

渓流水・湧水を活用した深層崩壊の発生場予測と警戒対応

鹿児島大学農学部 ○地頭菌 隆・田淵 陽介・滝澤 雅之

1. はじめに

近年、記録的な大雨の増加に伴い深層崩壊が各地で発生している。深層崩壊は崩壊土砂量が多く、その土砂が土石流となったり、天然ダムを形成したりして大規模な土砂災害を引き起こしている。このような深層崩壊による大規模な土砂災害を防止・軽減するために崩壊発生の予測手法と警戒対応の確立が急がれている。ここでは、渓流水や湧水の水文情報を活用した手法の提案と検証を行う。

2. 深層崩壊発生場の予測

深層崩壊地の現地調査によると、多くの発生箇所でも量の地下水流出がみられる。多量の地下水が集中する構造をもつ斜面は、地下水の排水システムが地下侵食等で破壊されたり、異常な大雨により排水能力を超える地下水が集中したりすると、基岩内で地下水圧が上昇して深層崩壊発生の可能性が高まることが予想される。ここでは深層崩壊発生に関係するひとつの因子である地下水の集中箇所を渓流水の電気伝導度 (EC) から見出す方法を提案する (地頭菌, 2014)。

図1は、ポータブル電気伝導度計を用いて、渓流水 EC から地下水が集中している箇所を抽出する調査手順を示したものである。まず、対象とする地域を数 km² 未満の小流域に区分し、溪流縦断方向の渓流水 EC 測定とその地点の GPS 測位を行う。測定した渓流水 EC を地形図にプロットし、対象地域で相対的に数値が高い溪流を抽出する。抽出された溪流は、流域内に EC の高い地下水が集中して流出している箇所があり、深層崩壊発生の恐れのある流域と判断する。次に、溪流縦断方向の渓流水 EC が高かった地点において湧泉位置や湧出量を調査する。湧出量が多い湧泉の背後斜面は地下水が集中している可能性があり、深層崩壊発生の恐れのある斜面と判断する。

以上の流れに沿って九州山地で実施した調査例を示す。図2は、九州山地の熊本県五木村横手谷一帯における渓流水 EC の分布図である。横手谷一帯の地質はいわゆる付加体と呼ばれる堆積岩分布域であり、苦鉄質火山岩類・石灰岩・チャート・泥質岩が分布する。

1963年、溪流Y2の中流域で深層崩壊が発生した。横手谷一帯には渓流水 EC が相対的に高い溪流と低い溪流が分布している。たとえば、溪流Y2とY1-1の渓流水 EC は、隣接するY1-2やY3に比べて相対的に高い。溪流縦断方向の渓流水 EC の標高分布をみると、溪流Y2の右岸の深層崩壊跡地から EC が高く (18mS/m)、水量の多い湧水Aが流入し、これが渓流水 EC を急激に高めていることがわかる。また、溪流Y1-1の左岸からも EC が高く (12mS/m)、水量の多い湧水Bが複数流入し、これが渓流水 EC を高めている。湧水が出ていた背後の斜面内には地下水が集中する地下構造が推定され、この斜面は深層崩壊発生の可能性が考えられる。

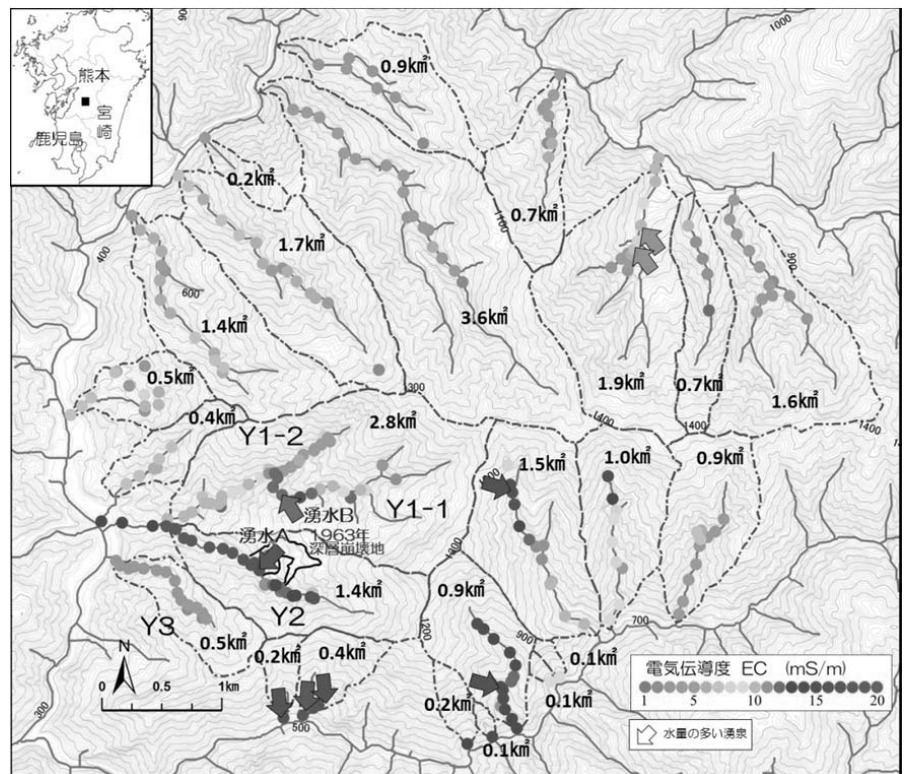


図2 横手谷一帯の渓流水 EC の平面分布

流域レベルの評価

溪流縦断方向の渓流水の電気伝導度 (EC) 測定とGPS測位
 渓流水EC分布図から相対的にECが高い溪流を抽出
 →流域内に地下水が集中した箇所があると判断
 →深層崩壊の恐れのある流域



