

水文地質構造に規制された山体地下水の挙動とマスムーブメント一火成岩体からなる斜面において

The Behavior of Mountainous Groundwater and Mass Movement Controlled by Hydrogeological Structures-On the Slope Composed of Igneous Rocks

○辻野裕之・松四雄騎
○Hiroyuki TSUJINO, Yuki MATSUSHI

Mass movement by heavy rainfall are closely related to the hydrogeological structure and behavior of groundwater. Understanding the interaction between the hydrogeological structure and the groundwater flow process from the subsurface to the weathered zone and bedrock will clarify the mass movement mechanisms. In this study, it was demonstrated that the self-weight deformation of igneous rocks strongly affects the hydrogeological and topographic processes of slopes when igneous rocks with high-angle columnar joints are distributed above low-permeability sedimentary rocks. Two contrasting slopes with different slope failure occurrences and spring water locations were selected, and hydrological surveys including boring surveys and groundwater level observations were conducted on each slope. Based on the hydrological observation results, the relationship between the groundwater flow process dependent on self-weight deformation and hydrogeological structures was clarified.

1. 研究の目的

山地部において、降雨に起因するマスムーブメントの多様性は、水文過程への岩盤地下水の寄与によるところが大きい。岩盤地下水は、亀裂の状態や岩石の透水性などを含む地質条件に依存して複雑に存在し、さらに、岩盤の風化・変形に伴い、水理特性が時空間的に変化することが予想される。そのため、水文過程への岩盤地下水の寄与については、特定の地質条件での実証的研究が重要である。本研究は、高角柱状節理が発達する火成岩が透水性の低い堆積岩の上位に分布する地域を対象とし、柱状節理形成後の自重変形に起因した岩盤亀裂の開口・緩みの状況が、変形の程度により対照的な水文地質構造を形成し、これが、山体地下水の挙動やマスムーブメントの発生・形態にもたらす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 調査地

調査地は、紀伊半島南部に位置する那智川流域を対象とした。那智川流域の基盤地質は、中新世の堆積岩類に花崗斑岩が貫入（板状貫入）している。花崗斑岩は熊野酸性火成岩類に分類され、高角度の柱状節理を有する。中新世堆積岩は熊野層群に属し、那智川流域では砂岩と泥岩が互層をなし、緩やかに北傾斜する層序構造を示す。

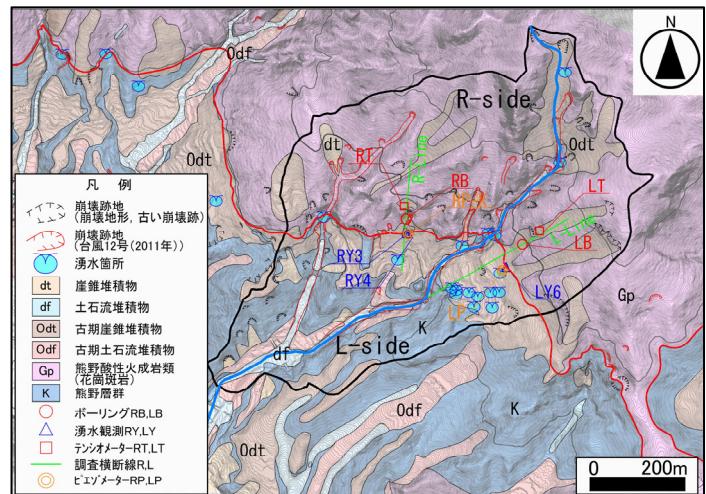


図-1 平野川における観測地点位置図

本研究では、那智川流域の支流である平野川に焦点をあてた。ここでは、上流で花崗斑岩、下流で堆積岩（熊野層群）が分布し、崩壊・湧水箇所の分布に特徴を有している。地質構造に規制された山体地下水の挙動が、これら崩壊・湧水分布などの特性を発現したサイトとして、その機構を調べるために典型的な場として取り上げた。

3. 方法と結果

露頭の観察状況から、平野川流域では左岸で岩盤の変形が進み、右岸では、概ね変形していないという傾向が確認される。調査と観測は、まず、

両岸において、それぞれ、ボーリング位置・代表測線を選定し、次いで、表層から岩盤にいたる地下水流動過程を明らかにするために、多面的かつ総合的観測を展開することを目的に 4 つの観測

(ボーリング孔内水位 RB・LB, テンシオメーター RT・LT, 湧水流量 RY・LY, ピエゾメーター観測 RP・LP) を計画・実施した (図-1 参照)。ボーリングでは岩盤内に、4 層の地下水位観測孔を設け、テンシオメーターは表層内の深度 125cm までに、25cm 間隔に 5 深度で設置した。

ボーリング孔内水位観測は、2017 年から開始し、これ以外の観測は 2022 年 6 月に一連の観測を開始した。これらの観測結果に基づき、①表層の水分量-岩盤地下水、②岩盤地下水-流出量、③降雨-岩盤地下水・流出量との関係を解析し、水文地質構造 (の違い) について考察した。

