

マグマの分化過程の定量化- 3

Numerical simulation of magmatic differentiation -3

栗谷 豪[1]

Takeshi Kuritani[1]

[1] 岡山大・固地研

[1] ISEI, Okayama Univ

<http://pmlgw.misasa.okayama-u.ac.jp/>

地殻下に貫入して形成されるマグマ溜まりの熱物質進化を時間・空間の関数として定量的に表現することは、岩石学において大きな目標の一つであった。演者はこれまで利尻火山・沓形溶岩流の噴出物の解析を行い、そこから得られたマグマの分化過程の情報に基づいて、物質・エネルギー保存を考慮した多成分系マグマ分化の1次元モデルを構築した (e.g., Kuritani, 1999)。そこで現在は、運動量保存の制約も加えた多成分系マグマ分化の2次元モデルの構築を試みている。本発表では、固相の運動は考慮せず、また対象を玄武岩質マグマ溜まりの初期の進化に限定するという条件のもとでモデルを提示し、熱物質進化を2次元で考察する。さらに、利尻火山における天然観察との比較を行う。

マグマ溜まり内の熱物質移動は連続体モデル (e.g., Bennon and Incropera, 1987) を用いて固液2相系として取り扱った。物質・運動量・エネルギーの保存式は有限体積法に基づく SIMPLE 法 (Patankar, 1980) により数値的に解を求めた。これまで Diopside-Anorthite 系を用いて粘性の高い流体の固結化過程を考察したという研究 (Oldenburg and Spera, 1991) は存在するが、多成分系マグマへの拡張は行われていない。本研究では多成分系熱力学計算を導入し、1 time step 内の各 iteration において、それぞれの計算セルでの温度・マグマ組成に対応した固相量・液組成・液密度・結晶化潜熱を計算して、それらを速度場・温度場・組成場の計算とリンクさせた。ただし熱力学計算の導入により膨大な計算時間が必要となるため、固相はカンラン石と斜長石のみを考慮した。カンラン石・斜長石・珪酸塩溶液の熱力学モデルはそれぞれ Hirschmann (1991), Elkins and Grove (1990), Ghiorso and Sack (1995) を用いた。モデルは予め NH₄Cl-H₂O 系に適用して Bennon and Incropera (1987) と同条件の計算を行い、結果を比較することによって妥当性を確かめた。

計算は、幅 1000m・厚さ 500m のマグマ溜まりを想定して行った。出発組成として、利尻火山・沓形溶岩流で最も未分化な試料 (SiO₂ 51.4 wt.%) のものを用いた。初期温度はマグマのリキダス温度 (1117 °C)、圧力条件は 2 kb とした。壁面温度は 600 °C に固定した。これは約 100~200 °C 程度の地殻中に貫入したことを想定している。マグマ溜まりの冷却開始直後からすべての壁面において結晶化が進行するが、それとともに側壁と底面において物質の流れが誘起される。これは、沓形溶岩のマグマ組成においては低温になるに従い粒間液の密度が小さくなり、マグマ溜まりの主要部の液との間で密度不安定が生じて組成対流が発生するためである。側壁の分化液は壁に沿ってマグマ溜まりの上方に輸送され、そこから天井に沿って側方に移動する。一方、マグマ溜まり底面の分化液はブリュームとしてマグマ溜まり主要部内を上昇する。これらの分化液の移動に伴い、マグマ溜まりの側壁と底面は相対的に SiO₂ 量に乏しく MgO 量に富むようになる。一連の冷却過程において熱対流は発生しなかったが、これは固相の移動は考慮しないという仮定を設けていることと、リキダス温度から計算を開始していることに因る。リキダスより高温から計算を始めると、リキダス温度までは“液密度”は低温ほど大きくなるためマグマ溜まりの天井部において激しい熱対流が誘起される (2001, 合同大会)。

固液境界層に由来する低温分化液は次第にマグマ溜まり主要部のマグマと混合し、結果として熱・組成進化を引き起こす。主要部のマグマ組成は上部ほどより SiO₂ 量に富む傾向が見られ、空間的に不均質である。マグマの噴火に際しては、結晶度が低い主要部マグマが主に噴出すると考えられるが、その場合その不均質が噴出岩の「全岩化学組成トレンド」として観察されることになる。そこで、計算された主要部マグマの組成と沓形溶岩流の組成トレンドを比較した。その結果、例えばある SiO₂ 量で比較した場合、2次元モデルの計算では MgO 量が乏しくなっていることが分かった。このことは、計算では実際よりも固液境界層における分化液の抽出が、より低結晶度の領域に限られている、ということの意味する。実際の天然のマグマ溜まりでは、計算では考慮されていない固液境界層内での結晶の沈降 (compaction) 等の効果がさらに加わり、より高結晶度の領域からも分化液がマグマ溜まり主要部に輸送されていると予想される。