

火砕流の堆積機構における粒子特性の影響: アナログ実験

Analogue experimental study: the effect of particle concentration on depositional mechanism of pyroclastic flows

小暮 昌史 [1]; 谷口 宏充 [2]

Masashi Kogure[1]; Hiromitsu Taniguchi[2]

[1] 東北大・理・地学; [2] 東北大・東北アジア研セ

[1] Faculty of Sci.Tohoku Univ.; [2] CNEAS, Tohoku Univ

[背景] 火山噴火に伴う火砕流災害を考える上で、火砕流の流動特性と堆積物との関係を理解することは重要である。一般に火砕流堆積物の特徴には多様性があるため、火砕流ダイナミクスの理解を困難にしている。例えば堆積構造は、塊状構造から成層構造に至るまで存在し、それは火口からの距離により変化することも報告されている(例えば Sohn and Chough, 1989)。また堆積物の構成粒子の粒径は0.001mm~1m オーダーに及び、淘汰度も各堆積物でばらつきがある。

一方で、火砕流の力学的・熱力学的モデルも提唱されており(例えば Bursik and Woods, 1996) 数値解析の研究も進められている(例えば Neri and Dobran, 1994)。しかし、火砕流ダイナミクスにおける粒子運動の影響や、粒子・ガスの相互作用と火砕流堆積物との関連性については、定性的な理解は得られても定量的な段階として理解が進んでいるとは言い難い。本研究では、火砕流が固体粒子と気体からなる混相流である点を踏まえ、粒子を含む流体を用いたアナログ実験を進めることで、火砕流ダイナミクスと堆積物との関連性を議論していきたい。

[実験] 火砕流を構成する火砕物及び気体を模擬するものとして、それぞれガラスビーズ 50g(真密度 2.6g/cm³, 粒径 0.15mm, 0.05mm) と真水 200ml を用いた。はじめに粒子と真水を十分なじませた後に、各実験ごとの粒子体積濃度になるように粒子と真水の量比を調節し、容器に入れ、十分静置する。その混合液を一定時間攪拌した後に攪拌棒を外し、ガラスビーズの沈降特性を観察する。ガラスビーズの沈降速度を計測するために、容器の水平方向からデジタルビデオカメラを用いて撮影した。撮影した動画は PC 上の画像編集ソフト及び画像解析ソフトを用いて画像処理を行った。

[結果・考察] 一定時間攪拌後、混合液内では 3 つの領域(粒子が長時間懸濁している領域 A、粒子が沈降する領域 B、堆積層が形成する領域 C)が確認された。本実験では、領域 B 及び C の最上部の高さの時間変化をそれぞれの速度とする。このとき、領域 B の沈降速度は若干の変動はあるもののほぼ一定であった。領域 C の形成速度はほぼ一定であった。領域 A については粒径が 0.15mm 以上の場合では確認できなかった。

粒子濃度を一定にし、粒子粒径を変化させた時の沈降特性の変化を求めた。その結果、粒径が大きいほうが、領域 B, C の各速度は大きくなる傾向が見られた。

粒子粒径を 0.05mm と一定にし、粒子濃度の変化を 1.9, 6.5, 19.8 vol.% とした時の沈降特性の変化を求めた。粒子濃度の増加と共に、領域 B の沈降速度は 0.95 ± 0.03 mm/sec., 1.32 ± 0.16 mm/sec., 1.90 ± 0.17 mm/sec. と増加した。この実験結果は、実効的粘性が粒子濃度により増加することを考慮した、無限流体中での単一粒子のストークス沈降速度を用いることで、調和的に説明できた。ここで、実効的粘性には Einstein-Roscoe の式を用い、流体相の密度は粒子濃度を反映させている。このことから、混合流体の沈降特性は、比較的高濃度の領域においても、混合流体を構成する単一粒子のストークス沈降で第一近似的に理解できる可能性が示唆される。

一方、粒子濃度の変化を 1.9, 6.5, 19.8 vol.% とした時の領域 C の形成速度は、それぞれ 0.21 ± 0.03 mm/sec., 0.22 ± 0.03 mm/sec., 0.41 ± 0.01 mm/sec. となり、粒子濃度と正の相関を持つことがわかった。これは粒子濃度が増加すると共に、領域 B から C へ供給する粒子量が増加するために生じていると考えられる。

火砕流堆積物を構成する粒子の粒径や密度には多様性がある。本実験ではその多様性と火砕流の流動特性との関係を求めるための予備実験を行った。本実験では画像解析のみを行ったが、今後領域 B 内における粒子濃度の時間変化について計測し、より具体的な検討を行っていく。また、極細粒粒子と粗粒粒子を混合させたときの、流体の沈降特性への影響を求めていく予定である。