

# 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2年2月13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

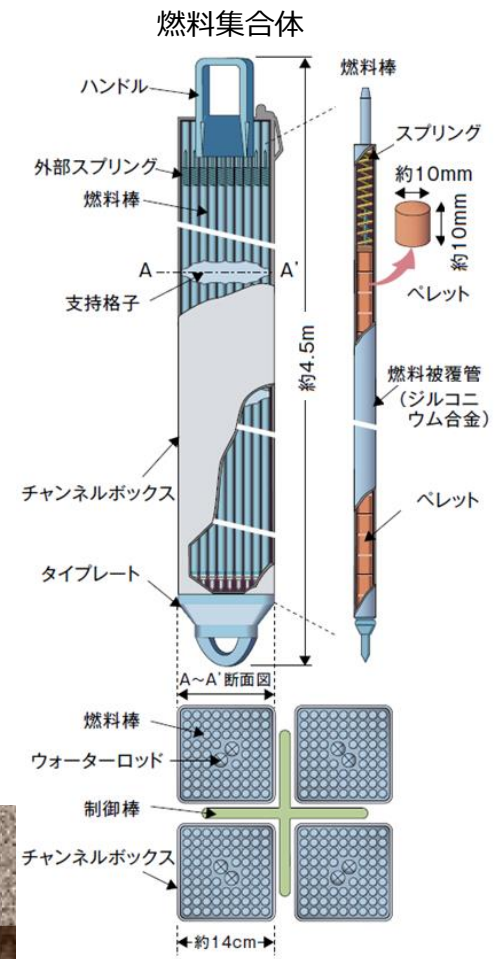
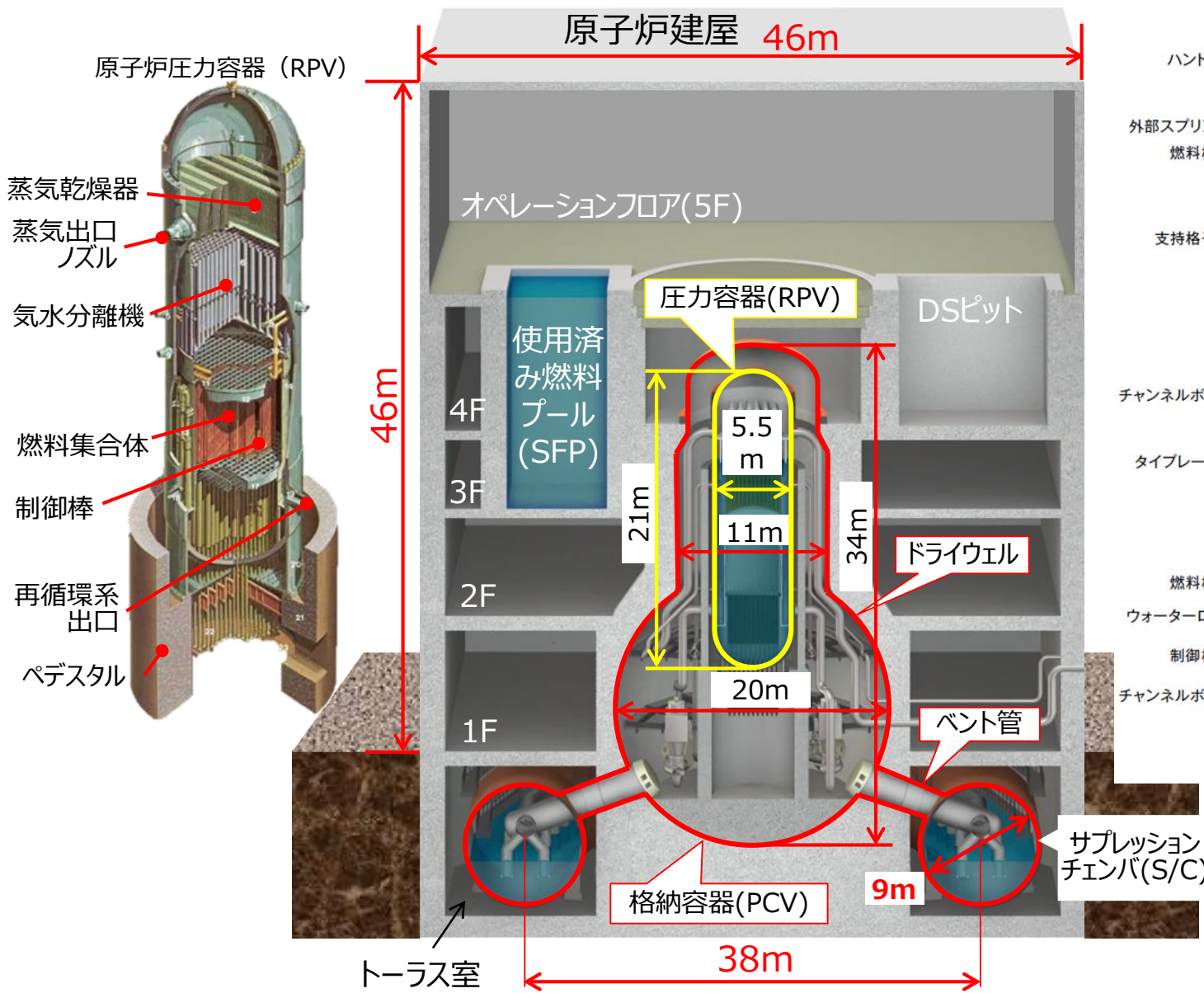
# 目 次

---

- 1. はじめに**
- 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
- 燃料デブリ取り出し技術開発

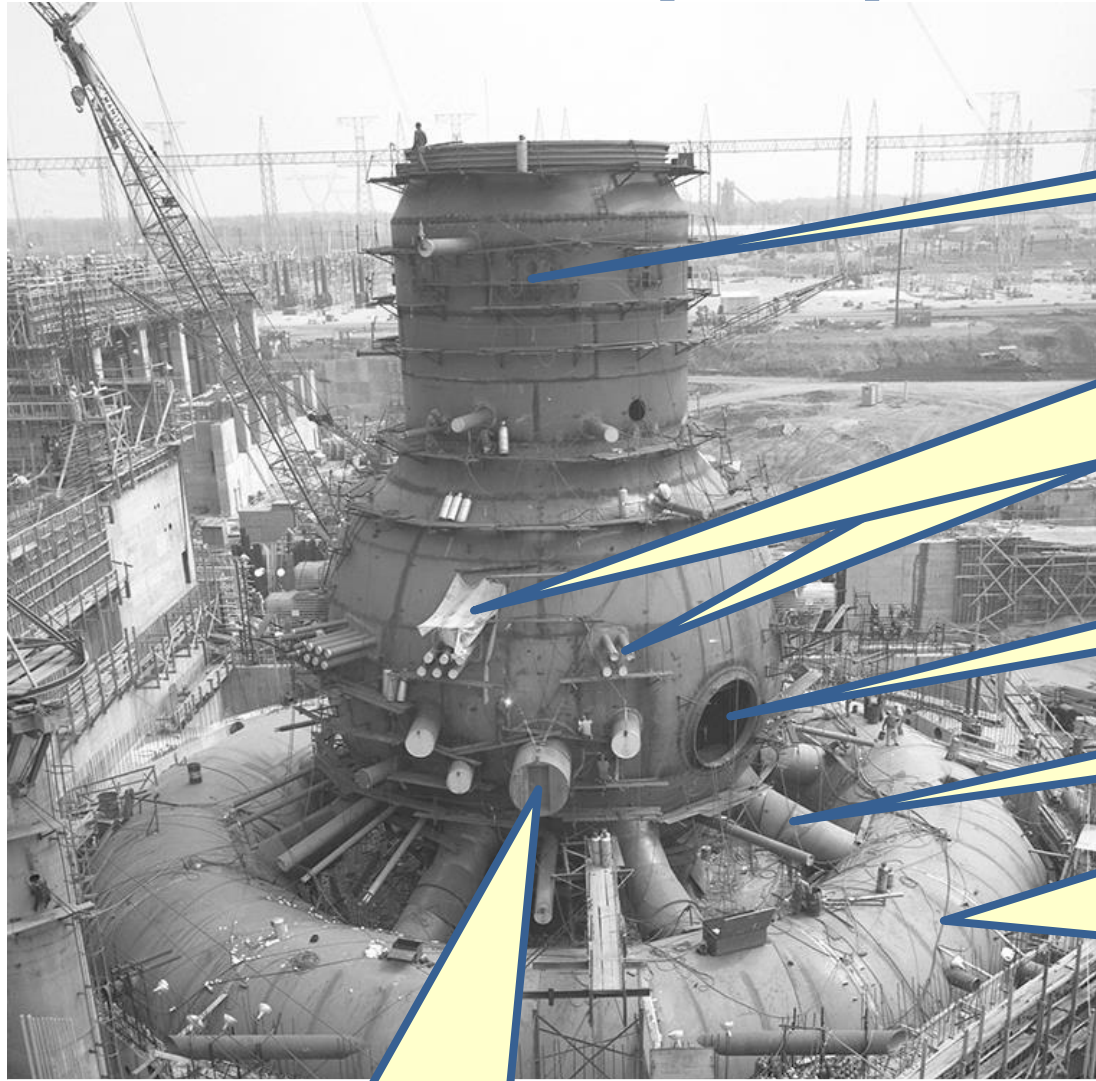
# IRID紹介ビデオ

# 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。

# 原子炉格納容器(PCV)の外観 (建設写真)



「ドライウェル (D/W)」: S/Cより  
上部のPCV

「PCV貫通部」: 配管貫通部、  
電気配線貫通部等

1号機 約150か所  
2号機 約200か所  
3号機 約190か所

「機器ハッチ」: 大型機器の搬出入口

「ベント管」: D/WとS/Cの連絡配管

「サプレッションチェンバ (S/C)」:  
事故が起きた時に発生した蒸気を  
S/C内の水で凝縮し、PCVの圧力の  
上昇を抑える。

「エアロック」: 人の出入口

「Browns Ferry Unit 1 under construction 1966.Sep.」  
Tennessee Valley Authority – TVA's 75th Anniversary webpage

# 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-6<sup>th</sup>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

---

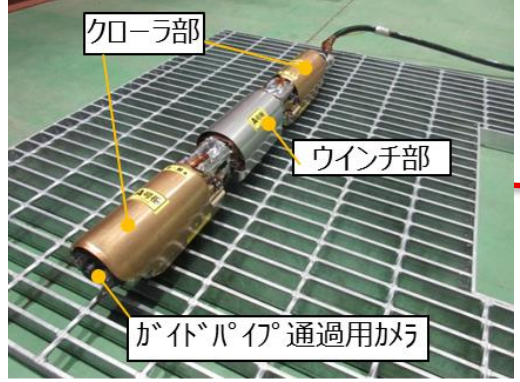
1. はじめに
2. **原子炉格納容器内部調査技術開発**
  - (1)既に終了した調査**
  - (2)今後計画している調査
3. 燃料デブリ取り出し技術開発



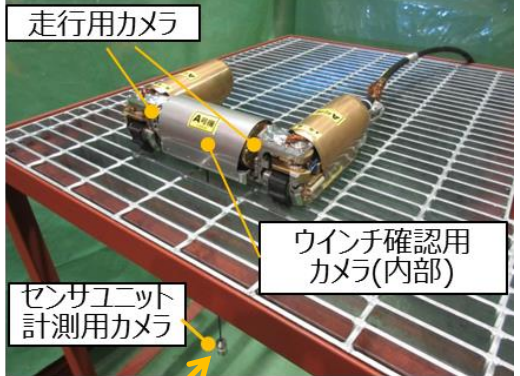
# 原子炉格納容器内部のロボット等による調査

## ペDESTル外側の調査 (1号機)

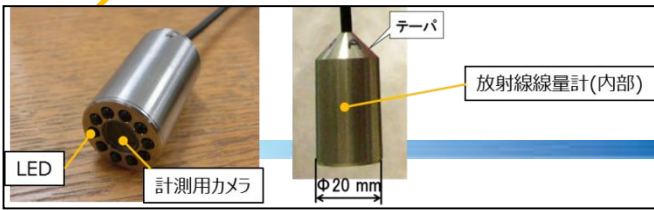
### ○形状変化型ロボット (B2調査)



