

MgAl₂O₄-calcium ferrite 構造の安定性と状態方程式の決定

Stability and P-V-T equation of state of MgAl₂O₄ calcium ferrite-type structure

末田 有一郎[1]; 入船 徹男[2]; 実平 武[2]; 國本 健広[3]; 新名 亨[1]; 山崎 大輔[2]; 井上 徹[2]; 舟越 賢一[4]; 野澤 暁史[4]

Yuichiro Sueda[1]; Tetsuo Irifune[2]; Takeshi Sanehira[2]; takehiro kunimoto[3]; Toru Shinmei[1]; Daisuke Yamazaki[2]; Toru Inoue[2]; Ken-ichi Funakoshi[4]; Akifumi Nozawa[4]

[1] 愛媛大・地球深部研; [2] 愛媛大・地球深部研; [3] GRC,Ehime Univ.; [4] 高輝度光セ

[1] GRC, Ehime Univ; [2] GRC, Ehime Univ.; [3] GRC,Ehime Univ.; [4] JASRI

1. はじめに

CaFe₂O₄ 構造を含むアルミナス相は、主に MORB 中に含まれており、海洋プレートの沈み込みによって下部マントルへもたらされていると考えられる。これまで、相平衡実験によってアルミナス相は複雑な固溶体を形成することが知られているが、その端成分である MgAl₂O₄ スピネルは下部マントル条件下で CaFe₂O₄ および CaTi₂O₄ 構造へ相転移することが報告されている(例えば、Irifune et al., 1997; Funamori et al., 1998)。しかし、30-50 GPa の圧力領域で、MgAl₂O₄ 組成の相関係を調べた研究は少なく、CaFe₂O₄ 構造の安定性は十分に明らかにされていない。また、CaFe₂O₄ 構造の弾性的性質に関して、これまでに行われた研究は室温におけるデータに限られており、熱弾性的性質に関する研究報告は少ない(例えば、Ono et al., 2003)。したがって、MgAl₂O₄ 組成における CaFe₂O₄ 構造の安定性と熱弾性的性質について明らかにすることは、スラブの沈み込みのダイナミクスを明らかにする上で重要であるといえる。本研究は放射光を組み合わせた川井型高压発生装置をもちいて実験を行い、25-45 GPa、2500 K までの温度圧力条件下で X 線その場観察実験および P-V-T データの収集をおこなった。

2. 実験方法

SPring-8 の BL04B1 に設置されている川井型高压発生装置(SPEED-MkII)を用いて X 線その場観察実験を行った。第二段アンビルには一辺が 14mm でトランケーションサイズが 1.5mm の焼結ダイヤモンドおよび c-BN アンビルを用いて、45 GPa、2500 K までの温度圧力で実験を行った。ヒーターには WC+dia ヒーターを用い、また、温度の測定は WRe3%-WRe25%の熱電対を用いた。出発物質には MgAl₂O₄ 組成の結晶を用い、これに圧力マーカーの金粉を 10:1 wt%の割合で混合したものをを用いた。圧力値は Anderson et al. (1986)[1]による金の状態方程式から求めた。

CaFe₂O₄ 構造の P-V-T データは、その安定領域において 1800 K で一時間保持して合成した後、温度を下げながらデータの収集を行った。このようにして得られた単位格子体積を高温の Birch-Murnaghan 状態方程式でフィッティングすることで各弾性パラメーターを導き出した。

3. 実験結果

~30 GPa の圧力領域において 2500 K までの温度で X 線その場観察実験を行った結果、これらの条件下で CaFe₂O₄ 構造が観察された。一方、~40 GPa 領域では 2100 K まで CaFe₂O₄ 構造が観察されていたのに対し、2200 K 以上の温度領域で未知相が観察された。この結晶構造については現在解析中である。また、本研究では 1800 K において最大~45 GPa までの圧力領域で実験を行ったが、これらの条件下では CaFe₂O₄ 構造が安定して存在していた。

一方、CaFe₂O₄ 構造の安定領域で得られた P-V-T データをもとに解析を行った結果、室温下における各弾性パラメーターは $KT_0=2211(5)$ GPa、 $K' T_0=3.7(4)$ であった。また、高温のパラメーターは熱膨張($V_0=a_0+b_0 \times T$)が $a_0=2.3(1) \times 10^{-5}$ K⁻¹、 $b_0=1.9(3) \times 10^{-8}$ K⁻² および体積弾性率の温度依存性は($K(T)/K(T_0))^P=-0.039(6)$ GPa/Kであった。