

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 において議論する内容について（案）

1. 主な内容

原子力発電所から発生する中深度処分対象廃棄物の放射能濃度の決定方法に関する以下の2つの手法が規定されている。

- 理論的方法として、放射化した材料（金属等）を対象とした放射化計算における、評価対象核種及び放射化条件の設定方法
- 実証的方法として、使用済樹脂等の試料分析における、代表性を有する試料の採取方法

2. 検討チームにおいて議論する内容

以下の論点について、検討チームにおいて議論する。必要に応じ、日本原子力学会から説明を求める。

(1) 適用範囲と理論的方法の特徴

標準の適用範囲（対象とする炉型及び廃棄物）

標準の目的（候補としては次のとおり）

- ・第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度、総放射エネルギー及び区画別放射エネルギー¹の設定
- ・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²の確認
- ・政令第31条で定める放射性物質³の放射能濃度の確認
- ・廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の評価⁴
- ・廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであることの評価⁵

評価対象核種の選定方法

点推定法と区間推定法の適用範囲と使い分けの判断基準

区間推定法のうち、換算係数法、濃度比法、濃度分布評価法の適用範囲と使い分けの判断基準

1 第二種廃棄物埋設に係る事業規則第2条第1項第1号

2 第二種廃棄物埋設に係る事業規則の改正案第8条第2項第3号

3 C-14、Cl-36、Tc-99、I-129、アルファ線を放出する放射性物質

4 第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則の改正案第8条第1項

5 第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則の解釈の改正案第12条8（例えば、自然事象シナリオにおける「放射性廃棄物に含まれる主要な放射性物質」の放射エネルギー）

対象とする規定

1．適用範囲（解説 3．適用範囲を含む）

4．評価対象とする廃棄物及び評価対象核種

5．放射能濃度決定方法

附属書 A（参考）理論計算法の適用方法及び手順

附属書 D（参考）区間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

- (2) 理論的方法の入力条件の設定方法及び評価結果の不確かさ
起源元素濃度の具体的設定方法
中性子条件の具体的設定方法

対象とする規定

6．1 理論的方法の手順

附属書 C（参考）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

附属書 D（参考）区間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

附属書 G（参考）放射化計算の入力条件の設定例

附属書 H（参考）検出困難元素の濃度分布評価方法

附属書 I（参考）濃度比を用いる場合の計算例

附属書 J（参考）換算係数を用いる場合の計算例

附属書 K（参考）濃度分布評価法によって決定する場合の計算例
（附属書 L（参考）不確かさなどによる計算結果の評価）⁶

- (3) 実証的方法のうち原廃棄物分析法の適用方法と廃棄体の放射能濃度の評価方法

試料の代表性の確保方法

採取試料数の決定方法

分析手法の妥当性

廃棄体の放射能濃度の評価方法（理論的方法、実証的方法共通）

対象とする規定

6．2 実証的方法の手順

附属書 E（参考）原廃棄物分析法の基本的な適用方法

上記以外については、事務局において技術評価書案を作成し、検討チーム会合において提示する。必要に応じ、日本原子力学会に質問し、説明を求める。

⁶ 引用されている ISO 規格の内容を踏まえて今後決定する。

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2回会合における日本原子力学会への説明依頼事項

1. 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(以下「放射能濃度決定標準」という。)は、本文と附属書から構成されています。附属書には「(参考)」とありますが、「(参考)」とは何か説明してください。また、「解説」との違いについても説明してください。
2. 放射能濃度決定標準の序文において、「原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物のうち、中深度処分対象廃棄物の放射能濃度を決定する方法を示すことを目的としている。」との記載がありますが、原子力発電所のうち、本標準が対象とする炉型を説明してください。
3. 第二種廃棄物埋設事業規則⁷は、以下の確認・評価を求めています。
 - ・第二種廃棄物埋設を行う放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類ごとの最大放射能濃度、総放射エネルギー及び区画別放射エネルギー⁸の確認
 - ・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⁹の確認
 - ・政令¹⁰第31条で定める放射性物質¹¹(以下「政令記載核種」という。)の放射能濃度の確認
 - ・廃棄物埋設施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の評価¹²
 - ・廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであることの評価¹³