I型(ガイドパイプ通過時)  
 ↓変形  
 ↓

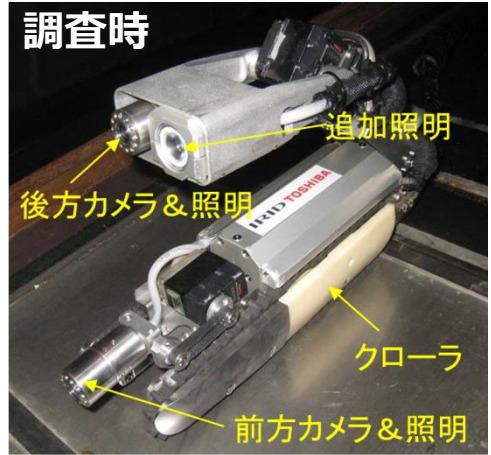
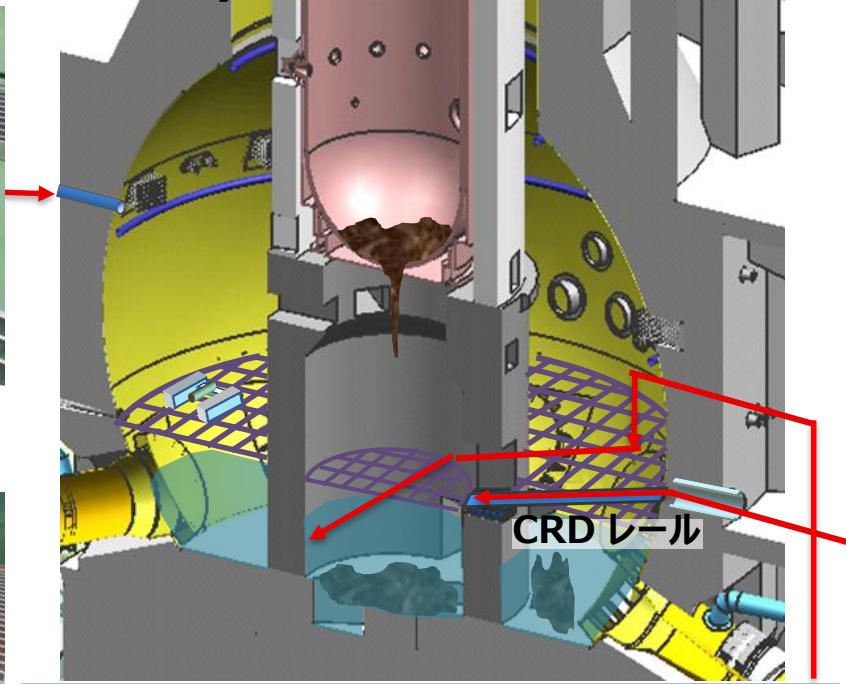


コ型(平面走行時)

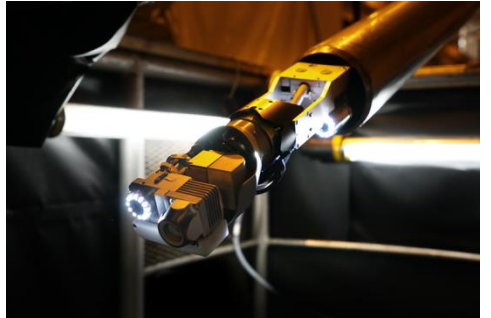


## ペDESTル内側の調査 (2号機)

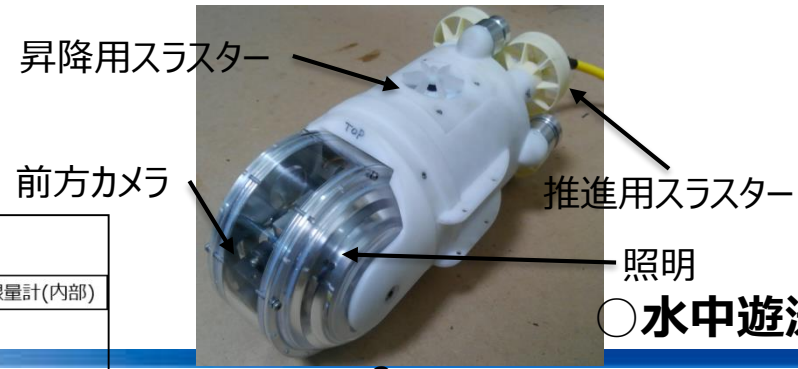
### ○クローラ型遠隔調査ロボット (A2調査)



### ○釣りざお型調査装置 (A2'調査)



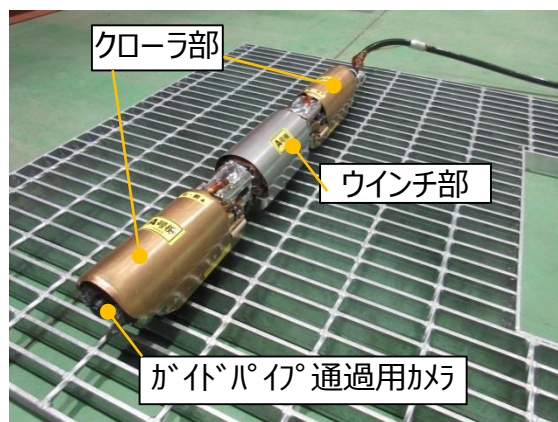
## ペDESTル内側の調査 (3号機)



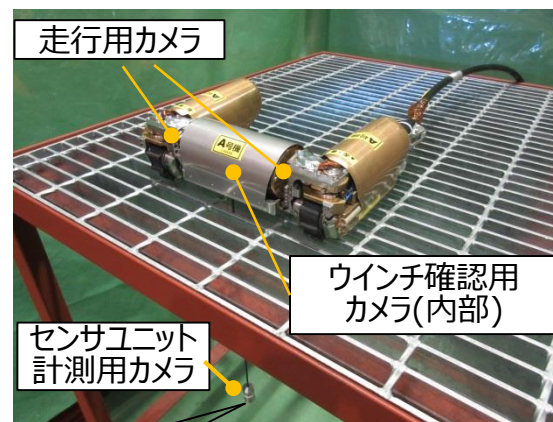
### ○水中遊泳型ロボット

# 1号機 B2 調査ロボット「PMORPH (ピーモルフ)」

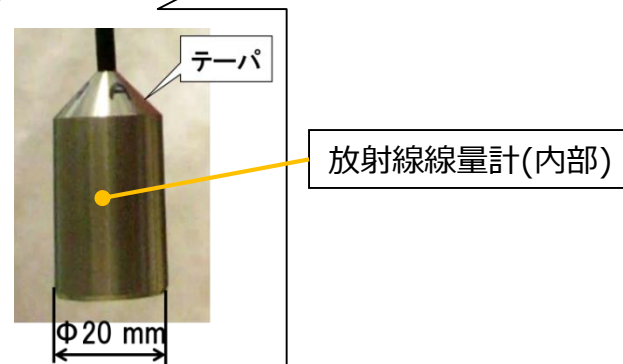
本体寸法	ガイドパイプ走行時：長さ699mm×幅72mm×高さ93mm グレーチング走行時：長さ316mm×幅286mm×高さ93mm
センサユニット寸法	幅20mm×高さ40mm      ケーブル：長さ3.5m
重量	約10kg
スぺック	カメラ×5、放射線線量計×1
耐放射線性	約1000Sv以上



I型(ガイドパイプ通過時)

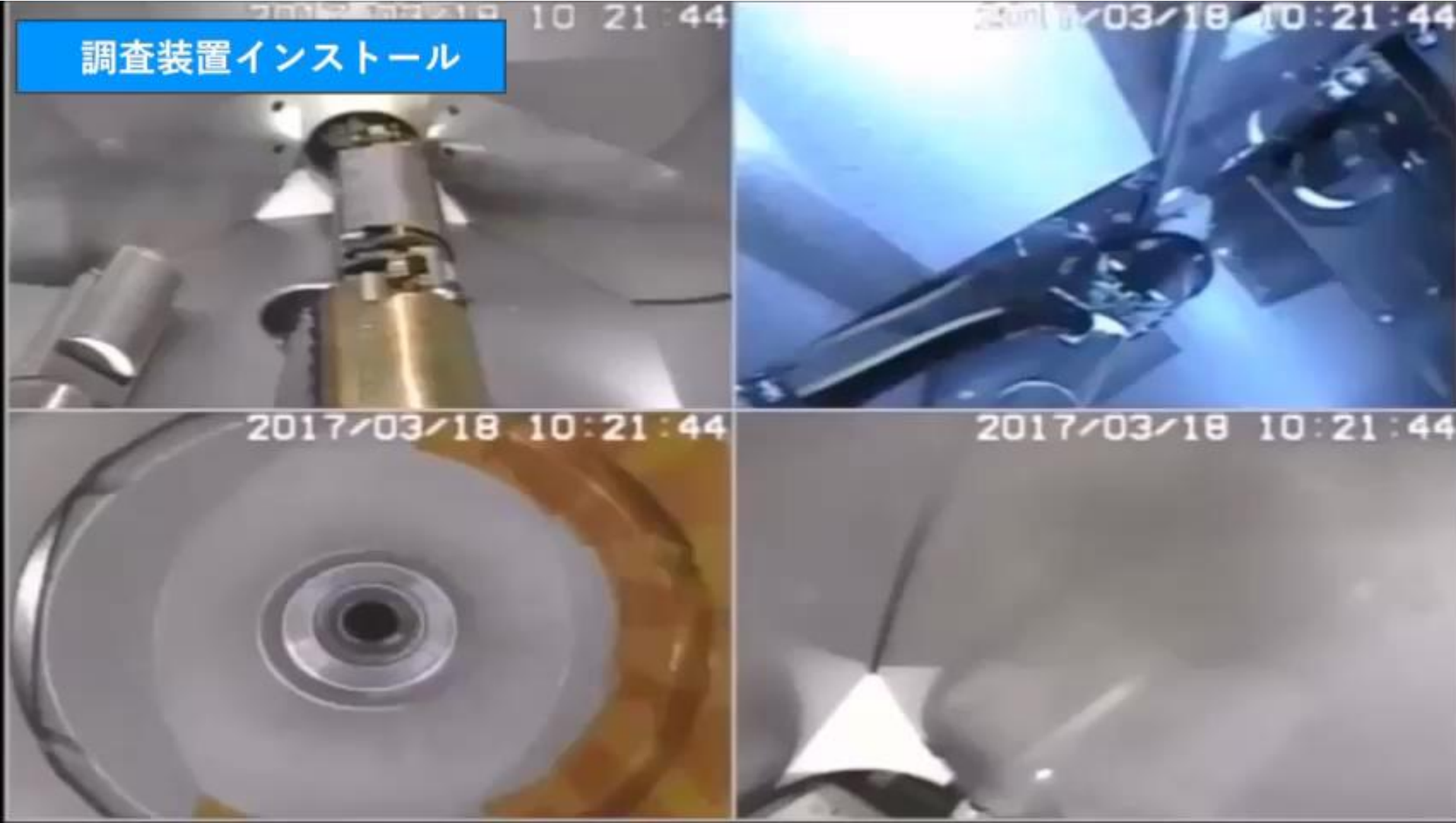


C型(平面走行時)



