

福島高専 廃止措置人材育成事業成果報告会

IRIDの研究開発の状況

2017年1月28日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

専務理事

吉澤 厚文

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。

1. IRIDの概要

【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：835名** (2015年10月1日現在、役員を除く)

• **独立行政法人：2法人**

(独) 日本原子力研究開発機構 (JAEA)、(独) 産業技術総合研究所 (AIST)

• **メーカー等：4社**

(株)東芝、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(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)

オールジャパン体制

■ 事業費

| 年度 | 2013年度 (8月～) | 2014年度 | 2015年度 | 2016年度 (推定) |
|-----|-----------------|--------|--------|----------------|
| 事業費 | 約45億円 | 約120億円 | 約150億円 | 約155億円 |

2. IRIDの事業内容

▶ IRID事業の3本柱

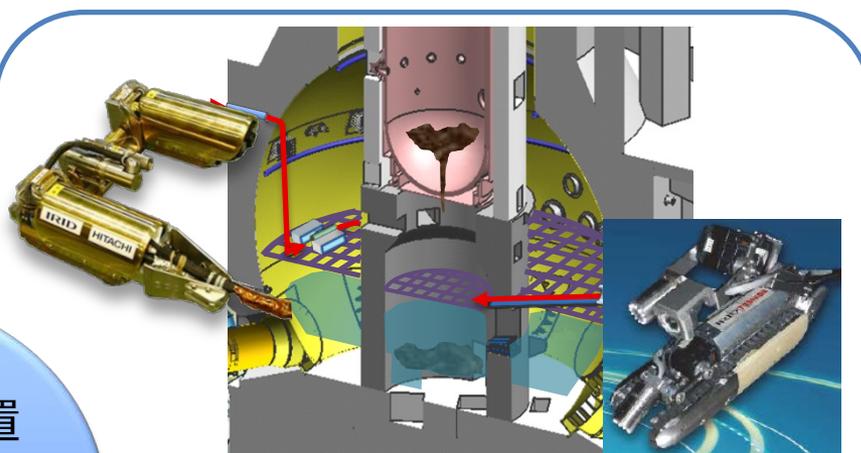


国際顧問との会議

1. 廃止措置
に関する
研究開発
を行います。

2. 廃止措置
に関する
**国際、国内
関係機関と
の協力**を推
進します。

IRID



格納容器内部調査ロボットの開発

3. 研究開発
に関する
人材育成
に取組みます。



「IRIDシンポジウム2016」
でのロボットのデモ

3. 中長期ロードマップの概要

2011年12月
【ステップ2 * 完了】

2013年11月

2021年12月

プラントの状態を
安定化する取り組み

- * ステップ2
- 放射性物質放出管理、放射線量大幅低減の達成
 - 冷温停止状態の達成

第1期

第2期

第3期

初号機の使用済燃料プール内の燃料取り出し開始まで
(2年以内)

初号機の燃料デブリ取り出し開始まで
(10年以内)

廃止措置終了まで
(30~40年後)



()内はステップ2完了からの期間

2013年11月18日に4号機使用済燃料プールから燃料取り出し開始

○中長期ロードマップは、2015年6月12日に改訂された。

○目標工程(マイルストーン)の明確化

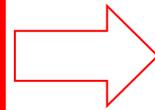
【燃料デブリ取り出し】

- **号機毎**の燃料デブリ取り出し**方針の決定** **2017年夏頃**
- **初号機**の燃料デブリ取り出し**方法の確定** **2018年度上半期**
- **初号機**の燃料デブリ取り出しの**開始** **2021年内**

