

RANDEC

Sep.2006 No.70

ニュース

(財)原子力研究バックエンド推進センター



放射性廃棄物の処分に向けて

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

核燃料サイクル工学研究所長 大島 博文

茨城県に原子力施設が立地し、早いもので今年で50周年となります。この50年間で、原子力は、発電のみならず、放射線利用、科学技術の研究など幅広い分野で発展し、人類にとって欠くことのできないものになってきました。茨城県においても、量子テクノロジーの中核となるJ-PARCの建設が順調に進むとともに、将来のエネルギーとして必須の高速炉技術を完成するための研究開発も進められようとしています。

一方、この50年間に発生した放射性廃棄物については、国の方針・制度の検討が進められ、これから本格的に処分に向けての具体的なアクションを始める時期になってきました。核燃料サイクル工学研究所では、核燃料サイクル技術の研究開発を行ってきており、既にサイト内で保管されている低レベル廃棄物は、平成17年度末現在で固体廃棄物が200ℓドラム缶換算で約14万本、液体廃棄物が約3,700m³（廃棄体にして約8万本と想定）に

なっています。今後の施設の利用および廃止措置で発生する廃棄物を加えると、平成60年度末には、廃棄体にして約18万本と推定しています。

これらの廃棄物を、例えば30年間で廃棄体化処理し、処分場に輸送するためには、現在保管されている廃棄物だけでも年間約5千本の廃棄体化処理が必要となります。この規模は、従来原子力機構で実施してきた廃棄物処理の研究開発施設、パイロットプラント施設の規模を超えており、安全で、効率的で、低コストの廃棄体化処理施設の設計・建設、運転をしなければなりません。

このためには、国内産業界の大量生産技術を活用した廃棄体化処理施設の建設・運転も視野に入れるとともに、発生源にとらわれない一元的な処理・処分を目指した体制を真剣に議論してゆく必要があるのではないのでしょうか。

RANDECニュース目次

第70号 (2006年9月)

巻頭言 放射性廃棄物の処分に向けて ……独立行政法人 日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所長 大島 博文

RANDEC事業に関する近況報告

1. 原子力施設のサイト解放に関する安全基準等の調査 …… 1
情報管理部
2. 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 …… 2
技術開発部
3. 大学・民間の研究炉及び使用施設事業所における放射性廃棄物
の集荷・保管事業化に向けた取組み …… 2
立地推進部
4. RI・研究所等廃棄物作業部会報告書案纏まる …… 3
企画部
5. 放射性廃棄物の海外における立地事例について (6) …… 4
立地推進部

寄稿

- ・原子力第1船「むつ」の廃止措置 …… 6
独立行政法人日本原子力研究開発機構
むつ事業所長 伊藤 治彦

海外出張報告

- ・原子力工学国際会議 (ICONE-14) への参加と施設訪問 …… 8
宮本 喜晟

海外技術情報

- ・ドイツにおけるクリアランスと物質移動の関係 …… 11
宮本 喜晟
- ・フランスにおける「廃棄物ゾーニング」について …… 14
榎戸 裕二
- ・セラフィールドサイトの浄化に向けた廃棄物挑戦 …… 17
石黒 秀治
- ・米国、コロラド州におけるNORM/TENORM廃棄物処分 …… 21
安念 外典
- ・米国・ドレスデン1号炉の使用済燃料プールの解体 …… 24
石川 広範

RANDEC事業に関する近況報告

1. 原子力施設のサイト解放に関する安全基準等の調査

情報管理部

我が国の原子力施設のサイト解放のあり方について、原子力安全委員会等での検討開始に当たって、国際原子力機関（IAEA）等の新しい考え方や各国の規制動向等を調査し、我が国のサイト解放の国際的整合性と最適な安全規制及び基準の検討に資することを目的として下記の調査を実施した。なお、本調査は内閣府原子力安全委員会事務局の委託事業として平成17年度に実施したものである。

IAEAでは、国際放射線防護委員会（ICRP）が推奨しているサイト解放における線量拘束値30～300 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ （年間死亡リスク $10^6\sim 10^5$ ）に対して、最大で300 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ を線量拘束値とし、どんな場合でも放射線防護の拘束値は1mSv/年を超えないこととした。なお、物質のクリアランスでは10 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ としている。

米国NRCでは、IAEAにほぼ準拠した250 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ を基準として、7基の原子力発電所のサイトを2005年末までに解放している。「廃止措置に関する規則」に基づく認可終了計画書（LTP）に従い活動し、州政府や住民等の利害関係者間で合意された線量拘束値とその確認方法とによってサイトが解放されていることが分かった。

ドイツでは、すでに2基の原子力発電所のサイトが解放され、現在、多くの施設でサイトの部分解放を含めた廃止措置が進んでいる。サイト解放の線量基準値は物質のクリアランスと同じ10 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ であり、2001年の放射線防護令改正により現状の放射能濃度基準値と測定方法、評価手法等が厳密に決められている。

フランスでは、これまでサイト解放の実例はない。廃止措置では、主要な原子力施設（BNI）を解体する場合、放射能が撤去された状況に応じ、指定解除、部分指定解除、「環境保護の理由で区分された施設」（ICPE）に移

行する。BNI施設の指定解除には、廃止措置終了時に環境影響評価の見直し版を提出することが要求されているが、これらの移行における明確な数値基準は、現状、決められていないようである。

英国では、12件のサイト解放実績があるが、原子力発電所をサイト解放した例はない。適用した解放基準はサイト周辺の放射能濃度との差異がないこと、さらに保健安全執行局（HSE）では、「サイト解放のリスクレベルは 10^5 （300 $\mu\text{Sv}/\text{年}$ ）を超えないこと、しかし 10^6 （バックグラウンドがもたらす死亡リスク）以下にする必要はない」としている。

ベルギーでは、欧州委員会EU指針を、スペインでは、米国のサイト解放手法を取入れた基準と評価方法を採用している。

我が国では、旧原研のJPDRとニュークリア・デベロップメント（株）の核燃料研究施設のサイト解放が旧原子炉等規制法のもとで行われたが、基本的には汚染が確認されない（UとThで0.4Bq/cm²以下）こと、または周辺地域の土地の放射能レベルと比較して有意な差がないことが判断基準とされた。

これらのことから、海外での原子力施設のサイト解放基準はICRPの単一線源による線量拘束値以下であること、及び自然やサイト周辺の放射能レベルを考慮した数値を設定することが国際的に共通の考え方であるといえる。

2. 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

技術開発部

原子炉施設の廃止措置時には、放射性廃棄物の合理的な処理・処分の観点から解体で多量に発生する放射性廃棄物の詳細評価が重要となる。

JAEA（旧原研）のJPDRの解体実地試験で開発された解体管理評価コードシステムCOSMARDは、基本的には、中性子線による放射化を評価するものである。COSMARDシステムに、原子炉の運転中に発生する各種の放射性核種の生成・移行挙動の評価機能を付加して解体で発生する汚染放射性廃棄物並びに放射化廃棄物の詳細評価を可能にするよう整備する。即ち、(1)冷却材中の不純物及び燃料被覆管表面に付着した核燃料物質による核分裂生成物（FP）並びに万が一の燃料破損により発生するFPの生成・移行挙動評価、(2)長期間の運転中に炉心で発生し次第に系統内に蓄積される腐食生成物（CP）の生成・移行挙動評価、(3)燃料の三核分裂や制御棒などで発生するトリチウムの生成・移行挙動評価などを可能とする原子炉施設内の系統内の放射能インベントリ分布及び放射能総量の詳細

評価を行えるようにCOSMARDシステムを拡張整備する。

FPの生成・移行挙動評価を行うSAFFIREコード、CPの生成・移行挙動評価を行うPSYCHEコード及びトリチウムの移行・挙動評価を行うTTTコードは、JAEA（旧サイクル機構）が高速炉のために開発したものである。本事業は、これら各種コードの基本機能を維持しつつCOSMARDシステムに統合するシステムを開発するもので、本年度は、上記の各種コードを調査し、統合システムの基本を構築するとともに、それに必要な各種データベースを整備する。また、高燃焼度の継続運転経験及び運転中に燃料破損やナトリウム火災を経験したカザフスタンの高速炉BN-350の多量に蓄積されている各核種のデータを収集し、核種移動の評価コード開発に資する。さらに、これらデータを詳細に評価検討するために、カザフスタンの専門家を招聘し情報交換を実施する。

本事業は、文部科学省の受託事業として平成18年度から開始された。

3. 大学・民間の研究炉及び使用施設事業所における放射性廃棄物の集荷・保管事業化に向けた取組み

企画部

当センターは、平成17年10月から大学・民間事業者等の研究所等廃棄物発生者（以下「中小施設事業者」という。）の取りまとめを担うこととなり、中小施設事業者の廃棄物の実体を把握するために、平成17年12月にアンケート調査を実施し、平成16年度末における保管状況と平成60年度末に想定される廃棄物量を把握した。そこで、中小施設事業者から

の廃棄物の集荷・保管を当センターが実施し、廃棄物の処理・処分を円滑に進めることを目的とする集荷・保管事業の成立性の検討を開始した。

平成16年度末に保管している廃棄物のうち約3万本と約6万本（200ℓドラム缶相当）を対象に集荷するケースを想定し、1万本保管可能な保管庫3棟を建設し、毎年5千本を集

荷し、処理・処分の実施まで保管する。保管に当っては、ドラム缶1本毎の廃棄物に関するデータベースを作成し、次の工程である処理・処分につなげることが重要と考えている。

