

放射性廃棄物に関する技術基準の性能規定化及び受入れ基準導入に係る一考察

青木広臣*¹ 井上亮*¹ 川崎智*¹

原子力規制委員会は、第二種廃棄物埋設の事業に関する規則で定める放射性廃棄物の技術上の基準のうち、放射性廃棄物を容器に封入又は固型化する方法等について、これまでは原子力規制委員会規則又は告示において仕様を定めてきたが、これを性能規定化することとした。改正した原子力規制委員会規則の技術上の基準により、規制機関による確認の体系が変わり、また埋設事業者は放射性廃棄物の受入れ基準（WAC）を定めなくてはならない。本稿では、これまでの放射性廃棄物の技術上の基準を性能・機能等に整理し、さらに、国際基準や他国の規制制度における「放射性廃棄物の受入れ基準」の位置付けや役割を参考に、我が国の規制制度に「放射性廃棄物の受入れ基準」を導入する際の考え方について考察する。

Keywords: 放射性廃棄物, 廃棄体, 技術基準, 性能規定化, 放射性廃棄物の受入れ基準, WAC

Nuclear Regulation Authority Japan decided to revise the regulatory technical requirements of waste packaging from the previously stipulated specification-based criteria to performance-based criteria. According to the revised regulatory technical requirements, the scheme of regulatory verification of waste must be changed and the operator of a disposal facility shall establish the waste acceptance criteria (WAC) for their facility. This paper describes how and why the Japanese regulator stipulates that the operators shall establish their WAC. The Japanese regulator referred to the international standards and the regulations of other nuclear countries to inform its revision of the waste packaging requirements and regulatory verification scheme.

Keywords: radioactive waste, waste package, technical standard, performance-based requirement, waste acceptance criteria, WAC

1 はじめに

1.1 背景

原子力規制委員会は、国際原子力機関（以下「IAEA」という。）の総合規制評価サービス（Integrated Regulatory Review Service: IRRS）を2016年1月に受けた[1]。IRRSで明らかになった課題の1つに「浅地中処分に関する廃棄物埋設施設、廃棄体の規制基準の性能規定化」が挙げられており、原子力規制庁は、第二種廃棄物埋設（ピット処分及びトレンチ処分）について、廃棄物埋設施設及び放射性廃棄物の規制基準の機能要求、性能要求及び現在の仕様規定の関係を整理し、性能規定化した規制基準を取りまとめることとした[2]。今後、さまざまな原子力施設の解体に伴って発生する多種多様な性状の放射性廃棄物に対応するため、放射性廃棄物に関する機能又は性能を規定した規制基準を整備する意義は大きい。

原子力規制庁は、廃炉等に伴い発生する放射性廃棄物に係る規制（第二種廃棄物埋設に係る規制）について規制基準を検討するために設置した「廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討チーム会合」[3]において、放射性廃棄物等の技術上の基準（以下「技術基準」という。）の性能規定化について検討を行った。その検討結果を踏まえ、原子力規制庁は、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（昭和六十三年一月十三日総理府令第一号）（以下「事業規則」という。）の改正案として取りまとめた[4]。同改正案は、パブリックコメントを経て[5, 6]、令和元年12月5日に原子力規制委員会規則として施行された。

上述した原子力規制委員会規則改正の過程において、技術基準において要求すべき機能及び性能並びに既に規定されている仕様規定の関係について整理し、放射性廃棄物の受入れ基準に関する国際基準及び諸外国の状況、我が国における放射性廃棄物の確認に係る手続きに放射性廃棄物の受入れ基準を導入する際の考え方について調査・検討を行った。本稿では、その結果について概説する。

なお、技術基準は、事業規則第8条に規定されており、廃棄体（容器に封入し、又は容器に固型化した放射性廃棄物）及びコンクリート等廃棄物（固体状の放射性廃棄物であって核燃料物質によって汚染されたコンクリート及び金属等）それぞれについて基準が設けられている。本稿では廃棄体のみに着目し考察を行い、総じて「放射性廃棄物」と呼称する。

1.2 我が国における規制による放射性廃棄物の確認

我が国では、埋設事業者は埋設しようとする放射性廃棄物について原子力規制委員会の確認を受けなければならないことが核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和三十三年六月十日法律第百六十六号）（以下「原子炉等規制法」という。）第51条の6に規定されている。この規定において、放射性廃棄物の技術基準は原子力規制委員会規則で定めることになっており、事業規則第8条に規定されている。さらに、この技術基準では、放射性廃棄物を容器に封入する方法及び固型化の方法について原子力規制委員会が別に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（昭和六十三年一月十三日科学技術庁告示第二号）（以下「告示」という。）第4条に定められている。これら法、規則及び告示に加え、事業者が作成する廃棄物確認申請書等を含めた放射性廃棄物の確認に係る体系について、令和元年12月改正前の体系をFig. 1に示す。同図において、灰色の四角で示された手続きは、埋設事業者が作成する書類を指し、また、廃棄物確認に関する運用要領（制定平成26年2月26日原管廃発第1402262

Performance based regulatory requirements for radioactive waste and waste acceptance criteria by Hiroomi AOKI (hiroomi_aoki@nsrc.go.jp), Ryo INOUE, and Satoru KAWASAKI

*1 原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)

〒106-8450 東京都港区六本木1-9-9 六本木ファーストビル

(Received 22 January 2020; accepted 19 June 2020)

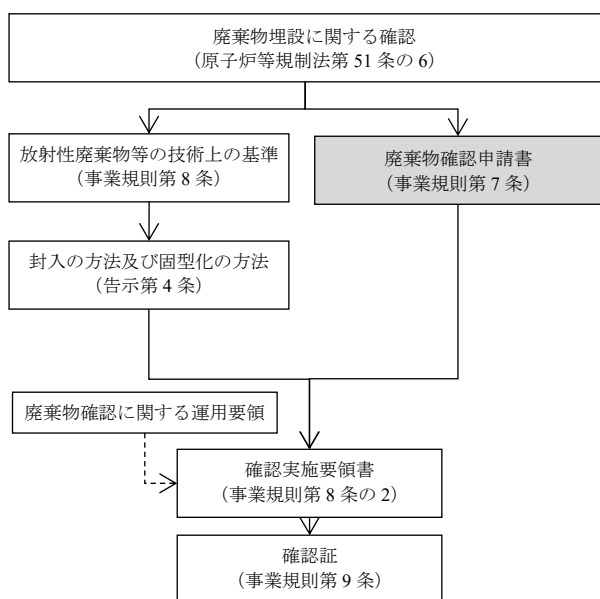


Fig. 1 Scheme of regulatory verification for low level radioactive waste as of November 2019

