

地層処分の基盤知識と課題

松原竜太*1

地層処分の対象とする放射性廃棄物は、原子力発電事業に伴って発生する使用済燃料の再処理等を行った後に生じる高レベル放射性廃棄物や、低レベル放射性廃棄物のうち半減期の長い放射性核種を一定量以上含む TRU 廃棄物である。これらの放射性廃棄物は、地下 300 m より深い安定な岩盤に地層処分を行うこととなっている。本稿では、地層処分の安全確保の考え方を中心に、事業の概要および地層処分を実現するための技術について概観する。

Keywords: 地層処分, 処分地選定, 高レベル放射性廃棄物, TRU 廃棄物

1 はじめに

地層処分の対象とする放射性廃棄物は、再処理過程において使用済燃料から分離される高レベル放射性廃液をガラス固化した高レベル放射性廃棄物（以下、ガラス固化体という）と、半減期の長い放射性核種（以下、核種という）を一定量以上含む一部の低レベル放射性廃棄物（以下、TRU 廃棄物という）である。原子力発電環境整備機構（Nuclear Waste Management Organization of Japan, 以下、NUMO と記載）では「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（2000年に制定され、2007年に改正。以下、最終処分法という）に基づき、これら二種の放射性廃棄物を地下 300 m 以上深い場所に埋設する地層処分事業を進めている。ガラス固化体は 100 万キロワットの原子力発電所を一年間運転した場合 20~30 本発生する。放射性廃棄物の量は原子力発電の利用に応じて増加するが NUMO は 40,000 本以上のガラス固化体に加えて 19,000 m³ 以上の TRU 廃棄物を処分できる施設の計画をしている。

2 地層処分事業の概要

2.1 地層処分の検討経緯

原子力発電が開始された 1960 年代から、地層処分をはじめ、宇宙にロケット等で打ち上げる宇宙処分、海溝や海底に廃棄する海洋投棄、南極の氷の下に処分する氷床処分、地上での貯蔵管理等のさまざまな方法が、国際機関や世界各国で検討されてきたが、現在では、深部の地層を利用する地層処分が最も適切な処分方法と考えられている[1]。

わが国では 1976 年以来地層処分の研究開発が進められ、1999 年には、核燃料サイクル開発機構（現日本原子力研究開発機構、以下、JAEA という）がそれまでの成果を取りまとめ、使用済燃料の再処理の過程で生じる高い放射能をもった廃液をガラス固化体の地層処分技術に関する報告書（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―[2]）を公表した。原子力委員会はこの報告書を評価し、わが国においても地層処分が技術的に実現可能であると結論している。これらを背景として、2000 年に「特定放射性廃棄物の最終

処分に関する法律」が成立し、同法によって設立された NUMO が地層処分事業を開始した。2005 年には電気事業連合会と JAEA によって、再処理や MOX 燃料製造に伴って生じる半減期の長い核種を一定量以上含む TRU 廃棄物の地層処分技術についても報告書（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―[3]）が取りまとめられ、原子力委員会によって技術的に妥当なものとして評価されている。これを受けて 2007 年に最終処分法が改定され、高レベル放射性廃棄物に加え TRU 廃棄物が地層処分事業の対象とする特定放射性廃棄物に含まれることとなった。

NUMO は、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（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―[4]、以下、包括的技術報告書という）を 2021 年 2 月に公表した。

2.2 地層処分の対象となる放射性廃棄物

地層処分の対象となる放射性廃棄物を図 1 に示す。ガラス固化体は、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原料とともに高温で融かし合わせ、ステンレス製容器に入れて固めたものである。TRU 廃棄物は、再処理施設等の運転や解体に伴い発生する廃棄物のうち、長半減期核種で汚染された燃料被覆管のせん断片（ハル）や燃料集合体末端部（エンドピース）等で放射能が一定レベル以上の放射性廃棄物が該当する。

