

# IRIDの研究開発の状況

平成30年9月7日

国際廃炉研究開発機構（IRID）

清浦英明

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

# IRIDの研究開発プロジェクト

## 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

### 3. 廃棄物対策に係る研究開発

固体廃棄物の  
**処理・処分**  
技術

固体廃棄物の  
**先行的処理手法**  
技術

### 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

<デブリ取り出し>

燃料デブリ・  
炉内構造物取出  
**臨界管理**  
技術

燃料デブリ・  
炉内構造物取出  
**工法・  
システム**

燃料デブリ・  
炉内構造物取出  
**基盤技術**

### 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

PCV詳細調査  
**X-6<sup>ハ</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

燃料デブリ・  
炉内構造物取出  
基盤技術  
**小型中性子  
検出器**

燃料デブリ  
**収納・移送  
・保管**技術

# 目次

1. 格納容器補修技術
2. 内部調査技術
3. 燃料デブリ取出しに関連する技術

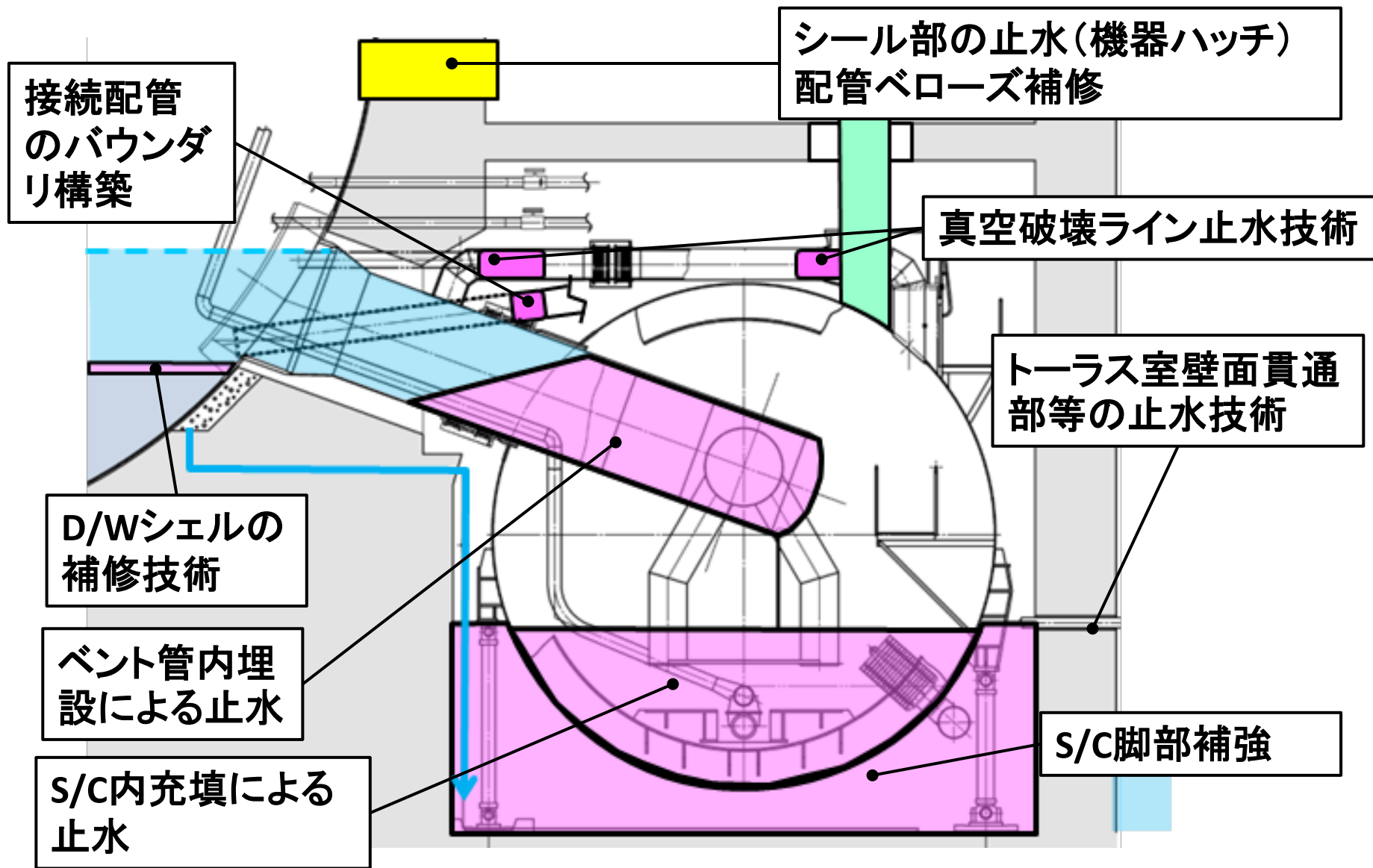
---

# 1. 格納容器補修技術

# 格納容器補修技術開発について

- 燃料デブリ取り出し作業時の高濃度汚染水拡散防止等に資する止水等の補修技術を開発してきた。
- 開発してきた補修技術の現場適用に向けて、一定の目途が立った。
  - 一部の技術については、実規模試験体による実証試験により施工成立性が確認できた。
- それら補修技術に加え、施工時の作業被ばくを考慮した、実現性の高い格納容器水位を提案した。

# 格納容器補修技術の開発項目



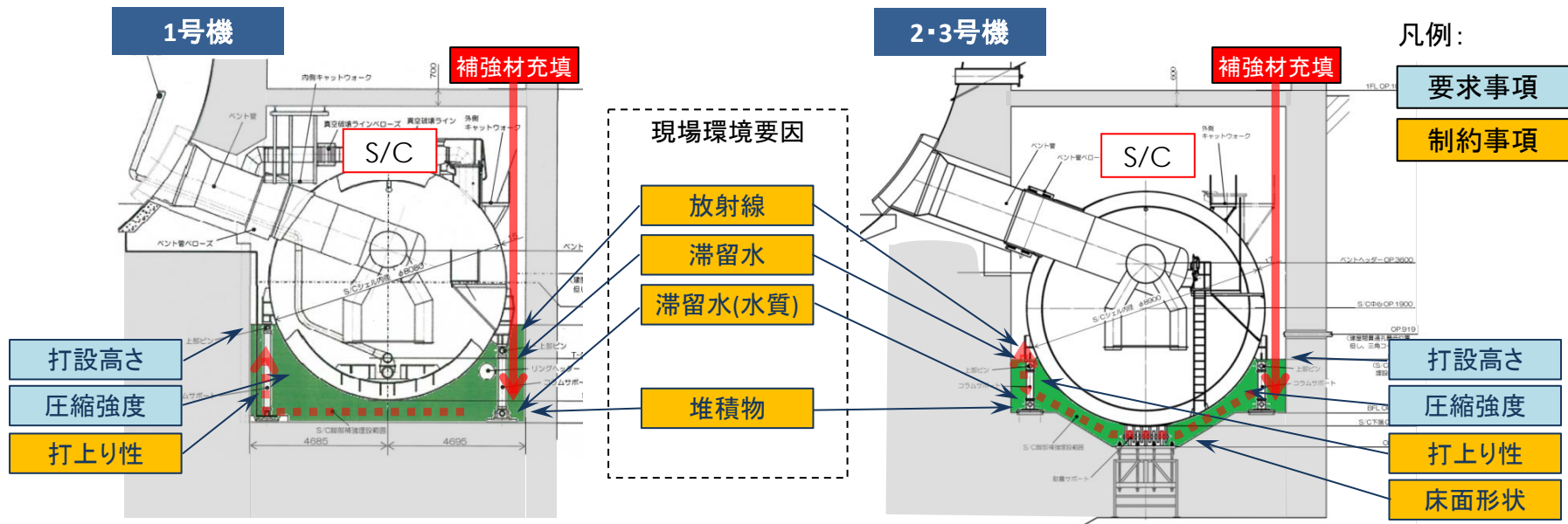
# サブプレッションチェンバ (S/C) 脚部補強

## ■ 目的

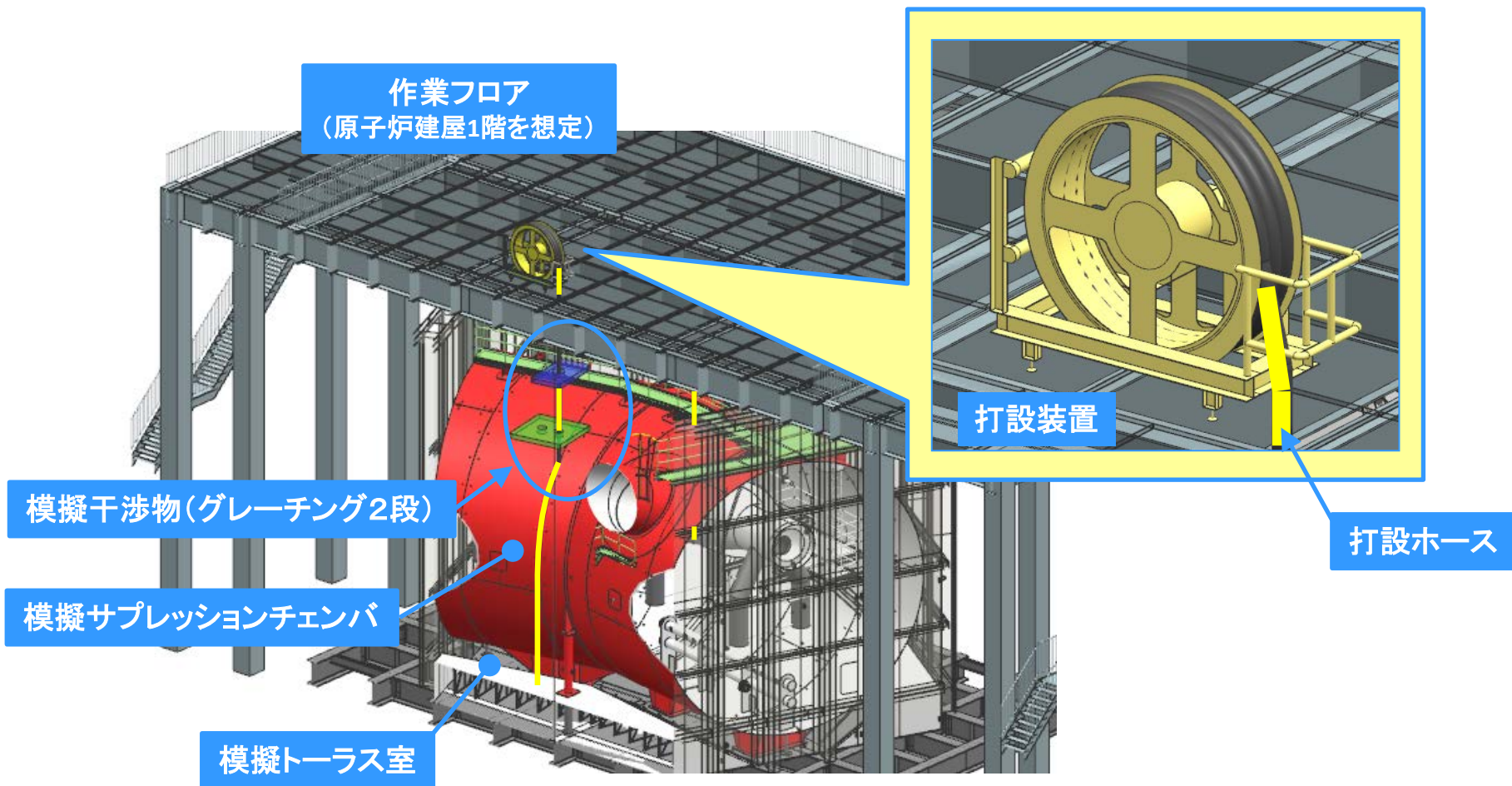
S/Cの耐震性を向上させるため、トラス室上階の床面から補強材（モルタル）を充填し、**S/C下部を埋設補強する工法の開発**

