

平成 21 年 7 月山口県防府市土砂災害地における水文・水質特性

京都大学学際融合教育研究推進センター ○藤本将光
京都大学大学院農学研究科 水山高久
立命館大学理工学部 里深好文
京都大学大学院農学研究科 中谷加奈・山川陽祐

1. はじめに

豪雨による土砂災害が近年多発しており，災害発生危険個所の正確な予測が求められている。また，斜面崩壊や土石流の発生には，山体内の地下水（基岩地下水）が関わっていることが指摘されている。このため，渓流水（主として基岩地下水で構成）の水文・水質特性の空間分布を把握することによって危険個所を評価する手法が提案されている。しかし，こうした観点に基づいた研究事例は少なく，水文・水質調査によって災害発生危険地をどの程度予測可能かは十分に把握されていない。そこで，本研究では，2009 年山口県防府市で発生した災害地を事例とし，土砂災害発生地・非発生地における水文・水質特性の空間分布の把握を行った。

2. 方法

山口県防府市石原地区において，2009年11月に現地調査を行った。表-1に観測流域の諸元を示す。基岩は主として花崗岩，花崗閃緑岩である。災害の特徴として，花崗岩に比べて花崗閃緑岩流域で被害の規模が大きかった。土石流および斜面崩壊の発生した6流域，非発生の4流域（内湧水1地点）において，流出量を観測し，採水を行った。流出量は，電磁流速計を用いて流速を測定し，流路の断面積を乗じて求めた。水試料は，実験室に持ち帰った後，主要イオン，Si濃度を測定した。また，得られた水質成分に対して主成分分析を適用した。

表－1 観測点の諸元			
	土石流・崩壊	主な地質	Dis(mm/hr)
H1	有	花崗閃緑岩	13.2
H2	有	花崗閃緑岩	10.4
H3	有	花崗閃緑岩	33.3
H4	有	花崗閃緑岩	11.4
H5	無	花崗閃緑岩	7.6
H6（湧水）	無	花崗閃緑岩	4.6
H7	有	花崗岩	105.4
H8	無	花崗岩	17.3
H9	有	花崗岩	60.9
H10	無	花崗岩	29.2

3. 結果と考察

観測は平水時に行われ，また，観測前 15 日間の総降水量は 19mm であったことから，観測時における降雨の影響はないと考えられる。そのため，観測日における渓流水，湧水の水文・水質特性は基岩地下水の特性を示しているといえる。

3.1 水文特性

図-1 に流域面積と比流量の関係を示す。花崗閃緑岩流域の湧水の比流量が最も大きく，花崗閃緑岩流域は花崗岩流域に比べて，比流量のばらつきが大きかった。この結果は，流域，地質毎に基岩地下水の寄与量が異なることを示している。また，両地質において，同程度の比流量が災害発生・非災害発生流域で観測され，災害発生流域の特徴は認められなかった。但し，H3，4 の 2 流域では，土石流堆積物の上を流下する渓流水の流量を計測したため，堆積物中を伏流した水を捕捉できなかった可能性があり，観測方法も含めて検討の余地が残った。

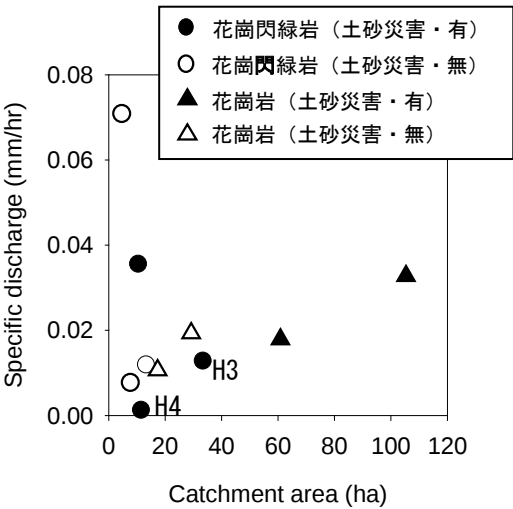


図-1 流域面積と比流量の関係

3.2 水質特性

本研究では、基岩の化学的風化過程で生成される陽イオン、Si を水質の対象とした。図-2 に渓流水、湧水の Na^+ 濃度と Si 濃度の関係、 Na^+ 濃度と Ca^{2+} 濃度の関係を示す。 Na^+ -Si 濃度比は概ね一定であり、高い Na^+ 濃度に対して、Si 濃度は高い傾向を示した (図-2a)。 Na^+ -Si 濃度比が一定であることから、基岩中の Na^+ 、Si の鉱物組成は一定であると考えられる。一般的に、基岩地下

