

## 地すべり地での融雪水の浸透の把握に向けた環境同位体・水質変動の観測 Fluctuation of environmental isotopes and geochemistry in groundwater for evaluation of infiltration of snow melting water into landslide block

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

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

### 1. はじめに

地すべり発生の誘因の一つに地下水位の上昇によるすべり面付近の間隙水圧上昇がある。地すべり地への地下水供給を増加させるのは、豪雨、長期間の降雨、融雪水の浸透等と考えられ、これらは地すべり発生に大きく影響を及ぼす。わが国では、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いる。このことから、融雪水を考慮した地すべり地の地下水の流れを正確に把握することは、適切な対策を講じる上で重要といえる。

本研究では、地すべり地の地下水中の環境同位体である水素・酸素安定同位体比 ( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ) および放射性同位体ラドン、主要イオンの観測を行い、それらの経時変動から融雪水の地下水への浸透の影響について検討を行った。

### 2. 調査地概要及び研究方法

対象とした七五三掛区域の地すべり地は、2009年の融雪期に区域南西側の地すべりブロックの活動が活発化し、緊急の対策工事が実施された。活動の沈静化後、東側に隣接する大規模な地すべりブロックの活動が確認され、現在農林水産省により対策工事が進められている。

地すべり地内において、観測孔 4 地点 (OW1, 2, 5, 18), ディープウェル工 8 地点 (DW1~8), 複数の集水井の排水の合流末 4 地点 (CD1~4), 水抜き用の水平ボーリング孔 2 地点 (HD1, 2), 湧水 1 地点 (SP1) から地下水を採取した (Fig.1)。融雪期は 1 週間に 1 度、融雪期以外は 1~2 ヶ月に 1 度の間隔で、2015 年 3 月~2017 年 2 月にかけて採水を行った。採取した試料水の  $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ , ラドン、主要イオンは、それぞれ水同位体分析計 (Piccaro 社製 L2140-i), 液体シンチレーションカウンタ (Packard 社製 2250CA), イオンクロマトグラフ (東亜 DKK 社製 ICA2000) により測定し

た。重炭酸イオン ( $HCO_3^-$ ) 濃度は、滴定法による pH4.8 アルカリ度から換算して求めた。

### 3. 結果及び考察

観測期間中の主要イオン濃度の平均値・最大値・最小値を Fig.1 に示す。イオン組成は地点により異なり、Ca- $HCO_3$  型~中間型~Na- $HCO_3$  型を示す。おおむね Ca- $HCO_3$  型を示すが、 $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  が卓越する地点が見られる。また観測期間中の濃度変化が小さい地点もあるが、地点によっては  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $HCO_3^-$  イオン等に変化が見られた。

本地域の降水の d-excess ( $=\delta D-8\delta^{18}O$ ) は夏季と冬季で異なり、雨と雪の d-excess はそれぞれ 10.42, 28.22‰である (土原ら, 2015)。この降水の d-excess の差異は、地下水にも表れることが示

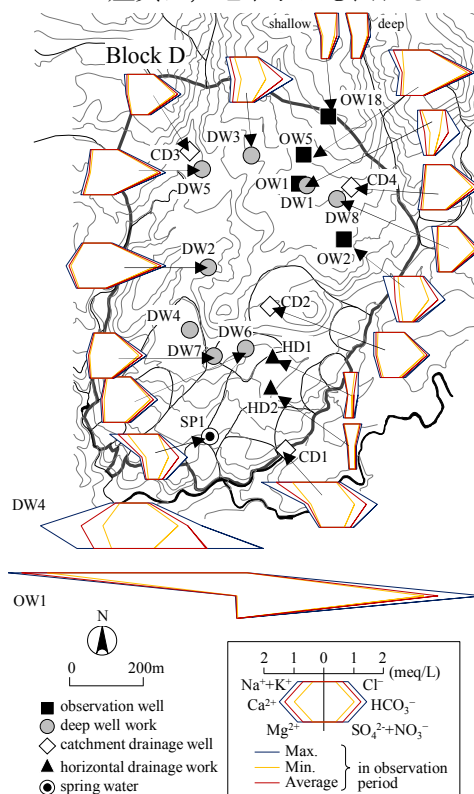
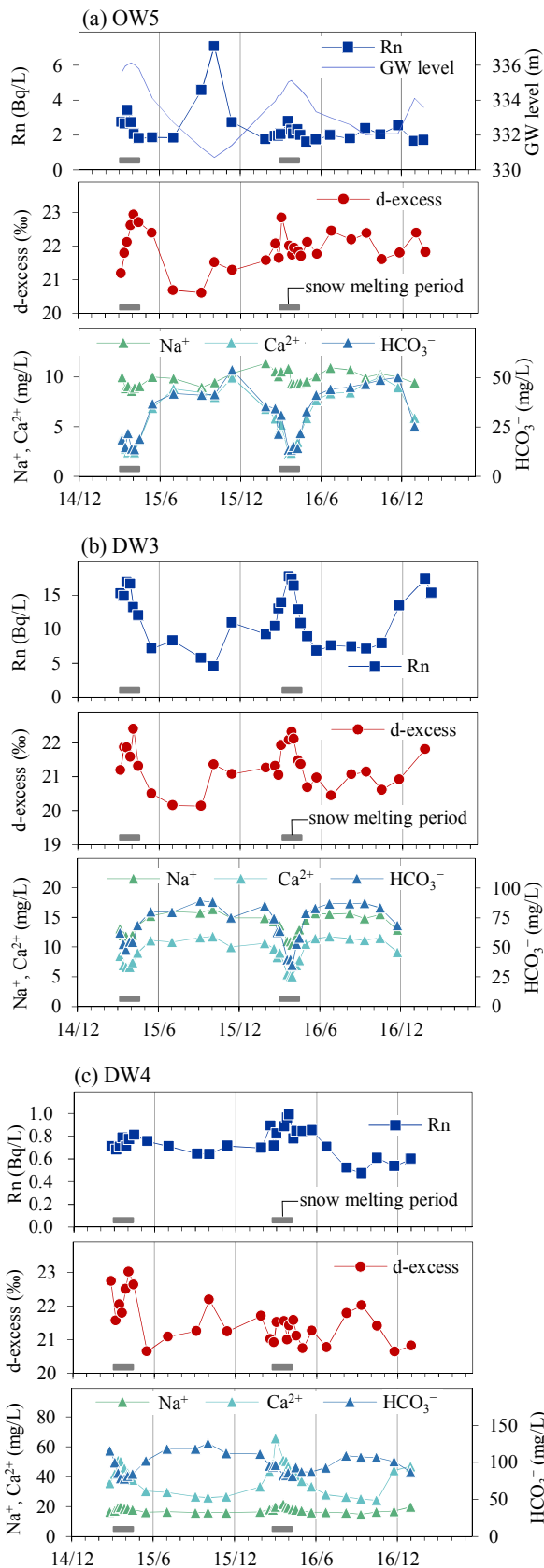


