

転位クリープによって形成されたオリビン中の組成不均質

Compositional heterogeneity in deformed olivine induced by dislocation creep

安東 淳一[1], 岡島 由佳[1], 柴田 恭宏[1], 古姓 昌也[2], 金川 久一[3]

Jun-ichi Ando[1], Yuka Okajima[2], Yasuhiro Shibata[3], Masaya Furusho[4], Kyuichi Kanagawa[5]

[1] 広大・理・地球惑星, [2] 応用地質, [3] 千葉大・理・地球科学

[1] Earth and Planetary Systems Sci., Hiroshima Univ., [2] Earth and Planetary Systems Sci., Hiroshima Univ., [3] Earth and Planetary Systems Sci., Hiroshima Univ., [4] Oyo Co., [5] Dept. Earth Sci., Chiba Univ.

上部マントルのレオロジー特性を考える上で、オリビンの組成は重要なパラメーターとなる。今回、転位クリープによる塑性変形時に、オリビン中の亜結晶粒界に沿ってFeが濃集し、その結果オリビン中に組成の不均質分布が生じることを見いだしたので報告する。この現象は、転位部でのコットレル雰囲気によるものと考えられる。微細組織の観察を行った試料は、日高変成帯ウエンザルカンラン岩体に露出するダナイト/ハルツバージャイト中のオリビン(約Fo91)である。

オリビン ($(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$) は上部マントルの最も主要な鉱物であると考えられている。そのために、上部マントルのレオロジカルな特性を理解する目的で、多くのオリビンの変形実験や天然に産出するペリドタイト中のオリビンの微細組織の観察が行われてきた。その結果、オリビンの塑性特性について多くの知見が得られ、 H_2O や粒径や酸素分圧がオリビンの塑性特性に大きな影響を与えることが知られている。また、組成(Fe/Mg)もその塑性特性に影響することが、Kohlstedt and Ricoult (1984)によって指摘され、Feに富むオリビンほど塑性強度が大きくなるというデータが示されている。

オリビンの組成は、このような塑性特性に影響を与えるのみならず、その相転移(アルファ相からベーター相及びベーター相からガンマ相)の生じる圧力にも影響を与える。Fe/Mgが大きくなるほど相転移圧力は減少する。この様に、上部マントルのレオロジー特性を考える上で、オリビンの組成は重要なパラメーターとなると考えられる。

今回、転位クリープによる塑性変形時に、オリビン中の亜結晶粒界に沿ってFeが濃集し、その結果オリビン中に組成の不均質分布が生じることを見いだしたので報告する。この事は、塑性変形が進行するに従って、個々のオリビン間で組成のばらつきが生じる可能性を示唆している。

微細組織の観察を行った試料は、日高変成帯ウエンザルカンラン岩体に露出するダナイト/ハルツバージャイト中のオリビン(平均約Fo91)である。この岩石中のオリビンは、波動消光を示す相対的に粗粒なもの、波動消光を示さない細粒なオリビンが互層状に存在する。

波動消光するオリビンの微細組織を透過型電子顕微鏡によって暗視野法と制限視野回折法を用いて観察した。その結果、(010)[100]と(012)[100]/(021)[100]($(0kl)[100]$ として知られているオリビンのすべり系)と(001)[100]の各すべり系を持つ刃状転位からなる亜結晶粒界が顕著に認められた。これらのすべり系は、高温或いは比較的高温時に形成された微細組織と考えられる。また、転位密度も10の8乗のオーダーであるため、変形が転位クリープによって進行した事が分かる。

更にEPMAによるFeのマッピング分析の結果、縞状のコントラストが認められた。その方位は、光学顕微鏡下で観察された波動消光の方位(即ち亜結晶粒界の方位)と一致しており、亜結晶粒界に沿ってFeの濃度が高くなっている。また、最小プローブ径(1~2マイクロメートル)での定量分析の結果、亜結晶粒界に沿ったFeの濃集部はその他の領域よりもFo組成で約1%高い値を示した。

以上の観察結果は、転位クリープの進行に伴って亜結晶粒界が形成され、かつ、亜結晶粒界部にFeが濃集したことを示している。この事は、Kitamura et al. (1986)による分析電子顕微鏡によるオリビン中の刃状転位の観察結果から予想できる結果である。Kitamura et al. (1986)は、1つの刃状転位をまたいで、転位からの距離を変化させFeとMgの特性X線の強度比を測定した。その結果、刃状転位の転位芯の近傍(0.5マイクロメートル以下の領域)でFe/Mg比が上昇することを発見した。これはコットレル雰囲気の直接観察である。今回の我々の観察結果は、刃状転位が無数に配列している亜結晶粒界でFeの濃集、すなわち、コットレル雰囲気が選択的に形成されていることを示している。EPMAによる定量分析では、Feの濃集はFo組成で1%程度の差であったが、Feの濃集が転位芯の近傍のみ(0.5マイクロメートル以下の領域)に限られている(Kitamura et al., 1986)ことと、EPMAでの点分析の空間分解能を考慮すると、Feの濃度差はさらに大きくなる可能性がある。この点を今後分析電子顕微鏡で検証する。