

桜島における荷重計を用いた継続的な土石流の特性の把握とLVP センサーを用いた土石流検知の試み(4)

国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所 久保世紀(現 雲仙砂防管理センター), 岩田哲郎
日本工営(株) ○伊藤隆郭, 田方 智, 古屋海砂, 大屋俊祐 京都大学名誉教授 水山高久

1. はじめに: 桜島では、2000 年頃まで火山活動が活発で、野尻川・有村川等の河川において土石流が頻発した¹⁾。その後、2010 年頃より火山活動が再び活発化し、土石流の発生が増加した。そこで、土石流による流送土砂量の時系列特性の把握のために、有村川と野尻川で、スリスの技術に応用した土石流荷重計セット^{2), 3)}を用いた土石流計測が行われてきた。これにより、荷重計を用いた土石流計測の可能性が示され、土石流検知の次世代技術として、荷重計、加速度計と圧力式水位計を用いた土石流検知センサーの LVP (= Loadcell, Vibration and Pressure meters)の開発に至った。LVP はワイヤセンサーとの組み合わせを基本として、土石流検知の閾値設定のためのデータ収集と可視化により検証を行ってきた。ここでは、前報⁴⁾に引き続き土石流荷重計セットと LVP による計測データの現状を示す。

2. 土石流荷重計による土砂濃度の算出: 土石流荷重計セットは、2012 年に有村川 3 号砂防堰堤 (2m×4m プレート型・1 基) に、2014 年に野尻川 1 号砂防堰堤 (1m×1m プレート型・3 基) にそれぞれ設置され、観測を行いながら機器補修を継続している。以下、各砂防堰堤を有村川 3 号、野尻川 1 号、野尻川 7 号、野尻川 8 号と略称する。土石流荷重計の設置されている有村川 3 号、野尻川 1 号における流域情報は前報⁴⁾に譲るが、計測位置での平均河床勾配と土砂比重(2.65)を用いて、高橋式により、平均土砂濃度は、0.0643(3.7°)、0.0437(2.6°)である。

表-1 は、有村川 3 号で計測・解析が可能であった土石流のデータを示している。比較のために、2021 年のデータ、ワイヤセンサーの切断段数(後述)、土石流発生時までの積算降雨量と最大 10 分雨量 (mm)、画像解析等で得られたピーク流量 (m³/s)の値も示し、土砂濃度は、細粒成分 (C)、粗粒成分 (F) に分けて示している。2021 年度に比べ、2022 年度の土石流の土砂濃度はかなり小さい。表-1 と同様に、野尻川 1 号では、ワイヤ切断段数、土砂濃度、積算雨量、最大 10 分雨量、ピーク流量を列举すると、2022 年 3 月 26 日(2 段, 0.496, 61.0 mm, 10.0 mm/10m, 72.6 m³/s)、同年 8 月 13 日(1 段, 0.873, 0.00 mm, 0.00 mm/10m, 8.20 m³/s)、2022 年 9 月 5 日(2 段, 0.490, 18.0 mm, 8.0 mm/10m, 40.1 m³/s)、同年 9 月 18 日(2 段, 0.244, 19.0 mm, 3.0 mm/10m, 53.6 m³/s)、同年 11 月 29 日(2 段, 0.995, 19.0 mm, 3.0 mm/10m, 31.2 m³/s)であった。特に、8 月以降の土砂濃度の変動が大きく、後述の野尻川 7 号の LVP の解析結果にも関連する。現在でも、降雨量や降灰量と土石流諸量との関係は未解明である。

3. 土石流発生の検知と LVP: 桜島では、ワイヤセンサーが河床から 60 cm ごとに 3 本設置され、1 段(河床から 60 cm)、2 段(120 cm)、3 段(180 cm)によって、土石流の発生を検知し、併せて、流れの規模の参考にしてしている。ワイヤと比較して、2022 年度においても LVP は 100%の土石流検知であった。例年、ワイヤの切断時刻における水深と荷重の関係を整理して閾値を検討している。土砂濃度の大小と水深の関係が一意的でないが、荷重は 100~150 kgf/m²以上、振動は 200~1200 mVolt 以上で土石流流下の検知、ワイヤ 1 段 (高さ 60 cm) 以上の土石流では、荷重は 600~1,250 kgf/m²、振動は 2,800~3,000 mVolt 以上になる結果は従前と同じであった。

表-1 土石流荷重計セットによる計測データ(有村川 3 号)

No.	Y/M/D	Wire	c	R, r ₁₀	Q _p
1	2021/5/15	3	0.314 (C: 0.314, F: 0.00)	34.0 (18.0)	178
2	2021/6/4	2	0.322 (C: 0.322, F: 0.00)	135 (16.0)	272
3	2022/7/16	1	0.0253 (C: 0.0158, F: 0.00951)	51.0 (16.0)	202
Average			0.220 (C: 0.264, F: 0.00317)		

Wire: ワイヤセンサーの切断段数, c: 平均濃度(ピーク付近), C: 粗粒成分の土砂濃度, F: 細粒成分の土砂濃度, R: 土石流発生までの積算雨量 (mm), r₁₀: 土石流発生前の 10 分間最大雨量(mm), Q_p: ピーク流量(m³/s)である。

