下部マントル条件下での溶融鉄と(Mg,Fe)SiO3 ペロブスカイト間の濡れと反応関係

Percolation and reaction relationship between molten iron and (Mg,Fe)SiO3 perovskite at lower mantle conditions

高藤　尚人[1]，廣瀬　敬[2]，小野　重明[3]
Naoto Takafuji[1], Kei Hirose[2], Shigeaki Ono[3]

[1] 東大・理・地球惑星，[2] 東工大地惑，[3] IFREE・JAMSTEC
[1] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ, [2] Dept. Earth & Planet. Sci., TIT, [3] IFREE, JAMSTEC

コンドライト中の金属成分とシリケイト成分の分離と移動プロセス(core formation)は、その後に生成するマントルや核の組成に大きな影響を与える。その、core formation の物理メカニズムの一つに ”濡れ ”(percolation)がある。過去にも、溶融鉄とマントル構成物質間の “ 濡れ ” に関する研究は数多く行われてきた(Shannon & Agee, 1996, 1998 他多数)。しかし、溶融鉄とマントル構成物質間には “ 濡れない ” 関係である事が下部マントル最上部の条件まで明らかにされてきた。しかし、溶融鉄とシリケイトが反応することにより溶融鉄中に酸素やシリコンなどが溶解する事を明らかなってきている(Ito et al, 1995)。軽元素は、金属の表面張力を下げる働きがある事が知られているため、より地球深部では濡れる可能性がありその可能性を調べた。

また、溶融鉄と下部マントル構成物質(ペロブスカイト)間では、反応により反応生成相が生じる事が報告されている。Knittle and Jeanloz. (1989,91)及び Goarant et al, (1992)は、下部マントルの最上部(～23 GPa)から最下部マントル(～135 GPa)の条件下で、溶融鉄とシリケイトペロブスカイトが反応して、SiO2 , (Fe, Mg)xO, FexSiy が反応生成相として鉄とシリケイトの境界に生成する事を報告した。しかし、Hillgren and Boehler (1998)は、そのような反応生成相は、DAC 中に含まれる湿気成分(H2O)が還元剤及び酸化剤に働いたため生成したと主張した。彼等は、Ar 雰囲気下 100 度で完全に湿気成分を除去してから、溶融鉄とシリケイトの反応関係を調べたところ 100 GPa までそのような反応生成相は生じなかったと報告している。その後、安定した加熱ができるマルチアンビル装置や X 線と組み合わせた高圧実験でも反応相は報告されていない(Shannon and Agee, 1998, Saxena et al, 2001)。このように、下部マントル条件下での溶融鉄とシリケイト間の反応関係は徐々に明らかになってきてはいるが、溶融鉄へのシリコン及び酸素の溶解量にはまだ定量性にかける。このため、私たちは溶融鉄中に溶け込むシリコン及び酸素の溶解量を広く下部マントル条件下で定量的に決定する事も試みた。

出発試料には、鉄粉末(99.9 % purity)と(Mg0.9, Fe0.1)SiO3 ペロブスカイトの混合物(8:92 in weight)を使用。高温高圧実験装置には、マルチアンビル装置とレーザー加熱式ダイアモンドアンビル装置を使用。実験条件は、圧力 25 - 72 GPa, 温度 2500- 3500 K の範囲で行った。回収試料の２面角の測定は、透過電子顕微鏡を用いて行った。また、溶融鉄中のシリコンの定量分析には、エネルギー分散型検出器を使用した。また、酸素の定量分析には、EPMA 及び電子エネルギー損失分光検出器を用いた。

従来の研究同様、下部マントル最上部条件(～ 25 GPa)では、溶融鉄とペロブスカイト間は濡れない(～93 度)事が確かめられた。しかし、圧力が増加するにつれ２面角の値は減少した。

37 GPa, 3000 K の条件下で、～69 度、46 GPa, 3000 K の条件下で～54 度を示した。また、温度の効果も調べた。圧力 25-26 GPa 条件下で、温度を 2400 K と 2800 K の比較実験を行った。その結果、それぞれの 2 面核の値は、2400 K で～94, 2800 K で～74 度の値を示した。

分析の結果、溶けた鉄中へのシリコン及び酸素の溶解量は圧力、温度の増加とともに顕著に上昇した。シリコンの溶解量は、圧力 25, 37, 46, 72 GPa 下でそれぞれ～0.3, ～1.1, ～1,7, ～3.5 wt%であった。酸素は、25, 46 GPa 下でそれぞれ～0.7, ～3.3 wt%であった。現在 70, 135 GPa 条件下での分析を継続中。当日は、溶融鉄とシリケイトの反応が与える外核の軽元素への影響とマントル中の Mg / Si 比の問題に関連して発表する予定です。