号) (以下「運用要領」という。)とは、廃棄物確認に関する運用方法を規定したものであり、事業規則第8条及び告示第4条に規定した放射性廃棄物の技術基準に適合することについて確認する事務のために定められたものである。なお、現行の運用要領は、日本原燃株式会社濃縮・埋設事業所廃棄物埋設施設に係る廃棄物確認のみに適用されるものである。

2 放射性廃棄物の技術基準の性能規定化

2.1 「機能」及び「性能」等の一般的な整理

放射性廃棄物に要求すべき性能を規定するに当たり、令和元年12月改正前の技術基準で求めている事項について「機能」及び「性能」等について整理した。一般的に、要求 (requirement) は、機能要求 (functional requirement) と非機能要求 (non-functional requirement) に分けられ、非機能要求の代表的なものが性能要求 (performance requirement) である。また、一つの機能要求に対して二つ以上の性能要求が割り振られる場合もある[7]。本稿では、技術基準を以下の4つの区分で整理し、法、規則、告示等で規定される規制基準がどの区分に該当するか整理する。なお、それぞれの区分の説明は、原子力発電施設の技術基準を性能規定化した際の定義[8]を参考にした。

○目標 (objectives / goals)

「目標」とは、規制が達成しようとする目標。

○機能要求 (functional requirements)

「機能要求」は、目標を達成するために施設が求められる機能を定めたもの。

○性能要求 (performance requirements)

「性能要求」は、定量的な判断基準や満足すべき水準などを定めたもの。

○容認可能な実施方法 (acceptable approaches)

「容認可能な実施方法」は、機能要求又は性能要求への適合性を実証、確認し、あるいは、機能要求又は性能要

求を満足するための具体的な方法や技術的手段。

2.2 放射性廃棄物の技術基準の「機能」及び「性能」等の整理

ピット処分の廃棄体の技術基準項目を検討した当時の基本的考え方は、Fig. 2で示されるように整理されている[9]。この基本的考え方では、原子力発電施設の技術基準のレベル分けのように『目標』、『機能要求』、『性能要求』又は『容認可能な実施方法』というレベルで整理されていないが、その内容からみて、『目標』として「固体であること」、「埋設処分に適する安定性を有すること」及び「埋設処分までの工程における放射線障害防止措置が施されていること」が挙げられ、『機能要求』として、「物理的安定性を有すること」、「化学的安定性を有すること」、「汚染拡大防止措置が施されていること」及び「従事者の被ばく低減措置が施されていること」が求められていると解することができる。

「固体であること」は上記において『目標』と整理したが、旧原子力安全委員会の基本的考え方[10]等では、廃棄物埋設の対象は固体廃棄物のみであり、液体廃棄物や気体廃棄物は対象に含まれていない。また、液体廃棄物や粉体状廃棄物は固型化することを告示で要求していることから、『機能要求』の一つであると解することができる。

次に、「埋設処分に適する安定性を有すること」及び「埋設処分までの工程における放射線障害防止措置が施されていること」の2つの『目標』は、現在においても、放射性廃棄物に対する究極的な要求であることは変わらないが、「埋設処分までの工程における」と必ずしも時間を区切る必要はなく、例えば、地層処分のように放射性廃棄物(ガラス固化体)自体の閉じ込め機能によって長期にわたって汚染拡大を防止する措置を講じることも可能である。

Fig. 2で示された考え方は現在においても放射性廃棄物に必要な「機能」や「性能」を端的に示したものとして有用であると考えられる。

放射性廃棄物の技術基準に関して、『性能要求』、『容認可能な実施方法』はそれぞれ事業規則又は告示に記載されているものと解することができる。事業規則に規定されている技術基準の各項目について、『目標』、『機能要求』、『性能要求』又は『容認可能な実施方法』に分類・整理したものをTable 1に示す。なお、区分の定義[8]では、『性能要求』は「定量的な判断基準」と「満足すべき水準」の2つ基準・水準が示されている。

以下に、『機能要求』に沿って概説する。

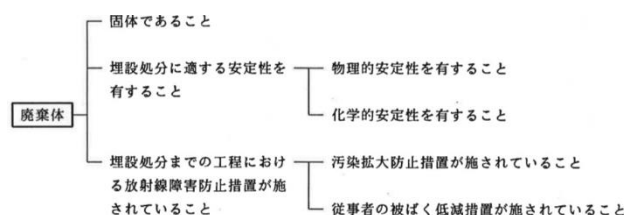


Fig. 2 Basic concept of technical standard for waste [9]

Table 1 Technical standards for radioactive waste defined in NRA decree as of December 10, 2014

