

第46号 掲載内容

- I. はじめに
- II. 性能維持施設の合理化について
- III. 日本原子力学会 2025 年秋の大会参加報告
- IV. TAG77 (仏)・78 (伊) 会議報告
- V. KAERI (韓国) との会議報告

I. はじめに

日本原子力研究開発機構 新型転換炉「ふげん」(以下、ふげん)では、安全確保を最優先に2040年度の廃止措置完了に向け各種取組みを進めております。第46号では、より安全で合理的な廃止措置の社会実装を目指し、2025年度に行った国内外に向けた取組及び協力実績の一部をご紹介します。

II. 性能維持施設の合理化について
(廃止措置部 設備保全課 三角 託実)

原子力施設の安全性確保の観点から、その性能を維持すべき原子炉施設を「性能維持施設」と呼びます。放射線管理区域内の作業環境を確保するための換気空調設備などもその一つです。「ふげん」は2008年に廃止措置段階へ移行してから17年以上が経過しています。廃止措置の進展に伴って運転している機器が減少したことにより、一部の設備がオーバースペックとなっていることから、性能維持施設のうち大規模系統であるプラントの補機類を冷却する原子炉補機冷却系(以下、「RCW」と、保物室換気系空調設備の合理化を実施しました。

RCWは主にポンプや熱交換器といった大型機器や、使用済燃料プールなど様々な系統の熱を除去するための設備で、原子炉運転時は

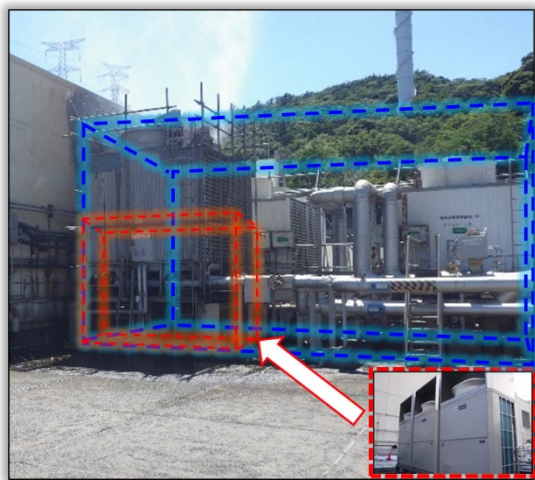
25系統の設備に接続されていました。廃止措置が進展した現在は、冷却すべき系統が4系統にまで減少しています。また、RCWの冷却水を循環させる大型ポンプには流量調整機能がないため、既に冷却が不要な2系統にも過剰に通水することで定格流量を確保していました。さらに、RCWは当該ポンプによる一括冷却を行っていたため、定期点検等でポンプを停止する際には、RCWによる冷却が必要な設備も全て停止せざるを得ませんでした。これらのことから、冷却を必要とする機器の系統ごとに個別冷却装置を設置し、RCWによる一括冷却方式から冷却塔やモバイルチラーによる個別冷却方式への変更を行いました。この改善により、各設備の使用状況に応じた間欠稼働が可能になり、定期点検費と電気代を合わせた維持管理費は、10年間で約60%の削減見込みであり、ダウンサイジングによる維持管理費の削減及び省エネ化を達成しました。



個別冷却装置冷却塔

保物室換気系空調設備は、水冷式空調設備であり構成機器が多く、日々の巡視やシーズン前後の点検、水抜き・水張りに多大な労力を要していました。また、一括集中方式で保物室全室の室温を一括で管理していましたが、廃止措置の進展に伴い温度管理が不要となった部屋もあり、オーバースペックとなっていました。空調設備更新に際しては放射線管理区域各室の負圧維持と室温維持の両方を満足する必要があるという課題がありましたが、事前調査による44カ所の風量・負圧測定及び熱負荷計算等を含めた設計検討に基づいてエアコン機種を選定や一部吹出口の閉止等を行うことで、負圧維持と室温維持の両立を達成することができました。従前の水冷式空調設備を撤去した跡地は、先述した個別冷却装置の冷却塔やポンプ等の設置場所として有効活用し、廃止措置の合理化に成功しました。

