

低次元量子スピン系 NH_4CuCl_3 の ^1H -NMR (緩和率)

後藤研究室 95-7640 新屋敷 亮

【はじめに】

一般に、ハイゼンベルク相互作用する2つの磁気モーメントは量子ゆらぎのために磁気転移を起こさず、低温でも“ふらふら”した状態で安定している。 $\text{Cu} 3d$ スピンがはしご状に並んだ二重鎖構造を含む単斜晶系化合物 NH_4CuCl_3 は、電子スピンの大きさが $S=1/2$ のため量子効果が大きく、やはり低温でも磁気転移を起こさないとされているが詳しいことは未だわかっていない。常温では KCuCl_3 、 TlCuCl_3 と同様の結晶構造をしている NH_4CuCl_3 が低温で示す特異な性質(極低温での磁化過程において二段のプラトー領域が現れる)は、 NH_4 分子の運動が変化するためと言われており、これを確かめるために核磁気共鳴による研究を行った。

【実験】

製作した装置

- ①外から印加した静磁場 H_0 を精度よく測るためのホール素子を使った測定系
- ②プログラマブルパルス発生器の出力を高速高周波スイッチャに接続するための論理変換回路

NMRの原理及び測定手順

- ① NH_4CuCl_3 に静磁場 H_0 をかけ、 ^1H の核スピンについてエネルギー準位を分裂させる。このゼーマンエネルギー μH と等しいエネルギー $\eta\omega_0 = \mu H_0$ を持ったパルス波を外から与えてやり、核スピンを反転させ、コイル内に発生した誘導起電力の時間変化 (FID 信号) をデータとして測定する。
- ②緩和の原因である NH_4 分子の $\omega_{\text{回転}}$ は温度と共に指数関数的に増加し、 $\omega_{\text{回転}} = \omega_0$ (但し $\omega_0 = \gamma H_0 = \mu H_0 / \eta$ は共鳴周波数、 γ は核磁気回転比) のとき最もエネルギーを受け取り易いことがわかっているので、励起した核スピンが再び下の安定状態(基底状態)に戻るまでの緩和時間を求めれば、 NH_4 分子の運動の振る舞いを知ることができる。
- ③コムパルスと測定用パルスの間隔 τ を色々変えて、信号の強度を測り、そのデータ点を $A\{1 - \exp(-\tau/T_1)\}$ 《 A : 定数、 T_1 : スピン格子緩和時間》の式にフィットさせる(Fig.1)ことにより T_1 を求め、核スピン格子緩和率 T_1^{-1} の温度依存性(Fig.2)について調べた。

【結果】

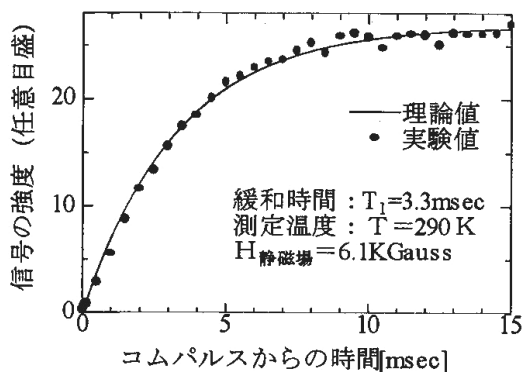


Fig.1 ^1H -NMRの緩和曲線

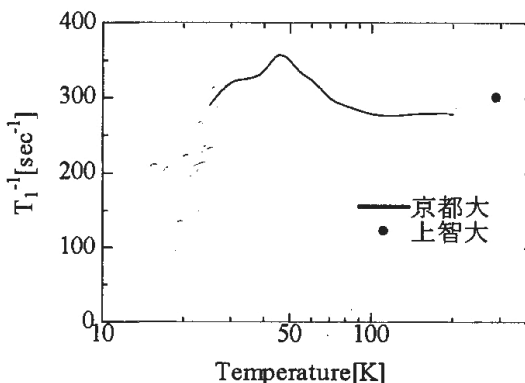


Fig.2 NH_4CuCl_3 の緩和率 T_1^{-1}

【考察】

室温付近の高温における緩和時間 T_1 は 3.3msec で、この結果は京大の実験結果ともほぼ一致している。これは、 NH_4 分子が ω_0 に比べて非常に速く回転していることを意味している。