

14 野尻川における土石流氾濫シミュレーション

建設省九州地方建設局 大隅工事事務所

○前田昭浩

同 上

龜江幸二

同 上

柿元俊廣

八千代エンジニアリング(株)

井戸清雄 光永修

1. はじめに

野尻川は、図-1に示すように桜島の西南部に位置し、流域面積 2.73 km^2 、流路延長 5.9 km の小河川である。昭和47年以降、桜島火山南岳を中心とした火山活動が活発化している現状であり、南岳からの降灰、山体を形成する溶岩、火山噴出物が生産源となり大量の土石流が毎年発生し下流域の住民に多大なる物的、精神的なダメージを与えている。

本流域の土砂災害の特徴としては、表-1にも示すように毎年20回以上を記録する土石流により運搬堆積した土砂が、河口部での堆積遇上により流路工内の疎通能力が阻害されることによるものであり、現在氾濫防止対策の一環として、毎年河口部周辺での堆積土砂の除石が実施されている。

本研究では、過去の災害実績(昭和63年8月災害)を基に土石流氾濫モデルを検証するとともに、検証して得られた野尻川土石流氾濫モデルを用いて長期的な土砂氾濫解析を行い、現在施工されている除石を実施しないで流路工内の堆積土砂を放置した際の土石流氾濫状況を把握するとともに、野尻川流路工内の除石に於ける防災効果について定量的評価を行ったものである。

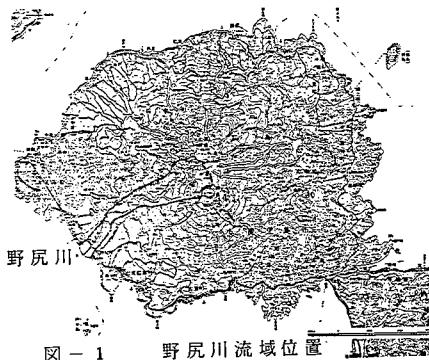


表-1 野尻川流域に於ける土石流発生回数、推定流出土砂量
及び実績除石土砂量一覧

年 度	土 石 流 発生回数 回	推 定		備 考
		流 出 土 砂 量 千 m ³	実 積 除 石 土 砂 量 千 m ³	
51	24	537	204	0
52	22	539	173	0
53	21	533	86	10
54	17	162	66	40
55	23	532	203	9
56	17	334	135	14
57	17	331	158	35
58	25	552	246	2
59	15	922	246	16
60	33	1,099	284	6
61	18	633	146	10
62	20	683	293	6
63	23	1,203	369	76
平均値	21	620	201	12
				213

(注) 実積除石土砂量の左値は陸上除石土砂量、右値は海上除石土砂量を示す。

2. 土砂氾濫モデルの再現性

2.1 計算手法

土石流は土砂と水とが一体として流下する現象であり、ここでは、流動、堆積の過程は濃度の変化過程によって説明できるとし、土石流・洪水流の平面流れを表現する運動方程式、流れ全体の連続式、流砂量の連続式及び流掃能力を計算する流砂量式の4式を連立し陽形式の差分化により解いたものであり、土石流から比較的低濃度の洪水土砂氾濫を追跡するモデルを作成した。

細粒土砂を考慮しないと高濃度の土石流が比較的緩勾配の地形を流下することが説明できないため、本解析に於ける計算モデルでは細粒土砂、粗粒土砂を分離して追跡するモデルとした。なお、基礎方程式については紙面の都合により、ここでは省略した。

流砂量公式は、高橋の土石流濃度式を用いて計算するが、野尻川流路工の河道勾配が、 $1/20$ 程度の場合、土砂濃度は $C_d = 0.059\%$ 程度（泥水の密度 $\rho_n = 1.0$ 、砂礫の密度 $\sigma = 2.6$ 、 $\tan \phi = 0.58$ ($\phi = 30^\circ$)）の流砂能力しかないことになり、野尻川で観測されている土砂濃度は約50%程度であることを考慮すると、流砂能力を高橋式で表現するためには、泥水の密度 ρ_n と $\tan \phi$ の値の補正と泥水中に含まれる細粒土砂量を考慮する必要があるものと考えられる。

$$C_d = \frac{\rho n \cdot S}{(\sigma - \rho n) \cdot (\tan \phi - S)} = \frac{Q B}{Q t} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここに ρ_n : 細粒土砂によって増加した土石流中の泥水の密度, ϕ : 内部摩擦角, σ : 築の密度, Q_B : 土石流中の粗粒分の流砂量, Q_t : 土石流全体の流量 ($= Q_w + Q_B + Q_f$), Q_w : 土石流中の水の流量, Q_f : 土石流中の細粒分の流砂量, S : 河床勾配

