

7. $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{T}_x)_3\text{O}_7$ ($\text{T} = \text{Fe}, \text{Co}$) の Cu-NQR

中 道 洋 友

C.W.Chu 等¹⁾によって発見された酸化物高温超伝導物質 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-y}$ ($T_c=90\text{K}$) には酸素の配位の違う二つの Cu サイト (Cu(1)-chain, Cu(2)-plane サイト) が存在する (図1)。 $y=1$ で系は反強磁性を示し、Cu(2) サイトに局在した 3d 電子スピン 1/2 が反強磁性秩序を担っており、一方 Cu(1) サイトの Cu 原子は一価でスピンを持たない。酸素量を増やすと系は超伝導を示す (図2)。反強磁性相で局在していた 3d 電子が超伝導相でも局在しているのか、それともフェルミ準位上に存在しているのかを解明することが重要である。

3d 電子を持った遷移金属元素 Fe, Co 等は、金属元素の種類や熱処理によって特定の Cu サイトに置換される。Fe で置換した系で Mössbauer 効果の実験²⁾により T_c 以下で Fe モーメントの磁気秩序状態への転移が報告されている。Fe, Co で置換した系で低温で磁気秩序状態に転移するか、また磁気秩序状態での Cu サイトの内部磁場の大きさやその磁気不純物濃度依存を知ることは興味あることである。 $^{63,65}\text{Cu}$ の NQR 測定は、Cu サイトでの局所磁場の揺らぎや静的な内部磁場、つまり超伝導と磁性の情報を同時に得ることができる。そこで $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{T}_x)_3\text{O}_7$ ($\text{T}=\text{Fe}, \text{Co}$) の両 Cu サイトでの Cu-NQR 測定を行った。

固相反応法を用いて作製した雰囲気処理の違う二系列 (1) 空气中で焼結、2) 酸素中でアニール) の多結晶焼結試料を用いた。スピンエコー法を用いて $^{63,65}\text{Cu}$ -NQR 信号の共鳴線、スピン格子緩和時間 T_1 、スピンスピン緩和時間 T_2 の測定を行った。

図3に Fe, Co で置換した系での ^{63}Cu のスピン格子緩和率の温度変化を示す。十分高温では緩和曲線が single exponential 型 (open symbols) であり、緩和率は T_c 直下で急激に減少し、 $x=0$ と同様の温度変化を示す³⁾。このことは緩和率が超伝導の影響を受けて抑えられていることを示す。低温では緩和曲線が $\exp[-(t/\tau_1)^{1/2}]$ 型であり (closed symbols)、緩和が磁気不純物によって支配されていることを示す。Fe で置換した系で、緩和率は低温にするにつれ増大しピークを持つ。このことは低温で Fe モーメントが磁気秩序状態に転移することを示している。図4にピークの温度 (磁気転移温度 T_m) の濃度変化を示してある。NQR 測定の結果は Mössbauer 効果で測定された T_m (□) と一致している。一方 Co で置換した系で、緩和率はほとんど温度変化していない。このため Co で置換した系で磁気転移は起こらないと考えられる。

図5に Fe で置換した系での T_m 以上 (a) と T_m 以下 (b) での共鳴線を示す。 T_m 以下で幅は広がり、その差は Fe 濃度に比例している。この低温での共鳴線の幅の広がりには Fe モーメントの凍結により Cu サイトに誘起された内部磁場によるものと思われる。その大きさは $x=0.033$ で約 1.6kOe であり、 $S=1/2$ の局在スピンが磁気秩序状態で on site の Cu 核につくる内部磁場 80kOe に比べ非常に小さい。

References

- 1) M.K.Wu et al.: Phys. Rev. Lett., 58, 908 (1987).
- 2) T.Tamaki et al.: Solid State Commun., 65, 43 (1988).
- 3) T.Imai et al.: J. Phys. Soc Jpn., 57, 2280 (1988).

