

1. はじめに

近年の研究により基岩内にも水が浸透していることが明らかになり(e.g., 寺嶋ら, 1993), 基岩内地下水が山地小流域での水収支(e.g., Montgomery et al., 1997)や崩壊発生(e.g., 恩田ら, 1999), 河川の水質形成(e.g., Burns et al., 1998)に大きな役割を果たすことが指摘されている。しかし, 基岩から流出してきた水に対しては精力的に観測などが行われてきたものの, 基岩層内部での水移動プロセスについてはほとんど明らかにされていない。そこで本研究では, コイル型 TDR 式水分計およびボーリング調査により, 山地小流域における基岩層を介した水文過程を明らかにすることを目的とする。

2. コイル型 TDR 式水分計による含水率の計測

2.1 コイル型 TDR 式水分計の概要

コイル型 TDR 式水分計の模式図を図 1 に示す。塩ビ管内部に同軸ケーブルを通し, その先端で綿芯とシールドのそれぞれにステンレスワイヤを接続した。ステンレスワイヤは塩ビ管に開けた小さな穴から外に取り出し, お互いに交差しないように塩ビ管表面をコイル状に巻いた。本研究では 3 深度の含水率を計測できるようにするため, 4 cm 間隔でセンサー部を 3 つ作製した。最後に防水のために塩ビ管の上端と下端部をシリコンで密閉し, ビニルテープでプローブ全体を保護した。こうして完成したコイル型 TDR 式水分計は, 2~3 本の金属棒(直径 5~8 mm)から成る従来型 TDR 式水分計よりもプローブ直径(19 mm)が大きい

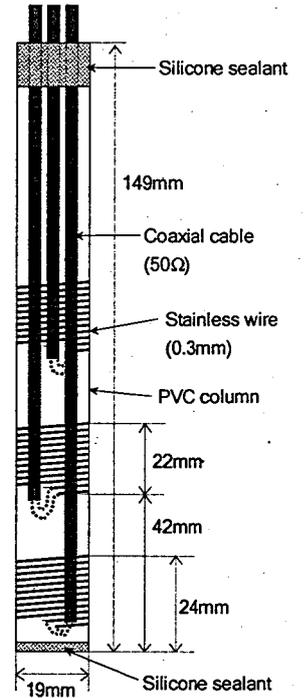


図 1 コイル型 TDR 式水分計の模式図

2.2 観測対象流域および計測深度

対象流域は, 滋賀県南西部に位置する桐生水文試験地(5.99 ha)内の赤壁流域(0.086 ha, 図 2)である。基岩地質は風化花崗岩で, 土壌-基岩界面は比較的明瞭に見られる。簡易貫入試験により計測した基岩の  $N_c$  値は 50 以上で, 既往の研究(e.g., 沖村・田中, 1980)とも一致する。流域内の一地点(土層厚約 50 cm, 図 2)にて, 基岩表面から深度 3, 7, 11 cm の含水率を計測できるように電動ドリルで基岩内に孔を開け, 校正したコイル型 TDR 式

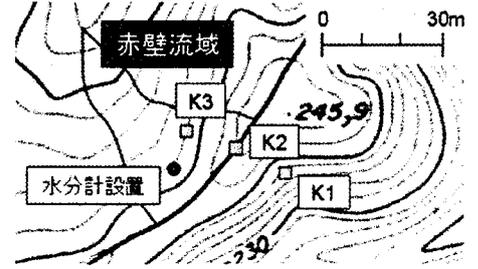


図 2 水分計およびボーリング孔の位置

水分計を埋設した。さらにその直近で土層内にも水分計(EasyAG)を設置することで, 地表面から深度 10, 20, 30, 40 cm も含めた含水率プロファイルを 1 年間計測した。

2.3 結果と考察

含水率の計測結果を図 3 に示す。無降雨時には基岩の含水率は土層より変化量が小さかったが, 降雨時には積算雨量 15 mm 程度でも急激に上昇し, 含水率の最大上昇幅は土層のそれに匹敵した。降雨後には基岩の含水率が急激に低下した一方で土層のそれは緩やかに低下した。貯留量でも同様の傾向が見られた。以上から, 基岩の含水率や貯留量の変動には大間隙が大きく寄与していると考えられる。すなわち, 降雨時には雨量の増加にともなって大間隙内にも雨水が浸透し, 基岩の含水率や貯留量が土層と同じぐらい上昇する。降雨終了後には大間隙内の水が排出されて含水率が急激に低下する一方で, 小間隙内

