

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	高圧下における液体鉄ニッケル硫黄合金の弾性波速度・密度測定
Title(English)	Sound velocity and density of liquid Fe-Ni-S alloy at high pressure
著者(和文)	今田沙織
Author(English)	Saori Imada
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9718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,丸山 茂徳,高橋 栄一,上野 雄一郎,太田 健二
Citation(English)	Degree; Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9718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		今田 沙織	
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「Sound velocity and density of liquid Fe-Ni-S alloy at high pressure」というタイトルである。地球外核および地球型惑星の金属核の主要成分と考えられる液体鉄硫黄合金の高圧下における密度、弾性波速度について書かれた、以下の5章から成っている。 第1章「General introduction: The light components in the Earth’s outer core and liquid planetary cores」では、地球の液体外核、固体内核に含まれると考えられる軽元素についての過去の研究、鉄および鉄合金の融点、液体鉄-シリケートメルト間での分配、また弾性特性などの物性に関するレビューがなされ、本研究で鉄硫黄合金に着目する意義について記した。また火星を含む地球型惑星にも液体鉄合金核が存在している可能性が高いという近年の報告を紹介し、本研究成果が地球のみならず、他の惑星、衛星の核の組成を制約する上でも非常に重要であることを示した。 第2章「Basis and data analysis of density measurements from X-ray diffraction and sound velocity measurements from inelastic X-ray spectroscopy」では、高圧発生装置ダイヤモンドアンビルセルと放射光 X 線を組み合わせ、超高压下におけるその場 X 線回折法による液体鉄合金の密度測定、ならびに X 線非弾性散乱法による弾性波速度測定の原理と解析手法について述べた。ダイヤモンドアンビルセルを用いた後者の測定は従来技術的に困難とされてきたが、それを可能にするための実験手法開発についてまとめている。 第3章「Density measurements of liquid Fe-Ni-S alloy at high pressure and temperature」では、レーザー加熱式ダイヤモンドアンビルセル中に発生された高圧高温の下、大型放射光施設 SPring-8 の高輝度 X 線を用いて、液体試料からの diffuse scattering を測定することにより、液体鉄ニッケル硫黄合金の密度データを 25-70 万気圧の広い圧力範囲で取得したことについて述べている。3200 ケルビンにおける等温圧縮曲線として、得られた密度データをより高圧まで外挿し、コア圧力下における液体鉄の密度に関する硫黄の効果を議論し、その結果、25 atm%の硫黄を含有することで、液体鉄の密度が約 14%小さくなることを示した。また固体鉄ニッケル硫黄合金との比較から、融解に伴い密度が約 5%小さくなり、これは純鉄の融解による密度降下の見積もりと比べかなり大きいことを報告した。 第4章「Sound velocity of liquid Fe-Ni-S at high pressure and temperature via inelastic X-ray scattering spectroscopy」では、ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压高温実験と、放射光 X 線による高分解能 X 線非弾性散乱法を組み合わせることにより、液体鉄ニッケル硫黄合金のバルク音速を 47 万気圧までの高圧下において決定した。第3章で決定した同試料の密度の圧力依存性を考慮することにより、バルク音速の圧力依存性を求めた。本研究では、バルク音速に明瞭な温度依存性を確認することは出来なかったが、これは第一原理計算に基づく先行研究と調和的である。また、本研究で取得された固体鉄ニッケル硫黄合金の音速と、先行研究で報告されている鉄硫黄合金の音速がおおよそ一致したことから、ニッケル含有の弾性的性質に対する効果はほぼ無視できると議論した。さらに、液体鉄ニッケル硫黄合金の音速は、固体のそれと比べて約 10%遅いこと、比較的低圧下での実験結果と異なり液体純鉄より速いことを明らかにした。 第5章「Implication for the composition of liquid planetary cores」では、3章と4章で得られた液体鉄ニッケル硫黄合金の密度とバルク音速のデータを、先行研究で得られている熱力学パラメタを用いて高温外挿した。こうして地球外核相当の温度圧力における密度とバルク音速を見積もり、地震学的観測データと比較した。その結果、液体(Fe,Ni)₃S の密度は外核の密度と一致すること、バルク音速は外核の縦波速度と比べわずかに速いがおおよそ一致することを示した。ゆえに、硫黄は地球外核に含まれる主要な軽元素であると結論付けた。また本章では、得られた液体鉄ニッケル合金の密度から、火星の慣性モーメントの値を満たすような火星内部構造モデルも構築した。 以上の通り、本論文は液体鉄硫黄合金の密度ならびにバルク音速を高圧下で測定することによって、地球外核における硫黄の重要性をあきらかにした。特に本研究で確立した液体鉄合金の弾性波速度測定法は、今後の固体地球惑星科学の発展に大きく寄与すると考えられる。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。
