

流域の土砂動態観測による粒径別の流出率の考察

Office.bit ○宮崎 知与

株式会社シン技術コンサル 澤田 雅代

北海道帯広建設管理部 佐々木 卓

1. はじめに

平成 28 年（2016 年）8 月 28 日～31 日北海道十勝地方の豪雨発生により、多数の河川において広域的な土砂洪水氾濫被害が発生した。対象のペケレベツ川では、流域内で多数の斜面崩壊、土石流が発生し、下流の市街地において多大な土砂洪水氾濫被害（家屋全半壊 14 戸、浸水家屋 35 戸、橋梁被害 6 箇所など）が発生した。この土砂移動により、未満砂の既設砂防堰堤 2 基が 1 出水により満砂した。特に下流側の 2 号砂防堰堤においては、堆砂上流部に礫質、玉石層、下流部に砂質土層、堰堤直上流部には細砂を主体とした細粒分の堆積が確認され、粒径別の土砂動態（分級した堆砂）に関する多くの情報もたらされた。そこで、これまでの土砂動態観測の結果を踏まえ、粒径別の土砂収支解析を行うとともに流出率の算出を行い、粒径別の土砂動態を把握することを目的とした。

2. 調査・解析の方法

2.1 既往の土砂動態観測

土砂動態観測は流域面積 46.6 km²、流路延長 15.6 km の十勝川水系ペケレベツ川を対象とし、調査起点を町道ペケレベツ橋（流域面積 31.8 km²）と定めて実施された（図-1）。これまでに、流域の土砂変動

量調査、河床材料調査及び土砂収支解析が行われている（宮崎・澤田ら, 2018）。また、分級した堆砂実態が観察された 2 号砂防堰堤を対象として、ボーリング調査による堆砂土の粒度組成調査が実施された（宮崎・澤田ら, 2019）。これらの既往の調査結果をもとに粒径別の土砂収支解析を実施した（図-2）。

2.2 粒径別の土砂収支解析の方法

詳細な粒度組成調査が行われた 2 号砂防堰堤を中心として上下流の土砂収支を整理すると表-1 の通りとなる。表-1 の②～⑤の粒度組成をデータから推定し土砂収支計算を行うと、①上流の供給土砂の粒度組成が計算される。この計算結果を山腹の崖錐堆積物の粒度組成との比較や土砂の供給条件から考察する。

表-1 各土砂量と粒度組成

算出項目	土砂量(千m ³)	粒度組成データ
①堆砂域上流の供給土砂	1263	土砂収支計算により算出
溪床侵食 (43%)	536	およそ段丘堆積物、崖錐堆積物の中間
山腹発生 (12%)	157	崖錐堆積物、国道274号斜面土質データ
支川流出 (45%)	570	— (不明)
②溪床堆積土砂	396	堆砂域上流の堆積土砂の粒度組成平均値
③堆砂域内供給土砂	22	近傍の堆積土砂の粒度組成
④堆砂土砂	509	堆砂土粒度組成調査結果
⑤越流土砂	380	2号砂防堰堤下流の氾濫堆積土砂

2.3 流出率の算定方法

粒径階を dk (k は粒径階番号)、粒径 dk の調査起点の流出土砂量 $Q_{s,dk}$ 、全供給土砂量 G_{dk} とすると、流出率は(1)式の通りとなる。堆砂土の粒度組成は、粒径 2mm 未満の細粒分が 79.3%と多くっており、砂防堰堤がなければ堆砂土の多くが下流へ流出したと考えられる。よって、粒径別の流出率の違いを明確にするため、実績での流出率とは別に堆砂土が流出したと仮定したときの流出率も算定する。

