

Title	NMR Studies on Multilayered Copper Oxide Superconductors with Apical-fluorine
Author(s)	清水, 直
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49619
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	清水 直
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 23026 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	NMR Studies on Multilayered Copper Oxide Superconductors with Apical-fluorine (NMRによる頂点フッ素系多層型銅酸化物高温超伝導体の研究)
論文審査委員	(主査) 教授 北岡 良雄 (副査) 教授 宮坂 博 教授 清水 克哉 教授 三宅 和正

論文内容の要旨

銅酸化物高温超伝導体は、これまでに発見された超伝導体の中で最も高い超伝導転移温度 (T_c) を示す。全ての銅酸化物高温超伝導体は、 CuO_2 面という二次元面と、電荷供給層からなる積層構造をとる。この CuO_2 面が超伝導の舞台であり、特に超伝導相図においてキャリアー（ホール）の少ない領域（低ドーピング領域）の重要性が認識され理論・実験による様々な研究が行われてきたが、その発現機構の解明には至っていない。

銅酸化物高温超伝導体の中でも、多層型と呼ばれる一連の物質は単位胞内に複数の CuO_2 面を持つ。このような多層構造をとる CuO_2 面は平坦性が良いため、銅酸化物高温超伝導体の理想的な研究対象である。本研究ではこの多層型物質の一つである頂点フッ素系 $\text{Ba}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n}(\text{F}_y\text{O}_{1-y})_2$ に注目した (n ; CuO_2 面の積層数)。この系では酸素イオン (O^{2-}) とフッ素イオン (F^-) の価数の違いを利用しホール濃度 (N_h) をコントロールすることができる。博士課程では、フッ素量 y 及び CuO_2 面数 n の異なる試料のNMR測定を行い、低ドーピング領域における反強磁性 (AFM) と超伝導 (SC) の系統的な研究を行った。

Cu- および F-NMR測定により明確な n 依存性を示す結果が得られた。 $n=4$ の場合、磁場中及びゼロ磁場中での測定から $N_h \sim 0.15$ より低ドーピング領域においてAFM秩序が観測された。これは $N_h \sim 0.15$ が $n=4$ の場合の反強磁性磁気臨界点 (QCP) であること、またAFMとSCの共存相が存在することを示唆する。一方 $n=2$ の場合にはQCPは $N_h \leq 0.14$ の領域に存在すること、 $n=5$ の場合にはQCPは $N_h \sim 0.17$ であることが観測され、 n の増加にともないQCPに対応する N_h が増加することがわかった。

本研究により観測されたAFMとSCの共存相は、典型的な高温超伝導体である $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ や $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6-x}$ では観測されていない。また電子相図の明確な n 依存性は、 n の増加が積層方向の磁気的相互作用の増加に対応し、AFM秩序をより安定化することを示す。これら本研究から得られたことは、 CuO_2 面の相図においてこれまで無視されてきた面間の磁気的結合の重要性を指摘するものであり、 CuO_2 面の相図の正確な理解につながる重要な結果と考えている。

論文審査の結果の要旨

銅酸化物高温超伝導体は、これまでに発見された超伝導体の中で最も高い超伝導転移温度 (T_c) を示す。全ての銅酸化物高温超伝導体は、 CuO_2 面という二次元面と、電荷供給層からなる積層構造をとる。この CuO_2 面が超伝導の舞台であり、特に超伝導相図においてキャリアー（ホール）の少ない領域（低ドーブ領域）の重要性が認識され理論・実験による様々な研究が行われてきたが、その発現機構の解明には至っていない。

銅酸化物高温超伝導体の中でも、多層型と呼ばれる一連の物質は単位胞内に複数の CuO_2 面を持つ。このような多層構造をとる CuO_2 面は平坦性が良いため、銅酸化物高温超伝導体の理想的な研究対象である。本研究ではこの多層型物質の一つである頂点フッ素系 $\text{Ba}_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_{2n}(\text{F},\text{O}_{1-y})_2$ に注目した (n : CuO_2 面の積層数)。この系では酸素イオン (O^{2-}) とフッ素イオン (F^{-1}) の価数の違いを利用しホール濃度 (N_h) をコントロールすることができ、フッ素量 y 及び CuO_2 面数 n の異なる試料のNMR測定を行い、低ドーブ領域における反強磁性 (AFM) と超伝導 (SC) の系統的な研究を行った。

Cu- および F-NMR 測定により明確な n 依存性を示す結果が得られた。 $n = 4$ の場合、磁場中及びゼロ磁場中での測定から $N_h \sim 0.15$ より低ドーブ領域においてAFM秩序が観測された。これは $N_h \sim 0.15$ が $n = 4$ の場合の反強磁性磁気臨界点 (QCP) であること、またAFMとSCの共存相が存在することを示唆する。一方 $n = 2$ の場合にはQCPは $N_h \leq 0.14$ の領域に存在すること、 $n = 5$ の場合にはQCPは $N_h \sim 0.17$ であることが観測され、 n の増加にともないQCPに対応する N_h が増加することがわかった。

本研究により観測されたAFMとSCの共存相は、典型的な高温超伝導体である $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ や $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6-x}$ では観測されていない。また電子相図の明確な n 依存性は、 n の増加が積層方向の磁氣的相互作用の増加に対応し、AFM秩序をより安定化することを示す。本研究によって、均一にキャリアがドーピングされた CuO_2 面の相図においてこれまで無視されてきた面間の磁氣的結合の重要性が明らかになり、 CuO_2 面の相図の正確な理解さらには、これまで明らかとなっていない高温超伝導現象の発現機構の解明につながる重要な結果と考えられ 博士 (理学) の学位論文として価値のあるものと認める。