

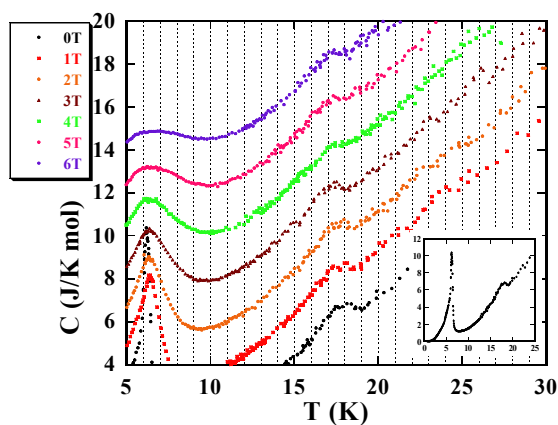
会場 C

領域3

C-1 $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ の低温物性

九大院工^A, 佐賀大理工^B 諸富大樹^A, 稲垣祐次^A, 河江達也^A, 萩原雅人^B, 鄭旭光^B

$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ は異なる複数の結晶構造を持つ異形体であり、その 1 種である clinoatacamite はパイロクロア型構造の $S=1/2$ Heisenberg 系スピンのフラストレート磁性体である。またカゴメ格子間に三角格子上の Cu^{2+} を介して弱い結合が働いているため低次元量子スピン系として注目され、特異な物理現象があると考えられる。その磁性は $T_{N1}=18\text{K}$ で反強磁性転移、 $T_{N2}=6.5\text{K}$ で消えていた磁気揺らぎが復活し、長距離秩序との共存することが磁化率測定や μ SR 測定によって報告されている。 T_{N2} 以下での振る舞いは奇妙であるが、 T_{N1} の転移からのスピンの変遷も興味深いものである。今回の発表では T_{N1} ピークに注目した磁場中比熱測定を行い磁場依存性を調べ、他の測定結果などを比較して磁気構造について報告する予定である。



C-2 二次元三量体 $2b\cdot 3\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁性

九大院理^A, 九大院工^B, 東大物性研^C 三田稔^A, 久保克隆^A, 浅野貴行^A, 和田裕文^A, 稲垣祐次^B, 河江達也^B, 松尾晶^C, 金道浩一^C

複数個のスピンの強磁性または、反強磁性的に強く結合した複合スピン系 (二量体、三量体など) では、複合スピン間の相互作用の仕方により興味深い磁気的性質を示す。

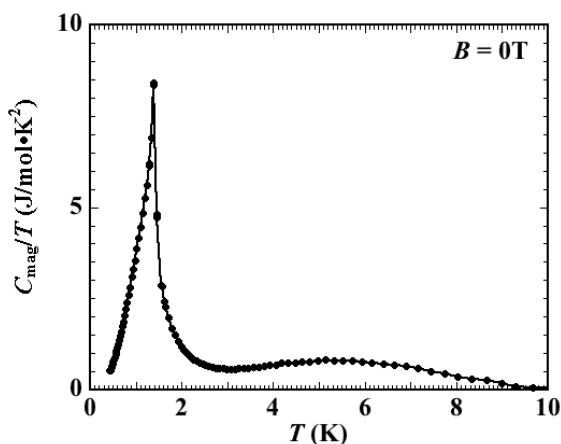
今回注目する $2b\cdot 3\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は、磁性イオン Cu^{2+} ($S = 1/2$) によって形成された三量体が結晶学的に二次元平面内で直交する特異な構造を有しているため、新規な二次元直交三量体系のモデル物質として期待される。

$2b\cdot 3\text{CuCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁気的性質を調べるため、磁化率の温度依存性、強磁場磁化過程、比熱の温度依存性の測定を行った。

図は、 $B = 0\text{T}$ での比熱の結果から格子比熱を差し引いた磁気比熱 $C_{\text{mag}}(T)$ の温度依存性である。約 1.3K で鋭いピークが観測された。これは、長距離秩序に由来する異常だと考えられる。また、約 5.5K 付近に観られるブロードなピークは、反強磁性三量体の構造を反映した

