

岩盤の自重変形に伴う水文地質構造の変化に規制された山体地下水の挙動とマスムーブメント

The Behavior of Mountainous Groundwater and Mass Movement Controlled by Hydrogeological Structures Change due to self-weight deformation of Bedrock

○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. The relationship between the groundwater flow process dependent on self-weight deformation and the mass movement mechanism was clarified by the hydrological observation results.

1. はじめに

山地部において、豪雨時に発生する表層崩壊・岩盤崩壊などの多様な不安定化機構を明らかにするためには岩盤地下水を含む山体地下水の挙動を明らかにする必要がある。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、水理特性が大きく変わることが予想される。

岩盤地下水の挙動予測は困難で、特に亀裂性岩盤は、表層から岩盤に至る水文過程や地下水流出に関する理解が遅れている。本研究は、岩盤の変形に伴う亀裂の開口状態の違いにより、水文環境が変わり、地形過程にかかわるかをテーマとした。

本研究では、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斜面崩壊を含む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、紀伊半島の南東端に位置する那智川の左岸支流の平野川流域である。那智川流域では

これまで、火成岩である花崗斑岩分布域で多くの崩壊が発生している。

平野川流域の左右岸斜面では、異なる斜面方位で異なる土砂移動現象・湧水分布が確認され、これが、花崗斑岩の柱状節理に起因する自重変形の程度と関わっているという仮説をたてた。

岩盤地下水の挙動に影響する亀裂の存在・状態を含む水文地質構造の条件が異なる場を比較対照とすることで、変形に伴う岩盤の亀裂の状態が、山体地下水の水文過程やマスムーブメントに与える影響を実証的に評価できるのではと考えた。

3. 方法

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評価でき、左右岸において、それぞれ、ボーリング位置・代表測線を図-1に示すように選定した。

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図-2に示す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）を計画した。なお、表層部については、テンシオメーターを深さ 25cm 間隔で設置すると共に、深度別に採取した試料を用いて pH 試験を行っている。

