

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (I R I D) の概要および活動状況

平成26年5月14日

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

専務理事 鈴木一弘

中長期ロードマップ改訂と I R I D 設立の背景

改訂版中長期ロードマップ（平成25年6月27日廃炉対策推進会議）のポイント

1. 号機ごとの状況を踏まえたスケジュールの前倒しの検討

- ✓ 初号機の燃料デブリ取り出しを10年後と設定した目標について、号機毎に異なる状況を踏まえ、柔軟に対応できるよう複数のプランを設定

2. 地元とのコミュニケーションの強化

- ✓ 「廃炉対策推進会議福島評議会（仮称）」の設置
- ✓ 廃炉に係る作業についての福島県内の企業とのマッチングの場の提供、機器・用品供給等を担う地元企業の育成等による地域経済の活性化

3. 国際的な叡智を結集する体制の本格整備

- ✓ 研究開発運営組織の設立と海外有識者等から助言を得る体制の整備
- ✓ IAEAレビュー・ミッションとの連携強化、国際共同研究の積極的推進

上記に加え、以下についてもロードマップに明確に位置付け取組む方向

- 「汚染水処理対策委員会」による地下水流入抑制のための対策に係る報告
- 「特定原子力施設」としての安全確保と新たな基準の整備など規制上の対応（機器・設備の信頼性向上、作業者の作業安全・放射線安全等）

組織の設立と役割

<組織の設立>

- 平成25年8月1日、茂木経済産業大臣による技術研究組合法に基づく認可。
- 同年8月8日、臨時総会及び理事会を開催し、組織体制の整備を図るとともに、実質的な活動を開始。

<組織の役割>

- 「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」ことが基本的な役割。

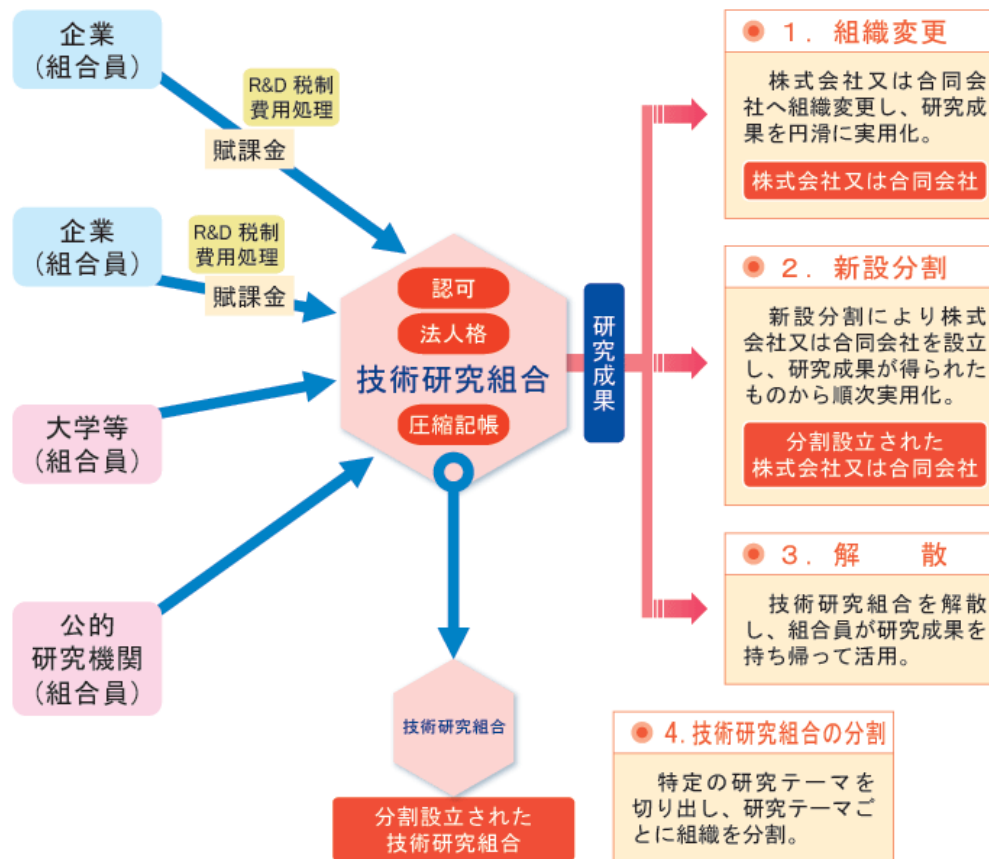
<IRID>

International Research Institute for Nuclear Decommissioning

技術研究組合とは

技術研究組合は、産業活動において利用される技術に関して、組合員が自らのために共同研究を行う相互扶助組織(非営利共益法人)です。

技術研究組合制度の概要



【技術研究組合の特徴】

■各組合員は、研究者、研究費、設備等を出しあって共同研究を行い、その成果を共同で管理し、組合員相互で活用します。

■組合員から独立した法人格を有する共同研究組織です

■主務大臣への設立認可申請や届出、組合員総会・理事会の開催などを通じて、組織運営の透明性と信頼性が高まります。

■共同研究の成果を直接または間接に利用する者(法人・個人、外国企業・外国人を含む)が組合員になることができます。

■大学や試験研究独立行政法人、高専、地方公共団体、試験研究を主たる目的とする財団等が組合員として参加できるため、産学官連携の器として活用できます。

(経産省HPより抜粋)

IRIDの概要

1. 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)

2. 組合本部

〒105-0004 東京都港区新橋5-27-1 パークプレイス6F
(電話番号) 03-6345-3801 (代表)
(ホームページアドレス) <http://www.iris.or.jp>

3. 設立時組合員 (17法人)

独立行政法人：日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所

プラント・メーカー：(株)東芝、日立GEニュークリア・エナジー(株)、三菱重工業(株)

電力会社等：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)

4. 理事会

理事長：山名 元 副理事長：新井 民夫、 劔田 裕史 専務理事：鈴木 一弘
理事：及川 清志、 森山 善範、 魚住 弘人、 畠澤 守、 瀬戸 政宏、
福田 俊彦、 正森 滋郎
監事：小梨 朝倫

IRIDの事業内容

国内外の叡智を結集し、
廃炉のための研究開発に、
一元的なマネジメントで
取り組んでまいります。

研究内容

- 使用済燃料プールの燃料
取り出しに係る研究開発
- 燃料デブリ取り出し準備に
係る研究開発
- 放射性廃棄物の処理・処分に
係る研究開発

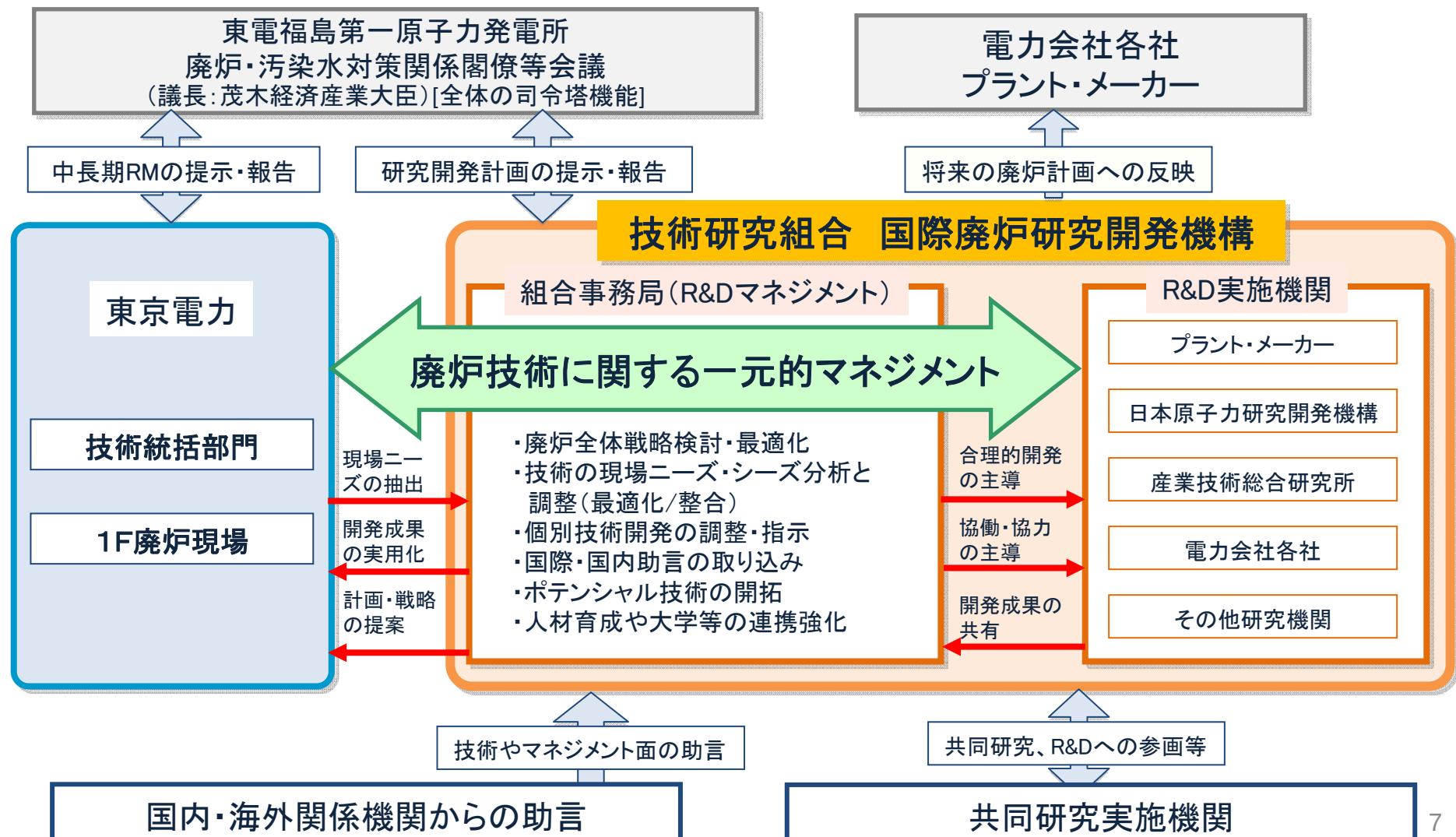


国際廃炉研究開発機構の役割のイメージ

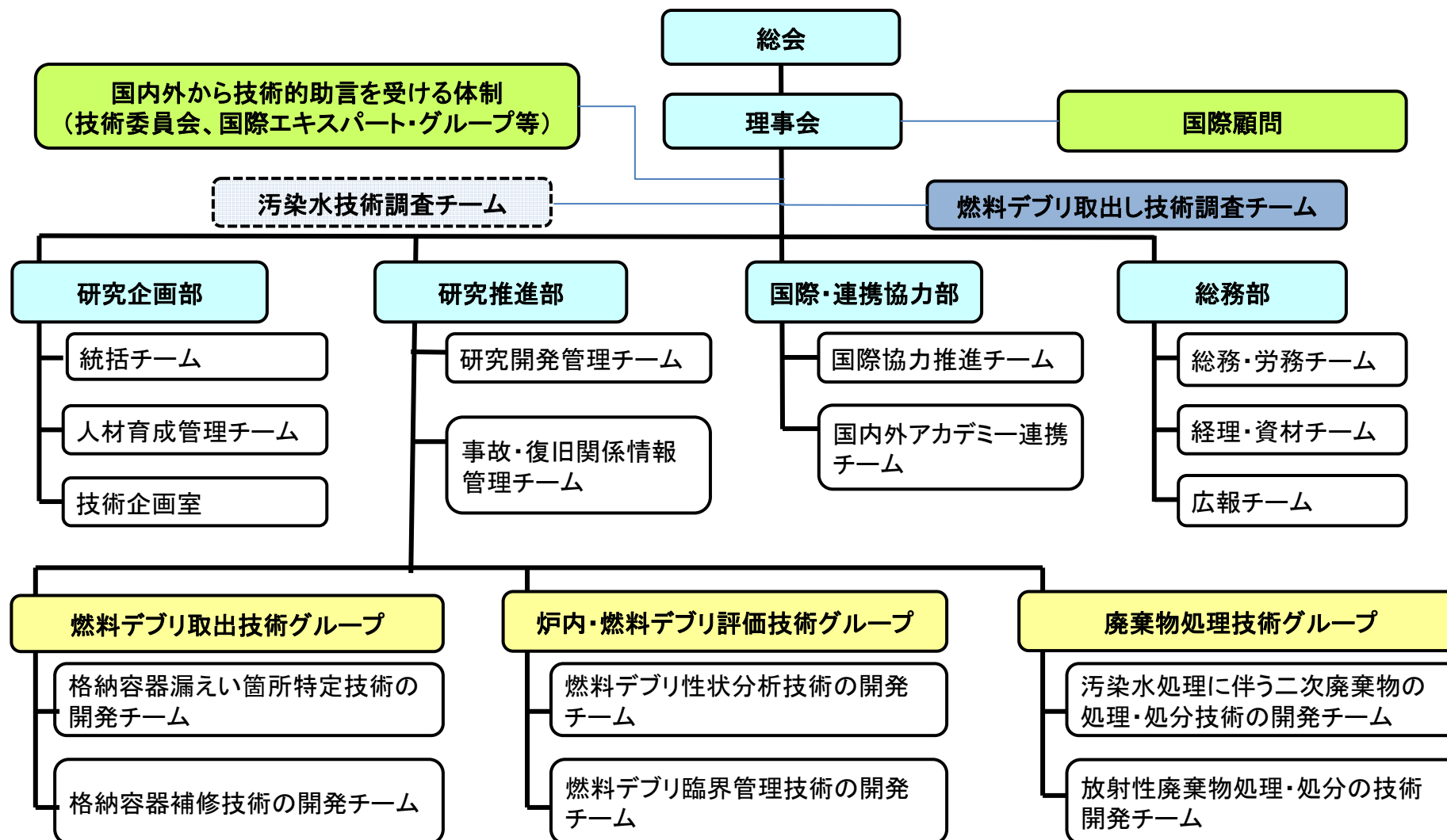
< 廃炉技術の基盤強化を視野に、 当面の緊急課題である福島第一原発の廃炉に向けた取組みに注力 >

