

令和 5 年度第 65 回原子力規制委員会議題 2 「日本原子力学会標準 「中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法の基本手順」に係る 技術評価の結果」の資料修正

令和 6 年 2 月 28 日
原子力規制庁

第65回原子力規制委員会(令和6年2月21日)議題2「日本原子力学会標準「中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法の基本手順」に係る技術評価の結果」について、以下のとおり修正する。

該当箇所	修正後	修正前
別添及び参考 脚注37	埋設事業者が定める <u>保安規定のうち廃棄物受け入れ基準(WAC)</u> 及び廃棄物埋設申請書(廃棄体)の審査	埋設事業者が定める <u>保安規定のうち保安規定のうち廃棄物受け入れ基準(回答待ち)WAC)</u> 及び廃棄物埋設申請書(廃棄体)の審査
別添及び参考 脚注136	第4回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料4-2-1 <u>更問14(1)への回答②</u>	第4回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料4-2-1 <u>更問の②</u>
別添及び参考 脚注149	第4回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム資料4-2-1 <u>更問12への回答</u>	第4回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム資料4-2-1 <u>更問への回答12</u>

日本原子力学会「中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法の基本手順
(AESJ-SC-F015:2019)」に関する技術評価書

中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の
技術評価に関する検討チーム

赤字が修正箇所

会は、次のように説明している³⁵。

放射化計算に適用する適切なパラメータ及び保守的なパラメータは、標準 6.1.2.2.3 及び 6.1.2.4 に記載しておりますように、それぞれ次のようになります。

区分	評価条件	平均放射能濃度の評価	最大放射能濃度の評価
適切なパラメータ ¹⁾	代表位置での設定による評価	—	評価対象とする放射化金属等の代表とできる位置 ²⁾ が選択できる場合に、その位置でのパラメータで設定する。
	平均的条件での設定による評価	各パラメータの平均値を適用する。	—
保守的なパラメータ ¹⁾	保守的条件での設定による評価	—	評価対象とする放射化金属等の中性子条件、照射条件、元素条件の最大値、又は信頼上限値を適用する。

注 1) パラメータとは、放射化計算に入力する材料仕様、中性子条件及び照射条件

注 2) 代表とできる位置の例：チャンネルボックスの中央位置、制御棒の先端位置

日本原子力学会は、「適切なパラメータ」として、「評価対象とする放射化金属等の代表とできる位置におけるパラメータ」又は「平均的な条件とできる各パラメータの平均値を適用したパラメータ」の2種類を指すとしているが、それぞれをどのように使い分けるのかを示していない。一方、「保守的なパラメータ」としては、「評価対象とする放射化金属等の中性子条件、照射条件、元素条件の最大値、又は信頼上限値を適用する」としている。

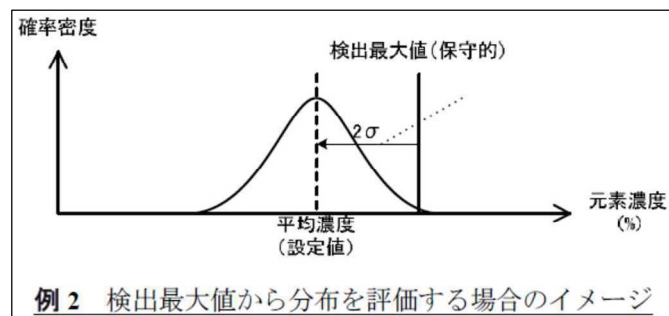
放射能濃度決定標準は、最大放射能濃度と総放射能量の評価方法を規定しているとのことであるが、それぞれの規定がどちらを指しているのかは判別できない。「適切な」の用語は、「適切な代表的条件」、「適切な放射化計算」、「適切な代表値（又は範囲）」、「適切な中性子条件」等、多数用いられている。このため、最大放射能濃度と総放射能量の評価方法それぞれについて技術評価することは困難である。

