

大沢川の土石流監視体制の強化について

山田裕介，上野 諒平

富士砂防事務所 調査課（〒418-0004 静岡県富士宮市三園平1100）

大沢崩れは我が国最大級の大崩壊地であり，これまでも膨大な土砂を生産・流出し，下流域では土砂災害を度々引き起こしてきた。

富士山中流部の大滝観測所に設置されている土石流検知センサー（ワイヤーセンサー）は，一度切断すると現地でのワイヤーの交換が必要となり，交換が完了するまで土石流の検知が困難になる．これに対処するために，繰り返し発生する土石流をワイヤーセンサーに変わる新たな手法で検知し，大沢川における土石流監視体制を強化した方法について報告するものである．

キーワード：富士山，土石流，LVPセンサー

1. はじめに

静岡，山梨両県にまたがる標高3,776mの我が国最高峰の富士山は，円錐火山（コニーデ型）の単独峰で，その雲麗で美しい山容から日本の象徴的容在として親しまれている。

富士山周辺には約100万人の人々が生活を営んでおり，国道1号，東名・新東名高速道路，東富士五湖道路，東海道本線，東海道新幹線をはじめとする多くの重要交通網が集中している．また，自然公園法による「富士箱根伊豆国立公園」，文化財保護法による「特別名勝」にも指定され，平成25年6月22日には世界文化遺産に登録され国内外から多くの人々が訪れる日本有数の観光地である。

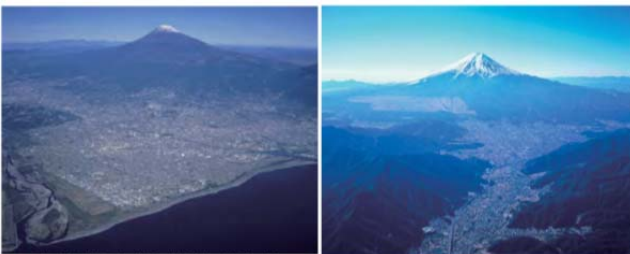


図-1 富士山麓に広がる市街地（左：富士市、右：富士吉田市）

一方で，その優美な山容は現在の形になってからは，約1万年と比較的新しい火山であり，火山噴出物が広く分布し，急峻な地形を呈していることから，山麓では過去から土砂災害による被害を受けてきた。

2. 富士山の災害の歴史

富士山麓には，大沢崩れをはじめ普段は流水の無い沢が多く寄在しており，これらの溪流では融雪期や豪雨期にたびたび「土石流・雪代（スラッシュ雪崩）」が発生し，田畑，家屋等に被害を与え，潤井川の沼床上昇や田子の浦港への土砂堆積を引き起こすなど，沿川住民は甚大な被害を被ってきた。



図-2 富士宮市上井出の河底橋

（昭和47年7月12日土石流による被災状況）

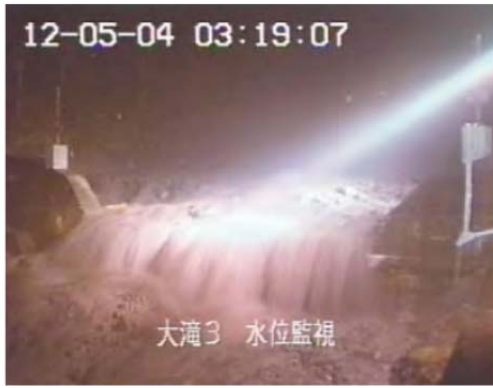


図-3 監視カメラがとらえた土石流（平成16年）

3. 大沢崩れ

大沢崩れは富士山西斜面に位置し、山頂直下から標高2,200m付近まで、延長約2.1km、最大幅約500m、最大深さ約150m 崩壊面積約 1km、崩壊土砂量は約7,500万 m^3 （東京ドーム約60杯分）に及ぶ、日本最大級の崩壊地として知られている。

