

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－

北海道開発局旭川開発建設部旭川河川事務所第 2 工務課 ○近藤 雄一※¹
旭川開発建設部治水課 西村 義※²
旭川開発建設部治水課 幸田 学※³

土砂災害の予測・警戒において、現状では雨量に拠るものが大半であるが、雨量情報だけでは土砂災害への切迫性が感じにくく避難が遅れることが指摘されている。そのため、雨量以外の情報も加えた発生予測・検知技術の構築が求められている。そこで、斜面に容易に設置可能な斜面崩壊検知センサーおよび水文観測機器を設置し、平成 23 年度に斜面崩壊検知センサーが表層崩壊を検知したことから、発生時の状況等について報告する。

キーワード：表層崩壊、検知技術の構築、検知センサー

1. はじめに

土砂災害の予測・警戒において、現状では雨量に拠るものが大半であり、土砂災害（土砂移動現象）発生情報は、巡視による目視確認や住民などからの通報に頼るところが大きい。しかし、雨量情報だけでは土砂災害への切迫性が感じにくく避難が遅れることが指摘されている。また、豪雨や地震により発生する土砂災害の状況を確認するには、二次災害への警戒が必要なため、天候回復を待つ必要がある。土砂災害の被害軽減には、これらの高度化が必要であり、雨量以外の情報も加えた発生予測・検知技術の構築と巡視・通報によらない監視・情報入手方法の構築が求められている。

そこで、機能を斜面崩壊の発生検知に限定し、安価かつ長期間メンテナンスなしで、斜面に容易に設置可能な斜面崩壊検知センサーの開発を独立行政法人土木研究所が中心となって行ってきた¹⁾。同センサーは、従来のセンサーに比べて、安価でかつメンテナンスの労力は軽減されてはいるものの膨大にある崩壊のおそれのある斜面をすべて監視するために

は依然として多大な費用・労力を必要とする。そのため、簡易貫入試験を用いた「表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル（案）」（以下、表層崩壊危険度評価マニュアルという²⁾）を適用し、崩壊のおそれが相対的に高い場所に優先的にセンサーを設置することができれば、より効率的・効果的に土砂災害の発生を監視することができると考えられる。この表層崩壊発生危険度評価手法と斜面崩壊検知センサーを組み合わせることにより、地域の「土砂災害の切迫性」を、「崩れやすい斜面の崩壊発生」という形で情報提供できる可能性が考えられる。

このような背景のもと、北海道開発局旭川開発建設部管内の石狩川上流直轄砂防区域において、表層崩壊危険度評価マニュアルを適用して、斜面崩壊発生危険度の高い斜面を抽出するとともに、平成 21 年度より斜面崩壊検知センサーおよび水文観測機器の設置、観測を開始した。そして、平成 23 年 8 月 17 日に、斜面崩壊検知センサーが表層崩壊の発生を検知したことから、本稿では、発生時の状況やその後の現地調査結果等を紹介する。

※1 KONDOU YUUICHI

※2 NISHIMURA TADASHI

※3 KOUTA MANABU

2. 観測対象溪流の概要

石狩川上流域の地質は、日高累層と呼ばれる堆積岩類とそれを貫く輝緑岩、班レイ岩および花崗岩などの貫入岩類から構成され、これら基礎岩類を第三紀の礫岩が不整合に覆っている。また、流域上流に位置する大雪山火山群は第四紀更新世に活発に活動し、熔結凝灰岩、集塊岩、溶岩の噴出物で全流域を覆っており、柱状節理の発達が顕著である。

観測対象溪流は上川郡上川町層雲峡温泉街近傍に位置する流域面積 0.7km^2 程度の小溪流である(図-1 参照)。図-2 に観測対象溪流の位置図を示す。当溪流は土石流危険溪流に指定されており、レッドゾーン内に位置する旧層雲峡小学校は地域の避難所に指定されている。溪流の源頭部には溶結凝灰岩の露頭(柱状節理)があり、近年崩壊が発生した痕跡が見られ、源頭部の露頭の下部には崖錐が堆積している。これらの素因を踏まえ、再び斜面崩壊・土砂移動が発生する可能性があり、警戒避難体制の構築・検証に資するデータが取得できる溪流として選定し、表層崩壊発生危険度評価と斜面監視を実施した。表層崩壊の発生危険度は、地表面地形、土層厚、土質強度、飽和透水系数を実測し、斜面安定解析及び定常状態を仮定した水文モデルを組み合わせた簡易な評価モデルを用いて斜面スケールの表層崩壊の発生危険度を評価するH-SLIDER法を用いて評価を実施した²⁾。その上で、溪流単位で斜面スケールの表層崩壊の発生危険度を積み上げ、表層崩壊に起因する土石流の発生危険度を評価した。

