

「高レベル放射性廃棄物の地層処分の現状」

原子力発電環境整備機構 技術顧問／東京工業大学 客員教授 北山一美

## 1. はじめに

我が国では、原子力発電所から取り出された使用済燃料は再処理してウランとプルトニウムを回収し再度燃料として用いる原子燃料サイクルの方針を採用することとしている。再処理に伴って、放射能レベルの高い廃液が分離される。この廃液をガラス原料と混ぜて高温で融かし、ステンレス製の容器の中で固めたものをガラス固化体という。ガラス固化体の放射能は時間とともに減衰しながら長く残存するため、数万年以上といった超長期にわたり人間の生活環境から隔離しなければならない。このため、超長期にわたって人間が関与しなくても安全に隔離できる地層処分を行う。我が国の最終処分に関する法律では地下 300m 以深の地層中に処分することとされており、海外でも同様な方法が採用されている。

高レベル放射性廃棄物地層処分については、我が国では 2000 年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（最終処分法）」が制定され、これに基づき処分事業の実施主体として「原子力発電環境整備機構（原環機構）」が設立され、処分地の選定や最終処分施設の建設・操業・閉鎖に向けた業務等を行っている。

最終処分法に基づく国の「最終処分計画」には、平成 30 年代後半（2023～2027 年）を目途に最終処分施設建設地を選定し、平成 40 年代後半（2033～2037 年）を目途に最終処分を開始することが定められており、調査段階からすべての高レベル放射性廃棄物を処分した後の施設閉鎖段階までおよそ 100 年におよぶ。

処分地の選定は、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）・最終処分施設建設地の選定（精密調査）の 3 段階の選定プロセスを経て、今後数十年をかけて行うことが定められており、原環機構は、第 1 段階である「概要調査地区の選定」に向けて、2002 年 12 月に日本全国の市町村を対象に「高レベル放射性廃棄物の最終処分施設の設置可能性を調査する区域」の公募を開始した。

このように高レベル放射性廃棄物の地層処分事業は、地点選定に数十年、更に処分場の建設から閉鎖

まで数十年とかなりの長期間を要する事業であるとともに、処分場閉鎖後、数万年以上というこれまでに経験のない超長期の安全性の確保が求められる。

従って、地層処分事業を円滑に実施するためにはその仕組みについて、各地方自治体や国民に広く理解、協力してもらう必要があり、対話活動・理解活動が重要となってくる。

## 2. 地層処分のしくみ

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、長期にわたって安定した岩盤（天然バリア）と人工的な障壁（3 つの人工バリア）を組み合わせた多重バリアシステムにより、ガラス固化体からの放射線と地下水に溶け出す放射性物質による影響を受けないよう長期にわたって人間の生活環境から隔離することができる。

ガラス固化体は金属製（炭素鋼等）オーバーパックに封入され埋設されるが、オーバーパックと地層の間には粘土質のベントナイトと呼ばれる緩衝材が充填される。ガラス固化体、金属製オーバーパックおよび緩衝材を人工バリアと呼ぶ。一方、岩盤は、放射性物質を吸着し、移動を遅延させるといった機能を本来的に備えており、天然バリアと呼ばれる。

## 3. 処分場の構成

処分施設建設地の選定にあたっては、長期にわたる安全性の確保のため、火山噴火や断層活動など直接処分施設に大きな影響を与える自然現象は避ける必要があり、これらは各調査段階で得られる、より詳細な情報を用いて影響の小さいことを確認する。そして、選定された建設地の地質環境を十分に考慮して処分場の設計が行われる。

選定される地域は、地理的には内陸部・沿岸部、地形的には山地・丘陵・平野、地質学的には結晶質岩・堆積岩など様々な可能性が考えられる。

地下施設には 4 万本のガラス固化体を埋設することとしており、様々な地質環境の特徴に応じて地上施設・地下施設は建設される。

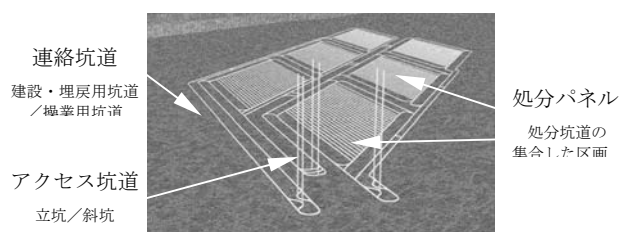
地上施設は、ガラス固化体の受入・封入・検査施設、緩衝材の製作・検査施設、排気・排水処理施設などの地下での掘削・操業・閉鎖に必要な施設等か

ら構成され、地下施設の建設工事で発生する岩や土砂の仮置き場も必要である。(図1)



図1 地上施設のレイアウト例<sup>[1]</sup>

地下施設は、地上施設からガラス固化体などを搬送し人工バリアを設置するためのアクセス坑道や連絡坑道、ガラス固化体を埋設するための処分坑道と処分孔などから構成される。(図2)

