

# IRIDが取り組む研究開発の状況 -ロボットによる燃料デブリの調査・取出し-

平成30年11月22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

# IRID概要

## 【理 念】

将来の廃炉技術の基盤強化を視野に、当面の緊急課題である福島第一原子力発電所の廃炉に向けた技術の研究開発に全力を尽くす。

## ■ 名 称

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（略称：IRID「アイリッド」）  
（International Research Institute for Nuclear Decommissioning）

## ■ 設 立

2013年8月1日（認可）

## ■ 組合員

**構成員：943名**（2017年10月1日現在、役員を除く）

### ● 国立研究開発法人：2 法人

日本原子力研究開発機構（JAEA）、  
産業技術総合研究所（AIST）

### ● メーカー等：4 社

東芝エネルギーシステムズ(株)、日立GE ニュークリア・エナジー(株)、  
三菱重工業(株)、(株)アトックス

### ● 電力会社等：12 社

北海道電力(株)、東北電力(株)、東京電力ホールディングス(株)、中部電力(株)、  
北陸電力(株)、関西電力(株)、中国電力(株)、四国電力(株)、九州電力(株)、  
日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)

# 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

# PCV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）



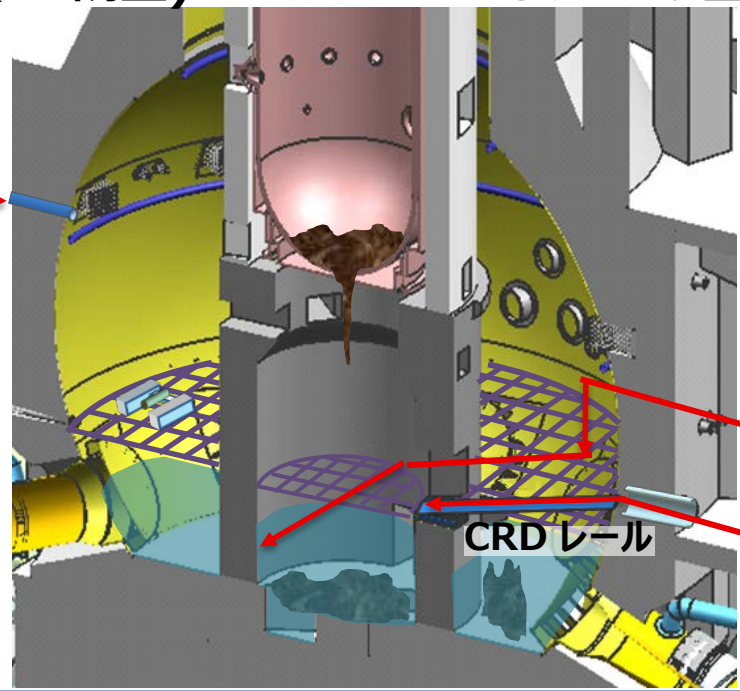
変形



（注）上の写真はB1調査時のロボットです。

## 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）



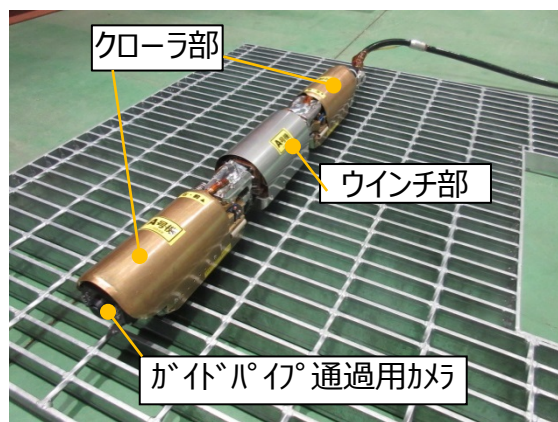
## ペDESTル内側の調査（3号機）



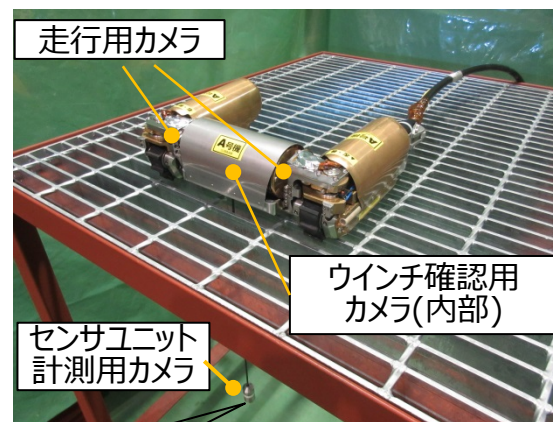
### ○水中遊泳型ロボット

# 1号機 B2 調査ロボット「PMORPH (ピーモルフ)」

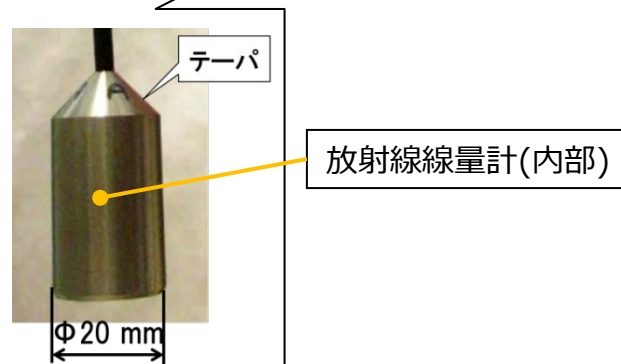
本体寸法	ガイドパイプ走行時：長さ699mm×幅72mm×高さ93mm グレーチング走行時：長さ316mm×幅286mm×高さ93mm
センサユニット寸法	幅20mm×高さ40mm      ケーブル：長さ3.5m
重量	約10kg
スペック	カメラ×5、放射線線量計×1
耐放射線性	約1000Sv以上



I型(ガイドパイプ通過時)



II型(平面走行時)





# 2号機ペデスタル内上部調査 (A2調査)

## 【調査方法】

- カメラによる撮影

## 【実施時期】

- 2017年1~2月

ペネ内事前確認

## 調査手順

1. ペデスタル内事前確認

2017年1月30日実施

2. レール上堆積物除去

2月9日実施

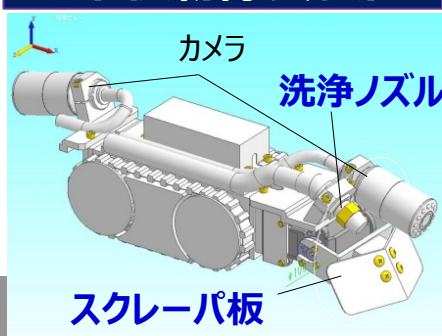
3. A2調査

2月16日実施

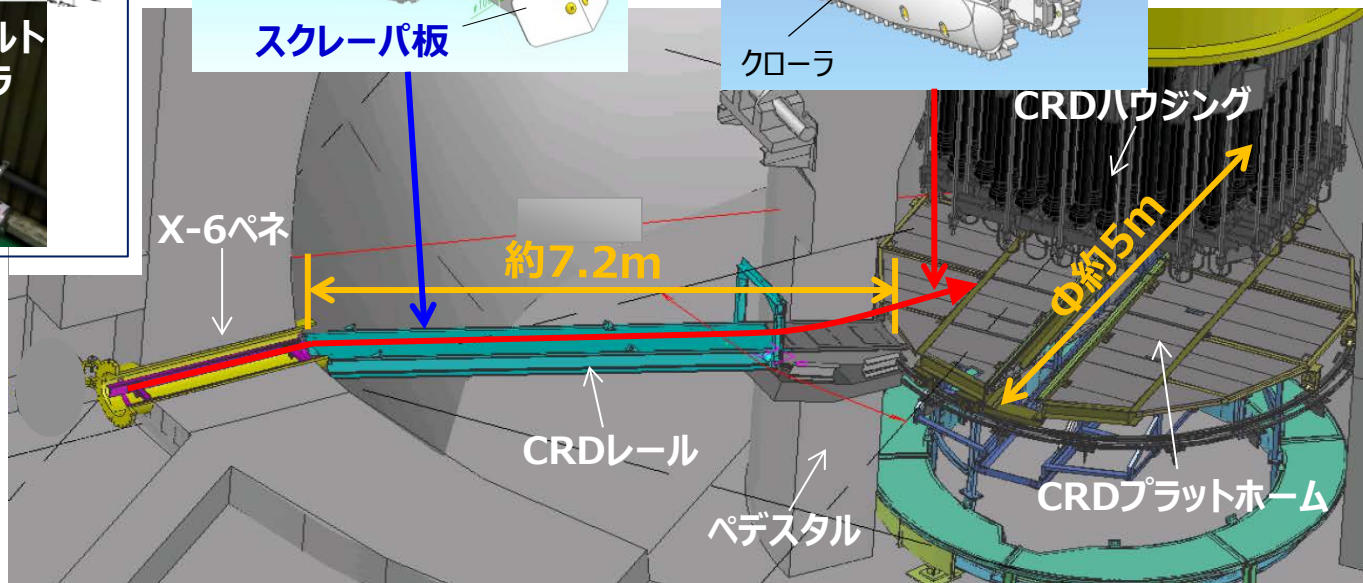
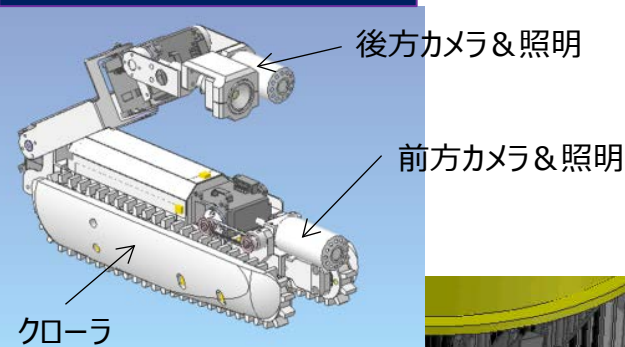
## 1. 事前確認装置



