



今後の廃止措置への取り組み

岸和田勝実 北端 琢也 清田 史功*
井口 幸弘* 田尻 剛司*

敦賀本部 技術企画部
*敦賀本部 新型転換炉ふげん発電所

Activities for the Fugen Decommissioning Project in the Future

Katsumi KISHIWADA Takuya KITABATA Shikou KIYOTA*
Yukihiro IGUCHI* Tsuyoshi TAJIRI*

Planning Division, Tsuruga Head Office

*Fugen Nuclear Power Station, Tsuruga Head Office

新型転換炉ふげん発電所では、「新型転換炉ふげん発電所の運転終了後の事業の進め方について」に基づき、廃止措置に必要な技術開発を行うなどの準備を計画的に進めている。技術開発の目的は、「ふげん」の安全かつ合理的な廃止措置の実現に向けて、必要な技術を確立することにある。

廃止措置の技術開発は、固有技術（原子炉本体や重水系など「ふげん」固有の設備の解体技術）と既存技術の改良・高度化に分類される。特に前者については、精力的な技術開発が必要な分野であり、原子炉本体の解体手法の開発、重水系のトリチウムの除去手法の開発、エンジニアリング支援システムの開発などを実施している。

また、開発及び廃止措置の実施により得られた技術成果については、体系化を図り、積極的に公開することにより、将来の原子力施設の廃止措置に寄与することが必要である。このため、国内外の各機関との情報交換や技術開発の協力を行っている。

Based on the report titled Activities of Fugen NPS after permanent shutdown, Fugen has been preparing for the project, including necessary development of technologies.

The development of decommissioning for Fugen is divided into two areas. One area is development of unique technology for dismantling special components such as the reactor core and the heavy water system. Another area is improvement and enhancement of existing technologies. Especially, the former area requires effort and comprises development of the reactor dismantlement, tritium decontamination of heavy water system and engineering support systems.

Moreover, the technical results of technology development and decommissioning activity should be organized and opened to the public so that they can contribute to other decommissioning projects. For this purpose, information exchange and co-operation with domestic and international organizations are underway.

キーワード

ふげん、廃止措置、重水、トリチウム、原子炉解体、システムエンジニアリング

Fugen, Decommissioning, Heavy Water, Tritium, Reactor Dismantlement, Systems Engineering



岸和田勝実

次長
ふげん廃止措置計画に関する企画業務に従事



北端 琢也

技術主幹
ふげん廃止措置計画に関する企画・調整業務に従事



清田 史功

環境保全課長
ふげん廃止措置計画の策定・遂行全般に関する業務に従事



井口 幸弘

環境保全課
課長代理
原子炉本体解体技術、システムエンジニアリング技術等の廃止措置技術開発に従事



田尻 剛司

環境保全課
技術主幹
廃止措置の法規制に関する手続き業務、廃棄物処理、再利用技術の開発等に従事

1. はじめに

1995年8月のATR実証炉計画の中止決定後、「ふげん」についてはその特長を活かし、プルトニウム利用技術開発施設、国際的共同研究施設等として利用していくことが適当であるとされた。しかし、1998年の動燃事業団から新法人への改組に当たって、新型転換炉開発については、その役割が終了しつつあることから基本的に撤退し、「ふげん」については5年後の2003年に運転を終了することが決定された。そして「ふげん」運転期間中にプルトニウム利用技術やプラント管理技術について、技術開発成果の集大成を行い、かつ圧力管型炉の運転管理技術の取得の場として活用するとともに、運転停止後の廃止措置を円滑に行うため、「ふげん」固有の廃止措置技術の開発、研究等を実施する旨の方針が示された。

これにより、「ふげん」では、廃止措置に向けた諸準備を進め¹⁾、2002年3月20日に、「新型転換炉ふげん発電所の運転終了後の事業の進め方について」を取りまとめた。

要旨は以下のとおりである。

「ふげん」の運転終了後は、適切な準備期間(約10年間)の後、廃止措置に着手することとし、核燃料サイクル開発機構法に定められた以下の業務を着実に進めていく。

- ・廃止措置に必要な技術の開発・研究
- ・施設の廃止措置
- ・廃棄物の処理・処分

これらの業務を通して得られる知見や経験が今後の原子力施設の廃止措置においても有効に利用できるよう、関係機関と連携をとりつつ技術成果の公開と技術協力に努め、国内外に貢献していく。

