

層状対流系の内部構造進化

Evolution of the internal structure of layered convection system

栗田 敬[1], 柳澤 孝寿[2]

Kei Kurita[1], Takatoshi Yanagisawa[2]

[1] 東大・地球惑星, [2] 東大・理・地球惑星科学

[1] Dep. Earth & Planet. Phys., Univ. of Tokyo, [2] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo

地球のマントルには様々な層構造が存在し、その形成・消滅・相互作用が進化を特徴づけてきた。層間の物質と熱のやり取りがマントルダイナミクスの主要な研究課題となってきた。現在のマントルでは相互作用をしている主要な層構造ユニットとして上部マントル・下部マントル、D''層・下部マントルの2つが代表的なものである。本ポスターではこのような熱的にも、物質的にも相互作用をしている層状対流系の内部構造の安定性を室内実験に基づいて議論する。

地球のマントルには様々な層構造が存在し、その形成・消滅・相互作用が進化を特徴づけてきた。層間の物質と熱のやり取りがマントルダイナミクスの主要な研究課題となってきた。現在のマントルでは相互作用をしている主要な層構造ユニットとして上部マントル・下部マントル、D''層・下部マントルの2つが代表的なものである。本ポスターではこのような熱的にも、物質的にも相互作用をしている層状対流系の内部構造の安定性を室内実験に基づいて議論する。

従来の層状対流の研究では層構造の維持は前提条件として仮定され、その上での物質移動、熱移動が議論の対象であった。しかしD''層の成因をはじめ、マントルの現実的な状況下ではこれは必ずしも妥当な仮定ではない。有効な物質移動プロセスが介在すれば、層間の質量バランスは時々刻々と変化していくことになる。熱対流を支配する基本パラメーターであるRa数は層の厚さに敏感に依存するために、このことは系の熱的進化に重要な影響を与えることになる。近年混和系流体を取り扱った室内実験の分野ではHydrodynamical Entrainment (以下HEと略記)と言う現象が流体界面での有効な物質移動プロセスとして注目されるようになってきた。特に層流領域においても粘性流体では界面の不安定性が生じ、大規模な物質移動が起きることは地球内部プロセスを考えるうえで重要な意味を持っている。Kumagai & Kurita(2000)はHEが上昇するブルームの組成に重要な寄与をすることを室内実験で見つけ、Inflation Plume modelを提唱している。Davaille(2000), Yanagisawa & Kurita(2000)は混和層状対流系においてもHEが重要な役割を果たし、層の成長・消滅が生じることを見出した。このことは界面を通してのHEが非対称性を持っていることの結果であり、層間のRa数のミスマッチなどがその原因として考えられる。残念ながらHEがどのような量によってスケールアップされているのか、現時点では完全にはわかっていない。

このような観点に立つと現在のD''層や下部マントルの厚さは既定のものではなく、層間の相互作用の結果到達した可変量であると考えられる。したがって進化している系においては層状対流の層厚は可変量として考えねばならない。以下に室内実験から推測される知見をまとめる；

1) D''の寿命

上部にある下部マントルとD''層とのRa数のミスマッチは大変に大きいために下部マントルによるHEが卓越し、有限の時間で下部マントルに"消化"される可能性が高い。したがって現在の200-300kmのD''層の存在は消化作用と平行してD''層の生成プロセスが働いていることを強く示唆する。このことは常に一定量がD''層に供給されている「沈み込んだスラブによるD''層の形成」モデルを支持する。

2) 上部マントル・下部マントルの量比

化学組成の異なる"上部"マントル・"下部"マントルが初期状態として存在していても、有効なHEによって時間とともにその量比は大きく変動した可能性が高い。現在の値は物質の粘性率、発熱量、サイズで決まる準安定状態であるかもしれない。

層状熱対流系の内部構造はHEを調整因子とする自己調節系として強く特徴づけられる。