

阿蘇カルデラにおける地下水型崩壊発生危険箇所抽出

○ (株) クロスエンジニアリング 清崎 淳子
鹿児島大学農学部 地頭菌 隆・宮本 祐成・天野 祐一郎

1. はじめに

阿蘇カルデラでは、2016年熊本地震や2012年九州北部豪雨の際、多様な土砂移動現象が発生した。その中には崖錐斜面や丘陵地の火砕物堆積斜面で地下水型崩壊（深い地下水が関与した崩壊）がみられた。地下水型崩壊は、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、危険斜面として把握されない緩斜面でも発生することなどの特徴をもつ。本研究の目的は、阿蘇カルデラを対象に地下水の集中という視点から地下水型崩壊の危険箇所を抽出することである。

2. 地下水型崩壊発生の予測手法と抽出作業

図1は、渓流水と湧水を活用して地下水型崩壊が発生する恐れのある流域と斜面を抽出し、警戒避難対応を行う作業手順である。A 危険渓流の抽出では、カルデラ壁と中央火口丘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を流量を計測した。同時に渓流水の電気伝導度（EC）を測定し、高ECかつ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した。Aで抽出した渓流の流域内において湧水調査を行い、B 危険斜面の抽出を行った。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した。以上の作業を経て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 C 警戒避難対応（湧水センサーによる評価）を行うことができる。

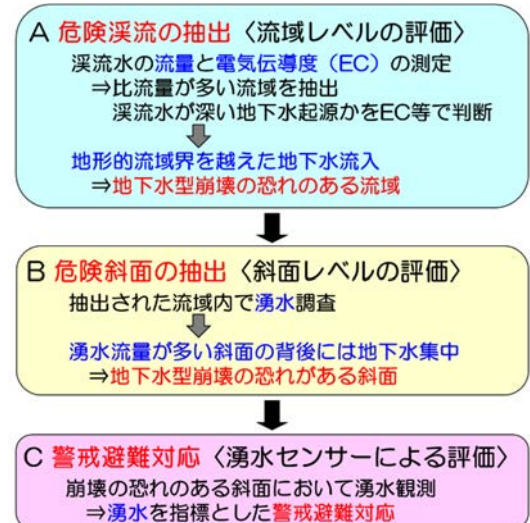


図1 地下水型崩壊発生の予測手法図

3. 調査結果（流域レベルの評価）

カルデラ壁 239 溪流（面積 0.02～3.88km²、平均 0.34km²）と中央火口丘 70 溪流（面積 0.02～6.62km²、平均 0.84km²）において水文調査を実施した。小流域の下流端で測定した基底比流量の平均値はカルデラ壁 0.017m³/s/km² および中央火口丘 0.013m³/s/km² であった。図2は水文調査によって得られた比流量と渓流水 EC の分布であり、流域内に地形的流域界を越えて地下水が集中している流域を抽出する基準を 0.01m³/s/km² 以上とし、その 2 倍、3 倍、5 倍の値で流域区分している。カルデラ壁は、北東側に比流量の大きい溪流が集中して分布しているが、西側や南側は低水時に涸れる溪流が多い。また、北東側の渓流水 EC は 10～15mS/m を示しており、深い地下水が関係していると判断される。一方、中央火口丘は西側にのみ比流量の大きい溪流が分布しており、西側以外の溪流は低水時ほとんど涸れている。中央火口丘の渓流水 EC は 20mS/m を超える地点が多く、温泉混入や降灰の影響と考えられる。渓流水 EC が高く比流量が大きい流域において地震や大雨で崩壊が発生すると、土砂が多量の地下水を含んで長距離流下し、大きな土砂災害を引き起こす恐れがある。

4. 斜面レベルの評価事例

地下水の集中がみられたカルデラ壁北東側の西手野川 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3）。標高 600～700m 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いた。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。湧水流量が多い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。図4は、図3中の宮川3流域における湧水調査結果を縦断図にプロットしたものである。湧水は、標高 650m 付近の Aso-1 火砕流と Aso-2 火砕流の地層境界付近に位置し、崖錐斜面から点状あるいは帯状に湧出していた。図4の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。

5. おわりに

阿蘇カルデラは火山地域特有の地形的な特徴だけでなく、火山性堆積物の層が幾重にも重なった斜面では透水性や保水性などの物性が不連続であり、地震や豪雨で発生する土砂移動現象も多様であると考えられる。地形・地質条件に水文情報を重ねて評価することにより、危険箇所を抽出する手法を提案し、段階的に絞り込んで深い地下水が関与する崩壊の恐れがある斜面を抽出することができた。

