

日本原子力学会 2019 年秋の大会 バックエンド部会セッション 「深地層の研究施設におけるこれまでの成果と今後への期待」参加報告

吉田幸彦*1 藤島敦*2

富山大学で開催された日本原子力学会2019年秋の大会にて、9月11日（水）にバックエンド部会の企画セッションとして「深地層の研究施設におけるこれまでの成果と今後への期待」が開催された。本セッションでは以下の4件の講演および意見交換が行われた。それぞれの講演内容の概要および参加者からの主な意見を以下にまとめる。なお、座長は、バックエンド部会長の小崎完教授（北海道大学）が務められた。

(1) 原子力機構における深地層の研究施設計画の成果の概要：仙波 毅氏（日本原子力研究開発機構）

日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」）は、北海道・幌延町の「幌延深地層研究計画」（以下、「幌延計画」）と岐阜県・瑞浪市の「超深地層研究所計画」（以下、「瑞浪計画」）の2つの深地層の研究施設計画（以下、「URL計画」）を進めている。幌延計画では堆積岩を、瑞浪計画では結晶質岩をそれぞれ対象とし、地層処分事業の段階的な進展に先行して、第1段階：地上からの調査研究段階、第2段階：坑道掘削時の調査研究段階、第3段階：地下施設での調査研究段階と段階的に研究開発を進めている。これまで第1段階から第2段階の研究開発において、概要調査～精密調査前半に必要な基盤技術を整備した。主な成果を以下に示す。

- ・地表からの調査による深部地質環境を把握するための調査解析技術を構築し、その有効性を確認
- ・坑道掘削に伴う地質環境の変化の程度や現象理解のための調査解析技術を整備
- ・坑道掘削技術・施工対策技術、安全確保・維持管理技術の適用事例を提示し、有効性を確認



写真-1 会場の様子（座長挨拶）

Report on the session by the NUCE in 2019 AESJ Autumn Meeting, "Overview of the Results of the Deep Underground Research Laboratories and Expectation for the Future" by Yukihiko YOSHIDA (yoshida.yukihiko@jaea.go.jp) and Atsushi FUJISHIMA

*1 日本原子力研究開発機構 バックエンド統括本部 企画部
Japan Atomic Energy Agency (JAEA)
〒319-1112 茨城県東海村大字村松 4-49

*2 原子力発電環境整備機構 技術部
Nuclear Waste Management Organization of Japan (NUMO)
〒108-0014 東京都港区芝 4-1-23 三田 NN ビル 2階

現在は、研究開発の第3段階として、「日本原子力研究開発機構の改革計画自己改革―「新生」へのみち―」（原子力機構、2013）の一環として設定したURL計画で行う必須の研究課題に取り組んでいる。これまでに得られた成果としては、例えば、幌延計画においては、突発湧水の発生の原因となり得る粘土質せん断帯の事前予測において、鉱物中の包有物に着目した手法が有効であることや、瑞浪計画においては、坑道閉鎖後の物質の閉じ込め能力を実際の坑道を用いて示したこと等があげられる。

研究開発を進めるに当たっては、研究機関や大学等との共同研究を進めている。また、国民との相互理解の促進の活動として、定期的に施設見学会を開催する等、地下研究坑道を積極的に公開している。

(2) 原環センターにおける深地層の研究施設を活用した研究開発について：小林 正人氏（原子力環境整備促進・資金管理センター）

原子力環境整備促進・資金管理センター（以下、「原環センター」）では高レベル放射性廃棄物の地層処分について、とくに工学的観点から人工バリアの製作・施工技術の整備および品質管理技術の検討に取り組んできた。人工バリアの製作・施工技術については、要素試験から実規模の装置による実証的な検討まで段階的な技術整備を通して、我が国の地層処分事業に適用可能な技術としての実現性を確認しつつ技術オプションの整備を進めている。人工バリアの品質管理技術については、実際の地下環境での試験や試験環境が制御できる室内試験によって行うことにより、前述の製作・施工技術として整備した技術が長期の安全性を確保するうえで期待される機能を満足することを示すための知見を拡充してきた。これらの技術開発課題について、原環センターは原子力機構幌延深地層研究センターとの共同研究契約等により、取り組んできた。以下に主な成果を示す。

