

レーザープロファイラデータを用いた 土石流侵食幅・侵食深の解析

工藤 司・内田太郎・松本直樹・桜井 亘

1. はじめに

土石流の移動可能土砂量の設定に必要である土石流による侵食幅・侵食深を精度よく推定することは、対策施設の計画、対策施設の効果評価にとって重要である¹⁾。

一方、土石流の侵食幅・侵食深は、1つの土石流であっても、場所によって異なる可能性が高い。また、土石流発生後の調査では、土石流発生前の地形の把握が困難なため、土石流による侵食幅・侵食深を精度よく推測することは必ずしも容易ではない。そのため、土石流の侵食幅・侵食深に関しては、数多くの調査結果があるものの^{2),3),4)}、1つの土石流における侵食幅・侵食深の空間的な分布を考慮して求めたデータは、これまでも多くはなく、多くの土石流を統一的な手法で解析した事例はほとんどない。

そこで本報告では、侵食幅・侵食深の実態について明らかにすることを目的とし、近年取得した土石流発生前後のレーザープロファイラデータ(以下「LPデータ」という。)を用いた侵食幅・侵食深の解析および整理を行った。

2. 土石流流下による侵食幅・深さの実態

2.1 解析対象

対象溪流は、2011年～2014年に土石流発生前後の2時期のLPデータが取得可能であった24溪流とした(表-1)。対象溪流の集水面積は0.03km²～4.78km²の範囲に分布、土石流流下区間(土石流発生前)の平均勾配は7.1～34.6°の範囲に分布していた。

2.2 解析方法

本研究では、以下の(1)～(3)の方法で土石流による侵食幅・侵食深について調査した。

(1) 土石流流下による影響範囲のみを特定するために、土石流発生前後の航空写真から土石流流下に伴って裸地となった範囲を判読した(崩壊部も含む)(図-1)。

(2) 土石流発生前後におけるLPデータの標高値差分から侵食・堆積深分布図を作成し、(1)で判読した土石流流下による影響範囲について、10m間隔の横断測線ごとに侵食幅を計測した。計測の際、砂防堰堤下流・堰堤による堆砂影響範囲は除外した。

(3) 侵食深は、10m間隔ごとにLPデータの標高値差分から作成した横断断面面積を(2)で計測した侵食幅で除することで算出した。一部の流域については、LPデータの標高差分値から算出した10m区間ごとの侵食量を侵食平面積(平均侵食幅×10mで算出)で除することで侵食深を算出した。

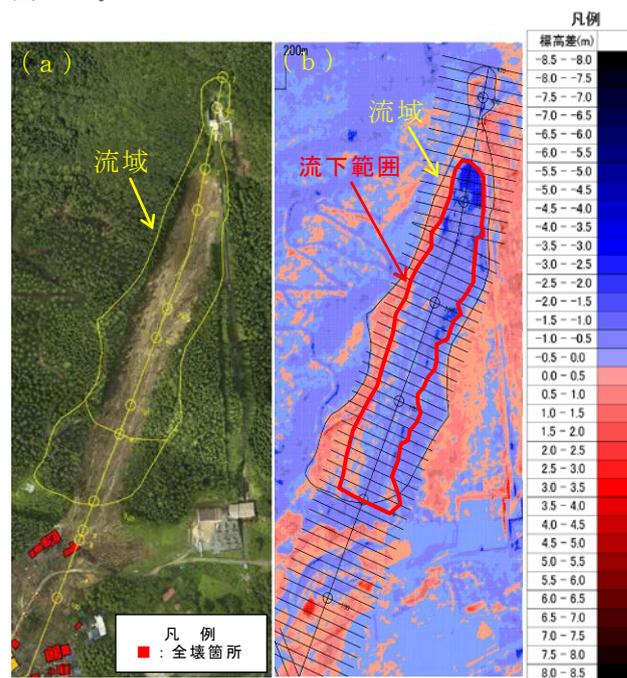


図-1 LPデータを用いた差分の解析(供養佛沢の事例)

(a) : 土石流により裸地化した範囲の特定
(b) : 土石流発生前後のLPデータによる侵食・堆積深分布図と侵食幅・侵食深を計測した測線の例

2.3 解析結果

(1) 平均侵食幅・平均侵食深

表-1には、各溪流における平均侵食幅と平均侵食深の算出結果を示す。平均侵食幅については、最小値は八幡谷溪流(山口県防府市)の9.0m、最大値は坂梨地区(熊本県阿蘇市)の42.2mであった。対象24溪流の平均値は20.2mであった。

