

大規模崩壊が発生した斜面の特徴に関する一考察

-令和2年7月豪雨により球磨川支川で発生した大規模崩壊（川内川を事例として）-

アジア航測株式会社

○滝澤雅之 岡野和行 佐藤厚慈

鹿児島大学 地頭菌隆 由永尚暉

常盤井佑太 笹川優希 真茅奈央

1. はじめに

2020年7月3日から4日にかけて発生した記録的な大雨により、熊本県及び鹿児島県の複数箇所において洪水災害や土砂災害が発生した。熊本県南部に位置する球磨川支川の川内川流域においては、崩壊土砂量が1万 m^3 以上となる深層崩壊（破碎された風化層から崩壊）が2箇所が発生した¹⁾。

深層崩壊の発生箇所は、地下水との関連性²⁾や断層等の地質構造との関連性³⁾が指摘されている。

本論では、川内川流域で発生した2箇所の深層崩壊に対して水文条件及び地形から推測される地質構造との関連性を整理し、その特徴について考察する。

2. 対象流域の概要

川内川流域は流域面積約11 km^2 の球磨川右支川であり、本川は主に北東から南西方向に流下する。流域内の地質は、ジュラ紀から前期白亜紀の付加体であり、北東から南西方向に帯状に分布する。構成は、主に砂岩優勢砂岩頁岩互層で一部にチャートが左岸尾根部に石灰岩が分布しており、断層等による破碎帯が分布する（図1）。7月3～4日の降雨（最大時間雨量78mm、累加雨量564mm、神瀬観測所）により大岩地区と松野地区で深層崩壊が発生した。

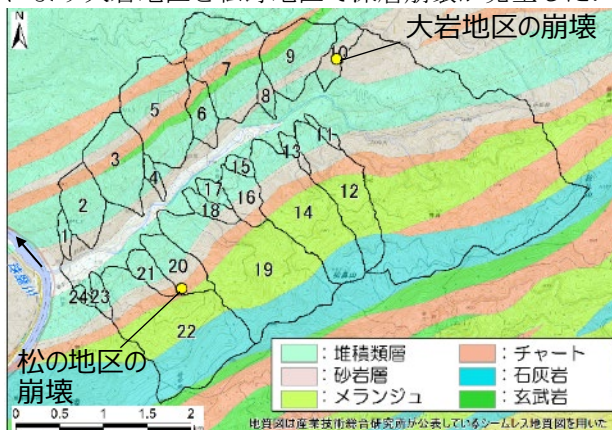


図1 対象流域の概要図

3. 水文調査

3.1 調査内容

流域内の24の支流（図1参照）の下端で渓流水の流量、電気伝導度(EC)、シリカ(SiO_2)濃度を測定した。流量は、プロペラ式流速計を用いて1点法で測定した流速に流下断面を乗じて算出した。流速の計測は、可能な範囲で基盤岩の露出地点等伏流がないと想定される地点で行った。ECはポータブル電気伝導度計を用いて現地測定し、シリカ濃度は渓流水をポリ瓶に採水しケイモリブデン酸を用いたフローインジェクション法により分析した。

なお、調査は地下水の影響を把握しやすくするために、低水期となる冬季に実施した。

3.2 比流量

各流域の流量を流域面積で除して比流量を算出した。結果は0.001～0.009 $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ と大きな差はなかったが、深層崩壊が発生した溪流10番では、0.008 $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ と流域内では2番目であった（図2）。わずかな差ではあるが、他の溪流に比べて地下水が集中していると考えられる。

一方、もう一つの深層崩壊が発生した溪流20番は、小さい値であったが、工事の影響により一部伏流している可能性が高く、適切な評価が難しい状況であった。

3.3 電気伝導度

電気伝導度の計測結果は、6～17 mS/m であった（図2）。深層崩壊が発生した溪流の結果を見ると、溪流10番で16.7 mS/m （第1位）、溪流20番で13.3 mS/m （第2位）であった。ECは渓流水中の溶存イオンの総量の指標であり、計測値が高いほど渓流水中に占める地下水の割合が高いと考えられることから、川内川で発生した深層崩壊は、地下水が関連して発生したことが示唆される。また、森ら（2017）⁴⁾によると、電気伝導度が高くなる場合には、岩盤の風化や破碎が進行している可能性が高いと示されており、当崩壊についても風化や破碎が進行して脆弱となった地質構造が崩壊の素因であった可能性が考えられる。