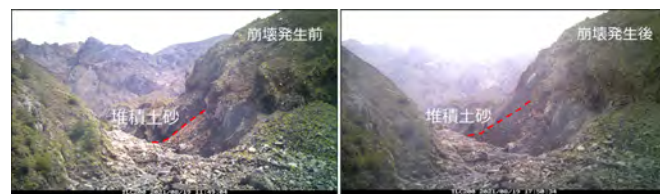


図-1 野尻川 8 号上流左岸で発生した小規模な崩壊



図-2 野尻川 8 号上流域で差分解析を行った領域

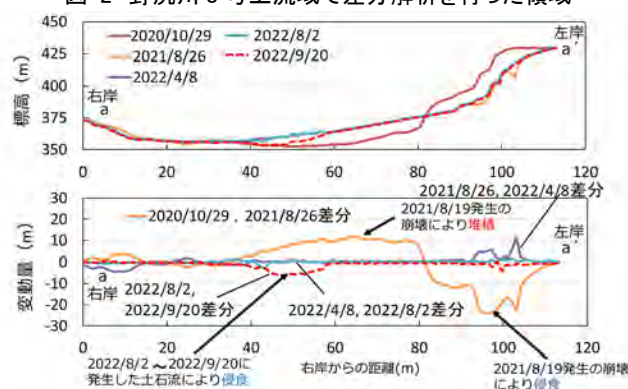


図-3 野尻川 8 号より上流の崩壊地での河床と変動量の横断分布(a-a'断面)

表-2 UAV 等による河床位計測の時期

No.	Y/M/D	Tools	Difference of bed level during 2 period
1	2020/10/29	L.P.	N/A
2	2021/8/26	UAV	2021/8/26 for 2020/10/29 (Only landslide area)
3	2022/4/8	UAV	2022/4/8 for 2021/8/26
4	2022/8/2	UAV	2022/4/8 for 2022/4/8
5	2022/9/20	UAV	2022/9/20 for 2022/8/2

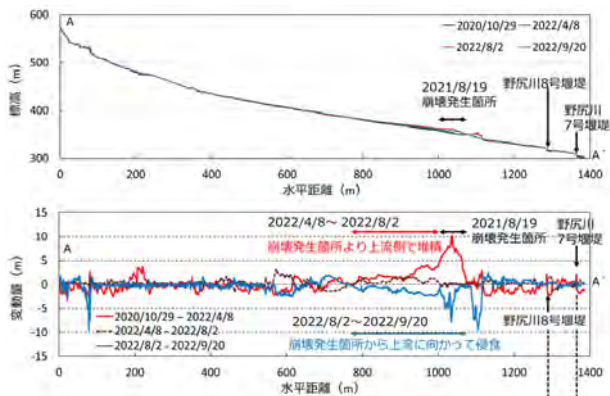


図-4 野尻川 8 号より上流の河床位と変動量の縦断分布

4. 野尻川 8 号上流での土砂生産：野尻川 8 号上流左岸で小規模な崩壊が発生した(2021 年 8 月 19 日 16:39 頃)。図-1 は、8 月 19 日の 11:49, 17:50 時点の CCTV による撮影画像である。その後、河道を一部閉塞したが、天然ダム形成・決壊には至っていないものの、河床に崩土が残存し土砂堆積が継続した。表-2 は、UAV 等による河床位計測を行った時期を示し、表に示す各時期で河床位の差分をとった。なお、図-2 に示すように野尻川 8 号上流域を対象とした。

図-3 と図-4 は、計測された河床位の横断、縦断分布である。同図では横断分布は、崩壊地を含む a-a' 側線沿い(図-2 参照)のものであり、縦断は谷沿いの最深河床位である。2021 年 8 月 19 日の崩壊の直後の 8 月 26 日の測量では河床に土砂が堆積し、その後、2022 年 8 月 2 日まで崩土の堆積位置から上流側に土砂が堆積している。その後、同年 9 月 20 日までの間に河道内の一部の土砂が侵食され、下流に流下しているようである。

5. LVP による土砂移動の検知：ここでは、LVP のデータにより、2022 年 8 月 2 日から 9 月 20 日の間の土砂移動を見る。なお、崩土の発生位置から LVP のある野尻川 7 号までの距離は約 300m である。

図-5 は、2021 年から 2022 年の野尻川における降雨、降灰量と土石流の発生を示す。土石流の発生は、先述の通り、ワイヤの切断で判断されている。崩土の発生(2021 年 8 月 19 日)以降、2022 年 7 月 5 日までは土石流の発生は殆ど見られない。また、2022 年 7 月は降雨が多いが、8 月や 9 月に比べて土石流発生数が少ない。これは、上流堆積している河床堆積土砂が、7 月時点では流下・堆積を繰り返す、LVP のある野尻川 7 号を若干通過し、一方、8 月や 9 月に土石流により流送された土砂が LVP を通過した可能性が考えられる。