図2 地下施設の基本構成<sup>[1]</sup>

#### 4. 処分場の建設・操業・閉鎖

処分場建設地の選定までに 3 段階の調査が行われるが、そのうち現地調査を行う概要調査と精密調査に 25 年程度を要する。建設地選定及び国の事業許可後 10 年程度で地上施設及びガラス固化体の埋設開始に必要な地下施設を建設し、その後ガラス固化体の受入を開始する。

地下では処分坑道の掘削、ガラス固化体の定置、定置後の処分坑道の埋め戻しを並行して行い、4 万本のガラス固化体の埋設に 50 年程度を要する。

4 万本の埋設終了後 10 年程度をかけて、連絡坑道・アクセス坑道を埋め戻し（地下施設の閉鎖）、地上施設を解体する。地下施設の閉鎖に際しては、建設および操業段階においても収集する地下の特性に関するデータをそれまでのデータに追加し、事業許可申請時に行った安全評価の妥当性を確認する。なお、地下施設の閉鎖までの期間はガラス固化体が回収できる可能性を維持しておく。

処分場閉鎖後は必要に応じて、地上の環境モニタリングやボーリング孔等を利用した地下環境モニタリングといった管理を継続する。管理が必要な場合は管理棟・保安施設等が残される。管理終了後はすべての地上施設を撤去し地下のボーリング孔等も埋

め戻される。

ガラス固化体は高レベル放射性廃棄物の貯蔵施設で輸送容器に収納され、処分場の場所に応じて海上又は陸上輸送される。輸送容器は地上施設のガラス固化体受入・封入・検査施設へ搬入され、受入検査後取り出されたガラス固化体はオーバーパックへ封入される。これらの作業は放射線管理の観点から十分な遮蔽を施した区域内で遠隔操作により行われる。

検査を受けたオーバーパックはアクセス坑道から地下施設へ搬送される。地下では、処分パネルの建設作業、ガラス固化体の定置作業、定置が完了した処分坑道の埋め戻し作業を処分パネル単位で並行して行う。搬送・定置作業は放射線管理の観点から他の作業エリアと区別して行い遠隔操作で実施する。

ガラス固化体の定置後処分坑道を埋め戻し、閉鎖の段階では連絡坑道とアクセス坑道を埋め戻す。埋め戻し材は、地下の掘削により発生した岩や土砂にベントナイトを混ぜて使用する。坑道の形状に応じて適切な方法で隙間を充填し締め固めながら埋め戻していく。

## 5. 今後の技術開発

特定地点の公募を行っている第1段階である現在は、処分施設建設地を特定しない日本の代表的な地質環境下において、保守的な性能、設計を仮定した人工バリアを用いて地層処分の成立性を検討している。

今後、処分施設建設地が決まり、地質環境が明らかになるに従い、その土地から得られる情報に基づき、処分場の成立性を検討する必要がある。また、その時点では、事業を進める上で必要な安全性のより一層の向上と、合理性、効率性の向上を求めていく必要がある。原環機構は、長期の事業を進めるために、段階的な処分施設建設地選定の進展に応じた処分施設概念及び処分事業推進のために事業全体を一貫して管理するための手法である「構造化アプローチ」<sup>[2]</sup>を開発し、文献調査などによって得られた処分施設建設地の環境条件に関する情報と設計・性能評価に関する制約条件から「処分場概念」検討の基本構造を明らかにする手順を示している。この中で特に重要なことは、人工バリア、天然バリアともに、その性能を十分吟味することにより、課題やそれに対する技術開発の方向性を明らかにし、処分場建設地の特性を考慮した、合理的かつ経済的な事業遂行を段階的に達成していくことである。構造化アプローチはこのような考え方により、処分場概念検

討プロセスを構造化したものである。

## 6. 国民、地域との対話

原環機構では、概要調査地区の公募に向けて全国レベルでの理解活動を行っており、地域新聞社との共催のフォーラム開催による直接対話活動をはじめ、テレビCMや新聞・雑誌広告などマス媒体を通じた情報発信、地層処分について一般向けにわかりやすく説明したビデオや小冊子の配布、HPを利用した情報公開などの情報提供も積極的に行っている。

また、対話を行う相手層のニーズに応じたきめ細かな理解活動を実施するために、大学での講義や少人数での勉強会などを適宜実施し、効果的な情報提供方法を確立するための検討も行っている。

## 7. まとめ

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、2000年に設立された原環機構が、処分地の選定や最終処分施設の建設・操業・閉鎖の実施に向け、施設設計や技術開発を行っている。地層処分は、処分施設選定から施設の閉鎖までに100年程度を要し、閉鎖後も数万年以上の安全性が要求される超長期の事業であるため、長期間安定な岩盤を選んで地下300m以深に人工バリアを施した処分施設を建設することとしている。今後、処分施設建設地が決まれば、その土地特有の地質環境情報に基づいた安全で合理的な施設設計が行われる。また、処分施設建設地の選定にあたっては、国民の理解を得るために、全国各地での直接対話活動や幅広い情報発信を行っている。

## 参考文献

- [1]原子力発電環境整備機構、処分場の概要、2002
- [2]原子力発電環境整備機構、段階的な事業推進における構造化アプローチ、2007