

エピタキシャル Fe/Ag/Cr 三層膜における 量子井戸形成に起因した界面フラストレーション

和田詠史^{*}、横山京祐^{**}、加藤健人^{**}、小野寺蓮^{**}、赤星大介^{*,**}、齊藤敏明^{*,**}

(^{*}東邦大複合物性セ、^{**}東邦大理)

Interfacial frustration originating from quantum well formation in epitaxial Fe/Ag/Cr trilayers

E. Wada^{*}, K. Yokoyama^{**}, K. Kato^{**}, R. Onodera^{**}, D. Akahoshi^{*,**}, T. Saito^{*,**}

(^{*}Research Center for Materials with Integrated Properties, Toho Univ., ^{**}Dept. of Phys., Toho Univ.)

はじめに

前回我々はエピタキシャル Fe/Au/Cr 三層膜において、磁化のゆっくりとした緩和（スローダイナミクス）を観測し、その緩和の程度（磁気粘性 S ）が Au 膜厚に依存して周期 $\sim 14.7\text{\AA}$ で振動する振る舞いを示すことを報告した。また、この結果をもとに量子井戸形成によりスピン分極した Au と Cr の界面における磁気フラストレーションモデルを提案した^[1]。今回我々は Fe/Ag/Cr 三層膜においても同様の S の振動を確認した。さらに、Ag/Cr 界面の乱れを変化させたときの S の振動的振る舞いについても調べた。これらの結果をもとに Fe/Ag/Cr 三層膜における上記界面磁気フラストレーションモデルの適用性について報告する。

実験方法

エピタキシャル MgO(001)/Cr(50 Å)/Ag(z Å)/Fe(40 Å)/Ag cap(20 Å)膜を MBE 法を用いて作製した。まず、MgO 基板を 600°C で 1 時間アニールした後、成長温度 400°C の条件下で Cr 層を堆積させた。その後成長温度 T_s ($=100^\circ\text{C}$ 、 75°C) にて Ag/Fe/Ag cap 層を堆積させた。各層堆積の度に RHEED 観察でエピタキシャル成長を確認した。Ag 中間層の膜厚 z は $z=0\text{ Å}$ から 40 Å まで変化させ、熱残留磁化(M_{TRM})の緩和が z に対してどのように変化するかを SQUID を用いて調べた。この際、まず 300 K で 500 Oe の磁場を印加し、その後 250 K まで 10K/min で冷却し、250K 到達直後に磁場を切り 10000sec 間残留磁化 M_{TRM} の時間変化を測定、という手順で行った。

実験結果

Fe/Ag/Cr 三層膜においても Fe/Au/Cr 三層膜同様全ての z , T_s の試料で M_{TRM} は $M_{\text{TRM}}=M_0-S\ln t$ の式で表わされるような長時間にわたる緩和を示した。ここで、 t は時間、 M_0 は定数、 S はこのスローダイナミクスの程度を表す量で磁気粘性と呼ばれる。Fig.1 は(a) $T_s=100^\circ\text{C}$ 、(b) 75°C の試料における飽和磁化 M_s で規格化された S の z 依存性である。これをみると、一定の膜厚 z_c より厚い z で振動が起こり、この z_c は $T_s=75^\circ\text{C}$ の試料の方が $T_s=100^\circ\text{C}$ の試料に比べて小さい。これは、Ag/Cr 界面のより平坦な $T_s=75^\circ\text{C}$ の試料の方が薄い z で量子井戸が形成されることによるものと考えられる。Ag は Au に比べて Cr 上にエピタキシャル成長しづらいが、Fe/Ag/Cr 三層膜についても、本実験の結果は Ag 量子井戸形成によりスピン分極した Ag と Cr の界面で磁気フラストレーションが起こるモデルを支持していると言える。

参考文献

- 1) 和田詠史 他、第 39 回日本磁気学会学術講演概要集、8pB-9 (2015)