## 2. 堆積物除去装置



## 3. A2調査装置



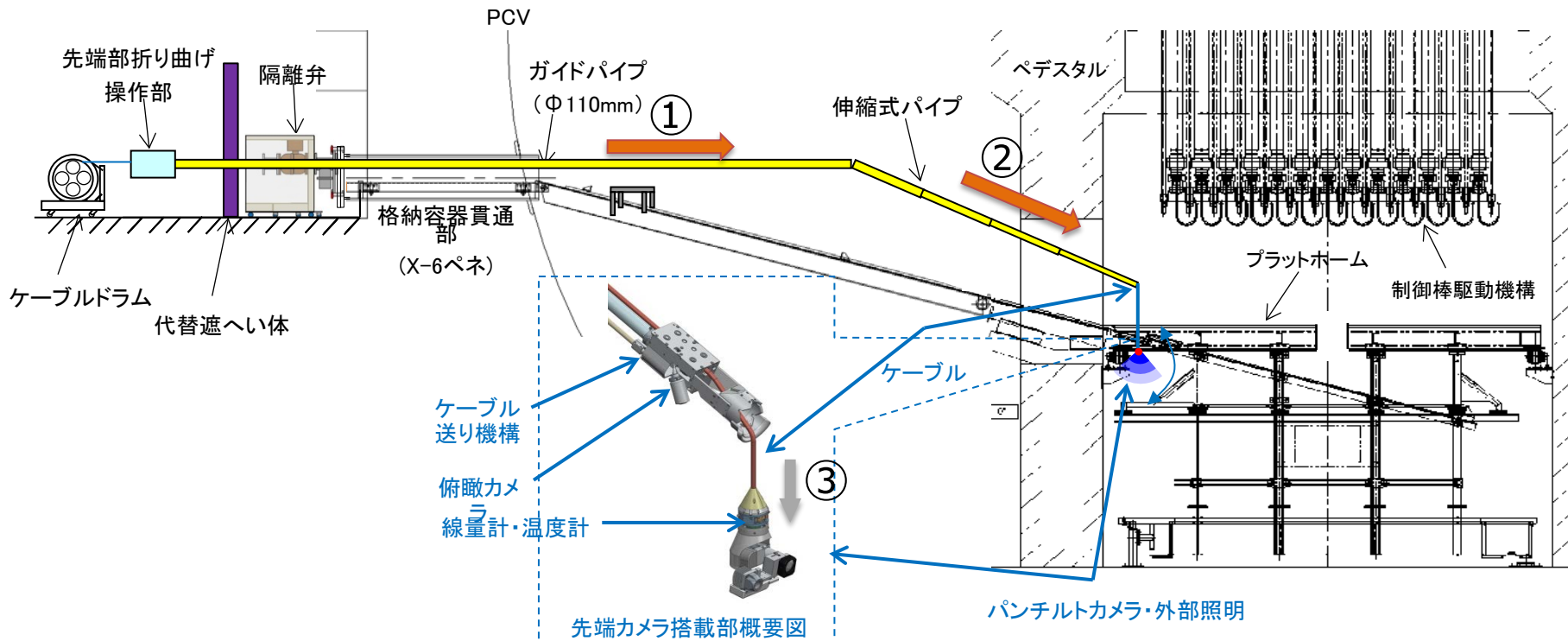
# 2号機ペDESTAL内下部調査 (A2'調査)

