



Title	HIGH FIELD MAGNETISM OF THE HALDANE-GAP MATERIALS AND BIOLOGICAL SYSTEMS
Author(s)	Takeuchi, Tetsuya
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3063571">https://doi.org/10.11501/3063571</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	竹 内 徹 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 1 0 4 1 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 4 年 9 月 28 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科 物理学専攻
学 位 論 文 名	High Field Magnetism of the Haldane-Gap Materials and Biological Systems (強磁場におけるハルデン物質および生体組織の磁性)
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 都 福仁 助教授 山岸 昭雄

### 論 文 内 容 の 要 旨

1983年にハルデン（F.D.M.Haldane）は整数スピンを持つ一次元ハイゼンベルグ型反強磁性体（以下 1D-HAF と略す）が、基底状態と励起状態の間にエネルギーギャップを持つことを主張した。このギャップの存在を実験的に証明する目的でスピン  $S=1$  をもつ典型的な 1D-HAF と考えられている物質、NENP ( $\text{Ni}(\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2)_2\text{NO}_2(\text{ClO}_4)$ ), NINO ( $\text{Ni}(\text{C}_3\text{H}_{10}\text{N}_2)_2\text{NO}_2(\text{ClO}_4)$ ), TMNIN ( $(\text{CH}_3)_4\text{NNi}(\text{NO}_2)_3$ ), NINAZ ( $\text{Ni}(\text{C}_3\text{H}_{10}\text{N}_2)_2\text{N}_3(\text{ClO}_4)$ ) の磁化をパルス強磁場を用いて測定した。単結晶試料の NENP, NINO では、三つの主軸方向とも磁場 10 テスラ付近まで磁化はほとんど零で、ある臨界磁場以上で磁化が急に出現する。この結果からこれらの物質で実際にハルデンギャップが存在することが確認された。また臨界磁場の値は各主軸によって異なるが、この異方性は第一励起状態に orthorhombic な異方性 ( $DS_z^2$ ,  $E(S_x^2 - S_y^2)$  項) を取り入れることによって説明されるが、 $\text{Ni}^{2+}$  の D の符号は基底状態では正であるのに対し励起状態では負になることが実験で確かめられた。これはハルデン状態における素励起が two-spin bound state で起こるためであると考えられる。

粉末試料 TMNIN では磁化の出現は磁場 2.7 テスラに見られ、磁場の増加とともに磁化が増加し、約 30 テスラの磁場で飽和する。整数スピンを持つ 1D-HAF では、初めて観測された TMNIN の飽和に至るまでの磁化過程は、理論計算によるものとよく一致しハルデンの主張を支持している。また粉末試料 NINAZ においても同様にハルデンギャップが存在することが確認された。磁化測定の解析から得られたハルデンギャップエネルギー  $E_g$  と一次元鎖内の交換相互作用定数の値の関係は、理論的に求められている  $E_g = 0.41 |J|$  をほぼ満足していることが確かめられた。

一方、異方的反磁性物質として生体組織を取り上げ、定常強磁場下での配向を観測することによりその磁性を調べた。血しょう中分子であるフィブリノゲンからフィブリン線維への重合反応を磁場下で行わせると磁場 8 テスラではほぼ 100% 磁場方向に揃った（磁場配向した）線維が見られ、1 テスラでも部分的に配向した線維が得られた。これはフィブリノゲン分子が持つ異方的な反磁性帶磁率によるものとして説明される。レーザーを用いた重合過程における光透過度、偏光度測定から、磁場の影響が最も効果的なのは、重合反応の初期段階であることが解った。

正常な人の赤血球は、ヘモグロビンの Fe イオンのスピンの状態にはよらず、定常磁場下でその円盤面が磁場と平

行に配向することが観測された。解析の結果、赤血球の磁場配向は脂質二重膜の異方的反磁性帯磁率によるものであることが解った。また血小板もその円盤面が磁場と平行に配向する。これは脂質二重膜による磁気異方性のみでは理解できず、内部の骨格タンパクであるマイクロチューブルズの異方的反磁性帯磁率による寄与が大きいものと考えられる。

### 論文審査の結果の要旨

ハルデンの予言によって、スピンが1の一次元反強磁性体におけるギャップの存在が注目されているが、竹内君は強磁場を加えることによってこのギャップが消失することを明確な実験で示し、また生体物質の磁場配向の定量的測定にも成功した。これらの成果は博士（理学）の論文として高い価値を持つことを認める。