

24 | 流木および火山灰からみた一の宮災害

宮崎大学農学部 谷口義信

1. はじめに

阿蘇は1989年からの火山活動によって周辺町村に多量の降灰をもたらし、農作物の生育不良、枯死、樹木の幹枝折れ、枯死や建造物・道路側溝の灰詰りなどの被害を生じた。一方地表面は細粒の火山灰により被覆されて浸透能が低下し、表面流が発生し易くなっていたと考えられる。特に表面流の発生はリル、ガリの発達を促進し¹⁾、一般に土砂生産量の急激な増大を来す場合が多い。また火山灰は高濃度泥流、いわゆる火山泥流を形成する大きな一因ともなっている。このような観点から阿蘇では土石流の発生が懸念されていたところに、1990年7月2日阿蘇一の宮町では時間雨量71mmの集中豪雨があり、多数の崩壊とともに土石流・流木が発生した。この災害の特徴は土石流によって多量の流木が発生し、この流木を伴った土石流が松原橋で氾濫して大きな災害をもたらしたことである。ここでは一の宮災害について降灰の直接的被害の実態と同時に、流木発生 of 観点から若干の検討を試みたのでその結果について述べる。

2. 降灰被害の実態

1979年の 表-1 阿蘇の火山活動による降灰被害

降灰による 農作物被害 については、 被害額とし ては高森町	農作物 (千円)	観光 (対前年比%)	学校維持費 (千円/月)	ビニールハウス (千円)	道路 維持	町村名	降灰量
	1039200	-7.9	+20	15750	清掃	高森町、阿蘇町、一の宮町その他	5712g/m ²
	47188					高千穂町	1.1g/m ²
	7917					南郷村	
	蚕糸育不良					日之影町	

が最も多く、一の宮町はその半分以下であった。表-1は1989年度の降灰被害を示したものであり、阿蘇から30km~50km離れた宮崎県高千穂町や南郷村でも被害は見られ、火山活動の影響は相当広範囲に及んでいることがわかる。表-2は1989年の流域別の降灰量を示したものである。この中で注目されるのは、今回大きな災害を起こした古江川流域に比べて、東岳川、西岳川、色見川、前原・大堀谷川の各流域の降灰量の方が圧倒的に多いことである。

3. 阿蘇火山灰の特性

岳川流域では古江川流域よりも多量の降灰があったにもかかわらず、今回は古江川で土石流が発生し、また多量の流木が発生して、大きな被害をもたらした。その原因の1つが火山灰にあるのではないかと考えて、ここでは火山灰の特性について調べてみた。その結果両地域の火山灰の大きな相違は、これが水を含んで泥流状になったときの粘着性の相違にあるようである。表-3から明かなように鐘の手の火山灰は、古江川上流部の火山灰に比べて、約3倍程粘着力が大きいことである。一般に土石流の発生に対しては、粘着力がなく表面流がある場合、次式が与えられている²⁾。

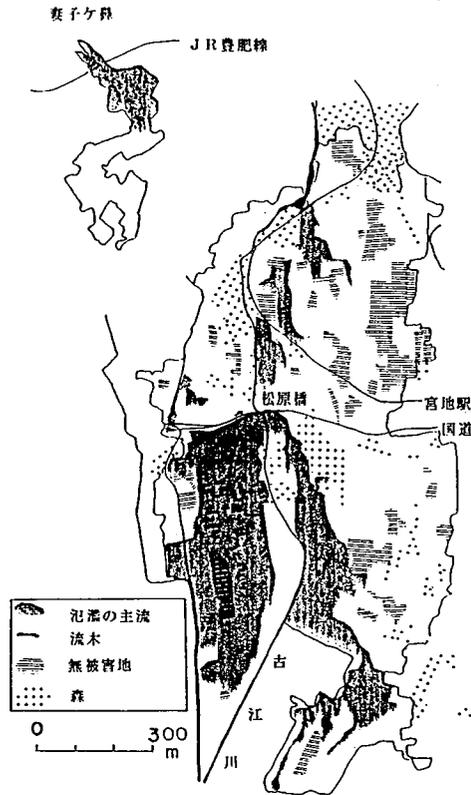


図-1 1990年7月2日発生の一の宮土石流災害図

表-2 流域別降灰量

流域	面積 (km ²)	降灰量 (m ³)			
		1989年.7月 ~11月	1989年 12月	1990年 1月	1990年 2月
古江川	8.26	53944	1720	471	945
東岳川	4.61	132495	1921	1888	1802
笏崎川	1.94	26324	1308	1053	1098
尻無川	2.09	66399	1456	447	819
泉川	4.29	72730	20167	7178	7054
計	(1.14)	(43136)	(1900)	(967)	(1058)
西尻無川	2.01	54847	912	1004	
西岳川	8.63	106718	273	383	478
砂千里ヶ浜	1.42	117384	8776	1147	1238
古賀川	4.82	66193	168	250	
水口川	3.46	44128	113	205	
乙姫川	5.89	36773	134	228	
永草川	5.41	26538	49	140	
市ノ川	3.46	17548			
赤水・御谷川	7.97	77683			
計	44.21	590948	10949	3803	4599
色見川	11.49	202835	10043	3211	3349
小倉原	2.99	24340	1333	302	441
原谷川	6.90	56794	2142	1116	1256
前原・大堀谷川	2.55	60852	488	74	213
小七河原川	2.83	20283	192	83	222
上色見川	2.68	40567	129	39	178
計	29.44	405671	14327	4825	5659

