

OECD/NEAによる包括的技術報告書の国際レビューコメントを受けた 原子力発電環境整備機構の対応について

原子力発電環境整備機構（NUMO）は、2021年2月に公表した「[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－](#)」（以下、「包括的技術報告書」という）については、[英語版（タイトル：The NUMO Pre-siting SDM-based Safety Case）](#)を同年11月に公表し、国際的な視点からその技術的な信頼性を評価いただくために、経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）にレビューを依頼した。OECD/NEAはこれを受けて、地層処分の専門家からなる国際レビューチームを編成してレビューを行い、2023年1月にその結果を取りまとめた[報告書](#)をOECD/NEAのウェブサイトにて公表した。

レビュー報告書では、以下のような評価をいただいている。

- ・ NUMOが現在の事業段階において十分に包括的なセーフティケースを作成したことを認める
- ・ NUMOは、具体的なサイトでの評価に使用される方法論とツールを含めて、国際的な慣行と整合するセーフティケースの開発能力と成熟度を実証している
- ・ 放射性廃棄物の地層処分の実現に必要なさまざまな点をレビューし、日本の地質学的背景を考慮したうえで、その実現可能性の要素が実証されたと考える

これらの点は、特定のサイトを対象としないジェネリックなセーフティケースとしてNUMOが包括的技術報告書を作成して示そうとしたことであり、それを国際的なレベルで確認していただいたものと受け止めている。

あわせて、レビュー報告書では、今後NUMOがサイトの選定を適切に進め、段階的にセーフティケースを開発していくことに向けて有益と考えられる多くの提言をいただいている。特に、国際レビューチームによって強調されていることは、事業を進めていくにあたって必要となる様々な意思決定に資するための技術的な整備を強化していくこと、将来の不確実性に柔軟に対応しながら地層処分事業を進めていく備えを着実にやっていくことである。

前者については、複数のサイトや処分場設計オプションの性能を適切に比較して選定を行うため、現状の単純化したモデルを主体とした保守的な評価から、地質環境の閉じ込め性能や処分システムで生起する諸現象をより現実的に評価していくための技術開発を継続・強化していくことなどが挙げられている。後者については、例えば、処分事業において重要な役割を担う規制当局、廃棄物発生者、関係研究機関とのコミュニケーションを強化し、規制機関の期待事項を的確に把握すること、処分場の設計や安全性などに大きな影響を与える廃棄物インベントリといった特性を精緻に理解すること、NUMOとして優先度の高い技術開発ニーズを関係研究機関に示すことの重要性が示されている。特に、廃棄物インベントリに関しては、セーフティケースの主要な三要素である地質環境の調査・評価とそのモデル化、処分場の設計、安全評価に加えた四つめの柱として位置付け、廃棄物インベントリに対する感

度解析を通じて、処分場概念や安全確保の見通しに対する頑健性や取り組むべき技術課題を明確にすることは、将来的な原子力政策も視野に入れて柔軟に事業を進めていくうえで役に立つであろうことが述べられている。

国際レビューによっていただいた多くの提言や指摘事項は、わが国において今後地層処分事業を進めていくうえで大変示唆に富んだものであり、2023年度から2027年度までの5か年を対象とした日本全体の地層処分研究開発計画の策定にあたって反映されている（[経済産業省ウェブサイト](#)を参照）。NUMOでは、これらの提言や指摘事項について、今後の技術整備やセーフティケース開発に着実に活かしていくための対応を取りまとめた。地層処分に関心をお持ちの多くの方々のご参考になればと考えている。この取りまとめにあたっては、5月31日にOECD/NEAが日本のステークホルダーに対する利便性を高めるため公表した[レビュー報告書の日本語翻訳版](#)も利用させていただき、個々のご提言やご指摘とそれらへのNUMOの対応について、英語と日本語を併記する形としている。

国際レビューチームの皆様には、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いた。ここに、国際レビューチームのJussi Heinonen議長をはじめとしたレビューメンバーの皆様、レビューの運営等にご尽力いただいたOECD/NEAの関係者の皆様に、深く感謝の意を表す。

[How to read the table]

The recommendations from International Review Team (IRT) to NUMO described in the OECD/NEA review report are listed in the middle column, and the observations from IRT related to those recommendations are listed in the left column (section numbers and pages in the review report are listed together).

NUMO's response to each recommendation is listed in the right column.

【表の見方】

OECD/NEA レビュー報告書に記載された NUMO への提言を中列に、その提言に関連する国際レビューチームの見解を左列に、それぞれレビュー報告書から抜粋して記載（該当するレビュー報告書の章・節番号とページ（日本語は翻訳版のページ）を表中に併記）。

それぞれの提言に対する NUMO の対応を右列に記載。

2. Findings according to the remit of the review

2.1 Safety strategy

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.1-1	2.1 p.17 翻訳版 p.20	The IRT notes that, overall, NUMO relies on the most up-to-date science and technology for methods implemented in developing safety assessments and safety cases. IRT は、全体として、NUMO は、安全性評価とセーフティケースの開発の実施方法に関し最新の科学技術に依拠しているものと認める。	2.1 p.17 翻訳版 p.21	The IRT recommends that NUMO continue to establish the reliability of geological disposal based on the latest scientific knowledge and on continuous reviews. IRT は、NUMO が今後も最新の科学的知識と継続的なレビューに基づいて、地層処分の信頼性を確立し続けることを推奨する。	In line with the basic strategies described in Chapters 2 and 7 of the NUMO Safety Case, NUMO will continue to collect the latest scientific knowledge from both Japan and abroad and to develop the technology required for implementation of the project. This will be facilitated by the Coordination Council on Research and Development of Geological Disposal (hereinafter "the Coordination Council") and the Overall Research and Development Plan for the Geological Disposal Program, which will be formulated by the Coordination Council working with relevant organisations. NUMO will develop a safety case at project milestones and present technical confidence in geological disposal to stakeholders. During these technology and safety case development activities, we will obtain expert advice and external reviews to confirm their reliability. NUMO は、包括的技術報告書の第 2 章および第 7 章に記載している基本戦略に沿って、今後とも国内外から最新の科学的知識を収集し、関係機関と連携して既存の枠組みである地層処分研究開発調整会議（以下、「調整会議」という）やそこで策定する「地層処分研究開発に関する全体計画」を通じ、事業の実施に必要な技術の整備を継続的に進めるとともに、事業の節目において繰り返しセーフティケースを開発し、地層処分の技術的な信頼性の向上をステークホルダーに提示する。これらの技術開発活動やセーフティケース開発においては、専門家の助言やレビューを得てその信頼性を確認しながら進める。

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.1-2	2.1.1 p.17 翻訳版 p.20	<p>NUMO relies on regulatory requirements published by various national authorities in other countries or guidance from international organisations involved in the development of geological disposal projects, pending the establishment of dedicated regulatory requirements in Japan.</p> <p>The characteristics of the waste forms are broadly defined at this stage. However, waste inventory imposes key requirements on the waste management programme.</p> <p>日本で DGR に特化した規制要件が確立されるまで、NUMO は、他国の当局が公表した規制要件や、地層処分プロジェクトの開発に関する国際機関からのガイダンスに依拠している。</p> <p>この段階では、廃棄物形態の特性が概括的に定義される。しかし、廃棄物インベントリは廃棄物管理プログラムに重要な要件を課している。</p>	2.1.1 p.17 翻訳版 p.20	<p>More details on the waste types from Japan's waste producers; on their physical, chemical and radiological properties; and on the potential evolution of these inventories would facilitate NUMO's continued waste management work. The IRT recommends carrying out sensitivity analyses in order to bound the hypotheses and to have more comprehensive representations of the geological repository's safety boundaries and safety assessment. Such a sensitivity analysis could also help demonstrate the flexibility of the geological repository design approach and the robustness of the safety case, in particular with regard to future changes in the regulatory framework and the inventory and characteristics of waste to be disposed of. This is an asset that a generic safety case could provide. A clear example concerns the inventory data, not only in terms of volumes of waste but also on their nature and evolution (e.g. possibility to include MOX fuel, to consider other types of spent fuel or TRU waste), including the durations of storage before disposal.</p> <p>日本の廃棄物発生者から、廃棄物の種類、それらの物理的、化学的、放射線学的特性、およびこれらのインベントリの変化の可能性について詳細が明らかになれば、NUMO の継続的な廃棄物管理に役立つと思われる。IRT は、仮定すべき範囲を定め、地層処分施設の安全境界と安全評価をより包括的に表現するために、感度分析を実施することを推奨する。このような感度分析は、特に将来の規制枠組みや廃棄物インベントリと、処分する廃棄物の特性の変更に関して、地層処分場設計のアプローチの柔軟性とセーフティケースの頑健性を示す上で役立つだろう。これは、ジェネリックなセーフティケースが提供できる資産である。明確な例としては、処分前の保管期間も含め、廃棄物の量だけでなく、その性質と変化（例えば、MOX 燃料を含める可能性、他の種類の使用済燃料または TRU 廃棄物を考慮する可能性など）の観点からみたインベントリデータなどがある。</p>	<p>To evaluate the effects of potential variations in the waste inventory on both design and safety of the geological repository, NUMO has gathered information on uncertainties in the characteristic of vitrified HLW and TRU waste (burnup conditions of spent fuel, reprocessing conditions such as cooling time before reprocessing, storage period after reprocessing, variability of physical and chemical properties and volume of TRU waste) in cooperation with the waste producers. NUMO has also developed methodologies to assess the characteristics of wastes. NUMO continues these technical developments as mentioned in the "Overall Research and Development Plan for Geological Disposal Programme (FY2023–FY2027)" (hereinafter "the Overall R&D Plan").</p> <p>Considering the potential impacts of these uncertainties, a sensitivity analysis using the NUMO Safety Case as a reference is planned in order to assess the effects on the repository design and the pre- and post-closure safety assessment. The results will be used for an assessment of the robustness of the disposal concept, repository design optimisation and development of waste acceptance criteria. Technical issues regarding assessing future waste characteristics will be identified and required R&D initiated. The results of this work will be reflected in the future safety case.</p> <p>R&D on reprocessing of spent MOX fuel is underway. NUMO recognises that potential impacts on the repository concept and safety assessment due to including wastes generated by MOX fuel reprocessing should be assessed in the future. We will continue to enhance the reliability and robustness of the geological disposal programme by keeping in mind possible changes in the waste inventory.</p> <p>NUMO は、廃棄物発生者と連携し、放射能インベントリの変動が処分場の設計や安全性に及ぼす影響を評価するために必要となる、ガラス固化体および TRU 廃棄物の特性情報（使用済燃料の燃焼条件、再処理条件（冷却期間など）、再処理後の保管期間、TRU 廃棄物の種類・物理化学的特性・量など）の拡充や特定に必要な手法の整備を進めている。これらの技術開発は、調整会議が 2023 年 3 月に公表した「地層処分研究開発に関する全体計画（令和 5 年度～令和 9 年度）」（以下、「全体計画」という）において継続することを述べている。</p> <p>今後は、これらの条件の変動幅を考慮し、包括的技術報告書で示した設計概念を基本として施設設計や閉鎖前および閉鎖後長期の安全評価に対する影響を把握するための感度解析を行い、処分概念の頑健性の評価、設計の最適化に向けた検討、廃棄物受入れ基準の検討などに活用する。また、インベントリの特性把握に関する今後の技術課題を明確にして、今後のセーフティケースに反映する。</p> <p>使用済 MOX 燃料の再処理技術については研究開発が進められているところであり、MOX 燃料の再処理に伴い発生する地層処分対象廃棄物を想定した処分場概念や安全評価などへの影響検討については NUMO の将来的な技術課題と認識している。廃棄物インベントリの変化の可能性を念頭に置きつつ、引き続き、地層処分計画の信頼性と頑健性を高めていくこととしたい。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.1-3	2.5.1 p.28 翻訳版 p.33	<p>The methodology seeks completeness and a consistent treatment of uncertainties. Many assumptions leading to conservatism are consistently utilised. This makes the conclusions robust as regards the potential for long-term safety, but also reduces the ability to distinguish between different design and host rock options. The IRT expects that future models and datasets will be more specific once the number of candidate sites/host formations, with associated repository designs, is narrowed down.</p> <p>用いられている方法論は、不確実性に対し十分性と総合的な取り扱いを追求するものである。一貫して、多くの仮定が保守性を失わないように使用されている。これにより、潜在的な長期安全性に関する結論は頑健なものとなるが、一方で、さまざまな設計と母岩の選択肢を区別する能力は低下する。IRT は、候補サイト/母岩の数ならびに対応する処分場の設計が絞り込まれれば、将来のモデルとデータセットはより特化したものになると考えている。</p>	2.1.2 p.18 翻訳版 p.21	<p>The IRT recommends that NUMO further highlight the importance of delaying and mitigating the migration of radionuclides in the geosphere. The identification and evaluation of related site characteristics could be decisive in the search for a site.</p> <p>IRT は NUMO に対し、地圏における放射性核種の移行を遅らせ、緩和することの重要性をさらに強調するよう提言する。関連するサイト特性の特定と評価が、サイト選定において決定的な要因となる可能性がある。</p>	<p>As no site has been identified at this stage, we focus on a repository design that can be flexibly adapted to a wide range of geological environments. Thus, in the NUMO Safety Case, we demonstrated the feasibility of a geological disposal system by considering geosphere containment performance conservatively, due to large uncertainties in this at the present time. However, as the IRT points out, the nuclide migration characteristics of the geosphere from the host rock around the repository to the biosphere could be a decisive factor in determining the suitability of a site. Therefore, after the site is specified, especially in the Preliminary Investigation and later stages, NUMO will investigate and evaluate key nuclide migration characteristics of the geosphere, including the uncertainties associated with them. NUMO is currently developing a method to analyze three-dimensional nuclide migration behavior on the large scale extending from underground facilities to the biosphere and continuous refinement of this work is included in the Overall Plan.</p> <p>サイトが特定されていない現段階では、幅広い地質環境に柔軟に対応できる処分場設計を志向し、包括的技術報告書においては、不確実性の高い地下施設周辺の母岩から生活圏に至る地圏領域における閉じ込め性能を保守的に考慮せずに地層処分システムの成立性を示した。しかし、ご指摘の通り、サイト選定時には地下施設周辺の母岩から生活圏に至る地圏領域の核種移行特性がサイトの適性を判断するうえで決定的な要因となる可能性がある。このため、サイトが明確となった後、特に概要調査以降の段階では、地圏領域の岩盤特性および核種移行特性について、その不確実性を含めて把握する調査・評価を行っていく。また、現在、地下施設から生活圏に至る広域スケールを対象として三次元的な核種移行挙動を解析可能な手法の開発を進めており、今後もその高度化に向けた開発を継続することを全体計画に示している。</p>
2.1-4	2.1.2 p.18 翻訳版 p.21	<p>The two key safety functions adopted by NUMO are isolation and containment. These encompass the requirements for operational safety as well as for post-closure safety. From these key functions, second or even lower-level functions are identified that have also been taken into account to verify or ensure the proper functioning of the disposal system over time.</p> <p>NUMO が採用している 2 つの主要な安全機能は、隔離と閉じ込めである。これには、作業時と閉鎖後の安全に関する要件が含まれる。長期間にわたって処分システムが適切に機能することを検証する、または確実なものとするため、これら主要な機能から、第 2 レベルまたはさらに下位レベルの機能も特定の上、考慮されている。</p>	2.1.2 p.18 翻訳版 p.21	<p>In order to assess efficiency of the developed system for geological disposal, the IRT recommends to NUMO for the following stages of the project development to define safety function indicators or, when relevant, minimum acceptable performance target, also as a function of time.</p> <p>地層処分用に開発したシステムの効率性を評価するため、IRT は、NUMO がプロジェクト開発の後続段階に向け安全機能指標、あるいは、場合によっては時間関数として受け入れ可能な最小性能目標を定義するよう提言する。</p>	<p>In the NUMO Safety Case, dose was evaluated as an indicator to assess long-term, post-closure safety of the geological disposal system. In the future, according to the recommendations from IRT, NUMO will consider performance indicators that can more efficiently evaluate the functions of each component contributing to the safety of the entire geological disposal system. For example, we will study application and establishment of target values for indicators of rock properties that have a significant impact on the containment function of the host rock (e.g., permeability, chemical composition of ground water), performance indicators associated with components of the engineered barrier system (e.g., lifetime of overpack or container of TRU wastes), and site characteristics such as travel time from waste package to the biosphere depending on the layout of underground facilities. These studies are described in the Overall R&D Plan.</p> <p>包括的技術報告書では、地層処分システムとしての閉鎖後長期の安全性能を提示するため線量を指標として評価した。今後は、提言にしたがって、地層処分システム全体の安全機能に関わる各構成要素の機能をより効率的に評価できる指標について検討していく。具体的には、母岩の閉じ込め性能に影響が大きい岩盤特性（例えば透水性、地下水水質）、人工バリア構成要素に対する個別の設計要件に応じた性能指標（例えば金属容器の寿命）、地下施設の配置に応じた廃棄体から生活圏へのトラベルタイムといった指標の適用とその目標値の設定を検討していく。これらの検討についても、全体計画に示されている。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.1-5	2.1.4 p.19 翻訳版 p.22	<p>The repository's design is adapted to the characteristics of each SDM, aiming to contain radionuclides and limit their migration. At the current stage, the design approach aims for robust solutions, offering a sufficient margin given the inherent uncertainties both in the geological data and in the concepts themselves.</p> <p>処分場は、放射性核種の閉じ込めと移行抑制を目的として各地質環境モデルの特性に合わせて設計される。現段階の設計アプローチは、地質データと概念自体に内在する不確実性を踏まえ、十分な余裕をもたせた頑健なソリューションを目指すものとなっている。</p>	2.1.4 p.19 翻訳版 p.23	<p>Starting from an initial outline of design solutions, a representation of the disposal facility architecture and its components is proposed. As knowledge of the sites is acquired, and regulations and requirements become clearer, the choices of technological solutions are refined. The IRT suggests keeping the design options open for as long as possible in order to retain the ability to adapt to potential evolutions in the project.</p> <p>設計ソリューションの初期概要を示すことから始めて、処分施設の構造と構成要素を代表する案が提案される。サイトに関する知識が得られ、規制や要件が明確になるにつれて、技術的ソリューションの選択肢が絞り込まれる。IRT は、プロジェクトが変化する可能性に対し、適応能力を維持するために、設計オプションを可能な限りオープンにしておくことを提案する。</p>	<p>NUMO is developing design options such as the development of protective coating for overpacks and retrievable PEMs for TRU waste, expanding from the design specifications given in the H12 Report (JNC, 2000) and TRU-2 Report (JAEA and FEPC, 2007). JAEA (Japan Atomic Energy Agency) is also continuing to study direct disposal of spent fuel and investigate deep borehole disposal. NUMO will retain as many design options as possible in order to secure flexibility to respond to changing circumstances. In addition, NUMO will study strategies for narrowing down design options and development targets as site selection progress. We also take into account the possibility that, in the future, the regulatory body may require selection of the best design based on comparison of a range of design options. Furthermore, in order to compare designs, a methodology for selecting the most appropriate options will be developed, based on established design factors (operational safety, long term safety, engineering feasibility, retrievability, economic rationality, environmental impact, monitoring etc.). These technical developments are described in the Overall R&D Plan.</p> <p>NUMO は、第 2 次取りまとめ (JNC, 1999) や第 2 次 TRU レポート (電事連・JNC, 2005) で示された仕様を参照しつつ、銅コーティングオーバーパックの開発、TRU 廃棄物の人工バリアを回収可能性に優れた PEM 方式にするなどの設計オプションの開発を進めている。また JAEA では、直接処分の研究や超深孔処分の調査を引き続き進めている。さまざまな状況変化に柔軟に対応できるように、NUMO は可能な限り設計オプションを保持するとともに、将来的に規制要件として設計オプションの比較による最適な設計の選択の提示が求められる可能性も視野に入れながら、段階的なサイト選定に応じた設計オプションの絞り込みや開発目標に関する戦略の検討を進める。また、設計オプションの比較を合理的に行うため、設計因子 (操業時安全性、閉鎖後長期安全性、工学的実現性、回収可能性、経済的合理性、環境保全、モニタリング) を評価の視点として、最適な設計オプションを選択する方法論の開発などを進めていく。これらの技術開発は全体計画に記載されている。</p>
2.1-6	3.2 p.37 翻訳版 p.44	<p>The political and social context of the development of geological disposal projects also has its own requirements and dynamics that must be taken into account. Management systems have been put in place to adequately integrate all the information available at any one time and to reproduce the studies and their results. NUMO has set up these systems to allow it to ensure good control of its projects. It will be able to continue its studies in later phases, ensuring adequate quality management.</p> <p>地層処分プロジェクトの開発の政治的および社会的文脈にも、考慮すべき独自の要件とダイナミクスがある。いつでも随時利用可能な情報をすべて適切にまとめ、研究とその結果を再現するための管理システムが整備されている。NUMO は、プロジェクトを適切に管理できるように、これらのシステムを構築しており、今後も後続の段階で研究を続けることにより、適切な品質管理を確保することが可能となろう。</p>	2.1.4 p.19 翻訳版 p.23	<p>Requirements management, including knowledge management, will be key to support future development of the geological repository project. The IRT notes that the teams in charge of the project promote a systematic search and use of the best available technology, which is highly recommendable.</p> <p>知識管理を含む要件管理は、地層処分プロジェクトの将来の開発を支える鍵となる。IRT は、プロジェクト担当チームが利用可能な限り最善の技術を体系的に検索・使用している点を認め、それを強く推奨する。</p>	<p>The Overall R&D Plan indicates that NUMO will further strengthen its framework for identifying evolving requirements as the project progresses, acquiring and producing knowledge to meet these requirements, and managing intra-generational knowledge preservation and communication. Through active participation in international projects, such as NEA's WP-IDKM activities, systematic mining and utilisation of the latest national and international knowledge and technology will be facilitated. The general use of advanced knowledge engineering technologies will be promoted, including the development of tools for these specific purposes.</p> <p>NUMO は、事業の進展に応じて具体化あるいは変化する要件を特定し、その要件を満たすための知識の獲得・生産、世代内の共有と世代間の継承を効果的にマネジメントしていく仕組みをより強化していくことが全体計画に示されている。NEA の WP-IDKM 活動など国際プロジェクトへの積極的な参加を通じて、利用可能な国内外の最新技術や知見を体系的に検索し、活用する仕組みを具体化していく。このような要件および知識マネジメントを実現するためのツールの開発においては、先端的な知識工学技術の活用を推進していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.1-7	2.1.4 p.19 翻訳版 p.23	<p>The retrievability of waste is taken into account in the facility design. The aspect of the reversibility of decisions is more a matter of management issues that will need to be investigated in due course, requiring strong interaction with stakeholders and future decision makers. Monitoring and surveillance are also well taken into account.</p> <p>施設設計では廃棄物の回収可能性が考慮されている。意思決定の可逆性に関しては、どちらかといえば今後検討すべき管理上の問題であり、ステークホルダーや将来の意思決定者との間での密なやり取りが必要となる。モニタリングと監視という点もよく考慮されている。</p>	2.1.4 p.19 翻訳版 p.23	<p>Monitoring and surveillance are above all intended to ensure that the geological repository operates under conditions that comply with those sought by design. They are therefore also intended to detect as early as possible any anomaly that could lead to additional preventive measures in relation to long-term safety. The programme should also be explicitly linked to the issue of the reversibility of decisions, consistent with NEA definitions (NEA, 2012a), and the retrievability of waste packages. Monitoring and surveillance programmes should be developed and started at an early stage in order to produce a baseline of the sites being investigated before any major field work.</p> <p>モニタリングと監視は何よりも、地層処分場が設計上求められている条件下で稼働していることの確認を目的としている。したがって、長期的な安全性に関連して追加の予防措置が必要となるような異常を可能な限り早期に検出することも意図されている。また、このプログラムは、NEA の定義 (NEA, 2012a) による決定の可逆性の問題、並びに廃棄物パッケージの回収可能性とも明確に関連づけるべきである。モニタリングと監視のプログラムは、主要な現場作業を開始する前に、調査対象サイトのベースラインを作成するため、早い段階で開発・開始する必要がある。</p>	<p>Since monitoring and surveillance strategies are highly dependent on site-specific conditions, the corresponding repository design, and expected safety features, these are only briefly outlined in the NUMO Safety Case at this time. More specific and detailed considerations of these topics will occur after sites are identified. By the time of initiation of the Preliminary Investigation phase, a comprehensive strategy will be developed for each phase of the project, including baseline monitoring, performance confirmation monitoring leading to a final closure decision, and post-closure monitoring for the sites to be studied. In doing so, in line with the Basic Policy on Final Disposal of Designated Radioactive Wastes (hereinafter “Basic Policy on Final Disposal”) that requires to ensure the reversibility of the project and the retrievability of the waste in order to reserve options for future generations, we will make these requirements clearly linked to the monitoring and surveillance strategies, as IRT recommended. Development of the measurement technology for determining baseline underground characteristics at the site (temperature, groundwater pressure, water quality, etc.), as required for the first step of the Preliminary Investigation phase, has already been initiated. Here we will verify the applicability and durability of the monitoring equipment and management of accumulated data through demonstration tests. Monitoring and surveillance strategies and the development of corresponding technology are issues that will require particular focus in the future and are clearly stated in the Overall R&D Plan.</p> <p>モニタリングや監視の戦略については、サイト条件やそれに応じた処分場の設計、期待される安全機能などに大きく依存するため、サイトが明確になった後により具体的かつ詳細な検討を行うこととして、包括的技術報告書では一般的かつ概略的な記述にとどめている。今後、概要調査の段階までには、調査を行うサイトを対象としてベースラインの把握から最終的な閉鎖の判断に至る性能確認モニタリング、さらには閉鎖後モニタリングなど、事業の各段階について包括的な戦略を検討することとしている。その際、国の「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」(以下、「最終処分基本方針」という)において、将来世代の選択肢を残すために事業の可逆性と廃棄物の回収可能性の確保が求められていることから、提言のとおり、これらの要件とモニタリングや監視の戦略を明確に関連付けるようにしていく。概要調査の段階以降、最初に必要となるサイトの地下水特性(温度、水圧、水質等)などのベースラインの把握のための測定技術についてはすでに技術整備を進めており、今後は、実証試験などによりモニタリング装置の適用性や耐久性に関する検証とデータの蓄積を図る。</p> <p>モニタリングや監視の戦略とそれに対応する技術の開発については、今後特に注力すべき課題であり、全体計画の中でより明確に打ち出されている。</p>

