

# 国際廃炉研究開発機構(IRID)における 1F燃料デブリ調査・取り出し技術開発の状況

令和6年1月19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

---

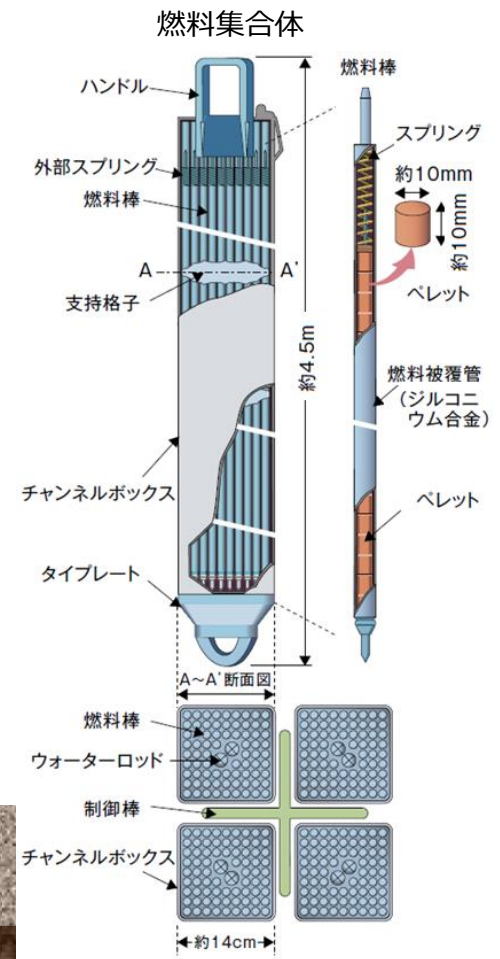
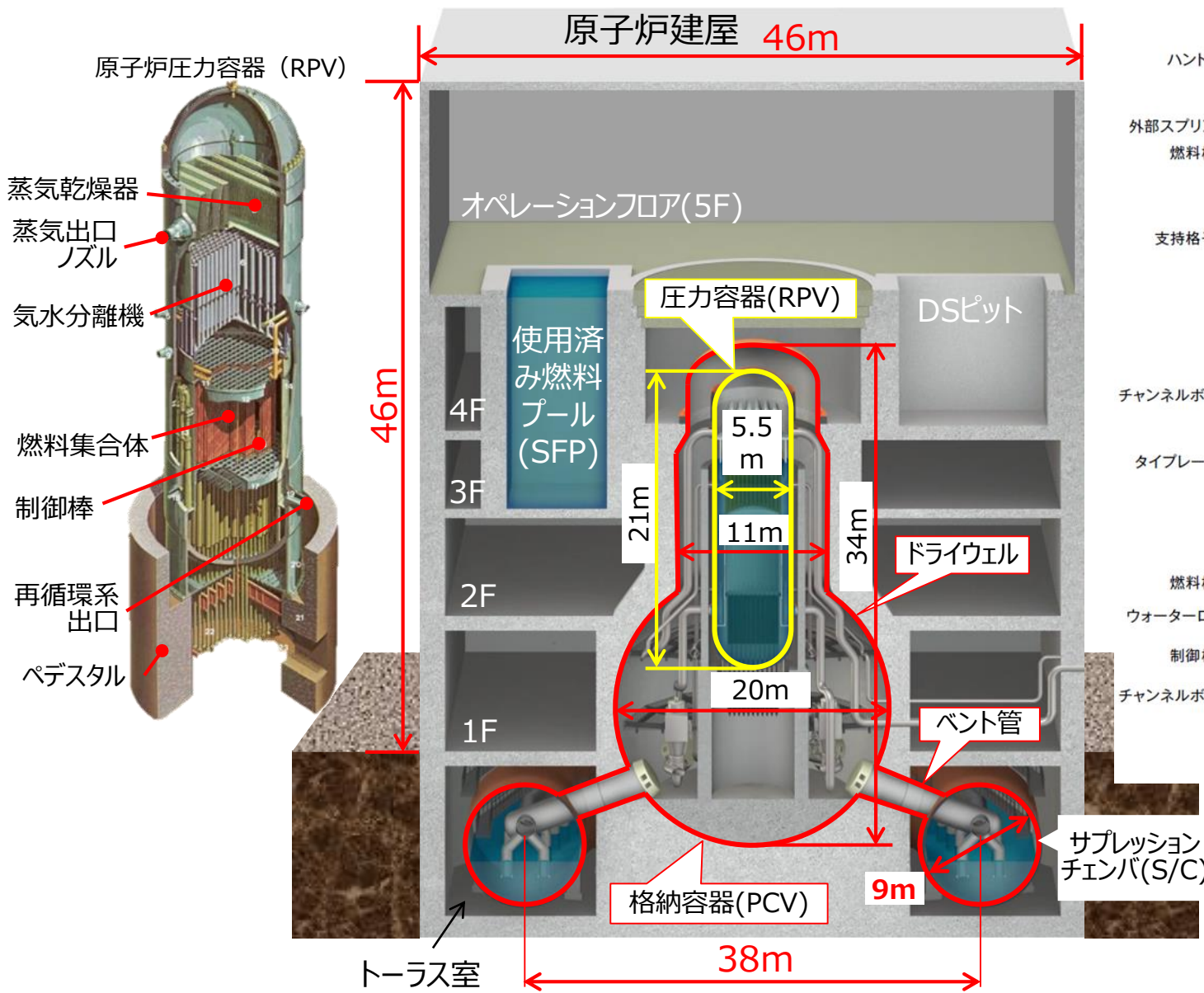
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
  - (1)既に終了した調査
  - (2)今後計画している調査
3. 燃料デブリ取り出し技術開発

# 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

# 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。

# 目 次

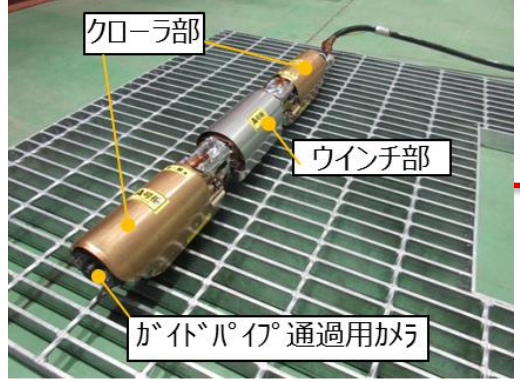
---

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)

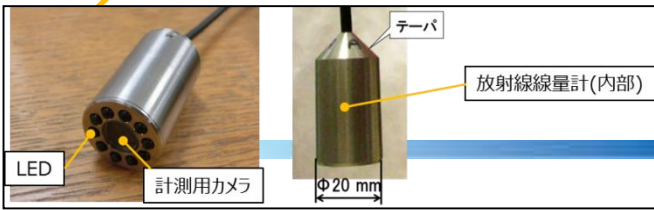
### ○形状変化型ロボット (B2調査)



I型(ガイドパイプ通過時)  
 ↓変形  
 ↓

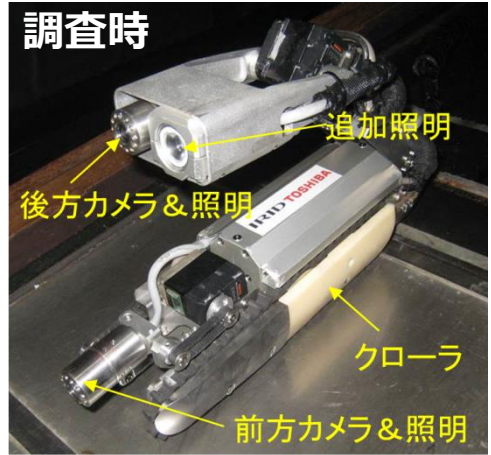
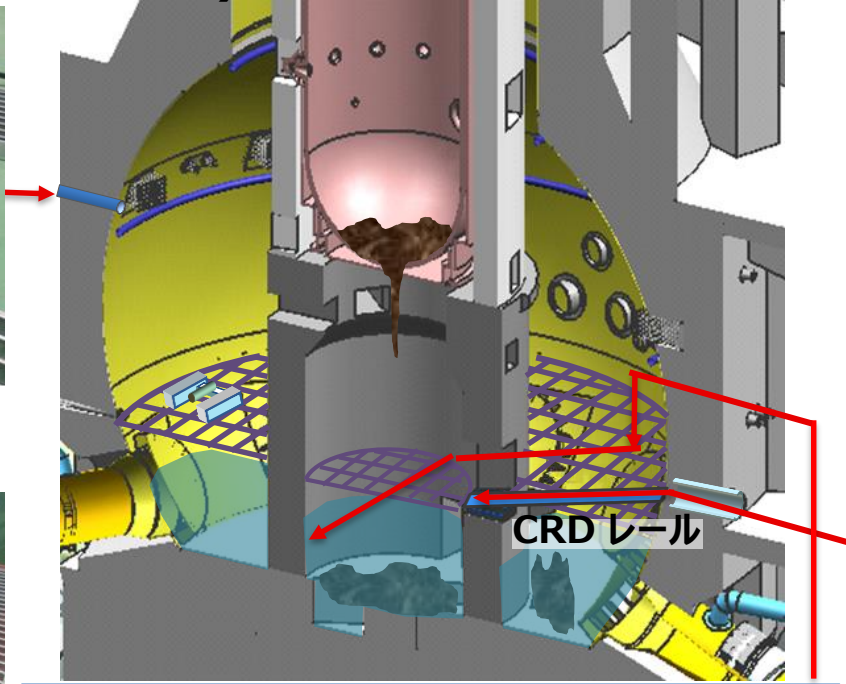


