

# IRIDが取り組む研究開発の概要

2016年8月4日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

開発計画部長

桑原 浩久

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。

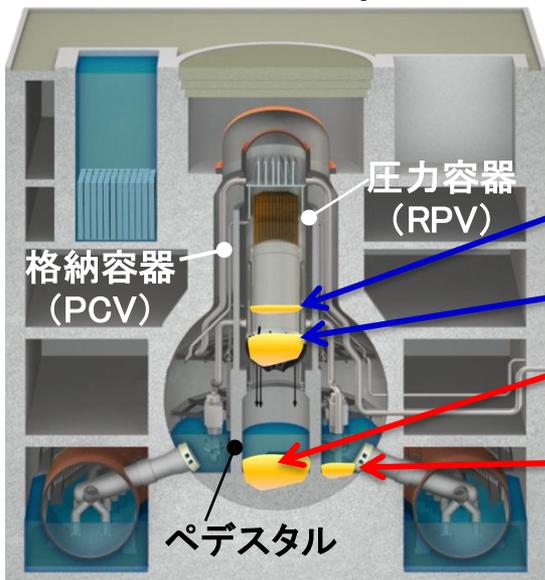
# 略語

▶ 福島第一原子力発電所⇒「1 F」

▶ 燃料デブリ⇒「デブリ」

# 今、デブリはどうなっているか？

原子炉建屋 (R/B)



☐ : RPV内

☐ : RPV外

(単位：トン)

	1号機	2号機	3号機
場所	代表値※	代表値※	代表値※
炉心部	0	0	0
RPV底部	15	42	21
ペDESTAL内側	157	146	213
ペDESTAL外側	107	49	130
合計値	279	237	364

「代表値」：現時点において最も確からしい値。

「推定重量」：燃料+溶融・凝固した構造材（コンクリート成分を含む）

- ▶ 解析結果及び実機調査データ（温度データ、ミュオン測定、PCV内部調査等）を総合的に分析・評価。

**ペDESTAL底部**のデブリが多い（80%以上）

# 2号機ミュオン調査結果

RPV

## ＜RPV内に存在する物質質量＞

(測定結果 H28.7.22 時点)

	評価結果 [ton]		(参考) 事故前の物質質量* [ton]
① 炉心域 (シュラウド内)	約20~50	評価結果の 不確かさ ~数十トン程度	約160 (燃料集合体) 約15 (制御棒)
② 圧力容器底部	約160		約35 (構造物) 水の影響は非考慮
合計 (①+②)	約180~210		約210
(参考) ③ 圧力容器上部	約70~100	ほぼ同じ	約80 (構造物)

測定期間：H28.3.22  
~7.22

※ 設計上の重量。簡便のため、一部考慮していない構造物あり。  
また、ミュオン測定は実際には斜めに見上げる方向に測定しているため、正確に一致するものではない。

- ▶ 燃料デブリの**大部分は圧力容器底部に存在**している (東京電力HDによる推定)

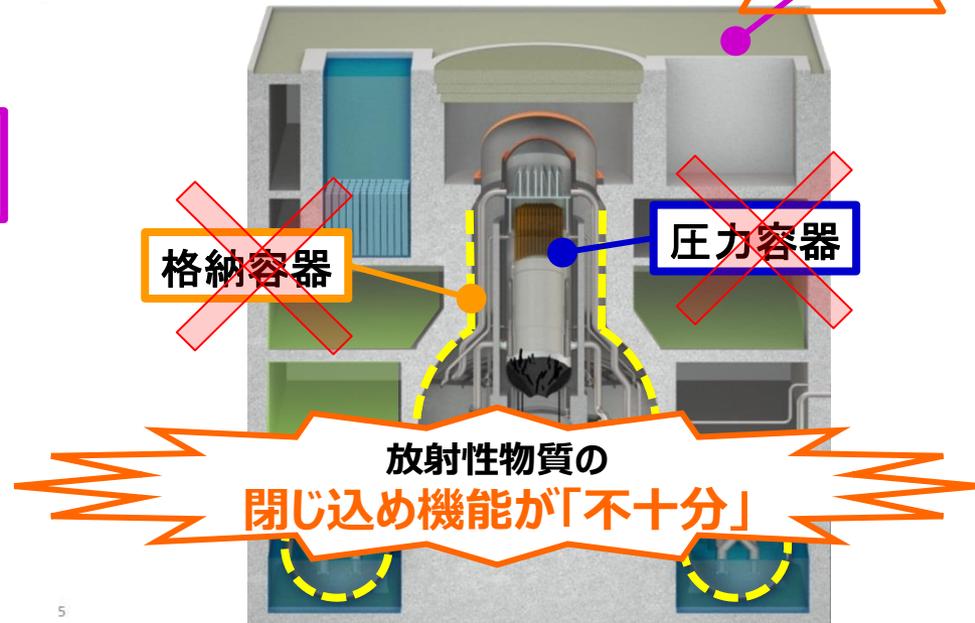
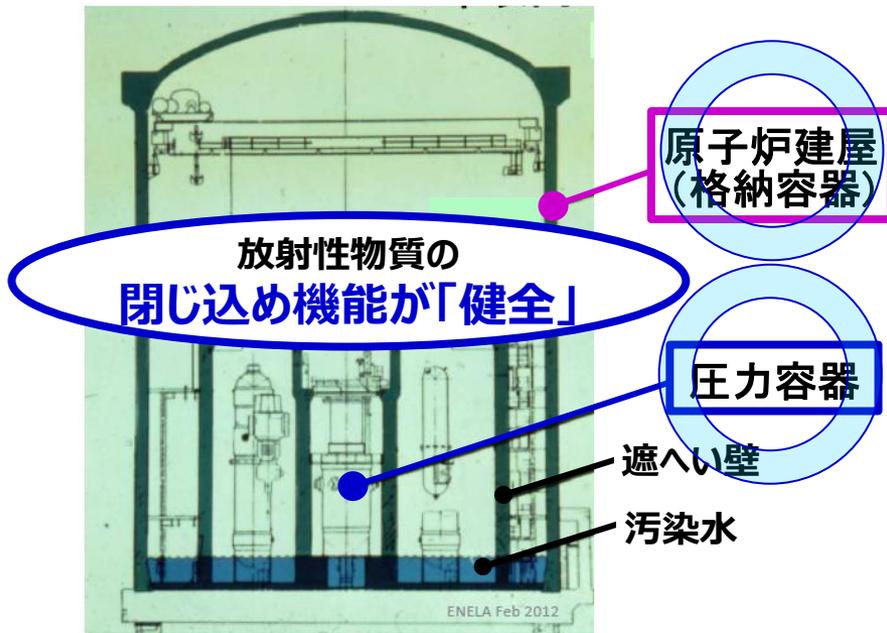
H28.7.28東京電力HD公表資料から引用