# 1号機 B2調査（動画）

調査装置インストール



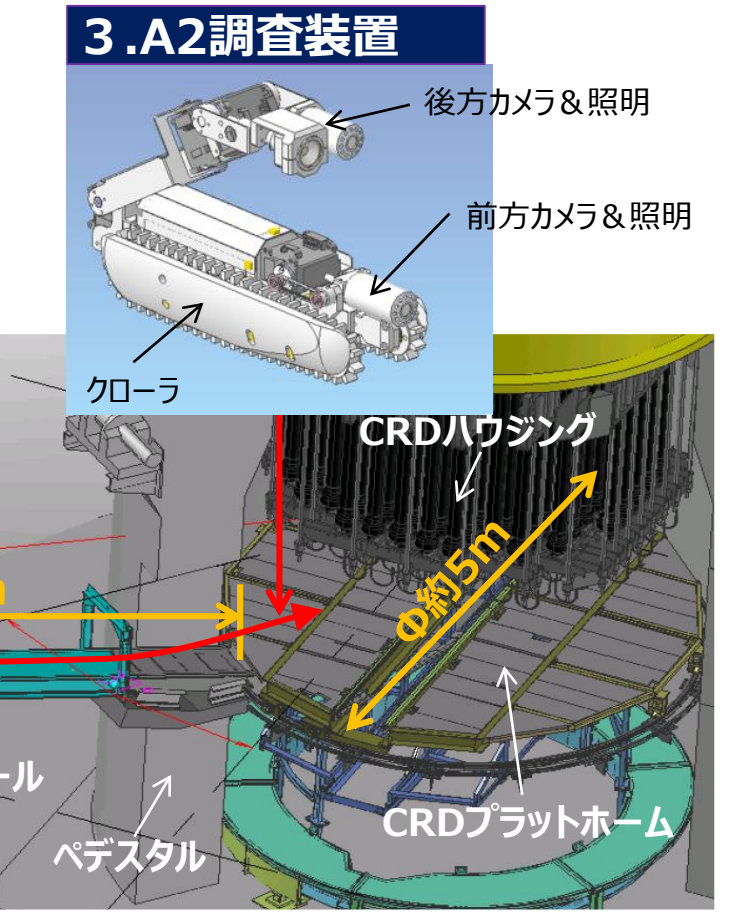
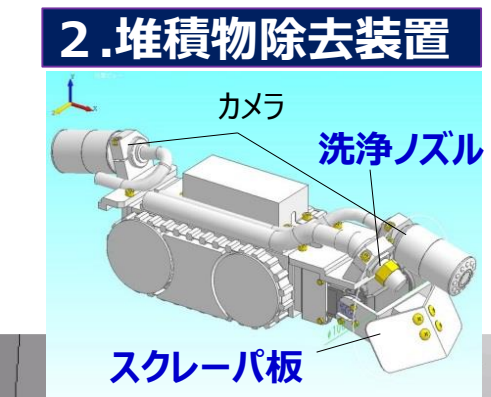
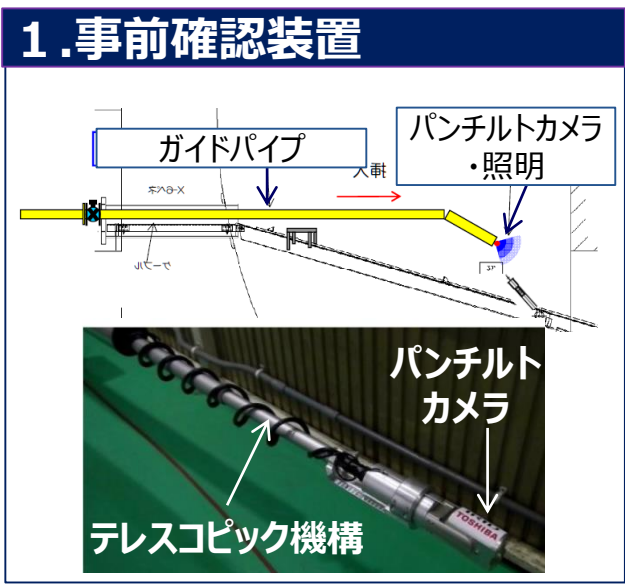
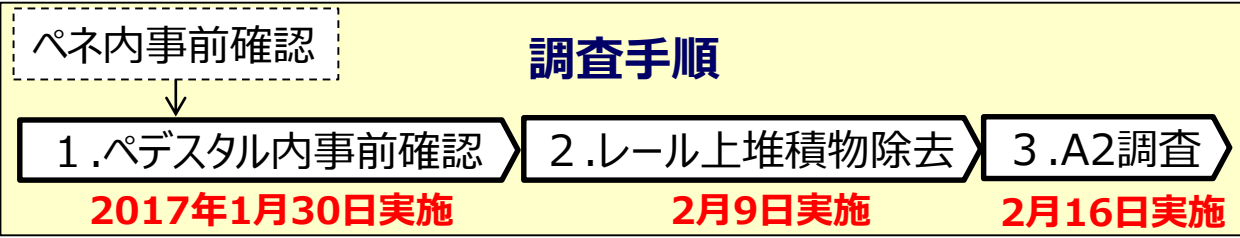
# 2号機 ペDESTAL内上部調査(A2調査 2017.1~2)

**【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:

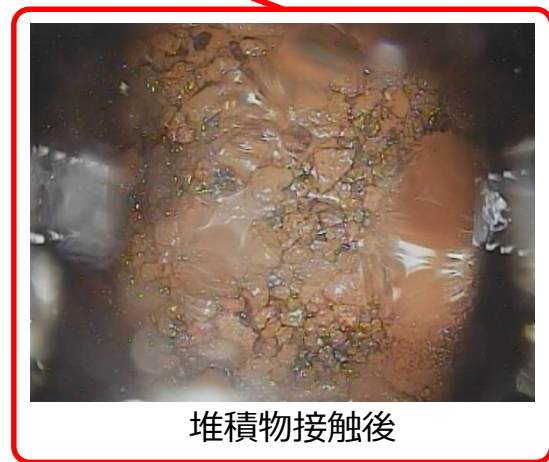
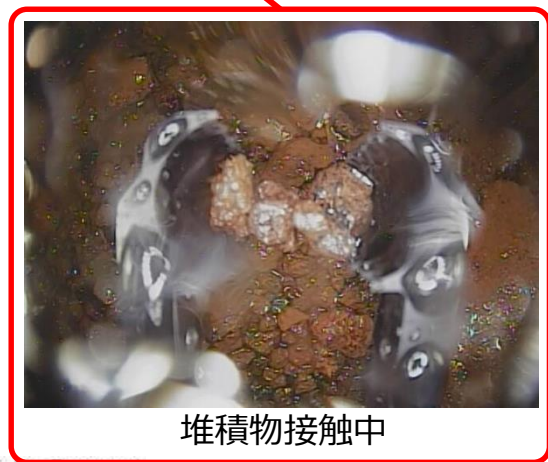
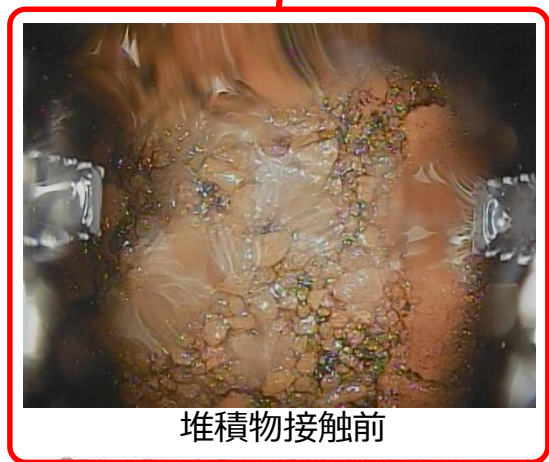
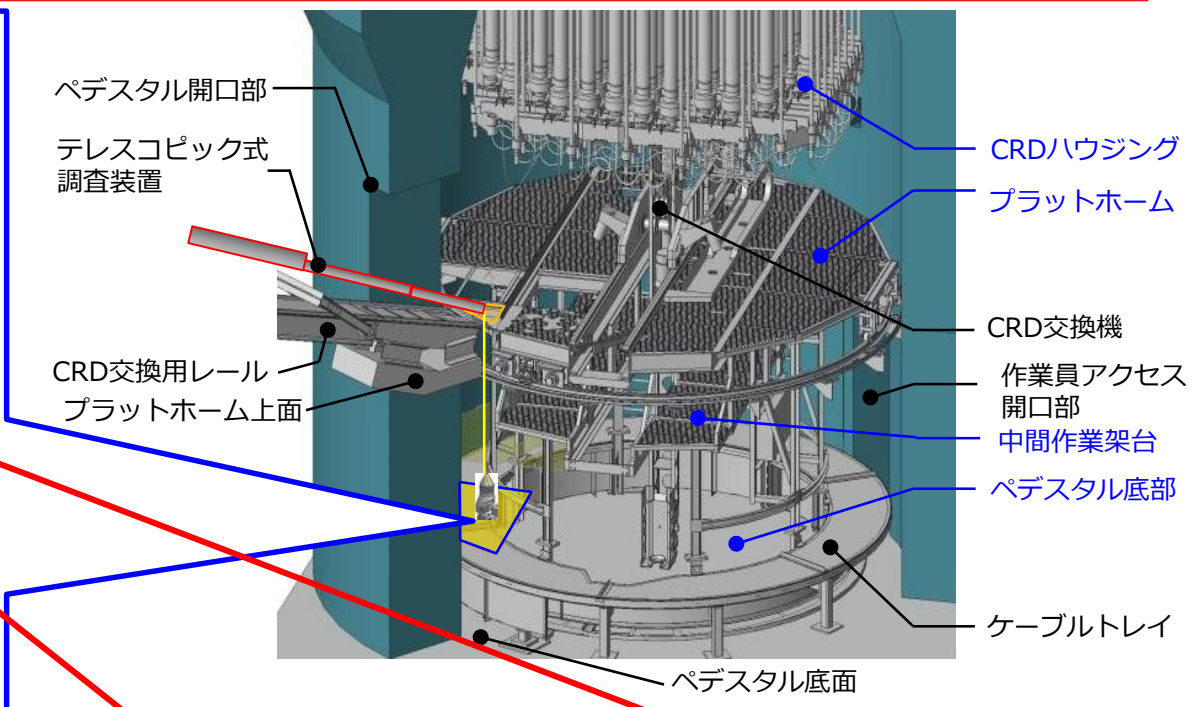
ImageIndex:



## 2号機ペデスタル内下部調査（A2'調査）



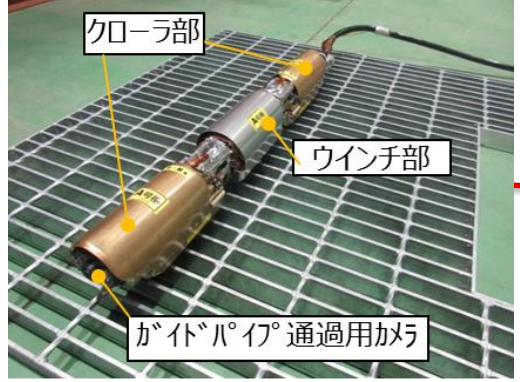
# 2号機 ペDESTAL内下部調査(A2"調査 2019.2)TEPCO



# 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)

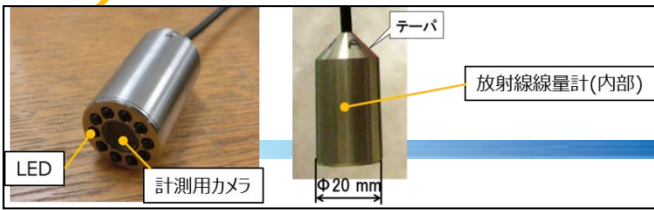
### ○形状変化型ロボット (B2調査)



I型(ガイドパイプ通過時)  
 ↓変形

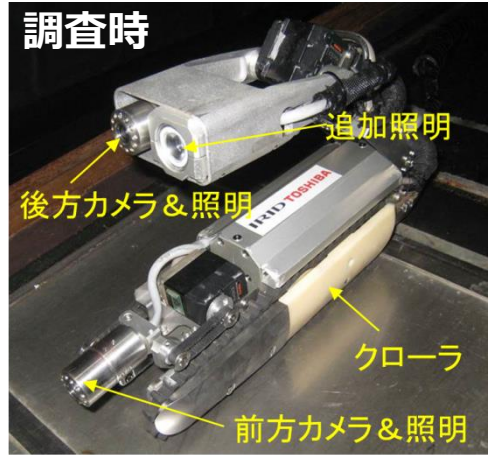
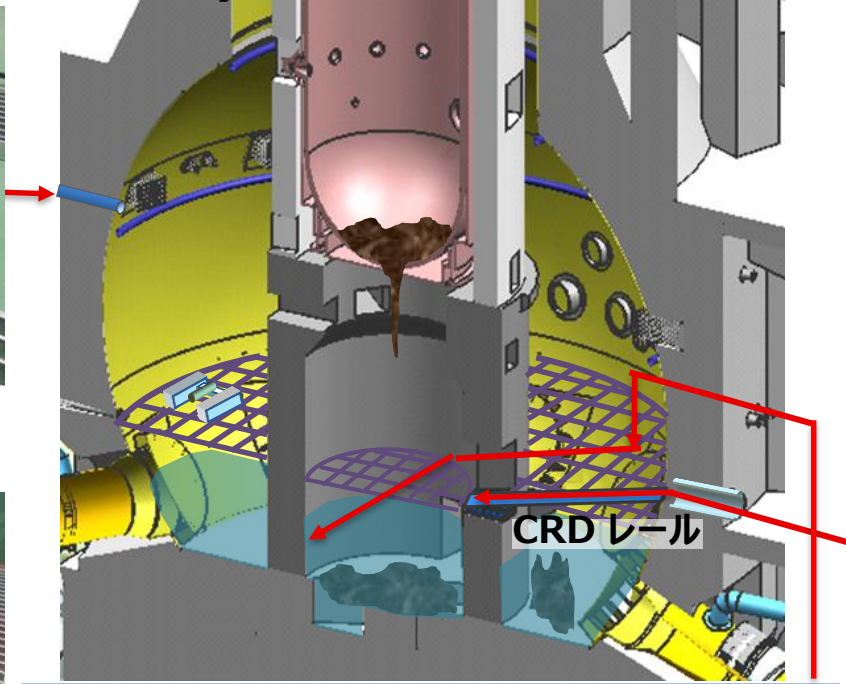


