

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 01 / 07 / 2025

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏 名 Name	小林 太地	指 導 教 員 Advisor	勝藤 拓郎 印 Seal
研究指導名 Research guidance	複雑量子物性研究	学籍番号 Student ID number	CD 5323A029 - 4		
研究題目 Title	スピネル型 $\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{V}_2\text{O}_4$ の軌道-スピン-歪結合				

【研究目的】

スピネル V 酸化物 AV_2O_4 ($\text{A}=\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Zn}$) では、正八面体 B サイトに位置する V^{3+} において、結晶場分裂によってできた 3 重縮退している t_{2g} 軌道に 2 つの電子を持ち、この 3d 軌道の軌道自由度に由来する興味深い振る舞いを示すことが知られている。

MnV_2O_4 では 57K 付近でフェリ磁性転移と同時に cubic から tetragonal ($a < c$) への構造相転移が起こり、これは V^{3+} の軌道秩序に伴うものであることが分かっている [1]。一方 CoV_2O_4 では、自発磁化が発生する T_N 以下で磁場方向に伸びるような磁歪が発生するが、 T^* を境に磁場方向に縮む磁歪に変化することが報告されている [2]。この磁歪は 10^{-4} のオーダーであり MnV_2O_4 の 10^{-2} のオーダーの構造相転移と比較して小さい。

本研究では、 MnV_2O_4 の軌道秩序と CoV_2O_4 の磁歪の関係性の解明を目指して、混晶系 $\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{V}_2\text{O}_4$ の研究を行った [3]。

【実験方法】

$\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{V}_2\text{O}_4$ ($x=0, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 0.9, 1.0$) の単結晶試料は Co_3O_4 , Co , V_2O_3 , Mn_3O_4 を原料として作製した。原料の Co の量を化学量論比に対し 1.5 倍に増やし、Floating Zone 法にて単結晶育成を行った。試料評価として XRD で格子定数を算出、背面ラウエ法で結晶方位を決定した後、カッターで整形した。測定は磁化率と歪ゲージを使用した歪みの測定を行い、磁場は [001] 方向に印加し、磁場方向の歪を測定した。

【実験結果・考察】

$x=0.2$ の試料における各温度での歪の磁場依存性の結果を図 1 に示す。約 70K 付近を境に歪の伸び縮みする向きが逆転していることがわかる。この結果より得られた磁歪の大きさを温度に対して図示したものを図 2 に示す。 $x < 0.6$ では T_N で磁歪が一度正(磁場方向に伸びている)になった後に負(磁場方向に縮んでいる)になっている。さらに 1T 下での歪の温度依存性を図 3 に示す。 $x=0.8, 0.9$ では 40K 付近で大きな変化が観測され、これが軌道整列 T_O に対応すると考えられる。これらの結果から作成した相図を図 4 に示す。 $\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{V}_2\text{O}_4$ においては、 T_N における結晶構造の変化は小さく、 T_O において大きな変化が起こることが分かった。

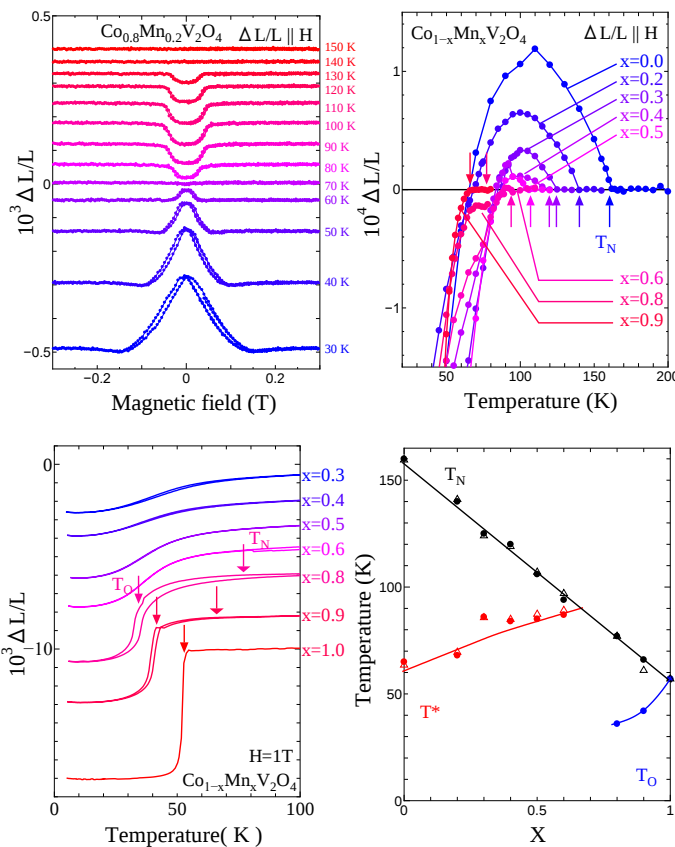


図 1(左上) 各温度における歪の磁場依存性 ($x=0.2$)

図 2(右上) 磁歪の温度依存性

図 3(左下) 1T における歪の温度依存性

図 4(右下) $\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{V}_2\text{O}_4$ の相図

【参考文献】

- [1] T. Suzuki, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **98**, 127203 (2007)
- [2] R. Koborinai, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **116**, 037201 (2016)
- [3] A. Kiswandhi, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84**, 205138 (2011)

【研究業績リスト】

- (1) [講演] 小林太地他, 「スピネル型 $\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{V}_2\text{O}_4$ の軌道-スピン-歪結合」, 日本物理学会 2024 年秋季大会, 18aA401-9.
- (2) [ポスターセッション] 国際シンポジウム “70 years of the Tanabe-Sugano diagrams”