

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | |
| Title(English) | Electrical and thermal conductivity of the Earth's core |
| 著者(和文) | 五味斎 |
| Author(English) | Hitoshi Gomi |
| 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9392号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣瀬 敬,綱川 秀夫,高橋 栄一,太田 健二,丸山 茂徳 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9392号, Conferred date:2014/3/26, 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 | | 五味 齋 | |
|-------------|-----|-------|---------|-----|-------|----|
| | | | 氏名 | 職名 | | |
| 論文審査 審査員 | 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 |
| | | 綱川 秀夫 | 教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Electrical and thermal conductivity of the Earth's core」というタイトルであり、7章から成っている。

第1章「General introduction」では、地球コアの電気抵抗率・熱伝導率の重要性を示したうえで、これまでの理論的・実験的推定の問題点を指摘し、本論文の目的について述べている。金属の電気抵抗率と熱伝導率の間には、ヴィーデマン・フランツの法則とよばれる関係が存在し、この関係を用いて地球コアの熱伝導率は鉄合金の電気抵抗率から推定されてきた。しかしながら、これまでのコアの電気抵抗率の見積もりには、抵抗率の飽和現象が考慮されてこなかったという問題点がある。本論文では、抵抗率の飽和を取り込んだコアの電気抵抗率・熱伝導率モデルを構築することを目的とし、高温・高圧実験からそのパラメータの制約を行っている。

第2章「Resistivity of iron」では、コアの主要元素である鉄の電気抵抗率がダイヤモンドアンビルセル装置により測定されている。従来 40GPa 程度までに限定されていた測定を 100GPa まで拡張し、その圧力依存性が定式化されている。また、外部加熱式ダイヤモンドアンビルセル装置により高圧下での純鉄の電気抵抗率の温度依存性がプロッホ・グルナイゼン則に従うことが確認された。これらの実験結果は、過去の衝撃圧縮実験、及び第一原理計算の結果と極めてよい一致を示している。

第3章「Resistivity of iron-silicon alloy」では、鉄シリコン合金の電気抵抗率を 70GPa まで測定した結果を示している。シリコンはコアに存在する軽元素の有力な候補の一つである。純鉄の電気抵抗率との比較から、不純物としてのシリコンの存在が合金の抵抗率を大きく増加させることが明らかにされた。また、リンデの法則を適用して他の軽元素候補である炭素、酸素、硫黄の不純物抵抗率の見積もりを行っている。更に、純鉄の電気抵抗率ならびに不純物と温度の効果に加え、抵抗率の飽和を考慮した、高圧高温下における鉄合金の電気抵抗率モデルを定式化し、過去の衝撃圧縮実験の結果との比較から、その妥当性を検証した。

第4章「Resistivity of iron-nickel alloy」では、鉄ニッケル合金の電気抵抗率を 80GPa まで測定した結果を示している。はじめに、ニッケル濃度を 5,10,15 wt.%と変化させることで、高圧下の鉄ニッケル合金においてマラーの規則が成り立つことが確認されている。また、ニッケル不純物の存在はコアの電気抵抗率を上昇させるが、シリコン不純物と比較するとその効果は小さいことを明らかにした。

第5章「Wiedemann-Franz law」では、地球や惑星のコアに相当する高温下でのヴィーデマン・フランツの法則の妥当性について理論的な検証を行っている。常温付近で問題となる非弾性散乱の効果は、コアのような高温下では支配的でないことが示されている。これに対して常温付近では良い近似となるゾンマーフェルト展開は、高温下で破綻する可能性が指摘されている。この問題に対して、数値計算から高温下におけるゾンマーフェルト展開からのずれを半定量的に見積もり、ゾンマーフェルト展開の破綻に起因するローレンツ数の誤差を推定した。

第6章「Core conductivity modeling」では、本研究の実験結果についてまとめ、第3章で提案された新しいモデルから、地球コアの電気抵抗率・熱伝導率を推定している。得られたコアの熱伝導率は、抵抗率の飽和を考慮していない従来のモデルと比較して3倍程度高い値となった。これはコアの電気抵抗率・熱伝導率に対して抵抗率の飽和現象が極めて重要な意味を持つことを示唆している。また、抵抗率の飽和の効果により、コアの熱伝導率が強い深さ依存性を持つことを予測した。

第7章「Dynamics, structure and evolution of the Earth's core」では、高く、強い深さ依存性を持つコアの熱伝導率が導く地球科学的な意義を議論している。高い熱伝導率は、コアの熱史計算を通じて、若い固体コアや高い初期コア温度を示唆している。また、深さ方向にコアの熱伝導率が大きく変化するという結果から、液体コア内部に成層構造が存在する可能性があることを示唆した。

以上の通り、本論文は高圧力下における鉄合金の電気抵抗率測定から、抵抗率の飽和を考慮したコアの電気抵抗率・熱伝導率モデルを新たに構築・提唱した。本論文の結果は従来のモデルの問題点を改善するとともに、今後の実験的・理論的研究に新しい方向性を与えるものである。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。