人工バリア等の健全性評価及び無線計測技術の適用性に関する研究

地下 350m の試験坑道 5 において、原位置の実地下水を使用した炭素鋼オーバーパック溶接部の腐食試験や緩衝材の流出試験を実施し、これまでに室内試験で得られた知見等の妥当性を検証するとともに、実環境で実際に起こる挙動の把握を行った。同深度の試験坑道 4 で実施中の人工バリア性能確認試験では、ケーブルが不要な無線伝送技術による計測技術の実証試験を実施している。

搬送定置・回収技術の実証的検討に関する研究

地下 350m の試験坑道 2 において、処分坑道横置き・PEM*方式を対象とした回収技術の実規模の実証試験を実施している。同試験では、一連の定置作業の逆動線による回収作業を念頭に置き、PEM-坑道間ヘスクリー方式／吹付け方

式による隙間充填材の施工試験，機械的方式／流体的方式による隙間充填材の除去試験，狭隘な空間にも適用可能なエアベアリング方式の定置装置による PEM の回収試験を実施している。*PEM: Prefabricated Engineered barrier system Module

(3) 電中研における深地層の研究施設を活用した研究開発について：幡谷 竜太氏（電力中央研究所）

電力中央研究所（以下、「電中研」）では、2002年度より、瑞浪超深地層研究所と幌延深地層研究センターおよびそれらの周辺において、地下水流動、物質移行などの共同研究を展開してきた。主な成果を以下に示す。

地下水年代

瑞浪超深地層研究所では、地下坑道からの採水により、品質の良いサンプルが採取できること、採取方法や前処理方法を変更し、地下水年代を繰り返し試行することにより、 ^{14}C あるいは ^4He を用いた地下水年代測定法、ならびに希ガス温度計などの測定精度向上を図ることができた。この結果、研究所周辺の地下水は氷期（約2万年前）に涵養した地下水であると推定できた。

幌延深地層研究センターでは、立坑周辺では、非常に古い地下水（化石海水）が滞留している可能性が示唆された。一方、地層境界などの高透水部では、降水の混合が進んでいる傾向がみられた。これらのことと、Cl濃度や $\delta^{18}\text{O}$ ・ $\delta\delta$ の分布は非常に緩やかに変化することから、移流ではなく拡散が支配的ではないかと考えられた。

物質移行

電中研が開発を進めてきた原位置トレーサー試験のための試験装置と、試験結果から岩盤の物質移行特性を推定する手法の有効性を実証するため、瑞浪超深地層研究所において原位置トレーサー試験を実施した。試験の結果、非吸着性トレーサーの回収濃度からは試験対象割れ目の開口幅と分散長を、吸着性トレーサーの濃度からは割れ目周辺のマトリクスに対する分配係数を、それぞれ推定できた。

掘削影響

幌延深地層研究センターにおける地下坑道掘削に伴う掘削影響領域の調査を実施している。これまでの結果、坑道掘削に伴い、坑壁の周辺において割れ目の形成や弾性波速度、比抵抗の変化等が捉えられた。また、掘削影響の深度による違いも見られた。掘削損傷領域の範囲（坑壁からの距離）は、GL-140 mで最大約0.45 m、GL-250 mで最大約1 mと推察された。一方、不飽和領域の範囲は、GL-140 mでは坑壁から1 m以内、GL-250 m坑道では不飽和領域はほとんど形成されていないと推察された。

