

新潟大学災害・復興科学研究所

共同研究報告書

(A4: 2~3枚程度)

表題 いわゆる“第三紀層地すべり”と深部熱水との関係について

研究代表者氏名 千木良雅弘¹⁾

研究分担者氏名 西山成哲²⁾

研究分担者氏名 鈴木浩一³⁾

研究分担者氏名 渡部直喜⁴⁾

※ 災害・復興科学研究所共同研究者(対応者)は、研究分担者に必ず記載してください。

1) 京都大学防災研究所 2) 京都大学大学院理学研究科

3) 電力中央研究所 4) 新潟大学災害・復興科学研究所

研究要旨 (10.5ポイント)

(400字以内)

日本海側の新第三紀層分布地域は、地すべり多発地帯として有名である。一方で、本地域は油ガス田地帯としても有名であり、それに付随する高塩濃度の深部地下水が存在する。本研究は、新潟県南部の東頸城丘陵を対象に、昨年度実施した電磁探査の結果を踏まえ、地形調査、地質調査、地下水調査を行い、高塩濃度の地下水と地すべり地形および重力変形地形との位置関係を明らかにした。地形調査の結果、調査地域には多数の地すべり地形が認められ、高標高部には線状凹地や小崖などの重力変形地形が認められた。電磁探査および岩石の比抵抗測定実験の結果から、深度50~100m以深に海水と同程度の濃度の高塩濃度地下水が、浅部にはECが100mS/m以下の地下水が賦存することがわかった。この浅部の地下水は、高塩濃度地下水が天水起源の水に置換されたものと考えられる。そして、この間隙水の交換が岩石の劣化を引き起こして地すべりの原因になった可能性があることがわかった。

A~G (10.5ポイント程度)

A. 研究目的

新潟県南部の丘陵地には、松之山温泉をはじめとする異常高圧かつ高塩濃度の深部地下水が存在することが知られている。このような地下水は、地すべりのすべり面下にも確認されており、地すべりと高塩濃度地下水との関係が議論されてきた(古谷ほか, 2005; 渡部ほか, 2009; Tiwari and Ajmera, 2015)。しかし、丘陵地全体の地形発達過程において、深部の高塩濃度地下水と地すべりがどのように関係するのか明らかとなっていない。

昨年度までの調査において、東頸城丘陵の長倉山背斜の地質・地質構造および電磁探査により地下の比抵抗分布が明らかとなった。本研究では、これらの結果に加え、地形調査、地下水調査、および岩石試料の比抵抗測定実験により、地すべり

および重力変形地形と、深部高塩濃度地下水の位置関係を明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

対象地域の詳細な地形的特徴を把握するため、LiDARデータによる2mメッシュのDEMおよび空中写真を用いて、線上凹地、小崖、および地すべり地形の判読を行った。また、現地調査により詳細な地質図を作成した。

地下水の水質・同位体特性を把握するために、地すべり対策用に掘られた集水井15地点、水抜き横ボーリング孔38地点、また長倉山背斜から流下する主要な溪流4本の沢水18地点において採水を実施した。主要溶存イオン濃度、および酸素・水素同位体組成の分析には、新潟大学災害・

復興科学研究所のイオンクロマトグラフ分析装置 (Thermo DINEX ICS-1100) と安定同位体測定用質量分析計 (Micromass PRISM) を使用した。

昨年度の電磁探査の結果から、地下水の水質の分布を抽出するために、比抵抗の測定実験を実施した。岩石試料は、泥岩と凝灰岩の2種類を用い、コア状に形成したものを岩種ごとに6試料作成し、乾燥の後、それぞれに濃度を調整した KCl 溶液に浸水させた後、比抵抗の測定を行った。

C. 研究結果

長倉山背斜の地質は、新第三系の泥岩と凝灰岩で構成され、断層を伴う複雑な複背斜構造を形成することが明らかとなった。斜面には多数の地すべり地形が存在し、また尾根上部には傾斜が 20° 以下の比較的緩傾斜の部分があり、そこには重力変形とみられる線状凹地や小崖が多数認められ、一部の凹地は池となっている。また、山稜上部の急傾斜部は凝灰岩で構成されており、一部は凝灰岩の層理面に沿う地すべりの滑落崖となっている。また直径が 700m に及ぶ円形の窪地があり、その底部には、凝灰岩の下位にある泥岩が露出している。

採水した地下水の電気伝導度 (EC) は、19.3~505 mS/m とバリエーションに富む。高 EC の地下水には Na^+ および Cl^- に富む特徴があり、また同位体分析の結果、 $\delta^{18}\text{O}$ 値が大きくなる傾向が認められた。これは調査地域周辺に認められる異常高圧を伴う高塩濃度地下水や油・ガス田に見られる地層水の $\text{Cl}^-/\delta^{18}\text{O}$ に近づく傾向としてみられ (図-1)、このような高塩濃度の深部地下水が天水起源の水にわずかに混入したものであると考えられる。

