

災害時における山体地下水・湧水の水資源の利用適合性の検討

京都大学農学研究科 ○伊熊浩平 小杉賢一朗 高見友佑 勝山正則 水山高久

1 背景と目的

一般に地下水は良質で水温の変化が少ないといわれ、水道水源や生活用水を含めた様々な用途で利用されてきた。しかし平野部における地下水は、人間活動による影響を受けることが多く、汚染された水質は長期間にわたり改善しないとされている。一方山体において、地下水やそれが自然状態で湧出する湧水は、人為起源の汚染リスクが少ないため水資源として優れていると考えられる。平成 19 年 7 月の新潟県中越沖地震では、断水が三週間続く中、通常は消雪用井戸として用いられる井戸の多くが地震災害時の生活用水の水源として利用されたことから、深刻な水不足とならなかった（国土交通省、2009）。このように災害が発生し、平常時に使用している水が供給されない事態となっても、水資源利用適合性が認められるのであれば、被災地に近い山体の水を利用できる可能性がある。しかしその一方で、山体地下水・湧水においても自然由来の重金属などが検出される可能性がある。また病原性微生物の存在の指標となる大腸菌が検出される虞もある。しかし継続的に水質を分析し、それらの可能性を検討した研究事例は限られている。そこで本研究では、継続的に山体地下水・湧水の水質の変化をとらえ、それらの水資源利用適合性について検討を行った。

2 調査地と方法

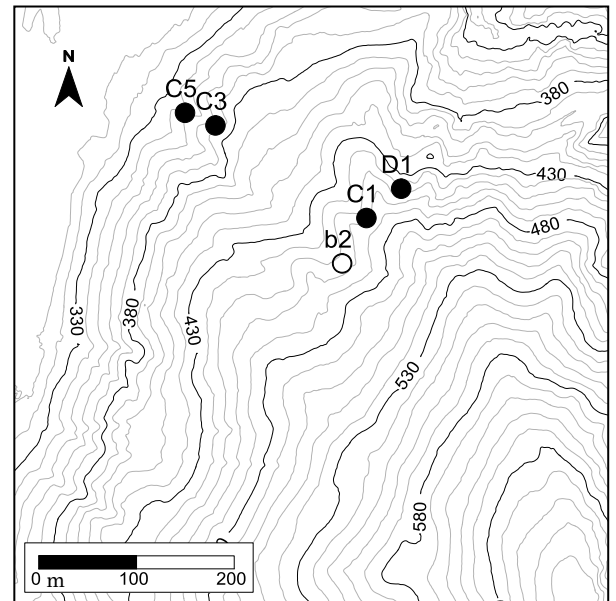
調査地は滋賀県大津市の安曇川上流の右岸斜面とした（図 1）。地質は丹波帯の中古生層堆積岩で、砂岩・泥岩・チャートから成る。基岩地下水帯が鉛直方向に 3 層存在する 1 地点（b2 と呼称する）において、それぞれの地下水帯に到達する深さ、5.4m・11.5m・19m までボーリングを掘削し、これを T・S・M として地下水位を観測した。また同斜面上の 4 箇所の湧水を C1・C3・C5・D1 とし、量水堰を設置して流量を観測した。観測期間は 2014 年 6 月～10 月である。さらにこれらのボーリング孔と量水堰から、直接もしくは自動採水器を用いて約 3 日毎に採水を行った。採水期間は 2014 年 6 月 26 日～10 月 26 日である。得られた試料をポリエチレンボトルに入れて実験室に持ち帰り冷蔵保存した後、濾過し、イオンクロマトグラフィ法と ICP 発光分光分析法で化学分析し、Al・B・Cd・Cl・Cu・Fe・Mn・Na・Pb・Zn・硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素の各濃度、そして硬度を求めた。さらに大腸菌の分析を検査機関に依頼した。これら 13 項目は、水道水質基準とされている項目のうち、重要かつ分析が比較的容易なものである。

なお本研究の水質分析は、水質基準の一部について行ったものであり、その結果は飲用に対する安全性を保証するものではない。

3 結果と考察

対象期間の降雨強度、地下水位、流量を図 2 に示す。地下水位は、無降雨時に b2T が b2S より低い、降雨時に逆転する。b2M の水位はこれらより低く、変動が最も少ない。湧水の流量は C1 で無降雨時・降雨時ともに大きい、降雨時の増加には遅れがみられる。D1 では無降雨時に流量が少ないものの、降雨時に急激な増加をする。また C3 と C5 は近くにあり、無降雨時は C3 の流量が C5 より少ないが、降雨時は急激な増加をしてより大きくなる。

13 項目のうち、Al・B・Cl・Cu・Fe・Na・Pb・Zn・硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素・硬度は、どの試料においても水道水質基準を超過しなかった。一方で、b2M と b2S で水質基準を超える濃度の Mn が検出された（図 2）。b2M における Mn 濃度は、8 月 8 日以降の降雨に伴いわずかに減少した後、ゆっくりと元の濃度まで回復した。一方、



○：地下水 ●：湧水

図 1 調査地の地形とボーリング孔・湧水の位置

b2S では同じ降雨で濃度が減少し、しばらく横ばいに推移したものの、その後また減少した。地下水位が深いほど濃度が大きいことから、Mn の供給源が地下深部に存在する可能性がある。実際に本調査地と同じ丹波帯の堆積岩において、菱マンガン鉱やハウスマン鉱など、マンガンの供給源となりうる鉱石の存在が報告されている (Nakagawa ほか、1982)。さらに、b2S で Cd 濃度が水質基準を超過した。その濃度は 8 月 8 日以降や 10 月 6 日以降の降雨による地下水位の上昇に伴い増加し、その後緩やかに低下を示した。b2T・b2M での Cd 濃度が非常に小さいことから、Cd の供給源が局所的に存在しているか、あるいは b2S の水源が b2T・b2M と異なるためであると考えられる。自然由来と考えられる Cd が高濃度で地下水に検出された事例があり (環境省、2015)、今回の結果も自然由来と考えられる。

