

Microlite textural and chemical evolution during magma ascent, applications of a new crystallization model to pyroclasts of Shinmoe-dake 2011 eruption

吉瀬, 毅

<https://doi.org/10.15017/1500505>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済



氏 名 : 吉瀬 毅

論文名 : Microlite textural and chemical evolution during magma ascent, applications of a new crystallization model to pyroclasts of Shinmoe-dake 2011 eruption

(マグマ上昇途中における結晶組織及び化学組成の変化；新燃岳 2011 年噴火の噴出物に対する新たな結晶化モデルの適応)

区 分 : 甲

論文内容の要旨

マグマが減圧を受け、含水量が低下すると結晶成分の溶解度が低下し、実効的な過冷却が生じ結晶化が起こる。脱水結晶化によりマグマの上昇途中でマイクロライトと呼ばれる微結晶が現れる。脱水結晶の過程はマイクロライトの化学組成や結晶サイズ分布(Crystal size distribution; CSD)に記録されている。マイクロライトの化学組成はメルトの温度・圧力・含水量によって決まる。そのため、結晶の化学組成は先に晶出するほど高含水量のメルトの状態を記録している。CSD はメルトの脱水速度を記録している。一般に脱水速度が大きいほど、核形成速度の増加率が大きくなり、CSD の傾きと切片は大きくなると考えられている。CSD は核形成速度が時間とともに指数関数的に増加し、結晶成長速度が時間とともに変化しない場合に、方対数で直線的になると考えられていた(Marsh 1988, 1998)。それに対して、本研究では核形成速度が一定かつ結晶化の速度が一定の場合に、CSD が片対数で直線的になる結晶化のモデルを作成した。また、この結晶化モデルの適応を、新燃岳 2011 年噴火の噴出物に対して行った。

1.CSD の直線的な形状、2.結晶粒径と化学組成の関係、3.組成累帯構造、を網羅的に説明する新たな結晶化モデルを作成した。ある一定の核形成速度 J と結晶増加速度 ϕ を与え、結晶の成長速度 $G(t)$ が全体の結晶の総表面積で決定されると考えた場合、 $G(t)$ は幾何学的に決定される。結晶の総表面積は時間とともに増加していくため、 $G(t)$ は時間とともに減少する。このような場合に、 $G(t)$ は時間に反比例して減少することを示した。また、あるサイズ空間のサイズ分布の保存則に $G(t)$ を代入して解くことでサイズ分布の方程式を得た。この関係は CSD の傾きと切片が J/ϕ によって決定されるという特徴がある。結晶の化学組成はメルトの温度・圧力・含水量により決定される。ここで、減圧脱水による結晶化のみを考える。減圧速度一定で、結晶の化学組成が圧力変化に対して直線的に変化すると仮定する。この時、結晶の化学組成の時間変化は結晶成長速度 $G(t)$ の様式のみによって決定される。ある時間における結晶核の化学組成および結晶最外殻の化学組成は $G(t)$ のみによって決定される。

上記の結晶化モデルを、新燃岳 2011 年噴火で噴出した火砕物に適応した。本研究で対象とした、新燃岳は 2011 年 1 月 26 – 27 日に 3 回の比較的大規模な噴火を起こした。降下火砕堆積層には褐色で高発泡な軽石と黒色で低発泡なスコリアが全総序にわたって含まれる。噴出物には石基ガラス(Glass)の中に、斜長石(Pl)、輝石(Px)マイクロライトが含まれる。Pl マイクロライトの CSD 解析を様々な密度の噴出物に対して行った。その結果、CSD の傾きと切片は密度の大きな噴出物ほど大きくなる傾向が見られた。この傾向は、結晶化速度 ϕ が小さかったため現れたと考えられる。 ϕ が小さいことはマグマの地下での滞在時間が長かったことを意味する。このような、滞在時間が異なるマ

グマの混合を経て、新燃岳 2011 年噴火は噴出に至ったと考えられる。PI マイクロライトの化学組成と粒径の関係について解析を行った。PI マイクロライトの Core An# (Ca/Ca+Na)と粒径には正の相関が見られた。また、PI マイクロライトの Core から Rim にかけて An#の減少が見られた。メルトの相平衡状態を計算するプログラム(MELTS, Ghiorso and Sack, 1995)でPI マイクロライトの晶出量と化学組成の計算を行った。斜長石マイクロライトは 0.7 kbar で晶出を開始し、その時の化学組成は An# = 0.7 である。その後、減圧されるに伴い、結晶量は増加し、An#は減少する。化学組成と粒径の関係を説明するためにモデルの適応を行った。ここで、従来考えられていた $G(t)=const.$ の場合と $G(t)=t^{1/2}$ の場合を比較のため検討した。 $G(t)=const.$ の場合の計算結果は組成累帯構造及び粒径と化学組成の正の相関は説明できず、 $G(t)=t^{1/2}$ の場合の計算結果は組成累帯構造と一致するが粒径と化学組成の正の相関と一致しなかった。本研究で導かれた、 $G(t)=R_0t^1$ の場合の計算結果は組成累帯構造及び粒径と化学組成の正の相関とよく一致した。

以上をまとめると、新燃岳 2011 年噴火は以下の様な過程を経て噴出に至ったと考えられる。マグマに含まれる斜長石マイクロライトは 0.7 kbar で晶出を開始し、圧力とともに結晶度および結晶数密度は直線的に増加し、An#は直線的に減少した。また、結晶の成長速度は時間に反比例して減少していた。このような結晶化の過程を経て斜長石マイクロライトの CSD は直線的になり、組成累帯構造を持つようになり、粒径と化学組成に正の相関を持つようになった。このような結晶化の過程を経たマグマが浅部まで上昇し、一部のマグマから気泡が抜け、火道内での滞在時間に差異が生まれた。このような滞在時間の異なるマグマが混ざり合って噴火に至った。