

第2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



(案)

**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：
2019, AESJ-SC-F015:2019 (L1放射能評価標準)**

L1放射能評価標準に規定されている理論的方法

－技術要素3：評価した放射能濃度の裕度－

2021年9月21日

日本原子力学会 標準委員会

具体的な方法の技術的妥当性

－技術要素3：評価した放射能濃度の裕度－

中深度処分対象の放射化金属等の廃棄体の放射能濃度を評価するにあたっては、次のように、評価対象に応じた裕度を考慮し、理論計算のトレースができることが必要となる。

技術要素3-1：評価対象に応じた裕度などの考慮

- 理論的方法の評価対象である放射能濃度の要求条件として、放射能濃度の評価のばらつき、信頼性を考慮した評価に関する要求を考慮できる必要がある。
 - ① 評価対象が最大放射能濃度であれば評価する上でのばらつき、
 - ② 評価対象が平均放射能濃度であれば放射能濃度分布の平均値の信頼性。

技術要素3-2：理論計算のトレーサビリティ

- 理論的方法の実施結果に関して、トレースが可能で、第三者が再現できる必要がある。
 - ① 放射化計算自体のトレーサビリティが確保されていること、
 - ② 入力データ及び計算結果の記録が保管されていること。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－放射能濃度の要求条件－

埋設放射能の確認における要求評価精度の考え方を下記のように示しており、評価結果の妥当性及び保守性は確保される方法となっている。

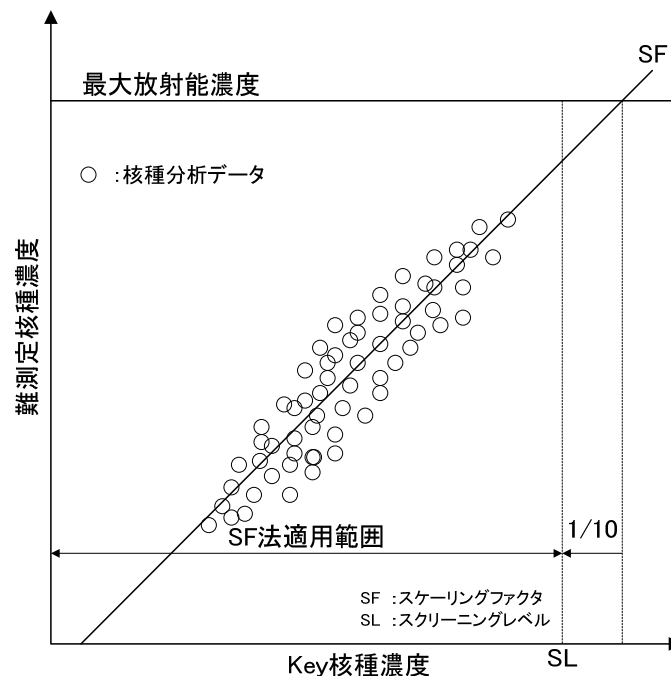
対象とする濃度	埋設放射能（平均放射能濃度）	最大放射能濃度
要求される条件	廃棄体全体（平均値）としての妥当性（又は保守性）	廃棄体ごとのばらつきの考慮（又は保守性）
要求評価精度に対する考え方 附属書M	<p>M.3.1 埋設放射能の確認における要求評価精度の考え方 埋設放射能（すなわち、平均放射能濃度）の確認においては、廃棄体個々の放射能濃度のばらつきは、推定した平均放射能濃度を中心とした対称的な分布を示す。このため、全埋設廃棄体の総放射能としては、放射能濃度のばらつきは、最終的に相殺されるため、埋設放射能の確認においては、<u>評価結果である個々の廃棄物の放射能濃度及び平均放射能濃度の妥当性が確認されれば、得られた評価は、そのまま適用できる。</u></p>	<p>M.3.2 最大放射能濃度を超えないことの確認における評価精度への対応の考え方 廃棄体の放射能濃度が最大放射能濃度を超えないことに関する確認においては、個々の廃棄体に関する放射能濃度評価値のばらつきへの考慮が必要となる。 点推定法の場合：評価対象廃棄物個々の放射能濃度を詳細に決定するため、最大放射能濃度の確認においても<u>放射能濃度決定値をそのまま適用することができる。</u> 区間推定法の場合：放射化計算結果を利用して個々の廃棄体に関する<u>ばらつきを勘案し、最大放射能濃度を超えないことを確認</u>する必要がある。</p>
評価精度（又は保守性）に対する評価上の対応	左記の個々の廃棄体の評価精度の確認によって、廃棄体全体の放射能の評価精度の保守性も確認される。	<p>区間推定法の場合：次のいずれかの方法を適用して評価する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 推定放射能濃度の<u>ばらつきの分布の偏差によって評価精度を確認</u>する。 ② 推定放射能濃度の<u>ばらつきの統計的な信頼区間などによって評価精度を確認</u>する。
確認上の評価方法の適用制限など	埋設総放射エネルギー及び区画別放射エネルギーが、許可を受けた放射性物質の種類ごとの総放射エネルギー及び区画別放射エネルギーをそれぞれ超えないことを確認する。 (個々の廃棄体の放射能濃度の制限ではなく、埋設区画及び総放射エネルギーの確認)	<p>次の<u>いずれかの方法で適用を制限又は超えないことを評価</u>する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 平均放射能濃度を適用しても、最大放射能濃度を超えるおそれが低い範囲を設定し、それ以下の濃度範囲で適用する。 (<u>スクリーニングレベル</u>の考え(参考図1参照)) ② 到達する可能性のある<u>最大放射能濃度を評価して適用</u>する。 ③ “<u>平均放射能濃度 + 偏差</u>”の形式で推定範囲を示し、これによって最大放射能濃度を超えないこと確認する。

注記 附属書Mに「放射能濃度の確認に対する基本的な考え方」を示している。

技術要素3-1の参考図1 スクリーニングレベルの考え

埋設放射能の確認における最大放射能濃度を超えないことの確認においては、適用制限として、下記の考え方が適用されており、この考え方が利用できる。

スケーリングファクタ法を適用する核種ごとにスクリーニングレベル（すなわち、スケーリングファクタ法を適用できるKey核種濃度の上限値）を定めて制限することによって、非破壊外部測定で計測したKey核種の放射能濃度が“スクリーニングレベル”を超えていないことを確認することによって、難測定核種が最大放射能濃度を超えないことを確認している。



