

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

京都大学大学院農学研究科 ○稲岡諄、小杉賢一朗、正岡直也
 京都府立大学大学院生命環境科学研究科 勝山正則

1. 背景・目的

近年、豪雨の発生頻度増加に伴い深層崩壊の発生が多くなっているとの指摘があるが、深層崩壊の発生メカニズムは十分には解明されていない。深層崩壊は一度発生すると直下流の集落を壊滅させるだけでなく、下流域にも土石流や洪水を到達させる可能性があり、その対策は防災を考える上で重要である。

そこで、本研究では深層崩壊の発生機構の解明に資するように、溶存態 Si 濃度の分布と地質条件から堆積岩山地における地下水や渓流水の挙動を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

本研究では山地の水サンプルから溶存態 Si 濃度を測定した。Si は降水中には含まれず、地表に到達して以降に岩石との接触によって水中に溶解した成分であると考えられる。水サンプルを採取した場所は滋賀県甲賀市に位置する信楽試験地である。信楽試験地の地質は丹波帯I型に分類される混在岩（脇田ら, 2013）で、植生は概ねスギやヒノキの植林帯、土壌は森林土壌が分布している。信楽試験地には流域が 12 個存在し、それらの源頭部斜面に設置されたボーリング孔を利用して地下水サンプルを 47 地点から、渓流水サンプルを 93 地点からそれぞれ採取した（地下水：2017/11/5、渓流水：2022/6/29-30）。採水は 4 日以上無降雨の条件下で行ったため、採水試料は基底流状態を反映すると考えられる。採取した試料は孔径 0.45 μm のメンブレンフィルター(ADVANTEC, DISMIC 25CS045AN)でろ過し、誘導結合プラズマ発光分光分析法(ICP-AES)により溶存態 Si 濃度を測定した。また、地下水サンプルを採取する直前にロープ式水位計（アルファ光学株式会社, WL シリーズ TYPE.2 100 m）を用いて地下水位の観測も行った。

3. 結果と考察

溶存態 Si 濃度の分布は図 1 のようになった。また、降雨が土壌や基岩に浸透し、地下水として流出するまでの過程を考え、横軸に採水深度 [m]、縦軸に試験地中央に位置する山頂から水面までの 3 次元的な距離 [m]を取ると図 2 のようになった。

図 1 から溶存態 Si 濃度は試験地北側で小さく、南側で大きい傾向にあることが分かった。この傾向は特に地下水において顕著であった。図 2 より、溶存態 Si 濃度と採水深度や山頂からの 3 次元的な距離（≒斜面の長さ）の間に相関関係は見られなかった。地質別に溶存態 Si 濃度の分布をみると、チャート地質の地下水において溶存態 Si 濃度が特に小さく、概ね 5 mg/L 前後であることが分かる（図 3）。そこで、チャートを全く含まないボーリング孔で採水された地下水のみを取り出すと、溶存態 Si 濃度は採水深度が深くなると線形に高くなる傾向が見られた（図 3）。従って、溶存態 Si 濃度の形成はチャート層を通過しているかどうかによって大きく変わり、通過している場合は概ね 5 mg/L、そうでない場合は地下水面の深度に応じて濃度が高くなると考えられる。この傾向は既往研究の結果からも読み取ることができた（金井ら, 1999; 苗村・楊, 2016）。

