

立命館大学理工学部

学生会員 ○馬場 直輝

立命館大学理工学部

フェロー 深川 良一

立命館大学理工学部

正 会 員 藤本 将光

京都大学大学院農学研究科

フェロー 小杉 賢一朗

1. 背景・目的

近年、大規模で崩壊する深層崩壊が注目されている。既往の研究で深層崩壊に岩盤内地下水の流れが重要な役割があると示唆されている。しかし基岩内地下水の動態を観測した研究は少ない。そこで本研究では、トレーサー試験を行い、基岩内地下水流動特性を把握することを目的とする。

2. 試験方法

トレーサー試験は滋賀県南部に位置する田上山地の不動寺水文試験地で行った。基岩地質は風化花崗岩で、2012 年の年間降水量は 1974mm であった。調査期間は 2012 年 8 月 4 日～2013 年 1 月 21 日までである。トレーサー試験は 2012 年 9 月 4 日から行った。

試験方法は 3 本のボーリング孔を用いて行った。そのうち一つをトレーサー投入地点 (T1) とし、他二つを計測地点 (T2, T3) とする。投入するトレーサーには塩を使用し、塩の検出には電気伝導度 (EC) 計測器を用いる。図-1 に試験概要図を示す。T1, T2, T3 はそれぞれ深度 15m, 0.4m, 1.5m である。T2, T3 は土層までのボーリング (T2) と岩盤層内部までのボーリング (T3) と区別される。トレーサー投入の際には水 20L に対し、塩 5kg を溶かし投入した。

T1 では淡水用、海水用の 2 種類の EC 計測器を用いた。これは投入地点では塩分濃度が高いため、高い EC を計測可能な海水用 EC 計測器を用いた。

またトレーサー試験結果のみでは T1 における流動層の把握が出来なかったため、多点温度検層を T1 で実施した。

3. 結果・考察

3.1 トレーサー試験

T1 での淡水用、海水用の結果はそれぞれ、トレーサー試験開始直後から、電気伝導度の値は計測可能範囲の最大値である 21000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) と 83000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) をとり続けた (図-2(a), (b))。範囲外で変動していると推定

できるため、流動性については把握できない。

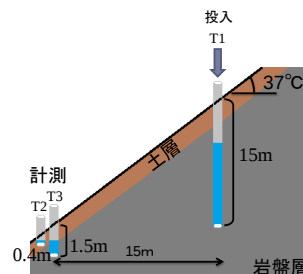


図-1 トレーサー試験概要図

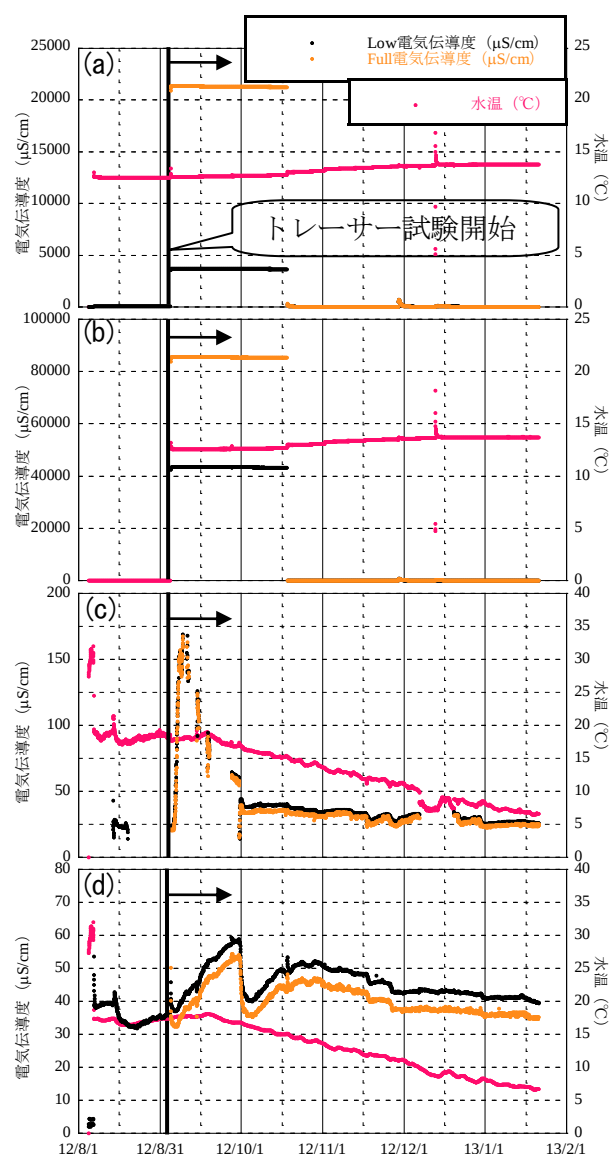


図-2 トレーサー試験における (a) T1 (淡水用) (b) T1 (海水用) (c) T2 (d) T3 の EC, 温度の変化

T2 の結果では、トレーサー試験開始後から電気伝導度が上昇していた。(図-2(c)) このことからトレーサーを検出したといえる。またその後、一定の値をとっていることから、トレーサーを検出していない期間があることが分かる。