## ■ 開発状況

実規模試験を行い、**実機施工の実現性について見通しを得た。**



# S/C脚部補強の実規模試験イメージ

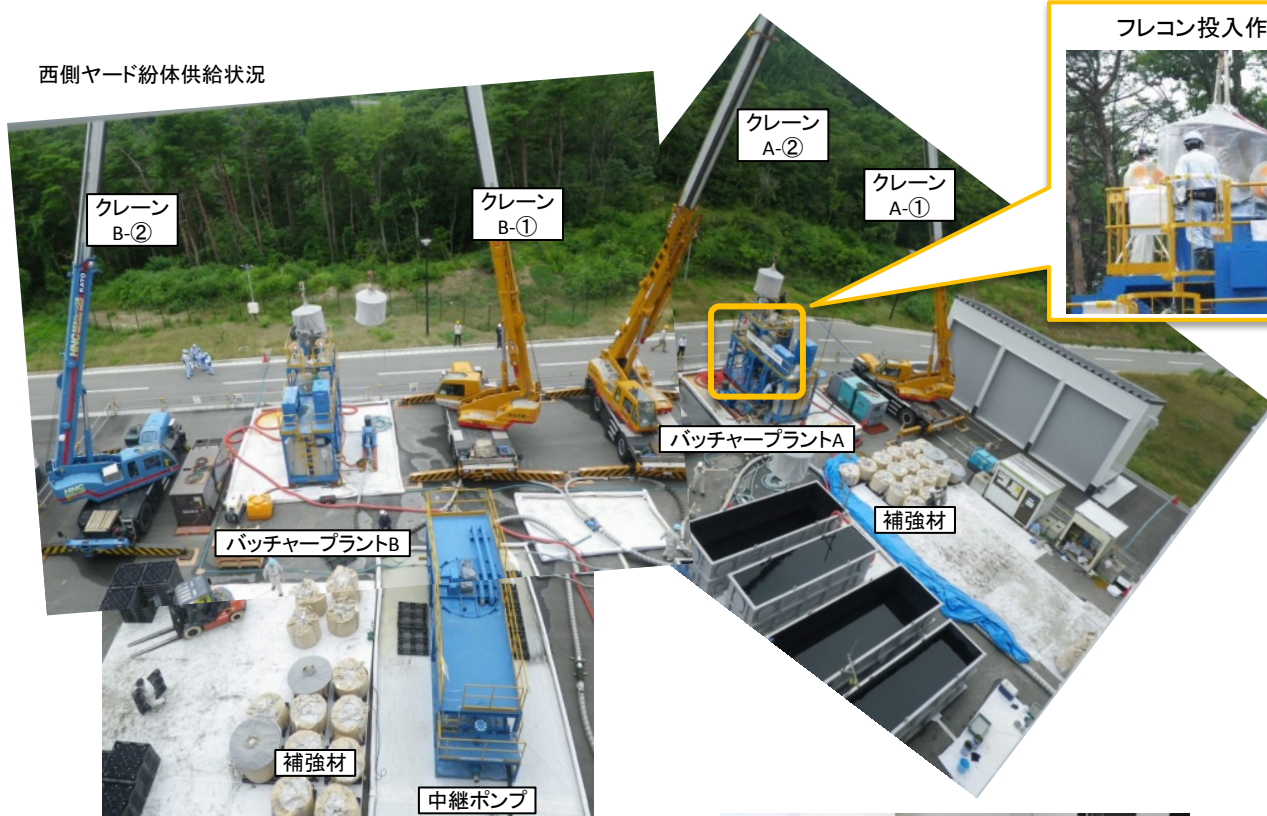


試験体概要(フルスケール1/8セクタ)(2号機模擬)  
(試験場所: JAEA 楢葉遠隔技術センター)



# S/C脚部補強の実規模試験の様子

西側ヤード粉体供給状況



マイク・スピーカー

トランシーバー



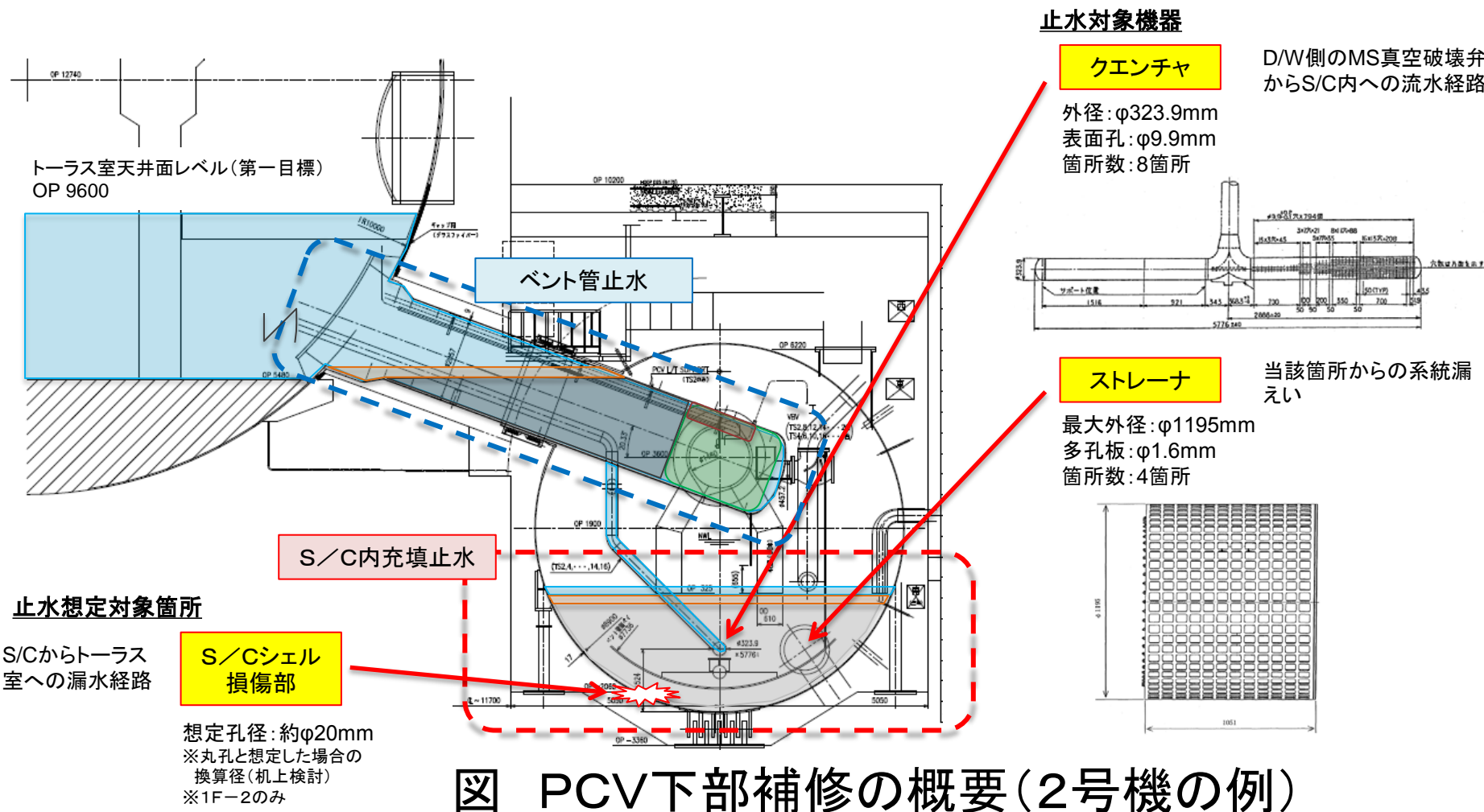
携帯電話



# S/C内充填止水

## ■ 目的

## S/Cへの流入経路・S/Cからの漏えい経路の止水工法の開発

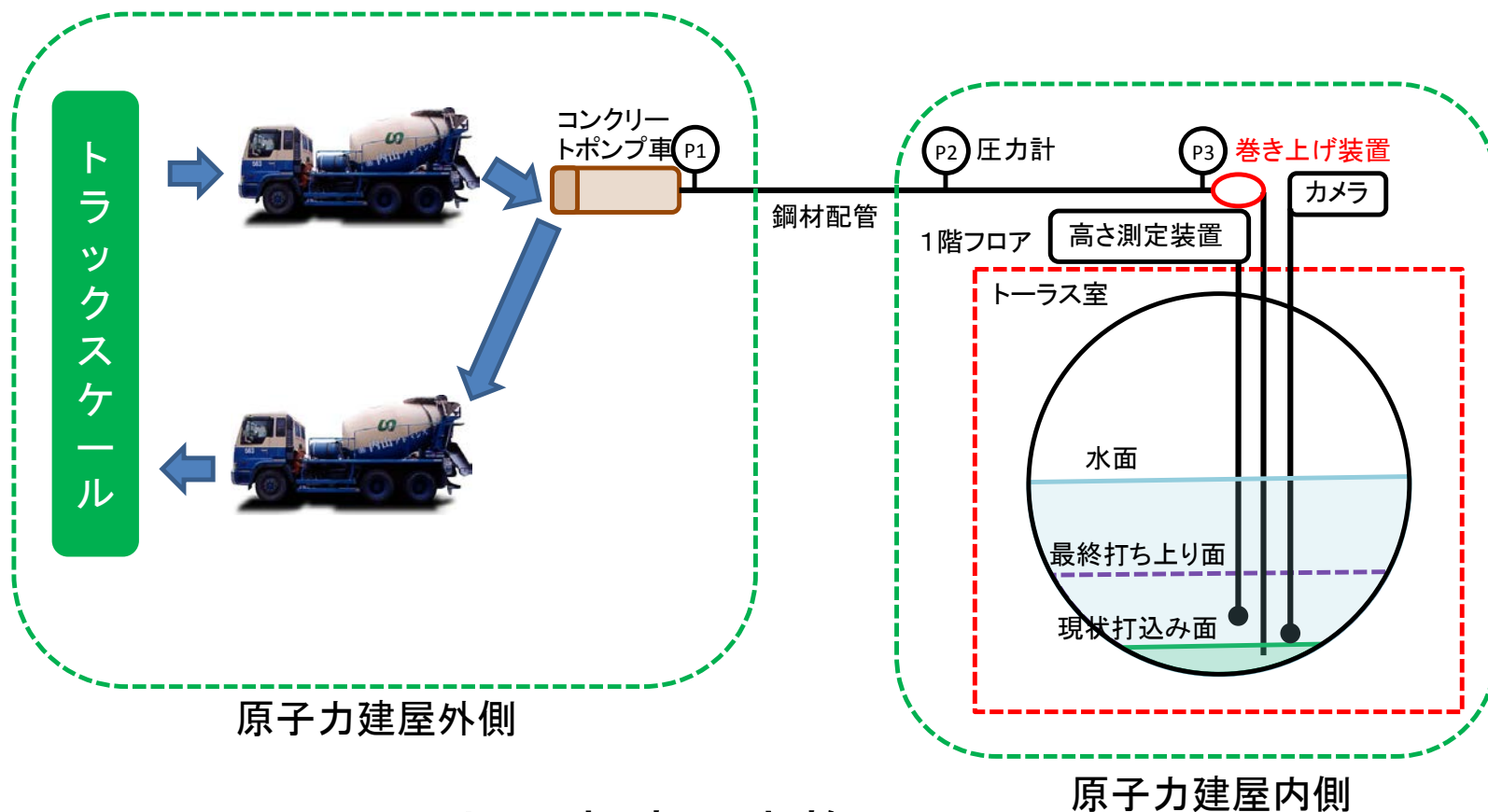


# S/C内充填止水

## ■ 開発状況

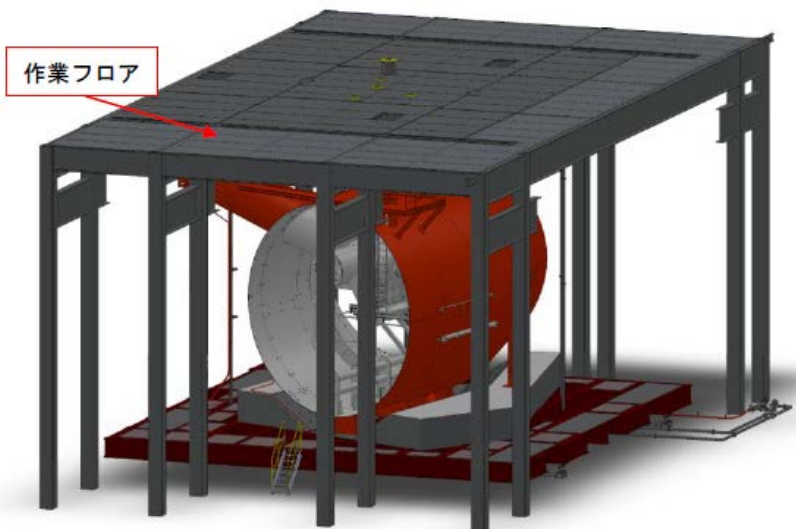
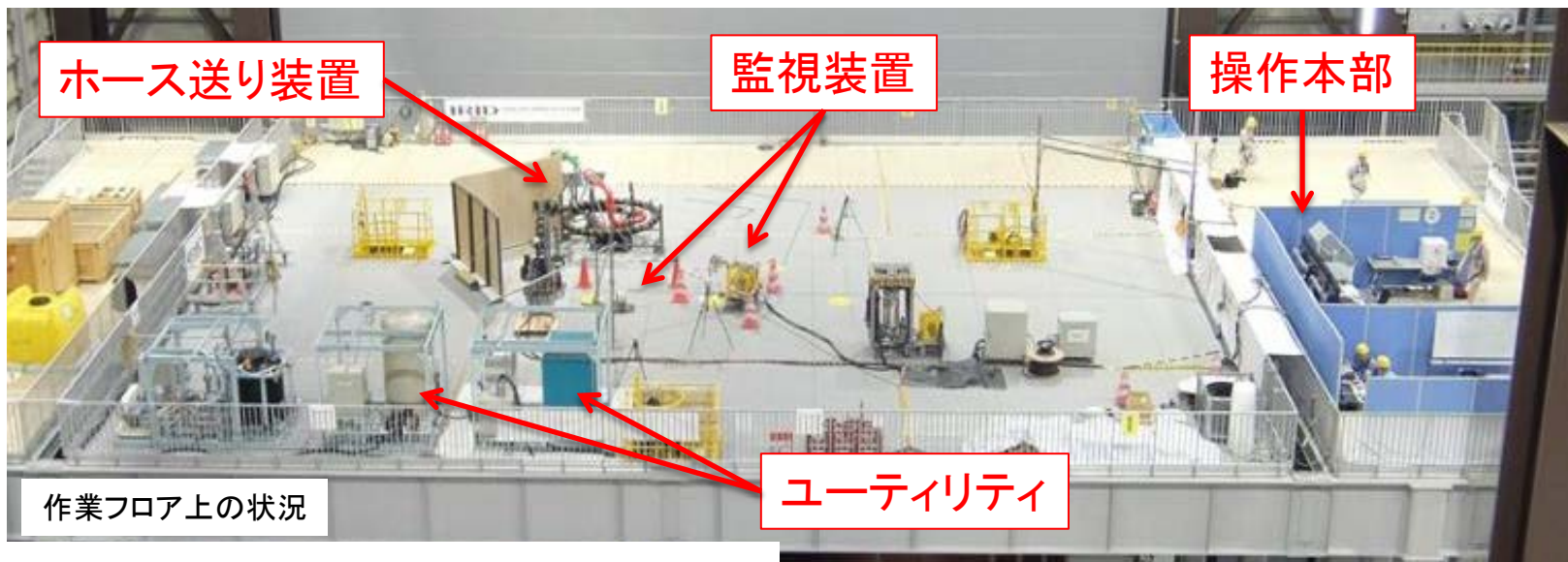
実規模試験を行い、**実機施工の実現性について見通しを得た。**