4. IRIDの研究開発スコープ

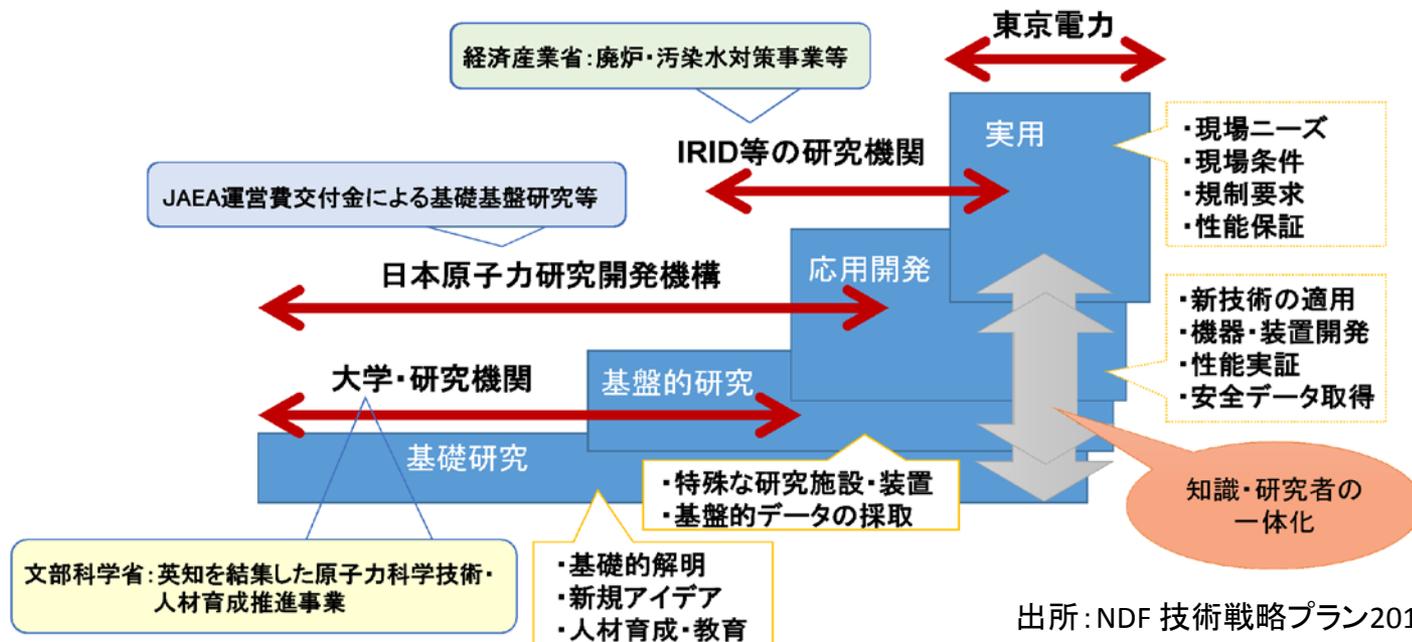
廃炉事業

- 原子炉の冷温停止状態の継続
- 滞留水処理（汚染水対策）
- 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止
- 使用済燃料プールからの燃料取り出し
- 燃料デブリ取り出し
- 固体廃棄物の保管・管理と処理・処分に向けた計画
- 原子炉施設の廃止措置計画



