

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第3回会合における日本原子力学会への説明依頼事項（案）に対する補足

○ はじめに

放射能濃度決定標準の規定内容を具体的に理解するために、同じ評価対象物（例えば、チャンネルボックス）に対して、①点推定法、②濃度比法、③換算係数法及び④濃度分布評価法を用いて、最大放射能濃度を算出した例を、下表の内容が分かるよう示して下さい。

規定	説明して欲しい内容
6.1.2.2 元素成分条件	—
6.1.2.2.1 起源元素の選定方法	どのように起源元素を選定したか その結果、どの起源元素を選定したか スクリーニングをした場合、その理由とスクリーニングの内容
6.1.2.2.2 起源元素の元素成分データの収集方法	3つの方法のうちどの方法で収集したか その方法を選んだ理由
6.1.2.2.3 起源元素の成分条件の設定方法	3つの方法のうちどの方法で設定したか その方法を選んだ理由
6.1.2.3 中性子条件	—
a) 中性子フルエンス率・中性子スペクトル	使用した中性子輸送コードの種類 そのコードを選んだ理由 中性子フルエンス率、中性子スペクトルの設定に至るまでの考え方、設定の判断方法、根拠
b) 放射化断面積	2つの方法のうちいずれの方法で放射化断面積を作成したのか その方法を選んだ理由
6.1.2.4 照射条件	a)とb)のいずれを選定したか その方法を選んだ理由 各方法において、照射条件を設定する場合の適切性を判断する理由（判断方法）は、同様に保守性を判断できる理由
6.1.3 放射化計算	—
6.1.3.1 放射化計算方法	なぜ、その放射化計算方法を選んだのか
6.1.3.2 計算用入力条件の設定	放射化計算の入力パラメータ及び条件 区間推定法の場合、入力パラメータ及び条件をランダムに抽出するか又は適切な代表条件を設定するかどちらか その方法を選んだ理由
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 その数で妥当とした理由
6.1.3.3.2 区間推定法	実施した計算数 その数で十分と判断した理由
6.1.4 表面汚染の取扱い	表面汚染を除染したか 除染した場合、除染が十分と判断した根拠

	除染しない場合、表面に付着した放射性物質の放射能濃度の評価結果 理論計算法で決定した放射能濃度に加えなかった場合、その理由
6.3.1 理論的方法の妥当性確認	—
6.3.1.1 妥当性確認の方法	放射化計算法及び計算手順が期待される結果を与えたか そのように判断した根拠 計算が、恒常的に、正確に実施できるか そのように判断した根拠
6.3.1.2 不確かさの扱い	不確かさの評価方法と結果
6.4 放射能濃度の評価における裕度	最大放射能濃度との比較に用いる推定放射能濃度の算出方法と結果 提示する評価精度値とその根拠

○ 「適用範囲と理論的方法の特徴」に関するもの

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>1. 「D.1.2 換算係数法」</p> <p>(1) 換算係数法は、炉心内での配置が変動するものも対象にしていますが、燃焼度（燃料集合体あたりの核分裂反応（熱出力）の積分値をウラン燃料重量で除した値）が同じでも中性子スペクトルが異なれば、放射化によって生成される核種量も異なります。炉心核的性能計算において、どのような場合に中性子スペクトルを同じものとみなすことができるか説明してください。</p>	<p>放射能濃度決定標準では、換算係数法の管理指標の例として「燃焼度」が挙げられていますが、質問のとおり、燃焼度が同じでも中性子スペクトルが異なれば、放射化によって生成する核種の量が異なります。</p> <p>したがって、「燃焼度を管理指標としたときに放射化放射エネルギーを同一とみなすことができる中性子スペクトルの範囲」は、求める放射能濃度評価精度との関係でどのように設定するのか、また、炉型ごとに実際にどのようにになっているのかについて質問したものです（炉型、出力によらず一定とみなせるのか。そうだとしたら技術的根拠をデータで示してほしい。）</p>	<p>第3回検討チーム会合の資料3-1-1では、以下のように回答されています。</p> <p><u>①炉心内での配置が変動する対象物に換算係数法を適用する場合の中性子条件は、附属書Jの表J.1に示すように、「移動及び中性子照射期間中による中性子フルエンス率・中性子スペクトルの変化に対し、評価対象廃棄物自身における平均的な中性子フルエンス率・中性子スペクトル分布を設定」するか、又は「評価対象廃棄物自身の全領域に一つの保守的な（放射能濃度評価結果が大きくなるような）代表値を設定」することになります。</u></p> <p><u>前者の設定の例として、附属書Jの表J.6に炉心内の配置の移動やフルエンス率・スペクトルの変動を考慮して設定したBWRチャンネルボックスの中性子条件を示しています。</u></p> <p><u>この中性子条件の設定は、附属書JのJ.2.2.2.1に示しており、炉心内の配置位置の移動を考慮して炉心平均の軸方向出力及びボイド率分布を算出し、それらを用いてチャンネルボックスの軸方向位置ごとに単位燃料集合体核特性計算コードによってチャンネルボックス位置の中性子フルエンス率・中性子スペクトルを設定します。</u></p> <p><u>②炉心内の中性子スペクトルは、炉心最外周では熱中性子に対する高速中性子、熱外中性子の比率が下がるため、同じ燃焼度でも最外周に配置したチャンネルボックスの放射化放射エネルギーは炉心中央部と比較して小さくなります。ただし炉心内の配置位置による中性子スペクトルの影響は附属書Gの図G.6～図G.7に示すとおり炉心中央部と最外周部で2倍以内であることから放射化放射エネルギーへの影響は小さく、</u></p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