グループ	1			2		3		4	
	高レベル放射性廃棄物		TRU 廃棄物		高レベル放射性廃棄物		TRU 廃棄物		
ガラス固化体									
【日本原研製造の仕様】	発電量 350 W (製造後 50 年) 重量 約 500 kg 高さ 1340 mm 直径 430 mm ステンレス製被覆管厚さ 8 mm 表面積 約 100 m ² (冷却後 50 年)		・放射性ヨウ素 (I-129) を含む ・セラミック固化体		・発熱量が比較的大 ・放射性長寿命 (T _{1/2} 45 年)		・硝酸塩を含む ・モルタル、アスファルトに ฝังる固化体など		・放射性ヨウ素 (I-129) を含む ・放射性長寿命 (T _{1/2} 45 年)
主な廃棄物の形態	200 ドラム缶		200 ドラム缶		200 ドラム缶		200 ドラム缶		200 ドラム缶
特性	放射能レベルが高い		放射能レベルが高い		放射能レベルが高い		放射能レベルが高い		放射能レベルが高い
埋込み発熱量	3.18 [m ³]		5.782 [m ³]		5.228 [m ³]		5.438 [m ³]		1.309 [m ³]
最大発熱量 (発生時点)	1 [W/本]未満		90 [W/本]未満		1 [W/本]未満		16 [W/本]未満		210 [W/本]未満

図 1 地層処分の対象となる放射性廃棄物 (高レベル放射性廃棄物と TRU 廃棄物)

Fundamental aspects and technical issues of the geological disposal project in Japan by Ryuta MATSUBARA (rmatsubara@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

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会 2023 年度バックエンド週末基礎講座における講演内容に加筆したものである。

ガラス固化体は図2に示すとおり、長期間にわたり放射能が残存するのが特徴である。元の天然ウラン鉱石と同等の放射能になるまで数万年を要するため、長期間にわたり人間の管理がなくとも安全を確保する必要がある。

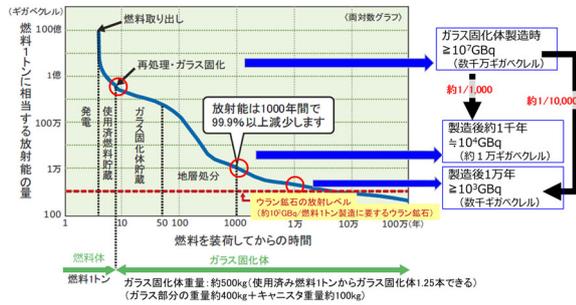


図2 放射能の時間的変化（ガラス固化体）

2.3 地層処分システムの概要

人間の生活環境から隔離された地下深部の地質環境には、地上付近に比べて透水性や動水勾配が小さいため地下水流れが遅く、岩盤には一部の核種を吸着する効果がある。処分場はこのような隔離・閉じ込め機能を期待できる地下深部の岩盤中（天然バリア機能）に設置され、さらに閉じ込めに係る安全機能を高めるための工学的な対策（金属、粘土等を材料とする人工バリア）を組み合わせた多重バリアシステムを構築する。図3は、高レベル放射性廃棄物に対する日本の多重バリアシステムの構成例を示したもので、ガラス固化体を金属製の容器に入れて一定期間閉じ込め、地下水を通しにくい粘土材料によりその容器を囲う人工バリアと地質環境から成る天然バリアを組み合わせる。

高レベル放射性廃棄物処分場の閉鎖後長期の安全性に関する安全機能と構成要素の関係を表1に示す。これらの安全機能を処分場が有することによって、人間による監視がなくても、長期間にわたって処分した放射性廃棄物が人間や環境に許容できない影響を及ぼすことのないよう安全を確保することを可能とする。

