

気泡を含む流紋岩メルトの剪断変形実験: 気泡連結度の進化

Shear deformation experiments on vesiculated rhyolitic melts: Evolution of bubble connectivity

奥村 聡 [1]; 中村 美千彦 [2]; 土山 明 [3]; 中野 司 [4]; 上杉 健太郎 [5]

Satoshi Okumura[1]; Michihiko Nakamura[2]; Akira Tsuchiyama[3]; Tsukasa Nakano[4]; Kentaro Uesugi[5]

[1] 東北大・理・地球物質科学; [2] 東北大・理・地球惑星物質科学; [3] 阪大・院理・宇宙地球; [4] 産総研 地質情報研究部門; [5] JASRI

[1] Inst. Min. Petro. Eco. Geol., Tohoku Univ.; [2] Inst. Mineral. Petrol. Econ. Geol., Tohoku Univ.; [3] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [4] GSJ/AIST; [5] JASRI

火道内を上昇するマグマの発泡および脱ガスは、火山噴火の様式を支配する要因の一つだと考えられている。例えば、発泡は低密度のマグマを形成するため、噴火の駆動力となる。一方で、形成された気泡中のガスが系外へ逃げる、つまり脱ガスが起こると噴火駆動力が弱められ、噴火は穏やかになると予想される。そのため、マグマの発泡および脱ガスのプロセスを理解することは、噴火様式の多様性の原因を解明するために欠かすことができない。

近年まで、マグマの発泡および脱ガスのプロセスに関する実験的研究のほとんどが静水圧場におけるものであった。しかしながら、地質学的研究(例えば Stasiuk et al. 1996)や理論的研究(例えば Gonnermann&Manga, 2003)などから示されるように、火道内を上昇するマグマの脱ガスなどを理解するためには、剪断変形の効果を考慮する必要がある。そこで、Burgisser&Gardner (2005)や Okumura et al. (2006)は発泡したマグマ中の気泡組織に対する剪断変形の効果を実験的に検討し、その重要性を示した。特に、Okumura et al. (2006)はマグマの発泡度が 20vol%程度であっても剪断変形により気泡合体が進行することを示し、マグマ中では火道深部から気泡合体が起こっている可能性を提案した。本研究では、20vol%程度で合体が起こったマグマ中の気泡組織(特に気泡連結度)のさらなる進化を明らかにするために、発泡度と変形量を変えた実験を行い、それらの気泡組織に対する効果について検討する。

本研究では、円柱状(4.7mm × 5mm)へ加工した和田峠産黒曜石(含水量: 0.5wt%)を変形実験の出発物質とした。実験は、下部ピストンが回転可能な外熱式ピストンシリンダー型高温高圧実験装置を用いて行った。実験ではまず、黒曜石をグラファイト筒へ入れ、実験装置内において 975 °C で加熱することで発泡させた。その後、0.3~0.5rpm の回転速度で下部ピストンを 0.5~10 回転させた。実験後、ヒーター電源を落とすことで試料を冷却した。回収した試料中の気泡組織は、SPring8 において開発された X 線マイクロトモグラフィシステムを用いて行った(ビームライン BL20B2)。撮影された 2 次元 CT 像を重ね合わせることで、実験試料中の気泡組織の 3 次元像を得た。そして、得られた像を 2 倍化した後に、試料中の気泡の数、サイズおよび形状を計測した。

実験試料中の気泡は、回転量が増すにつれて合体が進行し、その気泡は枝葉のような複雑な構造をしている。一方で、小さい気泡は球形に近い形状を保っている。回転量が多い実験では、変形の大きな気泡の先端で分裂により形成されたような小さな気泡が存在する。

本研究で行った実験では、試料の発泡度が 20~40vol%程度であった。発泡度が近い試料の気泡サイズ分布は、変形のない試料に多く存在する $10^5 \sim 10^7 \mu\text{m}^3$ 程度の気泡が回転量の増加に伴い減少し、単一の大きな気泡 ($10^9 \mu\text{m}^3$ 程度)と比較的小さな気泡からなるサイズ分布へと変化したことを示す。また、試料中の全気泡体積と最大気泡の体積の比で定義した気泡連結度は、20~30vol%の発泡で急激に増加した(つまり最大気泡体積が大きくなった)。連結度が上昇し始める発泡度は、0.5rpm で回転させた場合の方が 0.3rpm の場合よりもやや低い。そして、0.5rpm で 10 回転させた場合、連結度は発泡度 43vol%で 0.84 となった。

本実験で試料に生じた歪速度(最大 0.03s^{-1})は、火道内を上昇するマグマにも十分に生じえる値である(例えば Gonnermann&Manga, 2003; Rust et al. 2003)。そして、火道壁付近では火道中心よりも大きな歪速度が生じることから、火道壁付近において気泡合体が進行し、火道中心よりも火道壁付近の気泡の連結度が高くなると予想される。そして、マグマ上昇中に気泡連結度が非常に大きくなりえることから(本研究結果では発泡度 40vol%程度で連結度は 0.8 にも達した)、火道壁付近に形成された気泡ネットワークが脱ガスの通路となる可能性がある。このような気泡ネットワーク形成に伴う脱ガスは、気泡の少ない高粘性のマグマ(小さな気泡は残っている)を形成することで流動を抑制する役割を果たすかもしれない。今後、このような気泡ネットワークの形成、脱ガスとマグマのレオロジー的挙動の関係を検討したい。