

## (214)系超伝導体における熱輸送特性

池部研究室

柴崎 有三

## 1. 序論

J.G. BedoruzとK.A. MüllerによってLa-Ba-Cu-O系の超伝導性を30K付近で発見されて以来、様々な酸化物高温超伝導体が発見された。これらの酸化物は多様な結晶構造を持つが、共通の特徴として、CuとOによる八面体、ピラミッドあるいは正方形を単位とした二次元的な面を持つ層状化合物であることがあげられる。その中で(214)の組成を持つ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ はシンプルな結晶構造を持っており、 $\text{K}_2\text{NiF}_4$ 型(T構造)の結晶構造を持ち、八面体を単位とした二次元面を持っている。YBCOやBi2223の酸化物高温超伝導体の熱伝導率( $\kappa$ )は、超伝導転移温度( $T_c$ )以下で特徴的な熱伝導率の増大を示すが、(214)系酸化物超伝導体の場合にはわずかしか見られない。本研究では、(214)系に属しT相構造を持つ $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ( $0 < x < 0.3$ )高密度焼結体(充填率 $\sim 90\%$ )についての熱伝導率( $\kappa$ )、電気抵抗率( $\rho$ )、熱拡散率( $\alpha$ )の測定を行い超伝導との関連を調べ、フォノン散乱機構について解析を行った。

## 2. 試料の作製方法

$\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SrCO}_3$ 、 $\text{CuO}$ を組成比になるように秤量し、めのう乳鉢で均一になるように約1時間十分に混合し、粉末のまま空気中において $880^\circ\text{C}$ で12時間仮焼きを2回行った。仮焼き後の試料を約1時間かけて粉碎混合し、ペレット状に成形した後、空気中において $1100^\circ\text{C}$ で18時間焼結し、本焼きとした。最後に本焼きした試料を20cc/minの酸素ガス中において $800^\circ\text{C}$ で24時間熱処理を行い、 $x=0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3$ の6個の試料を作製した。

## 3. 実験と考察

## (1) 電気抵抗率の測定

測定は直流四端子法で行った。図1に電気抵抗率、図2にSr濃度に対する $T_c$ の関係を示す。電気抵抗率の測定から、300K付近での絶対値はSr置換量の増加と共に系統的に減少する。また、 $T_c$ はSrを $x=0.1$ 置換することにより超伝導性が現れ( $T_c=31\text{K}$ )、 $x=0.15$ で最も高い $T_c=38\text{K}$ を示し、それ以上置換量を増やしても $T_c$ は低下していき、 $x=0.3$ で超伝導性が見られなくなった。

## (2) 熱伝導率の測定

測定は定常熱流法で行った。図3に熱伝導率の結果を示す。 $x=0$ での熱伝導率は40K付近で約 $80(\text{mW}/\text{cmK})$ と大きな値を示した。Sr濃度が $x=0.05$ とわずかに置換しただけで、 $x=0$ で見られた40K付近のピークは消失し、絶対値も急激に減少し、低温側へ単調に減少する温度依存性を示した。Sr濃度を $x=0.1$ から $0.15$ までの試料での熱伝導率の絶対値はほぼ低温側へ単調に減少するが、 $T_c$ の最も高い $x=0.15$ の試料では $T_c$ 以下での熱伝導率のエンハンスがわずかに見られた。また、 $x=0.2$ から $0.3$ の試料での熱伝導率の絶対値は再び増加した。

## (3) フォノン熱伝導率の解析

$C=\kappa/\alpha$ という関係式から比熱 $C$ を算出し、デバイ温度を $350\text{K}$ と決定しフォノンの散乱機構をT-W理論により解析した。ここで我々は、Srを置換したことによる低温

での熱伝導率の異常な低下は結晶構造において低温斜方晶(LTO)が持つ局所的な結晶構造の不安定性が生じると考え、新たな散乱として頂点酸素に起因するトンネリングレベルによる散乱(K)を考えた。図4にFitting結果を示す。その結果、やはりKによる散乱の強さはSrの置換量Xと共に増加し、Kの項の増加は低温での熱伝導率の異常な低下の原因であると考察でき、頂点酸素のトンネリングレベルによる散乱の出現、増加が主とした原因である。X=0.15の試料で $T_c$ 以下でのエンハンスが見られ、電子格子相互作用パラメータ( $\lambda$ )は0.06とYBCO90K相と比較すると約1/5、1/6程度ではあるけれどもそのエンハンスははっきりと確認できた。

