

せん断変形場におけるオリビン-スピネル相転移：相転移誘起の軟化条件の探索

久保友明*, 森山一哉, 森悠一郎, 今村公裕 (九大理), 小泉早苗 (東大地震研), 西原遊 (愛媛大 GRC),
鈴木昭夫 (東大理), 肥後祐司, 丹下慶範 (JASRI)

Olivine-spinel transformation under shear deformation: Conditions for transformation-induced weakening

T. KUBO, K. Moriyama, Y. Mori, M. Imamura (Kyushu Univ.), S. Koizumi (ERI), Y. Nishihara (GRC),

A. Suzuki (Tohoku Univ.), Y. Higo, Y. Tange (JASRI)

1. はじめに

近年、D-DIA 型および D-111 型高压変形装置の開発により、マントル遷移層から下部マントル最上部条件における定量的な変形実験が可能になった。我々は、それらの高压変形装置に放射光単色 X 線および AE 測定を組み合わせ、オリビン-スピネル非平衡相転移が誘起する軟化やせん断不安定化プロセスの解明に取り組んでいる。それは沈み込んだ深部プレート (遷移層スラブ) の力学特性、特に上下マントル境界付近での滞留や深発地震を理解する上で重要なプロセスであると考えている。本発表では、せん断変形場で行っている Fe_2SiO_4 および Mg_2SiO_4 のオリビン-スピネル相転移実験の結果を報告し、相転移が誘起する軟化現象に関して予備的な考察を行う。

2. 実験方法

出発物質として Fe_2SiO_4 fayalite および Mg_2SiO_4 forsterite 焼結多結晶体を用いて、前者は Spring-8 の BL04B1 設置の D-DIA 型装置に MA6-6 型セルを、後者は PF-AR の NE7A 設置の D-111 型装置に KAWAI 型セルを組み込んで、高压せん断変形場でオリビン-スピネル相転移実験を行っている。厚さ $300\ \mu\text{m}$ の出発物質の上下に 45° カットしたアルミナピストンを配置しせん断変形場を実現する。常温加圧後にまずオリビンの安定領域において焼きなましを行い、その後、相転移が起こらない低温下においてスピネル相安定領域まで加圧する。そこで上下アンビル変位速度 ($200\text{--}400\ \mu\text{m/h}$) と昇温速度 ($0.1\text{--}0.2\ \text{K/s}$) を一定にして、変形しながら昇温を開始する。 $50\text{--}60\text{keV}$ の放射光単色 X 線を用いて約 4-5 分毎に 2 次元 X 線回折パターンと X 線ラジオグラフィ像を取得し、せん断変形場での相転移の進行と応力-ひずみ曲線の同時測定を行う。このようにして、変形速度、反応速度 (昇温速度)、過剰圧による相転移組織変化などをパラメータに、相転移誘起の軟化が起こる条件を探索している。せん断不安定化に着目した同様の実験は、一軸圧縮変形場で AE 測定を組み合わせで行っている (本年会、森他)。

3. 結果と考察

過剰圧が大きいほど相転移開始温度は低下し、 Fe_2SiO_4 では $8\text{--}12\text{GPa}$, $500\text{--}700^\circ\text{C}$ 付近で、 Mg_2SiO_4 では $17\text{--}22\text{GPa}$, $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ 付近で、スピネル相 (それぞれ ahrensite および ringwoodite) の出現が確認された。せん断ひずみ速度はそれぞれ $8.7 \times 10^{-5}\text{--}7.3 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$ および $2.7 \times 10^{-6}\text{--}2.7 \times 10^{-4}\ \text{s}^{-1}$ 、最

大せん断ひずみ量はそれぞれ $1.2\text{--}2.8$ および $0.15\text{--}0.25$ であり、全体として均質変形が進行した (Fig. 1)。後者ではせん断ピストンに溝加工を施しておらず、それが原因でひずみ量が少ないのかもしれない。アンビル変位速度が一定であってもせん断ひずみ速度は一定ではなく、昇温とともに、また相転移とともに上昇する傾向があり、特に D-111 型装置を用いた Mg_2SiO_4 の実験で顕著である。これが相転移誘起の軟化を示しているのかについてはもう少し検討が必要である。

せん断変形場で相転移が進行する際の応力変化を、オリビン、スピネルそれぞれの相から推定する解析を行っている。まだ予備的な段階ではあるが、特に過剰圧が大きい条件においてスピネル相の応力が小さくなる傾向にある。これは細粒化による軟化を示している可能性があるが、回収試料の変形相転移組織と合わせて検討していく必要がある。

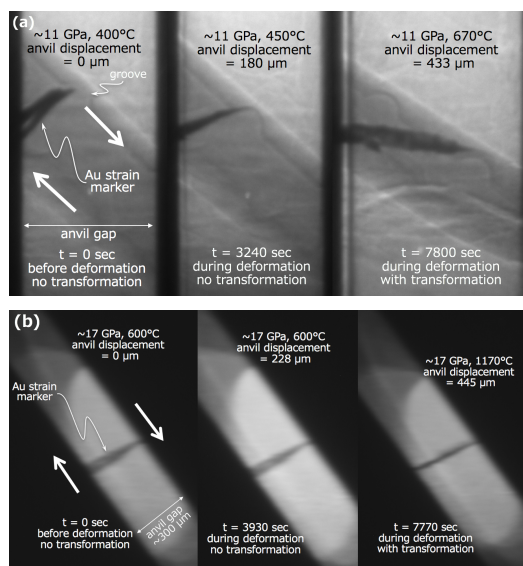


Fig.1. X-ray radiography images showing the rotation of Au stain marker during shear deformation with the olivine-spinel transformation in Fe_2SiO_4 (a, D-DIA) and Mg_2SiO_4 (b, D-111).

Keywords: olivine-spinel transformation, shear, weakening

*corresponding author: kubotomo@geo.kyushu-u.ac.jp