水の滞留時間は長く、水と鉱物間の化学的反応による風化生成物は平衡濃度に達しているといわれている。また、花崗閃緑岩地質において、斜長石の風化に伴ってマサでは CaO 、 Na_2O が減少することが報告されている (千木良, 2002)。これらの知見を考慮すると、風化の進行に伴って、溶脱可能な鉱物量が少なくなることから、主として地下水が強風化層を通過した流域では風化生成物の濃度が低くなると考えられる。こうした流域毎の基岩の風化状態の差が反映され、 Na^+ 、Si 濃度のばらつきが見られると考えられる。また、災害発生・非災害発生流域において水質成分の明瞭な差は認められなかった。

また、湧水を除く花崗閃緑岩流域 (地点 H1~5) の Ca^{2+} 濃度は、花崗岩流域に比べて低かった (図-2b)。一般に、花崗閃緑岩は花崗岩に比べて、風化速度が速く、厚い風化層をもつ場合が多い。本調査地の花崗閃緑岩流域では、風化の進行に伴って、

風化層における Ca^{2+} の溶脱によって、溶出可能な Ca^{2+} の量が少ないため、地下水中の Ca^{2+} 濃度が花崗岩に比べて低いことが示唆される。また、現地観測によって、花崗閃緑岩流域では崩壊地の風化層深が深く、また、コアストーンの形成が見られるなど風化が深部にまで進行していることが確認された。2009 年 7 月の豪雨では、このコアストーンを含む厚い風化層が土石流を発生させる素因となったと考えられる。これらの結果から、土石流発生の素因となる基岩の風化状態を水質成分から推測できる可能性が示唆された。

ここで、陽イオン (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})、Si の 6 種類の溶存濃度データの相関行列に対して主成分分析 (PCA) を適用した。その結果、主成分の累積寄与率は第 1 主成分までで 50.5%、第 2 主成分までで 92.4% であり、5 次元の情報量がほぼ 2 次元に集約されていることを示している。図-3 に主成分分析で得られた第 1 および第 2 主成分による散布図を示した。花崗岩地質と花崗閃緑岩地質のデータは大きく異なる範囲にプロットされ、水質特性が地質区分の違いを反映していることが示された。花崗閃緑岩流域では、第 2 主成分の得点が非災害発生流域に比べて、災害発生流域で若干高い傾向を示したが、災害発生流域を明瞭に特徴づける結果は得られなかった。

4. まとめ

本研究では、2009 年山口県防府市で発生した災害地を事例とし、土砂災害発生地・非発生地における水文・水質特性の違いを検討した。本研究では、水質特性に対して、地質区分が及ぼす影響が大きく、流域の風化状態が推測できる可能性が示唆された。しかし、水文・水質特性は土砂災害発生・非発生地において明瞭な違いが見られなかった。但し、本研究が対象とした事例数が少ないため、地質区分ごとの事例数を増やすことで土砂災害発生地の特徴を把握することができる可能性も残されている。今後、データを追加し検討を行うことが課題となる。

参考文献：千木良雅弘，群発する崩壊－花崗岩と火砕流，近未来社，2002

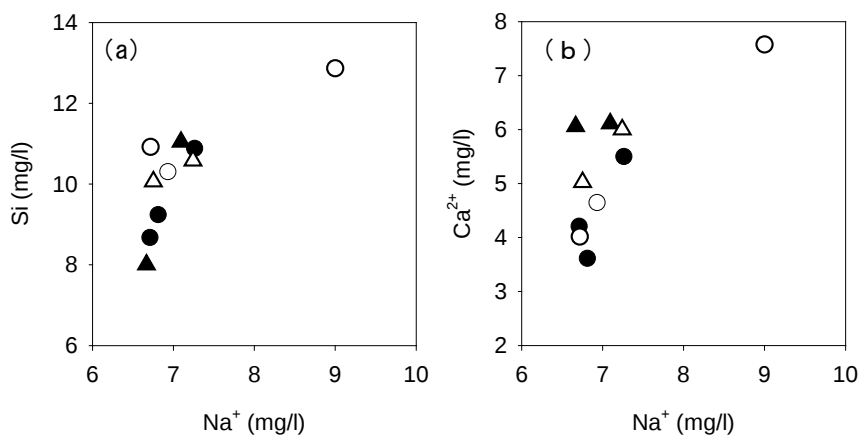


図-2 Na^+ 、Si、 Ca^{2+} 濃度の関係 (凡例は図-1 と同じ)

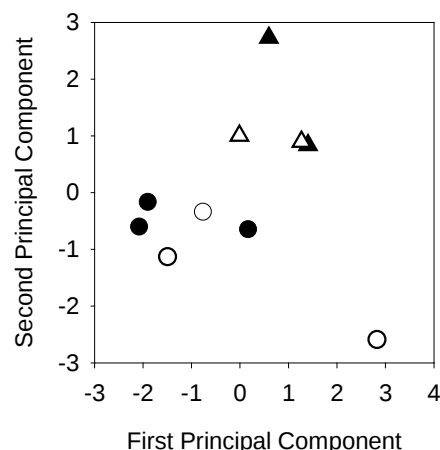


図-3 主成分分析結果 (凡例は図-1 と同じ)