

下部マントル全域におけるマグネサイトの X 線その場観察実験による安定領域の解明

In situ X-ray observation of the stability of magnesite throughout the Earth's lower mantle

入船 徹男[1]; 一色 麻衣子[1]

Tetsuo Irifune[1]; Maiko Isshiki[1]

[1] 愛媛大・地球深部研

[1] GRC, Ehime Univ.

炭酸塩鉱物は海洋底堆積物の重要な構成物質であるが、海洋プレートの沈み込みに伴いその一部はマントル深部にもたらされると考えられる。マントル遷移層 - 下部マントル最上部における様々な炭酸塩鉱物とかんらん石、輝石との相平衡実験によると(例えば Biellmann et al., 1993)、この領域で最も重要な炭酸塩鉱物は MgCO₃ マグネサイトである可能性が高い。マグネサイトのマントルにおける存在は、ダイヤモンド包有物等においても直接的に示されている。従って、炭素の全地球規模での長期的サイクルを考える上で、マグネサイトの全マントル領域における安定性を解明することは重要である。しかしながら、従来の実験は多くが急冷法によるものであり(例えば Katsura et al., 1991)、下部マントル領域において高温高压 X 線その場観察によりその安定性を確かめた例はない。

我々は SPring-8 の高压構造物性ビームライン(BL10XU)において、レーザー加熱ダイヤモンドアンビル装置(LHDAC)と放射光 X 線を組み合わせ、ほぼマントル全域に対応する 120 GPa、3000 K 程度までの圧力温度条件下での X 線その場観察実験をおこなった(Isshiki et al., 2004)。この結果、100 GPa 程度の圧力まではマグネサイトは分解や相転移を起さず、非常に安定であることがわかった。しかし、更に圧力を上げるとマグネサイトは 115 GPa、2000 K 程度の条件下で、未知の高压相(マグネサイト II)へと相転移した。この相は少なくとも 120 GPa 程度までは観察されたが、結晶構造を特定するには至っていない。

マグネサイト II は、高压下で急冷することにより常温下に凍結されたが、圧力を下げるとその回折線は失われ、常温常圧下に回収することは困難であった。回収した試料のいくつかはガスケットとともに DAC から取り出し、集束イオンビーム(FIB)を用いて試料の厚み方向の薄膜(-0.010 mm X 0.005 mm X 100 nm)を作製し、分析電顕により組織観察・組成分析・電子線回折観察をおこなった(詳細は本予稿集の一色他を参照)。この結果試料の中央の高温部は非晶質であることが判明し、マグネサイト II は脱圧過程で非晶質化したことが明らかになった。一方、DAC のキュレット面に近い低温部においては、マグネサイトが存在していることが確認された。

本研究により、マグネサイトは下部マントルのほぼ全域において安定であることが明らかになった。深さ約 2600 km に対応する 115 GPa 程度の圧力で、未知の構造のマグネサイト II に相転移するが、いずれにしても CO₂ や C を含む相への分解は観察されなかった。従って、沈み込む海洋スラブに伴い下部マントル領域までもたらされた海洋底堆積物中のマグネサイトは、マントル-核境界の D'' 層に至る深さまで MgCO₃ として存在する可能性が高い。しかし熱境界層である D'' 層においては、核にむけて深さとともに急激な温度上昇が見込まれており、その結果マグネサイト II は CMB 付近で分解して CO₂ を放出することが熱力学的に予想される。このような CO₂ は D'' 層における周囲の物質の融点を低下させ、この領域におけるブルーム発生の引き金になる可能性がある。