

(独)日本原子力研究開発機構 敦賀本部

原子炉廃止措置研究開発センター 技術開発部 計画管理課 編集

染の除去工事（以下「汚染の除去工事」という。）を実施しています。

これらの工事については、廃止措置計画及び原子炉施設保安規定に示めして実施しており、（表1参照）、平成26年度に実施する解体撤去工事及び汚染の除去工事の内容について紹介します。

第30号掲載内容

- I. 平成26年度解体撤去工事及び汚染の除去工事の内容
- II. TAG56会議報告
- III. 高経年化調査研究の状況について

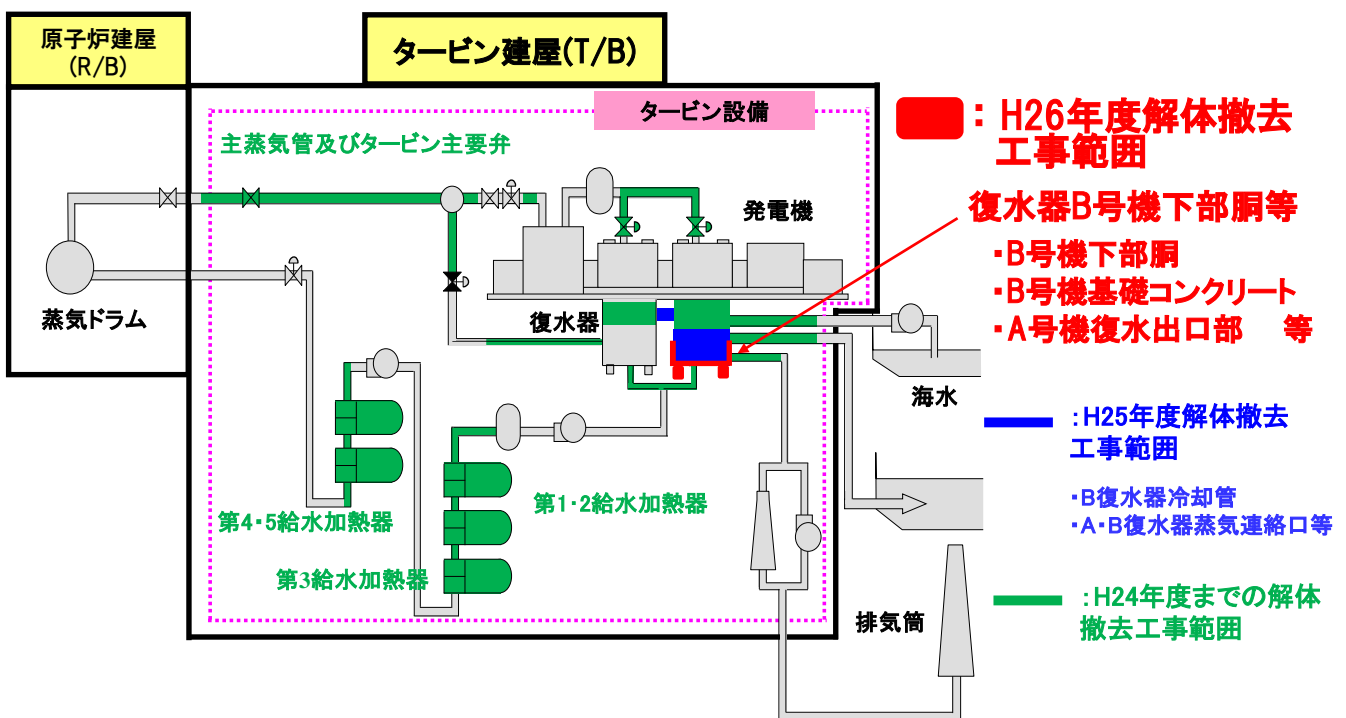
I. 平成26年度解体撤去工事及び汚染の除去工事の内容

（技術開発部 開発実証課 北山 尚樹）

原子炉廃止措置研究開発センター（以下「ふげん」という。）では、平成20年2月12日に認可された廃止措置計画に基づき、平成20年度から原子炉冷却系統施設の機器・配管等を対象とした解体撤去工事を実施しています。また、放射線作業従事者の被ばく低減及び環境への放出低減を図る観点から、重水系・ヘリウム系等の機器・配管等を対象に核燃料物質等による汚

1. 解体撤去工事

原子炉冷却系統施設の解体撤去工事として、前年度に引き続き、復水器等の解体撤去を実施しています。今年度の本工事の対象は、タービン建屋の管理区域に設置されている復水器本体のうちB号機下部胴、B号機の基礎コンクリート、A号機復水出口部等であり、今年度で復水器B号機の解体撤去工事は終了します。（下図参照）



