

RANDEC

Mar.2007 No.72

ニュース

(財)原子力研究バックエンド推進センター



医療用RI廃棄物の処分について

日本放射性医薬品協会

会長 三上 信可

放射性同位元素の医学利用は1951年に米国より輸入されたことに始まり、1960年によく薬事法に基づく放射性医薬品の供給が開始された。当初は ^{131}I を使用する甲状腺の診断・治療が中心であった核医学診療は、1970年代に、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{201}Tl 、 ^{67}Ga 、 ^{111}In 、 ^{123}I などの低エネルギー、短半減期の放射性同位元素の利用が開始され、より医療安全が確保できるようになった。以降、短半減期の放射性医薬品が多数開発され、現在では約1,200の医療機関がこれらの医薬品を使用している。1990年後半からは院内でPET用放射性薬剤を製造する医療機関が増加し、2005年よりPET検査用の放射性医薬品 (^{18}F -FDG) の全国的な供給が開始されている。現在では、約180の医療機関でPET検査が実施され、核医学検査は癌、心臓病、脳疾患等の重篤な疾患の診断に不可欠な検査として位置付けられている。また、最近では、 β 線を放出する核種を利用した治療用の放射性医薬品の開発が進み、ここ一年以内には医療での使用が開始されるものと期

待されている。

一方、放射性医薬品を利用する医療機関の医療用RI廃棄物は医療法で規制されているが、廃棄物処分に関する規定がなく、時折、医療機関において廃棄物処理に係わる問題が散見される。昨今の医療制度改革で、医療機関の経営は厳しく、いずれ医療用RI廃棄物の処理費用の負担が病院経営の課題となろう。医療用RI廃棄物処理の効率的な処理・処分については、米国での放射性核種の半減期を基にした廃棄物の減衰待ち保管や英国の廃棄物単位体積当たりの放射能濃度による処理など、欧米の実態も参考とした処分方法の検討が急がれる。短半減期の放射性同位元素の利用は放射性医薬品のみならず、マイクロドーズ試験など医薬品自体の開発技術としても注目されている。医療機関等の費用負担も考慮した医療用RI廃棄物の処分問題の解決は、本邦での放射性医薬品の利用を促進し、ひいては国民の健康増進に寄与するものと確信している。

RANDECニュース目次

第72号 (2007年3月)

巻頭言 医療用RI廃棄物の処分について	日本放射性医薬品協会 会長 三上 信可	
原子力施設デコミッショニング技術講座 (第18回) 開催報告		1 情報管理部
RANDEC事業に関する近況報告		
1. 諸外国におけるウラン廃棄物処分に関する調査		3 技術開発部
2. 大学・民間等事業所から発生する廃棄物の集荷保管事業化に向けた 取り組みについて		3 企画部
海外出張報告		
1. 第3回CPD会議出席及びフランスの廃止措置動向調査		5 榎戸 裕二
2. カザフスタンの高速炉BN-350の訪問		7 福村 信男
海外技術情報		
・英国Winfrithサイトの廃止措置からの教訓		9 宮本 喜晟
・スウェーデンにおける低・中レベル放射性廃棄物処分場 (SFR) の運転経験		13 浅見 知宏
・ドイツ・汚染金属スクラップの溶融・再利用状況について		16 朝倉 祥郎
RANDEC委員会報告		18
総務部から		18

原子力施設デコミッショニング技術講座（第18回）開催報告

原子力施設のデコミッショニング技術の普及を目的として標記の技術講座を本年も東京赤坂の三会堂ビル石垣記念ホールにおいて開催しました。7件の講演にこれまで最多の65名の参加がありました。講演者はオリジナルの資料をふんだんに用いた詳細な説明をされ、参加者は最後まで熱心に各講演に耳を傾け、また、活発な質疑応答がなされました。以下に第18回デコミッショニング技術講座の各講演の概要を紹介します。

最初の東京大学大学院新領域創成科学研究科の岡本教授の講演では、先般の廃止措置規制の民間基準の制定において検討された内容について、原子力学会が作成する意義、学会案の特徴、安全確保の考え方を述べられました。廃止措置計画書の各項目に対応する具体的な民間基準については、技術的立場に立った具体的な説明がなされ、核燃料管理、汚染の除去、放射線管理、放射性廃棄物管理等の基準を示されました。法改正時点で不明確であった内容が具体的な形として示されたもので、その検討過程も明らかにされました。

日本原子力発電（株）の佐藤理事は、東海発電所の第一期工事までを総括し、2006年から2011年度の第二期工事及びそれ以降の建物解体までの主要作業のポイントを説明し、さらに各種の放射性廃棄物の処理・処分方策、特にクリアランス、再利用の進め方について講演されました。熱交換器解体撤去工事の進め方、開発技術、特に遠隔技術の導入による安全性と作業効率の向上と作業手順等について分かり易く説明された。商用炉で最初の東海発電所の廃止措置は、各プロセスで興味ある技術が採用されている。

日本原子力研究開発機構「ふげん」発電所の田尻環境保全課長代理からは、昨年11月に経済産業大臣に提出した廃止措置計画書の詳細説明及びその認可後は「ふげん発電所」は正式に「原子炉廃止措置技術開発センター」

と改組されること等の紹介があった。2040年までの作業工程、廃棄物処理処分方策、周辺地域の安全評価、廃止措置技術開発、重水・トリウム関連技術開発等の現状が紹介された。また、廃止措置を通して地域社会への積極的な取組みを行っていること、特にクリアランス、再利用では地元への支援と協力を得て進めることが述べられた。

次に、原子力発電所の廃棄物のうち放射能濃度が比較的高い廃棄物、例えば制御棒、炉内構造物等のいわゆる余裕深度処分（一般的な地下利用に十分な深度（50～100m）に関する研究の現状について、日本原燃（株）の埋設事業部異開発設計部長が講演された。地下100mでの大口径トンネルでの余裕深度処分を想定し、その構造、地下レイアウト、機能、廃棄物の輸送方法、定置、確認、埋め戻し等の様々な技術の開発検討と設計が進められていることや安全確保の考え方、基本シナリオの構築、また、制度化に向けた課題の抽出等の活動が続けられていることが紹介された。

