

粘弾性母岩中におけるマグマ輸送のモデル実験：粘性率依存性 Model experiments on magma migration in a viscoelastic host rock : effect of viscosity

竹口 いくみ^{1*}; 隅田 育郎¹
TAKEGUCHI, Izumi^{1*}; SUMITA, Ikuro¹

¹ 金沢大学大学院 自然科学研究科

¹ Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

部分溶融により発生したマグマは浮力によって地殻のマグマ溜まりへ、最終的に地球表層へと上昇する。その際、支配的な物理過程は変化し、アセノスフェアでは粘性変形であるダイアピル上昇、リソスフェアでは弾性破壊であるダイク貫入がマグマ輸送のメカニズムとされてきた (Rubin, 1995)。粘性変形と弾性破壊によるマグマ輸送は多くの研究がなされているが、その遷移領域における理解は十分ではなく、浮力クラックの形と速度を決定する要因については未だに不明点が多い。私達は柔らかい寒天を使ったモデル実験によりこの遷移領域におけるマグマ輸送の研究を進めている (Sumita and Ota, 2011)。本発表では、マグマの粘性率が粘弾性体中のマグマ輸送に与える影響について調べた実験結果について報告する。

本実験では、(1) 使用する寒天のレオロジー測定と (2) 注入実験、の 2 つを行う。注入実験は直径 160mm、長さ 250、500mm のアクリルの円柱内の寒天 (母岩) に CsCl 水溶液に増粘剤を加えたもの (マグマ) を上部からシリンジを用いて注入することで行う。その際、注入する体積・寒天との密度差・注入速度をそれぞれ 1ml、0.108g/ml、0.1ml/s に固定し、実験パラメーターとして寒天の濃度を 0.04~0.5wt%、注入流体の粘性率を 10^{-3} ~650Pa・s と 5 桁変化させる。寒天の濃度を 1 桁変えることにより、剛性率、降伏応力が 3 桁変化する。クリープ試験により寒天はバネとフォークトモデルを直列につないだ粘弾性モデルで近似できることが分かっている。実験の様子は互いに直交する 2 方向と円柱下方からビデオカメラで撮影し、観察する。

寒天の剛性率が小さくなると、クラックの形が 2 次元 (板状) から 3 次元 (頭が膨れたもの) へと遷移した。2 次元から 3 次元へと遷移する臨界剛性率は 10Pa 程度であり、粘性率が高くなると臨界剛性率は小さくなる。この臨界剛性率の値は、歪が ~1 程度になる時の力の釣り合いから求まる剛性率 $G = \Delta \rho g V^{1/3}$ ($\Delta \rho$: 密度差、 g : 重力加速度、 V : クラック頭の体積) の値と整合的である。クラックは膨れた頭と薄いシート状の尾からなり、クラックが長くなるに従い次第に頭が薄く小さくなり、減速する。特に硬い寒天あるいは高粘性率流体を注入した実験ではクラックが実験容器内で停止した。この停止距離は寒天の降伏応力、流体の粘性率が大きくなると短くなり、クラックの形が 2 次元的になることと対応している。また注入流体の伝播距離は時間に対して冪乗則的に長くなる。冪の値は流体粘性率が小さくなるに従い、1/3 から 1 へと遷移した。冪の値 1/3 はクラックが長くなるに従ってクラックが一様に薄くなり減速するスケーリングに対応する (Taisne et al 2011)。傾きが 1/3 より大きくなるのは、クラックの形が 3 次元的になることと対応付けられる。以上の実験より、マグマの粘性率は粘弾性体中のクラックの移動速度ばかりでなく、クラックの形、減速の仕方、停止距離を支配することが分かった。

引用文献:

Rubin, A. M., 1995, Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 23, 287-336.

Sumita, I. and Y. Ota, 2011. Earth Planet. Sci. Lett., 304, 337-346.

Taisne, B. et al., 2011, Bull. Volcanol., 73, 191-204.

キーワード: 粘弾性, マグマ上昇, レオロジー, クラック

Keywords: viscoelasticity, Magma ascent, rheology, crack