

# RANDEC

Mar.2009 No.80

## ニュース

(財)原子力研究バックエンド推進センター



### 標準の充実と改善により、安全で合理的な廃止措置を

東京大学 教授 岡本 孝司

2月末に米国アイオワ州立大学の航空宇宙工学専攻を訪ねてきました。原子力とは全く関係無い研究打ち合わせでしたが、面白かったのは、航空分野の先生が原子力関係の共同研究を始めると言われていたことです。飛行機も原子力と同様に安全が最も重要視されるシステムで、米国でも原子力が着実に復活してきている事が感じられました。

日本では柏崎刈羽の再起動が、今年の大きなニュースだと思われませんが、浜岡のリブレースと敦賀の運転延長も今後の原子力を考える上で重要なニュースです。東海炉、ふげんと廃止措置も本格化してきている中、浜岡は日本初の軽水炉実用発電炉の廃止措置で、今後を大きく左右する可能性があります。

日本原子力学会では、現在、廃止措置の『計画』に関する標準の改訂作業を進めていますが、廃止措置を安全に行うためには、廃止措置の「実施」に関する標準の充実が重要と考えています。日本の技術力をもってすれば、安全に廃止措置が完了できると思いますが、

併せて、廃棄物の物量を可能な限り減らす事や、廃止措置期間を合理的に短縮する事、廃止措置や廃棄物に関する効果的な規制を行う事、経済性を考慮しつつ廃止措置を安全に進める事など、数多くの課題もあります。これらの標準的手法をまとめて行う事が安全な廃止措置につながります。また、廃止措置はこれからずっと継続されていきますので、様々な経験を後進に伝えることも重要です。廃止措置の経験を共有していくためにも、より充実した廃止措置の「実施」に関する標準を作りたいと考えています。ただ作るだけではなく、常に標準を改訂（改善）していくことで、安全で合理的な廃止措置が可能になると思います。

数多くの経験や調査結果を保持されているRANDECは、安全な廃止措置の実施に向けた重要な組織です。また、最も重要な技術伝承の中核となる機関でもあると思いますので、RANDECのより一層の活動に大変期待しております。

# RANDECニュース目次

第80号 (2009年3月)

巻頭言 標準の充実と改善により、安全で合理的な廃止措置を

東京大学 教授 岡本 孝司

平成20年度「海外調査団（米国）」報告（米国の廃棄物管理調査を終えて）…………… 1  
佐藤 一彦

原子力施設デコミッションニング技術講座（第21回）開催報告…………… 4  
情報管理部

## RANDECの事業に関する近況報告

1. 「すずらん」（低レベル液体放射性廃棄物処理施設）供与に関わる事後評価業務…………… 6  
榎戸 裕二、間野 正

2. 報道機関への原子力発電所の廃止措置情報の提供…………… 8  
情報管理部

3. 物流システム事業化に係る平成20年度調査結果を提示…………… 9  
物流システム事業化準備室

## 関係機関の活動紹介

株式会社NESIの事業活動 …………… 10  
株式会社NESI 営業企画本部 副本部長 前田 清彦

## 海外技術情報

1. カナダにおける低中レベル廃棄物の地層処分場の概要…………… 12  
宮本 喜晟

2. EUROCHEMIC再処理プラントの廃止措置の経験と進捗…………… 15  
安念 外典

3. 仏国UP1廃止措置の現状…………… 18  
鈴木 康夫

4. スウェーデンにおける原子炉施設解体及び廃棄物管理の現状…………… 21  
石川 広範

委員会報告…………… 24

# 平成20年度「海外調査団（米国）」報告

## 米国の廃棄物管理調査を終えて

総務部 佐藤 一彦

研究施設等廃棄物の処理処分の準備が本格化する中、また、廃止措置も新たな計画が示される中、本年2月に当センターとしては平成17年以来4年ぶりに「海外調査団」を派遣し、情報収集することとなった。今回は、米国における低レベル放射性廃棄物の処理・処分の現状に関して、最新の情報を収集することを目的として、エナジーソリューションズ社（以下「ES社」と記載）が運営する①原子力施設の解体等で発生する放射性廃棄物の処理を実施しているテネシー州ベアクリーク放射性廃棄物処理施設、②原子炉圧力容器等の解体廃棄物が処分されているサウスカロライナ州のバーンウェル低レベル放射性廃棄物処分場、③クラスA低レベル放射性廃棄物をすべての州から受け入れているユタ州クライブ低レベル放射性廃棄物処分場と④米国エネルギー省民間放射性廃棄物管理局が運営するネバダ州ユッカマウンテン高レベル廃棄物処分場予定地の4施設を視察した。調査団の団長は当センター理事長の菊池三郎とし、副団長には関西電力（株）原子力事業本部の鈎孝幸副事業本部長にお願いし、研究機関、電力、メーカー、建設会社殿などから多数の参加を頂いて、参加者は事務局及び添乗員を含め総勢18名となった。以下、訪問施設の概要について報告する。

### 1. ベアクリーク放射性廃棄物処理施設

ES社は、原子力施設の廃止措置、放射性廃棄物の処理・処分等を広範囲に実施している。最初の訪問は、オークリッジにあるベアクリーク事業所であったが、バスのトラブルにて主要設備である焼却設備、金属溶融設備のみの視察となったが、その代わりに国家安全保障関連施設群に隣接して設置された、広島に投下した原爆の原料製造に使われたウラン濃縮装置（Y12）の記念館を見学したが、被爆国である日本人としては非常に複雑な気分でのものあった。

廃棄物は、作業員が分別を行いそのうち可燃性の物は焼却処分、不燃性の物は圧縮処分を行い、再利用可能な金属については溶融を行っている。焼却設備は2系統で構成されており、紙、プラスチック等の可燃性廃棄物を約725kg/hの割合で焼却でき、焼却灰は圧縮

処理を行っている。

圧縮設備には、性能約5,000トンの圧縮機が設置されており、55ガロンのドラム缶等の圧縮処理を行っており、金属廃棄物については1/6に減容処理が可能である。

金属溶融設備では、容量7,200kWの直接通電式の電気炉を使用しており、年間1,000トンの金属処理が可能である。1992年から運転を開始し、2007年4月時点で53,600トン进行处理し、茨城県東海村のJ-PARK用の遮蔽ブロック2500体（2500トン）も製造している。

各施設はコスト重視で簡素化されている印象を受けたが、各所に安全衛生のポスターが掲示してあり安全面には十分配慮していると感じた。また、環境モニタリング、情報公開等地元には配慮した体制となっていると感じた。

## 2. バーンウェル低レベル廃棄物処分場

同処分場の組織は、埋設処分などの実務を担当する部門、財務・経理を担当する部門及び法規制を担当する部門で構成されている。運営コスト削減のため、放射性廃棄物の減容化、入札制度の導入、交替勤務から1直勤務への移行等を実施している。

2000年のアトランティック・コンパクト(米国内の州間地域共同体の一つ)が締結される以前は、事業者が自由に処分料金の設定を行えたが、協定締結後はアトランティック・コンパクト委員会が埋設量を決定し、サウスカロライナ州予算調整委員会が処分料金を決定している。処分料金は、立方フィートあたり600ドル~4,000ドルで放射線量や放射線線量率等により決定される。処分料金の高騰に伴い放射性廃棄物の減容化が進んでおり、今のペースで埋設を実施すると、あと20年は操業できるとのことであるが、放射性廃棄物の受け入れを2008年7月からコネチカット、ニュージャージー及びサウスカロライナのアトランティック・コンパクト加盟3州に限定



バーンウェルのLatham副社長と菊池団長



バーンウェル処分場における埋設状況(トレンチ処分)

して受け入れが行われている。

最後にPAの観点からは、同処分場が1971年創業以来37年間中断なく操業を継続してきており、あらゆる情報を公開し、外部からの視察等も快く応えていこうとする姿勢とともに、同処分場が地域住民にとって貴重な職場であり、自治体にとって貴重な産業(税収源)となっており、地域の資産(It's an Asset.)として活用され共存共栄が図られているとの印象をもった。

## 3. クライブ低レベル放射性廃棄物処分場

ユタ州クライブ処分場は、1970年代にDOE及びユタ州が開始した廃ウラン精錬サイトが起源となっており、その土地の運営会社であったエンバイロケア・オブ・ユタ社(2006年ES社に統合)が買い取ったものである。

クライブ処分場では、ウランなどの天然起源放射性物質(NORM)が処分されてきたが、現在は10CFR Part61に規程されているクラスAの廃棄物を米国全州から受け入れ、処分することが可能となっている。また、この他にPCBなど化学的毒性を合わせ持った放射性廃棄物である混合廃棄物についても、受け入れ、処分を行っている。混合廃棄物の処分には、環境保護庁(EPA)が管轄する資源保全・回収法(RCRA)に基づく許可も取得している。本施設は処理施設と同様、リスクに応じたコスト効果を考慮していることなど、合理的な設計が取り入れられている点は、日本で