コ型(平面走行時)

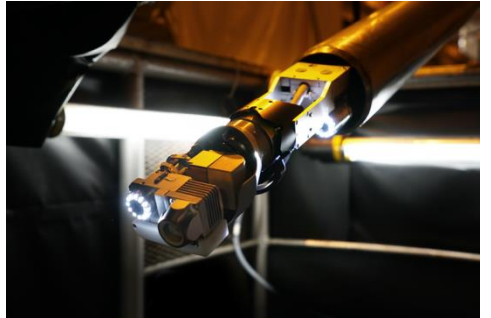


## ペDESTル内側の調査 (2号機)

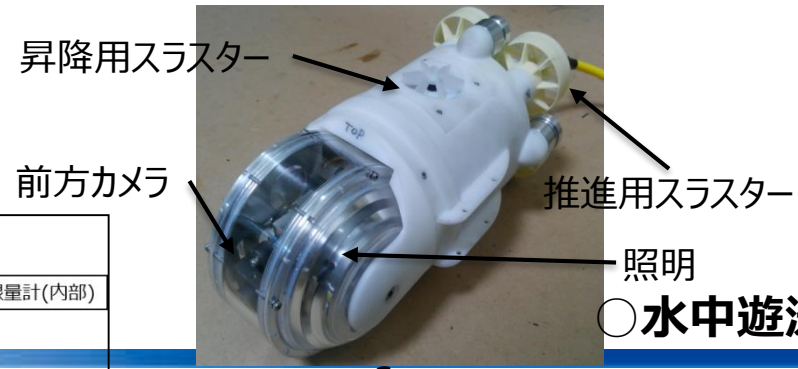
### ○クローラ型遠隔調査ロボット (A2調査)



### ○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)

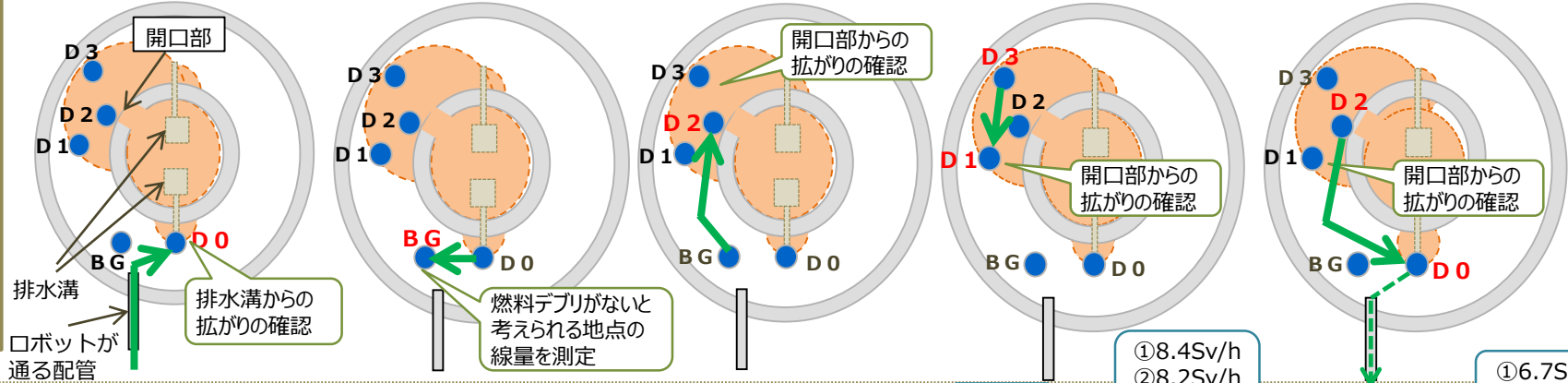
3/19 (日)

3/20 (月)

3/21 (火)

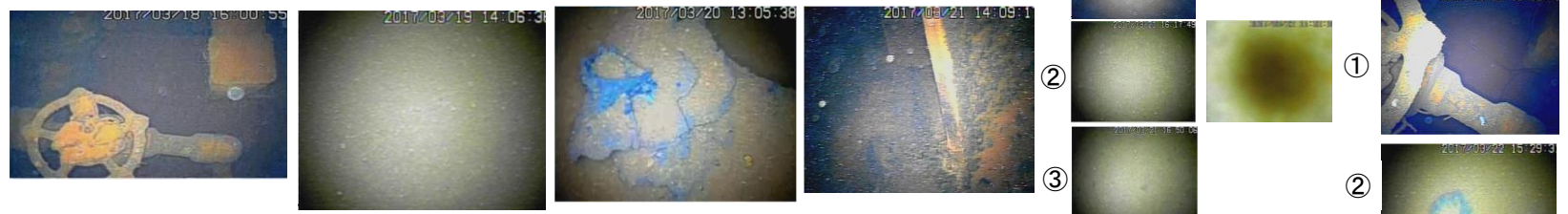
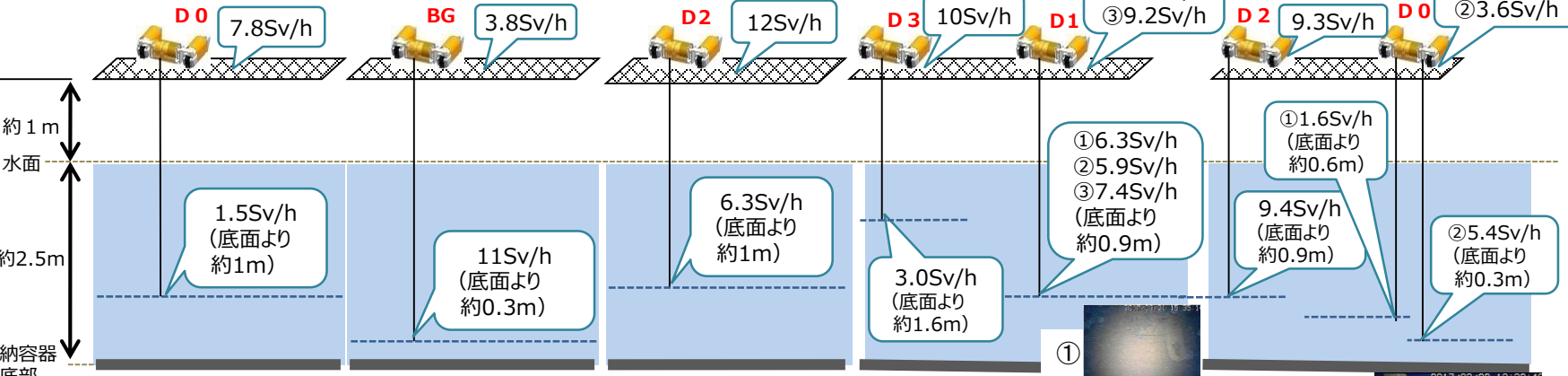
3/22 (水)

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

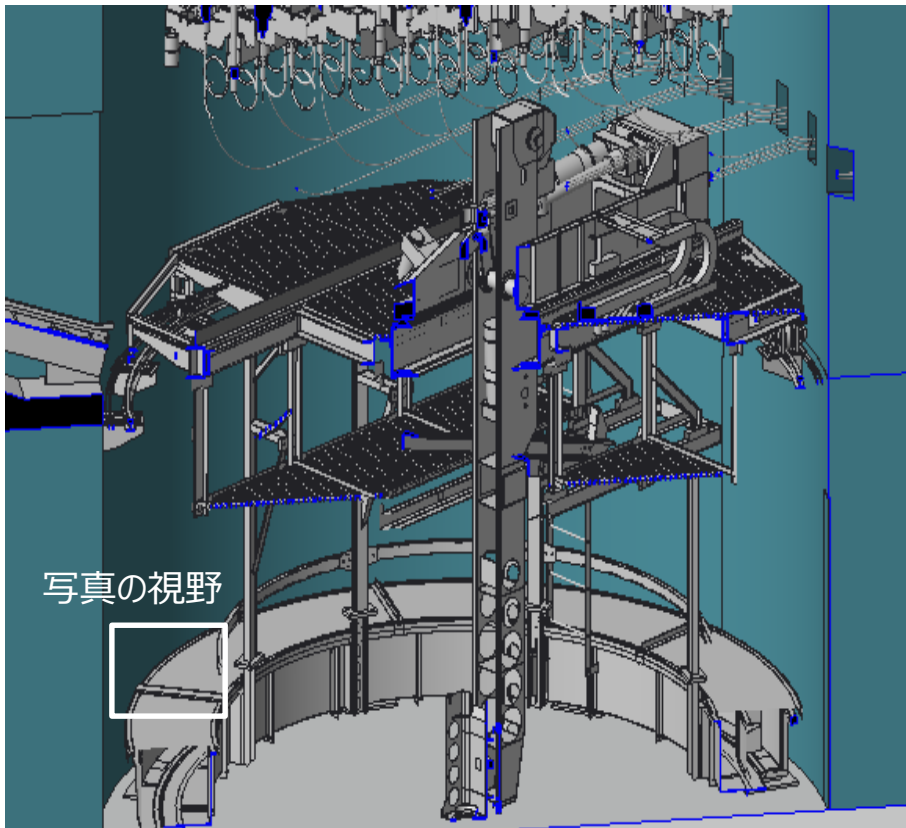
ImageList:

