

粘性散逸によるマグマ輸送の不安定性

An instability in the transportation of magma due to the viscous dissipation

木村 淳[1], 栗田 敬[2]

Jun Kimura[1], Kei Kurita[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ., [2] Dep. Earth & Planet. Phys., Univ. of Tokyo

<http://www-sys.eps.s.u-tokyo.ac.jp>

マグマのレオロジーは、粘性の温度依存性や気泡・結晶の存在と絡んで複雑な挙動を示す。本研究では、このように複雑なレオロジーを持った系がどのようにして流量の急激な増加や熱的暴走といった不安定性を生じるのかを明らかにすることを目的とする。マグマ流れには非定常円筒流を仮定する。ここでは粘性率の温度依存性によって引き起こされる応力場や温度場の不均質と流れ場のカップリングを考慮して熱伝導方程式を数値的に解いた。その結果得られる、温度場と流れ場の相互作用による不安定性についての数値例を報告する。

マグマは気泡、結晶とシリケート・メルトの複合体であり、そのレオロジーは複雑な挙動を示す。マグマ中に結晶が多くなると、ある臨界値以上では極めて大きな粘性率を示し、非ニュートン性や粘弾性的性質が顕著となる。またこの臨界値は歪み速度の値によって変化する。このような複雑なレオロジーを反映して様々な流体力学的不安定性が生じ、火山活動や噴火プロセスに多様性を引き起こす原因となっている。

本研究で注目するのは、粘性散逸による温度不均質や応力の不均質がレオロジーとカップリングすることによって引き起こされる不安定性である。

マグマの温度は火山プロセスを支配する重要な要素であるが、マグマの粘性率は温度への依存性が極めて大きい。流量が大きければ冷却をあまり受けないが、流量が小さいと冷却によって粘性率が急激に増大し、さらに流量を下げてしまう。またマグマ中の揮発性成分もレオロジーに大きく影響する。H₂Oなどを含んだマグマでは、温度上昇は発泡を促進する。メルト中でのH₂Oの減少は粘性を増加させる。一方、温度上昇により発生した泡の存在はマグマの粘性を変化させ、応力場・流れ場の不均質を引き起こす。このように、温度場と流れ場のカップリングが系の挙動を決める上で重要なプロセスである。複雑なマグマレオロジーの最も簡単な例として、Fujii and Uyeda(1974)は平均場の円筒流を取り上げ、粘性率の温度依存性によって生じる不安定性を調べ、粘性散逸 温度上昇 粘性率の低下 パースト的な流量の増加、というループが成り立ち得ることを示した。

本研究ではより一般的なレオロジーを取り扱う。マグマは円筒状の通路を流れると仮定し、流れ場・温度場の変化は非定常現象として扱った。粘性散逸による温度場と流れ場のカップリングを評価するために、粘性率は温度依存性を持つとし、これによって生じる円筒内の温度場・応力場の不均質が流れ場に与える影響を考慮して方程式系を記述した。モデルで設定したパラメーターは、様々なマグマ組成を想定した粘性率や密度、通路のサイズ、代表的な圧力、通路の周囲とやりとりされる熱流量、である。以上の方程式系を現実的な初期条件・境界条件のもとで時間積分することで、マグマレオロジーがどのような物理過程に支配されるかを系統的に理解することが可能である。本講演では、計算の結果得られる温度場と流れ場のカップリングによる不安定性についての数値例を報告する。