



廃炉研究開発 10年の軌跡

廃炉研究開発 10年の軌跡

IRID
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

発刊のご挨拶

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(以下、IRIDという)は、2013年8月、原子力発電所の廃炉に関する試験研究、技術水準の向上及び実用化をはかる事業を行うことを目的に、技術研究組合法に基づく非営利公益法人として設立した。設立時の組合員は、日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所、電力9社、電源開発、日本原子力発電、日本原燃、東芝、日立GEニュークリア・エナジー、三菱重工業の17法人であり、その後、2014年にアトックスが、2022年に東双みらいテクノロジーが加盟して、現在19法人となっている。

設立当初は、福島第一原子力発電所(以下、1Fという)の現場が汚染水対応等で混乱していたこともあり、技術開発の方針等が明確になっておらず、IRIDは関係者と調整しながら手探り状態で研究開発を進めてきた。その後、現場も落ち着いて、技術開発戦略や中長期計画が体系的に整理されて、現在は政府の「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(以下、中長期ロードマップという)並びに原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)の「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン」及び「研究開発中長期計画」に基づき、現場作業を担う東京電力ホールディングス(株)のニーズを踏まえながら、廃炉作業に必要な技術の研究開発に取り組んでいる。

事故で損傷した1F原子炉近傍は、高い放射線の影響により人が近づけない過酷な環境下になってしまった。この環境下でも廃炉作業を安全かつ着実に進めるために、私たちIRIDの使命は、世界的にも前例のないこの廃炉作業に必要な技術開発に対して、勇気と叡智を持ってチャレンジしていくことと認識している。

これまでに、様々なロボットを用いた原子炉格納容器の内部調査技術や、宇宙線で燃料デブリの位置を把握する技術等を通して、原子炉内の状況を明らかにするなど現場状況の把握や廃炉作業にIRIDの研究開発成果が活用されてきた。そして、現在も原子炉内部の更なる詳細調査や燃料デブリ取り出しに必要な技術等の研究開発を進めている。また、燃料デブリ取り出しの開始は、政府の中長期ロードマップが第3段階に入る節目となるプロジェクトだ。燃料デブリ取り出し技術開発はこれまでの研究開発の総決算であるとともに、JAXAのはやぶさプロジェクトに匹敵する技術的困難さがあると考えている。

IRIDでは、未経験で困難な廃炉に係る研究開発をメーカー間の垣根を超えて進めるため、内部レビュー等の研究開発マネジメントにも取り組んできた。例え

ば、内部レビューでは、研究開発の達成度に応じて、ゲートを設けて、開発担当メーカー以外の研究者や有識者も参加して、それまでの成果をレビューして、次のステップに進むかどうかを判断する仕組みとなっている。この運用により、緊張感をもって開発に取り組むとともにメーカー間の横の連携や情報共有が図られた。そして、IRIDに係る開発担当者すべてにIRIDの名刺を持たせることで、IRIDの一員としての仲間意識が所属組織を超えて共有できたのではないだろうか。

IRIDは、主な廃炉に係る研究開発が完了する10年後を存続期限としていた。そのため、解散・存続など様々な検討を行ってきた。しかし、試験的燃料デブリ取り出しがコロナ禍及びその後のロボットアームの改良やPCV接続部の隔離部屋の安全対策強化によって、満10年となる2023年7月末までに終わらないことが明らかになり、定款上の存続期限を廃止することとした。その一方で、2023年度以降IRIDは新たなプロジェクトに着手しないこととした。このことから、1F廃炉に係る研究開発は新たな体制に移行していくこととなる。このような経緯を踏まえ、IRID設立10年目の節目の機会に私共の10年間の歩みを冊子としてまとめることとした。

今後も1F廃炉に係る技術開発は継続していく。この冊子が、私共IRIDのこれまでの活動と研究開発成果について国民や関係者等の理解に役立つとともに、次の廃炉研究開発体制を担う方々の活動の参考として頂ければ幸いである。

最後に、福島復興と廃炉の進捗は車の両輪である。

私たち技術者が、廃炉に貢献することで、一日も早い福島復興が実現されることを祈念する。



2023年7月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

理事長 山内 豊明

IRIDによる10年の取組を振り返る

2023年3月で、福島第一原子力発電所事故発生から12年を迎える。2013年の8月に設立されて以降の約10年に亘るIRIDの活動の意義は、事故後に進められてきた国を挙げた連携体制の展開や進化の推移に沿って理解できる。

2011年暮れの冷温停止以降、1F事故後対応は、政府・東電中長期対策会議やそれに続き設置された東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議によって主導されてきたが、2013年の夏前頃から汚染水対応での混乱が大きな社会問題となり、政府はその年の9月に、廃炉・汚染水対策関係閣僚会議と廃炉汚染水対策チームを設置して、東電への指導体制を強化した。この流れと並行して、国内外の叢智を集めて廃炉の効率的な技術開発を実現するために、民間組織が連携して設立したのが、技術研究組合のIRIDである。その一年後に原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)による廃炉支援業務が開始され、以降、①政府による強い主導、②NDFによる東電への指導や助言、③廃炉の責任主体である東電の廃炉事業の執行、の3つが強く連携した体制の下で廃炉事業が進められてきた。IRIDは、関係する技術組織が連携して統合的な技術開発を進める事で、民間側のイニシャチブにより技術面で貢献してきたと言える。

IRIDの技術的活動は、ここ10年の間に政府・東電の廃炉事業推進体制が成熟していく過程において、徐々に性格や内容を変えて来た。当初は、汚染水対応等の緊急的対応で混乱し技術的な戦略も十分には定まっておらず、事故炉の状況がほとんど分かっていない状況であり、試行的な取組から始めざるを得なかった。原子力機構によって燃料デブリや放射性廃棄物等の特性調査研究が進められ、廃炉事業の基となる情報が着実に固められていった一方で、当初に想定された格納容器止水や除染技術開発においては技術戦略を見直す必要も生じた。事故炉の内部の点検技術については、メーカー各社の提案に基づいて開発が進められて、事故炉の状況に関わる貴重な情報を獲得してきた。

NDFの発足以降、技術戦略が徐々に体系的に整理され、東電が2014年に廃炉推進カンパニーを設立し2018年にはプロジェクト管理型組織に移行したのと並行して、IRIDの研究開発も徐々に進化していった。設立当初は、東電が、福島第一現場からのニーズや装置への機能要求を、IRIDに明確に提示出来ない状況にあった事を否めないが、2015年から技術レビューであるIDRが開始され、東電の考え方や現場有識者の意見を率直に取り入れる活動が強化された。

IRIDの挙げた技術成果について振り返りたい。まず、原子力機構により行われた事故過程の分析や燃料デブリ性状の調査は、長期的な廃炉事業において不可欠の成果となった。放射性廃棄物管理(性状把握・保管・処理処分等)

の研究開発は、今後も継続的に積み上げていくべき重要な開発である。原子炉回りでの難度の高い課題としては、炉内状況の詳細な把握、燃料デブリ取り出しと保管に関わる装置や工法の開発が挙げられる。炉内調査用の遠隔装置の開発と現場への実装、燃料デブリの取り出しの気中工法の開発、臨界安全評価や燃料デブリ保管容器の開発など、今後の実用エンジニアリングに反映されていく成果も多い。

IRIDは、東電や政府が、多数の関係機関の活動を包括的にマネージする体制が整っていなかった時代において、企業や研究機関が自主的に連携して、広範囲に亘る廃炉開発課題をカバーする役割を果たした事が重要であった。また、多様な技術課題に対処できる人材や能力が集まった機関であったことも大きい。

一方で、反省もある。本来、廃炉のための特殊な工法や装置は、それが如何に物理的機能において優れていても、実際の現場で実現可能でなければ意味をなさないが、工法や装置を現場で実現する上での制約条件や機能要求等を、東電が十分に示せない状況が暫く続いたために、IRIDでは、提案ベースかつ機能重視の技術開発を進める事になった。また、組合員を横断した共通の開発に踏み込むまでには至らなかった事も否めない。しかし、これらは、事故後対応に十分な準備が出来ていなかった我が国が、急ぎ総力を挙げる体制を作る過程で生じたものであり、むしろ今後の教訓として生かされるものである。「雨降って地固まる」の「雨降り」の時代に多大な貢献をしたのが、IRIDであったのではないか。

福島第一の廃炉は、事故後12年において、新しい段階に進みつつある。東電が自らのエンジニアリング体制を強化してきた事、原子炉内部の理解が進み燃料デブリの取り出しの現実的工法を選定する段階に進む事、IRIDの成果を含めて様々な要素技術や情報が整備されてきた事、等の観点からである。今後は、東電による自らのエンジニアリングと取得管理が徐々に強化され、「オーナーズエンジニアリングと現場目線」の立場から、東電が主体的に開発に取り組んでいく時代に入る。研究機関や企業には、その新しい仕組みの中での個々の役割を生かした貢献が期待される。

そのためには、東電が自らを強化すると共に、政府の政策面での主導とNDFの直接的間接的な指導や協力が、益々必要になるであろう。この段階に至るまでのIRIDの果たした役割は大きく、この10年においてIRIDの運営に関わってこられた関係者の皆さんに、心から感謝を申し上げたい。

2023年7月

原子力損害賠償・廃炉等支援機構 理事長

山名 元

(技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 初代理事長)

目次

| | |
|---|----|
| 発刊のご挨拶 | 2 |
| 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 理事長 山内 豊明 | |
| 祝辞 | 4 |
| IRIDによる10年の取組を振り返る 原子力損害賠償・廃炉等支援機構 理事長 山名 元 | |
| IRID設立の経緯・行動理念・組織編成 | 8 |
| 廃炉研究開発の記録 | |
| IRID技術開発の軌跡 | 12 |
| 原子炉建屋に関する用語の解説 | 14 |
| Part 1：使用済燃料管理 | 15 |
| 第1章：取り出した燃料の長期保管時の健全性を評価する | 15 |
| Part 2：除染・線量低減 | 18 |
| 第2章：原子炉建屋内を遠隔操作装置により除染する | 18 |
| Part 3：炉内調査・解析 | 21 |
| 第3章：宇宙線ミュオンで原子炉内部を探る | 21 |
| 第4章：S/C等の放射性物質の堆積状況を推定する | 24 |
| 第5章：RPV・PCVの内部状況を推定する | 27 |
| 第6章：燃料デブリの性状を把握する | 32 |
| 第7章：燃料デブリ取り出しに向けてPCV内部を調査する | 39 |
| 第8章：燃料デブリ取り出しに向けてRPV内部を調査する | 49 |
| 第9章：PCV・RPVの健全性を評価するとともに、 腐食抑制技術を開発する | 54 |
| Part 4：格納容器補修・水循環システム | 59 |
| 第10章：原子炉格納容器からの水の漏えい箇所を補修する | 59 |
| 第11章：D/W・S/Cに構築した取水構造を検証する | 67 |
| Part 5：燃料デブリ取り出し | 70 |
| 第12章：燃料デブリを試験的に採取・取り出し、 その後規模を拡大していく | 70 |
| 第13章：燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術を開発する | 75 |

| | |
|---|-----|
| 第14章：臨界を防止し、異常を早期検知・抑制する | 90 |
| 第15章：燃料デブリを長期間安全に保管する 収納・移送・保管用の収納缶を開発する | 97 |
| Part 6：固体廃棄物処理・処分 | 105 |
| 第16章：廃棄物を安全に管理・処分する | 105 |

国内外の関連機関との連携

| | |
|---------------|-----|
| 国際機関との協力・関係強化 | 114 |
| 国際会議への参加 | 115 |
| 国際顧問会議を開催 | 116 |

研究開発を通じた人材育成

| | |
|----------------|-----|
| IRIDシンポジウム | 118 |
| 各種イベントへの参加 | 120 |
| 大学・研究機関等への情報発信 | 121 |

資料編

| | |
|----------------------------|-----|
| 組織概要・歴代理事長・事業費の推移 | 124 |
| 中長期ロードマップの概要・IRIDの研究開発スコープ | 125 |
| 【研究開発】写真で見るIRIDの歴史 | 126 |
| 主な研究成果の発表・公表一覧 | 128 |
| 共同研究・委託研究一覧 | 160 |
| 海外との関連技術交流一覧 | 166 |

| | |
|------|-----|
| あとがき | 173 |
|------|-----|

IRIDの10年間と未来に向けて
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
副理事長 新井 民夫

IRID

IRID設立の経緯・行動理念・組織編成

設立の経緯

2011年3月に福島第一原子力発電所の事故が発生して4カ月が経った同年7月、福島第一原子力発電所の中長期対策の最初の答申が出された。その際、国としてこの廃炉に専任的に当たる組織が必要であるとの意見が専門家等から出され、原子力委員会に取り上げられた。

この流れを受け、2013年3月の東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議において具体的新組織設立の表明がなされた。また、同年6月の廃炉対策推進会議において改訂された中長期ロードマップ*のポイントの一つとして「国際的な叢智を結集する体制の本格整備」が取り上げられ、具体的な実施事項に、「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」と「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」の2つが挙げられた。

その後、設立準備の会議体を立ち上げて検討が進められた結果、同年7月下旬、経済産業省に技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (International Research Institute for Nuclear Decommissioning: 略称IRID) の設立認可申請を行い、8月1日に同省大臣から認可を受けた。同年8月8日に第一回の総会を開催し、国内外の叢智を結集して研究を行うための一元的な組織として活動を開始することとなった。

*「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」

行動理念

IRIDの目的は、原子力発電所の廃炉に関する試験研究、その他組合員の技術水準の向上及び実用化を図るための事業を行うこととし、当面の緊急課題である福島第一原子力発電所の廃炉作業に必要な技

術の研究開発を進めるにあたっては、政府及び廃炉戦略の立案・研究開発プランを策定する原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)、そして現場作業を担う東京電力ホールディングス(株)と密接に連携しながら、さまざまな廃炉技術開発について一元的なマネジメントで取り組むこととした。また、基本理念として、「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」ことを掲げた。

さらに、具体的な行動理念として以下の4つを掲げている。

- ①極めて難しい多くの技術課題に直面している中、早期に現場に適用できる最良の技術・システムを開発・提案するための統合的なマネジメントを進めながら、効果的・効率的に研究開発に取り組む。
- ②組合員はもとより関係機関との協働を進め、国内外の叢智を結集することにより、最善の研究開発体制を構築する。
- ③大学・研究機関との連携等を含め、廃炉や関連技術の分野で次世代を担う人材の育成・確保を図るための取り組みを積極的に推進する。
- ④福島をはじめとする国民の皆様や国際社会からの理解・安心を得るために、研究開発活動・成果に対する情報の発信・公開に努める。
- ⑤これらの研究開発活動を通して、国際的な研究拠点(センター・オブ・エクセレンス)を形成し、廃炉、福島復興の加速化、国際社会における技術力の向上に貢献する。

組織編成

IRIDは、技術研究組合法に基づき設立された組織で、総会や理事会等の設置が義務づけられている。技術研究組合とは、産業活動において利用される技術について、組合員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)のことである。IRID

が組織化の検討にあたって、「技術研究組合」を選択したのは、迅速に組織化できることに加え、法人格を有すること、組織運営の透明性・柔軟性などのメリットを勘案したためである。

IRIDは、福島第一原子力発電所の事故以降、その廃炉作業に中心的に関わっている17法人でスタートしたが、2014年5月には(株)アトックスが、2022年11月には東双みらいテクノロジー(株)が新たに組合員に加わった。その結果、以下のような構成となった。

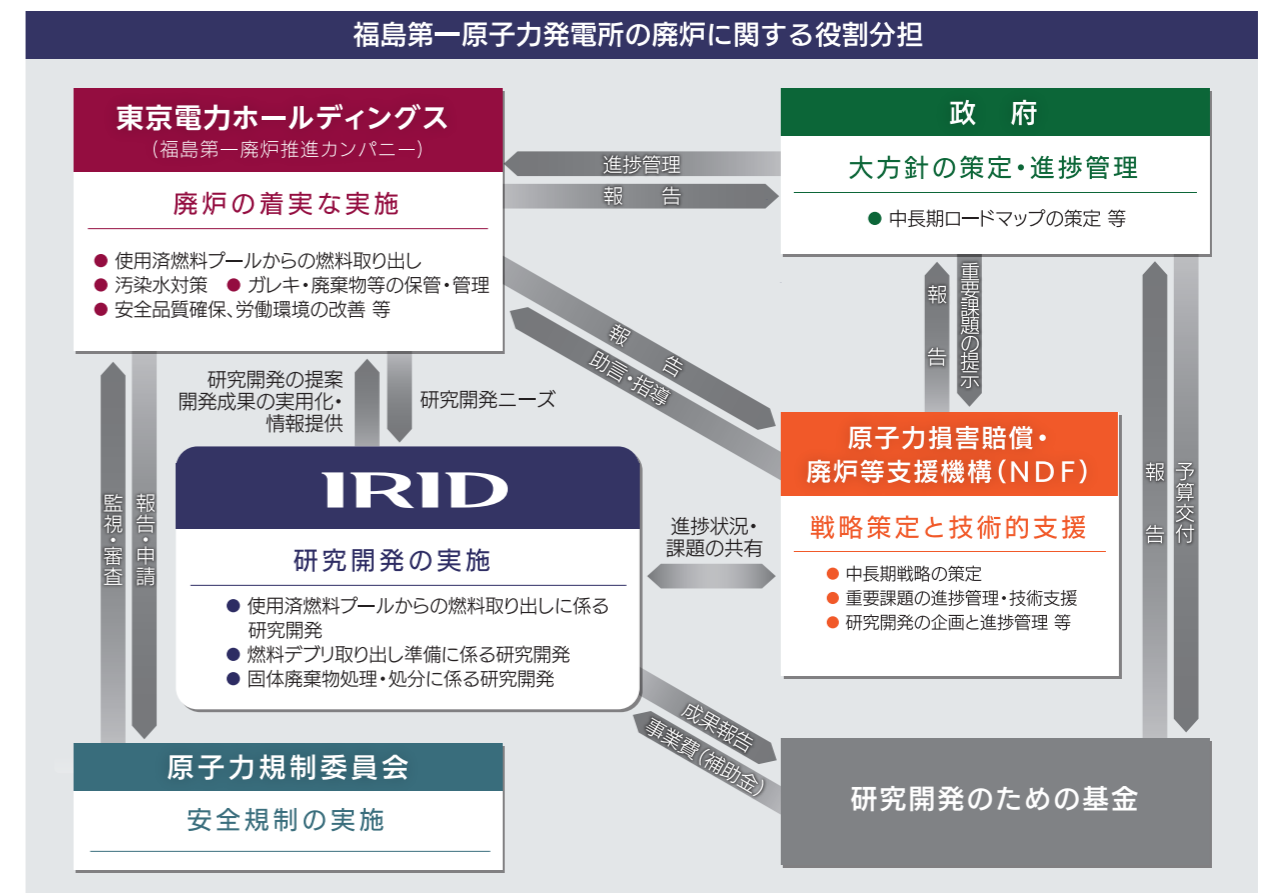
- 国立研究開発法人：日本原子力研究開発機構(JAEA)、産業技術総合研究所(AIST)
- プラント・メーカー等：東芝エネルギーシステムズ(株)、日立GEニュークリア・エナジー(株)、三菱重工業(株)、(株)アトックス、東双みらいテクノロジー(株)
- 電力会社等：北海道電力(株)、東北電力(株)、

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)

IRIDの議決機関は総会であり、19法人の総意により事業活動が決定され、執行部門として理事会が設置されている。

「国内外の叢智を結集する」という考え方の下、国内外の専門的かつ技術的な助言を積極的に受け入れるというのが、IRIDの基本スタンスであり、その実践の一つとして国際顧問会議を設置し、3名の海外の専門家から組織運営・マネジメント面での助言を受けている。

さらに、さまざまな研究開発を進めるうえで、専門家から技術的な助言を受ける体制として、「技術委員会」を設置している。



廃炉研究開発の記録

IRID

IRIDでは、福島第一原子力発電所(以下1F)の燃料デブリを取り出し、安定に保管するための技術開発を進めてきた。本技術開発を実施するにあたっては、事故後の現場がスタートであり、①未だ現場状況が必ずしも明確ではないこと、②高放射線環境下であり、人が近づけず、全てリモートで対応しなければならないこと、③前例がなく、モデル、ビジョン、具現化された要求事項がないこと等の特殊性があった。

IRIDでは、廃炉作業全体をシステムとして捉え、燃料デブリの取り出しから保管までの一連のシナリオを構築し、個々の開発を進めてきた。また、安全を最優先とし、燃料デブリ取り出し作業時の深層防護の考え方を構築して、未臨界の維持、放射性物質の閉じ込め、作業被ばくの最小化を前提として開発を進めてきた。一方、炉内の状況は必ずしも明確ではないため、ある程度の想定をもとに開発を進めざるを得なかったが、各技術開発において安全要求やスループットに関して共通の目標を定めるとともに、設計条件も共有化し、個々の技術開発の連携を図りながら進めてきた。さらに状況に合わせて多様な手段が使えるようにバラエティを持った開発を進めた。

まずは、燃料デブリの状況を推定するため、事故の解析による炉内状況の推定、ミュオンを用いたデブリの検知技術の開発、模擬燃料デブリを用いた燃料デブリの性状把握に着手した。並行して、環境の整備として、遠隔除染技術、原子炉压力容器(RPV)／原子炉格納容器(PCV)の健全性評価技術、PCVの補修技術、冷却水の小循環を構築するための技術を開発した。併せて、PCV、RPV内を調査するための遠隔調査技術を開発し、PCVの調査技術は一部実機に適用し、状況が少しずつわかってきている。

デブリの取り出し技術に関しては、PCVの上方からアクセスする上方取り出し工法(PCV冠水／気中)、側面からアクセスする横取り出し工法を開発するとともに、安全システムの構築、切削、回収、閉じ込め等の要素技術を開発してきた。また、収納、移送、保管技術開発では、臨界防止、乾燥、水素対策を考慮した収納缶の開発を進めた。

上記以外にも、事故発生時に使用済燃料プールに保管してあった燃料の健全性評価や、燃料デブリと固体廃棄物の仕分け技術、固体廃棄物の安定保管に関わる技術開発も進めた。

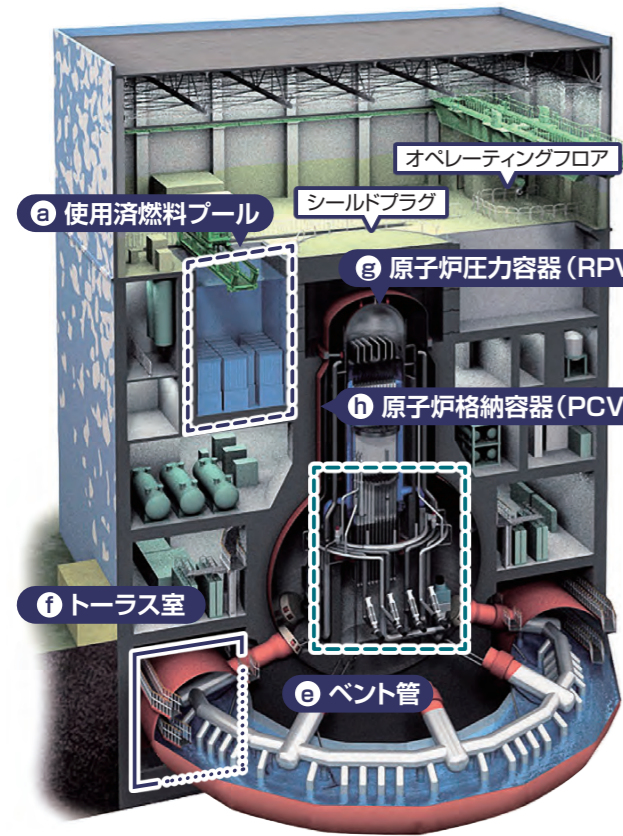
以降に個々の技術開発の成果をまとめる。

IRID 技術開発の軌跡 (実際のプロジェクトは、単年度または2年度で終了するが、それをまとめて示した概念図)

| 開発アイテム | 2013年度 | 2014年度 | 2015年度 | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 | 2019年度 | 2020年度 | 2021年度 | 2022年度 | 2023年度 |
|---|---|--------|--------|--------|---|------------------------------------|--------|--------|------------------------|--------|--------|
| 使用済燃料プールから取り出した燃料の健全性 | 使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の長期健全性評価技術、損傷燃料の処理方法の検討 | | | | | | | | | | |
| 環境整備 | 遠隔除染技術の開発 | | | | | | | | | | |
| | 原子炉圧力容器、原子炉格納容器の健全性評価技術の開発、腐食抑制技術の開発 | | | | | 冷却水を安全に循環させるための水循環構築技術の開発 | | | | | |
| | 原子炉格納容器の漏えい個所の補修、止水技術の開発、工事被ばく線量評価 | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリの状態推定 | 事故シミュレーションによる炉内状況把握技術の開発 | | | | | | | | | | |
| | ミュオンを用いた炉内燃料デブリ分布状態の推定 | | | | | | | | | | |
| | 模擬燃料デブリを用いた燃料デブリの性状把握、実機デブリ分析に備えた分析手法の確立、推定技術の開発 | | | | | | | | 実機採取サンプルの分析とデータベースへの掲載 | | |
| 原子炉圧力容器、原子炉格納容器内部調査技術の開発 | ◆原子炉圧力容器の内部調査技術の開発 | | | | | | | | | | |
| | 上部アクセス調査工法の開発 | | | | | 炉内構造物加工技術の高度化 | | | | | |
| | | | | | | 側面アクセス調査工法の開発 | | | 下部アクセス調査工法の開発 | | |
| | ◆原子炉格納容器の内部(詳細)調査技術の開発 (号機別アクセスルート構築、アクセス装置の開発、計測技術の開発と実機実証) | | | | | | | | | | |
| | 1号機:クローラ型調査装置によるベテスタル外調査技術の開発/実機実証⇒ROVによるベテスタル内外地下階詳細調査技術の開発/実機実証⇒ベテスタル内上下調査技術の開発 | | | | | アーム型アクセス調査装置による詳細調査技術の開発/モックアップ訓練 | | | | | |
| | 2号機:クローラ型/テレスコピック型ベテスタル内調査装置の開発/実機実証 | | | | | 3号機:ROVによるベテスタル内調査装置の開発/実機実証 | | | | | |
| 燃料デブリ取り出し、収納・移送・保管技術の開発 | 臨界管理技術の開発(概念構築/臨界管理、臨界抑制の要素技術開発/実機での運用方法の検討) | | | | | | | | | | |
| | 燃料デブリ取り出し工法の開発(概念検討(PCV冠水工法、気中上・横アクセス工法)) | | | | | | | | | | |
| | 上アクセス工法開発(概念検討、シール技術、アクセス装置開発⇒大型構造物の) | | | | | 一体取り出し、搬出工法構築) | | | | | |
| | 横アクセス工法開発(概念検討、アクセス装置開発、密封セル、アクセストンネル) | | | | | 具体化、設置工法、接続工法具体化、干渉物撤去工法具体化) | | | | | |
| | 安全システムの構築(気相漏えい防止、液相漏えい防止、作業被ばく) | | | | | 低減、冷却水の汚染除去技術構築) | | | | | |
| | 基盤技術の開発(切削、回収、集塵技術、デブリ粉の閉じ込め技術、) | | | | | 操作支援技術、燃料デブリと廃棄物の仕分け技術、監視技術等構築) | | | | | |
| | 燃料デブリの段階的取り出し技術開発(概念検討/要素技術) | | | | | (アクセス装置、回収装置等)開発/モックアップによる組み合わせ試験) | | | | | |
| 燃料デブリの収納技術開発(収納缶構造健全性実証、収納時の臨界防止技術、燃料デブリの乾燥技術、水素対策技術、難乾燥物/粉状) | | | | | | | | | | | |
| デブリの取り扱い技術開発等) | | | | | | | | | | | |
| 固体廃棄物の処理・処分に 関わる技術開発 | 性状把握(分析手法、解析的評価手法の開発及びデータの蓄積)/固化等の処理技術の開発/安全な保管・管理方法検討/処分概念の | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 検討と安全評価手法の開発 | | | | | |
| 廃棄物性状を踏まえた安全かつ合理的な保管管理方法の提示及び先行的処理方法の合理的な選定手法の構築⇒廃棄物ストリームの | | | | | | | | | | | |
| 検討 | | | | | | | | | | | |
| デブリ取り出し時の安全の考え方・全体プロセスフローの構築 | 燃料デブリ取り出し時の深層防護に基づく安全の考え方 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 構築 | | | | | |
| | | | | | 燃料デブリの取り出し | | | | | | |
| | | | | | から収納・移送・保管までのシナリオ、プロセスフローの仮設構築、スループット試算 | | | | | | |

これらの研究開発プロジェクトは、経済産業省「廃炉・汚染水対策事業費補助金」の一部で実施してきた。

原子炉建屋に関する用語の解説



a 使用済燃料プール

原子炉で使用した燃料(使用済燃料)を核分裂生成物の崩壊による発熱が弱まるまでラックに挿入して水中貯蔵・保管するための水槽で、原子炉建屋の最上階に設置されている。

b 燃料デブリ

高温となった燃料が、制御棒や原子炉压力容器内の構造物等とともに溶け、冷えて再び固まった物質。

c ドライウェル(D/W)

原子炉格納容器のうち、原子炉压力容器等を格納するフラスコ型の容器で、事故時に放射性物質を閉じ込める安全設備。

d サプレッションチェンバー(S/C)

圧力抑制室。原子炉建屋の地下階にあるドーナツ型の容器で水を貯蔵した設備。原子炉配管破断事故時に発生した蒸気を凝縮し、過大圧力を抑制する設備。また、炉心冷却水喪失事故時に緊急炉心冷却装置(ECCS)の水源の一部になる重要な部分。

e ベント管

原子炉配管破断事故時に発生した蒸気をドライウェルからサプレッションチェンバーへ導くための接続配管であり、福島第一原子力発電所1~3号機の原子炉格納容器には各8本ずつ設置されている。

f トーラス室

原子炉建屋の地下階に、トーラス形状(ドーナツ状)の圧力抑制室(サプレッションチェンバー)が配置されている部屋。

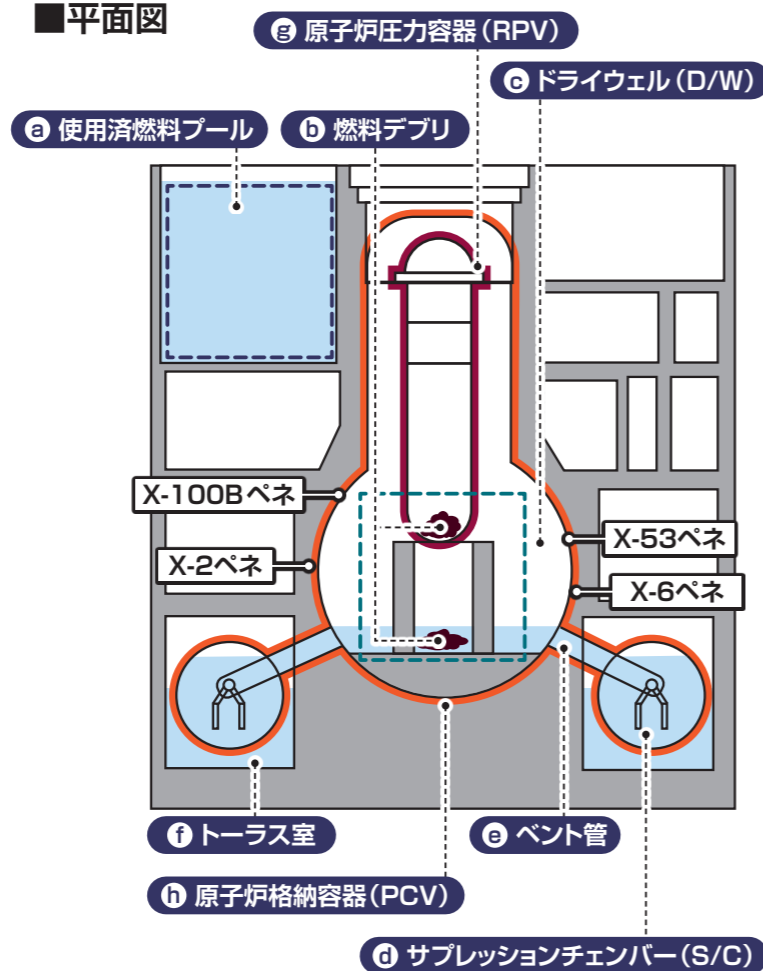
g 原子炉压力容器(RPV)

燃料集合体を取り囲む鋼鉄製の円筒形容器。原子炉压力容器の中では核分裂エネルギーによって高温・高圧の水や水蒸気が生じるため、それに耐えることができる容器で、冷却系統設備などとともに原子炉格納容器内に収納されている。

h 原子炉格納容器(PCV)

原子炉压力容器や冷却系統設備など重要な機器を覆う鋼鉄製の容器。原子炉の事故、原子炉冷却系の破損などの異常時の際、放射性物質が外部に放出されるのを防ぐ役目をする。なお、福島第一原子力発電所1~3号機の原子炉格納容器は、フラスコ型のドライウェル、ドーナツ型のサプレッションチェンバー、それらを接続するベント管で構成される。

■ 平面図



第1章

取り出した燃料の長期保管時の健全性を評価する

プロジェクト名

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及び損傷燃料等の処理方法の検討

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------|------|------------------|-------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|
| 共用プール保管時の長期健全性評価 | | 長期健全性評価技術の開発 | | 燃料集合体表面の堆積物の評価 | | | | | | |
| 乾式保管時の長期健全性評価 | | | 燃料構造材の長期健全性評価技術開発 | | | | | | | |
| | | 瓦礫等が腐食に及ぼす影響評価 | | | | | | | | |
| 長期健全性に係る基礎試験 | | | 共用プール保管燃料の状態調査 | | | | | | | |
| | | 乾式保管等に関する調査・試験立案 | | | | | | | | |
| 損傷燃料等の処理方法の検討 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

4号機使用済燃料の外観観察結果

水素化物析出挙動確認試験例

燃料上部単栓部材ねじ構造のCI-36分布

高レベル廃液槽の浸漬試験結果

福島第一原子力発電所(1F)の事故後、1~4号機の使用済燃料プールに保管されていた燃料集合体は、取り出し後、将来の処理・処分方法が決定するまで当面発電所内の共用プールで保管される計画となっている。これらの燃料集合体は通常の使用済燃料とは異なり、事故時に海水注入が行われたり落下した瓦礫が混入したりするなど、普通にはあり得ない環境にさらされている。そのため、共用プール内への移送後も長期的な健全性(耐腐食性等)を確保できるか確認する必要がある。

IRIDでは、取り出した燃料の長期保管時の健全性を評価するとともに、損傷した可能性のある燃料については、将来の処理・処分工程において何らかの影響が出てくるか否かを確認することとした。

「湿式」「乾式」貯蔵方法における健全性の検証

通常、使用済燃料は使用済燃料プールに保管された後、再処理施設に移されるまで、一時的に発電所敷地内の共用プールや中間貯蔵施設にて保管される。共用プールでは水を循環させながら冷却する「湿式」の保管方法がとられ、中間貯蔵施設では十分に冷えた使用済燃料を金属製の頑丈な容器に入れて自然放熱により冷却する「乾式」の保管方法がとられる。後者は、日本国内の一部の原子力発電所で採用・実施されており、水や電気を使用しないため、維持管理しやすいというメリットがある。

1Fでは、事故後に使用済燃料プールに保管され

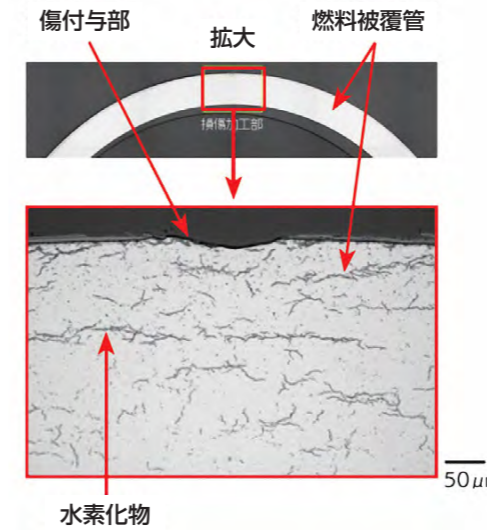
た燃料集合体を共用プールに移送するに際し、保管中の長期健全性を事前に確認する必要がある。海水の注入によって使用済燃料プールの水質が変化したことに加え、瓦礫の混入によって燃料にキズや変形等の損傷を受けた可能性があったためである。このため、燃料体を扱う際に重要となる燃料体の上部と下部の部材に着目し、実際の「湿式」での保管環境を想定した腐食試験や強度試験を実施した。

また、共用プールの容量確保が難しくなることを想定し、「乾式」保管時の健全性についても模擬試験によって評価した。この試験では、燃料ペレットを包む燃料棒被覆管の健全性に着目した試験を実施した。

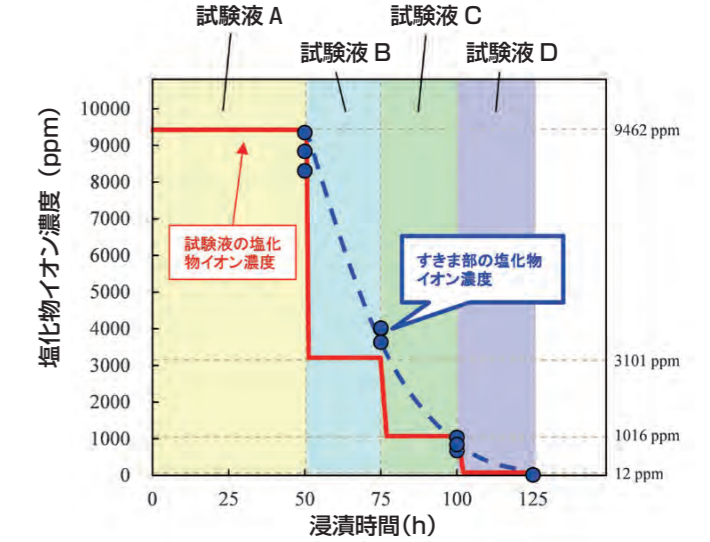
「湿式」「乾式」保管環境を想定した実証試験の結果

海水や瓦礫の存在を模擬した「湿式」環境においての部材の浸漬試験や強度試験では、試験片の断面観察や外観観察の結果、健全性に影響するような腐食や機械的劣化は認められなかった【図1-1】。また、4号機プールから取り出した燃料に対する外観観察や被覆管酸化膜厚さの測定においては、白色の堆積物が確認されたものの、その成分を分析したところ健全性に影響するような状態は認められなかった【図1-2】。

一方、「乾式」貯蔵を想定した燃料棒被覆管の水素化物析出挙動確認試験やクリープ試験では、瓦礫による損傷や海水付着物等の重畳状態においても



【図1-3】水素化物析出挙動確認試験結果



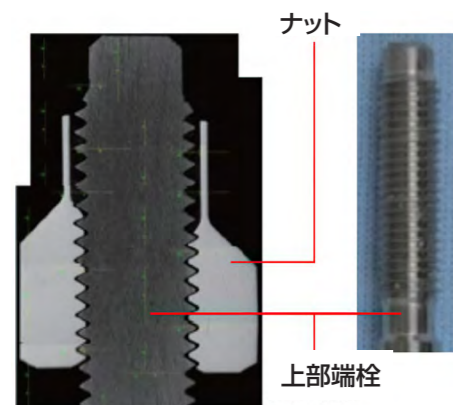
【図1-4】上部単栓部材すきま構造部の塩化物イオン濃度評価結果

1F特有の因子が材料特性に影響を及ぼすことがないことを確認した【図1-3】。

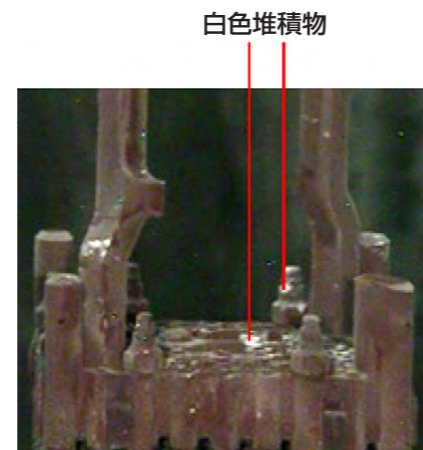
これら一連の試験に加えて、IRIDは、基礎試験として海水成分の燃料部材への移行評価や放射線下における海水等の腐食への影響評価も実施した。その結果、海水成分は上部単栓部材のすきま構造部に移行するが、水質改善により塩化物濃度が低下すること【図1-4】、すきま構造部での濃縮は生じないことを確認したほか、燃料棒被覆管表面に形成される酸化被膜内部への海水成分の取り込みについても有意でないことを確認した。また、すきま腐食試験片を用いた電気化学試験を行った結果、すきま腐食の懸念がないことも確認した。

再処理に向けた検討の実施

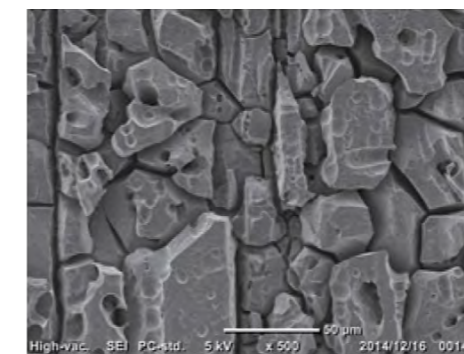
将来想定される再処理施設における損傷燃料の処理時の影響を見るため、六ヶ所再処理施設模擬廃液を用いた高レベル廃液槽の浸漬試験を実施した。その結果、塩化物イオン等による孔食がなく、腐食速度も低下するなど【図1-5】、再処理機器への腐食評価や工程内挙動評価、廃棄体への影響評価等において、不純物の影響はないことを確認した。なお、その後の詳細な検討を実施するかどうかは、取り出された燃料の状態確認を踏まえて判断することとした。



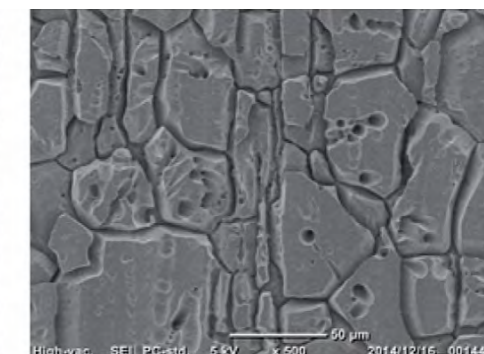
【図1-1】燃料集合体上部を模した試験片の断面観察(左)と外観観察結果(右)



【図1-2】4号機使用済燃料の外観観察結果



六ヶ所再処理施設模擬廃液 (塩化物イオン0[g/L])

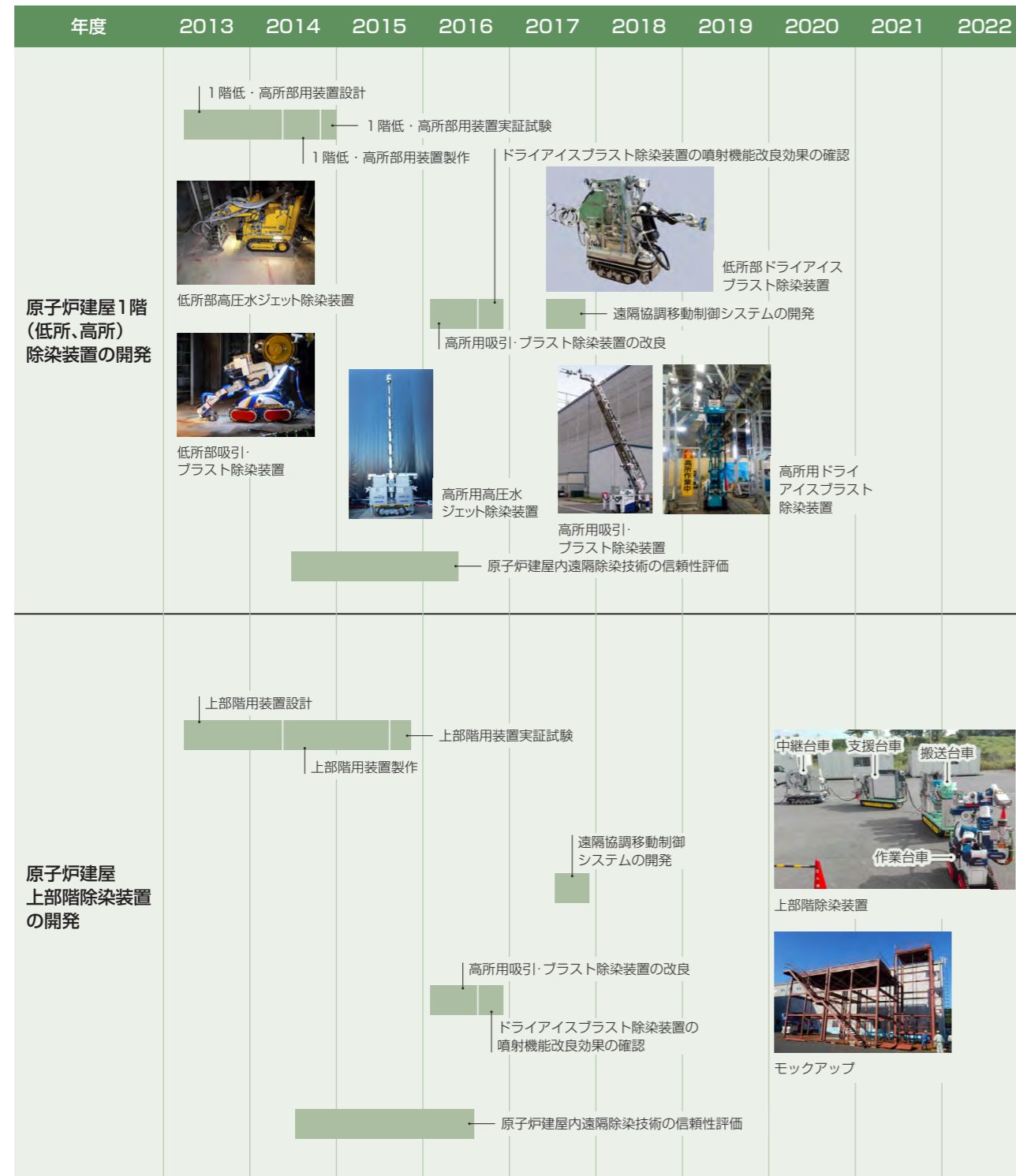


六ヶ所再処理施設模擬廃液 (塩化物イオン20[g/L])

【図1-5】高レベル廃液槽の浸漬試験結果

第2章 原子炉建屋内を遠隔操作装置により除染する

プロジェクト名 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発



福島第一原子力発電所(1F)の廃炉にあたっては、1~3号機の原子炉建屋内1階フロア及び上部階において各種の作業が計画されている。しかしながら、建屋内は高線量状態が続いており、作業を行うには困難な状況となっているところが多く存在した。燃料デブリ取り出し等に向けた各種作業を円滑に遂行するためには、線量の低減等の作業場所の環境改善が必須であり、環境改善目標として作業エリアでは3mSv/h、アクセスルートでは5mSv/hを目標として掲げた。こうした目標を達成させ、各種作業を行いやすくするため、遠隔装置による除染技術の確立をめざすこととした。

具体的には、線量低減を実現するため、原子炉建屋内1階フロア及び上部階での除染装置の設計製作を行い、実証試験によって性能を確認し、その後の実証試験結果を踏まえて装置改良、遠隔制御システムを開発することとした。

建屋1階の除染装置の開発

除染装置の開発は、燃料デブリ取り出し等に向けた各種作業を行う原子炉建屋の1階及び上部階(2~3階)が対象となった。1階は、高さが8mあり、1階を除染する装置の開発では、低所部を除染する装置と、高所部を除染する装置との2つに分けて開

発を進めることとした。

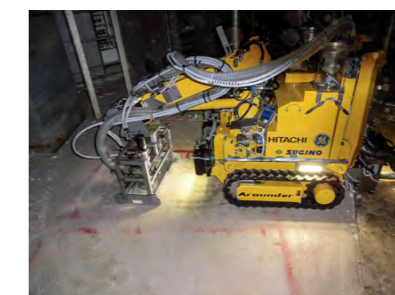
低所部とは、床面及び床面から高さ1.8m程度まで、高所部とは高さ5~8m程度にあたる高さの壁面等を指す。開発にあたっては、さまざまな汚染形態や対象物に対応する必要があったため、①複数技術の組み合わせでカバーし、②狭隘な除染対象・アクセスルートであることを考慮し、転倒防止等の安全性能を確保したうえで小型化するとともに、③視認性・障害物回避性の確保の3つが重要なポイントとなった。

そのため、「汚染物を吸引して回収」「圧縮空気にて金属球を吹き付けて研磨/回収する」吸引・プラスト、「高圧水を吹き付けて汚染物を水とともに回収する」高圧水ジェット、「圧縮空気にてドライアイス吹き付けて研磨/回収する」ドライアイスプラストの3方式で装置を開発した【図2-1~2-3】。

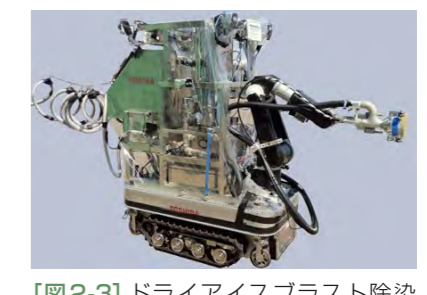
一方、高所部用の除染装置については、2013年度に製作した3種類の低所部用除染装置を高所部の除染作業へ適用できるように再設計・製作した【図2-4~2-6】。例えば、高圧水ジェット装置の場合、ノズルヘッド部やアーム部の改良、移動台車の製作、制御装置を製作するなど、それぞれの装置の改良を行った。



【図2-1】吸引・プラスト除染装置



【図2-2】高圧水ジェット除染装置



【図2-3】ドライアイスプラスト除染装置



【図2-4】高所用吸引・プラスト除染装置



【図2-5】高所用高圧水ジェット除染装置



【図2-6】高所用ドライアイスプラスト除染装置

上部階を除染する装置の開発

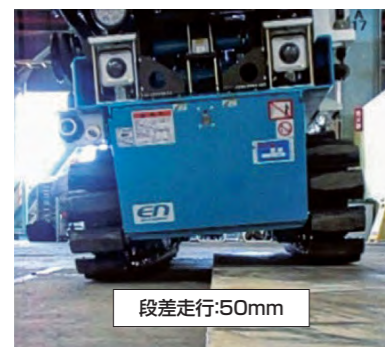
上部階用除染装置は、機器ハッチ開口部から昇降作業台を使用して原子炉建屋上部階(2~3階)にアクセスし、床面及び床面から高さ2m程度までの壁面等の除染を行う装置である。2~3階では、原子炉格納容器(PCV)調査や補修などを行うことが予定されていたため、アクセスエリアの線量低減が重要となっていた。

開発にあたっては、昇降設備に搭載可能な寸法・重量とする必要があったため、台車・除染ユニットの小型化(複数台化・連結方式の採用)、また各除染装置が適用できる共通のアクセスシステムが合理的であることから、台車を共用化することとした。

具体的には、低所用除染で開発した各除染装置を共通の台車で施工できるように、共通台車として作業台車・搬送台車・支援台車・中継台車及び各除染ユニットで構成し、上部階へのアクセス方法、装置設計に基づき、各装置の製作に着手、2015年度に完成させた【図2-7】。



【図2-7】上部階用除染装置



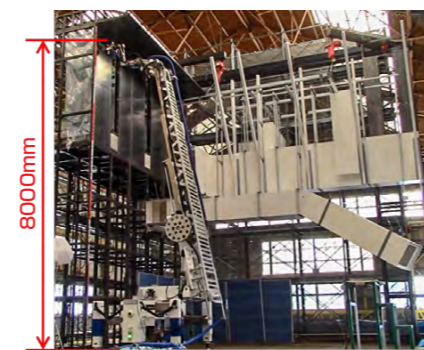
【図2-9】走行性の確認

各除染装置の実証試験

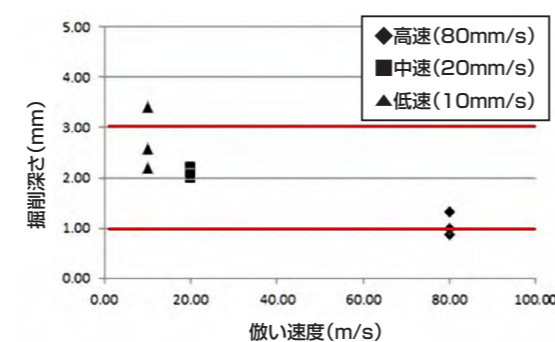
これらの新たに開発した除染装置(除染ロボット)については、汚染形態に応じた除染効果の検証に加え、実証試験による有効性・適用性の確認をした。

1階の除染装置では、実機適用時に想定される対象設備を抽出し、その多様性や適用の優先度等を考慮してモックアップ用の試験設備を製作したうえで、除染性能をはじめ、遠隔での走行性・操作性や安全機能など、必要な性能を確認する実証試験を行った。その結果、高圧水ジェット除染装置及びドライアイスプラスト除染装置について、高所除染での効果範囲等を確認できた。また、吸引・プラスト除染装置については、主な施工対象となる干渉物除去後の壁面での施工性を確認できた。

一方、上部階の除染装置においても同様にモックアップを製作し、除染性能、走行性、上部階へのアクセス性、安全機能の観点から実証試験を実施した。その結果、吸引・プラスト除染ユニット搭載とドライアイスプラスト搭載のプラストシステム、高圧水システムのいずれも目標とした要求事項を満たし、実機適用の見通しを得た【図2-8~2-10】。



【図2-8】モックアップ試験設備



【図2-10】目標除染性能の確認

第3章 宇宙線ミュオンで原子炉内部を探る

プロジェクト名 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発

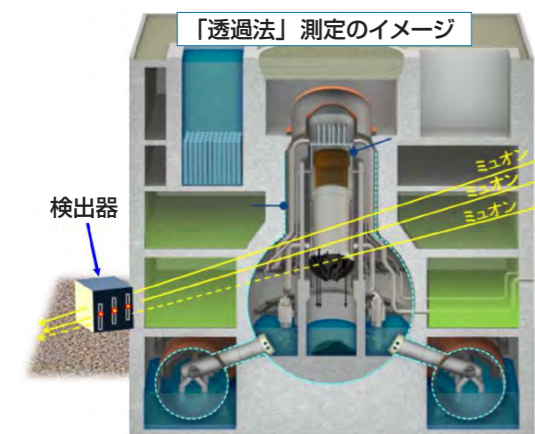
| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------------|------|------|--------------|------|------|-----------------------------|------|------|------|------|
| ミュオン透過法測定手法の構築と実証 | | | 測定システムの開発・製作 | | | | | | | |
| | | | 1号機での測定と評価 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| ミュオン散乱法測定手法の開発 | | | | | | 検出器システムの設計・製作 / 識別アルゴリズムの開発 | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 透過法によるミュオン測定と燃料デブリ分布評価 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

福島第一原子力発電所(1F)の廃炉に向けて、効率的な燃料デブリ取り出し方法を選定するには、原子炉内の燃料デブリの位置や量(分布)を把握することが必須である。

しかし、1Fの事故直後、原子炉内部はもとより、発電所敷地内も放射線量が高く、原子炉内を調査することは極めて困難であった。2012年には2号機の原子炉格納容器(PCV)内に初めてカメラが入り、徐々に内部の状況がわかるようになったものの、2022年時点まで原子炉圧力容器(RPV)内部を見ることはできていない。早期にRPV内部を調査できる方法として、IRIDは宇宙線ミュオンによる構造物内部の透視技術に着目し、その道の権威である大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構(KEK)やロスアラモス国立研究所(LANL)などの国内外の研究機関と連携し、原子炉内部を透視する技術の開発に取り組んだ。

ミュオンによる原子炉内透視

ミュオン(muon)とは、宇宙線が地球の大気と衝突する際に発生する素粒子の一種で、高いエネルギーを持ち透過力が強く、地上には掌の大きさに毎秒1個降り注いでいる。以前よりピラミッドや火山などの大型の構造物内部の調査研究に使われてきた。ウランなど密度の高い物質に衝突すると、通過中に吸収されたり、散乱により進行方向を変える性質を持っている。このミュオンの性質を利用した内部調査法として、透過法と散乱法の2つがあり、それぞれの特徴を活用し1F向けに装置の開発と実証試験や測定を行った。



【図3-1】ミュオンによる原子炉内透視

透過法は、物質によって異なるミュオンの透過性の違いから、構造物内部の密度分布を推定する手法であり、1台の検出器で短期間に内部情報が得られるメリットがある。KEKの研究者らは長年にわたり透過法による内部構造物の透視技術について研究開発してきており、その技術をベースにIRIDは彼らと連携し1Fの原子炉内部の透視に取り組んだ【図3-11】。まず、1号機を測定対象として、原子炉を透過してくるミュオン量を測定し、通過軌跡上の物質の多寡を推定する技術を検証し、同発電所特有の高放射線環境下での測定技術を確立することを目的とした。そして、実際に1号機で測定を行い、燃料デブリ分布評価が可能であることを実証したうえで、2号機、3号機への測定に展開した。

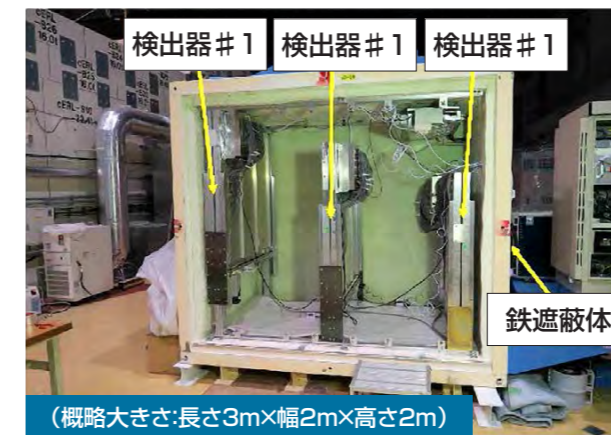
散乱法は、ミュオンが物質と衝突する際に生じる散乱による進行方向の変化を捉えて、物質によって異なる散乱角度の違いから散乱位置での物質や物質量を推定する手法である。測定対象物を通過する前後のミュオンの軌跡を測定する必要があるため、2台の検出器を用いて測定を行う。このため、原子炉内部の透視を行うには、原子炉の大きさを包含できる大型の2台の検出器が必要となる。一方、散乱位置での物質量や物質がわかる能力を有するため、原子炉内の3次元空間の物質量分布を推定でき、透過法に比べて物質の識別能力が高いことを特徴とする。散乱法については、炉心域に比較的燃料が残っている可能性があった2号機への適用を目標に開発を進め、検出器システムの設計・製作と物質を識別するアルゴリズムの開発を行い、工場試験にてその能力を実証した。しかし、2号機の事故進展分析の進捗により炉心燃料の大部分が溶融している可能性が示唆されたことから、大型の装置の設置が必要となる散乱法の実施については慎重に判断することとし、1Fでの測定試験は見合わせることにした。

1~3号機におけるミュオン測定

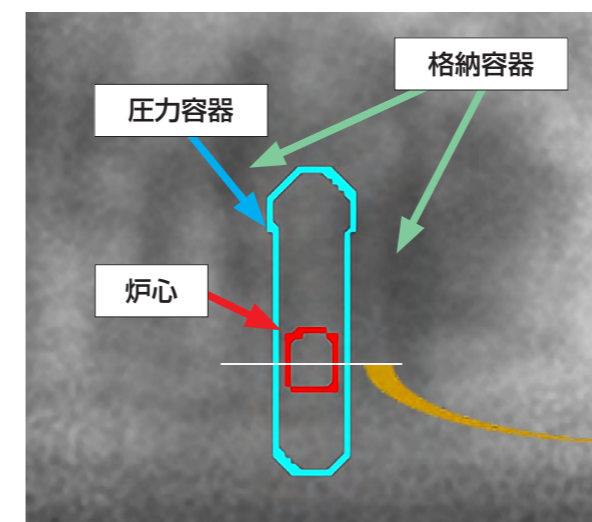
1号機の透過法実証試験では2015年2月から9月までの間に原子炉建屋外の3地点で各々約3か月間の測定を行った。測定装置は、高放射線環境下でもガンマ線によるミュオンの誤検知を防ぐため10cm厚の鉄遮蔽体で囲み、また誤計数を防ぐた

め3層の計測ユニット構成【図3-2】とした。約3か月間の測定から得られたミュオン透過率分布例を【図3-3】に示す。この得られた透過率分布とRPVやPCV、原子炉建屋内の床や壁などの情報を取り込んだ透過率のシミュレーションによる予測値との比較【図3-4】から、炉心位置に燃料はほとんどないと考えることが妥当との結論を得た。

続いて、1号機で実証された透過法の技術を用い、2号機、3号機で測定を行った。測定装置は、1号機での経験を踏まえ、現場での取り扱い性を大幅に向上させた設置面積が約5分の1の小型の透過法装置を製作し、ガンマ線遮蔽体も鉄箱から簡易的な鉛の板で囲む方式とした(P21の透過法測定装置(2号機、3号機で使用)を参照)。2号機については



【図3-2】透過法測定装置(1号機で使用)

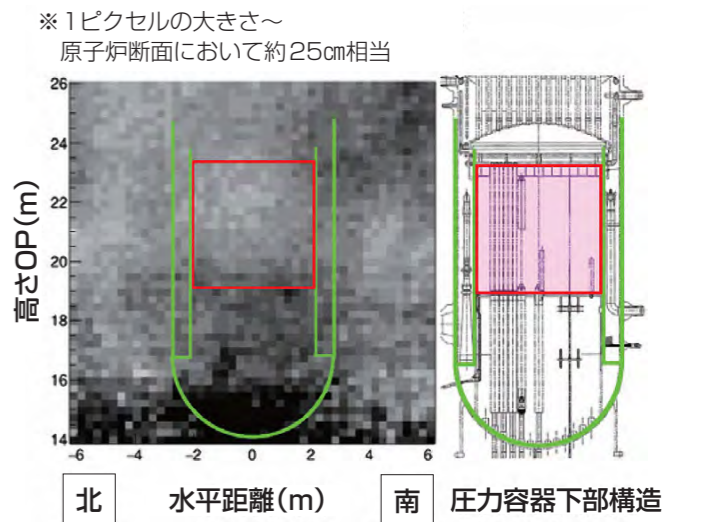


【図3-3】ミュオン透過率分布(1号機)

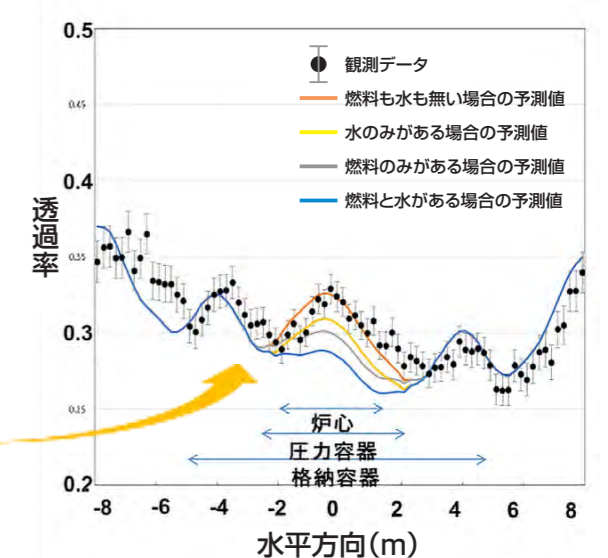
2016年3月~7月に測定し、RPV底部に燃料デブリとみられる高密度物質の存在を、また炉心下部、炉心外周域にも若干の高密度の物質の存在【図3-5】を確認した。

3号機については2017年5月~9月に測定し、もともとの炉心域には大きな高密度物質の塊は存在しなかったが、RPV底部に一部の燃料デブリが残っている可能性が考えられた。

このように、IRIDは素粒子物理学者らとの連携により原子炉内部の透視を実現し、貴重な内部情報を得ることができた。得られた情報は事故進展解析やPCV内の内部調査などで得られた知見とあわせて、総合的な炉内状況の把握に活用されている。



【図3-5】2号機のRPV内部における物質量分布



【図3-4】実測値とシミュレーションによる透過率予測値の比較(1号機)

第4章

S/C等の放射性物質の堆積状況を推定する

プロジェクト名

サブプレッションチェンバー (S/C) 等に堆積した放射性物質の非破壊検知技術の開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-----------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|---------|--|-----|----|---|--------------|---|--------------|---|-----------|---|-----------|---|------|---|
| 開発計画の策定 | | | 開発・作業項目の抽出 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">開発・作業項目</th> </tr> <tr> <th>No.</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>測定システム的设计・製作</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>アクセス装置的设计・製作</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>組み合わせ性能試験</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>穿孔装置的设计製作</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>実証試験</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>非破壊検知工事</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | | | 開発・作業項目 | | No. | 内容 | 1 | 測定システム的设计・製作 | 2 | アクセス装置的设计・製作 | 3 | 組み合わせ性能試験 | 4 | 穿孔装置的设计製作 | 5 | 実証試験 | 6 |
| 開発・作業項目 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. | 内容 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 測定システム的设计・製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | アクセス装置的设计・製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 組み合わせ性能試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 穿孔装置的设计製作 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 実証試験 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 非破壊検知工事 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 放射性物質の移動シナリオ作成 | | 放射性物質のS/C及びトーラス室への移動のシナリオ作成 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 止水材などへの放射性物質の影響評価 | | | 止水材在中の発熱によるセメントの劣化を発生させるウラン重量の評価 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 放射性物質の検知技術の開発 | | | <ul style="list-style-type: none"> 放射性物質の核種組成と放射線分布評価 バックグラウンド放射線の評価 放射性物質を検知する最適手法の選定 S/Cの堆積量の推定方法の検討 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

燃料デブリの取り出しにあたっては、事前に建屋内の線量を下げること、燃料デブリの状態を知ること、原子炉格納容器(PCV)に水を張って放射線を遮蔽すること、ダストの飛散を防止することが重要である。PCVに水を張るためにはPCVの補修と止水が不可欠である。このうちの補修は放射性物質の漏えい個所が気中となる主に地上階、止水は漏えい個所が水中となる主に地下階に対する作業であり、地下階にあたるサブプレッションチェンバー(S/C)とトーラス室の止水には、汚染水をトーラス室に流入させないという目的もあった。止水のためには、まずはS/C等に堆積する放射性物質の状況を把握する必要がある。

こうした状況の中、IRIDは堆積した放射性物質の非破壊検知技術を開発するとともに、放射性物質の堆積状況の推定と計測手法を開発することとした。

放射性物質の移動シナリオ

放射性物質の検知技術を開発する前に、まず熔融放射性物質、粉状放射性物質及びエアロゾルの3つの形態に分けたうえで、放射性物質がどのようにしてS/C及びトーラス室へ移動するかシナリオを検討した【表4-1】。

検討の結果、熔融放射性物質の場合は、S/Cへはドライウェル(D/W)の放射性物質がS/Cベント管入口に達して流入するシナリオ、またトーラス室へはD/Wの放射性物質がPCVシェル及びサンドクッションを侵食し、サンドクッションドレン管を通じて流入するというシナリオが考えられた。同様

【表4-1】 相対的に可能性の高い放射性物質流入シナリオ

| 形態 | S/C | トーラス室 |
|---------|---|---|
| 熔融放射性物質 | ドライウェルの放射性物質がS/Cベント管入口に達し、S/Cに流入する。 | ドライウェルの放射性物質がPCVシェル及びサンドクッションを侵食し、ドレン管を通じて流入する。 |
| 粉状放射性物質 | 冷却水の注水などにより生じた流れによって移動し、S/Cベント管などを通じて流入する。 | 冷却水の注水などにより生じた流れによって移動し、サンドクッションドレン管を通じて流入する。 |
| エアロゾル | 気体の流れによって移動し、SR弁(主蒸気逃し安全弁)排気配管やS/Cベント管などを通じて流入する。 | 気体の流れによって移動し、S/Cを経由し破損した真空破壊ラインなどを通じて流入する。 |

に、粉状放射性物質の場合は、S/Cへは冷却水の注水などにより生じた流れによって移動し、S/Cベント管などを通じて流入するシナリオ、トーラス室へは冷却水の注水などにより生じた流れによって移動し、サンドクッションドレン管を通じて流入するというシナリオ、さらにエアロゾルの場合は、S/Cへは気体の流れによって移動し、SR弁(主蒸気逃し安全弁)排気配管やS/Cベント管などを通じて流入するシナリオ、トーラス室へは気体の流れによって移動し、S/Cを経由し破損した真空破壊ラインなどを通じて流入するというシナリオが考えられた。

これらのシナリオから、許容量を上回る燃料デブリが流入する可能性は低いと考えられたため、相対的に放射性物質が堆積する可能性が高いS/C底部及びサンドクッションドレン管排出口付近を測定すれば、許容量を上回る放射性物質がないことが確認できることがわかった。

さらに、止水材などへの放射性物質の影響評価を行った。放射性物質が残存した場合の影響要因の中から、最も少ない堆積量で影響が懸念されるのは、止水材中の発熱によりセメントが劣化する80℃に温度が上昇した場合である。その際のウラン重量を保守的評価により算定した結果、非破壊測定で検知すべき燃料由来デブリ重量として10kgを選定した。

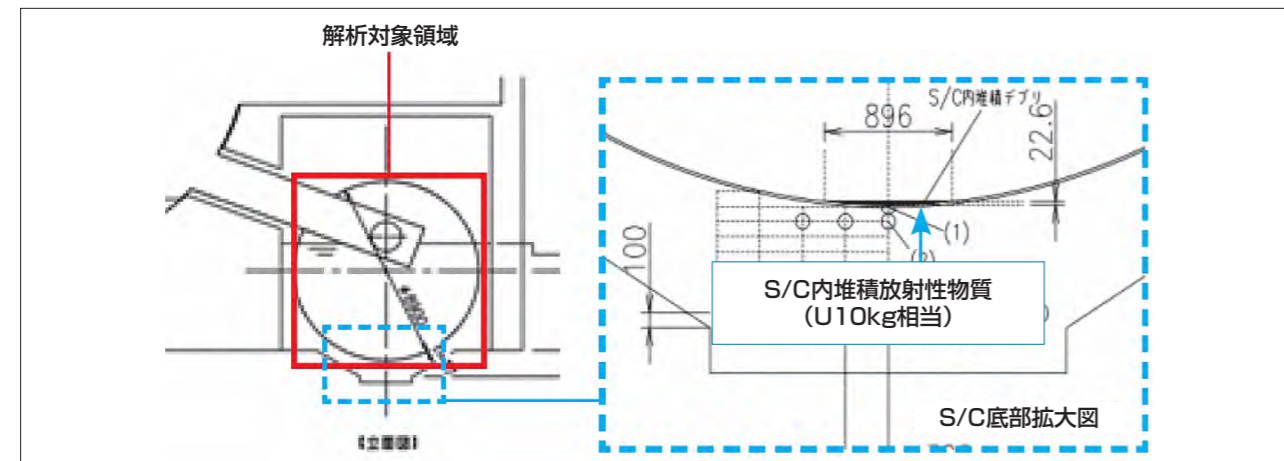
放射性物質の検知技術の開発

検知技術の開発においては、①放射性物質の核種組成と放射線分布評価、②バックグラウンド放射線の評価、③放射性物質を検知する最適手法の選定、

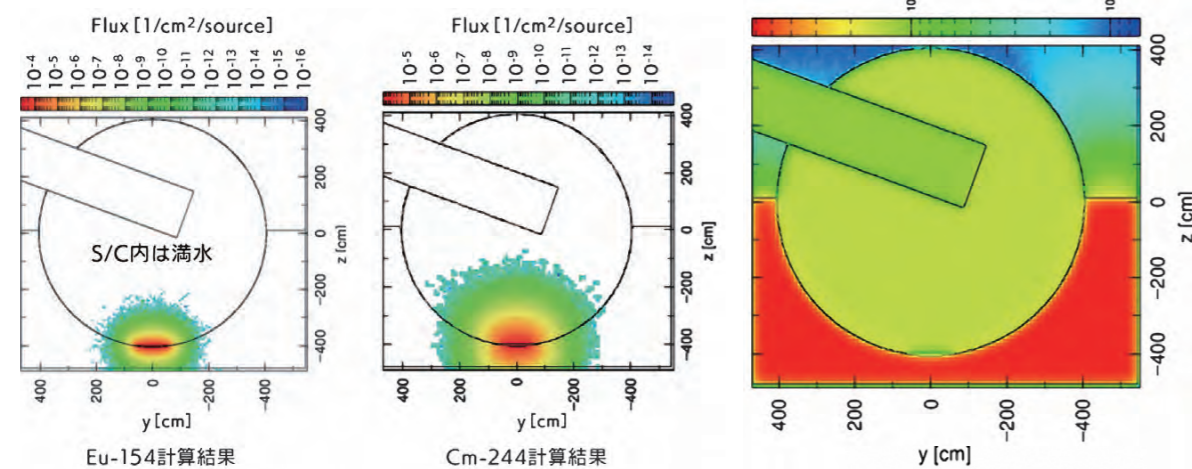
④S/C内の堆積量の推定方法の検討というステップを踏んで進めた。

放射性物質の核種組成と放射線分布評価では、燃料由来核種(測定対象核種(Cm-244, Eu-154等)、バックグラウンド核種及び遮蔽材核種)をORIGENコードにより評価した。また、燃料由来核種と構造材との混合比率は、過酷事故解析コードであるMAAP (Modular Accident Analysis Program)コードの解析結果を基に設定したうえで、S/C、トラス室等の16分の1規模を模擬した3次元体系とし、S/C底部周辺の中性子束及びγ線束を評価した【図4-2】。さらに、今回設定した燃料デブリを線源として、S/C底部の中性子束及びγ線束を評価した結果、バックグラウンド環境下においてもCm-244(中性子)及びEu-154(γ線)は測定できることが確認できた。

また、滞留水におけるγ線バックグラウンド



【図4-1】計算体系



【図4-2】1号機S/C周辺の燃料由来放射線分布

(Cs-134, Cs-137)についても評価を実施したところ【図4-3】、トラス室内の滞留水部分の放射線量が高いこと(赤色領域: $10^{-7}/\text{cm}^2/\text{source}$ 程度)、S/C内及びトラス室内のγ線束は、各々ほぼ均一であることを確認した。

さらに、許容バックグラウンド量や感度等から最適な検出器としてB-10検出器(中性子検出器)などを選定し、①と②の放射線場における応答を評価したうえで、放射性物質の堆積可能性のある位置の周辺を測定して得られた測定値と①の解析から設定した閾値の比較から、許容量を上回る放射性物質がS/C、トラス室に流入する可能性は低いと評価された。また、非破壊検知は、想定した条件において技術的に可能であることが確認できたため、その後の補修・止水工法の開発結果を踏まえ、測定システム及びアクセス装置の設計・製作の実施を判断することとした。



【図4-3】1号機S/C周辺の燃料由来放射線分布

第5章

RPV・PCVの内部状況を推定する

プロジェクト名

総合的な炉内状況把握の高度化

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---|---------------------------|------|------------------------|------|------------------|------|------|------|------|--|
| 事故時プラント挙動分析(2015まで)、事故炉の炉内状況把握(2016-2017) | MAAP, SAMPSONによる事故進展解析の実施 | | 現場データ分析や事故解析による炉内状況の把握 | | | | | | | |
| | MAAP, SAMPSONの高度化 | | | | MAAP, SAMPSONの改良 | | | | | |
| 燃料デブリ・FP [*] の挙動推定、及び分布・堆積状態の評価 | 模擬試験による評価 | | 炉内状況把握の重要事象に関する模擬試験 | | | | | | | |
| | 国際連携(BSAF Phase-1) | | 国際連携(BSAF Phase-2) | | | | | | | |
| 炉内状況の総合的な分析・評価(2016-2017) | 燃料デブリ・FP挙動の推定 | | 燃料デブリ分布・堆積状態・FP分布の推定 | | | | | | | |
| | | | | | 圧力容器内・格納容器内の状況推定 | | | | | |
| | | | | | | | | | |  <p>模擬燃料集合体プラズマ加熱試験(試験後の試験体)</p> |
| | | | | | | | | | |  <p>2号機のデブリ分布・RPV・PCV状態の推定図</p> |

* FP…核分裂生成物

燃料デブリの取り出しについては、その方法の検討や安全対策の策定にあたって、原子炉压力容器(RPV)内・原子炉格納容器(PCV)内の状態を予め可能な限り正確に推測することが不可欠である。福島第一原子力発電所(1F)1~3号機の炉内は放射線量が極めて高く、直接調査や観察ができないため、遠隔装置による調査が行われていたが部分的な実施にとどまっておろ、また事故進展解析による推定も、それ単独では不確かさが大きく、RPV内・PCV内の状態を十分把握しているとはいえなかった。

そこで、現場から得られる知見(RPV内・PCV内部観察結果、建屋周辺での廃炉作業で得られる知見)、事故時・事故後のプラントデータ(水位、温度、圧力、線量など)の分析により得られる知見、事故進展解析(MAAP、SAMPSONを改良して実施した解析を含む)の結果得られる知見を用いて、RPV内・PCV内の状態を総合的に分析・評価することとした。

分析・評価にあたっては、これらの実機データに加え、アメリカ・スリーマイル島原子力発電所2号機(TMI-2)事故や過酷事故模擬試験などの従来知見のほか、1F事故以降に主に国内で実施された模擬試験及び本プロジェクト内で実施した模擬試験の知見なども加味した。

なお、本プロジェクトは(一財)エネルギー総合工学研究所との共同提案により実施したものである。

事故時に何が起きたかを評価

事故解析のため、専門家グループによる総合評価に基づき、過酷事故解析コードであるMAAP(Modular Accident Analysis Program)とSAMPSON(Severe Accident analysis code with Mechanistic, Parallelized Simulations Oriented towards Nuclear fields)の両コードを改良・高度化した。このうちMAAPとはアメリカ電力研究所(EPRI)が所有する過酷事故解析コードであり、原子力発電所の安全性を確認するために、国内外で広範囲に使用されているもので、他方SAMPSONは物理現象を詳細に表現した多次元の数式・理論式で構築したモデルで、燃料デブリの分

配配置やその形状を解析するのに適したコードである。

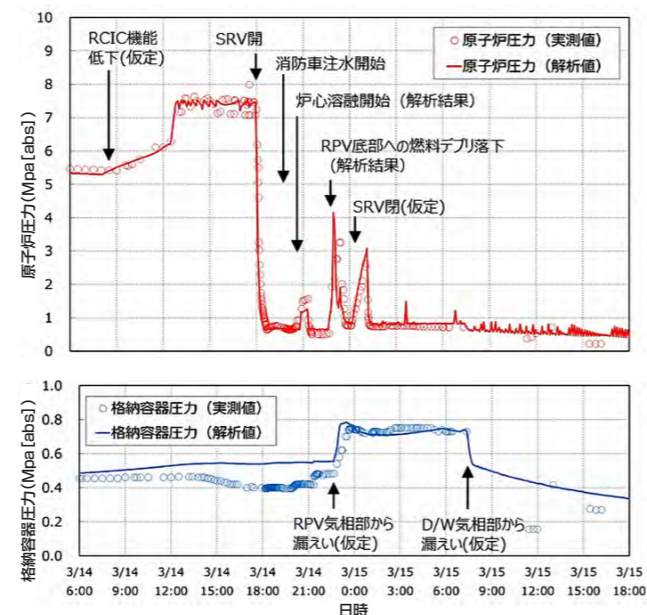
両コードの要素モデルを改良したうえ、事故時プラントデータを合理的に説明できる事故シナリオを評価・検討し、RPV内部での燃料の溶融とRPV下部への移行、RPVのパウダリ破損、PCVへの燃料デブリ移行について、プロジェクト実施時点での最確シナリオをとりまとめた【図5-1】。

解析手法の不確かさを低減するための検討

また、MAAPとSAMPSONの改良と併せて、必要な試験や両コードを補完する評価を行うことで、不確かさを低減を図った。例えば、本プロジェクトで抽出された、従来知見の少ない1F固有の事故過程(炉心部での事故進展時の水蒸気透過性、RPV下部の制御棒駆動機構(CRD)内部への燃料デブリ侵入、RPV下部での金属デブリと酸化物デブリの混合性等)については、大型模擬試験【図5-2】により検証データを取得し、上述のようにMAAPやSAMPSONの要素モデルの高度化や専門家グループによる総合評価に活用した。