日本原子力研究開発機構東海研究開発センターの大越廃止措置課長からは、我が国を含むIAEAやEUを中心とする国際機関のクリアランスに係わる経緯、国際的動向、特にIAEA安全指針RS-G-1.7のものとのクリアランスレベルの各国の見直しの現状について主要国の対応を比較し説明がなされた。クリアランス値算出の被ばくシナリオ、国ごとの数値の

差異についての説明や、我が国における原子力委員会や文部科学省等での検討内容が説明された。また、東海発電所での金属廃棄物クリアランスの認可申請と実際のクリアランス放出におけるプロセスについての紹介があった。

続いて、当センターからの報告に移り、榎戸情報管理部長が廃止措置で発生する金属廃棄物の再利用の国際的動向と廃止措置における再利用評価コードを紹介しました。放射性金属廃棄物の解放ルートとそれぞれの利用方法に関するECの放射線防護の基準「RP89」、諸外国での金属再利用の安全基準と処理実績、再利用評価コード「RECOSTE」(RANDEC作成)の評価内容が紹介された。金属再利用は処分負担軽減、環境保全から好ましいが、無拘束解放よりはむしろ特定施設内で利用される傾向が強いことが示された。

最後に、石黒常務理事からRI・研究所等廃棄物の埋設処分事業における最近の検討状況

についての報告が行われた。廃棄物の種類、量、処分方法の分類の説明の後、事業計画と必要な政令濃度上限値等の関係法令の整備についての紹介がなされ、また、埋設処分施設の安全評価、最後に当センターが行ったRI・研究所等廃棄物の大口所有者(原子力機構とRI協会)以外の大学・民間の廃棄物集荷・保管事業化の検討状況について説明しました。

今回の講座開催に関するアンケート結果では、国内外のデコミッショニング実績と活動及び除染等の技術、放射性廃棄物のクリアランスや処分動向にも多くの参加者が関心を持っておられることが示された。これらの参加者のご意見も拝聴し、今後の講座では海外デコミッショニング実績、安全規制等の動向、廃棄物処理処分に関する最新の活動動向をテーマとして取上げていきたいと思えます。今後とも本講座にご理解とご協力をお願いいたします。



第18回デコミッショニング技術講座講演中の様子

RANDEC事業に関する近況報告

1. 諸外国におけるウラン廃棄物処分に関する調査

技術開発部

ウラン・TRU取扱施設から発生する廃棄物等の処理処分に関連して、数年前から日本原子力研究開発機構（JAEA）及び関係事業者が共同でウラン廃棄物のクリアランスレベル及び処分に関する調査を実施している。また、原子力安全委員会が平成18年9月から核燃料取扱施設のクリアランスレベルを中心とする審議が行われている。このような状況に対応して、JAEAから依頼を受け、2段階に分けて調査を行った。

最初に、ヨーロッパ諸国、米国等の海外におけるウラン廃棄物処分に関連する法令、規制、報告書、実績等の文献及び動向調査を行い、我が国におけるウラン含有廃棄物の安全評価のあり方の基本的な考え方の整理検討を行った。文献調査対象国は、スウェーデン、フィンランド、フランス、英国、ドイツ、米国の6カ国であり、また、海外コンサルタントによる補足調査を実施した。調査結果は、文献抄録等の作成を行い、安全評価、基本的考え方を一覧表にまとめた。

次に、ウラン・TRU廃棄物の処分を今後合理的に行っていくために、英国、米国の代表

的な廃棄物処分場におけるウラン廃棄物の受入れについての情報を海外コンサルタントを通じて調査した。詳細調査の対象処分場は、米国のクライブ（エンバイロケア）、バーンウエル、ディアトレイル、WIPP、英国ではドリッグ及びクリフトンマーシュの6カ所の処分場である。各処分場の安全評価書及び関連する文献にさかのぼって調査を行い、米国ではクライブ、バーンウエル処分場、英国は対象とした2ヶ所の処分場がウラン廃棄物を受入れており、安全評価において、ウラン核種のビルドアップが考慮されていることがわかった。

2. 大学・民間等事業所から発生する廃棄物の集荷保管事業化に向けた取組みについて

企画部

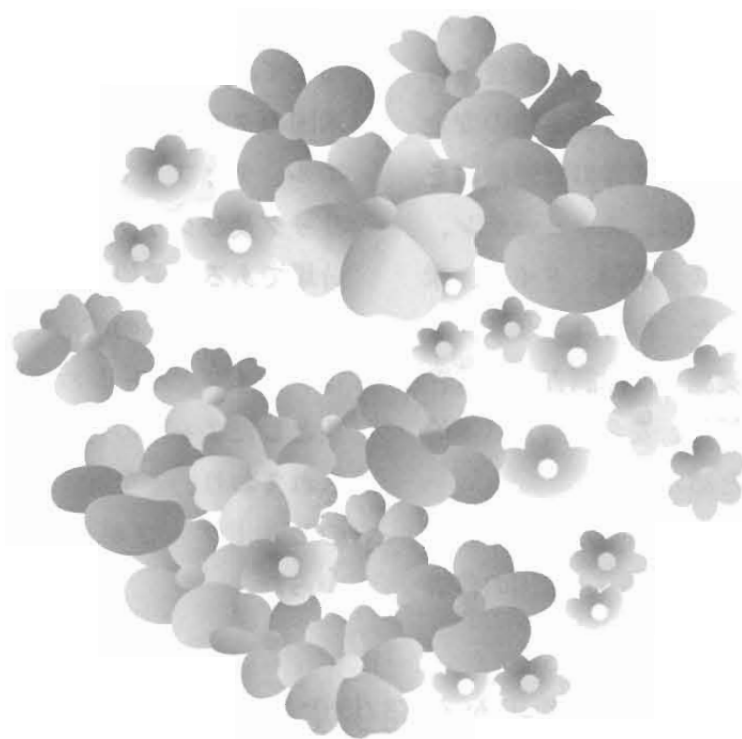
当センターは大学・民間等事業所から発生する放射性廃棄物の集荷保管事業化に向けた取組みを実施しており、第1回目の事業成立

