

沈み込んだ海洋地殻の行方：レオロジー的性質からの考察

Rheological constraints on the fate of subducted oceanic crust in the mantle

片山 郁夫 [1]; 唐戸 俊一郎 [2]

Ikuo Katayama[1]; Shun-ichiro Karato[2]

[1] 広島大地球惑星システム; [2] イェール大 地質地物

[1] Department of Earth and Planetary Science Systems, Hiroshima University; [2] Yale University, Department of Geology and Geophysics

海洋島玄武岩や洪水玄武岩の同位体化学組成はマントルが均質ではなく、異なる化学組成を持ついくつかのリザーバーから構成されていることを示唆している (e.g., Hoffman 1997)。マントル内の不均質の要因の1つとしては沈み込んだ海洋地殻 (玄武岩組成) が挙げられる。海洋地殻物質は放射性元素に富むため、そのようなリザーバーの存在はブルームの熱源になる可能性が指摘されマントルダイナミクスを理解する上で重要な鍵となる。海洋地殻は上部マントルではマントル物質より高い密度を持つが、660km 上部下部マントル境界において密度が逆転し海洋地殻の方が軽くなる。そのため海洋地殻はスラブ本体から分離しマントル遷移層に溜まっている可能性が指摘されている (e.g., Ringwood, 1982)。もし、プレートテクトニクス開始以後の沈み込んだすべての海洋地殻物質が 660km 境界で分離した場合、マントル遷移層全体を埋め尽くす体積に匹敵する。しかしながら、地殻物質を引き離すような動的なプロセスでは密度関係だけでなくレオロジー的性質 (粘性率) が重要になる。これまでの数値モデリングによると海洋地殻とマントル物質の粘性率が等しい場合には 660km 境界層での海洋地殻の分離は起きないが (Richards and Davies, 1989)、海洋地殻がマントルに比べ高い粘性率を持つ場合は分離する可能性が高いと指摘されている (Karato, 1997)。マントル遷移層付近では海洋地殻は主にザクロ石から構成されるため (90vol%)、海洋地殻物質のレオロジーはザクロ石が支配している可能性が高い。また、上記のように地殻物質分離の問題では海洋地殻のレオロジーのみならず、周りのマントル物質とのコントラストが重要になる。そこで、私たちはザクロ石とオリビンを同時に変形させ、両者の相対的な強度比 (粘性率比) を直接測定する実験を行った。

岩石鉱物のレオロジー的性質は結晶に取り込まれる微量の水に非常に敏感なため (e.g., Griggs and Blacic, 1965)、今回は水の効果に注目しザクロ石とオリビンの強度比を測定する実験を行った。その結果、無水条件ではザクロ石 (Mg-組成) はオリビンに比べ歪み速度が一桁ほど遅い (粘性率が高い) のに対し、含水条件ではザクロ石とオリビンの相対強度がほぼ等しくなる結果が得られた。含水条件ではオリビンの塑性強度も減少しているが、ザクロ石に対する水の効果がオリビンに比べ強い相対的な強度比が無水と含水条件下では異なることを意味している。沈み込むスラブ中の含水量は温度圧力条件に依存するため、海洋地殻成分とマントルとのレオロジーコントラスト (粘性率比) は沈み込み地温勾配により異なると予想される。例えば、太古代の地温勾配は現在より小さいため、海洋地殻は沈み込み帯浅部において部分溶融している可能性がある。その場合、水はメルトに吸収されるため海洋地殻中の含水量は顕著に減少し、高い粘性率を持つ地殻物質は 660km 境界層で分離した可能性が高い。一方、現在の地温勾配は比較的低温のためマントル深部まで高い含水量を維持し、その場合は地殻とマントルの粘性率がほぼ等しくなるため地殻物質の分離は起きにくいと予想される。このようにレオロジー的性質に注目すると、時代変化により沈み込んだ海洋地殻物質の分布が異なる可能性が考えられる。