

前回からの変更点を赤字で示す。

前回認可申請書引用箇所の適合性について

No.	Page	質問・コメント等
7	—	前回の認可申請書を引用している箇所について、審査基準の適合性が明確となるように記載を見直すこと。

前回の認可申請書は、「放射能濃度の測定及び評価の方法の認可について（内規）」（平成17・11・30 原院第6号 平成18年1月30日）（以下、「旧内規」という）に基づいて認可を受けた。一方、今回の認可申請書は、「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」（令和3年9月29日施行，原規規発第2109292号，原子力規制委員会決定）（以下、「審査基準」という）に基づき申請を行った。

今回の認可申請書において前回の認可申請書を引用している箇所について、それらが審査基準の制定に伴い旧内規から要求事項が変更となった箇所に係るものであれば、審査基準への適合性をより明確にする必要があると判断したことから、以下のとおり対応する。

1. 旧内規と審査基準の変更点

旧内規から審査基準へ変更時に見直された点は以下のとおりである。（※）

- ① 重要10核種を評価対象に含めることとする要件の削除及び評価対象核種の選定方法の明確化
- ② 平均放射能濃度確認の際の不確かさを考慮することの明確化
- ③ 原則1トンまでとしている評価単位重量の引き上げ
- ④ 局所汚染による影響が小さい場合等においてサンプリング測定で評価できることの明確化

※：第11回原子力規制委員会（令和元年06月05日(水)）資料3「クリアランスの測定及び評価の方法に係る審査基準の制定案及び制定案に対する意見募集の実施について」より引用

2. 対応方針

変更点①～④に関連する審査基準に対して、今回の認可申請書における前回認可申請書の引用の有無を表-1に取り纏めた。引用している内容に関しては、それらの審査基準への適合性を表-2で整理したい。

以上

表-1 変更点に関連する審査基準に対する前回認可申請書の引用状況

変更点		審査基準		前回申請書の引用状況
No.	内容	項目	内容	
①	重要 10 核種を評価対象に含めることとする要件の削除及び評価対象核種の選定方法の明確化	3.1. 評価に用いている放射性物質の選定	<p>評価に用いる放射性物質を選定するに当たっては、放射能濃度についての確認の申請時における放射能濃度を考慮し、放射能濃度確認対象物中に含まれる放射性物質のうち放射線量を評価する上で影響を与えることが予想される放射性物質が見落とされないよう、以下の手順により選定が行われていること。</p> <p>(1) 発電用原子炉設置者が発電用原子炉を設置した工場等又は試験研究炉等設置者等が特定試験研究用原子炉（試験研究の用に供する試験研究用等原子炉（船舶に設置するものを除く。）及び船舶に設置する軽水減速加圧軽水冷却型原子炉（減速材及び冷却材として加圧軽水を使用する原子炉であって蒸気発生器が構造上原子炉圧力容器の外部にあるものをいう。）であって研究開発段階にある試験研究用等原子炉をいう。）を設置した工場等において用いた資材その他の物</p> <p>イ：放射能濃度確認対象物が金属くず又はコンクリート破片若しくはガラスくず（ロックウール及びグラスウールに限る。）の場合</p> <p>③ 「評価に用いる放射性物質」として、下式を満足するよう、33 種類の放射性物質 k の中から D_k/C_k の大きい順に n 種類の放射性物質 j が選定されていること。</p> $\Sigma (D_j/C_j) / \Sigma (D_k/C_k) \geq 0.9$ <p>ここに、$D_1/C_1 \geq D_2/C_2 \geq \dots \geq D_n/C_n \geq \dots \geq D_{33}/C_{33}$</p> <p>この式において、$k$、$j$、$D_k$、$C_k$、$D_j$ 及び C_j は、それぞれ次の事項を表す。</p> <p>k：別記第 1 号に掲げる 33 種類の放射性物質</p> <p>j：33 種類の放射性物質のうち評価に用いる D_j/C_j の大きい n 種類の放射性物質</p> <p>D_k：放射能濃度確認対象物に含まれる放射性物質 k の平均放射能濃度[Bq/kg]</p> <p>C_k：規則別表第 2 欄に掲げる放射性物質 k の放射能濃度[Bq/kg]</p> <p>D_j：放射能濃度確認対象物に含まれる評価に用いる放射性物質 j の平均放射能濃度[Bq/kg]</p> <p>C_j：規則別表第 2 欄に掲げる放射性物質 j の放射能濃度[Bq/kg]</p> <p>ただし、D_1/C_1 が 33 分の 1 以下であることが明らかな場合は、$k=1$ の放射性物質のみを評価に用いる放射性物質として選定してよい。</p>	引用なし