比抵抗測定実験の結果を図-2 に示す。両岩石の比抵抗は、 $30\ \Omega\text{m}$ ~数 Ωm まで変化し、間隙水が低比抵抗であるほど、低比抵抗となる。しかし、間隙水比抵抗が $10\ \Omega\text{m}$ を上回ると岩石試料の比抵抗は変化しなくなる。岩種による比抵抗値の違いはほとんどなく、電磁探査から得られた比抵抗分布は間隙水の影響を受けたものであると考えられる。

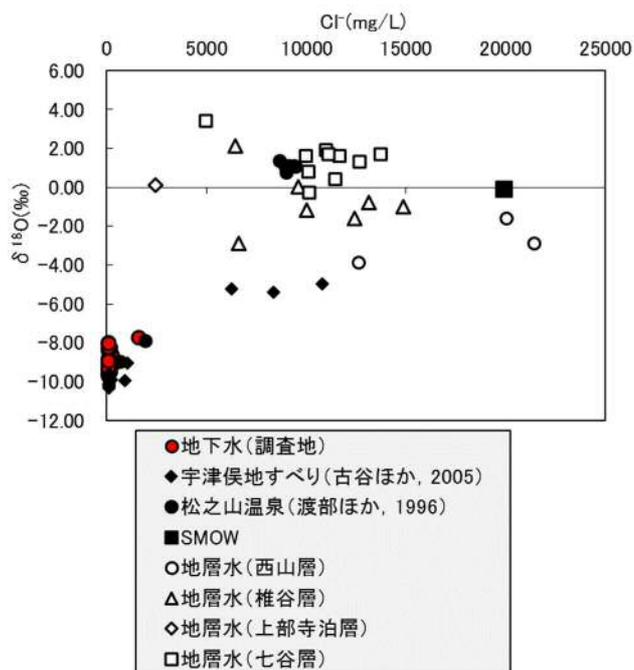


図-1 地下水の Cl^- 濃度と $\delta^{18}\text{O}$ の関係

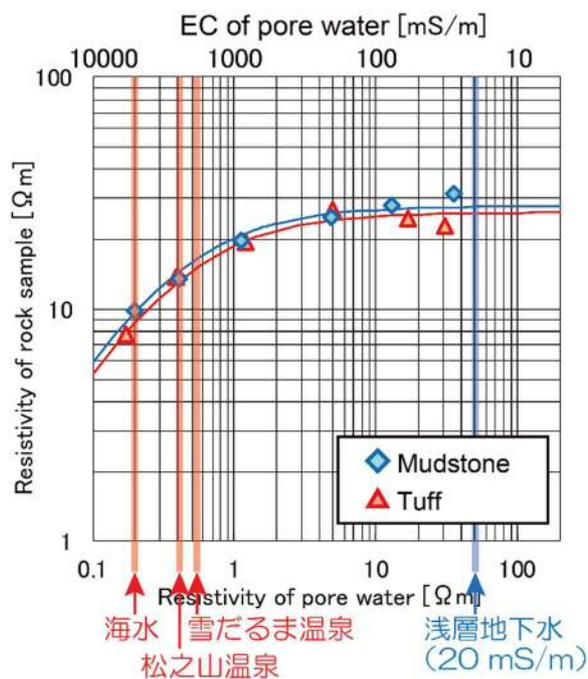


図-2 間隙水比抵抗と岩石試料の比抵抗の関係

D. 考察

図-3 に、比抵抗断面図に地質断面図および地形判読図を投影したものを示す。岩石の比抵抗測定実験の結果から、 $10\ \Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗領域には、その地下水として海水と同程度の塩濃度の水が賦存すると想定される。このことから、泥岩分布域の深度 50~100 m 以深には高塩濃度地下水が広く分布しており、それ以浅には天水起源の地下水が賦存するものと考えられる。凝灰岩分布域にお