図-3 に表層崩壊危険度評価結果(表層崩壊発生危険定常降雨強度)の平面分布を示す。表層崩壊発生危険定常降雨強度は、図中においてその分布を 50mm /日間隔で示しており、値が小さいほど危険度が高いことを示す。図-3 では、 50mm 以下を赤で示した。観測対象溪流は右の沢と左の沢に分かれており、今回表層崩壊を検知したのは、既往崩壊地が確認できた右の沢である。既往崩壊地は右の沢で確認できる一方、評価結果は左の沢の危険度が高い傾向が見られる。 rc (表層崩壊発生危険定常降雨強度) の値は相対的な表層崩壊の発生危険度を示す指標であるため、評



図-1 石狩川上流域



図-2 観測対象溪流位置図

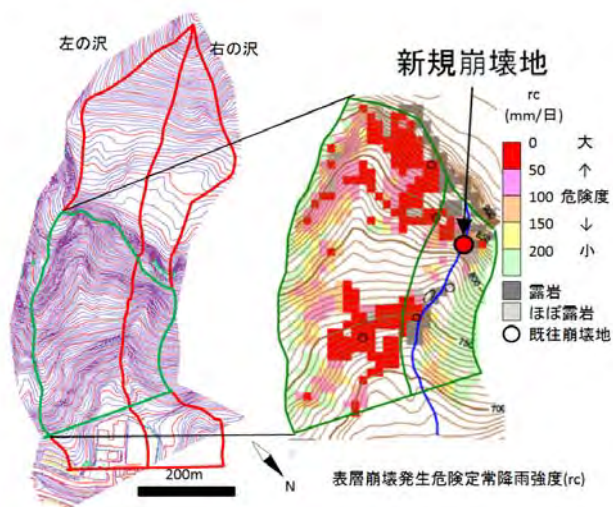


図-3 H-SLIDER 法による表層崩壊発生危険度評価結果

価結果は潜在的な崩壊発生の可能性(ポテンシャル)を示していることから、左の沢の土砂移動も今後監視する必要があると考えられる。今回検知した斜面崩壊は右の沢の標高 830m 付近の谷筋であり、危険度評価が高い箇所(図-3 の赤丸)であった。このことから、解析結果が妥当であったことが分かった。

3. 斜面崩壊検知センサー等の設置状況、検知手法及び通信方法

崩壊の検知は、図-4 に示すように内蔵する傾斜センサーにより一定の振動や傾斜を検知した場合に無線伝送する仕組みとなっており、受信機のログには発報日時、センサーID が記録される。受信機に携帯電話伝送装置を接続することで、あらかじめ設定してある PC や携帯電話へメールを送信し崩壊発生情報を巡視や目撃情報に拠ることなく入手することができる。また、センサーにはヘルスチェック機能を実装し、定期的に作動状況(正常、電池残量少)を受信機へ送信している。

斜面崩壊検知センサーの設置方針は、①斜面の崩壊の原位置における検知、②河床堆積物の移動の検知、③崩壊土砂衝突の検知とし、溪流の斜面、谷筋、河床巨礫に設置した。

水文観測機器は崩壊発生時の降雨・流量・地下水水位等の水文データを取得することを目的とし、下流側に水位計および電気伝導度・水温計、湧水が認められる中流部の両岸に地下水水位計および土壌水分計、流域近傍の開けた箇所に雨量計を設置し、60分間隔にて計測を行った。設置した機器のデータ回収およびメンテナンスは5月～11月に月1回程度の頻度で実施した。

4. 表層崩壊発生状況と考察

表層崩壊は対象溪流上流の柱状節理下方にて平成23年8月17日2時頃に発生し、崩壊幅は約5m、崩壊深は推定0.5～1mである。崩壊土砂は渓床堆積物を巻き込みながら50m程度流下し、地下水水位計および土壌水分計が設置してある遷緩部に堆積した。堆積幅は約5～10m、堆積厚は1～1.5mで、径1m前後の比較的大きな礫および倒木を含み、150～200m³程度の土砂量と推定された。

