

阿蘇カルデラにおける渓流水・湧水を活用した崩壊予測

鹿児島大学農学部 ○宮本祐成・地頭菌隆・木場彬仁・角之上真由・西村富美佳・水流竜馬
CROSS-ENGINEERING 清崎淳子

1. はじめに

平成 24 年九州北部豪雨や平成 28 年熊本地震は、阿蘇カルデラにおいて多様な土砂移動現象を発生させた。土砂移動現象の中には崖錐斜面や丘陵地の火砕物斜面において深い地下水が関与した規模の大きな崩壊がみられた(図 1)。これら崩壊は、土砂量が多いこと、崩壊土砂が長距離移動して被害が広範囲に及ぶこと、危険斜面として注意されない緩斜面でも発生することなどの特徴をもつ。本研究は、渓流水と湧水を活用し、地下水の集中という視点で深い地下水が関与した崩壊の危険箇所を抽出することを目的としている。

2. 渓流水・湧水を活用した崩壊発生予測

図 2 は、渓流水と湧水を活用して深い地下水が関与した崩壊が発生する恐れのある流域と斜面を抽出して、警戒避難対応を行う作業手順である。まず、カルデラ壁に小流域を設定して、降雨が一週間以上なかった後に、溪床に基盤岩が露出しているなどの条件を満たす、渓流水が伏流していない箇所での流量を計測する。測定される流量は、流域面積が数 km^2 未満と小さく、降雨後一週間以上経過して測定しているので、基底流量を把握していると考えてよい。同時にポータブル電気伝導度 (EC) 計を用いて渓流水 EC を測定する。EC は渓流水中の溶存イオンの総量であり、地下水が流動する過程で岩石から溶出するイオンを取り込むことから、地下水が流出している付近の渓流水は EC が高くなる。渓流水 EC が高くて比流量が大きい流域は、地形的流域界を越えた地下水が流域内に流入している可能性があり、深い地下水が関与する崩壊の恐れのある流域として抽出する。次に、抽出された流域内で湧水の分布を調査する。湧水流量が多い斜面の背後には地下水が集中しており、深い地下水が関与する崩壊の恐れがある斜面と判断する。危険斜面が特定されると、その斜面の湧水流量を監視して警戒避難対応を行う。

3. 危険渓流の抽出(流域レベルの評価)

カルデラ西壁 53 渓流、同東壁 26 渓流、中央火口丘群周辺 18 渓流の合計 97 渓流について水文調査を実施した(図 3)。調査日は、平成 29 年 12 月 13～16 日、12 月 27～28 日、平成 30 年 1 月 5～8 日、1 月 18～21 日である。調査流域の面積は、西壁 $0.03\sim 1.40\text{km}^2$ の範囲(平均 0.22km^2)、東壁 $0.02\sim 1.06\text{km}^2$ の範囲(平均 0.36km^2)、中央火口丘 $0.15\sim 6.68\text{km}^2$ の範囲(平均 1.54km^2) である。カルデラの西壁は渓流水がほとんどみられない流域が多いが、東壁は渓流水が存在する流域が多い。特にカルデラの北東壁の流域は渓流水が非常に多く、渓流水 EC も通常河川より高い $10\sim 15\text{mS/m}$ の値を示している。中央火口丘群周辺の流域については、南西側流域のみの調査であるが、流量が多い渓流と少ない渓流が分布し、渓流水 EC は 20mS/m を超える地点が多く温泉混入の影響と考えられる。

渓流水 EC が高くて比流量が大きい流域を、深い地下水が関与する崩壊の恐れのある流域として抽出する。仮に、渓流水 EC が 10mS/m 以上かつ比流量が $0.094\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (東壁 26 流域の平均比流量) 以上の流域を危険流域とすると、図 3 の流域界を紫色で示した流域が抽出される。

4. 危険斜面の抽出(斜面レベルの評価)

