

紀伊山地における重力変形斜面で採取したボーリングコアの溶出特性について

国土交通省 近畿地方整備局 大規模土砂災害対策技術センター 木下篤彦・菅原寛明・田中健貴
国土防災技術株式会社 ○小川内良人

1. はじめに

紀伊山地では、平成23年9月台風12号の豪雨により、大規模な深層崩壊が多発し、17箇所の天然ダムが形成された。このような深層崩壊による被害を軽減するためには、深層崩壊の発生のおそれのある斜面を抽出し、保全対象の重要性を勘案した上で深層崩壊の発生を抑制する有効なハード対策とソフト対策とを組み合わせた事前予防対策が重要である。紀伊山地では、広範囲に重力変形斜面に関する地形解析を実施して、深層崩壊の発生のおそれのある斜面が抽出されているが、対象斜面が多く個々の斜面の相対的な危険度は把握されていない。

そのため、危険斜面を絞り込む手法を検証するために、既往解析で抽出された重力変形斜面の内、121斜面について地形解析と23斜面の現地調査を行い、重力変形斜面脚部の湧水の電気伝導度と溶存イオンの関係や斜面のひずみ率、斜面の危険度評価、比抵抗パターンとの関係を検討した結果が報告されている¹⁾。

本研究では、既往報告の23斜面の湧水の水質と斜面のひずみ率との関係について着目し、どのような岩盤の状態が電気伝導度に影響を与えているのか把握することを目的とし、重力変形斜面を対象に調査ボーリングを実施して、ボーリングコアを利用した岩石溶出試験を実施して検証した。

2. 研究方法

2.1 研究方法

対象地は、平成23年深層崩壊が発生した赤谷地区の西側の流域である。既往解析で抽出された重力変形斜面について、斜面のひずみ率を千木良(2015)²⁾、斜面の危険度評価(I~IV区分)を千木良ら(2014)³⁾に従って解析し、変形度の異なる【赤谷西1】と【赤谷西2】の2つの斜面を選定した(図-1)。赤谷西1斜面はひずみ率4.7%、斜面の危険度評価IV、比高325mである。赤谷西2斜面は、ひずみ率2.8%、斜面の危険度評価II、比高308mである。平成23年深層崩壊の赤谷地区は、ひずみ率5.3%、斜面の危険度評価IV、比高610mである。

赤谷西1, 2のそれぞれの斜面で調査ボーリングを実施し、孔内傾斜計と水位専用孔の2孔をセットで設置した。ボーリング調査中には、ボアホールカメラ観測を実施し、岩盤の開口量を解析した。また、ボーリングコアは、脇坂(2012)⁴⁾に従って破砕度区分を実施した(図-1)。

溶出試験に使用したコアは、岩盤の開口量やコアの破砕度区分ごとに、それぞれ異なる条件のコアを選定した。溶出試験は、長さ5cm~15cmで採取したコアの形状を保ったまま、試料と溶媒水の液固比を1:10としたpH6.0の溶媒水に浸した。試験開始後から3日後、5日後、7日後、14日後、28日後の5回、それぞれ採水した。分析項目および分析法は、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、pH、電気伝導度(以下、ECと表記)をJIS K 0102とし、SiO₂、HCO₃⁻をJIS K 0101とした。

また、対象斜面周辺の地表水やボーリング孔内水を定期的に採水して水質分析を実施した。分析項目は、岩石の溶出試験と同じ項目とした。

3. 調査結果

3.1 岩石の溶出試験結果

(1) 溶存イオンとECとの関係

岩石の溶出試験結果では、EC値がCa²⁺、HCO₃⁻の溶出量と高い相関性を示した(図-2)。コアに炭酸塩鉱物の白色脈が挟在されている場合は、Ca²⁺、HCO₃⁻の溶出量が特に高くなっている。

(2) 岩盤の開口量とEC、SiO₂の関係(図-3)

EC値は、開口量が4mm程度をピークとする分布形態を示す。開口量が小さい場合は、水との接触面積が小さいので溶出量が少ないが、開口量が大きくなると水との接触面積が増加して溶出しやすい。更に開口が進むと溶出の過程で溶出する物質が少なくなり、溶出量も減少すると考えられ

