

電気伝導度検層を用いた亀裂性岩盤中の水みち検出技術

核燃料サイクル開発機構 正会員 ○竹内真司
 核燃料サイクル開発機構 天野健治
 大成建設株式会社 正会員 ○下茂道人
 物理計測コンサルタント(株) 松岡清幸

1. はじめに

亀裂性岩盤における地下水流動のモデル化・解析においては、地下水の流動経路となる割れ目の位置や連続性を把握することが重要である。ボーリング孔を用いた調査により水みちを検出する技術としては、従来、フォーマタ(スピナー式、電磁式など)検層や温度検層が用いられてきた¹⁾。数百メートル四方程度以上のスケールを対象とした地下水流動場を評価する上では、規模の大きな水みちもしくはそのゾーンを把握することが優先的に求められることから、上記手法を用いることで目的を満たすことが可能と考えられる。しかしながら、数百メートル四方程度以下のスケールを対象とした地下水流動場を評価するためには、個々の水みちの位置とその物性を把握することが必要となる。このための手法として、ボーリング孔内の水を、本来の地下水と異なる電気伝導度の水に置き換え、その時間変化を測定することにより、詳細な水みちの位置や水みちの水理特性を把握できる「電気伝導度検層」がある²⁾³⁾。数百メートル以深を対象とした電気伝導度検層は、欧米では実績があるものの⁴⁾、我が国では報告事例はないことから、測定手法のノウハウや実績を積み重ねることにより、我が国の高レベル放射性廃棄物の地層処分の精密調査地区における調査手法として貢献できると考えられる。

今回、深度約 500m のボーリング孔において、電気伝導度検層を実施し、これにより詳細な水みちの検出が可能であることが分かった。また、併せて実施したフォーマタ検層、温度検層ならびに原位置での透水試験の結果についても報告する。

2. 実施内容

試験を実施したのは岐阜県瑞浪市にある、サイクル機構が超深地層研究所計画を実施している研究用地の南側に位置する深度約 500m のボーリング孔 (DH-2 号孔) である(図 1)。

電気伝導度検層は、以下の要領で実施した。

- ① イオン交換水を地上部で作成し、これをボーリング孔の孔底付近まで降下させたホースから送水し、孔内水と置換する(地下水本来の電気伝導度と 2 桁程度の差異があることを確認する)。
- ② イオン交換水に置換直後の孔沿いの電気伝導度のプロフィールを測定後、孔上部に揚水ポンプを設置し、定流量で揚水しながら 1 時間毎に 6 回電気伝導度の変化を測定する。

今回の測定では揚水流量を、50/min, 100/min, 200/min である。複数の揚水流量で測定することにより、透水性の小さい割れ目から大きい割れ目の検出が可能となる。測定に用いた電気伝導度検層のプロブの測定範囲は 2-5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ である。

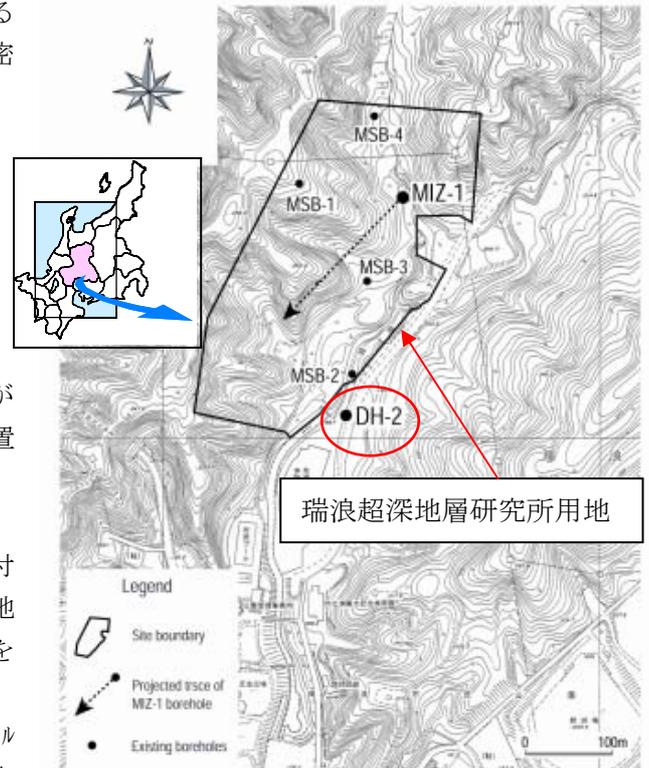


図 1 位置図

キーワード 亀裂性岩盤, 水みち, 地下水流動, 電気伝導度検層

連絡先 〒509-6132 岐阜県瑞浪市明世町山野内 1-63 核燃料サイクル開発機構 電話:0572-53-0211, FAX:0572-66-2234

また、電気伝導度検層との比較として、水みちを把握するための他の検層手法として、温度検層、フローメータ検層（スピナー式、電磁式、ヒートバルブ式）などを実施した。これらの検層は、自然状態と揚水状態の2つの方法で実施した。さらに、上記検層により検出された水みちなどを対象として、透水係数などの水理特性を把握するための原位置透水試験を実施した。透水試験は、より広い領域の平均的な水理特性を把握するために、ホールリング孔からできるだけ遠方まで水理的インパルスを伝播させることが可能な揚水試験を中心に実施した。