平成26年度 復水器等の解体撤去工事の実施範囲

表1 「ふげん」廃止措置計画での解体工事等

| 工事区分 | 工事件名 |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 解体撤去工事 | (1) 原子炉冷却系統施設解体撤去工事 |
| | (2) 計測制御系統施設解体撤去工事 |
| | (3) 気体廃棄物の廃棄施設解体撤去工事 |
| | (4) 放射線管理施設解体撤去工事 |
| | (5) 原子炉格納施設解体撤去工事 |
| | (6) 核燃料物質取扱施設及び貯蔵施設解体撤去工事 |
| | (7) 液体廃棄物の廃棄設備解体撤去工事 |
| | (8) 固体廃棄物の廃棄設備解体撤去工事 |
| | (9) 重水系・ヘリウム系解体撤去工事 |
| | (10) 原子炉補機冷却系・海水系・炭酸ガス系解体撤去工事 |
| | (11) 非常用電源設備解体撤去工事 |
| | (12) 原子炉領域及び生体遮へい体解体撤去工事 |
| | (13) 換気設備解体撤去工事 |
| | (14) 発電所補助系・クレーン設備解体撤去工事 |
| | (15) 各建屋及び構築物解体工事 |
| 核燃料物質等による 汚染の除去工事 (汚染の除去工事) | (1) 重水系・ヘリウム系等の汚染の除去工事 |
| | イ 重水系・ヘリウム系等の残留重水回収工事 |
| | ロ 重水系・ヘリウム系等のトリチウム除去工事 |
| | ハ 重水系・ヘリウム系の放射性腐食生成物の除染工事 |
| | (2) 各プールの汚染の除去工事 |
| | イ 蒸気放出プールの除染工事 |
| | ロ 燃料交換プールの除染工事 |
| | ハ 使用済燃料貯蔵プールの除染工事 |
| | (3) 熱交換器類の汚染の除去工事 |
| | (4) 放射性廃棄物貯蔵タンク類の汚染の除去工事 |
| (5) 各建屋及び構築物の汚染の除去工事 | |

赤文字は、平成26年度現在実施中の工事を示す。

II. TAG56会議報告 (技術開発部 計画管理課 泉 正憲)

OECD/NEA 原子力施設廃止措置プロジェクトに関する技術情報交換のため、協力計画プログラムのもと、5月19日～23日にイギリスのペンリスで開催された第56回廃止措置技術諮問グループ会議(The 56th

Technical Advisory Group Meeting : TAG56)に参加しました。この会議では、日本を含む11カ国から計34名が出席し、各国の原子力施設及び核燃料サイクル施設の廃止措置状況について、技術的な情報交換を行いました。また、会議終了後は、セラフィールドリミテッド(Sellafield Ltd)社が

廃止措置を実施するセラフィールドサイトを訪問し、廃止措置状況等の施設調査を行いました。



セラフィールドサイト

(Sellafield Ltd 廃止措置状況より引用)

会議では、原子炉施設の廃止措置プロジェクトが14件、核燃料サイクル施設の廃止措置プロジェクトが7件、国別報告が2件、トピカルセッション（放射性廃棄物の収容容器について）が7件報告されました。

「ふげん」からは、廃止措置の進捗状況として、復水器の解体撤去状況、残留重水回収/輸送、トリチウム除去、原子炉本体解体に向けたレーザ切断試験結果やクリアランス申請に向けたタービン設備の放射化汚染の評価方法について報告を行いました。この報告について、原子炉本体解体時のトリチウム拡散の影響に関する質問があり、解体時にトリチウムの拡散がないよう現在原子炉本体のカランドリアタンク等のトリチウム除去作業を行っている旨の説明を行いました。

その他の国内報告では、JAEA 人形峠環境技術センターからは精錬転換施設及びウラン濃縮施設の廃止措置状況、中部電力(株)からは浜岡原子力発電所における津波対策及び排気筒の解体計画、東京電力(株)からは福島第一原子力発電所における事故復旧状況について報告がありました。

国別報告は2件あり、1件目はドイツの原子力情勢に関すること、2件目はデンマークのリソ国立研究所の原子力施設の廃止措置の状況及び廃棄物処理施設の運用状況に関しての報告がありました。

