

高圧下でのフォルステライトの粒径依存クリープ Grain-size sensitive creeps of forsterite at high-pressure

西原遊^{1,*}, 大内智博¹, 川添貴章¹, Dirk Spengler¹

¹愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター, 〒790-8577 愛媛県松山市文京町 2-5

Yu Nishihara^{1,*}, Tomohiro Ohuchi¹, Takaaki Kawazoe¹ and Dirk Spengler¹

¹GRC, Ehime University, 2-5 Bunkyo-cho, Matsuyama, 790-8577, Japan

1 はじめに

これまで、地球上部マントルに相当する高温下では粒界拡散クリープと転位クリープの2つの変形機構がカンラン石の主要な変形機構であるといわれてきた(e.g. [1])。しかし、最近の粒径を制御した精密な変形実験によって転位律速粒界すべりの重要性が指摘されている(e.g. [2])。さらに、従来粒界拡散クリープとみなされてきた変形機構でも粒界すべりが重要な役割を果たしているとの指摘もある[3]。これらの粒界すべり関連クリープなどの粒径依存型クリープの実験的研究は低圧下 ($P < 300$ MPa) に限られており、上部マントル深部に相当する高圧下でのカンラン石の流動特性の全貌は明らかになっていない。このため、本研究ではカンラン石の端成分フォルステライト (Mg_2SiO_4) の細粒多結晶を試料として高温高圧変形実験を行い粒径依存クリープの力学的挙動を明らかにし、上部マントル中における支配的な変形機構を解明することを目指した。

2 実験

実験は高エネルギー加速器研究機構、PF-AR、NE7 に設置されている DIA 型変形装置 (D-CAP) を用いて行った。直径 1.5 mm、高さ 1.0 mm に成型した平均粒径 $d = 1.0 \mu\text{m}$ のフォルステライト (90%) + エンスタタイト (10%) 焼結多結晶を、先端 5 mm の WC アンビルを用いた MA6-6 加圧方式により加圧し、(Mg,Co)O 圧力媒体に組み込んだグラファイト発熱体により加熱した。加熱中の温度は WRe 熱電対により測定した。変形実験は $T = 1473\text{--}1573$ K、 $P = 3.0\text{--}5.3$ GPa、歪速度 $9 \times 10^{-6}\text{--}2 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 、含水量 $< 50 \text{ H}/10^6 \text{ Si}$ の条件で行った。実験中の試料の差応力は 50 keV の放射光単色 X 線を用いた 2 次元 X 線回折により、歪は X 線ラジオグラフィにより決定した。

3 結果および考察

得られた歪速度-応力 (σ) の関係を 0.1, 300 MPa でのデータ[3]と組み合わせて解析した。図 1 に解析の結果を示す。本研究の変形条件は、低応力側の拡散クリープ(応力べき指数 $n = 1$)[3]と高応力側の転位律速粒界すべり ($n = 3$)[2] の境界付近であったと解釈される。このため、両変形機構のレオロジー構成方程式を組み合わせ、実験データにフィットし流動則

パラメータの最適値を得た。解析の結果、フォルステライトの拡散クリープと転位律速粒界すべりの活性化体積はほぼ等しくとも約 $8 \text{ cm}^3/\text{mol}$ と求められた。この結果をもとに見積ると、典型的なアセノスフェア上部マントル条件 ($d \sim 3 \text{ mm}$, $\sigma \sim 3 \text{ MPa}$) では拡散クリープと転位クリープが支配的となり、深部由来のせん断を受けたカンラン岩の変形条件 ($d \sim 100 \mu\text{m}$, $\sigma \sim 30 \text{ MPa}$) では転位クリープのみが支配的となることが明らかになった。

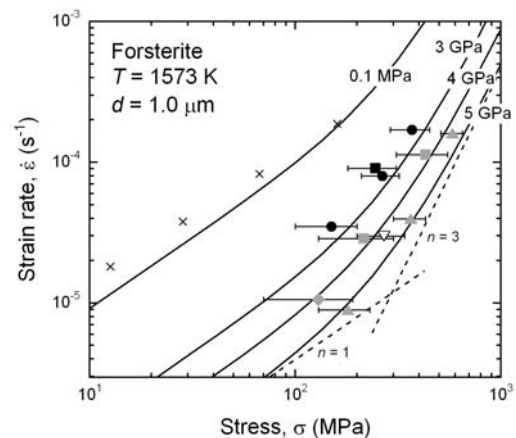


図 1 : 平均粒径 $1 \mu\text{m}$ のフォルステライトの $T = 1573$ K における歪速度-応力関係。黒、灰色、白抜きシンボルはそれぞれ $P = 3, 4, 5$ GPa でのデータを表す。×は文献[3]による $P = 0.1$ MPa でのデータを表す。曲線は流動則構成方程式のフィットを表す。

謝辞

東京大学地震研究所の田阪美樹氏、平賀岳彦准教授には出発物質を提供していただいた。また、KEK の亀卦川卓美講師及び東北大学理学部の鈴木昭夫准教授、大谷栄治教授には多くのご支援を頂いた。

参考文献

- [1] S. Karato, Deformation of Earth Materials (2008).
- [2] L. Hansen et al., *J. Geophys. Res.* **116**, doi:10.1029/2011JB008220 (2011).
- [3] M. Tasaka et al., *J. Geophys. Res.* (2013) in press.

* yunishi@sci.ehime-u.ac.jp