

## P066 トレーサー実験による花崗岩山地源流域における岩盤内の地下水流出機構の検討

京都大学農学研究科

○桂 真也・内田 太郎・宮田 秀介・小杉 賢一朗・水山 高久

### 1. はじめに

岩盤内の水移動は山地流域の水収支や崩壊発生に寄与することが指摘されており(恩田ら、1999)、水文観測などを通じて降雨に対する岩盤地下水の流出応答をみる研究が進められている(内田ら、2001)。一方で、地下水学や水文地質学の分野では、山体深部や扇状地の地下水流动機構に関する研究が行われてきた。しかし、0次谷、1次谷といった山地流域の水文過程に影響を及ぼす岩盤内の水の移動機構に関する情報は、崩壊・土石流の発生時刻・場所を予測する上で重要であると考えられているにも関わらず、極めて少ない。そこで、トレーサー実験を行うことにより、山地源流域で流出する水の岩盤内における移動の実態を明らかにする。

### 2. 実験流域概要

実験は福井県境、滋賀県境に接する岐阜県揖斐郡坂内村にある G2 流域で行った(加藤ら、2000)。流域面積は 0.59ha、平均勾配は 31.3°、地質は風化花崗岩である。この流域の河床は岩盤が露出しており、岩盤の割れ目から湧水(岩盤湧水)が数多く見られる。これらの岩盤湧水は目視により確認されただけで約 20 点存在し、宮田ら(2002)がそのうち 10 点について水質および流量の観測を行った。実験を行った源頭部付近の岩盤湧水 Y2、Y3(宮田ら、2002)付近も急峻な斜面となっており、岩盤が露出していた。

### 3. 実験方法

実験期間外の岩盤湧水と比較して約 1000 倍の EC(電気伝導度)をもつ塩水をトレーサーとして使用した。電動ドリルを用いて岩盤に直径約 2cm、深さ約 20cm の穴をほぼ垂直にあけ、孔内の水位が岩盤表面付近にほぼ一定に保たれるように塩水を 150 分～396 分間給水し、給水点付近の岩盤湧水 Y2 および Y3 の EC を 1～15 分おきに連続測定した(図 1)。EC の測定は給水終了後も約 8～14 日間継続した。このような実験を全4回実施し、実施順に Run1、2、3、4 と呼ぶこととした(表 1)。Run1 および Run3 は同じ A 点に給水した。また、給水点付近の岩盤内に設置したテンシオメーターによると、Run1 を行った 7 月は、Run2、3、4 を行った 10 月よりも岩盤は湿潤していたが、実験開始直前の湧水の EC(EC 初期値)は、Y2、Y3 それぞれについて全4回ともほぼ同じであった。なお、流域近傍の開けた場所に設置した転倒ます式雨量計を用いて降水量を計測し、10 分間隔で記録した。

表1 実験条件

	実施日	給水 場所	給水 時間 (min)	EC 初期値 Y2/Y3 ( $\mu$ S/cm)	塩水の EC ( $\mu$ S/cm)
Run1	7.25	A	396	35.4/28.5	$57.0 \times 10^3$
Run2	10.3	B	285	34.3/24.5	$56.6 \times 10^3$
Run3	10.16	A	150	34.6/26.2	$59.7 \times 10^3$
Run4	10.30	C	150	34.3/24.3	$61.0 \times 10^3$

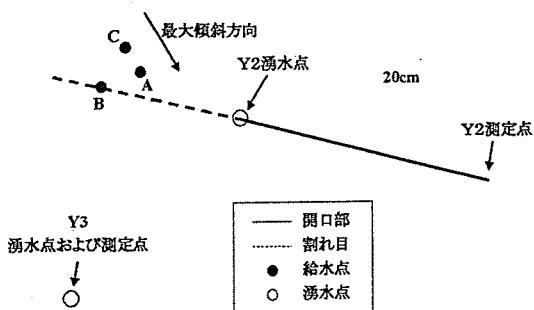


図 1 実験地付近模式図

### 4. 結果

Y3 の EC は全4回とも全く変動しなかったため、以下では Y2 の EC のみに注目し、それを単に EC とよぶことにする。各実験における降雨強度および EC 変動のグラフを図 2 に、塩水の浸透速度および EC 波形に関する比較を表 2 に示す。なお、実験開始後 35 時間までは各実験とも降雨を観測しなかった。また、EC 計測値が EC 初期値に戻った時点でトレーサーの流出が完了したと考え、給水した塩水に対してどれくらいの割合が流出してきたかを各実験について計算し、それを流出率とした(表 2)。

