# 下部マントルを構成する高圧鉱物の相転移と密度の推定

# Phase transitions and densities of high-pressure minerals in the lower mantle

# 小野　重明[1]
# Shigeaki Ono[1]

[1] IFREE・JAMSTEC
[1] IFREE, JAMSTEC

近年の地震学の発展にともない、地球の下部マントル中やコア・マントル境界に地震波速度の低速度や異常などが観測されている。これらの成因は明確ではないが、下部マントルを構成する鉱物の相転移や溶融、下部マントルの化学組成の不均質などがその原因ではないかと考えられている。これらの問題を物質科学的側面から明らかにするために、本研究では、マントルの平均的な化学組成と考えられている岩石であるペリドタイトに注目して、高温高圧実験を行った。

高温高圧実験は、レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル（DAC）を使用した。高温高圧状態の試料を直接観察するために、X 線その場観察の手法を用いて観察した。X 線実験は SPring-8 の BL10XU の放射光を使用した。出発物質の化学組成は KLB-1 ペリドタイトを採用した。KLB-1 ペリドタイトはパイロライトと非常に似た化学組成である。出発物質の合成はゲル法を用いたが、これは、短時間の加熱によって、試料中の鉱物の化学組成ができるだけ化学平衡に近づけることと、非常に小さいスケール（ナノメートルスケール）で均質な物質を用いることを目的としている。ダイヤモンドアンビルの実験においては、試料の大きさはたかだか 10 ミクロン程度であるために、従来のガラス化した出発物質では、試料中の化学組成の不均質が実験結果に大きく影響を与えてしまう恐れがあるためである。実験条件は、圧力が 28 から 102GPa の範囲、加熱温度はで約 1700 から 2600K とした。この条件は、660km の地震波不連続面の直下から、深さ約 2200km までの領域に相当する。

30GPa（約 800km）の条件では、共存する鉱物は Mg-ペロフスカイト、Ca-ペロフスカイト、マグネシオウスタイトの３相であった。これは、過去に報告されているマルチアンビルを用いた高圧実験の結果と一致している。近年、Mg-ペロフスカイトの相転移や分解が 60 から 85GPa の圧力条件で報告されている。それらの報告では Mg-ペロフスカイトはマグネシウム端成分あるいは鉄の固溶した化学組成の物を用いた実験である。しかし、現実のマントル中での Mg-ペロフスカイトの化学組成は単純ではなく、複雑な組成である。そこで、本研究ではペリドタイト岩石中に出現する Mg-ペロフスカイトの化学組成に注目して、相転移や分解が起こるかどうか検証した。その結果、深さ 2200km に相当する 102GPa まで Mg-ペロフスカイトが安定であることを確認した。

次に、Ca-ペロフスカイトについても調べた。理論計算からは、低温条件では Cubic 型の結晶構造は安定ではないと予言されている。また、室温条件では Cubic 型でなく Tetragonal 型であるという実験報告もある。そこで、高温高圧条件での Ca-ペロフスカイトの結晶構造の直接観察を試みた結果、高温条件は Cubic 型であった Ca-ペロフスカイトが、温度の低下にともなって Tetragonal 型へ相転移することが確認された。

本研究によって得られた各々の鉱物の高温高圧条件での体積と化学組成を用いることによって、下部マントルに相当する条件における KLB-1 ペリドタイトの密度の計算を試みた。その結果と地震学的な手法により推定された PREM 密度を比べたところ、660km の地震波不連続面の直下では両者の違いは１％以下であった。実験や解析にともなう誤差を考慮すると、この２つは非常によい一致を示している。つまり、下部マントルの最上部は、KLB-1 ペリドタイトと非常に近い化学組成を持っていることが明らかになった。