- ・福島第一廃炉の加速、安全確保、環境保全
- ・福島早期復興と国民の安心

- ・将来の廃炉や安全高度化への対応
- ・関連技術の涵養、蓄積と高度化



IRIDの組織体制



研究開発プロジェクトについて

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発

格納容器漏えい箇所特定・補修技術の開発

原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発

格納容器内部調査技術の開発

圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発

圧力容器内部調査技術の開発

燃料デブリ臨界管理技術の開発

過酷事故解析コードを活用した炉内状況把握

燃料デブリ性状把握・処置技術の開発

炉内燃料デブリ収納・移送・保管技術開発

放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発

事故廃棄物処理・処分技術の開発

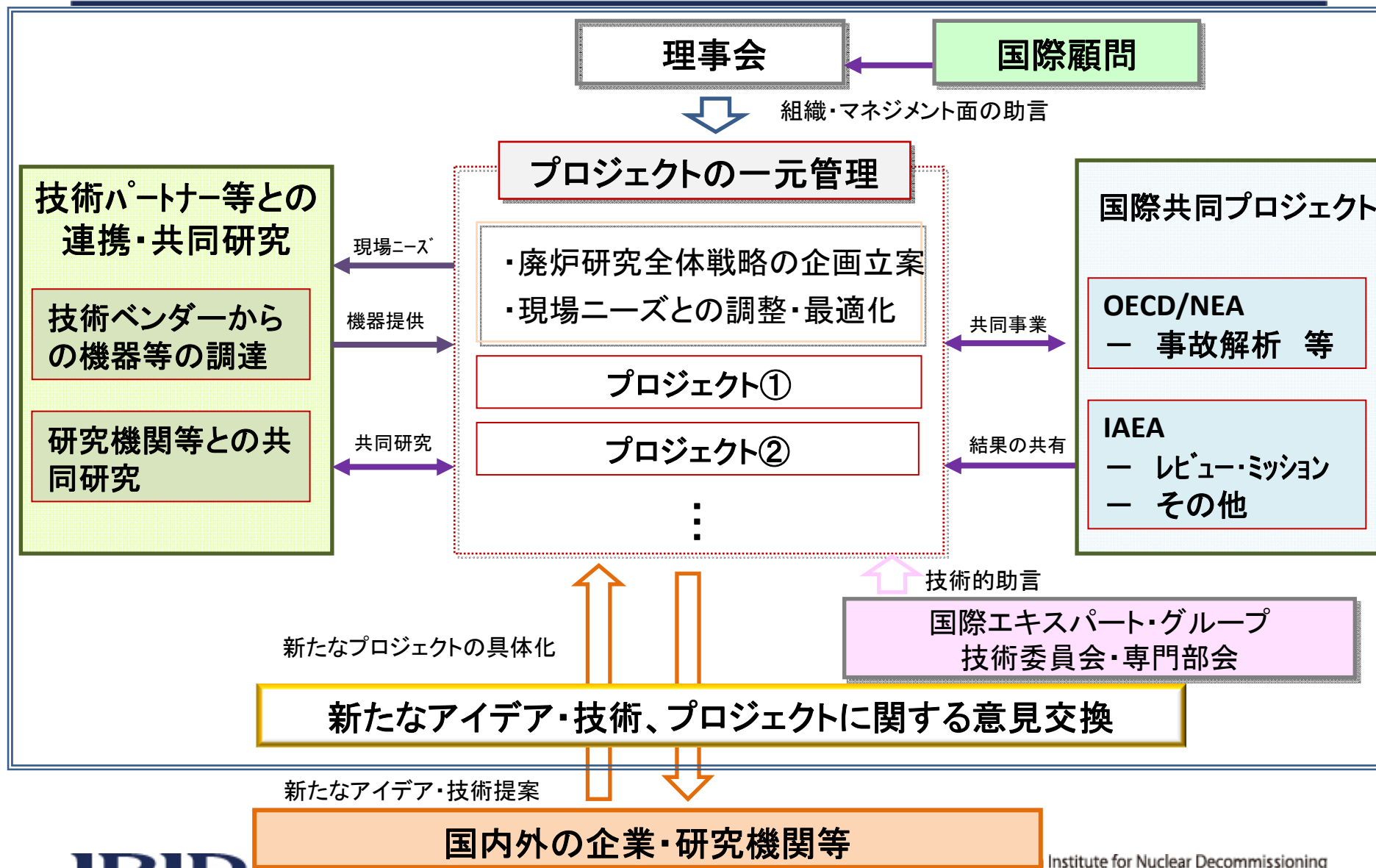
使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発

使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価

使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討

clear Decommissioning

国内外の叡智を結集する「開かれた体制」(イメージ)



国際顧問と国際エキスパートグループ

諸外国の知見・経験に基づくアドバイスの取込みとして

●国際顧問による I R I D 運営全体に対する助言

- ・ レイク・バレット氏（アメリカ）：独立コンサルタント（TMI事故時NRC現地対策ディレクター）
 - ・ エイドリアン・シンパー氏（英国）：英国NDA理事
 - ・ ルイス・エチャバリ氏（スペイン）：OECD/NEA事務局長
- ー 平成26年1月9日～10日 第1回会合開催

●国際エキスパート・グループによる技術的助言

- ・ ダグラス・チェイピン氏（アメリカ）：MPR社代表（TMI事故収束、施設クリーンアップの知見を有する）
 - ・ ロサ・ヤング氏（アメリカ）：EPRI Senior Technical Executive
 - ・ エイドリアン・シンパー氏（英国）：英国NDA理事
 - ・ ジョエル・ピッセルマン氏（フランス）：現ETC会長（元アレバ副社長）
 - ・ ニコライ・スタインベルク氏（ウクライナ）：独立コンサルタント（チェルノブイリ原子力発電所廃止措置戦略に携わる）
 - ・ アントン・レシュチェンコ氏（ロシア）：ソスニー社研究部副部長（パクシュ原発の損傷燃料取出作業に携わる）
- ー 平成25年9月23日～27日 第1回会合開催（東京・福島）
- ー 平成26年2月17日～21日 第2回会合開催（東京）

IAEAレビュー・ミッション

- 「東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置に向けた中長期ロードマップ」に関するIAEA国際ピアレビュー

(平成25年11月25日～12月4日)

IRIDは、経済産業省及び東京電力の関係者とともに、19人のIAEA調査団と議論し、以下のような評価を得る。

- 福島第一原子力発電所の廃炉活動を、より安全かつ加速させるために、IRIDを設立するなど、国内および国際的な専門知識と技術的能力を活用出来るよう総合的な構造を構築している。
- IRIDに参加させることで、国際的な経験を取り込み、また国際的な協力を得ようとしている意図を、はっきりと確認した。
- PCV内での冷却水漏えい箇所を同定するための遠隔操作技術開発、および、漏えい箇所を修復する技術開発へ、東京電力及びIRIDが努力していることをIAEAは確認した。漏えい箇所同定のための機器の採用は、PCV隔離(漏えい箇所閉塞)に向けた大きなステップである。
- 遠隔操作設備の開発を目的としたワーキング・グループ(WG)の設置は、具体的なニーズを特定してから個々の遠隔技術を用いた設備の引き渡しまでの時間を加速(短縮)させている。例えば、WGが設置された後、その後のドライウェル内漏えい箇所特定装置に必要な期間は、7, 8ヶ月程度であった。プラント代表者がWGに参加していることは、開発の成功に寄与する良い方法である。

国際共同プロジェクト

IRIDは、国際共同プロジェクトを介して、世界中の原子力施設の安全性向上や廃止措置への貢献にコミット

●OECD/NEA BSAF Phase I

- 改良した過酷事故解析コードや他の解析方法を用いた福島事故の進展や炉心状況に関する共同ベンチマーク研究
- 共通のデータや情報データベースの共有

●次ステージのプロジェクト(案)

- スコープを拡大（水素、MCCI等）したBSAF Phase II
- 燃料デブリのサンプリング、分析及び性状把握
- 事故由来の放射性廃棄物管理に関連した課題（性状把握、分類、処理方法等）

研究開発プロジェクトの評価体制

技術委員会(外部有識者)

役割 : 研究開発における全体戦略やIRID事業活動全体に関する評価・助言

委員長: 田中 知 (東京大学大学院 工学研究系研究科 教授)

委員 : 浅間 一 (東京大学大学院 工学研究系研究科 教授)

渡邊 豊 (東北大学大学院 工学研究科 教授)

山中 伸介 (大阪大学大学院 工学研究科 教授)

朽山 修 (原子力安全研究協会 処分システム安全研究所所長)

専門部会

(研究開発プロジェクトの評価)

①燃料デブリ取出し機器開発・遠隔操作技術*

部会長: 浅間 一

②使用済み燃料・PCV/RPV健全性評価技術

部会長: 渡邊 豊

③炉内・燃料デブリ性状把握評価技術

部会長: 山中伸介

④放射性廃棄物処理・処分技術

部会長: 朽山 修

*遠隔技術の知見・経験の集約
とソリューション検討・提案

汚染水問題への対応

- 第1回廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議(平成25年9月10日)を受け、汚染水問題への具体的な対応を図るため、IRIDを中核として関連分野の専門家からなる検討チームを設置。
- 国内外技術の公募、情報収集、ならびに提案技術の分類・整理等を行い、政府の「汚染水処理対策委員会」に報告。

<実績>

- 平成25年9月25日： 公募開始
- 同年 10月2日： 技術提案募集に関する説明会開催 (@東京)
- 同年 10月9日～17日： 海外関係機関等との意見交換
- 同年 10月23日： 公募終了
- 同年 10月25日： 汚染水処理対策委員会への報告
- 同年 10月下旬～11月上旬： 技術提案についての分類・整理
- 同年 11月15日： 汚染水処理対策委員会への報告
- 同年 12月10日： 汚染水処理対策委員会において報告書とりまとめ

汚染水問題に係る国内外の叢智の結集

(汚染水処理対策委員会資料より)

■ 技術提案募集について

◇国際廃炉研究開発機構(IRID)を中心に、専門家からなる国内外の叢智結集のためのチームを立ち上げ、技術提案を受付。(募集期間:9月25日～10月23日)

◇応募された案を、予防的かつ重層的な汚染水対策の全体像に反映すべく、「汚染水処理対策委員会」を中心に精査。

■ 応募状況

◇提案件数は、計780件。詳細は以下のとおり。

募集分野	提案件数
①汚染水貯留 (貯留タンク、微小漏えい検出技術 等)	206
②汚染水処理 (トリチウム分離技術、トリチウムの長期安定的貯蔵方法 等)	182
③港湾内の海水の浄化 (海水中の放射性Cs、Sr除去技術 等)	151
④建屋内の汚染水管理 (建屋内止水技術、地盤改良施工技術 等)	107
⑤地下水流入抑制の敷地管理 (遮水壁施工技術、フェーシング技術 等)	174
⑥地下水等の挙動把握 (地質・地下水データ計測システム、水質分析技術 等)	115
その他 (①～⑥に該当しないもの)	34

