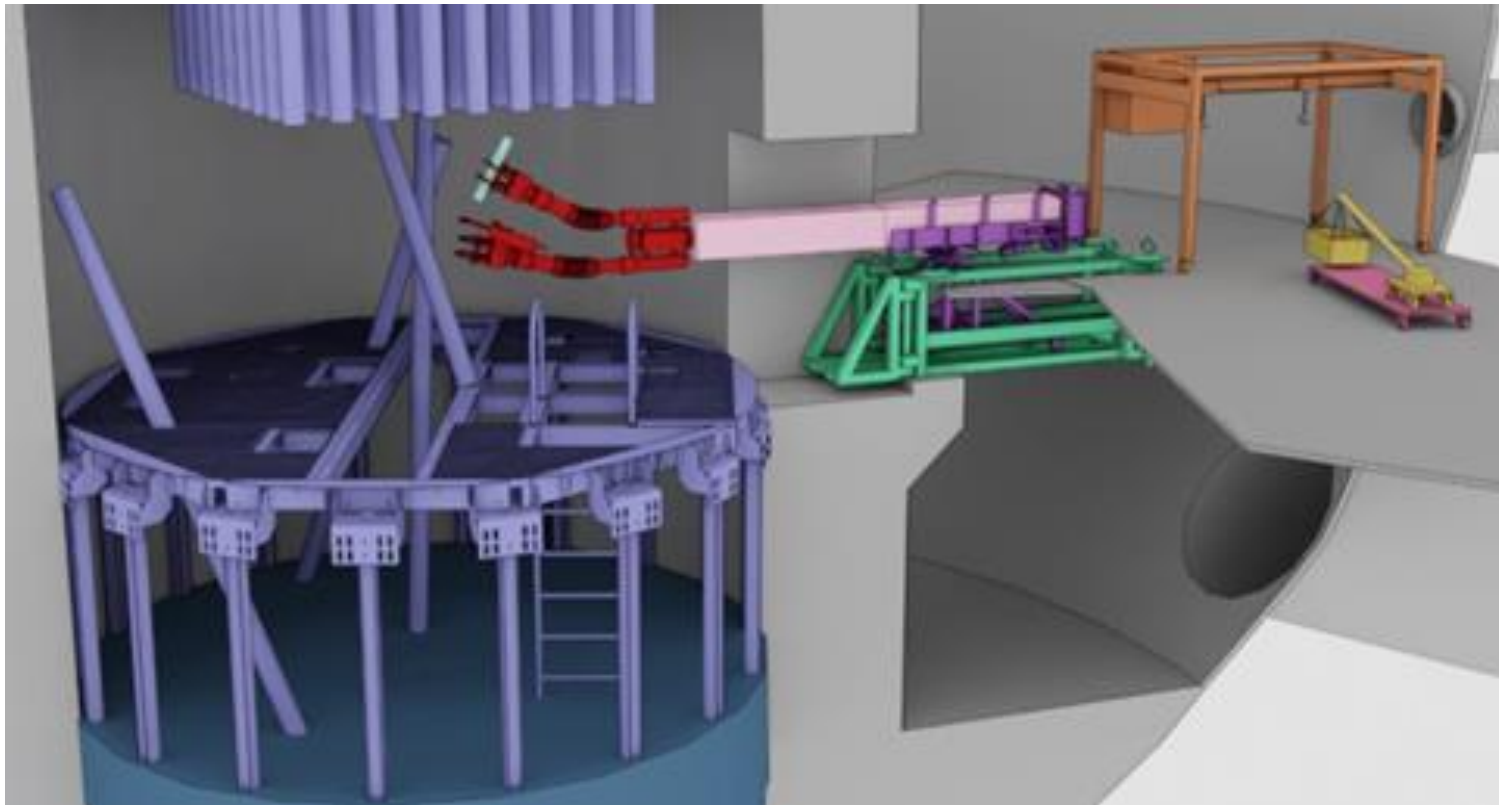


狭隘作業のイメージ

*R/B: 原子炉建屋

干渉物撤去技術

- これまでの内部調査でペDESTAL内にも大量のがれきが散乱している状況が明らかになりつつある
- これら干渉物の撤去技術を開発中



干渉物撤去の要素試験イメージ

ペDESTル内干渉物撤去 要素試験の様子

