

超周期構造が無い反強磁性秩序が誘起する強誘電性

$\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ では、磁性を担うスピン 1/2 の Cu^{2+} イオンが、頂点共有の歪んだ四面体磁性鎖を形成する。この量子スピン系は、幾何学的フラストレーションと低次元性を兼ね備えた新規物質として、その磁氣的性質が研究されてきた。

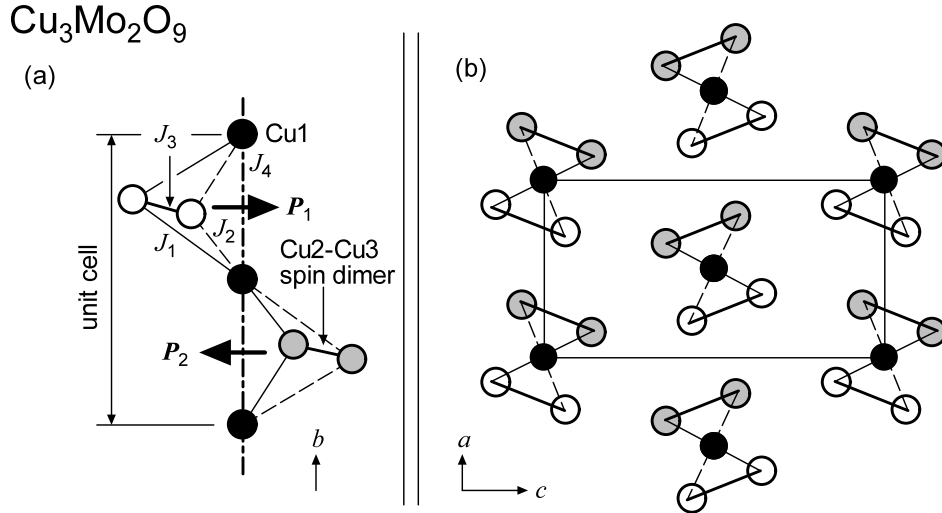


図 1 : $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ の結晶構造 (a) 中の矢印 P_1, P_2 が局所的な電気分極の方向を示す。

この系の異方的な磁化曲線や、中性子非弾性散乱によって観測された磁気励起分散関係は、歪んだ四面体を Cu2-Cu3 スピン・ダイマーと弱く結合した Cu1 擬一次元反強磁性鎖として扱うことで説明される。8 K 以下では、Cu1 上のスピンが反強磁性的に整列し、Dzyaloshinskii-Moriya の相互作用に起因した、弱い磁化の強磁性成分が生じている。また、中性子回折・散乱実験を通じて、磁氣的な超周期構造は観測されなかった。

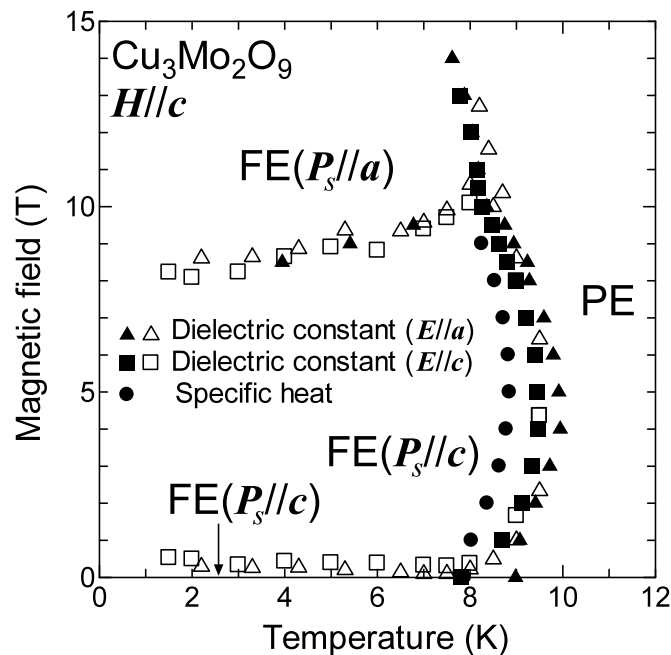


図 2 : $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ の磁場-温度相図

最近、上智大学理工学部機能創造理工学科のメンバーを中心とする研究グループは、 $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ において、磁気的な超周期構造を持たない反強磁性秩序の形成に伴って強誘電性が誘起される事を実験的に示し、図 2 のような磁場-温度相図を得た。強誘電性の起源として、Bulaevskii らが提唱した、フラストレートした Mott 絶縁体における電荷再分布効果の可能性を考え、少数スピン・クラスタにおける電気分極の厳密対角化計算の結果を用いて、歪んだ四面体磁性鎖では反強磁性秩序がフェリ的な強誘電性を誘起しうる事を明らかにした。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の 2011 年 8 月号に掲載された。

複数の強的な性質（例えば強磁性と強誘電性）が共存している物質の事をマルチフェロイック物質と呼ぶ。最近では、反強磁性と強誘電性が共存している物質についても、この概念が拡張され、適用されている。特に磁気秩序が誘起する強誘電性については、交差相関の一種である電気磁気効果を利用した応用の観点から、精力的な研究がなされてきた。一連の研究の流れの中で、ある種の磁気的な超周期構造の形成に伴う系の対称性の低下を利用して、時間反転対称性と空間反転対称性の両方が同時に破れた状態を作り出すことが、マルチフェロイック物質の探索の鍵である事が明らかになった。現在では、磁気的な超周期構造を伴った基底状態を持つ物質を探索することがマルチフェロイック物質を探索するための「王道」とされている。

反強磁性秩序と強誘電性が共存する $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ は、初めての電荷再分布効果によるマルチフェロイック物質になると期待される。この「王道」から外れたマルチフェロイック物質の発見は、見方を変えればマルチフェロイック物質探索の新しい処方箋とも言うべき結果である。新しい「王道」に育つよう、今後の研究の展開が期待される。

論文掲載誌 J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) No.8, p.083705

電子版 <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/80/083705> (8月10日公開済)

<情報提供：黒江 晴彦（上智大学理工学部）、関根 智幸（上智大学理工学部）>