

# 瑞浪、幌延における地上からの調査研究の成果報告：全体概要

地層処分研究開発部門  
副部門長 石川博久

## 1. はじめに

独立行政法人 日本原子力研究開発機構（原子力機構）は、わが国における地層処分技術に関する研究開発の中核的機関として、原子力発電環境整備機構（原環機構）による処分事業と、国による安全規制の両面を支える技術基盤を継続的に強化していくため、他の研究開発機関と連携して基盤的な研究開発を進めている。その中核となる研究施設として、岐阜県の瑞浪超深地層研究所と北海道の幌延深地層研究所の2つの深地層の研究施設計画を進めているところであるが、今般、第1段階である地上からの調査研究段階の成果を報告書として取りまとめた。

本稿では、2つの深地層の研究施設計画を中心に、原子力機構における地層処分技術に関する研究開発の概略を報告する。

## 2. 地層処分技術に関する研究開発

### 1) 研究開発の概要

わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分計画は、核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）が平成11年に公表した地層処分研究開発の「第2次取りまとめ」（サイクル機構、1999）を技術的な拠り所として、研究開発だけの段階から、研究開発と並行して地層処分の事業と安全規制の施策を進めていく事業段階へと進展した。事業段階における研究開発の目的は、「第2次取りまとめ」が示した「わが国における地層処分の技術的信頼性」をさらに向上させ、国民の理解を促進するとともに、処分事業や安全規制の技術基盤を強化していくことにある。

平成17年10月に、サイクル機構と日本原子力研究所の統合により発足した原子力機構は、サイクル機構が進めてきた「地層処分技術に関する研究開発」を全面的に引継ぎ、主要業務のひとつとして実施している（原子力機構、2005）。具体的には、地層処分研究開発部門が中心となり、また、東濃地科学センター（岐阜県土岐市・瑞浪市）、幌延深地層研究センター（北海道幌延町）および東海研究開発センター（茨城県東海村）の3つの研究センターが、それぞれの役割を分担して研究開発を進めている。

原子力機構における研究開発は、サイクル機構時代と同様、地層処分システムにかかわる工学技術的信頼性向上と安全評価手法の高度化を目指した「地層処分研究開発」と、その基盤となる「深地層の科学的研究」から構成される。「地層処分研究開発」としては、東海研究開発センターにおける地上の実験施設を活用した、人工バリアの長期的な健全性や放射性物質の溶解・移行などに関するデータの充実とモデルの高度化、あるいは、深地層の研究施設で得られるデータを用いた地層処分システムの設計・安全評価手法の適用性確認などを進めている。「深地層の科学的研究」では、自然科学的なアプローチを取り入れつつ、深地層の研究施設などを活用して、地質環境を調査・評価する技術の体系化や適用性確認などを進めている。

### 2) 研究開発の目標と深地層の研究施設計画

「第2次取りまとめ」以降の事業段階における研究開発には、地層処分技術的信頼性をさらに高め、処分事業や安全規制の段階的な進展にあわせて、その技術基盤をより堅固なものとしていくことが求められる。これに応えるため、原子力機構では、「実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認」と「地層処分システムの長期挙動の理解」の2つの研究開発目標を定めている。前者は、これまでに整備してきた地層処分に関連する様々な技術を実際の地質環境へ適用することを通じて、その信頼性や実用性を確認していくことであり、後者は、処分システムに関連する様々な現象への理解をさらに深めながら、モデルやデータベースを

改良し、評価の信頼性や裕度を高めていくことである。このうち、第1の目標である「実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認」を目指した総合的な研究開発の場となるのが深地層の研究施設である。

深地層の研究施設については、わが国の地質環境の特性と分布を考慮して、結晶質岩を対象とした瑞浪超深地層研究所（岐阜県瑞浪市）および堆積岩を対象とした幌延深地層研究所（北海道幌延町）の2つの計画を進めている。いずれも、「地上からの調査研究段階」（第1段階）、「坑道掘削時の調査研究段階」（第2段階）、「地下施設での調査研究段階」（第3段階）の3段階からなる、全体で20年程度の計画である。

### 3. 深地層の研究施設計画

#### 1) 深地層の研究施設の役割

深地層の研究施設では、様々な技術を実際の地質環境に適用して、段階的に調査研究を進めながら、順次得られてくる情報に基づき、理解の程度と進展を確認していく。調査研究を段階的に進めることにより、地下深部の地質環境についての理解を深めながら、これを体系的に調査・解析・評価するための技術基盤を整備していくことがねらいである。また、得られた地質環境情報に基づき、地下の研究坑道を設計・施工していくことを通じて、深地層中での様々な調査や試験に必要な地下空間を確保・維持するための工学技術の基盤を整備していく。これら、「地質環境の調査・解析・評価技術」と「深地層における工学技術」の基盤を整備していくことが、深地層の研究施設計画における重要な技術課題である。