C型(平面走行時)



## 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)



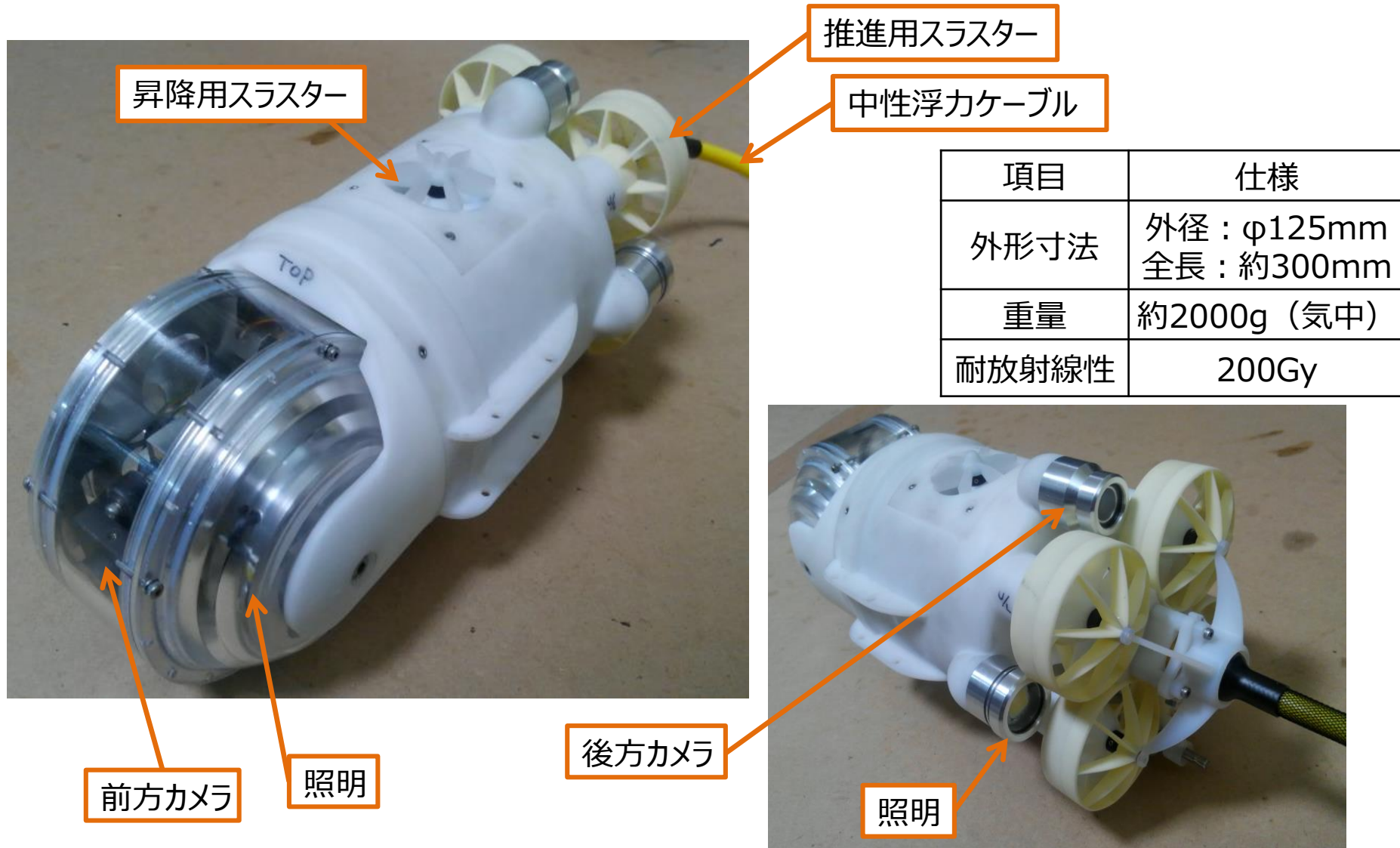
## ペDESTル内側の調査 (3号機)



### ○水中遊泳型ロボット



# 3号機格納容器内調査 水中ROV



# 3号機水中ROV撮影映像(動画)

隔離弁 開



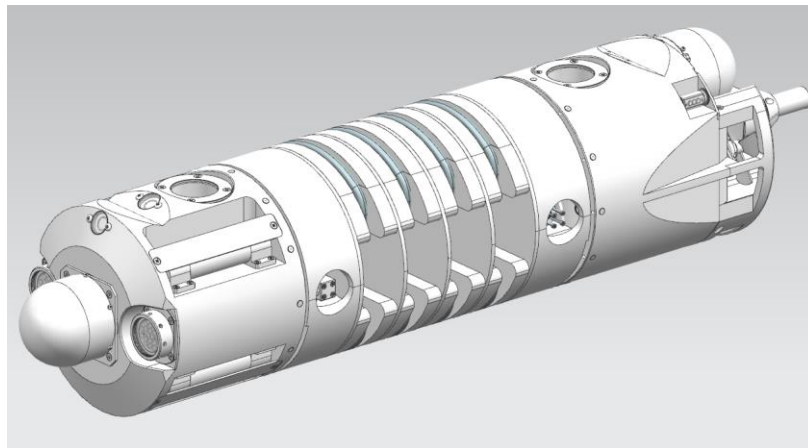
# 目 次

---

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

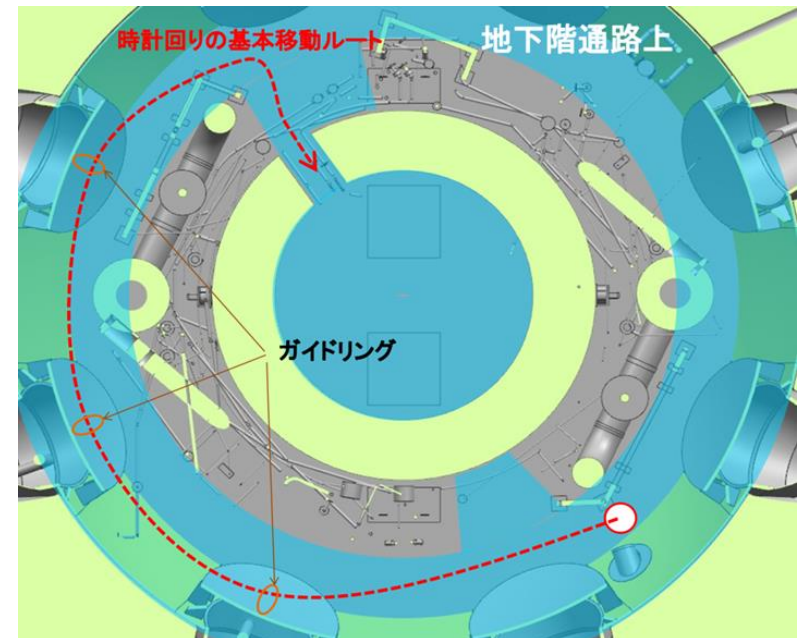
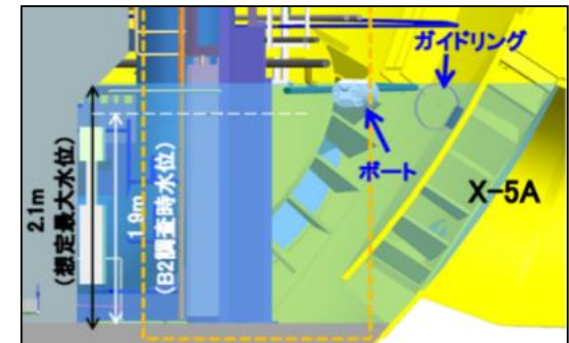
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



