

ドイツにおける放射性廃棄物の地層処分に関連した 地下施設の現状と処分に向けた取り組み

越谷 賢¹⁾・伊藤 成輝²⁾

1. はじめに

日本の原子力発電所から発生する使用済み燃料は、リサイクルした後にその残渣を高レベル放射性廃棄物として地層処分することが「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」で定められており、現在は処分地の選定について自治体からの文献調査の応募を待っている状況にある。高レベル放射性廃棄物の地

層処分においては、天然の岩盤(天然バリア)と人工的なバリア(人工バリア)を組み合わせた多重バリアシステムによって、長期的な安全性が確保される(原子力発電環境整備機構, 2009)。地層処分における多重バリアシステムの信頼性をより向上させるためには、実際の地下空間における調査・研究を欠くことはできない。日本では日本原子力研究開発機構による瑞浪超深地層研究所(結晶質岩)と幌延深地層研究



第1図 視察を行った放射性廃棄物の処分関連施設の位置。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門(サンコーコンサルタント株式会社)
〒136-8522 東京都江東区亀戸1-8-9
2) 産総研 地圏資源環境研究部門(株式会社ニュージェック)
〒135-0007 東京都江東区新大橋1-12-13

キーワード: ドイツ, 地層処分, 放射性廃棄物処分場, モルスレーベン処分場, アッセ研究鉱山, コンラッド処分場, 亀裂, 地下水, インフォメーションセンター

第1表 視察を行った地下施設の概要.

	モルスレーベン処分場	アッセ研究鉱山	コンラッド処分場
位置	モルスレーベン, ザクソン・アンハルト州	アッセ, ニーダー・ザクセン州	ザルトツィッター, ニーダー・ザクセン州
施設の主な機能	処分場	研究施設	非発熱性放射性廃棄物の最終処分場
管理団体	連邦放射線防護庁(BfS)	放射線・環境協会(GSF),連邦放射線防護庁(BfS)	連邦放射線防護庁(BfS)
操業開始年	1978	1967	1976
廃棄物の量	36,800m ³	46,930m ³	303,000m ³ (予定)
廃棄物の種類	低, 中レベル放射性廃棄物	低, 中レベル放射性廃棄物	低, 中レベル放射性廃棄物
主な地質	岩塩, ドーム	岩塩, 背斜構造	頁岩にシールされた苦灰岩中の鉄鉱層
施設の深度	500m	低レベル放射性廃棄物: 725m, 750m 中レベル放射性廃棄物: 500m	800 ~ 1,300m
備考	<ul style="list-style-type: none"> ・旧東ドイツの岩塩鉱山の跡地を利用. ・現在は坑道の埋め戻し作業を実施中. ・岩盤は安定し, 地下水による障害は目立たない. 	<ul style="list-style-type: none"> ・岩塩鉱山の跡地を利用. ・研究施設としての機能は終了. ・坑道の安定性確保, 浸透した地下水の排水処理が課題. ・放射性廃棄物の発熱を想定した岩塩の熱特性試験が行われた. 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄鉱石の鉱山跡地を利用. ・最終処分場として認定され, 建設に向けた作業が進む. ・岩盤は安定し, 地下水による障害は目立たない.
インフォメーションセンター	BfS Info Morsleben Tel: +49-39050-8-274	BfS Info Asse Tel:+49-5336/89-640	BfS Info Konrad Tel: +49-5341-867-3099
ウェブサイト	http://www.bfs.de/en/endlager/morsleben	http://www.bfs.de/en/endlager/asse	http://www.endlager-konrad.de

センター(堆積岩)で地下研究施設の建設が進められており, 地下施設における研究は, 今後本格的に展開されていく.

日本と同様に地層処分を行う諸外国においても, 地下研究施設での水文地質学的な研究が実施されてきた. ヨーロッパで1990年代から活発に展開されている地下研究施設としては, 世界初最終処分施設に決定されたONKALO地下特性調査施設(フィンランド), エスポ岩盤研究所(スウェーデン), グリムゼル試験サイト(スイス), 岩塩ドームのゴアレーベン・サイト特性研究所とアッセ研究鉱山(ドイツ), 粘土質岩盤のビュール地下研究所(フランス), モル地下研究施設(ベルギー), モンテリ岩盤研究所(スイス)等がある(古宇田, 2009).

今回, 筆者の2名は, ベルリン工科大学水文地質学分野のシャイト教授(PD Dr. Traugott Scheytt)のご厚意で, ドイツ国内の地層処分関連施設を視察するチャンスを得た. 2009年1月19日にモルスレーベン処分場, 21日にアッセ研究鉱山, 22日にコンラッド処分場を廻ったので(第1図), それらの最新の状況を報告する.