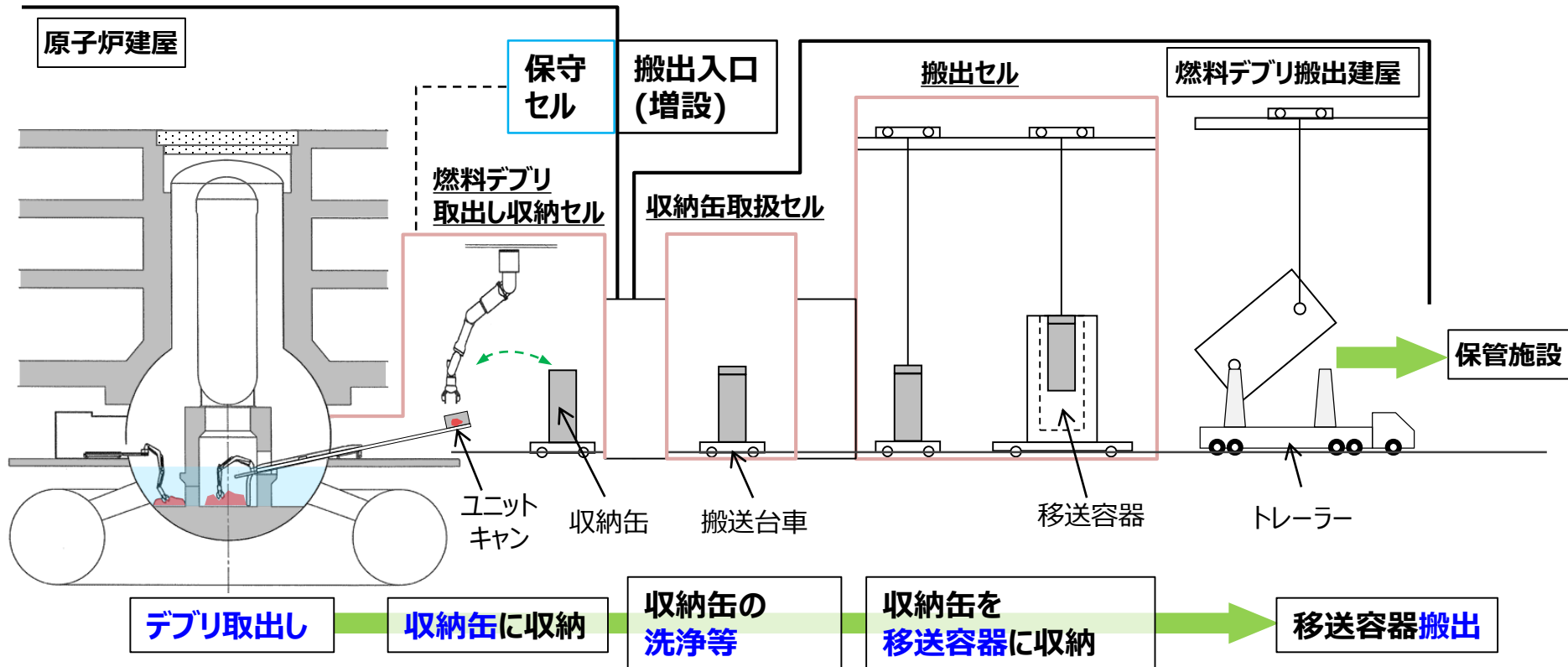


収納・移送・保管技術

収納缶の設計 ⇒ 1F固有の課題に対処

- 燃焼度と濃縮度が高い→**反応度高**
- コンクリートとの溶融生成物→コンクリート中の水分の放射線分解による**水素発生**
- 海水注入、計装ケーブル他との溶融→**塩分**の影響、**不純物**の混入