## ■調査内容

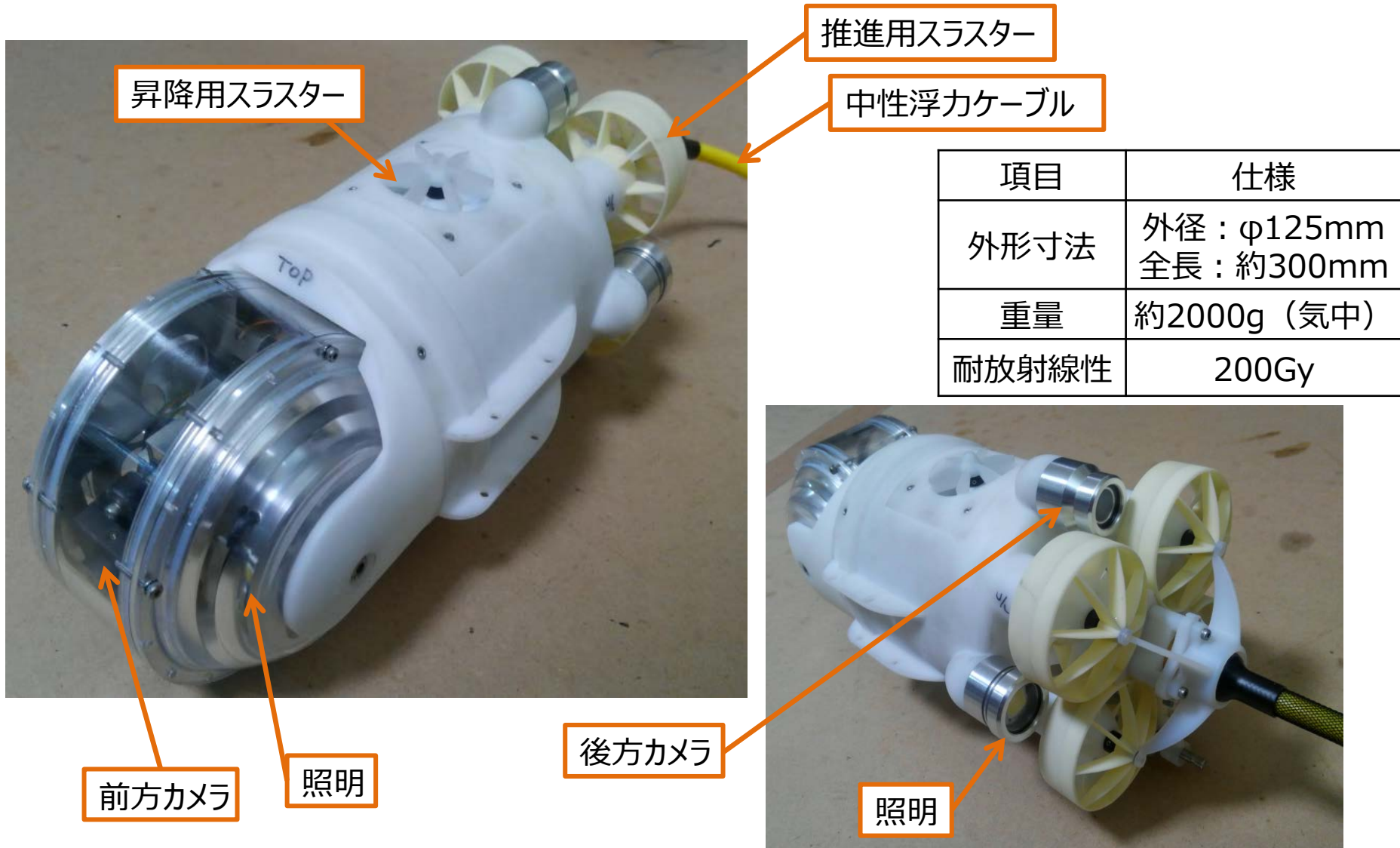
プラットフォーム下の状況確認

## ■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

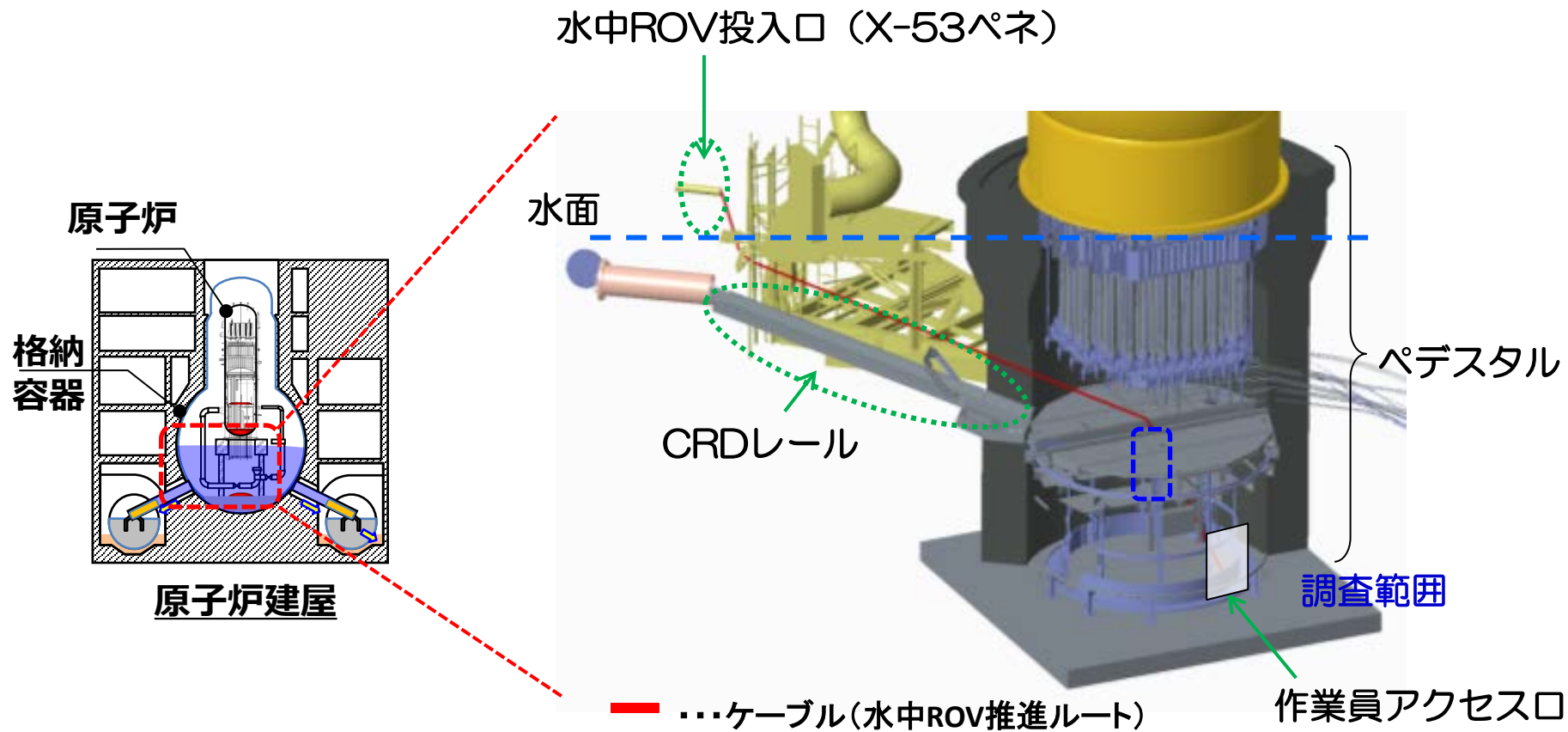


# 3号機格納容器内調査 水中ROV



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

# 3号機格納容器内調査ルート



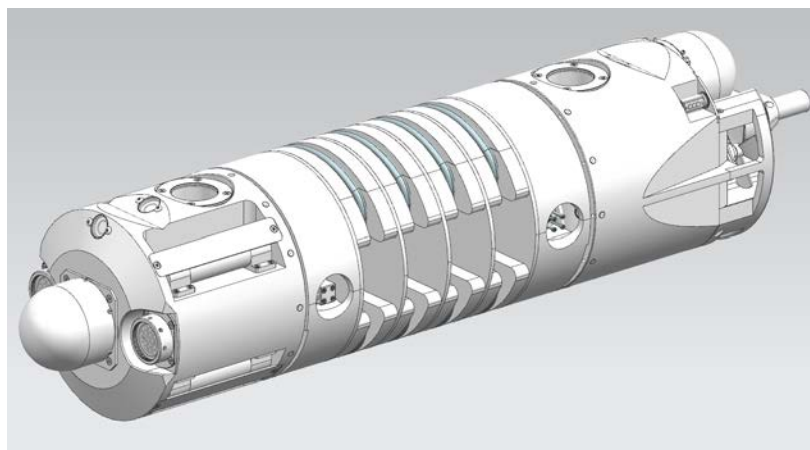
# 目 次

---

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

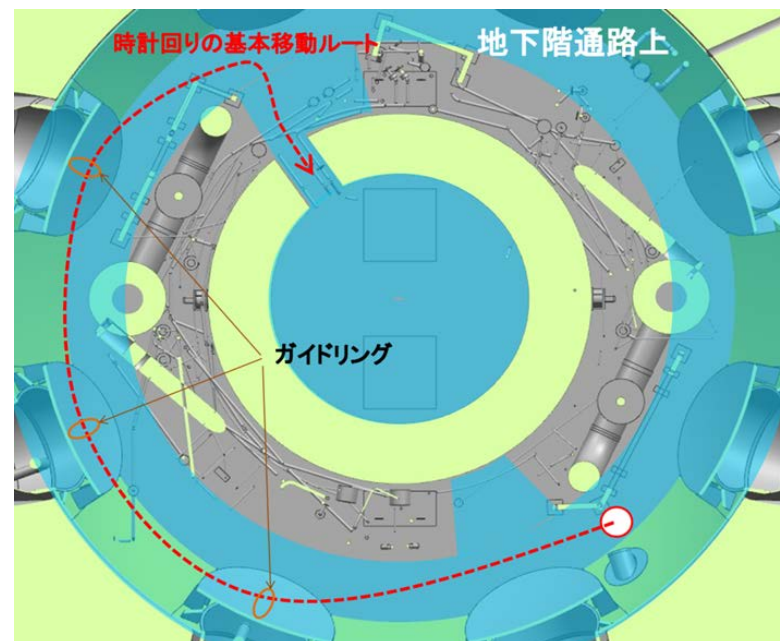
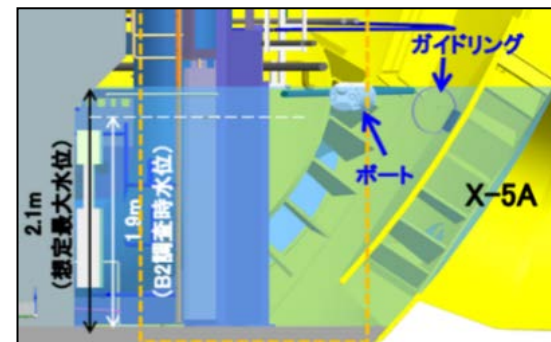
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



