



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	High Pressure Synthesis and Characterization of Non-Oxide Superconductors [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	SATHISH, C. I.
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第11171号
Issue Date	2013-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/54868
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	C.I._Sathish_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理学） 氏名 シーアイ サティシュ

審査担当者	主 査	教 授	日夏 幸雄
	副 査	教 授	武田 定
	副 査	客員教授	室町 英治
	副 査	准教授	本橋 輝樹
	副 査	客員准教授	山浦 一成

学 位 論 文 題 名

High Pressure Synthesis and Characterization of Non-Oxide Superconductors

(非酸化物超伝導体の高圧合成と特性評価)

非酸化物系超伝導体には実用材料化されているものが多く、またヘビーフェルミオン超伝導体など特異な超伝導体も多い。優れた特徴を持つ非酸化物系超伝導体の開発は、超伝導技術の開発促進や、超伝導科学の進展に重要であり、非酸化物系超伝導体の新規開発が強く望まれている。

非酸化物系超伝導体は、酸化を抑止するために、多くの場合、化学的密閉系で合成される。例えば、A15 型超伝導体、鉄系超伝導体、スクッテルダイト超伝導体などの多くは不活性ガス中や真空中で合成されている。斬新な特徴を持つ非酸化物系超伝導体の合成を可能にするためには、合成条件の拡張が有効と思われた。著者は高圧合成法を主な実験手法として合成条件を拡張し、新規非酸化物系超伝導体の新規合成を試みた。

高圧合成法は、圧力に関する自由度を合成条件に追加するだけでなく、雰囲気制御に優れているという側面がある。強い酸化雰囲気を作ることが酸化物系高温超伝導体の合成に有効であったように、逆に、強い不活性雰囲気を作ることができれば、非酸化物系超伝導体の新規合成に有利と思われた。非酸化物超伝導体の高圧合成は世界的にみても例が少ない。結果として、新規非酸化物超伝導体の開発には至らなかったが、この実験は、先行研究として有意な結果を含み、また学術論文として広く公表されている。

本論文の第 1 章は、超伝導体や磁性に関する概論である。また、これまでの研究経緯が分かりやすくまとめられている。第 2 章は実験技術や手法に関すること、測定の基礎原理が明瞭に整理されている。高品質試料合成や構造解析の手法に関すること、電磁気的特性の評価法が示されている。

第 3 章は立方晶炭化モリブデンに関する研究成果についてまとめられている。これまでの合成方法では、必ず炭素欠損が生じるため、高温高圧合成法で炭素欠損を減少させ、定比組成の場合に期待される高 T_c 超伝導の発現を検証した。本研究で到達可能な合成圧力・温度の範囲（17 万気圧、2000℃以下）では、結果として、定比組成の立方晶炭化モリブデンの合成には至らなかったが、炭素欠損の着実な減少が認められた。その影響は超伝導転移温度の上昇として観測された ($T_c \sim 14\text{K}$)。さらに、結晶格子を、電子顕微鏡観察、放射光 X 回折、中性子線回折を含む精密な構造解析によって検討した結果、この炭素欠損は本質的な格子不安定性によって生じていることを明らかにした。

第 4 章は、層状ビスマス酸硫化物の超伝導体の研究結果についてまとめている。この超伝導体は近年報告され、

層状構造という高温超伝導体と共通の構造的特徴を有するため、多くの注目を集めた。しかしながら、その超伝導性の詳細は不明瞭であった。著者は高圧合成法で高品質な試料の合成に成功し、その超伝導特性を詳細に調べた。その結果、層状ビスマス酸硫化物の新規超伝導は、不純物超伝導を誤認している可能性が高いことを明らかにした。すでに世界的な研究雑誌に数十本公表されている新超伝導体に関する報告は、層状構造相の性質を正確に反映していない可能性が高い。この結果は、著者の高い研究遂行能力、正確なデータ解析能力を示しているともいえる。

第5章は鉄珪化物の研究成果についてまとめている。 $\text{Yb}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ は反強磁性金属状態を有しているため、高温超伝導現象からの類推として、新規超伝導相が近傍に存在している可能性が高いと考えられた。実際に、周辺物質である同型構造の $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}$ は 6 K で超伝導に転移する。様々な元素置換を高圧高温法で試みた結果、通常の合成手段では難しかった Ca 置換を 40 原子%まで置換させることに世界で初めて成功した。三価の Yb を二価の Ca で部分置換したため、形式的には伝導キャリアを導入したことになるが、超伝導転移は観測されなかった。しかしながら、重要な学術的知見が得られた。

以上のように、非酸化物超伝導体の新規合成を、3 つの物質系に絞って、研究を進めた。すべての実験で、高圧合成法のメリットを有効に活用した斬新な結果が得られている。それぞれの課題で、理論予測の検証、新規超伝導の検証、磁性と超伝導の相関に関する考察を深めるなど、着実な研究の進展が認められた。本論文は学位申請論文として十分な内容と価値があり、著者に北海道大学博士(理学)の学位を授与するに相応しい論文であると認める。