2. ドイツでの地層処分の特徴

最初に, ドイツにおける地層処分を取り巻く状況について概観する. ドイツでは, 全ての放射性廃棄物を

国内の地層中に最終処分する方針で, 1970年代から放射性廃棄物の処分地の選定を行ってきた. 現在では, ドイツの原子力政策は政治的に中断しているが, 放射性廃棄物の処分地の選定は, 日本の第3段階にあたる最終処分候補地の選定段階にあり, 実施主体と自治体との間で廃棄物の具体的な条件の話し合いが進められている. ドイツにおける処分責任は連邦にあることが定められており, 連邦放射線防護庁(BfS)が処分の実施主体となっている. 具体的な作業は, BfSとの契約によってドイツ廃棄物処分施設建設・運転会社(DBE社)が行っている. 原子力廃棄物埋設のキャッチフレーズは, 「We have to dispose of something but nothing to hide」(埋設するが, 隠すのではない)である(松田, 2008).

ドイツでの放射性廃棄物は, 処分時に考慮すべき熱の影響によって, 高レベル放射性廃棄物に相当する発熱性放射性廃棄物と低～中レベル放射性廃棄物に相当する非発熱性放射性廃棄物に区分される((財)原子力環境整備促進・資金管理センター, 2007). 今回視察した3地点のうち, コンラッド処分場は, 非発熱性放射性廃棄物の最終処分地として国に認可され, 処分場の建設に向けた準備が進められている. 旧東ドイツの非発熱性放射性廃棄物処分場であったモルスレーベン処分場とアッセ研究鉱山は, 閉鎖と廃止措置に向けた作業が実施されている(第1表). 発熱性放射性廃棄物の処分場候補地点は, ドイツ北部



写真1 モルスレーベン処分場の坑道の状況。



写真2 アッセ研究鉱山における岩塩の熱特性試験箇所。

のゴアレーベンが挙げられるが、現在も計画は凍結されたままであり、岩塩分布域以外の地層を含めたサイト選定手続きそのものの見直しが検討中である。なお、モルスレーベン処分場とアッセ研究鉱山は岩塩、コンラッド処分場は鉄鉱石が分布する。

3. 視察を行った地下施設の現状

3.1 モルスレーベン処分場

モルスレーベン処分場は、旧東ドイツ地区にある岩塩鉱山であった。鉱山は19世紀に約70年間にわたってルーム&ピラー工法で採掘されており、複数の地下空洞(最大で長さ120m、高さ40m程度)が埋め戻されずに残存していた。主要立坑は深さ500mまで達しており、処分場はその最深部に位置する(DBE社, 2009)。同鉱山が処分場として選定されたのは1970年であり、1978年に試験操業が開始された。その後、1990年の東西ドイツ統一に伴い連邦施設となり、操業はDBE社に委託された。1998年に処分場が中止され、2001年には施設の閉鎖が決定された。現在は、処分場の閉鎖・廃止措置に向けた作業が進められている。具体的には、処分場の力学的安全性を確保するために、放射性廃棄物が安置されていない空洞を埋め戻している((財)原子力環境整備促進・資金管理センター, 2007)。

実際に、処分場の地下施設に入ると、主要な坑道は、概ね無支保で維持されており、母岩(岩塩)には亀裂がほとんどなく、力学的安定性が高いことが分か

る(写真1)。3～4時間にわたる視察中、坑内で地下水の湧出を見つけることはできず、わずかに湿った坑壁を1箇所見ただけであった。埋め戻し作業を行っている地下空間に到着すると、コンクリートの圧送管を設置するために、幅20m、長さ50m、高さ20m程度の空間が残されていた。埋め戻したコンクリートは発熱しており、坑内気温の上昇が体感できる程であった。

3.2 アッセ研究鉱山

アッセ研究鉱山は、かつて深度490m～800mと950mで岩塩を採掘していた。1965年に、放射性廃棄物の最終処分に関する調査・研究を実施するために、放射線・環境協会(GSF)が同鉱山を取得した。1967～78年に中～低レベル放射性廃棄物の試験的な処分が行われ、その後、高レベル放射性廃棄物処分に関する調査研究が続けられた((財)原子力環境整備促進・資金管理センター, 2007)。実際に放射性廃棄物の発熱を想定した岩盤の熱特性試験が実施されたことがある(写真2)。現在では、研究所としての機能は実質的に終了しており、2013年に閉鎖される予定となっている。このため、現在の作業の目的は、処分場と同様に、坑道の閉塞作業がメインである。

同鉱山では、クリープ破壊した岩塩坑道を複数見ることができた(写真3)。一部では、鋼製支保工が屈曲し、幅数cmにおよぶ開口亀裂が生じていた箇所もあった。坑内からの排水量もモルスレーベン処分場より多く、地上まで延びる縦亀裂に沿って坑内に12



