

原環センター トピックス

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT FUNDING AND RESEARCH CENTER TOPICS

2005.3.NO.73

目次

第3回 TRU-Workshop	①
クリアランスレベル制度化への歩み	⑤
センターの活動状況	⑧

第3回 TRU-Workshop

1. はじめに

当センターではTRU廃棄物の処分に関する数多くの研究・開発を行っており、それらを相互に効率よく行うため、国内外の研究機関等との情報交換、学会等への参加も積極的に行い、成果を公開している。このたび、第3回TRUワークショップが2005年1月11日から13日までの3日間にわたって英国オックスフォードで開催され、当センターからも、当センターの研究・開発の一部について我が国のTRU廃棄物処分に向けた取り組みの一部として報告した。

本報告では、第3回TRUワークショップでの当センターからの報告内容について紹介する。

2. TRU廃棄物について

諸外国においては、明確にTRU廃棄物という区分を定義していない国もあるが、一般に、高レベル廃棄物以外の放射性廃棄物のうち、放射線レベルの比較的高い廃棄物や、長半減期元素を含む廃棄物が、TRU廃棄物に該当する。

我が国では「核燃料の再処理施設およびMOX燃料加工施設で生じる高レベル廃棄物をのぞく放射性廃棄物と、それら施設の解体によって生じる放射性廃棄物」をTRU廃棄物として区分しており、その特徴として、使用済み燃料の鞘管（ハル）などを圧縮した金属廃棄物や、使用済み燃料の再処理で発生するプロセス廃液を固化した固化体、排ガスからI-129

を捕集した吸着剤など、廃棄物の形状、形態、含まれる放射性核種などが多岐にわたることがあげられる¹⁾。

廃棄物が多岐にわたることから、たとえば、放射化した金属廃棄物から溶け出すC-14や、吸着剤から放出されるI-129などの長半減期元素の影響への対策や、処分場の建設や廃棄物の固化に用いられるセメント系材料から溶け出すアルカリ成分が処分環境やバリア材料の性能に及ぼす影響の評価など、その処分に関する課題にも多様なものとなっている¹⁾。

そのすべての課題をカバーするためには膨大な研究・開発が必要であるため、各機関が協力し、効率的に研究・開発を進めていくことが必要となっている。

3. TRUワークショップについて

TRUワークショップは、TRU廃棄物処分に関する情報を交換することにより、各国の処分を円滑化することを目的としている。

第1回はNagraの主催で1996年12月にスイス(Baden)で開催され、

- ① 処分コンセプトの共通性
- ② 処分システムの複雑さ
- ③ 処分場で起こる現象の理解がまだ十分でないこと
- ④ 解決不可能な課題は存在しないこと
- ⑤ 微生物、コロイド、高pHプルーム、ガスの移

行に関しては、さらなる検討が必要なことが確認された。

第2回は、TRU共同事務所の主催で1999年9月に日本（東京）で開催された。

第2回ワークショップでは、

- ① セメント系材料の変質
- ② ベントナイト系材料の長期安定性
- ③ キー核種の移行挙動
- ④ ガスの発生と放出

を議題として取り上げ、それぞれの課題とその対策について議論した。第2回ワークショップは、我が国のTRU処分に関する最初のとりまとめ成果である、TRU廃棄物処分概念検討書の執筆時期の開催であったため、当時のとりまとめ内容についても議論が交わされ、その成果はTRU処分概念検討書に反映されている。

今回、日本でTRU第2次とりまとめが行われていることもあり、各国でも検討が進んできていることから、第3回TRUワークショップを開催することとなった。第3回ワークショップは、Nirexの主催で英国Oxfordで開催された。会場はThe Randolph (写真1)である。

第3回TRUワークショップの議事内容は、各国での公開前の情報を含んでいるため非公開としている（ただし、2005年中に、国際会議等にて、ワークショップ事務局より議事内容を報告予定である）。



写真1 TRU-Workshop会場 (The Randolph)