(4) 海外施設での共同研究例と今後への期待：藤崎 淳氏（原子力発電環境整備機構）

原子力発電環境整備機構（以下、「NUMO」）は、地層処分の実施主体として、

- ①技術課題に係わる技術力の獲得
- ②研究インフラを伴う包括的な人材育成
- ③プロジェクト管理技術の強化
- ④国際貢献

といったさまざまな目的から国際共同研究を積極的に進めている。とくに地下研究施設を利用したプロジェクトは、実際の地下深部の条件で現象の理解やモデル・データの開発、工学技術の実証という観点で重要な場と位置づけている。

地層処分場の閉鎖後長期の安全性の評価においては、処分場で生起する現象に関する知識や数理モデルを用いて処分場の状態変遷を考慮してシナリオを記述し、シナリオに対応した核種移行プロセスのモデル数値解析を行う。事業期間を通じて安全性の評価の信頼性を確保し、より高めていくために、現象に関する知識の蓄積や数理モデルの妥当性を絶えず確認していくことが重要である。このことから、室内試験および原位置試験における実測データの取得や、実測データとモデル計算の結果との比較・評価を行うための「場」が必要であり、その1つとして、NUMOはスイス放射性廃棄物管理組合のグリムゼル試験場（以下、「GTS」）における国際共同プロジェクト（以下、「GTS Phase VI」）に参加している。GTS Phase VIには、原子力機構と共同で参加しており、原子力機構に蓄積されている知識や経験をNUMOへ円滑に移転することを併せて志向している。

NUMOは包括的技術報告書（レビュー版）において、これまでに蓄積されてきた科学的知見や技術を統合し、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するとともに、技術的信頼性をさらに高めるために今後取り組むべき課題について示している。地層処分事業に対するステークホルダーの信頼をより強いものとしていくためには、こうした課題への取組、また、人材の育成、プロジェクト管理技術の強化、日本の国際貢献の場が必要であり、地下研究施設には地層処分事業を支援する有効なインフラとして機能することが期待される。



写真-2 会場の様子（講演）

(5) 意見交換：（座長）小崎 完氏（北海道大学）

本セッション4件の講演を踏まえ、深地層の研究施設への期待・要望等に関する下記の内容の意見交換がなされた。

深地層の研究施設の今後の展開

- ・今までの深地層の研究施設における取組や成果をまとめるとともに、残された課題を必要性・重要性の観点で明確に示すことで、国・地域への理解を深めたうえで、次の研究課題に進む必要がある。
- ・地層処分事業が長期にわたることを考慮すると、地層処分の長期的な安定性等に関する現象解明の努力を惜

しまず、技術の高度化を促進させ、技術的信頼性を築いていく必要があり、今後も深地層の研究施設への期待は大きい。

深地層の研究施設の役割

- ・地層処分サイトが選定されていない課題がある中で「既存の技術で円滑に事業を進められるか？」といった深地層の研究施設の役割に関する質問があった。今後の地層処分事業を円滑に進めるためにも、深地層の研究施設には、技術の性能向上に継続的に貢献するとともに、その成果を社会に示すことで技術に対する高い社会的信頼性を確立していくといった大きな役割がある。

深地層の研究施設への理解

- ・地層処分への貢献以外にも、他の分野へ貢献可能であることを積極的に示すことで、創発的な研究施設の付加価値を高めていきながらさまざまな分野との相互理解を深めていく視点も必要である。

上記を踏まえ座長から、今までの深地層の研究施設の歴史と経緯を概観する良い機会であり、多くのさまざまな参加者から広くご意見を頂き、それを共有できたことは、深地層の研究施設の今後の将来展望を開き、発展に資する良好な意見交換が行われた、とのまとめがあった。

おわりに

本セッションでは、原子力機構の瑞浪超深地層研究所および幌延深地層研究センターあるいは海外の地下研究施設において実施されている研究開発の状況・成果を共有するとともに、それらを踏まえた意見交換を実施した。

それらの結果、今後の深地層の研究施設の重要性が確認・共有され、非常に有益であったと考える。