$$r_{dk} = \frac{Q_{s,dk}}{G_{dk}} \dots \dots \dots (1)$$

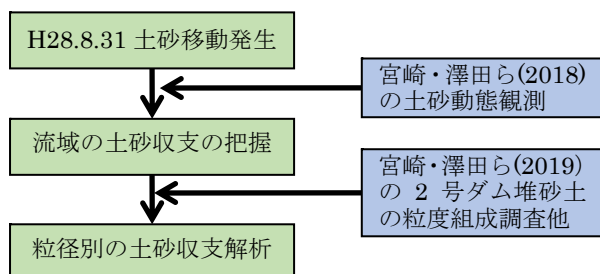


図-2 検討方法

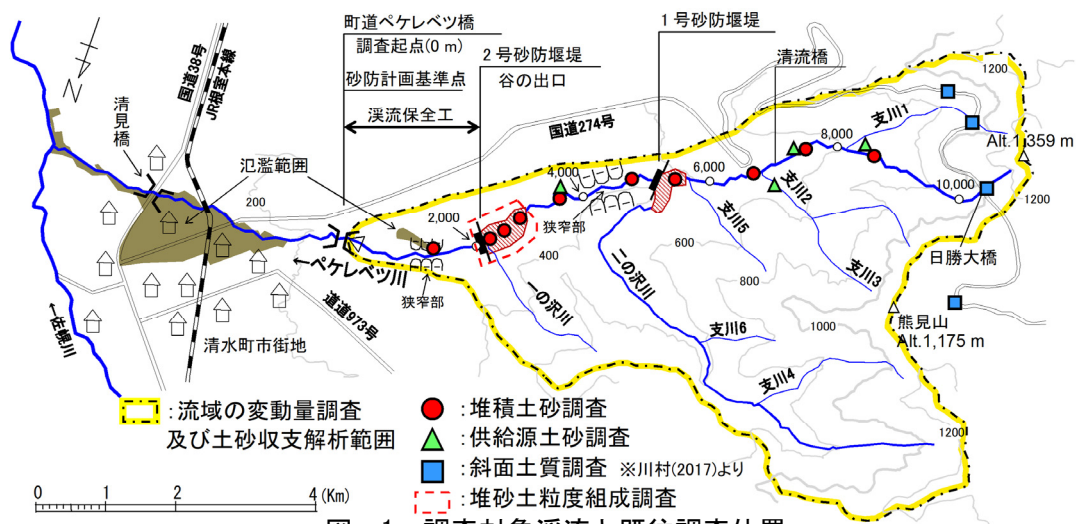


図-1 調査対象溪流と既往調査位置

3. 調査結果と考察

3.1 土砂収支解析

土砂収支計算の結果、堆砂域上流における供給土砂の粒度組成は、図-3の右端の棒グラフの通りとなり、粒径2mm未満が約70%を占めている。一方、堆積土砂には26%と低いことから、2mm未満が70%以上の土砂が堆砂域へ流出したことを示す。供給源として採取した崖錐堆積物2箇所、段丘堆積物2箇所（高位段丘1箇所、低位段丘1箇所）は21.8～26.1%となっており、いずれも推定値の70%より低くなっている。一方、国道274号に沿った斜面災害に関する土質調査では、土石流発生域に近い土石流堆積物や崩壊地の露頭より採取した5試料の2mm未満の割合は25～75%であった（川村(2017), 川村・佐々木(2017)）。同じく、付近の露頭より採取された風化花崗岩（マサ土）や周氷河性斜面堆積物（崖錐堆積物に相当）の2mm未満の割合は69～76%と報告されている。

山腹発生（全供給土砂の内12%）の粒度組成は、崩壊発生場所の土質条件により違いがあることが想定できるが、流域の地質条件から2mm未満の細粒土砂がおよそ3～8割を占めていたと考えられる。溪床侵食（43%）については、溪床変動の規模が大きいため、土砂移動前の溪床はほとんど残っていない。出水後の河道は元の2～15倍に拡幅（宮崎・澤田ら, 2018）しており、元の河床堆積物以上に周辺の段丘堆積物や斜面下部の崖錐堆積物を巻き込んで流出した。よって、それらの中間の粒度組成であったと思われる。支川流出（45%）については、データが不足するため粒度組成を推定することは現段階ではできないが、山腹崩壊に起因して土石流が発生した後、流下途中に粗粒分が堆積する影響で、山腹発生より細粒分の割合が高い土砂が本川へ流出したことが推定される。以上のような要因で、2mm未満の細粒土砂の割合が大きい土砂供給となったと考えられる。