2.3 Repository Design Approach

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.3-1	2.3 p.24 翻訳版 p.29	<p>The IRT recognises the considerable work that NUMO has already produced to date. NUMO's work also outlines the next steps to be addressed when more information on waste inventory and on potential sites for geological disposal becomes available.</p> <p>IRT は、NUMO が既に相当な作業を達成しているものと認識している。NUMO では、廃棄物インベントリや地層処分候補地に関して、より多くの情報が入手可能になった場合に考慮すべき次のステップについても概説している。</p>	2.3.1 p.24 翻訳版 p.29	<p>A major input data for repository design is, as already indicated, the waste inventory. The IRT stresses the importance of improving the existing knowledge base and of continuing studies on increasingly reliable data. The waste management strategy before disposal is also decisive information that will need to be clarified, in particular for heat-emitting waste.</p> <p>処分場設計における主要な入力データは、すでに示している通り、廃棄物インベントリである。IRT は、既存の知識ベースを改善することと、データの信頼性を高める継続的な研究の重要性を強調したい。処分前の廃棄物管理戦略（特に発熱性廃棄物の管理）もまた、明確化する必要がある決定的な情報といえる。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.1-2, to evaluate the effects of potential variations in the waste inventory on both design and safety of the geological repository, NUMO has gathered information on uncertainties in the characteristic of vitrified HLW and TRU waste (burnup conditions of spent fuel, reprocessing conditions such as cooling time before reprocessing, storage period after reprocessing, variability of physical and chemical properties and volume of TRU waste) in cooperation with the waste producers. NUMO has also developed methodologies to assess the characteristics of wastes. NUMO continues these technical developments as mentioned in the Overall R&D Plan.</p> <p>Considering the potential impacts of these uncertainties, a sensitivity analysis using the NUMO Safety Case as a reference is planned in order to assess the effects on the repository design and the pre- and post-closure safety assessment. The results will be used for an assessment of the robustness of the disposal concept, repository design optimisation and development of waste acceptance criteria. Technical issues regarding assessing future waste characteristics will be identified and required R&D initiated. The results of this work will be reflected in the future safety case.</p> <p>R&D on reprocessing of spent MOX fuel is underway. NUMO recognises that potential impacts on the repository concept and safety assessment due to including wastes generated by MOX fuel reprocessing should be assessed in the future. We will continue to enhance the reliability and robustness of the geological disposal programme by keeping in mind possible changes in the waste inventory.</p> <p>コメント 2.1-2 への回答に述べたとおり、NUMO は、廃棄物発生者と連携し、放射能インベントリの変動が処分場の設計や安全性に及ぼす影響を評価するために必要となる、ガラス固化体および TRU 廃棄物の特性情報（使用済燃料の燃焼条件、再処理条件（冷却期間など）、再処理後の保管期間、TRU 廃棄物の種類・物理化学的特性・量など）の拡充や特定に必要な手法の整備を進めている。これらの技術開発は、全体計画において継続することを述べている。</p> <p>今後は、これらの条件の変動幅を考慮し、包括的技術報告書で示した設計概念を基本として施設設計や閉鎖前および閉鎖後長期の安全評価に対する影響を把握するための感度解析を行い、処分概念の頑健性の評価、設計の最適化に向けた検討、廃棄物受入れ基準の検討などに活用する。また、インベントリの特性把握に関する今後の技術課題を明確にして、今後のセーフティケースに反映する。</p> <p>使用済 MOX 燃料の再処理技術については研究開発が進められているところであり、MOX 燃料の再処理に伴い発生する地層処分対象廃棄物を想定した処分場概念や安全評価などへの影響検討については NUMO の将来的な技術課題と認識している。廃棄物インベントリの変化の可能性を念頭に置きつつ、引き続き、地層処分計画の信頼性と頑健性を高めていくこととしたい。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.3-2	2.3 p.24 翻訳版 p.29	<p>Tests and studies undertaken, as well as modelling, allow the progressive characterisation of the phenomena to be evaluated – facilitating future tasks. Major phenomena have at this stage been taken into account.</p> <p>実施された試験と研究、およびモデル化は、検討すべき現象の段階的な特性評価を可能とし、将来のタスクの円滑化につながっている。</p>	2.3.1 p.25 翻訳版 p.30	<p>In developing subsequent phases of the project, the IRT recommends considering more in-depth studies of certain phenomena such as radiolysis, gas generation and comprehensive couplings or interactions between barrier system materials.</p> <p>プロジェクトの後続段階を開発する際には、放射線分解、ガス発生、バリアシステム材料間の包括的なカップリングや相互作用といった現象をより詳細に研究することについて検討することを IRT は推奨する。</p>	<p>NUMO will continue to develop numerical models for analyzing processes occurring in the repository, supported by laboratory and in-situ experiments, often in cooperation with related organisations. This will allow us to deepen our understanding of key processes and to reflect these in developing repository designs and safety assessment scenarios. Key issues mentioned by the IRT, especially those related to complex processes occurring in the near field, are shown below and included in the Overall R&D plan. NUMO will evaluate potential effects of radiolysis for these issues.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Improvement of RN release and transport models • Improvement of models of interaction / coupling between near field components and processes • Further development and assessment of models of gas generation and migration • Development of evaluation methods for colloids, organics and microorganisms • Development of nitrate impact models. <p>NUMO will develop models of such processes and accumulate required model parameters together with the technology to integrate them in order to more realistically describe the evolution of the near field.</p> <p>地層処分システムにおいて長期的に発生する諸現象に関する理解を深め、これらを処分場の設計や安全評価シナリオの構築に適切に反映するため、システムの状態変化をより現実的かつ定量的に表現することを目的とした現象解析モデルの高度化を、関係機関と連携しながら室内実験や原位置試験を進めることによって継続する。特に、複雑な現象を取り扱うニアフィールドに関して、指摘された課題も含め、以下を対象としたモデル化技術の開発を進めることを全体計画に示しており、着実に進めていく。これらの課題においてはすべて放射線の影響を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 廃棄体からの核種溶出モデルの精緻化 • バリアシステム材料間の相互作用や連成現象 • ガス発生および移行挙動 • コロイド・有機物・微生物の影響 • 硝酸塩の影響 <p>上記のモデル開発に関連するパラメータの拡充と並行して、これらを適用しニアフィールド全体の変遷を記述するための統合化技術を構築する。</p>
	2.3.1 p.25 翻訳版 p.30	<p>Knowledge of waste behaviour is expected to guide the development of the repository concepts so that the main functions, particularly in the post-closure phase, are satisfied. Much data is already available; their major characteristics, essentially in terms of stability, are taken into account in a satisfactory manner for the design of disposal facilities.</p> <p>廃棄物の挙動に関する知識は、特に閉鎖後の段階で主要機能を満足させるために、処分場概念の開発の指針になることが期待される。すでに多くのデータが入手可能であり、基本的には安定性という面で、主要な特性が処分施設の設計に満足のいく方法で考慮されている。</p>			

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.3-3	2.3 p.24 翻訳版 p.29	<p>Repository design follows the progressive strategy put in place by NUMO, with development gradually integrating knowledge acquired on site and evaluated through safety assessments. At this stage of NUMO's SDM-based safety case, the design bases stem from achievements of previous studies presented in reports H12 (JNC, 2000a; JNC, 2000b; AEASJ, 2019) and TRU-2 (JAEA, 2007), after having verified that requirements and functions sought are met. They are brought together in a catalogue of options, including innovative solutions developed by NUMO. The design bases are adapted to the three studied geological formations: Plutonic rocks, Neogene sedimentary rocks and Pre-Neogene sedimentary rocks.</p> <p>処分場の設計は NUMO が定める段階的戦略に従い、現場で得た知識と安全評価を漸次的に統合して進められる。NUMO の地質環境モデルに基づくセーフティケースにおけるこの段階では、求めるべき要件と必要機能が満たされていることを確認した上で、報告書 H12 (JNC, 2000a ; JNC, 2000b ; AESJ, 2019) および TRU-2 (JAEA, 2007) で提示された先行研究の成果が設計ベースとなる。これらは、NUMO が開発した革新的なソリューションを含むオプションのカタログにまとめられている。設計ベースは、検討対象とした 3 種類の地質構造である深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類に適合させたものとなっている。</p>	2.3.2 p.25 翻訳版 p.30	<p>The IRT draws attention to the fact that the choice between ramp and shaft may be impacted by the real hydrogeologic conditions of the host site (e.g. ramp can be more challenging to implement if permeable water-bearing formations are crossed).</p> <p>IRT は、斜坑と立坑のどちらを選択するかは、サイトの母岩における実際の水理地質学的条件によって影響を受ける可能性がある点に注意を促したい（例えば、透水性のある含水層を交差する場合、斜坑の実装は困難になる可能性がある）。</p>	<p>The choice between ramp (which may be spiral or straight) and shaft, and their layout, will be designed with due attention to the hydrogeological conditions at the host site, as noted by the IRT. In addition to this, the design of access tunnels will be optimised by considering various aspects such as safety and efficiency of wastes transportation, impacts on the local environment and construction costs. To implement these, the comprehensive design methodology based on design factors presented in the NUMO Safety Case will be further developed.</p> <p>地下施設へのアクセス坑道として斜坑（スパイラル斜坑と直線斜坑の場合がある）と立坑のどちらを選択するか、またその配置については、指摘にあるようにサイトの母岩における水理地質学的条件による影響に十分注意して設計を実施する。このことに加えて、廃棄体搬送に関する安全性や効率性、地域環境への影響や建設費などさまざまな観点から検討を行ってアクセス坑道の設計を最適化していく。これらを実施するために包括的技術報告書で提示した設計因子に基づく総合的な設計手法の開発をさらに進める。</p>
2.3-4	2.3.4 p.26 翻訳版 p.32	<p>The technical design solutions proposed by NUMO make it possible to reconcile safety requirements, which must in no way be altered, with retrievability objectives. Developments and technological tests are still planned in order to verify the conditions of retrievability, and to optimise them. NUMO has embarked on an encouraging technological programme relating to retrievability.</p> <p>NUMO が提案した設計に関する技術的ソリューションは、回収可能性の目標を、決して変更してはならない安全要件と一致させることを可能にしている。回収可能性の条件を検証し、それらを最適化するための開発と技術的試験はまだ計画段階である。NUMO は、回収可能性に向けて実施する価値のある技術プログラムに着手した。</p>	2.3.4 p.26 翻訳版 p.32	<p>To inform future decisions, the IRT recommends that the observation and monitoring programme for disposal facilities explicitly take into account the question of reversibility, in addition to generating information on the performance of the geological repository. Finally, the question of the future investigation of reversibility needs to be clarified and proposed for social debate. NUMO should be proactive in proposing options in this field.</p> <p>将来の意思決定に向けて情報を提供するため、処分施設の観察とモニタリングのプログラムでは、地層処分場の性能に関する情報生成に加え、可逆性の問題を明示的に考慮することを IRT は推奨する。最後に、可逆性について将来的に検討すべき問題を明確にするとともに提案して、社会的議論を行う必要がある。NUMO は、この分野の選択肢を積極的に提案すべきである。</p>	<p>Reversibility is related to the issue of decision-making in society. We will specify which cases and what options need to be considered for our specific project boundary conditions and implementation. As pointed out by the IRT, we will proactively develop a dialogue on this issue with stakeholders, in parallel to the development of related retrieval technologies and monitoring strategies, as mentioned in the response to comment 2.1-7.</p> <p>可逆性に関する問題については、社会における意思決定問題と関連しており、どのような場合に、どのようなオプションに基づいて事業の進め方に関する選択を行うかを具体化し、コメント 2.1-7 への回答に述べたように、関連する回収技術の開発やモニタリング戦略と合わせて、指摘にあるように積極的に社会に提起していく。</p>

2.4 Operational Safety Assessment

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.4-1	<p>2.4 p.27</p> <p>翻訳版 p.32</p> <p>p.27</p> <p>翻訳版 p.33</p>	<p>The approach to operational safety is at a preliminary stage. The focus of the operational safety assessment at this stage is the development of concepts and methodologies of radiological safety assessment, and the evaluation of the robustness of the conceptual design.</p> <p>作業時の安全性へのアプローチは初期段階にある。この段階での作業安全性評価の焦点は、放射線安全に対する評価の概念と方法論の開発、および概念設計の頑健性の評価である。</p> <p>The IRT notes that at the current stage of the programme, the evaluations remain hypothetical and the realism of the operational safety assessment would be greatly improved with concrete site configurations.</p> <p>IRT は、プログラムの現在の段階では、評価は仮説的なままであり、サイト構成が具体化されることによって作業時安全評価の現実性は大幅に改善されるであろう点を指摘しておく。</p>	<p>2.4 p.27</p> <p>翻訳版 p.33</p> <p>With respect to the waste inventory, it will be important for NUMO to identify the radionuclides, determining the potential impacts during the operating phase. It will then be possible to verify whether the provisions envisaged in the conceptual design are likely to limit the impacts sufficiently, or even eliminate them.</p> <p>廃棄物インベントリについては、NUMO が作業段階での影響の可能性を判断するために放射性核種を特定することが重要となる。これによって、概念設計で想定されている対策によって、影響を十分に抑制、あるいは完全に排除できるかどうかを検証することが可能となるだろう。</p>	<p>Waste inventories play an important role not only in repository design and post-closure safety assessment, but also in operational technology and safety assurance, as noted by the IRT. In the future, as mentioned in the response to comment 2.1-2, safety measures will be further studied by examining the impact of inventory variability / uncertainties on the operational concept, as presented in the NUMO Safety Case.</p> <p>In addition, with regard to the pre-closure safety assessment methodology presented in the NUMO Safety Case, we are continuing to develop a methodology to produce more comprehensive operational safety assessment scenarios and quantitative evaluation techniques. Together with such assessment development, we will promote the design of more robust and resilient operational system.</p> <p>放射能インベントリは、処分場の設計や閉鎖後の安全評価だけでなく、ここで指摘されているように作業のための技術や安全確保において重要な役割を果たす。今後、コメント 2.1-2 への回答において述べたとおり、インベントリの変動が包括的技術報告書で示したような作業システムの概念に与える影響を検討することにより、安全対策をさらに検討していく。</p> <p>また、包括的技術報告書で示した処分場閉鎖前の安全評価手法について、引き続き安全評価シナリオをより網羅的に設定する方法論や、作業安全対策の性能に関する定量的な評価技術の整備などを進めており、上記検討と合わせてより頑健で信頼性の高い作業システムの設計を進めていきたい。</p>	
2.4-2			<p>2.4 p.27</p> <p>翻訳版 p.33</p> <p>For future safety cases, the IRT also recommends considering additional design options for mitigation of operational risks (e.g. fire).</p> <p>将来のセーフティケースについては、作業時のリスク（火災など）を軽減するための追加的な設計オプションを検討することも IRT は推奨する。</p>	<p>In the design study for operations, risks during operations will be reduced through the stepwise refinement of the repository design and operation methods as site selection progresses. The effectiveness of the design and safety measures to the identified risks will be confirmed using advanced safety assessment methodologies, as described in the response to the comment 2.4-1. Design options that effectively contribute to reducing the identified risks should be considered, utilising the latest knowledge at each stage, for example, for fire risks, the use of fire-resistant equipment and incombustible materials.</p> <p>作業に対する設計検討においては、今後のサイト選定の進展に応じた施設設計や作業方法の段階的な詳細化にあわせ、作業時のリスクを低減するとともに、コメント 2.4-1 への回答で述べた高度化を進めている安全評価手法によって特定されたリスクに対する設計や安全対策の有効性を確認する。その際、例えば火災リスクに関しては耐火に優れた設備や非可燃性材料の利用など、その段階における最新の知見を活用して、抽出したリスクの低減に効果的に寄与する設計オプションについて検討を行う。</p>	

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.4-3	2.4 p.27 翻訳版 p.32	<p>Worker exposure was not calculated as no perturbation scenario considered at this preliminary stage resulted in a loss of containment of radionuclides, based on the assumption of a robust design with remote handling wherever practical and adequate protection measures. At this stage, NUMO considers that there are no potential releases of radionuclides, and only the potential direct exposure of the public to radiation outside the boundary fence is analysed.</p> <p>遠隔操作については現実的かつ適切な防護措置を講じた頑健な設計を行うとの前提に基づき、この初期段階で考慮された異常シナリオでは放射性核種の閉じ込めが失われるような結果にはならなかったため、作業員への被ばくは計算されなかった。この段階では、NUMO は、放射性核種の放出可能性はないものと考え、境界フェンスの外側における公衆の直接的な放射線被ばくの可能性のみが分析されている。</p>	2.4 p.27 翻訳版 p.33	<p>Quantitative analyses are recommended for assessing the performance of operational safety measures.</p> <p>作業時の安全対策のパフォーマンスを評価するために、定量分析を行うことが推奨される。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.4-1, the pre-closure safety assessment methodology, presented in the NUMO Safety Case, will be continuously improved. We have quantitatively evaluated the effects of some extreme safety assessment scenarios, such as the impact force on waste packages due to falls, and the thermal effects on waste in the event of fire. In accordance with the Overall R&D Plan, we will continue to develop safety measures for the design options of facilities and equipment for a series of operational processes, including waste reception, inspection, packaging, transportation in access tunnels, and emplacement in disposal tunnels, focusing on operational failures with relatively high risk of releasing radioactive materials. We will also develop a method to quantitatively evaluate the performance of these measures.</p> <p>コメント 2.4-1 への回答で述べたように包括的技術報告書で示した閉鎖前安全評価手法の高度化を進めている。例えば廃棄体の落下などによる廃棄体に対する衝撃力の評価や、火災時における廃棄物に対する熱影響の評価など、より包括的に設定した安全評価シナリオに基づいて影響を定量的に評価するための技術を整備している。引き続き、全体計画に沿って、廃棄体受入れ・検査・封入、アクセス坑内搬送、処分坑道内への埋設といった一連の作業工程に対する設備・装置等に関する設計オプションについて、放射性物質の放出につながるリスクが相対的に高いオプションを対象に安全対策を具体化していく。また、それらの対策に関する性能を定量的に評価する方法の開発を進めていく。</p>
2.4-4	2.4 p.27 翻訳版 p.33	<p>NUMO plans to extend this analysis once site-specific information becomes available, by more comprehensively considering scenarios leading to a potential release of radionuclides and their impact on the public near the repository.</p> <p>The IRT notes that at the current stage of the programme, the evaluations remain hypothetical and the realism of the operational safety assessment would be greatly improved with concrete site configurations.</p> <p>NUMO では今後、サイト固有の情報が入手可能になった時点で、放射性核種の放出につながるシナリオや、処分場付近の公衆への影響をより包括的に検討し、さらに詳細に分析する予定である。</p> <p>IRT は、プログラムの現在の段階では、評価は仮説的なままであり、サイト構成が具体化されることによって作業時安全評価の現実性は大幅に改善されるであろう点を指摘しておく。</p>	2.4 p.27 翻訳版 p.33	<p>The IRT also recommends that the safety assessment be supplemented by including additional scenarios, such as potential failures of the protections envisaged by the conceptual design, and by including all potential exposure pathways to workers, to the public and to the environment.</p> <p>IRT はまた、概念設計によって想定される防護が失敗した場合などのシナリオを追加すること、および作業員や公衆、環境に対する被ばく経路の可能性をすべて含むことによって、安全評価を補完することも推奨する。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.4-1, and in line with the Overall R&D Plan, the safety assessment scenarios considered will be further expanded to improve the coverage of external events such as earthquakes and tsunamis, together with internal perturbing events that are expected to occur in the repository. In addition, we will develop scenarios for common-factor failure modes that could cause loss of multiple safety functions.</p> <p>We intend also evaluate potential impacts of radionuclide release, even in only as what-if scenarios. Based on such a more comprehensive scenario setting, we will analyze exposure pathways to workers and the public, based initially on examples of repository designs presented in the NUMO Safety Case. This will allow us to study necessary safety counter-measures, as well as utilising safety assessment to plan measures to be taken in the event of a hypothetical release of radionuclides.</p> <p>コメント 2.4-1 への回答で述べたように、全体計画に沿って、包括的技術報告書で検討した安全評価シナリオをより拡充し、地震、津波等の外部事象、および処分場内で発生が想定される内部事象に関する評価シナリオの網羅性の向上を図る。また、複数の安全機能を失うような共通要因故障モードに関するシナリオの開発や、What-if シナリオとして放射性物質の漏洩に関する評価シナリオの整備に取り組む。</p> <p>こうした、より網羅的なシナリオ設定に基づき、放射性物質の放出を想定した場合の対策に関しても、包括的技術報告書で示した処分施設の設計例などに基づく作業員や公衆に対する被ばく経路等の分析を行い、必要となる安全対策を検討するとともに、より包括的に安全評価を進める。</p>

2.5 Post-closure Safety Assessment

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.5-1	2.5.1 p.27	The post-closure safety assessment methodology is well-designed and informed by best practices and international recommendations (NEA/IAEA).	2.5.2 p.28	Tools and concepts like integrated FEPs, state variables and impact analyses are useful in the derivation of scenarios from FEPs and the IRT encourages the further development of these techniques.	NUMO-FEPs are expanded and revised regularly, based on the international state-of-the-art, and will be updated to reflect the site-specific characteristic when developing site-specific safety cases. Additionally, the next generation of scenario development tools will improve usability and traceability. These are mentioned in the Overall R&D Plan.
	翻訳版 p.33	閉鎖後の安全評価の方法論については、十分に設計され、ベストプラクティスと国際的な勧告 (NEA/IAEA) が反映されたものとなっている。	翻訳版 p.34	統合 FEP、状態変数、影響分析などのツールと概念は、FEP からのシナリオの導出に役立つことから、IRT はこれらの技術のさらなる開発を推奨する。	包括的技術報告書で整備した FEP については、最新知見を反映して拡充や見直しを定期的に行うとともに、特定サイトのセーフティケースを開発する段階になれば、サイト固有の条件を反映した FEP に更新する。そのうえで、シナリオ開発ツールとしての利便性や情報追跡性の改善を図っていく。こうした技術開発については全体計画に明示されている。
	2.5.2 p.28	The analysis of the complex systems of a geological repository for radioactive waste, where a multitude of phenomena have to be taken into account on considerable spatial and temporal scales, is, in accordance with international practice, done by NUMO by defining a set of evolution scenarios. The scenarios resulting from the application of NUMO's scenario developing methodology are generally consistent and sound.			
	翻訳版 p.34	NUMO は、国際的な慣行に従い、一連の変遷シナリオを定義することによって、相当な空間的、時間的スケールで多くの現象を考慮しなければならない放射性廃棄物の地層処分場という複雑なシステムの分析を行っている。NUMO のシナリオ開発方法論を適用した結果として導出されたシナリオは、概して整合性があり、しっかりとしたものである。			

