

(研究題目) 火砕流の熱・流動機構

Thermohydraulic Mechanism of Pyroclastic Flow

(研究者)

小林 健一  
Kenichi P. Kobayashi

東京工業大学工学部 助手  
Research Associate, Faculty of Engineering,  
Tokyo Insititute of Technology

(英文サマリー)

Pyroclastic flow is a complicated multiphase flow associated with volcanic eruptions. It consists of a mixture of air and hot volcanic ash and behaves like a gravity current along mountain slopes. Clarifying the mechanisms of movement of a pyroclastic flow is important in studying how to prevent or minimize damage due to pyroclastic flows. Basic experiments were performed to analyze the influence of air temperature. Thermohydraulic mechanism is remarkably affected by air temperature.

(邦文本文)

#### 4-1. 研究目的

1991年以来、長崎県雲仙普賢岳の噴火活動に伴い火砕流が頻発し、人命や家屋に膨大な被害を与え、いまだ地域の住民が避難生活を強いられている。

火砕流は火山灰が噴出ガスと混じりあった固気混相流の状態を保ちながら重力流として高速で流下する現象で、極めて破壊力の強い火山災害であるが、高温・高速であるため直接観測することが困難であるため未だ解明されていない部分が多い。

本研究では、傾斜した斜面の床下より常温から300℃の空気を噴出し斜面上の固体粒子を流動化することにより火砕流の特徴である高温の固気混相流を模擬した流路を用いて、レーザ流速計による固体粒子の流下速度計測を行い、噴出ガスの温度の影響を調べることにより、火砕流の熱・流体機構を解明し災害対策や火砕流予知のための資料とする事を目指す。

#### 4-2. 研究経過および成果

・実験方法

図1に本研究で用いた実験装置の概略を示す。流路は幅45 mm、長さ920 mm、高さ400 mmの鋼鉄製で底面より200 mmのところから発泡金属製の斜面を設けた。ブロワから空気予熱器を経て流量・温度を調節した空気を流動層装置下部へと導き、ゲートより上流部分にせき止めてある固体粒子を十分に流動化させた後、ゲートを上方へ引き上げて試料を斜面上に流す。このときの固体粒子の流下速度をファイバレーザドップラ流速計 (FLDV) を用いて、ゲートより下流に320 mmの地点で測定し、同時にビデオカメラにより270~440 mmの範囲の流動状況を記録した。実験に用いた固体粒子は、ケイ砂をふるいにかけたもので、すべての実験を通して300 gの粒子を流下させた。実験は、流路の勾配 {5, 10 (deg.)}、固体粒子の平均粒径 {205.4, 303.0 μm}、噴出空気流速 (流路に供給される空気量を流路底面積で除して求めた値) {0.71, 0.92, 1.15 (m/s)}、噴出空気温度 {310, 473, 573 (K)} の各条件の組み合わせで行った。

## ・成果

(1) 常温における実験 高温での実験に先立ち、常温において、流路の勾配、固体粒子の平均粒径、噴出空気流速の各パラメータの流動機構に対する影響について、流速測定およびビデオ撮影により調べた。固体粒子の流下速度は、噴出空気流速、流路の勾配、固体粒子の平均粒径の増加に伴い、大きくなり、それぞれの関係は、これまでに発表されている結果と一致した。

(2) 高温における実験 次に、火砕流の特徴である高温ガスによる流動化を明らかにするために、噴出空気の温度と流下速度との関係を調べた。

図2は、固体粒子の平均粒径205.4 μm、流路の勾配10 deg、噴出空気流速0.92 m/sの条件で、噴出空気の温度を310 Kから573 Kまで変化させたときの流速を斜面からの距離に対してプロットしたものである。流路の勾配は安息角以下である。噴出空気の温度が常温から高温になるに従って、斜面の近くでの流速は遅くなるが、斜面から遠ざかるとほぼ同じ値に収まる。移動する固体粒子には外力として重力と噴出空気による抗力が働くが、空気の温度が変わることにより、密度は減少し動粘性係数は増加する。このとき、動粘性係数の増加の方が密度の減少分よりも大きく、粒子に働く抗力が増加する。噴出空気による粒子抗力は、粒子に対して上向きに働き、流路を下る方向の成分は弱くなる。このため、斜面近傍では常温より高温の場合の方が粒子の流速が遅くなると考えられる。