ImageIndex:





# 2号機 ペDESTAL内下部調査(A2'調査 2018.1)

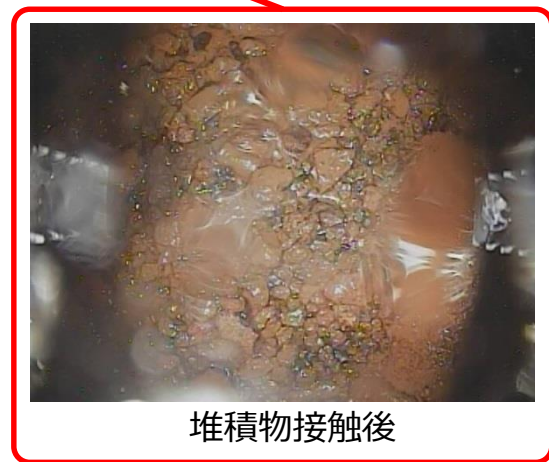
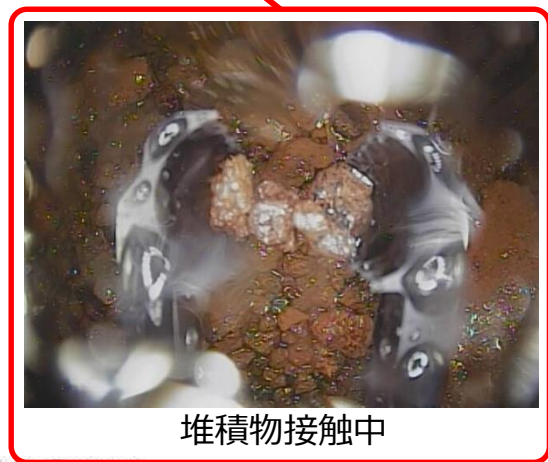
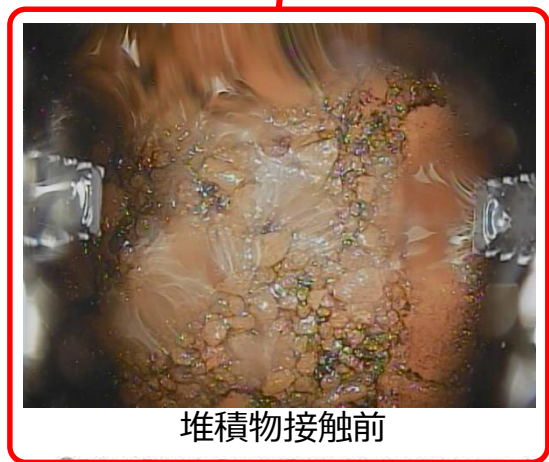
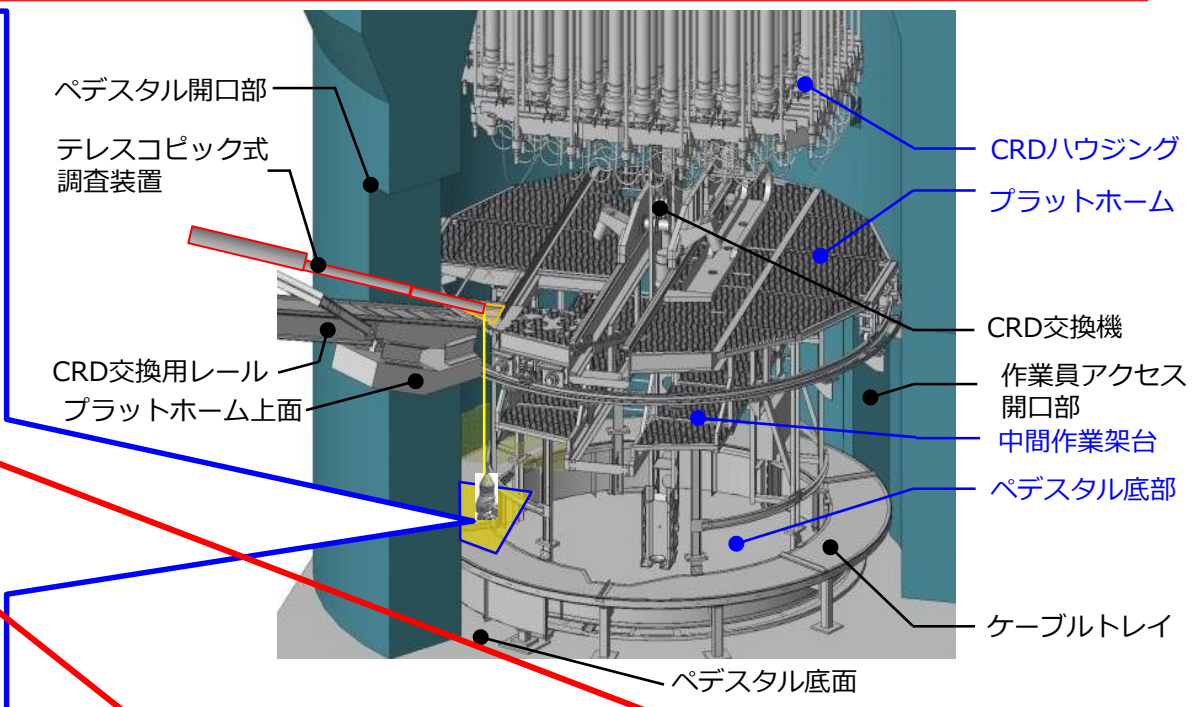


2号機格納容器内底部  
(鳥瞰イメージ)

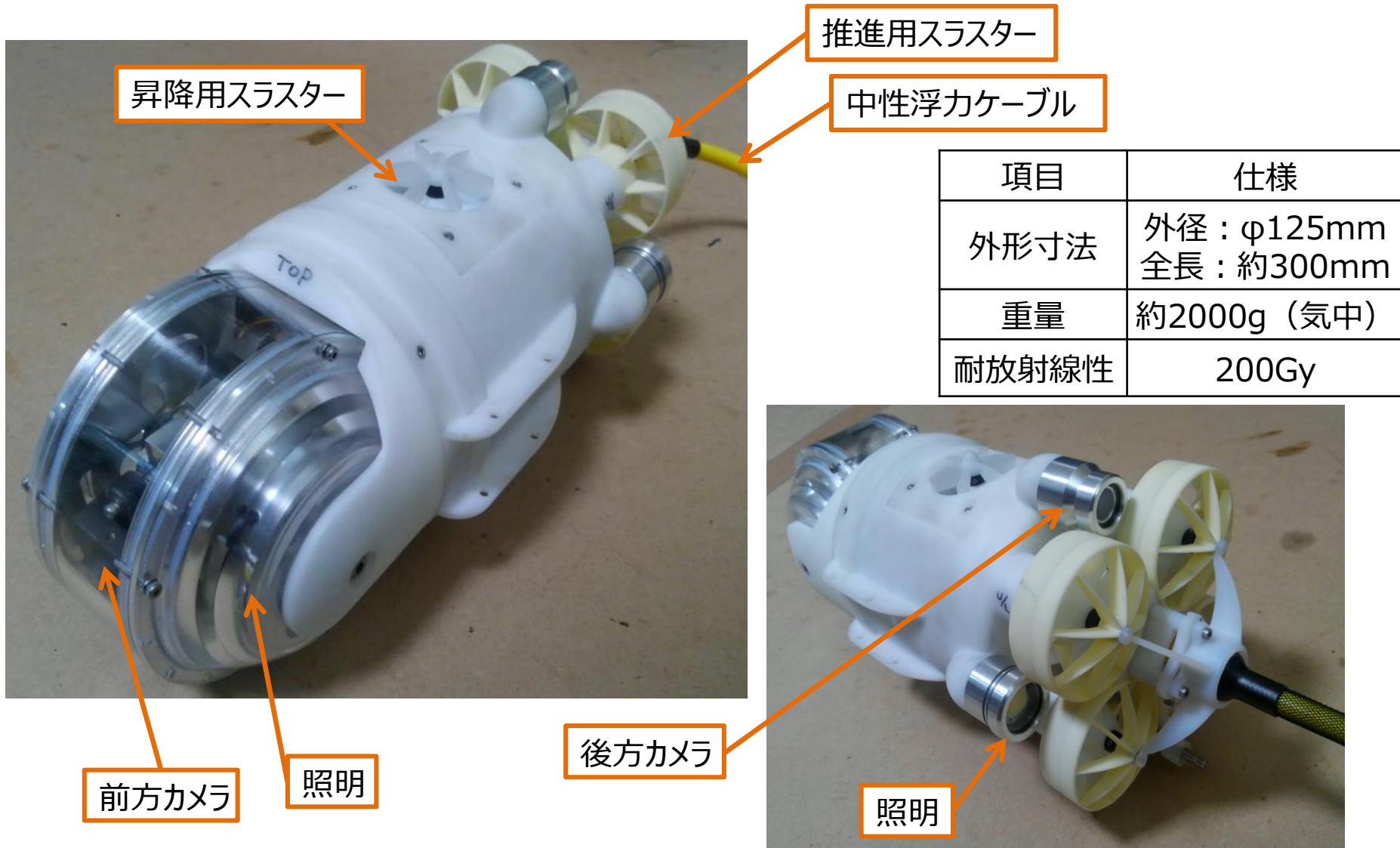
画像：2号機格納容器内底部,  
ペDESTAL内 内壁付近



# 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



# 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)

撮影エリアC2 <カメラ向き：水平>  
グレーチング  
落下物  
堆積物 (砂状)

