



新年の挨拶（所長 新澤達也）

平成16(2004)年の新年を迎え、「ふげん」の廃止措置業務が実質的にスタートする元年に当たります。

昨年(2003)年の3月29日に25年間にわたる運転を終了し、9月30日には開発実績と技術成果をとりまとめた報告書を原子力委員会に報告し設計・建設・運転に係るATR開発業務を終了しました。

廃止措置の準備業務は平成10年から着手し、運転中でなければ測定できない中性子照射に伴う放射化量等のデータ採取などの放射性廃棄物のインベントリ調査等を行う他、運転終了の1年前に「ふげん」廃止措置の進め方に関する基本方針を策定し、公表してきました。

今年からはプラントも原子炉に燃料が存在しない状態における設備の維持管理を実施して行くとともに、原子炉施設の解体に向けた具体的な検討が本格化して行きます。廃止措置にあたっては、コストの低減は勿論のこと、発生廃棄物量の低減と環境への負荷軽減などを実現させる方策を立案・実践して行くことが求められます。原子炉施設の解体例は国内では数件、海外でもそれほど多くありませんが、近年運転を終了した原子炉施設が多くなるにつれて、特に海外における廃止措置の実績が多くなる傾向にあります。「ふげん」においても海外関係機関との情報交換や解体作業シミュレーションシステムの共同開発など、国際協力の観点からも業務に取り組んでいます。

「ふげん」の開発にあたっては、自主技術開発の実現と国内技術力の結集として電力会社、メーカー、ゼネコン、公的な研究機関等からの協力により多くの成果を挙げることができました。一方、25年間運転した「ふげん」の廃止措置にあたっては、商業炉と同規模の放射能インベントリや解体資材が発生する計画です。加えて、軽水炉とは異なった原子炉本体構造、減速材としての重水の存在など、安全をベースに合理的な解体を行うために多くの知恵と工夫により、優れた廃止措置を実現できることが期待できます。解体着手までの準備期間は約10年と限られていますが、海外の技術者も含めた各界の技術、知恵を結集した廃止措置の道場として「ふげん」が活用されることを望みます。

ハルデンとの技術協力

(環境技術開発室長 井口幸弘)

ハルデン計画(OECD/NEAハルデン原子炉計画)は、OECD/NEAの下1958年に発足した原子力開



発の国際協力計画で、現在は日本も含めて20カ国が参加しています。

ノルウェーの首都オスロの南約130kmのハルデン市に設置された、熱出力約20MWの重水炉を用いて、燃料・材料の照射試験を行っている他、燃料の計装技術から発展したマンマシンシステムの先進的な研究を、各国からの資金を元に進めています。この研究計画は、ジョイントプログラムと呼ばれ、ハルデンプログラムグループ会議などで審議され、研究開発成果は参加国で共有されます。

このハルデン計画のホストとなっているのは、ノルウェーエネルギー技術研究所(IFE)であり、このジョイントプログラムの基盤を利用して、二者間の契約に基づく研究開発も実施しています。

日本は、1967年にこの国際協力に参画しており、ATR用燃料の照射試験もこのハルデン炉を用いて実施されました。旧動燃の技術者もかつて十数名、研究開発のためにハルデンに駐在したことがあります。

一方、ハルデンでは、マンマシンシステム、ヒューマンファクター、ユーザインタフェース等に関する長年の研究の発展として、最近では仮想現実(VR: Virtual Reality)の研究を重要な柱と位置付け、ハルデンヴァーチャルリアリティセンターを設置し、精力的な技術開発を各国と協力して実施しています。

その一つが、「ふげん」と協力して開発を進めている、「解体作業シミュレーションシステム(VRdose)」(後述)です。このシステムの開発は1999年(平成11年)より開始され、現在5年目で最終年度となっており、システムはほぼ完成しています。今後は、「ふげん」の廃止措置計画の最適化作業に適用するとともに、各国の研究機関にも利用・評価してもらい、さらなる改良をハルデンと協力して進めていく予定としております。



