

土砂移動発生時の水文動態に関する事例分析

国立研究開発法人 土木研究所

○水谷佑・吉永子規・秋山怜子・高原晃宙
・木下篤彦・清水孝一・石塚忠範

1. はじめに

山地流域における斜面崩壊、堆積物の再移動等を、土砂災害につながる比較的大規模な土砂移動の前兆現象としてとらえると、その発生時における近傍あるいは下流域での流量・土壌水分量・濁度等水文動態の特徴を整理・分析することで、土砂移動発生への覚知に資する情報を得られることが期待できる。そのためには土砂移動が発生した正確な時刻および水文観測のデータセットを蓄積する必要があるが、土砂移動監視機器および水文観測設備の整備にはコスト面における経済的な課題や設置箇所選定等の技術的な課題¹⁾があり、土砂移動発生時の時刻を正確に記録した事例は数例が報告されている(例えば²⁾・³⁾)のみである。

筆者らは、安価かつ簡素な土砂移動発生時刻記録装置⁴⁾(呼称「土砂移動時刻ロガー」、以下「ロガー」という)を、水文観測が実施されている溪流の溪床堆積物に設置し、土砂移動検知事例を得た。本研究では、当該土砂移動発生イベントと非発生イベント、既往観測結果³⁾における水文動態の差異を整理し、濁度と流量の対応関係から土砂移動を覚知する方法について検討した。

2. 方法

本研究の対象流域は、岐阜県高山市奥飛騨温泉郷中尾に位置する山地小溪流で、京都大学防災研究所穂高砂防観測所が水文観測を実施している(図-1)。

流域源頭部の崩壊裸地斜面下部の溪床に崩壊土砂が堆積しており、その再移動を検知することを想定し、ロガーを設置した。ロガーは、磁石がロガー本体から離れることによって小型GPS端末とタイマーを起動させ、衛星から時刻を取得し記録するものである。本研究では、再移動した溪床堆積物がロガーの磁石に接続されたロープを巻きこみ、磁石がロガー本体から離れることでその時刻を記録するような形式で2014年7月6日に設置した(図-2)。

分析対象の水文観測データは、それぞれ10分間隔の瞬時値である。2014年7～8月の土砂移動発生イベントと既往観測事例³⁾、ならびに同規模程度以上の流量が観測されたイベントについて、特に明瞭な差異が認められた濁度変化と流量増減過程の対応に関して分析・考察した。

3. 結果と考察

図-3は、ロガー設置箇所の溪床堆積物が再移動した状況である。設置時よりも河床が低下していること、再移動した堆積物がロープと磁石を巻き込んでいることが確認された。ロガーの記録では7月17日23時51分に土砂移動を検知しており、同時間帯には降雨が観測されていた。検知後に再度、設置箇所の土砂が移動した可能性はあるが、他に斜面や溪岸の崩壊等の土砂移動はなく、河床に新たな土砂堆積が散見されるのみであったことから、当該降雨が検知した土砂移動の誘因であると考えられる。

