

地下深部の核種隔離性能評価と長期予測に向けて —地下環境機能研究グループの紹介—

伊藤一誠¹⁾

1. グループの研究目的

地下環境機能研究グループは、高レベル放射性廃棄物の地層処分における安全規制支援研究を実施する深部地質環境研究コアを構成する主要な研究グループの一つという位置づけです。その中で、処分深度の天然バリアとされる岩盤内の核種の移行を支配する地下水流動、地化学特性等の地下環境の評価と、断層・火山活動に伴う地下環境の変動の予測手法の整備を主な目的としています。

2. グループの研究資源

当グループはグループ長以下研究職員5名（内1名出向中）、特別研究員1名、その他テクニカルスタッフで構成されています。グループ員の専門は、水理地質学、岩石力学、地球化学、地下微生物学等多岐にわたり、数値解析、室内実験等のスキルを保有しています。

当グループは、主に原子力規制庁からの委託研究（「地層処分の安全審査に向けた評価手法等の整備」）を主な研究課題としています。また、受託研究を遂行するための基盤的な解析手法や実験手法の整備を運営費交付金で実施しています。

3. 現状の研究と成果事例

地層処分において天然バリアとして望ましい地下の環境は、深度数100mから1,000m程度の処分深度の透水性が低く地下水の流速が十分に遅いこと、次に核種が液相中の溶存物質等の移動し易い状態ではなく、固相に吸着して動きにくい状態で存在するような化学環境であることがあげられます。

地層処分事業における立地選定は、文献調査、概要調査、精密調査という段階で行われます。文献調査では候補地での排除すべき地質変動の履歴と将来の変動可能性の有無の

評価を行います。概要調査ではボーリングや物理探査を用いて岩石の性状による坑道掘削への支障の有無と、活断層、破碎帯と地下水流の地下施設への影響の評価を行います。最後に、精密調査では小規模な地下施設を建設し、岩石の物理的性質と地下水の化学的性質の核種移行への影響を評価して最終処分施設建設地を選定します。

各調査段階における調査・評価手法の開発は、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）を中心とした基盤研究グループにおいても進められており、規制支援研究ではそれらの研究成果を踏まえた上で、規制独自に研究を進めるべき調査・評価手法、規制当局が保持しておくべき情報の整備等を課題としています。その中で、当グループでは概要調査と精密調査段階での調査・評価手法と、最終的に安全性を評価する安全審査段階を対象とした解析手法の研究を進めています。以下に概要調査と精密調査段階での代表的な研究成果を示します。

3.1 異常間隙水圧形成と地下水流動への影響

地下水の圧力は、一般的には深度に比例して増加する、いわゆる静水圧状態にあると考えられていますが、粘土質の岩石の堆積岩地域では、ボーリング調査で特定の帯水層で静水圧状態から乖離した高い圧力を示すことがしばしば見受けられます。間隙水圧の分布は地下水の流れを決定するため、異常に高い水圧を示す帯水層の存在によって、地下水や同時に移動する核種の流速を増大させる等の影響が考えられます。当グループでは異常間隙水圧形成の一要因と考えられる、地下水中の塩分濃度差による化学的浸透圧に着目し、岩石の半透膜性によって発生する異常間隙水圧の評価手法に関する研究を行っています。写真1に当グループで開発した浸透圧評価に用いる実験装置を示します。

詳細は竹田ほか（2013）に示してありますが、実験データを、理論解でフィッティングすることによって、岩石の透水、拡散、化学的浸透特性を同時に評価することが可能となりました。ちなみに、JAEA 幌延深地層研究センター

1) 産総研 活断層・火山研究部門

キーワード：地層処分、隔離性能、連成解析、物質移行、安全評価

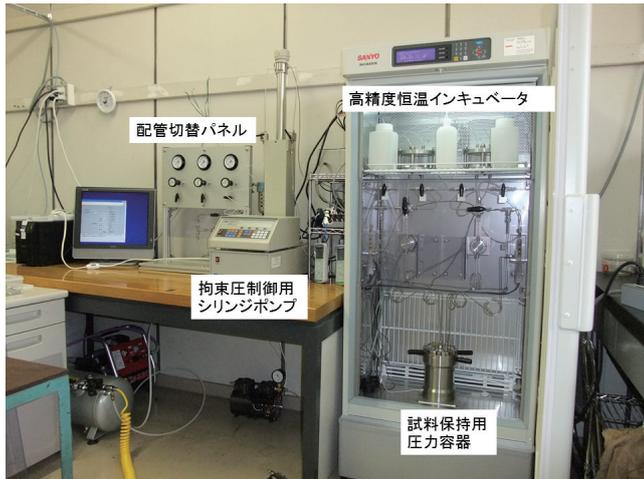
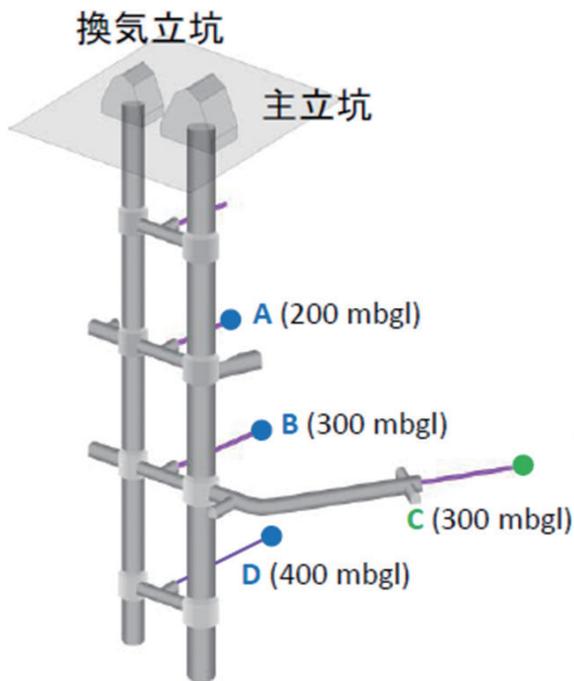


