

ザクロ石の剪断変形実験とその地球科学的意味

Shear deformation experiment of garnet and its geological implication

片山 郁夫 [1]; 唐戸 俊一郎 [2]

ikuo katayama[1]; Shun-ichiro Karato[2]

[1] エール大地物; [2] イェール大 地質地物

[1] Geology & Geophysics, Yale Univ; [2] Yale University, Department of Geology and Geophysics

ここではザクロ石の剪断塑性変形実験の結果を紹介し、その地球科学的意味を議論する。上部マントル深部まで沈み込んだ海洋地殻は主にザクロ石から構成され (~90 vol%)、その塑性変形 (粘性率) は以下の点において特に重要である。(1) マントル内での異なる地球化学的リザーバーの混合、(2) 密度逆転により 660km 不連続面で海洋地殻成分が分離する可能性。例えば、(1) の点では海洋地殻の粘性率が周りのマントルより一桁以上高い場合、ミキシングは起きにくく地殻成分はマントル内で特異な化学組成のリザーバーとして存在しうる (Manga, 1996)。(2) の問題では海洋地殻とマントルの粘性率が同一である場合は 660km 不連続面で海洋地殻成分は分離しないが、海洋地殻の粘性率がマントルより高い場合は分離する可能性が高いと数値計算により報告されている (van Keken et al. 1996, Karato, 1997)。

変形実験はエール大学に設置されている Griggs 型の固体圧変形試験機を用いた。オリビンとザクロ石の出発物質を一軸圧縮方向に対し 45 度に切断したアルミナピストンに同時に挟み、単純ずりの条件で変形実験を行った。なお、オリビンの化学組成は Fo90 を用い、ザクロ石の化学組成は Fe-rich (Alm46Prp52Grs2) と Mg-rich (Alm10Prp85Grs5) の 2 種類を準備し、ザクロ石の塑性変形における化学組成依存性に特に注目した。実験条件は 1 GPa、1473K、歪み速度は 10^{-4} から 10^{-3} (/s) を用いた。なお、固体圧変形試験機ではピストンにかかる摩擦のためロードセルから応力を正確に推定することは難しい。ここでは、オリビンの転位密度からサンプルにかかっている応力を見積もった。

変形後に回収したサンプルは動的再結晶 (細粒化) していることから転位クリープの条件で変形したと考えられる。また、応力と歪み速度の関係から得られた応力指数は 3 程度であることから変形メカニズムは転位クリープで行われたことを示唆している。Fe-rich ザクロ石はオリビンに比べ柔らかく、歪み速度では 1.7 倍ほど速くなる。これは粘性率に換算するとザクロ石の方がオリビンより 0.6 倍ほど低いことになる。一方、Mg-rich ザクロ石はオリビンより強く、歪み速度にして一桁ほど遅くなる。これは Mg-rich ザクロ石はオリビンに比べ 6 倍ほど高い粘性率を持つことになる。以上の結果、化学組成 (とくに Fe 成分) がザクロ石の塑性変形に重要な効果があることが分かり、Mg-rich ではザクロ石がオリビンより堅くなるが、Fe-rich ではザクロ石の方がオリビンに比べ柔らかくなることが分かった。この結果を海洋地殻組成のザクロ石に当てはめるとマントル (オリビン) との粘性率はほぼ等しいことになる。これは海洋地殻成分が周りのマントルに比較的容易にミキシングすることを示唆している。また、660km での不連続面では海洋地殻の粘性率が周りのマントルとほぼ等しいため分離は起きにくいことを意味している。しかしながら、これらの結果を地球深部へ応用するには次の 2 点を考慮する必要がある。(1) 塑性変形に対する圧力効果、(2) オリビン高压相のレオロジー。地球深部で起きている現象に応用するにはこれらの追加実験が必要である。