

埼玉大学 工学部 正会員 ○ 渡辺邦夫
東京都 " 内野祐彰

はじめに

山地での地下水流出を考えるためには、具体的に、降雨がどのような経路を通して浸透してゆきかを把握（と）おく必要があると考える。本研究ではまず、①降雨に伴った、流出地下水の電気伝導度（以下電導度と略す）変化、および②山地斜面上にトレーサー（塩水）を投入した流出経路調査により、実際の山地での降雨浸透特性を調べた。つぎに、③山地を構成する表土・岩盤系をモデル化し、浸透実験をよこない、山地での流出経路の特徴を定性的に調べた。その結果、今後の発展につながると思われる基礎的な性質が明らかになったので報告する。

1 降雨に伴う流出地下水の電導度変化とトレーサー投入試験

研究の対象とした地域は、従来から筆者らが地下水流れや地下水流出の解析を行なっている、^{(1),(2),(3)}名古屋大学山地電磁測所の横坑付近である。横坑長さは75m、最大土被りは約50mである。この横坑内に流入している地下水の流水経路は2つあり、1つは横坑奥部の破砕帯を通るので、他は、表層部岩盤（不飽和）を通り、横坑入口部に流入するものである¹⁾。前者の湧水量を Q_f 、後者を Q_w とする。本研究はとくに Q_w を対象としている。

図-1は、1981年8月22日から30日までの、4時間降雨量（ R ）と Q_f 、 Q_w 、および各々の電導度 E_f 、 E_w との関係をみ

たものである。まず、 Q_f 、 Q_w と降雨との関係をみると、以前報告したように¹⁾、 Q_w は降雨に対して大変応答が良く、一方 Q_f はほとんど無関係であることがわかる。つぎに、 E_f 、 E_w についてみてみる。 E_f はほとんど変化してないが、 E_w は降雨や Q_w に対して応答が良く、 Q_w の増加に伴って急速に低下している。周知のように、地下水は表土や岩盤と長時間接触・反応することにより電導度が増大する。したがって、地下水の電導度の低下は、表土や岩盤と長時間接触してない水の混入によるものと考えられる。その低下が、 Q_w の増加とほとんど時間遅れなく始まることから、降雨はかなり急速に横坑内に流入するものと推定される。

このような地下水流出や電導度変化の特性をふまえて、1982年8月13日から24日まで、山地表層部に塩水をトレーサーとして投入し、それが、横坑入口付近の地下水（ Q_w ）としてどう流出するかを調べた。図-2に投入位置を示す。投入は、4回行なわれた（ $T_1 \sim T_4$ ）。このうち、 T_2 、 T_4 の位置は横坑やや北側の沢の中であり、 T_2 、 T_3 は、ほぼ横坑上である。 T_2 、 T_3 位置高さは、横坑上面より

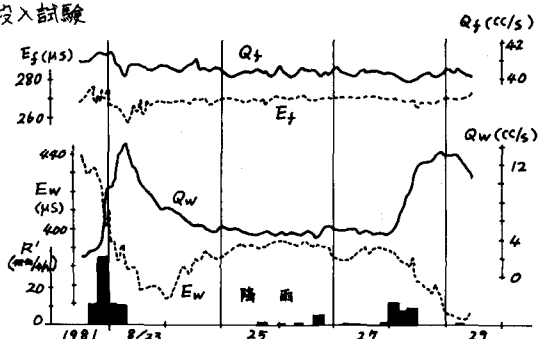


図-1 降雨(R)と流出量(Q_f 、 Q_w)、電導度(E_f 、 E_w)の関係

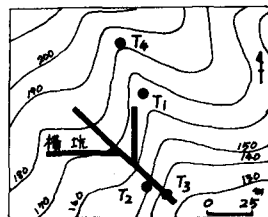


図-2 トレーサー投入地点

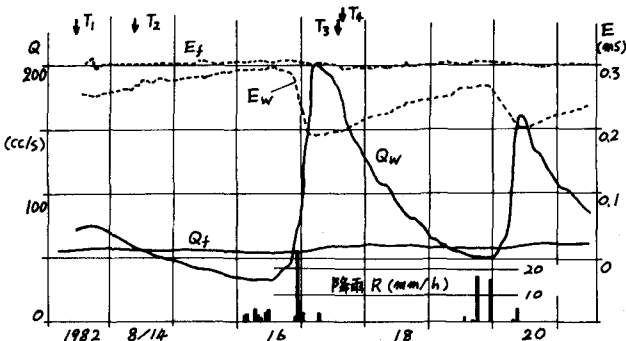


図-3 トレーサー投入後の流出量変化と電導度変化

り5~15mである。塩水は各回、10kg~20kgの塩を溶かした。前述したように、降雨が急速に横坑内に流入するものであれば、それに伴って、もしくは投入後すぐに、塩水がQw中に混入し電導度が増加するものと想定される。

