

## 「日本原子力学会NUMO包括的技術報告書レビュー特別専門委員会」 レビューコメントへの対応に関する一覧表の作成について

NUMOは、2018年11月に「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－（レビュー版）」（以下、包括的技術報告書レビュー版）を公表し、一般社団法人日本原子力学会（以下、原子力学会）に設置された「NUMO包括的技術報告書レビュー特別専門委員会」によって、第三者の立場からレビューを行っていただいた（[「NUMO包括的技術報告書」レビュー報告書](#)参照）。

レビューの結果、包括的技術報告書の信頼性をさらに向上させるための技術的根拠の補強や、検討内容の適切な理解を促すための説明の拡充など、包括的技術報告書をより良くするためのコメントを多数受領した。NUMOは、これらの原子力学会のレビューコメントなどを受けて、また、今後国際的な機関によるレビューを受けることを念頭に、包括的技術報告書の改訂を行い、2021年2月に公表した（改訂した包括的技術報告は[こちら](#)）。

本資料は、改訂した包括的技術報告書において、原子力学会のレビューコメントをどのように反映したのかをご理解いただく一助として、各レビューコメントへの対応を一覧表としてまとめたものである。

「NUMO包括的技術報告書レビュー特別専門委員会」の委員の皆様には、ご多忙の中、それぞれのご専門の見地から数多くの貴重な評価コメントをいただくとともに、レビュー委員会における議論や報告書の取りまとめを行っていただいた。ここに、朽山修主査をはじめとした委員の皆様、委員会の運営等にご尽力いただいた関係者の皆様に、改めまして深く感謝の意を表す。

【補足】以下の対応表において、左列は原子力学会の包括的技術報告書レビュー特別専門委員会による『「NUMO 包括的技術報告書」レビュー報告書』から抜粋したコメント、右列はそれらに対する包括的技術報告書における対応結果を示す。右列の包括的技術報告書における対応の説明において、「追記」「拡充」「修正」「明記」を次のような意味で用いている。

- ・追記：書かれていなかったものを新たに記載すること
- ・拡充：記述を増やし、内容を補足すること
- ・修正：不適切な記述を適正化すること
- ・明記：不明瞭な点を明瞭に記載すること

「第1章 緒言」に対するレビューコメントと包括的技術報告書における対応

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
1-1	<p>p.7 <b>包括的技術報告書の位置づけ、目的および想定読者</b></p> <p>レビュー委員会は、NUMO が国における地層処分計画の背景に基づき、実施主体として社会から信頼される組織であること、および地域との対話を重視する重要性を包括的技術報告書取りまとめの動機としており、この認識から包括的技術報告書の目的と意義を定めていることを妥当と評価する。なお、包括的技術報告書取りまとめの動機のうち、包括的技術報告書をセーフティケースとしてステークホルダーとの対話の材料とすることについては、これまでの技術的報告書から一歩踏み込んだ位置付けとしているので、この点とさらに事業を次の段階に進めるための信任を得ることを包括的技術報告書のねらいとすることについても、目的として明記することを推奨する。</p>	<p>包括的技術報告書は、地層処分の技術的な信頼性に関してステークホルダーとコミュニケーションを行うに当たっての材料（技術的な説明の土台）として活用する。また、NUMO が事業を次の段階に進めるための信任を得るために、包括的技術報告書がその一助となることを期待している。これらのためには、包括的技術報告書がセーフティケースとして、なぜ安全な地層処分を実現できると言えるのかについて明確に説明できていることが重要である。したがって、包括的技術報告書作成の直接的な目的としては、現状通り、「最新の科学的知見やこれまでの技術開発成果に基づき、わが国の地質環境に対して安全な地層処分を実現するための方法を説明し、技術的な取り組みの最新状況として示すこと」とした（1.4.1 項参照）。なお、レビュー版では上記の包括的技術報告書の作成目的が明確に読み取れないと指摘するレビュー委員のコメントがあったことを踏まえ、「わが国の地質環境に対して安全な地層処分を実現するための方法を説明し、技術的な取り組みの最新状況として示すことを目的として」と作成目的がより明確に伝わるよう文章を修正した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
1-2	p.7	<p><b>包括的技術報告書の位置づけ、目的および想定読者</b></p> <p>レビュー委員会は、全体としての目次、個々の詳細な情報を記載した付属書を含む包括的技術報告書としての構成は的確であると評価する。また、想定読者に応じて階層的な文書体系に区分して構成することに同意する。なお、包括的技術報告書は、第2次取りまとめの内容が想定読者に十分に共有されている前提で記述されているが、地層処分の技術的成立性に関する基本的な考え方と第2次取りまとめで提案された地層処分のシステム概念については、改めて包括的技術報告書の冒頭に簡潔に説明することが望ましい。</p>	<p>包括的技術報告書は、最新の科学的知見を踏まえて第2次取りまとめに示された内容を確認したうえで、わが国における安全な地層処分の実現性を示している。国際的に共有されている地層処分の技術的成立性に関する基本的な考え方と第2次取りまとめで提案された地層処分のシステム概念は、わが国における地層処分および包括的技術報告書の基礎となる重要な考え方であることから、ご指摘に沿って、レビュー版の第2章2.1.2項「処分場が有すべき安全機能」などで記述していた地層処分の基本概念に関する内容を第1章の冒頭に移動し、1.1節「地層処分の基本概念」を新たに設けて記述するとともに、1.2節「わが国における地層処分事業の推移」に第2次取りまとめの結論を追記した。</p>
1-3	p.7	<p><b>セーフティケースの構成で包括的技術報告書を取りまとめることの意義</b></p> <p>包括的技術報告書は、今後、処分事業の進展の各段階で更新していくセーフティケースの起点として、サイトが特定された後のセーフティケースの基本形となるように、セーフティケースの枠組みに従って情報の基盤を提示するものであるとしている。レビュー委員会は、包括的技術報告書をOECD/NEAやIAEAが示す国際的に推奨されている形のセーフティケースとして取りまとめることについて同意する。なお、地層処分の専門家以外の読者にとっては、セーフティケースという概念の理解が必ずしも十分でないとも思われるので、なぜセーフティケースの形で取りまとめるのが好ましいかについて、その意味合いをより詳細に説明することが望ましい。</p>	<p>包括的技術報告書をセーフティケースとして取りまとめることを説明した1.4.2項に、その意味合いがより伝わるよう以下の内容を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地層処分の実現には、数万年以上の将来に対し人の手を離れた処分場の安全確保がどのように実現できるのかを論証する技術を高めつづけ、社会の信任につなげることが不可欠であり、事業者は最新の科学技術的知見に基づき説明責任を果たすことで、事業者が次の段階に進んでよいかステークホルダーが判断する材料を提供すること</li> <li>・ この説明方法としてOECD/NEA等の国際機関はセーフティケースの基本構造を示しており、NUMOもこれに沿って取りまとめること</li> </ul> <p>また、OECD/NEAが示すセーフティケースの基本構造を参照して包括的技術報告書を作成していることをよりわかりやすく示すため、レビュー版の第2章2.6節に記載していた「セーフティケースの構造と各章の関係」の内容を第1章1.4.2項のセーフティケースの説明の文脈に移動した。</p>

## 「第2章 安全確保の基本的考え方」に対するレビューコメントと包括的技術報告書における対応

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
2-1	<p>p.9 <b>処分場閉鎖後の安全性にかかわる不確実性への対処</b></p> <p>段階的なデータの拡充により不確実性の低減が図れるという基本的考え方について言及されていることは評価されるが、本課題の重要性に鑑み、そのような記述は包括的技術報告書の「マネジメントの基本的考え方」の節ではなく、同報告書の第2章に新たに「安全性にかかわる不確実性への対処」として独立した項で論ずるように構成を再検討することをレビュー委員会は推奨する。</p>	<p>2.5節「マネジメントの基本的考え方」では、サイト選定、処分場の設計、安全評価の作業を統合し、それぞれに関する活動を全体として効果的に実施するための共通的なマネジメントの考え方を述べている。安全性にかかわる不確実性を低減するには、段階的なデータの拡充に応じて調査・設計・安全評価の一連の技術検討を分野横断的に連携させ、戦略的に実施する必要がある。また、100年にわたる事業期間中には政策の変更といった社会環境の変化にかかわる不確実性が存在し、これらに対応して事業を持続するために、回収可能性の確保や多様な処分概念のオプションの準備といった事業マネジメントの視点で対処する必要がある。ご指摘のように不確実性への対処が重要な項目であることに同意するものの、その考え方は技術的な各論のみならずマネジメントの観点が必要と考え、第2章の構成を考慮し、不確実性への対処は現状の2.5節「マネジメントの基本的考え方」における重要項目として記述することが適切と判断した。</p> <p>なお、レビュー版では2.5.1項のタイトルを「安全性にかかわる不確実性への対処」としていたが、ここには社会環境の変化にかかわる不確実性への対処なども含まれることから、タイトルはより幅広い意味合いが含まれるよう「不確実性への対処」に変更した。</p>
2-2	<p>p.9 <b>処分場閉鎖後の安全性にかかわる不確実性への対処</b></p> <p>処分場閉鎖前に詳細なデータが得られ、反復的な処分場の安全評価が行われることにより不確実性が低減できること、および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する。</p>	<p>処分場閉鎖前に詳細なデータが得られ、反復的な処分場の安全評価が行われることにより不確実性が低減できることについては、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価を連携させて不確実性の種類や程度を把握し、これらに対応した結果を各段階で作成するセーフティケースに統合するとともに、安全性に影響する重要な不確実性の因子を特定して次の調査計画や技術開発計画などに反映し段階的に不確実性の低減を図ること</li> <li>・処分場の閉鎖前までは、最新の知見を踏まえて繰り返し実施する定期的な評価やモニタリングの結果を反映して、閉鎖後長期の安全評価にかかわる不確実性の低減を図ること</li> </ul> <p>を2.5.1項「不確実性への対処」および付属書2-8「不確実性の対処の考え方」に追記した。</p> <p>また、サイト調査の進展にともなって地質環境モデル構築に対する不確実性が低減することについては、本編3.2.1項(1)「繰り返しアプローチによる不確実性の低減」にその有効性が確認されている事例を記載しているが、付属書2-8にも追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
2-3	<p>p.9 <b>処分場閉鎖後の安全性にかかわる不確実性への対処</b>            モデルやパラメータに関連する不確実性とシナリオの設定における不確実性については、それぞれの意味合いが異なるため、その違いを説明するとともに、稀頻度事象や人間侵入に関するシナリオの選別と設定の考え方を明記することを推奨する。</p>	<p>シナリオ、モデル、データのそれぞれの不確実性の種類や意味合い、およびその対処方法が明確に読み取れるよう、付属書 2-8「不確実性の対処の考え方」におけるそれぞれの説明を充実させた。具体的には、不確実性には地質環境の空間的な不均質性のような偶然的な不確実性と、知識や情報の不足に起因する認識論的不確実性が考えられること、偶然的な不確実性については、データが十分に集積されれば確率分布に基づいて定量的にパラメータの不確実性として考慮できる可能性があるものの、地層処分において取り扱う数 km 規模の広大な空間スケールの地質環境を対象として、観測値に基づき全空間にわたり真の偶然的な不確実性を定量化することは困難であることから、実際には認識論的不確実性も含めて確率化し、地質環境特性の不均質性の定量化を行うことなどを追記した。</p> <p>稀頻度事象および人間侵入に関するシナリオの選別と設定の考え方は第 6 章に示しており、これらの不確実性の取り扱いについては、付属書 2-8 において以下を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>稀頻度事象シナリオは、事象の発生頻度が極めて低いためシナリオ設定に参考となる科学的知識が少ないことから、実際には科学的に考えにくいような事象をあえて設定し、それでも人間の生活環境に著しい影響を与えないかを確認するためのシナリオとして設定することで、事象に対する知識の不足に起因する不確実性に対処すること</li> <li>将来の人間活動を科学的根拠に基づいて予測することは不可能であり、不確実性を評価することはできない。このため、安全評価における人間侵入の取り扱いに関して国際的に議論されている考え方に従い、現在の人間活動に基づく様式化されたシナリオを適用すること</li> </ul>
2-4	<p>p.9 <b>処分場閉鎖後の安全性にかかわる不確実性への対処</b>            サイト調査、処分場設計、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が不確実性に対する分野間の連携のアプローチとして重要であるので、この点に関する追加説明を推奨する。</p>	<p>調査・評価に基づいて設定される地質環境の不確実性を踏まえたうえで、所要の要件が満たされるように処分場の設計を行う。また、安全評価においては、地質環境に伴う不確実性や、設計された処分場の安全機能に係る不確実性などを、シナリオの設定やモデル化・パラメータの設定に反映するとともに、適用するモデルやパラメータ自体が有する不確実性に配慮する。さらに、感度解析などを通じて安全性に大きな影響を及ぼす地質環境や設計の因子を特定し、調査の拡充や設計などにフィードバックすることで不確実性を低減する。このように、それぞれの分野において考慮する不確実性が相互に影響することを踏まえて、地質環境調査・評価、処分場の設計、安全評価を連携して進めることが、2.5.1 項「不確実性への対処」においてより明示的に示されるように記述を修正するとともに、付属書 2-8 の記述を拡充した。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
2-5	p.9	<p><b>安全評価における様式化の意味合い</b></p> <p>閉鎖後長期の安全性の評価に関する考え方においては、生活圏評価に必要な情報である将来の人間の生活形態は、科学的根拠をもって設定することはできないため、現代と同じ様式で生活していると仮定して被ばく線量を計算し、これを指標として処分場の安全性能を評価することの意味合いについて、考え方を整理して追記することを推奨する。</p>	<p>ご指摘の安全評価における様式化の考え方が読み取れるよう 2.4.3 項「閉鎖後長期の安全性の評価に関する考え方」において以下の内容を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・将来における人間の生活様式を科学的根拠に基づいて予測することは不可能であるため、現代の人間と同じ生活様式を仮定して計算された被ばく線量を用いて処分場の安全性を判断すること</li> <li>・このような仮定に基づいて算出される線量は、将来の人間が受ける放射線の影響を言い当てようとするものではなく、処分場の安全性を現在において判断するために、設計された処分場の隔離・閉じ込めに関する安全機能がどのように発揮されるかを、線量という尺度に換算してあらわしたものであること</li> </ul>
2-6	p.10	<p><b>安全機能と時間スケール</b></p> <p>処分場閉鎖後の過渡的な期間を過ぎた時間スケールにわたる安全機能について、「人工バリアの物理・化学的な変質によって閉じ込め機能は次第に低下すると考えられるが、好ましい地質環境特性が維持される限り、処分場における状態変化は極めて緩慢であるため人工バリアの移行抑制機能が大きく失われることはない」と想定される。」との記載があるが、ここは注意深く記述することが必要と考える。一見、性能が低下するのに機能が失われない、と矛盾した記載のように読めるため、まず、閉じ込め機能の低下が予想されるもののそれは局所的であること、また仮に一部の安全機能が低下しても他の安全機能が補完的に働くことにより全体としての閉じ込め性能は担保されること(多重の安全機能)、などの説明が必要と思われる。</p>	<p>好ましい地質環境が維持されるサイトを選定し、その地質環境に適合して設計された処分場においては、人工バリアの物理・化学的な変質も時間的に緩慢であり、その範囲は限定的になると考えられる。また、オーバーパックの腐食の進行により閉じ込め機能が失われてもガラス固化体や緩衝材によって人工バリア全体としての閉じ込め機能が失われるわけではない。ご指摘を踏まえて、このような趣旨が読み取れるよう 2.1.2 項 (5)「安全機能の考慮する時間スケール」の記述において、以下の下線部を修正・追記した。</p> <p>「人工バリアの物理・化学的な変質によって閉じ込め機能は次第に<u>変化</u>すると考えられるが、好ましい地質環境特性が維持される限り、処分場における状態変化は極めて緩慢であるため、人工バリアの変質は限定的であると<u>考えられる</u>。併せて、複数の構成要素からなる人工バリアの一部の機能が低下したとしても他のバリア機能が補完的に働くことを考慮すると、人工バリアの移行抑制機能が大きく失われることはないと考えられる。」</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
2-7	p.10	<p><b>安全機能と時間スケール</b></p> <p>NUMOは、適切に選定されたサイトにおいては、現在認められている自然現象の一樣継続性から、火山活動や断層活動などの自然現象の傾向が将来10万年程度は継続する可能性が高いという前提で地質環境による隔離・閉じ込め機能を期待している。地殻変動の一樣継続性の期間については、一樣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。</p>	<p>将来十万年程度までの期間は、広域的な自然現象の発生とその地質環境への影響の傾向が継続する可能性が高いと考える一樣継続性に関する議論については、第2次取りまとめ以降の主要な論文をレビューし、「第2次取りまとめに示された地質環境の長期安定性と地質環境特性に関する見解についての検討」(NUMO, 2013)、2014年の地層処分技術ワーキンググループ(WG)「最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価—地質環境特性および地質環境の長期安定性について—」でも再確認されている。このことは第3章3.1節に記載しており、これを補完するため、付属書3-1「わが国の地質環境に係る第2次取りまとめの結論および国による評価」を新たに作成した。また、2.1.2項(5)「安全機能を考慮する時間スケール」において、上記の根拠に基づく一樣継続性について説明を追記するとともに、将来十万年程度を超える自然現象の発生とその地質環境への影響については、一樣継続性の概念に基づく外挿による将来予測に係る不確実性が増大することから、プレート運動が現在まで数百万年以上にわたり大きく変化していないことや、地域差はあるものの現在のテクトニクスが数十万年オーダーで継続していることなどの科学的知見を拠り所として、その不確実性ととともに評価することを追記した。</p>
2-8	p.10	<p><b>地層処分における地質環境の安定性の議論</b></p> <p>日本列島が変動帯に位置することについての関心が高いことに鑑み、地質環境の安定性については、地殻変動に関する一般的な傾向の議論と地層処分の成立性と長期安全性にとって重要な地質環境特性の議論が混同されることがないように、正確な記述に留意する必要がある。このため、地層処分の議論において重要な地質環境の意味合いについては、用語集に「地層処分の観点から見た地下の環境であり、岩盤とそこに含まれる地下水などから構成される。地質環境特性は、地質・地質構造、岩盤の熱的・力学的な性質、地下水の地球化学的な性質、地下水の流動や物質の移行などの性質の総称である。」と示されているが、改めて本文においても項目を立てて、地層処分にとって重要な地質環境特性について、国際的な共通認識も含めて解説することを推奨する。</p>	<p>地層処分の議論において重要な地質環境の意味合いについては丁寧に説明すべきとのご指摘を踏まえ、用語集に記載の基本的な説明を1.1節「地層処分の基本概念」や2.1.2項「処分場が有すべき安全機能」などに改めて追記した。</p> <p>また、変動帯に位置するわが国の地質環境の長期安定性に関する議論については、ご指摘の通り関心が高いことに鑑み、第2次取りまとめ当時の議論を、第3章の付属書3-1「わが国の地質環境に係る第2次取りまとめの結論および国による評価」として新たに作成し、読者が参照しやすいよう配慮した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
2-9	p.11	<p><b>地質環境の選定とモデル化に関するアプローチ</b></p> <p>国の地層処分技術ワーキンググループが2017年にとりまとめた「地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果」に示されている8つの好ましくない範囲の要件・基準を包括的技術報告書における地質環境モデルの構築にあたっての前提条件として、どのように取り扱っているのかがわかりにくい。好ましくない範囲の要件・基準に挙げられた地質環境のうちから、モデル化の対象とする事象とその分布範囲を設定する条件とモデル化に利用する地質環境情報を取捨選択する条件をどのように整理して前提条件としたかについて、丁寧に説明することを推奨する。</p>	<p>ご指摘の点について、よりわかりやすくなるよう、2.2.5項に「表 2.2-1 科学的特性の提示に係る『好ましくない範囲の要件・基準』と本報告書の地質環境モデルに活用する情報・データの関係」を新たに挿入し、説明を補強した。</p>
2-10	p.11	<p><b>処分場設計と工学技術に関するアプローチ</b></p> <p>処分場の設計は仕様を提示するために行うとし、第4章においては「設計要件に基づいて設計を実施し、基本となる仕様（材料、形状、寸法など）を設定する」とより具体的に説明をしているが、包括的技術報告書における「仕様」や「仕様成立範囲」は一般的な構造物の設計における用例とは異なる場合がある。それぞれの用語の定義を明確にし、処分場の設計が仕様規定型ではなく性能設計型となっていることや設計因子を満足する設計の一例を示していることをより明確にすることを推奨する。</p>	<p>設計の基本的な考え方を述べる2.3.1項「段階的な処分場の設計と最適化」の記述において「処分施設（人工バリア、地上施設、地下施設など）の仕様（材料諸元、形状、寸法など）を提示する」の下線部を追記した。</p> <p>また第4章において、以下のような記述の修正を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 4.1節「処分場の設計の考え方」において、所要の安全機能を確保することのできる処分場の設計を試行しその仕様例を示していることを冒頭に追記</li> <li>・ 同じく4.1節に現在の原子力安全規制が性能規定化を前提として技術基準を整備しており、包括的技術報告書もこの考え方を踏まえた設計のアプローチを採用していることを追記</li> <li>・ 「仕様」とは、設計要件を満足する構成要素の材料諸元、形状、寸法などの設計値の組み合わせの中から、多面的な要求事項を総合的に考慮して決定していることなど、より丁寧な説明となるように第4章本文の記述を全体的に改善</li> <li>・ 意味がわかりづらい「仕様成立範囲」という用語は使わないこととし、より平易な表現に修正（例えば、表4.4-7中の記述「緩衝材の仕様成立範囲にあること」を「設計要件を満足する緩衝材の密度と厚さの範囲にあること」に修正）</li> </ul>



