

企画セッション | 部会・連絡会セッション：バックエンド部会

■ 2019年3月22日(金) 13:00 ~ 14:30 | ⅢB会場 共通教育棟2号館 1F 10番

[3B_PL] 廃棄体技術基準の性能規定化と受入基準の導入

座長:柳原 敏(福井大)

[3B_PL01] 廃棄体の技術基準の性能規定化について

*青木 広臣¹ (1. 規制庁)

[3B_PL02] 廃棄体受入基準策定へむけた取り組み

*仲田 久和¹ (1. JAEA)

[3B_PL03] 性能規定化を受けた廃棄体製作への取り組み

*田中 正人¹ (1. 電事連)

[3B_PL04] 廃棄体固型化技術開発の現状と課題

*大杉 武史¹ (1. JAEA)

バックエンド部会セッション

廃棄体技術基準の性能規定化と受入基準の導入

Introduction of performance code of technical criteria for waste form and acceptance criteria

(1) 廃棄体の技術基準の性能規定化について

(1) Performance-based requirements of radioactive waste form for disposal

*青木 広臣, 井上 亮, 秦 はるひ, 川崎 智

原子力規制庁

1. はじめに

原子力規制委員会は2016年1月にIAEAによる総合規制評価サービス(Integrated Regulatory Review Service: IRRS)を受け⁽¹⁾, 同評価サービスにおいて明らかになった課題の一つに, 廃棄体の規制基準の性能規定化が挙げられている⁽²⁾。原子力規制庁では, 核燃料物質又は核燃料物質によって汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則(以下「事業規則」という。)第8条に規定されている放射性廃棄物等の技術上の基準(以下「技術基準」という。)の改正に向けた検討を行っている。

2. 廃棄体の技術基準

現行の技術基準では, 放射性廃棄物を容器に封入する方法及び固型化する方法について原子力規制委員会が定めることになっており, その方法は, 核燃料物質等の第二種廃棄物埋設に関する措置等に係る技術的細目を定める告示(以下「告示」という。)第4条に定められている。この告示では, 民間規格であるJISを引用し廃棄体の容器や固型化材料が規定されており, 所謂, 仕様規定になっている。今後, 原子力発電所及び核燃料施設の廃止措置が進み, それらの廃止措置によって発生する放射性廃棄物を埋設するための埋設事業が進展することが予想される。廃棄体の技術基準の仕様規定を撤廃し性能規定化することによって, より柔軟な廃棄体容器及び固型化材料の採用が可能となり, 円滑な廃止措置の実施の一助となることが期待される。

Table 1に廃棄体の技術基準が規定されている事業規則第8条第1項及び第2項の現行規定と改正案の概要を示す。

Table 1 事業規則第8条第1項及び第2項の現行規定と改正案の概要⁽³⁾

現行	改正案
1 ピット処分を行う場合・・・廃棄体又はコンクリート等廃棄物 トレンチ処分を行う場合・・・コンクリート等廃棄物	1 中深度処分を行う場合・・・廃棄体 ピット処分を行う場合・・・廃棄体又はコンクリート等廃棄物 トレンチ処分を行う場合・・・ <u>廃棄体又はコンクリート等廃棄物</u>
2 廃棄体に係る技術上の基準 一 放射性廃棄物を原子力規制委員会の定める方法により容器に封入し又は固型化すること 二 事業許可申請書に記載した最大放射能濃度を超えないこと 三 表面の放射性物質濃度が、規定の表面密度限度の10分の1を超えないこと 四 廃棄体の健全性を損なうおそれのある物質を含まないこと	2 廃棄体に係る技術上の基準 一 放射性廃棄物を容器に封入又は固型化すること 二 事業許可申請書に記載した最大放射能濃度を超えないこと 三 表面の放射性物質濃度が、規定の表面密度限度の10分の1を超えないこと 四 <u>廃棄体の健全性及び廃棄物埋設地の安全機能</u> を損なうおそれのある物質を含まないこと 五 <u>中深度処分を行う場合にあっては、廃棄体の健全性及び廃棄物埋設地の安全機能が損なわれないことがないよう廃棄体中の水素の発生を抑制する等の措置が講じられていること</u> 六 <u>埋設された場合において受けるおそれのある荷重に耐える強度を有すること</u> 七 <u>想定される最大高さから落下した場合においても、放射性物質が容易に飛散又は漏えいしないこと</u> 八 <u>放射性物質を表す標識及び照合できるような整理番号の表示その他の措置が講じられていること</u> 九 <u>上記に定めるもののほか、許可申請書等に記載した性状を有すること</u>
3 コンクリート等廃棄物に係る技術上の基準 第2項第二号の規定を準用するほか、次の各号に掲げるとおり 一 爆発性の物質を含まないこと 二 照合できるような措置が講じられていること。	3 コンクリート等廃棄物に係る技術上の基準 前項第二号、 <u>第四号及び第八号</u> と同様に規定。そのほか、 <u>許可申請書等に記載した性状</u> を有すること。