目標	機能要求	性能要求	容認可能な実施方法
固体であること。	固体であること。	(事業規則第8条第2項) 一 放射線障害防止のため、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、又は容器に固型化してあること。	(告示第4条) 規則第八条第二項第一号の原子力規制委員会の定める封入の方法は第三項、固型化の方法は次項及び第三項に定めるところによる。 2 液体状の放射性廃棄物又はイオン交換樹脂、焼却灰、フィルタスラッジその他の粉状若しくは粒状の放射性廃棄物若しくはこれらを成型した放射性廃棄物については、次の各号に掲げるところにより、固型化材料を用いて、又は固型化材料及び骨材、添加剤等の混和材料を用いて容器に固型化する方法とする。 一 固型化材料は、次のいずれかであること。 イ 日本工業規格 JIS R5210 (1992)若しくは JIS R5211 (1992)に定めるセメント又はこれらと同等以上の品質を有するセメント ロ 日本工業規格 JIS K2207 (1990)に定める石油アスファルトで針入度が 100 以下のもの又はこれと同等以上の品質を有するアスファルト ハ スチレンに溶解した不飽和ポリエステル (以下「不飽和ポリエステル樹脂」という。) 二 容器は、日本工業規格 JIS Z1600 (1993)に定める金属製容器又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。 三 セメントを用いて放射性廃棄物を固型化する場合は、固型化された放射性廃棄物の一軸圧縮強度が 1470 キロパスカル以上であること。 四 アスファルト又は不飽和ポリエステル樹脂を用いて放射性廃棄物を固型化する場合は、廃棄体中の固型化材料の重量が廃棄体の重量から容器の重量を差し引いた重量のそれぞれ 50 パーセント以上又は 30 パーセント以上となるようにすること。 五 不飽和ポリエステル樹脂を用いて放射性廃棄物を固型化する場合は、固型化された放射性廃棄物の日本工業規格 JIS K7215 に定める方法により測定した硬さ値が 25 以上であること。 六 固型化に当たっては、固型化材料若しくは固型化材料及び混和材料と放射性廃棄物を均質に練り混ぜ、又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と放射性廃棄物を均一に混合させること。この場合において、容器内に有害な空げきが残らないようにすること。 3 固体状の放射性廃棄物 (前項に掲げるものを除く。) については、次の各号のいずれかの方法によるものとする。 一 次に掲げる方法により容器に封入する方法 イ 容器は、日本工業規格 JIS Z 一六〇〇 (一九九三) に定める金属製容器又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。 ロ 封入に当たっては、容器内に有害な空げきが残らないようにすること。 二 次に掲げる方法により容器に固型化する方法 イ 固型化材料は、日本工業規格 JIS R 五二一〇 (一九九二) 若しくは JIS R 五二一一 (一九九二) に定めるセメント又はこれらと同等以上の品質を有するセメントであること。 ロ 容器は、日本工業規格 JIS Z 一六〇〇 (一九九三) に定める金属製容器又はこれと同等以上の強度及び密封性を有するものであること。 ハ 固型化に当たっては、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一体となるように充填すること。この場合において、容器内に有害な空げきが残らないようにすること。
埋設処分に適する安定性を有すること。	物理的安定性を有すること。	五 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。	
	化学的安定性を有すること。	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。	—
埋設処分までの工程における放射線障害防止措置が施されていること。	汚染拡大防止措置が施されていること。	一 放射線障害防止のため、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、又は容器に固型化してあること。(再掲)	(告示第4条) (略)
		二 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。	—
		三 表面の放射性物質の密度が第十四条第一号ハの表面密度限度の十分の一を超えないこと。	—
		六 著しい破損がないこと。	—
	従事者の被ばく線量低減措置が施されていること。	七 容易に消えない方法により、廃棄体の表面の目につきやすい箇所に、放射性廃棄物を示す標識を付け、及び当該廃棄体に関して前条の申請書に記載された事項と照合できるような整理番号を表示したものであること。	—

2.2.1 固体であること

既述したように、廃棄物埋設施設に埋設できる放射性廃棄物は固体でなければならず、液体状廃棄物又は粉状廃棄

物は固型化材料を用いて固型化する必要があることから『機能要求』の一つであると解せる。告示において規定されている放射性廃棄物を容器に封入する方法又は固型化す

る方法については、民間規格等を引用すること、又は数値基準を設けることにより『容認可能な実施方法』として規定されている。

告示第4条の規定は、法令上、事業規則第8条第2項第1号の規定に基づくものであり、固体であることという『目標』を達成するための『容認可能な実施方法』であることは明らかである。一方、事業規則第8条第2項第1号は「放射線障害防止のため」という規定もあり、告示第4条の封入の方法及び固化の方法は「埋設処分までの工程における放射線障害防止措置が施されていること」という目標の達成にも貢献しており、汚染拡大を防止する措置の一部であるといえる。さらに、運用要領では、告示で規定する容器及び固化の方法を用いれば、埋設されたときに受ける荷重による圧壊が防止されることが明記されている。そのため、告示の方法は、後述する「物理的安定性を有すること」という機能を満足し、埋設処分に適する安定性を有することという『目標』を達成するための必要条件になっていることがわかる。

本来、容器の仕様や固化の方法は、廃棄物埋設施設的设计・仕様に応じて決定されるべきものであり、多種多様な性状の放射性廃棄物に対応するために技術基準を性能規定化する場合には、これら『容認可能な実施方法』は技術基準から除外し、『性能要求』のみを規定すべきである。

2.2.2 物理的安定性を有すること

事業規則第8条第2項第5号で要求されている「埋設された場合において受けるおそれのある荷重」とは、廃棄物埋設施設的设计において、放射性廃棄物の積み方や放射性廃棄物以外の構成材による荷重等に依存する。そのため、「埋設された場合において受けるおそれのある荷重」は『性能要求』と解すことができ、廃棄物埋設施設的设计に応じて放射性廃棄物に掛かる荷重を計算し、その荷重に耐え得る放射性廃棄物の仕様を『容認可能な実施方法』として個別の施設設計ごとに決める必要がある。

2.2.3 化学的安定性を有すること

第二種廃棄物埋設施設的位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成二十五年十二月六日原子力規制委員会規則第三十号）（以下「許可基準規則」という。）では、「廃棄物埋設地は、埋設した放射性廃棄物に含有される化学物質その他の化学物質により安全性を損なわないものでなければならない」と規定され、事業規則第8条第2項第4号では、「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」とそれぞれ規定されている。これらは、化学物質によって放射性廃棄物及び廃棄物埋設施設の安全性を脅かすことがないよう要求した『性能要求』と解せる。

2.2.4 汚染拡大防止措置が施されていること

(1) 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

放射性廃棄物に含まれる放射能濃度は、事業規則第1条の2の別表第一又は別表第二で規定されているいわゆる濃度上限値を超えないことを前提に、事業許可申請書において放射性物質ごとの放射能濃度の上限値を記載し、埋設しようとする放射性廃棄物に含まれる放射能濃度がその上限値を超えないことを確認することになっている。この放射能

濃度の上限値を超えないことが汚染拡大防止の措置が施されていることを確認する1つの『性能要求』であり「定量的な判断基準」であるといえる。

(2) 表面の放射性物質の密度が第十四条第一号ハの表面密度限度の十分の一を超えないこと

事業規則第14条第1号ハには、管理区域及び周辺監視区域において「床、壁その他の触れるおそれのある物であつて放射性物質によつて汚染されたものの表面の放射性物質の密度が原子力規制委員会の定める表面密度限度を超えないようにすること」とあり、この表面密度限度は、核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示（平成二十七年八月三十一日原子力規制委員会告示第八号）（以下「線量告示」という。）において、アルファ線を放出する放射性物質は4 Bq/cm²、アルファ線を放出しない放射性物質は40 Bq/cm²と規定されている。これらも、『性能要求』の1つであり、「定量的な判断基準」の典型と言える。