原子炉施設の廃止措置プロジェクトは14件が報告され、「ふげん」に関連するプロジェクトの廃止措置状況は以下の通りです。

①ブレニリス（フランス）【70MWガス冷却重水炉】の廃止措置状況

解体完了に向けて、蒸気発生器（熱交換器）を、オービタルソー、ディスクソーやダイヤモンドワイヤーソー等の機械的切断を用いて解体中。

②MZFR（ドイツ）【57MW重水減速冷却型PWR】の廃止措置状況

現在は、原子炉領域の生体遮へい体や補助建屋のコンクリートの除染及び電源設備や換気設備の解体中。

③ホワイトシェル（カナダ）【100MW重水減速有機液体冷却炉】の廃止措置状況

施設の安全貯蔵中。熱交換器の周辺の機器や配管からアスベスト（保温材）を除去する作業を計画中であり、現在はその事前調査を実施中。

④UP-1（フランス）【再処理施設】の廃止措置状況

遠隔解体装置（Maestro）を開発中。その遠隔装置にはレーザ切断技術を搭載することを計画。現在はレーザの切断試験を実施中。

施設調査では、セラフィールドサイト WAGR（ウィンズケール改良型ガス炉）、固体廃棄物貯蔵施設（B243）等の調査を実施しました。

WAGR の解体現場では、遠隔解体装置

(RDM) の操作室や中レベル放射性廃棄物 (ILW) を貯蔵している施設を調査しました。原子炉解体作業において発生した ILW は、コンクリート製の専用ボックスに収容し、サイト内に保管中でした。

固体廃棄物貯蔵施設 (B243) では、現在再処理施設等から発生した ILW を貯蔵しており、ILW 処分施設ができる 2030 年頃まで、この施設で保管していく計画です。

本会議に参加し、「ふげん」と同様にフランス CEA ではレーザー切断試験を実施していること、イギリスやドイツ等はサイト内に中レベル放射性廃棄物 (日本で言う L1 廃棄物相当) の保管施設を設置 (申請中のものも含む) しており、廃棄物処理処分施設が確定するまで一時保管していることなどを確認しました。

今回の会議で各プロジェクトから報告された廃止措置に係る技術情報や施設調査で得られた知見を今後の「ふげん」の廃止措置業務に活用していきます。

なお、次回の第 57 回 TAG 会議は、本年 10 月にイタリア (イスプラ) で開催される予定です。



TAG56 会議の様子

Ⅲ. 高経年化調査研究の状況について (技術開発部 技術調査課 高城 久承)

「ふげん」では、福井県のエネルギー研究

開発拠点化計画の一環として、平成 17 年度から、独立行政法人原子力安全基盤機構 (JNES) からの受託事業「福井県における高経年化研究」を、平成 25 年度まで実施してきました。

高経年化調査研究は、長年運転された「ふげん」施設から構造材料 (実機材) を採取して、所定の耐久性能を維持していることを確認するもので、敦賀本部の高経年化評価グループと協力して調査業務を進めています。

平成 22 年 4 月に重水精製建屋 I 棟に高経年化分析室 (ホットラボ) を整備し、原子プローブ電界イオン顕微鏡等の最新の機器を設置・利用し、以下の成果が得られています。



高経年化分析室の原子プローブ
電界イオン顕微鏡



高経年化分析室の走査透過電子顕微鏡

1. ステンレス鋼鋳鋼の熱時効脆化に関する研究

2相ステンレス鋼鋳鋼の熱時効脆化に関する研究は再循環ポンプケーシング及び下部ヘッド逆止弁の実機材についてシャルピー衝撃試験（吸収エネルギー）、マイクロビッカース硬さ試験（フェライト相の硬さ）及び原子プローブ電界イオン顕微鏡観察（スピノーダル分解反応）を行い、平成25年度までに以下の成果を得ました。

①ふげん実機材の熱時効脆化発生状況の調査を行った結果、長期運転後のふげん実機材の熱時効脆化は軽微であり、原子炉施設の設計に用いられている脆化予測式（H3Tモデル）で求められた値はより保守的（安全側）でした。

②ふげん実機材を用いた脆化予測式の精度向上の検討を行い、脆化予測式の見かけの活性化エネルギーを、「ふげん」実機材のシャルピー衝撃試験で求めた値で最適化することにより、脆化予測式の高精度化が可能であることを示しました。

