

東濃地科学センターにおける深地層の科学的研究の現状 －超深地層研究所計画を中心として－

核燃料サイクル開発機構
東濃地科学センター
瑞浪超深地層研究所長
坂巻 昌工

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）東濃地科学センターでは、国の計画・方針にしたがい、地層処分技術に関する研究開発として、地層処分研究開発の基盤となる深地層の科学的研究（以下、地層科学研究）を進めている。このうち、超深地層研究所計画は、原子力長期計画に示された深地層の研究施設計画のひとつとして結晶質岩を対象に岐阜県瑞浪市において進めているものである。本稿では、超深地層研究所計画を中心に、東濃地科学センターにおける地層科学研究の現状について報告する。

2. 研究の課題

「第2次取りまとめ」（サイクル機構、1999）以降における地層処分技術に関する研究開発の課題については、国の報告書で示された課題を踏まえ、深地層の科学的研究に関して、以下の4つの研究課題を設定している。

- ・地質環境特性に関する研究
- ・地質環境の長期安定性に関する研究
- ・深地層における工学技術の基礎の開発
- ・ナチュラルアナログ研究

東濃地科学センターでは、これらの研究課題に対して、超深地層研究所計画、広域地下水流動研究、地質環境の長期安定性に関する研究、という3つのプロジェクトとして取り組んでいる。超深地層研究所計画では、結晶質岩（花崗岩）を対象に、地質環境特性に関する研究と深地層における工学技術の基礎の開発を実施している。広域地下水流動研究では、超深地層研究所計画よりも広い地域の結晶質岩（花崗岩）を対象として、地質環境特性に関する研究を実施している。なお、ナチュラルアナログ研究については、地質環境の長期安定性に関する研究の中で実施している。

3. 研究の現状

東濃地科学センターが進めている地層科学研究のうち、超深地層研究所計画および広域地下水流動研究の2つのプロジェクトは、地下深部の岩盤とそこに含まれる地下水の性質やそこで起こっている現象を理解しながら、その調査・評価のために必要な技術を開発整備していくことを主な目的として、東濃地域を対象に実施している。この地域の地質は、主な研究対象である結晶質岩（花崗岩）と、それを覆う上位の新第三紀の堆積岩から成る。堆積岩の厚さは最大200 m程度であり、また、月吉断層と呼ばれる長さ約7 kmの逆断層である地質断層が分布する。

一方、地質環境の長期安定性に関する研究は、わが国における地震や火山活動等の天然現象の特徴とそれによる地質環境への影響を把握することや、そのための調査技術・評価手法を開発することを目的に、全国を視野に入れて実施している。

1) 広域地下水流動研究と超深地層研究所計画における研究のアプローチ

実際に地質環境を理解するための調査や解析においては、空間的、時間的さらには経済的にも目的を達成するまでの間に一定の制約が設けられる。このような制約の下で、地質環境を効率的に把握していくためには、調査研究を進める過程で地質環境の理解の程度を繰り返し評価し、目的の達成に向けて計画を見直しつつ進めることが必要である。このことから、

超深地層研究所計画および広域地下水流動研究の 2 つのプロジェクトにおいては、調査－モデル構築－解析結果の評価－さらに次の調査とモデル改良へ、という一連の繰り返しのアプローチを基本に調査研究を進めている。このアプローチでは、調査の進展に伴う情報量の増加に応じて、地質環境特性に関わる理解度や調査の達成度を順次評価し、その結果を次の調査の具体的な計画立案および次の段階に移行する判断につなげていく。

広域地下水流動研究と超深地層研究所計画の 2 つのプロジェクトにおいては、地質環境の調査研究を進める上で、限られた調査量で効率的に地質環境特性を把握していくことと、断層や割れ目などが地質環境の不均質性を大きく支配していると考えられる割れ目系の岩盤を対象としていることの 2 点に注目しつつ、処分システムの設計や安全評価との連携を考慮して区分した空間スケールを設定して研究を進めている。広域地下水流動研究では、数十平方キロメートル程度までの領域を対象とし、超深地層研究所計画における地上からの調査研究段階では、数平方キロメートル程度の領域を解析対象面積として設定している（サイクル機構、2004）。

2) 超深地層研究所計画

(1) 計画の概要

超深地層研究所計画では、深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備および深地層における工学的技術の基盤の整備を目標とする（サイクル機構、2002）。前者の目標を達成するため、地質環境を調査・予測・検証する一連のアプローチを繰り返し行うことにより、地上や地下から、地質環境を調査・解析・評価する手法の有効性を確認していく。後者の目標に向けては、研究坑道の掘削に伴う地質環境の変化に着目し、深地層での掘削に関わる技術を適用していく。そのため、全体計画を 3 段階（第 1 段階：地表からの調査予測研究段階、第 2 段階：研究坑道の掘削に伴う研究段階、第 3 段階：研究坑道を利用した研究段階）に分け、全体を約 20 年間かけて実施する計画である。研究施設は広く公開し、地下深部についての学術的な研究の場、あるいは深部地質環境や地層処分の研究開発に対する国民の理解を深める場としても寄与する。

本計画では平成 8 年度より岐阜県瑞浪市明世町のサイクル機構が所有する用地（正馬様用地）において、第 1 段階として地表からの調査研究を行ってきた。平成 14 年 1 月に、瑞浪市と、正馬様用地の約 2 km 東方に位置する同じ明世町内にある広さ約 7.8 ha の市有地（研究所用地）の賃貸借契約を締結し、研究坑道などの設置場所を研究所用地に変更することとした。