大沢崩れは現在でも活発に崩壊が進んでおり、変化が激しいところは標高3,200m～3,500mの両岸で、左岸3,400mでは、測期間の昭和45年からの48年間で崖線が40mから50m後退して、源頭部谷底にはその崩壊土砂が堆積している。崩壊土砂はすぐに大沢崩れから下流へ流出せず、標高2,700m～3,100mの溪床に一旦堆積する、これらがその後の豪雨、スラッシュ雪崩などを原因とし、土石流化し流下すると考えられている。

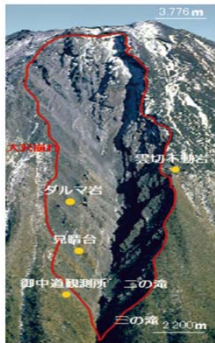


図-4 大沢崩れ全景



図-5 大沢崩れから富士山頂を望む



図-6 富士山と大沢扇状地

(a) 大沢川における観測機器整備状況

大沢川における観測機器の整備状況については、土石流の発生条件を解析するためのテレメータ雨量計を1973年に標高1,700mの「大滝」に設置し、その後標高1,200m, 2,350m, 491m, 190mに順次設置した。

また、大沢川扇状地の最上流部に位置する標高約900mの「岩樋」は、中流部から扇状地へ流入する土石流を観測できる適地であることから、1976年に床固工の水通断面を撮影する8ミリカメラを、翌年に水位計および流速計を設置し、土石流の発生と規模の常時観測を始めた。

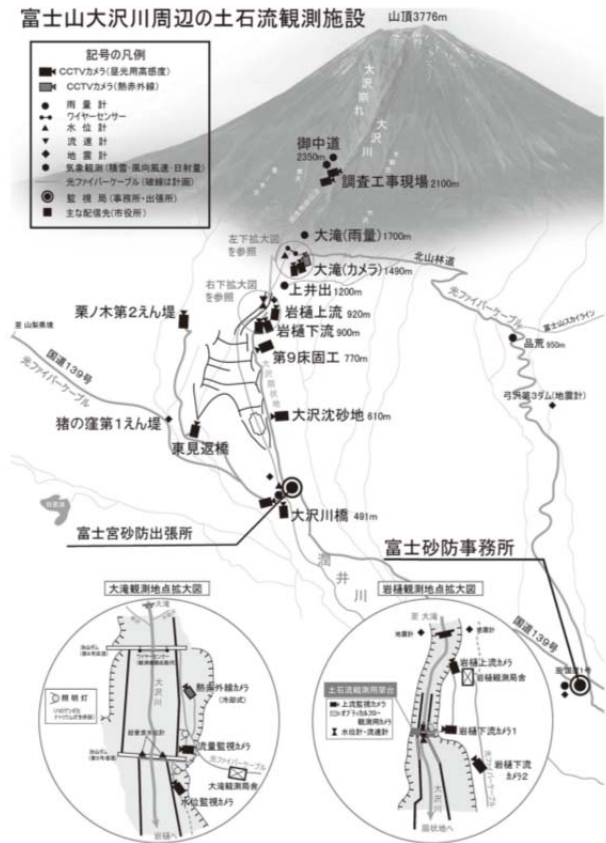


図-7 大沢川観測機器設置状況

1985年には全国の砂防河川に先駆け、岩樋観測所の監視カメラ2台と事務所との間約16kmを光ファイバーケーブルで結んだ。

また、1991年11月に発生した土石流の一部が扇状地を通過し下流域へ流下したことから、「大沢川橋」に監視カメラを増設し、流路工内の流下状況を把握することで、扇状地施設の効果が検証できるようになった。

自然条件下の現地観測においては、霧や雨滴による視程障害や落雷及び結露などによる機器障害の発生が懸念され、確実に土石流の発生を検知する方策を講じる必要があった。そのため、大滝観測所では2000年にワイヤーセンサー・振動センサーを設置した。さらに岩樋観測所では2001年に集中的かつ多重的な土石流観測のため、流