3. 放射性廃棄物の受入れの基準

放射性廃棄物の受入れの基準（Waste Acceptance Criteria: WAC）は、国際基準においてその要件が示されており⁽⁴⁾、諸外国では埋設事業者が自らの埋設施設に受入れ可能な廃棄物の基準を WAC に定めることが一般的である⁽⁵⁾。我が国においても、事業規則で定める技術基準を性能規定化した場合、廃棄体の容器や固型化材料等の仕様を定めるものとして WAC を導入することを検討している。Fig.1 に廃棄物確認に関する規制スキームの改正案を示す。

なお、同図には民間規格の位置付けが示されていないが、埋設事業者が廃棄体容器や固型化材料の具体的な仕様を定めた民間規格について、自らの埋設施設に受け入れられる廃棄体の仕様として適していると判断した場合には、WAC において民間規格を引用することを妨げるものではない。

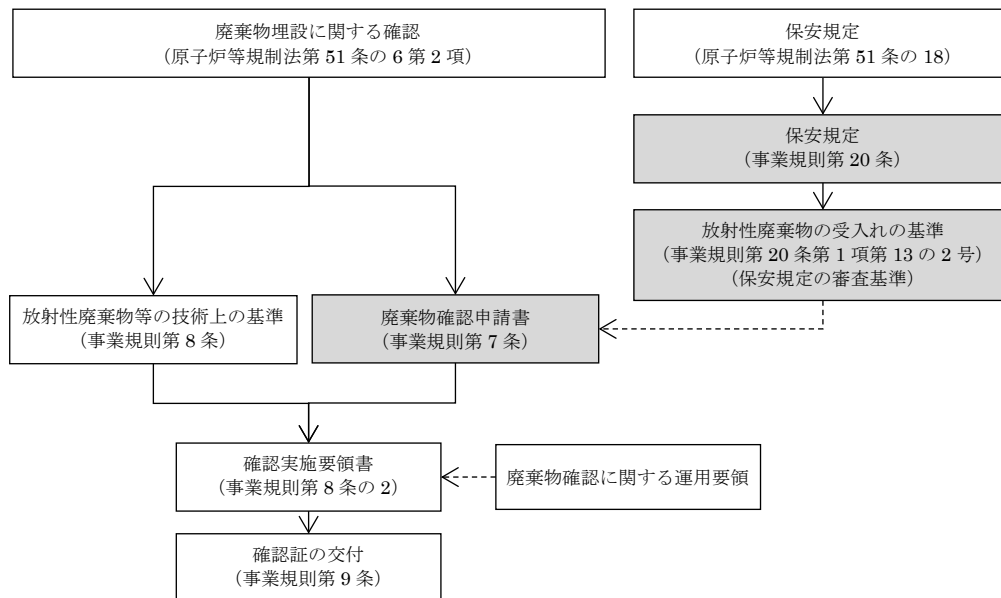


Fig.1 廃棄物確認に関する規制スキームの改正案（参考文献 3 に追記・修正）

4. まとめ

本稿では廃棄体の技術基準の性能規定化の考え方と放射性廃棄物の受入れの基準（WAC）の位置付けについて紹介した。埋設事業者においては、海外の事例も踏まえ、自らの廃棄物埋設施設に受入れ可能な廃棄体の仕様を定めたより具体的な WAC の策定が期待される。

