

気相・液相間の相対運動が爆発的噴火のダイナミクスに与える効果

Effects of relative motion between gas and liquid on dynamics of explosive eruptions

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

気液二相流において、気相・液相間の相対運動は流れの大局的な構造に大きな影響を与える。本研究では、一次元定常火道流モデルを用いて、二相間の相対運動が爆発的噴火のダイナミクスに与える効果を調べた。マグマが上昇して減圧すると、揮発性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。本研究で用いたモデルでは、気相・液相間の鉛直方向の相対運動を考慮し、また気泡流領域と噴霧流領域の間に fractured-turbulent flow zone と呼ばれる新しい遷移領域を定義している。この領域では気相と液相がともに連続相となっており、相対速度が大きくなりやすい。

本モデルにおける火道内の流れは、マグマの上昇とともに 5 つの領域に区別される。領域 1 は気泡流であり、マグマの粘性の影響によって二相間の相対速度が小さくなるという特徴がある。領域 2 は fractured-turbulent flow であり、気相が浸透構造を効果的に流れるため、二相間の相対速度が非常に大きくなる。この領域における相対速度は、気相・液相間の相互作用力と、液相・火道壁間の摩擦力のバランスによって決定される。領域 4 は噴霧流であり、相対速度は気相内の粒子の終端速度によって決定されるある一定の値に達する。領域 2 と領域 4 の間の遷移領域である領域 3 では、粒子が気相からの引力によって加速され、相対速度は急減する。流れがチョーキング条件に近づくと、気相の速度は気相の音速に向かって増加するが、液相の速度の増加は抑えられる。その結果、相対速度は再び増加する。この領域を領域 5 とする。火道内における圧力勾配を支配する力学的バランスも、領域によって異なる。領域 1 と領域 2 では、圧力勾配は主に火道壁との摩擦力と混相流体の自重によって決定される。領域 4 では、圧力勾配は主に混相流体の自重によって決定される。領域 3 と領域 5 では、圧力勾配は主に加速度項によって決定される。領域 3 と領域 5 は、他の領域に比べて非常に短い。

火道内の流れの定常解は、与えられた境界条件のもとで、領域 1 から領域 5 の長さの和と火道全体の長さが等しくなる場合に求められる。マグマ破碎前の領域(領域 1・2)の長さやマグマ破碎後の領域(領域 3・4・5)の長さはマグマ物性や地質条件によって変化し、各領域における力学的バランスを用いることでその長さを半解析的に決定することができる。領域 2 における相対速度が増加すると、マグマが破碎する圧力が減少するため、マグマ破碎前の領域は長くなり、マグマ破碎後の領域は短くなる。領域 4 における相対速度が増加すると、マグマの密度が増加するためマグマ破碎後の領域は短くなる。火道内の流れは、これらの長さの変化によって特徴づけられる。