

一定の減圧速度で発泡する珪長質マグマの浸透率の変化

Permeability variation of vesicular silicic magmas with constant decompression rates

竹内 晋吾 [1]; 東宮 昭彦 [2]; 篠原 宏志 [3]

Shingo Takeuchi[1]; Akihiko Tomiya[2]; Hiroshi Shinohara[3]

[1] 産総研; [2] 産総研・地調; [3] 産総研

[1] Geological Survey of Japan, AIST.; [2] GSJ, AIST; [3] GSJ, AIST

発泡した珪長質マグマの中での合体した気泡群を通じて生じるマグマの浸透性は、火山噴火における脱ガス過程のモデル化のためには重要な物性である。しかしこれまで実証的研究例としては天然の噴出物試料の透気試験によるものしか報告されていなかった。最近になって、減圧発泡実験による急冷生成物の浸透率測定が可能となり、噴火時に起こり得る様々な条件の変化がマグマの浸透性に及ぼす影響を実験的に調べられるようになった (Takeuchi et al., 2005)。

Takeuchi et al. (2005) の実験の減圧過程は、ステップ状の急減圧 (数 MPa/s) 後に一定圧力で1時間保持し、急冷するというものであったが、これは必ずしも噴火過程を再現したものとはいえない。また Takeuchi et al. (2005) では、透気試験の際、高温高圧実験時に用いた貴金属カプセルを剥離しない状態の試料で浸透率測定を行っていたが、この方法では実験生成物と貴金属カプセルとの境界でごくわずかの透気漏れを生じ、浸透率の値に過剰見積もりが含まれることが最近判明した。以上のことを考慮し、本研究では噴火時の減圧履歴にある程度近い、一定速度での減圧実験の生成物について浸透率測定を行い、減圧発泡過程における発泡組織とガス浸透率の変化を調べた。また透気試験試料作成の際には貴金属カプセルを剥離した後に、実験生成物を樹脂埋めすることで境界透気の影響を取り除いた。

減圧発泡実験は産総研地質調査総合センターの減圧制御ユニット付き内熱式ガス圧装置で行なった。流紋岩質ガラス (JR-1) の粉末を直径 5 mm・長さ 25 mm あるいは直径 12 mm・長さ 25 mm の金あるいは銀カプセルに約 4.8 wt% の水とともに封入し、900・180 MPa で1日保持した後に 0.05, 0.005, 0.0016 MPa/s のほぼ一定の減圧速度で 30, 16, 10, 5 MPa まで減圧し、その後、急冷した。実験生成物の透気試験は、竹内・中嶋 (2005) を改良した透気試験装置を用いた。透気試験の際には圧縮空気を用い、浸透率の計算に当たっては試料中を透気するガス流れの慣性の効果も考慮した Forchheimer 式 (Rust and Cashman, 2004) を用いた。発泡度 (全空隙率) の測定のために、反射顕微鏡下で撮影した実験生成物の断面の画像について画像解析を行った。

実験により 40-90 % の発泡度を持つ生成物が得られた。減圧速度が異なっても急冷圧力が同じであればほぼ同じ発泡度であった。特徴的な気泡直径は 50 から 1000 ミクロン以上にまで変化し、急冷圧力が低いほど、また減圧速度が小さいほど大きくなった。特徴的な気泡直径は発泡度が 80 % から 90 % に至るまでに 2 倍近くか、それ以上、増大した。このような増大は減圧によるメルトからの脱水と気泡の体積膨張だけでは説明できず、フォーム状マグマの中で起こる気泡同士の合体とその後の気泡形状の緩和が進んだ結果であると考えられる。

発泡度が約 80 % に満たない試料は検出限界以下の浸透率 ($< 10^{-16} \text{ m}^2$) である一方で、発泡度が約 80 % を越えると、透気が検出され、浸透率の値が得られた。同程度の発泡度でも減圧速度が遅いほど浸透率は大きくなる傾向がある。例えば 0.05, 0.005, 0.0016 MPa/s の減圧速度で、同じ 5 MPa の急冷圧 (いずれも発泡度が約 90 %) では、それぞれ $10^{-12.5}$, $10^{-12.0}$, $10^{-11.7} \text{ m}^2$ と減圧速度が小さくなるにつれ浸透率が系統的に増大する。このことは、減圧速度が小さいほど粗大な気泡が出来るため、透気のための通路の口径も大きくなったことが反映されていると推定される。

実験結果からの火山学的示唆として以下のことが挙げられる。珪長質マグマは発泡度が 80 % を超える状態にならないと十分大きな浸透率が獲得できず、効果的な脱ガスの起こる条件 (脱ガス条件) に入っていない。例えば溶岩ドーム噴火の減圧条件 (上昇速度) を仮定した Eichelberger et al., (1986) のモデルに従えば、 $10^{-12} \sim -13 \text{ m}^2$ 以上の浸透率が脱ガスには必要である。本実験の減圧条件は Eichelberger et al., (1986) のモデルで仮定された減圧速度よりも 1 桁大きい。従って脱ガス条件に入る浸透率の値もさらに大きくなる。浸透率が $10^{-12} \sim -13 \text{ m}^2$ 以上に達するのは本実験の減圧および出発試料条件では 10 MPa 以下の圧力である。この圧力は地殻静水圧に換算するとおよそ 500 m 以下の深さに相当する。このことは、珪長質マグマの脱ガスは 500 m 深度より浅い火道極浅部で起こることを示唆する。