

SIT039-04

会場:301A

時間:5月24日 09:15-09:30

結晶を含むマグマの粘性率測定実験：伊豆大島 1778 年玄武岩の例 Experimental investigation on viscosity of crystal-bearing magma; a case study for the 1778 Izu-Oshima basalt

石橋 秀巳^{1*}, 佐藤 博明²

Hidemi Ishibashi^{1*}, Hiroaki Sato²

¹ 東京大学・院理・地殻化学実験施設, ² 静岡大学防災総合センター

¹Geochemical Research Center, Univ. Tokyo, ²CIREN, Shizuoka Univ.

マグマのレオロジー的性質、特に粘性率は、マグマの流動を支配する決定的な物性である。そのため、マグマの粘性率に関する知識は、マグマの流動の関わるあらゆる現象について理解するうえでも極めて重要であるといえる。ところで、マグマは一般にケイ酸塩メルト中に結晶や気泡などの粒子が浮遊するサスペンションであり、これらの浮遊結晶がマグマの粘性率変化や非ニュートン流体的ふるまいを引き起こす。特に結晶は、マグマのふるまいを流体的から固体的へと劇的に変化させるために、マグマの粘性率を評価するうえで極めて重要である。しかし、マグマ中の結晶が形成するテクスチャーと粘性率との定量的関係に関する理解は未だ極めて不十分であるのが現状である。著者らは、浮遊結晶がマグマの粘性率に及ぼす影響の理解を目的とし、マグマの高温その場粘性率測定と急冷試料のテクスチャー解析を行っている。本講演では、伊豆大島 1778 年噴火の玄武岩について行った高温粘性率測定実験の結果について報告する。

本研究で Starting material として用いた伊豆大島 1778 年溶岩はほぼ無斑晶質で、 $\text{SiO}_2 = 52.7\text{wt}\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} = 3.0\text{wt}\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3=13.8\text{wt}\%$ 、 $\text{FeO}*(=\text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3)=14.8\text{wt}\%$ ・ $\text{MgO}=4.8\text{wt}\%$ のやや Fe に富むソレアイト質玄武である。実験は、神戸大学の常圧高温粘性率測定装置を用いて行った。基本的な測定・解析方法は Ishibashi (2009) および Ishibashi and Sato (2010) に従う。実験は、酸素フュガシティーは Ni-NiO パッファー、温度は約 1258-1122 の条件で行った。測定後、溶融試料の一部を回収・急冷・研磨し、EPMA による化学分析と組織観察を行った。

本実験条件下での伊豆大島 1778 年溶岩の初相鉱物は斜長石で、そのリキダスは約 1188 であった。そして、約 1151 でピジョン輝石が、約 1111 で普通輝石と磁鉄鉱がそれぞれ晶出をはじめた。1188 以下では、結晶量は温度低下に伴って単調に増加し、約 1178 で 1.1 % (斜長石)、約 1162 で 3.6 % (斜長石)、約 1140 で 13.4 % (斜長石 10.7 % + ピジョン輝石 2.7 %)、約 1122 で 28.8 % (斜長石 19.5 % + ピジョン輝石 9.3 %)、約 1101 で 38.1 % (斜長石 23.1 % + ピジョン輝石 10.4 % + 普通輝石 4.0 % + 磁鉄鉱 0.6 %) であった。斜長石の平均アスペクト比は 0.25 であるが、より扁平な結晶も多く含まれる。

ビンガム流体モデルを用いてこの溶岩の粘性率を近似したところ、ビンガム粘度は 1258 で 42Pa s から 1122 で 1765Pa s まで、温度低下に伴って単調に増加した。1101 では測定できなかった。これらの粘性率測定値と、メルト相の粘性率 [Shaw(1972)の方法によって、温度と化学組成から見積もった]との比である相対粘度は、リキダス以上の温度ではほぼ 1 であったが、サブリキダス温度では結晶量の増加に伴って増加した。等方的形状の結晶の影響をよく再現する Einstein-Roscoe (ER) 式 (ただし、最密充填密度 $F_m = 0.6$ を採用) と比較したところ、本研究データの方が結晶量増加に伴う相対粘度の増加率が大きかった。このちがいは主に、浮遊結晶の形状の違いを反映したものと考えられる。ER 式をより一般化した Krieger-Dougherty (KD) 式 (Krieger and Dougherty, 1958);

$$\ln \text{relative viscosity} = -vF_m \ln (1-F/F_m)$$

(ここでは F は結晶量、v は intrinsic viscosity) と比較したところ、 $vF_m = 2.3$ 、 $F_m = 0.49$ の値を得た。この vF_m の値は、ER の式における値 2.5 と近い。したがって、本研究結果の ER の式からの逸脱は主に F_m の変化だけで説明できる。今回得られた F_m の値は、同じ平均アスペクト比をもつランダムに配向した扁平楕円体の理論値よりも小さい。これは、平均よりも扁平な結晶がより強くマグマの粘性率に影響を及ぼしていることを示している。

降伏応力は少なくとも結晶量 0.13 で発生し、結晶量に伴って増加する。この臨界結晶量は、同じ平均アスペクト比をもつランダムに配向した扁平楕円体の理論値よりも小さい。この違いの原因も、結晶形状分布のちがいによると考えられる。結晶は、その形状が扁平になるほどに、より少量でもネットワークを形成可能になる。このため、平均より非常に扁平な少量の結晶が、降伏応力の発生に強く寄与したと考えられる。これらの結果は、マグマの粘性率におよぼす結晶形状分布の影響の重要性を示唆している。

キーワード: 粘性率, 結晶, テクスチャー, 非ニュートン流体, 伊豆大島, 玄武岩

Keywords: viscosity, crystal, texture, non Newtonian fluid, Izu Oshima, basalt