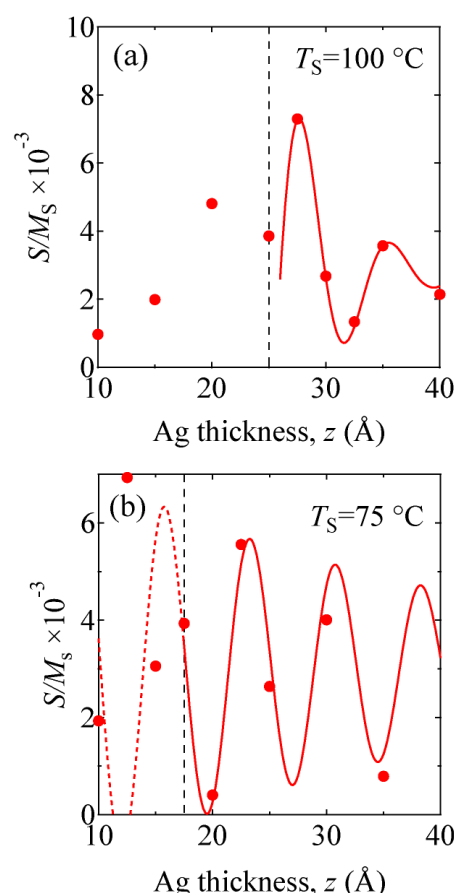


Fig.1 (a)成長温度 $T_s=100^\circ\text{C}$ 、(b) $T_s=75^\circ\text{C}$ のサンプルにおける規格化された磁気粘性 S/M_s の Ag 膜厚 z 依存性。破線で示した膜厚から S/M_s の振動が始まる。

シミュレーションによるジャロシンスキー・守谷相互作用の簡易測定法の検討

平野 安彦¹、山田 啓介²、仲谷 栄伸¹

¹電気通信大学、情報理工学研究科、²岐阜大学、工学部

Study on simple measurement method of Dzyaloshinskii-Moriya interaction by using simulations

Yasuhiko Hirano¹, Keisuke Yamada², Yoshinobu Nakatani¹

¹Graduate school of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications

²Faculty of Engineering, Gifu University

はじめに

近年、ジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)が働く強磁性体薄膜において、スカーミオンの生成[1]や特異な磁壁移動[2]などが観測されており、DMI が有効に作用する系での研究が注目されている。しかしながら、DMI の大きさを直接測る手法は、実験的に高度な測定方法を要する[3]。他の DMI 値を測定する方法としては、磁壁移動を用いる間接的な方法などがあるが、より簡易に DMI 値が測定できる方法が求められている。本研究では、簡易に DMI 値を測定する方法を検討するために、DMI が働く垂直磁化膜を持つ円盤ディスク中の外部磁界による磁化反転シミュレーションを行った。反転磁界の円盤ディスク径と DMI 値依存性を調べることで、容易に DMI 値を求める方法を調査した。

計算条件

材料定数は、CoFeB の値を用い、飽和磁化 1.5 Kemu/cm^3 、磁気異方性定数 14 Merg/cm^3 、磁気回転比 $17.6 \text{ Mrad/(s} \cdot \text{Oe)}$ 、交換スチフネス定数 $3.1 \text{ } \mu \text{ erg/cm}$ 、損失定数 1.0 とした[4]。シミュレーション内容は、円盤ディスク状の磁性体に対し、DMI の値を 0 から 1.0 erg/cm^2 の間で変化させ、それぞれ円盤ディスク面に平行な方向(x 方向)と面直方向(z 方向)へ外部磁界(H_x, H_z)を加えた。磁気モーメントが x, z 方向にそれぞれ反転したときの外部磁界の大きさ($H_x^{\text{sw}}, H_z^{\text{sw}}$)を求め、その値を比較した。比較して求めた値が DMI 値と円盤ディスク径にどのように依存するかを調べた。円盤ディスク径(D)は直径 $16 \sim 100 \text{ nm}$ 、膜厚 1 nm とした。

結果

図 1,2 にそれぞれ DMI= $0, 1.0 \text{ erg/cm}^2$ の x, z 方向の反転磁界のグラフを示している。図 3 は DMI= $0 \sim 1.0 \text{ erg/cm}^2$ を変化させ、 x 方向と z 方向の反転磁界の差分($\Delta H^{\text{sw}} = H_x^{\text{sw}} - H_z^{\text{sw}}$)を取ったグラフである。図 3 の結果より、DMI の値が 0 erg/cm^2 の場合、 ΔH^{sw} はサイズに依らず差分が小さいが、DMI の値が大きくなると ΔH^{sw} が大きくなる。DMI= 1.0 erg/cm^2 の場合、サイズ径が約 20 nm の時に ΔH^{sw} が最大になることもわかった。この結果より、 $H_x^{\text{sw}}, H_z^{\text{sw}}$ を測定し、その差分を測ることで DMI 値を簡易的に測定できることがわかった。またサイズ径に依存した ΔH^{sw} を測ることで、より正確な DMI 値を求めることができることがわかった。