ハルデン計画のシンボルマーク
(原子炉の形状を表現)



ハルデン要塞よりハルデン市内を望む

第 35 回 TAG の報告

(環境技術開発室 宝珍浩仁)

2003 年 10 月 20 日～24 日にかけてカナダのオタワで開催された OECD/NEA 廃止措置協力計画「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計画協定(CPD)」の第 35 回技術諮問グループ (Technical Advisory Group: TAG) 会議に出席しました。



「ふげん」は、本協力計画に 2000 年 10 月より参加しており、44 の参加プロジェクト (14 の国と地域) のうち、今会議における参加者は 17 機関 31 名、日本からは原研 1 名、原電 1 名、サイクル機構 3 名の計 5 名でした。

今回の会議概要としては、10 月 20 日～23 日にかけて、各国の廃止措置状況について、核燃料関連施設、原子炉施設の解体状況の報告が計 19 件行われ、活発な意見交換が行われました。

なお、「ふげん」からは廃止措置準備状況のうち、「炉心解体技術開発」として「原子炉本体解体技術の検討状況」を報告及び解体作業シミュレーションシステム (VRdose) のデモを実施しました。

また、各国の報告の後には、安全貯蔵に関する特別報告として、フランス、カナダ、スウェーデンから 3 件の発表が行われ、フランスは、「安全貯蔵の適用に関する経験」として、G2、G3 及びラブソディ (FBR 40MWth) における経験についての説明がありました。

カナダ NPD (Nuclear Power Demonstration) ジョンティ、ダグラスポイントの各施設における安全貯蔵状況について、スウェーデンもオーゲスタ炉における安全貯蔵状況についての説明があり、どちらも国内では聞くことが出来ない貴重な報告内容でした。

なお、各国の報告のうち、特に解体技術については、イギリスの WAGR とドイツの MZFR で炉心の解体作業が進行中であり、これらの解体作業は、高線量の炉心構造物等を遠隔解体装置を用いて様々な切断方法により気中及び水中で切断しており、今後の「ふげん」の原子炉本体解体計画に十分参考となるものと考えられます。なお、WAGR と MZFR の廃止措置状況報告の概要を以下に紹介します。

・WAGR (UKAEA/Terry Benest)

イギリスのカンプリアにあるウィンズケールのガス炉 (AGR) であり、1957 年～1961 年に建設され、1963 年から 1981 年まで運転を行っていました。

今までに、炉心や圧力容器の撤去が進められており、イギリスでは実証プロジェクトに位置付けられています。これまでには、ホットボックス、中性子遮へい、炉心のグラフィイト、熱遮へいなど解体が進んでおり、現在は、炉心支持板、格子など、下部の構造物の撤去を実施しています。

・MZFR (FZK/Erwin Prechtl)

多目的研究用の 50MWe の PHWR (加圧重水炉) であり、1965 年～1984 年に運転を行っていました。

現在は、圧力容器のフタの撤去が完了し、撤去された圧力容器は気中切断を予定していることから、このための検討を実施しているとのことでした。また、来年には生体遮へいなどの撤去を予定しているとのことでした。

次に「ふげん」からの報告内容ですが、「炉心解体技術開発」として、現在検討を進めている「原子炉本体解体技術の検討状況」について、解体方式別各種データ (人工、被ばく量、開発規模、一次/二次廃棄物量)、解体方式の検討、解体方法の整理及び今後の進め方について説明を行ないました。また、人的作業が避けられない解体作業の被ばく評価・計画支援システムで現在開発を進めている、VRdose のデモを行い、活発な質疑が交わされました。

3 日間にわたる報告会の後、10 月 23・24 日の 2 日間にかけてカナダ原子力公社のチョークリバー研究所の廃止措置関連施設を訪問しました。訪問した施設は、CANDU のプロトタイプで 1962 年～1987 年に運転された NPD と 1992 年に運転を終了した実験炉 NRX (National Research Experiment) 他付属施設です。