		<p><u>炉心平均の中性子条件を適用することは問題ありません。</u></p> <p>ここで、①については、本標準の記載内容に関する説明であり、質問に対する回答がありません。</p> <p>②については、熱中性子フルエンス率と高速中性子フルエンス率或いは熱外中性子フルエンス率との比が2倍以内であるため炉心平均の中性子条件を適用することは問題ない、という説明ですが、「どのような場合に中性子スペクトルを同じものとみなすことができるか」という質問に対する回答がありません。</p> <p>以上を踏まえ、次に掲げる事項について、評価例等により説明して下さい。</p> <p>①中性子スペクトルの変動幅とそれに応じた放射化放射エネルギーの変動幅との定量的な関係</p> <p>②最大放射能濃度評価（及び埋設総放射エネルギー評価）の観点から、許容される放射化放射エネルギーの変動幅、或いは変動幅の設定の方法。</p> <p>③熱中性子フルエンス率と高速中性子フルエンス率或いは熱外中性子フルエンス率との比が2倍以内とした根拠）2倍が保守側に濃度を高く評価することを説明する際には、評価対象となりうるすべての生成核種の親元素の放射化断面積に関して、熱中性子のほうが熱外・高速中性子よりも大きいことを示して下さい。</p> <p>④上記②及び③を踏まえて、一定とみなすことのできる中性子スペクトルの範囲。</p> <p>⑤「表 J.6-BWR チャンネルボックスの評価条件（45GWd/t）」の熱群（FT）中性子スペクトルインデックス値は軸方向位置1～24において0.64で一定とする根拠。</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
		<p>⑥ 「表 J. 6—BWR チャンネルボックスの評価条件 (45GWd/t)」と「図 G. 6—BWR チャンネルボックスでの高速中性子フルエンス率の熱中性子フルエンス率に対する比の例」を示しているが、その相互関係について。</p> <p>1) 「表 J. 6—BWR チャンネルボックスの評価条件 (45GWd/t)」の熱中性子フルエンス率と似たものが「図 G. 5—BWR チャンネルボックスでの熱中性子フルエンス率軸方向分布の例」(28GWd/t のもの)に示されています。しかし、燃焼度が1.6倍異なることを考慮して表 J. 6 の熱中性子フルエンス率の値を1.6で除しても10^{13}を下回るものはありませんが、図 G. 5 の軸方向位置 24 では最外周及び炉心中央部平均でも10^{13}を下回っています。その理由について。2) 図 G. 6 の縦軸(高速中性子フルエンス率/熱中性子フルエンス率)の値は、表 J. 6 の熱中性子フルエンス率に中性子スペクトルインデックスの「高速群 (FF) / 熱群 (FT)」比を乗じたものと相関があるように見えません(図 G. 6 は右肩上がり、表 J. 6 だと軸方向位置 23、24 で下がる)。表 J. 6 と図 G. 6 の関係について。</p>
<p>(2) 附属書 J において軸方向の中性子スペクトルの違いが反映されていますが、径方向の違いがどのように反映されているかが示されていません。燃焼度が同じで、中性子スペクトルが異なる場合、放射化放射能濃度が同一とみなせる中性子スペクトルの範囲を説明してください。</p>	<p>「附属書 J (参考) 換算係数を用いる場合の計算例」の J. 2. 2. 2. 1a) では、中性子スペクトルを軸方向に考慮するとされています。一方、運転サイクルに応じて燃料集合体の配置が径方向に移動し、かつ、燃料集合体のローテーションにはばらつきがあり一定とならないことから、燃焼度が同じでも径方向における中性子スペクトルの変化を考慮しないと、換算係数法が成立しないと考えられることから、質問したものです。</p>	<p>上記とまとめました。</p>
<p>2. 「D. 1. 3 濃度比法」の濃度比が一定となる条件について、中性子フルエンス率が同一であっても、</p>	<p>濃度比を一定とする場合、中性子フルエンス率と中性子スペクトルが同一とみなせる範囲にあることが</p>	<p>「同等とみなせる範囲については、中性子スペクトルの変化が大きくなる代表的な例として、附属書 B の</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>中性子スペクトルが異なると放射化断面積が変化すると想定されます。中性子スペクトルが同一とみなせる範囲をどのように設定するのか説明してください。</p>	<p>前提です。このため、「中性子スペクトルが同一とみなせる範囲」について質問したものです。</p>	<p>図 B. 4「放射化計算結果への主な計算条件の影響評価結果（放射化断面積の影響）」の脚注 b) に示す、影響の程度が“小：2～3 倍程度以内の差異を生む”を参考とします。」とありますが、最終的な放射能濃度に対する影響がどの程度であるかを評価例等により示して下さい。</p>
<p>3. 「D. 3. 1 評価対象放射化金属等の形状及び設置方向による照射位置の設定」の照射位置の選定の妥当性を確認するための考え方及び手順について「評価対象とする放射化金属等の形状および原子炉内での設置方向、配置位置を考慮した照射位置を選定した上で」とありますが、照射位置の設定の方法が具体的に示されていません。照射位置は、中性子フルエンス率と中性子スペクトルの変動との関係にも依存するため、照射位置の設定の方法において、その影響をどのように考慮するのか説明してください。</p>	<p>照射位置の設定の方法が、放射能濃度決定標準において具体的に示されていないことから、照射位置の設定の方法において、中性子フルエンス率と中性子スペクトルの変動の影響をどのように考慮するのか質問したものです。</p>	<p>照射位置の設定した事例を元に、中性子フルエンス率と中性子スペクトルの変動の影響をどのように考慮したのか説明してください。表 D. 2 の注 b) のようなケースが考えられるため、具体的な照射位置の設定において、どのような検討がなされた上で、どのような理由（根拠）から判断されるのかを説明してください。</p>
