

4.  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  の核磁気共鳴法による磁氣的性質の研究

渡 辺 功 雄

## I 序論

酸化物高温超伝導体  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$  は 1986 年、J.G.Bednorz、K.A.Müller とによって発見された<sup>1)</sup>。超伝導転移点  $T_c$  は約 30K であり、それまで最高の  $T_c$  を持つ  $\text{Nb}_3\text{Ge}$  ( $T_c = 23.2\text{K}$ ) を上回るものであった。 $\text{La}_2\text{CuO}_{4-y}$  ( $X=0$ ) は約 270K で Cu spin が ac 面内に揃うような反強磁性体である。反強磁性は、酸素を媒介とした、Cu 間の交換相互作用によって説明できる。X を増していくとこの反強磁性秩序は急速に壊され、約  $X=0.02$  付近で消失する。更に X の値を増していくと  $X=0.05$  付近で超伝導が出現する (図 1)。La<sup>3+</sup> を Ba<sup>2+</sup> によって置換するか、酸素欠損の量を変化させることによって、系に供給される電子が減少し、hole が作られる。La 系における反強磁性秩序から超伝導への変化は、hole 濃度の変化と関係があるものと思われる。光電子分光<sup>2)</sup>、X 線吸収<sup>3)</sup> の実験より、Cu の電子状態は hole が dope されても  $\text{Cu}^{2+}$  ( $3d^9$ ) の spin 1/2 の局在した状態であることが報告されている。酸化物高温超伝導体において、磁気モーメントが存在しながらも高い  $T_c$  を持つ超伝導の発現機構は、従来の BCS 理論の枠内で説明できるのかと言う問題がある。我々は、Cu の磁気モーメントが、超伝導状態で spin の大きさを変えずに存在しているのか、また、hole の doping や酸素欠損による系の電子状態、磁気秩序状態の変化を調べることを目的に、<sup>139</sup>La の核四重極共鳴 (NQR) 測定を行った<sup>5)</sup>。

## II 実験結果

・熱処理によって酸素欠損の量を変化させた試料を作成し、<sup>139</sup>La の NQR を観測した。低温で共鳴線は二つに分裂しており、内部磁場の存在を示す。これは、反強磁性転移した Cu spin が La site に作る双極子場の重ね合わせで説明できる。酸素欠損の量が変わっても飽和内部磁場が変化しないことから Cu spin の大きさは変わらないことがわかる (図 2)。スピン-格子緩和率  $T_1^{-1}$  は enhance され約 7K 付近で極大を持ち、 $T_N$  が低いほどより強く enhance される (図 3)。

X を変化させて、緩和率を測定したところ、 $0.01 \leq X \leq 0.06$  のような領域において、2~10K で  $T_2^{-1}$  が発散、もしくは極大を持つことを発見した (図 4)。この緩和率の極大、発散する温度  $T_c^*$  で相転移が示唆され、反強磁性相と超伝導相との間に新しい相を考えることが出来る (図 1)。この相では、La site に内部磁場が存在するので、磁気転移を伴う。Aharony<sup>4)</sup> らによってこの低温での相が spin glass 相であるという理論的な提唱がある。しかし、La site に内部磁場が存在することから、Cu spin が spin glass 記列は考えられない。また、 $T_c^*$  より低温領域で共鳴線が低周波側へ shift し (図 5)、線幅が急速に増大していく。この原因として、内部磁場によるものは考えられず、結晶構造の変化や電荷分布の変化による La site での電場勾配の減少、非対称パラメータの変化に起因するものと考えられる。

参考文献

- 1) J.G.Bednorz, K.A.Müller : Z.Phys. B64(1986)189
- 2) A.Fujimori, E.Takayama-Muromachi, Y.Uchida, B.Okai :  
Phys.Rev. B35(1987)8814
- 3) J.M.Tranquada, S.M.Heald, A.R.Moodenbaugh : Phys.Rev. B36(1987)5263
- 4) Amnon Aharony, R.J.Birgeneau, A.Coniglio, M.A.Kastner, H.E.Stanley :  
Phys.Rev.Lett. 60(1988)1330
- 5) I.Watanabe, K.Kumagai, Y.Nakamura, T.Kimura, Y.Nakamichi  
and H.Nakajima : J.Phys.Soc.Jpn. 59 (1987)3028