表層崩壊を検知したセンサーは崩壊土砂の流下区間右岸側に設置されている No7、30、31 のセンサーで、No7 は原位置における斜面崩壊の検知、No30、31 は崩壊土砂の流下を待ち受けて土砂移動を検知する目的で設置したものである。崩壊発生後の現地確認で、No7、30 は転倒しておらず No31 は転倒し

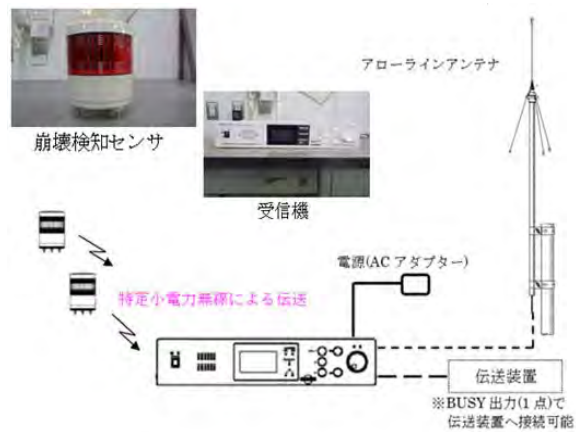


図-4 斜面崩壊検知センサーシステム構成

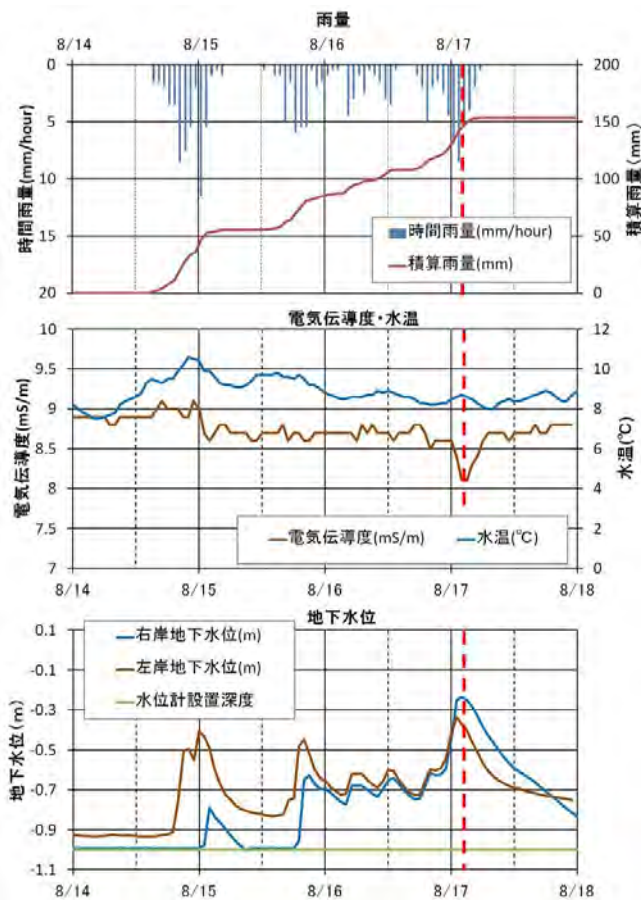


図-5 崩壊発生時の降雨・地下水水位・電気伝導度・水温 (赤色破線が崩壊発生時刻)

土砂を被っていたことから、前者は崩壊土砂が流下する際の振動、後者は崩壊土砂の衝突の衝撃により表層崩壊の発生を検知したものと考えられる。

崩壊発生当時の水文観測データを図-5 に示す。雨量データをみると、8/14の午後から断続的に降雨が始まり、5回程度のピークを経て降り終わりの8/17午前までに連続雨量150mm超と、当地区では比較的大きい降雨を記録している。降雨強度としては、

降り始めに生じた時間雨量 11.5mm が最も大きく、2 番目に強い時間雨量は崩壊発生直前の 8.5mm の時間雨量であり、崩壊発生までの積算雨量は 142mm であった。地下水位は、降雨と連動しており、右岸側・左岸側ともにピーク値を示した時点で崩壊が発生した。また、電気伝導度については崩壊発生時に値が急激に低下しており、斜面表層に浸透せず表面流として流路へ流出計に付属している水温計からは、崩壊発生時の変化や特徴は見いだせなかった。土壌水分計のデータは欠測しており、超音波水面計のデータは振幅が激しく適切に計測できていないと判断されたため、本稿では示さなかった。

以上、雨量・地下水位・電気伝導度の観測データを総括すると、3 日間程度の断続的な降雨により土壌が湿潤状態になっていた状態に、比較的強い強度の雨量が与えられ、地下水位が上昇したことにより崩壊が発生したと考えられた。