被規制者より、「技術評価を希望する学協会規格について」³⁶において「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」の審査³⁷に用いるとの説明があったことから、本技術評価は、最大放射能濃度の評価方法について対象とする。「5.2.1 理論計算法の種類」は、放射化金属等の最大放射能濃度の評価に適用することを明確にするよう規定を整理することを要望する。なお、総放射能量の評価方法については、今後の改定において、最大放射能濃度の評価方法と整理し規定されてから技術評価する。

³⁵ 第3回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料 3-1 回答 2

³⁶ 第15回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合資料 16-1

³⁷ 埋設事業者が定める保安規定のうち保安規定のうち廃棄物受け入れ基準（~~回答待ち~~）WAC）及び廃棄物埋設申請書（廃棄体）の審査



この方法が適用できるのは、検出下限値（以下「ND 値」という。）のデータ数が十分にある場合と想定されるが、そのデータ数について日本原子力学会は次のように説明している¹³⁵。

検出下限値のデータ必要数を定量的に評価することは、難しいと考えます。

ただし、元素分析において「検出下限値のみ」又は「1, 2 点の検出データ」となるおそれのある元素は、「表 D. 4—対象とする放射化金属等の元素成分濃度の分布タイプの設定に関わる基本的な考え方」（別添 1 参照）に示しますように、検出することが比較的難しい「微量成分元素」であり、その濃度分布は、附属書 G の「表 G. 13—元素の濃度分布を対数正規分布として扱う例」（別添 1 参照）に示します多くの文書にありますように「対数正規分布」を示すと考えられます。

その分布の信頼性を左右する検出下限値の妥当性は、種々の文献での材料種類、分析方法の情報によって評価することは可能であることから、標準ではこの入力データの設定の考え方を示しております。

このため、検出下限値以下又は 1, 2 点の検出値以下の濃度領域での対数正規分布を設定して評価することは、適切であると考えています。

元素分析データが非常に少ない元素の濃度分布条件設定方法については、考え方を整理することが望まれる。

- i) 「表 D. 5—元素分析データが非常に少ない元素の濃度分布条件設定方法」（別添 1 参照）の方法ではサンプリングの不確かさ、分析の不確かさがあるため、数点の検出データのみでは、その平均を推定分布の検出最大値と仮定することは非保守的となる場合がある。ND 値のデータが多くあり、かつ、数点の検出データがあるのであれば、当該検出データを推定分散の検出最大値と仮定することは一定の合理性を持つが、実運用として、何点の ND 値があれば当該手法を適用可能と考えているのか、日本原子力学会は次のように説明している¹³⁶。

検出限界値以下の濃度領域で検出できない元素濃度分布を設定して評価する場

¹³⁵ 第 4 回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料 4-2-1 回答 14(1)

¹³⁶ 第 4 回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料 4-2-1 更問 14(1)への回答②

赤字が修正箇所

網羅する放射化断面積データベース)

核データライブラリによって具体的にどの程度の差があるのかの評価例及び差がある場合は放射能濃度にどのように考慮するのかについて、日本原子力学会は次のように回答している¹⁴⁹。

現状、ライブラリの違いによる放射能濃度への影響の評価データはありませんが、放射化断面積の値の差異により概ね評価結果の差異を推定できます。放射化断面積の差異を確認した例を以下に示します。

放射化計算の核データライブラリについて、JEDNL-3.2, JENDL-3.3, JENDL-4.0 を基に日本原子力研究開発機構にて整備され公開されている ORLIBJ32, ORLIBJ33, ORLIBJ40 の同一のスペクトルで 1 群に縮約された放射化断面積の値の比をとった例を以下に示します。BS200, BS270 は BWR の炉心条件、PWR34, PWR47 は PWR の炉心条件のスペクトルで縮約された放射化断面積です。

