

水素・酸素安定同位体比の高度効果からみた地すべり地の地下水涵養源の検討

Methodological Study about Groundwater Recharge Sources in Landslide Area using Altitude Effect of Hydrogen and Oxygen Isotopic Compositions

○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 Katsuchi, ISHIDA Satoshi

1. はじめに

地すべりの発生要因は、地盤の脆弱性による「素因」と外的因子である「誘因」に分けられる。人的誘因を除いた自然誘因の中では雨と雪が最も重要であり、地盤への浸透後、地下水として直接地すべりに影響する。特に初生的な大規模な変位は、深部のすべり面において発生することから、浅層地下水のみならず深層地下水の影響を考慮する必要がある。そのためには広域的な降雨や融雪水の影響を十分に検討する必要がある。本研究では、地すべりのすべり面に影響する地下水の涵養源を推定するために、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を対象に、水素・酸素安定同位体比 (δD , $\delta^{18}O$) を指標とした調査を実施した。流域内の河川水の同位体比分布から高度効果を推定するとともに、地すべり地の異なる深度の地下水の同位体分布から涵養源の差異について検討を行った。

2. 調査地区概要及び研究方法

対象とした七五三掛区域の地すべり地は、1991年に地すべり防止区域に指定されている(構造改善局(当時)所管)。既往の報告¹⁾によれば、すべり面の深度が120mに達する大規模地すべりの継続的な活動が確認されており、農林水産省により地下水排除工による対策が実施されている。地すべりブロックでは、凝灰角礫岩を不動層として、上位に向かって凝灰岩薄層を含む泥岩、粗粒玄武岩が層状に分布し、すべり面は泥岩中及び泥岩の上面付近に位置する。本研究では、流域内の δD , $\delta^{18}O$ の高度効果を推定するために、Fig.1に示すように、最高標高地点の月山(標高1,984m)から地すべりブロックが位置する北西側の流域において、標高が異なる小集水域の河川水の採取を行った。また、地すべりブロック内において、観測孔内地下水及び対策工より排出される地下水の採取を行った。得られた試料水は実験室に持ち帰り、試料水を加えたバイアル内で同位体交換平衡の状態になった平衡ガスを安定同位体比質量分析計(Thermo Fisher Scientific社製、DELTA V Advantage)に導入し、 δD , $\delta^{18}O$ の測定を行った。

3. 結果及び考察

河川水の δD - $\delta^{18}O$ ダイアグラムをFig.2に示す。一部バラつきがみられるが、概ね日本の天水線²⁾(図中のLMWL)に沿って分布する。河川水の同位体比は天水線よりやや上に分布し、傾きは8より小さい。夏季の降雨に比べて冬季の降雨はd値($d = \delta D - 8\delta^{18}O$)が大きいことから、特に高標高域の河川水は冬季の降雨、つまり降雪の寄与が大きいことが推測される。今後、採取している積雪

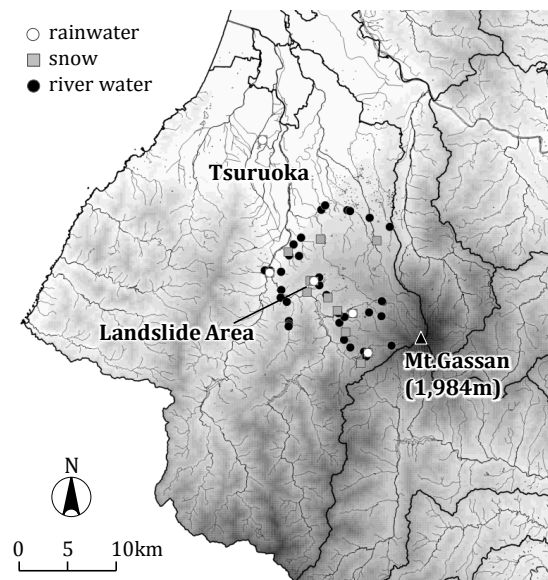


Fig.1 河川水採取地点位置図

Location map of sampling points of stream water

* 農研機構 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering

** 山形大学農学部 Faculty of Agriculture, Yamagata University

キーワード：水素・酸素安定同位体比、高度効果、地すべり、河川水、地下水、涵養

サンプルの同位体比データとの比較を行い検証する。

Fig.3 に河川水の $\delta^{18}\text{O}$ と集水域標高の関係を示す。河川水の採水は、基底流となる干天時に標高が異なる小水域で実施している。ここでは、石田ら (2013) ³⁾ に異なる季節のデータを追加するとともに、集水域の平均標高を 50m メッシュ標高データより算出するよう変更している。夏季と降雪初期の秋季の同位体比分布の差異は小さく、標高が大きくなるにつれて同位体比は低下する高度効果が確認された。高度効果は $\delta^{18}\text{O}:0.154\text{‰}/100\text{m}$ 、 $\delta\text{D}:1.12\text{‰}/100\text{m}$ であった。8月より11月のデータのバラつきが小さいのは、11月は降雪により積雪が開始している時期であり、河川水がより基底流に近い状態にあったためと考えられる。

