

異なる時期の河川水の水素・酸素安定同位体比からみた地すべり地の地下水涵養域の検討 Estimation of groundwater recharge area in landslide block using hydrogen and oxygen isotopic compositions of stream water in different seasons

○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。大規模な地すべりほどその変位は相対的に深部で発生することから、それらの地すべりに影響する地下水の涵養域は地すべりブロック外に及ぶ可能性が考えられ、広域的な降雨や融雪水の浸透を考慮する必要がある。ここでは、地すべりブロック内の地下水の涵養域を推定するために、山形県鶴岡市七五三掛区域の地すべり地および周辺流域において河川水の水素・酸素安定同位体比 (δD , $\delta^{18}O$) の観測を実施した (Fig.1, 2)。異なる時期の河川水の同位体比と集水域標高の関係から、地すべり地の地下水の涵養域の検討を行った。

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。

本地域における標高が高いほど δD , $\delta^{18}O$ が低

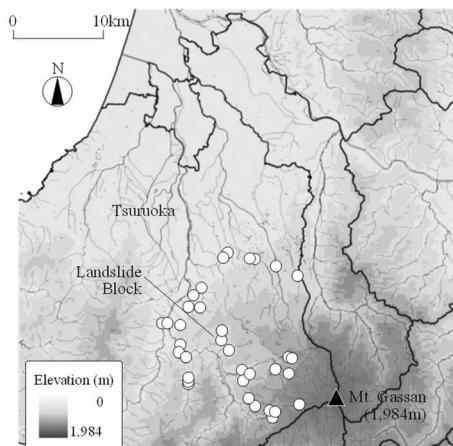


Fig.1 河川水採取地点位置図

Location map of sampling points of stream water

くなる関係 (高度効果) を推定するため、地すべりブロックが位置する月山 (標高 1,984m) の北西側の赤川流域を中心に、標高が異なる小集水域の河川水の採取を行った (Fig.1)。過去の夏季 (石田ら, 2013), 秋季 (土原ら, 2014) の調査結果との比較を行うため、冬季 (2014年2月), 融雪期 (2014年5月) に採水を行った。雨の影響を避けるために晴天日に調査を行い、2014年2, 5月の採水地点数はそれぞれ 16, 29 地点であった。採取した試料水の δD , $\delta^{18}O$ は、安定同位体比質量分析計 (Thermo Fisher Scientific 社製, DELTA V Advantage), 水同位体分析計 (Piccaro 社製, L2140-i) により測定した。

3. 結果及び考察

Fig.3 に河川水の $\delta^{18}O$ と δD の関係を示す。河川水は日本の天水線 (LMWL; $\delta D = 8\delta^{18}O + 17$) よりやや上側に分布し、融雪期を除いた3時期の回歸直線の傾きは 6.15 であった。融雪期の河川水は他の3時期と異なり、 d 値 ($=\delta D - 8\delta^{18}O$) が大きく、同じく d 値の大きい雪の影響 (土原ら, 2015) が現れているといえる。

同位体比と集水域の平均標高の関係について、

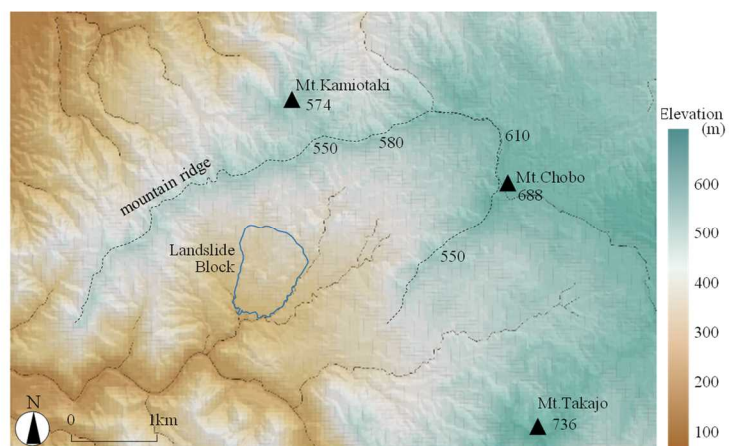


Fig.2 地すべりブロック位置図

Location map of the landslide block

*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, 地すべり, 地下水, 涵養域

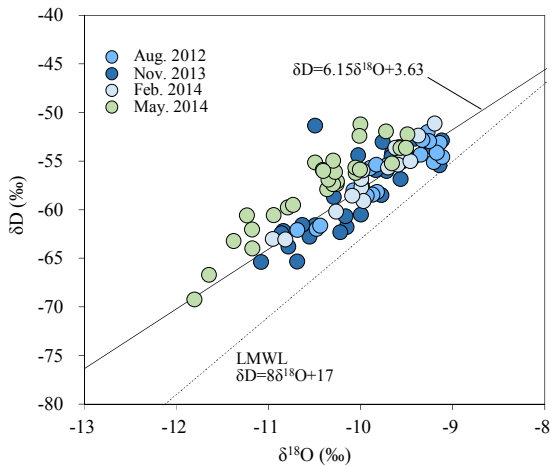


Fig.3 河川水の $\delta^{18}\text{O}$ と δD の関係
Location map of sampling points of stream water

