

カンラン岩中の変形したオリビンの微細組織観察 Microstructural observation on naturally deformed olivine in peridotite

山本 貴史^{1*}, 安東 淳一¹, 大藤 弘明², 富岡 尚敬³, 森下 知晃⁴

Takafumi Yamamoto^{1*}, Jun-ichi Ando¹, Hiroaki Ohfuji², Naotaka Tomioka³, Tomoaki Morishita⁴

¹ 広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻, ² 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, ³ 岡山大学地球物質科学研究センター, ⁴ 金沢大学フロンティアサイエンス機構

¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, ²Geodynamics Research Center, Ehime University,

³Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University, ⁴Frontier Science Organization, Kanazawa University

上部マントルのダイナミクスを理解する上で、マントル起源の塑性変形したオリビンの微細組織観察は重要である。転位のすべり系、転位密度、再結晶粒径と言った微細組織は、鉱物が受けていた変形状態を反映するからである。そこで我々は、佐賀県高島、福岡県黒瀬、秋田県目潟、ハワイオアフ島ソルトレイクで採取された上部マントル起源のカンラン岩捕獲岩を対象に微細組織観察を行い、各カンラン岩が受けた塑性変形の履歴を推測した。

本研究では、オリビンのすべり系を1)電子線後方散乱回折(EBSD)を用いた結晶方位定向配列(LPO)と2)透過型電子顕微鏡(TEM)を用いたWeak-Beam Dark-Field(WBDF)法から決定した。転位密度の決定にはTEMを用い、再結晶粒径は主に偏光顕微鏡観察を基に決定した。オリビンのすべり系は温度と差応力によって変化する事が知られている(Carter and Ave Lallemand, 1970)。また、Jung et al. (2006)は変形実験を基に、差応力と含水量によって変化する5つのすべり系を報告している。従って、これらの研究結果とマントル起源の変形したオリビンのすべり系を比較する事で、上部マントルに於いてオリビンが受けていた変形状態を推測できる。また、転位密度と再結晶粒径は地質差応力計として使用可能である。転位密度と再結晶粒径は差応力に対する応答速度(定常値に達する速度)が異なる為に、この2つの地質差応力計から求めた差応力値が異なる場合には、岩石の受けた差応力履歴を推定する事ができる(例えば、Matsumoto and Toriumi, 1989)。

以下に結果をまとめる。LPOから推測されるオリビンのすべり系は、黒瀬、目潟、ソルトレイクの試料では同一であり、(010)[100]-A-type, {0kl}[100]-D-type, (001)[100]-E-typeのいずれかであると考えられる。高島の試料に関してはLPOの集中度が弱い為にすべり系を判断することが困難であるが、(010)[001]-B-type, もしくは(100)[001]-C-typeの可能性が考えられる。

一方、WBDF法より得られたすべり系は、高島とソルトレイクは(010)[100]-A-type, 黒瀬と目潟は(001)[100]-E-typeが卓越していた。黒瀬、目潟、ソルトレイクの結果はLPOから得られるすべり系を支持する結果となっている。Jung et al. (2006)によると、A-typeとE-typeはそれぞれ“低差応力・低含水条件”と“低差応力・高含水条件”で形成されるすべり系なので、高島とソルトレイク及び黒瀬と目潟の捕獲岩はそれぞれ“低差応力・低含水条件”と“低差応力・高含水条件”で塑性変形したと考えられる。高島に関しては、LPOから推測されるすべり系とWBDF法より得られたすべり系が一致しない。これは高島の受けた差応力の履歴を反映していると考えられる。

転位密度と再結晶粒径は、高島で約 $2.8 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ と約1.1mm, 黒瀬で約 $3.5 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ と約0.3mm, 目潟で約 $1.8 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ と約1.3mm, ソルトレイクで約 $3.7 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ と約0.5mmであった。これらの値から、Kohlstedt and Goetze (1974)とJung and Karato (2001)の転位密度-差応力と粒径-差応力の関係式を用いて差応力値を求めた。粒径-差応力に関してはドライな条件と含水条件の2種類の関係式が提示されており、各々を高島とソルトレイク及び黒瀬と目潟の捕獲岩に適用した。その結果、目潟、高島、ソルトレイクに関しては転位密度から得られた差応力が再結晶粒径から得られた差応力よりも大きな値を示した。転位密度は再結晶粒径に比べ、新しい応力へ早く応答する為に、これらの試料は定常クリープ後に付加的な応力を受けたことが示唆される。一方、黒瀬の試料は、転位密度と再結晶粒径から得られた差応力はほぼ一致していた。従って、この試料は定常クリープ状態を保持していたと考えられる。

現在はAlpine typeのペリドタイト試料に関して、同様の観察と分析を進めている。

Carter and Ave Lallemand (1970) The Geological Society of America, 81, 2181. Jung and Karato (2001) Journal of Structural Geology, 23, 1337. Jung et al. (2006) Tectonophysics, 421, 1. Kohlstedt and Goetze (1974) Journal of Geophysical Research, 79, 2045. Matsumoto and Toriumi (1989) In “Rheology of Solids and of the Earth”, pp.374.

Keywords: Olivine, Peridotite, Slip system, Dislocation, Weak-Beam Dark-Field method