

花崗岩山地一次谷溪流流量に対する岩盤内地下水の影響

京都大学 農学研究科 ○宮田秀介・小杉賢一朗・水山高久
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 内田太郎

1. はじめに

山地源頭部は、しばしば人的被害を引き起こす土石流の原因となる斜面崩壊の発生源となる。また近年は「緑のダム」問題により山地源頭部における降雨-流出過程が注目されている。Onda *et al.* (2001) は堆積岩山地において流出ピークが降雨ピークよりも数時間遅れるのに対して花崗岩山地では両者がほぼ一致しており、その原因が岩盤内を経由した地下水の寄与であるとした。小野寺ら (2001) は花崗岩山地における水文観測および電気探査により、降雨中に岩盤内の割れ目密度の高い場所が地下水涵養に重要な役割を果たしていることを示した。さらに水質を用いた解析から降雨イベントの後半には岩盤内地下水の寄与が大きくなることを明らかにした。しかし多くの流域では土壌層に覆われているため、岩盤からの地下水流出（以下、“岩盤地下水”と呼ぶ）を直接観測するのは困難であり、1 地点の岩盤湧水や水質、圧力水頭によって岩盤内地下水の流出について議論されてきた。そのため岩盤内地下水については不明な点が多く残っている。本研究は岩盤内地下水の流出のモデル化に向けての基礎情報を得る目的で、各岩盤湧水の降雨に対する長期的応答の特性を定量化し、岩盤湧水が1次谷溪流に及ぼす影響について検討する。

2. 観測地概要と観測項目

2.1. 観測地概要

本研究における観測は、岐阜県の滋賀・福井県境付近に位置する揖斐郡坂内村にあり、揖斐川の支流である坂内川の源頭部にあたる G2 流域において行った。流域面積は 0.59ha、起伏比は 0.583、地質は貝月山花崗岩である（加藤ら, 2000）。植生は落葉広葉樹で下層にはシダ類がみられる。河床およびその周辺は岩盤が露出しており、岩盤湧水が約 60m の河道沿いに約 15 点、河道の源頭部にも数点確認された。また流域内の 0 次谷末端は天然のトレンチとなっており土壌-岩盤境界面からの湧水が存在する。

2.2. 観測項目

10 分間隔で岩盤湧水の流量（4 点；Y0、Y3、Y12、Y13）、流域末端での溪流流量（G2）、土壌-岩盤境界面からの流出量（S1）を観測した。また 3-4 週間ごとにそれらの採水を行い、持ち帰って SiO₂ 濃度を測定した（宮田ら, 2003）。冬の積雪を避けて観測は 2001 年から 2003 年の春から秋にかけて行った。

3. 解析方法

降雨の長期的な影響を明らかにするために、先行降雨指数（API）を用いた検討を行った。先行降雨指数

$$API_M(T) = \int_0^T R(T-t) \cdot e^{-\alpha t} dt \quad (1)$$

は以下の式を用いて求められる（鈴木ら, 1981）。

ここで、 $R(t)$ はある時間 t における降雨量である。 α は半減期 M を用いて次式で算定される。

$$M = (\ln 0.5) / \alpha \quad (2)$$

そして半減期 M を変化させて API_M と流量が最も良く対応するときの値を求めた。本研究では API_M を各岩盤湧水の涵養域の貯留量を表す指標として扱っている。

4. 結果と考察

4.1. 流量観測結果

岩盤湧水 Y0 は乾燥期（2002 年 9 月～11 月）には流量がなくなり梅雨期には基底流量が 0.1 l/s まで増加す

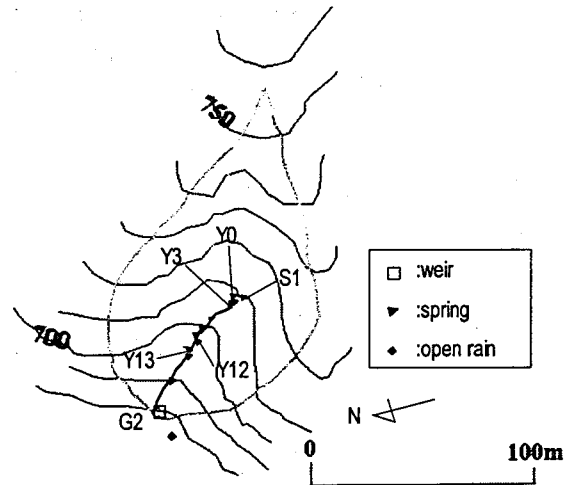


図 1. G2 流域の概要

るなど大きく変動した。Y13 は極端な湿潤期を除いて基底流が観測されなかった。Y3 は降雨の少なかった 2002 年は基底流量が減少し続けるなど比較的大きく変動していた。それらに対して Y12 の流量は観測期間中約 0.1 l/s を下回ることがなく非常に安定していた。土壌からの湧水 S1 は降雨中および降雨後 2, 3 日程度しか流出が観測されなかった。流域末端の溪流 G2 は観測期間を通じて 0.5~1.0 l/s の基底流量が観測された (図 2)。土壌からの流出が無降雨時にはほとんどなかったこととあわせて考えると、1 次谷溪流の基底流出に岩盤内地下水の流出が大きく寄与していると考えられ、これは従来の研究結果と一致する (例えば、Uchida et al., 2003)。