路を直線に改修し、土石流観測橋を設けて超音波水位計、流速計を設置した。大沢川橋観測所では土砂移動実態の把握を目的として2000年に観測桝、2007年にハイドロフォンを設置した。

以上により、大沢川では周期的に発生する土石流に対し、源頭域から扇状地、流路工まで包括的な監視体制を整備した。CCTVカメラ画像および気象・水位等の観測情報は、防災情報として砂防工事現場等の安全管理対策に活用されるとともに、関係自治体へも提供している。

4. 大滝観測所の土石流監視体制と課題

(a) 大滝観測所

大滝における土石流検知センサー（ワイヤーセンサー）が設置されている箇所は、河床勾配が 15° 程度の土石流流下区間となっており、崩壊した大沢崩れの土砂が土石流となって流下する場所である。

土石流検知センサー（ワイヤーセンサー）は、大滝治山堰堤の水通部に溪流を横断するようにワイヤーを張っており、土石流やスラッシュ雪崩が断面を通過し、ワイヤーが切断されることにより、土石流の発生検知を行うものである。

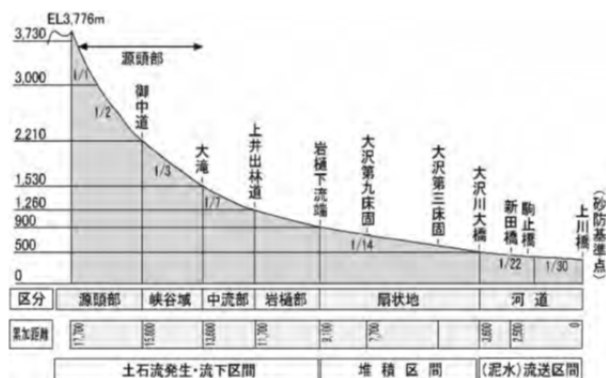


図-8 大沢川縦断面



図-9 ワイヤーセンサー設置状況（大滝）

(b) 台風24号による被害

静岡県では、平成30年 9 月29 日から10 月1 日にかけて、台風第24 号の影響により、各地で暴風となり、人的被害や建物等の被害が発生したほか、鉄道の運休や航空機・船舶の欠航、広域の停電など、交通障害やライフラインへの大きな影響があった。また、台風の北上に伴い活発となった前線や台風本体の雨雲の影響により、山地を中心に300 ミリを超える大雨となり、土砂崩れによる道路の通行止め等があった。

大沢川においては、大滝観測所において、9月30日23 時頃にワイヤーセンサーが切断、同時刻に大滝を監視していたCCTVカメラ映像が倒木の影響で停止してしまい、ワイヤーセンサー切断以降に発生した土石流が全く確認出来ないという状況が発生した。



図-10 台風24号の影響でクロージャーから引き抜かれた光ファイバー

(b) 土石流検知センサー（ワイヤーセンサー）の課題

現在、土石流検知センサーには、ワイヤーの切断により土石流を検知するセンサーが広く使用されているが、ワイヤーセンサーは一旦切断されると張り替えるまで土石流の検知ができない、動物等の接触によりワイヤーが誤切断される等の課題がある。

また、大滝観測所のワイヤーセンサーは標高1,700m地点にあり、積雪期には大滝観測所までの林道が積雪により通行が不可能となる。そのため、冬期のスラッシュ雪崩等でワイヤーセンサーが切断されてしまうと、ワイヤーセンサーが交換可能となるまで土石流の検知ができない状態となっていた。



図-11 ワイヤーセンサー交換作業（大滝）

5. 土石流検知センサーの選定と施工

(a) 土石流検知センサーの比較検討

上記の課題を解決するために、ワイヤーセンサー切断後も、繰り返し土石流の検知できるセンサーを設置することとし、複数のセンサーと現場条件を比較し、最適なセンサーを採用することとした。