S/C内のコンクリート打込み状況図



## S/C内の充填止水施工システム

# S/C内充填止水の実規模試験の様子

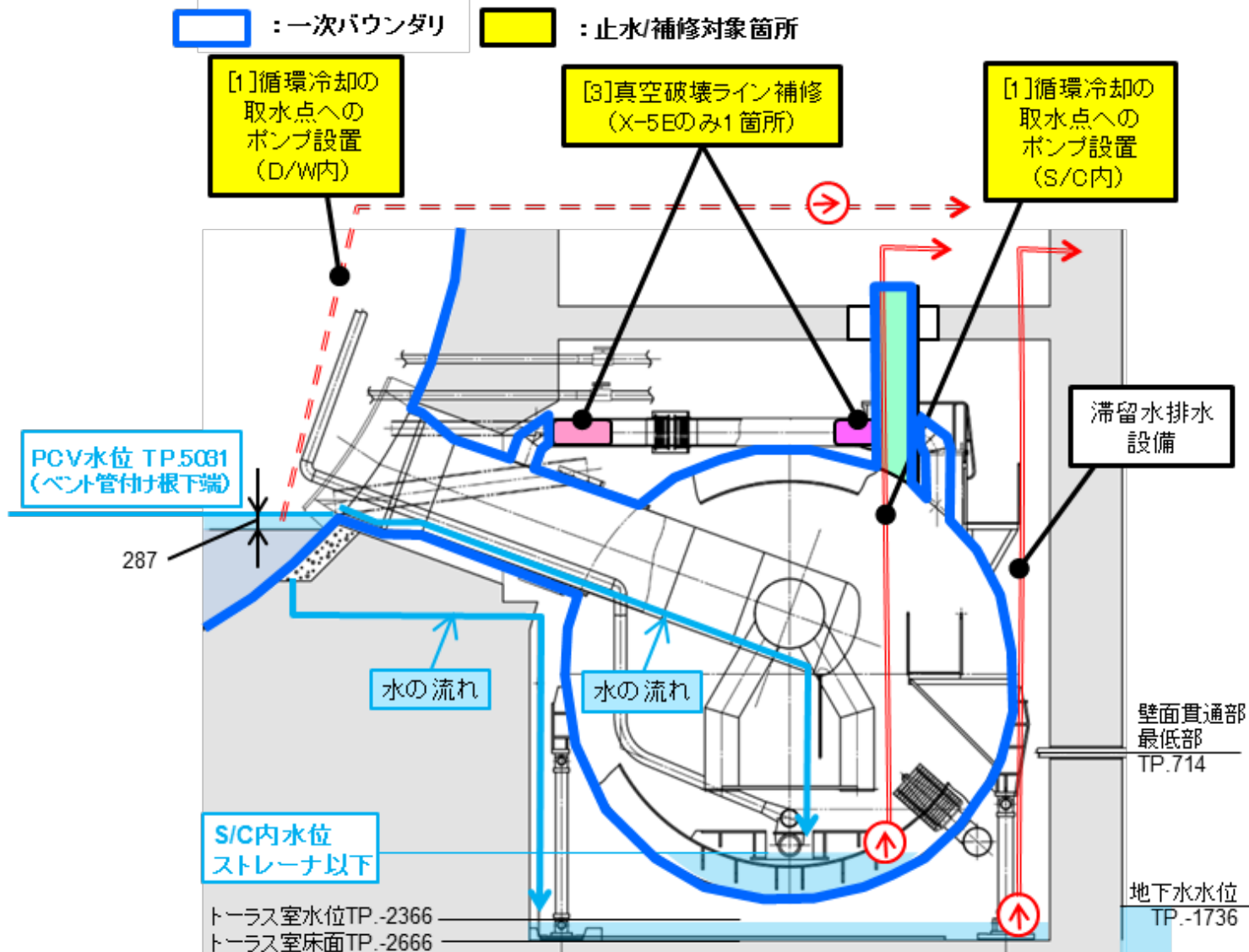


試験体概要(フルスケール1/8セクタ)(2号機模擬)  
(試験場所: JAEA 檜葉遠隔技術センター)



コンクリートポンプ車とアジテータ車の配置状況

# 実現性の高い水位の一例（1号機の例）



---

## 2. 内部調査技術

# 格納容器内部調査技術開発について

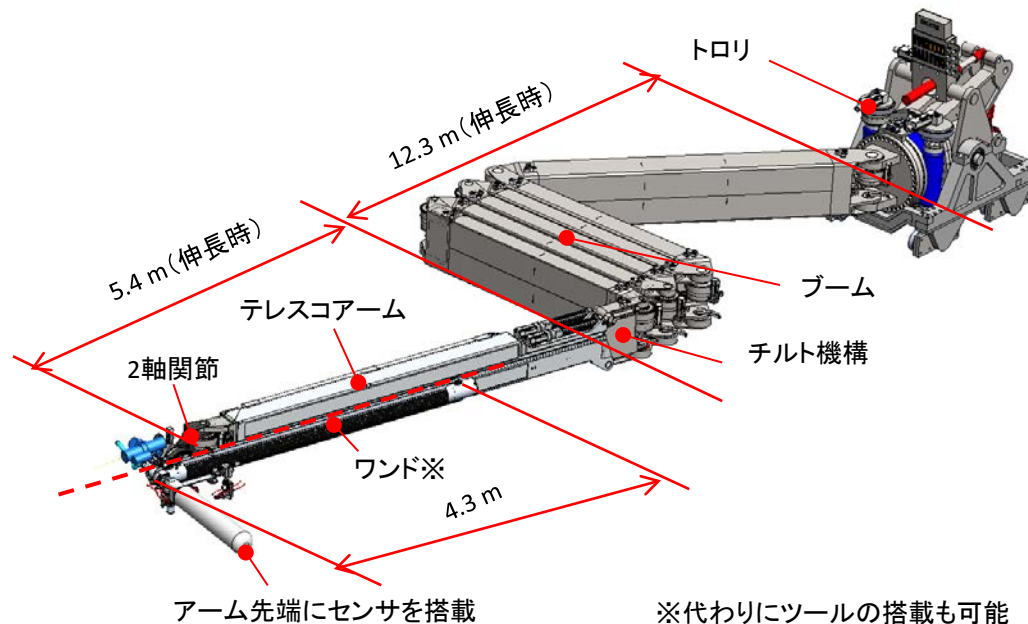
---

- これまでは、小型の調査装置を使った画像取得が調査の中心だった。
- より多くの情報を取得するために、大型化した調査装置に各種センサーを搭載した内部調査（詳細調査）に取り組中である。
- 格納容器に調査装置を投入できるようなアクセスルートを安全に設ける技術や、調査ニーズに対応したセンサ技術などが開発のポイントとなる。

# 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



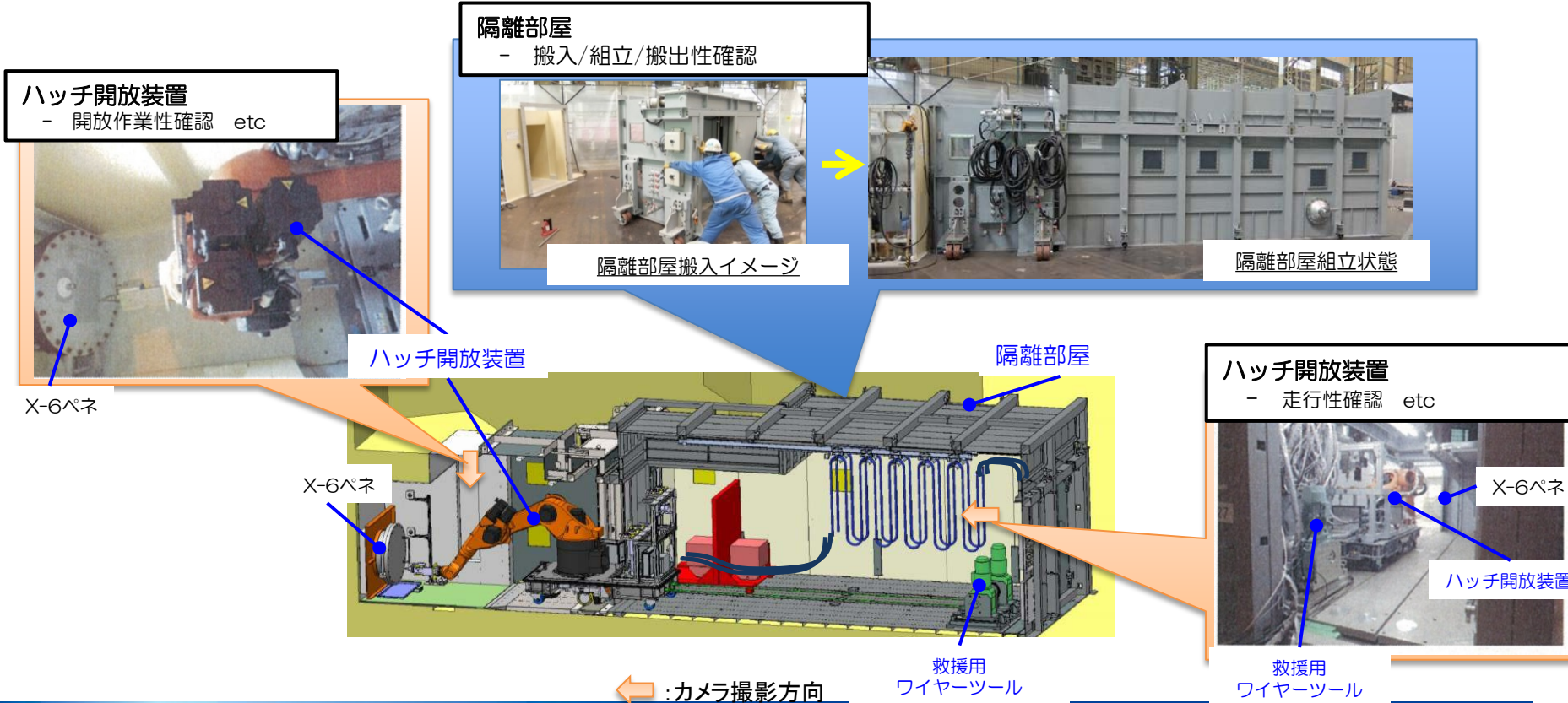
# 格納容器貫通部ハッチ開放

## ■ 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

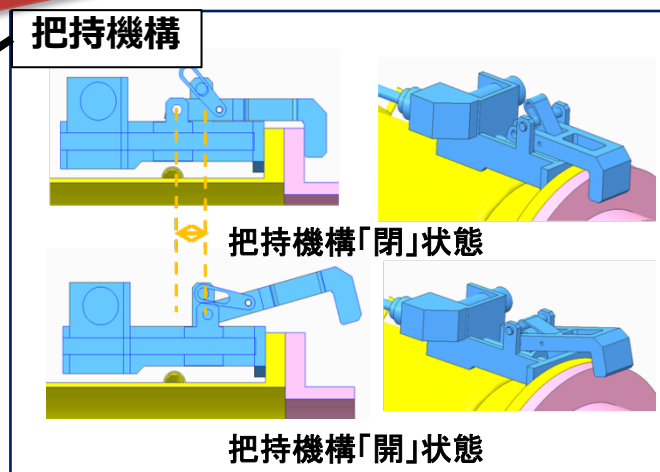
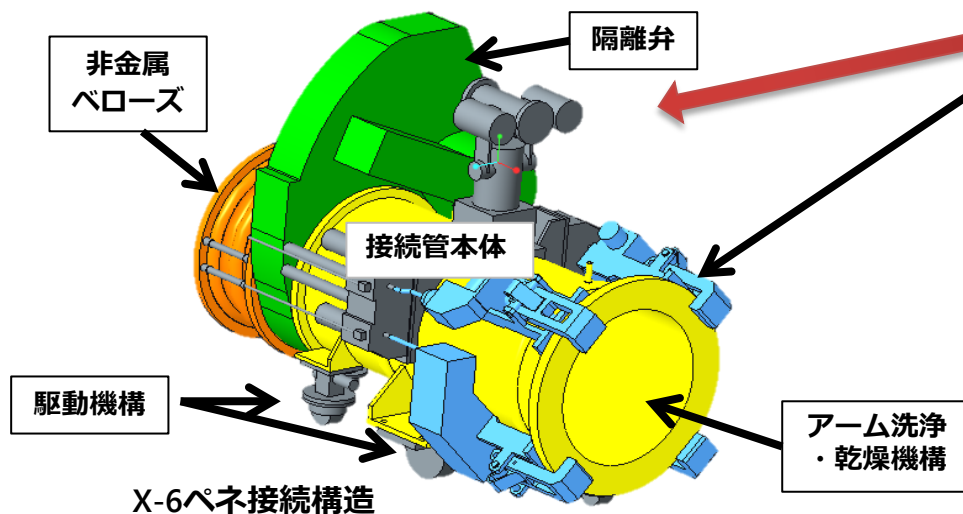
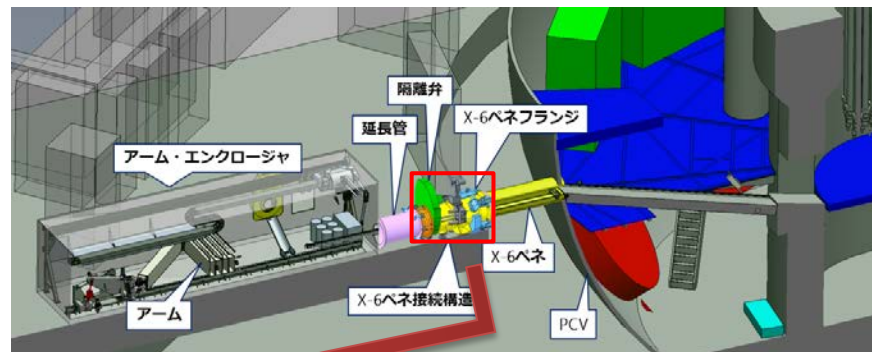


