

バックエンド部会セッション

地層処分セーフティケース —進捗状況—

Safety case for geological disposal of radioactive waste -Current status-

(1) セーフティケース構築の考え方とアプローチ

(1) Concept and approach for safety case development

藤山哲雄, *出口 朗, 梅木博之

原子力発電環境整備機構 (NUMO)

1. はじめに

NUMO では、最新の科学的知見や技術開発成果に基づき、わが国における安全な地層処分の実現性を示すことを目的とした包括的技術報告書の取りまとめをセーフティケースの考え方に基づいて進めている。原子力学会 2016 年秋の大会において開催された企画セッションでは、セーフティケースの取りまとめの途中結果を概括的に報告した。本セッションでは、昨年以降の検討内容に基づく現状の進捗状況について、セーフティケースを特徴づける点を中心に 5 件の発表(1)~(5)を通じて報告し、わが国において安全な地層処分が実現可能とする論拠や抽出された技術的課題などについて参加者との共有を図るとともに、その信頼性や妥当性について議論する。

2. セーフティケース作成の背景と目的

「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—」^[1] (以下、第 2 次取りまとめという) や「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—」^[2] (以下、第 2 次 TRU レポートという) によって論ぜられた、わが国における高レベル放射性廃棄物および半減期の長い核種を一定量以上含む低レベル放射性廃棄物の一部 (以下、TRU 廃棄物という) に対する地層処分の技術的信頼性について、最新の科学的・技術的知見を踏まえて総合的に再評価することは、わが国における安全な地層処分の技術的实现性を恒常的に確認するうえで重要である。一方、地層処分に関係する地域の科学的特性を既存の全国データに基づき一定の要件・基準^[3]に従って整理した「科学的特性マップ」^[4]が国から提示されたことで、処分地選定が新たな局面を迎えつつあることから、今後の対話活動などに向けてサイト選定の進展に対応した技術の整備状況を示すことは、以前にも増して重要となっている。

このため NUMO は、以下を目的として包括的な技術報告書 (以下、包括的技術報告書という) の取りまとめを進めてきている。

- ① 最新の科学的・技術的知見を踏まえて、わが国において安全な地層処分が実現可能であることをあらためて提示すること
- ② 最新の技術開発成果を反映し、文献調査以降に対応する技術的な準備状況を提示すること

「第 2 次取りまとめ」では、わが国の地層処分概念を一般的に検討し、その成立性が概括的に論じられた。包括的技術報告書は、上記の目的に向けて、「第 2 次取りまとめ」以降に進められてきた深地層の研究施設などにおける研究成果を含むわが国の地質環境に対する最新の理解に基づき、文献調査段階へと地層処分事業を進めていくための技術的な方法論が整っていること、および処分場の閉鎖前と閉鎖後において安全性を確保できる見通しがあることを示す。併せて、地層処分の信頼性向上に向けた今後の技術開発課題を明らかにする。

地層処分の長期的な安全性に対する信頼を恒常的に高め、確かなものとしていくために、事業期間中の

各節目においてその時点の最新の科学的知見を取り込んだ「セーフティケース」を繰り返し取りまとめるという考え方が国際的に共有されている^[5]。セーフティケースは、地層処分技術を構成する三つの主要な技術分野である「地質環境の調査・評価」、「処分場の設計」、「安全評価」を統合し、処分場の安全性に関してさまざまな側面から議論を積み上げて総合的な情報として提供することで、処分場の安全性が確かなものであることをステークホルダー（国、規制機関、地域住民、一般国民など）と共有するためのプラットフォームを構築するという概念である。セーフティケースの概念は、わが国における安全な地層処分の実現性を検討し、さまざまなステークホルダーとの対話に向けた最新の技術的な基盤を構築することで、事業をサイト調査の段階に進めることの信任を社会から得ようとする包括的技術報告書の目的と整合している。また NUMO は、文献調査の段階以降、事業の進展に応じてセーフティケースを作成・更新していくこととしていることから^[6]、包括的技術報告書をセーフティケースの考え方に沿って作成しておくことで、文献調査段階においてサイト固有の特性を踏まえて作成するセーフティケースの「ひな形」として活用することができると考えられる。

