

【課題番号】 2025#05

【採 択 者】 小林聖依（新潟大学大学院自然科学研究科）

## 【研究テーマ】

すべり面付近の地下水の水質－新潟県松葉地すべりにおける淡水/塩水境界－

## 【要旨】

新潟県における新第三紀層泥岩の分布地域は、地すべりの多発地帯として知られ、移動土砂量が1,000万m<sup>3</sup>を超える大規模地すべりも多く確認されている。これらの大規模地すべり地では高塩分濃度地下水がみられ、地すべりの発生との関係が議論されてきた。地すべり発生に関与する地質・土質の力学特性として、固結度の低い軟質の泥岩の力学的強度、さらに風化の進行による強度低下が注目されてきた。一方で近年の研究では、粘性土においては、間隙水の塩分濃度の低下にともない、せん断強度も低下することが明らかになってきた。本研究は上越市清里区の松葉地すべりを研究対象に、ループ・ループ法による電磁探査などを行い、松葉地すべり地における高塩分濃度地下水の分布状況を把握することで、すべり面と淡水/塩水境界の空間的關係を検討することを目的とする。

研究手法は、①現地でのループ・ループ法電磁探査とその解析、そして、②調査地域で採取した粒径<2mmの強風化泥岩を用いた室内土質試験（以下、一面せん断試験とする）を行い、間隙水に淡水を用いた場合と塩水を用いた場合の結果を比較した。

ループ・ループ法電磁探査結果を用いてコンター図を作成したところ、地下深部に低比抵抗値領域が分布していることが明らかになった。なお、地下深部における高塩分濃度地下水の存在は、地下水電気伝導度の垂直分布図でも示されている。以上を踏まえると、松葉地すべりにおける塩水は、高塩分濃度流体が地下深部から上昇してきている可能性がある。また、一面せん断試験では、間隙水に純水を用いた場合の内部摩擦角は17.1°、塩水を用いた場合の内部摩擦角は24.4°という結果が得られた。これにより、調査地域でも淡水化に伴うせん断強さの低下が発生している可能性があることが明らかとなった。

松葉地すべりにおける物理探査の結果、地下深部に低比抵抗帯が認められ、これは高塩分地下水の上昇を示唆している。また、せん断試験の結果からは、地下水の淡水化が土の強度低下を引き起こした可能性が示されている。これらのことから、深部起源の塩水地下水は、過剰間隙水圧の増加を通じて大規模地すべりの発生に寄与するとともに、淡水への置換に伴う土の物理・化学的变化を通じて浅層地すべりの活動にも関与している可能性があると考えられる。

## 【研究成果・まとめ】

本稿では、①現地でのループ・ループ法電磁探査とその解析、②調査地域で採取した粒径<2mmの強風化泥岩を用いた一面せん断試験の結果報告及び考察を行う。

### ①ループ・ループ法電磁探査とその解析

ループループ法電磁探査による地下の比抵抗値の計測結果を図1に示す。ループループ法とは、大地の見かけ上の電気伝導度を測定する電磁探査であり、機械が示す比抵抗値の大きさから地質や湿潤状態を推定することが可能である。本調査では松葉地すべり中腹の道沿いを、深度7.5m、15m、30m、60mで測定した。

まず、本結果を踏まえ、データの精度について考察する。一般的な泥岩の有効間隙率は3%程度だが、地すべり地内であるため亀裂や風化を考慮して5%と仮定した。地下水の電気伝導度最高値である1878mS/m及び泥岩の平均的な電気伝導度35mS/mを採用して計算すると、以下の式で土層の電気伝導度の理論値を得た。

$$1878 \text{ mS/m} \times 0.05 + 35 \text{ mS/m} \times 0.95 = 127.3 \text{ mS/m}$$

実際にループループ法探査で得られた低比抵抗領域の電気伝導度は 123 mS/m 程度であり、理論値に近い値であった。したがって、本探査の結果は一定の信頼性を持つ調査結果であると考えた。

図 1 より、高塩分濃度地下水が採取された観測孔と低比抵抗値領域の位置関係がおおよそ調和的であるということが明らかになった。加えて、比抵抗図の色の変遷は地下から地表付近にかけて変化している形態を示し、高塩分濃度流体が地下深部から上昇してきていることを示唆する結果を示した。

