

本申請における不確かさの考え方について

No.	Page	質問・コメント等
11	添付書類 P6-10,11	不確かさについて、考え方を詳しく説明し、審査基準に示されている考え方の基本と異なる点については妥当性を説明すること。

1. 評価単位の $\Sigma D/C$ の導出方法及び審査基準との適合性について

本申請において、「測定単位」における評価対象核種のうち主要核種である ^{60}Co の放射能濃度は放射線測定装置を用いた測定により求め、その他の評価対象核種(^{137}Cs 及び ^{14}C)の放射能濃度は ^{60}Co に対する核種組成比を使用して求める。「評価単位」における評価対象核種の放射能濃度は、「評価単位」を構成する「測定単位」の放射エネルギーを合計し「評価単位」の重量で除して求める。

審査基準の「(解説 2)」において、クリアランスの判定においては「放射能濃度の測定及び評価に伴う不確かさを考慮して、 $\Sigma D/C$ の95%上限値に相当する値が1を超えていなければ、規制基準に適合しているものと判定する」と記載されている。しかし、本申請では、放射能換算係数の設定において、汚染状況がある値以下であることは確認できるが、その値以下の汚染分布を確認することが困難であるため、実態に近いと思われる均一な汚染分布を用いることができない。従って、本評価モデル(「添付図表 6-6」)による評価を行うこととし、放射エネルギーの定量性が失われ、測定及び評価に伴う全ての不確かさを合成して考慮することはできないと判断した。

一方、審査基準の「3.3 放射能濃度の決定方法 (1)」において「クリアランスレベル以下であることの判断に当たっては、不確かさを考慮した上で、評価単位における評価に用いる放射性物質の $\Sigma (D_i/C_i)$ の95%上限値が1を超えないことを確認すること」が定められており、「3.3 放射能濃度の決定方法 (2)」において、「放射能濃度の決定方法に起因する不確かさが独立であるとして、これらの不確かさを考慮した95%上限値を個別に求めておくことにより評価することができる」と記載されている。また、「(解説 2)」において、「海外における参考例として、測定の不確かさに関するドイツ放射線防護委員会(SSK)の勧告において、許容値の上限値だけが規定されている場合には、不確かさを考慮した測定値の95%上限値が許容値の上限値以下であれば適合しているとみなされる」と記載されている。

従って、本申請では、放射能濃度の決定方法に起因する不確かさの項目が独立であるとして個別に「95%上限値」、「許容値の上限値、下限値」又は「最大値」のいずれかの値を採用し、「95%上限値」以外を用いたものはその妥当性を確認した。 ^{60}Co の放射能濃度は、Ge 半導体検出器で放射線測定値を測定し、放射能換算係数により放射エネルギーを求め、これを収納物重量で除して算出する。 ^{137}Cs 及び ^{14}C の放射能濃度は、 ^{60}Co の測定

結果及び核種組成比を基に算出する。従って、不確かさの項目は、本回答書の表1に示すとおり、放射線測定値、放射能換算係数

[redacted]

[redacted] 収納物重量及び核種組成比であり、個別に考慮した結果、本申請における放射能濃度の決定方法は、審査基準

「3.3 放射能濃度の決定方法 (2)」における「放射能濃度の決定方法に起因する不確かさが独立であるとして、これらの不確かさを考慮した 95%上限値を個別に求めておくことにより評価することができる」に適合していると判断した。

2. 放射能濃度の決定における不確かさの程度

本申請においては、放射線測定値、放射能換算係数

[redacted]

[redacted] 収納物の

重量及び核種組成比について不確かさを考慮している。

これらのうち、放射能換算係数及び収納物の重量については、「95%上限値」の考え方を採用していないため、採用する値の妥当性を確認する必要がある。

放射能換算係数で個別に不確かさを考慮した項目が、評価値(放射能量)にどの程度影響しているかを確認するため、本回答書の表2に示すとおり、標準的な評価単位のモデルケースを設定し、注目する項目のみを平均値又は測定値とした場合と、本評価モデル(全ての項目に対して「許容値の上限値、下限値」又は「最大値」を採用して評価した場合)を比較した。その結果、「測定単位」の汚染分布が最も大きく影響しており、「測定単位」の汚染分布を考慮しなかった場合と本評価モデルの比は 4.41 である。また、全ての項目を平均値又は測定値とした場合と本評価モデルの比は 4.94 であることを確認した。

放射能換算係数は「95%上限値」の考え方を採用していないため、妥当性の確認を行った。具体的には、クリアランスレベル近傍に相当する ^{60}Co 標準線源を、模擬解体撤去物(鉄板、半割配管、タービン動翼、ラジエーションシールド)を収納した測定容器の中に設置し、Ge 半導体検出器で計数率を測定し、「模擬線源の放射能量」と「評価値¹(放射能量)」を比較し、後者の値が大きいことを確認した。その結果、いずれも標準線源の放射能量を測定結果が上回ることを確認した。従って、評価に用いる計数率に拡張不確かさとして ($k=3$) を考慮した場合であっても、標準線源の放射能量を測定結果が上回ることから、放射能換算係数は「95%上限値」に相当する信頼性を有していると判断した。

