広域地下水流動特性評価に関する調査研究の現状と今後の取り組みについて

核燃料サイクル開発機構　正会員　○三枝博光
核燃料サイクル開発機構　稲葉　薫
核燃料サイクル開発機構　天野健治
核燃料サイクル開発機構　正会員　竹内真司

1. はじめに

核燃料サイクル開発機構が地層処分研究開発の基盤となる深地層の科学的研究の一環として，東濃地域を事例として進めている広域地下水流動研究では，数 km～数十 km 四方の空間スケールにおける地下水流動特性の体系的な調査・解析・評価技術の開発を主な目標としている [1]。広域地下水流動研究では，広域スケール（数十 km 四方）およびローカルスケール（数 km 四方）における調査研究を実施している。ローカルスケールは，瑞浪超深地層研究所用地 [2]の深度 1,000m 程度を通過する地下水の涵養域から流出域までを含む一つの広域地下水流動系に着目し，調査・解析・評価を実施する領域である。また，広域スケールは，ローカルスケールでの水理地質構造のモデル化・地下水流動解析（以下，モデル化・解析）領域や境界条件の設定するために，文献調査に基づく予察的なモデル化・解析を実施する領域である。

この広域地下水流動研究においては，特に，広域地下水流動系を対象としたローカルスケールでのモデル化・解析領域の設定方法，および，ローカルスケールにおけるモデル化・解析結果の妥当性の確認方法に関する検討が重要であると考えられる。本報では，これらに対する調査研究の現状と今後の取り組みについて紹介する。

2. モデル化・解析領域の設定方法について

Toth[3]の提案にもあるように，広域地下水流動系の空間的な広がりは主に後背地地形に支配されていると考えられる。したがって，主要な研究対象であるローカルスケールの地下水流動系を抽出し，モデル化・解析領域を設定するためには，後背地地形が地下水流動系に与える影響を評価することが重要である。このことから，筆者らは東濃地域の地形特徴を考慮して，複数の広域スケールの領域（115km 四方，70km 四方，35km 四方，20km 四方；図 1）における地下水流動解析を実施した [4]。なお，地形特徴より推定される大局的な地下水の流動方向における瑞浪超深地層研究所用地より上流側に分布する大規模な断層については，研究対象の広域地下水流動系に与える影響があると考えられることからモデル化対象とした。地下水流動解析結果から，東濃地域の広域地下水流動系は 35km 四方の領域に含まれる地形（笠置山）の影響を受けていることが推定された。また，瑞浪超深地層研究所用地の地表から標高-2,000m 程度までを通過する広域地下水流動系の流動経路は，概ね北から南方向であり，木曽川と土岐川の流域境界尾根が涵養域，土岐川が流出域であること（図 2）が推定された。以上の結果に基づき，ローカルスケールでのモデル化・解析領域を設定することができると考えられる。

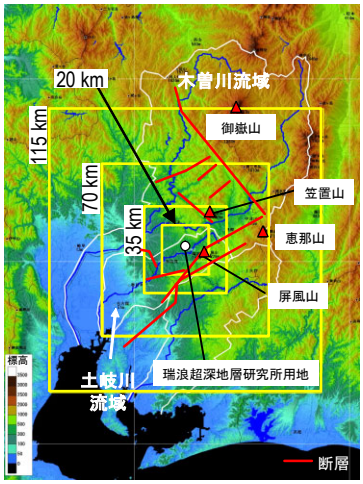

図 1　地下水流動解析領域

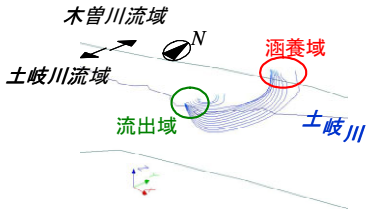

図 2　広域地下水流動系の流線（地下水流動解析結果）

3. 地下水流動解析結果の妥当性確認方法について

ローカルスケールの領域においては，地表地質調査や物理探査，試錐調査等が実施されている。試錐調査では，地質調査や水理調査，地球化学的調査等が実施されている。

モデル化・解析結果の妥当性の評価方法としては，試錐孔における水頭分布を用いた実測値と解析値の比較の他に，地下水の水質および起源・年代に関する情報の利用が考えられる。特に，地下水の水質および起源・年代に関する情報は，地下水流動解析以外の手法として地下水の流動経路や流動時間を推定することが可能であり，地下水流動解析結果の妥当性を確認するための有効な手段として，近年多くの注目を集めている [5]。以下に，広域地下水

キーワード：広域地下水流動系，地下水流動特性評価，地下水流動解析，水質，流動経路，流動時間
連絡先：〒509-6132　岐阜県瑞浪市明世町山野内 1－63　電話：0572-53-0211，FAX：0572-66-2234

