O-34

遷移金属トリカルコゲナイト $NiPS_3$ の単結晶作製と磁気的性質

Preparation of the single crystal and the magnetic properties of transition-metal trichalcogenide $NiPS_3$

○木立早紀 [1], 齋藤みなみ [1], 加瀬翔太 [2], 前田穂 [3], 渡辺忠孝 [3], 高瀬浩一 [3], 高野良紀 [3]
*S.Kidachi[1], M.Saito[1], S.Kase[2], M.Maeda[3], T.Watanabe[3], K.Takase[3], Y.Takano[3]

Abstract: We have succeeded to prepare relative large single crystals of $NiPS_3$. The temperature dependence of the magnetic susceptibility of poly crystal is consistent with the reported one. We are going to measure an anisotropy and the pressure dependence of the magnetic properties of $NiPS_3$ using the single crystal.

1.　はじめに

遷移金属トリカルコゲナイト MPX_3 は遷移金属イオンが六角格子を作る二次元層状化合物であり, 遷移金属およびカルコゲン元素の違いにより, 低温で異なる磁気秩序構造を示すことが知られている. 我々は以前 $MnPS_3$, $FePS_3$ の単結晶作製を行い, 圧力印加に伴う格子定数および磁性の変化について調べてきた.

本研究では $NiPS_3$ の圧力効果を調べるための前段階として, 単結晶試料の作製を行った. また同時に多結晶試料の磁化測定を行った. Figure 1, Figure 2 には遷移金属カルコゲナイト MPX_3 を $a-b$ 平面, $a-c$ 平面から見たときの結晶構造を示す.

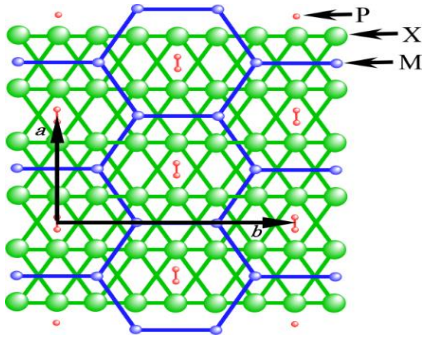

Figure 1. Crystal structure of MPX_3 ($a-b$ Plane)

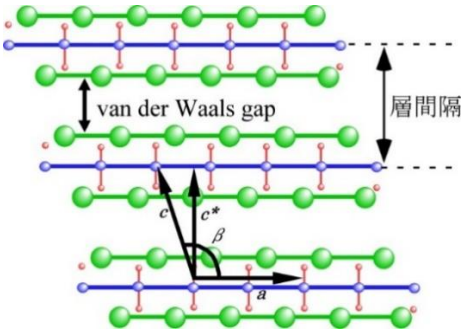

Figure 2. Crystal structure of MPX_3 ($a-c$ Plane)

2.　試料作製および測定

輸送剤にヨウ素を用いた化学輸送法により単結晶の試料を作製した. 原材料として Ni(3N), P(3N), S(5N) を用いて化学量論比通りに計量し, 空気中のメノウ鉢中で 30 分間混合した. 混合した原材料とヨウ素(約 0.1 g)を内径 1.5 cm の石英管に 2.0×10^{-3} Pa 以下で真空封入した. その後高温端を 730 ℃に, 低温端を 630 ℃に設定した電気炉で 130 時間熱処理した (Figure 3). 高温端側にある試料はメノウ鉢にて 30 分間粉砕し Rigaku 社製の UltimaIV にて粉末 X 線回折測定, Quantam Design 社製 SQUID にて磁化測定をした.

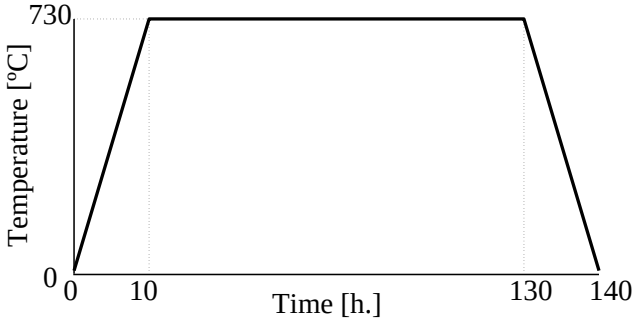

Figure 3. Heating condition of $NiPS_3$

3.　実験結果および考察

$NiPS_3$ の作製において, 最初は各原材料 0.01 mol で計量し, 内径 1cm の石英管を用いて作製したが, 薄片単結晶が一度に 1～2 枚程度しか得ることができなかったため, 2 倍の 0.02 mol で原材料を測量し石英管も内径 1.5 cm のものを用いた結果, 多くの薄片単結晶を得ることができた(Figure 4).