#### 4.まとめ

電気抵抗率はSrをX=0.1置換することにより超伝導性が現れ、X=0.15で最も高い $T_c=38$ Kを示し、X=0.3で見られなくなった。熱伝導率は $\text{La}_2\text{CuO}_4$ (X=0)の熱伝導率は40K付近で約80(mW/cmK)と大きな値を示すが、Sr置換により大きく減少する。Sr濃度がX=0.05から0.15までの試料での $\kappa$ の絶対値はほぼ単調に減少する。 $T_c$ の最も高いX=0.15の試料では $T_c$ 以下でのエンハンスがわずかに見られた。X=0.2から0.3では、再び $\kappa$ が増加する。T-W理論の解析の結果、Srを置換したことによる熱伝導率の絶対値の低下は、結晶構造の不安定性から生じる頂点酸素のトンネリングレベルによる散乱の出現、増加が主とした原因であり、無視することの出来ない散乱である。X=0.15の試料における $T_c$ 以下でのエンハンスはYBCO系と比較すると小さいけれどもはっきりとしたエンハンスの存在が確認できた。

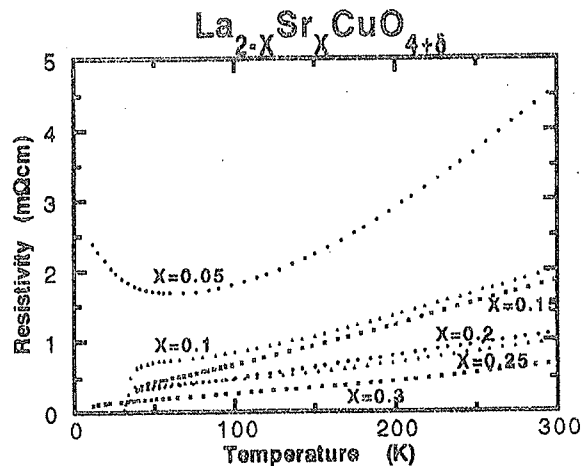


図1 電気抵抗率-温度特性

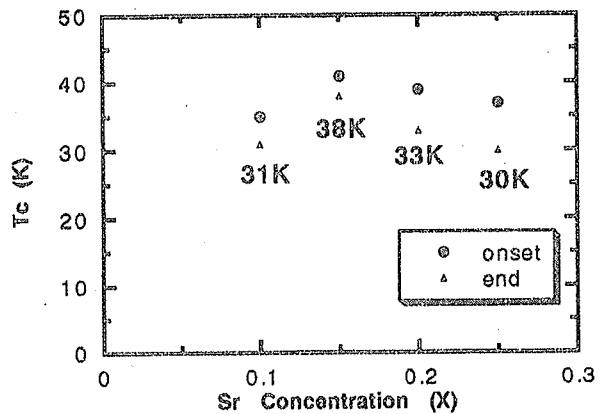


図2 Sr濃度Xに対する $T_c$ の関係

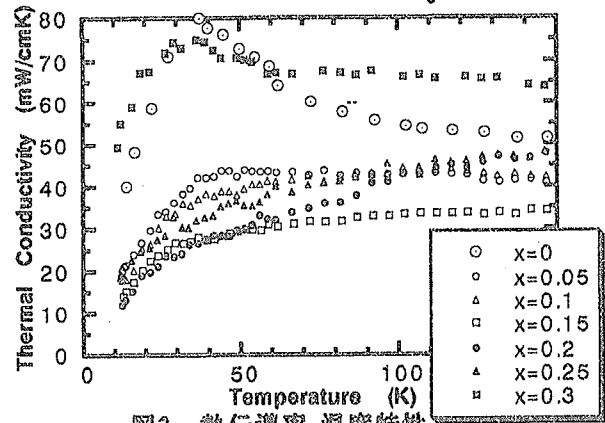


図3 熱伝導率-温度特性

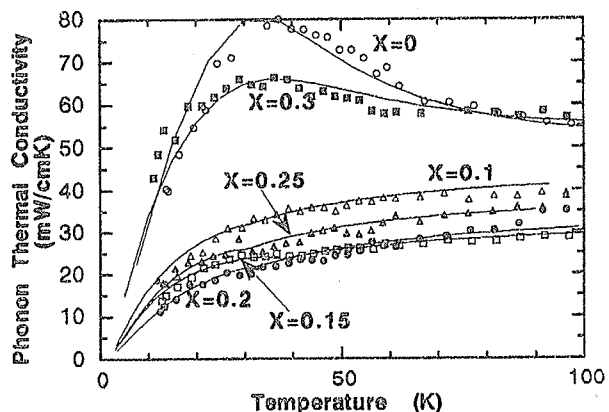


図4 T-W理論によるFitting結果