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

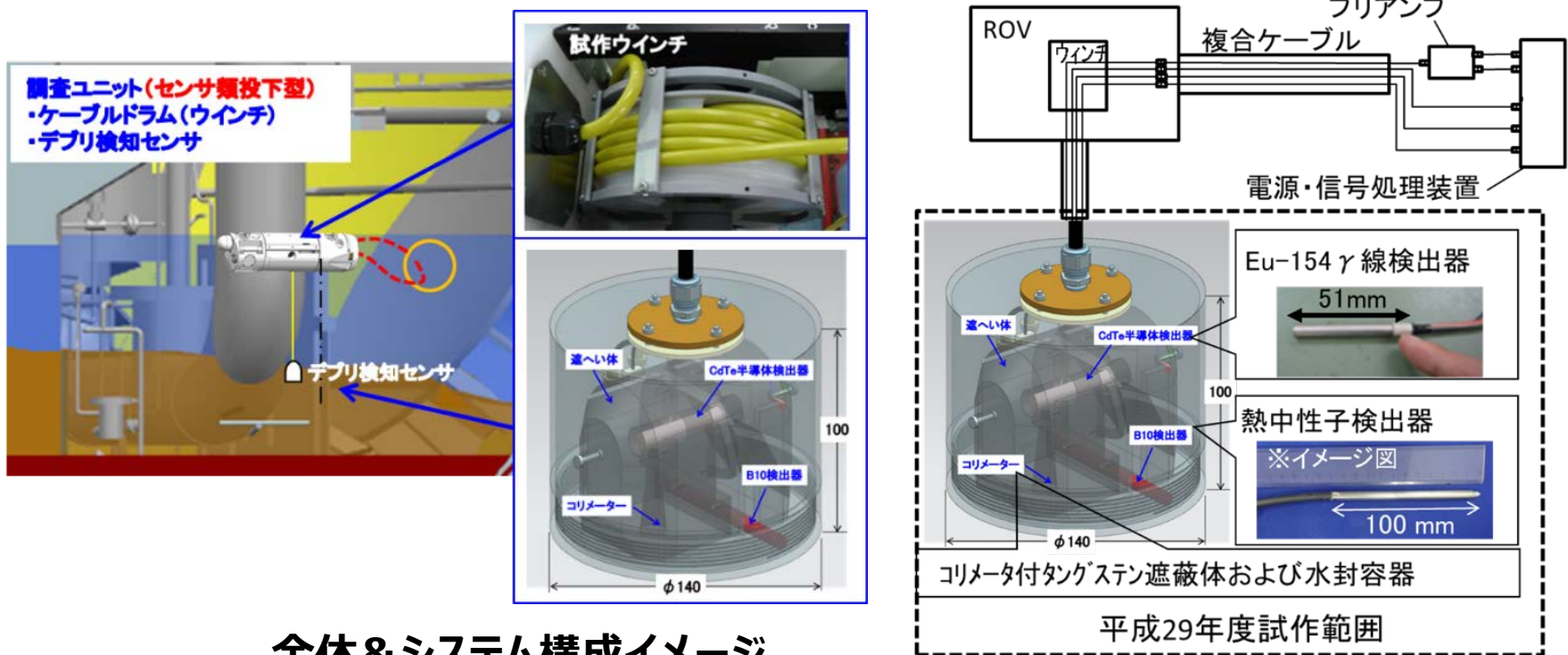
## ボート型アクセス装置外観



## ボート型アクセス装置の動線

# デブリ検知技術

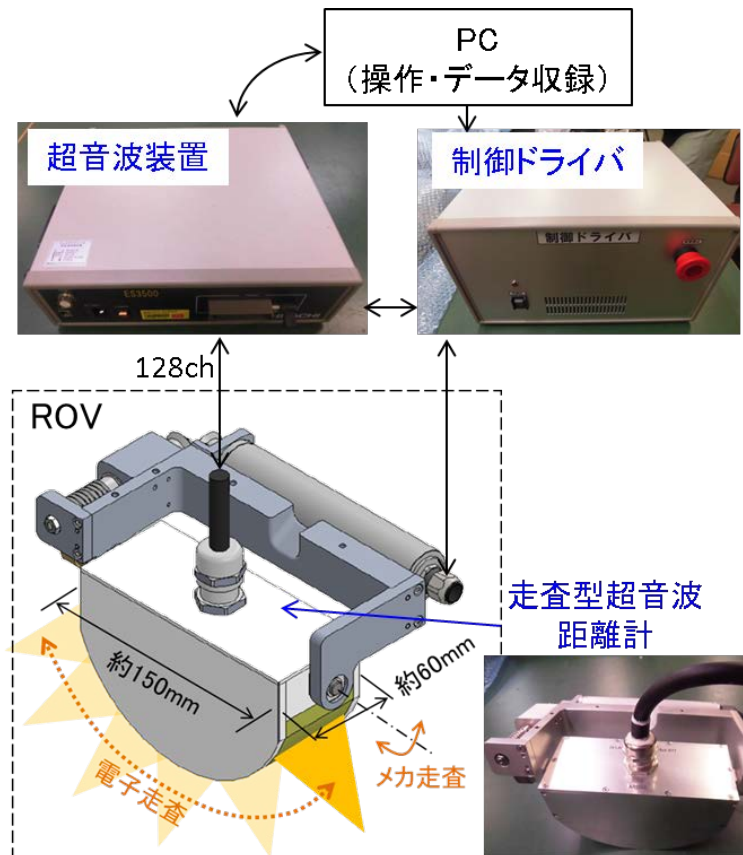
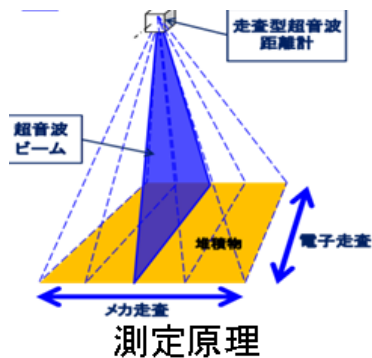
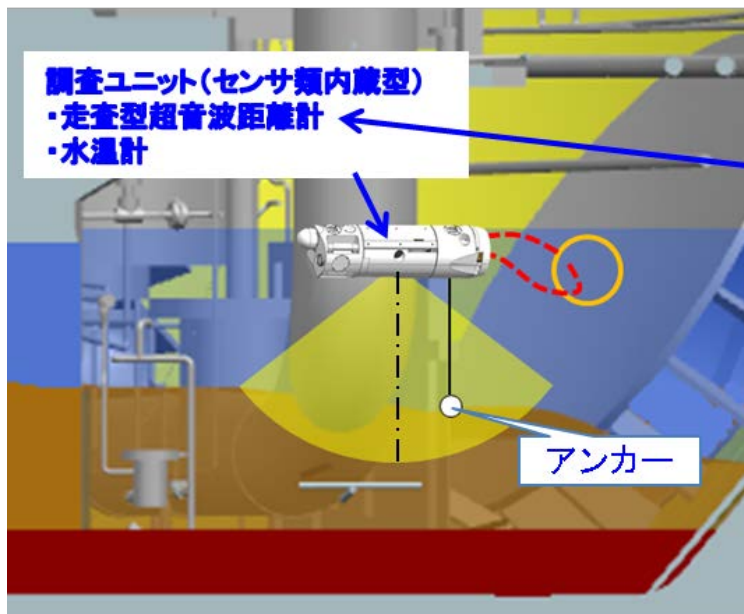
- これまでの調査で視認した堆積物中の**燃料デブリ**を検知するための**放射線計測技術**を開発中
- **Eu-154 $\gamma$ 線検出器**（CdTe半導体検出器）と**熱中性子検出器**（B10検出器）を**併用**し、確実なデブリ検知を目指す



全体&システム構成イメージ

# 形状計測技術

## ■ 形状計測の技術開発 (走査型超音波距離計)





# 形状計測技術

## ■ 形状計測の技術開発 (レーザー光切断法)

検証試験の例(点群データの重ね合わせ性検証)



測定対象

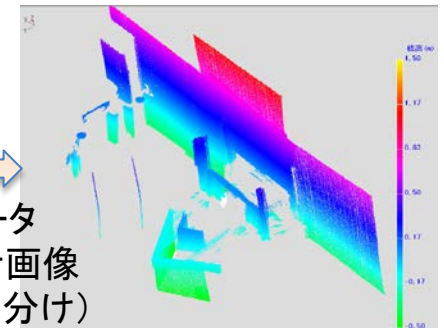
複数の位置姿勢  
で測定



測定データ

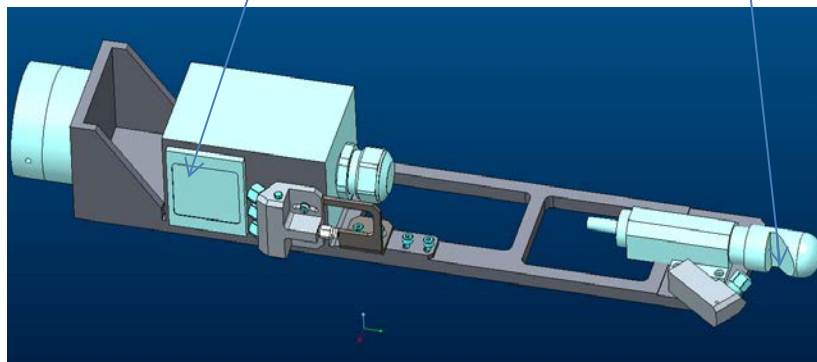
複数データを  
重ね合わせ

点群データ  
重ね合わせ画像  
(高さ方向色分け)