変更点		審査基準		前回申請書の引用状況
No.	内容	項目	内容	
②	平均放射能濃度確認の際の不確かさを考慮することの明確化	3.3. 放射能濃度の決定方法	(1) 放射線測定法又は「放射性物質の組成比又は計算その他の方法」によって評価単位の D_j を評価するに当たっては、以下のとおりであること。	—
			イ：放射線測定法によって放射能濃度の決定を行う場合には、放射線測定値、測定効率（放射線検出器の校正、測定対象物と放射線測定器との位置関係、測定対象物内部での放射線の減衰等）、測定条件（実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違い、測定場所周辺のバックグラウンドの変動等）、データ処理（放射能濃度換算等）に起因する不確かさに関する適切な説明がなされていること。	引用有り
			ロ：核種組成比法によって放射能濃度の決定を行う場合には、核種組成比がおおむね均一であることが想定される領域から、ランダムに、又は保守性を考慮して選定された十分な数のサンプルの分析値に基づいて核種組成比が設定されていること、クリアランスレベル近傍の放射能濃度に対応する放射能濃度の基準核種が含まれているサンプルを含んでいること及び統計処理（例えば有限個のサンプル分析値からの母集団パラメータの推定）の妥当性に関する合理的な説明がなされていること、並びに統計処理等に起因する不確かさに関する適切な説明がなされていること。	引用有り
			ハ：放射化計算法によって放射能濃度の決定を行う場合には、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。	引用なし
			ニ：平均放射能濃度法によって放射能濃度の決定を行う場合には、サンプル分析値に基づいて評価単位の放射性物質濃度を適切に評価できるよう代表性を考慮して十分な数のサンプルの採取箇所が選定されていること及び統計処理（例えば有限個のサンプル分析値からの母集団パラメータの推定）の妥当性に関する合理的な説明がなされていること、並びに統計処理等に起因する不確かさに関する適切な説明がなされていること。	引用なし
			(2) 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、上記(1)に掲げる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 $\Sigma (D_j/C_j)$ の信頼の水準を片側 95%としたときの上限値（以下「95%上限値」という。）が1を超えないことを確認すること。これは、上記(1)のイからニまでの方法（ D_j の評価に用いた方法に限る。）に起因する不確かさがそれぞれ独立であるとしてモンテカル	引用有り

変更点		審査基準		前回申請書の引用状況
No.	内容	項目	内容	
			ロ計算等で評価することや、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。ここで「1を超えないこと」とあるのは、次の表の左欄に掲げる場合は、それぞれ同表の右欄に掲げる字句に読み替えるものとする。	
③	原則1トンまでとしている評価単位重量の引き上げ	3.2. 評価単位の設定	(1) 「放射能濃度の分布の均一性及び想定される放射能濃度を考慮した適切なものであること」とは、以下のことをいう。 ハ：10トンを超えないこと。	引用なし
④	局所汚染による影響が小さい場合等においてサンプリング測定で評価できることの明確化	3.3. 放射能濃度の決定方法	(4) 一部の測定単位の放射能濃度に基づいて放射能濃度の決定を行う場合については、以下のとおりであること。 イ：汚染の履歴や放射線測定の履歴等を考慮して、選定した測定単位が代表性を有するものとして以下のいずれかに適合していること。 ①：評価単位の放射能濃度確認対象物の構造や汚染の確認履歴、除染の履歴等から、当該対象物の放射性物質の濃度がおおむね同じであることが確認できること。 ②：評価単位の放射能濃度確認対象物の放射性物質の濃度を保守的に評価できるよう測定単位の場所が選定されていること。 ロ：いずれの選定した測定単位においても評価に用いる放射性物質の $\Sigma (D_j/C_j)$ が1を超えないこと。	引用なし