5. まとめと今後の予定

本報告では、崩壊検知センサーによる表層崩壊発生の検知事例について、現地調査結果及び降雨データの分析結果を報告した。今回の事例では、崩壊規模は小さいものの、崩壊発生並びに崩壊に至るまでの水文観測データを取得することができたとともに、崩壊を原位置だけでなく流下区間での待ち受けでも検知可能であることが分かった。この事例が雨



図-6 崩壊検知状況

量以外の情報で巡視・通報によらない監視・情報入手方法の構築への一助となり、土砂災害発生状況をリアルタイムに伝え、避難するタイミングを適切に判断することが可能となれば幸いである。

今後は、取得した崩壊発生時の水文観測データを詳細に分析し、崩壊発生との対応について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 独立行政法人土木研究所、有限会社秋山調査設計、坂田電機株式会社、株式会社拓和、中央開発株式会社、日本工営株式会社：土砂災害の警戒避難支援のための斜面崩壊検知センサーの開発共同研究報告書、独立行政法人土木研究所共同研究報告書、第 419 号、2011
- 2) 独立行政法人土木研究所：表層崩壊に起因する土石流の発生危険度評価マニュアル(案)、土木研究所資料、第 4129 号、2009

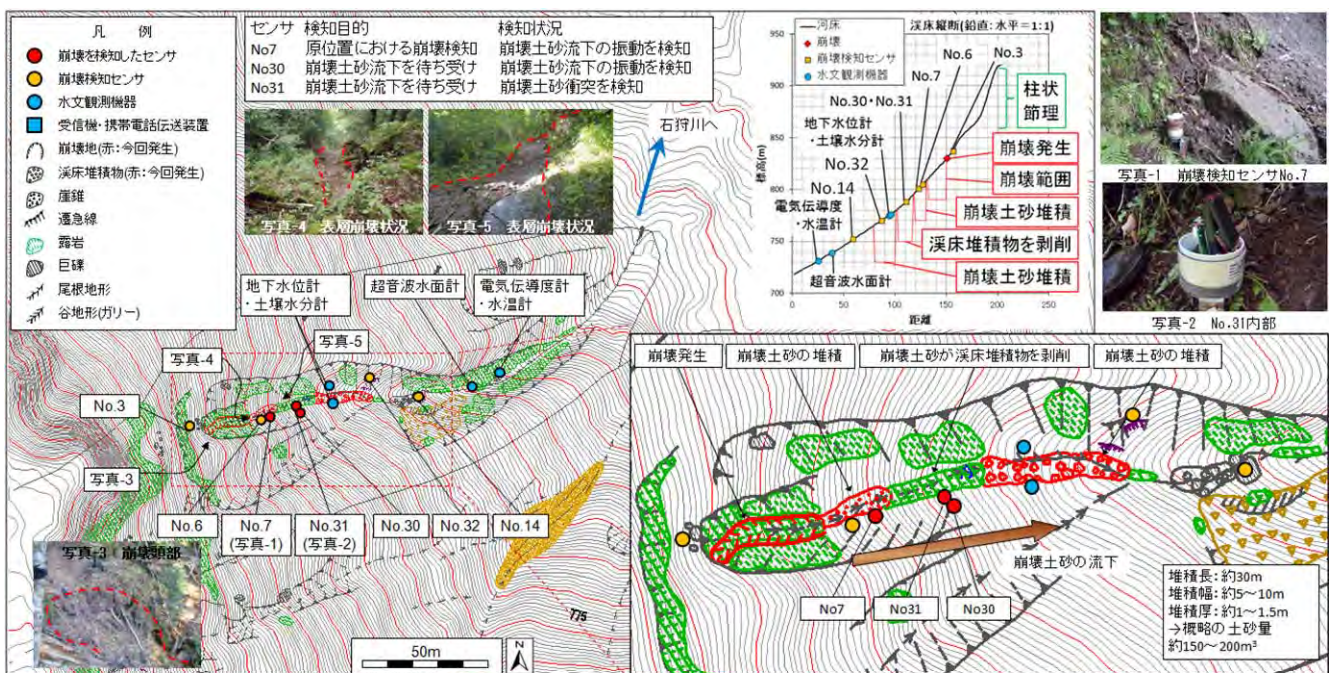


図-7 崩壊検知センサー及び水文観測機器の配置と崩壊検知状況