

レーザープロファイラによる差分データを用いた土石流による侵食堆積状況の把握

株式会社 東京建設コンサルタント ○ 秋山 浩一、高橋 大地
国土交通省 国土技術政策総合研究所 松本 直樹、丹羽 諭、内田 太郎、蒲原 潤一

1. はじめに

近年、測量技術の発達により、レーザープロファイラで山間地域の詳細な標高データ（以下、LP データと呼ぶ）を取得することが容易になった。これにより、土石流等の災害発生時には、その状況把握や以降の対策等に活用されている。一方、このLPデータを用いて個別溪流の土砂移動量や侵食量を定量的に評価した事例（鈴木ら 2009）はあるが、事例は限られており、複数の溪流について評価した事例はない。そこで、本研究では近年土石流が発生した溪流について、土石流発生前後のLPデータの差分を用いて土石流の侵食堆積状況を把握し、流出土砂量と地形、地質や降雨量などの関係を分析した。

2. 方法

2.1 対象溪流とデータ

対象溪流は、表-1 に示す近年土石流による土砂災害が発生した 15 溪流とした。LP データは、土石流発生前後のデータを用いた。また、雨量データは対象溪流近傍の国土交通省所管の観測所雨量データを用いた。

2.2 流出土砂量の算出

流出土砂量の算出は、以下の①～③とした。

- ①LP データにおける樹木などの影響に関する補正による影響を極力排除するため、まず、土石流発生後のオルソ画像を用いて裸地を土石流流下範囲として判読し、土石流の流下範囲を特定した。
- ②対象溪流について 10m 間隔で横断測線を設定し、各測線の土石流流下範囲内の LP データ差分を用いて、侵食・堆積面積を算出する。また、平均断面法で侵食土砂量および堆積土砂量を算出した。
- ③②の算出結果を用いて土砂収支計算により、流出土砂量を算出した。

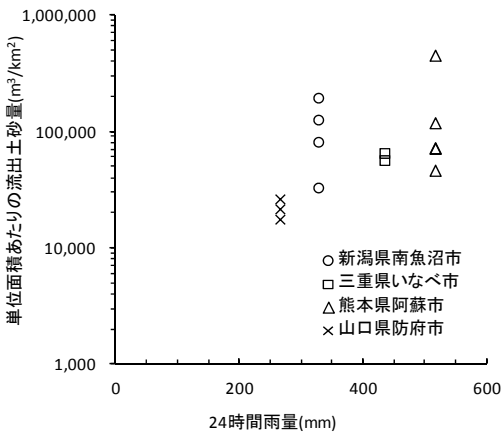


図-1 流出土砂量と降雨量の関係

3. 結果

3.1 降雨量と流出土砂量の関係

図-1 に最大 24 時間雨量と単位面積当たりの流出土砂量との関係を整理した。流出土砂量と降雨量の関係は、全般的には雨量の増加に伴い流出土砂量が増加する傾向は見られたものの、その関係性は明瞭とは言い難い。すなわち、24 時間雨量がほぼ等しく、地質条件が同一の溪流であっても流出土砂量には 1 オーダー程度の幅があった。

3.2 土石流発生域の延長と流出土砂量の関係

次に、流出土砂量と地形量の関係进行分析した。図-2 に示すように対象溪流を主流路に沿って 20 分割して、各地点の流出土砂量と地点上流域の土石流発生区間（渓床勾配 15° 以上）の溪流長の関係を整理した。なお、流出土砂量の算出地点が砂防堰堤等の堆砂敷内にある場合は、検討から除外した。また、溪流長は支溪流の溪流長も計上した。