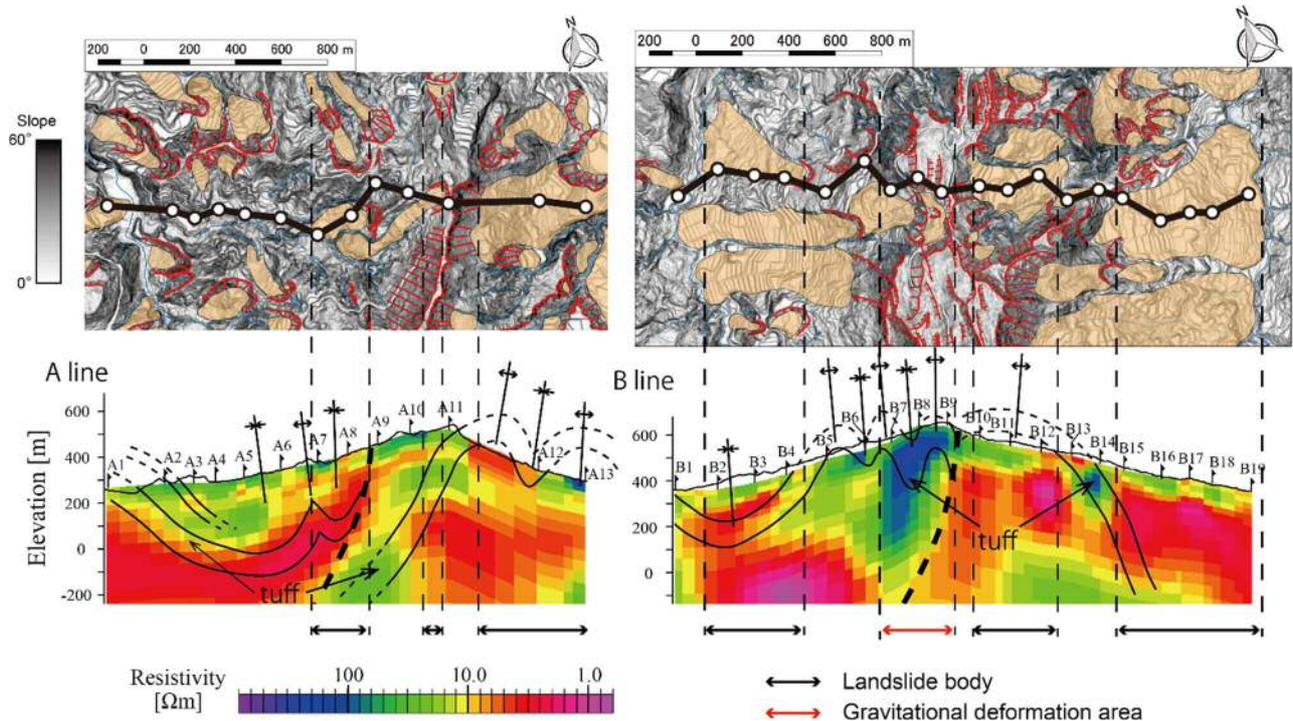


図-3 地形、地質構造、および比抵抗分布の空間的位置関係

いては、高比抵抗領域が、泥岩分布域と比較してより深部まで分布しており、天水起源の地下水がより深部まで分布すると考えられる。

低比抵抗領域が地表付近（深度 50～100 m）にある部分の地表では、地すべり地形の移動体が発達する傾向が認められる（図-3）。また、線状凹地や小崖が発達する部分（図-3: B7-B9）の地下は、高比抵抗領域が深部まで分布し、かつ 100 Ωm 以上の高比抵抗となっている。この値は、比抵抗測定実験の結果を大きく上回る。これは岩盤の間隙率が、実験で用いた岩石のものよりも大きく、低塩濃度の地下水で満たされていると考えられる。間隙率が大きくなる要因としては、割れ目が発達していることが想定される。

E. 結論

本調査の結果、以下の事が分かった。

- EC が 1,000 mS/m 以上の高塩濃度地下水が凝灰岩分布域を除いて深度約 50～100 m 以深に広く分布する。
- 1,000 mS/m 以上の地下水は、Na⁺と Cl⁻に富む。
- 高塩濃度地下水の上に淡水（深度 50～100 m）が分布している領域に地すべり移動体が分布するが多い。
- 線状凹地および小崖が発達する領域では、地下深部まで淡水が到達しており、かつ割れ目が多

今後、地下水の水質の違いが斜面の安定性にどのように寄与するかを検討する必要がある。

F. 研究発表

1. 論文発表（掲載誌名・巻号・頁・発行年を記入し、掲載論文あるいはPDFファイルを別紙で1部提出）

なし

2. 学会発表（学会名・発表年月・開催地なども記入）

N. Nishiyama, M. Chigira, K. Suzuki, N. Watanabe, 2017, Distribution of highly saline groundwater in the areas with many landslides in the southern Niigata Prefecture, The 4th Slope Tectonics Conference, 14-15 October 2017, Uji Campus, Kyoto University.

西山成哲・千木良雅弘・鈴木浩一・渡部直喜, 2018, 日本海側新第三系堆積岩地域における山地解体過程と深部流体の関係, 地球惑星科学連合大会, 2018年5月22日, 幕張メッセ.

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他