

珪長質マグマ溜まりにおける結晶沈降の加速と減速

Effects of water content on crystal settling in silicic magma chambers

西村 光史[1], 杉本 健[2], 山下 茂[3], 川本 竜彦[4]

Koshi Nishimura[1], Takeshi Sugimoto[2], Shigeru Yamashita[3], Tatsuhiko Kawamoto[1]

[1] 京大・理・地球熱学, [2] 九州大学総合研究博物館, [3] 岡大・固地研, [4] 京大・理・地球熱学・別府温泉

[1] Inst. for Geothermal Sciences, Kyoto Univ., [2] The Kyushu University Museum, [3] ISEI, Misasa

要旨

対流する珪長質マグマ溜まりの結晶作用とマグマ溜まり底部での結晶沈降について数値計算を行った。対流するマグマは熱伝達によって母岩を溶かし込むため、冷却と結晶作用が急速に進行することが知られている。結晶量の増加は結晶沈降速度（終端速度）を著しく遅くさせる。一方、結晶作用が進むとメルト中には水が濃集するため、メルトの粘性が大きく低下し、結晶沈降を促進させようとする。したがってマグマ溜まりの結晶沈降速度はおもに結晶量の増加とメルトの粘性低下とのバランスによって決まると考えられる。計算の結果、結晶量が20-30vol.%程度に達した時の水の濃度が4wt.%以下であると結晶沈降は減速していくのに対し、水の濃度が6wt.%以上であると加速していくことがわかった。このことは、初生的により水の多いマグマ溜まりからは結晶量に乏しいマグマが噴出する可能性が高いことを意味している。本研究ではまた、赤外顕微鏡を用いて測定した珪長質火山岩のメルト包有物の水含有量と結晶量との関係を議論する。

1 はじめに

結晶沈降はマグマ溜まりの組成進化を支配する最も重要な要素の一つである。結晶沈降の程度はメルトの粘性に大きく影響される。珪長質マグマ溜まりの結晶沈降はこれまでメルトの粘性が固体に近い値を持つと考えられてきたために無視されがちであった。しかし近年、メルト中の水の含有量が1wt.%から8wt.%まで変わると、メルトの粘性が 10^9 Pa sから 10^4 Pa sまで大きく低下することがわかってきた(Petford et al., 2000, Nature)。したがって、マグマ中の水の含有量に数%の違いがあると結晶沈降の程度が大きく変わる可能性がある。本研究では、対流しながら冷却するマグマ溜まりにおいて結晶作用と結晶沈降速度がメルトの水の含有量によってどのように影響されるかを数値計算によって調べた。また、天然の珪長質火山岩のガラス包有物中の水含有量を赤外顕微鏡を用いて測定し、結晶量との関係を調べ、本モデルの岩石学への応用を試みている。

2 マグマ溜まりの結晶作用と結晶沈降に関する数値計算

マグマ溜まりの温度変化と結晶作用に関しては、Huppert and Sparks (1988, J. Fluid Mech., 1988, J. Petrol.), 金子・小屋口(1996, 地質学論集), Koyaguchi and Kaneko (1999, J. Petrol., 2000, Trans. R. Soc. Edinburgh)の計算方法に従った。結晶沈降に関しては、結晶を直径5mmの球形と仮定しRichardson-Zakiの速度を用いることで、(1)結晶量の増減による速度変化、(2)メルト粘性低下(水の濃集)による速度変化を考慮した。計算の結果、結晶量が20-30vol.%程度に達した時の水の濃度が4wt.%以下であると結晶沈降は減速していくのに対し、水の濃度が6wt.%以上であると加速していくことがわかった。このことは、初生的により水の多いマグマ溜まりからは結晶量に乏しいマグマが噴出する可能性が高いことを意味している。

3 赤外顕微鏡を用いた珪長質火山岩のガラス包有物の測定

天然の珪長質火山岩の結晶量とメルトの水の含有量を調べるための一例として、現在、雲仙平成溶岩のガラス包有物の水の濃度を赤外顕微鏡を用いて調べている。赤外顕微鏡でガラス中の水の測定を行う場合、モル吸光係数の組成依存性を考慮しなければならない。ガラス包有物は流紋岩組成(76-79wt.% SiO₂)であるため、Yamashita (1999, J. Petrol)によって合成された異なる水濃度を持つ流紋岩ガラスを標準物質にして検量線を作成し、波数3570cm⁻¹のO-Hの基本振動のモル吸光係数として9.3±0.2を得た。雲仙火山のメルト包有物の水含有量としては、これまで~5%(Shinohara, 2002, Unzen workshop abstract), 6-7wt.%(Holtz et al, 2002, Unzen workshop abstract)等が報告されている。メルト包有物の多くには気泡があり、気泡中に微小結晶を含むものもある。気泡がある包有物のガラス部分の水を測定すると0.1wt.%程度であり、気泡を含まない包有物では0.6wt.%の値であった。現在、加熱ステージを用いて包有物中の気泡、微小結晶、ガラスを均質化して水の測定を行っている。講演では得られた含水量のデータを報告するとともに、結晶作用に伴うメルトへの水の濃集プロセスと結晶量との関係を考察する。