

P3 御荷鉢帯地すべり地の水質特性（その2）

Ground quality characteristics of landslide in the Mikabu belt(Part2)

○風見健太郎・五百木耕二・和田佳記（株式会社エイト日本技術開発）
林孝標・高川智・尾嶋百合香（国土交通省 四国地方整備局）

1.はじめに

地すべり地の地下水流動を把握することは、地すべり発生機構の解明につながるだけでなく、効率的な地下水の排水を行うための施設配置計画にも資する可能性がある。渡辺ら¹⁾は平成26年12月に四国中央部に位置する御荷鉢帯地すべり地において、地すべり地の地下水特性を把握するための水質分析を実施した。今回、同地すべり地において、採水箇所を追加し、すべり面に作用する地下水特性の検討を行った。また、イオン混合解析を行い、当該地すべり地の地下水の形成状況について検討を行った。

2.調査対象箇所の地形地質

調査対象箇所の地すべり地の地形は、地すべり後背の山頂標高が1300~1400m程度の下方に位置し、平均斜面勾配15~20°前後の緩斜面であり、標高400~600mに位置している。なお地すべりブロックは河川を挟んでN地区とY地区の2つの地すべり地が存在している。地質は御荷鉢緑色岩類が分布している地域となる。

3.試料採取と分析方法

試料採取は集水井の集水ボーリング、横ボーリング工の他に観測孔、湧水を採水した。水質分析はイオン分析、酸素水素同位体比分析、六フッ化硫黄分析を実施した。試料採取は平成27年9月16日~30日に実施した。六フッ化硫黄分析においては大気とサンプル水のコンタミに留意し採水を行った。また、ボーリング観測孔からの採水は温度検層を実施し地下水の流動層を確認し採水を行った。

イオン分析はイオン組成の把握のために Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 、 Mg^{2+} の各イオンは原子吸光法、 Cl^{-} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^{-} の各イオンはイオンクロマト法、 HCO_3^{-} は赤外線分析法により定量分析した。

酸素水素安定同位体比分析は地下水等の涵養源標高を推定するために、近赤外線半導体レーザーを用いたキャビティリングダウン吸収分光法により定量し、別途実施した降水の酸素安定同位体比と標高の相関図を用いて対象とする地下水等の涵養標高を推定した。

六フッ化硫黄分析は地下水等の年代（滞留時間）を推定するために、ガスクロマトグラフ法により定量し、別途実施した大気中の六フッ化硫黄濃度と年代の相関図を用いて対象とする地下水年代を推定した。

4.イオン分析結果による地下水分類

地すべり地の地下水の分類例として破碎帯地すべり地の硬度（ $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ ）- HCO_3^{-} の相関図を適用した長溝（1979）²⁾による事例がある。本報告では長溝の事例を参考とし、図1に示すように(1)硬度、 HCO_3^{-} の濃度が0.7epmまでを表流水・浅層地下水①、(2)当量線付近にあり硬度、 HCO_3^{-} の濃度が0.7epm以上かつ2epmまでを基盤面地下水、(3)硬度、 HCO_3^{-} の濃度が2epm以上を浅層地下水②とした。なお、ヘキサダイアグラムによる地下水分類はCa- HCO_3 型であった。

5.酸素水素同位体比分析結果による地下水涵養標高の推定

酸素水素同位体比分析は、地すべり地の地下水の涵養標高を把握することを目的に実施した。渡辺らは採水を冬季（12月）に実施しており、冬季の場合、降雪や冬の気団の影響で同位体比が小さく³⁾なり、結果、涵養標高に比べ採水標高のほうが小さくなる結果となった。本報告では雨量の多い9月に採水を追加実施し、前回報告にデータを加え調査地の平均的な地下水涵養標高線を求めた。涵養標高線は $\delta^{18}\text{O}=0.0019\text{H}+6.64$ （ $\delta^{18}\text{O}$ ：酸素同位体比、H：標

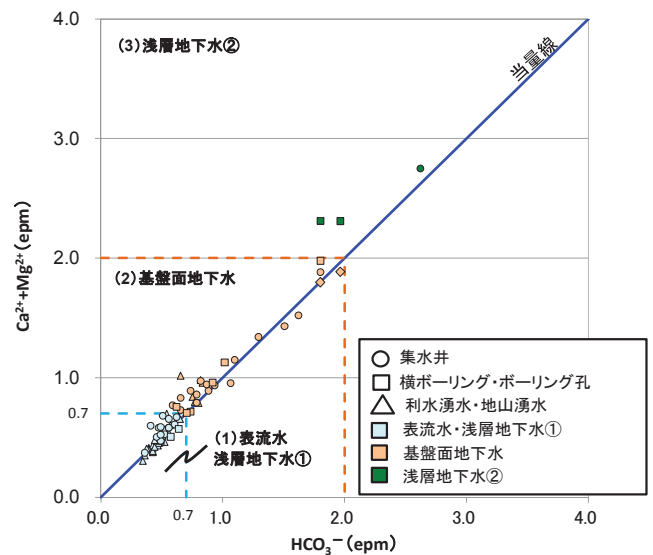


図1 硬度- HCO_3^{-} の関係

高)であった。N地区、Y地区の横軸に採水標高、縦軸に涵養標高に整理し、その結果を図2に示す。図2からN地区、Y地区とも標高400~900mが地下水の涵養源となっていることが分かった。つまり、平均標高差500m以内の範囲の水を集水していることになる。また、基盤面地下水、表流水・浅層地下水①、浅層地下水②に区分される地下水は様々な標高を涵養域としており、これらの地下水が混合し形成されているものと考えられる。