Fig.4 に地すべり地の地下水の深度別の $\delta^{18}\text{O}$ 分布を示す。ここでは開口深度が限定されている観測孔から採取した地下水の結果のみを示す。地下水の深度が大きくなるほど $\delta^{18}\text{O}$ は低下、電気伝導度は増加する傾向を示し、それぞれ深度によって異なる値を示す。 $\delta^{18}\text{O}$ は深度ごとに段階的に変化していることから、地すべり地の地下水は混合せずに多層的な流動機構を有していると考えられる。**Fig.3** に示した河川水の高度効果は、地すべり地を含めた流域の同位体分布の傾向とみなすことができる。これより、地すべり地の浅層地下水は地すべりブロック周辺の降水によって涵養された地下水といえるのに対し、深部すべり面に作用する深層地下水は涵養域の異なる地下水であると推測される。

4. おわりに

今後は冬季の河川水のデータを追加し $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD の高度効果の精度を向上させるとともに、得られた高度効果から地すべり地の地下水の涵養源の推定を試みる。さらに、地下水の年代推定を行い、推定された地下水の涵養源の妥当性の検討を行う予定である。

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 25892030 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。

参考文献 1) 寺田ら (2010), 地盤工学会誌, 58(11), pp.36-37., 2) Matsubaya et al. (1973), *Geochemical Journal*, 7, pp.123-151., 3) 石田ら (2013), 第 50 回アイソトープ・放射線研究発表会要旨集, p.145.

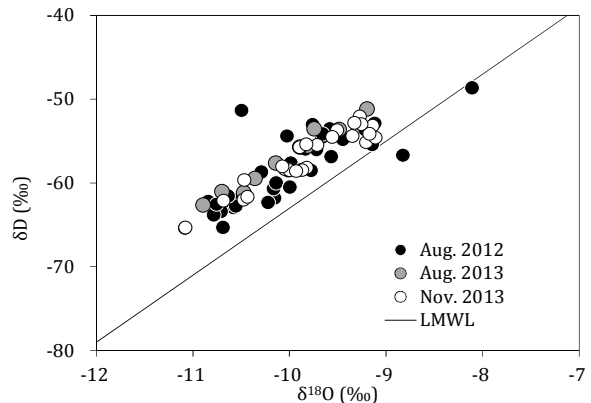


Fig.2 河川水の $\delta^{18}\text{O} - \delta\text{D}$ ダイアグラム
 $\delta^{18}\text{O} - \delta\text{D}$ diagram of stream water

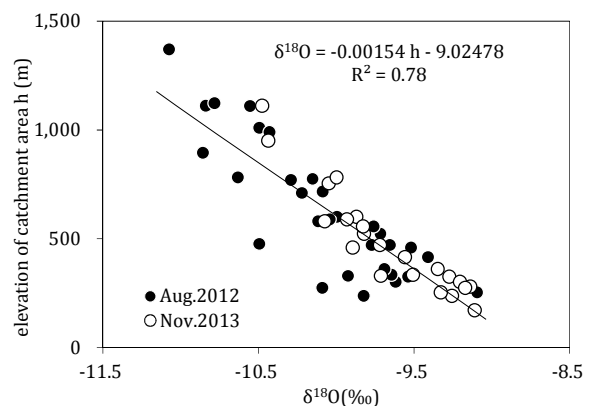


Fig.3 河川水の $\delta^{18}\text{O}$ と集水域標高の関係
Relation between $\delta^{18}\text{O}$ in stream water and the elevation of its catchment area

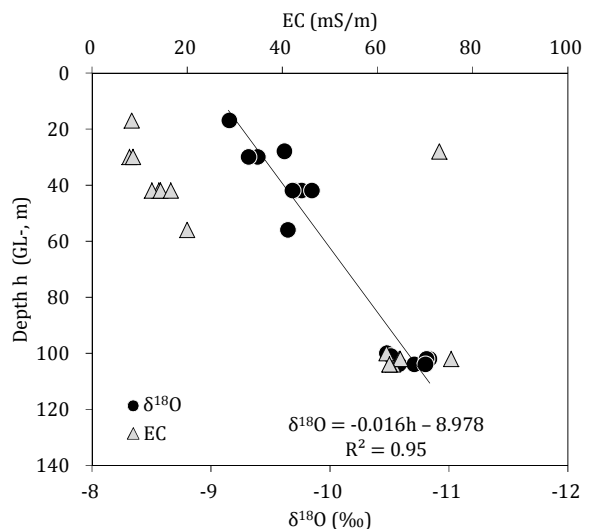


Fig.4 地すべり地地下水の深度別 $\delta^{18}\text{O}$, EC 分布
 $\delta^{18}\text{O}$ and EC in groundwater of different depths in landslide area