ものだと思われる。

詳細な解析結果は、当日報告する予定である。



C-3 CuMoO_4 単結晶の強磁場磁化過程

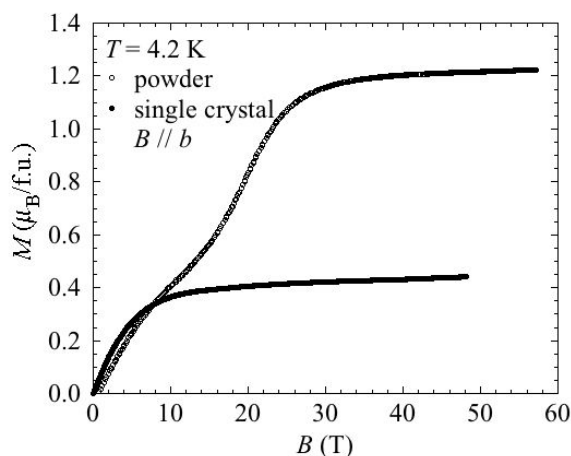
九大院理^A, 東大物性研^B, 産総研 CERC^C 久保克隆^A, 三田稔^A, 浅野貴行^A, 和田裕文^A, 松尾晶^B, 金道浩一^B, 伊藤利充^C

モリブデン酸銅 (CuMoO_4) は、外部からの刺激 (温度、圧力) によって可逆的に結晶の色が変化するクロミズムの性質を有する大変興味深い銅酸化物である。

これまで CuMoO_4 の粉末試料を用いて磁化率、比熱、強磁場磁化測定等により、約 200K の構造相転移に起因する大きな履歴現象、 1.75K での三次元磁気秩序、磁気構造等を明らかにした。

今回、 CuMoO_4 の単結晶試料を用いて磁化率及び強磁場磁化測定を行ったので報告する。左図は、 4.2K における強磁場磁化測定の結果である。粉末試料で見られた約 20T での非線形磁化過程は観測されず、最高印加磁場 ($\sim 50\text{T}$) まで飽和磁化の約 $1/3$ に相当する磁化の値を示した。この原因について

他の測定結果を交えて議論する予定である。



C-4 一次元ジグザグ鎖 $[\text{Cu}(\text{bpym})(\text{tcnoet})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ の構造と磁性

九大理^A, 九大院理^B 眞鍋栄樹^A, 久保克隆^B, 三田稔^B, 浅野貴行^B, 和田裕文^B

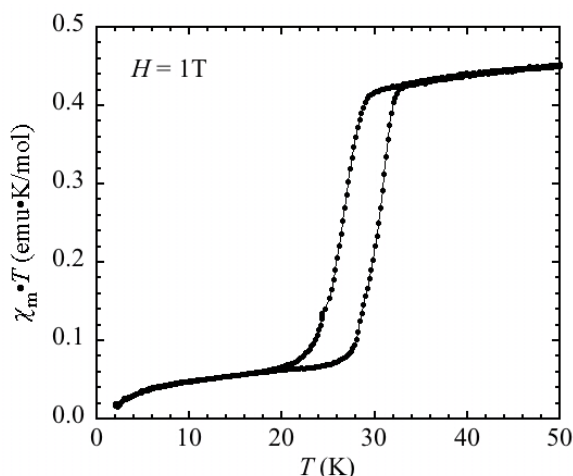
磁気的双安定性は、次世代の情報記憶装置の基礎を構成する特性として期待されている。

$[\text{Cu}(\text{bpym})(\text{tcnoet})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ は、結晶学的に磁性イオンである Cu^{2+} ($S=1/2$) が一次元ジグザグ構造をしており、約 30K で構造相転移することにより、磁気的双安定性を示すモデル物質として期待される。

今回、我々は、 $[\text{Cu}(\text{bpym})(\text{tcnoet})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ の磁気的性質を調べるため、試料合成、X 線回折、磁化率、強磁場磁化測定を行ったので報告する。

右図は、磁化率 (χ_m) と温度 (T) の積の温度依存性の結果である。構造相転移温度 ($\sim 28.5\text{K}$) 前後で約 4K のヒステリシスを伴う非常に大きな磁気的性質の異常が観測され、高温相では常磁性、低温相では非磁性の双安定な状態が実現されていると思われる。

