

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 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熱水の関係

研究代表者氏名 千木良雅弘<sup>1)</sup>  
研究分担者氏名 西山成哲<sup>2)</sup>  
研究分担者氏名 鈴木浩一<sup>3)</sup>  
研究分担者氏名 渡部直喜<sup>4)</sup>

※ 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) 日本原子力研究開発機構(前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。これらの地域に地すべりが多発する理由として、堆積時期が比較的新しく、固結度が低い軟質の岩盤であることが素因として考えられてきた。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。長倉山背斜で調査した結果、および周辺地域において調査された内容から、塩水が地表付近まで分布する領域は、平野部を除いた丘陵地全域にわたって分布すると考えられた。また、平野部と丘陵部では、隆起過程が異なり、丘陵部では著しい隆起活動が続いていることが分かっている。このことから、丘陵部では、堆積時にトラップされた海水が隆起により持ち上げられ、現在の塩水の分布となったと考えられる。このことは、地すべり多発地帯における地すべりの素因の一つとして高塩濃度地下水が関与している可能性が高いと考えられる。

A~G(10.5ポイント程度)

A. 研究目的

地すべりの素因には、地質・地質構造をはじめ、その斜面の構成する岩盤に由来すると考えられている。岩質の点においては、その岩盤の風化の受けやすさ、軟らかさから新第三系以降の堆積岩地域で地すべりが発生しやすくなることが知られている。最近では、防災科学技術研究所による地すべり地形分布図により、その分布が明らかとなってきた。その分布からも新潟の丘陵地における地すべりは、他の新第三系地域と比較しても異常に多数の地すべりが分布することが読み取れる。この地すべり地形分布の偏りの原因は、明らかとなっていない。

近年では、岩石中の間隙水の塩濃度の低下に伴

い、岩石の強度が低下することを示す研究例がある(Di Maio and Scaringi, 2016; Tiwari and Ajmera, 2015)。これは、地下水の水質分布が地すべりの素因と成り得る可能性を示すものである。

日本海側の新第三系地域には、化石海水由来の温泉があることが知られている。また新潟の丘陵地では、地すべり地内において塩水が分布することが報告されており、これらがどのように広域的に分布するかを把握することは重要である。本発表では、我々が1山稜で実施した調査の結果を踏まえながら、さらに広域的にどのような塩水の分布特性を持つのかを検討する。

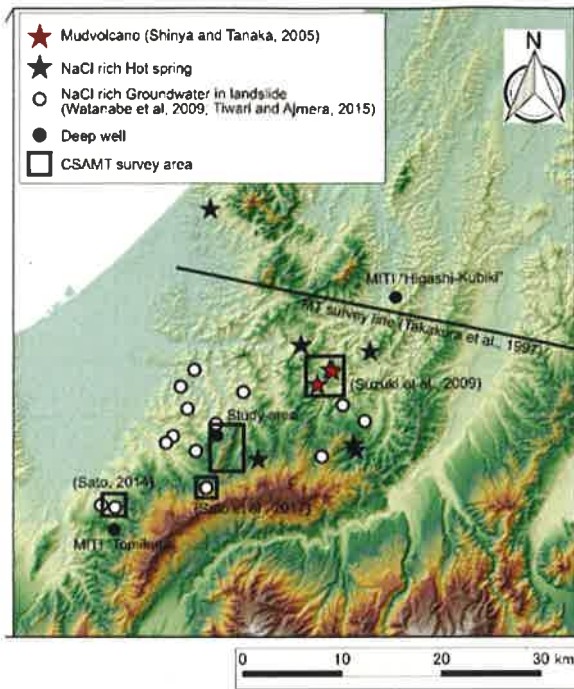


図 1 東頸城丘陵地域における地下水の塩濃度に関する情報を有するデータの分布

## B. 研究方法

調査地域のある東頸城丘陵地域は、様々な目的で実施された比抵抗探査および大深度井が数多く存在する。これらから比抵抗に関するデータを参照し、塩水の分布を推定した。また、日本海東縁地域の塩水の分布についてのデータを集め、塩水の広域的な分布を推定した。

## C. 研究結果および考察

長倉山背斜で調査した結果、および周辺地域において調査された内容から、塩水が地表付近まで分布する領域は、平野部を除いた丘陵地全域にわたって分布すると考えられた。また、平野部と丘陵部では、隆起過程が異なり、丘陵部では著しい隆起活動が続いていることが分かっている。このことから、丘陵部では、堆積時にトラップされた海水が隆起により持ち上げられ、現在の塩水の分布となったと考えられる。このことは、地すべり多発地帯における地すべりの素因の一つとして高塩濃度地下水が関与している可能性が高いと考えられる。

