

# 福島第一原子力発電所 燃料デブリ取り出しにかかわる技術開発の現状について

令和元年6月4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
4. 固体廃棄物の処理処分、遠隔除染技術

# 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

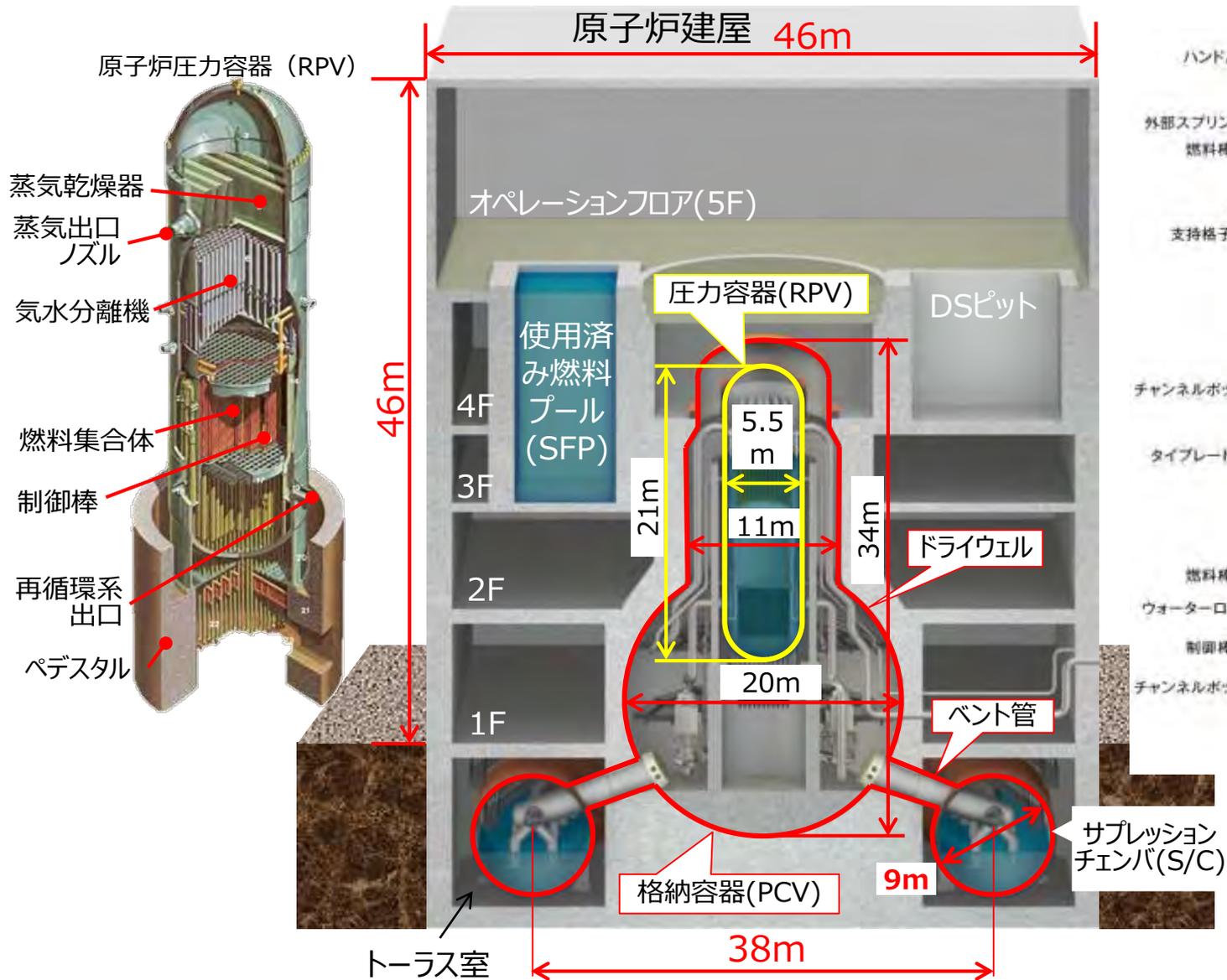
(2)今後計画している調査

## 3. 燃料デブリ取り出し技術開発

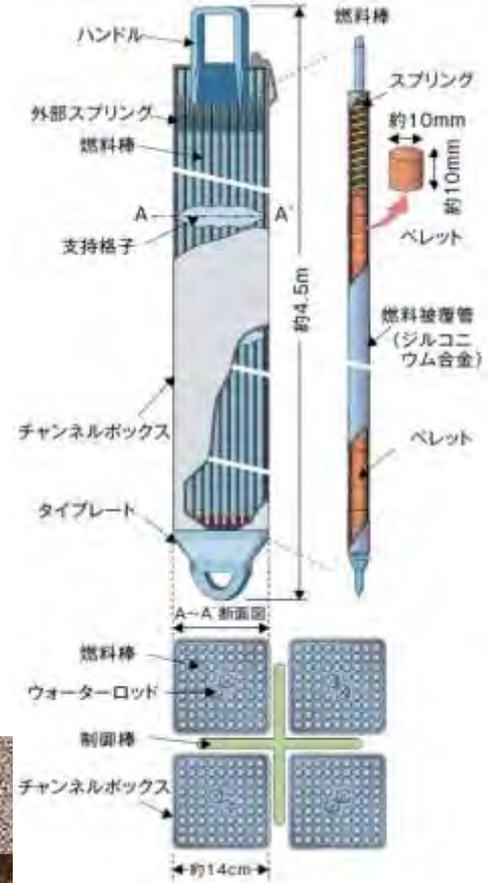
## 4. 固体廃棄物の処理処分、遠隔除染技術

# IRID紹介ビデオ

# 沸騰水型原子力発電所の構造



燃料集合体



(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-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
4. 固体廃棄物の処理処分、遠隔除染技術

# 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)

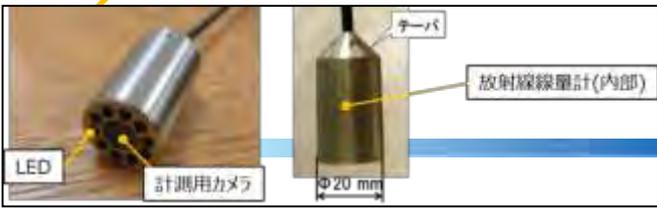
### ○形状変化型ロボット (B2調査)



I型(ガイドパイプ通過時)  
 ↓ 変形

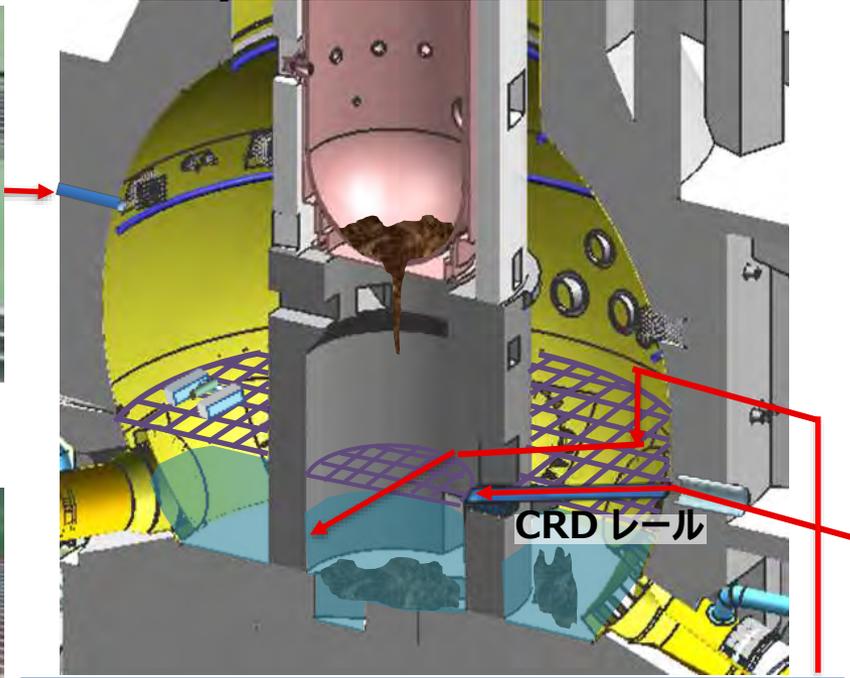


II型(平面走行時)



## ペDESTル内側の調査 (2号機)

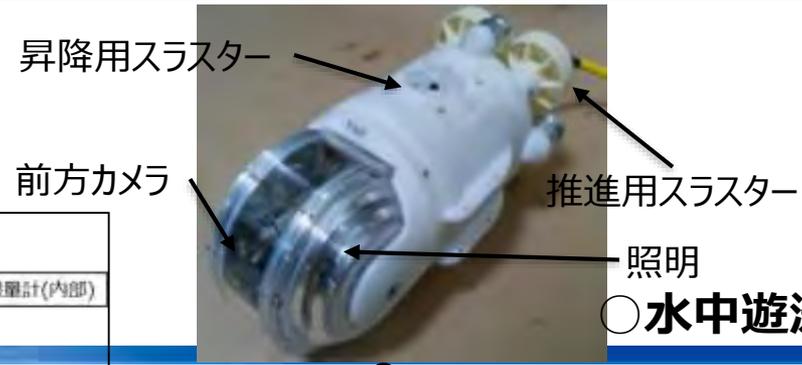
### ○クローラ型遠隔調査ロボット (A2調査)



### ○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 ペデスタル外調査(2017.3)

3/18 (土)