(注1)募集分野は提案者の申請によるもの。

(注2)1つの提案で複数の分野に関連するとされたものがある。

◇国内外からの技術提案により、汚染水対策技術の全体像を俯瞰することが可能となり、これら提案のすべてが貴重なデータ。

◇技術の成熟度、対応の緊急性、現場への適応性等を勘案し、以下の技術を特に抽出。

①現地での適用性を確認した上で早急に活用すべき技術

- 二重鋼殻タンク等の信頼性の高い大型タンク等
- 鉛を用いない軽量の遮蔽シート
- 汚濁防止膜(シルトフェンス)
- 止水技術(建屋内止水、建屋周辺止水)
- 地質・地下水調査、観測網を整備 等

②施工性や費用対効果等を踏まえ実施手法を選定した上で活用すべき技術

- 遮水対策技術(フェーシング、遮水等)

③効果が期待されるが、活用するにあたって確認・検証が必要な技術

- 微小漏えい検出技術(染料を含む)
- 水を使わないタンク除染技術
- トリチウム水の貯蔵・分離技術
- 港湾内の海水の浄化技術
- 地中フィルター(土壌中のストロンチウムの捕集技術)
- 無人ボーリング技術 等

④汚染水処理対策委員会などでの検討を踏まえて進めていくもの

- トリチウム水の取扱いについての総合評価を実施
- タンカー、地下貯蔵等に係る諸問題への対応の検討

基盤研究の推進と人材育成

- 中長期的な人材育成・確保を図るため、大学・研究機関等と連携しつつ、基盤研究を推進
- 「ワークショップ」の開催（文部科学省と連携）を通じ、研究開発計画に関する情報発信・共有を図るとともに、ニーズを踏まえた重点化すべき基盤研究の分野・課題を検討

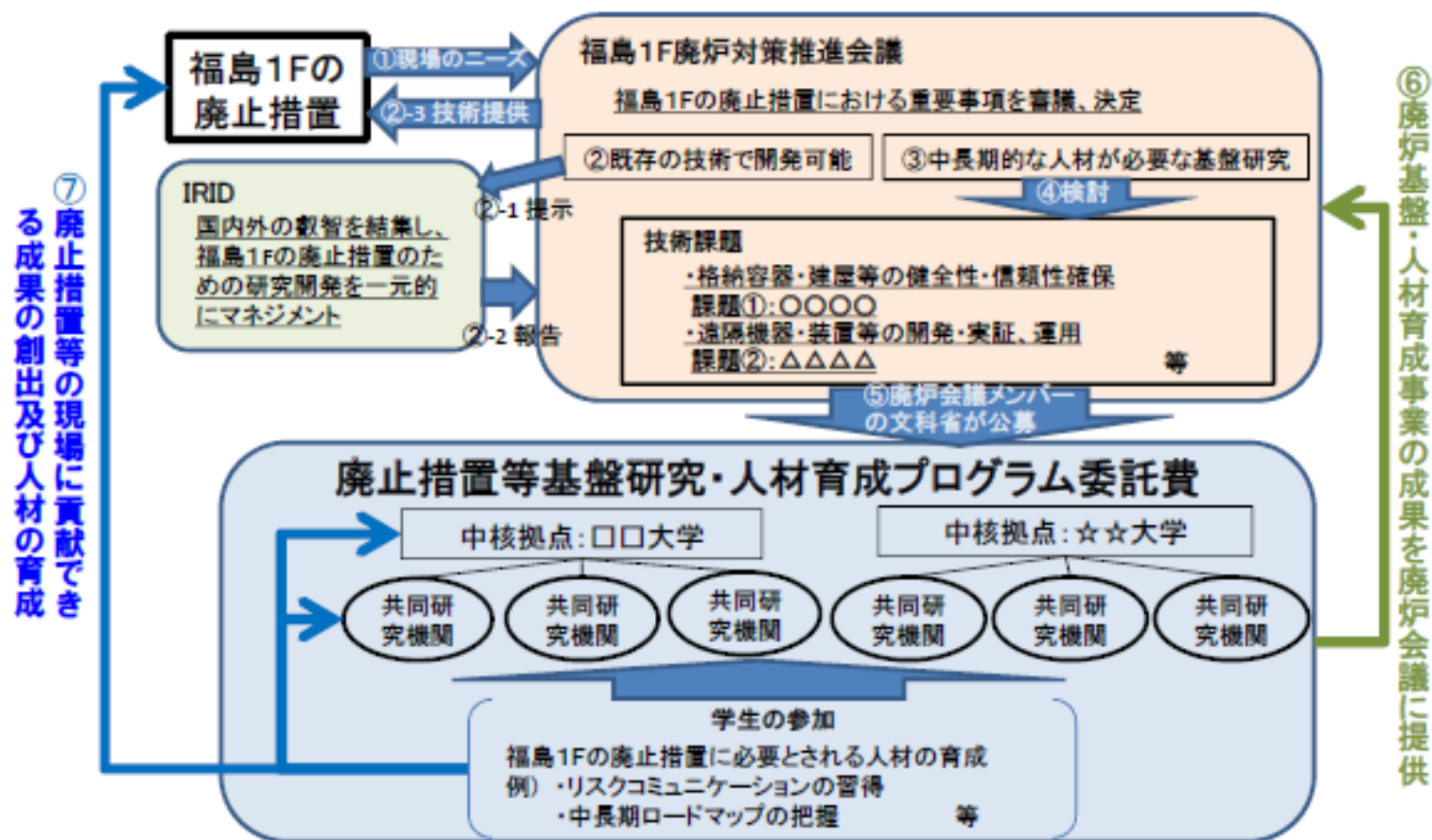
<実績>

「研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ」をシリーズ開催。

- － 第1回（9/25、関東①）：放射性廃棄物、燃料デブリ関連
- － 第2回（10/8、福島）：遠隔機器・装置開発、情報可視化関連
- － 第3回（11/1、関西・西日本①）：放射性廃棄物、燃料デブリ関連
- － 第4回（11/20、東北・北海道）：格納容器等健全性、放射性廃棄物関連
- － 第5回（11/26、関東②）：遠隔機器・装置開発関連
- － 第6回（12/20、関西・西日本②）：遠隔機器・装置開発
- － 第7回（12/25、北陸）：格納容器等健全性、燃料デブリ、
遠隔機器・装置開発関連
- － 第8回（1/8、中部）：格納容器等健全性、遠隔機器・装置開発、
燃料デブリ・放射性廃棄物関連
- － 第9回（1/22、関東③）：燃料デブリ、材料、放射性廃棄物、分析関連

廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム

東電福島事故への対応を通じ、中長期に亘る廃止措置等の新たな知見の創出、人材の育成・確保が必要
 ⇒ 廃炉対策推進会議において設定する、中長期的視点での人材育成に関する重点分野に関し、技術研究組合 国際
 廃炉研究開発機構との連携のもと、大学等の研究機関において多様な分野の叡智を結集して基盤研究を着実に実施
 し、廃止措置等の現場に貢献できる成果の創出及び人材の育成を目標とする。

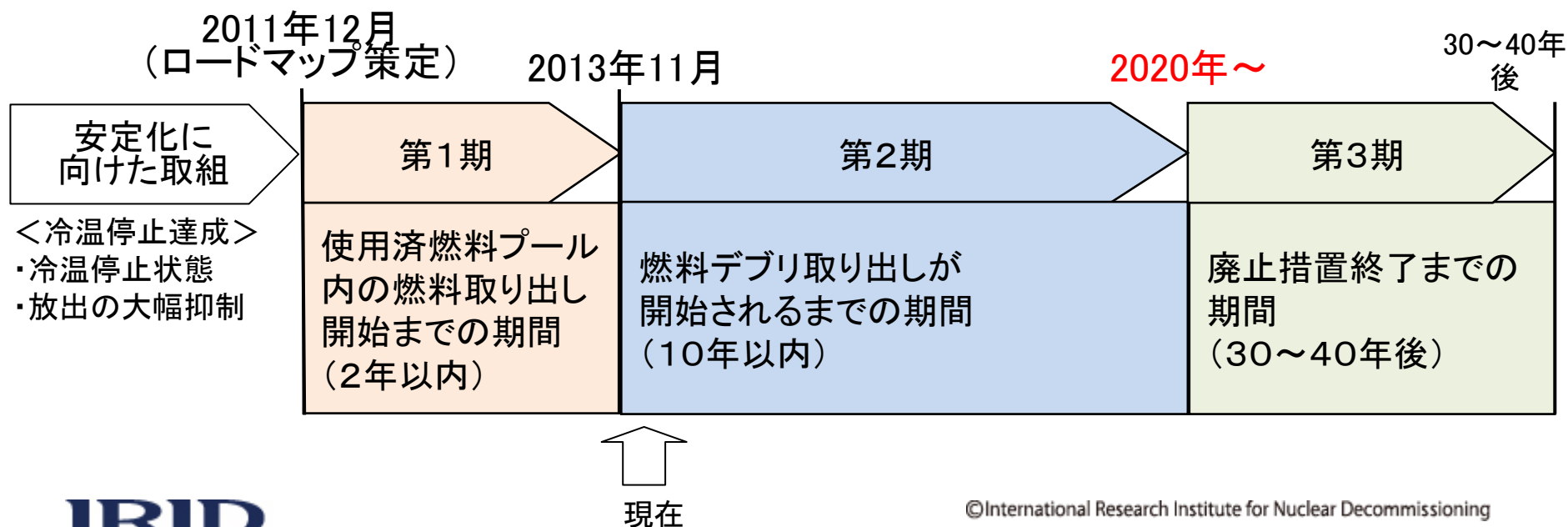


(文部科学省資料より)

研究開発について

中長期ロードマップ第1期が完了し、第2期を迎えた中で以下のように研究開発に取り組む

1. 使用済燃料プールからの燃料取り出し開始を受けた長期的視点での研究推進
2. 燃料デブリ取り出し準備の本格化に向けた多角的・重層的な工法・機器の開発(1)
— 冠水工法 —
3. 燃料デブリ取り出し準備の本格化に向けた多角的・重層的な工法・機器の開発(2)
— 代替工法 —
4. 放射性廃棄物処理・処分、廃炉の在り方を見据えた研究開発の着実な推進



IRIDにおける研究開発

■原子炉建屋内の過酷環境下において以下の研究開発を計画。

高線量

高温

多湿

ガレキ

高所

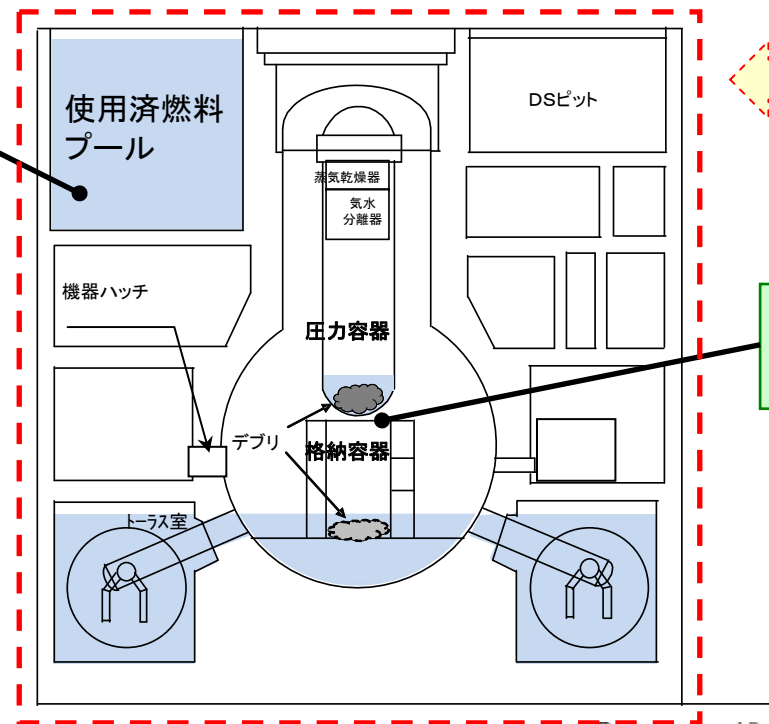
水中

狭隘

注入海水

使用済燃料プール燃料
取り出しに係る研究開発

放射性廃棄物処理・
処分に係る研究開発



燃料デブリ取り出し準備
に係る研究開発

1. 使用済燃料プールからの燃料取り出し開始を受けた長期的視点での研究推進

- ・平成25年11月18日に4号機使用済燃料プールからの燃料取り出しが開始。
- ・これら燃料の移送や短期的な保管に際しての健全性は東京電力において評価済み。
- ・他方、共用プールで長期的に保管する際の健全性(耐腐食性等)は、IRIDの研究課題の一つとして実機燃料による実証データ等を取得して評価手法を確立。その上で、得られた成果については、実際の評価に反映される。

