

12. $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CuO}_4$ の電気抵抗と磁化率

大 黒 達 也

1 序 論

1986年9月に、BednorzとMüllerによって、転移温度が30K級のいわゆる高温超伝導体 $(\text{La}_{1-x}\text{Ba}_x)_2\text{CuO}_4$ が発表された。この系の母結晶である La_2CuO_4 の結晶構造は約560K以上では正方晶の K_2NiF_4 型構造(図1)であるが、560Kで正方晶から斜方晶へ構造相転移を起こす。また、約250K(T_N)で反強磁性長距離秩序を形成することが中性子回折から報告されている。 CuO_2 面の交換相互作用 J は1200K程度であるが、面間の交換相互作用 J' は面内の 10^{-5} 程度の大きさしかなく、典型的な2次元反強磁性体である。この系にSrを添加すると、 T_N は急激に減少しわずか $x=0.02$ で T_N は消失する。超伝導は $x=0.03$ から出現し、 $x=0.075$ 付近で最も高い T_c を示した後、Sr濃度が $x=0.10$ 以上で再び T_c は減少していく(図2)。

この系が発表された後、同様に CuO_2 層を含む酸化物で、より転移温度の高い物質が続々と発見されていった。これらの酸化物は、磁束の量子化が $h/2e$ を単位としていること等から、2つの電子(ホール)がクーバー対を形成していることが分かった。しかし、 ^{16}O と ^{18}O の同位体効果から電子-格子相互作用以外に新たな超伝導メカニズムが存在すると考えられている。酸化物高温超伝導体は、どの系も超伝導相のすぐ近くに反強磁性相が存在することから(図3)、反強磁性秩序が新しい超伝導メカニズムに深く関わっている可能性が指摘されている。そこで、高温酸化物超伝導体のうちで最も簡単な結晶構造を持つ $(\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{CuO}_4$ において、Sr濃度を変えながら系統的に電気抵抗と磁化率の測定を行った。そして、 T_c 、超伝導体積比のSr濃度依存性、及び、 La_2CuO_4 でみられる2次元反強磁性の性質がSrを添加することでどのように変化するかを調べた。

2 実験

実験に用いた試料は SrO , La_2O_3 , CuO を混合し、焼結させることによって作成した。4.2Kから300Kまでの電気抵抗の温度変化は四端子法を用いて測定した。また、磁化率(及び磁化)の測定はSQUIDを用い、5Kから40Kまでの超伝導に伴う反磁性の温度変化(図4)、80Kから580Kまでの磁化率の温度変化(図5,6)の測定を行った。

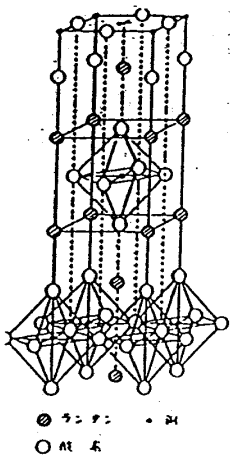


図 1

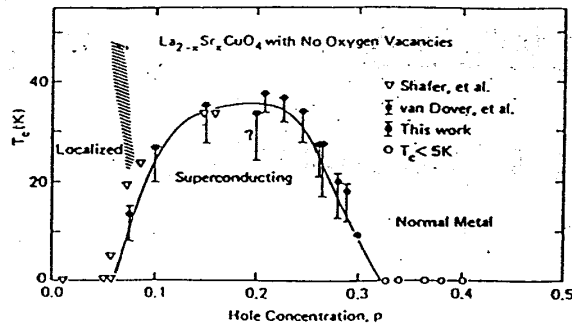


図 2

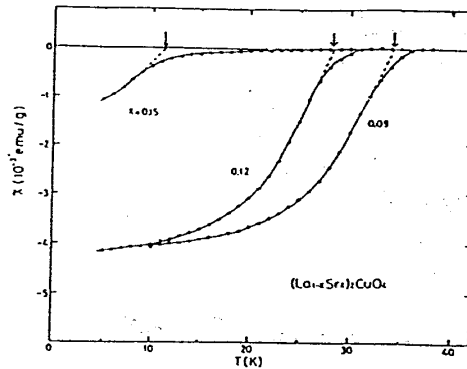


図 4

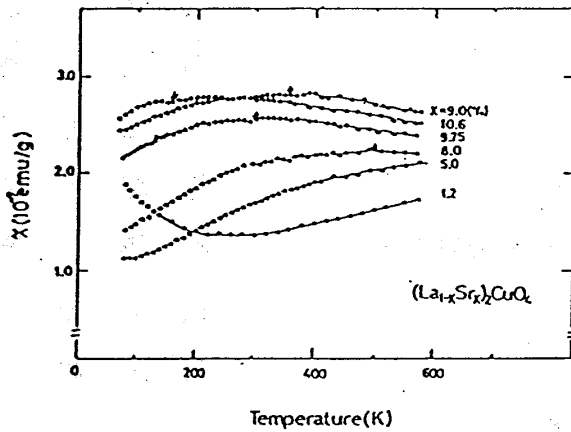


図 5

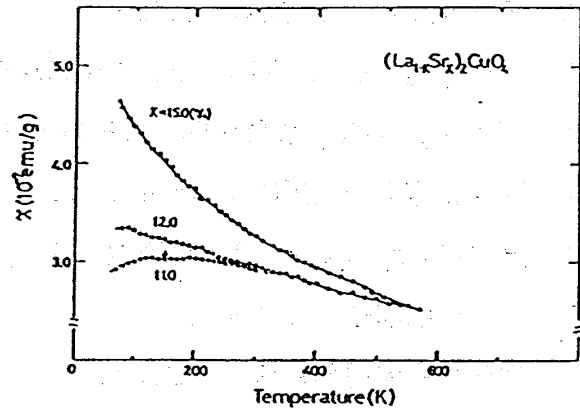


図 6

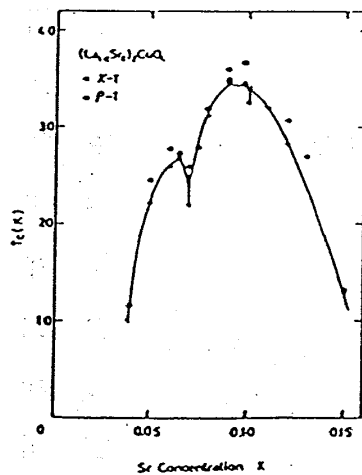


図 7

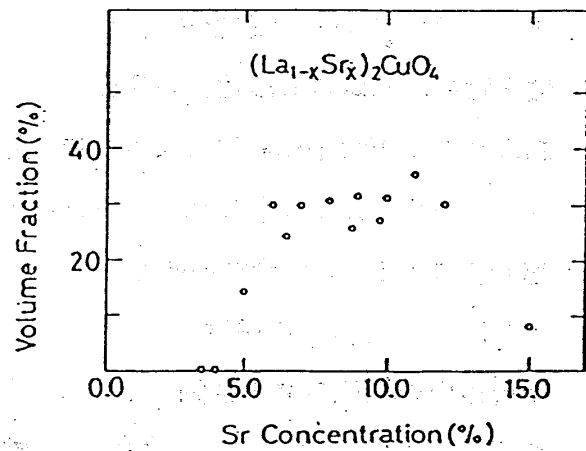


図 8