

マントル遷移帯までのフォルステライト-水系の二面角：粒界は高圧で濡れる

Dihedral angle of forsterite-H₂O system up to mantle transition zone

芳野 極[1]; Watson E. Bruce[2]; 西原 遊[3]; 唐戸 俊一郎[4]

Takashi Yoshino[1]; E. Bruce Watson[2]; Yu Nishihara[3]; Shun-ichiro Karato[4]

[1] 岡大・固地研; [2] E&ES, RPI; [3] 東工大・地惑・COE 21; [4] イェール大 地質地物

[1] ISEI, Okayama Univ; [2] E&ES, RPI; [3] Earth Planet. Sci., Tokyo Inst. Tech.; [4] Yale University, Department of Geology and Geophysics

構造平衡に達した固液2相からなる岩石の液相の分布形態は、地震波速度やその減衰、電気伝導度特性、レオロジー、浸透率といった地球深部物質の多くの物性を支配する。オリビンに富むマトリックス中の液相の濡れの特性によって特徴づけられる二面角は、上部マントルの物性を考慮する上で、鍵となる要素の一つである。これまでの研究から、地球内部でもっとも優勢な揮発性物質である水とオリビンの間の二面角は、5ギガパスカルまでの圧力範囲において、圧力の上昇に伴い減少する傾向が報告されてきた。しかしながら、圧力の増加にとともに、どの程度まで二面角は減少していくのかは、研究されてこなかった。

本研究は、フォルステライト-水系の一定温度1200度Cにおける圧力1から13ギガパスカルまでの範囲の二面角の変化と微細構造の様式の変化に関する新しい実験結果を報告する。実験は3ギガパスカルまでは、ピストンシリンダー型高圧発生装置で、それ以上の圧力は川井式マルチアンビル高圧発生装置を用いて行った。回収試料は、一般に温度勾配によって液相が高温部側に移動するような固液の分離が認められた。しかしながら、固相中の液相の痕跡は、粒界や三重点に観察される間隙や粒子表面上に観察される急冷物質の存在によって確認することができる。液相が分離した部分における急冷結晶の割合は圧力の上昇とともに増加する。二面角は圧力の上昇に伴い、1から5ギガパスカルにおいて46度から18度まで減少した。それ以上の圧力では、減圧中に粒界が開くために、二面角の測定は困難であった。しかしながら、間隙の形の観察によれば、三重点において固液相境界は変曲点を持たないスムーズな連続性がある。また、急冷結晶が粒子表面を覆うような形式で観察されることから、二面角はおそらく7~8ギガパスカル付近以上の圧力で0度に達することが推測される。

高圧における0度二面角の可能性は、液相中への固相成分の溶解度に強く依存しているように思われる。例えば、三部ら(2002)の結果によれば、1ギガパスカルではほとんどシリケート成分は液相に溶け込まないのに対し、8ギガパスカルでは70重量パーセントまで溶け込むことが示された。この研究で、画像解析をもとに見積もられた結果も同様に圧力の上昇に伴い、シリケート成分の溶解度の上昇を示し、13ギガパスカルでの溶解度は90重量パーセント近くに達した。溶解度-圧力と固液境界と固固境界の界面エネルギーの比-圧力の2つの関係を比較すると非常によい相関を示す。また、多くの合金系、セラミック、有機物質は、二面角がその融点近くで0度に転移することが知られている。つまり、二面角が0度になることは、高圧において十分におこりうる。また、この研究から得た高圧に向かって二面角が減少するという二面角-圧力の関係とも矛盾しない。

完全な粒界の濡れがメルトの組成や構造が固相のそれに類似していくという観察を考慮すると、濡れた粒界は、深部マントルの無水メルトにおいても生じうる。それらの結果から、もし少量のメルトが岩石中に存在したならば、マントル遷移帯付近の上部マントルの物性は、劇的な影響を受けることが推測される。