

## 気相・液相間の相対運動が一次元定常火道流に与える効果：噴火タイプの多様性の成因

### Effects of relative motion between gas and liquid on 1-D steady flow in volcanic conduits: origin of diversity of eruption styles

# 小園 誠史 [1]; 小屋口 剛博 [2]

# Tomofumi Kozono[1]; Takehiro Koyaguchi[2]

[1] 東大・地震研; [2] 東大・地震研

[1] E.R.I., Univ. of Tokyo; [2] ERI, Univ Tokyo

本研究では、一次元定常火道流モデルに基づいて、気相・液相間の鉛直方向の相対運動が噴火タイプに与える効果を調べた。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增加する。その結果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に変化する。本研究のモデルでは、気泡流領域と噴霧流領域の間に遷移領域（浸透流領域）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を、鉛直方向にガスがマグマから分離する過程（脱ガス過程）が効果的に生じ得る。

気液間の相対運動を考慮した場合の火道流の特徴は、3つの無次元数 $A$ 、 $B$ 、 $E$ によって記述される。 $A$ は火道壁からの摩擦抵抗とマグマの荷重の効果の比、 $B$ は火口における圧力とマグマ破碎時における圧力の比を表しており、 $A$ と $B$ のどちらもマグマの噴出率に比例している。 $E$ は、浸透流領域における火道壁からの摩擦抵抗と気液間の相互作用力の効果の比として定義され、脱ガスの効率を表すパラメータである。 $E$ の値は、液相の粘性、マグマのガス浸透率、火道半径などの、マグマの性質や地質条件のみによって決定される。気液間の相対運動を考慮した場合、噴出率( $A$ )の減少とともに、または脱ガスの効率( $E$ )の減少とともに、マグマ破碎時の圧力( $P_f$ )が減少するという特徴がある。これは脱ガスの効果によって、マグマ上昇に伴う気相の体積分率の増加が抑制されるためである。 $A$ が十分に小さい、または $E$ が十分に大きいために $P_f$ が大気圧( $P_a$ )より小さくなる場合、マグマは破碎前に火口に達する。一方、 $A$ が十分に大きい、または $E$ が十分に小さいために $P_f$ が $P_a$ より大きくなる場合、マグマは破碎後に火口に達する。マグマが破碎前に火口に達する場合と、破碎後に火口に達する場合の火道流の定常解は、それぞれ非爆発的噴火と爆発的噴火に対応する。 $A$ と $B$ はどちらもマグマの噴出率に比例しているため、一次元定常火道流の問題は、与えられた境界条件のもとで、マグマの性質や地質条件に関連するパラメータ( $B/A=G$ や $E$ など)の関数として無次元噴出率 $A$ を求める問題として定式化される。本研究では、 $A$ を系統的に求めることができる図学的解法を導出した。

火道流の定常解の数やタイプ(定常解の組み合わせ)は、マグマの性質や地質条件に関連するパラメータに強く依存する。本研究では、図学的解法をもとに、定常解の組み合わせとマグマの性質・地質条件の関係を明らかにした。パラメータ $E$ が臨界値 $E_{cr}$ より大きい場合、非爆発的噴火の定常解が1つ存在する。一方、 $E$ が $E_{cr}$ より小さい場合、定常解の組み合わせは、 $E$ や $G$ 、その他の地質条件(火道の長さなど)に依存して変化し、それは次の5つのパターンに区別される：(1)  $E_x$ , (2)  $E_f$ , (3)  $E_x+E_f$ , (4)  $E_x+E_x$ , (5)  $E_x+E_x+E_f$ 。ここで $E_f$ と $E_x$ はそれぞれ非爆発的噴火と爆発的噴火の解を表す。定常解の組み合わせとマグマの性質・地質条件の関係は、 $E$ 、 $G$ 、火道の長さのパラメータ空間におけるレジームマップによって表すことができる。地表で観測される非爆発的噴火と爆発的噴火の間の複雑な遷移は、それらの噴火においてパラメータ $E$ の値が $E_{cr}$ より小さく見積もられるという事実によって説明される。