なお、「ふげん」の運転は2003年3月29日をもって計画どおりに終了した。

2. 位置付け

2.1 廃止措置の目的・意義及び基本方針

原子炉施設の廃止措置については、1982年の原子力開発利用長期計画において、①安全の確保を前提に地域社会との協調を図りつつ進めるべきであること、②敷地を原子力発電所用地として引き続き有効に利用することが重要であること、③運転終了後できるだけ早い時期に解体撤去すること、を原則とすることが示されており、この基本

的な考え方に従って廃止措置の技術開発や具体化が進められてきた。国内においては、日本原子力研究所の動力試験炉(JPDR)の廃止措置が1996年に完了し、2000年には、日本原子力発電(株)の東海発電所(天然ウラン、黒鉛減速、炭酸ガス冷却式)が解体作業に着手している。また、国外においても重水炉を含めて、多くの原子力発電施設の廃止措置が進行している。

廃止措置に係る技術開発については、1997年に総合エネルギー調査会、原子力部会、原子炉廃止措置対策小委員会の報告書「商業用原子力発電施設の廃止措置に向けて」により、「解決しなければ廃止措置が実施できないような技術的問題はない」と結論付けられているが、一方において、「解体技術の高度化、合理的な放射性物質濃度測定技術の開発及び各々の技術を組み合わせたシステムエンジニアリング等の開発の推進により、一層合理的な廃止措置を実施することが可能であり、このための技術開発等の努力が引き続き行われるべきである。」とされている。

また、「ふげん」の廃止措置に関しては、2000年の原子力委員会、長期計画策定会議、第二分科会報告書に、「得られた成果については、ニーズに応じ、適切に技術移転を行っていくことが適当」と記載されている。

これらの状況を踏まえ、「新型転換炉ふげん発電所の運転終了後の事業の進め方について」では「ふげん」の廃止措置技術開発について、以下の目的・意義及び基本方針を定め実施することとしている。

(1) 目的

「ふげん」の安全かつ合理的な廃止措置の実現に向けて、必要な技術を確立する。

(2) 意義

開発された技術を「ふげん」に適用し、安全かつ合理的な廃止措置を実践すること。また、開発及び廃止措置の実施により得られた技術成果の体系化を図り、積極的に公開することにより、将来の原子力施設の廃止措置に寄与すること。

(3) 基本方針

- ・安全の確保
- ・既存技術の徹底活用による合理的な廃止措置
- ・発生廃棄物の低減など環境への負荷軽減
- ・情報公開の推進
- ・地域社会の理解と支援が得られる事業の推進

2.2 廃止措置の工程と研究開発の目標

「ふげん」の廃止措置は、商業炉における標準工程を考慮して、使用済燃料の搬出完了後に着手するものとし、その期間を活用して「ふげん」の廃止措置に必要な固有技術の開発と既存技術の改良・高度化を行うことを計画している。廃止措置については、「実用発電用原子炉施設の廃止措置に係る安全確保及び安全規制の考え方について（総合資源エネルギー調査会、原子力安全・保安部会、廃止措置安全小委員会）2001年8月」に示されている「廃止措置の着手から30年以内を一応の目途」に完了することとし、安全確保を前提とした効率的な工程を検討していく。図1に、運転終了後の基本工程を示す。

以上を踏まえ、「ふげん」における技術開発の目標を、以下のように設定した。

(1) 安全な廃止措置技術の確立

「ふげん」の廃止措置準備から解体完了までを通して、公衆及び作業員に対する安全を確保する。また、ALARAの考え方に基づき、作業員の放射線被ばくの低減を行うとともに、環境への放射性物質の放出についても可能な限り低減するなど安全性の向上を図る。

(2) 合理的な廃止措置技術の確立

廃止措置の技術開発を始め、全体として合理的な廃止措置を実現するため、最適な廃止措置手順を立案するシステムエンジニアリング技術を確立する。具体的には、現在10年以上と評価している原子炉本体の解体工期を短縮するとともに、全体の工数を削減し、結果としてコストの低減を図るものとする。

