



地層処分技術に関して頂戴したご意見

2020年1月27日

原子力発電環境整備機構 (NUMO)



全体計画の見直しにあたり、包括的技術報告書の日本原子力学会によるレビューコメントや、様々なステークホルダーからの地層処分技術に関するご意見等を整理。以下の構成で、主なコメントやご意見を紹介。

1. 包括的技術報告書の日本原子力学会レビューでいただいたコメント
2. 様々なステークホルダーからの技術に関するご意見
3. 頂戴したご意見による全体計画の見直しに関して

1. 包括的技術報告書の日本原子力学会レビューでいただいたコメント

■ 日本原子力学会レビューの概要

- 2018年11月 NUMO包括的技術報告書（レビュー版）を公表
- 2018年12月 「NUMO包括的技術報告書レビュー特別専門委員会」設立
レビュー委員 14人（主査：朽山修 原子力安全研究協会技術顧問）
- レビュー期間：2018年12月～2019年12月（1年間）
- レビューの目的：
サイトが特定されていない段階のセーフティケースの技術的信頼性について、包括的技術報告書が国内外の最新の技術的知見を反映して適切に取りまとめられていることを確認すること

■ レビュー結果

- 総評：「全体的にみて、包括的技術報告書は、サイト選定の前段階におけるセーフティケースとして科学的・技術的に十分なレベルの信頼性をもって示され、国際的な枠組みとも整合しており、NUMOは今後サイト選定を進めていく上で、各段階で行われるサイト特性調査と工学設計及び安全評価に向けて、適切かつ十分な技術的能力と方法論を有しており技術的に信頼するに値するとレビュー委員会は認めるに至った。」
- 主旨をよりわかりやすくするための文章表現の改善や、技術的な知見や検討成果の適切な理解を促すための説明の充実などについて、100個程度の推奨コメントを受領

■ 地質環境の長期安定性に関する議論の補強

- 「将来10万年程度を超える長期については、地質環境の変遷や自然現象の発生にかかわる将来予測の不確実性が增大する」とする地殻内のごく限られた領域にある地質環境の特性の変化と、火山や断層の発生位置の変化や隆起・侵食の進行等に関連する地殻やプレートの変動とが混同されないように記述の改善を推奨。

■ 不確実性への対処に関する記述の具体化

- サイト選定の段階的進展における不確実性の低減の可能性をより明確に示すことを推奨。不確実性に対する分野間の連携のアプローチに関して追加説明を推奨。

■ 地質調査—処分場の設計—安全評価の連携に対する記述の具体化

- 処分場の設計プロセスにおける設計の妥当性を判断する「影響評価」と、閉鎖前及び閉鎖後長期の「安全評価」の関係がわかりにくいので丁寧な説明を推奨。

■ 第2次取りまとめからの違いに関する解説の補強

- 閉鎖後長期の安全評価において、第2次取りまとめや第2次TRULレポートのモデル体系と異なる点や線量評価結果における相違点（支配核種の違い等）について、その理由等を含めてより丁寧な説明を推奨。

■ 段階的なセーフティケースの更新に関する目標の具体化

- 今後の信頼性向上に取り組むべき課題について、サイト調査の各段階までにクリアすべき課題とそうでない課題を整理し、包括的技術報告書で示されているセーフティケースの基本形と各段階のセーフティケースの関係をより明確にすることを推奨。

NUMOの対応方針

- レビューコメントを踏まえて、文章表現の改善や説明の追記などが必要と判断した箇所について、包括的技術報告書の文章を修正中
- 修正を完了次第、公表予定

(参考) 原子力学会レビューによる主なレビューコメント(1/5)

■ 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化

キーワード	レビューコメントの内容
一様継続性	地殻変動の一様継続性の期間については、一様継続性の意味を明確にし、十万年のオーダーで継続していることについて、主要な論文をさらに詳細にレビューし、その根拠をより確かなものとすることを奨める
調査・評価技術の適用範囲	調査・評価に適用する技術については、現状利用可能な技術に基づいて適切に整理されていると認めるが、一方で、示された課題についてサイト選定のどの段階までに対応すべき課題かを明らかにするとともに、最新の研究成果のレビューによりその適用範囲を明確化することを推奨
自然現象の確率論的評価手法	将来 10 万年程度を超えるような長期における自然現象の発生可能性を確率論的に評価する手法について、これまで成果が挙げられている火山・火成活動のほか、地震・断層活動や隆起・侵食に対しても、本手法の適用事例をさらに蓄積していくことを期待
断層の水理地質構造モデル	六甲山の蓬莱峡やサンアンドレアス断層においては、割れ目を著しく多く含む非対称に発達する断層帯も見出されており、水理地質構造モデルの活用性を広げる観点から、それらの研究事例についても引用する等、幅広く言及することを奨める