# 1Fデブリ取り出しの難しさはどこか

TMI-2

1F-1,2,3

原子炉建屋



約133トン

デブリ総量

約880トン (3基)

ほぼRPV内、一部が配管内

デブリの拡がり

ペDESTAL底部に落下、  
底部コンクリートを浸食

(オペフロ線量)  
除染・遮蔽後※ :約1mSv/h

放射線量

(オペフロ線量)  
現在:数十～数百mSv/h

※ : 事故直後は数十mSv/h

# 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(1PJ)

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

## 2. 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発(12PJ)

### 除染・線量低減技術

R/B内の  
**遠隔除染**  
技術

2016.3終了

### 燃料デブリ取り出し技術

<安定状態の確保>

RPV/PCVの  
**健全性評価**  
技術

燃料デブリ  
**臨界管理**  
技術

<デブリ取り出し>

燃料デブリ・  
炉内構造物取出  
**工法・**  
**システム**

### 補修・止水技術

PCV  
漏えい箇所の  
**補修・止水**  
技術

PCV  
漏えい箇所の  
補修技術の  
**実規模試験**

### 内部調査・分析技術

<直接的調査>

**PCV**  
**内部調査**  
技術

**RPV**  
**内部調査**  
技術

燃料  
**デブリ**  
**性状**  
把握

<間接的調査>

RPV内  
**燃料デブ**  
**リ検知**  
技術

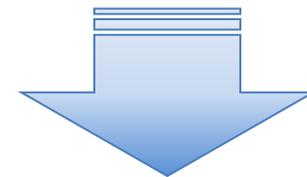
総合的な  
**炉内状況**  
**把握**  
の高度化

燃料デブリ・  
炉内構造物取出  
**基盤技術**

燃料デブリ  
**収納・移送**  
**・保管**技術

## 3. 廃棄物に係る研究開発(1PJ)

固体廃棄物の  
**処理・処分**  
技術



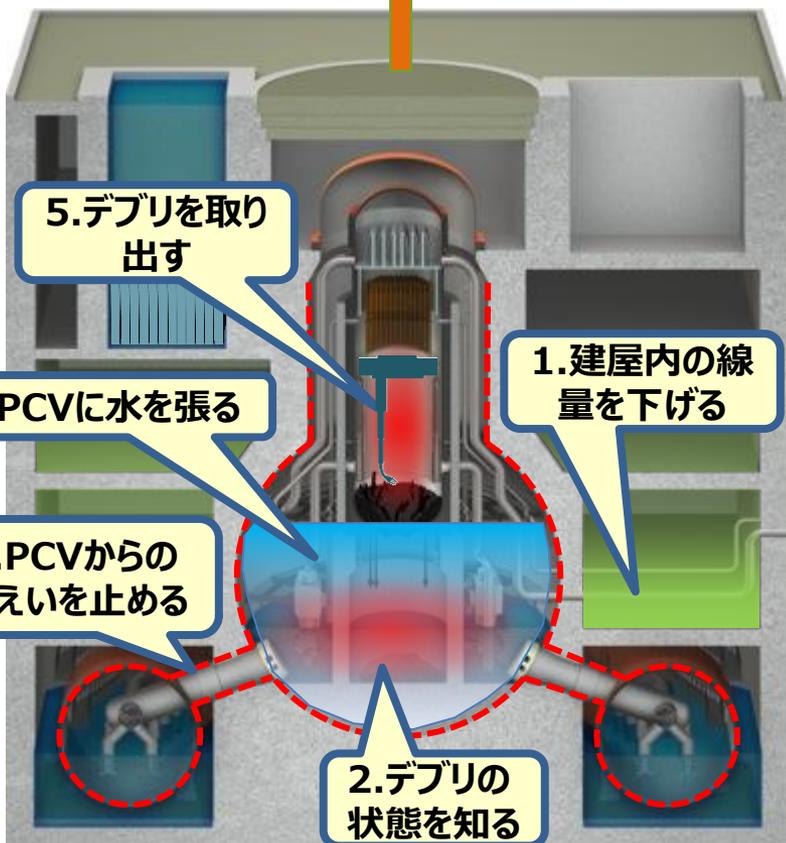
**14PJが**  
**進行中**

# 各研究開発プロジェクトの目的

## 1. 建屋内の線量を下げる

- **遠隔除染**装置の開発

## 6. デブリを収納・移送・保管する



## 2. デブリの状態を知る

- ◎ 間接的に知る
  - **解析**による炉内状況把握
  - **宇宙線ミュオン**を利用した透視
- ◎ 直接的に知る
  - **PCV内部**調査、**RPV内部**調査

