

六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ の高温高圧その場観察実験による状態方程式Thermoelastic properties of $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ hexagonal phase determined by in situ X-ray observations up to 19GPa and 1273K

井口 智裕[1]

Tomohiro Iguchi[1]

[1] 東工大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Sci, Tokyo Inst. Tech.

・導入

下部マントル条件における MORB は、Al に富んだ相が現れることが知られている (Irifune and Ringwood 1993)。この相は MORB の体積で 20% 程度の量があり、沈み込むスラブの運動を考える上で、無視することはできない。Akaogi et al. (1999) はこの Al に富んだ相が、15GPa 以上の高圧で合成される六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ と同じ結晶構造を持っていると報告している。また、マントル遷移相での沈み込んだスラブの主要構成鉱物であるパイロープガーネットを下部マントル条件にした場合に現れる NAL 相も同じ構造を持っているということが報告されている (Miyajima et al. 1999, Oguri et al. 2001)。本研究では、この六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ が下部マントルでの MORB 中の Al に富んだ相の重要な端成分のひとつであると考え、高温高圧その場観察実験によりこの物質の状態方程式を決定した。また、Irifune and Ringwood (1993) で報告されている Al に富んだ相には Si が多く含まれているため、六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ に数パーセントの Si を固溶させて同様の実験を行い、純粋な六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ との状態方程式の比較も行った。

・実験条件

本研究では 2 段式マルチアンビルを用いて高温高圧実験を行った。実験施設は、茨城県つくば市にある高エネルギー加速器研究機構の PF-BL-14C2 ラインに設置されている MAX を用いた。一辺 10mm のタングステンカーバイドのアンビルを 7 つ、X 線を通す窓として焼結ダイヤモンドアンビルを 1 つ使用した。トランケーションは 2mm である。圧力マーカーは金 (Anderson et al. 1989)、圧力媒体はランタンクロマイト、ヒーターはレニウム、熱電対はタングステン/レニウム 5% - タングステン/レニウム 26% 熱電対を用いた。温度、圧力の範囲は約 19GPa、1273K までである。

2 種類の出発物質はどちらも試薬から合成した。MgO、CaCO₃、Al₂O₃、(SiO₂) を混合し脱炭酸した後、東工大に設置されているマルチアンビル装置 (SPI-1000) で 17GPa、1973K で 2 時間保持して合成した。

・実験結果

出発物質は純粋な六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ とそれに 5 wt% の SiO₂ が固溶したものの 2 種類を用いた。以後、それぞれのサンプルを Pure (純粋) と Si (SiO₂ 入り) と呼ぶことにする。常温常圧で X 線回折解析を行ったところ、 $V_0(\text{Pure}) = 185.36(6) \text{ \AA}^3$ 、 $V_0(\text{Si}) = 184.29(1) \text{ \AA}^3$ となり、二つのサンプルの格子体積に有意な差が見られた。これは、Si 原子が六方晶系 $\text{CaMg}_2\text{Al}_6\text{O}_{12}$ の結晶構造中に入り込み、原子間距離を縮めたということを意味している。

高温高圧その場観察実験では、一定荷重で 1273K まで過熱し、温度を下げながら 200K ごとに圧力とサンプルの格子体積を測定した。得られた圧力-格子体積-温度のデータセットを高温に拡張された 3 次のバーチ・マーナガンの状態方程式にフィットさせた。Pure について、 $KT = 201 \text{ GPa}$ 、 $K' = 4.9$ 、 $dK/dT = -0.055 \text{ GPa/K}$ 、熱膨張率 $= a + bT$ とした場合の $a = 2.4 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 、 $b = 2.7 \times 10^{-8} \text{ K}^{-2}$ が得られた。Si については、 $KT = 227 \text{ GPa}$ 、 $K' = 3.8$ 、 $dK/dT = -0.083 \text{ GPa/K}$ 、 $a = 2.9 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ 、 $b = 3.5 \times 10^{-8} \text{ K}^{-2}$ が得られた。