No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
2-11	p.11	<p><b>処分場設計と工学技術に関するアプローチ</b>  回収可能性維持期間中のモニタリングの方法についても概観し、不確実性低減の可能性について示すことを推奨する。</p>	<p>回収可能性維持期間中（処分場の閉鎖まで）におけるモニタリングについては、ご指摘の不確実性の低減の可能性を含めた考え方を本編に記載することとし、方法については付属書 2-7「モニタリングの考え方」にその概要を記載した。</p> <p>モニタリングによる不確実性低減の可能性として、人工バリアや周辺母岩のモニタリングによる情報は閉鎖後長期の安全評価に関する不確実性の低減にも寄与することについて、2.3.3 項「事業期間中の回収可能性の確保、環境保全、モニタリングの考慮」とともに、付属書 2-7「モニタリングの考え方」および付属書 2-8「不確実性の対処の考え方」に追記した。</p>
2-12	p.11	<p><b>安全評価のアプローチ</b>  閉鎖後長期の安全性の評価に関するアプローチとしてリスク論的アプローチに言及し、「リスク（＝発生可能性×影響の大きさ）の大きさによって処分場の安全性を評価する考え方が合理的と考えられる。」としているが、このままでは、リスク評価を実施したように読める。発生の可能性（確率）を考慮しているのはシナリオ区分のみで、包括的技術報告書では区分された特定のシナリオが発生確率1で発生するとした時の影響を評価する線量/確率分解アプローチを適用しているため、リスク論的アプローチには統合アプローチと線量/確率分解アプローチがあることについて言及し、ここでは後者を用いたことを説明することを推奨する。</p>	<p>ご指摘を踏まえ、2.4.4 項「本報告書における閉鎖後長期の安全性の評価に関するアプローチ」に記載していた「影響の大きさだけでなくその発生の可能性を考慮し、リスク（＝発生可能性×影響の大きさ）の大きさによって処分場の安全性を評価する考え方が合理的と考えられる」を、「影響の大きさだけでなくその発生の可能性を考慮して安全性の評価を行うことが合理的である」に修正した。</p> <p>また、リスク論的アプローチには統合アプローチと線量/確率分解アプローチがあること、包括的技術報告書は基本的には線量/確率分解アプローチを採用しているが、定量的な確率を算出できるシナリオにはリスク基準との比較を用いた評価を併用しているといった説明は、第 6 章 6.1.5 項「リスク論的考え方に基づく安全評価と評価基準」に記載している。第 2 章は閉鎖後長期の安全評価の基本的考え方を述べており、これらの説明はやや詳細すぎると判断し、現状のとおり、第 2 章ではリスク論的アプローチを採用していることまでを言及することとした。</p>
2-13	p.12	<p><b>マネジメントの基本的考え方</b>  NUMO は、地質環境の調査・評価、処分場の設計および安全評価の各分野の密接な連携のためのマネジメントの基本的考え方について言及している。レビュー委員会は、地層処分のような学際領域からなるプロジェクトにおいては、全体を的確に管理するための連携は極めて重要であることから、マネジメントの基本的考え方を定めていることを高く評価する。なお、分野間の連携の具体的な行動を促進しその有効性を確保するために、包括的技術報告書に図示されている各分野の相互関係については、文章による説明を加えることを推奨する。</p>	<p>ご指摘を踏まえ、図 2.5-1「地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価の連携」が示す各分野の情報のやり取りなどの具体的な内容について文章での説明を追記した。この際、セーフティケースの部分的な変更が波及する程度を把握しつつ、全体的な整合性を確保したセーフティケースを構築すること、そのためには分野間での確実なデータの受け渡しや意思決定事項を関係者全員が共有することの重要性、検討作業全体を俯瞰してマネジメントを担う人材の必要性などを含めて説明を追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
2-14	p.12	<p><b>マネジメントの基本的考え方</b></p> <p>地質環境の調査・評価および処分場設計から得られる情報を安全評価に統合してセーフティケースを構築するプロセスの妥当性は、セーフティケースの信頼性を示すために極めて重要な視点と考えられるので、レビュー委員会は、情報統合の方法論を追記することを推奨する。</p>	<p>地質環境の調査・評価および処分場設計から得られる情報を安全評価に統合するプロセスについては、2.2.2項「サイト選定の基本的考え方」や2.5.1項「安全性にかかわる不確実性への対処」、2.5.2項「品質マネジメント」などにおいてそれぞれの観点で記述している。これに加えて、図2.5-1「地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価の連携」に示す分野間での連携の説明において、例えば、地質環境モデルを用いた地下水流動解析などを実施した後に設計や安全評価において利用できる処理をしたうえで地質環境情報として提供するといった、情報統合の具体例を追記した。さらに、付属書2-8「不確実性の対処の考え方」において具体的な情報の統合のプロセスを追記した。</p>
2-15	p.12	<p><b>マネジメントの基本的考え方</b></p> <p>マネジメントの基本的考え方に基づき、各分野間の連携と統合の具体的な管理ツールとしてNUMOにおいて運用されている各種のマネジメントシステムを「マネジメント基盤」と位置付けると連携のマネジメントの有効性が理解しやすくなると考えられるので、レビュー委員会は、各分野の連携を示す図とまとめの節に引用されているセーフティケースと各章の関係を示す図を関連付けた文章による説明を、マネジメントの節において行うことを推奨する。</p>	<p>各分野間の連携と統合を管理するためのツールとして、NUMOのマネジメントシステムをセーフティケース開発に向けたマネジメント基盤と位置付けていることについては、2.5節全体において記述している。これに加えて、セーフティケースの段階的な信頼性向上に向けたマネジメントシステムの役割を第7章7.3.3項「マネジメントシステムの開発」において追記した。</p> <p>セーフティケースと各章の関係を示す図2.6-1は、第1章1.4.2項(2)「包括的技術報告書の構成」に移動し、各分野の内容と各章の関係に関する説明を追記した。また、各章の検討においては不確実性への対処、品質マネジメント、知識マネジメントといった2.5節で述べたマネジメント基盤の適用を試みることを2.6節のまとめに追記した。</p>