下表の例において、ORLIBJ32, ORLIBJ33, ORLIBJ40 の放射化断面積の値の比較においては、C1-36 の例では ORLIBJ32 に対する ORLIBJ40 の値は 0.95~1.30 倍、ORLIBJ33 に対する ORLIBJ40 の値は 0.74~1.53 倍のばらつきがあります。C1-36 の例では旧ライブラリに対する新ライブラリの断面積の値は 0.74~1.53 倍の影響があることが確認され、断面積と比例関係(※1)にある放射能濃度への影響の程度もおおよそ同程度と推測されます。

なお、表中では核データライブラリの比較により旧ライブラリに対する新ライブラリの断面積の比が 2~3 倍程度以内に収まっていることから大幅な差異はない(※2)と考えられますが、もし旧版を使用する場合は、最新の核データライブラリに対する旧版の不確かさを確認した上で、大幅な差異がある場合にはそれを包含するように放射能濃度の評価値に補正する方法が考えられます。

生成核種	主な生成反応*	ORLIBJ40/ORLIBJ32				ORLIBJ40/ORLIBJ33			
		BS200	BS270	PWR34	PWR47	BS200	BS270	PWR34	PWR47
C-14	N-14(n, p)	1.38	1.12	1.04	1.10	1.34	1.08	1.00	1.06
C1-36	C1-35(n, γ)	1.30	1.03	0.95	1.01	1.53	0.78	0.87	0.74
Co-60	Co-59(n, γ)	1.22	1.05	1.00	1.04	1.22	1.05	1.00	1.04
Ni-63	Ni-62(n, γ)	1.29	1.03	0.95	1.02	1.29	1.03	0.95	1.02
Nb-94	Nb-93(n, γ)	0.41	0.39	0.38	0.38	0.41	0.39	0.38	0.39
Tc-99	Mo-98(n, γ)	1.04	1.07	1.07	1.07	1.05	1.07	1.08	1.07

*: アイソトープ手帳12版(公益社団法人 日本アイソトープ協会)より

(※1) 放射能濃度が断面積と比例関係にあるとは、放射化の計算式は以下に示すとおりであり、断面積(σ)と放射能(A)は比例関係となります。

放射化計算式(⁶⁰Co の例)

$$A = N_0 \sigma \phi \{ 1 - \exp(-\lambda T_1) \}$$

¹⁴⁹ 第4回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム資料 4-2-1 更問 12 への回答 42

赤字が修正箇所

令和5年度第65回原子力規制委員会
資料2参考(抜粋)

【凡例】

下線 記載の追記
~~取り消し線~~ 記載の削除

日本原子力学会「中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法の基本手順
(AESJ-SC-F015:2019)」に関する技術評価書

中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の
技術評価に関する検討チーム

赤字が修正箇所

ここでの「適切なパラメータ」及び「保守的なパラメータ」について、日本原子力学会は、次のように説明している³⁵。

放射化計算に適用する適切なパラメータ及び保守的なパラメータは、標準 6.1.2.2.3 及び 6.1.2.4 に記載しておりますように、それぞれ次のようになります。

区分	評価条件	平均放射能濃度の評価	最大放射能濃度の評価
適切なパラメータ ¹⁾	代表位置での設定による評価	—	評価対象とする放射化金属等の代表とできる位置 ²⁾ が選択できる場合に、その位置でのパラメータで設定する。
	平均的条件での設定による評価	各パラメータの平均値を適用する。	—
保守的なパラメータ ¹⁾	保守的条件での設定による評価	—	評価対象とする放射化金属等の中性子条件、照射条件、元素条件の最大値、又は信頼上限値を適用する。

注 1) パラメータとは、放射化計算に入力する材料仕様、中性子条件及び照射条件

注 2) 代表とできる位置の例：チャンネルボックスの中央位置、制御棒の先端位置

日本原子力学会は、「適切なパラメータ」として、「評価対象とする放射化金属等の代表とできる位置におけるパラメータ」又は「平均的な条件とできる各パラメータの平均値を適用したパラメータ」の 2 種類を指すとしているが、それぞれをどのように使い分けるのかを示していない。一方、「保守的なパラメータ」としては、「評価対象とする放射化金属等の中性子条件、照射条件、元素条件の最大値、又は信頼上限値を適用する」としている。

