

花崗岩山地小流域での基岩湧水の流出特性

北海道大学大学院農学院 ○松永一慶
北海道大学大学院農学研究院 桂真也

1.背景

現在まで数多く提案されてきた表層崩壊発生 の場所とタイミングを予測するモデル（崩壊モデル）は、山体斜面の基岩を不透水層とみなし、土層だけの水分挙動を考慮して構築されている。しかし近年、山地小流域における水文観測により、土層から基岩へ一旦浸透した水が斜面下部で土層に流出していることが明らかにされつつある。この流出成分が表層崩壊に寄与している可能性が指摘されており、崩壊モデルのさらなる精度向上のためにはその流出成分をモデルに組み込む必要があると考えられる。しかし、既往研究の多くは、テンシオメータやボーリング孔を利用した地下水挙動の観測や、水質を用いた成分分離などから間接的に基岩からの流出を評価しており^{例えば 1,2}、基岩からの流出を直接観測した事例はほとんどない。そこで本研究では、崩壊モデルの精度向上へ向けた第一歩として、基岩からの流出を直接観測できる流域において詳細な水文観測を行い、その流出特性を明らかにすることで、表層崩壊発生への寄与を検討することを目的とする。

2.研究対象地・方法

研究対象地は、北海道森林管理局十勝西部森林管理署東大雪支署管内 2051 林班内に位置する山地小流域（約 5.6ha、図 1）である。基岩地質は花崗岩で、流域内を東流する小溪流の両岸で基岩が露出しており、基岩の割れ目からの湧水（基岩湧水）が 4 か所（図 1 の BF1～4）確認できる。このうち BF1,4 が右岸側、BF2,3 が左岸側からの湧水である。

基岩湧水の流出源を推測するため、水質分析・水温計測を行った。水質分析については、2020/7/16～11/4 の期間に 3 週間から 1 か月おきに降水・土壌水・基岩湧水を現地で採水し、その場で電気伝導度（EC）を計測した。降水は採水ボトルを設置して収集した（図 1 の点 A）。土壌水は、基岩からの流出水の影響を受けていないと考えられる尾根部に位置する点 B において、2 深度（80, 160cm）に設置したライシメーターにより採取した。水温については、基岩湧水の水温を 10 分間隔で連続計測し、また点 B の近傍において土層の地温を 6 深度（10, 40, 80, 120, 160, 200cm（土層-基岩境界））で 1 時間間隔で連続計測した。さらに、基岩湧水の流出特性を把握するため、2020/8/26～11/4 の期間に BF1, 2 の基岩湧水を三角堰に導いて流出量を 10 分間隔で連続計測した。降水量は点 A に設置した転倒ます式雨量計により 10 分間隔で連続計測した。

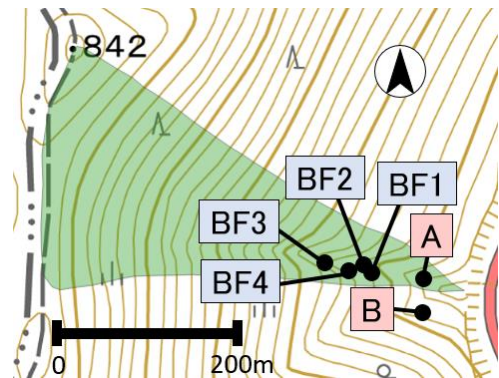


図 1：対象流域の地形図

3.結果・考察

図 2 は、日雨量と基岩湧水の日流出量を示したものである。8/29～31 の降雨（総雨量 99mm）時は、流量は減少傾向にあったが、数日経過してから増加し始め、降雨の約 10 日後にピーク流量が観測された。一方、9/18 の降雨（総雨量 33mm）に対しては、流量は比較的鋭敏に増加した。このように、降雨に対する流量の反応に法則性はみられなかったが、BF1, 2 ともに流量の波形は概ね一致していたため、基岩湧水の起源は互いに類似していると推測される。

図 3 は、基岩湧水の日平均水温と土層各深度の日平均地温を示したものである。山体深部ほど地表面温度の季節変化の影響を受けにくく、地温の季節変化の振幅は小さくなる³。BF1 の水温は深度 200cm よりも低い一方、水温の変動波形は深度 10cm の地温と類似していた。これは、基岩地下

水が流出する際に、土層からの熱拡散により水温が変動するほどの、浅層を經由しているためと考えられる。一方 BF2 の水温は観測期間中約 7°C で一定で、深度 200cm の地温より 3°C 程度低かった。これより、BF2 は流出時に土層の熱の拡散の影響を受けていなかったと推測される。

