

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高圧力下超音波測定に基づく地球深部の化学組成の制約
Title(English)	Constraints on the composition of the deep Earth based on high-pressure ultrasonic measurements
著者(和文)	若松達也
Author(English)	Tatsuya Wakamatsu
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11887号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:太田 健二,中本 泰史,中島 淳一,上野 雄一郎,石川 晃
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11887号, Conferred date:2021/3/26, 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		若松 達也	
		氏名	職名		氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	太田 健二	准教授	審査員	石川 晃	准教授	
	審査員	中本 泰史	教授				
		中島 淳一	教授				
		上野 雄一郎	教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文の題目は「Constraints on the composition of the deep Earth based on high-pressure ultrasonic measurements」であり、全6章からなる。

第1章「General introduction」では、地球の起源や進化を理解するうえで重要な下部マントルとコアの化学組成について、これまでに提案されている組成モデルをレビューしている。マントルやコアの組成を制約する手段として、地震波観測データと高圧力下での地球深部候補物質の音速の比較は有効である。下部マントルとコアの組成を制約するための重要なパラメーターである高圧力下での音速決定に関する先行研究をまとめたうえで、本論文の目的と構成について記述している。高圧力下での縦波速度(V_p)は、試料中の鉄(Fe)、アルミ(Al)などの不純物量と鉄のスピンの状態に敏感であるため、地球深部の組成を制約するための重要な物性値となる。しかしながら、これまで下部マントルとコアの候補物質の V_p に関する実験的研究は限られていた。本論文では、ダイヤモンドアンビルセル(DAC)高圧発生装置を用いた V_p 測定手法の開発によってこの問題を解決し、下部マントルとコアの化学組成により強い制約を与えることを目的としている。

第2章「The longitudinal wave velocity of iron and aluminum-bearing bridgmanite at lower mantle pressures」では、ピコ秒超音波法を用いて非金属試料の V_p を測定する新しい技術を開発し、下部マントルに最も豊富に存在するブリッジマナイト(bdg)の V_p を測定した。下部マントル中の bdg は不純物として Fe と Al を含むと考えられているにも関わらず、従来の実験手法では V_p 測定は難しかった。本章では、下部マントル圧力下での bdg の V_p に対する Fe と Al の固溶効果を調べ、地温勾配に沿った音速のモデリングを行った。その結果、Fe と Al を含む bdg の V_p と横波速度(V_s)は深さとともに単調に上昇することを示した。

第3章「The effect of the spin transition of iron on the longitudinal wave velocity in ferropericlase at lower mantle」では、下部マントル中の第2主要鉱物であるフェロペリクレーズ(fp)の V_p 測定を行い、fp の V_p に対する Fe のスピン転移の影響を明らかにした。本章では、第2章で開発した手法を用い、これまで測定が難しかった下部マントルで予想される組成の fp の V_p 測定に成功した。地温勾配に沿った V_p と V_s のモデリングから、fp 中の Fe のスピン転移が下部マントルの地震波速度プロファイルに影響する可能性を示した。

第4章「Measurements of sound velocity in iron-nickel alloys by femtosecond laser pulses in a diamond anvil cell」では、コアの主成分と考えられている Fe の V_p にニッケル(Ni)の固溶が与える影響を調べた。その結果、Fe 合金の V_p に対する Ni の影響は先行研究で報告されているよりも小さいことが明らかになった。本章で得られた Fe-Ni 合金の V_p -密度(ρ)データから、コア候補物質の V_p への Ni の影響を定量的に議論することが可能になった。

第5章「Sound velocity measurements on iron hydrides to Mbar pressure」では、水素(H)が Fe の V_p に与える影響を調べた。H はコアに含まれる重要な軽元素候補であるにも関わらず、FeH 合金の V_p に関する実験的研究は限られていた。本章では、FeH 合金の V_p を従来よりも高い圧力条件まで測定することに成功した。その結果、FeH 合金の磁性転移の影響を考慮した信頼度の高い V_p データからコアに含まれる水素量を議論することが可能になった。

最終章「The compositional model of the lower mantle and light elements in the core」では、本研究で得られた音速データと地震波観測を比較し、下部マントルとコアの化学組成の制約を行った。各層の候補物質に対して、 V_p への不純物やスピン状態の影響を定量的に評価し、地震波速度のプロファイルを計算した。その結果、上部マントルよりもケイ素(Si)に富む下部マントル組成モデル、Si と H が豊富に含まれるコア組成を支持する結果を得た。また、本章の後半では、より確かな下部マントルとコアの組成の解明に向け、今後さらに取り組むべき課題について記述している。

以上の通り、本論文は新たな高圧力下での音速測定手法を取り入れ、地球深部の化学組成に強い制約を与えた。従来の実験手法の問題点を克服し、音速の観点から信頼度の高い下部マントルとコアの組成モデルを提案している。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。

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。