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>  
塊状の堆積物

撮影エリアC5 <カメラ向き：下方>  
回転レールブラケット  
堆積物  
作業員アクセス開口部の方向

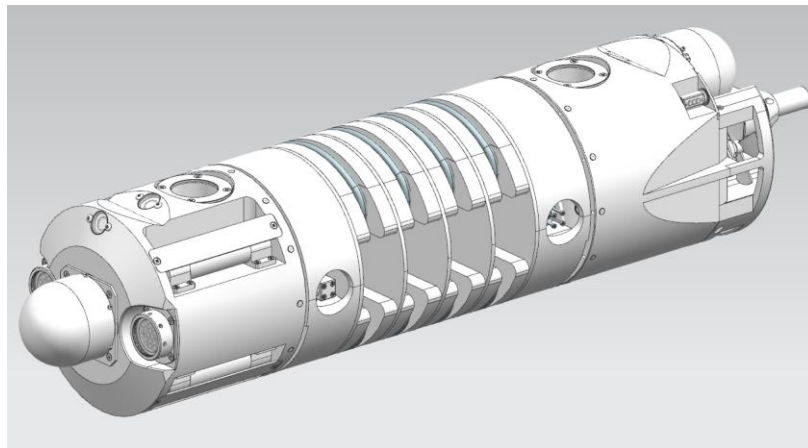
■ 砂状、小石状や塊状の堆積物を確認  
■ 作業員アクセス開口部は視認できなかった (近傍に堆積物を確認)

株式会社 画像提供：国際廃炉研究開発機構 (IRID) 11  
〒650-0192 兵庫県神戸市中央区東川崎町1丁目1番1号

「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

# ボート型アクセス装置

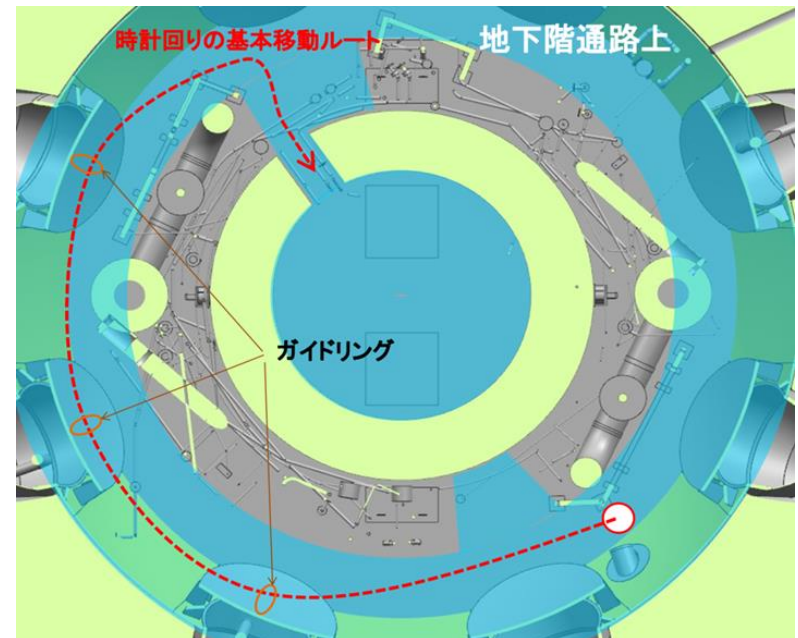
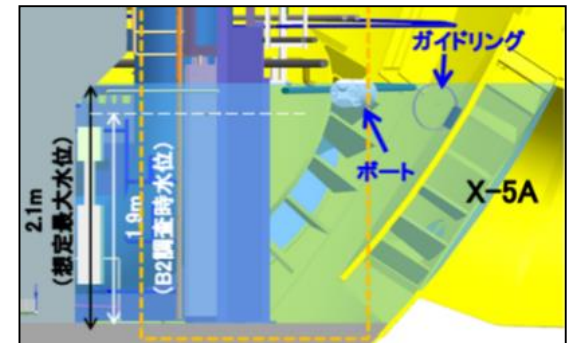
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作



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

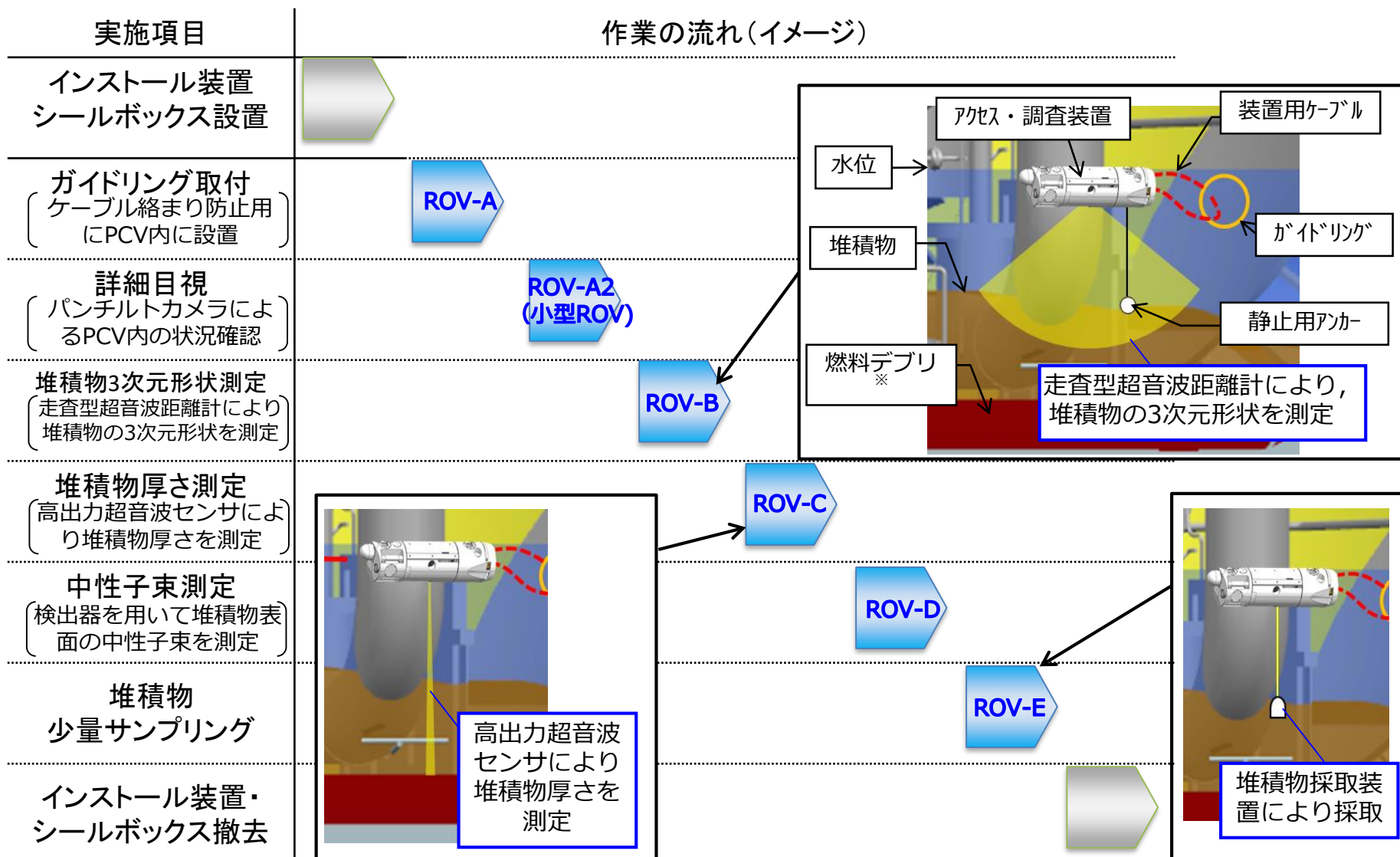
## ボート型アクセス装置外観



## ボート型アクセス装置の動線

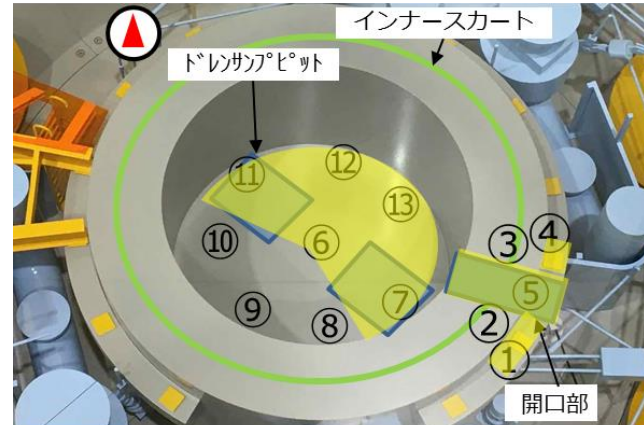
# 1号機：ボート型アクセス装置(X-2ペネからのPCV内部調査)