4. 水文解析と考察

(1) 表層の水分量-岩盤地下水との関係

表層全体の有効飽和度 Se と岩盤地下水位の上昇速度との関係を図-2 に示す。 Se は表層内に深度別に設置したテンシオメーターの観測値と室内 pF 試験結果に基づいて算出した。これより、表層の Se が概ね 0.9 を超えると岩盤地下水が反応する傾向が確認される。亀裂の状態の違いに伴う左右岸における、 Se の閾値の違いや応答履歴の相違の可視化について、検討を進める。

(2) 岩盤地下水-流出量との関係

岩盤地下水の貯留と流動形態について、岩盤地下水位と湧水の流出流量との関係を検討した。右岸では開口していない亀裂内地下水の挙動を反映したと思われるピストン的な動きを示し、左岸では減衰過程より、亀裂の開口の程度に応じた自由地下水面上的挙動が Dupuit-Forchheimer の式で説明できる可能性があることを確認した。

(3) 降雨-岩盤地下水・流出量との関係

降雨イベントごとに岩盤地下水と流出流量の特性を整理し、降雨 (実効雨量や累積雨量) に対する応答特性を検討した。図-3 には、水位・流出流量のピーク時の実効雨量 (半減期間 $T=24$ 時間の場合) と水位・流量変化の関係を示す。これより、左右岸で応答特性の違いが確認され、亀裂の状態に応じた貯留媒体の差異がこの関係に表わされている可能性を示していることが推定される。

水文解析を進め、水文地質構造とのつながりを明らかにし、水文過程とマスムーブメントとの相互作用について、論じていきたい。(参考文献省略)

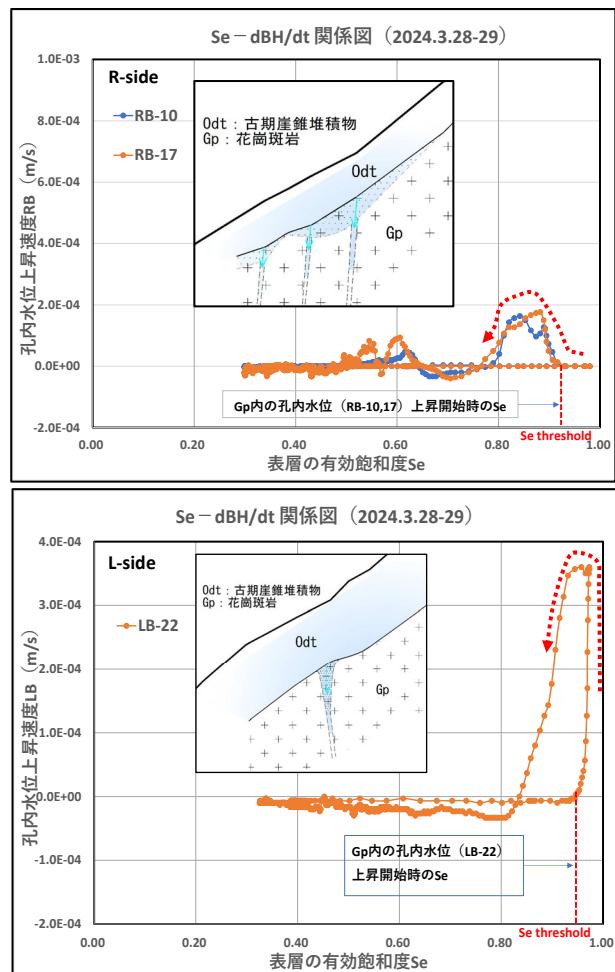


図-2 表層の Se と岩盤地下水位の反応履歴

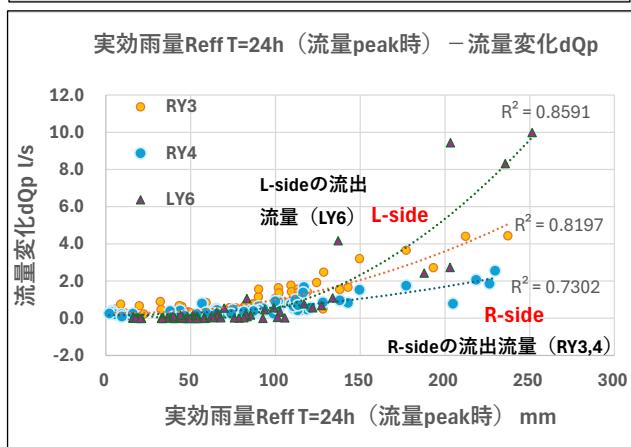
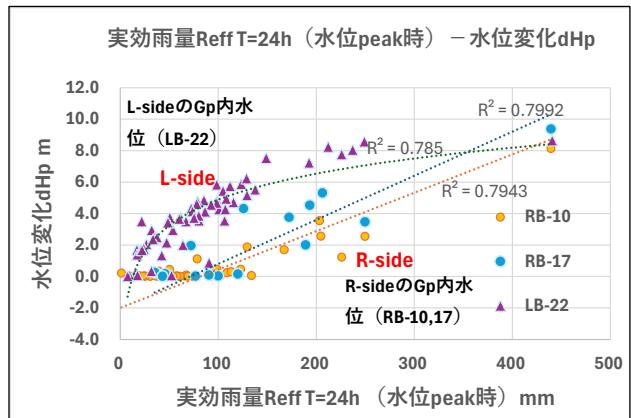


図-3 降雨と岩盤地下水位・流出量との関係