

P4. 御荷鉢帯地すべり地の水質特性

Groundwater quality characteristics of landslide in the Mikabu belt

○風見健太郎・渡辺俊一・木村隆行（エイト日本技術開発）

石田孝司（国土交通省 四国地方整備局 現 土木研究所 雪崩・地すべり研究センター）

竹下航・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状況を把握することは、地すべり発生機構解明、集水井等の地すべり対策を計画する上で極めて重要となる。今回、四国中央部に位置する御荷鉢帯地すべり地において、イオン分析、酸素水素安定同位体比分析及び六フッ化硫黄分析を行ったため、その結果について報告する。

2. 試料採取と分析の方法

対象の地すべり地は、後背地の最大山頂標高が 1,000~1,400m 程度の山地下方に位置し、標高 200~700m 付近の平均斜面勾配 15~20°前後の緩斜面である。今回、試料採取の対象とした地下水等は、集水井の集水ボーリング、横ボーリング、ボーリング孔、沢水及び湧水である。試料採取は 2014 年 12 月 16~19 日にかけて行った。地下水年代及び地下水涵養標高を推定するための大気及び降水の採取は、2014 年 12 月~2015 年 2 月にかけて 3 回行った。採取期間中に降雪・積雪が断続したため、湧水の試料採取時では地盤中にパイプを挿入し降雪が直接混入しないよう配慮した。また六フッ化硫黄分析においては大気とのコンタミによるサンプル水への影響を避けるため、集水ボーリング、横ボーリングの孔口を閉塞し、孔内の大気を脱気してから採水した。

イオン分析はイオン組成を把握するために、カルシウム、ナトリウム、カリウム、マグネシウムの各イオンは原子吸光法、塩化物、硫酸、硝酸の各イオンはイオンクロマト法、炭酸水素イオンは赤外線分析法により溶存量を定量分析した。

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。

3. イオン分析結果

長溝(1979)¹⁾は、破碎帯地すべり地における岩盤中の地下水に含まれる二酸化炭素が岩盤の風化を促進させる時の化学反応により、炭酸水素イオン(HCO_3^-)とカルシウムイオン(Ca^{2+})が増加することに着目し、 HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ の関係より地表流水、浅層地下水、基盤面地下水及び深層地下水の 4 つに分類できるとしている。

図-1 は HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ 相関図である。本報告では、長溝(1979)に基づき、 HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ が 0.7epm 以下を表流・浅層地下水①、当量線上を基盤面地下水、 $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ を深層地下水、 $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ を浅層地下水②と区分した。結果、湧水及び沢水は表流・浅層地下水①に、集水井、横ボーリング及びボーリング孔は浅層地下水②あるいは基盤面地下水に区分されるものが多いことが分かった。ただ集水井であっても表流・浅層地下水①に区分されるものも多数確認された。

図-2 は区分毎の代表的なヘキサダイアグラムである。表流・浅層地下水①の溶存量はその他と比較して少ない。浅層地下水②は表流・浅層地下水①と類似するものの溶存量がやや多い。基盤面地下水は、浅層地下水②と比較して HCO_3^- が多い。深層地下水は Na^+ 、 SO_4^{2-} 多く Mg^{2+} が少ない、といった特徴が見られた。

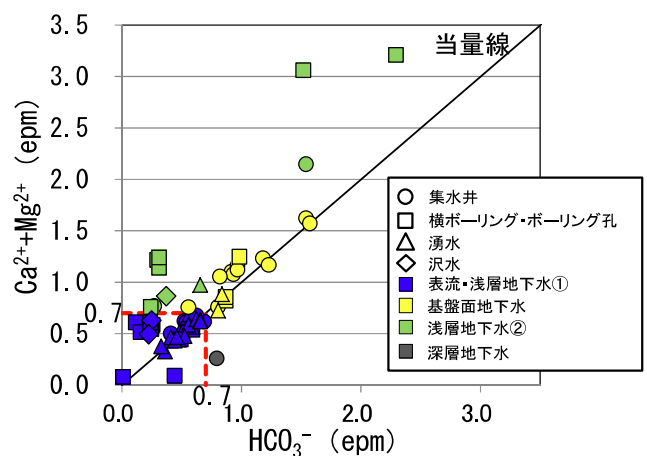


図-1 HCO_3^- と $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ 相関図

4. 酸素水素安定同位体比分析結果

酸素水素安定同位体比分析は、地すべり地に供給される地下水の涵養源標高を把握するために実施した。図-3 は集水井及び横ボーリングにおける涵養源標高である。結果、表流・浅層地下水①の涵養源標高は600~800m, 基盤面地下水のそれは400~700m, 浅層地下水②はその中間となった。つまり、表流・浅層地下水①のほうがより遠くの高標高の降雨により涵養され、基盤面地下水は近傍の降雨により涵養されていることになり、通常理解とは逆の傾向となった。ただ、基準となる降水の同位体比が冬場のみで年間を通じたものでないことや、基準を最低値でなく平均値としているため採取標高より低い涵養源標高があるなど、設定誤差についても今後の課題が残っている。

