

(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

### 第27号掲載内容

- I. 福島第一原子力発電所の炉内溶融金属等の  
● 取出し技術開発状況
- II. 第28回「ふげん廃止措置技術専門委員会」  
● 報告
- III. TAG55会議報告
- IV. インドネシア原子力庁での廃止措置講義
- V. 平成25年度 原子力関連業務従事者研修  
● 報告

## I. 福島第一原子力発電所の炉内溶融金属等の 取出し技術開発状況 (技術開発部 技術開発課 手塚 将志)

### 1. 概要

東京電力(株)福島第一原子力発電所(以下「1F」という。)は炉心溶融に至ったと報告されており、炉内構造物は原形を留めておらず、溶融燃料と混在し複雑狭隘な状態にあると想定されます。このような状態においても安全かつ確実に取出し作業を進めるためには、切断対象である燃料デブリ(炉心溶融により溶け出した核燃料が固まったもの。)や溶融した炉内構造物の状況に応じて柔軟に切断技術を選定する必要があります。また、取出し作業は、作業員の放射線被ばく低減の観点から、格納容器内を冠水状態にして行うことが現在想定されており、切断撤去工法の選定に当たっては、水中切断の適用性が重要になります。

JAEAでは、試験研究の使命を終えた原子炉施設等の廃止措置を進めており、これまでに、施設の解体に係る様々な技術や知見を蓄えてきました。このうち、原子炉廃止措置研究開発

センター(以下「ふげん」という。)、敦賀本部レーザー共同研究所、大洗研究開発センターにおいて進めてきた各種切断技術の研究開発の成果を基に、1Fの燃料デブリや炉内構造物の取出しに向けた研究開発として、平成24年度から、水中切断に適用可能な熱的及び機械的切断技術を用いた切断試験により、切断データの取得及び評価を進めています。

JAEAでは、これらの切断技術を活用して、1Fの炉内溶融金属等の取出しに向けた技術提案を目的に、切断試験により切断データの取得及び評価を行い、切断条件及び工法毎の適用範囲等について平成26年度までに取り纏めを行う計画としています。

具体的な切断技術としては、「ふげん」では、自身の原子炉解体に向けて技術開発を進めてきており、国内外の廃止措置に適用実績もあるプラズマアーク及びアブレイシブウォータージェット(以下「AWJ」という。)、敦賀本部レーザー共同研究所では、「ふげん」の原子炉解体の基幹工法として位置付けているレーザー切断、大洗研究開発センターではトーチの高耐久性に係る特許を有するプラズマジェットの各切断技術について切断データ取得・評価及び技術開発を行っています。

### 2. 「ふげん」での平成24年度実績

平成24年度のプラズマアーク及びAWJ切断技術に関して、「ふげん」では、まず各切断技術の基礎データを取得するため、1Fの炉内構造物で使用されているSUS304及び

比較のために一般的な炭素鋼S45Cの2種類の鋼材を試験体の材質として選定して、最大板厚300mmの試験体を用いた切断試験を実施しました。

(1) プラズマアーク切断技術

プラズマアーク切断試験では、最大出力電流600Aの電源装置を用いて、切断雰囲気（気中、水中）、プラズマガス流量、切断対象物とプラズマトーチの距離（以下「スタンドオフ」という。）等の切断条件と切断可能厚さの相関について切断試験データを採取し評価を行いました。トーチの構造を図1に示します。

