

Title	OBSERVATION OF $S=1/2$ DEGREES OF FREEDOM IN AN $S=1$ LINEAR-CHAIN HEISENBERG ANTIFERROMAGNET
Author(s)	Hagiwara, Masayuki
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3091087
DOI	10.11501/3091087
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	萩 原 政 幸
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 4 7 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 12 月 15 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	Observation of $S = 1/2$ Degrees of Freedom in an $S = 1$ Linear Chain Heisenberg Antiferromagnet ($S = 1$ 一次元磁性体中 $1/2$ スピン自由度の観測)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 伊 達 宗 行 (副査) 教 授 櫛 田 孝 司 教 授 邑 瀬 和 生 教 授 池 谷 元 伺 助 教 授 堀 秀 信

論 文 内 容 の 要 旨

全体で八節からなっている論文でハルデン問題に関する研究を記述している。第一節には一次元磁性体に関する今までの研究のあらましが述べられている。第一節後半は1983年アメリカのHaldaneによって発せられたハルデン問題あるいはハルデン効果について概説している。ハルデンの予想はスピン量子数が整数の一次元ハイゼンベルグ反強磁性体の基底状態近傍のエネルギースペクトラムが半整数の場合と異なるというものである。つまり、整数の場合には基底状態と第一励起状態の間に波数が0あるいは π のところでエネルギーギャップが存在するのに対し、半整数の場合にはエネルギーギャップが存在しないというのである。この予想の後、数値計算、厳密解を含む理論そして実験と様々な研究が行なわれ、ハルデンの予想を支持してきた。とくに実験の分野においては1.2Kまで3次元の相転移を示さない擬一次元ハイゼンベルグ反強磁性体 $\text{Ni}(\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2)_2\text{NO}_2(\text{ClO}_4)$ (NENP) での多くの実験的研究が進められてエネルギーギャップの存在が確かめられてきた。第一節の最後にはAffleckらによって提唱されたValence-Bond-Solid (VBS) 状態が説明され、この状態をハイゼンベルグハミルトニアン¹の基底状態と仮定した際、不純物原子が入るとどのような状態ができるかについて記述されている。つまり、基底状態はNiのスピン1を二つの $1/2$ スピン自由度に分け、隣り合うNiのスピン間でシングレットペアを形成するというものである。この状態に不純物が入ったときには不純物原子の両隣のホスト原子位置にスピン $1/2$ 自由度が現われる。第二節にはNENPの結晶構造、及び磁気的な性質がまとめられている。多くの研究がありながらエネルギーギャップを有する整数スピンの反強磁性体の基底状態の様子についてはあまりはっきりしたことがわからなかった。本研究(第三節以降)はその基底状態の様子について新たな知見を与えるものである。第三節にこの研究で行なった実験の手段(X-バンド、K-バンド電子スピン共鳴(ESR)、静磁場磁化、パルス磁場による磁化測定)及びサンプル作成の手續きがまとめられている。第四節からその実験結果が記載されている。実験はNENP中に不純物のCuイオンを含む単結晶で行なった。4.2K近傍でCuイオン単独からのESRシグナルでは考えられないg値の2から大きく離れたESRシグナルが観測された。このシグナルは4.2Kから温度を上げると急激にそのシグナル強度が小さくなる。このESRシグナルの温度変化及び角度変化は第一

節に述べたモデル (Cu イオン (スピン $1/2$) と両隣の Ni サイトのスピン $1/2$ 自由度が交換相互作用したトリマーモデル) でうまく説明することができた。このモデルでさらに Cu 不純物濃度の小さな試料において観測された Hyperfine lines や磁化測定の結果も定量的に説明できた。第六節にはパルス強磁場 (大阪大学) を用いた測定の結果と解析について記載している。第七節には磁性不純物を含まない NENP の単結晶での ESR 及び磁化測定の実験結果, 解析を記載している。格子欠陥などで有限の長さに鎖が切れた際その端にスピン $1/2$ 自由度が現われると考えることで結果が説明できた。第八節にまとめが記載されている。

論文審査の結果の要旨

ハルデン問題として最近注目を集めているスピンの 1 で一次元反強磁性体を構成する物質, 具体的には NENP と呼ばれるニッケル化合物において, 萩原君は電子スピン共鳴法を用い, ハルデン基底状態が $1/2$ スピン自由度を持つ VBS と呼ばれる状態にあることを証明した。これは博士 (理学) の学位論文として十分な価値あるものと認める。