(3) 発生廃棄物量を低減する廃止措置技術の確立

環境への影響や処分コストを考慮し、約37万トンと推定している廃棄物量を極力低減するために、廃棄物の減容、資源の再利用のための取組み

を積極的に進める。特に、放射性廃棄物については、処分区分の変更、クリアランス化、再利用など、技術の改良・高度化を行う。

3. 研究開発計画

3.1 技術開発に係る分野の概要

廃止措置技術開発の具体的項目については、既存の技術分野を参考として、9つの分野を選定した。図2及び表1に、技術開発の体系とまとめを示す。

これらの技術は、固有技術（原子炉本体や重水系など「ふげん」固有の設備の解体技術）の開発と、既存技術の改良・高度化が必要なものに分類される。大きく分けて、「重水・トリチウム関連技術」、「原子炉本体解体技術」、「解体計画の評価技術」の3項目は、固有技術として位置付けられ、精力的な技術開発が必要な分野である。

なお、表1には、各分野における技術開発の概要、課題・目標、ポイント及び目標設定との関係を示している。

3.2 技術開発に係る工程

技術開発については、廃止措置工程全体を考慮しながら、計画的に実施していく必要がある。そのため、「ふげん」の運転終了時を考慮して、放射能インベントリの測定や、エンジニアリング支援システムの開発などを進めるとともに、停止後に実施する重水の回収やトリチウム除去などの技術開発及び準備を進めていく。また、機器解体開始までには、固有設備の解体技術の開発、除染技術の高度化、金属廃棄物の処理や再利用をめざした調査・検討などを行う。さらに、建屋の解体までには、コンクリート廃棄物の処理や再利用に関する具体化、建屋の汚染確認技術の高度化などを行い、解体の実施に必要な技術を整備する。

また、日本原子力発電(株)東海発電所の廃止措置に関する進捗状況、内外の技術開発の進捗状況などを参考に、「ふげん」における廃止措置の計画的かつ合理的な技術開発を実施する。東海発電所で実証される技術、例えば遠隔解体技術などについては、その適用結果を検討し、「ふげん」に適用する際に必要な高度化のための開発を行う。さらに、最新の解体技術に関しては、開発動向に留意しつつ、「ふげん」の廃止措置工程を考慮しながら、採用を図っていく。