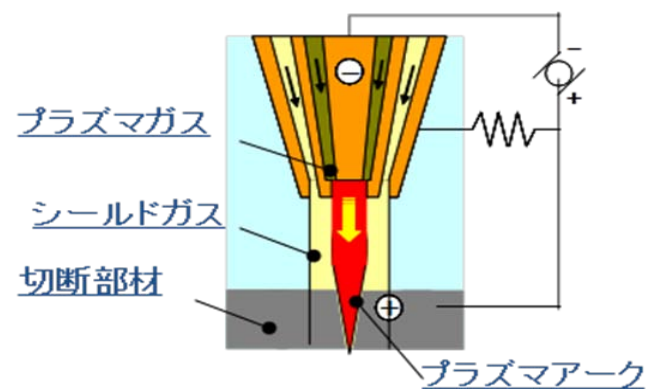


図1 プラズマ切断トーチ構造

ステンレス鋼板の切断厚さについては、プラズマ出力電流を200Aから600Aに上昇させた場合、気中では約3倍の220mm厚さまで切断可能であり、水中では約2倍の100mm厚さまで切断できることを確認しました（図2、3）。これは、水中雰囲気では放熱効果が高いことが一因であり、予熱投与方法の改善により切断能力の向上が期待できると考えられます。

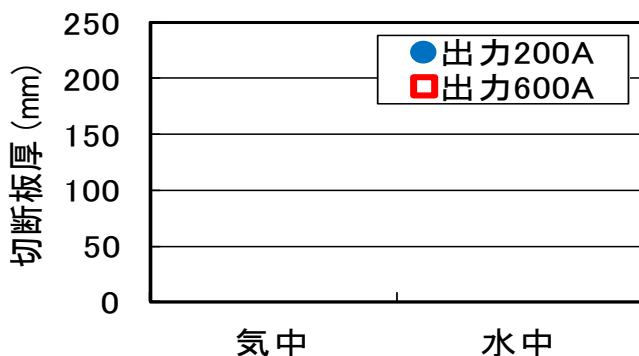


図2 切断雰囲気と切断板厚の関係



図3 水中で100mm深さまで切断時の切断深さ測定状況

(2) AWJ切断技術

AWJ切断試験では、切断雰囲気（気中、水中）、ポンプ吐出圧力、スタンドオフ等の切断条件が切断能力に及ぼす影響について確認を行いました。AWJノズルの構造を図4に示します。

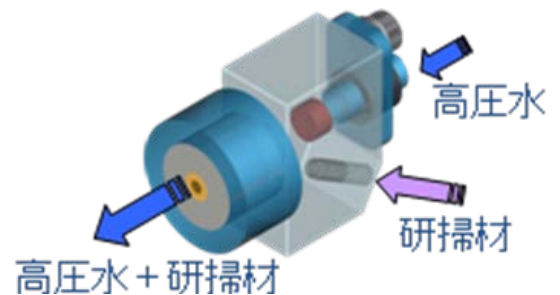


図4 AWJノズル構造

切断雰囲気の影響に関しては、ポンプ吐出圧力370MPaの場合に、矢形ステンレス試験体を気中で270mm厚さまで切断可能であり、同条件で水中切断を行うと220mm厚さまで切断能力が低下すること等を確認しました（図5、6）。

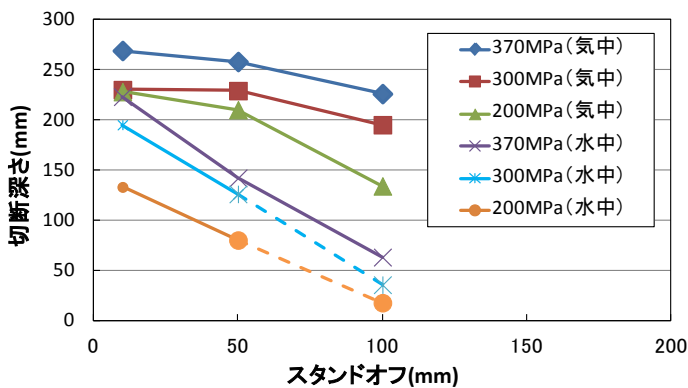


図5 切断雰囲気・ポンプ吐出圧力・スタンドオフと切断厚さの関係



図6 気中で270mm深さまで切断時の切断面状況

### 3. 今年度の計画

平成24年度の切断試験によりプラズマアーク及びAWJの各切断技術に係る基礎的な切断データを取得できたことから、平成25年度は、1F実機への適用を想定して、切断方向の違い（水平、垂直）による切断能力への影響や狭隘部へのアクセスを想定した小型ヘッド（AWJの場合）での切断能力を確認していく計画です。また、それらの確認結果を踏まえ、米国スリーマイル・アイランド原子力発電所2号機事故の復旧作業から得られたデブリ特性に係る知見等を考慮して、1Fの燃料被覆管（ジルコニウム合金：Zr<sub>92</sub>）と炉内構造物（ステンレス鋼：SUS304）

