

八千代エンジニアリング(株) 光永 修, 井戸 清雄  
 (財)砂防地すべり技術センター 松村 和樹, 栢木 敏仁

1. はじめに

土石流対策計画策定において、砂防施設の評価や土砂氾濫域の設定を河床変動計算や2次元氾濫数値シミュレーションを用いて行なう場合、土石流量の時系列変化(土石流波形)が必要である。本研究は桜島の河川を例として土石流波形の算定方法について検討したものである。

2. 桜島の土石流の特性

土石流波形算定モデルを作成するために、桜島の河川で発生している土石流の諸元(ピーク流量、流出土砂量、年間発生回数等)と地形、降雨等の土石流発生場の条件との関係について調査した。

2.1 裸地と土石流

桜島の野尻川、春松川、持気川、第1古里川、黒神川、アミダ川、松浦川、西道川、深谷川および長谷川で発生した土石流に関する昭和51年～昭和63年の年発生回数および流出土砂量と、それらの流域の発生場の条件(裸地面積、15°以上の傾斜斜面、30°以上の傾斜斜面、ガリ密度、15°以上のガリ密度、溶岩地面積、山地部の河床勾配、噴火回数、降灰量、降雨量、砂礫河床の延長、草地面積)の単相関解析を行った。その結果、図-1に示す裸地面積が最も相関が高い結果となり、土石流により流出する土砂量および発生確率は裸地面積に大きく支配されることを示している。

2.2 時間雨量と土石流による流出土砂量

前述の土石流発生データから1洪水土石流による流出土砂量(観測波形からの推定値)と10分間雨量、20分間雨量、時間雨量、累加雨量との単相関解析を行った結果、いずれも高い相関が得られない。しかし、その中でも図-2に示すように1洪水流出土砂量に対しては時間雨量が相関が比較的高い傾向を示している。

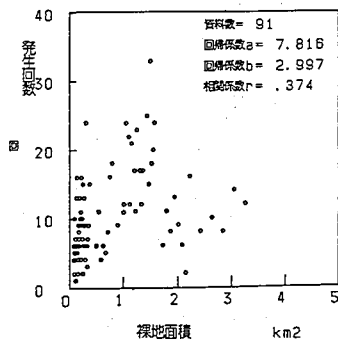


図-1 裸地と土石流

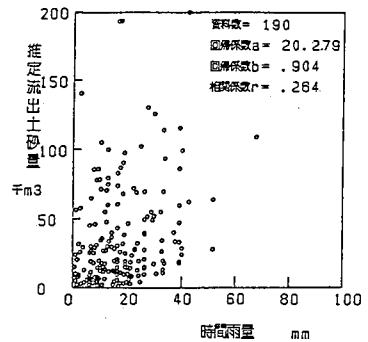
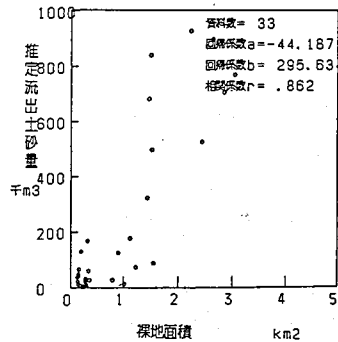


図-2 時間雨量と土石流

### 2.3 限界雨量とピーク流量

前述のデータから土石流のピーク流量と10分間雨量、20分間雨量、累加雨量および限界雨量との単相関解析を行った結果、いずれも高い相関は得られない。しかし、その中では図-3に示す限界雨量が比較的相関がある。ここで限界雨量とは土石流発生時刻までの累加雨量としている。