IRIDはこの分野のR&Dを担当

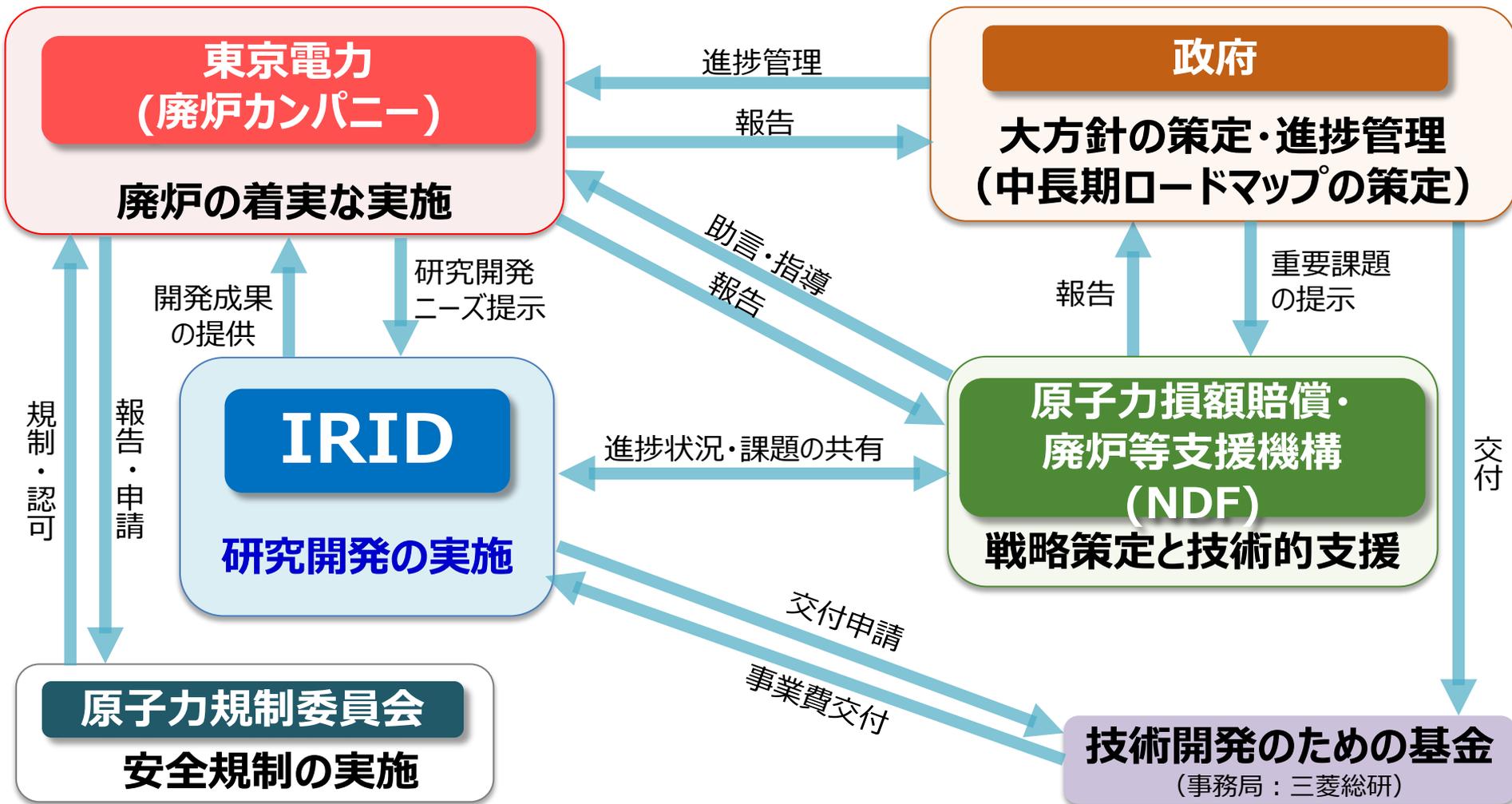
研究開発の全体像



出所: NDF 技術戦略プラン2016

5. IRIDの役割

廃炉技術の基盤強化を視野に、当面の緊急課題にある福島第一原子力発電所の廃炉に向けた取り組みに注力

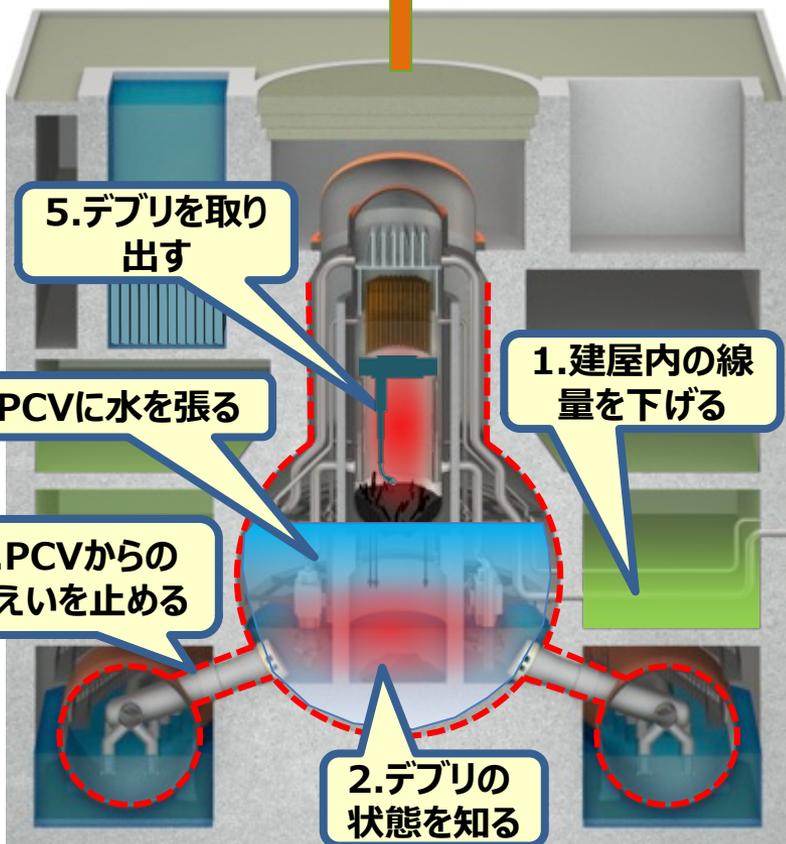


6. IRIDの研究開発プロジェクトとその目的

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

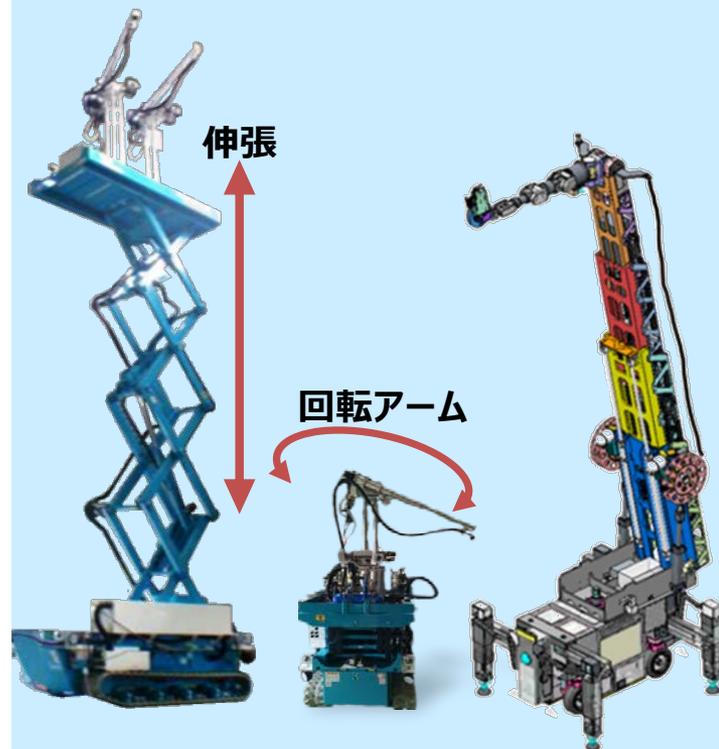


高圧水噴射



ドライアイスブラスト

高所用



伸張

回転アーム

上部階用

100m

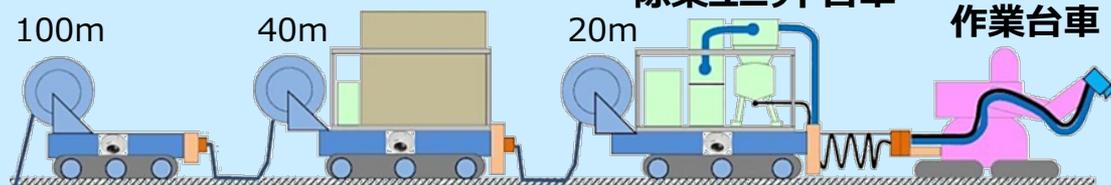
