令和２年度 日本大学文理学部付置研究所　所員個人研究費　研究実績報告書

所属・資格　　物理学科・教授

申請者氏名　　高橋　博樹

研　究　課　題		チタン酸化物超伝導体の圧力効果
報告の概要	研究目的および研究概要	マグネリ相として知られているチタン酸化物 Ti_4O_7 は低温で強い電子格子相互作用の下でバイポーラロン形成による金属絶縁体転移を示す。電子格子相互作用は超伝導に有利であることから、低温で金属化できれば超伝導が発現することが期待されていた。圧力印加や元素置換による研究では超伝導は発見されなかったが、2017 年に薄膜化することにより超伝導を示すことが、東工大の大友教授らによって報告された。薄膜の場合、基板との整合性、合成雰囲気制御により、結晶とは異なる状態が合成可能となることが知られている。超伝導を理解する見地から、これらの薄膜と結晶との違いの解明、さらに新超伝導物質開拓を目的として、チタン酸化物超伝導体に静水圧および異方的圧力を印可し物性を調べた。
	研究の結果	超伝導を示すチタン酸化物Ti_4O_7薄膜と超伝導を示さないバルク結晶の試料の違いとして、電気伝導を担っている c 軸方向の格子定数 c の違いが指摘されていた。超伝導を示す薄膜の方がわずかに長い c 軸をもつことから、圧力装置を用いて、c 軸が増加する方向に基板と一体となった薄膜を変形することを試みた。このように、薄膜試料を異方的に変形させる試みは前例がなく、本研究では、試行的にいくつかの方法で約 2 万気圧まで測定を行った。 (1) 最初に、静水圧下で超伝導転移温度を調べ、T_c の圧力効果を調べたところ、T_c は圧力に対し単調に減少した。圧力媒体には室温で固化圧力が高いマシンオイルを用いた。 (2) 次に、約 1 万気圧で固化する不活性液体フロリナートを圧力媒体に用い、薄膜の c 軸に垂直方向に荷重を加えた。液体中では T_c が減少し、固化したのちは減少から増加に転じる振る舞いが見られた。
	研究の考察・反省	圧力効果の実験に関して (1) 静水圧下では薄膜の基板 $(LaAlO_3)_{0.3}(SrAl_{0.5}Ta_{0.5}O_3)_{0.7}$ (LSAT)に等方的に圧力が加わるため、基板上に基板の結晶と整合して成長した薄膜は基板の変形に引きずられ、薄膜の面内は収縮する。薄膜の結晶方位は面内が c 軸にほぼ平行であるので、加圧により c 軸は収縮することとなり、c 軸の減少が T_c の減少に関係していることを示している。 (2) フロリナートを圧力媒体に用いた場合は、約 1 万気圧で固化するので、それ以上の圧力では非静水圧となる。薄膜の面に垂直方向に荷重を加えた場合は、面に垂直方向は大きく収縮するが、面内方向は基板のポアソン比に応じて延びる方向に変形する。そのため、c 軸は増加する方向に変形し、T_c は上昇に転じたのでないかと考えられる。 今後は、とりわけ異方的な圧力発生方法について、工夫し改良する予定である。
研究発表 学会名 発表テーマ 年月日／場所 研究成果物 テーマ 誌名 巻・号 発行年月日 発行所・者		※この欄は，本報告書提出時点で判明している事項についてご記入ください。 (1) 川村幸裕、高橋博樹他　「CeCoSi の低温高圧 X 線回折と電気抵抗」日本物理学会、2020 秋季大会、(2020 年 9 月 9 日、オンライン開催) (2) 川島千弦、高橋博樹他　「Sr0.5La0.5FBiS2 の高圧下粉末 X 線回折測定」第 61 回高圧討論会，(2020 年 12 月 3 日，オンライン開催) (3) 上田諒大、高橋博樹他　「CeCoSi の低温高圧下 X 線回折実験」 第 61 回高圧討論会，(2020 年 12 月 2 日，オンライン開催) 研究成果物 (1) Ping Miao, Hiroki Takahashi et al. “Origin of magnetovolume effect in a cobaltite”, Physical Review B **103** 094302 (2021)（査読あり）