NPD は、月 3 回程度の巡視点検以外は、通常無人で、重水は水抜きをして乾燥保管、管理区域の機器は運転停止からそのままの状態での保管されており、少し寂しさを感じさせる印象でした (写真: 後方の建物が NPD)。



-CANDU のプロトタイプ NPD 前で-

NRX は、廃止措置準備中であり、中央制御室もほぼそのまま残っていました。また、付属する燃料施設は、水路やプールなどから成り、現在も水が張られた状態でしたが、いずれも規制対応等により中断したままとのことでした。これらの印象的な施設調査を最後に、今回予定されていた議題はトラブルも無く全て終了となりました。

最後に、今回の会議の参加にあたって、関係各署のご理解とご協力を頂きありがとうございました。紙面を借りてお礼申し上げます。また、今回の TAG 会議で得たことを今後の廃止措置業務に役立てて行きたいと考えています。

中国研修生紹介

文部科学省の原子力研究交流制度に基づいて、2003年10月27日から6人の中国研修生が「ふげん」にられました。その6人の中で「ふげん」の廃止措置関連業務に携わる2人を紹介します。

(環境保全課 LI Xiaozhen)

初めまして、皆さん。私は李篠珍(リー・ショオチェン)といます。私は、原子力工業の規格開発及び管理を担当する核工業標準化研究所から、MEXT 交換プログラムの下、「ふげん」にやって参りました。私は、日本に2003年10月から2004年4月までの半年間滞在する予定です。



私の研究課題は「原子力発電所における放射性廃棄物の管理」です。また、清田さんが課長を務める環境保全課に配属され、指導員の水井さんにご指導を頂いています。私は、日本に滞在中に、以下の事柄について学びたいと考えています。

第一に、「ふげん」の様々なシステムの運転管理を理解することです。例えば、原子炉 圧力管集合体 燃料集合体 原子炉冷却系 重水・ヘリウム、炭酸ガス系 燃料交換機、燃料貯蔵施設 制御システム 工学的安全システム 原子炉圧力容器 タービン発電機 放射性廃棄物処分(処理)施設 重水精製装置 その他の設備、特に「ふげん」固有の設備である重水・ヘリウム系、MOX燃料の利用といったことが挙げられます。

第二に、「ふげん」の放射性廃棄物管理の詳細について勉強することです。

例えば、廃棄物管理の方針またその方法やシステムの概要、また廃棄物放出実績、廃棄物貯蔵実績またその評価、気体・液体廃棄物の放出低減策、固体廃棄物の発生量の低減策、そして廃止措置など今後の計画などが挙げられます。

第三に、日本人や日本文化を理解することです。これもまた私にとって興味深い事柄です。

私は清田課長と指導員の水井さんを初め、「ふげん」のみなさんの助けを借りて、「ふげん」での研修を成功させたいと思っています。そして、この研修が私にとって将来役に立つものになると信じています。

(環境技術開発室 LIU Feixue)

こんにちは、私は劉飛雪(リュウ・フェイスエ)と言います。私は10月下旬に「ふげん」に来て、環境技術開発室に配属となりました。

「ふげん」での導入教育を終え、現在、解体作業シミュレーションVRdoseシステムを一所懸命に勉強しております。このシステムの主目



的は、作業者の被ばくを最小限にするための作業計画を立てることです。これは、「ふげん」の廃止措置準備活動として重要なことです。

このシステムは放射性廃棄物量の算出や放射能インベントリーの可視化、解体工程のシミュレーション、放射線下の作業量の評価、廃止措置計画の最適化に使用されます。またPA活動にも有用です。

VRdoseシステムを勉強していく中で、いくつかの問題に直面しました。これら問題については井口室長を初め指導員の泉さん、また同僚の方々に助けを借りながら、一つ一つ問題を解決していきました。今は、VRdose上で簡単な作業シナリオを作成することができます。