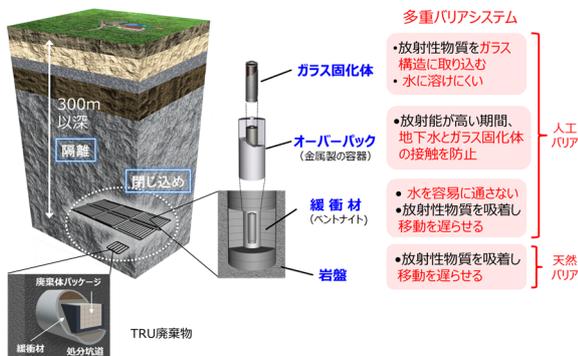


図3 多重バリアシステム

表1 高レベル放射性廃棄物処分場の閉鎖後長期の安全性に関する安全機能と構成要素の関係

基本概念	安全機能	構成要素	
隔離	自然現象の著しい影響からの防護	地質環境	
	人の接近の抑制		
閉じ込め	放射性物質の溶出の抑制	ガラスマトリクスによる溶出の抑制	ガラス固化体
		廃棄体と地下水の接触の防止	オーバーバック
	放射性物質の溶解の抑制	放射性物質の溶解の抑制	地質環境
		遅い地下水流速による放射性物質の移行の抑制	地質環境
	放射性物質の移行の抑制	放射性物質の移行による移行の抑制	緩衝材
		コロイド移行の抑制	緩衝材
	放射性物質の吸着	放射性物質の吸着	緩衝材
		放射性物質の分散	地質環境
		坑道およびその周辺が卓越した放射性物質の移行経路となることの抑制	止水プラグ、埋め戻し材

2.4 処分地選定プロセス

処分場の建設地（以下、処分地という）の選定においては、人と環境に対して影響を与える可能性のあるさまざまなリスク要因を抽出し、その要因に応じた対策を講じるとともに、その対策の効果を確認することを安全確保の基本的な考え方として、文献調査、概要調査、精密調査と段階的に調査範囲を絞り込む（図4）。処分地選定段階においては、各段階で、「立地による対応」と「設計による対応」、「安全性の確認」を繰り返し実施する。その検討結果はセーフティケースレポート(安全説明書)として取りまとめ、調査の各段階で結果を公表し、次の段階に進むことについて市町村長・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になっている。

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」に基づき、原子力規制委員会の許可、認可等を受けて、建設、操業、閉鎖、事業の廃止に至る。建設以降、これらの段階においては、事業全体でおおよそ100年にわたる長期プロジェクトとなるため、事業期間中において、新しい技術の出現や社会的・政治的な変化等、事業を取り巻く環境の変化が生じる可能性がある。これにより、何らかの理由によって次の世代が別の意思決定をする可能性も考慮し、事業の可逆性を担保しておくことが重要である。このため、NUMOは処分場の閉鎖前までは廃棄物の回収可能性を確保する。

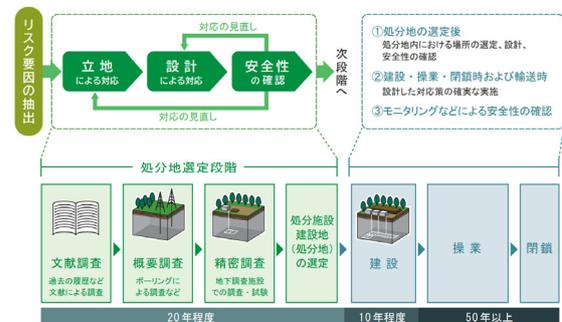


図4 処分地の選定プロセス

3 地層処分システム構築のための主要な専門技術

以降では、地層処分を実現するための主要な専門技術について、包括的技術報告書[4]に基づく概要を記載する。

3.1 地層処分に適した地質環境の選定に関する技術

3.1.1 地質環境の調査、観点、方法論

処分場を立地する場所を選定するための調査では、地層処分システムの隔離・閉じ込め機能が発揮されるよう、火山や活断層、隆起・侵食等の影響が著しい場所を避けるとともに、鉱物資源の採掘等により放射性廃棄物と人間が接近する可能性が小さい場所を絞り込む(図5)。

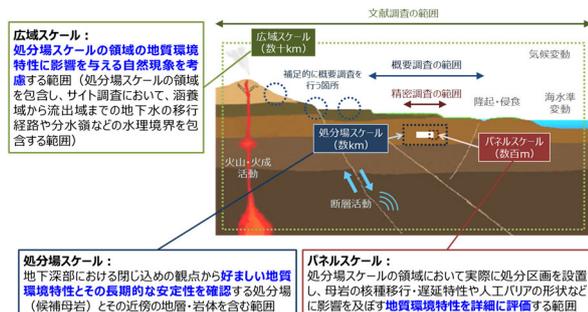


図5 段階的な調査における調査対象や調査スケールのイメージ

以下には、高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリアに対する影響の観点から、好ましい地質環境特性を例示した。