4.2. 長期的な降雨の影響の検討

API_M がそれぞれの岩盤湧水の流出と最も良く適合する半減期を求めると 1~20 日であった (表 1)。そして、半減期と SiO_2 濃度の関係には正の相関が見られた (図 2)。つまり、より長期間の降雨履歴の影響を受けている岩盤湧水はその涵養域の深度が相対的に深いと考えられる。さらに G2 が岩盤湧水と同じ傾向を示していることから、基底流時の一次谷溪流が岩盤湧水の流出特性と水質の影響を大きく受けていることが示唆される。

5. まとめ

先行降雨指数を用いることによって岩盤内地下水の流出に対する長期的な降雨の影響を定量的に評価することができた。また岩盤湧水の流出特性が流域内においても様でないことが明らかとなった。今後、流域全体の降雨-流出過程のモデル化を行うにあたり、各流出特性をもつ岩盤湧水の寄与度を定量的に整理していくことが課題である。

参考文献

Onda et al. (2001) Hydrological Processes, 15, 1693-1706 ; 小野寺ら (2001) 日本水文科学学会誌, 31, 2, 73-82 ; 加藤ら (2000) 砂防学会誌, 53, 4, 38-43 ; 宮田ら (2003) 砂防学会誌, 56, 1, 13-19 ; 鈴木ら (1981) 砂防学会誌 (新砂防), 32, 6, 16-26 ; Uchida et al. (2003) Water Resources Research, 39, 1, 1018-1029

表 1. 最適な半減期の解析結果

	観測地点	半減期 M (day)
岩盤湧水	Y0	20
	Y3	20
	Y12	15
	Y13	1.0
土壌からの湧水	S1	0.33
流域末端の溪流	G2	12

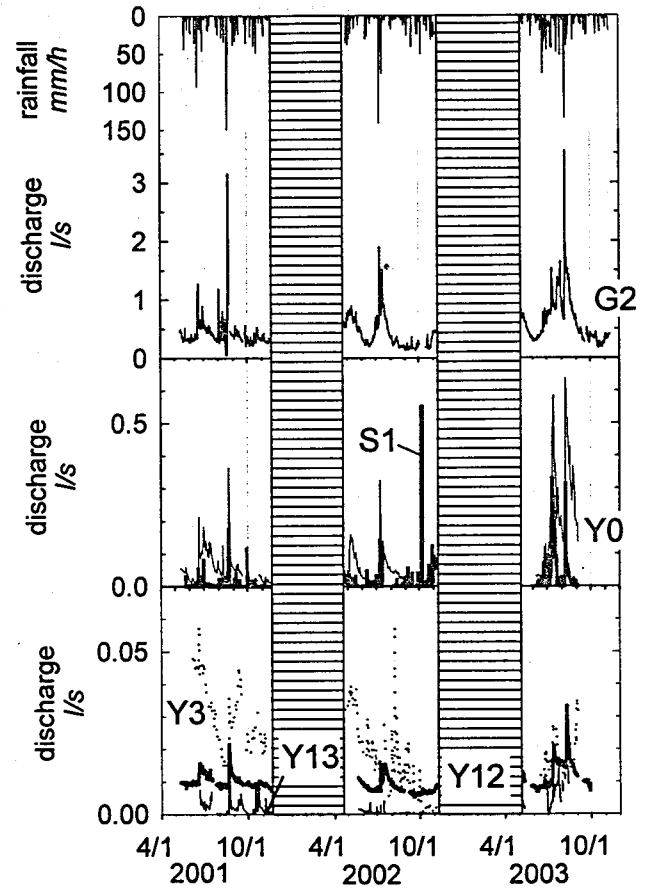


図 2. 流量観測結果

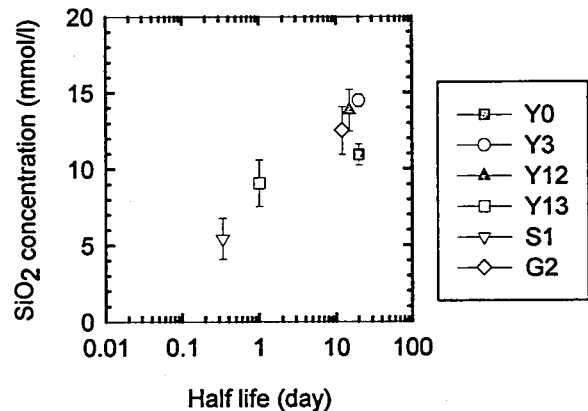


図 3. 半減期と SiO_2 濃度の関係