3. 結果

試験結果を図2に示す。図2には電気伝導度検層、フローメータ検層、透水試験結果の他、地質学的情報（岩相、割れ目頻度）も記載してある。図2から以下のことが分かる。

- 温度検層やフローメータ検層においては、主として地質学的に識別された割れ目帯やシテイング節理の集中帯（図2の帯状ハッチ部）において、孔内流速や流量の変化点（地下水の流入出点）が認められた。特に電気伝導度検層の結果は、他の検層に比べてより多くの地下水の流入点を検出できた。
- 電気伝導度検層により検出された変化点を含む区間を主な対象として実施した透水試験（区間長2m～8m程度）の結果、いずれの箇所も $10^{-7}(\text{m}^2/\text{s})$ 以上の比較的高い透水量係数を示した。以上のことは、電気伝導度検層が、他の検層に比べて高い分解能で水みちを検出できることを示唆している。
- フローメータ検層や温度検層の自然状態と揚水状態の結果を比較すると、揚水状態での測定結果のほうが、多くの変化点を検出した。このことは強制的に孔内水を揚水することにより、透水性割れ目中の水が流動したことを示していると考えられる。以上のことから、フローメータ検層や温度検層において揚水過程で測定を実施することにより効果的に水みちを検出できることが示された。

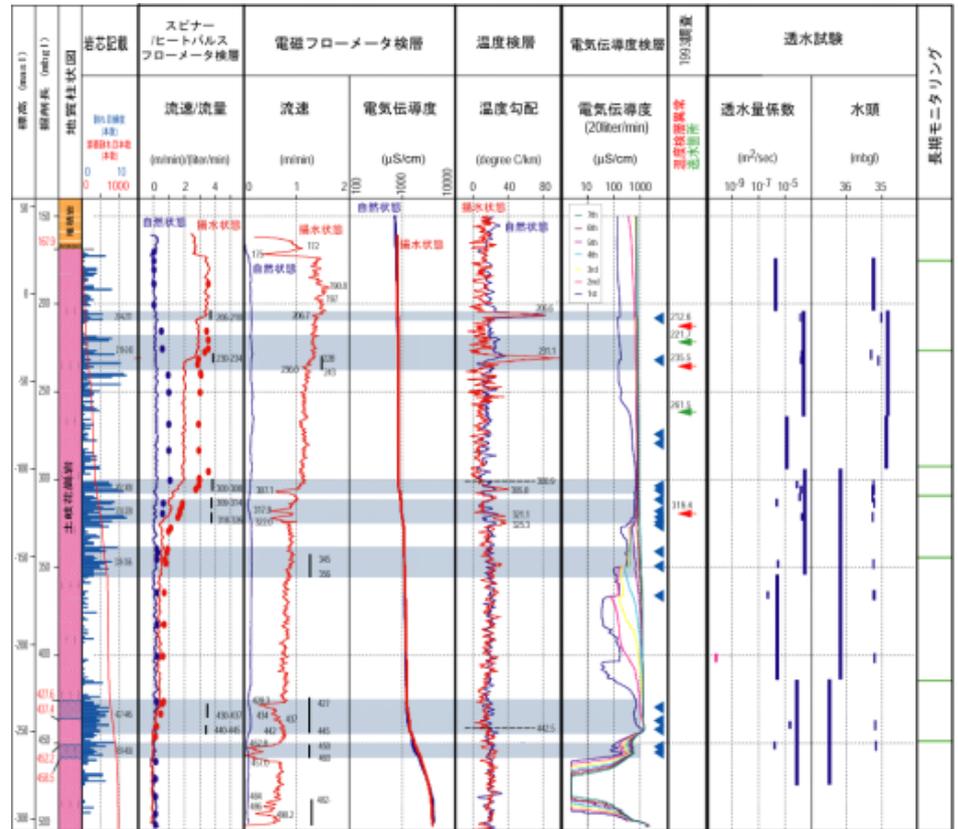


図2 DH-2号孔における検層・水理試験結果

4. まとめ

深度約500mのホールリング孔において電気伝導度検層を実施し、同検層が他の検層と比較して高い分解能で水みちを検出できる有効な手法であることを確認した。これらの結果から、評価対象とするスケールに応じて水みちの検出手法を選択することにより、効率的に地下水流動場を把握することが可能になると考えられる。

引用文献

- 1) 栗原正治, 山口昌司, 名取二郎, 濱野幸治, 丸山 亮, 森林成生: 月吉断層を対象にした水理特性調査, サイクル機構技術資料, JNC TJ7440 2002-009, 2001.
- 2) Christine Doughty and Chin-Fu Tsang: Inflow and outflow signatures in flowing wellbore electrical-conductivity logs, rep. LBNL-51468, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 2002
- 3) Chin-Fu Tsang, Peter Hufschmied and Frank V. Hale: Determination of Fracture Inflow parameters with a Borehole Fluid Conductivity Logging Method, Water Resources Research, vol.26, No.4, pp.561-578, 1990
- 4) Martin Mazurek: Geology of the Crystalline Basement of Northern Switzerland and Derivation of Geological Input Data for Safety
- 5) Assessment Models, Nagra NTB93-12, 1998