

斜面地下水排除対策の効果判定を目的とした水質イオン組成の分析

福島大学共生システム理工学類 菅野 瑞規
福島大学大学院共生システム理工学研究科 新垣 和
福島大学共生システム理工学類 川越清樹

1. はじめに

地球温暖化に起因した多降雨によるリスクを回避するための予測研究が進められており、例えば、川越ら¹⁾は豪雨による斜面崩壊の確率を求めている。斜面崩壊による災害から安全確保をするためには、リスクを求めて新たな対策を整備するだけでなく、既往対策効果が持続的機能を維持するための管理が必要である。この背景を踏まえて既往対策の維持機能を評価するための基準の整備が望まれ、実情の対策機能を検証していくことが重要である。本研究では、地すべり現象の抑制対策として必須とされる地下水排除の機能に着目し、対策の長寿命化において問題視されている鉄の酸化によるスライムの目詰まりの検証、および広範囲の水質より精読した調査、検討を進めた。具体的に以下の1)~3)を検討した。

- 1) スライムによる目詰まりに寄与する Fe^{2+} , Fe^{3+} , T-Fe(以下、鉄イオン)要因について、丸山ら²⁾による新潟県の上越地方の地すべり地の研究事例を再分析し、実際にスライムが発生している地点において、鉄イオンの比較検討を行った。
- 2) 鉄イオンと他の水組成イオンの関係を明らかにするため、全国各地の地すべりの地下水排除工の流出データを収集し、分析結果を比較検討した。
- 3) 長野県地附山地すべりを対象に対策直後の排水データ³⁾と30年経過した現状の排水データを比較した。

これらの比較検討結果をもとに今後の地すべり地下水排除対策の維持管理に必要な要因を考察した。

2. 解析手法、およびデータセット

2.1. 対象領域

対象規模は全国とするが、①既往調査分析の進められた地すべり地域(新潟県上越地方の各地すべり、長野県地附山地すべり)、②東北、北信越地方の主要地すべり地域(秋田県谷地地すべり、山形県七五三掛地すべり、福島県宮古流域の地すべり群、長野県地附山地すべり)、③列島全域と気候帯の異なる地すべり地域(沖縄県宜名真地すべり)のデータを用いて検討を進めた。(図1参照)

なお、鉄イオンに関しての実際のデータに関しては、地すべり地下水排除工のデータが取得できなかったため、スライムが認められる地点(須賀川市の水田の排水路)において採水を行い、分析した。

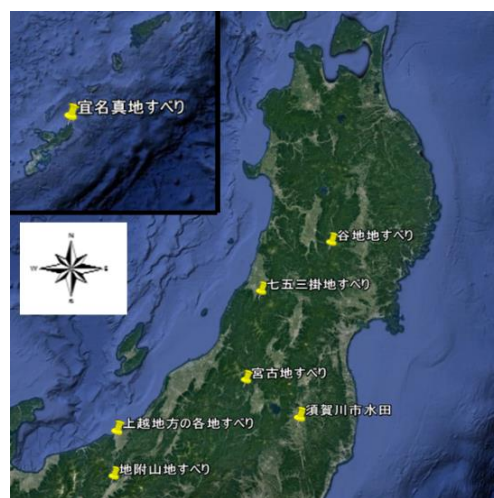


図1 調査対象領域

2.2. 解析方法

解析手順は、1章の説明と合わせると以下でまとめられる。

- 1) 鉄イオンの実情の検討
- 2) 全国の地すべり地の地下水排除工検討
- 3) 地附山地すべり地の地下水排除工における経年イオン変化の比較検討

解析方法として、イオンの分析とトリリニアダイアグラムによる水質区分を行った。

イオン分析において、イオンクロマトグラフィー法、pH4.8 アルカリ度滴定法によって、 Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- を分析した。また、デジタルパックテストにより、0.05~2.00mg/Lの範囲における Fe^{2+} の分析を行った。

イオン分析によって得られた結果からトリリニアダイアグラムを作成した。トリリニアダイアグラムを作成することで、I型(非重炭酸カルシウム型)、II型(重炭酸カルシウム型)、III型(重炭酸ナトリウム型)、IV型(非重炭酸ナトリウム型)に分類することができ、地すべり地における地下水排除工、および地域の特徴を把握することが可能になる。なお、日本の一般的な地下水の基準はII型に属する。

3. 解析結果

3.1. 鉄イオンの実情の検討結果

丸山らによる新潟県上越地方の鉄イオンの再分析の結果より、スライムがある場合、相対的に鉄イオンの濃度が0.01~9.90mg/Lの範囲となり、そのほとんどが1.00mg/L以上を示すといった高い値である結果を得た。また、スライムの有無の大小による溶

