

流域の土砂動態観測に基づいた粒径別の土砂収支解析と流出率

Office.bit ○宮崎 知与*1

株式会社シン技術コンサル 技術第2部 澤田 雅代*2

北海道帯広建設管理部 佐々木 卓*3

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がもたらされた。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46.6km²、流路延長15.6km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31.8km²)と定めて実施された(図-1)。これまでに、流域の土砂変動

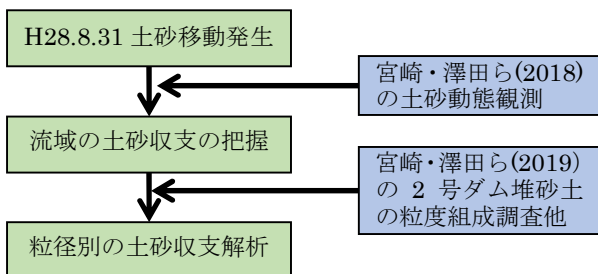


図-2 検討方法

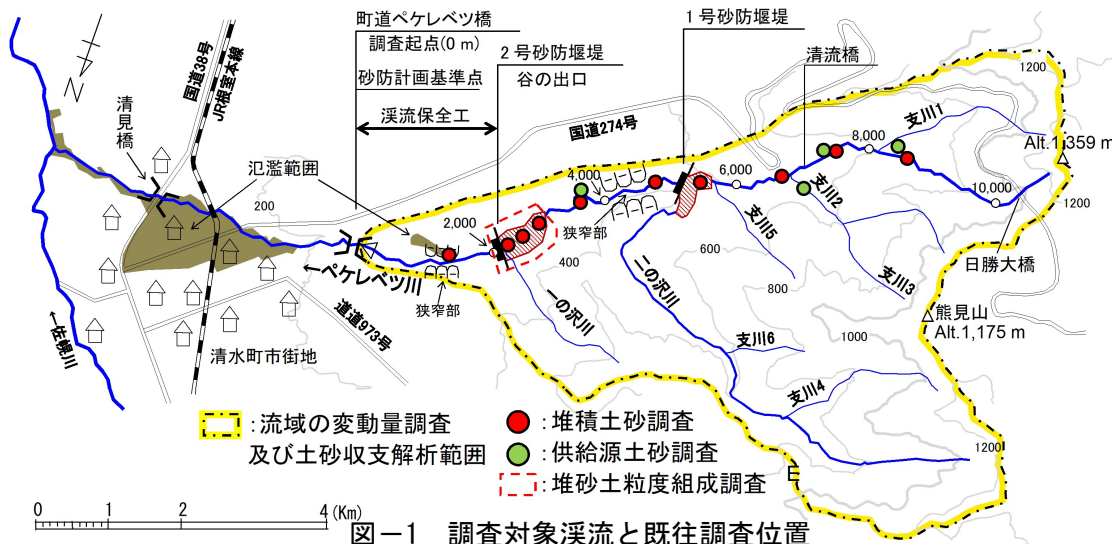


図-1 調査対象溪流と既往調査位置

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	段丘堆積物2箇所のデータ
山腹発生(12%)	157	崖錐堆積物2箇所のデータ
支川流出(45%)	570	-(不明)
②流域堆積土砂	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。

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

*1 正会員 オフィス・ビット Member, Office.bit (miyazaki.co.jp.since2019@gmail.com)

*2 正会員 ㈱シン技術コンサル Member, Shin engineering consultant Co.,Ltd.

*3 非会員 北海道帯広建設管理部 Nonmember, Obihiro construction management department.

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未満の割合が70%より大きい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箇所のデータは粒径2mm未満が35.2~45.2%、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。

供給源別土砂の割合は、表-1のとおりとなっており、支川流出土砂の割合が45%と最も多くなっている。山腹発生については、流域の地質条件と崩壊地の分布から、ほぼ崖錐堆積物に近い粒度組成であったと思われる。溪床侵食については、溪床変動の規模が多いため、土砂移動前の溪床はほとんど残っていない。河道は溪床侵食により元の2~15倍に拡幅（宮崎・澤田ら, 2018）しており、元の河道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と考えられる。支川流出については、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、支川で土石流が発生した後、流下途中に粗粒分が堆積し、細粒分の割合が大きい土砂が本川へ流出したことが考えられる。特に、流域内で最も大きい二の沢川は、流出土砂量が177千m³と大きく、河床勾配は本川1/20に対して1/37と緩い。また、合流点付近に堆積している土砂（平均粒径4.1cm）は2号砂防堰堤の堆砂域直上流の堆積土砂（平均粒径4.8cm）より細かな土砂が堆積している。仮に、二の沢川からの流出土砂の内8割が2mm未満だとすると、142千m³の細粒分が供給されたこととなり、堆砂域上流の供給土砂の約11%を占めることとなる。以上より、支川土砂流出が多い土砂の供給条件と粒径別の堆積条件により、粒径2mm未満の細粒分が大量に流出したと考えられる。

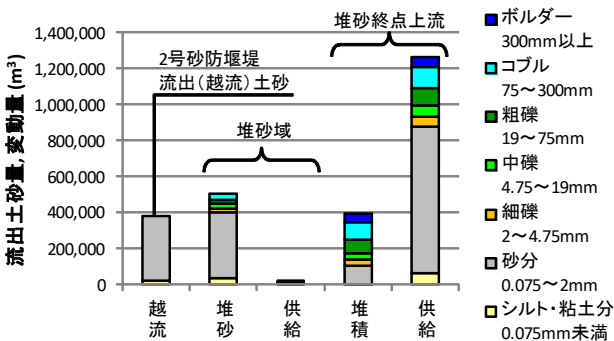


図-3 粒径別の土砂収支計算結果

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確認される。

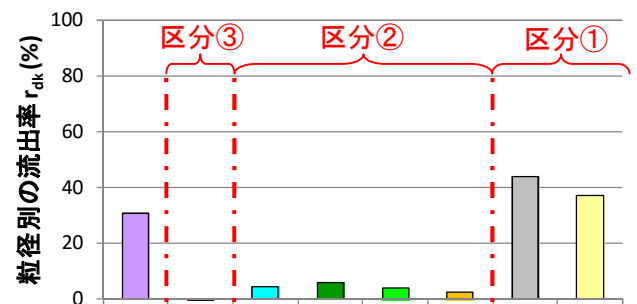
区分①粒径2mm未満：1出水でほとんど流出

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。

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

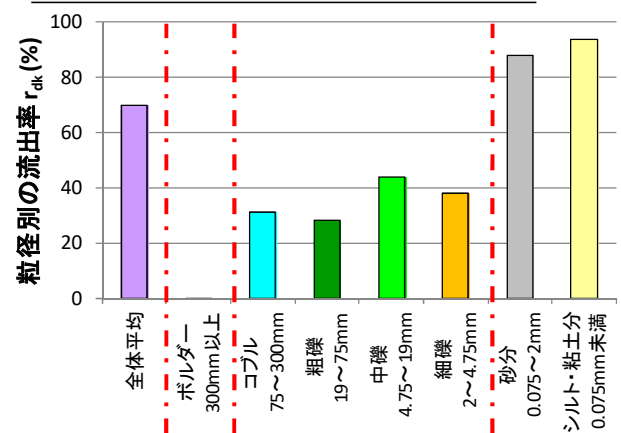


図-4 粒径別の流出率計算結果

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ため、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。また、数値シミュレーションを活用し、土砂移動における粒度組成の変化を明らかにしていく必要があると考える。

引用・参考文献

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ベツ川を例に—, 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.