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

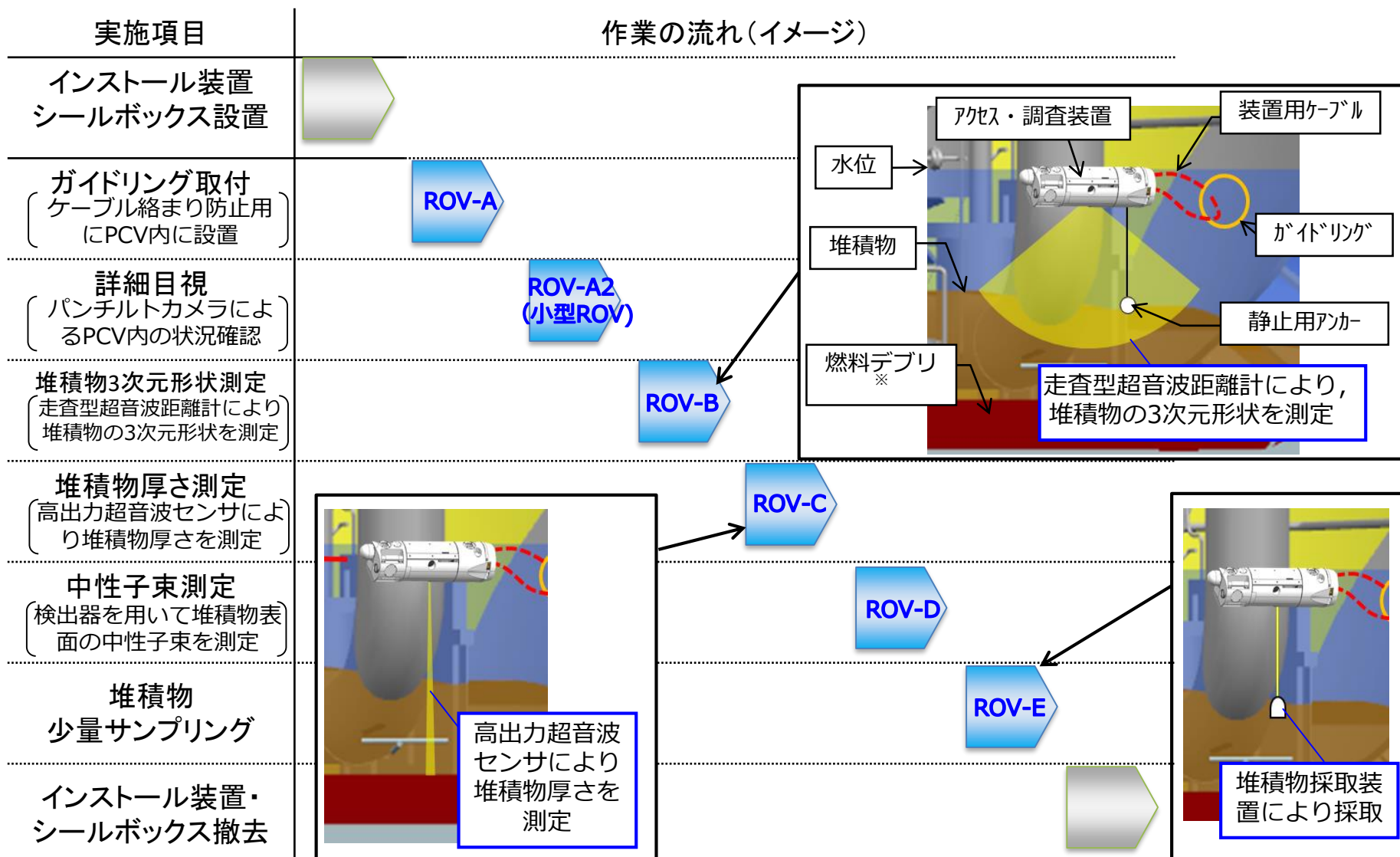
## ボート型アクセス装置外観



## ボート型アクセス装置の動線

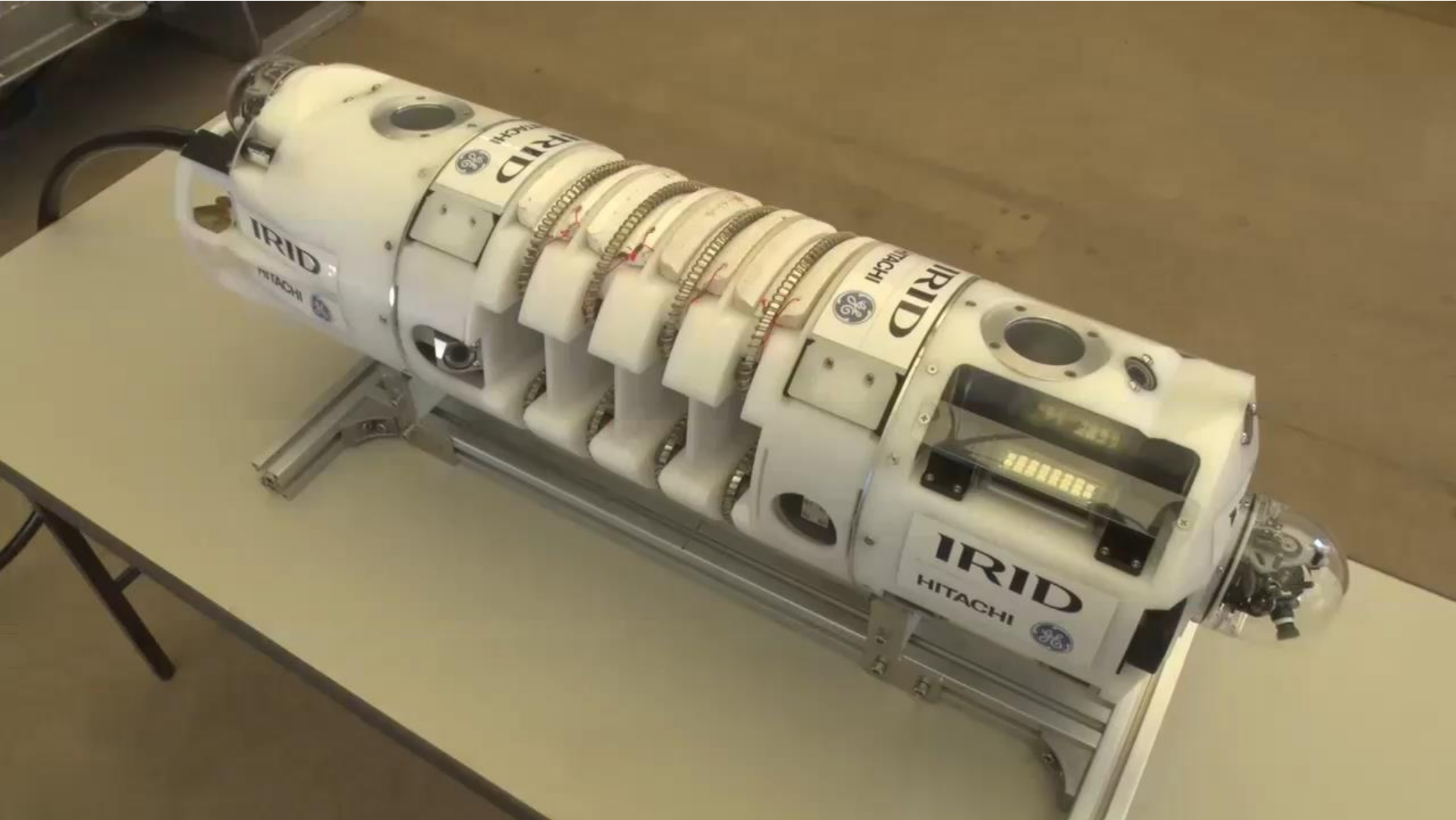
# 1号機：ボート型アクセス装置(X-2ペネからのPCV内部調査)

■ 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

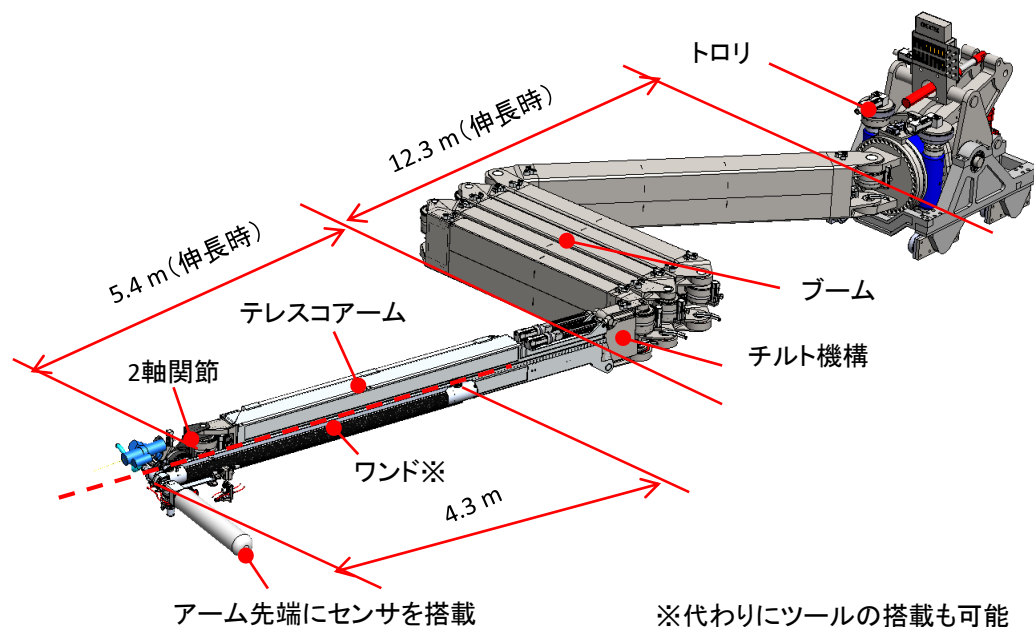
# 1号機：ボート型アクセス装置



# 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



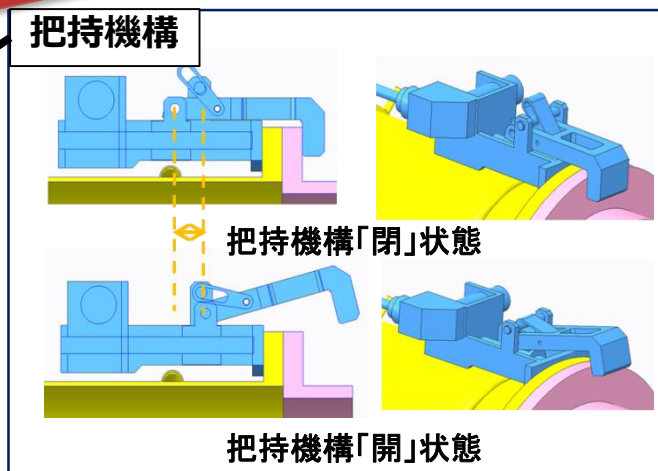
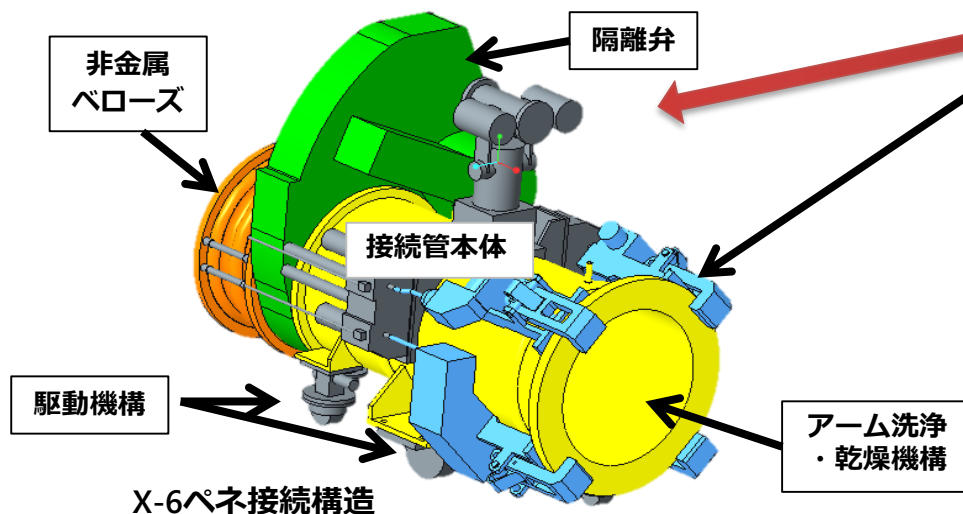
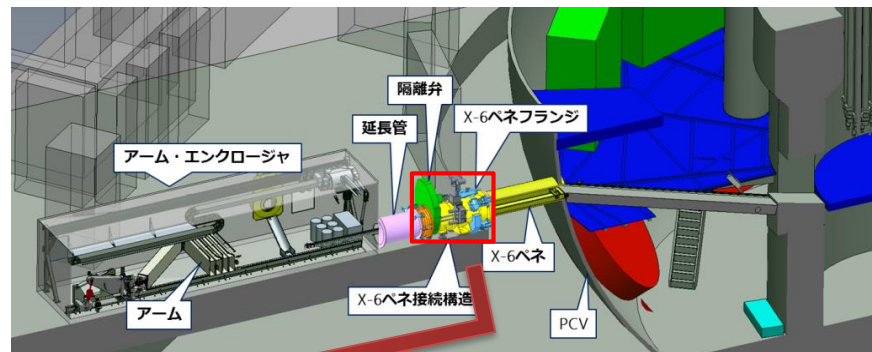
## アーム型アクセス装置

# 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

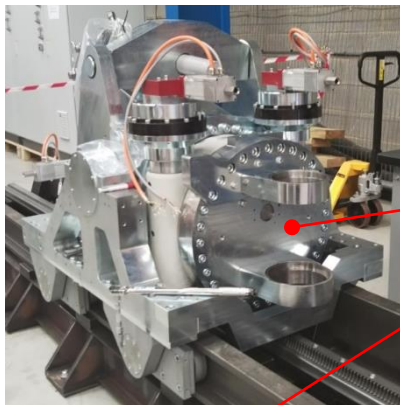
- ✓ 遠隔で既存のペネフランジに接近・取りつく機能
- ✓ 把持機構の耐震性
- ✓ 閉じ込め機能
- ✓ アーム通過性の維持



