

-目的-

相互作用する 2 つの磁気モーメントは量子効果を考慮すると、低温でも秩序状態に転移せず“ふらふら”と揺らいだ状態で安定していることがわかっている。

本研究で扱う磁性体 NH_4CuCl_3 の Cu の電子は 1 次元鎖が 2 本、つまりはしご状に並んでいる。このような場合の電子スピンの低温での振る舞いは未だよく解っていない。特に NH_4CuCl_3 と同様の結晶構造を持つ KCuCl_3 、 TlCuCl_3 と比べて、磁化曲線に大きな違いが見られることが知られている。本研究ではこの違いの原因を明らかにするために NH_4 分子の回転運動の振舞いを調べる。

-実験-

1. NMR とは

NH_4CuCl_3 に静磁場 H をかけ、 ^1H の核スピン(磁気モーメント μ) のエネルギー準位を分裂させる(ゼーマン効果)。これに外からゼーマンエネルギー μH と等しいエネルギー $\hbar\omega$ を持つ高周波パルスを与え、核スピンを回転させコイルに発生する誘導起電力をデータとして取り込む。

2. NMR の目的

^1H の核のゼーマンエネルギーは、Cu の 3 d スピンによる磁場の影響を受けているため原子核の感じる磁場は $H = H_{\text{静磁場}} + H_{\text{電子}}$ となっている。 μ 、 $H_{\text{静磁場}}$ 、 \hbar 、 ω は既知であり $\mu H = \hbar\omega$ から $H_{\text{電子}}$ の値を求めることができ、3 d スピンが物質の内部に作る磁場の大きさと分布がわかる。このことこそが NMR を用いる目的である。

3. 卒研で制作した装置

・三重断熱 NMR 用クライオスタット
 ^3He を用いて、0.5K まで測定が可能。
 (通常は、二重断熱で ^4He を用いて 4.2K まで。)

・高速高周波スイッチャー
 直流パルスと高周波を高周波パルスに変換する。
 (ダブルバランストミキサーを使用。)

-結果-

誘導起電力の時間変化(FID 信号、Fig.1)をフーリエ変換により、 ^1H の歳差運動の角周波数分布をヒストグラム(Fig.2)にして、そこから NH_4 の運動状態を考察する。

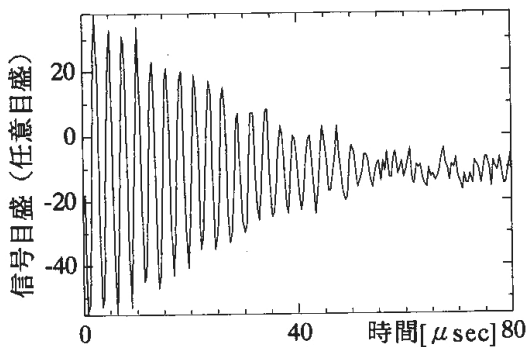


Fig.1 誘導起電力の時間変化

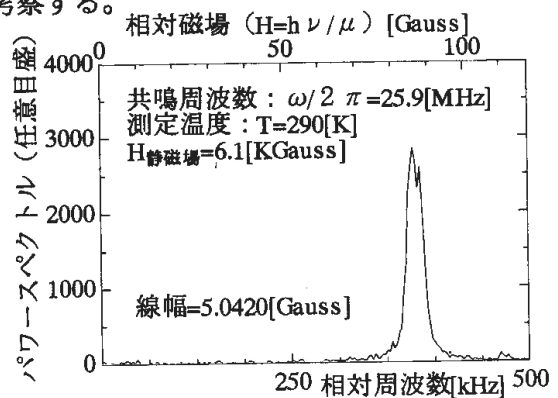


Fig.2 内部磁場分布のヒストグラム

-考察-

NH_4 が一方向に向いて静止しているとする、相対位置の違いから Cu の電子による磁場の影響が異なっていると考えられる。すると、ピークは 4 本あるはずである。

色々な方向に向いて静止している場合は、複数本のピークが出てくることになる。

今回の実験の結果ではシャープなピークが 1 本確認でき、それは NH_4 が高速で回転しているため ^1H の Cu 電子に対する相対的な位置が等しくなったからだと考えられる。