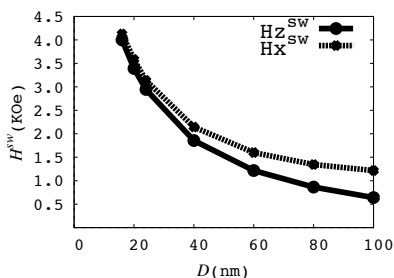


Fig.1 Switching field at DMI=0 erg/cm²

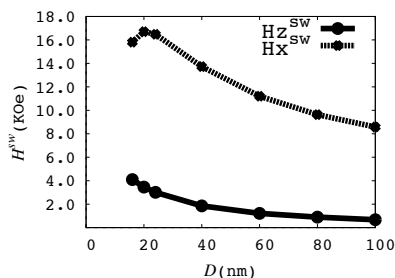


Fig.2 Switching field at DMI=1.0 erg/cm²

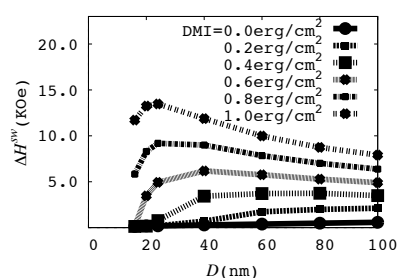


Fig.3 Difference of Switching field x and z

参考文献

- [1] X. Z. Yu, *et al.*, Nature. **465**, 901-904 (2010). [2] S. Emori, *et al.*, Nat. Mater. **12**, 611 (2013).
 [3] V. E. Dmitrienko, *et. al.*, Nat. Phys. **2859**, 202-206 (2014). [4] S. Kanai, *et. al.*, Appl. Phys. Lett. **101**, 122403 (2012).

二次元近藤格子系 $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$ の Mössbauer 分光及び比熱測定

谷中慎太郎, 井田和則, 岡野智宏, 北尾真司*, 瀬戸誠*, 金道浩一**, 小濱芳允**, 的場正憲, 神原陽一
(慶應大,* 京大,** 東大)

Mössbauer Spectroscopy and Heat capacity of two dimensional Kondo lattice $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$
S. Taninaka, K. Ida, T. Okano, S. Kitao*, M. Seto*, K. Kindo**, Y. Ohama**, M. Matoba, Y. Kamihara
(Keio Univ.* Kyoto Univ.** Tokyo Univ.)

1 はじめに

重い電子系とは局在する f 電子軌道の一部が伝導電子と混成することにより電子の有効質量が通常の数百~数千倍となる物質群である。重い電子系には、磁気秩序を抑制させる近藤効果と磁気秩序を安定化させる RKKY 相互作用の拮抗により、温度-化学組成相図上で、磁気秩序相と常磁性相の相境界が、0 K 付近で消失する磁気量子臨界点 (QCP) が存在する。例えば CeRhIn_5 の QCP 近傍では異方性超伝導や非フェルミ液体的挙動等、新たな量子相が出現することが、長年研究されている。^[1-3] 本研究は、 $4f$ 電子を有する Ce 化合物のうち、 Ce_2O_2 層と Fe_2P_2 層からなる層状構造を持つ二次元近藤格子系 CeFePO を母相とした $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$ (正方晶, $P4/nmm$)^[4] を研究対象とした。本物質は二次元近藤格子系の中でも希少な強磁性 QCP を示すことが確認されており^[4], 強磁性 QCP 近傍における新たな磁気秩序相や電子状態の解明が重要である。

そこで本研究は、 ^{57}Fe Mössbauer 分光測定及び高磁場極低温比熱測定により、Fe 原子核における局所微細構造、磁気相転移の存在及び Kondo 一重項の形成機構を明らかにすることを目的とする。