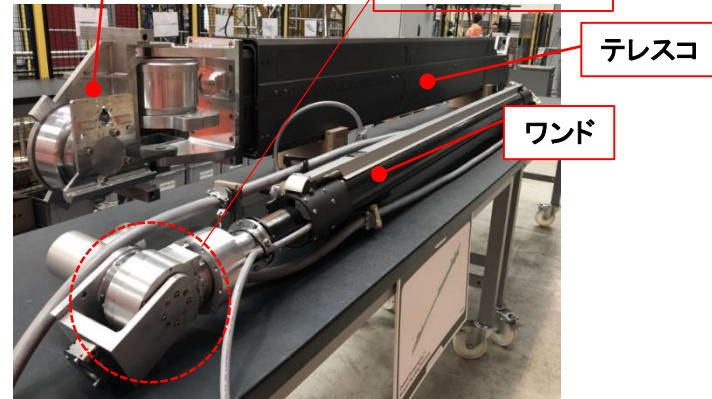
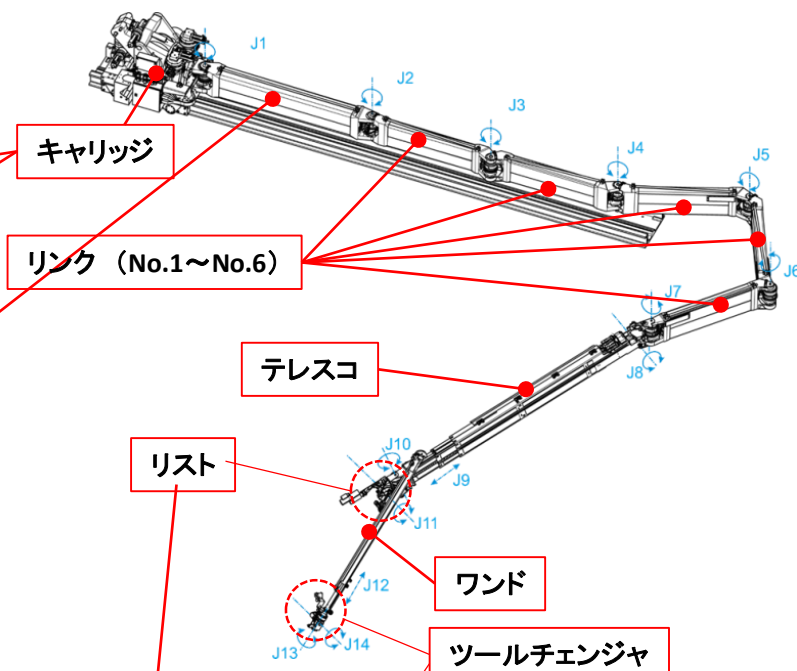
## 接続構造体外観



# 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

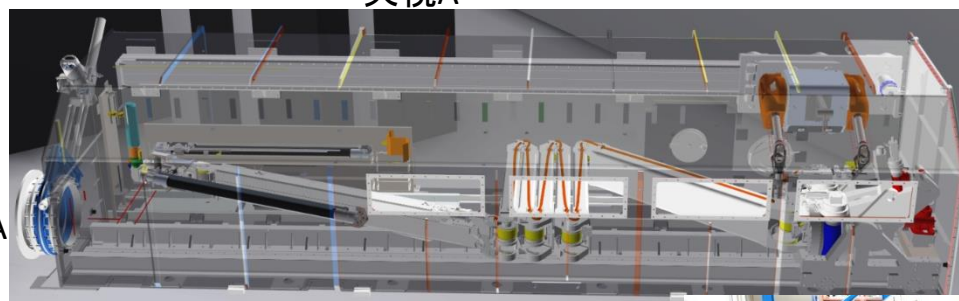


アームの製作と組立ての様子

# 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

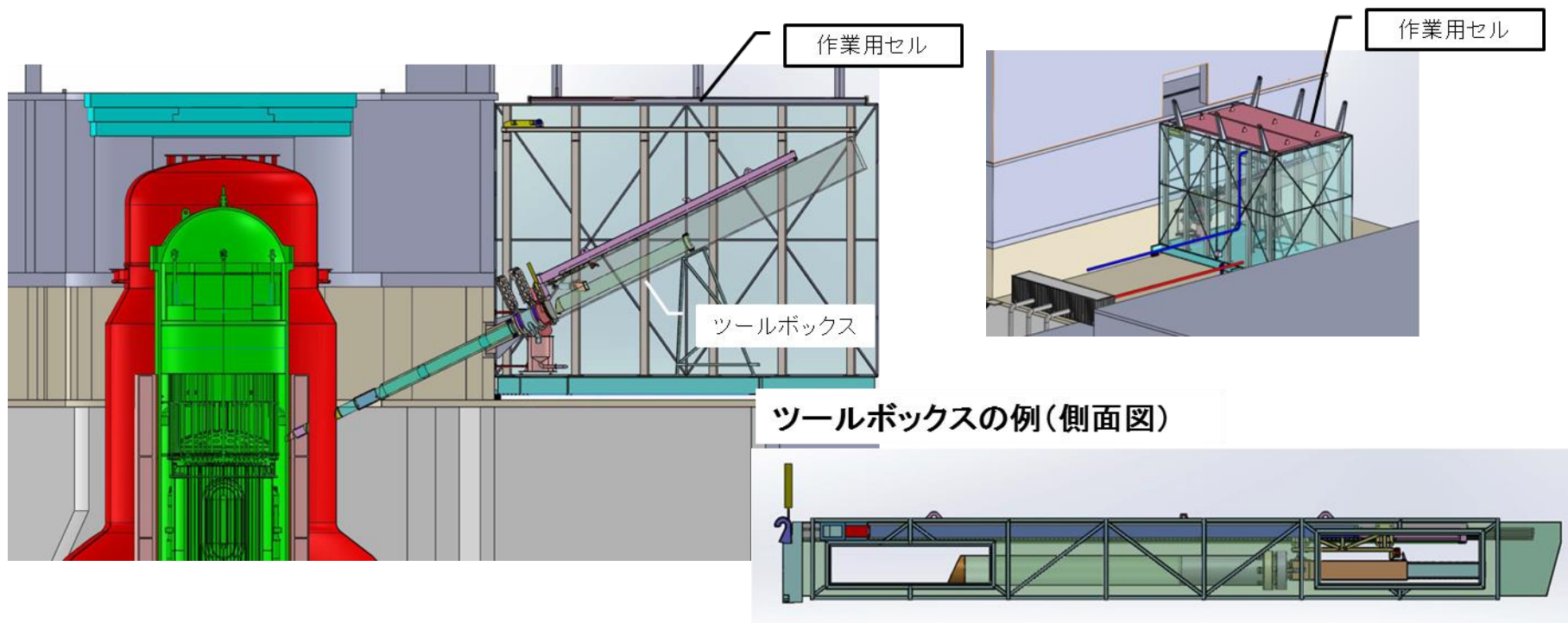
インクロージャーの製作と組立ての様子

# 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

---

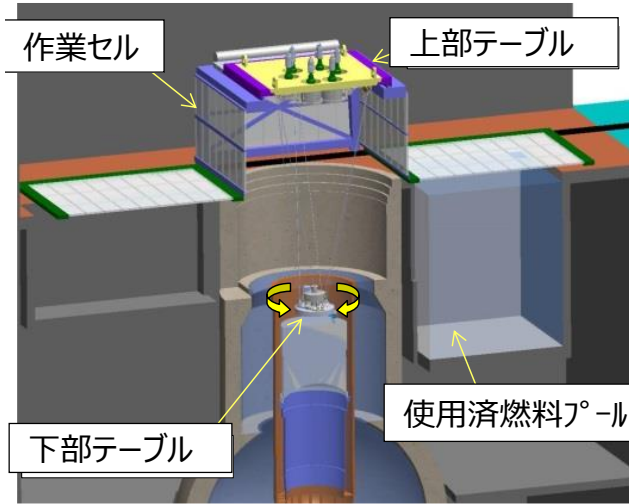
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
  - (1)既に終了した調査
  - (2)今後計画している調査
3. **燃料デブリ取り出し技術開発**

