

# Wadsleyite 中のシリコンの自己拡散速度: マントル遷移層およびスラブのレオロジーへの応用

## Silicon self-diffusion rates in wadsleyite: Implications for rheology of mantle transition zone and subducting slabs

# 下宿 彰[1]; 久保 友明[2]; 大谷 栄治[3]; 垺本 尚義[4]

# Akira Shimojuku[1]; Tomoaki Kubo[2]; Eiji Ohtani[3]; Hisayoshi Yurimoto[4]

[1] 東北大・理; [2] 東北大・理; [3] 東北大、理、地球物質科学; [4] 東工大・院理工・地惑

[1] Faculty of Science, Tohoku Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] Institute of Mineralogy, Petrology, and Economic Geology, Tohoku University; [4] Earth & Planet. Sci., TiTech

### 1. はじめに

オリビンの高圧相である wadsleyite はマントル遷移層の主要構成鉱物であり, wadsleyite のレオロジー特性を明らかにすることはマントル遷移層やスラブのレオロジーを理解する上で重要である。結晶の塑性変形を律速しているのは, 最も拡散速度の遅い原子であると考えられており, これまでの研究によるとオリビンなどの珪酸塩鉱物では, Si の拡散速度が最も遅いといわれている。Wadsleyite の拡散実験はこれまでのところ Mg-Fe 相互拡散実験に限られており, Si の拡散速度を調べた研究は報告されていない。本研究では wadsleyite 中の Si の拡散速度を測定し, その結果からマントル遷移層のレオロジーやスラブのダイナミクスに関する考察を行う。

### 2. 実験方法

拡散実験は, 東北大学理学部設置の川井型高圧発生装置 (MAP-3000) を用いて行った。圧力媒体にジルコニア, ガスケットにパイロフィライトを用いた。圧力は予め作成した圧力校正曲線に基づきプレス荷重から推定した。ヒーターにはランタンクロマイトを用い, 温度測定には W97% Re3% -W75% Re25% 熱電対を使用した。まず Forsterite 粉末から 18.0 GPa, 2003 K で出発物質となる wadsleyite 多結晶体を合成した。次に, 合成した wadsleyite の表面を 0.25 ミクロンのダイヤモンドペーストで研磨し, 研磨面に拡散源となる <sup>29</sup>Si に富んだ SiO<sub>2</sub> を蒸着した。そして 18.0 GPa, 1703-1903 K の条件下で 1-56 時間アニールを行い <sup>29</sup>Si の自己拡散実験を行った。サンプル媒体には NaCl を用い, 表面の平坦さを保つために研磨面に Au 箔を置きアニールを行った。また蒸着膜である SiO<sub>2</sub> と wadsleyite の境界で MgSiO<sub>3</sub> が生成されないように, wadsleyite と stishovite の安定領域でアニールを行った。拡散実験後, 東京工業大学理学部の二次イオン質量分析計 (SIMS) による Depth profile 法を用いて <sup>29</sup>Si の拡散プロファイルを作成し, 拡散係数を算出した。

### 3. 結果と考察

出発物質の wadsleyite 多結晶体について, フーリエ変換型赤外分光光度計 (FTIR) を用いて含水量を測定した結果, 353-507 weight ppm の H<sub>2</sub>O が含まれていた。含水量の見積もりには Paterson (1982) による較正式を用いた。また偏光顕微鏡を用いて粒径を調べた結果, 平均粒径は約 12 ミクロンであった。

得られた拡散プロファイルは粒内拡散と粒界拡散が寄与している二つの領域からなる。粒内拡散が寄与している領域について薄膜状拡散源に対する解法を用いて粒内拡散係数 ( $D_v$ ) を求めた。粒界拡散が寄与している領域については LeClaire (1963) による解法を用いて粒界拡散係数 ( $D_{gb}$ ) を求めた。その結果アレニウスの温度依存性は,  $D_v = 2.16 \times 10^{-11} [\text{m}^2/\text{s}] \exp(-295[\text{kJ}/\text{mol}]/RT)$ ,  $D_{gb} = 7.59 \times 10^{-17} [\text{m}^3/\text{s}] \exp(-281[\text{kJ}/\text{mol}]/RT)$  と求められた。Wadsleyite 中の Si の拡散速度は, Mg-Fe 相互拡散速度よりも約 5 桁遅く活性化エネルギーも大きい。これまで Wadsleyite 中の酸素の拡散速度は報告されていないが, オリビンと同様に Si が変形を律則している可能性が高い。

得られた拡散係数を用いて wadsleyite が拡散クリープによって変形した際の粘性率を計算した。また, 転位クリープによって変形した際の粘性率を Karato et al. (2001) によってまとめられたクリープパラメーターを用いて計算した。それらの結果と推定されるマントル遷移層の粘性値および温度を比較すると, マントル遷移層では拡散クリープおよび転位クリープの両方の変形メカニズムが卓越する可能性がある。また沈み込むスラブの低温条件では拡散クリープが卓越していることが予想され, この場合は相転移に伴う結晶粒径の細粒化によってプレートが軟化する可能性がある。