

高レベル放射性廃棄物処分の現況

藤島敦*1

本稿では、高レベル放射性廃棄物等の地層処分事業を取り巻く基本的な情報を紹介するとともに、近年の状況として、国が2017年に公表した「科学的特性マップ」および原子力発電環境整備機構が2018年に公表した「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—（レビュー版）」について紹介する。

Keywords：地層処分，高レベル放射性廃棄物，科学的特性マップ，包括的技術報告

1 地層処分の対象となる放射性廃棄物

「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）が2000年6月に制定され、高レベル放射性廃棄物（第一種特定放射性廃棄物）を地下300m以深の安定な地層中に処分すること等が定められた。その後、2007年の最終処分法の改正により、地層処分相当低レベル放射性廃棄物（第二種特定放射性廃棄物）が地層処分の対象に追加された。

1.1 高レベル放射性廃棄物

高レベル放射性廃棄物とは、わが国においては原子力発電所から発生する使用済燃料の再処理過程で発生する放射能レベルの高い廃液をガラス固化したもの（ガラス固化体）である。2019年3月末時点で、茨城県東海村の国立研究開発法人日本原子力研究開発機構および青森県六ヶ所村の日本原燃株式会社に合計2,485本[1-3]のガラス固化体が貯蔵されている。また、これまで原子力発電の結果、約18,000トンの使用済燃料が発生しており、それらをすべて再処理し、ガラス固化体にしたとすると、その量は、すでにガラス固化体となっているものと合わせると、約25,000本になる[4]。

ガラス固化体の放射能は、固化直後では人間が近づくとできないほど高く、その後急速に減衰するが、きわめて長期にわたり残存する。そのため、ガラス固化体を人間の生活環境から数万年以上にわたり隔離する必要がある。そこで、地層処分がわが国のみならず諸外国においても選択されている[5]。

1.2 地層処分相当低レベル放射性廃棄物

地層処分相当低レベル放射性廃棄物は、再処理工場およびMOX燃料加工工場の操業・解体に伴って発生する排気フィルタ、使用済燃料の被覆管をせん断・溶解した後の断片等（ハル・エンドピース）、濃縮廃液、雑固体廃棄物等を処分に適した形状に加工し、キャニスタ、ドラム缶等に封入したものである。その総量は、約18,100 m³と見込まれている[6]。

2 地層処分事業について

地層処分は、放射性廃棄物を人間の生活環境から隔離し、安定した地下深部に閉じ込めることを基本としている。さらに、隔離と閉じ込めに基づく安全性を高めるために、天然バリアと人工バリアで構成される多重バリアシステムを構築する。天然バリアでは、還元性でものが変化しにくいこと、水の流れが非常に遅いことから、長期にわたって物質を閉じ込めることができる地下深部の性質を利用する。人工バリアは、安定な形態を持つガラス固化体や、長期間地下水とガラス固化体の接触を防ぐオーバーパック、およびオーバーパックと岩盤の間を充填し、地下水の流れを抑制する緩衝材で構成される。

処分地の選定プロセスは、最終処分法において概要調査地区の選定（文献調査）、精密調査地区の選定（概要調査）、処分地の選定（精密調査）という三段階の選定過程を経ることが規定されている。処分地の選定プロセスにおいては、調査の各段階で結果を公表し、市町村長・都道府県知事の意見を聴き、反対の意見が示された場合には次の段階に進まないこととなっている。

処分地の選定後は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく事業許可を得た後、建設、操業、閉鎖を経て、事業の廃止に至る。事業全体でおよそ100年にわたる長期プロジェクトとなる[7]。

3 地層処分に関するこれまでの経緯

地層処分に関するこれまでの経緯として、以下では最近の話題として、科学的特性マップの公表および包括的技術報告書の公表について紹介する。

3.1 科学的特性マップの公表

科学的特性マップは、2002年に公募開始後10年以上の間、処分地選定調査に着手できていない現状等を踏まえ、2015年5月に改定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」[8]の中で提示された“国が科学的により適性が高いと考えられる地域を提示すること”を受けたものである。

科学的特性マップの作成に用いられた要件・基準は、さまざまな分野の専門家で構成された経済産業省の審議会である「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」において検討が行われ、

Current status of the high-level radioactive waste disposal by Atsushi FUJISHIMA (afujishima@numo.or.jp)

*1 原子力発電環境整備機構

Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO)

〒108-0014 東京都港区芝4-1-23 三田 NN ビル

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第35回「バックエンド」夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである。

その結果は「地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術WGとりまとめ）」にまとめられた[9]. この結果を踏まえ、日本全国を対象として4種類の科学的特性によって地域を特徴付けた科学的特性マップが国より公表された (Fig. 1) [10].

