

マグマ溜り中の気泡と液層のダイナミクス ~ ミルクとクリーム ~

Dynamics of bubbles and liquid in magma chamber. milk and cream

康 義英 [1]; 畠山 唯達 [2]; 並木 敦子 [3]

eui yong kang[1]; Tadahiro Hatakeyama[2]; Atsuko Namiki[3]

[1] 岡山理大・総情・生地; [2] 岡山理大・情報処理センター; [3] AIST

[1] BIG, Okayama U Sci; [2] IPC, Okayama University of Science; [3] AIST

火山はどのようなプロセスで噴火に至るのだろうか。その原因は、火山の地下にあるマグマの発泡現象によるものと考えられている。地下深くから上昇してきたマグマが、上昇に伴う減圧で中の揮発性成分が抜け出し発泡するという仕組みである。しかし現実的にはマグマの発泡を観察することは容易でない。そこで、研究室でも発泡現象を観察できる手頃な物質を用いて実験を行う。先行研究として Namiki et al. (2003) が牛乳と生クリームを用いてアナログ実験を行っている。牛乳と生クリームの性質の違いに着目して、両者を加熱発泡させ、対流パターンや気泡のサイズ分布などを比較している。粘性の低い牛乳では、液層と液層から分離した気泡の層が見られ、生クリームではほとんど気泡が液層から分離しないという観察結果が得られている。その他にも気泡のサイズ分布や対流パターンなどの両者の違いについて示されている。この研究を発展させ、本研究では主に物質の粘性の違いに着目し、両者の現象が変化する分岐点の物理的条件は明らかにしたい。

アナログ実験に使用した液体は、主に牛乳、無脂肪牛乳、生クリームである。牛乳や生クリームの粘性は、それらに含まれる水分と脂肪の比率によって変化してくる。発泡するためには水分が必要である。また相対的に脂肪が多くなると液体の粘性が高くなり、結果として気泡を維持する働きをする。さらにこれらの乳製品にふくまれるタンパク質には、発生した気泡が維持され破裂しないように壁を補強する役割がある。したがって、牛乳や生クリームがは粘性の違う物質で発泡現象を観察する際に適した物質といえる。

まず単体の無脂肪牛乳、牛乳、生クリームをそれぞれ加熱発泡させると以下のような特徴が見られる。牛乳を加熱していくと、初めはお湯の沸騰と類似した現象が見られた。時間が経過するにつれて、液層内部で発生した水蒸気の泡は、液面の上部から立ち上がり、一定の高さの気泡の層を形成した。泡は、気泡の層の内部で下から上へ方向に移動する。無脂肪牛乳は水のようにさらさらで、お湯を沸かしたときのようにポコポコと沸騰するだけである。1時間ほど沸騰させても気泡の層は形成されない。生クリームで最初に見られた現象は、突沸である。さらに加熱すると液面が波打つような発泡を繰り返し、液層自体が泡を巻き込み膨張していく。気液の混層の中で気泡は液体とともに対流している。

上記のように液体の振る舞いが変わる一つの要因として水分と脂肪の比率が考えられる。そこで、無脂肪牛乳と生クリーム(水・脂肪比が約 1:1)を混ぜ合わせて比率を調節し、どこで気液混相が変わるかを調べた。その結果、無脂肪牛乳と生クリームの比率が 1:7 のときに、はっきりとした変化が現れた。比率が 1:6 では気層と液層が明確に分離する。1:7 のときには気液混相になる。この比率が液体の振る舞いが変わる分岐点であった。

さて、本研究で得られた結果は実際の火山噴火のプロセスとどのように結びつくと考えられるだろうか。地球内部におけるマグマは、圧力が上昇するほど粘性が低下するらしい。つまりマグマが上昇するにしたがい減圧し、マグマ中の揮発性成分の脱ガスが起こり発泡する。発泡すると気液混層の全体の粘性が上昇するので、さらに気泡を取り込みやすくなる。粘性の高い液体は気泡を閉じ込めるために、マグマの密度は低下し、さらに上昇するはずである。地下のマグマの動きを観察することはできないが、このようなプロセスが噴火の要因の1つになる可能性は考えられなくもない。