表-1 対象溪流

No.	所在地	溪流名	集水面積 (km ²)	溪流長 (m)	上流の 勾配15° 以上の 流路長	土石流 発生年月日	対象 観測所	降雨 期間	総雨量 (mm)	短時間雨量(mm)				
										1h	3h	6h	12h	24h
1	新潟県南魚沼市	姥沢川	4.78	13,715	9,235	H23.7.29～7.30	清水	7/29～7/30	342	62	130	163	308	328
2	"	二子沢川	0.78	2,832	2,832	"	"	"	"	"	"	"	"	"
4	"	高棚川	0.82	1,710	1,400	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"	土沢	0.69	4,690	3,380	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	三重県いなべ市	西之貝戸川	0.21	1,460	1,460	H24.9.18	下山	9/16～9/19	493	70	150	259	349	435
7	"	小滝川	1.39	3,857	3,857	"	"	"	"	"	"	"	"	"
8	熊本県阿蘇市	塩井川	0.33	3,261	1,811	H24.7.12	坊中	7/11～7/12	517	124	315	479	508	517
9	"	坂梨地区溪流	0.09	769	459	"	"	"	"	"	"	"	"	"
10	"	野中	0.48	1,620	1,250	"	"	"	"	"	"	"	"	"
11	"	新所	0.07	711	711	"	"	"	"	"	"	"	"	"
12	"	土井川	0.28	1,685	955	"	"	"	"	"	"	"	"	"
13	山口県防府市	八幡谷川	1.05	4,467	1,397	H21.7.21	真尾	7/21～7/21	266	60	132	238	263	266
14	"	松ヶ谷川	2.13	6,476	4,016	"	"	"	"	"	"	"	"	"
15	"	上田南	1.07	2,369	1,369	"	"	"	"	"	"	"	"	"

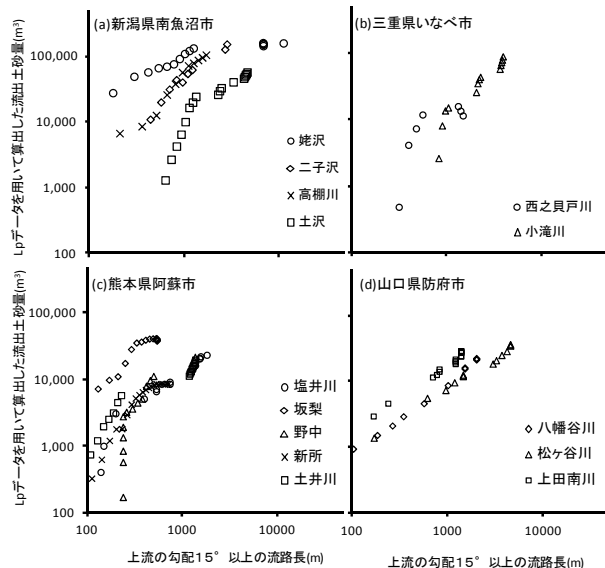


図-2 流出土砂量と土石流発生域の延長の関係

流出土砂量と地形の関係は、図-2 に示すように土石流発生域の延長が長いほど流出土砂量も大きくなった。降雨及び地質の条件がほぼ同じ場合、流出土砂量と土石流発生域の延長の関係は、一部の例外（姥沢、土沢、坂梨）を除けば比較的類似していた。また、同地域の他の溪流より、同じ土石流発生域の延長で流出土砂量が多い溪流（姥沢、坂梨）は、源頭部で斜面崩壊が発生していたのに対し、その他の溪流では、主として溪床堆積物の再移動に伴う土砂流出が卓越していたと考えられる。すまわち、流出土砂量と地形の関係は、土石流発生形態による影響を受けていると考えられる。

4. 考察

砂防堰堤の施設設計に用いる流出土砂量は、溪流内に堆積する土砂量を移動可能土砂量とし、さらに降雨量をもとに算出した運搬可能な土砂量との比較により決定される。ここでは運搬可能土砂量の算出に用いる降雨量を感度分析として、実績短時間雨量として算出し、LP データを用いて算出した流出土砂量との関係を整理した。

