

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マントル深部圧力下における珪酸塩物質の弾性的挙動
Title(English)	Elastic behaviors of silicate materials at deep mantle pressures
著者(和文)	工藤祐樹
Author(English)	Yuki Kudo
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9717号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣瀬 敬,高橋 栄一,丸山 茂徳,上野 雄一郎,太田 健二
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9717号, Conferred date:2015/3/26, 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

(博士課程)

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		工藤 祐樹	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	廣瀬 敬	教授	審査員	丸山 茂徳	教授
	審査員	高橋 栄一	教授		太田 健二	講師
上野 雄一郎		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Elastic behaviors of silicate materials at deep mantle pressures」というタイトルで、5章から成っている。

第1章「Overview」では、地球深部の化学的構造の解明のためには高圧力下における構成候補物質の弾性的性質の理解が不可欠であること、高圧下での音速測定に関するいくつかの手法を紹介しそれらの特徴を述べた上で、本研究で用いられたブリルアン散乱法の原理と、ダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧下での測定手法が記述されている。また、地球最下部マントルにおける地震波速度不均質構造とその解明の重要性を述べ、代表的な仮説を挙げた上で、相当する圧力条件下におけるマントル構成物質の弾性的性質が十分に理解されていないため、未だに決定的な結論が得られていない事が記述している。

第2章「Sound velocity measurements of CaSiO₃ perovskite to 133 GPa and implications for lowermost mantle seismic anomalies」では、マントル遷移層から下部マントルの主要な構成相の1つである、CaSiO₃ ペロフスカイトの横波速度を、最下部マントルの圧力 133 GPa まで測定している。同相の弾性的性質は下部マントルの化学的不均質の成因解明のためには欠かせないものであるにも関わらず、下部マントル圧力における実験的な測定は報告されていなかった。測定の結果、CaSiO₃ ペロフスカイトの横波速度は従来第一原理計算で考えられていたよりも 20%、また他の下部マントル構成鉱物より 15% 程度遅い事を明らかにした。本測定の結果に基づき、熱弾性モデルを使って、最下部マントルの圧力温度下における標準的マントルと CaSiO₃ ペロフスカイトに枯渇したハルツバージャイトの弾性波速度を再現したところ、ハルツバージャイトの作り出す地震波速度異常は最下部マントルにおいて観測されている環太平洋の高横波速度異常の特徴を説明しうるものであることを示した。

第3章「Shear velocity measurements of iron-bearing MgSiO₃ glass and basaltic glass at the lower mantle pressure」では、鉄を含む MgSiO₃ ガラスの横波速度を 113GPa まで、中央海嶺玄武岩(MORB)組成のガラスの横波速度を 77GPa まで、それぞれ測定した結果が示されている。ガラスはメルトのアナログ物質であり、その構造はメルト中のそれを反映していると考えられている。先行研究のシリケートメルト-固相間の鉄分配実験の結果、76GPa 付近で鉄の液相濃集性の急激な上昇が確認されている。その原因はシリケートメルト中の鉄のスピンの転移によるものと考えられているが、相当する圧力におけるスピンの転移の有無は未だに議論が残っている。本研究では、60GPa 付近で鉄を含む MgSiO₃ ガラスの横波速度の圧力依存性に異常が観察され、この速度異常は (Mg,Fe)O フェロペリクレス中の鉄のスピンの転移に伴う横波速度異常パターンと酷似するものであった。ゆえに、観察された速度異常はガラス中の鉄のスピンの転移に起因するものであり、シリケートメルト中の鉄も同様にスピンの転移を起こし、先行研究で報告されている鉄の濃集性の急上昇を引き起こしたと結論づけている。

第4章「Density estimation of iron-bearing MgSiO₃ glass and alumina-bearing MgSiO₃ glass to lower mantle pressure」では、鉄を含む MgSiO₃ ガラス、アルミナを含む MgSiO₃ ガラスの縦波速度および横波速度を 11 から 53GPa の圧力範囲で決定した。求めた速度データと先に報告されている SiO₂、MgSiO₃ ガラスの弾性波速度の圧力特性が極めて近いものである事から、本章で測定を行った圧力領域においては、鉄あるいはアルミナがガラスの構造変化に与える影響は大きくないと議論している。また、測定結果に基づいて計算されたバルク音速の分布から、各圧力におけるガラスの密度の下限値が決定している。

第5章「General discussion」では、これらの測定結果を踏まえた上で、地球最下部マントルの化学的不均質の解明のため今後さらに必要な研究をまとめ、それらが抱えている技術的課題、その回避方法の検討を行った。

以上の通り、本論文は高圧力下におけるシリケート物質の弾性波速度の測定を行い、地球最下部マントルの地震波速度異常の原因の解明に向けた議論を行った。本論文の結果は地球深部の速度異常の解釈を行う上で必要不可欠な基礎データであり、その化学的不均質構造、及び地球史を通じた地球内部の熱的・化学的進化の理解において重要な貢献を果たすものである。よって、博士(理学)の学位を与えるにふさわしいものと認める。