なお、溪流6, 7, 9番でも、13 mS/m に近い値と高かった。当該溪流でも渓流水中に占める地下水の割合が高いと考えられるが、溪流内に危険斜面が存在するかの評価は、水文条件以外の要素も含めた詳細な調査が必要である。

3.4 シリカ濃度

シリカ濃度の結果は、12～23 mg/l であった（図2）。溪流23番で23 mg/l と高かったが、その他溪流は15 mg/l 程度で大きな差は無かった。シリカ濃度は地下水が岩石と接触して起こる化学反応によって溶出する SiO_2 の濃度であり、計測値が高いほど渓流水中に占める地下水の割合が高いと考えられるが、本流域においては電気伝導度との相関は無く、シリカ以外のイオンが電気伝導度に影響を与えていると考えられる。森ら（2017）⁴⁾が実施した岩盤クリーブ斜面の地盤深部の岩石を用いた溶出試験の結果では、方解石から溶出したと考えられるカルシウムイオン及び炭酸水素イオンと電気伝導度の関係が良いと報告されている。「方解石といった炭酸塩鉱物は脈状に挟まれている場合が多く、溶出すると脈状部が開いた亀裂となり、岩盤の風化や破碎が促進されることが想定される」と指摘されており、本流域においても同様であった可能性がある。

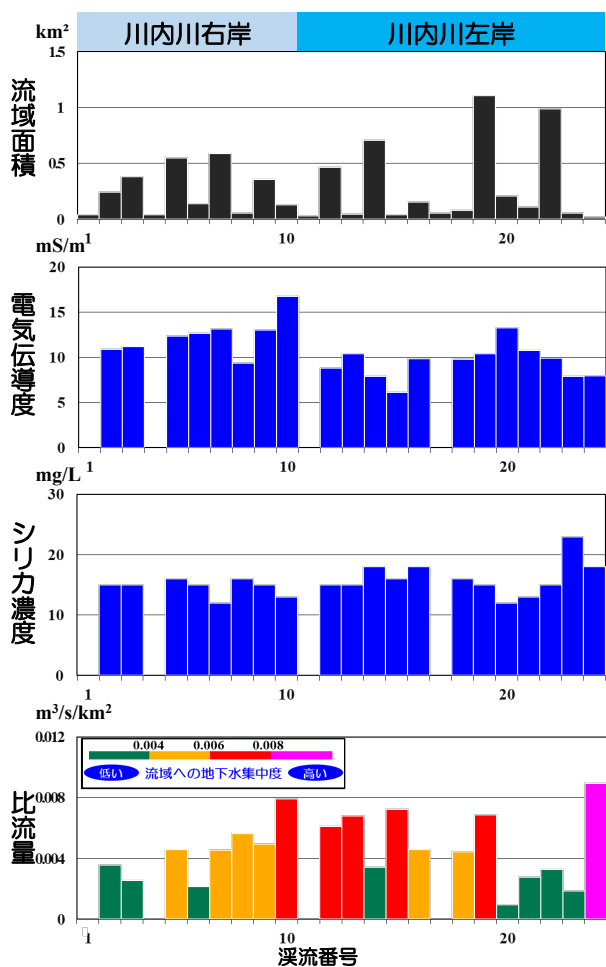


図2 水文調査結果

4. 地形判読

深層崩壊が発生する斜面と断層との関連を指摘する既往研究が複数存在することから、本検討では、リニアメントに着目した判読を実施した。判読には、災害後に計測された航空レーザ計測データから作成した赤色立体地図を用いた。