さらに、「深地層の科学研究」を通じて得られる情報や知見、あるいは岩石や地下水の試料などは、地層処分研究開発における重要な基盤情報となる。調査の進展に応じて得られる地質環境情報を活用して、設計手法や安全評価手法の検討を繰り返し進めることにより、地層処分技術全体としての適用性を確認し、検討結果を調査側へフィードバックすることにより、地質環境の理解度と安全評価上の感度や必要な調査量との関係などを検討していく。また、深地層の研究施設における特定の地質環境と比較検討しながら、条件を制御した工学試験や放射性核種を用いた試験を行うことにより、地層処分システムに関連する様々な現象に対する理解や一般化を進め、設計・安全評価にかかわる技術の信頼性向上をはかっていく。加えて、幌延深地層研究所においては、堆積岩における人工バリアの施工・定置技術の開発や性能試験など、研究坑道を利用した地層処分研究開発をあわせて実施する。

深地層の研究施設は、「学術研究の場であるとともに、国民の地層処分に関する研究開発の理解を深める場としての意義を有し、その計画は、処分施設の計画と明確に区分して進めることが必要」（原子力委員会、2000）とされている。深地層の研究施設計画を進めるにあたっては、国内外の研究機関や専門家との研究協力を積極的に進め、広く学術的な研究の場としての活用をはかるとともに、国民が地下深部の環境を実際に体験・学習し、研究者との対話を通じて、地層処分やその研究開発に対する理解を深める場としても整備していく。また、計画の内容や得られた成果については、地域の方々をはじめ広く国民に公開しつつ、透明性の確保に努めていく。

なお、深地層の研究施設においては、放射性廃棄物を持ち込まないことや将来にわたって処分場としないことなどを、関係自治体との協定により約束している。

#### 2) 深地層の研究施設計画の現状

2つの深地層の研究施設計画は、地域の方々をはじめとする関係各位の理解と協力のもと、着実に進展してきている。瑞浪超深地層研究所においては平成16年度をもって、また、幌延深地層研究所においては平成17年度をもって、地上からの調査研究段階（第1段階）を終了した。現在は、第2段階として、実際に地下に研究坑道を掘削しながら調査研究を進めている。掘削時の調査によって得られる地質環境データに基づき、第1段階に構築した地質環境モデルを確認し、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性を評価することが重要な目的である。また、坑道掘削にかかわる施工技術や対策技術あるいは掘削影響を評価する技術の適用性などを確認しながら、施設建設と調査研究の最適化を図っている。以下、2つの深地

層の研究施設における地上からの調査研究および坑道掘削工事の進展状況の概略を示す。

### (1) 瑞浪超深地層研究所

平成 8 年度から、超深地層研究所計画として、第 1 段階である地上からの調査研究を開始し、平成 14 年度から、現在の瑞浪超深地層研究所用地（市有地）において、物理探査やボーリング調査などを実施した。ボーリング調査としては、花崗岩を覆っている上部の堆積岩を対象とした深度 200m 程度までの浅層ボーリング調査（4 孔）、花崗岩を対象とした深層ボーリング調査（掘削長 1,300m の傾斜孔）、ボーリング孔間での水理試験やトモグラフィ調査などを実施した。これらの調査を通じて、花崗岩中の割れ目の分布や地下水の水質・起源などに関するデータを取得しながら、地上からの調査研究段階における地質環境モデルを更新していった。平成 17 年 3 月に地上からの調査研究段階を終了したが、既設のボーリング孔においては、長期的な変化や研究坑道の掘削による影響を観測するため、地下水（水質・水圧）のモニタリングを継続している。

また、地上からの調査研究と並行して、平成 14 年度に用地の造成工事を行い、平成 15 年 7 月に研究坑道（主立坑および換気立坑）の掘削を開始した。平成 19 年 8 月末現在、2 本の立坑を深度 200m まで掘削し、深度 200m における水平坑道を掘削中である。

### (2) 幌延深地層研究所

平成 12 年度末から、幌延町の広い範囲を対象とした空中からの物理探査や代表地点でのボーリング調査などを行い、その結果を踏まえて平成 14 年 7 月に、調査研究を中心的に行う領域として 3km 四方程度の区域を幌延町北部に選定した。その後、この区域を中心に地表での物理探査やボーリング調査（計 11 孔）などを実施しながら、地質環境モデルの作成・更新を進め、平成 18 年 3 月に地上からの調査研究段階を終了した（既設のボーリング孔での地下水モニタリングを継続）。

また、平成 15 年 3 月には研究所を建設する用地を取得し、同年 7 月に用地の造成工事に着手した。平成 16 年度は、造成工事と並行して、地上施設（研究管理棟など）の建設を進め、平成 17 年 11 月から、研究坑道の掘削を開始した。平成 19 年 8 月末現在、換気立坑を深度 75m まで、アクセス立坑（東立坑と西立坑）のひとつである西立坑を深度 44m まで掘削した。