斜面レベルの評価

溪流縦断方向の渓流水ECが高い地点において湧水調査
 →湧出量が多い湧泉の背後斜面は地下水が集中していると判断
 →深層崩壊の恐れのある斜面

図1 深層崩壊発生場の予測法(地頭菌, 2014)

3. 深層崩壊の警戒対応

深層崩壊は基岩内の地下水位が限界を超えたときに発生すると考えられる。湧水は、基岩内の地下水の状態を反映しており、深層崩壊発生時期を予測する重要な因子のひとつである。この湧水を指標にして深層崩壊発生の危険性を判断する装置（湧水センサー）を開発した（地頭菌ら，2014）。湧水センサーは、電極式流量計、変換・記録装置、電源装置、太陽電池、携帯電話伝送装置等から構成される（図3）。電極式流量計は、塩ビパイプに取り付けた鉛直方向1cm間隔の電極によって測定される水位から流積を求め、流積に Manning式による流速を乗じて湧水流量を算出する装置である。塩ビパイプ径の大きさは設置点の湧水流量で決定する。流量測定用パイプには電気伝導度、濁度等を測定するパイプも連結できる。測定値は10分間隔でデータロガーに記録され、同時に携帯電話を使ってサーバーへ送信され、インターネットを介してパソコンやスマートフォンから閲覧できる。

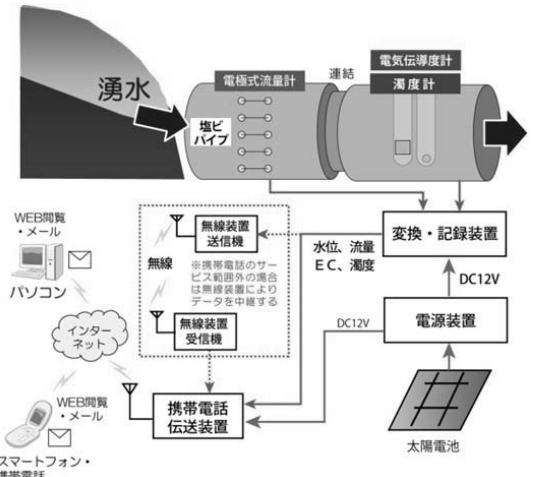


図3 湧水センサーのシステム構成(地頭菌ら, 2014)

湧水センサーから得られる湧水流量から次のような深層崩壊の警戒対応を考えている（図4）。①湧水流量が増加中の場合は、基岩内の地下水位が上昇中であり、崩壊の危険性も増加中である。また、②湧水流量が増加した状態が続く場合は、地下水排水システムの能力を超えた地下水が集中している可能性があり、基岩内の地下水位が上昇して崩壊の危険性が継続している。

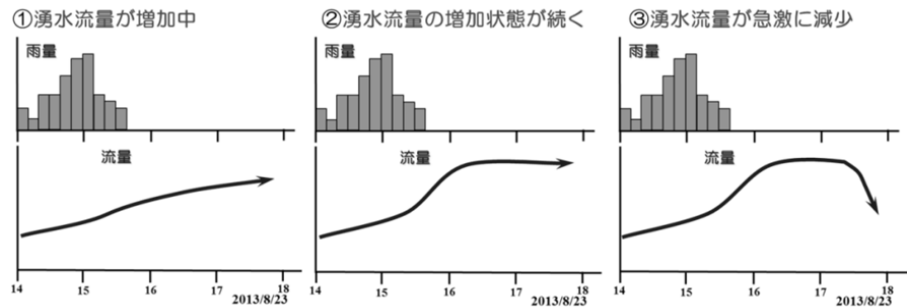


図4 湧水センサーによる深層崩壊警戒対応の考え方

さらに、③湧水が急激に減少した場合は、地下水排水システムが地下侵食等で破壊された可能性があり、基岩内の地下水位が急上昇して崩壊発生の恐れが考えられる。以上の状況は降雨終了後も起こり得るので、警戒対応は継続する必要があります。警戒対応の解除は、湧水流量が初期の流量にゆっくりもどった時と考えている。③は深層崩壊発生の恐れのある斜面とその下流部の警戒対応であるが、①と②はさらに広範囲の流域や地域での警戒対応にも適用できると考える。

湧水センサーを設置した流域は五木村横手谷である（図2の湧水AとB）。図5は湧水Aの湧水センサーの設置状況である。今後、大雨時のデータを蓄積して深層崩壊の警戒対応の考え方、警報を出す湧水流量の変化の閾値などについて検討したい。

末筆ではあるが、本研究の実施にあたっては、当時研究室学生の和田大祐氏、中島希氏、川本昌平氏、溜池綾氏、また国土交通省川辺川ダム砂防事務所および五木村の皆様にご多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。



図5 湧水センサーの設置状況