クライブの廃棄物輸送貨物車両

も参考になると感じた。また、従業員約200名が、“Safety is our goal”のスローガンどおり、2百万労働時間を超え、休業災害ゼロを継続しており、合理性とともに安全確保への地道な努力も理解することができた。

#### 4. ユッカマウンテン高レベル廃棄物処分場

「団体としては最後の見学者」との歓迎あいさつから見学会は開始された。

ユッカマウンテン高レベル廃棄物処分場予定地は、ネバダ核実験場の隣接地にあり、ネバダ州ラスベガスから北西約160km、年間雨量が約300mmの砂漠地帯に位置しており、その地下約200～500mの凝灰岩中に商用炉からの使用済燃料、DOE所有の高レベル廃棄物（ガラス固化体）など合計で130,000トン処分する方針である。坑道間隔や廃棄物の定置間隔等の変更、強制換気システムの導入等を取り入れたサイト推薦時の計画では、処分場の規模は総面積が約4.65km<sup>2</sup>、坑道の延長距離は約69km、処分坑道の延長距離は56kmである。

実施主体である米国エネルギー省（DOE）は、2004年12月に許認可申請書を原子力規制委員会（NRC）に提出し、2005年に工事を開始する予定であったが、プロジェクトの予算不足、放射線防護基準に関する問題等で、許認可申請書の提出期限を2005年12月に、操業開始を2010年から2012年に繰り延べた。また、DOEは2008年9月にNRCに建設認可の申請を行っているが、NRCは100万年後の放射線



ユッカマウンテン北坑道入り口

レベルまで考慮して計画を審査するとの発表をしており、その認可の動向も注目される。

ユッカマウンテン・サイトでは、処分予定地としての適合性を評価するため全長約7.9kmの探査用トンネルが掘られており、サイト特性、水の流動特性、廃棄体の劣化特性等の試験が行われているが、現在は予算削減のため実質的に閉鎖状態である。2008年度予算は4.94億ドルの要求額から3.86億ドルと約1億ドル削減され、さらに2009年度の予算も上院で4.94億ドルの要求額に対し2.88億ドルと約2億ドル減らされ、約1億ドルも前年度を下回ることになりそうである。（ユッカマウンテン計画を長年にわたり中止に追い込もうとしているネバダ州選出有力議員の影響も強いと考えられる。）

見学中ずっと説明をしていただいた地質学者のVanluik氏は、TechnicallyではなくPoliticallyにプロジェクトが停止されることになりかなりのストレスを感じているようであった。

また、現在いる雇用者も大幅に削減されるとの話には、同じ原子力に携わるものとして同情するとともに、割り切れないものを感じた。

#### 5. あとがき

今回は飛行機への搭乗回数は11回になり、米国内の行き先々の空港での厳しい検査にて身体検査や持ち物の没収（ホカロン、爪切り、液状風邪薬等）に遭うことになり、団員にはご苦勞をおかけしたが、米国における低・高レベル放射性廃棄物の処理から処分までの放射性廃棄物管理の現状を実感として知ることができた。また、サブプライム問題、オバマ新大統領政権の誕生という変動期の米国事情を限られた時間ではあるが垣間見ることができた。なお、調査内容の詳細は、別途作成する調査団報告書で紹介する予定である。

# 原子力施設デコミッショニング技術講座(第21回)開催報告

情報管理部

我が国の原子力施設のデコミッショニング(廃止措置)及び低レベル放射性廃棄物の処理処分技術の普及を目指し、毎年行っている技術講座を今年も2月13日に東京赤坂の三会堂ビル石垣記念ホールにおいて開催致しました。特別講演を含む6件の講演が行われ、60数名の廃止措置等に係る方々が参加されました。以下に、各講演の概要について紹介します。

最初に、特別講演として文部科学省科学技術・学術政策局原子力規制室吉田九二三室長から、「研究用原子炉「JRR-3」の解体廃棄物クリアランスの安全規制について」として、クリアランスの法体系、判断方法、「JRR-3」の改造とコンクリート廃棄物の発生・保管状況、放射能濃度の測定、特にH-3、Co-60、Cs-137、Eu-152の測定方法、さらには審査のポイントについて説明がありました。特に、審査のポイントとして、汚染性状を踏まえ、測定評価単位の代表性を確保し、統計的手法を用いて汚染分布の均一性(局所的な汚染がない)を確認することの重要性が挙げられました。また、クリアランスした物の保管方法を厳重にし再汚染を防ぐこと並びにこれらの手法は基本的に今後の研究炉等の解体においてコンクリートのクリアランスを行う際に適用されるものである、等の見解が示されました。

次に、日本原子力発電(株)の廃止措置プロジェクト推進室処理処分計画グループの関口雅彦課長が、「東海発電所の廃止措置状況について」として、東海発電所の廃止措置経緯、現状及び今後の展開内容を簡単に説明された後、使用済燃料冷却池内の機器、タービン発電機、給水ポンプ等の解体除染撤去を予定通り完了した実績、第2期工事の中心作業となる燃料取扱機の撤去及び熱交換器の撤去に向けた蒸気ドラムや強制循環ポンプ等の撤去等について、多彩なスライドで詳しく紹介

されました。また、自社で開発した多機能型遠隔機器による熱交換器の下部からの切断、解体、細管取出、部材の撤去・収納の一連の作業を動画によるシミュレーションにて紹介されました。金属廃棄物のクリアランスと再利用の実績として、測定、鑄造所での溶解、遮へい体や金属製品への再利用の実績を示され、さらに、NR(放射性廃棄物でない廃棄物)の規制動向と東海発電所での発生・再利用状況等について説明されました。

(独)日本原子力研究開発機構の原子炉廃止措置研究開発センターの開発実証課の北山尚樹技術副主幹からは、「新型転換炉「ふげん」の廃止措置活動の現状」として、廃止措置全体計画、これまでの技術開発と準備作業を概括された後、本格的に開始されたタービン建家の解体作業の現状について、その解体準備作業、給水過熱器の機械切断と熱的切断を用いた解体撤去実績について説明がありました。さらに、本年度から着手した重水・ヘリウム系等の汚染除去工事に係る重水回収、重水循環ポンプ用熱交換器の撤去及びトリチウムの除去回収方法等についての説明がありました。また、今後の制御棒等の取出し、放射性固体廃棄物の処理・処分フローと仕分け処理装置、さらに、原子炉本体の解体に必要な今後の技術開発、特に、システムエンジニアリング支援システム及び敦賀地区における総合的な「ふげん」廃止措置支援協力体制につ

いても言及されました。

4件目の講演では、当センターの宮坂靖彦技術顧問から「国内外の原子炉解体で適用された技術及びその解体経験」として、自身のJPDR（旧原研の動力試験炉）解体経験及び諸外国の廃止措置の実績調査から、原子炉の廃止措置に適用されている遠隔機器、切断、除染、計測等の機器とその特徴について報告しました。既に海外では100万kW級の発電炉が8年足らずで更地化される程の技術があり、100基近い発電炉の廃止措置経験やそれ以上の数の研究炉・試験炉の実績から、現在では原子炉圧力容器の遠隔解体技術も確立され、また迅速な解体が可能な原子炉の一括解体を目指す解体手法の採用も増加してきていることなど、諸外国の廃止措置の動向について説明があった。

次いで、原子力機構原子力エネルギー基盤連携センターの春山満夫グループリーダーからは、「ウラン・TRU廃棄物等のクリアランスのための高感度測定技術」として、現在、原子力安全委員会で鋭意審議されているウラン燃料加工施設等から発生するウラン廃棄物のクリアランス検認の新しい測定法であるアクティブ中性子による廃棄物中のウラン濃度の高精度測定法の開発状況について説明がありました。従来の手法に比しウランでは2桁程度の精度で迅速に測定できること、コンクリート廃棄体でも金属体でも高精度の濃度確認が可能であると説明されました。また、従来のウランやプロトアクチニウムの $\gamma$ 線測定による方法と比し、廃棄体の均質性に左右さ

れない優れたものであること、TRU核種も測定はできるが、Pu-239等では比放射能がウランより高い（短半減期）ため、やや精度が落ちる傾向にあること等が紹介されました。

最後に、当センターの室井正行物流システム事業化推進室技術部長からは、今年の原子力機構法の改正（機構が研究施設等廃棄物の処分事業の主体となる）及び同12月の国が策定した「埋設処分業務の実施に関する基本方針」では、機構以外の廃棄物も処分対象となることから、当センターが検討を進めている大学・民間等の事業者で発生する廃棄物を集荷・保管・処理し、埋設処分場へ引渡す「物流システム」の構築に向けた取組みについて報告がなされました。「物流システム」の事業化は、発生者の廃棄物を検査し、集荷・分別し、焼却・圧縮・溶融等の処理を行い、必要に応じてセメント固化し、さらにドラム缶等に廃棄体化し、埋設業者に引き渡すまでを検討範囲としているとの説明がありました。現在、技術的課題（核種濃度評価、有害物質への対応、廃棄物情報の管理等）の検討を行っているが、廃棄物情報の管理が特に重要で、物流におけるトレーサビリティの確保のための情報管理ツールの開発についても説明がありました。