表-2 審査基準への適合性

<p>審査基準</p>	<p>3.3(1)イ 放射線測定法によって放射能濃度の決定を行う場合には、①放射線測定値、②測定効率（放射線検出器の校正、測定対象物と放射線測定器との位置関係、測定対象物内部での放射線の減衰等）、③測定条件（実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違い、測定場所周辺のバックグラウンドの変動等）、④データ処理（放射能濃度換算等）に起因する不確かさに関する適切な説明がなされていること。</p>
<p>適合性</p>	<p>① 放射線測定値に起因する不確かさについては、^{60}Coを検出した場合は、「検出値の95%片側上限値（検出値+1.645σ）」を採用しており、検出限界計数率未満である場合は、「検出限界計数率」を採用する。「検出限界計数率」から算出される検出限界値（放射能濃度）は、「検出限界計数率」を検出値として扱い1.645σを加えた場合であってもクリアランスレベル以下であることの判断が可能となるよう、^{60}Co以外の評価対象核種（^{137}Cs及び^{14}C）及びそれらの減衰も考慮しても「測定単位」の$\Sigma D/C$（^{60}Co、^{137}Cs、^{14}C）が1以下であるように設定する。</p> <p>② 測定効率（放射線検出器の校正、測定対象物と放射線測定器との位置関係、測定対象物内部での放射線の減衰等）に起因する不確かさについては、全て放射能換算係数の設定方法に包含されているため、項目④で説明する。</p> <p>③ 測定条件（実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違い、測定場所周辺のバックグラウンドの変動等）に起因する不確かさについて、実際の測定条件と測定効率を設定した条件との違いは項目④で説明するため、測定場所周辺のバックグラウンドの変動等について、バックグラウンドは安全側に評価していることを、ピークBGの取り扱いに関する基本的な考え方として以下に示す。</p> <p><ピークBGの取り扱いに関する基本的な考え方></p> <p>^{60}Coの計数率に対応する放射エネルギーは、認可申請書（6-1）式より求める。</p> $Q_{Co,測定日} = CF_{Co}(N_{Co} - m_{Co}) \quad (6-1)$ <p>ここで</p> <p>$Q_{Co,測定日}$: 測定日における「測定単位」の二次的な汚染による^{60}Coの放射エネルギー（Bq） （測定日：「測定単位」における^{60}Coの放射エネルギー測定を行う日）</p> <p>CF_{Co} : ^{60}Coの放射能換算係数（Bq/s⁻¹）</p> <p>N_{Co} : 測定時の^{60}Coが放出するγ線の計数率（s⁻¹）。測定した計数率が検出限界計数率未満であった場合、検出限界計数率を用いる。この場合、m_{Co}はゼロとする。</p> <p>m_{Co} : ピークBG（Ge半導体検出器の設置場所周辺における「測定単位」以外の主要核種（^{60}Co）のγ線の計数率（s⁻¹））</p> <p>N_{Co}からm_{Co}を減算して放射能濃度確認対象物の放射エネルギーを求めることから、ピークBGは、放射能濃度確認対象物の放射エネルギーの評価をするうえで小さい値を採用する方が安全側となる。このため、非安全側の評価とならないようにピークBGに</p>

よって N_{Co} から mc_o を過大に減じない。

- ④ 放射能換算係数に起因する不確かさについては、放射線源の位置・強度及び Ge 半導体検出器の効率を保守的に考慮して設定し、標準線源を用いた試験を行い、放射能換算係数が保守的に設定できているかの確認を行った。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、模擬解体撤去物を収納した測定容器の中に設置し、「測定単位」の放射エネルギーを評価した。

Ge 半導体検出器で測定した計数率から標準偏差の 3 倍 (3σ) を引いた値及び保守的に設定した放射能換算係数を用いて「放射エネルギー (評価値)」を算出し、その値が、「模擬線源の放射エネルギー」よりも有意に大きいことを確認した。