<主な取組み>

- ー 模擬試験結果を踏まえ、平成25年度中に長期健全性評価のための試験条件を策定。
- ー また、燃料部材の腐食試験、強度試験を行い、水質影響評価技術を確立する。
- ・また、海水による塩分の付着や瓦礫片による物理的な損傷の可能性を踏まえ、取出した損傷燃料等の再処理可能性を判断するための指標整備に関する研究も実施中である。

<主な取組み>

- ー 平成25年度中に実施する海外での事例調査を踏まえ、2020年度頃に予定されている使用済み燃料の処理保管方法の決定にむけて、2017年度を目処に研究の成果を得る。

使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発と課題（１）

■使用済燃料プールから取り出した燃料集合体 他の長期健全性評価

- ・海水注入及びガレキ混入の特異性を考慮した、長期にわたる燃料集合体の健全性を評価する手法の開発、長期保管方法の検討。

■ 課題

- ・SFPでの海水注入やガレキ落下等の影響を考慮した共用プールでの燃料部材腐食評価
- ・腐食等を考慮した燃料集合体強度評価手法開発
- ・環境履歴を考慮した乾式保管の評価項目検討、技術評価

構造健全性

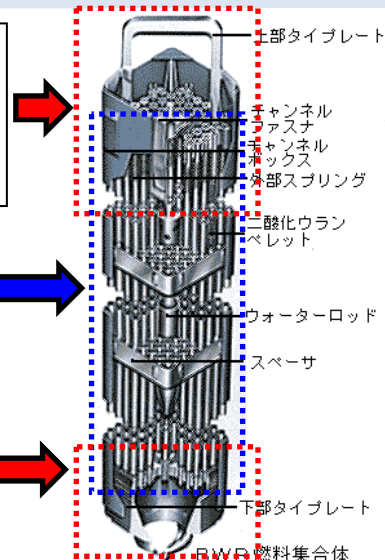
- ・ハンドル
- ・上部タイプレート
- ・タイロッドボルト締結部

被覆管密閉性

- ・燃料被覆管

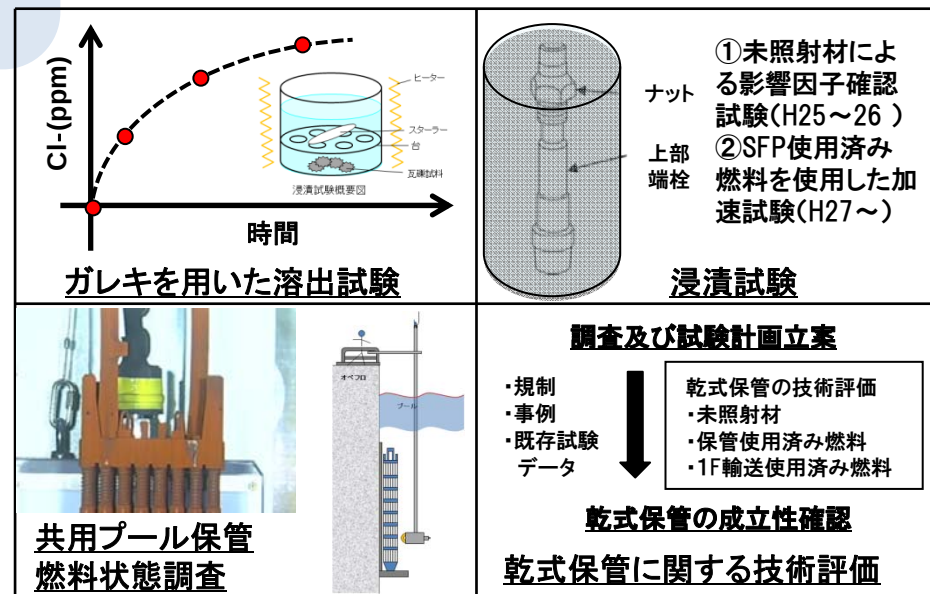
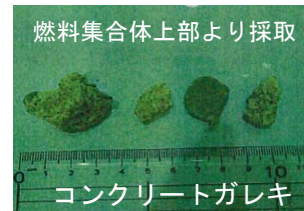
構造健全性

- ・下部タイプレート



共用プール（湿式）保管時に懸念事象

- ・共用プール内での腐食
 - ・材料因子
 - ・炉内で使用中の照射履歴が材料特性に及ぼす影響
 - ・ガレキ落下による新生面露出
 - ・環境因子
 - ・SFPから燃料とともに持ち込まれるガレキからの溶出
 - ・海水成分
 - ・コンクリート成分
 - ・燃料破損部からのFP溶出



【構造健全性および被覆管密閉性の確保】

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

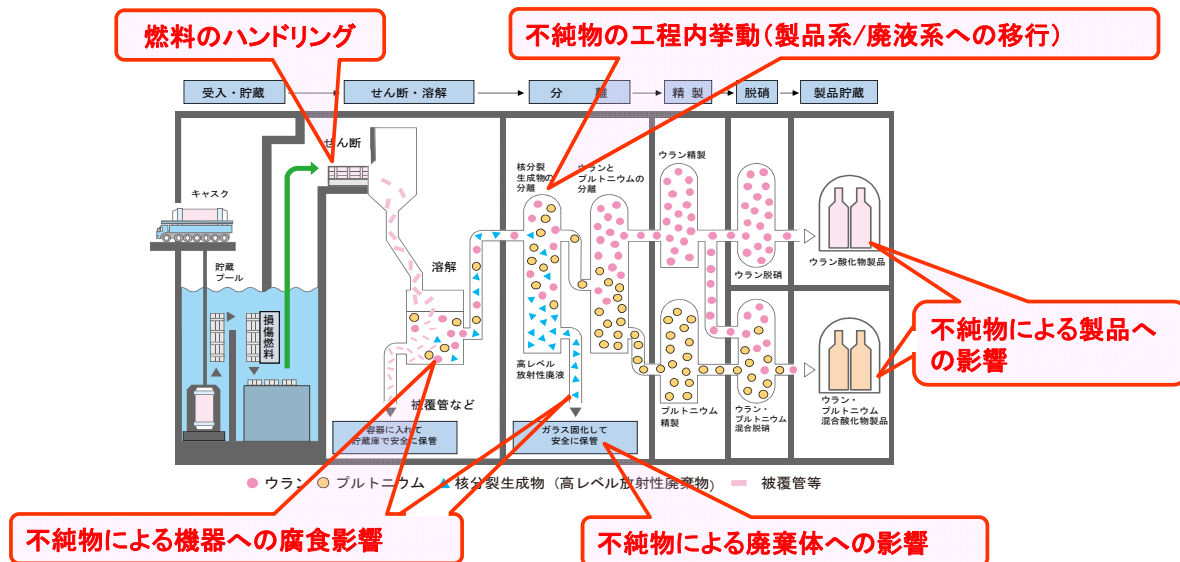
使用済燃料プール燃料取り出しに係る研究開発と課題（2）

■ 使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討

- ・不純物の付着や損傷の可能性のある使用済燃料プール内燃料の再処理を想定した場合の課題の調査・検討と再処理可否判断に係る指標の検討

■ 課題

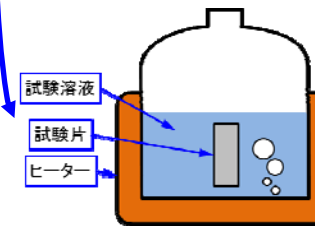
- ・落下したがれき等による機械的損傷等の影響の考慮
- ・塩分や使用済燃料の隙間等に入り込んだがれき等が材料の腐食、化学工程、廃棄物の性状等に与える影響の考慮



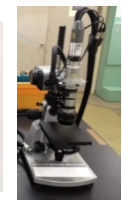
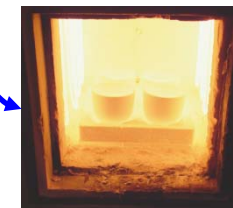
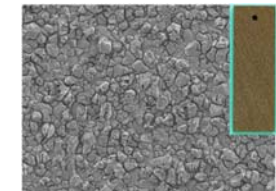
【海水及びコンクリートの硝酸溶解液】



【不純物の溶媒への移行の確認（イメージ）】



【不純物を含む溶液での腐食試験（イメージ）】



【不純物を加えたガラス固化体の試作（イメージ）】

【不純物の付着や損傷等のある使用済燃料が再処理工程に与える可能性のある影響】

2. 燃料デブリ取り出し準備の本格化に向けた 多角的・重層的な工法・機器の開発(1) - 冠水工法 -

(1) 格納容器下部周辺の流水事象を受けた調査・補修(止水)技術開発の加速化

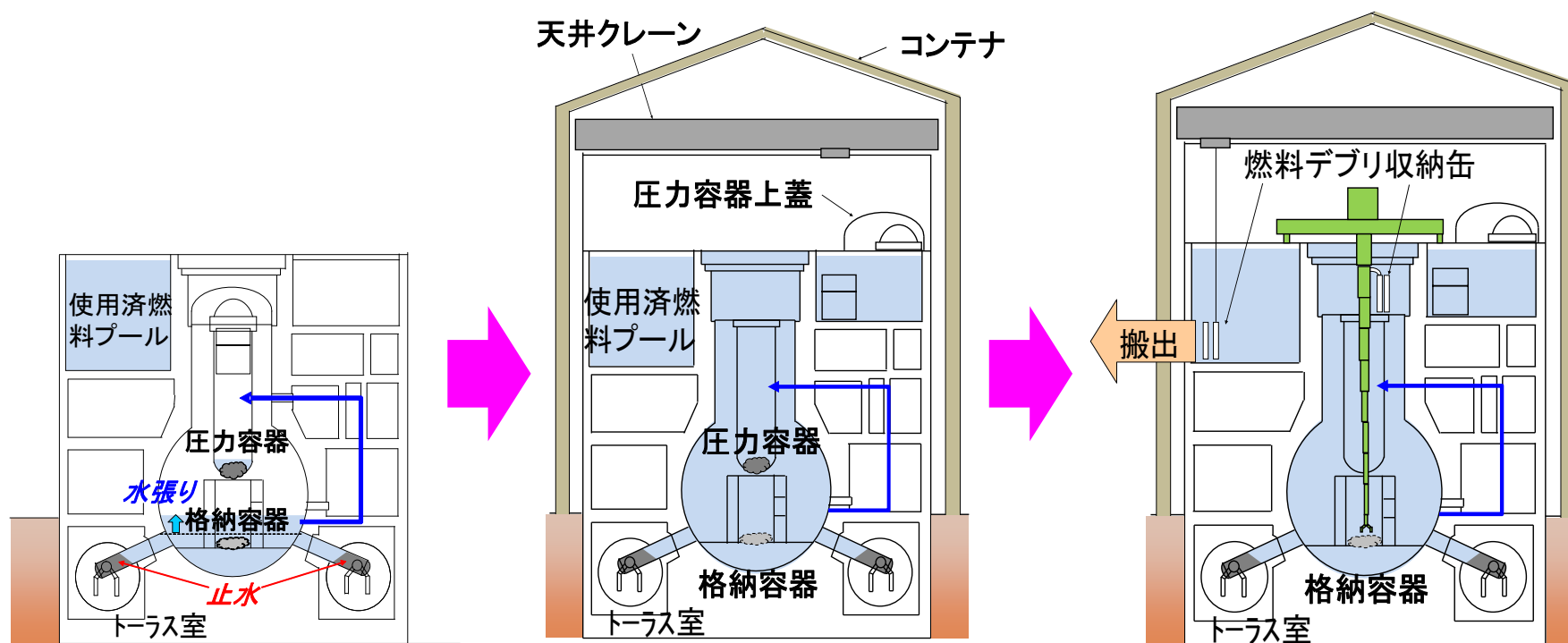
- ・遠隔技術タスクフォースの検討を通じて開発した遠隔操作ボートによる調査の結果（平成25年11月13～14日）、1号機格納容器下部周辺で水が流出している状況を確認した。
- ・これを踏まえ、IRIDにおいて推進する格納容器下部の調査・補修(止水)のための遠隔機器の開発について、他の号機も含め調査のための作業の加速化を目指す。