2 実験方法

本報告における多結晶試料は 2 段階に分けた固相反応により合成した。1 次熱処理は化学量論比で $\text{Ce} : \text{Fe} : \text{P}$ (以後 $\text{Ce} - 2\text{Fe} - 2\text{P}$) = $\text{Ce} : \text{Cr} : \text{P}$ (以後 $\text{Ce} - 2\text{Cr} - 2\text{P}$) = 1 : 2 : 2 に混合した後、石英管に真空封入して熱処理を行った。2 次熱処理は 1 次熱処理の物質および脱水した CeO_2 を用いて、化学量論比で $\text{Ce} - 2\text{Fe} - 2\text{P} : \text{Ce} - 2\text{Cr} - 2\text{P} : \text{CeO}_2 = 1 - x : x : 1$ に混合した。その後、ペレット状に成型し、石英管に減圧二重封入して熱処理を行った。

試料合成後、 ^{57}Co 線源を利用した ^{57}Fe Mössbauer 分光測定をコンベンショナルな透過法により、クライオスタットを用いて 4.2 – 300 K までの測定を $\text{CeFe}_{0.5}\text{Cr}_{0.5}\text{PO}$ において行った。

低温・磁場中での比熱測定は、片面を研磨した厚さ 50 μm , 質量 1 – 10 mg の多結晶試料を用い、低温・磁場下 (0.4 – 15 K, 0 – 9 T) において PPMS (Quantum Design 社) により行った。高磁場比熱測定の研究対象とする物質は Ce1111 系化合物 $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$ ($x=0.00, 0.200$) とした。 $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$ ($x=0.100, 0.500$) ではゼロ磁場下、2 – 300 K において比熱測定を行った。

3 実験結果および考察

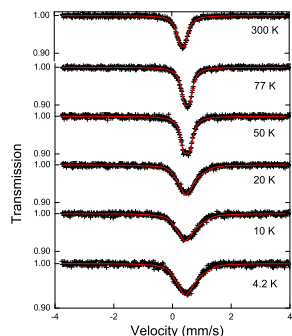


Fig.1. Observed ^{57}Fe MS of $\text{CeFe}_{0.5}\text{Cr}_{0.5}\text{PO}$ at several temperatures.

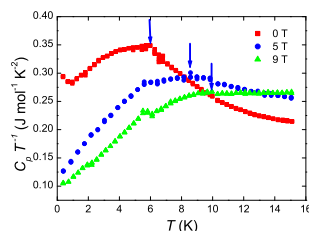


Fig.2. Temperature dependence of specific heat capacity in $\text{CeFe}_{0.8}\text{Cr}_{0.2}\text{PO}$ at several magnetic fields.

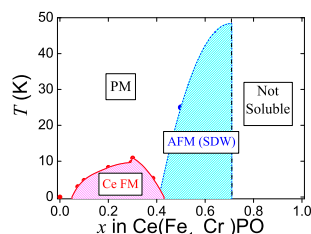


Fig.3. Phase diagram of $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$

$\text{CeFe}_{0.5}\text{Cr}_{0.5}\text{PO}$ の Mössbauer 分光測定の結果を Fig. 1 に示す。20 – 50 K の間で線幅の増大が確認され、しかしながら sextet も現れないことから、内部磁場分布の存在を仮定し、スペクトルのフィッティングを行った。その結果 25 K 付近において Fe の磁気状態がスピン密度波 (SDW) 状態を示していると結論した。

$\text{CeFe}_{0.8}\text{Cr}_{0.2}\text{PO}$ の比熱測定における $\text{Ce}4f$ の寄与を Fig. 2 に示す。Cr のドーピングによる強磁性転移 ($T_c=5.71$ K) の出現と電子熱容量の著しい減少が観られる。これは低温領域で形成されていた Kondo 一重項の RKKY 相互作用出現による消滅 (Kondo breakdown) が生じたためと考えられる。また、磁場の印加により磁気相転移温度の増大が確認された。これは強磁性相における強磁性揺らぎの存在を示す。

$\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$ の低温における磁気相転移をまとめると Fig. 3 のようになった。

参考文献

- [1] G. Knebel, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **74**, 020501(R) (2006).
- [2] S. A. Grigera, *et al.*, Science **294**, 329 (2001).
- [3] H. Hegger, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84**, 4986 (2000).
- [4] T. Okano, *et al.*, J. Appl. Phys. **117**, 17E123 (2015).

