

1次元量子スピン系 $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の磁場誘起強誘電転移

名大理, 阪大基礎工^A, 安井 幸夫, 柳沢 雄大, 岡崎 竜二, 寺崎 一郎, 山口 泰弘^A, 木村 剛^A

Magnetic field induced ferroelectric transition in one-dimensional quantum spin system $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$

Nagoya Univ., Osaka Univ.^A, Yukio Yasui, Yudai Yanagisawa, Ryuji Okazaki, Ichiro Terasaki, Yasuhiro Yamaguchi^A, Tsuyoshi Kimura^A

$\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ は CuO_2 リボン鎖と呼ばれる CuO_4 四角形が辺共有で1次元的に連なった構造をもつ物質系の1つである。 CuO_2 リボン鎖をもつ物質系では Cu は+2 価で $S=1/2$ の量子スピンをもつ。スピン間の相互作用としては銅イオンと酸素イオンの波動関数の重なり方を考えると最近接交換相互作用 J_1 が強磁性的、次近接 J_2 が反強磁性的になることが容易に理解でき、この時、相互作用 J_1 と J_2 が競合していることから、磁気フラストレートした量子スピン系の典型例の1つと見なせる(模式図を Fig.1 に示す)。 CuO_2 リボン鎖をもつ物質系としては $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の他に LiVCuO_4 [1], LiCu_2O_2 , $\text{PbCuSO}_4(\text{OH})_2$ [2] などが挙げられるが、マルチフェロイック現象(磁気秩序と強誘電性が共存)に関する研究の観点と、spin-nematic 相、chiral-order 相、quadrupolar-order 相など新奇でエキゾチックな量子相の探索という観点の両方から興味を持っている。

本研究で取り上げる $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ は $J_1 = -138\text{K}$ (Ferro 的), $J_2 = 51\text{K}$ (AF 的) のスピン間相互作用をもつと報告されているが[3]、強い量子ゆらぎと低次元性により少なくとも 2K までは3次元的な長距離磁気秩序を示さない。 $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の誘電率 ϵ を測定した結果、約 50K 以下で降温とともに誘電率の増大を観測した(Fig.2)。この系では長距離磁気秩序を持たないものの、helical 的な短距離磁気秩序があるので、それに起因して誘電率の増大が現れたと考えられる。さらに磁場を印加して誘電率を測定した結果、約 0.5T 以上の磁場下では、 $T_c = 8\text{K}$ で $\epsilon-T$ 曲線にピーク構造が現れることを見出した(Fig. 2)。この時、 T_c 以下では有限の自発分極も観測され、磁場誘起の強誘電転移が起こることがわかった。また、誘電率の増大と磁場下での強誘電転移の出現は Cu サイトへの Zn 及び Ni 置換によりともに抑制されることもわかった。強誘電転移が誘起される磁場下で磁化率と比熱を詳しく調べたが、 T_c で何の異常も観測されず磁気転移を伴っていないことがわかった。つまり、3次元的な長距離磁気秩序を伴わないにもかかわらず、磁場によって強誘電性が誘起されるという大変奇妙な現象を見出した。この磁場誘起の強誘電転移は、磁気フラストレートした量子スピン系の特異な磁気状態が関与した新しいタイプのものと考えられ大変興味を持っている。この物質系の特徴と同じ1次元 J_1 - J_2 量子スピンモデルにおいて、chiral-order 相の存在が理論的に指摘されており、本研究で見出した磁気転移を伴わない磁場誘起強誘電相との関連にも注目している。

- [1] Y. Yasui, Y. Naito, K. Sato, T. Moyoshi, M. Sato, and K. Kakurai, J. Phys. Soc. Jpn. **77** (2008) 023712.
- [2] Y. Yasui, M. Sato, and I. Terasaki, J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) 033707.
- [3] M. Hase, H. Kuroe, K. Ozawa, O. Suzuki, H. Kitazawa, G. Kido, and T. Sekine, Phys. Rev. **B 70** (2004) 104426.

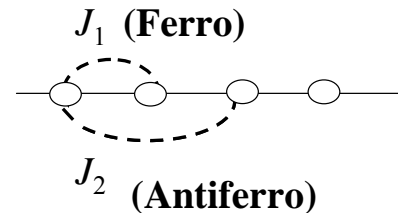


Fig.1: CuO_2 リボン鎖系のスピン間に働く主な交換相互作用

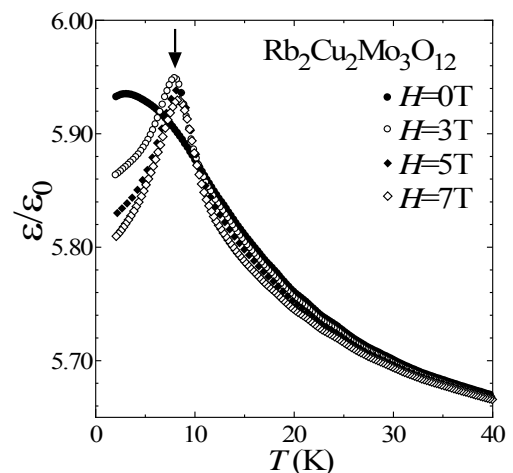


Fig. 2: $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の磁場下での誘電率 ϵ の温度依存性