

Ab-Qtz-H₂O系の結晶化カインेटィクス：ペグマタイト組織形成過程への応用

Crystallization kinetics in the system Ab-Qtz-H₂O: Implications for formation of pegmatite texture

奥村 晴香^{1*}, 中村 美千彦¹

Haruka Okumura^{1*}, Michihiko Nakamura¹

¹東北大・理・地球惑星物質科学

¹Earth Planet. Mater. Sci., Tohoku Univ.

【研究の目的】

揮発性成分に富んだ珪長質マグマは、分化の後期段階に長期間にわたり結晶・メルト・流体の三相からなる状態で存在する。この発泡したクリスタルマッシュの性質は、マグマ溜まりの熱的・化学的な進化や、花崗岩体の流動・定置、鉱床形成の初期過程での物質輸送を理解する上でも重要である。花崗岩体は単調な主要構成鉱物や組成の均質さから、その形成過程に関する組織情報を引き出すのは容易ではない。その中であって、ペグマタイトは巨晶や露頭規模の累帯構造、微量元素の濃集などの際だった特徴を示すことから、多くの記載的な研究がなされてきた。一方、結晶化過程に関する実験的な研究の数は限られており、ペグマタイトの組織形成過程は十分に理解されていない。特に、超臨界流体相とメルト相のそれぞれがどのような組織の形成に対して主体的な役割を果たしているのかについては、意見が分かれている (e.g. Baker & Freda, 2001; Sirbescu et al., 2009; London, 2009)。本研究では、ピストンシリンダー装置を用いた高温高压実験によって、Ab-Qtz-H₂O系の結晶化カインेटィクス (核形成のしやすさ、結晶成長速度、物質輸送経路と流体相の役割など) を調べ、ペグマタイトの形成過程に関する制約条件を得ることを目的とする。

【出発物質】

実験で合成したメルトに特有の構造や不均質核によって結晶化カインेटィクスが影響を受けないよう、まず3種類の出発物質 (酸化物およびゾルゲル法による試薬合成・天然鉱物粉末) を吟味する予備実験を行った。圧力は0.8 GPaで、組成は含水条件でのAb-Qtzの共融点組成、含水量は殆どの実験で飽和含水量以上とした。試薬を出発物質とした場合には、酸化物・ゲルのいずれも核形成頻度と結晶成長速度が著しく大きく、メルトの徐冷実験では100%結晶化し、共融点温度より20°C上からの急冷 (>20°C/sec) でも20 vol.%程度結晶化した。一方、鉱物 (Ab, Qtz) の融解急冷実験では100%ガラス化し、また徐冷実験では、適度な過冷却の達成によって、天然のペグマタイトの組織を再現することができたため (後述)、本実験では鉱物粉末を出発物質として用いた。

【結果・考察】

初めに、共融点組成にAbまたはQtzの結晶を追加して共融点からずらした組成での結晶化実験を行った。900°Cで3時間保持した後、0.05°C/minで700°Cまで冷却した。ソリダス温度以上においてメルト組成はほぼ平衡な組成を示し、さらにサブソリダスまで冷却すると、完晶質になることがわかった。これは、種結晶の存在下では、含水メルトの拡散速度は天然のマグマの冷却速度に比べれば十分に速く、大きな過冷却状態は発生しなかったことを示す。次に、共融点組成のメル

トをサブソリダスまで徐冷する実験を行った。鉍物粉末をリキダスより400°C高温で3時間保持して融解し、682°Cから512°Cまで0.05°C/minで徐冷した。実験産物は、自形の粗粒な（～100 micron）AbとQtzが晶出した空隙部分と、それ以外のメルトから晶出したと考えられる部分とに分けられた。自形結晶の量は、流体相の量と相関は無く、閉鎖系の流体に溶解した珪酸塩成分よりもはるかに多かった。これは冷却過程において、メルト成分の流体への溶解と、流体からの結晶化が継続的に進行していたことを示す。一方、メルト部分には、AbとQtzのcolloform状の共晶組織とガラスが見られた。メルト部分は（サブソリダスまで徐冷したのにもかかわらず）、大部分が急冷ガラスの試料もあった。同じ冷却速度の実験産物の間に見られた共晶組織の量の違いは、共晶の核形成のタイミングの違いを表していると推察される。この結果はまた、天然の共晶組織は、共融点組成のメルトが分離した結晶核の少ないマグマから晶出したことを示す。colloform状共晶組織の多くは、カプセル壁から同心円状に成長し、結晶粒径は反復しながら変化する。自形結晶を伴う空隙はしばしばカプセルの中央に形成され、共晶組織より後に形成されたことを示唆する。このような累帯構造は、天然のペグマタイトの壁付近で見られる層状構造と、中心部で見られるmiarolitic構造に極似している。colloform状共晶組織の先端には、共晶形成の際の水の吐き出しで形成されたとと思われる気泡が濃集していた。流紋岩質メルト中の水の拡散速度 ($8.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{sec}$; Zhang & Behrens, 2000) を用いて、含水メルトからcolloform状共晶組織が晶出する時間を求めると、半径500 micronのもので約8.7時間と見積もられた。