

069 扇状地における土石流の流下幅と土砂災害特別警戒区域設定作業における考察

京都大学大学院農学研究科：水山 高久

広島県土木建築部河川砂防総室砂防室：京久野 渉

財団法人砂防フロンティア整備推進機構：高梨 和行 千葉 幹 ○臼杵 伸浩

1. はじめに

土砂災害防止法が平成 13 年 4 月より施行され、住宅等の新規立地抑制、既存住宅の移転といった制限が課せられる土砂災害特別警戒区域（レッドゾーン）を設定することになった。このうち、土石流に関しては、扇状地（谷出口から下流）における土石流の流下幅（氾濫範囲）の設定が課題となっている。そこで、平成 11 年 6 月に広島県で発生した土石流災害の実態を整理し、これらの結果をもとに扇状地における土石流の流下幅の設定等について考察した。

2. 対象とした災害とデータの整理方法

①対象とした災害：平成 11 年 6 月に広島県で発生した土石流災害のうち、氾濫状況、被害状況、流下痕跡、流出土砂量等のデータが比較的揃っている災害を対象に検討を行うものとした。対象とした災害の溪流諸元を表 1 に示す。ピーク流量は、現地での流下痕跡をもとに算出した。

表 1 対象とした災害の溪流諸元

地点	流域面積	氾濫範囲(現調結果)		流下痕跡からの推定					流出土砂量(災害報告書より)	流路延長	平均深床勾配	土石流速度C ₀	ピーク流量(m ³ /s)	氾濫域全体			氾濫評価範囲			氾濫域の土石流扇状地タイプ
		面積	平均堆積深	推定流速	流下断面	平均幅	平均水深	位置						現地調査結果	流下距離からの推定	流下距離:L1	比高差:h1	勾配:θ1	流下距離:L2	
安川左支川	0.053km ²	2000m ²	1.5m	11.49m/s	8.8m ²	2.5m	3.5m	深域中流	3,000m ³	475.0m	17.4°	0.54	101.11	61.0m	1.0m	0.9°	50.0m	0.7m	0.8°	扇型(分散角≧60°)
大毛寺川左支川	0.088km ²	4200m ²	0.8m	10.92m/s	12.0m ²	4.0m	3.0m	氾濫直上	3,400m ³	562.0m	23.9°	0.54	131.04	103.0m	12.0m	6.8°	50.0m	7.0m	8.0°	扇型(分散角≧60°)
吉野川	0.573km ²	68000m ²	0.5m	13.44m/s 雑草	28.0m ²	8.0m	3.5m	右支川	34,000m ³	2166.0m	13.4°	0.44	376.32	1120.0m	90.0m	4.6°	217.0m	18.0m	4.7°	複雑型
安川支川	0.067km ²	3000m ²	2.0m	15.43m/s 注	12.0m ²	4.0m	3.0m	写真より	6,000m ³	515.0m	33.4°	0.54	185.16	144.0m	22.4m	8.8°	68.0m	10.8m	9.0°	掃型
奥谷川	0.290km ²	10000m ²	0.5m	13.89m/s 注	12.0m ²	4.0m	3.0m	写真より	5,000m ³	921.0m	26.5°	0.54	166.68	287.0m	42.5m	8.4°	64.0m	6.5m	5.8°	扇型(分散角≧60°)
中倉川	0.068km ²	62000m ²	0.5m	11.91m/s	24.0m ²	6.0m	4.0m	写真より	31,000m ³	1468.0m	12.9°	0.42	285.84	1050.0m	114.0m	6.2°	255.0m	10.0m	2.2°	扇型(分散角<60°)
空ヶ原川支川(右支川)	0.093km ²	9200m ²	1.0m	9.73m/s	10.0m ²	4.0m	2.5m	左支川	9,200m ³	759.0m	16.2°	0.54	97.30	217.0m	36.0m	9.4°	200.0m	30.0m	8.5°	扇型(分散角<60°)
野登呂川-2	0.177km ²	75000m ²	0.5m	8.31m/s 注	6.0m ²	3.0m	2.0m	写真より	37,500m ³	978.0m	15.9°	0.54	49.86	500.0m	25.0m	2.9°	300.0m	14.5m	2.8°	扇型(分散角<60°)
笹利川支川	0.068km ²	9600m ²	0.5m	8.58m/s 注	8.0m ²	4.0m	2.0m	写真より	4,800m ³	891.0m	17.0°	0.54	68.64	285.0m	15.0m	3.0°	150.0m	8.5m	3.2°	掃型
八幡川支川-1	0.068km ²	6400m ²	0.2m	12.24m/s 注	8.0m ²	4.0m	2.0m	写真より	1,300m ³	166.0m	36.5°	0.30	97.92	75.0m	14.0m	10.6°	70.0m	11.0m	8.9°	扇型(分散角<60°)
八幡川支川-2	0.068km ²	20000m ²	0.5m	12.27m/s 注	6.0m ²	3.0m	2.0m	写真より	10,000m ³	185.0m	36.7°	0.30	73.62	78.0m	11.0m	8.0°	35.0m	9.0m	14.4°	扇型(分散角≧60°)