との炉内溶融金属、並びに燃料デブリの機械的又は熱的性質を想定した試験体を用いて切断データを取得し、切断能力の確認、評価を行う計画としています。

## II. 第28回「ふげん廃止措置技術専門委員会」報告

（技術開発部 計画管理課 忽那 秀樹）

「ふげん」では、廃止措置を安全かつ合理的に進めていくうえで必要となる技術開発計画や成果等にご意見等を頂くことを目的に、機構内外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」（主査：東京大学名誉教授 石樽頭吉氏）を設置しており、第28回委員会を平成25年9月24日に東京で開催し、次の4件について審議して頂きました。

### (1) 廃止措置の状況

平成25年度解体撤去工事、汚染除去工事等の作業計画及び実績、福島第一原子力発電所の廃止措置への貢献、地元における取り組みと連携等について報告

### (2) レーザー切断工法の実機適用に向けた切断試験状況及び今後の計画

レーザー切断工法に係る開発状況等について報告

### (3) 基礎架台コンクリート等への放射性物質等の浸透性に係る検討

基礎架台コンクリート等を放射性廃棄物でない廃棄物（NR廃棄物）と判断するための基礎試験の結果について報告

### (4) トリチウム除去における常温真空乾燥及び重水残留量の推測法の実機適用

常温真空乾燥の有用性及び重水残留量推測法の精度及び適用性に関する評価について報告

また、福島第一原子力発電所の廃止措置技術に係る「ふげん」の取り組み状況として、「福島第一原子力発電所の炉内解体を想定した熱的及び機械的切断技術による適用性試験」について報告しました。



これらの報告に対し、石樽主査から、以下のご講評を頂きました。

- ・「ふげん」で得られる炉心構造材試料採取技術開発等の成果は福島第一原子力発電所の廃止措置に役立つと思われるので着実に進めて頂きたい。
- ・レーザー切断に関し、ファイバーレーザーによる試験事例は少なく、興味深いデータが得られていると思う。原子炉本体水中遠隔解体切断の基幹工法としてレーザーを選定しつつ、対象物によって切断工法を選定していくことは重要である。福島第一原子力発電所への反映も考慮して、水深が深いところも想定し、検討を進めて頂きたい。
- ・コンクリートの浸透性調査は有意義であり、ある段階で実際の対象物と対比しながら検討を進めていくことも必要である。
- ・トリチウム除去等は、重水炉を保有する海外への成果の発信を考慮したデータの取り方をすることも重要である。
- ・東北地方太平洋沖地震等の影響により使用済燃料の搬出が繰り延べられていること等、全体の計画の進捗がスローダウンしていることを時間的裕度が増したと捉え、軽水炉の廃止措置を視野に入れながら腰を据えて研究開発を進めて頂きたい。

「ふげん」では、今後も委員会で頂いたご意見等を反映しながら、安全かつ合理的に廃止措置を進めていきます。



第28回ふげん廃止措置技術専門委員会

### Ⅲ. TAG55会議報告

(技術開発部 技術開発課 林 宏一)

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、平成25年10月21日～24日に茨城県東海村で開催された第55回廃止措置技術諮問グループ会議(The 55th Technical Advisory Group Meeting : TAG55)に参加しました。この会議には、日本を含む9カ国とEC関係者の計27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。会議終了後には、東京電力(株)福島第一原子力発電所、JAEA原子力科学研究所(再処理特別研究棟、高減容処理施設)、日本原子力発電(株)東海発電所の施設調査を行いました。

会議は、2日間にわたって行われ、原子炉施設プロジェクト8件、核燃料サイクル施設プロジェクト6件について報告があり、「ふげん」からは、廃止措置の進捗状況として、重水回収及びトリチウム除去の進捗状況や復水器解体撤去状況、クリアランスの準備状況として、除染の進捗状況や放射能濃度の評価方法について報告しました。

