

室内火山モデルにおける脱ガス過程のモニタリング

An experimental model of degassing in a volcanic conduit

小林 宰 [1]; 隅田 育郎 [1]

Tsukasa Kobayashi[1]; Ikuro Sumita[1]

[1] 金大・理・地球

[1] Earth Sci., Kanazawa Univ.

現在、火山では、様々な方法を用いて観測が行われているが、噴火活動の移り変わりを予測することは、まだ難しい課題である。火山の噴火は、マグマの発泡と、それに伴う圧力の増加で駆動され、それらの程度の違いが噴出様式の多様性をもたらしている。従って、火道における、脱ガス効率、脱ガス様式(連続的か間欠的か、不規則性)が、可変パラメータ(マグマの粘性率、ガス供給量)にどのように依存しているかを知ることは重要な課題である。このような問題意識の下、Vergnolle and Jaupart (1988)では、粘性率を0.1-1 Pa sの範囲で変化させ実験を行い、噴火様式が顕著に変わることを示した。しかし、より幅広く粘性率、ガス供給量を変化させた実験、それらを組み合わせた実験、また、長時間の脱ガス過程のモニタリングはあまり行われていない。

一方で、観測から脱ガス過程を制約することも大切である。例えば、伊豆大島において火山直下の比抵抗を測定した例(Yukutake et al., 1990)では、噴火の数ヶ月前から噴火直後にかけて比抵抗が変化したという報告がある。しかし、比抵抗変化から脱ガス過程を制約する試みはまだなされていない。

そこで、本研究では室内火山モデルを用いて、ガス流量、粘性率を変えた時の脱ガス様式の違いをパラメータで整理し、その物理を理解することを目的とする。また、同時に、気泡流の比抵抗を測定し、その時系列データと気泡流中の内部構造の変化とを対応付け、その結果から火山活動のモニタリングへの応用可能性を探ることも目指す。

実験装置は、火道として長さ1 m、内径5.6 cmのアクリル管を用い、マグマは水飴水溶液(粘性率 = 0.001 ~ 32 Pa·s)を用いてモデル化した。実験装置下面のセラミック製のバブラーを通してエアポンプから気体を供給し、上昇する気泡流を観察・撮影し、液柱の高さを計測した。また、同時にネジ電極を通して交流(AC100kHz)を流し、気液混合媒体のインピーダンスと位相差を計測し、比抵抗を求めた。

気泡流のパターンの場合分け：

バブラーから気泡が発生し、臨界サイズに達するとバブラーから剥離する。臨界サイズは粘性率が高いほど大きくなる。その後、気泡は上昇し、初期の気泡サイズが大きい程、界面張力が小さくなるため気泡が大きく変形することで容易に合体する。さらに、気泡サイズが大きくなると、管内径に対する気泡の占める幅が大きくなり、気泡は他の気泡を避けられないので合体が促進される。また、ガス流量が多いほど気泡同士がより接近するため合体が容易に起こる。

流量一定の下、粘性率を上げていったとき、その上昇過程での気泡の大きさ、形、気泡上昇経路によって順にbubbly、蛇行bubbly/slug(低粘性率でのみ見られ、長さスケールを管内径、速度スケールを液柱中程での気泡上昇速度とすると $Re > 100$ のとき)、bubbly/slug、slugの4つのレジームに分けることができた。粘性率が高くなると、初期の気泡サイズ、上昇時のサイズ共に大きくなっている。

また、液柱高さから平均空隙率(void率)を計算したところ、粘性率=約0.01 Pa sで極大をとった。上部気泡層における下向きの排液速度が(気泡サイズ²/粘性率)に比例し、気泡膜が十分薄くなると破裂すると考え、粘性率の増大が気泡サイズの増大につながることに注意して排液速度を見積もると、極小値が生じることがわかった。排液速度の極小がvoid率の極大の一因であると考えられる。また、粘性率一定の下では、ガス供給量が多いほど、void率は大きい。

比抵抗測定の結果：

抵抗の時系列データと電極間における気泡の有無の観察から、電極間に気泡が存在する時、抵抗が高くなることを確認した。Bubblyとslugレジームの抵抗の時系列データを比較すると、bubblyのほうが振幅が小さく、非常に不規則であり、レジームの違いが判定できることが分かった。また、周波数解析を行うと、slugレジームでは気泡上昇周期に対応する周波数でピークが判定できるが、bubblyレジームでは不明瞭であった。これは、火道幅と同程度のスケールを持つ気泡流の統計的振る舞いが、比抵抗観測で調べられる可能性を示唆している。

Yukutake, T. et al.: J. Geomag. Geoelectr., 42, 151-168, 1990.

Jaupart, C. in Encyclopedia of Volcanoes Academic Press 2000.

Vergnolle S. and Jaupart, C. Nature, 331, 58-60, 1988.