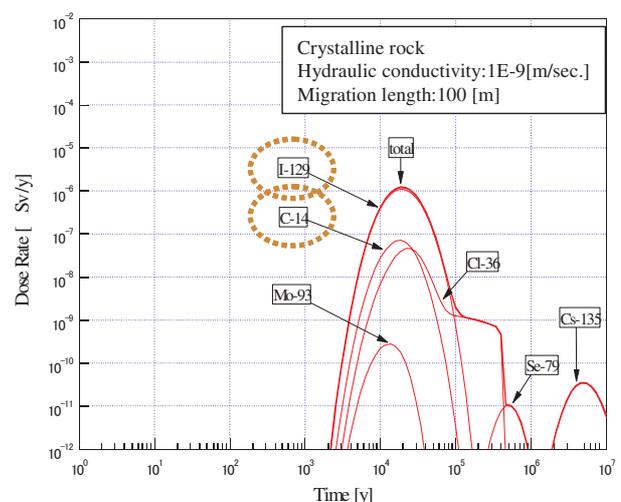
4. 当センターからの報告内容

前述の通り、第3回TRUワークショップの議事内容は、現在非公開扱いであり、紹介できないが、我が国のTRU廃棄物処分に向けた取り組みの一部として当日報告した当センターの研究・開発の一部についてここで紹介することとする。

図1に、TRU廃棄物処分概念検討書におけるTRU廃棄物処分の影響評価の結果の例を示す。図から分かるように、我が国のTRU廃棄物の処分において、環境への影響が大きい核種はI-129とC-14である。処分場周辺の環境への影響は、処分場周辺の地質環境および水理場によって左右される。言い換えれば、地質環境や水理場の条件の適した地域に処分場を建設すれば、処分場からの影響は小さくなるが、一方、地質環境や水理場の条件の適さない地域に処分場を建設する場合には、影響が大きくなるため、これら核種の影響を低減させるための対策が必要になる可能性がある。

一般に核種の影響を低減させるためには、その移行を遅らせ、生物圏（地表近く）に到達するまでに十分減衰させることが有効であるが、I-129の半減期は約1570万年、C-14の半減期は約6000年と長く、十分な減衰が期待できないため、別の方策を用意しておくことが必要である。

当センターでは、TRU廃棄物処分に向けたオプションとして、I-129への対策として新しい固化技術の開発を、C-14への対策として長期閉じ込め型の廃棄体の開発をそれぞれ行っており、第3回TRUワークショップにて報告した。



An example of calculated dose rate on TRU waste disposal

図1 TRU廃棄物処分における評価上の重要核種¹⁾

4.1 I-129対策

I-129対策として、当センターでは8種類の固化方法を検討しており、今回はこれらのうち、高温等圧プレス(HIP)処理とAgIガラス固化とを例として、紹介した。

HIP処理は、I-129を吸着させた吸着剤をHIPによってセラミックス化することで、その放出を制御するものであり、放出期間は 9.8×10^8 年と評価した(図2)。

AgIガラス固化処理は、I-129を吸着した吸着剤を処理し、AgI-Ag₂O-P₂O₅系ガラスとして固化する方法である。AgI-Ag₂O-P₂O₅系ガラスが地下水と接すると、表面にAgI層が生成し(図3)、I-129の放出を抑制する。

