

# マグマ溜りにおける組成対流による混合効果についての実験的研究

## Experimental study on mixing by compositional convection in a magma chamber

# 金子 克哉[1]

# Katsuya Kaneko[1]

[1] 京大・人環

[1] Human and environmental studies, Kyoto Univ.

### はじめに

火山下のマグマ溜りでは、マグマの結晶化、周辺地殻の溶融、対流などの複合的な物理過程により、マグマの熱物質進化が支配されている。特に、マグマ溜り底面においては、溶融及び結晶化が起こることにより、固液共存領域であるマッシュ層が形成され、マッシュ層中のメルトの物質移動が、溜り内のマグマの分化に重要な役割を果たしていると考えられる。マッシュ層中のメルトは、分化した組成のため密度が小さく、上昇運動を起こし、組成対流を発生させる。このとき、そのメルトは、マッシュ中に形成されるチムニーと呼ばれるパイプを通して上昇する。チムニーの径はその間隔よりも非常に小さく、上昇流はチムニーを通して細いプリュームとしてマッシュ層上面より上部の液領域に放出され、それを補うように全体的な下降流がマッシュ層中に入る。上昇プリュームは、液領域中で上昇しながら混合するが、混合は必ずしも完全には起こらないため、その場合には液領域中には上部ほど密度の軽い分化したメルトからなるような組成プロファイルが形成され、この組成プロファイルによって、結晶の場であるマッシュ層中に入る下降流のメルト組成が影響を受ける。したがって、マグマ溜り内のマグマの組成的な空間構造およびメルトの組成分化経路のモデルを構築するためには、2つの問題を理解する必要がある。ひとつは、マッシュ中における上昇プリュームがどのような径、間隔、流量を持って発生するかという問題であり、もうひとつは、マッシュ層中で性質を決定された上昇プリュームが、上部液領域でどのような混合を引き起こすかという問題である。本研究では、この二番目の問題に焦点を絞り、室内における水槽と塩水を用いた実験により、上昇プリュームの径、間隔、流量の変化による組成対流混合の定量的性質を明らかにすることを目的とする。本大会では、この実験の予察の結果について報告を行う。

### 実験装置および初期条件

実験は、高密度流体を入れた水槽の下面に、低密度流体のプリュームによる組成対流を発生させ、対流混合の結果としての垂直方向の組成プロファイルを測定する、というものである。実験には、内寸 15 x 15 cm、高さ 30 cm のアクリル製水槽を用いた。この水槽の底面一面には互いに等間隔のたくさんの穴が開いている。この水槽の下に上面に多孔質物質を備えた別のアクリル水槽を密着させる。下部水槽には、側面下方に注水口を作っており、これを送液ポンプに接続する。上部水槽に高密度流体を入れた後、送液ポンプにより低密度流体を下部水槽に送りこむ。低密度流体は、下部水槽上面の多孔質媒体を経て、上部水槽下面の穴より上部水槽に放出され、上昇プリュームとなって高密度流体中を上昇混合する。実験において変化させるパラメータは、上部水槽下面の穴の径と間隔（すなわち上昇プリュームの径と間隔）、2流体間の密度差、高密度流体の初期厚さ、低密度流体の流量である。これらを変化させて、対流混合の結果として生じる上部水槽の液体の組成プロファイルの計測を行う。

現在まで、高密度流体として 5wt% または 10wt% の塩水（密度はそれぞれ 1035 および 1070 kgm<sup>-3</sup>）を、低密度流体として水を使用し、注入する水の流量を系統的に変化させた実験を行った。塩水の初期厚さは 60mm、プリュームの径と間隔はそれぞれ 2mm と 20mm とし、水の体積流量を 6.5e-6 ~ 104e-6 m/s の範囲で変化させ実験を行った。

### 結果

実験において、上部水槽の穴より上昇してくるプリュームは、まず穴とほぼ同じ径のまま層流状態で 1~2cm 上昇し、その後乱れが起こり乱流化してジェットのように広がっていった。隣接プリュームの運動が干渉する様子は観察されなかった。プリュームが乱流化する高さは、流量が大きいほど低くなる傾向がある。全ての実験で、上方に向かって塩分濃度が減少する安定な組成勾配ができた。

5wt% と 10wt% の塩水の両方の実験で、水の流量が増加するにつれて、液領域の組成勾配が大きくなる傾向が見られ、すなわち混合の効率が悪くなっていることが明らかになった。これまで行われたプリュームの性質を制御せず、高密度流体の下方から低密度流体を均質に入れた場合の組成対流の実験では、低密度流体の流量の増加とともに混合がより効率的になることが分かっている。今回の実験では、混合効率に関して、定性的に逆の性質があることが明らかになった。

今後、上昇プリュームの諸パラメータを系統的に変化させた実験を行うことにより、混合効率を定量的に評価するための重要なパラメータを見出し、マグマ溜り系への応用を行っていく計画である。