性の予備的検討に関しては、平成17年10月から取組み、主要な大学・民間等からなる「中小施設廃棄物発生者連絡会議」を構成し、そ

の場での意見交換や検討内容の報告等を踏まえつつ、平成18年10月に開催した「第18回報告と講演の会」で説明・講演を行っている。

現在は、第2回目の事業成立性の予備的検討として、廃棄物発生量の精度向上を図るだけでなく、トレンチ埋設処分廃棄体の検討やウラン廃棄物に関する技術課題の検討、管理事業を行うに当たっての法的課題等を含めた具

体的な項目を掲げ、資金計画や輸送、契約体系などについて幅広く検討を行っているところである。平成19年度においては、これらの検討結果について大学・民間等事業者の方々にご説明を行い、本集荷保管事業化に向けた取組みをさらに推進させて参りたいと考えている。



第3回CPD会議出席及びフランスの廃止措置動向調査

情報管理部 榎戸 裕二

昨年10月21日と22日の両日、パリ郊外のCEA(フランス原子力庁) Fontenay-aux-Roses(FAR)研究所においてOECD/NEAの第3回CPD会議(廃止措置プロジェクト技術交換協力のための運営会議)が開催された。今回は同じNEAのRWMC(放射性廃棄物管理委員会)の下にあるWPDD(廃止措置と解体作業部会)と共同主催という企画で「フランスの廃止措置セミナー」として開催された。また、CEA Cadaracheのウラン転換施設ATUEを訪問し、廃止措置最終段階のサイト解放に関わる現状を調査した。

CPD会議：

CPD会議には6カ国と2国際機関から14名が参加した。CPDには現在我が国の5プロジェクトを含む42の廃止措置プロジェクトが参加している(原子炉26、核燃料施設とその他16)。その廃止措置の進捗度区分と内訳は以下の通りである。

Category 1：積極的にプロジェクト進捗(東海発電所を含む31件)

Category 2：活動休止(Stage 1 又はStage 2)(5件)

Category 3：グリーンフィールド達成(JPDRを含む6件)。

今回、フランスの高速原型炉Phenix(2009年に運転停止)の参加が決まった。また、スロヴァキアのBohunice A-1炉も参加を希望をしている。CPD傘下のTAG会議は第41回は英国Windscaleで開催され、第42回は2007年5月にスペインのMadridで開催予定である。一方、今回TAG会議のタスクグループとして2つのプロジェクトの立ち上げが決まった。一つは「遠隔操作技術」、他は「コンクリートの除染と解体」である。この分野の技術の取りまとめの重要性をCPD会議として認めた

ものである。更に、2つのタスクグループの活動資金調達及び世界的な参加機関の統廃合(例、旧原研とサイクル機構の合併)による参加口数の減少があり、参加費の値上げが議論され激しい議論の末に値上げが決定された。さらに、OECD/NEA/CPD活動のまとめとして「CPD20年史」のドラフト版が作成されているが、手直しが必要で、ドラフト版もまだ公開されていない。間もなくレビューは終了するものと思われる。

フランスの廃止措置セミナー：

「フランスの廃止措置セミナー」は、FAR研究所の廃止措置の現状、CEA(原子力庁)の廃止措置概要、ASN(原子力安全規制局)のフランスの新廃止措置規制と廃棄物規制及び処分方策、EDF(電力庁)の廃止措置計画の概要、ANDRA(廃棄物処分管理機構)のフランス廃棄物管理の全体像及びAREVA社の核燃料サイクル、特に再処理施設の廃棄措置の現状が紹介された。フランスがこの時期に廃止措置の全体像を示した理由は詳細には分からないが、概要とはいえ一日かけて国の意思と行動を示したものとして40名近くの各国の参加者を魅了した。

Cadarache ATUE施設訪問：

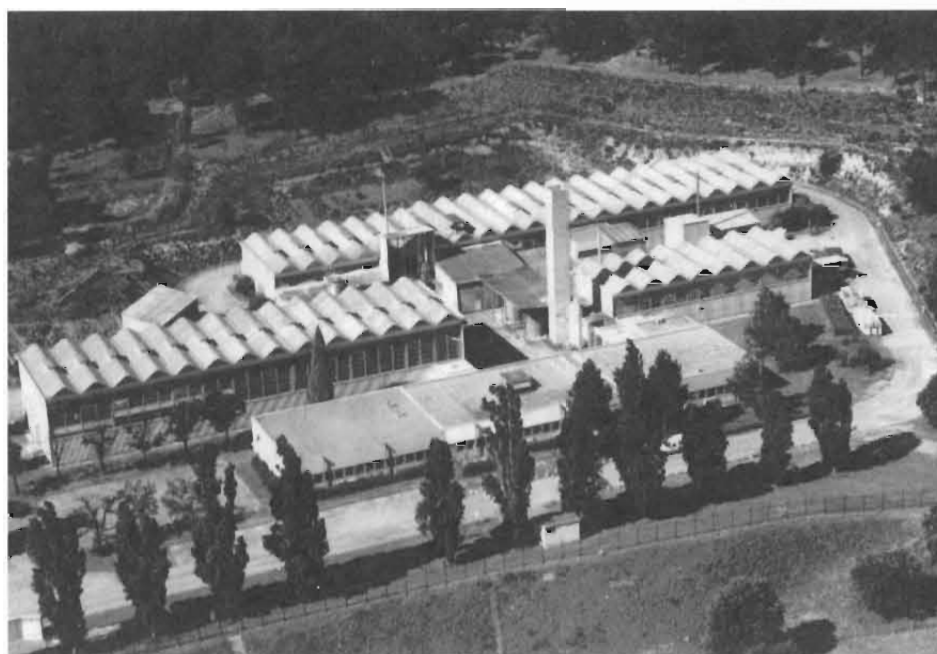
CEA Cadarache研究所のATUEウラン転換施設は30年にわたりウラン転換（回収ウランの精製とUF₆を酸化ウランに逆転換）を行った施設で1996年運転停止した。我が国のJCOと似た構造である。現在内部の機器は撤去され、壁の固定物もほとんど撤去された。一部、先行的にゾーニングのため放射能汚染区分（カテゴリー0～3）に従い、除染作業が実施されている。廃棄物は500ℓ容器及び200ℓドラム缶に収納し、低レベル（LLW） α 廃棄物としてANDRAのAube処分場で処分された。極低レベル廃棄物処分場Morvilliersで処分される極低レベル（VLLW）廃棄物が2.5m³コンテナに詰められ、また通常廃棄物（Conventional Waste）の一部が1m³程度のフレキシブルコンテナに詰められていた。建物内には除染場所があり、できるだけ低いレベルの汚染状態にするための作業が行われている。ゾーニングのためのClean-up（除染：コンクリートの研削）後には、ASNが決めた放射能測定方法により所定の放射能レベルに