ここでは、降雨量で決まる運搬可能土砂量 (V_t) は、降雨量 ($P(\text{mm})$) に流域面積 ($A(\text{km}^2)$) 及び流出補正率を乗じて総水量を求め、これに流動中の土砂濃度 (C_d) を乗じて算出した(式1)。砂防基本計画策定指針では、24 時間雨量を用いて、運搬可能土砂量を算出することになっているが、本研究では、土石流発生時の最大 1 時間雨量から最大 24 時間雨量を式 1 中の P として用いて算出した。流出補正率の算出は、砂防基本計画策定指針に従った(式2)。

$$V_t = \frac{10^3 \cdot P \cdot A}{1 - K_v} \left(\frac{C_d}{1 - C_d} \right) K_{f2} \quad \text{式 1}$$

$$K_{f2} = 0.05(\log A - 2.0)^2 + 0.05 \quad \text{式 2}$$

ここで、 K_v は空隙率で 0.4 程度とする。 K_{f2} は流出補正率で流域面積に応じて与えた。なお、 K_{f2} は 0.5 を上限とする。土砂濃度は以下の平衡濃度式で算出した。

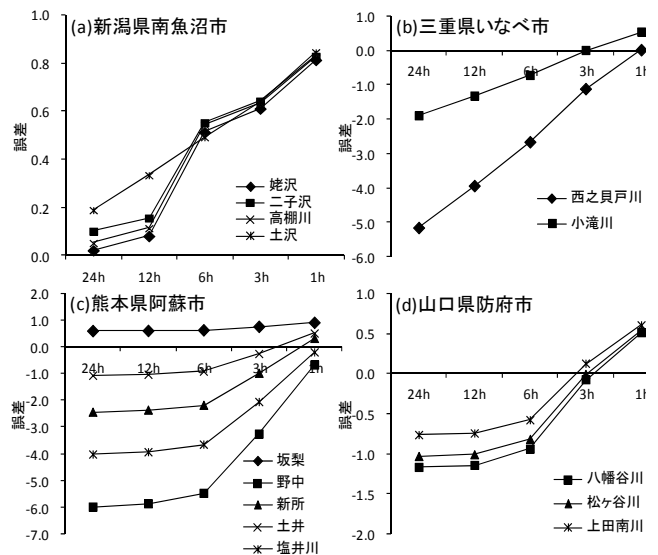


図-3 流出土砂量と運搬土砂量の誤差

$$C_d = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad \text{式 3}$$

ここで、 σ ：礫の密度 ($2,600\text{kg/m}^3$ 程度)、 ρ ：水の密度 ($1,200\text{kg/m}^3$ 程度)、 ϕ ：溪流堆積土砂の内部摩擦角度 ($^\circ$)、 θ ：溪床勾配 ($^\circ$) とする。なお、計算値 (C_d) が $0.9C_*$ よりも大きくなる場合は、 $C_d = 0.9C_*$ とした。なお、 C_* ：溪流堆積土砂の容積濃度 (0.6 程度) である。

その上で、算出した運搬可能土砂量と LP データより求めた流出土砂量 (V_P) の差を LP データより求めた流出土砂量で除した値 (Er) を算出し、図-3 に示した。

$$Er = \frac{V_{Lp} - V_t}{V_{Lp}} \quad \text{式 4}$$

LP データを用いて算出した流出土砂量と降雨量で決まる運搬可能土砂量を比較した結果、地域、降雨イベントによって、差が小さい (Er の値が 0 に近い) 降雨量は、地域ごとに異なった。例えば、南魚沼、坂梨を除く、溪流では最大 1 時間ないしは最大 3 時間雨量を用いたときに、 Er の値が 0 に近くなった。この結果から、いわゆる移動可能土砂量に関して十分な検討を行っていないため、更なる検討は必要であるが、南魚沼を除く 3 地区では、土石流の流出に寄与した降雨は比較的短時間であった可能性も考えられる。

5. まとめ

LP データを活用することにより、土石流による流出土砂量について詳細なデータが得られた。今後、データの蓄積、より詳細な解析を継続して実施して行く必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 鈴木豊・鈴木崇：滑川北股沢における土石流の観測体制について、砂防学会誌、61(2)、52-56、2009