湧水では Mn・Cd とともに濃度が小さいが、これは土壌での吸着により除去された可能性がある (浅見ほか、1986)。また Mn や Cd は日本に広く分布しており、特に Mn については水質基準を超過する濃度が水道原水に含まれる事例は多い。なお、ともに塩素による処理や活性炭による吸着などにより除去可能とされている。

大腸菌は、b2T・b2S・b2M では降雨時・無降雨時ともに検出されなかった。この結果は、元来表層に存在している大腸菌が、サイズが比較的大きいため土壌や岩石中でのろ過により除去され、地下深くに到達しなかったものと考えられる。一方 C1 では無降雨時には検出されなかったが、降雨時には検出された。これは降雨時に地下水位が上昇し、表層の浅い部分を通過することで、そこに存在する大腸菌が湧水に混入したことによると考えられる。

以上のことから、山体の地下水には高濃度の重金属成分が検出される可能性が、湧水には大腸菌の混入の可能性がそれぞれあり、飲み水としての利用適合性には一長一短があるといえる。今後の課題として、他地点での地下水・湧水の水質を分析・比較することにより、汚染物質の供給源の時空間分布について明らかにすることが重要である。

本研究は、JST CREST プロジェクトの一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 水資源部 水資源政策課：震災時地下水利用指針 (案)、2009
(<http://www.mlit.go.jp/common/001039210.pdf>、2015.3.31 現在)
- 2) M. Nakagawa, M. Santosh, S. Maruyama: Manganese formations in the accretionary belts in Japan: Implications for subduction-accretion process in an active convergent margin, *Journal of Asian Earth Sciences*, 42, pp.208-222, 2011.
- 3) 環境省 水・大気環境局：平成 25 年度地下水質測定結果、2015
(<http://www.env.go.jp/water/report/h26-01/full.pdf>、2015.3.31 現在)
- 4) 浅見輝男・平田 熙・能川浩二：土壌・植物・人体におけるカドミウムの挙動、*日本土壌肥科学雑誌*、第 57 巻、第 5 号、pp.521-531、1986

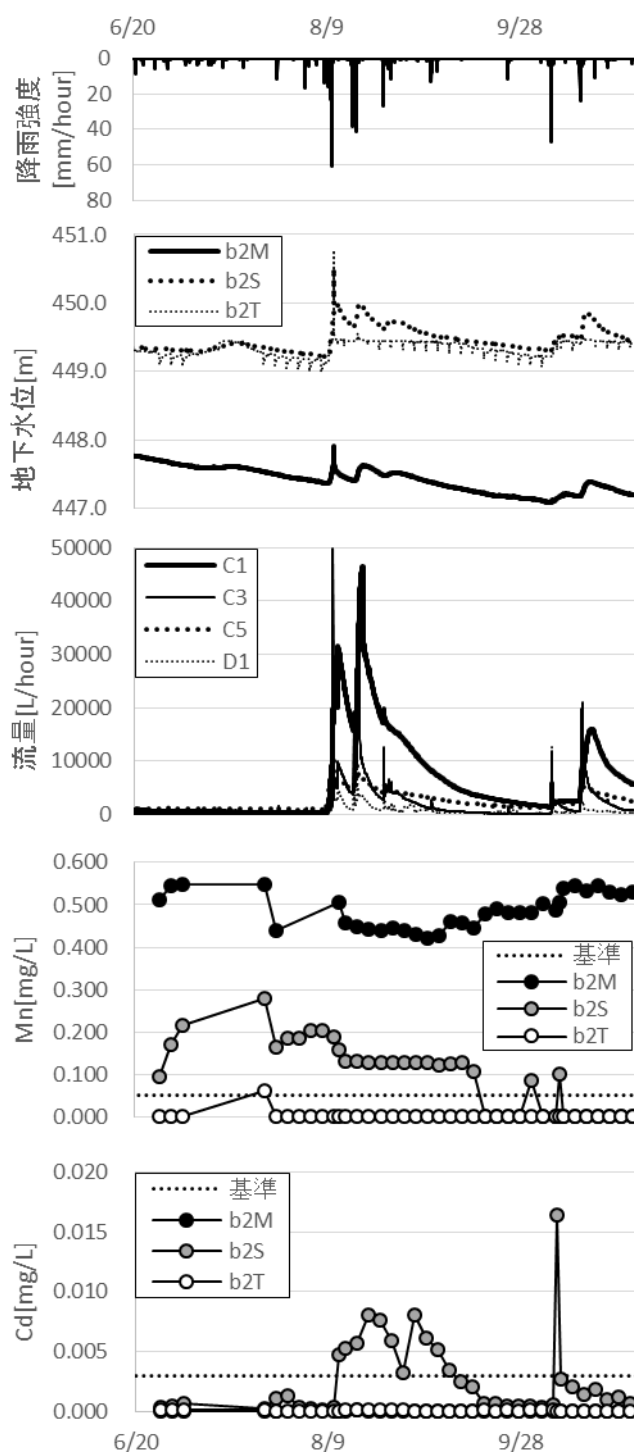


図2 (上から) 降雨強度・地下水位・流量
および Mn 濃度・Cd 濃度の変動