到達できれば第2防護ラインとしての壁を超えることができ、承認されればBNI施設（主要原子力施設、ATUEは52番とされる）からの指定解除が可能となる。予想されるVLLWは589トン、LLWは207トン、通常廃棄物は200トンとされている。

フランスのクリアランス及びサイト解放の概念について：

クリアランス制度を有しないフランスでも何らかの廃棄物の汚染区分レベルは当然有している。サイト解放の基準にも係わるこの数値は、ケースバイケースということであるが、ATUE施設では、数値的には10 μ Sv/yから導出される0.4Bq/g又は0.4Bq/cm²とされている。それ以下では、通常廃棄物ゾーンのクリアランスできる廃棄物として、トレーサビリティが確保されたうえでの無制限解放が行われる。

今回のフランス訪問でフランスのこのルールを正確に理解しようとしたが、規制者からも明確な回答は得られなかった。



CEA Cadarache 研究センターのウラン転換施設ATUEの外観

カザフスタンの高速炉BN-350の訪問

技術開発部 福村 信男

文部科学省から受託している平成18年度「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」の事業を効率良く実施するために、事業計画書に基づき、平成19年2月5日から1週間、カザフスタン国の原子力技術安全センター（NTSC）及びマンギシラク原子力企業体（MAEC）所有のBN-350高速炉施設を訪問し、技術討議及び情報交換を行ったので、以下に紹介する。

1. NTSC訪問

本事業を開始するに当たり、平成18年1月20日付けで、NTSCとRANDECとの間でBN-350の廃止措置に関する技術検討に係るプロトコルを延長している。これに基づき、技術討議及び情報交換を実施した。NTSCは、米国、ロシア、EC等とのBN-350の廃止措置に関する国際協力のカザフスタン側窓口でもある。ここでは、本年度から開始した「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」事業の計画概要を報告するとともに、システム開発に必要なBN-350施設の各種データの入手について議論した。参加者は、所長であるIrina女史や副所長のKlepikov氏等である。今回燃料破損により¹³⁷Cs汚染したBN-350施設の一次冷却材ナトリウム中の¹³⁷Csの放射能除去としてRVC（スポンジ状ガラス炭素材でCsトラップに使用される）による除去作業が終了し、論文が完成したのでそれを入手した。この論文には、25年間の長期運転中に¹³⁷Csで汚染された一次冷却材のナトリウムの汚染除去履歴や運転履歴、一次冷却材ナトリウム中の放射能濃度及び詳細な冷却系系統図が示されており、貴重な資料となる。

2. MAECの訪問

所長のPugachov氏をはじめ副所長のYuriy氏などBN-350の専門家が参加し、技術討議及び情報交換を行った。

まず、NTSCで説明した資料を用い、本年度の事業計画概要について説明した。これに対し、放射化放射能の評価方法やトリチウム

の発生源についての詳細説明を求められたが、COSMARDコード内の各種コードを用いた放射化放射能評価の計算手順及びTTTコード（トリチウム移行評価コード）のトリチウム移送計算モデルについて詳しく説明することにより回答し、了解を得た。

Yuriy副所長より、「本事業は世界的に見て類のない重要な事業なので、頑張ってもらいたい。MAECも最大限協力する」という激励を受けた。

次に、今回の事業で、BN-350施設の解析モデルを構築するに当たり、系統を詳細検討しているが、一次系ナトリウムの冷却系統の不明な箇所について説明を求めた。即ち、「もんじゅ」施設とBN-350施設との一次系ナトリウム冷却系を比較検討したところ、下記の2箇所について差異が生じた。

①「もんじゅ」施設では、炉内のナトリウム液面レベルの制御は、炉容器からのオーバーフローナトリウムをオーバーフロータンクに導くことにより行っている。また、炉内のナトリウム液面レベルの安定化は、カバーガスであるArの系統にサージタンクを設け、この圧力により行っている。BN-350施設の系統には、このような設備が見当たらない。

②「もんじゅ」施設では、一次冷却材のナトリウム純化系のコールドトラップ（CT:ナトリウム中の不純物の溶解度が低温で小さくなることを利用してステンレス鋼のメッシュ部で不純物を析出させ捕獲する装置）がオーバーフロータンク系に間接的に設置されている。BN-350施設では、一次系ナトリウムの主

循環ポンプに直接接続されているとともに、オーバーフロータンクがここに設置されている。このオーバーフロータンクの役目及びBN-350施設の炉内液面レベル調整法が不明である。

以上に対し、BN-350施設の系統図を広げ説明を受けた。即ち、炉内のナトリウム液面レベル制御は、上記②に記述されているように、一次系主循環ポンプに設置されているオーバーフロータンクのArガス圧調整（ポンプの圧力）により行っており、もんじゅ施設のような系統とは異なっているとのことであった。若干複雑な系統になっているが、25年間もの長期運転で1回もトラブルがなかったことを強調していた。

3. 高速炉BN-350施設の廃止措置準備状況調査

放射性の¹³⁷Cs除去を終了した一次系ナトリウムを安定化（NaOH）する施設の建家が完成し、米国の機器が搬入されたが、ロシア担当の計装類の調整が予定より長引き約半年遅れているとのことである。また、炉内の付着ナトリウムの除去は、炭酸ガス蒸気を用い実施中とのことである。

