

## 花崗岩から成る山地小流域における基岩湧水の流出特性

○安藤あかり（北海道大学農学部） 桂真也（北海道大学大学院農学研究院）

### 1, 背景と目的

豪雨による表層崩壊は日本各地で頻繁に発生し、被害をもたらしている。このような災害を防ぐためには、崩壊の発生場所やタイミングを正確に予測する必要がある。表層崩壊のメカニズムを理解する上で雨水の山体への浸透や地下水の流動プロセスを理解することが重要視されている。これまでの研究では、降雨が土層に浸透して基岩面上に地下水位を発生させ、斜面の不安定化を招くと考えられてきたが、近年の研究では基岩層から土層に復帰する地下水（基岩湧水）も重要な要素であり、表層崩壊に寄与する可能性が示唆されている（小杉ら 2012; Montgomery et al. 1997）。しかし、通常は土層に覆われて直接確認できない基岩湧水の特性を正確に把握することは困難であり、湧水の観測例も限られている。本研究では、基岩湧水の表層崩壊への影響を理解するために基岩湧水を直接確認できる山地小流域において現地観測を行い、基岩湧水の流出特性を明らかにすることを目的とする。

### 2, 方法

研究対象地は、北海道十勝地方の狩勝峠に位置する、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 林班内の山地小流域で、面積は 6.87ha、基岩地質は花崗岩である。流域内小溪流の両岸は基岩が露出しており、直接観測できる基岩湧水が複数みられる。

観測内容は水質・温度・基岩湧水の流量・降水量の 4 つである。水質は雨水、土層水、基岩湧水の 3 種類を現地に赴いた際に採取し、 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度を分析した。温度は土層地温（10～200cm の 6 深度）、基岩湧水温を連続計測し、松永

（2023）を参考に、各温度の季節変化に正弦曲線をフィッティングすることで、振幅を求めた。流量は転倒ます式の流量計または三角堰により連続計測した。降水量は流域内の開けた地点で連続計測した。一降雨イベント（24 時間以上降雨がない場合に別イベントとする）内の最大時間雨量が発生した時刻と、最大時間雨量後に流量のピークが発生した時刻の差分（ピークラグ）を整理した。

### 3, 結果

図 1、図 2 に 2022 年と 2023 年の基岩湧水の流量と降水量のグラフを示す。R 1 から R 5 までが今回観測した基岩湧水の湧水点をラベリングしたものである。R1、R2、R3、R4、R5 の順に、2022 年と 2023 年を通しての最小流量は 18 L/h、31 L/h、130 L/h、0 L/h、21 L/h となっており、最大流量は 286 L/h、117 L/h、480 L/h、502 L/h、392 L/h であった。R3 は最小流量が最も大きく、恒常的に多量の基岩湧水が湧出していると言える。一方、最大流量が最も大きいのは R4 であったが、最小流量は 0 L/h と流量変動の幅が最も大きかった。以上より、表層崩壊への影響が大きいと考えられる R3 と R4 に着目してさらに詳しく見ていく。

雨水、土層水、基岩湧水の水質の分析の結果、 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は雨水、土層水、基岩湧水いずれも採水日により変動するものの、一貫して雨水、土層水は基岩湧水よりも  $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が低いことが分かった。 $\text{Ca}^{2+}$ は基岩の風化過程で溶出する成分である（松倉 2008）ことから、今回計測した基岩湧水の起源は深層の基岩地下水と確認できる。また、土層地温と基岩湧水温の季節変化の振幅を比較したところ、深度 10 cm 地温では 11.2°C、深度 200 cm 地温では 5.5°C、R3 の

基岩湧水温は 0.6°C、R4 の基岩湧水温は 0.8°C と、基岩湧水温の季節変化の振幅は深度 200 cm までの地温と比較して明らかに小さかった。このことから、R3,R4 の基岩湧水は深度 200 cm より深部の基岩由来であるといえる。