図3に、各項目の技術開発工程の概要を示す。

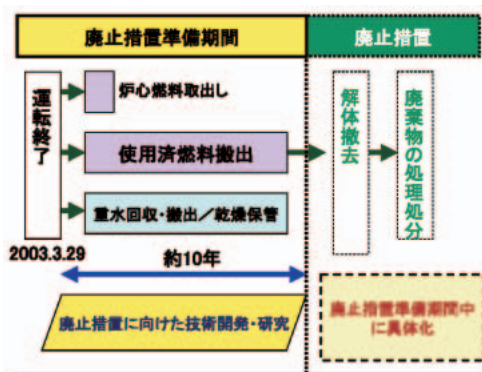


図1 「ふげん」運転終了後の基本工程

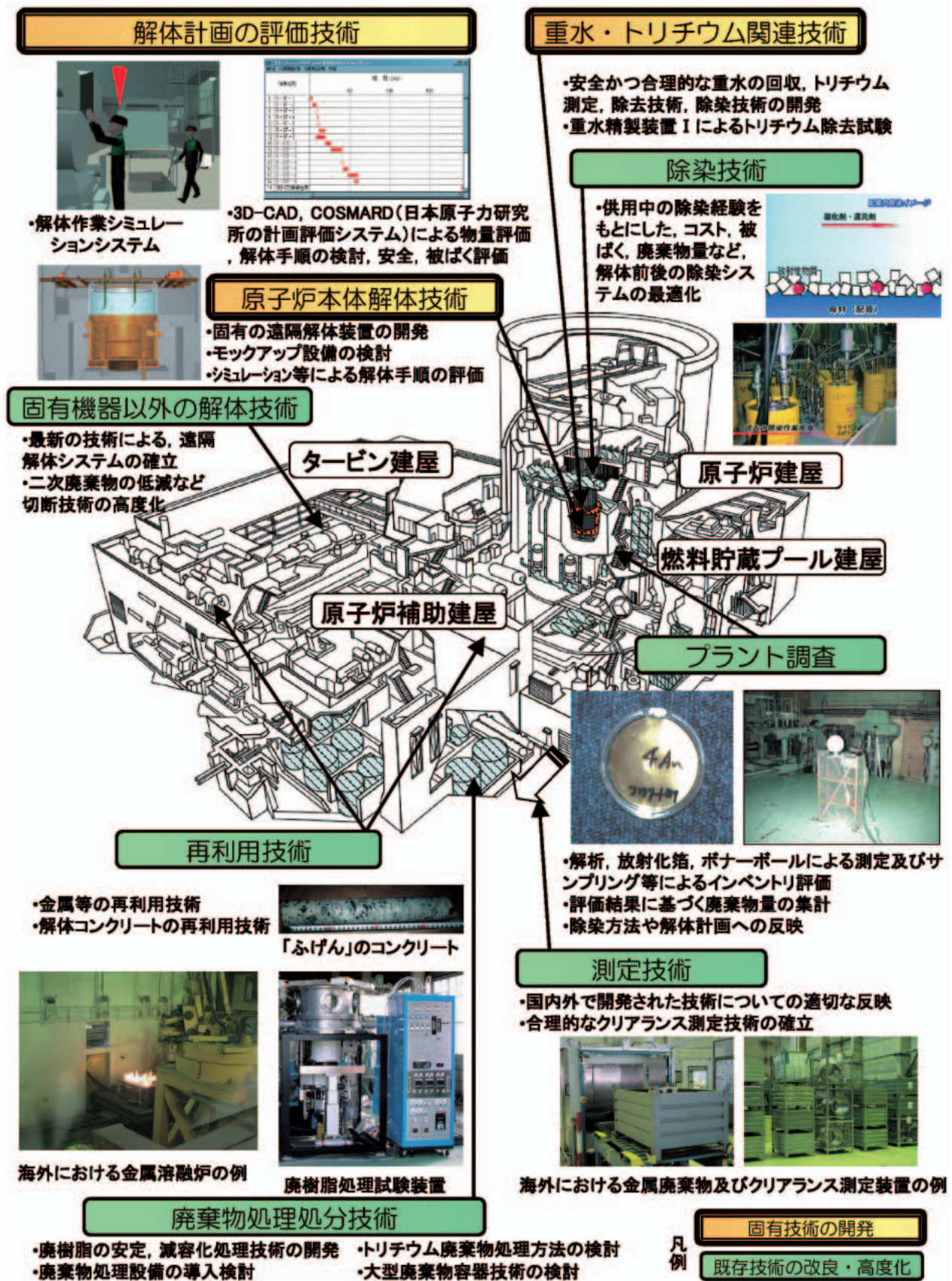


図2 「ふげん」における廃止措置技術開発の体系

表1 「ふげん」廃止措置技術開発のまとめ

技 術 分 野		技 術 分 野 の 概 要	技 術 課 題 ・ 目 標	開発のポイント	目標との関係		
					安全向上	コスト	廃棄物
固有技術の開発	重水・トリチウム関連技術	重水の系統拔出し 重水乾燥(トリチウム除去) 重水機器の解体技術	●安全かつ合理的な重水の回収 ●トリチウム除去による防護の軽減化, 除染期間の短縮	重水精製装置Ⅰを用いた試験によるデータ整備, 除去性能確認	◎	○	○
	原子炉本体解体技術	カランドリアタンク, 圧力管等の解体技術	●遠隔解体装置の開発, 工法の最適化による工期の短縮, 被ばく低減 ●解体時の安全評価データの取得, データベース化	コールドモックアップ試験の反映	○	◎	○
	解体計画の評価技術	システムエンジニアリング 解体手順・経済性・安全性評価, 解体後のデータ評価等	●最新計算機技術による支援システムの確立と合理的な解体計画の策定 ●安全評価, 被ばく評価に基づく安全な工程・手法の策定	VR- 解体シミュレーションシステムの利用・反映	○	◎	○
既存技術の改良・高度化	プラント調査	汚染, 放射化放射能インベントリ及び物量の評価	●実測と解析によるインベントリ評価, 精度向上 ●除染方法や解体計画への反映, 手法の合理化	評価技術の合理化	○	○	◎
	除染技術	解体前除染, 解体後除染コンクリートの除染	●コスト, 被ばく, 廃棄物量等の最適化 ●解体後除染システムの最適化による放射性廃棄物の低減	「ふげん」, 軽水炉の除染実績の反映, 改良 二次廃棄物の最小限化	○	○	◎
	固有機器外の解体技術	切断技術, 遠隔解体技術	●最新解体技術の総合的な適用性確認, 最適化(コスト低減, 作業効率向上, 廃棄物低減) ●二次廃棄物の低減	既存技術の適切な反映	○	◎	○
	廃棄物処理処分技術	廃棄物の減容, 安定化, 溶融 廃棄体の製作等の技術	●合理的な処理プロセスのため技術の最適化 ●炉心解体物用廃棄物容器の設計・製作 ●金属の溶融技術の高度化	廃樹脂等運転中廃棄物の減容・安定化 再利用も考慮した処理	○	○	◎
	再利用技術	金属, コンクリートの再利用 金属の限定再利用技術	●クリアランス技術の実証 ●金属の再利用技術の実用化 ●コンクリートの再利用技術の実用	試験設備による, 金属及びコンクリートの再利用技術開発と用途の具体化	○	○	◎
	測定技術	クリアランス測定技術 管理区域解除に係る測定技術	●国内外の技術の適切な反映 ●合理的な測定手法, 測定時間の短縮	測定装置の運用及び改良・高度化	○	○	◎