そこで、細粒土砂、粗粒土砂の2通りの連続式をたて、粗粒分については高橋式、細粒分については芦田・道上の浮遊砂量式を用いて各々の土砂の追跡を行なうこととした。

2.2 計算条件

2.2.1 地形データ

土砂氾濫解析に先立ち、氾濫域のモデルを作成する必要がある。長期間の計算を行なうためには約1000m四方の区域（図-2）についてできるだけ流路工内の土砂移動堆積を表現できるように、20m×20mのメッシュに分割し、その各々のメッシュの中心標高を縮尺1:2,500の地形図を基に判読した。但し、流路工部分の河床については流路の最深河床高を与えた。また、海域については海域も氾濫扇状地であると考え、海底地形は便宜的に標高-5m一律の平坦地と仮定した。

2.2.2 水理条件

粗度係数は、観測値から逆算した値を用いることとし、
 $n = 0.03$ とした。

2.2.3 流量与流砂量

流量波形は、昭和63年8月災害時に観測された野尻川流路工の実績波形を用いてモデル化した。なお、上流端に於けるモデル流量波形の与える順序は生起順序とし、図-3及び表-2に示すとおりである。また、同表に示す細粒土砂と粗粒土砂との比率は、昭和52年～平成元年の13年間の野尻川橋地点の採泥試験結果で得られた粒度分布曲線平均値を基に、0.2mm以下の粒度成分を細粒土砂分とし、細粒分34%、粗粒分66%と設定した。

2.2.4 下流端の境界条件

海域部の下流端は図-2に示した領域で
自然越流状況となることを仮定して、越流

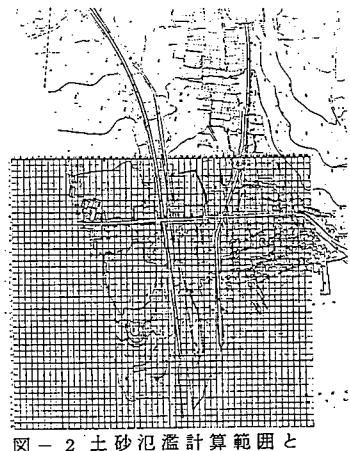
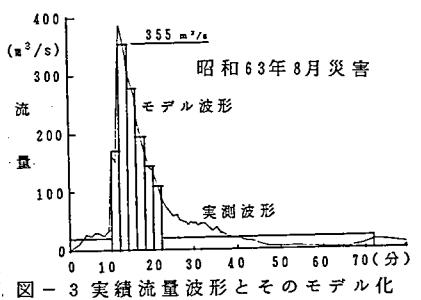


図-2 土砂氾濫計算範囲と
メッシュ区分



3. 呈現計算對象流量波形差異化

表-2 再現計算対象流域セグメント								単位	
時系類	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
総統時間	10	2	2	2	2	2	2	50	(分)
累加時間	10	12	14	16	18	20	22	72	(分)
流量	20	170	355	278	195	144	109	20	m^3/s
流砂量	10	84	175	137	96	71	53	9	m^3/s
粗粒分	7	55	115	90	63	47	35	6	m^3/s
細粒分	3	29	60	47	33	24	18	3	m^3/s

公式によって下流端での流量及び土砂量を設定した。

2.2.5 細粒土砂の代表粒径 d_f

粒度分布曲線により粒径 0.2mm 以下を代表されて、 $d_f = 0.1mm$ とした。

2.3 沔溢モデルの再現性評価

図-4 には再現計算結果を示した。図-4 (1)～(2) には堆積深分布の時系列変化を示したものである。 は 1m 未満の堆積深、 は 1m 以上の堆積深を示す。

昭和 63 年 8 月土石流のピーク流量 ($355m^3/s$) 流下直後には、国道より 100m 程度上流で氾濫しており、流量減水時にはさらに堆積域が広がり、最終的に桜島病院へ堆積週上がみられる結果となった。再現計算結果の最終堆積深分布と昭和 63 年 8 月災害直後の実績堆積域を比較すると、図-5 に示すとおりとなる。これをみると、河道内の氾濫領域並びに野尻橋右岸部の氾濫状況が実績分布と計算結果の堆積深分布にはかなり良好な一致をみることができることから、本モデルの再現性が高いものであると判断される。

3. 除石効果の予測と評価

上記した検討結果から得られた野尻川土石流氾濫シミュレーションモデルを用いて、現在毎年施工されている野尻川流路工の除石を仮に実施しなかった場合に、近年 10 ヶ年程度の期間に発生した土石流による流下、氾濫過程とその影響範囲について予測を行い、除石による防災効果についての定量的な評価を試みた。

3.1 対象土石流波形

野尻川流路工に於ける昭和 55 年～昭和 68 年までの期間に観測されている土石流波形を基に 10 年間に生起した土石流波形の頻度分布と年平均流出土砂量 ($620 \text{千} m^3$) を基に年平均的な土石流波形モデルを作成した。モデル波形は、表-3 に示すようにモデル流量値とその継続時間により設定される。