集荷・保管事業の成立性については、保管庫用地購入、保管庫用地賃借など様々なモデルケースを想定し、算出した総費用から、銀

行借入金、保管料金を賄うことができるかの予備的検討を行った。

今後とも当センターとしては、中小施設事業者から発生する廃棄物を集荷・保管し、次の処理・処分工程を円滑かつ効率的に進めるため、今後具体的な検討を進めていくこととしている。

4. RI・研究所等廃棄物作業部会報告書案纏まる

企画部

文部科学省は原子力分野の研究開発に関する委員会の下に「RI・研究所等廃棄物作業部会」を設置して、平成17年12月からRI・研究所等廃棄物処分の早期実現に向けて、処分事業実施体制のあり方、資金確保方策等を12回の作業部会で審議し、平成18年7月に報告書案を取り纏めた。パブリックコメントを経て最終的な報告書が纏められる予定である。報告書案の概要は以下に示す。

1 RI・研究所等廃棄物処分事業等の実施体制

集荷・貯蔵・処理事業はRI廃棄物については(社)日本アイソトープ協会が実施し、研究所等廃棄物については公益性のある特定事業者が集中的に集荷・貯蔵・処理を行うよう発生者間で検討。

処分事業については、わが国唯一の総合的な原子力研究開発機関であり、RI・研究所等廃棄物の発生量が最も多く、かつ、技術的・経理的能力や運営管理能力が最も高い日本原子力研究開発機構が、国、廃棄物の発生者や集荷・貯蔵・処理事業者等と協力して我が国のRI・研究所等廃棄物全体の処分事業を推進。

2 RI・研究所等廃棄物の処分費用の確保方策

処分対象廃棄体数(200ℓドラム缶換算)61.9万本(ピット処分25.9万本、トレンチ処分36万本)での試算結果:総処分費用約2300億円、処分単価はドラム缶当たりピット処分70万円、トレンチ処分13万円。

長期にわたるRI・研究所等廃棄物処分事業を円滑に実施するため、資金の安定的確保が不可欠。そのため廃棄物発生者が予め必要な処分費用を積み立てる「資金積立制度」を導入。具体的制度化を国において検討。

3 RI・研究所等廃棄物処分に関する国民の理解増進及び立地地域との共生方策

処分事業者が関係者の協力を得て実施し、国も処分事業者と連携して立地地域にとって魅力ある共生方策を実施。

4 RI・研究所等廃棄物に関する安全規制

処分事業の円滑な実施のため、必要な安全規制の基準等の整備の他、いわゆる2重規制への対応。

5 RI・研究所等廃棄物に関する研究開発

廃棄物の発生量の抑制、処理・処分費用の低減化に関する研究開発を実施するとともに、廃棄体の合理的な確認技術の確立が重要。

5. 放射性廃棄物の海外における立地事例について(6)

立地推進部

カナダの事例（使用済燃料の最終処分研究計画）

カナダでは、1974年、エネルギー省、資源省、カナダ原子力公社（AECL）の協議により、使用済燃料をオンタリオ州の盾状地の深成岩に処分する方針で、研究を行うことが決定された。1981年のカナダ政府及びオンタリオ州政府は共同声明において、AECLの処分概念に関するヒアリングが完了し、両政府による承認がなされるまでは、実際のサイト選定に着手することは出来ないことを発表した。

1. サイト選定のプロセス及び国の関与

AECLは処分研究を通じてカナダにおける地層処分概念を、1994年10月、環境影響評価書（Environmental Impact Statement : EIS）として連邦環境影響評価レビュー委員会に提出した。

AECLの処分概念をレビューすべく1989年に設置された核燃料廃棄物管理・処分概念の評価パネル（以下、環境評価パネル）は、定められた手続にしたがって公衆の意見を聴取し「技術的には可能であるが、社会的受容性が不十分」という結論をまとめ、1998年2月に「核燃料廃棄物管理・処分概念に関する環境評価パネルの報告書」の中で様々な提言を行った。

これに対し、連邦政府は環境評価パネルの勧告を大部分肯定する政府見解をまとめ公表した。その後、連邦政府、州政府、一般公衆、廃棄物保有者等を含めた協議が行われ、法律による制度化が政策目的達成のために好ましいとの見解が示されている。

2002年11月に至り、実施主体の設立、深地層処分を含めた研究開発の推進、資金確保制度の確立等、核燃料廃棄物の管理を実施することを目的とした「核燃料廃棄物の長期管理に関する法律」（核燃料廃棄物法）が施行された。これに伴い、核燃料廃棄物の管理事業の全般的な監督を行う核燃料廃棄物局（NFWB）が連邦天然資源省（NRCan）内に創設され、

廃棄物管理の実施主体となる核燃料廃棄物管理機関（NWMO）も設立された。

NWMOは、核燃料廃棄物法の施行後3年以内（2005年11月）に地層処分、サイト内貯蔵、集中貯蔵の各々の方法を単独で含んだ廃棄物管理アプローチを少なくとも1つずつ検討し、最も適切なアプローチを天然資源大臣に対し提案することとなっている。これに向けてNWMOは、2003年11月に報告書「適切な問題設定をしているか？カナダの使用済燃料の長期管理」を公表している。

またNWMOは、2004年中頃及び2005年初頭に、それぞれ「選択肢についての理解」、「進むべき道の選択—草案」を公表する予定である。2005年に提出される報告書では、活動内容、実施スケジュール、地元自治体への社会経済的影響を回避または最小にする方策を含む実施計画を提示することとなっている。

2. 公衆あるいは第三者機関の関与

EISにはサイト選定プロセスにおける地元との関わりに関する記述がある。そこでは、以下の3つの組織が作られてサイト選定の各段階で協議と合意を繰り返すこととしている。

①実施組織（Implementing Organization）

処分の提案者であり、サイト選定から処分場の閉鎖までのすべてを遂行し、政府当局、企業あるいはそれらの集合体として結成され、政府と廃棄物保有者の意

思を反映する組織である。

②受け入れ共同体

(Potential Host Community)

受け入れ共同体は、実施組織が最初のサイト絞り込みを行った段階で、受け入れ可能性を自発的に認める地域共同体(自治体を含む)として結成される。実施組織と協議することにより、サイト選定終了までのフレームワークを決定する。このフレームワークにしたがって、調査の実施方法、環境防護の条件、補償条件等に関する合意が成立し、サイトの絞り込みが行われる。

③近隣共同体

(Potential Affected Community)

処分の実施により影響を受ける可能性のある地域共同体である。サイト絞り込みの段階が終了し、オンタリオ州内の2～3ヶ所に候補地が絞り込まれた時点で、実施組織と共に情報交換、意見聴取等の方法を協議し、その決定にしたがってサイト評価に参加する。

3. 広報活動への取組みと課題

AECLは、広報活動の目的をAECLが望む決定を行うために説得することではないと捉えている。AECLの経験によれば、説得という形で目標を押し付けるのは誤解を招くもとであり、公衆の希望する情報の種類、提供方法を尋ねる姿勢が不可欠である。これはAECLがRACE方式(Research, Analysis, Communicate, Evaluate)として推奨する考え方である。

AECLの広報活動は以下の方法を基本としている。

①広報計画の責任者を「核燃料廃棄物管理計画」担当の副社長の直属とする。

②様々な人材を採用する。

③広報担当者と科学者との連携をはかる。

AECLで考えられた広報担当に必要な人材としては、以下のようなものが挙げられている。

①政治に通じており、議員、官僚との付き合いが出来る人材

②地域共同体に通じ、地元住民に信頼されている人材

③社会科学分野の専門知識を有する人材

④マスコミに通じ、ジャーナリストと話が来て取材に影響を与え得る人材

⑤文書資料、映像情報資料等の制作に関する専門知識を有する人材

⑥教師、交渉官のように、相互コミュニケーションの経歴を有する人材

AECLで考えられたこれらの資質をすべて備えた人材をいかに集めるか、あるいは育成していくかを早い段階から計画しておくことが必要であると考えられる。

4. 成功と失敗の要因

AECLはEISの構築に向けた報告書の1つとして、「公衆の参加と社会的側面(Public Involvement and Social Aspects) AECL10712, COG-93-2」を取りまとめ、サイト選定の成功あるいは失敗につながる要因として以下の4つを挙げている。

- ・公正なサイト選定プロセス
- ・安全性を考慮したサイト選定
- ・公正な場所選定
- ・立地に伴って考えられる影響の緩和

原子力第1船「むつ」の廃止措置

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
むつ事業所長 伊藤 治彦

1. 原子力船の研究開発の経緯と現状

原子力の船舶への利用については、米国の原子力潜水艦ノーチラス号の完成（昭和29年）、原子力貨客船サバンナの建造（昭和37年完成）、ソ連の原子力砕氷船レーニンの完成（昭和34年）、西ドイツの原子力鉱石運搬船オット・ハーンの建造（昭和43年）等、日本の原子力研究開発の草創期から活発であり、我が国においても昭和38年、内閣総理大臣及び運輸大臣により「原子力第1船開発基本計画」が制定された。

原子力第1船「むつ」は、日本原子力船開発事業団によって昭和45年に船体部が完成してむつ市大湊港に回航、原子炉の艤装工事を行った後、49年に初臨界と研究開発は順調に進んできたが、低出力上昇試験中の49年9月1日に放射線漏れが発生した。以後、佐世保港での遮へい改修工事を経て、平成2年に洋上出力上昇試験を行い、初めて原子炉出力100%を達成した。この間、昭和60年に日本原子力船研究開発事業団は日本原子力研究所（旧原研）に統合された。