本事業について、カザフスタン側は、高い評価を示すとともに全面的な協力を申し出

た。また、日本と同様ここ数年で大きく原子力情勢が変化したとのことである。1997年カザフスタン政府は、バルハシ湖畔の原子力発電所建設計画を発表し、VVER640（出力64万kWe）3基を1999年に着工し、2005年から2010年にかけて順次運転する予定であったが、ロシアによるフィージビリティ・スタディがようやく2000年に完了した。また、建設費の高騰や地元住民の理解が得られないため着工を見送っていたが、昨年政府は、BN-350サイトでの建設を決定し、地元も了解したとのことである。また、同サイトを低レベル放射性廃棄物の処理・処分施設センターにする計画である。これは、操業が完了したウラン鉱山が多数存在していること及びカスピ海周辺は、粘土層で覆われているため、処分場には最適であるとのことである。さらに、国内法を改正し、海外の低・中レベル放射性廃棄物を受け入れ、埋設する事業構想がある。この輸入資金で、セミパラチンスク旧核実験場跡地の環境復旧にあてるとのことである。また、日本のもんじゅの改良工事が開始され、運転再開が近づいていることについて非常に喜んでおり、成功を期待しているとのことであった。

今後ともこれまで築き上げてきた友好関係がさらに緊密に成ることが望まれる。



↑ ↑ ↑
筆者 Pugachov Yuriy
 所長 副所長

(BN-350施設前にて)

英国Winfrithサイトの廃止措置からの教訓

東海事務所 宮本 喜晟

Winfrithサイトの廃止措置の10年以上の経験から学んだ教訓に焦点を合わせ、それらの教訓を紹介する¹⁾。これらの鍵は、サイトの最終段階の定義、計画立案・民間協力戦略の定義、コスト積算、リスク評価と管理、安全と環境の管理、利害関係者との密接な連絡である。

1. Winfrithサイトの廃止措置の概要

英国の南西部にあるWinfrith サイトは、原子力の民間利用計画の拡大に対応して1958年に開設され、臨界装置を含む9基の原子炉、燃料材料の照射後試験施設を所有していた。

1990年代初期から順次原子炉を停止し、1995年最後の原子炉を停止した。それ以後、英国原子力公社(UKAEA)は、廃止措置にその活動の比重を移すと同時に、1990年代初期にWinfrith技術センターを設立し、2004年にこのセンターの管理を民間機関に移している。

このサイトではすでに7基の原子炉の解体が終了し、現在、100MWeのSGHWR(蒸気発生重水炉)と20MWtのDragon炉(ヘリウムガス冷却炉)の燃料がそれぞれの炉心から取り出され、解体待ちになっている。また、このサイトの廃止措置の作業は、50%以上終了しており²⁾、廃止措置活動は以下の5つのテーマに分類して実施している³⁾。

(1) 危険の減少：SGHWRの運転中スラッジのセメント固化、11トンのトリウムの固化、25トンのナトリウム等の有害物質の処理、2015年からオフサイト中間貯蔵が供用

可能となるまでのオンサイト貯蔵施設の設置

- (2) 不要施設の廃止措置：2005年4月から開始したSGHWRの解体(2015年まで)、2005年7月から開始したDragon炉の解体(2014年まで)、燃料材料照射後施設(A59棟)の解体(2007年まで)、廃水施設等
- (3) 運転施設の廃止措置：固体及び液体廃棄物処理施設、処理済廃棄物貯蔵(廃止措置計画終了時まで)
- (4) オフサイト施設の廃止措置：廃液放出のためのパイプライン(2018年まで)、原子炉冷却水の貯水槽(2009年まで)
- (5) サイト終了と許認可解除：許認可解除手続き(2018年まで)、一時貯蔵施設の廃止措置、NDA(原子力廃止措置機関)サイトの指定解除(2019年まで)

このサイトの廃止措置は1990年代初期から実施され、原子力に代わる他への利用のためにサイト解放に向けた作業が続いている。計画立案のための主な目標は、環境の影響及びコストを最小に、また、利害関係者の支援を保証しつつ、安全に実施することである。利害関係者の1つの要求事項は、サイトが高い

質の雇用を供給し続けることを保証することであり、原子力サイトの上に科学技術のパークを開発することによって成功裏に達成された。

現在、1000以上の仕事を提供する40以上の会社がパーク内に存在している。

2. 廃止措置の成功への鍵

(1) 廃止措置計画の最終状態に共有のビジョンを持つこと

主要な廃止措置計画を実施する前に、サイト運営者は、サイトの最終状態の明確なビジョンを持つ必要がある。また、この廃止措置計画の主要な利害関係者がこの最終状態を承認し、共有することが重要である。Winfrithサイトでは、廃止措置計画の終了後にも高い雇用の見込みが継続することを保証し、優れた科学技術公園を作ることであった。共有する最終状態は、廃止措置計画への目標を与え、実施作業チームに動機づけを用意する。

(2) 計画を立てないと失敗する

廃止措置の最終状態を達成するために、廃止措置計画の立案が必要である。この計画は包括的な計画を作り上げるために以下の3つの因子が関係する。

①範囲 — 実施される仕事の説明

②コストの説明 — ある範囲を実施するコストの見積り

③スケジュール — 作業実施のタイミング
また、廃止措置を行う順序を決めるためには、典型的なリスク、コスト、専門知識の活用等の因子を考慮に入れることが重要である。

廃止措置の大枠の作業の順序を決めてか

ら、個々の施設のために詳細な作業パッケージを計画をすることになる。これらの作業パッケージでは、作業実施のコスト及び資源の見積りや作業スケジュールを含む詳細な項目を決めることになる。これらの計画立案には時間がかかり、専門家を必要とする。計画立案のために多くの時間と資源を必要とするが、後に重要な問題を避けることができる。

Winfrithサイトでは、詳細な計画に指示を与える大枠の廃止措置計画は1100ページ以上の文書にまとめられている。

(3) 資金と見積り—確率関数としての計画のコストを考慮すること

計画立案の結果、必要な全体の資金、年ごとの費用が見積られ、資金供給の特徴を確認することができる。理想的には、最小コストで安全な廃止措置を達成する最適な計画が望まれる、実際には、最適な廃止措置計画通りの資金供給ができない可能性もあり、利用可能な資金供給に合うように計画を修正する必要がある。一般的に、廃止措置期間が短いとそれだけ全体的な計画は経済的になる。

(4) リスクの確認と緩和

計画の範囲、スケジュール及び基本コストを検討するために、実施に関係するリスクを確認することが必要である。確認されたリスクには、リスク緩和の戦略が実施されていることを確かにするために、定期的にレビューされるべきである。

