

下部マントル物質の溶融実験

Melting experiment of lower mantle material

伊藤 英司[1], 久保 敦[1], 桂 智男[1], Michael J. Walter[2]

Eiji Ito[1], Atsushi Kubo[2], Tomoo Katsura[3], Michael J. Walter[3]

[1] 岡大・固地研, [2] 岡大・固地研センター

[1] ISEI, [2] ISEI, Okayama Univ, [3] ISEI, Okayama Univ.

地球はその集積末期あるいは直後に大規模な融解を経験し、表層部から深さ 1000 km 以上にわたってマグマの海(マグマオーシャン)で覆われたとされている。このようなマグマオーシャンの冷却・固結の過程ではリキダス相の分離によってマントルの上下方向に大規模な化学的分別が生ずると考えられている。このような過程の解明にはマントル物質の溶融関係とりわけリキダス相の特定と固相・液相間の元素分配は不可欠の情報となる。このためペリドタイトやこれを単純化した系について溶融関係が 25 GPa 程度まで行われているが、現在までのところマグマオーシャンの中でのマントル分化を支持する結論は得られていない。本実験では、これを 33 GPa 以上まで拡張した。

高压発生は一辺 14mm 切り欠き長さ 2.0mm の焼結ダイヤモンド集合体を油圧駆動の分割球装置で圧縮することにより行った。粉末状のペリドタイト KR4003 を内径 0.8mm 長さ 3.8mm の円筒状 Re ヒーターに直接詰めて加圧後約 2600 に 2-3 分保持した。回収した試料を長さ方向に切断・研磨して電顕観察の後 EPMA による化学分析を行った。比較のために他のペリドタイトや(Mg_{0.9}Fe_{0.1})₂SiO₄ オリピンを出発物質にした実験も試みた。

融解は試料中心部で生じかつ温度勾配による“溶解(高温)・析出(低温)作用”によって液相はほとんど高温部に移動しリキダスに相当する固・液の明瞭な境界が観察された。しかしこれに比べるとソリダスに対応する境は不明確であった。29 GPa までは Mg ペロフスカイト(Mg-Pv)の液との共存も認められるが第一リキダス相は丸み帯び形状のマグネシオピュスタイト(Mw)である。そして、31 GPa では両相がともにリキダスにあるものと判定されたが、33 GPa では固・液境界近傍での Mw の存在は観察されずリキダス相は Mg-Pv に替わっている。しかし、境界から 20-30 μm 低温側では Mw とともに 5-10 μm サイズの Ca ペロフスカイト(Ca-Pv)が存在してこれらの相も液と共存していたとみなされる。こうして下部マントルに相当する深さのマグマオーシャンでは Mg-Pv、Mw および Ca-Pv の分別が進行するが、深さの増大にともなって Mg-Pv の分別が卓越することになる。

Mg, Al, Si, Ca, Ti, Fe, Ni について Mg-Pv と液の分配係数($D = \text{Mg-Pv} / \text{Melt (in wt.)}$)の 24-33 GPa にわたる圧力変が調べられた。全体として大きな圧力依存性は見られないが、Al では圧力とともに減少し 33 GPa では液相濃集元素に転じているのが注目される。Ca-Pv には Ca だけでなくアルカリ元素(Na, K)や希土類元素(La)も濃集し、この相の分別は残液に強い地球化学的特徴もたらすと考えられる。

33 GPa で得られた Mg-Pv, Ca-Pv, Mw と液の間の元素分配係数を用いて C1 由来の始源マントルからこれらのリキダス相の分化を Mg, Al, Si, Ca, Fe についてのマスバランスから検討した。結果的には 1000 km 以上の深さのマグマオーシャンにおいて約 34% の Mg-Pv と 3% の Ca-Pv の分化によってパイロライトマントルがもたらされる事が判明した。分離したペロフスカイトの層は深さ 1500 km 程度に達し、高密度であるためにマントル下半部に長時間滞在する。さらに、Ca-Pv はアルカリ元素や希土類元素のホスト相なので、ペロフスカイト層はいわゆる "hot and enriched layer" を形成することになる。