

熊野地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係（その2）

国土交通省近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター
 国土交通省近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所
 京都大学大学院農学研究科・JST
 中央復建コンサルタンツ株式会社

桜井亘・北垣啓文・酒井良
 平野剛
 小杉賢一朗
 ○金村和生・岡島信也・今井千鶴

1. はじめに

昨年報告した研究¹⁾では、熊野地区深層崩壊(図-1 参照)の発生原因を解明するために、高密度電気探査(差分測定)および雨水・湧水等の酸素同位体比の計測を追加し、崩壊地内に流入する水ミチを概ね2方向(水ミチ①、水ミチ②)に絞り込んだ(図-2 参照)。本研究では、昨年の研究成果を踏まえ、雨水、湧水、溪流、ボーリング孔内水の酸素同位体比の計測を追加し、深層崩壊と地質・水文特性との関係について考察を加えた。

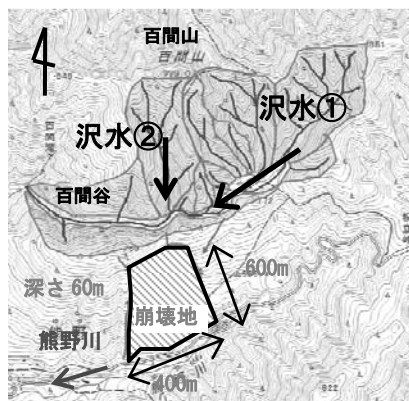


図-1 熊野地区地形図

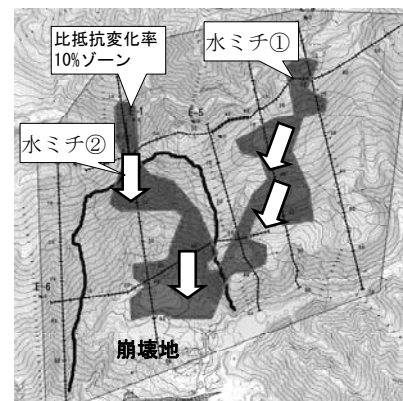


図-2 水ミチ予測図

2. 酸素同位体比分析結果

(1) 調査内容

最近、地下水の起源や涵養源を推定するためのトレーサー調査として、水の酸素同位体比を活用する手法が試みられている²⁾。この手法では、地下水の涵養源である雨水の酸素同位体比について、対象地域における時間的・空間的分布を把握することが重要となる。一般に雨水の酸素同位体比は標高が上がるにつれて小さくなるといわれている(高度効果)。また、山体に浸透した後は同位体比に変化が生じないため、湧水の同位体比を計測することによって、湧水の浸透箇所の標高を推測することができる(図-3 参照)。

本研究では、熊野地区の深層崩壊斜面における酸素同位体比の空間分布を明らかにするために、湧水や渓流水の採水範囲を、昨年度研究地点よりも標高の高い上流域や崩壊地隣接斜面まで拡大した(図-4 参照)。また、雨水の酸素同位体比の高度効果や季節変化を把握するために、標高の異なる5箇所ですべて雨水を採水・分析した(図-5 参照)。

(2) 雨量の酸素同位体比計測結果

図-6 に酸素同位体比 $\delta^{18}\text{O}$ と標高との関係図を示す。雨水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、最も標高が高い地点を除き2月と8月で大きく異なる。8月の値が大きく「重い水」であることがわかる。

石塚ら³⁾によると、紀伊半島南東部においては降水量が多い地域ほど同位体比が重くなり、通常の雨量効果とは逆の特性が見られることが指摘されている。このことから、雨量が多い8月に重い雨が降ったことが考えられる。また、450~750mの範囲では、標高が上がるほど $\delta^{18}\text{O}$ 値が低下し、高度効果が明瞭に現

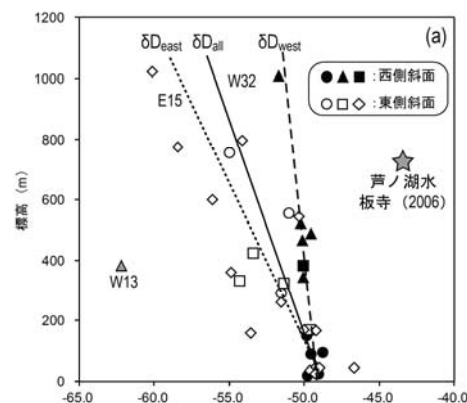
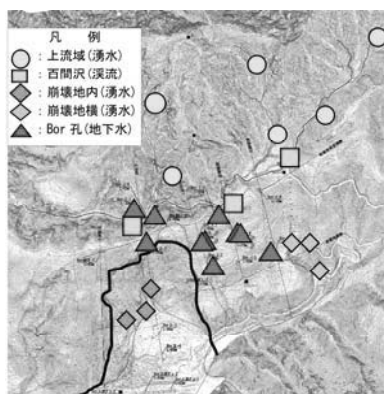
図-3 酸素同位対比と標高の関係²⁾

図-4 サンプル採取地点

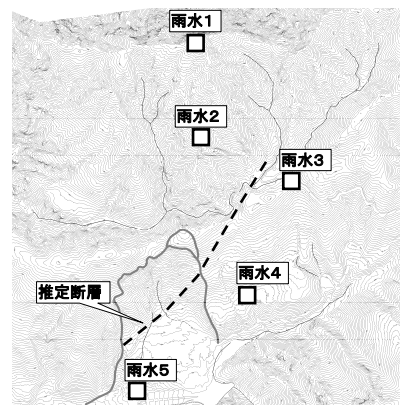


図-5 雨水採取地点

れている。一方、750～1000m では、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が一定（8 月）もしくは標高が上がるほど低下（2 月）しており、高度効果は明瞭でない。この原因として、標高によって降雨の起源が異なることが考えられる。すなわち、低標高の地点で降雨が観測されない場合でも、高標高の地点では降雨が観測されることにより、同一の降雨イベントを対象とした安定同位体比の比較となっていない可能性が考えられる。

