



### 本号記事内容

- I. ふげん廃止措置専門委員会概要と第9回委員会開催報告
- II. トリチウム除去コールド試験結果
- III. 原子炉冷却系の系統化学除染結果
- IV. 原子炉本体解体工法の検討状況
- V. 日本原子力研究所との共同研究
- VI. 米国廃止措置状況調査

## I. ふげん廃止措置技術専門委員会の概要と第9回委員会開催報告

(環境保全課 芝池博之)

「ふげん」廃止措置技術専門委員会は、主査である埼玉工業大学石樽教授をはじめ、機構外の各関連技術分野の有識者11名で構成されています。廃止措置の技術的事項に関して様々なご意見ご指導を頂くことで、「ふげん」の廃止措置を安全かつ合理的に実現するために必要となる技術開発を効率的に進めるとともに、得られた成果を将来の原子力施設の廃止措置に役立てていくことを目的としています。

平成11年12月の第1回委員会以来、年2回の頻度で定期的開催しており、今回、平成16年2月27日(金)「ふげん」において第9回の委員会を開催しました。



写真1 外部委員会主査石樽教授

委員会開催に先立ち、柳澤敦賀本部長代理より、ふげんの25年間の運転実績に基づく米国原子力学会ランドマーク賞、原子力学会技術開発賞の受賞、日本原子力研究所との法人統合へ向けた取り組み等について紹介し、引き続き、以下の5件の報告事項について活発な

質疑応答が行われました。

- ①「ふげん」廃止措置の準備状況
- ②トリチウム除染コールド試験結果(重水炉特有の残留トリチウム除去手法の開発状況)
- ③原子炉冷却系の系統化学除染結果(運転終了後の被ばく低減等のための除染実績と亜鉛注入による除染影響)
- ④原子炉本体解体技術の検討状況(重要課題である複雑な構造を有する原子炉本体の解体技術開発状況)
- ⑤福井県研究開発拠点化構想の中での廃止措置事業の展開



写真2 成果発表風景

今回の委員会では、実機でのトリチウム除去における留意点、将来の廃棄物処分を踏まえた系統化学除染後の核種データの更なる充実、解体時の二次的な廃棄物の除去等、参考となる貴重なご意見を多数頂くとともに、廃止措置は長期プロジェクトであり、従来にも増して研究開発的な要素を強調しながら、必要なデータを着実に整備し更に検討を深めていくようご指導を頂きました。

当委員会で頂いたご意見を十分に反映しつつ、「ふげん」の廃止措置が安全かつ合理的に実現できるよう、また将来の原子力施設の廃止措置に活用できるよう技術成果の蓄積及び公開に努めて行きたいと考えております。



## II. トリチウム除去コールド試験結果 (安全管理課 松嶋 聡)

「ふげん」の重水システムを解体する時に、システム内部にトリチウムが残留していると、防護服を装備して解体作業を進めなければならないため、多大な費用と時間を要することになります。



また、解体後の廃棄物の処理を考えた場合、機器や配管の内面に取り込まれている（内面に付着している酸化物や金属との化学的結合を意味する）トリチウムの量をできる限り低減させておく必要があります。

以上のことより、重水システムの廃止措置を進めていく上では、如何に解体前のトリチウム（重水）除去を安全かつ確実に行うかが重要になってきます。

トリチウムを除去する方法としては、システム内部に空気を流し乾燥させる、熱を加える、システム内の空気を吸引（真空引き）する、非放射性の水で湿らせた空気を流して空気中の水分と内面に取り込まれたトリチウムとの同位体交換反応により除去する方法等が有効であると考えています。実際の重水除去を考えた場合、乾燥範囲や通気量、吸引速度、加熱温度、湿度等を決定し乾燥装置の設計・製作や具体的作業手順を検討していかなければなりません。

このため、実機を模擬した試験を実施し基礎データをとることとし、平成 15 年度は重水の代わりに軽水を使用したコールド試験を実施しました。

試験は実機と同じ材質で製作した配管やバルブ等の試験体に軽水を入れ通気乾燥、加熱、真空引きの一連の操作を行うことで実施しました。その結果、配管の底部に溜まった水や、配管と配管の接続部の狭隙部に入り込んだ水の乾燥状態、水が残留していた場合の真空引きによる圧力の変化状況、弁及び流量計の乾燥状態について確認することができ、最適な通気流量や局部加熱、真空引きの有効性について見通しを得ることができました。今後は、実際のトリチウムを含む重水を使用した乾燥試験及び加湿空気での同位体交換反応による除去試験を、重水精製装置Ⅰの一部の機器・配管を使用して実施し、コールド試験結果を再評価するとともに、更にポンプやタンク等の機器についての乾燥方法、同位体交換反応によるトリチウム除去効果について評価する予定です。