判読では、付加体の地質構造に沿った露岩と付加体の地質構造に沿った侵食に着目して実施した(図3)。付加体の地質構造に沿った露岩は、侵食されにくい硬い岩盤(本流域の地質分布から主にチャートと推測される)の構造線を表していると考えられる。一方、付加体の地質構造に沿った侵食は、破碎等により比較的侵食が進みやすい地質境界を表わしていると考えられる。

侵食されにくい硬い岩盤は、硬く固結しており、亀裂なども少なく風化も進んでいないと考えられることから不透水層となる可能性があり、露岩と侵食のリニアメントが接する(もしくは近い)箇所は、崩壊のすべり面となる可能性が考えられる。

判読結果と崩壊地の位置関係を見ると(図4)、露岩と侵食のリニアメントの境界付近に位置しており、この境界をすべり面にして崩壊が発生した可能性が考えられる。

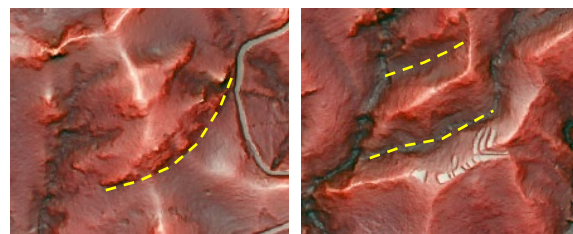


図3 本検討でリニアメントとした地形の特徴(地質構造に沿った露岩(左), 侵食(右))

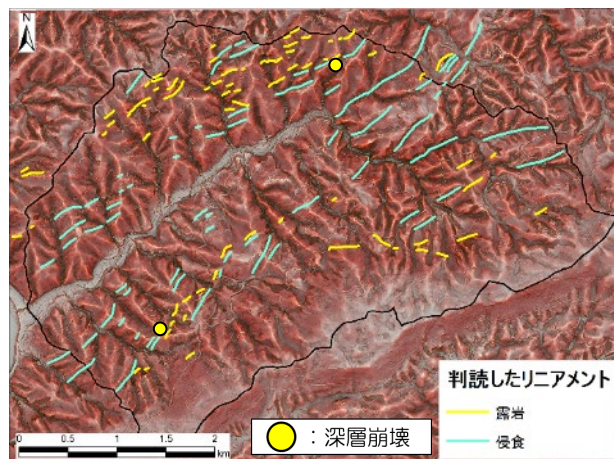


図4 判読結果と崩壊地の位置関係

5. まとめ

本検討では、令和2年7月豪雨により発生した深層崩壊について、水文及び地質構造に着目して検討した結果、従来から指摘されている地下水や地質構造が深く関連していることが分かった。

水文調査では、比流量や電気伝導度が高い溪流と深層崩壊の発生箇所が一致した。一方で、その他にも電気伝導度が比較的高い溪流があった。そのため、その他手法と重ね合わせてより危険度が高い斜面を抽出できる予測手法の確立が望まれる。今回実施したリニアメントに絞った判読は、その可能性を示せたが、その他事例でも有効か検証する必要がある。

現在 AI による画像認識技術が著しく進歩しており、地形判読は近い将来に自動化することが可能と考えられる。そのため、水文調査と重ね合わせた際に最も効果が得られる地形判読の項目を検証していくことは重要と考える。

本研究の実施にあたっては、国土交通省九州地方整備局川辺川ダム砂防事務所の皆様より、LP データの提供及び現地調査協力等、多大なご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1)地頭菌ら(2020):令和2年7月豪雨による熊本県の土砂災害,砂防学会誌,Vol.73, No.4, p.41-50
- 2)地頭菌(2014):渓流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測,砂防学会誌,Vol.66,No.6,p.56-59
- 3)木下ら(2013):平成23年台風12号で発生した深層崩壊の地質的素因と崩壊面の土質特性,砂防学会誌, Vol.66, No.3, p.3-12
- 4)森ら(2017):岩盤クリープ斜面を構成する岩石からのイオン溶出特性,平成29年度砂防学会研究発表会概要集, p.418-419