## 「第3章 地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」に対するレビューコメントと包括的技術報告書における対応

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
3-1	<p>p.14 <b>サイト選定における判断の基本的考え方と調査・評価技術の整備状況</b></p> <p>レビュー委員会は、これらの技術体系について、追跡性が確保された文献等に基づき構築されたものであり、わが国で想定される多様な地質環境条件を網羅していることから、文献調査および概要調査を進める上で、十分な判断根拠をもって実用性のある技術体系としてまとめられていると評価する。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する。</p>	<p>地質環境の調査・評価技術（3.2.3項）については、説明の冒頭に「概要調査および精密調査の段階への反映を念頭に置いて開発や整備、適用性確認などを進めている」ことを明記している。そのうえで、ご指摘を踏まえ、「特に概要調査を的確に実施することを念頭に置き」を追記するとともに、調査・評価技術の現状の技術レベル・課題を整理した表（表 3.2-2 および表 3.2-3）について、「表中に記載した課題は、主として概要調査の段階までに解決に向けて取り組むものである」ことを明記した。また、調査技術シート（付属書 3-11）に取りまとめた各調査・評価技術の適用範囲に係る情報については最新のものを反映して修正した。</p>
3-2	<p>p.15 <b>地質環境モデル構築に向けた地質環境情報の統合化</b></p> <p>レビュー委員会は、地質環境情報を地質環境モデルに統合するプロセスをセーフティケースの信頼性、特に情報の追跡性を確保する上で、非常に重要な取り組みとして評価する。一方、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、説明の追加が必要と考える。</p>	<p>段階的に実施するサイト調査に応じて得られる地質環境情報を統合し、処分場の設計および安全評価との連携を通じて地質環境モデルを構築していくという基本的な進め方（3.2.1項）に従い、検討対象母岩のモデル化（3.3節）では、サイトが特定されていない段階にあるという制約条件を踏まえた地質環境モデルの構築に係る取り組みを記述している。その中で処分場の設計および安全評価との連携に関する記述を拡充した。</p>
3-3	<p>p.15 <b>自然現象の発生とそれに伴う地質環境の状態変化に対する確率論的評価手法</b></p> <p>レビュー委員会は、ITM-TOPAZ手法に関して、変動帯に位置するわが国の地質環境を考慮する上で重要な自然現象の長期の不確実性を客観的に明らかにする新たな試みとして高く評価する。本手法は、国外専門家の協力により得られた最新の地球科学的知見と数理科学的な手法を駆使した先進的な取り組みであり、時間と空間を考慮しながら、自然現象に関する情報や専門家の意見を一元的に集約するプラットフォームとしての役割も期待できる。レビュー委員会は、今後の取り組みにおいて、日本の地質環境に詳しい国内専門家の参加のほか、地質環境特性の長期変遷に関するモデル化技術や包括的技術報告書第6章の地層処分システムの安全評価との連携の考え方やその方法について具体的に言及することを提言する。また、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する。</p>	<p>今後の取り組み 3.5.2 項（1）における ITM-TOPAZ 手法を用いた評価技術の高度化に関して、ご指摘を踏まえて、国内専門家の協力を得つつ高度化を図ること、また、将来 10 万年程度を超える期間に新規に発生する可能性のある自然現象とその地質環境への影響の程度・範囲や時間変化に係るシナリオについて、安全評価における FEP リストを踏まえたストーリーボードの作成やシナリオの設定との連携を図ることを追記した。さらに、地震・断層活動や隆起・侵食に対する適用事例の蓄積を図り、確率論的な評価手法の妥当性を評価していくことを追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
3-4	p.15	<p><b>自然現象の発生とそれに伴う地質環境の状態変化に対する確率論的評価手法</b></p> <p>包括的技術報告書の記載では、表題が「自然現象の発生に伴う地質環境の状態変化に対する確率論的評価手法」とされており、本手法が自然現象の発生による地質環境の状態変化にも適用できるように取られる可能性があるため、表題の適正化が必要であると考えます。</p>	<p>ご指摘を踏まえて、3.2.3 項 (2) の表題を「自然現象の発生とその地質環境への影響に係る確率論的評価手法」に修正し、本文中の同様の表現についても「自然現象の発生とその地質環境への影響」に修正した。</p>
3-5	p.16	<p><b>地質環境情報の統合化による地質環境モデルの整備状況</b></p> <p>サイトが特定されていない現時点の条件下で、関連する科学的知見を幅広く収集・分析し、かつ品質確認のための基準を自ら整備した上で、対象岩種を深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類に類型化した点は、第2次取りまとめと比較して、日本の地質環境条件に即したより現実的なアプローチに進展したと認められる。特に、既存情報が少ない中、わが国の地質分布の半分近くを占めると推定される先新第三紀堆積岩類の地質環境モデルが構築された事は、付加体中のスラストや褶曲構造等に起因する複雑な地質構造に対応する技術の実用性を検討する上で重要な成果と考えられる。一方、採用された断層と割れ目分布の規則性に基づくモデル化手法に関しては、実際のフィールド調査における実績等が述べられておらず、スウェーデンやフィンランド等、同様なアプローチを取っている他の事例等を補足し、手法の妥当性をより明確に説明することを奨める。</p>	<p>地質構造モデル構築の考え方（3.3.3 項 (3) (i) (a)）に、オルキルオトサイト（フィンランド）およびフォルスマルクサイト（スウェーデン）のサイト調査において、露頭観察や物理探査、ボーリング調査などの結果に基づき割れ目ネットワーク（DFN）モデルを適用した地質構造・水理地質構造モデルが構築され、処分場の建設許可申請に対する安全審査において、当該の規制機関によりその妥当性が確認された事例について追記した。</p>
3-6	p.17	<p><b>地質環境特性の長期変遷や時間スケール</b></p> <p>レビュー委員会は、地質環境特性の長期変遷に関して、現状の知見が整理されるとともに今後の取り組みの方向性が示されており、日本の地質環境の特徴をより現実的に評価するために、次の段階に向け、適切な課題設定がなされていると評価する。ただし、包括的技術報告書の第2章でアプローチが示されている「隆起・沈降を含む地形や地質構造の長期的な変化、気候・海水準変動を設定しない」という前提条件が同報告書の第3章では自明なものとして取り扱われており、本章のみを参照する読者に誤解を与える可能性があるため、根拠を含めて、改めて明示が必要と考える。</p>	<p>「空間スケールおよび概念モデルの設定」（3.3.3 項 (1)）を「基本的な考え方」（3.3.3 項 (1)）および「地質環境の概念モデルの設定」（3.3.3 項 (2)）に分割し、第3章のみを参照する読者にも誤解を与えないよう、新しい3.3.3 項 (1) に2.2.5 項に述べた地質環境モデルを構築する際の前提条件に係る内容を追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
3-7	p.17	<p><b>地質環境特性の長期変遷や時間スケール</b></p> <p>NUMOは、地質環境特性の時間的特徴や長期変遷の性状に関する記述において、「地質学的な時間スケール」や「時間スケール」、「時間変化」といった言葉を用いて説明している。しかし、それらの時間が具体的にどのような期間を示しているのか明示されておらず、読み手のより一層の理解を得る上で、改善の余地がある。レビュー委員会は、第2次取りまとめで用いられた時間スケールとの関連性も踏まえて、可能な限り、具体的に時間範囲を記述することを推奨する。</p>	<p>本文中の当該箇所を、「数十万年～数百万年という地質学的な時間スケール」や「数万年～数百万年という長期にわたって」といった時間スケールが理解しやすい記述に修正した。</p>
3-8	p.17	<p><b>地質環境特性に関する不確実性への対応</b></p> <p>レビュー委員会は、包括的技術報告書で示された各空間スケールの情報量の制約に起因する不確実性の考え方や取り扱い方に関して、瑞浪・幌延における実例に基づいた説明や今後の取り組みにおける調査技術の体系化の一環としてそれらの必要性に言及している点に同意する。一方、繰り返しアプローチによる各段階における不確実性の評価における重要な課題や実際の処分（候補）地での調査が進んでいる国外での事例は示されておらず、内外の実状を踏まえた補足的な説明が必要と考える。</p>	<p>繰り返しアプローチによる不確実性の低減(3.2.1項(1))については、Posiva（フィンランド）がオルキルオトで実施中のサイト調査，SKB（スウェーデン）がフォルスマルクで実施中のサイト調査，Nagra（スイス）がヴェレンベルクで実施したサイト調査において、繰り返しアプローチの考え方に基づく地質環境調査・評価により、地層処分の観点から重要な地質構造や地質環境特性の空間分布などの不確実性の低減が評価された事例に係る説明を加えた。これと関連して、地質環境情報の統合化による処分場の設計および安全評価との連携（3.2.1項（2））についても、Nagra，Posiva，SKBに加え、ANDRA（フランス）およびNWMO（カナダ）の事例を追記し、国内外の実状が分かるように修正した。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)	包括的技術報告書における対応
3-9	<p>p.18 <b>地質環境特性に期待される放射性物質の溶出・移行抑制機能</b></p> <p>NUMO は、閉鎖後長期の安全確保にかかわる要件について、地下深部の地質環境特性は長期にわたって緩慢に変化するものの、突発的あるいは急激に変化する可能性は小さいと考えられるとしている。この変化の幅を考慮に入れても、地層処分の観点から好ましい地質環境特性が維持される場合は、地質環境は「長期にわたり安定である」ということができ、放射性核種の壊変による廃棄体の危険性の低減を期待する将来 10 万年程度を超えるような長期間において、地質環境に期待される放射性物質の溶出・移行抑制機能が低減あるいは喪失する可能性は極めて小さいと記している。</p> <p>レビュー委員会は、このような NUMO の見解は、地層処分システムの安全性を説明する上で非常に重要な情報であることに同意する。一方、この主張をより明確に説明するために現在引用されている OECD/NEA 報告書[6] (OECD/NEA (2009) : Stability and buffering capacity of the geosphere for long-term isolation of radioactive waste: Application to crystalline rock, NEA No. 6362) 以外の知見についても補足することを奨めるとともに、包括的技術報告書の第 2 章に記載されている「将来 10 万年程度を超える長期については、(中略) 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」とする記述が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、全体を通じてより一貫性・整合性が確保された表現になるように当該箇所の記述を工夫・改善することを奨める。</p>	<p>当該の主張 (3.1.1 項 (2)) については、参考文献として新たに「OECD/NEA (2009): Considering timescales in the post-closure safety of geological disposal of radioactive waste, NEA No. 6424」を追加 (参考文献番号を適宜変更) したうえで、参考文献の当該箇所の記述の趣旨を踏まえ、「自然現象の著しい影響が及ばない地質環境では、過去から現在までの地質学的な事象やプロセスに係る十分な科学的知見に基づき、地層処分の観点から好ましい特性が維持されると評価できる場合は、長期的に安定であり閉じ込めが期待できる」という文脈になるように見直した。また、第 2 章 (2.1.2 項 (5)) については、「広域的な自然現象の発生とそれに伴う変形・変位の将来予測に係る不確実性は増大する」ことと、「自然現象の著しい影響が及ばない地域における地質環境特性の変化は、地質環境が本来的に有する緩衝機能 (※) によって抑制されることが具体的な事例からも明らかである」ということが区別できるように記述を見直した。</p> <p>※ 地質環境の緩衝機能とは、自然現象の緩慢かつ累積的な内因的あるいは外因的な擾乱や影響による地下深部の地質環境特性の変化を抑制することである。例えば、酸素を含んだ降水が地下へ浸透する量に変化しても、岩石などとの反応による酸素の消費により、地下深部の地下水の還元状態を長期間維持できることなどが挙げられる。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
3-10	p.18	<p><b>断層の水理地質構造モデル・地下水流動解析におけるダルシー流速の扱い方</b></p> <p>NUMOは、数km以上の規模を有する断層(帯)に関して、国内外の断層調査で報告されている断層の形態や構造、水理学的特性などの知見に基づき、コアゾーンとその外側にあるダメージゾーンとして水理地質構造モデルを構築している。</p> <p>レビュー委員会は、この水理地質構造モデルが、一般に認められる断層の水理構造を適切に反映し、模式化されたものであり、規模の大きな断層の内部構造を記述する代表的な概念モデルとして扱うことに同意する。一方、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、本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。</p>	<p>地質構造モデル構築の考え方(3.3.3項(2))として、非対称に発達する断層(帯)に係る調査・研究事例についても言及したうえで、多くの断層において確認されている、断層中軸部に対して対称に発達する構造的特徴を代表的な概念(図3.3-5)として取り扱うことが分かるように記述を見直した。また、この地質構造概念モデルに基づき、透水異方性を考慮して断層の水理地質構造モデルを構築したことが分かるように記述を見直した。</p>
3-11	p.18	<p><b>断層の水理地質構造モデル・地下水流動解析におけるダルシー流速の扱い方</b></p> <p>レビュー委員会は、処分場地下施設の位置やレイアウトを検討する上で解析対象スケールにおける地下水の移動の尺度として、ダルシー流速を用いることに同意するが、その技術的意味に関する記述がなく、より詳細に説明する必要があると考える。さらに、安全評価において用いられる実流速とダルシー流速との関係性についても、包括的技術報告書の第3章あるいは第6章中に明示することを推奨する。</p>	<p>地下水流動解析に係る説明(3.3.3項(3))に、地下水の流速についてダルシー流速を用いた技術的根拠として、地下水流動解析では地下水の全水頭、流速、移行時間などを算出したうえで、対象領域におけるそれらの分布の相対比較を行い、より詳細な検討を行う空間スケールの領域を選定することとしたことを追記した。併せて、この根拠については第3章の付属書3-20～3-25に詳しく追記した。また、安全評価の核種移行解析に用いる三次元地下水流動解析における実流速の取り扱い方については、第6章6.4.1項(2)(iv)に明記した。</p>
3-12	p.19	<p><b>高炭酸濃度地下水の影響</b></p> <p>地下水水質における炭酸濃度とpHは、一部の金属イオンに対する錯生成や炭素鋼の腐食などに大きく影響し、データの品質(信頼性)確保は安全評価に対して非常に重要な技術的要素となりうるが、ボーリング孔から採水された地下水は、脱ガス等により原位置の値と異なる可能性に留意する必要がある。NUMOは、このような課題を解決するために、水質データのスクリーニングおよび電荷バランスに基づく炭酸化学種濃度の推定を行っており、レビュー委員会は、本アプローチの採用に同意する。一方、ナトリウムイオンと塩化物イオン濃度の高い地下水においては、それらの濃度差から炭酸化学種濃度を推定する際には、測定値の誤差の影響が大きくなることに留意する必要がある。</p>	<p>炭酸化学種濃度は選定した地下水中の全無機炭素濃度(TIC)から算出している。</p> <p>一方、電荷バランスに基づき炭酸化学種濃度を推定することは、TICの定量値が取得できない場合において適用可能な手法である。ご指摘のとおり、この手法により対象とする地下水のNa濃度およびCl濃度が高い場合は、それらの定量における誤差が大きく影響する可能性があることに留意する必要があり、その推定値の妥当性の確認も重要となることから、その旨を付属書3-32に追記した。</p>

## 「第4章 処分場の設計と工学技術」に対するレビューコメントと包括的技術報告書における対応

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
4-1	p.20	<p><b>処分場の設計と工学技術</b></p> <p>工学的設計においては不確実性が残ることは避けられないが、不確実性の幅を極力狭める努力が肝要である。地質環境モデルにおいて提示される地質環境特性や人工バリアに用いる材料特性に関する情報・データに関わる不確実性を考慮することに加え、設計の前提条件や仕様成立範囲の決定方法等が内包する不確実性にも配慮することを推奨する。</p>	<p>図 4.2-1 の処分場の設計フローの説明を次のように修正した。</p> <p>設計においては、地質環境モデルにおいて提示される地質環境特性や人工バリアに用いる材料特性に関する情報・データにかかわる不確実性を考慮することに加え、設計の前提条件や設計式等が内包する不確実性についても考慮して、安全性に対して裕度をもたせる。また、設計の過程で特定された地質環境特性にかかわる不確実性が、次段階で作成する地質環境モデルの更新において低減されるよう、設計の観点から地質環境調査・評価の計画に情報がフィードバックされる（不確実性への対処の詳細は付属書 2-8 参照）。</p>
4-2	p.21	<p><b>処分場の設計と工学技術</b></p> <p>今後検討すべき課題についてもよく整理されていると評価するが、設計、建設、操業および閉鎖の技術は日進月歩の進展が見込まれるため、実際の設計時には、最新の信頼できる知見によって更新されねばならないものであることを明記することを推奨する。</p>	<p>第2章 2.3.1 項の段階的な処分場の設計と最適化の考え方の説明において、サイトの地質環境特性や処分場に要求される規制要件などは事業の進展に応じて順次具体化・詳細化されることに加えて、科学技術は常に進歩することを踏まえて、段階的に処分場の設計の詳細化と最適化を図ることを趣旨とする文章に修正した。</p>



