

# 1次元火道流モデルに基づく開口型火道におけるマグマ上昇過程のシミュレーション

## Numerical simulation of magma ascent process in an open conduit based on a one-dimensional conduit flow model

# 川口 亮平 [1]; 西村 太志 [1]; 佐藤 春夫 [1]

# Ryohei Kawaguchi[1]; Takeshi Nishimura[1]; Haruo Sato[1]

[1] 東北大・理・地球物理

[1] Geophysics, Science, Tohoku University

### 1. はじめに

火山噴火の多様性を理解するためには、マグマ内揮発性成分の挙動を明らかにすることが必要である。近年の地殻変動観測により、既存の火道から繰り返し噴火を起こすストロンボリ式噴火やプルカノ式噴火では、個々の噴火に向けて山体が次第に膨張していくことが捉えられるようになった。また、簡単なマグマ上昇機構の素過程を取り出した考察により、マグマ内気泡成長の有無により、マグマ上昇速度や地殻変動に顕著な違いが現れることも指摘されている (Nishimura, 2009)。そこで、本研究では、1次元の火道流モデルを用いて、より現実的な、繰り返し噴火を起こす開口型火道内でのマグマ上昇過程を表し、その特徴を数値計算によって調べたので報告する。

### 2. モデル

短時間に繰り返し噴火を起こす火山では、噴火後に火道は閉塞せず開口型となっていると考えられる。この場合、火道内マグマの運動は周辺岩体からの影響を余り受けず、1次元火道流モデルとして考えることができる。今、噴火直後に火道内マグマは上方のマグマの噴出により急減圧を受けたとする。その結果、液体のメルトは、揮発性物質の溶解度が下がり過飽和状態となる。一方、気泡はメルトの粘性抵抗によって急減圧ができない。従って、噴火後には過飽和となったメルトからの気泡への揮発性物質の流入と、メルト気泡間の圧力差による粘性変形によって気泡成長が起きる。この気泡成長による体積膨張と、マグマ内に生じた圧力勾配により、マグマは火道内を上昇する。

このプロセスを次のようにモデル化した。火道は断面積一定で、マグマは鉛直に上昇する1次元流れとする。マグマはメルト中に気泡を含む二相流とし、また、気泡メルト間の相対速度はないとする。火道内マグマの流れは質量保存式と運動方程式、およびマグマの液相と気相の状態方程式で表される。また、マグマ内の気泡成長はメルト気泡間の圧力差による粘性変形の式と、拡散方程式によるメルトから気泡への揮発性物質の流量で表される。

これらの方程式は、メルトの粘性と密度および火道の形状で決まるポアズイコ流の時間スケール、メルト気泡間に与える初期圧力差で決まる粘性変形の時間スケール、マグマに含まれる気泡の数密度とメルト中の揮発性物質の拡散係数で決まる拡散の時間スケールで特徴づけられる。境界条件は火道内部にある最上部のマグマ圧力を大気圧、最下部の圧力を一定とする。それぞれの支配方程式を無次元化し、差分計算を行うことでマグマの上昇過程を調べる。

### 3. 結果

マグマが気泡を含まない場合と含む場合の上昇過程について調べた。気泡なしの場合、マグマの駆動力は火道下部からの圧力のみとなり、時間とともに上昇速度が遅くなる。気泡のある場合には、ポアズイコ流と粘性変形の時間スケールの比  $R$  により、マグマ上昇速度の時間変化が異なる。 $R$  がほぼ1の場合、マグマは地表までの上昇過程を通して気泡成長の影響を受け、時間に比例した上昇速度になる。一方、 $R$  が1より十分に小さく気泡成長がマグマの上昇に比べて速く起きる場合には、マグマが地表に達するまでに気泡が成長しきってしまうため、体積膨張の効果を受けなくなり、ポアズイコ流による上昇に近い傾向を示すようになる。

### 4. まとめ

火道内部でのマグマ上昇過程は、マグマ内部で起きる気泡成長の影響を大きく受けることが明らかになった。マグマ上昇過程に伴う火道内圧力源の時間変化を地殻変動データにより捉えることによって、マグマ物性や火道形状などを推定することができる可能性がある。