

マグマ破碎およびプリニー式噴火の半解析解

Semi-analytical solution for magma fragmentation and Plinian eruptions

三谷 典子[1]; 小屋口 剛博[1]

Noriko Mitani[1]; Takehiro Koyaguchi[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ Tokyo

プリニー式噴火における噴出物のガス体積分率は 0.6-0.9 と多様である。このような多様性は、マグマ破碎を含む噴火の物理条件が多様であることを反映していると考えられる。マグマ破碎時の物理量とマグマ中の含水量 C 、火道半径 R 、火道の長さ L 、マグマ溜りの圧力 P などの様々なマグマの性質や地質学的な条件との関係を明らかにするために、定常な爆発的噴火のダイナミクスを数値的および半解析的に調べた。モデルでは定常一次元の火道内の運動に気泡成長を組み込んだ。気泡成長には球状セルモデルを適用し、液体マグマはニュートン流体として扱った。また、気泡周囲の引っ張り応力がマグマの引っ張り強度を超えるとマグマが破碎するという条件を用いた。さらに、気相の析出によるマグマの粘性の変化を取り入れた。

まず数値計算によって、 C 、 R 、 L 、および P に対する、マグマ破碎時のガス圧力、ガス体積分率などの物理量や破碎面の深さの変化を求めた。例えば、 C が小さい場合 (2 重量%) には R 、 P 、および L が大きいほどガス圧は増加しガス体積分率は減少する。また R および P が小さく、 L が大きいほどマグマ破碎面の位置が深くなる。一方、含水量が大きい場合 (5 重量%) R が大きくなるとガス圧は減少してガス体積分率は増加し、 P が小さいほど破碎面は浅くなるという傾向が見られる。

次に解析的考察によって、このようなマグマ破碎時の圧力やガス体積分率などの物理量を決定する要因を調べた。その結果、マグマ破碎時の物理量と含水量 C およびある無次元数 N の間には、マグマ溜りの圧力や火口での境界条件に依存しない普遍的な関係が存在することがわかった。この無次元数 N は流れが火道壁から受ける粘性抵抗応力をマグマの引っ張り強度で規格化したものである。マグマ破碎時の圧力は C の単調減少で N の単調増加関数であり、ガス体積分率は C の単調増加で N の単調減少関数である。ここで重要なことは、無次元数 N には噴出率に依存する火道壁の抵抗が含まれていることである。従って、火道半径、含水量、粘性などが既知の場合、我々の得た破碎時の関係は、噴出物のガス体積分率から噴出率を見積もる有効な手がかりとなる。

さらにこのようなマグマ破碎の状態と C および N との関係は、プリニー式噴火に対する半解析解の導出を可能にした。火道の長さ、マグマ溜りの圧力および火口での境界条件を与えることによって、無次元数 N の値そして噴出率が以下のように特定される。液体マグマおよび気泡流の領域の長さは火道壁の抵抗に関係づけられ、一方、噴霧流領域の長さは破碎時の析出ガス量および噴出率に関係づけられる。従って、液体マグマ、気泡流、噴霧流領域の長さはいずれも C および N の関数として表される。そこでこれらの領域の長さの和が火道の長さ L に一致するように N あるいは噴出率が決定される。このようにして得られた半解析解は数値計算結果とよく一致する。このようにマグマ破碎時のガス体積分率や破碎面の深さの多様性は、含水量 C および無次元数 N の変化に帰着できる。