

中古生層堆積岩山地の地下水が基底流出に及ぼす影響

京都大学農学部 ○堀本大輝

京都大学大学院農学研究科 福岡諄、正岡直也、小杉賢一朗

1. はじめに

堆積岩山地では、流下方向によって流域毎に基底流の流出特性が異なることが知られている。いくつかの先行研究では、流域ごとの流出特性の差異と地層の走向・傾斜の関連性が指摘されてきた（酒井ら, 2009; Inaoka *et al.*, 2020）。しかし、これらの研究はごく限られた流域を対象としたものであり、未だ一般的な知見は得られておらず、流出特性の差異と走向・傾斜の関連性をより明確に示すためには実調査データの蓄積が不可欠である。本研究では堆積岩山地源流域で尾根を共有する3つの流域で基底流量・水質の観測を行い、流出特性の差異と走向・傾斜との関連性について検討を行った。

2. 観測地・観測方法

京都大学芦生研究林および福井県おおい町国有林にまたがる堆積岩山地で、尾根を共有する3つの流域（a、b、c流域）を対象とした。2023年10月24日～25日に18か所の地点で流量を、22か所の地点で水質を観測した。両日ともに降雨はなく、調査前の最後の降雨は開始時刻の55時間前であったことから基底流出の状況にあったと判断した。また、対象地の走向・傾斜と各流域の流下方向の関係から3つの流域を分類したところ、a、c流域は走向方向の流域、b流域は受け盤方向の流域であった。

3. 結果

図1に比流量・区間比流量の観測結果を示す。比流量は、測定地点の流量を測定地点の流域面積で除した値である。区間比流量は、同じ色で塗られたそれぞれの区間内で増加した河川水の流量を、その区間の面積で除した値である。上流域にある湧水点での比流量に着目すると、a、c流域では下流部に比べ大きい一方、b流域では下流部に比べ小さい傾向が見られた。また区間比流量に着目すると、a流域では、湧水点で大きな値を示し、下流に行くにつれて一度値が小さくなったのち再度大きい値を示す支流がいくつか見られた。b流域では、湧水点では値が小さいが下流に行くにつれて増加した。一方c流域では、a流域と同様下流に比べて値が大きい湧水点が見られた。

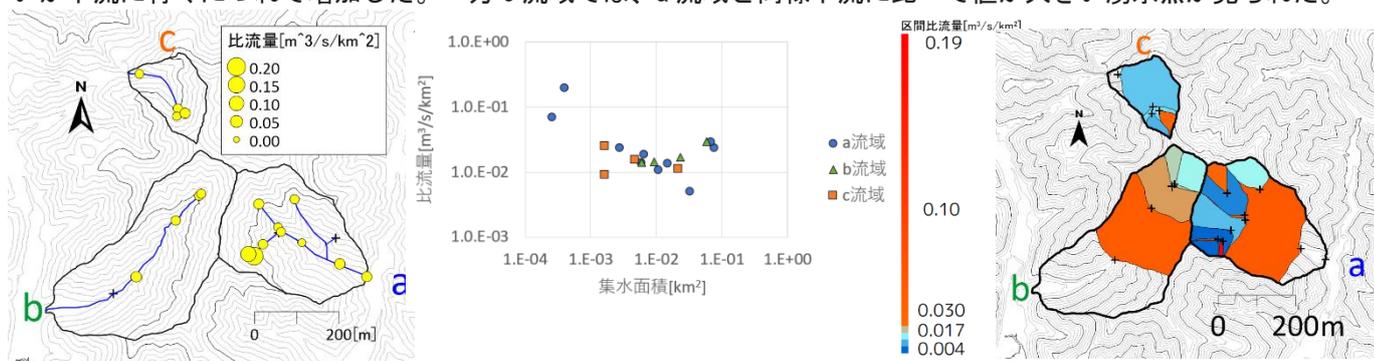


図1 各観測点での比流量の分布（左） 集水面積と比流量の関係（中央） 各区間での区間比流量（右）

図2に各観測点での水質をプロットしたものを示す。今回観測したサンプルは、Na-Cl型、Ca-HCO₃型と、その中間型に大別された。また図3に各測定点でのNa⁺、Si、Ca²⁺濃度分布を示す。a流域のいくつかの湧水点においてはSiに富むNa-Cl型の水が湧出しているが、下流部に行くにつれてSi濃度の低いCa-HCO₃型の水の影響が大きくなる。b流域では一貫してSi濃度は低く主にCa-HCO₃型の水（一部は中間型）の水が流れている。c流域ではSi濃度の高いNa-Cl型の水が流れている。総じてa、c流域とb流域では流出特性に差異があるといえる。