平均侵食深については、最小値は松ヶ谷川（山口県防府市）の0.7m、最大値は二子沢川（新潟県南魚沼市）、小滝川（三重県いなべ市）の3.9mであった。対象24溪流の平均値は1.7mであった。

図-2には、平均侵食幅と平均侵食深の頻度分布を示す。平均侵食幅の最頻値は、15.0~20.0mであった。また、約83%の事例が10.0~30.0mの範囲にあった。対象溪流のうち、坂梨地区（阿蘇市）、供養佛沢（仙北市）の事例は、平均侵食幅が40.0m以上であった。

平均侵食深の最頻値は、1.00~1.75mであった。また、約80%の事例が0.75~2.50mの範囲にあった。対象溪流のうち、二子沢川（南魚沼市）、高棚川（南魚沼市）、小滝川（いなべ市）の事例は、平均侵食深が3.5m以上であった。

(2) 侵食幅・侵食深の標準偏差

図-3には、各溪流における侵食幅・侵食深の標準偏差の頻度分布を示す。侵食幅については、最頻値は5.0~10.0mであった。標準偏差が10.0m以上の溪流は、姥沢川、二子沢川、土沢、坂梨地区、梨子沢、供養佛沢、I-1-9-1010隣1（広島県）であった。

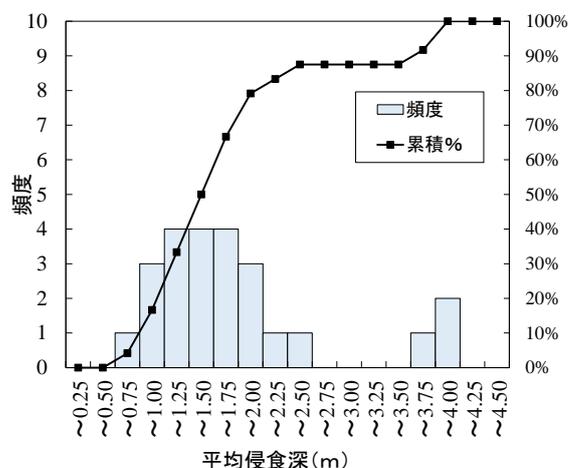
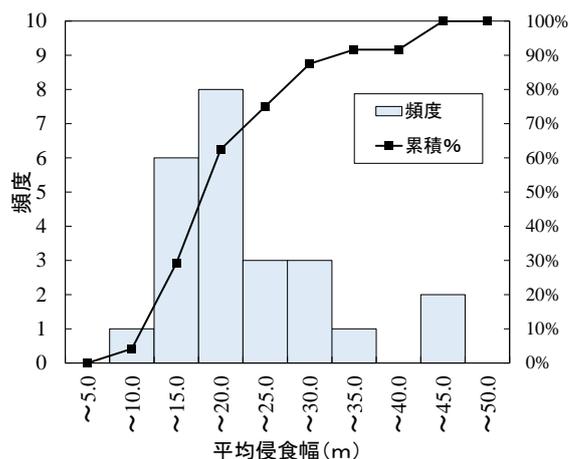