※ 目標設定との関係度 ◎: 非常に大きい ○: 大きい

		運転	廃止措置準備	廃止措置	
		1998	2003 (約10年)	機器解体	建屋解体
固有技術の開発	重水・トリチウム関連技術	解体方法検討	重水精製装置試験		
		重水回収準備	回収 乾燥	除染 重水系解体	
		コンクリートトリチウム等調査	コンクリート除染方法開発	除染	解体
既存技術の改良・高度化	原子炉本体解体技術	調査・工法検討	開発・試験	機器解体	
	解体計画の評価技術	計画策定	システム開発, 計画詳細化	データの収集と評価	
	プラント調査	調査・評価	詳細調査		
	除染技術	系統除染計画	除染		
		解体後除染検討・調査		解体後除染の実施	
	固有機器以外の解体技術		調査・工法検討	機器解体	建屋解体
	廃棄物処理・処分技術	廃樹脂処理検討	装置設置	廃樹脂の処理	
		処理装置検討	処理装置設置	廃棄物処理	
	再利用技術	再利用方策検討	施設の設置	施設の利用	
	測定技術	技術的検討	装置の設置	クリアランス測定	

凡例: 準備・検討段階 技術開発・試験 技術の適用・評価

図3 廃止措置技術開発の概要工程

3.3 固有技術の開発

「ふげん」の廃止措置を実施するためには、固有の設備に関して必要な技術開発を実施し、準備期間に実際の解体開始に間に合うように準備を進める必要がある。この技術開発に際しては、JPDRの実績や国内外の重水炉の廃止措置技術動向を踏まえ実施する。

(1) 重水・トリチウム関連技術

「ふげん」固有の重水系設備の解体においては、トリチウムによる被ばくの低減と作業効率向上の観点から、原子炉本体を含む系統全体の重水を極力回収した後、機器、配管等に付着残留する重水（トリチウム含有）をできるだけ除去する必要がある。このため、諸外国の知見等を参照するとともに、「ふげん」所有の重水精製装置Ⅰを用いた試験を行い、重水の回収手法、複雑な形状の機器に残留する重水量の評価手法、トリチウム除去技術等を開発し、重水系設備からの重水回収、トリチウム除去を行う。その後の残留トリチウム濃度等を評価し、重水系機器の解体計画を具体化する。

また、構造材の腐食生成物除染技術、構造材中のトリチウム濃度測定技術等の改良・高度化を図っていく。

(2) 原子炉本体解体技術

「ふげん」の原子炉本体は、224本の圧力管（Zr-2.5%Nb）とカランドリア管（ジルカロイ-2）、減速材である重水を貯留するカランドリアタンク（ステンレス鋼）等から構成されており、軽水炉に比べて構造が複雑である。また、炉心構造材は中性子による放射化が進んでいるため、遠隔・自動化による解体作業が必要となる。このため、原子炉本体を模擬したコールドモックアップ試験で、解体方法・手順を十分検討し、切断技術、遠隔解体技術、解体物の把持技術、自動化技術等について実用性等を評価する。また、開発した技術については、性能等を総合的に評価するとともに、安全評価用のデータも整備する。

(3) 解体計画の評価技術

圧力管型重水炉である「ふげん」の廃止措置計画の最適化を図るため、解体手順、工法、工程等の比較検討を行う必要がある。検討に当たっては、日本原子力研究所がJPDRの解体試験で開発したCOSMARD（Computer Systems for Planning and Management of Reactor Decommissioning）²⁾等の成果を反映し、作業量、被ばく線量、廃棄物量、