その後、「むつ」は、平成4年に実験航海を終了し、原子力船研究開発としての役割を完了した後、平成4年8月に解体届を届け出て解体工事に着手した。使用済燃料体は、平成5年に炉心から取り出し、平成13年に再処理準備のために、全てを原子力研究開発機構・原子力科学研究所の燃料試験施設に輸送した。また、原子炉本体部は、船体から原子炉

容器、格納容器、遮へい体ごと一括で撤去し、原子炉室保管棟において保管・管理するとともに、これらを展示し、一般の見学に供している。



現在、残存している原子炉施設は、写真に示す4施設であり、解役工事等で発生した放射性固体廃棄物の保管・管理、管理区域で発生する液体廃棄物の処理・処分等を行っている。



2. 廃止措置計画

「むつ」原子炉施設の廃止措置は、原子炉等規制法の改正に伴い、平成18年3月31日に認可申請した原子力第1船原子炉に係る廃止措置計画書に従って行われる。しかし、施設の解体で発生する放射性廃棄物を保管する施設も解体対象でもあることから、現施設の廃棄物の保管能力を有効に使用しつつ解体工事を進めることを基本的考え方とし、解体工事の開始は、科学技術・学術審議会の下、RI・研究所等廃棄物作業部会で検討されているRI・研究所等廃棄物処分場及び集中処理施設の建設・稼働時期を見据えて行う。

3. 廃棄物の処理処分

これまでの解役工事等で発生した廃棄物及び今後解体で発生する放射性廃棄物は、約3,100トンと見積もられている。全ての廃棄物は、組成、放射能レベル、核種、発生場所等のデータベースが整っており、この内8～9割はクリアランスレベル以下であると推定される。放射性廃棄物の低減化のため合理的にクリアランスを行うことが重要であり、クリアランス検認手法について、原子力機構の他事業所と連携して進めているところである。

4. クリアランスレベル以下の廃棄物の取扱い

クリアランスレベル以下の廃棄物については、原子力施設で再利用することによってその後のフォローができるようにするというのが、現在の考え方である。しかし、むつ事業所の場合、廃止措置対象施設の他に再利用す

べき施設を有しないことから、クリアランスレベル以下の廃棄物の再利用については、他の事業所の協力のもとに進める必要がある。なお、コンクリート廃棄物については建設資材としての再利用が容易であるが、金属廃棄物の再利用については今後の課題である。

5. クリアランス検認の難測定核種測定技術開発

クリアランス検認については、汚染履歴調査及び計算により、実際に測定が必要な核種を限定する方向で検討が進められている。しかし、汚染履歴や計算を実証するためのサンプリングによる測定の必要性を考慮しておく必要がある。I-129はクリアランスレベルの設定が0.7Bq/gと極めて厳しく、軟ベータ、ガンマ核種であることから、放射能を測定する通常の方法では事実上測定不能であり、加速器質量分析装置(AMS)による測定が有望である。むつ事業所においては、バックエンド技術部と連携し、また、(財)日本分析センターとの共同研究でコンクリート中及び金属中のI-129検認技術開発に平成18年度に着手した。

日本原子力研究開発機構むつ事業所



原子力工学国際会議 (ICONE-14) への参加と施設訪問

東海事務所 宮本 喜晟

第14回原子力工学国際会議 (ICONE-14) に参加するとともに、アイダホ国立研究所 (INL) 及びオークリッジにあるDOEのガス拡散濃縮施設の廃止措置サイトを訪問し、米国における廃止措置に係る動向調査を行った。

(1) ICONE-14

ICONE-14は、米国のマイアミ市で、7月17日から20日まで行われた。ICONEは、日本機械学会 (JSME) の動力エネルギーシステム部門が4年に1回、米国機械学会 (ASME) の原子力工学部門 (NED) が4年に2回、その他の国が4年に1回の割合でホストとなるのが慣例となっており、今回のICONE-14はASMEがホストとなり、マイアミで開催された。主要国から延べ約870名が参加した。

米国、日本、中国、欧州を代表する講演者が基調講演として自国の原子力動向を報告した。米国では、公的R&D予算は減少傾向、民間R&D予算は維持か微減している状況で、1990年代に最低 (数百万ドル) だったDOEの原子力予算が、2006年は2億ドル程度に復活してきている。また、国際協力で開発しようとして計画しているGNEP (Global Nuclear Energy Partnership) の展開について期待していることを報告した。

次に、日本の状況を中心にした原子力カルネッサンスの夢との題で加納参議院議員が報告された。この中で、同氏は、米国の原子力分野への復帰、欧州でのEPR建設、中国の原子力プラントの建設等、世界規模で原子力の動きが活発になってきたことを報告した。今後の日本の展望として、2005年の原子力エネ

ルギーの割合は、31.5%であるが、2015年には、43.1%まで増加する見通しであること。また、原子力による水素製造の技術開発やMOX燃料の使用、もんじゅ改造の動きを紹介した。

中国から、現在、11基、9GWeの原子力発電容量があり、そのうち9基、7GWeの発電が行われている。原子力は発電設備全体の1.6%に相当する。2020年までに発電容量を40GWeまで増強する。そのため、沿岸地域に30基増設の計画 (北京近くには12基)。

欧州では、環境派が強かったが、原子力が見直されはじめている。欧州のエネルギー供給の状況は、現在50%を輸入しているが、2030年には70%と予想されている。一方、京都プロトコルによる欧州の炭酸ガス削減は8%であるが、現在は逆に増えたままである。欧州における原子力の割合は、全エネルギーに対し15%、全発電に対し31.2%である。2001年現在の電力需要は2,551TWhであるが、2025年には3,072TWhに増加すると予想されており、約500TWhの電力を生み出すための原子力の役割分として40GWeの発電容量の増強が必要であると報告した。

また、全体セッションとして、カナダから重水炉 (CANDU) の戦略について、原子力研究開発機構から高速炉サイクルを中心とす

るR&D活動について、米国ウイスコンシン大学から米国原子力関連の人材育成について、南アからペブルベッド高温ガス炉PBMR核熱利用プラントについて、ドイツからヨーロッパ/ドイツの原子力事情について報告があった。

ICONE-14の技術発表セッションは14トラックに分れ、同時進行された。廃止措置に関連した技術発表セッションは、トラック8「燃料サイクル及び高レベル廃棄物管理」では、OECD/NEAが検討した各種燃料サイクルと高レベル廃棄物量の関係、アクチニドを核変換処理のためのAm-Zrの結晶構造の試験結果について報告された。また、トラック9「低レベル廃棄物管理、除染及び廃止措置」では、ハンフォードサイトのPu汚染土壌の飛散実験、サイト解放に係る土壌の汚染評価のサンプリング方法、使用済み密封ラジウム線源のカプセル化、レーザやアブレイシブ・ウォーター・ジェットによる金属切断性能、フッ素系化合物による表面除染、廃止措置コスト評価等、あわせて17件（4件は発表なし）の論文報告があった。

(2) 施設訪問

①INLの訪問

2005年2月からINLに組織替えした旧ANL-WestのMaterials and Fuels Complex (MFC)を訪問し、高速実験炉EBR-IIの解体の状況と付属設備について情報を入手した。INLは、アイダホフォールズの町から西へ50km以上離れた場所にあり、そのなかにあるMFCは町から最初にあるサイトである。EBR-IIは、既に燃料を取り出し、冷却材であるナトリウムの抜取り処理も終了しており、格納容器のエアロックが空いた状態で運転フロアへは、入り口にある出入り記録のノートに記入するだけで自由にアクセスできた。EBR-IIは、現在、内部に付着残留しているナトリウ

ムを不活性化するため、水分を含んだ炭酸ガスを炉内に通過させて重炭酸ナトリウムにしている。EBR-IIは、安全貯蔵への移行段階にあり、完全に解体するかは将来決定されることである。

抜取ったナトリウムは、EBR-IIに隣接して設けたナトリウム処理施設で、苛性ソーダに転換され、それを詰めた廃棄物缶はRWMC (Radioactive Waste Management Complex EBR-IIから40kmほど西)で処分している。

②オークリッジのガス拡散濃縮施設の訪問

東テネシー技術パーク (ETTP)にあるガス拡散濃縮施設 (K-25/27)の解体をDOEから受託して実施しているBechtel Jacobs社を訪問し、同施設を中心とする解体情報を入手するとともに、現場の状況を見学した。既に内部の機器類は撤去され、訪問時には建物を建設機械で解体しており、危険のため車で様子を見せてもらった。

ガス拡散濃縮施設 (K-25/27)は、兵器級ウラン濃縮プラントとして、K-25は1945年、K-27は1946年に建設され、両者とも1964年に閉鎖され、1997年にこのサイトを民間の工業団地とするため、名称をETTPとした。サイト内にある1群の施設を解体し、クリーンアップしている。K-25はこのサイトで最も大きな工場であり、その建物は、長さ1.6km、幅120m、高さ18mの巨大なもので、全体が「U」字型をしている。一方、K-27の建物は、長さ250m、幅150mの長方形の箱型である。K-25/27の解体は、2003年10月から開始し、2009年9月に完了する予定であり、見直し後の費用は4.9億ドル (約590億円)と見積られている。

解体された廃棄物は、ETTPから20kmほど離れたところにある環境保全廃棄物管理施設 (EMWMF)に送られ、処分される。ETTPとEMWMFの間には専用道路が用意されてい