図 4 は、各水サンプルの EC の測定結果である。山体深部の地下水ほど、土層および基岩の化学的風化によって EC は高い傾向にある⁴。しかし、基岩湧水と土壌水の EC はどちらもおよそ 25~30 μ S/cm で、有意な差はなかった。このことから、土層に滞留していた地下水が基岩割れ目から流出している場合や、強風化状態にある基岩内部を湧水の起源としている場合が考えられたが、詳細は不明である。

これらより、基岩湧水 BF1,2 の起源と流出経路は以下のように推測される。

BF1,2 は類似した流出波形より、起源は一致していると推測される。さらに、水温より、起源は互いに深度 200cm より深い、BF1 では薄い土層直下の基岩浅層を長時間通過（あるいは土層を經由）したのち流出し、BF2 ではそれよりも深部を主な経路として流出していると推測される。しかし、土層と BF1,2 の水質に差異がみられなかったことから、どちらも起源が基岩深層である可能性は低いと考えられる。

4.まとめ

以上より、基岩湧水の起源は BF1,2 で互いに類似していたが、流出経路は BF1,2 で異なることが分かった。このことから、基岩地下水の影響を崩壊モデルに組み込む場合には、その起源や流出経路などを考慮に入れる必要性が示唆された。今後は BF3,4 も同様に流量・水温の計測や水質分析を行い、各水サンプルの SiO₂ 濃度等も分析・整理していくことで、より詳細な流出特性の分析を行っていく予定である。

謝辞

本研究を実施するにあたり、林野庁北海道森林管理局のご協力をいただいた。本研究は JSPS 科研費 JP19H02392 の助成を受けて実施した。

参考文献

1:Uchida et al.(2003),Water Resources Research,39(1),1018. 2:Kosugi et al(2011), Water Resources Research,47(7),W07530. 3:後藤ら.(2006),地質ニュース,626,45-51. 4:Scanlon et al.(2001) Water Resources Research,37(4),1071-1082.

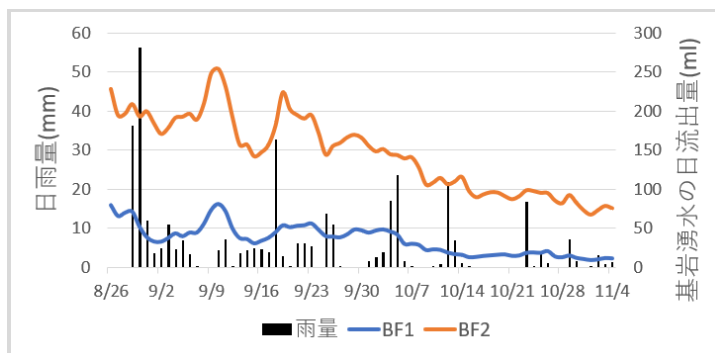


図 2：日雨量と基岩湧水の日流出量

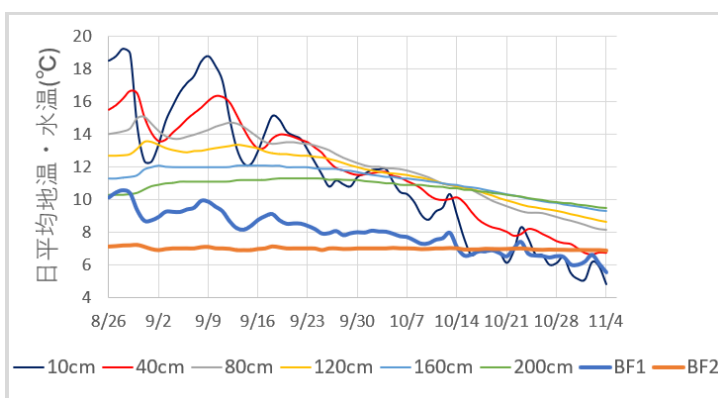


図 3：基岩湧水の日平均水温と、地表面から深度 10,40,80,120,160,200cm の日平均地温

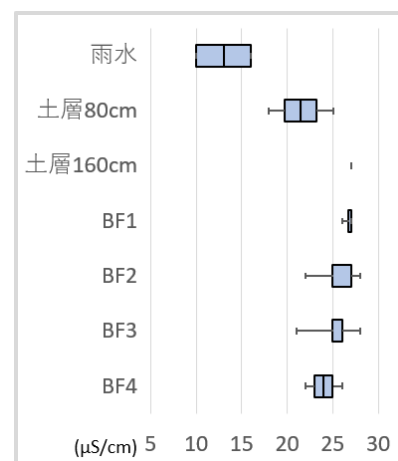


図 4：降雨、土層水、基岩湧水の EC (μ S/cm) 測定結果