## 3,4. PCVの漏えいを止める、水を張る

- PCV**補修・止水**技術の開発
- PCV補修・止水**実規模試験**

## 5. デブリを取り出す

- デブリ取り出し**基盤技術**の開発
- デブリ取り出し**工法・システム**の開発
- **臨界管理**技術の開発

## 6. デブリを運びだし、保管する

- デブリ**収納・移送・保管**技術の開発

# 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。

### 原子炉建屋（R/B）

使用済燃料プール

PCV

作業、移動エリアの除染

## 低所(床,下部壁面)用



吸引/ブラスト

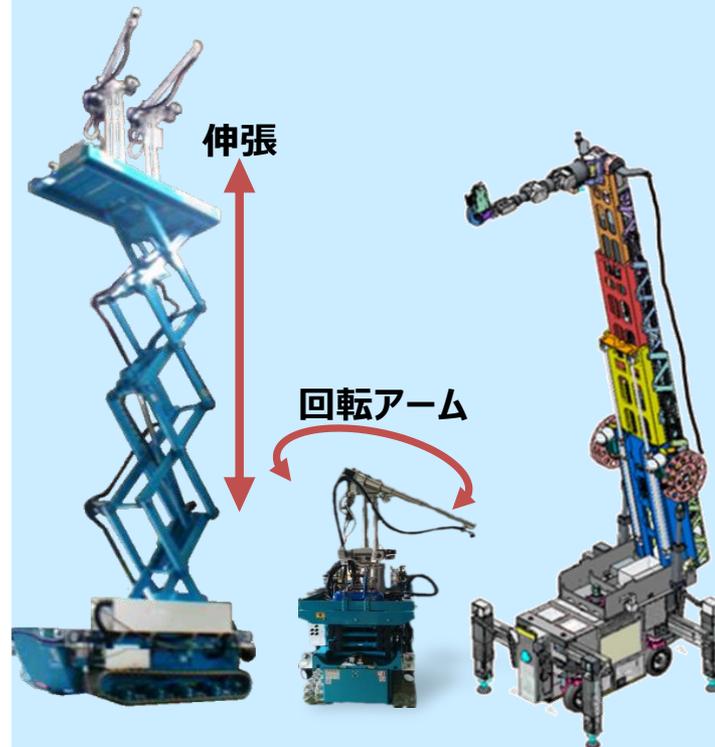


高圧水噴射



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）

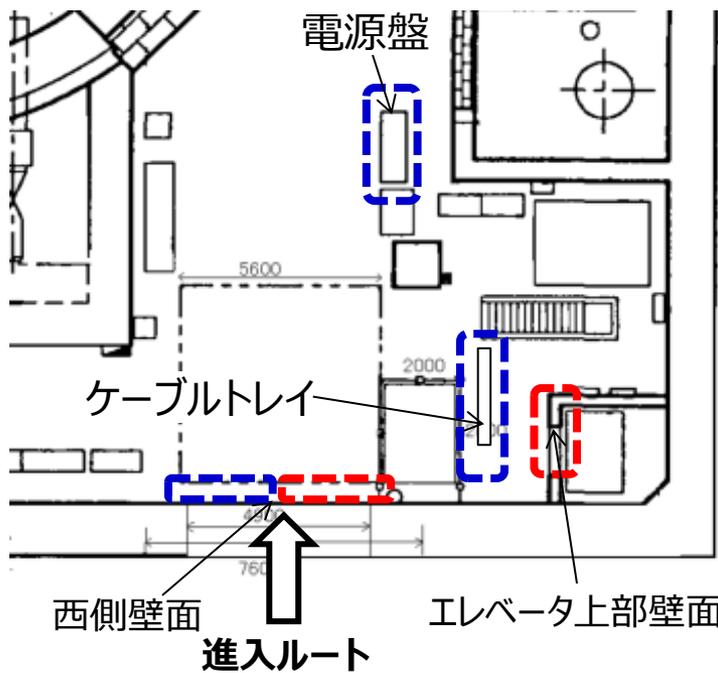
2016年1月～2016年2月に  
**3号機R/B 1階**で吸引  
除染及びドライアイスブ  
ラスト除染を実施。



コンテナから搬出する場面

□□ : 吸引

□□ : ドライアイス



3号機R/B内への進入風景

# PCV内部調査技術

除染

デブリ調査

PCV補修

デブリ取出

収納・移送・保管

## ペDESTAL外側の調査（1号機）

### ○形状変化型ロボット（B2調査）

## ペDESTAL内側の調査（2号機）

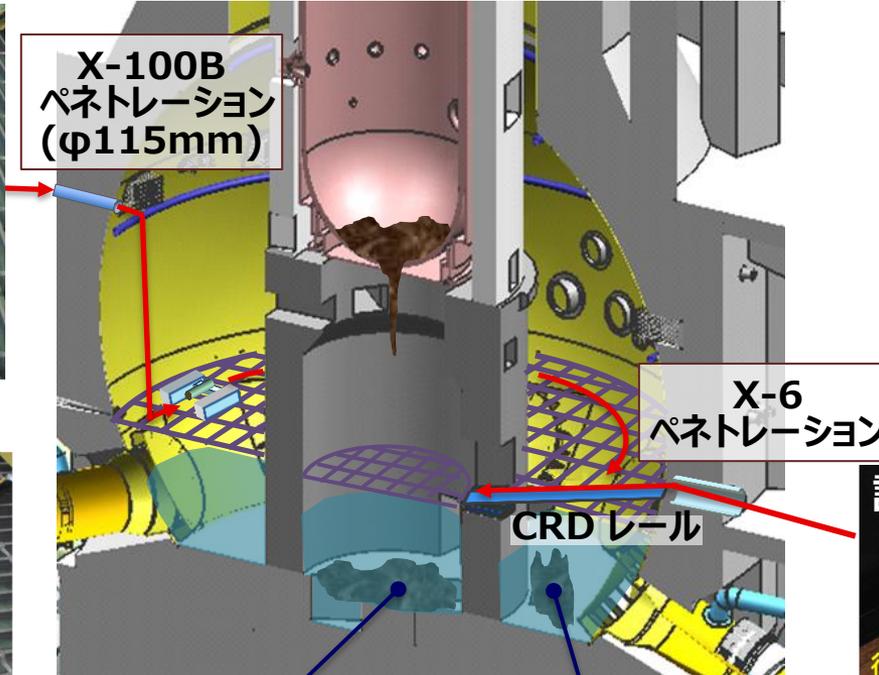
### ○クローラ型遠隔調査ロボット（A2調査）



変形

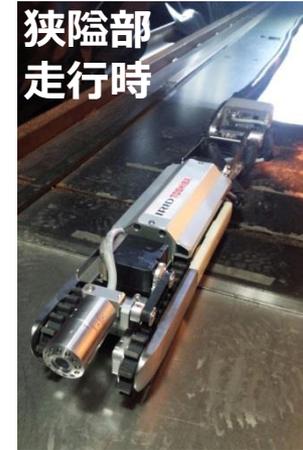


(注)上の写真はB1調査時のロボットです



ペDESTAL内  
燃料デブリ  
(イメージ)

ペDESTAL外  
燃料デブリ  
(イメージ)