■ 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



※：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

# 【参考】ペDESTAL開口部から撮影した映像のパノラマ画像



7

8

9

10

11

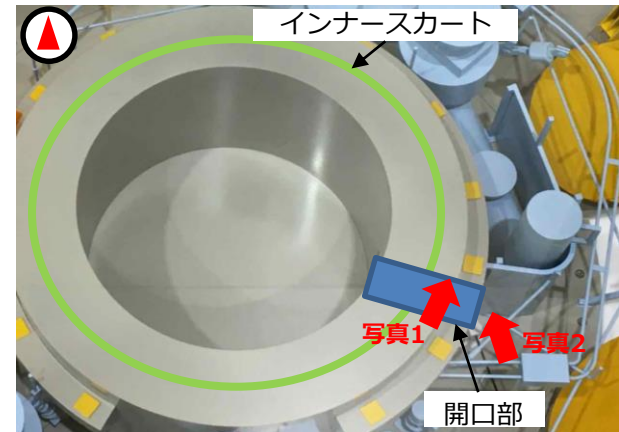
12

13



## 【参考】ペDESTAL開口部右側のコンクリート残存(1/2)

- ペDESTAL外部から見えているコンクリート残存の可能性の高い部分（事故前に設置されたボルトの締結状態が確認できる。）について、2023/3の調査にて、ペDESTAL壁内部でも対応する部分を確認した
- ペDESTALの外壁開口部右側におけるコンクリートの消失は限定的と考えられる
- 確認された外側の鉄筋は、開口部右7本、左11本。耐震評価においては、開口部とあわせ、角度にして64°に相当するとして設定



ROVフレームの映り込み



写真1. ペDESTAL開口部内から見えているコンクリート残存部

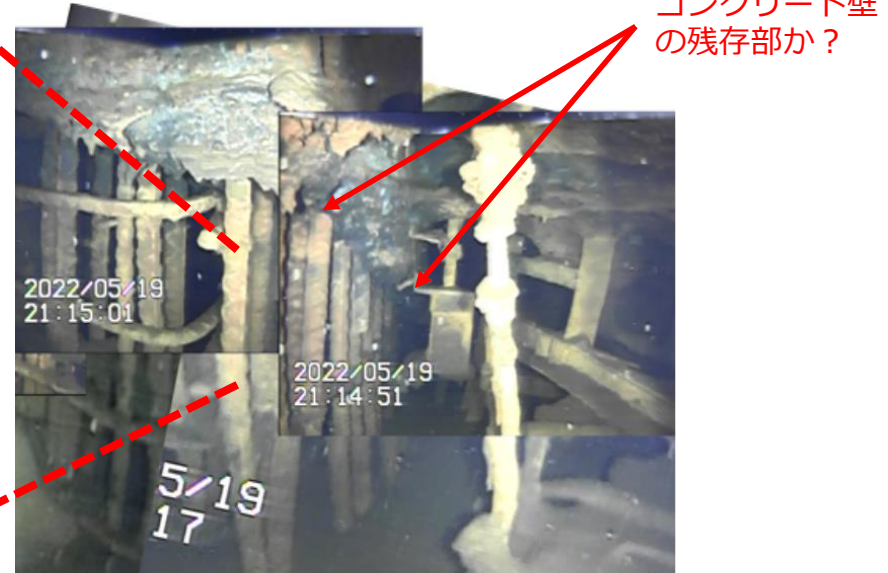
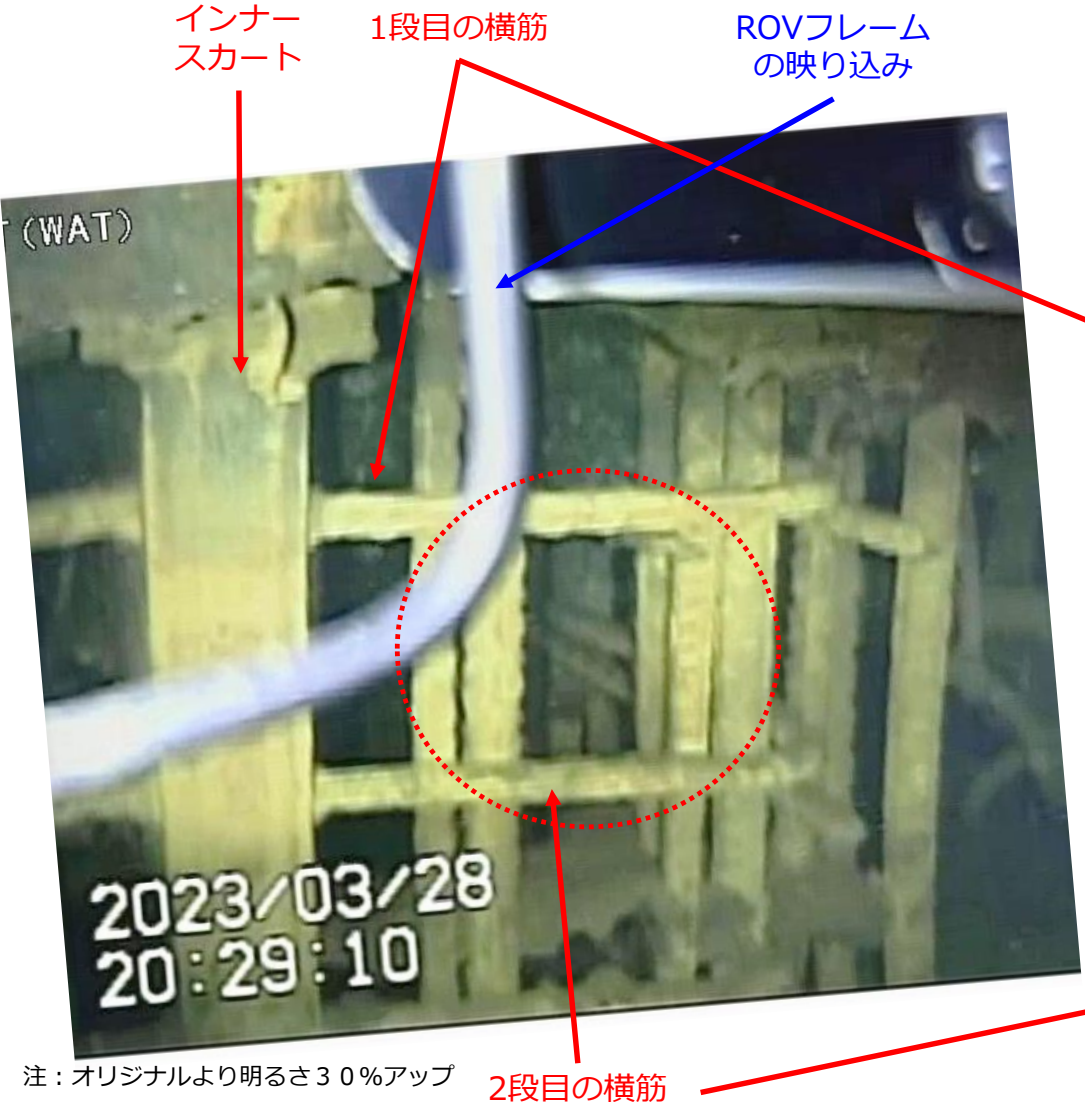