参考文献

- (1) International Atomic Energy Agency: Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to Japan, IAEA-NS-IRRS-2016, Tokyo, Japan, 10-22 January 2016
- (2) 原子力規制庁: 総合規制評価サービス（IRRS）において明らかになった課題への対応について、平成 27 年度第 60 回原子力規制委員会、資料 2-1、平成 28 年 3 月 16 日
- (3) 原子力規制庁: 中深度処分等に係る規制基準等の策定について－第二種廃棄物埋設に係る事業許可基準規則等の骨子案の事業者との意見交換の実施－、平成 30 年度第 22 回原子力規制委員会、資料 3、平成 30 年 8 月 1 日
- (4) International Atomic Energy Agency: Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements Part 5, IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, 2011
- (5) Sustainable network for Independent Technical Expertise of Radioactive Waste Disposal – Interactions and Implementation (SITEX-II): Developing a joint review framework Developing a common understanding on the interpretation and implementation of safety requirements, Deliverable n° D2.1, Ref.Ares(2018)2678142-24/05/2018, 2018

*Hiroomi Aoki, Ryo Inoue, Haruhi Hata and Satoru Kawasaki

Secretariat of Nuclear Regulation Authority, Japan

バックエンド部会セッション

廃棄体の性能規定化と受入基準の導入

Introduction of performance code of technical criteria for waste form and acceptance criteria

(2) 廃棄体受入基準策定への取り組み

(2) Development of waste acceptance criteria for near surface disposal project by JAEA.

* 仲田 久和¹, 天澤 弘也¹, 出雲 沙理¹, 岡田 翔太¹, 坂井 章浩¹¹ 日本原子力研究開発機構

1. はじめに

JAEA は、原子炉施設、再処理施設、加工施設、核燃料物質使用施設、放射性同位元素使用施設、放射線発生施設、病院等から発生する低レベル放射性廃棄物（以下、「研究施設等廃棄物」という）を対象とした埋設事業の一環として、埋設施設への廃棄体の受入基準の策定を進めている。本報では、現在までの廃棄体受入基準策定への取り組み状況を報告する。

2. 研究施設等廃棄物の廃棄体の受入基準策定へむけた取り組み

JAEA では、廃棄体の受入基準を、埋設施設を設置する立地場所固有の環境条件に大きく依存せず施設設計に基づいて具体的に検討が進められる受入基準と、埋設施設を設置する立地場所固有の環境条件に依存するため具体的な基準値が確定しない受入基準に大別して検討を進めている。前者は、固型化の方法、耐埋設荷重等がある。後者には、最大放射能濃度の基準及び廃棄体の健全性を損なう物質の含有量等がある。

ここでは、研究施設等廃棄物の埋設施設のうち、主にトレンチ埋設施設の設計結果¹⁾に基づいて検討した、耐埋設荷重、固型化の方法及び廃棄体内部の空隙に関する受入基準の策定に向けた取り組みを説明する。なお、同基準の検討は、埋設対象廃棄物の大半を占める、金属、コンクリート、雑固体の充填固化体、廃液のセメント固化体を対象としている。

2-1. 耐埋設荷重に関する基準(覆土前まで)

研究施設等廃棄物のトレンチ埋設施設では、200 ㍑ドラム缶の廃棄体を縦置きに 4 段積みとし、最終覆土を厚さ 2.5m 程度施工する検討を進めている。この場合、覆土等の土圧によって埋設直後に廃棄体が圧潰すると、廃棄体内部の放射性物質が漏出しやすい状態になるとともに、覆土の安定性の観点からも適切でない。したがって、埋設廃棄物における耐埋設荷重の基準を設定する必要がある。