収納物の重量について、重量の測定に用いる重量計は JIS に基づき校正された重量

¹ 妥当性確認における「評価に用いる計数率」は、検出の場合は検出値に 1.645σ を加え、拡張不確かさとして ($k=3$) を考慮したものとする。検出限界値未満の場合は検出限界計数率とする。

2023年11月14日

計を用いており、重量計の測定精度に基づく不確かさの程度（±2kg）は想定される標準的な収納物重量（1.0t）に対して0.5%であり、極めて僅かであるため無視できると判断した。

また、「本申請書の放射能濃度の決定方法に基づいて算出した $\Sigma D/C$ （項目 A）」と不確かさを考慮した全ての項目を「平均値又は測定値とした場合の $\Sigma D/C$ （項目 B）」を比較し考慮した不確かさが、評価値（放射エネルギー）にどの程度影響しているかを項目 A と項目 B の比により確認した。その結果は、本回答書の表 3 に示すとおり、項目 A と項目 B の比（A/B）は 7.42 であった。

以上

2023年11月14日

[Redacted text block containing multiple lines of obscured content]

表2 放射能換算係数の不確かさの程度について

【評価モデル】

<条件設定>

- ・測定容器：「(標準型容器) 内サイズ：562mm (高) × 1,245mm (縦) × 1,245mm (横)」
- ・収納重量：1.0 トン
- ・有効高さ：500mm
- ・小領域：(比表面積：5.0E-01cm²/g) 57mm × 57mm × 63mm
- ・表面汚染密度：8.0E-01Bq/cm²
- ・比表面積：5.0E-01 cm²/g
- ・放射性物質：⁶⁰Co

【放射能換算係数】

--

表3 放射エネルギー評価の不確かさの程度について

【評価モデル】

<条件設定>

- ・測定容器：「(標準型容器) 内サイズ：562mm (高) × 1,245mm (縦) × 1,245mm (横)」
- ・収納重量：1.0 トン
- ・有効高さ：500mm
- ・小領域：(比表面積：5.0E-01cm²/g) 57mm × 57mm × 63mm
- ・表面汚染密度：8.0E-01Bq/cm²
- ・比表面積：5.0E-01 cm²/g
- ・放射性物質：⁶⁰Co

【放射能換算係数，核種組成比，計数率】

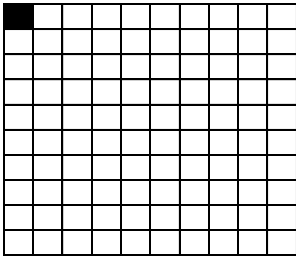
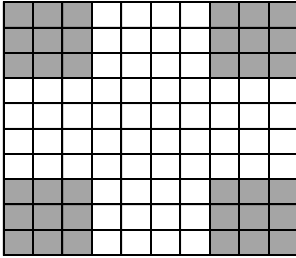
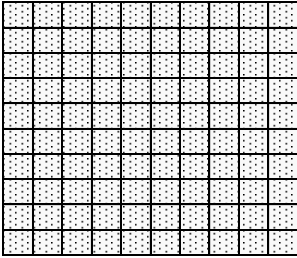
【評価結果】

項目	放射線測定値 (cps)	ΣD/C	項目 A と の ΣD/C の比
A	6.38E-02	1.08E-02	1.00
B	4.67E-02	1.45E-03	7.42

(参考) 認可申請書の「添付図表 6-6」

添付 6) 図-2 放射エネルギーの測定・評価方法の概要 (2/2)

表 1 放射エネルギー分布の想定イメージ (各セルが小領域, ハッチングが放射エネルギーあり)

(a) 最遠スポット	(b) 本評価モデル	(c) 均一分布
		
<ul style="list-style-type: none"> 放射能換算係数が最も大きいコーナー部に汚染が集中していると想定。 非常に過大評価である。 本申請の評価は放射能濃度確認対象物の表面汚染密度を一定値以下に制限するため、一箇所に全ての放射エネルギーを集中させるこのケースは非現実的である。 	<ul style="list-style-type: none"> 計算値 (s⁻¹) が測定値 (s⁻¹) 以上となるまで、小領域当たりの放射能換算係数が大きい位置 (過大評価となる位置) から順に、小領域当たりの放射エネルギーを割り当てていき、計算値が測定値以上となった時点の累積放射エネルギーを「測定単位」の放射エネルギーとする。 適度な保守性をもった評価になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 均一な汚染分布を想定。 実際の汚染分布は均一に近いと推定されるので現実的な評価に近いと考えられるが、均一であることの確認が困難である。