

103 火砕流の運動機構に関する実験

建設省 日光砂防工事事務所 ○矢島重美
京都府立大学農学部 石川芳治
建設省 土木研究所 山田 孝
(株)建設技術研究所 中村淳治, 松原智生

1. はじめに

これまでに火砕流に関しては、雲仙岳、インドネシアのメラピ火山及びスメル火山、フィリピンのピナツボ火山等における火砕流の流下・堆積現象をVTR画像解析や現地調査により検討し、さらに模型実験結果を加えて火砕流本体部の運動機構を検討してシミュレーション手法を開発してきている。

本実験は、火砕流実験装置を用いて、定常状態での火砕流本体部及び熱風部の流速及び流路底面から供給している空気圧を測定し、得られたVTR画像などを解析して、流速と空気圧等の関係を把握し、火砕流の運動機構を解明するための基礎的資料を得るために行った。

2. 実験方法

実験に用いた流路は、長さ5.3m、幅0.15m、高さ0.3mの直線流路であり、流路床からは空気を上方に供給することができる(図-1)。流路上方の端にはホッパーを設置して、粒径0.1~0.3mmの乾燥砂(粒子の比重2.6)約100ℓを一定量づつ流下させて定常流を発生させた。なお、この乾燥砂には流速分布計測のために粒径1.8~2.2mmのトレーサーを混入させた。また、流路底部の空気の圧力(大気圧との差)は、 1.2×10^2 、 7.8×10^1 、 3.9×10^1 Pa(1.2, 0.8, 0.4gf/cm²)の3通りに変化させて実験を行った。なお、実験に用いた乾燥砂の

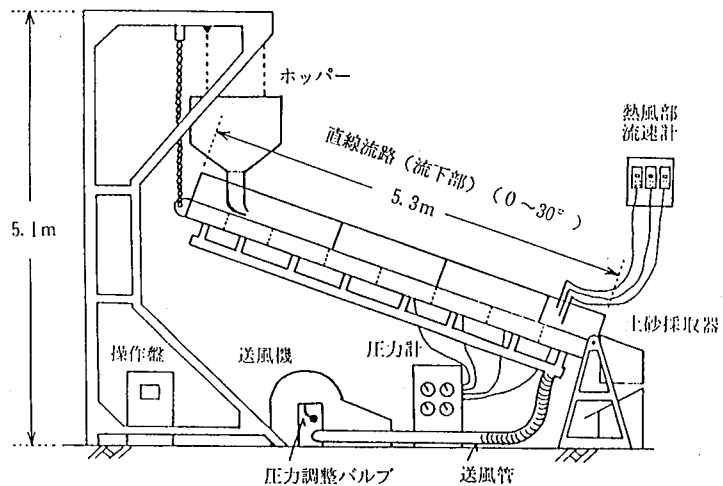


図-1 実験装置の概要

空隙率及び静止摩擦角は各々35%、35度である。流路勾配については、各圧力で3通りに変化させた。実験では、トレーサーの軌跡を高速VTRカメラ(200コマ/sec)の画像から読みとり、火砕流本体部の深さ方向の流速分布を計測した。また、流路下端部で一定時間土砂を採取して全土砂濃度を計測した。

3. 実験結果と考察

図-2に勾配28度の場合の流動深方向の本体部の速度分布を示す。ただし、土砂が流動中では流路底部の空気圧力は 2.2×10^2 、 2.1×10^2 、 1.7×10^2 Paに上昇した。図-2より、勾配が同じ場合、流路底部空気圧力 1.2×10^2 Paと 3.9×10^1 Paでは表面流速で100cm/s程度の差があるものの、流速はほぼ同じような形状で分布していることが分かる。また、図-3に流路底部空気圧力 1.2×10^2 Paの場合の、各勾配ごとの本体部の速度分布を示す。図-3より、勾配が急になるほど速度が大きくなることが分かる。よって、今回の実験条件では、本体部の流速には流路勾配が大きく影響しており、流路底部の圧力が流速に与える影響は比較的小さいものと考えられる。

図-4に火砕流流下時の流路底部の空気圧力と本体部全土砂濃度との関係を示す。図-4より、土砂濃度は流下時の流路底部空気圧力が変化しても10%程度の変動となっている。また、勾配28度と勾配20度の場合、同一勾配であれば流路底部の空気圧力が変化しても10%程度変動するだけであることが分かる。今回の実験条件の場合、流路底部の空気圧力が火砕流本体部の土砂濃度に与える影響は小さく、土砂濃度はあまり変化しないことが分かる。

図-5に流路勾配と本体部全土砂濃度との関係を示す。図中の破線は局所平衡状態における金谷の式より計算される土砂濃度Cの理論値である。

$$C = \left(\frac{10^{0.5}}{3} \cdot \frac{i_e}{\mu} \right)^3 \quad \dots (1)$$

ただし、C：土砂濃度， i_e ：エネルギー勾配(流路勾配で近似)， μ ：粒子間の固体摩擦係数である。

図-5より、実験での土砂濃度は勾配が変化しても約40~50%とほぼ一定の値となっており、勾配や流路底部の空気圧力の影響をあまり受けていないことが分かる。流路勾配を徐々に緩くしていくと、流動限界(停止)の勾配になるまではそれほど土砂濃度は変化しないで、流動限界勾配付近でも土砂濃度はほとんど減少せず、(1)式で与えられる土砂濃度の減少のしかたとは異なる結果が得られた。