①熱環境

地温が 100 °C を大きく超える期間が長期にわたり継続し、緩衝材の熱変質(イライト化)による閉じ込め機能喪失を招かないようにするため、地温が低いこと。

②水理場

地下水流動に伴う核種の移行時間を増大させ移行率を低減させるため、動水勾配が小さいまたは岩盤の透水性が低いこと。

③力学場

オーバーパックの破損を招かないようにするため、圧縮強度や弾性率が大きく、クリープ変形等が小さいこと。

④化学場

ガラスの溶解、オーバーパックの局部腐食および不動態化、緩衝材の変質、緩衝材および岩盤の取着能の低下、核種の溶解度の上昇を抑制するため、地下水は「高 pH あるいは低 pH ではない」、「酸性性雰囲気ではない」、「炭酸化学種濃度が高くない」こと。

3.1.2 地質環境の評価

好ましい地質環境の条件は、その熱的、水理的、力学的、化学的な特性に依存する。処分地選定プロセスにおいては、地質環境特性を調査によって把握し、将来の擾乱の可能性も含めて、処分場の設計や安全評価を行うための情報として提供する。このため、調査によって得られた情報やデー

タを統合して、処分場の設計や安全評価に適合するよう、図6のように階層化した空間的スケールに対応した地質構造や地下水化学、岩盤特性等の地質環境の各特性の分布や性状を定量的に可視化した地質環境モデルを作成する。図6は、包括的技術報告書で設定した日本の地下深部に広く分布する特徴の異なる三種類の岩種(深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類)のうち深成岩類を対象とした地質構造モデルを例示したものである。

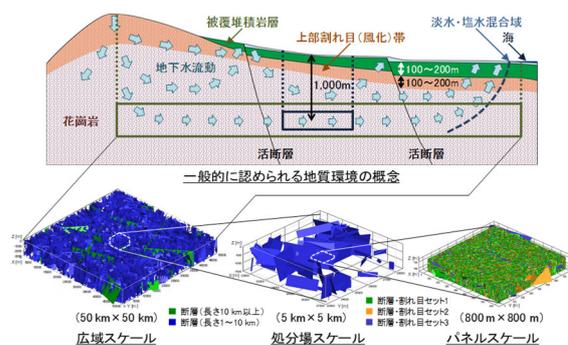


図6 地質環境モデル(深成岩類の地質構造モデルの例)

3.1.3 地質環境の調査・評価に関する技術開発課題への取り組み

わが国の多様な地質環境に対応するため、地質環境の調査・評価技術の信頼性の向上や実証的な取り組み(下記①、②)に加えて、最新の科学的知見や調査・評価事例にかかわる技術情報や、地質環境の調査を効率的・効果的に進めるための技術的な知識や実践的な経験の蓄積などを通じた技術基盤の強化を進めている。

①自然現象の発生とその影響に係る今後の取り組み

自然現象(火山・火成活動、深部流体の移動・流入、地震・断層活動、隆起・侵食)の発生とその影響に係る知識基盤の拡充と定量化のための方法について検討を進めるとともに、複数の手法の組み合わせによる適用範囲や年代測定技術などの精度や分解能の向上といった観点から、調査・評価技術の高度化を図る。

②地質環境の特性とその長期変遷に係る今後の取り組み

地質環境の特性とその長期安定性にかかわる調査・評価技術については、その信頼性向上の観点から、処分場の設計および安全評価と連携しつつ、地質環境特性の長期変遷のモデル化技術や広域的な水理・物質移行場の特徴に応じた調査・評価の方法論を図る。また、ボーリング孔の掘削調査技術の最適化を図る。

3.2 処分場の設計・工芸技術

3.2.1 処分場の設計の方法論

調査した地質環境特性を踏まえ、処分場が所要の安全機能を発揮できるよう、地下施設の位置、深度、廃棄体間の距離、人工バリアの材料・寸法・形状等の仕様を検討し、処分場を建設する。処分地が明らかとなっていない現段階においては閉鎖前の安全性、閉鎖後長期の安全性、回収可能

性、工学的成立性、経済的合理性の五つの設計因子を考慮することとしている。これらの設計因子に対して、表2に示すように、処分場に対する設計上の「要求事項」を設定した。