何れの講演も各講演者の経験に基づいたオリジナリティのあるもので、技術講座として価値の高いものでした。また、スライドや動画を駆使され、分かりやすい資料と講演にまとめて頂きました。ここに講師の方々に厚くお礼を申し上げます。

# RANDECの事業に関する近況報告

## 1. 「すずらん」(低レベル液体放射性廃棄物処理施設) 供与に関わる事後評価業務

情報管理部 榎戸 裕二  
調査役 間野 正 (E & E社)

当センターは平成20年4月に、日露非核化協力委員会技術事務局(東京港区、以降、技術事務局)から標記の「すずらん」の事後評価業務を受託し、後述する業務を実施し、昨年12月に事後評価報告書を提出した。

本業務は、我が国が日露非核化協力委員会を通して供与した「すずらん」に関して、供与の経緯、内容及び施設の供与までの建設、試運転等の実績に関する事前調査を行い、その後、供与以降の「すずらん」の運転状況、処理実績及び環境改善等の確認のためのロシアでの現地調査を行い、両調査の結果に基づき事後評価を行うものである。

ロシアでは、北西及び極東地域において退役原子力潜水艦の解体が行われており、これまで他国からの支援を含め両地域で160隻近くが解体された。このうち、極東では、近年中に沿海地方とカムチャツカ地方の78隻全数が解体される予定である。

1993年に極東地域において、原子力潜水艦の解体等から発生する放射性廃棄物が日本海に海洋投棄されていたことが判明し、日本海的环境汚染が危惧されたことを受け、我が国は原潜等からの放射性廃液を処理する施設を有しないロシアに対し処理施設「すずらん」を提供したものである。また、結果として、「すずらん」は原潜解体促進にも大きく貢献した。

「すずらん」は、1994年にロシア原子力省(現在の「ロスアトム」)と日露非核化協力委

員会間で締結された実施取決めに基づきロシアに供与された。「すずらん」は自走しない浮体型処理施設で、液体放射性廃棄物を移動するよりは処理施設を保管場所に移動する方が安全であること及びズヴェズダ造船所近隣住民の意向等、ロシアの要望を踏まえて作られた設備である。

2001年に完成し、現在、沿海地方ウラジオストク市からウスリー湾を挟んだ対岸のポリショイ・カーメニ市のズヴェズダ造船所にある専用埠頭に係留され、同造船所が廃液処理を行っている。

「すずらん」の事後評価の5項目とは、供与が、

- ①妥当性(供与目的、方法、初期性能等)
- ②有効性(施設稼働、運転性能、社会的評価等)
- ③効率性(供与目的達成に無駄がない)
- ④インパクト(環境改善、原潜解体等の促進等)
- ⑤自立性(ロシアが持続的に施設を運転・維持)に照らし、プロジェクトの目標を達成したかを判断するものである。

現地調査は、6月17日から一週間ポリショイ・カーメニ市内のズヴェズダ造船所で行われ、造船所の幹部や技術及び放射線管理の専門家が多数参加し、四日間にわたる質疑応答及び「すずらん」視察により「すずらん」の運転実績と環境改善の確認を行った。あまり英語が役立たず、ロシア語の通訳を介しての調査であったが、ズヴェズダ造船所は積極的



な情報提供と真摯な説明を行った。今回の調査により海洋投棄が停止されたことや「すずらん」で処理されたきれいな排水が供与以降は海洋に放出されていること等が確認できた。詳しい調査結果は、技術事務局のウェブサイト (<http://www.tecsec.org>) に掲載されている。

なお、我が国は2003年から日露非核化協力委員会を通じてロシア退役原潜解体協力事業「希望の星」を推進し、オーストラリア、韓国及びニュージーランドから資金協力を得つつ行っている。また、極東地域においては、この他に米国及びカナダが退役原潜解体協力事業及び関連事業を実施している。



(1)



(2)



(3)



(4)

- (1) ポリショイ・カーメニ市 (Google earthより)
- (2) ポリショイ・カーメニ湾と「すずらん」係留場所 (Google earthより)
- (3) 液体放射性廃棄物処理施設「すずらん」
- (4) ドラム収納の濃縮廃液のセメント固化体

## 2. 報道機関への原子力発電所の廃止措置情報の提供

情報管理部

当センターは、複数のメディアから原子力施設廃止措置の試験研究・調査機関として、原子力発電所の廃止措置（廃炉とも言う）の国内外における動向や技術さらには安全性に関する取材を受け、廃止措置技術の普及・啓蒙の観点から関連する情報を提供するとともに、この度、新聞とテレビでインタビューに応じ、原子力発電所の廃止措置とその安全性について見解を述べる機会を得た。

昨年12月22日に発表された中部電力浜岡原子力発電所の原子炉リプレース計画の発表を受け、静岡新聞社から同発電所1, 2号炉の廃炉計画と6号機の新設計画のリプレースについて、取材を受けた。主な取材内容は、「発電所の廃炉の実績、廃炉の安全性、特に浜岡廃炉は安全に実施できるか」についてであった。静岡新聞社は天皇誕生日を挟んだ翌24日から三日連続で「廃炉・新設の衝撃」上・中・下の特集を組み、当センターの取材結果は25日の新聞紙上に掲載された。

1月に入り、静岡第一テレビ局も1月29日と30日の2日連続の特集として浜岡原発のリプレースを報じたが、1月中旬、当センターをテレビ取材した。提供した情報は、多岐に亘ったが、当センターの放映部分は2分程度であった。「廃炉は原子炉の放射能を少なくして実施すること」、「100万kW級を含む原子力発電所の解体実績から解体の基本的技術は確立されていること」、「廃棄物の大部分は放

射能の極めて低いレベルのものであり、資源有効利用の点から再利用の方向にあること」、などを説明した。

なお、浜岡1号機及び2号機は1月30日に運転終了し恒久運転停止状態に入っている。近々、廃止措置計画書が提出される予定である。

上記の2つの報道機関に加え、NHKに対しても国内外の廃止措置情報の提供を行っている。

浜岡1及び2号機のような中・大型軽水炉発電所、特にBWR型軽水炉の解体は世界的にも多くない。この中で、旧原研の動力試験炉（JPDR）の廃止措置の完遂は世界的にも貴重な実績となっている。浜岡1及び2号機の廃止措置については、JPDRや「ふげん」の廃止措置経験を十分活用し、また、欧米の100基に及ぶ原子力発電所の廃止措置の技術情報を広範囲に調査・収集し、最も合理的に廃止措置の計画策定等に貢献できるよう関係者に情報を提供していく所存である。

平成20年12月25日付静岡新聞記事の一部

通常、廃炉の過程で原子炉や建屋などの施設は解体撤去され、敷地は更地になる。中電が「原発の立地は浜岡以外に全くめどが立っていない」（環境・立地本部）とする一方、原子力行政の関係者は「1, 2号機を廃炉にすれば、中電は将来の7号機のための用地を同時に手に入れることができる」と深読みする。

「原発のリプレースは今後世界的な流れになる」。廃炉の調査研究を行っている原子力研究バックエンド推進センター（東京都港区）の横戸裕二情報管理部長はそう指摘する。「廃炉の技術開発は安全性をクリアした。当面の課題はコスト削減というレベル」。米国では浜岡2号機と同程度の八十二万kWの沸騰水型をほじめ、百万kWを超す加圧水型の解体撤去が完了した実例があるという。

世界の原発が廃炉の時期を迎えるこれからに備えて、国際原子力機関（IAEA）も廃炉技術を国際的に共有するためのデータベースを整備している。

### 3. 物流システム事業化に係る平成20年度調査結果を提示

#### 物流システム事業化準備室

物流システム事業化準備室は、昨年6月に発足して以来、大学・民間等にて発生する低レベル放射性廃棄物を処分するのに必要な集荷・保管・処理に係る事業化検討、すなわち、物流システム事業の事業計画、技術事項、拠点設備検討、立地広報資料作成などを主要民間発生者殿の協力を頂きながら調査検討を進めてきた結果、2月末に平成20年度の調査検討をまとめた。

この調査検討は平成22年度までの3ヶ年で行う計画で、平成20年度はその初年度の調査検討であった。大学・民間等の廃棄物の特徴を踏まえた処理施設（開梱分別施設を含む）概念を導出することができたので、事業計画で検討したビジネスモデル検討結果とカップリグさせて、平成21年度には経済性評価を行うこととしている。事業を支える様々な技術事項の検討においては、廃棄体の安全を確保するために重要な品質管理システムのあり方を検討するとともに、主要民間発生者殿の廃棄物データの調査検討などを通して物流システム事業を構築するための課題を明らかにし

た。また、立地広報に必要なパンフレットの作成も行なった。

平成20年度の調査検討結果は、2月末に開催された第2回物流システム事業化懇談会にて資金協力を頂いた主要民間発生者殿へ報告した。また、この懇談会において平成21年度の事業実施計画も承認された。