# アーム型のアクセスルート

## ■ 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

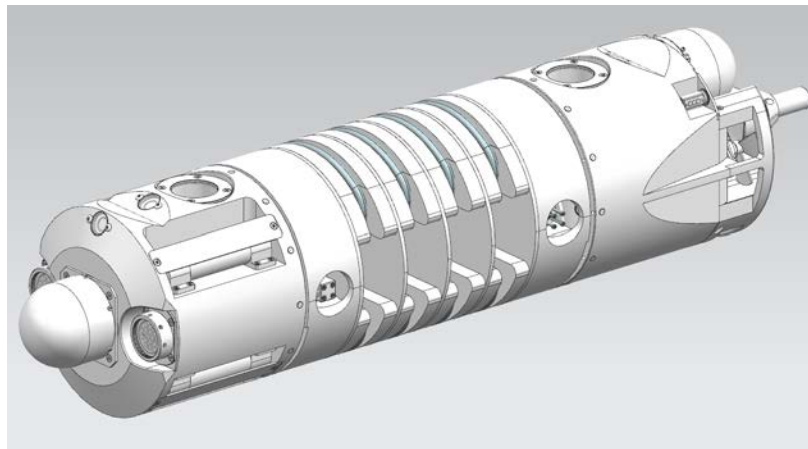
- ✓ 遠隔で既存のペネフランジに接近・取りつく機能
- ✓ 把持機構の耐震性
- ✓ 閉じ込め機能
- ✓ アーム通過性の維持



## 接続構造体外観

# ボート型アクセス装置

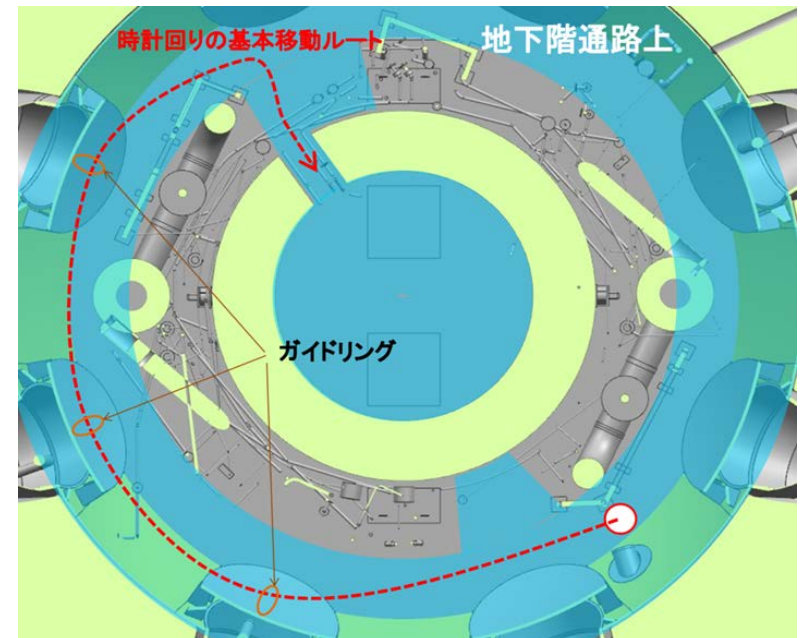
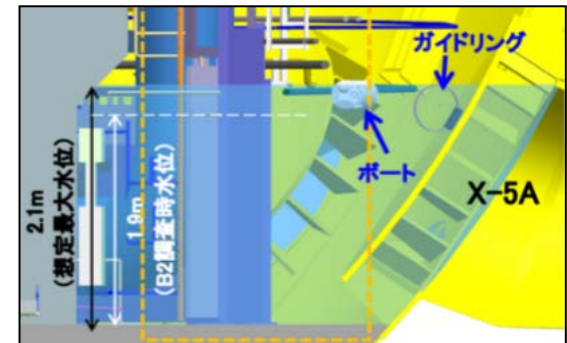
- 格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能なボート型アクセス装置を製作中



ガイドリング取付用の例

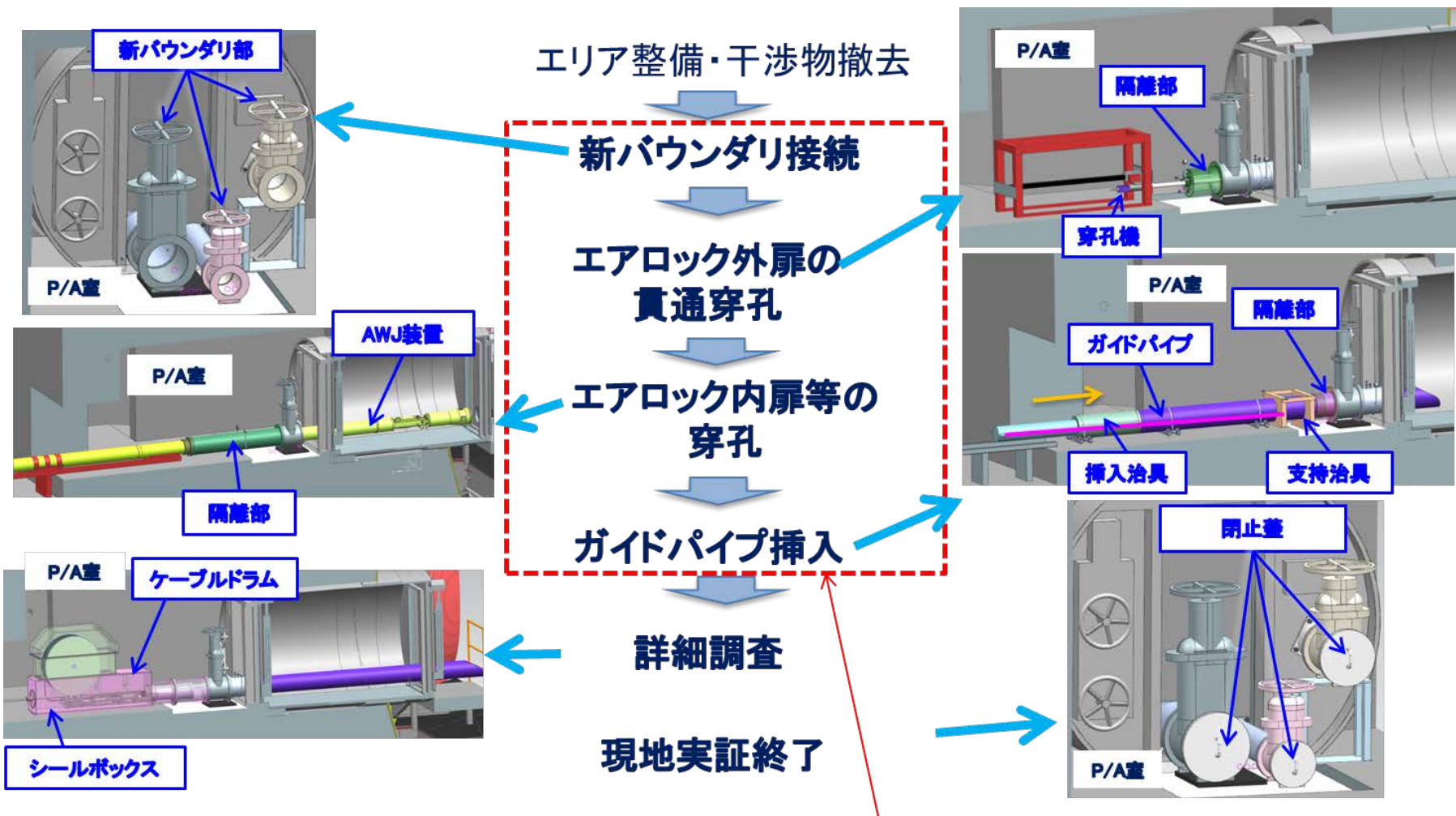
- 直径:  $\phi 25\text{cm}$
- 長さ: 約1.1m
- 推力: 25N以上

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

# ボート型アクセス装置のアクセスルート開発範囲



アクセスルート構築に係る工法と装置類の開発範囲

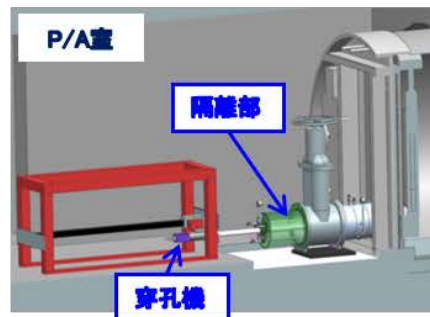
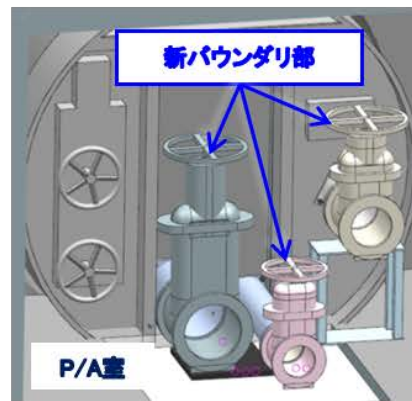
# ボート型のアクセスルート実証試験の様子

新バウンダリ接続

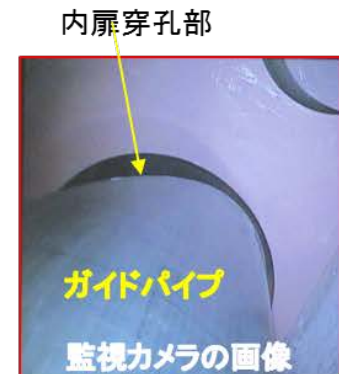
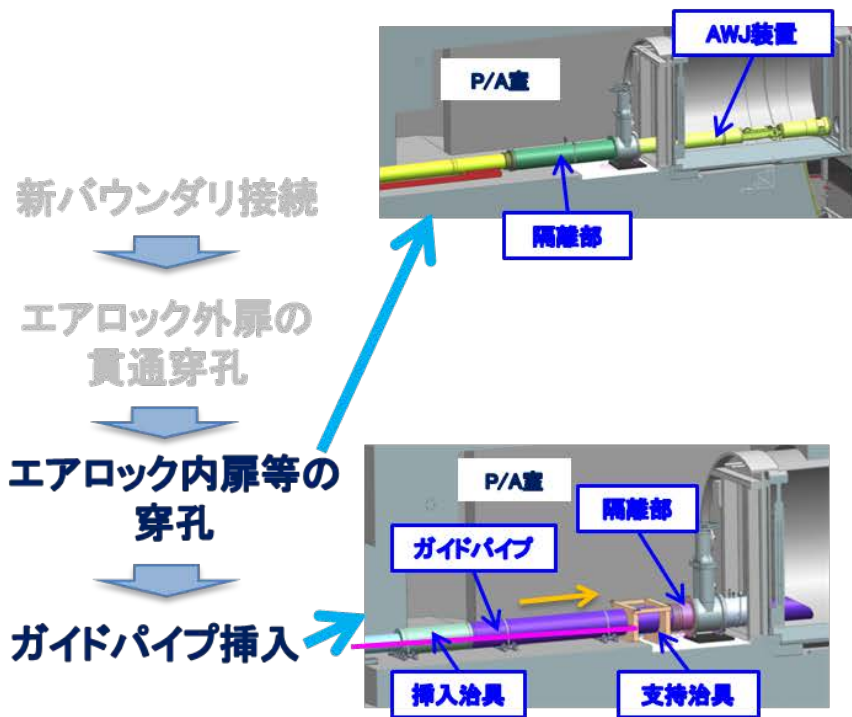
エアロック外扉の  
貫通穿孔