ウラン含有粒子やFPの化学特性の評価

総合的な分析・評価にあたっては、FP(核分裂生成物)の挙動及び分布特性の推定・評価も欠かせな



【図5-1】MAAPコードによる2号機の事故進展事象の再現



▲模擬燃料集合体
プラズマ加熱試験
(加熱状況・試験後の試験体)

▲試験装置

【図5-2】模擬燃料集合体プラズマ加熱試験(加熱状況・試験後の試験体)

い。そこで、現場調査に伴って、PCV内・原子炉建屋内から採集されたサンプルの分析を行い、セシウムなどのFPの含有量や化学状態などの事故時の移行やふるまいに関わる知見をとりまとめた。

また、採取されたサンプル中からはウランを含有する多くの小粒子を検出した。例えば、2号機オペレーティングフロア養生シート【図5-3】から採集したサンプル中にウランを含有する多くの小粒子を検出した。その分析の結果、ウラン粒子には気体移行・凝縮で形成されたと推定される粒子と、液体移行・凝固で形成されたと推定される粒子があることが明らかになった。

このようなウラン粒子の特性や形成メカニズムについて、燃料デブリ本体のふるまいや特性を反映している可能性があること、また、事故時のRPVからオペレーティングフロアへのウラン粒子の移行経路の推定も重要であることから、検討を進めていくこととした。

RPV・PCV内の状態を総合的に分析・評価

事故進展解析の結果、1号機では燃料デブリの大部分がPCV側に移行したことがわかった。2号機では燃料デブリの分布は消防車注水量の設定に大きく依存して



【図5-3】2号機原子炉建屋5階で採取した分析対象の養生シート

いること、3号機では燃料デブリの大部分がPCV側に移行したことがわかった。さらに、実機データのほか、ミュオン測定結果などの他プロジェクトの成果を踏まえ、さまざまな情報を網羅的に集約し、RPV・PCV内の状態を総合的に分析・評価した。

評価にあたっては、燃料デブリやRPV内・PCV内の構造物を特徴の異なるいくつかのカテゴリーに分類し、かつそれらの判断根拠を併せて提示するなど、号機ごとに燃料デブリ堆積・分布状態、RPVやPCVの破損状態を炉内状況推定図としてとりまとめた。

なお、2017年度に本事業が終了した後も、東京電力ホールディングス(株)が総合的な分析・評価を継続しており【図5-4】(2019年3月時点の2号機推定図)、これらの分析・評価は燃料デブリ取り出し方法の選定や燃料デブリ取り出し工法の確定において、基盤知見として活用されることとなった。

2号機の燃料デブリ分布・RPV・PCV状態の推定図

2017年度に本プロジェクトが終了した後も東京電力ホールディングス(株)により分析・評価を継続した成果、Rev.15 (2019.3.29)

※1号機、3号機の燃料デブリ分布については、東京電力ホールディングス(株)HP参照

- PCV内部調査時に外周部の制御棒駆動機構が確認できており、またグレーチング欠損の状況から、RPVの穴は中央部およびその周辺部と推定(大きくない)。(実測に基づく推定)
- 場所によって強弱はあるもののペDESTAL床一面に水滴が落下している様子が観測できていることから、压力容器底部の制御棒駆動機構ハウジング付近には小さい破損口が複数ある可能性。(実測に基づく推定)
- 穴から落ちた燃料デブリの一部は制御棒駆動機構ハウジングなどにへばり付くと推定。(一般的な推定)

- 上部タイプレート等がペDESTAL床に落下しており、同じRPVの穴を通して落下したと考えられるその周辺にある堆積物は燃料デブリと推定。(実測)

- ペDESTAL床には小石状や岩状の堆積物などが確認されたが、岩状の堆積物まわりには水が溜まっている様子が確認できることから、岩状の堆積物は透水性がない可能性。また、小石状の堆積物の周囲にもところどころ水の溜まっている箇所が確認されており、小石状の堆積物の下には岩状の堆積物が広がっている可能性。(実測)

- プラットフォームからペDESTAL底部にかけて計測された線量と温度について、線量は底部に近づくやや高くなる傾向であり、一方、温度は単調変化ではないものの若干の低下傾向が確認されているが、総じて大きな変化ではない。加えて、ペDESTAL下部構造物に目立った損傷が見られないことから、ペDESTAL床上の燃料デブリは線量や崩壊熱が比較的小さいと考えられ、金属を多く含む可能性。(実測に基づく推定)
- ペDESTAL底部全体に燃料デブリを含む堆積物が広がっているものと推定。(実測)
- PCV床に水が溜まっていた場合、粒子状燃料デブリが形成される。(一般的な推定)
- 粒子状燃料デブリがある場合、淀み部に溜まる可能性。(一般的な推定)

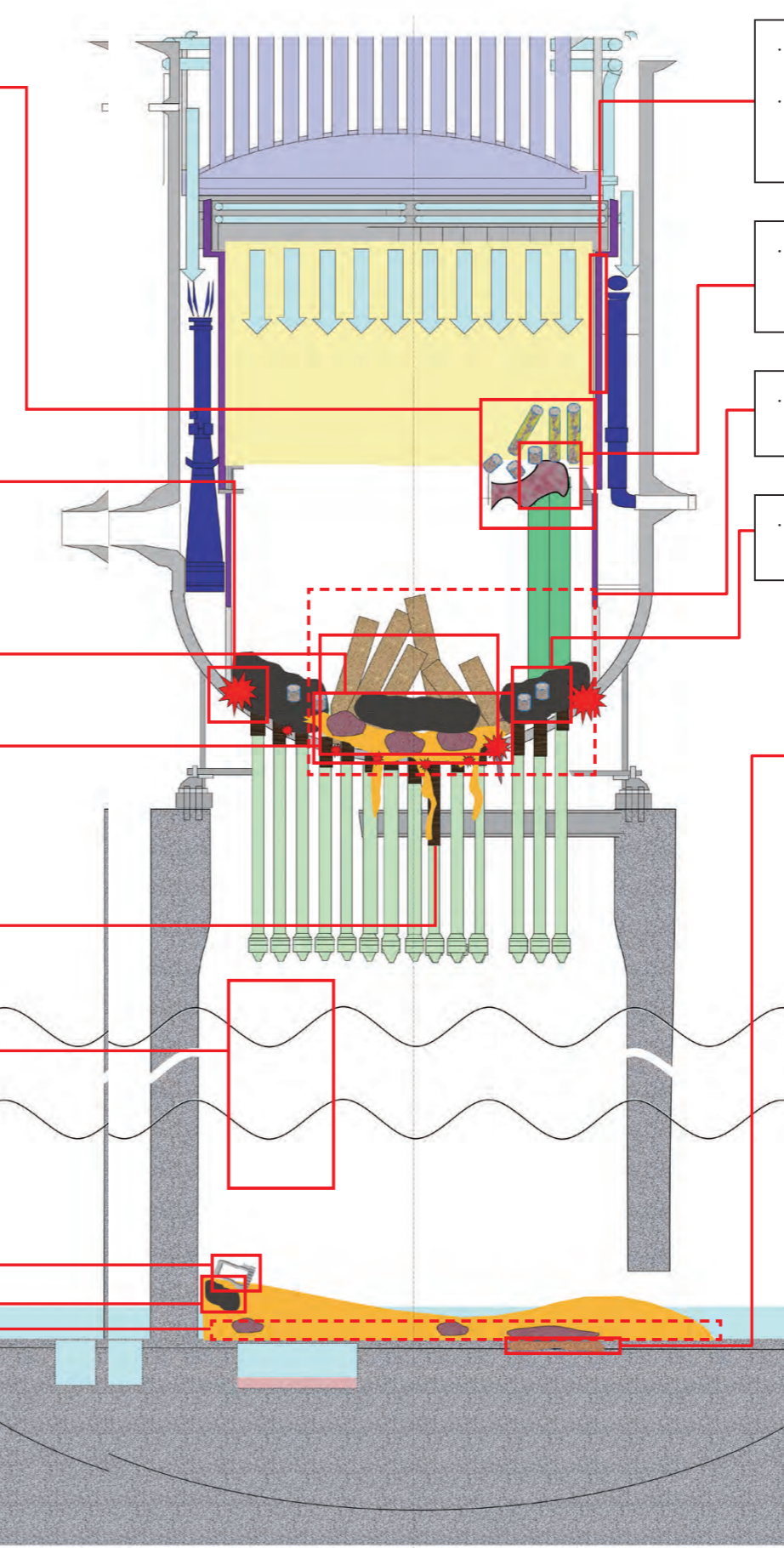
- 水素発生によるPCV圧力上昇からエネルギー量を想定し、大部分の燃料が損傷・崩落したと推定。(実測・解析)
- 炉心スプレイ系注水時に温度低下が確認されたことから、低流量の炉心スプレイ系注水で水がかかる炉心外周位置に燃料有と推定(燃料支持金具、制御棒案内管に溶融燃料が落ち込み固化した場合でも熱源として同等な挙動を示すため、詳細なデブリ位置は推定不可能)。(実測)
- ミュオン測定の結果から、炉心外周部に燃料が存在している可能性。(実測)
- 燃料棒があるとしても外周部に一部。(一般的な推定)
- 溶融燃料が固化した一般的な酸化燃料デブリと推定。(一般的な推定)

- 上部タイプレートがペDESTAL外周部に落下していることを踏まえ外周部に压力容器の破損口がある可能性。(実測に基づく推定)
- 少なくとも、上部タイプレートが落下する程度の大きさの穴が開いたものと推定。(実測)
- 外周部の制御棒案内管及び制御棒駆動機構の一部は压力容器底部に堆積した燃料デブリにより溶融・倒壊している可能性。(実測に基づく推定)

- ミュオン測定にて、压力容器底部に燃料デブリと思われる高密度物質の影を確認。下部プレナムに落下した燃料がRPV底部に残存している可能性。(実測)

- 制御棒案内管や制御棒駆動機構ハウジングの破損に伴い制御棒駆動機構ハウジング内部に燃料デブリや溶融した金属が若干侵入している可能性。(一般的な推定・試験)

- 鮮明化した映像から、制御棒交換レールからみてプラットフォームの左側で水滴が多く落下する様子が確認されており、その辺りではPIPケーブル等の位置が特定できず、またプラットフォームのグレーチングが欠損している。したがって、直上にはRPV破損口があり、破損口から原子炉へ注水した水が滴下している様子をとらえた可能性。(実測)



- 原子炉給水系流量増加時に原子炉再循環系圧力上昇したことから、シュラウド外に水位が形成されている可能性。(実測)
- 炉心スプレイ系注水による温度低下、注水量増加時のシュラウド外水位上昇から、シュラウドの大規模損傷はないと推定。(実測)

- 外周部における燃料の温度上昇はそれほど高くない可能性があることから、燃料棒残骸及びペレットが外周部に残っている可能性。(一般的な推定・試験・解析)

- 高温の燃料デブリからの熱移動が小さい場合、制御棒案内管は溶けずに残る。(一般的な推定)

- 粒子状燃料デブリ・ペレットがある場合、淀み部に溜まる可能性。(一般的な推定)

- PCVシェルの破損の傾向はない(サンドクッションドレンパイプからの漏えいなし)ため、MCCI(溶融炉心・コンクリート反応)は限定的と推定。(実測)
- ペDESTAL壁、ケーブルトレイ、制御棒交換機の柱など溶融することなく存在しており、MCCIは限定的であった可能性。(実測・一般的な推定)
- 燃料デブリはほとんどMCCIを起こさず固化した可能性。(実測に基づく推定・解析)
- MCCIを起こした燃料デブリはコンクリートと混合していると推定。(一般的な推定)

| | | | |
|--|----------------|--|-------------------|
| | 残留燃料棒及びその残骸 | | 制御棒駆動機構 |
| | 酸化燃料デブリ(多孔質) | | 制御棒駆動機構(内部に燃料デブリ) |
| | 粒子状燃料デブリ | | シュラウド |
| | 燃料デブリ(金属を多く含む) | | ペレット |
| | コンクリート混合燃料デブリ | | RPV破損口 |
| | 制御棒案内管 | | 上部タイプレート |
| | 破損した制御棒案内管 | | 堆積物(材質不明) |

提供：東京電力ホールディングス(株)

【図5-4】2号機の燃料デブリ分布・RPV・PCV状態の推定図(Rev.15(2019.3.29))

第6章 燃料デブリの性状を把握する

プロジェクト名 燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
|---------------------|------|-----------------------------------|----------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 燃料デブリ性状の分析に必要な技術開発等 | | 燃料デブリ処置技術の開発 (燃料デブリ含水・乾燥特性評価等) | | | | | | | | | |
| | | 燃料デブリ等の分析要素技術の開発 (化学分析シナリオ検討等) | 燃料デブリ等の分析要素技術の開発 (多元素分析手法適用等) | 燃料デブリサンプル等の分析及び分析技術効率化の検討 (付着物、堆積物分析等) | | | | | | | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 |
| 燃料デブリの性状分析に必要な技術開発等 | | 燃料デブリ等の分析要素技術の開発 (化学分析シナリオ検討等) | 燃料デブリ等の分析要素技術の開発 (多元素分析手法適用等) | 燃料デブリサンプル等の分析及び分析技術効率化の検討 (付着物、堆積物分析等) | | | | | | | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | |
| 燃料デブリの性状分析に必要な技術開発等 | | 燃料デブリ等の分析要素技術の開発 (化学分析シナリオ検討等) | 燃料デブリ等の分析要素技術の開発 (多元素分析手法適用等) | 燃料デブリサンプル等の分析及び分析技術効率化の検討 (付着物、堆積物分析等) | | | | | | | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | |
| | | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | 燃料デブリのイメージ図 | |

福島第一原子力発電所(1F)の原子炉炉心溶融事故に伴って、核燃料と原子炉構造材等との溶融物である燃料デブリが発生した。その燃料デブリの特性情報は、廃炉に向けての燃料デブリ取り出しや保管、処理・処分を安全に実施するために必要な情報である。

しかしながら、1Fの燃料デブリは、アメリカ・スリーマイル島原子力発電所2号機(TMI-2)事故の際に発生した燃料デブリとは、その性状が異なることが予想されることから、1Fで発生した燃料デブリに関する知見を深める必要があった。

そこで、IRIDは燃料デブリの性状把握を目的として、①国内外の知見を集め整理するとともに性状把握のための試験に用いる模擬燃料デブリ試料を制作し、その試験データから原子炉内に存在する燃料デブリの性状を推定する技術の開発、②模擬燃料デブリ試料を用いた燃料デブリの分析技術の開発や燃料デブリの管理に必要な特性データ取得、③1Fの各種炉内調査で用いた機材から回収した付着物、炉内等の堆積物の分析データの取得、データの評価に基づく燃料デブリ性状の推定などのデータベース化という3つの観点から取り組むことによって燃料デブリの性状を把握するための分析、推定技術の開発を実施した。

棒材料との高温反応といった点で、TMI-2とは異なる特有の反応があった。

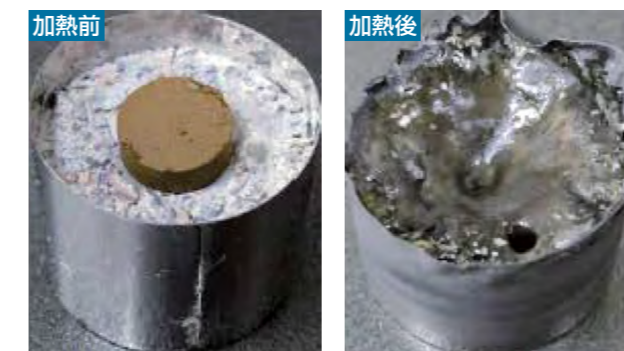
現場の映像などの情報は一部取得できるようになったものの、燃料デブリに関する情報は極めて限定的なものである。そのため、国内外の知見や模擬燃料デブリを調製し、それらを活用して性状を把握するというアプローチをとることとした。詳しくは、模擬燃料デブリを用いて1F事故における特有な反応の把握をしたうえで、MCCI生成物の性状把握、TMI-2燃料デブリとの比較などを通じ、1Fの燃料デブリ特有の性状の推定・評価を行っていった。

このうち、MCCI生成物の性状把握においては、コンクリート片の上に模擬コリウム(燃料被覆管材等の成分であるZrと構成材に使用されているステンレス(SUS)の粉末を整形したディスク)を置き、集光加熱法により溶融させることで模擬MCCI生成物を制作する方法を開発した【図6-1】。

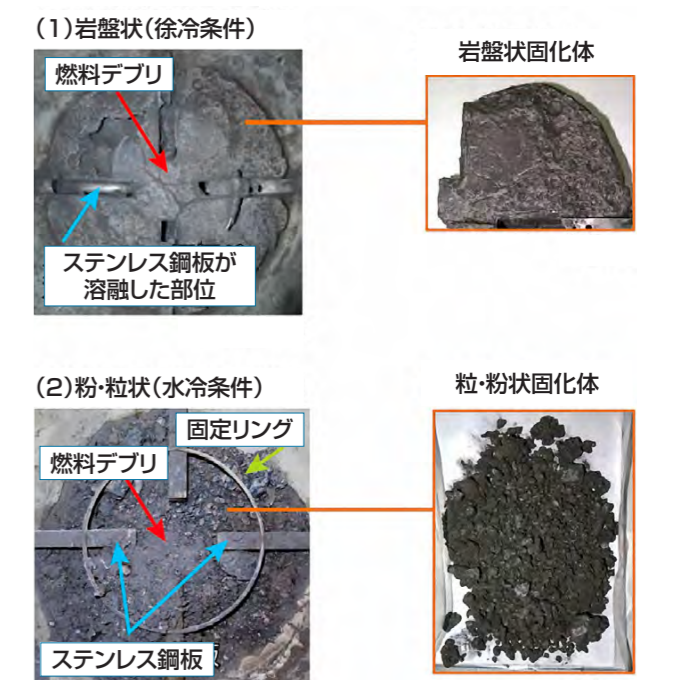
また、核燃料物質そのものと炉心構造材との反応を模擬するために、カザフスタン国立原子力研究所(NNC)において数十kgオーダーのUO₂、Zr、B₄Cを加熱溶解し、ステンレス鋼の受け皿に落下させることで模擬燃料デブリを生成させた【図6-2】。その結果、表面に粒状や塊状の組織を伴う

模擬燃料デブリ試料の制作と燃料デブリ性状の推定

TMI-2の事故で生じた燃料デブリは、核燃料と原子炉内構成材成分が主成分の燃料デブリであった。一方、1Fの事故では、これらに加えてコンクリートの反応が生じるなどしており、溶融炉心とコンクリートの高温反応(MCCI)、海塩水との反応、制御



【図6-1】集光加熱によるMCCI生成物の制作



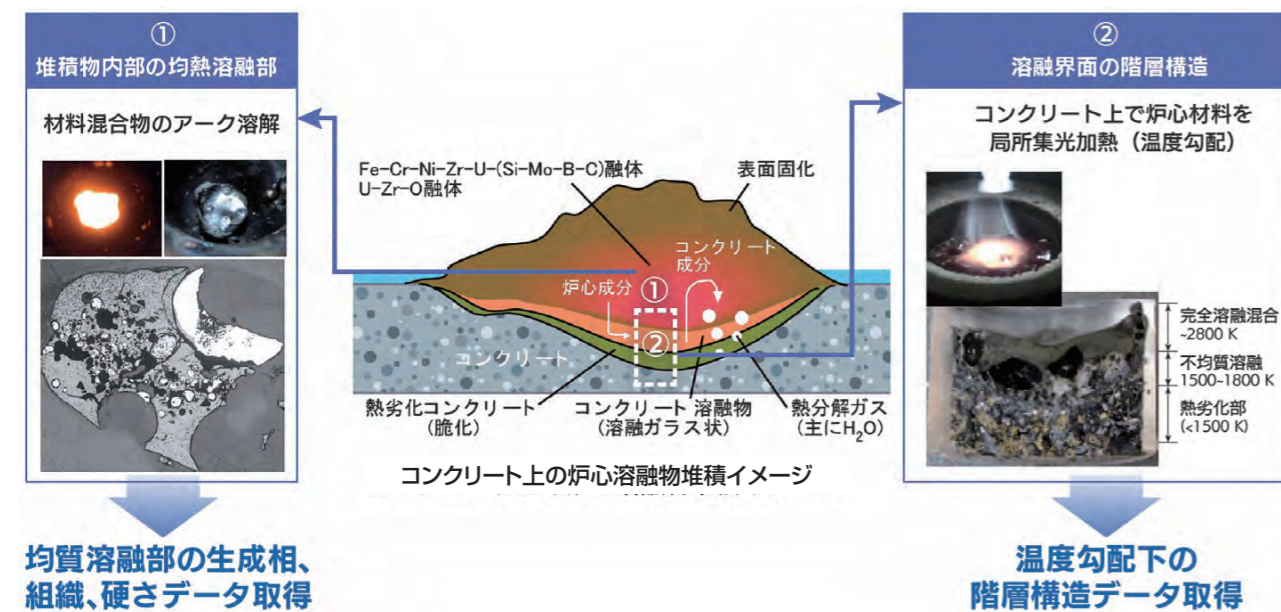
【図6-2】核燃料物質/金属溶融デブリの調製

模擬燃料デブリの生成や、金属と核燃料物質の混合状態、これらの境界部の詳細に関する知見を得た。

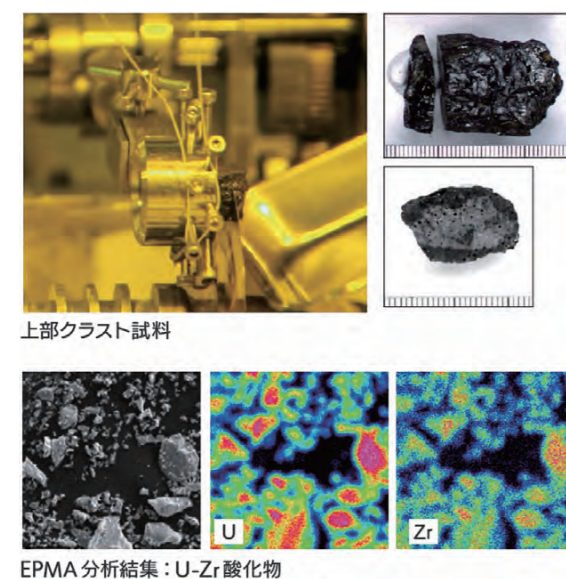
さらに、チョルノービリ事故以降、過酷事故に関する研究を進めていた欧州にはさまざまな過酷事故試験装置があることに加え、国内の既存の施設では試験がやりにくい大量の核燃料物質を用いた試験の実施が可能であったことから、フランス原子力・代替エネルギー庁(CEA)において1Fの溶融成分や日本で使用されているコンクリート材を考慮した大型MCCI生成試験を行った。その結果、得られた模擬燃料デブリを解体し、複数の部位からサンプルを

取得することにより、コンクリートの浸食深さや生成物の状態などの知見を得た。

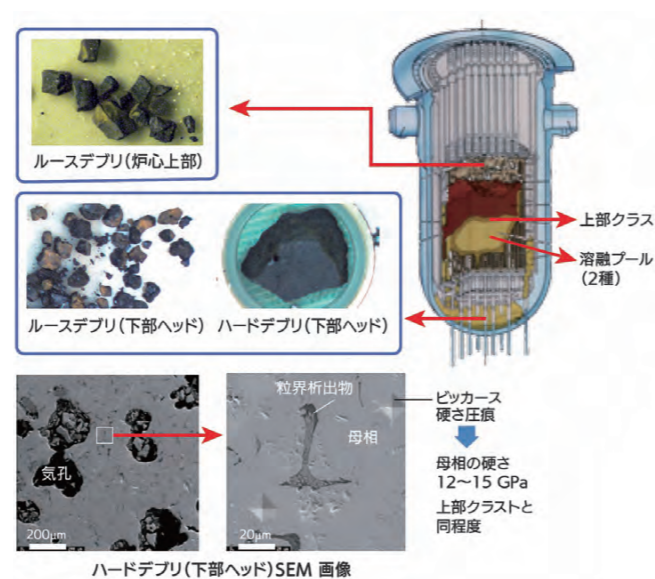
また、生成物の分析を行い、生成部位ごとの元素マップを取得した。その結果、不均一な組織、多孔質な部分、金属質の部分などが観察された。酸化層からなる層はSi含有率の高い母相中にU-Zr酸化物などが析出していることのほか、底部の金属層は主にFeを主成分とした合金であることなどが確認できたことから、基礎試験等【図6-3】から想定される状態と大きく変わらないことがわかった。加えて、核燃料中で生成していたと推定される核分裂生成物



【図6-3】2種類の模擬MCCI生成物の制作



【図6-4】TMI-2燃料デブリの切断試験



【図6-5】TMI-2燃料デブリの外観と断面のSEM画像

(FP) やアクチノイドの酸化物の蒸気圧を計算した結果を温度との関係で見ると、燃料デブリ中のFPが揮発する可能性があることがわかった。

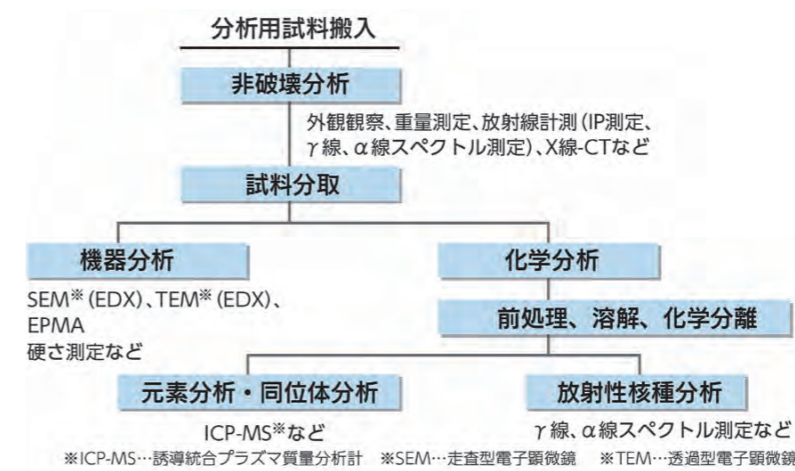
このようにして知見の少ないMCCI生成物の特性データを取得するため、海外の研究機関とも連携し、試験目的に応じた模擬MCCI燃料デブリを作製した。さらには、燃料デブリに含まれるであろうFPの元素等が固溶する可能性がある酸化物系の特性データ等をまとめ、後述する「debrisWiki」において公表した。

燃料デブリの分析法の整備、燃料デブリ取り出し管理に影響する燃料デブリ特性の把握

◆TMI-2燃料デブリを用いた分析と燃料デブリ分析手順の検討

前述したように、燃料デブリの性状把握においてはTMI-2燃料デブリも活用した。TMI-2燃料デブリは、燃料デブリの分析技術開発の一環として、日本原子力研究開発機構(JAEA)が保管しており、それを模擬燃料デブリと比較することとした。

具体的には、JAEAが保管するTMI-2燃料デブリのうち3種類のサンプルを用いて、試料の切断試験【図6-4】、金相観察のほか、ビッカース硬度を測定した。切断した試料の走査型電子顕微鏡(SEM)観察【図6-5】及び電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)分析を実施したところ、クラスト部から採取されたデブリはUとZrからなる酸化物が主成分であることが確認できた。また、採取場所の異なる3種類のTMI-2燃料デブリ試料についても分析を



【図6-6】分析の手順

実施した結果、下部ヘッ드의試料は、母相がU、Zr、Fe、Crの酸化物であり、粒界部分にはFe系などの酸化物が析出していること、硬さは上部も下部ヘッドも同程度であることを確認した。

また、本プロジェクトでは、その後の燃料デブリ分析において採用する分析技術開発の一環として、分析フローのケーススタディを実施した。「分析の手順」【図6-6】のように分析用試料の搬入から、こういった分析をどういった手順で行うかを決めたいが、燃料デブリの取り出し規模が拡大するに伴い、その工程や保管管理の方針に対応して見直しを図る必要があると考えている。

◆燃料デブリの化学分析の評価と保管中の水素発生評価のためのデータ取得

将来、原子炉内から燃料デブリが採取された際に、その性状把握のために用いられるであろう分析手法を想定し、燃料デブリの元素分析の前処理方法として、溶解法の検討を行った。燃料デブリは炉内構造物やコンクリート成分が高温で反応したものであり、水に難溶性であると推定されることから、難溶性物質の溶解法として知られる「アルカリ融解法」を採用した。実際に、電気炉を用いて過酸化ナトリウムと模擬燃料デブリを850℃で反応させたところ、濃硝酸を用いて完全溶解できることを確認した【図6-7】。

さらに、難溶性である燃料デブリをアルカリ融解法などで溶解した後に適用する分析技術の課題についても整理した。溶解液を化学分析する際の課題の



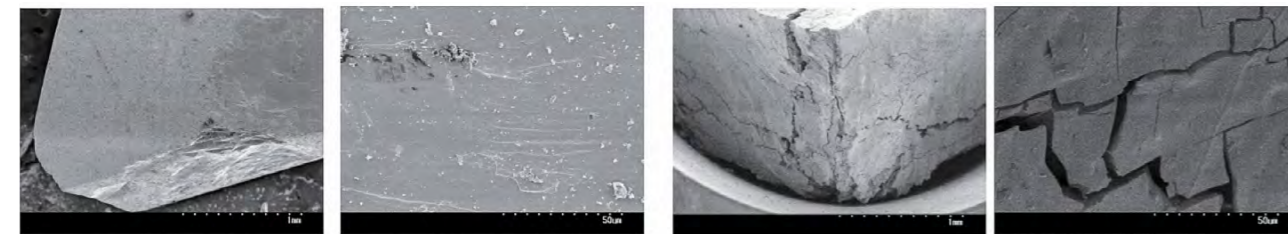
【図6-7】模擬燃料デブリのアルカリ融解試験

一つとして、誘導結合プラズマ発光分光分析における分光干渉が挙げられる。燃料デブリがUを多量に含有する場合、他の元素を分析する際に妨害を受けることから、目的元素の定量下限値などへの影響を評価した。

取り出し後の燃料デブリの収納・保管に関する安全性評価に重要な点として、高線量の燃料デブリ中に含有する水の放射線分解による水素発生が課題となっている。水素発生防止のために、水分を除去する目的で燃料デブリの保管の前に乾燥を実施することが想定され、燃料デブリの乾燥特性データを取得した。そのデータは、揮発性放射性核種の挙動も加味して設定した300℃を中心として取得した。MCCI生成物の一成分であるコンクリートの乾燥特性データのほか、乾燥しにくいと予想される粒子状燃料デブリについては、粒径などをパラメータとした乾燥挙動評価を実施した。その結果、燃料デブリ表面のクラックの発生状況から【図6-8】、300℃での乾燥では燃料デブリの表面状態に変化がなく、乾燥温度の目安の一つとして有効であることを確認した。

◆ 微粒子の発生データ取得と挙動評価

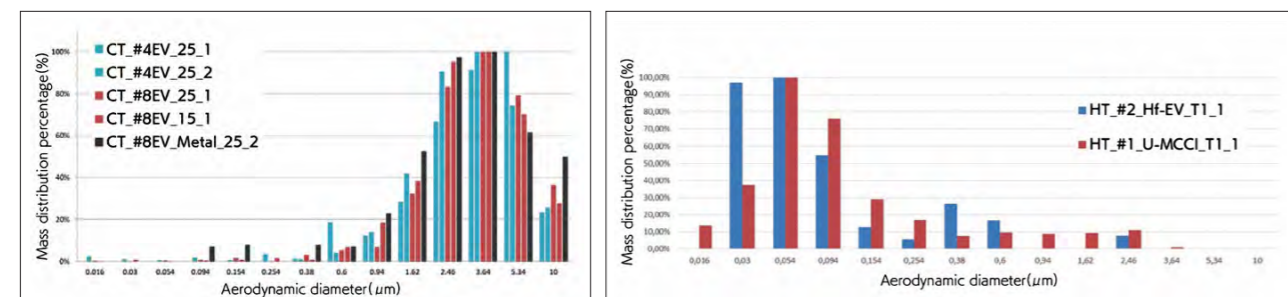
本プロジェクトにおいては、取り出し作業時の課



①300℃、低酸素雰囲気下での15時間熱処理後の状況 (クラックの発生なし)

②600℃、低酸素雰囲気下での11時間熱処理後の状況 (クラックの発生あり)

【図6-8】 熱処理後の模擬燃料デブリの外観



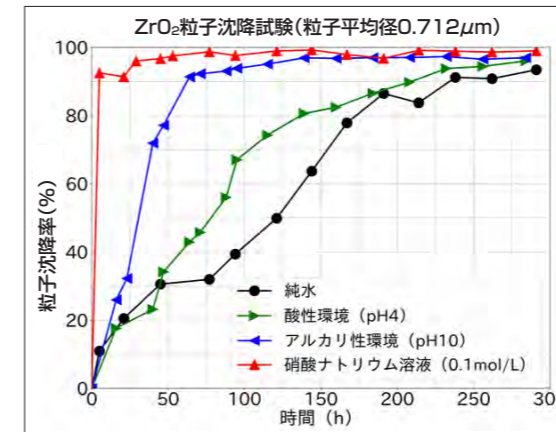
【図6-9】 フランスで実施したウラン含有模擬燃料デブリを用いた微粒子の生成挙動試験結果

題となっている放射性微粒子の飛散についても調べることにした。具体的には、取り出しに用いる工法と燃料デブリから発生する放射性微粒子の関連を調べる目的で試験を行った。フランスのCEAで実施したMCCI生成試験で得られたUあるいはHfを含有する模擬燃料デブリを試料とし、想定される取り出し工法に対応して機械的切断試験及び加熱試験を実施し、微粒子の生成挙動を評価した【図6-9】。

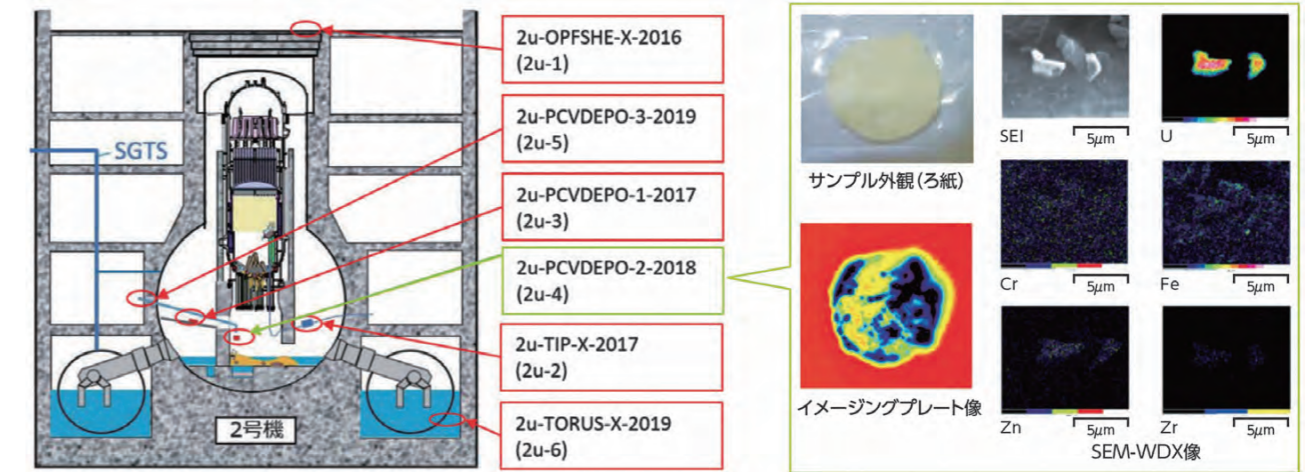
その結果、微粒子の粒径分布から機械的切断【図6-9左】に比べて加熱試験【図6-9右】で生じた微粒子の平均粒径が小さいことが確認できた。生成した微粒子の組成は、主にUやZrだったが、加熱試験では、その組成は模擬燃料デブリの組成と異なっていた。これは加熱による微粒子の生成においては蒸発/凝縮が主なメカニズムであることから、燃料デブリの組成が均一ではなく、試料中に偏在化している各成分の蒸気圧に影響されるためと考えられた。また、加熱試験で生成した微粒子は、雰囲気中の酸素の影響を受ける可能性も示唆された。

挙動評価に関して、燃料デブリの取り出し工法のうち、水中における熱的加工法（レーザー法）では、気相（吹付ガス中）において生成した燃料デブリ微粒子が水中を経由し、上面の気相に放出される経路や、水中の粒子が液相中を輸送される経路が考えら

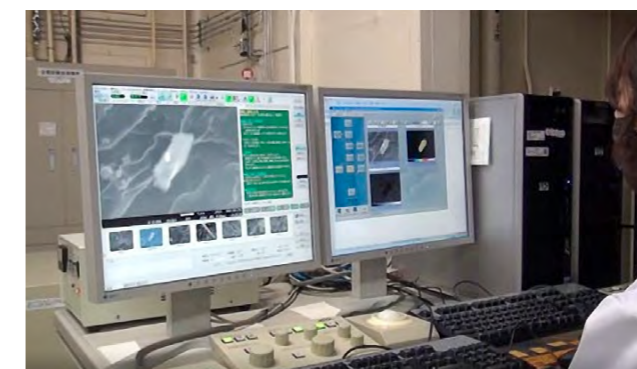
れる。この際に生じる微粒子の気液移行挙動や液相中の移行挙動を調べるため、挙動を模擬する基礎試験や微粒子の液相中での沈降試験【図6-10】を行うとともに、CFD（数値流体力学）コードによるシミュレーションに、前述の加熱試験のデータを適用し、加熱で生成すると予測される微粒子の気液移行率を



【図6-10】 水中の溶存物質の違いによるZrO₂微粒子沈降率の経時変化



【図6-11】 2号機の試料の採取位置と分析例



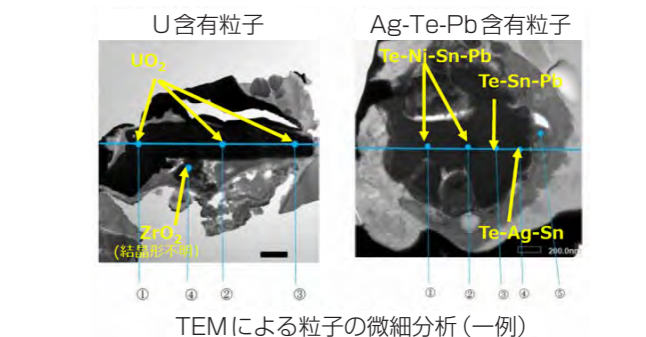
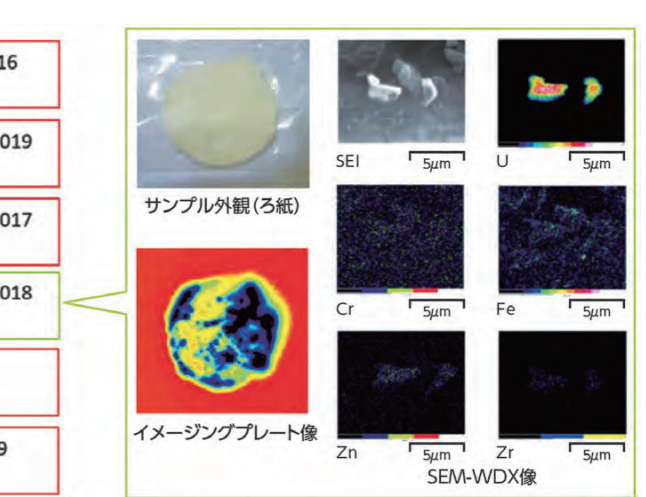
【図6-12】 炉内で採取された付着物試料のSEM分析の様子

推定した。CFDコードによる粒子挙動評価の有効性を確認した。

付着物の分析結果を用いた燃料デブリ性状の推定とデータベースの提示

1Fでは数々のPCVの内部調査が実施されており、調査に使用した機器の付着物や回収された堆積物のサンプルの分析を実施した【図6-11】。例えば、JAEA大洗研究所ではSEMを用いた分析【図6-12】を、日本核燃料開発(株)ではTEM（透過型電子顕微鏡）を用いた分析【図6-13】を実施した。

これらの分析で、1～2号機の試料中にUを含有する微粒子が存在することを確認し、その発生源と推定される燃料デブリの特性を評価した。その結果、原子炉内オペレーティングフロアの採取試料(2u-1)、堆積物のスミア試料(2u-5)などに燃料起源と推定されるUが検出された。その他、燃料被覆管などが起源と推定されるZr、塗料起源と推定され



【図6-13】 1～2号機SGTS配管内部で採取された粉末試料のTEM分析結果(ウランの含有微粒子を確認)

るZn、遮蔽材起源と推定されるPbなどが検出され、各場所における元素の存在状況から炉内状況の推定を行った。

また、3号機においてペDESTAL内部調査の際に帰還したロボット表面の付着物質からUやFeなどの元素が検出された。これらのデータを、分析方法の開発のみならず、炉内性状把握研究などの先行プロジェクトの結果や、東京電力ホールディングス(株)による1Fの内部調査や事故進展解析結果等と関連させて評価し、1~3号機の各領域ごとの燃料デブリ特性としてとりまとめた。

本プロジェクトで収集した燃料デブリ関連のデータは、燃料等の各種物性値、TMI-2燃料デブリ等の

分析結果、1Fの運転情報、炉内調査の結果、サンプル分析の結果など多岐多数にわたっている。そのため、データを体系的に活用できるように、JAEAと東京電力ホールディングス(株)が共同でデータベースを整備してきた。その際、データを、採取場所、当該号機の事故進展状況、炉内調査の結果などの情報とリンクさせることで利便性が増すことから、ウィキペディア方式のデータベース・プラットフォーム「debrisWiki」を開発した【図6-14】。このdebrisWikiにこれまでIRIDで取得したデータを整理し入力した。今後も継続して取得される分析データや各種情報はこのデータベースに集約していくこととしている。

debris Wiki

分析データ

目次 [非表示]

- 輸送前サンプル (アクセス制限有)
- 分析結果一覧
 - 2.1 1号機
 - 2.2 1/2号機
 - 2.3 2号機
 - 2.4 3号機
- 総合的な分析結果の解釈

輸送前サンプル (アクセス制限有)

福島第一原子力発電所から輸送・分析するサンプルの一覧を以下のリンクに示す。輸送・分析するサンプルの一覧については、輸送、分析及びそれに関係する担当者に限定して公開することとする。

- 輸送前サンプル一覧

分析結果一覧

1号機

| 採取位置 | debrisWiki | TEPCO | 各分析機関 | 分析機関 | 採取時期 | 分析時期 | 分析結果の説明 | 試料形状 | 分析結果 | | | | | | | P3名等 | 備考 |
|----------------------|-------------------|-----------------|--------|------|----------------|----------|---------|------|------|----|-----|-----|-----|-------|-------|----------|----|
| | | | | | | | | | 外観 | IP | SEM | TEM | ICP | 放射線分析 | 放射線分析 | | |
| ウェルプラグ | 1u-WELLP-1-2019 | 1u-4,②2-2 | XM1916 | JAEA | 2019/7~8 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| ウェルプラグ | 1u-WELLP-2-2019 | 1u-4,④7-1 | XM1917 | JAEA | 2019/7 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| ウェルプラグ | 1u-WELLP-3-2019 | 1u-4,③2-1 | 1uプラグ2 | NFD | 2019/7~8 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| ウェルプラグ | 1u-WELLP-4-2019 | 1u-4,③4-1 | 1uプラグ4 | NFD | 2019/7~8 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| X-2ベネ堆積物除去治具 (チャンパー) | 1u-X2PEN-1-2019 | 1u-3,①チャンパー-1-1 | XM1911 | JAEA | 2019/5 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| X-2ベネ堆積物除去治具 (チャンパー) | 1u-X2PEN-2-2019 | 1u-3,②チャンパー-1-2 | XM1912 | JAEA | 2019/5 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| X-2ベネ堆積物除去治具 (治具) | 1u-X2PEN-3-2019 | 1u-3,③治具-1-1 | XM1913 | JAEA | 2019/5 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| X-2ベネ堆積物除去治具 (治具) | 1u-X2PEN-4-2019 | 1u-3,④治具-1-2 | XM1914 | JAEA | 2019/5 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| X-2ベネ堆積物除去治具 (治具) | 1u-X2PEN-5-2019 | 1u-3,⑤治具-2-1 | XM1915 | JAEA | 2019/5 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_H30 | |
| X-2ベネ堆積物除去治具 (治具) | 1u-X2PEN-6-2019 | 1u-3,⑥治具-2-2 | 1uX-2 | NFD | 2019/5 | 2020/1~2 | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_R1 | |
| 原子炉建屋エアロック室堆積物 | 1u-Airlock-1-2017 | 1u-1,エアロック室堆積物 | XM1708 | JAEA | 2017/10~2019/3 | | スミア紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_H29 | |
| 格納容器底部堆積物 | 1u-PCV-1-2017 | 1u-2,格納容器底部堆積物 | XM1705 | JAEA | 2017/10~2018/3 | | 紙 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | IRID_H29 | |

【図6-14】「debrisWiki」1号機の分析データ (https://fdada-plus.info/wiki/index.php)

第7章 燃料デブリ取り出しに向けて PCV 内部を調査する

プロジェクト名 原子炉格納容器 (PCV) 内部詳細調査技術の開発

【1号機】

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------|------|------------------|---|----------------------------------|---|---------|------|---|------|------|
| 原子炉格納容器内の情報取得 | | | ベDESTAL外1階グレーチング上調査 (X-100Bベネ ^{※1}) | | ベDESTAL外1階グレーチング上・地階状況調査 (X-100Bベネ ^{※1}) PCV底部状況調査 (X-100Bベネ ^{※1}) | | | ベDESTAL内外地下階詳細調査 (X-2ベネ ^{※2}) | | |
| アクセスルート構築とそれに係る装置開発 | | ベDESTAL外1階調査装置開発 | | ベDESTAL外地下階調査装置設計・製作・モックアップ試験 | PMORPH1 | PMORPH2 | | アクセスルート構築現場実証 | | |
| | | | | ベDESTAL内外地下階詳細調査装置設計・製作・モックアップ試験 | IRIDOLPHIN-A | | | ベDESTAL内1階詳細調査装置設計・支援装置の設計・製作 | | |

※1) X-100Bベネ… X-100Bベネトレーション ※2) X-2ベネ… X-2ベネトレーション

【2号機】

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------|------|----------------------------|---|--------------|--|--|--|---|--|-------------------------|
| 原子炉格納容器内の情報取得 | | | CRDレール・ベDESTAL開口部調査 (X-53ベネ ^{※3}) | | ベDESTAL内プラットフォーム上調査 (X-6ベネ ^{※4}) | | ベDESTAL内プラットフォーム下調査 (X-6ベネ ^{※4}) | | ベDESTAL内部詳細調査技術の現場実証準備中 (X-6ベネ ^{※4}) | |
| アクセスルート構築とそれに係る装置開発 | | ベDESTAL内外アクセス技術開発 | | サソリ型クローラロボット | | PCV内へのアクセスルート構築アーム型アクセス装置設計・製作・組み立て・工場検証試験 | | ベDESTAL内部底部堆積物接触調査 (X-6ベネ ^{※4}) | | アーム型アクセス調査装置モックアップ試験 |
| | | クローラ型カメラ・堆積物除去装置の設計・製作検証試験 | | | | ベDESTAL下部堆積物調査装置の設計・製作・検証試験 | | | | 隔離部屋・ハッチ開放装置の設計・製作・検証試験 |

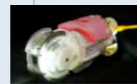
※3) X-53ベネ… X-53ベネトレーション ※4) X-6ベネ… X-6ベネトレーション

【3号機】

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 原子炉格納容器内の情報取得 | | | | | | | | | | |
| アクセスルート構築とそれに係る装置開発 | | | | | | | | | | |

ペDESTAL内調査(X-53ペネ^{※3})

PCV内へのアクセスルート構築
水中ROVの設計・製作・
モックアップ試験・現場実証



水中遊泳型ロボット
(ミニマンボウ型ロボット)

※3) X-53ペネ… X-53ペネトレーション

【1~3号機】

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 計測技術と機器の開発 | | | | | | | | | | |



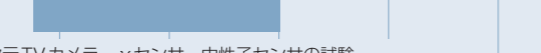
計測技術と機器の開発

形状計測装置
(光切断方式)の開発



形状計測装置
(光切断方式)の開発

走査型超音波距離計、高出力超音波センサ、CdTe半導体検出器、
低周波超音波センサの適用検証



走査型超音波距離計、高出力超音波センサ、CdTe半導体検出器、
低周波超音波センサの適用検証

3次元TVカメラ、γセンサ、中性子センサの試験



3次元TVカメラ、γセンサ、中性子センサの試験

超音波ソナー、形状計測装置(光切断方式)、
γセンサ適合性検証



超音波ソナー、形状計測装置(光切断方式)、
γセンサ適合性検証



VTカメラ

VTセンサ・中性子センサの開発



VTセンサ・中性子センサの開発

燃料デブリ取り出しに向けてPCV内の燃料デブリの分布や性状、構造物の状況などを把握するため、さまざまな調査を行ってきた。しかし、これらの調査では、貴重な情報が得られている反面、調査は利用できるペネトレーションの制限や放射線環境等の制約を受けていた。取り出し方法確定に向けては、PCV内部のより詳細な情報取得が必要であることから、1~3号機それぞれの状況を踏まえ、詳細調査のための装置開発に加えてPCV内部へのアクセスルートを構築する作業を実施した。

例えば、1号機の場合、熔融した燃料のほぼ全量がペDESTAL内へ落下し、その一部は地下開口部からペDESTAL外へ広がっていると推定されることから、①ペDESTAL外のPCVグレーチング上調査・PCV底部調査、②詳細調査のためのアクセスルート構築、③ペDESTAL内外PCV底部詳細調査を行

うための装置を開発した。また、2号機の場合、ペDESTAL内に燃料デブリが存在すると推定されたことから、そうしたものを高い確度で把握するため、①クローラ型遠隔操作調査ロボットの開発のほか、②ペDESTAL底部調査装置、③アーム型アクセス・調査装置の開発、④アクセスルート構築に係るX-6ペネトレーション(X-6ペネ)接続構造、⑤隔離部屋・ハッチ開放装置の開発を行った。

3号機の場合は、PCV内部水位が高いことが確認されており、またさまざまな障害物がペDESTAL内にあることが推定されたことから、ペDESTAL内の狭隘部にアクセス可能かつ障害物を避けながら遊泳可能な小型の水中遊泳ロボット(ROV)を開発した。さらに、1~3号機に共通のものとして、計測技術の開発も行った。

1号機におけるPCV内部詳細調査のための装置開発

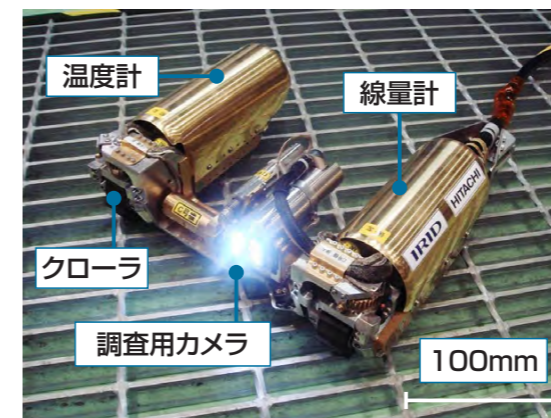
1号機の調査では、燃料デブリを調査する準備として、ペDESTAL外グレーチング上の環境調査とPCV底部の概況の調査後、その結果を踏まえ、ペDESTAL内外の燃料デブリや堆積物の状況を詳細に把握するための調査を計画した。この調査では、ペDESTAL内外の堆積物の広がり、深さ、燃料デブリの有無、性状等を詳細に調査することとした。

◆ペDESTAL外グレーチング上調査・PCV底部調査
ペDESTAL外グレーチング上調査・PCV底部調査に向けては、内径100mm程度のペネからPCV内に進入し、その後形状を変えてグレーチング上を安定走行、調査を実施する装置(PMORPH1(ピーモルフ1))を開発した【図7-1】。この装置を用いて、PCV内のグレーチング上の調査を実施し、機器損傷状況、線量率分布等を明らかにした。

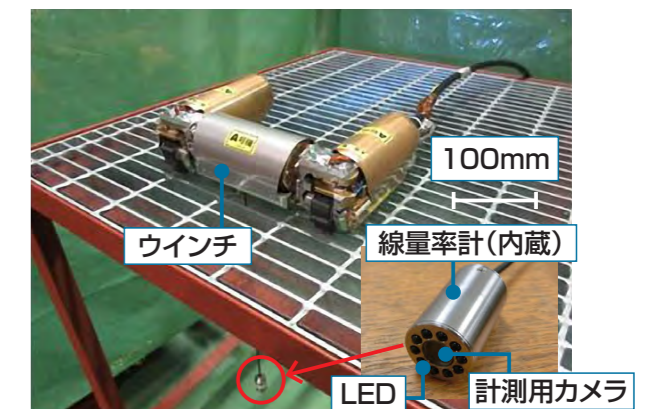
また、上記装置をベースとして、グレーチングの

隙間から約3m下方までセンサ(カメラ、線量率計)を降下させる構造の装置(PMORPH2(ピーモルフ2))【図7-2】を開発し、PCV底部の調査を実施し、約1m程度の厚さの堆積物が存在することを確認した。

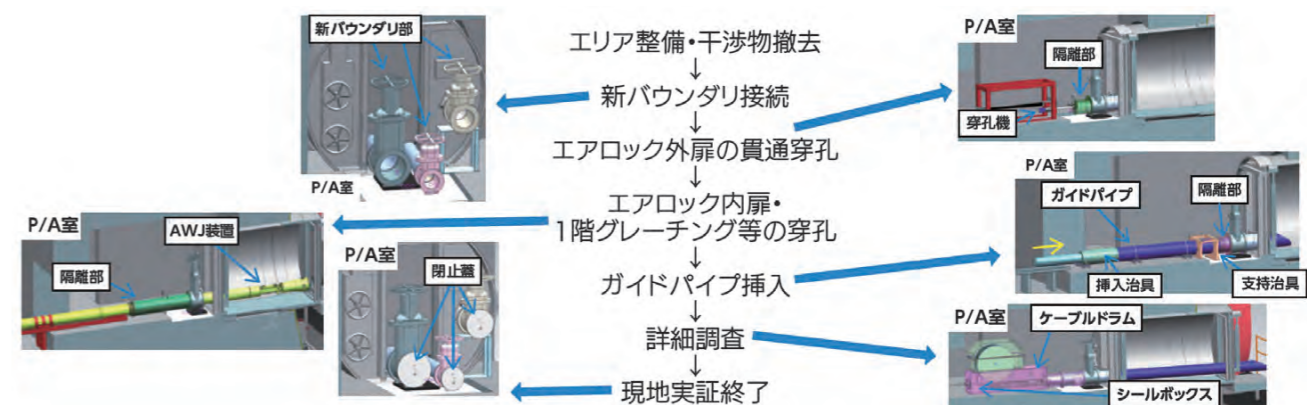
◆詳細調査のためのアクセスルート構築
PCV内部詳細調査を実施するため、1号機ではX-2ペネ(エアロック)から調査装置を入れる計画を立てた。アクセスルートを構築【図7-3】するため、穿孔技術、バウンダリ構築技術、遠隔監視技術の開発を行った。穿孔技術においては、エアロック外扉はダイヤモンドカッターによるコア穿孔、エアロック内扉やグレーチングなどはアブレイシブウォータージェット(AWJ)による穿孔技術を確立した。なお、いずれの作業も遠隔及びPCVバウンダリ保持状態で実施した。



【図7-1】ペDESTAL外グレーチング



【図7-2】PCV底部調査装置



【図7-3】アクセスルート構築作業ステップ

◆PCV底部詳細調査

PCV底部には滞留水が存在しており、詳細調査にあたっては、水中ロボットを使用することとし、潜水機能付ボート(IRIDOLPHIN(アイリッドルフィン))【図7-4】を開発した。開発したのは、潜水機能付小型ボート1種類と潜水機能付ボート5種類の合計6種類で【表7-1】、小型ボートについては、パン・チルト機能付カメラなどを搭載し、ペDESTAL内外の構造物の状態や堆積物の目視調査を行った。その結果、ペDESTAL外では、広い範囲に塊状の堆積物があることや、ペDESTAL開口部壁面下部ではコンクリートが消失し配筋が露出している状況などを確認した。ペDESTAL内では、開口部壁面と

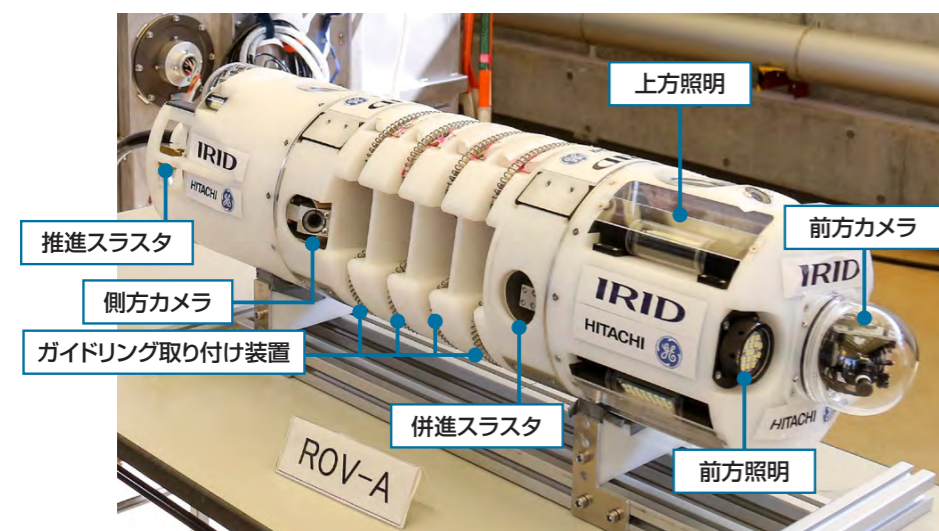
同様に壁面下部のコンクリートが一部消失し、配筋が露出している状況や、底部に全域にわたり高さ1m未満の堆積物があり、CRD交換機レール・車輪やCRDハウジングなどの上部構造物が部分的に落下していること、上部はCRDハウジング等の構造物が正規位置より下方に位置していることなどを確認した【図7-5】。

一方、ボート5種類のうちの1種類(IRIDOLPHIN-A)はボートのケーブルが絡まることを防ぐために、ガイドリングをPCV内部構造物に磁力で取り付ける機能を持たせた。他の4種類は、堆積物3Dマッピング(B)、堆積物厚さ測定(C)、中性子センサ等による燃料デブリ検知(D)、堆積物サンプリング(E)

【表7-1】潜水機能付ボート(IRIDOLPHIN)一覧表

| 調査装置 | 計測器 | 実施内容 |
|----------------------------|--|--|
| IRIDOLPHIN-A ガイドリング取付 | ・IRIDOLPHIN 保護用 (光ファイバー型γ線量計) | ケーブルの構造物との干渉回避のためジェットデフレクターにガイドリングを取り付ける |
| IRIDOLPHIN-A2 詳細目視 | ・IRIDOLPHIN 保護用 (光ファイバー型γ線量計 改良型小型 B10 検出器) | ペDESTAL内にアクセスし、CRDハウジング、燃料デブリ、堆積物等の目視調査を行う(小型ボート) |
| IRIDOLPHIN-B 堆積物3Dマッピング | ・走査型超音波距離計 ・水温計 | 走査型超音波距離計を用いて堆積物の高さ分布を確認する |
| IRIDOLPHIN-C 堆積物厚さ測定 | ・高出力超音波センサ ・水温計 | 高出力超音波センサを用いて堆積物の厚さとその下の物体の状況を計測し、燃料デブリの高さ、分布状況を推定する |
| IRIDOLPHIN-D 堆積物燃料デブリ検知 | ・CdTe 半導体検出器 ・改良型小型 B10 検出器 | 燃料デブリ検知センサを堆積物表面に投下し、核種分析と中性子束測定により、燃料デブリ含有状況を確認する |
| IRIDOLPHIN-E 堆積物サンプリング | ・吸引式サンプリング装置 | 堆積物サンプリング装置を堆積物表面に投下し、堆積物表面のサンプリングを行う |

※IRIDOLPHIN-A～E 寸法：φ25cm×長さ約110cm、IRIDOLPHIN-A2 寸法：φ20cm×長さ約45cm



【図7-4】潜水機能付ボート(IRIDOLPHIN-A)

のそれぞれ機能を持つ。これらにより、ペDESTAL外の堆積物を調査し、熱中性子束及びEu-154を検出したことや、ペDESTAL開口部付近で比較的高さがあり、離れるにつれ徐々に低くなっていることなどを確認した。

◆ペDESTAL内詳細調査

PCVペDESTAL内部を調査するため、既設開口部から進入後、グレーチング上を移動し、CRD(制御棒駆動機構)開口部からペDESTAL内にアクセスして、映像や線量情報等を調査する装置を開発している。一次調査(CRD 開口部手前までのペDESTAL外の状況)では、クローラ型の調査装置に約70cmに収納した伸長ロッドを搭載して走行しながら計測し、二次調査(ペDESTAL内の気中部)では、同調査装置の伸長ロッドを約5m延伸し、先端のカメラ・線量計でペDESTAL内を計測する計画である。なお、支援装置として、調査装置のケーブルを把持・移動・送りの動作をするとともに、調査装置の状況を後方から監視するケーブル送り装置なども開発している。

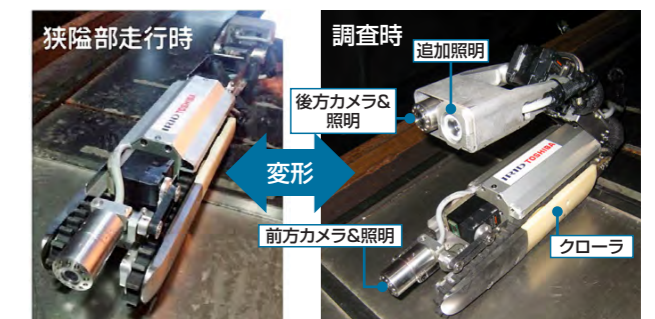
2号機におけるPCV内部詳細調査のための装置開発

2号機の内部詳細調査では、燃料デブリ・堆積物の状況、付属構造物及びペDESTAL等に関する形状・

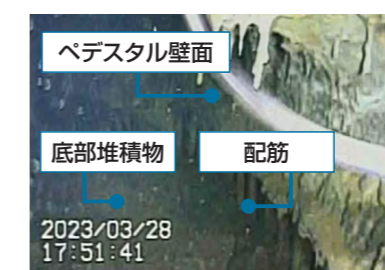
寸法等を高い確度で把握することが狙いである。そのため、X-6ペネを使用し、はじめは小さな穴をあけ調査を実施した。次に、より大きな直径(550mm程度)の開口部とするべくX-6ペネのハッチを開放し、PCV内部へのアクセス・調査装置と調査技術とを適切に組み合わせて、ペDESTAL内の詳細調査を実施するとともに、試験的デブリ取り出し装置による燃料デブリの回収も目標とした。

◆クローラ型遠隔操作調査ロボットの開発

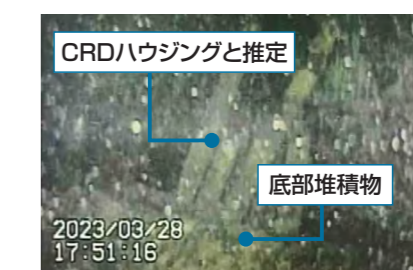
狭隘空間からのアクセスと視認性の両立を図ったクローラ型遠隔操作調査ロボット【図7-6】を開発した。PCV挿入時は直線形状となって、内径約100mmのガイドパイプを通過し、調査時はソノリのように後方カメラを起こして2台のカメラにより高い空間認知を実現したロボットである。また、



【図7-6】クローラ型遠隔操作調査ロボット(ソノリ型)



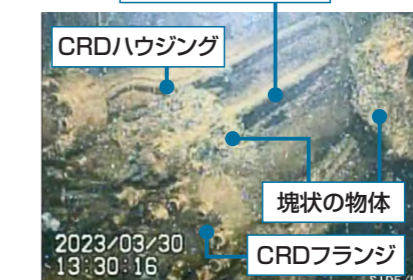
ペDESTAL内壁面の状況



ペDESTAL内底部の状況1

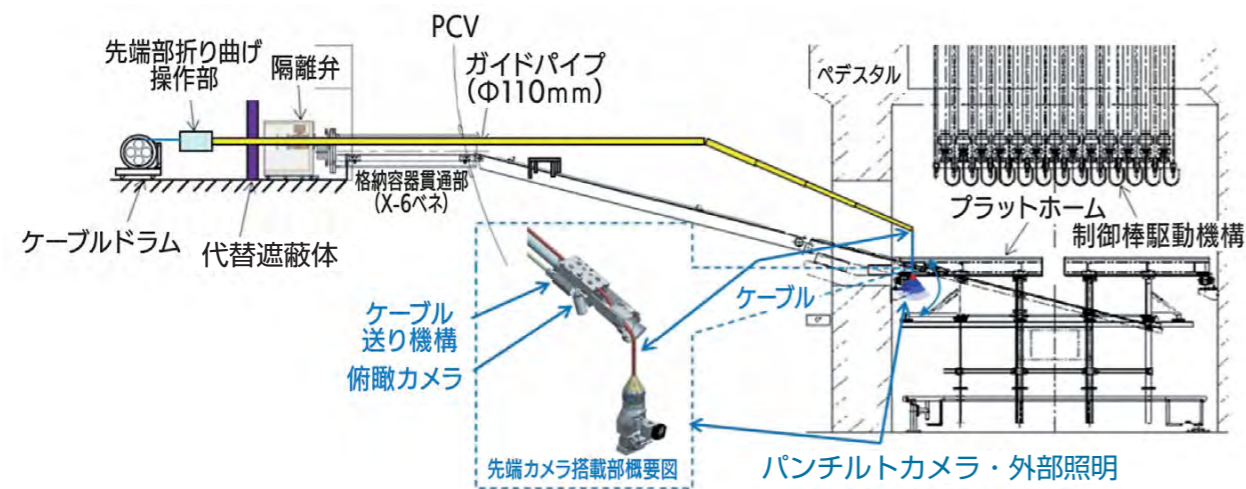


ペDESTAL内底部の状況2



ペDESTAL内上部(気中)の状況

【図7-5】ペDESTAL内の状況

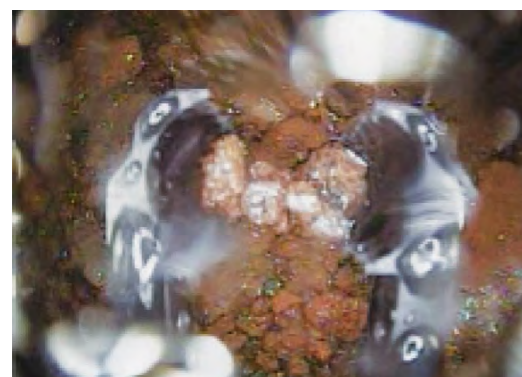


【図7-7】ガイドパイプを用いた2号機のPCV内部調査

過酷環境での動作対応のために、集光度の高い追加照明の組み合わせにより、霧滴中の視認性を向上させるとともに、高い耐放射線性(1000Gy以上(積算))を実現した。このロボットやテレスコピック型ガイドパイプに搭載したカメラを用いて、ペDESTAL内調査を実施し、CRDレールの状況やペDESTAL内部画像の撮影に成功した。

◆ペDESTAL底部堆積物調査研究

調査の結果、上記の自走式小型クローラはCRDレール上で堆積物に阻まれ走行不能となったため、テレスコピック型ガイドパイプに搭載したアクセス・調査装置【図7-7】により調査を実施した。2018年1月の現地実証試験では、ペDESTAL内の映像及び雰囲気線量率/温度データを取得、2019年2月には東京電力ホールディングス(株) 組合員研究事業において、この装置をベースに調査ユニットを変更し、堆積物にフィンガー構造を動作させる



【図7-8】堆積物接触調査写真

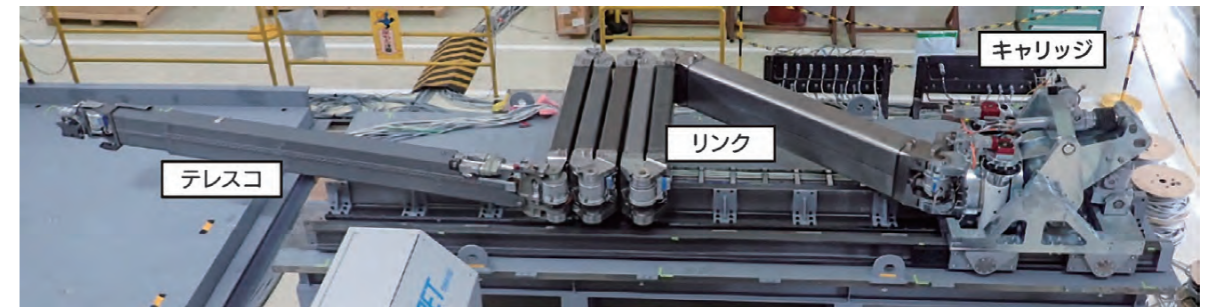
ことで機械的な力を加え、堆積物の状態を確認した。この調査により、ペDESTAL底部の小石状の堆積物が動くことが明らかとなった【図7-8】。

◆アーム型アクセス・調査装置の開発

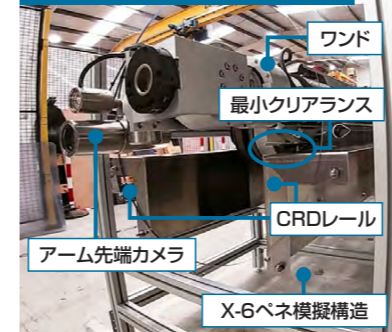
今までの調査をもとにペDESTAL内における構造物の状況や堆積物の分布のより詳細な把握と試験的燃料デブリ取り出しを目的に、アーム型アクセス・調査装置を開発した【図7-9】。この装置は、多関節を有するアームがエンクロージャ(鋼製矩形容器)内に格納され、内部調査時及び試験的燃料デブリ取り出し時にはアームが伸展してPCV内にアクセスする構造となっており、アクセスルート構築機器(X-6ペネ接続構造等)を介してPCVに接続されるようになっている【図7-10】。三菱重工業(株) 神戸造船所での単体試験において、X-6ペネ内通過時の狭隘部とX-6ペネの通過性を確認した後、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA) 櫛葉遠隔技術開発センターにおいてモックアップ試験及び装置の操作トレーニングを実施し、その後現場実証を行う計画である。

◆アクセスルート構築に係る開発

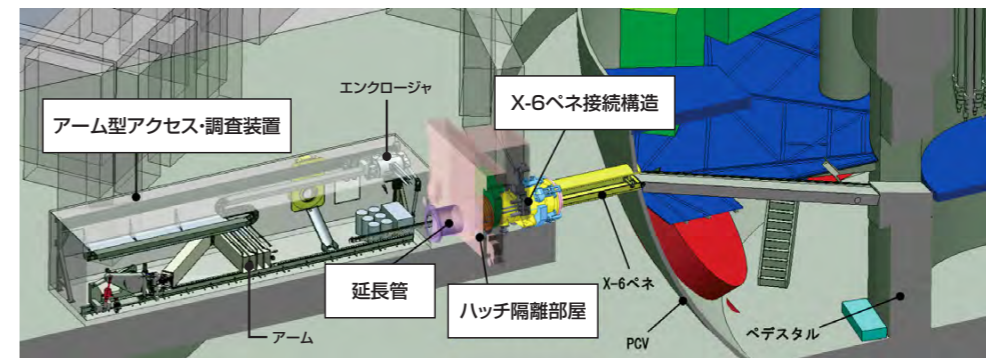
X-6ペネからPCV内へアーム型アクセス・調査装置が出入りするためには、PCV内部に繋がっているX-6ペネから外部へドア付きのエンクロージャが必要なことを【図7-11】に示した。このアクセスルートを作るためには、X-6ペネの外側のハッチを開閉するハッチ開放装置などが動く隔離部屋(ステージ内隔離部屋、ハッチ隔離部屋及びロボット搬



試験状況(X-6ペネ出口位置)



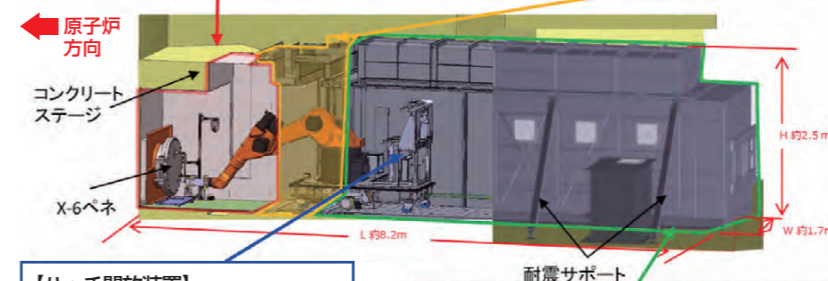
【図7-9】アーム単体試験(X-6ペネ通過試験)



【図7-10】アーム型アクセス・調査装置の現場配置

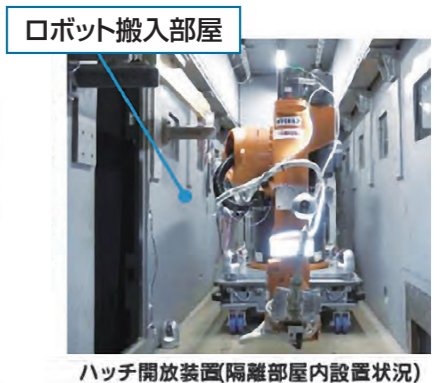
【ステージ内隔離部屋】
○機能:
X-6ペネスリーブよりハッチ隔離部屋まで、コンクリートステージ内を覆うようにバウンダリを構成
○仕様: 約1.0t / W1.2m×L1.7m×H1.8m

【ハッチ隔離部屋】
○機能:
ハッチ開放時のバウンダリを構成
気密扉によりハッチ開放後のバウンダリ/遮蔽を構成
○仕様: 約5.5t / W1.7m×L5.3m×H2.5m



【ハッチ開放装置】
○機能:
X-6ペネのハッチを開閉
○仕様:
約2.3t / W1.0m×L2.0m×H1.6m

【ロボット搬入部屋】
○機能:
ハッチ開放時のバウンダリを構成/装置搬入
○仕様: 約8.0t / W1.7m×L5.3m×H2.5m



【図7-11】隔離部屋とハッチ開放装置の概要

入部屋の総称)を開発し、これによって、PCVバウンダリを確保しながら、遠隔でX-6ペネのハッチを開放可能【図7-12】とした。

X-6ペネ接続構造は、PCVの隔離機能(隔離弁)を有し【図7-13】、装置の内部を調査用アームが通り抜ける構造となっており、PCVへのアクセスルート構築を担う装置の一つである。この装置は遠隔操作で自走し、把持機構によりX-6ペネフランジと接続する。本装置の単体機能試験、モックアップ試験、後述する隔離部屋との組み合わせ試験【図7-14】を行い、各種機能を検証した。

3号機におけるPCV内部詳細調査のための装置開発

3号機ではPCV内部水位が高いうえ、さまざまな障害物がペDESTAL内にあることが推定されたことから、水中遊泳ロボットを開発し、モックアップ試験を経てペDESTAL内の調査を実施した。

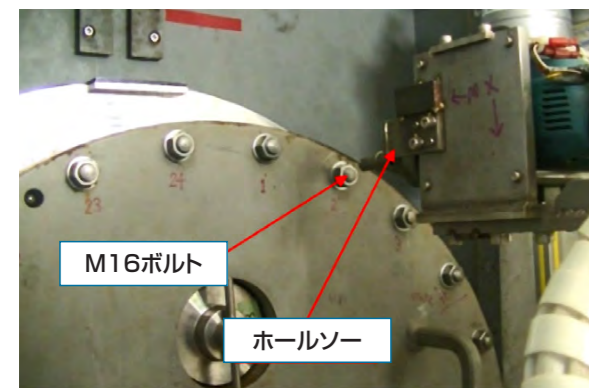
◆水中遊泳型ロボット (ROV) によるPCV内部調査 X-53ペネからPCV内部へアクセスし【図

7-15】、ペDESTAL内の状況を調査する水中遊泳型ロボット(ミニマンボウ型ロボット)を開発した【図7-16】。この装置の実証試験としてペDESTAL内の調査を実施したところ、複数の構造物損傷が確認され、溶融物が凝固したと思われるものがペDESTAL内の構造物等に付着している状況や、ペDESTAL内の複数個所で塊状の堆積物などを確認した【図7-17】。

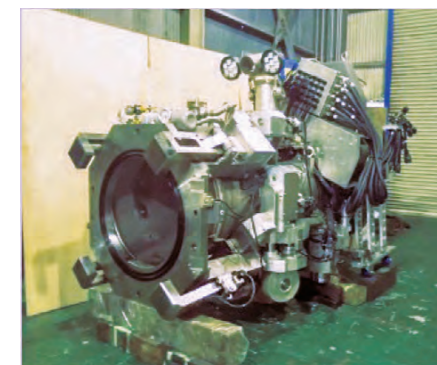
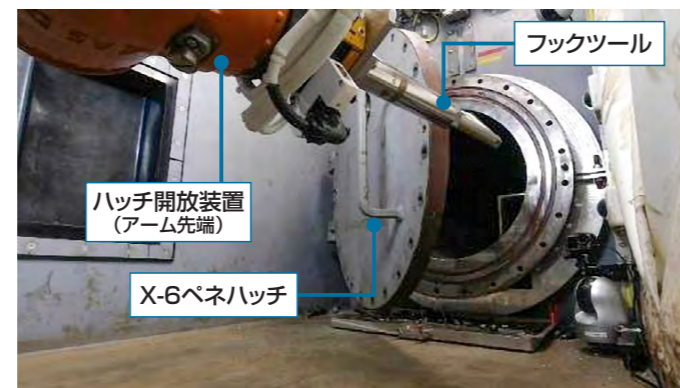
さらに、本成果をもとに、燃料デブリ取り出し方針検討のためのペDESTAL内の3Dマップ作成へと展開していった。

◆PCV内部詳細調査のための計測技術の開発

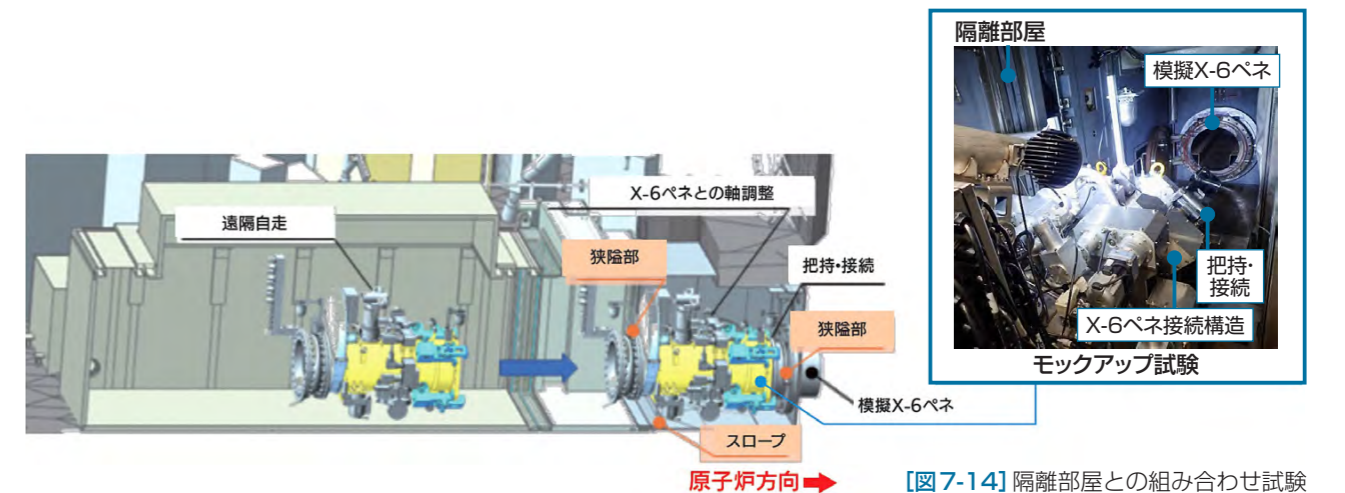
PCV内部詳細調査に向けて、1~3号機共通技術として計測技術(センサ)の開発も行った。センサはレーザスキャナ、γセンサ、VTカメラ、中性子センサの4種類【表7-2】で、各センサはアーム型アクセス・調査装置に搭載可能な仕様となっており、各センサ単体の試験、機能検証の後、センサをアームに搭載した組み合わせ試験を実施した。