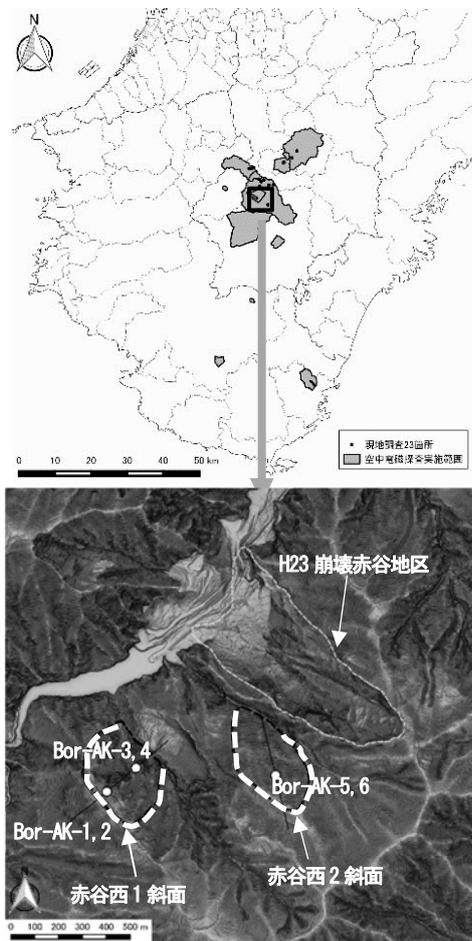


図-1 調査位置図

る。重力変形斜面の変位が活発な場合は、変位により岩盤が開口して、地下水が新たな開口面に接触することで、溶出量が増加してEC値が上昇するが考えられる。SiO₂も開口量が4mm程度をピークとする分布形態を示す。

(3) コアの破碎度区分とEC, SiO₂の関係 (図-4)

ECは、Cr0 (亀裂無し) では値が低く、Cr1b (開口部に細粒の充填物を挟む) ではCr0やCr1 (開口亀裂) に比べてEC値が高い傾向がある。細粒物は、地下水との接触面積が大きいので溶出量が多くなる。一方、Cr2~Cr4 (Cr2→Cr4へ破碎が進む) は、Cr1bに比べて溶出量が低下している。これは、破碎が進むと時間とともに次第に溶出する物質が少なくなっていくと考えられ、破碎度と開口量では溶出特性が異なっている。

SiO₂は、Cr0で溶出量が小さく、Cr1b, Cr2~Cr4へとSiO₂の溶出量が多くなっており、ECとは異なる溶出形態を示す。岩盤が破碎により細粒化してSiO₂が溶出しやすくなると考えられ、岩盤の破碎状況を推定する指標となることが示唆される。

3.2 重力斜面脚部湧水のECとひずみ率・斜面の危険度の関係

重力変形斜面脚部の湧水の水質は、Ca²⁺とHCO₃⁻が富むCa-HCO₃型の一般的な地下水である。湧水の電気伝導度は、Ca²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻と高い相関性が得られた。これは岩石の溶出試験結果と整合している。Ca²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻の溶出は、紀伊山地の四万十帯に炭酸塩鉱物や硫化物が多いことに由来している。

重力変形斜面脚部の湧水のEC値とひずみ率の関係を図-5に示す。平成23年深層崩壊斜面は、冷水地区以外はひずみ率5~7%に集中し、EC値が高く危険度評価IVが卓越する領域にある。

4. おわりに

本研究では、紀伊山地における重力変形斜面で調査ボーリングを実施し、採取されたコアを利用して岩石の溶出試験を実施した。その結果、岩盤の開口量や破碎度などの岩盤の状態によって溶出量が異なること、炭酸塩鉱物由来のCa²⁺とHCO₃⁻の溶出がEC値に大きく影響していること、SiO₂の溶出量の違いが岩盤の破碎状態を示す可能性があること、岩石の溶出試験結果と重力変形斜面脚部の湧水の水質の特徴が類似していることが分かった。

深層崩壊の発生のおそれのある斜面の抽出を絞り込む手法の指標として、斜面のひずみ率・危険度評価・比高・ECの組み合わせが有効になることが示唆された。これまで深層崩壊のおそれのある斜面を抽出する手法には、地頭蘭ら(2006)が、溪流のECが危険斜面を抽出の指標になることを示している。今後、斜面のひずみ率・危険度評価・比高・ECに着目した斜面の絞り込むための手法として、調査事例を増やして手法を検証を進めたい。