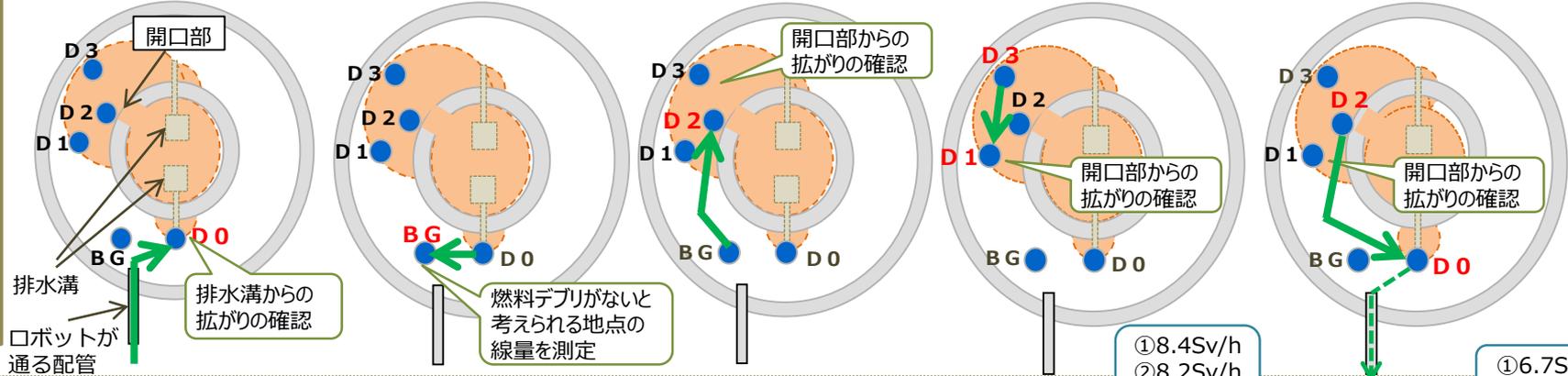
3/19 (日)

3/20 (月)

3/21 (火)

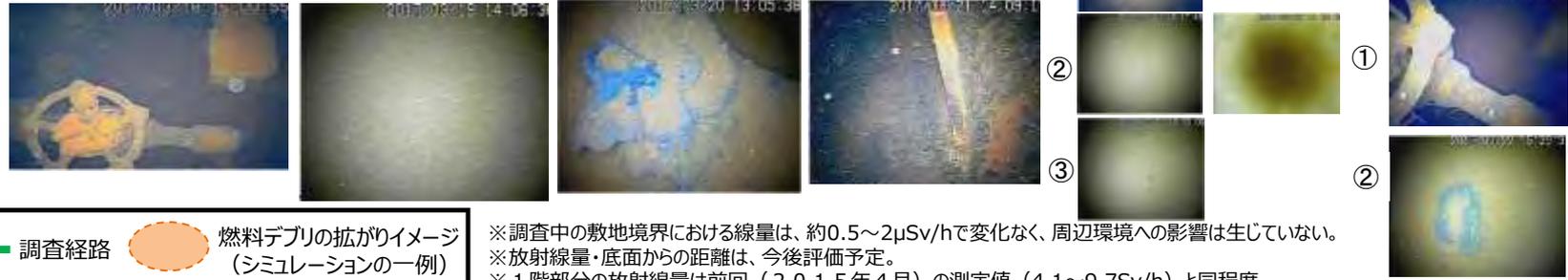
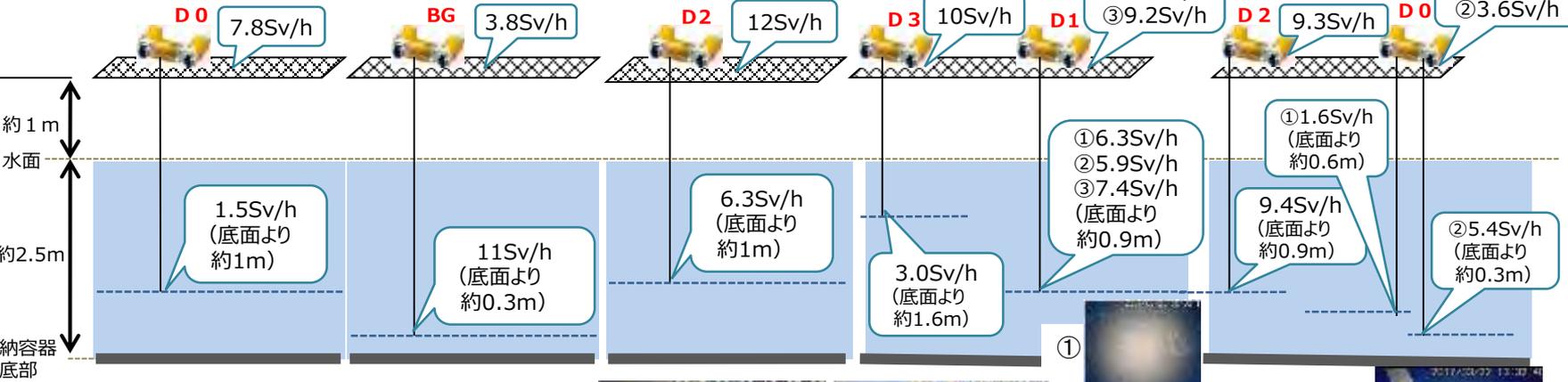
3/22 (水)

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

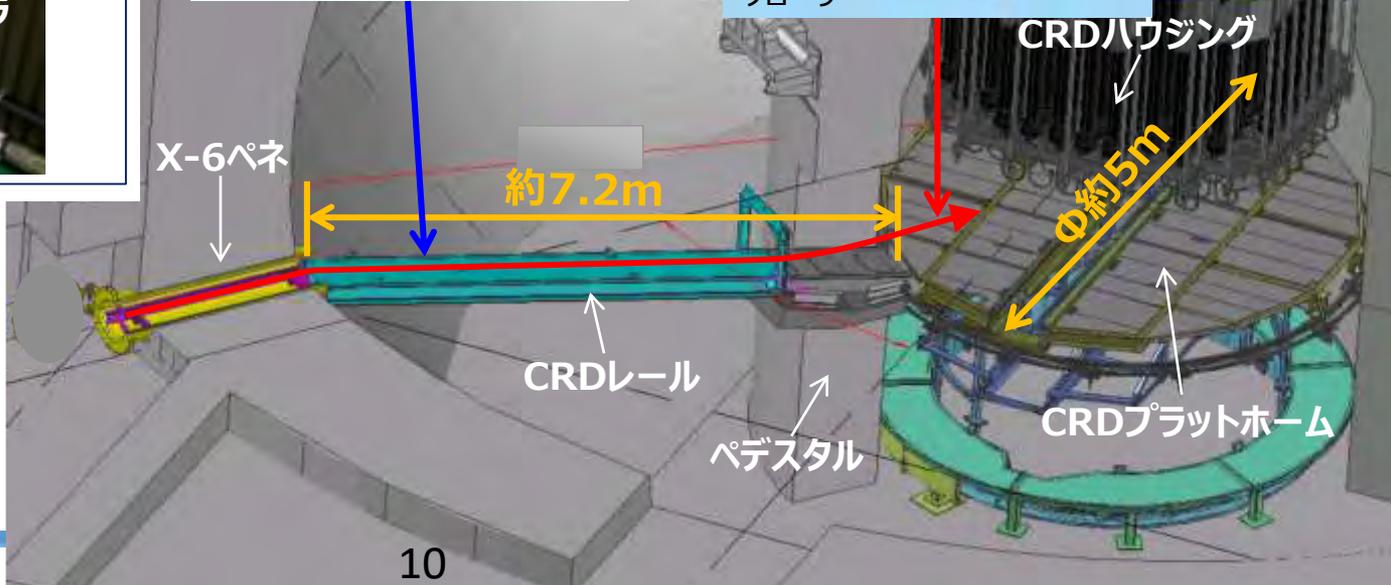
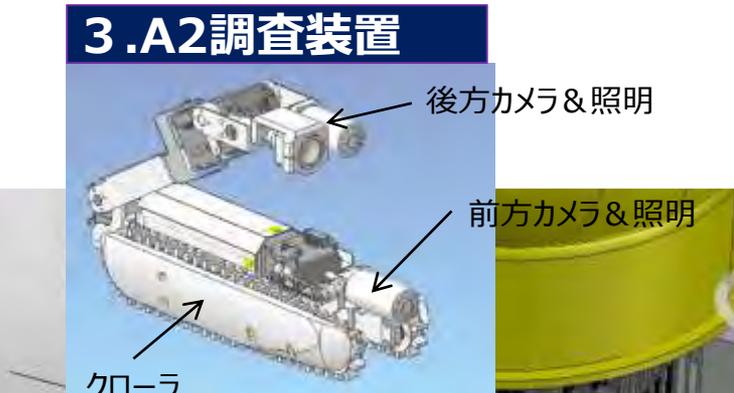
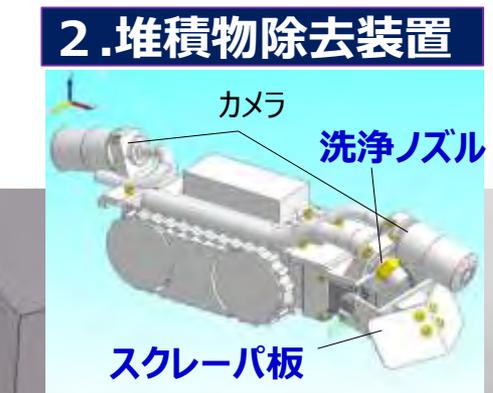
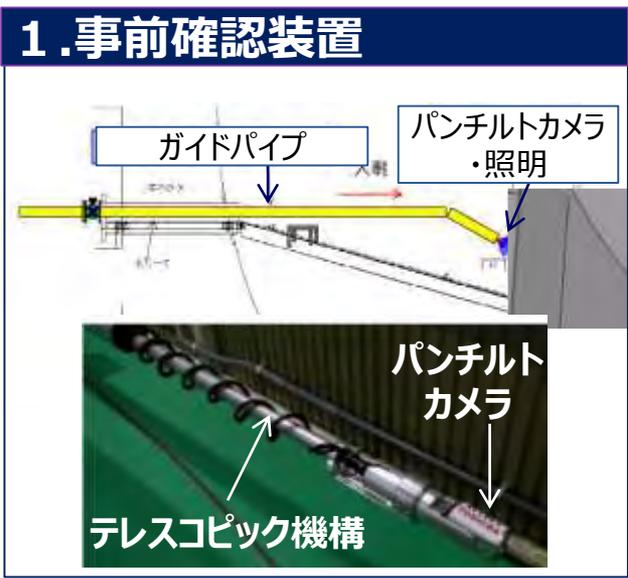
# 2号機 ペDESTAL内上部調査(A2調査 2017.1~2)