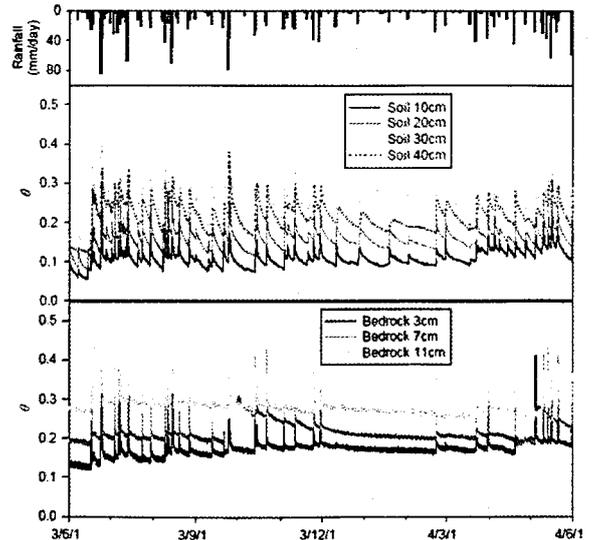


図 3 含水率の年変動

に存在する水が長期間にわたって保持されるために、基岩の含水率や貯留量の変化量が小さくなると考えられる。

### 3. ボーリング調査

#### 3.1 調査の概要

水分計を設置したのと同じ赤壁流域(図2)の流域外(K1)、尾根部(K2)、および流域内(K3)にて、それぞれ深さ12 m、20 m、15 mのボーリング調査を行い、基岩コアサンプルを不攪乱採取した。得られた基岩サンプルの岩盤区分はD<sub>L</sub>~C<sub>H</sub>級で、概ね表層部ほど風化が進んでいた(図4)。2005年10月26日からボーリング孔内の水位および水温の観測を開始した。

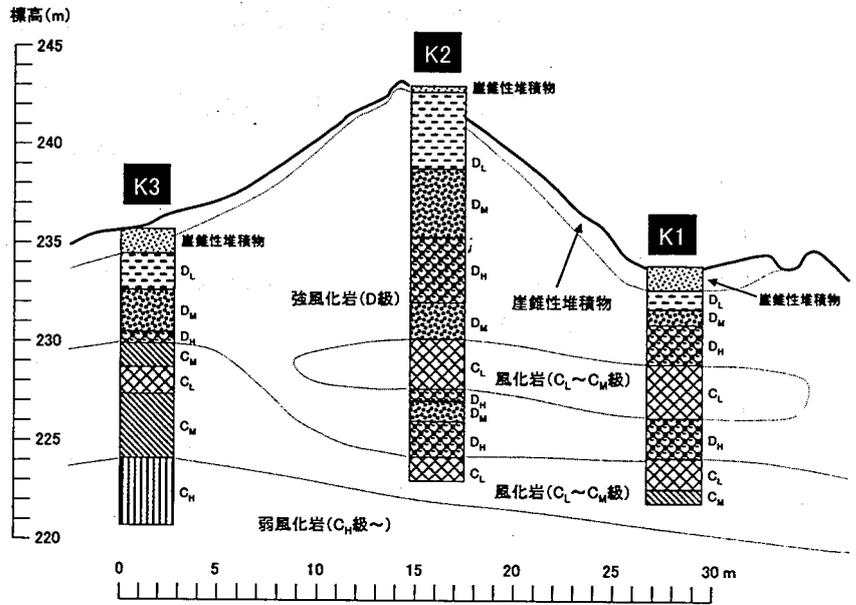


図4 地質断面図

#### 3.2 ボーリング孔内の水位と水温

ボーリング孔内の水位および水温の変動を図5に示す。各ボーリング孔内の水位はK3孔の底からの高さで表した。地下水位は尾根部にあたるK2孔が最も高く、次いでK3孔、K1孔の順となっていた。いずれのボーリング孔においても降雨時の素早い水位反応は見られず、観測開始以来下がり続けていた水位は2月初旬を境に上昇に転じた。一方、地下水温は観測期間中いずれも14°C前後で非常に安定していた。

