

山地源流域の流出機構に土層及び基岩層内地下水がおよぼす影響

京都大学大学院農学研究科 ○加藤弘之・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. はじめに

既往の斜面水文研究においては土層内の水移動のみに着目し、基岩は不透水と考えられてきた。そのため表層崩壊や洪水流出には基岩を介した水分移動はほとんど影響を及ぼしていないとされてきた。ところが近年の研究では、透水性の基岩層が斜面水文過程に重要な役割を担っていることがわかってきており[e. g., Kosugi et al., 2008]、それに伴い基岩層内地下水を流出の起源とする認識も増えている。しかし流出してきた溪流水の観測、分析は行われているが、実際に基岩内地下水を直接的に観測し溪流水と比較した事例は少ない。そこで本研究では基岩内まで到達するボーリング孔と土層内井戸を用いて、詳細な水文観測、水質分析を行い、流出の形成に土層及び基岩層内地下水がどのような影響を及ぼしているかを検討した。

2. 観測流域の概要及び観測項目

対象流域は兵庫県六甲山系住吉川流域西おたふく山の山地源流域で、流域面積は 1.87 ha、年平均気温は約 12℃、年平均降水量は約 1800 mm、基岩地質は花崗岩である。水文観測項目は、土層内井戸 A (深度 227 cm) および基岩層内ボーリング孔 R1 (深度 35 m)、R2 (深度 38 m) の地下水位、溪流の流量、林外雨量である (図 1)。三週間に一度の定期観測時に、土層内地下水、ボーリング孔内地下水、溪流水、土壌水、林外雨水を採取した。また溪流水については A. SIGMA 社のリキッドサンプラーモデル 900 を用いて、上記の採水以外に毎日 1 サンプルずつ採取した。水質分析はモリブデン黄色法を用いて SiO_2 濃度の測定を行った。

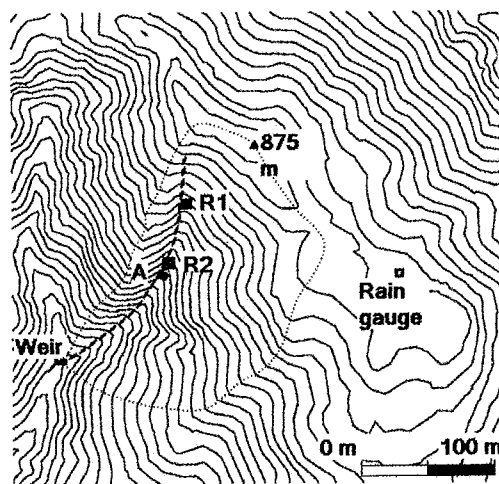


図1 調査地の地形と観測点の配置 (等高線は5m間隔)

3. 結果

3.1 野外水文観測

2007 年の水文観測結果を図 2 の a～e に示す。基底流量は 8 月半ばをピークとする波形を示し、洪水流出は高強度の降雨に対応して鋭敏な反応を示した (図 2-b)。ボーリング孔 R1 は 4～9 月にのみ水位が観測された (図 2-c)。ボーリング孔 R2 の地下水位波形は 8 月半ばをピークとするゆるやかな曲線を描いた (図 2-d)。土層内井戸 A は普段は地下水位が観測されず、短期的に出現して速やかに消滅する地下水位が観測された (図 2-e)。

3.2 水質分析

SiO_2 濃度は雨水ではほぼ 0 mmol/l、土壌水や土層内地下水では 0.1～0.2 mmol/l、溪流水やボーリング孔 R1、R2 の基岩内地下水では 0.25～0.35 mmol/l という分布になった (図 3)。また、基岩層内地下水と溪流水の SiO_2 濃度の時間変化を見てみると、R1、R2 の SiO_2 濃度が地下水位上昇期に低下するという現象が見られた (図 2-f)。

4. 考察

3/25, 5/25, 6/22 に見られた降雨時の洪水流出波形と土層内井戸 A にて観測された短期的な地下水位の波形がほぼ対応している (図 2-b, e) ことから、土層内地下水が洪水流出に大きく寄与しているといえる。これは高強度の降雨時に雨水が土層内を鉛直方向に浸透していき、飽和帯を形成して飽和側方流として流出するとい

う過程をたどるためである。このように土層内で観測される一時的な地下水は洪水流出に大きな影響を与えているといえる。

一方、基岩層内ボーリング孔 R2 の地下水位波形と基底流量の波形が一致している(図 2-b, d)ことと、渓流水の SiO_2 濃度が基岩層内地下水の SiO_2 濃度と同等もしくはそれ以上に高い(図 3)ことから、基底流出に対して基岩層内地下水の影響が支配的であるといえる。