スキャナヘッド

カメラ

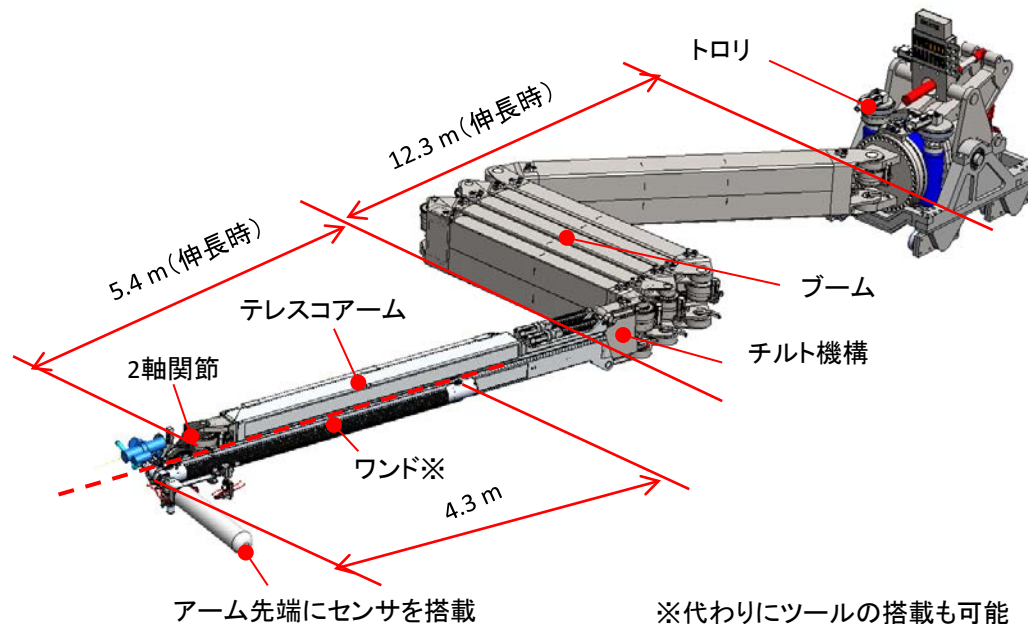


センサー外観

# 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

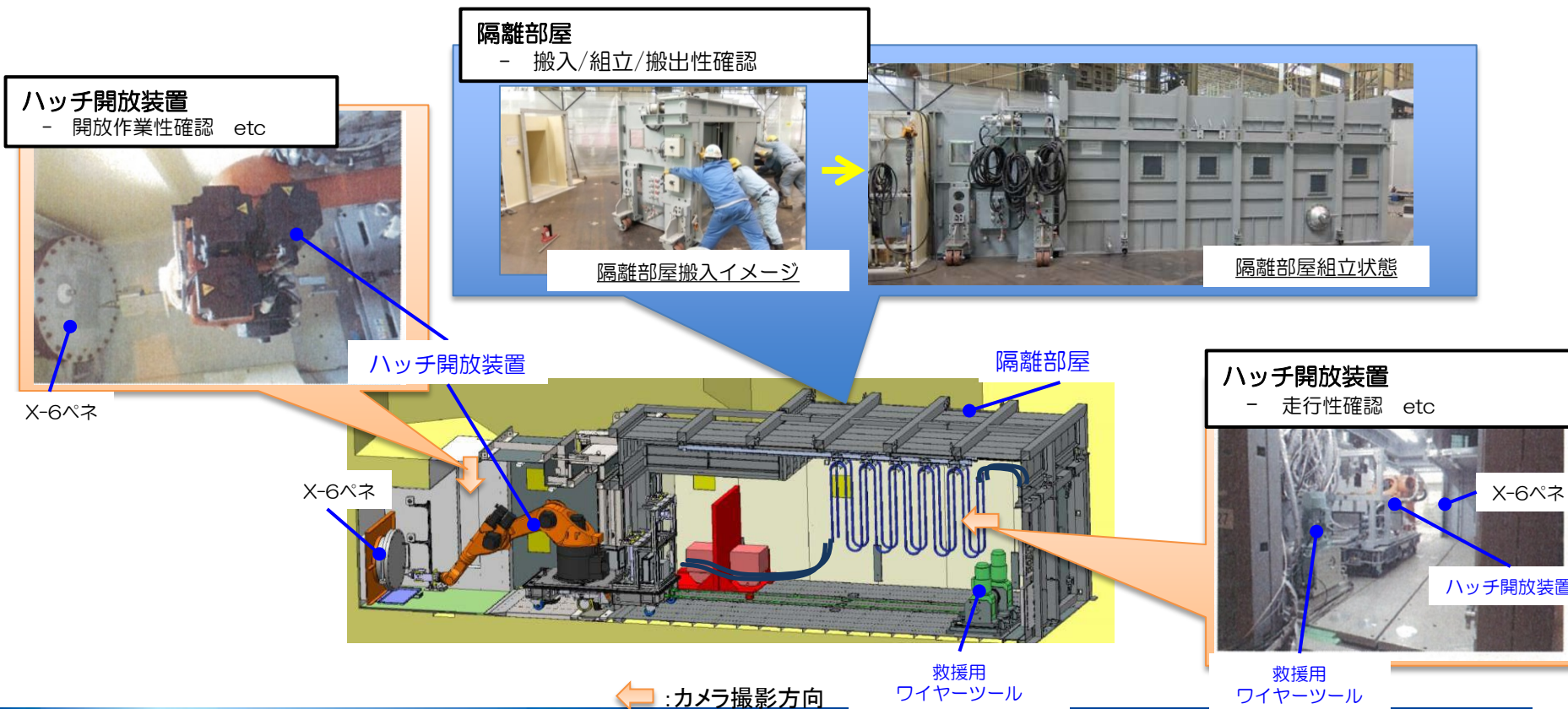
# 格納容器貫通部ハッチ開放

## ■ 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

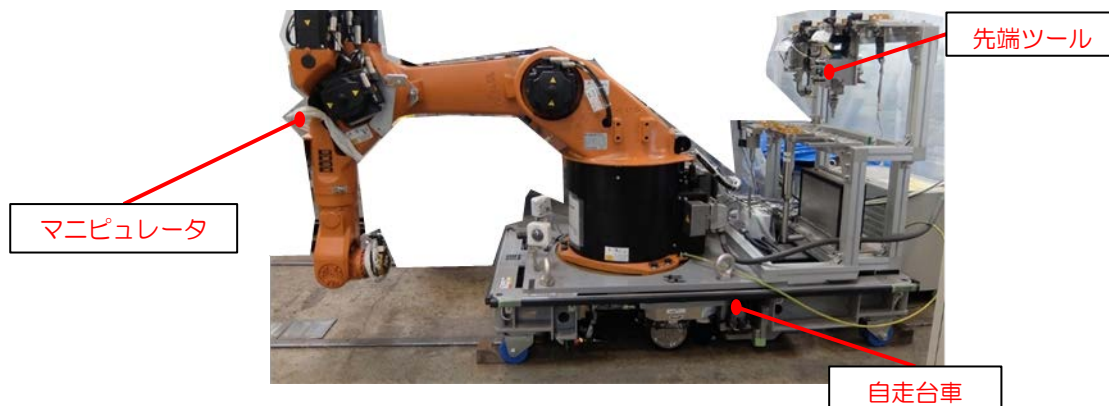
✓ ハッチ開放時の閉じ込め機能

✓ 遠隔でのハッチ開放

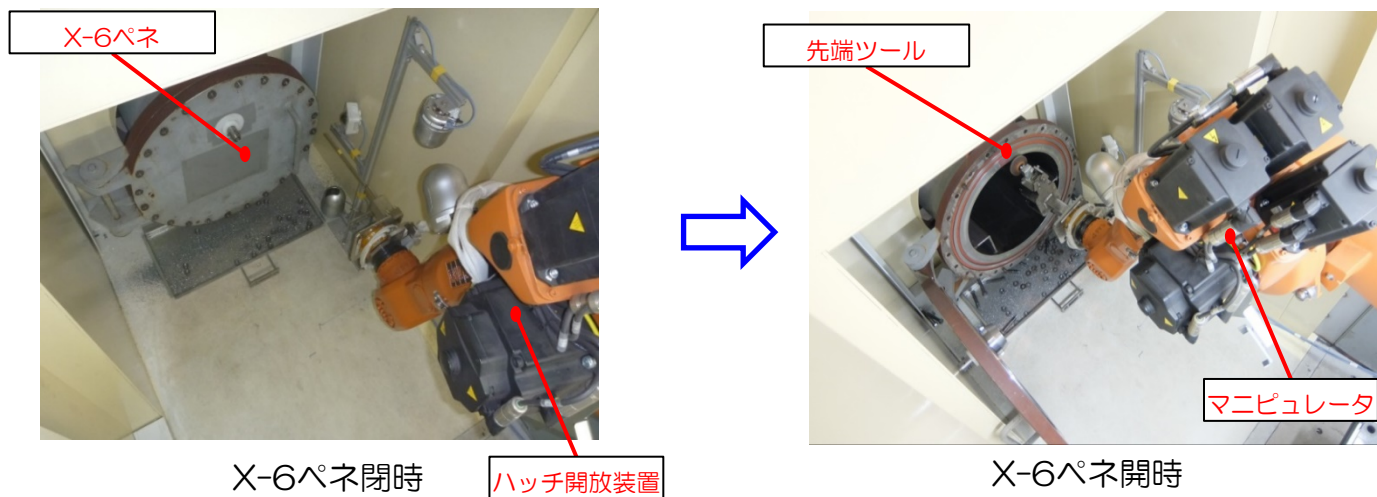


# ハッチ開放装置

## ■ 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

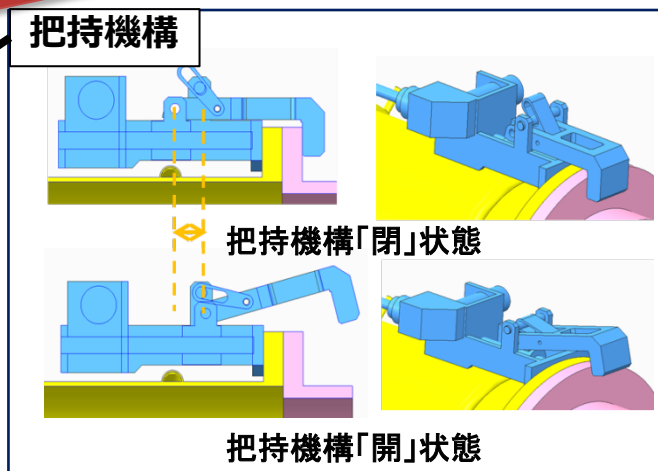
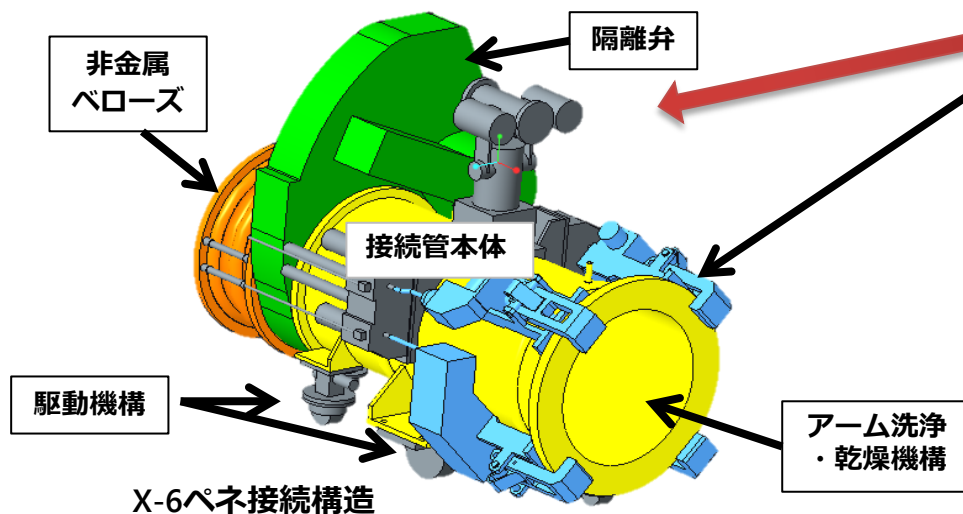
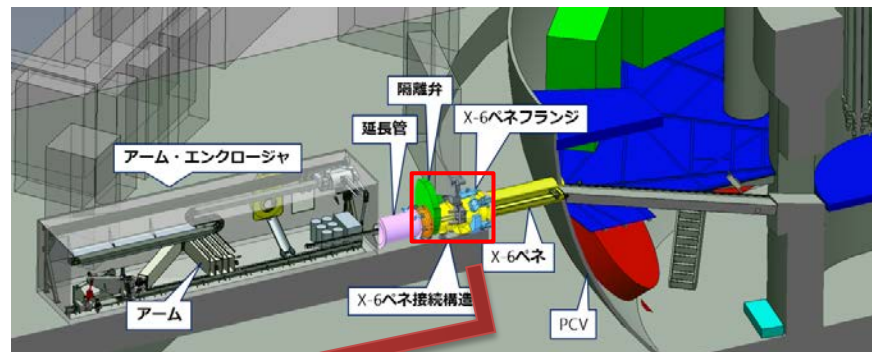


