

流動に伴う発泡したマグマの密度変化：変形実験からの制約

Open-system degassing and compaction of flowing magma: constraints from torsional deformation experiments

藤岡 拓真^{1*}, 奥村 聡¹, 中村 美千彦¹, 上杉 健太郎²

Takuma Fujioka^{1*}, Satoshi Okumura¹, Michihiko Nakamura¹, Kentaro Uesugi²

¹東北大・理・地球惑星物質科学, ²SPring-8, JASRI

¹Dept. Earth Science., Tohoku Univ., ²SPring-8, JASRI

上昇するマグマからのガス成分の分離（脱ガス）のメカニズムを理解することは、火山噴火の多様性の原因を明らかにする上で重要である。脱ガスの効率を支配する重要なパラメーターの一つはマグマの発泡度（または気泡率、空隙率）である。天然の軽石や実験的に発泡させた試料の浸透率は、発泡度の増加に伴って増加する（e.g. Klug and Cashman, 1996 BV; Takeuchi et al., 2005 GRL）。また、マグマの流動が気泡合体を促進し、浸透率を急激に増加させることも報告されている（Okumura et al., 2009 EPSL）。浸透率の増加したマグマは脱ガスを経て緻密化し、その結果密度が増加するため、マグマの脱ガス-緻密化プロセスはマグマの上昇や噴火のダイナミクスに影響する。しかしながら、マグマの脱ガス-緻密化のプロセスはほとんど明らかになっていない。そこで、本実験では発泡したマグマの変形実験を行い、脱ガス-緻密化のプロセスを理解することを目的とした。

実験では、発泡した流紋岩メルトを高温・封圧下でねじり変形させた。その後、回収した試料をSPring-8(BL20B2)のX線CTで観察した。実験の出発試料には、円柱状に加工した長野県和田峠産の黒曜石を用いた。黒曜石の含水量は0.5 wt.%である。変形実験を行う前に試料を933°Cで10分間保持し、十分に発泡させた。発泡度は実験ごとに試料の初期体積を変え、一定の体積の試料室内で発泡させることで調整した。調整した発泡度は46 - 70 vol.%である。その後、933°Cの温度でピストンを0.8 rpmの回転速度で10分間回転（8回転）させた。また、933°Cで10分間保持した後、変形させずに回収した試料も用意した。本研究では、浸透率の上昇したマグマの圧密を促進させるために、試料と接するピストンの面をわずかにV字状に加工した。

実験後の試料は発泡度により異なる外見を示した。まず、初期発泡度が53 vol.%より高い試料の実験産物は、試料中央部が回転軸に垂直な方向に圧密した、砂時計のような外形となった。試料内部ではマグマが圧密を受けて空隙が消失し緻密化していた。このような絞り込み構造はピストンの上下面が平行平面の実験では見られなかった。初期発泡度がそれよりやや低い46 vol.%の場合、試料の外見は円柱形であった。しかしCT像から、試料の内部でメルトは回転中心付近にのみ存在しており、外殻との間に大きな空隙が形成されていることから、53 vol.%の実験と同様の絞り込みが起こっていることが分かった。また、緻密化は出発物質の発泡度が高発泡度になるほど進んでいた。一方で、10 vol.%程度のより低い発泡度で変形させた試料ではこのような圧密は見られず、気泡が回転方向に伸長した構造だけが見られた。

以上の実験結果から、流動するマグマの脱ガスと緻密化は10 - 40 vol.%の発泡度より高発泡度で起こるが示された。緻密化が10 - 40 vol.%の発泡度で開始することは、類似の条件で行った剪断変形実験において、マグマの浸透率が30 vol.%程度で大きく上昇したこと（Okumura et al., 2009 EPSL）と矛盾しない。また、低発泡度から脱ガス、緻密化が開始すると完全にはガス成分が分離せず、脱ガス後もマグマ中に気泡が取り残されることが示された。一方で、一旦大きな発泡度を持ったマグマは脱ガスと緻密化により、ほとんど気泡を含まない状態へと変化した。これ

は、高い発泡度ほど気泡の連結度が高く、ほとんどの気泡が連結から圧密が起こったためだと考えられる。そして、これらの結果は火道内を上昇するマグマの脱ガスに伴う圧密、つまり密度の変化が、脱ガス開始時の発泡度に大きく支配されることを意味する。つまり、流動により低発泡での脱ガスが可能となったマグマは、発泡度の上昇を抑制されながらも完全には緻密化されにくく、低い発泡度での脱ガスが抑えられて大きな発泡度を持つに至ったマグマは、逆に急激に緻密化して非常に発泡度の低いマグマが形成されることが考えられる。

キーワード:開放系脱ガス,圧密,発泡度

Keywords: Open-system degassing, Compaction, Vesicularity