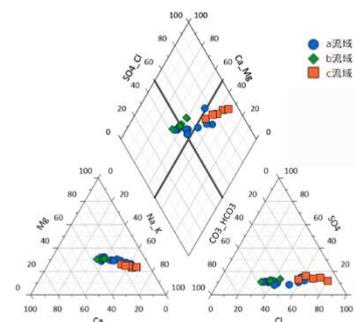


図2 各観測点での水質分布

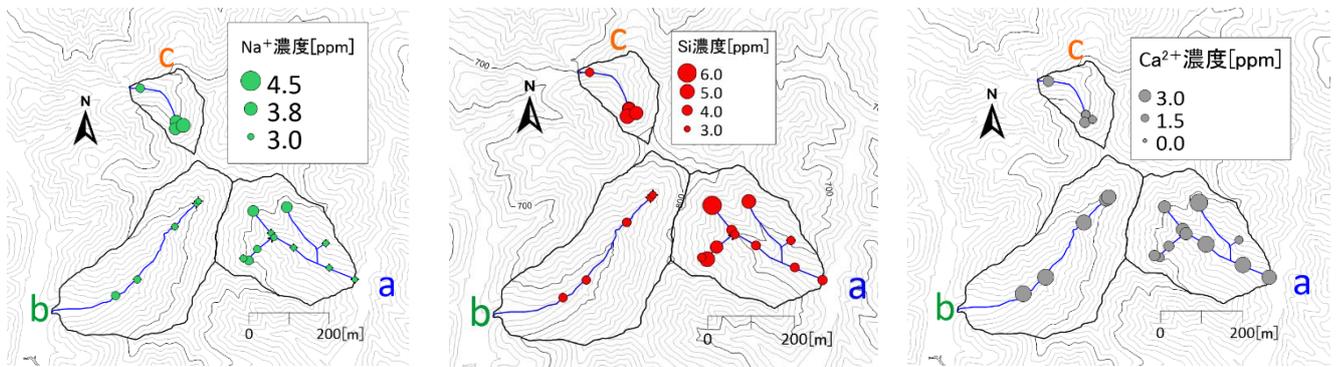


図3 各測定点でのNa⁺濃度、Si濃度、Ca²⁺濃度分布

4. 考察

以上の結果より、本調査流域の山体内には「Siに富むNa-Cl型」と「Si濃度の低いCa-HCO₃型」の二系統の地下水が存在することが示唆された。島田ら(1992)によると、花崗岩山地を対象とした地下水では、鉛直浸透距離が長いほど、SiO₂濃度が高くなることが示されている。また、稲岡ら(2023)によると、チャートを含まない堆積岩山体内の地下水のシリカ濃度は、採水深度が深くなるにつれて線形に増加することが示されている。これらの研究より、地下水は、地下深くに位置するほど高いSi濃度を示すと考えられる。換言すると、高いSi濃度を示す地下水はSiが溶出する土壌ないしは基岩と接している時間が長いといえる。そのため、Siに富むNa-Cl型の水は「滞留時間の長い地下水」、Si濃度の低いCa-HCO₃型の地下水は「滞留時間の短い地下水」と考えられる。

源流部に着目すると、「滞留時間の長い地下水」は走向方向流域での流出に卓越した影響を与える一方、受け盤流域での流出への影響は小さい。また、流域全体に着目すると、受け盤流域では流域全体を通して「滞留時間の短い地下水」の影響が大きい一方、走行方向流域では上流部は「滞留時間の長い地下水」の影響が大きく下流に行くにつれて「滞留時間の短い地下水」の影響が大きくなっていく。以上のことから、3つの流域を共有する尾根の周りには「滞留時間の長い地下水」で満たされた空間があり、その「滞留時間の長い地下水」は受け盤方向に比べ走向方向へ卓越して流出するのではないかと考えられる(図4)。

5. 終わりに

本研究では、堆積岩山地の3つの流域で水質・流量の観測を行った。観測山域内には「滞留時間の長い地下水」と「滞留時間の短い地下水」が存在することと、前者は受け盤方向流域ではなく走向方向流域に卓越して流出していることが示された。今後データを蓄積することで、走向・傾斜と基底流流出特性の関連性がさらに明らかになることが期待される。

<参考文献> Inaoka, J., Kosugi, K., Masaoka, N., Itokazu, T., & Nakamura, K. (2020) : Effects of geological structures on rainfall-runoff responses in headwater catchments in a sedimentary rock mountain, *Hydrological Processes*, 2020; 34:5567-5579.

稲岡諒, 小杉賢一朗, 正岡直也, 勝山正則 (2023) : 詳細地質分布に着目した堆積岩山地における溶存態Si濃度形成機構の推定, 令和5年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 237-238.

酒井隆太郎, 宗像雅広, 木村英雄 (2009) : 堆積岩地域における広域地下水流動特性の評価方法に関する検討 : 房総半島の位置事例, *地下水学会誌*, 54(4), pp. 311-329.

島田緑子, 大手信人, 徳地直子, 鈴木雅一 (1992) : 山地小流域における地下水・渓流水のSiO₂濃度形成, *水文・水資源学会誌*, 5(2), pp. 3-11.

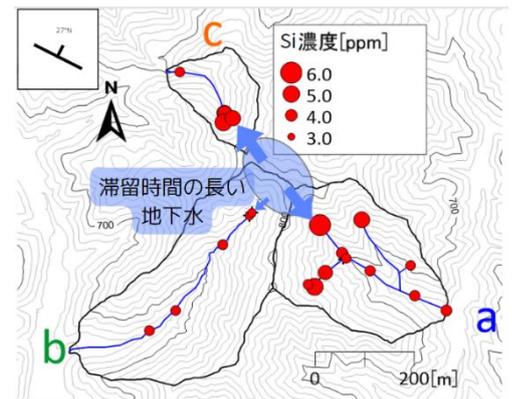


図4 「滞留時間の長い地下水」の分布と流出方向のモデル(仮説)