【調査方法】

- カメラによる撮影

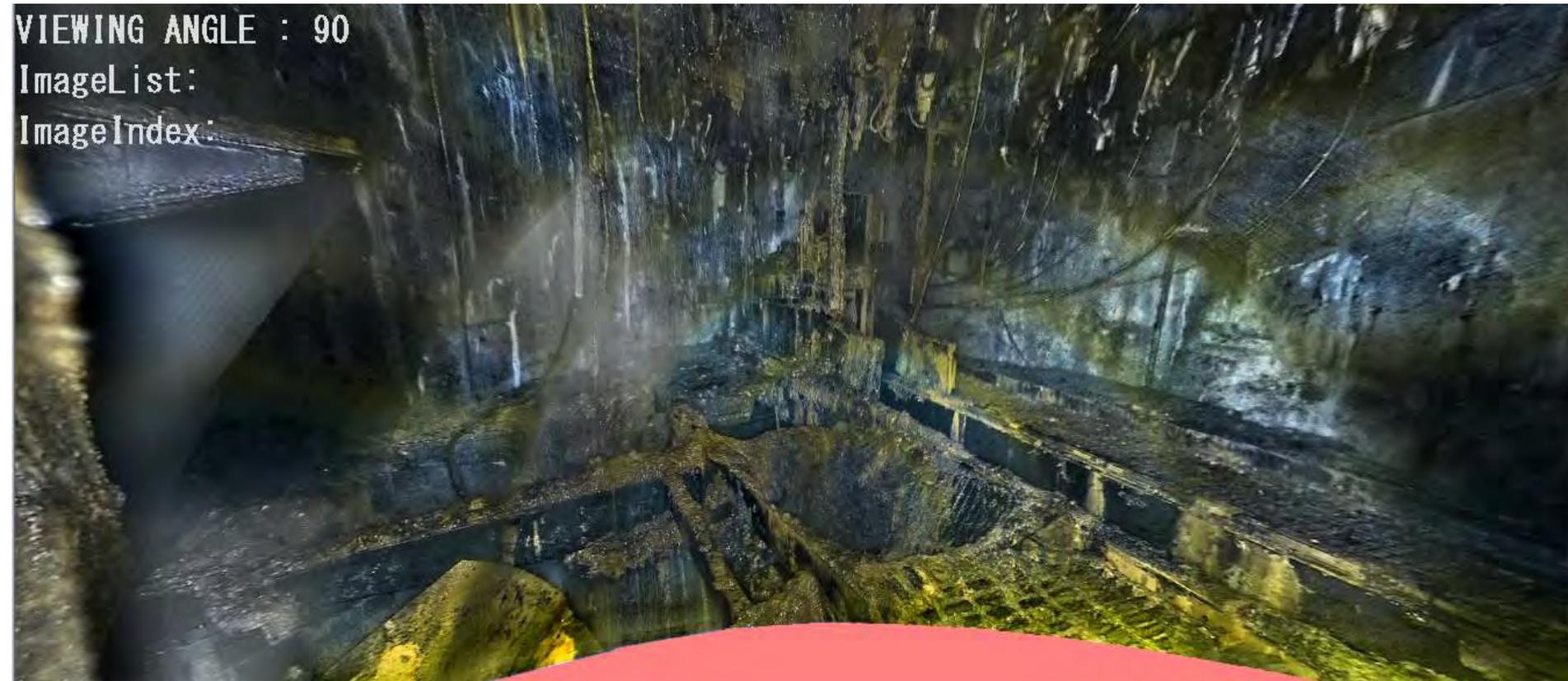
【実施時期】

- 2017年1~2月

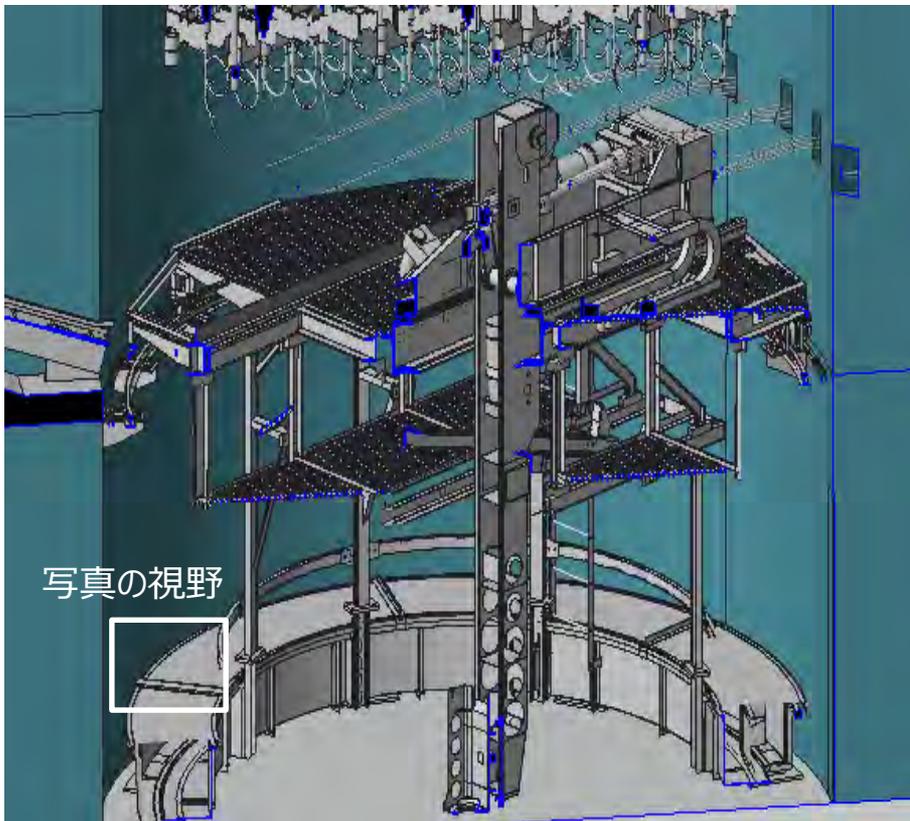


# 2号機 ペデスタル内上部調査(A2調査 2017.1~2)

## ペデスタル内 上部 (画像処理後)



# 2号機 ペDESTAL内下部調査(A2'調査 2018.1)

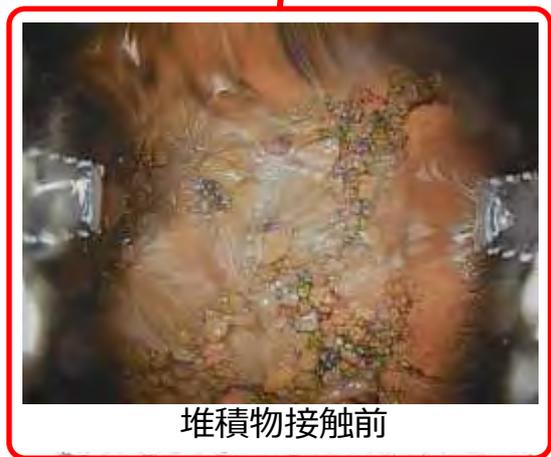
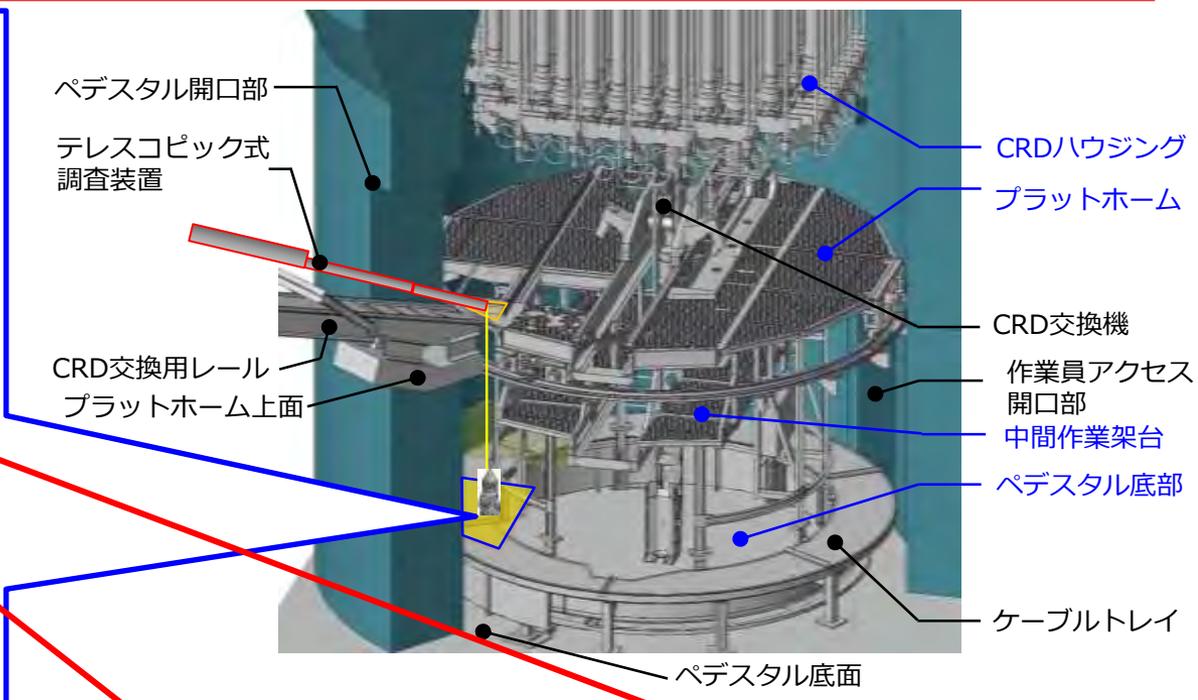
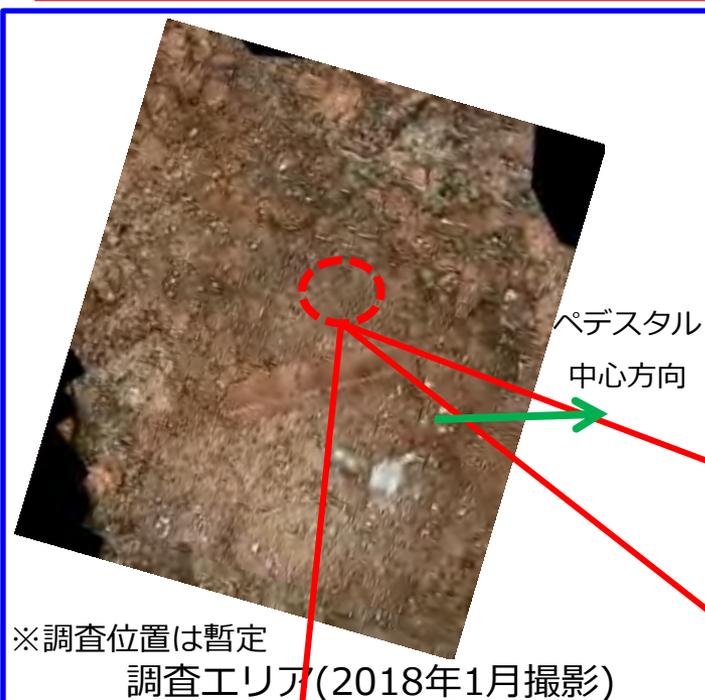


