

熱力学データによる Mg₄Si₄O₁₂-Mg₃Al₂Si₃O₁₂ 系ガーネット-イルメナイト-ペロブスカイト転移の相平衡関係

Phase relations among garnet, ilmenite and perovskite in the system Mg₄Si₄O₁₂-Mg₃Al₂Si₃O₁₂, based on thermodynamic data

赤荻 正樹[1], 田中 玲[1], 伊藤 英司[2]

Masaki Akaogi[1], Akira Tanaka[2], Eiji Ito[3]

[1] 学習院大・理, [2] 岡大・固地研

[1] Dept. of Chem., Gakushuin Univ., [2] Depart. Chem. Gakushuin Univ., [3] ISEI

Mg₄Si₄O₁₂-Mg₃Al₂Si₃O₁₂ 系のイルメナイト固溶体を高温高压下で合成し、そのエンタルピーを測定した。この測定値とガーネット、ペロブスカイトの既知の熱力学データとを組合せ、この系のガーネット-イルメナイト-ペロブスカイト転移の相関係を熱力学的に計算した。その結果、この系ではイルメナイト固溶体の安定領域が温度と共に急激に Mg₄Si₄O₁₂ 側に狭まることが示された。これらの結果から、平均的なマントル温度では下部マントル最上部でガーネットがペロブスカイトに転移するが、スラブ中ではガーネットがイルメナイトを経てペロブスカイトに転移すると推定される。

Mg₄Si₄O₁₂-Mg₃Al₂Si₃O₁₂ 系はマントル遷移層のメジャライトガーネットの主要成分系であるため、従来からこの系の高温高压下における相平衡関係が調べられてきた。それらの結果から、下部マントル最上部で推定される1600度付近の温度では、ガーネット固溶体はペロブスカイト固溶体に転移する。一方沈み込むスラブ内で取りうる1000度という比較的低温では、ガーネット固溶体がペロブスカイト固溶体に転移する前に、イルメナイト固溶体を経ることが実験的に示された(Kubo and Akaogi, 2000 など)。本研究ではこの系のイルメナイト固溶体を合成し、エンタルピー測定を行い、そのデータに基づいて熱力学的にガーネット-イルメナイト-ペロブスカイト転移の相平衡関係を計算し、高压実験の結果と比較した。

(1-x)MgSiO₃.xAl₂O₃ 組成のイルメナイト固溶体 (x = 0, 0.1, 0.2, 0.25) を 22-26.5GPa、約 900 度で合成した。x = 0 のイルメナイトは学習院大学のマルチアンビル装置で、他のイルメナイトは岡山大学固体地球研究センターのマルチアンビル装置で合成した。これらの試料を学習院大学の Calvet 型高温微量熱量計を使って、落下溶解に伴うエンタルピー変化を測定した。その結果は 52.9kJ/mol (x=0), 58.7(x=0.10), 63.9(x=0.20), 68.4(x=0.25) であり、測定されたエンタルピー値は x に対してほぼ比例して増加を示した。ガーネット相、ペロブスカイト相の既知のエンタルピー値と組合せて転移エンタルピーを求め、ガーネット、イルメナイト、ペロブスカイトを理想固溶体であると仮定して、これらの転移の相平衡図を熱力学的に計算した。その結果は Kubo and Akaogi (2000) の 1600 度の相平衡図や 1000 度の相図 (赤荻, 2000) に近い相境界線が得られた。両者を比較すると、イルメナイトの安定領域は 1000 度では Mg₄Si₄O₁₂-Mg₃Al₂Si₃O₁₂ 系の全組成範囲にわたっているが、温度とともに急激に MgSiO₃ 側に狭まり、1600 度ではイルメナイト中の Al₂O₃ 成分が 3% 程度までに減少することが示された。

以上の結果をパイロライト組成のマントルに適用すると、マントルの平均的な温度分布の場合、深さ 660km で起こるポストスピネル転移より深部の約 660-710km で、ガーネット-ペロブスカイト転移が起こると考えられる。一方スラブ内の 1000 度の温度では、ポストスピネル転移は約 690km で起こり、約 610-680km でガーネット-イルメナイト転移が、約 700-740km でイルメナイト-ペロブスカイト転移が起こることになる。このように温度の違いで、遷移層下部から下部マントル最上部付近の地震学的不連続面の構造が異なってくることが推定される。