（3）湧水・溪流水・ボーリング孔内水の酸素同位体比測定結果

図-6 によると、溪流水、湧水、地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、総じて雨水の値よりも大きいことがわかる。これは、溪流水、湧水、地下水の値は長期間に渡る降雨の $\delta^{18}\text{O}$ 値が滞留し混ざり合った平均的な値であるのに対し、降雨の値は採水期間が短く 2 時期のみであり、年間を通じての変動範囲を捉えていないためと推察される。降雨のサンプリングを継続的に実施し、 $\delta^{18}\text{O}$ 値の変動範囲を網羅することが、今後の重要な課題である。

また、百間沢に流れ込む高標高地点の湧水は、所々で高い $\delta^{18}\text{O}$ 値を示した。これは、高標高地点で、高い $\delta^{18}\text{O}$ 値を持つ降雨が観測されたことを反映しているものと考えられる。また崩壊地内の湧水で観測された $\delta^{18}\text{O}$ 値も、地点によっては高い値を示す。これは、崩壊発生後に、低標高部に降る $\delta^{18}\text{O}$ 値の高い雨が湧水に混入するようになったためだと考えられる。その他の溪流水、湧水、地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、ほぼ同様の値を示し、標高との間に明瞭な関係は見られなかった。このことから、高標高地点に降った降雨が基岩内深くにまで浸透し、時間を経て平均化された後、下流域の地下水や湧水を涵養していることが推察される。

なお、百間沢付近のボーリング孔内水と崩壊地頂部でのボーリング孔内水の $\delta^{18}\text{O}$ 値が類似していることから、百間沢から尾根を越えて崩壊地へと流入する地下水流の存在(水みち②)と矛盾しない結果を示す。

一方、図-7 に d 値(湧水)と標高の関係を示す。d 値は $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^2\text{H}$ の座標とする点を、傾き 8 の直線で回帰したときの切片を示すものである。熊野地区での d 値は標高に対して高度効果が見られた。ただし、d 値の標高効果を示す文献等はあまり知られておらず、新たな指標になりうる可能性があるかどうか、今後データの蓄積が必要と考える。

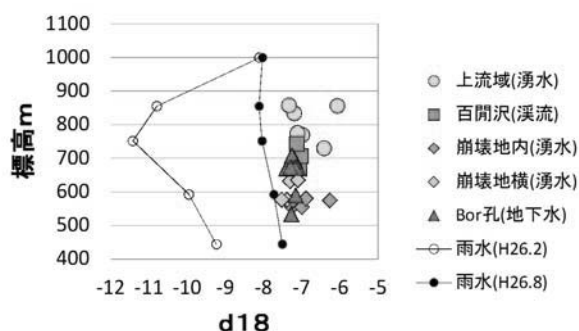


図-6 $\delta^{18}\text{O}$ と標高の関係図

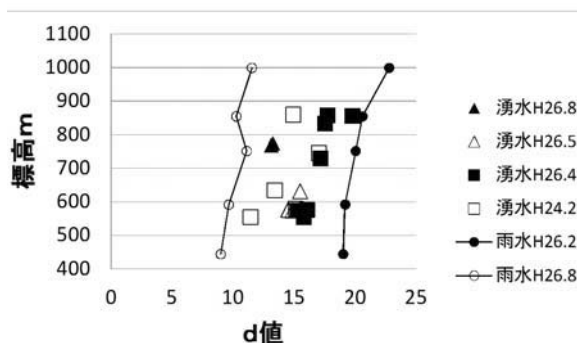


図-7 d 値(湧水)と標高の関係図

4. 考察

本研究で得られた溪流水、湧水、地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 値は、雨水の値よりも大きく、ほぼ同様の値を示す。また、標高との間に明瞭な関係は見られなかった。このことから、熊野地区では高標高地点に降った雨は、基岩内に発達する層理面や亀裂に沿って深くまで浸透し、下流域の地下水や湧水として、崩壊に影響したことが推察される。それに対し、湧水やボーリング孔内水の $\delta^{18}\text{O}$ 値に高度効果が見られる斜面域では、降った雨が比較的浅い領域に伏流し流出しているものと考えられる。このような傾向を示す斜面は、深層地下水というよりも表層地下水、伏流水が崩壊に関与する可能性があることが推察される。

5. おわりに

本研究では、雨水・湧水・地下水の酸素同位体分析から、崩壊地内に流入する水ミチとの関係を報告する予定であったが、そこまでの分析に至らなかった。今後は、雨水や湧水等の酸素同位体比の季節変化を詳細に把握し、深層崩壊と地質・水文特性との関係についてさらなる研究を進める予定である。

【参考文献】

- 1) 桜井亘・酒井良・岩田孝治・小杉賢一郎・金村和生・岡島信也；熊野地区における深層崩壊と地質・水文特性との関係、平成 26 年度 砂防学会研究発表会
- 2) 鈴木ら；箱根外輪山斜面に分布する湧水の水質および同位体組成、平成 23 年 神奈川県温泉地学研究所報告
- 3) 石塚正秀・曾根由実・井伊博行・平田健正，地表水の安定同位体比の空間分布に与える地形効果の解明—重回帰分析を用いた検討—，水工学論文集，47，1045-1050，2003