(3) 著しい破損がないこと

著しい破損がないことは、容器から放射性廃棄物が漏洩又は露出、表面の劣化及び運搬上支障がある変形がないことを定めることとしたものである。この要求は、少なくとも廃棄物埋設地に定置するまでの間の通常の状態において飛散・漏洩を防止するための要求である。他方、取扱い中において想定される異常又は事故時における飛散・漏洩を防止するための対策を考えた場合、飛散・漏洩の程度を勘案すると、通常の状態における飛散・漏洩を防止するための対策は異常時における飛散・漏洩を防止するための対策に包含されるものと考えられる。

著しい破損がないことも『性能要求』の「満足すべき水準」の1つであると言え、飛散・漏洩の防止のための要求としては再考の余地があると考え。

2.2.5 従事者の被ばく線量低減措置が施されていること

技術基準では、照合措置の方法として、廃棄体に対しては「容易に消えない方法により、廃棄体の表面の目につきやすい箇所に、放射性廃棄物を示す標識を付け、及び当該廃棄体に関して前条第一項の申請書に記載された事項と照合できるような整理番号を表示したものであること」と要求し、照合措置を整理番号に限定している。一方、コンクリート等廃棄物に対しては「当該コンクリート等廃棄物に関して前条の申請書に記載された事項と照合できるような措置が講じられていること」と要求し、整理番号に限定していない。照合措置の方法によらず、埋設しようとする放射性廃棄物のトレーサビリティを確保することが重要であり、整理番号といった『容認可能な実施方法』を必ずしも規定する必要はない。また、ピット処分においては廃棄体とコンクリート等廃棄物の両方を埋設することが可能であるため、両者の照合措置の方法は平そくを合わせておく必要もあると言える。

なお、2.2.4(2)で示した放射性物質の表面密度限度を線量告示濃度の1/10を超えないことを要求することは、従事者の被ばく線量低減措置にも資する『性能要求』の1つと言える。

2.3 技術基準において要求する性能の考え方

以上で整理したように、放射性廃棄物の技術基準は、おおむね、事業規則では『性能要求』が規定されており、告示において民間規格等を引用する形で『容認可能な実施方法』が規定されていると解せる。そのため、技術基準において要求する性能を規定するに当たっては、告示に規定されている『容認可能な実施方法』を廃止し、『性能要求』のみを事業規則で規定すること、さらに一部の要求を適正化することで、放射性廃棄物の『目標』及び『機能要求』を達成することができるものとする。

3 放射性廃棄物の受入れ基準の導入

前章では、我が国における放射性廃棄物の技術基準について「機能」及び「性能」等に整理し、要求する性能の考え方を示した。技術基準において性能を規定するに当たり、規制機関が行う確認のためだけでなく、埋設事業者自らが廃棄物発生者（原子力事業者）から受け入れる放射性廃棄物の確認を行うためにも、規制で要求された性能又は機能に適合する『容認可能な実施方法』すなわち仕様があらかじめ定められている必要がある。事業規則で定める技術基準が性能を要求する場合、放射性廃棄物の仕様を、誰が、どのように決めるべきなのか。この疑問を解消する1つの解が「放射性廃棄物の受入れ基準」（Waste Acceptance Criteria：WAC）であるとする。

本章では、国際基準及び諸外国におけるWACの扱いについて概説し、我が国における廃棄物確認のスキームへのWACの導入について考察する。

3.1 放射性廃棄物の受入れ基準に関する国外の状況

3.1.1 IAEA

IAEAの個別安全要件「放射性廃棄物の処分」[11]（以下「SSR-5」という。）では、処分施設における放射性廃棄物の受入れに関して、次のように記載している。

要件 20 処分施設における廃棄物の受入れ (waste acceptance)

処分施設での定置のために受け入れられた廃棄物パッケージと非パッケージ廃棄物は、処分施設の操業と閉鎖後のためのセーフティケースと完全に整合がとれ、そのセーフティケースから導出された基準 (criteria) に従わなければならない。

IAEAの個別要件では、放射性廃棄物の受入れ基準は、廃棄物埋設施設の安全性を説明したセーフティケースから導出されるべきとしており、その基準を逸脱するということは、処分施設の安全性の確保の条件から逸脱することであると解せる。また、操業中の安全と長期の安全の双方を確保する必要があることが、上記要件に続いて次のように述べられている。

5.1. 所定の処分施設における廃棄物受入れ要件と基準は、通常操業条件および予期される操業事象の条件における廃棄物パッケージと非パッケージ廃棄物の安全な取扱いを確保しなければならない。それらはまた、長期安全性に関する廃棄物形態と廃棄物パッケージの安全機能の達成を確保

しなければならない。廃棄物受入れ基準の可能性のあるパラメータの例には、放射性核種含有量、あるいは放射能限度、発熱、廃棄物形態とパッケージングの特性のような、処分されるべき廃棄物パッケージおよび非パッケージ廃棄物の特性と性能要件を含む。

5.2. 廃棄物形態の挙動のモデル化および/または試験は、処分施設において予期される条件下での様々な廃棄物パッケージおよび非パッケージ廃棄物の物理的および化学的安定性を確保するとともに、予期される操業上事象または、事故におけるそれらの十分な性能を確保するために行われなければならない。

また、我が国が行っている廃棄物確認に関する記載として、検証、是正措置及び記録保存等の必要性が以下のように述べられている。

5.3. 処分される予定の廃棄物は、廃棄物受入れ要件と基準の遵守を確保するのに十分な情報を提供するために特性評価が行われなければならない。処分のために受入れられた廃棄物と廃棄物パッケージがこれらの要件と基準に従うものであることを検証 (verify) するための、また、そうでない場合は、廃棄物発生者または、処分施設の操業者によって是正処置が講じられることを確認 (confirm) するための準備 (arrangements) がなされなければならない。廃棄物パッケージの品質管理は、実施されなければならない。主に、記録、コンディショニング前の試験（例えば容器の）およびコンディショニングプロセスの管理に基づき達成される。コンディショニング後の試験および是正処置の必要性は、実行可能な範囲に限られなければならない。

さらに、IAEAの一般安全要件「放射性廃棄物処分前管理」[12]では、処分だけではなく処理及び貯蔵に関してもWACの必要性を述べている。

要件 12: 放射性廃棄物受入れ基準

処理、貯蔵及び/あるいは処分のために受け入れられた廃棄物パッケージ及びパッケージ化されていない廃棄物は、セーフティケースと整合性のある基準に適合しなければならない。