< 主な取組み >

- ー 平成25年度は、調査・補修(止水)機器の開発を継続し、次年度の実証試験の実施を目指しているところ、現地の状況を踏まえて開発計画(目標・工程)を随時見直す。
- ー さらに、平成27年度には、モックアップ施設やオンサイトでの実証を目指す。
- ー また、IRID技術委員会に遠隔技術専門部会(仮称)を設置し、研究プロジェクトの評価を行う他、開発計画や現場作業を含め助言を得る仕組みを構築。

燃料デブリ取出しへの作業ステップ（イメージ）

- 燃料デブリを冠水させた状態で取り出す方法が、作業被ばく低減の観点から最も確実
- 格納容器の水張りに向けた調査・補修技術に加え、燃料デブリ取り出し・収納・保管に必要な研究開発を推進



原子炉格納容器下部補修

(止水) ~ 下部水張り(イメージ)

燃料デブリ取り出し

(イメージ)

出典：H25. 6. 27東京電力福島第一原子力発電所
廃炉対策推進会議資料

search Institute for Nuclear Decommissioning

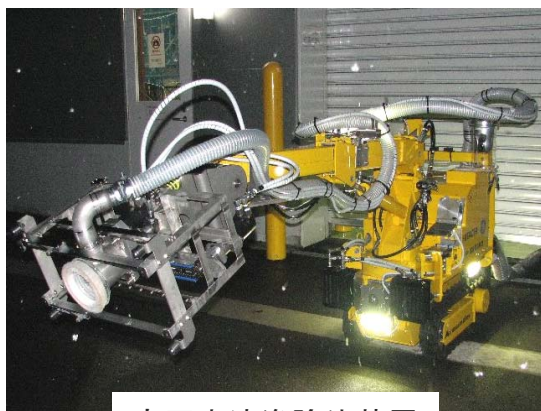
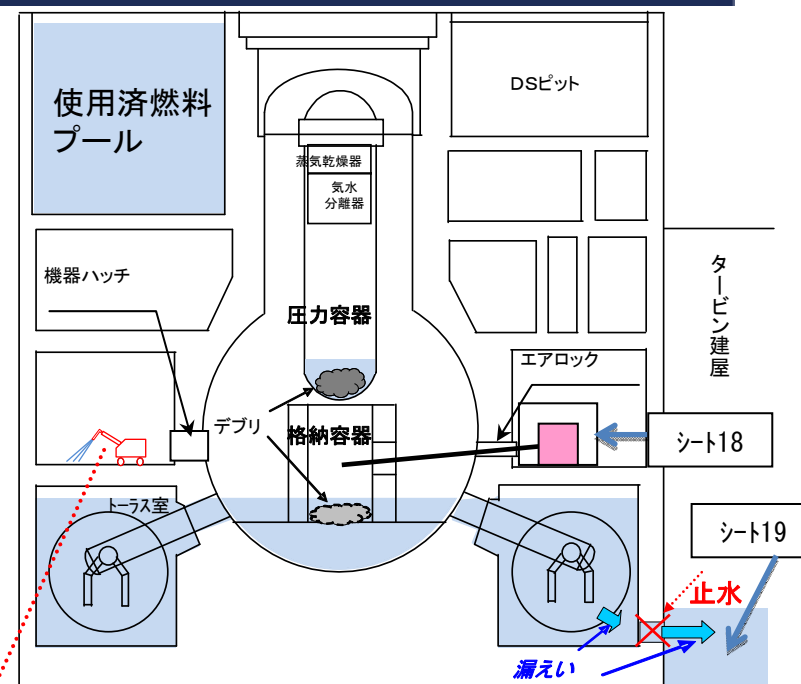
燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（１）

■ 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発

- ・燃料デブリ取出しに向け、格納容器漏えい箇所の調査、補修等の作業環境改善のため、現場の汚染状況に合った遠隔除染装置を開発

■ 課題

- ・実証試験による開発機器の性能検証
- ・高所・高層階を対象とした除染装置開発
- ・滞留水ドライアップ後の環境改善方策の検討
- ・除染と遮蔽の組合せ等、作業員の被ばく線量を総合的に低減する作業計画立案



高圧水洗浄除染装置



ドライアイスブラスト除染装置



ブラスト・吸引回収 除染装置

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（２）

■ 原子炉格納容器内部調査技術の開発

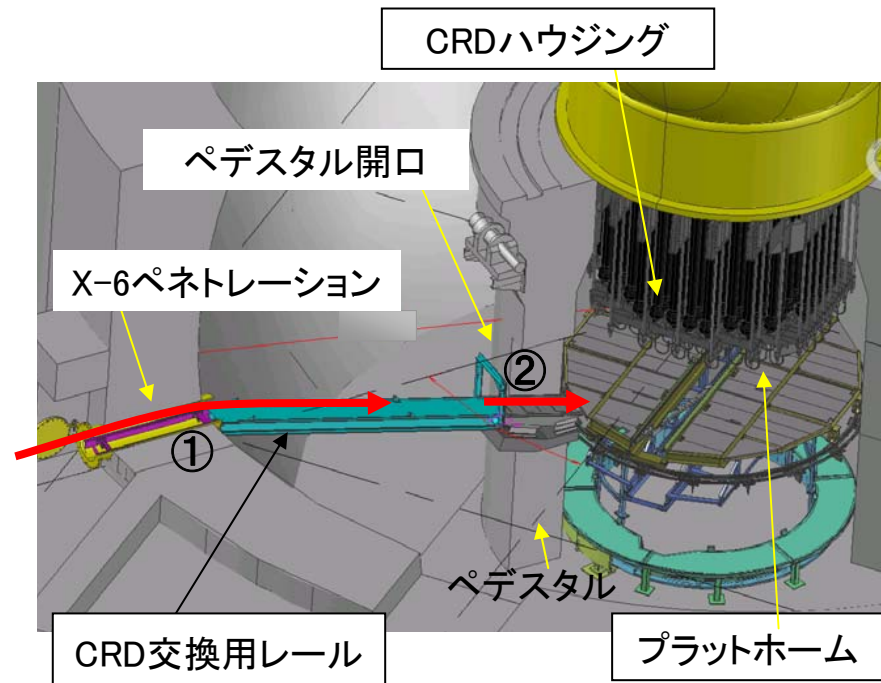
- ・原子炉格納容器内の状態及び燃料デブリの状況把握のため遠隔による調査工法、装置を開発。

（原子炉圧力容器下（ペデスタル）の状況を確認するために、X-6（CRD搬出入口）などからアクセスする装置を開発中。）

■ 課題

- ・高線量環境中での調査装置，アクセス装置の性能確保と小型化の両立
- ・他プロジェクト（燃料デブリ取出し等）に必要なとなる、調査エリア及び調査項目の整理
- ・実証試験による開発機器の性能検証

＜調査対象部位へのアクセスルート例＞



PCV内部のイメージ

＜アクセスルート＞

- ① X-6ペネトレーション進入
/CRD交換用レール上移動
- ② ペデスタル開口から
ペデスタル内に進入

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（3）

■格納容器漏えい箇所特定技術・補修技術の開発

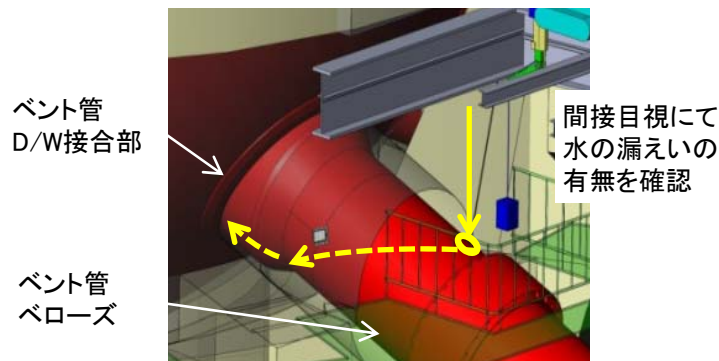
- ・格納容器等の漏えい箇所について、高所、高線量、狭隘、水中等の環境を考慮した調査・補修（止水）工法と装置の開発。

■ 課題

- ・実証試験による開発機器の性能検証
- ・補修要否判断のための計測技術の確立、判定基準の策定
- ・格納容器本体以外（系統側）も考慮したバウンダリの策定

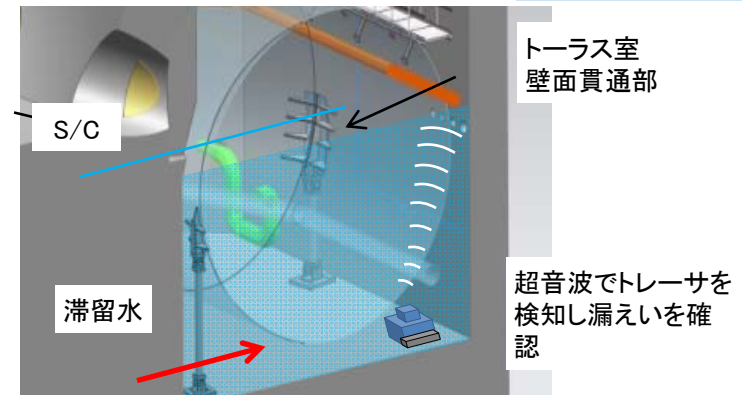
ベント管-D/W接合部

1階床面穴からベント管に吸着して走行し、接合部を確認

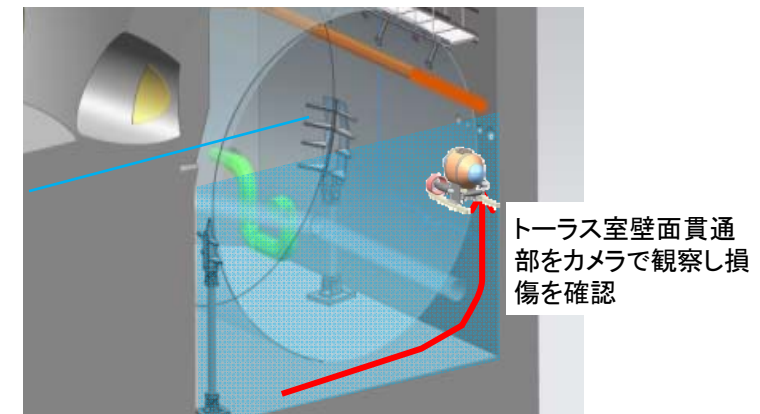


（研究開発 例）

トーラス室壁面



水中を移動し、トーラス室壁面水中貫通部確認



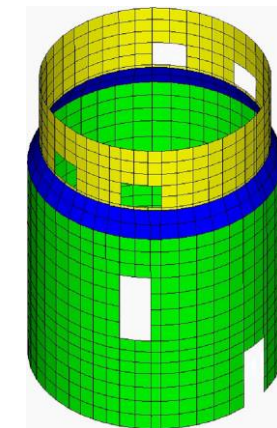
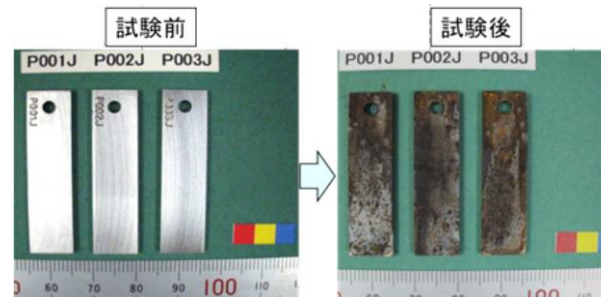
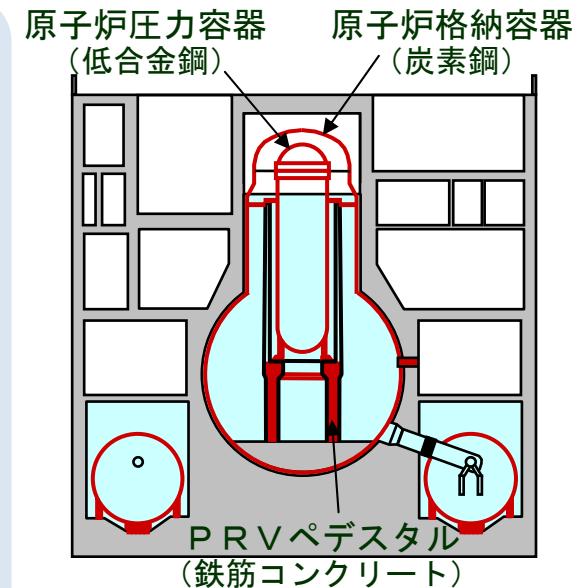
燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（４）