T3 の結果でも、トレーサー試験開始から、電気伝導度が上昇した(図-2(d))。しかし土層に比べて、最大値も低く、緩やかに上昇している。

考察として T2, T3 の結果の違いから、T2, T3 はそれぞれ異なった流動経路をたどったと推測できる。また投入地点ではトレーサーの流動性は確認できなかったが、一部は流れたと推測できる。つまりボーリング孔内の地下水流動が様々ではないことを示唆している。

そこで投入地点ボーリング孔内に地下水流動層が存在するか把握するために多点温度検層を行った。

3.2 多点温度検層

多点温度検層とは、ボーリング孔内の温度を意図的に上昇・下降させることで、温度変化によって地下水流動を把握するものである。今回は温水を用いボーリング孔内温度を上昇させ、温度が元の水温へ早く戻る箇所に地下水流動があると推定する。

多点温度検層では、各深度における温度の元に戻る変化率、温度変化率を求める。温度変化率は以下の式を用いて求める。

$$\frac{(\text{0 分時の温度}) - (\text{任意の経過時間における温度})}{(\text{0 分時の温度}) - (\text{自然状態の温度})} \times 100 (\%)$$

図-3 に検層結果を示す。最終的に温度変化率 60%以上ある箇所に流動層があるとすると、地下水位以深では 12, 14, 15m 地点に流動層が存在することが分かる。また 60%は超えていないが 9m 地点で、変化率の上昇がみられる。このことから 9m 地点にも弱いながらも、流動層が存在すると推測される。

4. 結論

今回の結果から、4 つの地下水流動層が確認できた。そのうち 15m 地点の流動層は、T2, T3 とは異なった場所に流れていると推測できる。また 12, 14m 地点の流動層が観測地点にトレーサーを到達させたと推測できる。

また T2, T3 の結果の違いから、T2, T3 に到達したト

レーサーは流動経路が異なっている可能性が示唆された。

よって少なくとも、15m の流動、T2 にトレーサーを到達させた流動、T3 にトレーサーを到達させた流動の 3 つの異なる地下水の流れがあることが分かる。

今回、流動層や異なる流動経路は確認できたが、未だに地下水流動の過程が把握できていない。そこでトレーサー試験と物理探査を併用することで、流動過程を把握することを視野に入れている。

謝辞

本研究の一部は(株)キタイ設計様に行って頂いた多点温度検層の資料を用いたものである。ご支援いただいた(株)キタイ設計の皆様や京都大学防災研究所竹内篤雄教授に謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 日本地下水学会：地下水のトレーサー試験 pp1-9, 2009.
- 2) 竹内篤雄：温度測定による流動地下水調査法 pp278-295, 1996.

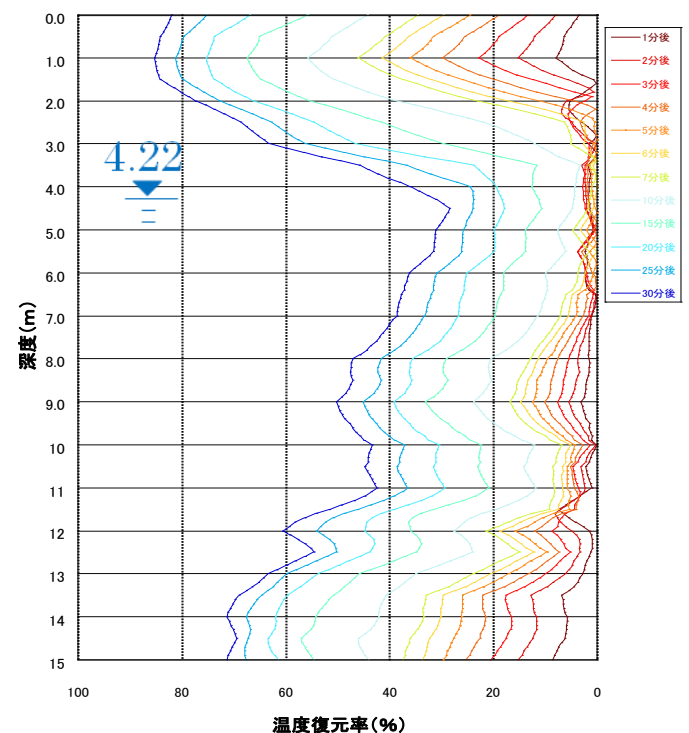


図-3 多点温度検層における深度と温度変化率の関係