解説図11 – スケーリングファクタ法の適用可能範囲
(浅地中ピット処分対象廃棄物の場合)

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 対象放射化物の放射能濃度を評価するための点推定法の保守性 －

点推定法は、評価対象とする放射化物の代表性のある特定位置の放射能濃度を、理論計算によって評価する方法であり、下記の基礎データベースを使用した保守性が確保できる方法となっている。

評価方法	点推定法に関する標準の記載内容
基礎データベース	通常、放射化金属等の内部に含まれる特定部位（位置）ごとに材料仕様（すなわち、元素成分条件、6.1.2.2参照）、中性子条件（6.1.2.3参照）及び照射条件（6.1.2.4参照）を適用する。
評価方法の特徴 (5.2.2 点推定法)	点推定方法は、放射化計算の基本となる方法である。 通常、 <u>基礎データベース</u> を使用して、特定部位（位置）ごとに、 <u>適切又は保守的なパラメータを用いて</u> 、（個々の廃棄物の位置の放射能濃度の）放射化計算を実施する。 この方法は、全てのタイプの放射化金属等の評価に適用できる。代表位置又は保守な位置で点推定法を適用しない場合、廃棄物全体の評価を行うには、多くの計算が必要となる。
必要計算数の考え方 (6.1.3.3 放射化計算の計算数の設定 6.1.3.3.1 点推定法)	必要計算数は、評価対象とする <u>放射化金属等の大きさ及び中性子フルエンス率の差異</u> （例1参照）、評価対象とする <u>放射化金属等の部位（位置）の特徴</u> （例2参照）などを考慮して決定する。 例1 大型又は複雑な対象物の場合で、中性子フルエンス率が対象物の異なる位置で変化する場合は、中性子フルエンス率を考慮した <u>幾つかの区分に分割して計算した平均値又は代表値</u> を使用する。 例2 評価対象とする放射化金属等の放射能濃度の <u>最大値を示す部位（位置）が明確な場合は、その位置1点で計算した代表値</u> で評価する。
保守性などの考慮	<ul style="list-style-type: none">代表位置（<u>廃棄物全体としての保守的位置（例 最大値を示す位置）</u>、分割した区分での<u>代表位置</u>）での計算の実施代表位置での入力データを設定することで、保守性が考慮される。

注記 点推定法は、5.2.2及び附属書Cに詳細を示している。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－対象放射化物の放射能濃度を評価するための区間推定法－

下表に示す区間推定法は、廃棄物グループ全体を対象とし、基礎データベースを使用して廃棄物の条件（元素、中性子、照射）範囲を評価し、評価用係数、放射能濃度分布を算出して放射能濃度を評価する。

評価方法	濃度比法(5.2.3.3)	換算係数法(5.2.3.2)	濃度分布評価法(5.2.3.4)
評価のための計算結果			
評価方法の特徴	<p><u>同種の放射化物の中で同時に中性子照射され生成した核種間の濃度比が一定である</u>ことを利用し、Key核種（Co-60）の放射能濃度に計算で得られた濃度比を乗じて対象核種の放射能濃度を評価する方法</p>	<p>核種の生成因子である<u>燃料の燃焼度などの管理指標と密接な関係性</u>をもつ放射化物の放射能濃度を、原子炉の運転で管理されている管理指標（燃焼度）の値から対象核種の放射能濃度を評価する方法</p>	<p><u>同一の照射時間、材料組成（中性子分布だけが異なる）の放射化物</u>中に生成する核種の放射能濃度を位置ごとに計算し、対象とした放射化物全体の対象核種の放射能濃度分布として評価する方法</p>
計算した結果	<p><u>評価対象廃棄物グループの条件範囲を網羅した放射化計算の結果</u>から、一定の難測定核種及びKey核種の濃度比、並びにKey核種の濃度を算定する。</p>	<p><u>評価対象廃棄物グループの条件範囲を網羅した放射化計算の結果</u>から、原子炉の運転の管理指標（燃焼度など）に対する換算係数を算定し、管理指標に乗じて濃度を算定する。</p>	<p><u>評価対象廃棄物グループの条件範囲を網羅した放射化計算の結果</u>から、放射能濃度分布及び代表的な放射能濃度（例えば平均値）を算定する。</p>
評価用基礎データベース	<ul style="list-style-type: none"> 理論計算に必要な入力条件（元素成分条件、中性子条件及び照射条件）を収集した基礎データベースを構築。 設定した基礎データベースのデータ数に応じた分布設定における保守性の考慮（7頁～11頁を参照） 		

注記 区間推定法は、細箇条5.2.3及び附属書Dに詳細を示している。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 収集できる数量を踏まえた保守性を考慮した入力データの設定 －

放射能濃度を評価に適用する放射化計算の入力データの妥当性に関しては、クリアランス検認の内規であるが、下記の要求がある。

「放射能濃度についての確認を受けようとする物に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法に係る審査基準」

3.3. 放射能濃度の決定方法（抜粋）

放射化計算法によって放射能濃度を決定する場合には、使用実績のある放射化計算コードが用いられ、[計算に用いた入力パラメータ（親元素の組成、中性子束、照射時間等）の妥当性](#)及びサンプル分析値との比較結果等による計算結果の妥当性に関する合理的な説明がなされていること、並びに[入力パラメータの不確かさに関する適切な説明がなされていること](#)。