表2 設計因子と要求事項

設計因子 (設計によって処分場に持たせようとする性能と能力を取りまとめたもの)	処分場に必要となる要求事項
閉鎖前の安全性	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止 施設外への放射性物質の放出の防止 放射線の遮へい 作業環境の維持 災害の発生・拡大の防止 災害時の避難経路の確保 自然現象の著しい影響からの防護
閉鎖後の安全性	<ul style="list-style-type: none"> 人の接近の抑制 放射性物質の溶出抑制 放射性物質の移行抑制
回収可能性	<ul style="list-style-type: none"> 回収可能性の維持 回収可能性の維持による安全性への影響の防止・低減
工学的成立性	<ul style="list-style-type: none"> 実現可能な建設・操業・閉鎖の作業工程・方法 実証された技術の適用
経済的合理性	<ul style="list-style-type: none"> 処分場の建設・操業・閉鎖の合理性 調達性

設計の基本的な流れを図7に示す。地層処分の対象となる廃棄体の特性、地質環境モデルおよび表2に示した要求事項に基づいて、適切な処分概念と処分施設(人工バリア、地上・地下施設)の構成要素を設定する。構成要素ごとに要求事項で示される必要な性能が確保されるように、設計すべき内容を、指標と満たすべき基準とともに具体化した「設計要件」を明らかにする。次に、地質環境モデルを参照しながら地下施設を設置する深度を設定し、この深度を条件として設計要件に基づき人工バリアや地下施設、および地上施設の設計を実施する。設計した処分場に対して処分場の閉鎖前および閉鎖後長期の安全評価を実施し、所要の安全性の確保が困難と判断されれば、設計の見直しや追加的な地質環境情報の取得による地質環境モデルの詳細化などの対策をとる。それらによっても安全の確保が難しい場合にはその候補地を除外する。

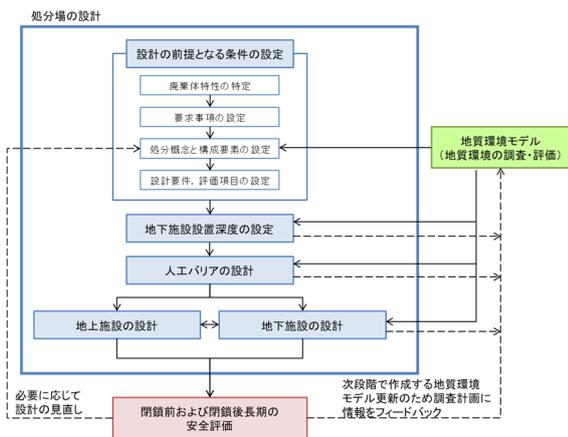


図7 処分場の設計フロー

処分地が特定されていない現段階においては、設計因子から導かれる処分場への要求事項を実現可能とする複数の設計仕様を整備することで、わが国の多様な条件に柔軟に対応して処分場の設計を可能にしておくことが重要である。

このような設計の代替案を設計オプションと呼ぶこととする。設計オプションには、処分場概念から構成要素の構造や材料、操業方法などさまざまなレベルでの選択肢が含まれる。図8に包括的技術報告書において検討した設計オプションを示す。高レベル放射性廃棄物処分場については、定置の作業性や緩衝材の品質管理の容易性、湧水などの地下環境に対する適応性などを考慮して、堅置き定置は緩衝材をブロックにより施工する方式(堅置き・ブロック方式)と、PEM (Prefabricated Engineered Barrier System Module) の略: 地上施設で廃棄体を人工バリアと一体化したモジュールを地下施設に搬送し、定置する技術)を適用した方式(横置き・PEM方式)を検討の対象とした。TRU廃棄物処分場については、廃棄体パッケージは複数の廃棄体(キャニスタやドラム缶)を鋼製の容器に詰めセメント系材料で固化したもの(廃棄体パッケージA)であり、これを地下の処分坑道にフォークリフトで積み上げるといった方法と、上蓋を取り付けた鋼製の容器に廃棄体を入れてパッケージ化した廃棄体パッケージ(廃棄体パッケージB)を天井クレーンで定置する方法を検討した。

