

# 珪長質マグマ溜まりにおける結晶沈降と再平衡化の微量元素組成変化モデル

A quantitative model for trace element behavior during crystal settling and reequilibration in high-silica magma chambers.

# 西村 光史[1]

# Koshi Nishimura[1]

[1] 京大・理・地球熱学

[1] Inst. for Geothermal Sciences, Kyoto Univ.

ここ数十年の岩石学的・理論的研究から、マグマの結晶作用は、マグマ溜まり周縁のマッシュ状熱境界層で主に進行することが明らかとなってきた。マグマ溜まり中心部のマグマは高温、未分化で、上部の境界層から沈積してきた結晶は再溶融を起こす (Marsh 1989, *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 17)。すなわち、マグマ溜まりでは結晶沈降による非平衡化と再溶融・再結晶作用による平衡化が同時に進行している。しかしながら、そのようなプロセスによるマグマの組成進化はこれまでのところほとんど理解されていない。本研究では、結晶再溶融・再結晶化を伴う結晶沈降プロセスをモデル化し、マグマ組成進化経路を定量的に示すことを目的とする。

Zoned magma chamber から噴出した珪長質マグマは、結晶が沈降しながら周りの液と反応していった十分な証拠を与える。例えば、カリフォルニアの Bishop Tuff では斑晶の累帯構造や、メルト包有物のガス飽和圧力の変化から、結晶が数 km 沈降しながら、周りのメルトと反応したことが明らかとなっている (Anderson et al., 2000, *J. Petrol*)。本研究では珪長質マグマ溜まり内の結晶沈降と再平衡化に伴う微量元素の挙動をモデル化し、Bishop Tuff のメルト包有物の微量元素変化パターン (Anderson et al., 2000, *J. Petrol*) の説明を試みた。

平衡結晶作用、分別結晶作用、境界層分別結晶作用、同化分別結晶作用といった、これまでの他の結晶作用の定量的モデルは、化学種のマスバランスの制約を含んでいたが、熱輸送等の物理的制約は含んでいなかった。とはいえ、それらのモデルは火山岩や深成岩の化学的特徴を第一次近似的に説明するのにかなりの成功を収めてきた。しかし、結晶沈降と再溶融を扱う場合、メルト粘性やマグマの相関係数、温度構造によって結晶量やマグマ組成プロファイルが急激に変化するため、化学的制約だけではなく、物理的制約も含む必要がある。近年の実験的研究において、珪長質マグマ溜まり内で結晶と共存するメルトの粘性は、温度によらず一定であることが明らかとなった (Holtz et al. 2001, *Lithos* 56)。この単純な関係はモデリングを容易にする。結晶沈降に伴い、等体積のメルトのカウンターフローを仮定し、エンタルピー輸送を考慮した。メルトの含水量、温度、結晶量の空間時間変化を、レバールールの式、エネルギー保存式、質量保存式を用いて計算した。メルトの含水量は、結晶作用、再溶融、結晶沈降によって変化し、局所的なりキダス温度を変化させる。熱流、エンタルピー輸送、相転移の潜熱によって温度が変化する。

計算の結果、メルト粘性が  $10^5$ - $10^6$  Pa s 程度の場合、初期にマグマ溜まり上部が未分化組成になる reversely zoned magma chamber が形成され、すぐに上部が分化した組成になる zoned magma chamber の構造に移行するパターンがみられた。このことは、珪長質火山の大部分が zoned magma chamber の構造を示し、reversely zoned magma chamber の構造を示すものは少ないことに対応しているかもしれない。微量元素の液相変化曲線を、 $\log Ba/Rb$  vs  $\log Sr/Rb$  図上にプロットすると、Bishop Tuff のメルト包有物組成を他のモデル (分別結晶作用、平衡結晶作用、マグマ混合) よりもよく説明できることがわかった。