<p>4. 「D. 6. 2. 2 中性子の照射時間」で中性子の照射時間については評価対象とする放射化金属等の放射能濃度を代表できるような照射時間、又は放射能濃度評価結果が大きくなるような照射時間の条件を設定するとされていますが、放射能濃度を代表できるような照射時間の条件設定方法、評価結果が大きくなるような照射時間の条件設定方法が記載されていません。「比較的短半減期核種との濃度比を用いる場合には、評価対象とする放射化金属等の中性子の全照射時間の長さに応じて放射化計算の条件設定を変えるなど、適切に考慮する必要がある。」について、その方法を具体的に示してください。</p>		<p>— （考え方の概要は理解しましたので、現時点では、追加の質問はありません。）</p>
<p>5. 「A. 1. 2 STEP1：計算のための基本の設定」の STEP1 では「対象とする放射化金属等の特性（幾何形状、元素成分条件など）、原子炉の運転条件（中性子</p>	<p>本文と図の記載の不整合があるため質問したものです。</p>	<p>— （図 A. 1「理論計算法の適用基本フロー」の STEP1 に示された「原子炉及び放射化物の特性」の内訳として</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>条件及び照射条件)などの放射化計算に必要なデータを事前に収集する」と記載されていますが、図 A.1 の該当箇所には、「放射化金属等の幾何形状」に代わり「原子炉及び放射化物の特性」が記載されています。「原子炉及び放射化物の特性」に関してどのようなデータを収集するのか具体例をもって説明してください。</p>		<p>「元素成分条件」「中性子条件」「照射条件」が含まれることと理解しましたので、追加質問はありません。）</p>
<p>6. 「A.1.5 STEP4：結果の提示」に「適切な計算コードを選択し、放射化計算を実施し、直接的に放射能濃度を算出するか、又は濃度比などの評価係数を計算する。」との記載がありますが、何をもって計算コードの適切性を確認するのか説明してください。また、図 A.1 には、「検証された放射化計算方法の選択」とありますが、どのように放射化計算方法を検証するのか説明してください。</p>	<p>適切な計算コードを選定しなければ、適切な計算はできません。このため、計算コードの適切性を判断する際の、確認項目、確認方法、適切と判断する基準等について質問したものです。</p>	<p>どのように計算コードの適切性を確認したのか分かるよう、計算コードの適切性を判断する際の、確認項目、確認方法、適切と判断する基準等について、具体的に記載して下さい。他の規格、第三者機関等による場合には、その内容について説明してください。また、「検証と妥当性確認（V&V）」を説明する際には、定義や引用元を明確にした上で記載してください。</p>
<p>7. 「A.4.1 妥当性確認」に「なお、放射化計算方法に関する妥当性確認は、AESJ-SC-A008:2015 を参照する。」とありますが、「参照」の意味するところを説明してください。また、「計算の準備」「計算の実施」「計算結果の記録」それぞれのステップについて、当該標準の参照範囲とその内容、適用できる根拠を説明してください。</p>	<p>AESJ-SC-A008:2015 に記載のシミュレーションの妥当性確認方法に則ると、非常に多くの不確実性について評価する必要があることから、本標準で AESJ-SC-A008:2015 をどの程度取り入れるのかを把握するため質問したものです。</p>	<p>— （ここでの「参照」は AESJ-SC-A008:2015 に厳密に則るのではなく、一部に考え方を取り入れることであると確認できたので追加質問はありません。具体的には、「計算の準備」に AESJ SC-A008:2015 の 3.4 章 エLEMENT 4 の考え方を適用したということと理解しました。）</p>
<p>8. 「A.4.4 計算結果の記録段階」「放射化計算の結果を記録し、妥当性を確認する」とあるが、妥当性の確認方法について説明してください。AESJ-SC-A008:2015 「シミュレーションの妥当性確認に従うのであれば、AESJ-SC-A008:2015 のどの部分を用いて妥当性を確認するのか具体的に説明してください。</p>	<p>放射化計算の妥当性確認は、本標準の根幹をなす重要な項目であり、妥当性を確認出来ない場合は放射化計算により中深度処分対象廃棄物の放射能濃度を導くことはできないと考えます。 放射化計算のプロセスのひとつとして「A.4.4 計算結果の記録段階」が挙げられています。「放射化計算の結果を記録し、妥当性を確認する。」という記載だけを読むと、記録から妥当性確認の間にあるべき具体的方法の記載が抜けているように思われるため質問したものです。</p>	<p>質問に対して、「「計算結果の記録」の段階における妥当性の確認方法とは、必要な計算条件を明確化し、理論計算法の放射化計算方法及び計算手順が期待される結果を与えることを（客観的、文書化された証拠によって）明示することです。」と回答いただいておりますが、より具体的に説明いただかなければ回答の方法で妥当性が確認出来るかどうか判断できません。 ①結果を記録したことで何の妥当性を確認するのでしょうか。放射化計算結果の妥当性でしょうか。放射化計算手順の妥当性でしょうか。</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
		<p>②放射化計算結果を何と比較することで「放射化計算方法及び計算手順が期待される結果を与えること」を判断するのでしょうか。</p> <p>③客観的、文書化された根拠とは具体的にどのようなものを想定しているか示してください。</p>

○ 「理論的方法の入力条件の設定方法の具体及び評価結果の不確かさ」に関するもの