以上のことから、包括的技術報告書は、国際的に受け入れられているセーフティケースの構造^[5]を参考にしつつ、サイトが特定された後に作成するセーフティケースの枠組みと情報の基盤を与えることを意図して作成を進めている。これを、以下では NUMO セーフティケースという。

3. 現段階のセーフティケースとして考慮すべき要件・前提条件

地層処分は、事業の進展に応じてサイトの地質環境条件などがより詳細に把握されていくとともに、安全規制要件や処分場周辺の環境への適合要件といった処分場に求められる要件が具体化されていく。このように、処分場の安全性を検討するための前提条件や考慮すべき要件は事業の段階によって変化する。したがって、セーフティケースによって「安全な地層処分が実現可能であること」を説明する際には、その時点で考慮すべき要件や検討の前提条件を明確に示し、これらに対して最善の技術的検討を行っているか、また残された技術的な課題が明らかとなっており、それは解決できる見通しがあるかという観点での議論が重要となる。

現段階で NUMO が整備するセーフティケースについては、考慮すべき要件や検討の前提条件を次のように整理した。

○ 考慮すべき主な要件

- ・ 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（以下、最終処分法という）に示されている段階的な調査の進め方（文献調査、概要調査、精密調査）と概要調査地区等の選定要件
- ・ 最終処分基本方針^[7]に示された可逆性・回収可能性の担保。国により示された地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果^[3]。
- ・ 「特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画」^[8]（以下、最終処分計画という）に示されている特定放射性廃棄物の種類、量、処分能力（ガラス固化体 4 万本、TRU 廃棄物 19,000m³）。
- ・ 最終処分計画に示されている多重バリアシステムによる安全確保（IAEA 等の安全要件^[9]に示される地層処分の基本的な安全機能（隔離・閉じ込め）の確保）。

○ 主な検討の前提条件

- ・ 候補となる母岩やサイトが特定されておらず、地質環境に関するデータ・情報は既存の公開文献情報を参照して幅広い地質環境を検討しておくこと。
- ・ 安全規制要件はこれから整備されること。
- ・ 深地層の研究施設における地下深部の地質環境特性に対する理解の進展を含め、国内外における科

学的知見や技術開発成果の蓄積を反映すること。

- ・ 研究開発段階から事業化段階へ移行するための技術的な拠り所となることが求められた「第2次取りまとめ」や「第2次 TRU レポート」に対して、NUMO セーフティケースでは、適切なサイト選定に向けた技術的基盤が着実に整備されていることを示すことに主眼があること。
- ・ フィンランドやスウェーデンが事業の許認可段階に進んでいることなどを背景として、近年の諸外国のセーフティケースはより詳細化・精緻化する傾向にあることから、セーフティケースに示す技術的根拠の説明性や信頼性に求められるレベルが国際的な水準にあること。この観点では近年、処分場閉鎖前の安全性が明確に考慮されるようになってきていることに留意する。

4. セーフティケース構築のアプローチ

以上を踏まえると、現段階で整備するセーフティケースは、わが国における地層処分の一般的な成立性を示すことに主眼を置いたジェネリックな段階から、サイトが特定された以降にただちに対応できる技術的基盤を整備することを目指す、サイト・スペシフィックな段階への過渡期にあるセーフティケースといえる。そこでセーフティケースを作成するうえでは、幅広い地質環境条件に対応するための網羅性に留意しつつ、実際のサイト調査の段階で行う作業を念頭に置き、事業を進めていくなかで想定される現実的な技術的制約条件などへの対応を提示することに留意した。

具体的には、上述した考慮すべき要件や検討の前提条件を考慮し、次のような目標を設定して技術的な検討を実施した。

① 文献調査地域が明らかになった際に、その地域の特徴に対応できるような柔軟な地質環境モデルの構築技術を提示すること

文献調査の段階への準備として、全国規模で収集した最新の地質環境情報などをもとに、サイト選定においてわが国の多様な地質環境を処分場の設計および安全評価の観点から類型化し、検討対象とする母岩を設定する。検討対象母岩の選定においては、わが国の地下深部に広く分布し、特徴が異なる岩種を設定することで、サイト選定で想定されるわが国の代表的な岩種について網羅的に対応するための技術基盤を整備する。具体的には、深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類という3つの岩種を選定した。