廃止措置工程に応じて設備をダウンサイジングすることにより、機能要求を維持した上で維持管理費及び使用エネルギーの削減を達成することができました。加えて、故障リスクの低減とメンテナンスの簡易化による保守利便性と信頼性の向上も実現しました。今後も作業の進展に合わせて設備の合理化を実施し、安全を最優先に合理的な廃止措置を進めて参ります。



空調設備更新前後のサイズイメージ

Ⅲ. 日本原子力学会 2025 年秋の大会 参加報告

「ふげん」廃止措置の成果については、原子

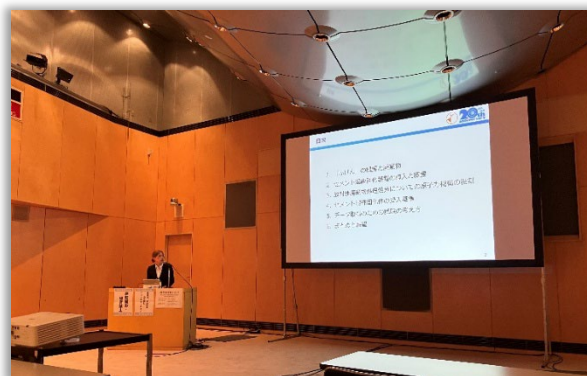
力学会等で定期的に報告しております。2025年度は、9月10日から12日にかけて北九州国際会議場にて開催された日本原子力学会2025年秋の大会において、「ふげん」より4名が参加しました。概要は以下の通りです。

①「ふげん」濃縮廃液のセメント固化

(1) 固化設備の供用開始に向けた全体計画 (廃止措置部 計画管理課 森田咲良)

「ふげん」は2040年度の廃止措置完了に向けて、設備の解体撤去を進めています。その過程で発生した放射性廃棄物の多くは、固化処理等によって廃棄体として埋設処分することが法令で定められています。このため「ふげん」では、運転中及び廃止措置作業に伴って発生した廃液を、セメント混練固化装置を用いて混練固化処理する計画としており、2026年度の供用開始に向けて据え付け作業を行っております。廃棄物を固化処理した固化体は、強度や均一性など、安全のための様々な基準を満たすことが求められます。

本発表では、基準を満たす健全な固化体が作製できる条件を確認し、その根拠となるデータを収集するために行った試験の方針について報告しました。初めは放射性物質を含まない模擬廃液を用いた小スケールの試験で適切な条件のあたりを付け、さらに実際の廃液を用いた試験によって、見出した条件の範囲で適切な固化が可能となることを確認する方針を示しました。装置の導入や試験で得られた知見は将来的に報告書等として公開し、放射性廃棄物の処理に貢献して参ります。



原子力学会における発表

②「ふげん」濃縮廃液のセメント固化

(2)混練条件決定のためのコールド

ピーカー試験

(廃止措置部 計画管理課 花木祥太郎)

「ふげん」で発生した濃縮廃液を処分するためには、固化処理により廃棄体化することが必要です。「ふげん」では現在、セメント固化設備の導入を進めています。作製する固化体の強度を担保することはもちろん、可能な範囲で廃棄体の本数を減らすことで廃棄費用を削減することも念頭に置き、模擬廃液を用いた固化試験を行っています。

発表では、実際の廃液の分析結果や、それを基に決定した模擬廃液の化学組成、試験方法などについて説明し、廃棄体として十分な強度が得られる固化条件について報告しました。また、実際の廃液成分の変動や機器の誤差の影響を考慮しても、必要な品質を確保できるような固化条件の考え方も示しました。

聴講者からは、セメントと廃液を混練する際の流動性や、廃液の濃度と強度の関係などの具体的な質問を多くいただき、廃棄物処理技術への関心の大きさを改めて実感することができました。今後も放射性廃棄物の処理技術の開発を通じて、「ふげん」の安全かつ確実な廃止措置の完遂はもちろん、将来の軽水炉等の廃止措置にも貢献して参ります。