放射化計算の入力データは、下表のように、その設定時に収集できたデータ数に応じた保守性を考慮している。

入力データ	元素濃度条件(6.1.2.2)	中性子条件(6.1.2.3)	照射条件(6.1.2.4)
基礎 データベース	放射化金属等の種類，材料を考慮した上で，次のいずれかの方法 <ul style="list-style-type: none"> 試料などの化学分析を行う。 試料などの化学分析結果の文献データ，材料証明書を収集。 材料規格の元素成分データを収集。 	中性子フルエンス率・中性子スペクトルは，原子炉及び燃料の配置を考慮した中性子輸送計算コード（ANISN，DOT，MCNPなど：計算コード）によって対象物の評価位置の中性子フルエンス率を設定する。	照射時間及び照射停止時間（例原子炉運転時間及び照射終了後の減衰時間）は，次のいずれかの方法で設定する。運転サイクルも考慮する。 <ul style="list-style-type: none"> 個別に照射履歴を設定する方法 代表照射履歴を設定する方法
収集の 可能性	各元素の検出性によって 収集できるデータ数が異なる	十分なデータ数の確保が可能	十分なデータ数の確保が可能
入力データの 保守性 など	検出データ数に応じた保守性を考慮することを規定している。 <ul style="list-style-type: none"> ① 十分収集できた場合 ② 比較的少ない場合 ③ 非常に少ない場合 ④ 検出下限値しか得られなかった場合（8頁参照） } 次頁参照	十分なデータ数で担保又は分布を考慮した最大値による保守性を考慮 「中性子輸送計算結果」に基づく、原子炉内（想定する評価対象位置ごと）の「中性子フルエンス率の分布」の設定する。 <ul style="list-style-type: none"> 原子炉内の鉛直方向、径方向位置を踏まえた中性子フルエンス率の分布を設定。 	十分なデータ数で担保又は分布を考慮した長い照射時間による保守性を考慮 実際の原子炉の「運転管理データ」に基づく、実運転での全照射時間及び運転サイクルを適用して設定している。

注記 標準本文細箇条6.1.2及び附属書D（元素濃度条件：D.4、中性子条件：D.5、照射条件：D.6）に詳細を示している。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 元素成分条件の検出数などに応じた設定と保守性 1 －

中性子条件及び照射条件のように、計算や運転データで、多くの基礎データを収集できる条件と異なり、元素成分は、材料の化学分析に負うところが大きいので、元素の検出率に応じ、収集できるデータ数に限りが生じる。このため、標準では、分析によって収集できた検出数が少ない場合に対して、その保守性を次のように設定することとしている。

データ数	保守性の設定の考え方	元素濃度分布の設定のイメージ例	
比較的少ない場合	分析データ数の少なさを考慮し、元素分析データの分散の信頼上限を適用するなどの方法によって、保守性を加味した平均値、標準偏差を適用することで、評価対象とする元素成分濃度分布を設定する方法	<p>平均濃度: 検出値の平均値の信頼上限とすることで、保守性を見込む。</p> <p>濃度分布の標準偏差: 保守的な標準偏差を適用する。</p>	<p>D4.3b)の例図</p>
非常に少ない場合 (標準偏差が計算できない)	① 元素分析データの検出値の平均値を、推定する分布の平均値として適用し、加えて、保守性をもつ標準偏差を適用して、濃度分布を設定する方法	<p>平均濃度: 検出値¹⁾の平均値とする。</p> <p>濃度分布の標準偏差: 保守的な標準偏差を適用する。</p>	<p>表D.5の例1</p>
	② 元素分析データの検出最大値以下の濃度の低い領域で濃度分布を設定する方法	<p>平均濃度: 保守的に検出最大値を濃度分布の+2σ (標準偏差) の値で設定する。</p> <p>濃度分布の標準偏差: 保守的な標準偏差適用することによって濃度分布条件を設定する。</p>	<p>表D.5の例2に加筆</p>

注記 附属書D (データ数量に応じた濃度分布条件の設定方法: D.4.3) に詳細を示している。

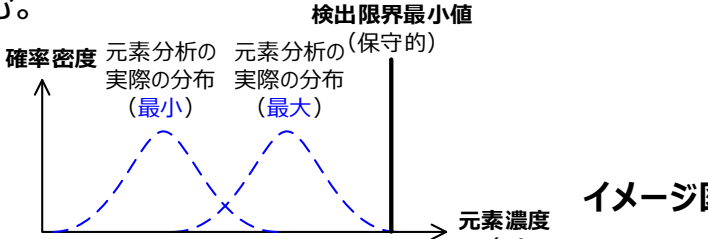
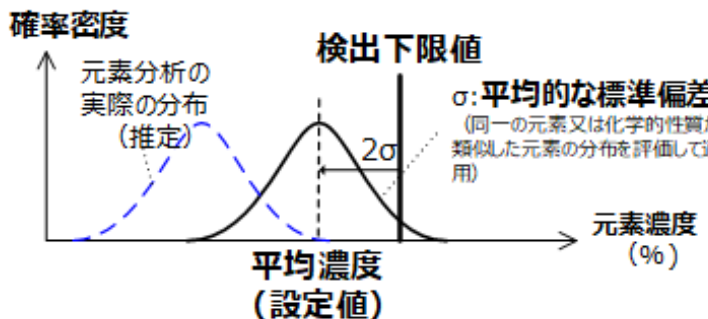
(青破線の分布を保守的に黒実線の分布で設定)

注1) 検出値は実際の推定分布のうち、高い濃度領域のデータのみとなる。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 元素成分条件の検出数などに応じた設定と保守性 2 －

この標準では、分析の結果、検出下限値しか得られなかった場合の保守性を考慮した元素濃度の設定方法を次のように規定している。

データ数	保守性の設定の考え方	元素濃度分布の設定方法及びイメージ例	
検出下限しか得られなかった場合	① 検出下限値をそのまま使用する方法	元素分析結果の <u>検出下限値を平均値</u> として使用する。	確認された最小の検出下限値などで元素濃度を設定すること自体で、多大な保守性を見込む。 
	② 元素分析データの検出下限値を最大値とする濃度分布を、既知の試料の標準偏差を利用して設定する方法	平均濃度: 分析した数が比較的多い場合は、保守的に検出下限値を濃度分布の +2 σ の位置として設定する。 濃度分布の標準偏差: 平均的な標準偏差などの濃度分布条件を設定する (例 鉱物、岩石などの同一元素などの分布を参考にした標準偏差)	 <p>表D.6の例3に加筆</p>
	③ 放射化学分析結果から推定する方法	照射履歴が明確な評価対象とする放射化金属等の <u>核種の放射能濃度データから、起源元素の濃度を推定</u> する。	放射化学分析結果などを鑑み、必要に応じて、適切な保守性を考慮する。

