

降雨と湧水 EC の関係に着目した深層崩壊危険斜面抽出手法に関する研究

大規模土砂災害対策研究機構（和歌山県）

○西岡恒志・榎原伴樹

大規模土砂災害対策研究機構（国土交通省国土技術政策総合研究所）

木下篤彦

大規模土砂災害対策研究機構（国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター） 田中健貴

株式会社エイト日本技術開発

海原荘一

1. はじめに

近年、深層崩壊危険斜面末端の湧水の電気伝導度（EC）が高いことに着目し、危険斜面を抽出する手法が提案されている¹⁾³⁾。この手法は、変形の進んだ斜面では地下水の滞留年数が高いこと、地下では岩盤の破碎が進み水と基岩の接触面積が増えるためと考えられる。一方、雨が降ると湧水の EC が下がり抽出できなくなることも考えられる。本研究では、危険斜面の湧水の EC を継続的に観測するとともに、雨との関係を整理し、タンクモデルを用いて予測雨量から最適な調査日を算出する手法について提案する。

2. 調査箇所の概要

2.1 深層崩壊危険斜面の抽出

和歌山県内で深層崩壊の発生頻度が高いとされる地質及び地形の範囲⁴⁾において、LP データなどから過去の深層崩壊跡地の抽出や微地形を判読し、深層崩壊の発生するおそれのある斜面の抽出を行った。抽出した斜面の現地調査を行い、EC の高い湧水が湧出する斜面の絞り込みを行った。

2.2 調査地の概要

調査地の概要を図-1 に示す。右会津川流域では 1889 年に発生した深層崩壊と河道閉塞の決壊により甚大な被害が生じている。地質は第三期の四万十帯（砂岩泥岩互層）である。深層崩壊跡地に隣接した馬蹄形の岩盤クリーブ斜面には、斜面上部には連続的な小崖地形があり、斜面基部からは EC が周囲より相対的に約 2 倍高い湧水がある。



図-1 深層崩壊危険斜面と観測箇所概要図

3. 湧水の水文・水質特性調査

3.1 EC・流量の計測手法

湧水の湧出部にロガー付きの EC 計（Onset 社：HOBO U24 電気伝導率ロガー）を設置してデータ収集を行うと共に、湧水の流下断面の簡易測量を行いロガー付き水位計（Onset 社：HOBO U20 水位・水温ロガー）を設置してマニング式から流量換算を行った。データの取得間隔は雨量データの取得間隔と同様の 10 分間隔とした。

3.2 EC・流量の観測結果

EC と流量の観測結果（図-2, 3）より、EC は 1 年間を通じて 15~20mS/m の値を示すが、EC は降雨に反応して低下し、その低下割合は降雨量に比例している。湧水が流入する河川と湧水の EC の降雨による低下割合の比較では、湧水 EC が河川 EC より落ち込みが少ないため、湧水 EC は河川 EC より降雨の影響を受けにくいことが分かった。また、流量は EC と同様に降雨直後から増加しているが、日雨量が 50mm 程度以下だとほとんど増加していないことが分かった。

4. タンクモデル解析手法とパラメータの再現性

観測された湧水量が表流水や土壌中に浸透した地下水が流出したものの総流出量と考え、土壌雨量指数の算出にも用いられる 3 段タンクモデルを利用して総流出量を算出した。タンクのパラメータは、湧水量とタンク総流出量が等しくなるよう SCE-UA 法^{5),6)}を用いて同定を行った。同定に用いる降雨イベントは、当該地域に土砂災害警戒情報が発令された降雨（日雨量 153.5mm、最大時間雨量 41.5mm（気：栗栖川））を含む 2017 年 6 月から 7 月の 2 ヶ

月間の期間に着目して解析を実施した。その結果、SCE-UA 法の Nash 係数 0.807, タンク総流出量と観測湧水量の相関係数 $R=0.90$ となり、両者の整合度は高いといえる。湧水量とタンク流出量の関係を図-4 に示す。

5. 湧水 EC とタンク流出量の関係

各タンクモデルの流出量および総流出量と湧水 EC の関係のグラフを図-5 に示す。この結果、タンク総流出量と湧水 EC には相反する関係があることが分かった。観測期間中に日雨量 10mm 以上の降雨があったのは 7 回で、EC とタンク流出量の変動は、降雨が多いほど大きく、少ないほど小さくなる傾向にあることが確認できた。

6. まとめ

湧水 EC と直列 3 段タンクモデル総流出量に関連性があることが確認できた。この関係を用いて、事前に代表的な危険斜面でタンクのパラメータを同定しておけば、今後の予測雨量から湧水 EC の変化を推定することができ、危険斜面抽出が可能な日が推定できることが分かった。