4.24. 廃棄物の受入れ基準は、処理、貯蔵、あるいは処分される廃棄物パッケージ及びパッケージ化されていない廃棄物、例えば放射性核種の内容量または放射能限度、それらの熱出力および廃棄物形態とパッケージングの放射線学的、機械的、物理的、化学的及び生物学的特性を特定するように策定されなければならない。

4.25. 廃棄物の受入れ基準に忠実であることは、通常操業時の廃棄物パッケージ及びパッケージ化されていない廃棄物の安全な取扱いと貯蔵のため、起こりうる事故状況時の安全のため及びその後の廃棄物処分の長期的な安全のために必要不可欠である。

4.26. 廃棄物の受入れのための操業者の手順は、例えば修復措置あるいは廃棄物の返還による安全基準を満たし損ねた廃棄物を安全に管理するための準備を含まなければならない。

なお、IAEAは、地層処分に埋設する放射性廃棄物の受入れ基準について、一般的なガイダンスを提供する目的で技術レポート[13]を発行しており、廃棄物の形状や廃棄物パ

パッケージに関する基準として 20 項目、品質管理に関する基準として 5 項目を挙げているが、ここでの紹介は割愛する。原典を参照いただきたい。

3.1.2 OECD NEA

経済協力開発機構 (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) 原子力機関 (Nuclear Energy Agency: NEA) の技術委員会の 1 つ放射性廃棄物管理委員会 (Radioactive Waste Management Committee: RWMC) では、処分施設の操業中安全に関する専門家会合 (Expert Group on Operational Safety: EGOS) を立ち上げ、その活動の 1 つに WAC を取り上げている。EGOS では、参加国に対して、廃棄物埋設施設における埋設事業者が定めた WAC の記載項目に関するアンケート調査を 2016 年に行い、その結果は取りまとめ中ではあるが、以下のように整理している [14]。

- Identification (識別情報)
- Quality management (品質管理)
- Qualification (適合性)
- Handling (取扱い)
- Radioactivity (放射能)
- Radiological protection (放射線防護)
- Criticality (臨界)
- Restriction of hazardous materials (有害物質制限)
- Stability (安定性)

このように、諸外国では、上記の項目のすべて又は一部が WAC に規定されている。NEA では、操業中の安全を目的とした基準又は長期の安全を目的とした基準に分類・整理し報告書を作成することとしている [15]。この整理は、IAEA の SSR-5 で述べられている内容とも整合的である。以上のことから、廃棄物埋設施設に放射性廃棄物を受け入れるために定める WAC は、処分施設の安全性と不可分である。

3.1.3 EC

欧州委員会 (European Commission: EC) の Horizon 2020 プログラムの 1 つである Sustainable network for Independent Technical Expertise of Radioactive Waste Disposal – Interactions and Implementation (SITEX-II) プロジェクトでは、WAC に関するポジションペーパーを発行し、以下のように WAC の目的を述べている [16]。

処分施設の操業中及び長期の安全性は、とりわけ、WAC を含む廃棄物管理システムの適用によるところが大きい。

(中略) WAC の主な目的は、貯蔵及び輸送を含む管理の全ての段階において考慮される処分の安全性のための廃棄物の適合性を保証することである。(中略) WAC は、人及び環境への影響が許容される限度以下であり、次の目的に沿って可能な限り低く抑えることとして定義されるべきである。

- 廃棄物は、取扱い、輸送、貯蔵及び処分のために用意され、各国の政策 (可逆性、回収可能性) に適用可能であること。
- 廃棄物及び廃棄体は、処分施設の受動的安全性に適合しているものとして貢献するものであること。
- 廃棄物 (原廃棄物、廃棄体) は、取扱い、輸送、貯蔵

又は処分システムに関連する安全性を許容不可能な範囲にまで下げ得る特性を有さないこと。

また、同ポジションペーパーでは、WAC に記載する事項について、以下のように述べている。

WAC は、廃棄物、廃棄体及び廃棄物の管理プロセス全体のトレーサビリティ、更には異なるタイプのパラメータ (量的な技術パラメータだけではなく、質的なパラメータ又は管理上のパラメータ) に関連して、広い範囲の特性を管理するために規定することができる。

これらのパラメータは、埋設事業者によって安全要求に適合するよう定められるが、規制機関の観点からは、以下のような要求が必要である。

- 管理上の要求は、品質保証と同様に、廃棄物のトレーサビリティに一般的に関連する。これらは、廃棄体のラベリング、品質保証スタンダードの仕様、品質管理システム (記録保存等)、具体の責任の所在に関する規定等を含む。
- 規制要求を遵守すること及びサイト固有の安全評価のベースとして、WAC は最低限以下の事項について規定されるべきである：
 - 許容される放射能又は放射性核種濃度
 - 発生から処分されるまでの全てのステップで考えうる状況において安定性を保証するための廃棄体に対する要求
 - 物理的な固定化、機械的及び物理的特性、含有する化学物質、有害物質、ガス発生の危険性及び廃棄体の状態変化に関する要求
 - 操業中の安全性に関連した廃棄体に対する要求
 - 廃棄体容器や処分システムの性能に影響を及ぼす廃棄物の種類及び材料の限定/禁止
 - 処分される放射性核種に応じた補完的な要求

SITEX-II のポジションペーパーは、欧州各国の規制機関がこれまでの経験を基に策定したものであり、WAC の要求及び策定の経験のない我が国において参考となる情報が多い。

3.1.4 諸外国における放射性廃棄物の受入れ基準に関する規制要求

前節まででは、国際基準等における WAC に係る要件や各国の事業者が定めた WAC 記載項目について整理した。本節では、各国の規制における WAC に係る要件を紹介する。Table 2 に各国規制機関及び法制度における WAC に係る要件を示す。

フィンランド、スウェーデン及び韓国における規制では、WAC を埋設事業者が策定することという要求が明記されている。さらに、フィンランドでは、廃棄体の製作者が埋設事業者の基準に適合する要件を定めることを規定している。

フランスでは、定めた WAC について埋設事業者が規制機関に意見を具申することが規定されている。

英国では、WAC を策定することという要求に加え、WAC に記載されるべき項目として、放射性核種の組成、化学的及び物理的性状並びに耐久性、微生物活動からの感受性、熱及び放射線影響からの安定性、並びに機械的安定性を挙