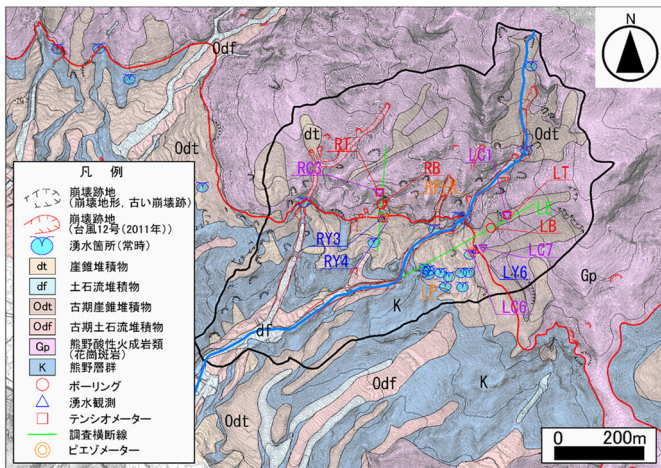


図-1 平野川流域内の観測地点位置図

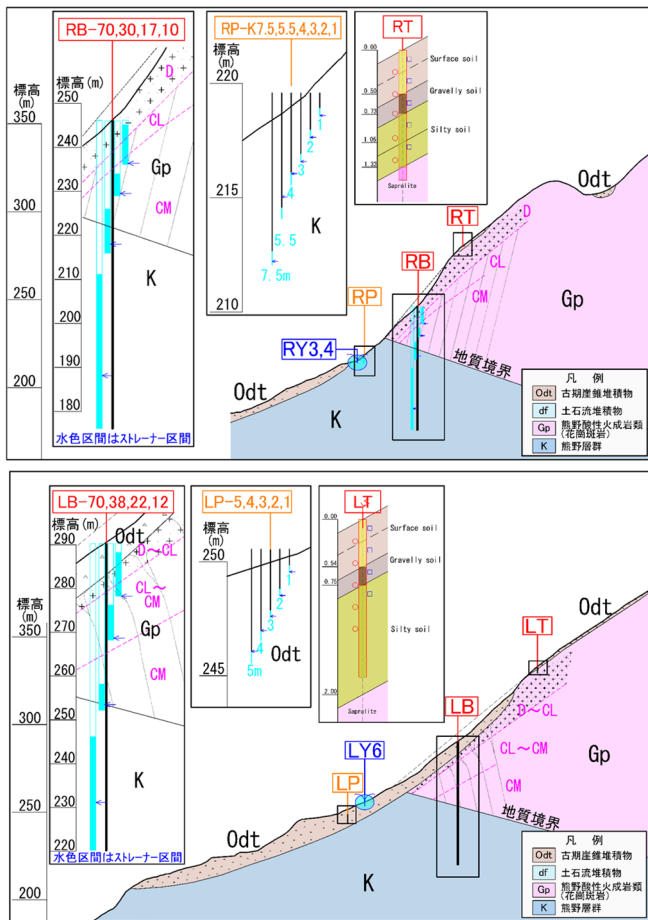


図-2 観測体制図（上が右岸 R, 下が左岸 L）

4. 結果

ボーリング孔内水位観測は、2017 年から開始し、テンシオメーター・ピエゾメーター・湧水流量の観測は 2022 年 6 月に一連の観測を開始した。

表層から岩盤へのつながりについては、地質調査結果に基づき、岩盤の亀裂状態を想定すると共に、室内 pF 試験で得られた水分特性曲線をモデル化し (Kosugi, 1994)、深度ごとのテンシオメーター測定値を用いて算定した表層全体の飽和度を指標とした。

5. 解析と考察

水文観測で得られたデータを用いて、表層から岩盤に至る水文過程や地下水流出に関し、以下の解析を行った。

- (1) テンシオメーターとボーリング孔内水位
- (2) ボーリング孔内水位と湧水流量
- (3) 湧水流量とピエゾメーター水頭

ここでは、(1)に関する解析結果として、表層全体の飽和度と岩盤地下水位の変化速度との関係を図-3 に示す。右岸・左岸において、岩盤地下水位の変化と表層の飽和度との関係や反応経路などが異なることが確認される。特に、左岸では、飽和度が高くなると地下水位に変化が見られないことが特徴的である。

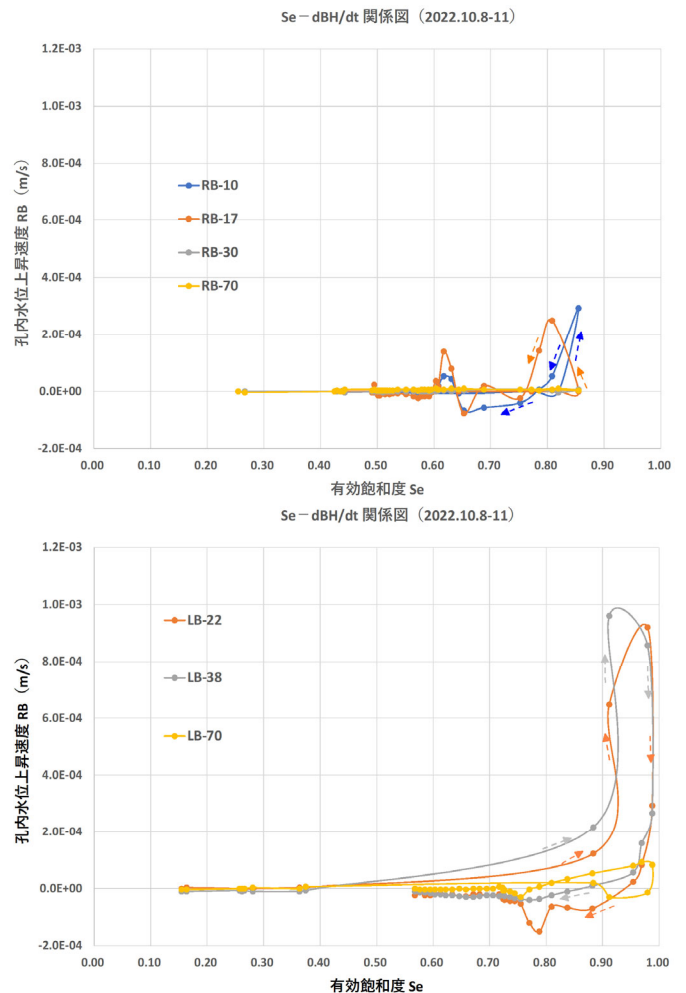


図-3 表層の飽和度と岩盤地下水変化（上が右岸，下が左岸）

これらの解析結果に基づいて、右岸・左岸における表層から岩盤に至る地下水流動特性（涵養から流出）を考察し、平野川におけるマスムーブメントや湧水分布が岩盤の亀裂状態の違いに起因していることを明らかにした。（参考文献は省略）