

京都大学大学院農学研究科 ○水谷佑・桂真也・小杉賢一朗・水山高久  
 近畿地方整備局六甲砂防事務所 石尾浩市・後藤宏二

1. 背景と目的

一般に地下水位は降雨に伴って一時的に上昇し、降雨が終了すると速やかに消滅する。しかし兵庫県六甲山系西おたふく山の源頭部では、まとまった降雨をきっかけとして、上昇した地下水位が長期間にわたって維持される現象が観測されている。本研究では、降雨時に一時的に発生する地下水を「EG(Ephemeral Groundwater)」、一方で長期間にわたり水位が維持される準恒常的な地下水を「SPG(Semi-Perennial Groundwater)」と呼ぶこと

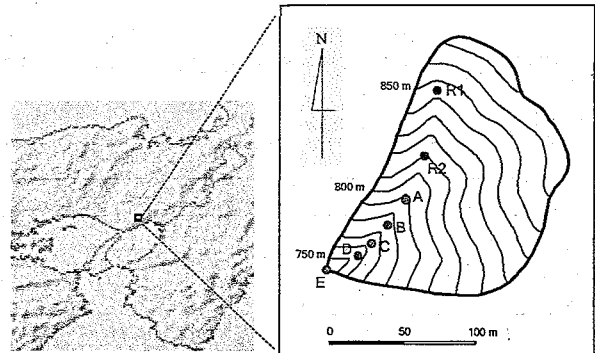


図1. 観測流域

にする。SPGの発生・挙動は既往の物理モデルで再現できない(小杉ら, 2002)ことから風化基岩層の寄与が考えられたが、詳細は不明である。そこで本研究では、基岩層における水文過程と、それが斜面土層内の地下水形成に及ぼす影響の解明に向けて水文観測及び室内物理試験を行った。

2. 水文観測

2. 1. 方法

対象流域は兵庫県六甲山系西おたふく山山頂西側に位置する森林流域である。流域面積は約1.87 haで、基岩地質は風化花崗岩である。図1のA~D地点にて土層内に観測井戸を設置し、地下水位・地温を観測した。各井戸の深さは順に227cm, 115cm, 130cm, 140cmである。E点にて溪流水の流量を、流域外にて林外雨量を観測した。また、R1・R2の2地点にてそれぞれ深さ35 m, 38 mの調査ボーリングを行い、孔内の地下水位・水温を観測した。さらに月1回程度地下水を採取し、SiO<sub>2</sub>濃度をモリブデン黄法により分析した。

2. 2. 結果および考察

2006年1月から2007年3月までの観測結果を図2に示す。A点ではEGのみ発生し、C点では観測期間を通じてSPGが観測された。B・D点ではEGとSPGの両方が観測された。SPGの発生・消滅と水位波形は、R2孔の地下水位の波形と良い対応を示した。また、B・C点の井戸内の温度は、SPGが発生していない期間は正弦変化を示したが、SPGが発生している期間は安定しR2の孔内温度とほぼ同じであった。SiO<sub>2</sub>濃度については、EGのSiO<sub>2</sub>濃度は低く、SPGのSiO<sub>2</sub>濃度はR1・R2孔の地下水と同じくらい高かった。以上から、EGは土層内を浸透した雨水が透水性の低い基岩面上に飽和帯を形成することにより発生するものであり、一方でSPGは基岩内地下水が土層に復帰することにより発生すると

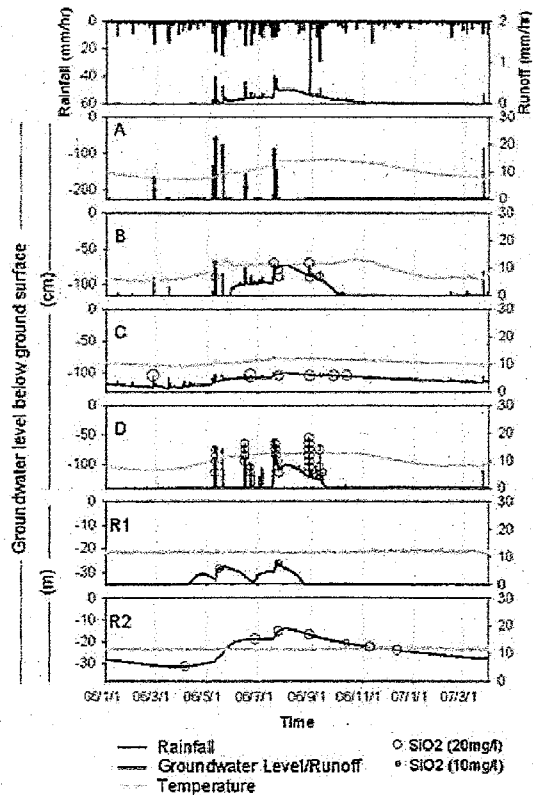


図2. 2006年1月~2007年3月の観測結果

考えられた。D点では SPG が発生していない期間においても井戸内の温度の変動幅が小さく、EG の  $\text{SiO}_2$  濃度も比較的高かったことから、浅い基岩層内に常に基岩からの流出水が存在し降雨時には雨水との混合が生じていると考えられる。

