

平成 21 年 7 月に発生した山口県防府市の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

京都大学農学部 関口真季

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。実際に過去の多くの崩壊地において、岩盤地下水の湧出が確認されていることが報告されている。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。その結果に基づいて、小流域の水文・水質特性が土砂災害発生危険個所の予測において指標となり得るのかについて検証を行う。

2. 方法

山口県防府市に位置する佐波川流域を中心とする広範囲において、2012年10月12-14日に現地調査を行った。全観測点は47点で、そのうち、災害発生地は36点、非災害発生地は9点、崩壊斜面からの湧水が1点、非崩壊斜面からの湧水が1点であった。災害地の判読は、山口県防災会議の土石流災害対策検討委員会報告書に基づいた。災害発生地のほとんどで崩壊の発生が認められた。基岩は主として広義の花崗岩である。現地で流出量を観測し、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。

3. 結果と考察

図-1 に流域面積と比流量の関係を示す。流域面積に関わらず比流量にはばらつきがみられ、明瞭な傾向は見られなかった。比流量が大きい流域は崩壊地のみであり、崩壊地は非崩壊地に比べて比流量が大きい傾向を示した。崩壊地からの湧水の比流量も小さい値であった。

基岩の化学的風化過程で発生する Na^+ -Si の濃度比は概ね一定であった（図-2）この結果から、基岩中の Na^+ 、Si の鉱物組成は一定であると考えられる。 Ca^{2+} と Si 濃度には、相関関係が見られるが、 Na^+ と Si の関係に比べてばらつきが大きかった。このことは風化生成物である Ca^{2+} 濃度が流域間で大きなばらつきを示し、流域の風化程度が異なることが示唆される。非崩壊地と崩壊地を比較すると崩壊地に比べて非崩壊地の方が風化生成物である Si、