No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
4-3	p.21	<p><b>設計の流れ</b></p> <p>「設計因子，要求事項および設計要件に基づく設計の流れ」および「処分場の設計フロー」として示された図については，設定した仕様の妥当性を判断するために実施する影響評価やその後のフィードバックの対象が，工学的な設計を実施した処分場（人工バリア，地上施設および地下施設）のみであるのか，天然バリアを含む地層処分システムの全体となるのか，また，要求事項や設計要件の見直しを含むものであるのかが明らかではない。また，包括的技術報告書の第4章における「影響評価」と同報告書の第5章や第6章における「安全性の評価」の関係もわかりにくい。設計の妥当性の検証とフィードバックには，処分場の工学的設計の設計要件に対する照査と地層処分システム全体の安全評価の2つのプロセスがあるように書かれているが，その当該の図の説明を文章で記述すべきである。その際，処分場の設計検討では，工学技術の中で進められる小さなフィードバックループもあれば，安全評価も含めた大きなフィードバックループもあり，それぞれ目的に応じて適切に使い分けの必要がある。</p> <p>また，超長期の安全性の確保が求められる処分場の設計を行うことから，操業時の対策と超長期の安全性など，時間軸上でトレードオフの関係が生じる可能性がある（例えば，力学プラグに接して設置される透水層の排水機能と長期的な地下水の作用下での力学プラグの安定性）。処分場の状態変遷を考慮した評価結果を設計にフィードバックすることで，処分場の構成要素やその仕様の見直しができるようにしておくことが重要である。</p> <p>以上のことを踏まえて，フィードバックの考え方や前提条件を整理し，設計の枠組みがより明確に理解できる記述とすることを推奨する。</p>	<p>「処分場の設計フロー」に示すフィードバックの対象については，どこまでを対象として考えているものなのかが分かるように，該当の図 4.2-1 に示す設計フローを説明する箇所において記述を追加した。</p> <p>第4章の設計で対応する「影響評価」と第5章や第6章における「安全性の評価」で対応する内容の違いについては，前者が設計した構成要素の仕様でそれぞれの構成要素に割り付けた必要な機能を維持できるかどうかを評価しているのに対し，後者では処分場が全体システムとして，閉鎖前は隔離と遮蔽，閉鎖後長期は隔離と閉じ込めの安全機能を発揮し，人間に有意な放射線影響を与えるリスクは十分に小さいことを確認するものである。本文にそれらの評価を関連付けて説明した記述がなかったことから，第2章の安全評価の考え方（2.4節）や第4章の設計の考え方（4.1節）の中でそれぞれ記述を追加した。</p>
4-4	p.21	<p><b>設計因子と要求事項</b></p> <p>地層処分システム全体として処分場に求められる性質と能力が，想定する地質環境条件のもとで，設計因子として設定されているが，その設定根拠が不明瞭である。これらの設定そのものも重要な設計プロセスであるので，より詳しい説明を追加することを推奨する。</p> <p>設計因子を説明するにあたっては，処分場の構成要素ごとに要求事項の内容を説明する現状の記述では分かりにくい。設計の流れを示した図とともに包括的技術報告書の第4章の冒頭で，要求事項の内容に関する文章による説明が追加されることが望ましい。</p>	<p>設計因子と要求事項は，国際機関や原子力施設の規制などに示されている安全確保に係る事項などの様々な文献等を参考に，NUMOが現時点で最低限必要と考え設定したものであること，これらは段階的なサイト選定プロセスを経ながら詳細化される地質環境や自然・社会環境に関する情報，今後の社会情勢の変化，ステークホルダーの要求などに応じて適切に見直していくことになることを，設計因子とそれに基づく要求事項の設定の考え方を説明する 4.1.1 項に追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
4-5	p.22	<p><b>地上施設の設計における安全確保の考え方</b></p> <p>地震力や津波などに対する具体的な検討がサイトの地質環境の条件が特定されていないことを理由に行われていないが、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。また、包括的技術報告書の第5章「閉鎖前の安全性の評価」の内容との整理が必要と考える。</p>	<p>包括的技術報告書では、自然現象や人為事象などの起因事象を限定せず、施設内部で機器故障や人為ミスが発生し、異常状態が進展する単一故障のシナリオを作成している。本報告書で示したこれらの異常状態シナリオは、今後もサイトの地質環境条件や設計の詳細化に応じて繰り返し見直すことでシナリオを充実させ、網羅性を高めていく必要がある。ご指摘の点については、今後の課題として、地震や津波の発生とシナリオとの関係を共通原因故障に関するシナリオの評価も含めてより明示的に検討を行うことを、第5章の閉鎖前の安全性の評価における「今後の取り組み」（5.6.2項）に記した。</p>
4-6	p.22	<p><b>地質環境特性の設定</b></p> <p>現時点では、三つの検討対象母岩を取り上げ、ばらつきの中から設計のための地質環境特性を暫定的に選定していることとともに、実設計で用いる地質環境特性は、将来の現場調査・試験によって十分に信頼できる精度で決定しなければならないことを明記することを推奨する。</p>	<p>処分場の設計や安全評価の信頼性は、安全性や工学的な実現性、ステークホルダーの要求など、求められる要件を満たしているかとともに、取得する地質環境情報の範囲・量および品質に依存することになる。したがって、段階的なサイト選定において一貫性のある品質マネジメントを実行することにより、事前に設定した要求事項に対して十分な質・量の地質環境情報が取得されていることを確認する。ご指摘に従い、こうした実際のサイト調査を進める中で地質環境情報の取得から解釈までの一連の作業プロセスにおける品質マネジメントの考え方について、第2章2.5節のマネジメントの基本的な考え方や、第3章3.2節の地層処分に適した地質環境の選定プロセスにおいて、関連する不確実性への対処にかかわる他のレビューコメント（No.2-1, 2-2, 2-4, 3-8, 4-1）も踏まえて修正を行った。</p>
4-7	p.22	<p><b>人工バリアに関する材料特性の設定</b></p> <p>人工バリアを構成するオーバーパックや廃棄体パッケージ、緩衝材の設計に用いる材料特性の値は、包括的技術報告書の第3章の地質環境モデルのほか、文献や試験から値が設定され、その根拠も示されている。たとえば、オーバーパックと接する緩衝材中の間隙水のpHおよび化学組成は同報告書の第3章のモデル水質に基づいて算出されており、示された値は現時点における具体的な設計検討に用いる代表値として意味があるが、実際の設計時には、最新の信頼できる知見によって更新されねばならないものである。また、得られる数値には前提となる条件があることから、その前提条件が長期的に保持されるかどうかについても慎重に検討することが必要であることも付記することを推奨する。</p>	<p>人工バリアの設計で考慮した前提条件が長期的に保持されるかどうかについては、地層処分システムにおいて生起し得るさまざまな状態を想定し、現象やプロセスに関する理解や知識の不足に起因する不確実性を考慮して安全評価におけるシナリオに設定して評価する。こうした対処の考え方については、2.5.1項「不確実性への対処」及び付属書2-8への追記によって詳しく説明した（No.2-3, 2-4への対応参照）。また、No.4-1のコメントへの対応で述べたように、処分場の設計手順の説明（4.2.1項）において、設計の前提条件や設計式などが内包する不確実性についても考慮し、安全性に対して裕度をもたせることを追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
4-8	p.22	<p><b>TRU等廃棄物の特性と処分概念</b></p> <p>設計条件としての廃棄体特性を論じる上で、特にTRU等廃棄物においてはいくつかの課題が残る。TRU等廃棄物中の各廃棄体に含まれる個々の放射性核種のインベントリについて、今後、再処理工程等を通じてそれぞれの廃棄体にそれぞれの核種が何パーセント分布するとしているか、その設定値と設定の根拠と妥当性が付属書に示されているが、安全評価上の重要な前提条件となるので、本編にも記述することを推奨する。また、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。</p>	<p>閉鎖後長期の安全評価に用いるTRU等廃棄物の放射能インベントリについては、付属書2-3「処分場の設計・安全評価における廃棄体特性の設定」に設定根拠を示すとともに、第6章の「安全評価に用いる対象核種と放射能インベントリ（TRU等廃棄物）」（表6.1-4）にインベントリの一覧を示している。また、付属書2-3においては、処分施設の設計条件として必要となる廃棄体の発熱率や、<math>\gamma</math>線および中性子線の線源強度分布の算出結果についても示した。本編ではこれらを参照することで、追跡性は確保されるものと考えている。</p> <p>インベントリについては現時点で利用可能な情報や仮定に基づいて想定した「モデル」であり、今後、ご指摘の化学組成、浸出特性などの廃棄体特性も含めて廃棄体発生者と連携しつつ情報を拡充し、その適切性について引き続き検討を行っていく。</p>
4-9	p.23	<p><b>TRU等廃棄物の特性と処分概念</b></p> <p>TRU等廃棄物処分場の人工バリアの設計において、廃棄体パッケージAは第2次TRUレポートを前提として仕様の説明が省略されているが、AとBの仕様の違いについての説明が追加されることが望ましい。また、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は、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。</p>	<p>廃棄体パッケージの設計においては、構造健全性を確保するために容器と充填材に求める機能に、廃棄体パッケージAとBのそれぞれのタイプで違いがあるにもかかわらず、レビュー版ではそれらを整理して書き分けていなかった。ご指摘を踏まえ、それらに対する扱いが分かるように、廃棄体パッケージ容器と廃棄体パッケージ内充填材の設計の説明（4.4.2項（2））において記述を追加した。</p> <p>また、モルタルの乾燥収縮によるひび割れなどが発生する可能性については、第6章において放射性物質の溶出抑制の機能に対する影響として考慮しており、そのことを説明する記述と第6章の参照先を明記した。</p>
4-10	p.23	<p><b>地下施設レイアウトの設計</b></p> <p>処分場スケールの地質環境モデルから与えられる地下施設のレイアウトを決定する特性をレイアウト決定特性（LDF）とし、パネルスケールの地質環境モデルから与えられるガラス固化体の定置位置を決定する特性（長さ1km未満の断層・割れ目の水理学的特性）を定置位置決定特性（EDF）として設計を考えるアプローチは、よく整理されていると評価する。ただし、LDFとEDFの説明については脚注における略語の説明に留まっており、設計上の重要な事項として、考え方を本文中にきちんと説明することを推奨する。</p>	<p>LDFおよびEDFを特徴づける断層の取り扱いについては、レビュー版では地下施設の設計の考え方（4.5.1項）の冒頭において「断層および割れ目に対する設計の考え方」としてまとめており、この考え方と、地下施設設置可能領域の設定（4.5.4項（1））、予備区画の設定（4.5.4項（5））においてそれぞれ記されているLDFとEDFの定義との関係がわかりづらい構成となっていた。このため、4.5.1項にLDFとEDFの定義を含めた説明を追加し、上記のLDFとEDFを具体的に適用した地下施設レイアウト設計について説明した4.5.4項の該当箇所にクロスリファレンスを追加することによって、関係性がわかるような記述に修正した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
4-11	p.23	<p><b>回収可能性</b></p> <p>2011年にOECD/NEAが公表した「高レベル放射性廃棄物および使用済燃料の深地層処分のための可逆性と回収可能性（R&amp;R）」の報告書では、回収可能性は処分場の基本的な長期安全性の概念の一部ではない、としながらも安全性への信頼性を助長するとともに、回収することが安全面以外の理由から望ましいことになる可能性があるとして、回収可能性を廃棄物のライフサイクルの各段階に応じて、回収の容易さ、受動的安全性および能動的管理の要素で検討することを提案している。包括的技術報告書においても、OECD/NEAが提案している「国際的に合意された回収可能性に関する段階的区分（Rスケール）」のように、影響が中間的な状態のみではなく、それぞれの状態すべてに対して何らかの言及があることが望ましいと考える。</p>	<p>表4.7-1に示した回収可能性の維持に伴う留意事項は、OECD/NEA(2011)で提案されている「回収の容易性」、「受動的安全性への影響」（処分場周辺の地質環境、あるいは人工バリアに対する影響）、「能動的管理」（坑道の維持管理）をもとに設定したものである。中間的な状態について記述したのは、それが上記のようなNEAで示されているような留意事項を検討するうえで最も典型的であり、そのほかの状態を対象に検討を包含するためであるが、ご指摘に沿って状況が異なる他の状態に対しても、その状態特有の留意点を追記した。</p>

## 「第5章 閉鎖前の安全性の評価」に対するレビューコメントと包括的技術報告書における対応

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
5-1	<p data-bbox="235 252 302 284">p.24</p> <p data-bbox="313 252 582 284"><b>閉鎖前の安全性の評価</b></p> <p data-bbox="313 292 1171 603">包括的技術報告書の第5章では、閉鎖前の安全性評価について、放射線防護と一般労働安全の観点から議論されている。IAEAが発行するセーフティケースと安全評価のガイドに従い、平常状態シナリオと異常状態シナリオを作成して検討が行われている。異常状態シナリオとしては、放射性廃棄物の落下、施設内の火災、外部電源喪失やその他の機器の故障を想定し、放射性物質の漏えいを引き起こすようなガラス固化体を封入したオーバーパック、および廃棄体パッケージの力学的または熱的損傷の可能性について評価している。異常状態シナリオを含む全体の評価の枠組みや基本的な考え方は妥当であると評価できる。</p> <p data-bbox="313 611 1171 778">一方、異常状態シナリオにおける対象事象は必ずしも十分とは言えない。サイト依存性が大きいため、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。</p>	<p data-bbox="1193 292 2083 842">ジェネリックな段階においても想定し得る外部起因事象について、原子力施設に対する影響評価のガイドラインなどを参考に、地震、津波などの事象が発生し、施設でどのような事象が発生するかをあらかじめ分析している（Yamashina et al., 2017）。このような事象による施設への影響の評価については、外的ハザードの発生場所や規模の特定が必要なこと、機器が外的ハザードに対してどの程度の頑健性を有するように設計されているかを分析することが必要となるため、包括的技術報告書では、外的ハザードの影響が顕在化し、異常状態が発生したことを想定してイベントツリーを作成している。その結果に基づいて、施設内部で発生する起因事象（機器故障、外部電源喪失）および異常状態（火災、爆発、浸水、建屋・坑道の損傷、作業環境の悪化）を特定し、5.4.1項「異常状態シナリオの作成」において評価シナリオの作成を行い、5.4.2項「異常状態シナリオに基づく閉じ込め機能に対する影響評価」においてその影響評価を実施している。評価シナリオの作成においては、福島第一原子力発電所事故以降に改正された第二種廃棄物埋設規則などを参照して、最終的に落下、火災、爆発、外部電源喪失、その他機器の故障に分類してシナリオを記述した。</p> <p data-bbox="1193 850 2083 1018">以上のように、評価シナリオは外部起因事象によって施設内部で発生する事象を想定しているが、シナリオの記述は施設内部で発生する事象として作成していることの説明が不十分であり、ご指摘に沿って上記のシナリオの分類を導出する過程を5.1.1項(2)「異常状態シナリオの作成の考え方」に追記した。</p> <p data-bbox="1193 1026 2083 1299">また、第5章では、ガラス固化体を封入したオーバーパックや廃棄体パッケージに直接的な影響がある異常状態を対象に、落下高さや火災継続時間などの条件が最も厳しくなる状態を対象に評価をするという考えに立っているため、人工バリアに対する影響が小さいと定性的に判断できるシナリオについては記述していなかった。この点についても、ご指摘を踏まえ、定量的な評価を実施していないものの、想定しうるシナリオおよび評価手法の開発事例（メタンガスの爆発）について5.4.2項(3)「施設内の爆発に関するシナリオの評価」に追記した。</p>