2号機格納容器内底部  
(鳥瞰イメージ)

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



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<br>全長：約300mm |
| 重量    | 約2000g（気中）             |
| 耐放射線性 | 200Gy                  |

照明

後方カメラ



# 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＞

堆積物

撮影エリアC5＜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

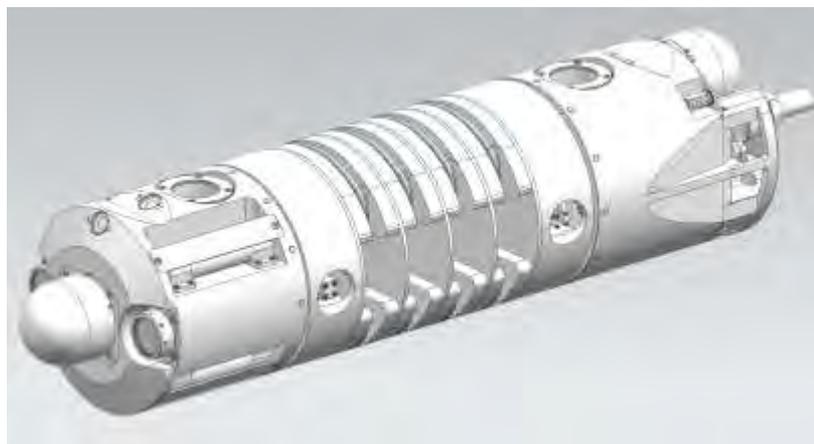
# 目 次

---

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
4. 固体廃棄物の処理処分、遠隔除染技術

# 1号機：ボート型アクセス装置

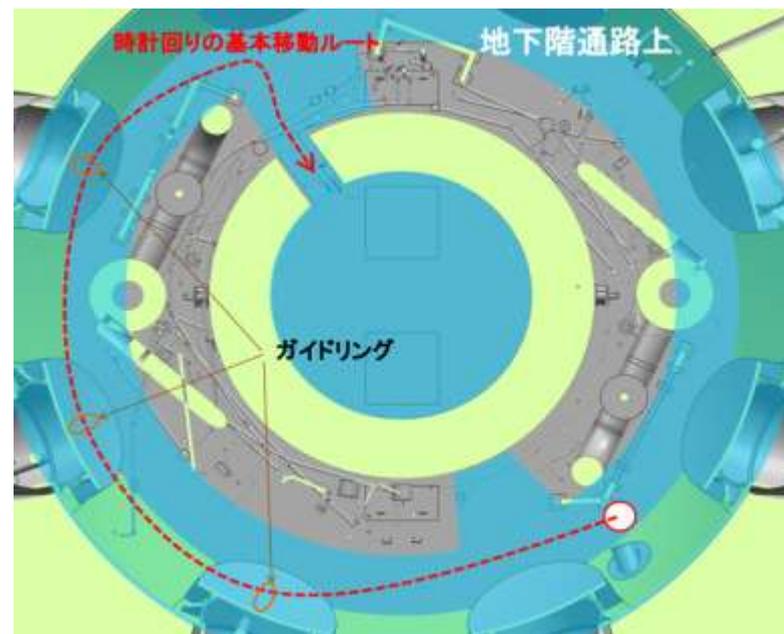
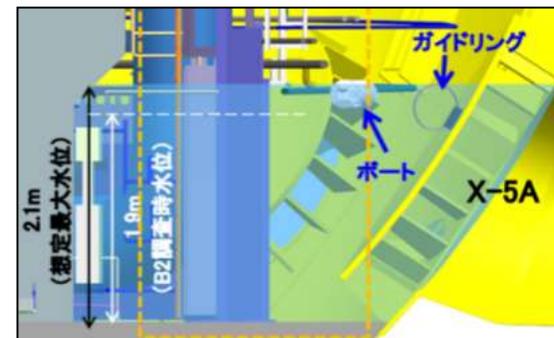
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