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。

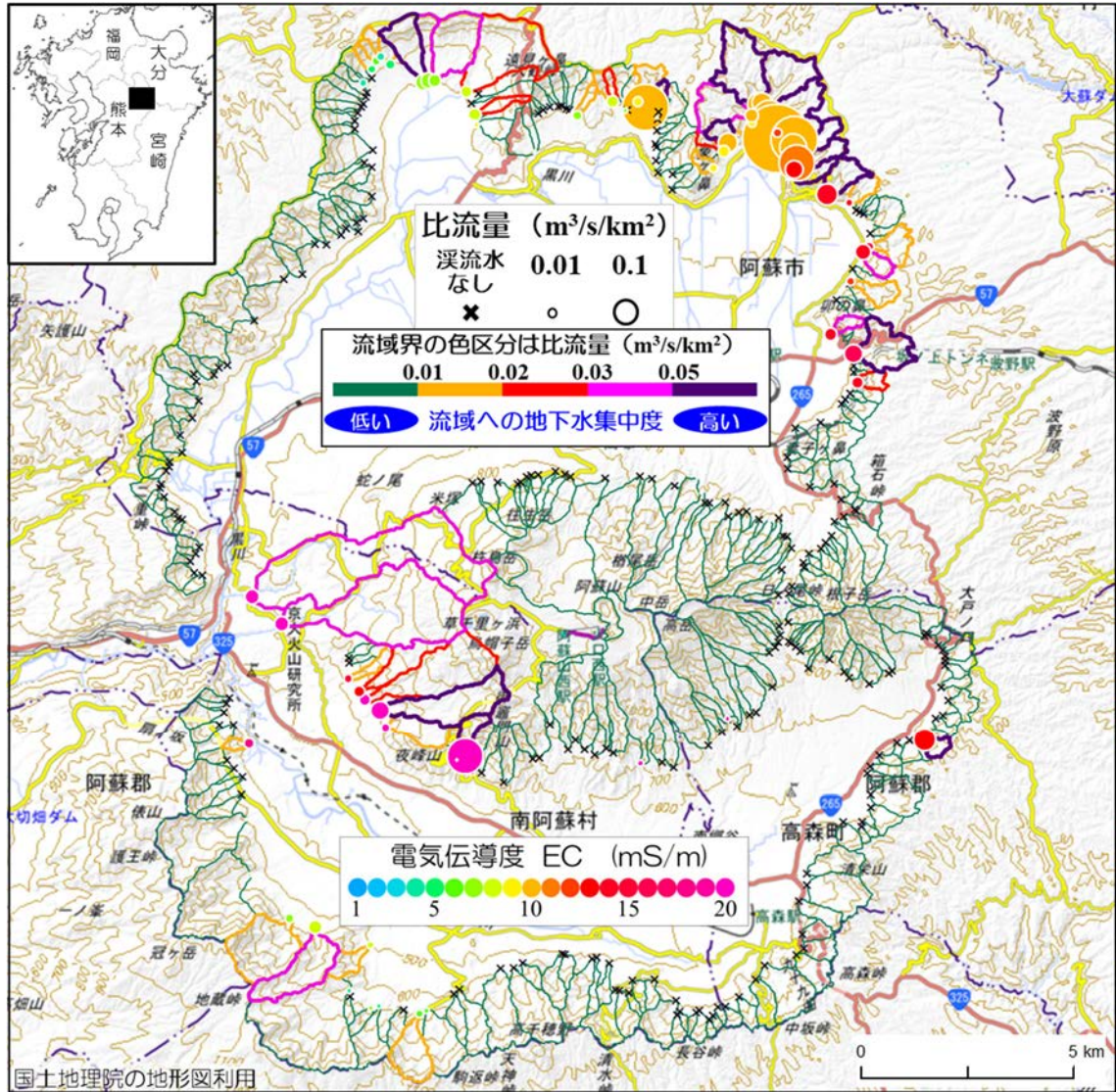


図2 カルデラ壁 239 流域, 中央火口丘 70 流域における比流量と渓流水ECの分布

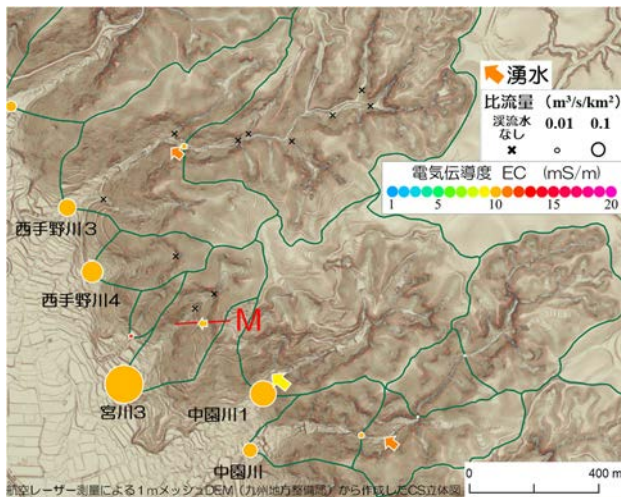


図3 カルデラ壁北東側流域における湧水調査結果

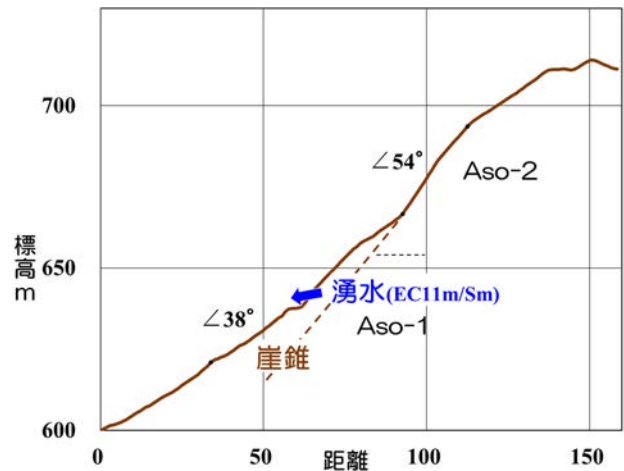


図4 宮川3流域における湧水斜面の断面図