

一次元定常火道流モデルの解析的研究：縦方向への脱ガス過程による非爆発的噴火の存在条件

An analytical study for 1-D steady flow in volcanic conduits: conditions for effusive eruptions due to vertical gas escape

小園 誠史 [1]; 小屋口 剛博 [2]

Tomofumi Kozono[1]; Takehiro Koyaguchi[2]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・地震研

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] ERI, Univ Tokyo

マグマが上昇して減圧すると、揮発成分が析出してガスの体積分率が増加する。ガスがマグマに閉じ込められたままの場合、マグマは膨張してマグマの破碎が起こり、火道内の流れは気泡流から噴霧流の状態に変化する。一方、火道内で液相マグマからのガスの分離（以下、脱ガスと呼ぶ）が効果的に起こると、マグマの膨張が抑制されてマグマは破碎せずに火口に達し、その結果溶岩ドームや溶岩流を形成するような非爆発的噴火が生じる。従って、脱ガス過程は非爆発的な噴火をもたらす重要な要因の一つである。本研究では、一次元定常火道流モデルを用いて、縦方向への脱ガス過程が噴火タイプに与える効果を解析的に調べた。本研究のモデルでは、気相・液相間の相対運動を考慮し、気泡流領域と噴霧流領域の間に、新しい遷移領域（permeable flow region）を仮定している。この領域では気相と液相がともに連続相となっており、液相によってできる浸透構造中において縦方向への脱ガス過程が効果的に生じ得る。

一次元定常火道流モデルにおいては、マグマ破碎前の領域の長さ（ L_b ）と破碎後の領域の長さ（ L_g ）をマグマの噴出率（ q ）の関数として解析的に表現することができる。火道流の定常解は、火道全体の長さを L_t とした場合、 $L_b(q) + L_g(q) = L_t$ の関係が成り立つときに求められる。縦方向への脱ガス過程による最も重要な効果は、permeable flow region における相対速度の増加とともに、マグマ破碎時の圧力が減少することである。この効果によって、 $L_b(q)$ の振る舞いはほとんど変化しないが、 $L_g(q)$ が急激に減少する。その結果、 $L_g(q) = 0$ と $L_b(q) = L_t$ の関係を同時に満たす定常解が存在し得る。この定常解は非爆発的な噴火に対応しており、脱ガスが十分に起こってマグマ破碎時における圧力が大気圧より小さくなり、マグマが破碎せずに火口に達していることに相当する。

本研究では、permeable flow region における力学的バランスを用いることによって、 $L_g(q) = 0$ の関係が満たされる条件を解析的に決定した。Permeable flow region における力学的バランスは、マグマの噴出率に依存して変化する。噴出率が液相の粘性、火道半径、初期揮発成分量によって決定されるある臨界値より大きい場合には、気相・液相間に働く相互作用力（ F_{lg} ）と液相・火道壁間に働く摩擦力（ F_{lw} ）がバランスしている。この場合、 $L_g(q) = 0$ の条件は F_{lw} と F_{lg} の効果の比を表す無次元パラメータ A によって決定される。一方、噴出率が臨界値より小さい場合は、 F_{lg} が F_{lw} に比べて十分に大きいという特徴がある。この場合、 $L_g(q) = 0$ の条件は液相の荷重と F_{lg} の効果の比を表す無次元パラメータ B によって決定される。パラメータ A あるいは B が 1 より大きく、且つ $L_b(q) = L_t$ が満たされる場合、縦方向への脱ガスによる非爆発的噴火が生じ得ることになる。本研究の解析的手法を用いることで、数値計算なしに非爆発的噴火が生じ得る条件を知ることができる。