

MgSiO₃ - Mg₃Al₂Si₃O₁₂系ガーネットの高圧相転移

High-pressure phase transition of garnets in the system MgSiO₃-Mg₃Al₂Si₃O₁₂

久保 敦 [1], 赤荻 正樹 [2]

Atsushi Kubo [1], Masaki Akaogi [2]

[1] 学習院大・理・化, [2] 学習院大・理

[1] Chem., Gakushuin Univ., [2] Dept. of Chem., Gakushuin Univ.

パイロープ及びメジャライトの高圧相転移をより定量的に解明することを目的として、Mg₃Al₂Si₃O₁₂系およびMgSiO₃ - Al₂O₃系の圧力20 - 28GPaにおける相関係を、6 - 8型マルチアンビルを用いた高圧実験により、前者の系では温度1600 - 2000Cで、後者の系では温度1600Cおよび約700Cにおいて調べた。その結果、前者の系では、パイロープが圧力26.5 - 27GPa、温度1600 - 2000Cにおいて、MgSiO₃ - Al₂O₃系のMgSiO₃成分に富むペロブスカイト固溶体とAl₂O₃成分に富むコランダム固溶体に分解することがわかった。

はじめに MgSiO₃ - Mg₃Al₂Si₃O₁₂系を主成分とするガーネット固溶体（メジャライト）は、マントル遷移層の約4割の体積を占めると考えられている。Mg₃Al₂Si₃O₁₂ガーネット（パイロープ）及びパイロープに富む天然組成のガーネットの高圧相転移は、これまで主にダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いた高温高圧実験により調べられてきた。その結果、これらのガーネットは、下部マントルの圧力温度条件においてペロブスカイト（またはそれを含む複数の鉱物相）に相転移することが分かってきたが、その詳細はまだ明らかでない。また、メジャライトの高圧相転移に関する研究としては、Irifune et al. [1996] によるマルチアンビルを用いた28GPaまでのMgSiO₃ - Mg₃Al₂Si₃O₁₂系の相平衡実験の報告があり、同系の1500Cにおける相平衡図が作成されているが、実験温度が一定のため、相関係の温度による変化が明らかにされていない。そこで本研究では、マントル遷移層から下部マントルにおけるパイロープ及びメジャライトの高圧相転移をより定量的に解明することを目的として、Mg₃Al₂Si₃O₁₂系およびMgSiO₃ - Al₂O₃系の圧力20 - 28GPaにおける相関係を、6 - 8型マルチアンビルを用いた高圧実験により、前者の系では温度1600 - 2000Cで、後者の系では温度1600Cおよび約700Cにおいて調べた。

実験 Mg₃Al₂Si₃O₁₂組成のガラス、含水混合物（エンスタタイト+コランダム+水酸化アルミニウム）及びガーネット（パイロープ）を出発物質とし、学習院大学設置の6 - 8型マルチアンビル装置を用いて、圧力20 - 28GPa、温度1600 - 2000Cの範囲で相平衡実験を行った。さらにMgSiO₃ - Mg₃Al₂Si₃O₁₂系の8種類の組成のガラスを出発物質とし、圧力20 - 28GPa、温度1600Cおよび約700Cで相平衡実験を行った。常圧下に回収した試料は微小領域X線回折(MDG)によって共存相の同定を行い、EPMAを用いて共存相の化学組成の分析を行った。

結果と考察 Mg₃Al₂Si₃O₁₂組成の相平衡実験の結果、パイロープは圧力26.5 - 27GPa、温度1600 - 2000Cにおいて、MgSiO₃ - Al₂O₃系のMgSiO₃成分に富むペロブスカイト固溶体とAl₂O₃成分に富むコランダム固溶体に分解することがわかった。この結果はIrifune et al. [1996]によるマルチアンビルを用いた実験結果、およびKondo and Yagi [1998]によるDACを用いた実験結果と調和的である一方、ガーネットがペロブスカイト固溶体と共に下部マントル深部まで安定に存在するというO'Neill and Jeanloz [1994]のDACを用いた実験結果や、パイロープが温度2300-3200Kの範囲ではペロブスカイトへの相転移に先立ってMgSiO₃ - Al₂O₃系のイルメナイト固溶体に相転移するというSerghiou et al. [1998]のDACを用いた圧力30GPaまでの実験結果とは調和的でない。また、パイロープのペロブスカイト固溶体とコランダム固溶体への分解境界線の傾き(dP/dT)がわずかに正であることが本研究によりはじめて明らかにされた。1600CにおけるMgSiO₃ - Al₂O₃系の相平衡実験の結果、圧力23 - 27GPaにおける広い組成範囲にわたり、ガーネットとペロブスカイト固溶体の共存領域が存在することや、圧力の増加と共にMgSiO₃ペロブスカイトへのAl₂O₃固溶量が増加し、1600Cでは圧力27GPaで最大10mol%まで固溶することなどが明らかになった。本結果は下部マントルにおけるAlの主要なホスト相がペロブスカイトであることを強く示唆する。また約700CでのMgSiO₃ - Al₂O₃系の相関係を調べた結果、28GPaまでの圧力ではペロブスカイトは安定化せず、イルメナイトが安定化することが分かった。すなわち、圧力21-25GPaの圧力範囲において、広い組成範囲にわたりMgSiO₃ - Al₂O₃系のイルメナイト固溶体とガーネット固溶体の共存領域が存在し、圧力25GPa以上ではMgSiO₃ - Mg₃Al₂Si₃O₁₂組成の全組成範囲においてイルメナイト固溶体が安定化することが明らかになった。この結果は、Kanzaki [1987]によるマルチアンビルを用いた1000CにおけるMgSiO₃ - Mg₃Al₂Si₃O₁₂系の相平衡実験の結果と調和的である。本結果は沈みこみ帯などのマントル中の比較的低温の領域において、メジャライトがペロブスカイトへの相転移に先立ちイルメナイトに相転移することを強く示唆する。