

## 部分溶融層におけるメルト上昇のモデル実験

### Model experiments on melt ascent in the partially molten zone

柴野 靖子<sup>1\*</sup>, 隅田 育郎<sup>1</sup>

Yasuko Shibano<sup>1\*</sup>, Ikuro Sumita<sup>1</sup>

<sup>1</sup>金沢大学 大学院 自然科学研究科

<sup>1</sup>Kanazawa University

はじめに：沈み込み帯では、水の付加によって岩石の融点が下がりメルトが生成する。生成されたメルトは移動し、地殻まで上昇する。しかし、メルトが上昇している場を直接観察すること、また岩石から読み取ることは難しい。さらに、メルト生成場では部分溶融が生じ、固体である鉱物と液体であるメルトが混ざり合った複雑な系になっている。メルト量のごく少量のときについては、すでに岩石溶融実験、モデル実験が行なわれ、メルト上昇の1次元モデル(例：Daines, 2000)が確立されている。しかし、実際のメルト上昇は3次元から成り、より複雑な流れのパターンをとる。この系は、薄い粘性流体の層が重力不安定により粉粒体中を上昇していく過程としてモデル化することができる。本研究では、このモデルの全過程とパラメータ依存性を実験により調べ、沈み込み帯におけるメルト輸送へ応用することを目的とする。

過去にも、粉粒体と粘性流体を組み合わせた系で実験が行なわれており、粘性流体がチャンネルやfingerを形成しながら移動していく様子が観察された。しかし、これらの系では粉粒体が溶解する場合(Kelemen et al., 1995)、または移動の初期段階のみ(Voltz et al., 2001, Michioka and Sumita, 2005)に着目していた。最近では粉粒体-空気系で長時間の振る舞いが調べられている(Vinningland et al., 2007)。本研究はそれを粉粒体-液体系に発展させたものである。

実験方法：スチロールケース(縦45mm×横168mm×奥行き8.5mm)にガラスビーズ(0.177-0.250mm)とシリコンオイル(96.5mPas, 485mPas)を詰め、圧密させた後、上下反転させて動画を撮影した。96.5mPasの装置では初期のシリコンオイルの層厚を約10.0mm、7.0mm、6.3mm、3.0mm、1.4mmの5種類、485mPasでは、約15.0mm、8.6mm、4.7mm、1.6mmの4種類でそれぞれ実験を4回ずつ行なった。さらに動画のある時間間隔で切り出して静止画とし、MATLABを用いて画像解析を行なった。

実験結果：パッキング率 $0.52 < \phi < 0.53$ の場合は上下反転後に大きく境界が波打ち、上に凸の部分でより速く粘性流体の上昇が進み、チャンネルを形成した。これに対して、 $\phi = 0.60 \pm 0.03$ の場合は、上下反転後に境界が下方向に膨張する。本研究ではこのように $\phi$ が大きく、最密充填している場合について詳細に調べた。境界の凸凹は増大しながらも、全体的には層状のまま粘性流体が上昇した。一連の現象はどちらの場合においても2段階に分類できた。初期境界からの距離、波長、振幅の解析により、第1段階は指数関数的な成長がそれぞれみられた。ガラスビーズがブルーム状で落下し、次第に循環することでセルを形成する。このとき下の層の境界には、よりビーズが動きやすくなっている境界層が存在している。これらの現象は内部熱源のある熱対流とよく似ている。(2010連合大会、セッション地球流体力学:並木、柴野)。下のオイルに富む層が完全に懸濁し、境界層が消えると第2段階へと移行する。第2段階ではそれぞれの成長が第1段階よりも遅くなる。粘性率が高い場合は層のまま上昇を続けるが、粘性率が低い場合は局所的な成長が見え始めることもある。また、初期の粉粒の層厚が液層の層厚の約5~7倍(485mPasの場合)もしくは7~14倍(96.5mPasの場合)以上の時は、ケースの上部に到達する前に、オイルがポケット状

に分布するようになり、次第に消えていく。

マントルにおけるメルト上昇への示唆

初期段階は、移動距離・波長・振幅の変化はStokes速度と粘性流体の初期層厚によってスケールされる。これは、メルトが層として上昇できる高さが、初期の液体層の層厚に依存していることを示している。また、部分熔融層の部分熔融度が $0.40 \pm 0.03$ 程度では粒子同士の相互作用が強いため、メルト層は層を維持しつつ、波長を増大させながら移動していき、その後は、オイルポケットが形成され、次第にポケットが消えて懸濁層を形成することが示唆される。以上は、Rayleigh-Taylor不安定とは異なる不安定成長の様式である。また、層の移動速度は、バルクの部分熔融度と浸透率としてKozeny-Carman式を用いた浸透流速の10~100倍となる。そのため、メルト生成場において不均一なメルト分布ができると、メルトがある程度集積して存在する部分では、メルト移動が局所的に速くなることが予想される。

参考文献

- [1] Daines.M.,Migration of Melt,in Encyclopedia of Volcanoes Academic Press,2000
- [2]Kelemen et al.,J.Geophys.Res.,vol.100,475-496 (1995)
- [3] Michioka,H.and Sumita,I,GRL.32,doi:10.1029/2004GL02182(2005)
- [4] C.Voltz,W.Pesch,and I.Rehberg,Phys.Rev.E.65.011404(2001)
- [5] Vinningland et al., Phys.Rev.E.76.051306(2007)

キーワード:部分熔融帯,メルト,粉粒体,重力不安定,チャンネル

Keywords: partially molten zone, melt, granular matter, gravitational instability, channel