■ 圧力容器／格納容器の健全性評価技術の開発

- ・海水注入に伴う腐食劣化等による構造強度低下を予測
→ デブリ取出しに向け今後想定される様々なプラント状態での機器・構造の健全性および余寿命を評価
- ・腐食抑制等の寿命延伸方策を確立すること
→ 上記評価で裕度の低い機器に対して必要に応じて適用

■ 課題

- ・キーとなる実機パラメータの取得や、実機状態が必ずしも明らかでない中での合理的評価条件の設定
- ・限られた評価時間内での材料劣化データに基づく長期健全性の予測



PRVペデスタル
耐震評価モデル

腐食試験状況と結果の一例（炭素鋼・低合金鋼）

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（５）

■燃料デブリ性状把握・処置技術の開発

- ・燃料デブリ取出しに関する安全確保、取出し装置・保管容器開発等において必要となる、デブリの各種性状情報をあらかじめ推定
- ・取出し後のデブリの最終的な取扱い(End State)の選択の議論に向けた各取扱い方法の検討

■ 課題

- ・ 1F事故に特有の条件の考慮（海水の影響等）
- ・ 1F実デブリサンプリングには時間が掛かる。
 - ・ TMI-2及びこれまでの過酷事故研究
- ⇒ ・ 事故進展解析と化学平衡計算の組合せ
- ・ 模擬デブリの作製とその物性測定等の組合せによる性状推定が必要

【TMI-2で採取された燃料デブリの例】



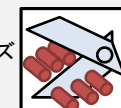
① カuttingツールA
例) エアチゼル
原理: 打撃・衝撃
用途: 塊状デブリの破碎等



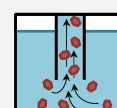
④ 回収ツール
例) スペードバケット
原理: ピック&ブレイス
用途: 小片デブリの回収



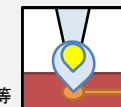
② カuttingツールB
例) ヘビーデューティシヤーズ
原理: せん断
用途: パイプ・薄板の切断等



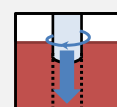
⑤ 吸引システム
例) エアリフト
原理: 吸引
用途: 微粉状デブリの回収



③ カuttingツールC
例) プラズマアークカッター
原理: 溶断
用途: 複雑な構造物の細分化等



⑥ コアボーリング
例) ボーリングシステム
原理: 研削・圧縮
用途: ハードクラストの穴あけ等



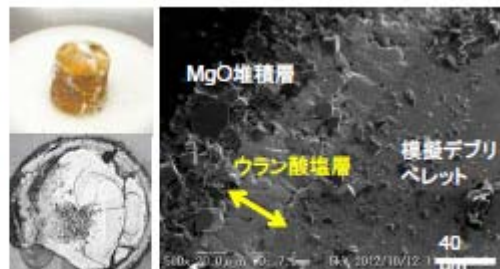
【取出しに用いられるツール類の分類】

試験結果の例

ペレット状模擬デブリを海水塩とともに加熱（空气中・1000℃・12h）

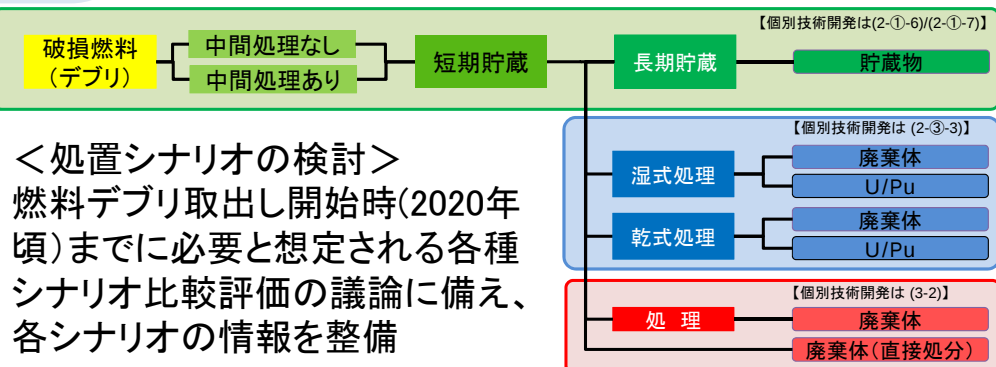


- ・ 表面にMgO堆積
- ・ 空気中ではCaのウラン酸塩層形成



【模擬デブリと海水塩との高温反応試験】

IRID



【処置（処理・処分）に関する選択肢（例）】

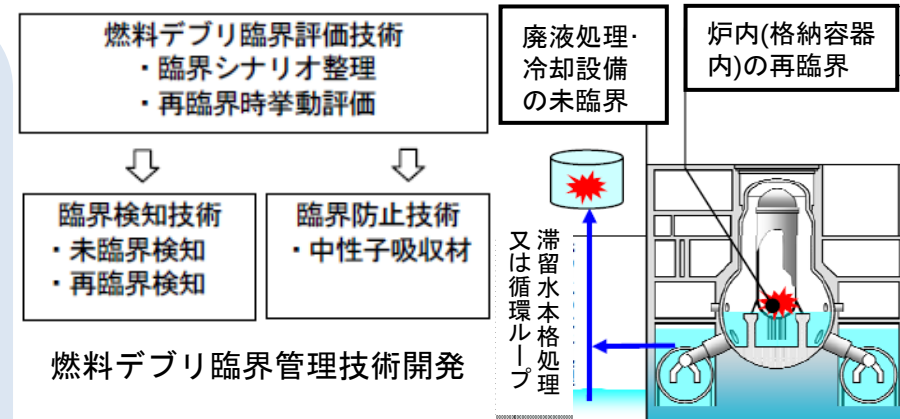
燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（6）

■ 燃料デブリの臨界管理技術の開発

燃料デブリの取り出し作業等の未臨界評価、ならびにモニタリング技術および再臨界防止技術（中性子吸収材等）等の臨界管理技術を開発する。

■ 課題

- ・ 臨界管理検討に必要なデータ要求と、最新情報の適宜反映による評価の精緻化
- ・ 作業時のモニタリング方法や、臨界時に必要となるほう酸量等、現場に対する臨界管理手法の提案
- ・ シナリオに基づいた臨界可能性の評価、合理的な臨界評価のための判定基準策定
- ・ 燃料デブリ取り出し、収納等の工法・設計に応じた臨界管理手法の設定



臨界検知技術の対象

中性子吸収材の検討例	
溶解性	五ほう酸ナトリウム等
非溶解性	吸収材：ほうけい酸ガラス、B4C/SUS焼結体、ガドリニア等 バインダ：スラリー、ゲル、セメント、水ガラス等 右：バインダ例

バインダ：燃料デブリに吸収材を吸着させる媒体

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（7）

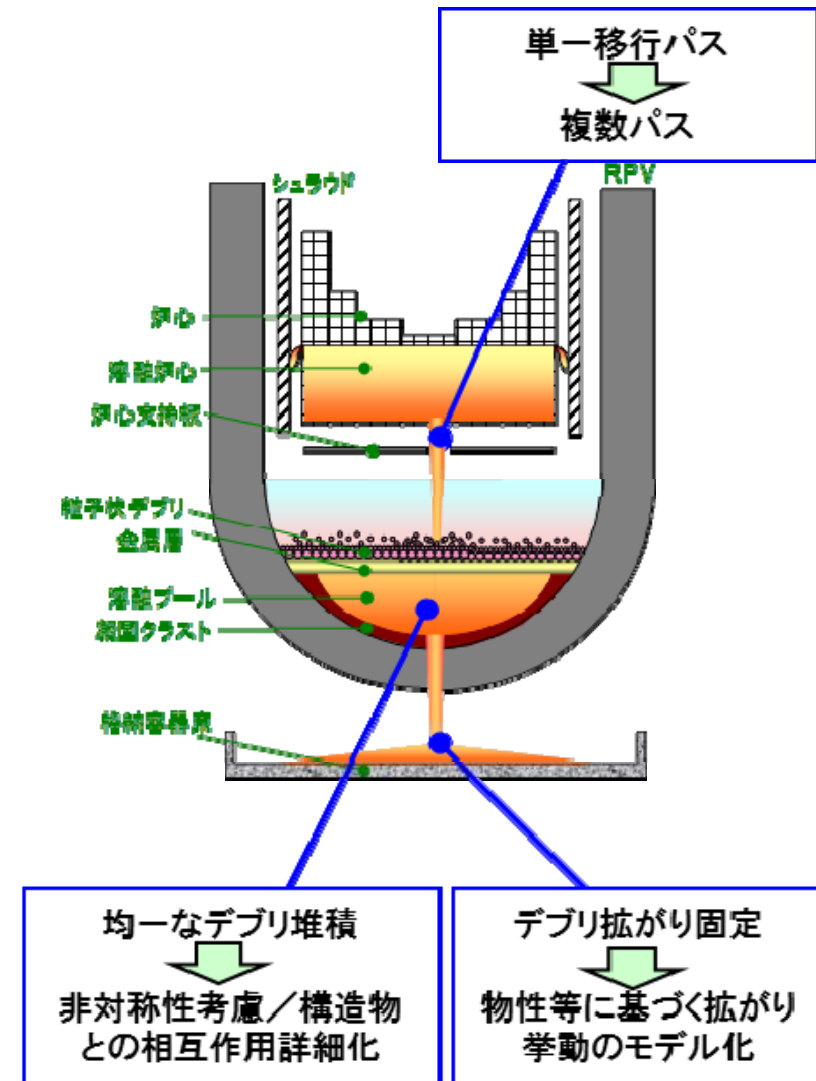
■過酷事故解析コードを活用した炉内状況把握

- 現行の過酷事故解析コードによる事故進展解析を行い、実機パラメータとの比較やPIRTに基づき、コード改良項目を抽出し、事故進展解析コードの改良項目の高度化を行い、高度化した解析コードによる解析を活用し炉内状況を推定・把握する。

■課題

- モデル精度の向上
- PIRT作成過程での原子力学会との連携における議論やOECD／NEAのワークショップ等において、国内外専門家との議論には若手も参加し、技術力向上に寄与した。このような機会を継続して行っていくことが今後の人材育成に必要である。

注)PIRT(Phenomena Identification and Ranking Table)



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（８）

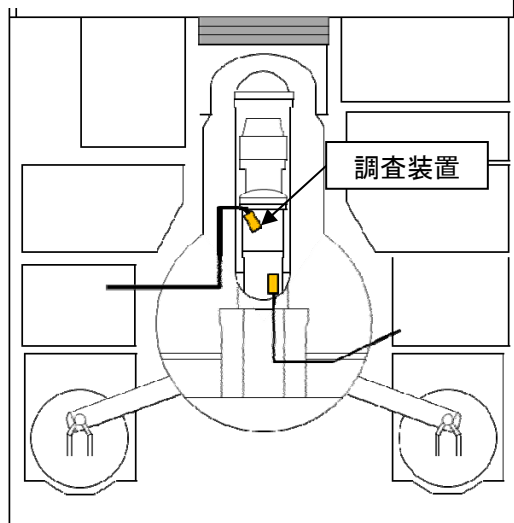
■圧力容器内部調査技術の開発

- ・圧力容器(RPV)内の燃料デブリ取り出しに先立ち、RPV内部の状況把握(圧力、温度、線量、炉内機器の損傷状態、燃料デブリの位置等)及び燃料デブリのサンプリングを可能にする技術を開発。

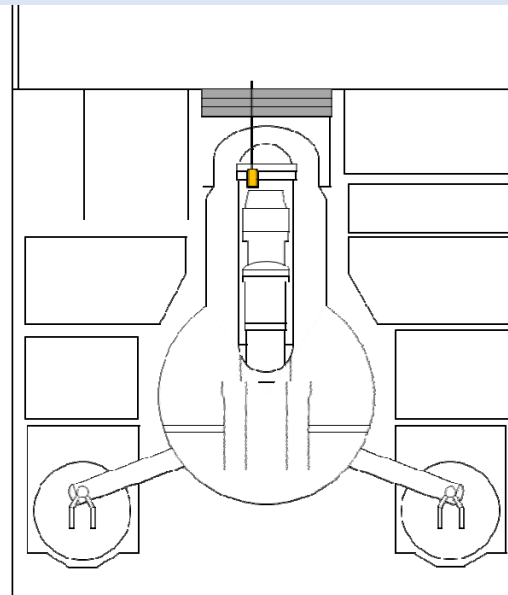
■課題

- ・調査目的、現場環境(線量、設備損傷等)を考慮したRPV内部へのアクセス技術の開発
- ・過酷環境(高線量、高湿度等)と想定されるRPV内部で使用可能な調査技術の開発