表-3 年平均土石流量のモデル波形

流量	m^3/s	90	120	180	350	合計
流下時間	分	100	6	6	6	118
流砂量	$千 m^3$	432	35	51	102	620

3.2 無除石時の土砂氾濫解析と除石効果の評価

計算結果は、図-6 に示す。同図には前記した年平均モデル波形を 10 年分 (10 回) 継続した結果のうち、1 年後、5 年後及び 10 年後の 3 段階について示してある。1 年後の堆積分布は、昭和 63 年 8 月災害直後の氾濫状況に近く、再現氾濫計算結果と傾向が類似している。また、野尻橋上流部では $2m \sim 8m$ 程度の堆積深がみられ、1 年目にして無除石状態では土石流氾濫が発生することが把握できた。また、それ以降は、堆積週上が順次厳しくなる傾向を示しており、1 年以内の除石が必要であるものと判断された。

4. 今後の課題

本解析では、野尻川において土砂災害の再現モデルを実績資料により検証解析を試み、さらに得られた氾濫モデルを基に現在、定期的に施工されている「流路工内除石」を仮に実施しなかった場合の予測氾濫解析を実施し、除石効果を定量的 (氾濫領域、堆積深規模) に把握した。

本検討を踏まえて、今後、除石システム（除石時期、除石場所並びに土捨場の確保）を構築する上で必要となる土砂流出予測手法（土砂量、堆積分布）の研究を推進していきたい。

参考文献

- 1) 平成元年度 桜島土石流解析業務報告書 平成2年3月 建設省大隅工事事務所
- 2) 板垣治、神野忠広 桜島における火山砂防の現状と課題 九州技報 no.4 '88.12
- 3) 井戸、水山、石川、福沢 細粒土砂を考慮した土石流氾濫シミュレーション計算 平成2年度砂防学会研究発表会概要集 pp.238~241
- 4) 桜島の土石流 建設省大隅工事事務所 発行昭和63年3月

■は堆積深 1m未満の領域
■は堆積深 1m以上の領域

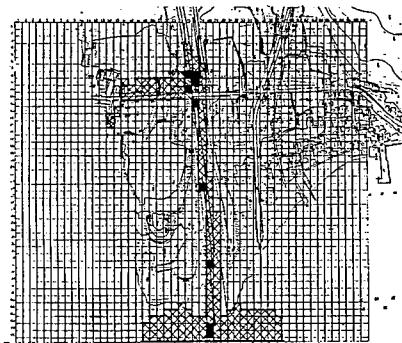


図-4(1) 再現計算時系列変化
($355\text{m}^3/\text{s}$ 流下時)

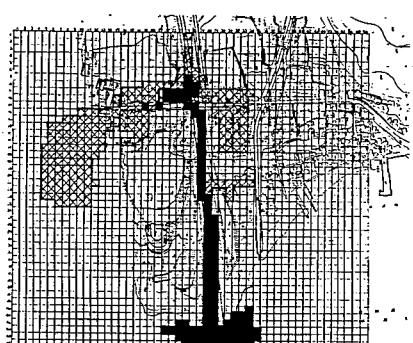


図-4(2) 再現計算時系列変化
(最終時)

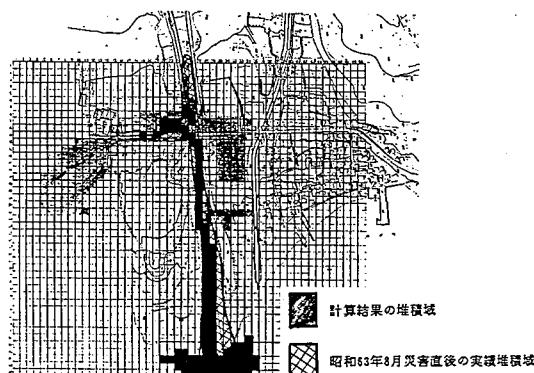


図-5 昭和63年8月土石流発生後の堆積状況と
氾濫計算堆積深分布との比較

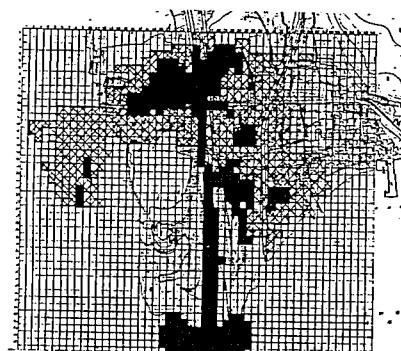


図-6

除石効果の検討シミュレーション結果
 $350\text{m}^3/\text{s}$: 5分流下後 (1年後)
累加時間: 118分