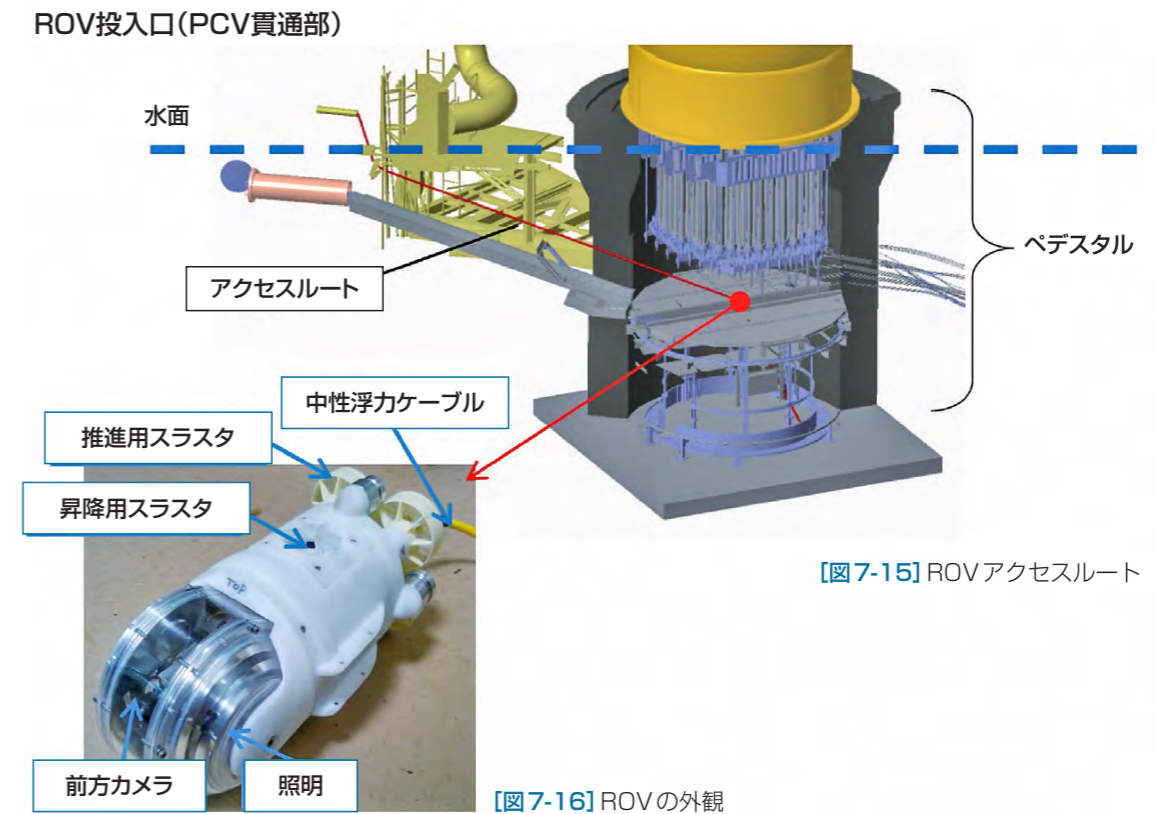
【図7-12】ハッチ開放作業の試験状況



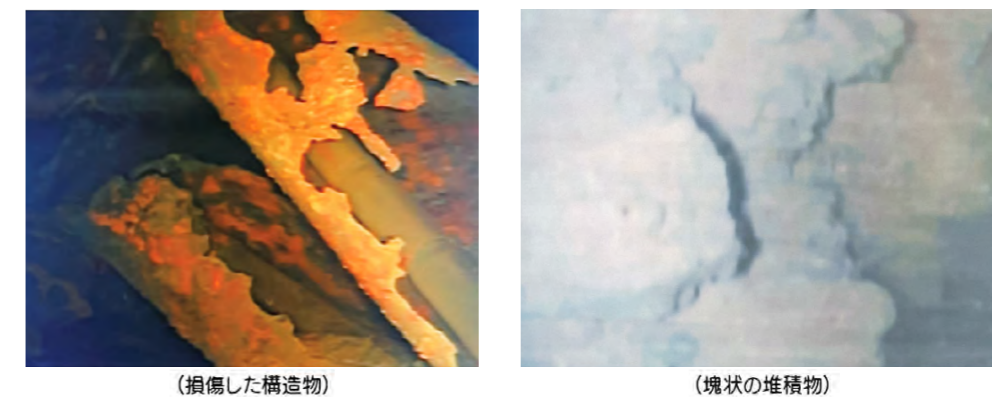
【図7-13】X-6ペネ接続構造の概要



【図7-14】隔離部屋との組み合わせ試験

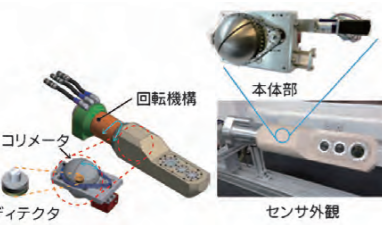
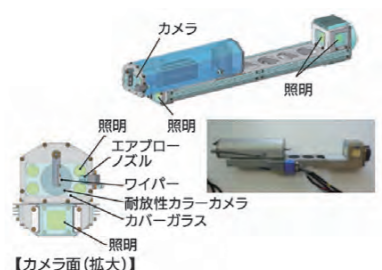
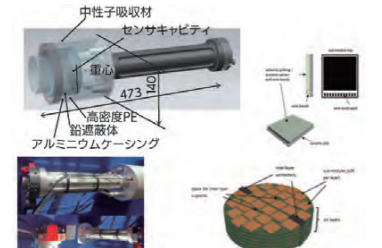


【図7-15】ROVアクセスルート



【図7-17】ROVによるペDESTAL内調査結果

[表7-2] 計測技術(各センサ)一覧表

| センサ | 計測項目 | 計測原理 | 取得データの用途 | | | | | | |
|---|---|-------|----------|------------------------|--|---|---|--|--|
| レーザスキャナ <table border="1"> <tr><td>質量</td><td>約8kg</td></tr> <tr><td>寸法</td><td>幅135mm×長さ515mm×高さ145mm</td></tr> <tr><td>計測精度</td><td>誤差約±30mm</td></tr> </table> | 質量 | 約8kg | 寸法 | 幅135mm×長さ515mm×高さ145mm | 計測精度 | 誤差約±30mm | PCV内構造物、堆積物(燃料デブリ)の形状 | スリット状の光を対象物に照射し、その反射光を受光素子で検出する(光切断法)。三角測量の原理を利用した計測手法で、奥行方向の距離差がスリット光の凹凸として現れ、凹凸の情報を距離情報に変換する | <ul style="list-style-type: none"> 調査用アームとPCV内構造物の衝突回避のため、事故後のPCV内形状データを取得して、アームの運転システムに反映する γセンサで取得したγ線データと組み合わせてγ線源分布を推定 |
| 質量 | 約8kg | | | | | | | | |
| 寸法 | 幅135mm×長さ515mm×高さ145mm | | | | | | | | |
| 計測精度 | 誤差約±30mm | | | | | | | | |
|  <p>スキャナヘッド(MEMSミラー、レンズ搭載) 計測用カメラ(耐放射線カメラ) スリット光射出窓 センサ外観</p> |  <p>スリット光源 カメラ 計測系機器と対象物の配置 スリット光照射におけるピーク位置の関係</p> | | | | | | | | |
| γセンサ <table border="1"> <tr><td>質量</td><td>約10kg</td></tr> <tr><td>寸法</td><td>約φ140×長さ700mm</td></tr> </table> | 質量 | 約10kg | 寸法 | 約φ140×長さ700mm | PCV内(燃料デブリ含む)のγ線線量 | 高放射線性のディテクタ(シリコンダイオード)をタンガステン製コリメータ内に収容し、コリメータに設けたスリットで入射γ線を制限してγ線計測を行う | <ul style="list-style-type: none"> PCV内の各方向からのγ線量の把握 レーザスキャナで取得した形状データと組み合わせて、γ線源分布を推定 | | |
| 質量 | 約10kg | | | | | | | | |
| 寸法 | 約φ140×長さ700mm | | | | | | | | |
|  <p>コリメータ ディテクタ 回転機構 本体部 センサ外観</p> |  <p>ベアリング コリメータ ディテクタ シグナルケーブル プリアンプ スリット ポジションセンサ ドライブベルト</p> | | | | | | | | |
| VTカメラ <table border="1"> <tr><td>質量</td><td>約7kg</td></tr> <tr><td>寸法</td><td>約φ140×長さ775mm</td></tr> <tr><td>解像度</td><td>約40万画素</td></tr> </table> | 質量 | 約7kg | 寸法 | 約φ140×長さ775mm | 解像度 | 約40万画素 | PCV内構造物、堆積物(燃料デブリ)の映像 | カメラ素子としてCID(Charge Injection Device)を採用。CIDにより光の波長を電気信号に変換 | <ul style="list-style-type: none"> 調査映像として使用・アーム運転時の監視(衝突回避)として使用 |
| 質量 | 約7kg | | | | | | | | |
| 寸法 | 約φ140×長さ775mm | | | | | | | | |
| 解像度 | 約40万画素 | | | | | | | | |
|  <p>カメラ 照明 エアブローフスル ファイバー 耐放射線カラーカメラ カバーガラス 照明 【カメラ面(拡大)】</p> | | | | | | | | | |
| 中性子センサ <table border="1"> <tr><td>質量</td><td>約8kg</td></tr> <tr><td>寸法</td><td>約φ140×長さ500mm</td></tr> </table> | 質量 | 約8kg | 寸法 | 約φ140×長さ500mm | 堆積物(燃料デブリ)中の核分裂性物質、あるいは核分裂生成物由来の中性子(パルス計測) | <ul style="list-style-type: none"> 薄型SiC半導体に中性子コンバータである¹⁰Bをドープし、コンバータと中性子が反応した際に発生するα線(¹⁰B(n, α)反応)によって励起された荷電粒子を電流パルス信号として取り出す SiCを薄型とすることで、γ線の感度を相対的に低下させ、γ線除去機能を実現 燃料デブリ中の核分裂性物質(核燃料)の分布を評価するため、燃料デブリ由来の中性子を相対的に高感度で測定できるように中性子吸収材による指向性を持たせる | <ul style="list-style-type: none"> 任意位置の中性子カウント数の分布を作成 今後実施する燃料デブリのサンプリング結果等も踏まえ、燃料デブリ中の核物質分布推定に資する | | |
| 質量 | 約8kg | | | | | | | | |
| 寸法 | 約φ140×長さ500mm | | | | | | | | |
|  <p>中性子吸収材 センサキャビティ 473nm LED 高密度PE 絶縁層 アルミニウムゲージング</p> | | | | | | | | | |

第8章 燃料デブリ取り出しに向けて RPV 内部を調査する

プロジェクト名 原子炉圧力容器 (RPV) 内部調査技術の開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|-------------------------|------|------------------------------|------|-----------|-----------|------------------|------|-----------------|------|------|
| 上部アクセス調査工法の開発 | | 調査ニーズ整理、アクセスルート・調査計画検討、適用性検討 | | 概念設計、基本設計 | | 詳細設計・要素試験、設備仕様検討 | | | | |
| 上部アクセス調査工法の開発(加工技術の高度化) | | | | | | | | 詳細設計・要素試験、成立性検討 | | |
| 側面アクセス調査工法の開発 | | | | 適用性検討 | 概念設計、基本設計 | 詳細設計・要素試験、設備仕様検討 | | | | |
| 下部アクセス調査工法の開発 | | | | | | | | 詳細設計・要素試験、成立性検討 | | |

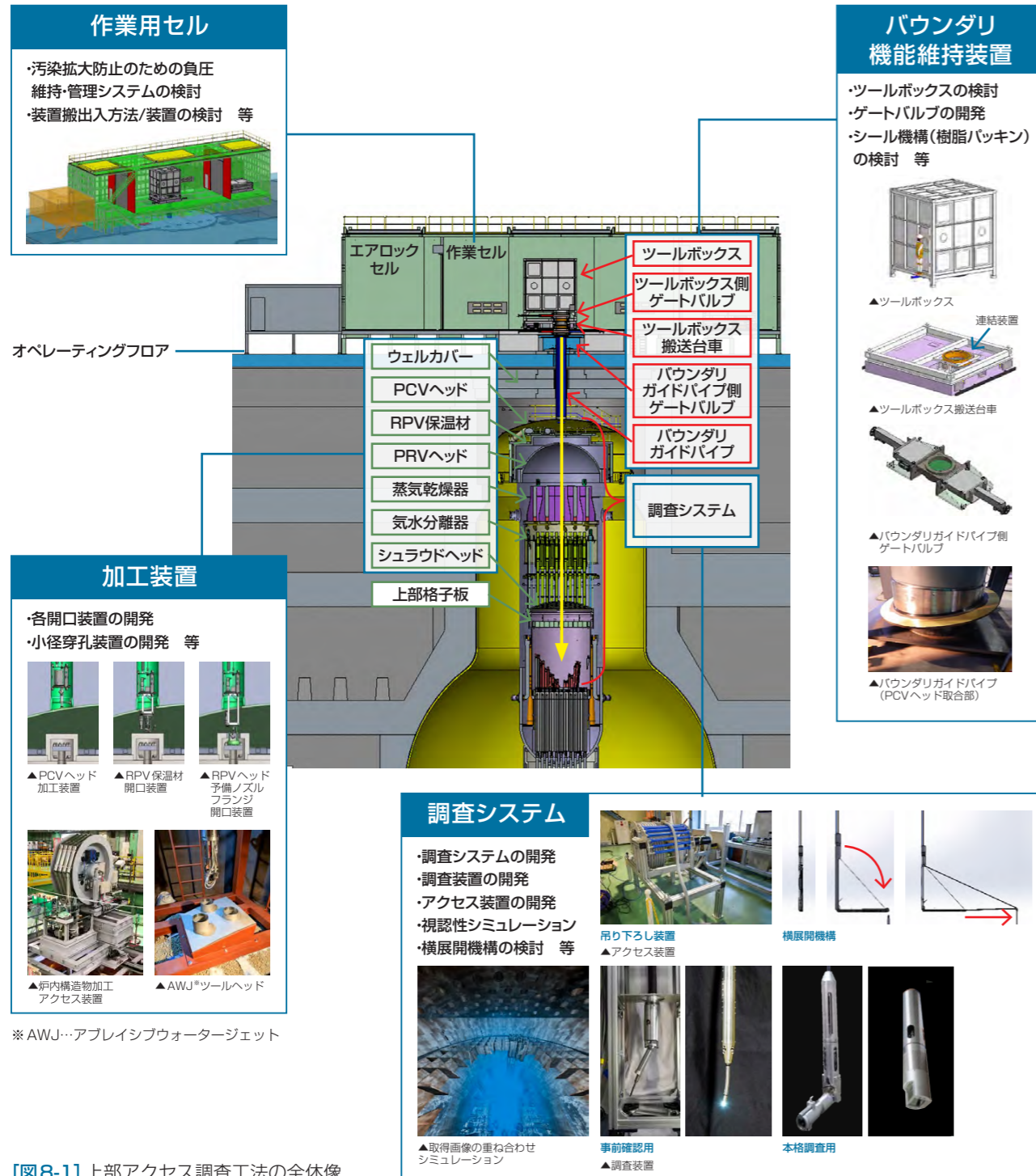
福島第一原子力発電所(1F)の廃炉は、原子炉圧力容器(RPV)内部の燃料デブリと炉内構造物を安全に取り出す必要があるが、炉心溶融によってRPV内部状態は不明なままである。燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに先立ち、RPV内部にアクセスして、これらの位置・形状や状態を把握することが重要である。RPV内部やその周辺環境は、構造が複雑でかつ放射線量も極めて高いため、アクセスすること自体が困難であることから、放射線を遮蔽しながらアクセスできる調査工法の研究開発に取

り組んだ。開発にあたっては、RPV内部へのアクセスルートを初めに検討する必要がある。本プロジェクトでは、種々の検討の結果、RPV上部・側面・下部からのアクセスルートを選定し、上部・側面からは原子炉格納容器(PCV)外部から穴あけにより炉心部を目指す工法、下部からは他事業として推進した「PCV内部調査」等で構築されたアクセスルートを利用し、RPV内部へアクセスする工法を採用することとした。

上部アクセス調査工法の開発

上部アクセス調査工法として、アクセスするルートや調査ニーズを検討し、オペレーティングフロアから穴あけによりアクセスする工法の開発を実施した【図8-1】。併せて、調査に対する安全要求の整理や被ばく評価から、調査機器に対して必要となる機能を整理し、設備仕様へ反映した。

具体的には、この上部アクセス調査工法の技術のコアとなる①作業用セル、②バウンダリ機能維持装置、③加工装置、④調査システムを対象として要素試験を実施し、それらの実現性を確認するとともに、装置仕様を策定するための設計情報を取得した。



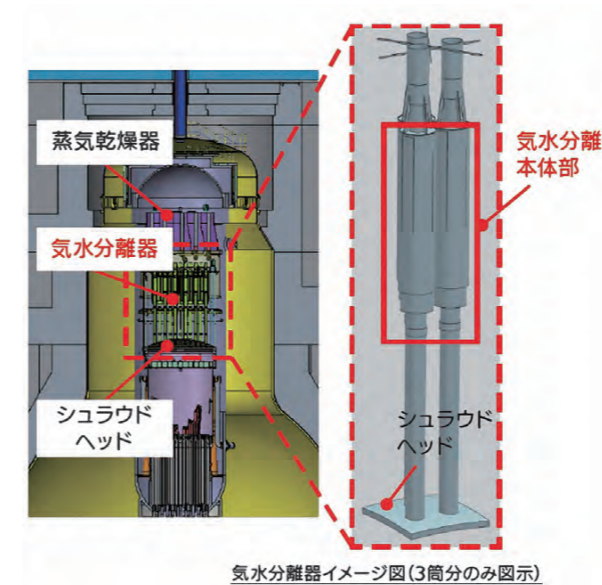
【図8-1】 上部アクセス調査工法の全体像

上部アクセス調査工法の開発(加工技術の高度化)

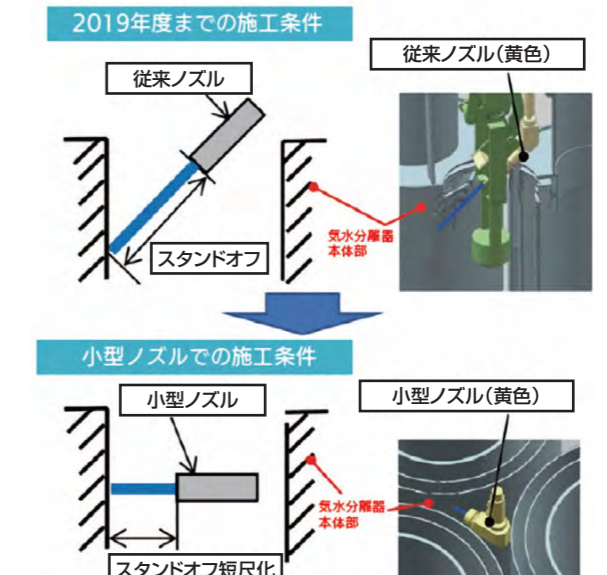
上部アクセス調査工法のコアとなる技術のうち、加工に伴う二次廃棄物の削減を可能とする加工技術の高度化を図った。2020年度までに加工対象である炉内構造物のうち、気水分離器本体部【図8-2】を対象として、アブレイシブウォータージェット(AWJ)切断のノズルを小型化し、噴射角度や切断位置などの加工パラメータの最適化を図ることによって、二次廃棄物(アブレイシブなど)を低減さ

せる加工方法を開発した【図8-3】。開発の結果、2019年度はアブレイシブ使用量が約8tの試算結果に対し、2020年度は約0.33tの試算結果となり、大幅な低減が可能な見通しを得た。

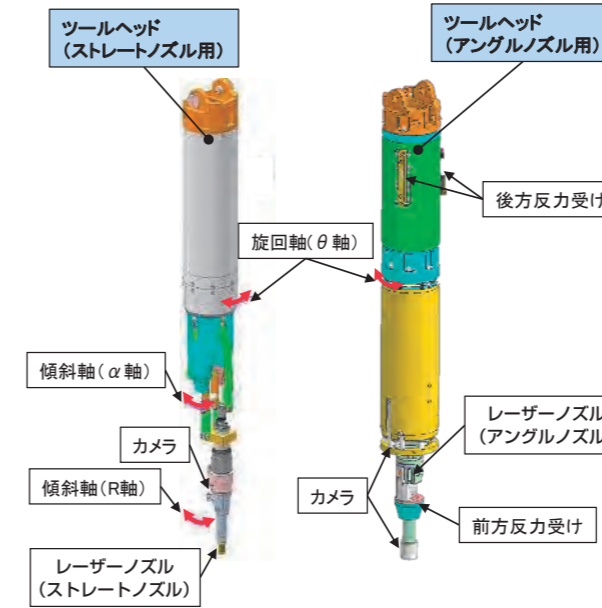
さらに、2022年度までに、AWJの供給量や供給方法の見直しにより、さらなる二次廃棄物の低減を実現するとともに、二次廃棄物の少ないレーザー切断【図8-4、図8-5】の技術開発を行った。またこれらの加工装置が、原子炉建屋オペレーティング



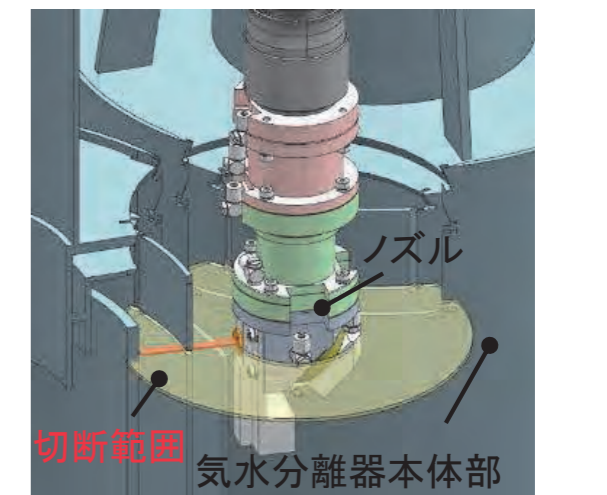
【図8-2】 気水分離器イメージ



【図8-3】 ノズルの噴射角度等の最適化



【図8-4】 レーザーノズル



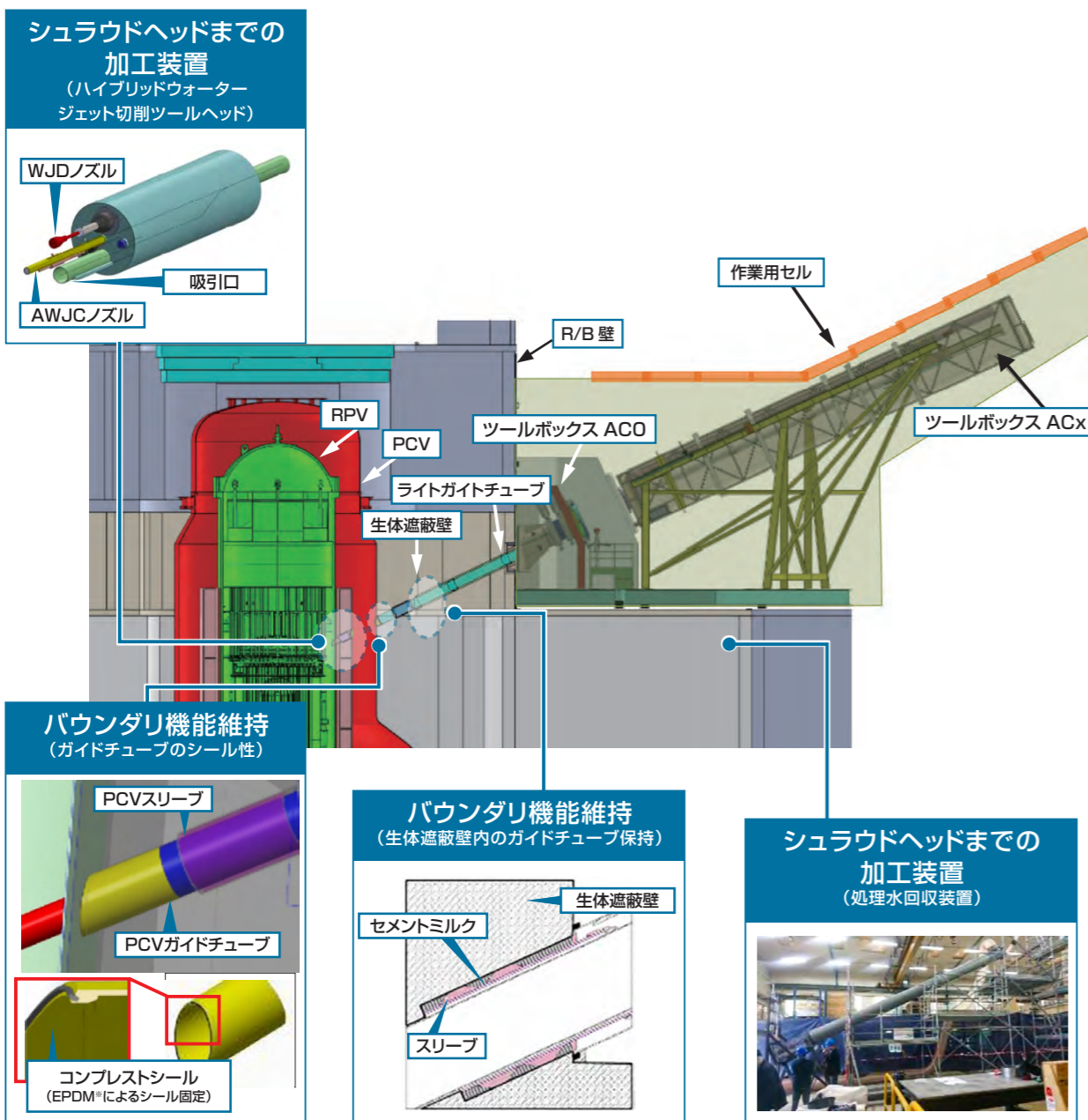
【図8-5】 レーザー切断(気水分離器切断イメージ)

フロア上のセル内から、約18m下のシュラウドヘッドまで遠隔で加工できる機能を有していることを各種要素試験を通じて確認した。

側面アクセス調査工法の開発

上部アクセス調査工法を採用した場合、オペレーティングフロアなどでの他作業との干渉する可能性があり、代替案として炉心側面から穿孔によりアクセスする工法を開発した【図8-6】。アクセスルート

の検討、号機適用性の観点等から検討した結果、2号機を対象に原子炉建屋東側の空調機器室屋上から炉心上部へ穴をあけてアクセスするルートを選定し、PCVバウンダリを維持しつつ、生体遮蔽壁やPCV、RPVなどを穿孔して、調査装置を炉心内に送り込む装置を開発した。開発したのは、側面アクセス調査工法の技術のコアとなる①シュラウドヘッドまでの加工装置、②処理水回収装置、③ガイドチューブのシール、④生体遮蔽壁内のガイドチューブ保持機構の4つで、それらを対象とした要素試験を実施し、実現性を確認するとともに、装置仕様の



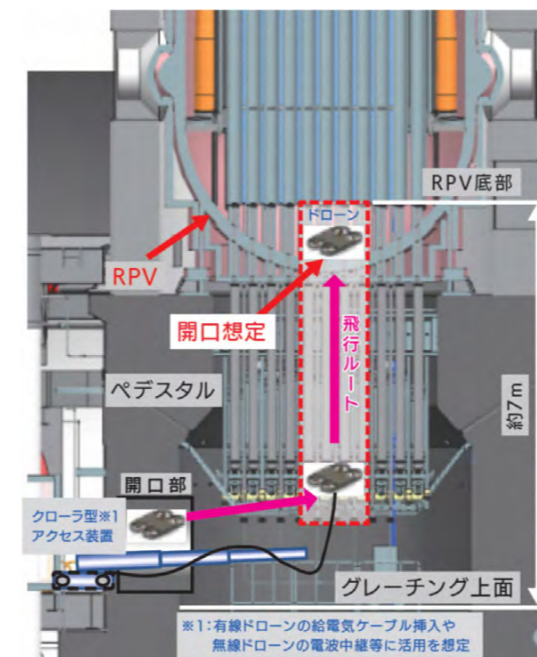
※ EPDM…エチレンプロピレンゴム
【図8-6】側面アクセス調査工法の全体像

策定に資するための設計情報を取得した。

下部アクセス調査工法の開発

穴あけによる上部/側面アクセス調査工法よりも早期に情報を入手すべく、極力既存の技術開発成果を活用し、画像データと線量率を取得するため、下部からアクセスする調査工法も検討した。まず検討にあたっては、PCV内部調査等の結果から想定される環境条件やこれまでの他事業での開発済・開発中の技術を整理し、号機ごとに開発の必要がある技術を抽出した。

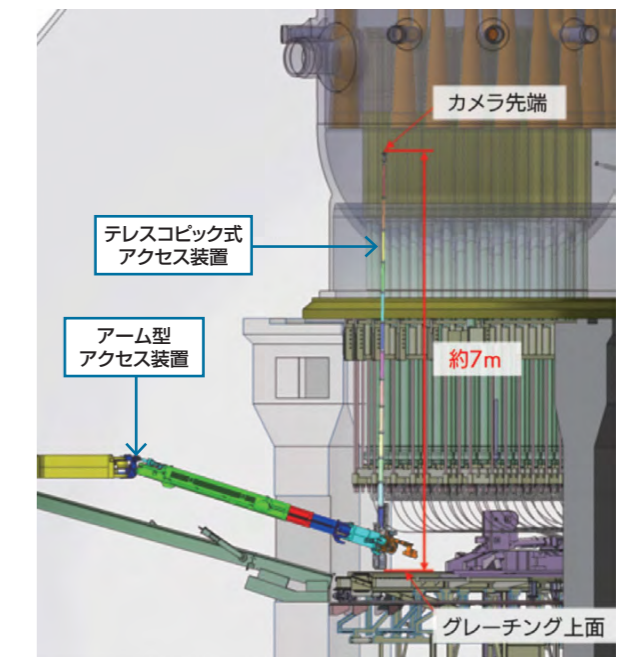
1号機は、RPV下部の開口径が大きいと想定されるため、「PCV内部詳細調査」プロジェクトで開発中のクローラ型アクセス装置を活用し、ドローン(有線、無線)によりRPV内部へアクセスする工法を開発することとした【図8-7】。ドローンによるRPV内部へのアクセス実現性を評価するため、簡



【図8-7】1号機のドローンによるアクセスイメージ

易的な飛行試験を実施し、有線ドローンについてはドローンとケーブルドラムの構成、無線ドローンについてはドローンと伸縮ロッドの構成を選定し、各装置の仕様を決定し設計・製作した。また、それら装置の単体機能確認試験を実施し、装置として成立性があることを確認した。

一方、2~3号機は、RPV下部の開口径が小さいと想定されるため、段階的に規模を拡大した燃料デブリ取り出し時に使用するアーム型アクセス装置に、テレスコピック式アクセス装置を搭載させて、RPV内部へのアクセス工法を開発する方針とした【図8-8】。さらに、その実現性を評価するために課題抽出を行い、対策案を反映したテレスコピック式アクセス装置を試作し、機能確認試験を実施した。試験の結果、テレスコピック式アクセス装置の基本動作が可能であり、装置としての成立性があることを確認した。



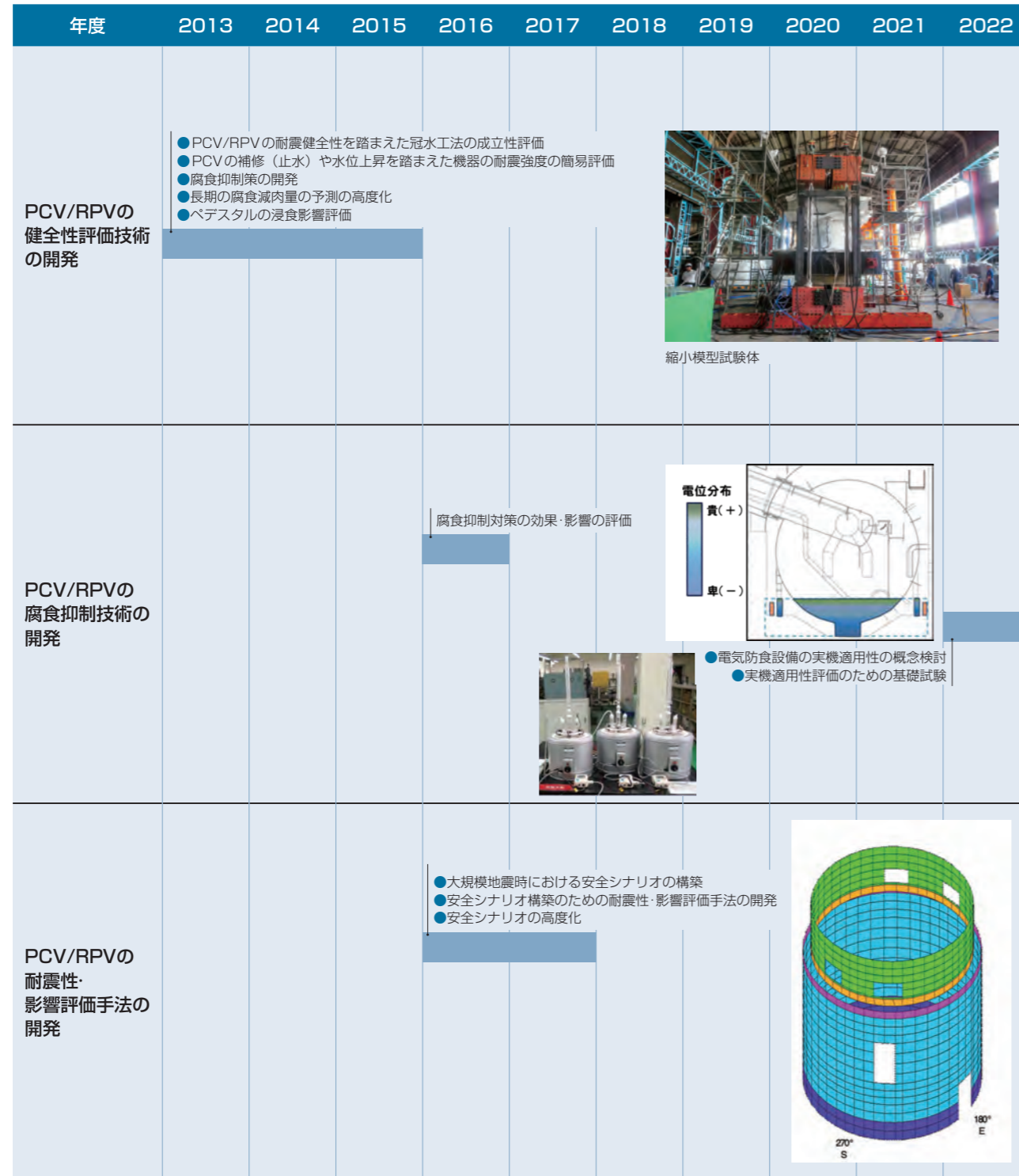
【図8-8】2~3号機のテレスコピック式アクセス装置によるアクセスイメージ

第9章

PCV・RPVの健全性を評価するとともに、腐食抑制技術を開発する

プロジェクト名

原子炉格納容器（PCV）／原子炉圧力容器（RPV）の健全性評価及び腐食抑制技術の開発



福島第一原子力発電所（1F）の事故によって、原子炉圧力容器（RPV）や原子炉格納容器（PCV）は、高温にさらされ、また海水注入、燃料デブリの落下などの影響で、それらの材料が劣化する懸念があった。炉心から燃料デブリを取り出すまではかなりの長期にわたるため、その間PCV・RPVの構造健全性を維持するための方策が必要となっていた。

このため腐食による経年劣化や燃料デブリ落下の影響を考慮した耐震強度評価に基づいて、PCV・RPVの健全性を評価するとともに、冠水工法を採用した場合の成立性を評価するため、想定される多様なプラント状態に応じた耐震強度評価を迅速に行う簡易評価手法を開発した。また、事故後は窒素封入による溶存酸素除去で機器の腐食を抑制しているが、燃料デブリ取り出し時には空気にさらされる可能性もあるため、それに備えた腐食抑制策（防錆剤）の開発と実機適用性の評価を実施した。さらに、大規模地震の発生時におけるPCV・RPV内の重要機器の損傷とその波及的影響について明らかにした。そのうえで、これらの影響を防止または抑制できる対策案を考案し、耐震性の評価によりその有効性を確認した。

PCV・RPVの耐震健全性を踏まえた冠水工法の成立性評価

補修などの最新計画を反映した1～3号機のプラント状態において、燃料デブリの取り出しを気中（現状水位）及び完全冠水で行う2ケースを考慮した原子炉建屋と大型機器連成モデルの「地震応答解析モデル」を構築した【表9-1、表9-2】。また、これを活用して各プラントのPCV・RPVの評価対象部位の地震荷重（せん断力、モーメント等）を算定し、PCV及びRPV機器の耐震強度評価を実施した。

さらに、気中及び完全冠水（上アクセス）での燃料デブリ取り出し工法の成立性を検討し、評価結果が厳しい部位について、耐震性詳細評価を実施したほか、サブプレッションチェンバー（S/C）脚部補強を行わない場合を想定した耐震性詳細評価も実施した。

PCVの補修（止水）や水位上昇を踏まえた機器の耐震強度の簡易評価

地震応答解析に影響するパラメータ（PCV内水位など）を抽出・選定のうえ、パラメータケースでの地震応答解析を行い、パラメータの変動による地震

【表9-1】補修などの最新計画プラント状態を反映した耐震強度評価条件例（ケース1）

| プラント／ケース | ケース1（気中（現状水位）） | | |
|-----------|---|---|---|
| | 1F-1 | 1F-2 | 1F-3 |
| 将来想定 | パラメータ（10年後、15年後、40年後） | パラメータ（15年後、40年後） | パラメータ（10年後、15年後、40年後） |
| モデル | 建屋損傷モデル | 建屋損傷モデル | 建屋損傷モデル |
| D/W水位 | 約2.9m | 約0.6m | 約6.5m |
| S/C内 | 満水 | コンクリート OP-1050、水位 OP3100 | 満水 |
| トラス室 | OP3680 | コンクリート（コラムサポート上部ピン位置：OP-100） | OP.3200 |
| ベント管内 | 満水 | 下部流水 | 満水 |
| 真空破壊管内 | 満水 | | |
| オベフロ階付加設備 | パラメータ（なし、約5100t、約6100t） | 約4710t | パラメータ（なし、約4710t） |
| 小部屋埋設 | なし | なし | なし |
| 減衰定数 | パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材 4%（レギュラトリーガイド） (2)コンクリート 5%、鋼材 1%（建設時設計用） | パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材 4%（レギュラトリーガイド） (2)コンクリート 5%、鋼材 1%（建設時設計用） | パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材 4%（レギュラトリーガイド） (2)コンクリート 5%、鋼材 1%（建設時設計用） |
| 地震波 | 現行 Ss | 現行 Ss | 現行 Ss |

荷重の応答比を整理した。また、これらの組み合わせなどによる機器の耐震強度の簡易評価手法を開発した【図9-1】。簡易評価手法と通常の動的解析での評価結果を比較した結果、概ね同様の結果が得られたことから、この簡易評価手法の有効性が確認できた。

腐食抑制策の開発

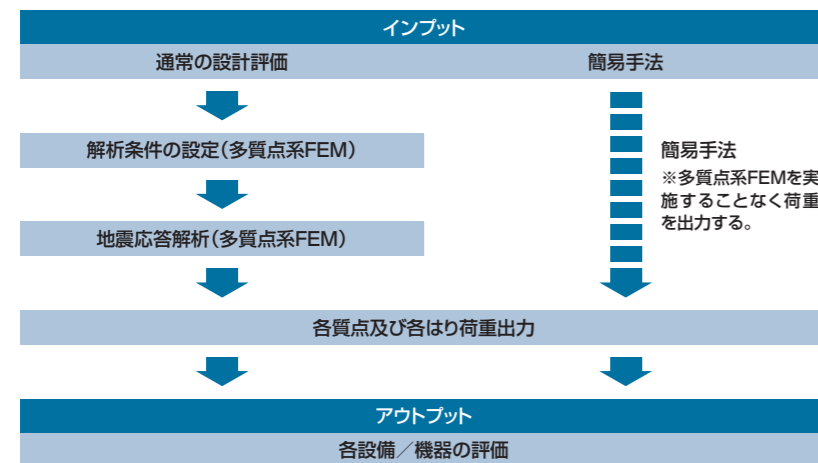
事故後の原子炉は高温となるとともに、炉心への海水注入が行われたため、PCV・RPVの腐食が懸念されたことから、窒素封入によって腐食の抑制を行っていた。しかし、燃料デブリ取り出し時にはそ

の環境が変わってしまう可能性もあることから、腐食抑制技術(防錆剤)の開発と実機適用性の評価を実施した。

防錆剤の開発にあたっては、①すきま腐食などの局部腐食による漏えいを起こさない防錆剤の選定が必要、②リン酸塩系防錆剤について、燃料デブリを想定した高温部での析出/固着による性能劣化の有無について懸念されるため、固着影響試験の実施が必要、③水処理設備への機能影響が一部認められていることから、詳細評価を実施し、実機への適用性をさらに検討する必要があるといった、主に3つの課題があった。そこで、以下の影響評価を実施した。

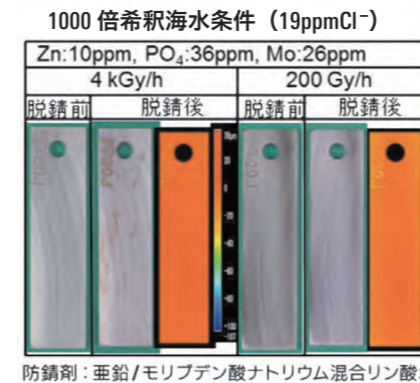
【表9-2】補修などの最新計画プラント状態を反映した耐震強度評価条件例(ケース2)

| プラント/ケース | ケース1(気中(現状水位)) | | |
|-----------|---|---|---------|
| | 1F-1 | 1F-2 | 1F-3 |
| 将来想定 | パラメータ(15年後、40年後) | パラメータ(15年後、40年後) | |
| モデル | 建屋損傷モデル | 建屋損傷モデル | |
| D/W水位 | ウェル満水 | ウェル満水(約35m、OP39920) | |
| S/C内 | コンクリート OP.3570 | コンクリート OP1900 | |
| トラス室 | コンクリート(コラムサポート上部ピン位置: OP.2140) | コンクリート(コラムサポート上部ピン位置: OP.-100) | 1F-3で代表 |
| ベント管内 | 補修考慮 | 補修考慮 | |
| 真空破壊管内 | 補修考慮 | | |
| オペフロ階付加設備 | 約6100t | 約4710t | |
| 小部屋埋設 | 有り | 有り | |
| 減衰定数 | パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材 4% (レギュラトリーガイド) (2)コンクリート 5%、鋼材 1% (建設時設計用) | パラメータ (1)コンクリート 7%、鋼材 4% (レギュラトリーガイド) (2)コンクリート 5%、鋼材 1% (建設時設計用) | |
| 地震波 | 現行 Ss | 現行 Ss | |



【図9-1】通常の耐震評価の流れと簡易手法を用いた耐震評価の流れ

◆電気化学測定による防錆剤の耐局部腐食性の評価
主な構造部材である炭素鋼の耐局部腐食性を評価するための電気化学測定(腐食すきま再不働態化電位測定、自然電位測定、定電位すきま腐食試験)をγ線照射及び非照射環境下にて実施し、局部腐食を発生させない防錆剤を選定した【図9-2】。



【図9-2】γ線照射下での腐食抑制効果確認試験の結果

◆リン酸塩系防錆剤の高温部での固着影響評価

リン酸塩系防錆剤について高温部での固着影響を評価するためのバッチ試験及び通水試験を実施し、固着する場合の温度などを確認した。また、リン酸塩系防錆剤と滅菌剤を併用した場合の炭素鋼の腐食に対する影響を評価するための滅菌剤との複合影響評価試験を実施し、悪影響のないことを確認した。

◆水処理設備への影響評価

防錆剤による水処理設備への影響評価試験を実施し、水処理設備への影響を軽減させるために、回収された水は事前に希釈・除去等を行い、処理対象水中の防錆剤濃度をPCV内部へ投入する濃度よりも低下させる必要があることを確認した。

ペDESTALの侵食影響評価

PCV・RPVの構造健全性を評価する中で、鉄筋コンクリート製RPVペDESTALの詳細評価(事故時の侵食や今後の劣化)を行う必要性が浮かび上がってきた。そのため、円柱試験体、縮小模型試験体【図9-3】及びブロック試験体等について、高温加熱・気中/水中暴露試験を実施し、コンクリート強度試験や鉄筋腐食試験など各種データを取得し、

考察に有効な知見を得た。また、事故により高温にさらされた後、冷却水が注入されたRPVペDESTALを模擬した円柱試験体に荷重をかけ、高温により劣化したコンクリート構造体の耐力や破壊性状に及ぼす影響を確認した。



【図9-3】RPVペDESTALの耐力評価試験(縮小模型試験体)

長期の腐食減肉量の予測の高度化

PCV・RPVの健全性については震災後40年後までの評価を行うこととしていた。そこで、その間の腐食減肉量を予測し、設備の健全性評価に反映するため、予測精度向上を目的に10,000時間の長期腐食試験を実施した。また、燃料デブリや炉内コンクリートからの溶出成分やその腐食影響について調査を実施し、新たな知見を得た。

大規模地震時における安全シナリオの構築

東日本大震災によって事故を起こした1Fは、再度の地震があった場合の設備の健全性を評価する必要があった。そのため、大規模地震による大型機器の損傷を起因とする潜在的なリスクに対して、燃料デブリ取り出し開始までに実施すべき設備対策及び準備すべき機動的対応をとりまとめ、安全シナリオ(安全機能の維持または事故収束における対応の流れ)を構築した。

また、安全シナリオ構築のために、S/C脚部及びRPVペDESTALの耐震性・影響評価手法を開発した。

◆S/C脚部の耐震性・影響評価手法の開発

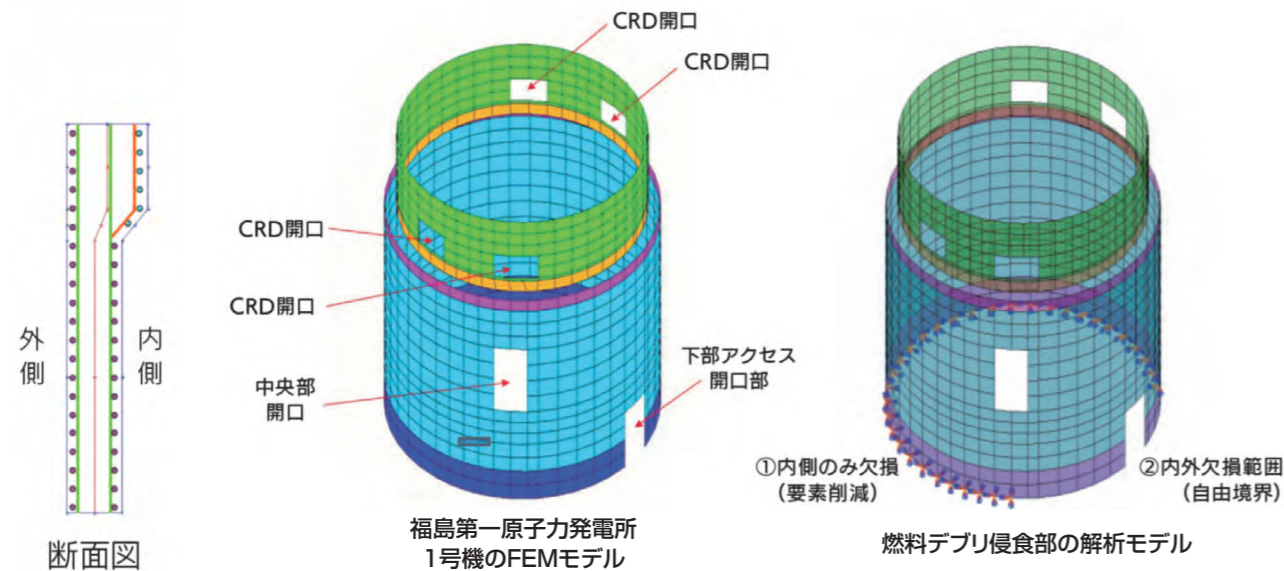
S/C内充填止水での耐震性評価のため、ベント管とS/C系を連結した連成解析モデルを作成し、時刻歴地震応答弾性解析を実施した。重要評価部位であるコラムサポート、耐震サポート、ベントヘッダーについては、さらに有限要素法(FEM)モデルを作成し、弾塑性解析による評価を行い、ダウンカマ埋設条件を確認した。

◆ペDESTAL部の耐震性・影響評価手法の開発

想定されるペDESTAL温度履歴と分布及び燃料デブリによる侵食の影響評価のための次の二つの評価手法の開発と材料データを取得した。一つは、侵食

量をパラメータとした簡易評価と3次元FEM弾塑性解析モデルによる詳細評価手法【図9-4】で、もう一つはRPVペDESTALの侵食を想定した剛性低下をパラメータとした原子炉建屋/大型機器系連成モデルによる地震応答影響評価手法である。

また、コンクリート内鉄筋の強度劣化推定のため的高温腐食と強度低下量、さらには上記の評価手法の高度化のために解析や試験等の確認方策を検討し、詳細解析と材料試験(1号機におけるS/C脚部の温度履歴を考慮したPCVの材料試験データの取得)を実施した。



【図9-4】燃料デブリ侵食によるRPVペDESTAL耐震評価手法の開発

第10章 原子炉格納容器からの水の漏えい個所を補修する

プロジェクト名 原子炉格納容器(PCV)補修技術開発/実現模試験

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------------------------|------|--------------------------|-------------------------|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|------|
| PCV下部の実規模試験体補修に必要な機器・装置の設計・製作 | | 原子炉格納容器漏えい個所特定技術・補修技術の開発 | | | | | | | | |
| PCV下部の実規模試験体補修に必要な給排水・濁水処理設備の設計・製作・設置 | | 原子炉格納容器漏えい個所特定技術・補修技術の開発 | | | | | | | | |
| S/C脚部補強技術の開発 | | | 原子炉格納容器漏えい個所の補修・止水技術の開発 | | | | | | | |
| S/C内充填止水技術の開発(ダウンカマ止水) | | | | | 原子炉格納容器漏えい個所の補修技術の開発/実規模試験 | | | | | |
| ベント管内埋設による止水技術の開発 | | | | | | 原子炉格納容器漏えい個所の補修技術の開発/実規模試験 | | | | |
| ベント管内埋設用の遠隔補修装置の開発 | | | | | | | 原子炉格納容器漏えい個所の補修技術の開発/実規模試験 | | | |
| 真空破壊ライン埋設による止水技術の開発 | | | | | | | | 原子炉格納容器漏えい個所の補修・止水技術の開発 | | |
| 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備 | | | | | | | | | 原子炉格納容器漏えい個所の補修・止水技術の開発 | |

燃料デブリ取り出しにあたって、作業での被ばく低減のためには原子炉格納容器(PCV)を水で満たす冠水工法で実施することが望まれていた。このためには事故時の損傷により漏えいしているPCVを補修・止水する必要があったが、原子炉建屋内は高線量・狭隘な環境であったことから、作業員が立ち入ることは困難な部分もあった。

そこで、PCV下部の漏えい箇所(サブプレッションチャンバー(S/C)、ベント管)を対象とした補修・止水技術を開発することとした。S/Cを止水する案としては内部にコンクリートを充填することなどが考えられたが、この工法ではS/Cの重量が増加し、耐震性が懸念されることから、S/C脚部の補強技術の開発も同時に進めることとした。具体的には、要素技術の開発に加え、開発した技術(工法や遠隔装置など)を現場に適用するための検証及び操

作訓練等を目的とした実規模大の試験も実施した。

なお、本プロジェクトの実規模試験については国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA) 楢葉遠隔技術開発センター内で実施した。

実規模試験体補修に必要な機器等の設計・製作

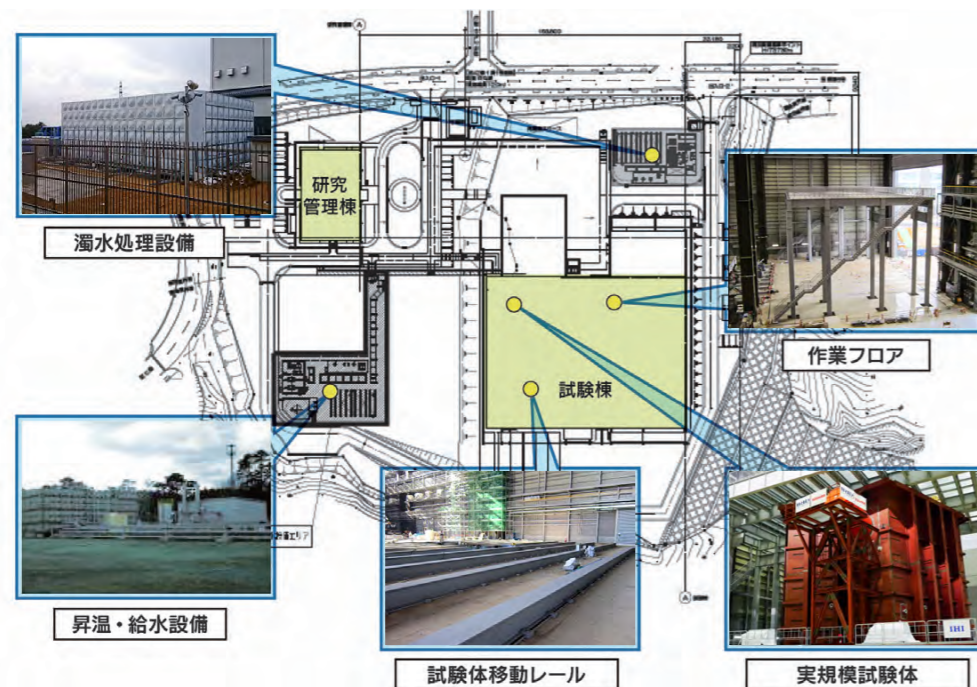
楢葉遠隔技術開発センター内において、福島第一原子力発電所(1F)2号機のPCV下部を模擬した実規模試験体を設計・製作・組み立てを行ったうえで【図10-1、図10-2】、「原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発」で開発したS/C脚部の補強用打設装置の操作性を確認するため、水を使用した実規模試験を実施した。



【図10-1】
実規模S/C
(1/8セクター)CAD図



【図10-2】
S/Cシェルと
ダウンカメラ組み立て



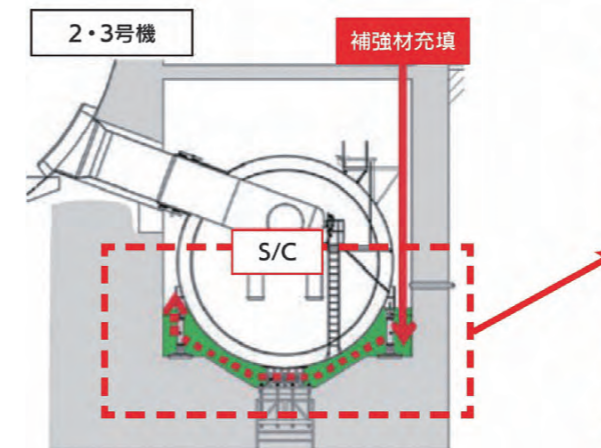
【図10-3】実規模試験実施のために整備された各種設備

実規模試験体補修に必要な給排水・濁水処理設備の設計・製作・設置

さらに、実規模試験では、寸法や温度条件等について1~3号機の実際の環境を可能な範囲で模擬することを目標に、①昇温・給水設備として実温度の滞留水を供給する設備、②濁水処理設備として止水材料(セメント含有のグラウト材)を含む排水を処理する設備、③止水作業に必要な各種装置を設置するための作業フロア、④試験体(重量約5,400t)を移動させるための試験体移動レールを設置した【図10-3】。

S/C脚部補強技術の開発

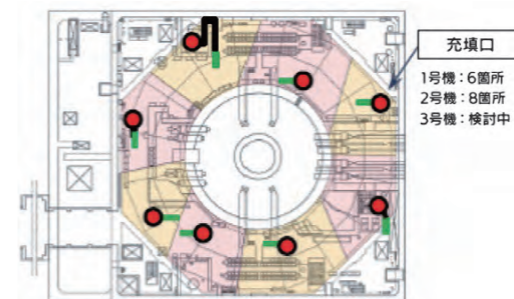
S/C脚部については、S/Cからの漏えいを止水するため、内部をコンクリートにより充填する計画を立てたが、重量増加による耐震性が懸念されるため、流動性の高いモルタルで充填補強することとした。具体的には、原子炉建屋1階の6箇所(1号機)ないし8箇所(2~3号機)の充填口から打設し、トラス室全周にわたって充填可能な流動性の高いモルタル材料と施工方法を開発し、長距離流動試験など各種の試験を行った結果、1/1スケール試験によって目標とする性能が確保できる見通しを得た【図10-4~図10-8】。



【図10-4】S/C脚部補強埋設範囲(左)



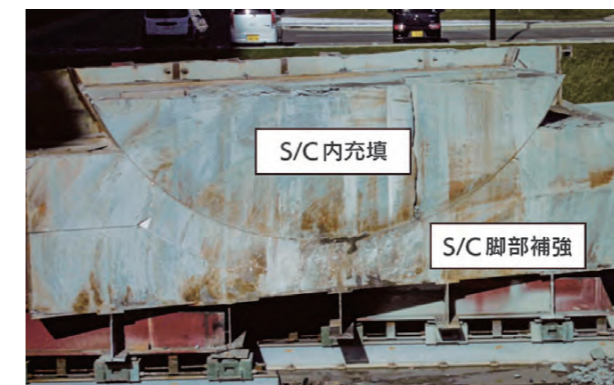
【図10-5】1/1スケールで2~3号機を模擬して実施したS/C脚部打ち上がり性状確認試験



【図10-6】原子炉建屋1階に想定される充填口の位置



【図10-7】長距離流動試験



【図10-8】1/1スケールで実施した充填状況の試験結果

S/C内充填止水技術の開発(ダウンカマ止水)

S/C内外の流路となる配管端部(クエンチャ、ストレーナ)を止水することを目的としてS/C内充填止水技術を開発した。また、ダウンカマまでを埋設してベント管止水のバックアップとしての役割を持たせることとした。具体的には、S/C内部のダウンカマ、クエンチャ、ストレーナ等の埋設のほか、2号機で想定されている径50mm程度の損傷口を止水するため、水中不分離コンクリートの長距離圧

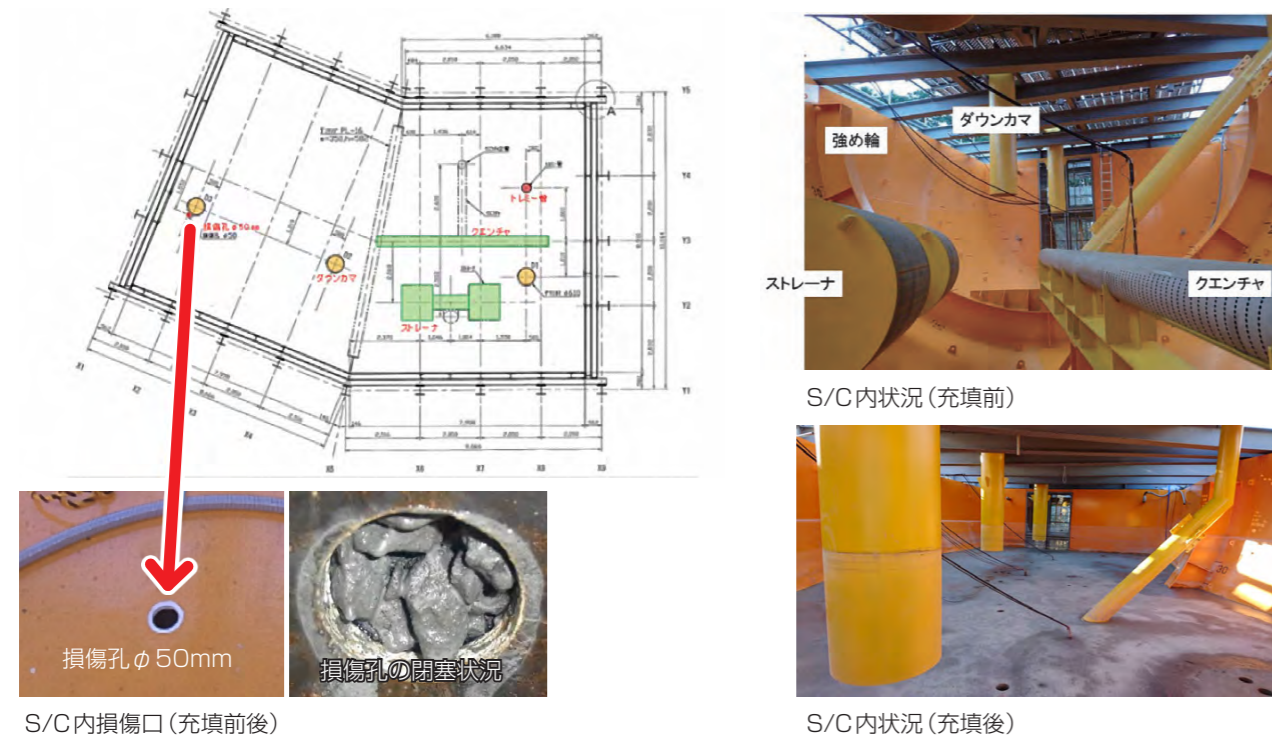
送試験・充填試験等を行い、要求される性能の材料配合を開発した。その材料を用いて1/1スケールの止水試験を実施し、止水性・施工性を確認した【図10-9、図10-10】。

ベント管内埋設による止水技術等の開発

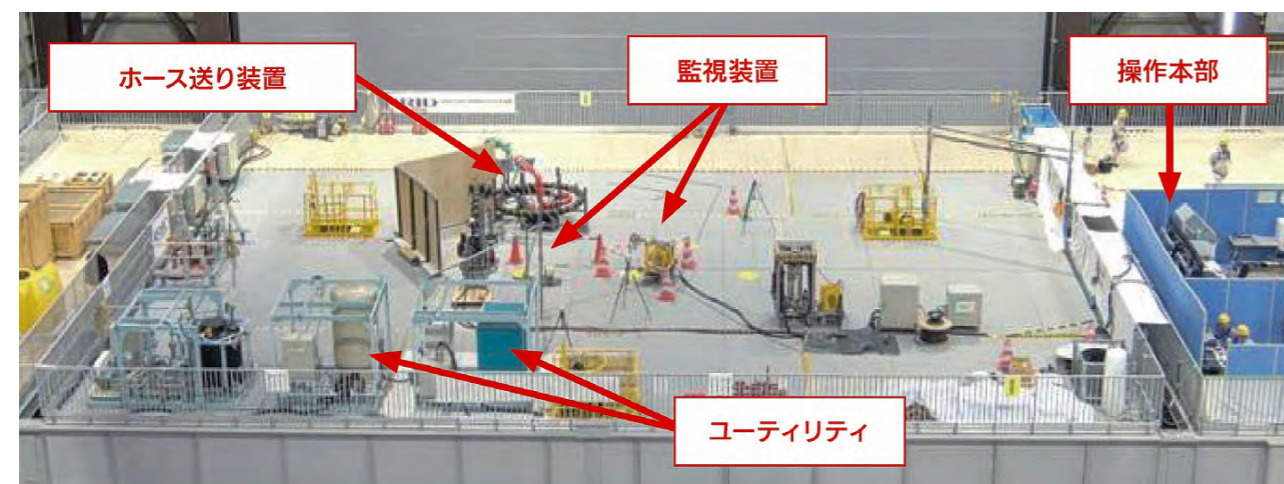
PCV上部(ドライウェル(D/W))からS/Cへの漏えいの主経路となるのはベント管である。そのため、ベント管を止水することでS/Cへの汚染水の

漏えいを防止し、D/W内に水張りができる状態にするための各種構成要素を開発した。開発した構成要素は、①閉止補助材(インフレイタブルシール)、②副閉止補助材(重量骨材)、③止水材(水中不分離自己充填コンクリート)、④補修材(ベントナイト重泥水)に加えて、後述する遠隔補修装置で、個別

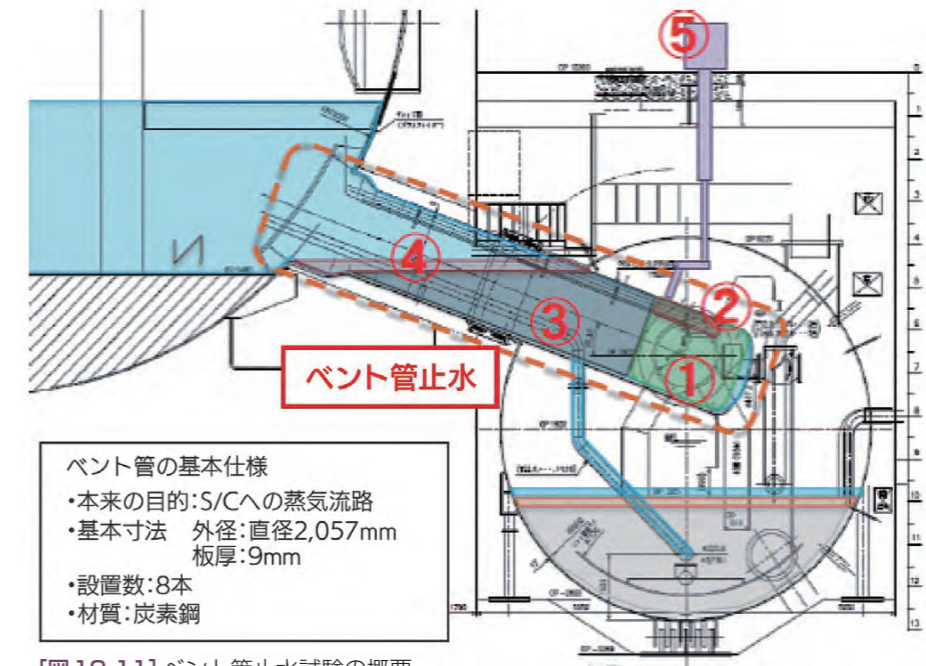
に開発したこれらを組み合わせて1/1スケール止水試験も行った。その試験結果から、流水環境下での止水を確認し、補修材施工後の加圧試験により0.4MPaまで止水可能であることを確認した【図10-11、図10-12】。



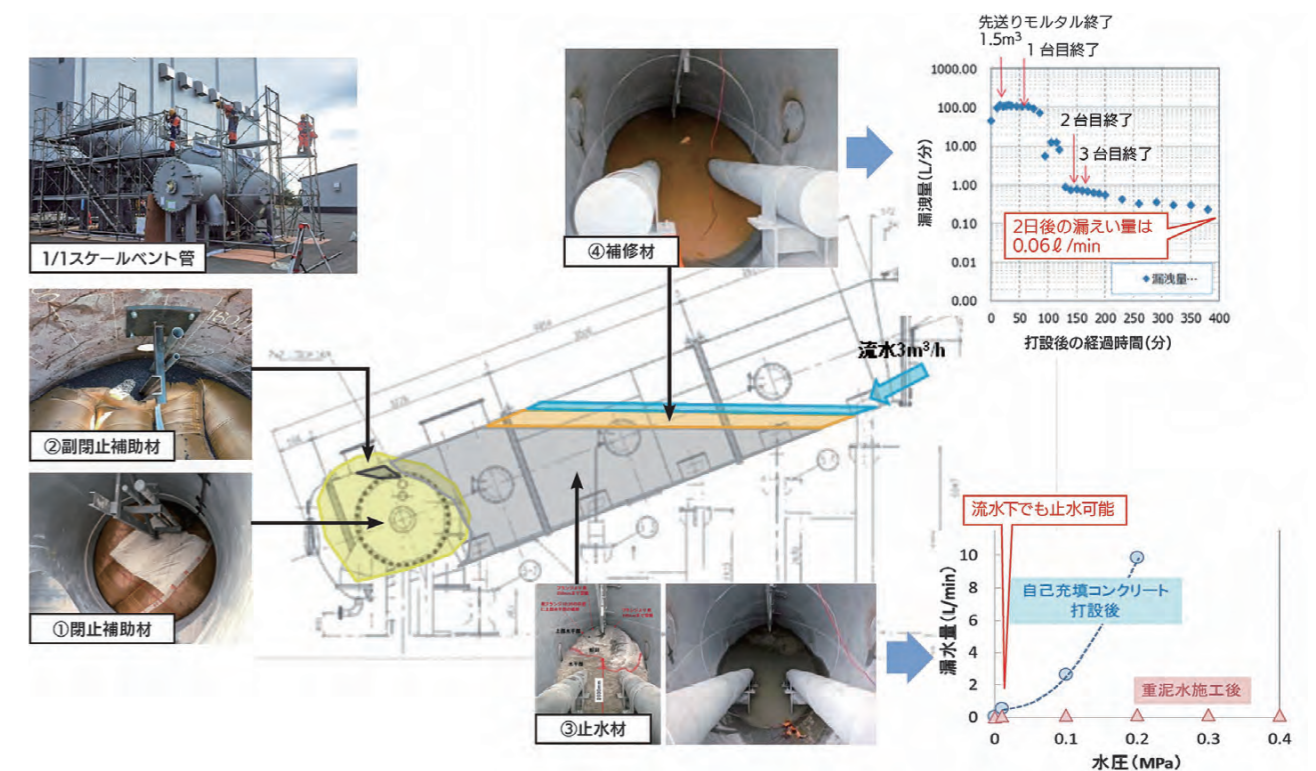
【図10-9】1/1スケールで実施したS/C止水試験の状況



【図10-10】遠隔施工性を検証するための施工性確認試験



【図10-11】ベント管止水試験の概要

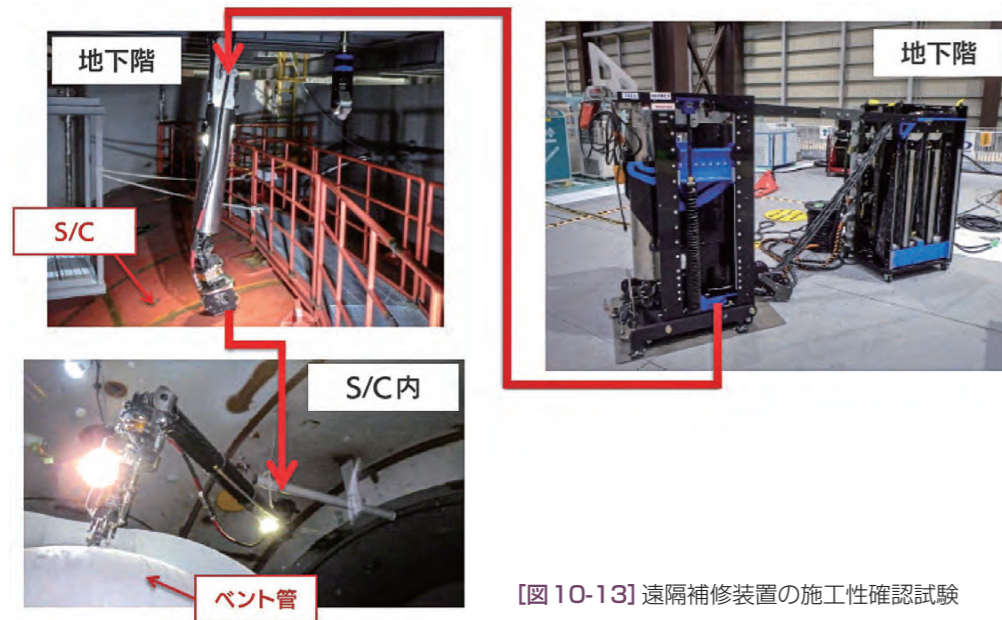


【図10-12】1/1スケールで実施したベント管止水試験の結果

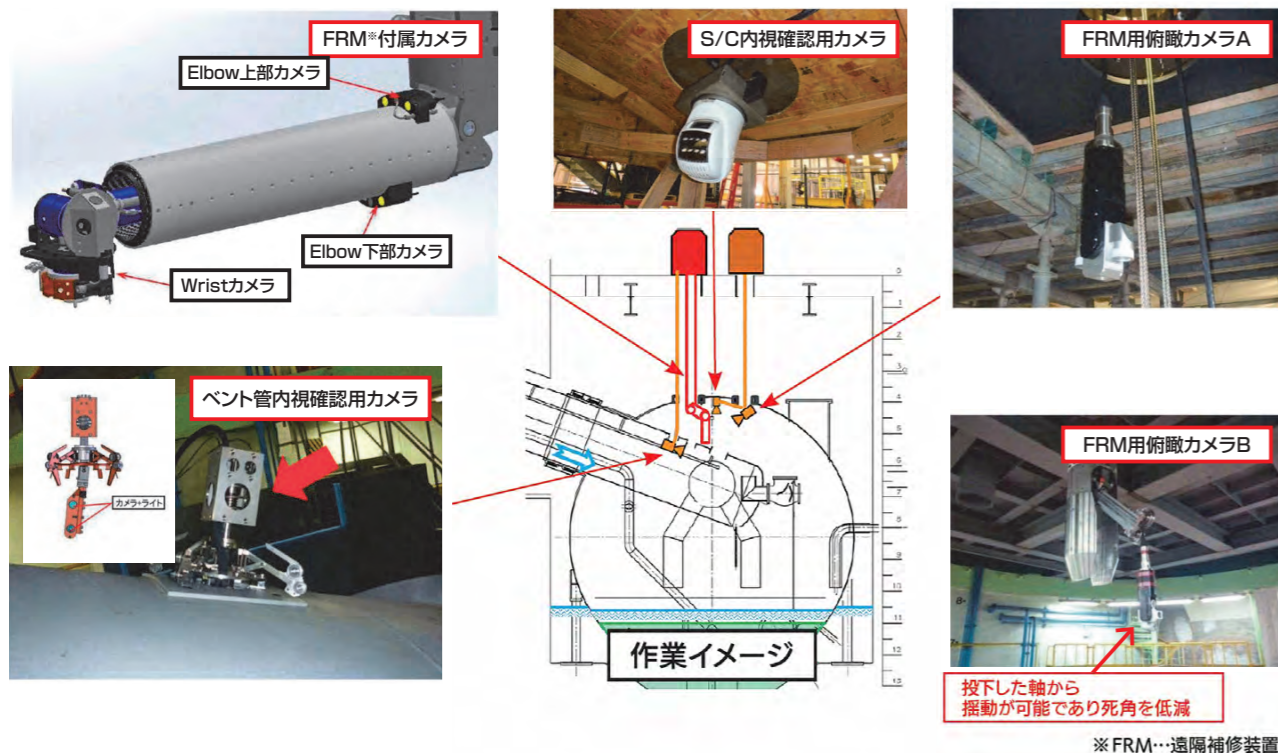
ベント管内埋設用の遠隔補修装置の開発

また、ベント管内埋設による止水を実現するに先立ち、遠隔操作による干渉物除去やベント管への穴あけを行うための遠隔補修装置を開発した。開発後、施工性確認試験を行い、実機を想定した環境で施工対象へアクセスできることを確認した。施工時は、

遠隔補修装置付属のカメラと俯瞰カメラを合わせた2つ以上の監視系を用いて作業監視を行う計画としていたことから、遠隔補修装置とツール、カメラ等を組み合わせたモックアップ試験を実施し、視認性、設置・回収作業の確実性や操作性の向上等を確認した【図10-13、図10-14】。



【図10-13】遠隔補修装置の施工性確認試験

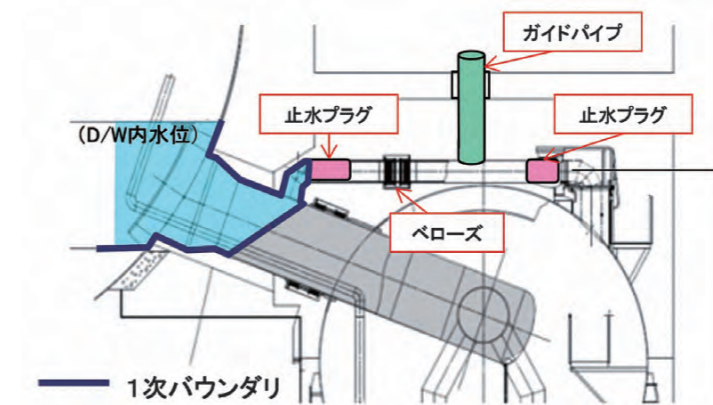


【図10-14】遠隔補修装置の監視カメラ設置状況

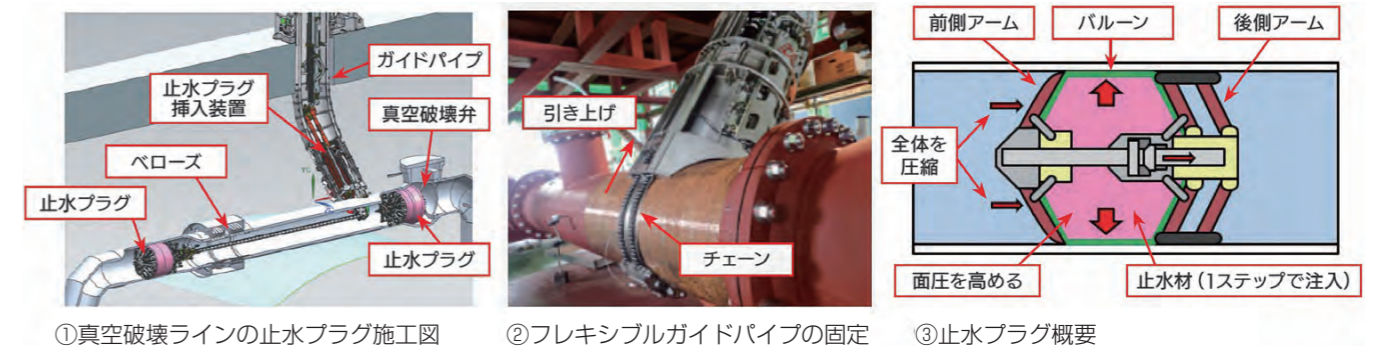
真空破壊ライン埋設による止水技術の開発

1Fで最も古い1号機については、真空破壊ラインベローズからの漏水が確認されていた。しかしながら、原子炉建屋1階床の穴あけ位置に干渉物があるため、真空破壊ラインの真上に穴をあけられなかった。そこで、斜め方向からアクセスできるフレキシブルガイドパイプ及び止水プラグを挿入する実

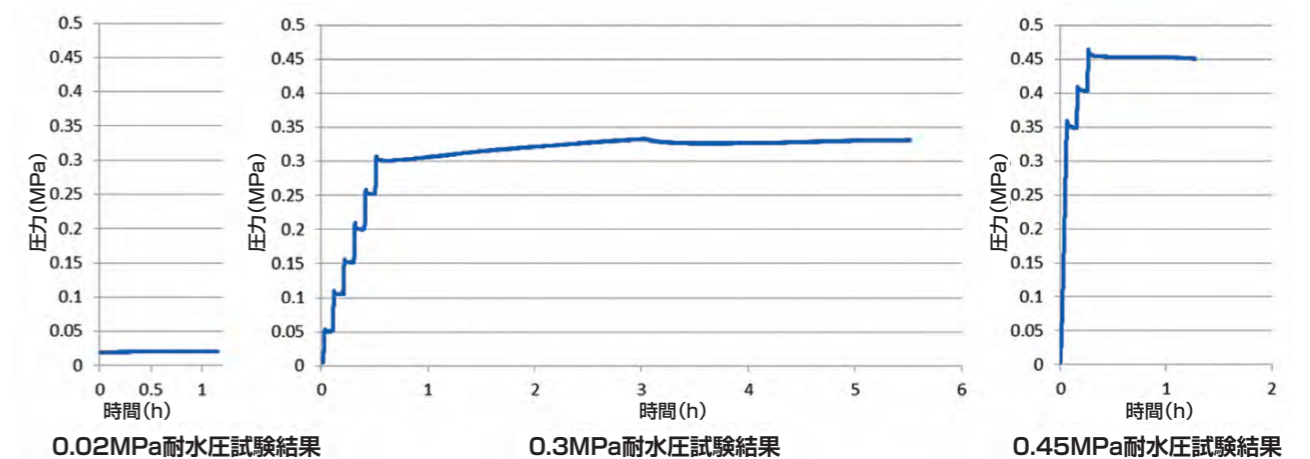
規模試験を実施し、施工性と止水性能の確認を行った。その結果、ガイドパイプ設置、真空破壊ラインへの穴あけ、止水プラグの挿入に問題がないことのほか、耐水圧試験では、0.45MPa(完全冠水条件)において漏えいのないことを確認した【図10-15～図10-17】。