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>1. 「6.1.2.2.3 起源元素の成分条件の設定方法」において、起源元素の成分条件は「代表値を設定する方法」、「濃度分布から設定する方法」、「濃度範囲を設定する方法」のいずれかの方法で設定すると規定していますが、同等性について説明してください。</p>	<p>「代表値を設定する方法」は各元素の濃度の代表値、「濃度分布から設定する方法」は各元素の複数の代表的濃度、「濃度範囲を設定する方法」は各元素の最大濃度、最小濃度を設定するとあり、いずれでも可とする理由が分からないため質問したものです。いずれでも可とするなら、結果の同等性が重要です。</p>	<p>点推定法及び区間推定法によって使い分け（組合せを含む。）があるのか説明してください。また、「6.1.3.2 計算用入力条件の設定」においては、元素成分条件にランダムサンプリングと適切な代表値の両方を規定していますが、換算係数法の場合は「J.1.2 放射化計算の条件の設定」の「a) 元素成分条件」において「各元素の代表値を1点設定する」として規定しています。換算係数法で各元素濃度をランダムサンプリングした場合の換算係数及び放射能濃度の決定方法を説明してください。</p>
<p>(1) b)の放射化断面積は、使用する放射化計算コードの放射化断面積ライブラリ又は中性子フルエンス率の評価結果のいずれかの方法で設定すると規定していますが、同等性について説明してください。</p>	<p>「使用する放射化計算コードの放射化断面積ライブラリ」は計算コード内から選択で求まるが、「中性子フルエンス率の評価結果から…放射化断面積を設定」は計算コード内で行うものではないと思われます。計算式の説明がないため、同等なのかを質問したものです。</p>	<p>計算コードから求めた放射化断面積と中性子フルエンス率の評価結果から求めたものの例を示して下さい。</p>
<p>(2) 最新の計算コード及び放射化断面積ライブラリについて確認すると規定していますが、妥当性の確認方法を説明してください。</p>	<p>利用する計算コード及び放射化断面積ライブラリが最新のものであることの確認方法と放射化断面積ライブラリが変更されたときの妥当性評価方法について具体的説明を求めたものです。</p>	<p>利用する計算コード及び放射化断面積ライブラリが最新のものであることの確認方法と放射化断面積ライブラリが変更されたときの妥当性評価方法について、例を示して説明してください。</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>2. 「6.1.4 表面汚染の取扱い」</p> <p>(1) 「6.1.4 表面汚染の取扱い」のまた書きにおいて、「除染しない場合は、放射化金属等の表面に付着した放射性物質の放射能濃度を評価し、必要に応じて理論計算法で決定した放射能濃度に加える。」と規定しています。除染しない場合に、放射化金属等の表面に付着した放射性物質の放射能濃度の評価結果を加える必要がない条件について説明してください。</p>	<p>中深度処分対象廃棄物の埋設に当たっては、廃棄体中に存在する放射能濃度を全て評価する必要がありますので、放射化計算による母材中の放射能濃度の評価に加え、表面汚染による放射能を加えなければなりません。</p> <p>表面汚染による影響が無視できるほど小さい場合には、表面汚染による放射能を加える必要がないと判断することができますが、表面汚染の影響を考慮する必要がない条件について定量的に示されていないため質問したものです。</p>	<p>質問に対して、「標準では、「必要に応じて理論計算法で決定した放射能濃度に加える。」とのみ規定しています。」と回答いただいておりますが、回答の意図が分かりません。質問は、「必要に応じて理論計算法で決定した放射能濃度に加える。」の、「必要に応じて」のはどのような場合か、というものです。</p> <p>「必要に応じて」場合の判断基準が示されていないので定量的に説明してください。</p> <p>なお、先日の検討チーム会合では、定量的な判断基準がないという回答でしたが、それが正式な回答である場合、技術評価結果は表面汚染を理論計算法で決定した放射能濃度に加えることとせざるを得ません。</p>
<p>(2) 「放射化金属等の表面に付着した放射性物質を十分に低減できるよう除染する」と記載されているが、「十分に低減できる」ことの判断基準を説明してください。</p>	<p>中深度処分対象廃棄物の埋設に当たっては、廃棄体中に存在する放射能濃度を全て評価する必要がありますので、放射化計算による母材中の放射能濃度の評価に加え、表面汚染による放射能を加えなければなりません。</p> <p>表面汚染による影響が無視できるほど小さい場合には、表面汚染による放射能を加える必要がないと判断することができますが、表面汚染の影響を考慮する必要がない条件について定量的に示されていないため質問したものです。</p>	<p>質問に対して、「十分に低減できている」ことの一例としても、回答2(1)の表面汚染分と放射化分の放射能比が参考になると考えます。」と回答いただいておりますが、「一例」を「参考」にしても「十分に低減できている」ことの判断基準の説明にはなっていません。</p> <p>「放射化金属等の表面に付着した放射性物質を十分に低減できるよう除染する」場合に、「十分に低減できる」ことの判断基準を定量的に説明してください。</p> <p>なお、先日の検討チーム会合では、定量的な判断基準がないという回答でしたが、それが正式な回答である場合、技術評価結果は表面汚染を理論計算法で決定した放射能濃度に加えることとせざるを得ません。</p>
<p>3. 「附属書 C」の随所に ISO16966:2013 の Annex B を参照していますが、「考え方及び手順が示されている」などの抽象的な記載では当該文献の何を参照しているか不明確なので、参照している範囲</p>	<p>附属書 C では点推定法のための放射化計算の入力データ設定の推奨方法として、点推定法の放射化計算の実施手順を示しています。全ての項目について ISO16966:2013 の Annex B に言及していますが、具</p>	<p>—</p> <p>(ここでの「参照」は「準拠」の意味で用いられたものであり、附属書 C は Annex B 全体に準拠していることと理解しましたので、追加質問はありません。)</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