## 「第6章 閉鎖後長期の安全性の評価」

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-1	p.26	<p><b>評価期間</b></p> <p>閉鎖後の処分システムの状態を4つの時間枠（T1～T4）に区分し、各時間断面で安全機能と関連するFEPを整理した方法は優れたアプローチである。一方、サイトが特定されていない現段階において、長期の時間スケールを対象とした地質環境の変動を発生の可能性も含めて定義することは困難であると考えられ、その意味でT4の取り扱いについては注意を要する。例えばT3の定義として「放射性核種の移行が生じてから現在の地質環境の特性が大きく変化しないと考えられるまでの期間」とあるが、これに基づけばT4は地質環境の変化を考慮する必要があると考えられる。一方、基本シナリオの評価においては、最大の線量が現れるまでの評価期間で地質環境の特性が大きく変化しないことが前提として使われている。基本シナリオにおけるT4の考え方と地質環境の変化の取り扱いをより明確にしたうえで、一貫性の観点から包括的技術報告書の第3章における地質環境の長期変遷と整合を図りつつ、評価期間の時間枠とシナリオ区分との関係について読み手が理解しやすい記述にすることを推奨する。</p>	<p>6.3.1項(4)「T<sub>4</sub>：地質環境の特性に関する不確実性が増大する期間」に、処分場閉鎖後のシステムとしてのふるまいに関する記述におけるT<sub>4</sub>の考え方を示している。ご指摘の点については、将来10万年を超えるような長期にわたる発生の可能性が極めて小さい地質学的な事象について第3章の記述に整合させ、この時間スケールにおいては、発生の可能性はなお極めて小さいものの、処分場近傍に火山・火成活動、断層活動による影響が生ずる可能性がそれ以前の時間スケールに比して増加することを明記した。</p>
6-2	p.27	<p><b>不確実性への対応</b></p> <p>包括的技術報告書の第2章で記述されている、シナリオ、モデル、データの不確実性は、国内外の安全評価における不確実性の区分・定義と整合的であり妥当である。一方、これを受け閉鎖後長期の安全評価では各種の不確実性について適切に評価することが必要であることから、不確実性に対する取り組み方針、具体的なアプローチ方法などについて丁寧な説明が必要である。特に、基本シナリオを基軸とする各シナリオ区分で取り扱う不確実性と、シナリオ／モデル／データの不確実性との対応が分かりにくいいため、安全評価で考慮すべき不確実性が十分包括的に評価されていることが理解しにくい構造になっている。例えば、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点などが挙げられる。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。</p>	<p>ご指摘の点は、シナリオ、モデルおよびデータに関する不確実性と、これらを考慮した解析ケースとの対応が明確に記載されていないことに起因していることから、6.1.5項(2)「シナリオ区分と安全評価で用いるめやすとなる線量の設定」において、基本ケースで用いる評価モデルやデータセットに対して合理的に想定される不確実性を考慮した解析ケースについても、変動シナリオに対するめやすの線量に対し評価を行うことが適切であり、こうした解析ケースを変動ケースに含めて取り扱うことを明記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-3	p.27	<p><b>ストーリーボード</b></p> <p>閉鎖後の処分システムの状態を、いくつかの時間枠と空間枠に着目し、ストーリーボードを用いてその時間枠・空間枠における安全機能の変遷や処分システムの状態設定を描出する手法は最新のシナリオ作成の方法論と整合的であり妥当である。一方、安全評価の基本的手順が図示されているが、そこではストーリーボードがシナリオ作成の上位に位置付けられるように見えるため、シナリオが先験的に決められているような誤解を与える可能性がある。ストーリーボードに描かれるシステムの状態変遷は、本来要因分析や影響分析等を通じて明らかにされるものであり、これらの検討に応じてストーリーボードの内容も更新されるはずである。このような誤解が生じる懸念は、ストーリーボードの作成方法が明確に示されていないこととも関係している。また、本文中においてもストーリーボードを構築し、これに基づきシナリオを導出する記述が散見されることから、上記の誤解が生じないように配慮した説明にすることが望まれる。</p> <p>以上のことを踏まえ、安全評価におけるストーリーボード導入の目的、作成方法、利用方法、およびストーリーボードの位置づけをより明確にするとともに、安全評価の基本的手順の流れ（特に、ストーリーボードと要因分析・影響分析との関係）を示す図の妥当性について再検討することを推奨する。</p>	<p>ストーリーボードが地層処分システム全体のふるまいを俯瞰し、時間・空間スケールに関する整合性を確認できるようにする表現方法であり、安全機能についてより厳密に分析を行う要因分析や影響分析を先導し、これらの分析も含めて安全評価シナリオを作成するための基盤とするものであること（6.2.1項「安全評価の基本的手順」に記述）をより明確にするために、シナリオの作成について説明した 6.3.2 項「シナリオの作成」から、レビュー版にあった「シナリオの概観を与えるもの」といった曖昧な表現を削除・修正した。また、こうした位置づけをより明確に示すため、安全評価の基本的手順を示した図 6.2-1 を修正した。</p>
6-4	p.27	<p><b>シナリオの作成</b></p> <p>図示された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する。</p>	<p>このご指摘も、No.6-3 のコメントと同様に、ストーリーボードの位置づけが不明瞭であったためであり、No.6-3 のとおり対応している。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-5	p.28	<p><b>シナリオの作成</b></p> <p>シナリオ作成において従来型の FEP リスト (NUMO FEP リスト) を縮約した統合 FEP リストを新たに導入したことは、これまでの多数の FEP リストを用いた相関関係の整理における煩雑さの改善を図る一つの試みとしての確かなものであると評価する。例えば要因分析図において、NUMO FEP リストを用いるより統合 FEP リストを用いる方がよりシンプルに表現できるなどのメリットがある。一方レビュー委員会は、その後のシナリオ作成において統合 FEP リストを用いる場合、網羅性の観点から不安が残ることを指摘する。本来、NUMO FEP リストと統合 FEP リストは、網羅性と実用性の観点から相互に補完する関係にあるべきであり、この点について、今回新たに導入された FEP リストがどの程度有効かつ妥当なものなのかについて、適用事例なども含めて補足することが望まれる。</p>	<p>NUMO-FEP リストは、各国の安全評価に用いられている FEP を参照しつつ、NEA が網羅的に一般化を行った国際 FEP リストに基づき、日本の地層処分について考慮すべきものを選定あるいは新たに付加して作成したものである。シナリオの作成にあたって重要となるのは安全機能の状態の記述であり、各安全機能の状態を規定する変数（状態変数）を明らかにしたうえで、状態変数に影響を与える要因となる FEP を NUMO-FEP リストから抽出することによって、シナリオ作成において考慮すべき FEP の網羅性を確保している。NUMO-FEP リストで挙げている FEP には、それぞれの定義に基づいて種々のプロセスや事象が包含されており、こうしたプロセスや事象は複数の FEP にかかっている。このため、プロセスや事象に着目して整理し直した統合 FEP を使用することにより、安全機能と FEP との関係性（要因分析）や関係性の内容の分析（影響分析）をより実効性と追跡性を高めて実施することを可能としている。ここで、統合 FEP は、NUMO-FEP と安全機能への関係性を維持するように作成していることから、シナリオ作成において考慮すべき FEP は網羅されている。</p> <p>ご指摘を踏まえ、上述したような FEP の統合のプロセスが理解しやすいものとなるよう、同様な考え方を適用しているスイスのセーフティケースの事例を参照するなど、6.3.2 (2) の修正を行うとともに、付属書 6-5「FEP のスクリーニングと統合」にその詳細を記載した。ここで述べた FEP の取り扱いも含め、シナリオ作成に係る方法論については、追跡性と透明性の向上という観点からさらに改良を行っていくことが重要であり、今後の課題としても明記している。</p>
6-6	p.28	<p><b>要因分析・影響分析</b></p> <p>要因分析や影響分析に基づき、どのようにシナリオが導出されるのかが分かりにくいため、説明を追記することを推奨する。</p>	<p>安全機能を規定する状態変数（例えば、緩衝材の間隙水水質）に対して、統合 FEP に基づき状態変数の最も確からしい状態とシナリオで考慮すべき不確実性を分析し、これをシナリオとしてどう取り扱うか（基本シナリオ、変動シナリオで考慮する、しないなど）を設定しながら、基本シナリオや変動シナリオを導出している。この過程は、14 種の安全機能ごとに影響分析表として整理している。このような説明を記載した 6.3.2 項 (2) (ii) 「安全機能への影響の分析とシナリオにおける取り扱い」において、影響分析表とこれを用いた分析の手順がよりわかりやすくなるよう説明を追記した。</p>



