

水質・同位体組成からみた地すべり地の地下水への融雪水の浸透の特徴

Characterization of snowmelt infiltration into groundwater in landslide area based on chemical and isotopic compositions

○土原健雄*, 奥山武彦**, 白旗克志*, 吉本周平*, 石田 聡*, 中里裕臣*

TSUCHIHARA Takeo, OKUYAMA Takehiko, SHIRAHATA Katsushi, YOSHIMOTO Shuhei, ISHIDA Satoshi, NAKAZATO Hiroomi

1. はじめに

地すべり発生の誘因の一つに、地すべり地への地下水の供給を増加させる、豪雨や融雪水の浸透がある。地すべりが多く分布する日本海側の東北・北陸の各県はわが国の多雪地域とも重複しており、融雪水の地すべり地への浸透の特徴を把握することは、対策の検討、対策工の評価において重要である。本研究では、地すべり地の地下水中の水素・酸素安定同位体比および主要イオン濃度を継続観測し、その季節的变化から融雪水の浸透の特徴を検討した。

2. 研究方法

対象とした七五三掛区域の地すべり地は山形県鶴岡市(旧朝日村)に属し、標高1,984mの月山を頂点とする赤川流域内の丘陵地に位置する。2009年の融雪期に地すべりの活動が活発化し、農林水産省によって対策工事が実施された。本研究では、地すべりブロック内の観測孔4地点、ディープウェル8地点、水抜きボーリング2地点、集水井の合流末4地点、湧水1地点から地下水を採取した(Fig.1)。観測期間は2015年3月から2018年9月までであり、採水頻度は融雪期が1~2週間に1回、非融雪期が1ヶ月に1回程度であった。またブロック内において2012年3月から2018年2月まで、降水の採取および採雪を行った。採取した試料水の水素・酸素安定同位体比(δD , $\delta^{18}O$)、主要イオン濃度を、それぞれ水同位体分析計(Piccaro社製L2140-i)、イオンクロマトグラフ(東亜DKK社製ICA2000)により測定した。

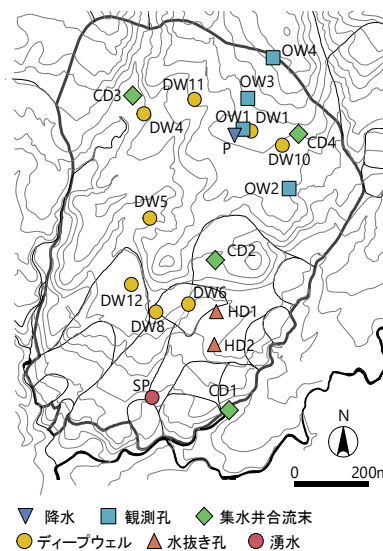


Fig.1 採水地点位置図
Location of sampling points

3. 結果および考察

地すべり地で採取した降水の δD , $\delta^{18}O$ の経時変化に季節的な周期性は見られなかったが、両者から求められる変数であるd値($d\text{-excess} = \delta D - 8\delta^{18}O$)は冬季に高く、夏季に低い特徴がある(土原ら, 2017)。この季節性は正弦曲線で近似可能であり、d値は周年的な変化を繰り返す。採取した雪と雨のd値の中央値はそれぞれ29.2, 10.5‰であり(Fig.2a), 明らかに雪のd値が高いといえる。融雪期と非融雪期の地下水のd値の差異をFig.2bに示す。ここでは積雪深が低下し始める3月から積雪が消失する4月までを融雪期、それ以外を非融雪期としている。多くの地点で地下水のd値は融雪期に高い値を示すが、有意に高いのはDW11, CD1, SPであった。これらの地点では高d値の融雪水の浸透の影響が相対的に大きいと考えられる。長溝(1979)は地すべり地の地下水の区分としてFig.3に示すような HCO_3^- と $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ 当量濃度の関係を提案している。融雪期に有意に地下水のd値が高かったDW11, SPは3~4月にイオン濃度が低下し、地表水に近い水質を示しており、融雪水による希釈が示唆される。融雪期と非融雪期のd値の差が小さかったDW6のイオン濃度の月ごとの変化は比

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO, **山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata University, キーワード: 地下水, 地すべり, 融雪, 水素・酸素安定同位体比, 水質

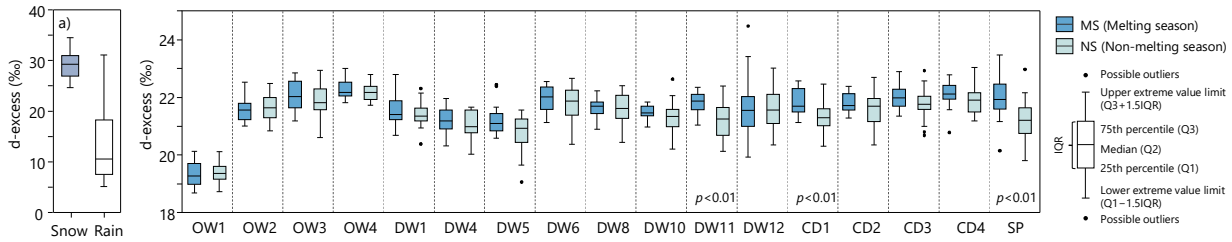


Fig.2 雪と雨の d 値 (a), 融雪期と非融雪期の地下水の d 値 (b)
 a) d-excess of snow and rainwater and b) d-excess of groundwater in melting and non-melting seasons