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.5-2	2.5.2 p.28 翻訳版 p.34	<p>In the bottom up approach, FEPs are screened from a long-term safety point of view. The starting point of analysis is the NEA International FEP list (NEA, 2019; NEA, 2020). This list is adapted on the basis of the specificities of the Japanese programme: FEPs are selected and removed from, and newly added to, the list in function of the boundary conditions for waste and system characteristics.</p> <p>ボトムアップ・アプローチでは、長期的な安全性の観点から FEP をスクリーニングすることになり、分析の出発点は、NEA 国際 FEP リスト (NEA, 2019; NEA, 2020) である。このリストは、日本のプログラムの特殊性に基づいて調整され、廃棄物とシステム特性に対する境界条件に応じて FEP の選択・削除・追加が行われている。</p>	2.5.2 p.29 翻訳版 p.35	<p>All decisions to screen any FEPs out should be systematically supported by arguments on their irrelevance. More detailed FEP description in underlying reports should be referenced, summarising the main arguments in the safety case main report. This would increase the transparency and traceability of the screening process for the next stages.</p> <p>FEP のいずれかを除外する決定を行う場合には、その無関係性の論拠を体系的に示すことが必要である。裏付けとなる付属書でより詳細な FEP の説明を参照し、セーフティケース本編の主な論点の要約がなされるべきである。これにより、次の段階に向けたスクリーニングプロセスの透明性と追跡可能性が向上する。</p>	<p>FEPs that are irrelevant to state variables defining safety functions are screened out in the NUMO Safety Case. The approach and result of screening are described in Supporting Report 6-5. To improve the transparency and traceability of the screening process, in the future better descriptions, e.g., further explanation of the reasons for the exclusion of each FEP, will be provided both in supporting reports and the scenario development section of the main safety case reports.</p> <p>The computerised information management tool, which enables tracking relevance and evidence, is under development to integrate the relationships between FEPs and state variables with information on how these can support development of scenarios, including associated uncertainties. The practical application of this tool will improve the transparency and traceability of scenario development, including FEP screening.</p> <p>In the future, the NUMO FEP list will be provided to the international OECD/NEA FEP database, so that international experts will be able to view it. This will contribute to NUMO's arguments that this reflects the latest international knowledge.</p> <p>包括的技術報告書では、安全機能を規定する状態変数と FEP との関連性の分析に考慮する必要がない FEP を除外 (スクリーニング) しており、その除外の考え方と結果は付属書 6-5 に記述している。スクリーニング過程の透明性と追跡性を向上させるため、付属書における各 FEP の除外理由に関する記述をさらに拡充するとともに、今後、セーフティケースの本編にも除外の考え方を記載するなど、文書化に当たって工夫を行う。</p> <p>また、FEP と状態変数との関連性、不確実性を考慮したシナリオの作成に至る一連の情報をコンピュータ上で結び付け、相互の関連性や根拠情報を追跡できる情報管理ツールの開発に着手しており、このツールを実用化することで FEP のスクリーニング過程を含めたシナリオ作成に至る透明性・追跡性を向上させる計画である。</p> <p>なお、将来的には OECD/NEA が運営している国際 FEP データベースに日本のプロジェクト FEP として提供し、諸外国の専門家も閲覧可能とすることでその説明性を高めるとともに、海外の最新知見の反映を行いやすくすることを目指す。</p>
2.5-3	2.5.2 p.29 翻訳版 p.35	<p>As mentioned above, the set of scenarios appears generally to be comprehensive at this stage of NUMO's programme.</p> <p>上述の通り、NUMO のプログラムのこの段階では、シナリオセットは概して包括的なものとなっている。</p>	2.5.2 p.29 翻訳版 p.35	<p>A possible additional variant scenario that could be considered is one where the buffer is lost due to chemical erosion in the long term. This, as recognised by NUMO, could occur if the buffer is exposed to low salinity groundwater. The bounding lower limit salinities considered by NUMO are in fact such that erosion may occur. Future iterations of the safety case could preferably include a variant scenario where advective rather than diffusive conditions arise in the buffer.</p> <p>追加の変動シナリオとして考えられるのは、長期的な化学的浸食によって緩衝材が失われるというものである。NUMO も認識している通り、これは緩衝材が低塩分の地下水にさらされた場合に発生する可能性がある。実際、NUMO が考慮する境界下限の塩分濃度では浸食発生の可能性がある。セーフティケースの構築を将来反復する際は、できれば、拡散的な状況よりも、移流的な状況が緩衝材内で発生する変動シナリオを含むことが望まれる。</p>	<p>NUMO is developing a quantitative evaluation method for buffer erosion, supported by laboratory and/or in-situ experiments, considering the groundwater chemistry and hydrology in Japan. This is supported by a natural analogue study in a Japanese bentonite mine, as noted in the Overall R&D Plan.</p> <p>As well as selecting a location for the repository where the potential for buffer erosion is as low as possible, safety assessment for advective conditions within the buffer will be considered in any site-specific case where such a scenario is credible.</p> <p>緩衝材の浸食については、引き続き全体計画に沿って、塩分濃度との関係も含め、日本で想定される地下水の流動条件および化学的条件を考慮した室内試験や原位置試験、また、国内のベントナイト鉱山におけるナチュラルアナログ研究などを通じて、定量的評価手法の開発を進める。</p> <p>特定サイトのセーフティケースを開発する段階になれば、緩衝材の浸食の可能性ができるだけ低い場所を処分施設の設置場所として選定するとともに、安全評価ではこの評価手法を適用することによって移流的な状況が緩衝材内で発生する可能性について検討し、それに応じたシナリオを考慮する。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.5-4	2.5.3 p.29 翻訳版 p.35	<p>The IRT appreciates the decision to present scenarios in post-closure system behaviour in the form of storyboards, similar to several international examples (e.g. France and the United States). This approach could be extended to all scenarios and made more self-explanatory for an external reader. Segmentation of representations in space is likely to facilitate the analysis of relevant physical phenomena, supporting the development of a comprehensive assessment.</p> <p>IRT は、いくつかの国際的な例（フランスや米国など）と同様に、閉鎖後のシステムのふるまいに関するシナリオをストーリーボードの形で提示するという決定を評価する。このアプローチは、すべてのシナリオに適用でき、外部の読者にとってもわかりやすい。空間別の説明は、関連する物理現象の解析を容易にし、包括的な評価の開発に役立つ。</p>	2.5.3 p.29 翻訳版 p.35	<p>The storyboards are a valuable tool for communication across different disciplines involved in the description of the evolution of the repository on a range of spatial scales. The IRT understands that NUMO intends to further develop the storyboard technique so that it may, in future assessments, also contribute in a technical and scientific way to an improved understanding of the system, and this development is encouraged.</p> <p>ストーリーボードは、さまざまな空間スケールにおける処分場のふるまいに関する記述において、分野横断的なコミュニケーションツールとして価値がある。IRT は、NUMO が将来の評価において技術的かつ科学的な方法でシステムの理解向上にも貢献できるよう、今後ストーリーボード技術をさらに開発する計画であると理解しており、これを奨励するものである。</p>	<p>NUMO also recognises the storyboards are a valuable tool as the IRT noted. Following the Overall R&D Plan, the storyboard technique is being improved to describe the understanding of system temporal and spatial information in a more detailed and visually-attractive manner. In addition, storyboards that comprehensively represent the behavior of geological disposal systems are used to guide the development of computerised tools, described in the response to comment 2.5-2, that link the processes of scenario development, modelling and dataset of nuclide migration analysis, which will efficiently manage information related to their decision-making and evidence. NUMO will develop this tool in line with the Overall R&D Plan.</p> <p>ストーリーボードは、指摘されているような価値を有するツールであると認識している。包括的技術報告書で示したストーリーボードをひな形として、システムのふるまいを描写する時間・空間的な情報をより詳細かつビジュアルに示すストーリーボードの表現方法について、全体計画にも示したとおり今後も改善を進めていく。また、地層処分システムのふるまいを包括的に表現するストーリーボードの特徴を活用し、コメント 2.5-2 への回答で述べた、安全機能を視軸として FEP の発生可能性を考慮したシナリオの構築から核種移行解析のケース設定までのプロセスに関する判断の経緯や結果、その論拠をコンピュータ上で結び付け、ストーリーボードを介してこれら一連の情報を効率的に管理する方法の開発を進めており、全体計画に沿ってこれを継続する。</p>
2.5-5	2.5.3 p.29 翻訳版 p.36	<p>The IRT notes that the proper consideration of the main phenomena and processes, at different space and time scales, shows a good command of analysis in the geological repository project.</p> <p>IRT は、異なる空間と時間スケールで主要現象とプロセスを適切に考慮していることは、地層処分プロジェクトにおける優れた分析能力を示すものと考えられる。</p>	2.5.3 p.29 翻訳版 p.36	<p>During later phases of development, the importance of phenomena considered secondary at this stage must systematically be assessed in relation to the major processes and phenomena taken into account in the present assessment. Among the secondary phenomena, the IRT notes all interactions between materials of different natures, and also those on a large scale, such as, for example, the modifications of hydrodynamic regimes linked to climate change. The key to the analysis is assessing whether the functions sought at each stage of the repository's life are maintained. Also, a more comprehensive account of the gradual deterioration in the ability of the components to fulfil their functions would enhance the set of scenarios analysed.</p> <p>開発の後の段階では、この段階で二次的と考えられる現象の重要性を、現段階の評価で考慮した主要なプロセスと現象と関連付けて体系的に評価する必要がある。二次的な現象の中でも、IRT は、異なる性質の材料間のすべての相互作用と、例えば気候変動に関連する流体力学的な系の変化など、大規模な相互作用について指摘しておきたい。分析の鍵は、処分場のライフサイクルの各段階で求められる機能が維持されているかどうかを評価することである。また、処分場構成要素が各機能を果たす能力の漸次的な劣化をより包括的に説明することで、分析対象のシナリオセットが強化されるだろう。</p>	<p>NUMO recognises that it is necessary to analyse primary and secondary processes in a comprehensive and systematic manner. Secondary phenomena which will occur in the repository are treated rather simply in the NUMO Safety Case, but these will receive more attention in future safety cases as part of our goal to enhance assessment reliability. In collaboration with partner organisations, NUMO is developing technologies which evaluate evolution and degradation processes occurring in near field more realistically (see the response to comment 2.3-2). We are also developing a site descriptive model which can include changes of deep subsurface environments in time and space in a realistic manner (4-dimensional site descriptive model).</p> <p>Generally, NUMO will develop technology for evaluation of interaction between processes occurring in the repository as specified in the Overall R&D Plan, together with revision of relevant FEPs (see the response to comment 2.5-1), to improve the reliability of assessment of long-term safety function evolution.</p> <p>指摘のとおり、処分場に生起すると想定される現象について、包括的技術報告書においては二次的と考えた現象についても、主要な現象との関係も含めてもれなく体系的に分析したうえで、処分場の各構成要素に期待する安全機能の長期的な変遷を評価することが、安全評価シナリオの設定に対する信頼性を向上させるうえで必要と認識している。これまで、関係機関と連携しながら、ニアフィールドにおいて生じる諸現象を現実的に評価する技術（コメント 2.3-2 参照）や、長期にわたる地形変化や気候・海水準変動等に伴う、地表から地下深部における地質環境特性の時間的・空間的な変化を現実的に表現する地質環境モデル（四次元地質環境モデル）の構築技術などの開発を進めている。今後、最新知見を反映した FEP の更新（コメント 2.5-1 への回答参照）と合わせて、さまざまな現象の相互作用による影響が考慮可能となるように評価技術の高度化を全体計画に沿って継続し、長期的な処分場の安全機能の変遷の評価について信頼性を高めていく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.5-6	2.5.4 p.30 翻訳版 p.36	<p>The high level of conservatism at this stage of the assessment is expected to tend towards more realism, based on less conservative assumptions. To facilitate the analysis of the geological disposal performance, NUMO relied on the implementation of simplified models which are suitable for the current generic phase.</p> <p>評価のこの段階で高度に保守的であることは、今後それほど保守的でない想定に基づき、より現実主義に基づくものへと移行していくと予想される。地層処分場の性能を分析するため、NUMO は現在のジェネリックな段階にふさわしい単純化されたモデルの実装に依拠している。</p>	2.5.4 p.30 翻訳版 p.36	<p>In the IRT's view, a brief summary in the main report of the mathematical models and their limitations (assumptions, simplifications) vis-à-vis the conceptual process models would improve clarity of the safety case. A chart of the models implemented would also be useful to illustrate the link between the complexity of the physical processes analysed and simplifications essential for a macroscopic representation. Both these measures would make the safety case clearer for generalists, and also provide context for specialists involved in detailed analyses.</p> <p>IRT の見解では、報告書本編で、プロセスの概念モデルに対する数理モデルとその限界（仮定、単純化）を概括することが、セーフティケースの明確さを高められると思われる。実装したモデルのチャートもまた、分析した物理過程の複雑性と巨視的な表現に不可欠な単純化との間のリンクを説明するために有用であろう。双方とも、一般読者にとってセーフティケースをわかりやすくするとともに、詳細分析に携わる専門家にとっても背景情報を提供することになる。</p>	<p>Based on IRT's recommendation, NUMO has begun to construct a flowchart which describes all the models and codes for assessing the THMC evolution of the repository within the NUMO Safety Case. This includes analysis of radionuclide migration for scenarios developed on the basis of such THMC evolution and resultant calculated dose rates, with explicit illustration of input and output links between assessment models.</p> <p>Models and codes developed or improved after the NUMO Safety Case are being added to the flowchart implemented in NUMO's information management system for post-closure safety assessment (see the responses to comments 2.5-2 and 2.5-4). To improve the transparency of our safety case, NUMO is planning to enhance the flowchart by adding brief descriptions for all models and codes used to support the safety case. This will be complemented by information on all safety case models and codes within NUMO's information management system.</p> <p>指摘に沿って、包括的技術報告書で行った処分場の THMC 状態変遷に関する評価から、これに基づくシナリオに沿った核種移行解析、線量評価計算に至る一連の解析評価に用いたモデルの体系とモデル間のデータの受け渡しを可視化した評価モデルおよびコードに関するフローチャートの整備を開始している。このフローチャートには包括的技術報告書以降に開発・改良を行っているモデルとコードも逐次加えており、閉鎖後安全評価に関する情報管理システム（コメント 2.5-2 および 2.5-4 への回答参照）に実装している。今後、セーフティケースの説明性を向上させるため、適用する各解析モデル・解析コードに関する概要説明や、モデルフローチャートなどの充実を図り、情報管理システムの中で一元的に管理していく。</p>
2.5-7	2.1.1 p.17 翻訳版 p.20	<p>NUMO relies on regulatory requirements published by various national authorities in other countries or guidance from international organisations involved in the development of geological disposal projects, pending the establishment of dedicated regulatory requirements in Japan.</p> <p>日本で DGR に特化した規制要件が確立されるまで、NUMO は、他国の当局が公表した規制要件や、地層処分プロジェクトの開発に関する国際機関からのガイダンスに依拠している。</p>	2.5.4 p.30 翻訳版 p.37	<p>For future assessments, the IRT recommends taking into account the chemical toxicity aspects of the waste, as well as the chemical risks associated with non-radioactive elements. If these aspects are required by future regulations in Japan, their inclusion would of course be mandatory.</p> <p>将来の評価に向け、IRT は廃棄物の化学的毒性の側面と非放射性元素に関連する化学的リスクを考慮することを推奨する。今後の日本の規制でこれらの側面が要求される場合は、当然ながらそれらを含めることが必須となる。</p>	<p>At present, the specifications for some TRU wastes are limited or incomplete, in particular with regard to chemotoxic components. We plan to extend studies of the risks of radioactive elements to include the identification of toxic chemical substances, and their release and migration characteristics, in cooperation with the reprocessing plant operators who produce this waste. In addition, consideration will be given to trends in domestic and international regulations on hazardous chemical substances and their handling within safety cases in other countries, as well as wider consideration of chemical risk assessment methods.</p> <p>現段階では廃棄物の仕様が決定していない TRU 廃棄物が存在していることなどから、有害化学物質の評価は実施していないが、今後、ガラス固化体および TRU 廃棄物に含まれる非放射性元素の化学的リスクや毒性のある化学物質の特定とその溶出・移行特性について、廃棄物発生者と協力しながら検討を進めていく計画である。また、有害化学物質に関する国内外の規制動向や、諸外国のセーフティケースにおける取り扱い等について考慮するとともに、化学的リスクの評価方法等について検討を進める。</p>
2.5-8	2.5.4 p.30 翻訳版 p.37	<p>For radionuclide migration, as well as for the biosphere model in general, future improvements will mainly be required in the quality or representativity of data and assumptions.</p> <p>放射性核種の移行や、一般的な生活圏モデルについては、データならびに仮定の質や代表性の改善が、今後、主に求められるだろう。</p>	2.5.4 p.30 翻訳版 p.37	<p>It will also be appropriate to extend the analysis of transfers in the biosphere by considering the geochemical mechanisms of reconcentration of chemical forms, for example at an interface between soil horizons or along redox fronts.</p> <p>また、例えば土壌間の界面や酸化還元フロントに沿って、化学形態の再濃縮の地球化学的メカニズムを考慮することにより、生活圏における移行分析を拡張することも適切であろう。</p>	<p>In order to enhance confidence of reliability biosphere assessment, as recommended, NUMO will consider geochemical mechanisms that cause reconcentration of chemical forms at locations such as interfaces between soil horizons or along redox fronts when developing the current biosphere model further.</p> <p>今後、生活圏評価の信頼性向上に向けて、指摘にある土壌間の界面や酸化還元フロントに沿った化学形態の再濃縮に関する地球化学的メカニズムの考慮について、現状の評価モデルへの適用法を検討していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's response to comments NUMO の対応
2.5-9	2.1.1 p.17 翻訳版 p.20	<p>NUMO relies on regulatory requirements published by various national authorities in other countries or guidance from international organisations involved in the development of geological disposal projects, pending the establishment of dedicated regulatory requirements in Japan.</p> <p>日本で DGR に特化した規制要件が確立されるまで、NUMO は、他国の当局が公表した規制要件や、地層処分プロジェクトの開発に関与する国際機関からのガイダンスに依拠している。</p>	2.5.4 p.30 翻訳版 p.37	<p>The potential impact on non-human organisms should also complete the analysis, in particular if an evaluation of impact is required by future legislation.</p> <p>また、分析を完全なものとするには、特に将来、影響の評価が法的に義務付けられた場合、人間以外の生物への潜在的な影響も分析すべきである。</p>	<p>The need for radiological protection of the environment, including non-human species, has been suggested in recommendations by international organisations such as ICRP, but is not specifically addressed in many international safety regulations and the nuclear regulations in Japan. It is thus not considered in the NUMO Safety Case. However, in the future, we will pay close attention to international discussions and national and international regulatory trends regarding impact analyses on non-human biota and introduce such considerations as necessary.</p> <p>人間以外の生物を含む環境に対する放射線防護の必要性については、ICRP などの国際機関の勧告では示唆されているものの、多くの諸外国の安全規制でも具体的に取り扱われていないことから、包括的技術報告書では検討の対象としなかった。今後、人間以外の生物に対する影響評価に関して、国際的な議論や国内外の規制動向を注視し、将来的に規制で求められる可能性のある要件を予察的に想定しながら、必要に応じてその検討を進める。</p>

2.6 Management systems

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.6-1	2.6 p.30 翻訳版 p.37	<p>It is recognised by the IRT as being in line with good practice, including its inherent set of iterations. It is notably aimed at ensuring adequate coupling and maintaining flexibility. Flexibility is seen as a way to adapt the project to site characteristics, to developments in science and technology, and to evolving regulations and societal demands.</p> <p>A major type of input data for this management strategy regards the characteristics and inventory of radioactive waste, for which knowledge will evolve over time.</p> <p>IRT は、NUMO のマネジメントシステムを、内在する反復過程も含め、グッドプラクティスに沿ったものとして認める。特に、適切な連携を確保し、柔軟性を維持することを目的としている点が注目される。柔軟性は、プロジェクトをサイトの特性、科学技術の発展、進化する規制や社会的要求に対応するための方法とみなされる。</p> <p>このマネジメント戦略の主要な入力データのタイプの 1 つは、放射性廃棄物の特性とインベントリに関するものであり、その知識は時間とともに進化する。</p>	2.6 p.30 翻訳版 p.38	<p>The IRT recommends that a system be considered and implemented in order to co-ordinate well with the authorities and producers of radioactive waste the fundamental assumptions on waste inventories on which the whole project is based.</p> <p>IRT は、プロジェクト全体の基礎となっている廃棄物インベントリの根本的な前提条件を規制当局や放射性廃棄物の発生者と適切に調整するためのシステムを検討し、実施することを推奨する。</p>	<p>NUMO has cooperation agreements with the waste producers - Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL), JAEA and electric power companies. Based on these agreements, we discuss with them on how to share information necessary for setting up waste inventories for repository design and safety assessment (e.g., spent fuel reprocessing conditions and quality records during waste package production). We also consider with them how to improve methodologies of waste characterisation and waste package production that contribute to repository safety (e.g., reducing hydrogen gas production associated with radiolysis). We will strength such collaboration further in the future.</p> <p>NUMO needs to explain in detail the rationale and processes for setting the reference waste inventory in the safety cases. We will consider with the government what kind of communication with the regulatory authorities is possible in order to understand their expectations for this.</p> <p>NUMO は、廃棄物発生者である日本原燃および JAEA、電力会社と協力協定を結んでおり、処分場の設計や安全評価の基盤となるインベントリ設定に必要な情報(再処理条件や廃棄体製造時の品質情報等)の共有、廃棄物特性の取得技術や、処分場の安全性向上(例えば放射線分解に伴う水素ガス発生量の低減)に寄与する廃棄体製造技術の開発について議論を行う場を設定している。今後この連携をさらに強化していく。</p> <p>NUMO は、廃棄物インベントリの設定根拠や設定プロセスをセーフティケースにおいて詳細に説明する必要がある。これに対する規制当局の期待事項を把握するため、当局とどのようなコミュニケーションが可能かについて、国と共に検討していく。</p>
2.6-2	3.2 p.37 翻訳版 p.44	<p>The political and social context of the development of geological disposal projects also has its own requirements and dynamics that must be taken into account. Management systems have been put in place to adequately integrate all the information available at any one time and to reproduce the studies and their results. NUMO has set up these systems to allow it to ensure good control of its projects. It will be able to continue its studies in later phases, ensuring adequate quality management.</p> <p>地層処分プロジェクトの開発の政治的および社会的文脈にも、考慮すべき独自の要件とダイナミクスがある。いつでも随時利用可能な情報をすべて適切にまとめ、研究とその結果を再現するための管理システムが整備されている。NUMO は、プロジェクトを適切に管理できるように、これらのシステムを構築しており、今後も後続の段階で研究を続けることにより、適切な品質管理を確保することが可能となろう。</p>	2.6 p.30 翻訳版 p.38	<p>Given the large number of cases studied within the framework of the geological disposal project, and in order to find one's way among the different versions, each with different input data and different results, the IRT recommends that in addition to the requirements management system, NUMO develop a configuration management system.</p> <p>地層処分プロジェクトの枠組みの中で検討されたケースが多いことを踏まえ、また、入力データと結果がそれぞれ異なるさまざまなバージョンの中から道筋を見つけるために、IRT は、要件管理システムに加えて、NUMO が構成管理システムを開発することを推奨する。</p>	<p>A wide range of studies will need to be carried out in response to various conditions in the future, such as changes of waste inventory, updates of the Site Describe Model to reflect the progress of site investigations. We assess impacts on repository design and safety assessment based on this information. To ensure that changes to the safety cases due to these studies are implemented consistently and transparently, and to manage the complexity of handling different versions of input data and resulting output from these studies, we agree with the comment from the IRT that it is necessary to apply a configuration management system. This will be integrated with requirements management, so that evolving case studies can be managed in an integrated manner throughout the entire lifecycle. Therefore, we will continue to study the development of a system suitable for geological disposal projects, referring to examples of the application of configuration management systems in general industry and related nuclear facilities.</p> <p>提言のとおり、今後、廃棄物インベントリ情報の具体化、サイト調査の進捗を反映した地質環境モデルの更新、これらに応じた処分場設計および安全評価の実施など、さまざまな条件に対して多岐にわたる検討を行う必要があり、こうした検討によるセーフティケースの変更が全体にわたって統合的に実施されるようにすることや、検討に用いる一連の入力データと検討結果のバージョン管理等の複雑化に対応するため、ライフサイクル全体を通じてこれらを一体的に管理できるよう、要件管理と併せて構成管理システムの適用が必要であると考えている。そのため、一般産業や関連施設における構成管理システムの適用事例などを参考としつつ、地層処分事業に適したシステム開発に向けた検討を進めていく。</p>

2.7 Research and Development

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.7-1	2.7 p.32 翻訳版 p.39	<p>In the presented documents, NUMO lists a large series of scientific and technological topics that would deserve further R&D; however, relatively little mention on key R&D programme priorities for the next development stage is made.</p> <p>提示された文書の中で NUMO は、さらなる研究開発に値する一連の科学のおよび技術的なトピックの一覧を示しているが、次の開発段階にとって重要な研究開発プログラムの優先順位については、他に比べてほとんど言及されていない。</p>	2.7 p.32 翻訳版 p.39	<p>The R&D programme calls appropriately for the study of alternative materials for engineered barriers, in particular for the reduction of corrosion-induced gas build-up or for cost reasons. The IRT is again of the opinion that sensitivity analyses could help NUMO focus its R&D programme.</p> <p>R&D プログラムでは、特に腐食によって発生するガス蓄積の低減やコスト上の理由から、人工バリアの代替材料の研究を行うことが求められているのは適切である。ここでも IRT は、NUMO の研究開発プログラムの焦点を絞る際、感度解析が役立つ可能性があるという意見である。</p>	<p>To select potential materials for engineered barriers, which is necessary to focus R&D, as mentioned in the response to comment 2.1-4, NUMO agree to specify indicators and criteria that express sufficiency of design requirements based on sensitivity analysis. NUMO will progress these activities.</p> <p>複数の人工バリア候補材料の中から研究開発を重点的に進める材料を選定していく場合、コメント 2.1-4 への回答で述べたように設計要件に対する充足性を表す性能指標を具体化するとともに、これらに対する感度解析を利用していくことについては、提言に賛同する。こうした活動を進めていきたい。</p>
2.7-2	2.3 p.24 翻訳版 p.29	<p>Repository design follows the progressive strategy put in place by NUMO, with development gradually integrating knowledge acquired on site and evaluated through safety assessments. At this stage of NUMO's SDM-based safety case, the design bases stem from achievements of previous studies presented in reports H12 (JNC, 2000a; JNC, 2000b; AEASJ, 2019) and TRU-2 (JAEA, 2007), after having verified that requirements and functions sought are met. They are brought together in a catalogue of options, including innovative solutions developed by NUMO. The design bases are adapted to the three studied geological formations: Plutonic rocks, Neogene sedimentary rocks and Pre- Neogene sedimentary rocks.</p> <p>処分場の設計は NUMO が定める段階的戦略に従い、現場で得た知識と安全評価を漸次的に統合して進められる。NUMO の地質環境モデルに基づくセーフティケースにおけるこの段階では、求めるべき要件と必要機能が満たされていることを確認した上で、報告書 H12 (JNC, 2000a ; JNC, 2000b ; AESJ, 2019) および TRU-2 (JAEA, 2007) で提示された先行研究の成果が設計ベースとなる。これらは、NUMO が開発した革新的なソリューションを含むオプションのカタログにまとめられている。設計ベースは、検討対象とした 3 種類の地質構造である深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類に適合させたものとなっている。</p>	2.7 p.32 翻訳版 p.39	<p>The IRT also suggests that the research explore alternative materials better suited to safe disposal in the geological medium to be studied. An interesting point of the programme concerns the packaging of TRU waste, particularly with regard to gas generation. This aspect, which had also been raised by the IRT, must be the subject of attention for long-term safety.</p> <p>IRT はまた、検討対象の地質媒体中で安全に処分するのに適した代替材料を模索するための研究を行うことを提案する。プログラムにおいては、特にガス発生との関連における TRU 廃棄物のパッケージングに興味深い。この点も IRT がすでに提起しているが、長期的な安全性のため注意する必要がある。</p>	<p>As recommended, especially for the TRU waste package, NUMO recognises the importance of future studies of alternative materials to reduce amount of gas generation and also alternative packaging containers enhancing confinement in the case of gas pressurisation, considering applicability of these for relevant geological environments.</p> <p>For this reason, from the viewpoint of further improvement of safety arguments, NUMO will continue to study alternative materials for primary engineered barriers, backfill, and supplementary materials for construction and operation (such as grouting material), aiming to balance contributions to both operational safety and long-term safety. NUMO will also monitor international trends in this topic.</p> <p>提言のとおり、特に TRU 廃棄物のパッケージ容器に関しては、放射線分解に伴う水素ガス発生量の低減に向けた廃棄体パッケージ内の材料や、ガスの蓄圧に対して閉じ込め性を高めたパッケージ容器の検討などについて、地質環境への適合性に留意して設計オプションを検討することは、今後の重要な課題と認識している。このため、処分場の閉鎖前および閉鎖後長期の両面についてバランスをとりながら、安全性のさらなる向上の観点から、人工バリア材や埋め戻し材のほか、止水グラウト材等の建設・作業時に用いる補助材料を含め、諸外国の動向も注視しながら、オプションとなり得る材料開発を継続していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.7-3	2.3.3 p.26 翻訳版 p.31	<p>An interesting issue addressed by NUMO relates to the arrangement of disposal structures in relation to the possible characteristics of the sites to be studied. NUMO is also developing its capacity in this area, which it will be able to mobilise during the next phases of the geological disposal project.</p> <p>NUMO が対応している興味深い問題の 1 つは、検討対象となるサイトで考えられる特性と関連した処分構造の配置である。NUMO はまた、この分野での能力開発を進めており、地層処分プロジェクトの次の段階で行使することが可能となろう。</p>	2.7 p.32 翻訳版 p.39	<p>From the facility design point of view, the IRT recommends integrating the geological and hydrogeological characteristics of the site into the general architecture of the repository and the design of its various components.</p> <p>施設設計の観点から、IRT では、サイトの地質学および水理地質学的特性を処分場の一般的な構造とそのさまざまなコンポーネントの設計に統合することを推奨する。</p>	<p>The features of design options tailored to the hydrogeological environment were illustrated in the NUMO Safety Case. For example, the PEM has advantages in terms of reducing the risk of erosion of the bentonite buffer in case of water inflow during waste emplacement in the disposal tunnel, while dead-end type disposal tunnels have more flexibility in terms of avoiding highly permeable hydrogeological structures. NUMO will develop the facility design methodology to tailor the various design concepts and their components to the features of geological environment in a more concrete and detailed manner.</p> <p>包括的技術報告書では、例えば、廃棄体定置時の坑道内湧水に対する緩衝材流出リスク低減の観点からは PEM に利点があること、高透水構造の回避という観点ではデッドエンド型の坑道配置が柔軟に対応しやすいといった、水理地質構造に応じた設計オプションの特徴を事例的に整理した。今後、多様な設計概念やこれに基づく構成要素を視野に入れ、地質環境特性の特徴に適合した施設設計の考え方や方法論について、地質環境の特徴がより具体的かつ詳細に反映されたものとして整備を進めていく。</p>
2.7-4	2.3.4 p.26 翻訳版 p.32	<p>The technical provisions intended to ensure the retrievability of disposed waste are taken into account at the design study stage. Retrievability is a practical way to implement the reversibility of some decisions, which is a responsibility of society, including key stakeholders, local communities as well as NUMO. It is important to consider what information might be needed for future decision-making steps, and which stakeholders should be consulted.</p> <p>廃棄物の回収可能性を確保するための技術的準備は、設計検討段階で考慮されている。回収可能性は、決定事項の可逆性を実現するための現実的な方法であり、これは主要なステークホルダー、地域コミュニティ、NUMO を含む社会が持つべき責任の一つである。今後の意思決定にどのような情報が必要で、どのステークホルダーに意見を聞くべきかを検討することが重要である。</p>	2.7 p.32 翻訳版 p.39	<p>Retrievability is also considered; on this issue, the IRT recommends integrating disposal monitoring and following up with relevant parameters in terms of retrievability. The information generated will be able to feed into decision-making in terms of reversibility, an issue that remains to be investigated.</p> <p>回収可能性も考慮されている。これに関して、IRT は、回収可能性の観点から、処分場のモニタリングを統合し、関連パラメータを追跡することを推奨する。そこからの情報を可逆性の観点から意思決定にフィードバックすることができるが、この点は今後検討されるべき残された課題である。</p>	<p>NUMO recognises that monitoring as a means of surveying the conditions of the disposal system can be linked to retrievability, in order to respond if an unacceptable perturbation (i.e., one which exceeds design specification) occurs in the repository before closure. NUMO will develop a monitoring strategy in accordance with the Overall R&D Plan to make clear what information should be monitored to assess key conditions of the repository system. As mentioned to the response to comment 2.3-4, the process of evaluation of the repository performance based on monitoring as part of the decision-making process for process reversal will be discussed with stakeholders during such studies.</p> <p>処分場の閉鎖までに何らかの理由により地層処分システムに許容できない設計の想定範囲を超える事象が発生した場合に対応するため、地層処分システムの状態を監視する手段としてモニタリングを回収可能性と結びつけ、地層処分システムの状態把握や評価を行うためにどのような情報をモニタリングする必要があるかについて、全体計画に沿って戦略的な検討を行っていく。モニタリングに基づく地層処分システムの評価結果を可逆性の意思決定に反映するプロセスについては、コメント 2.3-4 への回答でも述べたように、上記の検討を進めつつ、ステークホルダーの意向も踏まえて検討を行う。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.7-6	2.5.4 p.30 翻訳版 p.36	<p>The set of calculations carried out for different disposal configurations and conditions illustrates the capability of NUMO to adequately represent the system for various conditions, and to carry out the required set of consequence calculations underpinning a safety case. The numerical modelling seems mature enough to simulate site-specific systems, and to consider different disposal configurations and conditions.</p> <p>さまざまな処分場の構成と条件に対して実行された一連の計算結果は、NUMO がさまざまな条件に対してシステムを適切に表現し、セーフティケースを裏付けるため必要な一連の影響を計算する能力を示すものといえる。この数値モデルは十分に成熟したもので、サイトスペシフィックなシステムをシミュレートでき、さまざまな処分場の構成と条件を考慮することができると考えられる。</p>	2.7 p.32 翻訳版 p.40	<p>The IRT recommends a sustained effort be made to validate models and codes intended to evaluate disposal behaviour and performance. This is all the more important since the spatial and temporal scales in question are outside the usual scope, and it is therefore essential to strengthen the confidence of all stakeholders.</p> <p>IRT は、処分場の挙動と性能を評価するためのモデルとコードの検証 (validate) に継続的な努力を払うことを推奨する。この点は、通常の範囲を超える空間的・時間的スケールを踏まえると一層重要であり、したがって、すべてのステークホルダーからの信頼を高めるために不可欠である。</p>	<p>As IRT noted, validation of simulation models and codes is crucially important to build confidence in the safety case. We are developing a systematic methodology of verification and validation, including both testing against observational data and critical expert review. According to the Overall R&D Plan, NUMO will continue to expand verification and validation of simulation models and codes in the future.</p> <p>指摘のとおり、解析モデルおよびコードの検証 (validation) はセーフティケースの信頼性を確保するうえで極めて重要と認識しており、試験データとの比較や専門家のレビューなどを通じた体系的な検証 (verification) および妥当性確認 (validation) の方法論を構築していくことを全体計画に示している。全体計画に沿って、解析モデルとコードの妥当性に関する検討を継続していく。</p>
2.7-7	2.7 p.31 翻訳版 p.39	<p>The IRT notes the Coordination Council on R&D of Geological Disposal between METI, NUMO, JAEA and other R&D organisations. Additionally, the IRT understands that NUMO's primary role is to identify R&D needs and integrate results in the safety case. The expression of R&D needs should be a logical result of the SDM-based safety case.</p> <p>IRT は、経済産業省、NUMO、JAEA および他の研究開発機関が参画する、地層処分研究開発調整会議に注目する。さらに IRT は、NUMO の主な役割は、研究開発のニーズを特定し、結果をセーフティケースに統合することであると理解している。R&D ニーズは、地質環境モデルに基づくセーフティケースの論理的な結果として表現されるべきである。</p>	2.7 p.33 翻訳版 p.40	<p>The five-year R&D plan will terminate shortly. The recommendations resulting from this review could preferably be integrated in a new forthcoming R&D programme.</p> <p>5 カ年の研究開発計画はまもなく終了する。このレビューからの提言が、今後予定されている新たな研究開発プログラムに取り入れられることが望ましい。</p>	<p>With the completion of the Overall R&D Plan for FY 2018-2022, the subsequent Overall R&D Plan for FY 2023-2027 was published on the website of the Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) of the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) in March 2023 (Coordination Council, 2023). In the process of developing the Overall R&D Plan (FY2023-2027) by the Coordinating Council, the recommendations of the NEA Review Report on the NUMO Safety Case published in January 2023 were explicitly considered and acted upon.</p> <p>2018～2022 年度の全体計画の終了にともない、これに続く 2023～2027 年度の全体計画が 2023 年 3 月に経済産業省資源エネルギー庁のホームページに公表された (調整会議、2023)。調整会議によるこの全体計画 (2023～2027 年度) の作成過程においては、2023 年 1 月に公表された包括的技術報告書に対する NEA レビュー報告書の提言についても検討が行われ、適切に反映されている。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
2.7-8	2.7 p.31	<p>The R&D programme for geological disposal in Japan and its funding are established under the leadership of METI. The IRT notes the Coordination Council on R&D of Geological Disposal between METI, NUMO, JAEA and other R&D organisations. Additionally, the IRT understands that NUMO's primary role is to identify R&D needs and integrate results in the safety case. The expression of R&D needs should be a logical result of the SDM-based safety case. In the presented documents, NUMO lists a large series of scientific and technological topics that would deserve further R&D; however, relatively little mention on key R&D programme priorities for the next development stage is made.</p>	2.7 p.33	<p>Moving from a generic safety case to site- and waste-specific safety case(s) would require strong steering by NUMO on R&D priorities and their adequacy. To advise METI on the R&D programme and associated budget, the IRT recommends that NUMO develop an R&D proposal based on the current safety case. Such a proposal should clearly define and substantiate key R&D priorities to inform the next phase of siting and the next safety case.</p>	<p>NUMO identified many important technical issues through the process of developing the Safety Case and discussed their priority for improving confidence of future safety cases at Coordination Council meetings, together with METI and related R&D organisations. The Overall R&D Plan (FY 2018-2022) was revised based on these discussions and NUMO conducted R&D activities on this basis.</p>
	翻訳版 p.38	<p>日本における地層処分の研究開発プログラムとその資金は、経済産業省の主導の下に確立されている。IRT は、経済産業省、NUMO、JAEA および他の研究開発機関が参画する、地層処分研究開発調整会議に注目する。さらに IRT は、NUMO の主な役割は、研究開発のニーズを特定し、結果をセーフティケースに統合することであると理解している。R&D ニーズは、地質環境モデルに基づくセーフティケースの論理的な結果として表現されるべきである。提示された文書の中で NUMO は、さらなる研究開発に値する一連の科学のおよび技術的なトピックの一覧を示しているが、次の開発段階にとって重要な研究開発プログラムの優先順位については、他に比べてほとんど言及されていない。</p>	翻訳版 p.40	<p>ジェネリックなセーフティケースから、それぞれのサイトや廃棄物に特化したセーフティケースに移行するには、NUMO が研究開発の優先事項とその妥当性を率先して決定することが必要だろう。NUMO が、研究開発プログラムと関連予算について METI に助言するため、現行のセーフティケースに基づいて研究開発提案を作成するよう IRT は推奨する。そうした提案では、次の段階のサイト選定と次のセーフティケースに情報を提供するため、主要な研究開発の優先事項を明確に定義し、それを立証すべきである。</p>	<p>While formulating the Overall R&D Plan (FY2023-FY2027), R&D achievements from the previous Overall Plan and recent changes related to progress of the program (e.g., the initiation of the Literature Survey and the Nuclear Regulation Authority's decision on "the Considerations to ensure nuclear safety in the site selection phases for geological disposal") have been taken into account. Necessary R&D topics to address recommendations from the NEA international review have been also included. As recommended by IRT, NUMO will continue the process of identifying key issues within developing safety cases and reflecting these into the Overall R&D Plan via the Coordinating Council. Thus we can appropriately play our implementer role in steering R&D planning in Japan.</p>
					<p>NUMO は、包括的技術報告書の作成過程を通じて今後の技術課題を明示するとともに、調整会議において経済産業省 (METI) および関係研究機関とそれらの優先順位等をセーフティケースの信頼性向上という観点から議論し、全体計画 (2018～2022 年度) を修正しながら技術開発を進めてきた。全体計画 (2023～2027 年度) の策定に当たっては、こうした研究開発の成果や事業環境の変化 (文献調査の開始、原子力規制庁による考慮事項の決定など) を踏まえるとともに、本国際レビューによって示された提言・推奨事項に対応するための研究開発を反映している。提言のとおり、今後も調整会議を通じて、セーフティケースの作成を基軸とした研究開発課題の抽出と全体計画への反映というプロセスを継続し、日本全体の研究開発計画を適切に進めることができるよう実施主体としての役割を果たしていく。</p>