【図10-15】真空破壊ライン止水工法の概念図



①真空破壊ラインの止水プラグ施工図 ②フレキシブルガイドパイプの固定 ③止水プラグ概要
【図10-16】真空破壊ラインの止水概念図



【図10-17】耐圧試験結果

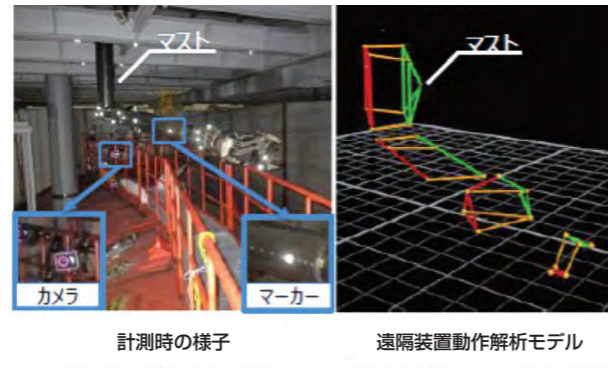
予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

ベント管止水で使用する遠隔マニピュレータをVR(バーチャルリアリティ)システム上で再現して訓練ができるような環境を構築した。その中で、モー

ションキャプチャ等を用いた遠隔装置の動作確認、その動作データを反映したVRシステムと遠隔装置との動作比較検証を行い、操作訓練でのVRシステムの有効性を確認した【図10-18~図10-21】。



【図10-18】VRシステムと3次元スクリーン



【図10-19】遠隔装置の動作計測

FRMエルボカメラA2映像(実機)



【図10-20】予備シミュレーション試験用のVRデータの整備(実機とVRカメラの比較)

FRMエルボカメラA2映像(VR)

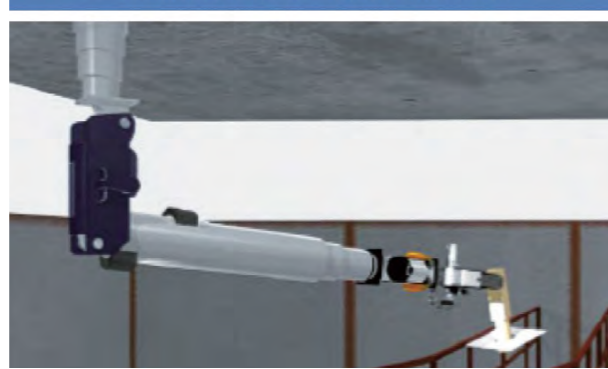


手摺上部に設置した干渉物を迂回
S/C内でスプレイ管等干渉物の回避動作を想定



【図10-21】動作検証の一環として実施したVR操作感の確認

手摺上部に設置された模擬穴へ把持した棒を挿入
穿孔穴への先端ツール挿入動作を想定



第11章 D/W・S/Cに構築した取水構造を検証する

プロジェクト名 原子炉格納容器(PCV)内水循環システム構築技術の開発(開発/実規模試験)

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|
| D/W [*] 内水循環システム技術の検討 | | | | | | | D/Wを用いた技術仕様の整理、アクセラート構築作業・維持の計画、開発課題の抽出及び開発計画立案 | | | |
| S/Cを用いた水循環システム技術の開発・検証 | | | | | | | S/Cを用いた技術仕様の整理、アクセラート構築作業・維持の計画、開発課題の抽出及び開発計画立案 | | | |
| PCV内アクセス・接続等の要素技術の開発・検証 | | | | | | | D/W-S/C内アクセス・接続等に必要な要素技術の試験計画立案・試験 | | | |
| PCVアクセス・接続技術等の実規模スケールでの検証 | | | | | | | S/C取水部構造の設計・構築・実規模試験 | | | |

*D/W…ドライウェル

福島第一原子力発電所(1F)では、燃料デブリを安定的に冷却するため、原子炉格納容器(PCV)内への冷却水の循環注入を継続している。燃料デブリ取り出しにあっても、作業中にPCV内の水を引き続き安全に管理していくことが求められていた。特に、取り出し中の循環注水を維持するための循環ライン構築は、PCV内及びその周辺での作業となることから、遠隔作業で行うことに加えてPCVの閉じ込め機能を確保することが必須であった。それらの条件を満たしつつ、PCV内へアクセス・接続する技術等を開発し、PCV内の水をより安全に管理するシステムを実現するための技術が必要となった。

IRIDは、PCV内の水循環システムを構築するため、①PCV内水循環システムの高度化のための技術仕様の整理、作業計画の検討及び開発計画の立案、②PCV内アクセス・接続などの要素技術の開発・検証、③PCVアクセス・接続技術等の実規模スケールでの検証を行った。

水循環システムの技術仕様の整理

ドライウェル(D/W)及びサブプレッションチェンバー(S/C)取水のためのアクセスルート構築技術の検討にあたっては、これまでの各種調査結果を踏まえて、PCV内外の現場状況について原子炉建屋1階の環境線量率をはじめ、炉内状況の推定結果、PCV内堆積物、PCV内水位(現状、施工時、水循環システム運用時)を号機ごとに整理した。

さらに、燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・

システムの高度化での水循環システム【図11-1】に関する検討結果を踏まえ、PCV内アクセスルート構築に係る技術仕様(D/W、S/C共通)、D/W取水部設計仕様を整理し、号機ごとにD/W取水口候補位置を選定した。なお、PCV外から内へのアクセスルート構築技術については、既存技術を用いることで対応可能である見通しを得た【図11-2】。

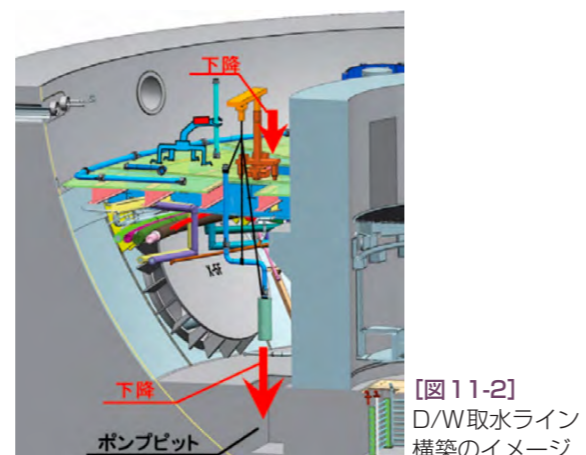
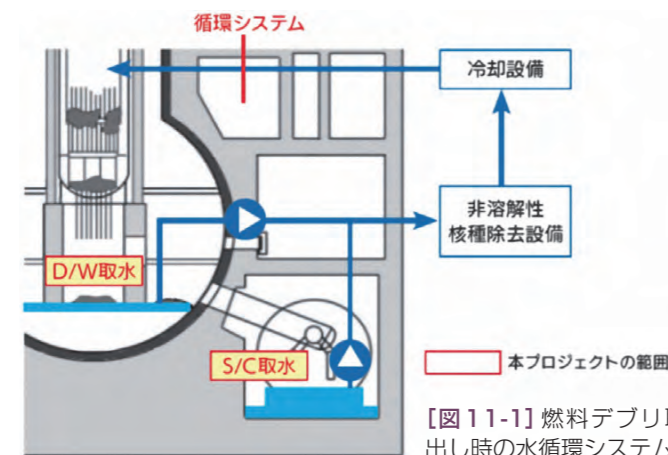
とはいえ、PCV内における取水点(ポンプピット等)までのルートを構築するには、①遠隔操作でポンプ(配管)を地下階へ吊り下ろす方法、②配管(ホース)の遠隔接続・交換方法等が課題となった。

PCV内アクセス・接続等の要素技術の開発・検証

PCV内アクセス・接続などの要素技術の開発・検証としては、D/W内の取水部の構築では、D/W底部へのホース投入・設置・交換方法の確立等が、S/C取水部の構築では、延長配管とS/Cの遠隔溶接方法の確立等が必要となった。

そこで、遠隔操作によるD/W内での配管(ホース)展開【図11-3】及びD/W底部へのホース投入・設置・回収に関する要素試験を実施し、実現可能な見通しを得た。併せて今後のエンジニアリング段階で解決すべき課題を抽出し、対応策の検討を行った。

また、S/C取水部【図11-4】について施工・メンテナンス時の適用装置の試験計画を立案するとともに、主要な装置として①位置合わせ装置【図11-5】、②延長配管-S/C継手自動溶接装置【図11-6】、③ビード処理装置、④仮設シール装置を試作した。試作後は、それら装置の要素試験に加えて、



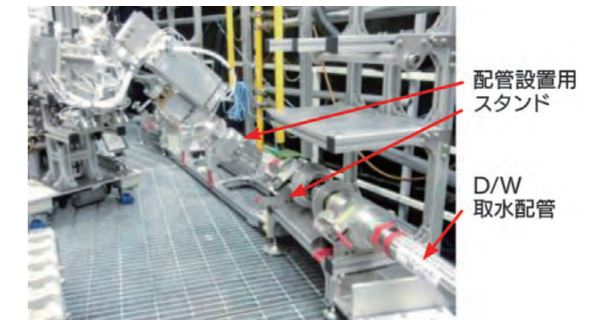
試作機の単体試験を実施し、目標の機能を有することを確認した【図11-7】。

実規模スケールでの検証

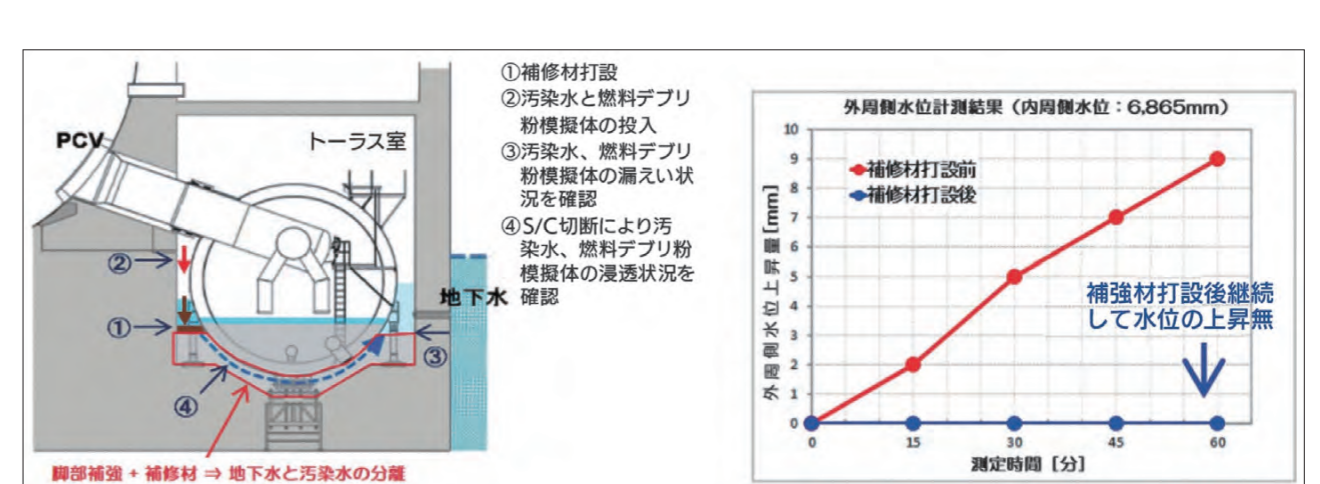
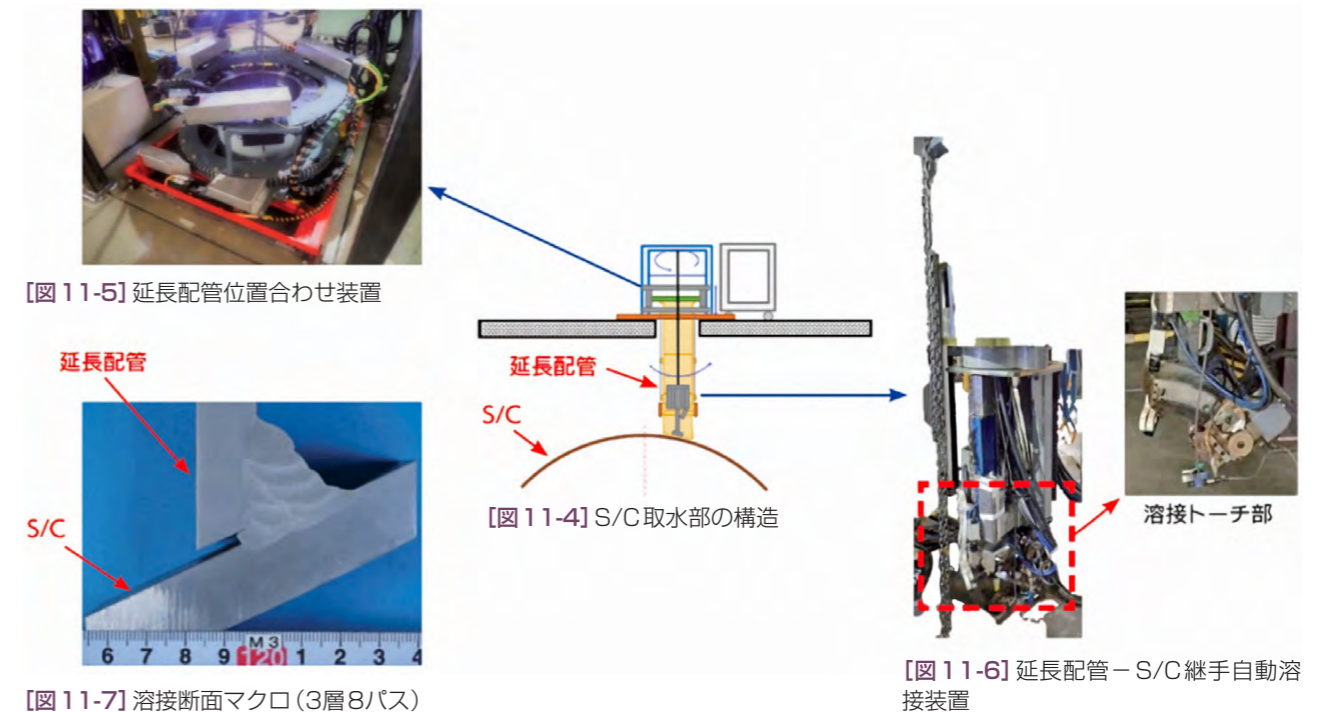
開発した延長配管-S/C継手自動溶接装置等の試作機【図11-6】を用いて、遠隔操作による一連の実規模試験を実施したところ、遠隔でS/C取水部を構築することが実現可能である見通しを得た。

また、1号機D/Wからトーラス室、S/C内側への漏えい水対策として、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA) 檜葉遠隔技術開発センターに設置されていた実規模試験体を用いて、補修材打

設によるバウンダリの構築の有効性を確認するための試験を実施した。その結果、トーラス室及びS/C内側空間を、バウンダリとして活用できる可能性があることを確認した【図11-8】。



【図11-3】D/W取水配管の接続



【図11-8】バウンダリ有効性確認試験の結果

第12章 燃料デブリを試験的に採取・取り出し、その後規模を拡大していく

プロジェクト名 試験的取り出し・段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------|------|------|------|------|------|--|------|--|------|------|
| 燃料デブリサンプル採取・回収装置 | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> ● 切削試験などの要素試験の実施 ● 燃料デブリ回収装置の回収方式の選定 ● 燃料デブリ回収装置の概念設計の実施 | | | | |
| 試験的デブリ取り出し | | | | | | | | <ul style="list-style-type: none"> ● 3方式4種類の燃料デブリ回収装置を試作し、課題抽出 ● 2019年度の課題を基に試作機の改良を実施 ● 装置単体での燃料デブリ回収機能を検証 | | |
| アクセス装置 | | | | | | | | | | |
| エンクロージャ | | | | | | | | | | |
| 遠隔搬送システム | | | | | | | | | | |

福島第一原子力発電所(1F)の事故後、原子炉格納容器(PCV)内は、放射性物質で汚染され放射線量が非常に高くなっていることから、情報が限定的で不確実性が高い状況となっている。そこで、燃料デブリ取り出しに向けて、まず内部調査の一環でごく少量を試験的に採取・取り出し、その後引き続き段階的に規模を拡大していくという方針で研究開発を進めることとした。

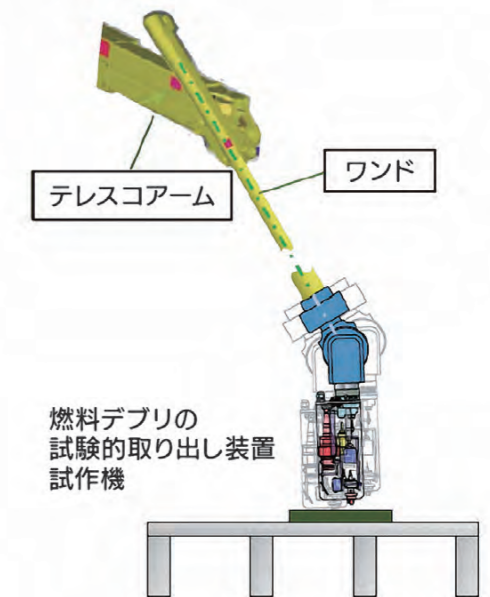
燃料デブリの採取・取り出しの目的は、カメラ等の調査では把握できない燃料デブリの成分や性状、機械的特性を把握し、燃料デブリ取り出し作業における安全管理や設備設計を適切なものにするのである。また、取り出した燃料デブリの分析を行うために、分析施設へ持ち出す方法についても検討した。

燃料デブリの採取・取り出しの規模を拡大していく際、高放射性物質である燃料デブリのPCV外への取り出しにおいては、搬出経路の全てにおいて放射性物質の漏えい対策が必要となる。取り出した燃料デブリは、まずエンクロージャ内に高線量の放射性物質を持ち込むこととなるため、開発する装置の耐放射線性や放射性物質の閉じ込め性能にも配慮した装置システムを構築することが必須であった。また、採取した燃料デブリサンプルを原子炉建屋外の分析施設へ遠隔で搬送する装置も検討する必要が

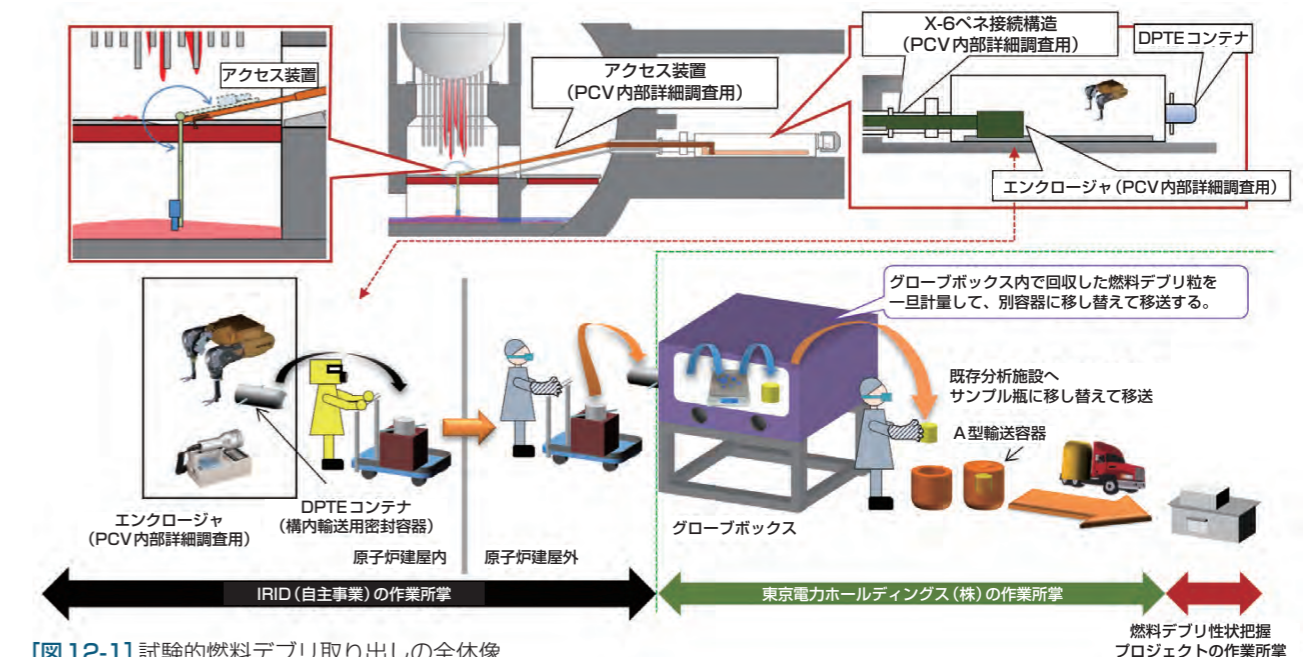
あった。

そこで、IRIDは、「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」の結果や同プロジェクトで開発したアーム等を活用しつつ、段階的に規模を拡大していくための採取・アクセス装置、搬送装置の設計・試作・検証などに取り組んだ。

PCV内部詳細調査装置先端部



【図12-2】PCV内部調査用アームとの組み合わせ試験イメージ



【図12-1】試験的燃料デブリ取り出しの全体像

試験的燃料デブリ取り出しに係る技術開発

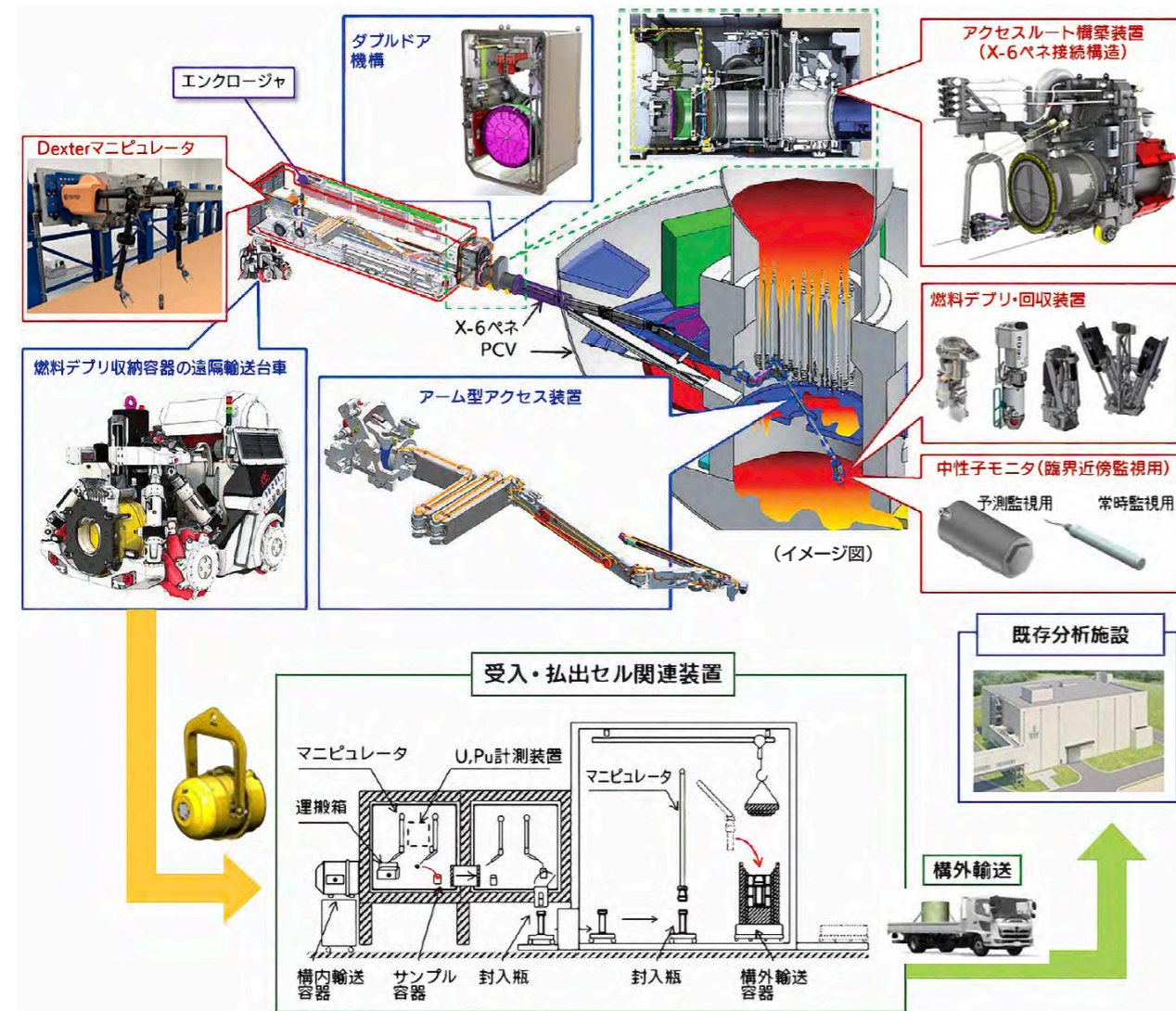
「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」で使用したエンクロージャ、アクセスルート構築装置、アーム型アクセス装置などを活用し、アームの先端部分にサンプル回収装置を取り付け、試験的にごく少量の燃料デブリ回収を実施することとした【図12-1】。

そのため、燃料デブリサンプル採取・回収装置として、アーム型アクセス装置の先端に取り付ける極細線金ブラシ方式と真空容器方式の2種類の燃料デブリサンプル採取・回収装置（試験的燃料デブリ取り出し回収装置）を設計し、単体で動作確認を行ったうえで、アーム型アクセス装置のワンドに取り付けた組み合わせ試験を実施した【図12-2】。

段階的に規模を拡大した燃料デブリ取り出し技術の開発

「原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発」用の装置構成をベースとして、段階的に燃料デブリ取り出し量を拡大していくべく、アームのペイロードを向上させるためにアームの前半部分の剛性を高めるとともに、先端部のアクセス範囲を拡大させたり、エンクロージャ撤去時に汚染面がPCV外面側にならないよう、接続部にダブルドアを設置する改良を施した。

【図12-3】に示した装置のうち、①アーム型アクセス装置、②エンクロージャ、③燃料デブリ回収装置、④遠隔搬送システムについて、それぞれ以下のように改良を行っている。



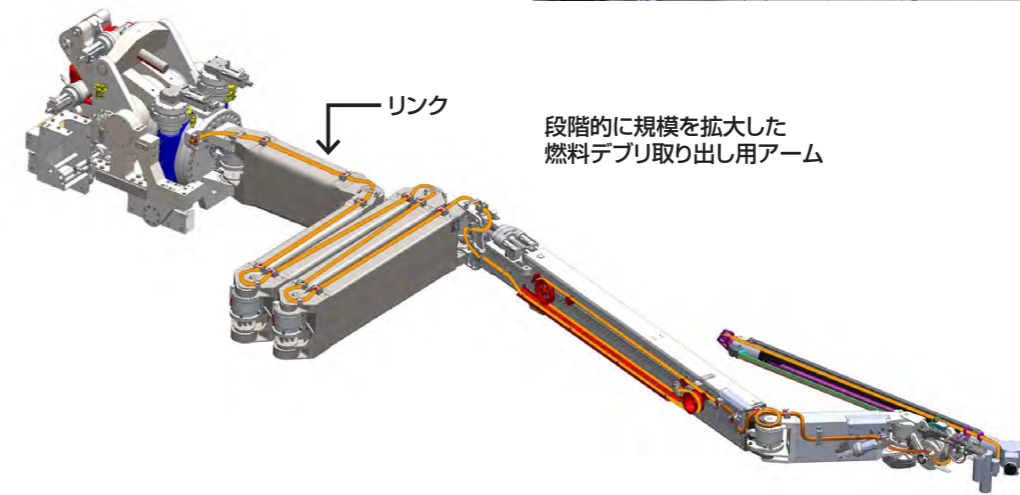
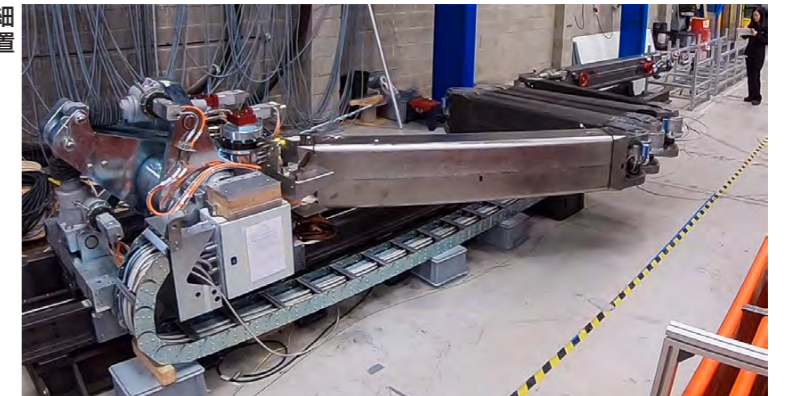
【図12-3】段階的に規模を拡大した燃料デブリ取り出しに係る装置の構成

アーム型アクセス装置については、①アームのリンク数を低減（長さを短く）し、ペイロードを増加する（約10kgから約20kgへ）、②水平オフセット機構を有する水平オフセットリンクを採用し、ペダスタル内のプラットフォーム上の開口通過性を向上するといった改良を施した【図12-4】。

また、エンクロージャについては、PCV開口部

との接合部の気密性を維持しつつ、万一の場合に開口部を安全に閉鎖するダブルドア機構の開発を行うとともに【図12-5】、燃料デブリ回収装置のアクセス装置先端への着脱や、アクセス装置自体の遠隔保守作業を可能とするエンクロージャ設備の設計・試作を実施した。

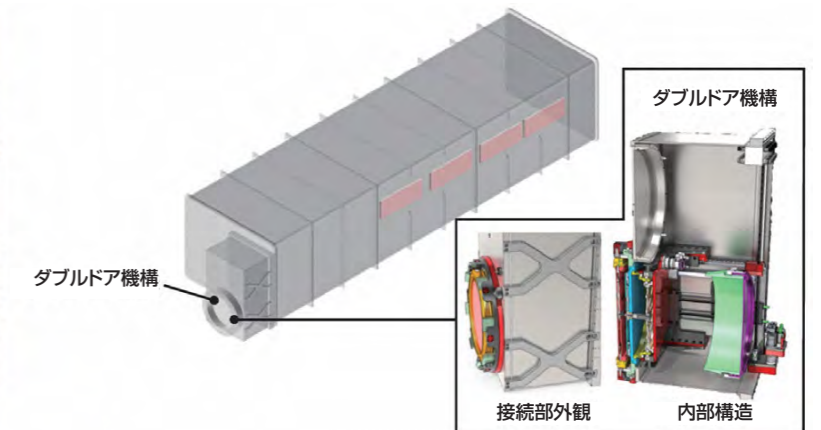
PCV内部詳細調査装置



【図12-4】段階的に規模を拡大した燃料デブリ取り出し用アーム



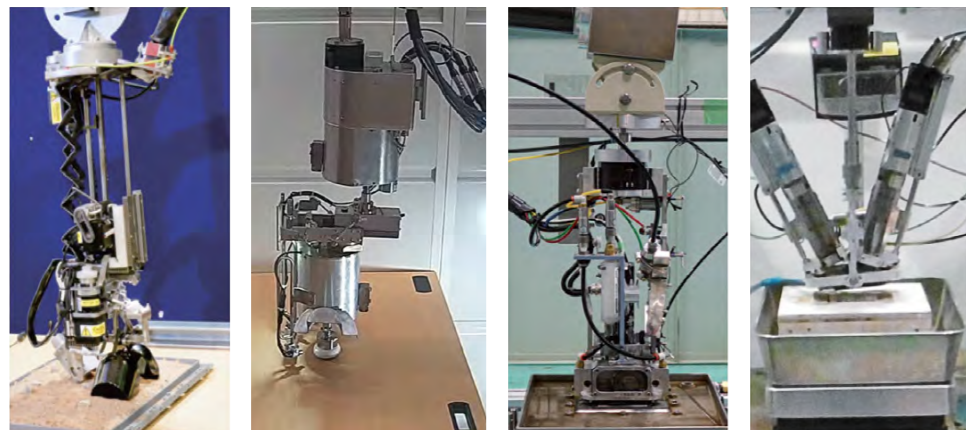
▲ダブルドアシステム 試験体



【図12-5】開発したダブルドア機構の仕組み

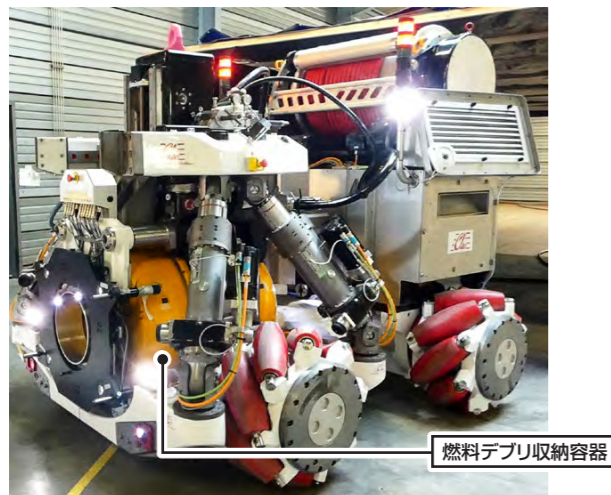
また、燃料デブリを回収するため、小石・砂状燃料デブリ回収用（バケット型、フレキシブルグリップ型）、粉状燃料デブリ切削・回収用、円柱状燃料デブリ切削・回収用の各燃料デブリ回収装置【図12-6】のそれぞれを開発したうえで、実作業に向けて課題を抽出し、実用性の向上を図った改良設計を実施した。さらに、改良した装置で、模擬デブリの回収試験や切削試験を行い、課題に対する改善を進めていった。

アクセス装置を用いて回収した燃料デブリは、エ



▲ 小石・砂状燃料デブリ回収用（バケット型）
▲ 小石・砂状燃料デブリ回収用（フレキシブルグリップ型）
▲ 粉状燃料デブリ切削・回収用
▲ 円柱状燃料デブリ切削・回収用

【図12-6】4種類の回収装置









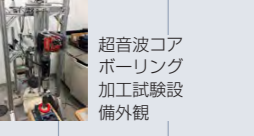





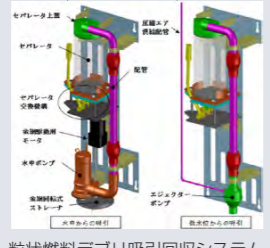
【図12-7】燃料デブリ収納容器の遠隔輸送台車

ンクロージャ内から燃料デブリ収納容器を用いて搬出する計画となっている。そのため、線量が高いエリアにあるエンクロージャに遠隔で燃料デブリ収納容器を脱着するとともに、線量の低いエリアまで搬送できる「遠隔輸送台車」を開発した【図12-7】。開発にあたっては、エンクロージャに接合する位置決め性能や狭隙部の走行性能に関する要素試験を行い、その成果を基に装置設計を行い、試作機を製作して工場検証試験を実施した。

第13章 燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術を開発する

プロジェクト名 燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
|-----------------------------|---|---|------|------|------|--|---|------|--|--|---|
| 燃料デブリ取り出し工法のうち、上アクセス工法の技術開発 |  プラットフォーム／セルに関する試験 原子炉格納容器（PCV）内で構造物を細断し、ユニット缶に収納した上で搬出する細断工法の検討 | 原子炉圧力容器（RPV）アクセス装置開発 RPV内面シール技術開発 | | | |  干渉物及び炉底部の撤去技術開発 | 工期短縮のための、構造物一体搬出、大規模分割方式の工法概念検討 | | 構造物一体搬出の工法概念検討  | | |
| | |  炉底部解体技術の開発 原子炉ウエルをバウンダリにするための開口部封止技術の開発 | | | | | | | 大型搬出容器の開発  | | 炉心部等解体技術の開発  |
| 燃料デブリ取り出し工法のうち、横アクセス工法の技術開発 | 工法コンセプトの検討 柔構造作業アームの開発 ロボットアームとアクセスレールの基本的な成り立ち確認 PCVとセルのバウンダリ構築のためのPCV溶接装置に関する試験（多自由度ロボットの動作計画手法、建屋内の遠隔除染技術の開発も含む） | | | | | | 前年度までの課題を踏まえた干渉物撤去技術の開発、課題抽出 セル小型軽量化のための固定レール方式アクセス装置の検討 アクセステンネル接続方法検討 | | | 固定レール方式アクセス装置の検討  | |
| | 干渉物撤去技術の開発、課題抽出 セルの設置工法等の具体化検討 作業セルシール方法（インフレーションシール）開発 生体遮蔽壁穴あけ技術の開発 | | | | | アクセステンネル接続方法検討 大型干渉物（HVH、CRD交換機）撤去技術の開発 | アクセステンネル送り出し技術開発（形状寸法模擬要素試験） | | | CRDハウジング模擬体  | |
| 上、横アクセス工法共通技術の開発 | | | | | | | 燃料デブリ加工方法（チゼル、超音波コアボーリング）の開発 サプレッションチェンバーへの汚染拡大防止堰（型枠設置方式）開発 | | | 超音波コアボーリング加工試験設備外観  | |
| | 燃料デブリ切削技術（コアボーリング、レーザ加工）の開発 収納缶取り扱い装置に関する試験 | | | | | 遠隔挿入実施範囲  | アクセスレール・ロボットアーム  | | | コアボーリング加工試験用ビット  | |

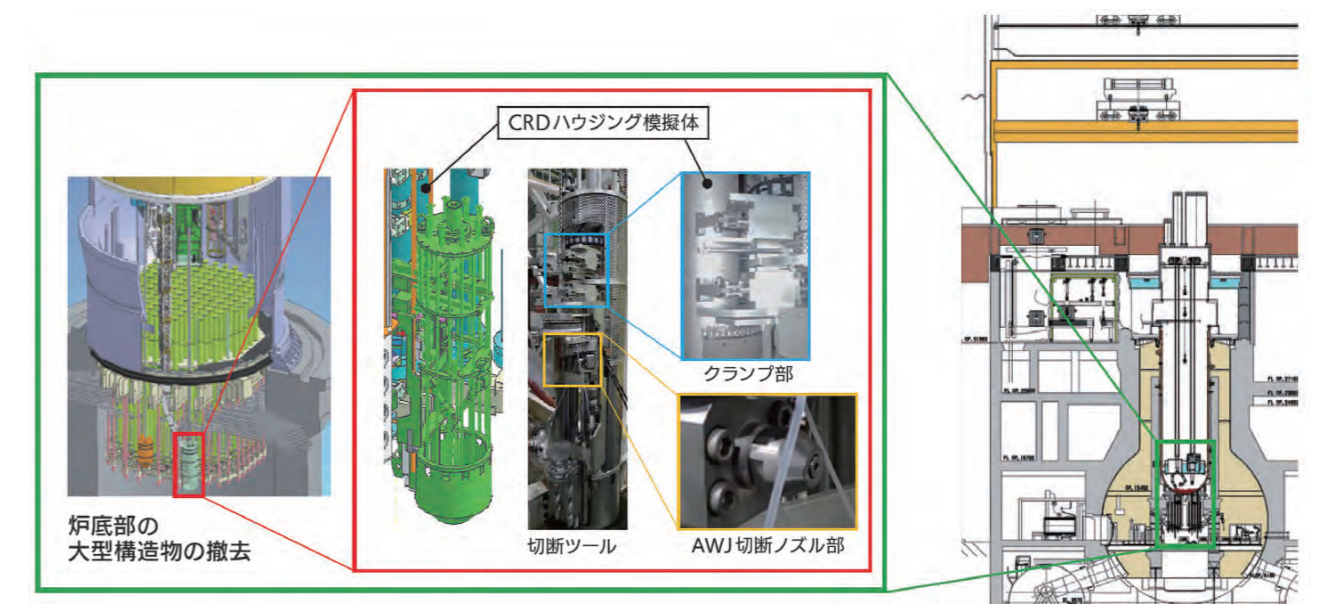
| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------------------------------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| 燃料デブリ取り扱い技術のうち、燃料デブリ回収・収納システムの開発 | | |  | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリ取り扱い技術のうち、燃料デブリ・堆積物の処理技術の開発 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリと放射性廃棄物の仕分け技術の開発 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 原子炉格納容器内の連続的な監視システムの開発 | | | | | | | | | | |

福島第一原子力発電所(1F)の事故後、原子炉圧力容器(RPV)及び原子炉格納容器(PCV)内部の燃料デブリは、安定冷却を確保している一方で、原子炉建屋、RPVやPCV等は事故によって損傷しており、プラント自体は安定とは言い切れない状態であった。また、燃料デブリの取り出しは、高放射線環境下での作業となるだけでなく、作業時の放射性物質の拡散防止・抑制、臨界防止や作業員被ばくの低減といったことが必須である。

そこで、IRIDは、①放射性ダストの閉じ込め機能の確立、②高線量環境下での遠隔操作技術の確立、③被ばく低減技術、汚染拡大防止技術の確立に向けた研究開発を行うこととした。具体的には、まず燃料デブリを取り出すために必要なアクセスルートを構築する技術及びそれをを用いた燃料デブリの取り出し技術として、上アクセス工法と横アクセス工法の検討に着手した。さらに、燃料デブリ取り扱い技術をはじめ、閉じ込め機能に係る要素技術等に加えて、燃料デブリ取り出しに必要な設備を構築するための研究開発を進めていった。

上アクセス工法の技術開発
上アクセス工法は、通常の保守作業でも用いていたルートであるオペレーションフロアからRPV及びPCVにアクセスし、燃料デブリを取り出す方法である。この上アクセス工法については、PCV内で構造物を細断し容器に収納したうえで搬出する細断工法の検討から着手し、この細断工法の課題を踏まえ、改善案として2つのプランを検討した。一つは、「構造物を一括撤去・搬出する」プラン1で、もう一つは「構造物を大分割したうえで除染を併用する」プラン2である。

◆プラン1：構造物一括撤去・搬出
2018年度までの補助事業(「燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システムの高度化」「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化」等)では、切断後の燃料デブリの臨界防止を目的に、PCV内で構造物及び燃料デブリを細断し、ユニット缶に収納したうえで搬出する細断工法の検討を行ってきた。その検討の中で、炉底部の構造物のうち、特にCRD(制御棒駆動機構)ハウジングを対象とした切断・搬出に関する要素試験を実施した【図13-1】。この試験の結果、作業性や作業時間(スループット)の観点から細断工法は難易度が高いことが判明した。そこで、これらの改善を目的として構造物を可能な限り大型で搬出する工法を検討すること



【図13-1】細断工法での搬出イメージ及びCRDハウジング細断要素試験の様子

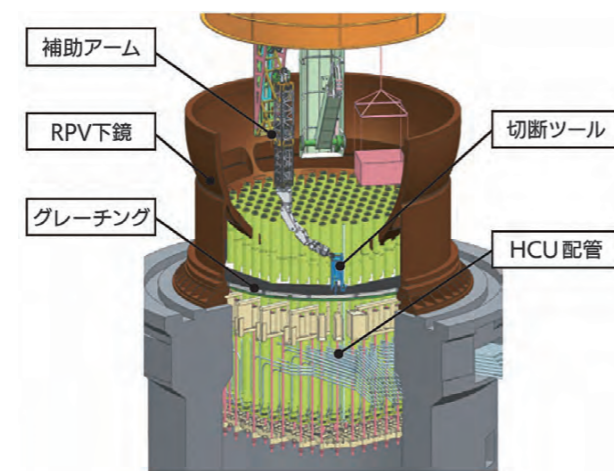
とし、2通りの工法の検討に着手した。

2通りの工法のうちの 하나가、構造部及び燃料デブリを大型状態で取り出す、プラン1「構造物一括撤去・搬出」である【図13-2】。

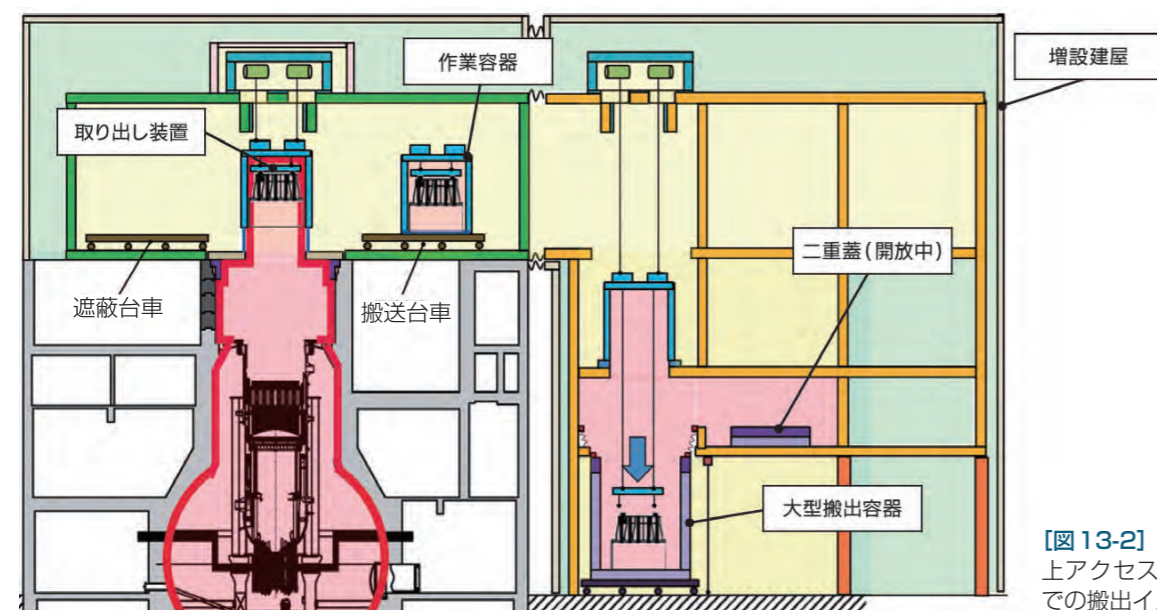
この工法の基本的な方針は、①構造物単位で一括搬出する、②炉心部は複数単位に分割、炉底部は下鏡を含め一体でRPVから切り離しを実施する、③搬出対象物の遮蔽・気密は構造物・燃料デブリ輸送用の輸送専用容器や、アクセスルートまたはそれらの組み合わせで対応する、④取り出した構造物・燃料デブリの細断、保管容器への収納は原子炉建屋から離れた新設の建屋にて実施するというものである。また、環境の悪い炉内での切断作業等を最小限とすることにより、遠隔作業の難易度を下げるとともにスループットの向上を図ることも狙いとしている。

この方針を基に工法の検討を進め、2020年度に炉底部を対象とした解体に関する要素試験【図13-3】を実施し、切断手順の実現性を確認するとともに、スループット試算結果に反映して再計算を行い、細断工法と比較し取り出し期間が大幅に短縮可能な見通しを得た。2021年度からは、炉心部等の炉底部以外の領域に関する解体方法の検討及びRPVヘッドを対象とした要素試験による実現性確認に取り組んでいる。

一方、PCV及びRPV内から一体で取り出した構造物・燃料デブリを構内移送するための輸送専用容器(大型搬出容器)【図13-4】についても開発を進めている。大型搬出容器の開発においては、汚染拡大防止機能(気密構造)が課題であり、容器蓋部を二重蓋構造として気密確保を行う方式を採用した。さらに二重蓋の運用ステップを検討し、気密が確保できるかについて要素試験によって実現性を確認することとした。



【図13-3】炉底部干渉物撤去作業イメージ



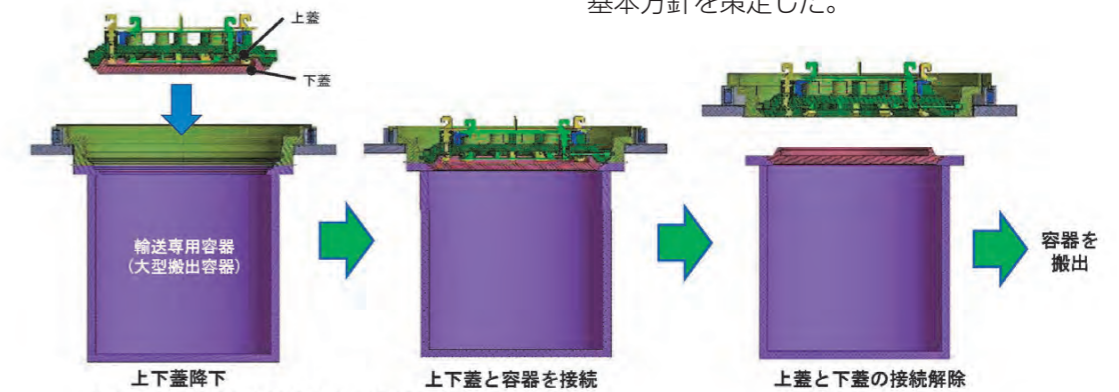
【図13-2】上アクセス工法プラン1での搬出イメージ

◆プラン2：構造物大分割・除染の併用

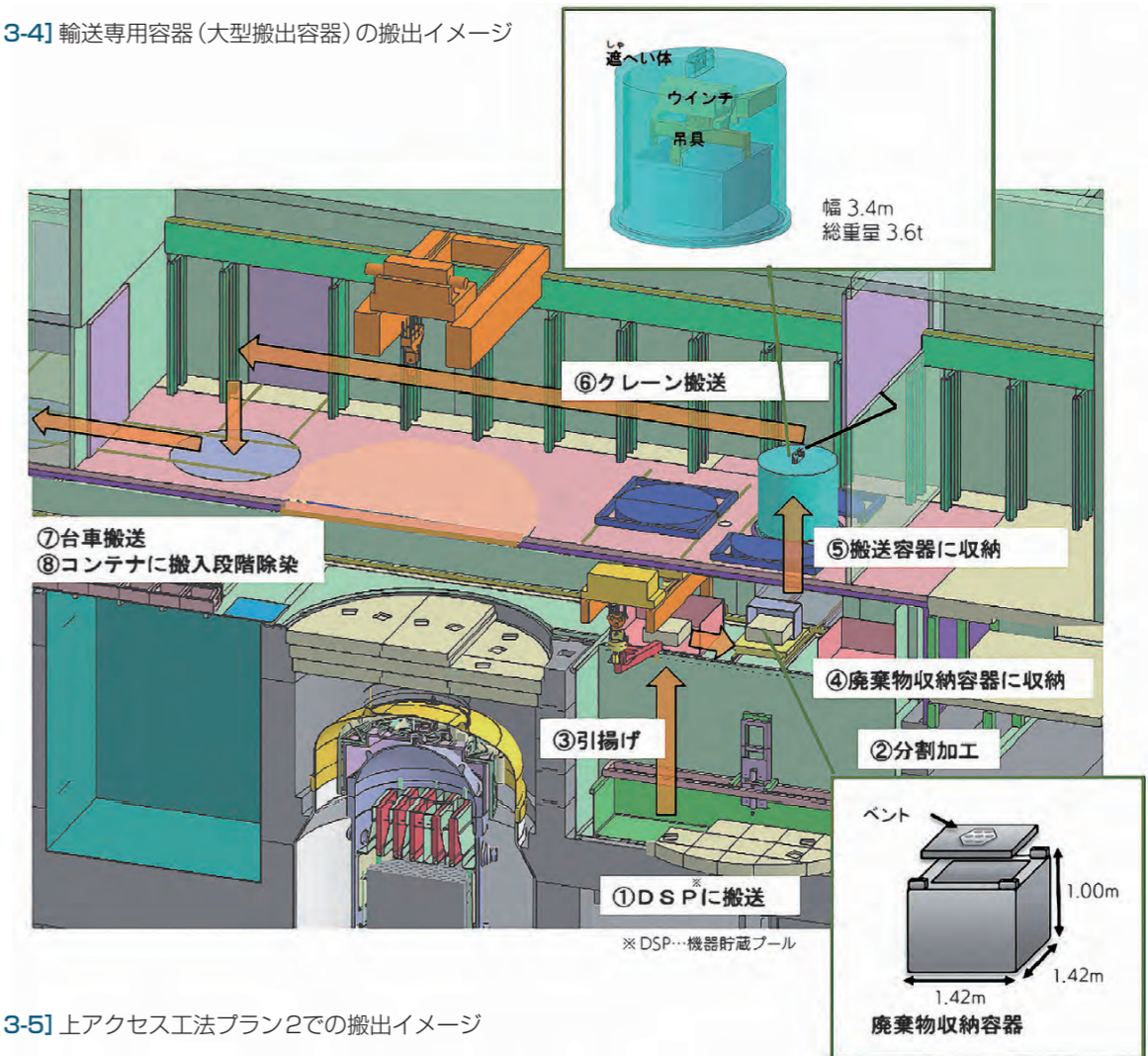
作業性改善やスループット短縮を目的として、構造物を大きく分割し、除染を併用するプラン2を検討した【図13-5】。

その検討の中、①構造物の廃棄物・燃料デブリは、なるべくRPVに近い位置で容器に収納し搬出する、②既存の原子炉建屋と新設するコンテナで閉じ込め

エリア(バウンダリ)を構成し、バウンダリは汚染線量により1次バウンダリとそれを取り囲む2次バウンダリの二重構成とし、さらに1次バウンダリ細分(3分割)や負圧化による動的バウンダリなどを採用し、汚染拡大の防止を図る、③これにより、容器は、1次バウンダリの高汚染エリアから徐々に低汚染エリア、2次バウンダリと移動し搬出する、等の基本方針を策定した。



【図13-4】輸送専用容器(大型搬出容器)の搬出イメージ



【図13-5】上アクセス工法プラン2での搬出イメージ

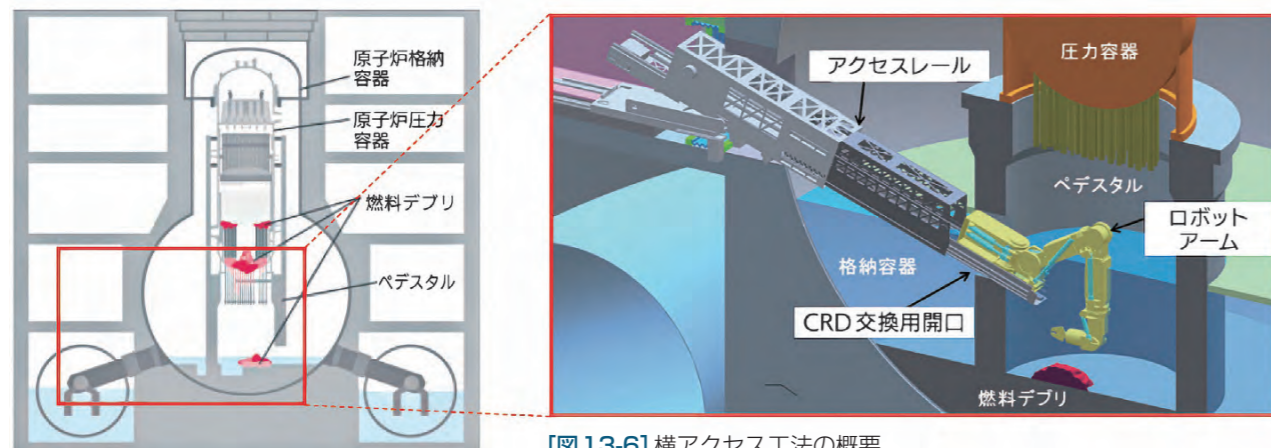
横アクセス工法の技術開発

横アクセス工法は、比較的アクセスしやすい原子炉建屋1階フロアのPCV側面から燃料デブリを搬出する方法であり、X-6ペネトレーション(X-6ペネ)からPCV内にアクセスする工法と機器ハッチからアクセスする工法について検討を進めている。

X-6ペネ経由の前者の工法においては、①セルによってバウンダリを確保し、ロボットアームでPCV側面(既設貫通口であるX-6ペネなど)からアクセスして燃料デブリの回収を行う、②ペダスタル開口部へのアクセス性を考慮し、直線的な最短距離でのルートにてロボットアームを搬入し、燃料デブリにアクセスする【図13-6】、③セルは重量物であることから、原子炉建屋の床面荷重の低減を図って設置するといった方針を打ち出した。

機器ハッチ経由の后者の工法においては、原子炉建屋床の耐荷重を考慮し建屋床面に荷重をかけないことを目的としてPCVと増設建屋をアクセストンネルで接続し、アクセストンネルでバウンダリを確保したうえで、柔構造作業アーム等をPCV内に搬入して燃料デブリの取り出し作業を実施する方針とした。

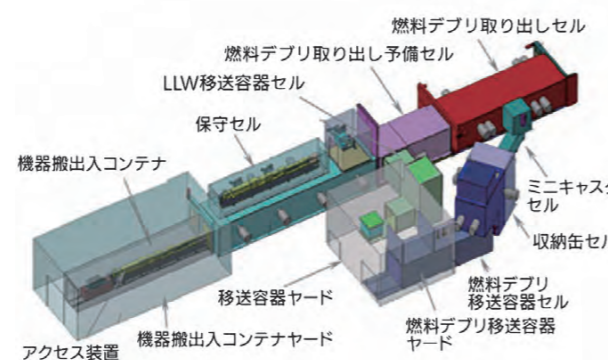
それらの方針に沿って、セル設置やアクセストンネルに係る検討をはじめ、横アクセス工法の実施において必要となる干渉物撤去・燃料デブリ取り出しのためのアクセスレール・ロボットアームや柔構造作業アームの研究開発を推し進めた。



【図13-6】横アクセス工法の概要

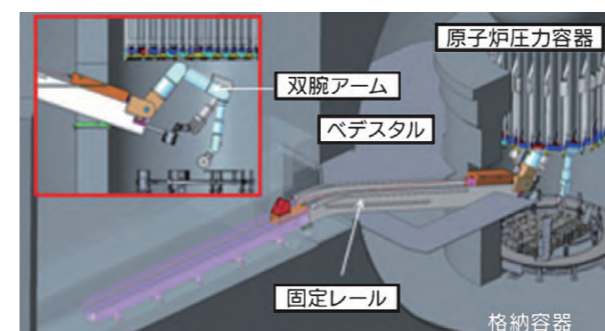
◆X-6ペネ経由・アクセスレール方式

バウンダリを確保するセル【図13-7】は、大型重量構造物となるため、原子炉建屋の床荷重制限を満たしつつ、セル設置の精度確保や据付作業の効率化が必要となっていたことから、セルの小型化や荷重支持方法、遠隔設置・据付作業のステップなどについて検討を実施した。

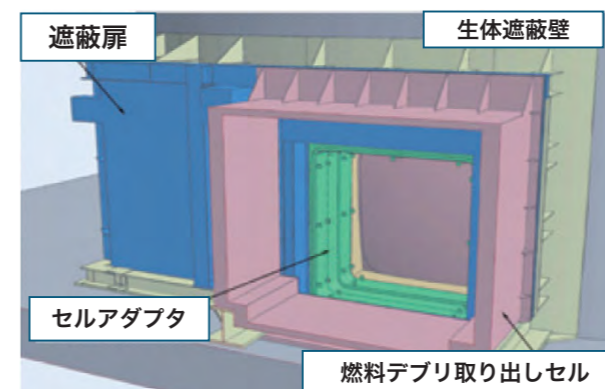


【図13-7】セルの全体イメージ

その結果、セル小型・軽量化を行うとともに、原子炉建屋の床梁・壁の強度部材にて支持する構造を採用し、成立性の目途を得た。なお、セル小型・軽量化については、燃料デブリ取り出し用アクセス装置をアクセスレール固定レール式【図13-8】に変更し、レール搬送機能の削減などによって小型化や重量低減を実現した。また、セル設置の準備工事から設置・据付までの一連の作業ステップを構築し、遠隔据付性の目途を得た【図13-9】。



【図13-8】固定レール式アクセス装置



【図13-9】セル等大型構造物の設置

燃料デブリ取り出し作業では、①既設貫通口であるX-6ペネ周囲の生体遮蔽壁を撤去、PCV壁を拡大開口し、ペダスタル内へ直線的にアクセスする、②ロボットアームが移動可能な固定式のアクセスレールをCRD交換用開口に向けて設置する、③ロボットアームはアクセスレール上をペダスタル内に向けて移動し、燃料デブリの加工、回収を行う、という手順を計画している。

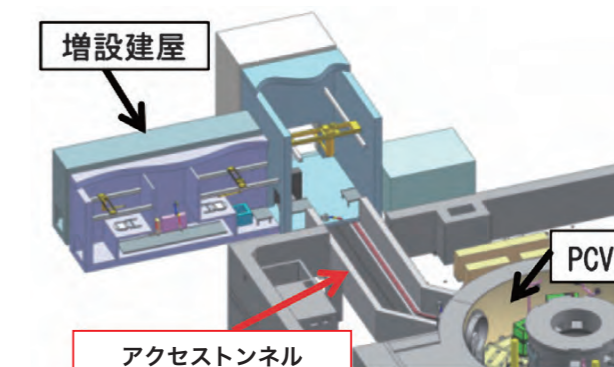


【図13-10】アクセスレール・ロボットアーム

分布や性状が不明確な燃料デブリを加工・回収するためには、多種多様な燃料デブリの加工方法に柔軟に対応することが必要となる。そのため、ロボットアームとして双腕電動アームと液圧式アームを使用可能なシステムを構築し、多種多様なデブリにも対応可能とした【図13-10】。

◆機器ハッチ経由・アクセストンネル方式

燃料デブリ取り出し作業においては、PCV内部にさまざまな機器を搬入し、取り出した干渉物や燃料デブリをPCV外へ搬出する必要がある。床荷重制限の厳しいプラントでは原子炉建屋外の増設建屋とPCVを、遮蔽機能を有するアクセストンネルで接続して搬出入ルートを構築し【図13-11】、アクセストンネルの荷重を原子炉建屋外壁と生体遮蔽壁で受けることにより原子炉建屋1階の床荷重制限を守ることを検討した。

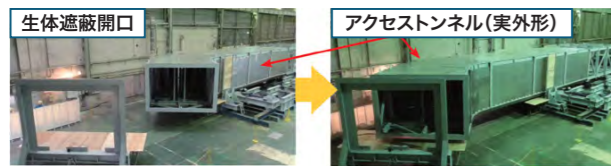


【図13-11】アクセストンネルの概念

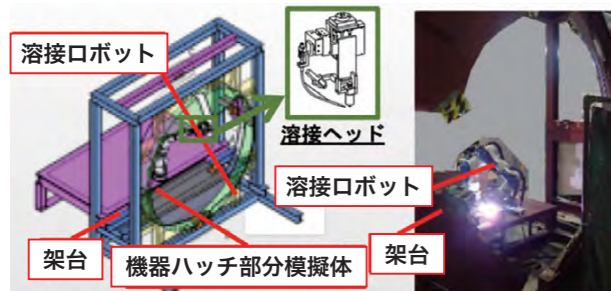
アクセストンネルの組み立ては、作業員の被ばく低減のため原子炉建屋外で行い、原子炉建屋内へ送り出して遠隔で設定する計画を立案し、2018年度に形状寸法模擬体を用いた送り出し要素試験を実施し、その実現性を確認した【図13-12】。その後、アクセストンネルとPCVの溶接接続に関する検討及び試験を実施し、溶接条件・手順について確認して課題を抽出した【図13-13】。

その結果を踏まえ、2021年度からは実規模スケールでの溶接試験やアクセストンネルとPCVとの接続部(PCV接続スリーブ)の遠隔設置方法等について検討を進めていった。また、アクセストンネルは原子炉建屋近くで旋回(スライド)させる必要

があるため、スライド部の検討を行い、実重量を模擬した試験体にてスライドに関わる要素試験を実施し、その実現性を確認した。



【図13-12】アクセストネル送り出し要素試験の状況

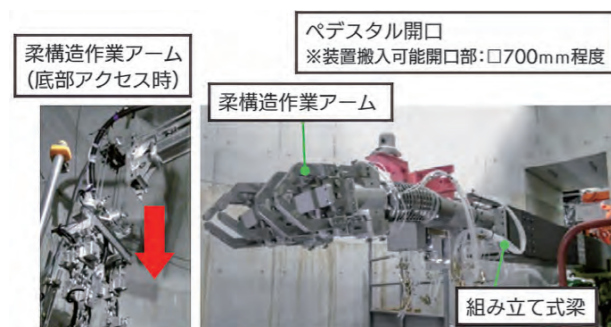


【図13-13】アクセストネル溶接接続試験

◆干渉物撤去（柔構造作業アーム）

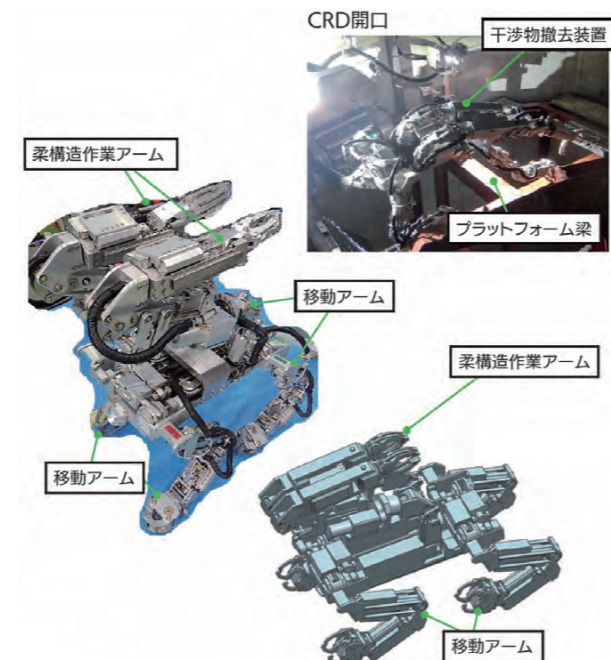
燃料デブリ取り出しの際、さまざまな干渉物が作業を阻害することが考えられた。加えて、現場環境が未知あるいは作業進捗によって逐次変化していくこと、さらにPCV内の作業環境が高い放射線量率であることも想定されたため、現場環境の変化に柔軟に対応でき、かつ高い耐放射線性能を有する作業装置として、遠隔作業用の柔構造作業アームを開発した。

この柔構造作業アームは、ペDESTAL外（地下階）干渉物撤去装置や組み立て式梁によるペDESTAL内干渉物撤去装置【図13-14】に応用したほか、その後はより狭い環境でもPCV内の状況確認や干渉物撤去作業等が実施可能な小型の干渉物撤去装置



【図13-14】組み立て式梁によるペDESTAL内干渉物撤去装置

【図13-15】を開発し、ペDESTAL内模擬環境での移動やICM（炉内核計装）ハウジング模擬体の切断等の要素試験にて実施可能な見通しを得た。

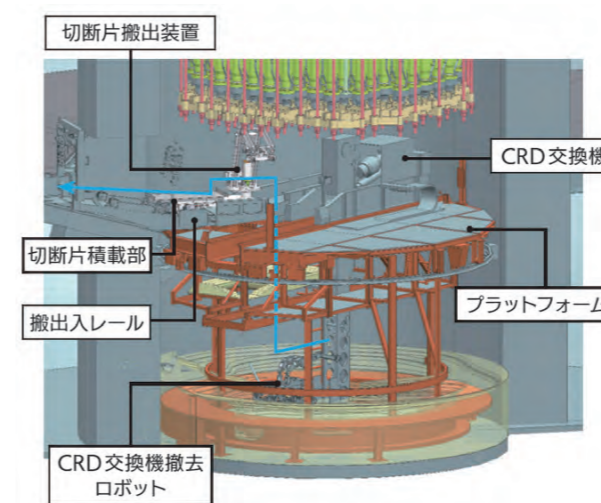


【図13-15】小型の干渉物撤去装置

2021年度からは、HVH（空調ユニット）やCRD交換機のように大型で燃料デブリ取り出し作業に大きな障害となるような干渉物を遠隔で撤去する方法についても検討を進めていった【図13-16】。HVHについては、解体ロボットや揚重機等の試験装置や切断ツールの仕様を整理し、要素試験計画を立案する一方、CRD交換機については1～3号機の解体撤去方法や開発すべき共通技術の抽出後、2号機及び3号機を考慮した試験環境で基礎試験を実施し、実機適用が可能な見通しを得るまでに至っている。なお、本技術は横アクセス工法だけでなく、上アクセス工法の装置にも応用可能である。

両工法に共通する技術の開発

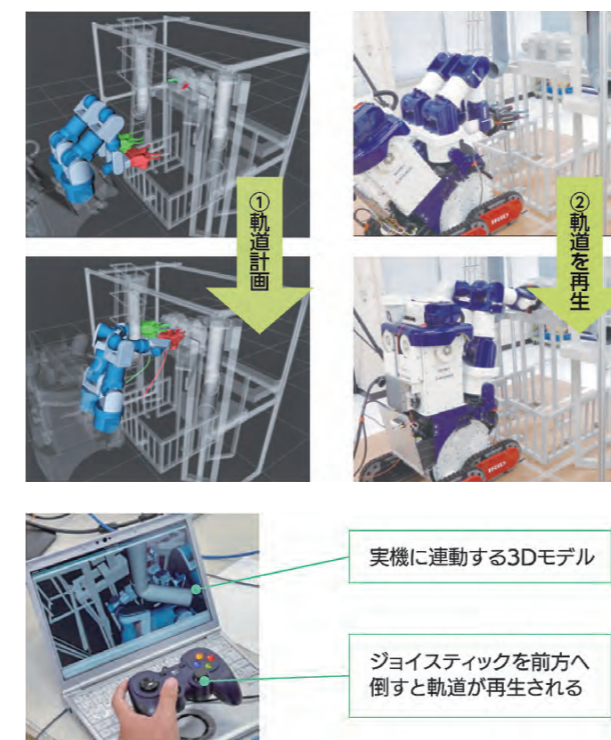
上アクセス工法、横アクセス工法いずれの場合も、遠隔操作支援、燃料デブリ搬送装置、S/Cへの汚染拡大防止といった技術を開発することが必要である。そのため、両工法の技術開発を進めることと並行して、これらの技術開発も推し進めた。



【図13-16】CRD交換機解体イメージ

◆遠隔操作支援

燃料デブリ取り出し時には、視界不良かつ狭い環境の中、ロボットを遠隔操作するオペレータの作業負担を軽減し、操作の効率化を図ることが必要である。そのため、「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化」で開発した多自由度ロボットの動作計画手法を応用し、遠隔操作支援手法（軌道計画）を新たに開発した。具体的には、2本のマニピュレータに関して、手先のゴール（位置と方向）を設定すると、干渉物を回避する軌道が計算機で自

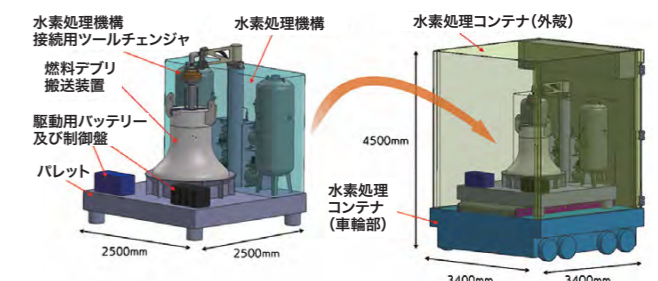


【図13-17】軌道計画に基づいて軌道を再生

動生成されるようにした【図13-17】。計算機で自動生成された軌道を実機で再生するとき、オペレータがコントローラのジョイスティックを前方へ傾けることによって、再生速度を調整することができるようにした。

◆燃料デブリ搬送装置

燃料デブリ取り出しに際し、原子炉建屋からの搬出前に燃料デブリを乾燥させることを計画したが、その乾燥設備を原子炉建屋に設置できないケースを想定し、乾燥していない燃料デブリの入った原子炉建屋から離れた建屋へ搬送する装置を開発した【図13-18】。上アクセス工法をモデルケースに、成立性を評価したほか、並行して重要要素技術である水素処理機構及びユニット缶授受用ダブルドアの構造検討と原理成立確認試験を実施した。



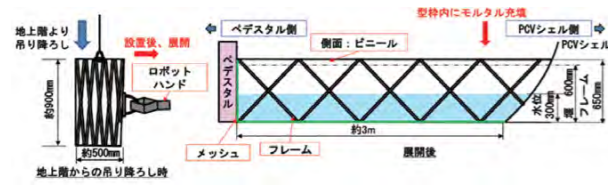
【図13-18】水素処理機構と接続するように開発された燃料デブリ搬送装置

◆S/Cへの汚染拡大防止

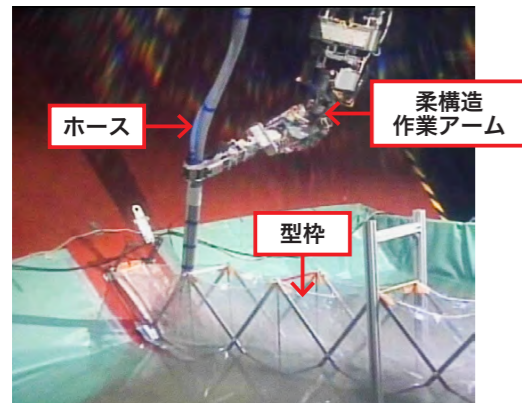
燃料デブリ取り出し作業において、燃料デブリ加工時に燃料デブリが汚染水とともにサブプレッションチェンバー（S/C）等に拡散した場合、燃料デブリ回収範囲が広がり、取り出し期間やリスクが増大することが考えられた。そこで、燃料デブリの拡散防止をする方法として、PCV内に堰を構築することを検討した。

堰の構築方法として、先に型枠を設置してその後モルタルを充填する方法を検討し、要素試験により実現可能性が高いとの見通しを得た。ただし、遠隔での型枠設置やモルタル充填用ホースの位置決めが難しかったことから、改善策として折り畳み式の型枠にドライモルタルを投入して堰を構築する方法を検討し、要素試験にて遠隔施工性を確認した【図

13-19、図13-20】。



【図13-19】折り畳み式型枠のイメージ



【図13-20】折り畳み式型枠へのモルタル充填

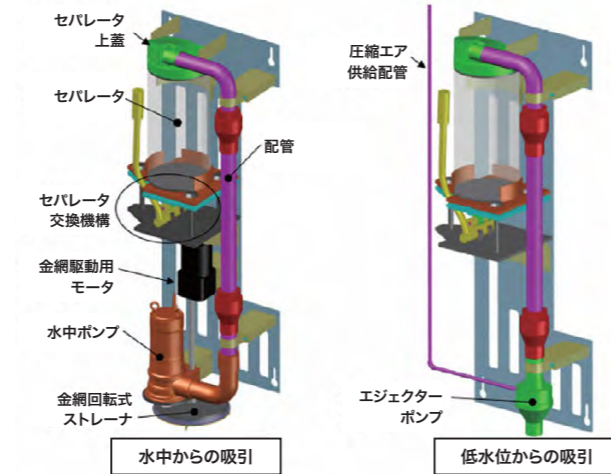
燃料デブリ回収・収納システム

燃料デブリにはさまざまな性状があると考えられるため、取り出しにあたってはそれを踏まえて搬出プロセスを検討した結果、大きさなどによって回収方法を選択することとした。

例えば、熔融固化した塊は、単純動作で加工速度の速いチゼル(スパイクハンマー)や脆い部分はバケットで崩すことを優先し、アクセス性や対象物の物性で崩せない場面を想定し、切断砥石やレーザーガウジングなどを適用する。また、燃料棒は、油圧カッターやバケットでのむしり取りが可能と考えたが、カッターでの切断・破砕が困難な場合には、切断砥石などを適用することとした。さらに、回収作業には、複数のロボットアームを組み合わせた回収装置を利用し、ロボットアーム先端は、把持、各種加工、吸引回収などの装置を適宜交換して作業を行うこととした。

一方、大きさが0.1mm~10mmの粒状燃料デブリの場合、スループット向上に有効な吸引による回収方法を検討した。具体的には、①ポンプストレーナ形状の検討、②ユニット缶(セパレータ)の満杯検知方法の検討、③ユニット缶の交換方法の検討、

④水中・低水位からの吸引に適したポンプ型式の検討の4つである。これらの課題に対応した吸引回収装置【図13-21】を開発したところ、対象物質の比重や環境水位にもよるが回収能力は40kg/h~300kg/h程度と評価された。



【図13-21】粒状燃料デブリ吸引回収システム

燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発

放射性ダストの拡散防止という観点から、ダスト集塵・飛散抑制システムの開発をはじめ、同システムの遠隔保守技術開発、同システムの評価試験に取り組んだ。

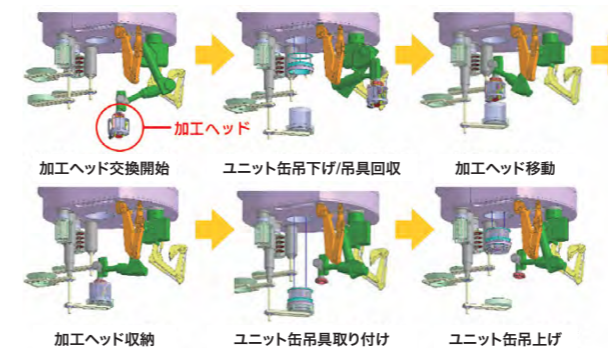
◆ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

燃料デブリを含む核燃料の加工においては、気中に拡散したダストによって作業環境が悪化することに加え、環境設備の運用やメンテナンスに多大な負荷をかける懸念があるため、加工部近くにおけるダスト飛散を抑制するシステムが必須である。そこで、そうしたシステムの構築と選定、装置化を検討した。具体的には、燃料デブリ加工時のダスト等の拡散防止を目的とし、加工点近くにおける拡散防止構造と効率的な集塵技術や、拡散抑制技術について、従来技術を踏まえて現場適用性を評価した。

◆ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

燃料デブリ取り出し機器・装置(燃料デブリ切削・集塵システム、コンテナや作業テーブル、監視装置やそれを取り扱うロボットアーム等)は高線量工

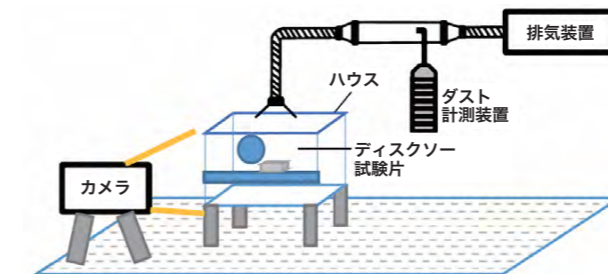
場に設置されることから、原則、遠隔で保守を行う必要があるため、ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術を開発した。具体的には、燃料デブリを取り扱うことに配慮した機器・装置に関する保守方法の考え方の整理及び保守方法【図13-22】を検討したほか、実現性の評価及び課題の抽出、実機での合理的な対応方針についても検討した。



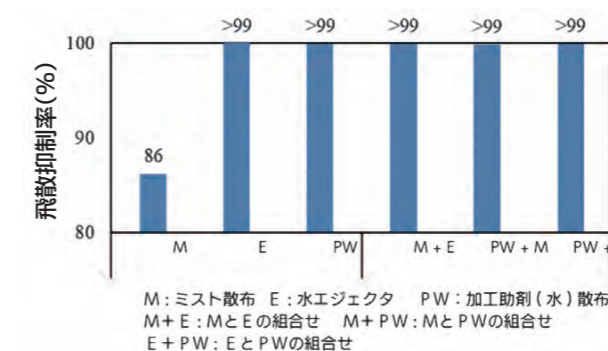
【図13-22】遠隔保守ツール交換の概念

◆ダスト集塵・飛散抑制システムの評価試験

ダスト飛散評価試験装置を製作し、加工部近くにおけるダスト飛散試験を実施した【図13-23】。まずは、「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発」で選定された加工工法について最も



【図13-23】ダスト飛散試験イメージ



【図13-24】水散布方式と集塵効率の関係(セリア加工時)

スループット向上が見込まれる工法のうち、ダストの発生が相対的に多いと想定される加工工法を選定した。その後、加工工法に対して共通に適用できる試験要領を検討し、ダスト集塵・飛散抑制システムを備えた加工ヘッドの要素試験機を設計・試作し、想定される燃料デブリの材料状態を模擬した燃料デブリ模擬試験体に対して切削性能試験を行った。本試験により、加工ヘッド周辺の空間のダストの気相、液相への移行率及び集塵効率を確認でき、ダスト飛散抑制効果を評価する有効な手段であることが確認できた【図13-24】。