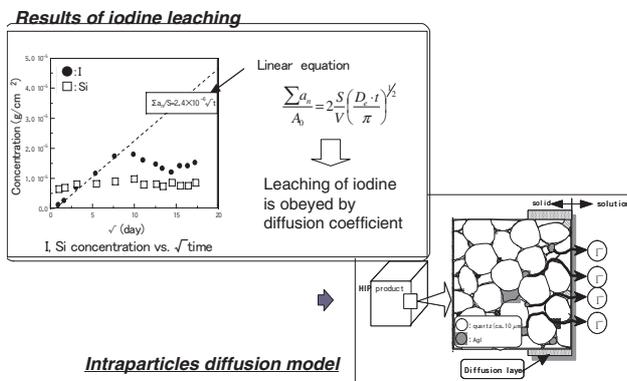


図2 HIP処理固化体からの放出モデル

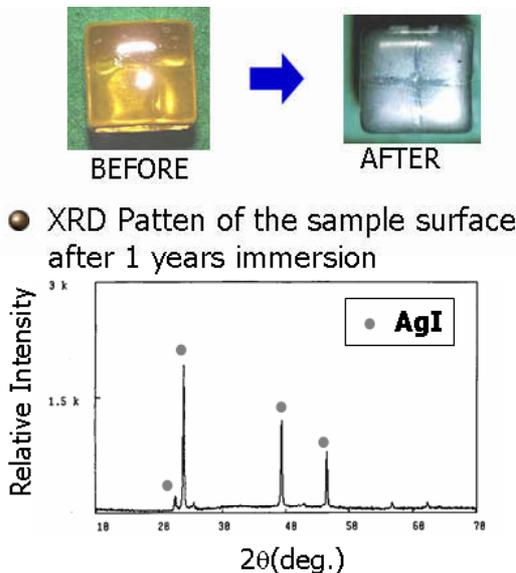


図3 浸漬前後のAgIガラスと表面のXRD

4.2 C-14対策

C-14対策として、当センターでは廃棄体容器による長期閉じ込めと、光触媒による有機C-14の無機化とを検討している。今回はこれらのうち、廃棄体容器による長期閉じ込めについて紹介した。

長期閉じ込め用の廃棄体容器としては、高強度高緻密コンクリートを用いた一体成形容器と、チタン合金を用いた複合容器とを検討している(図4)。

高強度高緻密コンクリートは、一体成形により継ぎ目、ひび割れのない容器を作製し、その高い止水性によって、地下水の浸透を抑制することで、内部の廃棄物の漏出を防止するものであり、C-14の半減期の10倍に当たる6万年間の水浸透距離は14cm、また地下水との反応による化学劣化厚さは4cmと評価された(図5)。

チタン合金を用いた複合容器では、処分後初期の酸化雰囲気下での脱不動態化とすき間腐食の感受性、および処分後長期間を経た後の還元雰囲気下での水素脆化応力腐食割れ(SCC)について評価した結果、チタン-パラジウム合金では脱不動態化およびすき間腐食への感受性がないことを確認した。また、SCCに関しては、水素化物層の成長および応力腐食割れの発生をモデル化して評価したところ、6万年後の水素化物層の厚さはわずか8.82μmであり、応力腐食割れを生じる厚さに達さないことを確認した(図6)。