また、認可申請書の「添付図表 6-16」に示すとおり、放射能換算係数の妥当性確認における ^{60}Co 標準線源の設置位置は、高感度位置 (検出しやすい位置) と低感度位置 (検出しにくい位置) の 2 箇所である。放射能換算係数の設定方法においては、小領域の放射能換算係数が大きい箇所から順に小領域あたりの放射エネルギーを割り当てることから、 ^{60}Co 標準線源を高感度位置に設置した場合の「放射エネルギー (評価値)」と「模擬線源の放射エネルギー」の比は、線源の位置による保守性の程度が大きくなるため、低感度位置においた場合よりも大きくなる。

高感度位置と低感度位置それぞれにおける放射能換算係数の妥当性確認結果は次のとおりである。

「A:放射エネルギー (評価値)」と「B:模擬線源の放射エネルギー」の比 (A/B)		
^{60}Co 標準線源の設置位置	最大値	最小値
高感度位置	522	32.8
低感度位置	11.4	1.07

以上より、 ^{60}Co 標準線源の設置位置を低感度位置とした場合であっても「放射エネルギー (評価値)」が「模擬線源の放射エネルギー」よりも大きいことから、本申請における放射能換算係数の設定方法は妥当であると判断した。

審査基準	<p>3.3(1)ロ</p> <p>核種組成比法によって放射能濃度の決定を行う場合には、①核種組成比がおおむね均一であることが想定される領域から、ランダムに、又は保守性を考慮して選定された十分な数のサンプルの分析値に基づいて核種組成比が設定されていること、②クリアランスレベル近傍の放射能濃度に対応する放射能濃度の基準核種が含まれているサンプルを含んでいること及び③統計処理（例えば有限個のサンプル分析値からの母集団パラメータの推定）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④統計処理等に起因する不確かさに関する適切な説明がなされていること。</p>
適合性	<p>認可申請書における評価に用いる放射性物質の選択結果は、^{60}Co、^{137}Cs、^{14}Cである。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、^{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。</p> <p>①核種組成比がおおむね均一であることが想定される領域から、ランダムに、又は保守性を考慮して選定された十分な数のサンプルの分析値に基づいて核種組成比が設定されていること。</p> <p>申請書における核種組成比の設定に用いたデータは、前回の認可申請書の核種組成比の設定に用いたデータである。</p> <p>前回の認可申請書では、放射能濃度確認対象物の二次的な汚染の調査にあたって放射能濃度が低く、分析しても検出されない放射能濃度確認対象物もあることから、同じ汚染流体を内包し、放射能濃度が高い場所を試料の採取箇所として選定した。</p> <p>a. 事前調査データ</p> <p>前回の認可申請に際して廃止措置段階に移行してから実施した調査における分析データは、放射能濃度確認対象物となる設備を含む原子炉領域周辺設備全体を対象に二次的な汚染の調査を実施したデータである。分析試料は、低レベル放射性廃棄物埋設におけるスケーリングファクタ設定のための分類を参考に浜岡 1, 2 号炉の原子炉系（原子炉水系、主蒸気系）、タービン系（給復水系）、廃棄物処理系及び換気空調系から選定した。</p> <p>b. LLW 分析データ</p> <p>浜岡 1, 2 号炉の雑固体廃棄物の分析データは、「廃棄物確認に関する運用要領（平成 26 年原子力規制庁）」の別表-1 に記載されているスケーリングファクタ設定に用いられた分析データである。分析試料は、浜岡 1, 2 号炉の原子炉系、タービン系、廃棄物処理系から採取しており、放射能濃度確認対象物の発生場所と同じであるため、代表性がある。</p> <p>核種組成比の設定に用いたサンプルは、上述の a. 及び b. を合わせたものであり、$^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ のサンプル数は 35、$^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ のサンプル数は 45 である。</p>

②クリアランスレベル近傍の放射能濃度に対応する放射能濃度の基準核種が含まれているサンプルを含んでいること

申請書における放射能濃度確認対象物の汚染状況として主要な核種は ^{60}Co であることから、以下のとおり ^{60}Co が 0.1Bq/g 程度の試料を分析データの整理時点で含んでいることを確認した。