模擬廃液を用いた混練試験

③原子炉遠隔解体方法の検討状況

(1) 原子炉本体解体に向けた

戦略的アプローチ

(廃止措置部 技術実証課 勝部 隼也)

「ふげん」の原子炉本体の解体は、放射化によって放射線量が高い(数 Sv/h 程度)環境となることから、遮蔽のために原子炉上部に解体用プールを新たに設置し、水を張った状態で解体することを計画しています。この解体用プールは、解体作業中に放射性物質を含む水を取り扱うことから、漏洩のリスクを最小限とするため、比較的線量の高い原子炉(カランドリアタンク)に直接溶接する計画としており、溶接時の線量を低減するため遠隔溶接装置の設計を進めています。2024年度までに遠隔溶接装置の基本設計を完了し、本発表で溶接装置の設計や原子炉本体の解体工法に関する検討状況を報告しました。

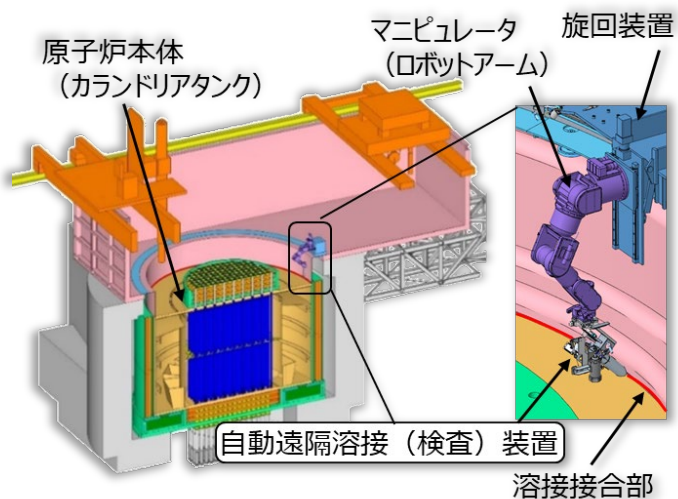
遠隔環境で溶接の品質を確保するためには、溶接しようとする部材の凹凸に溶接トーチを追従させる必要があることから、マニピュレータと旋回装置を組み合わせた構成としました。また、機器の搬入経路の寸法や、定期的な消耗品の交換・補充の際の作業者の被ばく低減といった制約条件を踏まえ、分割搬入から据え付け、運用までの成立性を考慮した基本設計を行いました。

新型転換炉である「ふげん」の炉心は、通常の軽水炉とは異なる二重管構造となっています。二重管の内側に位置する圧力管は長半減期核種である Nb-94 を多く含むため、解体切断に伴うプール内への汚染拡大を防止する必要があります。この課題を解決し、かつ水中解体作業の負荷を軽減するため、空原子炉下部から圧力管を引き抜く工法を検討しました。

聴講者からは解体用プールの耐震性や、解体作業の進展に伴う原子炉本体の強度変化に関する質問がありました。

今後も引き続き原子炉本体の解体に向けて各設備の具体化や基本/詳細設計を行うとともに、安全性・効率性を両立させる遠隔解体技

術のさらなる高度化を行い、その実機適用性を検証する予定です。



解体用プールのイメージ

④原子炉遠隔解体方法の検討状況 (2)原子炉解体に向けた水中レーザー 切断工法の実証

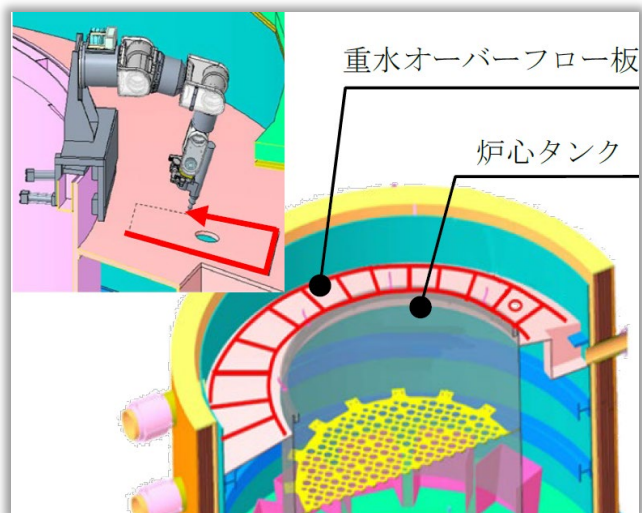
(廃止措置部 技術実証課 古旗 壮一郎)