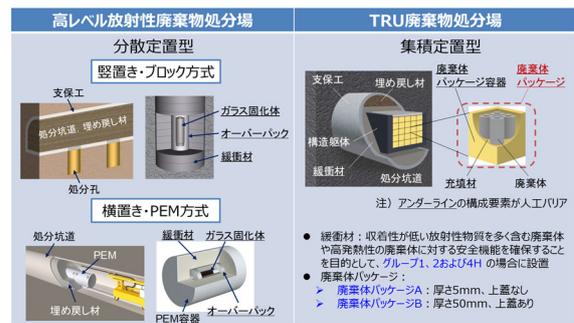


図8 処分場の設計オプション

3.2.2 地下施設

図9に地下施設のレイアウトを設計した例を示す。地下施設レイアウトの設計では、処分場スケール(数km×数km)の地質環境モデルを対象として、閉鎖後長期の安全確保の観点から相対的に長い地下水移行時間を確保でき、かつ建設・操業時に支障となる大量湧水などの発生可能性が高いと考えられる高透水性の岩盤や規模の大きな断層・割れ目などが含まれない領域に優先的に処分区画を設置する。また、効率的に建設・操業・閉鎖を行うことができる動線となるようにアクセス坑道と連絡坑道を配置する。これらに加えて、地下施設は坑内環境を維持するための設備などから構成される。

図10に深成岩類の地質環境モデルの特徴を踏まえて設計した高レベル放射性廃棄物処分場の地下施設のレイアウトの例を示す。地下施設レイアウトの設計オプションとしてパネル型とデッドエンド型の二つのタイプを検討対象とした。パネル型の処分区画は、平行に配置した処分坑道を主要坑道が周回するように設置するものであり、処分坑道の両端が主要坑道に接続しているため、物流経路の確保の観点からは作業(とくに車両走行)の輻輳を避けた一方向の作業動線の確保が容易であるという特徴がある。デッド

エンド型の処分区画は同じく平行に処分坑道を配置するが、連絡坑道から直接連結するように処分坑道を掘削し、その端部は行き止まりとなる点が異なる。処分坑道を巡回する主要坑道を必要としないので、処分坑道の長さは地質環境などの状況に応じて変更可能である。

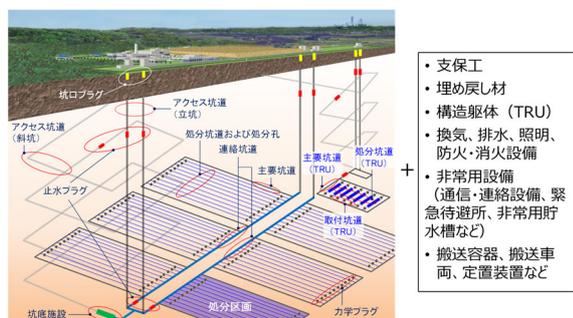


図9 地下施設のイメージ

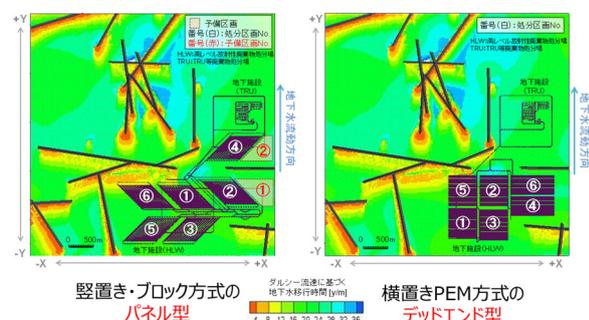


図10 深成岩類の地質環境モデルに対する地下施設のレイアウト

3.2.3 地上施設

地上施設は、構外から輸送されてくる廃棄体を受け入れ、処分場の建設・操業・閉鎖の作業を支援するための一群の施設である(図11)。地上施設の機能は多様であり、地形などのサイト環境条件の特徴を踏まえて適切に配置する。地上施設は処分場の閉鎖に伴い最終的には撤去されることになる。



図11 地上施設のイメージ

3.2.4 処分場の設計・工学技術に関する技術課題への取り組み

人工バリアに関しては、安全性や操業の効率性、経済的合理性などの観点から設計オプションの検討を進めるとともに、オーバーバックや緩衝材の製作・施工技術、搬送・定置技術の開発と実証試験を通じた品質管理手法の確立などを図る。

地上・地下施設の設計・施工に関しては、湧水対策や坑道安定対策、掘削に伴って生じる坑道周囲の掘削損傷領域(EDZ)の把握などについて深地層の研究施設などにおける地下環境下での検討を中心に、処分場の閉鎖前と閉鎖後長期の安全性、および作業性等を総合的に考慮した技術の高度化を図る。