参考文献

1)地頭菌ら：深層崩壊発生場予測法の提案—鹿児島県出水市矢筈岳を例にして—,砂防学会誌,Vol.59,No.2,p.5-12,2006.2) 地頭菌ら：深層崩壊発生予測に関する調査法の提案,平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集,2012.3) 田淵ら：深層崩壊発生予測に関する調査法の開発,平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集,2013.4) 独立行政法人土木研究所：深層崩壊推定頻度マップ 5)Duan,Q.,Sorooshin, S.and Gupta, V. K.:Effective and efficient global optimaiaation for conceptual rainfall-runoff models, *Water Resources Reserch*,Vol.28,No.4,pp.1015-1031,1992.6)Duan,Q.,Sorooshin, S.and Gupta, V.K.:Optimal use of SUC-UA global optimization method for calibrating wa-tershed models, *Journal of Hydrology*, Vol.158,pp.265-284,1994.

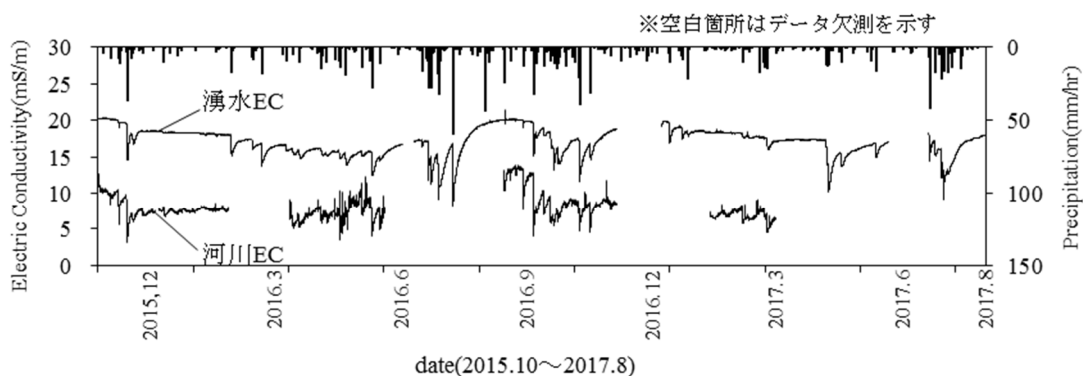


図-2 湧水と河川の EC 観測データ

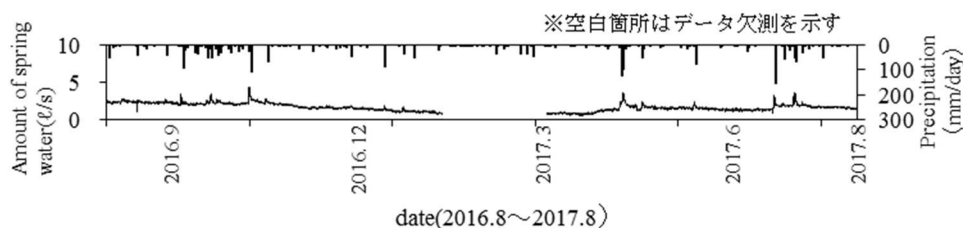


図-3 湧水流量観測結果

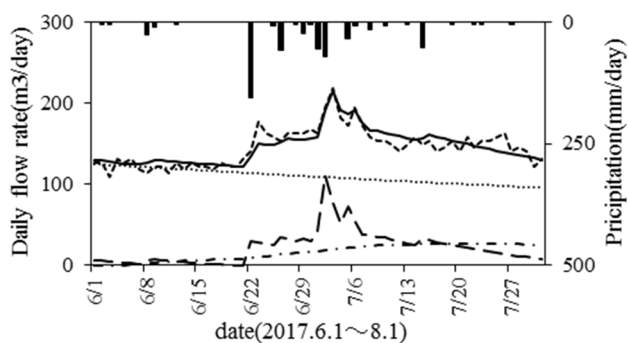


図-4 タンク流出量と実測湧水量比較

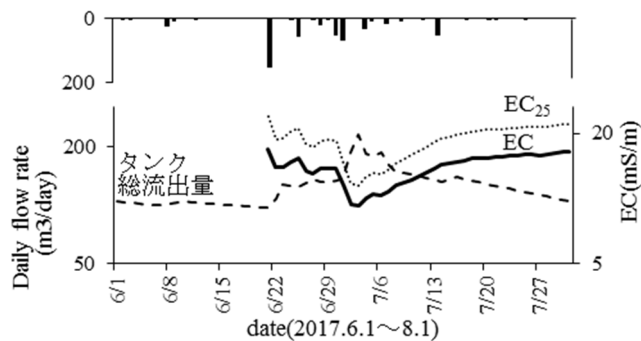


図-5 タンク総流出量と湧水 EC の関係