

# DIA 型変形装置 (D-DIA) を用いた高圧下におけるリングウッドイトの応力 - 歪曲線の観察

## Observations of stress-strain curves of Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> ringwoodite at high pressure using a deformation-DIA

# 西山 宣正[1]; Wang Yanbin[1]; 内田 雄幸[1]; 入船 徹男[2]; Rivers Mark L. [1]; Sutton Steve R. [1]  
# Norimasa Nishiyama[1]; Yanbin Wang[1]; Takeyuki Uchida[1]; Tetsuo Irifune[2]; Mark L. Rivers[1]; Steve R. Sutton[1]

[1] シカゴ大・放射光セ; [2] 愛媛大・地球深部研  
[1] GSECARS, Univ. of Chicago; [2] GRC, Ehime Univ.

近年の地震波トモグラフィーの発展は、多くの沈み込み帯において、沈み込むスラブはマントル遷移層内で変形し始め、マントル遷移層最下部に滞留していることを明らかにした。沈み込むスラブの駆動力はそのスラブと周囲のマントルとの密度差であり、両者の密度関係は高温高圧実験により精密に明らかにされつつある。しかしながら、スラブがどのようなメカニズムでマントル遷移層内において変形し滞留するのかを知るために必要なマントル遷移層を構成する鉱物のレオロジーは、ほとんど実験的に明らかにされていない。したがって、沈み込むスラブのマントル遷移層における挙動を明らかにするためには、マントル遷移層鉱物の高圧下における変形実験が不可欠である。そこで本研究では、マントル遷移層下部における最主要鉱物であるリングウッドイトの高圧下における変形実験を行い、さまざまな圧力および歪速度で、その応力 - 歪曲線を観察した。実験は、放射光施設 APS, GSECARS の 13-BM-D において、DIA 型変形装置 (D-DIA) を用いて行った。この装置では DIA 型ガイドブロックの上下のアンビルをメインラムとは独立に駆動させることができる。アンビルの先端サイズは 3 ミリで、横方向の 4 つのアンビルには、焼結立方晶 BN を用いた。圧力媒体にはアモルファスボロンをエポキシ樹脂でかためたものを用いた。試料には、あらかじめ合成した、円柱状 (直径 0.8 mm、高さ 1.2 mm) のリングウッドイト多結晶焼結体を用いた。試料を変形させるためのピストンとして、アルミナの円柱を試料の上下に配置した。試料と変形ピストンの間には、厚さ 2 ミクロンの金箔を置き、歪マーカーとして使用した。実験には 65 keV に単色化した X 線を用いた。試料の X 線回折パターンを収集する際には、入射スリットを用い X 線を細く絞り、試料に照射した。アンビルギャップおよび焼結立方晶 BN を透過した試料からの回折 X 線 (デバイリングの全周) は、2 次元の X 線 CCD カメラで収集した。また、試料の X 線透過像を得る際には、幅の広い X 線を試料に照射し、透過 X 線を YAG 結晶により可視化し、CCD カメラで検出した。X 線回折パターンから変形中の試料の圧力および差応力を算出し、透過像から試料の歪および歪速度を算出することができる。試料を変形させながら、X 線回折パターンおよび透過像の収集を交互に繰り返すことにより、試料の応力 - 歪曲線を得ることができる。実験においてはまず、メインラムを 30 トンまで加圧し、その後、上下のアンビルを押し込んだり、引き戻したりすることにより、試料を変形させた。この荷重で 5 回の変形を、歪速度を変えながら繰り返した。同様に 50 トンにおいては、4 回の変形サイクルを行った。これらの荷重における変形の歪は最大で 20% を超え、歪速度は  $5 \times 10^{-5}$  から  $4 \times 10^{-6}$  1/s の範囲で変化させた。30 トンおよび 50 トンにおける圧力の平均はそれぞれ、約 5 万気圧および 8 万気圧である。いずれの圧力においても、試料は室温にもかかわらず、容易に塑性変形し、試料の破壊を示す現象は観察されなかった。すべての変形サイクルから得られた応力 - 歪曲線には共通した特徴がある。変形の初期には応力が歪とともに線形に増加していく (弾性変形)。歪が約 1.5% に達すると応力 - 歪曲線はその線形性から外れ始め、塑性変形を開始する。その後も試料は歪の増加とともに非線形に応力を増加させていき (歪硬化)。歪が約 8% に達すると定常クリープを示すようになる。今回の実験結果から、リングウッドイトが定常クリープに達するのに必要な応力は圧力とともに増加するが、歪速度にはほとんど因らないことが明らかになった。これはリングウッドイトの高圧室温下における変形機構が転移すべり変形であることを示している。これまでにもいくつかのリングウッドイトの変形実験が行われ、変形中の応力が測定されたが、いずれの研究においても歪は測定されなかった。そのため、それらの応力の値には大きな不一致が存在していた。この不一致は本研究で観察された歪硬化で説明することができる。D-DIA を用いた変形実験では、温度、圧力、差応力、歪速度のすべてのパラメータを制御することができるので、マントル鉱物の変形実験を定量的に行うことができる。この実験手法を用いて、マントル鉱物の流動則を定量的に明らかにすることにより、マントル条件下における鉱物の粘性を算出することができる。発表においては、この手法を用いた高温高圧下におけるリングウッドイトの変形実験の結果も紹介する予定である。