回収可能性を確保する技術については、廃棄体に応じた回収技術を開発し実証試験を通じてその成立性を確認するとともに、回収可能性を維持することによる人工バリアなどへの影響(例えば、岩盤からの湧水の影響など)を定量的に評価するための解析技術を開発する。

以上の成果を反映しつつ、設計因子を考慮して設計の最適化を行うための手法の開発を進める。

また、地下施設を沿岸海底下とすることで、アクセス坑道の長大化や換気・排水設備の能力の増強などへの留意が必要となることから、上記の設計の検討においては、沿岸海底下を対象とした検討条件を詳細に考慮する。

3.3 処分場の安全評価

3.3.1 処分場の閉鎖前を対象とした安全評価

処分場を閉鎖する前までの期間(以下、閉鎖前という)においては、処分施設の周辺公衆や作業従事者に対して放射線学的影響が生じないように、処分場には表3に示す安全機能が必要である。

表3 閉鎖前の安全性に関する安全機能と構成要素の関係(放射線防護)

基本概念	安全機能	構成要素
操業時間閉じ込め	廃棄体からの放射性物質の漏えいの防止	ガラス固化体、オーバーバック、廃棄体パッケージ
	施設外への放射性物質の放出の防止	廃棄体受入・検査・封入施設、換気設備(排気フィルタも含む)
放射線遮へい	放射線の遮へい	廃棄体パッケージ間充填材、廃棄体受入施設建屋の遮蔽壁、廃棄体搬送車両、定置装置などの設備・機器

処分場の設計、操業手順、および放射線防護のための安全対策に基づき、安全機能が正常に機能している状態における周辺公衆に対する放射線影響を評価する。

また、操業期間中に想定されるさまざまな施設の状態を網羅的に検討し、その中からさまざまな安全対策が正常に機能しないことをあえて想定して安全評価シナリオを作成したうえで、シナリオに沿って評価を実施する。閉鎖前の地上施設および地下施設を対象にそれぞれ通常の運転から逸脱した状態(以下、異常状態という)を想定し、異常状態に対する安全対策を検討する。包括的技術報告書では、

例えば、高レベル放射性廃棄物処分場の操業の流れ(図12)にを対象に、ガラス固化体の受入・検査・封入施設内におけるオーバーパックの吊り上げ時の高さ(最大9m)から、最も損傷の可能性が大きいと考えられる姿勢としてオーバーパックが斜めに落下する異常状態シナリオ想定した弾塑性解析によりオーバーパックの堅牢性を評価している。

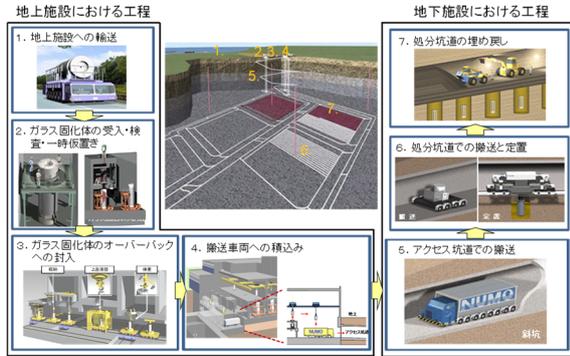


図12 高レベル放射性廃棄物処分場の操業の流れ

3.3.2 処分場の閉鎖後長期を対象とした安全評価

処分地選定調査で得られた地下深部の地質環境特性に係る情報、およびそれに基づく地下施設や人工バリアの設計結果を踏まえて、表1に示した処分場に付与された所期の安全機能が閉鎖後の期間においてどのように発揮されると考えられるかに焦点をあてた処分場の閉鎖後長期の安全性を評価する(図13)。処分場の閉鎖後は数万年以上という地層処分システムが機能する期間の長さから、例えば図14に示した高レベル放射性廃棄物(PEM・横置き型)におけるガラス固化体近傍で推定されるふるまいを試験等によって直接確認することは困難であるため、将来起こり得る事象をその発生可能性を考慮し、安全評価シナリオを作成し、処分場から核種が漏洩することを想定したシミュレーションに基づく放射線学的影響を評価する。

