

マグマの浸透率の再検討: 一連の発泡・破砕過程における進化

Magma Permeability Revisited: Development with vesiculation and fragmentation in a single eruption

中村 美千彦 [1]; 竹内 晋吾 [2]; 大瀧 恵一 [1]

Michihiko Nakamura[1]; Shingo Takeuchi[2]; Keiichi Otaki[1]

[1] 東北大・理・地球惑星物質科学; [2] 産総研

[1] Earth Planet. Materials Sci.; [2] Geological Survey of Japan, AIST.

浮力による気泡の分離がほとんど起こらない高粘性マグマからの脱ガスは、ガスの浸透流的な流れによって起こると考えられている。本発表では、マグマからの浸透流脱ガスの基本的な仕組みを考察した上で、一回の火砕流噴火における一連の発泡・破砕過程でのマグマの浸透率について新たなデータを示し、これまでに提案されている空隙率と浸透率の関係について再検討を行う。

発泡したマグマ中での浸透流的な脱ガスは、気泡の間を隔てるメルトフィルムが破断して生じた経路に沿って起こるはずである。発泡組織の時間変化を考えない場合（軽石など、急冷された試料の浸透率を測定する場合はこれにあたる）、系の端から端まで（ガスの入口から出口まで）、連結した経路が成立するまでは浸透率は理論的に0である。発泡度が上昇してメルトフィルムが薄化し、破断箇所が多くなって、浸透経路が初めて成立したときの発泡度が臨界発泡度となる。従って、臨界発泡度の値はメルトの物性（表面張力と粘性）、気泡サイズ分布、空間分布に依存する。等方的で均質な気泡分布の場合、臨界発泡度は最密充填率程度よりも低くは成り得ない。現実的なメルト組成と温度圧力条件下で行った等方的な減圧実験産物の浸透率測定結果によれば、事実上の臨界発泡度は80%近くに達する（Takeuchi et al., 2005; submitted）。これに対して、天然の噴出物データのコンパイルによれば、浸透率は30%以下の低い発泡度から 10^{-14} m^2 以上の値を持ち、発泡度とともにゆるやかに上昇するトレンドを形成する（Klug and Cashman, 1996; Mueller et al., 2005）。しかしながら、このようなトレンドは様々な火山の異なる噴火様式の噴出物が全体として作るトレンドであるため、マグマの減圧上昇過程に伴う浸透率の進化を表していると単純に考えることはできない。そこで我々は、一回の噴火の噴出物（軽石）の発泡度と浸透率を多数測定し、一連の発泡・破砕過程での浸透率の変化を追跡した。

試料は、宮城県北西部、鬼首火山南部に分布する小野田層縮沢火砕流（後期更新世）の本質軽石（白色・灰色・暗灰色）であり、岩石薄片上で組織を観察するとともに気泡の2次元連結度を反射電子像で、また水を用いた含浸法によって3次元連結度を同時に測定した。白色・灰色軽石の気泡形状は比較的球形に近く、暗灰色軽石の空隙は不定形で球形とは大きく異なる。測定の結果、白色・灰色軽石の浸透率は発泡度（空隙率）70-80%で 10^{-14} m^2 から 10^{-10} m^2 へと急激に上昇することがわかった。この浸透率の幅は、Klug and Cashman (1996)とMueller et al. (2005)のデータをあわせた分布範囲よりもさらに広く、またTakeuchi et al.の減圧実験産物のトレンドの延長上に位置する。一方、暗灰色軽石は、浸透率 $10^{-12.5} \text{ m}^2$ （空隙率43%）～ $10^{-13.4} \text{ m}^2$ （空隙率52%）と比較的低い空隙率で高い値を示し、Klug and Cashman (1996)やMueller et al. (2005)のExplosiveトレンドのデータ分布と一致する。白色・灰色軽石の3次元の気泡連結度はほぼ90%以上で浸透率との明確な相関は無いけれども、2次元の気泡連結度は浸透率と同様の空隙率で急激に上昇するトレンドを形成する。2次元での気泡連結度が高いことは屈曲度の比較的小さい透気経路が存在することを意味するので、浸透率の比較的高い領域では浸透率は2次元での気泡連結度と相関していると推測できる。また、反射電子像の観察によれば、2次元気泡連結度の上昇は、薄いメルトフィルムの破断によることがわかる。10%程度の空隙率の幅で浸透率が4桁も上昇していることも同様に、メルトフィルムの破断の進行（開口径の増加、屈曲度の低下）で説明できる。すなわち、cmスケールで破砕している軽石試料の内部では、部分的な破砕が進行していることになり、これは、破砕の手前で急冷されているTakeuchi et al.の減圧実験産物のトレンドの延長上に白色・灰色軽石のデータが位置することと調和的である。つまり、この両者が作るトレンドは、流紋岩質メルトの等方的な減圧発泡と破砕による浸透率の進化経路を示していると考えられる。

Klug and Cashman (1996)やMueller et al. (2005)の示した、低い空隙率で高い浸透率を持つトレンドは、(1) 気泡が線構造や面構造を形成している（奥村他、本学会 I127 セッション発表）(2) 気泡同士が接した部分でのメルトフィルムの破断率が、メルト粘性の違いなど何らかの理由によりTakeuchi et al.の実験結果よりも高くなっている(3) 空隙の形状が球形から大きく逸脱している（暗灰色軽石の場合）のいずれかの試料によって形成されていると考えられる。