写真2. ペDESTAL外部から見えているコンクリート残存部



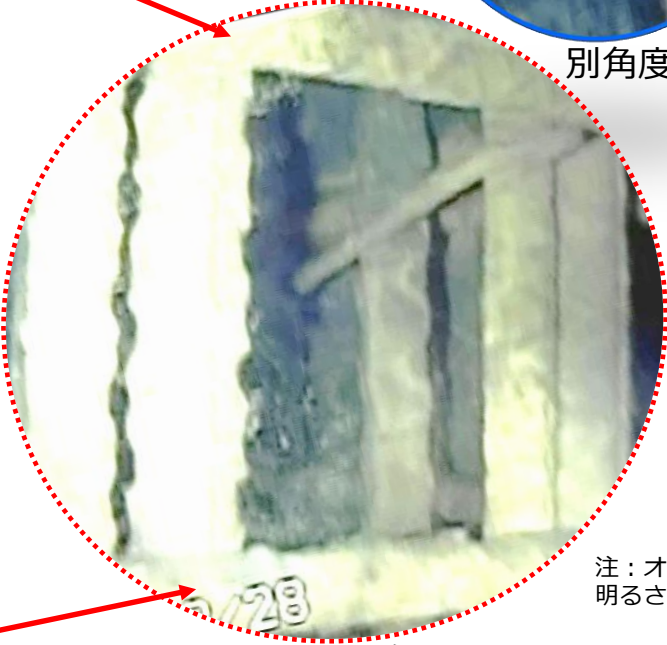
# 【参考】ペDESTAL開口部右側のコンクリート残存（2/2）



注：オリジナルより明るさ50%アップ



別角度から撮影



注：オリジナルより明るさ50%アップ

左写真赤丸部を別角度から撮影

図2 残存部の別角度からの映像

図1 開口部右側ペDESTAL外壁の残存部

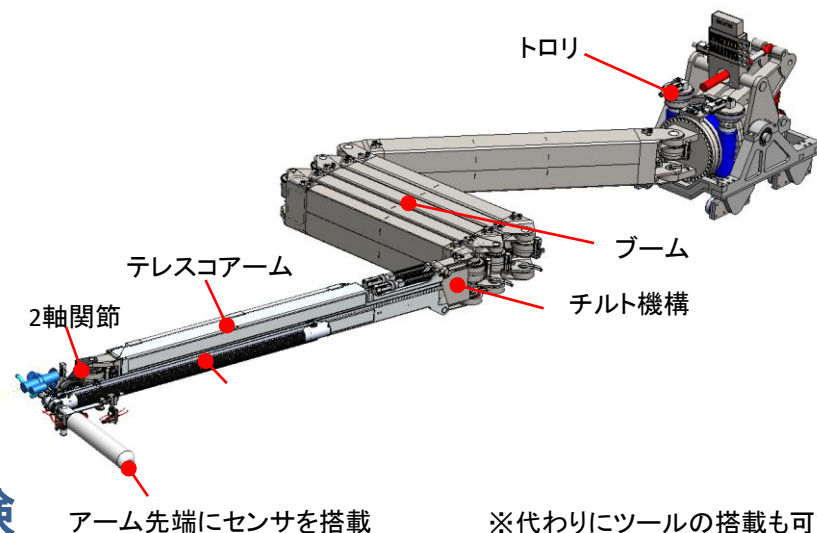
# 目 次

---

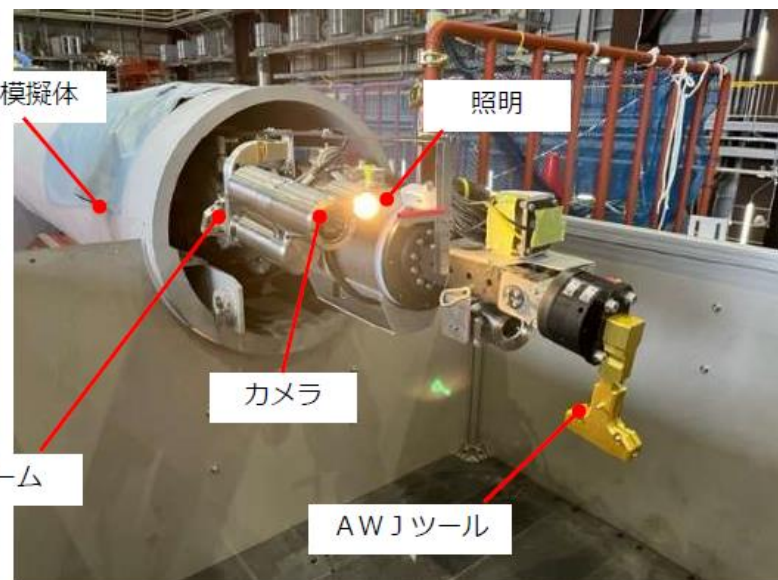
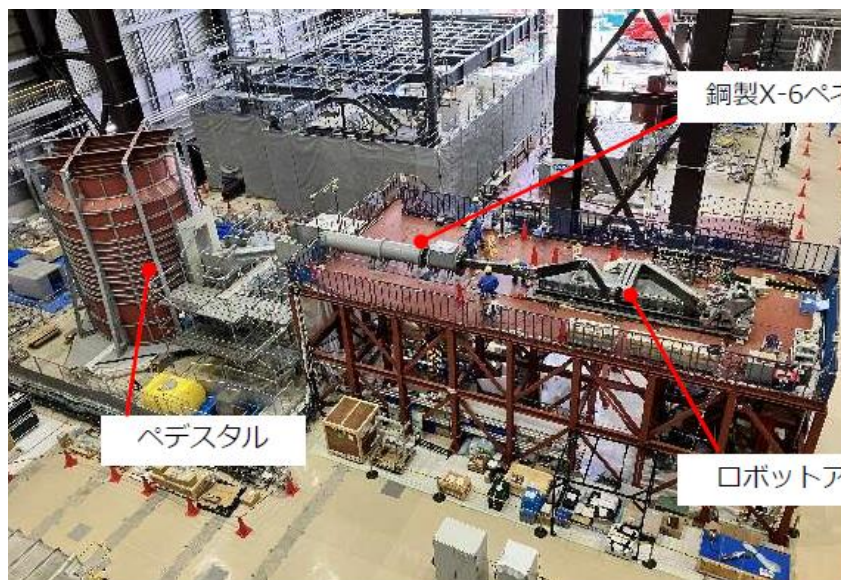
1. はじめに
- 2. 原子炉格納容器内部調査技術開発**
  - (1)既に終了した調査
  - (2)今後計画している調査**
3. 燃料デブリ取り出し技術開発

# ロボットアームの開発と実証

- 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
  - アーム全長約22 m
  - 10 kgまでの調査装置を搭載可能



## JAEA 楢葉遠隔技術開発センターでの実証試験



「2号機PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況(2023年6月29日 廃炉・汚染水処理水対策チーム会合／事務局会議(第115回)報告資料)」より抜粋

## 2 - 2. 現場作業の進捗状況 (X-6ペネハッチ開放)

- X-6ペネハッチの除去対象ボルト全24本の除去が完了したことから、ハッチ開放作業を実施。
- フックツールを使用し、ハッチを約10度開いた状態で、ハッチ全開放に干渉するハッチの把手を切断。
- 把手切断後、ハッチ全開放 (約90度開放) を実施。全開放後、ダストの上昇等、異常がないことを確認。



X-6ペネハッチ開放作業中



X-6ペネハッチ開放後(約10度)



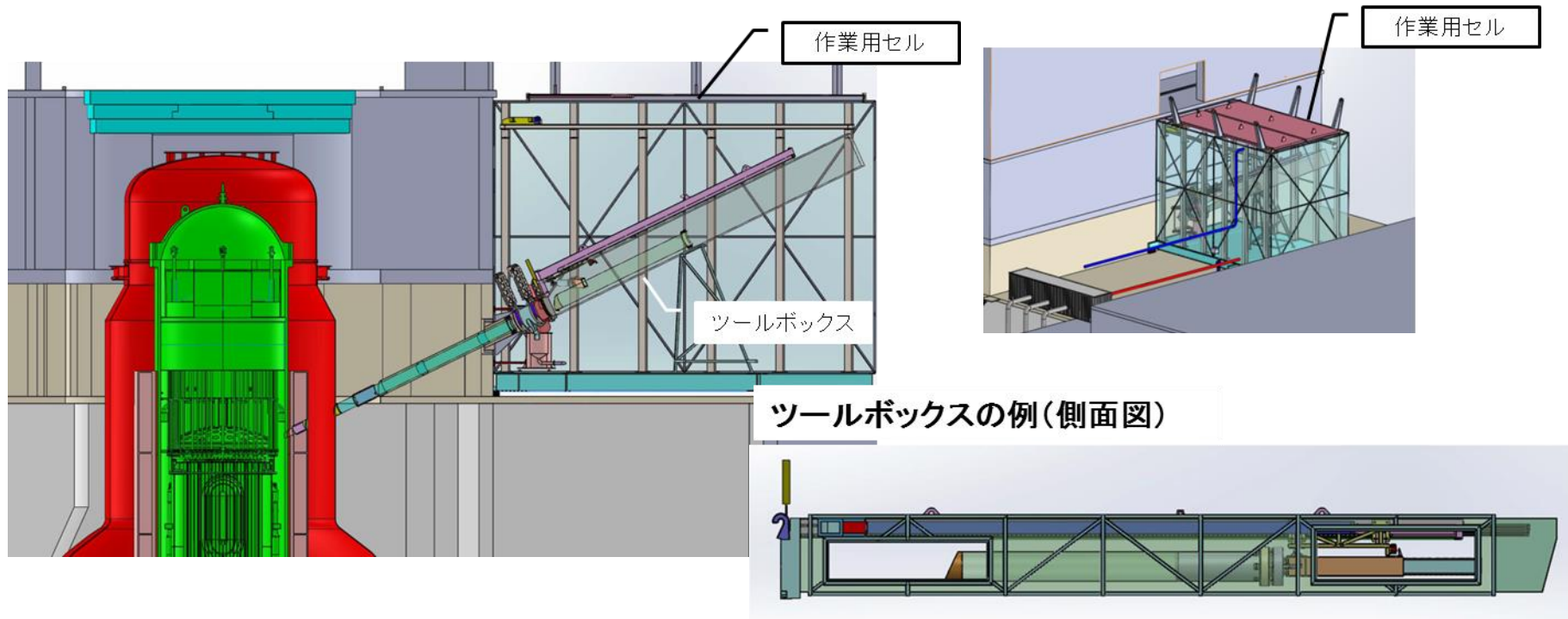
X-6ペネハッチ開放後(約90度)  
※ペネを右から見た状況



X-6ペネハッチ開放後(約90度)  
※ペネを正面から見た状況

# 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

---

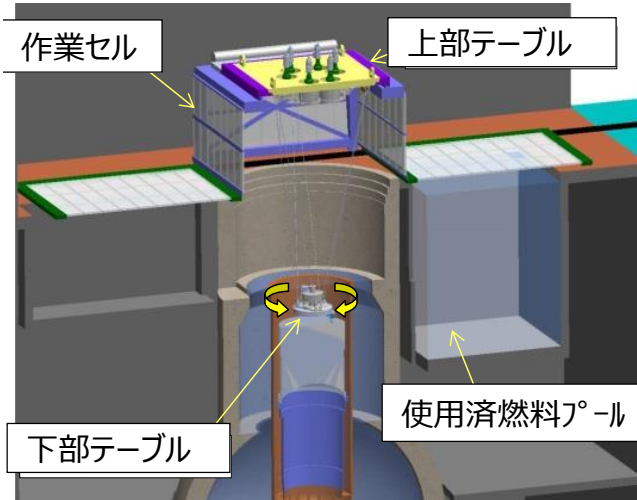
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
  - (1)既に終了した調査
  - (2)今後計画している調査
3. **燃料デブリ取り出し技術開発**