図1

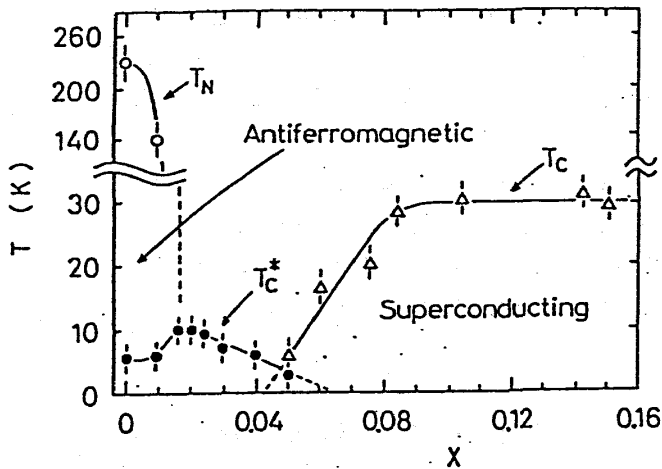


図2

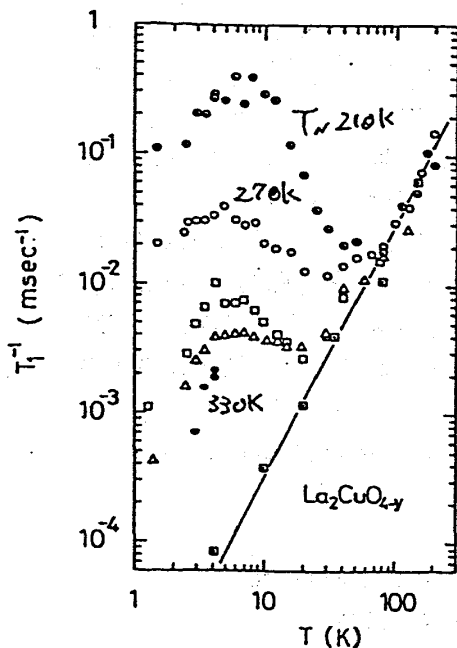
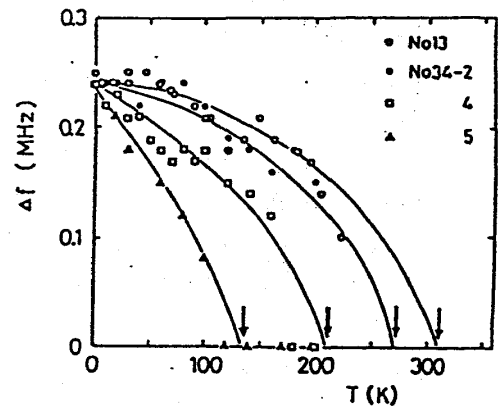


図3

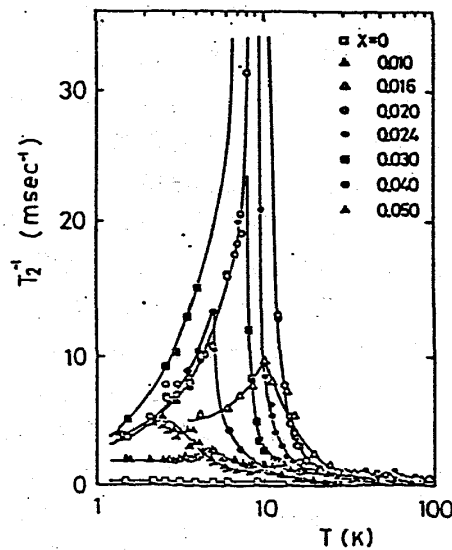


図4

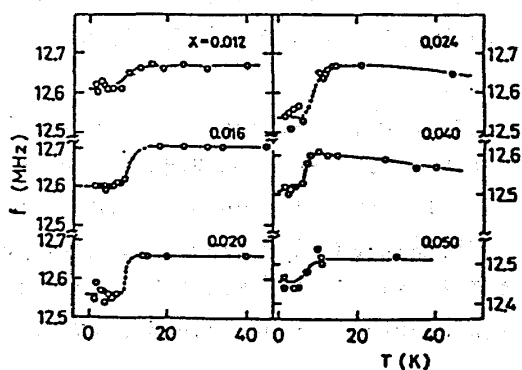


図5