を説明してください。	体的な方法が Annex B と全く同じであるのか、それとも一部だけを参考にするのかが判断できないための質問です。	
4. 「G. 1. 1. 3 起源元素の選定手順」の一次スクリーニングから四次スクリーニングまでの各スクリーニング項目の設定根拠を説明してください。	起源元素の選定で本来評価すべき元素が漏れてしまうと、中深度処分対象廃棄物の放射能濃度評価結果が低く評価されてしまいますので、スクリーニング手順の設定が妥当なものである必要があります。標準で示されたスクリーニング手順については原子力学会が独自に整備したものと理解しています。各スクリーニング項目の設定意図については標準内に記載されていますが、スクリーニング手順の妥当性をどのように判断したかが示されていないため、それを確認するための質問です。	<p>質問に対して、各スクリーニング項目の設定意図を回答いただいておりますが、質問は設定「根拠」です。根拠が示されなければ、スクリーニング手順として妥当であるかどうか判断できません。</p> <p>①スクリーニング手順の設定に当たって参考にした事例（過去の許認可事例、海外事例等）の有無を示してください。</p> <p>②参考事例が有る場合はその方法が中深度処分対象廃棄物の起源元素の選定に適用できる根拠を示してください。</p> <p>③参考事例がない場合は、この設定項目で抜け漏れがないこと、スクリーニングの順番が前後することで評価結果が変わる可能性がないこと、その他起源元素の選定に関わる影響がないことをどのように判断したのか説明してください。</p> <p>また、スクリーニングの考え方として「対象とならない元素を除外する」旨の回答がされていますが、除外するための判断基準が記載されていません。</p> <p>①一次スクリーニングから四次スクリーニングにおける選定基準等を設定した根拠を示して下さい。また、当該スクリーニング方法を作成するに当たって参考にした文献等があれば提示して下さい。</p> <p>②一次スクリーニングにおいて放射性同位元素を除外して問題ない根拠を示して下さい。</p> <p>③二次スクリーニングにおける放射化計算条件を示して下さい。</p> <p>④三次スクリーニングの 1) から 6) について、「表 G. 5-三次スクリーニングで除外対象とできる元素例」に記載された以下の内容を説明してください。</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
		<p>○「原料である鉱石に含まれるが、高炉などで原料を溶解分離したときのスラグとして大半は除去」と記載されているが、「大半」が除去されたことを定量的に示して下さい。また、元素を除去対象とできる根拠を説明してください。</p> <p>○「高炉の温度が 2000℃近くとなることを考慮すると、飢渴する可能性が高い」と記載されているが、「飢渴する可能性」がどの程度であるか定量的に示して下さい。また、元素を除去対象とできる根拠を説明してください。</p> <p>○「岩石・鉱物に微量含まれるが、希ガスが不純物として金属に混入する可能性は、低い」と記載されているが、「希ガスが不純物として金属に混入する可能性」がどの程度であるか定量的に示してください。また、元素を除去対象とできる根拠を説明してください。</p> <p>○「希少性が高く、不純物として金属に混入する可能性は、低い」と記載されているが、「不純物として金属に混入する可能性」がどの程度であるか定量的に示してください。また、元素を除去対象とできる根拠を説明してください。</p> <p>○「高炉における還元性雰囲気によって、精錬過程で除去」と記載されているが、「精錬過程で除去」される割合を定量的に示した上で、元素を除去対象とできる根拠を説明すること。</p> <p>○ZrTN804D 及び SUS304 について記載されているが、その他の金属も同じ観点でスクリーニングが可能である理由とその根拠を説明してください。</p> <p>⑤（そもそも）2次スクリーニングで化学的性質等で除外する前に放射化計算する理由を説明してください。また、三次スクリーニングの前に二次スクリーニングする理由を説明してください。</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
		⑥四次スクリーニングにおいて生成比 0.01%未満の元素を除外して問題ない根拠を示してください。
5. 「G. 1. 2. 3. 1 元素成分条件の設定方式の選定例」で「評価対象とする放射化金属等の元素成分条件の設定方式は、収集した元素成分データ及び放射能濃度決定方法の種類に応じて、次のいずれかが選択できる。」として、評価対象とする放射化金属等の代表的な元素成分データ（元素成分データの平均値など）で設定する方式と評価対象とする放射化金属等の元素成分データ群によって濃度分布を設定する方式が挙げられていますが、その使い分けあるいは評価手法の同等性について説明してください。		－ （点推定法と区間推定法で使い分けがあると理解しました。）
6. 「G. 2. 1 概要」の中性子条件の設定方法について、「個別に条件設定する方法」と「代表条件を設定する方法」の評価結果の同等性を説明してください。		－ （最大放射能濃度の算出に限定して技術評価を行うこととしましたので、現時点ではこれ以上の説明は不要です。）