### 3. 室内物理試験

#### 3. 1 飽和透水試験

##### 3. 1. 1 方法

調査ボーリングの際に得られた不攪乱の基岩サンプル（直径 5.0cm）から風化区分ごとに1つまたは2つの試料を選定し、高さ（4.4~9.1cm）の円柱形に整形した。Katsura et al. (2006)の方法に従い、変水位透水試験を行った。

##### 3. 1. 2 結果

R1 ボーリングコアサンプルの飽和透水係数の鉛直分布を図3に示す。参考として土層の飽和透水係数（小杉ら, 2002）も示した。各試料の飽和透水係数を、その試料を取り出した区分の代表値として表している。ただし、試料を整形できなかった区分や1ヶ月以上水に浸しても飽和しなかった試料については図示していない。得られた飽和透水係数の値は土層は  $6.4 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、基岩層は  $4.2 \times 10^{-5} \text{cm/s} \sim 1.1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  であった。

#### 3. 2 pF 試験

##### 3. 2. 1 方法

ボーリングコアサンプルの水分特性曲線を、加圧板法を用いて計測した。加えた空気圧は  $10 \sim 1000 \text{cmH}_2\text{O}$  である。サンプルの解体及び乾燥重量の計測を行っていないため、飽和体積含水率を一律に 0.2 として水分特性曲線を求めた。

##### 3. 2. 2 結果

得られた水分特性曲線を図4に示す。どのサンプルについても、圧力水頭  $\phi = -200 \text{cmH}_2\text{O}$  までの湿潤領域で体積含水率  $\theta$  が急激に低下し、 $\phi = -200 \text{cmH}_2\text{O}$  以下の乾燥領域ではほとんど変化しなかった。体積含水率の変化幅はおよそ 0.02~0.06 程度であった。

### 4. まとめ

室内物理試験により、基岩層の飽和透水係数は概ね  $10^{-4} \text{cm/s}$  程度であり、土層より2オーダー低いことが分かった。このことから、土層内を浸透した雨水が透水性の低い基岩面上にEGを発生させていると考えられた。一方で基岩層の飽和透水係数は降雨強度  $3.6 \text{mm/hr} \sim 38.4 \text{mm/hr}$  に相当することから、基岩層にも水が浸透して地下水帯を涵養しSPGの源になっていると考えられる。今後は、山地源流域での風化基岩層を含めた水文過程を解明し、SPGの発生・挙動を再現できる物理モデルを構築していく予定である。

【参考文献】小杉ら (2002) 砂防学会誌 55-3,21-32 ; Katsura et al. (2006) Vadose Zone J. 5, 35-47

(連絡先: 水谷佑, [tsk\\_mztn@kais.kyoto-u.ac.jp](mailto:tsk_mztn@kais.kyoto-u.ac.jp))

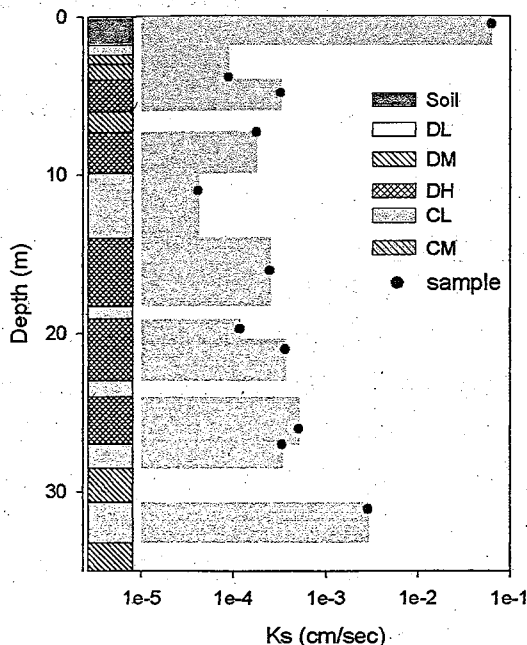


図3. 飽和透水係数の鉛直分布

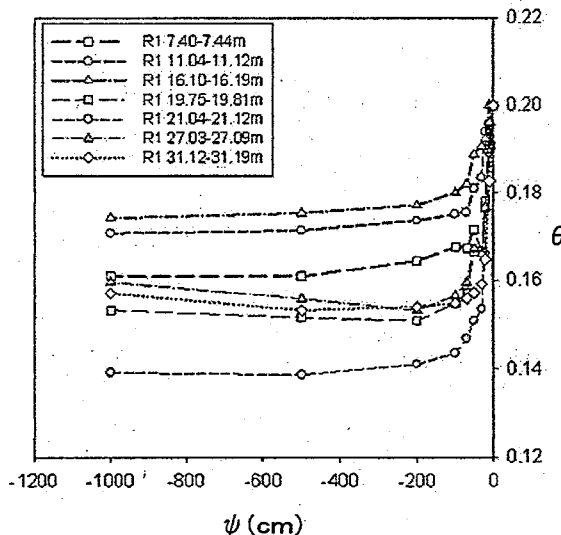


図4. ボーリングコアサンプルの水分特性曲線