

## 深層崩壊危険斜面から湧出する湧水の水文・水質特性に関する研究

和歌山県（大規模土砂災害対策研究機構）

○西岡恒志・筒井和男・福田和寿

国立研究開発法人土木研究所（大規模土砂災害対策研究機構）木下篤彦・森加代子・高原晃宙・水野秀明

### 1. はじめに

和歌山県では平成 23 年 9 月の台風 12 号や昭和 28 年、明治 22 年など深層崩壊の発生による被害を被っている。このため深層崩壊発生の恐れのある斜面を事前に抽出しておくことは重要である。これまで深層崩壊危険箇所の抽出手法の 1 つとして深層崩壊発生斜面からの湧水や渓流水の電気伝導度（EC）に着目している事例がある<sup>1)~4)</sup>。既往研究では崩壊後の斜面での事例が多いこと、EC の季節変化や降雨、耕作地など人為的影響の関係との調査事例は少ない。本研究は将来的に深層崩壊の発生が予想される岩盤クリープ斜面及び、その斜面から湧出する湧水に着目し、その水文・水質特性について考察する。

### 2. 調査箇所の概要

#### 2.1 調査箇所の選定

和歌山県内で深層崩壊の発生頻度が高いとされる地質及び地形の範囲<sup>5)</sup>において、LP データなど地形図から地形判読で岩盤クリープ斜面の抽出を行い、現地調査により湧水が存在する箇所を調査箇所として選定した。

#### 2.2 調査箇所の概要

図-1 に調査箇所を示す。右会津川流域は明治 22 年に深層崩壊に伴う河道閉塞及び決壊が発生し、甚大な被害が発生した箇所、地質は牟婁層群の付加体と呼ばれる堆積岩地域となっている。本川左岸の深層崩壊跡地に隣接して岩盤クリープ斜面が 2 箇所（A、B）あり、斜面 A からは湧水が湧出しており、斜面 B の下部には果樹園（梅林）が広がっている。

#### 2.3 調査手法

岩盤クリープ斜面付近の湧水や本川の EC を継続的に観測するために次の方法で調査を行った。①季節変化や降雨による影響を継続的に調べるため、データロガー付水質計を設置する。②水質計は湧水の湧出箇所や、湧水が本川の水質に与える影響を調査するため本川の湧水合流部の上下流に設置する。③湧水が存在しない岩盤クリープ斜面 B の存在が本川の水質に与える影響や、果樹園からの流出水が本川の水質に与える影響も併せて調査するため、それぞれの本川上下流に水質計を設置する。④水質の傾向を調査するために定期的に採水し、イオン濃度分析（調査項目：Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>）を実施してヘキサダイアグラムを作成する。なお、既往研究<sup>4)</sup>では降雨の少ない冬期の方が本川と湧水の EC に差が出やすかったため、本研究では 10 月下旬～2 月上旬に絞って調査を行った。

### 3. 岩盤クリープ斜面から湧出する湧水の水質調査結果

#### 3.1 湧水と本川の EC の変化から想定する危険斜面の抽出について

平成 27 年 10 月から観測した観測結果を図-2 示す。岩盤クリープ斜面から湧出する湧水（NO2）の EC は本川（NO1、NO3）の約 2 倍と高く、降雨時に雨水の影響を受けて低下する以外は概ね一定である。本川の EC は上流（NO1）と比べて湧水（NO2）が流入した後の中流（NO3）が常に高くなっていることから、本川の EC は湧水の影響を受けていると判断できる。なお上流と中流の EC の差分は本川の流量が増加する降雨時には小さくなっている。また、観測期間中の最大降雨後（11 月 14 日最大時間雨量 37.0mm）には EC が降雨前の値まで回復していないことがわかる。この降雨は支溪流で土砂移動があるなど大きなものであり、これにより岩盤クリープ斜面地下水部の水ミチに変

