

かんらん石微粒子急冷過程における結晶成長組織 Crystal growth textures developed in rapid cooling of olivine fine particles

徳永 真也¹; 磯部 博志^{2*}

TOKUNAGA, Shinya¹; ISOBE, Hiroshi^{2*}

¹ 熊本大学理学部, ² 熊本大学大学院自然科学研究科理学専攻

¹Fac. Sci., Kumamoto Univ., ²Grad. Sch. Sci. Tech., Kumamoto Univ.

はじめに Mg-Fe 系かんらん石 (Ol) は、固体惑星物質として最も普遍的に存在するケイ酸塩鉱物の一つである。高温のケイ酸塩メルトから成長する Ol 結晶の組織は、冷却過程に依存した多様な組織を示す。本研究では、高温炉中で微粒子を自由落下させる実験系 (Isobe and Gondo, 2013) を用いて、不均質な組成を持つ Ol 混合微粒子の超高速急加熱/急冷却実験を、異なる最高温度と冷却速度条件の下に行い、Ol 組織・組成の多様性と熱履歴の関係について検討した。

実験 実験試料は、天然の Fo90, Mn を含む Fayalite 組成の Ol, および Fo57 の人工 Ol 結晶を混合して調製した。混合操作により、異なる組成の Ol 粒子を含む径約 100 μ m の粒子を作成した。加熱・急冷実験は、酸素分圧及び総ガス流量を制御したケラマックス縦型小型管状炉を用いた。炉心管内を試料粒子が落下する速度は、炉心管に流すガス流量を設定することにより制御される。試料が経験する温度履歴は、炉の温度分布と通過速度に従う。基準として設定した総ガス流量 (1.3 l/min@RT) では、2 秒以内に最高温度条件に達し、約 1 秒間保持された後 1 秒程度で急冷される。この流量に対し、総ガス流量を 1/2 及び 2 倍とした実験を行った。最高温度は、約 1500° C 及び約 1400° C となる実験条件を設定した。酸素分圧は、すべての実験において Fe²⁺ が安定となるよう、log unit で FMQ と IW の中間となるよう設定した。実験生成物は、メルト生成比が大きな粒子は球形~楕円体微粒子として、溶融度の小さな粒子は Ol 結晶片として回収される。回収した粒子は、走査電子顕微鏡による外形観察および粒子内部組織の観察および組成分析を行った。

結果および考察 Mg-Fe 系 Ol の相関係図から予想される通り、Fayalite 組成の Ol 粒子は完全に溶融し、Fo90 組成の結晶はそれ自身では溶融していない。Fo57 組成の Ol は、最高温度 1500° C 以上となる実験ではソリダス温度を超え、結晶内部で急速な部分溶融が生じたと思われる組織を示す。しかし、最高温度 1400° C 程度の実験では溶融は起こっていない。

複数組成 Ol の混合粒子では、Fayalite 組成 Ol の融解によって生じた鉄に富むメルトに対し、Fo90 および Fo57 組成の結晶が融け込む現象が起こっている。このため、結晶/メルト界面に始まる大きな濃度勾配と、これに起因する過冷却度の不均質が生じている。この溶融過程において、Fo90 組成の Ol 結晶はメルト粒子の表面において極めて特徴的な突起状を示す融け残り組織を示す。

Fo90 結晶が Fayalite メルト中に存在する粒子の冷却過程においては、急冷過程に特徴的な、連続した Hourglass 形状ないし棒状の結晶が成長している。その組成は Fo50~20 の範囲に分布しており、メルトの組成変化とソリダス曲線の関係によって過冷却度が保たれている可能性を示している。また、Fo57 組成の結晶から形成したメルトの冷却過程においては、成長した結晶の Mg-Fe 組成範囲は冷却速度が小さいほど広がる。遅い冷却速度による結晶の成長が、大きな Mg-Fe 分別をもたらしていると考えられる。

キーワード: かんらん石, 急冷過程, 溶融組織, 核形成, 結晶成長, 樹枝状結晶

Keywords: Olivine, melting textures, nucleation, crystal growth, dendrites, quench textures