(参考) 原子力学会レビューによる主なレビューコメント(2/5)

■ 処分場の設計と工学技術

キーワード	レビューコメントの内容
TRU廃棄体特性	廃棄体特性のうちには、化学組成、浸出特性、耐熱性等も含まれる。TRU等廃棄物については、これらの特性は多様になると考えられるので、設計条件としての廃棄体特性の把握と整理が望まれる
TRU廃棄体の充填材機能	TRU等廃棄物における放射線分解による充填モルタルからの水素ガス発生を抑制するための間隙水の除去においては、モルタルの乾燥収縮による影響について、廃棄体パッケージAとBで充填材に求める機能の違いとともに整理して記述されることが望ましい
沿岸海底下	施設を「沿岸海底下」とすることで生じる特有の問題があると考えられることから、処分場の設計と工学技術の観点からも「沿岸海底下における処分施設の工学設計」を追加することを推奨

(参考) 原子力学会レビューによる主なレビューコメント(3/5)

■ 閉鎖前の安全性の評価

キーワード	レビューコメントの内容
地震・津波	例えば東日本大震災における地震や津波を想定したシナリオを検討し、評価結果の考察を追記することが望ましい
評価シナリオ	サイト依存性が大きいいため、外部起因事象については考慮せずに内部起因事象についてのみ重要なシナリオを設定しているが、ジェネリックな段階においても想定しうる外部起因事象については評価シナリオを設定し、評価することが望ましい

■ 閉鎖後長期の安全性の評価

キーワード	レビューコメントの内容
不確実性の取り扱い	基本シナリオのデータ不確実性は、変動シナリオとしてシナリオ不確実性の形で取り扱われているが、このようなシナリオ・モデル・データの不確実性とシナリオ区分の関係について、不確実性の影響が包括的かつ合理的に評価されていることを読み手に分かりやすく示す記述にすることが望まれる
シナリオ選定プロセス	安全評価の基本的手順の説明において、要因分析、影響分析、さらにはストーリーボードに基づきどのようにシナリオを選定するのかが分かりにくいいため、説明を追記しシナリオ選定に関するプロセスの透明性の向上を図ることを推奨

(参考) 原子力学会レビューによる主なレビューコメント(4/5)

キーワード	レビューコメントの内容
シナリオ設定	<p>基本シナリオの設定に関わる以下の点について、補足の説明や合理的な根拠を追記することを推奨</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 建設・操業や回収可能性の維持により想定される擾乱が長期安全評価の初期状態に有意な影響を与えないと仮定している点➤ EDZの状態変遷は、支保によるセメントと緩衝材の相互作用、PEMによる鉄と緩衝材の相互作用など様々なプロセスが関係すると考えられるが長期にわたり初期の状態を仮定している点➤ 基本シナリオにおける隆起・侵食の取り扱い（特に地質環境の特性に関する不確実性が増大する期間において隆起・侵食の影響を考慮しなかった点） など
シナリオ設定	<p>変動ケースを組み合わせたケースは、発生の可能性が極めて小さいことから想定しないとあるが、包括的技術報告書で示されているシナリオで十分に包括的なものとなっていることについて再度確認し、説明の拡充を図ることを推奨</p>
核種移行解析モデル	<p>核種移行解析モデルについて、すべての岩種に平行平板モデルを仮定したことと、深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類のそれぞれを対象に構築された微細透水構造概念モデルとの関係について説明等を追記することが望まれる</p>
第2次取りまとめとの違い	<p>第2次取りまとめや第2次TRUレポートのモデル体系と異なる点については、より丁寧な説明が必要。既往の安全評価との相違点について、これらの相違が何に起因しているのかを分析し、既往の評価からの変更点や関連する不確実性について整理することを推奨</p>