当センターは平成20年度の成果を主要民間発生者殿の了解の下に大学・民間等の発生事業者からなる連絡会議にて報告するとともに、80余に上る発生事業者に対しても成果情報を提供し廃棄物の処理処分の道筋を強化していくこととしている。

なお、国は昨年4月から検討を進めてきた「埋設処分事業の実施に関する基本方針」を昨年12月25日に決定した。これにより、研究施設等廃棄物の処分事業推進に關する基本的枠組みが整理された。

今後は、この基本方針を受けて独立行政法人日本原子力研究開発機構が埋設処分事業の具体的な実施計画を策定することとなる。

# 関係機関の活動紹介

## 株式会社NESIの事業活動

株式会社NESI 営業企画本部  
副本部長 前田 清彦

### 1. 会社概要

「株式会社NESI」（呼称 ネッシー）は、高度情報化の流れの中で、地方自治体、研究機関、各種団体などの多くのお客様のご要望に応え、ソフトウェアの開発、ハードウェアの販売、人材の派遣など各種情報システムサービスを提供している。

（株）NESIは、昭和59年3月に「原子力システム株式会社」として発足し、大洗事務所、東海事務所、人形峠支所、敦賀事務所、六ヶ所事務所、東濃支所、東京事務所と、順次事業規模の拡充に合わせて組織を拡充してきた。平成9年にはソフトウェア開発の中核組織として「ソフトセンター」（平成18年に「情報システムセンター」に改称）を設置した。

社名のとおり、設立当初は、動力炉核燃料開発事業団殿を主なお客様に、原子力開発のお手伝いを中心事業としてきたが、平成15年に、業務範囲を原子力から広く産業分野への貢献とすることを意図し、社名を「株式会社NESI」に変更した。平成20年8月現在で社員数は、356名となっている。

主要な事業は、システム開発、数値解析、技術開発支援、情報サービス、システム構築・運用、OA機器販売である。

主なお客様は、(独)日本原子力研究開発機構殿、日本原燃(株)殿、(財)原子力研究バックエンド推進センター殿、富士通(株)殿、茨城県殿、茨城県市町村殿、(独)科学技術振興機構殿、(財)核物質管理センター殿、(財)環境科学技術研究所殿、(社)茨城県公害防止協

会殿、(独)原子力安全基盤機構殿などである。

### 2. システム開発

原子力関係システム開発の豊富な経験を基盤に、オフィスマネジメント関連をはじめとした様々な業務のニーズに対し、システムの開発、構築から、運用サポートまで、お客様が満足できるソリューションを提供し、お客様のビジネスを支援してきている。

### 3. 数値解析

構造解析、耐震解析、熱・流動解析、炉物理・炉心・遮蔽解析等及びこれらに係る解析コード整備など、原子力を中心とした様々な分野における技術計算とこれらを通じて蓄積してきたシミュレーション技術をご提供することで、各種産業分野における施設・設備の安全評価や設計工程でのコストダウン、工程短縮をお手伝いしている。

### 4. 技術開発支援

(財)原子力研究バックエンド推進センター殿ほか原子力関連の事業を担っている多くのお客様に対し、情報処理業務、技術計算及び解析等の様々な分野で研究開発、事業のお手伝いをさせて頂いている。また、情報機器の運用管理を受託し、安定稼働の確保と利用者の皆様へ効率的な利用環境の提供に努めている。

### 5. 情報サービス、OA機器販売

情報発信及びコミュニケーションツールと

してWEBサイトの制作・リニューアルを行っている。また、オフィスワークの効率化をお手伝いするため、各種データ入力サービス、ドキュメント電子化などの業務を行っている。

OA機器販売に関しては、ハード機器メーカー各社の製品を扱っており、パソコン、PCサーバからプリンタ、ネットワーク機器など、様々なニーズにお応えしている。

## 6. システム構築・運用

システム運用・構築サービスにより、お客様のサーバやネットワークの運用・構築に係る負担を削減するとともに、安心と信頼を提供させていただいている。

サーバ構築・ネットワーク構築（各種サーバのデータ保護、セキュリティ対策、より安全なサーバ及びネットワーク構成のコンサルティング、構築）、各種サーバの運用・保守（お客様に代わりオンサイトでサーバやネットワークの運用管理と障害の復旧作業）、ハウジング（お客様のサーバをお預かりして運用）、ホスティング（お客様専用サーバをご用意）などを行うことができる。

## 7. デコミ・廃棄物に関連する開発等実例

低放射性固体廃棄物バーコード管理システム開発：バーコードの利用により、廃棄物（コンテナ、ドラム缶）の保管場所及び封入情

報の管理を一元的に行うシステムである。

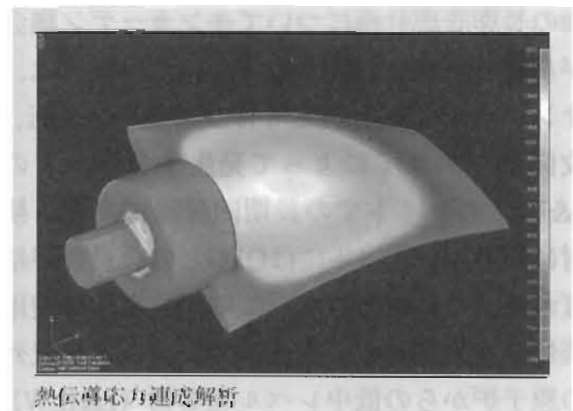
RFIDの放射性廃棄物管理への適応性実証に関わるシステム開発：RFIDの耐放射線性を確認し、放射線環境下でのRFIDの活用を図るための研究開発を進めている。

「ふげん」での技術開発支援：日本原子力研究開発機構の敦賀本部原子炉廃止措置研究開発センターでは、廃止措置で必要となる放射能インベントリ評価等を実施しており、弊社は、この放射能インベントリ評価に於いて、主に施設内の放射化汚染解析コードを用いた評価を行なっている。

（財）原子力研究バックエンド推進センター関係：施設特性データベースシステム改良、設計、廃止措置情報データベース構築、ホームページ管理・運用・更新、報告書文献検索システム保守、PC機器管理・サーバ管理、PC機器等トラブル対応・利用者支援、ウィルス対応 他

## 8. むすび

（株）NESIは、これまで、核燃料サイクル技術に関する研究開発に於いて、コンピュータを用いる各種技術支援業務を提供してきた。これからも、高い技術力と豊富な原子力の研究開発支援経験を活用し、幅広い産業分野における技術開発のお手伝いを行なっていく。



# 海外技術情報

## 1. カナダにおける低中レベル廃棄物の地層処分場の概要

技術開発部 宮本 喜晟

オンタリオ・パワー・ジェネレーション社 (OPG) は、長寿命の低中レベル放射性廃棄物の地層処分場 (DGR) をオンタリオ州のヒューロン湖東岸、ピンカーデンとポートエルジンの間にあるブルース原子力発電サイト近くに計画している。DGRは、地上からおおよそ680mの地下にある低浸透性粘土質の石灰岩の200m厚きの層に設けられる。この処分場についての報告<sup>1)</sup>が行われているので、以下に概要を示す。

### 1. 経緯

オンタリオ・パワー・ジェネレーション社 (OPG) は、カナダのオンタリオ州にある20基のCANDU炉の運転から生ずる放射性廃棄物の安全な管理に責任を持っている。

現在、これらの原子炉の運転から発生する低中レベル廃棄物 (L&ILW) のすべてが、OPGとのリース協定の下でブルースパワー社によって運転されている8基の原子炉とともに、ブルースサイトにあるOPGの西部廃棄物管理施設 (WWMF) に貯蔵されている。WWMFは50年の寿命を持ち、L&ILWを中間貯蔵している。しかし、これらの廃棄物を数千年の間危険な廃棄物と同じように長期間管理する施設に移す必要がある。

ブルースサイトはキンカーデン自治体であり、2001年、WWMFに貯蔵されている廃棄物の長期管理計画についてキンカーデン議会が承認した。その後、キンカーデン議会は、オンタリオにあるOPG所有の原子炉の運転、改修及びデコミによって発生するすべてのL&ILWのサイトでの長期間管理に関する検討に同意し、2004年にはOPGとの合意書が結ばれた。それによれば、この処分場には使用済燃料を処分せず、また、オンタリオ州以外の原子炉からの低中レベル廃棄物 (L&ILW)

も受け入れないことになっている。

2005年に世論調査が行われ、議会の立場が保証された。その後、OPGはカナダの環境評価法令に従って、提案されたDGRのために環境評価が開始された。2007年には、環境大臣が評価委員会にこの計画を諮問した。この処分場は2012年に建設に着手し、2017年または2018年に操業を行う計画である<sup>2)</sup>。