コストの評価・最適化等、エンジニアリング全般を支援するシステムを構築する。

さらに、合理的な解体計画の策定、作業員の訓練、理解活動等に活用するために、VR（仮想現実）技術を用いた解体シミュレーションシステムを開発する。

3.4 既存技術の改良・高度化

軽水炉等を対象に開発されている技術分野に関しては、最適な技術の導入を図るとともに、「ふげん」へ適用するための実機向けの開発を行い、また、より効率的な廃止措置を目標として、必要に応じた改良・高度化のための開発を行う。

なお、これらの技術の進歩については、その動向を常に把握し、適切な適用が図れるように準備する。

(1) プラント調査

解体計画を具体化していくに当たって、炉心構造物や生体遮蔽コンクリート等が放射化して生成した放射性物質の濃度や機器・配管類に汚染として付着した放射性物質の濃度を評価しておくことが重要である。このため、「ふげん」の構造等の特徴を考慮して放射化評価手法や汚染評価手法を最適化する。

(2) 除染技術

放射性廃棄物の発生量低減を目的として、供用中の系統除染の知見、経験を考慮し、実機の調査等で得られたデータ等に基づき、除染システムの最適化を図る。

コンクリート除染についても、作業効率の向上、コスト低減等の観点から既存工法の改良・高度化を行う。

(3) 固有機器以外の解体技術

固有機器以外の解体技術については、これまでに開発された各種要素技術を基に、実機の調査等で得られたデータ等に基づき、コスト低減、作業効率向上、二次廃棄物発生量低減等の改良・高度化の調査・検討を行い、最適化を図る。

(4) 廃棄物処理処分技術

廃棄物の処理処分技術については、「ふげん」の廃棄物の性状等を踏まえて既存技術の改良・高度化を行い、対応する。

(5) 再利用技術

将来、解体で発生する廃棄物については、環境への負荷低減を目指し極力その発生を抑制すると

ともに、リサイクルのための技術開発について調査・検討を進めていく。

(6) 測定技術

廃止措置段階では、施設の解体撤去に伴って放射性物質濃度が比較的高いものから極めて低いものまで多種多様の解体物が発生する。これらを効率的かつ高精度で測定し適切に処理していくことが合理的な廃止措置を進めていく際に重要となる。

このため、これまでに開発された測定技術を、実機の調査等で得られるデータ等を基に改良・高度化し、廃止措置段階で導入する技術として最適化する。

4. 現在までの技術開発状況

「ふげん」では、上記の方針に基づき、安全かつ効率的な「ふげん」の廃止措置を実施するため、プラントが運転中に調査を開始する必要があるもの、廃止措置計画策定に必要なもの、長期的な廃棄物処理計画を考慮して早期の着手が必要なもの等の技術開発を進めてきた。

以下、これまでに得られた代表的な成果について述べる。

4.1 プラント調査

放射能インベントリのデータは、廃止措置方式の決定、解体手順の立案、解体時の被ばく線量の推定、解体廃棄物の処理処分方法の決定、廃止措置費用の把握等のための基礎データとなる。

放射能評価には、中性子による放射化量の評価のほかに、腐食生成物による汚染量の評価がある。特に放射化量の評価は、原子炉の運転中に実施することが廃棄物量の評価を行うために経済的かつ合理的であることから、運転中に中性子束密度を測定し、解析結果との比較評価を実施した。

中性子束密度の解析には輸送計算コード(DOT-3.5)を使用し、放射化計算には放射化計算コード(ORIGEN)を使用した。これらの解析の妥当性を評価するために、プラント調査として、圧力管監視試験片の放射化量測定や放射化箔による中性子束密度測定、コンクリートの試料採取等を行った。

圧力管監視試験片は、特殊燃料集合体の中央部で照射されている。中性子照射量を詳細に計算するために、炉心計算コード(POLESTAR)で炉心全体の中性子束密度分布を求め、格子計算コード

(WIMS-ATR)で試験片位置の中性子束密度を算出した。算出した中性子束密度及び材料データを使用して、放射化計算コードで放射化量を計算した。その結果、計算値と測定値は良く一致することを確認した。

また、鉄水遮へい体外側と生体遮へい体コンクリート内面との間には、約1m程度の隙間があるため、ホルダー型の小型の放射化箔を設置した。原子炉廻り以外の機器については、中性子束密度のレベルが低いことから、測定感度の高い大型金箔(直径46mm、厚さ0.1mm)を設置した。運転サイクル終了後、放射化箔を回収し、ゲルマニウム検出器で測定を行い、測定結果と計算結果を比較し、妥当であることを確認した。