(青破線の分布を保守的に黒実線の分布で設定)

注記 附属書D (データ数量に応じた濃度分布条件の設定方法: D.4.3) に詳細を示している。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 元素成分条件の検出数などに応じた設定と保守性3 (標準偏差の設定)－

この標準では、分析によって収集できた検出数が0点又は非常に少ない場合の保守性を考慮した元素濃度の設定において、「鉱物、岩石などの分析データからの標準偏差」の適用を示している。検出下限値又は検出データを最大値とし、 2σ で平均値を設定する場合の「保守的な標準偏差」の設定の具体的な考え方を次に示す。

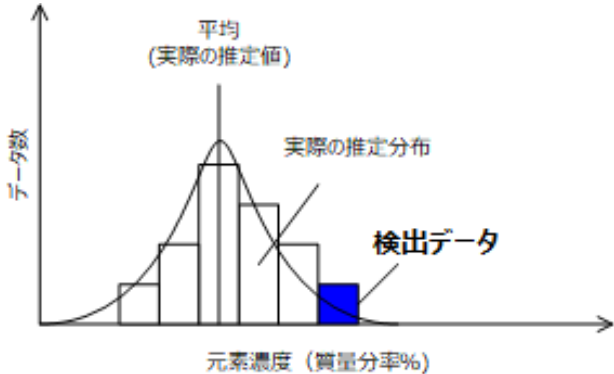
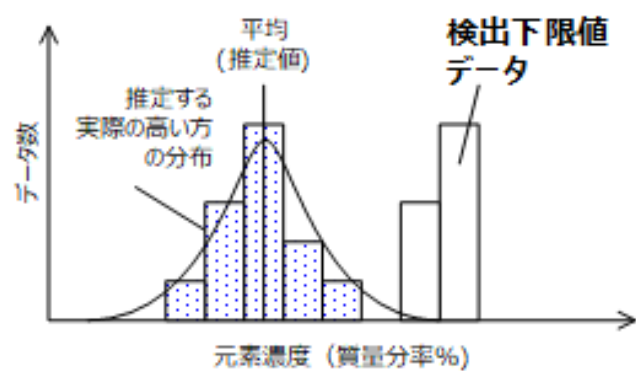
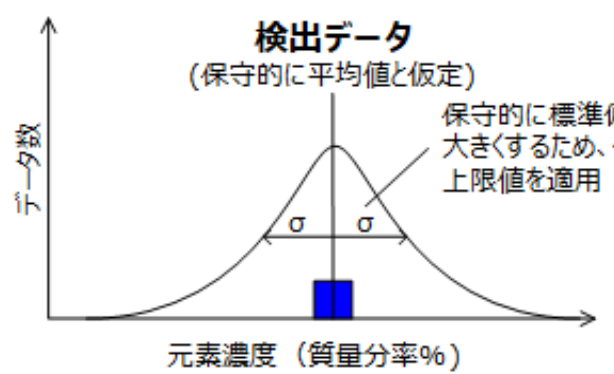
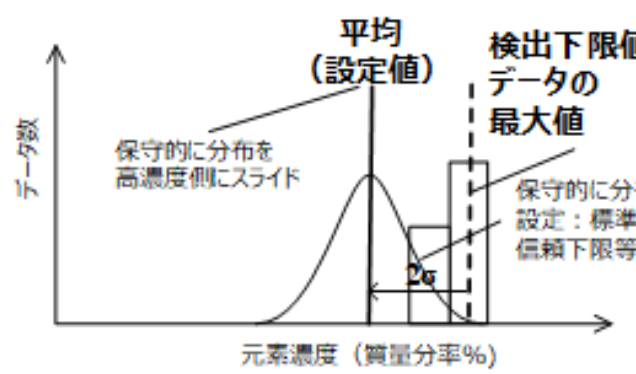
	保守的な標準偏差の設定の考え方	保守性を考慮した標準偏差の設定値及びイメージ例	
<p>方式1</p>	<p>【分布をより狭く設定する】 標準偏差が小さいほうが、元素濃度分布がより狭い濃度範囲で分布することになるため、元素分析データの少なさを考慮し、母分散の99%信頼下限値（母分散の推定）を適用して設定する。</p>	<p>標準偏差 = 99%信頼下限値 (例 鉱物、岩石などの分析データの調査実績)</p>	<p>方式1: 99%信頼下限値</p> <p>方式2: 平均値 (調査実績から標準偏差 = 0.2)</p> <p>図H.3</p>
<p>方式2</p>	<p>【分布を設定する】 平均値の推定に使用する標準偏差を、同一の濃度分布形状を設定する元素の標準偏差の平均値で設定する。</p>	<p>標準偏差 = 0.2 (対数) (例 同一分布形状及び鉱物、岩石などの分析データの調査実績)</p>	

注記 上記は附属書IのI.2.2.1.2d)の内容を示している。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 元素成分条件の検出数などに応じた設定と保守性4（保守的な分布の設定例）－

この標準では、分析によって収集できた検出数が十分でない場合の保守性を考慮した元素濃度の設定において、「推定される実際の分布」と保守性（平均値及び標準偏差の考慮）を考慮して「設定した分布」のイメージを示す。

ケース	非常に少ない場合 (標準偏差が計算できない)	ケース	検出下限値しかない場合
平均値の 考え方	保守的に、検出された検出値の平均値を設定分布の平均値として設定	平均値の 考え方	保守的に、検出下限値から2σの位置（平均値は検出下限から3σと推定されるが）に設定分布の平均値を設定
標準偏差の 考え方	保守的に分布範囲を広く評価するため、鉱物岩石等の同種の元素の標準偏差の分布の信頼上限などで設定分布の標準偏差を設定する。	標準偏差の 考え方	保守的に分布範囲を狭く評価するため、鉱物岩石等の同種の元素の標準偏差の分布の信頼下限などで設定分布の標準偏差を設定する。
推定される 実際の 分布	 <p>平均 (実際の推定値) 実際の推定分布 検出データ</p> <p>データ数</p> <p>元素濃度 (質量分率%)</p>	推定される 実際の 分布	 <p>平均 (推定値) 検出下限値データ 推定する実際の高い方の分布</p> <p>データ数</p> <p>元素濃度 (質量分率%)</p>
設定分布	 <p>検出データ (保守的に平均値と仮定) 保守的に標準偏差を大きくするため、信頼上限値を適用</p> <p>データ数</p> <p>元素濃度 (質量分率%)</p>	設定分布	 <p>平均 (設定値) 検出下限値データの最大値 保守的に分布を狭く設定：標準偏差を信頼下限等で設定 保守的に分布を高濃度側にスライド</p> <p>データ数</p> <p>元素濃度 (質量分率%)</p>