40m

20m

コンプレッサー台車

除染ユニット台車

作業台車



遠隔除染技術

除染

デブリ調査

PCV補修

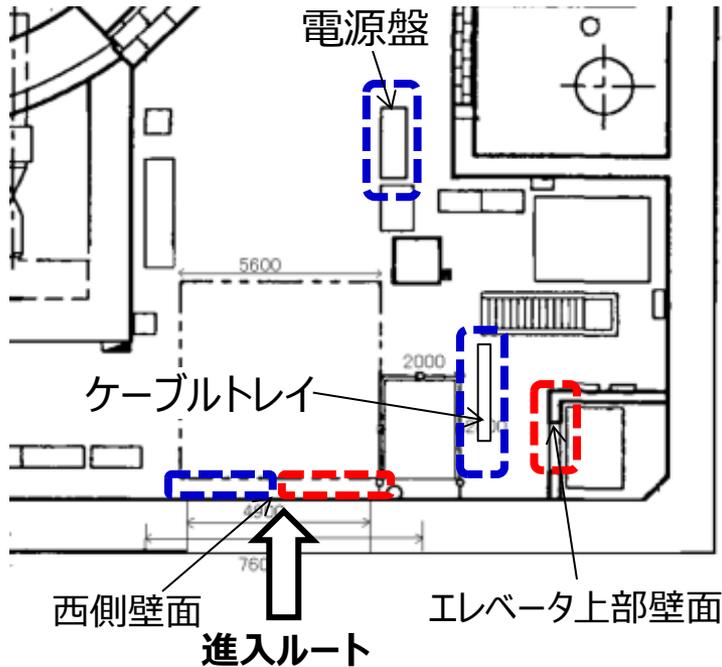
デブリ取出

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**及び**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

大学との連携事例（遠隔除染技術の開発）

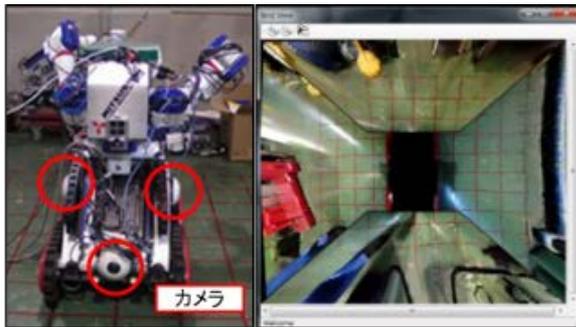
技術的課題

- カメラの情報のみでは**周囲の状況を把握しにくく**、ロボットの操作がしにくい。
- 多関節マニピュレータを狭い場所で動かすことは、**操作が複雑**で難しい。