「ふげん」を含む原子炉施設の廃止措置で実施している設備の解体では、対象物の大きさや材質、設置環境等に応じて、ダイヤモンドワイヤーソーやアブレイシブウォータージェットといった機械的切断、プラズマやガス、放電加工といった熱的切断などの様々な工法が使い分けられています。高線量環境故に水中での切断が必要なこと、炉心の構造が複雑なために作業スペースに制約があること、切断に伴う解体用プールの水質悪化を可能な限り低減したいことなどから、炉内構造物の切断にはレーザー切断工法を選定しました。本報告では、原子炉構造材のうち重水オーバーフロー板を模擬した水中レーザー切断試験について報告しました。

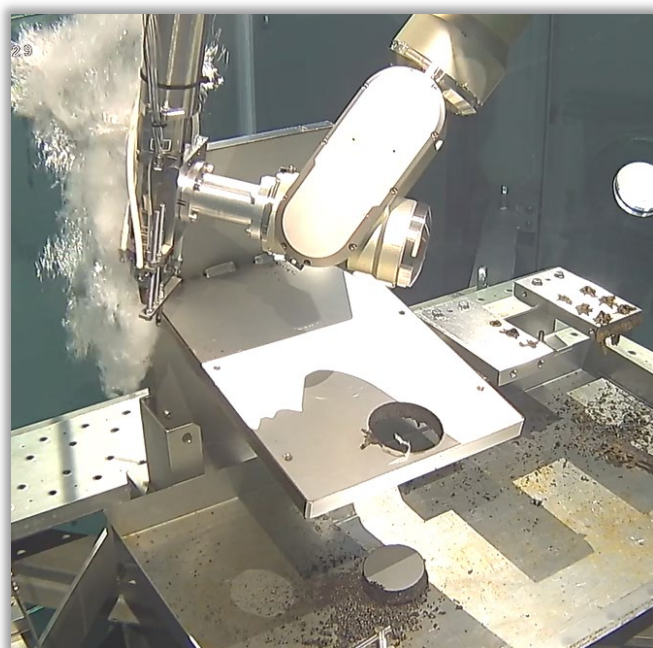
水中で金属板を切断するには、単にレーザーを照射するだけでなく、切断で生じたドロス(溶融金属)をガス噴射により除去する必要があります。試験では、実際の構造材と同じ厚さ約25 mmのステンレス板を用いて、対象物とレーザーヘッドの距離(スタンドオフ)やレーザーヘッドの移動速度といったパラメータの組み合わせを変更し、適切な切断条件の検討を

行いました。その結果、切断開始時に板を貫通させる際には、スタンドオフとして20 mmが適切であることが分かりました。また、水平から角度をつけて設置されている板材の切断時は、レーザーヘッドを進行方向に傾け、斜面を下る方向に切断することで、ガスとドロスの移動方向が一致し、効率よく切断できることが判明しました。

聴講者からは、切断によって発生する粉塵とドロスの回収方法や、レーザー切断可能な厚さの限界などについて質問がありました。今後は、得られた知見を装置設計に反映し、国内原子力施設の廃止措置におけるレーザー切断の先駆けとして知見を蓄積していきます。



レーザー切断予定箇所



水中レーザー切断試験

IV. TAG77 (仏)・78 (伊) 会議報告 (廃止措置部 技術実証課 香田有哉 / 設備保全課 三角 託実/ 施設管理課 實生 侑樹)

OECD/NEA(経済協力開発機構/原子力機関)では、原子力施設の廃止措置プロジェクトに関する科学技術情報交換協力協定に基づき、定期的に技術諮問グループ会合(Technical Advisory Group: TAG)を開催しており、各国の原子力発電所及び核燃料施設の廃止措置進捗状況等についての報告と技術的な議論をしています。2025年度には「ふげん」から2回の会合に参加しましたので報告します。