変形



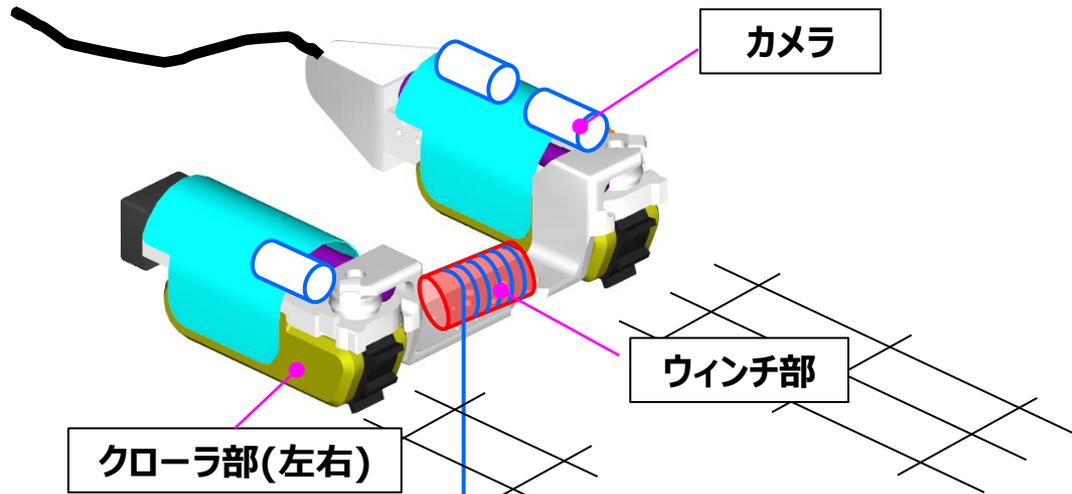
# 1号機ペDESTAL外調査 (B2調査)