土石流検知センサーには、各種スペックが異なるセンサーが開発・製品化されており、使用目的やコストに応じて選択して使用される。

現状、土石流検知センサーとして運用されている代表的なセンサーで、かつ、繰り返し検知できるという点では、「振動センサー」、「ハネルセンサー」、「LVPセンサー」が大滝における土石流検知センサーとしての性能を有していた。

これらセンサーの有意性について検討したところ、ハネルセンサーのようなセンサー棒が跳ね上がることで土石流を検知する手法は、大滝のような溪流幅の広い現場においては、偏流した場合の検知が困難であることから、運用は難しいと判断した。

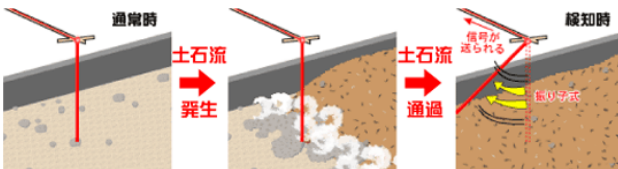


図-12 ハネルセンサー（大隅河川国道事務所HPより）

また、振動センサーとLVPセンサーとの比較については、どちらにも有意性が高い結果となったが、土石流検知精度の高さやコストが安価と言った評価から、桜島で土石流検知の次世代技術として開発されたLVP（=Loadcell, Vibration and Pressure meter）センサーについて最適案であると評価した。

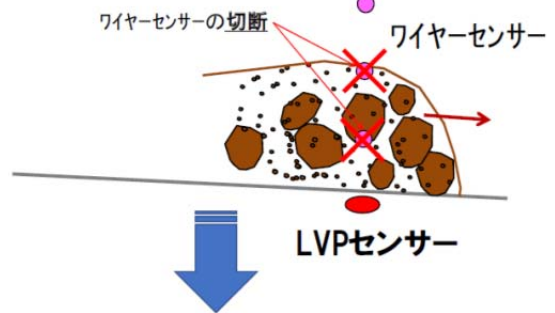
(b) LVPセンサー

LVPセンサーとは、振動計に加えて、水圧計、荷重計を一つの箱（226×226×92（高さ）mm）に組み込んだ土石流検知センサー（LVP-2）を用いたシステムである。

土石流が流下する箇所直接設置するため、機器破損のリスクはあるが、検知の確実性（検知率）が高く、3つのセンサー（荷重計、圧力式水位計、加速度計（振動計））で検知するためいずれかのセンサーに不具合が生じた場合でも検知が可能であり冗長性が高い

検知センサー単独で使用することも可能だが、本装置は全国においての使用実績が少なく、今後、土石流発生時の閾値解析等が必要なことから、当面は、ワイヤーセンサーとの併用で運用することとした。

【土石流によるワイヤーセンサーの切断】



【土石流によるワイヤーセンサー後の土石流発生】

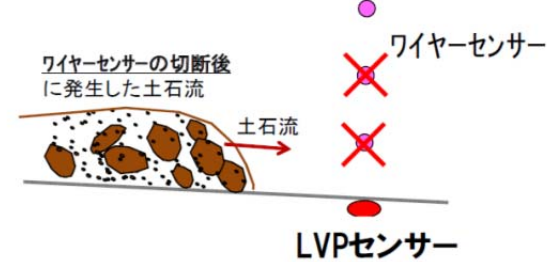


図-13 LVPセンサーによる検知イメージ



図-14 LVP センサー外観

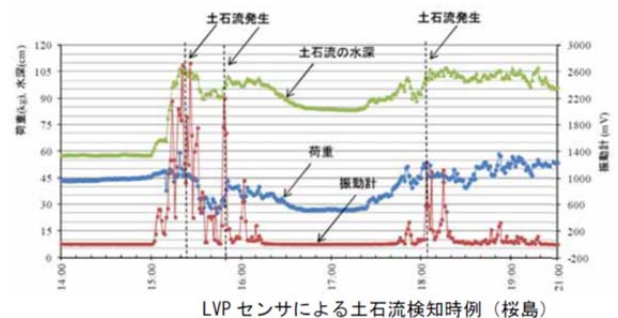


図-15 LVPセンサー監視画面イメージ

(c) 施工に当たって

本地域は、富士箱根伊豆国立公園内かつ、富士山国有林、大沢川の河川区域内といった法令条例が多重にかかっている重要地域であったが、冬期になってしまうと現地への立ち入りが不可となるため、関係機関への協議や申請については、多様な申請を短時間で処理する必要があった。

