

氏 名	後 藤 喬 雄 ごとう たかお
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 245 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 第 一 専 攻
学位論文題目	Nuclear Relaxation of Proton in One-dimensional Ising System $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (一次元イジング系塩化コバルト 2 水和物におけるプロトンの核磁気緩和)
	(主 査)
論文調査委員	教 授 長谷田泰一郎 教 授 松原武生 教 授 浅井健次郎

論 文 内 容 の 要 旨

$\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ はイジング的スピンが強磁性的に結合した一次元鎖が束になって反強磁性的に配列している物質である。磁化容易軸に平行な外部磁場中で強磁性鎖が単位となって次々に反転し、反強磁性、フェリ磁性、強磁性の各相に転移する。単位となっている強磁性鎖の中でスピンの励起は通常のスピン波ではなく局在した反転スピクラスターである。この物質中で Co^{+2} イオンの近傍に位置するプロトンの核磁気緩和の研究を行なった。このようなイジング性の強いスピン系中のスピンのダイナミックスを調べるのが目的である。

強い磁場中のプロトン核のスピン格子緩和時間 (T_1) をスピンエコー法で測定し前期三相の中で磁場、温度に対する依存性および異方性を詳細に調べた。

プロトンの T_1 の解析は Co^{2+} イオンの電子スピンの時間的相関の計算の問題になる。多くの物質でよく成立しているスピン波理論はここでは適用できないので先ず全く現象論的に全体として t 時間のうち T_1 はスピン上向き t_2 はスピン下向きであるとして t_1 と t_2 の間の配分を一次元格子強磁性イジングスピン系の磁化の理論値から推定した。この方法によって実験値と充分によい一致を得たが時間 t , t_1 , t_2 の物理的内容は明確に捉えられない。そこで次の手段として厳密には完全なイジングスピンではなく横方向のスピン成分があることに着目して時間相関の計算を試みた。基底としてはイジングスピン相関をとって構成分相関を摂動としてとり入れる。夫々の相関の係数は遠赤外吸収その他の実験から確定している数値を用いて不定要素の少い計算になる。結果は数値的に充分に満足できるものでイジングスピン系中の時間相関の解析の一方提示している。

三相夫々の中での T_1 の異方性は一次元鎖の外圍から与えられる有効磁場の幾何学的因子部分と鎖内のスピンの時間相関部分がある。 Co^{+2} イオンの上においた磁気双極子の相互作用として求めると実験を殆んど完全に説明できる。時間相関部分について有効磁場がちょうど打消して零になる磁場値で一次元鎖特有の不規則配列状態に対応する短かい T_1 が検出されている。低磁場領域では磁化容易軸方向に直角な面

内で著しく特異な T_1 の変化を見出している。イジングスピクラスターの励起の機構に直接関っている重要な実験事実である。イジング的な異方性の極度に少い Mn^{2+} イオンの同類塩中のプロトンの T_1 の測定を行ない上記の異状が全く存在しないことを確かめている。

本論文は低次元格子イジングスピン系中のスピンのダイナミックスに対して近傍に位置するプロトンの核スピン T_1 の測定を通じて実験的に明確な像を与えると共に現象論的ならびに半定量的解析を試みイジングスピン系の励起について重要な知見を加えた。

論文審査の結果の要旨

低次元格子上におけるイジング又はハイゼンベルグスピン系の磁性の静的な挙動はここ数年来、理論的にも実験的にも多くの集積が行なわれて来たがダイナミックな性質はこれからの課題である。本申請論文は一次元イジングスピン強磁性体とみなされている $CoCl_2 \cdot 2H_2O$ 中のプロトンの核スピン緩和を測定し Co^{+2} スピンの動的挙動を調べたものである。

異方性の強いイジングスピン系ではスピンの励起は通常のスピン波とはならず局在化した反転スピンのクラスターである。先ずプロトン核磁気共鳴周波数のシフトを測定し外部磁場中でこの物質が示す半強磁性、フェリ磁性、磁性の三相の中で磁気能率の単位となっている一次元強磁性鎖が外周から受ける有効内部磁場の磁場依存性を明らかにしている。特に有効磁場がちょうど打消し合いがあつて零になる磁場位置で一次元鎖が持つ特有の動的性質を示したのは重要な結果である。次にプロトン核のスピン格子緩和時間をスピンエコー法によって測定し、前記三相夫々の中で磁場温度への依存性、磁化容易方向からの異方性などについて詳細な結果を得ている。従来多くの磁性塩で成功を収めてきたスピン波理論による解析はこの物質には適用できない。強い異方性による局在化した励起しか存在しないからである。このような場合のスピンの時間相関の計算は未解拓であるが、本論文申請者は全く現象論的に全 t 時間のうち t_1 時間はスピンはプラスを t_2 時間にマイナスを向いているとしてその時間相関は全スピン系の磁化の値から推定した。平均磁化値を一次元イジング強磁性体の厳密解を導入してスピン格子緩和時間を求めた。実験値との一致は充分満足できるもので、イジング的スピン系における励起の取扱いの一つの手法を与えている。

t の物理的内容を明らかにする為申請者は厳密には無視出来なかったスピンの構成成分の与える効果を取入れるを試みた。構成成分の相関を摂動としてイジングスピン系を取扱ってスピン格子緩和時間を導出した。スピンの相関については遠赤外吸収スペクトルの実験から与えられる実験値によっており、前の現象論的手法に比して不定要素が少く時間相関の物理的意味は明確になっている。実験との一致は充分に満足できるもので局在化した励起スピクラスターの時間相関に対する取扱い方を提示したと言える。更に申請者は $CoCl_2 \cdot 2H_2O$ において磁化容易軸方向に垂直な面内ではスピン格子緩和時間に著しい特異性があることを見出しているが、この現象はイジングスピン系における励起の機構に深く関っている現象で重要な結果である。イジング性の極度に弱い $MnCl_2 \cdot 2H_2O$ 塩においてはこの特異性が欠けていることも実験的に明らかにしている。

以上本申請論文は強い異方性のあるイジングスピン系中のスピン励起の時間的変動について実験的に多くの重要な結果を得たものである。よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。