る。EMWMFは6mのトレンチが掘られ、礫層、粘土層、プラスチックライナーが施され、処分場内の水を集めてモニターできるようになっている。トレンチ上部には9mの盛り土(遮水機能を持つ)が施される。処分場の底部は岩石や粘土等が使われており、処分場の容積は200万 m^3 (東京ドームの2杯弱)とのことである。

(3) あとがき

ICONE-14では、最近、世界的に原子力が見直され、復活の兆しが出てきたことを反映してか、基調講演、全体セッションでの講演に活気が感じられ、技術発表セッションでも次世代炉やそれに関わる工学分野の発表が多

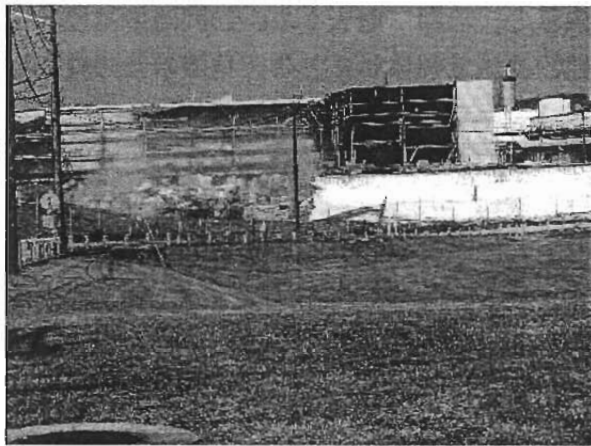


写真1. 解体中のK-25
(中央に砂埃が立っているのが見える)

かった。

ICONE-14に参加する前に、短期間で2ヶ所の施設を訪問したが、飛行機の乗り継ぎで時間が限られており、しかも、どの空港でも背中にTSA(米運輸安全局)の名がついた服を着たスタッフがトランクはもちろんのこと手荷物まで丁寧に中を開けて調べる徹底さには閉口し、待ち時間にひやひやしたが、予定通りに日程をこなすことが出来た。

最後に、オークリッジのガス拡散濃縮施設の訪問については、直接面識のない組織へのアプローチであり、当初無理かなとも考えたが、関係者の好意により実現できたことに謝意を表したい。



写真2. ICONE-14会場のホテル
(同行した出光一哉九大大学院教授(中央)、
JAEAの工藤健治氏(左)と筆者)

ドイツにおけるクリアランスと物質移動の関係

東海事務所 宮本 喜晟

ドイツでは、放射線防護令に基づいて放射化及び汚染した物質の取扱い方法が決められている。物質のクリアランスとは、その物質の放射能がクリアランス値以下である限り、放射性物質として取扱う必要がないこととされている。一方、放射化及び汚染した物質を放射線管理区域に出し入れする場合（移動）、国の原子力法に従って、許認可保持者に対して、他に制限を受けずに管理区域に移動対象物を出し入れするオプションを用意している。この移動対象物の法律上の解釈についての報告が発表されたので¹⁾、紹介する。

この報告は、物質に対するクリアランスの適用及び汚染管理、放射線防護区域外で使用される移動対象物の間の相違について示す。クリアランスは、規制の範囲内にある放射性物質または放射性物質を使用した機器などを規制の管理から外すことであり、補修または再使用の目的で、管理区域から一時的に移動した対象物には適用できない。この場合は汚染管理のみが適用される。管理区域から物質の恒久的なクリアランスのほかの手続きは、いわゆる“移動”であり、許認可保持者の責任である。移動の場合、該当物質が放射化も汚染もしていないことが明らかな物質、または、運転手続きや事象を考慮した運転履歴上放射化または汚染していない場所にある物質は、測定により証明する必要がある。仮に、物質が放射化または汚染していないことが考えられれば、クリアランス手続きは不要になる。

(1) 汚染管理の原則

国際基本安全基準によれば、放射線防護の管理区域から区域外に移動する移動対象物は、汚染に対して管理される。汚染管理の規

定は、放射化物質の安全輸送のためのIAEA基準に従って輸送される移動対象物には適用されない。ドイツでは、放射線防護令²⁾、第44条（汚染と除染）で移動対象物全てに汚染管理が言及されており、以下の事項が適用される。

- ・取扱い、利用、再使用または修理のために、一時的に管理区域を離れるとき
 - ・制限時間内に管理区域へ運ばれるとき
 - ・それぞれの許認可範囲に含まれないとき
- これらの移動対象物を修理するためではなく、放射線防護区域を恒久的に離れる場合には、クリアランスが要求される。一時的な使用のために管理区域に入れる移動対象物は、クリアランスの必要はなく、汚染のための管理のみである。

(2) クリアランスの原則

国の法律に従って要求される許認可活動に起因する物質で、その物質が決められたクリアランス値以下である限り、物質の放射能を考慮しなくても良い。ドイツでは、放射線防護令、第29条（規制解除の規則）及び付録ⅢとⅣに物質のクリアランスの規定が設けられ

ている。

したがって、この規則に従って、もし、規制当局がクリアランスを認め、さらに、クリアランス認可で定められた要求に順守していることが確認されれば、原子力エネルギー法または放射線防護令による許認可保持者は、放射化物質及び移動対象物、建物、サイト、プラント機器に対する適用、利用、移動、第三者への保管・譲渡が認められる。

したがって、許認可に対する手続き（原子力エネルギー法に従った義務）及び移動対象物が管理区域を離れる目的は、汚染区域からのクリアランスを区別するためである。

(3) 移動に関する原則

原子力発電プラントの約2/3が汚染及び放射化がないと予想されるので（非常用電源設備、事務所、水供給等の建物）、デコミッションの場合、規制管理しない非汚染物質の移動に対する手続きは、非常に効果的になる。ドイツでは、物質移動に対する線量レベルは、原子力発電プラント、特にデコミッションプロジェクトの手続きにおいて決められている。

報告者の考察によれば、運転者が自分の責任のもとでの放射性物質を移動するという概念は、放射線防護令または他の規則では関連

あるケースとして規制されていないということ根拠にしている。そのため、もし、汚染が予想されない区域（合計基準を考慮して、放射線防護令、付録Ⅲ、表1の第4欄、表面汚染の10%以上）から取り出されるのであれば、物質は非汚染と考えられる。経験に従えば、これは監視区域からの物質及び放射線防護区域外からの物質に関係し、運転規制により許認可された放射能からの放射化物質に接触しないこと及びそれゆえ汚染しないことになる。

非汚染の物質は恒久的にサイトから取り出すことができ、許認可保持者の責任において物質を"移動"することができる。これは、クリアランス及び汚染管理と区別されることである。

(4) クリアランス、汚染管理及び移動に関する規則の適用

放射線防護令、第29条及び第44条(3)に従い、管理区域から用具（例えば、測定器）及び装置（例えば、フォークリフト）等の対象物を移動させることが出来る。図のa)からd)は、放射線防護区域での一時的な使用に対する例として、また、e)からg)は、放射線防護区域外で恒久的に使用に対するものである。

参考文献

- 1) J. Feinhals, A. Kelch, V. Kunze, "Clearance-Contamination Control-Removal," 4th International Symposium - Release of Radioactive Material from Regulatory Control, Hamburg/Germany, 20-22 March (2006).
- 2) ドイツ放射線防護令、電離放射線による危険からの防護令 (StrlSchV 2001).