3. Conclusion and recommendations

Summary of key observations and recommendations

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3-1	3.1 p.35 翻訳版 p.42	<p>The IRT recognises that the SDM-based safety case is an adequate iterative way to describe and integrate existing knowledge at various time and space scales. The IRT notes the “more realistic” nature of the SDMs vis-à-vis the previous safety cases for geological disposal in Japan (JNC, 2000a; JAEA, 2007). NUMO has demonstrated its capability and maturity in developing a safety case, including the methodologies and tools that will be used for the assessment at specific sites, which is consistent with international practice.</p> <p>IRT は、地質環境モデルに基づくセーフティケースが、さまざまな時間的・空間的スケールで既存の知識を記述し統合するための適切で反復的な方法であると認識している。IRT は、日本におけるこれまでの地層処分のセーフティケース（JNC, 2000a）（JAEA, 2007）に対して、地質環境モデルは「より現実的」であることを指摘しておく。NUMO は、具体的なサイトでの評価に使用される方法論とツールを含めて、国際的な慣行と整合するセーフティケースの開発能力と成熟度を実証している。</p>	3 p.34 翻訳版 p.41	<p>To continue efforts to further increase its understanding of the systems in order to be able to analyse them.</p> <p>今後もシステムの理解を深め、分析できるように努めていくこと。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.3-2, NUMO will continue to develop numerical models for analyzing processes occurring in the repository, supported by laboratory and in-situ experiments, often in cooperation with related organisations. This will allow us to deepen our understanding of key processes and to reflect these in developing repository designs and safety assessment scenarios. Key issues related to complex processes occurring in the near field are shown below and included in the Overall R&D plan. NUMO will evaluate potential effects of radiolysis for these issues.</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ Improvement of RN release and transport models ・ Improvement of models of interaction / coupling between near field components and processes ・ Further development and assessment of models of gas generation and migration ・ Development of evaluation methods for colloids, organics and microorganisms ・ Development of nitrate impact models. <p>NUMO will develop models of such processes and accumulate required model parameters together with the technology to integrate them in order to more realistically describe the evolution of the near field.</p> <p>NUMO is also currently developing a method to analyze three-dimensional nuclide migration behavior on the large scale extending from underground facilities to the biosphere and continuous refinement of this work is included in the Overall Plan (see the response to comment 2.1-3).</p> <p>コメント 2.3-2 への回答に述べたように、地層処分システムにおいて長期的に発生する諸現象に関する理解を深め、これらを処分場の設計や安全評価シナリオの構築に適切に反映するため、システムの状態変化をより現実的かつ定量的に表現することを目的とした現象解析モデルの高度化を、関係機関と連携しながら室内実験や原位置試験を進めることによって継続する。特に、複雑な現象を取り扱うニアフィールドに関して、以下を対象としたモデル化技術の開発を進めることを全体計画に示しており、着実に進めていく。これらの課題においてはすべて放射線の影響を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄体からの核種溶出モデルの精緻化 ・ バリアシステム材料間の相互作用や連成現象 ・ ガス発生および移行挙動 ・ コロイド・有機物・微生物の影響 ・ 硝酸塩の影響 <p>上記のモデル開発に関連するパラメータの拡充と並行して、これらを適用しニアフィールド全体の変遷を記述するための統合化技術を構築する。</p> <p>また、現在、地下施設から生活圏に至る広域スケールを対象として三次元的な核種移行挙動を解析可能な手法の開発を進めており、今後もその高度化に向けた開発を継続することを全体計画に示している（コメント 2.1-3 への回答参照）。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3-2	2.7 p.31 翻訳版 p.38	<p>The R&D programme for geological disposal in Japan and its funding are established under the leadership of METI. The IRT notes the Coordination Council on R&D of Geological Disposal between METI, NUMO, JAEA and other R&D organisations. Additionally, the IRT understands that NUMO's primary role is to identify R&D needs and integrate results in the safety case. The expression of R&D needs should be a logical result of the SDM-based safety case. In the presented documents, NUMO lists a large series of scientific and technological topics that would deserve further R&D; however, relatively little mention on key R&D programme priorities for the next development stage is made.</p> <p>日本における地層処分の研究開発プログラムとその資金は、経済産業省の主導の下に確立されている。IRT は、経済産業省、NUMO、JAEA および他の研究開発機関が参画する、地層処分研究開発調整会議に注目する。さらに IRT は、NUMO の主な役割は、研究開発のニーズを特定し、結果をセーフティケースに統合することであると理解している。R&D ニーズは、地質環境モデルに基づくセーフティケースの論理的な結果として表現されるべきである。提示された文書の中で NUMO は、さらなる研究開発に値する一連の科学的小および技術的なトピックの一覧を示しているが、次の開発段階にとって重要な研究開発プログラムの優先順位については、他に比べてほとんど言及されていない。</p>	3 p.34 翻訳版 p.41	<p>To reinforce its role as specifier of R&D studies and integrator of the results obtained with the support of specialised research institutions in Japan. To rely on the lessons of the SDM-based safety case to specify R&D needs, prioritise them and submit them to the institutions in charge of conducting studies and research.</p> <p>研究開発課題の特定および日本の専門研究機関の支援を受けて得られた研究開発成果の統合という組織としての役割を強化すること。地質環境モデルに基づくセーフティケースの教訓を活かし、研究開発ニーズを特定し、優先順位を付けて、それを調査研究を担う機関に提出すること。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.7-8, NUMO identified many important technical issues through the process of developing the Safety Case and discussed their priority for improving confidence of future safety cases at Coordination Council meetings, together with METI and related R&D organisations. The Overall R&D Plan (FY 2018-2022) was revised based on these discussions and NUMO conducted R&D activities on this basis. While formulating the Overall R&D Plan (FY2023-FY2027), R&D achievements from the previous Overall Plan and recent changes related to progress of the program (e.g., the initiation of the Literature Survey and the Nuclear Regulation Authority's decision on "the Considerations to ensure nuclear safety in the site selection phases for geological disposal") have been taken into account. Necessary R&D topics to address recommendations from the NEA international review have been also included. As recommended by IRT, NUMO will continue the process of identifying key issues within developing safety cases and reflecting these into the Overall R&D Plan via the Coordinating Council. Thus we can appropriately play our implementer role in steering R&D planning in Japan.</p> <p>コメント 2.7-8 への回答で述べたとおり、NUMO は、包括的技術報告書の作成過程を通じて今後の技術課題を明示するとともに、調整会議において経済産業省 (METI) および関係研究機関とそれらの優先順位等をセーフティケースの信頼性向上という観点から議論し、全体計画 (2018~2022 年度) を修正しながら技術開発を進めてきた。全体計画 (2023~2027 年度) の策定に当たっては、こうした研究開発の成果や事業環境の変化 (文献調査の開始、原子力規制庁による考慮事項の決定など) を踏まえるとともに、本国際レビューによって示された提言・推奨事項に対応するための研究開発を反映している。提言のとおり、今後も調整会議を通じて、セーフティケースの作成を基軸とした研究開発課題の抽出と全体計画への反映というプロセスを継続し、日本全体の研究開発計画を適切に進めることができるよう実施主体としての役割を果たしていく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3-3	3.1 p.34 翻訳版 p.41	<p>NUMO has conducted significant work to produce the SDM-based safety case. This is based on the experience developed over the years from previous safety cases, adequate consideration of foreign practices, extensive R&D, experiments in URLs and NUMO's sustained activities within international bodies.</p> <p>NUMO はこの地質環境モデルに基づくセーフティケース作成のため、多大な作業を行ってきた。これは、これまでのセーフティケースに基づく長年の経験、海外での慣行の十分な検討、広範な研究開発、URL の実験、NUMO の国際機関内での継続的な活動に基づいている。</p>	3 p.34 翻訳版 p.41	<p>To continue its investments in international activities, both with the international bodies, the NEA, IAEA and the EC, and with the organisations abroad working on geological disposal projects.</p> <p>NEA、IAEA、EC などの国際機関、ならびに地層処分プロジェクトに取り組む海外機関の双方との国際活動への積極的参加を継続すること。</p>	<p>International cooperation is an extremely important element in advancing Japan's geological disposal program. NUMO is currently an active participant in most OECD/NEA working groups and expert groups related to radioactive waste disposal. NUMO is also an active member of EDRAM, participating in collaboration activities of the leading national geological disposal implementers. We are also involved in expert meetings and international conferences organised by the IAEA. In addition, joint research and other activities are conducted based on bilateral Cooperation Agreements with overseas implementers and research institutions. This international network enables us to learn from the latest developments in other countries, as well as to share the results of technological development and experiences in dialogue and communication with various stakeholders. We will certainly continue to participate in such international cooperation and activities.</p> <p>国際協力は日本の地層処分計画を進めていくうえで極めて重要な要素である。NUMO は現在、OECD/NEA の放射性廃棄物処分に関連するほとんどの作業部会や専門家グループ、IAEA が開催する専門家会議や国際会議、各国の海外地層処分実施主体により組織されている EDRAM の活動等に積極的に参加している。また、海外実施主体や研究機関との二国間協力協定に基づく共同研究等を実施している。このような国際的なネットワークを構成することにより、諸外国における最新の状況や経験に学ぶとともに、日本の地層処分計画における技術開発の成果やさまざまなステークホルダーとの対話やコミュニケーションにおける経験の共有などを可能としている。今後もこのような国際的な協力、活動への参加を継続する。</p>
3-4	3.3 p.37 翻訳版 p.45	<p>The IRT understands that the NRA is in the process of developing dedicated DGR regulations and would like to emphasise the importance of having a first set of such regulations as early as possible. International experience shows that regulatory requirements can and should evolve as knowledge of disposal increases. With this approach, the first set of regulatory requirements would not need to cover all detailed level requirements related to the DGR safety.</p> <p>International experience shows that a pre-licensing dialogue between the implementer and the nuclear regulatory authority (without compromising the independency of the regulatory authorities) provides the implementer with an understanding of regulatory expectations, and is an important element for successful DGR development.</p> <p>IRT は、NRA が DGR に特化した規制を策定中であることを理解しており、そのような規制の最初のセットを可能な限り早急に作成することの重要性を強調する。国際的な経験は、処分に関する知識の蓄積に伴って規制要件も変化する可能性があり、また、そうあるべきことを示している。このアプローチでは、最初の一連の規制要件は、DGR の安全性に関して詳細なレベルですべてを網羅する必要はない。</p> <p>国際的な経験は、実施主体と原子力規制当局との間における（規制当局の独立性を損なわない）許認可プロセス前の対話によって、実施主体は規制上の期待事項</p>	3 p.34 翻訳版 p.41	<p>To use the NUMO pre-siting SDM-based safety case to guide dialogue with the NRA. The pre-license dialogue's objective is to clarify expectations and steps until formal licensing phases.</p> <p>NUMO の地質環境モデルに基づくサイト選定の前段階におけるセーフティケースを NRA との対話の指針とすること。ライセンス前の対話の目的は、正式なライセンス段階までの期待事項と手続きを明確にすることである。</p>	<p>In August 2022, NRA issued “the Considerations to ensure nuclear safety in the site selection phases for geological disposal”. In creating this NRA guide, METI and NUMO openly exchanged opinions with the NRA, following an invitation from them. We hope that the dialogue between NRA and NUMO will continue and be strengthened in the future, while ensuring that transparency is preserved. In order to enhance dialogue with the NRA, NUMO will actively provide information on how dialogue between regulatory authorities and implementors is implemented at the international level, as well as on the efforts in this area in different countries. Also, NUMO will actively communicate the process of responding to the IRT recommendations on the NUMO Safety Case, particularly in terms of related R&D plans and expected output, so that opinions on these can be obtained from the NRA.</p> <p>原子力規制委員会は 2022 年 8 月に決定した「概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項」の策定過程において、資源エネルギー庁および NUMO を招き、公開の場において意見聴取を実施した。このような透明性を確保した場における規制当局と NUMO との対話が今後とも継続・強化されることを期待している。規制委員会との対話の活性化につながるよう、国際的レベルで議論されている規制当局と実施主体の対話の在り方や各国の取り組みなどに関する情報を積極的に発信するとともに、包括的技術報告書の国際レビューで示されたセーフティケースの改善に関する提言への対応過程や、関連する技術開発計画とそれに基づく成果などを積極的に公開していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
		を理解でき、それが DGR 開発の重要な要素であることを示している。			
3-5	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>Regarding waste inventory and characterisation, the IRT recognises that NUMO works within the boundaries of Japan's Final Disposal Act (METI, 2000 and 2015) and Final Disposal Plan. The IRT notes that the utilised inventory in the safety case dates back to 2008 and is generic in nature.</p> <p>廃棄物インベントリと特性評価に関しては、NUMO の作業は日本の最終処分法（METI, 2000, 2015）および最終処分計画の範囲内であることを IRT は認識している。IRT は、セーフティケースで使用されたインベントリデータは 2008 年に遡り、一般的な性質であることを指摘しておきたい。</p>	3 p.34 翻訳版 p.41	<p>To organise the exchange between waste producers and NUMO in order to refine the data on the characteristics and inventory of radioactive waste to be disposed of in the geological repository. Requested data should also ideally cover potential evolutions of waste inventories and characteristics.</p> <p>地層処分場に処分される放射性廃棄物の特性とインベントリに関するデータを精緻にするために、廃棄物発生者と NUMO の間のやりとりを進めること。理想的には、要求するデータに廃棄物のインベントリと特性の変化の可能性も含める。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.6-1, NUMO has cooperation agreements with the waste producers - Japan Nuclear Fuel Limited (JNFL), JAEA and electric power companies. Based on these agreements, we discuss with them on how to share information necessary for setting up waste inventories for repository design and safety assessment (e.g., spent fuel reprocessing conditions and quality records during waste package production). We also consider with them how to improve methodologies of waste characterisation and waste package production that contribute to repository safety (e.g., reducing hydrogen gas production associated with radiolysis). We will strength such collaboration further in the future.</p> <p>コメント 2.6-1 への回答において述べたとおり、NUMO は、廃棄物発生者である日本原燃および JAEA、電力会社と協力協定を結んでおり、処分場の設計や安全評価の基盤となるインベントリ設定に必要な情報（再処理条件や廃棄体製造時の品質情報等）の共有、廃棄物特性の取得技術や、処分場の安全性向上（例えば放射線分解に伴う水素ガス発生量の低減）に寄与する廃棄体製造技術の開発について議論を行う場を設定している。今後この連携をさらに強化していく。</p>
3-6	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>Based on international experience, a national framework including stepwise licensing and clear roles for different organisations is a prerequisite for the successful implementation of a DGR.</p> <p>国際的な経験に基づけば、DGR の実施を首尾よく進めるには、段階的な許認可プロセスやさまざまな組織の役割の明確化を含む国内の枠組み作りが前提条件となる。</p>	3 p.34 翻訳版 p.41	<p>To consider, for the next phase of site selection, an international peer review (such as an IAEA Artemis mission) focused on the overall program and regulatory framework of the DGR, which is useful to support the successful development of the DGR.</p> <p>次のサイト選定段階では、DGR の全体的なプログラムと規制の枠組みに焦点を当てた国際ピアレビュー（IAEA Artemis ミッションなど）を検討すること。それが DGR の開発支援に役立つであろう。</p>	<p>We recognise the value of the suggestion of an international peer review (such as an IAEA Artemis) focusing on the overall DGR programme. This would include R&D frameworks covered by the Coordination Council (as described in the response to the comment 2.7-8), regulatory frameworks and roles of related agencies. We will discuss this further with METI in the future.</p> <p>包括的技術報告書のようなセーフティケースへのピアレビューだけでなく、コメント 2.7-8 への回答で述べたような調整会議を介した研究開発や規制の枠組み、関係する機関の役割なども含めた国全体のプログラムに対する国際的なピアレビュー（IAEA の ARTEMIS など）の有益性については貴重な助言と受け止め、具体的な対応については今後、経済産業省と議論していく。</p>

3.1 General

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.1-1	3.1 p.35 翻訳版 p.42	<p>The IRT recognises that NUMO has compiled a sufficiently comprehensive safety case for the current programme stage.</p> <p>IRT は、NUMO が現在のプログラム段階で十分に包括的なセーフティケースを作成したことを認める。</p>	3.1 p.35 翻訳版 p.42	<p>Given the large uncertainties associated with the basis for NUMO's SDM-based safety case, including fundamental programme uncertainties related to the waste inventory and regulatory requirements, the IRT also considers that NUMO's programme development could benefit from extending its safety case with additional sensitivity studies. Such studies could, for example, cover a range of inventories, different levels of requirements, data ranges of site properties such as rock permeability, or variation of technical specification like engineered barrier thicknesses. Such an approach, used in other countries in the framework of pre-licensing studies, would be an effective way to illustrate the flexibility and the robustness of the proposed geological disposal concepts and of the methodology used in the safety case.</p> <p>廃棄物インベントリや規制要件に関する基本的なプログラムの不確実性など、NUMO の地質環境モデルに基づくセーフティケースの土台に関連する大きな不確実性を踏まえ、IRT は、NUMO のプログラム開発にとって感度解析を加えたセーフティケースへと拡張することも有益と考える。そのような研究では例えば、インベントリの幅やさまざまなレベルの要件、岩盤の透水性といったサイト特性データの範囲、人工バリアの厚さといった技術仕様などがカバーされる。許認可プロセス前における検討の枠組みにおいて他国で使用されているこのようなアプローチは、提案されている地層処分の概念とセーフティケースで使用される方法の柔軟性と頑健性を説明する、効果的な方法であろう。</p>	<p>Based on the experience gained during the development of the NUMO Safety Case, as IRT noted, it is recognised that future safety cases should include a range of sensitivity analyses. These will help understand the impacts of the possible range of waste inventories, geological environmental characteristics (such as permeability of the rock that can have a significant impact on radionuclide migration), and engineered barrier specifications on performance of the geological disposal system as a whole, or of individual components of this. Such studies will demonstrate flexibility and robustness regarding the concept of geological disposal and the methodology used in the safety case and we will continue to develop the technical basis for this purpose.</p> <p>Therefore, we will continue to study indicators that can evaluate the performance of each component in terms of the safety function of the overall system (as described in the response to comment 2.1-4) and to develop analytical models that can more realistically evaluate system performance without excessive conservatism (as described in the response to comment 2.3-2).</p> <p>包括的技術報告書で示したセーフティケース構築のアプローチを基に、今後のセーフティケースにおいては、指摘にあるとおり、廃棄物インベントリ、岩盤の透水性など核種移行特性に大きな影響をもつ地質環境特性、人工バリアの仕様などに関する想定し得る幅が地層処分システム全体あるいは各構成要素の性能に与える影響を把握する感度解析を実施することによって、地層処分の概念とセーフティケースで使用する方法論に関する柔軟性と頑健性を示していく。このための技術基盤の整備を進めていく。このため、コメント 2.1-4 への回答に示した、システム全体の安全機能に関わる各構成要素の機能を評価できる指標の検討、コメント 2.3-2 への回答で述べた、システムや過度な保守性を排除し、システムの性能をより現実的に評価できる解析モデルの開発を継続していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.1-2	3.1 p.35 翻訳版 p.42	<p>The IRT recognises that the SDM-based safety case is an adequate iterative way to describe and integrate existing knowledge at various time and space scales. The IRT notes the “more realistic” nature of the SDMs vis-à-vis the previous safety cases for geological disposal in Japan (JNC, 2000a; JAEA, 2007). NUMO has demonstrated its capability and maturity in developing a safety case, including the methodologies and tools that will be used for the assessment at specific sites, which is consistent with international practice.</p> <p>IRT は、地質環境モデルに基づくセーフティケースが、さまざまな時間的・空間的スケールで既存の知識を記述し統合するための適切で反復的な方法であると認識している。IRT は、日本におけるこれまでの地層処分のセーフティケース（JNC, 2000a）（JAEA, 2007）に対して、地質環境モデルは「より現実的」であることを指摘しておく。NUMO は、具体的なサイトでの評価に使用される方法論とツールを含めて、国際的な慣行と整合するセーフティケースの開発能力と成熟度を実証している。</p>	3.1 p.35 翻訳版 p.42	<p>The IRT's recommendation to NUMO is to continue its efforts and further increase its understanding of the systems in order to be able to analyse repository performance to an adequate level for future decision-making. To do this, NUMO should have access to key capabilities nationally and continue to draw on the potential of international collaboration. The IRT encourages NUMO to continue its investments in international activities, both with the reference bodies represented by the NEA and the IAEA and with organisations abroad working with geological disposal projects.</p> <p>IRT は NUMO に、将来の意思決定を行ううえで十分なレベルまで処分場の性能を分析できるよう、その努力を継続し、システムの理解をさらに深めるよう勧告する。そのためには、NUMO が国内の主要な能力にアクセスし、国際協力の潜在的な能力を引き続き活用できるようにすることが必要である。IRT は、NEA や IAEA に代表される国際機関や地層処分プロジェクトに取り組んでいる海外機関の双方との国際活動への積極的参加を継続するよう、NUMO に勧告する。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 3-1, NUMO will continue to develop numerical models for analyzing processes occurring in the repository, supported by laboratory and in-situ experiments, often in cooperation with related organisations. This will allow us to deepen our understanding of key processes and to reflect these in developing repository designs and safety assessment scenarios. Key issues related to complex processes occurring in the near field are included in the Overall R&D plan.</p> <p>For this, as IRT noted, international cooperation is extremely important. As mentioned in the response to comment 3-3, NUMO is currently an active participant in most OECD/NEA working groups and expert groups related to radioactive waste disposal. NUMO is also an active member of EDRAM, participating in collaboration activities of the leading national geological disposal implementers. We are also involved in expert meetings and international conferences organised by the IAEA. In addition, joint research and other activities are conducted based on bilateral Cooperation Agreements with overseas implementers and research institutions. This international network enables us to learn from the latest developments in other countries, as well as to share the results of technological development and experiences in dialogue and communication with various stakeholders. We will certainly continue to participate in such international cooperation and activities.</p> <p>コメント 3-1 への回答で述べたように、地層処分システムにおいて長期的に発生する諸現象に関する理解を深め、これらを処分場の設計や安全評価シナリオの構築に適切に反映するため、システムの状態変化をより現実的かつ定量的に表現することを目的とした現象解析モデルの高度化を、関係機関と連携しながら室内実験や原位置試験を進めることによって継続する。特に、複雑な現象を取り扱うニアフィールドに関して、モデル化技術の開発を進めることを全体計画に示しており、着実に進めていく。</p> <p>そのために、ご指摘のとおり国際協力は極めて重要である。コメント 3-3 への回答で述べたとおり、NUMO は現在、OECD/NEA の放射性廃棄物処分に関連するほとんどの作業部会や専門家グループ、IAEA が開催する専門家会議や国際会議、各国の海外地層処分実施主体により組織されている EDRAM の活動等に積極的に参加している。また、海外実施主体や研究機関との二国間協力協定に基づく共同研究等を実施している。このような国際的なネットワークを構成することにより、諸外国における最新の状況や経験に学ぶとともに、日本の地層処分計画における技術開発の成果やさまざまなステークホルダーとの対話やコミュニケーションにおける経験の共有などを可能としている。今後もこのような国際的な協力、活動への参加を継続する。</p>