注記 詳細は附属書D及びIに示している。

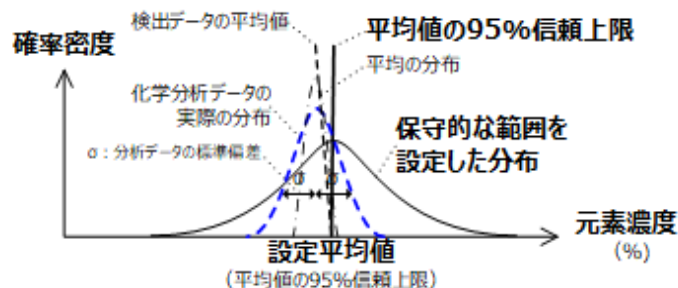
技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－ 元素成分条件の検出数などに応じた設定と保守性 5（分析結果の例） －

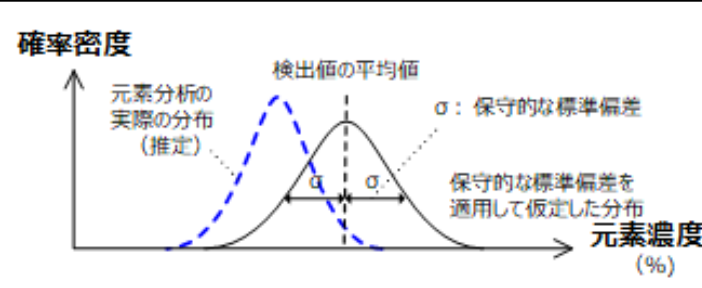
標準で例示したデータ数が「比較的少ない場合」及び「非常に少ない場合」における基礎データの「収集結果」と収集した基礎データからの「入力用分布の設定」（入力データを設定するランダムサンプリングの対象）を行った例（標準の例では、入力用分布の平均値には数字を丸めた値を適用している）を下表（表I.34及び9,10より抜粋）に示す。

材質	データの収集状態	起源元素	収集結果（分析、文献）			入力用分布の設定例	
			データ数	平均値	標準偏差 (平均+1σ)	平均値	標準偏差 (平均+1σ)
ジルカロイ	比較的少ない場合	N	21(0)	3.1×10^{-3}	3.7×10^{-3}	3.2×10^{-3}	5.0×10^{-3}
	非常に少ない場合	U	1(20)	2.0×10^{-4}	—	2.5×10^{-4}	7.9×10^{-4}
SUS304	比較的少ない場合	N	21(0)	4.6×10^{-2}	5.3×10^{-2}	5.0×10^{-2}	6.3×10^{-2}
	非常に少ない場合	該当なし	--	--	--	--	--

比較的少ない場合の設定イメージ



非常に少ない場合の設定イメージ



注記1 濃度の単位は質量%、標準偏差は+1σの濃度を示している。データ数の（）内は検出下限値の数を示す。設定例の平均値は数値を丸めている。
 注記2 詳細は附属書Iに示す。

技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－対象放射化物の放射能濃度を評価するための区間推定法の保守性－