No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-7	p.28	<p><b>要因分析・影響分析</b></p> <p>要因分析において緩衝材を例に安全機能と状態変数が説明されているが、要因分析はシナリオを導出する重要な検討項目であることから、例示ではなく一覧として示すこと、さらに影響分析で対象とした現象の選定根拠や、現象解析を通じたシナリオ導出までのプロセスを明確にすることを推奨する。</p>	<p>科学技術の進歩や研究開発の成果を受けて内容を適宜更新していくための文書管理上の効率性や利便性を考慮して、包括的技術報告書は電子文書としてまとめており、本編ではシナリオ作成の要素として要因分析や影響分析の役割や方法を中心に述べ、ご指摘のような結果としての情報は、類似の情報をできるだけまとめて付属書（付属書 6-6「シナリオ構築に用いた状態変数関連図」、6-7「状態変数に影響を及ぼす FEP の抽出（要因分析図の作成）」、6-9「安全機能への影響分析表」）に示すこととした。ハイパーリンクによって、本編の記述から関連する付属書には容易にアクセス可能なため、必ずしも本編に一覧表を付す必要はないと考えているが、読者にとってより利用しやすいものとなるよう文書の構成については引き続き検討を行いたい。影響分析表については、シナリオ導出までのプロセスが明確に読み取れるように記載を拡充した。</p>
6-8	p.28	<p><b>要因分析・影響分析</b></p> <p>建設・操業による地質環境の擾乱、回収可能性維持の影響、第5章で検討されている建設・操業時における異常状態が長期安全性に与える影響については、長期安全評価の初期条件に影響する可能性があるものの、元の状態に回復するシナリオのみ設定されていることから、これらの根拠についてより丁寧な説明を追記するとともに、第5章との関係についても言及することを推奨する。</p>	<p>建設・操業による地質環境の擾乱、回収可能性維持の影響によりもたらされる処分場の状態については、6.3.1項「処分場閉鎖後のシステムとしてのふるまいに関する記述」の(1)「T<sub>1</sub>：処分場閉鎖から再冠水完了までの期間」に付属書や参考文献を設定根拠として引用しつつ記載を修正した。</p> <p>これらについては、現時点ではサイトが特定されておらず、建設・操業・閉鎖の方法も具体的に確定していないことから、上述のような状態を一般的に想定しており、サイトが具体的に明らかになり、その条件に適合した処分場の設計や建設・操業・閉鎖方法が提示されれば、モニタリング等によってそれらの地質環境や設置した人工バリアなどへの影響を把握し、それに応じた状態を考えることとなることを本文に追記した。また、第5章で検討されている建設・操業時における異常状態が長期安全性に与える影響については、同じく6.3.1項(1)において、サイトが具体的に明らかになれば、異常状態に対してとられる措置も含め、処分場閉鎖後の地質環境への影響を考慮したうえで閉鎖後の状態を設定することを追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-9	p.28	<p><b>シナリオ区分</b></p> <p>一般的に、モデル、データの設定はシナリオに基づき行われることから、基本シナリオにおけるモデル、データの不確実性は基本シナリオの範疇で評価されると考えられるが、包括的技術報告書では、「変動シナリオは、基本シナリオで設定した処分場の状態変遷および評価モデルやデータセットに対し、科学的合理性に基づいて考慮すべき不確実性を反映して変動を与えたもの」として、これらの不確実性が異なるシナリオ区分（変動シナリオ）で取り扱われている。レビュー委員会は包括的技術報告書の考え方に同意するが、この結果、どの不確実性がどのシナリオ区分で取り扱われているかが分かりにくくなっている。このため、包括的技術報告書で構築されたシナリオ群が考慮すべき不確実性を十分網羅しているかどうかを確認することが困難な構造になっている。一貫性の観点からシナリオ区分と各種不確実性の取扱いの関係について再整理し、必要に応じて本文に説明を追加することを推奨する。</p>	<p>No.6-2 のとおり、基本シナリオに対応した基本ケースで用いる評価モデルやデータセットに対して合理的に想定される不確実性を考慮した解析ケースについても、変動シナリオに対するめやすの線量に対し評価を行うことが適切であることから、こうした解析ケースは変動ケースに含めて取り扱うことを 6.1.5 項 (2)「シナリオ区分と安全評価で用いるめやすとなる線量の設定」に明記した。</p>
6-10	p.29	<p><b>基本シナリオ</b></p> <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する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 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</li> </ul>	<p>建設・操業による地質環境の擾乱や、回収可能性維持によりもたらされる処分場の状態への影響が有意でないことの根拠について、6.3.1 項 (1)「T<sub>1</sub>：処分場閉鎖から再冠水完了までの期間」の記載を修正した。</p>
6-11	p.29	<p><b>基本シナリオ</b></p> <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する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 力学プラグはセメントの溶脱が進み、いずれセメント成分が消失する可能性が高いと想定しているにも係らず、透水層も含めてその影響を無視できると仮定している点</li> </ul>	<p>力学プラグやその背面に配置される透水層は局所的な構造であり、坑道周辺の地下水の主要な移行経路となる EDZ の一部で高透水性の領域を形成する可能性はあるが、地下水流動場への影響は限定的と考えている。このことを処分場の構成要素の最も確からしい状態に対する解析ケース上の取り扱いを示した表 6.3-5 および表 6.3-6 に追記した。</p>
6-12	p.29	<p><b>基本シナリオ</b></p> <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する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ オーバーパックや PEM の腐食に伴い発生する水素ガスが安全機能に有意な影響を与えないと仮定している点</li> </ul>	<p>ご指摘の点については、付属書 6-8「影響分析に用いた現象解析」に根拠を示しており、これを引用して、6.3.2 項 (3) (i) (b) ①「ニアフィールドスケール」に当該現象が安全機能に影響を与えないことを記載した。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
6-13	p.29	<p><b>基本シナリオ</b></p> <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する。</p> <p>➤ 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、オーバーパックの腐食に伴う緩衝材との応力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</p>	<p>ニアフィールドにおいて EDZ の状態に影響を及ぼすと考えられるプロセスを 6.3.1 項「処分場閉鎖後のシステムとしてのふるまいに関する記述」の(2)「T<sub>2</sub>: 再冠水完了から放射性核種の移行が生ずるまでの期間」に追記した。さらに、これらのプロセスによる EDZ の状態の核種移行解析上の取り扱いの考え方 (EDZ の大きさと透水性は、EDZ の地下水流動の影響が安全評価上保守的となるように設定し、時間的な変動は考慮しないことなど) について、根拠情報とともに表 6.3-4～表 6.3-6 に明記した。</p> <p>これらのプロセスによりもたらされる EDZ の状態を設定するための現象解析とこれを用いた安全評価の信頼性向上の必要性は認識しており、6.6.2 項「信頼性向上に向けた取り組み」の「(1) 地層処分システムの状態設定のための現象解析モデルの高度化」において、(vi) 現象解析モデルの統合化技術の構築を今後の課題として示している。</p>
6-14	p.29	<p><b>基本シナリオ</b></p> <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する。</p> <p>➤ 基本シナリオにおける隆起・侵食の取り扱い (特に T4 において隆起・侵食の影響を考慮しなかった点)</p>	<p>6.3.2 項 (3) (i) 「基本シナリオの記述」の (d) 「T<sub>4</sub>: 地質環境の特性に関する不確実性が增大する期間」において、隆起・侵食により、『長い期間のうちには地下施設の深度が減少し生活圏までの核種移行経路が短くなる可能性があるものの、「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」を対象とした場合、4.3 節で示している設計深度では、隆起・侵食速度に関して想定される不確実性を考慮にいれても、処分場閉鎖から 100 万年後程度において核種移行挙動に影響を与えるような母岩の THMC 状態変化が生じるような深度の減少は生じないと考えられる』ことを記載した。</p>
6-15	p.29	<p><b>変動シナリオ</b></p> <p>変動シナリオの導出において、処分システムの構成要素ごとに不確実性因子が整理されているが、これが安全機能に与える影響が分かりにくい構造になっているため、説明を追記することを推奨する。</p>	<p>6.3.2 項 (3) (ii) 「変動シナリオの記述」において、構成要素に関する不確実性の解析ケース上の取り扱い (表 6.3-8～表 6.3-9) について記載を拡充するなど、各変動シナリオで考慮した構成要素の不確実性がわかりやすく読み取れるよう説明を追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-16	p.29	<p><b>変動シナリオ</b></p> <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、プロセスによっては関連性を完全に否定できないものも存在する（例えば、オーバーパックの腐食生成物によるガラス溶解速度と緩衝材収着性能への影響）。基本シナリオでは考慮されないものの変動シナリオとして考慮すべきシナリオが、包括的技術報告書に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する。</p>	<p>変動ケースを組み合わせたケースについては、その可能性を否定するからではなく、組み合わせ自体が極めて可能性が小さいものであり、合理的に考えられる不確実性を考慮するという変動シナリオの範疇を超えるものであるという考え方に基づいて取り扱わないとしている。このことが明確にわかるよう、6.3.3項(2)「変動ケースの設定」の記述を拡充した。</p> <p>このことに関連して、7.3.2項(1)「評価基盤にかかわる不確実性への対処」(iii)「安全性の評価における不確実性への対処」において、変動ケースのパラメータ設定にかかわる考え方の合理性の確認について追記した。具体的には、第6章で示した核種移行解析において取り扱っているパラメータの変動範囲を網羅したより広い変動範囲を想定し、この範囲からパラメータ間の相関は考慮せずにランダムに選定したパラメータの値を組み合わせた多数の線量評価計算を行い、この結果、めやす値である300 μSv/yを超えるのは、いずれも現実的には考えにくいパラメータ値を与えた場合であることを確認している。この解析には、各変動ケースにおいて取り扱っている不確実性を組み合わせたケースも含まれており、これらについてもすべて300 μSv/yを超えていないことから、冒頭で述べたケース設定の考え方は受け入れられるものであることを示した。これらの計算結果の詳細については、各検討対象母岩の核種移行解析結果をまとめた付属書6-24、6-25、6-26に示した。</p>
6-17	p.29	<p><b>変動シナリオ</b></p> <p>変動シナリオに対応する解析ケースの取り扱いを一覧表に示しているが、その表において、「考慮しない」、「基本ケースに含める」などとした不確実性については、追跡性・透明性の観点からその根拠となる付属書等を引用することを推奨する。</p>	<p>表6.3-8および表6.3-9中の「核種移行解析上の取り扱い」に、取り扱いの根拠の参照先を明示した。</p>
6-18	p.29	<p><b>稀頻度事象シナリオ</b></p> <p>稀頻度事象シナリオは、システムの頑健性を評価するための発生可能性が極めて低い事象を考慮したシナリオ、との説明があるが、稀頻度事象シナリオで対象とする事象に関する取捨選択の基準が曖昧であることから、これを明確にすることを推奨する。</p>	<p>6.3.2項(3)(iii)「稀頻度事象シナリオの記述」に稀頻度事象シナリオで対象とする事象が変動シナリオにおいて想定する必要がないほど発生可能性が極めて小さいと考えられるものであることの理由に関する記述を拡充した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-19	p.29	<p><b>稀頻度事象シナリオ</b></p> <p>中深度処分における最新の規制基準の議論では、稀頻度事象シナリオのカテゴリーが設定されておらず基本シナリオ以外はすべて変動シナリオとして取り扱われていることから、地層処分にも何らかの影響を及ぼすことが考えられる。地層処分ではより長期の評価時間が対象になることを踏まえると、稀頻度の外部事象について何らかの評価が必要であることは明白であることから、変動シナリオとの差別化を明確にし、誤解のないように説明することが望まれる。</p>	<p>No.6-18 のとおり、稀頻度事象シナリオで対象とする事象が、変動シナリオにおいて想定する必要がないほど発生可能性が極めて小さいと考えられるものであることの理由に関する記述を拡充した。</p>
6-20	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <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である。特に、場の不均質性の取り扱い、基本解の利用、一次元モデルへの簡略化、異なるスケールの接続などに関して、設定の考え方や具体的なプロセスなどを明確に記述するとともに、安全評価の解析に関する全体フローを追加することを推奨する。</p>	<p>ご指摘の点は、6.4.1 項「基本ケースに対する核種移行解析と線量評価結果」の(1)「空間スケールに応じた核種移行解析から線量算出までのアプローチ」～(5)「広域スケールのモデル構築とデータセット設定」において記載しているが、よりわかりやすくするという観点で、特に包括的技術報告書の核種移行解析の特徴となっているニアフィールド核種移行解析モデルの構築に関するフロー図(図 6.4-3)を追加するとともに、Partridge を用いたランダムウォーク粒子追跡解析などを中心に、説明を拡充した。</p>
6-21	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>人工バリア中の核種移行とニアフィールド中(人工バリア周辺の母岩中)の核種移行が同一のニアフィールドスケールでモデル化されているため、人工バリア(廃棄体、容器、緩衝材)領域に閉じこめられている核種の量とニアフィールド地質環境あるいはパネルスケール中を移行している核種の量が区別できない。比較的短寿命の放射性核種の大部分が人工バリア内で減衰することを示すためにも、空間スケールの最小単位は人工バリア領域として、人工バリア領域からニアフィールドスケールへの移行を「放出項」として明示することを推奨する。</p>	<p>包括的技術報告書では、処分場の設計をより忠実に反映して核種移行解析を行うため、人工バリアや地下施設と周辺母岩を一体化して取り扱うモデルを開発している。このため、人工バリア領域というスケールは設けていないが、ご指摘の点については、人工バリア領域(EDZ との境界面までの領域を考慮)、ニアフィールドスケール領域、および処分場スケール領域から、それぞれの外側の領域への核種移行率を算出し、その結果を各検討対象母岩に対する核種移行解析結果をまとめた付属書 6-24、6-25、6-26 に示した。</p>
6-22	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>粒子追跡解析やマルチチャンネルモデルを用いた核種移行解析モデルに関して、信頼性向上の観点から以下の点について説明等を追記することが望まれる</p> <p>➤ 粒子追跡解析結果に基づき核種移行解析を行うまでのプロセス(透水量係数の最適化プロセスを含む)</p>	<p>ご指摘の点は、6.4.1 項(2)(iv)「簡略化した核種移行解析モデルの作成」に、粒子追跡解析の結果に基づく核種移行解析のための簡略化モデルの作成に関する一連のプロセスとして、より丁寧に記述した。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
6-23	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>粒子追跡解析やマルチチャンネルモデルを用いた核種移行解析モデルに関して、信頼性向上の観点から以下の点について説明等を追記することが望まれる。</p> <p>▶ 新第三紀堆積岩に対して設定されている物質移行の現象モデル（割れ目と基質での核種移行，相互の媒体間の拡散）の検証事例</p>	<p>包括的技術報告書の検討条件においては、結果として無視できるものであったが、新第三紀堆積岩類では一般に基質部の透水性は他の検討対象母岩に比して高いと考えられ、基質部における移流・分散による核種移行プロセスを考慮できるようにモデル化を行っておくことは重要と考えられる。現時点では、こうしたモデルの適用の妥当性を検証するような事例はないが、サイトが明らかになった後には、その地質環境条件によっては、処分場の建設を想定する母岩を用いた室内試験や原位置試験データに基づいて、こうした移行プロセスを考慮する必要があるかどうかを検討し適切にモデル化を行うことが必要であることを 6.4.1 項 (2) (iv) (e)「簡略化モデルによる Partridge の解析結果の近似」に追記した。</p>
6-24	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>粒子追跡解析やマルチチャンネルモデルを用いた核種移行解析モデルに関して、信頼性向上の観点から以下の点について説明等を追記することが望まれる。</p> <p>▶ マルチチャンネルモデルによる核種移行モデルの簡略化の目的（計算負荷低減，保守性の担保など）</p>	<p>6.4.1 項 (2) (iv) (e)「簡略化モデルによる Partridge の解析結果の近似」において、簡略化は、できるだけ設計の特徴を反映し、保守性を確保しつつ、計算負荷を低減し合理的な計算時間で、多岐にわたる解析ケースに対して安全評価上重要な多数の核種すべてについて移行解析を可能とすることが目的であることを、記述を拡充してより明示的に示した。</p>
6-25	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>粒子追跡解析やマルチチャンネルモデルを用いた核種移行解析モデルに関して、信頼性向上の観点から以下の点について説明等を追記することが望まれる。</p> <p>▶ 等価多孔質モデルを適用して得られた圧力水頭の情報を割れ目ネットワークへ引き渡す際、求められる流速（透水量係数）が割れ目ネットワークのみによって求めた場合よりも小さくなることについての説明</p>	<p>6.4.1 項 (2) (iv) (b)「Partridge を用いた粒子追跡解析」にご指摘の点を追記し、本報告書における条件で、検討対象母岩を等価多孔質媒体モデルと割れ目ネットワークモデルそれぞれでモデル化し、両者の粒子追跡解析により得られた粒子の破過曲線を比較した結果、それらが概ね一致することから、多孔質媒体モデルによって、割れ目ネットワークモデルでの物質移行解析に対する水理学的条件を与えることが可能であることを確認していることを示した。詳細は付属書 6-14 に記述し、これを参照している。</p>
6-26	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>核種移行解析モデルに関わる以下の点について説明等を追記することが望まれる。</p> <p>▶ ガラスの溶解における「移行率」の定義</p>	<p>レビュー版の表 6.3-5（高レベル放射性廃棄物処分場の基本・変動シナリオに対応する核種移行挙動の解析ケース上の取り扱い）において、核種移行解析上の取り扱いの考え方として記載していた「核種の浸出を移行率で表現する。」「ガラスの溶解速度に応じた核種の移行率を設定する。」の箇所を、改訂後（2021年2月24日公表版）の表 6.3-4において、核種移行の起点と終点がわかるように「核種の溶出による地下水への移行率はガラスの地下水に対する溶出速度に基づいて設定する。」と修正した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-27	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b> 核種移行解析モデルに関わる以下の点について説明等を追記することが望まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ EDZ内の核種の移行プロセス</li> </ul>	<p>表 6.3-4 の核種移行解析上の取り扱いの考え方において「EDZ は多孔質媒体として取り扱い、この領域内では核種が地下水と瞬時に混合する。」、「EDZ 内の核種は移流によって母岩に移行するものとする。」と追記した。また、付属書 6-13「核種移行解析モデル」にも EDZ 内の核種の移行プロセスを記載した。</p>
6-28	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b> 核種移行解析モデルに関わる以下の点について説明等を追記することが望まれる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 全ての岩種に平行平板モデルを仮定したことと、第3章に示されている深成岩類，新第三紀堆積岩類，先新第三紀堆積岩類のそれぞれの検討対象母岩を対象に構築された微細透水構造概念モデルとの関係</li> </ul>	<p>母岩は、微細透水構造概念モデルに基づき、割れ目を平行平板でモデル化し、微細透水構造におけるマトリクス拡散に影響する特徴をマトリクス拡散寄与面積率とマトリクス拡散深さという二つのパラメータで表現することについて、6.4.1 項 (2) (iii) (b) に明記している。また、6.4.1 項 (2) (v) (b) に深成岩類，新第三紀堆積岩類，先新第三紀堆積岩類のそれぞれの検討対象母岩の微細透水構造モデルの特徴に応じた、各パラメータへの値の設定の考え方を示している。地質環境調査の結果を踏まえて微細透水構造概念モデルをより現実的にモデル化し、割れ目の微細透水構造が核種移行プロセスに与える影響を検討することは今後の課題としている。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
6-29	p.30	<p><b>核種移行解析モデル</b></p> <p>広域スケールモデルにおいて、断層の移行抵抗を無視することが隆起・侵食による地下施設の深度や断層・割れ目の長さの変化の長期間にわたる不確実性に対して安全評価を頑健なものとするがあるが、隆起・侵食により処分場が地表接近することを想定すると、処分場周辺の化学環境の変化、地下水流量の増加に伴う人工バリア中の核種移行促進、さらには汚染土壌の削剥による被ばくなどが生じ、上記設定よりも明らかに線量が高くなることから、再検討が必要である。</p>	<p>第2章 2.2.5 項「本報告書における地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化に関するアプローチ」に記載のとおり、包括的技術報告書では、適切なサイト選定によって処分場を設置する地下深部の検討対象母岩は隆起・侵食の影響が及ばない十分な深度にあり、地層処分の観点から好ましい地質環境特性が長期にわたって維持されるものとし、このような地下深部の検討対象母岩を対象として地質環境モデルを構築している。このような検討アプローチを受けて、6.3.2 項 (3) (i)「基本シナリオの記述」(d)「T<sub>4</sub>：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、4.3 節で示している設計深度では、隆起・侵食速度に関して想定される不確実性を考慮にいれても処分場閉鎖から 100 万年後程度において核種移行挙動に影響を与えるような母岩の THMC 状態変化が生じるような深度の減少は生じないと考えられることを記載している (No.6-14 参照)。こうした包括的技術報告書における検討条件のもとでは、広域スケールにおける大規模な断層長さの変化の不確実性に着目した核種移行モデルの設定は有効と考えられる。</p> <p>実際のサイトにおいては、その条件によっては、ご指摘のとおり隆起・侵食にともなう処分場周辺のさまざまな状態変化を考慮する必要が生ずる可能性もあるが、サイトに応じた隆起・侵食プロセスを十分に理解したうえで、深度の設定を行うといった設計上の対応や、今後規制基準によって明らかにされると考えられる安全評価の評価期間等を考慮し、安全評価シナリオを作成するなかで、こうした可能性を検討する必要がある。</p>
6-30	p.31	<p><b>生活圏評価モデル</b></p> <p>付属書で説明されている生活圏評価の基本条件（評価目的、評価指標、評価の考え方、処分システム、サイト条件、ソースタームおよび GBI、評価期間、社会など）、コンパートメントの設定に関する考え方や線量への換算係数の導出プロセスについては、生活圏評価を構成する中核的な情報として位置付けられるため、本文で記述することを推奨する。</p>	<p>ご指摘に沿って、生活圏評価の基本条件に関しては、6.4.1 項 (6)「生活圏モデルとデータセットの設定」に気候変動や GBI のバリエーションの取り扱いについて追記した。また、コンパートメントモデルの設定や線量への換算係数の導出プロセスについては、6.4.1 項 (6) にその考え方を追記して説明を拡充した。詳細についてはそれぞれ付属書に記述し、それを参照している。</p>