有機無機層状遷移金属水酸化物 $M_2(OH)_2(TPA)$, ($M = \text{Fe, Co, Ni, Cu}$)の磁性と構造

穴井克樹、木田孝則*、萩原政幸*、福田武司、鎌田憲彦、本多善太郎
(埼玉大院理工、*阪大先端強磁場)

Magnetic properties and crystal structures of organic-inorganic
layered transition metal hydroxides $M_2(OH)_2(TPA)$, ($M = \text{Fe, Co, Ni, Cu}$)

K. Anai, T. Kida*, M. Hagiwara*, T. Fukuda, N. Kamata, Z. Honda
(Saitama Univ., *AHMF, Osaka Univ.)

[はじめに]

層状コバルト水酸化物は様々な結晶構造をとることが知られている。中でも CoO_6 八面体が辺共有と点共有で層状構造を形成した $\text{Co}_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$, (TPA: テレフタル酸) は温度 $T = 2 \text{ K}$ で保磁力 $H_c = 50 \text{ k Oe}$ を示すことからレアアースを用いない高保磁力磁性材料の観点から研究されている。このような有機無機層状物質は層間有機分子や金属イオンの置換が比較的容易であり、一連の類似物質の磁性を比較することで高保磁力の原因解明が期待される。そこで我々は $\text{Co}_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の高保磁力の原因・条件を明らかにすることを目的に層間分子及び中心金属を置換した一連の有機無機層状遷移金属水酸化物 $M_2(\text{OH})_2(X)$, ($M = \text{Fe, Co, Ni, Cu}$, $X = \text{TPA, NDCA, SDCA}$) を合成し、結晶構造と磁性を比較した。

[実験方法]

$M_2(\text{OH})_2(X)$ は遷移金属塩とジカルボン酸 X の水溶液に NH_3 を水酸化剤として加えた後、水熱法により合成した。合成の際、反応温度・時間、水酸化剤濃度等の最適値を検討した。各試料の結晶構造の同定には Bruker 社製粉末 X 線回折装置及びリートベルト法を用い、磁性の評価には Quantum Design 社製 SQUID 磁束計を用いた。

[結果]

図 1 にリートベルト法により推定した $\text{Co}_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の結晶構造を示す。 $M = \text{Fe, Co, Ni}$ は単斜晶、 $M = \text{Cu}$ は三斜晶であり、 MO_6 により構成された無機層と TPA 有機層が交互に積層した構造であった。 $M = \text{Fe, Co, Ni}$ では無機層を形成する MO_6 八面体が一軸だけ短いに対し、 CuO_6 のみ一軸方向が大きく伸びており、ヤーン・テラー効果を示唆した。 $M_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の磁性を測定したところ $M = \text{Fe}$ が反強磁性、 $M = \text{Co}$ が弱強磁性、 $M = \text{Ni, Cu}$ が強磁性を示し、Co のみ高保磁力 52 k Oe を示した。図 2 に各種 $M_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の温度 2 K における磁化曲線を示す。 $M_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の磁気モーメントの大きさを評価したところ、 $M = \text{Co}$ のみ軌道角運動量の残存を示す結果を得た。さらに $\text{Co}_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の層間分子置換体を合成し、磁性を比較したところ保磁力にほとんど差は見られなかった。 $\text{Co}_2(\text{OH})_2(X)$ では残存軌道角運動量によって CoO_6 八面体の一方向にスピンの固定される強いイジング型磁気異方性が生じ、 CoO_6 八面体の結晶場の主軸の向きが隣同士で平行でないことから保磁力の大きい弱強磁性を示したと考えられる。

