

Title	NMR Study of High Tc Superconductor : Tl ₂ Ba ₂ CuO _{6+y}
Author(s)	Fujiwara, Kenji
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3054390
DOI	10.11501/3054390
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名・(本籍)	藤 原 賢 二
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 9 7 7 5 号
学位授与の日付	平成 3 年 3 月 26 日
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	NMR Study of High T_c Superconductor (高温超伝導体の NMR による研究)
論文審査委員	(主査) 教授 朝山 邦輔 (副査) 教授 西田 良男 教授 天谷 喜一 助教授 北岡 良雄

論 文 内 容 の 要 旨

$Tl_2Ba_2CuO_{6+y}$ (Tl 2201相) は, CuO_2 面にドーピングされたホール濃度が多いことから “heavy-doped” 系の典型的超伝導物質として注目を集めている。 CuO_2 面にドーピングされるホールが多くなると, それだけ Cu スピン間の反強磁性相関は弱められるであろう。そのような状況下での Cu のスピンドイナミクスを調べることは, それ自体大きな意味をもっている。又, 従来から問題とされてきた, Cu の反強磁性ゆらぎが超伝導発現の起源か否かという点について, Tl 2201相の研究は新たな知見を与えてくれる可能性がある。

Tl 2201相の T_c の異なる 3 つの試料 ($T_c = 72, 40, 0$ K) を用意して, ^{63}Cu 核の NMR, NQR, 及び ^{205}Tl 核の NMR を行った。試料は, いずれも良質の多結晶試料である。NMR に際して, 粉末試料を配向させることにより, c 軸に垂直, あるいは平行な方向のナイトシフト, 核磁気緩和時間 (T_1) の厳密な測定が行われた。以下, ^{63}Cu の結果について述べる。

^{63}Cu の $1/T_1$ は, 全ての試料において常伝導状態の広い温度範囲で $T_1 T = \text{const.}$ の関係を満足する。これほど広い温度範囲で $T_1 T = \text{const.}$ が成立するという結果は, Tl 2201相が最初である。c 軸と平行方向に磁場をかけると T_c は大きく減少する (例えば, $T_c = 72$ K から 55 K まで減少する) が, そのときやはり T_c 以上で $T_1 T = \text{const.}$ が成立する。 $T_1 T = \text{const.}$ の関係は, Cu のスピン励起のエネルギー Spektrum が連続的であることを意味しており, Tl 2201相はフェルミ流体の描像で理解することができる。なお, Cu の $1/T_1$ は, $YBa_2Cu_3O_7$ と同じ程度に増大を受けているが, その値の大きさは, ドーピングされたホールの濃度にはあまり依存していない。これは, “light-doped” である LSCO 系超伝導体の Cu の $1/T_1$ がホール濃度の増加により著しく抑えられるという結果とは対照的である。この違いは,

Tl₂201相ではドーピングされたホールの濃度の増加により Cu スピンの反強磁性相関が弱められている
ということを示していると思われる。

超伝導となる試料において⁶³Cuのナイトシフトから見積られた、スピン帯磁率(χ_s)の T_c 以下での
温度依存性はギャップを大きくとったBCSモデル($2\Delta = 4.4k_B T_c$)で説明可能である。これは、
YBa₂Cu₃O₇におけるCuO₂のCuのNMRから得られた結果と一致している。これに対して、 $1/T_1$
は、BCS超伝導体に特有の T_c 直下での増大が見られず、 T_c 以下で急激に減少する。この異常な振舞
いは、種々の高温超伝導体で共通に観測されている。 T_c 以下での T_1 の振舞いがBCSモデルによって
説明できるのかどうか理論的裏付けが待たれるところである。

果たして超伝導発現の機構を安易に反強磁性相関に求めて良いかどうかは微妙な問題である。それは
今後の課題ではあるが、“heavy-doped”超伝導体の特徴はほぼ明らかになったと考えている。

論文審査の結果の要旨

高温酸化物超伝導体の発見以来、多くの努力にも拘らず、未だ超伝導発現の機構が不明であるのみならず
常伝導状態の記述についても一致した見解が得られていないのが現状である。NMRは常伝導及び
超伝導状態における電子状態について微視的な情報を与える有力な手段である。高温銅酸化物超伝導体
の基本は反強磁性絶縁体であり、これにホールを添加すると反強磁性相関が弱まり超伝導が現れ、更に
過剰にホールを加えると常伝導金属状態へ移る。本論文におけるTl₂Ba₂CuO_{6+y}系は種々の高温超伝
導体中で、いわゆる「ヘビードープ」領域にある物質で、この系についてのNMRの研究は世界的にみ
ても初めてのものである。本研究では、常伝導および超伝導状態で⁶³Cuおよび²⁰⁵TlのNMRを行いス
ピン格子緩和時間 $\cdot T_1$ 、ナイトシフトを測定したもので、得られた重要な結果は以下の通りである。

常伝導状態における $1/T_1$ は、他の系と同様スピンのゆらぎの効果により強く増大しており、また
超伝導臨界温度 $\cdot T_c$ が72Kから0Kまで変わるのにも拘らず T_1 のホール濃度依存性は小さい。 T_1 は
広い温度領域で $T_1 T = \text{一定}$ 則を満たし高温で飽和の傾向がある。 T_c 以下の T_1 は通常のBCS超伝導
体とは異なる温度依存性を持つが、その振舞いは、La系、Bi系、Y系($T_c = 92\text{K}$)等と同じであり、
超伝導の性質がこれらと同じであることを示している。これらの結果は、高温超伝導体の常伝導状態は、
一般的にFermi流体で記述するのが適切である事を強く示唆している。

ナイトシフトの測定から、一様帯磁率は常伝導状態では温度変化せず、 T_c 以下ではエネルギーギャ
ップ $2\Delta = 4.4k_B T_c$ のs波対を支持する結果を得ている。その他、 T_1 の異方性がホール濃度とともに減少
する事など重要な結果を得ており、酸化物高温超伝導体において「ライトドープ」系から「ヘビード
ープ」系へ統一的描像を得るための極めて重要な情報を与えており、博士論文として価値あるものと認め
られる。