No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
6-31	p.31	<p><b>評価対象核種と放射能インベントリ</b></p> <p>評価対象核種を選定する際、諸外国の選定事例を根拠としているが、本来、我が国の廃棄物の発生源とストリームを踏まえた合理的な説明が必要であり、またインベントリ算出のための計算条件を追跡可能な形で記述することが必要である。インベントリは核種生成・崩壊計算コードで求められるが、これらが再処理工程等でどのような割合でどのストリームに分布するかを根拠とともに示すことが必要である。これらは付属書で説明されているが、特に I-129 や Cl-36 など、その分布について大きな保守的仮定がなされているものについては、これらの設定が評価結果に他と比較して大きな寄与をしているため、本文で記述することを推奨する。</p>	<p>6.1.2 項 (2) 「評価対象核種と放射能インベントリ」に再処理工程を反映した放射能インベントリ設定方法について追記した。また、再処理工程における核種の分布の設定根拠については付属書 2-3 を修正し詳細に記載している。より現実的なインベントリの設定については、今後取り組むべき重要な課題であり、廃棄物発生者とも協力して対応していく計画である。</p>
6-32	p.31	<p><b>核種移行データ</b></p> <p>基本シナリオの緩衝材の透水性や (一部元素の) 拡散係数の設定において、いずれも保守的であることを理由に大きな値が設定されているが、パラメータの保守性の程度はシナリオに依存するので、基本シナリオですでに保守的な値を設定しているパラメータについては、変動シナリオでの取り扱いについて丁寧な説明が必要である。</p>	<p>ご指摘の点については、6.4.2 項 (1) 「核種解析モデルとデータセット」において、設定の考え方を記載した付属書 (付属書 6-13, 6-17, 6-19~6-22) を参照先として示した。</p>
6-33	p.31	<p><b>マルチチャンネルモデルのデータ</b></p> <p>核種移行解析では、三次元のパーティクルトラッキングから求められる物質移行解析の結果に基づき、一次元のマルチチャンネルモデルで近似する手法が用いられているが、各チャンネルに与える透水量係数の算出方法の説明と透水量係数データが本文にも付属書にもない。核種移行解析の追跡可能性の観点からこれらの情報を追加することを推奨する。</p>	<p>各チャンネルに与える透水量係数の算出方法は付属書 6-13 に記載し、6.4.1 項 (2) (iv) (d) 「簡略化した母岩中の核種移行解析モデル」の中でこれを参照した。また、各チャンネルの透水量係数のデータは、付属書 6-13 に記載し、6.4.1 項 (2) (v) 「ニアフィールドスケールの核種移行に関するデータセット」の中でこれを参照した。</p>
6-34	p.32	<p><b>解析結果</b></p> <p>人工バリアの性能を定量的に示すために、線量評価結果において人工バリア (緩衝材) 外側への移行率 (<math>Bq/y</math>) (またはこれを生活圏における線量への換算係数を用いて換算した値) を併記することを推奨する。</p>	<p>No.6-21 に記載のとおり、人工バリア領域 (EDZ との境界面までの領域を考慮)、ニアフィールドスケール領域、および処分場スケール領域から、それぞれの外側の領域への核種移行率を算出し、その結果を各検討対象母岩に対する核種移行解析結果をまとめた付属書 6-24, 6-25, 6-26 に示した。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)		包括的技術報告書における対応
6-35	p.32	<p><b>解析結果</b></p> <p>Np-237の子孫核種であるU-233が堆積岩間隙水中の高い炭酸濃度による錯生成のため比較的高い線量を与える結果となっているが、これは移行経路のすべてにおいて高い炭酸濃度が維持されると仮定した結果であり、この程度の炭酸濃度の地質環境であっても計算上10 <math>\mu\text{Sv/y}</math>以下の無視しうる程度の線量しかもたらされないことを説明しておくことを推奨する。</p>	<p>ご指摘を踏まえて、6.4.1項(7)(iii)「基本ケースに対する線量評価結果のまとめ」に「本書においては、処分場スケールで設定した炭酸化学種濃度の高い地下水が広域スケールまで広く分布していると仮定しているが、サイトが特定された後には、調査データに基づいてニアフィールドスケールから広域スケールまでの水質の空間分布をより現実的に与えることが可能であり、こうした仮定は過度に保守的である可能性があることに留意が必要である。」と追記した。</p>
6-36	p.32	<p><b>解析結果</b></p> <p>稀頻度事象シナリオについての解析結果が1~20 mSv以下になったことから、“安全確保について頑健性がある”と説明されているが、これは誤解を招く可能性がある。例えば、火山が処分場に直撃しても安全性が確保されると曲解され、解析全体の信頼性について疑念を抱かせる可能性すらある。頑健性の意味をより明確にするとともに、ここで対象としている事象はサイト選定で回避することが大前提であり、発生可能性は極めて低いものの、あえてそれを想定した解析であること、比較基準とした線量めやす値は影響の大きさに発生可能性の重みづけを含めた事業者としての目標値であること、長期にわたって稀頻度事象の影響を最小化すべく今後も頑健なシステム構築に向けて努めること、などの点について、丁寧な説明が必要である。これは人間侵入の結果のまとめのところでも同じことが言える。</p>	<p>ご指摘の点がより明確に伝わるようにするため、6.4.3項(3)「稀頻度事象シナリオに対する解析ケースの線量評価結果のまとめ」において、以下の内容を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処分場に直接的な影響を与えるような新規火山の発生や断層の急激な伸展という極めて可能性の低い事象を対象として被ばくプロセスの様式化を行い、極めて保守的に線量を解析評価した結果、評価で得られた値は著しい放射線学的影響がないことを確認するために設定しためやすを下回る。</li> <li>・ このことは、適切なサイト選定と地下施設の設計を行うことにより、これらの稀頻度事象が仮に生じたとしても、処分場による長期間の安全性の確保において求められるレベルが達成できないということを示しているということではない。</li> </ul>
6-37	p.32	<p><b>既往の安全評価との比較</b></p> <p>包括的技術報告書で示された線量評価結果は、これら基盤となった既往の結果に比べて明らかな相違が見られる。特に、ガラス固化体を対象とした基本シナリオに対する線量評価では、第2次取りまとめにおける支配核種がCs-135であるのに対し、包括的技術報告書では、Se-79(深成岩)、I-129(新第三紀堆積岩 低Cl<sup>-</sup>濃度地下水)、U-233(新第三紀堆積岩 高Cl<sup>-</sup>濃度地下水)といった核種が支配的となっていることは特筆すべき相違である。また、いずれの場合の基本シナリオについても線量の最大値の現れる時期についても違いがみられる。レビュー委員会は、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する。</p>	<p>第7章7.2.2項(2)(iii)において、安全評価の作業過程が適切に実施され、結果として計算される線量が信頼のおけるものであることを確認するための一つの方法として、「他の安全評価結果との比較」に関する記載を追加し、この記述の中で包括的技術報告書と第2次取りまとめの線量評価結果の比較について概要を示した。詳細については付属書6-24、6-25、6-26を参照した。この検討において、第2次取りまとめおよび第2次TRUレポートにおけるレファレンスケースと、包括的技術報告書の深成岩類、新第三紀堆積岩類および先新第三紀堆積岩類を対象とした基本ケースの安全評価結果の違いが、設定した地質環境条件や安全評価のシナリオ、モデル、データセットの違いによって説明できることを示している。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
6-38	<p data-bbox="237 205 293 236">p.33</p> <p data-bbox="315 205 770 236"><b>段階的なサイト選定に向けた安全評価</b></p> <p data-bbox="315 244 1178 549">包括的技術報告書はセーフティケースの基本形として位置付けられており、サイトが特定されていない現状に基づいて、地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価の見通しが議論されている。今後サイトが特定されれば、包括的技術報告書に示された基盤情報や評価技術を用いて安全評価を進めることになるが、段階的な調査によって詳細化される情報に応じてどのように安全評価を進めるのか、各調査段階で得られる情報の質、量、不確実性の大きさなどを踏まえどの程度の安全評価が達成可能なのか、地質環境調査や工学設計と連携しどのように安全性の最適化を図っていくのか、などについては今後更なる検討が必要である。</p> <p data-bbox="315 563 1178 834">また、包括的技術報告書に示された線量評価結果は、現時点で利用可能な情報に基づき、いずれのシナリオも線量めやす値を下回る結果となっている。このことから、現時点で地層処分の安全性を覆すプロセスや自然現象が存在する可能性は極めて低いと考えられるが、この評価結果を拠り所として地層処分の安全性の論証が成立した訳ではなく、むしろ今後のセーフティケースの信頼性向上に向け、さらに強化すべき安全機能に関する理解を深め、安全性に寄与するプロセスやパラメータを特定し、不確実性の低減・最小化に向けた課題を明らかにする必要がある。</p> <p data-bbox="315 849 1178 904">以上の点を整理し、今後のサイト選定における安全評価の役割を踏まえ、安全評価のコアメッセージをより明確に記述することを推奨する。</p>	<p data-bbox="1200 244 2085 619">ご指摘のとおり、段階的な調査によって詳細化される情報に応じてどのように安全評価を進めるのか、各調査段階で得られる情報の質、量、不確実性の大きさなどを踏まえてどの程度の安全評価が達成可能なのか、地質環境調査や工学設計と連携しどのように安全性の最適化を図っていくのか、などについては今後更なる検討が必要である。この点については、第7章7.4節「セーフティケースに関する今後の展望」に事業を通じたセーフティケースの構築に関する今後の展望を述べた。今後、包括的技術報告書で示したジェネリックな観点でセーフティケースの技術基盤の信頼性を高めていくとともに、サイトが明らかになれば、そのサイトの特徴を踏まえてサイトスペシフィックなセーフティケースについて具体的な検討を進めていく。</p> <p data-bbox="1200 633 2085 801">サイト選定における安全評価の役割については、ご指摘を踏まえ、6.6.2項「信頼性の向上に向けた取り組み」において、「処分場の安全性を示すことに加えて、様々な不確実性に対してより頑健な処分場を構築するために、地質環境調査への要求事項の抽出や処分場設計の改良点の明確化に資すること」を追記した。</p>