(5) 民間協力戦略—誰がプロジェクトリスクを処理することができるか？

サイト運営者は計画を実施するための多くの選択肢を持っている。最初に、彼らは自らの仕事と請負業者に頼む内容を決めなくてはならない。作業内容が明らかな場合、固定価

格契約が適切であり、作業内容がそれほど明瞭ではなく、その作業実施に係するリスクがある場合、目標価格契約のような他の契約戦略が適切である。

固定価格契約は、計画の最終コストの正確な予測を与えるが、実施作業に対する詳細な仕様書を書かなければならない。請負業者は、作業を数量化することが難しい場合、どのようなリスクでも引き受けることへの対価を請求することになる。

(6) プロジェクトマネージャは王様

計画の成功は、個別のプロジェクトを監督しているプロジェクトマネージャの技量と経験に依存する。プロジェクトマネージャはプロジェクトの早い段階から、スケジュールの検討、コスト積算、リスク展開に関与すべきである。また、プロジェクトを実施するために必要なすべての資源情報を入手できるようにすべきである。

なお、プロジェクトマネージャは、計画実施のために、時間、予算と品質のほか、定期的な間隔で正確にプロジェクトの現状について報告する責任がある。

(7) 廃棄物の経路—廃棄物を確認し、早期に必要な許認可及び承認を得ること

廃棄物経路の利用ができないなら、廃止措置プロジェクトは失敗する。

残念ながら、英国には高レベル廃棄物あるいは中間レベル廃棄物のための廃棄物処分経路がない。中間レベル廃棄物が各サイト内の中間貯蔵施設で保管されているのが現状である。現在、英国にある唯一の低レベルの廃棄物の処分場は、Drigg 施設である。

(8) 安全性—電気及び重力

廃止措置の間に放射線上の危険が残ってい

るが、新しい危険が一層重要になる。経験によれば、放射線上の危険リスクより電気と重力に關係することが作業者を傷つける可能性がある。廃止措置では、不必要な電気系統を取り去ることになるが、配線図は当てにならない。作業中、生きたケーブルを切断する危険も考えられるので、廃止措置の作業のために必要な新しい電気系統を設けることが危険回避につながる。

また、廃止措置は重量物を切断し、撤去する作業である。廃止措置作業チームが、いつも吊上げ技術を使えるように、適切な吊上げリスクアセスメントを実施するための専門的知識を持っていることが重要である。

(9) 利害関係者の支援が必要

プロジェクトの成功の鍵は、内外の利害関係者の支持であり、完全にこれらの利害関係者を確認し、伝達することが重要である。主要な利害関係者は、規制当局、資金供給機関、地域社会、作業スタッフ、国及び自治体などである。それぞれの利害関係者は自らの要求事項と利害関係を持っているので、利害関係者との対話には、主要な利害関係者の確認、彼らの利害関係の確認、実施体制の中から適切な「利害関係者マネージャ」の選出、契約内容の説明等が考えられる。すべての主要な利害関係者への早い公開の対話はプロジェクトが成功するために必要である。

(10) チームワークが勝利

廃止措置の成功は、仕事を効果的に安全に実施する動機を与える作業スタッフのチームによっている。人的因子も考えられる。何年もの間プラントを運転していたチームが施設を廃止措置することが彼らの最終の仕事と考えるかもしれない。そのため、彼らの将来に

も仕事があることを理解させることが非常に重要である。

チームワークを維持するために、運営上層部と作業者の間に良い信頼関係ができること

は非常に重要である。成功した場合にはお互いを祝い、公表されるべきである。最後に、廃止措置を成功させるのは、プロジェクトマネージャと作業者チームである。

参考文献

- 1) A. Neil, Decommissioning - The keys to success, IAEA-CN-143/74 (2006).
- 2) http://www.nda.gov.uk/sites/winfrith_decommissioning_progress.htm.
- 3) http://www.nda.gov.uk/documents/winfrith_site_summary_2006-07_life_time_plan.pdf.



スウェーデンにおける低・中レベル放射性廃棄物処分場(SFR)の運転経験

技術開発部 浅見 知宏

スウェーデンにおける放射性廃棄物の最終処分場であるSFRは、主にスウェーデンの原子力発電所の運転及び保守から発生する短寿命の低・中レベル廃棄物(LILW)を処分するように設計、建設され、1988年4月から操業を開始している。処分容量63,000m³に対し、2005年末までに30,930m³を受入れ、処分場に定置している。TOPSEAL 2006(2006年9月17日-20日、場所フィンランド)において、SFRの運転経験等が報告¹⁾²⁾されており、その概要を紹介する。

1. 低・中レベル放射性廃棄物処分場

スウェーデンでは、今日、10基の原子力発電所が稼動しており、必要な電力の50%を担っている。原子炉の寿命は、40-60年、又はそれより長くなるであろうが、スウェーデンでは、既に政策的にBarsebeckにある原子炉2基を、1999年と2005年に運転停止している。12基の原子力発電所は、1972年-1985年の短期間に決定され、同時にその運転寿命を40年とし、2012年-2025年に運転を停止することとしている。この政策から、最初の原子炉は、およそ2020年頃解体を開始することとなり、今後、解体廃棄物の処分のための処分場の拡張が必要となる。全体として、スウェーデンの原子力発電プログラムから、6万m³のLILW、そして16万m³の廃止措置廃棄物(各原子力発電所での40年間の操業に基づいて)が発生すると見積もられている。

SKB(スウェーデン原子燃料・廃棄物管理会社)は、スウェーデン原子力発電会社によって設立され、スウェーデンの放射性廃棄物の管理責任を負ってきた。原子炉の運転及び保守で発生した短寿命のLILWの最終処分場であるSFRは、1988年から運転を開始した。少量ではあるが、医療、工業及び研究分