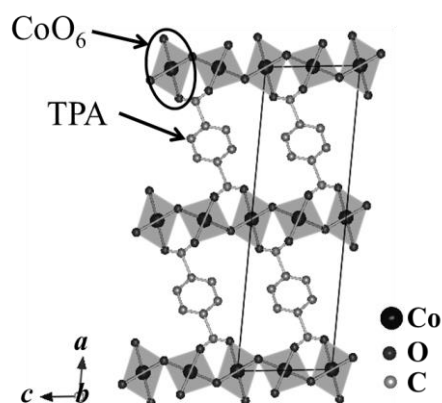


図 1. $\text{Co}_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$ の結晶構造

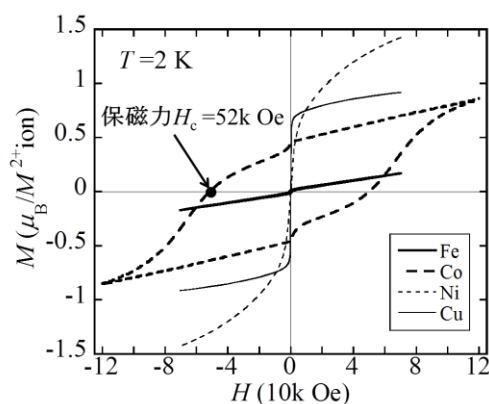


図 2. 各種 $M_2(\text{OH})_2(\text{TPA})$,
($M = \text{Fe, Co, Ni, Cu}$) の磁化曲線

シュウ酸類架橋ハニカム配位高分子の磁性

林青、児玉貴文、奥谷顕*、木田孝則*、萩原政幸*、福田武司、鎌田憲彦、本多善太郎
(埼玉大院理工、*阪大先端強磁場)

Magnetic properties of oxalate like ligands bridged honeycomb coordination polymers

Q. Lin, T. Kodama, A. Okutani*, T. Kida*, M. Hagiwara*, T. Fukuda, N. Kamata, and Z. Honda
(Saitama Univ., * AHMF, Osaka Univ.)

初めに

配位高分子は金属イオンが有機配位子によって架橋され、秩序をもつ構造を形成した金属錯体である。また、金属間に架橋配位子を介して超交換相互作用が働くため、多様な構造の磁性体の構築が可能であると共にその磁性が理解しやすいことがその特徴として挙げられる。我々はこれまでにシュウ酸(略称ox)と類似した分子構造のピリジン-2-カルボン酸(略称pymca)と遷移金属との組み合わせにより新たな配位高分子磁性体を探索・合成してきた。その結果、その一部が2次元ハニカム構造を形成することを明らかにした。ハニカム格子上的スピンは再隣接原子数が3と少ないため磁気秩序の有無に興味を持たれる。また、ハニカム層間の機能性(分子吸着性など)も期待される。そこで本講演ではpymca架橋配位高分子 $M_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ ($M=\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$)を中心に複数のハニカム磁性体の結晶構造と磁性について報告する。

実験方法

水熱法を用い、2座架橋配位子pymcaまたはoxと遷移金属イオン($\text{Fe}^{2+}, \text{Co}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Cu}^{2+}$)の複数の組み合わせにより配位高分子の合成を行った。水熱反応から得られた配位高分子単結晶及び粉末試料をX線回折(XRD)装置で測定し、単結晶構造解析法、リートベルト法で結晶構造解析を行った。更に超伝導量子干渉素子(SQUID)磁束計により各種ハニカム配位高分子の磁性を調べ、相転移の有無を調べるためマイクロカロリーメーターによる比熱測定を行った。

実験結果

遷移金属とpymca、oxの水熱反応を行った結果、化学式 $M_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ ($M=\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Cu}$)及び $(\text{H}_2\text{dab})M_2(\text{ox})_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($M=\text{Ni}, \text{Cu}$)の一連の配位高分子を得た。 $M_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ は三方晶であり、2価遷移金属イオンがpymcaにより架橋され、*ab*面内にハニカム構造を形成していた。また、ハニカム孔内には ClO_4 イオンが存在していた(図1)。

これらの配位高分子の磁気測定の結果、pymca及びoxを介したハニカム格子内の交換相互作用はいずれも反強磁性的であった。 $M_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ 及び $(\text{H}_2\text{dab})[M_2(\text{ox})_3] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ($M=\text{Ni}, \text{Cu}$)のキュリー定数は各金属イオンのスピンの基づく値とよく一致し、2次元ハニカムハイゼンベルグ反強磁性体モデルとよく一致した。 $\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の帯磁率 χ 温度 T 曲線とスピン1/2ハニカム格子反強磁性体モデルの比較を図2に示す。比熱測定の結果、 $M_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ ($M=\text{Co}, \text{Ni}$)は相転移を示したが、 $\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ は $T=0.5\text{ K}$ まで相転移の兆候を示さなかった。

