

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：13101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2022～2023

課題番号：22K18867

研究課題名（和文）CSMT法電磁探査の導入による巨大地すべりの発生メカニズムの解明

研究課題名（英文）Application of electromagnetic exploration by CSMT method to clarify the mechanism of huge landslides

研究代表者

渡部 直喜（Watanabe, Naoki）

新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授

研究者番号：60282977

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：新潟県上越市の沖見地すべりは、幅約500 m、長さ約1500 m、面積約70 haの規模を有する。本地すべりの基岩は新第三紀中新世に堆積した泥質岩であり、冠頂部の観測井からは高濃度NaCl型地下水が確認されている。CSMT探査の結果、測点A2～A3およびB2～B3の地下30～330 m付近に連続した超低比抵抗領域（ $<2 \Omega \cdot m$ ）を確認し、周辺部にも厚さ50 m程度で連続していた。その形状から、本地すべりの西側の地下100～300 mに存在する高濃度NaCl型地下水の貯留層（“塩水溜まり”）を検出できたと考える。この“塩水溜まり”から地すべりの底部に向かって湧昇する塩水プルームも識別できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新潟県の大規模～巨大地すべりでは、地球化学的に地下深部の化石海水起源とされる高濃度NaCl型地下水（以下、塩水）の存在が報告されている。これらは、石油探査で知られている地下深部の異常高圧貯留層に由来する。これまで定説のなかった大規模～巨大地すべりの発生機構および特有の水理・水文地質構造を解明するため、新潟県上越市の沖見地すべりを研究対象としてCSMT法電磁探査を行い、地下の塩水の貯留層を検出した。さらに、地すべりの底部に向かって湧昇する塩水プルームを確認した。異常高圧貯留層からの塩水の上昇は巨大地すべり発生の主因になり得るとする仮説を裏付ける証拠となった。

研究成果の概要（英文）：The Okimi landslide, located in Joetsu City, Niigata Prefecture, Japan, is about 500 m wide and 1,500 m long, with an area of about 70 ha. The bedrock of the landslide is Miocene mudstone, and saline groundwater has been detected in observation wells around the landslide head. The CSMT survey visualized a continuous ultra-low resistivity zone ($<2 \Omega \cdot m$) at 30 to 330 m below ground level at observation points A2 to A3 and B2 to B3, and also in the surrounding area with a thickness of about 50 m. In addition, the survey realized a saline groundwater reservoir as a saline chamber in the western part of the landslide at 100 to 300 m below ground level. We could identify that a saline water plume rising from this saline chamber toward the bottom of the landslide.

研究分野：水文地質学

キーワード：巨大地すべり 高塩分濃度地下水 CSMT法電磁探査 異常高圧貯留層 水文地質構造 異常間隙水圧

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

新潟県を含む東北～北陸地方の日本海側には、移動土塊の体積が数千から1億 m³ 超に至る大規模～巨大地すべりが散在する。これらの大規模～巨大地すべりの発生メカニズムには不明な点が多く、定説はない。従来、大規模～巨大地すべりの発生メカニズムは、中・小規模の地すべりと同様に、豪雨・融雪による地下水の供給(間隙水圧の上昇)が主な要因の1つと考えられてきた。しかしながら、地表からの浸透水のみでは1億 m³ を超える土塊の運動を説明できない。他方、新潟県の大規模～巨大地すべりでは、高塩分濃度地下水(以下、塩水)の存在が数多く報告されている。塩水の出現する調査ボーリング孔では、しばしば自噴も確認されており、塩水は被圧地下水である。本研究は、新潟県を含む東北～北陸地方日本海側の地すべり多発地帯の分布が石油・ガス田地帯と重なることに着目している。大規模～巨大地すべりに出現する塩水は、地球化学的特徴から石油付随水に類似の化石海水起源である。石油・ガス田の地下1,000 m以深には古くから異常高圧貯留層の存在が確認されており、塩水の供給源の可能性もある。本研究は、大規模～巨大地すべりに限定して出現する塩水の挙動が発生メカニズムを解く鍵と考えている。

2. 研究の目的

本研究では従前の地すべり調査・研究と異なる手法を導入して、大規模～巨大地すべりの発生メカニズムおよび大規模～巨大地すべりに特有の水理・水文地質構造を解明する。研究目的は、