廃棄体を土中に埋設した場合を模擬した耐埋設荷重試験(図 1)を行って、JIS 規格に定めるドラム缶の耐埋設荷重を評価した。同試験では、ドラム缶内は空とし、金属、固化体等の内容物による耐荷重は期待しないとした。試験の結果、最下段のドラム缶が受ける土圧はドラム缶の耐埋設荷重より十分低いことを確認した。このため、JIS 規格のドラム缶を、廃棄物を収納する容器として使用することが受入基準とすることができると考えられる。

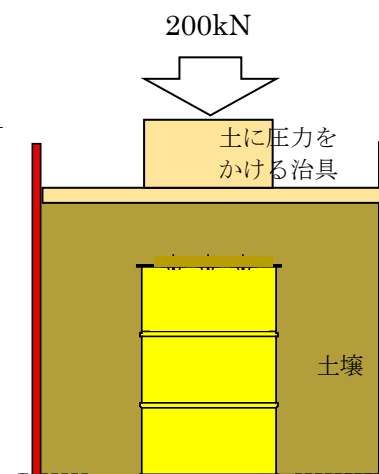


図 1 トレンチ処分の状態を模擬した耐荷重試験の概図

2-2. 固型化（飛散防止）に関する基準(覆土前まで)

研究施設等廃棄物のトレンチ処分施設では、廃棄物を容器に固型化した廃棄体も埋設できることを想定している。このため、ピット処分と共通の廃棄体の固型化に係る基準を検討した。放射性廃棄物の材質・形状に応じた分別方法を設定し、充填するモルタルの材料、流動性等を設定した充填性試験を行い、容易に外部に飛散、漏えいしない状態となるよう固型化(図2)できることを確認した。その試験結果に基づいて、廃棄体の充填に係る作業手順書を取りまとめた。

これより、同手順書に従って、所定の分別を行い JIS 規格のドラム缶に収納すること、JIS 規格のセメント、所定の混和材、骨材及び水を用いて所定の流動性に配合をした上で充填をすることを受入基準として設定した。



図2 固型化後の模擬廃棄体の断面

2-3. 廃棄体内の空隙に関する基準(覆土後)

研究施設等廃棄物のトレンチ処分施設では、金属、雑固体等を鋼製の 200 ㍑ドラム缶、角型容器へ収納した廃棄体を埋設する計画である。廃棄体内に大きな空隙がある状態で埋設した場合、長期的には容器の腐食、土圧等によって容器形状が維持できず、その結果、覆土が変形する可能性がある。その際、覆土が雨水等の溜まりやすい形状となり、浸透水量の増加など埋設処分の安全性に不利な影響を及ぼすことが考えられる。これを抑制するため、廃棄体の内部空隙率に基準値を設けるとともに、施設設計においても、廃棄体の内部空隙率に応じた覆土の厚さ及び初期勾配も設定するため、トレンチ処分施設を模擬した 2 次元 DEM 解析を用いて検討した。その結果、沈下後にもトレンチ外側へ水を流すために覆土の勾配厚さを設定することを想定した上で(図3)、廃棄体の受入基準として、内部空隙率を 20%以下とすることにより沈下による安全性に不利な影響を回避できることを確認した。