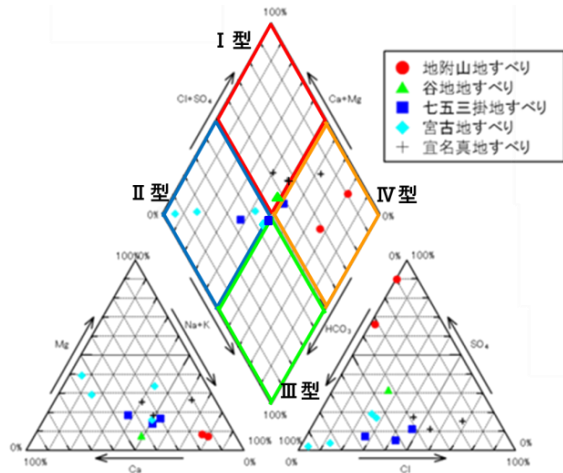


図2 各地すべりにおけるトリリニアダイアグラム

存濃度の高低は見てとれないものの、鉄の酸化に関係する溶存酸素の SO_4^{2-} と HCO_3^- において高い値を示す傾向が明らかにされた。したがって、スライム発生には、酸化性のイオンに着目する必要がある結果を得た。pH は 5.5~8.0 を示し、中性に近いほど鉄イオンが発生することも明らかにされた。須賀川のスライムの実測サンプル分析によると、鉄の溶存濃度は 0.05mg/L, pH8.2 となる結果を得た。この結果は、鉄濃度の溶存性のみでなく、鉄酸化に関わる反応がスライム発生に寄与している可能性を示唆する。特に動物プランクトンが活発化する夏季等の影響も十分に把握する必要がある見込まれ、スライム発生を精緻に把握するためには、季節における時系列的分析を行う必要がある。

3.2. 全国の地すべり地の地下水排除工検討結果

全国各地の地すべり地の排除施設において計測した結果によると、 Fe^{2+} は 0.05mg/L 以下になる結果を得た。各主要な水組成イオンについて、溶存酸素の SO_4^{2-} と HCO_3^- は、地すべり地ごとに大小差が認められるが、それぞれ地附山地すべりと宮古地すべりにおいて高い濃度を示した。トリリニアダイアグラムによる水質区分(図2参照)は、地附山地すべりはIV型、その他の地すべり地は日本の一般的な地下水のII型、ないしI型を示しており、地附山地すべり以外では、特に HCO_3^- が高い割合であることが明らかにされた。

3.3. 地附山地すべり地の経年イオン検討結果

現在の水質は過去と比較すると、 Na^+ と SO_4^{2-} を除く各イオンにおいて、濃度は低下した。 Na^+ は地下水と土壌粒子のイオン交換によって放出されやすい特徴を持つため、経年のイオン交換が影響したと推測され、 SO_4^{2-} に関すれば、当該地が凝灰岩といった火山由来の地質を呈するため、硫黄または硫酸塩が溶出された可能性が高い。なお、地附山地すべりの特徴として全体的に全国の他の地点と比較して高い溶存濃度を示すが、特に Na^+ と SO_4^{2-} は 1986 年当時か

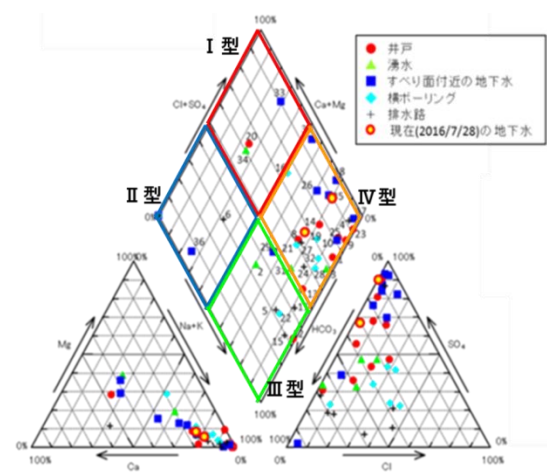


図3 地附山におけるトリリニアダイアグラム

ら高い値を示していた。また、地すべり頭部と比較すると、末部の溶存濃度は高い傾向が見られ、各イオンにおいて、高位置から低位置へと流出する過程で酸化促進される特徴が示されている。1986年と現在のトリリニアダイアグラムの水質区分について、過去と現在において大きな変化は見られず、同じIV型を示した(図3参照)。

4. まとめと考察

文節の3.1.に示す通り、スライムの起源となる鉄、また鉄の腐食を促す動物プランクトンについて着目した調査を進め、一時的でなく季節を通して観測することが必要である。こうした観測調査を地すべり地下水排除工のメンテナンスの中で実施して、異常値の基準も明らかにすることが必要と考えられる。

なお、全国調査で、地附山地すべり、および福島県宮古流域の地すべり群で SO_4^{2-} と HCO_3^- の酸化性イオンの高まる結果を得ている。鉄の存在、動物プランクトンの発生が認められた場合、スライムが生じて目詰まりを起こす可能性が示唆される。そのため、当該地の鉄イオンや動物プランクトンの存在を精緻に調査することが必要と考えられる。特に地附山地すべりの主要イオンは SO_4^{2-} の濃度が経年高まっているため、この動向を把握することが持続的な地下水排除工の維持管理につながると推測される。

謝辞

本研究は、文部科学省(MEXT)気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の助成で行われた。ここに記して謝意を示す次第である。

参考文献

- 1) 川越清樹・江坂悠里・伊藤圭祐・脇岡靖明, 気候モデルを用いた将来の土砂災害被害額推計, 土木学会論文集G(環境), Vol.70, I.167-176, 2014.
- 2) 丸山清輝・安藤達弥・飯田正己, 地下水排除施設集水管の目詰まりに関する検討, 日本地すべり学会, Vol.39, No.4p409-415, 2003.
- 3) 吉岡龍馬・真嶋清隆・小泉尚嗣, 長野県地附山地すべり地における天然水の化学成分および同位体組成について, 京都大学防災研究所年報 第31号 No.31 B-1, 1988