また、ビデオ撮影による流動の様子は、常温では固体粒子は高さ方向に広い範囲に分散して激しく混合しながら流下するが、高温では一定の高さの所をまとまって高速に流下し、

粒子の全量の流下にかかる時間は高温の場合ほど短くなっている。

高温になるほど、斜面近傍で流速が遅くなることと、全量の流下にかかる時間が短いという結果は、整合しない様に考えられるが、今回の計測では固体粒子の粒子数密度を測定することが出来なかったため、必ずしもそうとは言えない。今後、流速測定と同時に粒子数密度を測定することにより、火砕流内部の構造をさらに解明していく予定である。

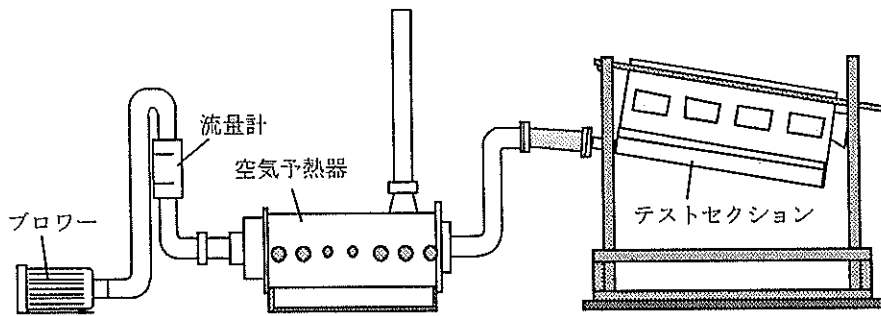


図1 火砕流実験装置の概略

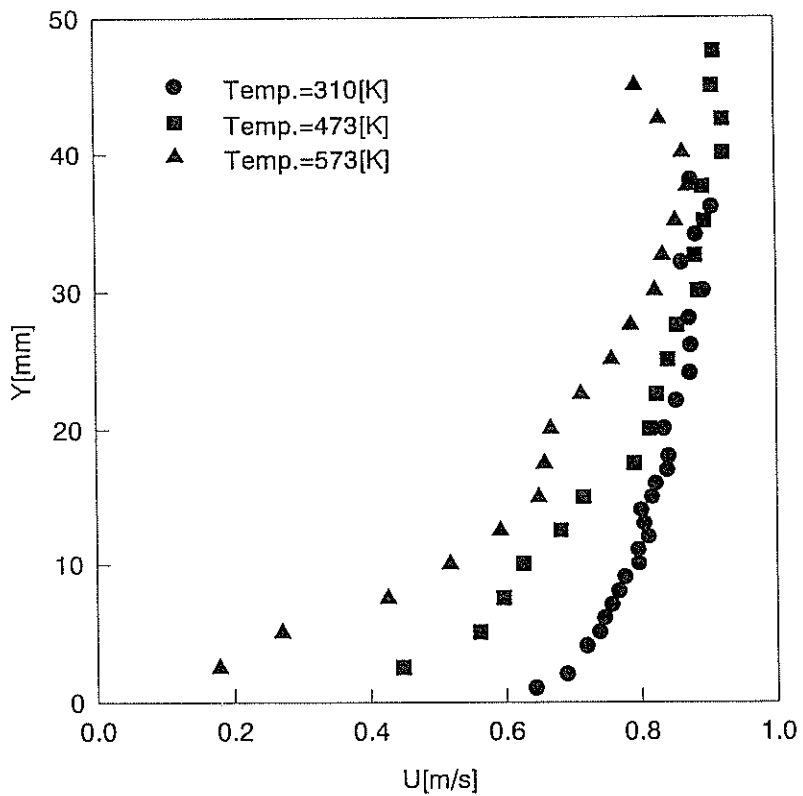


図2 流下方向の固体粒子速度分布  
 (固体粒子の平均粒子径: 205.4  $\mu\text{m}$ , 流路の勾配: 10 deg., 噴出空気流速: 0.92 m/s)