## 【調査方法】

- 線量率の3次元的計測
- 水中カメラによる撮影

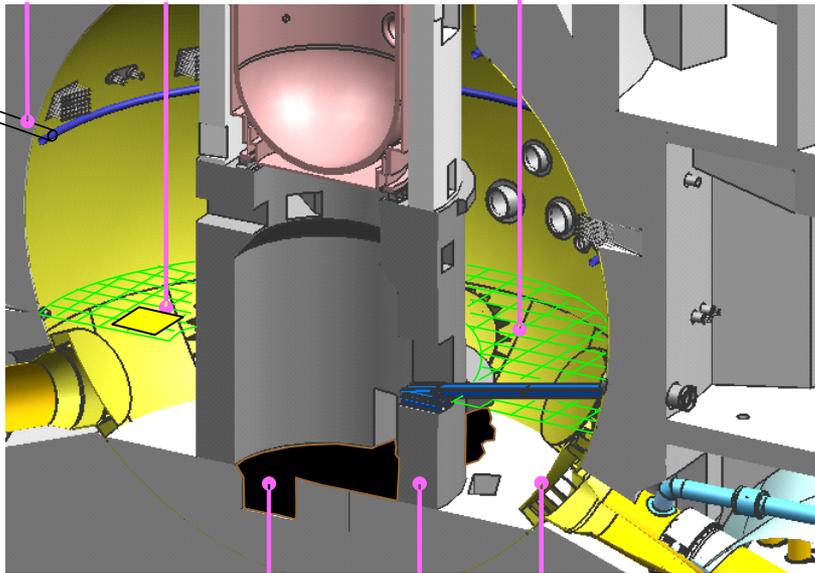
## 【実施時期】

- 2016年度中



X-100B 地下階開口部

1階グレーチング



燃料デブリ (想定) ペDESTAL 地下階

センサユニット



△ : レンズ方向  
◇ : 照明方向

# 2号機ペDESTAL内上部調査 (A2調査)

## 【調査方法】

- カメラによる撮影

## 【実施時期】

- 線量低減後早期に実施

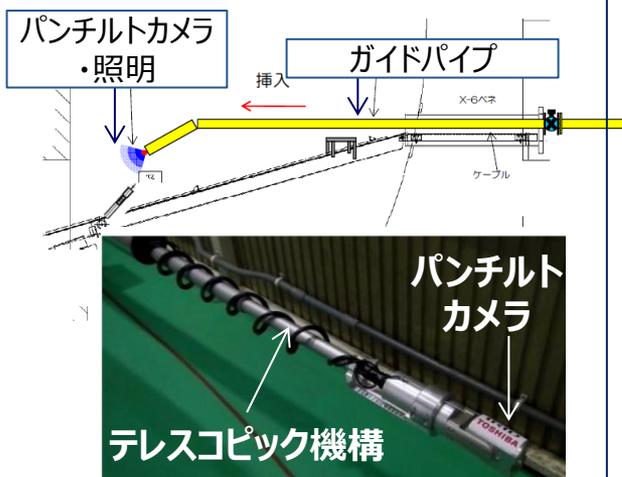
## 調査手順

1. ペDESTAL内事前確認

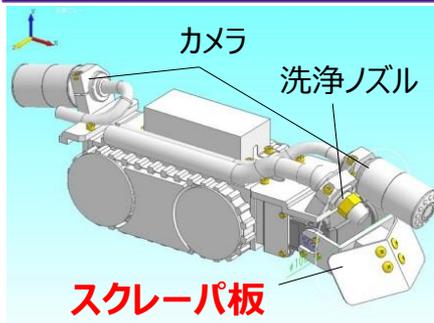
2. レール上堆積物除去

3. A2調査

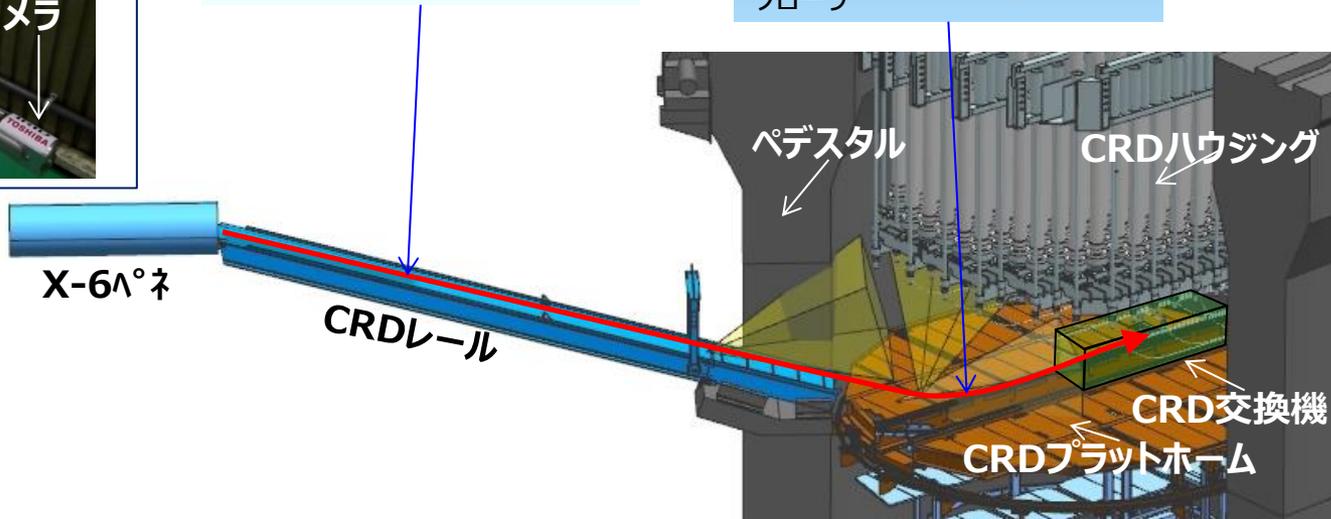
