

流紋岩質ガラスの加熱発泡実験：開放系におけるメルトの脱水と気泡再溶解

Melt dehydration and bubble resorption in open-system heating experiments of rhyolitic glasses

吉村 俊平 [1]; 中村 美千彦 [1]

Shumpei Yoshimura[1]; Michihiko Nakamura[1]

[1] 東北大・理・地球惑星物質科学

[1] Inst. Mineral. Petrol. Econ. Geol., Tohoku Univ.

<はじめに>

流紋岩質マグマの非爆発的噴火では火道内での開放系脱ガスが重要な役割を果たしていると考えられている。Eichelberger et al. (1986) は開放系脱ガスの作業仮説として気泡の連結と浸透流脱ガスを組み合わせた permeable foam model を提唱したが、その具体的な素過程（気泡連結の様相や時間スケール、foam の圧密と脱ガスの関係など）については殆ど理解されていない。そこで我々は開放系で且つ試料室容積が変化しにくいボルト・ナット型セルを考案し、流紋岩質ガラスの加熱発泡実験を行うことで開放系脱ガスの実験的再現を試みた。0.67wt%の初期含水量を持つ黒曜石を直径約 4.8mm、高さ約 6.3 mmの円柱形に整形し、内径 5mm でステンレス製の試料室にセットした。この時セルと試料の間に約 10 %の隙間が存在する状態となる。これを 1000 のマッフル炉にいれ、1~288 時間加熱した。その結果、本実験では浸透流脱ガスは起こらず、その代わり拡散によるメルトからの脱水と気泡の再吸収が起こることを見出したので、その現象を解析し、火山学的な意義について考察する。まず回収試料組織は 2つの領域に二分され、気泡が集中した中央領域 (bubbly core; BC) およびその周囲の気泡が全く存在しないメルト領域 (bubble-free margin; BFM) に分かれた。加熱時間と共に BFM の厚みは増加し、その分 BC は縮小した。また BC の気泡間のメルト含水量は低下し、その発泡度は増加した。この結果に対して以下のような定性的な解釈を与えた (吉村 & 中村 2005 年合同大会)。

加熱によりガラスは発泡メルトとなり、セルと試料の隙間の空気を追い出して試料室全体に広がる。メルト含水量とセルの内圧の関係が水の溶解度曲線に到達したとき最高圧力を示し、試料全体にわたって含水量・気泡分布が均質な状態となる。セルが開放系なので試料表面の含水量はほぼ 1 気圧の溶解度 (0) に保たれ、初めはごく表面でのみメルトは水に不飽和になる。不飽和になった表面では気泡がメルトに再溶解し、水に不飽和な BFM が形成され始める。内側の BC は水に飽和した状態を保つ。また試料室容積は一定に保たれているので、気泡が溶解した分だけ体積は減少し、試料全体に圧力低下が伝わる。減圧により BC の気泡は成長する。その結果 BC メルト含水量は低下しつつ発泡度は増加する。試料表面の含水量は 0 に保たれるので BFM 内では常に表面へ向かった水の拡散が起こり、BFM - BC 境界がより内側へ進行する。

<拡散脱水・気泡再吸収モデル>

今回我々は上記の現象を移動境界問題としてモデル化し、定量的に検討した。支配方程式は、(1) BFM 部の水の拡散方程式、(2) BFM - BC 境界上で再溶解する水と拡散で流出する水の収支式、(3) 試料室の空隙体積保存の式 (4) BC 内の化学平衡を表す溶解度則、(5) 気泡の状態方程式、(6) BC 部のメルトに溶解した水と気泡の収支式 からなる。ただしいくつかの仮定を置くことで問題を単純化した (メルトが不飽和になると直ちに気泡は溶解する; メルトの粘性を無視; BC では常に化学平衡状態)。実験結果を計算結果に対して正確にフィットするには、高さが有限の円柱座標系 (試料形状と同じ) で計算を行うべきであるが、簡単のため無限の高さの円柱座標系で計算を行った。その結果、座標系の違いを考慮すると十分な精度で実験結果を再現した。

<噴火ダイナミクスへの応用>

実験・モデル計算で確認された現象は、試料“表面”でメルトの脱水が起こり、既存の気泡が脱水により不飽和になったメルトに再溶解する過程であった。この結果は、天然の発泡したマグマ中に“表面”が形成された場合にも同様に脱水が起こり、気泡は不飽和になったメルトに再溶解する可能性があることを示唆している。Gonnermann and Manga (2003) は、火道内のせん断によりマグマに形成されたフラクチャーネットワークを通じて浸透流脱ガスが起こることを提案している。このような脱ガスモードにおいて、フラクチャーに囲まれた発泡マグマ内部では、本実験のような気泡再溶解による水の供給と拡散によるフラクチャーまでの輸送が起こっているかもしれない。また、本モデルによって気泡がほとんど存在しない珪長質溶岩の形成過程を理解できる可能性がある。Permeable foam model では連結した気泡のチャンネルだけが崩壊する。したがって連結に関与しなかった孤立気泡および崩壊し損ねたチャンネルは必然的にマグマ中に残ってしまい、気泡量が少ない状態を実現することは難しい。本研究で見出された気泡再溶解はこの問題を解決する。