

## 46. 御荷鉢帯地すべり地の地下水の水質特性

Water quality characterization of groundwater of Landslide in the Mikabu belt

○風見健太郎, 渡辺俊一, 木村隆行 (株式会社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)

Kentarou Kazami, Shunichi Watanabe, Tkayuki Kimura, Koji Ishida, Wataru Takeshita, Yurika Oshima

## 1. はじめに

地すべり活動に最も影響を与えるものが地下水であり、主な地下水の供給源は豪雨、長期間の降水、融雪が原因となる。地すべり土塊中の地下水を排除することが地すべり活動を抑制する上で最も効果的な対策となり、対策効果を最大限に引き出すためには地すべり地の地下水流動状況を把握することが、横ボーリング、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、本報告は四国中央部に位置する御荷鉢帯地すべり地の地下水について水質分析を行い、その結果を報告する。

## 2. 試料採取箇所

対象とする地すべり地は、河川を挟み東西両側斜面に分布している。後背地の最大山頂標高が 1000～1400m 程度の山地下方に位置しており、地すべり地の標高は 200～700m、平均斜面勾配は 15～20° 前後の緩斜面を形成している。試料はこの当該地すべり地周辺の湧水、沢水、ボーリング孔、集水井の集水ボーリング、横ボーリングから排水されている地下水を採取した。試料の採取は 2014 年 12 月～2015 年 2 月にかけて 3 回実施した。

## 3. 水質分析

水質分析は (1) イオン分析, (2) 酸素水素安定同位体比分析, (3) 六フッ化硫黄分析を実施した。(1) 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容量を定量分析した。(2) 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ピ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源標高を推定した。(3) 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。六フッ化硫黄分析は採水試料が大気と接触しないよう集水ボーリング、横ボーリング孔の孔口を閉塞し、孔内の大気を脱気してから採水を実施した。

## 4. イオン分析結果

地すべり地のイオン分析による地下水区分は長溝 (1979) <sup>1) 2)</sup> により提案されている陰イオン  $\text{HCO}_3^-$ 、陽イオン  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  を指標とした水質の分類方法が知られている <sup>1)</sup>。本手法は、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 ( $\text{HCO}_3^-$ ) とカルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) が増加することに着目した手法である。

図 1 に  $\text{HCO}_3^-$  と  $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$  の相関図を示す。本報告では図 1 を 4 つのグループに分け、1)  $\text{HCO}_3^-$  と  $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$  が 0.7meq 以下を表流・浅層地下水①、2) 0.7meq 以上の当量線に分布するデータを基盤面地下水、3) 0.7meq 以上の当量線上方に分布するデータを浅層地下水②、4) 0.7meq 以上の当量線下方に分布するデータを深層地下水として区分した。表流・浅層地下水①は湧水や沢水、集水井ボーリング、横ボーリング、ボーリング孔は浅層地下水②や基盤面地下水に分類されることが分かった。

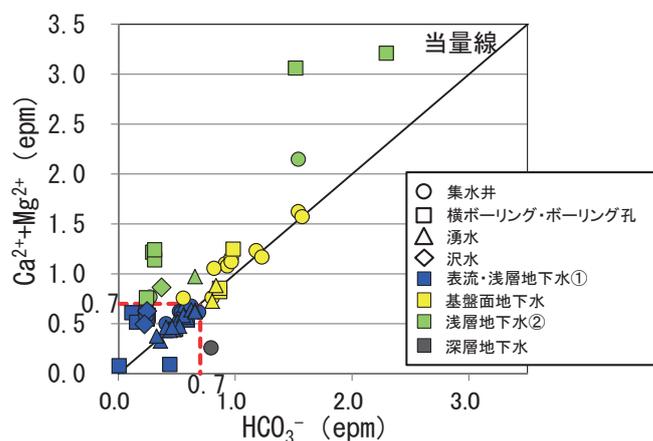
図 1  $\text{HCO}_3^-$  -  $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$  相関図

