

深層崩壊の発生機構の検討

－ 選択的な山体地下水流動経路の存在について －

京都大学農学研究科 小杉賢一朗[○]・小松正弥
正岡直也・柴田俊

1. はじめに

山体の基岩内部に存在する地下水（山体地下水）の水位上昇は、降雨に伴う深層崩壊発生の主たる誘因と考えられている。しかしながら、山体地下水の詳細な挙動は明らかにされておらず、その降雨応答の解析や斜面安全率の評価においては、平均的な地下水面の存在が仮定されることが多い。その一方、特に堆積岩山地において、実際に調査ボーリング孔を掘削すると、複数の深度に地下水帯の存在が確認されることが多く、3次元的に入り組んだ地下水流動経路の存在が推察される。

本研究では、このような複雑な地下水流動の特徴を解明する目的で、付加体堆積岩山地を対象として調査ボーリング孔を高密度で掘削し、詳細な水文・水質観測を行った。以下に、その結果を述べる。

2. 調査地の概要と調査手法

調査地は滋賀県甲賀市の金山である。中～後期ジュラ紀の付加コンプレックスを基質としている。本調査地では、図-1 に示すように 15 個の流域が設定されている。各流域の出口には、図-2 に示す簡易量水堰が設置され、流出量が計測されている。本研究は G 流域を主たる対象とした。

図-3 には、G 流域内の調査ボーリング孔の配置を示した。各地点では深度別の地下水を分離して計測するために、複数のボーリング孔が掘削されている。図-3 中には、例として g01 および g02 地点におけるボーリング孔の詳細を示した。深度が大きな孔から順に、M, S, T と呼んでおり、それぞれ異なる深度にストレーナ（有孔管）を設けている。地質は砂岩ならびに砂岩頁岩互層を主体とし、g01 地点の地表付近ではチャートがみられた。

各ボーリング孔の孔底に圧力式水位計を設置し、地下水位の変動を 10 分間隔で自動計測した。さらに、2017 年 11 月 5 日には、各孔から地下水を採取し、電気伝導度と主要イオンの分析を行った。

3. 結果と考察

図-4 には、ceg, efg, g01, g02 孔の主要イオン分析結果をスティフダイアグラムで示した。また、電気伝導度（EC）の計測結果を数値で示した。山頂の ceg 地点や稜線の efg 地点における M 孔の地下水は、EC が $26 \sim 37 \mu\text{S}/\text{cm}$ と低く、ナトリウム・カリウム－塩化物イオンの量が相対的に大きい特徴を示していた。これらの特徴は、g01 地点の M 孔および S 孔の地下水でも見られる。一方、g01 地点の T 孔の EC は M, S 孔に比べて高く、また、マグネシウム－硫酸・硝酸イオンの量が比較的多い点も、M, S 孔とは異なっていた。さらに

