

Ca フェライト型 NaAlSiO₄ の高温高压状態方程式Thermal equation of state of calcium ferrite-type NaAlSiO₄

西原 遊[1], 中山 慶介[2], 井口 智裕[2], 高橋 栄一[1]

Yu Nishihara[1], Keisuke Nakayama[2], Tomohiro Iguchi[3], Eiichi Takahashi[4]

[1] 東工大・理・地球惑星, [2] 東工大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. Tech., [2] Earth and Planetary Sci., T.I.Tech., [3] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. Tech., [4] Earth and Planetary Sci., Tokyo Inst. of Tech.

マントルに沈み込んだ海洋地殻物質(MORB)は、パイロライト的なマントルに対するもっとも重要な化学的不均質成分である。MORBは深さ800 km以深ではMgペロフスカイト、Caペロフスカイト、スティショヴァイト、そしてCaフェライト構造を持つAl相(Caフェライト相)から構成されると考えられている(e.g., Kesson et al., 1994, Ono et al., 2001)。これらの鉱物の中でCaフェライト相はその安定領域や物理的性質があまりよく調べられていない。下部マントル条件下の玄武岩成分中で安定なCaフェライト相の化学組成は複雑であるが、その中でもっとも重要な端成分はMgAl₂O₄とNaAlSiO₄であることが分かっている。そこで、放射光を用いた高温高压X線その場観察実験を行ない、Caフェライト型NaAlSiO₄の状態方程式決定を試みた。

出発物質であるCaフェライト型NaAlSiO₄は試薬から合成した。Na₂CO₃、Al₂O₃、SiO₂を混合し脱炭酸させさらに1100℃で一晩おいた試料を、東工大に設置されているマルチアンビル装置(SEDI-1000)で~25 GPa, 1600℃で2時間保持することで少量のスティショヴァイトを含むCaフェライト型NaAlSiO₄が得られた。その場観察実験は筑波の高エネルギー加速器研究機構PF-BL14C2に設置されているMAX-3を用いて行なった。1辺1.0 mm立方体のWC製アンビル7個とX線窓用の焼結ダイヤモンド(ADC)アンビル1個を組み合わせて用いた。アンビル先端サイズは2 mm、LaCrO₃を主体とするの圧力媒体、Reシートヒーター、圧力マーカーとして金(Anderson et al., 1989)を用いた。最高で20 GPa、1073 Kまでの23の温度圧力条件下でCaフェライト型NaAlSiO₄のX線回折パターンを測定した。状態方程式を精密に決定するためには静水圧的環境下で実験することが非常に重要となるが、そのために本実験は以下のように細心の注意を払った。試料と圧力マーカーは比較的やわらかいNaClに囲まれるように配置し、また試料は合成された焼結体を粉砕せずにそのまま用いた(粒子が密につまっておらず加圧時に受けるストレスが小さい)。さらに873 K以上に加熱した後の降温過程(と1気圧、室温下)で得られたデータのみを以降の計算に用いた。

Caフェライト型NaAlSiO₄の格子定数の予察的な計算を、十分な強度を持ち他の回折線との分離が可能であった8-10本の回折線を用いて行なった(現在X線パターンのプロファイルフィッティングによる更なる精密化を計画している)。Caフェライト型NaAlSiO₄(斜方晶系)の各格子定数(a, b, c)の圧力、温度に対する変化は顕著な不連続を示さず滑らかであった。圧力に対してa, bは同程度の圧縮を見せたがcはこれらよりもわずかに圧縮されにくいことがわかった。さらに得られた圧力-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Caフェライト型NaAlSiO₄について、 $KT = 147(4)$ GPa、 $K' = 8.7(8)$ 、 $dK/dT = -0.03$ GPa/K(固定)、 $V = a + bT$ とした場合の $a = 3.2(5) \times 10^{-5}$ K⁻¹、 $b = 1.0(8) \times 10^{-8}$ K⁻²が得られた。マントル鉱物の典型的な等温体積弾性率の圧力微分 K' は4から5であるが~9とやや大きめの値を示した。そして等温体積弾性率 KT は下部マントル条件下で安定な高密度鉱物としては異例の低い値が得られた(Mgペロフスカイト~260 GPa、スティショヴァイト~300 GPa)。この値はCaフェライト型MgAl₂O₄の KT (~240 GPa, Yutani et al., 1997)よりも非常に低い。この差は KT と K' の値の計算上の相互依存を考慮に入れてもあまり縮まらない。現在結晶化学的な考察を進めている。