1:日大理工・学部・物理　2:日大理工・院(前)・物理　3:日大理工・教員・物理

Figure 4. The single crystal

Figure 5 には作製した試料の粉末 X 線回折の結果を示す. $NiPS_3$ と同様の結晶構造を持つ $FePS_3$, $MnPS_3$ と同じピークを得ることができた.

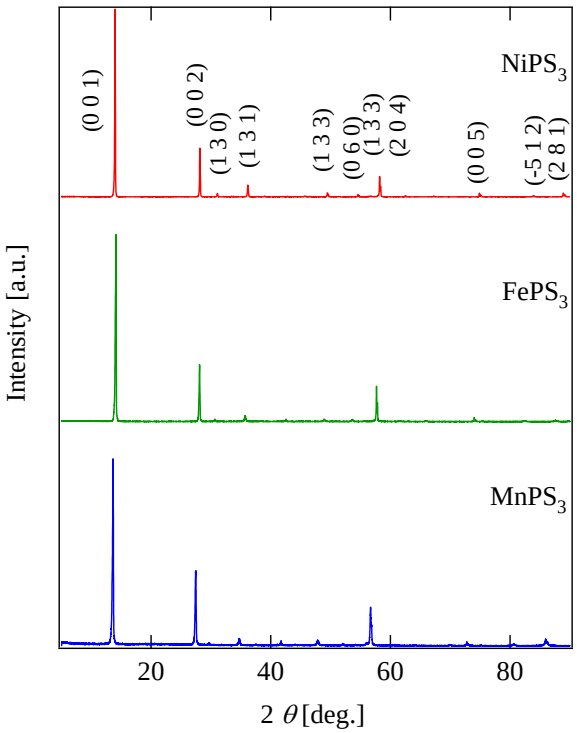

Figure 5. X-ray diffraction patterns

格子定数は a = 0.5847 nm , b = 1.007 nm, c = 0.657 nm で, 角度 β = 106.9 ° が得られた. $MnPS_3$ と $FePS_3$ と比較した (Table . 1).

Table 1. MPS_3 (M=Mn, Fe, Ni)

	a(nm)	b(nm)	c(nm)	β(deg.)
Mn	0.6077	1.052	0.6796	107.4
Fe	0.5947	1.030	0.6722	107.2
Ni	0.5847	1.007	0.6568	106.9

格子定数, 角度が Mn, Fe, Ni と順にほぼ近い値をとりながら減少していることが分かる.

測定した磁化の結果を Figure 6 で示す. 1 mol あたりの磁化は最大値 271K で $\chi = 1.68 \times 10^{-3}$ emu / mol Oe をとる幅広いピークを持つ温度依存が示された. また, 過去に研究されていた $NiPS_3$ の磁化の結果と近い結果となった[2]. ネール温度 T_N が 155K であるが, 系の低次元性により, T_N より高い温度にピークが表れている.

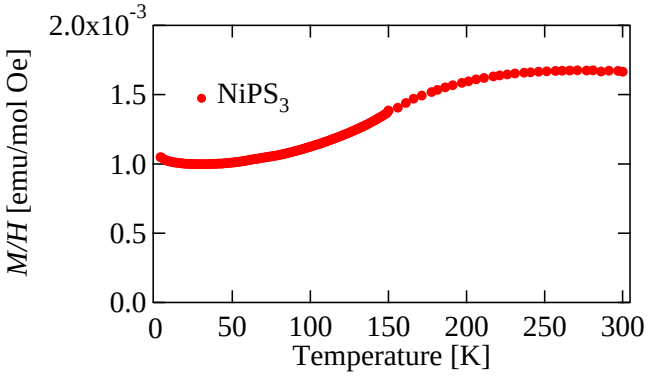

Figure 6. Temperature dependence of the magnetic susceptibility of $NiPS_3$

4. 今後の課題

$NiPS_3$ 薄片単結晶の平行磁化率,垂直磁化率と圧力依存性を調べ当日報告する予定である.

5. 参考文献

[1] 豊島渉 :「層状化合物 $Mn_{1-x}Fe_xPS_3$ 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 : Magnetism in the layered transition-metal thiophosphates MPS_3 (M = Mn , Fe , and Ni) ,PHYSICAL REVIEW B, Vol. 46, No. 9 , pp5425, 1992