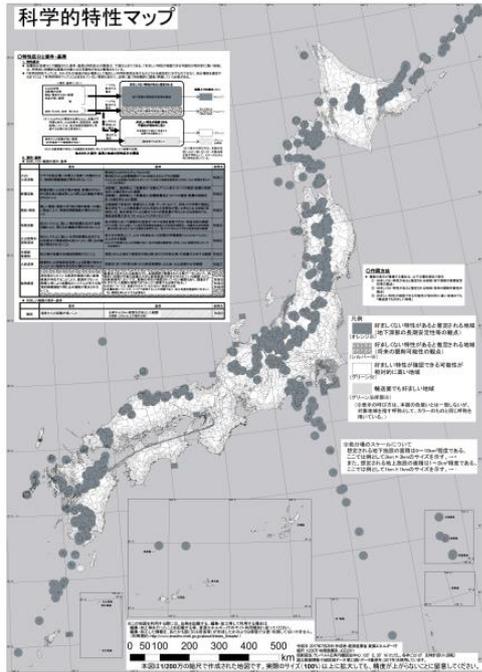


Fig. 1. 科学的特性マップ*[10]
※本稿が白黒印刷であるため、白黒版を示す。

科学的特性マップは、それぞれの地域が処分地として相応しい科学的特性を有するかどうかを確定的に示すものではない。処分地を選んでいくには、原子力発電環境整備機構（以下、「NUMO」という）が処分地選定調査を行い、その地域の科学的特性を詳しく調べていく必要がある。この処分地選定調査をいずれかの地域に受け入れて頂くためには、地層処分に関する広範な国民理解を得るとともに、地域の中でしっかりと検討して頂くことが重要であることから、国およびNUMOは科学的特性マップに基づいて地層処分事業に対する国民理解を深めるための対話活動を進めている。

3.2 包括的技術報告書の公表

「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—」[11] (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—」[12]によって論じられた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実現性を恒常的に確認するうえで重要である。一方、科学的特性マップ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、地層処分技術 WG によるわが国の地質環境に関する審議、および工学的対策や安全評価などに係る第2次取りまとめ以降の技術開発成果を踏まえた技術基盤を統合し、地層処分の実施主体としてわが国の地質環境に対して安全な地層処分を実現するための方法を説明し、技術的な取り組みの最新状況を示すことを目的とした包括的な技術報告書（以下、「包括的技術報告書」という）を取りまとめ、2018年11月に公表した。

地層処分を進める諸外国では、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るため、事業期間の各節目に、安全な処分場を構築できる最新の技術的論拠・根拠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（例えば、OECD/NEA (2013) [13]) が共有されている。セーフティケースの概念は、処分場の安全性についての証拠、論拠や論述等を体系化し、さまざまな側面から議論を積み上げることで総合的な情報として提供し、ステークホルダーとの対話の材料とすることである。こういった状況のなか、NUMO も事業の進展に応じてセーフティケースを更新していく計画であり、包括的技術報告書は処分地選定後のセーフティケースの基本形となるように取りまとめた。

なお、包括的技術報告書は、さまざまな分野の専門家が必要とする情報やその詳細度を読者自らが選択できるよう、Fig. 2のように上位レベルから下位レベルに向かって詳細化し、かつ追従性のある階層構造を持った文書体系となっている。

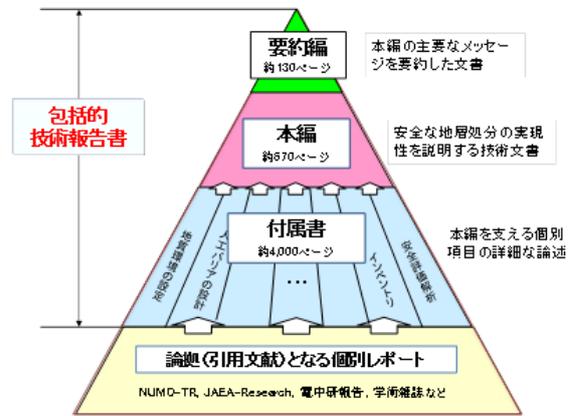


Fig. 2. 包括的技術報告書の文書体系[14]を一部修正

以下に、包括的技術報告書の概要を示す。

- 1 章 包括的技術報告書を作成するに至った経緯、および目的を示している。
- 2 章 わが国の地層処分事業において考慮すべき要件を整理したのち、処分地の選定、処分場の設計、安全評価、およびこれらを統合するためのマネジメントの進め方に関する基本的な考え方を示している。また、調査地域が選定されておらず、安全規制が整備されていない現状において、安全な地層処分の実施に向けた技術基盤を示すためのアプローチを示している。
- 3 章 地層処分に適した地質環境を特定するための基本的

