

下部マントル中での沈み込む海洋プレートの密度の推定

Determination of density of subducted oceanic plate in the lower mantle

小野 重明[1]

Shigeaki Ono[1]

[1] IFREE・JAMSTEC

[1] IFREE, JAMSTEC

近年、地震学のデータから、地球の下部マントル中に地震波速度の不連続や低速度層などが観測され、これらの成因に対して、下部マントルの化学組成の不均質あるいは層構造が原因ではないかという議論が起こっている。また、同位体や微量元素を用いた地球化学的データからは、マントル中には、いくつかの異なりザンバーが存在していなければならないということが、古くから議論されてきた。これらのことを考え合わせ、物質的側面から見ると、下部マントルは均質ではないのでないだろうか、という問いが生まれてくる。そこで、本研究では、マントル深部へ沈み込んでいる海洋プレートに注目して、高温高压実験を行った。なぜならば、沈み込む海洋プレートの化学組成は、周囲のマントル物質の化学組成とは異なっているため、マントル中に化学組成の不均質を形成する要因となりうるからである。

高温高压実験は、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) およびマルチアンビル型高温高压発生装置を使用した。ダイヤモンドアンビルセル実験は SPring-8 で X 線その場観察の手法を組み合わせで行った。また、マルチアンビルは岡山大学固体地球研究センターに設置されている、焼結ダイヤモンドアンビルを用いた 6-8 型マルチアンビル装置を使用した。アンビルの素材として焼結ダイヤモンドを用いた理由は、一般によく使われる WC アンビルよりも高い圧力を発生することが可能であるからである。出発物質は中央海嶺玄武岩の大部分を構成する N-MORB の化学組成を採用した。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 (ナノメートルオーダー) 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 25 から 52 GPa の範囲、加熱温度はで約 2000 K とした。この条件は、下部マントル中の深さ 660 km の地震波不連続面の直下から、深さ約 1300 km までの領域に相当する。回収試料を用いて、ダイヤモンドアンビル実験では X 線その場観察によって鉱物の格子定数の決定、およびマルチアンビル実験では E P M A による鉱物の化学組成分析を決定を行った。

25 GPa (約 700 km) の条件では、共存する鉱物は Garnet と Ca-perovskite と Stishovite であった。30 GPa (約 800 km) になると、Garnet は消失して Mg-perovskite と Ca-ferrite タイプのアルミ相の出現する。30-52 GPa (800-1300 km) の条件では、共存する鉱物の種類の変化は観察されなかった。現在までに報告されている各々の鉱物の状態方程式と、本研究によって得られた各々の鉱物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海洋プレートの密度の計算を試みた。また同時に、放射光を用いた X 線その場観察によって、高温高压下での格子体積を直接測定し、密度を計算した。その結果、2つの密度の見積もりには明らかに食い違いが認められた。このことは、従来報告されてきた各々の鉱物の状態方程式は、天然の岩石出現する複雑な化学組成を持った鉱物の密度見積もるためには不相当であることを示唆している。さらに、地震学データより見積もられたマントルの密度分布 (PREM など) と、実験データを基にして計算された海洋プレートの密度を比較した。その結果、従来より主張されてきた、深さ 660 km 直下での海洋プレートと周囲のマントル物質の密度逆転は確認されたが、その密度逆転の領域は非常に狭く、おそらく厚さ 100 km 以下であると推定される。さらに、本実験によって得られたデータを外挿した場合、海洋プレートと周囲のマントル物質の密度逆転が起こるかどうかは、現段階のデータの精度では明らかにすることが難しい。マントル深部へ沈み込むスラブ中の海洋プレートと周囲のマントル物質との間の複雑な密度関係が、下部マントル中で化学組成の不均質、あるいは層構造を形成することに寄与している可能性がある。