これらの放射化箔の放射化量をもとに中性子束密度分布を評価した結果及び生体遮へい体コンクリートや主建屋の一部をコアボーリングによって採取し、その放射化量や汚染量を直接測定した結果から、格納容器内の機器、配管等の金属やコンクリート等について、炉心近傍等の一部分を除けば、殆どがクリアランスレベル以下に分類されるものと推定できた。

具体的には、全体重量約37万トンのうち、放射性廃棄物として処理処分が必要な廃棄物は約0.4万トンになるものと推定している³⁾⁴⁾。

4.2 解体計画の評価技術

廃止措置計画の策定にあたっては、最適化を図るシステムエンジニアリングが重要であり、このための計算機支援システムを開発している。

特に、原子炉施設のように膨大な物量の機器や構造物の解体については、事前の評価作業を効率的かつ精度よく実施するため、3次元形状(CAD)データ及び仮想現実(VR:Virtual Reality)・可視化技術を利用した、「ふげん」の廃止措置エンジニアリング支援システム(DEXUS)⁵⁾⁶⁾の構築を進めている。

具体的には、「ふげん」の建屋や機器のCADデータを作成するとともに、主要機器の重量、材質等の情報をデータベースとして整備した。

また、COSMARDを、日本原子力研究所との共同研究として「ふげん」に導入し、解体作業における、作業工数、被ばく線量、廃棄物の発生量、解体工程等を評価している。

さらに、VR技術を用いて、放射線環境下におけ

る人的作業のシミュレーションを行い、被ばく線量、作業工数を評価する解体作業のシミュレーションシステム（VRdose）⁷⁾の開発を進めている。

これは、3次元CADデータを変換したVR空間上で、人間の動きとしての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ある。

4.3 廃棄物処理処分技術

「ふげん」の使用済みイオン交換樹脂の減容安定化処理のため、「減圧酸素プラズマ法」の開発を進めてきた。

減圧酸素プラズマ法は、樹脂等の有機物を酸素プラズマにより穏やかに減容安定化処理する技術であり、高い減容性能と排ガス発生及び二次廃棄物の発生が少ないことが特長である。

試験の結果、本方式は、高減容化が図れ、処分費用の低減化が期待できること、残渣中のEDTA、六価クロム等が検出限界濃度以下となること、残渣が粒状で各々独立していることにより、残渣の移送性、固化体の製作性が良好という結果が得られ、「ふげん」で発生する廃樹脂の減容安定化処理技術として有望であることを確認した⁸⁾。

5. 技術協力

「ふげん」の廃止措置に係る技術開発内容に関しては、外部の有識者から構成される「ふげん廃止措置技術専門委員会」を1999年12月に設置し、技術開発方針及び、各技術開発課題全般に関して審議をいただいている。

また、「ふげん」における経済的かつ合理的な廃止措置の実行、「ふげん」の廃止措置経験を円滑に反映する目的のために、社内はもとより、国内外の研究機関との具体的な技術協力を進めつつある。協力の内容としては、情報交換を始めとして、共同研究、共同開発、委託研究、技術開発の場の提供などがあり、相手先及び技術内容に応じた協力を実施していく。

具体的には、以下の技術協力を現在進めている。

① 日本原子力研究所

システムエンジニアリング技術を始めた共同研究を実施するとともに、重水炉特有の廃止措置技術、廃棄物の処理技術などについての情報交換を行っている。

② NUPEC：原子力発電技術機構

廃炉設備確証試験実施委員会の下で実用発電用原子炉廃炉設備確証試験が実施されており、必要な技術的成果を取り入れるとともに、技術の高度化のための連携を図っていくため、上記の実施委員会への委員参加等を行っている。

③ OECD/NEA：経済協力開発機構原子力機関

OECD/NEAの下、1985年に発足した廃止措置協力計画に、「ふげん」として2000年10月に加入した。ここでは、技術交換会議（TAG）及びサイト調査等を通じて、原子炉施設の廃止措置に関して有用な技術情報の交換を行っている。

④ ノルウェーエネルギー技術研究所（ハルデン炉計画）

合理的な解体計画の策定に資するため、システムエンジニアリング技術の一環としての仮想現実（VR）技術を用いた解体作業シミュレーションシステムの開発を連携して実施している。

