

磁気異方性競合系  $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{PS}_3$  の磁氣的性質The magnetic properties of the magnetic anisotropy competition compound  $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{PS}_3$ 

○森田雪華<sup>1</sup>, 児玉邦之<sup>2</sup>, 加瀬翔太<sup>2</sup>, 前田穂<sup>3</sup>, 渡辺忠孝<sup>3</sup>, 高瀬浩一<sup>3</sup>, 高野良紀<sup>3</sup>  
 \*Y. Morita<sup>1</sup>, K. Kodama<sup>2</sup>, S. Kase<sup>2</sup>, M. Maeda<sup>3</sup>, T. Watanabe<sup>3</sup>, K. Takase<sup>3</sup>, Y. Takano<sup>3</sup>

Abstract: We have prepared single crystals of  $\text{NiPS}_3$  and  $\text{Mn}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}\text{PS}_3$ . The lattice parameters and, the temperature and the magnetic field dependence of the magnetic susceptibility of them were measured. While the lattice parameters  $a, b,$  and  $\beta$  were kept constant, the lattice parameter  $c$  was increased with increasing Mn content. Neel temperature of  $\text{NiPS}_3$  was 162.5K and the broad peak above  $T_N$  observed in the temperature dependence of the magnetic susceptibility, which was characteristic for the low dimensional magnets.

## 1. はじめに

遷移金属リントリカルコゲナイド  $\text{MPS}_3$  (M: 遷移金属元素) は二次元層状化合物であり, 遷移金属元素が蜂の巣格子を形成している. 遷移金属元素の違いにより, 低温で異なる磁気構造をとることが知られている. 我々は以前, 低温で磁気モーメントがいずれも  $c$  面に垂直で配列が異なる  $\text{MnPS}_3$  と  $\text{FePS}_3$ , および両者の混晶である  $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{PS}_3$  の単結晶を作製し, 結晶構造と磁氣的な性質を明らかにしてきた.

$\text{NiPS}_3$  と  $\text{MnPS}_3$  では磁気構造が異なり, 低温で  $\text{NiPS}_3$  ではスピンの向きが  $c$  面に対して平行だが,  $\text{MnPS}_3$  ではスピンの向きが  $c$  面に垂直となっている. そこで  $\text{NiPS}_3$  と  $\text{MnPS}_3$  の混晶である  $\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x\text{PS}_3$  の単結晶試料の作製を行うことにより, 磁気異方性が競合する系を作製し, どのような磁性の変化を示すかを調べた. Figure 1 - (a), (b) に  $\text{NiPS}_3$  と  $\text{MnPS}_3$  の磁気構造の図を示す.

## 2. 試料作製および測定

輸送剤としてヨウ素を用いて化学輸送法により単結晶試料を作製した. 原材料として Mn, Ni, P, S を用いて化学量論比通りに計量し, 空気中でメノウの乳鉢で 30 分間混合した. 混合した原材料とヨウ素 (約 0.3g) を長さ 30cm, 内径 1.5cm の石英管に  $2.0 \times 10^{-3}$  Pa 以下で真空封入した.

封入した石英管を高温端  $730^\circ\text{C}$  に設定した電気炉で 70 時間熱処理した. 低温端に薄片状の単結晶が作製された. 高温端にある試料をメノウ鉢で 30 分粉碎し Rigaku 社製の Ultimal V にて粉末 X 線回折測定をし, 薄片単結晶は 2mm 平方に切り, 約 20 枚を積み重ね Quantam Design 社製 SQUID にて磁化測定を行った. Figure 2 に熱処理の温度プロファイルを示す.

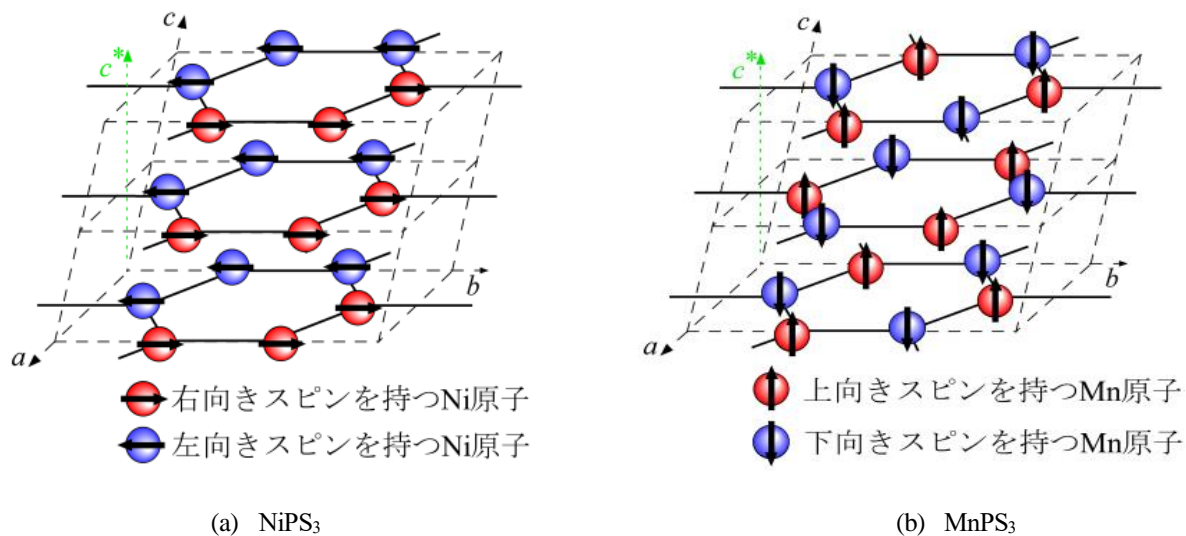


Figure 1. Magnetic structure of  $\text{MPS}_3$  (M: Ni, Mn)