また、現場施工に当たっては、LVPセンサーを据え付

ける土工事の部分と、配線や通信機器への接続といった電気通信工事部分、LVPセンサーの図面の修正や、技術的部分の改良といったコンサル担当部分などの作業が全て同時に動かなくてはならず、1日単位での工程表を作成し、各作業の工程管理を徹底した。



図-16 設置されたLVPセンサー（大滝）

(d) LVP簡易監視ツールの導入

上記施工により、冬期のスラッシュ雪崩の発生前までにLVPセンサーの設置を終えることが出来たが、事務所でのLVPセンサーを本格運用するためには、事務所のシステム改良が必要であり、システム改良が完了するまでは、LVPセンサーの稼働状況を事務所で確認する術がなかった。

そこで、土石流検知センサーの本格運用までにおける暫定措置として、簡易監視ツールの導入を行った。簡易監視ツールは、簡易監視用のノートPCを端末とし、現場側で導入されるキャンベル（Campbell Scientific）社（米国）製ロガー用の監視ソフトであるロガーネットソフト（LoggerNET）を導入した。

LoggerNETの主な機能としては、通信接続、データの自動回収、モニター表示等の機能があり、土石流発生時におけるLVPセンサーの土石流検知状況を確認出来るようにした。

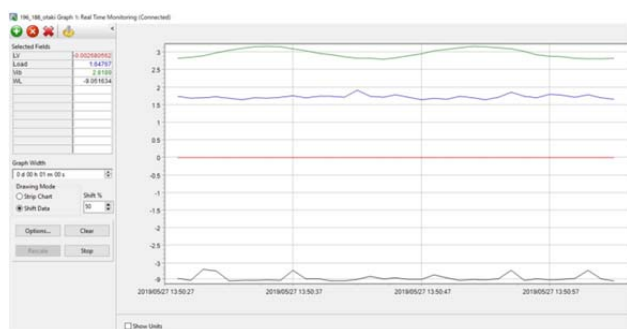


図-17 LoggerNET表示画面

6. おわりに

今回の検討で、LVPセンサーの検討から設置までが完了したが、土石流検知センサーの本格運用までには事務所のシステムを大幅に改良しなくてはならない。

また、LVPセンサーは荷重・振動・圧力データを計測しており、規模（水位・流量・土砂量）を直接計測しているわけではないため、土石流発生時のデータ分析を行うことで規模（閾値）を検討する必要がある。

閾値の設定後は、ワイヤーセンサー切断後に発生した土石流を検知し、メール配信ができるようにしていく予定である。

出水時における必要なサンプルを集め、少しでも早く運用が可能な状態に近づけていきたい。

参考文献

- 1) 水山高久：火山噴火後、土石流災害発生後の避難のための基準雨量と土石流検知センサー，砂防学会誌，Vol. 67 No. 3 (314) September 2014
- 2) 加藤仁志ら：平成28年度砂防学会研究発表会概要集B, pp-86-87.2016
- 3) 三輪賢志ら：富士山大沢川における土石流観測，砂防学会誌，Vol. 62 No. 2 (p65-68) 2009
- 4) 花岡正明・富田陽子・伊藤誠記（2007）大沢崩れと富士山の土石流．『富士火山』（荒牧重雄・藤井敏嗣・中田節也・宮地直道編集，山梨県環境科学研究所p. 407－425）