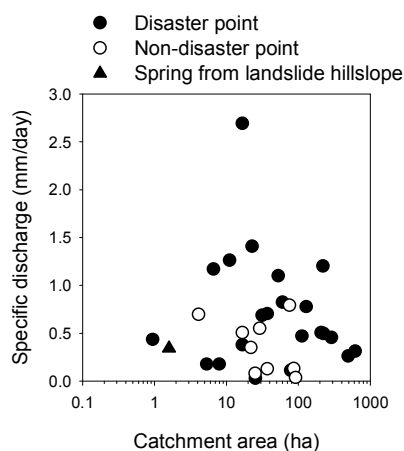


図-1 流域面積と比流量の関係

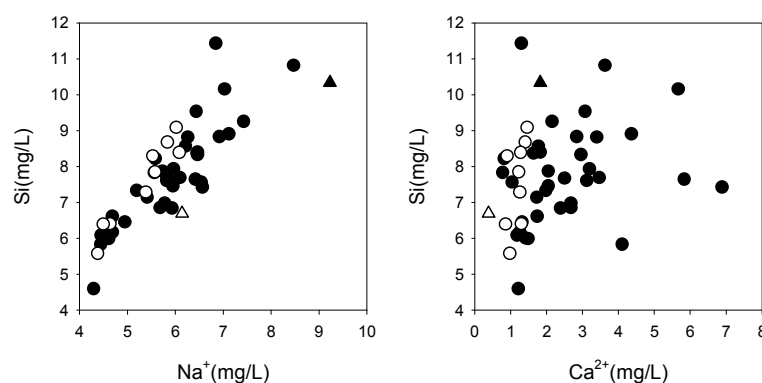


図-2 Na^+ 、 Ca^{2+} と Si 濃度の関係（凡例は図-1 と同じ）

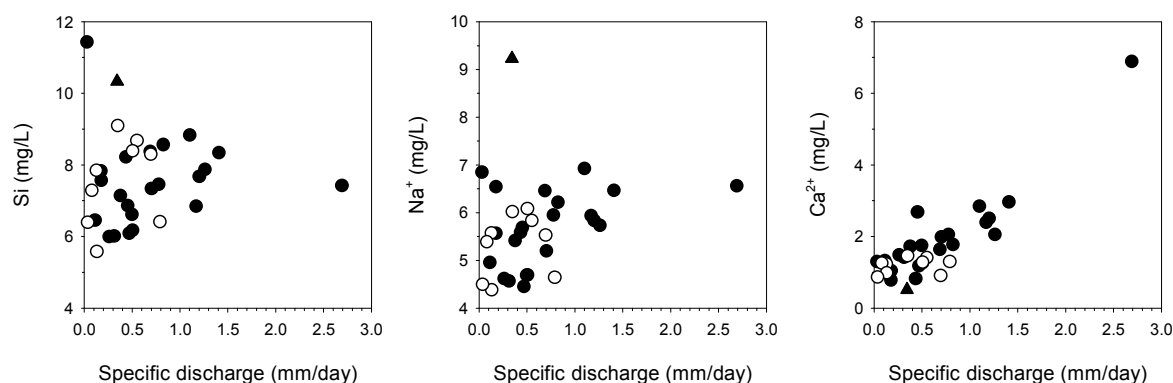


図-3 比流量と水質成分の関係（凡例は図-1と同じ）

Na^+ 、 Ca^{2+} 濃度が低い傾向を示した。特に、 Ca^{2+} 濃度は顕著に非崩壊地で低かった。この結果は崩壊地は非崩壊地に比べて風化が進行していることを示すと考えられる。

流量と水質成分の関係では、比流量が 1.5mm/day 程度までの場合、比流量の増加に対して Na^+ 、 Ca^{2+} 、Si 濃度が増加する傾向を示した（図-3）。特に、 Ca^{2+} 濃度は比流量の増加に対して明瞭に増加する傾向を示した。これらの結果から、比流量が大きい溪流は深部に浸透した岩盤地下水の寄与が大きいと考えられる。一方、流域面積と水質成分の関係においては、流域面積が小さい場合に大きなばらつきを示し、流域面積が小さい場合には岩盤地下水の寄与が異なることが示唆された。

また、陽イオン（ Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} ）と Si の 5 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。今回の分析において、主成分の累積寄与率は第 1 主成分までで 49.11%，第 2 主成分までで 81.92%であり、5 次元の情報量がほぼ 2 次元に集約されていた。第 1 主成分得点および第 2 主成分得点による散布図を図-4 に示す。第 1 主成分では、風化指標となる陽イオン、Si の固有ベクトルが正を示したことから、5 項目の各濃度が総合的に高く、風化が進行している場合に第 1 主成分得点が高い値を示すと考えられる。一方、第 2 主成分は Na^+ 、Si の正の値を示し、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ が負の値を示した。 Na^+ 、Si の固有ベクトルが正であったことから、風化指標の中でも Si 濃度、 Na^+ 濃度が高い場合に第 2 主成分得点が高い値を示すと考えられる。主成分得点の散布図において、概ね崩壊地は図の右側に位置し、非崩壊地は左側に位置していた。主成分分析の結果も崩壊地において風化が進行していることを示し、崩壊の素因要素として基岩の風化が密接にかかわっている事を裏付ける結果となった。

以上の結果から、非崩壊地より崩壊地の方が Si 濃度、 Na^+ 濃度、 Ca^{2+} 濃度が高く、比流量が大きい傾向を示した。つまり、風化が進行し、また、岩盤地下水の寄与の大きく比流量の大きい溪流ほど災害発生の危険性が高いことが考えられる。

4. まとめ

平成 21 年 7 月に大規模な土砂災害が発生した山口県防府市において調査を行った。その結果、風化花崗岩である防府市付近では深部に浸透した地下水の寄与が大きいと比流量が大きくなる傾向が認められた。また、崩壊地は非崩壊地に比べて、岩盤地下水の寄与が大きいことが示された。これらの結果から、岩盤地下水の寄与が大きい流域ほど崩壊発生の可能性が高いことが明らかになった。本研究を通して、水文・水質調査によって岩盤地下水動態の空間分布特性を把握し、崩壊発生危険流域を予測できる可能性が示された。しかし、地質によって岩盤地下水の動態が異なるため、今後は各地質に対応した評価法を検討する必要がある。

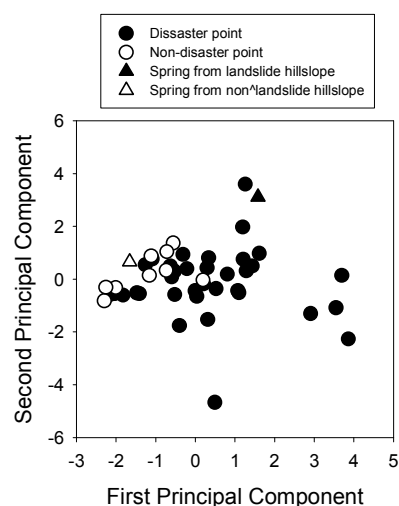


図-4 主成分得点の分布図