流動系に沿った位置で実施した試錐調査結果における水理や地下水の水質および起源・年代に関する情報の概要についてまとめる。

(1) 水理に関する情報

試錐孔での間隙水圧測定結果においては，涵養域では深度が深くなるほど全水頭値が小さくなり，下降流が生じているとともに，流出域では深度が深くなるほど全水頭値が大きくなり，上昇流が生じていることを示している（図 3)。また，涵養域と流出域以外の地点では概ね地形面からの静水圧分布を示している。これらの結果は，広域地下水流動系を抽出するための広域スケールでの地下水流動解析結果やこれまでに実施したローカルスケールでの地下水流動解析結果[6)7)]と整合的である。

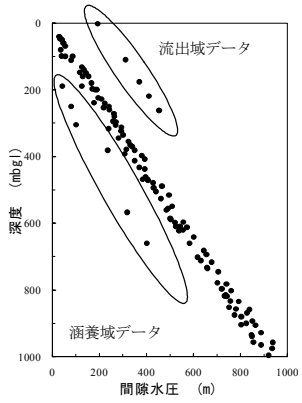

図 3 間隙水圧分布

(2) 地下水の水質および起源・年代に関する情報

試錐孔で取得されている地下水の水質および起源・年代に関する情報については，既往事例と同様なアプローチにより，水質タイプおよび各同位体比に関する予察的な検討が行われている。これまでの結果から，地下水の水質および起源・年代に関する情報と地下水流動解析によって推定される両者の大局的な地下水流動経路が概ね整合的であることが明らかとなっている（図 4）[8)]。一方，流動時間に関しては，両者の間で異なる年代推定値を示すことが確認されている。その理由としては，既存の水理地質構造モデルにおいて流動時間に影響を与えている断層や割れ目のモデル化に不十分な点があることや，既存の地球化学モデルにおいて考慮していなかった異なる地下水タイプとの混合等の存在などが推察されている。また，モデル化・解析から得られる値のバラツキが大きいこと[9)]から，両者の年代推定値の比較が困難である場合も存在した。

4. 今後の取り組みについて

今後は，以下に示すように，モデル化・解析結果と試錐孔での水頭分布との比較や，地下水の水質および起源・年代に関する情報との相互比較等を更に進めることにより，広域地下水流動系を対象とした地下水流動特性評価に取り組む予定である。

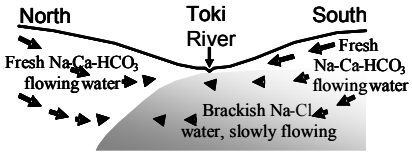

図4 水質分布と地下水流動に関する概念

① 新規調査結果等に基づく水理地質構造モデルの更新および地下水流動解析
② 地下水の水質および起源・年代に関する情報（特に，塩素同位体比）を用いた異なる地下水タイプの混合現象に関する理解の蓄積および混合現象を考慮可能な地球化学モデルの構築
③ 地下水の滞留時間によって変化する同位体比以外の水質特性（pH，炭酸分圧等）による比較検討

引用文献

1) 動力炉・核燃料開発事業団：広域地下水流動研究基本計画書，動燃事業団技術資料，PNC 7020 98-001，1997.
2) 核燃料サイクル開発機構：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 2001-018，2002.
3) Toth: A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins, Journal of Geophysical Research, vol.68, No.16, pp.4795-4812, 1963.
4) 稲葉薫，三枝博光，中野勝志，小出馨：深部地下水の流動系を把握するためのモデル化領域とその境界条件の設定に関する検討，第 32 回岩盤力学に関するシンポジウム論文講演集，pp.359-364, 2002.
5) OECD/NEA: Use of Hydrogeological Information in Testing Groundwater Flow Models, Workshop Proceedings, Borgholm, Sweden, 1-3 September 1997, 1999.
6) 須山泰宏，三枝博光：広域地下水流動研究における地質構造モデルの構築と地下水流動解析，サイクル機構技術資料，JNC TN7400 2001-012, 2000.
7) 三枝博光，前田勝彦，稲葉薫：水理地質構造モデル化概念の違いによる深部地下水流動への影響評価（その６）－不連続構造及び水理学的境界条件に着目した地質構造・水理地質構造のモデル化及び地下水流動解析－，亀裂性岩盤における浸透問題に関するシンポジウム論文集, pp.299-308，2001.
8) R. Metcalfe, K. Hama, K. Amano, T. Iwatsuki, H. Saegusa: Geochemical approaches to understanding a deep groundwater flow system in the Tono area, Gifu-ken, Japan, Proceedings of the Symposium, IS-Okayama2003.（印刷中）
9) 澤田淳，三枝博光，竹内真司，中野勝志，井尻裕二：水理地質構造モデル化概念の違いによる深部地下水流動への影響評価（その１）－複数の概念モデル化手法による不確実性の検討－，亀裂性岩盤における浸透問題に関するシンポジウム論文集, pp.249-258, 2001