

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	地球深部を成す物質の熱伝導率測定: コアとマンツルの熱進化への解明への貢献
Title(English)	Thermal conductivity measurements on deep Earth ' s materials: Contributions to elucidation of evolution of core and mantle
著者(和文)	長谷川暉
Author(English)	Akira Hasegawa
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11703号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:太田 健二,上野 雄一郎,佐藤 文衛,石川 晃,玄田 英典
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11703号, Conferred date:2022/3/26, 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	長谷川 暉	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	太田 健二	准教授	玄田 英典	准教授
	審査員	上野 雄一郎	教授		
		佐藤 文衛	教授		
石川 晃		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Thermal conductivity measurements on deep Earth's materials: Contributions to elucidation of evolution of core and mantle」というタイトルであり、全6章から構成されている。

第1章では、この論文のイントロダクションとして、地球深部を構成する物質の熱伝導率の重要性、その熱伝導率の決定に関するこれまで研究の概要をレビューしている。地球は誕生以来冷え続けており、地球のコアとマンツルの熱伝導率は内核の年齢や深部地球の温度構造などの地球全体の熱輸送過程を制約する。しかし、地球深部に相当する高圧力高温条件での熱伝導率の測定には高度な技術が求められ、既存の測定方法には技術的な問題がある。それらの問題点を列挙した上で、本研究で開発した手法が優れている点が述べられている。

第2章では、熱伝導率測定手法(パルス光加熱サーモリフレクタンス法)と高圧力高温発生手法(レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル)を組み合わせることで、高圧力高温熱伝導率測定のための新しい装置を開発し、下部マンツル中域相当の圧力温度条件で白金(Pt)および鉄(Fe)の測定を実施した。圧力および温度の不確かさは約10%、熱伝導率の不確かさは約15%と見積もられた。本研究での測定結果を既存手法の測定結果ならびに第一原理計算から推定された熱伝導率と比較することで、本測定手法の妥当性を検証した。

第3章では、六方最密充填(hcp)構造を結晶構造にもつFeの熱伝導率を地球コアに相当する高圧力高温条件で測定した。また、その結果を先行研究で測定されたhcp Feの電気抵抗率と組み合わせることでhcp Feのローレンツ数を実験によって初めて決定した。ローレンツ数とは金属の熱伝導率と電気抵抗率、絶対温度で表される数値である。Feは地球コアの主成分として考えられており、本研究で得られた熱伝導率からコアからマンツルへの熱流量や内核の形成年代などを議論した。

第4章では、酸化マグネシウム(MgO)の熱伝導率を高圧力高温条件にて測定した。MgOの熱伝導率は下部マンツル全体の熱伝導率を推定する際の指標として伝統的に用いられてきた。また、MgOはシンプルな結晶構造を持つため、理論計算に基づく鉱物の熱伝導率の新しい計算手法が提案されるたびに多くの研究でその熱伝導率が試算されてきた。しかし、それらの結果には約3倍の差異があり、仮定する熱伝導率次第で地球深部の温度構造や熱進化に大きな違いが生じる。この研究では、約30 GPaに制限されていた高温条件下熱伝導率測定の圧力条件を140 GPaまで大幅に拡張した。本研究の測定結果を先行研究で報告されている数値計算の結果と比較することで、地球深部条件におけるマンツル鉱物の輸送特性の理解が深まる。

第5章では、(Mg, Fe)Oフェロペリクレスの熱伝導率を高圧力高温条件で測定した。フェロペリクレスは下部マンツル中に2番目に多く存在する鉱物と考えられている。フェロペリクレス中のFeのスピン状態は下部マンツル中の深度によって変化し、それが熱伝導率に影響することが知られている。しかし、低スピン状態におけるフェロペリクレスの熱伝導率は、高圧力高温条件ではまだ測定されていなかった。本研究では低スピン状態におけるフェロペリクレスの熱伝導率を高圧力高温条件で測定し、その温度依存性を解明した。本研究で開発した装置を用いて測定した他の下部マンツル主要構成鉱物の熱伝導率と組み合わせることで地球の最下部マンツルの熱伝導率を算出した。

最終章の第6章では、第2章から第5章までで実験的に決定したコアとマンツルの熱伝導率データを組み合わせ、有限要素法を用いたシミュレーションから、コア-マンツル境界(CMB)直上の熱境界層の温度構造を推定した。その結果はD''層がCMB上に形成される熱境界層である可能性を支持する。

上記の通り、本論文では地球のコアとマンツルの熱伝導率の理解を深めるための技術開発並びに先駆的な測定を実施した。これにより、地球深部物質の熱物性の地球内部条件での計測が可能となった。地球内部の温度構造や熱進化に関するより深い議論が今後期待される。よって、本論文は博士(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。