

幾何効果と底部熱化学境界層の効果を考慮したマントル中における熱化学対流の数値実験

The numerical experiments of thermo-chemical convection with the effect of geometry and D" layer in the mantle

中川 貴司[1], 本多 了[2], 中久喜 伴益[3], 藤本 博巳[4]

Takashi Nakagawa[1], Satoru Honda[2], Tomoeki Nakakuki[3], Hiromi Fujimoto[4]

[1] 東大院・理・地球惑星, [2] 広大・理・地惑シ, [3] 広大・理・地球惑星, [4] 東北大・院理

[1] Dept. of Earth and Planet.Sci., Univ. of Tokyo, [2] Dept. Earth Planet. Syst. Sci., Hiroshima Univ., [3] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ, [4] School of Sci., Tohoku Univ.

本研究ではコア - マントル境界直上に存在している D" 層の効果を考慮したマントル対流数値実験をおこなった。D" 層は地震波の観測によって低粘性層であり、熱化学境界層であると考えられている。そこでマントル対流を熱化学対流として取り扱う。

その結果化学浮力の強さと D" 層の低粘性の効果によって 2 つの対流スタイルが得られた。その 2 つスタイルの境界面は室内実験で得られているよりも化学浮力の強さが強い方にシフトしている。これは下降流と熱化学境界層とが力学的な相互作用をより化学浮力が強い場合でも起こすことが可能である可能性が考えられる。

最近の地震波や重力の観測においてコア - マントル境界の直上から約 300km の厚さにわたって、地震波速度の低速度域が存在し、その低速度層(D" 層と呼ばれる)は熱化学境界層であると考えられている[Ishii and Tromp, 1999]。その熱化学境界層の成因には 3 つの説がある[Tackley, 1998]。1 つはコアとマントルとが化学反応して鉄混じりのシリケートを生成している[Knittle and Jeanloz, 1989]。2 つ目はコア - マントルの分離過程において分離しきれなかったコアの部分がマントル底部にトラップされている。3 つ目は沈み込んだスラブの残骸である。

このような熱化学境界層の効果をマントル対流に組み入れた数値実験および室内実験はいくつか存在している。数値実験の場合において、Christensen[1984]では底部熱化学境界層からのブリュームの

生成と下部マントルの粘性率との関係を調べている。また{Tackley}[1998]では、底部熱化学境界層が対流パターンにどれほど影響を与えているのかを調べている。室内実験の場合は Davaille[1999]で底部熱化学境界層を低粘性層として取り扱い、その結果 2 つの対流スタイル(Oscillatory regime と Stratified regime)が存在し、それらの存在範囲を化学浮力パラメータと高密度層と低密度層との粘性比で示している。

本研究では化学浮力パラメータと高密度層と低密度層の粘性率比を実験パラメータにとり、2次元極座標系においてマントル対流の数値実験を行った。この数値実験の特徴は化学組成場を数値的にとくためにトレーサー粒子法を改良した手法を用いているところである。これは高密度を代表する粒子と低密度を代表する粒子の 2 種類を用意し、その粒子の混ざり具合で化学組成場を計算する方法である。この手法を用いると、従来の手法で起こっていた化学組成場のオーバーシュートが起きなくなった。計算に使用した格子点数は動径 40 点の不均一格子で、角度方向には 240 点の均一格子を用いた。また粒子の数は高密度粒子を 20,000 個、低密度粒子を 20,000 個用いた。

計算の結果について述べる。2 つの対流スタイルの存在範囲は室内実験の場合より化学浮力パラメータが大きくなる方へシフトすることが分かった。これは底部熱化学境界層と下降流との相互作用によって高密度層と低密度層との境界面の変形がより大きな化学浮力パラメータによって起きていることが原因である。つまり、下降流の強さが底部に近付く程強くなるので化学浮力パラメータが効果的に小さくなっており、それによって相互作用の効果が強められることが考えられる。また高密度層と低密度層の粘性比を 1 より小さくすると化学浮力パラメータがさらに効果的に小さくなるので、下降流と熱化学境界層との相互作用が強くなることも計算結果から見る事ができる。