これらの岩種を対象として、深地層の研究施設で得られた地下深部の情報を含むわが国の最新の地質環境特性の知見やデータに基づき、地質環境モデルを構築する。この際、断層・割れ目の存在や地下水水質といった核種の移行特性に重要な地質環境の特徴をなるべく現実的に反映することに留意する。

② 各岩種の地質環境モデルの特徴に対応できる処分場の設計技術を提示すること

断層の存在など、サイト調査において現実的に遭遇する地質環境への設計上の対応や処分概念の違いによる得失などを考慮できる実用性のある設計手法を構築する。この設計手法を適用し、これまで多くの技術開発成果が蓄積されてきている「第2次取りまとめ」や「第2次 TRU レポート」で提示された処分概念を出発点として、異なる検討対象母岩の地質環境モデルを対象に処分場の設計事例を提示することで、設計手法の適用性を示す。

また、最新の知見に基づいて、安全性のさらなる向上を志向した設計オプションや、サイト条件に応じた人工バリア仕様の合理化・最適化に向けた可能性などをあわせて提示する。さらに、廃棄体の回収技術に関する検討や、処分場閉鎖前の安全性に関する検討を拡充する。

③ 構築された処分場（地質環境モデルと処分施設）の特徴を反映した安全評価技術を提示すること

さまざまな不確実性を適切に取り扱うためリスク論的な考え方を導入し、地層処分システムで生起する

事象の発生可能性を考慮した安全評価シナリオの作成技術を構築する。

安全評価技術については、母岩の地質環境モデルの特徴や、岩種に応じた処分場の設計（地下施設レイアウトや人工バリア仕様）の違いをできるだけ現実的に反映し、異なる処分場の性能を合理的に比較・評価できる性能評価解析の手法を整備する。これらに基づき検討対象母岩の地質環境モデル、および処分場の設計結果を対象として閉鎖後長期の安全評価を行い、国際機関による勧告等を参照して安全性を判断するめやすを設定したうえで、わが国の多様な地質環境に対する長期安全性の確保について見通しを示す。

現在、NUMO セーフティケースについては、機構内で組織している技術アドバイザリー委員会や、ワークショップの開催等を通じて国内外の専門家に示して意見聴取を行いながら、「上記の目標に照らして、現時点で利用可能な情報・データに基づき最善の技術的検討を行っているか」という観点で、検討内容の綿密な検証を進めている。

参考文献

- [1] 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－，JNC TN1400 99-020～99-023.
- [2] 電気事業連合会・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，FEPC TRU-TRU2-2005-02.
- [3] 総合資源エネルギー調査会（2017）：地層処分に關する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術WGとりまとめ），総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会 原子力小委員会地層処分技術WG，平成29年3月.
- [4] 経済産業省（2017）：科学的特性マップ公表用サイト，
http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/nuclear/rw/kagakutekitokuseimap/（2017年7月28日閲覧）
- [5] OECD/NEA（2013）：The Nature and Purpose of the Post-closure Safety Cases for Geological Repositories，OECD/Nuclear Energy Agency.
- [6] 原子力発電環境整備機構（2011）：地層処分事業の安全確保（2010年度版）－確かな技術による安全な地層処分の実現のために－，NUMO-TR-11-01.
- [7] 経済産業省（2015）：特定放射性廃棄物の最終処分に關する基本方針（平成27年5月22日閣議決定）
- [8] 経済産業省（2008）：特定放射性廃棄物の最終処分に關する計画（平成20年3月14日閣議決定）.
- [9] IAEA（2011）：Disposal of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. SSR-5.

Tetsuo Fujiyama, *Akira Deguchi and Hiroyuki Umeki

Nuclear Waste Management Organization of Japan