6. 廃止措置準備期間中の施設の安全確保

運転終了後、燃料搬出完了までの廃止措置準備期間中においても、原子炉施設としての安全を確保する必要がある。原子炉は既に停止状態にあることから、燃料を「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ことが基本となり、このための設備の維持管理を継続することにより安全を確保する。

このため、運転を継続する施設については、従来と同様に原子炉等規制法に基づく定期点検、定期検査を行う。なお、運転終了に伴って機能維持の必要性がなくなった施設については、定期点検、定期検査等の維持管理は実施しない。

具体的には、原子炉からすべての燃料を使用済燃料貯蔵プールに取り出した後は、経済産業大臣の承認を受け、燃料を再度装荷できないようにする措置を採り、使用済燃料を貯蔵する機能、放射性廃棄物の処理、放射線管理等、原子炉の恒久停止後も必要な設備について維持管理を継続する。

7. 成果の普及及び公開

将来の原子力施設の廃止措置への成果の反映を考慮し、一連の廃止措置に係る業務で得られる知見、実績データ等の情報を、体系的に集積、評価し、データベース化を図るとともに、基本方針に従い、技術開発成果を極力公開していく計画である。

成果の公開に関しては、報告書等を逐次作成するとともに、速報性や広報性を考慮して、リアルタイムで整理された情報にアクセスできるように、インターネット技術などを活用する。また、国内外の学会などで積極的に報告を行い、専門家の評価を広く受けるものとする。

8. 今後の展開

以上のように、「ふげん」の廃止措置技術開発は、安全性を確保しつつ、コストミニマムな廃止措置の実現に資するため、合理的かつ計画的に進めていく。

特に、「ふげん」固有の重水・トリチウム関連技術、原子炉本体解体技術については、開発要素が多いため、必要な技術開発を着実に進めていく必要がある。

重水系設備の解体については、RI施設である重水精製装置Ⅰを用いた試験を実施し、重水の回収、トリチウムの除去などの基礎技術を蓄積し、原子炉施設本体への適用を図る。また、原子炉本体の解体については、高線量で、稠密かつ多種の材料からなる複雑な構造であることから、内外の事例を調査しつつ、モックアップ施設の設置や遠隔解体装置の開発が必要と考えられる。合理的な計画立案のため、システムエンジニアリング技術やシミュレーション技術を適用し、解体期間の短縮、費用の削減を図る。

さらに、既存技術の適用に関しては、国内外の

動向を調査しつつ適切な技術を導入するとともに、必要に応じて実機への適用や改良・高度化のための技術開発を適切に実施していく。

参考文献

- 1) 柳澤務:“「ふげん」の廃止措置への取り組み”, デコミッションング技報, 第21号, p2 (2000)
- 2) S.Yanagihara, T.Sukegawa, et al.: “Development of Computer Systems for Planning and Management of Reactor Decommissioning”, J. Nucl. Sci. Technol., Vol.38, No.3, p193-202 (2001).
- 3) 白鳥芳武, 川越慎司, 他:“ふげん発電所の廃止措置のための放射化量評価”, サイクル機構技報, No.16, p63 (2002)
- 4) Y. Shiratori, S.Kawagoe et al.: “Radiation Activity Evaluation for Decommissioning for Fugen Nuclear Power Station”, ICON11-36191, (2003)
- 5) 井口幸弘, 兼平宜紀, 他:“廃止措置エンジニアリング支援システムの構築”, サイクル機構技報, No.10, p59 (2001)
- 6) Y.Iguchi, M.Sekiguchi et al.: “Development of a Decommissioning Engineering Support System of the Fugen NPS”, ICON11-36270 (2003)
- 7) 井口幸弘:“VR技術を用いた解体作業シミュレーションシステム”, 先端原子力ア・ラ・カルト, p33 (2002)
- 8) G.Katagiri, K.Shimizu et al.: “Volume Reduction Technique for Ion Exchange Resin Using Non-Thermal Inductively Coupled Plasma”, ICEM'99 (1999)
- 9) 核燃料サイクル開発機構研究開発課題評価委員会(廃棄物処理処分課題評価委員会):“平成14年度研究開発課題評価(中間評価)報告書 課題評価「ふげん」廃止措置技術開発”, TN1440 2002-008 (2002)