燃料デブリ・堆積物の処理

燃料デブリから循環冷却水中に溶出すると考えられる溶解性α核種の除去設備や、燃料デブリが臨界となることを防止するために使用が検討されている五ほう酸ナトリウム水(ほう酸水)の調整設備について、技術開発を行った。

◆循環冷却水中の核種除去設備

燃料デブリ取り出し作業期間中は、液相系システムを用いて冷却水を循環運転することになると考えられる。その際、燃料デブリの加工に伴う表面積の増大や、PCV内滞留水の水質変化などに起因して、循環冷却水中にはα核種を含む燃料デブリ由来の放射性核種が多量に溶解することが想定される。そのため、漏えい時のリスク低減や公衆被ばく影響の低減などの観点から、この循環冷却システムはそれらの核種を除去しながらの継続運転を求められることになる。

そこで、2020年度までの開発では、液相系システム全体の概念設計を実施し、各設備のシステム要件を整理した【図13-25】。次に、除去が必要と評価されたα核種に対して文献調査や吸着試験などを実施し、α核種吸着材候補を選定した。さらに、それらの成果を基に溶解性核種除去設備の概念システム設計を実施するとともに、実機適用に向けた課題を抽出した。

2021年度から2022年度までは、PCV気相部環境における吸着性能評価、及び実液に含まれる成分の吸着性能への影響評価を行うため、気相環境を

模擬した吸着試験、実液を用いた吸着試験の実施に向けた取り組みを推し進めた。

◆ほう酸調整設備

燃料デブリの取り出し作業中に、万一臨界が発生した場合には、五ほう酸ナトリウム水(ほう酸水)を注入することで臨界を停止することが検討されている。

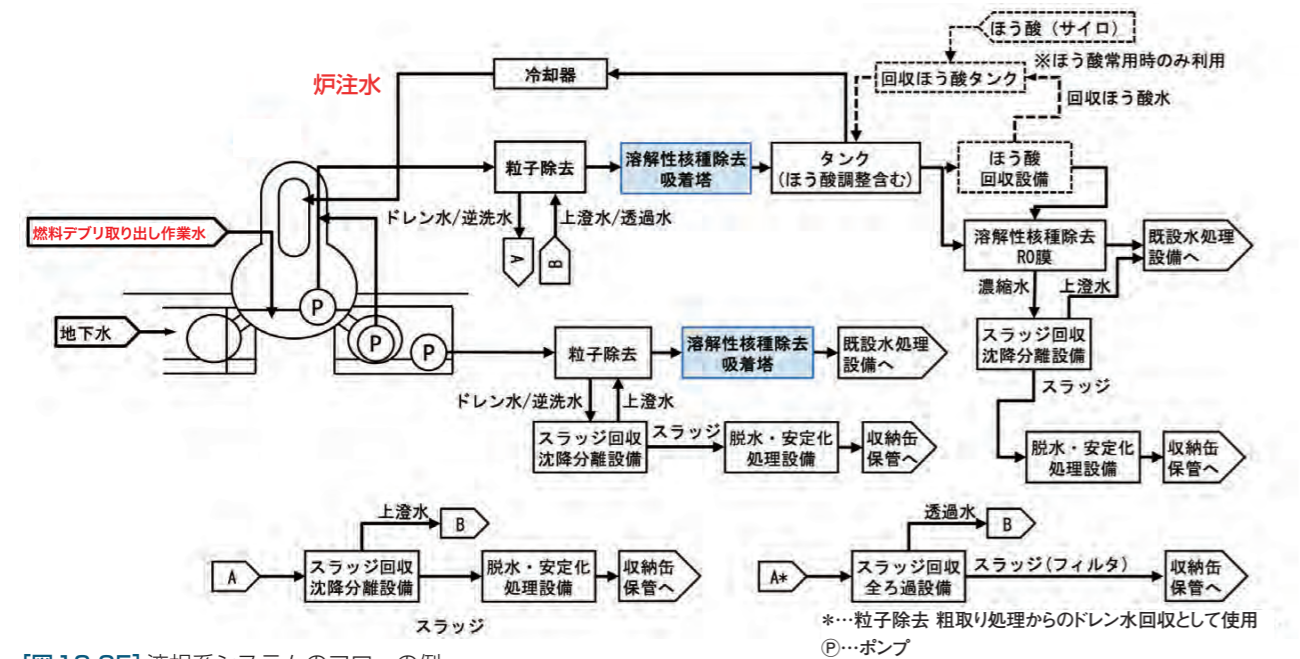
このため、五ほう酸ナトリウム水を用いた臨界管理技術の課題を検討し、ほう酸調整設備の設備概念を整理した。さらに、コンクリート成分及び地下水成分とほう素との析出データを取得し、濃度管理の目安を得た。また、ほう酸回収技術として蒸発分離

及び逆浸透膜(RO膜)を選定したうえで、RO膜に関して弱酸性環境下でほう素が透過する点の原理を確認した【図13-26】。

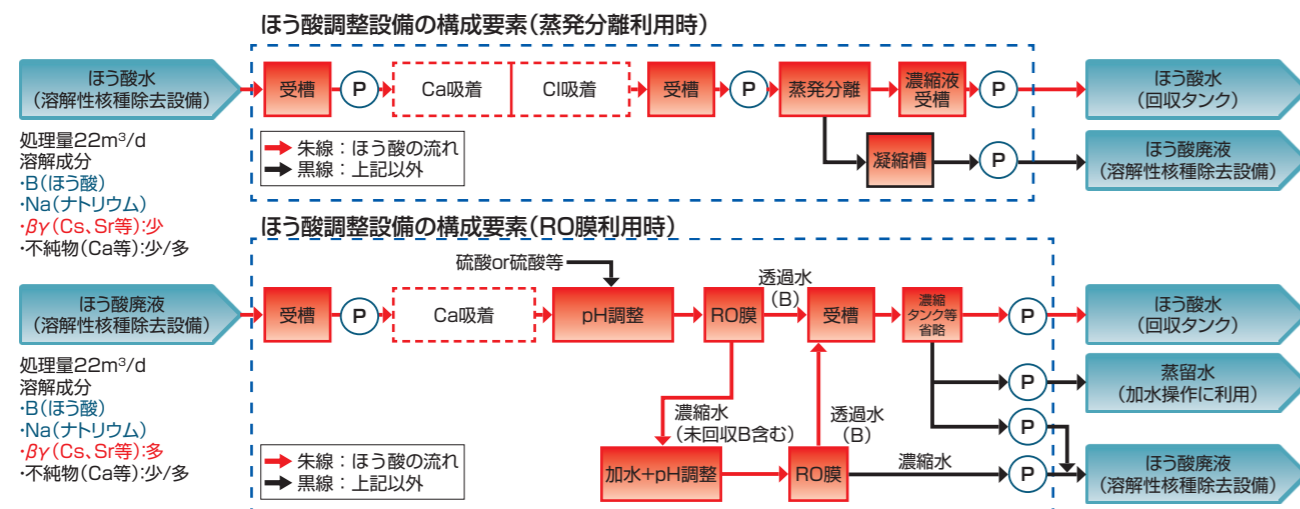
燃料デブリと放射性廃棄物の仕分け技術の開発

1Fの廃炉作業において、PCV内部から取り出される物体には、燃料デブリと呼ばれる核燃料物質を多く含んだものと、核燃料物質を含まない、あるいは含有量の少ない放射性廃棄物として扱えるものとが考えられる。

燃料デブリは、臨界安全を確保するために、大きなものは細断して、直径を一定値以下とした臨界管理容器(ユニット缶)に収納して取り扱う必要がある。



【図13-25】液相システムのフローの例



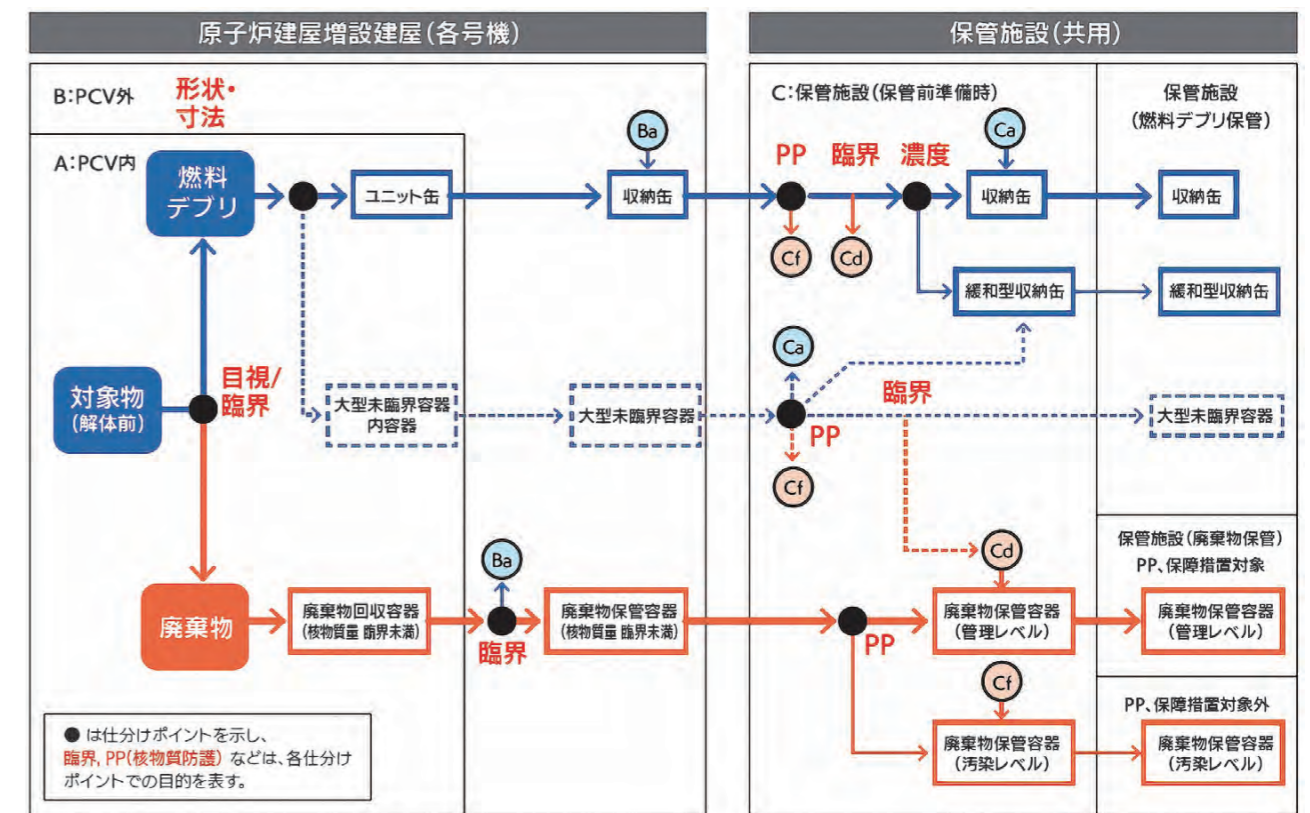
【図13-26】ほう酸回収技術

る。一方、放射性廃棄物は、不必要な細断は行わず、取り出し可能な大きさのまま、より大型の容器で取り扱い、保管することができる。このように、取り出された物体中の核燃料物質量を計測し、燃料デブリと放射性廃棄物に仕分けることができれば、燃料デブリの取り出しから保管までの作業の合理化が期待でき、保管施設の合理化や、1Fの早期安定化につながる。

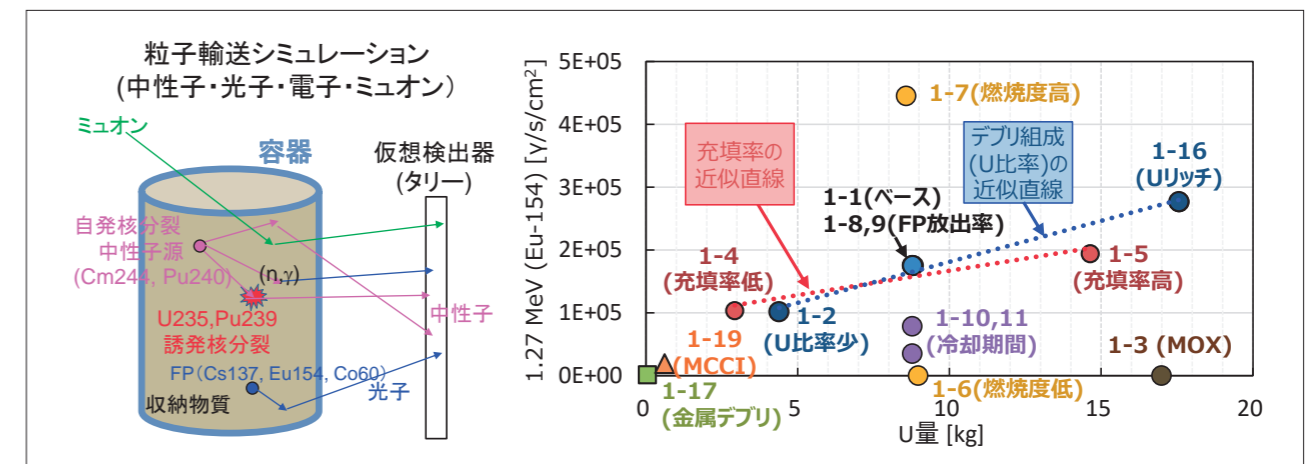
この仕分け技術の開発として、まず複数の仕分けシナリオ【図13-27】を検討し、仕分けポイントご

とに必要となる技術調査等を実施した。その結果、仕分けのための計測に適用できる可能性のある計測技術として、アクティブ中性子法、パッシブ中性子法、パッシブγ線法、ミュオン散乱法、高エネルギーX線を選定した。

次に、これらの計測技術ごとの開発課題を抽出するため、燃料デブリの性状・組成の多様性などの因子が計測結果にどの程度影響するかを、解析シミュレーションにより評価した【図13-28】。さらに、現場適用をめざして、計測装置概念の検討や仕分け



【図13-27】仕分けシナリオ案



【図13-28】解析シミュレーション - パッシブγ計測

シナリオの再評価、既存の装置を利用した要素試験方法の検討等を行った。

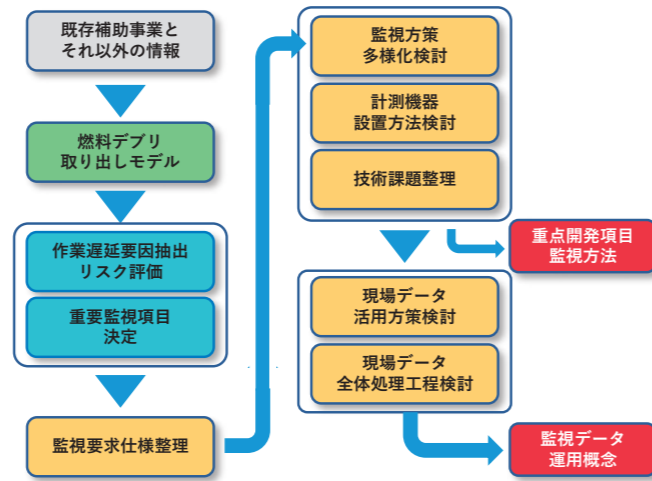
今後、実用化に向けて、計測装置と評価技術の検討や基礎試験による確認が、段階的に進められることが期待される。

PCV内の連続的な監視システムの開発

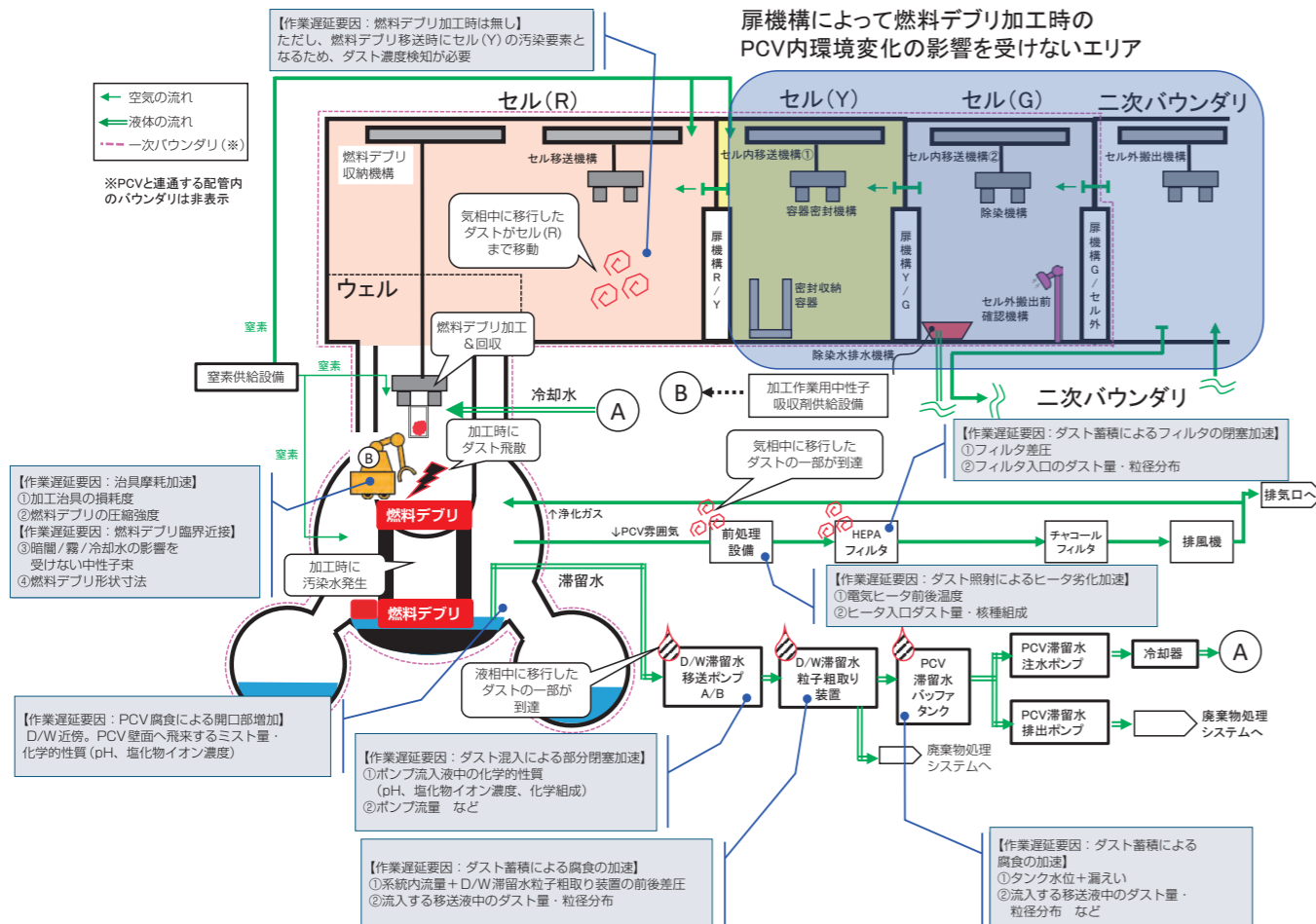
燃料デブリ取り出し規模のさらなる拡大においては、高線量・高汚染下、不確定要素を含む環境条件での遠隔作業で安全状態を維持しつつスループットを確保することが求められている。そのためには、取り出し期間におけるPCV内の環境変化を長期的かつ連続的に監視する技術が必要となってくる。

そこで、燃料デブリ取り出し作業に伴うPCV内の環境変化を連続的に監視するため、安全上の要求や作業継続性を考慮した監視項目の整理、設定及び

現場適用性を考慮した監視方法の概念検討、整理を行い、開発の全体フロー【図13-29】を作成した。



【図13-29】PCV内の連続的な監視システム開発の全体フロー



【図13-30】重要監視項目の抽出結果の例

◆PCV内監視項目の抽出

監視項目の整理においては、安全機能を付加した燃料デブリ取り出し・搬出プロセスのモデル(燃料デブリ取り出しモデル)化、作業遅延に繋がる要因を抽出するリスク評価をそれぞれ実施し、重要監視項目を決定した。同時に、リスク評価については、安全、運転員、スループットの観点で重み付けする手法を考案した。

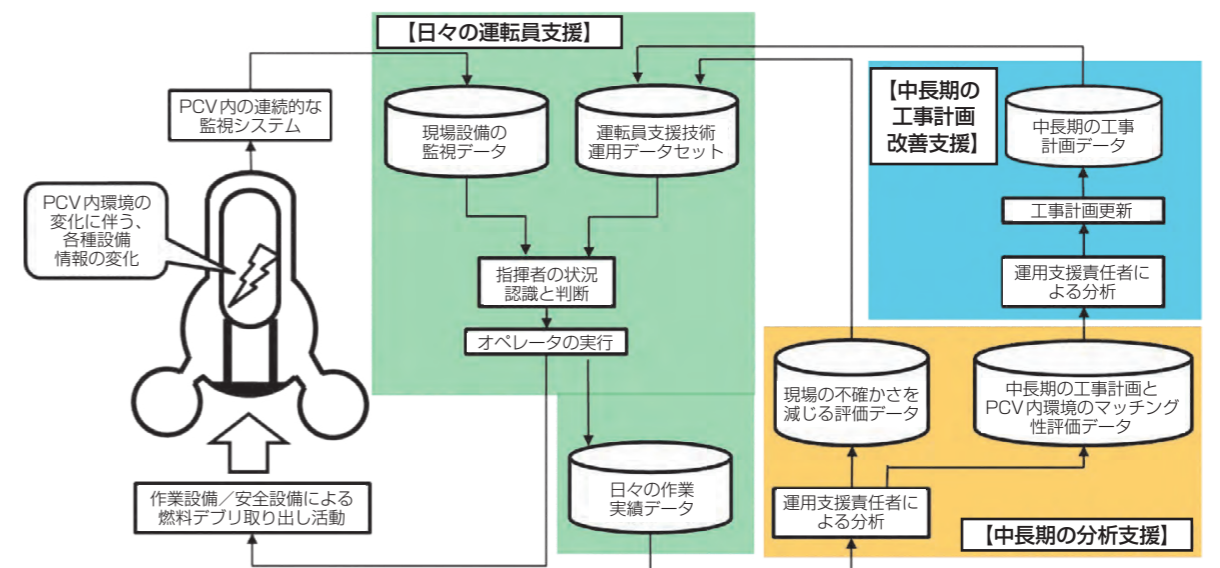
また、重要監視項目に対して、測定する物理量(ダスト濃度、差圧など)、環境(燃料デブリ加工状況など)、常時監視の必要性の有無なども整理した【図13-30】。その結果、201件の重要監視項目を抽出した。さらに、それぞれに監視要求仕様(検出場所、検出個所数、物理量単位、対腐食性要求、測定レンジ、測定環境条件、検出精度)を設定した。

◆監視方法の検討

前述したリスク評価の結果について傾向分析を行い、本格的に実施する際の検討項目として、①監視方法の多様化検討、②計測機器の設置方法検討、③技術課題の整理の3つを立案した。代替監視方法の検討後に監視難易度が高いものを30件抽出した。想定する計器に対する現場での監視失敗要因をフィッシュボーンチャート形式などで抽出し、対策するための技術課題を整理した。

◆統合管理支援技術の運用方法の検討

運転員が的確、迅速に現場対応できるよう、この監視システムが提供する現場データの運用概念を「日々の運転員支援、中長期の分析支援、中長期の工事計画改善支援」の観点から検討した【図13-31】。日々の運転員支援は、日々の作業を停滞なく進捗させること、中長期の分析支援は、日々の運転員支援の過程で生成される作業実績データと工事計画データを比較し、計画との差異を見える化すること、中長期の工事計画改善支援は、分析支援結果から現状の工事計画を改善・更新すべきかどうか判断し、その判断結果を記録することに役立てられる。これらに求めるタイムライン上のデータ蓄積・処理・出力要件並びに、それを達成するシステムのハード構成・運用条件・保守方針を設定した。



【図13-31】PCV内の連続的な監視システムの現場運用概念

第14章 臨界を防止し、異常を早期検知・抑制する

プロジェクト名 燃料デブリの臨界管理技術の開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|---------------------|-------------------------------|------|---------------|------|------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|
| 臨界発生リスク・影響評価技術 | 臨界シナリオ・臨界評価 | | 統計的臨界評価 | | 臨界による被ばく影響評価 | | 加工による反応度投入リスク評価 | | 部位ごとの臨界リスク評価 | |
| | 臨界挙動解析手法開発 | | 臨界検知システムの概念設計 | | 現場データによる成立性確認 | | 検出器の校正手法開発 | | 英国物理学研究所 (IPL) にて検出器校正試験の実施 | |
| ガンマ線ガスモニタによる再臨界検知技術 | 臨界検知システムの概念設計 | | 現場データによる成立性確認 | | 検出器の校正手法開発 | | 英国物理学研究所 (IPL) にて検出器校正試験の実施 | | | |
| 中性子による臨界近接監視技術 | 未臨界度測定の手法調査・システム概念検討 | | 性能確認試験 | | 現場運用方法検討 | | | | | |
| | ファイマン α 法による未臨界度推定法の確立 | | システム設計・試作 | | 京大 KUCA での臨界近接試験 | | アームに搭載した中性子検出器イメージ | | | |
| 臨界防止のための中性子吸収材技術 | 非溶解性中性子吸収材の候補材調査 | | 照射影響評価 | | 現場運用方法検討 | | | | | |
| | 基礎特性評価 | | 水中チゼル加工試験 | | 候補材の選定 | | チゼル加工 | | | |

現状の燃料デブリは、プラントの監視データから未臨界であることが確認されている。一方、内部状況が詳細にわかっていないことや取り出し作業などによる燃料デブリの形状変化や水量等の変化に対しても、確実に臨界を防止し、万一臨界が発生した場合にはこれを検知抑制することが、安全かつ円滑に作業を遂行するうえで重要である。

そこで、IRIDは、①臨界発生リスク及び臨界による被ばく影響を把握する、②臨界を防止する技術を開発する、③臨界に近づいていないか監視する技術を開発する、④臨界の兆候を速やかに検知する技術を開発する、⑤万一臨界になったときに臨界を停止する技術を開発する、⑥これらの開発した臨界管

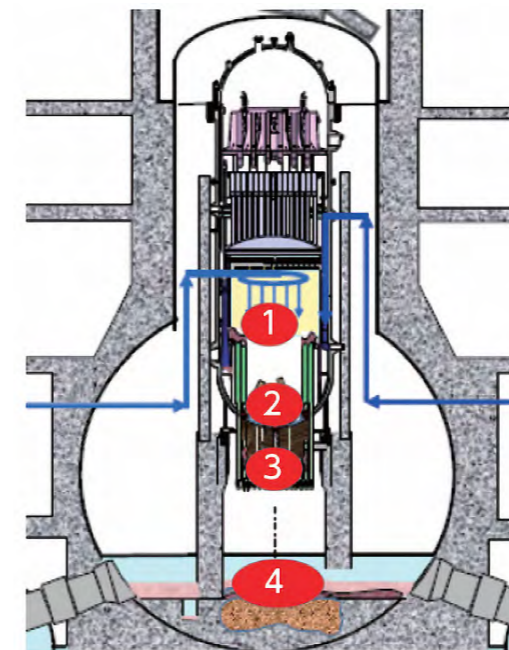
理技術の具体的な現場での運用方法を構築するの6つの観点から、臨界管理の技術開発を進めていった。

臨界シナリオ及び臨界発生リスク検討

推定燃料デブリ分布に基づき、1～3号機について燃料デブリの存在が推定される炉心部、原子炉圧力容器 (RPV) 下部、制御棒駆動機構 (CRD) ハウジング、原子炉格納容器 (PCV) 底部それぞれの臨界シナリオを検討した【図14-1、表14-1】。

その結果、燃料デブリの水没や取り出し時の状態変化による臨界の発生リスクは極めて小さいと評価した。燃料デブリ残存量が多く、かつ燃料デブリの露出のある部位において相対的に臨界発生リスクは大きくなるものの、そのような部位でも、現実的な燃料デブリ組成を考えれば臨界リスクはやはり小さいという評価になった。

とはいえ、これは推定した燃料デブリ分布や燃料デブリ組成に基づいた評価であって、現状では詳細な燃料デブリの分布や組成・性状等の情報が少ないため、万が一に備えて、臨界防止・臨界監視・臨界になった場合の影響緩和に係る臨界管理技術を開発することとした。



【図14-1】燃料デブリの存在が推定される代表的な部位

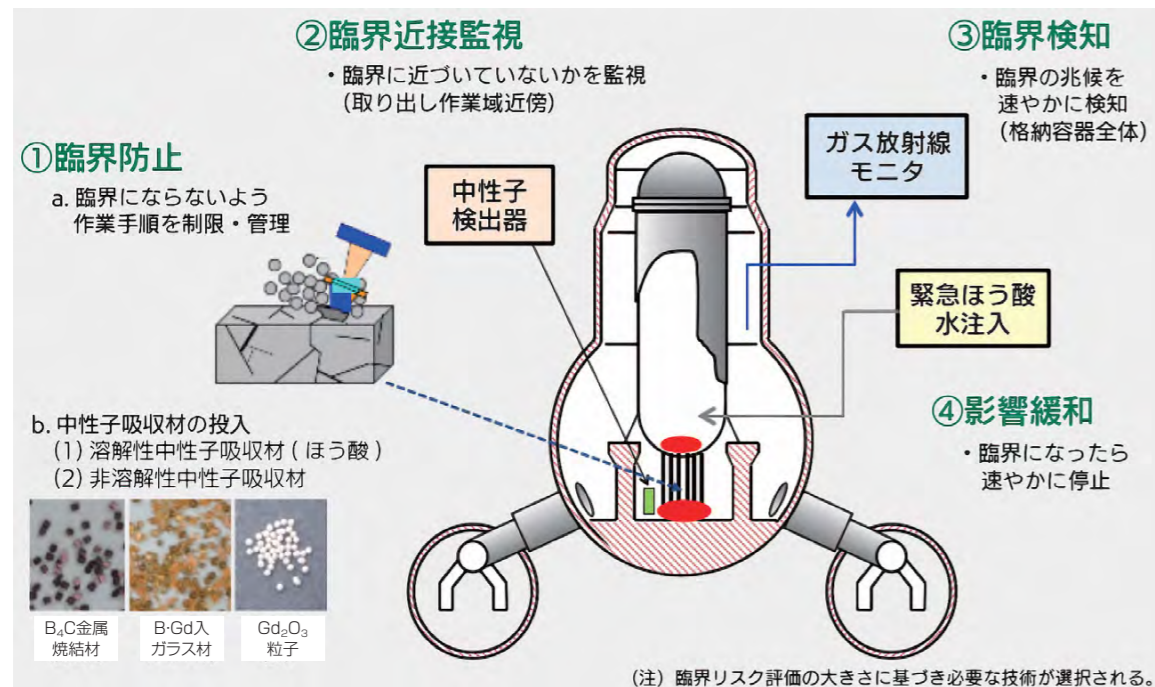
臨界管理技術の全体概要

燃料デブリの取り出し時において未臨界を維持し、万が一の臨界発生を防ぐために、深層防護の考えに基づく臨界管理案を検討した。その管理案では、①大きな反応度が入らないようにする作業手順制限や、必要に応じて中性子吸収材を使用する臨界防止

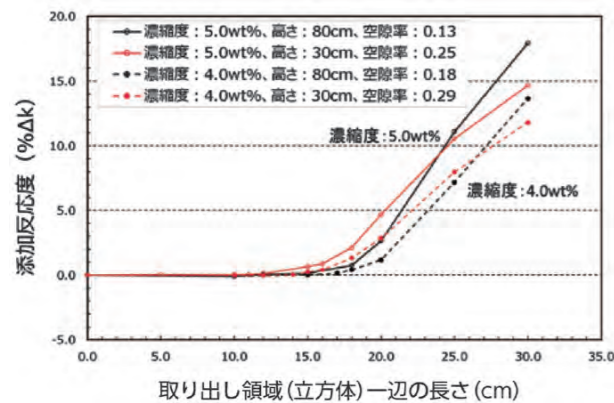
【表14-1】臨界シナリオ

| 部位 | 臨界シナリオ | 1号機 | 2号機 | 3号機 |
|-------------|---|--------------------------------------|---|--------------------------------------|
| ① 炉心部 | ・ 残存燃料の水没 | 極小 (残存燃料ほとんどなし) | 中 (炉心領域・外周部に燃料残存可能性あり) | 小 (外周部に燃料残存可能性あり) |
| ② RPV下部 | ・ 燃料デブリの水没 ・ 取り出し時状態変化 | ・ 水没時：小 ・ 取り出し時：極小 (残存量少) | ・ 水没時：中 ・ 取り出し時：小 (残存量多く、かつ露出) | ・ 水没時：中 ・ 取り出し時：小 (残存量多く、かつ露出) |
| ③ CRD*ハウジング | ・ 付着燃料デブリ水没 | 小～極小 (付着形状・量からリスク小) | 小～極小 (付着形状・量からリスク小) | 小～極小 (付着形状・量からリスク小) |
| ④ PCV底部 | ・ 露出燃料デブリ水没 ・ 取り出し時状態変化 (含、巻き上がり) | ・ 水没時：小 ・ 取り出し時：小 (存在量多い、露出量少) | ・ 水没時：小 ・ 取り出し時：小 (存在量やや小、露出量やや大) | ・ 水没時：小 ・ 取り出し時：小 (存在量多い、露出量少) |

* CRD：制御棒駆動機構



【図 14-2】 臨界管理技術の4本の柱



【図 14-3】 1回の取り出し量と添加反応度の関係

技術、②作業中に臨界に近づいていないかを監視する臨界近接監視技術、③早期に臨界を検知する臨界検知技術、④万が一臨界が検知された場合、五ほう酸水の注入による臨界停止といった4つの方針を立てた【図 14-2】。

臨界防止技術

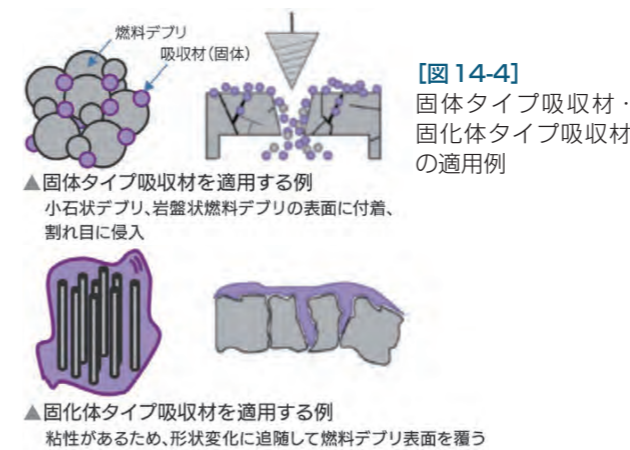
◆作業手順の制限・管理による臨界防止

臨界はある一定量以上の体積で燃料デブリの細粉と水とが最適条件で混合することによって発生するシナリオが想定される。そのため、燃料デブリ取り

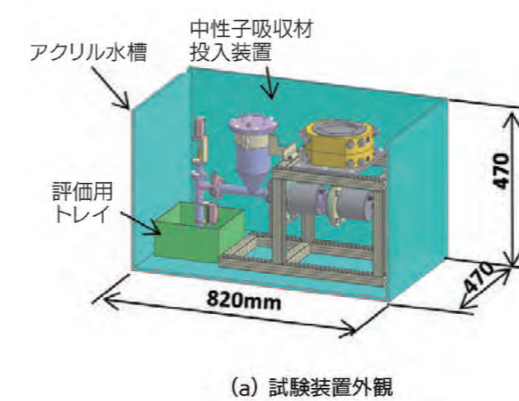
出し作業1回当たりの量(例: 16cm³)を制限するなどによって、不用意な反応度添加による臨界近接を防止することとした【図 14-3】。

◆非溶解性中性子吸収材を用いた臨界防止

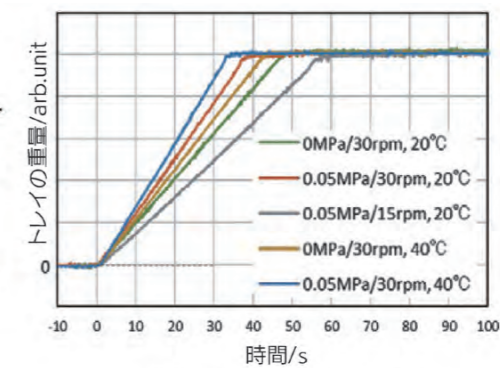
臨界防止技術として中性子吸収材を燃料デブリや水に投入する案を検討した。中性子吸収材には既存の原子力発電所で実績のある五ほう酸ナトリウム水などがあるが、これに加えて、固体をはじめとする非溶解性の中性子吸収材を用いる案も検討した。非溶解性の中性子吸収材は、燃料デブリ取り出し時に臨界リスクのある場所の近傍に局所的に直接散布して使用する方法であり、溶解性のものの代替手段として開発することとした。候補材の選定にあたっては、燃料デブリの状態に応じて使い分けるため、固体タイプ(粒状)、固化体タイプ(水ガラスタイプ)と性状の異なる吸収材を検討した【図 14-4】。それらについて、材料基礎特性、燃料デブリへの付着性・混合性、照射による副次的影響(水質・構造材料への影響、水素発生)の有無、施工性など、さまざまな特性確認試験を実施した【図 14-5、図 14-6】。その結果、固体タイプではB₄C金属焼結材、B・Gd入りガラス材、Gd₂O₃粒子、固化体タイプでは、水ガラス/Gd₂O₃造粒粉材が選定された。



【図 14-4】 固体タイプ吸収材・固化体タイプ吸収材の適用例



(a) 試験装置外観



(b) 吸収材投入量の時間変化

【図 14-6】 水中投入性能確認試験



【図 14-7】 非溶解性中性子吸収材投入の現場運用手順

【図 14-8】 水ガラス塗布多孔質体の乾燥試験

さらに、燃料デブリの加工・回収装置開発の進展を踏まえ、非溶解性吸収材の散布や投入装置の運用手順を具体化した【図 14-7】。なお、固化体タイプ吸収材は、燃料デブリ表面で固化し、水素発生防止のために実施される燃料デブリの乾燥特性に影響を

与える懸念があるため、多孔質体の模擬燃料デブリ材を用いた乾燥特性試験を実施した【図 14-8】。その結果、加熱により水ガラス材に割れや粒子間に隙間が生じ、多孔質体(模擬燃料デブリ)中の水分が十分に乾燥に至ることが示された。

臨界近接監視技術

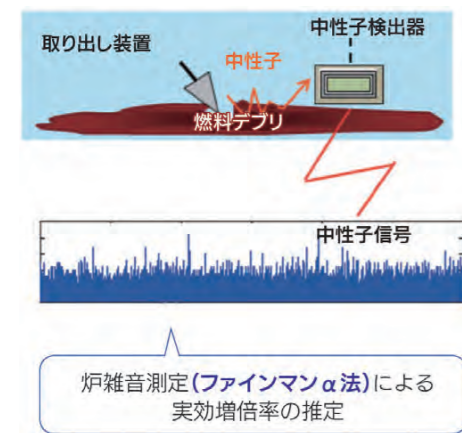
◆中性子検知器を用いた近接監視

燃料デブリの取り出し作業位置近傍に中性子検出器を設置し、得られた中性子信号の分析から未臨界度(実効増倍率)を推定する臨界近接監視技術の開発に取り組んだ。この技術は、臨界に近づいている兆候がわかれば、取り出し作業を中断し、未然に臨界を防止する技術である。時間分解能の良い中性子検出器を用いると、中性子信号のゆらぎの特徴から臨界への近さ、遠さが推定(炉雑音法)できる。今回、IRIDは炉雑音法としてファインマンα法の燃料デブリへの適用性を検討した。京都大学複合原子力科学研究所のKUCA(Kyoto University Critical Assembly: 臨界集合体実験装置)での試験によ

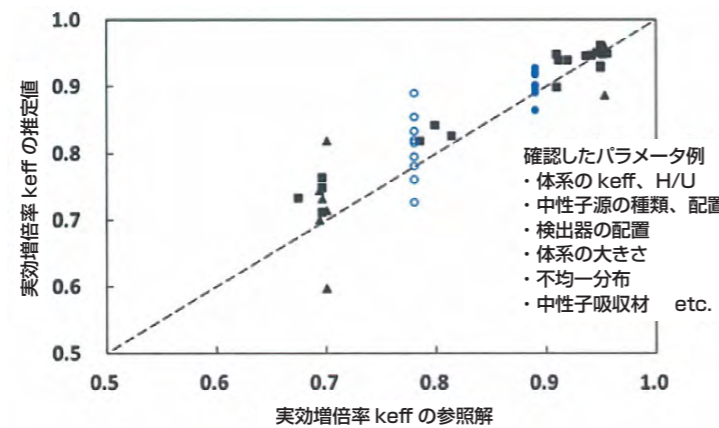
て、種々の燃料デブリ状態を模擬して、模擬した燃料デブリの実効増倍率をどの程度の精度で推定できるかを検証した。その結果、均一に分布した燃料デブリから不均一に分布した燃料デブリや、中性子吸収材が入った燃料デブリ、入っていない燃料デブリ等に対しても、中性子信号の分析により実効増倍率を推定できる見通しが得られた【図14-9、図14-10】。この結果を得て、燃料デブリの取り出し位置近傍の中性子を測定することにより、早期に臨界近接を監視することができる見通しが得られ、臨界近接監視技術の一つとして有望であると判断した。

◆現場運用方法

この中性子監視に基づく臨界近接監視技術について、燃料デブリ取り出し時の臨界近接監視手順を定



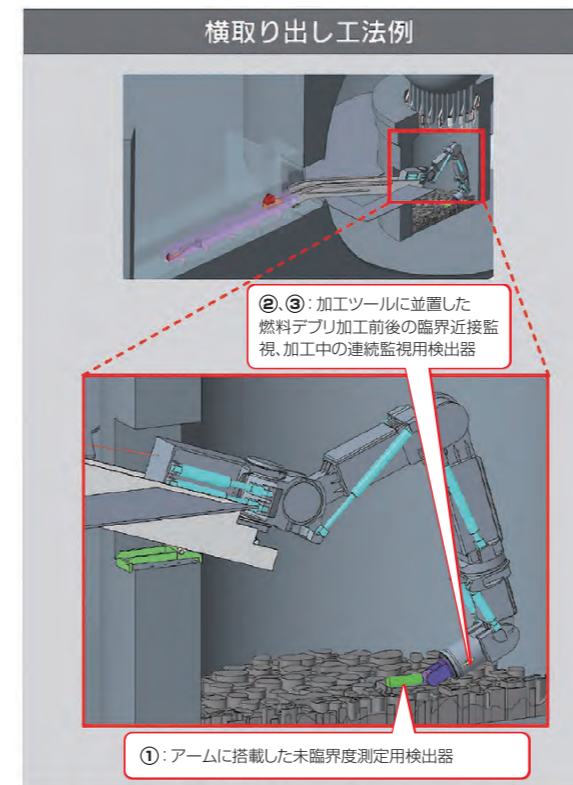
【図14-9】炉雑音測定(ファインマンα法)による実効増倍率の推定



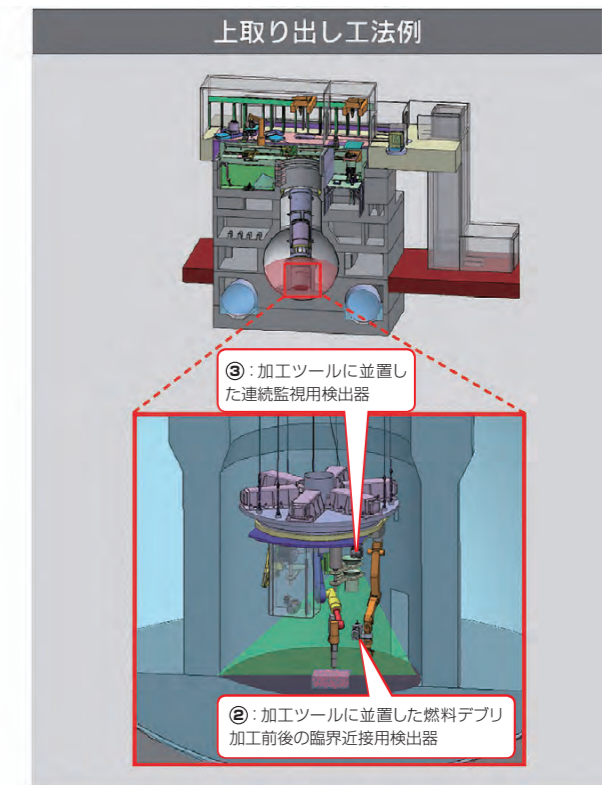
【図14-10】ファインマンα法による実効増倍率の評価結果

【表14-2】臨界近接監視手順

| 監視手順(監視目的) | | ①取り出し作業前の状態把握 | ②燃料デブリ加工前後の監視(加工着手・継続判断) | ③燃料デブリ加工中の中性子束監視(予期せぬ変化の検知) |
|-------------------------|------|---|---|--|
| 中性子検出器 | 名称 | 未臨界度測定用検出器 | 臨界近接監視用検出器 | 連続監視用検出器 |
| | 設置形態 | アーム搭載型/燃料デブリ上設置型 | アーム搭載型/加工ツール並置型 | 加工ツール並置型/燃料デブリ上設置型 |
| | 重量 | 30~100kg | 30~50kg | 30kg以下 |
| 監視・計測の方法 | 方法 | 燃料デブリ取り出し開始前に一度だけ未臨界度測定(ファインマンα法)を実施し、初期状態を設定する。 ★中性子増倍率の絶対値測定 | 燃料デブリ加工の前後(4,000cm ³ など一定の加工体積ごと)に中性子束を測定し、臨界近接の有無(加工継続の判断)を判断する。 ★中性子増倍率の相対値測定 | 加工中の中性子束を監視する。臨界発生兆候(中性子束の連続的な上昇)を捉え、臨界終息手段の判断に用いる。 ★中性子増倍率の相対値測定 |
| | 計測時間 | 数時間~1週間(現場環境に依存) | 10分程度 | 加工中常時(連続) |
| | 測定場所 | 取り出し開始点近傍の1点 | 加工位置に応じて適宜移動 | 同左/加工位置を俯瞰できる場所 |
| 各監視手順の適用場所・適用ステップ | | | | |
| ベデスタル内やRPV下部ヘッド堆積物取り出し時 | 適用 | 適用 | 適用 | 適用 |
| PCV内干渉物撤去時 | - | 適用 | 適用 | 適用 |
| 炉心内取り出し時 | - | 適用 | 適用 | 適用 |



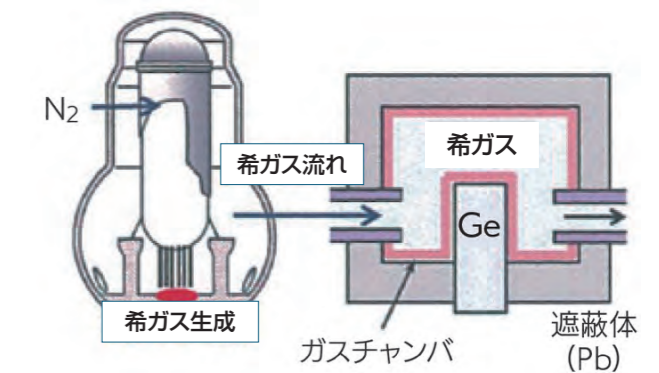
▲横からのPCV内燃料デブリ取り出し時の臨界近接監視運用方法イメージ例



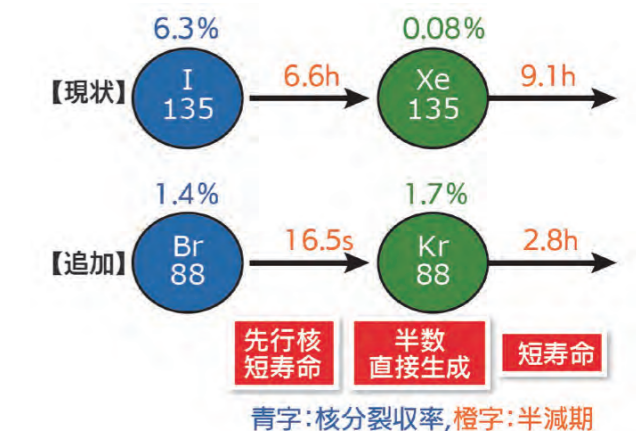
▲上からのPCV内燃料デブリ取り出し時の臨界近接監視運用方法イメージ例

【図14-11】上アクセス工法・横アクセス工法の臨界近接監視運用方法イメージ

め、現場運用方法を具体化した【表14-2】。臨界近接監視は、①取り出し作業前の状態把握、②燃料デブリ加工前後の監視、③燃料デブリ加工中の連続監視の3手順からなり、取り出し作業場所や作業ステップの臨界リスクに応じて必要な手順が実施されることとした。使用する中性子検出器は、それぞれの目的に適した性能のものを用い、設置場所も取り出し加工装置のアームへの搭載や燃料デブリ上への設置など、できるだけ取り出し作業に干渉しないよう考慮した。代表的な横アクセス工法、上アクセス工法の場合について具体的に臨界近接監視の運用方法を検討した【図14-11】。



【図14-12】PCVガス管理システム(Ge)



【図14-13】監視対象核種の挙動

臨界が発生した時にはXe-135の検知までには時間遅れがあり、瞬時に臨界の発生を捉えにくい。これに対し、Kr-88は核分裂によって発生するBr-88が半減期約16秒で崩壊し、時間遅れなく生成されることや核分裂で直接生成される量がXe-135より多いため、Kr-88を測定することにより、瞬時に臨界の発生を捉えられる可能性がある【図14-13】。

このため、同管理システムを、Krの測定ができるよう改良(高感度Ge 検出器など)することにより、臨界検知の迅速化が可能となると考えている。

また、Kr-88とXe-135の両核種を定常的に測定することにより、U-235の核分裂とCm-244の自発核分裂による核分裂生成物収率の違いから、格納容器全体の燃料デブリの平均的な実効増倍率を推定する技術への適用も可能となる。

臨界管理技術の適用案

以上、燃料デブリ取り出し時の臨界を防止するため、臨界防止技術、臨界近接監視技術、臨界検知技術を開発した。万が一臨界が発生した場合の影響緩和については、速やかに既存の五ほう酸ナトリウム

水が注入されるように連携されることとなっている。これらの開発してきた臨界管理技術は、燃料デブリの取り出し量や取り出し方法に応じた臨界発生リスクや影響の大きさを考慮し、必要なものが選択される。具体的な適用案を表14-3にまとめた。なお、燃料デブリに大きな変化が加えられないような微量、少量の燃料デブリの取り出しでは、中性子束監視は必須までとはならないと考えており、燃料デブリの取り出し量や状態変化が大きくなる取り出し方法になるほど相対的に臨界リスクが高まるため、中性子束監視を含む多様な臨界管理技術が選択されるべきであると考えている。

【表14-3】臨界管理技術の適用案



| 取り出し作業 | 内部調査 | 燃料デブリ取り出し | | | |
|---------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------------|
| | | 段階的に規模を拡大する取り出し | | 本格取り出し | |
| 取り出し量 | 微量(数g) | 少量(数kg) | 少量(数kg~数十kg) | 本格(〜数百kg/日) | |
| 取り出し方法 | 把握・吸引等 | 把握・吸引等 | コアボーリング等 | コアボーリング、チゼル等 | |
| ①臨界防止 | 作業制限(①a.) | 燃料デブリに変化を与えない方法 | 燃料デブリに変化を与えない方法 | ・1回あたりの加工量制限 ・取り出し位置間隔の制限 | 1回あたりの加工量制限(拡大) |
| | 臨界近接監視(②) | - | - | 中性子束監視 | 中性子束監視 |
| ②臨界近接監視 | 非溶解性中性子吸収材(①b.(2)) | - | - | - | 未臨界度測定*1 |
| | 溶解性中性子吸収材(①b.(1)) | - | - | - | 非溶解性中性子吸収材*2 |
| ③臨界検知 | 臨界検知 | PCV ガス放射線モニタ | PCV ガス放射線モニタ | PCV ガス放射線モニタ 中性子束モニタ | PCV ガス放射線モニタ 中性子束モニタ |
| ④影響緩和 | 臨界終息 | 五ほう酸ナトリウム水注入 | 五ほう酸ナトリウム水注入 | 五ほう酸ナトリウム水注入 | 五ほう酸ナトリウム水注入 |

*1-3は取り出し作業内容・現場の環境条件等に依存し選択され得る。①~④は【図14-2】：臨界管理技術の4本の柱に対応している。

第15章 燃料デブリを長期間安全に保管する 収納・移送・保管用の収納缶を開発する

プロジェクト名 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発

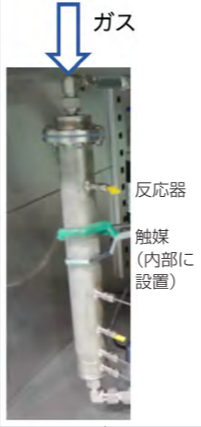
| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 海外調査、各技術課題の検討 | | | | | | | | | | |
| 収納・移送・保管シナリオの仮構築及び課題の抽出 | | | | | | | | | | |
| 燃料デブリの収納・移送・保管シナリオに基づく取り扱いフロー例 | | | | | | | | | | |
| 収納技術の開発 / 実機大収納缶試作と構造検証試験 | | | | | | | | | | |
| 移送技術の開発 / 水素発生予測法の検討 | | | | | | | | | | |

燃料デブリの収納・移送・保管シナリオに基づく取り扱いフロー例

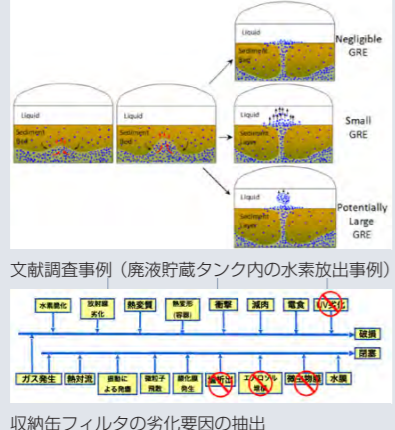
収納技術の開発 / 実機大収納缶試作と構造検証試験

移送技術の開発 / 水素発生予測法の検討

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|--|------|-----------------|------|------|------|------|-------------|------|--------------------|-----------------|
| 移送技術の開発 ／水素対策の検討 | | 水素対策／水素再結合触媒の調査 | | | | | | | 収納缶内への水素再結合触媒の配置検討 | |
| 乾燥技術／システムの開発 ／乾燥装置の基本仕様、取得データや装置概念の拡充の検討 | | 乾燥技術の調査 | | | | | 乾燥装置の基本仕様検討 | | | 取得データや装置概念の拡充検討 |
| 乾燥技術／システムの開発 ／水素濃度測定技術の検討 | | 水素濃度監視方法と測定箇所 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 粉状、スラリー・スラッジ状の燃料デブリ取り扱いや保管に関する検討／収納缶のフィルタの検討 | | | | | | | | | | |



| 監視方法 | 選定した水素濃度測定箇所(工程) | 想定雰囲気 | 想定水素濃度範囲 |
|------|--|-----------------------|----------------------|
| 常時監視 | 移送容器(移送容器に収納以降の工程) ・乾燥チャンバー ・収納缶(乾燥工程) | 室温・大気圧 窒素/水蒸気/水素 | 0~4vol% |
| 逐次監視 | ・収納缶 ・移送容器キャビティ(不活性ガス注入工程) | 室温・大気圧以下 窒素/水蒸気/水素 | 0~100ppm 100ppm以上 |



粉状、スラリー・スラッジ状の燃料デブリ取り扱いや保管に関する検討
収納缶のフィルタの検討

1979年に発生したアメリカ・スリーマイル島原子力発電所2号機(TMI-2)の事故においては、回収した燃料デブリを専用容器(収納缶)に収納し収納缶単位で取り扱うことで、既存の使用済燃料の移送・保管技術や放射性廃棄物管理技術を活用することができ、放射性物質の閉じ込め等の安全要求を合理的に達成している。

一方、福島第一原子力発電所(1F)では、TMI-2と比較すると事故初期の海水注入や溶融した炉心が原子炉圧力容器(RPV)下部のペダスタル底部に到達している等、収納缶に要求される条件はより複雑・高度となるうえ、燃料デブリの回収方法等も異なる。

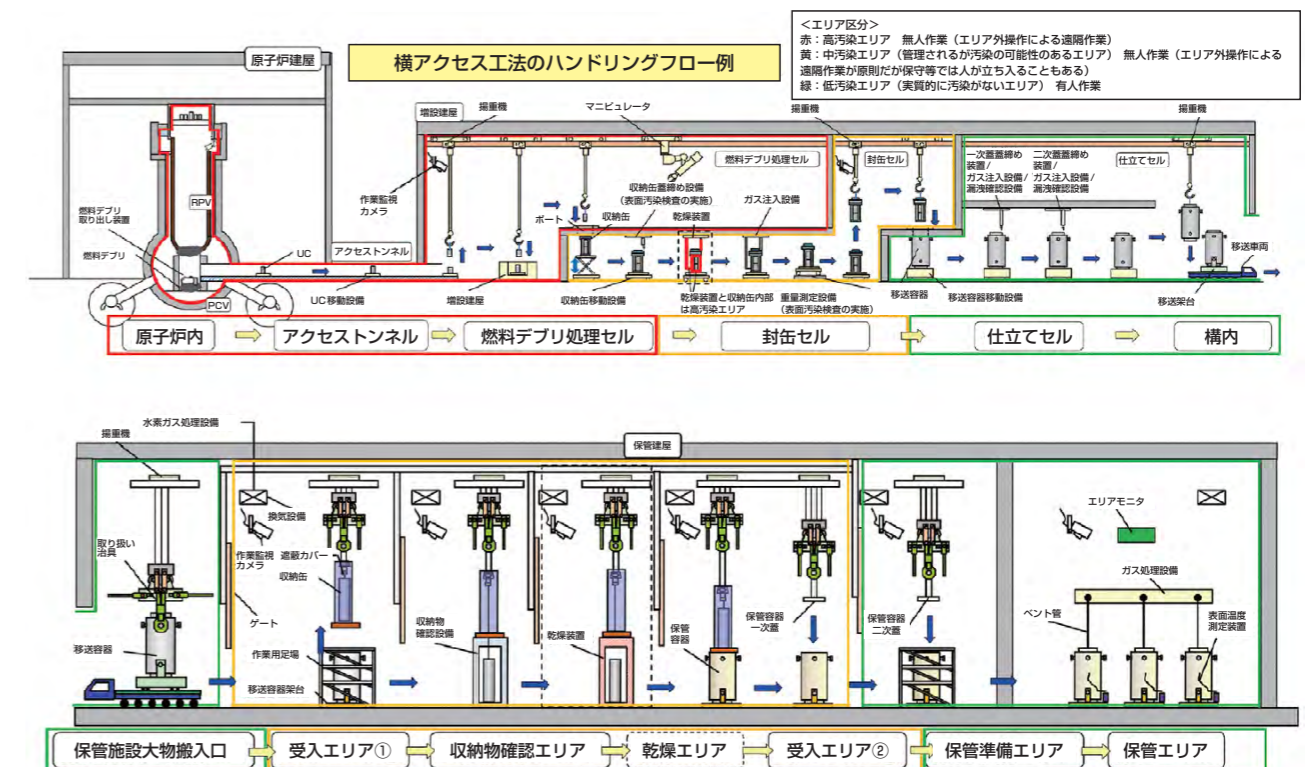
そこで、IRIDは、1F特有の制約条件を満たしつつ、燃料デブリを安全かつ合理的に収納・移送・保管するための収納缶や関連する技術開発を進めることとした。具体的には、収納・移送・保管シナリオを仮構築したうえで、収納缶などを含む収納技術の開発、水素発生を抑えながらの移送技術の開発、粉状燃料デブリ取り扱いや保管に関する検討を進めた。

収納・移送・保管シナリオの仮構築及び課題の抽出

燃料デブリを安全かつ合理的に収納・移送・保管するための収納缶や保管までのプロセスに係る技術開発を進めるため、まず燃料デブリの取り出しから長期保管設備での管理までのシナリオを仮構築した。

シナリオの仮構築は、1Fの実情を踏まえた前提条件を仮定したうえで、核燃料物質を含んだ放射性物質を取り扱うことから安全設計(未臨界、除熱、閉じ込め、遮蔽、構造(取り扱い性を考慮した構造、想定事象に対する強度)、材料(長期健全性)、水素対策、火災防止、燃料デブリ量を想定した処理能力(スループット)、レイアウト(必要空間)、メンテナンス性など)の観点から行うこととした。また、2016年度までの本技術開発に係る海外調査や検討の成果に加えて、他の関連する技術開発成果も踏まえて検討を進めた。

検討の結果、例えば、燃料デブリの保管方式として、乾式保管と湿式保管(プール保管)を比較した場合、後者は長期的な安全性や水質維持の必要性な



【図15-1】燃料デブリの収納・移送・保管シナリオに基づく取り扱いフロー

どの課題があることから、前者の乾式保管が長期的に燃料デブリを保管する有力な方法だと考えられるため、技術開発のゴールとなるシナリオとして仮設定した。

また、仮構築したシナリオに基づき、取り出された燃料デブリを乾式保管するまでの取り扱いフローを検討した【図15-1】。さらに、取り扱いフローに基づいて、燃料デブリを収納・移送・保管するために検討を必要とする課題（技術開発項目）を抽出した。

これらの検討成果を踏まえて、これまで検討してきた安全設計（未臨界、除熱、閉じ込め、遮蔽、構造、材料、水素対策、火災防止等）の観点から、2019年度以降も継続検討が必要な課題（技術開発項目）を選定した。

選定した課題（技術開発項目）は、①収納缶の構造健全性を考慮した収納技術の開発、②燃料デブリからの発生水素対策を講じた移送技術の開発、③燃料デブリからの発生水素の低減策となる乾燥技術の開発、④粉状、スラリー・スラッジ状燃料デブリ取り扱いや保管に関する検討の4つである。それぞれの技術開発成果について以下に詳述する。

収納技術の開発

◆実機大収納缶の試作

収納技術の開発として、回収した燃料デブリを中間的な保管施設への移送から最終的な処理・処分まで保管するための1F専用の収納缶開発に取り組んだ。燃料デブリの移送や保管には、未臨界、放射性物質の閉じ込め、放射線の遮蔽、除熱（冷却）等の安全機能が必要となるほか、これら安全機能の維持も重要となってくる。安全要求を満たすことができ

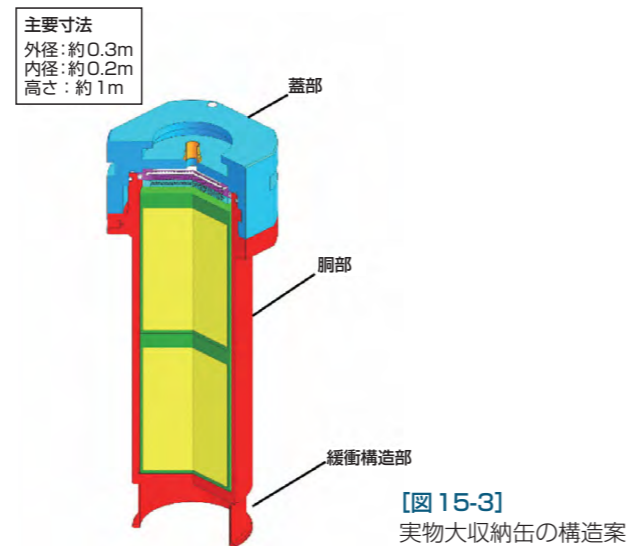
るか確認するため、実機大収納缶の試作と構造検証試験を行い、その結果を踏まえて収納缶の仕様案／構造案を提案することとした。

◆構造検証試験の立案と実施

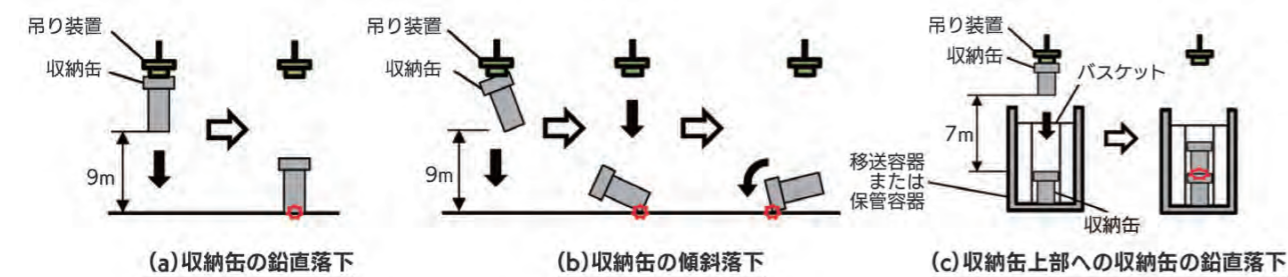
構造検証試験では、収納缶に対して大きな荷重が加わる事象と考えられる収納缶の鉛直落下、傾斜落下、収納缶上部への収納缶の鉛直落下という3種類の落下事象【図15-2】を選定し、実施することとした。

一方、実機大収納缶試作においては、構造検証試験の計画立案、収納缶の設計の検討結果に基づき、基本的に実機と同じ構造／スケールで6ケース、計8体の実機大収納缶を試作した【図15-3】。なお、計8体の構造的な特徴は、蓋構造が簡易取り付け構造とボルト構造の2種類、胴部内径が220mmと400mmの2種類、送気機構の有無の2種類である。

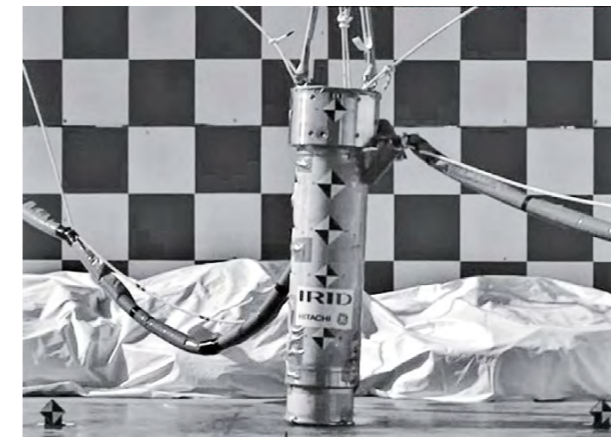
実機大収納缶を用いた落下事象時の構造検証試験【図15-4、図15-5】の結果から、設計した収納缶



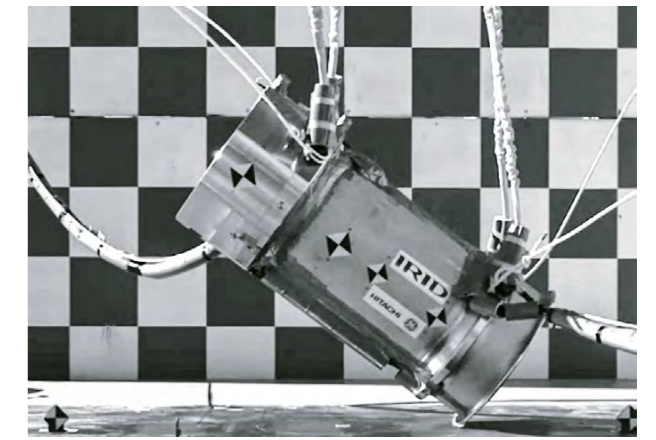
【図15-3】実物大収納缶の構造案



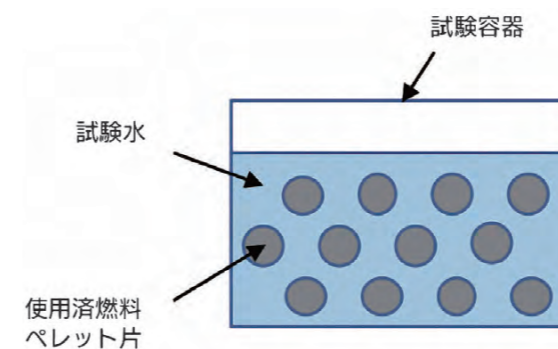
【図15-2】3種類の落下事象イメージ



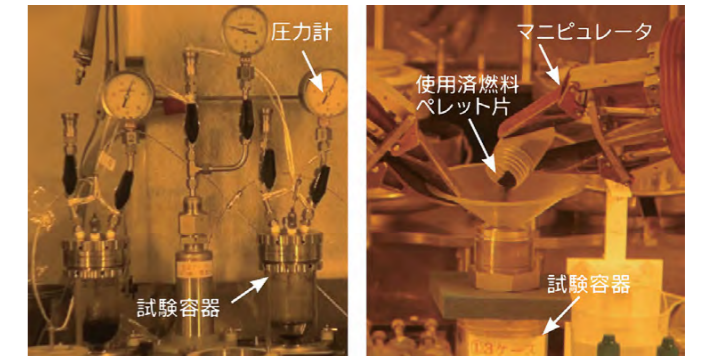
【図15-4】構造検証試験（鉛直落下）



【図15-5】構造検証試験（傾斜落下）



【図15-6】使用済燃料を用いた水素発生試験



【図15-7】水素発生試験の状況

の仕様案／構造案について、安全機能（閉じ込め、未臨界）が維持されることを確認した。また、構造検証試験と構造解析の結果の比較評価から、落下時の挙動、安全機能維持に係る蓋とフランジの相対変位、胴部内径及びびすみ概ね一致していることを確認し、解析手法の適用性を確認した。これら構造検証試験と構造解析の結果を踏まえ、最終的な収納缶の仕様案／構造案を提案するとともに、実機適用に向けた課題を整理した。

移送技術の開発

◆水素発生予測法の検討

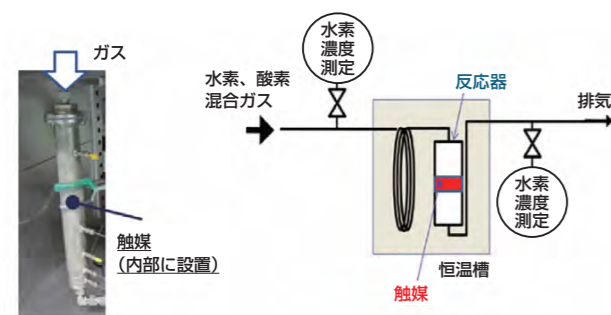
燃料デブリを収納した収納缶を建屋間移送する際、収納缶内の水分が放射線により分解されることによって水素が発生する懸念が想定されている。そこで、収納缶を収納する移送用容器が密封状態である移送における移送技術の開発として、水素発生予測法と水素対策の検討を実施することとした。

水素発生予測法については、国内外の知見の調査

や専門家の意見聴取を行いながら、移送条件案設定に必要な項目や実施内容について検討した。また、エネルギー吸収率の妥当性確認及び評価手法（リニアモデル）の適用性確認のために使用済燃料ペレット片を用いた水素発生試験【図15-6、図15-7】を実施し、水素発生予測法の検討を行った。それらの検討結果に基づき、燃料デブリに適した水素発生予測法として、リニアモデル及び粒子輸送計算によるエネルギー吸収率の算出方法を提案し、収納缶内の水素発生量の推定、安全に移送可能な移送条件案を検討した。その検討結果は、収納缶の移送や保管に係る運用計画の策定などに反映することとした。

◆水素対策の検討

他方、燃料デブリの保管施設までの建屋間移送では、密封空間への水素の蓄積が課題であり、後述する発生量低減のための燃料デブリ乾燥の検討を進めるとともに、バックアップとして触媒により酸素と



【図 15-8】流通式反応速度評価試験の概念

再結合させることによる水素対策の手法も検討した。

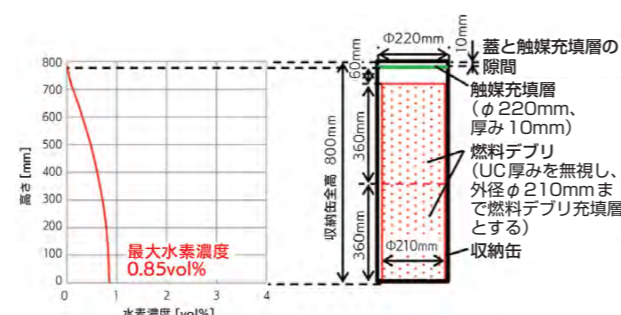
従前の検討で、撥水性処理を施した触媒が、多湿・高放射線といった収納缶内の環境条件にも対応できる可能性があることがわかったことから、触媒を通過するガス流速に着目して水素の再結合性能を評価することとした。具体的には、触媒について流通式反応速度評価試験【図 15-8】を実施し、触媒性能の温度環境、水蒸気の有無、水素濃度依存性、被毒等影響評価データを採取した。そうして得られた触媒性能は、収納缶内雰囲気として想定される温度、水蒸気環境、厳しい水素発生量を想定しても、水素の爆発下限濃度(4vol%)に対して十分低く、必要な触媒性能が確保されること、設定した被毒物質であるよう素環境でも触媒性能に余裕があることがわかったことから、触媒による水素対策の有効性を確認できた。また、取得した触媒性能に基づき、収納缶内の水素濃度分布を評価し、水素発生量に応じた触媒配置設計【図 15-9】ができるようにした。

乾燥技術／システムの開発

◆乾燥装置の基本仕様等の検討

収納・移送・保管シナリオでは、燃料デブリを原子炉建屋から増設建屋へ移動させた後、燃料デブリは収納缶に収納され、さらにその収納缶は移送容器に収納されることとしている。その後の保管施設までの建屋間移送では、密封した移送容器内における水分の放射線分解に起因する水素の蓄積も課題となっており、水素発生量低減のため乾燥による水分除去が有効と考えられた。

TMI-2の事例では燃料デブリの形態が多孔質体で



【図 15-9】水素濃度分布に基づく収納缶への触媒配置

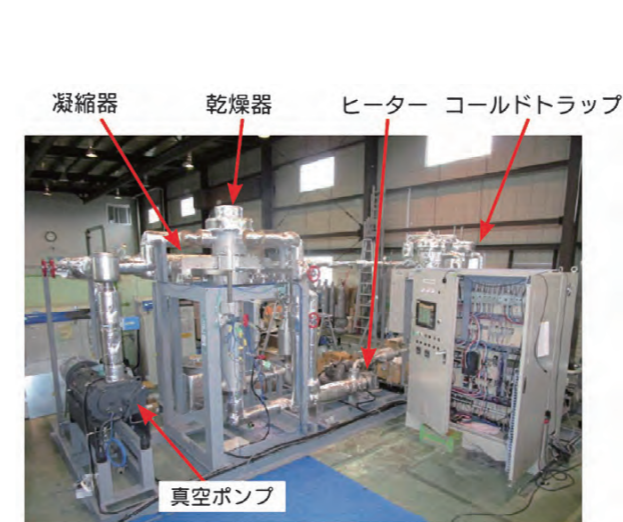
あったことから、その乾燥挙動に着目し、乾燥に有効なパラメータ条件を設定し、要素試験による乾燥挙動データ取得及び実規模乾燥試験【図 15-10、図 15-11】を実施した。それによって、乾燥方式及び運転条件の乾燥挙動への影響について検証を行った。また、これらの検証結果に加えて、汚染区域内での装置保守、取り扱い等も考慮したうえで、乾燥装置の基本仕様案を検討した。

さらに、燃料デブリやその汚染水処理(液体システム)により発生する二次派生物が多種多様であることを踏まえ、難乾燥物を対象に乾燥技術に関する必要データを拡大・充実【表 15-1】し、目標含水率や目標時間を反映して乾燥装置概念や運転条件を設定するために必要な乾燥特性を取得するための試験計画を立案、実施した。

◆水素濃度測定技術の検討

加えて、乾燥技術開発の一環として水素濃度測定技術の検討を行った。増設建屋からの払い出し前(移送前)において、密封された移送容器内の水素濃度が、移送想定期間中に爆発下限(4vol%)を超えないことを確認するため、水素濃度測定技術の検討を行った。具体的には、連続的に濃度を測定する常時監視と水素濃度測定が可能な工程で濃度を測定する逐次監視の2つについて検討した。

検討の結果、常時監視は、移送容器に収納缶を収納して以降の工程で実施可能で、測定方法はガス種の熱伝導率の違いに注目した熱伝導式が適していること、また逐次監視は、乾燥工程及び不活性ガス注入工程で実施可能で、どちらの工程でも水素を選択的に透過させるセラミックスを利用したプロトン伝



【図 15-10】実規模乾燥試験装置



【図 15-11】乾燥試験用供試体

【表 15-1】乾燥候補対象物に対するデータ取得状況

| 分類 | 発生源 | 概要 | イメージ | データ取得状況(～2020年度) | | | |
|--------------|----------|--------------------------|------|---------------------|-----|-------------------------------|----------------------|
| | | | | Zeol. ^{*1} | SUS | スラリー | Conc. ^{**2} |
| 切株燃料デブリ | | 燃料集合体の一部が溶融せずに残留したもの | | ○ | - | - | - |
| 塊状燃料デブリ、MCCI | 取り出しプロセス | ゆっくりと冷却されて塊状となったもの | | ○ | - | - | 未 |
| 小石状・粒状燃料デブリ | | 溶融した炉心材料が急冷され、小片化したもの | | ○ | ○ | - | - |
| 核物質の付着した構造材 | | 溶融せず残存した構造物に燃料デブリが付着したもの | | ○ | ○ | - | - |
| スラリー・スラッジ | 水処理システム | 粒状、細かい粒子状燃料デブリ | | - | - | 1条件 (ZrO ₂) 注1 | 未 |
| 水処理フィルタ | | 粒状、細かい粒子状燃料デブリが付着したフィルタ | | - | - | 未 | 未 |
| ガス処理フィルタ | ガス処理システム | 乾燥燃料デブリ粉が付着したフィルタ | | - | - | 未 | - |

注1：2020年度までに1条件取得済、2021～2022年度でデータ拡充予定
 ※1：Zeol.……ゼオライト、※2：Conc.……コンクリート

【表 15-2】水素濃度測定箇所(工程)の分類と想定環境

| 監視方法 | 選定した水素濃度測定箇所(工程) | 想定雰囲気 | 想定水素濃度範囲 | 選定方法 |
|------|-------------------------------|--------------------------|-----------|---------------------------------|
| 常時監視 | 移送容器(移送容器に収納以降の工程) | 室温大気圧 窒素 / 水蒸気 / 水素 | 0～4vol% | 移送容器にセンサ設置 |
| 逐次監視 | ・乾燥チェンバー ・収納缶(乾燥工程) | 室温大気圧以下 窒素 / 水蒸気 / 水素 | 0～100ppm | 測定対象からポンプによるガスサンプリングまたは配管にセンサ設置 |
| 逐次監視 | ・収納缶 ・移送容器キャビティ(不活性ガス注入工程) | 室温大気圧程度 窒素 / 水蒸気 / 水素 | 100ppm 以上 | 測定対象からポンプによるガスサンプリングまたは配管にセンサ設置 |

導体型やガスの吸脱着速度の差を利用したガスクロマトグラフィー式が適していることがわかった【表15-2】。

粉状燃料デブリの取り扱いや保管に関する検討／
収納缶のフィルタの検討

燃料デブリ取り出し側（「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術の開発」）において、汚染水処理（液体系システム）が検討中で、処理により発生する二次派生物であるスラリー・スラッジ化した燃料デブリの回収が見込まれる。一方で、スラリー・スラッジ化した燃料デブリの収納容器、移送や保管方法は未検討である。

そこで、国内外における粉状の核物質や放射性廃棄物の取り扱い事例、保管方法等の事例の調査を行い、粉状、スラリー・スラッジ状燃料デブリ（粉状燃料デブリ）の取り扱い上の注意点、安全確保の考え方や設計への反映方法など、粉状燃料デブリの収納・移送・保管システムの確立に必要な経験、知見