その他日本からは、JAEA人形峠環境技術センターから精錬転換施設及びウラン濃縮施設の廃止措置状況、プルトニウム燃料技術開発センターからプルトニウム燃料第二開発室の大型グローブボックスの廃止措置状況、中部電力(株)から浜岡原子力発電所の廃止措置状況の報告がありました。

施設調査の1日目に訪問した福島第一原子力発電所では、免震重要棟の緊急時対策所に入室した後、汚染水タンク、多核種除去設備(ALPS)、4号機の燃料取り出し用カバー等をバスで周りました。

また、現場確認の後、TAGの参加メンバーと今後の汚染水や可燃性廃棄物の処理方法や各国での汚染水問題の報道状況につい

て、意見交換を行いました。

2日目は、JAEA原子力科学研究所の再処理特別研究棟と高減容処理施設、日本原子力発電(株)東海発電所の施設調査を行いました。

再処理特別研究棟は、我が国初の工学規模の湿式再処理試験施設として昭和42年に建設された施設で、現在はその役目を終えて廃止措置を行っており、高線量エリアの解体や除染に向けて、比較的低線量の設備の解体を行い、作業管理や放射線管理に係る実績データを収集している旨の説明が行われました。

高減容処理施設では、ドラム缶に入った放射性廃棄物を3分の1に減容できる高圧縮装置や低レベル放射性廃棄物を6分の1に減容し、金属ブロックやセラミック質ブロックなどの安定な形態に加工して、処分用の廃棄体を作製することができる熔融設備を調査しました。

日本原子力発電(株)東海発電所では、中央制御室、蒸気発生器(SRU)の解体現場、クリアランスモニタを調査しました。SRUの解体では、遠隔解体技術を導入しており、3D-CADを用いてマニピュレータや切断機の干渉チェックを行った上で、自動で切断を行っている旨の説明が行われました。

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56回TAG会議は、来年5月にイギリス(セラフィールド)で開催される予定です。



TAG55会議の様子

#### IV. インドネシア原子力庁での廃止措置講義 (技術開発部 計画管理課 北村 高一)

JAEA原子力人材育成センターが文部科学省から受託している「国際原子力安全交流対策(講師育成)」の海外講師派遣事業に参加しました。当事業は、アジア諸国(インドネシア、ベトナム、タイ、マレーシア、フィリピン、カザフスタン、バングラディシュ、モンゴル)からの受講生を講師候補として日本に受け入れ、講師育成研修(原子炉工学コース、環境放射能測定コース、緊急時対応コース)の3コースがあり、6~8週間の期間)を経た後、それら受講生が自国に戻り研修を立ち上げる際の講師業務の技術支援(フォローアップ研修)を行うというものです。

平成8年度からインドネシアに対して講師育成事業を実施しており、これまで、インドネシア原子力庁(BATAN)から計13名の研修生を講師育成研修「原子炉工学コース」で受け入れを行ってきています。今年度は、第3回目となるフォローアップ研修を現地インドネシアにて実施し、日本からはJAEA職員が講師として3名が参加しました。

「原子炉工学コース」は従来、原子炉を運転するための炉物理を主とした内容でしたが、今回BATANからの依頼により、特別セッションとして「廃止措置」についての講義を実施し、計18名の受講者が参加しまし



た。

講義内容は、「日本の廃止措置の経験と計画」と題し、JAEAの廃止措置施設、旧日本原子力研究所の動力試験炉（JPDR）と「ふげん」の状況を例に、日本における廃止措置への取り組み方について紹介しました。インドネシアではまだ原子力発電所が稼働しておらず研究炉3基があるのみですが、受講者からは、「原子炉の建設費と廃止措置費でどちらが高いのか」等の質問があり、将来の原子力発電所の運転のみならず廃止措置についても関心が高い様子が感じられました。