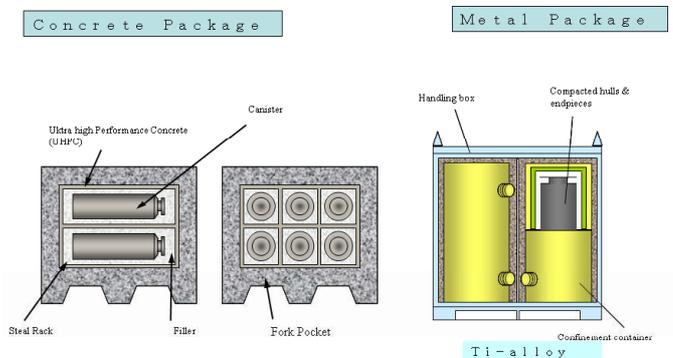


図4 長期閉じ込め用廃棄体容器の概念図

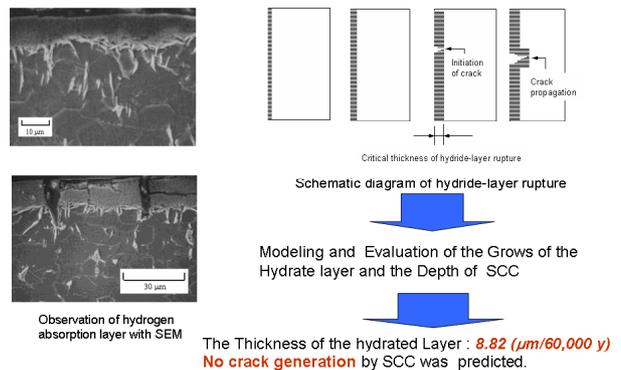
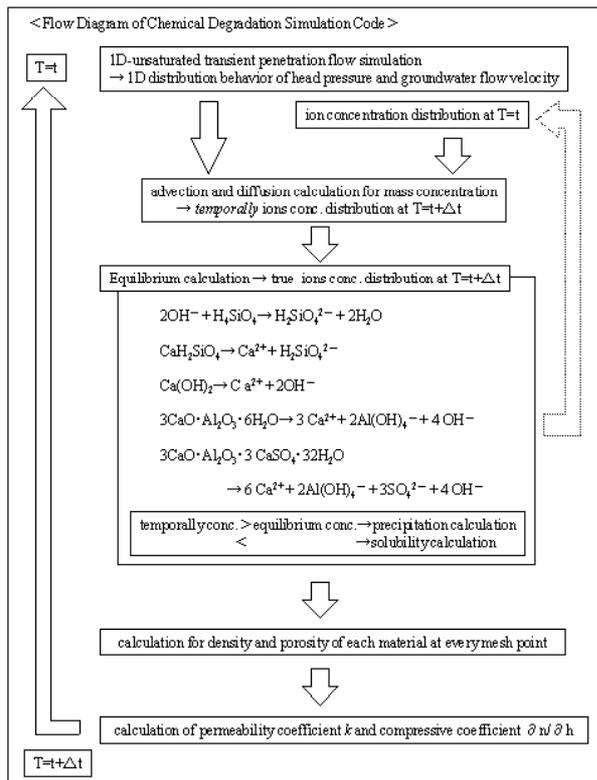


図6 チタン合金の水素脆化応力腐食割れ評価

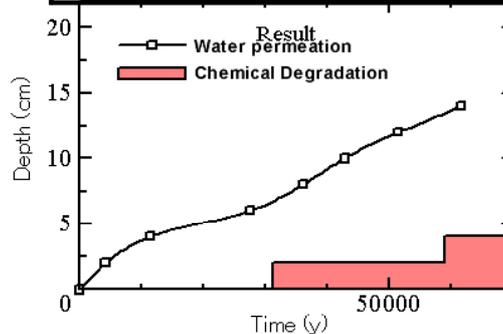


Concentration of groundwater (originated in seawater)

Ion	Conc. (mol/m ³)	Ion	Conc. (mol/m ³)
SO ₄ ²⁻	30	CO ₃ ²⁻	35
Mg ²⁺	0.25	Cl ⁻	590

Main input parameters

Initial permeability	4E-19 m/s
Diffusion coeff. of ions	2E-14 m ² /s
Disposal depth	500 m



Water permeation: 14cm(60,000y)
Degradation :4cm(60,000y)

図5 高強度高緻密コンクリートの評価結果

5. おわりに

議事内容を紹介することはできないが、諸外国での取り組み状況と、前回ワークショップ以降の進捗についてワークショップを通じて情報を得ることが出来た。また、当センターの取り組みに対しても、有益なコメントを得ることができた。今後の取り組みに反映していくこととしたい。

(大和田 仁)

6. 参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構、電気事業連合会、TRU 廃棄物処分概念検討書、JNC TY1400 2000-001. TRU TR-2000-01, (2000)

クリアランスレベル制度化への歩み

1. まえがき

総合資源エネルギー調査会、原子力安全・保安部会、廃棄物安全小委員会の報告書「クリアランス制度の整備について」⁽¹⁾が、平成16年9月に結論され、関連する検討の歴史を振り返れば、30年にも及ぶ検討に一つの区切りがつけられた。同じ月には、国際原子力機関 (IAEA) の安全指針文書RS-G-1.7「除外、免除及びクリアランスの概念の適用」⁽²⁾も出版され、これまた、IAEAにおける長期にわたる検討に終止符をうつものであった。

原子力安全委員会においては、RS-G-1.7の出版を受けて、最新知見に基づくクリアランスレベルの再評価が行われた⁽³⁾。そこでは、新旧のクリアランスレベル評価値及びIAEAの規制免除レベル (クリアランスレベルにも適用可能) 勧告値の間には有意の差はなく、いずれを採用することも可能と判断されたが、国際的整合性の観点からはIAEAの勧告値を採用することは適切と判断された。