N地区、Y地区とも平均化した涵養標高線においても基盤面地下水に分類される一部の観測孔や集水井で採水標高と涵養標高が逆転する結果となった。これは、地下水の場合、地盤中に一定期間溶存するため、推定涵養標高線の評価を通年において行い、平準化させることが必要であると考えられる。

6.六フッ化硫黄分析結果による地下水年代測定

渡辺らの実施した六フッ化硫黄分析地点に調査地点加え地すべり地に涵養する地下水年代測定を実施した。図3に電気伝導度(Ec)とSF6による年代測定結果の関係を示す。

表流水・浅層地下水①は2~13年、基盤面地下水は3~12年、浅層地下水②は4~13年であり、地下水年代の分布に差は無く、広範に亘っている。電気伝導度には差が見られ、表流水・浅層地下水①は約10mS/m、基盤面地下水は約20mS/mを上限值とし、それ以上を浅層地下水②となっていることが分かる。

7.イオン混合解析

対策工から排水される代表的な基盤面地下水と地すべりブロック上流域に位置する湧水の代表的な表流水・浅層地下水①について、イオン成分比を変化させた濃度の混合解析を行った。その結果を表1に示す。対策工から排水される地下水が、表流水・浅層地下水①型の場合は、湧水が80%程度混合するとイオン形状を再現することができ、基盤面地下水の場合は湧水が30%程度混合させることでイオン形状を再現することが可能であった。なお、表流水・浅層地下水①は凹地形に分布し、基盤面地下水は凸地形に分布している。

8.まとめ

今回適用した地下水分類から当該地すべり地の地下水は、濃度の低い地下水、濃度の高い地下水が複雑に混合し形成していることが判明した。複雑な混合は、分布域から凹地形では表流水・浅層地下水①が主体で、凸地形は基盤面地下水が主体であり、各地下水分類は地形の差が影響している可能性が考えられた。また、地下水年代のばらつきも地下水の混合が影響しているものと考えられる。今後、降雨ピーク時の水質の把握や、詳細な地下水分類を検証し、地下水流動経路を明確にしていきたいと考えている。

謝辞：元京都大学防災研究所 末峯准教授には多大なご助言いただいたことに感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 渡辺俊一他：御荷鉢帯地すべり地の水質特性、第54回日本地すべり学会研究発表会、2015
- 2) 長溝忍：地すべり地内における地下水区分の一手法、「地すべり」Vol.15、No.4
- 3) 酒井均、松久幸敬：安定同位体地球科学、東京大学出版会、1996

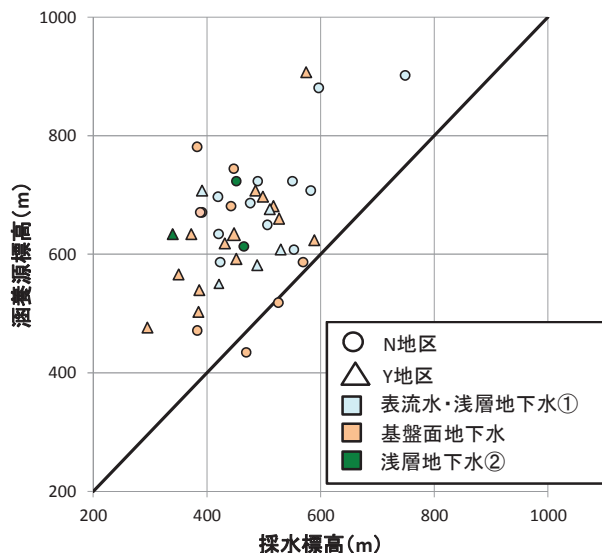


図2 N地区、Y地区の涵養標高と採水標高の関係

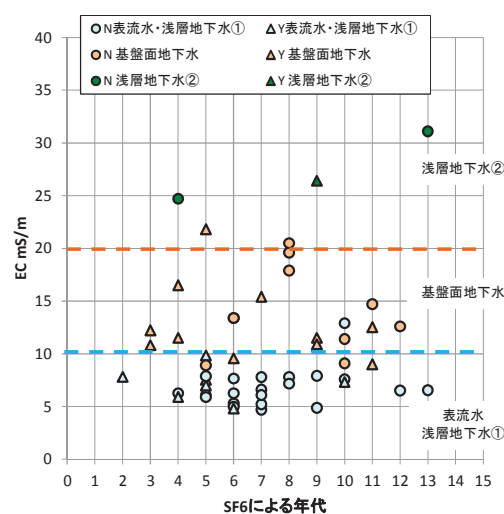


図3 電気伝導度とSF6による年代測定結果

表1 イオン混合解析結果

イオン混合割合	混合結果	類似したヘキサダイアグラム例	地下水分類
湧水×80% 基盤面地下水×20%			表流水・浅層地下水①
湧水×30% 基盤面地下水×70%			基盤面地下水
混合させた湧水 (左)・基盤面地下水 (右)			