

脱ガスと結晶化が溶岩ドームから爆発的噴火への遷移過程に与える影響 Effects of gas escape and crystallization on a transition from lava-dome to explosive eruption

小園 誠史^{1*}, 小屋口 剛博²

KOZONO, Tomofumi^{1*}, KOYAGUCHI, Takehiro²

¹ 防災科学技術研究所, ² 東京大学地震研究所

¹NIED, ²ERI, Univ. of Tokyo

溶岩ドーム噴火においては、マグマからのガスの分離（脱ガス）と結晶化の程度が火道流のダイナミクスに大きな影響を与える。一般に火道流のダイナミクスは、定常流におけるマグマ溜まりの圧力（ p_{ch} ）とマグマ噴出率（ q ）の関係（以下、 p_{ch} - q カーブとよぶ）によって特徴づけられる。この p_{ch} - q カーブの傾き（ dp_{ch}/dq ）が正の場合（正の抵抗）、その領域における定常流は安定である。一方、 dp_{ch}/dq が負の場合（負性抵抗）、マグマ噴出率の急激な増加や周期的変動などの複雑なダイナミクスが出現する。本研究では、一次元火道流モデルに基づき、脱ガスと結晶化の組み合わせの効果が、 p_{ch} - q カーブの特徴や負性抵抗によってもたらされる火道流の遷移過程にどのような影響を与えるのかを調べた。

脱ガスと結晶化を考慮した火道流の場合、負性抵抗をもたらす2つの正のフィードバックメカニズムが存在する。第一に、結晶化の遅れの効果による、マグマ噴出率の増加に伴うマグマの実効粘性の減少が、火道壁からの粘性抵抗の減少をもたらす（フィードバック1）。第二に、脱ガスの非効率化の効果による、噴出率の増加に伴うマグマ発泡度の増加が、マグマの荷重による抵抗の減少をもたらす（フィードバック2）。これら2つのフィードバックメカニズムによって、低噴出率と高噴出率の領域で正の抵抗をもち、その間の中間領域で負性抵抗をもつS字型の p_{ch} - q カーブがある現実的な条件で出現する。低噴出率領域における火道流の安定解は火口におけるマグマ発泡度が低く、一方で高噴出率領域の安定解はその発泡度が高いという特徴があり、これらの解はそれぞれ安定な溶岩ドーム噴火と爆発的噴火に相当する。火道流の時間発展変動に関する解析の結果、このS字型の p_{ch} - q カーブのために、深部でのマグマ供給率が低噴出率領域から中間領域へ徐々に増加していった場合、マグマ噴出率が低噴出率領域から高噴出率領域へ急激に増加する遷移過程が生じた。これは溶岩ドームから爆発的噴火への遷移過程に相当する。

本研究の解析の結果、溶岩ドームから爆発的噴火への遷移過程を支配するメカニズムがマグマの斑晶量に依存して変化することがわかった。高斑晶量（体積分率 >0.5 ）の場合、フィードバック1が負性抵抗形成の主要なメカニズムになる。この場合、溶岩ドームから爆発的噴火への遷移は、深部におけるマグマ供給率が一定の臨界値を超えた場合に起こる。一方で低斑晶量（体積分率 <0.5 ）の場合、フィードバック2が負性抵抗形成に主要な役割を果たす。この場合、遷移過程が火道周辺の母岩における脱ガス浸透率によって支配され、遷移が起こる臨界供給率が浸透率減少とともに急激に減少するという特徴がある。このフィードバック2による遷移過程では、火山ガス組成が大きく変化し、火道内のマグマ発泡度が約0から0.8以上まで急激に増加し、また浅部における過剰圧が生じるという複雑な火道流の変動パターンを伴う。これらは地球化学的・地球物理学的観測によって検知できる可能性がある。

キーワード: 溶岩ドーム噴火, 火道流, 数値モデル, 噴火推移, 脱ガス, 結晶化

Keywords: lava dome eruption, conduit flow, numerical model, transition of eruption, gas escape, crystallization