流域レベルの評価で深い地下水が関与する崩壊の恐れのある流域として抽出した西手野川 3、西手野川 4、宮川 3、中園川 1、中園川について、湧水分布と上流域の渓流水の流量や EC を調査した(図 4)。その結果、標高 $600\sim 700\text{m}$ に湧水帯がみられ、崖錐斜面から点状あるいは帯状に多量の地下水が流出しており、それより上流側は渓流水がほとんどなく、明瞭な湧水も確認できなかった。図 4 に示した矢印は基盤岩からの地下水流出が確認できた湧水点を示し、そこでは湧水流量および EC の測定を行った。5 流域における標高 $600\sim 700\text{m}$ の湧水帯は、Aso-1 火砕流と Aso-2 火砕流の地層境界付近にあたり、それより上流の Aso-2 火砕流、Aso-3 火砕流および Aso-4 火砕流の地層境界付近には低水時の湧水はみられなかった。

湧水流量が多かった斜面の背後には地下水が集中する地下構造が推定され、深い地下水が関与する崩壊の恐れがある斜面と判断される。また、斜面脚部に発達した崖錐は湧水によって常に飽和した状態であり、地震や大雨で崩壊すると土砂が流動化して被害が広範囲に及ぶことも考えられる。

以上のような手順で危険斜面が特定されると、図 2 の③に示した危険斜面の湧水流量を監視して警戒避難対応を行うことができる。

末筆ではあるが、本研究の一部は国土交通省河川砂防技術研究開発制度によるものである。ここに記して謝意をします。

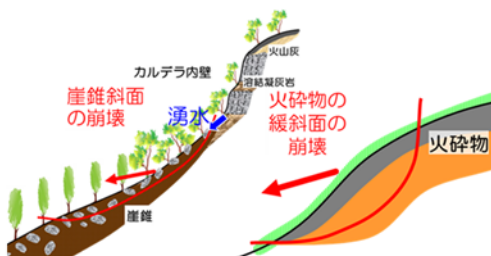


図1 深い地下水が関与した崩壊例

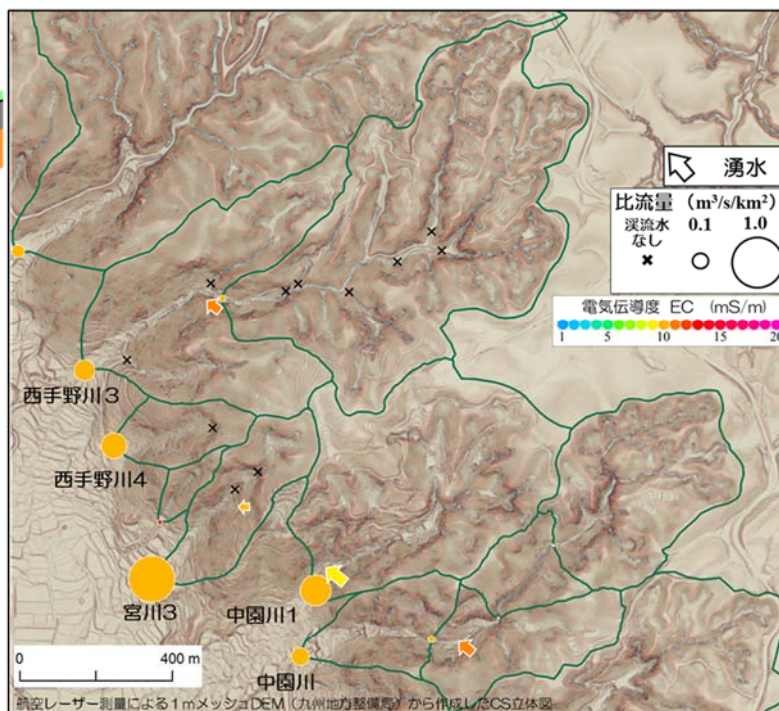


図4 流量とEC測定結果(斜面レベルの評価)

