

平成 30 年 7 月豪雨による広島県内 7 山地小溪流における土砂流出の実態

国立研究開発法人土木研究所 ○小柳賢太, 平田遼, 石井靖雄
株式会社パスコ 本田健, 石井一徳, 松本史子

1 はじめに

斜面の宅地利用が進んだ地域では、流域面積が 0.05 km² を下回るような小規模な山地溪流(以下、「山地小溪流」という。)からの土砂流出による被害が多発している。例えば、昭和 57 年 7 月長崎豪雨で土砂流出の生じた 437 溪流のうち 291 溪流(67%)は山地小溪流であり¹⁾、平成 30 年 7 月豪雨では人的被害を伴う土砂流出の約 7 割が山地小溪流に由来していた²⁾。

山地小溪流の土砂流出対策を行う上では、流出土砂量の推定が課題となる。これまでに、山地小溪流では現地形に基づいた侵食断面の推定が難しく、特に崩壊を伴う場合は、移動可能土砂量を上回る土砂流出が生じる傾向が指摘されている³⁾。移動可能土砂量の過小評価が生じる地形条件や、山地小溪流で見込まれる運搬可能土砂量と実際の流出土砂量の大小関係について評価した事例はほとんどないが、流出土砂量を適切に推定することができれば、一部の溪流では大規模な施設の整備が困難な山地小溪流における土砂流出対策施設の合理化や省力化に繋げられる可能性がある⁴⁾。

以上のことから、本研究では山地小溪流における流出土砂量の適切な推定を目的に、平成 30 年 7 月豪雨により広島県内の山地小溪流で生じた土砂流出の調査を行い、調査結果を移動可能土砂量や運搬可能土砂量と比較するとともに、調査で得られた流出土砂量が移動可能土砂量を上回る地形条件について考察した。

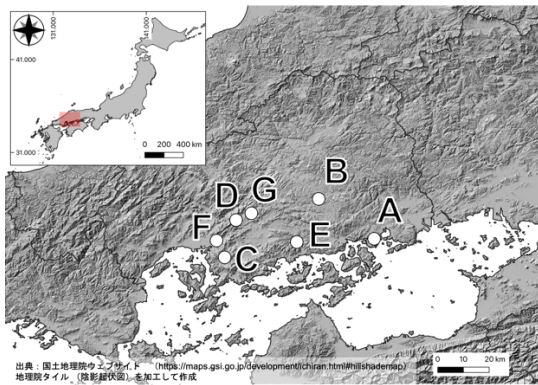


図-1 調査を行なった 7 山地小溪流の位置図

表-1 調査を行なった 7 山地小溪流の諸元

溪流名	流域面積 (km ²)	地質 ^{a)}	谷次数	主流路長 (m)	溪床勾配 (°)	平均斜面勾配 (°)	谷密度 (km/km ²)	常時の表流水	計画24時間降雨 (mm)	最大24時間降雨 (mm)
A	0.006	花崗岩	0	117	15	25	19.7	なし	163	238
B	0.009	デイサイト 流紋岩	0	141	20	27	15.5	あり	277	267
C	0.015	花崗岩	0	128	16	26	17.0	なし	277	324
D	0.016	花崗岩	0	236	14	25	18.0	なし	277	334
E	0.017	花崗岩	0-1	220	25	35	12.7	あり	277	294
F	0.025	花崗岩	0-1	152	22	35	13.6	あり	277	329
G	0.037	花崗岩	0	377	19	30	10.2	あり	277	300

a)産業技術総合研究所地質調査総合センター(編)(2015)20万分の1日本シームレス地質図 2015年5月29日版。産業技術総合研究所地質調査総合センター。b)広島県土木局砂防課(2012)砂防技術指針。

2 調査地・調査方法

本研究は平成 30 年 7 月豪雨により土砂流出の生じた広島県内の 7 山地小溪流を対象に行なった(図-1)。対象溪流のうち 3 溪流は常時の表流水がない 0 次谷であり、4 溪流は常時の表流水がある 0~1 次谷である(表-1)。対象溪流では平成 30 年 7 月 6~7 日にかけて最大 24 時間降雨 238~329 mm (計画 24 時間降雨の 0.96~1.46 倍)を記録し、土砂が流出し被害が生じている。