Fig.1 採水地点位置図および主要イオン組成  
Location map of sampling points and groundwater geochemistry

\*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, \*\*\*国際水管理研究所 International Water Management Institute, Sri Lanka

キーワード: 水素・酸素安定同位体比, ラドン, 水質, 地すべり, 地下水, 融雪水



**Fig.2** 地下水の放射性同位体ラドン，d-excess，主要イオンの変動；(a) OW5, (b) DW3, (c) DW4

Temporal variations in radioisotope Radon, d-excess and major ions in groundwater; (a) OW5, (b) DW3 and (c) DW4

されており（土原ら，2015），本観測期間においても融雪期の d-excess の上昇が見られた。

融雪期の d-excess の上昇が比較的明瞭である地点（OW5, DW3），そうではない地点（DW4）のラドン濃度，d-excess， $\text{Na}^+$ ， $\text{Ca}^{2+}$ ， $\text{HCO}_3^-$ 濃度の経時変動を Fig.2 に示す。ラドンは地盤中のラジウム ( $^{226}\text{Ra}$ ) から地下水へ供給され，帯水層中で平衡濃度に達しており，流動する帯水層によって異なる濃度を示す。DW3 のラドン濃度は地下水位が上昇する融雪期に上昇する。OW5 も同様の傾向であるが，地下水位が大きく低下した 2015 年 10 月にもラドン濃度が上昇しており，融雪期とは異なる地下水が流動していたと考えられる。

融雪期の主要イオン濃度については，OW5 では  $\text{Ca}^{2+}$ ， $\text{HCO}_3^-$ 濃度，DW3 では加えて  $\text{Na}^+$ 濃度が減少する傾向が見られた。一方，DW4 の d-excess の変動は OW3, DW3 に比して明瞭ではないが，融雪期に  $\text{Na}^+$ ， $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が上昇， $\text{HCO}_3^-$ 濃度が減少する傾向が見られた。融雪期の地下水の水質変化については，融雪水が浸透して地下水へ付加されることで水質が変化する地点，融雪水の浸透により非融雪期とは異なる地下水が流入して水質が変化する地点，融雪期においても水質変化が小さい地点と分類できる。ただし，水質が変化する地点であってもイオンの項目とその増減が異なっており，地下水の流動形態が一様とは考え難い。

#### 4. おわりに

土原ら（2015）が 2015 年の融雪期に観測した d-excess の上昇は，2 年間の継続観測結果でも認められ，地下水への融雪水の浸透の影響が推測された。また，イオン，ラドン濃度の変化から地下水流動を分類できる可能性が示されたが，水質組成の変化は一様ではない。今後は，観測を継続するとともに，水理地質性状を考慮した水質項目ごとの地下水の分類を進め，地下水の流動状況解明へつなげる必要がある。

**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から貴重な情報を頂くとともに，調査において多大なる支援をいただいた。ここに記して深謝の意を表す。

**引用文献** 1) 土原ら（2015），第 23 回日本雨水資源化システム学会大会研究発表会講演要旨集，133-137。