

始良カルデラ壁における渓流水・湧水を活用した崩壊予測

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

1. はじめに

鹿児島県の始良カルデラ壁では、2015年垂水市深港、1977年鹿児島市竜ヶ水など、深い地下水が関与した規模の大きな崩壊が発生することがある。この崩壊は多量の地下水の集中と地下水圧の上昇、湧水付近の侵食による急斜面の不安定化が原因している(図1)。このタイプの崩壊は雨が止んだあと時間が経過してから発生することがあり、警戒避難対応も困難であることが多い。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発生を予測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、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を流量を計測する。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。なお、渓流水ECは人家、農地、畜産施設などの排水の影響を受けて、高い値を示すことがある。渓流水が人為的な影響を受けているような箇所ではシリカ(SiO_2)濃度も活用して判断する。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ことから、ECと同様に高くなる傾向がある。シリカ濃度の測定はEC測定に比べて手順が煩雑であるが、ほとんどが鉱物由来と考えられ人為的な影響を受けにくいという長所がある。

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)

図3は、これまで調査したカルデラの西壁24渓流と東壁26渓流における渓流水の流量とECの測定結果である。調査した流域の面積は、西壁 $0.06\sim 0.57\text{km}^2$ の範囲(平均 0.12km^2)、東壁 $0.07\sim 2.6\text{km}^2$ の範囲(平均 0.61km^2)である。カルデラ壁は、渓流水ECが通常河川より高い 10mS/m 以上を示す渓流が多い。一方、比流量は大きい渓流と小さい渓流が分布し、台地に浸透した雨水は地形的分水界とは異なる地下水分水界に規制されて流動し、カルデラ壁から流出していることがわかる。

西壁について、深い地下水が関与する崩壊の恐れのある流域を地下水の集中という視点で抽出するにあたり、ここでは渓流水ECが 10mS/m 以上かつ比流量が $0.01\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (西壁24流域の平均比流量)以上の流域を危険流域として抽出すると、図3の流域界が紫色の流域として示される。ただし、シリカ濃度が低かった2流域は深い地下水の関与が低いので人為的な影響で渓流水ECが高いと判断して危険流域から除外した。

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された1977年に崩壊が発生した流域の湧水を調査した(図4)。図中の矢印は基盤岩からの地下水流出が確認できた湧水を示しており、矢印の大きさは流量の大小を示している。1977年に崩壊が発生した斜面付近からは現在も多量の湧水がみられ、流量は 0.8L/s 、ECは 14mS/m であった。流域の下流端で測定した渓流水の流量も 0.8L/s 、ECは 13mS/m であり、流域の基底流量は崩壊地からの湧水に依存していることがわかる。崩壊斜面の背後には地下水が集中する地下構造が推定され、今後も深い地下水が関与する崩壊が繰り返されると判断される。したがって、図2の③に示した湧水流量を監視して警戒避難対応を行う必要があると考える。

末筆ではあるが、本研究の一部は文部科学省 SI-CAT によるものであり、ここに謝意を表します。

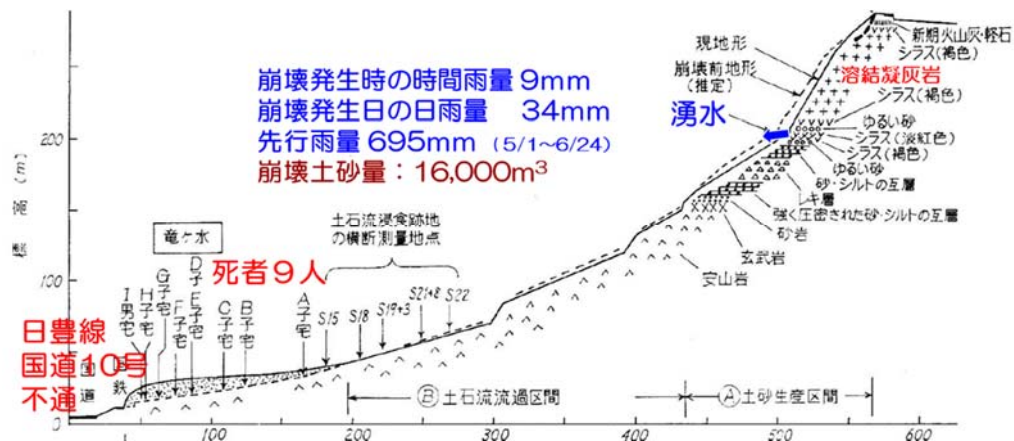


図1 1977年6月24日竜ヶ水土石流災害(春山・下川, 1978)

