

Wadsleyite の陽イオン拡散に与える水の効果

Effects of water on cation diffusion in wadsleyite

下宿 彰[1], 久保 友明[1], 大谷 栄治[2]

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

[1] 東北大学理, [2] 東北大学理、地球物質科学

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

マントル遷移層主要構成鉱物である wadsleyite 中に水が保持された場合、無水条件下と比較して陽イオンの拡散係数がどの程度変化するかを明らかにするために高温高压実験を行った。Mg#の異なる二種の hydrous wadsleyite を接合し 15-16 GPa、1273-1473K の温度で保持し Fe-Mg の相互拡散係数を測定した。その結果、wadsleyite 中の陽イオン拡散は少量の水の存在によって約 1 桁速くなるという実験結果が得られた。そのため、マントル遷移層に有効に水が運ばれ、wadsleyite が水を保持すれば原子の拡散を促進し、マントル遷移層の粘性を下げる可能性がある。

オリビンの高压相である 相 (wadsleyite) は、相 (ringwoodite) とともに地球内部の深さ 410km から 670km のマントル遷移層における主要構成鉱物であり、相中の原子の拡散特性を理解することは、マントル遷移層のレオロジーやダイナミクス、化学的不均質構造を議論するうえで非常に重要である。さらに近年、本来無水であるはずの 相中に最大で 3.3wt%、相中に 2.8wt% の H₂O が含まれるという報告が成されている。そのためマントル遷移層は大量の H₂O のリザーバーとなる可能性がある。一般に鉱物中に H₂O が加わると、その物性に非常に大きな変化を及ぼすことが知られている。たとえば弾性的性質の変化や塑性変形の促進、電気伝導度の増加などがあげられる。以上のことから、マントル遷移層の性質を理解するためには 相や 相の物性を実験的に明らかにし、さらに H₂O の効果を考慮に入れ無水系との違いを比較することが重要である。

本研究では 相に H₂O が保持された場合、無水条件下と比較して陽イオンの拡散係数がどの程度変化するかを明らかにするために高温高压実験を行った。その結果から H₂O がマントル遷移層の物性に与える影響について考察する。

高压実験は、東北大学理学部設置の 3000 ton マルチアンビル型高压発生装置 (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た。圧力は予め作成した圧力較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%Re 3% - W75%Re 25% 熱電対を使用した。

まず Mg# (Mg/Mg+Fe) の異なる二種のオリビン単結晶を Mg(OH)₂+NaCl 粉末媒体に埋め込み 16GPa、1473K で実験を行い出発物質となる hydrous 相を合成した。一つは San Carlos 産のオリビン単結晶から合成した hydrous 相多結晶体 (Mg#=0.9) であり、もう一つは Forsterite 単結晶から合成した hydrous 相多結晶体 (Mg#=1.0) である。フーリエ変換型赤外分光光度計 (FTIR) を用いて含水量を調べたところ、それぞれの試料に 0.1-0.5wt% 程度の水が含まれていることがわかった。含水量の見積もりには Paterson (1982) による較正式を用いた。偏光顕微鏡を用いて粒径を調べた結果、San Carlos 産のオリビン単結晶から合成した hydrous 相の平均粒径が約 60 μm で、Forsterite から合成した hydrous 相の平均粒径が約 30 μm であった。次に、それら Mg# の異なる二種の hydrous 相を接合し 15-16 GPa、1273-1473K の温度で保持し Fe-Mg の相互拡散実験を行った。酸素分圧は Ni-NiO パッファーで制御した。回収試料の含水量を FTIR を用いて調べ、電子線プローブマイクロアナライザー (EPMA) を用いて濃度プロファイルを測定した。濃度プロファイルから拡散係数を算出する方法として Boltzmann-Matano の解析法と二つの半無限固体を接したときの解析法の二種類を用いた。その結果、1473K では hydrous 相中の Fe-Mg の相互拡散係数が約 2×10^{-13} と求められた。過去の無水系での研究と比較すると、相中の陽イオン拡散は 0.5wt% 程度の水によって約 1 桁速くなることが明らかになった。

以上のことからマントル遷移層に有効に水が運ばれ、相が水を保持すれば原子の拡散を促進し、マントル遷移層の粘性を下げる可能性がある。また、電気伝導度などの物性値に変化を与えることが期待される。

本研究で得られた濃度プロファイルのなかには、かなり大きなばらつきを示している実験があった。その理由として Mg(OH)₂+NaCl 粉末媒体の Mg が hydrous 相中に拡散した可能性が考えられる。また、粗粒鉱物で結晶粒内に濃度の不均質性が見られた。粒界拡散が支配的になり、そのような不均質性が生じた可能性がある。粒界拡散と体拡散を分離した実験及び解析を行う必要がある。