エアロック内扉等の  
穿孔

ガイドパイプ挿入



# ボート型のアクセスルート実証試験の様子

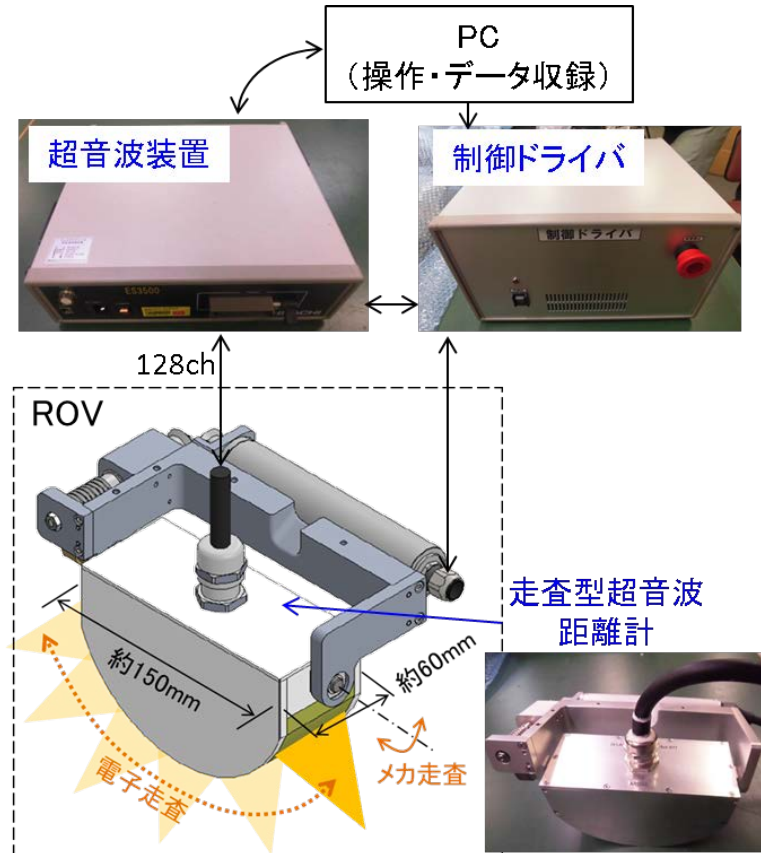
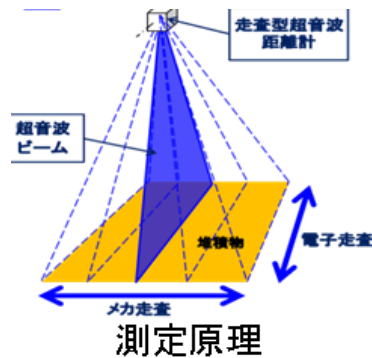
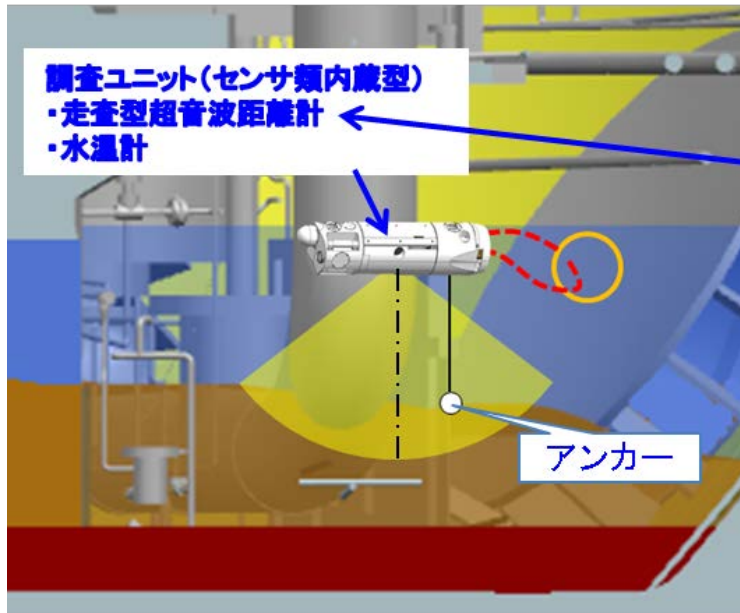


# 開発中のセンサ類の例

	計測技術	計測目的	アクセス装置との 組合せ試験対象
形状・寸法 計測技術	超音波ソナー	水中の燃料デブリ等の3Dマッピング	アーム型(2号機)
	走査型超音波距離計	堆積物の3Dマッピング	ボート型(1号機)
	光切断法	気中の構造物等の3Dマッピング	アーム型(2号機)
	高出力超音波センサ	堆積物の厚さ測定 (堆積物下の物体確認)	ボート型(1号機)
放射線計 測技術	$\gamma$ カメラ	$\gamma$ 線量率分布(燃料デブリ分布の確認)	アーム型(2号機)
	CdTe半導体検出器 +B10検出器	堆積物内・下の燃料デブリ判定	水中遊泳型(1号機)

# 走査型超音波距離計

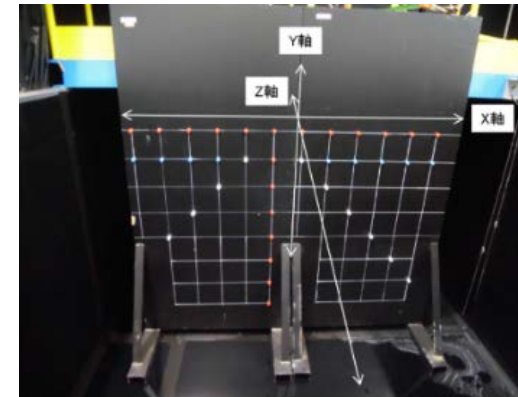
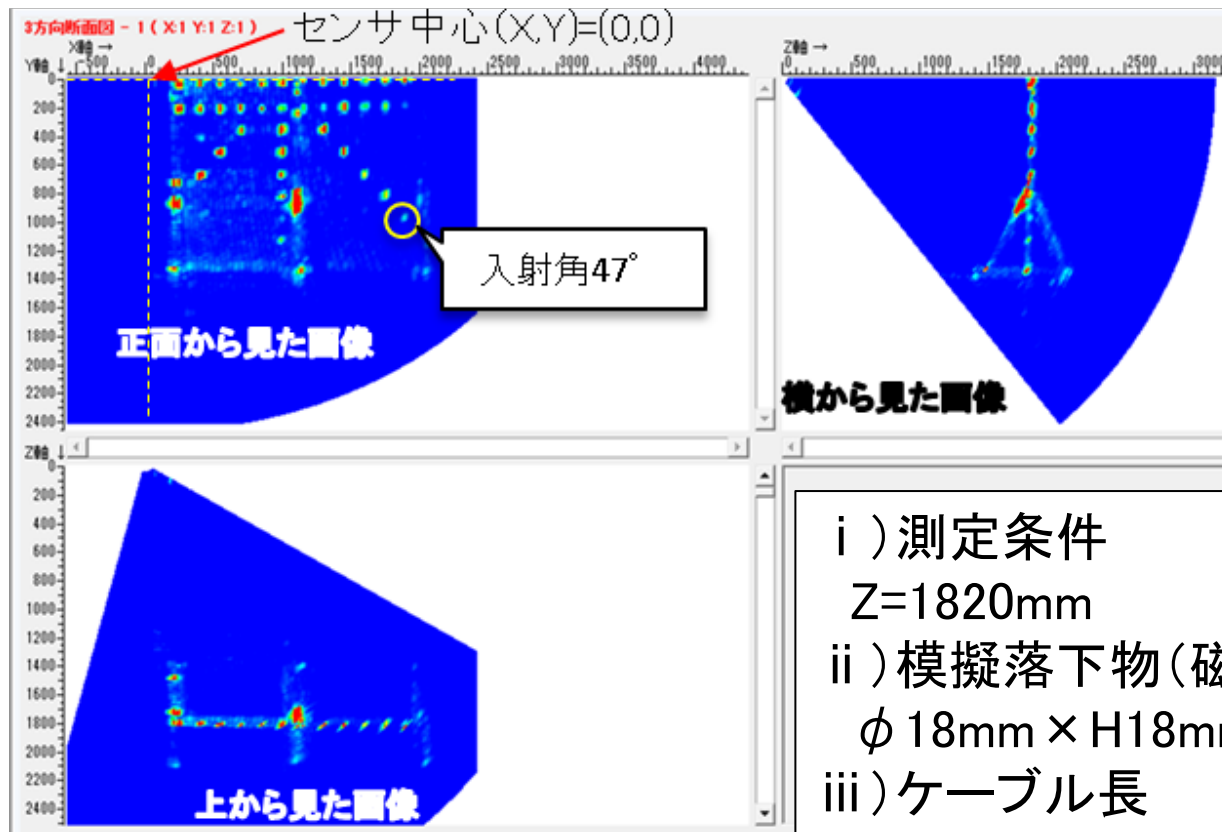
## ■ 形状計測の技術開発 (走査型超音波距離計)





# 走査型超音波距離計の要素試験例

## ■ 形状計測の技術開発（走査型超音波距離計）



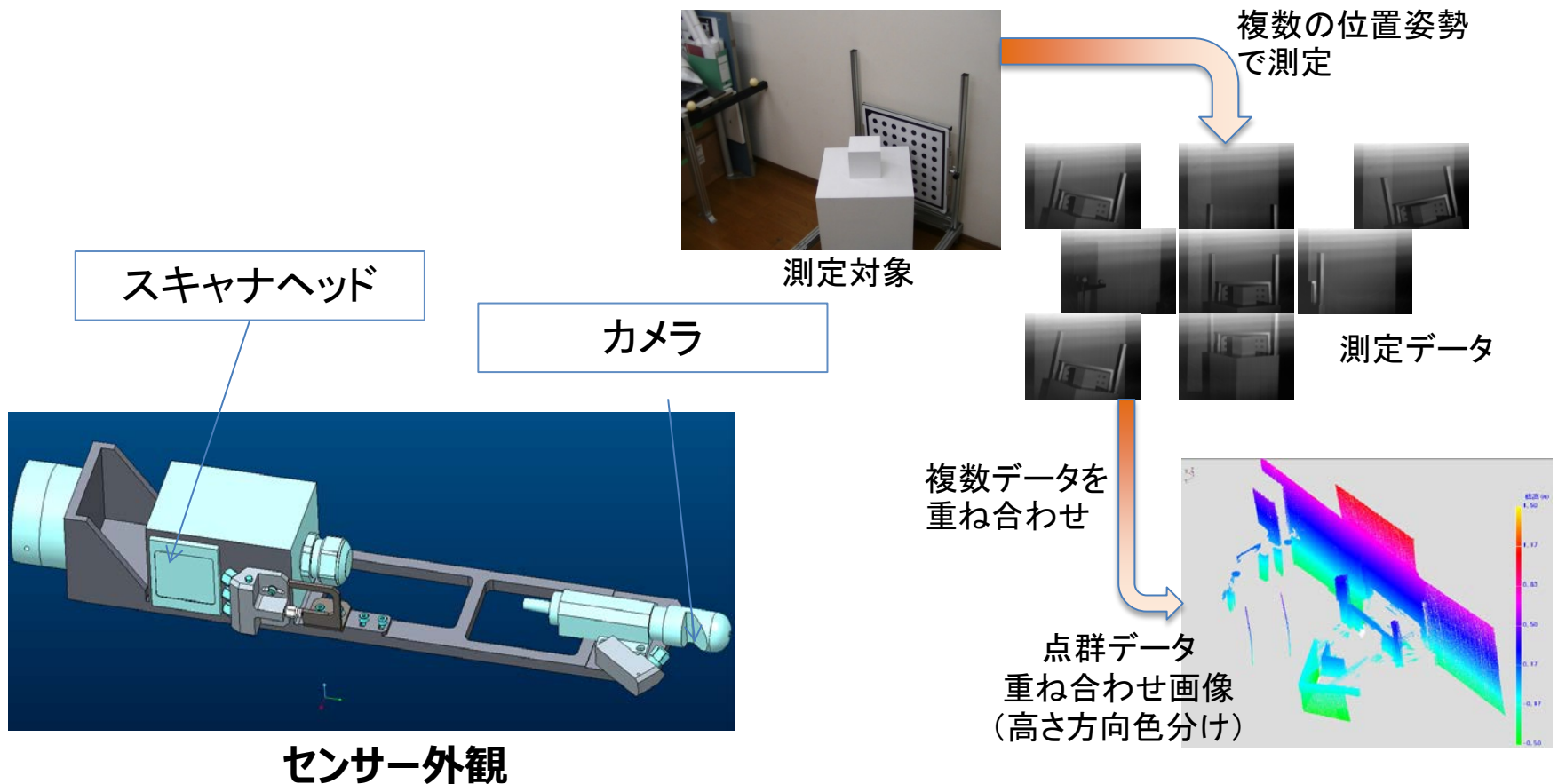
- i) 測定条件  
Z=1820mm
- ii) 模擬落下物(磁石)寸法:  
φ 18mm × H18mm
- iii) ケーブル長  
60m(実機品と同一仕様)