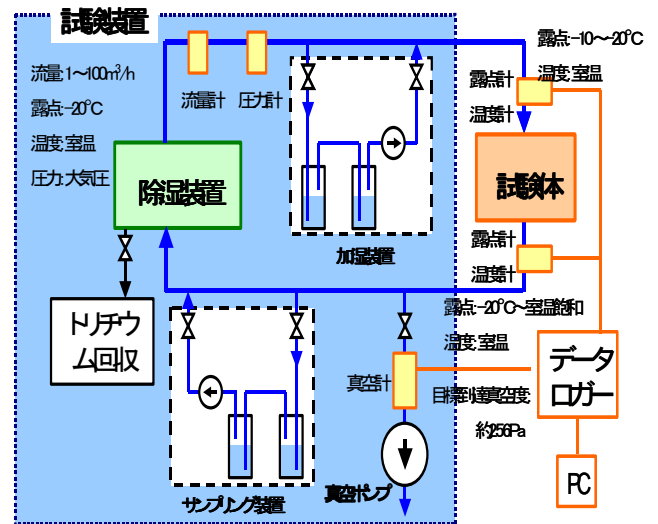


図1 試験装置の構成概要



写真3 試験体接続部



写真4 除湿装置

### Ⅲ. 原子炉冷却系の系統化学除染結果

(安全管理課 森田 聡)

「ふげん」は、これまでの設計・建設・運転に係る ATR 開発業務を終了し、平成 15 年 10 月より廃止措置のための本格的な準備期間に入りました。



廃止措置準備期間に入ってから大きな作業の一つである原子炉冷却系の系統化学除染を平成 15 年 11 月から 12 月にかけて行いました。

系統化学除染とは、原子炉運転期間中に原子炉冷却系の機器・配管内表面の酸化皮膜中に付着、取込まれた Co-60 等の放射性核種を、系統に注入した除染剤（化学薬品）で酸化皮膜ごと、化学的に溶解除去することにより、機器・配管の放射能汚染レベル及び放射線線量当量率を低減する技術です。今回は、「ふげん」の供用期間中に実施した除染方法と同じ酸化還元除染法（HOP 法 :Hydrazine Oxalite and Potassium permanganate）で除染を行いました。

除染の目的は、機器・配管の表面線量率及び原子炉建屋内の作業環境雰囲気放射線線量率を低減し、廃止措置準備期間におけるプラント管理及び解体作業の作業員の被ばくを低減すること。また、機器・配管の放射能汚染レベルを低減することにより、解体で発生する廃棄物の処理処分費用の低減をすること。さらに原子炉冷却系に内包される放射エネルギーを低減して恒久停止時の施設の安全性向上を図ることです。

系統化学除染時の原子炉冷却系各部の表面線量当量率変化を図 4 に示します。線量当量率は、順調に低下、目標の除染効果を得ることが出来ました。この効果により、廃止措置準備期間及び解体作業に伴う被ばく線量を除染実施しない場合の約 1/5 に低減できると評価されました。また、解体により発生する廃棄物の処理処分費用の低減により、除染費用、解体人件費等を含めた原子炉冷却系全体の解体費用は、除染を実施しなかった場合より削減できるものと評価しています。