原子力安全委員会の結論を受けて、廃棄物安全小委員会報告書は、わが国のクリアランスレベル規制値の設定においても、基本的にIAEAの安全指針文書に示された値を用いることが適当との結論を取り入れて改訂された (平成16年12月、表1)⁽⁴⁾。

「クリアランスレベル制度の整備」は、「核物質防護規制の強化」及び「原子力施設の廃止措置規制の明確化」と並んで、原子炉等規制法改正法案の要目とされ、今後、閣議決定を経て現在の第162回常会において改正の審議が行われる予定である。

表1 クリアランスレベル (単位: Bq/g)⁽¹⁾

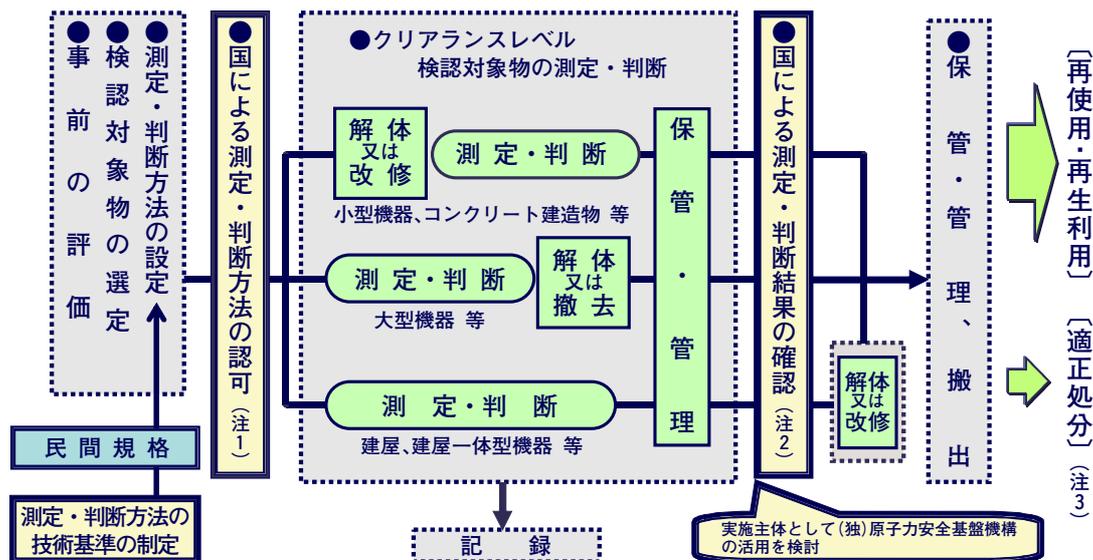
核種	クリアランスレベル	核種	クリアランスレベル
H-3	100	Cs-134	0.1
Mn-54	0.1	Cs-137	0.1
Co-60	0.1	Eu-152	0.1
Sr-90	1	Eu-154	0.1
全 α 核種	0.1		

(IAEA安全指針の値を用いた場合)

2. クリアランスレベル制度化の検討経緯と現状

(1) 背景

天然に存在するすべての物質は、多少なりとも放射性物質を含有しており、すべての人間は、特に放射性物質を取り扱わなくても、自然界からのバックグラウンド放射線を浴びている。このバックグラウンド放射線の量は、地域や生活習慣による変動がある。



(注) 1. 国による測定・判断方法の認可 (認可時の審査内容)
 評価対象とする放射性核種の選択や組成比の設定方法、対象物の特性に応じた測定条件の設定や測定方法、測定結果の評価方法、測定・判断が終了した対象物の一時保管の方法、記録の管理、品質保証計画の策定状況等
 2. 国による測定・判断結果の確認
 認可を受けた方法に基づき行われた測定・判断に関する記録を確認する (必要に応じ抜き取り測定)。また、事前の評価からクリアランスされた物の搬出まで一連の測定・判断に係る品質保証活動の実施状況の確認について、国は適切な機会を通じてこれを行う。
 3. クリアランスされた物の処分又は再生利用の際の最初の搬出先について、制度が社会に定着するまでの間、事業者が把握・記録するよう求める。