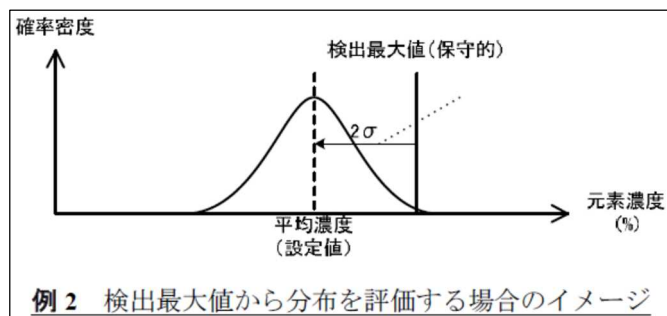
放射能濃度決定標準は、最大放射能濃度と総放射能量の評価方法を規定しているとのことであるが、それぞれの規定がどちらを指しているのかは判別できない。「適切な」の用語は、「適切な代表的条件」、「適切な放射化計算」、「適切な代表値（又は範囲）」、「適切な中性子条件」等、多数用いられている。このため、最大放射能濃度と総放射能量の評価方法それぞれについて技術評価することは困難である。

被規制者より、「技術評価を希望する学協会規格について」³⁶において「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」の審査³⁷に用いるとの説明があったことから、本技術評価は、最大放射能濃度の評価方法について対象とする。こととし、「5.2.1 理論計算法の種類」の「次の 2 種類の方法が、放射化金属等の放射能濃度の評価に適用することができる。」は「次の 2 種類の方法が、は、放射化金属等の最大放射能濃度の

³⁵ 第 3 回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料 3-1 回答 2

³⁶ 第 15 回新規制要件に関する事業者意見の聴取に係る会合資料 16-1

³⁷ 埋設事業者が定める保安規定のうち保安規定のうち廃棄物受け入れ基準（~~回答待ち~~）WAC~~）~~及び廃棄物埋設申請書（廃棄体）の審査



この方法が適用できるのは、検出下限値（以下「ND 値」という。）のデータ数が十分にある場合と想定されるが、そのデータ数について日本原子力学会は次のように説明している¹³⁵。

検出下限値のデータ必要数を定量的に評価することは、難しいと考えます。

ただし、元素分析において「検出下限値のみ」又は「1, 2 点の検出データ」となるおそれのある元素は、「表 D. 4—対象とする放射化金属等の元素成分濃度の分布タイプの設定に関わる基本的な考え方」（別添 1 参照）に示しますように、検出することが比較的難しい「微量成分元素」であり、その濃度分布は、附属書 G の「表 G. 13—元素の濃度分布を対数正規分布として扱う例」（別添 1 参照）に示します多くの文書にありますように「対数正規分布」を示すと考えられます。

その分布の信頼性を左右する検出下限値の妥当性は、種々の文献での材料種類、分析方法の情報によって評価することは可能であることから、標準ではこの入力データの設定の考え方を示しております。

このため、検出下限値以下又は 1, 2 点の検出値以下の濃度領域での対数正規分布を設定して評価することは、適切であると考えています。

元素分析データが非常に少ない元素の濃度分布条件設定方法については、考え方を整理することが望まれる。

- i) 「表 D. 5—元素分析データが非常に少ない元素の濃度分布条件設定方法」（別添 1 参照）の方法ではサンプリングの不確かさ、分析の不確かさがあるため、数点の検出データのみでは、その平均を推定分布の検出最大値と仮定することは非保守的となる場合がある。ND 値のデータが多くあり、かつ、数点の検出データがあるのであれば、当該検出データを推定分散の検出最大値と仮定することは一定の合理性を持つが、実運用として、何点の ND 値があれば当該手法を適用可能と考えているのか、日本原子力学会は次のように説明している¹³⁶。