3.3 Key points related to the safety case framework

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.3-1	3.3 p.37	<p>The IRT understands that the NRA is in the process of developing dedicated DGR regulations and would like to emphasise the importance of having a first set of such regulations as early as possible. International experience shows that regulatory requirements can and should evolve as knowledge of disposal increases. With this approach, the first set of regulatory requirements would not need to cover all detailed level requirements related to the DGR safety.</p> <p>International experience shows that a pre-licensing dialogue between the implementer and the nuclear regulatory authority (without compromising the independency of the regulatory authorities) provides the implementer with an understanding of regulatory expectations, and is an important element for successful DGR development.</p>	3.3 p.38	<p>The IRT recommends that NUMO proactively engage with the necessary organisations for the establishment of a pre-licensing dialogue with the regulator based on the current safety case. Such exchanges prior to the development of the successive safety cases would reduce the risk of NUMO's future work deviating from the regulator's expectations.</p>	<p>As mentioned in the response to comment 3-4, in August 2022, NRA issued “the Considerations to ensure nuclear safety in the site selection phases for geological disposal”. In creating this NRA guide, METI and NUMO openly exchanged opinions with the NRA, following an invitation from them. We hope that the dialogue between NRA and NUMO will continue and be strengthened in the future, while ensuring that transparency is preserved. In order to enhance dialogue with the NRA, NUMO will actively provide information on how dialogue between regulatory authorities and implementors is implemented at the international level, as well as on the efforts in this area in different countries. Also, NUMO will actively communicate the process of responding to the IRT recommendations on the NUMO Safety Case, particularly in terms of related R&D plans and expected output, so that opinions on these can be obtained from the NRA.</p>
	翻訳版 p.45	<p>IRT は、NRA が DGR に特化した規制を策定中であることを理解しており、そのような規制の最初のセットを可能な限り早急に作成することの重要性を強調する。国際的な経験は、処分に関する知識の蓄積に伴って規制要件も変化する可能性があり、また、そうあるべきことを示している。このアプローチでは、最初の一連の規制要件は、DGR の安全性に関して詳細なレベルですべてを網羅する必要はない。</p> <p>国際的な経験は、実施主体と原子力規制当局との間における（規制当局の独立性を損なわない）許認可プロセス前の対話によって、実施主体は規制上の期待事項を理解でき、それが DGR 開発の重要な要素であることを示している。</p>	翻訳版 p.45	<p>IRT は、NUMO が現行のセーフティケースを土台として規制当局との許認可プロセス前の対話を確立するために必要な組織に積極的に働きかけるよう推奨する。後続のセーフティケースを開発する前にそのような交流を行うことで、NUMO の作業が将来、規制当局の期待から逸脱した方向に向かうリスクを減らすことができる。</p>	<p>コメント 3-4 への回答で述べたように、原子力規制委員会は 2022 年 8 月に決定した「概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項」の策定過程において、資源エネルギー庁および NUMO を招き、公開の場において意見聴取を実施した。このような透明性を確保した場における規制当局と NUMO との対話が今後とも継続・強化されることを期待している。規制委員会との対話の活性化につながるよう、国際的レベルで議論されている規制当局と実施主体の対話の在り方や各国の取り組みなどに関する情報を積極的に発信するとともに、包括的技術報告書の国際レビューで示されたセーフティケースの改善に関する提言への対応過程や、関連する技術開発計画とそれに基づく成果などを積極的に公開していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.3-2	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>Regarding waste inventory and characterisation, the IRT recognises that NUMO works within the boundaries of Japan's Final Disposal Act (METI, 2000 and 2015) and Final Disposal Plan. The IRT notes that the utilised inventory in the safety case dates back to 2008 and is generic in nature.</p> <p>廃棄物インベントリと特性評価に関しては、NUMO の作業は日本の最終処分法（METI, 2000, 2015）および最終処分計画の範囲内であることを IRT は認識している。IRT は、セーフティケースで使用されたインベントリデータは 2008 年に遡り、一般的な性質であることを指摘しておきたい。</p>	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>The IRT recommends that this be updated, taking into consideration the full spectrum of current waste inventory and possible future waste from different streams.</p> <p>IRT は、現行の廃棄物インベントリの全範囲と、さまざまな発生源からの将来の廃棄物の可能性を考慮して、これを更新することを推奨する。</p>	<p>NUMO will design a DGR that can accommodate the required volumes of the specified wastes, which are currently more than 40,000 canisters of HLW (vitrified waste) and more than 19,000m³ of TRU waste, defined by the Designated Radioactive Waste Final Disposal Plan (hereinafter "Final Disposal Plan"). Regarding the details of the waste inventory and its characteristics (as indicated in the responses to comments 2.1-2 and 2.3-1), NUMO promotes information exchange with the reprocessing operators and waste producers in order to further develop methodologies for estimation of inventories and will improve our knowledge base by making it more realistic. NUMO will also examine the possibility of changes in waste inventories and specific waste characteristics that could result from plans for the future use of nuclear power.</p> <p>「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」（以下、「最終処分計画」という）に示される廃棄物の種類と求められる処分能力（現行はガラス固化体 40,000 本以上、TRU 廃棄物 19,000m³ 以上）を満たす処分施設を設計するが、廃棄物インベントリやその特性の詳細に関しては、コメント 2.1-2 および 2.3-1 への回答に示したとおり、廃棄物発生者との情報交換やインベントリ推定のための方法論の開発を進め、より現実に即したものとなるよう知識基盤を改善していく。また、将来の原子力利用によって想定される廃棄物インベントリや特性の変化などの可能性についても検討を行う。</p>
3.3-3	3.2 p.37 翻訳版 p.44	<p>Numerous studies in support of the safety demonstration, and the resulting models, illustrate NUMO's ability to represent geological disposal and to describe and analyse its possible evolutions. Here again, the limitations of the exercise are due to its generic nature. This results in high levels of uncertainty: however, many of these will be gradually reduced over the successive phases of investigation. Phenomena considered non-determining at this stage can be analysed during the later phases of the development of the geological disposal project. In addition, certain aspects need to be clarified independent of site data. These are related specifically to the regulatory requirements and the inventory data of the waste that will have to be disposed of. As the implementer and considering its experience, NUMO has an important role in analysing and specifying these needs and informing the authorities and waste generators, which will have to establish requirements and specify waste inventories.</p> <p>安全を示すための多くの研究とその結果としてのモデルは、NUMO が地層処分を表現し、その想定し得る変遷について説明および分析する能力を示すものである。ここでも、こうした作業は、一般的な性質であることによって制約される。結果として不確実性は高まるが、調査の段階が継続的に進行するにつれ不確実性は徐々に減少する。この段階では不確定なものとみなされる現象も、地層処分プロジェクト開発の後の段階で分析することができる。また、サイトのデータとは無関係に、明確にすべき側面が存在する。これら</p>	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>The IRT also recommends that NUMO carry out sensitivity studies regarding the consequences of potential evolutions in the inventory in terms of e.g. design, safety and disposability. This will make it possible to identify the areas where uncertainty needs to be reduced most and to test the robustness and the flexibility of the safety case methodology, design options and repository capacity. Such sensitivity studies would also foster a dialogue with the waste producers (i.e. the JNFL, JAEA and utility companies in NUMO's case) regarding the optimisation and disposability of potential waste types to be disposed of by NUMO. Such exploratory analyses would also be useful in specifying the limits of inventories to be retained for future geological disposal studies.</p> <p>IRT はまた、NUMO が設計、安全性、処分の可能性などの観点から、インベントリが変化した場合の結果について感度解析を実施することを推奨する。これにより、不確実性を最も低減する必要がある領域を特定し、セーフティケースの方法論、設計オプション、処分場の容量に関する頑健性と柔軟性をテストすることが可能になる。このような感度解析は、NUMO が処分する可能性のある廃棄物の種類の最適化と処分可能性について、廃棄物発生者（すなわち、NUMO の場合、JNFL、JAEA、電力会社）との対話を促進することになる。そうした探索的分析は、将来の地層処分研究のために保持されるインベントリの範囲を特定するのに有用である。</p>	<p>As noted in the response to comment 2.1-2 and 3.1-1, and as recommended by IRT, future safety cases will include sensitivity analyses on the impacts of inventory changes on the design, safety and practicality of implementation of the repository system. This will allow us to identify areas where uncertainty needs to be reduced the most. It would also provide input for the robustness and flexibility of the methodologies and design options used to develop future safety cases, as well as with respect to repository capacity.</p> <p>In addition, NUMO will further promote collaboration with waste producers to develop optimisation of future waste management and establish waste acceptance criteria based on such sensitivity analyses.</p> <p>コメント 2.1-2 および 3.1-1 への回答でも述べたように、今後作成するセーフティケースでは、提言にあるようにインベントリの変化が地層処分システムの設計や安全性、処分可能性に与える影響について感度解析を実施し、不確実性を最も低減する必要がある領域を明らかにするとともに、セーフティケースを作成するために用いる方法論や設計オプション、処分場の容量に関する頑健性と柔軟性について検討を行う。また、感度解析に基づいて、想定される廃棄物の最適化や廃棄体受入基準の設定などに関する廃棄体発生者との協働をさらに促進していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
		<p>は、特に規制要件と処分する必要がある廃棄物のインベントリデータに関連する。NUMO は実施主体として、また、その経験からも、これらのニーズを分析して特定し、要件を確立するとともに廃棄物インベントリを特定する義務を負う当局や廃棄物発生者に通知するという重要な役割を持つ。</p>			
3.3-4	<p>3.2 p.37</p> <p>翻訳版 p.45</p>	<p>Having reviewed the various points necessary for the realisation of geological disposal of radioactive waste, and taking into account the geological context of Japan, the IRT considers that elements of its feasibility have been demonstrated. The fact remains that many studies are still necessary for the next steps, in particular according to the characteristics of the sites that will be considered. NUMO has demonstrated its ability to fulfil such a mission.</p> <p>IRT は、放射性廃棄物の地層処分の実現に必要なさまざまな点をレビューし、日本の地質学的背景を考慮した上で、その実現可能性の要素が実証されたと考える。ただし、特に候補サイトの特性に応じて、次のステップに向け、多くの研究が必要であるという事実には変わりはない。NUMO はそのような使命を果たすための能力を実証した。</p>	<p>3.3 p.38</p> <p>翻訳版 p.46</p>	<p>Moving from a generic safety case to site- and waste-specific safety case(s) would require strong steering from NUMO on R&D priorities. The IRT recommends that NUMO develop an R&D proposal based on the current safety case in order to advise METI on the nationwide R&D programme for DGRs. Such a proposal should clearly define and substantiate key R&D priorities to inform the next phase of siting and the next safety case. According to international experience, an implementer (in this case, NUMO) should indeed have a major responsibility in defining and steering the R&D for geological disposal.</p> <p>ジェネリックなセーフティケースから、それぞれのサイトや廃棄物に特化したセーフティケースに移行するには、NUMO が研究開発の優先事項を率先して決定することが必要だろう。IRT は、NUMO が経済産業省に DGR に関する日本全体の研究開発プログラムについて助言できるよう、現行のセーフティケースに基づいて研究開発提案を作成することを推奨する。そうした提案では、次の段階のサイト選定と次のセーフティケースに情報を提供するために、主要な研究開発の優先事項を明確に定義し、それを立証すべきである。国際的な実績によれば、地層処分のための研究開発を定義し、運営する上で主要な責任を負うのは実施主体（この場合は NUMO）である。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.7-8, NUMO identified many important technical issues through the process of developing the Safety Case and discussed their priority for improving confidence of future safety cases at Coordination Council meetings, together with METI and related R&D organisations. The Overall R&D Plan (FY 2018-2022) was revised based on these discussions and NUMO conducted R&D activities on this basis. While formulating the Overall R&D Plan (FY2023-FY2027), R&D achievements from the previous Overall Plan and recent changes related to progress of the program (e.g., the initiation of the Literature Survey and the Nuclear Regulation Authority's decision on "the Considerations to ensure nuclear safety in the site selection phases for geological disposal") have been taken into account. Necessary R&D topics to address recommendations from the NEA international review have been also included. As recommended by IRT, NUMO will continue the process of identifying key issues within developing safety cases and reflecting these into the Overall R&D Plan via the Coordinating Council. Thus, we can appropriately play our implementer role in steering R&D planning in Japan.</p> <p>コメント 2.7-8 への回答に述べたとおり、NUMO は、包括的技術報告書の作成過程を通じて今後の技術課題を明示するとともに、調整会議において経済産業省（METI）および関係研究機関とそれらの優先順位等をセーフティケースの信頼性向上という観点から議論し、全体計画（2018～2022 年度）を修正しながら技術開発を進めてきた。全体計画（2023～2027 年度）の策定に当たっては、こうした研究開発の成果や事業環境の変化（文献調査の開始、原子力規制庁による考慮事項の決定など）を踏まえるとともに、本国際レビューによって示された提言・推奨事項に対応するための研究開発を反映している。提言のとおり、今後も調整会議を通じて、セーフティケースの作成を基軸とした研究開発課題の抽出と全体計画への反映というプロセスを継続し、日本全体の研究開発計画を適切に進めることができるよう実施主体としての役割を果たしていく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.3-5	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>Based on international experience, a national framework including stepwise licensing and clear roles for different organisations is a prerequisite for the successful implementation of a DGR.</p> <p>国際的な経験に基づけば、DGR の実施を首尾よく進めるには、段階的な許認可プロセスやさまざまな組織の役割の明確化を含む国内の枠組み作りが前提条件となる。</p>	3.3 p.38 翻訳版 p.46	<p>The IRT focused its peer review work on NUMO's generic safety case, but observed the above-mentioned elements of the national framework that might need enhancement. To further evaluate these aspects, the IRT also notes that an international peer review (such as an IAEA Artemis mission) focused on the overall DGR programme and regulatory framework would be useful and would support the successful development of the DGR.</p> <p>IRT は、NUMO のジェネリックなセーフティケースに焦点を絞ってピアレビューを行ったが、上述の通り、強化が必要となる可能性のある国家的枠組みの要素についても見解を示した。これらの側面をさらに評価するために、DGR プログラム全体と規制枠組みに焦点を当てた国際的なピアレビュー (IAEA の ARTEMIS など) が有益であり、DGR の開発に寄与すると思われることを IRT は指摘したい。</p>	<p>We recognise the value of the suggestion of an international peer review (such as an IAEA Artemis) focusing on the overall DGR programme. This would include R&D frameworks covered by the Coordination Council (as described in the response to the comment 2.7-8), regulatory frameworks and roles of related agencies. We will discuss this further with METI in the future.</p> <p>包括的技術報告書のようなセーフティケースへのピアレビューだけでなく、コメント 2.7-8 への回答で述べたような調整会議を介した研究開発や規制の枠組み、関係する機関の役割なども含めた国全体のプログラムに対する国際的なピアレビュー (IAEA の ARTEMIS など) の有益性については貴重な助言と受け止め、具体的な対応については今後、経済産業省と議論していく。</p>

3.4 Technical recommendations to NUMO

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-1	3.4 p.39 翻訳版 p.47	<p>NUMO has carried out an in-depth analysis of the safety-related functions expected for a geological repository.</p> <p>NUMO は、地層処分場に求められる安全機能の詳細な分析を行ってきた。</p>	3.4 p.39 p.39 翻訳版 p.47 翻訳版 p.47	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Safety-related functions expected for a geological repository: for future phases, where possible, to match the safety functions with quantitative performance indicators and, when possible, with criteria for acceptable performance.</p> <p>(In the text)</p> <p>NUMO has carried out an in-depth analysis of the safety-related functions expected for a geological repository. For future phases, the IRT recommends, where possible, matching the safety functions with quantitative performance indicators and criteria for acceptable performance.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>地層処分場に求められる安全機能：将来の段階では、可能な限り、安全機能を定量的な性能指標と一致させ、可能な場合は、許容可能な性能基準と一致させる。</p> <p>(本文)</p> <p>NUMO は、地層処分場に求められる安全機能の詳細な分析を行ってきた。将来の段階では、可能な限り、安全機能を定量的な性能指標ならびに許容可能な性能基準と一致させることを IRT は推奨する。</p>	<p>As mentioned in the response to Comment 2.1-4, in the future, consistent with the recommendations from IRT, NUMO will consider performance indicators that can more efficiently evaluate the functions of each component contributing to the safety of the entire geological disposal system. For example, we will study application and establishment of target values for indicators of rock properties that have a significant impact on the containment function of the host rock (e.g., permeability, chemical composition of ground water), performance indicators associated with components of the engineered barrier system (e.g., lifetime of overpack or container of TRU wastes), and site characteristics such as travel time from the waste package to the biosphere as a function of the layout of underground facilities. These studies are described in the Overall R&D Plan.</p> <p>コメント 2.1-4 への回答に述べたように、提言に沿って、今後は地層処分システム全体の安全機能に関わる各構成要素の機能をより効率的に評価できる指標について検討していく。具体的には、例えば、母岩の閉じ込め性能に影響が大きい岩盤特性（透水性、地下水水質）、人工バリア構成要素に対する個別の設計要件に応じた性能指標（例えば金属容器の寿命）、地下施設の配置に応じた廃棄体から生活圏へのトラベルタイムといった定量的な指標の適用とその目標値の設定を検討していく。目標値の設定に当たっては、これらが処分システム全体の性能に与える影響について併せて検討を行う。</p>
3.4-2	2.2 p.20 翻訳版 p.47	<p>It is worth noting that one of the objectives of the Preliminary and Detailed Investigations stages is to iteratively improve state-of-the-art knowledge for the relevant scientific disciplines and related technologies so that the site suitability will be ensured for operational and post-closure safety, based on a tailored design of the repository. It is meant to reduce the residual uncertainties through the implementation process, guaranteeing efficiency and cost-effectiveness. NUMO's approach to integrating current geoscientific knowledge into a model of the host rock and its geological environment is traceable, well-documented and well-illustrated.</p> <p>概要調査および精密調査段階の目的の 1 つは、処分場のカスタマイズされた設計に基づき、操業時および閉鎖後の安全を確保するためにサイトの適性を確認することができるよう、関連する科学分野および技術の最新知識を反復的に改善することである。この点は注目に値する。これは、実施プロセスを通じて残余の不確実性を低減し、効率性と費用対効果を保証しようとするものである。現在の地球科学的知識を母岩とその地質環境のモデルに統合する NUMO のアプローチは、追跡可能で、十分に文書化され、説明されている。</p>	3.4 p.39 翻訳版 p.47	<p>The IRT encourages NUMO to continue using the SDM approach to iteratively integrate geoscientific knowledge as it is acquired during the different stages of the site-selection process. Such an approach will ensure a coherent and multidisciplinary description of the different volunteer sites.</p> <p>IRT は NUMO に対し、地質環境モデルを用いるアプローチを継続して、サイト選定プロセスのさまざまな段階で地球科学知識を取得するたびに反復的にそれを統合することを推奨する。そのようなアプローチは、さまざまな応募サイトを通じて一貫性のある学際的な説明を可能にすると思われる。</p>	<p>Based on the developed generic SDMs for three rock types, which are widely distributed at relevant depths in Japan, these SDMs will be continuously improved to reflect the latest scientific knowledge. This provides a basis for site specific SDMs to be developed by iterating synthesis of specific site information obtained during characterization during the stepwise site-selection process, as describing in Chapters 2 and 7 of the NUMO Safety Case. Such structured procedures are applicable to all volunteer sites, and so are consistent with IRT recommendations.</p> <p>包括的技術報告書の第 2 章および 7 章に示しているように、わが国の地下深部に広く分布する 3 つの岩種に対して開発したジェネリックな地質環境モデルを基盤として、それらを継続的に最新の科学的知識を適用してより精緻なものとしていくとともに、特定サイトに対する調査の進展に応じて、各段階で得られる情報を反復的に統合してサイト・スペシフィックな地質環境モデルを構築していく。こうした進め方はさまざまな応募サイトに対して一貫して適用可能なものであり、提言で示されたアプローチと一致している。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-3	3.2 p.36	Though appropriate at this stage of DGR development, the SDMs remain generic in nature; the introduced conservativeness and arbitrary choices may therefore obscure specific rock characteristics. Future challenges include ensuring the capacity of sites located in the territory of voluntary municipalities to provide the key safety functions: namely, according to NUMO terminology, isolation and containment. With the knowledge already available, NUMO is able to mobilise teams capable of pursuing increasingly detailed site investigations and assessments. It is also able to specify the needs for additional knowledge on the sites, in particular through performance and safety assessments of individual sites. The IRT considers that, at this stage, the tools and technologies for field data acquisition and for their processing are available.	3.4 p.39	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Capacity of the geological medium to provide an appropriate delay of radionuclide transport: to be taken into account more specifically during site evaluations. This may prove to be a discriminating criterion in the event several volunteer communities arise.</p> <p>(In the text)</p> <p>The capacity of the geological medium to provide an appropriate delay of radionuclide transport will have to be taken into account in more detail during site-specific evaluations, and this may prove to be a discriminating criterion.</p>	As mentioned in the response to comment 2.1-3, because no site has been identified at this stage, we focus on a repository design that can be flexibly adapted to a wide range of geological environments. Thus, in the NUMO Safety Case, we demonstrated the feasibility of a geological disposal system by considering geosphere containment performance conservatively, due to large uncertainties in this at the present time. However, as the IRT points out, the nuclide migration characteristics of the geosphere from the host rock around the repository to the biosphere could be a decisive factor in determining the suitability of a site. Therefore, after the site is specified, especially in the Preliminary Investigation and later stages, NUMO will investigate and evaluate key nuclide migration characteristics of the geosphere, including the uncertainties associated with them. NUMO is currently developing a method to analyze three-dimensional nuclide migration behavior on the large scale extending from underground facilities to the biosphere and continuous refinement of this work is included in the Overall Plan.
	翻訳版 p.43	DGR 開発のこの段階では適切とはいえ、地質環境モデルが一般的な性質のものであることには変わりはなく、保守的な設定と任意性のある恣意的な選択によって、特定の岩盤特性をわかりにくくする可能性がある。将来の課題としては、応募してきた自治体地域に位置するサイトが、主要な安全機能、すなわち、NUMO の用語によれば、「隔離」と「閉じ込め」を提供できることを検証することが含まれる。NUMO は、すでに入手可能な知識を活用して、より詳細なサイトの調査と評価を行うことができるチームを動員できる。また、特に個々のサイトの性能と安全評価を通じて、サイトに関する追加知識の必要性を特定することもできる。IRT は、この段階で、フィールドデータの取得とその処理のためのツールと技術が利用可能であると考えている。	翻訳版 p.47	<p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>核種移行を適切に遅延させる地質媒体の能力：サイト評価の際、より具体的に考慮する。複数の地域が応募する場合、この点が判別基準になる可能性がある。</p>	コメント 2.1-3 への回答で述べたとおり、サイトが特定されていない現段階では、幅広い地質環境に柔軟に対応できる処分場設計を志向し、包括的技術報告書においては、不確実性の高い地下施設周辺の母岩から生活圏に至る地圏領域における閉じ込め性能を保守的に考慮せずに地層処分システムの成立性を示した。しかし、ご指摘の通り、サイト選定時には地下施設周辺の母岩から生活圏に至る地圏領域の核種移行特性がサイトの適性を判断するうえで決定的な要因となる可能性がある。このため、サイトが明確となった後、特に概要調査以降の段階では、地圏領域の岩盤特性および核種移行特性について、その不確実性を含めて把握する調査・評価を行っていく。また、現在、地下施設から生活圏に至る広域スケールを対象として三次元的な核種移行挙動を解析可能な手法の開発を進めており、今後もその高度化に向けた開発を継続することを全体計画に示している。
			翻訳版 p.48	<p>(本文)</p> <p>NUMO の全体的な戦略は、地層処分は、その個々の構成要素が必要とされるさまざまな機能を果たすシステムとしてのみ評価し得るという確固とした洞察に基づいている。この観点から、特に研究やサイト評価の段階では、地圏の役割が重要になる。核種移行を適切に遅延させる地質媒体の能力は、サイト固有の評価の際に、より詳細に考慮されなければならない、それが判別基準となる可能性がある。</p>	