野からの放射性廃棄物もSFRに処分されている。SKBでは、SFR-1の拡張部分に、原子力発電所の将来の廃止措置に伴う廃棄物を処分する計画である。

SFRは、SKBの所有であり、処分場の運転と保守は、SKBとの契約に基づき、Forsmarks Powergroupが実施している。

SFRは、Forsmarks原子力発電所内にあり、海岸から1km、Baltic海の海底下約60mの岩床内に配置されている。

SFRは、異なる廃棄物を処分するため、5つの異なるバリアシステムを持つ岩石層チャンバーから成っている。最も放射能の高い廃棄物は、粘土質の緩衝材に囲まれた高さ50mのコンクリート製のサイロ(最大表面線量率500mSv/h)に処分される。他の4つのチャンバーは、それぞれ長さ160mで、低レベル用(LLW)の坑道(BLA:2mSv/h)、脱水したイオン交換樹脂を収納したコンクリート製タンクのための2つの坑道(BTF-1、BTF-2:10mSv/h)、及び中レベル(ILW)用の坑道(BMA:100mSv/h)から成っている。BMAとサイロはILW用であり、他の3つはLLW用である。

LLW用の3つの空洞では、廃棄物パッカー

ジをフォークリフトで取り扱っており、ILW用の坑道とサイロでは、遠隔操作クレーンでパッケージを取り扱っている。

短寿命LILW用の標準パッケージを表-1に示す。

表-1 SFR Standard Containers³⁾

コンテナ	内容物	寸法 (mm)	重量 (グロス)	材質
200ℓドラム缶	セメント固化体	直径600×900H	500kg	Steel
	アスファルト固化体	直径600×900H	500kg	Steel
1.7m ³ ボックス	スクラップ及びセメント固化した樹脂	1.2m×1.2m×1.2m	4,000kg	Steel、コンクリート
タンク (ゴム内張り)	脱水した樹脂	3.3m×1.3m×2.2m	20,000kg	コンクリート ゴム
ISOコンテナ	スクラップ、雑物	多種	20,000kg	Steel

2. 設計段階と運転経験の比較

- ① SFRは、1980年に建設した当時の運転廃棄物の予想量は90,000m³であったが、1980年の建設第1段階では、63,000m³を建設した。現在では、この容量が全運転期間での予想廃棄物量となっている。
- ② SFRは、廃棄物受入れ量30m³/日で設計されたが、今日では約1000m³/年受入れであった。これは、廃棄物発生者が廃棄物を最小限にしたことと、短寿命の極低レベル放射性廃棄物は原子炉サイトでの浅地中埋設処分 (<300kBq/kgで、法律に基づく最大総放射能は10TBq⁴⁾) を行ったことによる。
- ③ 運転の初期、処分場への搬送台車は、無人の遠隔操作による電動操作であったが、作業の効率化の観点から有人とし、また、処分場の湿度のために電氣的トラブルが頻発したことから、ディーゼル車としている。
- ④ 冬季の雪や氷の影響を抑えるため、融雪用に電気ケーブルを通路に敷設したが、電気による暖房コストを低減するため、今日

では岩盤の換気からの熱で温めた水を利用している。

- ⑤ 処分場での大きな問題は、夏の終わり頃には100%となる高い湿度であり、金属の腐食が問題となった。例えば、90年代終わり頃、処分場の換気用配管の交換は高コストとなったが、現在、材質の交換キャンペーンを行っている。また、幾つかの廃棄物についても腐食問題がある。処分場の湿度の減少について、2台のポンプで暖気を導入している。

3. 放射線防護と作業員の被ばく線量

BTF-1、BTF-2、BLAでの廃棄物定置作業は、操作の一部を手作業とフォークリフトにより行っている。当初の安全評価書の計算では、処分作業における線量は7.5mSv/年(年間250輸送コンテナ、3時間/コンテナ、線量率0.01mSv/h)であった。

1988年4月の運転開始から最初の12年間の廃棄物定置作業での集団線量は1mSv人/年以下、2000年以降、定置する廃棄物容積の減少(現状での輸送コンテナ数量は30-60/年)に

より集団線量は0.1mSv人/年であった。個人の被ばく線量も非常に低い値であった。

BMAでの高線量作業では、焼却灰のコンクリート固化ドラム缶が処分されている。初期の段階では6mSv人/年であったが、改善の結果、最近では2mSv人/年となっている。

4. 事故報告と改善作業

処分場でのトラブルは、平均して年2～3件である。最もトラブルが発生したのは、受入れ量が多かった1993年～1995年で、その多くは、廃棄物パッケージに関するものであった。

① 幾つかの輸送コンテナは、腐食した鋼製ドラム缶からの汚染水により汚染していた。腐食は、廃棄物製造元での乾燥装置の故障によるもので、その後、コンテナの管理を厳重にし、汚染した鋼製ドラム缶は処

分場への移送の前に鋼製ボックスに収納した。

② 廃棄物製造者は、LLW用のISOコンテナとして使用済コンテナを使用していたが、時々、内部や蓋部に孔のあるコンテナが処分場に届けられた。この解決のため、廃棄物製造者への厳密な要件を作成し、廃棄物製造者は、現在SFR向けコンテナに特別の蓋を使用している。

③ SFRが建設された時、ILW廃棄物の処分場であるBMAにおいて処分区画から流れ出る排水は、僅かに汚染しているものと仮定した。そのため、排水の分離集中システムが建設され、集積した排水は放射能測定を行っている。排水システムの稼働により、早期に排水中の放射能を検知し、直ちに問題を解決できている。

参考文献

- 1) Marie Skogsberg, SKB. et al. "Operational experience from SFR — Final repository for low and intermediate level waste in Sweden," TOPSEAL2006, Finland.
- 2) Jan Carlsson, SKB. "Future extension of the Swedish repository for low and intermediate level waste (SFR)," TOPSEAL2006, Finland.
- 3) "Comparison of the Nirex Waste Package Specification with Waste Acceptance Criteria for Storage and Disposal Facilities in Other Countries," Dec.2002. UK Nirex Ltd.
- 4) "Sweden's second national report under the Joint Convention on the safety of spent fuel management and on the safety of radioactive waste management," 2005. SKI, Sweden.