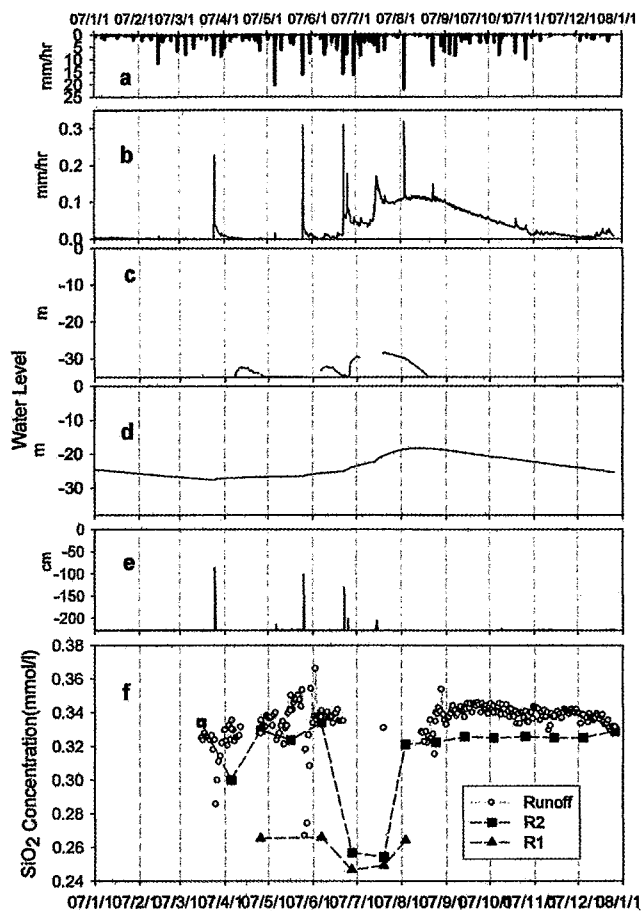


図2 (a)雨量、(b)流量、(c)ボーリング孔R1地下水位、(d)ボーリング孔R2地下水位、(e)土層内井戸A地下水位、(f)R1 R2 渓流水の SiO_2 濃度の変化

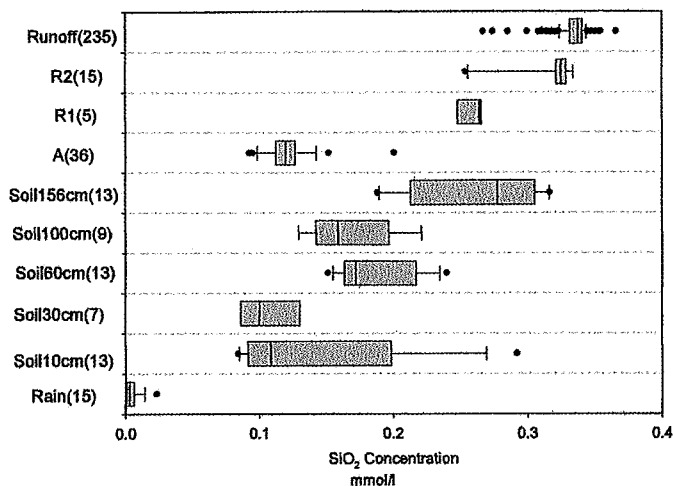


図3 SiO_2 濃度分布

また、既往の研究では基岩層内地下水の SiO_2 濃度は高濃度で安定とされていたが、時間的、空間的に変動する現象が観測された(図 2-f)。水位上昇期に、基岩層内地下水の SiO_2 濃度が低下するという現象は、 SiO_2 濃度の低い水が地下水に混合することを示しており、湿潤期には乾燥期には起こりえない別経路での選択的な浸透が起こることを示唆している。この浸透メカニズムの解明が、基岩層内地下水位および基底流出波形の形成機構の解明において重要であると考えられる。

5.まとめと今後の課題

高強度の降雨時に観測される洪水流出には土層内地下水の寄与が大きいことがわかった。一方、基岩層内地下水が基底流に対して支配的であることが解明された。また今まで考えられていなかった基岩層内地下水での SiO_2 濃度の空間的・時間的変動がみられ、そのメカニズムの解明が斜面水文過程の解明において重要であると考えられた。今後はさらに基岩層ボーリング孔を増設して、基岩層内地下水のサンプルを増やしてより詳細な観測を行っていく予定である。

参考文献

Kosugi et al. (2008) Water Resour. Res. 44, W01407