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-4	2.1.4 p.19 翻訳版 p.22	<p>The repository's design is adapted to the characteristics of each SDM, aiming to contain radionuclides and limit their migration. At the current stage, the design approach aims for robust solutions, offering a sufficient margin given the inherent uncertainties both in the geological data and in the concepts themselves.</p> <p>処分場は、放射性核種の閉じ込めと移行抑制を目的として各地質環境モデルの特性に合わせて設計される。現段階の設計アプローチは、地質データと概念自体に内在する不確実性を踏まえ、十分な余裕をもたせた頑健なソリューションを目指すものとなっている。</p>	3.4 p.39 p.40 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Design options: to be kept open as long as possible in order to keep flexibility in design as additional knowledge is acquired.</p> <p>(In the text)</p> <p>In terms of repository design, and given the uncertainties inherent in the system, the IRT encourages NUMO's plans to keep the various options open as long as possible in order to keep flexibility of design evolution as additional knowledge is acquired.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>設計オプション：新たな知識が得られたときに設計の柔軟性を維持できるよう、できるだけ長くオープンにしておく。</p> <p>(本文)</p> <p>処分場設計の面では、システムに固有の不確実性を踏まえ、新たな知識が得られたときに設計変更の柔軟性を維持するため、さまざまなオプションを可能な限りオープンに保つという NUMO の計画が奨励される。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.1-5, NUMO is developing design options such as the development of protective coating for overpacks and retrievable PEMs for TRU waste, expanding from the design specifications given in the H12 and TRU-2 Reports. JAEA (Japan Atomic Energy Agency) is also continuing to study direct disposal of spent fuel and investigate deep borehole disposal. NUMO will retain as many design options as possible in order to secure flexibility to respond to changing circumstances. In addition, NUMO will study strategies for narrowing down design options and development targets as site selection progress. We also take into account the possibility that, in the future, the regulatory body may require selection of the best design based on comparison of a range of design options. Furthermore, in order to compare designs, a methodology for selecting the most appropriate options will be developed, based on established design factors (operational safety, long term safety, engineering feasibility, retrievability, economic rationality, environmental impact, monitoring etc.). These technical developments are described in the Overall R&D Plan.</p> <p>コメント 2.1-5 への回答で述べたとおり、NUMO は、第 2 次取りまとめ（や第 2 次 TRU レポートで示された仕様を参照しつつ、銅コーティングオーバーパックの開発、TRU 廃棄物の人工バリアを回収可能性に優れた PEM 方式にするなどの設計オプションの開発を進めている。また JAEA では、直接処分の研究や超深孔処分の調査を引き続き進めている。さまざまな状況変化に柔軟に対応できるよう、NUMO は可能な限り設計オプションを保持するとともに、将来的に規制要件として設計オプションの比較による最適な設計の選択の提示が求められる可能性も視野に入れながら、段階的なサイト選定に応じた設計オプションの絞り込みや開発目標に関する戦略の検討を進める。また、設計オプションの比較を合理的に行うため、設計因子（作業時安全性、閉鎖後長期安全性、工学的実現性、回収可能性、経済的合理性、環境保全、モニタリング）を評価の視点として、最適な設計オプションを選択する方法論の開発などを進めていく。これらの技術開発は全体計画に記載されている。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-5	3.2 p.37 翻訳版 p.44	<p>The political and social context of the development of geological disposal projects also has its own requirements and dynamics that must be taken into account. Management systems have been put in place to adequately integrate all the information available at any one time and to reproduce the studies and their results. NUMO has set up these systems to allow it to ensure good control of its projects. It will be able to continue its studies in later phases, ensuring adequate quality management.</p> <p>地層処分プロジェクトの開発の政治的および社会的文脈にも、考慮すべき独自の要件とダイナミクスがある。いつでも随時利用可能な情報をすべて適切にまとめ、研究とその結果を再現するための管理システムが整備されている。NUMO は、プロジェクトを適切に管理できるように、これらのシステムを構築しており、今後も後続の段階で研究を続けることにより、適切な品質管理を確保することが可能となる。</p>	3.4 p.39 p.40 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39) Flexibility of design options requires monitoring of changes, which can be ensured using a configuration management system.</p> <p>(In the text) Such flexibility also requires monitoring of changes, which can be ensured using a configuration management system, also covering the various interdependencies between knowledge of the waste and the geological environment, design of the disposal facilities, relevant phenomena, and the integration of these aspects through safety studies.</p> <p>(ボックス内の箱書き) 設計オプションの柔軟性を維持するには変更に関するモニタリングが必要だが、これは構成管理システムを使用することで管理できる。</p> <p>(本文) このような柔軟性を確保するためには、廃棄物と地質環境の知識、処分施設の設計、関連する現象などにおけるさまざまな相互依存性も含め、構成管理システムを使用して確実に変更をモニタリングする必要がある。また、安全性の検討を通してこれらの側面を統合することも必要である。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.6-3, a wide range of studies will need to be carried out for various conditions in the future, such as the change of waste inventory, updating of the Site Descriptive Model to reflect the progress of site investigations, and the implementation of repository design and safety assessment based on this information. To ensure that changes to the safety cases due to these studies are implemented consistently throughout the entire process, and to manage the complexity of the series of input data and versions of results used in the studies, we agree with the comment from the IRT that it is necessary to apply a configuration management system together with requirements management, so that these can be managed in an integrated manner throughout the entire lifecycle. At a later stage, we will apply a configuration management system that will include monitoring, relating to changes of the SDM and developed design options tailored to it, which would ensure appropriate integration of such changes into future safety assessments.</p> <p>コメント 2.6-3 への回答で述べたように、廃棄物インベントリ情報の具体化、サイト調査の進捗を反映した地質環境モデルの更新、これらに応じた処分場設計、安全評価の実施などさまざまな条件のもとで多岐にわたる検討を行い、それがセーフティケース全体にわたって統合的に実施されるようにすることや、検討に用いる一連の入力データと検討結果のバージョン管理等の複雑化に対応し、ライフサイクル全体を通じて一体的に管理するために、要件管理と合わせて構成管理システムの適用が必要であると考えている。これによって、地質環境モデルの変更に適合するよう整備した設計オプションに基づく設計の変更についてモニタリングを行い、こうした変更への対応を安全性の検討において統合する作業を確実に実施可能となるようにしていく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-6	3.1 p.35 翻訳版 p.42	<p>The approach for reversibility (NEA, 2012a) and stepwise decision-making regarding DGR is not reported. It could benefit from a comprehensive description of the process leading to reverse decisions.</p> <p>DGR に関する可逆性のアプローチ (NEA, 2012a) と段階的な意思決定については具体的に報告されていない。決定を覆すことにつながるプロセスを包括的に説明することは有益だろう。</p>	3.4 p.39 翻訳版 p.47	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Reversibility of disposal decisions: to make proposals, in particular by proposing decision-making processes that can mark out the life of the geological disposal, and keeping options open for future generations.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>処分計画上の意思決定の可逆性：特に次世代のための選択肢を残しつつ、地層処分の寿命を決定できるような意思決定プロセスを提案する。</p>	<p>As stated in the NUMO Safety Case, the Basic Policy for Final Disposal requires that the project be reversible and the waste package retrievable until the repository is closed in order to preserve options for future generations. In order to assure practicality of reversal in geological disposal projects, it is necessary to develop a decision-making process that determines how the project will ultimately be terminated (lifecycle decisions), while retaining options for future generations. Based on this, it is necessary to clarify how to implement the plan (policy of reversibility including retrievability) at each decision milestone. We recognise the need for consensus building in the decision-making process and associated reversibility requirements, through dialogue involving various stakeholders, and that NUMO, as the implementer, has an important role to play in making concrete proposals to form the basis for such dialogue. In considering the decision-making process and the proposed approach to reversibility, various scenarios should be considered, taking into account the long project period and acknowledging that the scientific, technological, and social boundary conditions for the project will change with time.</p> <p>包括的技術報告書に述べているように、国の最終処分基本方針によって、将来世代の選択肢を残すために、処分場を閉鎖するまでは事業の可逆性と廃棄物の回収可能性を確保することが要求されている。地層処分計画上の可逆性を具体化するためには、次世代のために選択肢を残しながら、最終的に事業をどのように終了させていくのか (ライフサイクルの決定) を意思決定プロセスとして提示することが必要である。そのうえで、各意思決定に応じた計画への対処法 (回収を含む可逆性の在り方) を明らかにすることが求められる。こうした意思決定プロセスと付随する可逆性の在り方については、さまざまなステークホルダーが関与する対話を通じて社会的な合意形成を図っていく必要があり、対話の材料として具体的な提案を行うことは、実施主体である NUMO の重要な役割であると認識している。意思決定プロセスや可逆性の在り方に関する案の検討に当たっては、長い事業期間を視野に入れ、事業を取り巻く科学技術的あるいは社会的な条件が時間的に変化することを想定し、さまざまなシナリオを考慮する。</p>
3.4-7	2.1.4 p.19 翻訳版 p.23	<p>The retrievability of waste is taken into account in the facility design. The aspect of the reversibility of decisions is more a matter of management issues that will need to be investigated in due course, requiring strong interaction with stakeholders and future decision makers. Monitoring and surveillance are also well taken into account.</p> <p>施設設計では廃棄物の回収可能性が考慮されている。意思決定の可逆性に関しては、どちらかといえば今後検討すべき管理上の問題であり、ステークホルダーや将来の意思決定者との間での密なやり取りが必要となる。モニタリングと監視という点もよく考慮されている。</p>	3.4 p.39 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Monitoring: to integrate retrievability into the objectives of monitoring,</p> <p>(In the text)</p> <p>NUMO addresses well the retrievability of waste in disposal and takes this into consideration in the repository design approach. The IRT recommends integration of monitoring aspects into the reversibility and retrievability objectives.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>モニタリング：回収可能性をモニタリングの目的に取り入れる。</p> <p>(本文)</p> <p>NUMO は、廃棄物の回収可能性に十分に対応しており、処分場の設計アプローチでその点を考慮に入れている。IRT は、処分場に関するモニタリングの側面を可逆性および回収可能性の目的に統合することを推奨する。</p>	<p>Information and data are necessary to determine required reversibility / retrievability in the decision-making process for a DGR programme (see the response to comment 3.4-6). As mentioned in the responses to comments 2.1-7 and 2.3-4, it is important to relate reversibility and retrievability to a comprehensive monitoring strategy, which includes determination of changes in the condition of the geological environment, the engineered barrier systems and underground facilities. This needs to extend from the site investigations through construction, operation and closure of the repository, and even feasibility at some point after repository closure. Studying such a comprehensive monitoring strategy is explicitly described in the Overall R&D Plan and will be done in coordination with the study of the decision-making process, as described in the response to comment 3.4-6.</p> <p>可逆性や回収可能性を地層処分計画の意思決定プロセス (コメント 3.4-6 への回答参照) の中で判断していくためには、そのため材料となる情報やデータが必要である。コメント 2.1-7、2.3-4 への回答に述べたように、サイトの調査段階から、処分場の建設、操業、閉鎖、さらには処分場閉鎖後の一定期間における実施可能性も含めて、処分場を構成する地質環境、人工バリアや地下施設の状態変化を把握するための包括的なモニタリング戦略を検討するなかで、可逆性と回収可能性を関連付けることは重要である。このような包括的なモニタリング戦略の検討は全体計画にも明示されており、コメント 3.4-6 への回答の中で述べた、意思決定プロセスの検討と連携して実施する。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-8	3.2 p.37	<p>The political and social context of the development of geological disposal projects also has its own requirements and dynamics that must be taken into account. Management systems have been put in place to adequately integrate all the information available at any one time and to reproduce the studies and their results. NUMO has set up these systems to allow it to ensure good control of its projects. It will be able to continue its studies in later phases, ensuring adequate quality management.</p>	3.4 p.40	<p>An integrated management system is in place to support the efficient implementation of activities. In order to properly trace the numerous case studies and calculations, each with their own sets of data and hypotheses, the IRT recommends, as mentioned above, the implementation of a configuration management as part of the overall management system. The configuration management should be coupled with requirement management and enable recording of the various technical options studied as well as the sets of calculations associated with each of them. The scope of configuration management should be adequately adjusted, considering the nature of the DGR and the phase of implementation.</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.6-2, a wide range of studies will need to be carried out in response to various conditions in the future, such as changes of waste inventory, updates of the Site Describe Model to reflect the progress of site investigations. We assess impacts on repository design and safety assessment based on this information. To ensure that changes to the safety cases due to these studies are implemented consistently and transparently, and to manage the complexity of handling different versions of input data and resulting output from these studies, we agree with the comment from the IRT that it is necessary to apply a configuration management system. This will be integrated with requirements management, so that evolving case studies can be managed in an integrated manner throughout the entire lifecycle. Therefore, we will continue to study the development of a system suitable for geological disposal projects, referring to examples of the application of configuration management systems in general industry and related nuclear facilities.</p>
	翻訳版 p.44	<p>地層処分プロジェクトの開発の政治的および社会的文脈にも、考慮すべき独自の要件とダイナミクスがある。いつでも随時利用可能な情報をすべて適切にまとめ、研究とその結果を再現するためのマネジメントシステムが整備されている。NUMO は、プロジェクトを適切に管理できるように、これらのシステムを構築しており、今後も後続の段階で研究を続けることにより、適切な品質管理を確保することが可能となろう。</p>	翻訳版 p.48	<p>活動の効率的な実施を支援するために、統合管理システムが導入されている。それぞれ独自のデータセットと仮説を持つ多数のケーススタディと計算を適切に追跡するために、前述のように、全体的なマネジメントシステムの一部として構成管理を行うことを IRT は推奨する。構成管理は要件管理と組み合わせて、検討されたさまざまな技術的オプションと、それぞれに関連付けられた一連の計算を記録できるようにする必要がある。構成管理の範囲は、DGR の性質と実施段階を考慮して適切に調整する必要がある。</p>	<p>コメント 2.6-2 への回答で述べたとおり、今後、廃棄物インベントリ情報の具体化、サイト調査の進捗を反映した地質環境モデルの更新、これらに応じた処分場設計および安全評価の実施など、さまざまな条件に対して多岐にわたる検討を行う必要があり、こうした検討によるセーフティケースの変更が全体にわたって整合的に実施されるようにすることや、検討に用いる一連の入力データと検討結果のバージョン管理等の複雑化に対応するため、ライフサイクル全体を通じてこれらを一体的に管理できるよう、要件管理と併せて構成管理システムの適用が必要であると考えている。そのため、一般産業や関連施設における構成管理システムの適用事例などを参考としつつ、地層処分事業に適したシステム開発に向けた検討を進めていく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO’s responses to comments NUMO の対応
3.4-9	3.2 p.36 翻訳版 p.44	<p>NUMO has demonstrated its ability to conduct safety studies. NUMO conducts its safety assessments and draws up its safety cases consistent with international recommendations and practices, in particular those proposed by the NEA (NEA, 2005) and the IAEA (IAEA, 2012) as well as with other international practices. Numerous studies in support of the safety demonstration, and the resulting models, illustrate NUMO’s ability to represent geological disposal and to describe and analyse its possible evolutions. Here again, the limitations of the exercise are due to its generic nature. This results in high levels of uncertainty: however, many of these will be gradually reduced over the successive phases of investigation.</p> <p>NUMO は、安全性の検討を実施する能力を実証した。NUMO は、安全評価を実施し、特に NEA (NEA, 2005) や IAEA (IAEA, 2012) が提案する国際的な勧告や慣行、およびその他の国際慣行に沿った形でセーフティケースを作成している。安全を示すための多くの研究とその結果としてのモデルは、NUMO が地層処分を表現し、その想定し得る変遷について説明および分析する能力を示すものである。ここでも、こうした作業は、一般的な性質であることによって制約される。結果として不確実性は高まるが、調査の段階が継続的に進行するにつれ不確実性は徐々に減少する。この段階では不確定なもののみなされる現象も、地層処分プロジェクト開発の後の段階で分析することができる。</p>	3.4 p.39 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Additional phenomena: to explore the phenomena considered at this stage as non-dominant or non-determining in order to assess how they should or should not be taken into account in subsequent phases.</p> <p>(In the text)</p> <p>The design of the repository is, at this early stage, accompanied by numerous uncertainties. NUMO has considered major phenomena likely to affect the evolution of the repository and therefore its safety. For subsequent phases, the IRT sees a need to evaluate also phenomena that have at the present stage been disregarded with the justification that they are of secondary importance for the system evolution.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>追加的に考慮する現象：現段階で非支配的または非確定的とみなされている現象を再検討し、後続段階でそれらを考慮すべきか否かを評価する。</p> <p>(本文)</p> <p>処分場の設計は、この初期段階では、多くの不確実性を伴う。NUMO は、処分場のふるまいと、ひいてはその安全性に影響を与える可能性のある主要な現象を考慮してきた。今後の段階では、システムのふるまいにとって重要性が二次的であることを理由に現段階で考慮されていない現象についても評価の必要があると IRT は考える。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.5-5, NUMO recognises that it is necessary to analyse primary and secondary processes in a comprehensive and systematic manner. Secondary phenomena which will occur in the repository are treated rather simply in the NUMO Safety Case, but these will receive more attention in future safety cases as part of our goal to enhance assessment reliability. In collaboration with partner organisations, NUMO is developing technologies which evaluate evolution and degradation processes occurring in near field more realistically (see the response to comment 2.3-2). We are also developing a site descriptive model which can include changes of deep subsurface environments in time and space in a realistic manner (4-dimensional site descriptive model). Generally, NUMO will develop technology for evaluation of interaction between processes occurring in the repository as specified in the Overall R&D Plan, together with revision of relevant FEPs (see the response to comment 2.5-1), to improve the reliability of assessment of long-term safety function evolution.</p> <p>コメント 2.5-5 への回答に述べたとおり、処分場に生起すると想定される現象について、包括的技術報告書においては二次的と考えた現象についても、主要な現象との関係も含めてもれなく体系的に分析したうえで、処分場の各構成要素に期待する安全機能の長期的な変遷を評価することが、安全評価シナリオの設定に対する信頼性を向上させるうえで必要と認識している。これまで、関係機関と連携しながら、ニアフィールドにおいて生じる諸現象を現実的に評価する技術（コメント 2.3-2 参照）や、長年にわたる地形変化や気候・海水準変動等に伴う、地表から地下深部における地質環境特性の時間的・空間的な変化を現実的に表現する地質環境モデル（四次元地質環境モデル）の構築技術などの開発を進めている。今後、最新知見を反映した FEP の更新（コメント 2.5-1 への回答参照）と合わせて、さまざまな現象の相互作用による影響が考慮可能となるように評価技術の高度化を全体計画に沿って継続し、長期的な処分場の安全機能の変遷の評価について信頼性を高めていく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-10	3.1 p.34 翻訳版 p.42	<p>NUMO benefits from national experience, notably in terms of radioactive waste and studies in underground laboratories. It also has access to many institutions able to support it in its scientific and technological developments, whether geological, physical, chemical or digital. NUMO also has access to underground working technologies and nuclear technologies that could effectively contribute to the development of the geological disposal project in Japan.</p> <p>NUMO は、特に放射性廃棄物と地下研究所での研究という点で、国内の経験から恩恵を受けており、地質学、物理学、化学、デジタルなど、科学技術の発展を支援できる多くの機関にもアクセスしている。さらに NUMO は、日本の地層処分プロジェクトの開発に効果的に貢献できる地下作業技術や原子力技術へのアクセスも有している。</p>	3.4 p.39 p.40 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Handling and emplacement of waste packages in disposal tunnels/vaults: to be studied, with tests in an underground environment.</p> <p>(In the text)</p> <p>Studies on disposal packaging should continue, in particular with handling and emplacement tests in an underground environment.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>処分坑道における廃棄物パッケージの取り扱いと定置：地下環境での試験を実施し、研究を行う。</p> <p>(本文)</p> <p>廃棄物パッケージ化の研究は、特に地下環境での取り扱いおよび定置試験とともに継続する必要がある。</p>	<p>Demonstration tests of handling and emplacement of an overpack encapsulating simulated vitrified waste in the underground environment have been conducted by JAEA at 350 m depth at the Horonobe URL. NUMO will determine our needs for such demonstration tests in the underground environment when planning operational process confirmations to be carried out by related domestic R&D organisations and reflect them in the future Overall R&D Plans. In addition, NUMO will analyse a wide range of information about demonstration tests of emplacement for waste similar to encapsulated vitrified waste or TRU waste packages, which are planned in underground research laboratories in Japan and overseas. NUMO will, to the extent possible, also participate in such collaborative research. In the second half of the Detailed Investigation stage, NUMO will demonstrate the techniques for handling and emplacement of vitrified waste the overpack and TRU waste package to confirm quality control processes in the specific underground environment at selected sites. Such knowledge will feedback for improvement of handling and emplacement techniques.</p> <p>幌延深地層研究センターでは、JAEA によって深度 350m の地下環境下でオーバーパックに封入した模擬ガラス固化体の定置試験が実施されている。このような国内の関係研究機関が実施する地下環境における実証試験については、NUMO からのニーズを示して全体計画に反映していく。また、今後国内外の地下研究所において計画されているオーバーパックに封入したガラス固化体や TRU 廃棄体パッケージと類似した概念の廃棄体に関する定置試験について広く情報を分析し、可能であれば共同研究として積極的に参加していく。精密調査段階の後半では地下調査施設を建設し、サイト固有の地下環境下において、ガラス固化体および TRU 廃棄物の定置技術の実証、並びに品質管理プロセスの検討などを行うことも予定している。これらの成果は、廃棄体パッケージや定置技術の改良・高度化に反映していく。</p>
3.4-11	3.2 p.36 翻訳版 p.44	<p>Disposal design, while again generic by nature, also appears to be at an advanced stage of maturity. It builds on international experience, but is also based on targeted developments, as illustrated by the concept of PEM. The studies carried out and the tests and models show that the needed technologies are available, and, above all, that the teams are able to develop them to meet the specific needs that could arise during subsequent phases of the geological disposal project. One of the major challenges, when real sites are studied, will consist in adapting the concepts to the real characteristics of the geological environment in order to ensure post-closure safety over a very long time frame.</p> <p>処分場の設計は、やはり本質的に一般的なものであるが、成熟が進んだ段階にあるようにも見える。国際的な経験だけでなく、PEM の概念に示されているように、目的を明確にした開発も土台となっている。実施された研究やテストとモデルから、必要な技術が利用可能であること、そして何よりも、チームが地層処分プロジェクトの後続の段階で発生する可能性のある特定のニーズを満たすためにそれらを開発</p>	3.4 p.39 p.40 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Design developments: to be continued, particularly with a view to adapting to the characteristics of the sites that will be considered for future studies.</p> <p>(In the text)</p> <p>The IRT encourages NUMO to continue its design developments, particularly with a view to adapting to the characteristics of the sites that will be considered for future studies.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>設計開発：今後の調査で検討予定のサイト特性への適応を視野に入れて継続する。</p> <p>(本文)</p> <p>NUMO が今後の調査で検討予定のサイト特性への適応を視野に入れ、設計開発を継続することを IRT は推奨する。</p>	<p>The design methodology developed in the NUMO Safety Case will be applied to the geological characteristics obtained from site investigations and modified to meet site-specific challenges. Repository design tailoring to the geological environment conditions will be performed step-by-step, with iterative feedback to the site investigation. NUMO will continue to develop the design system based on the methodology presented in the NUMO Safety Case, which is stated clearly in the Overall R&D Plan.</p> <p>サイト調査で得られる地質環境特性に包括的技術報告書で開発した設計手法を適用し、サイト固有の課題に適合するように調整を行い、サイト調査にフィードバックしながら、地質環境条件に適合した処分場の設計を段階的に進めていく。このようなサイトの特性に適合する処分場設計の詳細化と最適化を実施するために、NUMO は包括的技術報告書に示した設計の方法論に基づく設計体系の開発を継続する。これを全体計画において明示している。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
		<p>する能力があることが示されている。実際のサイトを対象に研究する際の大きな課題の 1 つは、非常に長い期間にわたって閉鎖後の安全を確保するために、処分概念を地質環境の実際の特性に適応させることであろう。</p>			
3.4-12	3.4 p.40 翻訳版 p.48	<p>The approach to operational safety is also at a preliminary stage. The IRT acknowledges NUMO's development of a preliminary assessment at the current stage of the programme, based on generic assumptions and an early conceptual design.</p> <p>操業時の安全へのアプローチも初期段階にある。IRT は、NUMO によるプログラムの現段階における予備的な評価は、一般的な想定条件と初期の概念設計に基づくものであることを認識している。</p>	3.4 p.39 p.40 翻訳版 p.47 翻訳版 p.48	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Operational safety: to be supplemented by design features allowing the reduction of operational risks, and operational safety assessment to be supplemented by taking into account possible failures of the protections envisaged by design and by analysing resultant doses to workers and to the public.</p> <p>(In the text)</p> <p>The approach to operational safety is also at a preliminary stage. The IRT acknowledges NUMO's development of a preliminary assessment at the current stage of the programme, based on generic assumptions and an early conceptual design. For future safety cases, the IRT recommends considering additional design options for mitigation of operational risks (e.g. fire). The IRT also recommends that the safety assessment be supplemented by including additional scenarios, such as potential failures of the protections envisaged by design and by including all potential exposure pathways to workers, to the public and to the environment.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>操業時の安全：作業上のリスクを低減するための設計機能によって補完するとともに、設計によって想定される防護が失敗した場合を考慮し、そのような場合の作業員および公衆への被ばく線量を分析することにより、操業時の安全評価を補完する。</p> <p>(本文)</p> <p>将来のセーフティケースについては、操業時のリスク（火災など）を軽減するための追加設計オプションを検討することを IRT は推奨する。IRT はまた、設計によって期待される防護が失敗するといった場合などに関する想定シナリオの追加、および作業員や公衆、環境の被ばくの経路の可能性をすべて含めることによって、安全評価を補完することも推奨する。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.4-2, in the design study for operations, risks during operations will be reduced through the stepwise refinement of the repository design and operational methodology as site selection progresses. The effectiveness of the design, and safety measures to counter any identified risks, will be confirmed using advanced safety assessment methodologies, as described in the response to comment 2.4-1. Design options that effectively contribute to reducing identified risks should be considered, utilising the latest knowledge at each project stage. Assessment will include facilities and equipment for a series of operational processes, including waste reception, inspection, packaging, transportation in access tunnels, and emplacement in disposal tunnels. For example, identified counter-measures would use of fire-resistant equipment and incombustible materials to combat risks of fires.</p> <p>As mentioned in our response to comment 2.4-4, and in line with the Overall R&D Plan, the safety assessment scenarios considered will be further expanded to improve the coverage of external events such as earthquakes and tsunamis, together with internal perturbing events that are expected to occur in the repository. In addition, we will develop scenarios for common-mode failures that could cause loss of multiple safety functions. We intend to also evaluate potential impacts of radionuclide release, even if only as what-if scenarios. We will also develop a method to quantitatively evaluate the impact based on the safety assessment scenarios considered (see the response to comment 2.4-3).</p> <p>We will analyse exposure pathways for both workers and the general public, based initially on examples of repository designs presented in the NUMO Safety Case. This will allow us to study necessary safety counter-measures, as well as utilising safety assessment to plan measures to be taken in the event of a hypothetical release of radionuclides.</p> <p>コメント 2.4.-2 への回答に述べたとおり、操業に対する設計検討においては、今後のサイト選定の進展に応じた施設設計や操業方法の段階的な詳細化にあわせ、操業時のリスクを抽出し、コメント 2.4-1 への回答で述べた高度化を進めている安全評価手法によって設計や安全対策の有効性を確認する。その際、例えば火災リスクに関しては耐火に優れた設備や非可燃性材料の利用など、廃棄体受入れ・検査・封入、アクセス坑内搬送、処分坑道内への埋設といった一連の操業工程に対する設備・装置等に関し、その段階における最新の知見を活用して、抽出したリスクの低減に効果的に寄与する設計オプションについて検討を行う。</p> <p>また、コメント 2.4.-4 への回答に述べたとおり、今後は全体計画に沿って、包括的技術報告書で検討した安全評価シナリオをより拡充し、地震、津波等の外部事象、および処分場内で発生が想定される内部事象に関する評価シナリオの網羅性の向上を図る。また、複数の安全機能を失うような共通要因故障モードに関するシナリオの開発や、What-if シナリオとして放射性物質の漏洩に関する評価シナリオの整備に取り組む。併せて、設定した安全評価シナリオに基づいて影響を定量的に評価するための技術開発を進める（コメント 2.4.-3 への回答参照）。放射性物質の放出を想定した場合の対策に関しても、包括的技術報告書で示した処分施設の設計例等に基づく作業員や公衆に対する被ばく経路等の分析を行い、必要となる安全対策を検討するとともに、より包括的に安全評価を進める。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-13	3.4 p.40 翻訳版 p.49	<p>The long-term safety assessment is based on many assumptions that are considered very conservative at this stage. Consequently, the results of the different cases studied are often quite similar, and do not provide more detailed information for discriminating among design options and/or potential host geological formations.</p> <p>長期的な安全評価は、現時点では非常に保守的と考えられる多くの想定条件に基づいている。その結果、検討されたさまざまなケースの結果が非常に似通ったものとなり、設計オプションおよび/または潜在的な母岩の地質構造を識別するためのより詳細な情報を提供しない場合が多い。</p>	3.4 p.39 p.40 翻訳版 p.47 翻訳版 p.49	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Design and construction procedures to be adapted to the particular characteristics of the geological formations envisaged for the following stages in a way that allows contrast between formations being reflected in the design.</p> <p>(In the text)</p> <p>The long-term safety assessment is based on many assumptions that are considered very conservative at this stage. Consequently, the results of the different cases studied are often quite similar, and do not provide more detailed information for discriminating among design options and/or potential host geological formations. It is reasonable to imagine that the means of design and construction will be adapted to the particular characteristics of the geological formations envisaged for the following stages, and hence that contrasts between formations should be reflected in the design.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>後続段階で想定される地質構造の特性に応じて、地質構造間の差異を設計に反映することができる方法で、設計・施工手順を適応させる。</p> <p>(本文)</p> <p>設計と施工の手段は、後続の段階で想定される地質構造固有の特性に適合させていくとしていることは合理的であり、したがって、さまざまな地質構造間の差異が設計に反映されるべきである。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.7-3, the features of design options tailored to hydrogeological structures were illustrated in the NUMO Safety Case. For example, the PEM has advantages in terms of reducing the risk of erosion of the bentonite buffer in case of water inflow during waste emplacement in the disposal tunnel, while dead-end disposal tunnels have more flexibility in terms of avoiding highly permeable hydrogeological structures. NUMO will further develop the facility design methodology to tailor the various design concepts and their components to features of geological environment in more concrete and detailed manner.</p> <p>The very conservative modelling and setting of parameters for the safety assessment resulted in little difference in the results of the radionuclide migration analysis for different geological environments and design options tailored to them (e.g., vertical emplacement versus horizontal PEM for HLW, dead-end tunnels versus panel-type tunnels for underground repository layout, etc.). This made it difficult to obtain information to determine how the geological environment and design features contribute to system performance. NUMO is currently developing a method to analyse three-dimensional nuclide migration behaviour on a large scale extending from the repository to the biosphere, representing design options and geological characteristics as realistically as possible, in accordance with the Overall R&D Plan (see the response to comment 2.1-3). By applying this method, we plan to better analyse the effects of different geological environments and designs on performance of the repository system.</p> <p>コメント 2.7-3 への回答に述べたとおり、包括的技術報告書では、例えば、廃棄体定置時の坑道内湧水に対する緩衝材流出リスク低減の観点からは PEM が優れていること、高透水構造の回避という観点ではデッドエンド型の坑道配置が柔軟に対応しやすいといった、水理地質構造に応じた設計オプションの特徴を事例的に整理している。今後、多様な設計概念やこれに基づく構成要素を視野に入れ、地質環境特性の特徴に適合した施設設計の考え方や方法論について地質環境の特徴が具体的かつ詳細に反映されたものとして整備を進めていく。</p> <p>また、安全評価において非常に保守的なモデル化やパラメータ設定を行ったことにより、異なる地質環境やそれらに対応した設計オプションの違い（例えば、高レベル放射性廃棄物における縦置き・ブロック方式と横置き・PEM の違い、坑道配置におけるデッドエンド型とパネル型の違いなど）に対する核種移行解析結果にほとんど差が現れず、システムの性能に地質環境や設計の特徴がどのように寄与するかを判別する情報を得ることが困難であった。現在、全体計画に沿って、設計オプションや地質環境の特徴をできるだけ現実的に表現し、地下施設から生活圏に至る広域スケールを対象として三次元的な核種移行挙動を解析可能な手法の開発を進めており（コメント 2.1-3 への回答参照）、これを適用することによって、地質環境や設計の差異が処分システムの性能に及ぼす影響をより精緻に分析することを可能としていく計画である。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
3.4-14	3.4 p.41 翻訳版 p.49	<p>The presentation of cases using storyboards is relevant. It makes it possible to better understand the different phenomena that must be taken into account at each disposal location, but also as a function of time. Their development could be generalised by seeking a more exhaustive representation of the underlying information and the data to be processed.</p> <p>ストーリーボードを使用したケースのプレゼンテーションは重要である。これにより、処分場が設置されるそれぞれの場所で考慮すべきさまざまな現象の理解が深まるだけでなく、それらの経時変化の理解も深まる。基礎となる情報と処理されるデータをより網羅して表現する方法を模索することで、一般化したものとして開発できるだろう。</p>	3.4 p.39 翻訳版 p.47	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Development of storyboards to be generalised, by seeking a more exhaustive representation of the underlying information and the data to be processed.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>基礎となる情報と処理されるデータをより網羅して示す方法を模索することで、一般化したストーリーボードを開発する。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.5-4, NUMO also recognises the storyboards are a valuable tool. Following the Overall R&D Plan, the storyboard technique is being improved to describe the understanding of system temporal and spatial information in a more detailed and visually-attractive manner.</p> <p>In addition, storyboards that comprehensively represent the behavior of geological disposal systems are used to guide the development of computerised tools, described in the response to comment 2.5-2, that link the processes of scenario development, modelling and dataset of nuclide migration analysis, which will efficiently manage information related to their decision-making and evidence. NUMO will develop this tool in line with the Overall R&D Plan.</p> <p>コメント 2.5-4 への回答で述べたとおり、ストーリーボードは価値を有するツールであると認識している。包括的技術報告書で示したストーリーボードをひな形として、システムのふるまいを描写する時間・空間的な情報をより詳細かつビジュアルに示すストーリーボードの表現方法について、全体計画にも示したとおり今後も改善を進めていく。</p> <p>また、地層処分システムのふるまいを包括的に表現するストーリーボードの特徴を活用し、コメント 2.5-2 への回答で述べた、安全機能を視軸として FEP の発生可能性を考慮したシナリオの構築から核種移行解析のケース設定までのプロセスに関する判断の経緯や結果、その論拠をコンピュータ上で結び付け、ストーリーボードを介してこれら一連の情報を効率的に管理する方法の開発を進めており、全体計画に沿ってこれを継続する。</p>
3.4-15	2.5.4 p.30 翻訳版 p.36	<p>In the IRT's view, a brief summary in the main report of the mathematical models and their limitations (assumptions, simplifications) vis-à-vis the conceptual process models would improve clarity of the safety case. A chart of the models implemented would also be useful to illustrate the link between the complexity of the physical processes analysed and simplifications essential for a macroscopic representation. Both these measures would make the safety case clearer for generalists, and also provide context for specialists involved in detailed analyses.</p> <p>IRT の見解では、報告書本編で、プロセスの概念モデルに対する数理モデルとその限界（仮定、単純化）を概括することが、セーフティケースの明確さを高めると思われる。実装したモデルのチャートもまた、分析した物理過程の複雑性と巨視的な表現に不可欠な単純化との間のリンクを説明するために有用であろう。双方とも、一般読者にとってセーフティケースをわかりやすくするとともに、詳細分析に携わる専門家にとっても背景情報を提供することになる。</p>	3.4 p.39 p.41 翻訳版 p.47	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Models and couplings: to establish a mapping of the various models included in the assessment, their couplings, and the associated codes. This would provide an overview of modelling efforts, make it possible to illustrate the adaptation of the various tools at the level of analysis, as well as to better understand the simplifications of representations proposed.</p> <p>(In the text)</p> <p>Finally, a mapping of the various models included in the assessment, their couplings and the associated codes would be beneficial. It would provide an overview of modelling efforts, make it possible to illustrate the adaptation of the various tools at the level of analysis, as well as to better understand the simplifications of the proposed representations.</p> <p>In this framework, the IRT recommends taking up arguments from underlying reports to substantiate decisions for screening processes to be considered at the different levels of modelling.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>モデルと連成：評価に含まれるさまざまなモデル、それらの連成、および関連コードをマッピングする。それによってモデル化の取り組みの概要を示し、分析レベルに応じて採用されるさまざまなツールを説明でき</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.5-6, based on IRT's recommendation, NUMO has begun to construct a flowchart which describes all the models and codes for assessing the THMC evolution of the repository within the NUMO Safety Case. This includes analysis of radionuclide migration for scenarios developed on the basis of such THMC evolution and resultant calculated dose rates, with explicit illustration of input and output links between assessment models.</p> <p>Models and codes developed or improved after the NUMO Safety Case are being added to the flowchart implemented in NUMO's information management system for post-closure safety assessment (see the responses to comments 2.5-2 and 2.5-4). To improve the transparency of our safety case, NUMO is planning to enhance the flowchart by adding brief descriptions for all models and codes used to support the safety case. This will be complemented by information on all safety case models and codes within NUMO's information management system.</p> <p>コメント 2.5-6 への回答で述べたとおり、指摘に沿って、包括的技術報告書で行った処分場の THMC 状態変遷に関する評価から、これに基づくシナリオに沿った核種移行解析、線量評価計算に至る一連の解析評価に用いたモデルの体系とモデル間のデータの受け渡しを可視化した評価モデルおよびコードに関するフローチャートの整備を開始している。このフローチャートには包括的技術報告書以降に開発・改良を行っているモデルとコードも逐次加えており、閉鎖後安全評価に関する情報管理システム（コメント 2.5-2 および 2.5-4 への回答参照）に実装している。今後、セーフティケースの説明性を向上させるため、適用する各解析モデル・解析コードに関する概要説明や、モデルフローチャートなどの充実を図り、情報管理システムの中で一元的に管理していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
			翻訳版 p.49	<p>るようにするとともに、提案されているモデル表現の簡略化に関する理解を深める。</p> <p>(本文)</p> <p>最後に、評価に含まれるさまざまなモデル、それらの連成、および関連コードをマッピングすることは有益と思われる。それによってモデル化の取り組みの概要を示し、分析レベルに応じて適用されるさまざまなツールを説明できるようにするとともに、提示されているモデル表現の簡略化に関する理解を深めることができる。この枠組みの中で、根拠となる報告書に基づいて議論し、さまざまなレベルのモデリングで考慮すべきスクリーニングプロセスに関する決定を行うことを、IRT は推奨する。</p>	
3.4-16	2.5.4 p.30 翻訳版 p.36	<p>The set of calculations carried out for different disposal configurations and conditions illustrates the capability of NUMO to adequately represent the system for various conditions, and to carry out the required set of consequence calculations underpinning a safety case. The numerical modelling seems mature enough to simulate site-specific systems, and to consider different disposal configurations and conditions.</p> <p>さまざまな処分場の構成と条件に対して実行された一連の計算結果は、NUMO がさまざまな条件に対してシステムを適切に表現し、セーフティケースを裏付けるため必要な一連の影響を計算する能力を示すものといえる。この数値モデルは十分に成熟したもので、サイトスペシフィックなシステムをシミュレートでき、さまざまな処分場の構成と条件を考慮することができると考えられる。</p>	3.4 p.39 p.41 翻訳版 p.47 翻訳版 p.49	<p>(Summary in the box in the page 39)</p> <p>Validation of the models and the computer codes: to increase efforts to validate models and computing tools in the near future.</p> <p>(In the text)</p> <p>To provide further confidence in the results of modelling, there is also a need to further validate the models and the computer codes used in the safety case. The IRT recommends NUMO increase its efforts on this work in the near future.</p> <p>(ボックス内の箱書き)</p> <p>モデルとコンピュータコードの検証 (validation) : 近い将来、モデルと計算ツールの検証に向けた取り組みを強化する。</p> <p>(本文)</p> <p>モデリングの結果に対する信頼性をさらに高めるため、セーフティケースで使用されているモデルとコンピュータコードをさらに検証 (validate) する必要もある。IRT は、NUMO が近い将来、こうした努力を一層強化することを推奨する。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.7-6, as IRT noted, validation of simulation models and codes is crucially important to build confidence in the safety case. We are developing a systematic methodology of verification and validation, including both testing against observational data and critical expert review. According to the Overall R&D Plan, NUMO will continue to expand verification and validation of simulation models and codes in the future.</p> <p>コメント 2.7-6 への回答で述べたように、指摘のとおり、解析モデルおよびコードの検証 (validation) はセーフティケースの信頼性を確保するうえで極めて重要と認識しており、試験データとの比較や専門家のレビューなどを通じた体系的な検証 (verification) および妥当性確認 (validation) の方法論を構築していくことを全体計画に示している。全体計画に沿って、解析モデルとコードの妥当性に関する検討を継続していく。</p>