な考え方を示し、処分地の調査を的確に実施するための調査・評価技術が整備されていることを示している。また、調査地域が特定されていないなか、処分場の設計から安全評価までの検討の場として、処分地選定において対象となる可能性の高い母岩を検討対象に設定している。そして、その母岩ごとに第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等における研究成果を含む、わが国の最新の地質環境特性の知見や情報をもとにした、地質環境モデルを構築している。なお、地質環境には岩体や地層の規模、断層・割れ目の分布や透水性等の情報が含まれている。

4章 3章で設定した検討対象母岩に対する地質環境モデルを対象に、処分場の設計を行っている。それにより、多様な地質環境に対応して、放射性廃棄物を地下深部に隔離し、閉じ込めるという安全機能を確保した処分場を設計する方法が整っていることを示している。また、設計した処分場を建設・操業するための工学技術の適用性も示している。

5章 4章で設計した処分場について、既存の廃棄物管理施設に関する規制基準等を参考に、閉鎖前における周辺公衆および作業従事者の安全確保について評価しており、設計した処分場は閉鎖前の安全性が確保されていることを示している。

6章 処分場の閉鎖後長期にわたる安全性を評価するための方法論を示すとともに、3章で示した地質環境モデル、および4章で示した処分場の設計に対して閉鎖後長期の安全性を評価することで、処分場が閉鎖後長期にわたって安全性を確保でき、想定される不確実性に対して頑健性を有することを示している。

7章 6章までの検討を総括し、包括的技術報告書がセーフティケースとして技術的な信頼性を確保していることを示すとともに、今後の事業展開に必要な技術の一層の信頼性向上に向けて抽出された技術課題に対する取り組みを示している。

8章 包括的技術報告書の成果を総括し、わが国の多様な地質環境に対して調査・評価を行い、処分場の設置に適した地質環境の選定、処分場の設計および長期の安全評価に関する実践的な技術基盤が整っていると結論付けている。

以上のように、研究機関によって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第2次取りまとめに対して、包括的技術報告書は、最新の知見を踏まえて、文献調査段階へと地層処分事業を進めていくために事業者が用いる実践的な技術が整っていること、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している。

4 おわりに

現在、包括的技術報告書は原子力学会のレビューを受け、その後は国外の第三者機関によるレビューを受ける予定である（そのため、2018年11月に公表した包括的技術報告書はタイトルに「レビュー版」と付している）。今

後は、レビューの評価結果を公表し、包括的技術報告書の技術的な信頼性の確認結果を発信していくとともに、包括的技術報告書の要約ではなく、作成の意義と主要点を平易に伝えることを目的とした「導入編」（仮称：「なぜ、地層処分なのか」）を作成・公表することを計画している。

参考文献

- [1] 日本原子力研究開発機構：再処理廃止措置技術開発センターの状況（週報）。
<https://www.jaea.go.jp/04/zokai/repro/week/s190531/weekly.htm>（閲覧日：2019年5月31日）。
- [2] 日本原燃株式会社：六ヶ所再処理工場に係る定期報告書（平成31年4月報告）。（2019）。
- [3] 日本原燃株式会社：六ヶ所高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターに係る定期報告書（平成31年4月報告）。（2019）。
- [4] 原子力発電環境整備機構：よくあるご質問。
https://www.numo.or.jp/q_and_a/faq/faq100008.html（閲覧日：2019年7月3日）。
- [5] OECD/NEA：The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-Lived Radioactive Wastes. (1995).
- [6] 経済産業省：特定放射性廃棄物の最終処分に関する計画（2008年3月14日閣議決定）。（2008）。
- [7] 原子力発電環境整備機構：地層処分 安全確保の考え方。（2018）。
- [8] 経済産業省：特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（2015年5月22日閣議決定）。（2015）。
- [9] 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 地層処分技術ワーキンググループ：地層処分に関する地域の科学的な特性の提示に係る要件・基準の検討結果（地層処分技術 WG とりまとめ）。（2017）。
- [10] 経済産業省：科学的特性マップ。（2017）。
- [11] 核燃料サイクル開発機構：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.（1999）。
- [12] 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構：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-TR2-2005-02.（2005）。
- [13] OECD/NEA：The Nature and Purpose of the Post-closure Safety Cases for Geological Repositories, NEA/RWM/R(2013) 1. (2013).
- [14] 原子力発電環境整備機構：包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－（レビュー版）。（2018）。