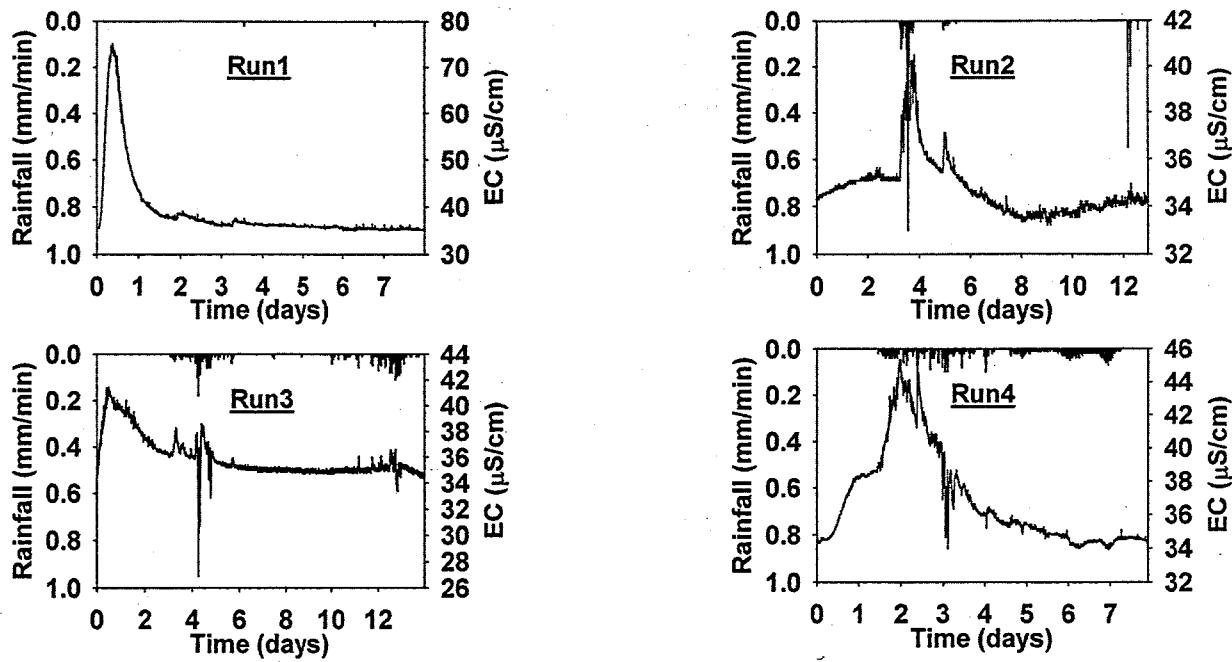


図2 実験開始後のハイエトグラフおよびEC変動

表2 塩水の浸透速度およびEC波形に関する比較

	塩水の 浸透速度 (ml/min)	実験開始後 5 時間 での EC 上昇幅 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	ピーク EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	実験開始後ピーク EC 出現までの時間 (hours)	実験開始後流出 完了までの時間 (hours)	流出率 (%)
Run1	0.68	21.4	75.06	9	144	102.6
Run2	0.18	0.1	40.52	90(降雨時)	160	90.0
Run3	0.69	3.8	43.12	10	209	113.2
Run4	0.98	0.2	45.34	47(降雨時)	145	105.7

塩水の浸透速度は、最も大きかった Run4 と最も小さかった Run2 とで 5 倍以上の差があった。また、Run2 や Run4 では実験開始後の EC の立ち上がりが非常に鈍かったのに対し、Run1 や Run3 では実験開始直後から EC が上昇始めた。しかし、ピーク EC の出現時間が最も早かった Run1 や Run3 にしても実験開始から約 10 時間を要した。一方、流出が完了する前に降雨イベントが観測された Run2、3、4 では、降雨に対して非常に敏感に EC が上昇した。EC 計測値は 6~9 日後に EC 初期値に戻り、流出率は各実験ともほぼ 100% であった。

## 5. 考察

給水点から湧水点までの距離およびピーク EC の出現時間を考えると、無降雨時における岩盤内の水の流れは非常に遅いことが分かった。また、EC の立ち上がりや塩水の浸透速度を比較すると、この 1m<sup>2</sup>程度の狭い範囲においても、無降雨時の岩盤内の水移動には場所的差異がみられた。一方で、降雨時にみられた EC の鋭敏な上昇は、岩盤内に貯留されていた水が降雨時に素早く流出することを示しており、この現象に関してはいずれの場所においても生じた。また、流出率の計算結果から、湧水点近傍における深度 20cm 程度までは、鉛直下向きよりも湧水地点に向かう横方向の流れが卓越していることが分かった。

## 6. まとめ

今回のトレーサー実験により、場所に依存する無降雨時の遅い地下水移動と、場所に依存しない降雨時の素早い地下水流出という 2 つの特徴的な岩盤内の水移動が明らかにされた。今後は、岩盤の物理特性を考慮しながら、岩盤内の水移動を解明していく必要がある。

【参考文献】恩田ら 1999. 砂防学会誌 51(5), 48–52; 内田ら 2001. 日本水文科学会誌 31(2), 59–72; 加藤ら 2000. 砂防学会誌 53(4), 38–43; 宮田ら 2002. 平成 14 年度砂防学会研究発表会概要集, 408–409