

火山性地質の地域における地下水型崩壊発生の警戒対応

鹿児島大学農学部 ○天野 祐一朗・地頭菌 隆・由永 尚暉・白藤 雄也
クロスエンジニアリング 清崎 淳子

1. はじめに

近年、気候変動等の影響による記録的な大雨の増加に伴い地下水型崩壊（深い地下水が関与した崩壊）が目立つ。地下水が集中する地下構造をもつ斜面は、地下水排水システムが地下侵食等で破壊されたり、排水能力を超える地下水が集中したりすると、斜面の基盤岩内で地下水圧が上昇して大規模な崩壊の危険性が高まる。地下水が集中している斜面からの湧水流量を指標にして地下水型崩壊発生の危険度を判断する装置（湧水センサー）を開発し、南九州の火山性地質の地域において地下水型崩壊の警戒対応に関する実証実験を行っている（図1）。ここでは、2020年大雨で得られた観測結果を報告する。

2. 地下水型崩壊の警戒避難対応の方法

火山性地質の地域は、火山活動に伴う堆積物が幾層も重なり、透水性の不連続な層の重なりが特徴的な地下構造となっている。このような地域で地下水が集中している箇所では地下水型崩壊が発生しており、記録的な大雨に見舞われた場合、表層崩壊や土石流による土砂災害の危険性が高まった時に発表される土砂災害警戒情報に基づく警戒対応に加えて、地下水型崩壊への警戒対応も行わなければならない。

図2は、渓流水や湧水の水文調査に基づいて、地下水型崩壊の危険箇所を抽出し、警戒避難対応を行うフローである。まず、小流域を設定して、降雨が一週間以上なかった後に渓流水が伏流していない箇所での渓流水の流量と電気伝導度（EC）を測定する（図2のA）。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、地下水を多く含む溪流はECが高くなる。渓流水ECが高く、比流量が大きい流域は、地形的流域界を越えて深い地下水が流域内に流入している可能性があり、地下水型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を調査する（図2のB）。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る。このような斜面では地質構造、風化度等を調査して地下水型崩壊の危険性を判断する。またその湧水流量は地下水型崩壊の警戒避難対応の指標に活用する（図2のC）。湧水センサーによりインターネットを介してリアルタイムで得られる湧水流量の変化から、次のような警戒対応を考えている。湧水が増加中の場合は、雨が止んだ後でも斜面内の地下水位が上昇中であり、崩壊の危険性も増加中と判断する。湧水が多いまま頭打ち状態が続く場合は、地下水排除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、崩壊の危険性が継続していると判断する。また、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、斜面内の地下水位が急上昇して崩壊発生の恐れがあると判断する。警戒対応の解除は、湧水流量が初期の状態にゆっくり戻った時と考えている。湧水センサーで得られた湧水流量と雨量の応答関係を解析して地下水流出モデルを構築し、既往の地下水型崩壊発生時の雨量から湧水流量の警戒避難基準を策定する。

3. 2020年大雨で得られた観測結果

2020年7月、鹿児島県は総雨量400mmを超える記録的な大雨に見舞われた。南大隅町の火砕流台地と垂水市の始良カルデラ壁に設置している湧水センサーのデータから、地下水型崩壊の警戒対応について検討する。両地域は溶結凝灰岩や降下火砕堆積物の透水層とその下位の非溶結凝灰岩や堆積岩の難透水層の地下構造からなり、これらの地層の境界を流動した地下水が関与した崩壊が発生している。この地下構造に1段タンクモデルを適用して雨量と湧水センサーの湧水流量の応答を解析し、既往の地下水型崩壊発生時の湧水流量を求めると南大隅町10L/s および垂水市4L/sの値が得られた。この値を地



図1 湧水センサーの設置位置

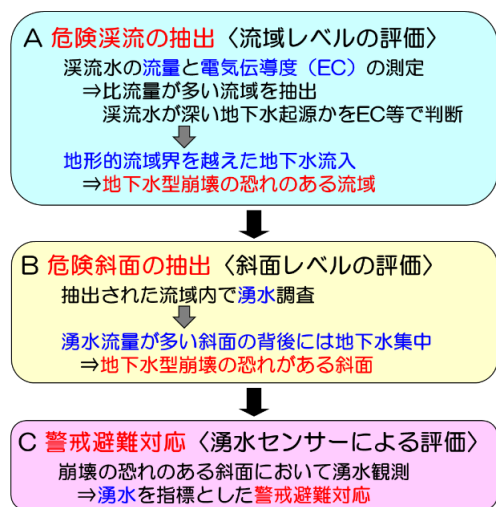


図2 地下水型崩壊の警戒避難対応

下水型崩壊の危険性が高まる湧水流量として警戒避難対応の判断基準とする。

図3は、2020年6月25日から7月25日に得られた湧水ハイドログラフである。どちらも湧水流量が警戒避難基準を超過し、雨が止んで土砂災害警戒情報が解除された後2日程度は地下水が多い状態が続いていた。出水市の火山岩山地に設置した湧水センサーでは雨が止んだ後1日程度は湧水流量が警戒避難基準を超過し、地下水が多い状態が続いていた。400mmを超えるような大雨後は、火山岩山地では1日程度、火砕流台地およびカルデラ壁では2日程度、地下水型崩壊の警戒対応が必要であることが示された。