写真1 化学的浸透圧評価室内実験装置。堆積岩試料は圧力容器内に保持されている。



第1図 JAEA 瑞浪超深地層研究所地下実験施設内におけるモニタリング用ボーリング孔の配置。地下200 mから400 mまでの深度4孔でモニタリングを実施。(福田ほか, 2011に追記)

の珪質泥岩においても、原位置条件下で数m相当の異常間隙水圧が発生する可能性が示されました。なお、化学的浸透圧が生じる際の地下水の流向・流速は、水圧から得られる見かけの流速・流向と大きく異なります。これから、核種移行の評価においても化学的浸透圧等の異常間隙水圧の成因を十分に検討する必要があることが示されました。

3.2 地下微生物の影響を考慮した水質変動予測手法

高レベル放射性廃棄物中の核種は地下深部の還元的な水

質の地下水に対する溶解度が低く、かつ岩石に吸着されるため、一般的な地下環境下では化学的な効果による核種移行の遅延が期待されています(核燃料サイクル開発機構, 1999)。しかしながら、処分場建設によって地下水の流動系が変化することによって、本来の化学的環境が擾乱され、核種移行に対する遅延効果に悪影響を及ぼす可能性があります。一方、地下深部の地下水中に生息する微生物は、例えば硫酸イオンや硝酸イオンを還元する作用によって、水質変化に対するバッファーとしての機能を持ちます。従って、水質変動への微生物の影響を定量的に評価することによって、処分場建設のような人為的影響、あるいは断層活動や火山活動等の自然事象の影響による水質変動や回復過程、最終的には核種移行の遅延効果への影響をより正確に予測することが可能となります。当グループでは、JAEA 瑞浪超深地層研究所との共同研究により、第1図に示すような地下坑道からのボーリング孔や地表からのボーリング孔を用いた水質および微生物のモニタリングを6年間実施しています。ここでは、特に硫酸還元菌に着目した評価を行いました。地下微生物の硫酸還元速度等の活性は、室内実験では過大評価されることが多いパラメータとなります。原位置モニタリングデータの解析から、硫酸還元菌による同位体分別効果と硫酸還元速度を定量的に評価することが可能となりました。

原位置での評価手法と並行して、処分場掘削から埋め戻し後までの水質変動の予測のために、地下水流動解析と微生物効果を考慮した地化学解析コードの結合による解析手法の構築を実施しています。

4. 今後の研究課題

10万年オーダーの長期における岩盤の核種隔離性能の評価には、期間内に発生し得るイベントに起因する水理環境や化学環境の変動に関する解析手法が不可欠となります。3.で紹介した現状の評価手法の事例に加え、当グループでは、断層活動による周辺岩盤の水理特性変化、断層面の長期的な水理-力学特性の変化等に関する実験や解析モデルの構築を行っています。今後、候補地が定まり、サイトスケールでの予測を行うためには、室内実験スケールの解析手法に対するスケール変換手法の検討と、個々のサイトで想定されるイベントによる解析等、課題は多く残されています。今後は、部門内の専門家による活断層・火山に関する研究成果を活用し、地層処分等のニーズに対して、

定量的なモデルを構築することを重点的な課題として成果を発信していきたいと考えています。

文 献

福田朱理・水野 崇・青才大介・萩原大樹・山本祐平・新宮信也・竹野直人・鈴木庸平・今野祐多・幸塚麻里子 (2011) 産業技術総合研究所と原子力機構の共同研究—地球化学環境変動要因としての地下微生物の影響評価手法の技術開発と高度化—。「平成 23 年度 東濃地

科学センター地層科学研究情報・意見交換会」資料集, JAEA-Review 2011-045, 89-90.

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—。分冊 1 わが国の地質環境。JNC TN1400 99-021, 550p.

竹田幹郎・間中光雄・平塚 剛・三好 悟・徳永朋祥・伊藤一誠 (2013) 堆積岩地域における化学的浸透現象の地下水流動への影響。地学雑誌, 122, 192-213.

ITO Kazumasa (2014) Towards the long-term assessment of geological disposal of High Level Radioactive Wastes : introduction of Geological Isolation Research Group.

(受付:2014 年 04 月 01 日)