なお、原子炉冷却系は、除染後、配管内を洗浄し、浄化運転を行なった後、系統内の水を全部排出し、保管状態にあります。

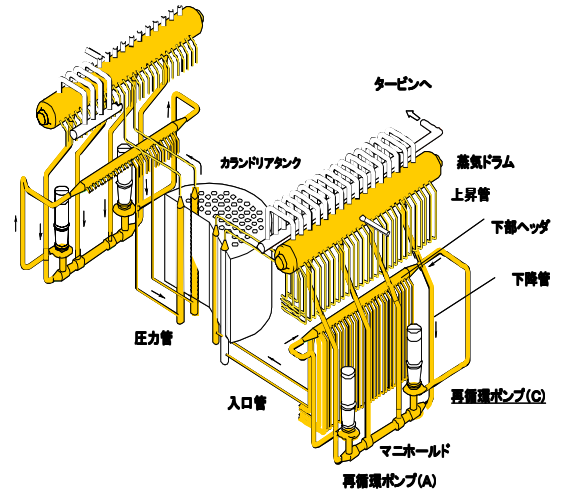


図 2 系統化学除染範囲と鳥瞰図

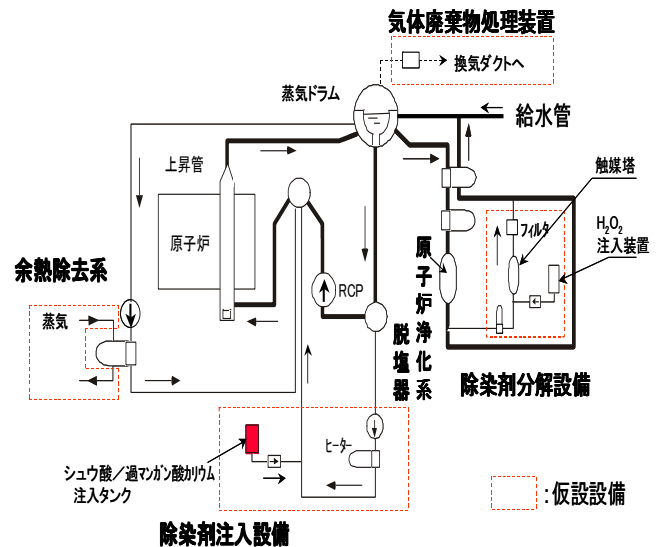


図 3 系統化学除染時の系統構成

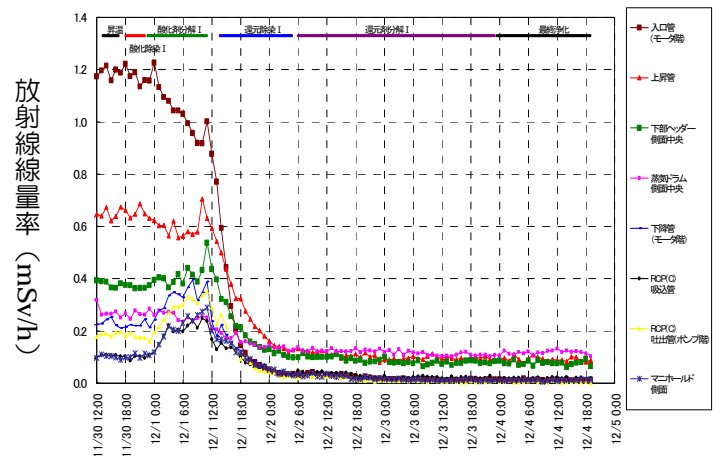


図 4 系統化学除染時の線量当量率変化 (Aループ)

#### IV. 原子炉本体解体工法の検討状況

(環境技術開発室 中村 保之)

現在、「ふげん」は運転を終了し、約10年間を廃止措置準備期間として、廃止措置を安全かつ合理的に行えるように原子炉本体の解体工法等の検討を進めています。



原子炉本体解体の基本案は、工期が約10年以上となることから、工期短縮、合理化を図るために、新規に一般産業技術を含めた解体工法を広く検討し、その中で有望と考えられる工法を選出、適用性について検討しています。また、選出した工法について、被ばく線量、一次・二次廃棄物量、開発規模等の諸評価データの整理、比較及び課題を抽出しました。

これらをまとめた結果から、最適な解体方式を得るには、切断工法その他、圧力管集合体の先行解体・非先行解体の選択、廃棄体処理エリア等、解体方式を構成する諸要素を評価し選択する必要があるとの結論に達したため、解体方式の整理(図5)を行いました。この

ように解体方式の特徴を踏まえて整理することで、検討漏れが無く、また、解体装置に依存しない検討を行うことにより、基本的な解体方式を設定したいと考えています。なお、今後、以上の検討結果を踏まえ、逐次水中解体、逐次気中解体、気中一括解体の3方式を中心に、課題の詳細検討を進めていく予定です。