Table 2 Requirements of WAC for surface disposal facility in nuclear countries

	規制機関	法制度	WACに関する規制要件
フィンランド	放射線・原子力安全センター (STUK)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Predisposal management of low and intermediate level nuclear waste and decommissioning of a nuclear facility (Guide YVL D.4 / 15.12.2019) ・ Disposal of nuclear waste (Guide YVL D.5 / 13.02.2018) 	<p>YVL D.4 施設の操業</p> <p>504. 貯蔵又は処分のための廃棄物を処理又は容器化しようとする事業者は、廃棄物パッケージに関連する技術的な要件 (requirements) を規定しなければならない。この要件は、一時貯蔵の安全性又は処分の長期安全性に基づき、貯蔵施設又は処分施設の事業者によって定義された基準 (criteria) を満たすものでなければならない。廃棄物の処理又は廃棄体化をしようとする事業者は、廃棄体パッケージが要件に適合することを保証しなければならない。施設固有の基準を満足しない廃棄体パッケージは、STUKの許可を得ずに貯蔵施設又は処分施設へ輸送してはならない。</p> <p>YVL D.5 処分施設に定置する廃棄物の受入れ</p> <p>603a. 処分施設の操業安全性および処分の長期安全性 (処分施設へ持ち込まれる全ての廃棄物が満たすべきもの) に基づいて、処分する廃棄物および廃棄物パッケージについて基準 (criteria) を定めることとする。使用済燃料に課される基準についての要件 (requirements) は、ガイド YVL D.3 「核燃料の取り扱いと貯蔵」に規定されている。</p>
スウェーデン	放射線安全機関 (SSM)	<ul style="list-style-type: none"> ・ The Swedish Radiation Safety Authority's Regulations concerning Safety in Nuclear Facilities (SSMFS 2008:1) 	<p>SSMFS 2008:1 第6章第11条 使用予定のない核物質あるいは他の施設から搬入された原子力廃棄物を取り扱う施設では、貯蔵、処分または他の取扱いのために受け入れ可能な物品 [核物質と原子力廃棄物] の特性に関する文書化された要求事項 (受入れ基準) が存在しなければならない。この受入れ基準は、合理的かつ可能な限り、引き続き行われる管理の全ての段階における安全性及び放射線防護に配慮して作成しなければならない。受入れ基準は、第4章第2条に基づく安全報告書に含まなければならない。</p>
韓国	原子力安全委員会 (NSSC)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Technical Standards for the Operation, etc. of Low and Intermediate-Level Radioactive Waste Disposal Facilities (Notice of the Nuclear Safety and Security Commission, No. 2017-69 (waste.21)) ・ General Acceptance Criteria for Low- and Intermediate-Level Radioactive Waste (Notice of the Nuclear Safety and Security Commission, No. 2017-60 (waste.07)) 	<p>No. 2017-69 (waste.21), No. 2017-60 (waste.07) 第22条 (廃棄物の受入れ) 事業者は、個別処分施設に受け入れることができる廃棄物の特性及び廃棄物を受入れるための手順を定めた詳細な指示書 (「受入れ基準」という) を策定しなければならない。これら指示書は、廃棄物発生者又は廃棄物の処分を委託しようとする者 (「廃棄物発生者」という) に対して事前に提供されなければならない。</p>
フランス	県地方長官、公害・危険防止局 (DPPR)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Code de l'environnement (Version consolidée au 1 décembre 2017) ・ 2016年1月20日付のオーブ県の地方長官命令 (アレテ) 第2016-020-0003号 	<p>Article L542-12, Chapitre II : Dispositions particulières à la gestion durable des matières et des déchets radioactifs, Titre IV : Déchets 商工業的性格を有する公社 (EPIC) である放射性廃棄物管理機関 (ANDRA) は、放射性廃棄物の長期管理の業務、特に以下のことを担当する。 (中略) 4 原子力安全規則を遵守しながら、放射性廃棄物の処分に関する仕様書を規定し、所管行政当局に対して廃棄物のコンディショニングに関する仕様書に関する意見を具申する。 (後略)</p>
英国	環境規制機関 (EA)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Radioactive Substances Act 1993 (First Published 1993, Reprinted 1999) ・ The Environmental Permitting (England and Wales) Regulations 2010 (2010 No. 675) ・ Near-Surface Disposal Facilities on Land for Solid Radioactive Wastes: Guidance on Requirements for Authorisation 	<p>GRA Requirement R13: 廃棄物受入れ基準</p> <p>6.4.26 固体放射性廃棄物処分施設の設置者/事業者は、環境セーフティケースにおける想定条件及び輸送とハンドリングの要件と整合した廃棄物受入れ基準を定め、施設の運転期間中に適用できることを示さなければならない。</p> <p>6.4.27 廃棄物の性状分類、処理及びパッケージングは、廃棄物処分施設の委託者が責任を持つが、処分施設に受け入れる廃棄物が環境セーフティケースと施設内の輸送とハンドリングの要件に適合することを確認するのは、施設の設置者/事業者の責任である。施設の設置者/事業者は、後者の責任を遂行できる廃棄物受入れ基準を決める必要があり、さらに、廃棄体を施設に定置する前にこれら要求が適合しているかを確認する手順について実証する必要がある。</p> <p>6.4.28 廃棄物の処分前及び処分後の性能に影響する因子であり、受入れ要件でカバーされる必要がある因子として、核種組成、化学的及び物理的性状及び耐久性、微生物活動からの感受性、熱及び放射線影響からの安定性、及び機械的安定性について含まれる。</p> <p>6.4.29 廃棄物受入れ基準では、処分施設に受け入れられる廃棄物すべてが受動的に安全であることを合理的に実務的に可能な限り保証されるよう要求すべきである。廃棄物の化学的及び物理的性状は、環境セーフティケースに従って、化学的又は微生物学的に有害な反応を制限すべきであり、処分環境への放射性核種の放出を制限すべきである。廃棄体パッケージは輸送とハンドリングに耐えうる十分な機械的安定性を有するべきであり、セーフティケースで用いられている構造強度に関する前提と適合すべきである。中性子連鎖反応を起こすような核分裂物質の局所的集中の可能性が生じないよう、設置者/事業者が立証することも当然のこととして要求しなければならない。</p> <p>6.4.30 施設の設置者/事業者は、処分施設で受け入れる廃棄物に含まれる核分裂物質を含む放射性核種の組成について、RSA93の許可条件に従って十分に特性評価されていることを確認する必要があるであろう。</p>