(2) 現状と主な成果

研究所用地では、深さ 100～180 m 程度までは堆積岩、その下位には花崗岩が分布する。第 1 段階の調査研究として、平成 16 年度までに地上物理探査や、深度 100～200 m 程度までの 4 孔のボーリング調査（MSB-1～4 号孔）、深層ボーリング調査（MIZ-1 号孔；掘削長 1,300 m）および複数のボーリング孔を利用した孔間水理試験などを実施してきた。また、これらの調査結果をもとに地質環境モデルを作成・更新している。第 2 段階については、調査研究計画の検討を進めるとともに、平成 14 年 7 月に研究所用地の造成工事に着手し、平成 15 年 7 月には研究坑道の掘削を開始している。

① 第 1 段階の調査研究

研究所用地における繰り返しアプローチに基づく主な調査として、地上物理探査（ステップ 1）、浅層ボーリング調査（同 2）、深層ボーリング調査（同 3）、トモグラフィ調査・孔間水理試験（同 4）の 4 つのステップを設定し、各ステップにおいては、地質環境モデルとして地質構造、地下水流動、地下水地球化学、岩盤力学の各モデルの構築を進めている。現在、深層ボーリング調査（MIZ-1 号孔）の結果の解析およびステップ 4 の調査試験を実施中である。

これまでに、地質構造としては、「上部割れ目帯」のほかに、「下部割れ目低密度帯」が区

分されること、地下水流動解析結果からは、北北西系の断層の性質が地下水の流れに大きな影響を与えること、また、地下水の水質としてNa-HCO₃型とNa-Cl型の両タイプが存在することなどが明らかにされた。また、各ステップにおいて地質環境モデルの作成・更新を行い、用いられた各調査手法の妥当性などについても検討を進めている。

また、第1段階において、国内外の先行事例やこれまでに得られた深部地質環境に関する情報をもとに研究坑道の設計や施工計画の立案を行った。

② 第2段階の調査研究

第2段階における深地層の工学技術に関する研究については、第1段階で立案した施工計画にしたがい、平成15年より研究坑道の掘削を開始した。平成17年2月現在、深度50 mまでの立坑掘削を終了し、深度50 m以深の本格掘削に向けた準備を進めている。また、第2段階における調査試験計画についても検討を進めている。

3) 広域地下水流動研究

広域地下水流動研究では、平成15年度より実施した深度1,000 mの深層ボーリング調査(2孔)の結果を解析中であり、平成16年度に現地作業を終了する。今後は、広域的な地下水の経年変化などを把握するためのモニタリング観測を継続するとともに、本研究と超深地層研究所計画の研究成果を相互に活用し、広い領域から研究坑道を展開する瑞浪超深地層研究所用地までの各空間スケールを対象とした一連の調査データ・調査手法として取りまとめていく。

4) 地質環境の長期安定性に関する研究

地質環境の長期安定性に関する研究では、「第2次取りまとめ」以降、実施主体による概要調査地区等の選定や国による安全審査基準・指針等の策定等のための技術基盤としての反映を念頭に置き、①実際の地質環境に適用できる調査技術の開発(調査技術の開発・体系化)、②地殻変動・火成活動等に伴う地質環境の長期的変動を評価するための手法の開発(長期予測・影響評価モデルの開発)のほか、③これらの開発の基盤となるそれぞれの現象のプロセスに関わる最新の学術的知見や工学技術に関する基盤情報の整備(情報基盤の整備)を図っている。

調査技術の開発・体系化としては、中国地方を事例とした震源断層の抽出技術の開発や、鳴子火山周辺や紀伊半島南部を事例としたマグマ・高温岩体当の探査技術の開発を行ってきた。長期予測・影響評価モデルの開発については、三次元地形変化モデルの開発や、火山発生に係る確率モデルの検討を行ってきた。また、情報基盤の整備として、精密制御定常信号システム(アクロス)による高精度物理探査技術の開発を進めている。

4. おわりに

東濃地科学センターにおいては、平成17年度以降、超深地層研究所計画の第2段階の調査研究を本格的に進めていく。また、地質環境の長期安定性に関する研究についても、実施主体による概要調査地区等の選定や国による安全審査基準・指針等の策定等のための技術基盤としての反映を適時適切に行うべく、引き続き取り組んでいく。

広域地下水流動研究や超深地層研究所計画の第1段階でこれまでに得られた成果や、地質環境の長期安定性に関する研究の成果について、平成17年度の成果取りまとめにおいて、幌延深地層研究センターと共同で地層科学研究に関する分野レポートを担当するとともに、知識化レポートについても幌延深地層研究センター、東海事業所処分研究部などと共に執筆作業を進めていく。

研究を進めていくにあたっては、今後も国内外の研究機関との連携をはかり、大学等の専門家の協力を得つつ、原子力長期計画等で求められている地層科学研究を着実に、かつ効率的に進めていく。研究開発業務の透明性を確保する観点からは、研究計画の策定段階から成果までの情報を積極的に公表し、瑞浪超深地層研究所についても広く公開していく。また、

地下深部についての学術的な研究の場，学習の場，国民の理解を深める場としても寄与していく方針である。

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.

核燃料サイクル開発機構（2002）：超深地層研究所地層科学研究基本計画，サイクル機構技術資料，JNC TN7410 2001-018.

核燃料サイクル開発機構（2004）：高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発－平成15年度報告－，サイクル機構技術資料，JNC TN1400 2004-007.