

Oral presentation | S3: Rheology and Material Transfer in Mantle and Crust (Special Session)

🎵 Thu. Sep 11, 2025 2:00 PM - 6:00 PM JST | Thu. Sep 11, 2025 5:00 AM - 9:00 AM UTC 🎵 Oral
Presentation C(Room No. 28)

S3: Rheology and Material Transfer in Mantle and Crust (Special Session)

Chairperson: Ikuo Katayama(Hiroshima University), Miki Tasaka(Shizuoka University), Tomoaki Kubo(Kyushu University)

2:40 PM - 2:55 PM JST | 5:40 AM - 5:55 AM UTC

[S3-03] Post-perovskite phase transition and changes in lattice-preferred orientation

*Tomoaki KUBO¹, Katsuki Hayahi¹, Koyumi Yamashita¹, Atsuro Okamoto¹, Rikuto Honda¹, Goto Yuta¹, Tsujino Noriyoshi², Higo Yuji², Yuki Shibazaki³, Nobuyoshi Miyajima⁴ (1. Kyushu Univ., 2. JASRI, 3. KEK PF, 4. BGI)

Keywords : Post-perovskite phase transition、LPO、synchrotron radiation、nucleation and growth

下部マントル最下部のD''層で観測される強い地震波異方性は、マントル流により誘起されるブリッジマナイト（ペロブスカイト相、pv）およびポストペロブスカイト相（ppv）の格子選択配向（LPO）に起因すると考えられている。これまでの研究では、高過剰圧下において、pvとppvの間にマルテンサイトの粒内ラメラをとまなうトポタキシーが観察され、相転移の際にLPOが継承される可能性が提案されている[1]。しかし、D''層領域では相転移は平衡境界付近で起こると考えられ、その詳細なメカニズムは依然として不明である。本研究では、アナログ物質であるNaNiF₃を用いて、(1) 静水圧下でのpv-ppv転移、(2) 一軸応力下でのpv-ppv転移、(3) ppv相の塑性変形、の3種類の実験を行い、高温低過剰圧条件におけるpv-ppv転移メカニズムと、そのLPO進化への影響を検討した。

出発試料は粒径5–10μmの等粒状多結晶NaNiF₃（pv）であり、NiF₂とNaFの粉末混合物から、九州大学のDIA型高圧装置（MAX-90D）を用いて2 GPa, 750–800°C, 40–60分の条件で合成した。相転移および変形実験は、Kawai型およびD-111型高圧装置を用いて、九州大学での急冷法（QDES）と、SPring-8（SPEED 1500およびSPEED Mk.II）およびPF-AR（MAX-III）の放射光ビームラインにおけるその場X線観察法を併用して行った。その場X線観察は、白色X線を用いたエネルギー分散法と、60 keV単色X線を用いた角度分散法の両方で行い、相転移カイネティクスと応力-歪み曲線をモニタした。回収試料の組織解析には、SEM、EBSD、TEMを用いた。

実験は、圧力10–22 GPa、温度400–1240°Cの条件下で行った。pv-ppv転移に必要な過剰圧は温度の低下とともに増加する。先行研究では、高過剰圧条件下でのマルテンサイトの転移が報告されているが、本研究では、より低い過剰圧条件下でも転移が進行し、そこでは粒界核生成と成長が支配的であることが示された。特に、静水圧かつ高温・低過剰圧条件下では、新相ppv粒子はa軸方向に優先成長し、母相pv粒子よりも巨大な棒状結晶が形成された。

一軸変形実験では、歪み速度約 $3\text{--}6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ で、最大約40%の歪みを試料に加えた。母相pv

は、室温圧縮中に最大主応力 (σ_1) に垂直な(100)配向を発達させ、これは MgSiO_3 pvの変形実験で確認された(100)[001]すべり系と一致する[2]。この(100)配向pvが高温・低過剰圧条件下で相転移すると、生成されたppv相は σ_1 に垂直な(010)配向を示した。これは先行研究で報告されたトポタキシーと調和的な関係であり、低過剰圧条件下での核生成・成長を通じた相転移においても、LPOが継承されることを示唆している。しかし、相転移段階で形成されたppvの(010)配向は、その後ppv相に変形を加えると弱められる。一方で、初期にランダム配向を持つppv相を変形させると(001)配向が発達し、ppvにおける主要なすべり面が(001)であることが示唆された。

D''層のような比較的高温の変形場では、相転移が相境界に近い条件で核生成・成長プロセスで進行し、その過程において、変形誘起のpv選択配向、トポタキシーによる選択配向の継承、変形誘起のppv選択配向、といったLPO進化が予想される。以上の結果をもとに、D''層領域で観測される地震波異方性を説明するマントル流とLPOの関係について議論する。

[1] Nature Geoscience Vol.6 p575-578 (2013)

[2] Nature Vol.539 p81-85 (2016)