7. 「H. 2. 2 元素濃度データの収集方法」 （1）「a」データ収集方法に、「元素濃度データは、検出困難元素の特性などを考慮した種類を、可能な限り広範な産地から、収集する。」とありますが、どのような特性を考慮に入れることを想定しているか説明してください。	検出困難元素の濃度分布を評価するに当たり、実機構成材の元素分析データ以外の、鉱物、岩石などからの試料の標準偏差を適用する場合に、その標準偏差が実機構成材のものと同等であることは、分布の妥当性を示すために重要です。鉱物、岩石などからの試料については、「元素濃度データは、検出困難元素の特性などを考慮した種類を、可能な限り広範な産地から、収集する。」とありますが、「検出困難元素の特性などを考慮した種類」の判断基準が示されておらず、妥当性を判断出来ないための質問です。	質問に対して、検出困難元素の特性として「化学的性質」と「放射化金属等の原鉱物及び製錬工程における熱及び化学的影響」を踏まえる旨回答いただいておりますが、具体的例示は「放射化金属等の原鉱物及び製錬工程における化学的影響」のみに留まっています。このうち、「化学的性質」「放射化金属等の原鉱物及び製錬工程における熱的影響」として踏まえるべき内容を具体的に示してください。
（2）「b」適用除外データに、「a」の方針で収集した元素濃度データであっても、検出困難元素の標準偏差の評価に適さないと判断したデータは、除外する。」とありますが、「検出困難元素の標準偏差の評価に適さないと判断したデータ」とはどのようなデータかを想定し	検出困難元素の濃度分布を評価するに当たり、実機構成材の元素分析データ以外の、鉱物、岩石などからの試料の標準偏差を適用する場合に、その標準偏差が実機構成材のものと同等であることは、分布の妥当性を示すために重要です。「検出困難元素の標準偏差の評価に適さないと判断したデータ」が具体的に	説明で3点以下の測定点しかないものや平均値しかないものは外されていたと思いますが、色々な機関で測定された値をあつめて評価してはいけない理由はありません。測定点数が少ないことが、除外の理由として妥当と考える根拠について説明してください。

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>ているか説明してください。</p>	<p>示されていないと、一貫した判断ができないと考えるため質問したものです。</p>	
<p>8. 「H. 2. 3 元素濃度データの適用条件」に「a) 標準偏差の同等性の確認 鉱物、岩石などからの試料の元素濃度データ（濃度分布）が産地及び種類によらず同程度の標準偏差を示すことを確認する。また、各データ群の標準偏差に濃度依存性がないことも確認する。」とありますが、同程度であることはどのように評価するのか説明してください。また、当該評価に必要なデータ数についても説明してください。</p>	<p>元素濃度データの適用に当たって、実機構成材以外の標準偏差を適用する場合に、その標準偏差が実機構成材のものと同等であることは、分布の妥当性を示すために重要です。標準では、その同等性は、「同程度の標準偏差を示す」ことで確認するとしていますが、具体的な判断基準が示されていないため質問しています。</p> <p>また、標準偏差を導くにはデータ数が十分に得られている必要があります。原子力学会として、どの程度のデータ数であれば標準偏差の同等性を確認するに足る信頼できる標準偏差が得られると考えているのかを確認するために質問したものです。</p>	<p>質問に対して、「標準偏差の同等性確認：標準偏差の平均、元素濃度に対する移動平均の濃度依存性のないこと、及び産地、種類ごとの標準偏差を比較して同等性を確認する」と回答いただいておりますが、同等性は…同等性を確認するという文章になっており、質問の回答になっていません。標準偏差が同程度であることを判断するための具体的な判断基準を示してください。</p> <p>また、必要なデータ数に対する質問に対して、「必要なデータ数は標準には示しておりませんが、標準偏差の同等性及び対数正規性の確認が行えるだけの数量が必要となります。」と回答いただいておりますが、これも質問の回答になっていません。必要なデータ数の妥当性を確認する方法と判断基準を提示してください。</p>
<p>9. 「H2. 4 検出困難元素の濃度分布評価方法」に「1) 元素濃度データの代表性 検出困難元素の標準偏差の設定に利用する元素濃度データは、鉱物、岩石などからの試料を適切に代表している（標準偏差に産地・種類・濃度の依存性がないなど）、又は設定する標準偏差の特性などを鑑みた適切な範囲から収集されていることを、あらかじめ確認しておく必要がある。」とありますが、「鉱物、岩石などからの試料を適切に代表している」「設定する標準偏差の特性などを鑑みた適切な範囲から収集されている」の適切な範囲の根拠について説明してください。</p>	<p>元素濃度の代表性を「鉱物、岩石などからの試料を適切に代表している」又は「設定する標準偏差の特性などを鑑みた適切な範囲から収集されている」としたことの根拠について質問したものです。</p>	<p>回答いただいた表 H. 3 は、例であって、根拠ではありません。元素濃度の代表性を「鉱物、岩石などからの試料を適切に代表している」又は「設定する標準偏差の特性などを鑑みた適切な範囲から収集されている」とするにあたって、根拠となったデータや評価事例を提示してください。</p>
<p>10. 「H. 2. 5 化学的性質が類似した元素濃度データの利用」に「評価対象とする検出困難元素が、不純物成分元素又は微量成分元素であれば、検出困難元素濃度データの一部に、評価対象とする</p>	<p>元素濃度データの適用に当たって、実機構成材以外の標準偏差を適用する場合に、その標準偏差が実機構成材のものと同等であることは、分布の妥当性を示すために重要です。</p>	<p>質問に対して、「検出困難元素と同様の方法(H. 2. 2の方法)で化学的性質が類似した元素の濃度データを収集している」と回答いただいておりますが、標準</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>検出困難元素と化学的性質が類似した元素の濃度データを参考とする」とありますが、具体的にどのように選定するか説明してください。</p>	<p>標準では、「評価対象とする検出困難元素と化学的性質が類似した元素の濃度データを参考とする」と記載していますが、「化学的性質が類似」していることの判断基準が示されておらず、技術的妥当性が判断できないため質問したものです。</p>	<p>H. 2. 2 に示された方法では判断できなかったため質問したものです。 「化学的性質が類似」していることを求めています。が、どのような化学的性質が類似している必要があるのかを具体的に示してください。また、類似していることは何をもって判断するのかも併せて示してください。</p>