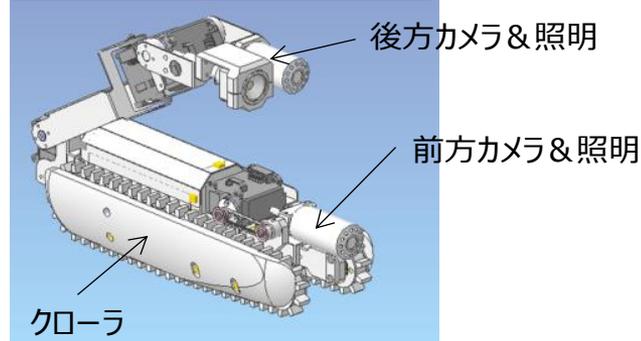
## 1. 事前確認装置



## 2. 堆積物除去装置



## 3. A2調査装置



# PCV補修・止水技術

除染

デブリ調査

PCV補修

デブリ取出

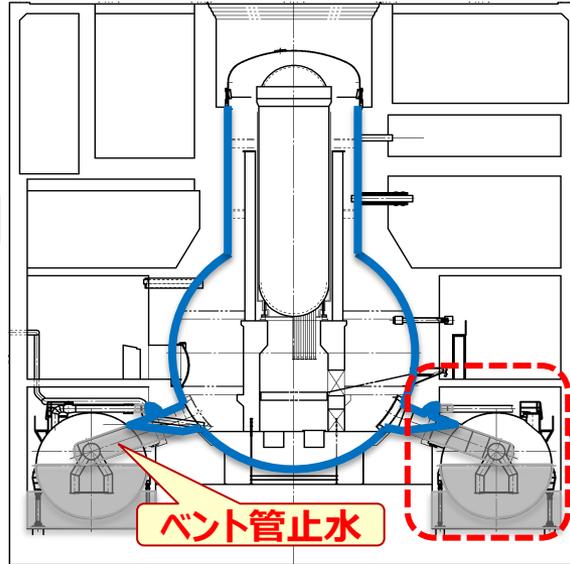
収納・移送・保管

## ベント管止水試験



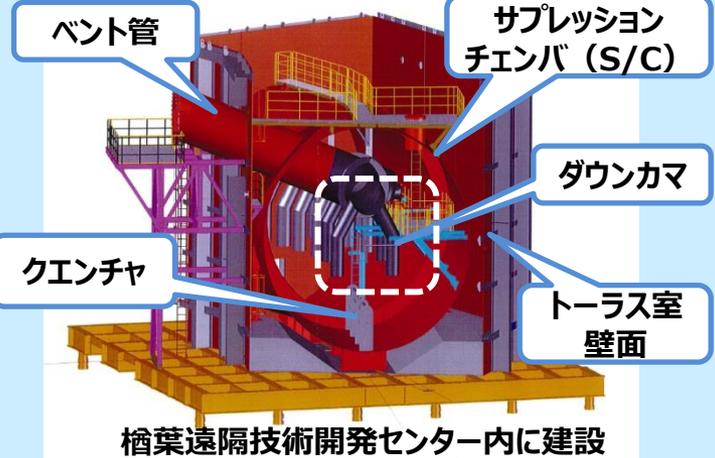
1 / 2 スケール試験体で  
止水性能を確認 (工場)

— : 補修・止水範囲

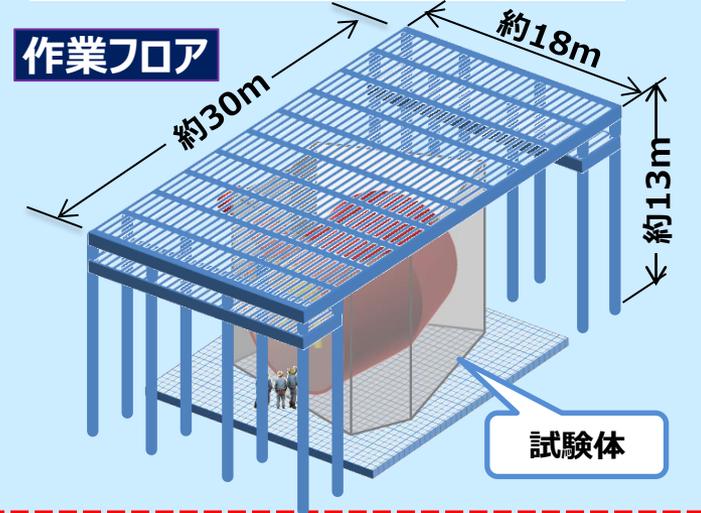


## 実規模試験体を用いた試験

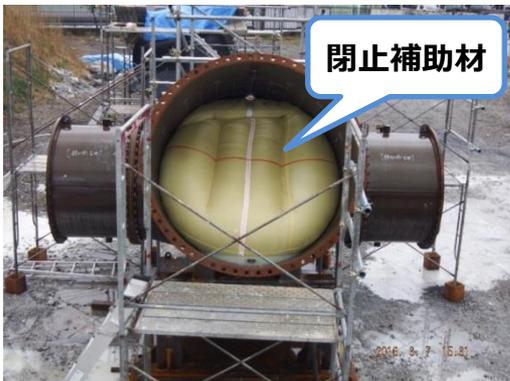
### 実規模試験体 (1/8セクター)