溶存態 Si 濃度がチャート層を通過するとなぜ 5 mg/L 前後に留まるのか考察する。まず、岩種による浸

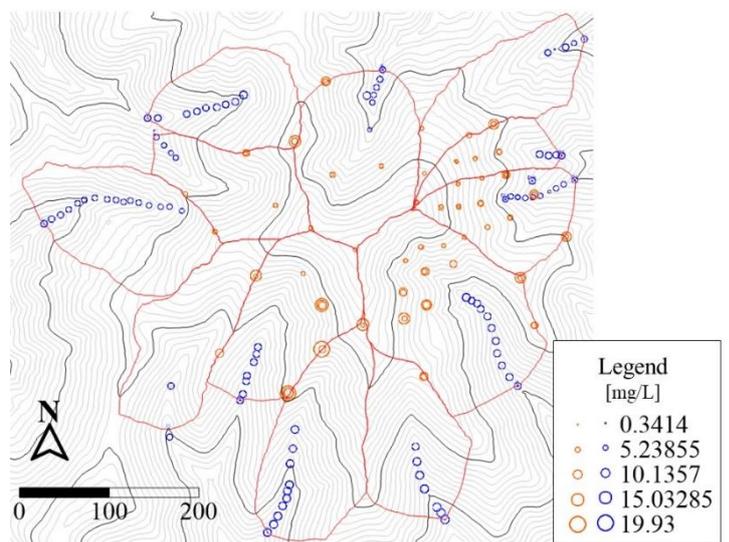


図 1 溶存態 Si 濃度分布。等高線の間隔は 5 m。○が地下水、○が渓流水をそれぞれ表す。

食耐性の違いが影響すると考えられる。Elango and Kannan (2007)は砂岩や頁岩と比べてチャートや珪岩では化学的風化に対する抵抗力が高いと述べている。また、チャートの透水係数が砂岩や頁岩と比べて低いこともその一因であると考えられる(Singhal & Gupta, 2010)。さらに、ボーリング柱状図には多くの地点で層理面に沿った亀裂が多く発達していることが記載されているほか、三上ら(2002)や脇田ら(2013)は信楽試験地を含む京都府南部～滋賀県南部に分布する丹波帯I型堆積岩には基岩に熱変性の影響が強く認められることから石英の結晶度が高く、チャート基質を通過する地下水が比較的速やかに流出することを示唆している。Inaoka *et al.* (2020)の示唆する層理面に沿った地下水流れも考慮すると、チャート層からは特に早い段階で傾斜方向の北側に向かって地下水が流出すると予想され、これは北側で溶存態 Si 濃度分布が相対的に低くなっている事実と良く一致する。