採用済

周辺把握 1

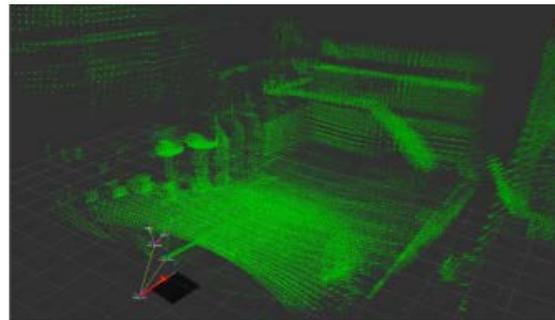
- 複数のカメラ画像を補正した**疑似俯瞰画像**表示技術



MEISTeRの疑似俯瞰画像

周辺把握 2

- カメラやレーザセンサによる**3Dマッピング表示技術**

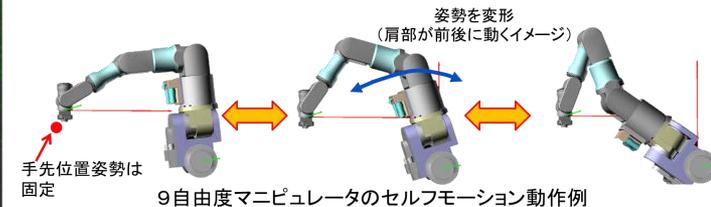


3Dマッピング画像

操作性向上

- 多自由度マニピュレータの**セルフモーション***技術

* : マニピュレータの手先とベースを固定した状態で全体の形を変化させる動作



9自由度マニピュレータのセルフモーション動作例

セルフモーション動作

PCV内部調査技術

除染

デブリ調査

PCV補修

デブリ取出

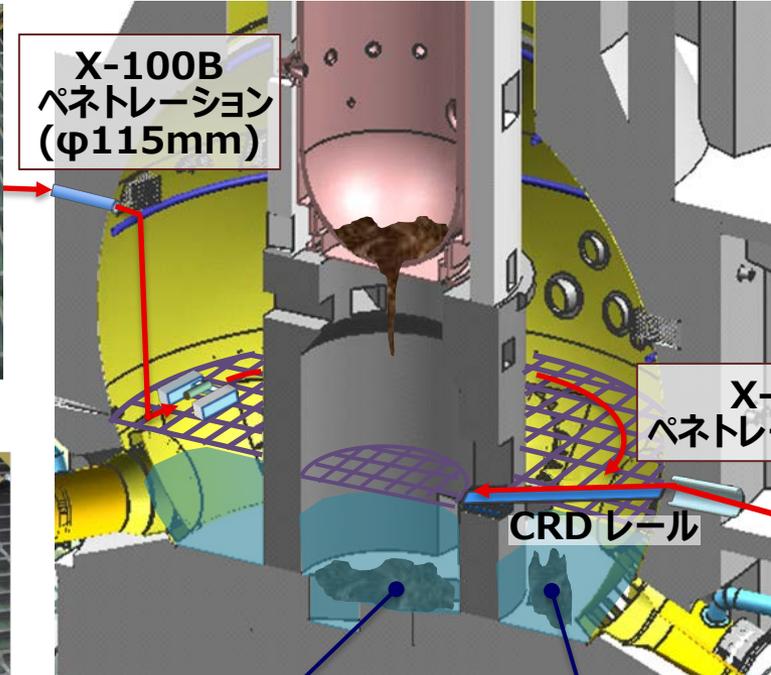
収納・移送・保管

ペダスタル外側の調査（1号機）

○形状変化型ロボット（B1調査）



変形

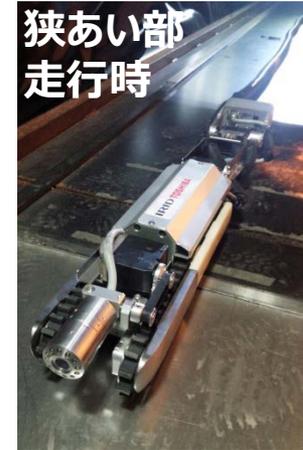


ペダスタル内
燃料デブリ
(イメージ)

ペダスタル外
燃料デブリ
(イメージ)

ペダスタル内側の調査（2号機）

○クローラ型遠隔調査ロボット（A2調査）



変形



PCV補修・止水技術

除染

デブリ調査

PCV補修

デブリ取出

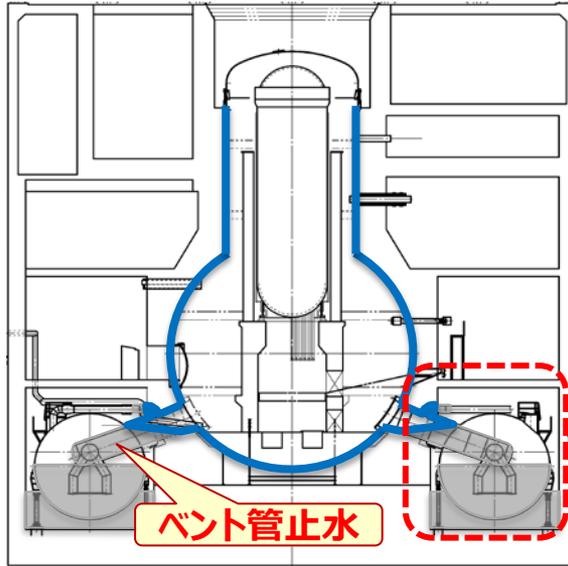
収納・移送・保管

ベント管止水試験



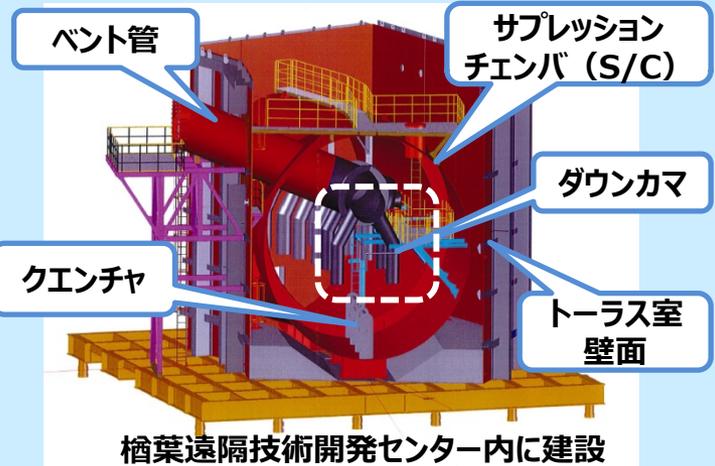
1 / 2 スケール試験体で止水性能を確認 (工場)