図1 クリアランスレベル検認の流れ (例)⁽¹⁾

したがって、バックグラウンド放射線やその変動に比べて十分小さい放射線であれば、それをあえて規制する必要性も理由もないとする考え方は以前からあった。例えば英国では、400kBq($\beta\gamma$ 核種のみ)/0.1m³以下ならば、“Dustbin Disposal”(一般の廃棄物と同様の処分)を可能とする慣行が1950年代から行われており、人工核種0.4Bq/g以下等の基準を満足する固体物質の処分については放射性物質法の適用を免除するとする現行の免除令⁽⁶⁾は1986年に制定されている。また、米国では、表面汚染物について、5000dpm/cm²(0.833Bq/cm²: $\beta\gamma$ 核種、他核種の基準もあり。)とする区分基準値(規制指針RG 1.86:1974年制定⁽⁷⁾)が長らく便宜的に用いられてきた。しかしながら、これらの基準値は必ずしもリスクあるいは線量の検討に基づくものではなく、国際的に整合のとれたものでもなかった。

一方、IAEAやEU(EC)等の国際機関においてもクリアランスレベルに関する検討が行われるようになってきた。IAEAでは、当初は海洋処分に関して、放射性廃棄物として扱うべき下限濃度を定義することの必要性から検討が開始され、後に陸地での処分も包含した一般的な濃度レベル(当時の呼称は免除レベルあるいはデミニミスレベル)の試算も行われた(IAEA-TECDOC-401(1987)⁽⁸⁾)。国際機関における検討は、基本的には基準値やその誘導の根拠となる考え方(参照される線量レベル)についての国際的整合性を確立することにあると考えられる。そのためには、線量の基準値や考え方についての国際的コンセンサスを必要とするが、先行している各国の実態や、国ごとに異なる規制体系などの事情の理由で、容易にこれを達成することができなかったことが、最終的な規制文書の策定に時間を要したことの理由の一つになっていると考えられる。

しかしながら、国際機関における検討は、リスクに基づく基準化、国際整合のとれた基準化を図るという一貫した姿勢で進められ、結果として、各国においても、同様の方針での検討が行われることを推進したと考えられる。

(2) 海外、国際機関(主にIAEA)における検討経緯と現状

前項で述べたように、放射性物質による汚染が極めて低い廃棄物のクリアランス(多種多様の名称が用いられていたが、近似的に現在の名称であるクリアランスで代用できると考えられる場合はすべてこれを用いることとした。)については、各国独自の制度や慣行が先行していたが、国際機関における検討も1970年代後半頃から行われるようになった。IAEAにおける検討は、当時低レベル放射性廃棄物の処分方法として行われていた海洋投棄処分に関して、低レベル放射性廃棄物として扱うべき廃棄物の放射能

濃度下限値を検討することを目的として開始された。その後、陸地処分についても同様の概念が検討されるべきであるとして、陸地処分に関する濃度下限値の検討も行われたが、いずれも具体的な濃度の提案には至らなかった。いずれの検討においても、放射能濃度の下限値は、人の健康に対して問題のない低い線量に相当する濃度として誘導されるべきであるとの共通した結論が得られた。その線量としては、10 μ Sv/yという値が示唆されており、現在国際的にも合意されているクリアランス線量規準の初期の検討が行われている。

IAEAにおける検討はその後も継続され、1987年にはTECDOC-401⁽⁸⁾で、初めて濃度レベルの試算値が示されている。TECDOC-401の前半部は、濃度レベルを誘導する根拠となる考え方(免除原則)について検討されているが、TECDOC-401の出版時点では国際的な合意には達していなかった。IAEA-SS-89(1988)⁽⁹⁾の出版によって免除原則に関する国際合意が得られ、基本的には現在もこれとほぼ同じ規準によってクリアランスレベルが誘導されている。すなわち、対象となる行為に関して、決定グループの個人線量を10 μ Sv/yのオーダー以下、最適化の判断指標として集団線量が1人-Sv/行為・年という指標を示している。しかしながら、この原則から誘導される濃度についての合意には、その後16年も待たなければならなかった。

