

模擬亀裂を用いた岩盤地下水流動機構に関する実験的研究

Experimental Studies on Groundwater Flow in Rocks using Artificial Fractures

土原 健雄*, 吉村 雅仁**, 石田 聡*, 今泉 眞之*

TSUCHIHARA Takeo, YOSHIMURA Masahito, ISHIDA Satoshi, and IMAIZUMI Masayuki

1. はじめに

近年、地下水資源の確保、地下水環境の保全の必要性が増し、岩盤内の地下水流動状況を把握することがこれまで以上に重要となってきた。岩盤内では連続する亀裂が流体の主要な流路であり、母岩は流体を通さないと考えるのが一般的である。これより、岩盤内の地下水流動を高精度に把握するためには亀裂を考慮に入れることが必要不可欠となっている。本研究では、模擬岩盤を用いて亀裂ネットワークを作成した。この模擬亀裂を用いた通水実験結果より、亀裂内の流動機構について考察を加える。

2. 実験方法

2.1 実験モデル

本研究では、亀裂岩盤の水理特性に関連する因子の内、亀裂方向、亀裂配置の及ぼす影響を解明するために、模擬亀裂を用いて通水実験を行った。模擬岩盤として 12 × 12 × 12cm の発泡スチロールブロックを用い、間隙を持つように三次元的に組み合わせることで、模擬亀裂岩盤を作成する。亀裂幅は 0.8

mm、供試体のスケールは 1.2 × 0.72 × 0.72m である。実験ではトレーサーとして蒸留水を用い、水道水（脱気水）との電気伝導度の差を利用して計測を行った。計測方法は、模擬岩盤に 2 本の電極を埋め込み、電極間の抵抗値を多点同時測定する方法を用いた。計測点数は 96 点である。模擬岩盤での電極設置方法及び亀裂配置を Fig.1 に示す。

2.2 電気伝導度計測

実験の計測では、2 本の電極間の抵抗値を電気伝導度に変換している。電気伝導度と電極間の抵抗値は逆比例の関係にあり、キャリブレーションにより各電極の電気伝導度との関係式をあらかじめ求める。また電気伝導度は、相対電気伝導度 C_r として次式で表す。

$$C_r = \frac{C_b - C}{C_b - C_t}$$

ここに、 C は計測点における電気伝導度、 C_b はバックグラウンド（水道水）の電気伝導度、 C_t は注入したトレーサー（蒸留水）の電気伝導度である。上式より C_r は 0 ~ 1 の相対値で表される。