— : 補修・止水範囲

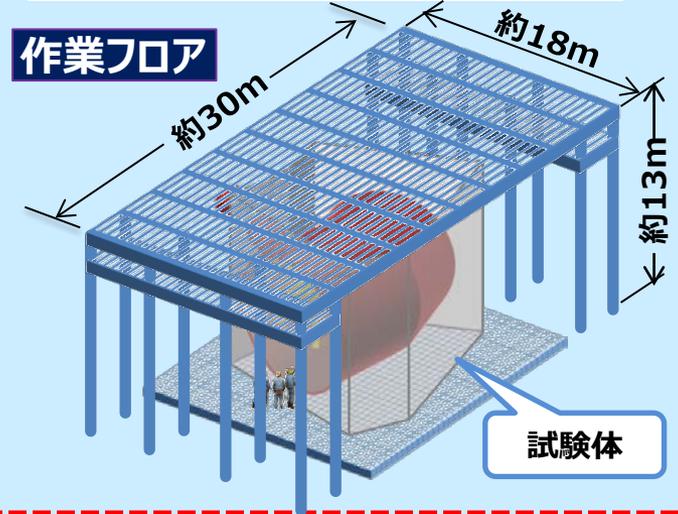


実規模試験体を用いた試験

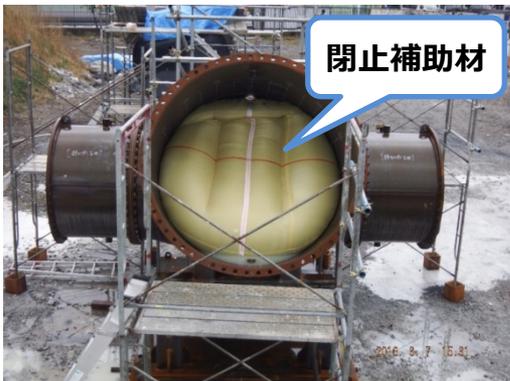
実規模試験体 (1/8セクター)



