

卒業論文概要書

Graduation Thesis Summary

Date of submission: 01 / 27 / 2025

所属学科 Department	応用物理学科	氏名 Name	田村 敬伍	学籍番号 Student ID number	1Y20B051-7
研究題目 Title	BサイトにTiを含むスピネル酸化物単結晶の作製と物性			指導教員 Advisor	勝藤 拓郎 教授

1. 研究背景・目的

MnTi_2O_4 はスピネル構造 AB_2O_4 をとり、Bサイトの Ti^{3+} イオンが二量体を形成しスピン 1 重項状態となる。ゆえに絶縁体であり、 Mn^{2+} スピンは互いに孤立しているため常磁性を示す。Bサイトに V^{3+} イオンをドーピングした $\text{MnTi}_x\text{V}_{2-x}\text{O}_4$ はBサイトの Ti-Ti 二量体が破壊されることで電気伝導性が高くなり、A-B間の磁気的相互作用が生じてフェリ磁性を示す。

先行研究[1]では $\text{MnTi}_x\text{V}_{2-x}\text{O}_4$ の多結晶試料の作製と物性測定が行われた。本研究では、 MnTi_2O_4 の単結晶試料の作製と物性測定を最終目標として、 $\text{MnTi}_x\text{V}_{2-x}\text{O}_4$ と $\text{Mn}_{2-x}\text{Ti}_{1+x}\text{O}_4$ の単結晶試料の作製と物性測定を行った。

2. 実験方法

$\text{Mn}_{2-x}\text{Ti}_{1+x}\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.2$) は Mn_3O_4 , TiO_2 , Ti の粉末を化学量論比で混合し、Ar 雰囲気下で 1200°C で 12 時間焼結することで多結晶を作製し、Floating Zone 法で単結晶育成を行った。 $\text{MnTi}_x\text{V}_{2-x}\text{O}_4$ ($x=0.0, 0.1$) は Mn_3O_4 , V_2O_3 , V, Ti の粉末を化学量論比で混合し、同様の条件で多結晶を作製し、単結晶育成を行った。試料を X 線回折により評価し、背面ラウエ法で結晶方位を決定した後、カッターを用いて整形した。 $[100]$ 方向に磁場を印加して、磁化の温度依存性を測定した。

3. 実験結果・考察

図 1 に Mn_2TiO_4 , $\text{Mn}_{1.8}\text{Ti}_{1.2}\text{O}_4$ の磁化の温度依存性を示した。Ti を置換すると、フェリ磁性転移温度 T_N が 83K から 58K に減少している。 Mn_2TiO_4 [$\text{Mn}^{2+}(\text{Mn}^{2+}\text{Ti}^{4+})\text{O}_4$] は Mn^{2+} のみがスピンを持つ。Ti をドーピングしていくと B サイトの Mn^{2+} が減少し、 Ti^{3+} が増加するはずである。しかし、 $\text{Mn}_{1.8}\text{Ti}_{1.2}\text{O}_4$ の多結晶試料の焼成および単結晶育成の際に MnO や Mn が析出しており、B サイトの Mn^{2+} の欠損が予想される。これは Ti^{3+} でなく Ti^{4+} が導入されていて $\text{Mn}_{1.6}\text{Ti}_{1.2}\text{O}_4$ になっているためであると考えられる。したがって、 Mn^{2+} が減少し、d 電子を持たない Ti^{4+} が増加することになるため、A-B 間相互作用が弱まり、 T_N が下がると考えられる。

図 2 に MnV_2O_4 , $\text{MnTi}_{0.1}\text{V}_{1.9}\text{O}_4$ の磁化の温度依存性を示した。Ti をドーピングするとフェリ磁性転移温度 T_N は変わらず、軌道秩序転移温度 T_{oo} が減少している。 V^{3+} が Ti^{3+} に置換されることで軌道秩序の形成が妨げられたためと考えられる。このような振舞いは $\text{MnV}_{2-x}\text{Al}_x\text{O}_4$ でも観測されている[4]。

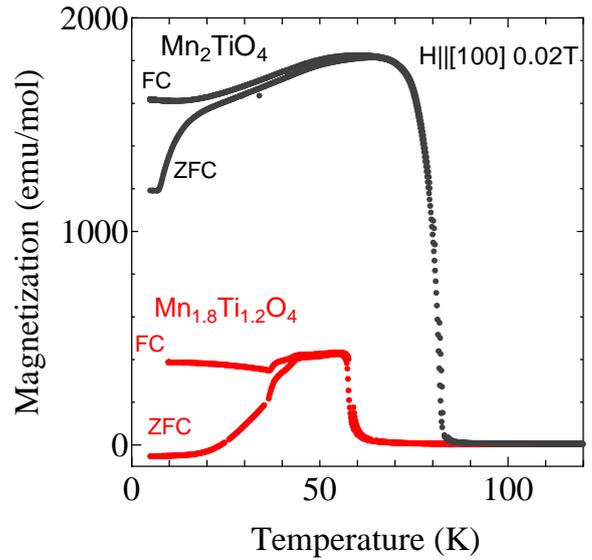


図 1 Mn_2TiO_4 , $\text{Mn}_{1.8}\text{Ti}_{1.2}\text{O}_4$ の磁化の温度依存性

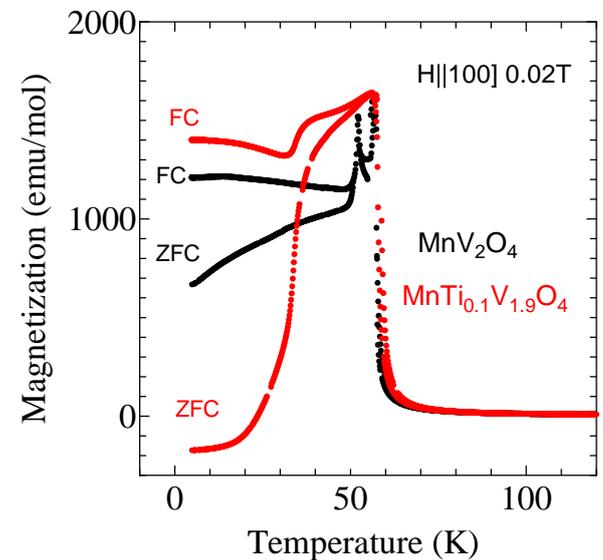


図 2 MnV_2O_4 , $\text{MnTi}_{0.1}\text{V}_{1.9}\text{O}_4$ の磁化の温度依存性

4. 参考文献

- [1] T. Sonehara, et al., Phys. Rev. B 74, 104424 (2006).
- [2] T. Suzuki, et al., Phys. Rev. Lett. 98, 127203 (2007).
- [3] Q.-Y. Liu, et al., J. Magn. Magn. Mater. 546, 168864 (2022).
- [4] T. Omura, et al., Phys. Rev. B 86, 054436 (2012).