○ 解析の結果

- ・2箇所で沈下量が最大となる。
- ・埋設地に高低差ができ、雨水が溜まりやすい

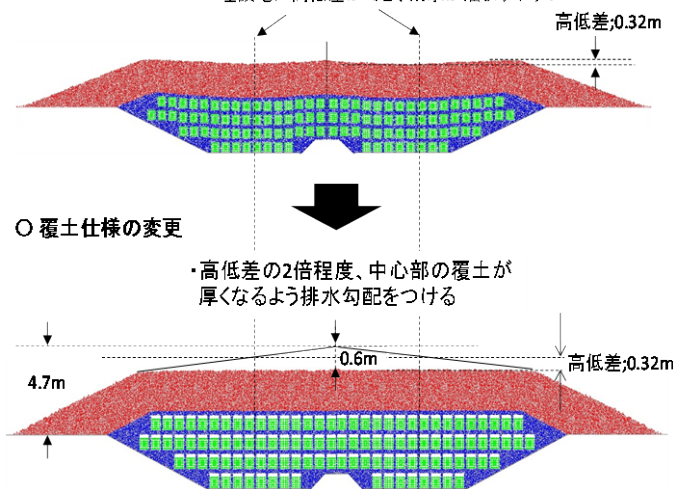


図3 空隙率 20%の場合の沈下状況と覆土仕様

2-4. これまでの受入基準策定へ向けた取り組みまとめ

埋設対象廃棄物の大半を占める、金属、コンクリート、雑固体の充填固化体、廃液のセメント固化体等の廃棄体について、施設設計に基づき受入基準の検討状況を取りまとめた。最大放射能濃度等の一部の基準項目は、埋設施設を設置する場所の環境条件に依存するため、今後検討を行う。これらの結果を表1にまとめる。

表1 研究施設等廃棄物の埋設施設の受入基準の検討状況

主な受入基準項目		廃棄物種類毎の受入基準	
		充填固化体	均質固化体（セメント）
固型化の方法	固型化材料：セメント	昭和45年以降に製造されたJISR5210若しくは、JISR5211に定めるセメントであること 又はこれと同等以上の品質を有するもの	
	容器	JISZ1600(1993),JISZ1600(1974),(1977),(2006)H級、(略)…であること 又はこれと同等以上の品質を有するもの	
	固型化材料等の練り混ぜ	固型化にあたっては、あらかじめ均質に練り混ぜた固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料を容器内の放射性廃棄物とを一体となるように容器内の空隙率が20%以下に充填すること	固型化にあたっては、予め均質に練り混ぜた固型化材料等と放射性廃棄物を均一に混合させること
	一体となるような充填		
	有害な空隙		- 内部空隙が残らないこと - 上部空隙を20%以下とすること
	一軸圧縮強度		1,470kPa(15kg/cm ²)以上であること
耐埋設荷重	ビット処分	俵積み状態で150kN(15.3t)以上	
	トレンチ処分	土中に埋設した状態で200kPa (2kg/cm ²)以上	
著しい破損		- 廃棄体から廃棄物が漏洩又は露出していないこと - 廃棄体の表面の劣化が認められないこと - 廃棄体の運搬上の支障がある変形等がないこと	
表面線量当量率	ビット処分	廃棄体の表面線量当量率は、2mSv/hを超えないこと	
	トレンチ処分	廃棄体の表面線量当量率は、100μSv/hを超えないこと	
健全性を損なう物質		廃棄体の健全性の損なうおそれのある物質を含まないこと(立地環境条件が確定後に最終的な値を設定する計画)	
最大放射能濃度		放射能濃度が申請書等に記載した最大放射能濃度を超えないこと(立地環境条件が確定後に最終的な値を設定する計画)	

3. 課題

これまでの検討から、耐埋設荷重、内部空隙等に関する受入基準を満たすよう廃棄体を製作することは可能である。しかし、最大放射能濃度の基準は検討中のため、埋設施設の設置場所が決定するまでは、一般的な環境条件に基づいて暫定の核種毎の最大放射能濃度の基準値を示す計画である。これより、廃棄体の製作者は、同基準値を参考として廃棄体製作の具体的な計画(製作方法、放射能評価、製作時期)を検討することができると考えられる。

一方、埋設対象廃棄物のうち、固型化方法が未確立な焼却灰及びイオン交換樹脂、廃棄体の健全性及び埋設施設の安全機能を損なうおそれのある物質を考慮する必要のある廃棄体に係る受入基準は今後の検討課題としている。このうち、廃棄体の健全性を損なう物質の基準については、現在の第二種廃棄物埋設事業における要領だけでなく、産業廃棄物の処理処分及び環境に係る基準を踏まえて、埋設施設を立地する環境条件や、廃棄体の作製方法及び埋設施設の設計に基づき策定する方針である。