図-4に7～8月の水文観測結果を時系列で示す。土砂移

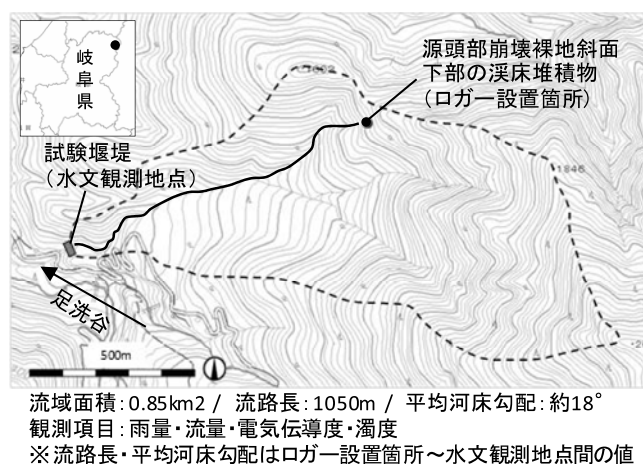


図-1 対象溪流およびロガー設置箇所・水文観測設備位置図

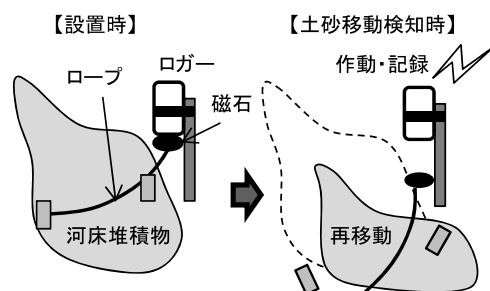


図-2 ロガー設置方法および作動・記録の模式図

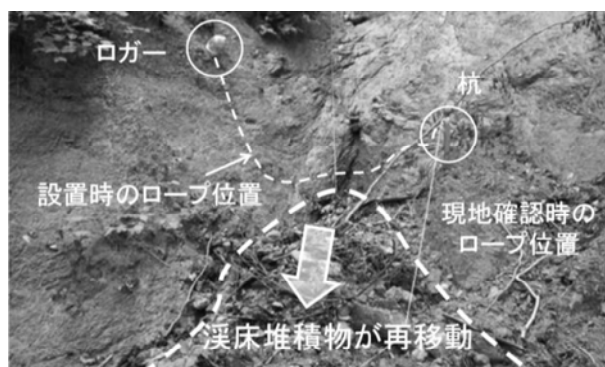


図-3 ロガー設置箇所の土砂移動状況

動を検知したイベント（イベント A）と同程度以上の流量を記録したイベントとしては、7/18 の 7 時台（イベント B）、8/16 の 11 時台（イベント C）が挙げられる（図-4(b)）。この 3 イベントについて濁度と流量の応答をみると、流量が増加していく過程では、いずれも流量に対応して濁度も上昇している（図-5）。低減過程では、イベント A は流量ピーク（土砂移動検知）から約 1 時間後に濁度が急上昇している時間帯（1：30～4：20）が認められる（図-5(a), (b)）。一方で、イベント B・C ではピーク後 1～2 時間で濁度はほぼ消滅し、イベント A とは挙動が異なる（図-5）。これは土砂移動発生の有無に起因する差異であると考えられ、過去に当溪流で実施された同地点での土砂移動のビデオ撮影および濁度観測においても、濁度上昇による土砂移動発生覚知の可能性が指摘されている³⁾。既往事例での流量は $0.05\text{m}^3/\text{s}$ から $0.08\text{m}^3/\text{s}$ への増加過程であり流量規模と土砂移動発生タイミングが異なる。したがって、既往事例の 10 倍程度の流量規模でも濁度が指標となりうるということがわかった。一方で、本事例での土砂移動発生に伴う濁度の急上昇と、イベント A～C の流量増加過程における濁度の立ち上がりの波形は類似しており、濁度観測の結果のみから土砂移動発生の有無を判別することは困難である。しかし、流量低減過程での濁度変化の差異は明瞭であることから、流量の増減過程と濁度変化の対応を組み合わせた分析によって、土砂移動発生覚知が可能となることが示唆される。

4. 結論

山地小渓流において、安価・簡素な方法で溪床堆積物再移動の発生時刻を記録した。土砂移動発生イベントと非発生イベントの水文観測データを比較した結果、流量と濁度の関係において明瞭な差異が認められた。既往観測事例とは異なる流量規模・タイミングで発生した事例であり、流量の増減過程と濁度の上昇とを組み合わせた分析が、土砂移動発生を覚知する指標となりうるということが明らかとなった。

今後は、さらに事例を蓄積し、濁度変化で検知可能な土砂移動と流量の規模、観測地点との距離、流量・濁度変化の定量化等について検討を進める予定である。

【謝辞】本研究を実施するにあたり、京都大学防災研究所穂高砂防観測所には現地調査・観測データについて多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 山田ら：土石流災害防止のためのセンサー開発の現状と今後の課題，砂防学会誌，Vol.50，No.5，p.60-64，1998
- 2) 西村ら：斜面崩壊検知センサーによる表層崩壊の検知について～石狩川上流における事例～，第 61 回平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集 p.652-653,2011
- 3) 藤田ら：山地流域における土砂動態のモニタリング手法，京都大学防災研究所年報，第 46 号 B，2003
- 4) 水谷ら：安価かつ簡素な土砂移動発生時刻記録装置の開発と土石流発生時刻の検知事例，砂防学会誌，Vol.67，No.5，p49-54，2015

