

Title	Low Temperature Thermal and Magnetic Properties of Haldane Gap Antiferromagnet
Author(s)	小林, 達生
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38668
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	小 林 達 生
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 1 9 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 6 年 3 月 16 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	Low Temperature Thermal and Magnetic Properties of Haldane Gap Antiferromagnet (ハルデンギャップ反強磁性体の低温における熱的磁氣的性質)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 天 谷 喜 一 (副査) 教 授 朝 山 邦 輔 教 授 鈴 木 直

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、 $S=1$ 次元ハイゼンベルグ反強磁性体における量子効果であるハルデンギャップについて、実験的に詳しく調べ、特に磁場中の励起状態について、いくつかの成果を得た。

ハルデンは一次元ハイゼンベルグ反強磁性体 (1D-HAF) について、次のような理論的予測を行った。すなわち、1D-HAF の基底状態は、スピン量子数 S によって本質的に異なっていて、 $S=1/2, 3/2, 5/2 \dots$ などの半奇数であれば基底エネルギーの上にギャップは存在しないが、 S が整数であれば、ギャップ (ハルデンギャップ) が存在するというものである。スピン系の問題では、「物理現象の本質はスピンの大きさに依存しない」という普遍性が成立するのが一般的であり、この予測をめぐって、理論的、実験的に多くの検証が行われた。

本研究では、ハルデンギャップ反強磁性体の磁場中における三次元長距離秩序の可能性を調べるために、ハルデンギャップ系 $\text{Ni}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2\text{NO}_2(\text{ClO}_4)$ (NENP) と $(\text{CH}_3)_4\text{NNi}(\text{NO}_2)_3$ (TMNIN) の比熱、帯磁率測定を超低温、強磁場下で行った。我々の測定した範囲 ($T > 30\text{mK}$, $H < 13\text{T}$) では、長距離秩序が存在しないことが分かった。また、基底状態におけるエネルギーギャップを反映した比熱が初めて観測された。この結果は、ハルデンギャップが存在することを強く支持する。比熱から見積もられたエネルギーギャップの磁場依存性は、強磁場磁化過程から得られた臨界磁場 H_c に近い磁場値において有限のギャップを示し、 $H > H_c$ で再びギャップが増大することがわかった。この有限のギャップが長距離秩序を抑制していると考えられる。

ハルデンギャップ系における磁氣的一次元鎖の端の効果調べるために、Cu をドーブした NENP の低温における比熱、帯磁率測定を行った。Cu 不純物 ($S=1/2$) とドーピングによって現れた一次元鎖の端のスピンを反映した特徴的な帯磁率、比熱が観測された。実験結果は、この系における ESR で提案された $S=1/2$ のトリマーモデルでよく説明される。

NENP の磁場中における有限のギャップは、プロトンの NMR で見いだされた磁場に垂直な方向のスタッガードモーメントに関連している可能性が考えられる。このスタッガードモーメントの詳細を調べるために、 ^{14}N 核の NMR を行った。観測されたスペクトルは一樣磁化では説明されず、スタッガードモーメントの出現を支持している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、スピン量子数 $S=1$ の一次元ハイゼンベルグ反強磁性体における量子効果であるハルデンギャップについての実験的研究の成果、特に磁場中の励起状態に関するいくつかの重要な観測結果の報告である。

一次元ハイゼンベルグ反強磁性体において、スピン量子数 S が整数であれば基底状態の上にエネルギーギャップが存在するという、ハルデンの理論的予測をめぐって、最近、理論的、実験的に多くの検証が行われてきている。

本論文では、ハルデンギャップ反強磁性体の磁場中における三次元長距離秩序の可能性を調べるために、ハルデンギャップ系として知られている NENP と TMNIN について比熱、帯磁率測定を超低温、強磁場下で行い、測定された 30mK 以上の温度域及び 13T 以下の磁場域では、長距離秩序が存在しないことを実験的に確認している。更に、基底状態におけるエネルギーギャップを反映した比熱が初めて観測されている。この結果は、ハルデンギャップが存在することを最も直接的に示したものと評価される。比熱から見積もられたエネルギーギャップの磁場依存性からは、強磁場磁化過程から得られた臨界磁場に近い磁場値において有限のギャップが存在すること、及び臨界磁場をこえる磁場域で再びギャップが増大することが明らかである。本論文では、この有限のギャップによって長距離秩序が抑制されていると結論付けられている。

更に、ハルデンギャップ系における磁気的一次元鎖の端の効果を調べるために Cu をドーブした NENP の低温における比熱、帯磁率測定が行われ、この系における ESR で提案された $S=1/2$ のトリマーモデルを支持する結果を報告している。

最後に、NENP の磁場中における有限のギャップが、プロトンの NMR で見いだされた磁場に垂直な方向のスタグガードモーメントに関連している可能性を考え、このスタグガードモーメントの詳細を調べるために、 ^{14}N 核の NMR を行っている。観測されたスペクトルは一様磁化では説明されず、スタグガードモーメントの出現を支持する結果となっている。

以上、本論文は磁性物理学に於いて重要な研究課題の 1 つとして最近注目されているハルデン問題に関し、実験的に重要な知見を与えているもので、博士論文に価するものと認める。