$\tan \theta_1 = \{C*(\sigma - \rho)\} \tan \phi / \{C*(\sigma - \rho) + \rho(1 + h_0/d)\}$ (1)

ここに θ_1 は表面流がある場合の土石流の

表-3 阿蘇火山灰の物理的性質

採取地	鎌の手	古江川木流源頭部	古江川カヤ植生地	古江川河床	嵯島
透水係数 (cm/sec)	2.58×10^{-4}	1.83×10^{-3}	1.09×10^{-2}	1.17×10^{-2}	7.80×10^{-3}
粘着力 (g/cm ²)	7.8	2.8			
摩擦抵抗 (g/cm ²)	2.0	1.9			
低下風 (cm)	1.3	0.3	0.2	0	

発生限界勾配, σ は土砂粒子の密度, ρ は水の密度, ϕ は土砂の内部摩擦角, $C*$ は堆積土砂の容積濃度, h_0 は表面流の水深, d は土砂の平均粒径である。しかし粘着力の項が加わると式(1)は次式のようにになる。

$$\tan(\theta_2) - c \tan \phi / gh \cos \theta_2 = C*(\sigma - \rho) \tan \phi / \{C*(\sigma - \rho) + \rho\} \dots \dots \dots (2)$$

ここに θ_2 は粘着力がある場合の土石流発生限界勾配, c は粘着力である。式(1), (2)から θ_1 と θ_2 の関係を求めるとつぎのようになる。

$$\tan(\theta_2/2) = 1 - \{1 - (c/gh)^2 + (\tan \theta_1)^2\}^{1/2} / \{(c/gh) \tan \phi - \tan \theta_1\} \dots \dots \dots (3)$$

実際の $C*$ は不明であるが, 実験値で得られた 0.75 を用い, さらにその他は土質試験の値 $\phi = 36^\circ$, $c = 7.8 \text{ g/cm}^2$ を用いて, 式(1)および式(2)から土石流の発生限界勾配を求めると, $\theta_1 = 22^\circ$, θ_2

= 26° となり、粘着力のためここでは約 4° の勾配増加の起こることがわかる。ただ、ここでの粘着力はせん断試験から求めた粘着力ではなく、薄い金属板を泥流の中で動かすときにかかる抵抗であるから、その値自身は式(2)の粘着力を直接表してはいない。しかしかなり鐘の手の火山灰と古江川の火山灰では、その粘着性に相違があるようである。特にこ

うした粘性の高さは、土石流として流動するときの流動性に大きく関係し、古江川の火山泥流の方が、鐘の手の火山泥流の流速よりも速くなることが予測される。

図-2は、古江川源流部、岳川源流部(鐘の手)および桜島の火山灰堆積物の表流水に対する侵食性の相違を示したものである。同図から明かなように、岳川と古江川および桜島の侵食速度については古江川は鐘の手の約10倍以上であり、桜島は、さらにその7~8倍になる。この相違が古江川で土石流が発生し、火山灰の最も多かった岳川で土石流が発生しなかった理由の1つではないかと考えられる。

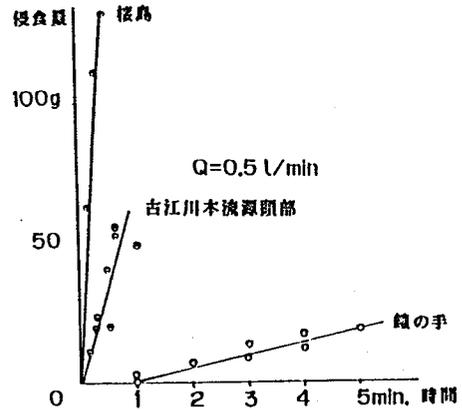


図-2 流水に対する火山灰の侵食

4. 流木の実態

一の宮災害では山腹崩壊が相当多数発生している。熊本県の調査結果によれば森林崩壊面積は53haであるから、いま阿蘇地方の標準的な立木密度1600本/haを用いると、被害木は85000本となる。一方全崩壊面積は245haであるので、ここで崩壊深を約80cmとすれば(現地でも調査した平均深)、崩壊全土量は1960000m³となり、膨大な量である。