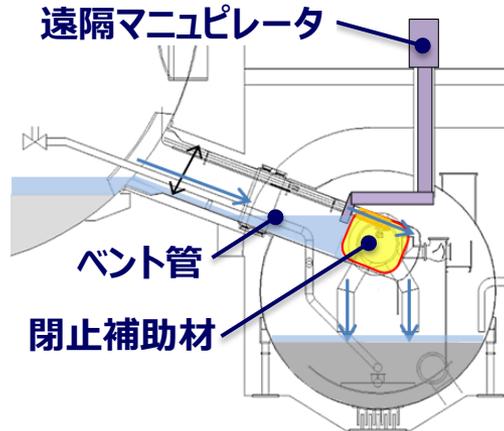
### 作業フロア



## 閉止補助材止水試験



1 / 1 スケール試験体で閉止補  
助材の止水性能を確認 (屋外)



# デブリ取り出し技術

除染

デブリ調査

PCV補修

**デブリ取出**

収納・移送・保管

## 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

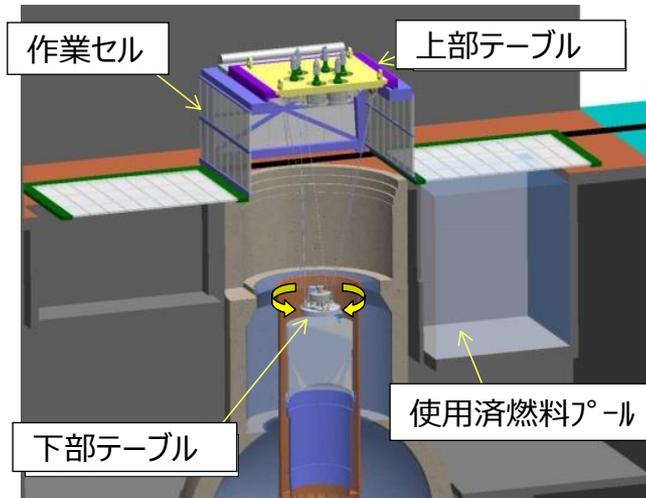
## 基盤技術の開発



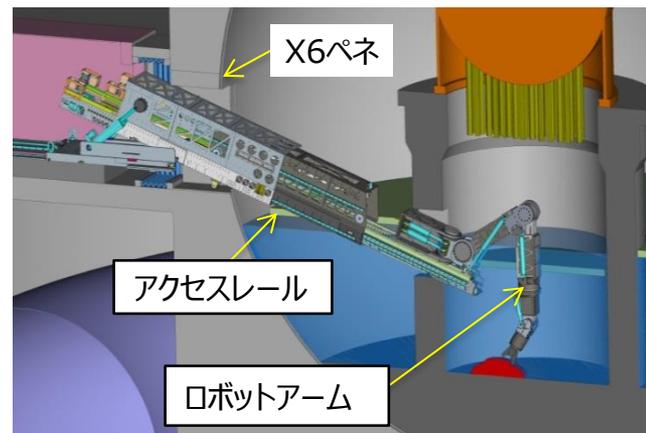
ロボットアーム



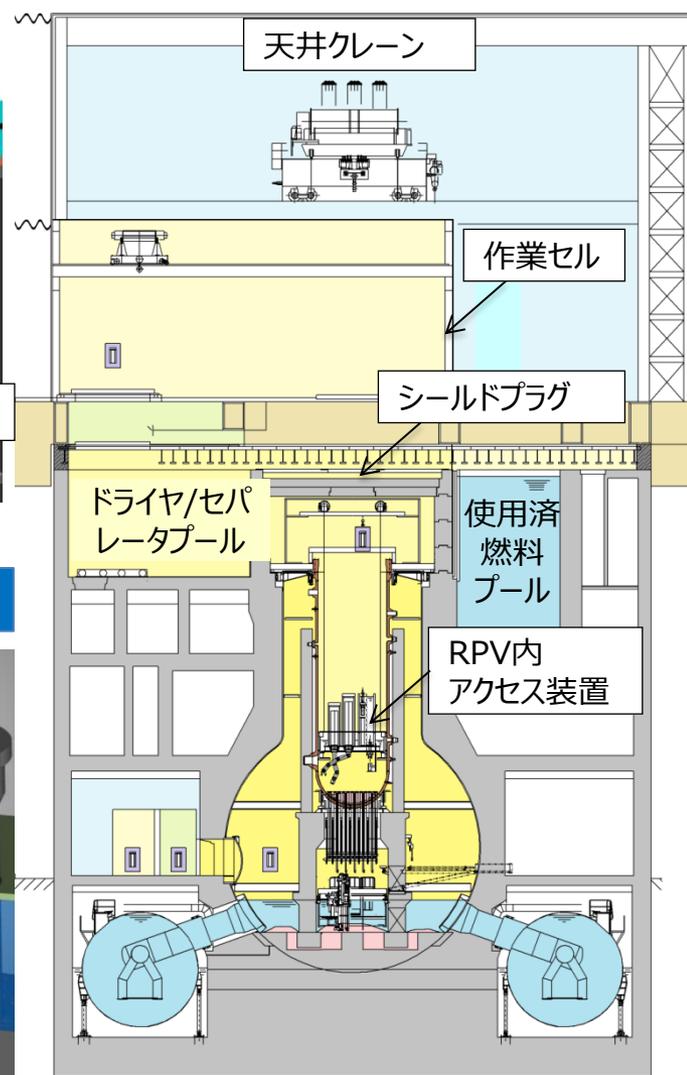
## 冠水-上アクセス工法（概念）



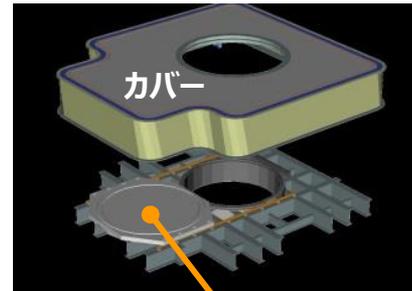
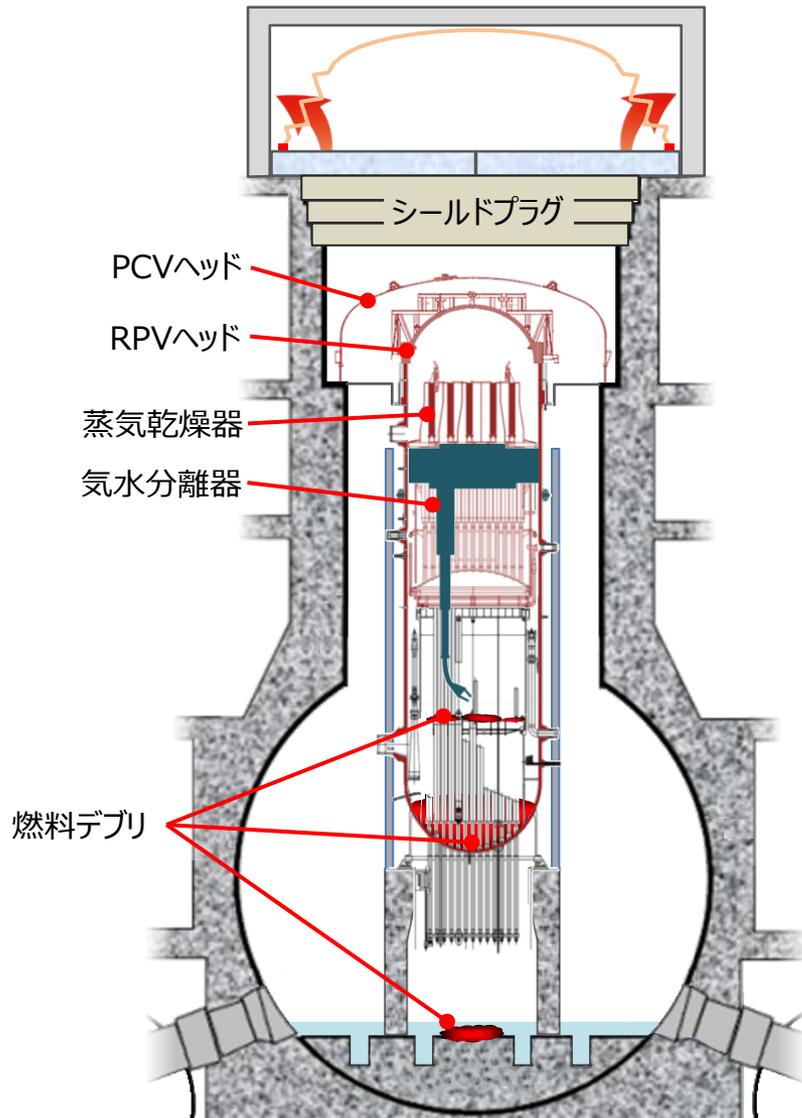
## 横アクセス工法（概念）