検証試験の例

# レーザ光切断法

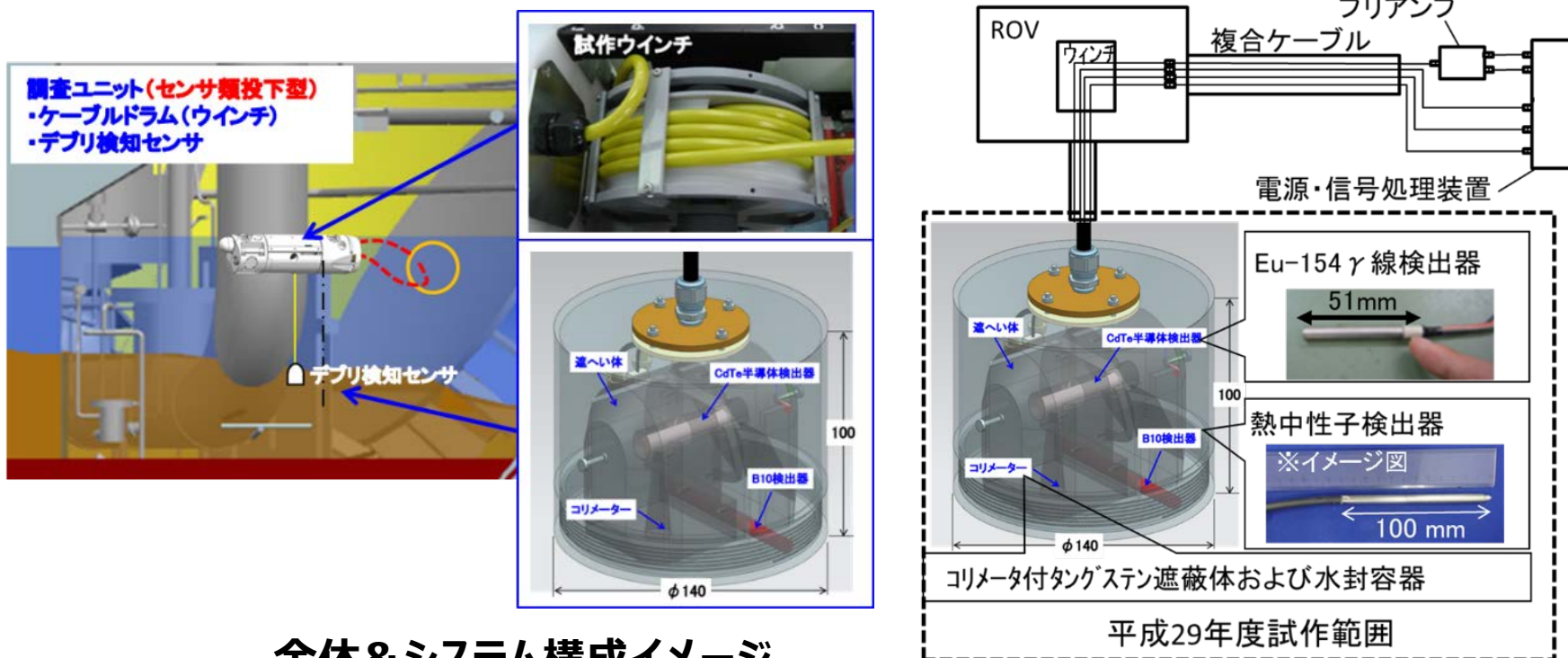
## ■ 形状計測の技術開発 (レーザ光切断法)

検証試験の例 (点群データの重ね合わせ性検証)



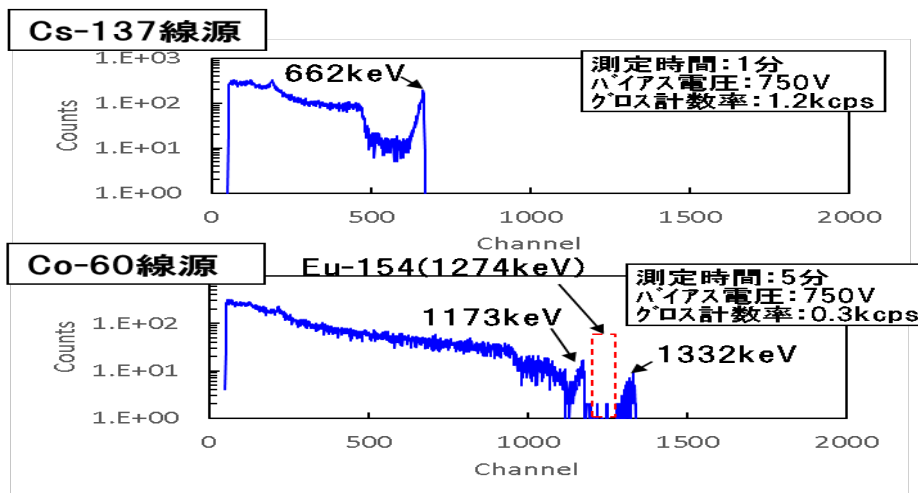
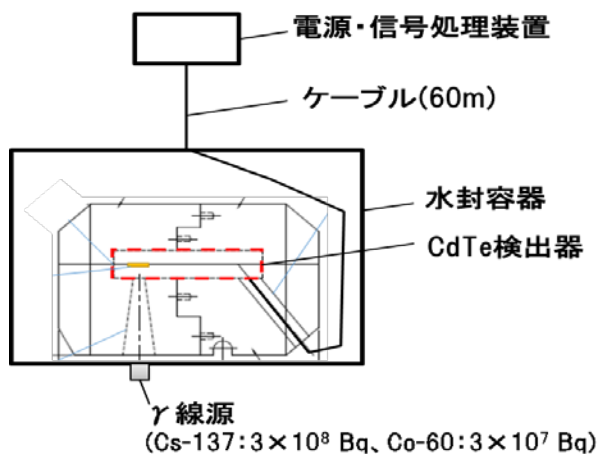
# CdTe半導体検出器 + B10検出器

- 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

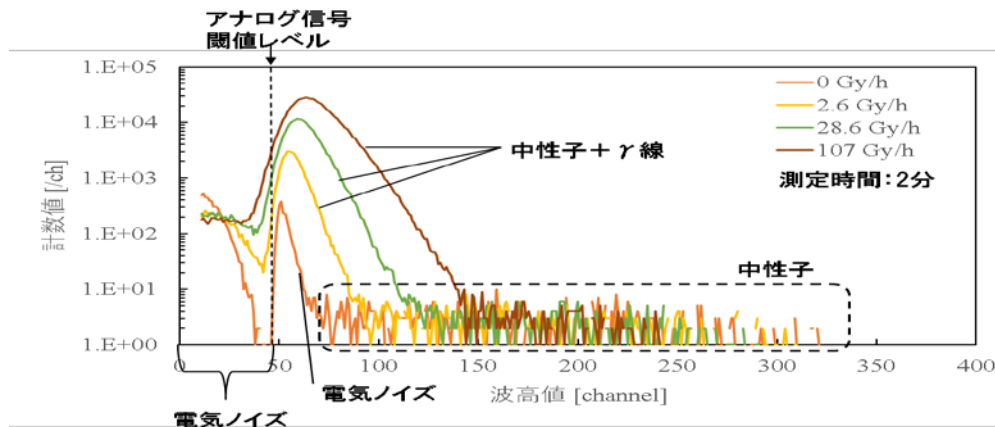
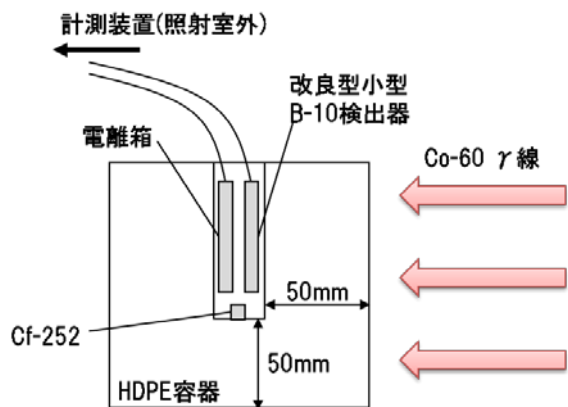