# デブリ取り出し工法

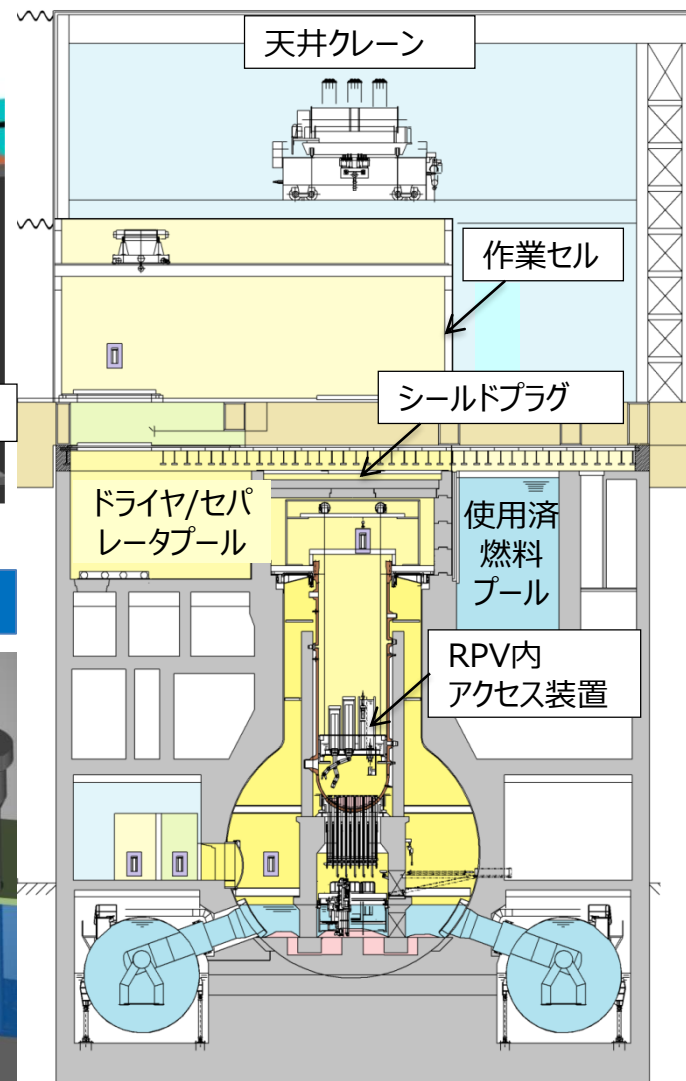
## 技術的課題

- **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

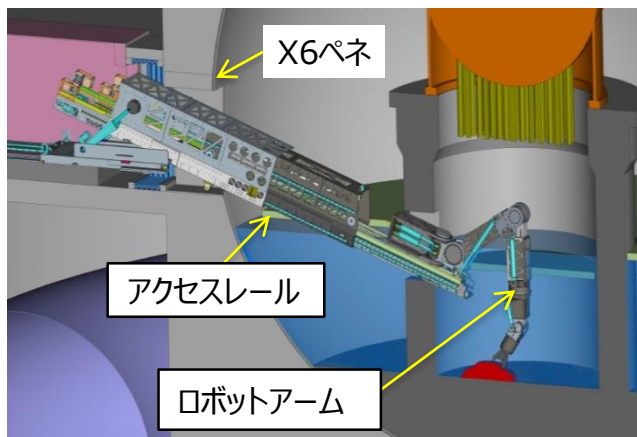
## 冠水-上アクセス工法（概念）



## 気中-上アクセス工法（概念）

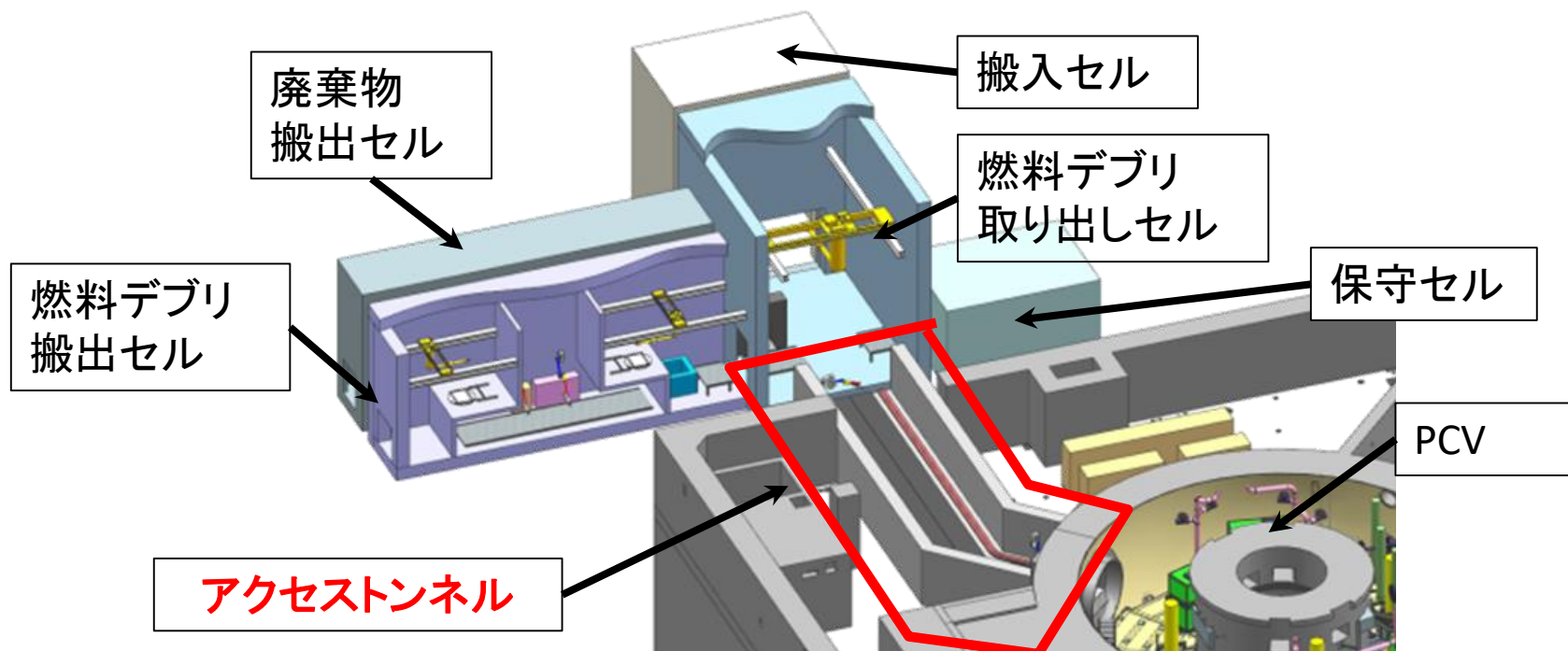


## 気中-横アクセス工法（概念）



# 【横アクセス工法】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



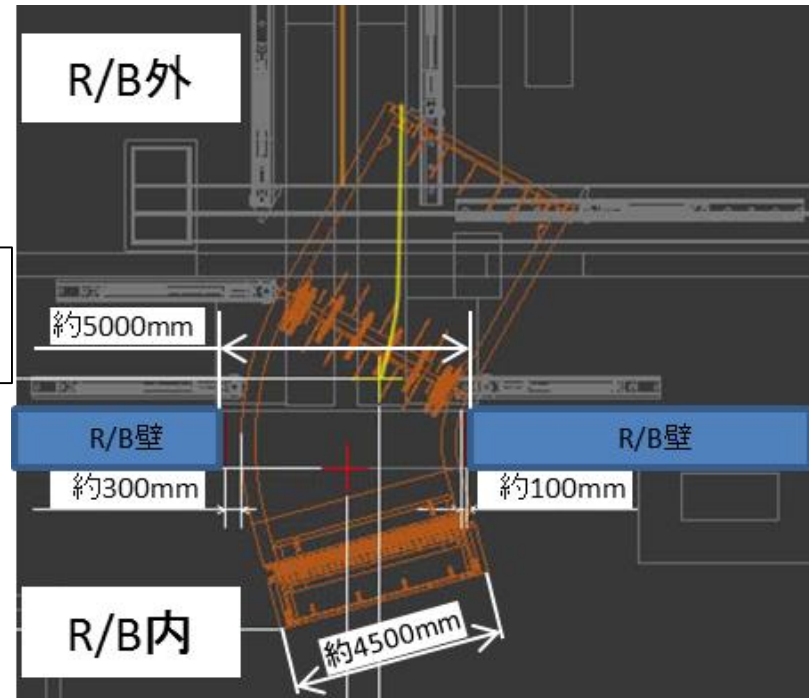
