

火山噴出物の流動機構に関する実験的研究(I)

— 桜島産火山灰・ボラ混合物の流動過程における砂堆縦断面の変化について —

林業試験場九州支場 陶山正憲・真島征夫
大谷義一・竹下幸

1 まえがき

わが国には、新期造山帯の火山が多く、これらの火山活動にともなって噴出される火山砕屑物は九州、関東、東北、北海道の各地に広く堆積している。このような火山噴出物は一般に粗しょうで、地表を比較的一様に覆っている場合が多いので、可動性物質としての性格を帯びている。したがって豪雨による山腹・溪岸の荒廃・侵食を受けやすく、土石流・泥流の発生も多い。このような火山性荒廃地における有効な治山工法を開発するための基礎的研究の一環として、桜島民有林直轄治山事業区域を対象に本課題が取り上げられた。

桜島は、地質的には溶岩・集塊岩上に安永・大正ボラと火山灰が厚く堆積しており、これらが水を含むといわゆるシネレシス(離しょう)のような独特の現象を呈することが、現地でも認められている。

本報では、桜島特有の火山灰とボラを使用した土石流の流動機構について、若干の実験的検討を行った。

2 実験装置および実験方法

実験水路は、鋼製の可変急勾配水路(幅30cm、深さ28cm、長さ6m、勾配0°~45°)で、両側面は透明硬質アクリル板である。この水路の中央部に、表-1に示す火山灰・ボラ混合物を、敷厚10cm、長さ1mに敷きつめ、その上流端には敷厚と同じ高さの止水板を、下流端には敷厚の1/3の土砂止め板を設置した。この水路上流の給水タンクから、一定量の流水を供給して土石流を発生させた。

実験条件は、表-2に示す4種の水路勾配と、2種の初期含水比(模擬先行降雨量)の組み合わせによる8

系列である。これらの土石流は、水路の側面と下方に設置したビデオカメラ、35mmモータードライブカメラ、8mmシネカメラで撮影し、その流動過程と砂堆形状の変化を測定した。

3 実験結果および考察

1) 土石流の流動過程における時間的区分の検討

火山灰・ボラ混合物の供試溪床材料による土石流の発生・流動過程を詳細に観察すると、8系列の実験に共通して時間的に次の5ステージに区分される¹⁾。

ステージⅠ(前処理期)：流量の供給はなく、先行降雨相当の散水量は全て溪床材料中に浸透する。

ステージⅡ(ボラ流発生期)：先行降雨後、水路上流から流水の供給が開始されると、その一部は層内に浸透するが、全層飽和前に中間流がまず発生し、引き続いて表面流が発生する。この表面流によって軽量のボラが各個運搬的に流送され、しだいに表面侵食による溪床面の一様低下が進行する。

ステージⅢ(最大隆起期)：各個運搬的なボラ流の流下速度が極度に遅くなり、溪床の一部で火山灰・ボラ混合物の隆起現象が生じる。この規模は実験条件で多少異なるが、いずれの場合にもその隆起部は一旦停止し、火山灰、ボラの集合体(個体)と流下水(液体)とが一時的に平衡状態を保ち、移動しない。これは次の土石流を惹起するエネルギー源となっている。

ステージⅣ(土石流発生期)：火山灰・ボラ混合流の発生期で、前期の隆起部が安定を失い、平衡状態が破れ、突発的に流動を開始して、火山灰とボラが集合運搬的に一挙に流下し、周囲の堆積層も引き込んで流下していく状態を示す。

表-1 供試溪床材料

溪床材料	比重	単位容積重量 (kg/m ³)	最大粒径 (mm)	混合重量 (Kg)	換算混合容積 (ℓ)
火山灰	2.81	1720	2	18	10.5
ボラ	1.02	420	25	12	28.6

表-2 実験系列表

	初期含水比	8.3%	16.6%
	先行降雨相当量	8.3mm	16.6mm
溪床勾配	10°	A - 10	B - 10
	15°	A - 15	B - 15
	20°	A - 20	B - 20
	30°	A - 30	B - 30

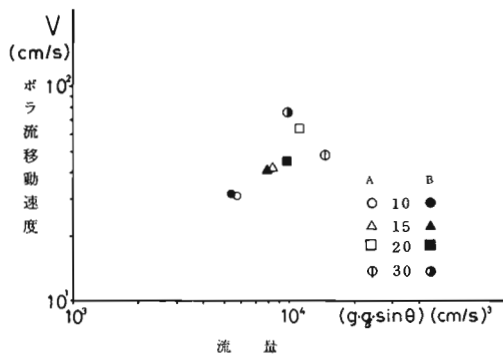


図-1 ボラ流移動速度と流量の関係

ステージV (土石流流動期) : 火山灰・ボラ混合流の発生後から土石流終了時までのステージである。

以上、実験において流水供給開始時から各ステージまでの所要時間は溪床勾配、初期含水比によって変化し、溪床勾配が急になるほど、先行降雨量が多いほど、所要時間は短くなる傾向が認められた。