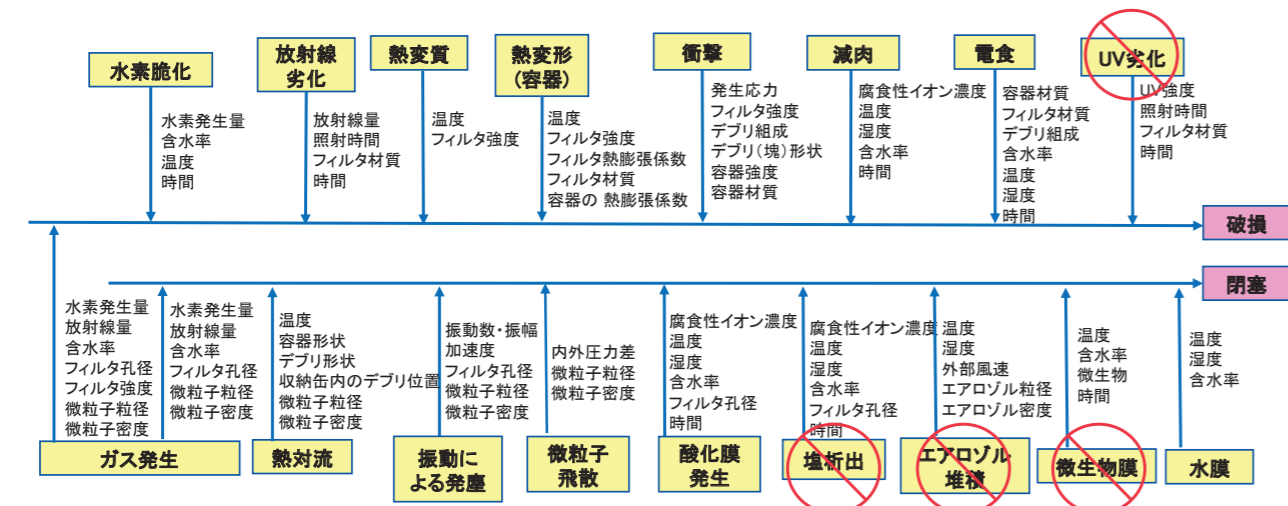
及び情報の分析、整理を行った。

また、事例調査結果を考慮して、粒状、塊状燃料デブリと同様の収納缶を用いて、収納・移送・乾式保管する場合を想定した32プロセス【図15-1】を考慮し、粉状燃料デブリの乾式保管に向けての課題を抽出するとともに、技術開発項目を導き出した【表15-3】。

さらに、安全設計の観点から閉じ込めに用いる収納缶のフィルタの環境と条件を整理し、13種のフィルタ劣化要因を抽出した【図15-12】。抽出したフィルタ劣化要因がフィルタ寿命に与える影響を評価・検討し、その結果を踏まえて寿命評価試験を行うための概略計画を立案した。

【表15-3】粉状燃料デブリ保管の課題例

| 課題 | 技術開発 |
|--|---------------------------------------|
| 粉状燃料デブリを乾燥させた場合、取り扱い中の揺れ・振動等により、収納缶内で微細粉末が舞い上がるため、収納缶の蓋に設置したフィルタに目詰まりが生じる可能性がある。 | ・収納缶のフィルタ目詰まりに対する評価 ・微粉末の飛散抑制対策の検討 |
| 粉状燃料デブリは粘性があることから、内部に水素だまりが発生し、水素が突発的に放出されることで、収納缶内の気相部の水素濃度が一気に上昇する可能性がある。 | ・粉状燃料デブリの水素ガス発生予測法の検討 |



【図15-12】収納缶フィルタの劣化要因の抽出

第16章 廃棄物を安全に管理・処分する

プロジェクト名 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発

| 年度 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|----------------|-------------------------------------|------|-----------------------------|------|--------------------|------|---|------|--------|------|
| 廃棄物の性状把握 | 水処理二次廃棄物、瓦礫、伐採木等の分析データの取得 | | 分析データをデータベースとしてWeb上で公開 | | 瓦礫試料のイメージングプレートデータ | | 解析的手法に基づくインベントリ評価手法の開発・精度向上 | | 試料採取装置 | |
| | 統計論的に求めた各種と線量率の関係(低線量瓦礫) | | サンプリング技術の開発 | | 分析の簡易・迅速化検討 | | | | | |
| 処理技術の検討 | 廃棄体化基礎試験 | | 各種低温処理固化試験体 | | 先行的処理方法の選定手法の構築 | | | | | |
| | スラリー安定化(脱水)のための技術開発 | | 加圧圧搾ろ過工法イメージ図 | | | | | | | |
| 処分概念と安全評価手法の検討 | 固体廃棄物の特徴に適した処分概念及び安全評価手法の検討(海外事例調査) | | 既存の処分概念を想定した課題の抽出と解決策の検討 | | 処分方策提示及び安全評価手法の開発 | | 多様な廃棄物を処分対象としている海外事例(英国) | | | |
| | セシウム吸着塔での水素生成、材料腐食に関する評価 | | 水処理二次廃棄物の安定化技術ガラス固化技術適用性の検討 | | 測定器(αカメラ) | | 高線量廃棄物の保管・管理に関する検討 固体廃棄物の分別に係る汚染評価技術開発 | | | |
| 保管・管理方法の検討 | 吸着塔、捨水タンク | | ゼオライト、スラッジを添加し溶融したガラスの一例 | | | | | | | |
| | 吸着など各種の試験に用いる実規模吸着塔の外観 | | 測定器(αカメラ) | | | | | | | |

廃炉に伴い発生する放射性廃棄物は、一般の廃棄物と同様に発生量をできるだけ減らし、有用な廃棄物は再利用する取り組みを行ったうえで、再利用できない廃棄物を適切に処分しなければならない。しかしながら、福島第一原子力発電所(1F)の廃棄物は、従来の原子力発電所で発生する放射性廃棄物とも異なる特徴を有しているため、処理・処分を難しくしている。例えば、水素爆発により飛散した瓦礫や、放出された放射性核種が付着した樹木、土壌などのほか、汚染水から放射性核種を取り除くのに用いられた吸着材などの水処理二次廃棄物など、種類がさまざまである。したがって、このことを踏まえて固体廃棄物の安全管理や処分方策の検討をする必要があった。

このような状況の下、固体廃棄物の性状把握、処理・処分、保管・管理について、その技術的根拠を明らかにすることを目的として、①廃棄物の性状把握、②処理技術の検討、③処分概念と安全評価手法の検討、④保管・管理方法の検討の4項目についての研究を実施し、相互に連携して推し進めていった。

固体廃棄物に対する研究開発の流れ

放射性廃棄物は、固体、気体、液体状のものがあるが、IRIDはこのうちの固体廃棄物を対象として、被ばくリスクの低減を目的とし、廃棄物の性状把握、処理・処分、保管・管理の研究開発に取り組んできた。前述したように1Fの事故により発生した廃棄物は、既往知見の多い従来の放射性廃棄物に比べ、その性状に不明の部分が多く、取り扱いの経験がない放射性廃棄物も含まれ、種類も多く、発生した量も多量であるのが特徴となっている。

【図16-1】にIRIDの固体廃棄物の研究開発全体の成果の反映先を体系的に示した。

研究開発にあたっては、当初従来の放射性廃棄物管理を参考に、ある固化体を仮定し、処分場での放射性核種の瞬時放出で評価するなど、既往の処分概念の適用を行った。しかしながら、廃棄物性状が多様であり、処分区分が広がるなど、課題が明確になったことから、保管管理の取り扱いのみならず、固化体作成、既往の処分概念の拡張など、国内外の知見を反映した現実的な考え方を導入する必要性が見え

てきた。

そこで、まず性状把握について、大まかな廃棄物区分に分類し、インベントリ推定法や簡易・迅速な分析法の選択と分析計画の作成、高線量分析試料採取法の開発を行った。同時に、先行的処理(処分の技術的要件が決定される前に、処理技術の検討の一環として、安定化・固定化するための処理)の方法として適用可能な固化方法を選択する手法を構築した。さらに、1F独特の廃棄物であり、知見の少ない、スラリー状(汚泥状)廃棄物の固化方法の検討を実施した。

このように廃棄物の性状把握と処理技術の検討を進める中、並行して、処分の安全評価手法に用いる既存情報を整理しつつ、初歩的な安全評価を実施した。その結果から、処分概念の候補を再検討し、用いるシナリオ、パラメータについて精査を続けていった。そして、その安全評価の結果は、再度、性状把握や処理方法の検討にフィードバックした。このようにして、廃棄物分類に対しては、重要な課題となる廃棄物をさらに絞ることができ、廃棄物に含まれる有機物やほう酸などの処分影響物質を選定するなど、安全評価に必要な新たな課題を再設定し、研究開発に反映した。一方で、採取された実廃棄物の分析を通じ、性状把握の分析精度向上をめざしつつ、データ収集を進め、将来の評価に備えたほか、収集したデータはデータベースとしてWeb上に公開した。

廃棄物の性状把握

廃炉活動に伴って発生する固体廃棄物の検討には、その廃棄物性状に係る情報の蓄積が欠かせない。そのため、IRIDは、廃棄物の性状把握を進めるために、分析試料の遠隔サンプリング技術、分析技術、分析データ評価法、データ公開ツールなどの開発を行った。

◆高線量分析試料採取装置による遠隔サンプリング技術の開発

放射性物質濃度の高い汚染水は、ALPS(Advanced Liquid Processing System:多核種除去設備)やセシウム吸着塔で処理し、トリチウ

ム以外の大部分の放射性核種を取り除いているが、その過程で内蔵する使用済吸着材等が水処理二次廃棄物として発生している。この水処理二次廃棄物は、吸着材の種類、装置の運転時期、通水時間等の運転条件によって、吸着材に含まれる放射性核種や放射能濃度が大きく変化すると予想される。そのため、吸着材の分析は廃棄物の性状把握にとって重要な課題となっていた。

そこで、IRIDは、本吸着材のように線量が高く、密閉容器に入って試料採取が困難な場合があるため、高線量分析試料の遠隔による採取技術を開発した。遠隔による被ばく低減を図りながら試料を採取する装置を製作した。なお、同試料採取装置は吸着塔天板の穿孔、試料採取、穿孔部の閉止の機能を有するものである。

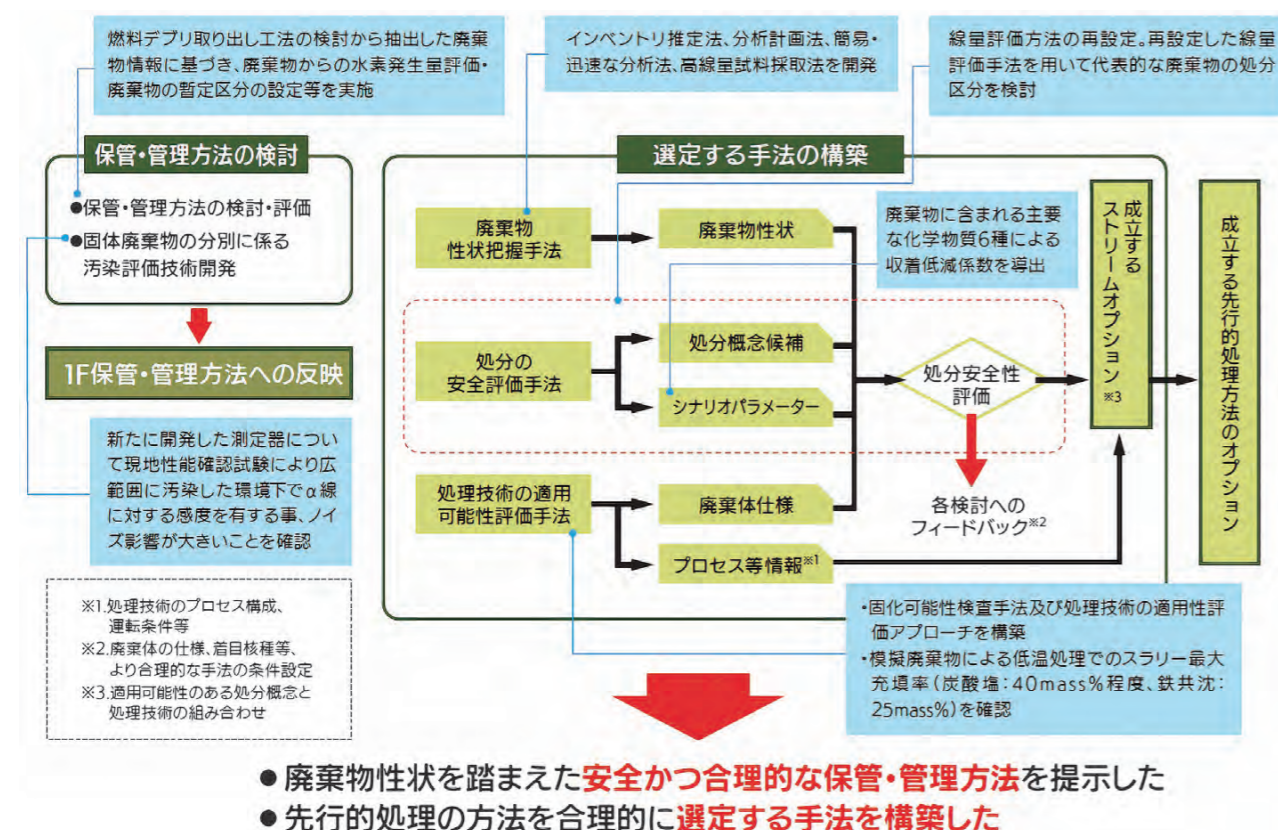
◆廃棄物の分析データをデータベースとして公開

廃棄物・汚染水の分析は、東京電力ホールディングス(株)から試料の提供を受け、主に茨城県の分析施設に運搬して実施した。それら分析試料は、瓦礫、土壌、植物、汚染水(滞留水、処理水)及びその水処理二次廃棄物など多岐にわたるものである。本プロジェクトでは、 γ 線のみならず α 線や β 線を放出する核種の分析にも取り組んでおり、廃棄物の分析方法は既存の方法を基礎として、各研究施設において適宜改良して適用した。

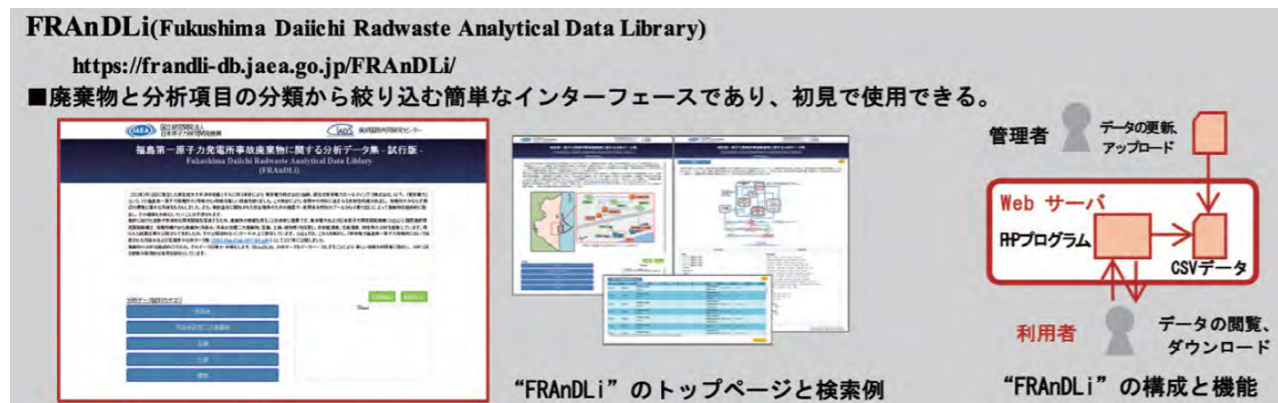
取得した分析結果は、東京電力ホールディングス(株)が発表した関連データとともにWeb上のデータベースFRAnDLi【図16-2】に公開している。データ数は2021年度末で約14,000点に達し、廃棄物の保管・管理、処理・処分方策の検討等に活用することとした。例えば、廃棄物の放射線量や熱源として寄与する核種の情報は、保管の観点から重要な水素発生評価に、長半減期核種の情報は処理・処分の観点から安全評価に活用していった。

処理技術の検討

発生した固体廃棄物については、その性状を踏まえて安全かつ合理的な保管・管理を行うことが必須である。そのため、IRIDは、先行的処理の方法を合理的に選定する手法を構築した。



【図16-1】研究開発全体の成果



【図16-2】データベースFRAnDLiの特徴と概要

水処理二次廃棄物の先行的処理方法については、主に発生しているALPSスラリー、セシウム吸着装置から発生する廃ゼオライトを対象に、適用可能な固化処理技術を多角的に評価し、選定する手法の開発を進めた。候補となる処理技術は、現場実装を念頭に国内外で廃棄物処理に適用され成熟度の高い技術を選定した。具体的には、低温処理技術としてセメントとAAM(Alkali Activated Materials: アルカリ活性材)による固化、また高温処理技術として熔融とガラス固化の4つの固化技術を対象に、技術を比較するための評価項目を設定した【表16-1】。

そのうえで、現行の規制に係る基準等を参考に、それぞれの固化技術に関する情報を調査し、また実験により技術データを取得し、技術比較図表集として整備した【表16-2、図16-3】。これにより、福島第一原子力発電所に特徴的な固体廃棄物である、水処理二次廃棄物の先行的処理方法の技術的選定が可能な手法を整備した。

一方、AAM固化に関する知見が少ないことから、現場での実処理の際に、セメント及びAAM固化の可能性をスクリーニングできるようにするため、固化体処理の際に、品質を担保した配合検討のための簡易検査手法を開発し、廃棄物の適用範囲の拡大と、定量的な処理技術適用性の判断基準に係る検討を進めた。

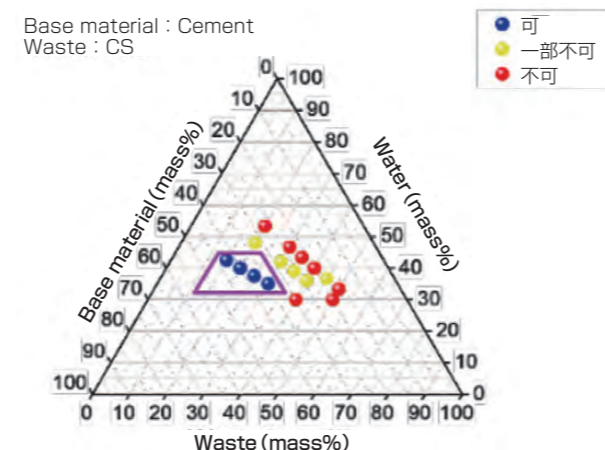
処分概念と安全評価手法の検討

廃棄物のうち再利用されないものは将来処分され

ることから、IRIDは、固体廃棄物に適用可能な処理技術を踏まえた処分概念の構築と安全評価手法の開発に取り組むこととした。

処分概念の検討においては、まず現在までに判明している1Fの廃棄物の性状を参考に、網羅的に27種類に分類した。これらの放射性廃棄物を既存の放射性廃棄物処分方法で処分した場合に、処分区分、すなわちトレンチ、ピット、中深度、地層処分のいずれかの処分区分に仮に適用した場合を考慮し、予備的に安全評価を実施した。

さらに、詳細な処分概念の検討を進めるために、これらの廃棄物の中から、代表的な8つの廃棄物を選定して検討を行った。廃棄物の選定にあたっては、種々の廃棄物の放射能濃度、物理的性状、化学的特性の網羅性を考慮した。この8種類の廃棄物に対して、具体的な処分概念と安全評価方法を提示でき



【図16-3】整理した技術比較図表(炭酸塩スラリーのセメント固化可能範囲)

ようになることをめざした【図16-4】。なお、これらの研究成果は図16-1で記したように、性状把握、保管、処理手法の検討にフィードバックして進めていった。

保管・管理方法の検討

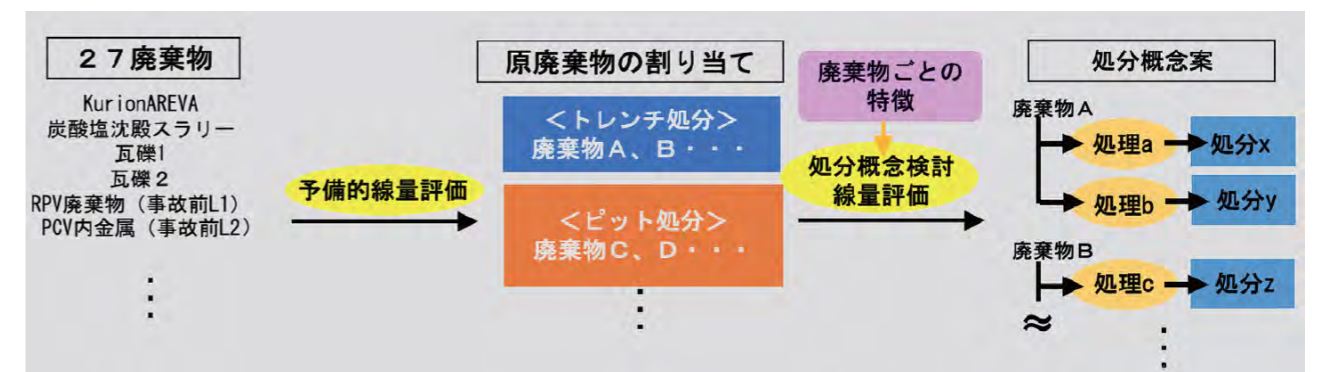
固体廃棄物の保管・管理方法の検討にあたっては、廃棄物情報の調査・評価及び高線量廃棄物保管方法の検討の2つの観点から実施した。

【表16-1】設定した評価項目

| 評価項目 | 評価小項目 |
|---------|-------------------|
| 技術実績 | 開発段階、適用実績 etc. |
| プロセス性能 | 処理速度、Cs 揮発率 etc. |
| 運転性・安全性 | プロセスリスク、保守内容 etc. |
| 経済性 | 減容率、建築面積 etc. |
| 固化体特性 | 耐浸出性、耐放射線性 etc. |

【表16-2】整理した技術比較図表(低温固化処理技術の比較表の抜粋)

| 技術 | セメント固化(セメント固化インドラム式) | セメント固化(セメント固化アウトドラム式) | AAM固化(AAM固化インドラム式) |
|------------------|------------------------------|--|--|
| 対象水処理二次廃棄物→固化体製品 | 炭酸塩スラリー→セメント固化体 | 炭酸塩スラリー→セメント固化体 | 炭酸塩スラリー→AAM 固化体 |
| プロセス性能 | 処理温度 | 常温 | 常温 |
| | 処理速度 | 0.12t/h | 0.24t/h |
| | Cs揮発率 | 原理的に揮発しない | |
| 保守内容と頻度 | プロセスリスク | セメントに対して炭酸ナトリウム 2% 以上で急結 | セメントに対して炭酸ナトリウム 2% 以上で急結 |
| | 保守内容と頻度 | 計量器校正、防塵設備保守 | 計量器校正、防塵設備保守 |
| 経済性 | 主要固化設備構成 | 混練設備(攪拌翼、攪拌機) | 混練設備(攪拌翼、攪拌機、攪拌容器) |
| | 消耗品 | 攪拌翼(バッチごと) | 攪拌翼(定期的)、防塵フィルタ(定期的) |
| | 発生二次廃棄物 | 防塵フィルタ(定期的) | なし(洗浄水再利用) |
| 逐次監視 | 強度 [MPa, N/mm ²] | 7 (充填率 30%、28 日) | 5 以上 (充填率 30%、28 日) |
| | G値 [1/100eV] | 0.16 - 0.17 | 0.05 - 0.28 |
| | 耐浸出性 | Cs:96%、Sr:5%、Sn:ND、Ce:ND (溶出率、ANS/ANSI-16.1 で評価) | Cs:24%、Sr:0.5%、Sn:5%、Ce:0.5% (溶出率、ANS/ANSI-16.1 で評価) |
| 耐熱性 | 80℃乾燥下でも強度低下せず | | 80℃乾燥よりも乾燥強度が低い。R.H.60% 下でも、強度が 4~5 割減 |



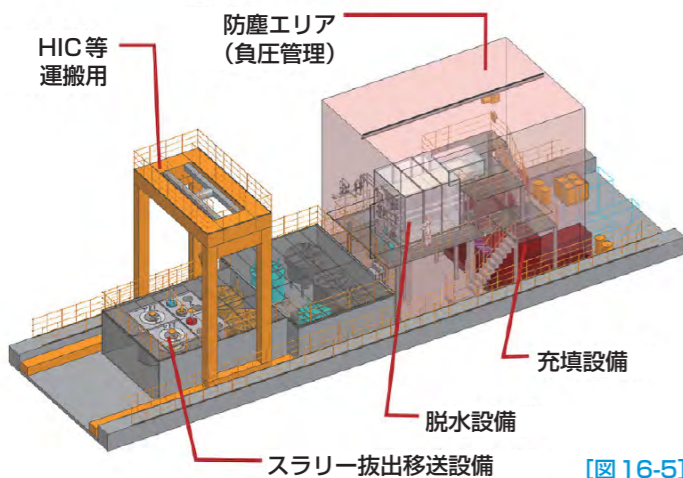
【図16-4】処分概念検討の流れ

◆ALPSスラリー安定化（脱水）のための技術開発
 廃棄物性状に応じた保管方法の開発として、水処理二次廃棄物について検討した。水処理二次廃棄物は、比較的保管リスクが高い廃棄物とされており、特にALPSスラリーは、物量も多く、流動性があり、放射能濃度も比較的高い特徴を有している。そこで、ALPSスラリーの保管リスク低減のための脱水技術の適用性検討を行い、加圧圧搾ろ過と円板加熱乾燥に対するスラリー安定化処理に係る成立性や設備の基本構成等を提示した【図16-5】。この研究成果は、東京電力ホールディングス（株）によるALPSスラリーの安定化処理の現場実装に向けた設計に際し、候補技術として提示し、加圧圧搾ろ過による脱水プロセスに反映された。

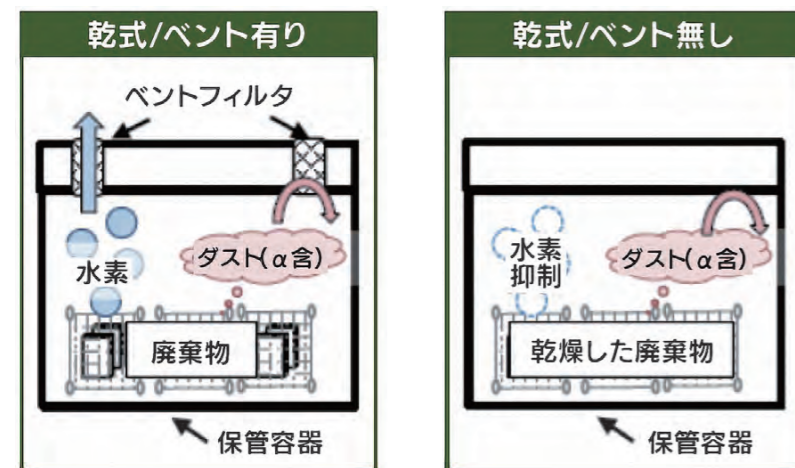
◆高線量廃棄物の保管・管理方法の検討
 燃料デブリ取り出し時に発生する高線量廃棄物

（炉内構造物等）を安全に収納・移送・保管する方法を検討し、保管までの取り扱いプロセスについて、想定されるシナリオを提示した。また、保管容器に要求される機能を整理し、要求機能を満足する保管容器の候補の検討を行った。

例えば、保管容器に対する要求事項に、重要な安全評価課題として抽出された水素発生への対応がある。従来の保管容器については、放射性核種の飛散防止上で密閉性の確保が安全機能要求事項の一つとなっているが、水素ガスを放出する場合は通気性の確保が必要となることから、これらを両立させる方策が求められる。そこで、高線量廃棄物に対する国内外の保管事例を調査した結果、水素対策としてベントフィルタやベント管を採用して水素を放出している事例を確認した【図16-6】。さらに、IRIDは、保管方法として、ベントフィルタシステム概念を具体化した。



【図16-5】加圧圧搾ろ過工法のイメージ



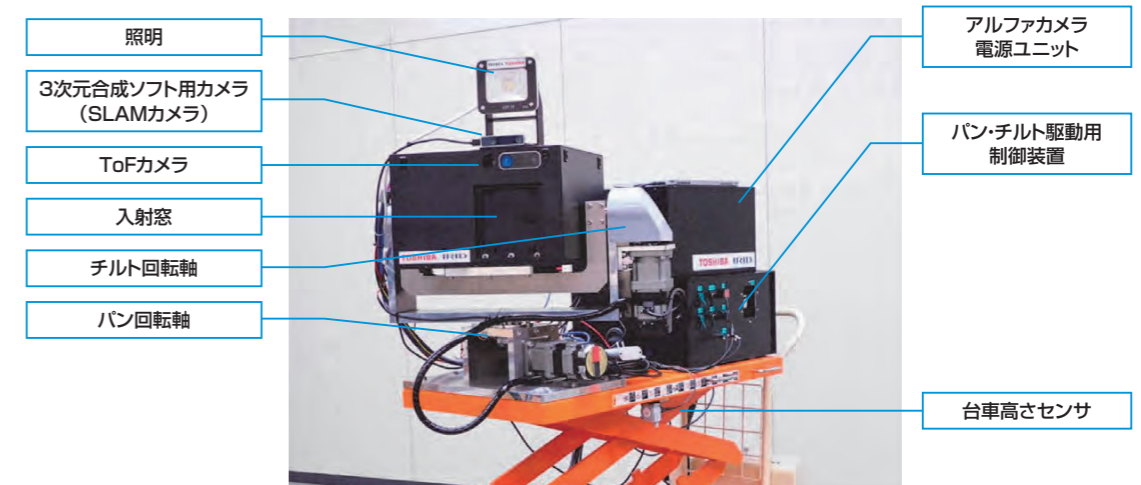
【図16-6】高線量廃棄物の国内外保管事例

他方、水素の発生量は、含有する水分量、放射線量、水分と放射線の反応時間に強く依存するが、現場における個々の廃棄物に対する含水量の評価は難しいため、水素発生防止の観点からは固体廃棄物を乾燥させる方法の併用が合理的であると判断し、廃棄物の乾燥方法について具体化した。

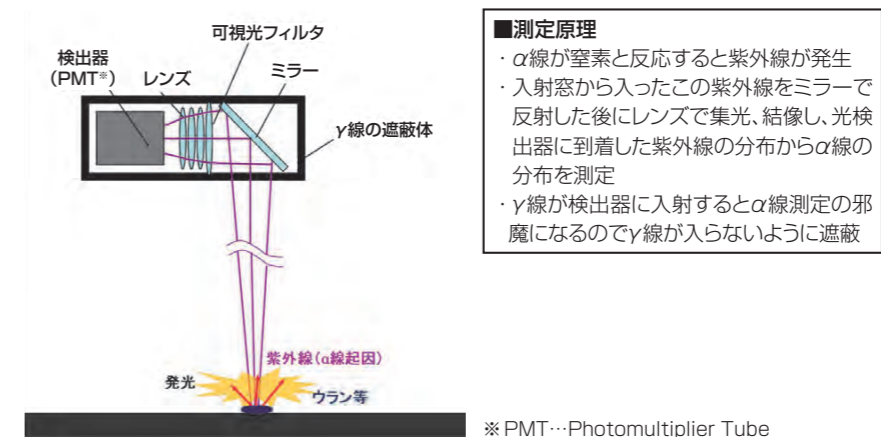
◆固体廃棄物の分別に係る汚染評価技術の開発
 廃棄物情報の調査として、固体廃棄物の分別に係る汚染評価技術の開発を実施した。α放射能は、体内に取り込まれた場合に人体に大きな影響を及ぼすため、α汚染廃棄物は保管・管理においてより慎重な取り扱いが必要である。このため、1Fの燃料デブリ取り出し準備工事に伴う建屋解体や機器撤去作

業において発生する廃棄物に対して、α汚染の有無や汚染度合いを把握し、作業計画や作業管理方法に反映することが重要となってくる。従来、α汚染の確認には、スミア法等による定量的汚染確認が実施されているが、この方法ではホットスポット等の見落としの可能性が否定できないため、測定エリア全体の汚染分布を把握することが困難だった。

そこで、IRIDは、α汚染廃棄物の分別を容易にするため、測定箇所の表面α汚染を短時間に網羅的に測定できる技術の開発に取り組んだ。製作した測定装置【図16-7、図16-8】は、1Fのサイト内に持ち込んで測定の実験を行うなどして装置の改良をしている。



【図16-7】2020年製作した測定システムの構成と装置外観



■測定原理
 ・α線が窒素と反応すると紫外線が発生
 ・入射窓から入ったこの紫外線をミラーで反射した後にレンズで集光、結像し、光検出器に到着した紫外線の分布からα線の分布を測定
 ・γ線が検出器に入射するとα線測定の邪魔になるのでγ線が入らないように遮蔽

※ PMT…Photomultiplier Tube

【図16-8】αカメラの原理

国内外の関連機関との連携

- 国際機関との協力・関係強化
- 国際会議への参加
- 国際顧問会議を開催

IRID

国内外の関連機関との連携

「開かれた体制」を運営方針に、海外の研究機関や専門家との関係を強化するとともに研究開発成果の紹介など情報発信にも努めた。

国際機関との協力・関係強化

海外機関との研究開発を加速、廃炉に向けて常に最新技術を投入した。原子炉の廃止措置や損傷燃料の取り扱い等の経験を有する海外の原子力機関【図 17-1、表 17-1】との技術協力を進めた。

フランス

原子力代替エネルギー庁(CEA)①

CEAとの国際共同研究で、MCCIの模擬試験として溶融燃料とコンクリートの反応試験を実施した。その結果、外観がガラスな部分や、酸化層と金属層に分離した部分があるなど、生成物の特性を把握することができた【図 17-1】。

イギリス

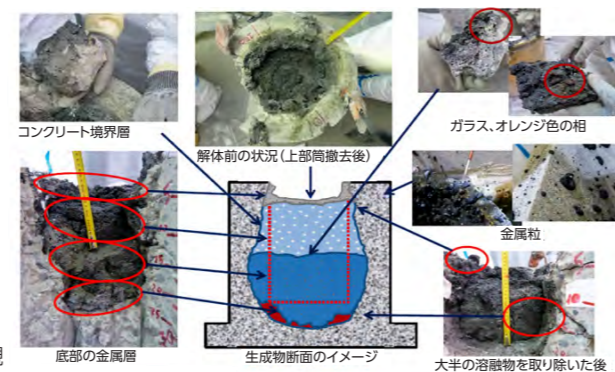
国立物理学研究所(NPL)②

燃料デブリ取り出し時に万一臨界が発生しても、より早期に兆候をつかむためKr-88による検知技術の開発を進めている。Kr-88の計測精度を上げるためには、Kr-88のγ線計測と濃度の関係を構成する必要がある。標準作成の世界的権威であるNPLにて、実際にKr-88を生成し、検出器の校正方法を確立した。

アメリカ

アイダホ国立研究所(INL)③

IRIDが進めているプロジェクト「燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発」のうち、「収納・移送・保管に係る安全要件・仕様検討」への取り組みの一環として、INLにおいてワークショップを開催し情報交換や議論を行った。TMI-2を経験された米国専門家の具体的な知見及び教訓から多くの貴重な情報を獲得した。



【図 17-1】 大型MCCI試験・生成物の外観

【表 17-1】 海外機関との研究開発の取り組み（主要一覧）

| No | 国名 | 海外機関名 | 研究内容 |
|----|--------|---------------------------|----------------------------------|
| 1 | アメリカ | パシフィックノースウェスト国立研究所 (PNNL) | 損傷燃料の取り扱いと安全保管 |
| 2 | | ハンフォード施設 | 損傷燃料の取り扱いと安全保管、燃料デブリダストの換気システム検討 |
| 3 | | アイダホ国立研究所 (INL) ③ | TMI-2※1の知見の情報収集 |
| 4 | | アルゴンヌ国立研究所 | 燃料デブリ性状把握の情報交換 |
| 5 | | ロスアラモス国立研究所 | 燃料デブリ検知技術の開発 |
| 6 | | カリフォルニア大学パークレー校 | 固体廃棄物の処理・処分研究開発 |
| 7 | | ミシシッピ州立大学 | 燃料デブリダストの換気システム検討 |
| 8 | イギリス | セラフィールド社 | 損傷燃料の取り扱いと安全保管、臨界管理 |
| 9 | | 国立物理学研究所 (NPL) ② | 放射性ガスモニタの校正技術開発 |
| 10 | フランス | 原子力代替エネルギー庁 (CEA) ① | MCCI※2試験 |
| 11 | | OECD/NEA | PreADES※3 BSAF※4プロジェクトの推進 |
| 12 | オーストリア | IAEA | 技術情報収集 |
| 13 | ハンガリー | パクシュ原子力発電所 | 損傷燃料の取り扱いと安全保管 |
| 14 | カザフスタン | 国立原子力研究センター (NNC) | 燃料デブリ性状把握試験 |

※1 TMI-2: Three Mile Island 2号機

※2 MCCI (Molten Corium Concrete Interaction): 溶融燃料とコンクリートとの相互作用

※3 PreADES (Preliminary meeting on OECD/NEA Preparatory Study on Analysis of Fuel Debris): 燃料デブリの分析に向けた予備的考察

※4 BSAF: Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

国際会議への参加

国際関係機関等が主催するフォーラム等に参加。各国の研究者や専門家が聴講するなか、原子炉格納容器内部調査の状況や燃料デブリの取り出し技術の開発などIRIDの研究開発成果を紹介してきた。

2014年 4月29日

レイク・バレット氏特別講演会

アメリカ原子力規制委員会 (NRC) の委員や上級技術分析官及び現地対策ディレクターとして、アメリカ・スリーマイル島原子力発電所事故の対応に当たった同氏の経験や福島第一原子力発電所 (1F) の教訓についてご講演いただいた。

2015年 4月9日

佐藤研究管理部長講演

【第2回 日米廃炉・除染福島復興フォーラム】

廃炉・除染に関する日米協力の一環として、廃炉・除染分野における日米間企業の有益な交流の促進等を目的に実施された。

2016年 5月23～27日

神徳副部長・大橋副部長講演

【IAEA 廃止措置・環境修復国際会議】

廃止措置に係る各国の関係者の参加により、過去約10年の廃止措置・環境回復に関連する課題や教訓をレビューし、今後国際的な取り組みを効果的に進めるために開催された。

2017年 7月28日

アメリカ・ミシシッピ州立大学

ハンフォード・サイト (核処理施設) を視察

IRIDが進めているプロジェクト「燃料デブリ・炉内構造物取り出し工法・システムの高度化」の取り組みの一環として実施した (A)。

2017年 10月16日

【第34回日韓原子力専門家会合】でIRIDが講演

奥住開発計画部部長が「燃料デブリ取り出しに向けてのIRID研究開発状況」と題して、廃炉に関する研究開発状況を報告。

2018年 5月17日

奥住開発計画部部長講演

【ポーランドJICC (一般財団法人 原子力国際協力センター) ワルシャワセミナー】

奥住開発計画部部長が、「1F事故調査の進捗と廃炉技術開発」と題して講演。福島第一原子力発電所の最新の概況と原子炉格納容器内部調査の状況、燃料デブリの取り出しに係る研究開発状況などを説明した。

2018年 12月12～14日

アメリカ・アイダホ国立研究所 (INL) でのワークショップ開催

IRIDが進めているプロジェクト「燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発」のうち、「収納・移送・保管に係る安全要件・仕様検討」への取り組みの一環として実施した (B)。

2019年 5月26日

新井副理事長による国際会議参加・講演

【International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research (FDR2019)】

新井副理事長が、「Robot Technology for Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations」と題してキーノートスピーチを行った。

2020年 2月12～13日

小山研究管理部部长による国際会議参加・講演

【PreADES Project 会合】

小山研究管理部部长が、既存のB型輸送容器を用いた将来の燃料デブリ試料輸送の実施に必要な安全解析 (構造強度評価、熱解析、閉じ込め評価、遮蔽評価、臨界安全評価) について説明した (C)。

2020年 12月9日

高守開発計画部部長による国際会議参加・講演

【SAMMI-2020 会合】

高守開発計画部部長が「格納容器内部調査に向けた計測技術の開発」と題してキーノート講演を行った。

2021年 12月2日

山内理事長・奥住開発計画部部長による国際会議参加・講演

山内理事長と奥住開発計画部部長が2つのパネルセッションにそれぞれ参加し、研究開発状況について説明した。



A ハンフォード・サイト事務所にて、視察参加者 (日本: IRID アメリカ: PNNL, TMI-2 廃炉を経験した技術者)



B INL ホールにて、ワークショップ参加者 (日本: IRID、NDF アメリカ: INL、PNNL、TMI-2 廃炉を経験した技術者)



C 前列右から3番目: 小山研究管理部部长

国際顧問会議を開催

海外の原子力関連の専門家を顧問として、2014年より国際顧問会議を毎年開催した。組織運営・マネジメント面を中心に、プロジェクトの進め方や情報発信の強化などについてアドバイスや提言をいただいた。

2013年 9月23～27日 「国際エキスパートグループ (IEG)」 第1回会議

IRIDとして国内外からの叡智を結集する目的で設置した「国際エキスパートグループ (IEG)」の第1回会議を開催した。

2014年 1月9～10日 第1回国際顧問会議 (a)

国際顧問は、当機構（理事会）に対し、組織・マネジメント面での助言を依頼している海外の有識者で構成している。

2014年 11月17～19日 第2回国際顧問会議

発足1年を踏まえ、IRIDの活動実績及び今後の研究開発等の計画について意見交換を行った。廃炉に向けた「組織間の連携と役割分担」、「柔軟かつユーザー視点に立った研究開発体制のあり方」、「リスク評価」やステークホルダーとの「コミュニケーションの必要性」などについて、多数のアドバイスをいただいた。

2015年 12月2～4日 第3回国際顧問会議 (b)

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・IRIDが現在取り組んでいるデザインレビュープロセスの導入、原子力安全ワーキンググループの設立、情報発信・コミュニケーションの強化について評価
- ・今後のプロジェクトの進め方や予算運用について柔軟に対応することの必要性や、他産業（石油業界など）への技術調査の有用性について

2016年 11月30日～12月2日 第4回国際顧問会議 (c)

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・IRIDが取り組んでいる研究開発のデザインレビューの実施状況等に関する助言
- ・燃料デブリ取り出しの安全の考え方、情報発信・コミュニケーションの強化についての評価
- ・失敗の経験を含めた知識の伝達の構築、バランスのとれた研究開発の推進について

2017年 12月5～6日 第5回国際顧問会議

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・IRIDが取り組んでいる研究開発のデザインレビューの実施状況、研究開発マネジメント等に関する助言
- ・セルフアセスメント等についての評価
- ・知識の伝達の構築、バランスのとれた研究開発の推進等

2018年 12月4～6日 第6回国際顧問会議

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・IRIDが現在取り組んでいる研究開発のデザインレビューの実施状況、研究開発マネジメント等に関する助言
- ・燃料デブリ取り出しの安全の考え方
- ・失敗の経験を含めた知識の伝達の構築等について

2019年 12月3～4日 第7回国際顧問会議

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・情報発信・コミュニケーションの強化についての評価
- ・失敗の経験を含めた知識の伝達の構築等について

2020年

新型コロナウイルスにより開催中止

2021年 5月25日 第8回国際顧問会議

コロナ禍を考慮し、従来の対面開催ではなく、初めてのWeb開催となった。

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・燃料デブリ取り出しを中心とした研究開発の状況についての評価
- ・知識継承、今後の開発機能について

2022年 11月8日 第9回国際顧問会議

〈顧問からいただいた助言・提言〉

- ・今後の開発体制の各関係組織の更なる協調の推進
- ・研究データ、知識の蓄積活動の推進 等

国際顧問メンバー



レイク・パレット氏 / アメリカ (中央) 独立コンサルタント (アメリカ・スリーマイル島原子力発電所事故時米原子力規制委員会 [NRC] 現地責任者)
メラニー・ブラウンリッジ教授 / イギリス (右) 英国原子力廃止措置機構 (NDA) 技術担当統括本部長 (研究開発の責任者)
※第1・第3回のみ参加…**エイドリアン・シンパー氏** / 英国原子力廃止機構 (NDA) 創設メンバー
ルイス・エチャバリ氏 / スペイン (左) OECD/NEA 前事務局長 (IAEA 国際原子力安全グループ (INSAG) 等の経験を有する)



(a) 第1回国際顧問会議の様子



(b) 第3回国際顧問会議の様子



(c) 福島第一原子力発電所視察にて

研究開発を通じた人材育成

- IRID シンポジウム
- 各種イベントへの参加
- 大学・研究機関等への情報発信

IRID

IRIDシンポジウム

IRIDは2013年8月に設立し、翌年(2014年)から研究プロジェクトを推進するにあたり、IRIDへの国内外からの関心が高まっていることも踏まえ、IRIDの事業活動を広く関係者に発信する機会として、IRIDシンポジウムを開催した。その際、国内の外部ステークホルダーを対象の中心とするが、約700名のIRID研究者における情報共有も念頭に置いた。

開催概要

2014年は東京のイイノホールで実施し、翌年からは廃炉現場のある福島県と交互に開催する予定でスタートした。

2020年はコロナ禍の影響により中止せざるを得なかったものの、2021年は、コロナ禍の影響も考慮に入れながら、現地での参加者を限定しつつ、一般のお客様さまは全てWebでの参加という新しい方式で実施した。

中止となった2020年度以外の7回の実施においては、合計で2,405名(内2021年度と2022年度はWeb参加が225名と103名)と平均で300名を超えるお客様さまを迎えてシンポジウムを開催でき、IRIDの活動を知っていただくとともに、若手研究者(学生を含む)に廃炉に関する技術開発の状況、将来の課題などを共有できたのではないかと考えている。



「IRIDシンポジウム2022 in いわき」での山内理事長挨拶

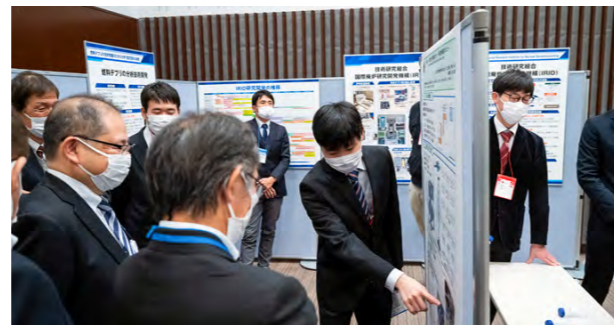
シンポジウムのプログラム

シンポジウムのプログラムとしては、研究開発成果の発表が中心となるが、新たに開発したロボットや装置・器具等の実物展示や会場でのデモンストレーションなどは大変好評で、マスコミの関心も高く、多くの紙面で紹介された。

また、2016年からは、若手研究者の育成を目的とした学生の研究パネルの発表展示及び学生と研究者が意見交換を行う場としてのコミュニケーション・ステー

ジを設けた。

さらに2018年からは、IRIDの研究者の成果発表に加え、学生による研究成果発表をオーラル形式で実施するとともに、優秀作品の表彰も行うことで、さらなる若手研究者の育成にも力を入れることとなった。研究開発の内容とともに、人前でのプレゼンという貴重な体験も得られるなど学校側からの良い評価もいただけた。



パネル展示会場の様子

視察会

2016年からは、シンポジウムに参加いただいた学生、指導者を中心に、シンポジウムの翌日に福島第一原子力発電所(1F)の視察会(5回開催; 126名の参加)を実施した。

事故を起こした1F周辺地域の現在の状況を目の当たりにするとともに、実際の廃炉の現場を自分の目で確認いただいた。現地で廃炉の担当者の話を直接聞くことで、さらなる研究開発の必要性を感じるとともに、廃炉事業への関心を高めることにも繋がったのではないかと考えている。



福島第一原子力発電所のサイトの視察

シンポジウム これまでの経緯

| 開催年月日 | 会場 | キャッチコピー | 出席者数 |
|---------------|---------------|------------------|-------------------|
| 2014年7月18日(金) | イイノホール(千代田区) | 「廃炉への道」を切り拓く | 322名 |
| 2015年7月23日(木) | コラッセふくしま(福島市) | | 252名 |
| 2016年8月4日(木) | 東京大学 武田ホール | 廃炉の未来を担う | 394名 |
| 2017年8月3日(木) | いわき産業創造館 | 燃料デブリ取り出しに挑む | 310名 |
| 2018年8月2日(木) | 東京工業大学 くらまホール | 燃料デブリ取り出しに挑む-II | 340名 |
| 2019年8月1日(木) | いわき産業創造館 | 燃料デブリ取り出しに挑む-III | 264名 |
| 2020年 | 中止 | | |
| 2021年12月8日(水) | いわき産業創造館 | 燃料デブリ取り出しに挑む-IV | 325名(内Web参加 225名) |
| 2022年12月7日(水) | いわき産業創造館 | 叡智を結集した未知の領域への挑戦 | 198名(内Web参加 103名) |

合計 2,405名

IRID 報告・研究成果発表内容

| | |
|--------|--|
| 2014年度 | (特別講演) (廃炉カンパニー増田CDO) (報告) IRIDの概要と活動状況 (研究成果) 燃料デブリ取り出し準備等に係る研究開発 (研究成果) 放射性廃棄物の処理・処分に係る研究開発 |
| 2015年度 | (特別講演) (廃炉カンパニー増田CDO) (報告) IRIDの概要説明 (研究成果) 廃炉に向けた研究開発 |
| 2016年度 | (特別講演) (廃炉カンパニー増田CDO) (報告) IRIDが取り組む研究開発の概要 (講演) 「ロボットが担う廃炉技術～研究に励むみなさんに期待すること～」 |
| 2017年度 | (報告) 「燃料デブリに迫る」 (報告) 「燃料デブリの取り出し」 |
| 2018年度 | (報告) 「IRIDの研究開発の状況」 (報告) 「IRIDの研究開発の状況～安全と実現性を高める概念設計と今後の技術開発～」 (講演) 「学生に期待すること」 |
| 2019年度 | (研究成果) 「IRIDの研究開発の状況」 |
| 2021年度 | (研究成果) 3件 「IRIDの研究開発の状況」 「燃料デブリ取り出しの実現に向けたロボットアーム開発状況」 「1号機PCV内部調査に向けた準備作業状況」 |
| 2022年度 | (研究成果) 4件 「1F廃炉ロボット研究開発の状況」 「1号機PCV内部調査の実施状況」 「燃料デブリ取り出しの実現に向けた遠隔輸送台車(T-PAD)の開発状況」 「IRIDにおける東芝エネルギーシステムズの研究成果」 |

各種イベントへの参加

学会等、各種機関での講演やイベントに積極的に参加。IRID が取り組んできたさまざまな研究開発状況や、廃炉用ロボットの開発などについて講演や報告を行った。

2014年 4月10日

福島県議会議員視察 [京都大学原子炉実験所]

全国大学の共同利用研究所として活用されている研究用原子炉 (KUR) 等の施設をご視察され、京大原子炉を使った中性子捕捉療法をはじめとする放射線治療・放射線利用のさまざまな可能性について勉強された (1)。

2015年 11月13~15日

[サイエンスアゴラ2015] への参加

～廃炉ロボットの紹介と研究開発成果の発表～

文部科学省と科学技術振興機構が主催するブースで、IRID 組合員である日立 GE とアトックスが廃炉ロボットの展示・デモンストレーションなどを行った。

2016年 11月19日

[ロボットフェスタふくしま2016] へのブース出展

～福島第一原子力発電所 (1F) の廃炉に向けた研究開発と4社のロボットを紹介～

IRID 本部及び組合員である日立 GE、東芝、三菱重工業、アトックスがブース出展、IRID で取り組んでいる研究開発状況をパネルで紹介するとともに、作業に必要な調査、除染関係のロボット4台を展示・デモを行った (2)。

2017年 4月28日

吉澤専務理事講演 [ICAPP2017]

[Fukushima Report] 活動報告

吉澤専務理事がIRID の研究開発の現状「Overview of IRID R&D Projects」について報告。活動報告の中では国際顧問のレイク・ハレット氏が「Three Mile Island Accident and Recovery Decontamination and Decommissioning」について報告した。
※ICAPP: International Congress on Advances in Nuclear Power Plants

2018年 10月11日

石橋理事長講演 [RADIEX2018]

石橋理事長が、「国際廃炉研究開発機構における廃炉関連技術の研究開発状況」と題して、IRID の原子炉格納容器内部詳細調査や燃料デブリの取り出しに係る研究開発状況について講演を行った (3)。

2019年 9月3~7日

[第37回 日本ロボット学会学術講演会]

～「日本ロボット学会 第11回 ロボット活用社会貢献賞」の受賞とオープンフォーラムへの参加～

IRIDにて開発した装置、「3号機原子炉格納容器内部調査装置 (水中遊泳ロボット)」と「2号機に使用したカメラのパンチルト機構を有する調査装置」が「日本ロボット学会 第11回 ロボット活用社会貢献賞」を受賞。また、3日のオープンフォーラム企画「廃炉に向けた日本原子力学会との連携と課題5」において、高守開発計画部長が講演を行った (4)。

2020年 12月23日

奥住開発計画部長講演 [JAEA 物質科学シンポジウム2020]

～福島第一原子力発電所燃料デブリ取り出し技術の開発状況～

招待講演として奥住開発計画部長が「福島第一原子力発電所燃料デブリ取り出し技術の開発状況」の題目で講演。廃炉における内部調査の状況と燃料デブリの取り出し技術の開発状況について紹介した。

2021年 5月19日

高守開発計画部長による学会参加・講演

[材料と環境2021]

「1F事故後10年間、そして次の10年へ-10年間の取り組み-」において、高守開発計画部長及び組合員の田中徳彦エキスパート (東芝エネルギーシステムズ) が「IRID 事業における腐食評価および対策の研究開発」と題して講演を行った。

2022年 9月11~14日

[日本機械学会2022年度年次大会] への企業ブース出展

～1Fの廃炉に向けた研究開発と技術を紹介～

IRIDブースでは、1Fの廃炉に向けて、IRIDが取り組んでいる研究開発状況をパネルで紹介するとともに、現在開発中の水中調査ロボット及び英国で開発し、国内で調整中のロボットアームの動画を放映した。



1 山名理事長の講演



2 会場の様子



3 石橋理事長の講演



4 高守開発計画部長の講演

大学・研究機関等への情報発信

廃炉事業は長きにわたる事業であることから、若い世代にもっと興味や関心を持っていただき、廃炉技術に係る仕事に携わっていただく必要がある。そのため、大学・研究機関等へ出向き、情報発信を通じて人材育成に取り組んできた。

2013年

(関東地域)9月25日 (福島地域)10月8日

1Fの廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ

文部科学省、IRID 共催。中長期ロードマップにおける研究開発計画を踏まえ、重点分野を明確にしつつ、大学・研究機関等において取り組んでいくことが期待される基礎・基盤研究課題を抽出・創出し、意見交換することを目的として全国各地にてワークショップを開催した。

2014年 12月8日

横井開発企画室長 出前授業

[小山工業高等専門学校]

横井開発企画室長が、1Fで使用されているロボット開発の現状について出前授業を行った。これは、小山高専・機械工学科からの依頼を受け、将来の研究開発を担う若手の人材育成という観点から、当組合として協力したものである。

2015年 11月25日

[郡山市立富田中学校] への出前授業

～廃炉ロボットの紹介～

IRID 組合員である日立 GE ニュークリア・エナジーは、郡山市立富田中学校が実施した公開授業「福島の復興について考えよう」に、社外講師として東京電力ホールディングスとともに参加・協力した (1)。

2016年 3月16日

高守研究管理部長講演 [第1回 次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス]

人材育成活動の一環として、「第1回 次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス (NDEC-1)」に参加し、高守研究管理部長が「IRID に於ける廃炉技術研究開発の現状」について講演。また、IRID 組合員である JAEA の鷲谷忠博氏 (燃料デブリ取扱・分析ディビジョン長) も、「燃料デブリの性状把握・計測に向けた研究状況」と題した講演を行った。

2017年 10月27日

[MIT・東工大革新的原子力システムに関するワークショップ] で IRID が講演

2017年10月26日~28日の3日間、マサチューセッツ工科大学 (アメリカ・ボストン) にて開催された MIT* - 東工大革新的原子力システムに関するワークショップで、奥住開発計画部長が「R&D activities for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Decommissioning」と題して、廃炉に関する研究開発状況のうちPCV 内部調査、燃料デブリ取り出し技術開発を中心に報告した (2)。
※MIT: MIT-Tokyo Tech Workshop on Innovative Nuclear Energy System

2018年 1月16日

新井副理事長講義 [近畿大学 工学部情報学科 廃炉ロボット概論]

新井副理事長が「福島第一廃炉技術とロボット」の題目で講義。講義では、1Fの事故当初から投入されたロボット、ロボットを使用した原子炉内部調査状況とそれに伴う課題、ロボット設計に対する考え方、廃炉までの長期的な人材育成について説明した (3)。

2019年 3月13日

奥住開発計画部長講演 [KISTEC 教育講座]

～廃炉の途上で along the way - 何を見、何をしていたか / 技術開発のいまとこれから～

奥住開発計画部長が「福島第一原子力発電所の「廃炉」の現状 - 「見えてきたもの」と取り組むべき課題・続報」と題して IRID の取り組みを紹介する講演を行った。3回目は震災後の1Fの厳しい環境で現場対応等にどのように取り組んだのか、燃料デブリ取り出しに向けた原子炉格納容器内部調査の進展や関連技術の開発状況、IRID の組合企業である日立グループの調査用ロボット等の技術開発、汚染水や放射性トリチウム対策の状況などについて解説した (4)。

2020年 9月29日

高守開発計画部長、日立 GE 岡田主任技師講義 [東北大学・軽水炉安全セミナー (原子炉廃止措置編)]

高守開発計画部長が「1Fの廃炉研究開発の現状と課題」と題し、IRID の概要、燃料デブリ調査状況、燃料デブリ取り出しに向けた技術開発と課題及び安全設計を中心に WEB 講演を行った。また、組合員である日立 GE ニュークリア・エナジー 岡田 聡主任技師から「廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の状況」と題し、開発したロボットの廃炉の現場への適用について WEB 講演を行った。

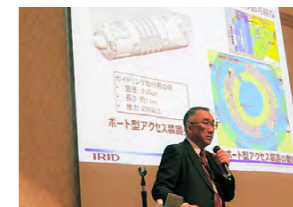
1 真剣に話を聞く生徒たち



2 マサチューセッツ工科大学前にて



3 新井副理事長が学生たちに講演



4 奥住開発計画部長の講演

資料編

IRID

組織概要

(2023年3月31日現在)

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)

組合本部所在地 〒105-0003
東京都港区西新橋2-23-1 3東洋海事ビル5階
電話番号: 03-6435-8601(代表)

設立年月日 2013年8月1日
技術研究組合法に基づき、経済産業大臣により設立認可

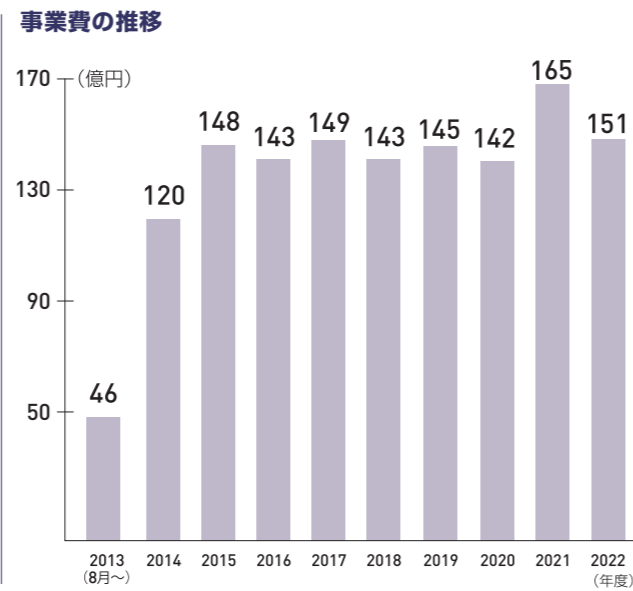
事業内容

- 廃止措置に関する研究開発
- 廃止措置に関する国際、国内関係機関との協力の推進
- 研究開発に関する人材育成

組合員(19法人) **国立研究開発法人:** 日本原子力研究開発機構、産業技術総合研究所
プラント・メーカー等: 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、東双みらいテクノロジー(株)
電力会社等: 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)

役員
理事長: 山内 豊明
副理事長: 新井 民夫
専務理事: 平家 明久
理事: 山本 俊二、有馬 博、上田 諭、関口 智嗣、谷口 優、舟木 健太郎、前川 雅俊、松本 純一
監事: 中西 昌夫

職員数 766名※(役員を除く)
※組合員法人において
当組合の研究に従事する者を含む



歴代理事長

山名 元
就任期間
2013年8月~2014年8月

劔田 裕史
就任期間
2014年8月~2017年6月

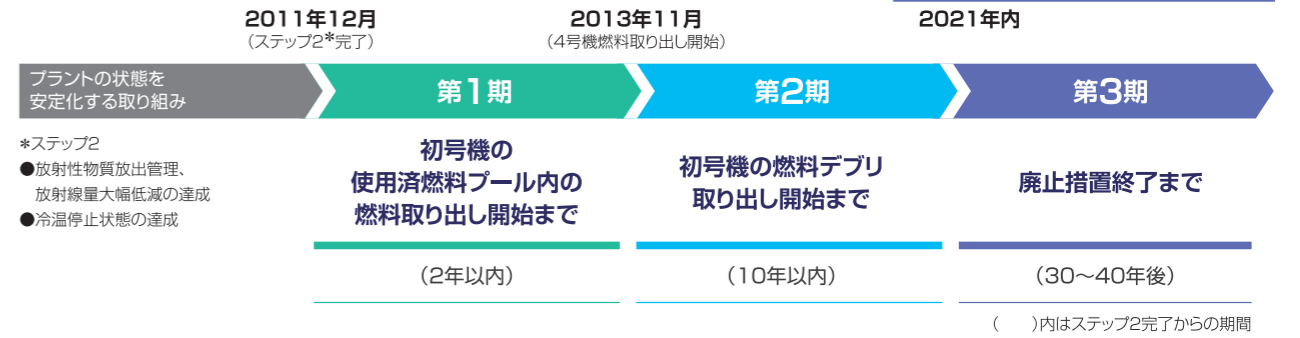
石橋 英雄
就任期間
2017年6月~2020年6月

山内 豊明
就任期間
2020年6月~現在に至る

中長期ロードマップの概要

福島第一原子力発電所の廃炉は、政府が決定する「東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ」(以降、中長期ロードマップ)に基づいて進められた。

【中長期ロードマップにおける期間区分】



これまでにIRIDは、中長期ロードマップの下、さまざまな研究開発に取り組んできた。その成果として、遠隔操作ロボットでの原子炉格納容器内部の調査や、宇宙線ミュオンを活用した原子炉内の透視などにより、原子炉内部の状況を視覚

的に確認することに成功した一方、乗り越えるべき技術的課題も明らかになった。
IRIDは今後もこの課題に挑戦し続け、初号機燃料デブリ取り出し開始に必要な技術の研究開発に全力を尽くしていく。

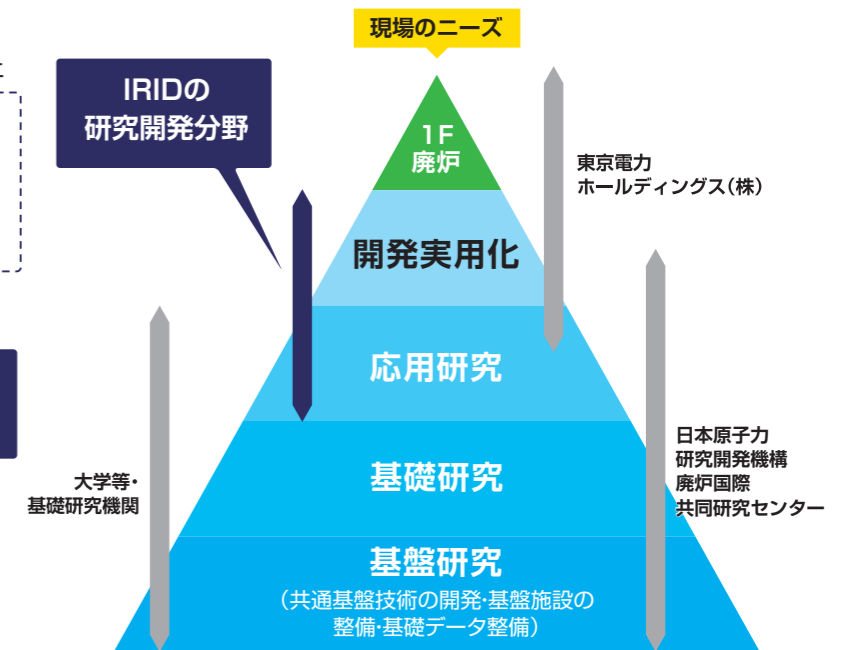
IRIDの研究開発スコープ

【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のR&D
担当分野

【研究開発の全体像】



NDF技術戦略プラン2022を参考に一部修正

[研究開発] 写真で見る IRID の歴史

| | | | |
|-------|-------------------------|---|--------------------|
| 2013年 | 8月 | 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID) 設立 初代理事長 山名元 就任 組合員 17法人の体制にて開始 | |
| | 3月 | 吸引・プラスト除染装置の実証試験を実施① | |
| 2014年 | 4月 | 低所除染装置 (ドライアイスプラスト除染装置) 実機検証を実施② 低所除染装置 (高圧水除染装置) 実機検証を実施 | |
| | 5月 | 圧力抑制室 (S/C) 上部調査装置を用いた 1号機圧力抑制室 (S/C) 上部調査を実施 (株)アトックスが加わり18法人体制に | |
| | 7月 | 初の「IRIDシンポジウム2014」開催 (第1回) (東京都内) 水中遊泳ロボットと床面走行ロボットを用いた2号機トラス室壁面調査を実施 | |
| | 8月 | 第2代理事長 剣田裕史 就任 | |
| | 9月 | 圧力抑制室 (S/C) 下部外面調査装置を用いた2号機圧力抑制室下部外面調査を実施 | |
| 2015年 | 2月~5月 | 5月~9月 | ミュオン透過技術を用いて1号機を観測 |
| | 4月 | ペDESTアル外側1階グレーチング上調査装置 (ピーモルフ1) を用いた1号機原子炉格納容器内部調査を実施 | |
| | 7月 | 「IRIDシンポジウム2015」開催 (福島県福島市) | |
| | 9月 | 日本ロボット学会 「第7回ロボット活用社会貢献賞」を受賞③ | |
| 12月 | 上部階用除染装置を開発 | | |
| 2016年 | 3月~7月 | ミュオン透過法技術を用いて2号機を観測④ | |
| | 4月 | JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター内に「実規模試験体」が完成 | |
| | 5月 | 3号機原子炉建屋1階にて高所除染装置 (ドライアイスプラスト装置) の実機検証を実施 | |
| 8月 | 「IRIDシンポジウム2016」開催 (都内) | | |
| 2017年 | 2月 | 1号機原子炉格納容器内部調査装置 (ピーモルフ2) の報道関係者への公開を実施 クローラ型遠隔操作調査ロボット (サンリ型ロボット) を用いた2号機原子炉格納容器内部調査を実施 | |
| | 3月 | ペDESTアル外地下階調査装置 (ピーモルフ2) を用いた1号機原子炉格納容器内部調査を実施⑤ | |
| | 5月~9月 | ミュオン透過法技術を用いて3号機を観測 | |
| | 6月 | 圧力抑制室 (S/C) 内充填止水技術の実規模試験の実施と報道関係者への公開を実施 3号機原子炉格納容器内部調査装置 (ミニマンボウ型ロボット) の報道関係者への公開を実施 第3代理事長 石橋英雄 就任 | |
| | 7月 | 水中遊泳型ロボット (ミニマンボウ型ロボット) を用いた3号機原子炉格納容器内部調査を実施⑥ 圧力抑制室 (S/C) 脚部補強技術の実規模試験の実施と報道関係者への公開を実施 | |
| | 8月 | 「IRIDシンポジウム2017」開催 (福島県いわき市) | |
| | 12月 | 2号機原子炉格納容器内部調査装置 (ガイドパイプとパンチルトカメラを使用したテレスコピック式調査装置) について報道関係者への公開を実施 | |



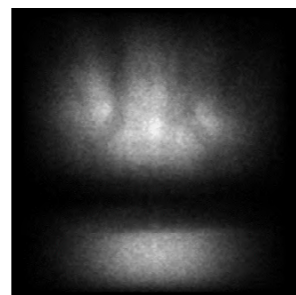
①吸引・プラスト除染装置



②低所除染装置



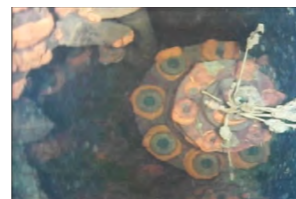
③ロボット活用社会貢献賞受賞



④ミュオン透過法で観測した2号機炉心

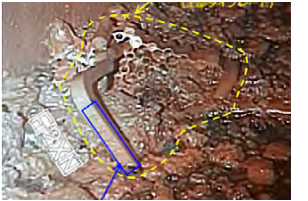


⑤ピーモルフ2で撮影した1号機ペDESTアル外地下1階

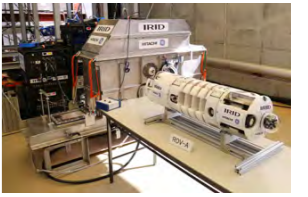


⑥ミニマンボウ型ロボットで撮影したRPV下部の制御棒駆動機構

| | | |
|-------|------------------------------|--|
| 2018年 | 1月 | テレスコピック式調査装置を用いた2号機原子炉格納容器内部調査を実施⑦ |
| | 8月 | 「IRIDシンポジウム2018」開催 (都内) (※学生による研究成果発表を開始) |
| 2019年 | 3月 | 1号機原子炉格納容器内部詳細調査用潜水機能付ポート型アクセス装置 (IRIDOLPHIN-A) の報道関係者への公開を実施⑧ |
| | 4月 | 燃料デブリの更なる取り出し規模の拡大に関する研究開発におけるロボットアームとアクセスレール方式の組み合わせ動作性確認試験の報道関係者への公開を実施 |
| | 8月 | 「IRIDシンポジウム2019」開催 (福島県いわき市) 2号機試験的燃料デブリ回収装置 (金プラシ方式) の報道関係者への公開を実施 |
| | 9月 | 日本ロボット学会 「第11回ロボット活用社会貢献賞」を受賞 |
| 2020年 | 6月 | 第4代理事長 山内豊明 就任 コロナウィルス感染症拡大による「IRIDシンポジウム2020」の開催中止を発表 |
| | 7月 | 2号機原子炉格納容器内部詳細調査アクセス・調査装置ならびに試験的燃料デブリ取り出し装置 (ロボットアームやエンクロージャ等) が日本 (神戸) へ到着 |
| 2021年 | 12月 | 「IRIDシンポジウム2021」開催 (福島県いわき市) ※初のオンライン (ハイブリッド) 開催 |
| | 1月 | 2号機原子炉格納容器内部詳細調査アクセス・調査装置ならびに試験的燃料デブリ取り出し装置 (ロボットアーム) のJAEA 櫛葉遠隔技術開発センターへ到着と報道関係者への公開を実施 |
| 2022年 | 2~6月 | 1号機原子炉格納容器内部詳細調査 (前半) を実施⑨ |
| | 7月 | 2号機原子炉格納容器内部詳細調査アクセス・調査装置ならびに試験的燃料デブリ取り出し装置 (ロボットアーム) の動作性確認試験について報道関係者への公開を実施⑩ |
| | 11月 | 東双みらいテクノロジー (株) が加わり、19法人体制に |
| 12~3月 | 1号機原子炉格納容器内部詳細調査 (後半) を実施 | |
| 12月 | 「IRIDシンポジウム2022」開催 (福島県いわき市) | |
| 2023年 | 4月 | 定款変更が認可 (存続期間に関する条文の削除) |