②データ整理方法：扇状地における土石流の流下幅は、谷出口（地形等による側方への流下の規制から解放された地点）を基点として、この基点から土石流の流下方向の中心に測線（土石流の流下中心線）を引いた。この測線をもとに 50~100m ピッチごとに測点を設け、土石流の流下幅を地形図（1/2500）より読み取り、基点からの距離とその地点での流下幅、基点からの測点までの平均勾配を各測点ごとに整理した。また、被災家屋については、全壊と半壊に分類して土石流の流下中心線から被災家屋までの距離も整理した（図 1 参照）。

3. データ整理の結果

データを整理した結果を以下に示す。

- ①土石流の分散角は 8.4° ~ 60.6° であった。ピーク流量が大きいと分散角が小さくなる傾向が見られた。
- ②全壊家屋の分布をみると、全壊家屋の約 80%（21 軒/26 軒）が流下中心から距離 20m（流下幅 40m）の範囲に含まれていた（半壊家屋を含めると、約 80%（37 軒/46 軒））。また、流下中心から距離 35m（流下幅 70m）の範囲には、道路を流下して流下方向が大きく変化して被災したケース等を除くと、全壊及び半壊家屋の全てが含まれていた。この傾向は、ピーク流量によらずほぼ一定であった。
- ③土石流の流下幅は、道路を流下して流下方向が変化して幅が広がったケース等複数の溪流から土石流が合流するケースを除いた場合、概ね 70~100m 程度であった。
- ④全壊及び半壊した家屋の基点からの距離をみると、流下距離 100m 以内に全壊・半壊家屋の約 65%（30 軒/46 軒）が含まれており、流下距離 200m 以内では、約 90%（42 軒/46 軒）が含まれていた。

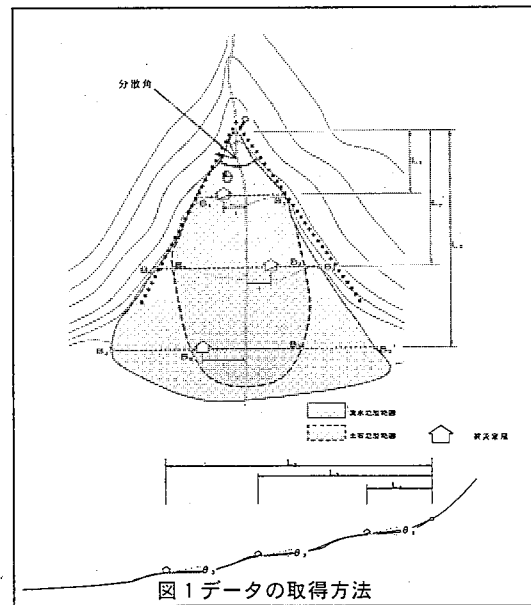


図 1 データの取得方法

⑤被災家屋の基点からの最大距離は270mであった。ピーク流量が大きくなると被災家屋までの最大流下距離が延びる傾向がみられた。

⑥全壊家屋地点の河床勾配（基点からの平均河床勾配）を整理した結果、勾配が 10° を越えるような急勾配の地点ではピーク流量が $100\text{m}^3/\text{s}$ 以下と小さくても被災しているケースがあった。

⑦災害実態から整理したレジーム則 ($B = \alpha \times Q^{0.5}$ B: 土石流の流下幅、 α : 係数、Q: ピーク流量) の係数 α はバラツキがあり、全データから係数 α を逆算した平均値は6.8であった。

4. 考察

①被災する可能性のある範囲

土石流の流下幅の実態と被災家屋の分布特性から、扇状地において土石流により家屋が破壊されるような被害を受ける可能性が高いと推定される範囲を図2に示す。これらの範囲の特徴を整理すると次のようになる。

- ・ 谷出口から分散角 60° の範囲
- ・ 流下幅 40m の範囲 (被災家屋の分布幅)
- ・ 流下幅 70m の範囲
- ・ 基点から距離 200m の範囲