検出限界値以下の濃度領域で検出できない元素濃度分布を設定して評価する場

¹³⁵ 第 4 回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料 4-2-1 回答 14(1)

¹³⁶ 第 4 回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム参考資料 4-2-1 更問 [14\(1\)への回答②](#)

赤字が修正箇所

核データライブラリによって具体的にどの程度の差があるのかの評価例及び差がある場合は放射能濃度にどのように考慮するのかについて、日本原子力学会は次のように回答している¹⁴⁹。

現状、ライブラリの違いによる放射能濃度への影響の評価データはありませんが、放射化断面積の値の差異により概ね評価結果の差異を推定できます。放射化断面積の差異を確認した例を以下に示します。

放射化計算の核データライブラリについて、JEDNL-3.2, JENDL-3.3, JENDL-4.0を基に日本原子力研究開発機構にて整備され公開されている ORLIBJ32, ORLIBJ33, ORLIBJ40 の同一のスペクトルで 1 群に縮約された放射化断面積の値の比をとった例を以下に示します。BS200, BS270 は BWR の炉心条件、PWR34, PWR47 は PWR の炉心条件のスペクトルで縮約された放射化断面積です。

下表の例において、ORLIBJ32, ORLIBJ33, ORLIBJ40 の放射化断面積の値の比較においては、C1-36 の例では ORLIBJ32 に対する ORLIBJ40 の値は 0.95~1.30 倍、ORLIBJ33 に対する ORLIBJ40 の値は 0.74~1.53 倍のばらつきがあります。C1-36 の例では旧ライブラリに対する新ライブラリの断面積の値は 0.74~1.53 倍の影響があることが確認され、断面積と比例関係（※1）にある放射能濃度への影響の程度もおおよそ同程度と推測されます。

なお、表中では核データライブラリの比較により旧ライブラリに対する新ライブラリの断面積の比が 2~3 倍程度以内に収まっていることから大幅な差異はない（※2）と考えられますが、もし旧版を使用する場合は、最新の核データライブラリに対する旧版の不確かさを確認した上で、大幅な差異がある場合にはそれを包含するように放射能濃度の評価値に補正する方法が考えられます。

生成核種	主な生成反応*	ORLIBJ40/ORLIBJ32				ORLIBJ40/ORLIBJ33			
		BS200	BS270	PWR34	PWR47	BS200	BS270	PWR34	PWR47
C-14	N-14(n, p)	1.38	1.12	1.04	1.10	1.34	1.08	1.00	1.06
C1-36	C1-35(n, γ)	1.30	1.03	0.95	1.01	1.53	0.78	0.87	0.74
Co-60	Co-59(n, γ)	1.22	1.05	1.00	1.04	1.22	1.05	1.00	1.04
Ni-63	Ni-62(n, γ)	1.29	1.03	0.95	1.02	1.29	1.03	0.95	1.02
Nb-94	Nb-93(n, γ)	0.41	0.39	0.38	0.38	0.41	0.39	0.38	0.39
Tc-99	Mo-98(n, γ)	1.04	1.07	1.07	1.07	1.05	1.07	1.08	1.07

*: アイソトープ手帳12版（公益社団法人 日本アイソトープ協会）より

（※1）放射能濃度が断面積と比例関係にあるとは、放射化の計算式は以下に示すとおりであり、断面積（ σ ）と放射能（ A ）は比例関係となります。

放射化計算式 (^{60}Co の例)

$$A = N_0 \sigma \phi \{ 1 - \exp(-\lambda T_1) \}$$

A : 放射化核種 (^{60}Co) の放射能 (Bq)

¹⁴⁹ 第4回中深度処分対象廃棄物の放射能濃度決定方法に係る日本原子力学会標準の技術評価に関する検討チーム資料 4-2-1 更問 12 への回答 12