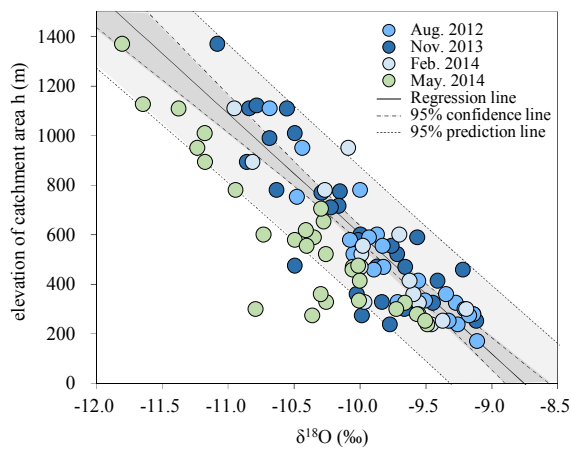


Fig.4 河川水の $\delta^{18}\text{O}$ と集水域標高の関係
Relation between $\delta^{18}\text{O}$ in stream water and the elevation of catchment area

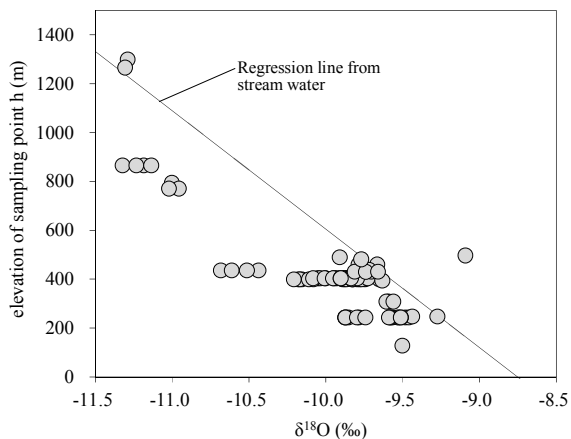


Fig.5 湧水の $\delta^{18}\text{O}$ と採水地点標高の関係
Relation between $\delta^{18}\text{O}$ in spring water and the elevation of sampling points

ここでは測定精度の高い $\delta^{18}\text{O}$ の結果を **Fig.4** に示す。いずれの時期においても、標高が大きくなるにつれて $\delta^{18}\text{O}$ が低下する傾向（高度効果）が確認

された。夏季（8月）、秋季（11月）、冬季（2月）の $\delta^{18}\text{O}$ の差異は小さく類似した傾向を示すが、融雪期（5月）は他の3時期と異なり、同地点であっても $\delta^{18}\text{O}$ が小さい傾向にある。これは、融雪期を除いた3時期が無降雨期の基底流を採取したのに対し、融雪期においては、特に上流域で融雪水が河川に多く供給されており、異なる同位体比を示したものと推測される。融雪期を除く3時期の $\delta^{18}\text{O}$ の高度効果は $0.206\text{‰}/100\text{m}$ であった。

また、湧水の $\delta^{18}\text{O}$ と採取地点の標高の関係においても同様の高度効果が確認された (**Fig.5**)。湧水は河川水の高度効果の回帰直線よりやや下側に位置する。これは、図中では採水地点の標高を示しているが、実際の涵養域は採水地点より高い位置にあるためと考えられる。

地下水中の六フッ化硫黄 (SF_6) 濃度から滞留時間が $4.7\sim 15.5$ 年と推定された地下水(土原ら, 2014) の $\delta^{18}\text{O}$ は $-9.83\sim -9.53\text{‰}$ であり、涵養域の標高は高度効果から $378\sim 524\text{m}$ と推定された。これらの地下水の涵養域はブロック内～後背地の尾根部までの範囲に位置すると考えられる。一方、深度 100m の観測孔から採水した地下水の $\delta^{18}\text{O}$ は -10.58‰ と低い値を示し(土原ら, 2014), 推定される涵養域の標高は 800m 以上となる。これは七五三掛地域を含む大きな地すべり地形の境界部より標高の高い地域となる。この地下水は放射性同位体トリチウムを含まない古い地下水であり、滞留時間が十数年の地下水とは異なる流動系の地下水と考えられる。

今後は、特に涵養年代が異なる深部地下水の涵養域の妥当性について他の水質項目等との比較から詳細に検討し、地すべり地の地下水流動の構造の把握を進める予定である。

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) 石田 聡ほか (2013), 第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, 145., 2) 土原健雄ほか(2014), 平成 26 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 630-631., 3) 土原健雄ほか (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., 4) 土原健雄ほか (2014), 農業農村工学会論文集, 294, 65-74.