【引用文献】

- 1) 今森直樹・田中健貴・木下篤彦・林 幸一・森加代子・高原晃宙・小川内良人・横山 修 (2017) : 紀伊山地における重力変形斜面と水文・水質の関連性について, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集 R4-20
- 2) 千木良雅弘 (2015) : 深層崩壊の場所の予測と今後の研究展開について, 応用地質, 56巻, 5号, 200-209
- 3) 千木良雅弘・坂島俊彦・渋谷研一 (2014) : 深層崩壊発生危険斜面の地質・地形的抽出法について, 平成26年度砂防学会研究発表会概要集, A-16-17
- 4) 脇坂安彦・上妻睦男・綿谷博之・豊口佳之 (2012) : 地すべり移動体の特徴づける破碎岩—四万十帯の地すべりを例として—, 応用地質, 第52巻, 第6号, 231-247
- 5) 地頭蘭隆・下川悦郎・寺本行芳一 (2006) : 深層崩壊発生場予測法の提案—鹿児島県出水市矢筈岳山体を例にして—, 砂防学会誌, Vol. 59, No.2, pp.5-12

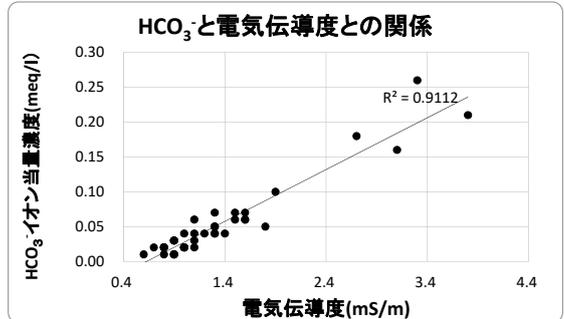


図-2 ECとHCO₃⁻の関係 (Bor-AK-5)

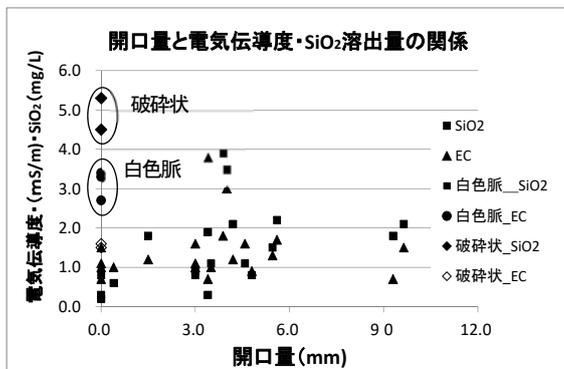


図-3 開口量とEC・SiO₂の関係

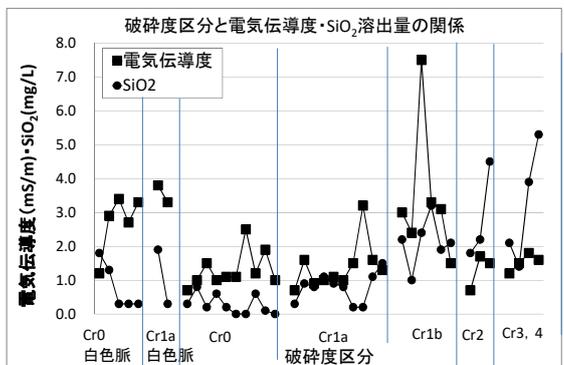


図-4 破碎度区分とEC・SiO₂の関係

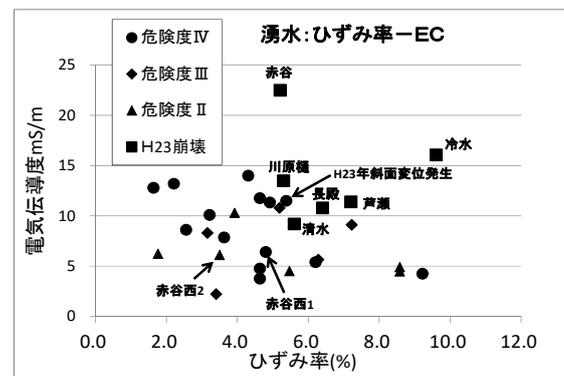


図-5 湧水のEC・ひずみ率・危険度評価の関係