図-2 平均侵食幅(上)と平均侵食深(下)の頻度分布

表-1 対象溪流の諸元と計測結果

地域	No.	発生年	月	都道府県	市町村	溪流名	集水面積 (Km ²)	平均勾配 (°)	侵食幅		侵食深		土石流発生時の雨量	
									平均値 (m)	標準偏差 (m)	平均値 (m)	標準偏差 (m)	24時間雨量 (mm)	1時間雨量 (mm)
魚野川	1	2011	7	新潟県	南魚沼市	姥沢川 (登川支溪)	4.78	19.8	31.8	20.1	2.2	1.7	328.0	62.0
	2	2011	7	新潟県	南魚沼市	二子沢川 (登川支溪)	0.78	27.0	27.6	13.0	3.9	2.4	328.0	62.0
	3	2011	7	新潟県	南魚沼市	柄沢川 (登川支溪)	1.60	22.4	10.0	5.9	1.1	0.7	328.0	62.0
	4	2011	7	新潟県	南魚沼市	高棚川	0.82	23.6	15.9	7.0	3.7	2.2	321.2	58.3
	5	2011	7	新潟県	南魚沼市	土沢	0.69	18.4	24.9	13.6	1.3	0.6	307.0	58.0
藤原岳	6	2012	9	三重県	いなべ市	西之貝戸川	0.21	34.6	13.8	7.3	1.6	2.0	435.0	70.0
	7	2012	9	三重県	いなべ市	小滝川	1.39	25.3	22.6	5.8	3.9	2.0	435.0	70.0
阿蘇	8	2012	7	熊本県	阿蘇市	大門川	0.33	13.4	14.5	7.1	1.2	0.7	517.0	124.0
	9	2012	7	熊本県	阿蘇市	坂梨地区	0.09	19.3	42.2	19.3	1.6	1.3	517.0	124.0
	10	2012	7	熊本県	阿蘇市	塩井川2	0.48	14.5	13.7	6.6	1.7	1.3	517.0	124.0
	11	2012	7	熊本県	阿蘇市	新所川3	0.07	28.2	16.9	6.9	1.0	0.6	417.0	83.0
	12	2012	7	熊本県	阿蘇市	土井川	0.28	19.5	21.2	9.9	2.4	1.1	517.0	124.0
防府	13	2011	7	山口県	防府市	阿部谷川	0.53	15.0	16.0	5.7	1.9	0.9	266.0	60.0
	14	2011	7	山口県	防府市	八幡谷溪流	1.05	14.2	9.0	4.1	0.8	0.5	266.0	60.0
	15	2011	7	山口県	防府市	松ヶ谷川	2.13	7.1	12.4	5.8	0.7	0.4	266.0	60.0
	16	2011	7	山口県	防府市	神里川	0.03	20.5	25.1	7.6	1.6	0.5	256.0	56.0
	17	2011	7	山口県	防府市	上田南川	1.10	12.2	15.9	8.0	1.1	0.6	266.0	60.0
八木・緑井	18	2014	7	長野県	南木曾町	梨子沢	2.27	18.4	25.6	11.6	1.8	1.2	143.0	76.0
	19	2014	8	秋田県	仙北市	供養佛沢	0.03	16.5	41.7	10.3	1.3	0.9	189.0	58.0
八木・緑井	20	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-299a	0.34	15.2	15.9	7.1	1.0	0.5	247.0	87.0
	21	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-303	0.22	18.9	18.1	6.1	1.3	0.7	247.0	87.0
	22	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-306	0.19	24.3	18.2	6.9	1.9	1.3	247.0	87.0
	23	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-1006	0.03	18.8	18.9	5.4	1.3	0.5	247.0	87.0
	24	2014	8	広島県	広島市	I-1-9-1010隣1	0.04	26.1	12.9	10.0	0.8	0.6	290.0	115.0

侵食深については、最頻値は0.0~1.0mであった。標準偏差1.0~2.0mには、姥沢川、西之貝戸川、坂梨地区、塩井川2、土井川、梨子沢、I-1-9-306（広島県）が、標準偏差2.0m以上には、二子沢川、高棚川、小滝川があった。

(3) 各溪流における計測値の頻度分布

図-4には、各溪流における計測値の累積頻度分布を示す。なお、図-4は集水面積毎に整理し、折線の色は地域によって分類した。侵食幅は、24溪流中17溪流で計測値の約70%が25m以下であったのに対し、供養佛沢と坂梨地区の2事例は、25m以下の計測値は約10~30%であり、侵食幅の頻度分布に大きな違いがみられた。この違いは土石流発生形態と流下距離の長短、流下区間の地形の影響が考えられる。すなわち、規模の大きい斜面崩壊により発生した土石流が開析の進んでいない谷を短距離流下した2事例は、特異に他の事例に比べて、侵食幅が大きい側に分布した。さらに、同様に規模の小さい斜面崩壊に起因して発生した土石流である神里川の事例も、集水面積が同程度の他事例より、やや大きい側に侵食幅が分布した。ただし、神里川は、坂梨地区、供養佛沢に比べると崩壊幅が小さく、開析の進んだ谷で発生