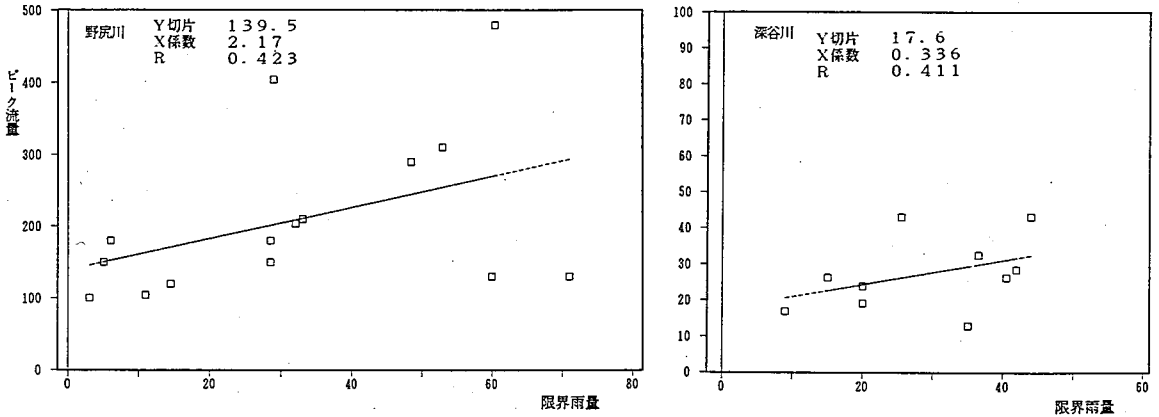


図-3 限界雨量とピーク流量

## 3. 土石流波形の計算

### 3.1 計算モデル

前述の土石流の特性に基づき、土石流諸元と相関の高い裸地面積および限界雨量を用いた土石流波形計算モデルを作成する。すなわち、裸地では限界降雨を超えると土石流が発生し、非裸地からは清水が流出すると仮定し、それぞれの流出を貯留関数法により算出するモデルとした。但し、土石流発生的一瞬间には、それまでの累積降雨（限界雨量）が計算時間間隔 $\Delta T = 2$ 分間に一度に土石流となって流下するモデルとしている。

対象流域を清水流域、土石流発生域に分割し、各々の貯留関数式をたてる。

清水、土石流に対する貯留関数式はそれぞれ(1)、(2)で表される。

$$r - q_w = \frac{ds}{dt} \quad s = k_1 \cdot q_w^{p_1} \quad \text{----- (1)}$$

$$r_d - q_d = \frac{ds}{dt} \quad s = k_2 \cdot q_d^{p_2} \quad \text{----- (2)}$$

$r_d$ は、単位時間当りの侵食深を想定しており、

$$\begin{aligned} \Sigma r < R_{s,a} \text{の時は、} & r_d = 0 \\ \Sigma r = R_{s,a} \text{の時は、} & r_d = (R_{s,a} + \beta \cdot r) / (1 - C^*) \\ \Sigma r > R_{s,a} \text{の時は、} & r_d = \beta \cdot r / (1 - C^*) \end{aligned} \quad \text{----- (3)}$$

単位時間当りの総流量は、(4)で表される。

$$Q_t = q_w \cdot A_w + q_d \cdot A_d \quad \text{----- (4)}$$

ここで、 $r$  : 降雨強度 (mm/h) ,  $q_w$  : 水流のみ流出高 (mm/h) ,  $q_d$  : 土石流の流出高 (mm/h) ,  $r_d$  : 侵食による流出高 (mm/h) ,  $R_{s,a}$  : 限界雨量 (mm) ,  $s$  : 貯留高 (mm) ,  $k_1, k_2, p_1, p_2$  : 定数 ,  $C^*$  : 堆積土砂濃度 ,  $\beta$  : 降雨が侵食、土砂生産に及ぼす比率 ( $< 1.0$ ) ,  $A_w$  : 表流水流出

域の面積,  $A_d$  : 土石流流出域の面積 (崩壊地面積 + 裸地面積)

### 3.2 モデルの検証と定数の決定

(1)~(4)式における定数のうち限界雨量は、流域の地形、土質によって大きく左右されると考えられる。ここでは過去の土石流発生時の実績値から各流域毎に表-1に示すように定めた。定数 $K$ ,  $P$ ,  $\beta$ は試行によって定めた、 $K_1 = K_2 = 1.0$ ,  $p_1 = 0.60$ ,  $p_2 = 0.30$ ,  $\beta = 1.0$ を得た。

検証土石流の計算結果を図-4、表-2に示す。これらの図表が示すように、桜島の河川の土石流の特徴であるピーク時間が数分と短くシャープであるところを再現しており、本計算モデルでピーク流量に対して平均誤差22%、総流出量に対して平均誤差30%で土石流波形を再現できる。しかし、全体的に計算値の方が大きくなっており、パラメーターの検討を行ない精度のよいモデルを作成することが今後の課題として残される。

表-1 限界雨量 $R_{sa}$  (mm)

河川	限界雨量
野尻川	13
長谷川	18
深谷川	15
西道川	25
松浦川	20
有村川	16

表-2 検証対象洪水に於ける実測値と計算値の比較一覧

流域名称	洪水名	実測値		計算値		誤差率	
		ピーク (1)	総流出量 (2)	ピーク (3)	総流出量 (4)	(4) (2)	(3) (1)
		$m^3/s$	$10^3 m^3$	$m^3/s$	$10^3 m^3$		
野尻川	s. 58. 4. 19	484	334	473	221	0.66	0.98
	s. 59. 9. 1	404	85	501	73	0.86	1.24
有村川	s. 59. 8. 25	310	283	483	404	1.43	1.56
松浦川	s. 58. 5. 16	75	23.5	105	67.7	2.88	1.40
長谷川	s. 58. 5. 16	92	63.5	110	71.7	1.13	1.19
西道川	s. 59. 4. 19	83	83.7	105	108	1.29	1.27
深谷川	s. 58. 5. 16	124	44.1	114	58.6	1.33	0.92

