

## 気泡流の破碎メカニズムと二圧力火道モデル

### Fragmentation mechanism of bubbly-magma and two pressure conduit model

# 三谷 典子[1], 小屋口 剛博[2], 井田 喜明[1]  
# Noriko Mitani[1], Takehiro Koyaguchi[2], Yoshiaki Ida[1]

[1] 東大・震研, [2] 東大・新領域

[1] Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, [2] Frontier Sciences, Univ Tokyo

爆発的噴火において、火道内のマグマの流れが気泡流から噴霧流へ移行する過程であるマグマの破碎過程は重要である。気泡を含むマグマの破碎メカニズムの候補はいくつか挙げられている。一つは全体が膨張して歪み速度が大きくなって生じる破碎である。二つ目は、気泡内のガスとマグマの圧力差によって生じる気泡周囲の引っ張り応力(hoop stress)がマグマの引っ張り強度を越えて起きる気泡破裂によるものである。さらに三つ目は急激な減圧によってマグマの圧力自体が負になり、引っ張りの力で起きる破碎である。しかし実際にどのメカニズムで破碎が起きるか、つまり、どの破碎条件が先に達成されるか、ということは明らかにされていない。

そこで、本研究では気泡ガスとマグマの圧力差を考慮した二圧力モデルを用いて、気泡の成長とカップルさせた火道内流れのダイナミクスを計算し、マグマ粘性、マグマ溜りからの初速度、ガス質量分率によって破碎メカニズムがどのように変化するかを調べた。火道モデルは一次元定常等温を仮定し、マグマとガスは同じ速度を持つとし、またマグマは粘性流体とする。気泡成長については一次元球対称セルモデルを用い、また気泡の生成、消滅は考えない。基礎方程式は連立常微分方程式で表され、それらを4次のルンゲクッタ法で数値積分する。マグマ粘性(10kPa s から 100MPa s)、マグマ溜りからの初速度(1-20m/s)、ガス質量分率(0.03-0.05)を変えた計算を行った。また流れの歪み速度が大きくなってくるところでは、マグマをマックスウェル粘弾性体と見なして弾性の効果も考慮する。

計算結果から以下のようなことが得られた。流れの上昇、減圧に伴い、ガスとマグマの圧力差は増加し、粘性による hoop stress は歪み速度に比例して増加する。流速が音速近くに達するチョーキング状態では、歪み速度、hoop stress が著しく増加し、マグマは負圧になる。三つの破碎条件は、チョーキング状態付近の空間的に狭い領域で満たされる。一圧力モデルでは無限小の領域で歪み速度が無限大にまで加速されるが、二圧力モデルでは粘性率が大きいほど歪み速度加速は抑えられる。これは運動エネルギーの一部が気泡周囲の粘性エネルギーおよび気泡ガスの圧縮性のポテンシャルエネルギーに変換され、歪み速度増加が自己調整されるためである。またガス質量分率が小さいほど膨張による歪み速度増加が遅くなる。ガスとマグマの圧力差は粘性率および流れの歪み速度に比例して大きくなるが、平均圧力は運動量保存則より粘性に無関係に決まるので、粘性率が大きいときにはマグマ圧が負になる場合が生じる。このように負のマグマ圧による破碎と気泡破裂による破碎は相関がある。以上のような仕組みにより、高粘性、高初速度、低ガス質量分率では、歪み速度破碎よりも気泡破裂あるいはマグマの負圧による破碎条件が先に達成される。これらの結果は初期の気泡サイズに依存しない。また、弾性は hoop stress を抑える働きがあり、この効果は低粘性で気泡サイズが大きいほど顕著になる。つまり低粘性では歪み速度が主な破碎条件になる。