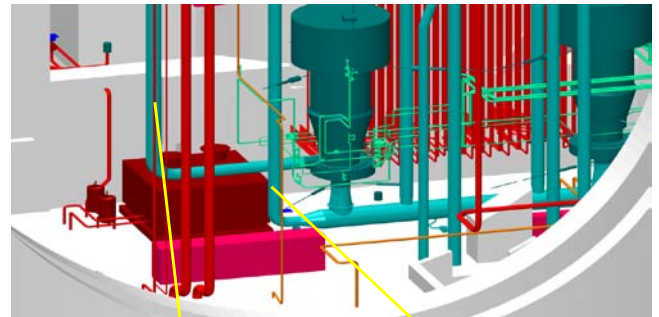
③軽水炉（BWR）相当の使用温度（275℃）で約13万時間の長期に渡り実際に使用されたふげん実機材の熱時効脆化に関するデータは極めて貴重であり、このデータを用いて高精度化した脆化予測式を用いた脆化予測では、60年を超える長期運転後でも熱時効脆化は微小であると推定されました。



再循環ポンプケーシング試料採取状況
（ステンレス鋼鋳鋼～SCS13）

2. ふげんにおける応力腐食割れ（SCC）対策技術の有効性の確認

ふげんでのSCC対策技術の有効性の確認に関して、再循環系の実機材の下降管、吐出管の配管材料（SUS304、SUS316L）及び溶接手法に着目して浸透探傷試験（SCCの有無）、残留応力測定、機械特性（硬さ測定、引張試験等）、鋭敏化度測定、原子プローブ電界イオン顕微鏡・走査透過電子顕微鏡等による組織観察・微量成分等調査を行い、平成24年度までに以下について確認しました。



原子炉再循環系のステンレス配管採取箇所

① SCC発生の有無

マイクロクラックのレベルも含め、SCC発生は認められませんでした。

② 残留応力

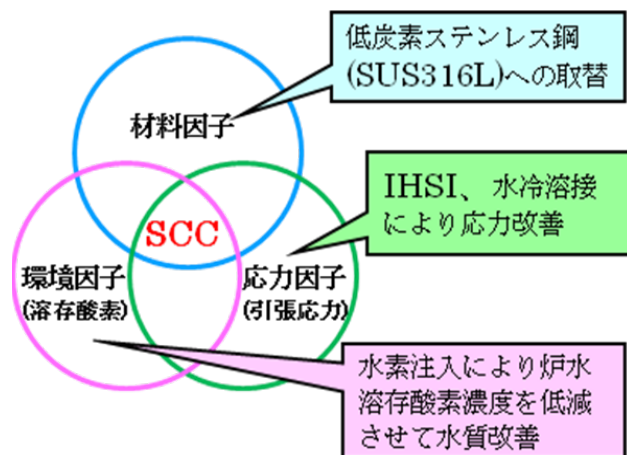
通常の溶接法で施工した配管の溶接部では、内表面で最大416MPaの引張応力が発生していました。応力改善を目的に実施した水冷溶接法では、最大200MPaの引張応力まで低減しましたが、高周波誘導加熱応力改善（IHSI）では圧縮応力に改善されました。

③ 材質によるSCC感受性

全ての配管について、材質は鋭敏化された部分を除き健全でした。また、溶接法による

材質の差異は見られませんでした。金属組織の鋭敏化度については SUS316L と SUS304 に差異があり、SUS304 での鋭敏化の進行が顕著でした。

以上から、SCC対策として実施した低炭素ステンレス材であるSUS316Lへの材料取替（材料因子）、応力改善対策としてIHSI、水冷溶接（応力因子）及び水質改善対策として水素注入による炉水溶存酸素濃度の低減効果（環境因子）によってSCC発生は抑制されていることが確認されました。