図 1 で区分した分類の代表的なヘキサダイアグラムを図 2 に示す。表流・浅層地下水①のヘキサダイアグラムは、浅層地下水②や基盤面地下水、深層地下水よりもヘキサダイアグラムの形状が小さく、イオン溶容量が少ないことが分かる。基盤面地下水は表流・浅層地下水①や浅層地下水②に比べ  $\text{HCO}_3^-$  や  $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$  の溶容量が多いことが分かる。これに対し、深層地下水は  $\text{Na}^+$  や  $\text{SO}_4^{2-}$  が多く、 $\text{Mg}^{2+}$  が少なくヘキサダイアグラ

ムの形状が他と大きく異なるといった特徴があることが分かる。

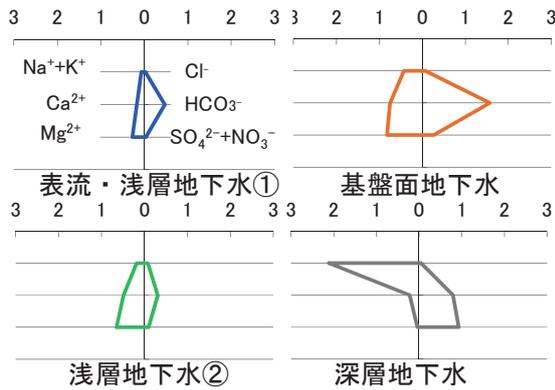


図2 地下水区分毎のヘキサダイアグラム

5. 酸素水素同位体比分析結果

酸素水素同位体比分析は、地すべり地内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に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を示す。浅層地下水①に分類される地下水の涵養源標高は600~800m、基盤面地下水は400~700mとなり、浅層地下水はその中間の標高600m付近となった。つまり、浅層地下水①のほうが高標高の降雨により涵養された地下水となり、基盤面地下水は集水井、横ボーリング、ボーリング孔近傍の降雨により涵養された地下水となる結果であった。この要因として、涵養標高を求めるのに降雨水から推定した地下水涵養標高線を用いたが、年間を通した降雨水の採水が出来ず、冬季のみの降雨水により地下水涵養標高線を求めたことや地下水涵養標高線を最低値でなく平均値としているため、採取標高よりも低い涵養標高があるなど誤差の考慮が課題となっている。

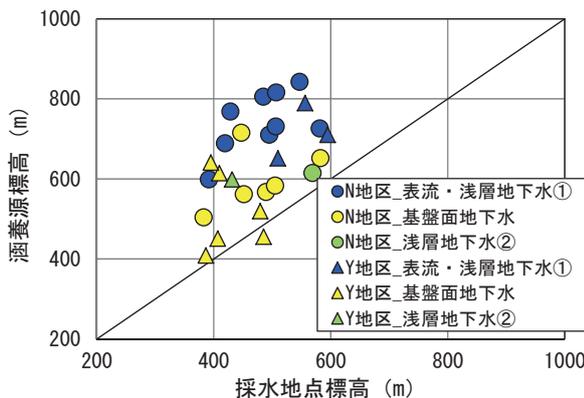


図3 集水井及び横ボーリングの採水地点標高と涵養源標高の相関図

6. 六フッ化硫黄分析結果

六フッ化イオ分析は湧水、集水井、横ボーリング、横ボーリングを利用し、地下水年代を推定するために実施した。表1は地下水区分毎の地下水滞留時間を示したものである。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) |

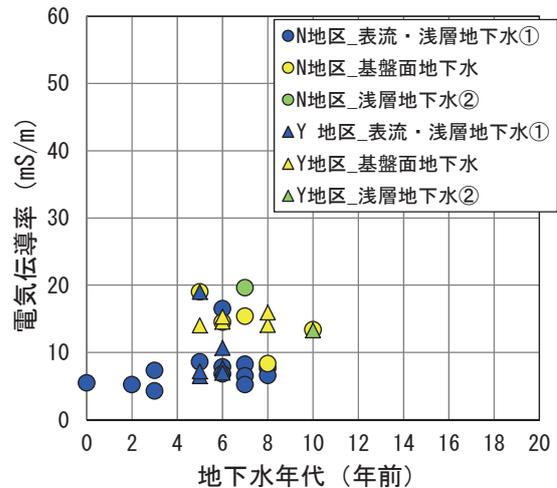


図4 地下水年代と電気伝導率の関係

7. 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
- 2) 吉岡龍馬: 地すべり (5) 地すべりと水-地球科学的調査 (その2), 地下水学会誌 第32巻