

加熱発泡実験による流紋岩質マグマの脱ガス過程の推測

Degassing process of rhyolitic magma inferred from heating experiments

井上 雅喜 [1]; 佐伯 和人 [2]

Masaki Inoue[1]; Kazuto Saiki[2]

[1] 阪大・院理・宇宙地球; [2] 大阪大・院理・宇宙地球科学

[1] Earth and Space Sci., Osaka Univ.; [2] Earth and Space Sci., Osaka Univ.

マグマからの揮発性成分の脱ガスの度合いにより、火山噴火の様式が決定される。噴火準備過程における脱ガス量を推定できれば、その火山の爆発の様式の予測ができるはずである。そこで本研究では珪酸塩メルトを発泡させ、マグマの主要な脱ガス物質である H_2O 分子の脱ガスフラックスの推定を試みた。含水量約 0.7 wt% の黒曜石（東北大学大学院理学研究科の中村美千彦博士より提供）を一定温度下（960 °C）で発泡させ、加熱ステージによりその推移をその場観察した。さらに、水素と二酸化炭素の混合ガスで加熱ステージ中の水蒸気分圧を制御して発泡実験を繰り返し、周辺の水蒸気分圧による気泡成長の変化を調べた。960 °C 付近まで加熱された試料はいくつかの気泡を生成する。気泡成長には一定のパターンがあった。気泡の成長を 6 段階に分けて解説する。まず第一段階は気泡が生成しない初期段階で、室温からの昇温時間の全てと、960 °C に達してからしばらくはこの状態が続く。第二段階は小気泡成長段階であり、独立気泡の成長を観察すべきはこの段階である。しばらくすると気泡接触段階に入り、気泡が互いに接触し始める。次は第四段階で試料全体が球形を保ったまま成長する。やがて成長速度が遅くなり、サイズ極大を迎える。最後が第六段階で気泡が収縮を始める。注目すべきは第六段階である縮退段階で、この時は外形が球形を保てず表面がしわしわとへこむように潰れる。ここで縮退段階で起こっている現象をモデル化してみる。気泡成長の第四、第五段階ではメルト膜の含水量が高く、気泡の内外へ水蒸気フラックスがあると考えられる。その間メルト膜内の水濃度プロファイルは時々刻々と減少する。縮退段階では気泡膜が曲率を張らないでしわしわと内側に潰れていくことから、気泡内圧は外気圧と同じほぼ 1 bar に保たれていると推定される。さらに、気泡の外側の水蒸気分圧は雰囲気制御によって一定となっている。この場合は、フィックの第一法則 $J = D \times dC/dx$ （ J : フラックス, D : 拡散係数, C : 濃度）がなりたち、気泡内から気泡外へのフラックスは定常解となり、一定のフラックスが気泡内から気泡外へ流れていると考えられる。縮退過程にある泡のデジタル画像から気泡集合の画像上の面積を測定し、二分の三乗することで気泡体積を見積もった。縮退に転じてからの 15 分間の体積変化を 1 分ごとに計測し、気体の状態方程式から、気泡境界膜を流れる水分子のフラックスを水蒸気分圧 0 bar, 0.05 bar, 0.1 bar の場合でそれぞれ見積もった。平衡濃度がヘンリー則 ($C = P^{1/2}$) に従うとするとフラックス比は泡の外側の水蒸気分圧が 0 bar, 0.05 bar, 0.1 bar に対して、1 : 0.78 : 0.68 となる。

測定精度は、これらの計算値との対応を議論するほど高くないが、外部と内部との水蒸気分圧差でフラックス量が制御されていることが確認された。実験試料の走査型電子顕微鏡観察から、膜の厚さはおおむね 50 μm 前後であった。計測されたフラックスのおおよその値 1×10^{20} 個/ m^2/min から黒曜石メルト膜中の水の拡散係数を求めたところ、膜厚 50 μm で計算すると、 7×10^{-9} cm^2/s となり、流紋岩質メルト中の水の拡散係数と同じオーダーの値になる。このことから、気泡膜を通過するフラックスは揮発成分の膜メルトへの溶解度と膜メルト中の拡散速度で決まっていることが示唆される。このことは、火道からの脱ガスに関して、以下のような示唆を与える。連結した泡において、泡間の膜が破れないでつながっているときは、気泡内の揮発成分の分圧差がないため、気泡間でのフラックスはできない。また、この気泡連結が揮発成分分圧の低い外部につながっていたときは、分圧差のある最外気泡からのみもっぱらフラックスが生じ、気泡は潰れる。気泡が潰れると界面張力により揮発成分分圧が上昇し、むしろ火道内側の気泡へフラックスが流れる。実際の脱ガスはこれほど単純にモデル化できるものではないと想像されるが、連結気泡で効率よく脱ガスするためには、膜が破壊されるか、気泡から脱ガスフラックスが抜けても気泡の外形がなんらかの理由で保持されて、気泡内の揮発成分分圧が低くなる仕組みを考えることが必須であろう。