### 2. 廃棄物の性質

OPGのWWMFでは、ピッカリング、ブルース、ダーリントンの原子力発電所から廃棄物を30年間受け取ってきた。低レベル廃棄物 (LLW) は、汚染された衣類、ぼろ、プラスチック、紙及び類似の軽く汚染された物質のほか、交換された熱交換器及び蒸気発生器等である。WWMFは年に5,000~6,000m<sup>3</sup>のLLWを受入れ、焼却または圧縮により、年間おおよそ2,000~3,000m<sup>3</sup>の量が貯蔵される。現在、おおよそ60,000m<sup>3</sup>が貯蔵されている。中レベル廃棄物 (ILW) は汚染された樹指、フィルター及び炉内機器、圧力管、カランダリア管等である。中レベル廃棄物のおおよそ200~400m<sup>3</sup>がWWMFで毎年受け取られ、貯蔵される。現在、おおよそ8,500m<sup>3</sup>が貯蔵されている。

DGRは現在、既存のオンタリオ原子炉から発生する運転及び交換L&ILWの量に対応して、貯蔵廃棄物量として160,000m<sup>3</sup>の容量で設計されている。処分のためのオーバーパッキング後に、最終的な処分体積はおよそ200,000m<sup>3</sup>である。

### 3. 地質環境

ブルースサイトはミシガン基盤岩の東の端に位置する。これは、南オンタリオとミシガンを通して数百kmに広がるほとんど水平に重なった変形のない連続した古生代の炭酸塩、頁岩、蒸発残留岩、砂岩である。この連続堆積岩は、ブルースサイトの下およそ840m深さの結晶性先カンブリア時代の基盤に支えられている。

処分場は、表面下のおよそ680m深さの粘土質の石灰岩層内に設けられる。この層の上部には、200mの低浸透性の頁岩層、400 m以上の苦灰岩（ドロマイト）層、炭酸塩層、表土と重なっている。これらの地層は、オルドビス紀時代（およそ4億5千万年前）の石灰岩と頁岩で、非常に低い透過性を持つことが予想される。DGRの安全評価上のメリットは、ブルースサイトの下に堆積岩層の完全性と長期間の安定性である。

この地域のデータに基づいた地層研究が早期に行われ、2006年、OPGはサイトの特徴を把握するとともに、プロジェクトのために環境評価をサポートするための項目を記述した地質科学特性計画を公開した。第1段階の活動は2006年秋に始められ、2008年に終了した。第1段階の活動は、2ヶ所の深い地中ボーリング、地震計ネットワークの設置、岩石テスト等である。2ヶ所の深いボーリングはDGR位置のコーナ付近であげられた。最初のボーリングは、上部層を調査するため、およそ400mの深さまであげられ、使われ

ている。2ヶ所目のボーリングはおよそ860 mの深さの先カンブリア基盤の岩石を貫通し、処分場とその周辺の低浸透性のオルドビス紀時代の頁岩と石灰岩を調査するために使われている。

### 4. 施設的设计

処分場は、地上から2本の立坑によって廃棄物を定置する場所までアクセスされる。中央のアクセストンネルの側面に平行に並んだ定置場所が考えられている。定置の場所はLLWとILWのために各々空洞が備えられる。定置場所はコンクリート製床になる。廃棄物パッケージは、立坑から直接降下され、その場所で積み重ねられる。また、受入れアクセス作業の支援建物が地上に設けられる。各場所は密閉または埋め戻しのないコンクリート壁で分離される。

廃棄物が定置された後に、もし地元及び規制者との適当な協定が得られれば、DGRは閉鎖される。この作業はアクセス立坑の密閉と表面施設の撤去とクリーンアップである。立坑は、コンクリート製蓋と低浸透性物質、特にベントナイトで密閉される。

現在、概念設計は修正され、更新されている。設計では、立坑対傾斜アクセス、立坑位置及び地下レイアウト、主要なホイストシステム、地下廃棄物取扱い装置、地下構造物方法、地下廃棄物、廃棄物岩石管理、立坑密封システムの検討が行われている。

DGRを安全に建設し、操業することが要求される基本的な技術はすでに証明された技術である。WWMFにおいて廃棄物パッケージが受け入れられ、貯蔵されている。DGRの移動と定置の取扱いはこれと類似で、廃棄物パッケージは表面線量のようなDGR廃棄物パッケージの受入れ基準を満たせば、現状の廃棄物パッケージのまま運ばまれる。

## 5. 安全性

長期間の放射性廃棄物管理の目的は、現在及び将来にわたって、人間の健康と環境を守ることである。提案されたDGRの安全性の目的は以下の通り：

- ・生物圏からの廃棄物の隔離
- ・放射性崩壊を許す廃棄物長期間閉じ込め
- ・放射性核種移動の地表面への障壁と希釈
- ・長期間にわたる安全で不確かさを最小にするための堅実な設計と配置

予備的安全評価として、閉鎖後線量は以下の理由により非常に小さい。

- ・母岩を通しての汚染物質の量移動は限定した拡散である。
- ・処分場の建設によって全体的な環境を変えない。
- ・地震、氷河あるいは他の自然現象により処分場が乱されない。
- ・廃棄物の腐食によって生成されたガスが安全に保持され、ゆっくりと放散する。
- ・処分場は不注意な人間の侵入の心配がない。

また、閉鎖後の安全評価は標準的な展開シナリオ及び想定された事故シナリオが考慮される。標準的な展開シナリオでは、サイト、処分場及び廃棄物の一定の気候及び生物圏、氷河により変動する気候と生物圏を含む可能性のある展開が考慮される。石灰岩と頁岩層の中の間隙水を介する放射性核種の移動は、何十万年も必要で、放射性核種が処分場から遠く離れて移動する前に、L&ILWからの放射性核種の大部分が無視できるレベルに崩壊す

る。廃棄物と廃棄物パッケージの劣化は遅く、何千年以上もかけ、主に、放射能、すなわちC-14とH-3を含んだ水素、炭酸ガス、メタンガスを発生する。DGR内の大きな空間に安全にガスの膨張ができると予測される。

事故シナリオは、DGRの主要な障壁が破壊するシナリオであり、大きな地震または立坑の密閉完全破壊のようにあり得ないまたは想定されたシナリオである。特定ケースでは人間の侵入シナリオで、サイトの記録が失われたと想定して、将来処分場の中に不注意で侵入する可能性を考慮している。侵入の可能性は非常に小さいが（例えば、深いボーリングを促すサイトの深い岩石には資源や飲料水がない）、型にはまった人間の侵入シナリオではサイトにボーリング孔を開け、廃棄物の処分を妨害することを想定している。このケースではすべての地質層の障壁を貫通して、廃棄物のサンプルが地表面に取り出されるとしている。しかし、このシナリオで取り出される廃棄物は少量で、L&ILWの性質から計算された線量は低い。

さらに、廃棄物はDGRに移す前の貯蔵及び支持建物から地下に定置される閉鎖前の安全評価が行われている。WWMFの経験に基づいて、主な被ばくりスクは、廃棄物パッケージから放出される少量のトリチウムあるいはC-14からの主な被ばくりスク、及びパッケージの近くの作業員への放射線線量である。WWMFでの経験によれば、通常操作の公衆への線量は $0.4 \mu\text{Sv/y}$ 、また、作業員の線量は規制上の制限 $20 \text{mSv/y}$ 以下である。

## 参考文献

- 1) P. Gierszewski, "Overview of Ontario Power Generation's Proposed Deep Geologic Repository or L&ILW at the Bruce Site," Ontario, Canada, WM'08 February 24-28, 2008.
- 2) <http://www.opg.com/power/nuclear/waste/dgr/index.asp>.



## 2. EUROCHEMIC再処理プラントの廃止措置の経験と進捗

技術開発部 安念 外典

ベルギーのEurochemic再処理施設の解体が核燃料施設の廃止措置として注目される。同施設は1990年から廃止措置が進められており、放射線管理の方法、解体技術等の点において、我が国の核燃料施設の解体にとっても参考にできると考えられる。ここでは最近の論文を基に、使用された除染技術と無制限放出された廃棄物量について紹介する<sup>1)</sup>。

### 1. はじめに

Eurochemic再処理施設は、1966年に建設され8年間運転された。1990年から現在まで、Belgoprocessにより廃止措置活動が行われている。その最終目的は、公衆への放射線リスクを制限して、放射線管理をなくし、換気装置が停止できるまでにすることであり、従来の解体工法を適用して完全に汚染を除去することに置かれている。

最初に、再処理の2つの貯蔵庫が解体技術の習得、訓練及びデモンストレーションのために解体された。この経験から、コンクリート及び金属の除染の自動化に力を注ぐべきとされた。更に、次の点が特徴となっている。

- ・工業規模での廃止措置であり、放射性廃棄物量の最小化、費用極小化においており、徹底した除染により、無条件放出することを目指すこと。
- ・商業的に利用可能な技術を使用すること。
- ・作業員の被ばくを許容範囲内とするために、防護服、特別の呼吸システムあるいは冷却空気システムを使用すること。

### 2. 廃止措置活動と廃止措置ツールの概要

解体には、以下のような装置が用いられた。切断用として、金属にはプラズマ装置、配管には遠隔油圧シャー、鑄鉄遮へいブロックには乾式または湿式鋸歯、コンクリート構造物には油圧作動の切断装置が使用された。