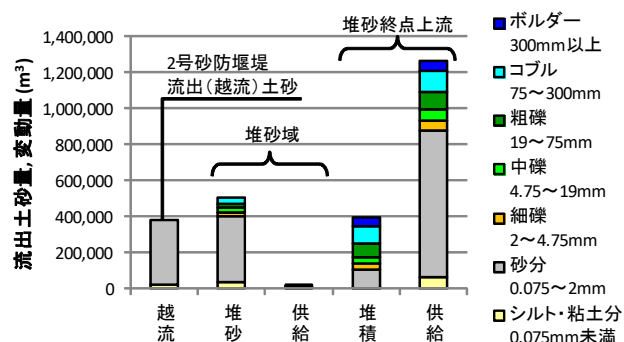


図-3 粒径別の土砂収支計算結果

3.2 流出率の算定結果

平成28年8月出水の粒径別の流出率（図-4, A）は、粒径2mm未満が37～44%、粒径2～300mmが3～6%、粒径300mm以上は0%である。堆砂土が全て流出したと仮定したときの流出率（図-4, B）は、粒径2mm未満が87～93%、粒径2～300mmが28～44%、粒径300mm以上は0%である。この結果から、

土砂の流出率に粒径階別の特性が把握できる。

区分①粒径2mm未満：1出水でほとんど流出

区分②粒径2～300mm：一部流出

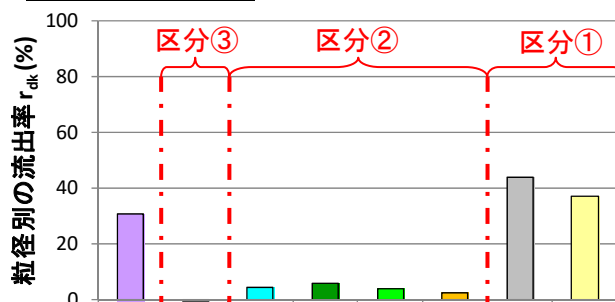
区分③粒径300mm以上：ほとんど流出しない

粒径2mm未満の内、シルト・粘土分は、ウォッシュロードに近い粒度なので、粗粒分の堆積時に取り込まれるか砂防堰堤の堆砂域に沈降堆積する以外は、全て流域外へ流出することを示している。注目すべきは、砂分の流出率が高いことである。砂分は、土石流時に泥水中の細粒分として液相化すると考えられているほか、掃流域においても浮遊しやすく洪水流と一体となって流出すると考えられる。

4. おわりに

粒径2mm未満の細粒土砂は移動速度が速く、1出水期間中に流出する割合が大きい。下流の河川区間に対して土砂混入による流量増加や勾配緩和による土砂堆積など影響が懸念される。よって、今後、粗粒土砂だけでなく細粒土砂の流出影響に留意した砂防計画の立案が必要と考えられる。

A. H28.8 出水実績



B. 2号砂防堰堤の堆砂が流出したと仮定

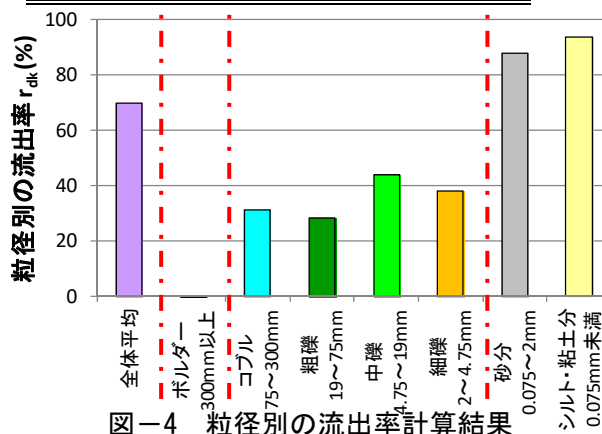


図-4 粒径別の流出率計算結果

引用・参考文献

- 川村志麻(2017)：一般国道274号日勝峠の被害と土質特性について，寒地土木研究所月報，No.771，p.48-53.
- 川村志麻・佐々木雄大(2017)：平成28年8月北海道豪雨によって発生した日高地方の斜面崩壊の特徴と土質特性，地盤工学会北海道支部技術報告集，第57号，p.149-156.
- 宮崎知与・澤田雅代・松岡直基・立川義通・高嶋繁則・吉田安範・林真一郎・古市剛久・笠井美青・小山内信智(2018)：周氷河性斜面の崩壊・浸食に起因する大規模な土砂移動の実態—2016年台風10による北海道ペケレバツ川を例に—，砂防学会誌，Vol.71，No.2，p.22-33.
- 宮崎知与・澤田雅代・片桐碧衣・紙本和尚・梅津亮平・甲斐郊丞・林真一郎・小山内信智(2019)：1出水により満砂した不透過型砂防堰堤の堆砂土層の粒度組成，2019年度砂防学会研究発表会概要集，p.53-54.