全体&システム構成イメージ

# CdTe半導体検出器 + B10検出器



(a) CdTe半導体検出器の単体試験結果例



(b) B10検出器の単体試験結果例

---

### 3. 燃料デブリ取り出しに関連する技術

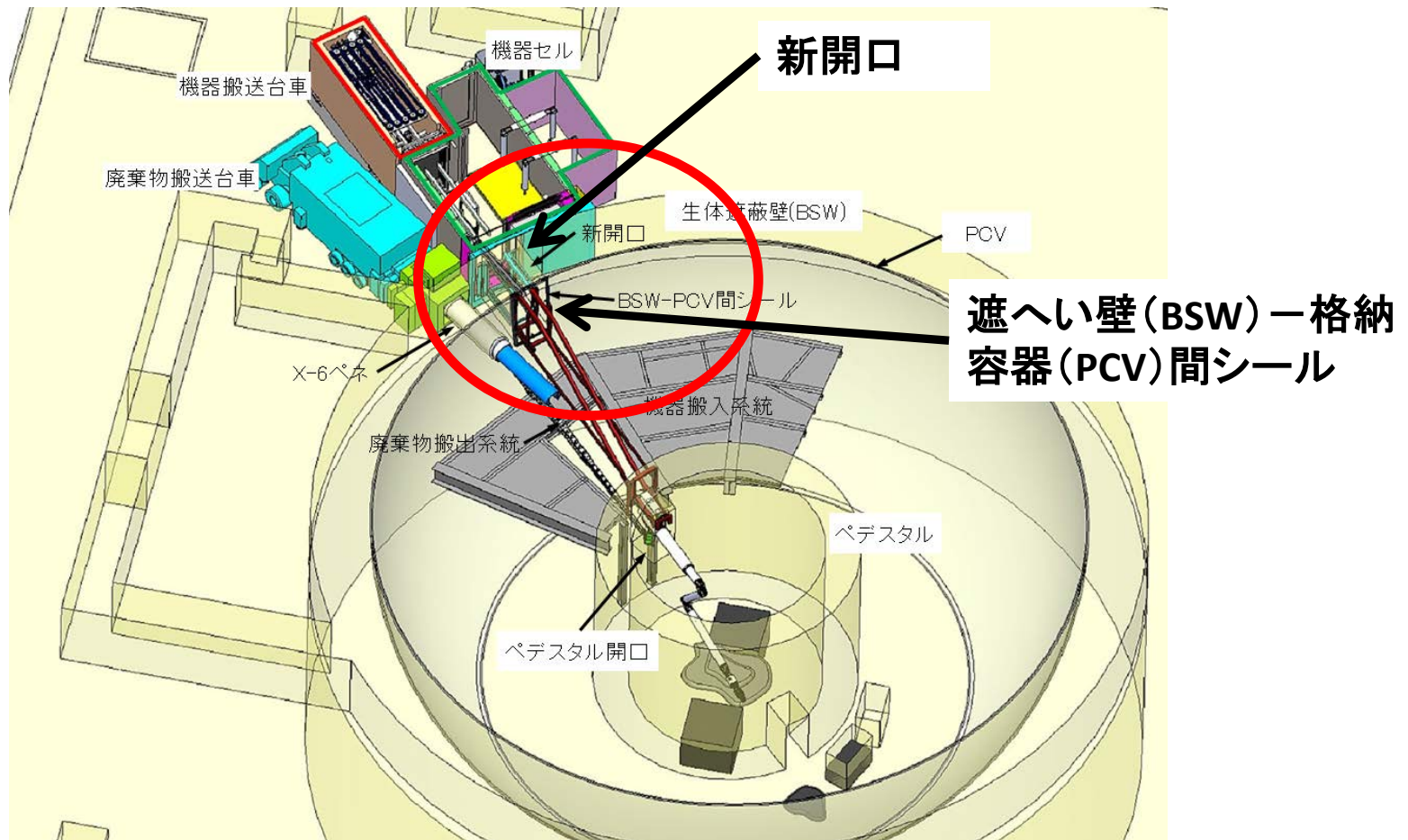
# デブリ取り出しに関連する技術開発について

---

- これまで検討してきた取り出し工法を実現するための技術を順次検証していく。
  - 移動セル工法
  - アクセストンネル工法
  - アクセスレール工法
  
- 燃料デブリ取り出し作業を支える様々な要素技術を順次検証中
  - 小型中性子検出器
  - 干渉物撤去

# 移動セル工法を実現するための技術

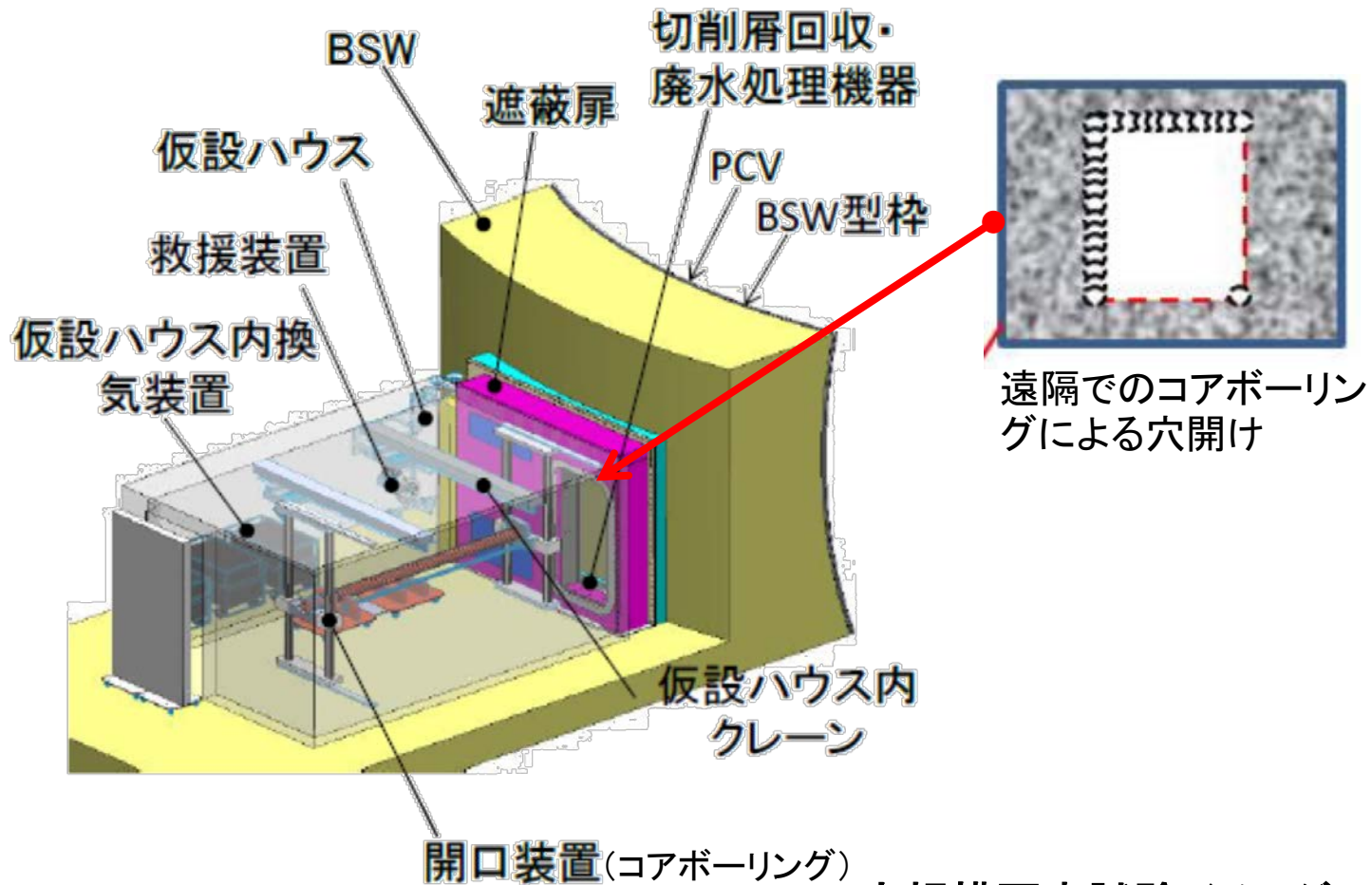
## ■ 新開口を設けるための要素技術を開発中



## 移動セル工法のイメージ

# 遮へい壁穴開け技術

- 厚さ約 2 mの**頑健な鉄筋コンクリート製の遮へい壁**にコアボーリングを使って大きな**開口を設ける技術**を開発中

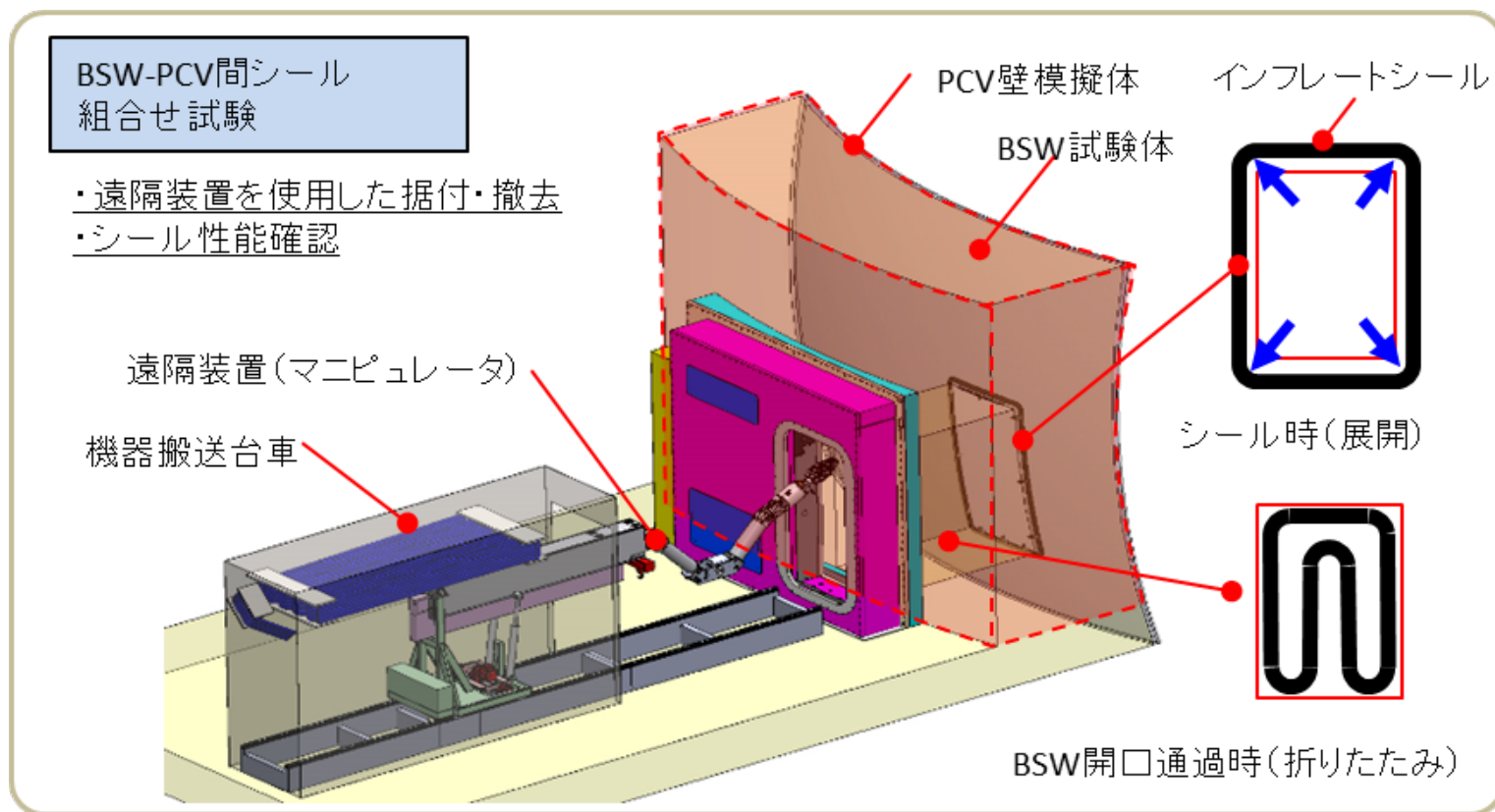


実規模要素試験イメージ



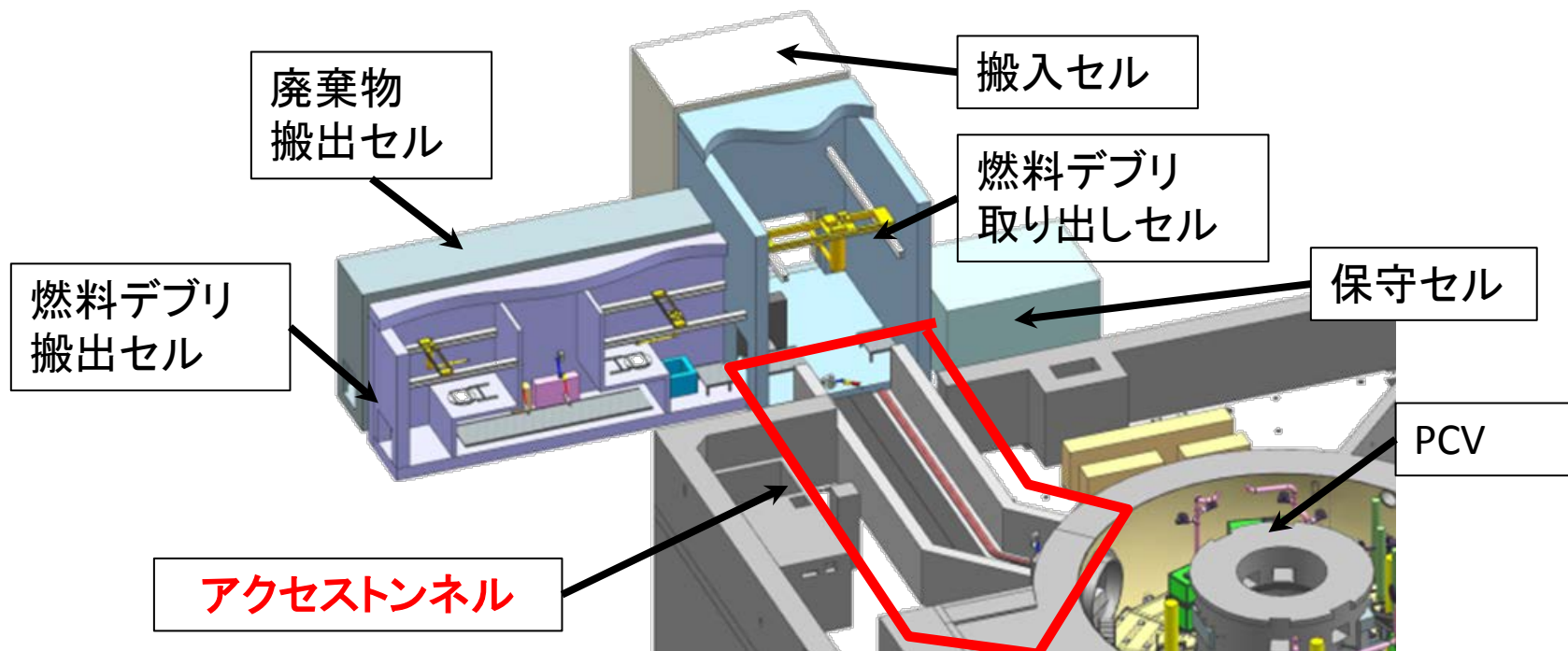
# 遮へい壁・格納容器間のシール技術

- 遮へい壁に穴を空けたのち、格納容器に開口を設ける際、遮へい壁と格納容器間に閉じ込めのバウンダリを構築する必要有
- 遮へい壁・格納容器間の間隙をシールする技術を開発中



# アクセストンネル工法を実現する技術

- 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

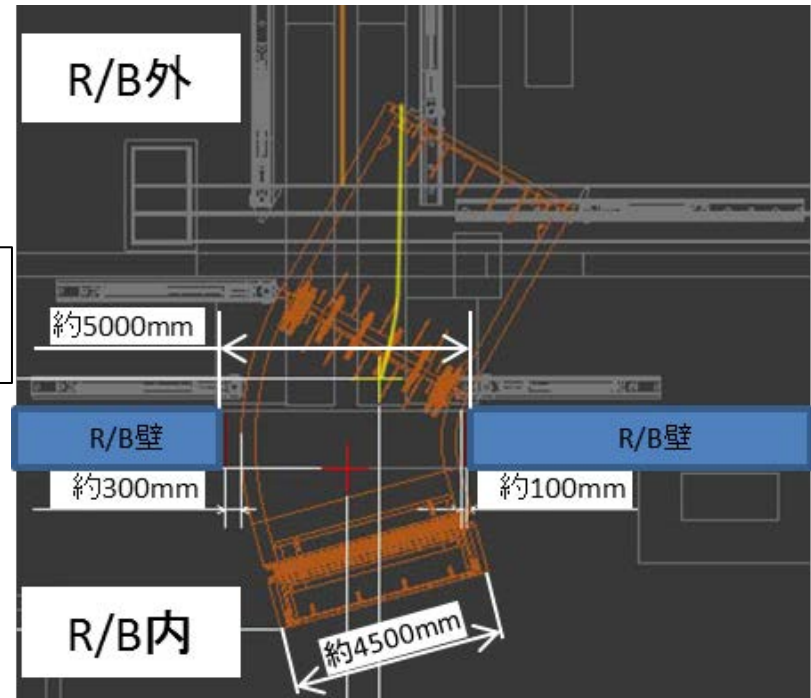
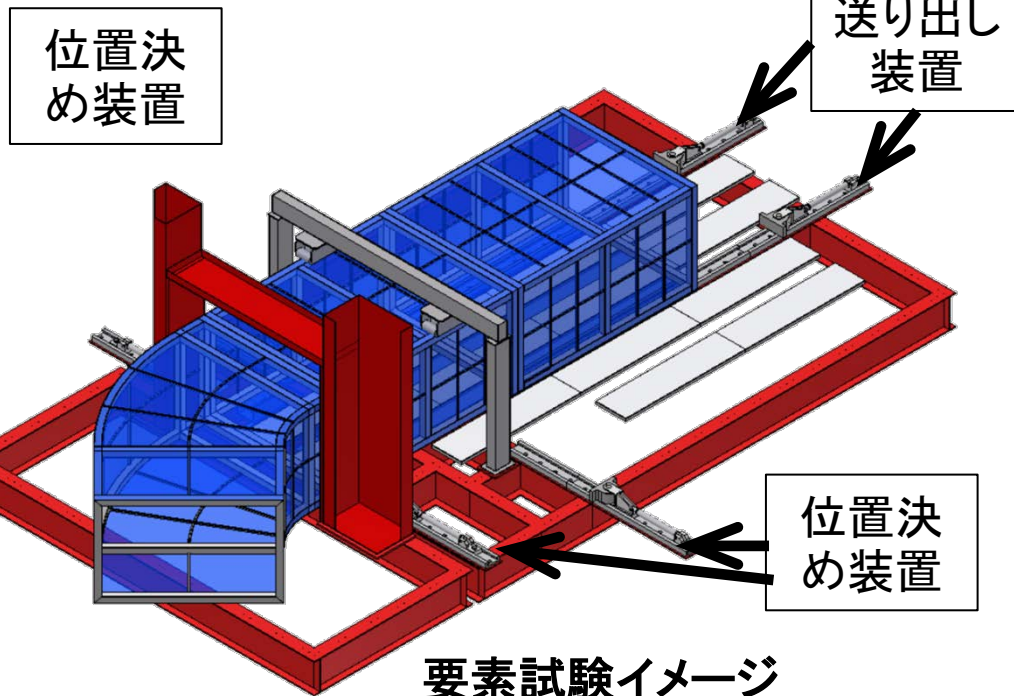