<アクセス方法の検討例>

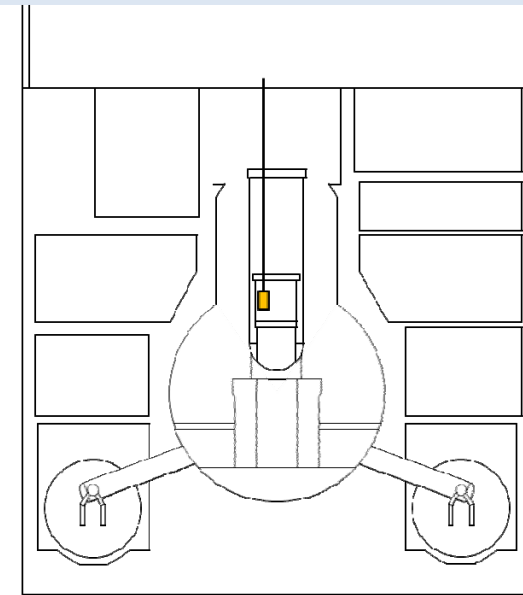


配管を経由してアクセス
する方法の例



穴を開けてアクセス
する方法の例

©Interr



原子炉開放後にアクセス
する方法の例

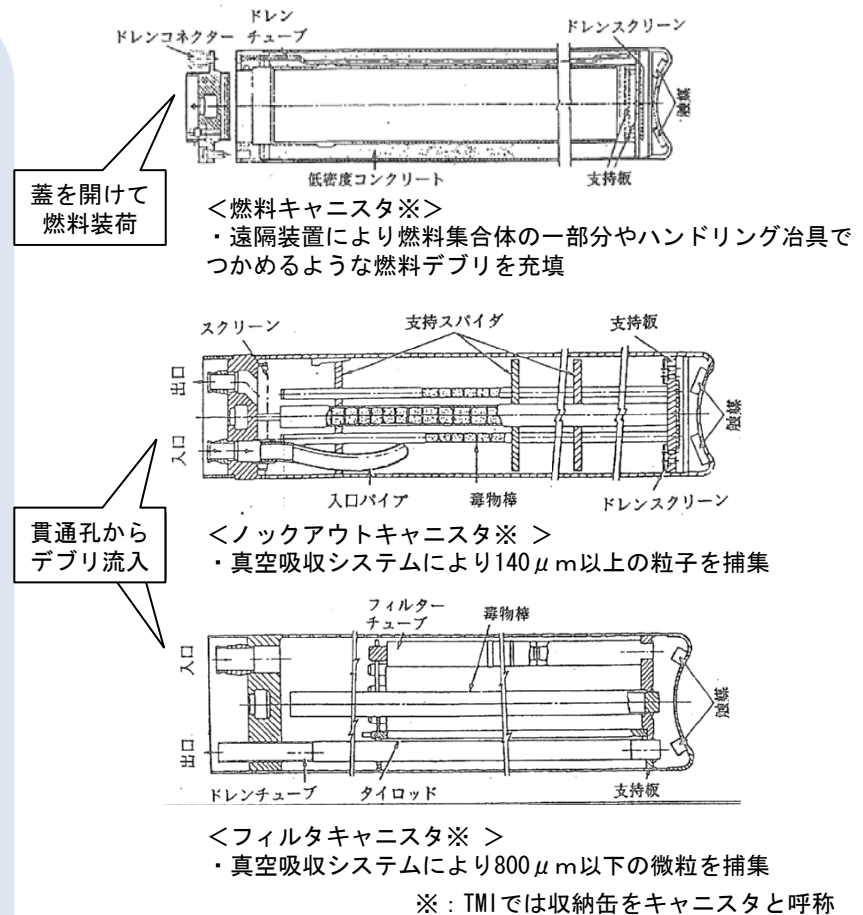
燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発と課題（9）

■燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発

- ・破損燃料移送・保管に係る調査
破損燃料（漏えい燃料含む）の移送・保管実績調査（北米（TMI-2）、欧州（Paks））
- ・燃料デブリの保管システムの検討
使用済燃料の保管実績調査（コンクリートキャスク方式（横型サイロ含む）、ボルト方式）
- ・課題の抽出と全体計画立案

■課題

- ・1F燃料デブリ固有の条件（高線量の作業環境、炉内への海水導入）を踏まえ、移送・保管に適用できる収納缶仕様、収納缶取扱技術開発に必要となる、技術課題の抽出。
- ・開発に必要となるインターフェイス情報（デブリ性状把握PJ、取出工法PJ等）と必要時期の整理。
- ・収納缶開発計画への反映。



燃料・燃料デブリの形状により複数の収納缶を使用しているが、その外寸は同じで、収納する輸送容器は共通

図 炉内デブリ用収納缶（TMIの例）

3. 燃料デブリ取り出し準備の本格化に向けた 多角的・重層的な工法・機器の開発(2) - 代替工法 -

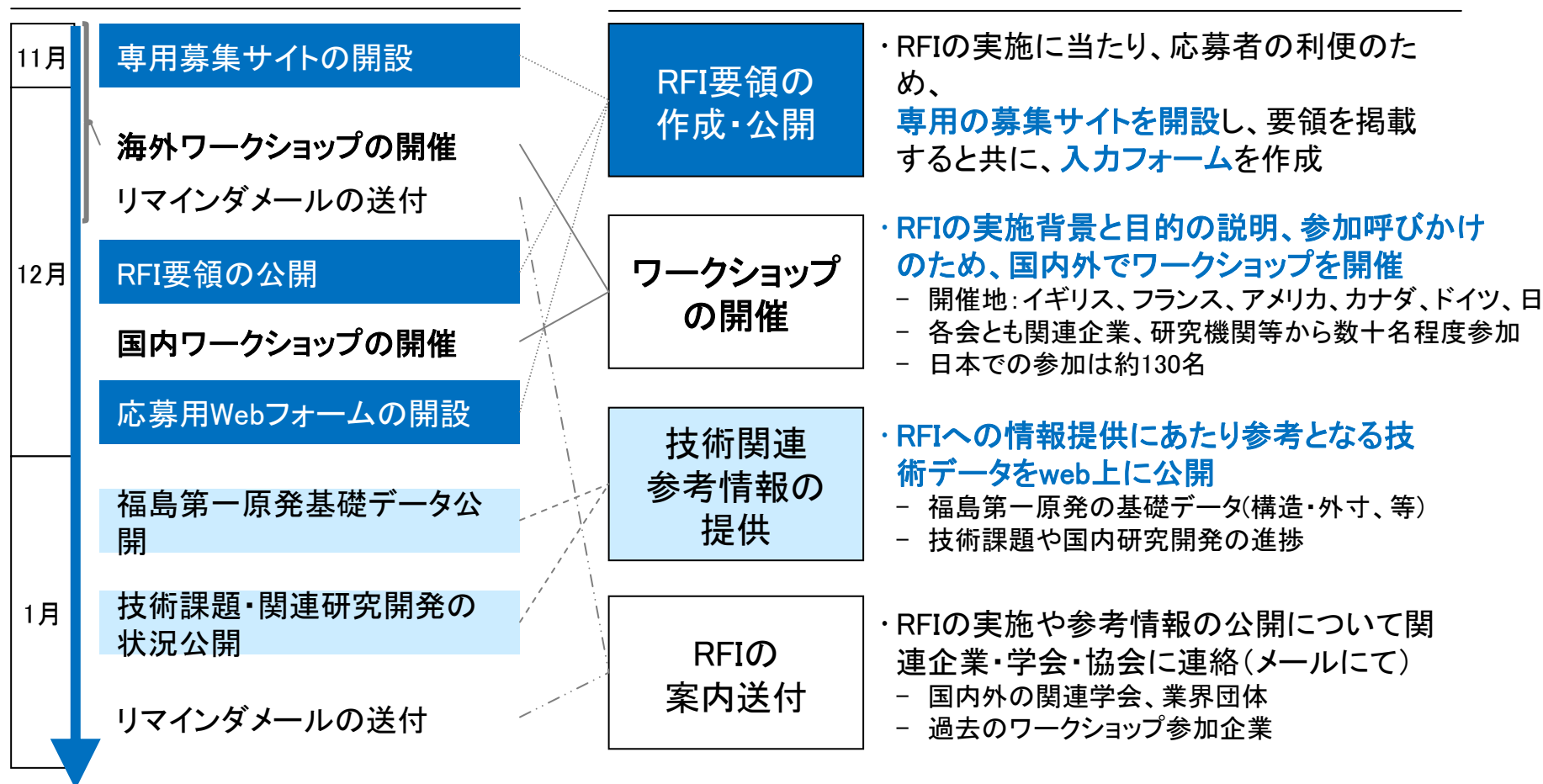
(2)燃料デブリの状況把握と取出し準備の加速化に向けた代替工法・技術の情報提供依頼

- ・ 中長期ロードマップにおいて冠水方式以外の代替工法について検討を行う方針が明記されていることを踏まえ、燃料デブリの位置・状況を把握するための調査及びその取り出し作業に係る工法、必要となる技術のフィージビリティ研究（F／S）の実施（26年度以降）を念頭に置き、海外研究機関・企業など関係機関から広く事前の情報提供依頼（R F I）を行う取り組みを開始。
- ・ 収集した情報は、今後行われる概念検討（C／S）や、技術的なフィージビリティ調査（F／S）に活用される。
- ・ 本 R F I が世界各国の関係者との協働と連携の機会となることも期待。

RFI 要領の公開と募集活動の経緯

RFI 要領の公開・募集活動

活動内容の概要



R F I の内容

トピック A: PCV/RPV内部調査

A-1: 工法の概念検討

(以下、例)

- ① カメラ等の調査装置の内部への挿入方法
 - a. 配管/ペネトレーション等の既存の貫通孔の活用
 - b. 新たな貫通孔の穿孔
 - c. 作業員の被ばく低減の観点から考えた、貫通部の遮蔽方法及び機器操作方法
- ② 外部からの測定による燃料デブリ位置の推定方法等

A-2: 必要とされる技術

(以下、例)

- ① 高度計測技術 (カメラ、線量計、温度計等)
 - a. 高性能光学機器 (カメラ等)、その他の計測技術 (超音波、レーザー等)
 - b. 計測機の制御技術、情報伝送技術
- ② 炉内にある物質が燃料デブリか否かを判別するための技術

トピック B: 燃料デブリ取り出し

B-1: 工法の概念検討

(以下、例)

- ① PCV 上面から燃料デブリへ水中でアクセス
- ② PCV 上面から燃料デブリへ気中*1でアクセス
- ③ PCV 側面から燃料デブリへ気中*1でアクセス
- ④ PCV 下面から燃料デブリへ気中*1でアクセス

