



高温超伝導体における局所構造のNMRによる観察

後藤貴行, 高尾智明, 中村一也 (機能創造理工学科)

超伝導って何?

ある種の金属などを絶対零度(セ氏零下273度)近くまで冷やしていくと、ある温度(臨界温度)で電気抵抗が急に0になる現象。1911年、H. Kamerlingh Onnesが水銀で発見したのが最初。(大辞泉)



写真参照: MRI: HITACHI AMERICA SYSTEMS LP
 加速器: KEK, J-PARC
 Liイオン電池: 東産油化学研究所 LP

共同研究

研究目的: 磁束状態への量子揺らぎの影響の調査

理学(基礎サイド)

工学(応用サイド)

アプローチ

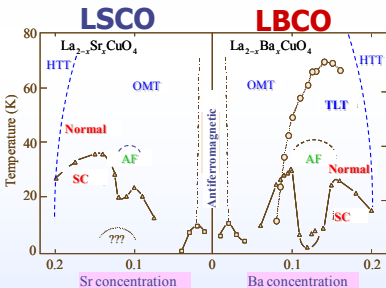
- ✓磁束線の有効なピン留め法(不純物・格子欠陥)及び安定化法の開発
- ✓磁束格子の相変化を利用したセンサ、及びデバイスの開発
- ✓新奇な磁束相の出現が期待できる新しい低次元有機金属錯体の開発

基礎サイドからのアプローチ

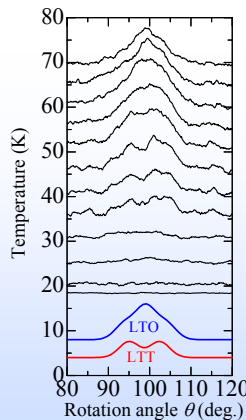
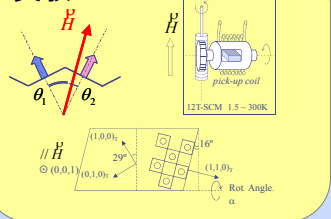
局所構造の検出

金属における結晶構造は、その周期性のために起こるBragg散乱によって伝導電子のバンド構造が形成されることに加えて、結晶構造とパターンの合致した電子状態のピン止め効果を通して多種多彩な物性をもたらす。高温超伝導体は銅原子と酸素原子から形成される“超伝導面”が低温で波打ち構造(buckling)を取ることで、ストライプ秩序と呼ばれる電荷密度波をピン止め・安定化させ、超伝導を阻害してしまうことがある。

我々はストライプ秩序を始めとした高温超伝導体で見られる様々な異常物性が、散乱実験で見えない局所構造に由来した可能性を探るためにNMRと純良な単結晶試料を用いて研究を行っている。本研究では、通常のNMR測定で用いられる磁気シフト(ナイトシフト・ケミカルシフト)ではなく、核電荷と結晶場との相互作用から来る電気シフト(四重極シフト)によって核周囲の局所構造を見る。NMRのprobeである原子核はデルタ関数的な点とみなせるため、全ての波長の構造変化、特に散乱実験では検出できない空間インコヒーレントな構造も捉えること(P. 1、右図)、さらに、核スピンの相互作用エネルギーが極めて小さいため、他の手法と異なり静的な構造を選択的に高精度で見ることができると特徴である。



実験

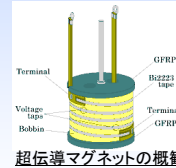


T. Goto J. Phys.:Conf. Series
 108 (2008) 012007

応用サイドからのアプローチ

マグネットの巻枠材料に着目し機械的振動を低減させることによりマグネットの高効率化を目指す

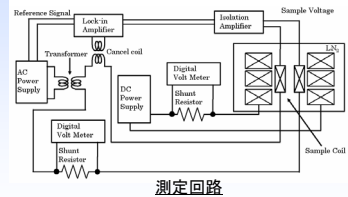
ダイニーマ繊維DFRP → 温度を下げると伸びる特異な性質



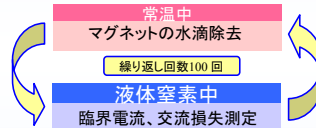
超伝導マグネットの概観

超伝導線とマグネットの緒元

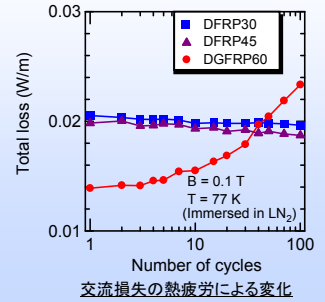
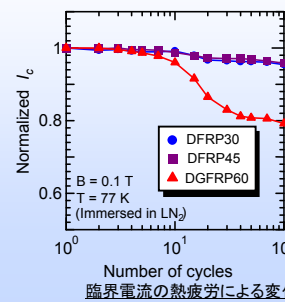
超伝導線	Bi2223
線の寸法	幅 4.1 mm, 厚さ 0.2 mm
コイル径	内径 40 mm, 外径 55 mm
コイル高さ	50 mm
巻枠材料	DGFRP, DFRP
巻角度	60, 45, 30
巻線	1層4ターン半



測定回路



測定手順



本年度の概要

LBCOにおける局所構造

ランタン系高温超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{MxCuO}_4$ ($\text{M}=\text{Sr}, \text{Ba}$)においてはドーパ量 $x=1/8$ 付近でストライプ秩序の発生により、 T_c の異常な低下がみられる。特にBaをドーパした系(LBCO)では低温になるにしたがって、温度 T_d1 でHTT相(空間群: $I4/mmm$)→OMT相($Cmca$)へ T_d2 においてOMT相→LTT相($P4_2/nmc$)へと構造転移し、LTT相ではストライプ秩序のピン止め・安定化のために $x=1/8$ における T_c の低下がSrドーパ系に比べ著しい。

しかし近年OMT相→LTT相における相転移にX線回折などで観測される平均構造とは異なった局所構造が隠れているという報告がなされており、実際LBCOやLSCOでは $x=1/8$ において T_d2 以上で局所構造がLTT的であるという報告がある。

NMR信号のピーク位置はテンソル主軸と磁場のなす角に依存しており、ピーク分裂のパターンから局所構造を決定できる。本研究ではLBCOにおける局所構造の有無を調べるために単結晶試料における 63Cu -NMR測定を行った。その結果、150K以下の温度では局所構造は完全にOMT型であり、平均構造とは異なる局所構造は観測されなかった。従って、局所構造は構造不安定性が大きい状況でのみ現れると考えられる。