アクセストンネル工法の配置イメージ

# トンネル施工技術の要素試験



送り出し工法の例

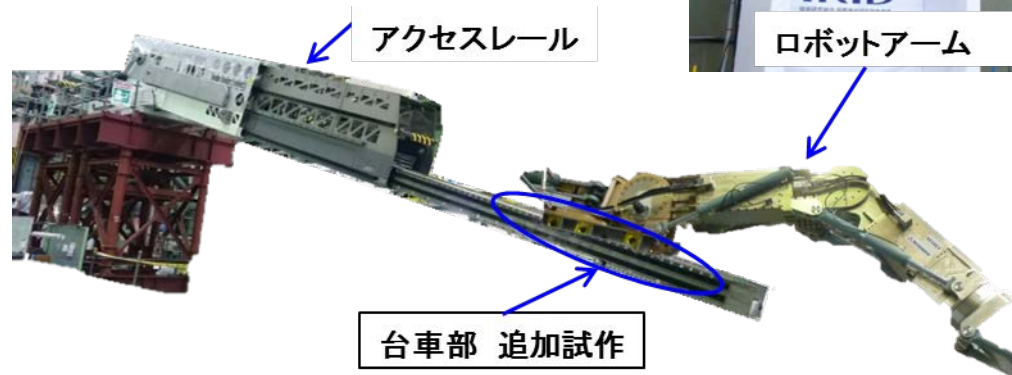


狭隘作業のイメージ

\*R/B: 原子炉建屋

# アクセスレール工法を実現する技術

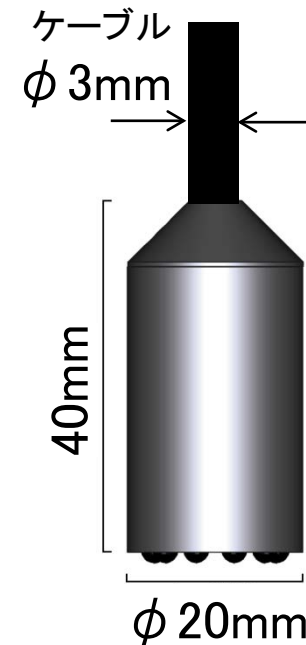
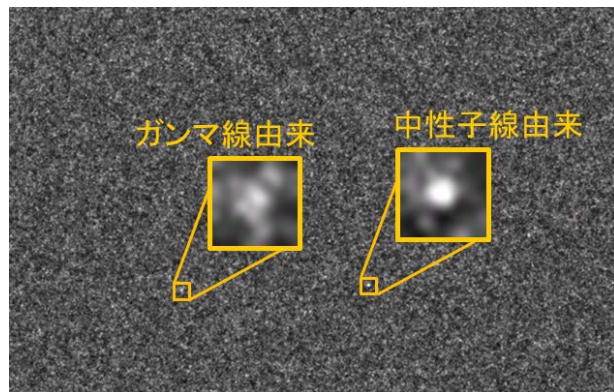
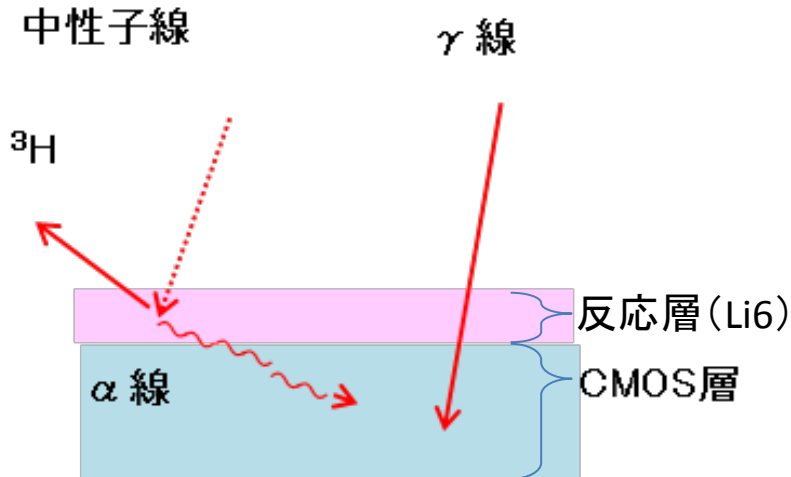
- それぞれ開発を進めてきた、**アクセスレールとロボットアーム**を組み合わせた**機能試験**を計画中



組合せ機能試験イメージ

# 小型中性子検出器

- 燃料デブリの加工や輸送、保管等のあらゆる局面での活躍が期待される**小型の汎用中性子検出器（CMOS型）**を開発中

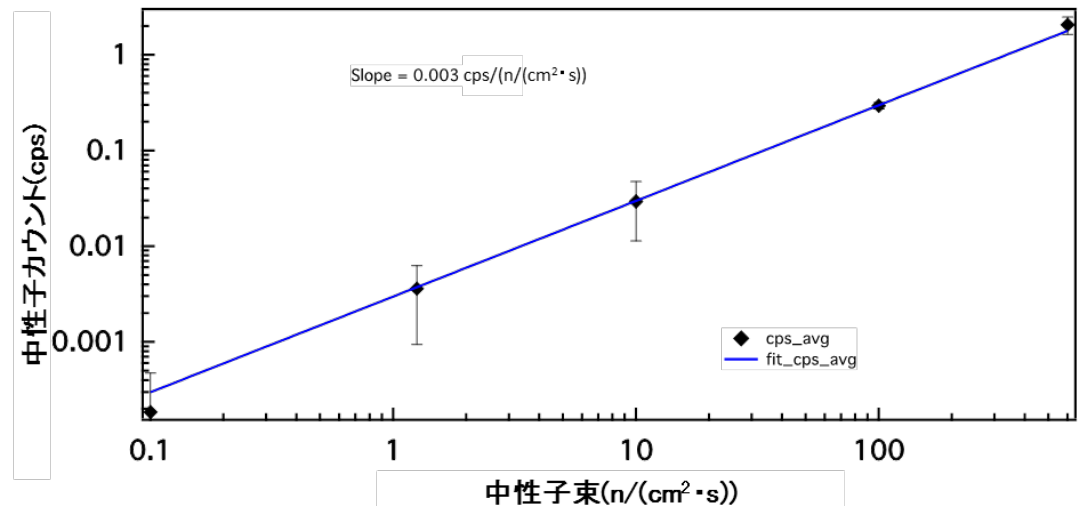
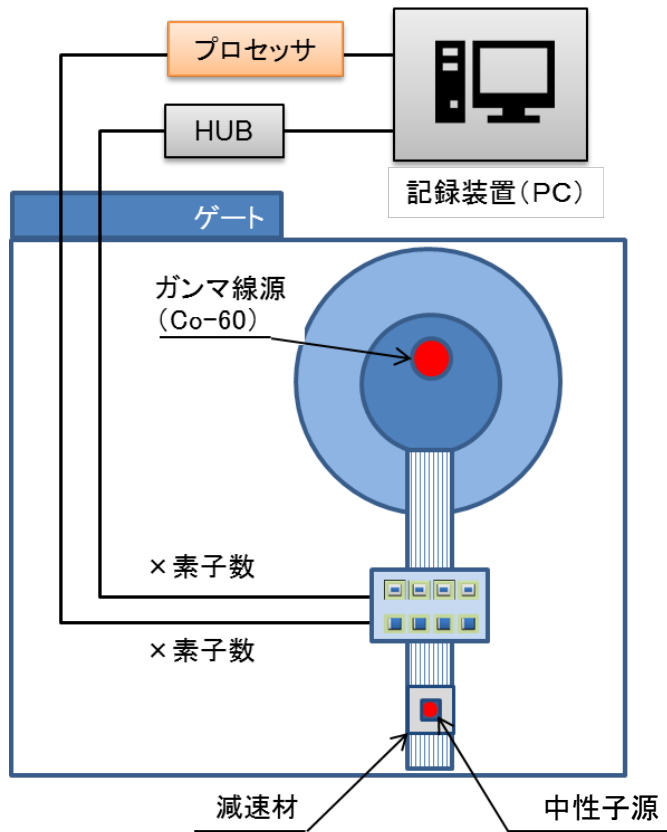


大きさの開発目標イメージ

CMOS型の測定原理

# 小型中性子検出器

- 高線量環境下 ( $\sim 1000\text{Gy/h}$ ) でも極小の中性子束 ( $0.1\text{n}/(\text{cm}^2\cdot\text{s})$ ) が感知可能なセンサーを試作・検証中

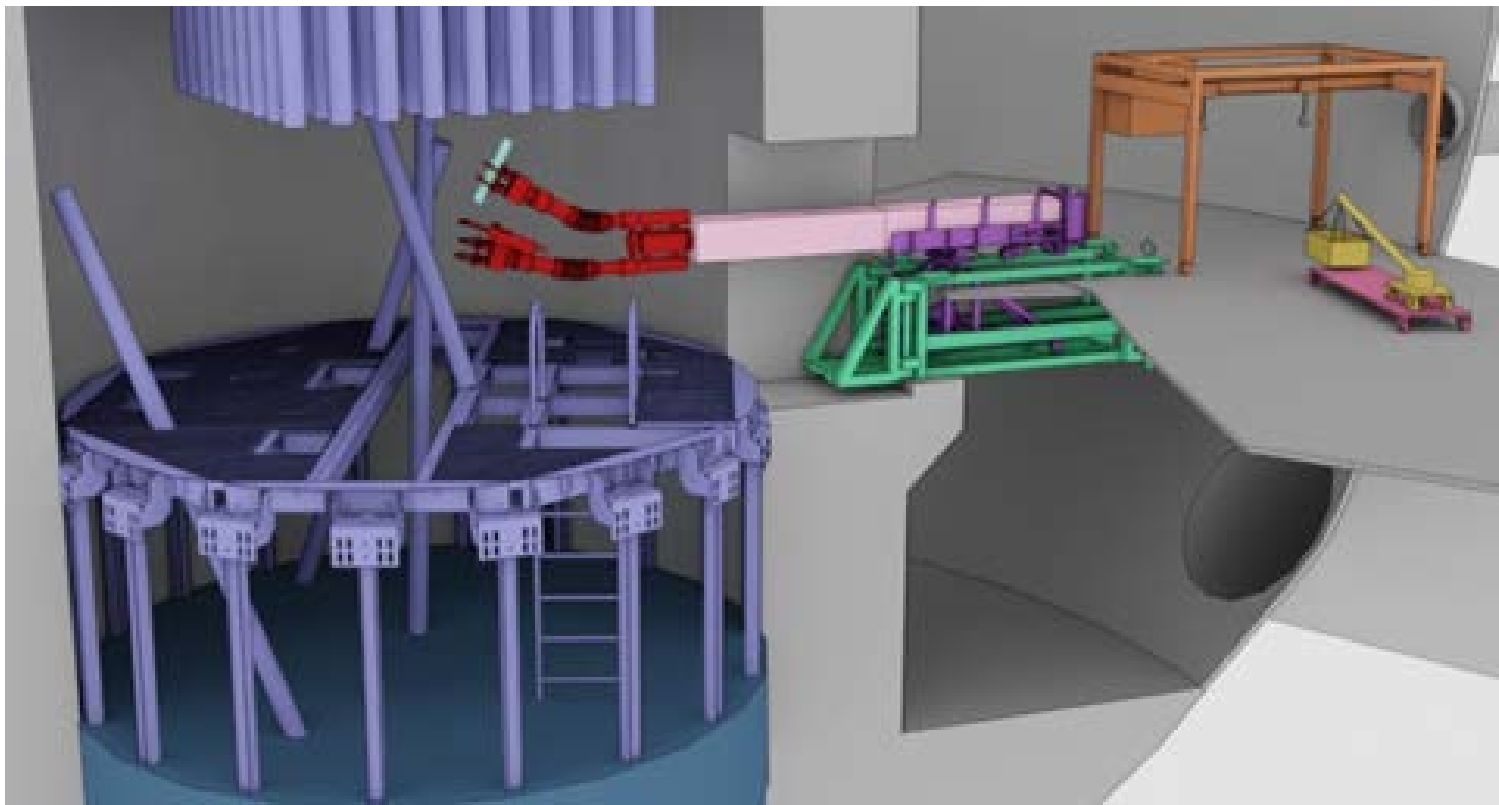


(図中の直線は回帰直線、エラーバーは6素子の範囲を示す)

## 基礎試験の装置構成と結果例

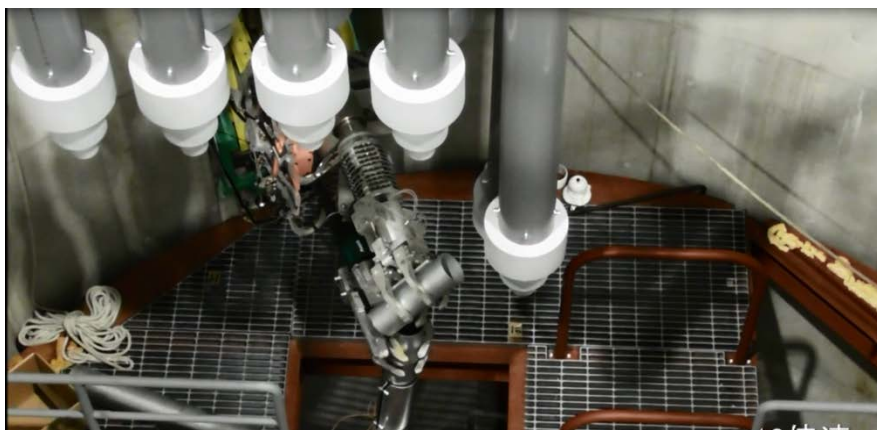
# 干渉物撤去技術

- 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アル内干渉物撤去 要素試験の様子





# まとめ

---

- 格納容器補修技術など、廃炉のエンジニアリングに役立つ成果が上がりつつある。
- 格納容器内部の詳細な状態把握に向けた技術開発に取り組んでおり、調査装置の試作機を製作している。
- 燃料デブリ取り出し工法の実現に向け、各種要素技術を検証予定である。
- 燃料デブリ取り出し作業時に活躍すると考えられる技術を順次開発中である。