

Wadsleyite 中の水素拡散

Diffusion of hydrogen in wadsleyite

羽江 亮太[1], 大谷 栄治[2], 久保 友明[1], 下宿 彰[1]

Ryota Hae[1], Eiji Ohtani[2], Tomoaki Kubo[3], Akira Shimojuku[4]

[1] 東北大学・理, [2] 東北大学・理、地球物質科学

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

地球深部における水は、その鉱物の物性に種々の変化を与える。これまでの研究から、地球内部の水は構成鉱物の弾性波速度、粘性、塑性変形や拡散、電気伝導度、融点などに影響を及ぼすことが明らかにされている。そのため、地球内部のレオロジーやダイナミクスを考える上で、水の挙動を解明することは重要である。とりわけ、水の拡散特性について理解することは、地球内部における水の分布や循環について考える際に重要である。

過去には olivine などの上部マントル構成鉱物中の水素拡散係数が調べられているが、マントル遷移層以深の鉱物についてはまだ全く実験が行われていない。このような背景を受け、本研究ではマントル遷移層主要構成鉱物である wadsleyite (組成 Mg_2SiO_4) 中の水素拡散係数を明らかにすることを目的とし、17 GPa、1073-1273 K の条件下で水素拡散実験を行った。

高圧実験は、東北大学理学部設置の 3000 ton マルチアンビル型高圧発生装置 (MAP-3000) を用いて行った。圧力媒体にはジルコニア、ガasket にパイロフィライトを用い、圧力は予め作成された圧力校正曲線に基づいてプレス荷重から推定した。高温発生にはランタンクロマイトヒーターを用い、温度測定には W97%Re3%-W75%Re25% 熱電対を使用した。

水素拡散実験の方法として、2通りのアプローチを試みた。合成した wadsleyite 多結晶体を $NaCl + Mg(OH)_2$ の粉末混合体に埋め込んで水素を拡散させるという方法と、含水濃度の異なる合成 wadsleyite 多結晶体を拡散対にして実験を行うという2通りの方法である。そのため本研究ではまず、組成 Mg_2SiO_4 の forsterite から出発物質である wadsleyite 多結晶体、hydrous wadsleyite 多結晶体を合成し、用途により使い分けた。その後 17 GPa、1073-1273 K の条件下で水素拡散実験を行った。

出発物質の含水量の見積もり、及び拡散実験後の濃度プロファイルの作成は、東北大学設置のフーリエ変換型赤外分光光度計 (FTIR) を用いて赤外吸収スペクトルを測定することにより行った。含水量・濃度の計算には、Paterson (1982) の校正式を用いた。FTIR 分析に使用した機器は日本分光製の MFT-2000 であり、波数分解能を 4 cm^{-1} として全て大気中で測定を行った。得られた濃度プロファイルから拡散係数を算出する方法として、Fick の第2法則を用いた解析を行った。その結果得られた水素拡散係数は、 $NaCl + Mg(OH)_2$ の粉末混合体を用いた実験では、17 GPa、1073-1273 K で約 $1 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s} \sim 2 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ 、拡散対を用いた実験では、17 GPa、1073-1173 K で約 $2 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s} \sim 3 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ であり、それぞれ顕著な温度依存性が確認できた。前者は olivine の水素拡散係数 (単結晶体を用いた拡散実験) と概ね一致するが、後者では olivine のそれよりも 1~2 桁程度遅く、実験方法の違いで拡散係数の値に差がみられるという結果になった。また wadsleyite 中の他の拡散種と比較した場合、wadsleyite 中の水素拡散係数は Mg-Fe 相互拡散係数より 4~5 桁程度速く、Si 自己拡散係数と比較すると 8 桁以上速いという結果になっている。なお本研究では多結晶体を用いているため、算出した拡散係数は粒内拡散と粒界拡散を含んだ有効拡散係数である。