図-6 は、8 月 13 日、8 月 16 日、8 月 25 日、9 月 5 日に発生した土石流における LVP の計測データである。図には、地上雨量や X バントによる 10 分雨量、LVP の

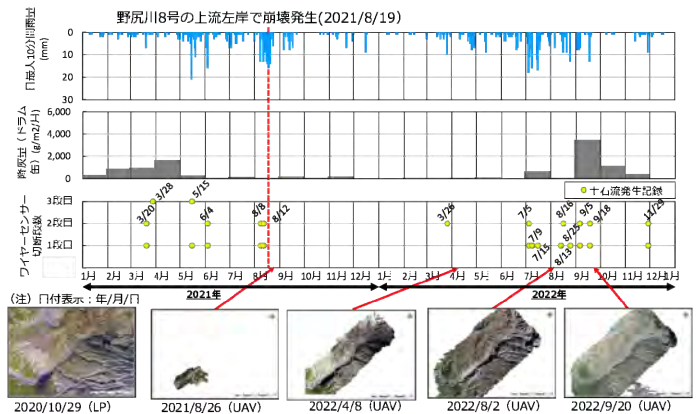


図-5 野尻川における降雨、降灰量と土石流の発生関係(2021~2022 年)

計測値(生値、荷重を 1.00 m² あたりに変換)を示している。まずは、青線で示す荷重のデータを見る。出水前に土砂堆積があり、土石流の通過により荷重が減るもの(8 月 13 日出水)、土石流の通過前後で荷重が増加するもの(8 月 16 日、8 月 25 日出水)が観測された。また、赤線で示す振動は、石礫の通過時には振動は大きい値をとるが、8 月 25 日出水ではピーク後に、凡そ、3 回の石礫通過があったことを示している。

一方、紙面の都合で図示はしないが、2022 年 3 月 26 日、7 月 5 日、7 月 9 日、7 月 15 日出水では、小規模な土石流の通過が LVP で検知されている。しかしながら、荷重が出水前後で変化するのは、7 月 5 日出水(増加)のみで、LVP 設置位置の野尻川 7 号より上流の土砂が徐々に流下・堆積を繰り返しているようである。

以上より、野尻川 8 号上流左岸で発生した崩土(2021 年 8 月 19 日)が、約 1 年をかけて河道内で土砂を上流側に堆積させ、その後、2022 年 8 月から 9 月にかけて河床堆積土砂の一部が土石流で流送されたことが分かる。現在の堆積土砂の挙動も観測を通じて今後とも検討する予定である。また、一連の土砂移動のプロセスを単位河道モデルにより試算中である。流下土砂の粒径などの情報を得ながら、更なる検討を行う予定である。

4. おわりに：2021 年 8 月 19 日に発生した小規模崩壊に伴う土砂生産の土石流による輸送が、UAV 等による時期差分データと LVP の観測値を用いて検討された。今後は、降雨流出と土砂流出に関する再現計算を行い、土砂流出機構を検証予定である。土石流荷重計や LVP は、計測データの蓄積により更なる検討を行う予定である。

参考文献：1) 大隅河川国道事務所：桜島火山砂防調査研究成果集, 110p., 2007, 2) 高橋英一：砂防学会誌, Vol. 65, No. 6, pp.60-63, 3) 田方 智：土石流荷重計による土石流観測, 砂防学会誌, pp. 39-43, 2021, 4) 伊藤隆郭ら：2022 年度砂防学会概要集, pp.303-304, 2022.

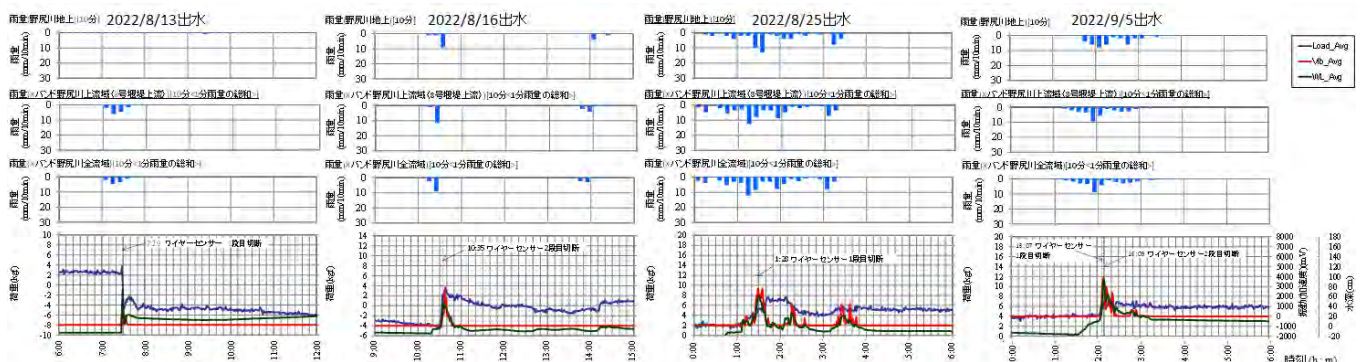


図-6 野尻川 7 号の LVP 計測データ(2021 年 8 月 13 日, 16 日, 25 日, 9 月 5 日出水)