

Mg₂SiO₄ のポストスピネル転移Postspinel transition in Mg₂SiO₄

桂 智男[1], 山田 均[2], 新名 亨[1], 久保 敦[1], 小野 重明[3], 神崎 正美[4], 米田 明[1], 伊藤 英司[1], 舟越 賢一[5], 内海 渉[6]

Tomoo Katsura[1], Hitoshi Yamada[2], Toru Shinmei[3], Atsushi Kubo[4], Shigeaki Ono[5], Masami Kanzaki[1], Akira Yoneda[1], Eiji Ito[3], Kenichi Funakoshi[6], Wataru Utsumi[7]

[1] 岡大・固地研, [2] 岡大・理・地球科学, [3] 東大・物性研, [4] 岡大・固地研セ, [5] 高輝度光セ, [6] 原研・関西研

[1] ISEI, Okayama Univ., [2] Earth Sci., Okayama Univ, [3] ISEI, [4] ISEI, Okayama Univ, [5] ISSP, Univ. of Tokyo, [6] JASRI, [7] JAERI

Mg₂SiO₄ のポストスピネル転移の相境界を、6-8 式超高压発生装置中での X 線その場観察によって、1600-2050K の温度範囲で決定した。それによると、相境界は 22GPa 付近に位置し、その勾配は -0.6 ~ 1.2MPa/K である。相境界の圧力は、660km 不連続の圧力より 1GPa ほど低いが、これは圧力マーカーの金の状態方程式の不確定さから考えると、決定的な食い違いではない。今回得られた相境界の勾配は、これまでの研究で得られた勾配 (-2~-3 MPa) より小さい。ポストスピネル転移はマントル対流の障害とはならない。沈み込み帯で観測される 660km 不連続の凹みは、温度効果では説明できない。

660km 地震学的不連続は、通常 (Mg,Fe)₂SiO₄ スピネルと (Mg,Fe)SiO₃ ペロフスカイトと (Mg,Fe)O ペリクレスへの分解反応(ポストスピネル転移)で説明されている。このため、(Mg,Fe)₂SiO₄ のポストスピネル転移の相平衡関係は、精力的に研究されてきた。本研究では、この系のマグネシウム端成分である Mg₂SiO₄ のポストスピネル転移の相境界を超高压 X 線その場観察の手法で決定したので報告する。

出発物質は合成のフォルステライトと圧力マーカーである金の混合物である。超高压高温実験は大型放射光施設 SPring-8 の偏向電磁石ビームライン BL04B1 に設置されている 6-8 式超高压発生装置 SPEED-1500 で行った。X 線回折は白色 X 線と半導体検出器を用いたエネルギー分散法で行った。回折角度は約 4.9° である。温度測定は W3Re-W25Re の熱電対で行い、圧力は Anderson et al. (1989) の状態方程式を用いて、金の体積から見積もった。実験温度は 1200-2050 K、圧力は 20-25 GPa である。

今回の研究では、相境界は 1600-2050 K の温度範囲で決定した。この温度では相境界は約 22GPa に位置し、その勾配は $dP/dT = -0.6 \sim 1.2 \text{ MPa/K}$ と非常に小さい。22GPa という圧力は 660km 不連続の圧力より 1GPa ほど小さい。だが、圧力決定に用いた金の状態方程式にはまだ不確定性が大きく、この差が決定的であるとはいえない。特に、Anderson et al. による金の体積弾性率の圧力微分の値の選定は根拠が乏しい。試みに、彼らが用いた 5.5 から、実験値の一つである 6.4 に値を変えると、相転移の圧力は 1GPa ほど上昇する。

今回得られた勾配はこれまでの研究 [Ito & Takahashi, 1989; Irifune et al., 1998] で得られた値 (-2~-3 MPa/K) より有意に小さい。Ito & Takahashi [1989] は急冷凍結法により相境界を決定しているため、彼らの相平衡実験には kinetics の効果により、実際より大きな負の勾配を題していると説明できる。だが、Irifune et al. [1998] は、我々とほぼ同じ手法で実験を行っており、今回の実験との食い違いの説明は容易ではない。

沈み込み帯の下の 660km 不連続は下にくぼんでいることが、地震学的研究により報告されている (例えば Flanagan & Shearer [1999])。この起伏は、通常ポストスピネル転移が大きな負の相境界を持っていることから、温度効果によって説明されてきた。だが、今回の実験結果からは、そのような説明は不可能である。新しい説明はまだ検討されていないが、我々の予察的研究では、水が存在すると相境界は高压側に動くことが示されており、660km 不連続の凹みは水がスラブによって持ち込まれることにより説明できるかもしれない。

いくつかの地震学的研究では、沈み込むスラブが下部マントルに入り込めず、660km 不連続付近に滞留していることが報告されている。このような観測も、ポストスピネル転移の負の相境界により、冷たいスラブ中ではポストスピネル転移が遅れて、負の浮力が生じるためと説明されてきた。今回の実験結果からは、この説明も否定される。沈み込むスラブに生じる負の浮力は、多分 kinetics の効果によって起こるのであろう。

ポストスピネル転移が大きな負の勾配を持つと、マントル対流は全マントル対流を妨げし、上部マントルと下部マントルは別々の対流セルをつくると予想されている。今回得られた勾配は、その絶対値が非常に小さく、ポストスピネル転移が全マントル対流を妨げることはないと考えられる。