(参考) 原子力学会レビューによる主なレビューコメント(5/5)

■ 技術マネジメント、その他

キーワード	レビューコメントの内容
不確実性の取扱い	サイト選定の段階的進展における地質環境モデル構築の 不確実性の低減の可能性をより明確に示すことを推奨
分野間の連携	サイト調査、処分場の設計、安全評価の それぞれの分野の不確実性が他の分野にも伝播することに鑑み、その相互影響についてどのように対応するかという点に関する追加説明を推奨
分野間の連携	処分場の設計や安全評価から、地質環境情報や地質環境モデルに対して、 どのようなフィードバックが得られたのかについては、具体的な内容が示されておらず、説明の追加が必要
SCの更新	包括的技術報告書で示されている セーフティケースの基本形と各段階でのセーフティケースの構築との関係をより丁寧に記述することを推奨
評価対象核種の選定	廃棄物の発生源とストリームを踏まえた合理的な説明に基づき、評価対象核種の選定根拠について記述することを推奨

2. 様々なステークホルダーからの技術に関するご意見

(1) 包括的技術報告書の一般向け説明会

- 地層処分技術コミュニケーションー包括的技術報告書と地層処分の安全性に関する対話のあり方ー (2019年4月／東京・約70人)

(2) 包括的技術報告書の専門家向け説明会

- NUMO「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現」(レビュー版)に関する外部専門家向け説明会 (2019年5月／大阪・約60人、東京・約150人)



専門家向け説明会の様子 (大阪会場)
<https://www.numo.or.jp/topics/201919052910.html>

(3) 対話型全国説明会など

- 全国シンポジウム「いま改めて考えよう地層処分」～科学的特性マップの提示に向けて～ (9会場、2017年5～6月)
- 科学的特性マップに関する意見交換会 (全国46都道府県庁所在都市、2017年10～12月)
- 科学的特性マップに関する対話型全国説明会 (試行的開催、5都市、2018年2～3月)
- 科学的特性マップに関する対話型全国説明会 (55都市、2018年5月～2019年10月)
- 高レベル放射性廃棄物の最終処分に関する対話型全国説明会 (2019年12月以降)

注) 上記説明会でいただいたご意見・ご質問は、NUMOのホームページに掲載。

(参考) 様々なステークホルダーの主なご意見(1/4)

■ 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化

キーワード	ご意見の内容	説明会※
断層	活断層の分布を調査により把握できるという前提で考えていると思うが、実際に 活断層が把握されていない場所 において 活断層が動く ということが生じている。そのことに対する見解は？	(2) (3)
地下水流動	水理地質構造モデルに基づいて実施された 地下水流動解析手法 の妥当性をどのように 検証 するのか	(2)
地下水流動	地下水の年代測定 による 流動状況の把握 のためには、 広範囲 を対象にボーリング調査を行う必要があるのではないのか	(2) (3)
埋め戻し	地下に穴を掘ってしまうと、たとえ埋め戻しても、完全に 元に戻る ことはありえない	(3)
モニタリング	地下を モニタリング するなど、 IT技術 を活用したほうがいい	(3)
断層	阪神淡路大震災は、 今まで判明していなかった断層の影響 で地震が発生している。本当にボーリング調査で、 確実に発見 できるのか。小さな断層も悪さをするのではないか	(3)

※:説明会の数字は、10ページの説明会の(1)~(3)に対応

(参考) 様々なステークホルダーの主なご意見(2/4)

■ 処分場の設計と工学技術

キーワード	ご意見の内容	説明会※
埋め戻し	止水プラグの設置による透水性の改良について、 止水プラグ を設置するために EDZ の範囲よりも深く切欠き部を掘削すると、新たなEDZが形成されると思うが、そのような検討はされているのか	(2)
モニタリング	緩衝材の初期の膨潤挙動 については モニタリング が必要だと思われるが、測定方法や測定期間などを検討しているのか	(2)
回収可能性	処分場を閉鎖しないで 回収可能性を維持した場合の影響評価結果 について教えてもらいたい	(2)
廃棄体 (設計)	廃棄体パッケージ容器に、オーバーパックと同様な 定量的な要件 を設定しているのかどうか教えてもらいたい。また、 水素ガス発生 の問題をどのように取扱っているかを教えてもらいたい	(3)
安全評価 (シナリオ)	アクセス坑道内での事故時に、換気や排水などライフラインの停止も懸念される。作業員の安全も含めどのようなシナリオが最も厳しいのか、 事象の重畳 も含めて踏み込んだ検討が必要である	(3)
オーバーパック (設計)	地下でのオーバーパックの 腐食進展 は予測可能か？オーバーパック 溶接亀裂 への対応、耐圧性能、耐久性は十分か	(3)