### 3) 地上からの調査研究段階の成果報告書

今般、瑞浪と幌延の深地層の研究施設計画における地上からの調査研究段階（第 1 段階）を通じて得られた成果を報告書として取りまとめた。第 1 段階における調査研究の達成度を評価し、第 2 段階以降における調査研究の課題や方向性を具体化するうえでの重要なステップである。報告書は、瑞浪超深地層研究所における深地層の科学研究に関する 1 冊と、幌延深地層研究所における深地層の科学研究と地層処分研究開発に関する 2 分冊から構成される。

本報告書は、結晶質岩と堆積岩というわが国を代表する 2 つの地質を対象に、地上からの物理探査やボーリング調査などにより、地質環境を総合的に調査・評価することを通じて得られた成果を網羅的に取りまとめたものである。原環機構が処分地の選定に向けて行う概要調査や地上からの精密調査の技術基盤として、また、国が策定する概要調査のガイドラインや精密調査地区の環境要件などの検討作業を進めるうえでの基盤情報として活用されることを期待している。

現実の地形・地質条件や社会的な制約などに対応しつつ、不均質性を有する地質環境を理解していくためには、単にデータ取得に必要な調査技術や機器を整備するだけではなく、現場での経験を積み、実際の適用事例に学ぶことが重要となる。第 1 段階の調査研究を進めるにあたっては、学術的な成果や技術開発の実績だけではなく、失敗事例なども含めた経験やノウハウを重要な研究の成果と認識し、それらをできるだけ知識化、体系化して継承していくことに留意した。淡々と調査を進めるのではなく、調査の段階とその進展を明確に意識して、段階ごとに計画から実施、評価までの流れを意図的に繰り返していくアプローチをとっ

た。第 1 段階の成果取りまとめにおいては、地上からの調査研究という実地経験を通じて得られたノウハウや知見、教訓などについても、出来るだけ整理して盛り込むことに心がけた。

#### 4. 今後の予定

瑞浪と幌延の深地層の研究施設計画については、坑道を掘削しながら調査研究を進める第 2 段階が本格化している。原環機構が行う処分地選定のための調査は、最終処分法に基づいて、文献調査、概要調査、精密調査（前段の地上からの精密調査と後段の地下施設を利用した精密調査）と段階的に進められるが、深地層へのアプローチの方法としては、概ね深地層の研究施設計画における「第 1 段階」が【概要調査】と【地上からの精密調査】に、また、「第 2 段階」および「第 3 段階」が【地下施設を利用した精密調査】に対応する。このうち、概要調査のための技術基盤は、「第 2 次取りまとめ」や今般の第 1 段階の研究成果取りまとめなどにより整備されてきた。今後は、地下施設の設置を前提として行われる地上からの精密調査の技術基盤を整備していく観点から、深地層の研究施設計画の第 2 段階に得られる地質環境データに基づき、第 1 段階に構築した地質環境モデルを確認することを通じて、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性を評価し、その信頼性を高めていく。

わが国の基盤研究開発を効果的・効率的に進めるための枠組みとして発足した「地層処分基盤研究開発調整会議」が平成 18 年 12 月に策定した「高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」（資源エネルギー庁・原子力機構、2006）においては、地質環境調査評価技術に関する【フェーズ 2】（2006～2010 年度）の段階目標を「地上からの調査に関わる技術基盤の確立」、【フェーズ 3】（2011 年度以降）の段階目標を「地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立」としている。

原子力機構は、この全体計画を進める中核的な研究開発機関として、瑞浪および幌延の深地層の研究施設計画を推進していくとともに、東海研究開発センターの室内試験施設（エントリー、クオリティ）などを活用した地層処分システムの工学技術や安全評価にかかわる基盤的な研究開発を進めていく。また、成果の公表、施設の公開、国内外の関係機関や大学との研究協力などを通じて、開発・整備した技術の継承や研究者の育成、国民の地層処分に対する理解の増進に寄与していく。とくに、長期にわたる処分事業を支えていくためには、常に最新の科学的知見を集約・体系化しつつ、適切に次世代に継承していくことが重要となる。このため、地層処分の安全確保の考え方や安全性にかかわる様々な論拠を統合したセーフティケースの一般概念に照らしつつ、研究開発の成果や国内外の最新の知見を体系化し、知識基盤として適切に管理・継承していくことを目指した知識マネジメントシステムの開発を進めている。

#### 参考文献

- 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—、サイクル機構技術資料、JNC TN1410 99-020～024.
- 原子力委員会（2000）：原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画（平成 12 年度）.
- 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構（2006）：高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画.
- 日本原子力研究開発機構（2005）：独立行政法人日本原子力研究開発機構の中期目標を達成するための計画（中期計画）（平成 17 年 10 月 1 日～平成 22 年 3 月 31 日）.