本研究では、災害後の現地調査と災害前後の LP データから計測した対象溪流の土砂流出(以下、「計測値」という。)について、災害前の LP データと現行指針⁵⁾⁶⁾に基づいて予測した土砂流出(以下、「予測値」という。)との比較を行なうことで土砂流出の実態を評価した。流出土砂量の計測値(V_{obs})については、災害後の空中写真判読により崩壊・侵食箇所を判読した上で、災害前後の LP データから作成した数値地形モデル(0.5 m×0.5 m)の差分解析に基づいて算出した。流出土砂量の予測値は移動可能土砂量(V_{dy1})と運搬可能土砂量(V_{dy2})の 2 通りの手法で算出し、移動可能土砂量 V_{dy1} は災害前 LP データから推定した各溪流の侵食断面と流路長から算出した。また、運搬可能土砂量 V_{dy2} については、各溪流で設定された計画規模(再現期間 100 年)の 24 時間降雨による運搬可能土砂量(V_{dy2_pred})、平成 30 年 7 月豪雨による最大 24 時間降雨による運搬可能土砂量(V_{dy2_obs})の 2 通りで計算した。

加えて、既往研究³⁾によって過小評価が生じる可能性の指摘されている移動可能土砂量 V_{dy1} については、各溪流で計測された流出土砂量 V_{obs} を移動可能土砂量 V_{dy1} で除した V_{obs}/V_{dy1} を指標として、 V_{obs}/V_{dy1} が大きくなる地形条件についても検討した。地形条件は、谷地形の発達程度を表す指標として、本研究では QGIS (ver. 3.16) 上で計測した各溪流の流路長、流域面積から算出した谷密度を用いた。

3 結果と考察

3.1 流出土砂量の計測・予測結果

7 山地小溪流における流出土砂量(計測値・予測値)を表-2 に示す。各溪流で計測された流出土砂量 V_{obs} は 249~7,224 m³(平均:4,242 m³)、流域面積当たりの流出土砂量(比流出

表-2 流出土砂量(計測値・予測値)の算出結果

溪流名	流域面積 (km ²)	流出土砂量				
		計測値 V_{obs} (m ³)	予測値			
			移動可能土砂量 V_{dy1} (m ³)	計画24時間降雨の運搬可能土砂量 V_{dy2_pred} (m ³)	最大24時間降雨の運搬可能土砂量 V_{dy2_obs} (m ³)	
A	0.006	249	230	944	1,377	
B	0.009	1,375	1,295	2,400	2,309	
C	0.015	4,324	2,518	4,055	4,736	
D	0.016	5,954	1,837	3,483	4,193	
E	0.017	3,726	639	4,583	4,856	
F	0.025	6,840	1,299	6,708	7,954	
G	0.037	7,224	2,575	10,167	10,993	

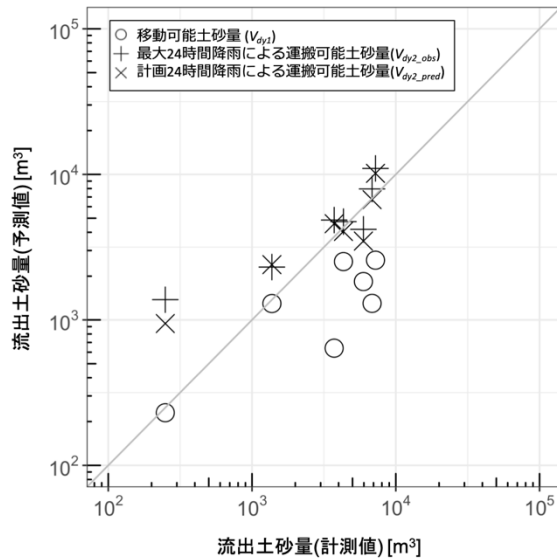


図-2 流出土砂量の予測値と計測値の比較

土砂量)は 42,173~362,245 m³/km²(平均:219,965 m³/km²)であった。一方、予測値として算出された移動可能土砂量 V_{dy1} 、計画 24 時間降雨の運搬可能土砂量 V_{dy2_pred} 、最大 24 時間降雨の運搬可能土砂量 V_{dy2_obs} はそれぞれ 230~2,575 m³(平均:1,485 m³)、944~10,167 m³(平均:4,620 m³)、1,377~10,993 m³(平均:5,203 m³)と算出された。

7 山地小渓流ではいずれも移動可能土砂量 V_{dy1} が計画 24 時間降雨による運搬可能土砂量 V_{dy2_pred} より小さく、14~62%低い値を示した。また、移動可能土砂量 V_{dy1} は全渓流で流出土砂量 V_{obs} を下回っているが、渓流 A と B では 6~8%の差であった。一方、渓流 C~G は 42~83%と大きな差となった。このことから、渓流 C~G では特に移動可能土砂量 V_{dy1} の評価に課題があると考えられる。