<p>1 1. 「H. 3 検出困難元素の濃度分布の評価例」で Cl, Th, U についての評価例が示されていますが、これらの元素は鉱物中及び部材中に含有量が比較的多い元素であると推察します。この方法がその他の元素にも適用できる根拠を説明してください。</p>	<p>標準の中では、原理的に対数正規分布となる元素であっても、実測の結果正規分布として設定するものがあります。標準偏差は分布形に依存するため、Cl, Th, U の評価例をもって、その他の、金属中の分布範囲が狭く原理的な分布形と実際が異なるものに適用できるかを確認したものです。</p>	<p>Cl, Th, U 以外の、①鉱物中或いは部材中の含有量の少ない元素、及び②製造管理により部材中の含有範囲の狭い元素についてもこの手法が適用出来ることを実測例をもって示してください。</p>
<p>1 2. 「I. 2. 2. 1. 2 元素成分条件の設定」の表 I. 6 において、Ni, Cu とともに「基本的考え方」による設定は対数正規分布ですが、実測値を踏まえて正規分布で設定しています。これは「基本的考え方」が実態と乖離していることを示唆していると想定されますが、「基本的考え方」の位置付け及び Ni, Cu の元素分析データを踏まえた分布形として対数正規分布を採用した理由と考え方を説明してください。 注：「対数正規分布を採用した理由と考え方」は「対数正規分布を採用しない理由と考え方」の誤りです。訂正します。</p>	<p>対数正規分布が基本的考え方であるならば、それを正として、規格の制限値を超えるもの（ただし、材料メーカーが規格値を超える原料を使用するとは考えづら）があれば、それを除外（対数正規分布の裾部分の切り落とし）した分布にする等の対応をすればよいのではないかとこの考えから質問したものです。また、実際の分析データに基づいて分布型を変更することについては理解できますが、分布型変更の場合には根拠が必要であると考えますので質問しています。</p>	<p>回答には、「ジルカロイの Ni, Cu に関しては分析結果の分布の実態を踏まえて、表 I. 6 に示しますように、分布形状を「正規分布」としたものです。」とありますが、表 I. 6 に示されたジルカロイ-4 中の不純物成分元素としての Cu について、正規分布を採用した理由は、対数正規分布では不整合が生じたためという消極的なものに読み取れます。Cu の分布が実際に正規分布している根拠がない限り、正規分布の採用が妥当かどうか判断できませんので、正規確率紙へのプロット結果など、具体的な根拠を示してください。</p>
<p>1 3. 「I. 2. 4. 3 濃度比の決定方法」 (1) 「a) 濃度比の算出」濃度比は幾何平均又は算術平均で算出するとしていますが、廃棄体の放射能濃度が第二種廃棄物埋設に係る許可を受けたところによる最大放射能濃度を超えないことを確実にするため、算出値の処理方法について説明してください。また、用語「幾何平均」は標準中に 11 箇所（図 B. 6、表 G. 13、</p>	<p>「I. 2. 4. 3 濃度比の決定方法」は、埋設総放射能の評価には幾何平均としているが、最大放射能濃度の評価においては、「濃度比の分布形状が対数正規分布に明らかに従わず、ばらつきを踏まえた保守性の考慮が必要な場合」に、算術平均などによって濃度比を算出すると規定しており、濃度比の分布形状が対数正規分布の場合における最大放射能濃度の算出方法の処理方法が明確でないことから質問したものです。</p>	<p>回答は、最大放射能濃度を評価する場合の濃度比の設定に算術平均を適用するとありますが、附属書 K（濃度分布評価法によって決定する場合の計算例）の K. 1. 4b) においては、「1) 廃棄物の総放射能を評価する場合」は「廃棄物の総放射能を評価する場合には、放射能濃度の算術平均値と廃棄物の総質量とを用いる。」「2) 最大放射能濃度を評価する場合」は「最大放射能濃度を評価する場合には、計算値における</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>I. 2. 4. 3、図 I. 8、図 I. 9、K. 1. 4) 記載されていますが、その他は「平均」と記載されています。「平均」と記載しているものは「幾何平均」又は「算術平均」のいずれが適切か個別に、根拠と共に説明してください。</p>	<p>また、「平均放射能濃度」、「平均濃度」、「平均値」の用語があり、対数平均と算術平均の使い分けが明確ではありません。</p>	<p>正のばらつきを考慮し、放射能濃度の幾何平均値及び標準偏差を用いる」と規定しています。矛盾しているように読めるため、これらの関係を説明してください。</p> <p>また、回答で示された Cl 及び Nb は決定係数（相関係数の2乗）が0.5以上ですが、図 I. 8 の Sr、I、Cs 及び Np は決定係数が0.5未満です。データの充足性を確認する観点から、図 I. 8 の残りの元素（C、Ni、Sr、Tc、I、Cs、Np）についても分析値との比較図を示してください。</p>
<p>(2) 40 点のデータで濃度比を決定するデータ数としては充足しているとの評価であるが、当該計算で求めた核種比が実際のものと同等あるいは保守的になっていることを分析データに基づいて説明してください。</p>	<p>計算結果と分析結果の差がどの程度あるのかについて、質問したものです。</p>	<p>① 図 I. 8（濃度比法）では、分析値が Co-60 : 3.3E+12Bq/t, Cl-36 : 1.4E+7Bq/t, Nb-94 : 4.4E+7Bq/t に対して、計算値がそれぞれ 2 オーダー程度高くなり、保守的となっていますが、資料 1-1 の 39 ページ（点推定法）には、分析結果 Co-60 : 3.3E+12Bq/t に対して計算結果が Co-60 : 3.4E+12Bq/t、分析結果 Ag-108m : 2.5E+14Bq/t に対して計算結果が Ag-108m : 2.6E+14Bq/t とほとんど保守性がありません。これらの違いはどこにあるのか説明してください。</p> <p>② 図 I. 8 では分析データが1点しか示されていませんが、サンプリングの不確かさや分析の不確かさを踏まえても計算によって求めた核種比が実測によって求めた核種比と同等あるいは保守的であることを説明してください。</p>