最後に、JAEA は、研究施設等廃棄物の埋設事業の実施主体として、受入基準に関する検討を更に進めるとともに、廃棄体作製方法に係る基本的な考え方や手順についても検討し、各廃棄体製作者が廃棄体の作製が可能となるように貢献していくことを考えている。

参考資料

- 1) 天澤弘也 他, “研究施設等廃棄物浅地中処分施設の概念設計”, JAEA-Technology 2012-031(2012).

*Hisakazu Nakata¹, Hiroya Amazawa¹, Sari Izumo¹, Shota Okada¹ and Akihiro Sakai¹

¹Japan Atomic Energy Agency.

バックエンド部会セッション

廃棄体技術基準の性能規定化と受入基準の導入

Introduction of performance code of technical criteria for waste form and acceptance criteria

(3) 性能規定化を受けた廃棄体製作への取り組み

(3) Approach to the manufacturing method of waste package comply with performance code of technical criteria

*田中 正人¹, 梅原 隆司², 柏木 誠³, 石井 公也⁴¹関西電力, ²原子力安全推進協会, ³日揮, ⁴電気事業連合会

1. はじめに

原子力発電施設の技術基準の性能規定化と民間規格の活用については、平成 14 年 7 月に国の基本方針が示された以降、電事連は仕様規定としての学協会規格の制定に向けた活動を充実させ、制定された民間規格に対して、規制当局として規制上の要求を充足するものか否か等の技術評価が順次行われてきている。

今般、廃棄体の規制基準の性能規定化に伴い、廃棄体製作に係る具体的な仕様を定める告示（仕様規定）が撤廃される見通しとなったことから、原子力発電所で製作されるドラム缶形状の廃棄体製作における対応について検討を進めている。

2. 原子力発電所から発生する放射性廃棄物

放射性廃棄物は、原子力発電所の運転等に伴い発生する放射能レベルの低い「低レベル放射性廃棄物」と、使用済燃料の再処理に伴い再利用できないものとして残る放射能レベルが高い「高レベル放射性廃棄物」とに大別される。処分にあたっては、廃棄物の放射能レベル、性状、放射性物質の種類などに応じて適切に区分し、厳重に管理し、それに応じて発生者責任の原則のもと、合理的な処理・処分が行われる。

現在、「放射能レベルの比較的低い廃棄物（L2）」に分類されている低レベル放射性廃棄物が、セメントやアスファルトを用いてドラム缶内に固化され、このドラム缶形状の廃棄体は、青森県六ヶ所村の日本原燃（株）低レベル放射性廃棄物埋設センターに運ばれた後、原子炉等規制法等に基づく規制当局の承認を受け、コンクリートピットに埋設処分されている。

なお、制御棒などの「放射能レベルの比較的高い廃棄物」は現在、原子力発電所内に保管されており、これらについては、地下 70 メートルより深い地中にコンクリートピットと同等以上の施設を設置して埋設処分することによって安全性を確保するとの基本的な考え方が原子力規制委員会によって示されている。

3. 廃棄体製作への取り組みについて

原子力発電所で製作されるドラム缶形状の廃棄体は、第二種埋設事業規則から求められる「廃棄体の技術基準」、埋設施設の事業許可条件から求められる「受入要件」、事業所外運搬規則から求められる「輸送要件」（輸送容器との機能分担あり）を満たす必要がある。また、これら要件への適合性を確認するための検査方法も示す必要がある。

このため、廃棄体の規制基準の性能規定化を受けて、規制基準を満たす技術要素（放射性廃棄物の条件、容器に固型化する方法、固型化時に管理すべき事項、固型化方法の評価結果など）を検討し、それぞれの技術要素の詳細を示す技術的要件の内容の抽出を行い、事業者として実施した技術的な試験又は評価などの根拠も含めて、民間規格に反映したいと考えている。また、廃棄体製作の各段階における管理・検査項目と管理・検査方法の詳細についても取り纏めていく。