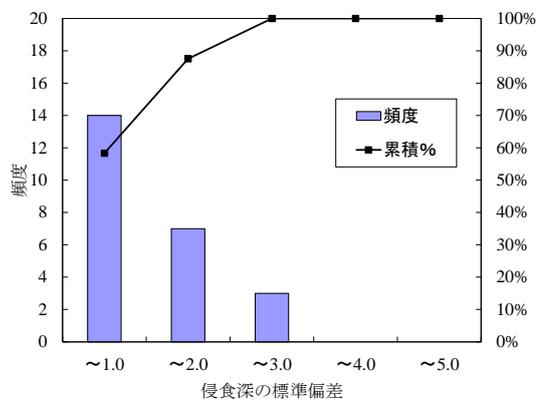
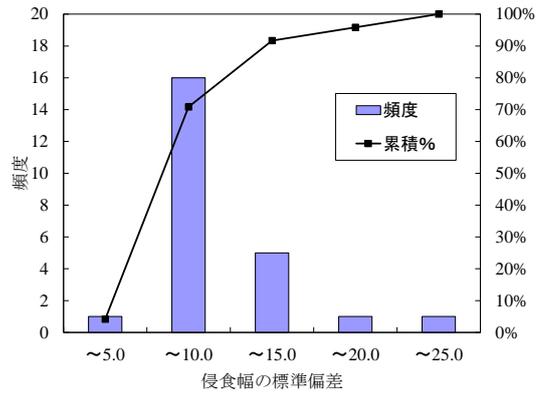


図-3 標準偏差の頻度分布

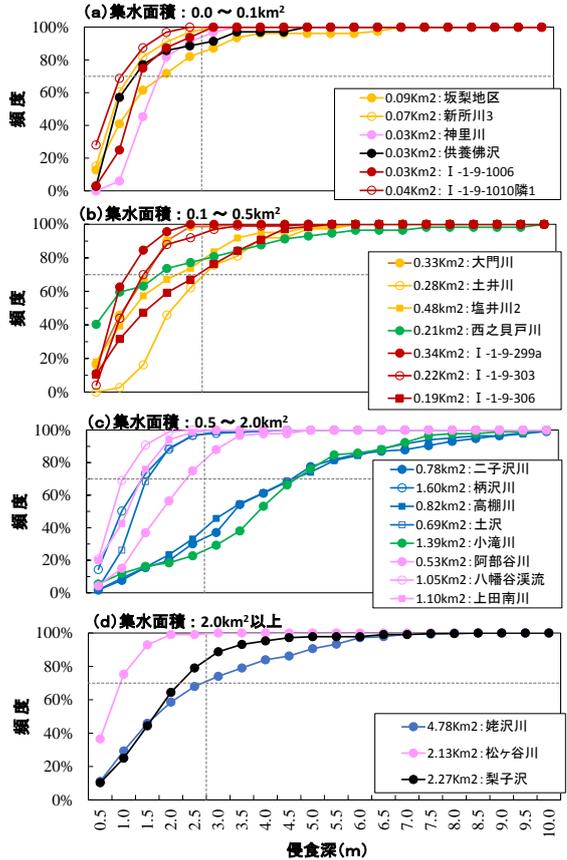
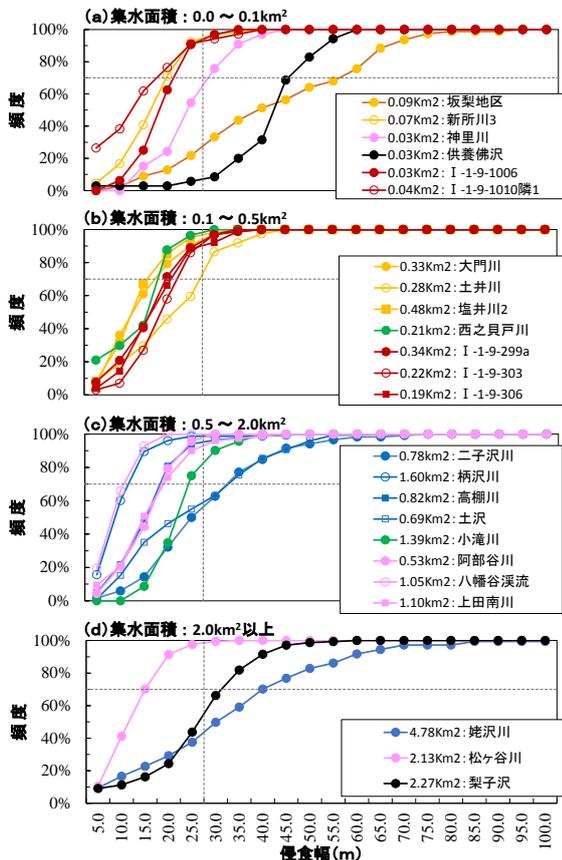