写真3 アッセ研究鉱山におけるクリープ破壊した岩塩坑道。

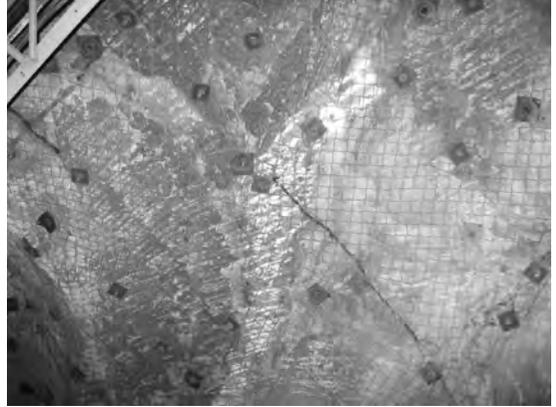


写真4 鉄鉱石からなるコンラッド処分場の地下坑道。

m³/dayの地下水が湧出しているとの説明を受けた。ただし、それ以外に坑内で観察された深部地下水は、15種類以上のトレーサー試験によっても、移動経路を把握できなかったとのことであった。

地下空間の埋め戻しには、「パウダーソルト」と呼ばれる岩塩の粉末を利用している。筆者は約50年前に埋め戻されたというエリアを見学したが、埋戻し材と自然の母岩(岩塩)はきわめて堅牢に再固結しており、その接着面を肉眼で見分けることができなかった。しかし、場所によっては、再固結に伴う圧密によって、母岩と埋め戻し材の間に新たな空洞を生じることがあり、それらの閉塞が現状での大きな問題とされていた。

3.3 コンラッド処分場

コンラッド処分場はかつての鉄鉱山である。鉄鉱床は地下800~1,200mに位置し、その厚さは12~18m、長さは南北50km、東西12kmにわたり広域に存在している(松田, 2008)。1976年に最終処分場としての適合性の調査が開始され、1982年に非発熱性放射性廃棄物の最終処分場とする許認可の申請が行われた。2002年の許認可では2080年までに国内で発生が見込まれる30万3,000m³の埋設が認められている((財)原子力環境整備促進・資金管理センター, 2007)。同



写真5 コンラッド処分場のインフォメーションセンター。

処分場は、既存の2本の立坑を利用して操業される計画であり、1本は、主として機材輸送坑として、もう1本は廃棄物の輸送坑、入出坑として利用される。現在は、2013年からの処分場の操業に向けた準備が進められている(松田, 2008)。

鉄鉱石からなる地下の坑道は、岩塩に比べると亀裂が多くなるが、ロックボルトと金網による支保で安定性が維持されていた(写真4)。鉄鉱石岩体の上位には、高い遮水性を有する厚い粘土層が分布しており、アッセのように地上から地下水が流入する可能性は低い。坑内からの排水量は20m³/dayとのことであったが、これには輸送車両の排気ガスに含まれる水蒸気や坑道への散水が含まれており、坑内水の排水量から地下水の湧出量を推し量るのは、一般の鉱山と同様に少々困難である。

なお、BfSは、本処分場を国民に広報するためのイ

ンフォメーションセンターをザルツギッター市の中心部に建設しており(写真5), 視察当日も十数名の参加者が説明者と活発な議論を行っていた。その中で, 放射性核種が地下水によって地上に運搬されるリスクについては, 現在の処分場の位置にある深部地下水が地上に達するのに30万年かかるため, 可能性が低いとの説明であった。

4. おわりに

2009年1月にドイツのモルスレーベン処分場, アッセ研究鉱山, コンラッド処分場を視察し, 地層の力学的安定性, 坑内における地下水状況等を紹介した。ドイツの地層処分研究は, 一時の政治的な停滞期から脱し, 当面はコンラッド処分場を軸に再展開するものと予想する。今後も同国との協力関係を継続し, 深部地下水の滞留の評価について, その知的基盤を高めていきたい。

謝辞: 本記事に使用した写真は, ベルリン工科大学のシャイト教授を通じて, モルスレーベン処分場, アッセ研究鉱山, コンラッド処分場から掲載の許可を得ました。各位にお礼申し上げます。

参 考 文 献

- ドイツ廃棄物処分施設建設・運転会社 (DBE社) (2009): <http://www.dbe.de> (2009年1月26日版)
- (財)原子力環境整備促進・資金管理センター(2007): 諸外国における放射性廃棄物関連の施設・サイトについて, 61p.
- 原子力発電環境整備機構(2009): 放射性廃棄物の地層処分事業について, 分冊1処分場の概要, 42p.
- 古宇田亮一(2009): 放射性廃棄物地層処分の地下科学実験-粘土質岩における最近の国際動向. 資源・素材学会誌, 125, 2, 51-56.
- 松田美夜子(2008): ドイツ, フランスにおける原子力廃棄物最終処分地の選定状況. 日本原子力学会誌, 50, 4, 232-235.

KOSHIGAI Masaru and ITO Narimitsu (2009): Current situation of Repository Sites for Radioactive Waste in Germany.

<受付: 2009年7月16日>