コンクリート表面から内部に入り込んだ汚染の除去には小型電気＝油圧ハンマー装置が使われた。また、滑らかな表面仕上げができるようにダイヤモンド刃先回転式シェーバーが開発された。これにより、モニターが容易となり、効率は高まった<sup>2)</sup>。

また、大きな表面の除染用として、床シェーバー、遠隔操作の壁シェーバーが開発され、その効率は4～6 m<sup>2</sup>/hに達している。壁、床または天井のコンクリート表面の中に1 cm以上に深く浸み込んでいる汚染には、一回のパスで除去できるミーリングカッターが用いられた。

壁と天井を除染した後、最初の放出測定の前までに、主工程建屋のセル間を貫通する多くのパイプを取り除く必要があるが、そのために、内部が汚染したパイプの端部は移動前に溶接で閉じられた。

### 3. 除染の自動化

金属の除染方法として、乾式ブラスト法と湿式ブラスト法が準工業規模で比較試験された結果、経費、効率、二次廃棄物量の点で乾式ブラスト法が優れていることが判った(図1)<sup>3)</sup>。

1996年5月にこの方法による装置の運転が始まり、2008年3月に終了した。この間の汚染金属は1,215トン、そのうち224トン(18.4%)が即時放出された。890トン(73.3%)はその



図1 作動中のブラスト設備

形状から表面測定ができず、ドラム缶詰めされ、放出のために溶融された。

ブラスト法は表層部を汚染することにもなるので、その適合性についてより明確に確かめるために、除染前後での汚染レベルを非破壊の $\gamma$ 測定法と電気化学法によって測定された。その結果から物質表面の中に汚染が拡がることはないことが立証されたとしている。

1999年12月に、試験的に重コンクリート製ブロックおよそ14.4トンが同じブラスト装置で除染された。その結果、放出のための測定法に基づいた2回の測定の後、12.2トンが放出された。埃となった2.2トンだけが二次廃棄物として回収された。

2008年3月以後、この方法をコンクリート及び重コンクリート製ブロック約313トンに適用し、277トン(88.4%)をモニターまたは破碎処理後のサンプリングによるモニターによって無条件放出された。このブラスト除染費用は放射性廃棄物処理・処分費用のおよそ45%である。

#### 4. 除染した物質の放出

バックグラウンドレベルを超えた汚染は放射性であると考えられている。表面は100%モニターすべきとされ、モニターできない表面/エリアは放射性であると考えられる。

建物を解体し、無条件放出するとの見地からコンクリートのモニタリング、代表性のサンプリング法とするためのアプローチ技術が開発された。

パイロットプロジェクトとして、小さな建物を用いて、無条件放出の観点から、全てのコンクリート表面を2度に渡りモニターを行い、最も汚染した場所からコアサンプルを取った。

この方法は、大きい構造物や建物では、涙山のサンプルと分析が必要となり、加えて、これらのサンプルに代表性を求めることは非常に難しい。しかし、コンクリート表面の完全な測定ができる点と、放射能が僅かに残る箇所を区別できる点を考慮すると、拒絶されるものではない。

モニタリングした後、コンクリート構造物を破壊し、更により小さく破碎する。破碎により、コンクリートと金属を分離し、そこから有効な標本抽出頻度で代表サンプル試料を採取する。このコンクリートサンプルは、粉碎され、均質化され、分析される。

この設備の運転(図2)が2001年6月に開始された。2008年3月末までに、コンクリート3,769トンがモニターされた。この全ては社内の保健健康物理学部門と当局による分析と承認を得た後、無条件放出され、サイトから



図2 コンクリート破碎装置とサンプル装置

移される予定となっている。これらの材料は道路建設材料として使用されることになる。

### 5. 廃止措置活動の現在の状況

廃止措置で解体予定の106の個別セルのうち101で実施された。2008年3月末までに、60セルがバックグラウンドレベルまでに除染された。完全に解体した後、他の17セルについてコンクリートの除染が開始された。別の25のセルでは、設備の取り外しと物質の移動が始まっている。

廃棄物処理コストと処分コストの増加から、除染と解体物質の無条件放出に多くの努力が

傾注された（表1）。

数年間に遭遇した主な困難は以下の通りとしている。

- ・高線量の物質（液体）は、廃止措置前に移動しておく。
- ・計画どおりの廃止措置活動のために、材料や機器の放射性物質の崩壊を十分に考えて取り外しまたは移動をしておく。
- ・放射線バックグラウンドレベルを得るために、セル間の配管は解体期間中かレベル測定の前に取り除いておく。
- ・コンクリートセルへの汚染の浸透は予想を上回るものである。

表1 Eurochemic再処理施設解体の放射性汚染物量と無条件放出率（1990年～2008年）

	放射性廃棄物予測量 (トン)	処 理 量 (トン)	無条件放出率 (%)
金 属	1,225	1,524	68.6
コンクリート	1,725	2,462	56.4
重コンクリート	472	503	92.3
そ の 他	187	186	40.2
合 計	3,609	4,674	63.6

### 参考文献

- 1) Robert Walthery, Patrick Lewandowski, Bart Ooms, Nancy Reusen, Wim Van Laer., "Progress and Experiences from the Decommissioning of the Eurochemic Reprocessing Plant," Decommissioning Challenges, Sept.28 to Oct.2, 2008.
- 2) Baumann, S., Teunckens, L., Walthery, R., Lewandowski, P., Millen, D., "The Results of Specific Efforts to Improve Techniques for the Decontamination of Concrete Surfaces in Nuclear Facilities," 8th International Conference on Environmental Management, Bruges, Belgium, September 30-October 4, 2001.
- 3) Walthery, R., Gilis, R., Lewandowski, P., Ooms, B., Reusen, N., Van Laer, W., "Abrasive Blasting, a Technique for the Industrial Decontamination of Metal Components and Concrete Blocks from Decommissioning to Unconditional Release Levels," 11th International Conference on Environmental Management, Bruges, Belgium, September 2 -6, 2007.
- 4) Walthery, R., Gilis, R., Lewandowski, P., Ooms, B., Reusen, N., Van Laer, W. "Concrete Crushing and Sampling, a Methodology and Technology for the Unconditional Release of Concrete Material from Decommissioning," 11th International Conference on Environmental Management, Bruges, Belgium, September 2 -6, 2007.

### 3. 仏国UP1廃止措置の現状

立地推進部 鈴木 康夫

仏国の使用済燃料再処理工場UP1とその関連施設の廃止措置が始まって10年になる。本廃止措置は今後30年間続く予定であるが、これまでの進捗状況、その技術的・経済的評価並びにそれに基づいて見直された今後の計画について紹介する。

#### 1. UP1廃止措置計画

仏国のマルクール (Marcoule) サイトのUP1再処理工場は、1958年にUNGG (黒鉛減速炭酸ガス冷却天然ウラン金属燃料発電炉) の使用済燃料の再処理 (防衛目的のプルトニウム抽出) を開始した。1970年代からは他の動力炉の再処理も始めた。そして1997年9月に運転を終了し、1997年11月から廃止措置が始まった。

UP1廃止措置計画は2種の計画を含んでいる。第一に、UP1再処理工場とその関連施設: 脱被覆ライン、ガラス固化施設 (AVM)、核分裂生成物貯蔵タンク (SPF) を含むさまざまな設備の除染・解体。第二に、初期の運用で発生し、中間貯蔵されているサイトの従来廃棄物の回収・再梱包・処理等の廃棄物管理である。

廃止措置の指定当局は、2004年から仏原子力庁 (CEA) に一元化され、専用の資金調達システムができた。除染・解体作業は、AREVA NC (AREVAの子会社) を主請負事業者として、AREVAグループの協同事業体を実施している。

本廃止措置事業は2040年まで続く予定であるが、約430万人・時間の作業時間、廃棄物量約27,000トンの事業と見積もられている。1998年以来、84万時間分の作業が完了し、4,700トン分の設備が解体され、95%の放射能毒性が除去された。

UP1計画の総合戦略はCEAが定めるが、そ

の基本方針は、利用可能な処分ルートのできる限りの廃棄物を流通させることと廃棄物が実際より高い放射能レベルのカテゴリーに分類されることをできる限り避けることである。

#### 2. サイトの従来廃棄物の回収

UP1運転中に排液処理施設 (STEL) から発生したスラッジをアスファルト固化した60,000本のドラム缶の内、ピットに保管されていた5,000本は、2004年から2007年にかけてアスファルト固化廃棄体回収筐体 (ERFB) により除去された。

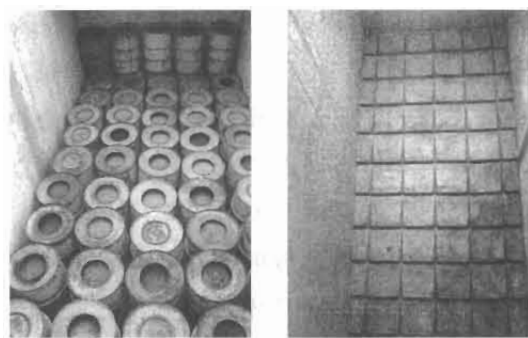


アスファルト固化廃棄体回収筐体 (ERFB)