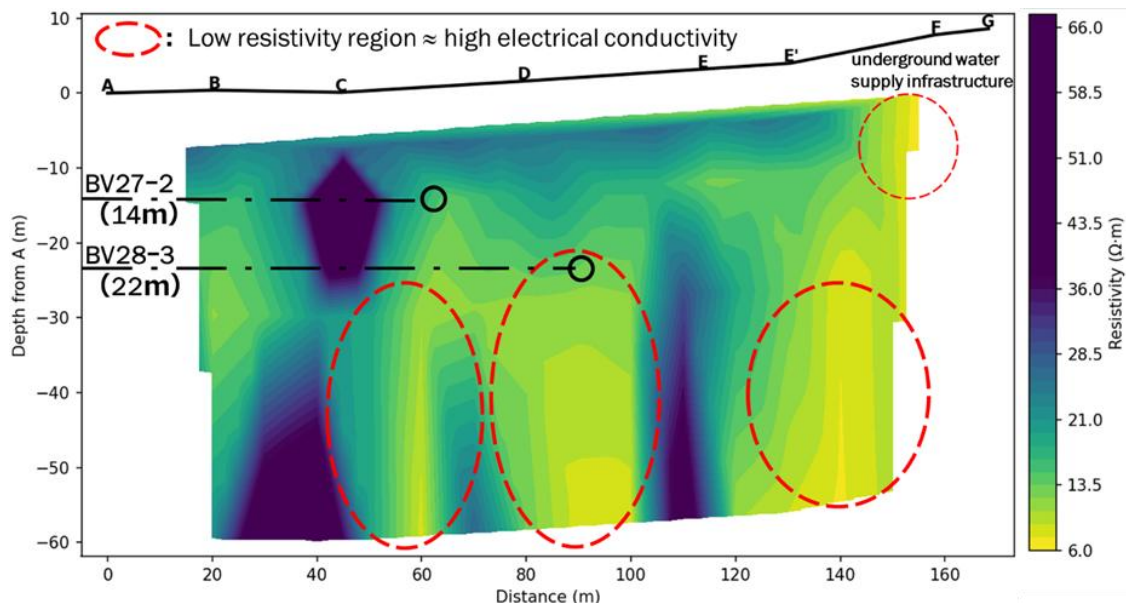


図 1 松葉地すべりの電気比抵抗コンター図

②調査地域で採取した粒径<2 mm の強風化泥岩を用いた一面せん断試験

間隙水の性質変化が及ぼす土質力学的影響について、先行研究 (Tiwari (2015)) では、純水下において土の中の粘土含有率が高いほどせん断強度は低下するということが明らかになっている。

せん断試験では、現地調査で採取した強風化泥岩の試料<2mm に対し、純水と塩水をそれぞれ間隙水に用いてせん断試験を実施した。間隙水に純水を用いた場合のせん断強度が  $17.1^\circ$ 、塩水を用いた場合が  $24.4^\circ$  であるという結果が得られた (図 2)。内部摩擦角  $1^\circ$  の違いが最大で強度に 15% の差が出る場合もあるため、間隙水の変化による強度低下は明確であると考えられる。本調査地域において、地下の塩水は、間隙水圧を高める要因としてよりも、間隙水の性質変化による土壌の強度低下をもたらしている可能性がある。

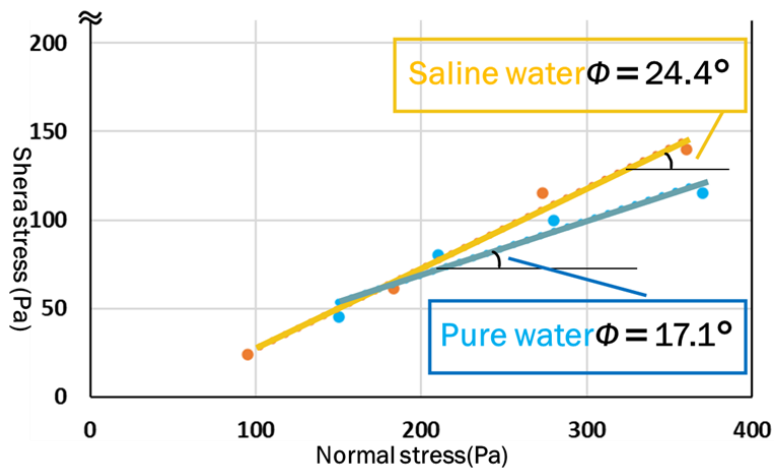


図 2 せん断試験結果

本調査で明らかになったことを以下にまとめる。

- ・ 物理探査の結果，地下深部に低比抵抗帯が認められ，高塩分地下水の湧昇が示唆される。また，せん断試験の結果から，淡水化が土の強度低下を引き起こした可能性が示された。
- ・ 以上の結果から，深部起源の塩水地下水は過剰間隙水圧の増加を通じて大規模地すべりの発生に寄与するとともに，淡水への置換に伴う土の物理・化学的变化を通じて浅層地すべりの活動にも関与している可能性が示唆される。

**【参考資料（論文・学会発表など）】**

- 1) 渡部 直喜・佐藤 壽則・古谷 元，2009，新潟地域の大規模地すべりと異常高圧 熱水系．地学雑誌，118，543-563.
- 2) 渡部 直喜，鷺津 史也，大木 靖衛，佐藤 修，1995，新潟県松之山地すべり地 域の地下水の水質について．地すべり，Vol. 32，No. 3，32-40.
- 3) Tiwari and Ajmera，2015，Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering，2015，141(1).
- 4) Di Maio et al.，2015，Landslides，12，657-667.
- 5) Nishiyama et al.，2020，Island Arc，29(1)，1-20.
- 6) 公益社団法人地盤工学会，2021，地盤材料試験の方法と解説．公益社団法人地盤工 学会，132-152，158-172.
- 7) 公益社団法人土木学会，2015，土質試験の手引き [第三版]，公益社団法人土木学 会，大西，15-19，25-40，81-90.