ピークラグは外れ値（四分位偏差法による）を除くと、R3 で 4~51h、R4 で 7~50h であり、両者に大きな違いは見られなかった。

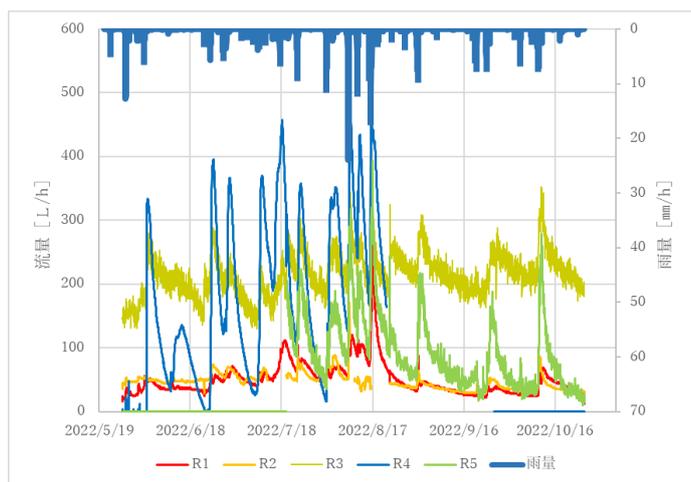


図 1 2022 年基岩湧水流量と降水量

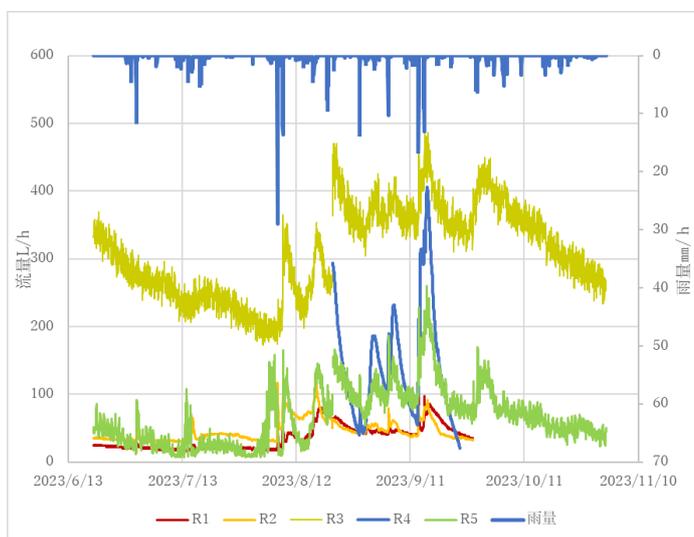


図 2 2023 年基岩湧水流量と降水量

#### 4, 考察とまとめ

今回の研究では、表層崩壊に対する基岩湧水の影響を検討するための一歩目として、複数の

基岩湧水を直接観測した。ピークラグは 4h 以上であり、表層崩壊が降雨ピークから遅れずに発生することが多く報告されていることを考慮すると、基岩湧水の流出ピークが表層崩壊の直接的な引き金になるとは考えづらいが、降雨ピークが、直前の降雨イベントの降雨ピークから数十時間遅れてピークを迎えた基岩湧水の流出と時間的に一致することで、意外性を伴った表層崩壊が発生する可能性が考えられる。また、同一小流域内でも流出特性が異なる基岩湧水が存在しており、表層崩壊への影響を検討するにはそれぞれの特性を把握する必要があることがわかった。今後は降雨量から基岩湧水量を得る基岩湧水モデルの構築を進め、基岩湧水が表層崩壊に与える影響についてさらに検討していく必要がある。

#### 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き、また北海道大学の渡部敏裕准教授には水質分析で助力をいただいた。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: 松永一慶 桂真也 吉野孝彦 松永隆正 (2023) 砂防学会誌 6 (1)、34 - 41、2023 - 05
- 2: 小杉賢一郎・木下篤彦・藤本将光・水山高久・三道義己 (2012) 砂防学会誌, 65(1):, 27-38.
- 3: Montgomery, D. R., Dietrich, W. E., Torres, R., Anderson, S. P., Heffner J. T., Loague, K. (1997) water resources research, 33(1): 91-109.
- 4: 松倉公憲 (2008) 地形変化の科学-風化と浸食-. 朝倉書店, 東京都, 256p.