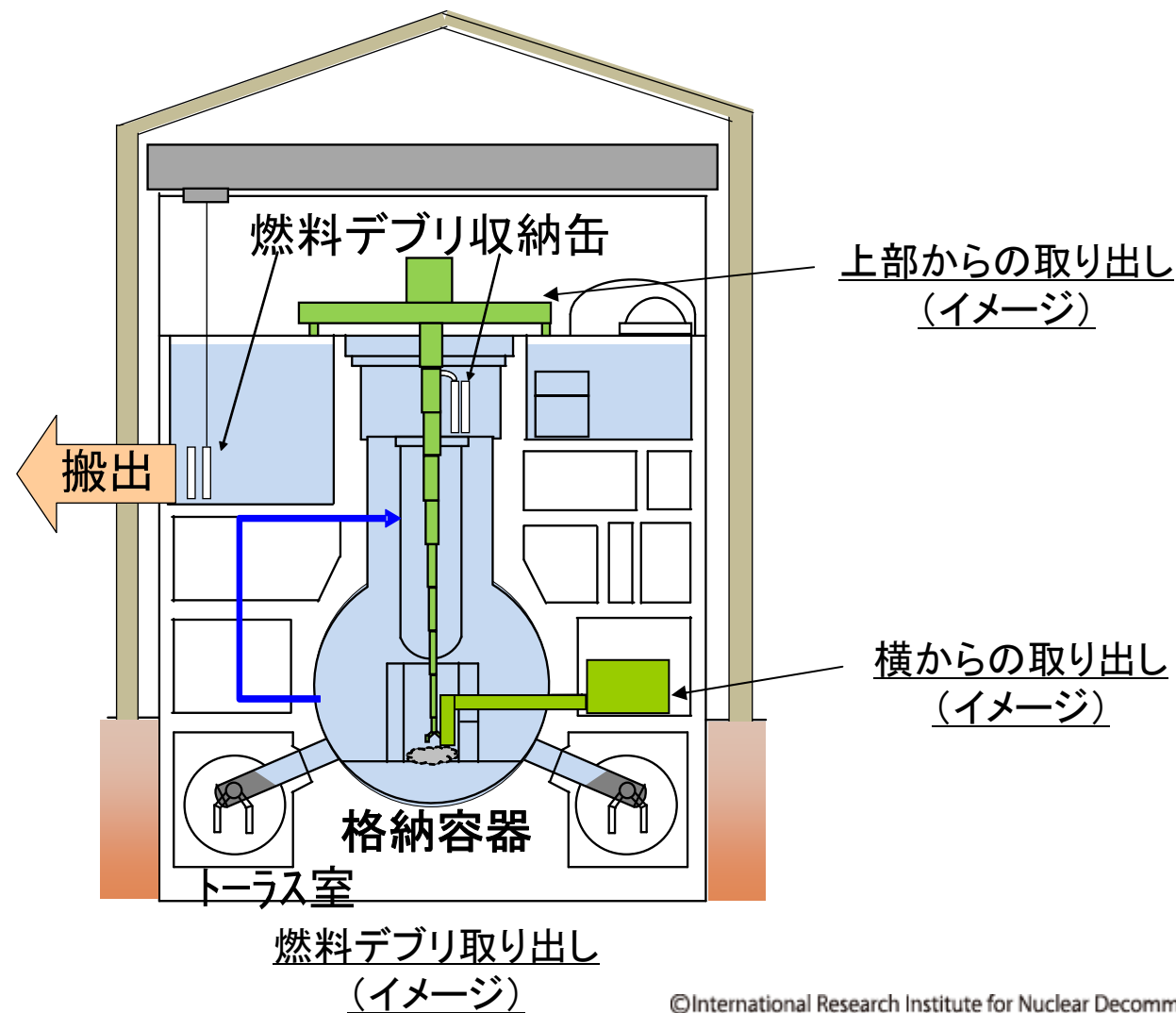
*1 部分的冠水を含む

B-2: 必要とされる技術

(以下、例)

- ① 燃料デブリ取り出しに関する技術 (切り出し、吸引)
- ② 長い距離でも制御能力に優れる遠隔操作型のマニピュレーター等の機器・装置
- ③ 高線量の燃料デブリからの遮蔽技術
- ④ 高放射線環境下で作動する装置・設備
- ⑤ 横からまたは下部からのアクセスを実現するために建屋コンクリート、PCVの穴を開けるための機器・装置
- ⑥ PCV/RPV中での取り出し前に燃料デブリを安定保管する技術

例) 燃料デブリ取り出し作業 (上部, 横)

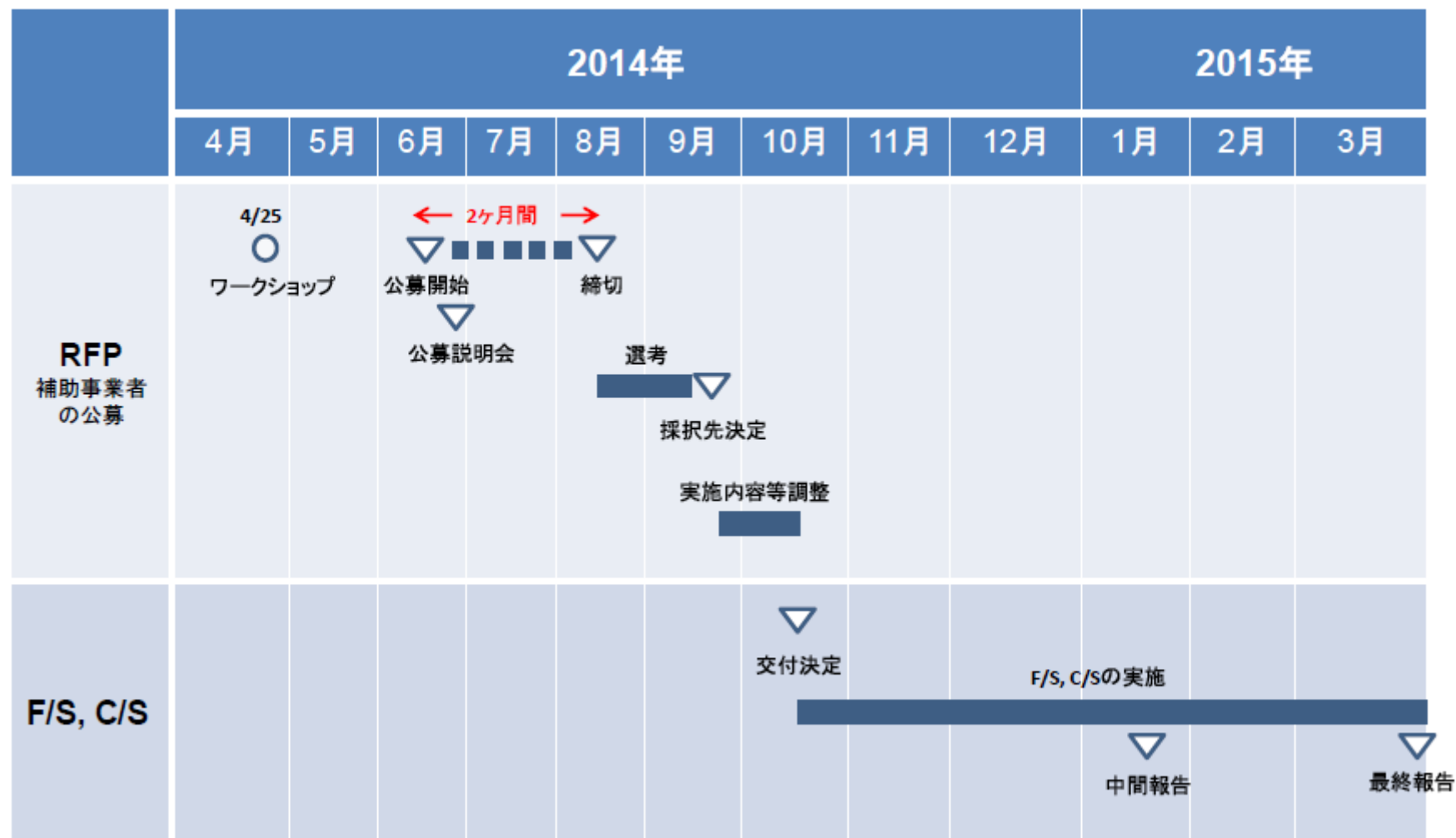


RFIの結果

およそ6割の情報が日本国内から、4割の情報が海外から寄せられた。

			国別内訳							
	RFIの募集分野	合計	日	米	英	独	仏	ベルギー	加	露
PCV/RPV内部調査 トピックA	A-1:工法の概念 検討	33	20	7	3	-	2	-	1	-
	A-2:必要とされる 技術	58	32	6	10	6	2	2	-	-
燃料デブリ取り出し トピックB	B-1:工法の概念 検討	43	23	8	3	2	5	-	1	1
	B-2:必要とされる 技術	60	41	7	3	4	2	2	-	1
合計(情報件数)		194	116	28	19	12	11	4	2	2

参考：今後の想定スケジュール



* 「廃炉・汚染水対策事業スキームとRFPの予定」（廃炉・汚染水対策事務局の三菱総合研究所作成資料より抜粋）

4. 放射性廃棄物処理・処分、廃炉の在り方を見据えた研究開発の着実な推進

- サイトでサンプリングしたガレキ、伐採木および汚染水等の試料の放射性核種分析を実施。これらの核種分析結果を基に廃棄物のインベントリ評価を実施中。
- 今後、さらなる分析データの拡充、評価を実施。また、汚染水処理に伴い発生する廃ゼオライト吸着塔は、保管状態での塩濃度においては、健全性を保つ見通しを確認済み。

<主な取組み>

- ー 固体廃棄物の処理・処分における安全性の見通しを得るために、保管管理、性状把握、廃棄体化处理技術、並びに処分技術等の必要な研究開発を継続する。
- ー 平成26年度より、廃止措置の安全確保の考え方について、広く国内外における情報を収集・整理し、廃止措置シナリオを検討・立案を実施する。
- ー 廃止措置の進展を踏まえ、比較的风险が高く速やかに対策を講じることが求められる対象については、適宜、中長期ロードマップに定めた研究開発計画との関連並びに優先度等を考慮の上、柔軟に研究開発を進める。

※ 例えば、汚染水対策が進むにつれて発生量の増加が見込まれるALPSの鉄共沈スラリー、炭酸塩沈殿スラリーなどの水分を多く含む廃棄物等については、早急に安定化に向けた取り組みを進める。

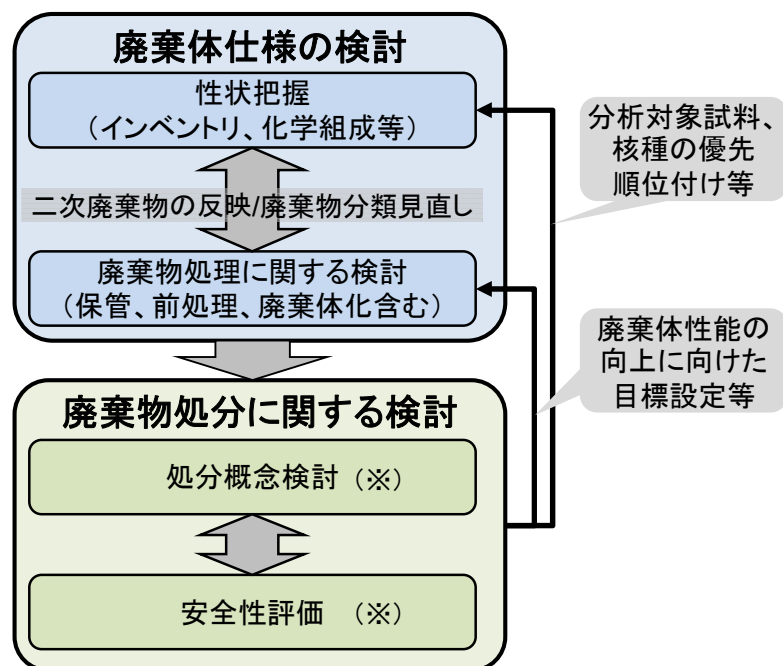
放射性廃棄物の処理・処分に係る研究開発と課題

■放射性廃棄物の処理・処分技術の開発

放射性物質で汚染された物質に関して、性状把握、廃棄物処理に関する検討(長期保管を含む)、廃棄物処分にに関する検討等を行い、処理・処分にに関する安全性の見通しを得る。

■課題

- ・破損した燃料に由来した放射性核種の付着、海水成分の含有等、従来の原子力発電所で発生していた廃棄物と異なる特徴を持ち、事故により発生した放射性廃棄物には、国内で処理・処分を行った実績がほとんどないものも含まれる。



＜現場での試料採取＞

ガレキ



伐採木



＜廃棄物の固化技術の開発＞



ジオポリマー

主にAlとSiで構成されるアモルファス状の無機系材料

- 特徴
- ・金属イオンの閉じ込め性が高い
 - ・耐熱性がある

まとめ

1. **IRID**は、中長期ロードマップに従い、国内外の叡智を結集して研究開発に取り組むための一元的な運営組織として、平成25年8月に設立
2. **研究開発**については、以下の3つの分野で、複数の研究開発プロジェクトを一層効果的・効率的に推進すべく一元的管理を行うとともに、現場ニーズと技術シーズの最適化を図りながら廃炉に向けて必要となる技術の全体戦略も検討
 - ① 使用済燃料プールからの燃料取り出し
 - ② 燃料デブリ取り出し準備
 - ③ 放射性廃棄物の処理・処分
3. **国内外の叡智結集**のため、「国際顧問」「技術委員会」「国際エキスパートグループ」を通じて経験豊富な海外・国内の専門家の助言を得る体制の確立、IAEAレビューミッションへの対応、OECD/NEAを通じた共同研究プロジェクトへの参画検討等を推進。また、汚染水対策及び燃料デブリ取出し代替工法について、国内外に技術情報提供依頼(RFI)を実施
4. **中長期的な人材育成**を視野に入れて、研究機関・大学等と連携して基盤研究を進める体制を構築すべくワークショップを開催