

解説：地層処分の技術的信頼性について

【地層処分の進め方と技術的信頼性】

地層処分が現時点で最も安全で実現可能な方法であることは、国際的に共通した考え方になっています^[1-5]。地層処分技術は、天然の地層という大きな空間と数万年以上の長い時間を対象とした技術であることから、社会的な合意を得ながら、段階を踏んで進めるべきとの考え方（段階的アプローチ）^[4-8]が広く認められています。この考え方は、事業をある期間によって区切り、その都度、最新の科学的知見を踏まえて地層処分の安全性と実現性を検討し、次の段階に進むか否か、計画の修正は必要ないかを慎重に判断しながら、事業を進めていくものです。ある段階から次の段階に進むためには、その決定に見合う技術的な成熟度と信頼性を確認し、地層処分の最終ゴール（処分場を閉鎖し、廃棄物を回収する必要がないと判断すること）に向けてさらに地層処分計画を進めることができるとの見通しがあると判断できることが重要です。このため、技術的な成熟度と信頼性は、最新の知見を反映しながら、地層処分の長い事業期間において継続的に確認され、向上が図られます。

こうした進め方に基づき、それぞれの国情（廃棄物の量や地質環境条件、安全規制など）に沿って地層処分の計画が進められており、スウェーデンやフィンランドにおいては政府が建設を許可し処分場の建設や試験操業の段階に進んでいます。

国際的に見れば、地層処分技術は実際の地質環境に適用され、建設段階まで成熟しています。

【日本における技術的信頼性の確認】

わが国においては、1976年から地層処分の研究が開始され、1999年に研究開発報告書^[9]が取りまとめられています。2000年に原子力委員会はこの報告書に対し、「我が国における地層処分の技術的信頼性が示されている」、「地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となる」と評価しています^[10]。こうした評価に基づいて、同年「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」が制定され、事業として文献調査、概要調査、精密調査という段階を踏んで適切な場所を選定するための枠組みが示されました。

日本においても地層処分計画を事業段階に進めることができる技術的信頼性があることが確認されています。

【技術のアップデートと信頼性の繰り返しの確認】

事業段階へ移行した2000年以降、NUMOは全国を対象として処分場の立地場所の選定を開始しました。それに応じて、地層処分の研究開発の主眼も、実際の地質環境に対応するための技術的实现性と安全性の確認を支えることへと移行しました。深地層の研究施設（岐阜県瑞浪市、北海道幌延町）や海外の地下研究施設等を活用した技術の実証や地下環境の理解を目的とした研究開発が、国内の研究機関およびNUMOにより長年にわたって着実に進められ、概要調査以降の段階に適用する技術的信頼性の向上が図られてきました^[例えば、11-17]。具体的には、地上から地下を調査する技術および地下施設を設計・建設する技術が実証されるとともに、長期の間に地下で想定される現象の理解を深める研究も進められています。長期の安全性を評価するためのシミュレーション技術が国際的な技術の進展を取り込みながら高度化されています。

また、国際機関では、安全確保の考え方や安全性の説明方法などについて国際的な合意が得られてきました^[18-20]。さらに、地層処分計画を柔軟に変更できるようにするため、可逆性（一度決定したことを元に戻すあるいは検討し直すことが可能であること）と回収可能性（一度埋めた廃棄物を回収することが可能であること）を段階的なアプローチに組み合わせることが国際的に広く共有されてきました^[21]。これは、新しい技術の出現、政策や社会経済の変化、将来世代が別の意思決定をする可能性に配慮したものです。

2014年には、1999年の報告書から時間が経過したこと、東日本大震災が発生したことなどを踏まえ、関連学会からの推薦で選ばれた専門家からなる国の審議会において、わが国の地質環境特性および地質環境の長期安定性についての客観的な再評価が行われました^[22]。その結果、地層処分システムに必要なとされる機能を発揮させる上で好ましい地質環境特性が熱環境、力学場、水理場、化学場の観点で整理されるとともに、おのおのの好ましい地質環境特性を有する地域がわが国に広く存在するであろうことが改めて示されました。なお、地層処分システム全体としての安全性は、段階的サイト調査と調査に基づく安全評価等により示していく必要があるとされました。また、法律を受けた「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」が2015年に改定され、可逆性と回収可能性を考慮して事業を進めることが明記されました。

このような背景のもと、NUMOは、2000年以降の研究開発成果を含め、安全な地層処分の実現を支える技術や科学的知見を集約した包括的技術報告書を取りまとめました^[23]。この報告書では、わが国の地下深部に広く分布する代表的な岩種に対して安全な地層処分を実現するための方法を示すとともに、地層処分の技術的信頼性を更に高めるための課題を示しています。この報告書に対しては、国際的な客観性を確認するため、日本原子力学会によるピアレビュー^[24]を受けたのち、経済協力開発機構／原子力機関（OECD/NEA）によるピアレビューを受けました。その結果、「NUMOは国際的に認められている方法に従って、地層処分の安全性を説明する能力と成熟度を有している」「日本の地質環境の特徴を考慮して地層処分の実現可能性を示す要素が実証されている」とされ、次の段階に進める準備が整えられているとの国際レベルでの評価を得ています^[25]。

