

**24) 銅酸化物高温超伝導体の電気伝導度の電子数密度
依存性**

研究代表者 本間 龍也

[背景 & 目的]

1986年の液体窒素の沸点 (77 K = -196°C) でも超伝導現象が観測できる銅酸化物高温超伝導体 (以下、銅高超体) の発見以来、ほぼ四半世紀が経過した。この間、多くの実験結果が蓄積されている。しかし、超伝導現象が現れる超伝導転移温度 (T_c) は、1993年に発見された水銀系銅酸化物の 135 K (= -138°C) を最後に現在に至るまでこの温度を越す T_c を持つ新物質は発見されていない。

銅高超体は、結晶の a 軸と b 軸方向に平行な面 (ab 面) に銅と酸素原子からなる銅-酸素面 (CuO 面) と希土類と酸素原子からなる面 (CR 面) とが両面に垂直な c 軸方向に積層した構造を持つ。CuO 面は超伝導を含む電気伝導を担うのに対し、CR 面が絶縁層となるため、試料全体の電気伝導や超伝導に強い異方性が現れる。CuO 面も電子が不足すれば絶縁性、逆に過剰になれば金属製を示す。CuO 面の電子数を適度に保つと超伝導が現れる。従って、CuO 面当たりの電子数 (電子数密度) を正確に知ることは重要である。しかし、CR 面での元素置換や酸素量変化によって電子数密度を変えられるが、その値を正確に知ることはできなかった。

本研究代表者は、最近、銅高超体の電子数密度を正確に測定する方法 (電子スケール) を提案した^[1,2]。本研究では、この電子スケールを用い、既存の実験結果を基に銅高超体の c 軸方向と ab 面方向の電気伝導度の厳密な電子数密度依存性を明らかにし、新たな知見を得ることを目的とする。

[方法]

提案している電子スケールは、ある測定量を含んでいれば既存のデータからでさえ解析によっても電子数密度を決定することができる。そこで、解析可能な 71 文献 (24 物質) を選び出し、物質毎、報告しているグループ毎に c 軸電気伝導度と ab 面電気伝導度の値

を正確に読み取り、電子スケールで決めた電子数密度との関係を調べた。本報告では、c 軸電気伝導度の結果の一部を議論する。尚、ab 面電気伝導度の詳細は論文に投稿中である。

[結果 & 考察]

図 1 (a) は室温 (290 K = 17°C) での c 軸電気伝導度 ($\sigma_c(290)$) の電子数密度 (p_u) 依存性を示す。 p_u は、各々の物質の T_c が最高となる数密度で規格化した値である。縦軸の $\sigma_c(290)$ は対数目盛りで示す。記号の色の違いは物質群の違いを表す。物質群ごとに大きさは異なるが、 $\sigma_c(290)$ は傾きの同じ 5 本の直線関係で表され、指数関数的に変化していることが分かる。図 1(b) は、 $p_u=1$ での $\sigma_c(290)$ の値 ($\sigma_c^{opt}(290)$) で規格化した $\sigma_c(290)$ と p_u の関係を表す。 $\sigma_c(290)/\sigma_c^{opt}(290)$ は $0.2 < p_u < 1$ の範囲で赤線で示す 1 本の直線で近似できることが分かる。 $\sigma_c^{opt}(290)$ は CuO 面間の距離 (又は CR 面の厚み) に強く依存していた。 $0.2 < p_u < 1$ の範囲では、どの物質も超伝導が発現し最高の T_c まで発達していた。従って、c 軸方向の電気伝導は、CuO 面間距離と超伝導の発達に密接な関係があると判断できる。

[まとめ]

銅高超体の中でも超伝導を示す物質にだけ σ_c と p_u の間に普遍的な関係があることを見つけた。詳細につ

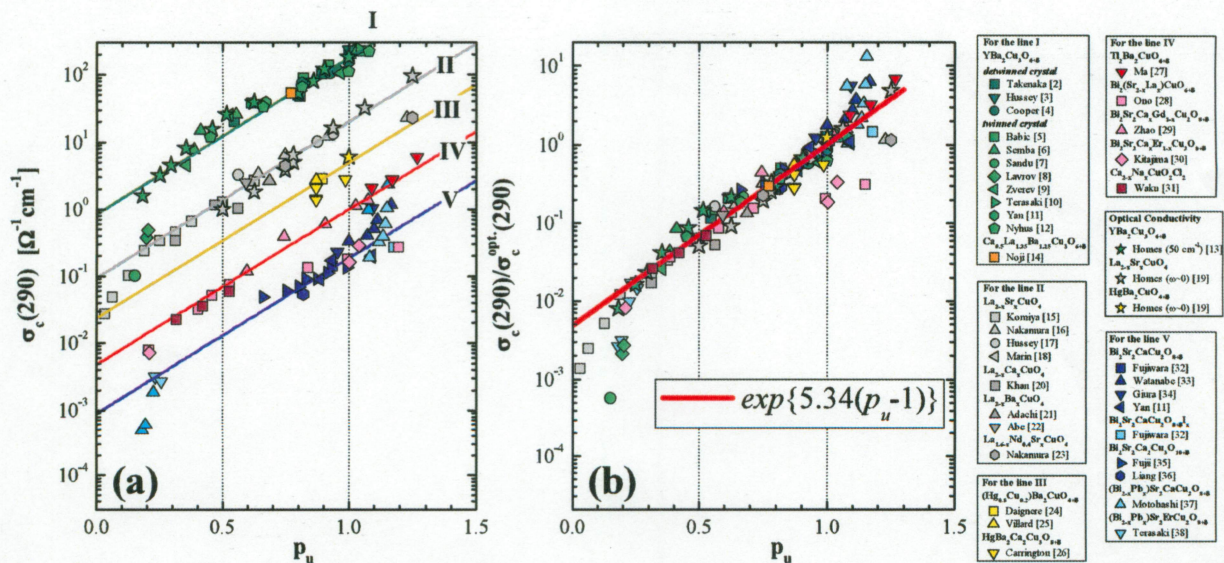


図 1 c 軸電気伝導度の p_u 依存性。引用したデータの詳細は投稿論文を参照のこと [3]。

いては、現在論文に投稿中である [3]。

[謝 辞]

末尾になりましたが、平成 21 年度 “独創性のある生命科学研究” に採択して頂きましたことに感謝申し上げます。

[参考文献]

- [1] T. Honma et al., “Universal intrinsic scale of the hole concentration in high- T_c cuprates”. *Physical Review B* 70, 214517 (2004).
- [2] T. Honma & P.H. Hor, “Unified electronic phase diagram for hole-doped high- T_c cuprates.” *Physical Review B* 77, 184520 (2008).
- [3] T. Honma & P.H. Hor, “Universal scaling of the c-axis dc conductivity for the underdoped high-temperature cuprate superconductors”. *Solid State Communications* 150, 2314 (2010).