

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

Overview of the Results of the Deep Underground Research Laboratories and Expectation for the Future

(1) 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

(1) Research and development at underground research laboratories by CRIEPI

*幡谷 竜太¹, 田中 靖治¹, 長谷川 琢磨¹¹電力中央研究所

1. はじめに

一般財団法人電力中央研究所（以下、「電中研」）では、2002年度より、日本原子力研究開発機構（以下、「JAEA」）との共同研究として、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、物質移行などの研究を展開してきた。本発表では、これらのうちの主なものについて紹介するとともに、深地層の研究施設を活用した研究開発の意義について触れたい。

2. 地下水年代

当所では、瑞浪超深地層研究所と幌延深地層研究センター周辺において地下水年代（滞留時間）の研究を継続的に実施している。

瑞浪超深地層研究所は広域的な地下水流動では流出域に位置しているが、¹⁴Cの前処理がうまくいかない（沈殿ができない）、⁴Heの原位置生成とフラックスの分離ができないなどの技術的な理由により、地下水年代が推定できていなかった¹⁾。しかし、地下坑道からの採水では、品質の良いサンプルを比較的簡単に採取する事ができ、採取方法や前処理方法²⁾を変更し、地下水年代を繰り返し試行することにより、¹⁴C、⁴He、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。現在は、更なる精度向上・確証を目指して、データを蓄積している。

幌延深地層研究センターでは、瑞浪超深地層研究所に比べて地下水の流れが遅く、³Hなどを含む新しい地下水の流入は確認できていない。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³⁾。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濃度や水素・酸素同位体比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。この降水の輸送形態や地下水年代を調査するために、現在、拡散により分離する物質（Clと δD ）や $\delta^{37}Cl$ の分別に基づく評価⁴⁾や、新しいトレーサーを用いた地下水年代測定を実施している。

3. 物質移行

岩盤の物質移行特性を評価するためには、原位置でのトレーサー試験が極めて有効であると考えられ、当所では、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開発を進めてきた。そして、それらの装置・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⁵⁾。トレーサー試験に先立ち、試験場にボーリング孔を複数本掘削し、従来手法による地質・地下水調査を実施し、孔間距離数mに広がる単一の水みち割れ目を試験対象として選定した。トレーサー試験では、非吸着性物質である重水素とウラニウム、吸着性物質であるRbとBaをトレーサーとして使用した。トレーサー試験の結果、吸着性物質が非吸着性物質に比べて遅れて回収されることが確認された。また、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、収

*Ryuta Hataya¹, Yasuharu Tanaka¹ and Takuma Hasegawa¹¹Central Research Institute of Electric Power Industry.

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。今年度は、多数の水みち割れ目のネットワークを対象とした、より長い孔間距離での原位置トレーサー試験を実施している。

4. 掘削影響

掘削影響領域では、地圧や岩盤の強度との関係による岩盤の損傷（掘削損傷領域）、間隙水圧の低下や脱ガスの影響などによる水飽和度の低下（不飽和領域）、坑道周辺の地圧分布の変化（応力再配分領域）など、岩盤に様々な変化が生じると考えられている。これらは、放射性核種の移行挙動に影響する可能性がある。そこで、JAEA と共同で、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 2008 年より実施している^{6,7)}。

これまでに、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、後者がより割れ目が進展していると推察された。一方、不飽和領域の範囲は、140 m では坑壁から 1 m 以内、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。今後、岩盤の力学特性や化学特性、透水特性に関する深度による違いを詳細に検討することで、両深度の掘削影響領域において生じた物理変化の要因を明らかにしていきたい。

5. おわりに

深地層の研究施設では、ボーリング調査では得られない試料やデータを取得することができる。欧米の楯状地（非常に古い地層）などと比べ割れ目の分布密度が比較的高い岩盤、比較的新しい堆積軟岩、といった我が国に特徴的な地層を地表の影響（風化など）が少ない状態で直接観察できる点は、深地層の研究施設の大きなメリットである。また、封圧採水や掘削水の除去は地表からのボーリング調査では多大な労力を要するが、深地層の研究施設では相対的に容易であり、溶存ガスなどの地化学特性の品質の良いデータを提供してくれている。さらに、掘削影響領域に関する調査では、深部の坑道周りの岩盤の経時変化についても 10 年以上にわたって調べてきたが、地層処分の深度相当の地質環境の経時変化を容易に捉えられるという点でも施設の意義は大きい。これらのメリットは、地質環境特性の調査・評価技術にとって、決定的に重要である。一方で、具体的には坑道間で、あるいは、坑道と地表間でなど、地表とは異なる条件下で、物理探査やトレーサー試験の深化といった調査・評価技術の開発にも期待がかかる。

謝辞

本稿で紹介した地下水年代と物質移行の研究は、経済産業省「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る技術開発事業（岩盤中地下水移行評価確証技術開発）」、同「高レベル放射性廃棄物等の地層処分技術に関する調査等事業（岩盤中地下水流動評価技術高度化開発）」の一環である。また、掘削影響の研究は、日本原子力研究開発機構と共同で実施したものの一部である。関係者の方々に謝意を表す。

引用文献

- 1) Hasegawa *et al.*, 2016, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 192, 279-294.
- 2) Nakata. *et al.*, 2016, *Radiocarbon*, 58, 491-503.
- 3) Nakata. *et al.*, 2018, *Geofluids*, vol. 2018, Article ID 7823195, 21 pages, 2018. doi:10.1155/2018/7823195.
- 4) Hasegawa *et al.*, 2018, *Chemical Geology*, 483, 247-253.
- 5) 田中ほか、2018、日本地下水学会 2018 年秋季講演会講演予稿、150-153.
- 6) 窪田ほか、2017a、電力中央研究所報告、N17005.
- 7) 窪田ほか、2017b、電力中央研究所報告、N17006.