

37 メラピ山における火砕流と土石流

建設省土木研究所

三輪賢志

京都大学農学部

小橋澄治、水山高久

1. はじめに

近年、セントヘレンズ火山（米国）、ネバド・デル・ルイス火山（コロンビア）、ガルングン火山、メラピ山、クルー火山、スメル火山（インドネシア）、桜島、十勝岳、雲仙・普賢岳など、環太平洋の火山地域に於て様々な土砂災害が発生し、その対策が急がれている。火山地域のような土砂災害発生の可能性の高い地域ではあらかじめ対策をたてておくべきである。構造物による対策は、経済的、物理的に無理な場合も多いが、すくなくとも、土砂災害を未然に防止、あるいはそれによる被害を少しでも軽減するには、発生しうる土砂災害の種類・規模を調査し、危険区域を予測することが必要となる。危険区域を予測するにはいくつかの方法があるが、最近、シミュレーションが用いられるようになってきている。そこで今回、インドネシア・メラピ山における火砕流、土石流のシミュレーションを行った。メラピ山はインドネシア・ジャワ島中部のジョグジャカルタ市の北方約30Kmに位置するコニーデ型の活火山である（図-1）。比較的大きな噴火は9から16年の周期で発生し、地形的な要因で最近の火山活動の影響は南西

方向に集中している。近年において噴火の記録が正確に記載されているのは1930、1961、1969、1984年の4回であるが、いずれの噴火においても火砕流の発生・流下が認められ、下流部への大量の土砂供給の要因となっている。また、火砕流堆積物や、溪流に堆積した不安定土砂が降雨で二次侵食されて泥流となり、たびたび下流域で氾濫して土砂災害を引き起こしている。

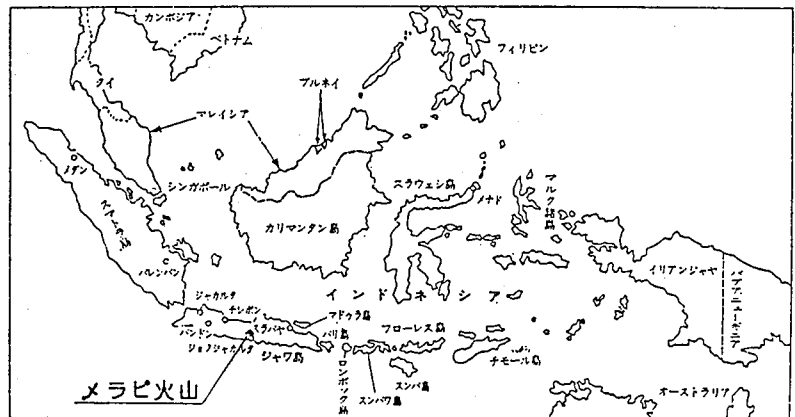


図-1：メラピ山位置図

2. 火砕流のシミュレーション

メラピ山では1984年に堆積物総量が $6.5 \times 10^6 \text{m}^3$ と推定されている火砕流が発生した。その堆積範囲を図-2に示す。これに対し2つのシミュレーション計算を行った。シミュレーション計算は山下ら¹⁾の方法で行った。計算条件を表-1に示す。メッシュ幅は50mである。NO.1のシミュレーション結果の堆積範囲（図-3）はほぼ1984年のものと重なっており、実際の現象をよく再現したものである。NO.2のシミュレーション計算は流出総量を1984年の火砕流の2倍にして実施したもののだが、その堆積範囲（図-4）は到達距離、堆積幅ともNO.1と比較して数100m広がっている。

表-1: シミュレーション計算条件

	粒子間摩擦角	流出量パターン	流出総量
NO. 1	10°	$8.7 \times 10^3 (\text{m}^3) \times 450 (\text{S})$	$6.5 \times 10^6 (\text{m}^3)$
		$8.6 \times 10^3 (\text{m}^3) \times 300 (\text{S})$	
NO. 2	10°	$1.74 \times 10^4 (\text{m}^3) \times 450 (\text{S})$	$1.3 \times 10^7 (\text{m}^3)$
		$1.72 \times 10^4 (\text{m}^3) \times 300 (\text{S})$	