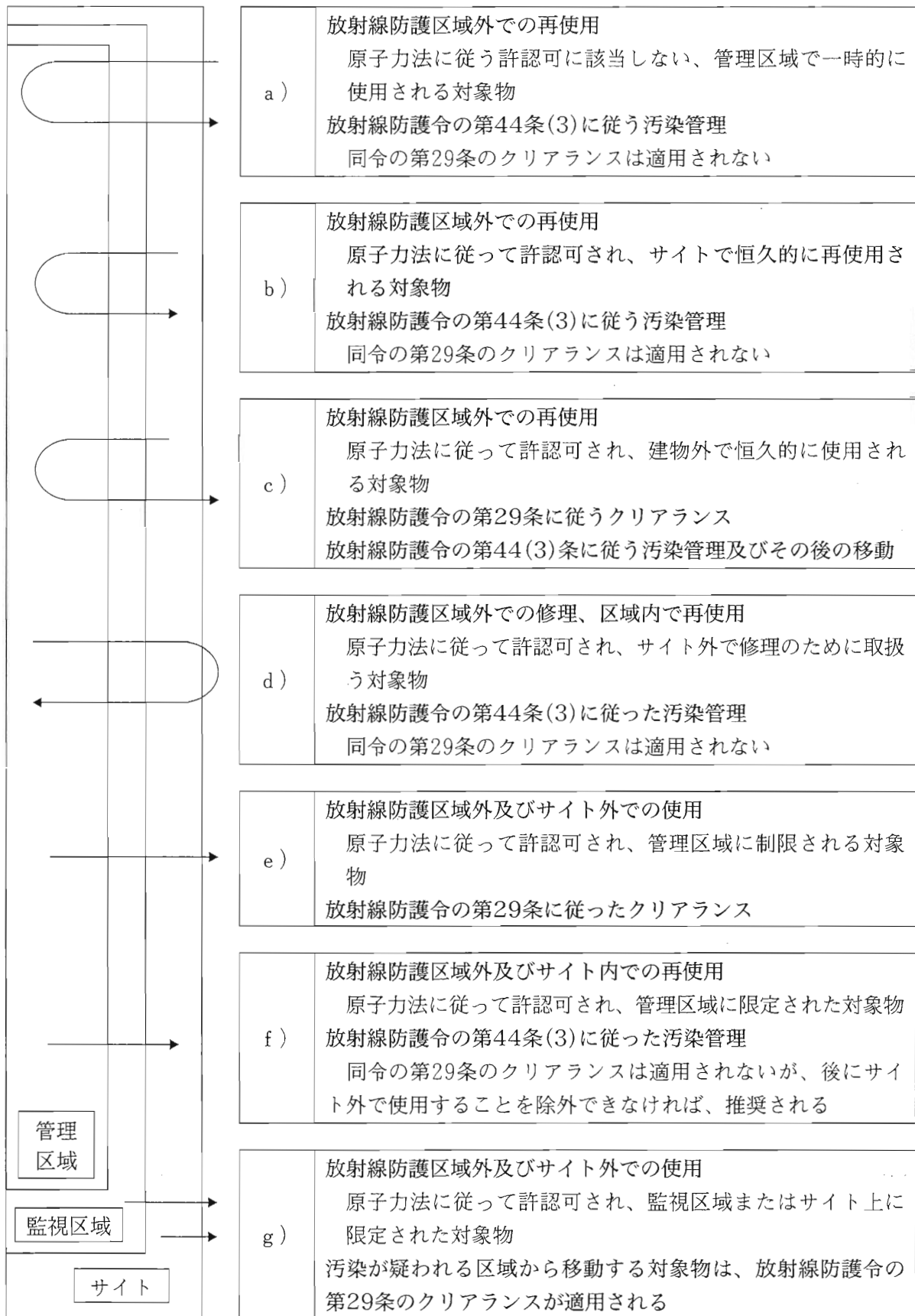


図 一時使用と恒久使用に対する放射線防護令、第29条と第44条の適用検討

フランスにおける「廃棄物ゾーニング」について

情報管理部 榎戸 裕二

周知のように現在フランスには、その値以下では放射線の危険性がないと考えられるクリアランスの閾値（クリアランスレベル）はどの核種についても規定されていない。

この中でフランス原子力庁（CEA）やフランス電力庁（EDF）などは、老朽化した原子力施設の再使用又は解体を目的として積極的に廃止措置活動に取り組んでいるが、廃止措置にともなって大量に発生する極めて放射能レベルの低い廃棄物は、どのような考え方でどのように管理されているのかについて、国の政策と実際の管理方法を紹介する。

フランスでは、放射性廃棄物とは原子力施設の汚染又は放射化された場所から発生するものとされる。従って、発電所や再処理、燃料加工等の主要な原子力施設「原子力基本施設」（BNI施設）であっても、放射性物質が取扱われなかったり、汚染はありえないと考えられる管理棟や工作工場からの廃棄物は非放射性又は「通常廃棄物」とされる。但し、BNI施設からの通常廃棄物は、廃棄物の測定と追跡調査ができるように、「環境上区分された施設」（ICPE認可施設）に分類される特殊な位置付けにある場所で処分される（参考、極低レベル放射性廃棄物処分場MorvilliesもICPE施設）。公衆健康法（Public Health CODE）により、汚染が疑われる原子力施設からの物資や建材の再利用が禁止されているためである。なお、BNI施設の廃止措置により放射能の状態が軽減された施設は、新BNI施設又はICPE認可施設或いは一般施設の3つの施設状態に移行することになる。

廃止措置に対してフランスの原子力安全・放射線防護総局（DGSNR,英語訳ASN）は、物資の放出基準値を確立しない方針であり、さらに「放射性廃棄物」と通常廃棄物とを分ける数値基準を規定しないと決めている。こ

のため、施設の廃棄物区分は、施設レイアウト及び使用実績等から判断される「廃棄物ゾーニング」に基づき行われる。廃棄物ゾーニングとは、放射性廃棄物を発生するエリアと通常廃棄物が発生するエリアとを仕分けすることである。ゾーニングのためには、放射能汚染のないゾーンの同定という防護線（Line of Defence）を定めることから始まる。最初の防護線は、原子力施設の設計、運転方法、運転中事故や改造等の事象履歴の詳細な検査を通じて通常廃棄物のみであることを確認するものである。第二の防護線は、除染したエリアの表面と同じように各ゾーンから撤去される廃棄物が本当に通常廃棄物であることを確認するための測定を行うことである。この廃棄物ゾーニングの考え方は施設の運転期間中にも適用できるとされる。

第一の防護線：廃棄物ゾーニング方法 コンクリート建物構造体の区分：

CEAの分類法は、施設構内の端から端までの設計、運転、運転履歴、建物状態及びその放射能状況の鑑定により区分する。構造体の付加的放射能の原因はエアロゾルの飛散、液体の汚染の場合は、構造や状態（ひび割れ、

気孔、塗装等)により汚染が表面に限られる場合や構造体中に移行したりすることである。CEAでは、コンクリート壁に対して以下のカテゴリーで状況を分類している。

カテゴリー0：壁に汚染がない。

カテゴリー1：エアロゾルの飛散で壁に汚染又は汚染の恐れがある。

カテゴリー2：廃液の飛散で壁に汚染又は汚染の恐れがある。

カテゴリー3：廃液の飛散で壁に汚染が浸透し又は放射化している。

放射性廃棄物と通常廃棄物との間の境界の決定 (図参照)：

汚染が表面にのみ影響していると考えられる場合には表面層のみが放射性廃棄物と考えられる。移動した汚染又は放射化の場合には、物質中の汚染の移動調査又は放射化計算により深さを評価する。その上で安全マージンを評価・付加し、第一防護線の有効性を確保する。標準安全マージンは表面カテゴリーごとに適用される。この場合、十分な経歴データがなければ、更なる物理現象の調査、例えばコア試料の採取と分析を行い、汚染深さの確認を行うことになる。これらの分析データを理論モデルに組み込み、廃棄物ゾーン又は汚染の恐れのある表面と深さが規定される。これより深い所は通常の廃棄物となる。安全マージンを含め、除染する厚さは、コンクリート壁の場合に前述のカテゴリーごとに規定される。

カテゴリー0：構造体は放射性廃棄物のゾーンを含まない、

カテゴリー1：数mmの深さまでは放射性廃棄物のゾーンを含む、

カテゴリー2：数十mmの深さまでは放射性廃棄物のゾーンを含む、

カテゴリー3：数十cmの深さまでは放射性

廃棄物のゾーンを含む。

放射性廃棄物の除染のための適切な処理法の決定：

施設運転者はその後、廃棄物の除去に適した技術と処理法を選択する。表面層や深層のはつり、撤去に適した機器を使用する。コンクリート壁をカテゴリーに応じて色分けをすることも役に立つ。

第二の防護線：除染した表面と放射性廃棄物の検査

第二の防護線では、除染の効果を確認し、撤去した廃棄物が通常廃棄物であることを確認する。確認の基準は、残存壁や構造体が非放射性廃棄物からのみ構成されていることであり、具体的な決定基準は各核種に対して大体0.1Bq/g、もしくは、検査に用いた測定装置の検出限界をややこえる程度である、とされる。この基準値は放射線影響調査から妥当なものとしてされる数十 μ Sv/年に対応したものである。また、測定する試料採取法又は表面メッシュ採りの方法も規制当局の要求に従い、又その代表性が認められた方法によって行う。

まとめ：

放射能の測定によって活動が左右される廃止措置のやり方を禁止するフランスでは、その担保として廃止措置の初期段階で各場所の深さ方向で徹底した放射能検査を行う必要がある。施設の運転履歴データがない場合は、施設に係わる代表的な追加の調査活動を行う必要がある。フランスにおいてクリアランスレベルを設定しない理由は、測定限界に近い放射能濃度を規定しても一般の納得が得がたいこと以上にクリアランス自体に否定的なフランス国民の気質があるようである。

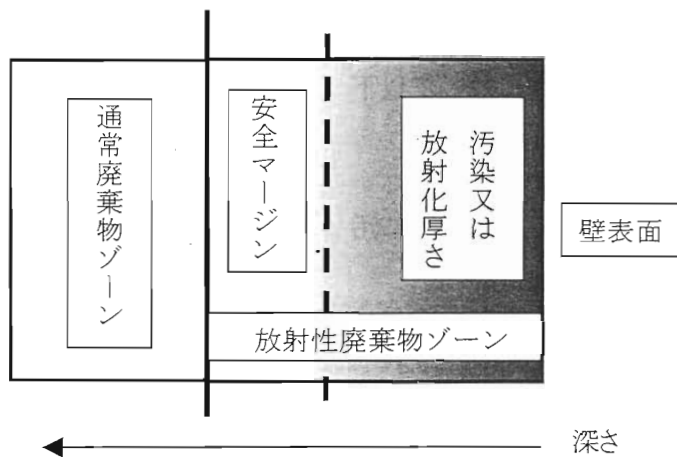


図 深さ方向の廃棄物ゾーン (例、コンクリート壁)

参考文献

1. C. Doutreluigne et.al., “Final Decontamination Methodology for Decommissioning of CEA Nuclear Facilities,” 4th International Symposium -Release of Radioactive Material from Regulatory Control-, Hamburg/Germany, 20-22 March 2006.
2. “Second National Report on Implementation by France of its Obligations under the Convention” (IAEA Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management), September 2005.
3. Charles Milliart et.al., “Long term Commitments Concerning Decommissioning and Waste Management -French Perspective-,” ENC 2005, Paris, November 2005.
4. E. Gouhier, et.al., “Decommissioning Operation at French INB 52 ATUE Facility,” ANS2006, Reno/Nevada, June 2006.

