

環境トレーサー分析と二重間隙モデルを用いた断層周辺の地下水流動特性および物質移行特性の把握

Estimation of groundwater flow and mass transport characteristics around a fault using environmental tracer analysis and double porosity model

*岡嶋 純也¹、柏谷 公希¹、多田 洋平¹、裕 隆太²、佐久間 洋一³、小池 克明¹

*Junya Okajima¹, Koki Kashiwaya¹, Yohei Tada¹, Ryuta Hazama², Yoichi Sakuma³, Katsuaki Koike¹

1. 京都大学、2. 大阪産業大学、3. 東京工業大学

1. Kyoto University, 2. Osaka Sangyo University, 3. Tokyo Institute of Technology

放射性廃棄物の地層処分の安全評価で考慮される地下水シナリオは、処分した廃棄体に含まれる放射性核種が地下水の作用で溶出し、人間環境まで運ばれるというものである。この地下水シナリオの評価を適切に行うためには、処分場周辺の地下水の流動状態を把握する必要がある。断層は地殻における主要な流体の流動経路としても流動の障壁としても機能すると考えられ、断層の水理特性の理解は、地層処分のみならず、油・ガスや地下水など地殻中に存在する流体資源を利用したり、二酸化炭素の地中貯留などで流体の移動特性を把握したりする上でも重要となる。しかし、断層周辺の地下水流動特性や物質移行特性に関する理解は十分でない。そこで本研究では、断層周辺における地下水の採取および分析から各種環境トレーサー濃度の空間分布を推定するとともに、三次元水理地質モデルを用いた地下水流動解析と断層近傍での浸透率の測定結果を活用した物質移行解析を行うことで、断層周辺の地下水流動特性および物質移行特性を把握した。

本研究では、岐阜県瑞浪市に位置する日本原子力研究開発機構（JAEA）瑞浪超深地層研究所の周辺を研究対象地域としている。研究所の深度500mに達する2本の立坑（主立坑、換気立坑）の近傍には、北西-南東走向、ほぼ鉛直傾斜の主立坑断層が分布している。その両側に位置するボーリング孔6箇所、計14区間で2017年8～9月にかけて、水温および各種物理化学特性を測定した上で地下水試料を採取した。主要溶存イオン濃度、アルカリ度、水素・酸素同位体比、溶存ガス濃度、微量元素濃度の5項目の分析を行い、各種成分についてその空間分布を把握した。また、対象地域について有限差分法に基づく三次元水理地質モデルを作成し、予め研究所周辺を含む広域の地下水流動状態を求めた上で、断層周辺を密にグリッド化したモデルを用いて地下水流動・物質移行解析を行った。その際、断層構造は、断層コアと周辺の母岩の変質を伴う割れ目帯に分けてモデル化し、地下坑道の建設による非定常的な排水を考慮した。さらに、亀裂性岩盤の間隙率と基質部の間隙率それぞれを考慮した二重間隙モデルを設定し、同様の解析を実施した。基質部の間隙率は、2015年に実施したパーミアメーターによる浸透率の測定データから換算し、断層からの距離に応じて設定した。

これまでの地下水試料の分析から、Na, Ca, SO₄, Cl, Brの各イオン濃度、アルカリ度、水素・酸素同位体比、およびトリチウム濃度について断層両側で空間分布の特徴が異なることが明らかになっている^[1]。今回の分析結果も同様の傾向を示し、加えてCH₄, CO₂, N₂の各溶存ガスについては断層北東側で濃度が高く、溶存Arガスについては断層南西側で濃度が高いことが示された。また、Clイオンを対象とした物質移行解析では、断層南西側で大きな濃度変化が見られ、断層に沿った深部地下水の上昇（アップコーニング現象）が確認できた。二重間隙モデルにより基質部の間隙を考慮した解析では、特に断層南西側においてClイオン濃度の移行に遅延が生じる結果が得られた。これは、溶存成分の基質部への移行が生じたためであると考えられる。

今後はこれまでの分析で得られた実測値に基づいて地下水流動モデルと物質移行モデルのキャリブレーションを行う。さらに、水-岩石反応や微生物活動を考慮した反応輸送解析を実施することで、断層周辺での水質の空間分布や様々な時間スケールにおける変化を推定する予定である。

本研究は経済産業省の委託事業「平成26年度放射性廃棄物重要基礎技術研究調査」の成果の一部である。ここに記して関係各位に感謝の意を表する。

引用文献

岡嶋純也・柏谷公希・多田洋平・小池克明（2017）地下水の地球化学分析と物質移行解析による断層の水理特性の把握, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, HCG32-06.

キーワード：地下水、物質移行、環境トレーサー、二重間隙モデル、断層

Keywords: groundwater, mass transport, environmental tracer, double porosity model, fault