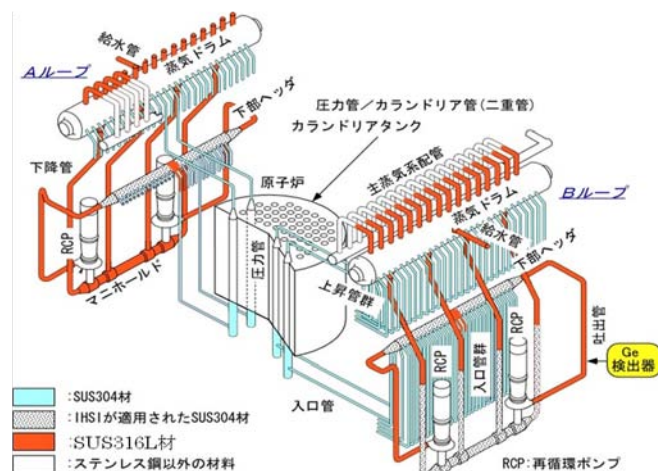


SCC の発生要因及び「ふげん」での対策

平成 25 年度は蒸気ドラム下降管ノズル等を対象に、SUS316Lと炭素鋼の異材接合部の残留応力及びSCC発生状況の調査を行いました。

調査した全ての配管接合部の浸透探傷試

験及び内表面観察でSCC発生は認められませんでした。さらに、2箇所の配管溶接部で詳細調査を行い、525MPaと260MPaの引張残留応力が発生していましたが、マイクロクラックレベルを含めSCCの発生は認められませんでした。また、機械特性（硬さ測定、引張試験等）及び材料特性評価（金属組織観察、電子顕微鏡による微細組織観察等）でも異常がないことを確認しました。SCC発生抑制要因としては、「ふげん」の環境条件（特に水質）とSCC対策材であるSUS316Lの適用の重畳効果でSCCの発生を抑制できたものと考えられ、SCC対策技術である材料取替の有効性が確認されました。



原子炉再循環系の SCC 対策箇所

今後もホットラボを利用した研究成果を福井県から発信することで「エネルギー研究開発拠点化計画」に貢献していきます。

H26年 5月～8月の実績

| 時期 | 内容 |
|--|--|
| H21年9月2日～ 平成24年5月14日～ 平成24年2月27日～ H25年11月11日～ H26年3月4日 | <ul style="list-style-type: none"> ・カランドリアタンク及び重水冷却系のトリチウム除去作業 ・クリアランス対象物除染処理作業 ・重水浄化系トリチウム除去 ・平成25年度(独)原子力安全基盤機構受託事業「高経年化調査研究（原子炉再循環系ポンプケーシング等の熱時効脆化調査等）」【記事Ⅲ、参照】 |

| | |
|--|---|
| <p>5月14日～ 5月19日～5月23日 6月4日、5日</p> <p>7月8日～</p> <p>7月14日～7月18日</p> <p>7月29日</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉冷却系統施設（復水器下部胴等）の解体撤去工事【記事Ⅰ．参照】 ・OECD/NEA TAG56（英国/セラフィールド）【記事Ⅱ．参照】 ・第32回オープンセミナー/技術課題解決促進事業（公募型）紹介 ① コンクリートヒビ割れ部切削工具の検討及び試作 ② 小口径配管内表面の物理除染における機材の検討及び試作 ③ 6軸ロボット操作時における固定用アウトリガーの試作 ④ レーザ切断ヘッド用伸縮可能架台の試作 ⑤ 配管からの分析試料採取用工具の試作 ・福島第一原子力発電所の廃止措置支援技術開発/プラズマアーク水中切断試験 ・IAEA 廃止措置等の知識マネジメントに関するコンサルタント会合（ドイツ/カールスルーエ） ・平成26年度原子力関連業務従事者研修 専門研修Ⅰ「廃止措置基礎講座」 |
|--|---|

今後の予定

| 時 期 | 内 容 |
|-------------------|---|
| <p>9月8日～9月10日</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・日本原子力学会 2014 年秋の大会（京都大学/吉田キャンパス） ① 「ふげん」廃止措置プロジェクトにおける解体シナリオの最適化検討 ② 「ふげん」の解体を考慮したクリアランスの適用及び評価技術の整備（1）施設の汚染状況調査と解体計画への反映 ③ 「ふげん」の解体を考慮したクリアランスの適用及び評価技術の整備（2）評価対象核種の評価と今後の展開 ④ 「ふげん」の解体を考慮したクリアランスの適用及び評価技術の整備（3）放射能濃度評価方法の構築と今後の展開 ⑤ 福島第一原子力発電所の炉内構造物解体を想定した切断技術適用試験（1）プラズマアーク切断技術による切断試験 ⑥ 福島第一原子力発電所の炉内構造物解体を想定した切断技術適用試験（2）アブレイシブウォータージェット切断技術による切断試験 ⑦ 「ふげん」の原子炉解体手順策定のための実機試料採取計画（1）原子炉解体方法設定に対する課題及びその方策 ⑧ 「ふげん」の原子炉解体手順策定のための実機試料採取計画（2）実機構造物からの試料採取及び今後の計画 |

| | |
|---------------|--|
| 9月15日～9月19日 | ・第12回 JAEA/韓国原子力研究所 (KAERI) 情報交換会議 (韓国/テジュン) |
| 9月19日 | ・第30回 ふげん廃止措置技術専門委員会 (JAEA 東京事務所で開催) |
| 9月29日～10月2日 | ・平成26年度 原子力関連業務従事者研修専門研修Ⅱ「『ふげん』専門講座」 |
| 9月24日 | ・中部電力㈱との第9回廃止措置連絡会 (浜岡原子力発電所) |
| 10月13日～10月17日 | ・OECD/NEA TAG57 (イタリア/イスプラ) |