※:説明会の数字は、10ページの説明会の(1)~(3)に対応

(参考) 様々なステークホルダーの主なご意見(3/4)

■ 閉鎖後長期の安全性の評価

キーワード	ご意見の内容	説明会※
ALARA (設計)	稀頻度事象は10のマイナス10乗の頻度とのことだが、それが発生した場合の影響が非常に重要。福島第一原子力発電所の事故の経験から、稀頻度だから絶対に起こらないとはもはや思えない。そのため、稀頻度事象発生時に想定されている14ミリシーベルト／年という線量をさらに下げるとような技術開発をすべき	(1)
安全評価 (シナリオ)	GBI (Geosphere-Biosphere Interface) の設定には大きな不確実性が伴うと考えられる。包括的技術報告書ではGBIは固定しているようだが、100万年を評価する際、隆起・侵食や気候変動などを考慮する上で、そのことに関する検討は進められているのか	(2)
安全評価 (モデル)	最新の知見ではオーバーパックの腐食により生成される物質がガラスの溶解挙動へ影響を与えるという情報が得られているはずなので、取り入れるべきである	(3)
安全設計 (モデル)	緩衝材の変質解析において、計算の信頼性に大きな影響を及ぼす異種材料境界の物性値などの取り扱いはどのようにしているのか	(3)
ナチュラルアナログ	ナチュラルアナログに関して、過去から現在までのプロセスの分析がないと処分場の安全性を傍証することにはならないのではないのか。対話の場ではナチュラルアナログをもっと使えるはず	(2)(3)

※: 説明会の数字は、10ページの説明会の(1)~(3)に対応

(参考) 様々なステークホルダーの主なご意見(4/4)

■ 技術マネジメント、その他

キーワード	ご意見の内容	説明会※
操業安全	安全性の評価においては、 人間行動学的な側面からの分析 も必要。例えば、操業時の放射線安全を評価する際、作業従事者の放射線の測定や取り扱い方法の習熟度に差異がないかなど	(2)
経済的評価	地層処分を進めるためには、技術の研究だけでなく、 経済社会的な研究 も必要である	(3)
直接処分	再処理政策は破綻している。よって諸外国がそうであるように、使用済み燃料の 直接処分 を行うことを中心に据えるべき	(3)
分離変換	ガラス固化体中の放射性廃棄物を減らすような技術は進んでいないのか。 分離変換その他の技術 進歩を待つべき	(3)

※:説明会の数字は、10ページの説明会の(1)～(3)に対応

3. 頂戴したご意見による全体計画の見直しに関して

■ 包括的技術報告書の日本原子力学会レビューにおけるコメント

- 技術的な誤りや、明らかに検討が不足しているといったコメントはなかった。
- 主旨をよりわかりやすくするための文章表現の改善や、技術的な知見や検討成果の適切な理解を促すための説明の充実などについて、100個程度の推奨コメントを受領。

■ 様々なステークホルダーからの技術に関するご意見

- 対話活動において率直な疑問点を指摘いただいた。例えば、
 - 地質環境：断層活動、豊富な地下水によるリスク
 - 工学・安全評価：長期の閉じ込め機能の劣化と維持、シナリオ設定条件
 - 合理性：地層処分ありきに見えること 等

■ 全体計画の見直しに関して

- 上記のレビューコメントやステークホルダーからのご意見を踏まえると、現行の全体計画を大きく変更する必要性はないと思われる。
- 一方、全体計画における課題への取り組み内容をより明確にするため、レビューコメントやステークホルダーからのご意見を踏まえ、全体計画の表現を注意深く検討されることが適切と考える。