シナリオの代表的なものとして地下水移行シナリオがある。これは、オーバーパックの破損や、ガラス固化体の溶解、緩衝材中の核種の移動の後に、岩盤に達した核種が地下水流動によって地表までの移動することを考慮するものであり、これらを考慮した解析モデルに基づき、将来の地上で生活する人の被ばくの程度を評価する。

作成したシナリオに対して、放射線学的影響の解析を行うための具体的条件(モデル化やパラメータ設定の考え方など)を明確にして解析ケースを設定する。

解析ケースに対応して、核種移行解析のためのモデルやモデルに応じて設定したパラメータの値(このようなパラメータにはモデルの境界条件、核種の移行特性、核種移行の場の状態に係るものなどがあり、安全評価の解析に必要な一連のパラメータの設定値をデータセットという)を準備した後、核種移行解析を実施し、生活圏にもたらされる核種の移行率を求める。一方で、生活圏をモデル化した評価を行い、生活圏に流入した核種量とこれによって生じる被ばくととの関係を示す線量への換算係数を算出しておく。

生活圏への核種の移行率と線量への換算係数から線量を計算する。この計算結果は安全基準と比較し、安全基準を満たさない場合は、その地域は地層処分に不適と判断する。

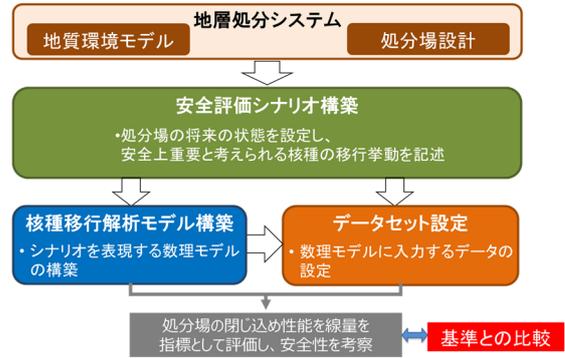


図13 処分場閉鎖後長期の安全評価の流れ



図14 ガラス固化体近傍のふるまい

3.3.3 処分場の安全評価に関する技術課題

処分場閉鎖前の安全性の評価については、複合的に異常状態が生じるシナリオの構築や操業期間中を対象としたハザードデータベースの更新を行うとともに、シナリオに沿って異常状態を評価する解析技術の検証や解析に用いるデータの拡充を進める。また、異常状態に関する評価結果や類似施設における事例に基づき、事故への対応策や復旧策を検討する。

処分場閉鎖後長期の安全性の評価については、シナリオ構築の観点からは、作成したシナリオの信頼性をより高めるために連成現象等をより現実的に取り扱うための解析モデルの開発や高度化、複数の現象解析モデルの統合化を図る。シナリオやその設定の根拠として利用する現象解析モデル、核種移行解析モデルおよびパラメータの設定に伴う不確実性に対しては、合理的な保守性を設定するための技術開発を継続する。

3.4 技術マネジメント

今後具体化されていく規制要件といった上位の要求事項に応じて、サイトの調査・評価、処分場の設計、安全評価に関する具体的な技術要件を明らかにし、これらを階層的に整理し管理するための取り組みを進めていく必要がある。また、今後も更新・蓄積されていく膨大な知識・情報・データについて、品質、情報の追跡性、アクセスの容易性などを確保しながら分野間・世代間で共有・継承していく取り組みを進めていくことが重要である。このような要件マネジメント、知識マネジメント、さらに長期の事業展開を見据えた人材育成も視野に入れた技術マネジメントを

NUMO および関係研究機関が協力して進めていくことと
している。

参考文献

- [1] 経済協力開発機構・原子力機関: Objectives, concepts and strategies for the management of radioactive waste arising from nuclear power programmes. Report by an NEA Group of Experts, OECD/NEA (1977).
- [2] 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, 一 地層処分研究開発第 2 次取りまとめー, 分冊 3 地層処分システムの安全評価. JNC TN1400 99-023, 核燃料サイクル開発機構 (1999).
- [3] 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ー第 2 次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめー. JNC TY1400 2005-013, FEPC TRU-TR2-2005-02 (2005).
- [4] 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ー適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築ー 概要編. NUMO-TR-20-02, 原子力発電環境整備機構 (2021).