

ミュオンによる銅酸化物高温超伝導体母物質の特異な磁性の研究

Novel magnetism in parent compound of high-Tc oxides studied by muons

藤田全基・東北大学金属材料研究所

銅酸化物高温超伝導の研究において、ミュオンスピン回転・緩和法による磁気状態の解明は、これまでに大きな役割を果たしてきた。磁気秩序を敏感に検出できることから、ドーピングに対する磁気相図を決定したこと、磁場印加・不純物置換による誘起磁性を発見したこと、また、それにより超伝導と磁気相関の関係性を示したことは、その例である。最近では、超伝導薄膜や積層界面における磁性など、エネルギー制御したミュオンによる新しい研究の方向性も示されている。一方、超伝導研究では、特に日本において、物質面でも新しい発見が絶えずなされており、ミュオンを初めとした量子ビームを如何に新物質発見の早い時期に活用するかが、世界的な研究の動向を決める要因としても重要となっている。

最近、電子ドーピング超伝導体の母物質である T' 構造 Ln_2CuO_4 (Ln は希土類イオン) の薄膜、低温合成された粉末試料において、超伝導転移の発見が日本から報告された。希土類サイトを価数の異なる元素で置換しないノンドープ組成での超伝導発現は、本系における基底状態が Mott 絶縁体であるかという基本的問題の再考を促しているようにも見える。もし本当にノンドープ超伝導が実現していれば、T' 構造における絶縁性の起源は Mott 絶縁体由来ではなく、諸物性に対する電子・ホール対称性を見直す必要がでてくる。

我々は、電子ドーピング超伝導体の母物質 $\text{Pr}_{1.40}\text{La}_{0.60}\text{CuO}_{4+\delta}$ (PLCO) に対するミュオン・中性子散乱の相補的実験から、ノンドープ絶縁体における磁気基底状態の起源解明を目指している。ごく最近、J-PARC 施設内の分光器を用いて、単結晶 PLCO の as-grown 試料と annealed 試料で磁気励起を観測し、共に2次元スピン波分散関係で表せる磁気励起であることを示した。しかし、両系における磁気散乱強度は広いエネルギー領域で異なっており、熱処理することで強度が著しく減少することも明らかになった。分散関係が変わらないにも関わらず、散乱強度が激変することは、通常 of 局在スピン描像による動的構造因子の変化だけからでは考えにくい。残された散乱強度減少の可能性として、スピン密度分布の変化を反映した磁気形状因子の変化がある。この問題解決にミュオンスピン回転法で如何に迫れるかを通して、ミュオン・中性子による相補的磁性研究を議論したい。