# アーム型のアクセスルート

## ■ 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

# 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

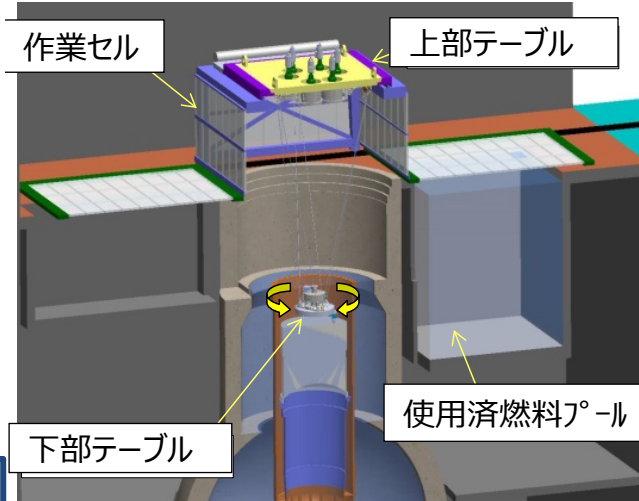
## 開発目的

- 主要3工法について、概念検討および工法詳細ステップ図を作成し、基盤技術開発の成果と合わせ、**工法実現性の評価**を行う。

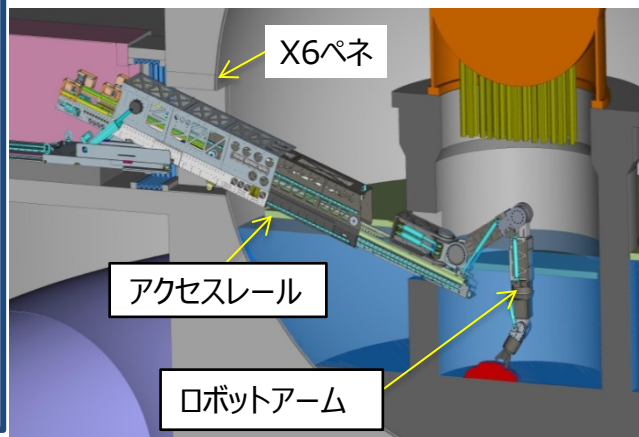
## 開発期間

2015.9～2017.3

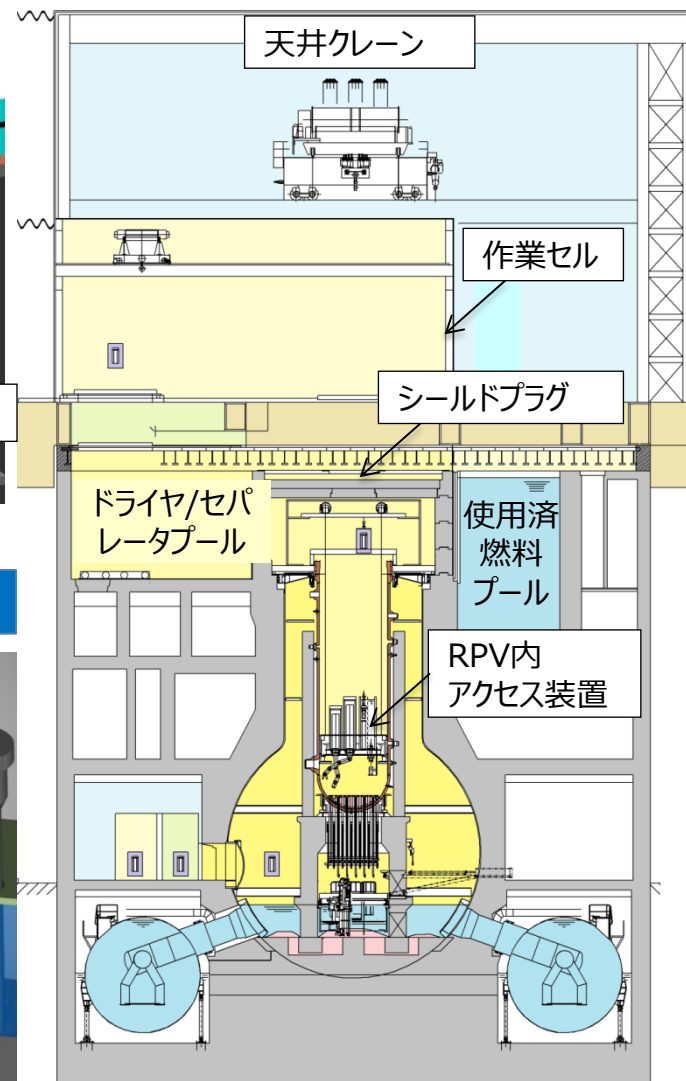
## 冠水-上アクセス工法（概念）



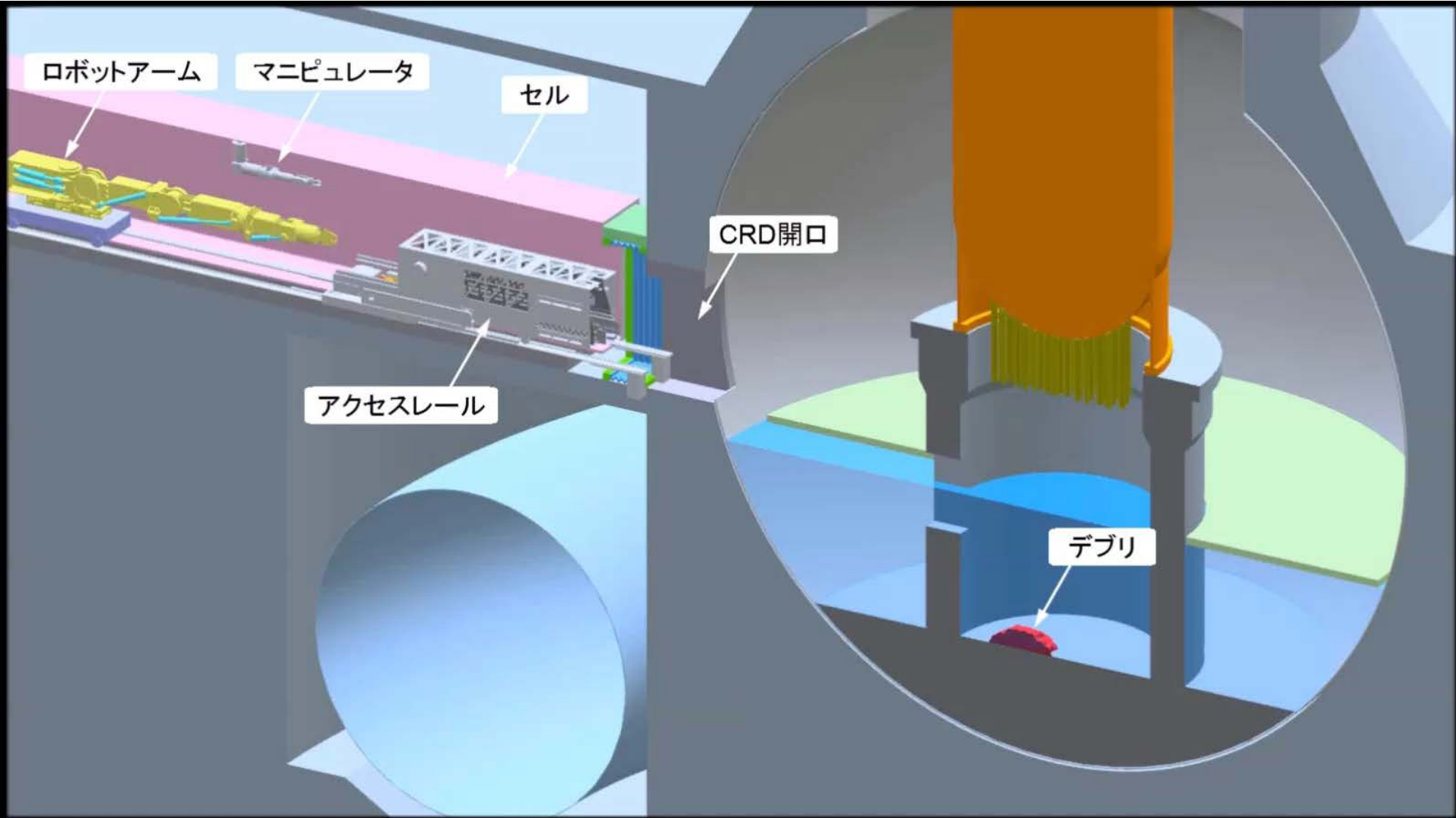