### 4. 結論

桜島の河川を例として、土石流の時系列波形の算出モデルの検討を行った結果、桜島の河川では土石流の諸元と相関の高いのは裸地面積、限界雨量であり、これらの要因を基に土石流波形算出モデルを作成したところ、かなりの精度で波形の再現ができるとの結論を得た。

### 5. あとがき

本報告の内容は平成2年度桜島火山砂防基本計画検討業務の中で実施されたことを報告し、関係機関及び各位に謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 財水利科学研究所；桜島地区民有林直轄治山事業 土石流形態（又は実態）調査報告書，昭和55年1月～平成2年3月の10報告書
- 2) 建設省大陽工事事務所；野尻川砂防基本計画検討業務報告書，昭和60年3月

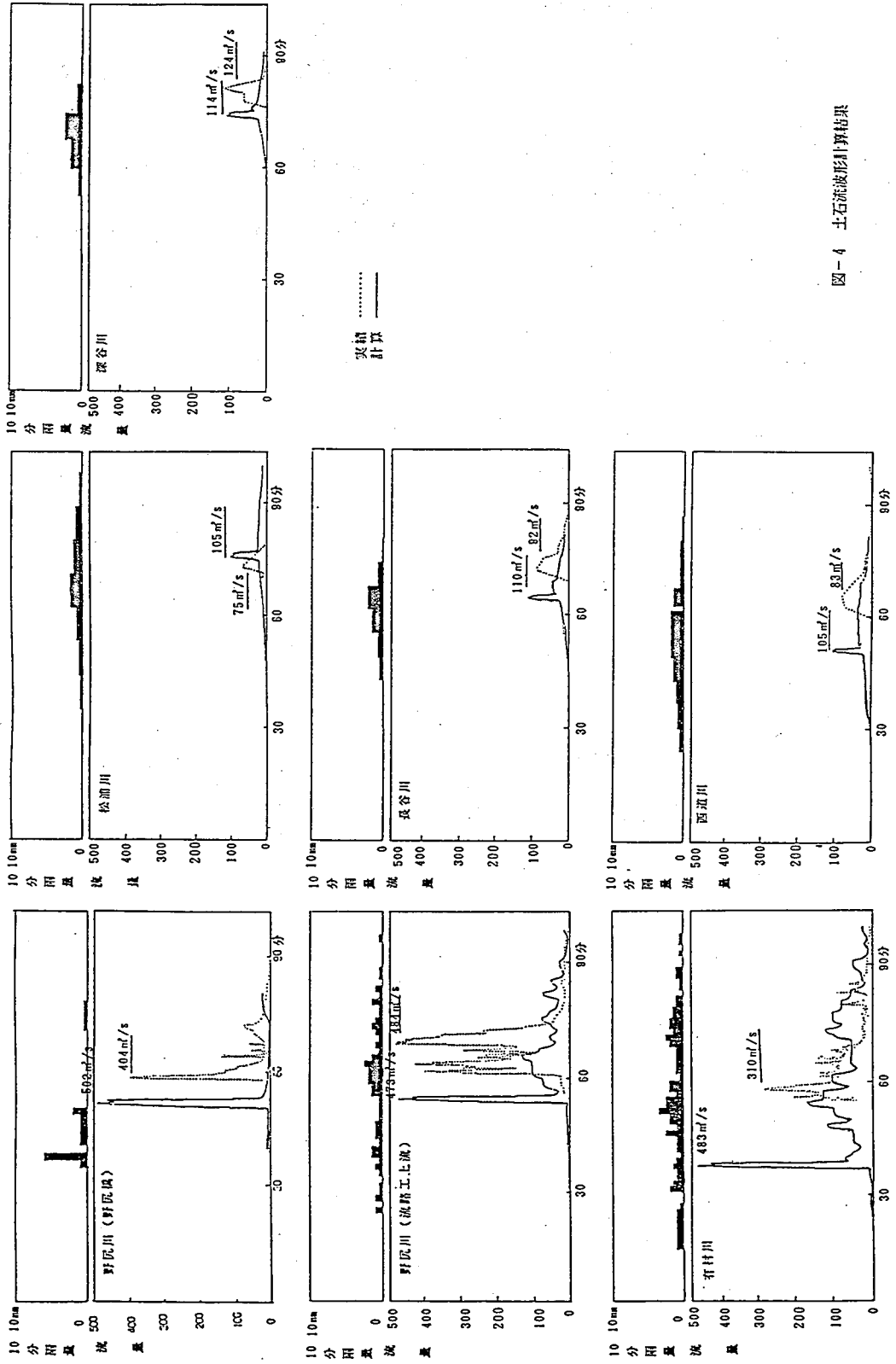


図-4 土石流波形計算結果