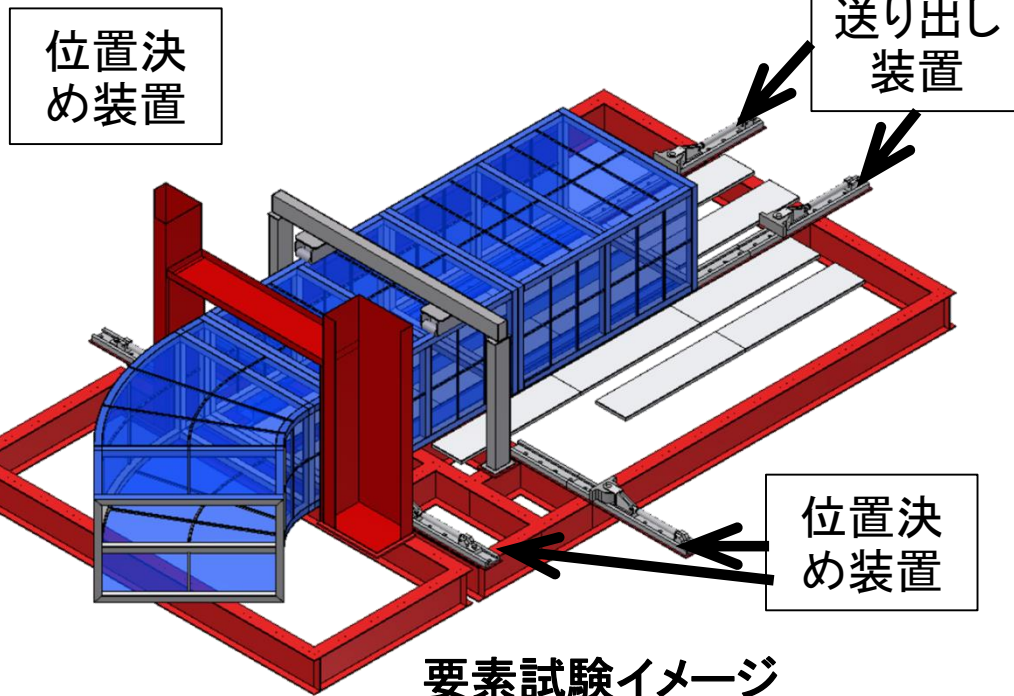
アクセストンネル工法の配置イメージ



# トンネル施工技術の要素試験



送り出し工法の例



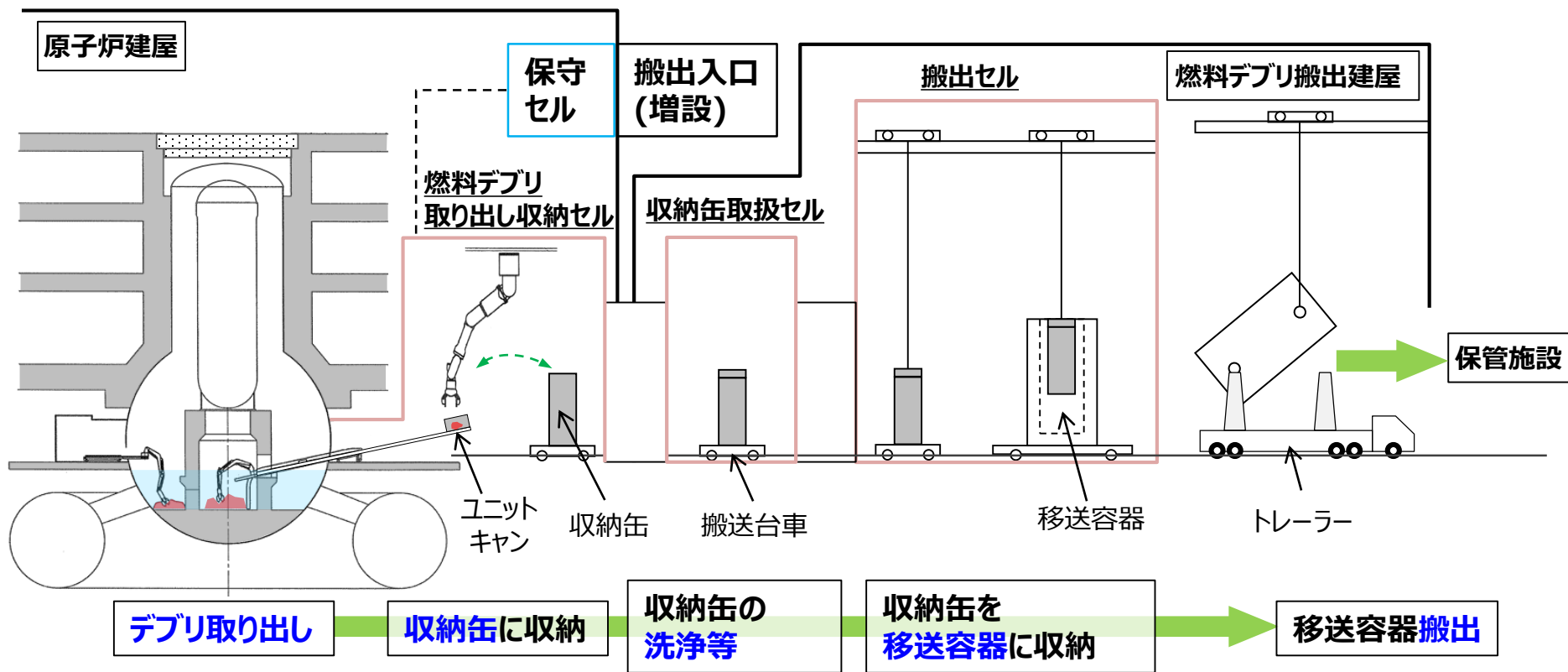
\*R/B: 原子炉建屋

# 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

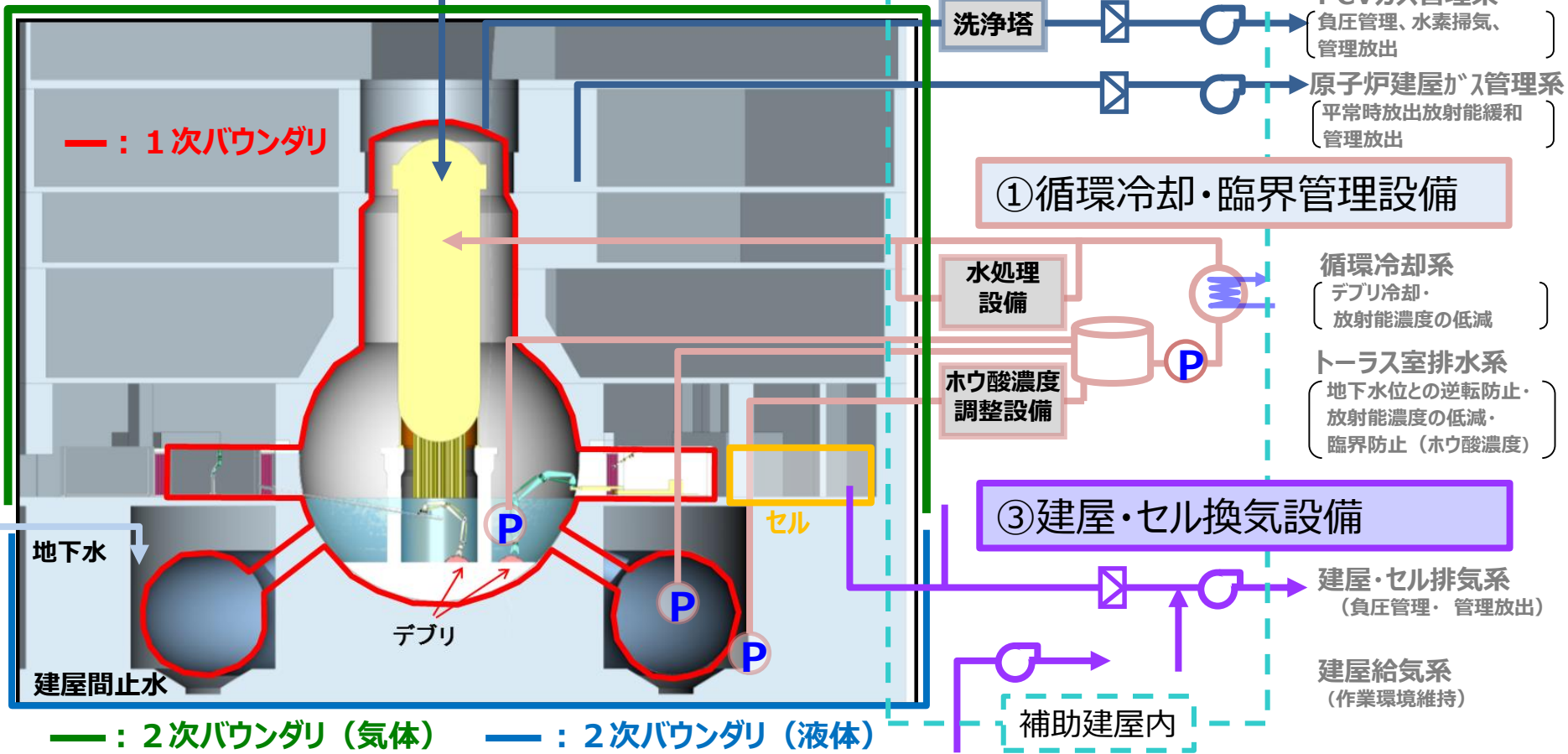
## 移送方法（**気中-横アクセス工法**の場合：例）



# 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***