調査地域の付近には、地下 3,000m まで掘削された大深度井において比抵抗検層が実施されており、地下 30m 以深から海水相当の塩濃度の塩水

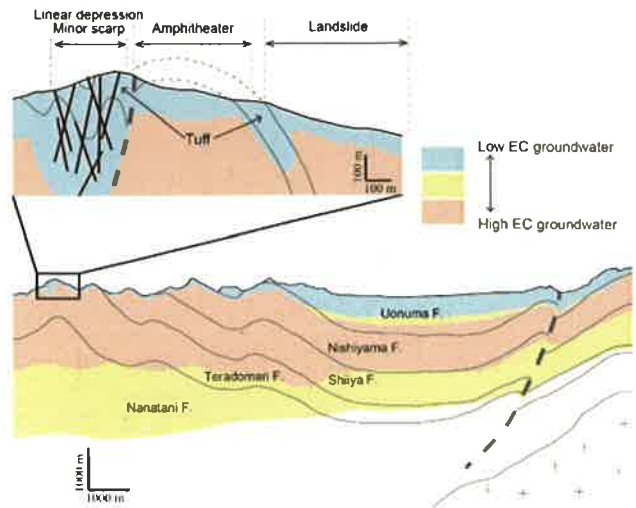


図 2 地すべり地帯周辺の化石塩水の広域分布と地すべりとの位置関係

が地下深部まで分布することを示した。また、基礎試錐「富倉」においても比抵抗検層がされており、地表付近の寺泊層相当層の比抵抗値は  $10 \Omega m$  を下回っており、同様に海水と同程度の塩濃度の塩水が地表付近に分布することを示している。

山本ほか (2004) は、新潟平野部を中心に、SP 検層による地下水の塩濃度の推定結果を示している。この結果から、地下 1,000m 以深において海水相当の塩濃度となるが、それまでの深度では、深度を増すにしたがって塩濃度が増加する特徴を示しており、丘陵地域と異なり、比較的塩濃度の低い地下水が賦存する領域が深部まで分布するものと考えられる。また、丘陵地域の塩濃度の鉛直分布は、平野部と比較して上方にシフトするような分布を取っており、海水相当の塩水への到達深度は、平野部よりも浅いことが分かっている。

高倉ほか (1997) は、東頸城丘陵から魚沼丘陵にかけて MT 法探査を実施しており、深さ 15km までの比抵抗分布を得ている。解像度は粗いが、丘陵に当たる領域では、平野部と比較して地表付近まで低比抵抗が分布している様子が見える。

Takano (2002) は、東頸城丘陵およびその周辺地域の変遷について、堆積相および底生有孔虫による年代の分析から、それぞれの詳細なエリアごとにおける隆起過程を分析しており、特に長倉尾

根周辺の隆起が、新潟平野に近い丘陵北東部のエリアと比較して顕著であることが分かっている。また、西山層相当層の地層は、丘陵部では、向斜軸部に規制されて分布することがほとんどであるのに対し、平野部では、地表から西山層基底まで3000~4000mとなる場合も多く(天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会, 1992), 西山層堆積時以降の隆起過程が丘陵部と平野部で大きく異なる。このことから、丘陵部の地表は、隆起侵食を繰り返すことで、地表に露出する地層がより下位の者へと更新されるのに対し、平野部の地表では、現在までより安定的に地層が存在したと考えられる。その結果、平野部の浅部の地下水は、堆積時は海水であったとしても、それが淡水に入れ替わるのに十分な時間が与えられたと考えられ、化石海水は2,000~3,000 m程度の深さに残存しているにとどまっている。それに対して丘陵部では、化石海水が淡水に十分に入れ替わることなく、斜面表層部付近まで塩水が分布する結果となっており、それが日本海東縁地域の地すべりの広域的背景になっていると考えられる(図-2)。

#### D. 結論

日本海東縁地域の東頸城丘陵で、地質踏査、CSAMT法探査、および地下水の水質分析を行い、数多く分布する新第三系地すべりの素因について検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- CSAMT法探査と詳細調査を行った東頸城丘陵の長倉山とその周辺では、深部に10Ωm以下の低比抵抗領域が広く存在し、これは塩水の領域であると推定される。そして、地表から100m程度の深さまで、20Ωm以上の高比抵抗領域が分布し、この領域は塩水が淡水に置き換わっていることが示唆される。
- 長倉山複背斜軸部の山頂小起伏面に露出する凝灰岩層には、重力斜面変形による線状凹地が発達し、その直下の泥岩は深さ約600mまで、岩石の間隙が淡水で満たされた場合よりも1オーダー高い比抵抗を示した。このことは、複褶曲部に発達する割れ目沿いに淡水が深くまで侵入し、もとの塩水を置き換えて

いることを示唆する。浅部の地下水の酸素と水素の同位体組成は天水線上にプロットされ、その淡水が地表からもたらされた天水であることが示唆される。

- 塩水が淡水に置き換わることにより岩石が劣化することから、それが上記の多数の地すべりや重力斜面変形の素因となっていると推定される。
- 東頸城丘陵には、高塩濃度の温泉や泥火山が多く分布し、それらの分布と電磁探査の結果は、東頸城丘陵の新第三系分布地地下深部には、長倉山背斜と同様に高塩濃度地下水が広域に分布することを示している。

この塩水は、化石海水起源の地層水と想定され、日本海東縁地域のテクトニクスの反転に伴って、鮮新世以降に地層とともに隆起して地表付近にもたらされたと推定される。そのため、東頸城丘陵と同様の上記の状況は日本海東縁地域の丘陵地に広く存在し、地すべりの素因となっている可能性が高い。

#### E. 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)

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深部高塩濃度地下水と地すべりとの関係, 日本応用地質学会研究発表講演会・2018年10月17日, 札幌市教育文化会館。

西山成哲・千木良雅弘・鈴木浩一・渡部直喜, 2019, 日本海側の地すべり密集地帯における深部地下水環境, 京都大学防災研究所研究発表講演会・2017年2月19日, 京都大学防災研究所。

#### 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