TECDOC-855(1996.1)⁽¹⁰⁾は、クリアランスレベルの誘導濃度に関しての国際的合意を目指した文書であった。出版後約3年の期間に得られるコメントや経験を踏まえて再検討し、最終的にはIAEAの基準文書として出版することを目標としていた。しかし、この間に文書の対象範囲や目的等に変化があるなど、結論を長引かせる要因があり、最終的に基準文書RS-G-1.7⁽²⁾として出版されたのは8年後の2004年9月であった。

従来、除外(Exclusion)と免除(Exemption)の概念が、除外、免除及びクリアランスへと分化してきたが、RS-G-1.7では、従来、中程度の量を前提していた免除レベル(IAEAの基本安全基準BSS115)⁽¹¹⁾に対して、人工核種については、大量の物質を前提とした免除レベルの誘導値を示し、これをクリアランスレベルとしても使用できることを示唆した。一方、天然核種については、世界の土壤中の濃度分布の上限を目安にした規制除外濃度レベルを提案している。

例えば米国でもクリアランスレベルの制度化が検討されているが、濃度基準の国際整合性の観点から、IAEAのRS-G-1.7の濃度を国内基準として採用することも視野におかれている。

(3) わが国における検討経緯と現状

わが国においても昭和50年代早期には、クリアランスレベルに相当する概念⁽¹²⁾が提案されていたが、具体的な制度化までには長期を要している。低レベル放射性廃棄物の埋設に係る濃度上限値の検討と並行してクリアランスレベル相当の基準値の検討も一時行われたが、最終的にクリアランスレベルの評価値が原子力安全委員会報告書としてまとまったのは平成11年3月の「主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて」⁽³⁾が最初である。その後、原子力安全委員会においては、「重水炉・高速炉等におけるクリアランスレベル」⁽¹³⁾、「核燃料物質使用施設(照射済燃料及び材料を取り扱う施設)におけるクリアランスレベル」⁽¹⁴⁾、「原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方について」⁽⁴⁾が検討された。平成16年12月には原子力安全委員会が、最新の知見に基づいてクリアランスレベルの再評価⁽⁵⁾を実施し、IAEAのRS-G-1.7の評価値との比較検討も行われた。結論として、原子力安全委員会の評価値とIAEAの評価値は、評価の保守性の観点からは有意の差はないものと見なせるとしている。

一方、総合資源エネルギー調査会、原子力安全・保安部会の廃棄物安全小委員会及びその傘下の低レベル放射性廃棄物安全等ワーキンググループで検討されていた「原子力施設におけるクリアランスレベル制度の整備について」は、平成16年9月に最終報告書として結論されていたが、上記の原子力安全委員会の再評価を考慮して、国際的整合性などの立場からRS-G-1.7の提案値を採用することとし、報告書のクリアランスレベルの値を修正するとともに、濃度の変化に伴う物量の変化等の改訂報告書を採択した(平成16年12月)⁽¹⁾。

以上の国の報告書にも指摘されているが、クリアランスレベルの規制制度への取り入れにあたっては、検認制度の整備及び適正な運用、制度の普及活動が重要な課題であるとされている。クリアランスレベルの検認については、原子力安全委員会の報告書「原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方について」や、極低レベル放射能測定に関するこれまでの検討成果などに基づいて、日本原子力学会標準委員会が標準「クリアランスの判断方法(案)」の原案が取りまとめられ、平成16年12月20日から平成17年2月20日まで意見受付が行われている段階である。

原環センターでも、放射能濃度測定などに基づいてクリアランスレベル要件を満足する廃棄物の区分判断を行うためのマニュアルを策定するための検討を国から受託して平成13年度まで行ってきた。その成果の一部は、上述の日本原子力学会標準原案にも活用されており、制度化の一役を担えたのではないかと考える。