セラフィールドサイトの浄化による廃棄物の課題

常務理事 石黒 秀治

英国のセラフィールドサイトは原子力発電所や核燃料再処理工場をはじめ大小の原子力施設が集中している大型サイトとしてよく知られている。今年2月に米国ツーソンで開催されたWaste Management 2006の要旨集でセラフィールドサイトの浄化計画の概要が報告されている。今日的テーマでもあり以下その概要を紹介する。

1 はじめに

セラフィールドは200を超える施設があり世界で最も大規模かつ複雑な浄化サイトである。ほとんどすべての核燃料サイクル施設を網羅している。英国原子力グループ(British Nuclear Group: BNG)は原子力廃止措置機関(Nuclear Decommissioning Authority: NDA)が所有するサイトの主契約者となっている。

BNGの廃棄物プロジェクトグループは、セラフィールドでの英国原子力のサイト浄化組織としてその任に当たり、低レベル廃棄物(LLW)とTRU廃棄物管理事業に責任を有する。

大量の浄化事業は廃棄物管理の大きな挑戦を提供した。最近までセラフィールドでの焦点は比較的安定した状態で商業ベースでの操

業を支援し廃棄物の増加に対して適切に対処することであった。それゆえ廃棄物管理は重要な活動ではあったが陽のあたらない事業であった。サイトが次第に浄化段階に進展するに従い、このパラダイムはすっかり変わりつつある。

一方、NDAは2005年9月英国の原子力施設浄化に向け主要な課題整理し、それらの課題に取り組む方針を示した戦略ドラフトを公表した。6件の優先度テーマのうちの1つが中レベル廃棄物(TRU廃棄物を含む)の中間保管とLLWの処分に対し取り組みを強化する提言である。

2 NDAの廃棄物戦略

NDAが公表したILW、LLWの戦略の概要を以下の表に示す。

主要な論点	NDA提案の対応方針
ILW管理 ・ILWの最終処分の可能性を延期して中間保管を合理化すべきかどうか、またいかにして合理化するか	ILW管理 ・NDAの提案する対応方針は長期間にわたるILW問題の早期決定を政府に提言すること。 ・その間、NDAは国/地方レベルでの中間保管の選択肢を、潜在的な規模の経済有利性を見つつ、評価する。

主要な論点	NDA提案の対応方針
<p>LLW管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・増大するLLWの最善の処分方策 ・処分コストの低減策 ・ドリッグ処分場のLLW処分コストは国際比較でも高い ・ドリッグのLLW施設の将来の容量が制限されている ・施設のデコミショニングと浄化事業より発生すすべてのLLWを処分出来ない。 	<p>LLW管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・NDAは新たに、より柔軟性のあるLLW処分容量を検討するため、LLW政策のレビューを政府に提言する ・NDAは、ドリッグ施設の管理と運転及び提案されているドンレイのLLW施設を2006年4月までに完成させる計画である。 ・NDAはドリッグ処分施設以外によりよかつよりコスト的に効率的な解があるかどうか検討する。

ドラフトでは、以下に示すより詳細な論点に対応する要求条件についても記述されている。

- ・施設のデコミショニング及び浄化活動より発生するLLWの物量の最小化の方法及び処分施設に対する要求を減ずる方策
- ・デコミショニング活動の結果NDAサイトで発生する再利用及びリサイクル物についてどんな方策があるのか

これらの論点及び提案された方針はBNGが現在検討しているイニシアティブと完全に整合している。

3 低レベル廃棄物管理

発生する廃棄物量の最小化が廃棄物管理の基本原則であることは、原子力界では広く認識されている。この原則は、セラフィールドでは、運転時及び解体時の廃棄物を評価しつつ、新規施設の設計に反映されている。

廃棄物プロジェクトグループはセラフィールドサイトでのLLW管理事業を提供している。圧縮可能な軟廃棄物は角型ボックスに収納され、その後圧縮処理されたパックが20m³のISOコンテナに収納される。この施設は廃棄物検査・圧縮施設（Waste Monitoring and Compaction Plant: WAMAC）と呼ばれ、廃棄物は3分の1に減容され1991年より順調

に稼動している。このWAMAC施設はセラフィールド以外の英国の廃棄物も処理している。

鋼鉄建築構造材や建築粉砕材等のLLWは非圧縮性廃棄物に分類される。この種の廃棄物は生でモニターされ直接ISOコンテナに収納され、LLWの処分場へ移送される。

これらモニターされたISOコンテナはドリッグのLLW処分基準を満たしている。セラフィールドの南13Kmに位置する処分場へは鉄道輸送される。処分場でコンテナはセメント固化され埋設される。この工程は以前の簡易な投棄法より1991年に変更された。

最近、セラフィールドでは年間約3000m³の圧縮性廃棄物をWAMACに移送し、さらに3800m³の非圧縮性廃棄物を直接処分場へ移送している。

NDA戦略で示しているように、処分場の容量が容積面ばかりでなく、放射能でも制限されている。サイト浄化より発生する大量の廃棄物は大挑戦に直面している。本来非放射性である大量の粉砕物を処分するのは経済的ではない。さらにデコミショニング廃棄物、特にスチールは潜在的にリサイクルする価値がある。

セラフィールドの長期計画では2120年までに発生する1.4百万m³のLLWの処理コストとして現在価格で3400百万ドルを見込んで

いる。少なくともこのうち75%はLLW処分施設に送る必要のない免除廃棄物に分類されるものと推定している。

廃棄物プロジェクトチームは以下の方策を進めている。

- LLWの自由解放の準備
- LLW処分に必要な廃棄物の物量と放射能の最小化
- 金属リサイクルの確立
- デコミッションング廃棄物の評価

3-1 LLWの自由解放のための準備

セラフィールドでは、商業運転にあたり、環境基準が適用され、廃棄物量を低減している。長年にわたり、極低レベル廃棄物（例えば管理区域内での一般廃棄物等）を自由解放ルートに回してきた。自由解放のための放射能基準は10.8pCi/g以下である。

歴史的に、セラフィールドの操業に伴う圧縮性廃棄物はバッグづめして圧縮のためWAMACに送りその後埋設する前に発生元でモニターされていた。このことが周辺のバックグラウンドのため、過大評価となる。

そこで廃棄物プロジェクトでは低バックグラウンドの廃棄物取り扱い施設（Waste Handling Facility）を設けた。簡易な覆いのあるエリア内で、一般に入手可能なバッグモニターで測定される。この方法により50分の1に放射能が減少した。

調査では圧縮性LLWの約25%は自由解放が可能な低レベルであると判明した。in-lineでモニターし不用意に自由解放されないよう担保するプロセスが導入された。

上記のバッグモニターで測定後、廃棄物取り扱い施設内で、自由解基準以下の廃棄物は、赤ルートの流れからグリーンルートに移動される。廃棄物は2回目の放射能分析装置にかけられる。この段階での判定は免除レベルを規定したUK Nuclear Industry Code of

Practiceに基づく。

品質保証のため、破壊分析測定も選択して実施される。グリーンルートをパスした廃棄物は許可を受けた廃棄物取り扱い業者に委託される。この自由解放計画は2006年中に導入され、これによりLLW処分コストが年間1.05百万ドル節約出来ると期待されている。

3-2 非圧縮廃棄物処理の改善

セラフィールドで発生する非圧縮性廃棄物は従来極簡単に空隙をつめて直接コンテナに収納していた。金属やWAMACで圧縮できない建設粉砕物などがこの代表例である。この廃棄物処理は屋外で実施されている。

簡単な廃棄物の分別により、収納効率が30%から平均で65%に向上した。これは処分コストで1.93百万ドルの経費節減に相当する。

次の改善として、屋内作業場の設置と車粉砕機やパイプ裁断機のような低コストの従来型の設備を2006年までに導入する予定である。これにより非圧縮廃棄物の収納効率がさらに向上する。

3-3 金属リサイクルの確立

セラフィールドの浄化計画の過程で解体される施設設備の構造材として大量の金属廃棄物が発生する。これらのうち大部分は低濃度の表面放射能廃棄物である。廃棄物プロジェクトはこの廃棄物を金属リサイクル施設Wheelabrator(回転式研磨機)で処理している。

この施設で最初に処理されるものは不要あるいは劣化した450個のLLWISOコンテナである。コンテナを研磨機にかけられるように金属片に裁断される。これは既存の技術で金属の表面処理に広く利用されている1mm直径の16トンの金属ショットが金属の表面汚染を除去するため回転しており、破片はろ過装置を介して除去される。クリーンになった金属は広範囲な測定後自由解放されスクラップ市場に回る。このようにして有用な

再利用に使われる。ISOコンテナを処理した後、デコミショニングにより発生する金属廃棄物に対象を拡大する予定である。コールドホール発電所の解体チームでは、蒸気発生器の裁断の可能性検討の議論が進んでいる。これまで10個のISOコンテナが処理され、2008年までにこの仕事を終了する予定である。カッピングブースのついてない同様な回転式研磨機がWindscale Pile Chimney解体プロジェクトに使用され、すでに1000トンの構造材が自由解放されている。

3-4 解体廃棄物の評価

上記のイニシアチブは、セラフィールドでの施設の運転及び施設や設備の除去に伴うデコミショニングのための放射線管理区域内での現行の廃棄物管理事業を目指したものである。最終的なデコミショニングの段階では大量のLLWが生じる。この内の大部分は自由解放が可能である。廃棄物プロジェクトはこのタスクを実施するため「クリアランスと評価チーム」を立ち上げ、チームでは、最終的な解体に先立ち、建物の図面や記録のみならず、実際に現場を見て、詳細な物量評価を試算した。評価サンプルが採取され、詳細な廃棄物量が、最も適切なルートを特定しながら推定された。この方法によりLLW処分場に送られる予定だった廃棄物の量が大幅に削減された。

