

## 銅酸化物高温超伝導体の理解の現状—実験的側面を中心に—

### Current Understanding of Superconductivity

#### in Cuprate High Temperature Superconductors –Experimental Aspects–

○前田 京剛 (東大・総合文化)

°Atsutaka Maeda (Department of Basic Sciences, University of Tokyo)

E-mail: cmaeda@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

世界中の物質科学者を大興奮の渦に巻き込んだ銅酸化物高温超伝導の発見から 30 年が経過したというのは大変感慨深い。というのも、物理学の大発見に対する興奮に加えて、その研究の歴史が、自分がアカデミックな世界で研究者として育ってきた歴史と時間的にほとんど重なるからである。この間、結晶作製技術、各種イメージング技術を含む測定技術等の進歩はすさまじく、また、新しい発想の実験も数多くなされた。それらなくしては今日の科学的理解には到達しえなかった。また、銅酸化物超伝導体研究が起点になり、遷移金属酸化物の研究も新たな研究分野の形成に至る大きな発展を見せ、一部ではデバイス応用を真剣に検討する段階にまで達している。

銅酸化物超伝導体は最低でも三元系であり、加えて、軽くて容易に出入りができる酸素を含むため、実際の実験データには様々な乱れの影響が表れている。このため銅酸化物の物性の本質を議論する際には、膨大なデータのなかからそれらに依らない普遍的部分を選び出すことが各研究者の見識として要求される。今日コンセンサスが得られている点としては、(1)二次元  $\text{CuO}_2$  面がキーエレメントであり、そこでは  $\text{Cu}3d$  と  $\text{O}2p$  の強い混成、スピン  $1/2$  が銅酸化物超伝導体を唯一の常圧下液体窒素超伝導体たらしめている。(2) $T_c$ の最高値は  $\text{CuO}_2$  面が 1 枚のもので 100K, 2 枚以上のものでは 160K 程度である。(3)Cu の価数が 2+の物質 (母物質) は Mott 絶縁体であり、それにキャリアをドーピングすると超伝導が発現し、 $T_c$  はドーピングに対してドーム型を描く。キャリアとしては、正孔・電子のいずれも可能だが、電子ドーピング物質の詳細な理解は確立していない。不足ドーピング域では高温から擬ギャップが開く。擬ギャップは超伝導の前駆現象ではないが、擬ギャップの開いた状態は、電荷密度波、ストライプ秩序等の様々な秩序化が起こりやすくなっており、その中で、最終的には超伝導が安定化している。(4)超伝導は d 波対称性をもつクーパー対が担い、反強磁性的相互作用が超伝導発現に重要であろうとは考えられているが、不足ドーピング、過剰ドーピング (最適ドーピング) では超伝導の性質が全く異なる。不足ドーピング領域では  $T_c$  が超流体密度に比例し、超伝導は所謂 BKT 的で、超伝導をドライブしているのは位相のコヒーレンスである。一方、過剰ドーピング領域ではマイクロな「相分離」を示唆する報告が多数ある。(5)磁場下の超伝導状態 (混合状態) では上部臨界磁場よりもかなり低い磁場で磁束格子の融解転移があり、関連して、磁場-温度相図の広い領域を、実質的に磁束のピン止めがゼロの領域 (可逆領域) が占める。強い二次元性を反映して、超伝導のゆらぎは巨大で、また、磁束量子も、パンケーキ型の連なりの形をしている。一方で、当初の期待とは裏腹に磁束量子の運動には特異な側面は見られない。混合状態・磁束量子渦糸の物理学が大きく発展したのも銅酸化物高温超伝導体の功績の一つである。