3. あとがき

以上のように、原子力施設におけるクリアランス制度の整備は、今まさに大詰めをむかえようとしているが、ようやく制度化の最終段階に到達したところであり、制度化～実施～制度の定着までを着実に進めることが重要であり、理解の促進と信頼の醸成に向けての努力が今後とも必要とされる。

(山本正史)

参考文献

- (1) 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会、原子力施設におけるクリアランス制度の整備について(2004.9、2004.12一部改訂)
- (2) IAEA, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Guide, Safety Standards Series No. RS-G-1.7 (2004)
- (3) 原子力安全委員会、主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて(1999)
- (4) 原子力安全委員会、原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方について(2001)
- (5) 原子力安全委員会、原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するもののうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度について(2004)
- (6) Statutory Instruments 1986 No.1002, Radioactive Substances (Substances of Low Activity) Exemption Order (1986)
- (7) U. S. AEC, Regulatory Guide 1.86, Termination of Operating Licenses for Nuclear Reactors (1974)
- (8) IAEA, Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control: Interim Report, TECDOC-401 (1987)
- (9) IAEA, Principles for the Exemption of Radiation Sources and Practices from Regulatory Control, Safety Series No. 89 (1988)
- (10) IAEA, Clearance Levels for Radionuclides in Solid Materials: Application of Exemption Principles Interim Report for Comment, TECDOC-855 (1996)
- (11) IAEA, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115 (1996)
- (12) 原子力委員会、放射性廃棄物対策に関する研究開発計画(中間報告)(1976)
- (13) 原子力安全委員会、重水炉・高速炉等におけるクリアランスレベルについて(2001)
- (14) 原子力安全委員会、核燃料使用施設(照射済燃料及び材料を取り扱う施設)におけるクリアランスレベルについて(2003)

センターの活動状況

「ドイツにおける放射性廃棄物の現状」の開催

平成16年12月15日(水)に原環センターにおいて、DBEテクノロジー社 国際協力部長ビュールン氏をお招きして「ドイツにおける放射性廃棄物の現状」と題し、賛助会員及びご支援機関などの方々を対象とした講演会を開催しました。



英NIREX等と協力協定

原環センターは、昨年、英国NIREX社及び韓国KHNP/NETEC（韓国水力原子力株式会社原子力環境技術院）と情報交換、人材の派遣・受け入れ、役務の提供、共同研究等の活動を対象とした協力協定をそれぞれ昨年9月24日と10月20日に締結しました。

原環センターは、これまでにフランス・放射性廃棄物管理機関（ANDRA）、スイス・放射性廃棄物管理共同組合（NAGRA）等と協力協定等を締結しており、今後、新たに協定を締結した2機関を含め13の海外機関との協力を進めることになりました。

第9回積立金運用委員会の開催

平成17年2月1日(火)に第9回積立金運用委員会（委員長は東京経済大学教授 若杉敬明氏）を開催しました。今回は、平成16年度の直近までの運用状況について報告を行うとともに、平成17年度の運用方針及び計画についてご審議いただきました。なお、昨年12月末で委員委嘱期間が満了し、神作委員が退任され新たに神谷委員（法政大学法学部教授）が就任されました。

平成16年度の長期金利は、当初の1.4%台から夏場にかけて一時1.9%まで上昇しましたが、その後なだらかな低下を続け、1月末の時点では1.3%前後で推移しています。金利の変動はあったものの、運用計画はほぼ達成できる見通しです。

平成17年度においても、平成16年度運用方針及び計画を踏襲し、信用リスクを考慮したバランスのとれた運用に努めることとしております。

平成16年度調査研究契約状況

平成16年12月1日以降、平成17年2月末までの間で、次の受託契約が行われました。

委託者	調査研究課題	契約年月日
内閣府	・放射性廃棄物地層処分の安全基準等に関する調査	17. 1. 5

編集発行

財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター
〒105-0001 東京都港区虎ノ門2丁目8番10号 第15森ビル
TEL 03-3504-1081（代表） FAX 03-3504-1297
ホームページ <http://www.rwmc.or.jp/>