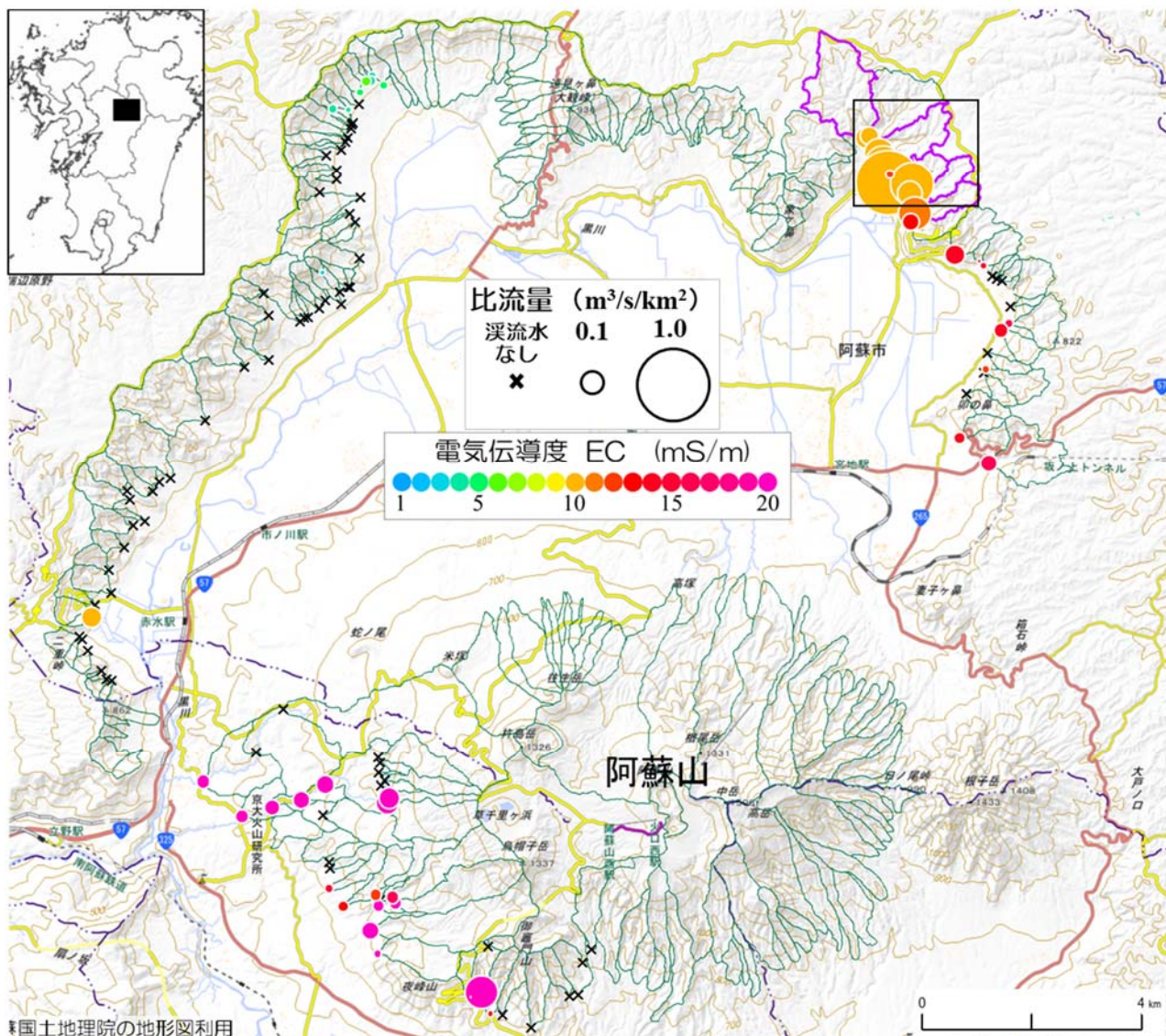


図3 流量とEC測定結果(流域レベルの評価)