

スタグナントスラブが形成するための力学条件の考察

Kinematics of formation of stagnant slab

岩瀬 康行 [1]; 中久喜 伴益 [2]

Yasuyuki Iwase[1]; Tomoeki Nakakuki[2]

[1] 防大・地球海洋; [2] 広大・理・地球惑星

[1] Dept. Earth & Ocean Sci., NDA; [2] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ

マントル中に沈み込んだプレートは深さ約 660km 付近で一旦横たわり、その後、下部マントルへ落下することが地震波トモグラフィーから示唆されている。この深さはマントル中の主要構成鉱物がスピネル構造からペロブスカイト構造へ相転移を起こす圧力・温度に対応している。この相転移が吸熱反応である（クラペイロン曲線の傾きが負）であるために冷たいスラブが沈み込みことを妨げていると解釈されている。近年、相転移を考慮したマントル対流数値シミュレーションによりスラブが滞留する条件が明らかになりつつあるが、その物理的な意味は十分に議論されていない。

本研究ではスラブにかかる力の解析的な力学バランスモデルからスラブが 660km 相転移面で滞留する条件を考察する。

スラブが 660km 相転移面で滞留するためには、660km 相転移面に到達した冷たく高密度なスラブが、レイリー・テイラー型の重力不安定を起こし下部マントルへと崩落するまでの時間スケールよりも熱拡散により密度差が緩和される時間スケールの方が大きければ良い。重力不安定の発生時間スケールは 660km 相転移面に横たわるスラブにかかる力から見積もることができる。スラブには鉛直方向に主に (1) スラブが低温であるために生じる周囲のマントルとの密度差による負の浮力、(2) スラブが低温であるために相転移深度が深くなることによる密度差による正の浮力、(3) スラブの沈み込みに伴う押しの力、が働く。

スラブの沈み込み速度とスラブの厚さを境界層理論から見積もると、スラブの滞留が起こる境界の相転移浮力パラメータはレイリー数の $-1/3$ 乗に比例し、プレートの速度、沈み込み角度、スラブとマントルの粘性率比、スラブの温度などに依存することが分かった。

また、得られた条件式は 2 次元のマントル対流数値シミュレーションの結果と良く一致した。

沈み込み速度が低い場合、スラブの沈み込み角度が低い場合、および、スラブとマントルとの粘性率が小さい程、マントル対流は二層対流化しやすい、すなわち、スタグナントスラブが形成しやすいという結果が条件式より得られた。沈み込み速度の低下は海溝の後退によって、また、スラブの粘性率の低下は相転移に伴う鉱物の細粒化によって発生しうる。これらはこれまでの数値シミュレーションの結果を支持している。これらはスラブの沈み込みに伴う押しの力を弱め、重力不安定の発生する時間スケールを引き延ばす効果がある。

本研究のモデルは非常に簡略化したものではあるが、レイリー数が 10^7 、相転移浮力パラメータが -0.05 程度（地球に相当）の場合は実効沈み込み速度がほとんどゼロ（プレートの沈み込み速度と同程度の速度で海溝が後退する）、あるいはスラブがマントル粘性率の $1/10$ 程度である場合にスタグナントスラブが形成される可能性を示す。