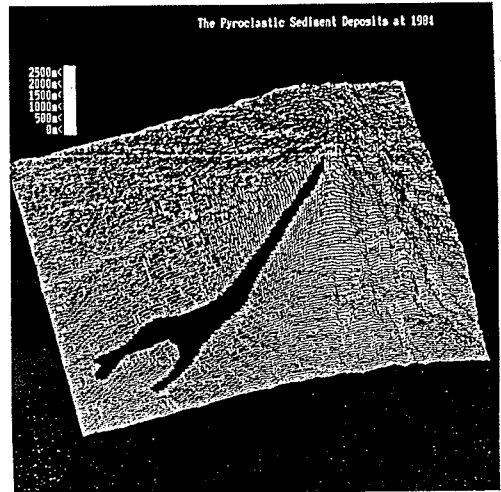


図-2: 1984年火砕流堆積範囲図

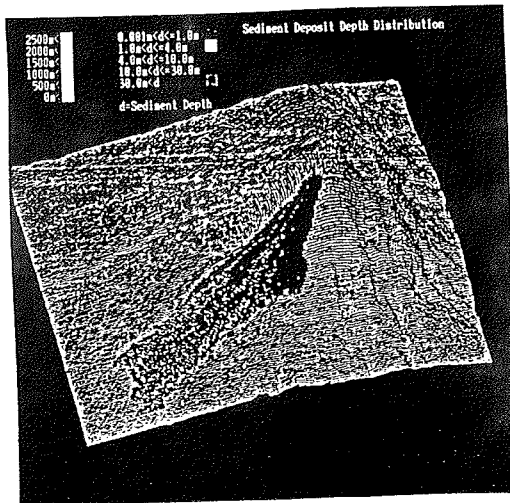


図-3: no.1シミュレーション結果

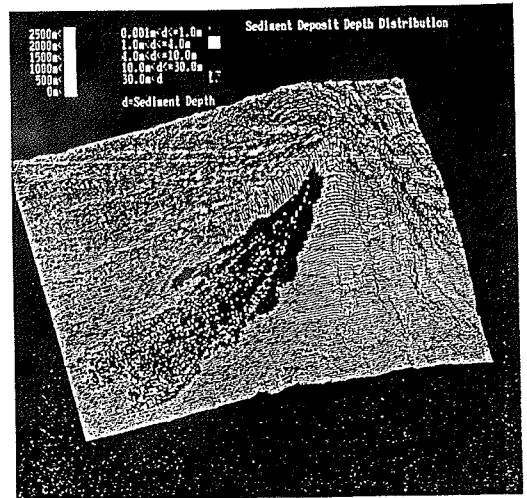


図-4: no.2シミュレーション結果

3. 泥流のシミュレーション

メラピ山では1984年の火砕流発生後、泥流の氾濫による被害は生じていない。そこで今回は泥流の氾濫区間を予測することにした。対象とする河川は1984年の火砕流が上流域に堆積したプチ川とブブン川である。

泥流の氾濫区間の判定には河床変動計算を用いた。その手順を図-5に示す。流砂量式は芦田・高橋・水山の掃流砂量式を用いた。

$$\frac{q_B}{\sqrt{(\sigma/\rho - 1)gd_m^3}} = 12\tau_{*m}^{1.6} \left(1 - 0.85 \frac{\tau_{*cm}}{\tau_{*m}}\right) \left(1 - 0.92 \sqrt{\frac{\tau_{*cm}}{\tau_{*m}}}\right)$$

ここで q_B は単位幅、単位時間当りの流砂量、 g は重力の加速度、 d_m は平均粒径、 σ は砂礫の密度、 ρ は水の密度、 τ_{*m} は無次元掃流力 ($\equiv U_*^2 / (\sigma / \rho - 1) g d_m$)、 τ_{*cm} は無次元限界掃流力である。

新しい堆積物が洗掘される場合を計算するときには、流れの集中を考慮することが必要である。その際、流路幅が実測またはレジーム則で与えられねばならない。レジーム則の一例を示す。

$$B = \alpha \sqrt{Q}$$

ここで、 B は流路幅 (m)、 Q は流量 (m^3/sec)、 α は係数で、3.5~7.0 の値をとる²⁾。

シミュレートする泥流のハイドログラフは以下のように決定した。図-6 に示すようなブチ川の1時間雨量-流量関係のグラフに、1976年にブチ川流域の雨量観測点で測定された1時間雨量130mm という記録をあてはめて求めた流量をピーク流量とした。なお、この雨量は超過確率58年の雨量である。泥流の継続時間を1時間とし、ピーク流量がまん中にくるとすると、ハイドログラフは図-7 のようになる。両河川の河床縦横断測量は地形図上で行った。

結果を図-8、9 に示す。泥流は下流域で氾濫する傾向があることがわかる。 図-5

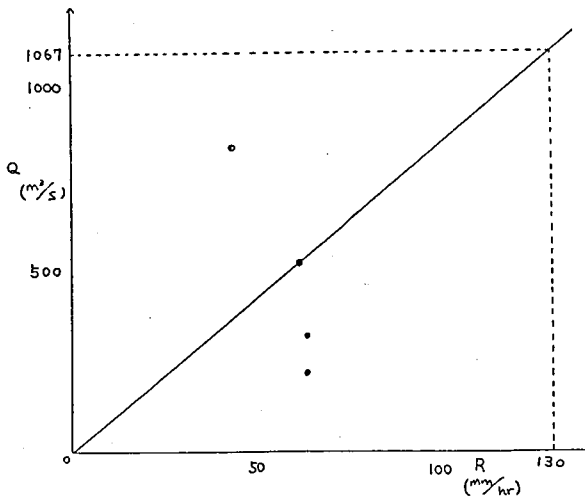
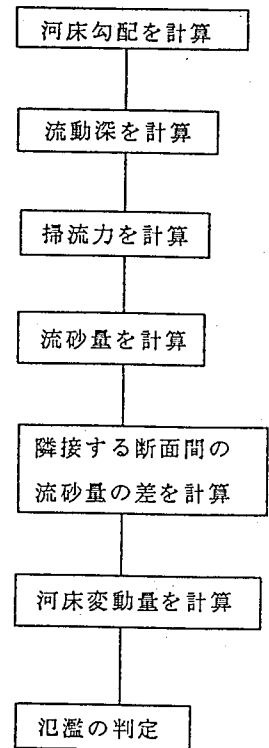