ガイドリング取付用の例

- 直径：φ25cm
- 長さ：約1.1m
- 推力：25N以上

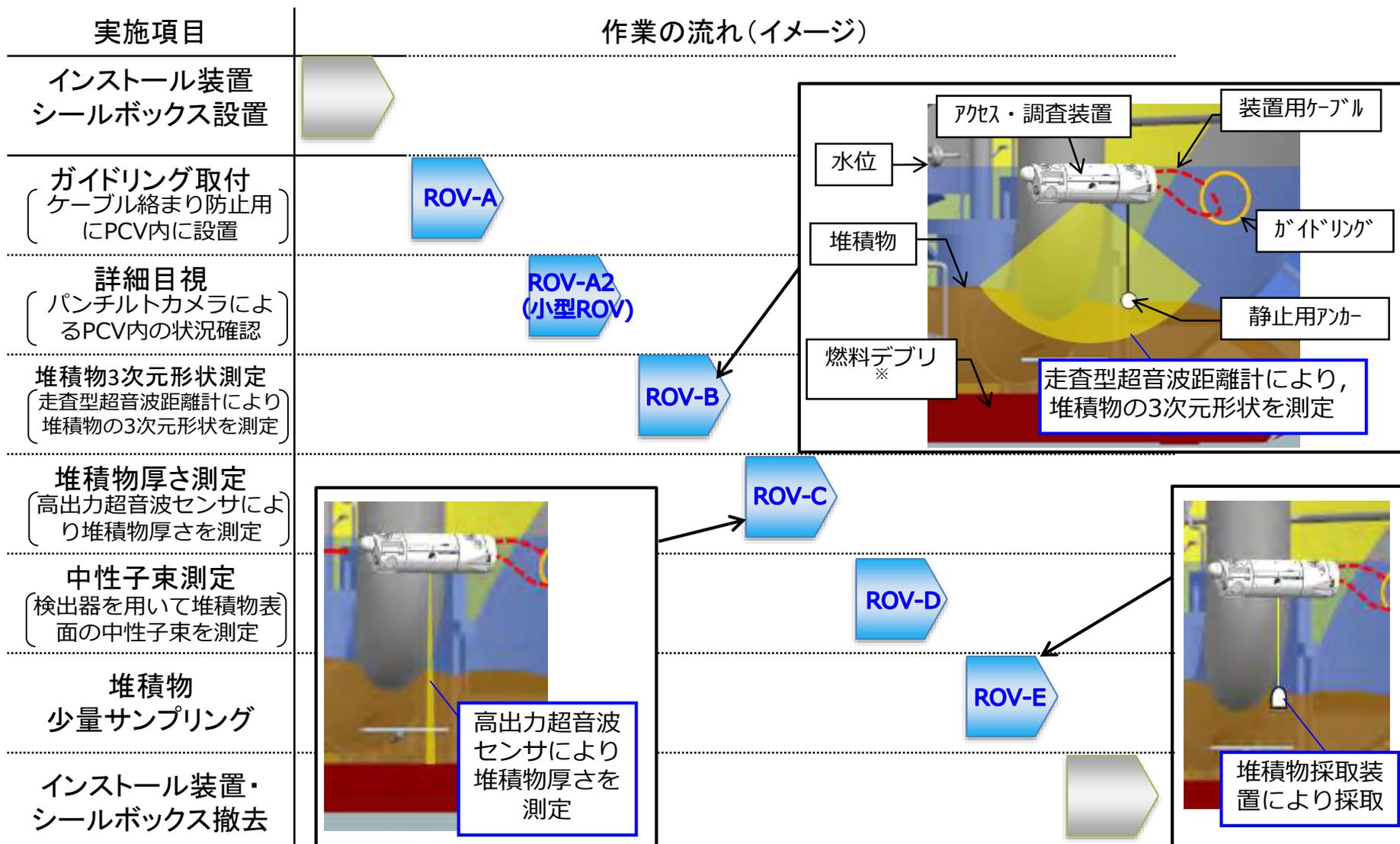
ボート型アクセス装置外観



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

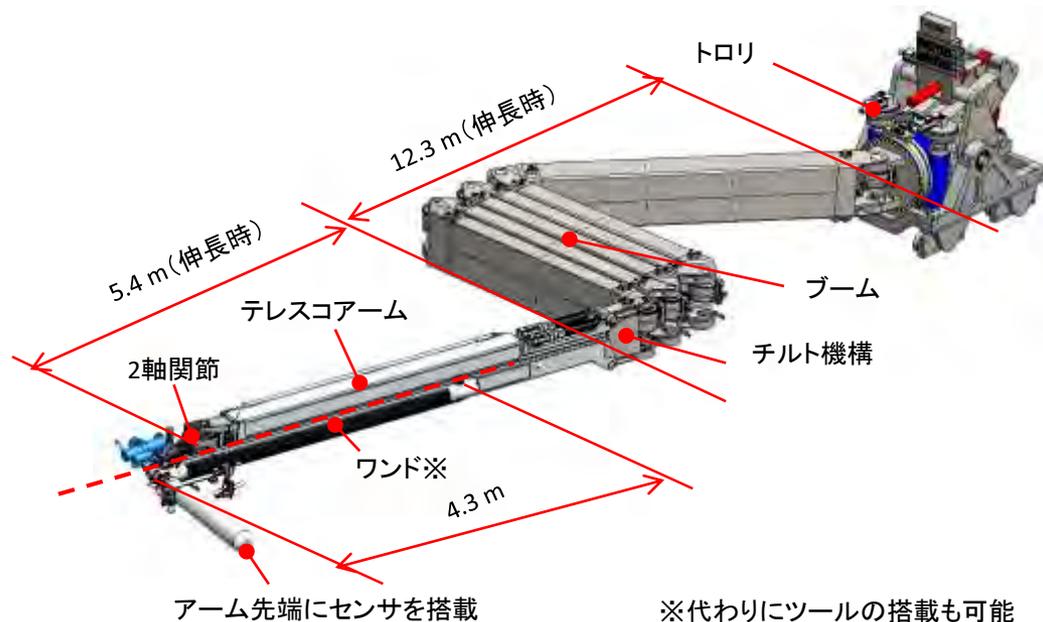
# 1号機：ボート型アクセス装置



# アーム型アクセス装置

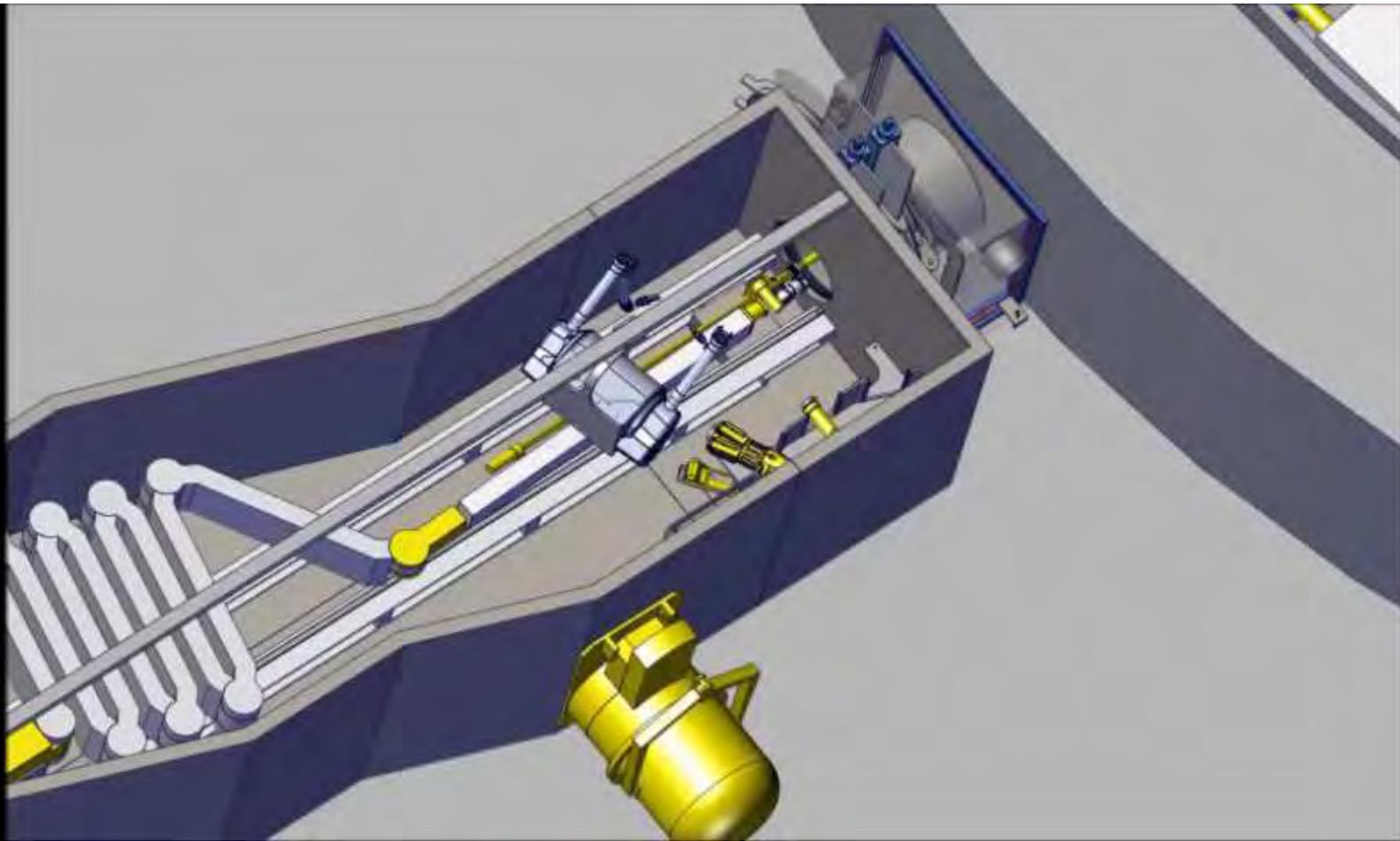
■ 制御棒駆動機構メンテナンス用の格納容器貫通部（X-6ペネ）を通じて広範囲にアクセス可能なアーム型アクセス装置を製作中

- アーム全長約22 m
- 10 kgまでの調査装置を搭載可能



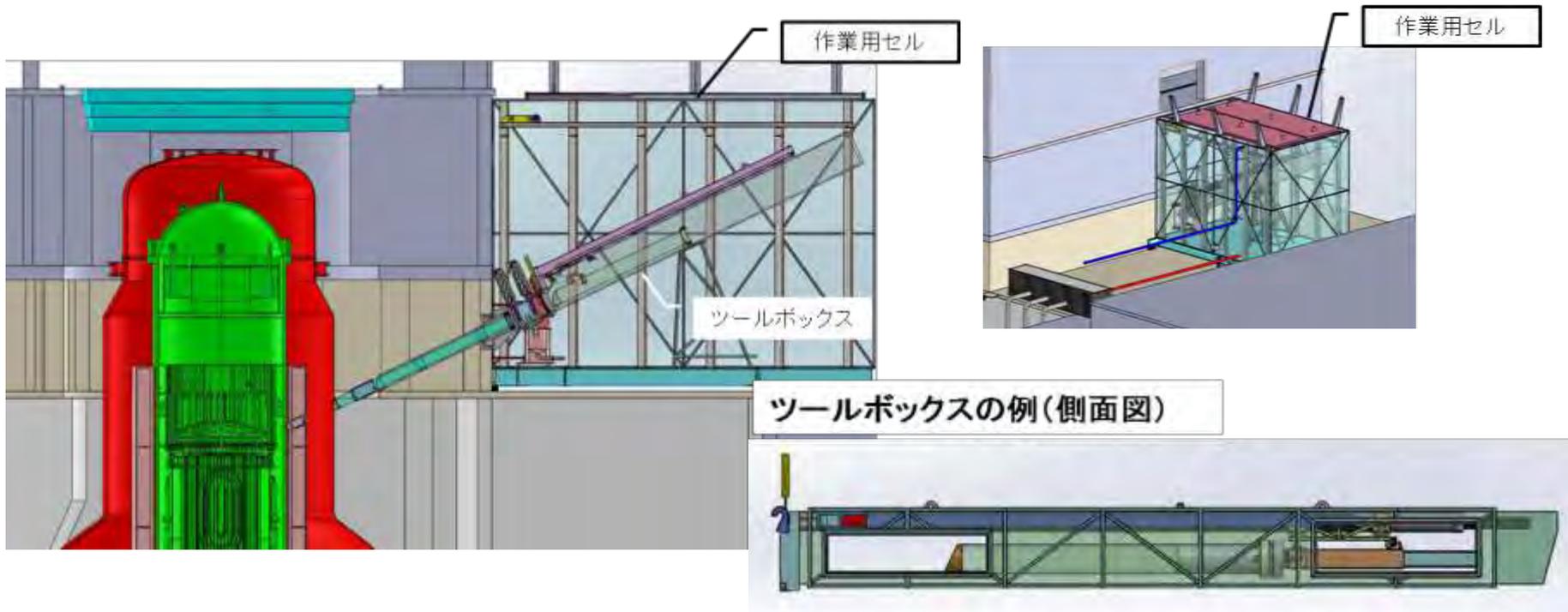
## アーム型アクセス装置

# 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

---

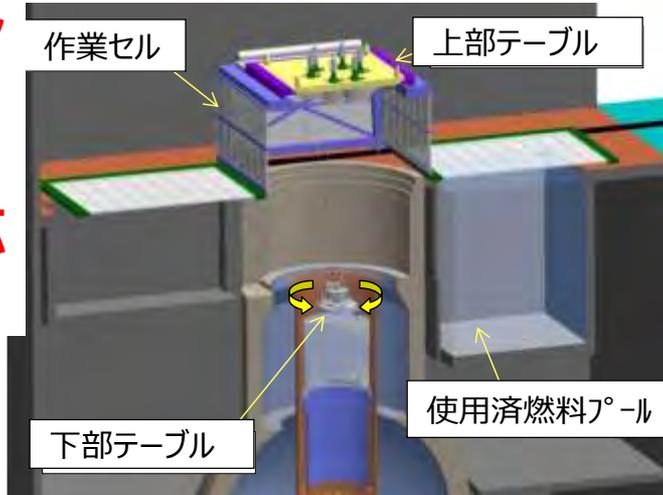
1. はじめに
2. 原子炉格納容器内部調査技術開発
  - (1)既に終了した調査
  - (2)今後計画している調査
- 3. 燃料デブリ取り出し技術開発**
4. 固体廃棄物の処理処分、遠隔除染技術

