

フラストレート磁性体 $\text{NaFeGe}_2\text{O}_6$ の電気磁気効果 Magneto-electric Effect in a Frustrated Magnet $\text{NaFeGe}_2\text{O}_6$

阿部伸行¹, Nguyen Duy Khanh^{1,2}, 有馬孝尚¹, 佐々木孝彦³

¹ 東大・新領域, ² 東北大・多元研, ³ 東北大・金研

N. Abe¹, Khanh Duy Nguyen^{1,2}, T. Arima¹, T. Sasaki³

¹ Department of Advanced Materials Science, University of Tokyo

² Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

³ Institute of Materials Research, Tohoku University

1. はじめに

フラストレーションを有する磁性体では、しばしば非自明な磁気構造が実現する。このような磁気構造は結晶格子にも影響を与えることが多く、しばしば、強誘電性を併発することが明らかになってきた。本研究では、フラストレート磁性体の一種である $\text{NaFeGe}_2\text{O}_6$ に注目して研究を行った。

$\text{NaFeGe}_2\text{O}_6$ は、Fig. 1 に示すような、擬一次元磁性体である。 FeO_6 八面体が稜を共有して斜方晶の c 軸方向に伸びるジグザグ鎖を形成している。 Fe は形式価数が3価の陽イオンとなり $3d^5$ の電子配置となる。 $3d^5$ イオンはフント結合のため安定な $S=5/2$ として振る舞っており、局在磁性体である。鎖内での最近接の超交換相互作用は稜共有のため比較的弱く、反強磁性的な次近接の超交換相互作用と競合する。温度低下とともに、2段の逐次磁気相転移が観測されており、最低温では、 ac 面内で磁気モーメントが回転する非共線的な磁気秩序が報告されている。電気磁気効果については、これまでに、多結晶体を用いた実験が報告されているのみであった。そこで、単結晶についての電気磁気効果を測定した。

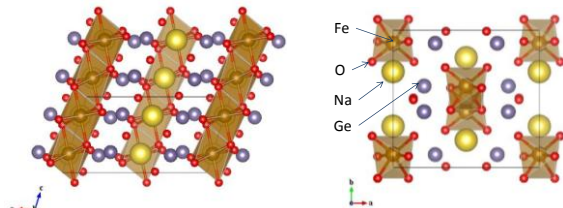


Fig. 1 Crystal structure of $\text{NaFeGe}_2\text{O}_6$ projected along the b (left) and c (right) axes.

2. 実験方法

単結晶は、 $\text{Na}_2\text{MoO}_4\text{-NaVO}_3$ を溶剤とした溶液から成長させた。東京大学物性研の SQUID 型磁化測定装置を用いて磁気的な性質を確認した。単結晶試料を(110)面の広い平行平板型に成型して、両面に電気分極および誘電率測定用の電極を形成した。強磁場超伝導材料研究センターに設置された超伝導磁石 15T-SM に、自作の電気磁気測定用のプローブを用いて、温度変化や磁場変化に伴う変位電流を測定し、それを時間積分することによって電気分極を求めた。誘電率の測定には、LCR メータを用いた。磁場の印加方向は c 軸および(110)面に垂直方向の二通りである。

3. 実験結果

3-1. ゼロ磁場下の強誘電相転移

Fig. 2 にゼロ磁場下での磁化、電気分極、誘電率の温度変化を示す。 c 軸方向の磁化率に異常の現れる 11.5K において、誘電率にピークが見られた。また、それより低温で電気分極が出現していることが確かめられた。電気分極の向きは、ポーリング電場の符号に対応して、反転できた。これらの結果は、磁気秩序によって強誘電性が発現していることを示している。

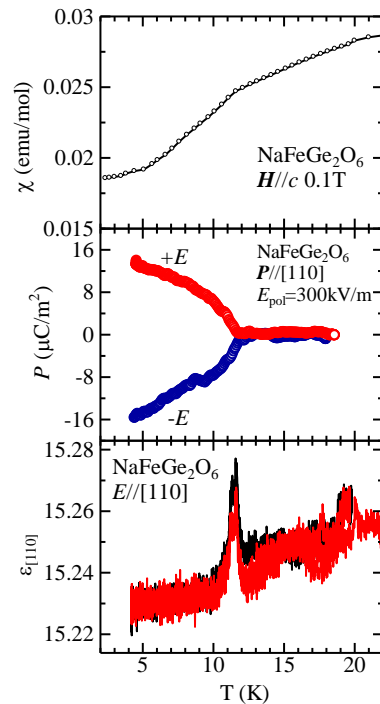


Fig. 2 Temperature dependence of magnetic susceptibility, electric polarization, and dielectric constant of $\text{NaFeGe}_2\text{O}_6$ in the absence of a magnetic field.

3-2. c 軸方向に磁場を印加した場合の相転移

Fig. 3 の左図に 4.2K で c 軸方向に磁場を印加した場合の磁化率、誘電率、電気分極の測定結果を示す。2T 付近に異常があり、強誘電性が消失することが分かる。磁場一定で温度変化をさせた場合の電気分極の出現

も3T異常では見られなかった。このことから、Fig. 3の右のような相図を得ることができる。

3-3. (110)面に垂直に磁場を印加した場合の相転移

(110)面に垂直に磁場を印加した場合は、誘電率に異常は見られなかった。また、0 T から 11 T までのいくつかの磁場強度で電気分極の温度依存性を測定したが、磁場強度によらず 11.5 K より低温で電気分極の発現が確認できた。この方向の磁場は、この物質の相を変化させないことが分かる。

参考文献

- [1] T. V. Drokina *et al.*, *JETP*. **112**, 121 (2011).
- [2] G. J. Redhammer *et al.*, *Phys. Chem. Minerals* **38**, 139 (2011).
- [3] Ingyu Kim *et al.*, *J. Phys.: Condens. Matter* **24**, 306001 (2012)

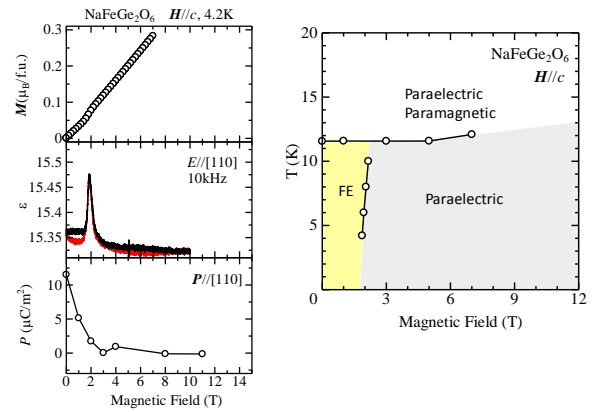


Fig. 3 (Left) Evolutions of magnetization, dielectric constant, and electric polarization in NaFeGe₂O₆ with sweeping a magnetic field along the *c* axis.