区間推定法は、評価対象とする放射化物を網羅した理論計算によって放射能濃度を評価する方法である。

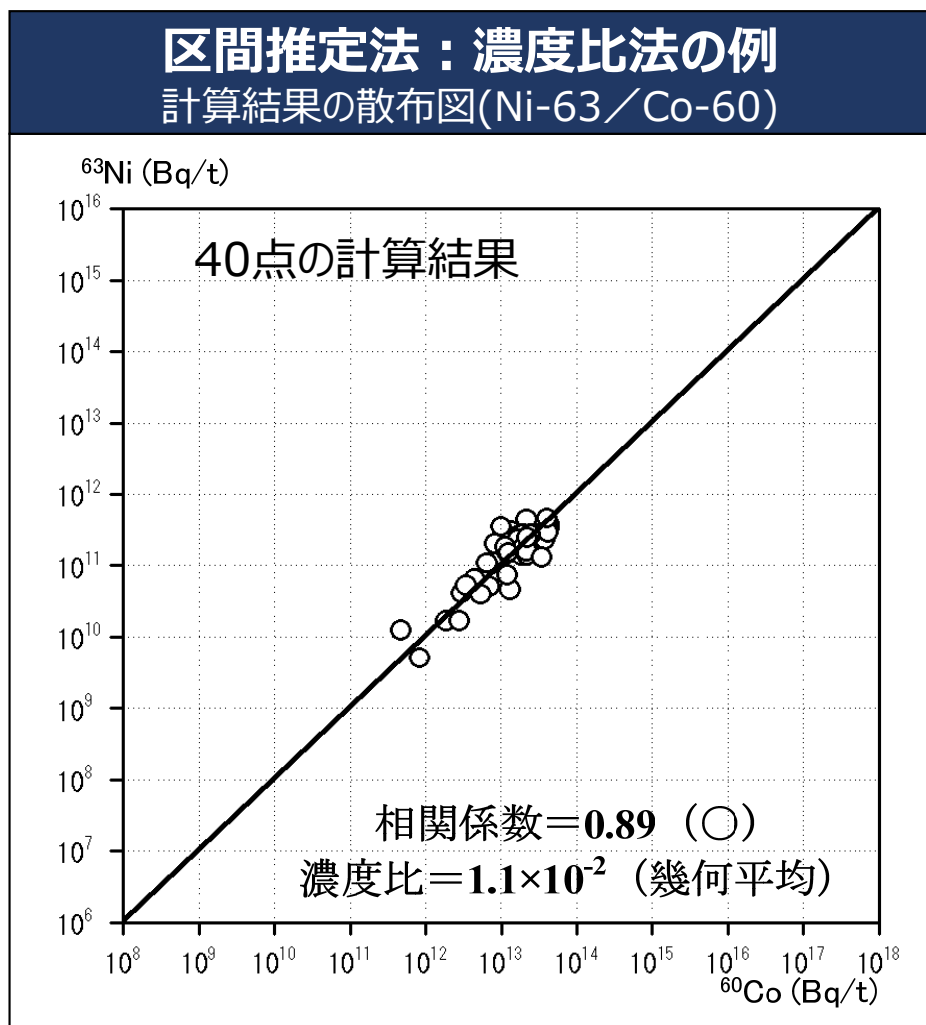
評価方法	区間推定法に関する標準の記載内容
基礎データベース	放射化金属等の材料仕様（すなわち、元素成分条件：6.1.2.2参照）、中性子条件（6.1.2.3参照）及び照射条件（6.1.2.4参照）を適用する。
評価方法の特徴 (5.2.3 区間推定法)	<p>中性子条件及び照射条件は、評価対象とする放射化金属等の炉内の物理的配置によって定まる中性子フルエンス率に依存するため、放射化金属等全体の放射能濃度は、<u>“特定の放射化金属等の全体に対する中性子照射”を網羅する中性子条件によって、特定の放射化金属等に関する放射化計算を繰り返すことで評価できる。</u>この方法は、代表的又は平均的な値及び分布を提供する。</p> <p>5.2.3.2 換算係数法:管理指標（例 燃料の燃焼度など）と放射化金属等の内部の放射能濃度との関係を、<u>管理指標が取り得る範囲を網羅する放射化計算</u>によって評価</p> <p>5.2.3.3 濃度比法：同じ種類の複数の放射化金属等の複数の位置の<u>元素成分条件、中性子条件及び照射条件を網羅する放射化計算</u>によって、評価対象とする放射化金属等全体の難測定核種の放射能濃度と同時に生成するKey 核種1)の放射能濃度との相関関係の評価</p> <p>5.2.3.4 濃度分布評価法：放射化金属等の<u>各照射位置の中性子フルエンス率を網羅する放射化計算</u>によって、放射化金属等全体における放射性核種の放射能濃度の分布を評価</p>
必要計算数の考え方 (6.1.3.3 放射化計算の計算数の設定 6.1.3.3.2区間推定法)	<p>実施した放射化計算結果の数が、放射能濃度決定のための評価データとして十分かについては、放射化計算を行った数とその放射化計算結果とが示す統計値の安定性の推移を踏まえて判断する。</p> <p>注記 詳細は、A.4.3 参照。</p> <p>(A.4.3 計算の実施段階 区間推定方法に必要な放射化計算結果の数は、図 A.2（13頁参照）に示す放射化計算の数によるKey 核種濃度と難測定核種濃度間との相関係数の安定性の評価などによって、把握できる。)</p>
保守性などの考慮	<ul style="list-style-type: none"> 収集した基礎データベースを踏まえ、データ数に応じて保守的に設定した分布（7頁及び8頁参照）からランダムに抽出することで、理論計算の入力データを設定している。

注記 区間推定法は、5.2.3及び附属書Dに詳細を示している。

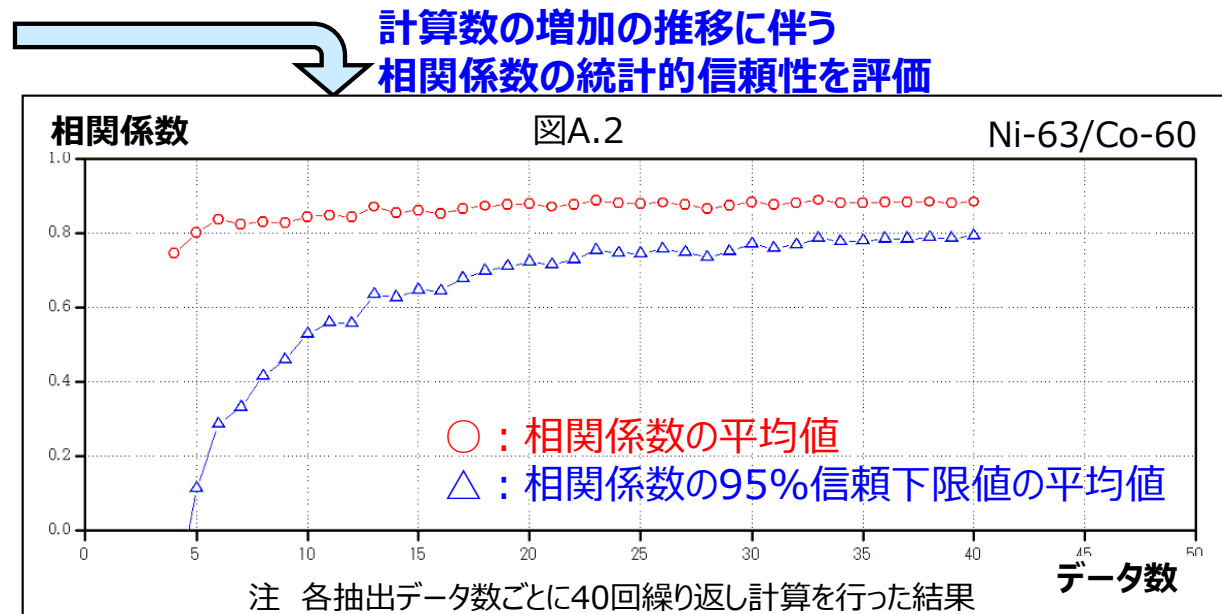
技術要素3-1 評価対象に応じた裕度などの考慮

－放射化計算結果の充足数の評価方法（区間推定法の場合）－

放射化計算結果（計算数）が充足しているかは、計算結果の蓄積によって得られる評価値（濃度比など）の統計値（例えば相関係数）の信頼性の向上が小さくなる計算数まで実施すれば良いとする考え方（ISO21238-2007及びIAEA Nuclear Energy Series NW-T-1.18）を踏まえ、下記の評価手法で、放射化計算数の充足度を評価する。