< $^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ >

前回の認可申請書にあたり機器から採取した代表試料の分析データは、全て原子炉最終停止日以降に採取した試料であることから各号炉の原子炉最終停止日に減衰補正を行った。雑固体廃棄物の分析データは、運転段階の分析データであることから、試料発生日の直前サイクルの原子炉停止日に減衰補正を行った。運転履歴により、評価対象核種の選択結果が変わるような核種組成比の変動がないことから、運転段階の分析データは直前サイクルの原子炉停止日の値で整理し、その値を原子炉最終停止日の値とし、減衰補正を行っている。

原子炉最終停止日の値として整理した分析データには、 ^{60}Co の放射能濃度が $1.1\text{E}-01\text{Bq/g}$ (^{60}Co のクリアランスレベルの1.1倍)のサンプルを含んでいることを確認した。

< $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ >

前回の認可申請に際して廃止措置段階に移行してから実施した調査における分析データを基に代表核種比率 ($^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$) を整理し、全て2017年7月1日時点における値として減衰補正を行った。

2017年7月1日時点における値として整理した分析データには、 ^{60}Co の放射能濃度が $1.0\text{E}-01\text{Bq/g}$ (^{60}Co のクリアランスレベルの1.0倍)のサンプルを含んでいることを確認した。

③統計処理（例えば有限個のサンプル分析値からの母集団パラメータの推定）の妥当性に関する合理的な説明がなされていること

前回の認可申請書では、統計的な分布を考慮する際、分析値の統計的な分布を網羅的に考慮することができる []

[]それぞれ検定を行っており、検定の結果、 $^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ は、 []

[]を確認した。また、 $^{137}\text{Cs}/^{60}\text{Co}$ は、 []を確認した。

今回の認可申請書の放射能濃度確認対象物は、二次的な汚染の状況について、今回の放射能濃度確認対象物は、前回の放射能濃度確認対象物とは重複しないものの、発生号炉・発生系統は同様であり、汚染の状況に違いがないものと考えられることから前回の認可申請書における統計的な分布の検定結果を用いた。

④統計処理等に起因する不確かさに関する適切な説明がなされていること。

上述の検定結果を基に、以下のとおり算術平均値の95%上限値を算出した。

前回の認可申請書では、 $^{14}\text{C}/^{60}\text{Co}$ は

審査基準	<p>3.3(2)</p> <p>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、上記(1)に掲げる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$\Sigma(D_j/C_j)$の信頼の水準を片側95%としたときの上限値（以下「95%上限値」という。）が1を超えないことを確認すること。これは、上記(1)のイからニまでの方法（D_jの評価に用いた方法に限る。）に起因する不確かさがそれぞれ独立であるとしてモンテカルロ計算等で評価することや、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。ここで「1を超えないこと」とあるのは、次の表の左欄に掲げる場合は、それぞれ同表の右欄に掲げる字句に読み替えるものとする。</p>
適合性	<p>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」の放射能量を合計し「評価単位」の重量で除して求める。</p> <p>従って、放射能濃度の決定方法に起因する不確かさの項目は、放射線測定値、放射能換算係数、「評価単位」の重量（収納物の重量）及び核種組成比である。</p> <p>放射能換算係数の設定において、放射線源の詳細な位置を確認することは困難であるが、放射能濃度確認対象物の表面汚染密度が$1.3\text{Bq}/\text{cm}^2$以下であることの確認は可能であることを活用し、放射エネルギーが安全側の評価となるような放射能換算係数の設定方法を採用した。</p> <p>この設定方法は、審査基準3.3(2)に示されている内容（評価単位における評価に用いる放射性物質の$\Sigma(D_j/C_j)$の95%上限値が1を超えないことを確認すること）と異なるが、放射線源の位置・強度及びGe半導体検出器の効率を保守的に考慮する設定方法である。</p> <p>以上のことから、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を個別に評価した。また、不確かさの項目を個別に評価しているものの、本申請における評価単位の放射能濃度の決定方法は、クリアランスレベルを超えないかどうかを適切に確認できるものであると判断した。これらの詳細はNo.11に記載した。</p>