L1 放射能評価標準に規定されている評価方法の概要及び理論的方法の技術的ポイント(以下「説明資料」という。)のP5では、適用する評価対象として、「廃棄体の放射能濃度」及び「埋設施設の総埋設放射能」とありますが、上記確認・評価のうち、放射能濃度決定標準が適用できるものはどれか説明してください。
4. 中深度処分について、埋設しようとする放射性廃棄物に含まれる放射性物質

7 核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則(昭和63年総理府令第1号)

8 第二種廃棄物埋設に係る事業規則第2条第1項第1号

9 第二種廃棄物埋設に係る事業規則の改正案第8条第2項第3号

10 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令(昭和32年政令第324号)

11 C-14、Cl-36、Tc-99、I-129、アルファ線を放出する放射性物質

12 第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則の改正案第8条第1項

13 第二種廃棄物埋設に係る許可基準規則の解釈の改正案第12条8(例えば、自然事象シナリオにおける「放射性廃棄物に含まれる主要な放射性物質」の放射エネルギー)

が、第二種廃棄物埋設事業規則別表第一に規定されているピット処分に係る放射性物質の放射能濃度を超え、政令記載核種の放射能濃度を超えないものとされています。一方で、放射能濃度決定標準では、中深度処分対象廃棄物であることを前提にその放射能濃度の決定方法を規定しています。

- (1) 「3 用語及び定義」に記載されている、「3.5 使用済樹脂等」及び「3.14 放射化金属等」の中には放射能濃度によってピット処分対象物と中深度処分対象物に分かれる可能性があります。対象物の全体の放射能濃度の評価結果から、中深度処分対象物をどのように選定するのか説明してください。この際、政令濃度上限値を超えるもの及びピット処分対象との境界をどのように考慮しているのか説明してください。
 - (2) また、「使用済樹脂等」の説明のうち、「その他の粉状若しくは粒状の放射性廃棄物」の内訳及び、「放射化金属等」の例示のうち、「黒鉛など」の「など」の内訳を説明してください。
 - (3) 解体作業においては炉内構造物のほとんどが切断されて廃棄物容器に収納されると想定されます。大型の対象物(例えばシュラウド)は、放射能濃度に分布があると想定されますが、大型の対象物の放射能濃度の計算結果から、個々の切断片の放射能濃度をどのように計算するのか説明してください。
5. 「4 評価対象とする廃棄物及び評価対象核種」には「b) 評価対象核種は、申請核種とする。」と規定されていますが、具体的な決定方法は規定されていないので、申請核種の決定方法を説明してください。具体的には、放射能濃度決定標準と旧原子力安全・保安院の内規¹⁴の以下の記載との関係を踏まえて説明して下さい。

で選定された各被ばく経路について、管理期間中及び管理期間終了以後の公衆の年間被ばく線量を評価する。その結果、選定された被ばく経路ごとに、当該放射性廃棄物中に含まれる全ての放射性物質の種類の中から、最大の線量値を持つ放射性物質の線量の最大値と比較して、当該放射性物質の線量の最大値が1パーセント以上である放射性物質を、影響をもたらすことが予想される放射性物質として選定する。このとき、放射性物質の線量値は、管理期間中及び管理期間終了以後にわたる当該放射性物質の線量値の最大値を用いて比較すること。

6. 「5.1 放射能濃度決定方法の適用」には、「放射能濃度決定方法は、次のとおり、表1に示す方法の中から評価対象とする廃棄物の性状及び評価対象核種に最も適した方法を選定する」とあります。ここで、「表1 - 放射能濃度決定