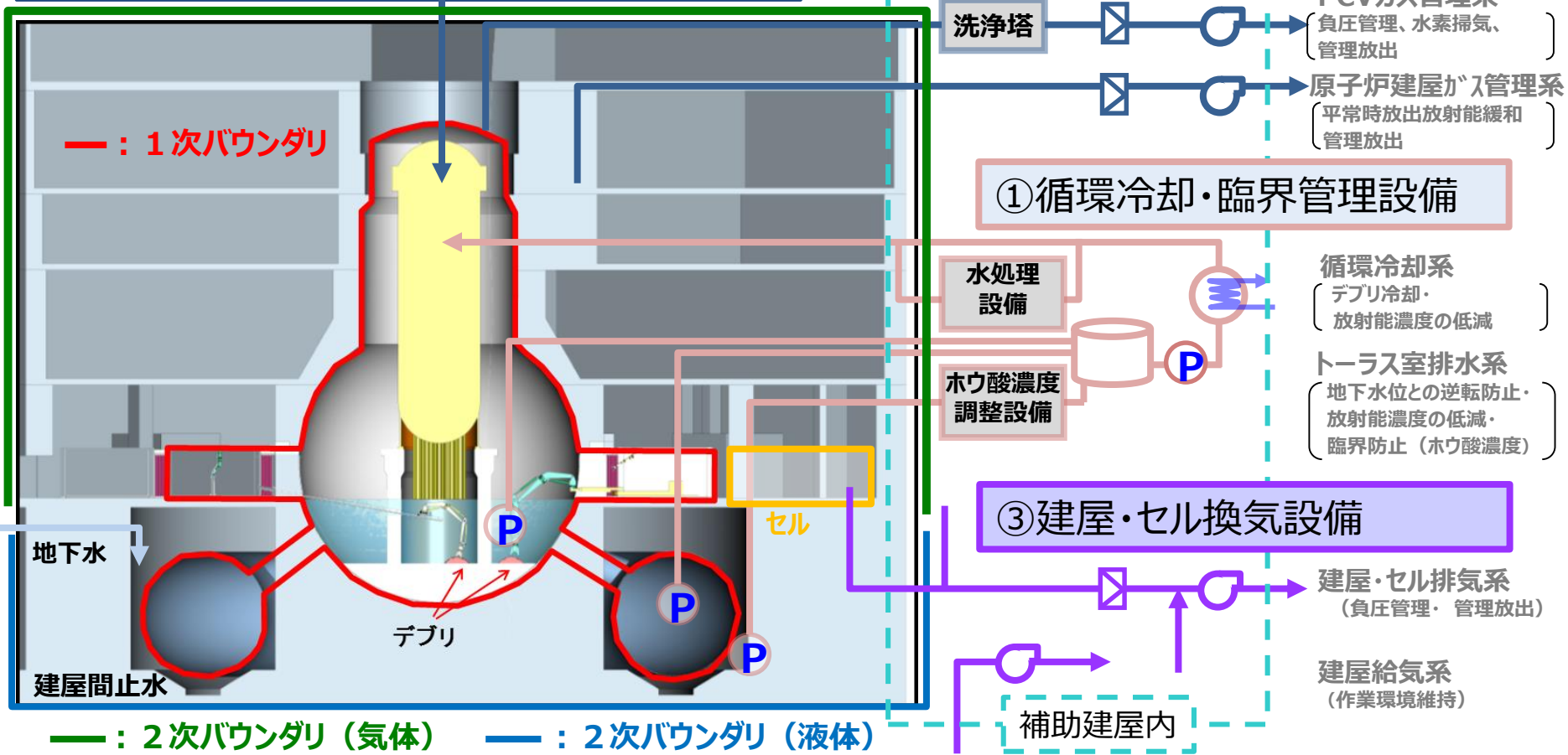
移送方法（**気中-横アクセス工法**の場合：例）



デブリ取り出し時の安全確保

必要な安全機能

1. 冷却
2. 閉じ込め（負圧，トーラス室水位制御）
3. 不活性化（火災・爆発防護）
4. 未臨界



End of presentation