

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | NMR Study of Spin Fluctuation and Superconductivity in High-T <sub>c</sub> Cuprates |
| Author(s)    | 真岸, 孝一  |
| Citation     |   |
| Issue Date   |   |
| Text Version | ETD   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.11501/3110118">https://doi.org/10.11501/3110118</a>     |
| DOI          | 10.11501/3110118  |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

|            |  |
|------------|--|
| 氏名         | ま 真 ぎし 岸 こう 孝 いち 一   |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (理 学)  |
| 学位記番号      | 第 1 2 5 4 9 号  |
| 学位授与年月日    | 平成 8 年 3 月 25 日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第 4 条第 1 項該当<br>基礎工学研究科物理系専攻   |
| 学位論文名      | NMR Study of Spin Fluctuation and Superconductivity in High- $T_c$ Cuprates<br>(銅酸化物高温超伝導体におけるスピンゆらぎと超伝導の NMR による研究) |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 朝山 邦輔<br><br>(副査)<br>教授 鈴木 直 教授 那須 三郎 助教授 北岡 良雄   |

### 論 文 内 容 の 要 旨

高温超伝導の発現機構は未だに明らかではない。本研究では次の 2 つの問題を通してその解明に迫った。

- 1) Hg 系高温超伝導体の超伝導転移温度 ( $T_c$ ) が高い原因は何か?
- 2) ホールのヘビードーピングによって ( $T_c$ ) が低下する原因は何か?

研究手段としては核磁気共鳴法を用い、高温超伝導の本質を担っていると考えられる  $\text{CuO}_2$  面のミクロな性質を調べた。

$\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8-\delta}$  (Hg1223) は、 $T_c$  が 133K と既存の超伝導体の中で最も高い。この系は 4 配位および 5 配位の 2 種類の  $\text{CuO}_2$  面を持つが、とりわけ 4 配位の  $\text{CuO}_2$  面において、反強磁性スピンゆらぎの特性エネルギー ( $\Gamma_Q$ ) と交番磁化率 ( $\chi_Q$ ) との積 ( $\Gamma_Q\chi_Q$ ) の値が、5 配位の  $\text{CuO}_2$  面や  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  ( $T_c=92\text{K}$ ) での値に比べて大きいことが、核スピン-格子緩和時間 ( $1/T_1$ ) および核スピン-スピン緩和時間 ( $1/T_{2c}$ ) の解析から分かった。 $\Gamma_Q\chi_Q$  は、スピンゆらぎに基づく超伝導モデルで評価される  $T_c$  の値に比例しており、4 配位の  $\text{CuO}_2$  面における大きい  $\Gamma_Q\chi_Q$  が Hg1223 の高い  $T_c$  の原因ではないかと考えられる。

一方、 $\text{TlSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{7-\delta}$  (Tl1212) は、ホールドーピングに伴って  $T_c$  が低下する典型的なヘビードープ超伝導体である。本研究では、 $T_c=70\text{K}$ ,  $52\text{K}$ ,  $10\text{K}$  の 3 つの試料を用いて、ヘビードープ超伝導体の性質を系統的に調べた。 $1/T_1$  および  $1/T_{2c}$  の解析から、 $T_c$  の低い試料ほど反強磁性磁気相関長が短くなっており、その結果として  $\Gamma_Q\chi_Q$  の値が小さくなることが分かった。したがって、ホールのヘビードーピングによる  $T_c$  の低下はスピンゆらぎに基づく超伝導モデルでうまく説明できる。

また、超伝導状態の性質は、Hg1223 および Tl1212 とともに、他の高温超伝導体と同様に、異方的な超伝導ギャップを持つ d 波超伝導モデルでうまく説明できる。スピンゆらぎに基づく超伝導モデルでは d 波超伝導が実現することが示唆されており、この性質は常伝導状態でのものと矛盾しない。

したがって、以上の常伝導および超伝導状態での性質はスピンゆらぎに基づく超伝導モデルでうまく説明でき、高温超伝導はスピンゆらぎに起因していることが強く示唆される。

## 論文審査の結果の要旨

銅酸化物高温超伝導体において現在までの研究でクーバー対はd波対に絞られつつあり、引力の原因がスピンゆらぎにある可能性が高い。

本研究は現在まで最高の  $T_c$  を持つ  $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  系とオーバードープ系  $\text{TlSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  系の  $\text{CuO}_2$  面の Cu の NMR を行い超伝導発現機構を解明しようとするものである。

まず  $T_c$  以下のスピン格子緩和率  $1/T_1$  とナイトシフトの温度依存性はいずれも他の系と同様 d 波対モデルで良く説明できる。

反強磁性スピンゆらぎを媒介にした引力機構では、 $T_c$  は  $\Gamma_Q \xi^2$  に比例する。 $(\Gamma_Q$  はスピンゆらぎの特性エネルギー、 $\xi$  は磁気コヒーレンス長である。)  $T_c$  以上、常伝導状態で Cu の  $1/T_1$  と  $1/T_{2c}$  (核スピン横緩和時間) およびナイトシフトの解析から、 $\chi_Q \Gamma_Q$  の大きさを求めた。 $(\chi_Q$  は交番帯磁率である。)

水銀系では 4 配位と 5 配位の  $\text{CuO}_2$  面があるが 4 配位の銅サイトでは、 $\chi_Q \Gamma_Q$  が  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  ( $T_c = 92\text{K}$ ) の 3 に比べて 5 と大きい。また、 $\text{TlSr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_7$  では酸素の量に応じて  $T_c$  が 70K, 52K, 10K と下がるがこれに対応して、 $\chi_Q \Gamma_Q$  が 1.5, 1.2, 1 と減少する。 $\chi_Q$  が  $\xi^2$  に比例するとすると  $T_c$  の値と  $\chi_Q \Gamma_Q$  の値が対応しており、スピンゆらぎを媒介とした引力機構を強く支持している。

以上、この研究は、高温超伝導の発現機構の解明に重要な寄与をなすものと考えられ、博士論文としての価値があるものと認められる。