*Masato Tanaka¹, Ryuji Umehara², Makoto Kashiwagi³ and Kimiya Ishii⁴¹The Kansai Electric Power Co. Inc., ²Japan Nuclear Safety Institute, ³JGC Corporation and ⁴The FEPC

バックエンド部会セッション

廃棄体技術基準の性能規定化と受入基準の導入

Introduction of performance code of technical criteria for waste form and acceptance criteria

(4) 廃棄体固型化技術開発の現状と課題

(4) Introduction of situations and issues on development of waste solidification technology

*大杉 武史

原子力機構 サイクル研

1. 概要

廃棄体技術基準の性能規定化の導入に関連して、これまでに実施している固型化技術開発の概要を紹介するとともに、技術開発における課題等について紹介する。

2. 廃棄体固型化技術開発の現状と課題

2-1. 固型化技術開発の紹介

(1) リン酸系セメント固型化技術^{*1}

福島第一原子力発電所事故で発生した汚染水を処理することで発生する廃棄物（汚染水処理二次廃棄物）には、事故直後に炉心冷却のため用いた海水成分が含まれるものがある。海水に含まれる成分は普通ポルトランドセメント（OPC）による固化処理において、性能を低下させる可能性が指摘されていることから、セメント以外の材料による固化技術の開発を行った。Srを含む、線量が高い廃棄物であることから、水素発生量を抑制するために固化後の水分量を低減することも合わせて達成できる材料として、カルシウムアルミナセメントにリン酸を加えたリン酸系固型化技術を選定した。非放射性の元素を添加した模擬スラリーや模擬濃縮廃液を作製し、混合固化した試料に対して、溶出率や水分量の分析、照射試験による発生水素量の測定をおこなった。結果として、乾燥処理を行うことで水分量を低減でき、Srの固定性に優れた固化体を作製できる可能性が示唆された。

(2) AAM（Alkali Activated Material アルカリアクティベート材）固型化技術^{*2}

汚染水処理二次廃棄物の保管リスク低減のため、処理の適用性の評価に関する研究が進められている。国内外において放射性廃棄物の処理方法として実績がある技術の調査を行い、いくつかの技術については、模擬廃棄物を用いた実験室レベルから工学規模に至る試験が行われている。海外での使用実績があるアルミナとシリカを含む無機粉末にアルカリ溶液を反応させて硬化させる AAM 固型化技術は低温処理技術の一つとして実験的な調査を行っている。無機粉末の種類、添加物、アルカリ溶液の種類、量などを変えて、圧縮強度、固化時間、水の放射線分解に伴う水素発生量などの物性や、浸出・溶解特性などの長期特性を調査している。OPC では固化しづらい廃棄物成分を固化できることや、空隙分布が小さいなど、固型化技術として一定の有用性が期待される。

2-2. 今後の課題

廃棄体固型化技術開発において研究を行っている固化材料は、埋設告示に具体的記載のあるセメント、アスファルト、プラスチック等の材料のいずれにも該当しない。既存材料による固化では困難な廃棄物に対して有用性が期待される新しい材料を実際に適用するにあたって、どのような性能を設定し、その性能を示す根拠となるデータや標準的な試験方法に関して関係者の共通的な認識も必要と考えられる。このような観点で、事業者、規制当局とは異なる立場である学会の果たすべき役割も大きいと考える。

*Takeshi Osugi

Nuclear Fuel Cycle Engineering Lab., Japan Atomic Energy Agency

※1：平成 27 年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業「汚染水処理二次廃棄物スラリー及び濃縮背景の安全な長期貯蔵・処理・処分のための脱水固定化技術の開発」で実施したものです。※2「廃炉・汚染水対策事業費補助金（固体廃棄物の処理処分に関する研究開発（先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発）」で実施したものです。