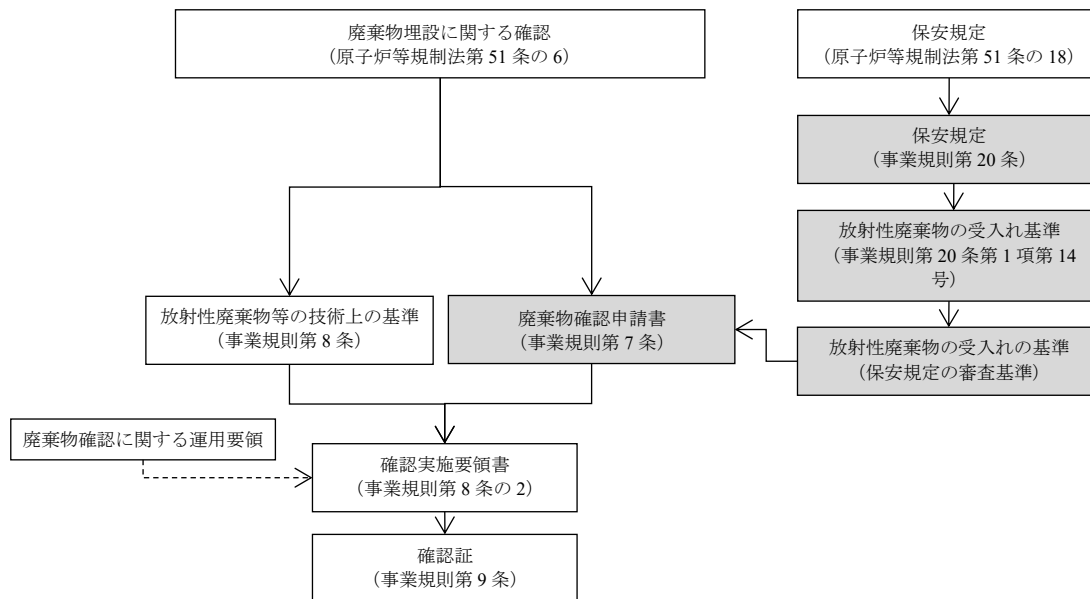


Fig. 3 Updated scheme of regulatory verification for low level radioactive waste as of January 2020

げている。WAC に最低限記載すべき内容を規定する方法は、我が国における技術基準と WAC 記載事項を規定する方法に参考になるものとする。

また、これら調査の対象とした諸外国の例ではいずれも、WAC と廃棄物埋設施設の安全性又はセーフティケースとの関係が重要視されていることが注目すべき点といえる。WAC は廃棄物埋設施設の安全性と不可分であり、廃棄物埋設施設の具体的な安全設計に即した基準とすべきであるといえる。

3.2 放射性廃棄物の受入れ基準の位置づけ

これまで、国の規則や告示に定められていた仕様を、今後は、誰が、どのように定めるべきか。前節までに示した国際的な考え方からすれば、規制機関でも廃棄物発生者でもなく、埋設事業者が定めるべきものであるといえる。埋設事業者が、規制機関が要求する性能又は機能に適合し、自らの施設に埋設可能な仕様を定める。この埋設事業者が定める仕様が WAC である。廃棄物発生者は、その仕様に沿って放射性廃棄物を製作する。埋設事業者は、廃棄物発生者が製作した放射性廃棄物が WAC に適合することを自ら確認する。

このとき、規制機関は、埋設事業者が策定した WAC が事業規則に定められている技術基準に適合していることをあらかじめ確認しておく必要がある。また、WAC が廃棄物埋設施設の設計に照らしても妥当なものであること、すなわち、IAEA が述べるように、廃棄物埋設施設の安全性（セーフティケース）と整合的であることもあらかじめ確認する必要がある。原子力規制庁は、廃棄物埋設施設の保安規定の一部として WAC を定めることを検討した[17]。具体的には、保安規定に記載する事項として「放射性廃棄物の受入れの基準」を加え、第二種廃棄物埋設事業に係る廃棄物埋設施設における保安規定の審査基準（制定 平成 25 年 11 月 27 日 原管廃発第 1311278 号）（以下「保安規定の審査基準」という。）において最低限定めなければならない事項について定める。これによって、規制機関の認可を必要とす

る保安規定の一部として、埋設事業者の WAC が認可を受ける必要があるものとして位置付けられる。改正後の廃棄物確認の体系を Fig. 3 に示す。

なお、諸外国の廃棄物埋設施設の具体的な WAC（例えば [18]）を見ると、数値基準や容器の種類等、廃棄物埋設施設の設計に応じてその要求のレベル（深さ）は異なる。IAEA の SSR-5 でも述べられているように、WAC は廃棄物埋設施設の安全性を説明したセーフティケースと不可分であり、廃棄物埋設施設の設計と関連して定められるべきである。もしジェネリックな施設設計が存在するのであれば、ジェネリックな WAC というものも存在するかもしれないが、一般的には、施設設計と WAC は各施設固有に決められるものであると考える。埋設事業者は、個別の廃棄物埋設施設の基本設計方針や安全思想に応じて WAC を定め、その WAC の仕様とその背景となる廃棄物埋設施設の基本設計方針や安全思想について、放射性廃棄物を製作する廃棄物発生者に深く理解してもらう必要がある。

3.3 放射性廃棄物の受入れ基準を導入することによって期待される効果

3.3.1 責任の明確化（規制機関と埋設事業者）

これまで、規則及び告示において放射性廃棄物の仕様を規定し、通達や運用要領において、廃棄物確認項目の妥当性や背景情報について説明を行ってきた事項もある。そのため、その仕様の説明責任が規制機関にあるのか埋設事業者にあるのかが必ずしも明確ではなかった点もあったが、WAC を埋設事業者が定めるという仕組みを取り入れることにより、WAC の基準適合性についての説明責任は一義的に埋設事業者が有するということが明確化することができる。

3.3.2 責任の明確化（埋設事業者と廃棄物発生者）

これまで、新たな廃棄物の製作が予定される場合、例えばスケールリングファクタの設定値の変更等が予定される場合に、廃棄物発生者である電力会社等が埋設事業者を経由

して、その設定値が技術基準に適合することを説明してきた。規制機関に対してその説明を行うのは埋設事業者であることに変わりはないが、WAC 導入により、新たな仕様の放射性廃棄物が廃棄物埋設施設に受入れ可能かどうかを埋設事業者が自ら判断し、仕様の変更がある場合には、WAC を改定することになる。前節に述べたように、廃棄物埋設施設の安全性と受け入れる放射性廃棄物の仕様は不可分であり、廃棄物埋設施設を有する埋設事業者が一義的にその責任を有すべきである。