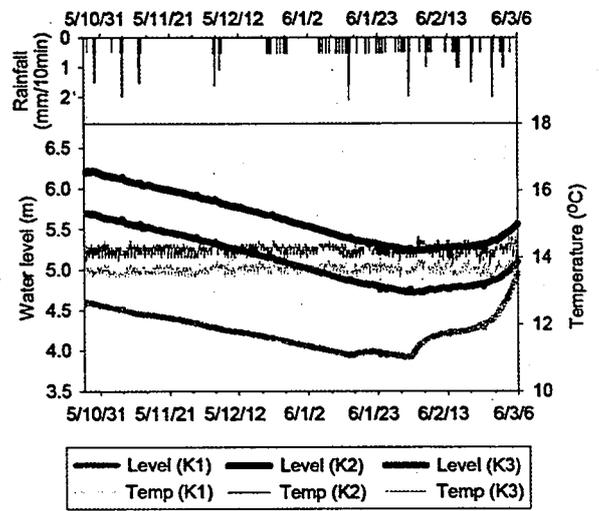


図5 ボーリング孔内の水位および水温

#### 3.3 ボーリングコアの飽和透水係数

得られた基岩コアサンプルから、岩盤区分ごとに1ないし2つつサンプルを選定し、Katsura et al. (2006)の方法に従って変水位法により飽和透水係数を求めた。試験の終了したK1孔からのサンプルの結果を表1に示す。得られた飽和透水係数は $1.39 \times 10^{-5} \sim 1.68 \times 10^{-4}$  cm/sであった。

表1 サンプルの概要および飽和透水係数(※採取深度は地表面からサンプル中央までの深さ)

サンプル No.	※採取深度 (m)	高さ (cm)	飽和透水係数 (cm/s)	岩盤区分	記事
K1-1	2.10	9.1	$3.62 \times 10^{-5}$	D <sub>L</sub>	砂質粘性土コア主体
K1-2	3.74	9.8	$1.39 \times 10^{-5}$	D <sub>H</sub>	中硬質~軟質
K1-3	4.92	5.7	$1.47 \times 10^{-4}$	D <sub>H</sub>	(粘土化部も伴う)
K1-4	6.18	6.9	$1.68 \times 10^{-4}$	C <sub>L</sub>	中硬質

### 4. まとめ

コイル型 TDR 式水分計により風化花崗岩層内の含水率を計測し、基岩層への雨水浸透や貯留量などを明らかにすることができた。コイル型 TDR 式水分計は風化基岩の含水率を計測する有効な手法であると言える。今まで簡易貫入試験により「基岩」とされ不透水とされてきた層にも雨水が浸透していることが本研究により明らかになった。また、コアサンプルの飽和透水係数は降雨強度 0.5~6.0 mm/hrに相当し、水分特性の上からも基岩を介した水文過程の重要性が示唆される。今後はコイル型 TDR 式水分計で得られた結果と、不飽和領域も含めたボーリングコアの水分特性やボーリング孔内の地下水位変動を関連させた解析を行い、基岩層を介した水文過程をさらに解明していく予定である。

【参考文献】寺嶋ら(1993) 日本水文科学会誌 23, 105-118; Montgomery et al. (1997) Water Resour. Res. 33, 91-109; 恩田ら(1999) 砂防学会誌 51, 48-52; Burns et al. (1998) Water Resour. Res. 34, 1987-1996; 沖村・田中(1980) 新砂防 116, 7-16; Katsura et al. (2006) Vadose Zone J. 5, 35-47

【参考文献】寺嶋ら(1993) 日本水文科学会誌 23, 105-118; Montgomery et al. (1997) Water Resour. Res. 33, 91-109; 恩田ら(1999) 砂防学会誌 51, 48-52; Burns et al. (1998) Water Resour. Res. 34, 1987-1996; 沖村・田中(1980) 新砂防 116, 7-16; Katsura et al. (2006) Vadose Zone J. 5, 35-47