2007年より、残りの55,000本のドラム缶を貯蔵庫から回収する作業が始まった。サイトの従来廃棄物は、運転停止時または除染・解体作業時に発生した廃棄体も含んでおり、すぐには処分することができない。これら廃棄物は非常に多岐に渡り、以下の内容からなる。

長寿命高レベル廃棄物 (ガラス固化体958本)、発電所のメンテナンス時に発生した廃

棄物(収納容器129本)、燃料脱被覆廃棄物(マグネシウム1,635トン、グラファイト730トン、金属(ステンレス、アルミニウム等)133トン)、プール水の処理から発生する流動性の固体廃棄物(樹脂、ゼオライト等568トン)、 $\alpha$ 放出核種が多い廃棄物ドラム缶1300本分。



アスファルト固化ドラム缶貯蔵ピット回収前(左)と回収後(右)

### 3. UP1解体作業

UP1廃止措置計画のシナリオは、技術的・経済的評価および他の施設における同様な工程に関する経験に基づいて全面的に見直されている。

解体シナリオは放射能の高精度モニタリングに基づいている。このデータ取得にはかなりの努力が払われた。

取得された放射性物質のマッピングデータは建物をセル状に区画した3D幾何学モデルと統合され、観測・予測された除染比率に基づき、解体シナリオと機器の最適化に用いられた。解体シナリオと廃棄物管理の包括的なアプローチが最優先課題として残っている。

#### 3.1 解体のためのデータ収集・解析

解体シナリオは放射性物質のインベントリと施設状況の信頼性の高いデータに基づくべきである。しかしながら、施設建設後に行われた設計変更や改良(運転中に増量された生体遮へいコンクリートの情報等)の情報は欠如している場合があった。さらに、放射性物

質インベントリが不確実であれば、解体作業に大きく影響する可能性がある。そのようなリスクを制限するために、広範囲にわたる3D写真測定や3Dガンマカメラによる放射性物質マッピングを行った。

#### 3.2 遠隔操作による解体

高レベルの放射能を有する区画については、遠隔操作で作業をした。その際、2つの戦略(複数のプロジェクトで共通の専用装置を作製し用いる方法と、低コストの既製品をアSEMBルして用いる方法)で行い、コスト評価を行った。

共通装置は、ウラン貯蔵庫や脱被覆設備の解体に用いた。ウラン貯蔵庫の解体作業後、汚染された装置は解体され、点検後、建屋の外に運ばなければならなかった。解体機器を順次運び出さねばならなかったため計画の遅延をもたらし、さらにメンテナンスや改良、品質管理といった観点を追加しなければならず、高コストを要した。

フィルタ室の解体作業には既製品が用いられたが、機器間のインターフェースの調整やアSEMBルした機器の動作確認、作業員の訓練に時間を要した。アSEMBルされた機器の作業効率は各機器の作業効率の単純な和ではないことが設計段階に考慮されていなかった。初期の設備投資の低減は、結局、付加的な調整時間や教育、効率の低下などを招いた。



緩衝貯蔵セルの解体前(左、遠隔操作装置付)と解体後(右、装置なし)

### 3.3 解体に向けた洗浄作業

1997年に廃止措置開始と同時に体系的な洗浄と汚源除去が行われてきた。残留核分裂性物質は回収され、梱包され、使用溶剤が収集され、処理と固体化のためラ・ハーグ (La Hague) に船で運ばれた。

1998年から2期にわたる洗浄作業が始まった。第一期は安全規制上許可された標準的な試薬を用いた。試薬の容量は機器間で最適化された流量に制限され、全体で2850m<sup>3</sup> (洗浄した処理設備の8倍程度) であった。洗浄工程はサンプリングプログラムによって厳格にモニタリングされた。

除去された放射能は第1期に925TBq、第2期に1,147TBq程度である。除去された主要な放射性核種は<sup>137</sup>Cs、<sup>125</sup>Sbと<sup>106</sup>Ruであった。排液は蒸発処理、ガラス固化された。これらの作業でガラス固化体のキャニスタ270本分とアスファルト固化体のドラム缶300本分が生成された。除染係数は100から400の範囲であった。

洗浄の結果、推定合計線量の5%未満に相当する400人・mSvの放射線量となった。放射線の総量の95%以上が除去された。

洗浄と線源除去は、適宜試薬を用いることにより、系統的に行われた。

排液処理施設を有効な蒸発設備として柔軟に扱うことにより、ガラス固化施設を運転し続けた。低レベル排液はオンサイトの排液処理施設に運ばれた。

### 4. 結び

UP1廃止措置計画は、工場の停止後すぐに開始したが、解体シナリオは広範囲な洗浄と線源除去に基づいて行われた。この予備的なフェーズは、従来から操作を行っていた担当者によって実施されたため、その豊富な知識と経験の恩恵を受けられた。

設備状況の解析と放射線リスクの最小化を可能とし、解体シナリオの最適化と地層処分を必要とする廃棄物の量の削減、スケジュールどおりの作業の完了とコスト削減をもたらした。

2008年には、解体計画 (約100万人・時間の業務に相当) の約3分の1を計画通りに予算内で完了した。現在、100以上の解体作業と従来廃棄物の回収作業を実施中である。解体と回収によって生じた廃棄物の99.9%以上はANDRAの浅地中処分の仕様に適合している。

各施設と処理ユニットで得られた広範な経験は今後の解体シナリオに取り込まれ、ウェブ上でも公開されている。

### 参考文献

- 1) Philippe Fontana, Gerard Fraize, "UP1 Decommissioning Project: Initial Review of Lessons Learned," Decommissioning Challenges, Sep 28 to Oct 2, 2008.
- 2) M.Asou, D.Fuller, "Decommissioning Scenario and Waste Management," Decommissioning Challenges: an Industrial Reality, Sep 28 to Oct 2, 2008.

## 4. スウェーデンにおける原子炉施設解体及び廃棄物管理の現状

東海事務所 石川 広範

現在、スウェーデンでは10基の発電用原子炉が運転され、国内の消費電力の約半分の電力を賄っている。1984年の原子力活動法により、原子炉の新規の建設は禁止された。また、スウェーデン議会は、国民投票の結果を受け、原子力発電を2010年までに段階的に廃止することを決定したが、その原子力発電所の廃止期限は1997年に撤回された。同国では、発電炉の閉鎖に伴う電源損失が、省エネルギーないしは代替電源によって確保されるよう研究開発を進めるとともに、発電炉の運転寿命を60年間に延長できないかなどの検討を行ってきた<sup>1)</sup>。2009年2月にスウェーデン政府は地球温暖化防止とエネルギー供給の安全確保のため、原子力発電所を段階的に廃棄する政策を撤回する方針を表明した<sup>2)</sup>。

4ヶ所の原子力発電所の運転に伴い発生する放射性廃棄物は、フォルスマルクの低・中レベルの放射性廃棄物処分場（SFR）に最終処分されている。また、使用済燃料はオスカーシャム発電所に隣接して建設された集中中間貯蔵施設（CLAB）に、30年間程度中間貯蔵した後、使用済燃料の再処理は行わず地層中に処分する計画となっている。以下にスウェーデンにおける原子炉施設の解体政策、大型機器の解体実績、放射性廃棄物の管理の概要を紹介する。

### 1. 原子炉施設解体の現状

スウェーデンにおける研究炉の解体実績としては、スタズビックにある小型の研究炉が1970～1980年代にかけ解体されており、ストックホルムにある技術研究所の研究炉も1981～1983年に解体され、跡地は無拘束解放されている。2007年までに停止されている原子炉としては、スタズビックにある材料試験炉2基、アジェスタのPHWR1基がある。スタズビックの材料試験炉については、2008年から解体を開始し、2016年までに建屋の解体までを終了させる計画で、その解体で発生する放射性廃棄物についてはサイト内の一時貯蔵施設に貯蔵される。アジェスタの原子炉については、詳細な解体計画書は作成されていない。

商業用発電炉としてBWRが9基、PWRが3基建設された。現在、バーセベック1号炉は、1999年に恒久停止して2001年に燃料搬出を完了し、現在、安全貯蔵状態にある。バー

セベック2号炉は2005年に恒久停止し、2006年にCLABに使用済燃料の輸送が完了している。現在、フォルスマルク、オスカーシャム及びリングハルスのサイトにある合計10基の原子炉が稼働中である<sup>3)</sup>。

### 2. 廃止措置政策

スウェーデンの原子力活動法によると、許可所有者は停止した原子炉の解体を行う責任があり、原子力発電検査機関（SKI）及び放射線防護機関（SSI）が原子力の安全や放射線防護についての責任を有している。規制当局は、施設を熟知した技術者の確保、施設の経年劣化、解体関連資料紛失の防止等の観点から、原子炉停止後早急に解体を開始すべきであると、検討を進めている。一方、原子力発電所の許可所有者は、フォルスマルクの低・中レベルの放射性廃棄物処分場（SFR）の拡張工事が終了し、解体廃棄物の受入が可能になってから、解体を開始した方がサイト

