

気泡を含む液体のダイナミクス ~ クリームと水飴が語るマグマの流動 ~

Dynamics of fluid including bubbles - convection of magma revealed by cream and syrup heating experiments

康 義英 [1]; 畠山 唯達 [2]

eui yong kang[1]; Tadahiro Hatakeyama[2]

[1] 岡山理大・総情・生地; [2] 岡山理大・情報処理センター

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

火山の噴火様式の多様性を考える上で、火道内部におけるマグマ中の気泡の存在は重要な要素である。一般に、粘性が低いマグマでは脱ガスが起こりやすく、粘性の高いマグマでは脱ガスしにくいと考えられている。そのことが噴火を爆発的に、あるいは穏やかにしているようである。液体中からの気泡の脱出は、気泡径のサイズによってその効率が変わるはずである。つまり大きな気泡の場合、それに見合った浮力をもっているため上昇しやすく、小さな気泡場合は浮力も小さいため上昇しにくく、液体の流れに巻き込まれやすくなる。このことについてはクリームを使用したアナログ実験から確認できている(2007年連合大会発表)。気泡の上昇速度(気泡径²/粘性)と対流場の速度の大小関係によって、粘性が増加していく液体では小さな気泡から液体の流れに巻き込まれていった。その結果、気泡を含む液体全体の対流パターンが変化していった。このように気泡を含む液体のダイナミクスにおいて気泡径は重要な要素となっているが、クリームが不透明であったため、気泡径の変化について詳細な観察ができなかった。

そこで、本研究では気泡径の変化の詳細な観察をするために、透明な水飴によるアナログ実験を行った。実験では水飴を下部から加熱発泡させている。水飴の粘性は、加熱による水分の低下のため低粘性から高粘性へと変化する。

実験の初期段階では水飴の粘性が低く、下部から発生した気泡は水飴中を素早く上昇して液面で消失していた。加熱時間が長くなると、クリームの実験と同様に小さな気泡は下降流に巻き込まれて沈む。しかし、小さな気泡が容器内のある高さまで沈みこむと、そこから気泡の膨張がはじまり、再び上昇していった。このときの容器内の温度分布を測定した結果、そこには温度不均質が生じており、ほとんど対流していない低温部分と、対流している高温部分に分かれていた。小さな気泡は低温部分の領域付近を避けるように下降し、高温領域に達した位置で膨張をはじめていた。また膨張の開始位置は時間とともに容器内を下がっていった。水飴の流れに巻き込まれる小さな気泡は断続的に供給され、水飴の粘性が増すことでその数も増していく。最終的に十分に粘性が増したところで、水飴の中は膨張した気泡でいっぱいになった。

クリーム実験から粘性の増加によって小さな気泡から液体に巻き込まれやすくなること、水飴の実験では系内部の温度不均質によって、局所的に気泡の膨張する領域が存在することがわかった。これらの結果より、粘性の高い液体の中では多くの小さな気泡がトラップされており、液体の流れに乗って対流する。その流体が気泡の膨張する領域に侵入すれば、流体中の個々の気泡は膨張し、流体全体の密度を低下させることが可能である。

火山噴出物の組織解析から、マグマには数 μm の気泡が含まれていることが示唆される。このような小さな気泡は高粘性のマグマ中から抜け出すことは困難であろう。実際にこのサイズの気泡がマグマ中に含まれていれば、マグマは膨張する可能性がある気泡の種を保持していることになる。火道内部に局所的に気泡が膨張する領域が存在すれば、マグマの粘性や対流の変化によって、気泡成長のタイミングが変化するかもしれない。