

論文審査の結果の要旨

氏名 小園 誠史

珪長質マグマが上昇し噴火にいたる際、マグマからの脱ガスの程度の違いにより噴火様式が爆発的であったり非爆発的であったりするのとはどのような機構によるのであろうか？本論文は、この様な疑問に対し、一次元定常火道流の解析的表現を求め、様々なパラメタの組み合わせがどのような噴火様式と対応するのかを系統的に調べることを目的としている。

本論文は7章からなる。第1章はイントロダクションであり、まず、過去の一次元定常火道流の数値的・解析的研究が紹介される。マグマとガスの大きな相対運動を許すモデルを数値的に解いた結果からは、鉛直方向の脱ガスが容易になることにより様々な噴火様式が生じることが示されているが、マグマ物性、マグマ溜りの圧力、火道の形状などの様々なパラメタと噴火様式の関係が系統的に調べられているとは言いがたい。一方、Koyaguchi (2005)は解析解を用いて各パラメタと噴火様式を視覚的に理解しやすい作図法を導入したが、マグマとガスの相対運動が考慮されていなかった。本論文では、Koyaguchi (2005)の方法を発展させ、マグマとガスの相対運動がある場合の解析解を系統的に調べている。

第2章では一次元定常火道流モデルの定式化が行われる。これまでの一次元定常流火道モデルでは、火道内の流れをマグマが破碎する前の気泡流の領域とマグマ破碎後の噴霧流の領域に分けて解析することが多かった。これに対し本論文で用いるモデルでは、Yoshida and Koyaguchi(1999)によって提案された浸透流領域を、気泡流領域と噴霧流領域の2領域の間に設けた。浸透流領域では液体成分とガス成分が大きな相対速度を持つことにより、鉛直方向の効率的な脱ガスが可能となる。浸透流領域でのガス流が層流の場合と乱流の場合の両者が考慮されている。

第3章では、第2章で定式化された一次元定常火道流を数値的に解くことにより得られる解の一般的な性質が述べられる。数値解には爆発的噴火と非爆発的噴火に対応する2種類の解が見られる。火道壁とマグマの間の粘性応力、マグマに作用する重力、液体マグマとガスの相互作用力などが、流れの各領域において異なる割合でバランスしている。バランスする主要な力の内、寄与の大きなものを残すことによって、浸透流領域における力学的釣り合いの近似的表現が得られる。

第4章では、Koyaguchi(2005)と同様な手続きにより、気泡流領域の長さ L_b 、噴霧流領域の長さ L_g 、破碎圧 P_f の解析的表現が導かれる。その際、火道壁の粘性応力と重力効果の比である α 、火口での圧力と破碎圧の比である β 、 α と β の比である γ 、粘性応力と液体とガスの相互作用の比である ϵ などの無次元量が導入され、それら無次元量と L_b 、 L_g 、

および Pf の関係が詳細に調べられる。更に、Koyaguchi(2005)の作図法が導入される。

第 5 章では、 L_b , L_g と、火道の全長 L_{total} , 無次元パラメタ α , β , γ , ε の関係を系統的に調べ、さらに、パラメタ空間における様々な定常解の存在条件が一望できる Regime map と存在条件を探索するフローチャートが導入される。このフローチャートは本論文の大きな成果である。

第 6 章では、第 5 章で示された各パラメタと定常解の関係をを用い、マグマ溜りの圧力変化が定常解をどのように変化させるかが議論される。また、粘性の効果、ガスの流速が上昇し乱流に移行した場合の解の変化、解析解を得るために導入した近似の影響が議論される。解析解によると ε がある閾値以上では爆発的噴火に対応する解が存在しないが、閾値以下では爆発的噴火の多重解や非爆発的噴火に対応する解が存在し得る。9つの噴火事例について無次元パラメタ ε を求め、この解析解の特徴が概ね満たされていることを示した。

第 7 章は全体のまとめである。

本論文の構成は先行研究である Koyaguchi(2005)を踏まえているが、Yoshida and Koyaguchi(1999)を参考にして気泡流領域と噴霧流領域の間に浸透流領域を設けることにより、先行研究では欠けていた液体成分とガス成分の大きな相対運動を導入している。これにより非爆発的噴火解が存在するためには鉛直方向の脱ガスが重要な役割を果たしていることを明らかにしている。また、先行研究では考慮されていない乱流の影響の考察や無次元パラメタ ε を用いた観測値との比較が新たに行われている。

なお、本論文の第 2 章の一部は三谷典子との共著であり、また、第 2 章から第 6 章までは小屋口剛博との共著であるが、手法の考案、計算の実行、結果の解釈および考察は論文提出者が主体となっており、論文提出者の寄与が十分に大きいと判断できる。

従って、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。