

マントル起源のオリビンに記録されている超低歪速度効果の探査 Exploration of microstructure induced by ultra low strain rate in mantle derived olivine

山本 貴史^{1*}, 安東 淳一¹, 大藤 弘明², 森下 知晃³, 富岡 尚敬⁴, 渡邊 克晃⁵

YAMAMOTO, Takafumi^{1*}, ANDO, Jun-ichi¹, OHFUJI, Hiroaki², MORISHITA, Tomoaki³, TOMIOKA, Naotaka⁴, WATANABE, Katsuaki⁵

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 金沢大学大学院フロンティアサイエンス機構, ⁴ 岡山大学地球物質科学研究センター, ⁵ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Systems Science, Hiroshima University, ²Geodynamics Research Center, Ehime University, ³Frontier Science Organization, Kanazawa University, ⁴Institute for Study of the Earth's Interior, Okayama University,

⁵Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

オリビンは上部マントルの約6割を占める鉱物であり、その流動特性は上部マントルのダイナミクスに大きな影響を与えていると考えている。その為、オリビンの塑性変形特性は良く研究されており、特に近年では“高圧力の効果”や“水の効果”など、地球深部環境に近い条件での塑性変形特性の研究が進められている。このような効果と共に現実の地球内部におけるオリビンの流動特性を明らかにする上で重要な点は、“超低歪速度の効果”である。この“超低歪速度の効果”は、マントル起源の変形したペリドタイトの観察を基にして Kitamura et al. (1986) と Ando et al. (2001) が指摘しているのみである。彼らは、オリビン中に Fe のコットレル雰囲気（Cottrell atmosphere）を有する転位を発見し、マントル中では“超低歪速度の効果”を強く考慮する必要がある事を報告している。コットレル雰囲気とは、転位クリープ中に転位芯部分にある特定の原子が濃集する現象であり、コットレル雰囲気が存在すると、転位の移動速度が遅くなり、塑性変形時の力学特性が大きく変化する。変形実験の様にマントルに比べて超高歪速度条件の場合、このコットレル雰囲気は発現しない可能性が高い。

本研究では、Kitamura et al. (1986) と Ando et al. (2001) が報告したオリビン中の Fe のコットレル雰囲気の存在が、マントル起源の変形したペリドタイトにおいて普遍的な現象なのかを確認する事を目的にした。その為に 1) Xenolith タイプ、2) Alpine タイプ、3) Kimberlite タイプのペリドタイトを用いて、各試料を構成するオリビンの微細組織観察を進めている。研究手法は、1) 偏光顕微鏡を用いた微細組織観察、2) EPMA による化学組成の定量分析と元素マッピング、3) EBSD による LPO の有無の確認、4) TEM、ATEM それと STEM を用いた転位組織のキャラクタリゼーション、及び、転位近傍の化学組成定量分析と元素マッピングである。現時点では以下の試料の観察が終了した。Xenolith タイプとして、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の試料、それと Alpine タイプの、幌満、ウエンザル、オマーンの試料である。

Xenolith タイプのペリドタイトの特徴は、オリビン (Fo 値: 89% ~ 92%) の粒径が約 0.5 mm ~ 3 mm と比較的粗粒で、等粒状もしくはポーフィロクラスティック組織を有することである。また、粒界は直線的で三重点も多く観察された。キンクバンド的な亜結晶粒界が発達しているが、亜結晶粒内にはあまり波動消光が認められない。EBSD 測定により全ての試料で LPO の存在が確認された。LPO パターンは D-type (Jung et al., 2006) と考えられるものが多かった。EPMA、ATEM、STEM において、コットレル雰囲気を示唆する特定元素の転位芯への濃集は認められなかった。Alpine タイプのペリドタイトの特徴は、ポーフィロクラスティック組織を有し、オリビン (Fo 値: 89% ~ 91%) の粒径はポーフィロクラストで約 1 mm、動的再結晶粒子で約 0.02 mm ~ 0.1 mm と非常に細粒である。また、粒界は房状もしくはアメーバ状であった。波動消光が顕著に認められ、キンクバンド的な亜結晶粒界も発達している。EBSD 測定より得られた LPO パターンは A-type もしくは E-type であった。Alpine タイプのペリドタイトに関しては、EPMA の化学組成分析において、亜結晶粒界への Fe の濃集が認められた。亜結晶粒界の直上と近傍の Fo 値の差は約 0.4% ~ 0.9% である。

今回の分析から Xenolith タイプのペリドタイト中のオリビンには、コットレル雰囲気を示唆する特定元素の転位芯への濃集は認められなかった。このことから以下の3つの可能性が考えられる。1) そもそもペリドタイトは上部マントル中でコットレル雰囲気を形成しない。2) オリビンの D-type の LPO は高差応力（高歪速度）条件下で形成されるが (Jung et al., 2006)、このような条件ではコットレル雰囲気は形成されない。3) Xenolith タイプのペリドタイトが有する微細組織は静的回復作用を受けたことを強く示唆している。従って、一旦は形成されていたコットレル雰囲気が、静的回復作用によって消失した。

Alpine タイプのペリドタイトに関しては、Kitamura et al. (1986) と Ando et al. (2001) と同様にコットレル雰囲気として説明可能な転位芯部分への Fe の濃集が確認できた。現在はこの濃集が拡散クリープによる現象で説明可能かどうかに関して研究を進めている。

引用文献: Ando et al. (2001) Nature, 414, 893. Jung et al. (2006) Tectonophysics, 421, 1. Kitamura et al. (1986) Proc. Japan Acad., 62, 149.

Keywords: Olivine, Cottrell Atmosphere, Dislocation Creep, Lattice Preferred Orientation