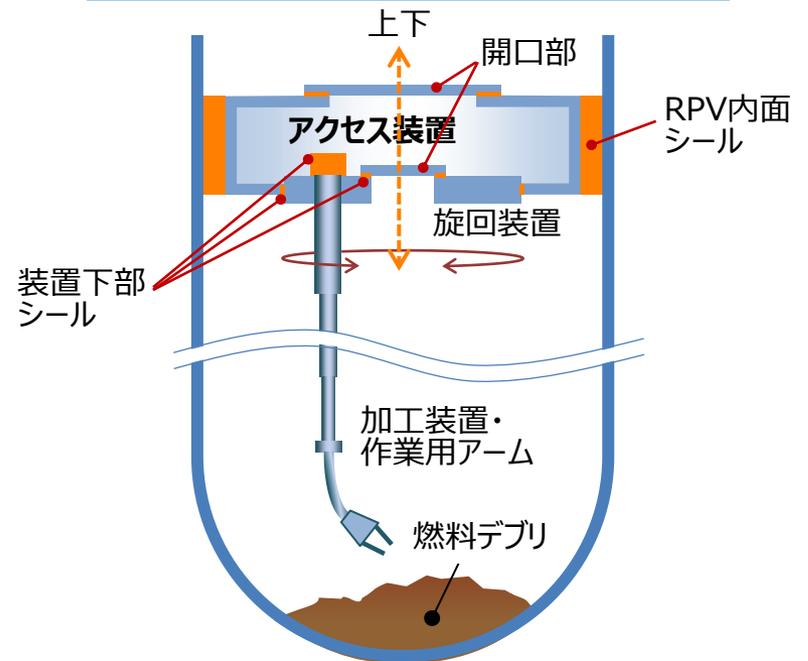
## 空中-上アクセス工法（概念）



# 気中-上アクセス工法による燃料デブリ取り出し（イメージ）



## RPV内アクセス装置（イメージ）

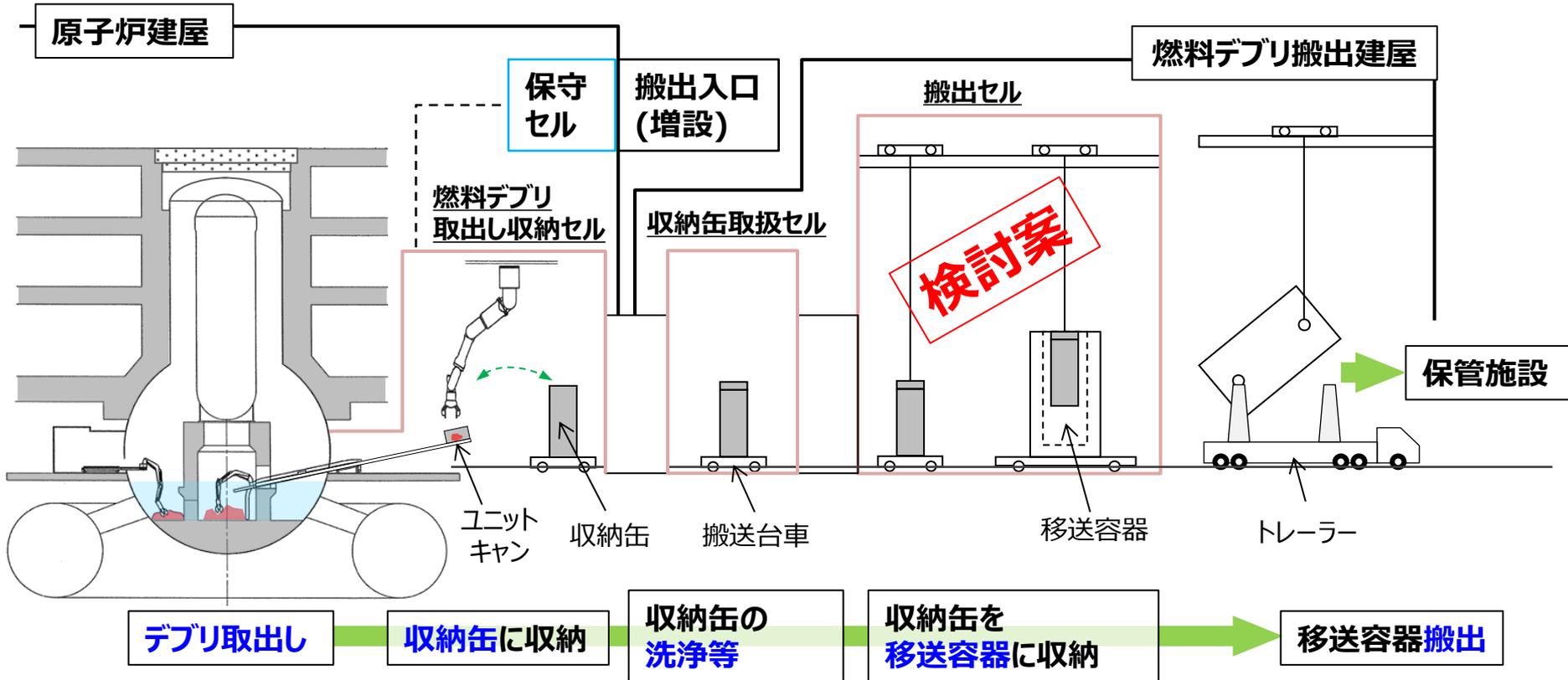


## 収納缶の設計

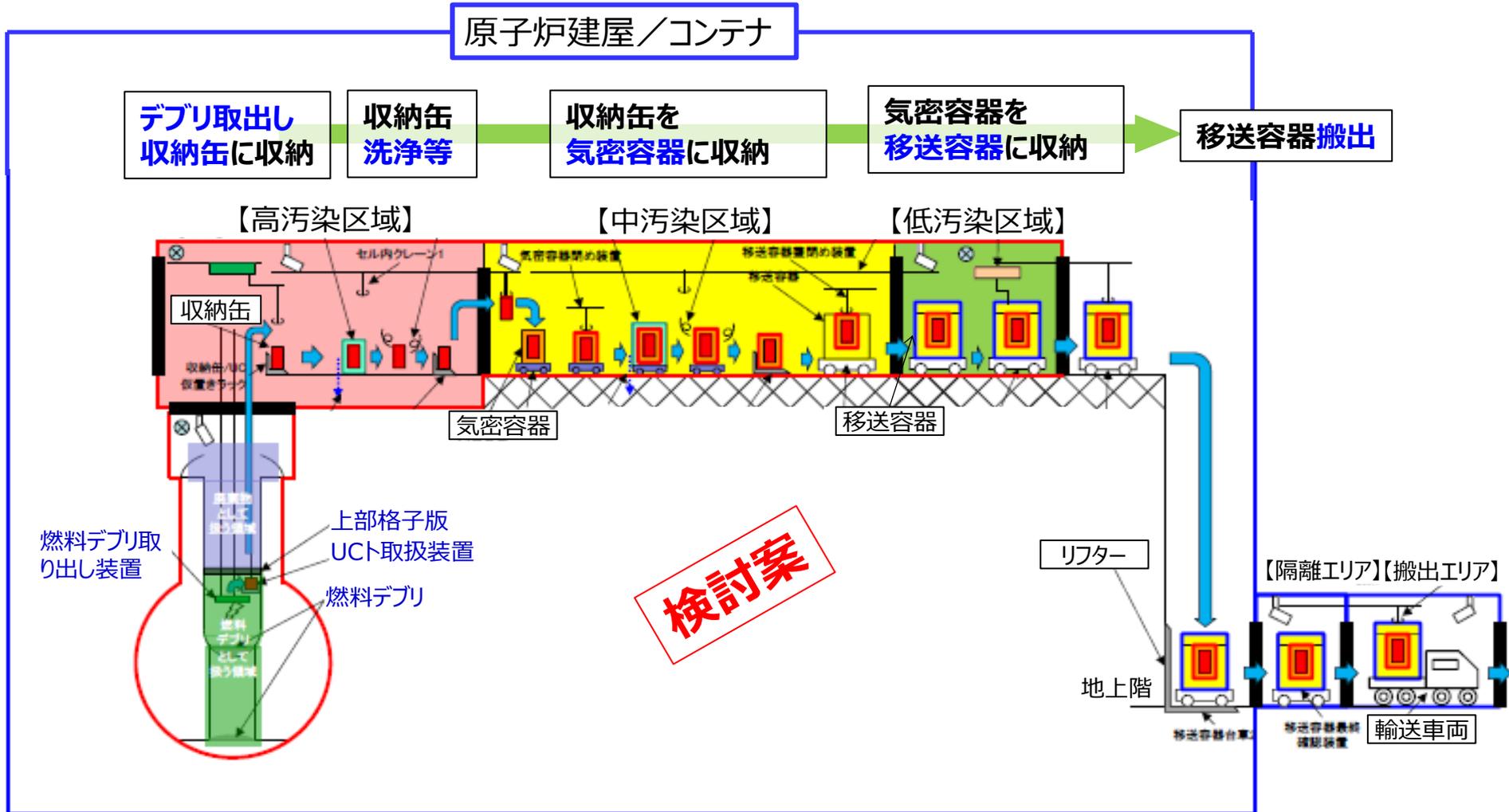
⇒1F固有の課題に対処

- 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）



## 移送方法（上アクセス工法の場合）



## おわりに ～IRIDが目指すところ～

- ▶ 全ては現場のため。「現場を良く知る」ことが開発の第一歩。
- ▶ しかし、放射線量の高い1F現場では調査をするにも被ばくを伴う。「現場の情報が限られた」なかで研究開発を進めないといけない。
- ▶ よって、現場の状況変化に柔軟に対応できる「ロバスト」な研究開発をしておくことが重要。最初から最適化を求め過ぎない。

「ロバスト」：多少の不確定要素があってもうまくいくこと。

A promotional image for the IRID Symposium 2016 in Tokyo. The background is a bright blue sky with white clouds. In the center, a large, stylized white archway is visible. Several IRID robots are shown in various poses, appearing to fly or move through the air. One robot is prominently displayed in the foreground, facing the viewer. The text "IRID" is visible on the side of one of the robots. The overall scene conveys a sense of advanced technology and future-oriented work.

廃炉の未来を担う

IRIDシンポジウム2016 in 東京

ご清聴ありがとうございました。