# デブリ取り出し工法

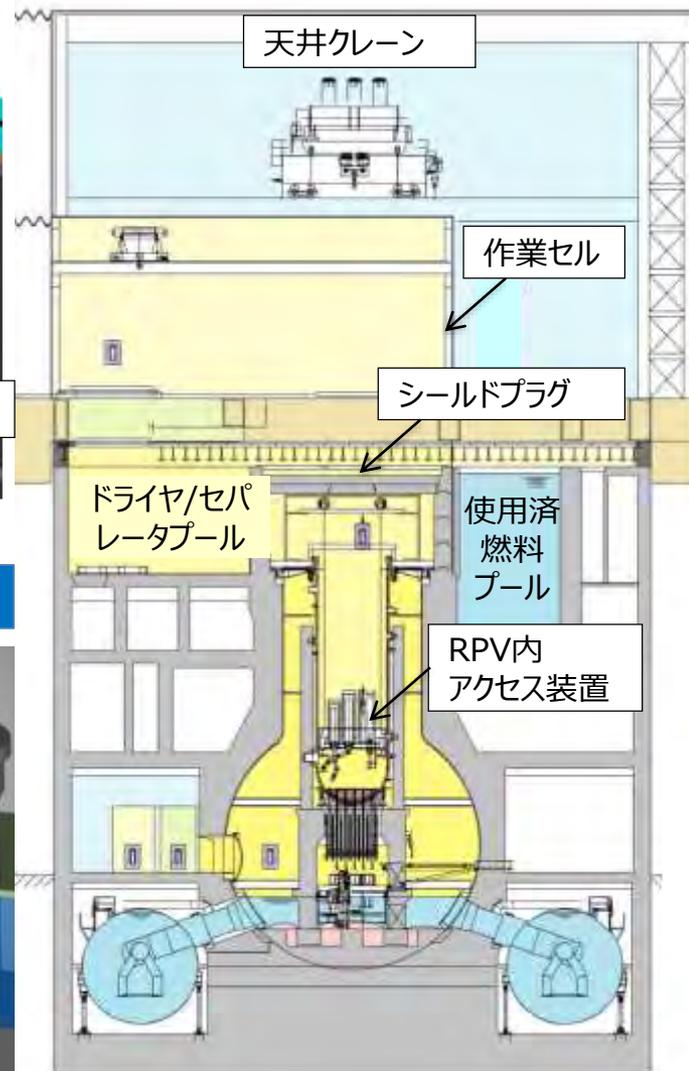
## 技術的課題

- **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

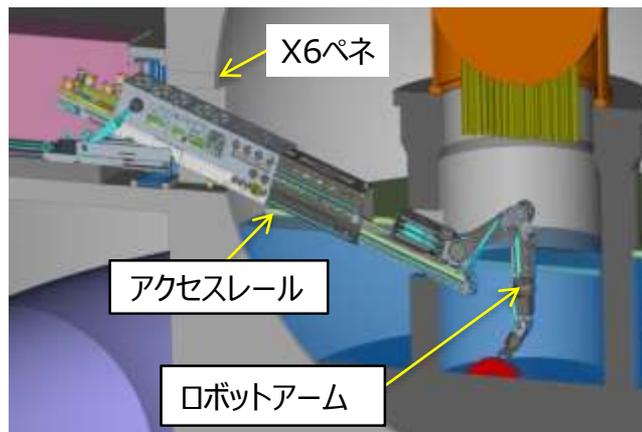
## 冠水-上アクセス工法（概念）



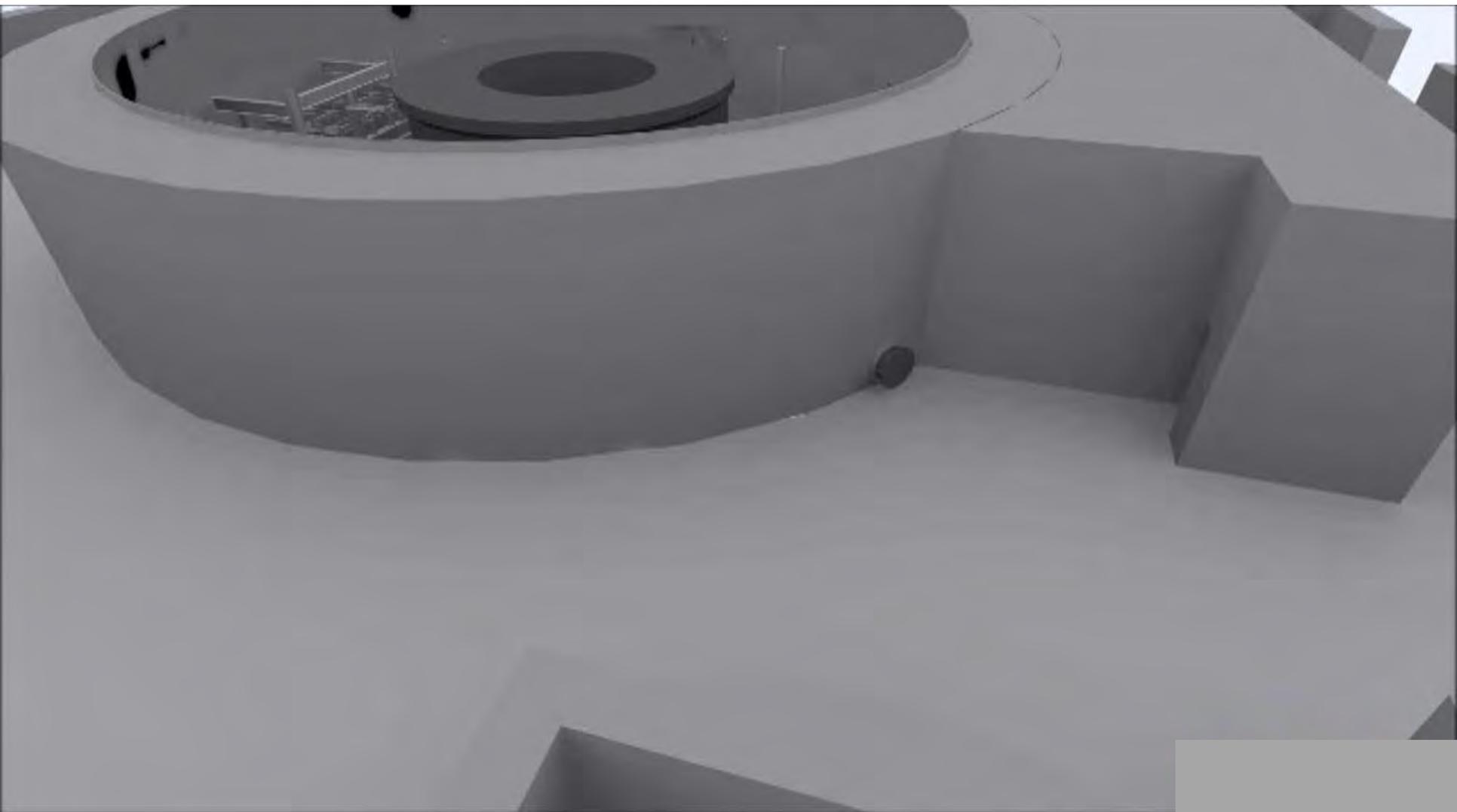
## 気中-上アクセス工法（概念）



## 気中-横アクセス工法（概念）



# 穴開け～シール設置 取り出し工法への適用イメージ

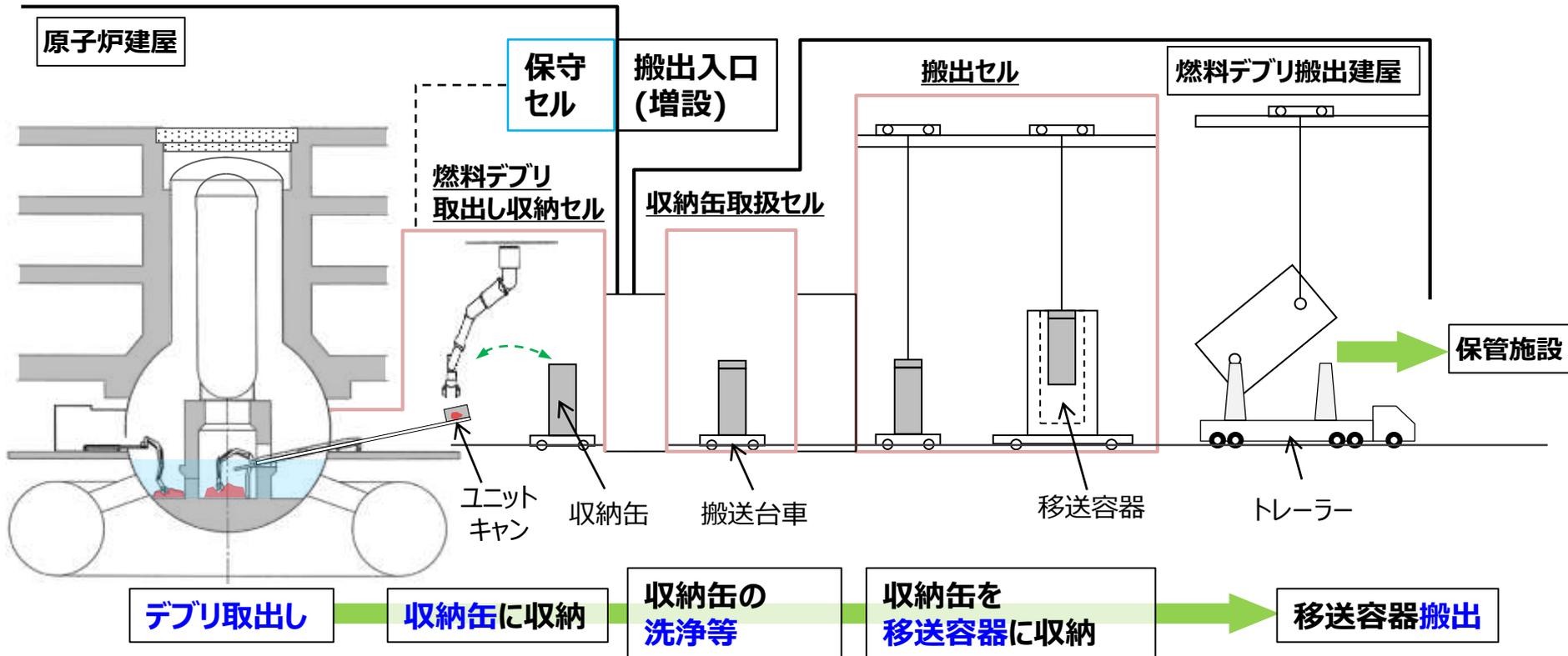


# 収納・移送・保管技術

## 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

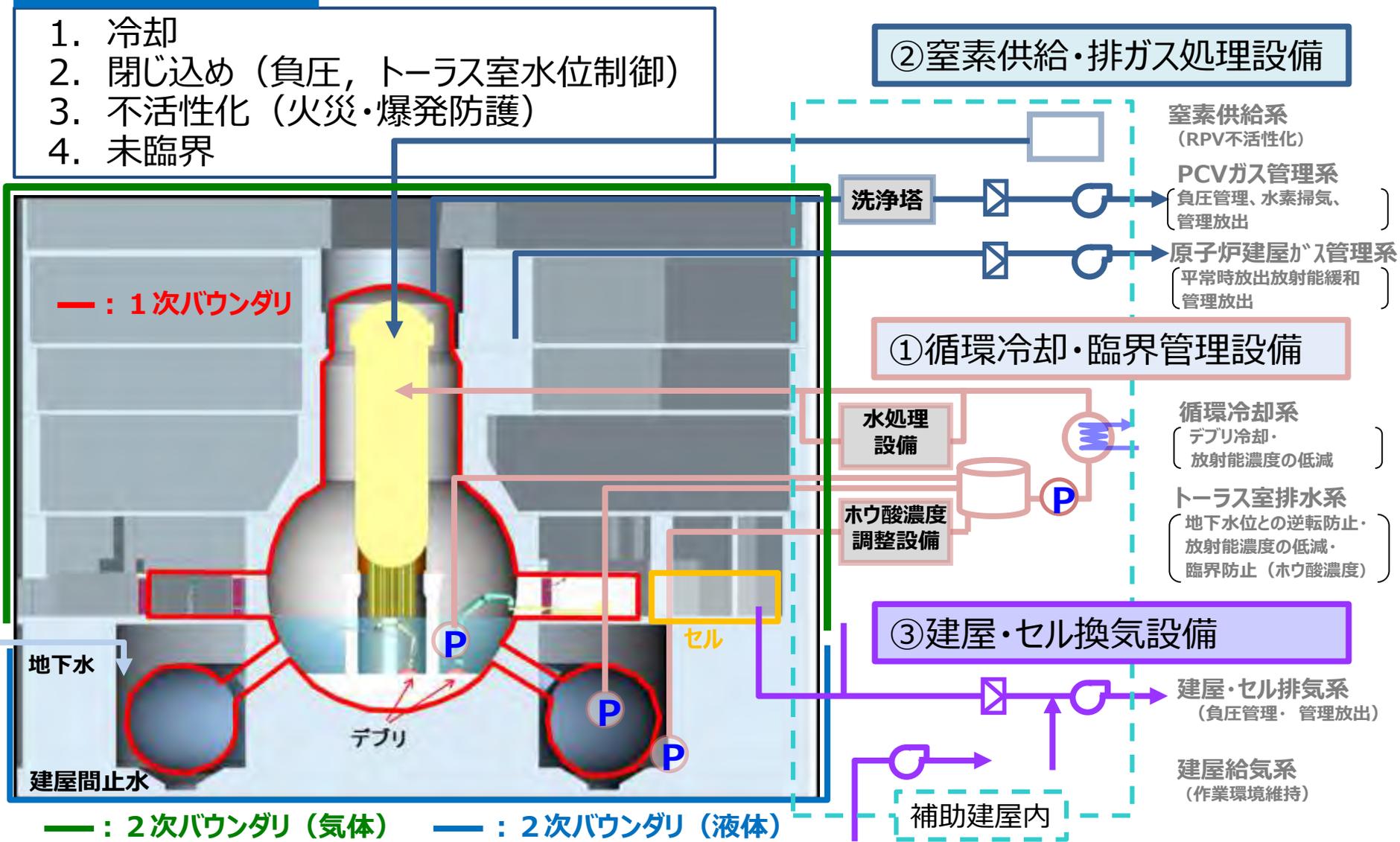
## 移送方法（**気中-横アクセス工法**の場合：例）



# 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



# 目次

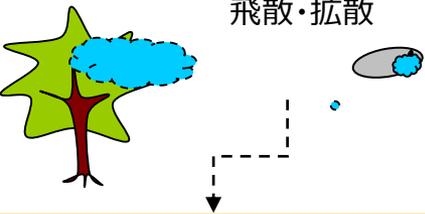
---

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
4. **固体廃棄物の処理処分、遠隔除染技術**

# 固体廃棄物の処理・処分

## 福島第一事故廃棄物の状況（事故廃棄物の特徴）

- 事故によりコントロールできない状態で発生
- 1～3号機の炉心燃料を起源とした汚染\*
- 廃止措置作業が状況に応じて変化するため、発生量の想定が困難
- 汚染範囲が広く、高線量箇所もあるため、データが非常に限定的（特に長半減期核種の組成）