流出土砂量の計測値 V_{obs} との相関は最大 24 時間降雨に基づいて算出した運搬可能土砂量 V_{dy2_obs} で最も高く、計画規模の 24 時間降雨に基づく運搬可能土砂量 V_{dy2_pred} 、移動可能土砂量 V_{dy1} の順に低かった(図-2)。図-2 によると、流出土砂量の計測値は、概ね 2,000 m³ 以下の範囲では移動可能土砂量 V_{dy1} とほぼ同じ値を示すが、4,000 m³ 以上の範囲では運搬可能土砂量 V_{dy2} と類似した値を示している。調査対象とした渓流のうち流出土砂量の小さな渓流 A、B では、移動可能土砂量と運搬可能土砂量のうち小さい値が流出土砂量の計測値と整合した。一方、流出土砂量の大きかった渓流 C~G では運搬可能土砂量 V_{dy2} に基づいた流出土砂量が流出土砂量の計測値と整合した。

3.2 移動可能土砂量を上回る土砂流出が生じる地形条件

流出土砂量 V_{obs} が移動可能土砂量 V_{dy1} を上回る渓流の地形条件を検討した結果、 V_{obs}/V_{dy1} は各渓流で計測された平均崩壊幅を災害前 LP データから予測された崩壊幅で除した崩壊幅の計測値/予測値と正の相関にあった。また、谷密度が低い山地小渓流では特に崩壊幅の計測値が予測値を上回る傾向にあり(図-3)、各渓流の平均崩壊幅、崩壊面積、崩壊土砂量はいずれも谷密度と負の相関にあった。例えば、調査を行

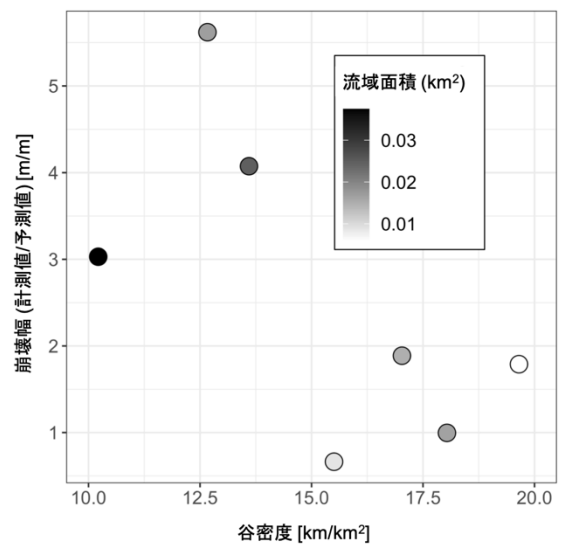


図-3 崩壊幅の予測精度と谷密度の関係

った 7 山地小渓流のうち最も谷密度の低かった渓流 G では、災害前の LP データから予測された平均崩壊幅 8 m、移動可能土砂量 2,575 m³ に対し、計測された平均崩壊幅、流出土砂量はそれぞれ 24 m、7,224 m³ であった。一方、谷密度の最も高い渓流 A では平均崩壊幅の計測値/予測値が 1.7 であり、移動可能土砂量 V_{dy1} と流出土砂量 V_{obs} も比較的整合する値を示していた。谷密度の低い山地小渓流では土砂の移動頻度が低く、崩積土や風化生成物の蓄積により崩壊発生時の規模が大きくなる可能性もある^{7),8)}。このようなことから、前節で述べた流出土砂量の計測値が 4,000 m³ 以上となった渓流 C~G については、崩壊幅が過小評価となったと考えられる。渓流 A、B と渓流 C~G では谷密度の他に流域面積や平均斜面勾配なども異なる傾向がみられたため、両者の地形的特徴の違いについては、今後さらに検討していく必要がある。

4 まとめ

本研究では、平成 30 年 7 月豪雨により土砂流出の生じた広島県内の 7 山地小渓流を対象に、土砂流出の実態調査を行った。谷密度が低い山地小渓流では、侵食断面の事前の設定が難しく、地表面地形から想定される移動可能土砂量を上回る土砂流出が生じる傾向が示された。今後は調査を行う地点や豪雨イベントを追加し、更なる検討を行う予定である。

5 謝辞

本研究にご協力頂いた広島県砂防課、広島県西部建設事務所、広島県西部建設事務所東広島支所、広島県東部建設事務所三原支所、国土交通省広島西部山系砂防事務所、林野庁治山課の各位にこの場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- 1)建設省土木研究所砂防部砂防研究室。(1984)。土木研究所資料。2)実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会。(2020)。3)桜井。(2002)。土木技術資料。4)川邊ら。(2014)。砂防学会誌。5)国土技術政策総合研究所。(2016)。6)広島県土木局砂防課。(2012)。7)Brardinoni et al.(2009)。Earth Planet. Sci. Lett. 8)川邊・高井。(1992)。三重大学生物資源学部演習林報告。