# デブリ取り出し工法

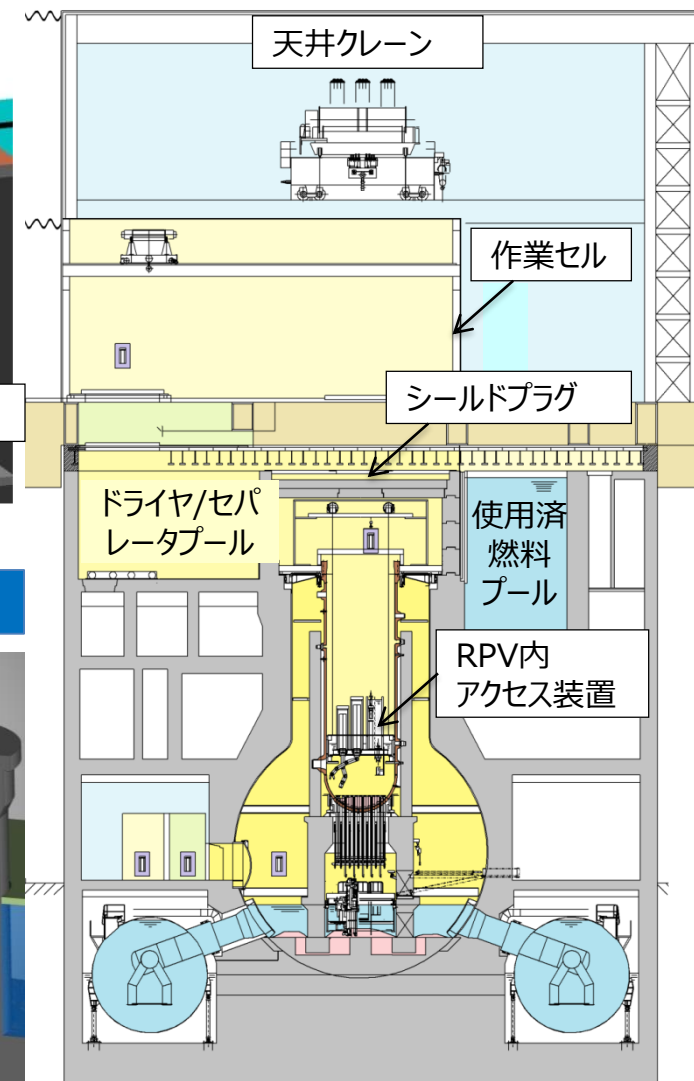
## 技術的課題

- **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

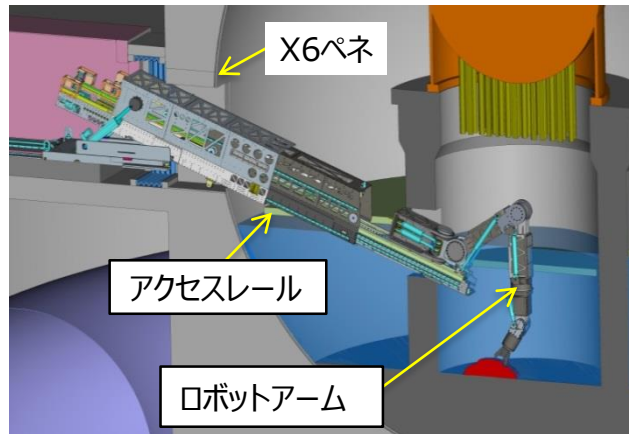
## 冠水-上アクセス工法（概念）



## 気中-上アクセス工法（概念）

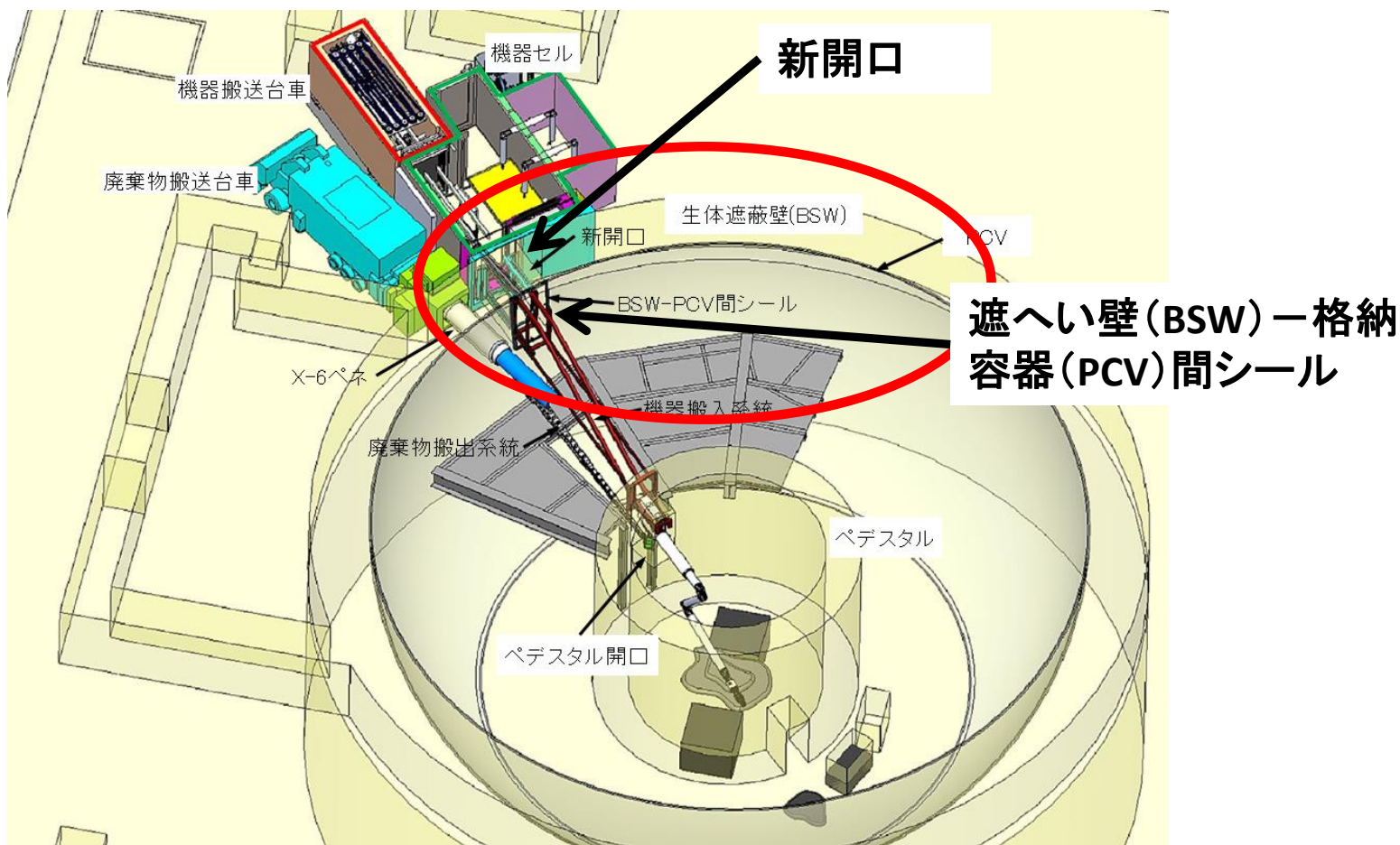


## 気中-横アクセス工法（概念）



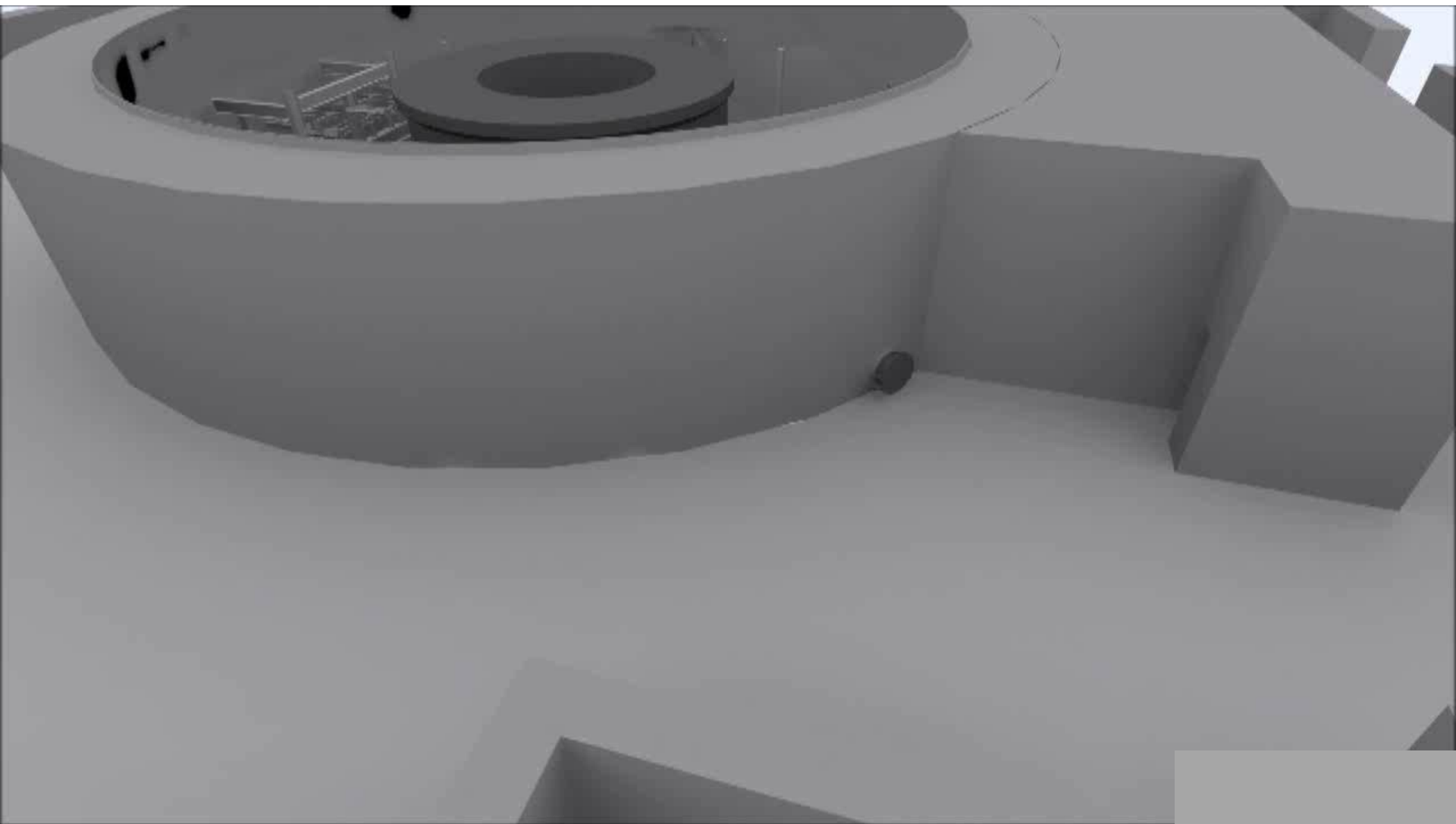
# 【横アクセス工法】デブリ取り出しに係る技術

- 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

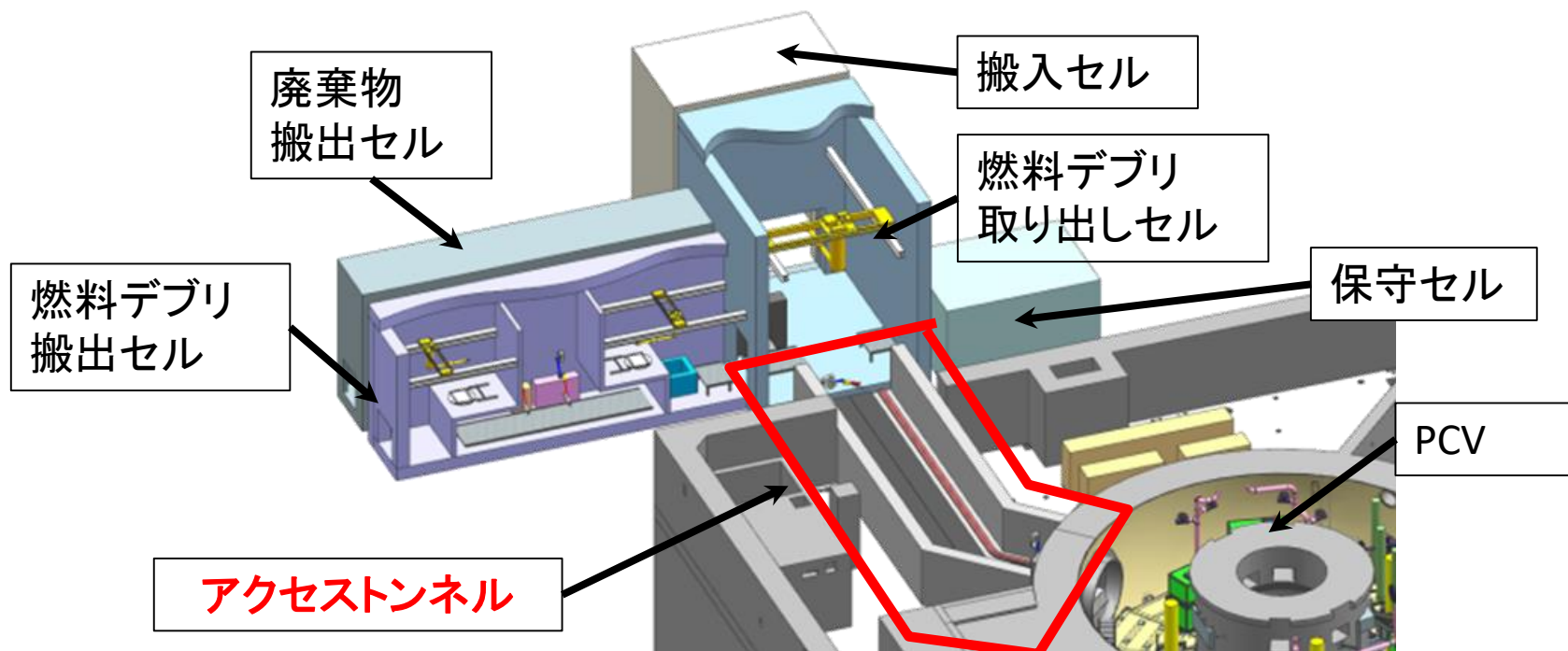
# 穴開け～シール設置 取り出し工法への適用イメージ





# 【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

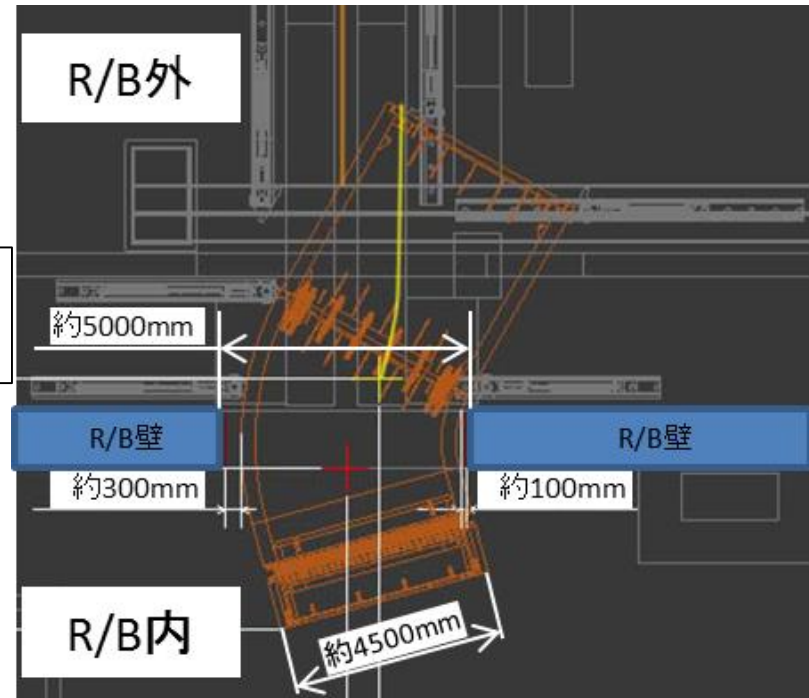
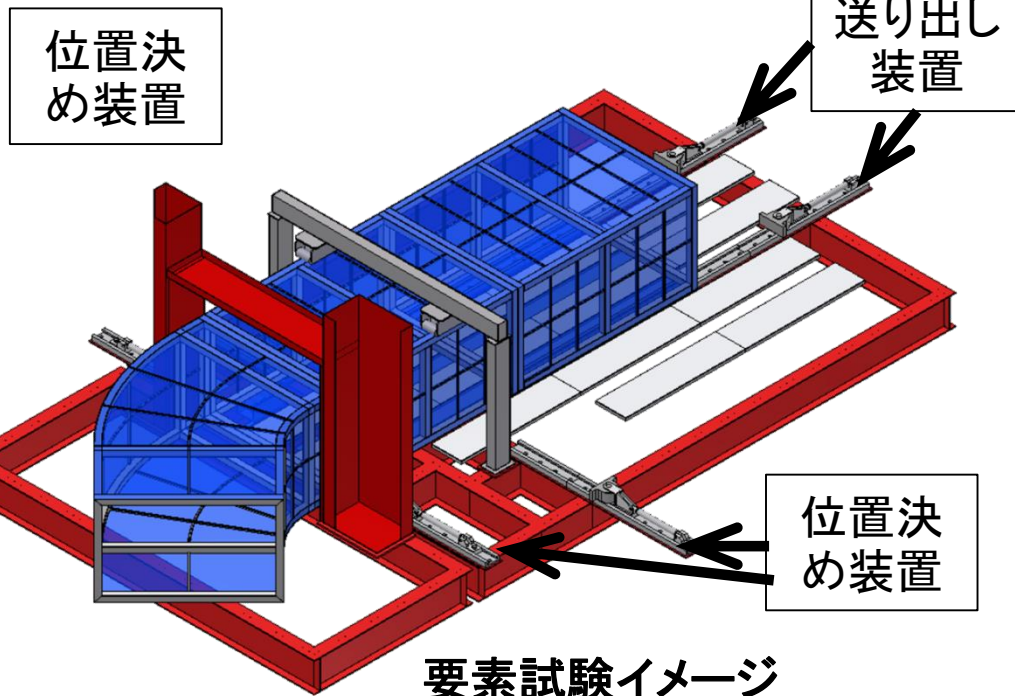