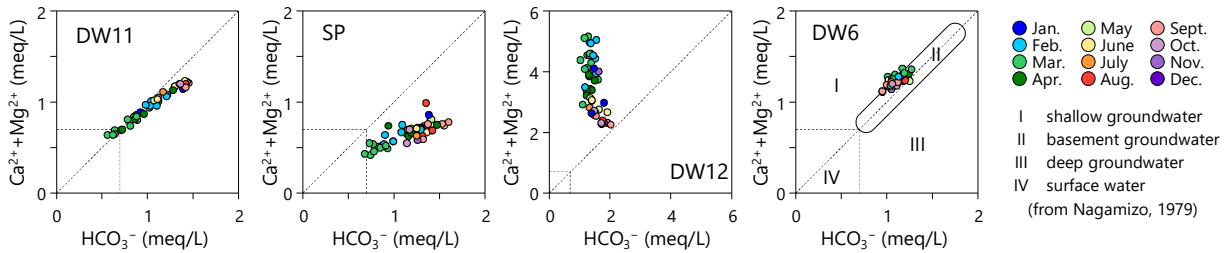


Fig.3 地下水の HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ 当量濃度の関係
 Relation between HCO_3^- and $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ equivalent concentrations of groundwater

較的小さい。一方、DW12 の $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ 濃度は 2 ~4 月に増加を示した。これに対応して濃度が増加した陰イオンは SO_4^{2-} であった。

Fig.4 に融雪期と非融雪期の地下水の d 値, EC, Ca^{2+} 濃度, および HCO_3^- 濃度の中央値の差を示す。これらの融雪期の変化は以下の五つのパターンに分類できる: 1) d 値が上昇し, EC, イオン濃度が低下, 2) d 値は上昇しないが, EC, イオン濃度が低下, 3) d 値は上昇しないが, EC, イオン濃度が上昇, 4) d 値, EC に変化が見られないがイオン濃度が変化, 5) d 値, EC, イオン濃度に有意な変化なし。1) は融雪水の浸透により本来の地下水の溶存成分が希釈された地点と考える。2)~ 4) は融雪水の浸透により地下水流動の性状が変化し, 異なる水質の地下水が到達した地点と考えられる。5) は融雪水の浸透の影響が比較的小さい地点と考えられる。

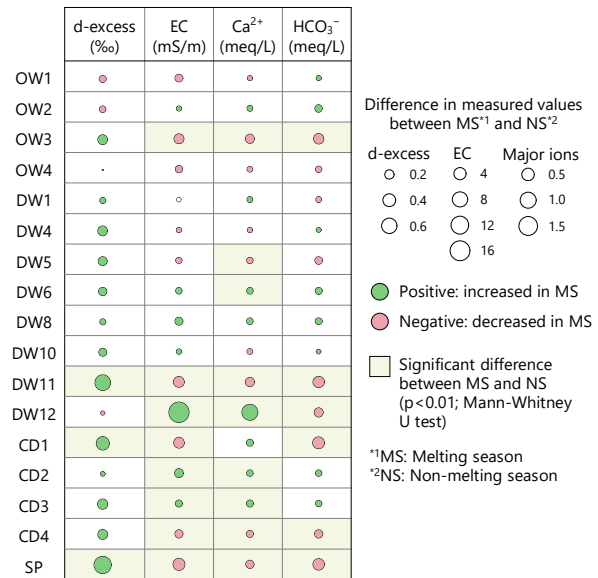


Fig.4 融雪期と非融雪期の地下水の d 値, EC, Ca^{2+} 濃度, HCO_3^- 濃度の中央値の差
 Difference in d-excess, EC, Ca^{2+} and HCO_3^- median values of groundwater between melting and non-melting seasons

4. おわりに

長期間の水素・酸素安定同位体比および主要イオン濃度の観測から, 融雪水の浸透の特徴が地点によって異なることが示された。これらの指標は, 不均質な帯水層中の地下水の流れ, 地すべりに作用する地下水への融雪水の浸透の影響を理解する上で有用であると考えられる。

謝辞 本研究は, 農林水産省委託プロジェクト研究「極端現象の増加に係る農業水資源, 土地資源及び森林の脆弱性の影響評価」, JSPS 科研費 15K18760 の支援を受けた。また, 研究実施にあたっては, 東北農政局庄内あさひ農地保全事業所各位にご協力いただいた。ここに記して深謝の意を表す。

引用文献 1) 土原健雄ら (2017), 平成 29 年度農業農村工学会講演要旨集, pp.360-361., 2) 長溝忍 (1979), 地すべり, 15(4), pp.28-32.