14 放射性廃棄物に含まれる放射性物質の種類について(内規)平成24・03・22原院第1号

方法の種類及び内容」に示された方法は、ピット処分対象廃棄体の放射能濃度決定方法として旧原子力安全委員会が示した手法¹⁵ですが、当該手法は二次的汚染物が主体です。放射化物が主体である中深度処分対象廃棄物に、当該手法が適用できる根拠を説明してください。また、「評価対象とする廃棄物の性状及び評価対象核種に最も適した方法」の選定において考慮すべき具体的内容及び、最も適した方法であると判断する上での判断基準を説明してください。

7. 「5.2.1 理論計算法の種類」には、「点推定法」と「区間推定法」が規定されています。

(1) 「点推定法」と「区間推定法」の使い分けについて、「附属書 A (参考) 理論計算法の適用方法及び手順」の「A.1.3 STEP2: 評価方法の選択」に「例えば、評価対象とする放射化金属等の詳細情報が特定されない場合、区間推定法の選択が適切である」とありますが、より具体的に、それぞれの手法を選択する場合の判断基準を説明してください。

(2) 「A.3 放射化計算コードの例」に 5 種類の ORIGEN コードが挙げられていますが、それぞれの特徴と使い分けについて説明してください。また、各コードに内蔵される断面積ライブラリのもととなる核データとその処理方法について説明してください。

(3) 「A.3 放射化計算コードの例」に「評価対象とする放射化金属等を照射する中性子スペクトルを反映した断面積をユーザーが準備する」とありますが、具体的な設定方法について説明してください。

8. 「5.2.3.1 区間推定法の種類」には、「換算係数法」、「濃度比法」及び「放射能分布評価法」が規定されています。「表 D.1 各区間推定法の基本的な特徴及び適用対象放射化金属等」には、「代表的な廃棄物の種類」として、例えばチャンネルボックスについては「換算係数法」及び「濃度比法」が適用可能とされていますが、同一の対象物に対してそれぞれの手法を適用した際の評価結果の同等性を説明してください。

9. 「D.1.3 濃度比法」

(1) 濃度比法は難測定核種と Key 核種の比を放射化計算により求める方法と規定されていますが、濃度比を用いて廃棄物の放射能濃度をどのように求めるのかを具体的に説明してください。Key 核種の放射能濃度を実測により求める場合は、「表 D.1 各区間推定法の基本的な特徴及び適用対象放射化金属等」に記載する大型の評価対象物(シュラウド、圧力容器)

15 日本原燃産業株式会社六ヶ所事業所における廃棄物埋設の事業に係る重要事項(廃棄体中の放射性物質濃度の具体的決定手順について)に対する報告について(平成4年4月2日 原子力安全委員会)

の測定をどのように行うのか説明してください。

- (2) 「対象とする放射化金属等の各部位においては、同一元素組成、同一中性子フルエンス率、同一照射履歴であることから、核種の濃度比は基本的に一定であるとの考え方に基づく」とされていますが、中性子フルエンス率及び照射履歴は炉内での位置により異なると想定されます。中性子フルエンス率及び照射履歴を同一として扱ってよい範囲及びその理由を説明してください。
- (3) 難測定核種と Key 核種の比は、半減期の違いにより設定時から時間とともに変化していくと想定されますが、放射化計算で求める濃度比から廃棄体の放射能濃度に換算する際に、上記の濃度比の変化をどのように考慮するのか説明してください。
- (4) 「評価対象とする放射化金属等が特定されれば、中性子の照射履歴の詳細情報が明らかでない場合でも、Key 核種濃度を測定すれば、適用できる」とあります。この条件が当てはまるのは照射履歴が濃度比を計算した際の照射履歴の範囲に収まる場合であると想定されますが、照射履歴の詳細情報が明らかでないにも関わらず、濃度比法が適用できる理由を説明してください。

1 0 . 「表 D.1 各区間推定法の基本的な特徴及び適用対象放射化金属等」

三つの手法について、代表的な評価対象とする放射化金属等の種類がそれぞれ記載されています。三つの手法は原理的には放射化金属等であれば評価対象とする放射化金属等の種類によらず適用できるものと想定されますが、対象となる放射化金属等が異なる理由を説明してください。また、同一の放射化金属等を三つの手法で計算した場合の評価結果の同等性を説明してください。