2) ボラ流移動速度の検討

上記土石流の流動過程において、ステージIIでは砂堆の表面流に乗って、ボラ流が発生する。このとき、ボラ流の速度は水面勾配によって変化することが考えられるので、この点について以下に検討を加える。

一般流体の場合には流速 v 、流量 q 、流速係数 ϕ 、水深 h 、水路勾配 θ の間には $v = \phi \sqrt{gh \sin \theta}$ および $q = v h$ の関係が成立し、両式から次の関係が導かれる。

$$v = \phi^{\frac{2}{3}} (g \cdot q \cdot \sin \theta)^{\frac{1}{3}}$$

引用文献

- (1) 水利科学研：桜島地区民有林直轄治山事業土石流等実態調査報告書 (熊本管林局)、87~128、1980

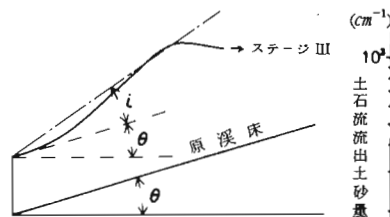


図-2 最大隆起部下流面の縦断勾配

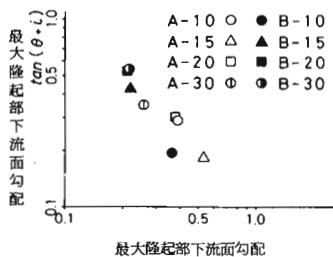


図-3 最大隆起部の発生位置とその下流面勾配との関係

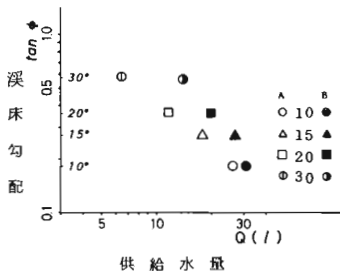


図-4 土石流発生に要する供給水量と溪床勾配の関係

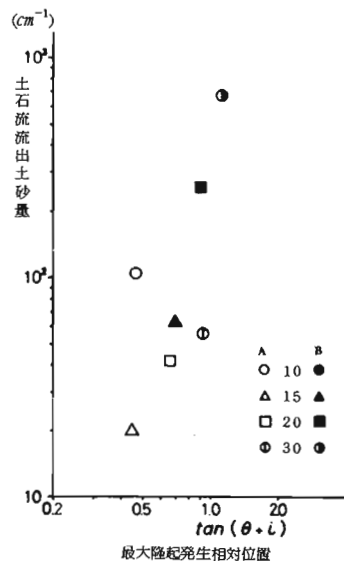


図-5 隆起部下流面勾配と土石流流出土砂量との関係

次に、ボラ流の移動速度 v 、水路勾配 $\sin \theta$ 、単位幅当りの供給水量 q を用いて、 v と $(g \cdot q \cdot \sin \theta)$ の関係を両対数紙上にプロットすれば、図-1のように v は q および $\sin \theta$ とともに増大し、また各データは $\phi=2.81$ ($\phi^{\frac{2}{3}} = 1.99$) の直線にはほぼ一致することが認められた。

3) 最大隆起発生位置とその移動前面の勾配変化

土石流発生の前段としてステージIIIの形態をとるが、その最大隆起高位置は各系列により異なり、したがって最大隆起部下流面の縦断勾配図-2も変化する。本実験における最大隆起発生相対位置と縦断勾配の関係のプロットすれば図-3となる。その結果、隆起部が砂堆先端部より後退すると、隆起部下流面の縦断勾配も低下することが認められる。

4) 土石流発生までに要する供給水量の検討

8系列の実験において、ステージIVまでに要する供給水量を溪床勾配・初期含水比別に整理すれば図-4となる。結果として、溪床勾配が急になるほど、また初期含水比が高いほど、少量の供給水で土砂流が発生することがわかる。

5) 土石流による流出土砂量の検討

土石流によって流下する土砂量は、その前段の最大隆起部の規模に強く影響されると考えられる。ここではステージIIIの隆起部下流面の縦断勾配 $\tan(\theta+i)$ と単位幅当り、単位水量当りの土石流による流出土砂量 q_0 (cm^{-1}) との関係を示すと図-5のようになる。すなわち $\tan(\theta+i)$ が大になれば流出土砂量が増加する傾向がうかがわれた。