## 気中-横アクセス工法（概念）



## 気中-上アクセス工法（概念）



# 【横アクセス工法】アクセスレール方式～取り出しイメージ～(動画)



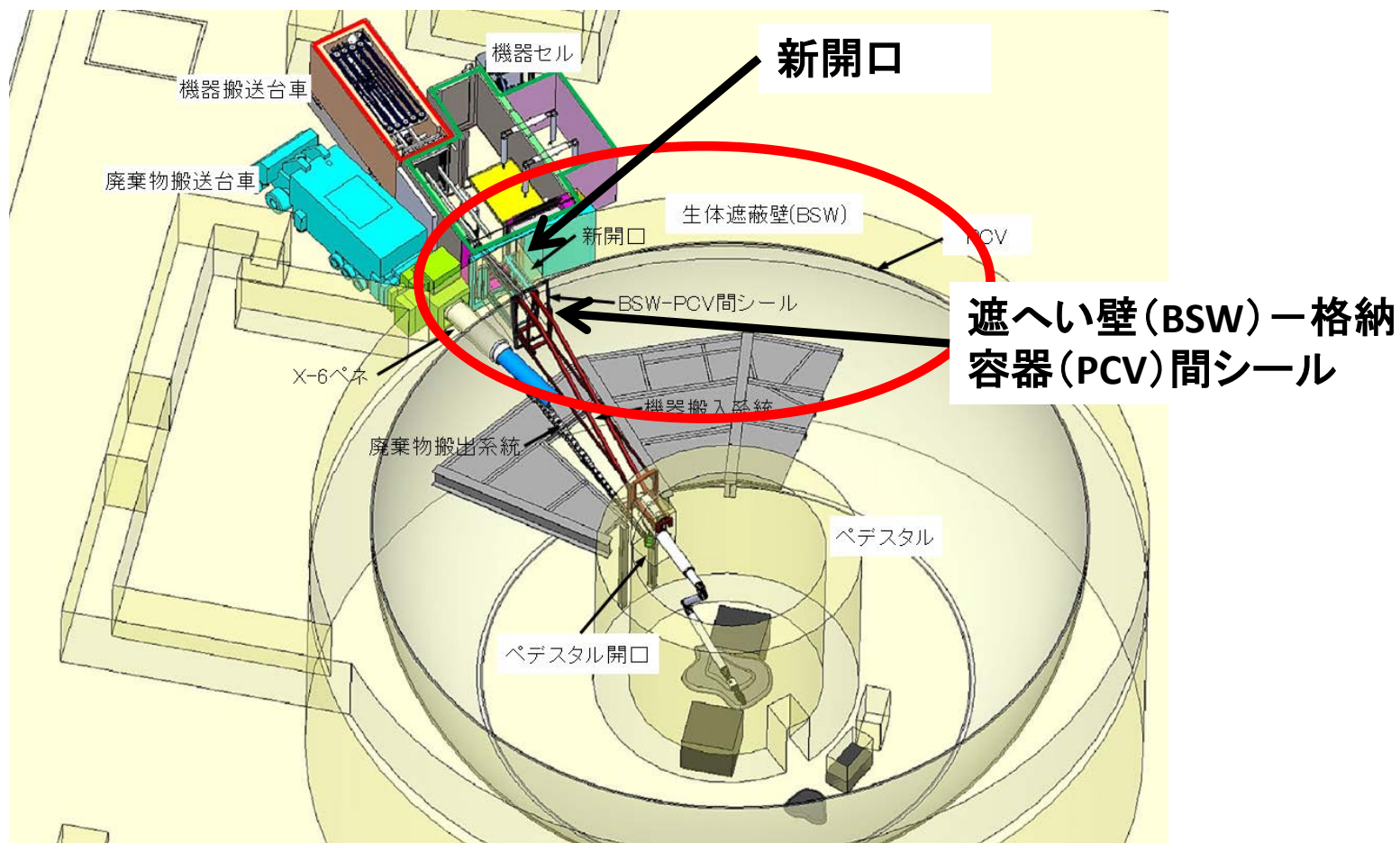


# 【横アクセス工法】アクセスレール方式～工場モックアップ～(動画)



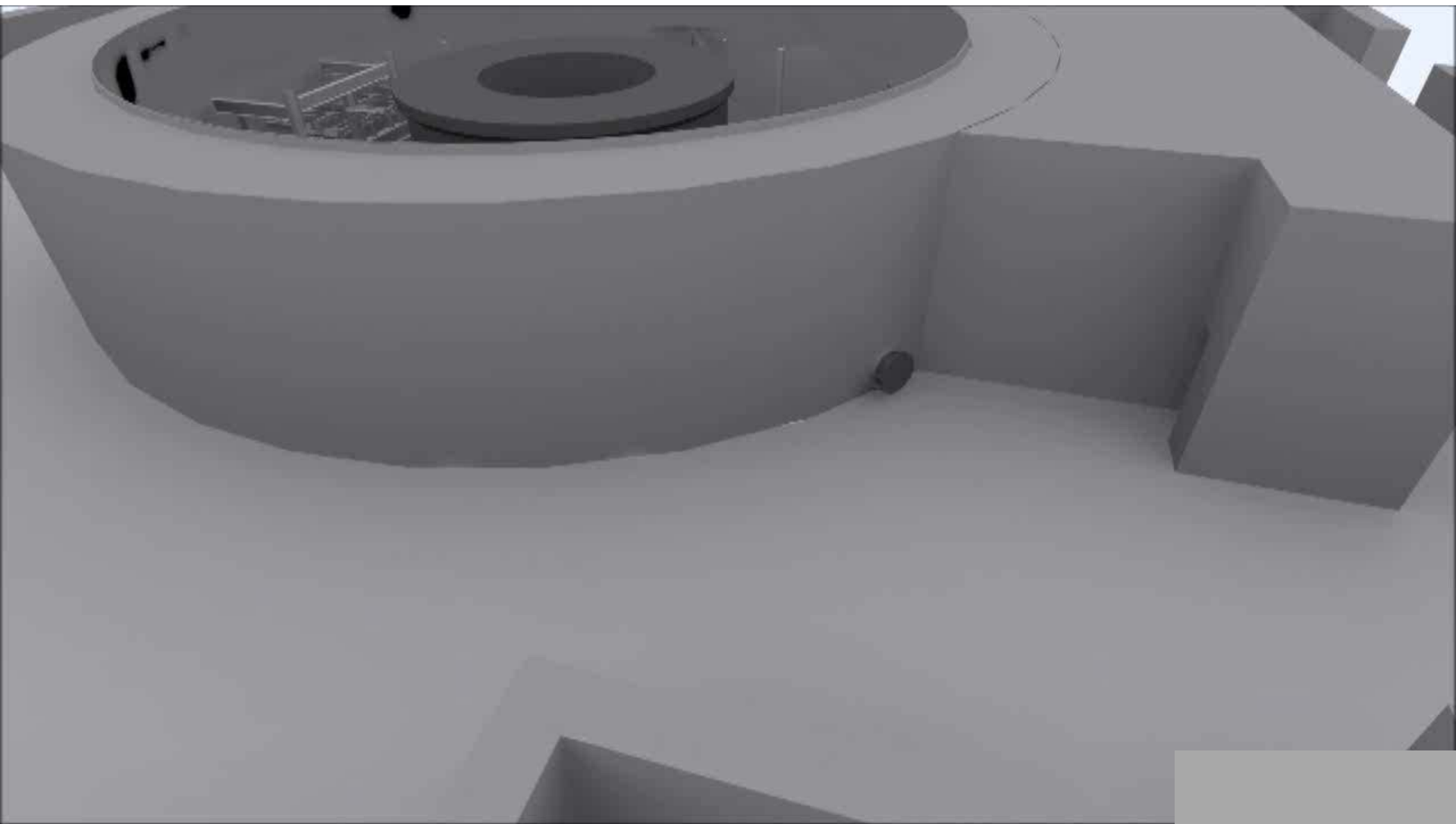
# 【横アクセス工法】デブリ取り出しに係る技術

- 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



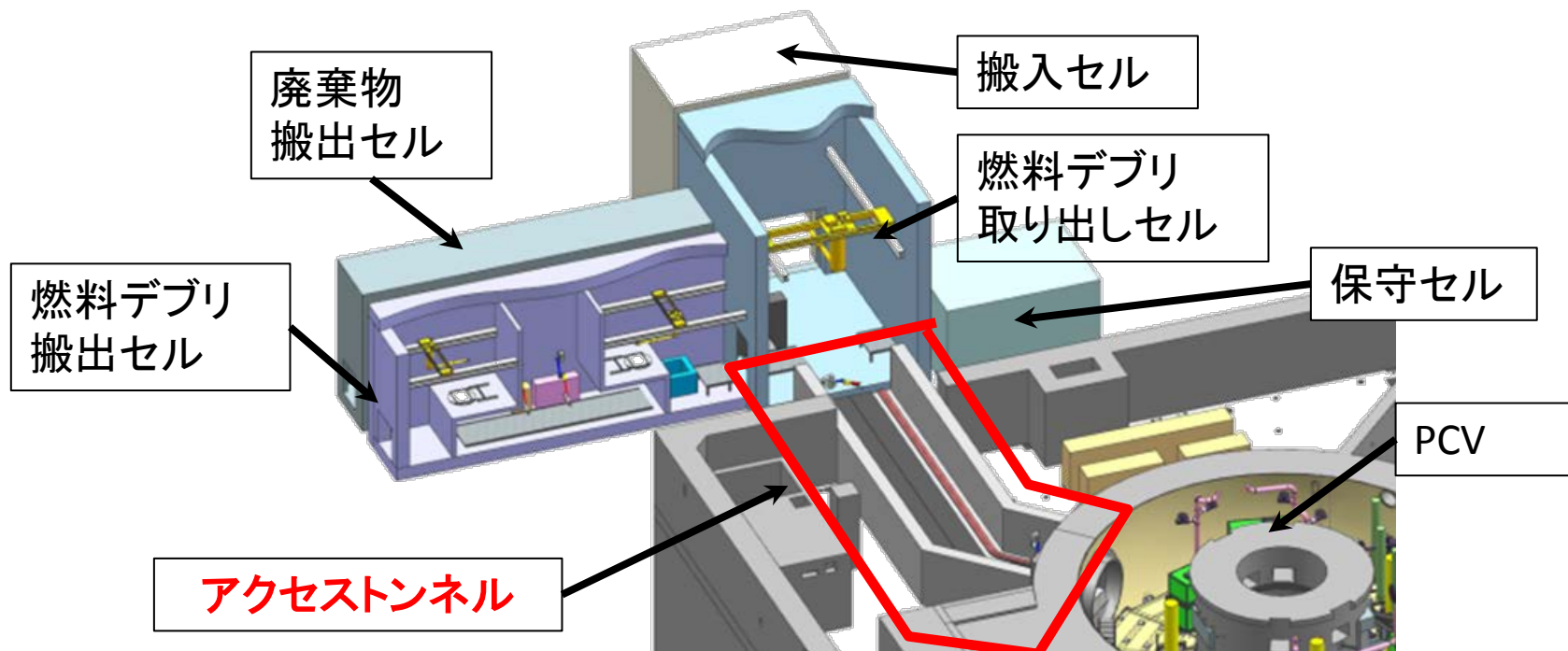
横アクセス工法の一例 イメージ

# 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

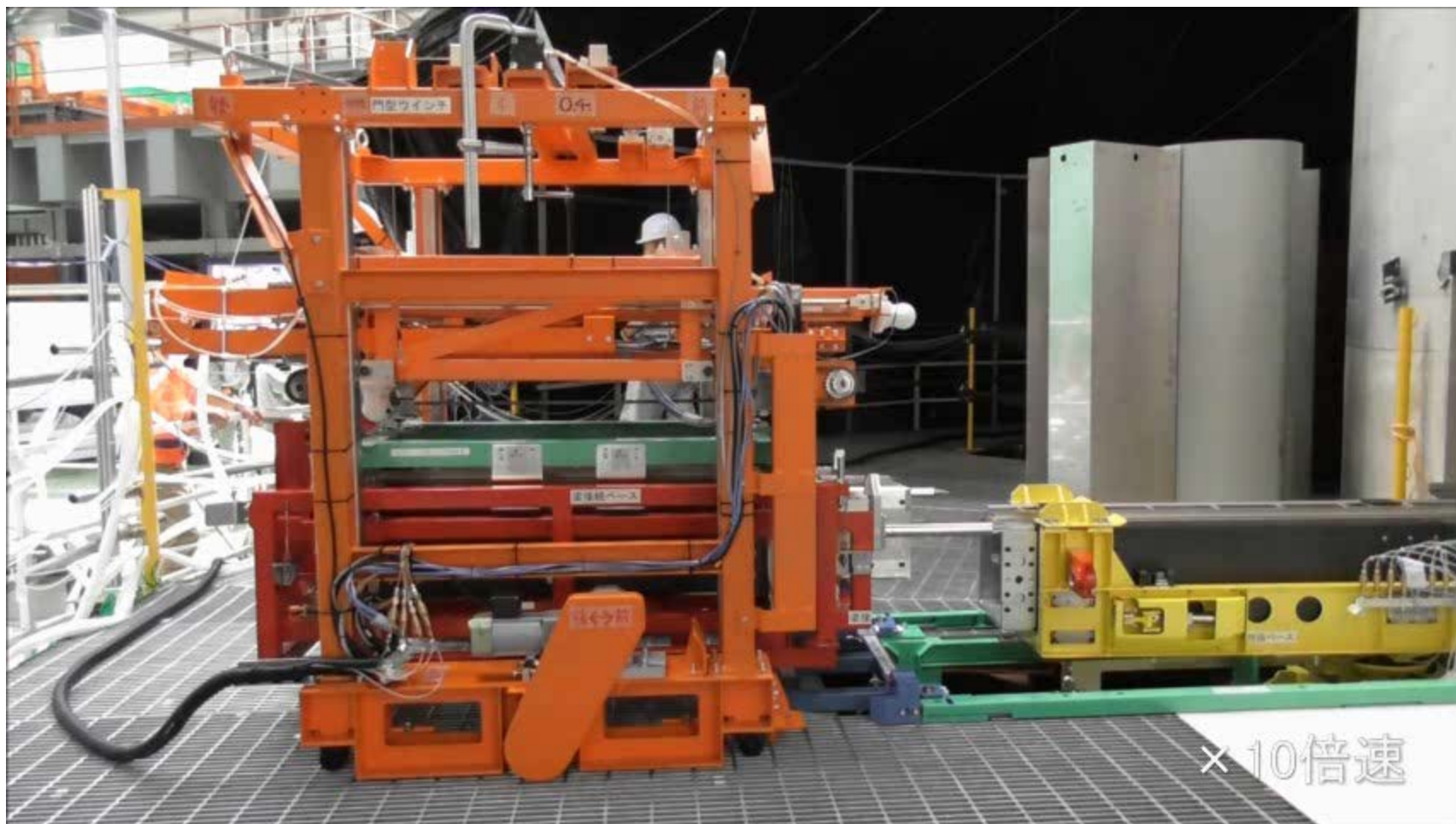