被災家屋のうち3軒が流下幅70m以上に位置しているが、これは土石流が道路を流下し、流下方向が変化して幅が広がったケース、複数の溪流から土石流が合流するケースに該当している特殊事例である。また、基点からの距離が50~100mの区間は、土石流は幅70m程度で流下している。谷出口付近は土石流の流速は大きいと考えられることから、基点に近い区間(今回のデータでは200m程度)で幅70mの範囲も被災する可能性は高いと推定される。これらの結果は、水山ら¹⁾が行った土石流扇状地をモデルとした水理模型実験及び数値シミュレーションの結果とほぼ同様な傾向を示している。

なお、この図2で示した範囲はレッドゾーンとして規定するものではなく、対象とする溪流の地形条件等により、レッドゾーンを設定することが困難なケースにおいて、1つの参考データとなるものである。

②レジーム則の係数 α : 現在、扇状地における土石流のレッドゾーン設定にあたっては、レジーム則を用い、係数 $\alpha=4.0$ 程度とされている。今回の災害において、この $\alpha=4.0$ を用いて流下幅を設定した場合、この幅の中に被災家屋が含まれるか検討した。その結果、 $\alpha=4.0$ で設定される幅には、全被災家屋の約95% (44軒/46軒)、全壊家屋を対象とした場合は約92% (25軒/27軒)が含まれた。今回の災害データを検証した結果においては、 $\alpha=4.0$ は概ね妥当であると考えられる。

5. 今後の課題

今回は、広島県における災害事例をもとに考察した。この考察結果は他地域において適用できるとは限らない。したがって、それぞれの地域においても同様な検討を行い、土石流災害実態の特性を把握しつつ、レッドゾーンの設定を進めることが重要である。また、図2に示したように、基点に近い区間では、土石流は分散して急激に流下幅が広がる傾向があるため、基点に近いところでは幅を広く設定する必要があるものと考えられる。

■参考文献*1: 水山高久ほか: 土石流扇状地の地形と土石流の堆積範囲: 新砂防, Vol. 37, No. 6(137) 昭和60. 3.

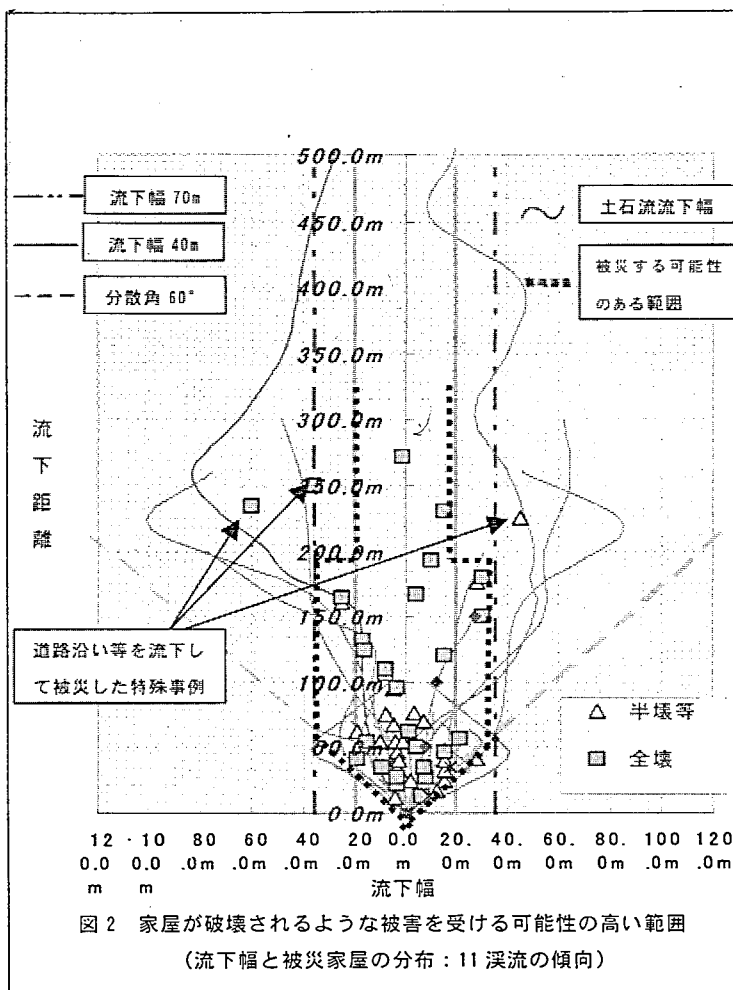


図2 家屋が破壊されるような被害を受ける可能性の高い範囲 (流下幅と被災家屋の分布: 11溪流の傾向)