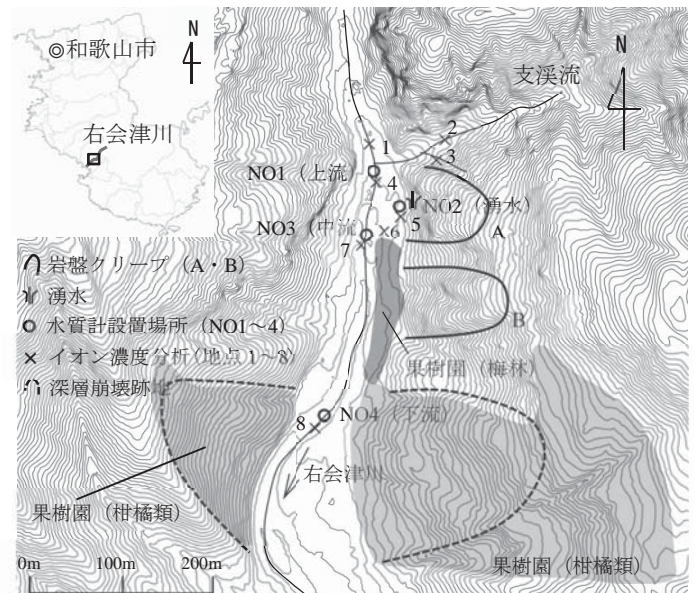


図-1 調査箇所図

化など何らか動きがあって EC が低下した可能性が考えられる。しかしながら湧水と併せて本川の EC も低下しており、季節の変化に関連した水温の低下と連動して EC が低下した可能性も想定されるため、理由を解明するため観測を継続する必要がある。本川下流 (NO4) と中流 (NO3) では EC は概ね一致していることから、下流と中流の間に存在する斜面 B や果樹園は本川に影響を与えていないと考えられる。観測結果より本川の EC の縦断変化は上流から  $NO1 < NO3 = NO4$  となり、上流 (NO1) と中流 (NO3) の間に存在する岩盤クリープから湧出する EC の高い湧水 (NO2) の影響により本川の EC が変化を確認することができた。これは、山地河川などで EC を縦断方向に継続的に観測し、その変化を捉えることは、岩盤クリープ斜面など深層崩壊危険斜面の存在を検知できる可能性を示唆している。また、深層崩壊危険斜面が本川沿いに複数存在する箇所では EC の縦断変化を観測することは、複数ある斜面の中の相対的な崩壊危険度を判定できる可能性がある。

### 3.2 湧水と本川の水温の関係

水温の変化を図-3 に示す。湧水の水温は約 17℃ と一定であるが、本川の水温は気温と連動しており変化が激しい。湧水が本川に流入したことによる本川水温への影響は見られなかった。しかし、EC と温度は相関関係にあるため、継続観測を実施していく。

### 3.3 イオン濃度による水質分析

10 月 24 日に実施したイオン濃度分析のヘキサダイアグラムを図-4 に示す。本川と比較して湧水の  $Ca^{2+}, HCO_3^-, SO_4^{2-}$  が高い。深層崩壊発生場付近では特定のイオン濃度が高くなるのが高橋ら<sup>6)</sup>や木下ら<sup>7)</sup>により報告されており、それらの結果と一致している。また、地点 8 の  $Ca^{2+}$  が地点 7 の約 1.5 倍と変化しており、1 月の両地点のイオン濃度は同じ値であったことから、これは梅林の土壤改良で使用される石灰の影響を受けた可能性が考えられる。

## 4. おわりに

湧水や本川の EC を継続的に観測することで深層崩壊危険斜面の抽出できる可能性が示された。またイオン濃度分析により人為的影響を捉える可能性が示された。今後は、湧水量の観測や斜面の歪み率の算定により、EC やイオン濃度と斜面の危険度との関係について明らかにしていきたい。