入力用基礎データベースを踏まえた分布から、ランダムサンプリングによって設定した入力データを使用し、放射化計算を実施した結果（難測定核種及びKey核種の放射能濃度）の散布図にプロット及び算出した濃度比



相関係数の信頼下限値が安定した放射化計算数

計算数の判断方法（6.1.3.3.2 区間推定法）
実施した放射化計算結果の数が、放射能濃度決定のための評価データとして十分かについては、放射化計算を行った数とその放射化計算結果とが示す統計値の安定性の推移を踏まえて判断する。

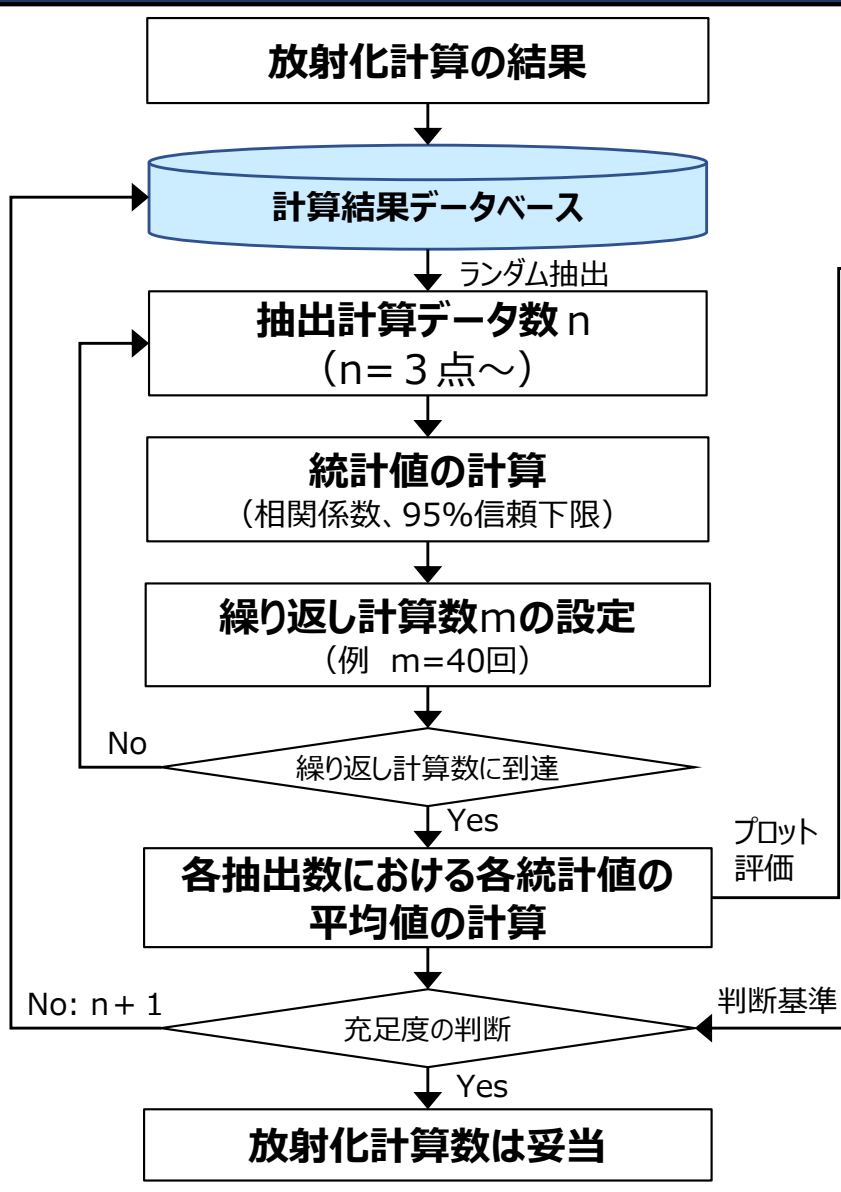
判断基準として参照したISO&IAEA図書：
“The number of data points is sufficient when investment in additional **sampling and measurement** produces no appreciable improvement in the statistical uncertainty”
（「sampling and measurement」を「計算」と読み替えた）

注記 本体6.1.3.3に規定し、附属書A4.3、附属書Iに評価例を示している。

計算数の充足度の評価の例⑥：濃度比法の場合

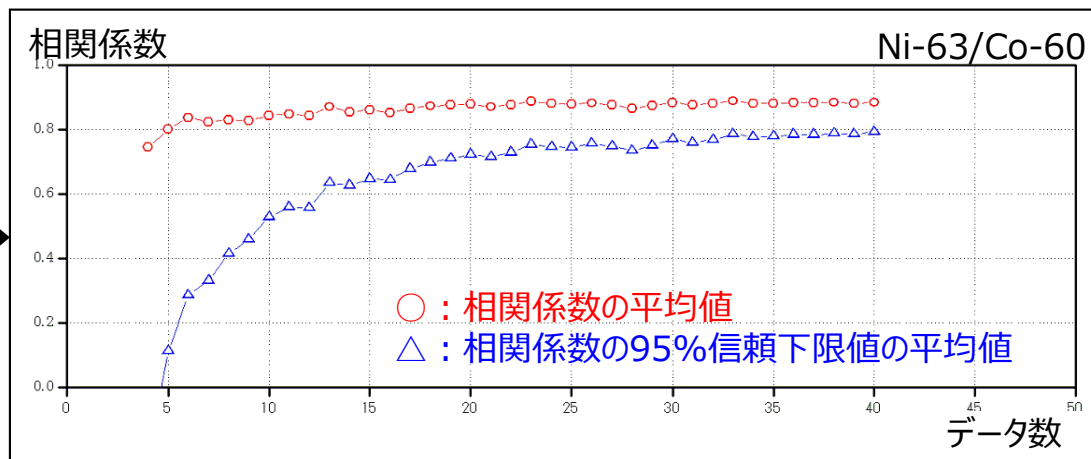
BWRチャンネルボックス本体（ZrTN804D）の必要計算数の判断方法

⑥ 計算数の充足度の評価フロー



⑥ 計算数の充足度の評価

(放射化計算の結果である40点のデータによる抽出評価の例)