ドイツ・汚染金属スクラップの溶融・再利用状況について

東海事務所 朝倉 祥郎

諸外国における放射性金属の再利用は、1980年代ごろから海外では始められ、溶融処理を基本とした再利用がドイツを初めとして、スウェーデン、フランス、米国が続いて実用化している。今回はドイツについて紹介する。

ドイツの放射性廃棄物の再利用についての規制は、連邦政府（環境省）の下で各州政府が実施している。一般に、設定された基準に対して、各州政府が独自に安全係数を乗じた値を各州政府の基準値とし、各州の責任の下に担当地域の施設を管理している。

1980年代の初めの頃、Siempelkamp社が、原子炉施設の保守および解体時に発生する放射性物質で汚染したスクラップの溶融法を開発した。その技術に基づき最初の溶融施設、CARLAが、ドイツの放射線防護委員会（SSK:German commission on radiological protection）の「原子力発電所からの鉄スクラップの再利用に係わる勧告」に従い、建設され、現在、ドイツ唯一の工場である。

CARLA施設の溶融炉は、3.2tの中周波炉で、工場の建屋内に設置され、1989年10月から稼動している。当初は金属スクラップのみの溶融であったが、炉を入れ替えて非金属、特にアルミニウム、銅、真鍮を溶融できるようにしている。溶融炉に効率良く投入するため、切断機や分類装置が、溶融炉と同じ建屋内に設置してあり、さらに放射性物質の拡散を防ぐため、溶融炉、切断機、分類装置はろ過装置と接続された換気装置と連結している。このろ過装置は、サイクロン、バグフィルター、ヘパフィルターなどから構成され、

その除去効率は、99.997%である。

CARLAの建設費は、約7Mユーロ、運転員数は、主任+運転員12名、他に放射線防護及び書類管理に、主任+5名が従事している。スクラップの受け入れは、一般には200リットルのドラム缶で受け入れ、そのままオンラインで溶融炉に供給するが、13mまでのISOコンテナや個々の長さ12m、断面積2.3m²以下で25tまでのコンテナを受け入れている。溶融炉に供給するため、450tの油圧式の裁断機やプラズマトーチが設置された部屋も用意されている。

含有放射能については、インプットからアウトプットまで管理されており、試料採取、測定、報告書作成はルーチンワークとなっており、測定は2台のガンマスペクトロメーターで行われている。

CARLA施設がドイツ放射線防護委員会から許可を受けているスクラップの内容は、200リットルドラム缶、又は7m/12mのコンテナで受け入れ、放射能の最大値は下記の通りである。

- ・総放射エネルギー (α 、 β 、 γ) 200Bq/g
- ・¹⁴C、H³、⁶³Ni、⁵⁵Fe 2,000Bq/g
- ・核分裂性物質 (²³³U、²³⁵U、²³⁹Pu、²⁴¹Pu) < 15g/スクラップ¹⁰⁰kg
- ・NORM (²²⁶Ra、²³⁸U、²³²Th) 1,000Bq/g

最大処理量は、2,000t/yである。

2006年9月現在、約20,000tを溶融し、原子力産業界でのリサイクル約12,000t（中・高放射化廃棄物の貯蔵及び輸送用鑄造鉄コンテナ：約7,000t、貯蔵又は作業エリア用の遮蔽又はバー：約3,000t、グラニューールコンクリートコンテナ用：約2,000t）、原子力産業界以外へ約7,000t、事業者への返却約1,000tである。溶融の利点には除染、減容、均一化、機密情報の消滅がある。

溶融工程での放射性核種の除染は、下表に示すが、U、Pu、Am、Th、Paなどは、約100分の1に除染されているが、鉄族であるFe、Co、Niは、当然のことながら除染されていない。Cs、Sr、Agは除染効率が良く、Ce、Mnなどは約50%程度である。

減容については、溶融せずに、そのまま最終処分したとする量の約80%を処分せずに出

来たとの事であり、高価な処分費用の大幅な減額に繋がったと言える。

現在、Urenco濃縮プラントの金属を、商業ベースで実施しており、近い将来、Gronau濃縮プラントの金属も受け入れる予定との情報もある。

日本においても、商業用原子炉が解体中であり、近々、多くの解体金属廃棄物が発生する。低レベルの金属は、溶融する事でさらに除染し、当面は使用分野を限定した方法で、活用することが望ましいと言える。

参考文献

- 1) U.Quade, W.Muller, "Recycling of radioactively contaminated metal scrap by melting," IAEA-CN-143/47, 2006.

CARLA施設における金属溶解
(溶解時の放射性核種移行、代表核種)

核種	核種の移行割合 (%)		
	溶融金属	スラグ	ダスト
α 核種 U(235,238) Pu(241) Am(241) Th(231,234) Pa(234m)	1	99	
$\beta \cdot \gamma$ 核種 Co(60)	88	11	1
Ni(63)	90	10	—
Sr(90)	< 1	97	2
Cs(134,137)	< 1	60	40
Eu(152,154)	4	95	1
Ce(144)	50	50	< 1
Mn(54)	60	39	1
Zn(65)	36	12	52
Zr(95)	28	72	—
Ru(103,106)	67	< 1	33

IAEA-CN-143/16から作成

委員会報告

平成19年1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19年3月19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 6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18年度成果報告書（案）の審議・検討を行い、了承された。

総務部から

1. 理事会及び評議員会の開催

第54回評議員会が平成19年3月15日（木）に、また第59回理事会が平成19年3月16日（金）に当センターにおいて開催され、平成19年度事業計画・収支予算並びに役員の選任、評議員の選任等が審議され、原案どおり承認されました。

2. 人事異動

○理事

新任（4月1日付）

貝原 光恭（株式会社 大林組
常務執行役員 土木本部副本部長）



退任（3月31日付）

石黒 秀治

退任（3月31日付）

河村 壮一

○監事

新任（4月1日付）

石井 治夫



退任（3月31日付）

佐藤 敬

○評議員

新任（4月1日付）

萩原 勉（清水建設 株式会社
常務執行役員
エンジニアリング事業本部長）

退任（3月31日付）

深見 尚史

○職員等

退職（3月31日付）

参事 兼 技術開発部部長

調査役

調査役 兼 東海事務所長代理 兼 技術開発部長

技術開発部次長

企画部サブグループリーダー

総務部課長

総務部主査

浅見 知宏

牛尾 一博

宮本 喜晟

島山 睦夫

徳田 靖彦

大野 等

児玉 忍

©RANDECニュース 第72号

発行日：平成19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