この作業は建屋毎に実施された。このプロセスは不要となった管理区域出入り管理施設が最近利用された。その施設より600m³の廃棄物が汚染除去され免除廃棄物として開放さ

れた。今後5年間にわたり、40以上の建屋がセラフィールドサイトで解体される予定である。これらの中には再処理施設、燃料製造施設、その他研究開発試験施設などが含まれる。これらの評価により、解体作業により発生する廃棄物の大部分が自由解放可能なものと推察された。

4 結論

セラフィールドサイト浄化の廃棄物に対する挑戦は100年にわたり1百万m³を超えるLLW処分を伴う巨大計画である。NDAはLLW処分とILW中間保管に係わるより良い解決に向けて挑戦している。

5 終わりに

セラフィールドサイトの純化計画の概要を紹介したが最後に筆者の個人的感想を述べる。大型原子力サイトの純化計画がわが国においても将来計画として具体化の段階を向かえつつある。本論文はセラフィールドの経験を踏まえ大量の廃棄物の処理処分をどう展開しようとしているのかその一端が伺えて興味深い。特に処分対象の廃棄物量の減少化に向けた取り組みは参考になる面が多い。既存の技術、施設をうまく組み合わせることでコスト削減に努める方策も参考になると思われる。

またクリアランスの適用や廃棄物の自由解放にも精力的な取り組みがみられるのも今後のわが国での取り組みにとっても参考になるものと思われる。

100年にわたる長期戦略はこれからが本番を迎える。

参考文献

- 1) I. Wheeler, "Meeting the Waste Challenge for Sellafield Cleanup," WM'06 Conference, Feb. 2006.

米国、コロラド州におけるNORM/TENORM廃棄物の処分

技術開発部 安念 外典

Clean Harbors Environmental Services (以下CHES)社は2005年1月31日にコロラド州公衆衛生環境局 (Colorado Department of Public Health and Environment、以下CDPHE) に資源保全再生法 Subtitle Cの廃棄物処理・処分施設 (以下C RCRA施設) であるDeer Trail landfillにおいてNORM/TENORM廃棄物を受入れ、処分する許可申請を行った。同法下の施設は放射性物質の取扱施設ではないことから、CDPHEはNORM/TENORM廃棄物を受け入れる条件を明確にした上で、申請内容を検討し、60日間の公開コメントを経て2005年12月21日に許可を出した。これらの経緯とNORM/TENORM廃棄物に課される条件について以下に概説する。

経緯:1980年に、Highway 36 Land Development社は、コロラド州アダムス郡Deer Trailに土地を購入して、有害廃棄物処理、保管、処分を行う事業許可の取得に取組んだ。この取得のために、サイト研究、地質学と水理地質学、環境設定、潜在的環境影響、及び工学設計を行なった。その結果、1987年11月12日にRCRA法 Subtitle Cに基づく特定廃棄物処理施設とする事業許可を取得した。この後、事業を受け継いだCHESは事業の拡大を意図し、NORM/TENORM処分の許可申請を行った。この背景には2001年5月にEPA (米国環境保護庁) が、「混合廃棄物における貯蔵、処理、輸送と処分」の法律作成準備のため、10 CFR61 Cが適用される低レベル放射性廃棄物処分施設の閉じ込めの有効性について比較した報告書がある。そこでは、C RCRA施設はNRC (米国原子力規制委員会) と同様に、地下水保護ができ、長期的に人間の健康及び環境保護が可能と報告している。また、廃棄物量、境界条件及び閉鎖条件については別個に検討するべきとしている。

申請内容:申請骨子は、NORMとTENORM

のうち、コロラド州法の放射性廃棄物の定義未満の濃度の放射性物質について事業許可を求めるものである。その濃度はK-40、天然ウラン及びトリウム崩壊系列からの娘核種を含め、合計で74Bq/g(2000pCi/g)未満、付随するラジウム-226濃度は15Bq/g(400 pCi/g)未満としている。許可申請には、人工放射性核種を含むような、広義の定義に沿った低レベル放射性廃棄物は含まれない。

また、放射線防護の観点から、作業員への放射線被ばくを1mSv/年以下に、目標としては0.25mSv/年に制限する内容となっている。埋立地の年間作業員については時間当たり最大0.5 μ Sv/h、半年間の作業員については、1 μ Sv/hを最大線量としている。

安全解析&結果:地質、水利、地形、気候、帯水層等のサイトに関する情報の多くは初期申請時の情報が利用された。今回の申請では各シナリオについて、合理的な複数の経路を用い、様々なモデルを組み合わせて被ばく評価を行っている。

水理学的な解析からは、この処分位置は表面水とは離れた位置にあること、排水機能、

浸出水収集システム、降雨が少ないことなどから、水に起因する解析を行う必要がなく、全ての廃棄物がDeer Trail 処分場のサイト評価期間(10000年)の間、封じ込め可能であると分かった。また、地質評価では地下4000フィートに利用されていない古代からの地下水があるが、そこからは離れており、サイトには帯水層がないことが分かった。サイトは、透過率 1×10^{-7} の自然のPierre Shale土で覆われている。したがって、NORM/TENORM 処分に関連して、将来に地下水問題の発生はないとの結論を導いている。

被ばくでは、(a)トラック運転手、(b)作業員、(c)閉鎖の後に住むかもしれない将来の居住者、が3つの重要なグループであると特定された。表1に、目標と被ばく評価を示す。どのケースも、作業員、一般公衆、環境に与える影響は予想された範囲内にある。この値は、十分にALARAを維持できるとの保証を与えるものであり、受入れ濃度基準以下のNORM/TENORM廃棄物は問題なく施設管理することができることの保証となる。

長期安定性：主要な設計は廃棄物を長期間に渡って、異常時、通常時、事故時に絶縁しておくことであり、ここで選択される解析は水の処分セルへの浸入解析、処分セルカバーの解析、最大地震時の動作解析、淀んだ水との接触解析及びサイト排水解析などであり、Deer Trailはこの点で問題がない。重要なのは、立地場所とサイトの長期安定性確保上の技術システムの確認を行う許可プロセスということになる。

パラメータ感度とモデルの不確実性：廃棄物受け入れ基準を作成するために、パラメータ感度とモデルの不確実性の問題について手広く研究され、一般的な経験則からいうと、リスクと線量評価が過少評価にならないように単純で保守的なモデルが選択されていた。

このアプローチ法は結果的に保守的なものに偏ることになる。この方法の真の不確実性は数学的モデルの出力ではなく、パラメータの決定行為の不確実性にある。また、シナリオ自身の不確実性がある。

このことから、今回許可取得で用いられたアプローチは複数の可能性を考慮する方法が選択された。即ち、様々な異なった概念的モデル、被ばくシナリオ、パラメータ選択するアプローチ法である。

この解析から、トラック運転手と埋立作業員の被ばくシナリオのうち、直接放射線(すなわちRa-226さらにその子孫核種)による外部被ばくが優位な被ばく経路であった。外部被ばくについては、ソース源、被ばく上のジオメトリー、被ばく期間、遮蔽状況などが重要である。以下に、使用されたパラメータの範囲を示す。

- ・濃度：0-74Bq/g(0-2000 pCi/g)
 - ・形状：TENORM廃棄物に存在する潜在的な条件については、単一のコンテナから処分地での大規模な体積線源まで変化。
 - ・廃棄物に接近する作業員はシナリオに依り、1mから数mの範囲で変化。
 - ・ユニットの濃度については、形状を考慮し、線量率として約1桁高くまで変更。
 - ・被ばく期間：仕事内容を考慮しその労働条件に基づくが、最高2000時間/年。
 - ・遮蔽条件:遮蔽なしからトラックの荷台フレーム及び廃棄物コンテナの厚み(鋼の1センチメートルの数分の1まで)変化。
- 表2に、Ra-226さらにその子孫核種に対する廃棄物受け入れ基準を纏める。

これらの解析から得られた結論は、74Bq/g(2000pCi/g)未満とする制限をサイトに設けることにより、公衆被ばくの重大な増加や地下水汚染を引き起こすことなくDeer Trail landfillを満杯とすることができる

ている。

安全解析によって、廃棄物の受入れ基準は Ra-226で15-30 Bq /g(400-800 pCi/g)となるが、他の埋立て処分地の経験を考慮して、保守的にとり、荷姿で測定して平均で15 Bq/g(400 pCi/g)を廃棄物の受入れ基準とした。現状：許可申請書は、2005年1月31日に CDPHEに送付された。CDPHEは2005年8月26日に、Deer TrailでNORM/TENORM廃棄物の処分を行うための最終的な草案を提出し公開した。2005年10月26日に一般コメント期間が終わり、最終的な許可を2005年12月21日に出した。また、これに先立って、2005年6月8日に、ロッキー山脈低レベル放射性廃棄物州協定により、デンバー・スーパーファンド

サイトからDeer Trailでの処分のために、ラジウムで汚染した廃棄物の輸送を承認している。

- 1) WE. Kennedy Jr., Phillip G. Retallick, John H. Kehoe, Michael M. Webb, David B. Nielsen, James R. Spaanstra, and Lynn M. Kornfeld, "Licensing a NORM / TENORUM Disposal Site : The Deer Trail Landfill," (Radwaste Solutions May/June 2006)
- 2) U.S. Environmental Protection Agency, "Technical Evaluation for the Disposal of Mixed Waste at Low-Level Radioactive Waste Disposal Facilities," RCRA-2001-0019-OW7, (2001).

