

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 1/6/2025

専攻名（専門分野）	物理学及 応用物理学	氏 名 Name	三河 亮介	指 導 員 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 5323A061-3			
研究題目 Title	La ₅ Mo _{4-x} Co _x O ₁₆ の物性と相転移ダイナミクス					

1. 研究背景

La₅Mo₄O₁₆はMoの4価と5価が3:1の割合で存在していて、ab面にスピンS=1のMo⁴⁺とスピンS=1/2のMo⁵⁺を中心とした正八面体MoO₆が市松状に並んだ構造となり、面間は非磁性のMo⁴⁺を含むMo₂O₁₀がMo⁴⁺O₆同士をつないでいる二次元磁性体である[1]。先行研究[2]では、転移温度 T_N より低温で、面間強磁性FMから面間反強磁性AFMへ、あるいはその逆方向へのメタ磁性転移における磁化の緩和が観測されている。またLa₅Mo_{4-x}Mn_xO₁₆において、緩和時間の温度・磁場依存性が二次元核生成核成長理論で説明できることがわかっている[3]。

このような磁化の緩和の振舞いがMnドーブ特有かを確かめることを目的として、La₅Mo₄O₁₆にCoをドーブした試料を作製し、磁化の緩和測定を行った。

2. 実験方法

Floating Zone 法によりLa₅Mo_{4-x}Co_xO₁₆ ($x = 0.2, 0.4, 0.8$) の単結晶を作製し、VSM-SQUID 磁束計で磁化の時間依存性を測定した。FMからAFMへの磁化の緩和の測定は、 T_N 以上で面間方向に強磁場を印加した後に測定する温度まで温度を下げた後に、測定する磁場まで下げて、その後の磁化の変化を測定した。AFMからFMの測定では、ゼロ磁場の状態で T_N 以上の温度から測定する温度まで温度を下げた後に、測定する磁場まで上げて、その後の磁化の変化を測定した。

3. 結果

La₅Mo_{3.8}Co_{0.2}O₁₆の磁化の時間依存性の結果を図1に示す。AFMからFMでは磁場の増加に伴って相転移に要する時間である緩和時間が短くなり、FMからAFMでは磁場の増加に伴い緩和時間は長くなった。磁化の時間依存性から具体的な緩和時間 τ を求めるため、Avramiの式における τ にGauss分布を導入した式でフィッティングを行った。

二次元核生成核成長理論によると、緩和時間の温度・磁場依存性は

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{1}{k_B T} \frac{A^2}{|\mu_B H - B|}\right) \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow T \ln \tau = T \ln \tau_0 + \frac{1}{k_B} \frac{A^2}{|\mu_B H - B|} \quad (2)$$

で表される。 τ_0, A, B をフィッティングパラメータとして、実験結果を式(2)でフィッティングを行った結果を図2に示す。ここから、CoドーブにおいてもMnドーブと同様の理論が適用できることがわかった。

各パラメータの値を図3に示す。パラメータAは面内相互作用 $J_{\perp}$ に対応する値であり、およそ T_N の1/2の値になる。La₅Mo_{4-x}Co_xO₁₆では $T_N = 150\text{K}$ 程度であることを考えると、得られたAがおおよそ10Kであるという結果は、オーダーとしては妥当な値であると言える。またAはxに対して大きくは変化しないことがわかった。一方、パラメータBは面間相互作用 $J_{\parallel}$ に対応する値であり、xの増加に対して減少することがわかった。

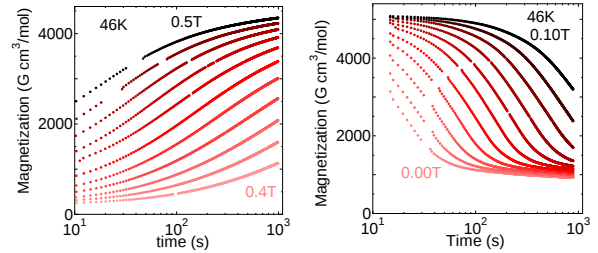


図1 磁化の時間依存性 (左:AFM→FM 右:FM→AFM)

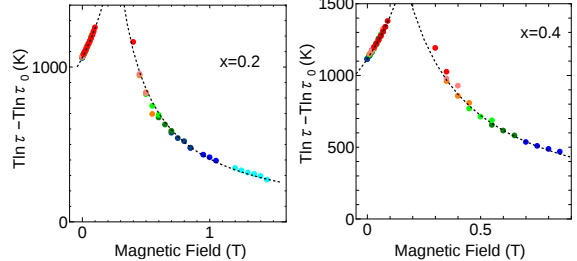


図2 $T \ln \tau - T \ln \tau_0$ vs H (左: $x = 0.2$ 右: $x = 0.4$)

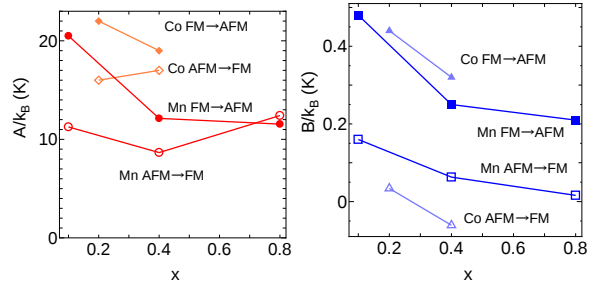


図3 パラメータのx依存性

4. 参考文献・研究業績

- [1] K. Kobayashi and T. Katsufuji, Phys. Rev. B 83, 100411(R) (2011)
 - [2] T. Konishi, K. Kobayashi, and T. Katsufuji, Phys. Rev. B 92, 020419(R) (2015)
 - [3] M. Saito, R. Mikawa, T. Hasegawa, and T. Katsufuji, Phys. Rev. B 110, 184429 (2024)
- 三河 亮介, 齊藤 将輝, 勝藤 拓郎, La₅Mo_{4-x}Co_xO₁₆におけるメタ磁性転移のスローダイナミクス, 日本物理学会 第79回年次大会, 18pE304-11 (2024年9月)