Annex D. Summary of IRT’s comments, findings, recommendations for each of the sections of NUMO’s pre-siting safety case

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO’s responses to comments NUMO の対応
D-1	D2.2 p.53 翻訳版 p.65	<p>The basic concept for ensuring the long-term safety of geological disposal is expressed in terms of 2 key functions, namely isolation and containment. The latter covers the notion of containment as well as retardation, this being clearly indicated in the report.</p> <p>地層処分の長期的な安全性を確保するための基本的な概念は、隔離と閉じ込めという2つの重要な機能によって表現されている。「閉じ込め」には、閉じ込めと遅延の概念が含まれ、その点は本セーフティケース報告書に明示されている。</p>	D2.2 p.53 翻訳版 p.65	<p>However, in order to avoid any risk of confusion, and also to clearly distinguish the physical phenomena and the processes involved in order to be able to analyse them distinctly, it is recommended to adopt the terminology that clearly distinguishes between containment and retardation.</p> <p>しかし、混乱するリスクを避けるために、また、物理現象とその過程を明確に区別し、それらを個別に分析できるようにするために、閉じ込めと遅延を明確に区別する用語を採用することが推奨される。</p>	<p>The NUMO safety case uses the term “containment” as a concept that includes both “confinement” and “delaying” of radionuclides, following the IAEA (2011) definition. However, in some countries, “containment” and “retardation” are expressed separately, and for some stakeholders, “confinement” is associated with complete enclosure of radionuclides, which may cause misunderstandings. Therefore, in the future, we will consider better terminology for these functions.</p> <p>包括的技術報告書では、IAEA (2011) の定義に従い、放射性核種の「閉じ込め」と「遅延」の両方を含む概念として「閉じ込め (containment)」と表現した。しかし、諸外国では「閉じ込め (containment)」と「遅延 (retardation)」を分けて表現する国もあること、多くのステークホルダーにとって「閉じ込め」とは完全な閉じ込めを連想させ、誤解を与える可能性もあることから、今後、こうした観点も踏まえ、これらの用語について検討を行う。</p>
D-2	D2.6 p.55 翻訳版 p.66	<p>The safety case strategy consists of assessing operational and post-closure safety based on information on the selected sites and the associated repository designs and available scientific and technological knowledge, in the light of the relevant regulatory standards and the requirements of the stakeholders. In the NUMO Pre-siting SDM-based Safety Case, generic cases are taken into account in order to demonstrate the ability to develop such a safety case on a real site in the near future.</p> <p>セーフティケース戦略は、関連する規制基準とステークホルダーの要件に照らし、選定されたサイトとそこでの処分場設計に関する情報、ならびに利用可能な科学および技術的知識に基づいて、操業時および閉鎖後の安全性を評価することで構成される。NUMO の地質環境モデルに基づくサイト選定の前段階におけるセーフティケースでは、近い将来、実際のサイトでそのようなセーフティケースを開発する能力を示すためのジェネリックなケースが考慮されている。</p>	D2.2 p.53 翻訳版 p.65	<p>The main functions identified during operation are containment and radiation shielding. It is also suggested to clearly analyse the risks of criticality as well as the risks linked to the gases which could be generated by radiolysis.</p> <p>操業中について特定されている主な機能は、閉じ込めと放射線遮蔽である。また、臨界リスクと放射線分解によって発生するガスに関するリスクを明確に分析することも提案する。</p>	<p>The reason for the negligible criticality risk of vitrified waste, due to uranium and plutonium being extracted during reprocessing, was given in the H12 Report, and it is believed that this argument is still supported today. However, in the future, as we proceed with the examination of a more realistic inventory, including TRU waste and uncertainties in radionuclide concentrations in individual packages (see the responses to Comments 2.1-2, 2.3-1, 2.4-1, 2.6-1, 3.1-1, 3.3-2 and 3.3-3), we will more comprehensively develop scenarios for operational safety assessment for specific designs and operation methodology (see the responses to Comments 2.4-3, 2.4-4 and 3.4.12). As part of this, with the goal of improving the completeness of safety cases, criticality risks based on waste inventories that reflect realistic reprocessing conditions will be included in future safety cases.</p> <p>In terms of hydrogen gas generated by radiolysis during operation, as indicated in the response to comment 2.7-2, TRU waste with a particularly high moisture content will be treated to reduce the amount of hydrogen gas generated. We also recognise that alternative materials in the waste package and the development of a package container with enhanced confinement in the case of gas pressurisation are issues to be studied in the future. Along with solving these technical issues, we will analyse risks during operation and study countermeasures within the comprehensive safety assessment scenarios described above.</p> <p>再処理によってウランとプルトニウムを抽出しているガラス固化体の臨界リスクが無視し得ることは、第2次取りまとめに根拠が示されており、現在もその根拠は基本的に支持されるものと考えられる。しかしながら、今後、TRU 廃棄物も含め、より現実に即したインベントリとそれに伴う不確実性の検討を進めるなかで（コメント 2.1-2、2.3-1、2.4-1、2.6-1、3.1-1、3.3-2、3.3-3 への回答参照）、処分場の設計や操業方法に応じて操業時安全評価のシナリオを網羅的に検討する一環として（コメント 2.4-3、2.4-4、3.4-12 への回答参照）、臨界リスクについても明示的に評価を行う。</p> <p>操業中に放射線分解に伴って発生する水素ガスへの対応については、コメント 2.7-2 への回答に示したとおり、特に水分含有量が多い TRU 廃棄物に関して、水素ガス発生量の低減に向けた廃棄体パッケージ内の材料の検討や、ガスの蓄圧に対して閉じ込め性を高めたパッケージ容器の開発などを今後の検討課題として挙げている。これらの技術課題とともに、操業時におけるリスクの分析と対策の検討を上記の網羅的な安全評価シナリオの検討を行うなかで実施していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-3	D2.6.2 p.55 翻訳版 p.67	<p>The numerical values of the calculated doses can be used as an indicator of the expected performance of the repository, but must be used with caution due to uncertainties, in particular regarding the future biosphere and human lifestyle. To determine the safety assessment period, in the absence of national regulations, those of other countries were at this stage taken into account. The main indicator used for post-closure safety assessment is the human radiological dose.</p> <p>計算された線量の数値は、処分場に期待される性能指標として使用できるが、特に将来の生活圏と人間の生活様式に関する不確実性により、慎重に使用してはならない。安全評価期間の決定においては、国の規制がないため、この段階では他国の規制を参考にしている。</p>	D2.6.2 p.55 翻訳版 p.67	<p>Doses to non-human organisms and impacts of nonradioactive hazardous substances are not included. It is recommended for future developments to consider doses to non-human organisms in relation to the food chain and non-radioactive hazardous substances for their chemical hazard.</p> <p>閉鎖後の安全評価に使用される主要指標として、人間に対する放射線量が使われている。人間以外の生物に対する線量や非放射性有害物質の影響は含まれていない。今後の開発においては、食物連鎖との関連で人間以外の生物に対する線量や化学的危険性がある非放射性有害物質を考慮することが推奨される。</p>	<p>As mentioned in the response to comment 2.5-9, the need for radiological protection of the environment, including non-human species, has been suggested in recommendations by international organisations such as ICRP, but is not specifically addressed in many international safety regulations and the nuclear regulations in Japan. It is thus not considered in the NUMO Safety Case. However, in the future, we will pay close attention to international discussions and national and international regulatory trends regarding impact analyses on non-human biota and introduce such considerations as necessary.</p> <p>As mentioned in the response to comment 2.5-7, we plan to extend studies of the risks of radioactive elements to include the identification of toxic chemical substances, and their release and migration characteristics, in cooperation with the reprocessing plant operators who produce this waste. In addition, consideration will be given to trends in domestic and international regulations on hazardous chemical substances and their handling within safety cases in other countries, as well as wider consideration of chemical risk assessment methods.</p> <p>As mentioned in the response to comment 2.5-8, in order to enhance confidence of biosphere assessment reliability, as recommended, NUMO will consider geochemical mechanisms that may cause reconcentration of radionuclides at locations such as interfaces between soil horizons or along redox fronts when developing the current biosphere model further.</p> <p>コメント 2.5-9 への回答に述べたとおり、人間以外の生物を含む環境に対する放射線防護の必要性については、ICRP などの国際機関の勧告では示唆されているものの、多くの諸外国の安全規制でも具体的に取り扱われていないことから、包括的技術報告書では検討の対象としなかった。今後、人間以外の生物に対する影響評価に関して、国際的な議論や国内外の規制動向を注視し、将来的に規制で求められる可能性のある要件を予察的に想定しながら、必要に応じてその検討を進める。</p> <p>また、コメント 2.5-7 への回答に述べたとおり、今後、ガラス固化体および TRU 廃棄物に含まれる非放射性元素の化学的リスクや毒性のある化学物質の特定とその溶出・移行特性について、廃棄物発生者と協力しながら検討を進めていく計画である。また、有害化学物質に関する国内外の規制動向や、諸外国のセーフティケースにおける取り扱い等について考慮するとともに、化学的リスクの評価方法等について検討を進める。さらに 2.5-8 への回答に述べたとおり、生活圏評価の信頼性向上を目的として、指摘にある土壌間の界面や酸化還元フロントに沿った化学形態の再濃縮に関する地球化学的メカニズムの考慮について、現状の評価モデルへの適用法を含めて検討していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-4	D2.6 p.55 翻訳版 p.66	<p>The safety case strategy consists of assessing operational and post-closure safety based on information on the selected sites and the associated repository designs and available scientific and technological knowledge, in the light of the relevant regulatory standards and the requirements of the stakeholders. In the NUMO Pre-siting SDM-based Safety Case, generic cases are taken into account in order to demonstrate the ability to develop such a safety case on a real site in the near future.</p> <p>セーフティケース戦略は、関連する規制基準とステークホルダーの要件に照らし、選定されたサイトとそこでの処分場設計に関する情報、ならびに利用可能な科学的および技術的知識に基づいて、操業時および閉鎖後の安全性を評価することで構成される。NUMO の地質環境モデルに基づくサイト選定の前段階におけるセーフティケースでは、近い将来、実際のサイトでそのようなセーフティケースを開発する能力を示すためのジェネリックなケースが考慮されている。</p>	D2.6.2 p.56 翻訳版 p.67	<p>It is also recommended to justify or to properly document some of the assertions, such as for example that the uplift or the erosion could be negligible from a judicious site selection. Since the criteria are not reported, the evaluation of this type of assertion is challenging.</p> <p>また、例えば、サイト選定を慎重に行うことで隆起や侵食の影響は無視できるとするといった一部の主張に対しては、根拠を示すか、適切に文書化することが推奨される。こうしたタイプの主張については、その基準が報告されていないため、評価することが困難となっている。</p>	<p>NUMO agrees with this comment. We think that presentation of evidence for assertions regarding phenomena related to the long-term stability of the geological environment, such as uplift and erosion, need to be explicitly highlighted when constructing safety cases for a geological disposal system in Japan.</p> <p>The SDM should take into account long-term evolution in topography and geological structures due to uplift and erosion and the associated changes in relevant characteristics of the deep geological environment. These processes are, however, strongly dependent on site-specific conditions. As shown in the NUMO Safety Case, appropriate site selection should ensure that any repository host rock considered is sufficiently deep to be unaffected by uplift and erosion, and that favourable geological characteristics will be maintained over a sufficiently long period of time. The SDMs were developed for such a deep host rock, which can be assumed to change slowly, but have little significant impact on the design and safety assessment of the repository.</p> <p>In addition, uplift and erosion over 1 million years has been quantified in the area of “assumed to be favourable” in the “Nationwide Map of ‘Scientific Features’ relevant for Geological Disposal”. This is without consideration of specific topographical and geological factors that represent conditions for particular regions, or the spatial-temporal scale of the evaluation. As a result of such evaluation, the depth of the disposal site after 1 million years should be approximately 300 m or more below the ground surface. This indicates that it can be assumed that stable geological conditions are maintained over this time period.</p> <p>Since Supporting Report 6-10 was not translated into English and not provided to the IRT, arguments on geological stability were not sufficiently conveyed to reviewers.</p> <p>In the development of site-specific safety cases, influence of long-term geological evolution due to uplift, erosion, etc. on geological disposal system will be taken into account. These will be based on evidence from site-specific characterization and will be documented carefully to cover the highlighted concerns.</p> <p>提言についてはそのとおりであり、隆起・侵食などの地質環境の長期的な安定性に係る現象に関する主張の根拠の提示は、日本における地層処分システムセーフティケースの作成に当たって特に留意すべき点として拝承する。</p> <p>隆起・侵食などに起因する地形や地質構造の長期的な変化とこれらに伴う地下深部の地質環境特性の変化は、サイトの表層環境や地質環境条件に強く依存する。このため、サイトを特定しない包括的技術報告書では、検討に当たっての考え方として、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（地質環境特性は緩慢に変化しつつも処分場の設計や安全評価に影響しない程度の変化に収まる）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た。また、付属書 6-10 において、科学的特性マップに示された「好ましい特性が確認できる可能性が相対的に高い地域」を対象に、地域・場所に特有の条件や評価の時空間スケールに応じた地形・地質学的な要因に関して特に設定を設けず、100 万年間における隆起量と侵食量を試行的に評価した結果、100 万年後の処分場深度は地表から 300 m 程度以下となり、安定した処分場環境が維持される場合が多いと推定できることを示している。付属書 6-10 は英語化をしておらず、レビューチームに提供していないため、包括的技術報告書の主張が十分に伝わらなかった可能性がある。</p> <p>サイト・スペシフィックなセーフティケースを作成する際には、隆起・侵食などに伴う長期的な地質環境特性の変化についてサイト調査の結果等の根拠に基づいて、地層処分システムへの影響について考慮するとともに、注意深く文書化する。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-5	D2.7.2 p.56 翻訳版 p.68	<p>Given the complexity of the repository system (various processes [THMCR] with couplings, multiple spatial scales and characteristic time scales), it is necessary to identify uncertainties in a systematic way to ensure traceability and completeness of uncertainty management.</p> <p>処分場システムの複雑さ（熱・水理・力学・化学・放射線学[THMCR]のさまざまなプロセスとそのカップリング、複数の空間スケール、特徴的な時間スケール）を考えると、不確実性管理における追跡性と十分性を確保するための体系的な方法で不確実性を特定する必要がある。</p>	D2.7.2 p.56 翻訳版 p.68	<p>NUMO presents the concept of management and the treatment for each type of uncertainty, but the description of the method of identification of uncertainty deserves to be enriched. Because of its importance, it might be useful to consider devoting a separate chapter to dealing with high-level uncertainties. Chapters 3, 4, 5 and 6 could benefit from the inclusion of subsections to discuss how uncertainty is managed for site selection, repository design as well as operational safety assessment and post-closure.</p> <p>NUMO は、不確実性のタイプごとに管理と対処の概念を提示しているが、不確実性を特定する方法の記述については拡充する価値がある。その重要性を考慮すると、上位レベルの不確実性への対処法のみを取り扱う章を別途作成することも有用かもしれない。第3、4、5 および 6 章では、サイト選定、処分場設計、操業時および閉鎖後の安全評価について、それぞれ不確実性の管理方法を説明するサブセクションを含めることが有用と思われる。</p>	<p>NUMO agrees with this recommendation. In future development of the safety case, the description and treatment of uncertainties will be expanded by adding a section focused on this topic in the main report. Also, we will consider describing how uncertainties are managed in the presentations of site selection, repository design, operational and post-closure safety assessments, and the integrated safety case. This will allow clearer explanation of the information and data on which the treatment of uncertainty is based, which is presently described only in the supporting reports.</p> <p>提言について拝承し、今後セーフティケースを作成するに当たっては、本編において、不確実性の特定やそれらへの対処法に関する章を設けるといった方法で記述の拡充を行うとともに、サイト選定、処分場設計、操業時および閉鎖後の安全評価のそれぞれの記述において、不確実性の管理方法を説明することを考えたい。これによって主に付属書に示している不確実性の取り扱いの根拠となる情報やデータとの関係がより明確になるようにする。</p>
D-6	D2.7.2 p.56 翻訳版 p.68	<p>Given the complexity of the repository system (various processes [THMCR] with couplings, multiple spatial scales and characteristic time scales), it is necessary to identify uncertainties in a systematic way to ensure traceability and completeness of uncertainty management.</p> <p>処分場システムの複雑さ（熱・水理・力学・化学・放射線学[THMCR]のさまざまなプロセスとそのカップリング、複数の空間スケール、特徴的な時間スケール）を考えると、不確実性管理における追跡性と十分性を確保するための体系的な方法で不確実性を特定する必要がある。</p>	D2.7.2 p.56 翻訳版 p.68	<p>It might be useful to discuss in more detail the extent of "acceptable" conservatism, for example that models should not include an excessive amount of conservatism. As an illustration, when selecting a site, this could lead to evaluation bias. An important aspect is also how conservatism is explained to the reader, especially the non-technical reader who might be guided on how to understand and interpret the results.</p> <p>For the clarity of the approach, it is also suggested to identify separately what comes under variability from what comes under uncertainty, although the processing may involve identical methods.</p> <p>「許容可能な」保守性がどの程度なのかを、より詳細に議論することは有用かもしれない。例えば、モデルに過剰な保守性を含めるべきではないだろう。わかりやすい例として、サイト選定における過剰な保守性は評価のバイアスにつながる可能性がある。読者、特に結果をどう理解し解釈するかについて説明を受ける可能性がある一般読者に、保守性をどのように説明するかという点も重要である。</p> <p>このアプローチを明確にするため、同じ方法で処理される場合でも、変動性を原因とするものと不確実性を原因とするものとを別々に識別することも推奨される。</p>	<p>NUMO has made progress in understanding uncertainties associated with the waste inventory and its characteristics (see responses to comments 2.1-2, 2.3-1, 2.4-1, 2.6-1, 3.1-1, 3.3-2 and 3.3-3) and developing analytical models that can more realistically assess performance of repository system (see responses to comments 2.3-2 and 2.5-5). For these evaluations, we will clarify what causes uncertainties associated with the evaluations, including the inherent uncertainty of the fields and phenomena to which these analytical models and associated data are focusing on, and the technology will be developed to quantify such information so that evaluations can be performed without over-conservatism. NUMO aims to explain a sequence of work based on this approach to different stakeholders in a transparent and traceable manner.</p> <p>廃棄物インベントリやその特性に関する不確実性への対応（コメント 2.1-2、2.3-1、2.4-1、2.6-1、3.1-1、3.3-2、3.3-3 への回答参照）や、地層処分システムの性能をより現実的に評価できる解析モデルの開発（コメント 2.3-2 および 2.5-5 への回答参照）を進めている。評価に当たっては、これらの解析モデルと関連するデータが対象とする場や現象が本来的に有する変動性も含め、評価に伴う不確実性が何に起因しているかを明確にしたうえで、これを定量化することにより過度な保守性を排除した評価が行えるような技術を整備していく。保守性の設定に関する合理性を示すため、このような評価のアプローチに基づく一連の作業について、さまざまなステークホルダーに透明性と追跡性をもって説明できるように準備する。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-7	D2.7.7 p.57 翻訳版 p.69	<p>The IRT noted NUMO's commitment to basing its studies on the best available technologies.</p> <p>IRT は、NUMO が利用可能な最良の技術に基づいて研究を行うことをコミットしていることを認識している。</p>	D2.7.7 p.57 翻訳版 p.69	<p>However, it would seem judicious to NUMO to also consider the scheme adopted in many large-scale projects with the technology readiness level (TRL) Scale to assess the evolution and maturity of the geological disposal project.</p> <p>しかし、地層処分プロジェクトの進化状況と成熟度を評価するために、多くの大規模プロジェクトで採用されている技術成熟度レベル (TRL) スケールのスキームの採択も検討することが、NUMO にとって賢明なことのように思われる。</p>	<p>As recommended, when integrating the latest scientific knowledge and past R&D on geological disposal and preparing to advance stepwise site investigations, repository design, and safety assessment, we will consider the objective assessment of the maturity of all technologies using the TRL scale. This can contribute to improving the efficiency of technical work and also supporting arguments for safety cases. We will consider introducing the TRL scale (or an equivalent measure) in the future.</p> <p>最新の科学技術的知識や地層処分に関するこれまでの技術開発成果を統合し、地質環境の調査・評価、処分場設計、安全評価を事業の進展に応じて段階的に進めていくにあたり、提言のとおり各技術の成熟度を TRL スケールを用いて客観的に評価していくことは、技術検討業務の効率化とセーフティケースの説明性向上に寄与する可能性があると考えられる。今後、TRL スケールの導入について検討していく。</p>