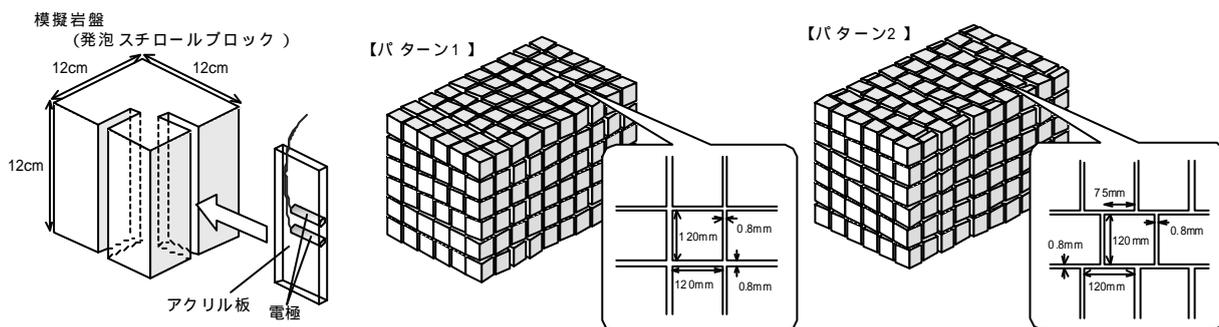


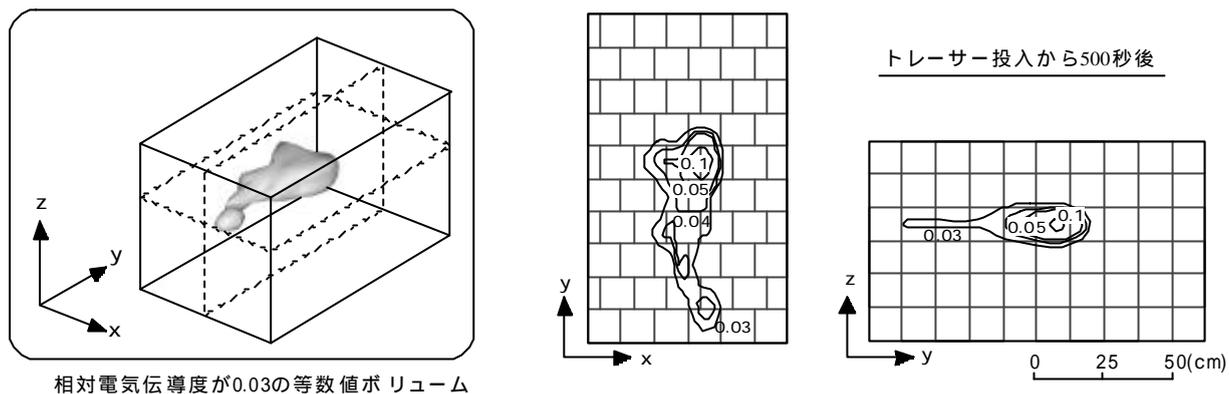
Fig.1 電極設置方法及び模擬岩盤配置

Electrodes setting and artificial fractures patterns

* 独立行政法人農業工学研究所 National Institute for Rural Engineering

** 同和鉱業株式会社 DOWA Mining CO., Ltd.

キーワード：岩盤，地下水，模擬亀裂，亀裂交差部



相対電気伝導度が0.03の等数値ボリューム

Fig.2 トレーサーブルームの変化 (パターン 2)
Tracer plume for pattern-2

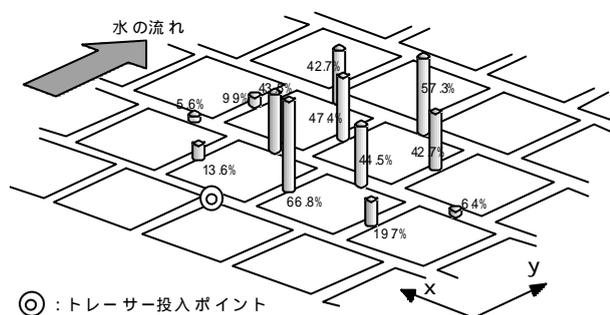


Fig.3 各計測点における溶質移動総量の割合 (パターン 2)

Ratio of total amount of solute passing measurement points in pattern-2

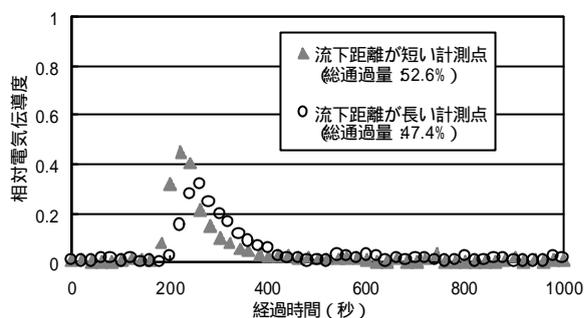


Fig.4 流下距離が異なる 2 点の破過曲線

Break through curve of two measurement points with different flow distances

3. 実験結果及び考察

各計測点で得られた電気伝導度をもとに濃度分布図を作成した。Fig.2 はパターン 2 におけるトレーサーブルームであり、図はトレーサー投入から 500 秒後の変化を表している。パターン 2 はパターン 1 と異なり、流下方向 (y 方向) へずれた亀裂を有しているにもかかわらず、トレーサーは亀裂に沿って拡散していくのではなく、流下方向に卓越したブルームを形成した。また鉛直方向への溶質の拡散も小さいことが yx 断面図よりわかる。この結果より、亀裂内の溶質は亀裂交差部で混合して分配されていくのではなく、亀裂内に形成される流線に沿って流下方向へ移動していることが予想される。またトレーサーが流下距離の短い亀裂を選択的に流れているかどうかを検証するために、各計測点における

溶質の通過総量を電気伝導度の積分値として求めた。Fig.3 は xy 断面上の計測点における溶質通過総量の割合を示している。図より、溶質通過総量の割合は流下方向に集まるような形で高い割合を示し、流下距離の短い経路でのみ割合が高いわけではないことがわかる。Fig.4 は流下距離の異なる 2 点 (トレーサー投入点からの y 方向距離は同じ) の破過曲線を示す。図より、流下距離が短い点ほどトレーサー到達時刻は早くなるが、流下距離の短い経路だけを選択的に流れているわけではないことが明らかとなった。

4. おわりに

模擬亀裂を用いた実験結果をもとに岩盤亀裂内の流れについて考察した。今後は、特に亀裂交差部での溶質の挙動を実験により明らかにしていきたい。

