

粘性構造がマントルウェッジで生じる流れに及ぼす影響

Influence of viscosity structure on mantle flow in the mantle wedge

齊藤 光伸[1], 本多 了[2], 中久喜 伴益[1]

Mitsunobu Saito[1], Satoru Honda[2], Tomoeki Nakakuki[3]

[1] 広大・理・地球惑星, [2] 広大・理・地惑シ

[1] Earth and Planetary Sci., Hiroshima Univ, [2] Dept. Earth Planet. Syst. Sci., Hiroshima Univ., [3] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ

数値シミュレーションによるマントルウェッジの対流の研究は、島弧の火成活動の原因を明らかにするために重要である。これまでこの種の研究の多くは計算機の能力の制限、あるいはモデルの複雑さのために二次元モデルが採用されていた。しかし、この二次元流れのモデルが、現実をどこまで表現しているかは明らかではない。最近、Tamura et al. (2002)は、東北日本の島弧に沿う火山分布、プーゲ異常の分布、島弧周辺の三次元地震波速度構造が数十 km の間隔で変化している事を示した。彼らは、この観測事実を、マントルウェッジの高温部分が日本海側から東北日本に向かって 'fingering' していると解釈した。このような島弧に沿った変化は、Nataf et al. (1981)が行った上面および側面からの冷却による対流実験からも期待される。ここで問題となるのは、高温部分の変化の波長が何によって決まっているかと言う点である。本講演では、この 'fingering' の原因に関して数値計算の立場から考察する。

本研究で用いたモデルは、直方体に閉じ込められたプラントル数が無限大で非圧縮の粘性流体である。これによりマントルウェッジとそれに繋がる背弧側のマントルの内、背弧側のリソスフェアの下から上部マントルまでの間を取り扱う。沈み込むプレートは、簡単のために、プレートの冷却効果のみを考慮し、直方体の一つの側壁において温度を上面の温度と同じとして表現する。上面と下面の温度は一定とし、側面は沈み込むプレートを想定した側面を除いて、反射境界である。また、全ての面は不浸透性であり、上面を除いて自由滑り面である。上面は自由滑り面か固定境界面かのいずれかである。粘性率は垂直方向の変化のみを考慮する。流れを支配する基礎方程式は 1) 質量保存式 2) 運動方程式 3) 構成方程式 4) エネルギー保存式であり、これらを前述の条件下で 'stag3d' (Tackley, 1993) を用いて解く。

モデルは本質的に Nataf et al. (1981)が行った実験と同じであり、彼らの結果と同様に、Rayleigh 数の低い時は低温の側面に向かって長波長の二次元流れが形成される。さらに Rayleigh 数を上昇させると低温側の側面に平行に小規模対流が生じる。これは、いわゆる温度境界層の不安定が原因である。上面が自由滑り面である場合、この小規模対流の波長は、ほぼ対流層の厚さ程度であるが、固定境界面に設定すると、その波長は対流層の厚さの 0.5 倍程度に減ずる。また、リソスフェア直下の低粘性層の効果を調べるために、上面から対流層の厚さの 0.17 倍(約 100km)までの粘性を 0.01 倍にした低粘性層を考慮した。この場合の小規模対流の波長は低粘性層の厚さ程度になる。これらの結果は、Tamura et al. (2002)が提唱した 'fingering' の原因が、冷たいスラブの沈み込みにより生じたマントルウェッジ側の島弧に平行な小規模対流である可能性を示唆している。また、表面付近の速度分布は、この小規模対流に対応して上向き速度場が存在する事を示している。このような速度場はマグマの上昇等に大きな影響を与えるかもしれない。しかし、仮定した低粘性層の厚さや、その粘性率の大きさには、あいまいさがある。従って、今後は、低粘性層の厚さ、および粘性を変化させ、低粘性層が与える影響についてより詳しく調べる必要がある。また、今回、考慮されていない重要な要因もある。例えば、スラブの速度、傾きの効果等である。これらについても考慮に入れ、モデルをより現実に近いものにしていく必要がある。