

(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトの構造相転移と微細構造

Structural phase transition and microstructures of (Mg,Fe)SiO₃ majorite

富岡 尚敬 [1], 藤野 清志 [1], 伊藤 英司 [2], 桂 智男 [2], 加藤 工 [3]

Naotaka Tomioka [1], Kiyoshi Fujino [2], Eiji Ito [3], Tomoo Katsura [4], Takumi Kato [5]

[1] 北大・理・地球惑星, [2] 岡大・固地研, [3] 筑波大・地球

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ., [3] ISEI, [4] ISEI, Okayama Univ., [5] Inst. Geoscience, Univ. Tsukuba

分析電顕により、20GPa、1950~2200 で合成した (Mg,Fe)SiO₃ majorite、及び隕石中のmajoriteを解析した。合成したmajoriteは全て正方晶であった。約1950 以上から急冷した試料には{101}双晶、変調構造が高頻度で見られたが、これらは約1950 以下から急冷した試料にはほとんど見られない。天然の立方晶majoriteについてもいずれの組織も見られない。正方晶相中の{101}双晶やツイード構造は、試料急冷時の立方-正方転移により形成されたと考えられ、立方晶相は20GPaでは、約1950 以上に広い安定領域を持つと推定される。

1. はじめに

メジャーライトガーネットは地球深部ではマントル遷移層の主要構成鉱物と考えられている。天然では、衝撃を受けたいくつかのコンドライト隕石中に(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトが見出されており、全て立方晶系であると報告されている。一方、実験においては(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトの急冷試料のほとんどは正方晶系と報告されている。しかし、天然試料と合成試料の対称性の違いの原因はよくわかっておらず、コンドライトの衝撃変成過程を知る上で、(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトの相関係を知ることは重要である。本研究では高温高压下で合成した(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトと隕石中のメジャーライトの分析電顕による観察から、メジャーライトの構造相転移について考察する。

2. 実験

出発物質はFeを含むものについては、目的の混合比のMg,Fe酸化物混合体にSiO₂を加え、オリピンを焼成した後、更にSiO₂を混合してパイロキシン組成の出発物質とした。端成分については酸化物からガラスを焼成後、再び加熱して単斜エンスタタイトを合成した。これをレニウムカプセルに封入し、岡山大学固体地球研究センターに設置されている6-8型装置を用いて加圧、加熱した。加圧、加熱終了後、試料を急冷回収してアルゴンイオン研磨し、分析透過電子顕微鏡で透過像、電子線回折像の観察及び組成分析を行った。隕石試料Tenhamコンドライトの衝撃溶融脈を同様に電顕試料にして解析を行った。

3. 結果と考察

高温高压合成後、急冷回収したメジャーライトは、すべて正方晶系であることが電子線回折像から確認された。1950 以上から急冷したメジャーライト中には、{101}集片双晶が、2100 以上から急冷した試料には、変調構造の一種であるツイード構造がそれぞれ認められた。しかし、1950 以下で合成されたメジャーライト中では、その出現頻度は非常に低いが、全く見られない。また、Kato (1986) は光学的等方性に基つき、これまでの研究では唯一、立方晶の(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトを報告した。しかし、本研究で同じ試料の電顕観察をおこなったところ、その電子線回折は正方晶を示し、試料全体にツイード構造が充満している。

Hatch and Ghosh (1989) はMgSiO₃メジャーライトは合成後の急冷に際し、6配位サイトのMgとSiの秩序化から、対称性が立方晶から正方晶へと低下し、その結果、双晶が形成すると報告している。MgSiO₃-FeSiO₃系においても、急冷したメジャーライトが、同じ低対称でも急冷温度の違いにより双晶の有無が分かれること、及び構造相転移の前駆現象としてのツイード構造の存在は、メジャーライトの立方-正方転移を示唆していると考えられる。一方、衝撃を受けた隕石中に見られるメジャーライトはAl₂O₃成分をかなり含み(4.6wt%)立方晶であるが、ツイード構造、双晶共に見られない。このことは双晶が結晶成長ではなく構造相転移に起因したことを支持する。立方晶相は20GPaでは約1950 以上で広い安定領域をもち、立方晶相は試料急冷の際、FeSiO₃成分によらず全て正方晶に相転移する。立方-正方相転移温度はFeSiO₃成分の固溶量にはほとんど依存しない。

また、これまでいくつかのコンドライトに見出されている、組成の異なるメジャーライトはいずれも立方晶と報告されている。合成物と隕石中の(Mg,Fe)SiO₃メジャーライトの対称性の違いは、minorな化学組成の違いより、主に冷却速度の差によると考えられる。また、隕石の衝撃溶融脈中でのメジャーライトの冷却速度は6配位サイトの陽イオンの秩序化に比べて非常に早かったために、無秩序状態が保存されたものと思われる。