図-6：ブチ川の1時間雨量-流量関係

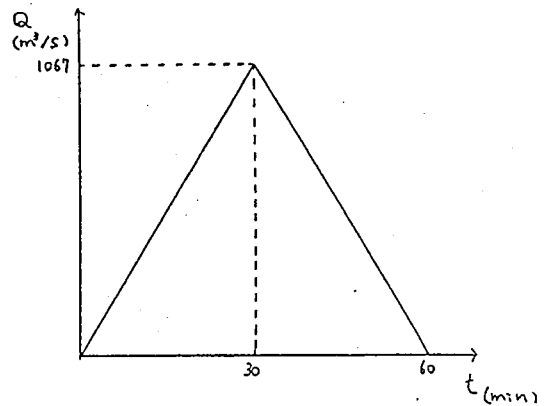


図-7：泥流ハイドログラフ

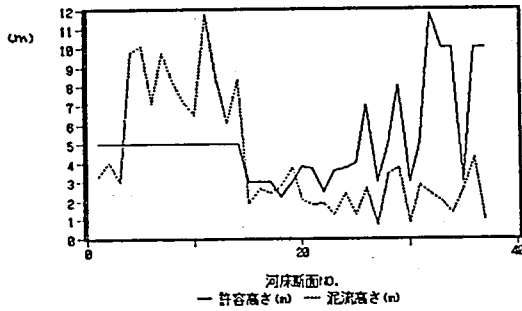


図-8：プチ川の予想氾濫発生断面
(ブブン川については省略)

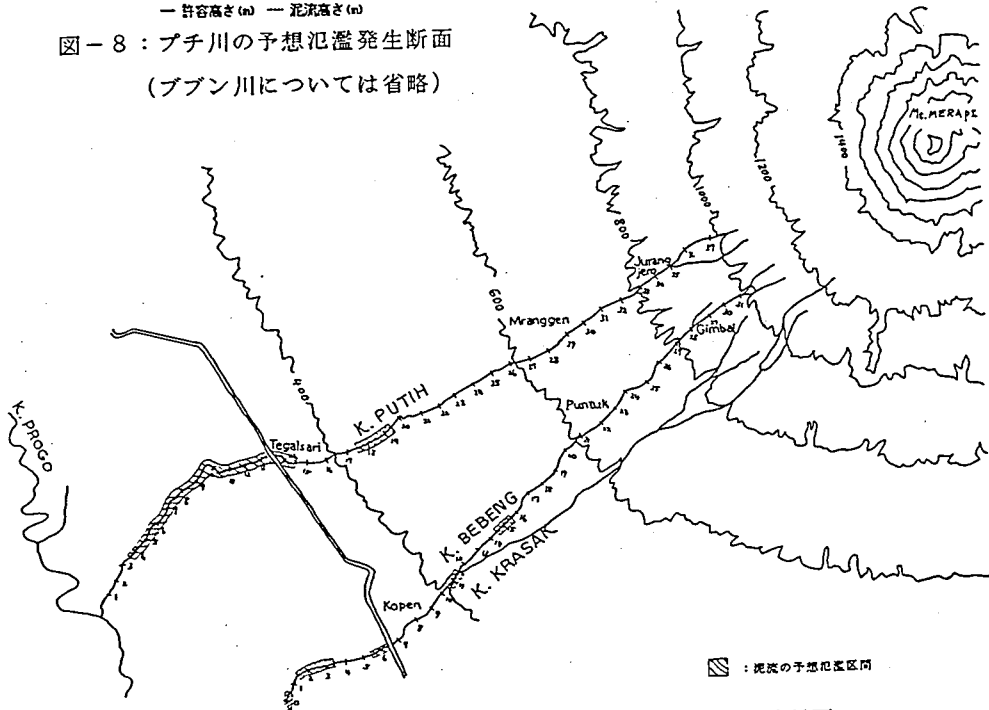


図-9：泥流の予想氾濫区画図

4. あとがき

海外で、火山噴火が発生した場合、それが開発途上国でのことであると情報が断片的で全体像がなかなか把握できないことが多い。そこでリモート・センシング技術を応用して、土砂の堆積範囲、土地利用状況をすみやかに把握し、災害の予測、砂防計画の立案に資するシステムが必要である。ここに報告した火砕流、泥流のシミュレーションは、そのシステムの一部をなすものである。リモート・センシングによる情報収集については、発表時に紹介する。

参考文献

- 1) 山下伸太郎、宮本邦明、水山高久：火砕流の流動機構とシミュレーション、平成2年度砂防学会研究発表会概要集、P.332~P.335、平成2年5月
- 2) 水山高久：山地河川の河床変動とその土砂水理学的扱い、地形、P.195~P.203、1984年