<p>(3) 「a) 濃度比の算出」で「評価対象廃棄物全体の放射能濃度は、様々な放射化条件下にあり、数桁にわたる広範囲の放射能濃度で分布するものもあり、一般に、難測定核種及び Key 核種の放射能濃度は、対数正規分布で評価される。また、難測定核種及び Key 核種の濃度比も基本的に相関関係をもつ二変量対数正規分布に従うため、」との記載されている。「評価対象廃棄物全体」とは、どのような範囲に限</p>	<p>二変量対数正規分布の必要条件として、「標準では濃度比が対数正規分布に従っている」ことが記載されています。しかし、「濃度比が対数正規分布に従っている」ことを前提とした場合でも、難測定核種と測定核種の放射能濃度には相関性があります。したがって、二変量対数正規分布の必要条件を示して欲しい、ということが本質問の意図です。</p>	<p>（評価対象廃棄物全体） — （用語のさすものは理解しましたので、追加の質問はありません。） （難測定核種及び Key 核種の放射能濃度は、対数正規分布で評価される） （難測定核種と Key 核種の濃度が二変量対数正規分布に従う）</p>

質問	質問の背景（問題意識）	説明が足りない点・説明して欲しい具体的内容
<p>定されているかを説明してください。また、「一般に、難測定核種及びKey核種の放射能濃度は、対数正規分布で評価される。」は、根拠となるデータに基づいて説明してください（付図では、核種比で示されているだけです。）。さらに、「難測定核種及びKey核種の濃度比も基本的に相関関係をもつ二変量対数正規分布に従う」とは、難測定核種とKey核種の濃度が二変量対数正規分布に従う、という意味でしょうか？そうである場合、根拠となるデータ（二変量対数正規分布と判断する方法も含めて）に基づいて説明してください（付図では、核種比で示されているだけです。二変量対数正規分布に従うことと、濃度比が対数正規分布に従うことが同値であることを示してください。）。</p>		<p>回答で示されている文献は、難測定核種と測定核種という2つのパラメータが二変量対数分布に従っているという前提条件で、難測定核種の放射能を評価しているものです。 2つのパラメータが二変量対数分布に従っていると判断できる条件（必要条件）が示されている文献等を提示してください。</p>
<p>(4)「a)濃度比の算出」で「難測定核種及びKey核種の濃度比も基本的に相関関係をもつ二変量対数正規分布に従うため、複数回の放射化計算結果を使用して濃度比を算出する場合には、幾何平均の適用が適切である。」とあります。濃度比が対数正規分布に従っているとした場合、濃度比として幾何平均を用いると難測定核種の放射能濃度が必ず保守的になることを示してください。また、難測定核種とKey核種が二変量対数正規分布であるとして濃度比を幾何平均で求めた場合、二変量対数正規分布と判断した濃度範囲の廃棄物全体が同一の処分場あるいは処分場の同じ区画に埋設されることを担保する方法、または当該廃棄物全体が一つの廃棄体に入っていることが担保される方法を説明してください。</p>	<p>二変量対数正規分布に従っているとして幾何平均値の濃度比を用いると、濃度比を算出するために用いたサンプルの測定核種の中央値の濃度付近よりも低い濃度では、難測定核種を真値よりも低めに評価することになってしまうことを懸念して質問したものです。</p>	<p>幾何平均値による濃度比の適用条件を明確にして欲しい（例えば、濃度比算出に用いたサンプル値全体の放射エネルギー（あるいは放射能濃度）に限る。）。</p>

○ その他

質問	質問の背景（問題意識）	説明して欲しい具体的な内容
<p>1. 「6.4 数値の丸め方」において、数値の丸め方は JIS Z 8401:1999 に従うと規定していますが、JIS は種々の丸め方を規定しているので、本標準で採用する丸め方を具体的に説明してください。</p>	<p>JIS Z 8401:1999 は数値の丸め方の方法を規定しており、これに従うということは規則 A, B の方法のいずれでもよいこととなり、具体的でないため質問したものです。</p> <p>また、標準の一部に、JIS Z 8401:1999 に示された規則 A、規則 B の両方法に当てはまらない数値の丸め方が含まれており、その適用の妥当性が確認できなかったため質問したものです。 （該当箇所：標準 p89 表 G.6 「起源元素の推定存在濃度レベル例（オーダー）」）</p>	<p>入力データ、途中段階、最終結果に分けて丸め方の方法を示してください（データ授受の有効桁数等）。 （回答において、有効数字を小数点以下 1 桁とした指数表示が示されているが、これだと 2 桁が有効となる。有効数字 1 桁の数値表示の誤りではないか。）</p> <p>標準 p89 表 G.6 「起源元素の推定濃度レベル例（オーダー）」の推定存在濃度レベルの丸め方は、JIS Z 8401:1999 に示されたどの数値の丸め方とも方法が異なります。分析データや文献値よりも低い値が推定存在濃度レベルになっているものもあります。</p> <p>①推定濃度レベルの数値の丸め方の考え方を、具体例を交えて示してください。また、その丸め方を採用して良い根拠（過去の許認可での実績や、海外事例など）を示してください。</p> <p>②この数値の丸め方が、後のスクリーニング手順に影響を与える可能性があります。この方法を採用して良い理由を示してください。（表 G.6 に示された SUS304 中の Mn については、JIS Z 8401:1999 の B の方法で数値を丸めると、第四次スクリーニングにおいてスクリーニングされずに評価対象元素に残ります。）</p>