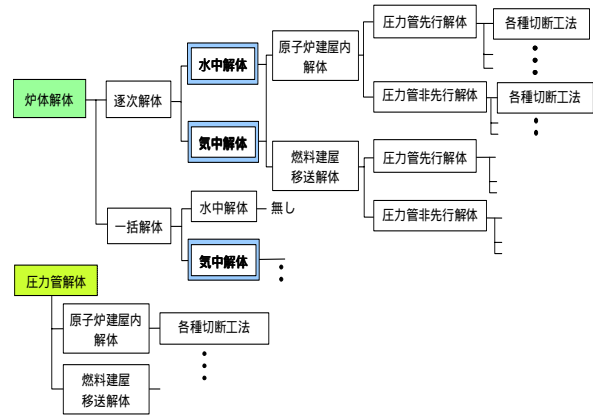


図5 解体方式の再整理概念図

#### V. 日本原子力研究所との共同研究

(環境技術開発室 兼平宣紀)

廃止措置計画の策定にあたっては、解体に関する作業工数や、作業員の被ばく線量、廃棄物発生量等を考慮して、手順や工法等を選定し、最適化を図るシステムエンジニアリングが重要です。「ふげん」では、このシステムエンジニアリングを効率的に行えるようにするため、「解体計画の評価技術」の開発を進めています。この開発の中で、サイクル機構と日本原子力研究所との共同研究の一環として、日本原子力研究所が開発した COSMARD\*1 を「ふげん」に導入しています。



COSMARD は、原子力施設の解体計画の策定に必要な管理データ(作業工数、被ばく、廃棄物発生量等)を評価するシステムで、JPDR\*2 の解体実績に基づいて開発されたシステムです。図6に示すように、作業構成や、物量データ、作業環境等を入力データとして、作業モデルに格納されている数値や数式を用いて作業内容毎に管理データを評価します。

COSMARD を「ふげん」に導入するにあたって、上記の作業構成や、物量データ、作業環境はプラント固有の情報なので、「ふげん」用に準備して用いています。作業モデルについては JPDR のモデルを用いています。

したがって、「ふげん」の廃止措置で実施される作業の内、JPDR と類似の作業については、COSMARD で評価可能であり、最適化が図れると考えられます。

一方、原子炉本体や重水系統設備等、構造や運転条件が「ふげん」特有で、現状の作業モデルが適用できない設備については、今後「ふげん」で実施される解体作業の実績を基に作業モデルを改造する予定です。そして、将来的には、大型の原子炉施設にも利用できるように、COSMARD を改良していくことを計画しています。

\*1: Computer Systems for Planning and Management of Reactor Decommissioning

\*2: Japan Power Demonstration Reactor (動力試験炉)

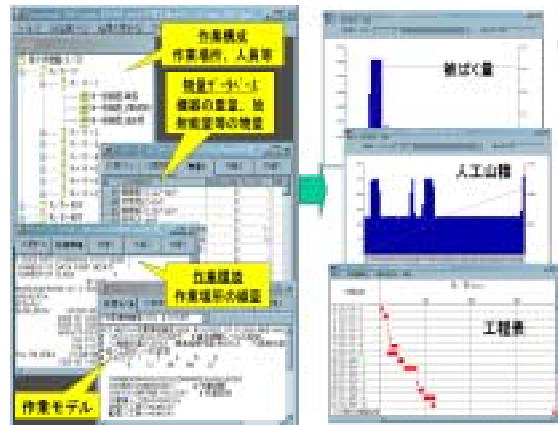


図6 COSMARD 操作画面及び出力例

## VI. 米国廃止措置状況調査

(環境技術開発室長 井口幸弘)

(設備保全課 岩井正樹)

「ふげん」の廃止措置計画立案の参考とするため、米国での調査を実施しました。先ず、2003年3月1日より米国の南西部のアリゾナ州ツーソンで開催された、「廃棄物管理国際会議(WM04)」に出席し、廃止措置技術や廃棄物処理に関する最新情報の収集を行いました。この会議は、毎年この時期に同じ場所で定期的開催されており、今年は丁度30周年となります。

ここでは、放射性廃棄物処理・処分に関する技術、解体技術を含めた廃止措置技術、環境修復技術等に関して600件ほどの報告がなされて、2000人以上が参加する大規模な国際会議です。また、産業界も参加しており、約160社が製品等の展示を行っています。