### 参考文献

- 1) 地頭菌ら：深層崩壊発生場予測法の提案—鹿児島県出水市矢管岳を例にして—, 砂防学会誌, Vol.59, No.2, p.5-12, 2006
- 2) 地頭菌ら：深層崩壊発生予測に関する調査法の提案, 平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集, 2012
- 3) 田淵ら：深層崩壊発生予測に関する調査法の開発, 平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集, 2013
- 4) 西岡ら：和歌山県内の深層崩壊発生斜面での水文・水質特性に関する研究, 平成 27 年度砂防研究報告会概要集, 2015
- 5) 独立行政法人土木研究所：深層崩壊推定頻度マップ
- 6) 高橋ら：宮崎県鱒塚山における深層崩壊発生場と渓流水の水質の関係, 平成 22 年度砂防学会概要集, 2010
- 7) 木下ら：平成 23 年台風 12 号で深層崩壊が発生した赤谷地区斜面の水文特性に関する研究, 平成 25 年度砂防学会概要集, 2013

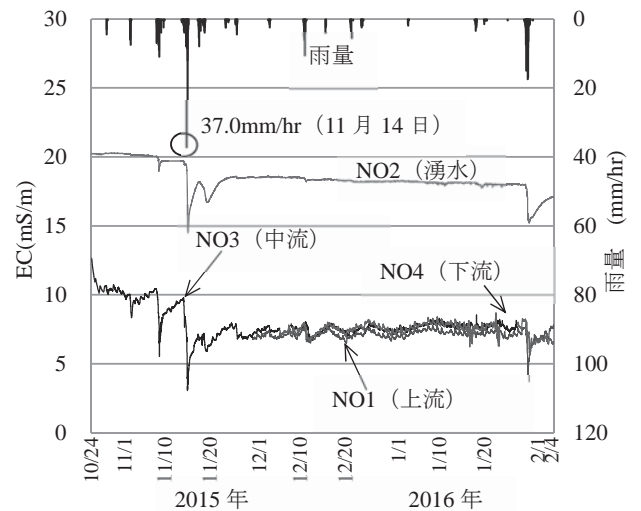


図-2 降雨と本川・湧水の EC との関係

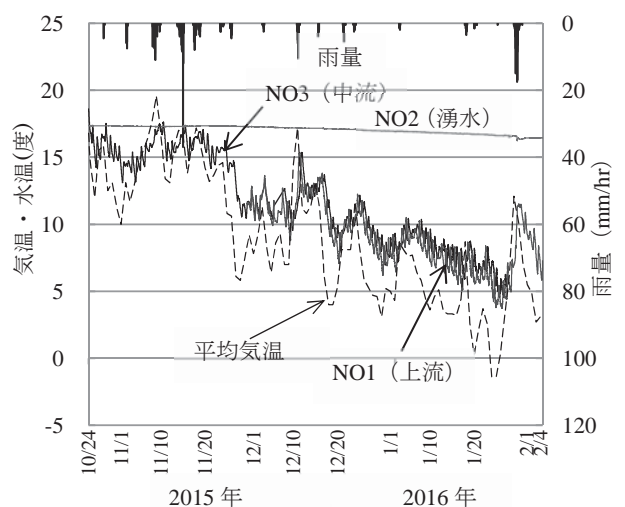


図-3 降雨と気温と本川・湧水の水温との関係

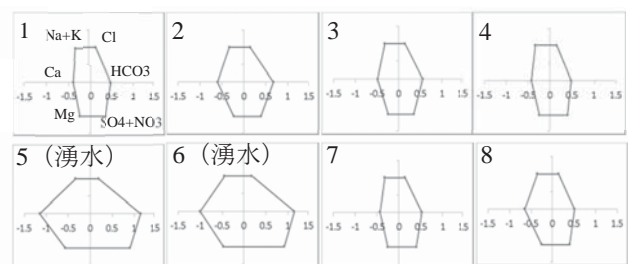


図-4 図-1 中地点 1~8 における水のイオン濃度のヘキサダイアグラム (単位: meq/L)