内での一時保管の必要もなく効率的だとし、同処分場の完成後に解体を開始する計画である。

スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社 (SKB) の計画では、2020年には拡張工事を終了させ、低・中レベル用の最終処分場の供用を開始するとしている。なお、放射化された炉内構造物等の長寿命の放射性廃棄物用の処分場については、2045年頃には供用できるよう検討が進められている。

解体計画作成に当たっては、既存技術を使用し解体することを想定しており、解体廃棄物の輸送や処分等を考慮して解体対象物をできるだけ大きく切断し、解体時間、解体費用、作業被ばく等を最小限にする戦略を考えている。その一つの例として、原子炉一体撤去方式についても検討を進めている<sup>1)</sup>。

### 3. 大型機器の処理処分

スタズビック社では、国内外の解体等で発生した熱交換器や蒸気発生器等の大型機器を再利用や効率的に処理処分するために、細断、除染、溶融等を以下の方法で実施している<sup>1)</sup>。

**細断：**複雑形状の大型機器等を切断するため、バンドソー、グラインダーデスク、カッター、ワイヤーソー、プラズマトーチ等の様々な機器を適宜改良し、使用している。

**除染：**機械的除染と化学的除染を併用している。機械的除染としては、アブレッシブ・グリッド・ブラスト除染が効率的であると多用している。化学的除染は、除染処理の前段階として使用されている。除染の目的は、金属廃棄物を再利用することから、クリアランスレベル以下まで除染可能な除染方法の開発に重点が置かれている。

**溶融：**誘導溶融炉が2基設置されており、炭

素鋼、ステンレス、鉛等の溶融処理を実施しており、各溶融炉の溶融容量は炭素鋼3.5トン、アルミニウム1.5トンで、年間8,000トンの処理能力を有している。溶融することにより均一固化体し、クリアランス測定が実施し易いようにすることも溶融目的の一つである。

**二次廃棄物：**上記の作業で発生する二次廃棄物やクリアランスできないインゴットなどの放射性廃棄物は、スウェーデンの法律に従って依頼者に返還されている。

### 大型機器の解体実績：

- ・ドイツISAR原子力発電所の総重量240トン、容量300m<sup>3</sup>の6基の熱交換器を解体し、発生した放射性廃棄物16.3トンを180ℓドラム缶71本に収納して依頼者に返還した。
- ・スウェーデンのリングハルス原子力発電所の総重量415トン、容量1800m<sup>3</sup>の6基の低圧タービンを解体した。発生した二次放射性廃棄物量は16.3トンで、容量は約23m<sup>3</sup>となり解体前の容量の1.3%であった。
- ・ドイツのビルガッセンの総重量62.5トンの6基の熱交換器を解体し、発生した4.0トンの二次放射性廃棄物量を依頼者に返還した。熱交換器の細管除染にはアブレッシブ・ブラスト除染が効果的であった。
- ・その他、蒸気発生器等が解体されている(蒸気発生器の除染、切断、溶融等の詳細は、RANDECニュース No24参照)。

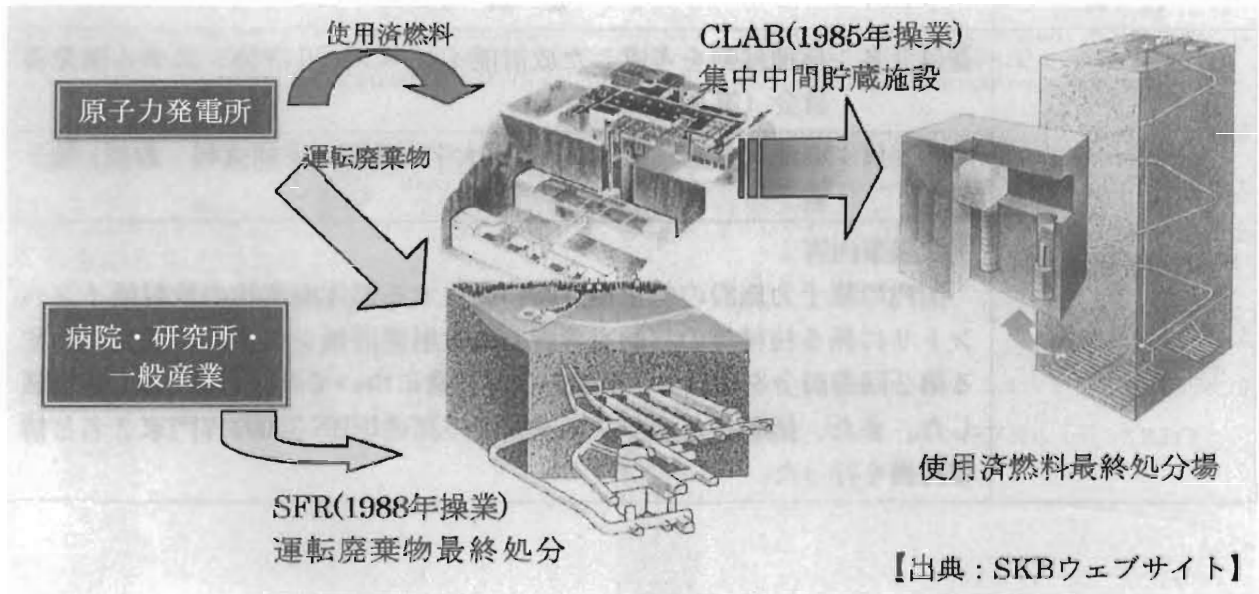
### 4. 放射性廃棄物の管理

発電炉の運転に伴い発生する放射性廃棄物は、フォルスマスクの低・中レベルの放射性廃棄物処分場 (SFR) に最終処分されている。解体廃棄物については、現在、同処分場の使用は認められていないが、2020年にはSFRの拡張工事が完了し、解体廃棄物の処分も可能になる見通しである。使用済燃料は、集中中



間貯蔵施設（CLAB）に貯蔵されており、貯蔵容量を5,000トンから8,000トンにする拡張工事が進められている。使用済燃料は、CLABに30年程度中間貯蔵した後、使用済燃料最終処分場に処分される。なお、放射性廃

棄物のうち短寿命の極低レベル放射性廃棄物は、原子力発電所サイト等に浅地中処分を行っている。下図にスウェーデンにおける廃棄物の流れを示す<sup>1),5)</sup>。



#### 参考文献

- 1) Jan Carlsson, “The Swedish Concept for Decommissioning of Nuclear Power Plants and Management of Decommissioning Waste,” Decommissioning Challenges, Sept.28, 2008.
- 2) スウェーデン廃棄政策撤回、毎日新聞、平成21年2月7日.
- 3) Decommissioning in Sweden, SKB,SKI and SSI for NEA Nov.5, 2007.
- 4) Lena Bergstrom, “Volume Reduction of Large Components - Minimising Waste Volumes by Maximising Recycling,” Decommissioning Challenges, Sept.28, 2008.
- 5) 放射性廃棄物ハンドブック、(財)原子力環境整備促進・資金管理センター、平成17年3月.

## 委員会報告

平成20年12月以降に開催したRANDECの委員会は以下のとおりである。

日 時	委 員 会
平成21年 2 月24日	委員会名：核種移動を考慮した放射能インベントリ評価システム開発委員会（第2回）
	出席委員：堀池 寛 委員長（大阪大学大学院工学研究科 教授）他5名
	主な議事内容： 国内の原子力施設の廃止措置時に発生する解体廃棄物の放射能インベントリに係る核種等の移動を考慮した放射能評価システムの開発に関する第2回委員会を開催し、平成20年度事業についての報告書（案）を審議した。また、招聘したカザフスタン国の高速炉BN-350の専門家2名と情報交換を行った。

平成20年12月以降に開催された外部委員会へのRANDEC参加者は、以下のとおりである。

委 員 会 名	主 催 者	所属及び氏名	開 催 日 時
廃棄確認技術検討会	独立行政法人 原子力安全基盤機構	常務理事 福田 勝男	平成20年12月18日
日本原子力学会、標準委員会、基盤・応用技術専門部会、廃止措置分科会	社団法人 日本原子力学会	技術開発部 池田 諭志	平成21年 1 月21日 平成21年 2 月19日
日本原子力学会、標準委員会、原子燃料サイクル専門部会LLW埋設後管理分科会	社団法人 日本原子力学会	技術開発部 安念 外典	平成21年 2 月 3 日

©RANDECニュース 第80号

発行日：平成21年3月31日

編集・発行者：財団法人 原子力研究バックエンド推進センター  
〒319-1107 茨城県那珂郡東海村豊白一丁目3-37

Tel. 029-283-3010

Fax. 029-287-0022

ホームページ：<http://www.randec.or.jp>

E-mail：[decomi@randec.or.jp](mailto:decomi@randec.or.jp)