## 「第7章 セーフティケースの信頼性」に対するレビューコメントと包括的技術報告書における対応

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
7-1	p.36	<p><b>現段階でのセーフティケースとしての信頼性</b></p> <p>地層処分に関連した専門家間でも異なる解釈をする論点に「長期」という言葉がある。「将来 10 万年程度を超えるような長期」という時間スケールがイメージしやすい記述がある一方で、「閉鎖後長期」,「長期間にわたり」,「地質環境の長期的な変化」など, 時間スケールが漠然としている記述も多い。包括的技術報告書の一貫性の観点から, 他の章と整合性を図りつつ, 「長期」とはどの程度の期間スケールであるのかを読み手が理解しやすい記述とすることが望まれる。</p>	<p>地層処分で考慮する時間スケールの一般的な考え方については, 第 2 章 2.1.2 項 (3)「安全機能を考慮する時間スケール」において述べている。ご指摘を踏まえ, 各章においては, 読者が理解しやすいよう文脈に応じて「数万年以上の長期」のように時間スケールについて適宜追記した (No.3-7 参照)。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
7-2	<p>p.36 <b>現段階でのセーフティケースとしての信頼性</b></p> <p>包括的技術報告書は地質環境モデルへの情報統合化技術の整備についても言及している。そこでは、地質環境調査において調査・評価のプロセスを繰り返すことで、断層や割れ目の存在など空間的に不均質な特性の分布の理解に関わる不確実性が段階的に減少することが確認されているとの記述がある。このような段階的に減少できる不確実性は、セーフティケースの信頼性向上においても重要なものであり、より高次の視点からの丁寧な記述を推奨する。</p>	<p>「段階的なサイト選定において、地質環境情報の詳細化や、これに応じた処分場の設計と適用する工学技術の具体化などを通じて不確実性の定量化と低減を図りつつ、それでも残る不確実性については保守性を考慮した安全評価を行うことで考慮する」、「これらの対応の結果は各段階のセーフティケースにおいて統合するとともに、次の調査計画や技術開発計画などに反映し、段階的に不確実性の低減を図る」といった基本的な対応方針を、第2章 2.5.1 項「不確実性への対処」に記述している。セーフティケースの信頼性向上の観点からより丁寧に説明を行うべきとのご指摘を踏まえて、7.3.2 項 (2)「不確実性への対処に関する信頼性」において、以下のような内容を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ サイト調査の段階においては、地質環境の調査・評価により取得した情報の種類や量、地質環境の理解度、不確実性の種類、要因や程度などを把握し、不確実性に関連性の高い地質環境に係る因子（例えば、断層の空間分布や水理学的特性など）を抽出するとともに、この不確実性に係る情報を地質環境モデルおよびデータセットと併せて、処分場の設計および安全評価に提供すること</li> <li>・ 処分場の設計および安全評価の検討結果に基づき、処分施設の工学的実現性および安全性に大きな影響を及ぼすと考えられる地質環境に係る因子を特定し、これらにかかわる不確実性の低減などの観点から、次の段階における調査・評価の対象とその優先順位を明確にすること</li> <li>・ こうした不確実性の低減に向けた統合化や相互連携の作業を円滑に進めるため、技術開発マネジメント、要件および知識のマネジメント、人材育成、セーフティケースに関するステークホルダーとのコミュニケーションといったマネジメントの枠組みや方法をセーフティケースにおいて提示し、実践していくこと</li> </ul>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
7-3	p.36	<p><b>現段階でのセーフティケースとしての信頼性</b></p> <p>セーフティケースの信頼性を示すうえで、NUMOは、サイトの適格性を判断するための基準として、法定要件および科学的特性の提示に係る要件・基準などを参照し、概要調査地区の選定に際して「適格性を判断するための基準となる考慮事項」を提示している。この考え方は重要な部分と考えられ、参照先のどこに該当するのかをより明瞭に記述することを推奨する。</p>	<p>NUMOは、概要調査地区の選定に向けて適格性を判断するための基準となる「概要調査地区選定上の考慮事項」を2004年に提示したが、「地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術WGとりまとめ）」およびこれに基づいた科学的特性マップが2017年に公表されたことから、NUMOは「概要調査地区選定上の考慮事項」を見直し、文献調査の進め方の概要を取りまとめた「地層処分に関する文献調査について」を包括的技術報告書レビュー版公表以降の2020年に公表した。概要調査地区の候補の検討は、この「地層処分に関する文献調査について」や「地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術WGとりまとめ）」に示された考え方などに基づいて進めることを第2章2.1.3項に記載した。</p>
7-4	p.37	<p><b>現段階でのセーフティケースとしての信頼性</b></p> <p>NUMOはセーフティケースの信頼性の観点から回収可能性についての考え方を明確に述べることが望まれる。</p>	<p>百年程度の事業期間において、科学技術の進歩による新たな知識の利用可能性とともに、わが国においては安全規制の具体化やステークホルダーからの要求といった社会的要因などの事業を取りまく環境の変化が想定され、こうした環境の変化に応じて適切にセーフティケースを構築し、その信頼性を高めていくことができるような持続性のある仕組みを用意しておくことが重要である。この観点から、事業の可逆性を確保することは重要であり、その具体化のための技術的な対応策の一つである第4章4.7節に示した回収可能性を支える技術開発の意味について、7.3.3項(3)「事業の進展において想定される環境変化への対処」に追記した。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
7-5	p.37	<p><b>現段階でのセーフティケースとしての信頼性</b></p> <p>線量評価を補完する濃度、時間、フラックスなどの補完的指標を用いる場合には、その意味や有効性を確認するとともに、濃度やフラックスを用いる場合には生活圏での関連パラメータとの関係についても丁寧に言及することが望まれる。</p>	<p>線量を指標とした安全評価において必要となる将来の人間の生活様式や地表環境にかかわる不確実性は極めて大きいため、これらによらない他の指標を用いて地層処分システムの性能を示すことによって、閉鎖後長期の処分場の安全性に関する頑健性を高めることを7.2.2項(2)(i)「補完的指標による安全性の検討」に追記した。このなかで、安全評価で行った核種移行解析の結果（第6章6.4.1項）に基づいて、処分場に埋設した全廃棄体が有する放射能や対応する潜在的放射性毒性が、時間の経過に応じて処分場内（パネルスケール領域）や近傍の母岩を含めた領域（処分場スケール領域）にどの程度残存しているかを示すことによって、処分場の閉じ込め能力を示している。また、処分場スケールの外側の領域に移行した放射性物質がすべて地表の河川に直接流入するものと仮定した場合に河川中の潜在的放射性毒性がどの程度になるかを示すことによって、処分場に埋設した放射性物質による潜在的な危険性を論じている。</p> <p>以上に述べた放射能や潜在的放射性毒性といった指標は、諸外国のセーフティケースで用いられている補完的指標を整理し、その中から包括的技術報告書において検討した処分場の安全性に関して、説明性の向上に有効と考えられるものとして選定している。この過程については付属書7-1に記述している。</p>
7-6	p.37	<p><b>サイト特定後のセーフティケースの基本形としての妥当性</b></p> <p>包括的技術報告書は、変動帯に位置するわが国の地質環境特性が時間的な変化を伴うことから、そのモデル化技術の整備が課題となっており、今後、地質環境特性の長期変遷のモデル化技術の信頼性向上を図っている。さらに、先新第三紀堆積岩類についての情報量が多いとは言えないことも指摘している。したがって、基本的な技術が整備されているとするまとめにおいては、これら課題を踏まえた記述を推奨する。</p>	<p>ご指摘の点については、レビュー版7.1.1項(4)や7.6節などの「まとめ」において、地層処分技術の信頼性向上に向けた技術課題の抽出とそれに取り組むための技術開発のマネジメントの仕組みを明らかにしていることも含めて、「次段階に進むために必要な技術は基本的に整備されている」と記載していたが、技術開発が完了したかのような誤解を与える表現であったため、「技術は最新の科学技術的知見を反映して整備されるとともに、今後取り組むべき課題が明らかにされている」といった表現に改めた。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
7-7	<p>p.37 <b>サイト特定後のセーフティケースの基本形としての妥当性</b>  NUMOは包括的技術報告書において今後の信頼性向上に取り組むべき課題を案として整理している。それぞれの課題がどのサイト調査段階までにクリアされているべきか、あるいはそうでないかを示した方がより目的や目標が明確になると考える。このことは、セーフティケースの更新をどのタイミングで行っていく必要があるかとも繋がっている。レビュー委員会は、まとめにおいて「セーフティケースに含めるべき項目が明確になっている」との記述には現状において飛躍があることも指摘する。</p>	<p>包括的技術報告書において整理した技術課題がサイト調査の各段階までに達成されるべきと考えられる目標を与えるものとして、7.4.1項(1)「サイトに固有のセーフティケースの開発」において、サイト調査の各段階に対して予見されるセーフティケースの作成と継続的な信頼性の向上に関する作業内容を提示した。また、技術課題に対する具体的な研究開発計画については、地層処分研究開発調整会議によって策定された「地層処分研究開発に関する全体計画（平成30年度～令和4年度、令和2年3月改訂）」に反映されていることを7.3.3項(1)「研究開発計画の策定」に述べている。</p> <p>文献調査を受け入れていただく地域の数が決まっておらず、サイト調査によって得られる情報やデータも限定的である初期の段階では、包括的技術報告書で示した一般論としてのセーフティケースを基本形として維持し、その信頼性を高める研究開発を継続しつつ、サイトが特定されれば、その場所の特徴を反映したサイト固有のセーフティケースの作成を進めていく過程で技術課題を明らかにし、必要に応じて研究開発計画を柔軟に見直していく。このようなセーフティケースの信頼性向上のための継続的な取り組みに係る基本的な考え方を7.4.2項(1)「セーフティケースの信頼性向上のための継続的な取り組み」に明記した。</p> <p>また、7.4.1項(1)「サイトに固有のセーフティケースの開発」に示した各段階のセーフティケースに関する検討内容は、現時点での条件に基づいた予見的なものであるため、ご指摘のとおり「セーフティケースに含めるべき項目が明確になっている」との表現は飛躍があると判断して削除した。</p>



No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）	包括的技術報告書における対応
7-8	<p>p.37 <b>サイト特定後のセーフティケースの基本形としての妥当性</b></p> <p>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する。たとえば、文献調査段階の「概略的な安全評価」はセーフティケースの基本形をどのように発展させるかなど、セーフティケースを構築する時点で得られている情報の質と量に応じて基本形をどのようにカスタマイズするのかについて考え方を示すことが重要となる。このような観点は、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に寄与するものと考える。</p>	<p>サイトを特定しない一般論としてのセーフティケースと各段階のセーフティケースの関係をより明確にするため、サイト調査の各段階で予定されるセーフティケース作成の作業内容を 7.4.1 項 (2)「段階的なサイト選定に応じたセーフティケースの作成」に追記した。</p> <p>また、一般論としてのセーフティケースを基本形としてサイト固有のセーフティケースに適用する考え方として、以下のような内容を 7.4.2 項「本報告書で示した セーフティケースの適用」に明記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 文献調査を受け入れていただく地域の数が限定されておらず、サイト調査によって得られる情報やデータも限定的である段階では、包括的技術報告書で示した一般論としてのセーフティケースについて、研究開発を行いながらその信頼性を継続的に高める。これは、より多くの地域に文献調査を引き受けていただくための準備という観点から重要である。</li> <li>・ サイトが特定されれば、その時点の一般論としてのセーフティケースを基本形として適用し、その場所の特徴を反映したサイト固有のセーフティケースを作成する。</li> <li>・ この過程でサイトの環境条件に応じた固有の技術課題を明らかにし、必要に応じて研究開発計画を柔軟に見直しつつ、一般論としてのセーフティケースの信頼性向上と並行して、サイト固有のセーフティケースの段階的な開発を進めていく。</li> </ul>
7-9	<p>p.38 <b>次の段階までの課題と今後の研究開発</b></p> <p>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する。</p>	<p>沿岸海底下に処分する場合の特有の設計上の留意点については、地質環境に応じた設計における留意点（4.8.2 項）にまとめている。今後も技術開発を継続する処分場設計の検討において、さまざまな地質環境への対応として沿岸海底下を対象とした検討条件についても考慮することとしており、そのことを処分場の設計と工学技術における今後の取り組み（4.8.3 項）に追記した。</p> <p>また、7.2.3 項 (1)「わが国の地質環境に対する地層処分の安全確保の実現性」において、地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価の技術分野に係る横断的な課題として、塩水環境における人工バリア材料などの長期変質についての理解を進めるためのデータや知見を充実させることを述べている。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
7-10	p.38	<p><b>次の段階までの課題と今後の研究開発</b></p> <p>包括的技術報告書は、基本スタンスとしてサイトに依存することは考慮しないとしているが、処分場閉鎖前までの安全性はサイトに独立なものとしてサイトに依存したものがある。たとえば、施設から敷地境界までの距離の確保はサイト依存だが、装置故障や火災などの異常シナリオの項目はサイトに独立した事象を含む。このような視点は、サイトが特定されていない現段階においても不確実性の整理に寄与する。NUMOがトンネルや鉱山などの開発の経験やそれらの事業よりも地層処分事業の操業期間が長期化することを考慮し、上述のような視点からサイトに独立なものとしてサイトに依存したものとの整理をすることは、セーフティケースの信頼性の向上において、今後より重要になると考える。</p>	<p>ご指摘については、2.3.1項「段階的な処分場の設計と最適化」に述べているとおり、処分施設の設計や操業中の安全対策についてはサイト条件の具体化に応じて詳細化していくこととしているが、現段階においても可能と考えられるものは、できる限り検討を進めている。例えば、第5章で示しているように異常シナリオについて検討を行っているが、網羅的なものではなく、また、極端な状態を想定したもので安全対策自体に対する不確実性を直接取り扱ったものではない。</p> <p>7.2.1項(3)では、閉鎖前の安全評価に関する今後の取り組みとして、操業安全に対する国内外の最新の検討事例などを取り込みながらハザードデータベースを更新し、想定される異常状態に関する知見を拡充することで異常状態のシナリオ設定に関する網羅性を高めること、複数の事象が重畳して発生するシナリオに対する評価や異常事象に対する影響評価技術の検証や拡充を進め、これらを処分施設の設計方法や安全対策に反映することを述べている。</p> <p>今後、サイト依存性が高い検討項目を慎重に考慮していくとともに、サイトに依存しない一般的なものについては、こうしたシナリオの網羅性や安全対策に係る不確実性について、さらに検討を進めていく。</p>

No.	レビューコメント (左列はレビュー報告書のページ番号)	包括的技術報告書における対応
7-11	<p>p.38 <b>次の段階までの課題と今後の研究開発</b></p> <p>一般に、地質環境モデル構築における不確実性への対処において、地質環境の調査・評価における不確実性は、サイトの地質環境条件やこれに応じた適用する測定手法などに依存する。現段階では、それらの相互の不確実性の度合いを一様に取り扱うことは困難であるとし、各検討対象母岩について保守性を考慮して代表的な特性値を設定している。セーフティケースの信頼性向上には、地質環境の調査・評価手法における不確実性への対処について検討していくことを推奨する。</p>	<p>No.7-2と同様に、地質環境の調査・評価手法における不確実性への対処の考え方について、2.5.1項「不確実性への対処」および付属書2-8「不確実性の対処の考え方」において以下のような内容を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地質環境の調査・評価においては、例えば、地質環境が本来的に有する時間的・空間的な不均質性に起因する偶発的不確実性に加えて、測定誤差などに起因する調査データの不確実性やデータの解釈に起因する地質環境の概念化に含まれる認識論的不確実性などがあり、数km規模の広大な空間スケールと数万年以上の時間スケールを対象とする地層処分において、観測値に基づき真の偶発的不確実性を定量化することは困難であり、実際には認識論的不確実性も含めて、地質環境特性の不均質性の定量化（データの平均値や分散・標準偏差といった統計量の設定など）を行うこと</li> <li>処分場の技術的成立性や閉鎖後長期の安全確保に影響を及ぼす重要な地質構造、自然事象やプロセスなどについて、処分場の設計と安全評価との連携により調査・評価にかかわる不確実性に関連性の高い因子（例えば、断層・割れ目のネットワーク構造など）について、その種類や要因、程度を特定し、それらの情報を処分場の設計や安全評価に提供すること</li> <li>各段階のセーフティケースにおいては、地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価を連携させて不確実性に対応した結果を統合するとともに、安全性に影響する重要な不確実性に関連する因子を特定し、次の調査計画や技術開発計画などに反映しながら段階的に不確実性の低減を図ること</li> </ul> <p>なお、サイト調査の進展にともなって地質環境モデル構築に対する不確実性が低減することについては、3.2.1項(1)「繰り返しアプローチによる不確実性の低減」にその有効性が確認されている事例を記載している。</p>

No.	レビューコメント（左列はレビュー報告書のページ番号）		包括的技術報告書における対応
7-12	p.39	<p><b>次の段階までの課題と今後の研究開発</b></p> <p>断層・割れ目を確率論的に発生させて構築した地質環境モデルは、地層処分の成立性を見通しを得るため、あるいは選定調査を次の段階に進めるための評価には適用可能であっても、最終的な安全評価のためには、その時点までの調査により、大きな断層・割れ目の位置と大きさ等は決定されていなければならない。また、最終的な安全評価に確率論的に発生させた断層・割れ目に基づくモデルを利用する場合でも、そのモデルを構築するためのデータの十分性およびモデルの安全評価に対する有効性を確認する必要がある。このような断層・割れ目の取り扱い、今後、サイトにおいて構築した地質環境モデルを用いた安全評価の結果を踏まえたサイト選定を進めていく際に重要な視点となる。レビュー委員会は、包括的技術報告書がこれらを含んだ内容になっていることに同意するものの、今後どのような調査により、断層・割れ目の分布に関する不確実性が段階的に低減されるかを見通しを示す記述の追加が望ましいと考える。</p>	<p>評価基盤にかかわる不確実性への対処を記した7.2.3項(1)において、断層・割れ目の分布に関する不確実性の段階的な低減の見通しに関して以下の内容を追記した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実際のサイト調査では、水理地質構造の設定に当たって、処分場スケールの領域から除外するような長さ10km程度以上の大規模な断層や活断層については調査によって把握される位置や方向などに基づき決定論的に取り扱い、より規模の小さな断層・割れ目については、その特性分布に基づいて確率論的に取り扱い、さまざまなリアライゼーションに基づく多数の水理地質構造を設定し、断層・割れ目の空間分布に関する不確実性に対応すること</li> <li>・ こうして作成する水理地質構造モデルは、調査の段階が進み、処分場の設計や安全評価に必要な地質環境情報が増大するにしたがって、地質環境特性に係る時間的・空間的な不均質性などに起因する不確実性の幅が把握されるとともに、地質環境の概念化に含まれる不確実性は低減するものと考えられること</li> </ul>

以上