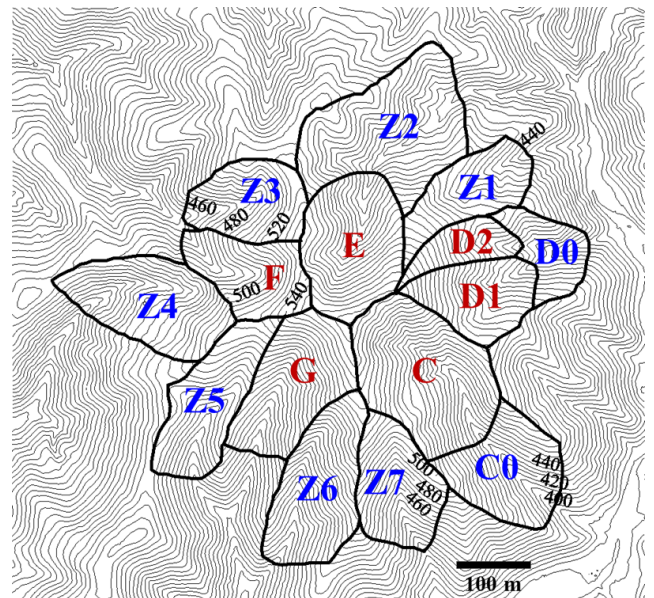
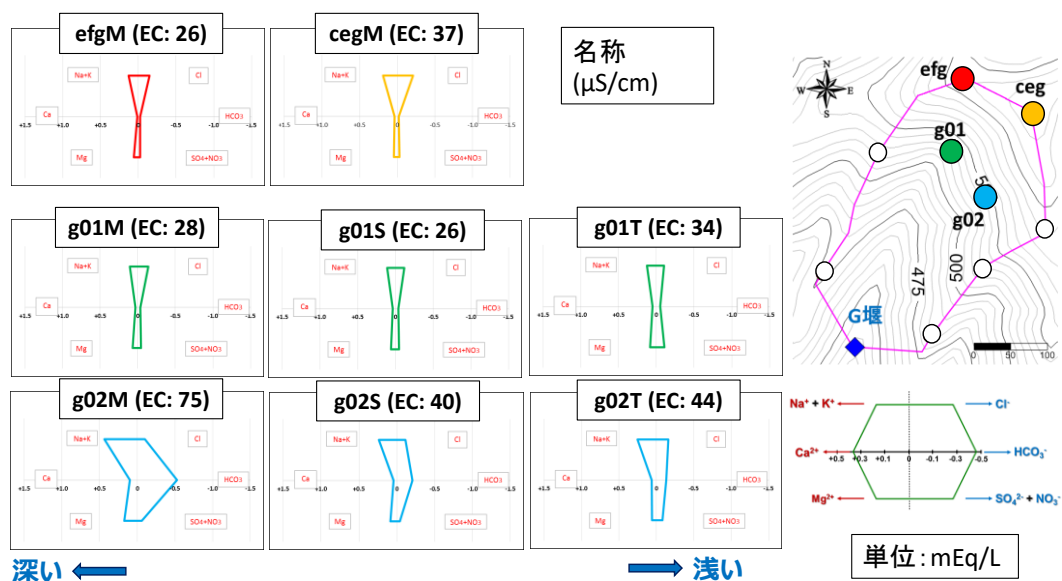
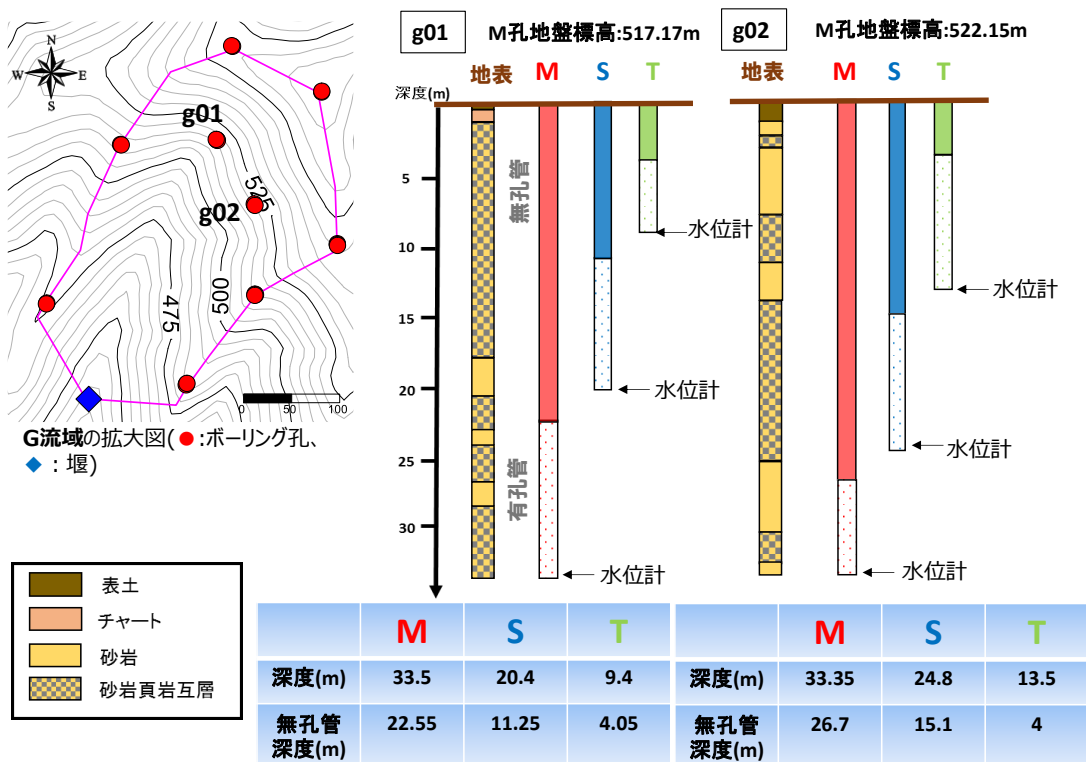


図-1 調査地の地形と流域の配置



図-2 流域出口に設置された量水堰



g02 地点では、全深度の地下水において EC が比較的高く、また、ナトリウム・カリウム-重炭酸イオンが多い特徴を示した（ただし、ここの重炭酸イオン濃度はイオンバランスに基づく逆算値である）。以上の結果から、山頂や稜線の地下水が、主として g01 地点の中～深層に流下していることが推察される。

地下水位変動の計測結果（図は省略）では、g02 地点において、T 孔の波形が降雨に対して最も鋭敏に反応し、M 孔の波形が最も緩やかであった。一方 g01 地点では、M 孔の波形が最も鋭敏であり、中規模以上の降雨で S 孔の水位よりも高くなり、さらに大規模降雨では T 孔の水位よりも高くなる傾向がみられた。これらの結果は水質分析から得られた傾向と良く符合しており、g01 地点の深部に選択的な地下水流動経路が存在していることを強く示唆していた。

さらに、G 流域出口で計測された流出波形と EC の波形は、g01 地点 M 孔の水位波形と対応を示しており、g01 地点の深部の地下水流動が G 流域の主要な水文プロセスであることが推察された。