⑦テレスコピック式調査装置で撮影した2号機ペDESTアル底部



⑧公開した IRIDOLPHIN-A



⑨ IRIDOLPHIN-A で撮影した1号機ペDESTアル開口部内部



⑩公開したロボットアーム



パンフレット等

IRID

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|----|-------------|--|--|
| 1 | 2013年9月25日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：東京大学(東京都文京区) 主催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 燃料デブリ性状把握・事故解析、放射性廃棄物処理・処分等 |
| 2 | 2013年10月1日 | UK-Japan Nuclear Dialogue Decommissioning Workshop | Open solicitation for innovative concepts of alternative fuel debris retrieval |
| 3 | 2013年10月8日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：コラッセふくしま 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 燃料デブリ取出しに向けた遠隔操作等機器・装置開発、情報可視化 |
| 4 | 2013年11月1日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：大阪大学(大阪府吹田市) 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 燃料デブリ性状把握・事故解析、放射性廃棄物処理・処分等 |
| 5 | 2013年11月20日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：東北大学(宮城県仙台市) 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 燃料取り出し・廃炉に向けた格納容器・建屋の健全性 |
| 6 | 2013年11月26日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：東北大学(宮城県仙台市) 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 燃料デブリ取り出しに向けた遠隔操作機器・装置開発 |
| 7 | 2013年12月20日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：神戸国際会議場 | 燃料デブリ取り出しに向けた遠隔操作機器・装置開発 |
| 8 | 2013年12月25日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：福井大学(福井県福井市) 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 材料・構造の長期健全性、遠隔技術、燃料デブリの特性把握・臨界管理等 |
| 9 | 2014年1月8日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：名古屋大学(愛知県名古屋市) 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 材料・構造の長期健全性および遠隔技術等、重要6項目に係る研究開発 |
| 10 | 2014年1月22日 | 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関する ワークショップ 場所：茨城大学(茨城県水戸市) 共催：文部科学省、国際廃炉研究開発機構(IRID) | 日本原子力研究開発機構における廃炉関係研究の現状と基礎基盤研究の課題の概要 ●放射性物質分析・研究施設の機能概要とその要件 ●総合討議(基盤研究と廃止措置技術開発との連携) |
| 11 | 2014年1月27日 | Civil Nuclear Export Showcase 2014 Market Briefings & Seminars | Organization Outline & Present Activities of International Research Institute for Nuclear Decommissioning (IRID) |
| 12 | 2014年2月19日 | JAPAN - U.S. DECOMMISSIONING AND REMEDIATION FUKUSHIMA RECOVERY FORUM | Organization Outline & Present Activities of International Research Institute for Nuclear Decommissioning (IRID) |
| 13 | 2014年3月6日 | WM2014 | Fukushima-Three Years On Radioactive Waste at Fukushima Daiichi NPS |
| 14 | 2014年3月7日 | 日本記者クラブ | 福島第一原子力発電所の廃止措置と国際廃炉研究開発機構(IRID) |
| 15 | 2014年3月11日 | RIC2014 | Organization Outline & Present Activities of International Research Institute for Nuclear Decommissioning (IRID) |
| 16 | 2014年3月14日 | 日本化学繊維協会 | 福島での復興の現状と技術 |
| 17 | 2014年4月18日 | 原子力の仕事をする女性たち(WiN-Japan) 総会・年次大会 | 国際廃炉研究開発機構(IRID)のご紹介 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|----|---------------|--|---|
| 18 | 2014年4月29日 | レイク・バレット氏特別講演会 主催：電気新聞 後援：IRID | スリーマイルアイランド原子力発電所事故の状況、クリーンアップ及び教訓 |
| 19 | 2014年5月14日 | 日本原子力学会中部支部 支部大会・総会 | 技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)の概要と活動状況 |
| 20 | 2014年5月17日 | 23rd International Conference on Nuclear Engineering (ICONE23) | 1) The thermal-hydraulic behavior of seawater in an internally heated annulus 2) Mechanical properties of fuel debris for defueling toward the decommissioning 3) A study of treatment scenarios for fuel debris removed from Fukushima Daiichi NPS 4) Development of numerical simulation for jet breakup behavior in complicated structure of BWR lower plenum (6)Influence of the simulant molten fuel properties on jet breakup phenomenon in multi-channels |
| 21 | 2014年5月20日 | 原子力システム研究懇話会 主催：日本原子力産業協会 | 原発の廃止措置の状況 |
| 22 | 2014年5月28日 | 福島県郡山市異業種交流会(MBA21)5月例会 | 投稿：廃炉技術開発に全力 |
| 23 | 2014年6月20日 | 在日EU代表部 | Organization Outline & Present Activities of International Research Institute for Nuclear Decommissioning (IRID) |
| 24 | 2014年7月4日 | 原子力学会 核燃料部会 一水化学部会一材料部会合同勉強会 | 取り出し使用済燃料における核分裂生成物及びガレキ中海水成分の水の中への溶解挙動(アウトライン) |
| 25 | 2014年7月8日 | ICONE-22 | R&D Projects on Decommissioning of Fukushima Daiichi -Current Status and Future Plan- |
| 26 | 2014年7月18日 | IRIDシンポジウム2014 in 東京 「[「廃炉への道」を切り拓く] 場所：イノホール(千代田区内幸町) | 1) 米国スリーマイル島原子力発電所での経験とIRIDへの期待(日英同時通訳) 2) IRIDの概要と活動状況 3) 燃料デブリ取り出し準備に係る研究開発 4) 放射性廃棄物の処理・処分に係る研究開発 |
| 27 | 2014年7月22日 | デコミッションング研究会 (2014年度第4回研究会) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)の技術研究について |
| 28 | 2014年7月24日 | 日本保全学会 第11回学術講演会 | 保全技術で福島第一原子力発電所復興を支援 |
| 29 | 2014年7月24日 | 廃炉事業協議会(郡山)設立記念 廃炉への道 事業研究会 | 福島第一原子力発電所廃炉への展望 一口ボット技術を中心に廃炉技術開発の課題一 |
| 30 | 2014年8月6日 | 原子力学会 第30回「バックエンド」夏期セミナー | 東京電力福島第一原子力発電所廃止措置に伴う放射性廃棄物処理・処分について 一廃止措置に伴う放射性廃棄物の処理・処分に對する取り組み一 |
| 31 | 2014年8月22日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 | 燃料デブリの臨界管理技術の開発 8)中性子吸収材の開発(2) |
| 32 | 2014年9月8日~10日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 | 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (6)基礎データ取得1階南側エリア等調査 |
| 33 | 2014年9月8日~10日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 | 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (2)実機実証試験 高圧水ジェット除染 |
| 34 | 2014年9月8~10日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 | 東京電力福島第一原子力発電所炉内状況把握の解析・評価 (33) 溶融炉心(デブリ) 拡がり挙動解析 |
| 35 | 2014年9月8~10日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 | 東京電力福島第一原子力発電所炉内状況把握の解析・評価 (34) MCCI解析における化学反応モデルの高度化 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|----|---------------|---|--|
| 36 | 2014年9月8～10日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 | <ul style="list-style-type: none"> ● 過酷事故解析コードMAAPによる炉内状況把握に関する研究 (6) 全体状況 (7) 解析モデルの高度化状況 (8) 改良MAAPによる1号機事故進展解析 (9) 改良MAAPによる2/3号事故進展解析 ※ 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (1) 全体計画と25年度成果の概要 (2) 実機実証試験 高圧水ジェット除染 (3) 実機実証試験 ドライアイスプラスト除染 (4) 実機実証試験 吸引・プラスト除染 (5) 基礎データ取得 1階高所調査、2号オベフロ表面汚染調査・表面観察 (6) 基礎データ取得 1階南側エリア等調査 (7) 基礎データ取得 1号1階南側エリア・2号オベフロ コンクリートサンプル採取 |
| 37 | 2014年9月10日 | 日本原子力学会 2014年秋の大会 場所：京都大学(京都市左京区) | <p>[IRIDにおける福島第一原子力発電所廃炉に関わる技術開発]</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. IRIDの概要(全体概要) 2. 除染、格納容器調査、補修に関わる技術開発 3. デブリ性状把握に係わる技術開発 4. 燃料デブリの調査、取り出しに関わる技術開発 5. 放射性廃棄物の処理・処分に関わる技術開発 |
| 38 | 2014年9月14～15日 | [国際会議] 2014 Water Reactor Fuel Performance Meeting (WRFPM2014) 場所：宮城県仙台市 | <ol style="list-style-type: none"> 1) Evaluation of the Effect of Water Condition Change on Long Term Integrity of Fuel Assemblies in Fukushima Daiichi NPPs Common Pool 2) Criticality Control Technique Development for Fukushima Daiichi Fuel Debris |
| 39 | 2014年9月14～15日 | WRFPM2014 Water Reactor Fuel Performance Meeting 場所：宮城県仙台市 | Research and Development Programs for Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 40 | 2014年10月9日 | 第9回 高崎量子応用研究シンポジウム 場所：高崎シティギャラリー | 福島第一原子力発電所の汚染水処理から発生したスラッジを対象とした無機固化試料の耐放射線性の評価 |
| 41 | 2014年10月27日 | NuMAT 2014 (The Nuclear Materials Conference) | Chemical form estimation of in-vessel fuel debris by thermodynamic calculation with melt progression analysis |
| 42 | 2014年10月29日 | 第4回「NEXT30」研究会 場所：東海大学校友会館「東海の間」(霞が関) | 福島第一原子力発電所の廃炉への道程とロボット技術・ICT最新情報 |
| 43 | 2014年10月31日 | DARPA | Robot Technology for Nuclear Decommissioning of Fukushima Daiichi NPS |
| 44 | 2014年11月2日 | [国際会議] ICMST-Kobe2014 | 廃炉に用いられるロボット技術の開発 Development of robot technology used for decommissioning |
| 45 | 2014年11月2日 | [国際学会] The second International Conference on Maintenance Science and Technology (ICMST2014) | Inventory estimation of Cs in radioactive wastes generated from contaminated water treatment system in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 46 | 2014年11月20日 | 第5回 レーザー共同研究所成果報告会 | 原子力機構における福島第一原子力発電所の廃止措置に関する研究開発の概要 |
| 47 | 2014年11月25日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム」に関するワークショップ 場所：東京工業大学(東京都目黒区) | 講演：廃炉研究開発の状況と今後の課題 パネル討論：廃炉人材育成の拠点化をより深化させるための手段・方法 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|----|-------------|---|---|
| 48 | 2014年11月26日 | 腐食防食学会 2014年度秋期講演大会 第61回 材料と環境討論会 | <ul style="list-style-type: none"> ● 原子炉注水配管及びノズルを対象としたガルバニック腐食解析 ● 流水環境下における注水配管材料の腐食挙動 ● 希釈人工海水中におけるPCV材料の腐食挙動と塗装劣化による腐食影響評価 ● 希釈人工海水中におけるPCV材料の腐食に及ぼす各種アニオンの影響評価(1) ● 希釈人工海水中におけるPCV材料の腐食に及ぼす各種アニオンの影響評価(2) |
| 49 | 2014年11月28日 | 2014年度放射性廃棄物管理専門研究会 第6回原子力デコミヨニング研究会 場所：京都大学 原子炉実験所 | 日本原子力研究開発機構(IRID)の福島への取り組み—福島第一原子力発電所事故廃棄物の処理・処分対策に関する取り組み— |
| 50 | 2014年12月5日 | いわき経済同友会 12月公開例会 | 国際廃炉研究開発機構・活動ご紹介 —ロボット技術研究開発など— |
| 51 | 2014年12月8日 | 出前授業 場所：小山工業高等専門学校(栃木県小山市) | 東京電力福島第一原子力発電所廃炉作業におけるロボットの活用 |
| 52 | 2014年12月11日 | 東京電力福島第一原子力発電所での放射線被ばく管理等に関するワークショップ | 燃料デブリ取り出し等に向けた汚染状況調査、遠隔除染装置の開発等 |
| 53 | 2014年12月11日 | 廃止措置等基礎研究・人材育成プログラム 第1回 東京大学人材育成セミナー 場所：東京大学(東京都文京区) | 事故廃棄物の処理処分にに向けた放射能分析 |
| 54 | 2015年1月12日 | REIMEI Workshop: International Workshop on Specific Behavior of Anthropogenic Radionuclides at Solid Solution Interface: Implication for Migration and Remediation | Current Situation of Radionuclides Analysis on Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 55 | 2015年1月15日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム」に関するワークショップ 場所：東北大学(宮城県仙台市) | 講演：東北大廃炉研究課題分野において今後必要となる具体的課題(ニーズ) パネル討論：人材育成の拠点化をより深化させるための手段・方法 |
| 56 | 2015年1月25日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム」に関するワークショップ 場所：福井大学(福井県福井市) | 講演：将来(数年後以降目途)廃炉に要望される課題(ニーズ)—福井大学FS廃炉研究分野における期待— パネル討論：廃炉人材育成の具体化・促進方策—福井大学の特徴を生かした廃炉人材育成のありかた— |
| 57 | 2015年1月27日 | 原子力機構福島部門報告会 | <ol style="list-style-type: none"> 1) 海水及び放射線の影響を受けた燃料集合体の保管や処理に向けて—燃料集合体材料の健全性評価、プール内燃料等の処理検討— 2) 長期間の安定保管・処分への取り組み 3) 炉内でおきたことを実験・計算により評価する(2) 4) 燃料デブリの取り出しとその後の取り組み—燃料デブリの取り出しに向けた研究開発の方針と成果反映先— |
| 58 | 2015年2月12日 | 廃炉レビューミッション打合せ(IAEA) | 平成25年度 廃炉・汚染水対策事業費補助金(事故廃棄物処理・処分技術の開発)中間報告 |
| 59 | 2015年2月12日 | 日本原子力研究開発機構 2014年度 福島研究開発部門 成果報告会 | 研究開発成果報告会～廃止措置への取組～ |
| 60 | 2015年2月13日 | 中部原子力懇談会エネルギー環境専門部会 場所：名古屋商工会議所5階D会議室 | 福島第一原子力発電所の廃止措置と国際廃炉研究開発機構(IRID) |
| 61 | 2015年2月19日 | IEM-8, International Experts' meeting on Strengthening Research and development Effectiveness in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant | Preparation and characterization of simulated fuel debris specific to the Fukushima accident |
| 62 | 2015年2月26日 | 土木学会建設用ロボット委員会 ロボット談話会 | 原子力発電所の廃炉に関連するロボット技術について |
| 63 | 2015年3月2日 | 第4回 会津大学産学連携フォーラム 場所：会津大学産学イノベーションセンター | <ol style="list-style-type: none"> 1) 東京電力福島第一原子力発電所廃炉作業におけるロボットの活用 2) 廃炉作業に伴うロボット技術の開発状況～日立グループの取り組み紹介～ |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|----|------------|--|--|
| 64 | 2015年3月2日 | アイダホ国立研究所 (INL) との打合せ | JAPAN National Project "The development of technologies for packaging, transferring and storage of fuel debris" |
| 65 | 2015年3月6日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム」に関するワークショップ 場所：地盤工学会 | 講演：将来(数年後以降目途) 廃炉に要望される課題(ニーズ) - 地盤工学会 FS 廃炉研究分野における期待 - パネル討論：廃炉に係る地盤工学・土木工学分野の人材育成 |
| 66 | 2015年3月12日 | PWR 燃料の高度化に関する調査委員会 | 燃料とB ₄ C制御棒の溶融固化物の性状 |
| 67 | 2015年3月12日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム」に関するワークショップ 場所：東京大学(東京都文京区) | 講演：東京大学廃炉研究課題分野において今後必要となる具体的課題(ニーズ) パネル討論：人材育成の拠点化をより深化・広範化させるための手段・方法 |
| 68 | 2015年3月15日 | Nuclear Waste Management Conference WM2015 | ●平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術開発費補助金(格納容器漏えい箇所特定技術・補修技術の開発)での小部屋埋設構築試験状況 ●平成25年度廃炉・汚染水対策事業費補助金(原子炉格納容器内部調査技術の開発)での形状変化型ロボットの試験状況 ●平成23年度発電用原子炉等事故対応関連技術開発補助金(原子炉建屋内の除染作業)により開発したウォータージェットをもちいた低所除染装置の実証試験状況を映した映像 ●平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術開発費補助金(格納容器漏えい箇所特定・補修技術の開発)により開発したPCV調査ロボットの試験状況を映した映像 |
| 69 | 2015年3月20日 | 日本原子力学会 2015年春の年会 水科学部会・バックエンド部会・合同企画セッション | 1) 第一原子力発電所 汚染滞留水処理の現状と今後の課題 2) 燃料とB ₄ C制御棒の溶融固化物の性状 |
| 70 | 2015年3月20日 | 日本原子力学会 2015年春の年会 | 1) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (1) 除染装置の開発：3Dデータとカメラ画像による除染位置の計測 2) 再処理機器の腐食に及ぼす海水成分の影響評価 (3) 高放射性廃液貯槽材料の腐食評価 3) 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 (2) 基礎データ取得：1号機1階南側床コンクリートサンプル分析 4) 廃ゼロライトの長期保管方策の検討 (7) SARRY 吸着塔の実機流量塩分洗浄試験 5) 福島第一事故廃棄物のインベントリ評価手法の開発 (2) 滞留水への核種の移行 6) 福島第一原子力発電所構内で採取し立木に対する放射化学分析 7) 福島第一原子力発電所破損燃料の溶解法の検討 (2) TMI-2デブリの溶解試験 8) 模擬MCCI生成物の調製と性状評価 (2) コンクリートとの界面付近の性状 9) 模擬MCCI生成物の調製と性状評価 (1) アーク溶解に溶融固化試料中の生成相と微小硬さ 10) ロボット技術の活用 福島第一原子力発電所の廃止措置へ向けたロボット開発 11) (4) 汚染水処理二次廃棄物の現状と処理処分に向けた取り組み |
| 71 | 2015年3月24日 | 廃炉・汚染水対策チーム会合 第16回 事務局会議 | 福島第一原子力発電所内で採取した建屋内瓦礫、立木、落葉及び土壌の放射能分析 |
| 72 | 2015年4月9日 | 第2回 日米廃炉・除染 福島復興フォーラム 場所：日本貿易振興機構(JETRO) | 福島第一原子力発電所内の燃料デブリの回収に関する研究活動 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|----|---------------|---|---|
| 73 | 2015年4月17日 | 第56回 放射線科学研究会 主催：大阪ニュークリアサイエンス協会 | 宇宙線ミュオンを応用した燃料棒集合体透視 |
| 74 | 2015年4月17日 | 日本原子力学会北関東支部 若手研究者発表会 | 炉心溶融物とコンクリートの界面での生成反応物 |
| 75 | 2015年4月21日 | 日独シンポジウム 「原子力施設廃止措置のための技術と教育」 場所：ナレッジキャピタル コングレコンベンションセンター(大阪市) | 1) 福島第一原子力発電所の廃炉のためのロボット技術 Robot Technology for Nuclear Decommissioning of Fukushima Daiichi NPS 2) R&D on Treatment and Disposal of Radioactive Waste resulting from Accident at Fukushima Daiichi NPS |
| 76 | 2015年5月3日 | 2015 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2015) | Improvement of Molten Core-Concrete Interaction Model of the Debris Spreading Analysis Module in the SAMPSON Code |
| 77 | 2015年5月18日 | 第23回 原子力工学国際会議(ICONE23) | 福島第一原子力発電所廃炉技術の研究開発の現状 |
| 78 | 2015年5月19日 | 第23回 原子力工学国際会議(ICONE23) | Fukushima Daiichi Muon Imaging |
| 79 | 2015年5月19日 | 第11回 非破壊検査国際会議 | Fukushima Daiichi Muon Imaging |
| 80 | 2015年5月20日 | 第15回 陸側遮水壁タスクフォース | 1号機タービン建屋地下階ヒータールームにおける表面汚染密度・ダスト濃度測定結果 |
| 81 | 2015年5月25日 | The 5th International Conference on the Chemistry and Physics of the Transactinide Elements | Current Status and JAEA's Challenges for Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Stations (福島第一原子力発電所の現状と復旧に向けた取り組みのトピックス及びJAEAの研究開発の取り組みの概要) |
| 82 | 2015年5月28日 | J-ACTINET勉強会 | 福島第一原子力発電所事故に特有な燃料デブリの性状把握研究 |
| 83 | 2015年5月29日 | デコミッショニング技法 51号 発行者：公益財団法人 原子力バックエンド推進センター | 福島第一原子力発電所の環境改善活動と技術開発 |
| 84 | 2015年6月9日 | 日本電機工業会 原子力業務委員会 | 福島第一原子力発電所の廃炉作業ロボットの最新の技術開発の現状と今後の動向について |
| 85 | 2015年6月14日 | EPRI D&D Workshop and International Low-level Waste Conference and Exhibition | Fukushima Inspection Manipulator (FIM) |
| 86 | 2015年6月17日 | 福島第一原子力発電所 | 福島第一原子力発電所における 燃料デブリ取り出しの研究開発 |
| 87 | 2015年7月9日 | 原子力学会第3回 合同夏期セミナー | 福島第一原子力発電所の現状と廃炉に向けた研究開発 |
| 88 | 2015年7月13~15日 | 日本保全学会 第12回 学術講演会 場所：日立シビックセンター(茨城県日立市) | 1) シビアアクシデントコードMAAPの改良と事故解析 2) 燃料デブリの特性に関する研究概要 3) 福島第一ミュオン透過法による原子炉調査 4) 原子炉格納容器内部調査装置の開発及び実証～形状変化型ロボット～ 5) 吸引・プラスト除染の実機実証試験 6) 低所用ドライアイスプラスト除染装置の開発 |
| 89 | 2015年7月16日 | RADIEX2015 場所：科学技術館 展示ホール(東京都千代田区) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における廃炉関連技術の研究開発状況 |
| 90 | 2015年7月23日 | IRIDシンポジウム2015 in 福島 「「廃炉への道」を切り拓く」 場所：コラッセふくしま 多目的ホール(福島県福島市三河南町) | 1) IRID概要説明 2) 廃炉に向けた研究開発 |
| 91 | 2015年8月3日 | 大洗夏の学校 | 福島第一原子力発電所の現状と廃炉に向けた研究開発 |
| 92 | 2015年9月3~5日 | 第33回 日本ロボット学会 学術講演会 オープンフォーラム企画「廃炉に向けた日本原子力学会との連携と課題」 場所：東京電機大学(東京都足立区) | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|---|--|
| 93 | 2015年9月11日 | 日本原子力学会 2015年秋の大会 「福島第一原子力発電所の中長期戦略と研究開発」 | 1) 国際廃炉研究開発機構 (IRID) における廃炉関連技術の研究開発状況 2) 福島第一原子力発電所事故廃棄物の処理・処分研究開発状況 3) 燃料デブリの性状把握 4) 原子炉圧力容器/格納容器の健全性 5) 廃炉関連ロボットの開発 |
| 94 | 2015年9月28日 | 東北大学「原子炉廃止措置工学概論」 | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 |
| 95 | 2015年10月2日 | IEEE/RSJ IROS 2015 「第2回原子力施設におけるロボット技術および自動化に関するワークショップ」 場所: コンgressセンター(ドイツ・ハンブルク) 主催: IEEE ロボット技術と自動化部門 原子力施設におけるロボット技術委員会 | Robot Technology for Nuclear Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station ※米、仏、英、伊、スイス、日の6カ国14件の講演 |
| 96 | 2015年10月2日 | レーザー学会 学術講演会第36回年次大会 | 福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出しへのレーザー利用 |
| 97 | 2015年10月17日 | 第58回 放射線計測研究会 | 宇宙線ミュオンを利用した原子炉内可視化技術の開発 |
| 98 | 2015年10月19日 | PNNLとのワークショップ | The Development of Technologies for Collecting, Transferring and Storing of Fuel Debris |
| 99 | 2015年11月3日 | ロボットフェスタふくしま2015 場所: ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | パネル展示、ロボットデモ |
| 100 | 2015年11月14~15日 | サイエンスアゴラ2015 場所: 東京・お台場地域 主催: 国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 |
| 101 | 2015年11月26日 | 東京都市大学原子力安全工学科 特別講義3「廃炉工学」 | 廃炉におけるメカトロニクス |
| 102 | 2015年12月1日 | 第5回世界工学会議 WECC2015 場所: 京都国立京都国際会館(京都市左京区) 主催: 日本学術会議、公益社団法人 日本工学会、世界工学団体連盟 (WFEO)、国際連合教育科学文化機関 (UNESCO) | Research and Development Programs for Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 103 | 2015年12月2~5日 | 2015国際ロボット展 場所: 東京ビッグサイト 東ホール(東京都江東区) 主催: 一般社団法人日本ロボット工業会、日刊工業新聞社 | 除染ロボットを展示・紹介 |
| 104 | 2015年12月4日 | 特定原子力施設放射性廃棄物規制検討会 | 1) 瓦礫等および水処理二次廃棄物の分析状況 2) HIC 上のたまり水発生の原因と対策の検討・実施状況 |
| 105 | 2015年12月4日 | 第8回講演会 主催: 一般財団法人日本クリーン環境推進機構 (JCEP) | ロボット技術が切り拓く原子力最前線~福島第一原子力発電所廃炉に向けたロボット開発~ |
| 106 | 2015年12月22日 | 第9回 原子力道場 原子力基礎教育シリーズ・セミナー | 福島第一原子力発電所の廃止措置への日立グループの取り組み |
| 107 | 2016年2月3日 | Internal Workshop on the Use of Robotic Technologies at Nuclear Facilities ロボット工学の利用及びその原子力施設への適用に関する国際ワークショップ 場所: National Institute of Standards and Technology Green Auditorium, Gaithersburg, MD, USA 主催: NIST、NRC | 講演: R&D on Robots for the Decommissioning of Fukushima Daiichi NPS パネル討論 「福島第一での実践、得られた教訓、ロボットの挑戦」 |
| 108 | 2016年2月9日 | 筑波大学とのスモールワークショップの開催 場所: 筑波大学(東京都文京区) | 1) 福島第一の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 2) 福島第一原子力発電所におけるPCV内部調査の状況について |
| 109 | 2016年2月12日 | 特定原子力施設放射性廃棄物規制検討会(第2回) | 福島第一原子力発電所事故廃棄物の分析能力について |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|---|--|
| 110 | 2016年2月16日 | 原子力産業協会 原子力システム研究懇話会 第253回 定例懇談会 | 1) 宇宙線ミュオンを利用した原子炉内部調査(原子炉の透視) 2) ロボット等を活用した1F事故の内部調査・研究開発の状況 「PCV内部調査の状況について」 |
| 111 | 2016年2月24日 | 第3回 日米廃炉・除染 福島復興フォーラム 場所: 日本貿易振興機構 (JETRO) | R&D Activities at IRID |
| 112 | 2016年2月26日 | 2016年度第3回 原環センター講演会 | 福島第一原子力発電所事故廃棄物の処理・処分技術開発の概要 |
| 113 | 2016年2月29日 | 芝浦工業大学との産学連携交流会の開催 場所: 芝浦工業大学 豊洲キャンパス405教室(東京都江東区) | 1) 「原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発」上部階除染装置の開発 2) 福島第一原子力発電所の環境改善活動と技術開発 |
| 114 | 2016年3月1日 | IFE 国際核融合フォーラム 主催: 公益財団法人・レーザー技術総合研究所 | ミュオン散乱法の原子炉/核セキュリティ応用 |
| 115 | 2016年3月3日 | 地盤工学会幹事会 | 福島第一の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 |
| 116 | 2016年3月3日 | 日本物理学会 2016年春季大会 | シンチレーター検出器を用いた水平方向から飛来した宇宙線ミュオンの測定 |
| 117 | 2016年3月7日 | 日本フルードパワー工学会 技術講演会 | 廃炉に向けたロボット開発 |
| 118 | 2016年3月11日 | 第9回学生研究発表特別講演会 主催: 日本原子力学会関東・甲越支部 | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 |
| 119 | 2016年3月14日 | 原子力規制委員会HP | 廃棄物の保管及び処理・処分のための計測・分析について |
| 120 | 2016年3月15~16日 | 英国 Sellafield Ltd 及び Magnox Ltd に対するブレゼン、関連技術に関する意見交換 | Status of Dehydration Study regarding Slurry Generated from Multi Nuclide Removal Facility |
| 121 | 2016年3月16日 | 2016年 電気学会全国大会 シンポジウム | S11 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた原子力技術の現状と動向 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現地適用の状況 |
| 122 | 2016年3月16日 | 第1回 次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス 場所: 東北大学 青葉記念会館(仙台市青葉区) | IRIDにおける廃炉技術研究開発の現状 |
| 123 | 2016年3月18日 | 原子力規制委員会HP | 廃棄物の保管のための計測及び処理・処分のための分析について |
| 124 | 2016年3月23日 | NDF International Special Advisors (ISA) | Current Status of Decommissioning Technology R&D |
| 125 | 2016年3月25日 | 中性子産業利用推進協議会の季報「四季 vol.30」(2016年春号) | ミュオン散乱法 |
| 126 | 2016年3月26日 | 日本原子力学会 2016年春の年会 | 廃ゼオライトの長期保管方策の検討 (10) SARRY 吸着塔のセシウム吸着分布試験 |
| 127 | 2016年3月26日 | 日本原子力学会 2016年春の年会 | 廃ゼオライトの長期保管方策の検討 (11) ゼオライトの保水性能評価 |
| 128 | 2016年3月26日 | 日本原子力学会 2016年春の年会 | 福島第一原子力発電所の事故に伴う水処理二次廃棄物の性状調査 (3) 多核種除去設備スラリーの性状分析 |
| 129 | 2016年3月26日 | 日本原子力学会 2016年春の年会 | 多核種除去設備から発生した炭酸塩スラリーの放射線分解による水素発生 |
| 130 | 2016年3月26日 | 日本原子力学会 2016年春の年会 | MEISrII |
| 131 | 2016年3月27日 | 日本原子力学会 2016年春の年会 | 福島第一原子力発電所炉内状況把握の解析・評価 (70) MCC1 解析における浸食コンクリート移流拡散モデルの開発 |
| 132 | 2016年3月30日 | [国際会議] 4th Asian Nuclear Power Briefing 2016 | BWR Safety Strategy |
| 133 | 2016年3月31日 | 廃炉・汚染水対策チーム会合/ 事務局会議(第28回) | 汚染水処理二次廃棄物の放射能評価のための水処理設備出入口水の分析 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|--|--|
| 134 | 2016年4月10～11日 | 第1回 福島第一廃炉国際フォーラム 場所：スパリゾートハワイアンズ(福島県) | IRIDにおける燃料デブリ取り出し技術の開発 |
| 135 | 2016年4月14日 | 京都大学「原子力プラント工学」講義 | 福島第一原子力発電所の現状と復興への取り組み |
| 136 | 2016年4月22日 | 2016年原子炉廃止措置工学特論 場所：東京工業大学(東京都目黒区) | 燃料デブリの存在状態と取り出し技術 |
| 137 | 2016年4月28日 | 廃炉・汚染水対策チーム会合/ 事務局会議(第29回) | 福島第一原子力発電所構内で採取した瓦礫の分析 |
| 138 | 2016年5月23日 | [国際会議] IAEA廃止措置・環境修復国際会議 場所：スペイン マドリッド | 発表 「Robot Challenges for Nuclear Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station」 パネル発表 |
| 139 | 2016年5月25日 | 英国Sellafield Ltd との廃炉に係る技術調査、意見交換 | JAPAN National Project The Development of Technologies for Criticality Control in Fuel Debris Retrieval |
| 140 | 2016年6月3日 | 日本原子力学会 水化学部会定例研究会 | 福島廃棄物処理の取り組みについて |
| 141 | 2016年6月7日 | 2016年度非破壊検査総合シンポジウム | 「RT部門」 「原理事故に対応した放射線による計測と可視化技術」 環境放射線モニタ用ピンホール型ガンマカメラの開発 |
| 142 | 2016年6月20日 | 第26回鉄道総研技術士会/日立技術士会合同シンポジウム | 環境放射線モニタ用ピンホール型ガンマカメラの開発 |
| 143 | 2016年6月20日 | 日本原子力学会 安全部会 | 「福島第一原子力発電所の今後のリスク要因とその防護策」の総合討論にパネラー参加 |
| 144 | 2016年6月22日 | 東北大学「原子力廃止措置事業」専門家会議 | IRIDにおける燃料デブリ取り出し技術の開発 |
| 145 | 2016年6月26日 | IOCNE24 (24th International Conference on Nuclear Engineering) | In plant 3D positioning system using point cloud data for remote decontamination machine |
| 146 | 2016年7月4日 | 原子力学会 核燃料部会/水化学部会/材料部会合同勉強会 | 取り出し使用済燃料における核分裂生成物及びガレキ中海水成分の水中への溶解挙動(アウトライン) |
| 147 | 2016年7月8日 | 環境・エネルギー工学専攻 先端特別講義 場所：大阪大学(大阪府吹田市) | 福島第一原子力発電所 溶融燃料の状況把握と臨界管理 |
| 148 | 2016年7月15日 | 日本原子力学会 燃料デブリ専門委員会 | IRIDにおける燃料デブリ取り出し技術の開発 |
| 149 | 2016年7月22日 | 原子力放射線部会 | 福島廃炉に伴う廃棄物の研究開発の状況と課題 |
| 150 | 2016年7月25～27日 | 日本保全学会 学術講演会 | 1) 福島第一原発事故廃棄物の処理・処分技術 2) 福島廃炉に向けた燃料取出しのための技術開発 |
| 151 | 2016年8月1日 | 大洗原子力夏の学校 場所：千代田テクノ大洗大貫台事業所会場 | 福島第一原子力発電所の現状と廃炉に向けた研究開発 |
| 152 | 2016年8月4日 | IRIDシンポジウム in 東京 「廃炉の未来を担う」 場所：東京大学武田先端ビル 武田ホール(東京都文京区) | 1) IRIDが取り組む研究開発の概要 2) ロボットが担う廃炉技術～君に期待すること～ |
| 153 | 2016年9月3日 | 日本ロボット学会・日本原子力学会 廃炉のためのロボット技術コンペに向けたシンポジウム | IRIDで開発されたロボットおよびその技術の紹介 |
| 154 | 2016年9月7日 | 日本原子力学会 2016年秋の大会 場所：久留米シティプラザ(福岡県久留米市) | 燃料デブリ取り出しに係る臨界管理方針、臨界挙動評価、臨界近接モニタ、非溶解性中性子吸収材 |
| 155 | 2016年9月9日 | 原子力学会 2016年秋の大会 場所：久留米シティプラザ(福岡県久留米市) | 委員会セッション「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」活動報告 |
| 156 | 2016年9月11日 | EUROCORR2016 | Corrosion behavior of SUS316L in nitric acid solution containing seawater components -Effect of metal ions in high active liquid waste- |
| 157 | 2016年9月15日 | 2016年度 原子炉廃止措置工学概論/特論 場所：東北大学(宮城県仙台市) | IRIDが取り組む研究開発の概要 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|---|--|
| 158 | 2016年9月16日 | 神奈川版オープンイノベーション交流 | オープンイノベーション交流会 技術交流パネル展示資料 |
| 159 | 2016年9月17日 | 2016年度 原子炉廃止措置工学概論/特論 | 燃料デブリの特性把握と処理について |
| 160 | 2016年9月20日 | ISTP(The 27th International Symposium on Transport Phenomena) | 配管閉止補助のための流体構造連成解析 |
| 161 | 2016年9月20日 | 廃炉地盤工学委員会 | 講演「IRIDの研究開発の概要」 説明「ベント管止水とS/C内充填止水の概要と課題」 説明「S/C脚部補強技術の開発概要」 |
| 162 | 2016年9月21日 | 7th International Scientific and Practical Conference | Characterization of fuel debris by large-scale simulated debris examination at NNC Kazakhstan for Fukushima Daiichi nuclear power stations |
| 163 | 2016年9月26日 | スモールワークショップ 場所：芝浦工業大学(東京都江東区) | 1) IRIDが取り組む研究開発の概要 2) 福島第一原子力発電所廃炉作業におけるロボットの活用 |
| 164 | 2016年10月2日 | HOTLAB2016 場所：ドイツ カールスルーエ | Approach to estimating fuel debris properties generated in Fukushima Daiichi NPS |
| 165 | 2016年10月4日 | 日本原子力学会 燃料デブリ研究専門委員会 第1回勉強会 | 解析・評価等による燃料デブリ分布の推定について |
| 166 | 2016年10月6日 | 東京電力IEG | 1) 燃料デブリ調査に係る研究開発 2) 燃料デブリ取り出し技術に係る研究開発 3) 燃料デブリ取り出し時の安全確保の考え方と被ばく評価 |
| 167 | 2016年10月14日 | 先導原子力研究所設立記念講演会 場所：東京工業大学 先導原子力研究所(東京都目黒区) | 福島事故の教訓を踏まえた今後の研究開発について～社会技術システムの安全確保と廃炉への取り組み～ |
| 168 | 2016年10月19日 | 化学工学会(福島事故対策委員会) | 紹介「IRIDの研究開発の概要」 |
| 169 | 2016年10月20日 | RADIEX2016 | 講演「国際廃炉研究開発機構における研究開発の状況について」、パネル展示 |
| 170 | 2016年10月25日 | 原子力学会主催 ANUP2016 | Development of Fuel Debris Retrieval Technology at IRID |
| 171 | 2016年10月27日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」の研究報告会 場所：福島工業高等専門学校(福島県いわき市) | 国際廃炉研究開発機構における研究開発の状況について |
| 172 | 2016年11月5～6日 | サイエンスアゴラ(ミニセッション「廃炉の今」) | 講演「廃炉に向けて取り組むべき研究開発課題の概要」、パネル展示、ロボットデモ |
| 173 | 2016年11月7～10日 | [国際会議] Nuclear Materials Conference (NuMat2016) 場所：フランス モンペリエ | ポスター発表 1) Phases and morphology in the simulated MCCI products prepared by arc melting method 2) Characterization of core melt/concrete interface region examined by light-concentrating heating technique |
| 174 | 2016年11月10日 | 第2回 TIA 光・量子計測シンポジウム | 宇宙線を用いた大型構造イメージング |
| 175 | 2016年11月12日 | NPO 法人放射線量解析ネットワーク研究会 | 原子力発電所廃止措置の公衆の放射線管理—プラントメーカー視点で— |
| 176 | 2016年11月16日 | 電気学会 持続可能な社会と先端技術を支えるレーザープロセス技術調査専門委員会 | 福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出しへのレーザー利用 |
| 177 | 2016年11月16日 | 日本原子力学会 燃料デブリ研究専門委員会 第2回 勉強会 | 1) 燃料デブリ性状把握研究の成果概要—大規模MCCI試験、MOX模擬デブリ等 2) 燃料デブリ性状把握研究の成果概要(U含有模擬デブリ、TMI-2との比較検証) |
| 178 | 2016年11月19日 | ロボットフェスタふくしま2016 場所：ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | パネル展示、ロボットデモ |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|--|---|
| 179 | 2016年11月25日 | 日越原子力フォーラム 場所：ベトナム | Present R&D status for the Fukushima Decommissioning |
| 180 | 2016年11月26日 | 原子力規制人材育成事業—物理現象から原子力安全を構築・確保できる原子力規制人材の育成— 場所：名古屋大学(愛知県名古屋市) | 福島第一原子力発電所事故の現場対応と廃炉 |
| 181 | 2016年12月10日 | 廃止措置研究・人材育成強化セミナーでの発表 | 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の状況 |
| 182 | 2017年1月20日 | 東工大廃止措置技術・人材育成フォーラム/スモールワークショップ 場所：東京工業大学(東京都目黒区) | 1) IRIDの研究開発の状況 2) IRIDから見た研究開発課題例 3) 福島第一原発事故廃棄物の処理・処分研究 |
| 183 | 2017年1月28日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」の研究報告会 場所：福島工業高等専門学校(福島県いわき市) | IRIDの研究開発の状況 |
| 184 | 2017年2月3日 | 長岡技術科学大学 福島第一、第二視察時の講演 | 福島第一原子力発電所事故の現場対応と廃炉～レジリエンスエンジニアリングの観点から～ |
| 185 | 2017年2月9日 | いわきものづくり塾「廃炉コース」での講演 場所：いわき産業創造館(福島県いわき市) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における研究開発の状況について |
| 186 | 2017年2月14日 | IAEA First Coordinated Research and Consultancy Meeting on Management of Severely Damaged Spent Fuel and Corium | Robot Technologies Applied to Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 187 | 2017年3月1日 | 特許庁 | 廃炉の未来とロボット技術 |
| 188 | 2017年3月5日 | WM2017(Waste Management Symposia) | Long Reach Manipulator for PCV Repair at Fukushima Daiichi - 17082 |
| 189 | 2017年3月7日 | 第2回 次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス | 福島第一原子力発電所 遠隔技術とロボット技術 |
| 190 | 2017年3月7日 | 化学工学会第82年会「福島原発 事故復興の現状と復興促進への化学工学の貢献」シンポジウム 場所：芝浦工業大学(東京都江東区) | IRIDにおける燃料デブリ取り出し技術の開発状況 |
| 191 | 2017年3月7日 | いわきものづくり塾「廃炉コース」での講演 再依頼 | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における研究開発の状況について |
| 192 | 2017年3月14日 | KAST教育講座 「「廃炉」から始めよう、新たな一歩」 | 福島第一原子力発電所の「廃炉」に必要な技術とは？ |
| 193 | 2017年3月27～29日 | 日本原子力学会 2017年春の年会 | 発表：9件 IRID関連 |
| 194 | 2017年4月21日 | 原子炉廃止措置工学特論 主催：東京工業大学(東京都目黒区) | 福島第一原子力発電所の現状と廃炉への道筋 |
| 195 | 2017年4月24日 | 2017 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP2017) | Characterization of Carbonate Slurry generated from Multiple Radio-nuclides Removal System in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 196 | 2017年4月24日 | 2017 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP2017) | (3)Effect of addition of corrosion inhibitors on corrosion behavior of piping material in flowing diluted seawater |
| 197 | 2017年4月24日 | 2017 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP2017) | Effect of addition of sodium tungstate and zinc/sodium molybdate mixed phosphate on corrosion of carbon steel under diluted artificial seawater environment |
| 198 | 2017年4月28日 | ICAPP2017 福島プレナリーセッション 場所：福井市/京都市 | Overview of IRID R&D Projects |
| 199 | 2017年4月28日 | ICAPP2017 テクニカルセッション 場所：福井市/京都市 | 発表：7件 IRID関連 |
| 200 | 2017年4月28日 | ICAPP2017 エキシビジョン 場所：福井市/京都市 | 日立GE 廃炉調査ロボット |
| 201 | 2017年5月12日 | 電気評論 2017年夏季特別号 | 投稿：原子炉格納容器内部調査装置の開発～形状変化型ロボット「PMORPH(ピーモルフ)」～ |
| 202 | 2017年5月15日 | 日本ロボット学会誌 | 三菱重工におけるROS/Gazeboを活用したロボット |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|------------|---|---|
| 203 | 2017年5月16日 | CLADS 腐食分科会 | 福島廃止措置に係る腐食研究 |
| 204 | 2017年5月17日 | 現代科学技術の巨人セミナー「知のひらめき」 場所：京都大学(京都市左京区) | 放射線とごすす日々 |
| 205 | 2017年5月18日 | NSC2017(チョルノービリ・ワークショップ) | Fuel debris and MCCI product characterization for Fukushima Daiichi NPS |
| 206 | 2017年5月24日 | 原子力学会廃炉検討委員会 | 格納容器内部調査実施状況 当座の検討状況 |
| 207 | 2017年5月24日 | JAEA-CEA MCCI試験報告会 | Overview of IRID R&D -Focusing on Debris Investigation- |
| 208 | 2017年5月25日 | 第42回 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議 | 1) 福島第一原子力発電所の固体廃棄物試料分析(現状までの成果報告) 2) スラリー安定化技術の検討状況について |
| 209 | 2017年5月26日 | ロボットコンソーシアム例会 場所：芝浦工業大学(東京都江東区) | 廃炉の未来とロボット技術 |
| 210 | 2017年5月31日 | 東電IEG | 1) Overview of IRID 2) Assessment of exposure at aerial removal of fuel debris 3) Development plan on radioactive particulate |
| 211 | 2017年6月3日 | NPO自動化推進協会 総会 場所：東洋大学 白山キャンパス(東京都文京区) | 廃炉の未来とロボット技術 |
| 212 | 2017年6月6日 | International Conference on Topical Issues in Nuclear Installation Safety: Safety Demonstration of Advanced Water Cooled Nuclear Power Plants | Safety enhancement technology development with collaborative international activity |
| 213 | 2017年6月12日 | JOURNAL OF NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGY, 電子版での発行 | Development of the model for advection and diffusion of eroded concrete into debris in molten core-concrete interactions |
| 214 | 2017年6月12日 | 原子炉廃止措置事業 2017年度専門家会議第1回 場所：東北大学(宮城県仙台市) | 福島第一原子力発電所廃炉関連研究の状況 |
| 215 | 2017年6月13日 | 日本原子力学会 2017年秋の大会 | 燃料デブリの臨界管理技術の開発 (40) 溶解性中性子吸収材適用方法 |
| 216 | 2017年6月15日 | 3号PCV内部調査向け水中ROVの開発 プレス発表 説明資料 | 原子炉格納容器内部調査にむけた水中ROVの開発 Development of a Robot, a Remotely Operated Underwater Vehicle, to Inspect PCV Interior |
| 217 | 2017年6月19日 | 原子力規制人材育成事業「物理現象から原子力安全を構築・確保できる原子力規制人材の育成」 場所：名古屋大学(愛知県名古屋市) | 福島第一原子力発電所事故の現場対応と廃炉 |
| 218 | 2017年6月20日 | 日本学術振興会リスクベース設備管理180委員会 楢葉視察 | 原子炉格納容器実規模試験の概要～格納容器の漏えいを如何に止めるか～ |
| 219 | 2017年6月26日 | 文科省 | ・原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の概念 ・原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の開発 補修材の検討 高比重補修材の材料選定および標準配合組成の決定 ・原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の開発 補修材の検討 止水性能確認試験 |
| 220 | 2017年6月29日 | 東京電力ホールディングス(株)ワーキング 場所：ロシア | 福島第一原子力発電所の「廃炉」に必要な技術とは？～IRIDが取り組む研究開発の概要～ |
| 221 | 2017年6月30日 | 日本ナレッジマネージメント学会ナレッジイノベーション部会講演 | 国際廃炉研究開発機構 事業概況 |
| 222 | 2017年7月3日 | 第2回 福島第一廃炉国際フォーラム | 福島第一原子力発電所における炉心・格納容器内の状況推定について |
| 223 | 2017年7月5日 | 第2回 福島リサーチカンファレンス 場所：福島県富岡町文化交流センター「学びの森」 | 口頭発表：プラズマ加熱による模擬燃料集合体破損試験、ビデオ：2016年度プラズマ加熱試験時の映像 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|-----------------|---|---|
| 224 | 2017年7月5日 | Fukushima Research Conference | Progress of evaluation of RPV/PCV-status of FDNPS |
| 225 | 2017年7月13日 | 第6回 特定原子力施設放射性廃棄物規制検討会 原子力規制委員会HP | スラリー、スラッジの安定化処理にむけた検討状況(案) |
| 226 | 2017年7月10日 | OECD/NEA BSAF-2 | Overview of IRID R&D |
| 227 | 2017年7月12日 | 日本原子力学会 2017年第16回 材料部会 夏期セミナー | 福島第一原子力発電所圧力容器/ 格納容器の腐食抑制技術の開発 |
| 228 | 2017年7月27日～8月1日 | アメリカ ハンフォード・サイト[核処理施設]での技術討論 場所:アメリカ ミシシッピ州立大学(ミシシッピ州スタークビル) | 1) Overview of IRID R&D 2) Research and Development for Technology of Fuel Debris Retrieval 3) Physical Properties of the Dust Generated in Fuel Debris Retrieval (IRID/東芝) 4) Ventilation System one-line diagram (IRID/日立GE) |
| 229 | 2017年8月2～4日 | 日本保全学会 第14回 学術講演会 | 展示:日立GE ビーモルフ 講演:原子炉格納容器内部調査装置の開発および実証 ～形状変化型ロボット(PMORPH)による地下階調査～ |
| 230 | 2017年8月4日 | 日本保全学会 第15回 学術講演会 | 報告:原子炉格納容器内部調査装置の開発および実証 |
| 231 | 2017年8月3日 | IRIDシンポジウム2017 in いわき 「燃料デブリ取り出しに挑む」 場所:いわき産業創造館(福島県いわき市) | 1) 燃料デブリに迫る 2) 燃料デブリの取り出し |
| 232 | 2017年8月13日 | 原子力学会 甲越支部 子どもサマースクール オープンセミナー 場所:科学技術館 | 展示:日立GE ビーモルフ |
| 233 | 2017年8月13日 | 原子力学会 科研費事業オープンスクール 場所:科学技術館 | 展示:日立GE パネル展示 |
| 234 | 2017年8月22日 | 技術情報センターセミナー 「原発廃炉・廃止措置の動向・課題と技術開発・マネジメント等取組み」 | 廃炉・収束支援向け原子力プラントロボット最新技術開発 |
| 235 | 2017年8月28～29日 | 原子力構造工学に関する国際会議「SMiRT」 場所:東北大学(宮城県仙台市) | 展示:日立GE ビーモルフ パネル展示 |
| 236 | 2017年9月5～6日 | Conference on Fuel Debris characterization 2017(ConFDeC 2017) 場所:富岡町文化交流センター「学びの森」 参加者:福井大学、大阪大学、九州大学からの学生が中心 | 福島第一原子力発電所の現状と燃料デブリ取出しのための研究開発(Current Status of Fukushima Daiichi NPS and R&D for Fuel Debris Retrieval) ※本会議は英語で行われました。 |
| 237 | 2017年9月6日 | 燃料デブリの性状把握に関する研究と人材育成カンファレンス(ConFDeC2017) | Current Status of Fukushima Daiichi NPS and R&D for Fuel Debris Retrieval |
| 238 | 2017年9月6日 | 2017年度 分科会及び第一回研究報告会 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」の研究報告会 場所:福島工業高等専門学校(福島県いわき市) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における研究開発の状況について |
| 239 | 2017年9月6～8日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」 2017年度 第3回 国内サマースクール 場所:JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター 主催:東京大学 | 1) 廃炉用遠隔技術とその設計論 2) 原子炉格納容器 止水技術の開発 |
| 240 | 2017年9月8日 | The 3rd Asian Nuclear Fuel Society (韓国済州島)におけるポスター | A study of cesium chemisorption onto surface of Stainless Steel |
| 241 | 2017年9月11日 | ロボット学会 オープンフォーラム 場所:東洋大学 川越キャンパス(埼玉県川越市) | 廃炉ロボット技術と学会への期待 |
| 242 | 2017年9月13日 | 3年次「廃炉ロボット概論」 場所:福島工業高等専門学校(福島県いわき市) | 福島第一原子力発電所で使用されたロボット |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|--|--|
| 243 | 2017年9月13～14日 | 日本原子力学会 2017年秋の大会 第35回 日本ロボット学会 学術講演会 場所:東洋大学 川越キャンパス(埼玉県川越市) | 原子炉格納容器内部調査装置「PMORPH(ビーモルフ)」の開発 |
| 244 | 2017年9月13～15日 | 日本原子力学会 2017年秋の大会 場所:北海道大学(北海道札幌市) | IRID関連報告38件 |
| 245 | 2017年9月13日 | 日本原子力学会 2017年秋の大会 場所:北海道大学(北海道札幌市) | 燃料デブリ取り出し工法の検討状況 |
| 246 | 2017年9月14日 | 日本原子力学会 2017年秋の大会 場所:北海道大学(北海道札幌市) | リスク管理の概念を取り入れた事故炉廃止措置のアプローチ |
| 247 | 2017年9月15日 | 日本原子力学会 2017年秋の大会 場所:北海道大学(北海道札幌市) | 福島第一原子力発電所廃炉に向けたIRIDによる技術開発の現状 |
| 248 | 2017年9月16日 | NDF廃炉フォーラム | 燃料デブリ取り出し時における安全機能・システムの検討状況 |
| 249 | 2017年9月17日 | 6th Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry (APSORC17) 場所:韓国 済州島 | Application of ICP-MS to analytical methods for samples from 1F site at Okuma Analysis and Research Center |
| 250 | 2017年9月17日 | HOTLAB2017 (Annual Meeting on Hot Laboratories and Remote Handling) | Development of analytical methods for radioactive waste samples from TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station site at JAEA Okuma Analysis and Research Center |
| 251 | 2017年9月18日 | HOTLAB2017(Annual Meeting on Hot Laboratories and Remote Handling) | International collaborations at JAEA/CLADS toward decommissioning of Fukushima Daiichi NPS |
| 252 | 2017年9月19日 | HOTLAB2017(Annual Meeting on Hot Laboratories and Remote Handling) | Development of analytical methods for radioactive waste samples from TEPCO Fukushima Daiichi Nuclear Power Station site at JAEA Okuma Analysis and Research Center |
| 253 | 2017年9月18～22日 | IAEA総会 | 提供:IRIDビデオ、パンフレットのデータ |
| 254 | 2017年9月21日 | 軽水炉安全セミナー(原子炉廃止措置編) 場所:東北大学(宮城県仙台市) | 福島第一原子力発電所の廃炉研究開発の現状と課題 |
| 255 | 2017年9月23日 | 東北大学の集中講義 「原子力廃止措置工学概論/特論」での紹介 | 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の状況 |
| 256 | 2017年9月30日 | デコミッションング技報 第56号 Journal of RANDEC | 投稿:福島第一原子力発電所の廃炉に向けた燃料デブリ取り出し技術の研究開発の現況 —国際廃炉研究開発機構(IRID)が取り組む研究開発の概要— |
| 257 | 2017年10月2日 | 名古屋大学の原子力規制人材育成事業の一環である日立GE研修での発表 場所:秋葉原ダイビル 日立GEニュークリアエナジー(株) | 日立原子力事業の概要 |
| 258 | 2017年10月11日 | 関西原子力懇談会 原子燃料の高度化技術に関する調査委員会 | 燃料デブリ取り出しに向けての IRID 研究開発状況 |
| 259 | 2017年10月15日 | システム/制御/情報学会(ISCIE)の学会誌 『お隣のアイサイ研究者のIT道具箱』 | 制御研究者のためのROS入門 |
| 260 | 2017年10月16日 | 2017年度 第2回 廃炉地盤工学委員会 場所:東京 | 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 |
| 261 | 2017年10月16日 | 第34回 日韓原子力専門家会合 主催:日本原子力産業協会、韓国原子力産業会議 | Overview of IRID R&D —Focusing on Debris Retrieval— |
| 262 | 2017年10月18～20日 | 環境放射能対策・廃棄物処理国際展 RADIEX 2017 場所:科学技術館 展示ホール(東京都千代田区) | 講演:国際廃炉研究開発機構における 研究開発の状況について 展示:IRIDの取り組みを紹介するパネル |
| 263 | 2017年10月19日 | MIT-東工大革新的原子カシステムプログラム(MT-INES)において、東工大依頼により1Fの現状と燃料デブリ取出しのための研究開発の報告 | R&D activities for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Decommissioning |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|--|--|
| 264 | 2017年10月24日 | 腐食防食学会 第64回 材料と環境討論会 | 中性子吸収材を用いた燃料デブリ取り出し時の臨界防止対策と腐食に及ぼす影響 |
| 265 | 2017年10月25日 | 2017年度 NFD 技術セミナー | 原子炉格納容器内部遠隔調査装置開発状況と調査結果について |
| 266 | 2017年10月27日 | MIT-東工大革新的原子力ワークショップ 場所: マサチューセッツ工科大学 (アメリカ ポストン) | R&D activities for Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Decommissioning |
| 267 | 2017年10月30日 | 原子力規制委員会 第56回 特定原子力施設監視・評価検討会 | 福島第一原子力発電所のサンプル分析について |
| 268 | 2017年10月30日 | 2017 IEEE/SICS International Symposium on System Integration (SII 2017) 場所: 台湾 台北 | 「複数台車の協調移動制御」の成果発表 |
| 269 | 2017年10月31日 | 第12回 原子力機構報告会 | ふくしま復興に向けた取り組み |
| 270 | 2017年10月31日 | 東京工業大学が実施する実践的原子力安全教育道場での学生向け講演 場所: 日立GEニュークリア・エナジー (株) (茨城県日立市) | Overview of Revitalization for Fukushima Nuclear Accident and Study on Robotics and Investigation Technologies for Decommissioning |
| 271 | 2017年11月1日 | Hitachi Social Innovation Forum 2017 TOKYOでの展示 場所: 東京国際フォーラム | 福島第一原子力発電所廃炉作業 格納容器内調査ロボット「PMORPH (ピーモルフ)」 |
| 272 | 2017年11月1日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」 IRIDワークショップ 場所: 東京大学 (東京都文京区) | 1) 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 2) 福島廃炉に向けたロボット技術開発について (II) パネル展示 |
| 273 | 2017年11月1日 | Hitachi Social Innovation Forum 2017 TOKYOでの展示 | 福島第一原子力発電所の廃止措置へ向けたロボット開発 |
| 274 | 2017年11月3~12日 | 廃止措置・運転延長に関する企画展 場所: 公益財団法人 福井原子力センター 原子力の科学館 あつとほうむ (福井県敦賀市) | 展示: ポスター、動画、水中ロボ模型、ATOXポスター |
| 275 | 2017年11月6日 | 第8回越日原子力研究人材育成フォーラムでの発表 場所: Training Center of VINATOM (Hanoi) | Development of Investigation robot under high radiation environment |
| 276 | 2017年11月8日 | 腐食防食学会 第64回 材料と環境討論会 | 福島第一原子力発電所 RPV/PCV の腐食抑制技術の開発: 防錆剤の選定結果と管理要領について |
| 277 | 2017年11月13日 | 精密工学会 生産・経営知識学専門委員会 場所: 大阪大学 中之島センター (大阪市北区) | ロボット技術の成果と課題 |
| 278 | 2017年11月16~17日 | 高分子学会 第26回 ポリマー材料フォーラム 場所: 大阪国際交流センター (大阪市天王寺区) | 講演: 福島第一原子力発電所廃炉に向けたIRIDによる技術開発の現状 展示: ポスター及びビデオ |
| 279 | 2017年11月22~23日 | ロボットフェスタふくしま2017 場所: ビッグパレットふくしま (福島県郡山市) | 講演: IRIDが取り組む研究開発の状況 ーロボットによる燃料デブリの調査・取出しー 展示: パネル及び水中ロボット模型 (東電) |
| 280 | 2017年11月23日 | 第10回 原子力科学技術国際シンポジウム 場所: 中国 西安市 | Numerical Analysis for Fukushima-Daiichi Unit2 |
| 281 | 2017年11月24~25日 | いわき商工会議所 地域産業イノベーション展 場所: いわき産業創造館 (福島県いわき市) | 展示: パネル及び4社ロボット |
| 282 | 2017年11月26日 | JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター施設見学会 (櫛葉主体) 場所: JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター | 展示: パネル及び水中ロボット模型 (東電) |
| 283 | 2017年11月28日 | 第44回 原子力予防保全研修会での説明 場所: 日立GEニュークリア・エナジー (株) 日立事業所 (茨城県日立市) | 福島第一原子力発電所への日立の取り組み |
| 284 | 2017年12月1日 | 材料学会 X線材料強度に関する討論会 | ミュオン散乱法イメージングの非破壊検査 |
| 285 | 2017年12月16日 | 廃炉創造ロボコン | 展示: 日立GE ピーモルフ |
| 286 | 2017年12月20日 | 福島県内企業・大学 廃炉・災害対応ロボット関連技術 展示実演会 講演会 | IRIDにおける調査ロボット技術開発 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|---|--|
| 287 | 2017年12月20日 | 廃炉・汚染水対策講演会~1F廃止措置の現状と今後の取り組み~ 場所: JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター 主催: 国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 | IRIDにおける調査ロボット技術開発 |
| 288 | 2017年12月20日 | 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 | VRを用いた福島第一原子力発電所の廃止措置に係る操作訓練システムの開発 |
| 289 | 2018年1月9日 | 電機 2018 January | 投稿: 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた国際廃炉研究開発機構 (IRID) の研究開発の現状 |
| 290 | 2018年1月10日 | 東工大廃止措置技術・人材育成フォーラム/スモールワークショップ 場所: 東京工業大学 (東京都目黒区) | 1) 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 ー燃料デブリ取出しの技術開発ー 2) 現実的な臨界リスクの評価手法の検討 |
| 291 | 2018年1月16日 | 近畿大学工学部情報学科3年むけ専門科目「福島第一の廃炉技術とロボット技術」 場所: 近畿大学工学部 (広島県東広島市) | 福島第一原子力発電所の廃炉技術とロボットー廃炉作業ロボットの研究開発の現状と課題ー |
| 292 | 2018年1月18~19日 | [国際会議] OECD/NEA PreADES 場所: フランス パリ | Latest Investigation in Unit-1 to 3 (Inside PCV Investigation) |
| 293 | 2018年1月22~23日 | OECD/NEA BSAF Project Phase-2 ワークショップ 場所: フランス パリ | Overview of IRID R&D including Japanese R&D projects of fuel debris retrieval technologies |
| 294 | 2018年1月22日 | ソウル大学学生 NDF訪問時講演 | Overview of IRID R&D including Japanese R&D projects of fuel debris retrieval technologies |
| 295 | 2018年1月29~30日 | アメリカパシフィックノースウエスト国立研究所 (PNNL) への訪問 場所: アメリカ ワシントン州 リッチランド | IRIDが進めているプロジェクト「燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発」における「水素発生量評価における α 線の影響の検討 "Study of the Impact of the α -ray on the Hydrogen Generation Evaluation"」の取り組みの一環として実施しました。 |
| 296 | 2018年2月2日 | 原子力規制庁保障措置室IAEAによる補完的アクセスとしての機器エンジニアリングセンター立入に伴う情報提供 | Information and Materials submitted for CA to Isogo Nuclear Engineering Center, Toshiba ESS |
| 297 | 2018年2月7日 | 第3回 TIA光・量子計測シンポジウムにおけるポスター発表 (発表後 web にて公表) 場所: つくば国際会議場 2F | 宇宙線ミュオン粒子を用いた福島第一原子力発電所 1-3号炉の核燃料デブリの観測 |
| 298 | 2018年2月12日 | JICC (原子力国際協力センター) 基盤セミナー 場所: TKP品川カンファレンスセンター | Overview of IRID R&D Focusing on Debris Retrieval NDF/東電経由の依頼により福島第一の復旧・廃炉に向けた技術開発について報告する。関係者限定のクローズド会議となる。 参加者: トルコ、ポーランド、リトアニア、ブルガリア、カザフスタン、チェコ、スロベニア、マレーシア、タイ、UAE、メキシコ、ブラジルなどの各国から約15名 |
| 299 | 2018年2月12~13日 | 6th Asian nuclear Power briefing 2018 場所: 東京ヒルトンホテル (東京都新宿区) | R&D status for Fukushima Daiichi NPS Decommissioning IRIDの取り組む福島第一廃炉に向けた研究開発において、最近の内部調査状況とデブリ取り出しのための研究開発状況について紹介 本会議が2/12-13に開催され、そこに東電原子力改革監視委員会バーバラ・ジャッジ副委員長も参加することから、東電から講演依頼があり、報告 |
| 300 | 2018年2月14日 | 2017年度 福島研究開発部門 成果報告会 | 熔融燃料とコンクリートとの相互作用 (MCCI) による生成物の相及び硬さ: 大型試験からの知見 |
| 301 | 2018年2月14日 | 2017年度 日本原子力研究開発機構福島研究開発部門成果報告会 場所: いわき産業創造館 (福島県いわき市) | VRを用いた福島第一原子力発電所の廃止措置に係る操作訓練システムの開発 |
| 302 | 2018年2月19日 | 原子力学会 シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動研究専門委員会WG3技術課題摘出での講演 | 福島第一原子力発電所 格納容器内調査 線量率調査状況 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|---|---|
| 303 | 2018年2月23日 | 第3回 次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス (NDEC-3) での企業ポスター展示 場所：福島県富岡町 文化交流センター「学びの森」 | 企業ポスター展示： 日立GEニュークリア・エナジー(株)のご紹介(福島第一原子力発電所廃止措置への取り組み) |
| 304 | 2018年2月24日 | 文部科学省「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」(研究推進分野)成果報告書 主催：廃止措置人材育成高専等連携協議会 場所：福島工業高等専門学校(福島県いわき市) | 福島第一原子力発電所 廃炉の現状紹介 ～汚染水処理廃棄物等ならびに燃料デブリに関する取り組み～ |
| 305 | 2018年2月27日 | 首都大学東京発行の2017年度修士論文として、 首都大学東京機関リポジトリ (https://tokyo-metro-u.repo.nii.ac.jp) および 首都大学東京高エネルギー実験研究室HP (https://www-hep.phys.se.tmu.ac.jp) で公開される。 | トロイド磁石を用いたミュオンラジオグラフィシステムの開発 |
| 306 | 2018年2月28日 | ニュークリア・サロン・フジエ 講演 | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における 研究開発の状況について |
| 307 | 2018年3月1日 | ENERGY REVIEW 2018年3月号 | 投稿：福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出しに向けて IRIDが取り組む課題 |
| 308 | 2018年3月1日 | 国内学生発表会における口頭発表 主催：日本原子力学会・関東甲越支部 場所：東京大学(東京都文京区) | MELCOR-2.2による1F2圧力容器破損時の燃料デブリ熱状態推定に向けた課題 |
| 309 | 2018年3月14日 | KISTECセミナー 「廃炉」から始めよう、新たな一歩 —その2歩目・技術と人材、「次世代」へのつなぎ方 | 福島第一原子力発電所の「廃炉」の現状—「見えてきたもの」と取り組むべき課題 |
| 310 | 2018年3月15日 | 量子科学技術研究開発機構 場所：六ヶ所核融合研究所(青森県六ヶ所村) | 福島第一原子力発電所廃炉に関わる遠隔技術 |
| 311 | 2018年3月18日 | Waste Management Symposia 2018 Conference 場所：Phoenix Convention Center(アメリカアリゾナ州) | 1) Result of Investigation for Inside PCV of 1F-1 by shape Changing Robot named PMORPH 2) Localization Method for Remotely Operated Robot in Harsh Environments 3) Development of Robotics technologies in Hitachi-GE |
| 312 | 2018年3月18日 | 原子力学会シンポジウム 「東京電力福島第一原子力発電所の廃炉—廃炉の論点と展望—」 | 福島第一原子力発電所の「廃炉」の現状—「見えてきたもの」と取り組むべき課題 |
| 313 | 2018年3月19日 | 次世代イニシアティブ廃炉技術カンファレンス(NDEC3) 場所：富岡町文化交流センター学びの森(福島県双葉郡富岡町) | 福島第一原子力発電所の廃炉に関わる東芝の活動実績及び今後の取り組み |
| 314 | 2018年3月20日 | Waste Management Symposia 2018 Conference 場所：Phoenix Convention Center(アメリカアリゾナ州) | Development of Robotics technologies in Hitachi-GE |
| 315 | 2018年3月20日 | 日本原子力学会 場所：電気の資料館 ミュージアムホール 主催：水化学部会、東京電力ホールディングス(株) | 福島第一原子力発電所発生廃棄物対策への取り組み～廃棄物ストリームの検討について～ |
| 316 | 2018年3月26～28日 | 日本原子力学会 2018年春の年会での発表 場所：大阪大学(大阪府吹田市) | 線量率分布解析による1号機格納容器地下階状況の推定 |
| 317 | 2018年4月9日 | 第51回 原産年次大会2018でのパネル展示 場所：都市センターホテル・コスモスホール | ロボット技術の活用 パネル展示 |
| 318 | 2018年4月10日 | 東京電力PG神奈川総支社 | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けたIRIDによる研究開発の現状 |
| 319 | 2018年4月12日 | 京都大学「原子力プラント工学」での講義 場所：京都大学(京都市左京区) | 線量率分布解析による1号機格納容器地下階状況の推定 |
| 320 | 2018年4月13日 | 2018年度北関東支部「若手研究者発表会」 場所：東海村産業・情報プラザ「アイヴィル(iVil)」 | 福島第一原子力発電所1号機のPCVガス管理システム測定値を用いた中性子源増倍係数の推定 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|------------|---|---|
| 321 | 2018年4月16日 | 5th NUGENIA-SARNET TA2 review meetings on in-and ex-vessel corium behavior and SAFEST project progress meeting 場所：スペイン | Outline of core status evaluation project for decommissioning of the FDNPS |
| 322 | 2018年4月28日 | 連合福島 第89回福島県中央メーデーにおける展示 | パネル展示 |
| 323 | 2018年5月13日 | Best Estimate Plus Uncertainty International Conference 場所：イタリア | 1) 統計的臨界挙動評価手法に係る国際会議での発表について (Probabilistic approach of re-criticality behavior in the Fukushima Daiichi nuclear power plants by the PORCAS-F code) 2) 統計的臨界評価手法に係る国際会議での発表について (Proposal of a statistical evaluation method for the criticality of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants) |
| 324 | 2018年5月15日 | 福島復旧に関する学協会勉強会 | 燃料デブリ取り出し技術の現状と学協会への期待 |
| 325 | 2018年5月17日 | JICC(原子力国際協力センター)基盤セミナー 場所：ポーランド ワルシャワ | Investigation Progress and Technology Development for Decommissioning 参加者：ポーランド エネルギー省、NCBJ(国立原子力研究所)、PGE EJ1(電力会社 原子力部門)、ワルシャワ大学などアカデミア関係者、在ポーランド日本大使館など |
| 326 | 2018年5月26日 | 2018年度FNN原発専門取材団第10回会議 | 福島第一原子力発電所の「廃炉」の現状—「見えてきたもの」と取り組むべき課題 |
| 327 | 2018年5月29日 | 中部原子力懇談会 三河支部 | 福島第一原子力発電所の廃炉とIRID研究開発の状況について |
| 328 | 2018年6月2日 | 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2018 場所：福岡県北九州市 | クローラロボットにおける狭隘部走行実験 |
| 329 | 2018年6月3日 | Nuclear Air Cleaning 35th Charleston SC | R&D for Fuel Debris Retrieval at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 330 | 2018年6月5日 | 第97回「報道関係者のための原子力講座」 | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の現状と課題 ～燃料デブリ取り出しの技術開発～ |
| 331 | 2018年6月6日 | 原子炉廃止措置事業 2018年度専門家会議第1回 場所：東北大学(宮城県仙台市) | IRIDの研究開発の状況 |
| 332 | 2018年6月6日 | CBC Lucy | Investigation Progress and Technology Development for Decommissioning |
| 333 | 2018年6月14日 | 第23回 動力エネルギー技術シンポジウム 場所：国際ホテル(山口県宇部市) | 福島第一原子力発電所の廃止措置に関わる高放射線環境下作業ロボットの開発 |
| 334 | 2018年6月19日 | Fukushima Research Conference on Development of Analytical Techniques in Waste Management(FRCWM2018) 場所：文化交流センター(福島県富岡町) | 大熊分析・研究センターの分析に関する概要 (Development of novel analytical methods for measurement of radioactive elements) |
| 335 | 2018年6月19日 | Fukushima Research Conference on Development of Analytical Techniques in Waste Management(FRCWM2018) 場所：文化交流センター(福島県富岡町) | (1) Radioactive Contamination of Accident Waste at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (2) Development of Modelling Estimation Method for Radioactive Waste Inventory of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 336 | 2018年6月20日 | IAEA Damaged Core Sub Group Meeting 場所：原子力規制庁 7階 大会議室 | Current Status of Technologies and systems development for debris sampling & removal |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|------------|--|--|
| 337 | 2018年7月4日 | OECD/NEA SAREF/PreADES 場所: ホテル フクラシア(東京都中央区) | 1) Planning of PCV Internal Investigation and Sampling 2) Criticality Control System Development for Fuel Debris Removal in Fukushima Daiichi |
| 338 | 2018年7月4日 | 2nd TITECH-CRIEPI JAEA Joint Workshop -R&D updates on fuel debris and FP behavior during severe accidents- 場所: 東京都千代田区大手町 | 1) Cs chemisorption behavior onto stainless steel at temperatures higher than 1073 K 2) Investigation of in-reactor cesium chemical behavior in TEPCO's Fukushima Daiichi Nuclear Power Station accident - Simulation study on microstructure of Cs-bearing particle- |
| 339 | 2018年7月4日 | 第10回 放射線計測フォーラム福島 場所: 京都大学 東京オフィス | 福島第一原子力発電所における燃料デブリ調査装置の開発 |
| 340 | 2018年7月5日 | The 2nd Meeting of OECD/NEA SAREF/PreADES Project 場所: 東京 | 口頭発表: Current situation of Analytical & Characteristic table |
| 341 | 2018年7月15日 | 日本ロボット学会誌 | 投稿: 福島第一原子力発電所廃炉用ロボット技術開発 福島第一原子力発電所の格納容器内部調査向けに開発したロボット |
| 342 | 2018年7月23日 | [国際会議] ICONE26 (International Conference on Nuclear Engineering) 場所: Novotel London West, London, England | Development of ROV to investigate inside of primary containment vessel at Fukushima Daiichi Unit 3 |
| 343 | 2018年7月26日 | 第56回 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議 | 廃棄物試料の分析結果(瓦礫, 水処理設備処理二次廃棄物, 汚染水, 処理水, 土壌) |
| 344 | 2018年8月2日 | IRIDシンポジウム2018 in 東京 「燃料デブリ取り出しに挑む-II」 場所: 東京工業大学 東工大蔵前会館(東京都目黒区) | 1) IRIDの研究開発の状況 2) IRIDの研究開発の状況—安全と実現性を高める概念設計と今後の技術開発— 3) 学生に期待すること |
| 345 | 2018年8月2日 | IRIDシンポジウム2018 in 東京 「燃料デブリ取り出しに挑む-II」 場所: 東京工業大学 東工大蔵前会館(東京都目黒区) | 展示: IRIDシンポジウム2018におけるポスターセッションにてIRID組合員にて実施した「遠隔強調移動制御システムの開発(その2)」の成果をポスター掲示 クローラロボットにおける狭隘部走行実験 |
| 346 | 2018年8月6日 | 2018年度地球化学学会年会 場所: 琉球大学(沖縄県中頭郡) | 口頭発表: 不溶性セシウム粒子タイプAの生成メカニズムに関する考察 |
| 347 | 2018年8月6日 | 第3回 NDF 福島第一廃炉国際フォーラム 場所: いわき芸術文化交流館アリオス(福島県いわき市) | 1) Progress of 1F PCV contaminant analysis by TEM observation 2) Development of a remote concrete sampling device 展示ポスター |
| 348 | 2018年8月9日 | 原子力年鑑(日刊工業新聞): 部分執筆 | 投稿: 福島第一原子力発電所廃止措置に向けた国際廃炉研究開発機構(IRID)における研究開発の現状 |
| 349 | 2018年8月9日 | 日本原子力学会 原子力発電部会 第15回「原子力発電技術」夏期セミナー 場所: 東京電力ホールディングス(株) 柏崎刈羽原子力発電所 サービスホール | 福島第一原子力発電所1~3号機における燃料デブリ分布の推定(関連事業: 平成27年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金(総合的な炉内状況把握の高度化)の成果を含む報告) |
| 350 | 2018年8月10日 | 日本原子力学会 原子力発電部会 第15回「原子力発電技術」夏期セミナー 場所: 東京電力ホールディングス(株) 柏崎刈羽原子力発電所 サービスホール | 国内外原子力への取り組み |
| 351 | 2018年8月20日 | 廃止措置研究・人材育成等強化プログラム 2018年度 東大国内サマースクール | 燃料デブリ取り出し技術の開発 |
| 352 | 2018年8月22日 | 福島相双復興推進機構(福島相双官民合同チーム) | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けたIRIDの研究開発の状況 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|---|---|
| 353 | 2018年8月27日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」の研究報告会 場所: 福島工業高等専門学校(福島県いわき市) | IRIDの研究開発の現状 |
| 354 | 2018年8月27日 | 日本放射化学会 第57回 核化学夏の学校 場所: 国民宿舎 旅館横倉 | 福島第一原子力発電所の汚染物・廃棄物に関する放射化学分析データと考察 |
| 355 | 2018年9月5~7日 | 日本原子力学会 2018年秋の大会 場所: 岡山大学 津島キャンパス(岡山県岡山市) | 1) 燃料デブリ用収納缶の開発 (11) γ 線照射下での水の放射線分解による水素発生量の測定(その2) (12) γ 線照射下での水の放射線分解による水素発生量の解析的評価(その2) (13) 使用済燃料を用いた水素発生試験による α 線の影響検討 (下記、炉内状況把握関連シリーズ発表の内の5件) 2) 東京電力福島第一原子力発電所炉内状況把握の解析・評価 (107) デブリ堆積状態の感度解析による格納容器床の長期浸食評価(日立GE) (109) 2号機、3号機の炉心物質移行過程における炉心エネルギーの差とその影響(JAEA) (113) 総合的な分析・評価のまとめ—3号機—(東電HD) (114) 総合的な分析・評価のまとめ—1号機—(日立GE) (115) 総合的な分析・評価のまとめ—2号機—(JAEA) |
| 356 | 2018年9月7日 | 原子力学会秋の大会 廃炉検討委員会 | IRIDでの燃料デブリ取り出しに向けた研究開発の現状 |
| 357 | 2018年9月8日 | 第4回 福島第一原子力発電所の廃炉に関する戦略ワークショップ 場所: TKP岡山会議室 ホールA(岡山県岡山市) | 1) 1F-1のPCV内部調査詳細調査~潜水機能付きボートの開発状況 2) 2号機PCV内部調査委調査(アーム型調査装置の技術開発) 3) サンプリング技術開発状況 4) 本格取り出し時の安全設備の考え方 |
| 358 | 2018年9月10日 | 教育講座: 日本原子力学会北海道支部 サマーセミナー 場所: 大滝セミナーハウス(北海道伊達市) | 廃炉に向けた東芝エネルギーシステムズの取り組み~燃料デブリ取り出しに向けた格納容器内部調査の進展と課題~ |
| 359 | 2018年9月10日 | JOINT ICTP-IAEA International School on Nuclear Waste Actinide Immobilization | Fission Product Behaviour under Light Water Reactor Severe Accident in the light of Fukushima Dai-ichi NPS |
| 360 | 2018年9月16~20日 | ポスター(HOTLAB 2018) 場所: フィンランド ヘルシンキ | Application of ICP-MS to analysis of nuclear fuel debris and radioactive wastes |
| 361 | 2018年9月21日 | 福島環境創造センター 場所: 福島県環境創造センター(福島県田村郡) | 福島第一原子力発電所廃炉にかかわる 技術開発の現状について |
| 362 | 2018年9月21日 | 第7回 東北大学 炉物理・核データ研究会 | 福島第1の燃料デブリ取り出しに係わる研究開発の紹介(臨界管理技術開発を中心として) |
| 363 | 2018年9月27~28日 | 原子炉廃止措置事業 2017年度専門家会議第1回 場所: 東北大学(宮城県仙台市) | 福島第一の廃炉研究開発の現状と課題 |
| 364 | 2018年9月29日 | ふたばワールド 場所: 福島県浪江町 | 展示: 日立GE ビーモルフ |
| 365 | 2018年10月10~12日 | 環境放射能対策・廃棄物処理国際展 RADIEX2018 場所: 科学技術館 展示ホール(東京都千代田区) | 講演: IRIDの研究開発の現状 展示: IRID研究概要ポスター |
| 366 | 2018年10月15日 | 2018 International Severe Accident Management Conference (ISAMC) | Challenging Issues and International Joint Research Project regarding fuel debris characterization toward decommissioning of Fukushima Daiichi NPP |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|---|--|
| 367 | 2018年10月22~24日 | International Conference on Dismantling Challenges:Industrial Reality,Prospects and Feedback Experience 場所: Palais des Papes, Avignon, France | 発表形式:ポスター発表(プロシーディングス有) The CMMR Program :BWR Core degradation in the CMMR-3 Test |
| 368 | 2018年10月23~26日 | 4th International Conference on Maintenance Science and Technology 2018 (ICMST-Tohoku 2018)でのパナー(筋肉ロボット)展示 場所:東北大学(宮城県仙台市) | Muscular Robot with Flexible Structuring Mechanism |
| 369 | 2018年10月24日 | 日本核燃料開発株式会社(NFD)研究討論会 場所:長岡技大東京サテライトキャンパスセミナー室 | 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の状況 |
| 370 | 2018年10月24~25日 | ICMST-Tohoku2018 場所:東北大学(宮城県仙台市) | 展示:IRIDポスター、ビデオ |
| 371 | 2018年10月30日 | MATLAB EXPO 2018 JAPAN 場所:グランドニッコー東京(東京都お台場) | MBDを活用した福島第一原子力発電所燃料デブリ取出しロボットの設計開発 |
| 372 | 2018年10月30日 | 2018年度 第3回 福島リサーチカンファレンス 場所:JAEA 楡葉遠隔技術開発センター | VRによるFRMの見学及び体験 |
| 373 | 2018年10月31日 | 日本ロボット学会 第116回 ロボット工学セミナー 場所:中央大学 後楽園キャンパス(東京都文京区) | 福島第一原子力発電所で活躍するロボット技術の変遷 |
| 374 | 2018年10月31日 | 燃料安全国際会議 Fuel Safety Research Meeting:FSRM 場所:水戸市 | 口頭発表:Fundamental study on fission product chemistry under LWR severe accident conditions |
| 375 | 2018年11月2日 | 日本原子力学会「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」研究専門委員会FP実験ワーキング 2018年度第2回会合 場所:エネルギー総合工学研究所 | 1)原子炉格納容器下部の流水を止めるための自己充填コンクリートの開発 2)原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 汚染状況調査を主とした成果の紹介 |
| 376 | 2018年11月5日 | FRC事故進展解析(ConFDEC) 場所:いわき市産業創造館(福島県いわき市) | Status of IRID's Research and Development for Fukushima Decommissioning |
| 377 | 2018年11月15日 | 第4回IAEAレビューミッション | Activity Status of R&D Projects |
| 378 | 2018年11月22~23日 | ロボットフェスタふくしま2018 場所:ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | 講演: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・取り出し- 展示:IRIDポスター、水中遊泳ロボット(東芝ESS) |
| 379 | 2018年11月26日 | 日本原子力学会 第7回炉物理専門研究会 場所:京都大学 複合原子力科学研究所(大阪府熊取町) | 臨界シナリオに基づくデブリ取り出し作業を想定した臨界挙動解析 臨界近接監視システムの開発 (1)KUCAを用いた臨界近接監視システムの検証 (2)MVP2.0.33Time-listモードの検証 |
| 380 | 2018年11月26~27日 | 福島リサーチカンファレンス(FRC)「廃炉遠隔技術のための耐放射線化、運用技術及び計測技術の高度化の展望」 | Experiences and lessons in PCV internal remote inspection in Fukushima Dai-ichi NPS |
| 381 | 2018年11月27日 | FRC Conference on Radiation Hardness,Smartness and Measurement in Remote Technology for the Decommissioning of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station 場所:富岡町文化交流センター「学びの森」 | パネル討論の場での計測技術の扱いについての話題提供依頼 |
| 382 | 2018年11月30日 | 日本機械工業連合会 場所:機械振興会館(東京都港区) | 福島第一原子力発電所廃炉にかかわる技術開発の現状について |
| 383 | 2018年12月1日 | アトックス技報No.10 2018版への掲載 | 投稿:遠隔コンクリート試料採取装置の開発 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|--|---|
| 384 | 2018年12月7日 | 公表先:日本電気工業会(JEMA)の機関誌「電機」 2019年1月号への記事掲載 | 1) Activity Status of R&D Projects (IRID/Head Office) 2) Outline of Fuel Debris Retrieval Method (IRID/MHI) 3) Overview canister design (IRID/MHI) 4) Overview of Canister Design -Process Flow Diagram- (IRID/Toshiba) 5) Mechanical Design -Structure- (IRID/Hitachi GE) 6) Mechanical Design -Materials- (IRID/MHI) 7) Criticality Design (IRID/Toshiba) 8) Drying (IRID/MHI) 9) Hydrogen Analysis and Control -Hydrogen Production Evaluation- (IRID/Hitachi GE) 10) Hydrogen Analysis and Control -Control- 11) Wet and Dry Storage (IRID/MHI) |
| 385 | 2018年12月12~14日 | 収納缶PJ成果レビューワークショップ 場所:アイダホ国立研究所(アメリカ アイダホ州) | 1) Activity Status of R&D Projects (IRID/Head Office) 2) Outline of Fuel Debris Retrieval Method (IRID/MHI) 3) Overview canister design (IRID/MHI) 4) Overview of Canister Design -Process Flow Diagram- (IRID/Toshiba) 5) Mechanical Design -Structure- (IRID/Hitachi GE) 6) Mechanical Design -Materials- (IRID/MHI) 7) Criticality Design (IRID/Toshiba) 8) Drying (IRID/MHI) 9) Hydrogen Analysis and Control -Hydrogen Production Evaluation- (IRID/Hitachi GE) 10) Hydrogen Analysis and Control -Control- 11) Wet and Dry Storage (IRID/MHI) |
| 386 | 2018年12月13日 | 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 | 廃炉措置用遠隔操作機器操作訓練機能の精度向上 |
| 387 | 2018年12月21日 | 専門研究会「福島原発事故で放出された放射性物質の多面的分析」 場所:京都大学 複合原子力科学研究所(大阪府熊取町) | 口頭発表(日本語):不溶性セシウム(タイプA)の生成メカニズムに関する現象論的考察 |
| 388 | 2018年12月26日 | 東工大主催の廃止措置技術・人材育成フォーラムと同時開催のIRIDスモールワークショップ 場所:東京工業大学 先端原子力研究所(東京都目黒区) | 1) IRIDにおける1F廃炉の技術開発の状況 2) 1F-1のPCV内部詳細調査-潜水機能付ボートの開発状況 |
| 389 | 2019年1月16~17日 | 英国物理学研究所(NPL)での試験視察とセミナー開催 場所:英国物理学研究所(NPL:National Physical Laboratory)(ロンドン近郊のデティントン) | IRIDが進めているプロジェクト「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・システムの高度化(臨界管理方法の確立に関する技術開発)」における「再臨界を検知する技術開発」の中、“PCVガス放射線モニタの検出器校正技術開発”の一環として実施 |
| 390 | 2019年1月21日 | 教育講座:北海道大学「エネルギー工学概論」 (注:日本原子力学会北海道支部学術講演会として位置付) 場所:北海道大学工学部(札幌市北区) | An experimental investigation of influencing chemical factors on Cs-chemisorption behavior onto stainless steel |
| 391 | 2019年1月24日 | 廃炉地盤工学講義ブレインストーミング 場所:早稲田大学(東京都新宿区) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における1F燃料デブリ調査・取り出し技術開発の状況 |
| 392 | 2019年1月24日 | OECD/NEA SAREF 場所:フランス パリ | Overview of IRID R&D including R&D for fuel debris retrieval technologies |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|---|---|
| 393 | 2019年1月24～28日 | The 3rd Meeting of the OECD/NEA PreADES Programme Review Group 場所：フランス パリ | Prototypic corium debris form VULCANO VF-U1 test representing MCCI 1F1 sump |
| 394 | 2019年1月24～28日 | OECD/NEA SAREF/PreADES 場所：フランス パリ | Function requirements during fuel debris retrieval |
| 395 | 2019年2月1日 | 原子力国際協力センター（JICC）セミナー 場所：日本 東京 | Overview of IRID R&D including R&D for fuel debris retrieval technologies 参加：トルコ、ポーランド、リトアニア、カザフスタン、チェコ、スロベニア、マレーシア、タイ、シンガポールなどの各国から約15名 |
| 396 | 2019年2月4日 | The Third UK-Japan Nuclear Industry Forumでのポスター展示 場所：British Embassy（日本 東京） | Nuclear Industry R&D at NPL |
| 397 | 2019年2月5日 | 第三回日英原子力産業フォーラム 場所：駐日英国大使館 主催：英国国際通商（DIT） | UK/Japan industry collaboration to Support PCV investigation at Fukushima Daiichi Reactor No.2 |
| 398 | 2019年2月10日 | 不溶性粒子ワークショップ2019 場所：TKP市ヶ谷カンファレンスセンター | 口頭発表（日本語）：不溶性セシウム（タイプA）の生成メカニズムに関する現象論的考察 |
| 399 | 2019年2月20日 | JAEA 2018年度福島研究開発部門成果報告会 | 廃炉作業における遠隔マニピュレータ用のVRシミュレータ開発 |
| 400 | 2019年2月23日 | 文部科学省「廃止措置等基盤研究・人材育成強化プログラム」の研究報告会 場所：福島工業高等専門学校（福島県いわき市） | IRIDにおける福島第一原子力発電所廃炉の技術開発の状況 （PCV内部調査・デブリ取り出し技術開発を中心に） |
| 401 | 2019年3月5日 | Waste Management Symposia 2019 Conference 場所：Phoenix Convention Center（アメリカ アリゾナ州） | Development of Robotics technologies in Hitachi-GE |
| 402 | 2019年3月13日 | KISTEC教育講座 「廃炉の途上でalong the way～何を見、何をしてきたか／技術開発のいまとこれから」 主催：神奈川県立産業技術総合研究所（KISTEC） | 福島第一原子力発電所の「廃炉」の現状—「見えてきたもの」と取り組むべき課題・続報 |
| 403 | 2019年3月15日 | 化学工学会 第84年会 | 国際廃炉研究開発機構（IRID）における福島第一原子力発電所廃炉の技術開発の状況 |
| 404 | 2019年3月18日 | 9th conference on severe accident research (ERMSAR2019) 場所：Clarion Congress Hotel Prague, Czech Republic | 口頭発表（プロシーディングス有）：The CMMR Program: BWR core degradation in the CMMR-4 test |
| 405 | 2019年3月19日 | NPO法人「環境ベテランズファーム（EVF）」 場所：NPO法人新現役ネット会議室（東京都港区） | 福島第一原子力発電所の廃炉技術とロボット—廃炉作業ロボットの研究開発の現状と課題— |
| 406 | 2019年3月20～22日 | 日本原子力学会 2019年春の年会 場所：茨城大学（茨城県水戸市） | 1) 東京電力福島第一原子力発電所事故におけるセシウムの化学的挙動に関する検討 （12）1号機原子炉格納容器で採取された試料の核種分析 2) レーザー誘起ブレイクダウン分光法（LIBS）による材料硬度評価手法への応用検討 |
| 407 | 2019年3月20～22日 | 日本原子力学会 2019年春の年会 廃炉検討委員会特別セッション | IRIDの研究開発の概況 |
| 408 | 2019年3月22日 | 公表先：原子力損害賠償・廃炉等支援機構（NDF） 場所：東京大学（東京都文京区） | 平成29年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金」原子炉格納容器内部詳細調査技術の開発（堆積物対策を前提とした内部詳細調査技術の現場実証） |
| 409 | 2019年3月23日 | NDEC-4 | 展示：IRIDポスター |
| 410 | 2019年3月26日 | 公表先：経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 場所：日立GEニュークリア・エナジー（株） 日立事業所臨海工場 | 福島第一原子力発電所1号機 PCV内部詳細調査概要ご紹介 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|--|---|
| 411 | 2019年3月28日 | 公表先：福島第一原子力発電所1号機の原子炉格納容器内部詳細調査装置公開（プレリリース） 場所：日立GEニュークリア・エナジー（株） 日立事業所臨海工場内 | 福島第一原子力発電所1号機の原子炉格納容器内部詳細調査装置公開 ～B3調査の概要および調査装置に関するご説明～ |
| 412 | 2019年4月9日 | 第52回 原産年次大会2019 場所：東京国際フォーラム | パネル展示：ロボット技術の活用 |
| 413 | 2019年4月11日 | 2019年度放射線業務従事者教育 場所：東北大学金属材料研究所附属量子エネルギー材料科学国際研究センター（茨城県大洗町） | IRIDにおける燃料デブリ取り出し技術の開発 |
| 414 | 2019年5月1日 | 日本保全学会誌 | 投稿：国際廃炉研究開発機構（IRID） 福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発の概要 |
| 415 | 2019年5月12日 | 〔国際会議〕 2019 International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2019) JUAN-LES-PINS 場所：フランス | 口頭発表（プロシーディングスあり） A new measuring method for elemental ratio and Vickers hardness of metal-oxide-boride materials based on Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) |
| 416 | 2019年5月19日 | ICONE26 (International Conference on Nuclear Engineering) 場所：茨城県つくば市 | Development of remotely controlled device for investigation inside primary containment vessel at Fukushima Daiichi Unit 2 |
| 417 | 2019年5月24～26日 | 〔国際会議〕 International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research (FDR2019) 場所：J-ビレッジ（福島県楡葉町） | Criticality Control Technique for Fukushima Daiichi fuel Debris - Statistical evaluation of Criticality of 1F Fuel debris Assuming Non-uniform Positioning UO ₂ +Gd ₂ O ₃ - |
| 418 | 2019年5月24～26日 | 〔国際会議〕 International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research (FDR2019) 場所：J-ビレッジ（福島県楡葉町） | キーノートスピーチ講演：Robots Technology for Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Stations |
| 419 | 2019年6月4日 | 福島復興のための廃棄物処理・除染技術に関するシンポジウム 場所：早稲田大学（東京都新宿区） | 福島第一原子力発電所 燃料デブリ取り出しにかかわる技術開発の現状について |
| 420 | 2019年6月25日 | 福島県ハイテクプラザ研究成果発表会 場所：福島県ハイテクプラザ（福島県郡山市） 主催：福島県廃炉・災害対応ロボット研究会 | 国際廃炉研究開発機構（IRID）における福島第一原子力発電所廃炉技術開発の状況 |
| 421 | 2019年6月27日 | 地盤工学会誌 | 投稿：福島第一原子力発電所廃止措置におけるIRIDの研究開発の現状 |
| 422 | 2019年7月3日 | PreADES | IRID R&D update for Investigation inside PCVs |
| 423 | 2019年7月9日 | 分野横断的遠隔技術検討会 | 福島第一原子力発電所 格納容器内調査—遠隔作業の視点から— |
| 424 | 2019年7月24～26日 | 日本保全学会 第16回 学術講演会 場所：リンクステーションホール青森 | 日立グループの福島廃止ロボット 展示：研究開発パネル |
| 425 | 2019年8月1日 | IRIDシンポジウム2019 in 福島 「燃料デブリ取り出しに挑む—III」 場所：いわき産業創造館（福島県いわき市） | IRIDの研究開発の状況 |
| 426 | 2019年8月4日 | SMiRT25 (Structural Mechanics in Reactor Technology 25)、Charlotte, North Carolina, USA | Development of Fuel Debris Canister |
| 427 | 2019年8月5日 | 第4回 NDF 福島廃炉ワークショップ | 展示：IRID Overview of IRID R&D Projects |
| 428 | 2019年8月8日 | 未来エネルギー研究協会 第19回 サマースクール 場所：かんぼの宿（滋賀県彦根市） | ミュオン散乱法による3次元分析 |
| 429 | 2019年8月10日 | 原子力学会 材料部会夏季セミナー 場所：いわき産業創造館（福島県いわき市） | 福島第一原子力発電所廃炉作業におけるロボット技術の開発と現場適用の状況 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|--|--|
| 430 | 2019年9月3～7日 | 第37回 ロボット学会 学術講演会 廃炉に向けた日本原子力学会との連携と課題 オープンフォーラム 場所：早稲田大学早稲田キャンパス(東京都新宿区) | 燃料デブリ取り出し技術の開発における遠隔作業への期待 ※「日本ロボット学会 第11回 ロボット活用社会貢献賞」を受賞 |
| 431 | 2019年9月8～12日 | HOTLAB2019 場所：インド | 展示：Extraction and transfer of samples from the core of Fukushima reactor using the PADIRAC |
| 432 | 2019年9月9日 | Severe Accident Phenomenology 2019 Short Course 場所：CEA Cadarache 研究センター 主催者：SARNET、NUGENIA、INSTN、CEA | Fukushima-Daiichi (1F) Accident, Current Status |
| 433 | 2019年9月10日 | 敦賀廃止措置セミナー 場所：福井大学 附属国際原子力工学研究所(福井県敦賀市) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における福島第一原子力発電所廃炉技術開発の状況 |
| 434 | 2019年9月13日 | 日本原子力学会 2019年秋の大会 場所：富山大学(富山県) | 燃料デブリの性状把握のための分析について |
| 435 | 2019年9月14日 | NDF 廃炉ワークショップ | 1) 1号機のPCV内部調査 2) 原子炉格納容器内部調査状況の開発の現地検証に関する準備状況 |
| 436 | 2019年9月15日 | International conference on Nuclear Critical Safety 場所：フランス パリ | ①The high-speed statistical criticality evaluation method based on the multidimensional interpolation for on-demand criticality risk evaluation ②Sub-criticality monitoring system for the retrieval of fuel debris in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants |
| 437 | 2019年9月17日 | Migration 2019 場所：京都大学(京都市左京区) | Estimation of fuel debris properties by experimental approach for Fukushima Daiichi NPS |
| 438 | 2019年9月18日 | 22nd Plenary Meeting of the Working Group on Analysis and Management of Accidents (WGAMA) 場所：フランス パリ | (1) "Current situation of OECD/NEA, Preparatory Study on Analysis of Fuel debris (PreADES) project" |
| 439 | 2019年9月19日 | 実施の原子力廃止措置工学特論の講義(4日間) 場所：東北大学原子炉廃止措置基盤研究センター(宮城県仙台市) | 1コマとして福島第一原子力発電所の廃炉の現状について講義 |
| 440 | 2019年9月20日 | 「原子炉廃止措置工学概論」集中講義での講演 場所：東北大学(宮城県仙台市) | 福島第一原子力発電所廃炉作業におけるロボット技術の開発と現場適用の状況 |
| 441 | 2019年10月7～10日 | 第9回 INMM/ESARDA/INMMJ 合同ワークショップ 場所：東京国際交流館(TIEC) プラザ平成(東京都江東区) | Overview of IRID R&D for fuel debris retrieval technologies at Fukushima-Daiichi |
| 442 | 2019年10月16日 | Hitachi Social Innovation Forum 2019 TOKYO | 福島第一原子力発電所廃炉対応に貢献するロボティクス |
| 443 | 2019年10月18日 | 電気学会調査専門委員会 (「福島第一原子力発電所廃炉に関わる放射線計測技術調査専門委員会」) 場所：東京大学本郷キャンパス(東京都文京区) | 福島第一原子力発電所における表面α汚染イメージング |
| 444 | 2019年10月28日 | 地盤工学会 第2回 廃炉地盤工学委員会 場所：地盤工学会館(東京都文京区千石) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における福島第一原子力発電所廃炉技術開発の状況 ※文部科学省委託事業「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」に採択された地盤工学的技術の貢献活動を実施 |
| 445 | 2019年10月 | 地盤工学会誌 2019年10月号 特集 | 投稿：福島第一原子力発電所廃止措置におけるIRIDの研究開発の現状 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|---|--|
| 446 | 2019年11月6日 | 2019 International Workshop on Post-Fukushima Challenges on Severe Accident Mitigation and Research Collaboration 場所：ホテルインターシティ(韓国大田広域市) | Current situation of OECD/NEA, Preparatory Study on Analysis of Fuel debris(PreADES) project |
| 447 | 2019年11月12日 | 日本原子力学会「シビアアクシデント時の核分裂生成物挙動」第8回 研究専門委員会 場所：エネルギー総合研究所(茨城県水戸市) | 福島第一原子力発電所事故汚染物に関する放射性核種分析と由来の推定 |
| 448 | 2019年11月14日 | 日本原子力学会 水化学部会 第37回 定例研究会 場所：北陸電力(株)石川支店金沢電気ビル | 福島第一原子力発電所事故汚染物に関する放射性核種分析と由来の推定 |
| 449 | 2019年11月20日 | 日本鉱業協会 第18回鉛年間大会 場所：連合会館(東京都千代田区) 主催：日本鉱業協会 鉛亜鉛需要開発センター | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における福島第一原子力発電所廃炉の技術開発の状況 |
| 450 | 2019年11月22～23日 | ロボット・航空宇宙フェスタふくしま2019 場所：ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | 展示：ポスター及び紹介ビデオ 実演：水中遊泳ロボット(東芝エネルギーシステムズ) |
| 451 | 2019年11月29日 | 関西原子力懇談会「第2回 原子力構造物の高経年化に関わる維持技術の高度化に関する調査委員会」 場所：大阪科学技術センター(大阪府大阪市) | 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用状況 |
| 452 | 2019年12月11日 | QST 高崎サイエンスフェスタ2019 場所：高崎シティギャラリー(群馬県高崎市) 主催：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 | 燃料デブリ取り出し臨界管理のための非溶解性中性子吸収剤候補に対するガンマ線照射特性評価 |
| 453 | 2019年12月18～21日 | 国際ロボット展 | 展示：ロボットアーム |
| 454 | 2020年1月27～29日 | IAEA Emerging Technology Workshop (ETW) 場所：オーストリア ウィーン | Robotic Technology Development for Decommissioning of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station |
| 455 | 2020年1月17日 | Damaged Core Sub Group Meeting NRA 会議室 | Current Status of Decommissioning R&D |
| 456 | 2020年2月12～13日 | The 5th PreADES 場所：OECD/NEA 本部(フランス パリ) | Transport of Fuel Debris Samples - Investigation on Type B Cask |
| 457 | 2020年2月13日 | 栃木航空宇宙懇話会 第108回月例研修会 場所：ホテル ニューイタヤ(栃木県宇都宮市) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における福島第一原子力発電所廃炉技術開発の状況 |
| 458 | 2020年2月17日 | 公表先：日立製作所 日立事業所紹介資料へのPCV内部調査ROV写真の掲載 | 日立事業所の役割 |
| 459 | 2020年2月18日 | 第4回 日英原子力産業フォーラム 場所：英国大使館 | Mock-Ups and Training for Long-Term Operation |
| 460 | 2020年2月20日 | 文部科学省プログラム 第3回日露学生交流フォーラム 場所：東京工業大学 すずかけ台キャンパス(神奈川県横浜市) | Overview of IRID R&D for fuel debris retrieval technologies at Fukushima-Daiichi |
| 461 | 2020年2月20日 | 日本3Dプリンティング産業技術協会「DfAM勉強会」 場所：機械振興会館 B3階 研修室1 | 東芝におけるDesign for AMの取り組み |
| 462 | 2020年2月25日 | 公表先：経団連主催による意見交換会でのIAEA事務局長等への弊社事業紹介 場所：経団連会館 | Brief introduction of Hitachi's Nuclear Business/2.Hitachi's Challenge to Fukushima Daiichi NPS |
| 463 | 2020年2月27日 | 2019年度 福島研究開発部門 成果報告会 場所：いわき芸術文化交流館アリオス | 福島研究開発部門の活動概況報告 |
| 464 | 2020年3月8～12日 | Waste management 公表先：The annual Waste Management (WM) Conference(廃炉関連の技術紹介、米国アリゾナ州で開催)にて出展する弊社展示ブースへ出店するFact SheetにPMORPHの写真に掲載 | 1) A handling process of solid waste generated from fuel debris retrieval 2) Muscular Robot with Flexible Structuring Mechanism |
| 465 | 2020年6月10日 | 電気評論6月号 福島第一廃炉特集 | 投稿：廃炉に関わる各要素技術の開発について |
| 466 | 2020年7月20日 | 刊行物：原子力年鑑2021(日刊工業新聞) | 投稿：福島第一原子力発電所廃止措置に向けた国際廃炉研究開発機構(IRID)における研究開発の現状 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|--|---|
| 467 | 2020年8月10日 | 福島第一原子力発電所 廃炉情報誌 はいろみち 第21号 | 投稿：福島県浜通り地域の研究施設/ 檜葉遠隔技術 開発センター |
| 468 | 2020年9月16日 | 日本原子力学会 2020年秋の大会 バックエンド部会特別セッション | WEB講演：固体廃棄物の処理・処分に関する研究開 発 |
| 469 | 2020年9月16日 | 日本原子力学会 2020年秋の大会 バックエンド部会特別セッション (WEB開催) | WEB講演： 1) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (8) 低温処理固化可能性検査手法の検討処理に係 る課題の検討 2) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (9) 模擬炭酸塩スラリーの合成 3) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (10) 炭酸塩スラリーを含有する低温固化処理材料 の特性評価 4) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (11) 低温処理材料の溶解試験 5) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (12) 低温処理材料の溶解挙動のモデル化 6) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (13) 炭酸塩スラリー含有固化体の照射特性 7) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (14) 高温処理時における無機吸着剤からのCs揮 発挙動 8) 福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行 的処理に係る研究開発 (15) 廃棄物固化処理技術抽出に向けた処理技術 調査 その2 |
| 470 | 2020年9月17日 | 日本原子力学会 2020年秋の大会 廃炉検討委員会特別セッション | WEB講演：IRIDの研究開発概況 |
| 471 | 2020年9月29日 | 軽水炉安全セミナー(原子炉廃止措置編) 場所：東北大学(宮城県仙台市) | WEB講演：福島第一の廃炉研究開発の現状と課題 |
| 472 | 2020年9月30日 | 軽水炉安全セミナー(原子炉廃止措置編) 場所：東北大学(宮城県仙台市) | WEB講演：廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現 場適用の状況 |
| 473 | 2020年10月21日 | 第129回 ロボット工学セミナー 「福島復興で活躍するロボット」 主催：日本ロボット学会 | WEB講演：福島第一原子力発電所の廃炉用ロボッ トの開発 ～課題と必要技術 |
| 474 | 2020年10月26～28日 | 腐食防食学会 第67回 材料と環境討論会 | WEB講演：希釈人工海水中の格納容器用炭素鋼の 腐食に対する防錆剤の効果に及ぼす非溶解性中性子 吸収剤適用の影響 |
| 475 | 2020年10月30日 | 日本原子力学会 2020年秋の大会 福島第一原子力発電所廃炉検討委員会セッション | WEB講演：福島第一原子力発電所の廃炉に関する IRIDの研究開発概況 |
| 476 | 2020年10月末 | 刊行物：原子力年鑑2021(日刊工業新聞) | 投稿：福島第一原子力発電所の廃炉に向けた国際廃 炉研究開発機構(IRID)におけるロボット技術の開発 |
| 477 | 2020年11月27～28日 | ロボット・航空宇宙フェスタふくしま 場所：ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | パネル出展 |
| 478 | 2020年12月1日 | [国際会議] ICRP 原子力事故後の回復に関する国際会議 2020 | WEB講演：Status of IRID's Research and Development for Fukushima Decommissioning - IRID |
| 479 | 2020年12月5日 | JAEA 福島研究開発部門報告会 | 展示：IRIDポスター2枚 |
| 480 | 2020年12月7～9日 | FRC/SAMMI | WEB講演：Development of the measuring technique for the challenge of investigation inside the primary containment vessels |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|--|--|
| 481 | 2020年12月7日 | OECD/NEA Specialist Workshop on Advanced Measurement Method and Instrumentation for enhancing Severe Accident Management in an NPP addressing Emergency, Stabilization and Long-term recovery Phases (SAMMI-2020) | WEB講演：Remote Detector for Evaluating Nuclear Fuels Distribution |
| 482 | 2020年12月17日 | PreADES | WEB講演：Overview of Research and Development Conducted by IRID |
| 483 | 2020年12月24日 | JAEA 材料科学シンポジウム2020 主催：JAEA物質科学研究センター | WEB講演：福島第一原子力発電所燃料デブリ取り出 し技術の開発状況 |
| 484 | 2021年1月22日 | 早稲田大学 廃炉地盤工学講義ブレインストーミング | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における福島第一原子 力発電所燃料デブリ調査・取り出し技術開発の状況 |
| 485 | 2021年3月1日 | 日本原子力学会誌 2021年3月号 | 投稿：「福島第一原子力発電所廃炉検討委員会」現地 状況及び活動報告 (3)「IRIDの研究開発概況」 |
| 486 | 2021年5月19～21日 | 材料と環境2021 主催：公益社団法人 腐食防食学会 | WEB講演：IRID事業における腐食評価および対策の 研究開発 |
| 487 | 2021年5月26日 | 日本機械工業連合会 会員講演会 主催：日本機械工業連合会 | WEB講演：福島第一原子力発電所燃料デブリ取り出 し技術開発の状況 |
| 488 | 2021年6月10日 | 第5回日英原子力産業フォーラム | WEB講演：Decommissioning at Tokai 1 and Japanese LWR Sites: Updates from IRID |
| 489 | 2021年6月1日 | 日本原子力学会誌 2021年6月号 | 投稿：福島第一原子力発電所の廃炉に伴って発生す る廃棄物の現状と今後 ～次なるステップへの挑戦～ Part III 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 |
| 490 | 2021年7月6～8日 | 保全学会 第17回学術講演会 | WEB講演：α汚染遠隔計測における3次元空間再構 築技術の開発 Development of 3D reconstruction for remote alpha contamination measurement WEB講演：福島第一原子力発電所廃炉にかかわる技 術開発の現状について |
| 491 | 2021年7月7日 | INTERNATIONAL PEER REVIEW OF MID- LONG-TERM ROADMAP TOWARDS THE DECOMMISSIONING OF TEPCO'S FUKUSHIMA DAIICHI NUCLEAR POWER STATION UNIT 1-4 The 5th Mission to Japan | Activity Status of R&D Projects |
| 492 | 2021年8月10日 | 日本原子力学会 第5回核燃料・材料・水化学夏期セミナー | WEB講演：福島第一原子力発電所の廃炉に関し、燃 料デブリの取り出し技術開発を中心とした技術開発の 進捗状況について講演 |
| 493 | 2021年9月9日 | 日本原子力学会 2021年秋の大会 福島第一原子力発電所廃炉検討委員会企画セッシ ョン | WEB講演：1) IRIDの研究開発概況 2) 福島第一原子力発電所 燃料デブリ 搬送装置における水素処理機構の研究開発状況 |
| 494 | 2021年9月10日 | 2021年第82回応用物理学会 秋季学術講演会シンポジウム 「福島第一原発廃炉と福島復興 - 応用物理学会員 として、私たちに何が出来るか -」 | WEB講演：国際廃炉研究開発機構における研究開発 の状況 |
| 495 | 2021年9月13～15日 | DEM2021(展示会)*1 場所：フランス アビニョン 日時：9月13～15日*2 *1: International Conference on Decommissioning Challenges: Industrial Reality, Lessons Learned and Prospects *2: コロナ禍により、当初予定の6月7～9日開催 が延期された | 1) Nuclear Fuel Cycle operator and dismantling experience to serve Fukushima Daiichi Fuel Debris Retrieval program 2) Particle generation test using simulated uranium containing debris: the URASOL project in the framework of Fukushima Daiichi dismantling |
| 496 | 2021年9月15～17日 | 東北大学・2021年度軽水炉安全セミナー(原子炉 廃止措置編) 場所：東北大学原子炉廃止措置基盤研究センター(宮 城県仙台市) | WEB講演 1) 福島第一の廃炉研究開発の現状と課題 2) 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の 状況 |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|-------------------|---|---|
| 497 | 2021年10月2日 | NDF戦略ワークショップ | 規模を拡大した取り出しに向けたロボットアーム開発状況 |
| 498 | 2021年10月9日 | NDF主催の「福島第一原子力発電所の廃炉に関する技術戦略ワークショップ」 | WEB講演：燃料デブリ取り出しの実現に向けたロボットアーム開発状況 |
| 499 | 2021年10月15日 | 刊行物:Applied Optics(Radiography, Applied Optics, and Data Science) ※米国光学学会誌 | 投稿:Alpha Emitter Detection System Using UV Light Detector |
| 500 | 2021年10月17日 | IEEE NUCLEAR SCIENCE SYMPOSIUM AND MEDICAL IMAGING CONFERENCE | WEB講演: Particle detectors to promote decommissioning of Fukushima Daiichi |
| 501 | 2021年11月15~17日 | STSS/ISOFC/ISSNP2021 場所:岡山コンベンションセンター | WEB講演: Overview of IRID R&D |
| 502 | 2021年11月16日 | 「放射線化学と原子炉化学」 場所:大阪大学大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻(大阪府吹田市) | 燃料デブリの分析について |
| 503 | 2021年11月19~20日 | ロボット・航空宇宙フェスタふくしま2021 場所:ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | 出展:ポスターと動画 |
| 504 | 2021年11月29日 | Reactor Safety Technology Expert Panel Forensics Meeting 場所:アメリカ ワシントンDC | WEB講演: Update on 1F sample analysis |
| 505 | 2021年11月30日~12月2日 | WNE2021(World Nuclear Exhibition) 場所:フランス パリ | 'Veolia Nuclear Solutions' Work with the UK Department for International Trade |
| 506 | 2021年11月30日~12月3日 | ANS Winter meeting As Applied at Fukushima Decommissioning Environmental Science and Remote Technology 2021 | Overview of Research & Development for Decommissioning by IRID |
| 507 | 2021年11月30日~12月3日 | ANS Winter meeting International Perspectives on the Use of Robotics in Nuclear Decommissioning Environmental Science and Remote Technology 2021 | 【パネル1】 As Applied at Fukushima Decommissioning Environmental Science and Remote Technology 2021 【パネル2】 The use of robotics/remote systems in nuclear decommissioning applications. |
| 508 | 2021年12月1日 | アトックス技報 No.13 2021 | 投稿:セシウム吸着塔のサンプリング技術の開発 Development of Sampling Technology from Cesium Adsorption Vessels |
| 509 | 2021年12月1日 | 腐食防食学会「材料と環境」誌 12月号 | 投稿1)原子炉格納容器に対する腐食抑制技術 投稿2)使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の長期健全性評価 投稿3)腐食減肉に対する原子炉圧力容器(RPV)及び原子炉格納容器(PCV)の構造健全性評価 |
| 510 | 2021年12月8日 | IRIDシンポジウム2021 in 福島 「燃料デブリ取り出しに挑む-IV」 場所:いわき産業創造館(福島県いわき市) | 1)IRIDの研究開発の状況 2)燃料デブリ取り出しの実現に向けたロボットアーム開発状況 3)1号機PCV内部調査に向けた準備作業状況 |
| 511 | 2021年12月21日 | 第43回原子力委員会において 場所:内閣府原子力委員会(会議室及びオンライン) | WEB講演:燃料デブリ取り出しの実現に向けたロボットアーム開発状況 ※講演依頼がNDF経由であり、MHI細江様が対応 |
| 512 | 2022年1月7日 | 第6回文理融合シンポジウム 場所:大阪大学(大阪府吹田市) | ミュオン散乱イメージングと応用 |
| 513 | 2022年1月19日 | 東京都市大学大学院 総合理工学研究科の講義 場所:東京都市大学(東京都世田谷区) | 原子炉計測 |
| 514 | 2022年1月21日 | 早稲田大学 2021年度秋学期地盤工学特論B 第14廃炉地盤工学講義プレインストーミング 場所:早稲田大学(東京都新宿区) | 国際廃炉研究開発機構(IRID)における1F燃料デブリ調査・取り出し技術開発の状況 |
| 515 | 2022年2月10日 | 福島第一原子力発電所 廃炉情報誌 はいろみち 第30号 | 投稿:福島のロボットで廃炉を進める ~無限大の若い力~ 福島工業高等専門学校の取り組み |
| 516 | 2022年2月20日 | アメリカ光学学会 Applied Optics 特別号 | 投稿: Review of muon scattering imaging |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|---|--|
| 517 | 2022年2月25日 | 第10回廃炉研究連携会議 場所:NDF第二大会議室 主催:NDF | 燃料デブリ取り出しの実現に向けたロボットアーム開発状況 |
| 518 | 2022年3月6日 | NURETH-19 2022,19th International Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics 場所:ベルギー ブリュッセル | Preliminary investigation of samples taken from the PCV inside of Fukushima Daiichi nuclear power plant and implication on severe accident analysis |
| 519 | 2022年3月8日 | WM2022 Robotics/Remote Control Technology at Japan Fukushima Daiichi | Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Unit 2 Fuel Debris Trial Retrieval and PCV Investigation Arm-type Access Equipment Verification Test in Japan |
| 520 | 2022年3月14日 | 「第98回監視評価検討会」議題3に係る説明資料 ※規制庁ホームページにて会議資料として公開 | 固体廃棄物の性状把握に向けた試料採取・分析計画について(2022年度) |
| 521 | 2022年3月16日 | SARRY、KURION吸着塔からの性状把握用分析試料採取に係る東京電力ホールディングス(株)から規制庁1F室への概要説明 | SARRY、KURIONからの吸着剤採取について |
| 522 | 2022年4月8日 | 第418回月例研究会 主催:一般社団法人 エネルギー総合工学研究所 | WEB講演:燃料デブリ取り出しに向けた技術開発状況について報告 |
| 523 | 2022年4月10日 | 福島第一原子力発電所 廃炉情報誌 はいろみち 第31号 | 投稿:燃料デブリ取り出しに向けて~11年目の廃炉作業~ |
| 524 | 2022年5月1日 | 日本コンクリート工学会の英文雑誌「Journal of Advanced Concrete Technology」 場所:日本コンクリート工学会(Journal of Advanced Concrete Technology) | 投稿:Properties of Concrete Subjected to Severe Accident Conditions at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant |
| 525 | 2022年5月1日 | 株式会社アトックス社報 | 投稿:最新のIRID【国プロ】研究開発の実施状況 |
| 526 | 2022年6月7日 | 内閣府 原子力委員会 開催形態:発表はオンライン、内閣府 原子力委員会ホームページに資料公開 | WEB講演:国際廃炉研究開発機構(IRID)における研究開発への取り組み |
| 527 | 2022年6月25日 | 日本原子力学会廃炉検討委員会シンポジウム | IRIDにおけるロボット技術 研究開発概況 |
| 528 | 2022年7月1日 | 季報エネルギー総合工学 Vol.45 No.2 | 投稿:国際廃炉研究開発機構における研究開発の状況 |
| 529 | 2022年7月10日 | 保全学会誌 2022年7月号 | 投稿:「保全への提言」保全遺産第五号の認定を受けて |
| 530 | 2022年7月10日 | アジア若手原子力シンポジウム2022 主催:内閣府 | WEB講演:R&D status by Industry ※アジア若手原子力シンポジウムは、日本、タイ、インドネシア、マレーシア、ベトナムなど東南アジア諸国の若手原子力研究者・技術者が集い意見交換を行った |
| 531 | 2022年7月10~15日 | SMiRT26(Structural Mechanics in Reactor Technology 26) | Development of Fuel Debris Canister -Structural verification Test using a Full-Size Mock-Up Canister- |
| 532 | 2022年7月11日 | The First Meetings of the Management Board and the Programme Review Group of the OECD/NEA FACE Project. 場所:フランス パリ | Task 2a: Characterization of U-bearing particles Task 2b: Establishment of techniques for future fuel debris analysis for D&D Task 2c: To investigate behavior of fine radioactive particles generated by retrieval operation Task 3: Samples & Analyses from Fukushima Daiichi NPS |