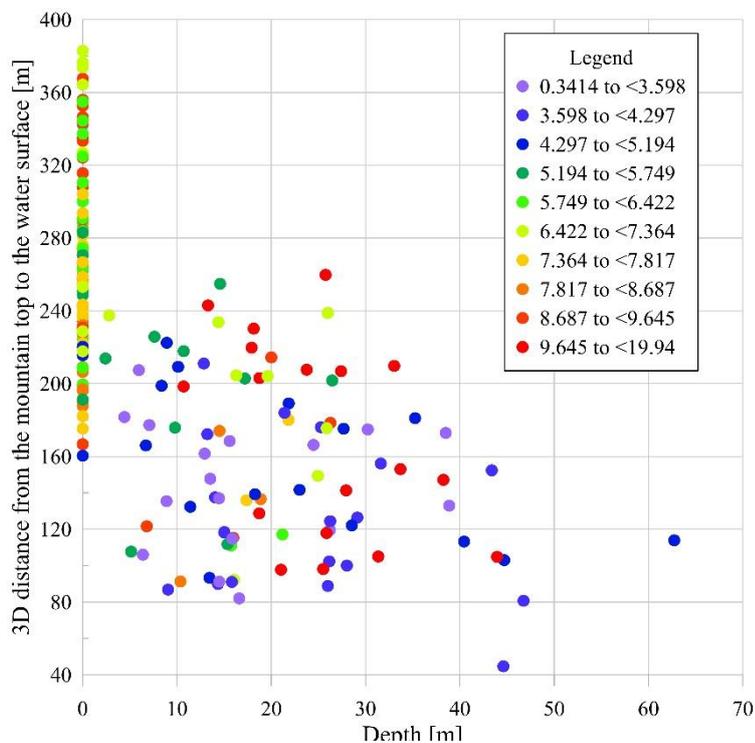


図2 溶存態 Si 濃度と採水深度、山頂からの3次元的な距離の関係。プロットの色が溶存態 Si 濃度を表す。

謝辞 使用した地形図は国土交通省にご提供いただきました。また、本研究は JST CREST、JST SPRING (JPMJSP2110)、科研費(20H00434)及び2022年度一般財団法人防災研究協会若手研究者研究助成金(代表:稲岡諄)を利用して行われました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- Elango L, Kannan R. 2007. Rock-water interaction and its control on chemical composition of groundwater. In Concepts and Applications in Environmental Geochemistry, Developments in Environmental Science Vol.5. Sarkar D, Datta R, Hannigan R Eds. Elsevier Oxford. 229-243. DOI: 10.1016/S1474-8177(07)050011-5.
- 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 34: 5567-5579. DOI: 10.1002/hyp.13972.
- 金井豊, 上岡晃, 金沢康夫, 関陽児, 濱崎聡志, 月村勝宏, 中嶋輝允. 1999. 茨城県中部域の源流部における浅層地下水・地表水の水質変動. 地質調査所月報 50: 591-610.
- 三上禎次, 向井健一, 戸倉則正, 井本伸廣. 2002. 丹波帯層状チャートの石英結晶度, 石英粒径およびコノドントカラーインデックスの関係について. 地質学雑誌 108: 806-812. DOI: 10.5575/geosoc.108.12_806.
- 苗村晶彦, 楊宗興. 2016. 横浜市大岡川源流域における森林渓流水質. 環境科学会誌 29: 210-205. DOI: 10.11353/sesj.29.201.
- Singhal BBS, Gupta RP. Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. 2nd Edition. Springer. pp. 245, 295. DOI: 10.1007/978-90-481-8799-7.
- 脇田浩二, 竹内圭史, 水野清秀, 小松原琢, 中野聡志, 竹村恵二, 田口雄作. 2013. 5万分の1地質図幅「京都東南部」. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

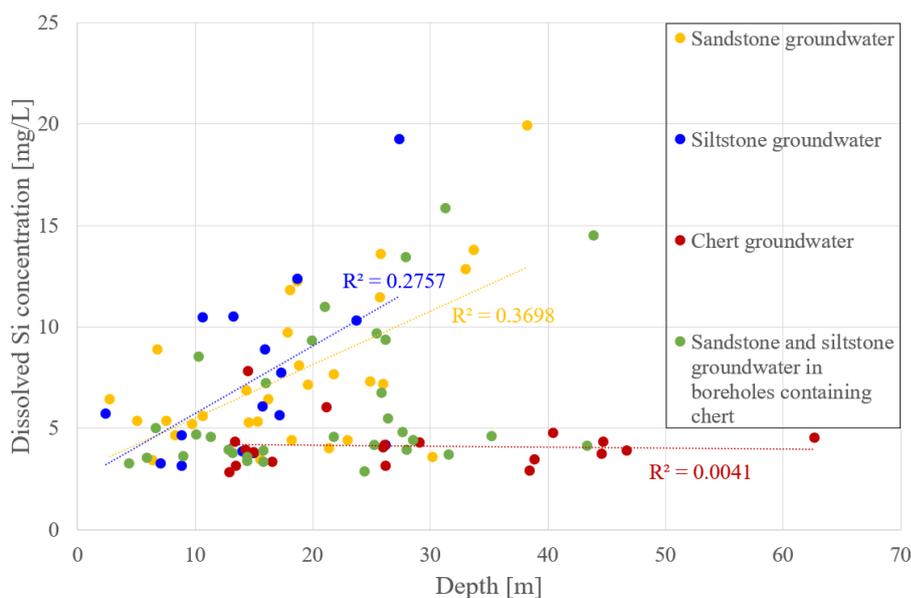


図3 地下水の採水深度と溶存態 Si 濃度の関係。