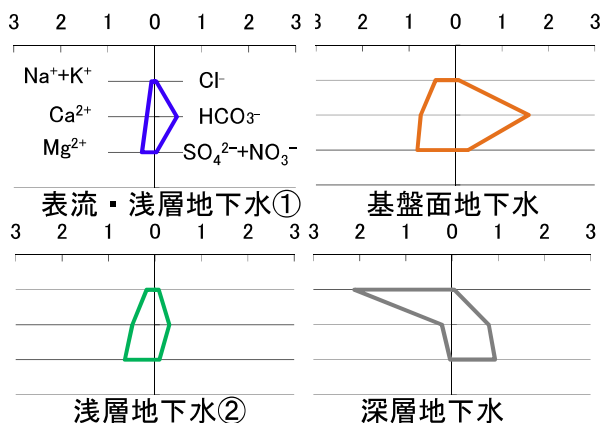


図-2 地下水区分毎のヘキサダイアグラム

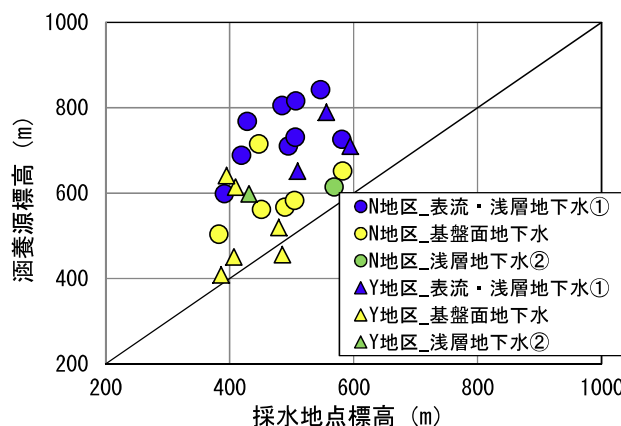


図-3 集水井及び横ボーリングの採水地点標高と涵養源標高の相関図

5. 六フッ化硫黄分析結果

六フッ化硫黄分析は地下水等の年代（滞留時間）を推定するために実施した。表-1 は地下水区分毎の滞留時間である。データ数のバラツキはあるものの、表流・浅層地下水①の滞留時間は0~8年, 基盤面地下水は5~10年となった。最も長い地下水滞留時間は、分析試料中では10年となった。表流・浅層地下水①で0年は湧水箇所である。

図-4 は地下水年代と採水時の電気伝導率の関係であるが、10年程度では年代と電気伝導率に明確な相関はなく、値も一般的な値であった。

表-1 地下水滞留時間（数値は年，()内はデータ数）

区分	N地区	Y地区
表流・浅層地下水①	0~8(14)	5~6(3)
浅層地下水②	7(1)	10(1)
基盤面地下水	5~10(6)	5~8(6)

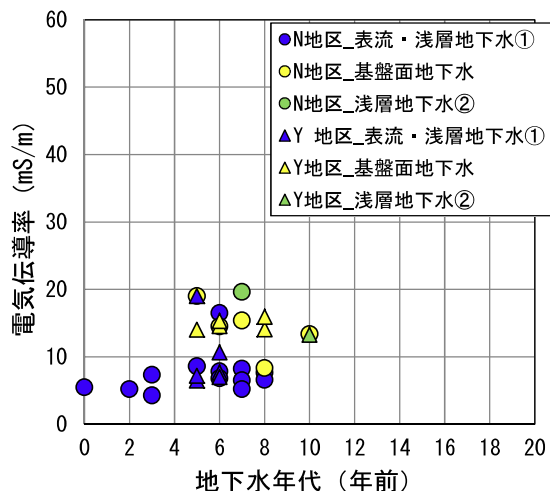


図-4 地下水年代と電気伝導率の関係

6. おわりに

当該地の集水井及び横ボーリングの地下水の多くは、表流・浅層地下水①と基盤面地下水に大別され、前者が地すべりブロック上方の遠くの高標高の雨水により涵養され、後者は地すべりブロック近傍の比較的近い雨水により涵養される傾向があった。いずれも、予想以上に滞留時間が長く、複雑にさまざまな地下水が関与し、集水地形などの流域特性がその差に反映している可能性が考えられた。

ただ本調査は、降雪が断続した冬場のみでデータであるので、今後、夏場においても更にデータの蓄積を行うことが、重要と考える。謝辞：京都大学末峰准教授には、試料採取方法等について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) 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