統計値（相関係数、信頼下限値）の安定性

計算数の判断方法（6.1.3.3.2 区間推定法）

実施した放射化計算結果の数が、放射能濃度決定のための評価データとして十分かについては、放射化計算を行った数とその放射化計算結果とが示す統計値の安定性の推移を踏まえて判断する。

判断基準の参照としたISO&IAEA文書の内容
in additional **sampling and measurement** produces no appreciable improvement in the statistical uncertainty”
(sampling and measurementを計算と読み替える)

注 ISO:ISO21238-2007、IAEA:NW-T-1.18-2009

具体的な方法の技術的妥当性

－ 技術要素 3 : 評価した放射能濃度の裕度 －

中深度処分対象の放射化金属等の廃棄体の放射能濃度を評価するにあたっては、次のように、評価対象に応じた裕度などを考慮し、理論計算のトレースができることが必要となる。

技術要素3－1 : 評価対象に応じた裕度などの考慮

- 理論的方法の評価対象である放射能濃度の要求条件として、放射能濃度の評価のばらつき、信頼性を考慮した評価に関する要求を考慮できる必要がある。
 - ① 評価対象が最大放射能濃度であれば評価する上でのばらつき、
 - ② 評価対象が平均放射能濃度であれば放射能濃度分布の平均値の信頼性。

技術要素3-2 : 理論計算のトレーサビリティ

- 理論的方法の実施結果に関して、トレースが可能で、第三者が再現できる必要がある。
 - ① 放射化計算自体のトレーサビリティが確保されていること、
 - ② 入力データ及び計算結果の記録が保管されていること。

技術要素 3-2 理論計算のトレーサビリティ

－放射化計算の記録によるトレーサビリティの確保－

理論的方法を適用して、放射能濃度を放射化計算によって評価する場合の計算結果に関するトレーサビリティを確保するために、「記録」として下表の内容を規定している。

内容	トレーサビリティに関する標準の記載内容		
標準の対象とする理論計算のトレーサビリティの規定内容	L1放射能評価標準では、評価結果である放射能濃度及び放射エネルギーだけでなく、放射化計算の方法、計算に使用した入力条件などがトレース可能なように記録として残すことを、下表に示すように規定している。		
	記載箇所		標準の記載内容
	本文	7 記録 7.1 理論的方法の記録	<p>記録は、評価対象とした放射化金属等、<u>計算に使用した放射化計算方法、トレース可能な計算用入力条件及び計算の設定条件が明確にされた計算書</u>が示されなければならない。また、確認のために、第三者が容易に把握できるようにする。</p> <p>記録は、簡単で、容易に把握でき、追加操作を行わずに理解できるようにする。</p> <p>報告の単位は、記録中に明示し、かつ、特段の指示がなければ、国際単位系で記録する。</p> <p>注記 理論的方法の記録の詳細は、附属書N参照。</p>
本文	8 品質マネジメントシステム	<p>この標準に規定する放射能濃度決定手順を適用するに当たって、利用者がこの標準を引用する要領などにおいて、利用者が規定している<u>“品質マネジメントシステム”の適用を明確にする。</u></p>	
附属書 N.1 結果の記録 内容	<p>L1放射能評価標準には、理論計算による評価結果のトレーサビリティ及び理論計算の手順を保証するために、「7.1 理論的方法の記録」に記録を残す（上表参照）だけでなく、理論計算がトレース可能なことを規定し、さらに、記録の品質を管理・監督できるようにするために、事業者としての「8 品質マネジメントシステム」に組み入れることを規定（上表参照）している。</p> <p>加えて、必要となる記録（手順書などを含む）の内容に関して、附属書Nの「N.1 結果の記録」において、計算内容をトレースできるように、残すべき記録（次頁参照、詳細は、ISO16966を参照）を示している。</p>		

注記 附属書Nの詳細は、ISO16966に示されている。

技術要素 3-2 理論計算のトレーサビリティ

－放射化計算結果のトレーサビリティの確保のための記録－

理論的方法を適用して、放射能濃度を放射化計算によって評価する場合の計算結果に関するトレーサビリティを確保するために、下表に示す対象廃棄物から始まる理論的方法の手順に沿った「記録」を残すことを推奨している。

記載箇所	記録に関する標準の記載内容
7.1 理論的方法 の記録	<p>記録は、評価対象とした放射化金属等、計算に使用した放射化計算方法、トレース可能な計算用入力条件及び計算の設定条件が明確にされた計算書が示されなければならない。また、確認のために、第三者が容易に把握できるようにする。</p> <p>記録は、簡単で、容易に把握でき、追加操作を行わずに理解できるようにする。報告の単位は、記録中に明示し、かつ、特段の指示がなければ、国際単位系で記録する。</p> <p>注記 理論計算法の記録の詳細は、附属書N参照。</p>
附属書 N.1 結果の記録 内容	<p>放射化計算の結果の主要な記録は、評価者が計算の背景及び計算をトレースできるようにするために、次の情報を含むことが望ましい。</p> <ul style="list-style-type: none">a) 理論計算の内容及び範囲b) 評価対象とした放射化金属等の説明c) 放射線（線量率）測定方法の説明（放射線測定を適用した場合）d) 理論計算方法の説明e) 理論計算の結果の要約f) 結果の妥当性確認、及び／又は不確定性の検討g) 参考文献（含むことが望ましい）h) 評価、検証などの結果
附属書 N.2 その他	<p>ISO16966:2013のAnnex Eには、その他に、次の内容が示されている。</p> <ul style="list-style-type: none">a) 再利用可能な結果（計算部分、報告部分）b) 情報の取り扱いc) 報告範囲d) 評価結果の報告（数値の精度） <p>なお、数値の丸め方としての値の切り上げは望ましい（6.4を参照）。</p>

注記 附属書Nの詳細は、ISO16966に示されている。