- アクセストンネル工法では、**重量物のトンネル（約800トン）**を原子炉建屋外から**精密な位置制御で送り出し、格納容器へ接続**させる必要有
- 橋梁等の工事で実績がある重量物送り出し工法を応用し、**狭隘部に曲がった形状の重量物トンネルを送り出す技術**を開発中



アクセストンネル工法の配置イメージ

横 接 近 工 法  
作 業 ス テ ッ プ

# ペDESTル内干渉物撤去 要素試験の様子

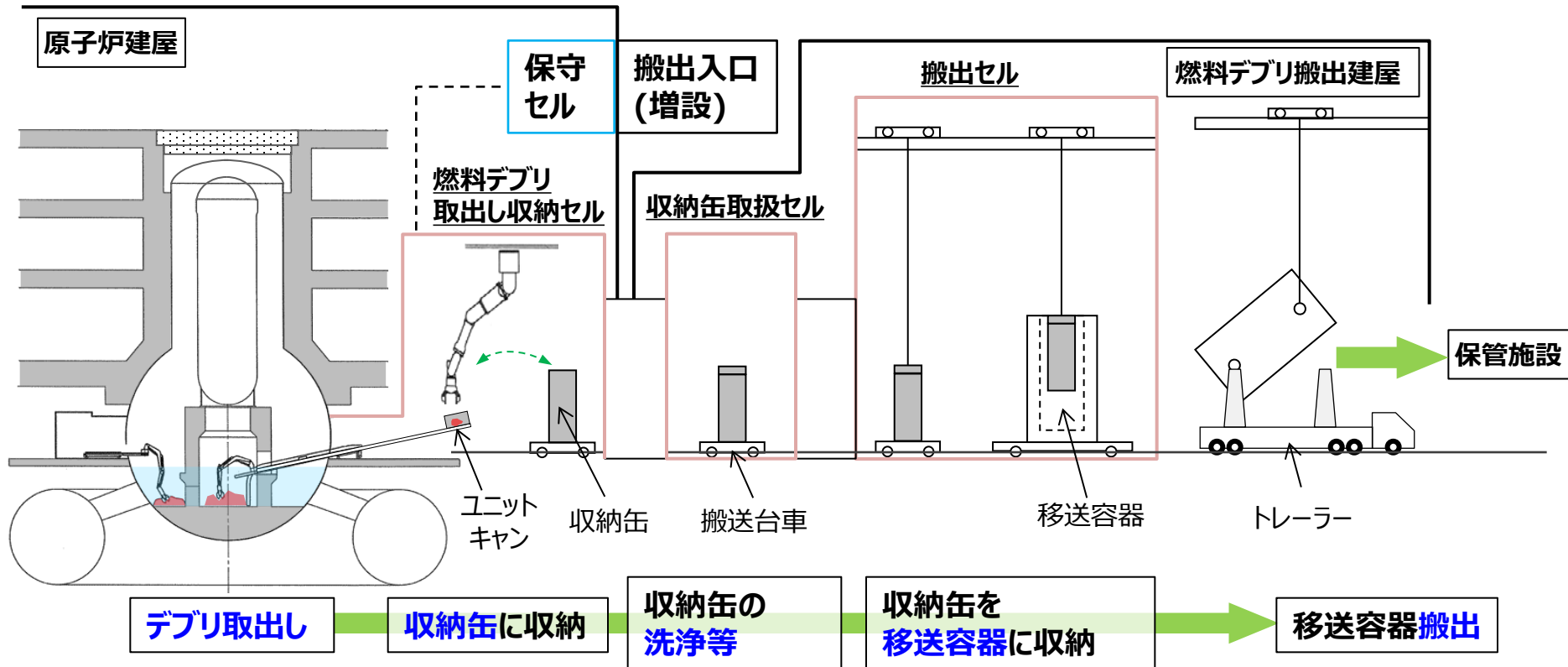


# 収納・移送・保管技術

## 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）



---

***End of presentation***