D-8	D2.7.9 p.57 翻訳版 p.69	<p>The sensitivity of the various stakeholders and populations to nuclear issues, and therefore in this case to the disposal of radioactive waste, means that the information, communication and dialogue should be proposed and presented. The societal approach is also part of the safety case, as indicated in numerous publications under the aegis of the NEA, and also taken up by the NUMO teams during the Global 2015 Conference.</p> <p>様々なステークホルダーや住民が原子力問題、この場合は放射性廃棄物の処分問題に敏感であることは、情報、コミュニケーション、対話の提案と提示が重要であることを意味する。NEA 後援で出版された多くの出版物に示されているように、社会的アプローチもまたセーフティケースの一部であり、Global 2015 会議でも NUMO チームが取り上げている。</p>	D2.7.9 p.57 翻訳版 p.69	<p>The IRT recommends that NUMO consider this issue as soon as possible and devote the necessary development to it in the next phases of the safety case.</p> <p>IRT は、NUMO がこの問題をできるだけ早く検討し、セーフティケースの次の段階で必要な開発を専門的に行うことを推奨する。</p>	<p>NUMO recognises that promoting dialogue and communication with stakeholders using the safety case is an important issue. For example, NUMO has been participating in OECD/NEA FSC activities for many years. In addition, the Japan Atomic Energy Society has also established a special committee to support research on the social science aspects of this issue and to study methodologies for promoting communication of the safety case for geological disposal to various stakeholders. This committee includes both experts in the social sciences and other relevant fields. We will continue to strengthen these activities based on the advice of domestic and international experts.</p> <p>NUMO は、セーフティケースを活用したステークホルダーとの対話とコミュニケーションをいかに進めていくかが重要課題として認識しており、例えば、OECD/NEA の FSC の活動に長年参加している。また、この問題に関する社会科学側面に関する研究支援や、日本原子力学会における地層処分のセーフティケースに係るさまざまなステークホルダーを対象としたコミュニケーションに関する方法論の検討など、社会科学の専門家なども参加した活動を進めている。今後とも、国内外の専門家の助言などを得ながら、これらの活動を強化していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-9	D3 p.58 翻訳版 p.71	<p>The site descriptive model (SDM) approach developed by NUMO seems suitable. Models make it possible to provide design and safety assessment with fully integrated comprehensive data rather than field data. Models will be refined along with the progress in siting and field survey. The generic safety case developed in the SDM-based Safety Case is based on three typical models covering various types of potential geological formations encountered in Japan. Chapter 3 justifies in detail the elaboration of these models. This approach is relevant at this stage.</p> <p>NUMO が開発した地質環境モデル (SDM) に基づくアプローチは適切と考えられる。モデルは、フィールドデータではなく、完全に統合された包括的なデータを使用することで設計と安全評価を可能とする。モデルは、サイトの選定や現地調査の進捗に伴って改良されるであろう。地質環境モデルに基づくセーフティケースにおいて開発されたジェネリックなセーフティケースは、日本で遭遇する可能性のあるさまざまな種類の地質構造を代表する3つの典型的なモデルに基づいている。第3章は、これらのモデルの根拠を詳細に説明するものである。このアプローチは現段階で妥当である。</p>	D3 p.58 翻訳版 p.71	<p>For Neogene/Pre-Neogene volcanic and metamorphic rocks, the decision was made at this stage to not elaborate specific SDMs as three representative SDMs are considered to cover the characteristics of these rocks. It is however recommended that, as soon as field data become available, the characteristics of these formations be differentiated from those of volcanic and igneous rocks.</p> <p>新第三紀・先新第三紀火山岩類と変成岩類については、3つの代表的な地質環境モデルがこれらの岩種の特徴をカバーすると考えられるため、この段階では特定の地質環境モデルを詳しく説明しない方針が取られている。ただし、フィールドデータが入手可能になった際には、これら代表的な地層の特性を火山岩や火成岩の地層と区別することが推奨される。</p>	<p>As recommended, if information on Neogene/Pre-Neogene volcanic and metamorphic rocks is obtained, either from specific site investigations or from future additions to information in the general literature, consideration will be given to developing these specific SDMs if this is of relevance to any sites.</p> <p>提言のとおり、特定サイトの調査、あるいは今後の一般文献による情報の追加によって、新第三紀・先新第三紀火山岩類および変成岩類に関する情報が取得された場合は、独立した地質環境モデルの構築を検討していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解	Recommendations from IRT レビューに基づく提言	NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-10	<p data-bbox="273 226 368 758">D3.3 p.60</p> <p data-bbox="368 226 1012 758">For the development of SDMs for representative host rock settings, several characteristics are compiled and then selected to provide as much representative cases as possible. Conceptual models are proposed, but they would gain in justification with a finer description of the methodology of their development. In particular, it will be necessary to describe how the field data will be used to arrive at the conceptual model. For Neogene/Pre-Neogene volcanic and metamorphic rocks, no specific SDM is elaborated. Three representative SDMs are considered to cover the characteristics of these rocks and used for design and safety assessment for the safety case. For the specific sites, respective SDMs are developed based on the literature and characterisation.</p> <p data-bbox="273 804 368 1352">翻訳版 p.73</p> <p data-bbox="368 804 1012 1352">代表的な母岩の地質環境モデル構築においては、いくつかの特性をまとめたうえで、可能な限り代表的なケースを提供するように選択されている。概念モデルが提案されているが、それらの構築に関する方法論をもっと詳細に記述することで根拠をよりよく示すことができるだろう。特に、フィールドデータをどのように使って概念モデルに到達するのかを説明する必要があるだろう。 新第三紀・先新第三紀火山岩と変成岩に関しては、特定の地質環境モデルが詳しく説明されているわけではないが、これら岩種の特性をカバーする代表的な 3 種類の地質環境モデルが検討され、セーフティケースのための設計と安全評価に使用されている。具体的なサイトについては、文献調査と特性評価に基づいてそれぞれの地質環境モデルが構築される。</p>	<p data-bbox="1032 226 1127 548">D3.3 p.60</p> <p data-bbox="1032 468 1098 548">翻訳版 p.74</p> <p data-bbox="1127 226 1789 407">Hydraulic conductivity is a key parameter for the different geological formations and could be very discriminating in terms of post-closure containment performance. It is thus recommended to use the most possible representative values rather than having almost the same value for all.</p> <p data-bbox="1127 449 1789 627">透水性は、さまざまな地質構造にとって重要なパラメータであり、閉鎖後の閉じ込め機能の点で大きな判別要因となる可能性がある。したがって、すべてにほぼ同じ値を使うのではなく、最も可能性の高い代表値を使用することが推奨される。</p>	<p data-bbox="1807 226 2816 407">Representative hydraulic conductivities for Neogene/Pre-Neogene volcanic and metamorphic rocks were obtained. If further information on these rocks is obtained, either from specific site investigations or from future additions to information in the general literature, we will consider refining the SDMs for Neogene/Pre-Neogene volcanic and metamorphic rocks.</p> <p data-bbox="1807 407 2816 724">In the SDMs for specific sites, the heterogeneity of hydraulic conductivity of geological formations will be determined based on borehole data and directly considered when addressing safety-relevant issues, such as more realistic assessment of radionuclide migration characteristics. Here we consider impacts on performance indicators for the host rock and surrounding formations. Thus, in addition to refinement of the radionuclide migration model in the geosphere (see responses to comments 2.1-3, 2.1-4, 3.4-1 and 3.4-3), we take such heterogeneity into account during tailoring designs (see responses to comments 2.3-3 and 2.5-5), setting of parameters for sensitivity analysis, and general treatment of uncertainty (see comment 3.1-1).</p> <p data-bbox="1807 766 2816 1113">新第三紀・先新第三紀火山岩類および変成岩類についても透水性の代表値は取得しており、特定サイトの調査、あるいは今後の一般文献による情報の追加によって、新第三紀・先新第三紀火山岩類および変成岩類に関する情報が取得された場合は、独立した地質環境モデルの構築を検討していく。また、特定のサイトを対象とした地質環境モデルでは、ボーリングデータに基づき、母岩に対する性能指標や地圏における核種移行モデルの精緻化の検討（コメント 2.1-3、2.1-4、3.4-1、3.4-3 への回答参照）、設計への対処（コメント 2.3-3、2.5-5 への回答参照）、感度解析・不確実性への対処や合理的な保守性の設定（コメント 3.1-1 参照）を考慮したより現実的な核種移行特性の評価といったさまざまな課題への取り組みと連携して、母岩に対する空間的な透水性の分布を設定する。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-11	D6.3 p.68 翻訳版 p.83	<p>Storyboards are mostly used to describe the behaviour of the system after the disposal facility is closed. This is a relevant way of illustrating the successive periods of disposal evolution.</p> <p>ストーリーボードは、主に処分施設が閉鎖された後のシステムのふるまいを説明するために使用されている。これは、連続した期間における処分場の変遷を示す適切な方法である。</p>	D6.3 p.69 翻訳版 p.84	<p>Such storyboards would also be a good basis for analysing the effects of uncertainties. The IRT strongly recommends developing the work already well underway from the storyboards for the next stages of the geological repository project in Japan. These can also be a good way to communicate with stakeholders and the public, making it clear that storyboards help to understand all of the underlying processes and assumptions that need to be considered.</p> <p>このようなストーリーボードは、不確実性の影響を分析するための良い基盤にもなるであろう。IRT は、日本の地層処分プロジェクトの次の段階に向けてストーリーボードから既に適切に進められている作業をさらに発展させていくことを強く推奨する。これらは、検討すべき基本的なプロセスと想定条件のすべてを理解するためにストーリーボードが役立つことを明確にすることによって、ステークホルダーや公衆とコミュニケーションをとるための良い方法にもなり得る。</p>	<p>As mentioned in the responses to comments 2.5-4, 2.7-5 and 3.4-14, storyboards, as knowledge management and communication tools, are recognised as valuable to promote common understanding of evolution of the repository system on a range of temporal and spatial scales. These can also contribute to effective integration of safety case development by the site investigation team, the repository design team and the safety assessment team. Additionally, as IRT noted, the storyboard can function as a tool which promotes communication with various stakeholders and, in particular, the general public. With a focus on the function as a communication tool, the storyboards shown in the NUMO Safety Case are planned to be improved to visually illustrate temporal and spatial evolution of geological repository in much more detail. This can also cover the representation of uncertainties, particularly in terms of long-term evolution.</p> <p>コメント 2.5-4、2.7-5、3.4-14 への回答において述べたように、ストーリーボードは、処分場のさまざまな空間スケールおよび時間スケールにおけるふるまいについて、地質環境の調査・評価、処分場設計、安全評価の各分野間の共通理解を促し、セーフティケース構築においてスムーズな意思疎通を図ることに寄与するとともに、情報管理ツールとして活用できるものと認識している。また、ここで指摘されているように、さまざまなステークホルダーや公衆とのコミュニケーションを促進するためのツールとして期待できる。こうした観点も含め、包括的技術報告書で示したストーリーボードをひな形として、システムのふるまいを描写する時空間的な情報をより詳細かつビジュアルに示すといったストーリーボードの表現方法について、今後も改善を進めていく。</p>
D-12	D6.2 p.68 翻訳版 p.83 D6.3 p.69 翻訳版 p.84	<p>The role of the integrated FEPs is to group the FEPs in blocks to structure the impact analysis. As they are general in nature, e.g. “water chemistry”, they do not seem to be used as such in the impact analysis. The role of the integrated FEPs vs the individual FEPs in the impact analysis should be developed. An example of a list of FEPs that are grouped into one integrated FEP would help illustrating the approach.</p> <p>統合 FEP の役割は、FEP をブロック毎にグループ分けして体系的に影響分析を行うことである。これらは「水化学」など、本質的に一般的なものであるため、影響分析ではそのように使用されていないように思われる。影響分析における統合 FEP と個別 FEP の役割を明確にする必要がある。1 つの統合 FEP にグループ化された FEP リストの例を挙げることで、このアプローチを説明するのに役立つであろう。</p> <p>The NUMO FEP list used in the SDM-based safety case would be useful; it may be updated next on the basis of more recent publications by the NEA.</p> <p>地質環境モデルに基づくセーフティケース報告書で使用されている NUMO の FEP リストは有益であり、NEA の最新の出版物に基づいて、次回更新される可能性がある。</p>	D6.3 p.69 翻訳版 p.84	<p>NUMO applies a structured approach to the development of scenarios, using safety functions, state variables, factor analysis diagrams and impact analyses, and the IRT encourages the further development of these tools.</p> <p>NUMO は、安全機能、状態変数、要因分析図、影響分析を用いた、構造化されたアプローチを適用してシナリオを作成しており、IRT はこれらのツールのさらなる開発を奨励する。</p>	<p>The NUMO FEP knowledge base will be regularly expanded and updated to represent the latest scientific knowledge, while introduction of digital tools aims to improve the transparency and traceability of FEP screening and integration into scenarios (see responses to comments 2.5-1 and 2.5-2). Moreover, based on this knowledge base, the methodologies and tools related to the scenario development process, such as setting up state variables, factor analysis, impact analysis, and clarifying the relationship with safety functions, will be further developed.</p> <p>The update of this knowledge base will also include detailed studies on FEPs which are currently considered as secondary, as described in the responses to comments 2.5-5 and 3.4-9. All this will proceed in parallel to the development of tools for the integrated knowledge management extending from the development of FEP lists to final scenario development (see responses to comments 2.5-4, 2.7-5 and 3.4-14).</p> <p>包括的技術報告書で整備した FEP については、スクリーニングや統合化（統合 FEP の作成）の過程の透明性や追跡性をさらに高めながら、最新知見を反映して拡充や見直しを定期的に行う（コメント 2.5-1、2.5-2 への回答参照）とともに、FEP や関連する情報に基づき、安全機能との関係を明確にしながら、状態変数の設定、要因分析や影響分析といったシナリオの開発プロセスに関する方法論・ツールをより精緻なものとなるよう開発していく。FEP の更新は、コメント 2.5-5、3.4-9 への回答で述べたように、これまで二次的と位置付けていたような現象などに関する詳細な検討結果を反映するとともに、FEP の設定からシナリオの開発までの関連情報を一元的に管理するためのツールの開発と連携して進める（コメント 2.5-4、2.7-5、3.4-14 への回答参照）。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-13	D6.6 p.70 翻訳版 p.85	<p>Based on the experience of the present safety case, future development needs can be ranked in terms of their perceived importance, and also according to the overall agenda of geological disposal in Japan. The most sensitive phenomena and processes will be a first key for ranking, but other criteria will also be defined. In any case, the development programme will be built so that major milestones are met.</p> <p>今回のセーフティケースの経験に基づき、将来の開発ニーズを、重要性に関する認知により、また、日本の地層処分の全体的なアジェンダに沿って、ランク付けすることができる。影響に対する感度が最も高い現象とプロセスがランキングにおける最初の手がかりとなるが、他の基準も定義することが可能である。いずれにせよ、開発プログラムは主要なマイルストーンを達成するように構築される。</p>	D6.6 p.70 翻訳版 p.86	<p>In addition to the development needs identified by NUMO, the IRT emphasises the need to improve the understanding of microbial processes. The impact of microbial processes on the performance of the overpack (especially corrosion), buffer and backfill and on radionuclide transport in the geosphere will have to be evaluated.</p> <p>NUMO によって特定された開発ニーズに加えて、IRT は微生物プロセスの理解を深める必要性を強調する。微生物プロセスがオーバーパック（特に腐食）、緩衝材と埋め戻し材の性能、および地圏での放射性核種移行に与える影響を評価する必要がある。</p>	<p>We recognise the need to better understand the effects of microbial activity on corrosion and, more generally, the impacts of microbial activity in buffer materials and on the underground migration of radionuclides. This is indicated in the Overall R&D Plan. NUMO will continue to expand its knowledge in this area, including utilising joint research with relevant organisations, academic societies, universities and other professional agencies.</p> <p>微生物活動が腐食挙動に及ぼす影響、緩衝材中における微生物活動の把握、地下水中の微生物が放射性核種の移行に与える影響に関する知見はさらなる拡充が必要と認識している。これらの課題は全体計画のなかで明示しており、関係機関や学会や大学などの学術的な専門機関との共同研究なども利用しつつ、より強力に進めていく。</p>
D-14	D7.1 p.72 翻訳版 p.87	<p>As an alternative dose indicator, NUMO considers transfer of radionuclides to the biosphere in a stylised release to a river, demonstrating that dilution reduces concentrations to insignificant levels.</p> <p>NUMO は、線量の代替指標として、生活圏への放射性核種の移行を河川への流入として様式化し、希釈によって濃度が非常にわずかなレベルまで低下することを示している。</p>	D7.1 p.72 翻訳版 p.87	<p>The IRT encourages NUMO to further develop such cases, e.g. the possibility of accumulation of radionuclides into specific compartments of the biosphere.</p> <p>IRT は、NUMO に対し、こうしたケースをさらに開発するよう推奨する。例えば、放射性核種が生活圏の特定の区画に蓄積する可能性などである。</p>	<p>NUMO will continue to study complementary safety / performance indicators, in particular by monitoring safety cases developed by other countries. As mentioned in the response to comment 2.5-5, we are developing site descriptive models which can realistically describe changes in time and space on the large scale extending from deep underground to the biosphere (4-dimensional site descriptive model). NUMO will improve the biosphere assessment model by considering long-term evolution of the surface environment (derived from the 4-D SDM) as well as any geochemical mechanisms that might cause reconcentration of radionuclides at locations such as interfaces between soil horizons or along redox fronts (mentioned in response to comment 2.5-8). In addition, NUMO will also study the approach to assess the cases in which radionuclides accumulate into specific compartments in the biosphere while improving biosphere assessment model mentioned .</p> <p>補完的安全指標／性能指標については、諸外国のセーフティケースにおける動向も参考にしながら引き続き検討をしていく。また、コメント 2.5-5 への回答において述べたように、地表から地下深部における地質環境特性の時間的・空間的な変化を現実的に表現する地質環境モデル（四次元地質環境モデル）の構築技術を開発している。生活圏評価に用いるモデルについては、四次元地質環境モデルとの時間的な変化を統合的に考慮して作成する技術の開発や、コメント 2.5-8 で回答した生活圏における化学形態の再濃縮に関する地球化学的プロセスの考慮などを通じて精緻化・高度化を図る。こうしたモデル開発のなかで生活圏における特定の区画に放射性核種が蓄積する可能性の評価の考え方についても検討していく。</p>

No.	Observations from IRT レビューの見解		Recommendations from IRT レビューに基づく提言		NUMO's responses to comments NUMO の対応
D-15	<p>D6.2 p.68</p> <p>翻訳版 p.83</p> <p>D6.3 p.69</p> <p>翻訳版 p.84</p>	<p>The role of the integrated FEPs is to group the FEPs in blocks to structure the impact analysis. As they are general in nature, e.g. “water chemistry”, they do not seem to be used as such in the impact analysis. The role of the integrated FEPs vs the individual FEPs in the impact analysis should be developed. An example of a list of FEPs that are grouped into one integrated FEP would help illustrating the approach.</p> <p>統合 FEP の役割は、FEP をブロック毎にグループ分けして体系的に影響分析を行うことである。これらは「水化学」など、本質的に一般的なものであるため、影響分析ではそのように使用されていないように思われる。影響分析における統合 FEP と個別 FEP の役割を明確にする必要がある。1 つの統合 FEP にグループ化された FEP リストの例を挙げることで、このアプローチを説明するのに役立つであろう。</p> <p>The NUMO FEP list used in the SDM-based safety case would be useful; it may be updated next on the basis of more recent publications by the NEA.</p> <p>地質環境モデルに基づくセーフティケース報告書で使用されている NUMO の FEP リストは有益であり、NEA の最新の出版物に基づいて、次回更新される可能性がある。</p>	<p>D7.2 p.73</p> <p>翻訳版 p.88</p> <p>NUMO has introduced the concept of state variables and factor analysis diagrams as tools for evaluating safety functions in the development of scenarios, and, as mentioned, the IRT encourages the further development of these tools.</p> <p>NUMO では、シナリオ開発における安全機能を評価するツールとして、状態変数と要因分析図の概念を導入しており、IRT では前述の通り、これらのツールのさらなる開発を奨励する。</p>	<p>As mentioned in the response to comment D-12, NUMO will continue to develop and improve tools for evaluating safety functions as part of scenario development. This runs in parallel with work to continuously update the FEP knowledge base, while also improving traceability and user-friendliness by introducing modern digital technology.</p> <p>コメント D-12 への回答で述べたように、引き続き FEP を更新していく作業と並行して、追跡性や利便性の向上等、最新のデジタル技術の導入も図りながら、これらのツールの開発・改良を継続する。</p>	

参考文献

IAEA (2011) : Geological disposal facilities for radioactive waste, Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series, No. SSG-14.

JAEA (Japan Atomic Energy Agency) and FEPC (The Federation of Electric Power Companies of Japan) (2007): Second progress report on research and development for TRU waste disposal in Japan, JAEA-Review 2007-010, FEPC TRU-TR2-2007-01.

JNC (核燃料サイクル開発機構) (1999) : わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—総論レポート, JNC TN1400 99-020.

JNC (Japan Nuclear Cycle Development Institute) (2000): H12: Project to establish the scientific and technical basis for HLW disposal in Japan; Project overview report, JNC TN1410 2000-001.

地層処分研究開発調整会議 (2023) : 地層処分研究開発に関する全体計画 (令和 5 年度～令和 9 年度)、2023 年 3 月。

電事連 (電気事業連合会)・JNC (核燃料サイクル開発機構) (2005) : TRU 廃棄物処分技術検討書—第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—, JNC TY1400 2005-013.

以上