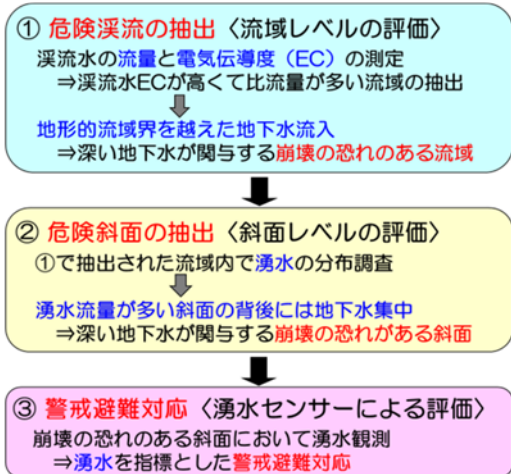


図2 崩壊予測の手順

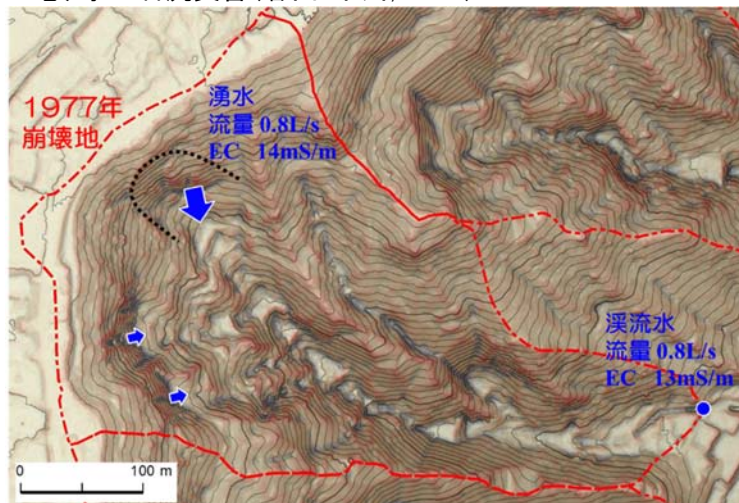


図4 湧水の流量とECの測定結果

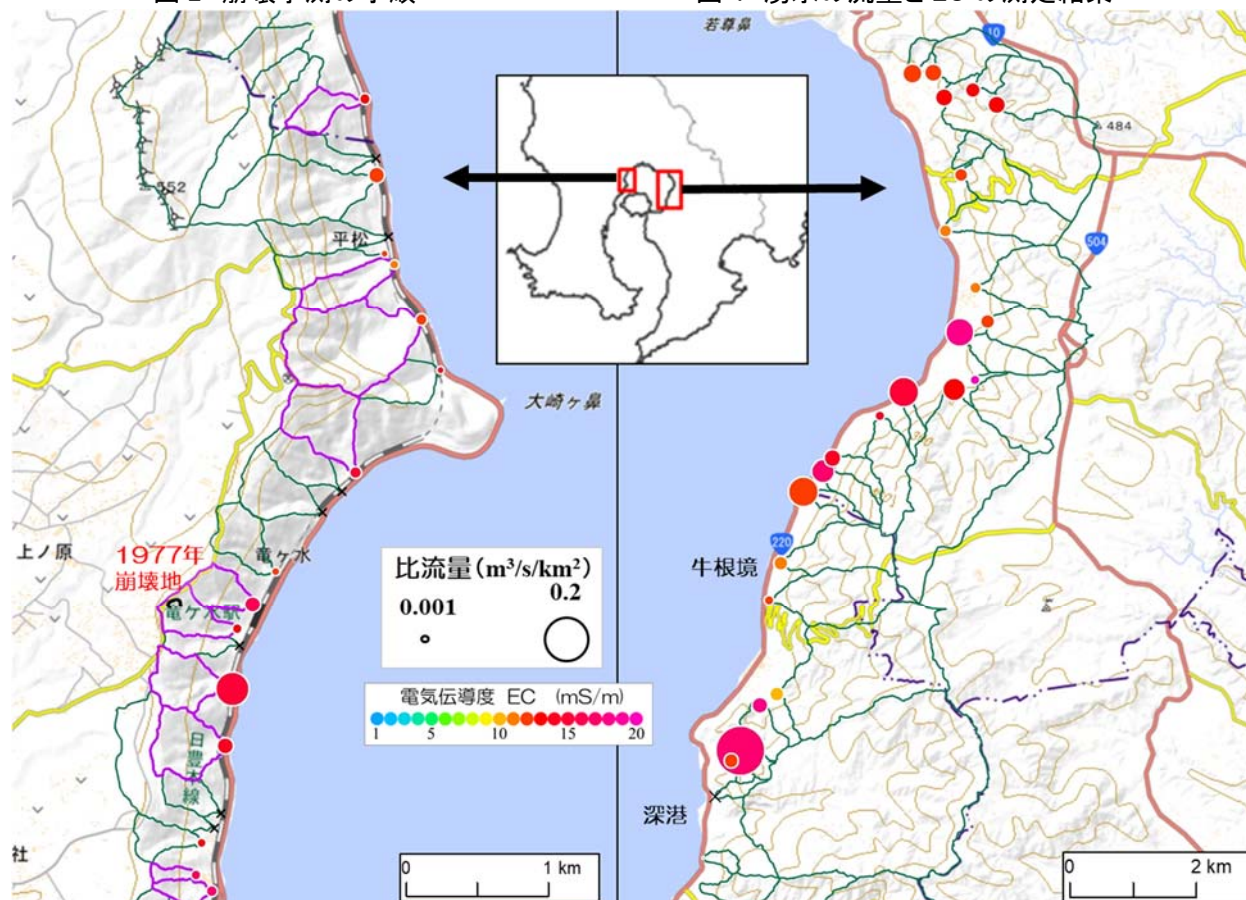


図3 渓流水の流量とECの測定結果