主な研究成果の発表・公表一覧

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|---------------|--|--|
| 533 | 2022年7月14日 | 日本保全学会 第18回学術講演会 場所：京都大学吉田キャンパス百周年時計台記念館 & オンライン (Webex) | WEB講演： 1) α 汚染遠隔計測装置における環境放射線の影響評価 (Evaluation of environmental radiation effects on remote alpha contamination measurement detector) 2) α 汚染遠隔計測におけるカラー情報を利用した3次元空間再構築技術の開発 (Development of 3D reconstruction using color information for remote alpha contamination) |
| 534 | 2022年7月14日 | 日本保全学会 第18回学術講演会 場所：京都大学吉田キャンパス百周年時計台記念館 & オンライン (Webex) | WEB講演：福島第一原子力発電所1号機PCV内部 詳細調査の状況 |
| 535 | 2022年7月15日 | 日本保全学会 第18回学術講演会(オンライン発表 の際の画面共有) 場所：京都大学吉田キャンパス百周年時計台記念館 & オンライン (Webex) | WEB講演：日本保全学会の保全遺産 ～保全技術・訓練センター (日立GEニュークリア・エナジー(株))～ |
| 536 | 2022年7月13～15日 | 日本保全学会 第18回学術講演会 企業展示 | 出展：ポスターと動画 |
| 537 | 2022年8月29日 | NDF廃炉国際フォーラム DAY2 場所：福島県 いわき市 | 出展：ポスター |
| 538 | 2022年9月1日 | 第7回廃炉創造ロボコン サマースクール 場所：JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター 主催：国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 (JAEA)、廃止措置人材育成高専等連携協議会 | 福島第一原子力発電所廃炉ロボット研究開発の状況 |
| 539 | 2022年9月5日 | 3rd Research Coordination Meeting of the IAEA Coordinated Research Project on Corium and Severely Damaged Fuel Management (CORIUM CRP-T13015) | Updates on JAEA activity related to fuel debris analysis |
| 540 | 2022年9月5日 | IAEA TECDOC 「Management of Severely Damaged Spent Fuel and Corium」 Final report of a coordinated research project | Management of Severely Damaged Spent Fuel and Corium |
| 541 | 2022年9月5日 | 3rd Research Coordination Meeting of the IAEA Coordinated Research Project on Corium and Severely Damaged Fuel Management (CORIUM CRP-T13015) | Decommissioning of TEPCO Fukushima Dai ich NPP R&D status by industry |
| 542 | 2022年9月5日 | 第40回 日本ロボット学会 学術講演会(オープン フォーラム) 場所：東京大学 本郷キャンパス(東京都文京区) | 計画起動への誘導と自動干渉回避によるマニピュレー タ遠隔操作支援システムの有効性評価 |
| 543 | 2022年9月9日 | 第40回 日本ロボット学会 学術講演会(オープン フォーラム) 場所：東京大学 本郷キャンパス(東京都文京区) | IRIDにおけるロボット技術研究開発概況 |
| 544 | 2022年9月11～14日 | 日本機械学会2022年度年次大会 場所：富山大学 五福キャンパス(富山県富山市) | 出展：ポスターと動画 |
| 545 | 2022年9月21日 | Women in Energy 2nd stage | 福島第一原子力発電所の廃炉に向けての研究開発の 状況 |
| 546 | 2022年9月26～30日 | IAEA 総会展示会 | 出展：ポスターと動画(データ提示) |
| 547 | 2022年9月29日 | 軽水炉安全セミナー(原子炉廃止措置編) 場所：東北大学(宮城県仙台市) | 1) 福島第一原子力発電所の廃炉研究開発の現状と課 題 2) 廃炉作業に伴うロボット技術の開発と現場適用の 状況 |
| 548 | 2022年9月30日 | 軽水炉安全セミナー(原子炉廃止措置編) 場所：東北大学(宮城県仙台市) | 1) 燃料デブリの特性把握と処置 2) 燃料デブリの分析 |
| 549 | 2022年10月4日 | 腐食防食学会 第69回材料と環境検討会 | 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発(燃料デブリ 収納・移送を含め、長期間安全に保管するための収 納缶を開発する) |
| 550 | 2022年10月7日 | 計測自動制御学会(SICE)九州フォーラム | 過酷環境対応ロボット技術開発と実機適用 |

| No | 実施日 | 発表・公表場所等 | 課題・テーマ |
|-----|----------------|---|--|
| 551 | 2022年10月13日 | 福島廃炉研究国際会議2022 (FDR2022) 場所：福島県 櫛葉市 | 1) Experiences From the cutting of metallic blocks from simulant Fukushima Daiichi Fuel Debris 2) AERUSOL characterization during heating and mechanical cutting of Simulated Uranium Containing Debris: The URASOL project in the framework of Fukushima Daiichi fuel debris removal |
| 552 | 2022年10月末 | 原子力年鑑2023 | 投稿：福島第一原子力発電所の廃炉に向けた国際廃 炉研究開発機構(IRID)における原子炉格納容器内部 詳細調査に関する技術開発 |
| 553 | 2022年11月25～26日 | ロボット・航空宇宙フェスタふくしま2022 場所：ビッグパレットふくしま(福島県郡山市) | 出展：ポスターと動画 |
| 554 | 2022年11月27日 | International Youth Nuclear Congress IYNC2022 (Webex) 場所：ホテルハマツ(福島県郡山市) | WEB講演：「Development of Large-scale Integrated Fuel Debris Removal Method」(燃 料デブリ大型一体搬出工法の開発) |
| 555 | 2022年12月1日 | 日本原子力学会誌12月号 | 投稿：燃料デブリの取り出しとロボット技術 |
| 556 | 2022年12月7日 | IRID シンポジウム2021 in 福島 「叡智を結集した未知の領域への挑戦」 場所：いわき産業創造館(福島県いわき市) | 1号機 PCV 内部調査の実施状況 |
| 557 | 2023年2月14日 | 一般社団法人 日本原子力産業協会 輸送・貯蔵専門 調査会 | 福島第一原子力発電所におけるIRIDの研究開発の現 状 |
| 558 | 2023年3月3～4日 | 日本機械学会北信越支部 2023年合同講演会に おいて企業展示ブースに出展 場所：福井大学(福井県福井市) | 展示：パネル、「ロボットアーム」の動画 |

共同研究・委託研究一覧

2014年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|----------------------|-------------------|------|---|--------------------------|
| 1 | 2014年12月～ 2015年2月 | 原子炉压力容器内部調査技術の開発 | 委託研究 | RPV内部調査 要素技術F/S(搬送技術) | 国立大学法人 東京工業大学 |
| 2 | 2014年12月～ 2015年2月 | 原子炉压力容器内部調査技術の開発 | 委託研究 | RPV内部調査 要素技術F/S(搬送技術) | 学校法人 名城大学 |
| 3 | 2014年6月～ 2015年3月 | 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所1号機のミュオン透過法による原子炉内燃料デブリの測定 | 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 |
| 4 | 2014年11月～ 2015年2月 | 燃料デブリ性状把握・処置技術の開発 | 委託研究 | 熔融固化デブリの特性評価 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 5 | 2014年9月～ 2015年1月 | 事故廃棄物処理・処分技術の開発 | 委託研究 | 廃棄物インベントリの評価技術に関する研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 6 | 2014年10月～ 2015年1月 | 事故廃棄物処理・処分技術の開発 | 委託研究 | ゼオライトの残水蒸発に係わる検討 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 7 | 2014年8月～ 2015年1月 | 事故廃棄物処理・処分技術の開発 | 共同研究 | キャピラリー電気泳動法を用いるアクチニド分析用試薬の精密分取技術に関する研究 | 国立大学法人 埼玉大学 |
| 8 | 2014年9月～ 2015年1月 | 事故廃棄物処理・処分技術の開発 | 共同研究 | ゼオライトの熱伝導率測定及び解析 | 国立福島工業高等専門学校 |
| 9 | 2014年12月～ 2015年8月 | 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 | 委託研究 | マニピュレータの遠隔操縦性向上に関する研究 | 国立大学法人 神戸大学 |
| 10 | 2014年12月～ 2015年8月 | 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 | 委託研究 | ロボット周囲の3次元把握技術に関する研究 | 国立大学法人 筑波大学 |
| 11 | 2014年11月～ 2015年8月 | 原子炉建屋内の遠隔除染技術の開発 | 委託研究 | 遠隔操作ロボットに搭載される疑似俯瞰画像生成システムにおけるカメラキャリブレーション手法の研究 | 国立大学法人 東京大学 |

2015年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|----------------------|---------------------|------|---|--------------------------|
| 1 | 2014年6月～ 2015年12月 | 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所のミュオン透過法による原子炉内燃料デブリの測定 | 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 |
| 2 | 2014年7月～ 2015年11月 | 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 | 委託研究 | ミュオン散乱法の燃料デブリ識別 アルゴリズム開発支援 | 米国ロスアラモス研究所 (LANL) |
| 3 | 2015年5月～ 2016年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 廃棄物インベントリの推算・評価技術に関する研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 4 | 2015年5月～ 2016年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 事故廃棄物の臨界に関する特性に関する検討 | 米国カリフォルニア大学 バークレー校 |
| 5 | 2015年9月～ 2016年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | ガンマ線測定を用いた廃棄物管理手法に関する研究開発 | 国立大学法人 東京工業大学 |
| 6 | 2015年10月～ 2016年2月 | 燃料デブリの性状把握 | 委託研究 | 熔融固化デブリの物性評価(2) | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 7 | 2014年12月～ 2015年8月 | 遠隔除染装置の開発 | 委託研究 | 遠隔操作ロボットに搭載される疑似俯瞰画像生成システムにおけるカメラキャリブレーション手法の研究 | 国立大学法人 東京大学 |
| 8 | 2014年12月～ 2015年8月 | 遠隔除染装置の開発 | 委託研究 | ロボット周囲の3次元把握技術に関する研究 | 国立大学法人 筑波大学 |
| 9 | 2014年12月～ 2015年8月 | 遠隔除染装置の開発 | 委託研究 | マニピュレータの遠隔操縦性向上に関する研究 | 国立大学法人 神戸大学 |
| 10 | 2016年1月～ 2016年3月 | 遠隔除染装置の開発 | 委託研究 | 複数台車の協調移動制御に関する研究 | 大学法人 芝浦工業大学 |

2016年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|----------------------|--------------------------|------|--|--------------------|
| 1 | 2016年8月～ 2017年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | バーチャル炉による逆問題評価 | 国立大学法人 東京大学 |
| 2 | 2016年8月～ 2017年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | 炉心物質スランピング時の配管変形解析 | 国立大学法人 東京大学 |
| 3 | 2016年8月～ 2017年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | 炉心スランピング時の事象推移に関わる MELCOR 解析 | 国立大学法人 早稲田大学 |
| 4 | 2016年10月～ 2017年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | MCCI 反応物の熔融・凝固時の偏析解析 | 国立大学法人 東北大学 |
| 5 | 2016年10月～ 2017年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | セシウムの補足反応と拡散挙動の研究 | 国立大学法人 大阪大学 |
| 6 | 2016年12月～ 2017年6月 | 燃料デブリの臨界管理技術の開発 | 委託研究 | 燃料デブリを含む体系に適用する臨界近接検知システム及び中性子吸収材の実証試験 | 国立大学法人 京都大学 |
| 7 | 2016年6月～ 2017年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出しの基盤技術開発事業 | 委託研究 | 不連続・大荷重先端制御に関する調査 | 国立大学法人 大阪大学 |
| 8 | 2016年4月～ 2017年3月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所の破損燃料の地層処分における臨界安全性に関する研究 | 米国カリフォルニア大学 バークレー校 |
| 9 | 2016年4月～ 2017年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | ガンマ線測定を用いた廃棄物管理手法に関する研究開発(2) | 国立大学法人 東京工業大学 |
| 10 | 2016年5月～ 2017年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 廃棄物インベントリの推算・評価技術に関する研究(Phase 2) | 一般財団法人 電力中央研究所 |

共同研究・委託研究一覧

2017年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|----------------------|--------------------------|------|--|--------------------|
| 1 | 2017年4月～ 2018年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | 炉心物質スランピング時の事象推移に関わるMELCOR解析 | 学校法人 早稲田大学 |
| 2 | 2017年4月～ 2018年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | 炉心物質スランピング時の配管変形解析 | 国立大学法人 東京大学 |
| 3 | 2017年4月～ 2018年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | バーチャル原子炉による逆問題評価 | 国立大学法人 東京大学 |
| 4 | 2017年4月～ 2018年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | セシウムの補足反応と拡散挙動の研究 | 国立大学法人 大阪大学 |
| 5 | 2017年5月～ 2018年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | Cs-Si-(Fe)-O系化合物の熱力学諸量評価に関する研究 | 国立大学法人 東京工業大学 |
| 6 | 2017年5月～ 2018年2月 | 総合的な炉内状況把握の高度化 | 委託研究 | 材中のケイ素挙動の研究 | 国立大学法人 東北大学 |
| 7 | 2017年6月～ 2018年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出しの基盤技術の高度化 | 委託研究 | 多自由度ロボットの環境との干渉回避を考慮した軌道生成の評価 | 国立大学法人 神戸大学 |
| 8 | 2017年8月～ 2018年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出しの基盤技術の高度化 | 委託研究 | 油圧駆動マニピュレータの手先負荷力の推定・制御に関する調査 | 国立大学法人 大阪大学 |
| 9 | 2017年7月～ 2018年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 解析的評価手法の精度向上に関する検討 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 10 | 2017年9月～ 2018年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 廃棄物管理(水素発生)に関する研究 | 英国国立原子力研究所 |
| 11 | 2017年10月～ 2018年1月 | 燃料デブリ臨界管理技術の開発 | 委託研究 | 燃料デブリを含む体系に適用する臨界近接検知システム及び中性子吸引材の実証試験(その2) | 国立大学法人 京都大学 |
| 12 | 2017年4月～ 2017年9月 | 原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所廃炉研究の内ベント管止水用コンクリート材料開発に係る基礎実験業務委託 | 高知県立大学法人 高知工科大学 |
| 13 | 2017年10月～ 2018年3月 | 原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の開発 | 委託研究 | 自己充填コンクリートの流動性向上 | 高知県立大学法人 高知工科大学 |

2018年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|---------------------|--|------|---|-----------------|
| 1 | 2018年4月～ 2019年1月 | 燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術開発 | 委託研究 | 液相および気液界面における放射性微粒子挙動に関する研究 | 国立大学法人 東京大学 |
| 2 | 2018年8月～ 2019年1月 | 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・システムの高度化(臨界管理方法の確立に関する技術開発) | 委託研究 | 燃料デブリを含む体系に適用する臨界近接検知システムの実証試験 | 国立大学法人 京都大学 |
| 3 | 2017年6月～ 2019年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化 | 委託研究 | 多自由度ロボットの環境との干渉回避を考慮した軌道生成の評価 | 国立大学法人 神戸大学 |
| 4 | 2017年8月～ 2019年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化 | 委託研究 | 油圧駆動マニピュレータの手先負荷力の推定・制御に関する調査 | 国立大学法人 大阪大学 |
| 5 | 2018年7月～ 2019年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 解析的評価手法の精度向上に関する検討 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 6 | 2018年9月～ 2019年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 廃棄物管理(水素発生)に関する研究 | 英国国立原子力研究所 |
| 7 | 2018年9月～ 2019年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所事故に関わる高汚染物の分析及び評価 | 日本核燃料開発株式会社 |
| 8 | 2018年4月～ 2019年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発) | 委託研究 | 評価アプローチに係る調査研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 9 | 2018年4月～ 2019年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発) | 委託研究 | 再利用材料を含む新材料の固化特性に係る調査研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 10 | 2018年4月～ 2019年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発) | 委託研究 | セメント系新材料中の含水成分評価手法の開発 | 株式会社 太平洋コンサルタント |
| 11 | 2018年4月～ 2019年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発) | 委託研究 | セメント系材料の物性変化特性に係る調査 | 株式会社 太平洋コンサルタント |
| 12 | 2018年7月～ 2019年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発(先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発) | 委託研究 | 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の処理・処分のための簡易・迅速な分析方法の研究 | 公益財団法人 日本分析センター |

共同研究・委託研究一覧

2019年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|------------------|---------------------------|------|---|------------------------|
| 1 | 2019年7月～2020年1月 | 燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術開発 | 委託研究 | 微粒子の気相・気液界面及び液相における移行挙動に関する研究 | 国立大学法人 東京大学 |
| 2 | 2019年7月～2020年1月 | 燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術開発 | 委託研究 | 国内外の原子力施設における放射性微粒子の飛散事例の調査に関する研究 | 公益財団法人 原子力バックエンド推進センター |
| 3 | 2019年7月～2021年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発 | 委託研究 | 視界不良かつ狭隘環境での遠隔操作支援ツールの妥当性評価 | 国立大学法人 神戸大学 |
| 4 | 2019年11月～2020年3月 | 燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発 | 委託研究 | 燃料デブリを含む不均一等の体系に適用する臨界近接検知システムの実証試験 | 国立大学法人 京都大学 |
| 5 | 2019年4月～2020年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | セメント系材料の長期挙動評価に係る検討 | 株式会社 太平洋コンサルタント |
| 6 | 2019年4月～2020年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 評価アプローチの検討に利用するデータの取得と整理 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 7 | 2019年4月～2020年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | アルカリ活性固化材料(AAM)の長期挙動評価に係る検討 | 国立大学法人 北海道大学 |
| 8 | 2019年7月～2020年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の処理・処分のための簡易・迅速な分析方法の研究 | 公益財団法人 日本分析センター |
| 9 | 2019年6月～2020年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 統計的インベントリ推算方法の信頼性向上に関する研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 10 | 2019年6月～2020年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所事故に関わる高汚染物の分析及び評価 | 日本核燃料開発 株式会社 |
| 11 | 2019年8月～2020年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | イギリスにおける分析技術の調査 | 英国国立原子力研究所 |

2020年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|-----------------|---------------------------|------|---|-----------------|
| 1 | 2020年4月～2021年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | R2年度セメント固化技術の配合及び長期挙動に関するデータの取得 | 株式会社 太平洋コンサルタント |
| 2 | 2020年4月～2021年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | R2年度評価アプローチの検討に利用するデータの取得と整理 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 3 | 2020年4月～2021年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | R2年度アルカリ活性固化材料(AAM)の長期挙動評価に係る検討 | 国立大学法人 北海道大学 |
| 4 | 2020年7月～2021年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所の固体廃棄物の処理・処分のための簡易・迅速な分析方法の研究 | 公益財団法人 日本分析センター |
| 5 | 2020年6月～2021年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 統計的インベントリ推算方法の高度化に関する研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 6 | 2020年7月～2021年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所廃棄物の統計的サンプリング及び分析計画の開発 | 英国国立原子力研究所 |
| 7 | 2020年7月～2021年2月 | 燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発 | 委託研究 | 原子炉圧力容器内燃料デブリ・構造物の一体取り出し方法における最適な充填固化材の検討 | 国立大学法人 東京大学 |

2021年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|------------------|-------------------------------|------|---|-----------------|
| 1 | 2021年4月～2022年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | R3年度セメント系材料の固化特性と長期変質に係る検討 | 株式会社 太平洋コンサルタント |
| 2 | 2021年4月～2022年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | R3年度評価アプローチの検討に利用するデータの取得と整理 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 3 | 2021年4月～2022年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | R3年度高温処理時のCs揮発量及び抑制に関する調査 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 4 | 2021年6月～2022年1月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | インベントリ推算における廃棄物区分の合理化に関する研究 | 一般財団法人 電力中央研究所 |
| 5 | 2021年7月～2022年2月 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 委託研究 | 福島第一原子力発電所廃棄物の統計的サンプリング及び分析計画の開発 | 英国国立原子力研究所 |
| 6 | 2021年10月～2023年2月 | 燃料デブリの取り出し工法の開発 | 委託研究 | 冗長自由度マニピュレータの障害物回避軌道計算ロジックの妥当性評価 | 国立大学法人 神戸大学 |
| 7 | 2021年8月～2022年3月 | 燃料デブリの取り出し工法の開発 | 委託研究 | 原子炉圧力容器内燃料デブリ・構造物の一体取り出し方法における充填固化体機能維持および施工方法の検討 | 国立大学法人 東京大学 |
| 8 | 2021年6月～2021年12月 | 安全システムの開発(液体系・気体系システム、臨界管理技術) | 委託研究 | 測定原理の異なる中性子検出器によるファインマン α 測定の実証試験 | 国立大学法人 京都大学 |

2022年度

| No | 期間 | PJ名 | 事業区分 | 件名 | 共同研究・委託先 |
|----|-----------------|-------------------------------|------|---|-------------|
| 1 | 2022年8月～2023年2月 | 燃料デブリの取り出し工法の開発 | 委託研究 | 原子炉圧力容器内燃料デブリ・構造物の一体取り出し方法における充填固化材適用方法および施工手順の検討 | 国立大学法人 東京大学 |
| 2 | 2022年7月～2023年1月 | 安全システムの開発(液体系・気体系システム、臨界管理技術) | 委託研究 | 固化型吸収材技術の開発における非晶質ケイ酸塩の構造解析に関する研究 | 学校法人 静岡理科大学 |

海外との関連技術交流一覧

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|----|-----------------------------|--------|--------------------------------------|---|---------|----------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 1 | 汚染分布調査作業(2号オベフロ、1~3号2/3階調査) | 英国 | REACT | N-Visage(線量測定装置カメラ) | 日立GE | 2014.1~2014.12 |
| 2 | 燃料デブリ取り出し工法・システム検討 | 英国 | Cavendish | 換気空調系エンジニアリング他 | 日立GE | 2015/9~2019/3 |
| 3 | 止水工法検討・試験(S/C真空破壊弁ライン) | 仏国 | Bouygues | 止水技術エンジニアリング・試験 | 日立GE | 2015.10~2018.2 |
| 4 | RPV内部調査工法検討(適用装置等の提案) | 仏国 | AREVA | RPV内部調査エンジニアリング | 日立GE | 2014.2~2015.3 |
| 5 | 小型中性子検出器の開発 | 米国 | EPRI/Rhombus | CMOSセンサの開発 | 日立GE | 2017.4~2018.9 |
| 6 | デブリ収納・移送・保管技術の開発 | 米国 | PNNL | デブリ水素発生メカニズム調査 | 日立GE | 2017.10~2018.2 |
| 7 | 燃料デブリ臨界管理技術の開発 | 英国 | NPL | 放射線モニタ校正技術 | 日立GE | 2017.10~2019.2 |
| 8 | PCV内部調査用小型ロボットのクローラ | 加国 | Inuktun | PCV内部調査用小型ロボットのクローラ技術 | 日立GE・東芝 | 2013.2~ |
| 9 | 過酷事故解析コード高度化 | 米国 | EPRI | MAAP高度化 | 東芝 | 2012.6~2018.3 |
| 10 | PCV水張りに向けた調査・補修(止水)(支援装置) | 米国 | VNS(旧KURION) | 遠隔アーム装置 | 東芝 | 2014.11~2016.3 |
| 11 | 原子炉内の燃料位置調査 | 米国 | Los Alamos National Laboratory(LANL) | 宇宙線ミュオンを用いた調査技術 | 東芝 | 2014.7~2015.11 |
| 12 | 未臨界モニタのシステム成立性検討 | 仏国 | CANBERA | 中性子検出器 | 三菱重工業 | 2013.9~2014.6 |
| 13 | 燃料デブリの収納・移送・保管 | 仏国 | JPG CONSEIL | 仏における破損燃料輸送・使用済燃料貯蔵システムの情報調査 | 三菱重工業 | 2014.1~2014.3 |
| 14 | 燃料デブリの収納・移送・保管 | 米国 | Preferred Licensing Service, inc. | 米における使用済燃料貯蔵システムの情報調査 | 三菱重工業 | 2014.1~2014.3 |
| 15 | PCV漏えい特定 | 仏国 | AREVA | 漏えい箇所特定用デバイスの概念設計 | 三菱重工業 | 2014.2~2014.3 |
| 16 | PCV漏えい特定 | 米国 | SwRI | 漏えい箇所特定用デバイスの概念設計 | 三菱重工業 | 引合いするも契約に至らず |
| 17 | RPV内部調査 | 独国 | walischmiller | 長尺マニピュレータのRPV内部調査への適用性評価 | 三菱重工業 | 2014.2~2014.3 |
| 18 | 燃料デブリ臨界管理のための中性子吸収材開発 | 仏国 | KEMICA | 中性子吸収物質を含む耐放射線性水中硬化樹脂コーティング材の試作 | 東芝 | 2014.10~ |
| 19 | 原子炉内燃料デブリ検知技術の開発 | 米国 | Decision Science 社 | ドリフトチューブ検出器の製作 | 東芝 | 2014.6~2015.3 |
| 20 | 燃料デブリ性状把握・処置技術の開発 | 仏国 | CEA | 過去のCEA試験サンプルを用いたMCCI試験生成物の同定及び機械的性質評価(TOLBIACによる生成物評価+過去サンプル分析) | JAEA | 2014.7~2015.3 |
| 21 | 燃料デブリの性状把握 | カザフスタン | NNC(カザフスタン国立原子力センター) | 金属セラミックス溶融固化体製作及び試験 | 東芝 | 2014.7~2016.2 |

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|----|--------------------------------|-------|----------------------------------|------------------------------------|----------|-----------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 22 | RPV内部調査 | 米国 | Westinghouse | RPV内部調査方法と技術の検討 | 東芝 | 2014.2~2014.3 |
| 23 | RPV内部調査 | 仏国 | AREVA | RPV内部調査方法と技術の検討 | 東芝 | 2014.2~2014.3 |
| 24 | 燃料デブリ臨界管理 | ハンガリー | Paks NPP | Paksにおけるデブリ回収時の臨界管理の実績 | 東芝・三菱重工業 | 2015.9 |
| 25 | 燃料デブリ臨界管理のための臨界検知手法開発 | 米国 | AMETEK | 放射線計測による中性子信号分析技術 | 東芝 | 2015.10~ |
| 26 | 燃料デブリ収納・移送・保管・技術の開発 | 米国 | NAC | 湿式移送・保管に関する検討 未臨界状態の維持機能の評価 | 東芝 | 2015.12~2016.3 |
| 27 | PCV水張りに向けた調査・補修(止水)(S/Cガイドパイプ) | 米国 | VNS(旧KURION) | 遠隔自動溶接装置 | 東芝 | 2015.10~2016.3 |
| 28 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | Westinghouse | 燃料デブリ取り出し工法の概念検討 | 東芝 | 2015.1~2015.3 |
| 29 | PCV内部調査装置用の線量計 | 仏国 | ERMES | 線量計 | 東芝 | 2014.5~ |
| 30 | RPV内部調査 | 英国 | Amec Foster Wheeler | 要素技術の実現可能性検討(支援技術:高線量下での無線通信技術) | IRID | 2015.1~2015.3 |
| 31 | 燃料デブリ収納・移送・保管・技術の開発 | 英国 | DBD Limited | 湿式移送・保管に関する調査 | 東芝 | 2016.10~2016.2 |
| 32 | RPV内部調査 | 米国 | Thermo Scientific | 視認性確認試験用のCIDカメラ | 東芝 | 2016.12~ |
| 33 | RPV内部調査 | 露国 | DIAKONT | 視認性確認試験用の撮像管カメラ | 東芝 | 2016.12~ |
| 34 | 遠隔除染 ドライアイスプラスト除染装置 | 米国 | Cold Jet | ドライアイスプラスト除染装置(低所、高所兼用、上部階用)、組合員研究 | 東芝 | 2012.10~2016.12 |
| 35 | 遠隔除染 | 米国 | CBI Polymers | 剥離性塗膜除染剤 Decon Gel 1121, 1108FD | 東芝 | 2012.10~2013.2 |
| 36 | 遠隔除染 | 米国 | Isotron | 剥離性塗膜除染剤 ORION、X-TRACT | 東芝 | 2012.10~2013.2 |
| 37 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 仏国 | AREVA | セル概念検討等 | 三菱重工業 | 2015~ |
| 38 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 英国 | Oxford Technologies | ブーム型アーム等検討 | 三菱重工業 | 2015~ |
| 39 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 独国 | NUKEM Technologies | コンクリート壁穴あけ検討等 | 三菱重工業 | 2015~ |
| 40 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 英国 | James Fisher Nuclear | サンプリング用切削・採取装置の基礎試験 | 三菱重工業 | 2015~ |
| 41 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | Mirion Technologies(Canberra) KK | U,Pu計測装置(中性子計測)の精度向上に関する検討 | 三菱重工業 | 2016.9~2017.3 |
| 42 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | AMETEK社(セイコー経由) | U,Pu計測装置(X線計測)の概念検討作業 | 三菱重工業 | 2016.12~2017.3 |
| 43 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 英国 | AMEC | デブリサンプル移し替え中間セルの自動化概念検討 | 三菱重工業 | 2016.10~2017.2 |

海外との関連技術交流一覧

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|----|---------------------------|------|--------------------|---|---------|-----------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 44 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 独国 | NUKEM Technologies | デブリサンプル移し替え中間セルの小型化概念検討 | 三菱重工業 | 2016.10～2016.12 |
| 45 | 燃料デブリの性状把握 | 仏国 | CEA | 過去のCEA試験サンプルを用いたMCCI試験生成物の同定及び機械的性質評価(過去サンプル分析) | JAEA | 2015.12～2016.3 |
| 46 | 燃料デブリの性状把握 | 仏国 | CEA | 過去のCEA試験サンプルを用いた評価及び1F条件を考慮した大型MCCI試験の実施(試験生成物の作製) | JAEA | 2016.10～2017.3 |
| 47 | 燃料デブリの性状把握 | — | IAEA | Management of Severely Damaged Spent fuel and Corium | JAEA | 2016.5～2019.2 |
| 48 | 燃料デブリの性状把握 | — | OECD/NEA/CNSI | Senior Expert Group on Safety Research Opportunities Post-Fukushima (SAREF) | JAEA | 2013.6～2020.12 |
| 49 | 総合的な炉内状況把握の高度化/燃料デブリの性状把握 | — | OECD/NEA/CNSI | NEA Benchmark Study of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (BSAF) Project | (エネ総工研) | 2015.4～2018.3 |
| 50 | 固体廃棄物処理処分 | 米国 | カリフォルニア大学バークレー校 | 破損燃料の地層処分における臨界安全性 | JAEA | 2013.10～2017.3 |
| 51 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | E.C.I. MECA | セシウム吸着塔ゼオライト試料採取方法の検討 | アトックス | 2016.7～2016.10 |
| 52 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | AREVA | スラリー安定化に関する技術調査 | アトックス | 2016.8～2016.9 |
| 53 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | AREVA | 原子炉建屋内の試料採取に関する技術調査 | アトックス | 2016.9～2016.9 |
| 54 | 固体廃棄物処理処分 | 米国 | KURION | インドラム式ガラス固化処理技術の適用性評価に係る基礎試験 | アトックス | 2017.6～2018.3 |
| 55 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | AREVA | 水素発生への対策に関する調査 | アトックス | 2017.7～2018.1 |
| 56 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | E.C.I. MECA | ゼオライト試料採取試験機的设计・制作 | アトックス | 2017.9～2018.1 |
| 57 | 固体廃棄物処理処分 | 米国 | KURION | インドラム式ガラス固化処理技術の適用性評価に係る工学規模試験 | アトックス | 2018.6～2019.1 |
| 58 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | Orano (旧AREVA) | 水素発生への対策に関する調査 | アトックス | 2018.7～2018.12 |
| 59 | 固体廃棄物処理処分 | 仏国 | Orano (旧AREVA) | ゼオライト試料採取方法の検討2 | アトックス | 2018.9～2018.12 |
| 60 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | VNS (旧KURION) | 燃料デブリ取り出し用マニピュレータの概念検討及び試験用マニピュレータ製作 | 東芝ESS | 2015.12～ |

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|----|---------------------|------|---------------------------------------|--|-------|----------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 61 | PCV水張りに向けた調査・補修(止水) | 米国 | Atkins (旧Energy Solutions) | 副閉止補助材用ゴム系止水材 | 東芝ESS | 2015.7～2015.10 |
| 62 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | PaR Systems→Jet Propulsion Laboratory | 燃料デブリへの超音波コアドリル加工の適用性試験 | 東芝ESS | 2017.12～2019.2 |
| 63 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | MPR | 燃料デブリの取り出しに係る安全要求の検討 | 東芝ESS | 2017.7～2018.2 |
| 64 | 燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発 | 米国 | MPR | 燃料デブリの収納・移送・保管技術に係る安全要求の検討 | 東芝ESS | 2017.7～2018.2 |
| 65 | PCV内部詳細調査 | 英国 | Oxford Technologies | ブーム型アーム装置設計・製作 | 三菱重工業 | 2017.6～2018.3 |
| 66 | PCV内部詳細調査 | 英国 | Createc Technologies | ソナー、N-Visage (γカメラ) 設計・製作 | 三菱重工業 | 2017.6～2018.3 |
| 67 | サンプリング | 英国 | AMEC | 小石砂状デブリサンプリング工具要素試験 | 三菱重工業 | 2017.7～2017.10 |
| 68 | サンプリング | 英国 | Oxford Technologies | ブーム型アーム検討 | 三菱重工業 | 2017.9～2018.3 |
| 69 | サンプリング | 英国 | Oxford Technologies | 切削回収装置技術、アーム先端工具技術 | 三菱重工業 | 2017.9～2018.3 |
| 70 | サンプリング | 仏国 | Orano (旧AREVA) | RPV内サンプリングシステム検討(側面穴開け工法) | 三菱重工業 | 2018.1～2018.3 |
| 71 | サンプリング | 英国 | NNL | ホットセル技術 | 三菱重工業 | 2017.7～2017.11 |
| 72 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 仏国 | Orano | セル基本検討 | 三菱重工業 | 2017～2018 |
| 73 | RPV内部調査 | 仏国 | Orano | 装置の設計検討 | 三菱重工業 | 2017～2018 |
| 74 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 米国 | AECOM | 水素ガス発生対策の調査(2017年) | 東芝ESS | 2017.7～2019.2 |
| 75 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 米国 | AECOM | 水素ガス発生対策の調査(2018年) | 東芝ESS | 2018.6～2019.2 |
| 76 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 米国 | AECOM | 処分場の調査(2017年) | 東芝ESS | 2017.7～2019.2 |
| 77 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 米国 | AECOM | 処分場の調査(2018年) | 東芝ESS | 2018.6～2019.2 |
| 78 | 燃料デブリの性状把握 | 仏国 | CEA | 1F条件を考慮した大型MCCI試験生成物の分析 | JAEA | 2017.9～2018.3 |
| 79 | 燃料デブリの性状把握 | 仏国 | ONET Technologies/IRSN/CEA (丸紅US経由) | ウラン含有模擬デブリを用いた粒子生成に関する試験(供試体作製・試験設備設置) | JAEA | 2019.7～2020.2 |
| 80 | 燃料デブリの性状把握 | 仏国 | ONET Technologies/IRSN/CEA (丸紅US経由) | ウラン含有模擬デブリを用いた粒子生成に関する試験(試験・分析) | JAEA | 2020.4～2021.2 |
| 81 | RPV内部調査 | 仏国 | Orano | 装置の設計検討 | 三菱重工業 | 2019～2020.2 |

海外との関連技術交流一覧

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|-----|-------------------------------------|------|---|---------------------------------------|-------|-----------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 82 | PCV内部詳細調査 | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS (UK) LTD (旧:OTL) | 調査装置の製作、組立、試験 | 三菱重工業 | 2019～2020.3 |
| 83 | PCV内部詳細調査 | 英国 | Createc Technologies | ソナー、N-Visage(γカメラ)試験、N-Visage(γカメラ)製作 | 三菱重工業 | 2020.1～2020.3 |
| 84 | PCV内部詳細調査 | 英国 | IPL (Innovative Physics Ltd.) | 中性子検出器設計・製作(デブリ分布測定) | 三菱重工業 | 2020.1～2020.3 |
| 85 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 英国 | IPL | 中性子検出器試作 | 三菱重工業 | 2020.5～2021.3 |
| 86 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 仏国 | Orano | セル設計 | 三菱重工業 | 2019.11～2020.12 |
| 87 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | IPL | 中性子検出器設計(臨界監視) | 三菱重工業 | 2019.6～2020.3 |
| 88 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | IPL | 中性子検出器製作(臨界監視) | 三菱重工業 | 2020.6～2021.6 |
| 89 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | 小石砂状デブリサンプリング工具技術 | 三菱重工業 | 2019.6～2020.3 |
| 90 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | ブーム型アーム検討 | 三菱重工業 | 2019.6～2020.3 |
| 91 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | 切削回収装置技術、アーム先端工具技術 | 三菱重工業 | 2019.6～2020.3 |
| 92 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | モックアップ検証用 Dexterの製作 | 三菱重工業 | 2020.2～2021.2 |
| 93 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | Jacobs UK | 小石砂状デブリサンプリング工具の改良・輸送・技術サポート | 三菱重工業 | 2020.10～2021.2 |
| 94 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | 切削回収装置技術、アーム先端工具の輸送・技術サポート | 三菱重工業 | 2020.6～2021.2 |
| 95 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | Orano | 小石状デブリサンプリング工具技術 | 三菱重工業 | 2019.6～2020.3 |
| 96 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | Orano | 小石状デブリサンプリング工具の改良・輸送・技術サポート | 三菱重工業 | 2020.6～2021.3 |
| 97 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | ダブルアシスト要素試験 | 三菱重工業 | 2019.6～2020.3 |
| 98 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | ダブルアシスト要素試験その2 | 三菱重工業 | 2020.6～2021.3 |
| 99 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | ダブルアシスト機構の設計・製作 | 三菱重工業 | 2020.6～2022.2 |
| 100 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | βドア付きフランジの製作 | 三菱重工業 | 2020.6～2021.3 |
| 101 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | 燃料デブリ収納容器の遠隔輸送台車技術 | 三菱重工業 | 2019.6～2019.12 |

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|-----|-------------------------------------|------|------------------------------------|---|-------|----------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 102 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | 燃料デブリ収納容器の遠隔輸送台車の詳細設計 | 三菱重工業 | 2020.2～2020.9 |
| 103 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | 燃料デブリ収納容器の遠隔輸送台車の製作 | 三菱重工業 | 2020.6～2022.3 |
| 104 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | GETINGE La Calhene | 燃料デブリ収納容器の遠隔輸送台車 Padirac模擬体の購入 | 三菱重工業 | 2020.11～2022.3 |
| 105 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 露国 | FEO (旧:RosRAO) | 中性子検出器 | 東芝ESS | 2020.4～2021.3 |
| 106 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | AMETEK | 放射線計測による中性子信号分析技術 | 東芝ESS | 2020.10～2021.3 |
| 107 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 仏国 | E.C.I. MECA | サンプリング技術開発 吸着塔からの試料採取要素試験装置の設計・製作 | アトックス | 2019.5～2020.11 |
| 108 | PCV内水循環システム構築技術の開発 | 米国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS (旧KURION) | 位置合せ装置 | 東芝ESS | 2018.4～2020.3 |
| 109 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 仏国 | CLEO | 燃料デブリ収納・搬送装置(概念検討) | 東芝ESS | 2019.12～2021.2 |
| 110 | 燃料デブリ・炉内構造物取り出し | 米国 | PaR Systems | 干渉物除去工法および装置(概念検討) | 東芝ESS | 2019.10～2021.2 |
| 111 | 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発 | 仏国 | E.C.I. MECA | サンプリング技術開発 KURION・SARRY吸着塔向け試料採取装置の設計・製作 | アトックス | 2021.4～2022.03 |
| 112 | 固体廃棄物処理処分 | 英国 | NNL | 統計的サンプリング及び分析計画の開発 | JAEA | 2021.4～2022.3 |
| 113 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | Jacobs UK | 小石砂状デブリサンプリング工具のアーム組合せ試験に向けた改良 | 三菱重工業 | 2021.10～2022.4 |
| 114 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | Orano | 小石状デブリサンプリング工具のアーム組合せ試験に向けた改良 | 三菱重工業 | 2021.10～2022.6 |
| 115 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | アーム前半部の設計・製作 | 三菱重工業 | 2020.10～2022.3 |
| 116 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | 段取りシステムの課題検討 | 三菱重工業 | 2021.10～2022.3 |
| 117 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 英国 | VEOLIA NUCLEAR SOLUTIONS | アーム後半部の設計・製作およびアーム前半部との統合 | 三菱重工業 | 2021.10～2023.3 |
| 118 | 燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し技術の開発(旧サンプリング) | 仏国 | CLEO | Dexterケーブル一括脱機構の開発 | 三菱重工業 | 2022.3～2022.12 |
| 119 | 安全システムの開発 | 英国 | IPL | 試作中性子検出器の輸出・検証試験SV | 三菱重工業 | 2021.5～2021.8 |
| 120 | 安全システムの開発 | 英国 | IPL | 中性子検出器システムの改良に係るFS | 三菱重工業 | 2022.1～2022.3 |

| | 作業内容 | 海外技術 | | | 契約先 | 作業時期 |
|-----|--------|------|-------|-----------------|-------|---------------|
| | | 国名 | 海外企業名 | 提供技術 | | |
| 121 | 安全システム | 露国 | FEO | 中性子検出器の試験データの評価 | 東芝ESS | 2021.8～2022.2 |

あしがき

IRIDの10年間と未来に向けて

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (International Research Institute for Nuclear Decommissioning、通称 IRID アイリッド) は2013年8月に設立された。

本冊子は設立以来およそ10年にわたるIRIDの活動の歴史である。IRIDの活動の中心は、もちろん、研究開発であり、その展開と成果について取りまとめると共に、活動の三本柱にすえた“国内外の関連機関との連携”、“研究開発を通じた人材育成”についても、できるだけ記録に留めたいと考えた。

研究開発の内容については、技術的視点から6つに分類して紹介した。12ページに示した「IRID技術開発の軌跡」にある多数の線分は研究開発テーマを示している。一つの研究開発テーマは一つの目的で設定される。しかし、同じ目的であるが異なる号機へ適用を検討したり、異なる解決手法を同時並行に開発したりすることがある。例えば、ペDESTAL下部からRPV内部を調査するには、ドローンを飛ばす方法とテレスコピック機構をアーム先端から上方に伸ばす方法を準備している。また、第7章におけるアーム開発の経験を生かして、第12章での改良版アームを開発している。あるいはまた、上取り出し法と横取り出し法の長短所を理解しつつ、両方の適用方法を調べ、改善する努力を続けている。なぜこのような開発方法を採用のかと疑問に出会うこと、それがこの冊子を楽しく読むコツかもしれない。本冊子で全体の概要をつかんだ後、より詳細な活動成果を知りたくなったら、IRIDのホームページ (<https://irid.or.jp/>) を覗いていただきたい。研究開発のページには、研究開発成果解説動画や公開資料が並んでいる。技術者の説明付きの動画は多くの方を楽しませてくれることであろう。

IRIDは福島第一原子力発電所に関わる廃炉技術を研究開発する組織であるが、発足当初から、“国内外の関連機関との連携”と、廃炉作業の継続に必要な“研究開発を通じた人材育成”に取り組んできた。加えて、IRIDの活動を国内外の関係者に理解していただきたいと広報にも力を入れてきた。これらの活動内容は前述した内容と“資料編”のデータとを共に見て欲しい。

IRIDの組織については、資料編「組織概要・歴代理事長・事業費の推移」にある。しかし、それらは組織と活動の形式的な説明である。IRIDの1F廃炉への貢献は組織が達成した成果で評価される。それも、燃料デブリの本格取り出しに至った時期に「初期10年間の活動が如何に役立ったか」として定まるのであろう。その観点から眺めれば、研究開発組織IRIDがもたらした真の成果は研究開発の手法と、その基となる関係者間の廃炉技術に関する合意なのである。

本格取り出しがいつになるかは2023年現在未定である。それでも、真の研究開発の成果を理解するために、現段階で次の4つを自問してみよう。

①技術研究組合としてプラントメーカーが集まることで何を得ることができたか。

基本的にコンペティタであるプラントメーカーの集まりの中で、研究開発の技術者間の壁を取り除くことができた。相互に技術資料を説明する機会を通じて、用語・考え方の調整、相互理解を深め、発想レベルから技術の共有をす

ることができた。

②設計・試験などをIRIDが行ったデザインレビューでの確な評価を行えたか。

デザインレビューの場では、技術的検討の不足、リスクの存在、現場的な課題の気づきなどをレビューアが開発側へ指摘し、開発側が適切な対応を取る仕組みが定着した。技術の幅が極めて広いため、一部の専門的な内容は専門家を集めたワーキンググループ活動（以下WG）を設置して、検討する仕組みが機能した。

③プロジェクト単位では開発しづらいシステム全体に関わる項目を扱えただろうか。

プロジェクトは公募段階で目的と目標とが指定され、1年ないし2年の期限で達成を求められる。それゆえ、廃炉全体に関わる大規模な研究目標を設定しにくい。IRIDでは、収納・移送・保管のように標準的な容器や手順が必要となる工程については、公募以前に組合内に、関連する開発者と専門家によるWGを構築し、作業量の推定、必要容器数、収納場所などの推定積算を行った。このように、必要な要求仕様は率先して調査・決定する能力を有した。

④得られた成果・知識を次世代に継承する体制を作ることができたか。

IRIDは技術研究組合であり、知的財産の共有を同意した組合員で構成されたこともあり、技術の記録を残し、それを組合員で活用できるように、設立初期から努力した。今後、技術研究組合がなくても、IRID時代に検討した技術は残り、それが本格取り出しの場合でも基礎となると予想される。

IRIDは技術研究組合としての形態をとったので、参加組合員間の壁を取り除くことが比較的容易であった。廃炉用機器の研究開発に手順と文書作成の基礎を定め、専門家によるデザインレビューの仕組みを導入し、定着させた。特に研究開発側と発注側の相互理解を深めたことが大きい。加えて、廃炉作業全体をシステムの的に整理し、データベースを構築する努力をIRIDは進めた。ただし、これらの廃炉管理の方法をDX化するまでには至らなかった。廃炉の管理システムについては2022年冬からNDFが検討を始めており、今後、多くの関係者の協力で、廃炉全体の統合管理システムが出来上がることを期待している。知識継承体制は時限の技術研究組合であればこそ、そして、初めから人材育成を3本柱の一つにした組織であればこそ、努力を継続できたと考える。今後も知識を整理し、利用可能とする努力をいかなる後継組織であっても続けて欲しい。このデザインレビュー体制とドキュメンテーション力の保持を廃炉関係者の間の協力体制として継続できれば、本格取り出しは早い時期に実現できるであろうと予想している。その時、IRIDの10年が高く評価されると確信している。

「技術は人に宿る」という。形式知よりも暗黙知が重要であるという意味であろう。だが、2世代3世代と続く廃炉は、曖昧な言葉で伝えてはいけない。技術を解読可能な形で残そう。この言葉を、結びの挨拶とさせて頂く。

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
副理事長 新井 民夫

IRID 廃炉研究開発 10年の軌跡

2023年7月発行

発行
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構 (IRID)

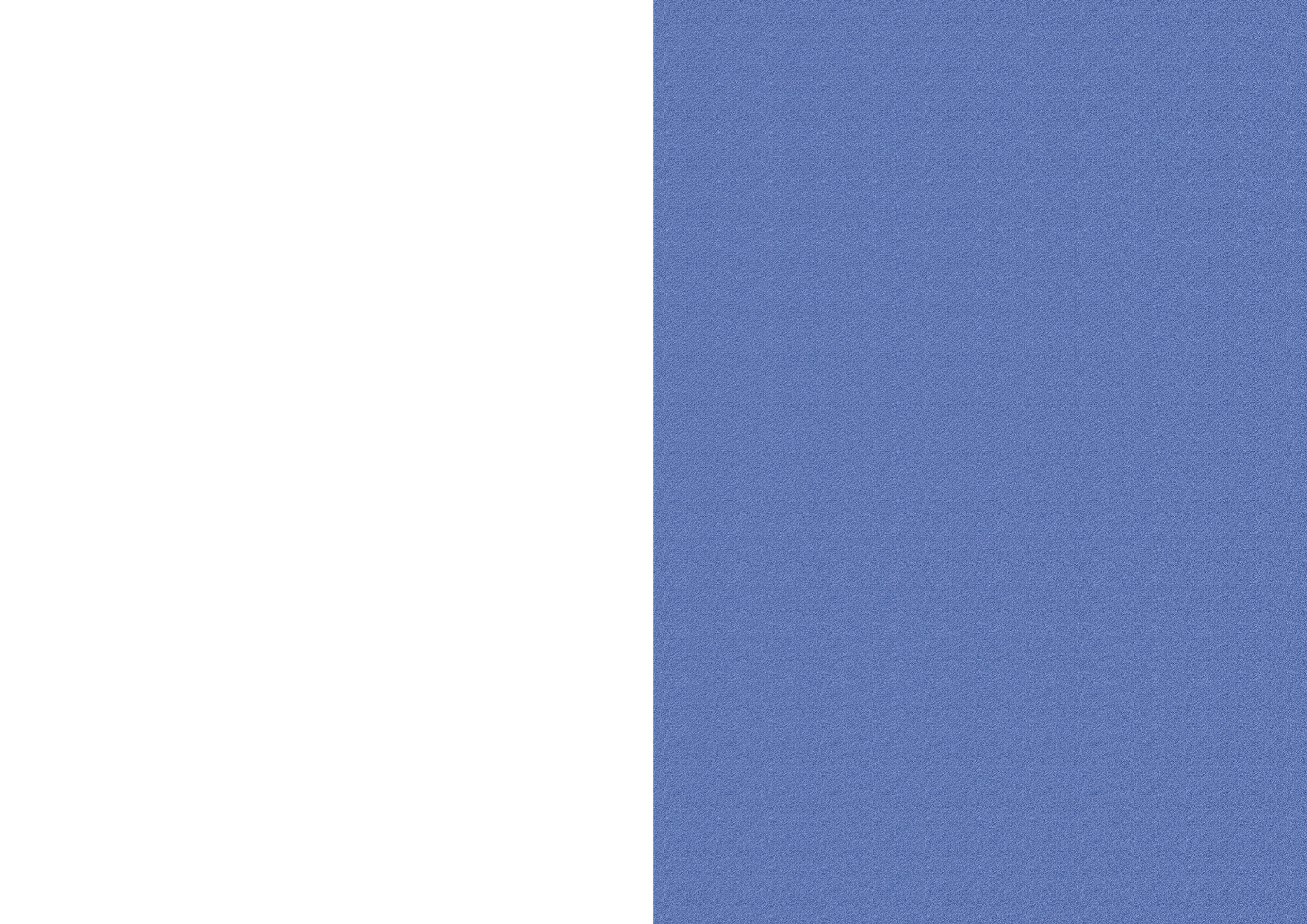
〒105-0003 東京都港区西新橋二丁目23番1号 3東洋海事ビル5階
TEL 03-6435-8601 (代)

編集・制作
株式会社出版文化社
東京・日本橋茅場町 大阪・本町 名古屋・金山

印刷
日経印刷株式会社

製本
株式会社渋谷文泉閣

©2023 International Research Institute for Nuclear Decommissioning. Printed in Japan



IRID
技術研究組合 国際廃炉研究開発機構