

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	地球上部マントル中の水素挙動に関する実験的研究
Title(English)	Experimental study on behavior of hydrogen in the Earth ' s upper mantle
著者(和文)	櫻井萌
Author(English)	Moe Sakurai
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10077号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高橋 栄一,廣瀬 敬,中島 淳一,太田 健二,横山 哲也,鍵 裕之
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10077号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	櫻井萌	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	高橋栄一	教授	審査員	太田健二	講師
	審査員	廣瀬敬	教授		鍵裕之	教授(東大)
		中島淳一	教授			
		横山哲也	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Experimental study on behavior of hydrogen in the Earth's upper mantle」と題し、実験岩石学・鉱物学的研究をまとめたものである。本論文は5つの章から成っている。

第1章「Introduction」では、これまで行われてきた地球マントルを構成する無水鉱物中の水素挙動に関する実験岩石学および鉱物学的研究を概説し、本研究の位置づけについて論じている。無水鉱物中に取り込まれる水は地球マントルの鉱物物性に大きな影響を与えるため、水素挙動を結晶化学的観点から理解することは、地球内部のダイナミクスを理論的に理解するために重要である。

第2章「Effects of Al content on water partitioning between orthopyroxene and olivine: Implications for lithosphere-asthenosphere boundary」では、斜方輝石（以下 Opx）－かんらん石（以下 Ol）間の上部マントルと同様の極低含水量条件下における水の分配（以下 D (Opx/Ol)）について述べている。D (Opx/Ol) は Opx が Al を固溶しないとき、上部マントル圧力条件下ではほぼ 1 であった。しかし、Opx が Al を固溶したとき、Opx の含水量は非常に増大し、D (Opx/Ol) も増加した。さらに、この効果は高圧下ほど顕著であることがわかった。その結果、地球上部マントルにおいてザクロ石が安定化する圧力では、Opx が Al をはきだすため、D (Opx/Ol) は急速に減少し、Ol が水を保持するようになることを示した。

第3章「Effects of aluminum on changing hydration mechanism of enstatite studied by DFT calculations」では、Opx が Al を固溶したときの含水メカニズムの変化について述べている。密度汎関数理論に基づいた第一原理計算により、IR スペクトルのバンド・強度比を求め、IR スペクトルを再現し、実験結果と比較することで斜方輝石中の水素配置の特定を行った。Opx が Al を固溶しないとき、主要な含水メカニズムは $\text{Si} \rightarrow 4\text{H}$ 、または $\text{Mg} \rightarrow 2\text{H}$ の置換であった。一方、Opx が Al を固溶したとき、主要な含水メカニズムは陽イオン ($\text{Si} \cdot \text{Mg}$) が Al と H に置換される $2\text{Mg} \rightarrow \text{Al} + \text{H}$ 、または $\text{Si} \rightarrow \text{Al} + \text{H}$ と $\text{Si} \rightarrow 4\text{H}$ に変化することを明らかにした。この結果から、第2章において明らかにした Opx が Al を固溶したときに Opx の含水量が増加することの理論的根拠を提示した。

第4章「In-situ IR high pressure experiment on the upper mantle nominally anhydrous minerals」では、室温・高圧下におけるダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧その場 IR 観察から、高圧下におけるフォーステライト（以下 Fo）の水素配置の変化について述べている。実験より、Fo の a 軸に平行な偏光 IR において、4 GPa 以上で OH バンドの高波数側への大きなシフトが観測された。第3章同様に Fo の水素位置を DFT を用い考察したところ、Si を 4 つの H で置換した構造において、4 GPa 以上で OH 結合角の大きな変化が生じ、実験と同様 OH バンドの高波数側への大きなシフトを確認した。

第5章「Behavior of hydrogen in the Earth's upper mantle: Implications from crystal chemistry to mantle dynamics」では、本研究結果を振り返り、結果を踏まえ、地球上部マントル中の水素挙動に関し、鉱物科学的観点からの考察を述べている。第2章で FT-IR により実験から得られた IR スペクトルと、第3章で第一原理計算により得られた振動数を直接比較することで、無水鉱物の水素位置を決定する手法を開発した。さらに、第4章において含水量の低い無水鉱物のための高圧その場 IR 測定の手法開発を行った。最後に、高圧条件下で得られた IR スペクトルを第3章で確立した第一原理的手法と組み合わせ、Fo の水素配置の変化について考察した。その結果、含水量の変化に伴いかんらん石のすべり面が変化することが実験的に知られていたが、この変化は水素配置の変化により説明できることがわかった。最後に、第3章で求められた Opx の水素配置を元に、Opx のすべり面に与える水の効果を予想した。

以上のように、申請者は地球上部マントル無水鉱物中の水素挙動に関して、実験岩石学・鉱物学的研究から多大な貢献をしたといえる。よって、博士(理学)の学位を与えるに相応しいと認める。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。