

結晶入りマグマの微視的粘度と巨視的粘度

The difference between microscopic viscosity and macroscopic viscosity of crystal-bearing magmas

*河波 俊和¹、佐伯 和人¹

*Toshikazu Kawanami¹, Kazuto Saiki¹

1.大阪大学理学研究科宇宙地球科学専攻

1.Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science Osaka University

マグマは、純粋な液体部分であるケイ酸塩のメルトに固体である鉱物の結晶または気体である揮発性のガスが含まれた混相流体である。そしてマグマに含まれる結晶や気泡の量はマグマの粘度に大きな影響を及ぼし、一般的に結晶の量が増えるにつれてマグマの粘度が急激に増加することが知られている。このマグマの粘度を正確に見積もることは火山現象の時間スケールや空間スケールを理解する上で重要であり、マグマの模擬物質を用いたアナログ実験や室内でのマグマの熔融実験などにおいて粘度の測定が盛んに行われている。本研究では、マグマのような混相流体の見かけの粘度に次の二つの種類があるのではないかと提案する。一つはマグマ中を結晶などの微小物体が動くときに感じる見かけの粘度で、これを「微視的粘度」と定義する。もう一つはマグマ全体としての見かけの粘度で、「巨視的粘度」と定義する。これまでの固液二相流体を用いたアナログ実験において、ストークスの式を使った落球法では微視的粘度の測定[1]を、回転粘度計を用いた測定では巨視的粘度の測定[2]を行っていたと考えられる。しかしながら、これまでの先行研究では一つの固液二相流体に対して、上記二つの粘度測定の双方から粘度を測定した実験は見られない。そこで本研究では、一つの固液二相流体に対して微視的粘度と巨視的粘度の両方を測定し、その違いを明らかにすることを目的とした。

試料と実験：結晶入りマグマの模擬物質として、液体部分にはコーンシロップ(比重1.4 粘度 約7Pa・s at 23°C)を、結晶部分は2種類のサイズ(1.5mmφ, 3.0mmφ)の球形プラスチックビーズ(比重0.934)を用いた。微視的粘度の測定(落球法)では3種類のサイズのステンレス球(1.5mmφ比重9.62, 5mmφ比重7.96, 9.52mmφ比重7.95)と、試料を入れて測定を行う容器として、51mmφの100mlガラスビーカーを用いた。また巨視的粘度の測定には自作の共軸二重円筒回転粘度計を使用した。試料については上記の物質を用いて、流体に含まれる浮遊粒子(ビーズ)のサイズ2種類、その含まれる量(体積分率)を5種類(0, 5, 10, 20, 30%)変えて合計10種類の試料を用意した。次に測定条件については、落球法ではステンレス球のサイズを3種類変えて、微視的粘度を測定した。回転粘度計を用いた測定では、ずり流動化の挙動を調べるために、モーターにかける電圧の値を3種類(1.0V, 1.5V, 3.0V)変えて、巨視的粘度の測定を行った。

結果：回転粘度計のモーターにかける電圧が1Vの条件下での粘度測定値はずり流動化の影響が十分に小さいと考えられたので、その値を巨視的粘度の代表値とした。浮遊粒子1.5mmφは、体積分率が約20%以下で、浮遊粒子に対する落球の相対サイズが1.0、3.3の条件において、微視的粘度の値は巨視的粘度の値の約0.7~0.9倍になることがわかった。また、相対サイズが6.4の条件では、30%までの体積分率において微視的粘度と巨視的粘度の値は同程度になることが示唆された。浮遊粒子3.0mmφは、体積分率が約20%以下で、浮遊粒子に対する落球の相対サイズが0.5、1.7、3.2の条件において、微視的粘度の値は巨視的粘度の値の約0.6~0.9倍になることがわかった。

[引用文献]

[1] Milliken WJ et al. (1989) Physicochem Hydrodynam, 11(3), 341-355.

[2] Gaudio PD et al. (2013) Geochemistry Geophysics Geosystems, 14(8), 2661-2669.