

下部マントル条件下におけるパイロライトの相関係とマントルプルームのダイナミクスへの応用

Phase relation in pyrolite under lower mantle conditions and its implications for dynamics of mantle plume

西山 宣正[1], 八木 健彦[1]

Norimasa Nishiyama[1], Takehiko Yagi[2]

[1] 東大・物性研

[1] ISSP, Univ of Tokyo, [2] Inst. Solid State Phys, Univ. Tokyo

1. はじめに

近年の全マントルトモグラフィーは、下部マントル全域にわたるマントルプルームの構造を明らかにしつつある。ハワイ、アイスランド、南太平洋、東アフリカのホットスポットの集中する地域の直下には核マントル境界(CMB)から地殻まで連続するマントルプルームが存在していること、そのマントルプルームは垂直なパイプの形状をしているのではなく折れ曲がっていること、マントル遷移層に起源をもつ小規模なマントルプルームが存在していることなどが明らかにされつつある。このようなマントルプルームの特徴を物質科学の観点から解明するためには、マントルプルームとその周囲のマントルの密度、弾性的性質、粘性を明らかにする必要がある。そのためには、下部マントル物質であると考えられているパイロライトの広い温度圧力条件下における相関係、構成鉱物の化学組成を明らかにすることが必要である。これらを明らかにするためのこれまでの研究のほとんどは平均的なマントルの温度付近でのみ行われおり、マントルプルームに相当する温度圧力条件下における相関係、構成鉱物の化学組成はほとんど明らかにされていない。そこで本研究では圧力 30 GPa (深さ 806 km)、温度 2200°C までのパイロライトの相関係を明らかにした。

2. 実験方法

実験は 24 と 30 GPa の二つの圧力で行った。24、30 GPa における高温高压実験は、それぞれ、KAWAI 型高压装置 IroHA-700 (物性研究所設置)、MAX-III (高エネルギー加速器研究機構・PF 設置)を用いて行った。24 GPa における実験ではタングステンカーバイド・キューブ(TEL=2.5 mm)を第二段アンビルとして使用し、30 GPa における実験では焼結ダイヤモンド・キューブ(TEL=2.0 mm)を使用した。24 GPa における実験の実験温度は 1600、1700、1800、1900、2000°C であり、30 GPa におけるそれは 1600、1800、2000、2200°C である。測温はW97%Re3%-W75%Re25%熱電対を用いて行った。出発物質は Irifune (1994)で使用されたものと同じもの(酸化物、炭酸塩の混合物を 1000°C で焼成したもの)である。実験は急冷回収法で行い、回収試料のX線回折実験、SEM 観察、化学組成分析を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 Mg-ペロブスカイトの化学組成

回収試料のX線回折実験およびSEM観察の結果、すべての回収試料にはマグネシウム珪酸塩ペロブスカイト(Mg-ペロブスカイト)が存在していた。化学組成分析の結果、Mg-ペロブスカイトには鉄とアルミニウムが固溶しており、両者の間にはよい正の相関があった。この場合、鉄イオンの中に3価のものが存在し、それとアルミニウムが二つのマグネシウムと置換していると考え、観察された正の相関をうまく説明することができる。鉄とアルミニウムを固溶したMg-ペロブスカイトにはかなりの量の3価鉄が含まれること(全鉄の約50%)がMcCammon (1997)により報告されているが、本研究の結果もこのことを間接的に支持している。Lauterbach et al. (2000)が報告したアルミニウムと全鉄に占める3価鉄の割合の関係にもとづき本研究で合成したMg-ペロブスカイトにおける3価鉄の量を推測し、陽イオンの合計が2になるようにその化学組成を計算した。その結果、すべてのペロブスカイトの酸素数は3より小さくなった。この結果はLauterbach et al. (2000)が報告した鉄とアルミニウムを固溶したMg-ペロブスカイトの化学組成とよく一致する。以上のことから、パイロライト組成の下部マントルの大部分を構成するMg-ペロブスカイトには酸素欠陥がある可能性がきわめて高いと考えられる。

3.2 鉱物構成比の温度依存性とマントルプルームの密度

回収試料の化学組成分析の結果と出発物質の化学組成にもとづき、マスバランス計算を行い、それぞれの温度圧力条件下における鉱物構成比を算出した。その結果、深さ 670 km に相当する 24 GPa においては Mg-ペロブスカイト、マグネシオウスタイト、ガーネット、Ca-ペロブスカイトが存在し、温度の上昇とともにガーネットの占める割合が急増することがわかった。このガーネットの急増は、Takahashi (1998)と Hirose (2001)でも報告されている。一方、深さ 806 km に相当する 30 GPa においては、Mg-ペロブスカイト、マグネシオウスタイト、Ca-ペロブスカイトが存在し、鉱物構成比の温度依存性はほとんどない。このような下部マントル最上部における温度上昇にともなう鉱物構成比の変化はマントルプルームの密度に大きな影響を与え、マントルプルームの上昇に

大きな影響を与えると考えられる。