廃止措置関連だけでも口頭発表が約40件、ポスター発表も20件ほどあり、活発な情報交換が行われていました。

原子炉関係の廃止措置で報告されたのは、米国のランチョセコの解体状況、ピックロックポイントの解体結果、リトアニアのイグナリナの解体計画検討、ドイツのVAK Kahl炉の解体状況などです。その中で、原子炉の廃止措置に関して言えるのは、早期解体が現実的な選択肢となっていることです。確かに炉型によっては、放射能の減衰によって解体作業が楽になる場合もありますが、それまでの管理費、技術者の代替わりなどのことを考えれば、早期解体が有利と言えます。特に米国では、炉心廃棄物を含めて、廃棄物の処分場が確保されていることから、軽水炉の解体が多数進んでいます。



写真5 WM'04 展示会

また、解体工法については、機械的切断や熱的切断など、線量率や汚染状況などの対象によって使い分けられています。汚染の高い機器や配管、高線量の場所については、遠隔解体となるため適切な技術開発が必要であり、創意工夫を行いながらの解体作業の紹介がありました。一般にシンプルなツールがベターとのことでした。

企業の展示では、耐放射線性のカメラ、廃樹脂の処理装置、揚重機器、油圧による物理的な配管切断装置等、日本ではなかなか見られない装置について数多くの詳細な技術情報を得ることができました。これらを組み合わせることによって今後の「ふげん」の廃止措置にも役立つことが期待されます。

また、米国では、エネルギー省が冷戦の遺産である軍事施設を中心とした環境修復計画(Environmental Management)を大規模に進めています。基調講演でも、環境修復計画の副事務局長のJesse Roberson氏がテレビ参加でその活動を加速させている旨を報告していました。

この一例ともなりますが、ツーソンの会議の出席後、オハイオ州のデイトンの南にある、米国エネルギー省のMOUNDサイトを訪問しました。施設の建設は1940年代にさかのぼりますが、軍事用の放射性物質やトリチウムを扱っていた施設であり、現在、機器の解体、建物や土壌の除染作業が進められています。

特に、トリチウムを取り扱う多数のグローブボックスの解体状況等を調査しました。ここでは、純粋なトリチウムを扱っていたため、順次乾燥や洗浄を実施し、ここ数年のうちには全てを完了させる予定とのことでした。

この解体を通じて、トリチウムの漏洩がないように、配管を押しつぶしたあと、切断して、撤去する装置などを開発し大変有用であったとのことでした。

なお、驚いたのは、かつて軍事施設であったにもかかわらず、写真撮影なども自由であることでした。また、この施設の特徴として、敷地の回りには一般の住宅地が広がっていることから、地元住民とのコミュニケーションに力を入れており、定期的な説明会を実施しているとのことでした。全ての廃止措置が完了した後は、工業団地として地元に還元するとのことでした。

以上のように、今回の米国の廃止措置調査は、「ふげん」にとって大変有意義なものでした。





写真6 MOUND サイト全景 (DOE 提供)

平成 16 年 1 月 1 日から平成 16 年 3 月末までの実績

年 月	内 容
H16年 1月 5日	年始式
2月20日	原子炉に燃料を再装荷しないための措置について経済産業大臣から承認を得た。
27日	「ふげん」廃止措置技術専門委員会
27日	原子炉冷却系水抜き完了
3月1～5日	廃棄物管理国際会議 (WMO4) 出席、米国廃止措置状況調査
29～31日	日本原子力学会 春の年会 (岡山大学) (発表: 「ふげん」原子炉本体解体方式の評価、 「ふげん」放射能インベントリ評価 (10) 雑固体廃棄物の分析結果)
29日	日本原子力学会技術開発賞受賞 (「新型転換炉「ふげん」プロジェクトの完遂」)
29日	「ふげん」運転停止から 1 年
31日	第 18 回定期検査合格証受理

#### 今後の予定

時 期	内 容
H16年 4月26日	米国原子力学会ランドマーク賞授与式 (ふげん内)
26～29日	第 12 回原子力工学国際会議 ICONE12 (ワシントン)
5月10～14日	OECD/NEA 廃止措置協力計画、第 36 回技術諮問グループ TAG (韓国、大田)



「ふげん」のマスコットのフータンです。よろしく!