

下部マントルにおける主要鉱物相への3価鉄とアルミの固溶

Solubilities of ferric iron and aluminum into major constituent minerals in the lower mantle

浜根 大輔 [1]; # 藤野 清志 [2]; 瀬戸 雄介 [3]; 永井 隆哉 [4]; 佐多 永吉 [5]

Daisuke Hamane[1]; # Kiyoshi Fujino[2]; Yusuke SETO[3]; Takaya Nagai[4]; Nagayoshi SATA[5]

[1] 北大・理・地球惑星; [2] 北大・理・自然史科学; [3] 北大・理・地惑; [4] 北大院・理・自然史科学; [5] I F R E E

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ; [2] Dept. of Natural History Sci., Hokkaido Univ.; [3] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.; [4] Dept., Natural History Sci., Grad. School Sci., Hokkaido Univ.; [5] IFREE, JAMSTEC

<http://mineralx.ep.sci.hokudai.ac.jp/~fujino/>

1. はじめに

近年、下部マントルの最大構成相である (Mg,Fe)SiO₃ ペロブスカイト (Mg-Pv) 中の鉄は、かなりが3価であり、それらの3価鉄はアルミと対になってペロブスカイト中に固溶するとの報告が出始めている。しかし、3価鉄とアルミが下部マントルのどの相に濃集するかや、それらの固溶が構成相の構造や物性にどのような影響をもたらすかは、まだ定かではない。

そこで、下部マントルにおける主要鉱物相への3価鉄とアルミの固溶と、それらが鉱物相の構造や物性に及ぼす影響を調べるため、レーザー加熱ダイヤモンドアンビルセル (DAC) と放射光X線および分析透過電顕により研究を行った。

2. FeAlO₃ を出発物質に用いた高温高压実験

3価鉄は多くの場合アルミと対になって Mg-Pv に固溶することが分かったので、一連の高温高压実験には、特殊な製法で合成した FeAlO₃ のゲルまたは結晶を出発物質に用いた。そして共存する Mg-Pv と CaSiO₃ ペロブスカイト (Ca-Pv) への3価鉄とアルミの分配については CaMgSi₂O₆-FeAlO₃ 系を、また Mg-Pv への FeAlO₃ 成分の最大固溶量や構造・物性への影響を調べる目的には MgSiO₃-FeAlO₃ 系を出発物質に用いて、178 GPa, 2600 K に至る条件での高温高压実験を行った。試料の解析には、放射光による高温高压その場観察を含むX線回折実験および、分析電顕で生成相の組成分析を行うとともに、一部の試料については電子エネルギー損失スペクトル (EELS) 法により鉄の2価、3価の分析を行った。

3. 下部マントル主要鉱物相への3価鉄とアルミの固溶

実験試料の解析の結果、以下のようなことが分かった。Mg-Pv と Ca-Pv が共存する場合、3価鉄とアルミは FeAlO₃ 成分の形でまばら Mg-Pv 相に濃集する。ただし、圧力 30 GPa 付近の低圧では、Si (Fe(3+), Al) による酸素欠陥型の置換が部分的に起きる。

FeAlO₃ 成分の Mg-Pv への最大固溶量は圧力とともに増大し、約 51 GPa, 2100 K では 25 mol% を越え、Mg + Si Fe(3) + Al の置換が独占的になることが分かった。しかし、24 GPa 程度の低圧では、Mg + Si 2Al の置換も部分的に起きることが分かった。FeAlO₃ 成分の固溶とともに、Mg-Pv の結晶構造では B サイトの八面体がそれぞれ [001] と [110] 軸の周りに回転し、斜方歪が増大した。その他、FeAlO₃ 成分の固溶による Mg-Pv の物性への影響などについても議論する。