

爆発的噴火におけるマグマの破碎メカニズムと噴出率の関係

Effects of magma fragmentation mechanisms on eruption rate

三谷 典子[1], 小屋口 剛博[2]

Noriko Mitani[1], Takehiro Koyaguchi[2]

[1] 東大・震研, [2] 東大・新領域

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

爆発的噴火の火道内の流れを、気泡成長をカップルさせた定常一次元モデルを用いて調べ、噴出率とマグマの破碎メカニズムとの関係を明らかにした。気泡成長にはセルモデルを用い、マグマは粘弾性体として扱った。流れは破碎面で気泡流から噴霧流に不連続に変化すると仮定した。破碎メカニズムとして、臨界ポイド率に基づく「膨張破碎」と臨界引っ張り強度に基づく「応力破碎」の二つのタイプを導入した。また、破碎面での保存則に基づく跳びの条件を取り入れた。

三谷ら(2003)および小屋口ら(2003)で膨張破碎あるいは応力破碎が起きる条件は流れが火道壁から受ける抵抗応力とマグマの引っ張り強度の比である無次元数で表されることが明らかとなった。このことは、破碎タイプがマグマ粘性だけでなく、噴出率や火道半径といった地質学的条件にも依存することを意味している。粘性率、噴出率が大きく火道半径が小さいほど応力破碎が起こりやすい。本研究ではこれらのパラメータによる破碎タイプおよび噴出率の変化を系統的に調べた。気泡流、噴霧流の領域の長さを求め、全体の長さがマグマ溜りの深さに相当して境界条件を満たすものを解とした。以下のような結果を得た。

気泡流領域の長さは主に気泡流の圧力勾配で決まり、噴出率およびマグマ粘性の増加とともに減少し、マグマ溜り圧力の増加とともに増加する。一方、噴霧流領域の長さは火口および破碎面での圧力で決まり、噴出率の増加とともに、火口圧力の増加によって増加する。結果として、二つを加えた全体の領域の長さは噴出率の増加とともに減少する。言い換えれば、マグマ溜りの深さが与えられた場合、マグマ溜りが浅い場合ほど噴出率が大きくなる。

噴霧流領域の長さは破碎メカニズムに顕著に依存する。膨張破碎が起こる場合、破碎面での圧力は一定である。従って、噴霧流領域の長さはマグマ溜りの圧力や気泡流の他の条件によらずに一定となる。一方、応力破碎が起きる場合、与えられた噴出率に対して、噴霧流領域の長さはマグマ溜りの圧力の増加とともに増加する。これは破碎面での圧力がマグマ溜り圧力に依存するからである。

最後に、与えられたマグマ溜りの深さに対して、噴出率とマグマ溜り圧力の関係が破碎メカニズムおよびマグマ粘性に大きく依存することを明らかにした。マグマ溜りの圧力が時間とともに減少する場合を考える。マグマ粘性率が低い場合、噴出率によらずに常に膨張破碎が生じ、噴出率はマグマ溜り圧力にほとんどよらずに一定となる。粘性率が高い場合、常に応力破碎が起き、1桁程度のマグマ溜り圧力の減少とともに噴出率の減少は1-3桁にも及ぶ。中間の粘性率の場合、マグマ溜り圧力および噴出率が十分大きく応力破碎が起きる間は、噴出率はマグマ溜り圧力の減少とともに激しく減少する。応力破碎から膨張破碎へと移り変わる臨界値に噴出率が到達すると噴出率の減少に不連続な跳びを生じる。さらにマグマ溜り圧力が小さくなると、破碎タイプが膨張破碎となり噴出率はほぼ変化せず一定となる。