CSMT 法電磁探査(後述)による地下1,000 m 程度までの水文地質構造の可視化、
深部から地すべり土塊に侵入する高塩分濃度地下水(以下、塩水)の湧昇経路の識別である。

3. 研究の方法

塩水を含む地層は極めて低い比抵抗値(2.0 Ω・m)を有するので、比較的安価かつ迅速な調査手法として、CSMT 法電磁探査が最適である。CSMT 探査は、人工的に発生させた数 Hz～数 kHz の電磁波を用いた探査法で、地下数10～2000 m 付近までの比抵抗値(電気抵抗値)の測定ができる。地下深部の比抵抗値を用いると、地盤の中の地質状況(割れ目・断層の有無、岩相の差異など)、さらに地下水の分布状況を推定できる。本研究では日本有数の地すべり多発地帯である新潟県東頸城地域の大規模地すべり(上越市牧区の沖見地すべり)を研究対象として、CSMT 法電磁探査を実施した。その結果、深さ1,000 m 程度までの超低比抵抗帯(高塩分濃度帯)の分布状況と塩水の流動経路を把握し、地すべり直下に湧昇する塩水の三次元分布を可視化できた。これにより、巨大地すべりに特有の水理・水文地質構造を明らかにした。

4. 研究成果

研究対象の沖見地すべりは幅約500 m、長さ約1500 m、面積約70 haの規模を有する。基岩地質は、新第三紀中新世の泥質岩を主体とする。地層の走向はN30～50°Eで、北西側へ

20°前後で傾斜する。周辺には、北東-南西方向に軸をもつ真光寺背斜および大月向斜が伸長しており、背斜の南西延長は断層に移行すると考えられる。また、既往研究によると、本地すべり頭部の観測井において塩水が確認されている。

2022年度は、沖見地すべりの地下に賦存する化石海水と考えられる超低比抵抗体の分布状況の把握を目的とした。そのため、既往文献・資料の調査、空中写真・数値地図による地形調査、現地における地質踏査を行い、探査測線を決定した上で、CSMT法電磁探査を実施した。本地すべりを通過し、かつ地質構造に直交する測線を設定した(A測線)。A測線では、8箇所の測定点が概ね1列かつ等間隔に並ぶように測点A1~A8を配置した。探査の結果、測点A2からA3の地下30~330m付近に、2・m以下の連続した超低比抵抗領域が認められ、その周辺部(測点A1~A2およびA3~A5)にも厚さ50m程度で超低比抵抗領域が連続的に分布していた。塩水の帯水層を検出できたと考ええる。

2023年度はA測線に直交するB測線(測点B1~A8)を設定し、CSMT法電磁探査を実施した。その結果、B側線の地下には主に20・m以下の低比抵抗値の低い領域が広く分布していた。とくに測点B2~B3の地下には傾動した“壺”のような形状で2・m以下の超比抵抗領域が分布していた。B側線は地層の走向方向に設定されたため、超比抵抗領域の形状は地質や地質構造の差異に起因するとは考えにくい。塩水の貯留層“塩水溜まり”を検出したと考える。A側線とB側線の探査結果を考え合わせると、本地すべりの西側の地下100m~300mに存在する“塩水溜まり”から地すべりの底部(深さ30m付近)に向かって湧昇する塩水プルームが識別できた。塩水プルームの確認は、異常高圧貯留層からの塩水の上昇が大規模~巨大地すべり発生の主因になり得るとする仮説を裏付ける証拠と考えられる。

今後、大規模~巨大地すべり研究においてCSMT法電磁探査が各地で広く導入されれば、研究は飛躍的に進展し、地すべり発生機構・特有の水文地質構造の解明によって、合理的かつ経済的で最適な災害対策技術の考案・開発に役立つと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 渡部直喜・佐藤壽則・西山成哲・古谷元・王功輝・千木良雅弘
2. 発表標題 地すべりのせん断強度に影響を及ぼす間隙水の異常流体圧と塩分濃度
3. 学会等名 令和4年度京都大学防災研究所研究発表講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoki Watanabe
2. 発表標題 Key role of fossil seawater in Neogene sedimentary rocks for landslide occurrences in the northern part of central Japan
3. 学会等名 ポスニア・ヘルツェゴビナ地盤工学会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------