1 1 . 「D.1.4 濃度分布評価法」

- (1) 「この方法における放射化計算方法は、基本的に個別の廃棄物の放射能濃度を計算する場合と同等であるが、評価の対象とする放射化金属等のグループを代表する放射能濃度（例えば、平均放射能濃度）を保証できることが適用の前提となる。」とあります。ここで、「放射能濃度を保証する」具体的な方法について説明してください。
- (2) 本評価法の適用に当たっては、「計算条件（例えば、中性子フルエンス率）の変動範囲がある一定の範囲内となることが必要となる。」とされていますが、「ある一定の範囲内」について具体的にその範囲を説明してください。
- (3) 本評価方法を適用するに当たり、変動要因となりうる計算条件に、例

示された中性子フルエンス率以外の条件があればそれを示して下さい。
あわせて、「計算条件の変動範囲が計算結果に与える影響が小さいことが
明らかな条件については、複数の計算条件を設定せずに一つの値(代表的
な値又は保守的な値)を設定できる。」で示されている「計算結果に与え
る影響が小さいことが明らかな条件」の具体例を示してください。

(4)「複数の放射化計算結果が一定の範囲内に安定して分布していることを
評価し判断することが適切である。」とありますが、「安定して分布してい
る」とはどのような状態を指すのか説明してください。

1 2 .「図 D.1 区間推定法による放射化計算の入力データの基本設定フロー」

放射化断面積の設定において、ORIGEN、MCNP (PHITS も用いるのであれば、
それを含む)を使用する際に、どのような核データライブラリを用いるかによ
って計算結果に差異が生じると想定されます。使用を想定している核デー
タライブラリとともに、核データライブラリによって計算結果に差異がある
のか、差異があるならば、放射能濃度決定においてどのように考慮するのか
を説明してください。

1 3 .「D.4.3 元素分析データ数量に応じた濃度分布条件設定」

「b)元素分析データ数が比較的少ない場合」について、「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
定できる」としてしています。例示として p46 の図では、検出データの平均値の
95%信頼上限を設定平均値とした「保守的な範囲を設定した分布」が示され
ていますが、この元素成分濃度分布のどの範囲を用いて放射化計算を行うか
説明してください。

1 4 .「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」 の「例 2 検出最大値から分布を評価する場合のイメージ」について、1~2 点の検出データから得られた濃度を「検出最大値(保守的)」として、推定 分布の平均濃度(設定値)を検出最大値(保守的)の - 2 に設定していま す。

(1) この方法が適用できる検出下限値(以下「N.D.値」という。)のデー
タ数が十分にある場合と想定されますが、そのデータ数を示してください。

(2) 検出データが 1 点の場合に、元素濃度分布の標準偏差 をどのよう
に求めるか説明してください。

1 5 .「表 D.6 元素分析データに検出下限値しかない元素の濃度分布条件設定 方法」において、推定分布の平均濃度(設定値)を N.D.値の - 2 に設定し ています。

- (1) この方法が適用できる検出下限値 (以下「N.D. 値」という。) のデータ数が十分にある場合と想定されますが、そのデータ数を示してください。
- (2) N.D. 値を平均濃度として用いるのではなく、それよりも 2 低い値を平均濃度として用いることができる理由を説明してください。
- (3) 濃度分布の標準偏差 として、「同一の元素又は化学的性質が類似した元素の分布を評価して適用」とありますが、具体的にどのように求めるのか説明してください。

1 6 . 「D.5.2 中性子フルエンス率などの設定方法」

「b) 代表条件を設定する方法」の例 2 において、中性子輸送計算コードの例として MCNP が挙げられています。他のモンテカルロシミュレーションコード、例えば、国産の PHITS を用いる場合にどのような手順になるのかを説明してください