松原橋での氾濫後の状態をみると、左岸側と右岸側で性質を異にしているのが図-1からみられる。すなわち左岸側の宮地地区では比較的流木が少ないのに対して、右岸側の坂梨地区では著しく流木の多いことである。流木は土砂に比べて比重が軽いので、表面部に浮いた状態で流れるため、屈曲部では護岸から越流しやすい。松原橋地点では流路がかなり屈曲しているため、ここでは流木は土石流とともに直進、越流し、その結果この坂梨地区が土石流、流木群の大きな直撃を受けたものと考えられる。さらにまた図-1から明らかなように、宮地地区の方には樹林帯が多くみられることである。これが宮地地区の流木災害を軽減した理由の1つではないかと考えられる。

同じように山腹崩壊が発生し、多量の流木が発生したにもかかわらず妻子ヶ鼻裾部では、流木は下流の住宅街にまでは到達せず途中でひっかかっている。これは恐らく裾部では、斜面勾配が著しく緩やかになっているため、流木はここでひっかって流れることができなかったためと考えられる。これに対し、古江川源流部は斜面勾配は35°~40°に達し、著しく急峻で、崩壊土砂は一挙に本流まで達し、これが多量の流水と一体となって土石流として流下したために、流木の量が増加したものと考えられる。ここで妻子ヶ鼻崩壊地の斜面勾配をみると、崩壊頂部付近は約25°であるが、裾部の勾配は約5°で、相当緩やかになっている。また図-1からここでの土石流中の停止流木の斜面方向に対する角度を読み取った結果、その平均は4°であった。さらに停止流木の分布密度は頂部が34.2本/ha、中腹部

が14.2本/ha、裾部が1.6本/haとなった。

5. 流れの阻害要因としての流木

災害発生要因としての流木の特性を知るため、全長8mの水路、流木としては0.55cm、長さ15cmの竹材を用いて流木実験を行った。立木本数は20本、30本、40本とし、左右対称に一樣に配置し、水路内には上端からほぼ1mの土砂を長さ150cmにわたって厚さ6cmで敷き詰め、これに約10%の水を一挙に与えて土石流を発生させ、このときの流木の運動を高速カメラで撮影し、流木の水路方向に対する角度（これを偏り角という）を読み取った。その結果を示したのが図-3である。

一般に流木災害で問題になるのは、流木の堰止めや流路の閉塞による河川の氾濫である。堰止め・閉塞に対して最も大きく関係するのは、流れの主流方向に対してかなり大きな角度をもって流れる流木の多少である³⁾。ここでは45°以上の角度をもつ流木を流れの大きな阻害要因として、その偏り角を有する流木群を図-3より抽出して、全本数に対する割合を調べた。その結果、 $(\theta_{45-90}) / (\theta_{0-90})$

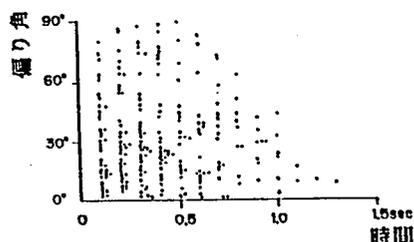


図-3 土石流中の流木の偏り角分布

の比率はほぼ一定しており（ここに θ_{45-90} は θ が45°～90°、 θ_{0-90} は θ が0°～90°の範囲にある流木本数を表す）、その値は約20%を示すことがわかった。しかしこれは土石流先端部背後の流れの中における流木の偏り角の割合であり、実際の土石流先端部の流れは非常に複雑で、また粗度も大きく、流路幅も一定ではなく、さらに流れの中に大きな乱れ要素が入ってくるので、この偏り角の割合は先端部背後の流れに比べてさらに大きくなるであろう。

6. まとめ

阿蘇の火山活動による降灰被害は相当広範囲に及んでいる。また古江川流域の火山灰は岳川流域の火山灰に比べて粘着性が低く、侵食に対して弱い。1990年7月2日の一の宮災害における推定被害木は85000本で、崩壊土砂量は1960000m³となる。松原橋における氾濫については、宮地地区では流木が非常に多いのに対し、坂梨地区では樹林帯の影響によるものと考えられ、流木は比較的少ない。一方妻子ヶ鼻斜面の崩壊から発生した土石流における流木停止角度の平均値は4°で、運動初期においては流木はほとんど斜面と同方向に運動していたことがわかる。また流木の偏り角が45°以上のものの全本数に対する割合は、実験結果では約20%となり、流木は土石流の流れの大きな阻害要因であることが明かとなった。本研究は科研費総合研究(A)02306013(代表平野宗夫)で行われたものである。

引用文献

- 1) 池谷 浩 土石流災害調査法, 125, 山海堂, 1980
- 2) 高橋 保 土石流の流動と発生, 京大防災研究所年報, 20B-2, 415, 1977
- 3) 水原邦夫 流木に関する研究, 学位論文, 37~40, 1978