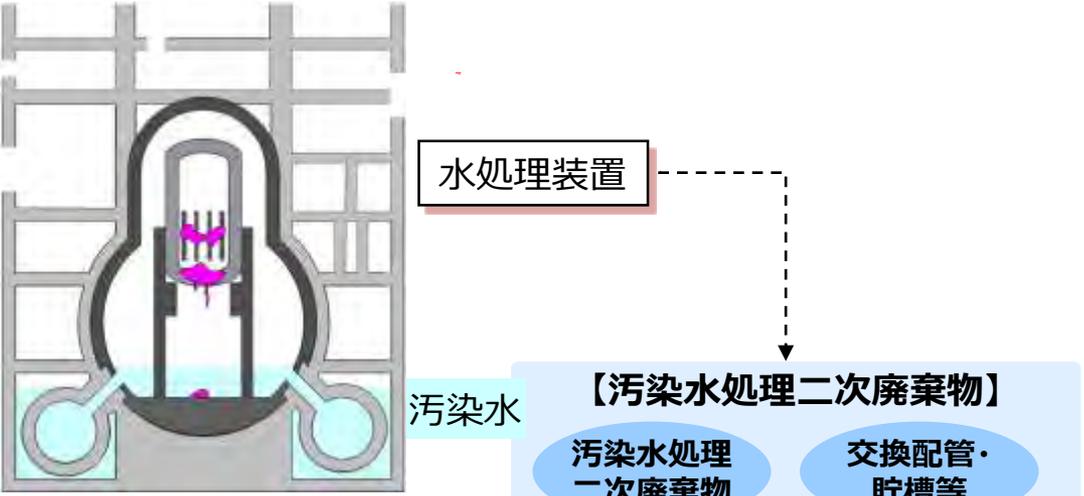


飛散・拡散

**【瓦礫／伐採木等】**

瓦礫 伐採木 土壌

- 物量が多く、広範囲に分布
- 樹木、土壌は処理・処分実績が乏しい
- 飛散・拡散による表面汚染が主で、一部が滞留水を通じた浸透汚染



水処理装置

汚染水

**【汚染水処理二次廃棄物】**

汚染水処理二次廃棄物 交換配管・貯槽等

**【燃料デブリ／解体廃棄物】**

- 物量が多く高線量物も多い
- 現状ではアクセスが難しく、原廃棄物の採取が困難

- 処理・処分実績が乏しい
- 原廃棄物の採取が困難
- 装置の特徴に応じて発生量や核種量の一部推定が可能

\*：放射化物、運転廃棄物由来のものが含まれる可能性がある。

# 処理・処分に係る技術／研究開発項目

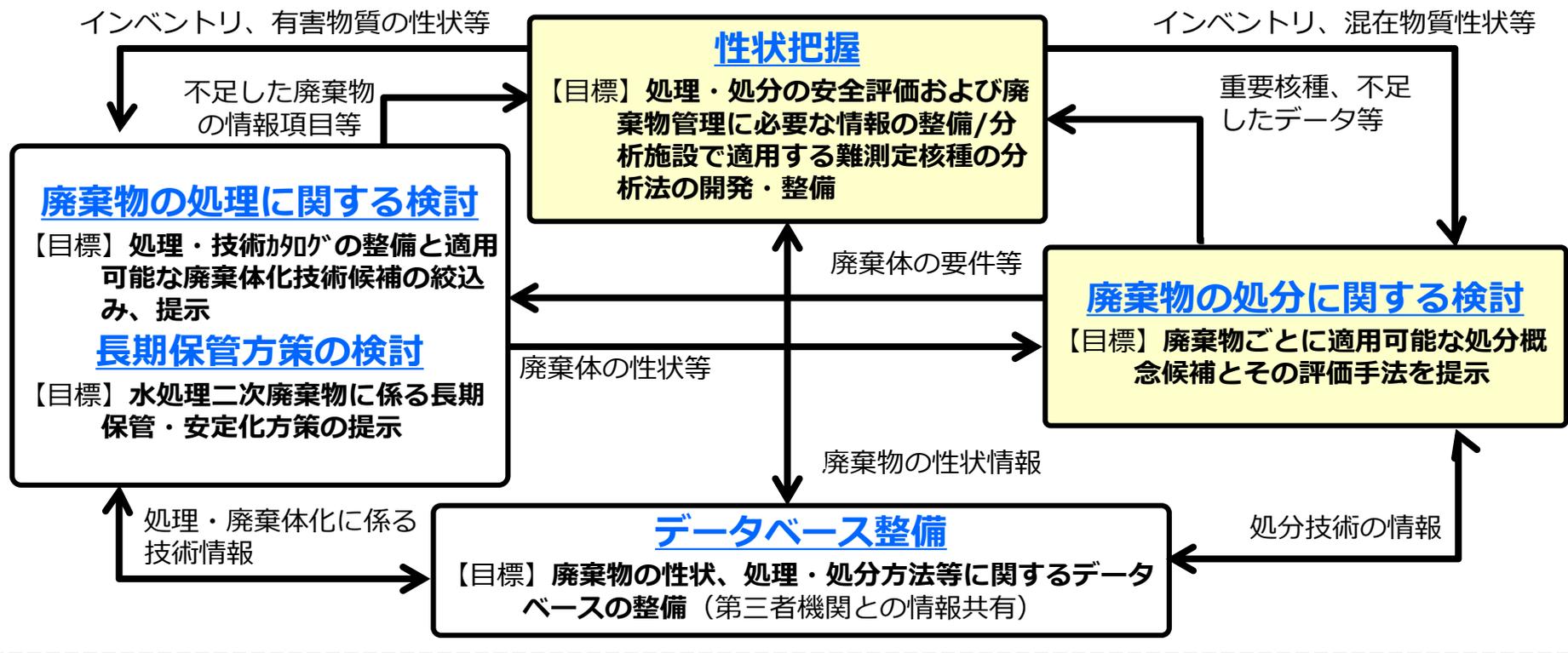
## 廃棄物ストリーム候補の提示

廃棄物ストリーム：事故廃棄物の発生・保管から処理・処分までの一連の廃棄物の取り扱い

処理・処分等に関する技術情報（前提条件を含む）、  
政策・制度等に係る情報

個別の研究成果の総合的な判断と調整、安全かつ合理的な処  
理・処分の実現に向けて必要な検討課題等の提示

個別研究開発項目（廃棄物ストリームの構築に必要な知見を与える基盤研究開発）

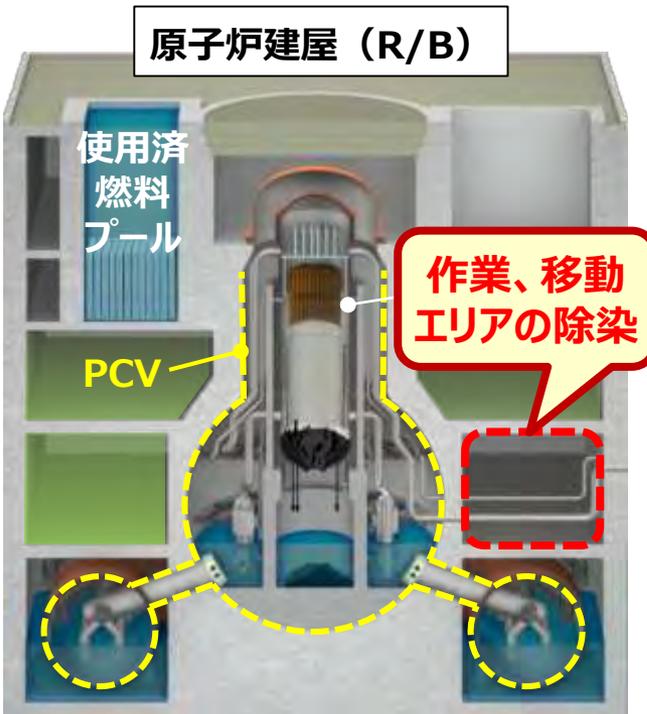


# 遠隔除染技術

除染 > デブリ調査 > PCV補修 > デブリ取出 > 収納・移送・保管

## 開発のニーズ

R/B内の線量が高く容易に人が近づけない。**作業場所の環境改善（線量低減）**が必要。



## 低所(床,下部壁面)用



吸引/ブラスト

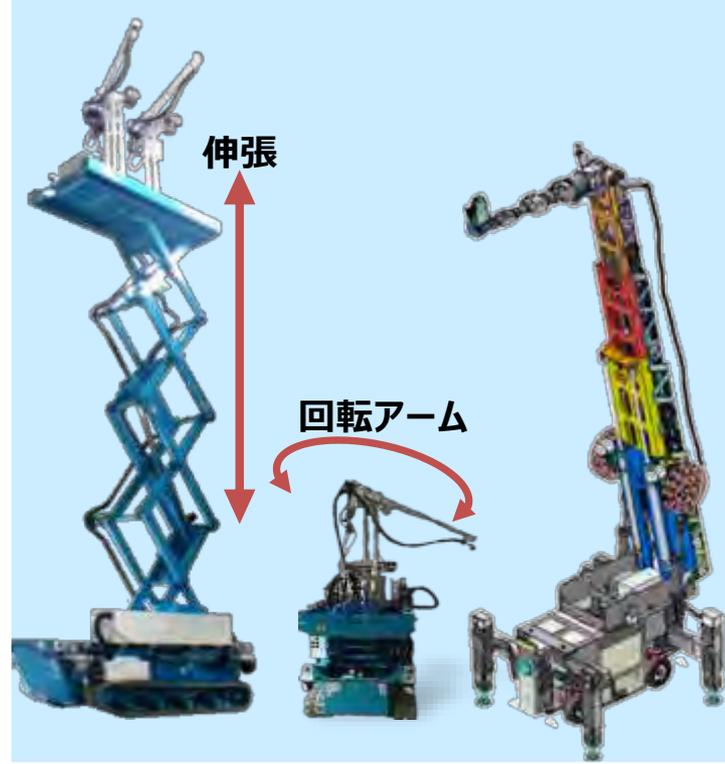


高圧水噴射

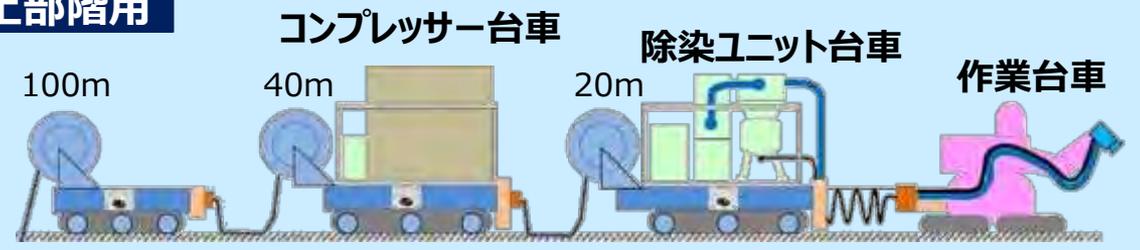


ドライアイスブラスト

## 高所用



## 上部階用



# 遠隔除染技術

除染

デブリ調査

PCV補修

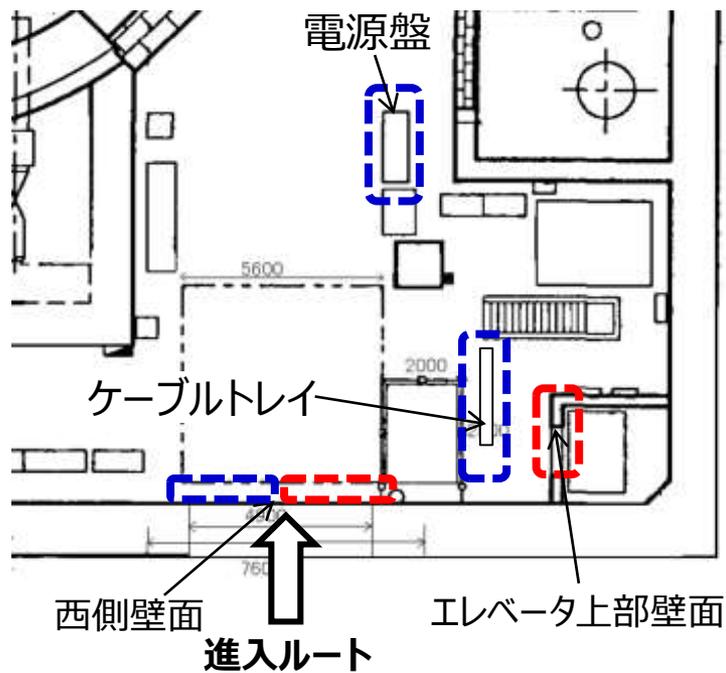
デブリ取出

収納・移送・保管

## 現場への適用（3号機）

2016年1月～2月に**3号機**  
**R/B 1階**で吸引除染及  
**ドライアイス**ブラスト除  
**染**を実施。

□□ : 吸引 □□ : ドライアイス



コンテナから搬出する場面



3号機R/B内への進入風景

---

***End of presentation***