

火砕流の流動機構における粒子径の影響

The effect of particle size on dynamics of pyroclastic density currents

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

火山噴火で生じる密度流 (pyroclastic density currents, 以下 PDC と略す) は、高温の火砕物粒子とガスからなる固気 2 相流である。その流動・堆積機構についてのモデルはいくつか提案されているが、堆積物の特徴が広範囲に及ぶことや、PDC の直接観測が困難であることなどから、そのような堆積物を形成するような流動機構を一義に決定することは難しい。PDC の流動機構に関する研究は、固液 2 相流を用いたアナログ実験や数値解析によって進められてきている。しかし、従来行われてきたような室内スケールの固液 2 相流と火山噴火スケールの固気 2 相流との間に相似則が成り立つのか否かについては、必ずしも明らかにはされていない。そこで本研究では、固液 2 相流と固気 2 相流との関係を検討するために、室内スケールにおける 2 つの流れの比較実験を行った。ここでの PDC は、噴煙柱崩壊によって発生したものを想定している。

【実験方法】

本研究では、PDC の流動機構は「噴煙柱」が「崩壊」することに強く影響を受けるものと考え、「アナログ物質」を「落下」させることで流れを発生させている。

水で満たされた直径 30cm、高さ 15cm の円形水槽の上に、珪砂を落下させるための出発容器を準備する。出発容器はアクリルパイプであり、その底部は開閉できるようにしてある。実験では、まず乾燥し計量した珪砂を出発容器の中に静かに入れ、底部を開放して珪砂を落下させた。珪砂の密度は 2.68g/cm^3 、平均粒径は約 0.1mm、出発時の珪砂のかさ密度は $1.05 \pm 0.01\text{g/cm}^3$ である。実験でのパラメータには、アクリルパイプの口径 (0.8, 1.8, 2.5 cm)、珪砂の出発時の質量 (5, 10, 15, 30, 60 g) を設定した。そして水中に落下させた場合と空気中で落下させた場合の比較を行った。

実験では、デジタルビデオカメラを用いて水平方向と鉛直方向の 2 方向から撮影した。撮影した動画を PC ソフトウェアを用いて画像に変換・保存し、画像解析を行うことで流れの速度を計測した。

【実験結果・考察】

水中落下実験では、サーマルが発達する場合と、ブルームが発達する場合が観察された。例えば口径一定では質量が小さいほどサーマルが発達し、質量が大きいほどブルーム状が発達する傾向がある。珪砂が水槽底部に達すると、ほぼ同心円状に広がる雲状の流れと、水槽中心部に塊で堆積するものの二つに分かれた。実験映像や堆積分布から判断すると、今回の実験条件では珪砂が水中で凝集したために珪砂全体が効率的に混合していなかった。また雲状の流れは先頭部に粒子がより多く集まっていて、水槽上部から観察するとドーナツ状である。この流れの先頭部はより希薄になりながら流動し、背部にはほぼ均一に粒子が薄く堆積していた。この実験条件の範囲内では、落下中の速度や、水槽底部を流動中の速度に大きな変化は見られなかった。

一方空中で落下した実験では、珪砂は質量の変化に関わらず円柱状に落下した。地面に達すると、珪砂は地面を滑るように同心円状に広がるが、水中の場合で観察されたような雲状の流れは観察されなかった。この実験条件の範囲内では流速に大きな変化は見られなかった。特に空中落下時の速度は自由落下運動のそれに近い値であった。最終的な堆積物の到達距離と口径の間には正の相関が見られたが、質量との間には相関は見られなかった。

水中と空気中の珪砂落下実験における流動状態の違いは、全体の運動に要する時間スケールと、各媒体中での粒子運動の時間スケールの違いを反映していると考えられる。同一粒径の粒子の終端速度は、水中の粒子の方が空気中よりも桁で小さくなる。本実験での空気中の落下運動は、粒子が終端速度に達する前に衝突するため、ほとんど自由落下運動と変わらない。一方水中での落下運動は、粒子がすぐに終端速度に達するため、粒子の運動よりも流体としての運動が卓越する。