図-4 侵食幅および侵食深の累積頻度分布

したために侵食幅は小さかった。さらに、集水面積が2km²以上の溪流においても、侵食幅が大きく分布する事例（姥沢川、梨子沢）がみられた。すなわち、集水面積が大きくなると、侵食幅が幅広く分布する場合があることが分かった。

侵食深については、24溪流中21溪流で計測値の約70%が2.5m以下であった。一方で、高棚川、二子沢川、小滝川は2.5m以上の範囲が60～70%に達し、他の事例に比べて侵食深が大きかった。

また、同じ地域で見た場合であっても、魚野川の5溪流のように大きく異なる侵食深分布を示すものもあった。その他、防府、阿蘇、八木・緑井（広島）も魚野川の5溪流ほどではないが、同一地域であっても異なる侵食深分布を示した。今後データも蓄積を進め、河床勾配や地質との関係についても解析を行っていく必要がある。

(4) 侵食幅と侵食深の関係

図-5に平均侵食幅と平均侵食深との関係を示す。

侵食断面積ごとに整理すると、断面積50m²までは、侵食幅に比例して侵食深が大きくなる傾向がみられた。断面積50m²以上の範囲では、侵食幅と侵食深は反比例するような傾向がみられた。

地域別に整理すると、魚野川（新潟県）では溪流による違いが大きい。藤原岳（三重県）の溪流は、2溪流のみのサンプルであるが、平均侵食幅に比例して平均侵食深が大きくなっていた。阿蘇（熊本県）の溪流については、侵食断面積50m²までは侵食幅に比例して侵食深が大きくなる傾向がみられた。防府周辺（山口県）、八木・緑井地区（広島県）の溪流については、侵食幅に比例して侵食深が大きくなっている傾向がみられた。

3. まとめ

本検討では、LPデータを用いることにより、

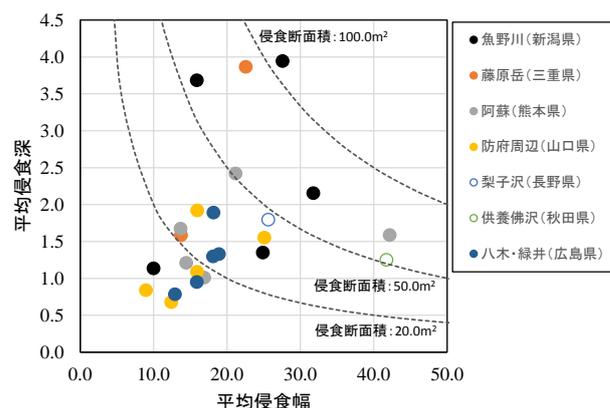


図-5 平均侵食幅と平均侵食深との関係

土石流侵食区間における空間的ばらつきを考慮した侵食幅・侵食深を算定した。その結果、24事例のみの結果であるが、平均侵食幅の約83%の事例が10～30mの範囲にあり、平均値は約20.0m、平均侵食深の約80%の事例が0.75～2.5mの範囲にあり、平均値は1.7mであった。一方、1つの溪流であっても、侵食幅、侵食深のばらつきが大きいことがわかった。そのため、土石流の侵食幅・侵食深を少ない断面の調査により評価する場合、適切に代表的な断面を抽出することが重要である。今後、現地踏査と精緻な地形データの解析を併せて行うことで適切な代表断面の設定が期待される。また、近年ではLPデータの蓄積が進んでおり、今後LPデータを活用することは、土石流調査において有効な手段となりうると考えられる。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）解説、pp.32～35、2007
- 2) 土木研究所：昭和57年7月長崎豪雨による土砂災害調査報告、土木研究所資料No.2107、pp.90～97、1984
- 3) 古川ら：2009年7月21日山口県防府市での土砂災害緊急調査報告、砂防学会誌、Vol.62-3、2009
- 4) 国土技術総合政策研究所：平成26年8月広島市土砂災害調査報告、土木技術資料、第56巻、第11号、pp.4～7、2014

工藤 司



国土交通省国土技術政策
総合研究所土砂災害研究部
砂防研究室 交流研究員
Tsukasa KUDOU

内田太郎



国土交通省国土技術政策
総合研究所土砂災害研究部
砂防研究室 主任研究官
Taro UCHIDA

松本直樹



国土交通省国土技術政策
総合研究所土砂災害研究部
砂防研究室 研究官
Naoki MATSUMOTO

桜井 亘



国土交通省国土技術政策
総合研究所土砂災害研究部
砂防研究室長
Wataru SAKURAI