3.3.3 安全性向上

放射性廃棄物の技術基準を性能規定化することによって、放射性廃棄物の仕様は、要求された性能を満足していれば比較的柔軟に定めることができる。埋設事業者が廃棄物埋設施設の安全性を向上させるため、最新の技術を取り入れたより良い仕様に変更することを妨げるべきではない。WAC の導入は、廃棄物埋設施設の安全性向上の観点からも、その意義は大きいといえる。

3.3.4 民間規格の活用

埋設事業者が WAC を定めることを規制機関が要求することにより、放射性廃棄物等に関する民間規格の活用の在り方にも影響を与えることが予想される。日本原子力学会で策定している廃棄体製作等に係る学会標準（例えば [19]）は、埋設事業者が WAC を策定する際に、国内外の最新知見を踏まえた『容認可能な実施方法』の 1 つとして参考になるものとする。

4 まとめ

本稿では、第二種廃棄物埋設の事業に関する規則の中で、埋設しようとする放射性廃棄物の技術上の基準の性能規定化及び放射性廃棄物の受入れ基準の導入に関する考え方について概説した。

埋設しようとする放射性廃棄物の技術基準について性能を要求するに当たり、これまでの技術基準を目標（objectives/goals）、機能要求（functional requirements）、性能要求（performance requirements）及び容認可能な実施方法（acceptable approaches）の 4 つの区分に整理し、放射性廃棄物に必要な性能又は機能について考察を行った。

放射性廃棄物の技術基準を仕様要求から性能要求に変更するに当たっては、埋設事業者が「放射性廃棄物の受入れ基準」として仕様を定め技術基準適合性を自ら確認することを提案した。このことにより、規制機関、埋設事業者、廃棄物発生者の放射性廃棄物に対する責任の所在が明確になるとともに、安全性向上を目的とした仕様改善を促し、民間規格の利用促進も期待される。

参考文献

[1] IAEA: Integrated Regulatory Review Service (IRRS) mission to Japan. Tokyo, Japan, January 10-22 2016, IAEA (2016).
 [2] 原子力規制庁: 平成 27 年度第 60 回原子力規制委員会、資料 2-1, 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 28 年 3 月 16 日 (2016).

<https://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11235834/www.nsr.go.jp/data/000143651.pdf> (accessed 2020-04-01).

- [3] 原子力規制庁: 平成 26 年度第 34 回原子力規制委員会、資料 3, 廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討について。平成 26 年 10 月 29 日 (2014).
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/1118514/www.nsr.go.jp/data/000048125.pdf> (accessed 2020-04-01).
- [4] 原子力規制庁: 令和元年度第 18 回原子力規制委員会、資料 2, ピット処分及びトレンチ処分に係る規則等の改正案及び改正案に対する意見募集の実施について。令和元年 7 月 17 日 (2019).
<https://www.nsr.go.jp/data/000277321.pdf> (accessed 2020-04-01).
- [5] 原子力規制庁: 令和元年度第 33 回原子力規制委員会、資料 1, ピット処分及びトレンチ処分に係る規則等の改正及び改正案に対する意見募集の結果について。令和元年 10 月 2 日 (2019).
<https://www.nsr.go.jp/data/000285946.pdf> (accessed 2020-04-01).
- [6] 原子力規制庁: 令和元年度第 38 回原子力規制委員会、資料 2, ピット処分及びトレンチ処分に係る改正規則等における誤りとその是正のための規則等の再決定について。令和元年 10 月 23 日 (2019).
<https://www.nsr.go.jp/data/000287839.pdf> (accessed 2020-04-01).
- [7] Bellagamba, L.: *Systems Engineering and Architecting: Creating Formal Requirements*. CRC Press, New York (2012).
- [8] 原子力安全・保安部会 原子炉安全小委員会: 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向けて。平成 14 年 7 月 22 日 (2002).
- [9] 科学技術庁: 放射性廃棄物安全技術顧問会第 1 回廃棄体確認 WG, 資料確認 1-1, 廃棄体確認方法の概要。平成 2 年 9 月 20 日 (1990).
- [10] 原子力安全委員会 放射性廃棄物安全規制専門部会: 低レベル放射性固体廃棄物の陸地処分の安全規制に関する基本的考え方について。昭和 60 年 10 月 11 日 (1985).
- [11] IAEA: Disposal of radioactive waste. Specific safety requirements. IAEA Safety Standards Series No. SSR-5, IAEA (2011).
- [12] IAEA: Pre-disposal management of radioactive waste. General safety requirements. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 5, IAEA (2009).
- [13] IAEA: Qualitative acceptance criteria for radioactive wastes to be disposed of in deep geological formations. IAEA-TECDOC-560, IAEA (1990).
- [14] Otsuka, I.: (private communication). 4th meeting of Expert Group on Operational Safety, Preliminary Analysis of WAC. 10 October 2016, Nuclear Energy Agency, Paris (2016).

- [15] Otsuka, I.: (private communication). 6th meeting of Expert Group on Operational Safety, Waste Acceptance Criteria. 8 October 2018, Nuclear Energy Agency, Rotterdam, Netherlands (2018).
- [16] Bernier, F. et al.: Developing a common understanding on the interpretation and implementation of safety requirements. Sustainable network for Independent Technical Expertise of Radioactive Waste Disposal - Interactions and Implementation (SITEX-II): WP2 - Developing a joint review framework, D2.1, European commission (2018).
- [17] 原子力規制庁: 平成 30 年度第 22 回原子力規制委員会, 資料 3, 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 8 月 1 日 (2018).
<https://www.nsr.go.jp/data/000241068.pdf> (accessed 2020-04-01).
- [18] LLW Repository Ltd: Waste acceptance criteria – Low level waste disposal. WSC-WAC-LOW – Version 5.0 Issue 1, LLW Repository Ltd (2016).
- [19] 日本原子力学会: 日本原子力学会標準: ピット処分及びトレンチ処分対象廃棄物の放射能濃度決定に関する基本手順: 2011. AESJ-SC-F022: 2011, 日本原子力学会 (2011).