表1 操業時と閉鎖時のDeer Trail Facilityにおける影響評価解析

被ばくシナリオ		目標値 mSv/y(mrem/y)	限界解析 mSv/y(mrem/y)	最適評価解析 mSv/y(mrem/y)
Deer Trail 作業員	トラック運転手	1 (100)	0.48(48)	0.03(3)
	受取者、検査者	1 (100)	0.62(62)	0.06(6)
	処分内作業員	1 (100)	0.50(50)	0.10(10)
コンテナ近くの 個人被ばく	作業員	1 (100)	0.55(55)	0.04(4)
	一般公衆	0.25(25)	0.022(2.2)	0.001(0.1)
操業中の近くの住民		0.25(25)	0.25(25)	0.01(1)
閉鎖後の近くの住民		0.25(25)	0.0005(0.05)	~ 0
表面水への放出		0.25(25)	N/A	N/A
処分セルからの水放出		0.25(25)	N/A	N/A
核種浸出及び移動 - 飲料水		0.25(25)	N/A	N/A
生物を通じた放出		0.25(25)	N/A	N/A

表2 Ra-226とその子孫核種の受入れ基準

シナリオ	解析コード	結果 Bq/g(pCi/g)
トラック運転手	TSD-Dose	30(800)
廃棄物受入れ・検査の作業員	TSD-Dose	18(500)
処分セル内の作業員	RESRAD	15(400)
コンテナ作業員	MicroShield	15(400)

米国・ドレスデン1号炉の使用済燃料プールの解体

東海事務所 石川 広範

ドレスデン1号炉の使用済燃料プールは、高度の汚染があり高放射化物が残存している。解体プロジェクトでは、アイダホ国立研究所(INL)の技術支援の下に、使用済燃料プールの壁面の除染と表面塗装を、潜水夫が水中に潜り実施した。この工法を採用することにより、空気中の二次汚染を防止し、安全に経済的にプールの除染を完遂したのでその概要を紹介する。

1. 施設概要及び解体に至る経緯

同炉は、1960年7月に運転を開始した電気出力21万kWeの原子炉で、BWR型の商用炉としては最初に建設された原子炉である。スリーマイル・アイランド事故の発生に伴い、原子力規制委員会(NRC)の安全規制が強化されたため、その安全規制に適合させるには、多額の費用を要することから1986年に同炉の恒久閉鎖が決定した。解体は、最長30年間の安全貯蔵(SAFSTOR)を行った後に、同サイトで稼働中の2、3号炉の恒久停止後に、3基を同時に解体する計画である。

1号炉のプール水の漏洩が、漏洩検知モニターにより検知されたため、プール管理に伴うリスク及び保守費を削減するために、水中除染実績のあるINLの支援を受け、潜水夫による水中での使用済燃料プール除染を実施した。

2. INLにおける水中除染作業ための準備

INLでは、同研究所の試験区域にある使用済燃料プールTAN-607の除染について種々の検討を行い、潜水夫が水中に潜り除染や表面塗装等を行う選択をした。環境評価、安全評価、技術評価等について詳細に検討し、厳しい放射線管理基準に適合できるよう作業手順

書を準備した。特に、人体汚染及び過剰な外部被ばくを受けないように配慮し、水中での作業員訓練等も組み入れた。

また、表面固着材の選定にあたっては、適用が簡単なこと、金属やコンクリート表面にしっかりと固着すること、水質に悪影響を及ぼさないこと、すでに実証済みの技術であること等、幅広い調査を実施した。

3. 使用済燃料プールTAN-607における除染作業

同プール内は、スリーマイル・アイランド原子炉の破損燃料や炉内構造物が保管されたため、高度に汚染していた。潜水夫のプールへの出入は汚染管理室をとおして行われ、この室内で洗浄、拭き取り、乾燥などを実施し、二次汚染を防止した(図1参照)。作業員の被ばく管理及びプール内の汚染状況の確認はリアルタイムで実施され、放射線線量計の故障や線量計の指示が5mSv/hを超えた場合には、潜水夫は線量率の低いエリアに避難すること等の規則が設けられた。

除染作業に先がけ線量率の高い放射化物等(最高は、スリーマイル・アイランド原子炉事故時の破片と思われるもので900mSv/h)は撤去・搬出した。プール水を浄化した後、油圧

式の洗浄装置 (hydraulic hull device) によりプール壁を洗浄した。プールの塗装ペイントには気泡などがあり、これらの撤去には固いスチール製のワイヤーブラシが必要であった。その後、プール床をバキューム措置により清掃した。

プール壁面除染後の水中でのエポキシ樹脂塗装では、図2に示す様な特殊なペイントローラ装置が使用された。この装置は、エポキシ樹脂と固化材を2つのポンプで供給し、ローラの約1.5m手前で混合する方式である。

水及び重いゴム製のダイブスーツの遮へい効果により、1潜水当たりの潜水夫の平均放射線被ばく線量は50~80 μ Svであった。プール洗浄における潜水夫の総被ばく線量は、7.44mSvで、最も被ばくの高かった潜水夫の被ばく線量は1.96mSvで、ダイバーサポート者の総被ばく線量当量は0.8mSvであった。

潜水夫によるプール除染方法は、他の除染方法で実施するより、被ばく線量が低減され、この方法を適用することにより、工事期間が1.5月短縮され作業コストが20万ドル削減されたと評価された。

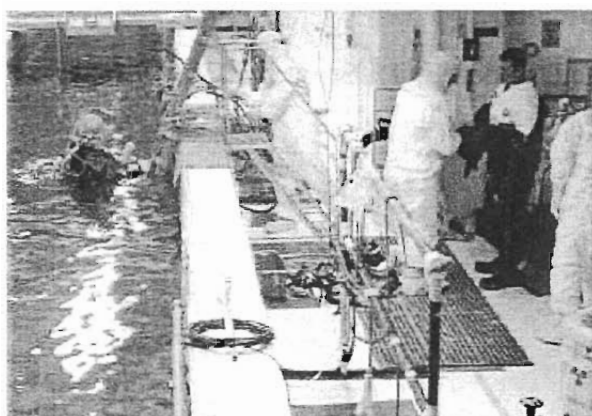


図1 MTRの使用済燃料における潜水服の装着

4. ドレスデン1号炉使用済燃料プールの除染

最初のプール除染計画では、プールの水位を下げて伸縮性のある長い工具を使用しプールの除染と表面塗装を行う予定であったが、この方法では、空気中への二次汚染の恐れがあること、水処理に長時間を要すること等により、INLで実績があり、空気中への二次汚染の問題がなく、水処理に伴うスケジュールの制約も少ない等の理由で潜水夫による除染方法が選択された。また、安全面、コスト及び被ばく線量の面で有利であると評価された。

プール内の残存放射能を確定する事が最初の重要な作業であった。以前のプール洗浄記録及びドレスデン所有の放射線測定器等による線量測定が困難であったことから、放射線測定器やビデオ等を備えたINLの遠隔水中評価システムを使用して評価を行った。プール床の線量率は、

20~30mSv/h(ホットスポット:110 mSv/h)であった。このプロジェクトでは運転中の原子炉も考慮して計画する必要があり、計画から工事が完了するまで1年以上を要した。



図2 水中での壁面塗装作業

このプロジェクトで最も大変な作業の一つは、プール水の洗浄であった。なぜなら、プール表面には藻が付着しており、水もかなり汚染しており視界も悪いため、水処理を行い水中の視界を良くする必要があった。また、潜水作業の期間中も水をクリーンに保つ必要があり、継続して水処理を行った。これらは潜水夫の被ばく低減や潜水着の汚染低減にも有効であった。

水中での作業は、二人組で3時間継続して行い、一日2交替で実施した。使用済プール内には10～500mSv/hのホットスポットがあったが、水の遮へい効果により潜水夫の被ばく線量は、10～500 μ Svであった。

このプール除染作業で発生したクラスAのフィルター廃棄物は、脱水後空気乾燥を行いサイト内に保管され、クラスCのフィルター廃棄物は搬出され圧縮処理された。

このプロジェクトは、僅かな作業員被ばくで安全面における問題もなく成功裡に完了することができた。全作業時間は10,186時間、作業員の全被ばく線量は36 mSvで281回の潜水で終了した。

参考文献

- 1) R.L. Demmer, R.J. Bargelt, "Decommissioning the Dresden Unit 1 Spent Fuel Pool," WM's06 Conference, February 26, 2006.
- 2) 米国NRC. website, "Dresden Unit 1," September 2005.

5. 得られた知見

INL及びドレスデン1号炉の使用済燃料プールの除染経験から、考慮すべき事項として以下の提案がなされている。

- ・適切な放射線管理を行うことができ、かつ経験を有する熟練した潜水夫が行うことが重要である。
- ・潜水夫の作業効率を高め汚染を広げないために、水を透明にし、放射能濃度を低くおさえることのできる高品質の水処理システムが必要である。
- ・使用済燃料プールは、高度の汚染が予測されるので防水性の線量計を使用し定期的に測定を行う必要がある。特殊な作業であることから、計画はフレキシブルに対応可能にし、伸縮可能な工具を備えておく必要がある。
- ・ペイントの剥がれや気泡が生ずることにより、ペイントの消費量及び作業時間が増大するので前もって十分に検討しておく必要がある。
- ・潜水夫、支援要員、放射線管理者等の連絡を密にし、良いチームワークで行うことが大切である。

©RANDECニュース 第70号

発行日：平成18年9月20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