アクセストンネル工法の配置イメージ

# トンネル施工技術の要素試験



送り出し工法の例

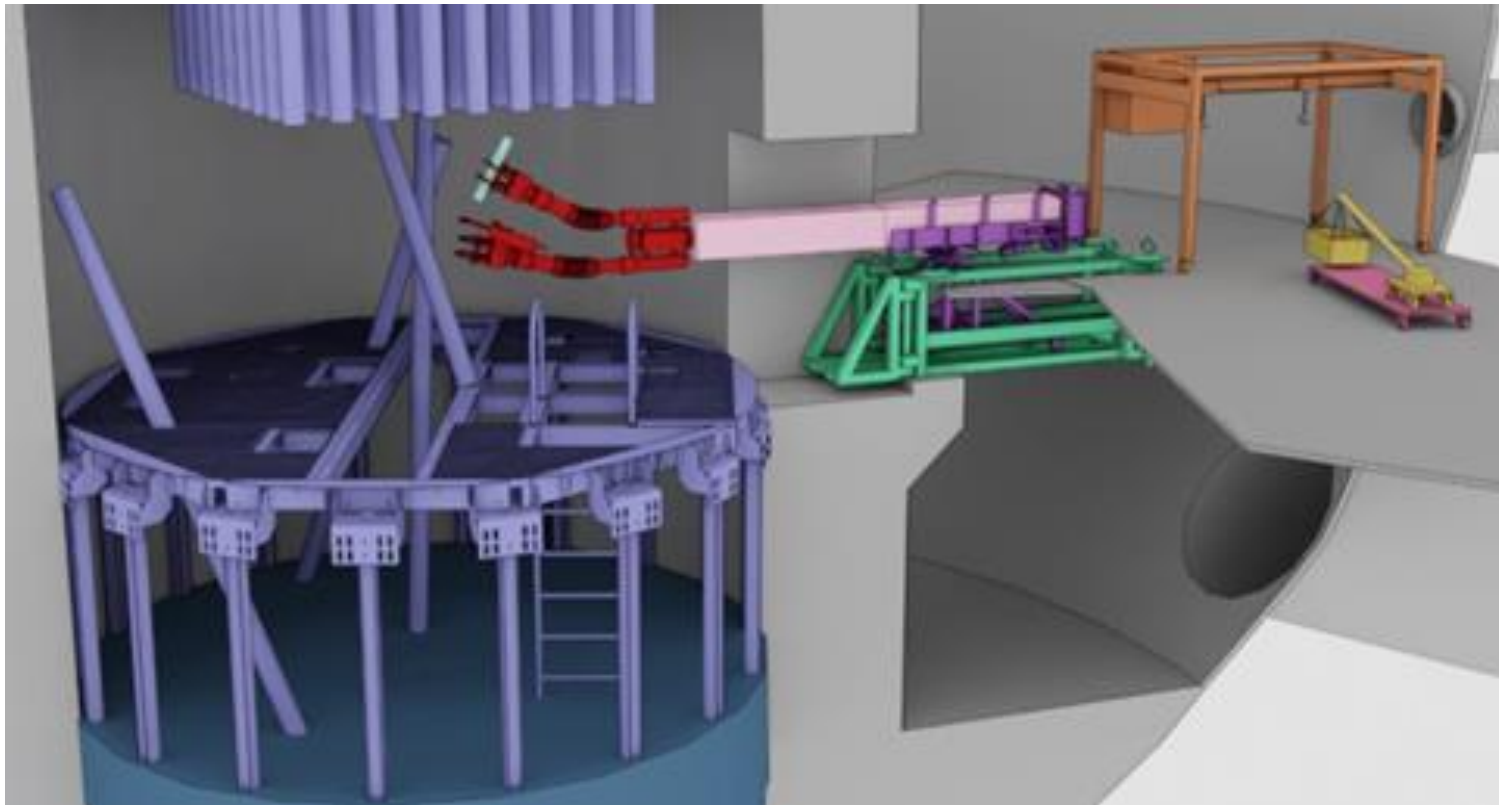


狭隘作業のイメージ

\*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

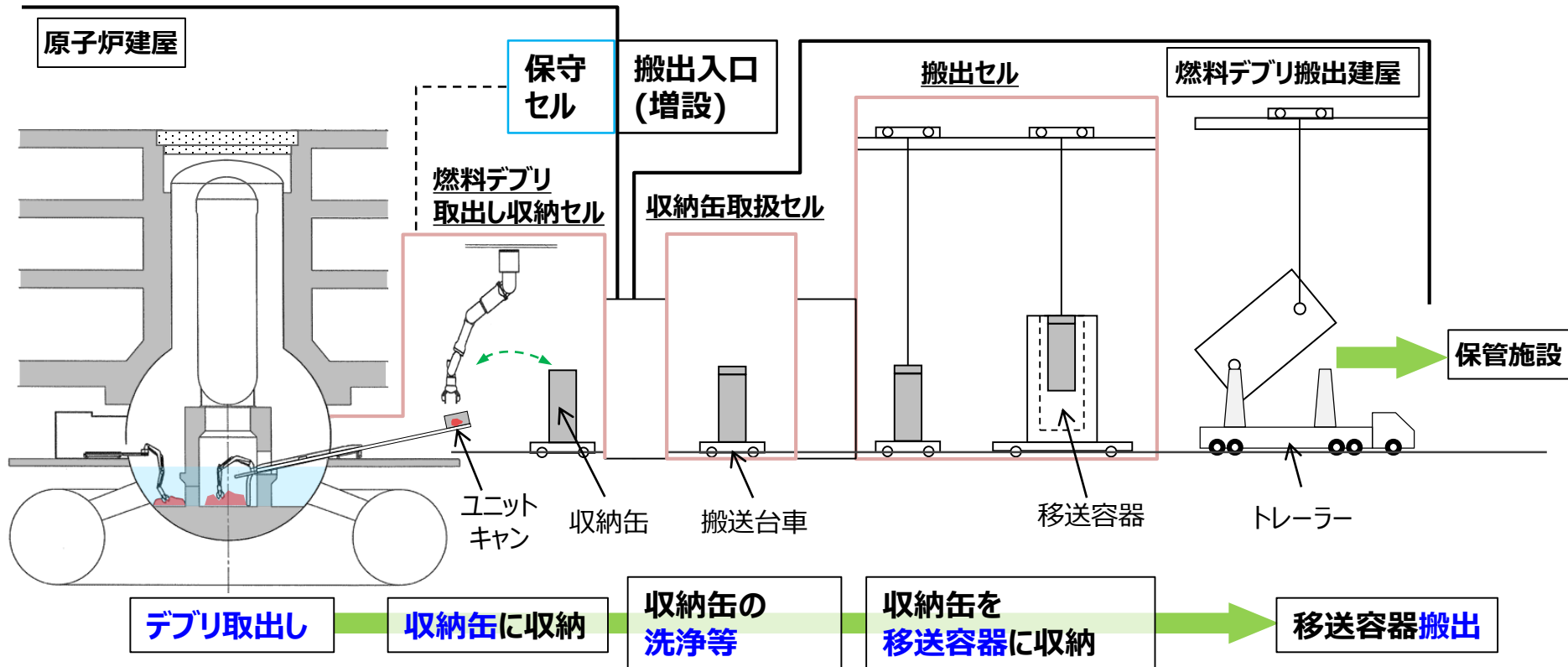


# 収納・移送・保管技術

## 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

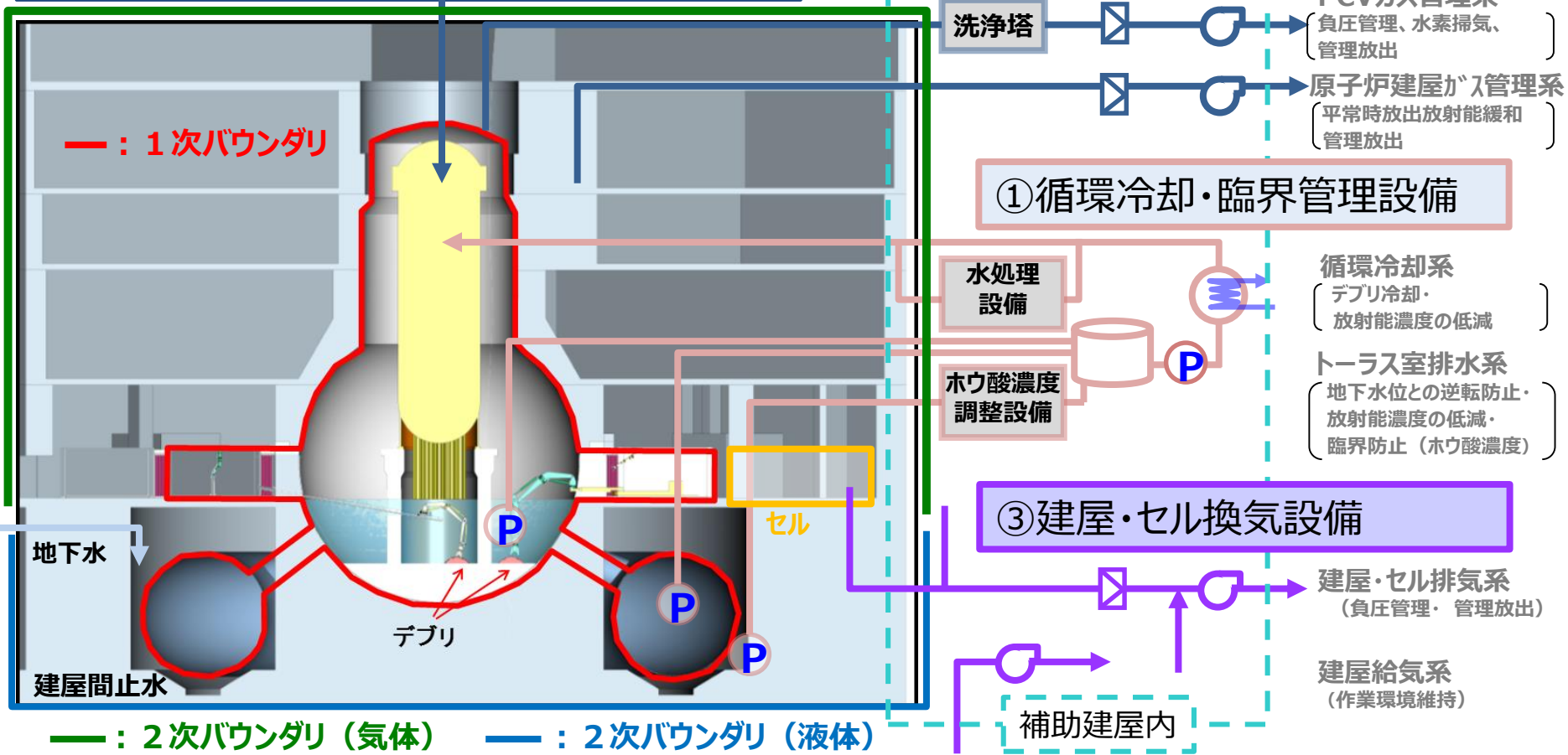
## 移送方法（**気中-横アクセス工法**の場合：例）



# 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***