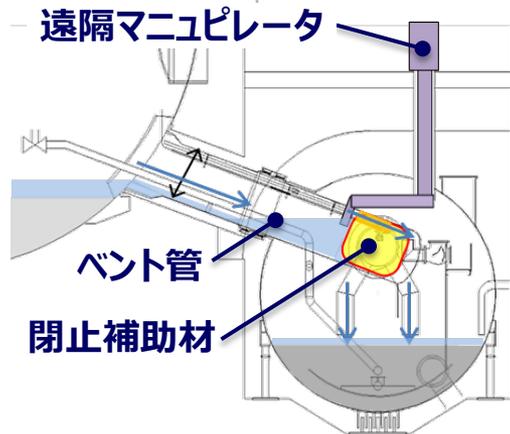
作業フロア



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

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

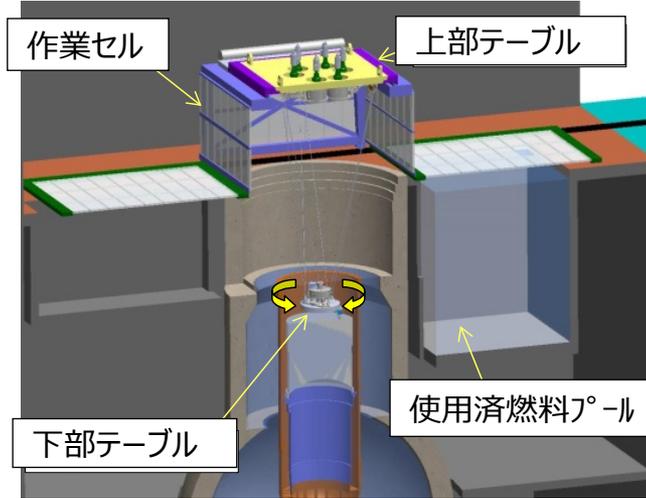
基盤技術の開発



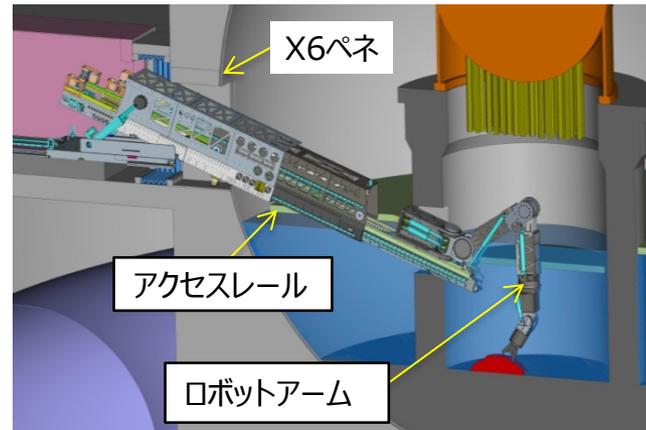
ロボットアーム



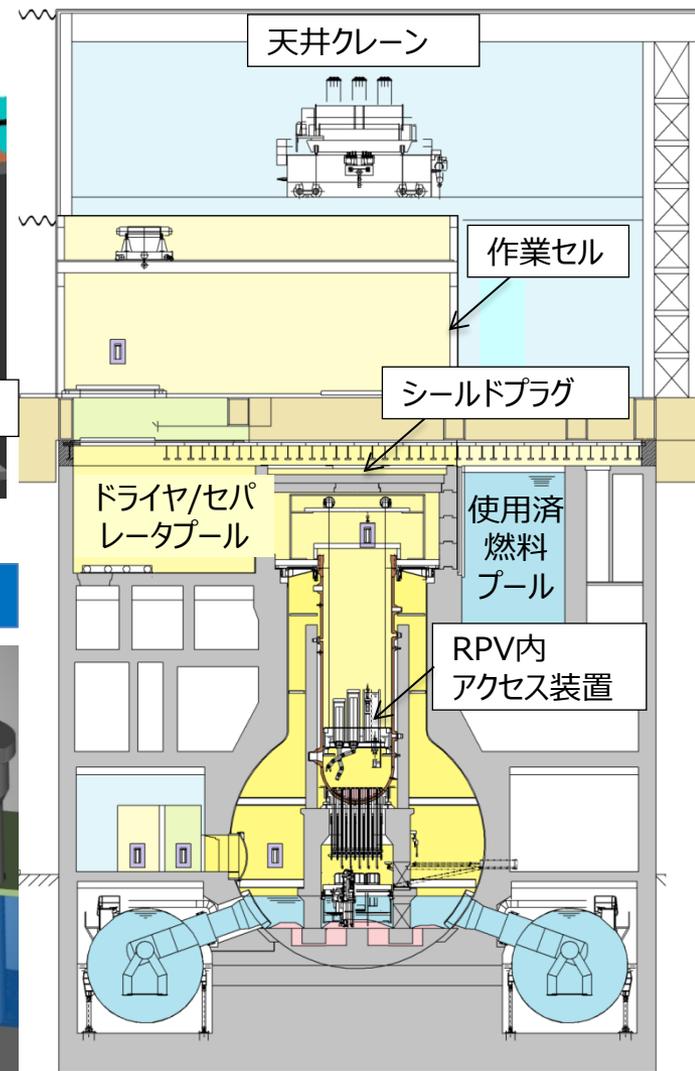
冠水-上アクセス工法（概念）



気中-横アクセス工法（概念）



気中-上アクセス工法（概念）

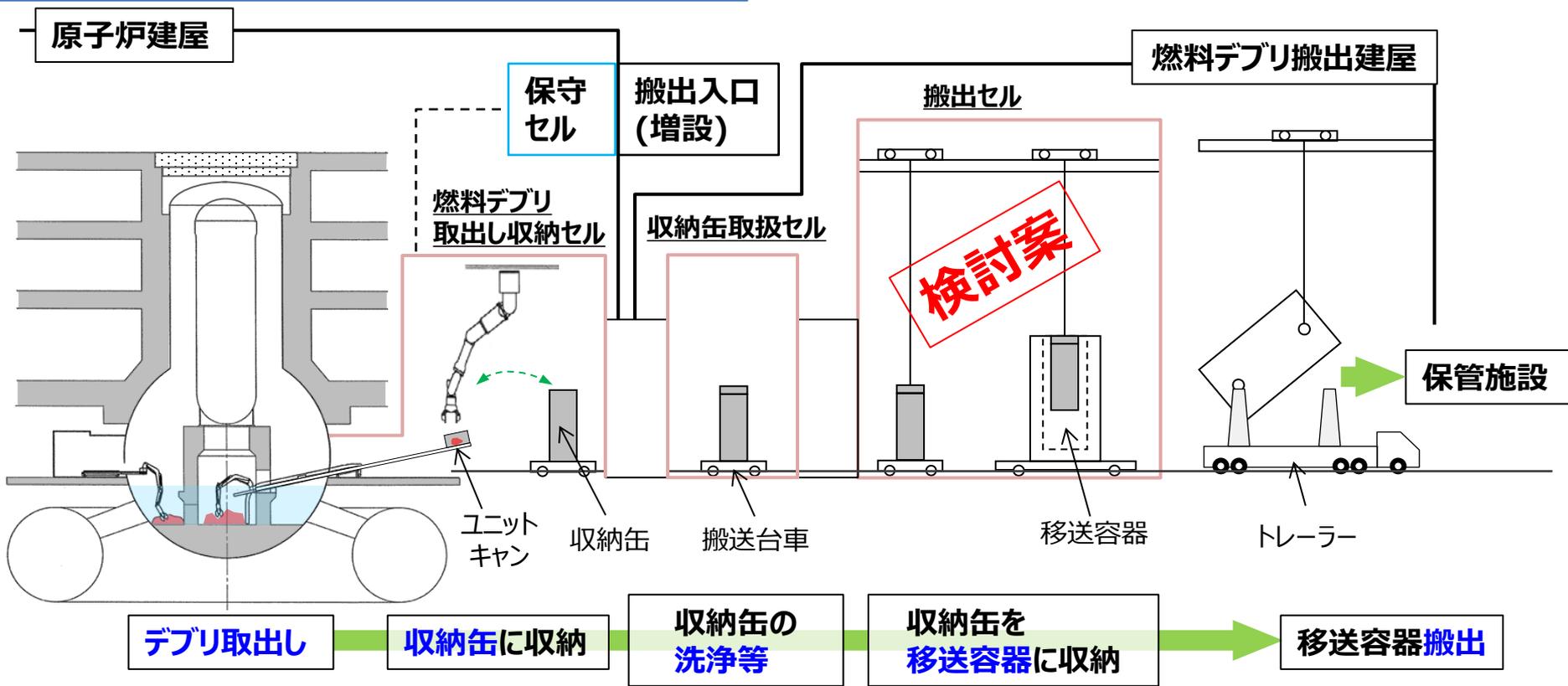


収納缶の設計

⇒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（空中-横アクセス工法の場合）



7. 技術委員会／専門委員会を通じた連携

- 各PJの技術的課題を**専門委員（主に大学の先生）**に相談し、専門委員からのアドバイスを受けながら研究開発を遂行。

技術的課題

- 燃料デブリ取出し技術等の機器開発、遠隔技術
- 使用済み燃料・PCV・RPVの健全性評価
- PCV漏えい個所の補修・止水技術
- 炉内状況・燃料デブリ性状把握
- 放射性廃棄物処理・処分 他

IRID内体制



各分野の専門家によるレビュー・アドバイス

- 技術委員会(専門委員会の横断的上位組織)：**6回**開催(2013.12～2016.8)
- 専門委員会：**通算25回以上**開催
- 委員：各大学、外部研究機関の専門家・有識者の任命・参画

※技術委員会構成
委員長：岡本教授（東京大学）
委員：5名
技術アドバイザー：2名

8. 国際関係機関との協力の推進

国内外の叡智を結集するため、IRIDは「開かれた体制」の運営方針のもと、海外関係機関、専門家との関係を強化し活動

国際顧問会議

(年間1～2回開催しアドバイスを受けている)