2025年5月に、第77回TAG会合がフランス アビニョンにて開催され、50名程度の参加がありました。「ふげん」からは香田/三角の2名が参加し、廃止措置の進捗状況に応じた施設運用の合理化や、レーザ切断技術の開発等について報告しました。他参加者からは、スウェーデンにおいてロボットを用いた切断作業により最大で手作業の4倍の効率化に成功し、被ばく量も低減できたことや、スイスにおいて原子炉内部の解体が進行中であるものの、協力会社との調整が難航していることなど各国から報告がありました。「管理区域隔離構造物の大規模解体」をテーマとしたセッションでは、韓国での汚染源特定のためのスキャン測量システムを搭載したUGV(無人探査車)の開発や、スイスでのベルトコンベアと放射線測定器を組み合わせる大量のコンクリートを検査するシステムに関する報告がありました。

会合の他に、高速増殖実験炉フェニックスや、関連施設の解体現場を視察しました。施設を運営管理しているCEA(フランス原子力・新エネルギー庁)では、空気中でのレーザ試験を実施しており、その試験内容や安全対策は「ふげん」での試験の参考にできると感じました。

2025年10月には第78回TAG会合がイタリア カゼルタで開催され、各国から50名程度の参加がありました。「ふげん」からは

香田/實生の2名が参加し、「ふげん」における放射性廃棄物発生量や、除染装置の構造と運用などについて報告しました。他参加者からはそれぞれの施設における廃棄物の処理システムについて報告があり、廃棄物の削減を目的とした各国の除染システムの紹介が印象に残りました。特に、除染や二次切断、仕分けに必要なスペースの確保には複数の国で苦労しているようで、廃止措置の現場における物流は共通の課題であると感じました。

会合の他に、ガリリアーノ原子力発電所の解体現場を視察しました。ガリリアーノ原子力発電所は2040年頃までに原子炉の解体を目指しています。原子炉は球体の中にあり、水中でクレーンとロボットによる解体等を組み合わせた方法が検討されているとのことでした。また、発生した廃棄物は、地中埋立処分の予定ですが、最終処分の選定や建設に課題が残っていることから、施設内に低レベル及び中レベル廃棄物を保管する建物を建設していました。

今後も継続してTAG会合に参加し、廃止措置に活用できる知見を収集するとともに、成果の普及に努めていきます。



第78回会合における発表



ガリリアーノ原子力発電所の視察

V. KAERI（韓国）との会議報告 （廃止措置部 計画管理課 花木祥太郎）

原子力機構は、KAERI(韓国原子力研究所)との間で「原子力の平和利用分野における協力のための取決め」を締結しています。この取決めに基づき、廃止措置や廃棄物管理技術に関する情報交換を目的として、2002年の第一回から、日本と韓国で情報交換会が開催されてきました。第16回にあたる今回は、2025年11月上旬に茨城県東海村の原子力機構本部で開催されました。双方から計16名が参加し、原子力施設の廃止措置や放射能評価の方法、放射性廃棄物の処理処分についての発表が行われました。「ふげん」からは現在の廃止措置状況と、導入を進めているセメント混練固化装置について報告しました。廃棄物の安全を担保するための考え方や基準値の設定根拠、多様な廃棄物の処理方法等について質問がありました。回答に対するさらに深い質問もあり、関心の高さを感じました。

KAERIからは廃棄物処理に必要な放射化学分析や、安全かつ効率的な解体作業に情報技術を活用する試み、廃棄物のセメント固化に関する試験環境の整備などの紹介がありました。全体を通して、違う国であることから法令とそれに基づく規制の考え方が違うことを実感する一方で、放射性廃棄物の処理処分は共通の課題であることを実感しました。次回は2027年に韓国で開催される予定です。次も参加して、「ふげん」の成果を報告するとともに、新たな知見の収集を通じて「ふげん」の安全確実な廃止措置の実現を目指します。



KAERI 情報交換会における発表