このように、地層処分を行う上で必要となる技術は、国際的な考え方や最新知見を取り込みながら着実に確立してきており、実際の環境を対象とした次の段階に進める準備が整えられています。また、長期間に及ぶ地層処分事業の最終ゴールを見通して、引き続き技術的信頼性を向上させるための課題を明らかにし、地層処分に関連する省庁や研究機関で構成される「地層処分研究開発調整会議」によって5年毎に作成している「地層処分研究開発に関する全体計画」に反映しています^[26-28]。

地層処分を行う上で必要となる技術は国際レベルであるとともに着実に確立してきています。

【今後の取り組み】

今後は、国際的に連携しつつ継続的に最新知見を取り込んで行くとともに、最終処分事業の安全な実施、経済性および効率性の向上等を目的とする技術開発を行い、実際の地質環境に対応した安全性の説明に向けた取り組みを進めていきます。

また、技術的信頼性に関する専門的な評価が国民の皆様に広く共有されるための取り組みとして、様々な媒体を通じた情報発信を強化してまいります。

<参考文献>

- 1 National Research Council (2001) : Disposition of High-Level Waste and Spent Fuel: The Continuing Societal and Technical Challenges.
- 2 IAEA (2003) : The Long Term Storage of Radioactive Waste: Safety and Sustainability.
- 3 CNE/France (2006) : Rapport global de la Commission nationale d'évaluation des recherches conduites dans le cadre de la loi du 30 decembre 1991.
- 4 OECD/NEA (2020) : Final disposal of radioactive waste, NEA Policy Brief.
- 5 OECD/NEA (2020) : Management and Disposal of High-Level Radioactive Waste: Global Progress and Solutions, NEA No. 7532.
- 6 OECD/NEA (1995) : The Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal, A Collective Opinion of the Radioactive Waste Management Committee of the OECD/Nuclear Energy Agency.
- 7 National Research Council (2003) : One Step at a Time — The Staged Development of Geologic Repositories for High-level Radioactive Waste.
- 8 OECD/NEA (2004) : Stepwise Approach to Decision Making for Long-term Radioactive Waste Management, NEA No. 4429.
- 9 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.
- 10 原子力委員会 (2000) : 我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価, 原子力バックエンド対策専門部会.
- 11 三枝博光ほか (2007) : 超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書, JAEA-Research 2007-043.
- 12 太田久仁雄ほか (2007) : 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書 分冊「深地層の科学的研究」, JAEA-Research 2007-044.
- 13 藤田朝雄ほか (2007) : 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階 (第 1 段階) 研究成果報告書 分冊「地層処分研究開発」, JAEA-Research 2007-045.
- 14 野原壯ほか (2015) : 超深地層研究所計画における研究坑道の掘削を伴う研究段階 (第 2 段階) 研究成果報告書, JAEA-Research 2015-026.
- 15 佐藤稔紀ほか (2016) : 幌延深地層研究計画における坑道掘削 (地下施設建設) 時の調査研究段階 (第 2 段階: 深度 350m まで) 研究成果報告書, JAEA-Research 2016-025.
- 16 松岡稔幸, 濱克宏 (2020) : 超深地層研究所計画における調査研究—必須の課題に関する研究成果報告書—, JAEA-Research 2019-012.
- 17 中山雅ほか (2020) : 幌延深地層研究計画における地下施設での調査研究段階 (第 3 段階: 必須の課題 2015—2019 年度) 研究成果報告書, JAEA-Research 2019-013.
- 18 IAEA (2011) : Disposal of radioactive waste, Specific Safety Requirements, IAEA Safety Standard Series, No. SSR-5.
- 19 IAEA (2012) : The safety case and safety assessment for the disposal of radioactive waste, Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series, No. SSG-23.

- 20 OECD/NEA (2004) : Post-Closure Safety Case For Geological Repositories, NEA No. 3679.
- 21 OECD/NEA (2011) : Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-Level Radioactive Waste and Spent Fuel, NEA/RWM/R(2011)4.
- 22 総合資源エネルギー調査会 (2014) : 最新の科学的知見に基づく地層処分技術の再評価－地質環境特性および地質環境の長期安定性について－, 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.
- 23 原子力発電環境整備機構 (2021) : 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－, NUMO-TR-20-03.
- 24 日本原子力学会 (2019) : 「NUMO 包括的技術報告書」レビュー報告書, 「NUMO 包括的技術報告書レビュー」特別専門委員会, 2019年12月.
- 25 OECD/NEA (2023) : The Nuclear Waste Management Organization of Japan's Pre-siting Safety Case Based on the Site Descriptive Model: An International Peer Review of the NUMO Safety Case, NEA/RWM/R(2022)2.
- 26 地層処分研究開発調整会議 (2018) : 地層処分研究開発に関する全体計画 (平成30年度～平成34年度), 平成30年3月.
- 27 地層処分研究開発調整会議 (2020) : 地層処分研究開発に関する全体計画 (平成30年度～令和4年度), 令和2年3月改訂.
- 28 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), 令和5年3月.