私の仕事の一つとして、まずシナリオを作り、VRdose上で作業者が線量計を使用し、原子炉建屋内にある作業エリアの線量を測定する工程を模擬し、そして、そのVRdose上で出た被ばく量と実際に被ばくした量と比較することです。

初めはVR-dose上の作業道具として線量計は存在しなかったため、まず線量計の写真を撮り、それを作業道具のデータベースを担当者に渡し、VR-dose上の作業道具に線量計を追加してもらいました。従って今はシナリオ上で(作業道具として)線量計を使用する(選択する)ことができます。

私のもう一つの目標は、原子力発電所をもっと知ることです。そこで今、私は原子力発電所を原子力プラント学習支援システムを使って勉強しています。

日本語を学ぶ事もまた、私の日本での生活の一部です。私が日本語で流暢に話すと、みなさんが誉めて下さり、とても嬉しです。私は日本の生活が好きです。



解体作業シミュレーション VRdose について

(環境技術開発室 泉正憲)

「ふげん」の固有技術開発項目の一つに解体計画の評価技術があります。この技術は解体手順、工法、工程等の比較検討に際して、最新の計算機技術を用いて作業量、被ばく線量、廃棄物量、コストの評価・最適化などのエンジニアリング全般を支援するシステムです。このシステムの中に合理的な解体計画の策定、作業員の訓練、PA等に活用することを主目的としてVirtual Reality(仮想現実、以下VRと略)を用いた解体作業シミュレーションシステムVRdoseがあります。このVRdoseは、平成11年よりノルウェーエネルギー技術研究所と開発を行なってきました。このVRdoseは、3次元CADデータを変換したVR空間上で人間の動きとして作業シナリオを作成し、同時に作業空間内に線量当量率のデータを持たせることによって、作業時間及び被ばく線量を算出し、作業の妥当性を評価するものです。



実際のVRdoseインターフェースについて図1に示しました。右上にはVR空間上での作業現場を示しています。この空間上で、左上にユーザが作成した作業シナリオに基づいてVR上の作業者(マネキン)が作業を行ないます。マネキンは配管を切断したり、運搬する作業が可能となっています。この切断時に使用される切断工具は解体用ツールとして右下に示してあります。この解体用ツールをクリック

しマネキンに持たして切断作業を実施します。また、左下には、マネキンが作業をしている間の線量率を履歴しています。このように放射線下での作業をVR上で模擬し、解体作業を行なう上でいかに低被ばくで且つ効率的な作業が行なえるかを検証しています。今後は配管切断後の空間線量率の変化を模擬する機能等更にシステムを改良、開発していく予定です。



図1 解体作業シミュレーションシステム (VRdose)

平成15年10月1日から平成15年12月末までの実績

年月	内容
H15年10月1日	発電所の組織が改定され、保修課と発電課が統合されて設備保全課が発足。また、環境技術開発室が発足。
14日	ノルウェーエネルギー技術研究所(ハルデン)との解体作業シミュレーションシステム開発に関する契約調印。
20日~24日	第35回 OECD/NEA 廃止措置協力計画TAG会議(カナダ・オタワ)(記事参照)。
28日	原子力研究交流制度に基づく海外研修生6名(全員中国より)の入所式。1名は2ヶ月、5名は半年の滞在予定(記事参照)。
29日	系統内の重水回収作業終了(8月15日より実施)。
30日	新型転換炉技術成果報告会(東京)。
H15年11月7日	原子炉再循環系A・B両ループの系統化学除染の開始。
11月9日~19日	原子力研究交流制度に基づく講師団の中国への派遣(3名)。
11月18日	米国・ルイジアナ州ニューオリンズにて開催された米国原子力学会ウィンターミーティングにて、新型転換炉ふげん発電所のランドマーク賞受賞が公式発表された。
H15年12月15日	系統化学除染作業終了。

今後の予定

時期	内容
H16年2月末	廃止措置技術専門委員会
3月29日~31日	原子力学会春の年会(岡山大学)
H16年3月末	第18回定期検査終了予定