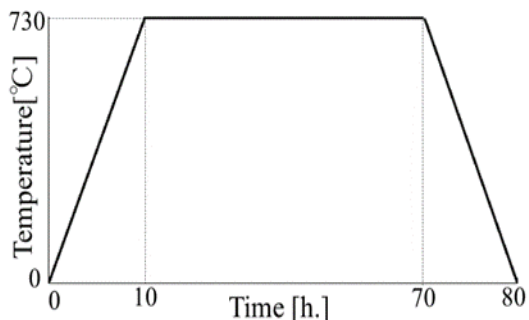


Figure 2 . Heating condition of Ni<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.5</sub>PS<sub>3</sub>

3.実験結果および考察

Figure 3 に作製した NiPS<sub>3</sub> と Ni<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.5</sub>PS<sub>3</sub> の粉末 X 線回折測定結果を NiPS<sub>3</sub> の simulation 結果とともに示す。薄片単結晶のため(00*l*)の回折線が強く出ているが不純物のない試料が得られていることがわかる。

Table 1 に NiPS<sub>3</sub> と Ni<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.5</sub>PS<sub>3</sub> の格子定数を示す。 *a* 軸長, *b* 軸長および角度βはほとんど変化しないが, *c* 軸長は Mn 置換により約 0.01Å 増加した。

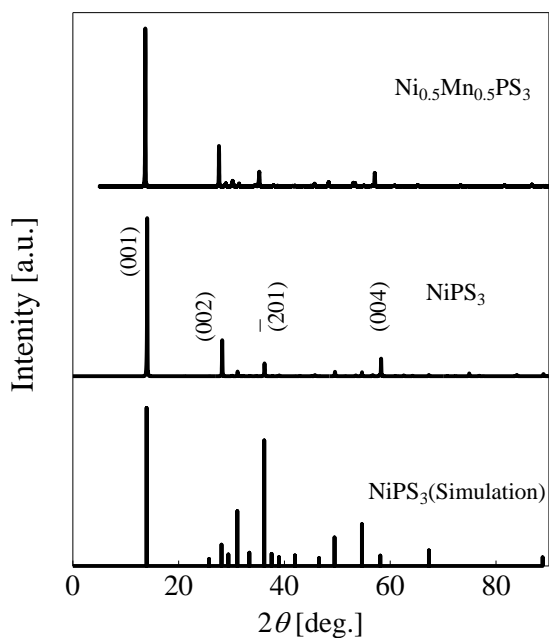


Figure 3 . X-ray diffraction patterns

Table 1 . Lattice parameters

	<i>a</i> [Å]	<i>b</i> [Å]	<i>c</i> [Å]	β[deg]
NiPS <sub>3</sub>	5.820	10.08	6.626	107.0
Ni <sub>0.5</sub> Mn <sub>0.5</sub> PS <sub>3</sub>	5.816	10.07	6.635	107.0

Figure 4 に NiPS<sub>3</sub> の磁化率の温度依存性を示す。ネール温度 *T<sub>N</sub>* は磁場が *c* 面と平行な場合と垂直な場合で異なりだす温度で 162.5 K であった。また *T<sub>N</sub>* 以上で磁化率の温度依存性でブロードなピークを示すのは低次元磁性体の特徴的である。Ni<sub>0.5</sub>Mn<sub>0.5</sub>PS<sub>3</sub> の磁化測定結果については当日報告する予定である。

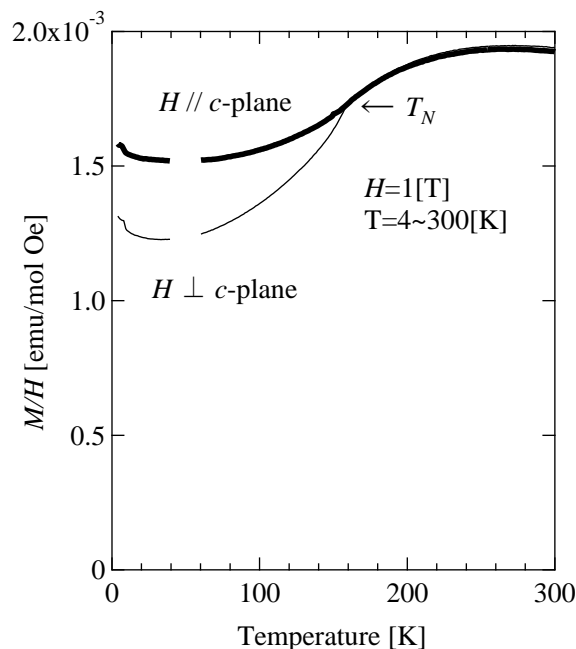


Figure 4 . Temperature dependence of the susceptibility of NiPS<sub>3</sub>

4.今後の課題

異なる Mn 組成の試料を作製し X 線回折測定および磁化測定を行い磁気異方性競合系の性質を調べる。

5.参考文献

[1]豊島 渉:「層状化合物 Mn<sub>1-x</sub>Fe<sub>x</sub>PS<sub>3</sub> の磁性の圧力依存性」, 修士論文(日本大学大学院理工学研究科),2010  
 [2] P. A. Joy and S. Vasudevan, MPS<sub>3</sub> (M = Mn, Fe, and Ni), Phys. Rev. B46 (1992) 5425.