今後の課題として、地下水型崩壊には長年に渡る湧水箇所の風化や侵食に伴って無降雨時に崩壊が発生した事例があり、湧水流量だけでは警戒対応ができないタイプがある。これに関しては湧水箇所の侵食状況を定期的に点検するなど必要である。地下水型崩壊の発生原因のタイプと警戒対応の方法については今後検討したい。

末筆であるが、本研究の一部は、国土交通省河川砂防技術研究開発制度および公益財団法人鹿児島県建設技術センター地域づくり助成事業によるものである。ここに記して謝意を表します。

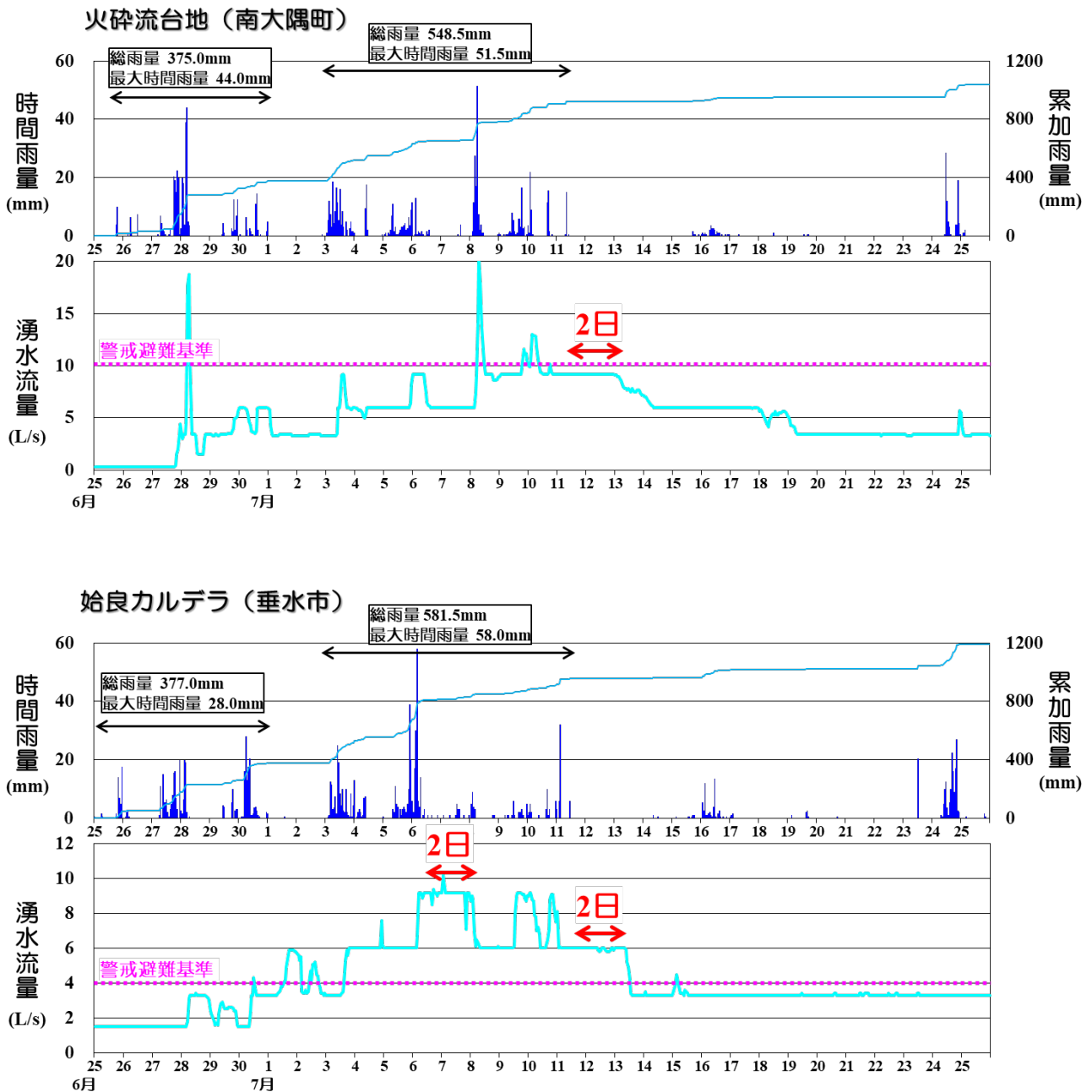


図3 2020年大雨時に得られた湧水データ