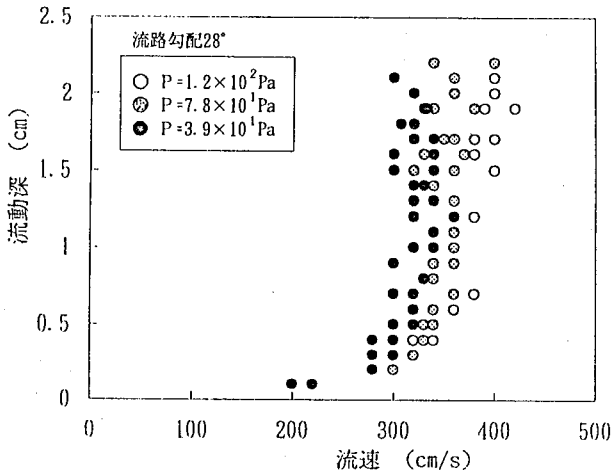


図-2 本体部の速度分布(流路勾配28°)

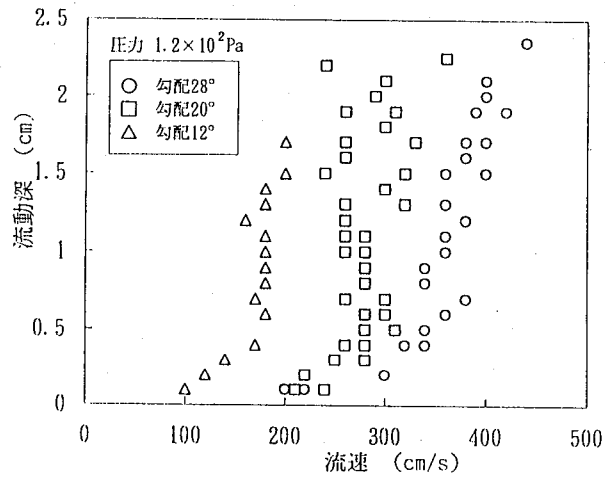


図-3 本体部の速度分布
(流路底部空気圧力 1.2×10^2 Pa)

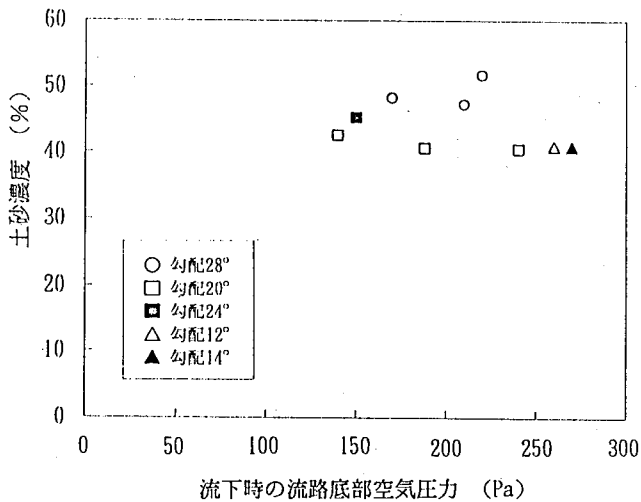


図-4 流路底部の空気圧力と本体部全土砂濃度の関係

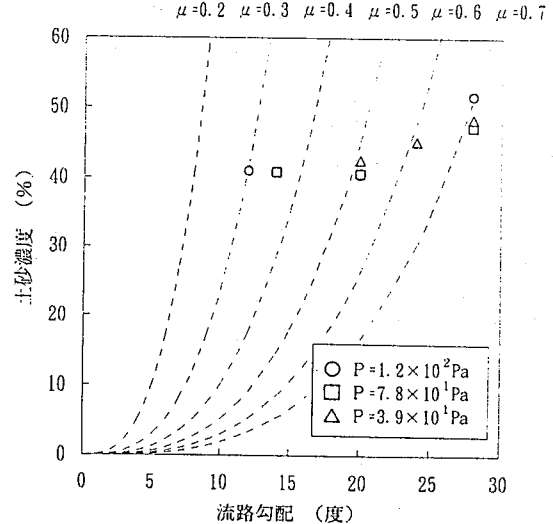


図-5 流路勾配と本体部全土砂濃度の関係

4. まとめと今後の課題

今回行った実験の結果、①火砕流本体部の流速に与える流路底部の圧力の影響は比較的小さく、勾配の影響を大きく受ける、②全土砂濃度は勾配や流路底部空気圧力が変化してもあまり影響を受けず、ほぼ一定の値となることが明らかとなった。今後は、これらの実験で得られた成果を実際の火砕流の流動現象と比較して、火砕流の運動機構を解明していきたい。