

# 学位論文の要旨

専攻	機能創成科学 専攻	ふりがな 氏名	あだち しんたろう 足立 伸太郎
学位論文題目	銅酸化物高温超伝導体 Bi-2212 と Bi-2223 における磁場中抵抗率転移から求めた超伝導パラメータと転移温度 $T_c$ との関係 ( Relationship between the Superconducting Parameters and Transition Temperature Determined by Resistive Transition: Comparison of the Cuprate high- $T_c$ Superconductor Bi-2212 and Bi-2223 )		
学位論文要旨			
<p>超伝導物質はかつての常識を覆すような潜在能力を秘めていて、応用が期待される分野は、情報、エネルギー、運輸等、多岐に渡る。現存する物質を超伝導状態にするには冷媒が必須であり、今よりもさらに高い温度で超伝導になる物質の開発が望まれている。</p> <p>現在、超伝導転移温度(<math>T_c</math>)の上位陣は全て銅酸化物高温超伝導体と呼ばれる物質群であり、1986年の Bednorz と Muller による発見[1]以来、世界中の研究者によって多種多様な研究がなされてきた。しかしながら、そのメカニズムの全容解明には至っていない。大きな要因として挙げられるのが実験結果の不一致で、試料（特に単結晶）を作成するのが難しいこと、構成元素や構造の異なる物質、そして、多くの異なる実験毎の結果から普遍的な振る舞いを考えていかなければならないという事情がある。</p> <p>これまでに分かってきた興味深い関係の一つとして、<math>T_c</math>に関する経験則がある。それは、単位胞内で積層する <math>\text{CuO}_2</math> 面数 <math>n</math> の増加に伴い転移温度 <math>T_c</math> が上昇し、<math>n=3</math> の時に最大値を示すという関係である[2]。また、最近の NMR 実験の結果[3]では、多層型(<math>\text{CuO}_2</math> 面数 <math>n \geq 3</math>)銅酸化物高温超伝導体において、単一の <math>\text{CuO}_2</math> 面における超伝導と反強磁性の共存が示される等、近年、注目が集まっている。しかしながら、多層型(<math>n \geq 3</math>)高温超伝導体の単結晶育成は、極めて難しいことから、研究例は少なく、<math>\text{CuO}_2</math> 面が積層した時の <math>T_c</math> 上昇効果をはじめとした物性全般に関する理解は不十分である。多層型高温超伝導体の代表的な物質である 3 層構造の <math>\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}</math>(Bi-2223、<math>T_c^{\text{MAX}}=110\text{K}</math>)の研究は、溶媒移動型浮遊帯域法(TSFZ 法)による単結晶育成の成功例[4]を元にして進む兆しは見えているものの、(通常一カ月以上の)長期間育成をしなければ良質な単結晶を得ることは難しく、得られる結晶の多くは非常に小さいことから、様々な物性研究に耐え得る単結晶を育成できるより良い育成条件が求められ続けている。本研究の課程では、文献 4 の育成条件を元に、原料組成、育成雰囲気、育成速度を再検討し、高品質かつ大型の単結晶を育成することができた。さらに、構成元素と結晶構造が似通っている、<math>\text{CuO}_2</math></p>			

面数  $n=2$  層構造の  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  (Bi-2212) 単結晶の研究も行った。これら 2 物質の単結晶を用いた物性研究から、3 層構造の銅酸化物高温超伝導体が非常に高い超伝導転移温度を示す原因を調べた。

実験は、ホール濃度を系統的に変化させた Bi-2212 および Bi-2223 単結晶を用いた磁場中  $ab$  面内抵抗率測定を行った。得られた磁場中面内抵抗率転移の実験データを、Ikeda、Ohmi、Tsuneto が開発した超伝導臨界ゆらぎの理論[5]を用いてフィッティングを行い、面内コヒーレンス長  $\xi_{ab}$  および比熱の飛び  $\Delta C$  等を見積もった。これらのパラメータを調べることで、銅酸化物高温超伝導体において  $T_c$  決定に関わると言われている超伝導ギャップ  $\Delta_{SG}$  と、超流動密度  $\rho_s$  のホール濃度および物質依存性が理解できる。各物質、各ホール濃度毎に系統的に求めたパラメータは、実験値を良く再現し、文献値とも良い一致があったため、信頼できるデータであると考えられる。そして、超伝導パラメータと転移温度  $T_c$  の関係から、3 層構造銅酸化物は、これまでに  $T_c$  決定要因と考えられてきた超伝導ギャップや超流動密度のいずれでもない、付加的な電子対凝縮エネルギーを獲得することによって、 $T_c=110\text{K}$  もの高温超伝導が発現していることが示唆される[6]結果を得た。

[1] J. G. Bednorz and K. A. Muller, *Z. Physik, B* **64**, 189 (1986).

[2] M. Karppinen and H. Yamauchi, *Mater. Sci. Eng.* **26**, 51 (1999).

[3] H. Mukuda, S. Shimizu, A. Iyo, and Y. Kitaoka, *J. Phys. Soc. Jpn.* **81**, 011008 (2012).

[4] T. Fujii, T. Watanabe, and A. Matsuda, *J. Cryst. Growth* **223**, 175 (2001).

[5] R. Ikeda, T. Ohmi, and T. Tsuneto, *J. Phys. Soc. Jpn.* **60**, 1051 (1991).

[6] S. Adachi, T. Usui, Y. Ito, H. Kudo, H. Kushibiki, K. Murata, T. Watanabe, K. Kudo, T. Nishizaki, N. Kobayashi, S. Kimura, M. Fujita, K. Yamada, T. Noji, Y. Koike, and T. Fujii, *J. Phys. Soc. Jpn.* **84**, 024706 (2015).