試験結果の一部を図-3に示す。図中矢印は投入時間を示し、Kは1時間雨量である。この図から、Ewは図-1と同様、降雨開始後Qwの増加と共に低下している。しかし塩水が混入したと思われる変化は認められなかった。この結果は、降雨が速かに横坑内に流入するという考え方と一見矛盾する。この理由を考えるために、つぎに山地をモデル化し、降雨浸透実験を行なって、定性的に山地での降雨の浸透特性を調べた。

2 岩盤のモデル化と降雨浸透実験

実験モデルの作製では、表土-岩盤系とりわけ、主要な浸透経路となっている岩盤割れ目系の諸性質の中で、何が最も重要かを判断することが大事である。今回、①岩盤中には、スケール（間隙幅、長さなど）の異なる割れ目が共存している、②岩盤上部程、割れ目数が多く、深部程少ない、という2つの性質をとり上げた。

これら2つの性質を考慮して、図-4に示す2次元割れ目系モデルを作った。このモデルの製法、特徴は以下のようなものである。まず、大きさの異なる長方形アクリル板を切り出し、1mm程度の間隔を持ち、図-4のように並べた。この板間隔が相対的に大きな割れ目をあらわしている。

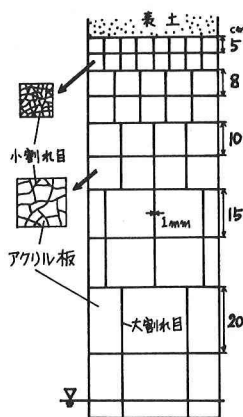


図-4 実験装置

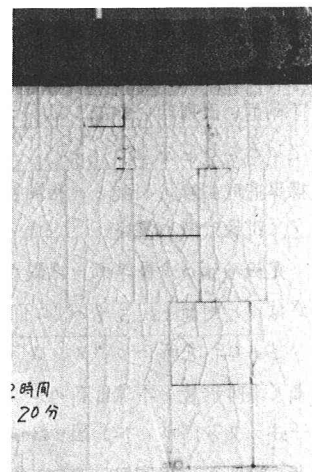


図-5 実験結果例

図にみられるように、上部程小さなアクリル板を用いて、割れ目数を多くする。さらに、これらアクリル板はあらかじめハンマーで割られており、相対的に小さな割れ目（間隙幅1~10μm程度）が作られている。この小割れ目数も上部程多くしておく。以上により、大小2つの割れ目が共存し、上部程割れ目数が多いという岩盤の性質を表現した。岩盤モデル上には、表土層に相当する砂（平均径1.7mm）層をつくり、上から降雨として着色水を注射針により与え、浸透状態を定性的に調べた。なお、降雨強度は、100mm/h程度で行なった。

実験の結果、図-5に示すように、大きな割れ目については、その1部しか浸透経路とならない、②表土と岩盤モデルとが接する部分では、以前報告したように^{2),3),4)}小さな割れ目から浸透が始まる、③大・小両割れ目により構成される水の通り易い部分（浸透経路、水みち）ができ、その部分のみを通過して、ほとんどの降雨が浸透することがわかった。今回用いたモデルはまさに試験的なものであり、定量的な結論はいえないが、定性的には、図-5に示したような浸透経路の存在が、山地での地下水流出の1つの特徴といえよう。

以上の性質と前述のトレーサ投入試験の結果とあわせて考えると、トレーサが横坑内に流入する地下水中に認められなかった1つの原因として、投入点が浸透経路となっていなかったことが考えられる。ただ、まだ実験・実験数が少なく、今後さらに、より妥当な実験モデルの開発とあわせて、研究をすすめてゆきたい。最後に、本研究を行うにあたり、いろいろと御教示いただいた東京大学工学部玉井信行先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 渡辺邦夫, 茂木君郎, 志知竜一, 破砕帯内地下水流れの特徴とその数値シミュレーション, 応用地質, Vol. 22, No. 1, pp. 104-117, 1981.
- 2) 渡辺邦夫, 玉井信行, 山正敏, 表土-割れ目岩盤系の特性を考慮した山地地下水流出解析の試み, 第33回地学会年講, 1982.
- 3) 内野祐彰, 渡辺邦夫, 玉井信行, 表土-割れ目岩盤系の特性と地下水流出解析, 第34回地学会年講, 1983.
- 4) 渡辺邦夫, 岩盤中の地下水帯への降雨浸透機構に関する実験的研究, 第17回自然災害科学総合シンポジウム, 1980.