海外研究機関/原子力機関との共同研究/技術協力

ウランを用いた大規模な模擬デブリの作製・分析
……カザフ、仏



海外への情報発信



損傷燃料の取出し・保管について議論
……ハンガリー

9. IRIDニーズとアカデミアシーズとのマッチング

「廃炉研究基盤プラットフォーム」他との連携

- JAEA「**廃炉研究基盤プラットフォーム**」の場を活用してIRIDニーズ（補足参照）をアカデミア（文科省人材育成プログラムで採択された7機関）へ開示し、アカデミアからのシーズ提供を呼びかけへ開示（H28.7.29第3回会合）。
- 連携会議、CLADの機能を生かした具体的なテーマ設定

スモールワークショップ

- ロボット関係でのスモールワークショップで学生との意見交換
- 筑波大(H28.2.9)、芝浦工大(H28.9.26)、東京工大(H29.1.20全般)

個別訪問

- IRIDニーズに合致する（しそうな）**シーズを既に持っている大学とコンタクト**
 - 東北大学（H28.9.27：コールドスプレイ、摩擦攪拌融合）

他学会等との連携

- 地盤工学会：止水材（重泥水）について意見交換
- 日本保全学会・日本化学工業会他：研究開発状況の紹介
- 海洋研究開発機構（JAMSTEC）(H28.5.11):深海探査の状況・技術確認

(補足) ニーズの洗い出し

- 現在IRIDで課題として認識しているもの主なもの（基礎・基盤技術）を集約。

25件のニーズ

| 技術分野 | ニーズ件数※ |
|--------------------|--------|
| 使用済燃料プールからの燃料取出し技術 | 2 |
| PCV補修・止水技術 | 7 |
| 内部調査技術（PCV、RPV） | 7 |
| 構造健全性評価技術 | 3 |
| 臨界管理技術 | 4 |
| 廃棄物処理・処分技術 | 2 |

※H29.1.12Up Date

～最後に～ アカデミアに期待したいこと

モックアップから現場での研究フェーズに移行する上で

- ① 1F廃炉実施における安全の考え方**
- ② 発生する廃棄物の処理・処分のあり方**

などについて、アカデミアとしての知見をぜひとも研究開発に取り入れて進めていきたい。