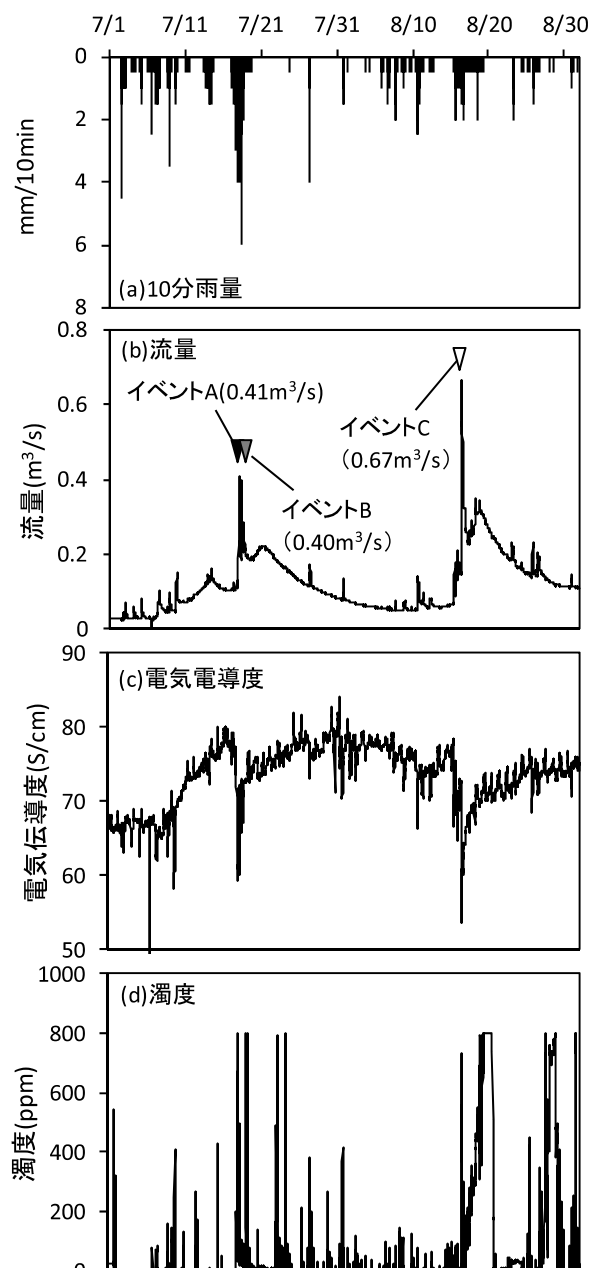


図-4 2014 年 7～8 月の水文観測結果

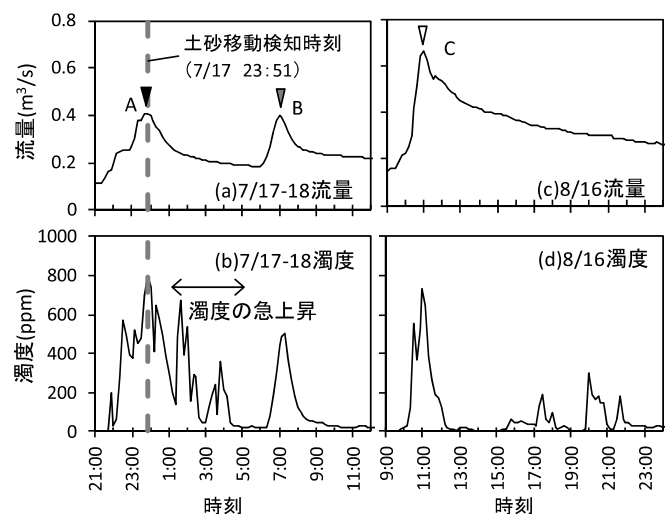


図-5 イベント A,B,C の流量・濁度の時系列変化