今後、他のアジア諸国からの「廃止措置」に関する講義依頼にも適宜対応しつつ、講師育成事業に協力していきます。



講義の様子



受講者との記念撮影

## V. 平成25年度「原子力関連業務従事者研修」報告

（技術開発部 計画管理課 手塚 史子）

福井県が策定した「エネルギー研究開発拠点化計画」に基づいて、原子力関連業務への参入や企業の技術力向上を希望する県内企業を対象として、(公財)若狭湾エネルギー研究センターが平成17年度から実施している「原子力関連業務従事者研修」のうち、「ふげん」では、「廃止措置基礎講座」及び「ふげん専門講座」の開催に協力しています。

平成25年度は、「ふげん専門講座」が平成25年7月29日から8月2日の5日間、「廃止措置基礎講座」が10月18日に開催されました。

「ふげん専門講座」では、原子力施設の廃止措置に係る技術を習得できるよう、JAEA等の講師による廃止措置制度や原子炉の解体工法・切断技術等の廃止措置技術等に関する机上講習や、常駐協力会社の講師による実技演習等が実施されました。

特に実技演習では、解体現場の作業監督者に必要な知識習得を目的とした作業指示訓練が実施され、「ふげん」の解体現場を想定したトリチウム雰囲気模擬するグリーンハウスを設置し、そのハウス内で配管等を切断する作業者に、ハウス外から作業指示する方法や注意事項等の指導が行われました。



ふげん専門講座

（模擬グリーンハウス内での実技演習）

また、「廃止措置基礎講座」では、原子力施設の廃止措置計画や廃止措置制度、解体廃棄物の処理処分等の概要についての机上講習が行われた後、「ふげん」の廃止措置の現場見学が行われました。

「ふげん」は、今後も引き続き本講座に協力していきます。



廃止措置基礎講座

## H25年10月～12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11月13日～ 平成25年8月30日～ 9月1日～ 9月10日～12月6日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・クリアランス対象物除染処理作業</li> <li>・重水浄化系トリチウム除去</li> <li>・B復水器下部内部構造物等の解体撤去工事</li> <li>・第26回施設定期検査</li> <li>・平成25年度JAEA招へい制度（Visiting Researcher）に基づく海外研究者〔中国（2名）〕受入</li> </ul>
9月24日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ふげん廃止措置技術専門委員会（東京事務所で開催）【記事Ⅱ.参照】</li> </ul>
10月2日～10月5日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インドネシア原子力庁への講師派遣/インドネシア【記事Ⅳ.参照】</li> </ul>
10月4日～12月20日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成25年度文部科学省原子力研究交流制度に基づく海外研究者〔インドネシア（1名）〕受入</li> </ul>
10月18日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・平成25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」【記事Ⅴ.参照】</li> </ul>
10月21日～10月25日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・OECD/NEA TAG55（JAEA原子力科学研究所、日本原電（株）東海発電所 他）【記事Ⅲ.参照】</li> </ul>
10月28日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第26回原子力施設デコミッションング技術講座（RANDEC主催）/『「ふげん」の廃止措置の現状と教訓』報告</li> </ul>
11月11日～	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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）」</li> </ul>
11月19日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・若狭地区原子力発電所廃止措置情報交換会議</li> </ul>
11月21日・22日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・OECD/NEA 廃止措置協力プログラム(CPD)会議（フランス/パリ）</li> </ul>

12月3日～	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・フランス原子力・代替エネルギー庁（CEA）/JAEA 情報交換会議（フランス/マルクール）</li> <li>・原子力施設の廃止措置と除染へのレーザー応用に関する国際ワークショップ（LAND2013）（若狭湾エネルギー研究センター）</li> </ul>
12月2日～12月6日	
12月12日	

今後の予定

時 期	内 容
2月下旬	<ul style="list-style-type: none"> <li>・英国原子力廃止措置機関（NDA）情報交換会議（英国/セラフィールド）</li> <li>・WM2014 会合/廃止措置に関するIAEA 特別セッション（米国/アリゾナ）</li> <li>・重水搬出に係る重水前処理作業</li> </ul>
3月2日～3月6日	
順次実施予定	