更にこれらの配位高分子のガス吸着能を調べたところ、いずれも酸素吸着性を示し、吸着された酸素分子の磁性が観測された。

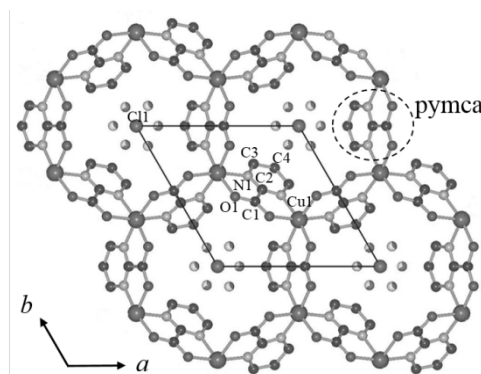


図1. $\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の結晶構造

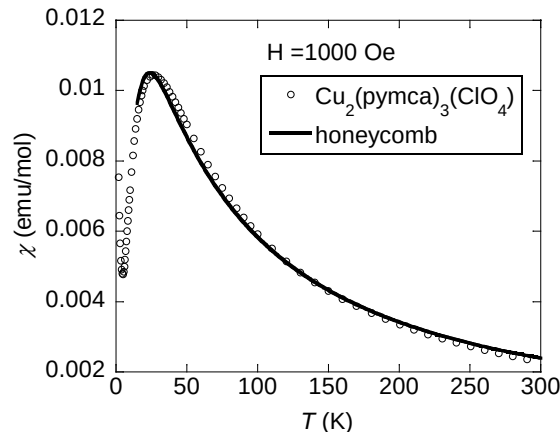


図2. $\text{Cu}_2(\text{pymca})_3(\text{ClO}_4)$ の χ - T 曲線とハニカムモデルとの比較

高勾配磁気分離における磁性フィルターへの粒子堆積過程のその場観察

廣田憲之、安藤 努*、高野真光*、岡田秀彦
(物材機構、*日大生産工)

In-situ observation of particles deposition process on a ferromagnetic filter during high-gradient magnetic separation

Noriyuki Hirota, Tsutomu Ando*, Tadamitsu Takano*, Hidehiko Okada
(NIMS, *Nihon Univ.)

高勾配磁気分離では強磁性フィルターを使用し、ワイヤーの磁化によりその周囲に急峻な勾配が形成されることを利用して、流体中に分散する磁性粒子を吸引し、フィルターワイヤー上に堆積させることで物質を分離する。フィルターの目は粒子のサイズよりも大きくても構わないため、圧損が小さい。また、磁場の印加をやめれば磁性粒子はフィルターから脱着するので、フィルターの再生が可能であるという特徴を有する。高勾配磁気分離はカオリン粘度の精製や環境水や排水の浄化に用いられているほか、近年では、放射性物質で汚染された土壌の浄化への利用が検討されている。

高勾配磁気分離の効率は、分離する粒子の磁化、磁性フィルターのメッシュサイズや枚数、フィルターワイヤーの直径、流体の流速、印加磁場などの様々なパラメーターにより決まる。磁性の小さな分離対象に対しても、磁性の大きな粒子に吸着させる“担磁”を行なうことで分離可能となる。磁気分離条件の最適化のために、しばしばシミュレーションも行われるが、そこでは、フィルターワイヤー上に堆積した粒子の体積が無視されることが多く、目詰まりの影響が適切に評価されていない。フィルターワイヤー上に粒子がどのように堆積するかがわかれば、実用のプロセスにおいて、分離に必要な条件の最適化に寄与すると考えられる。そこで、本研究では、超伝導磁石のボア中で高勾配磁気分離を行なう際にフィルター上への粒子の堆積過程をその場観察した。

実験にはヘリウムフリータイプで最大13 T印加可能な超伝導磁石を利用した。フィルターハウジングの外壁をアクリルで作製し、内部の観測が可能とした。その場観測にはELMO社製CCDカメラUN43Hを利用した。フィルターはSUS430製で直径25 mm、ワイヤー径0.22 mm、30メッシュのものをを用いた。分離する試料は0.6 μm のジルコニアフェライト粒子0.5 gを1 Lの純水中に分散させたものである。ジルコニアフェライト粒子の分散液をマグネット上から流し、磁場中心に設置したフィルター近傍での粒子挙動をその場観察する。印加磁場、流速をパラメーターとして実験を行なった。

図は10 Tの磁場を印加した場合に観測された粒子堆積の様子である。流れの上流側にスパイク状の構造を形成して粒子が堆積していることがわかる。観測の結果、印加磁場が低いほど、上流方向へ向かうスパイク構造が長くなり、また流速が速いほど短くなる傾向が観測された。これらは流体の作用や、ワイヤーの磁化が空間磁場に与える影響を考慮することで定性的に理解できた。当日は詳細について報告する。



Figure *In-situ* observation of deposition of magnetic particles on the ferromagnetic filter under 10 T