詳細な解析結果は、当日報告する予定である。



C-5 ニッケル三角クラスターの磁性

九大理^A, 九大院理^B 高田えみか^A, 三田稔^B, 久保克隆^B, 浅野貴行^B, 和田裕文^B

近年、スピンプラストラーション (磁気的相互作用の競合) を有する磁性体の性質をより理解するために、実現可能な最小単位である三核錯体の研究が盛んに行われている。

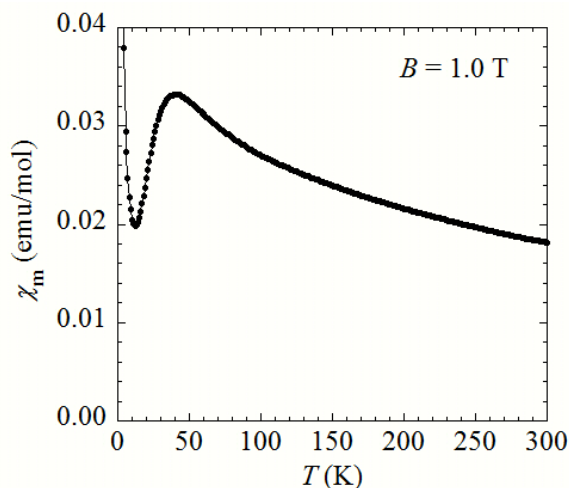
今回我々が注目した $\text{Ni}_3(\mu_{1,3}\text{-N}_3)_3$ は、磁性イオンである Ni^{2+} ($S=1$) が結晶学的に正三角形を形成している初めての $S=1$ 正三角クラスターとして期待される。

$\text{Ni}_3(\mu_{1,3}\text{-N}_3)_3$ の磁気的性質を調べるため、試料を作製し、X 線回折、磁化測定を行ったので報告する。

右図は、 $[\text{Ni}_3(\mu_{1,3}\text{-N}_3)_3(2,2'\text{-bpy})_3](\text{ClO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ の磁化率 (χ) の温度依存性である。約 40K においてブロードな極大を示した後、さらに低温では磁化率が急激に減少している。この振る舞いは、 $S=1$ 正三角反強磁性クラスターで期待される非磁性の基底状態を反映している

と思われる。

詳細な解析結果は、当日報告する予定である。



C-6 新しい Mn 基化合物の巨大磁気熱量効果

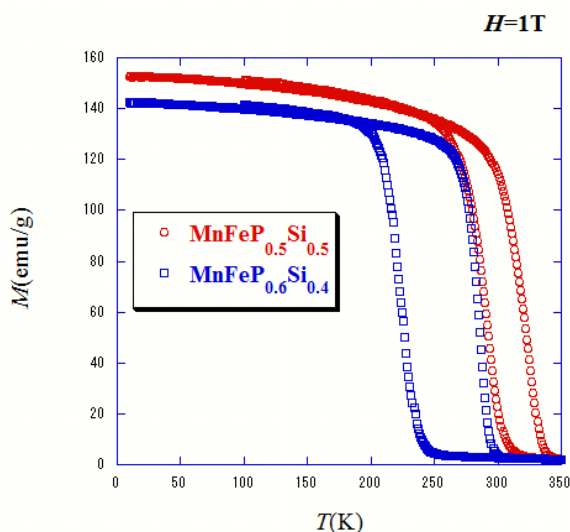
九大理^A, 九大院理^B 片桐高大^A, 光田暁弘^B, 和田裕文^B

環境にやさしい次世代の冷凍技術として磁気冷凍が注目されており、これには省エネルギー化や、フロン等の冷媒を必要としないという利点がある。我々は巨大磁気熱量効果を示す物質として、一次相転移をする遷移金属化合物の研究を進めてきた。巨大磁気熱量効果を示す物質としては $\text{MnFeP}_{1-x}\text{Ge}_x$ が知られているが、熱ヒステリシスが大きいという欠点がある。そこで、新物質探索として Ge を Si に置換した $\text{MnFeP}_{1-x}\text{Si}_x$ の研究に着手した。この物質は $0.28 \leq x \leq 0.64$ で Fe_2P 構造を持ち、一次相転移を示すことが報告されている。

下図は $x=0.4, 0.5$ における磁化-温度曲線である。熱処理の仕方で転移点、ヒステリシスの幅は異なり、これは 1100°C で 5 時間保持した後、 650°C で 50 時間保持、そして炉冷した場合である。より細かい組成依存の結果の詳細は会場にて述べる。

参考文献

D. T. Cam Thanh *et al.*, J. Appl. Phys. **103**, 07B318 (2008)



C-7 巨大磁気熱量効果を示すマンガン基化合物の新しい作製プロセスの研究

九大理^A, 九大院理^B 川崎大地^A, 光田暁弘^B, 和田裕文^B

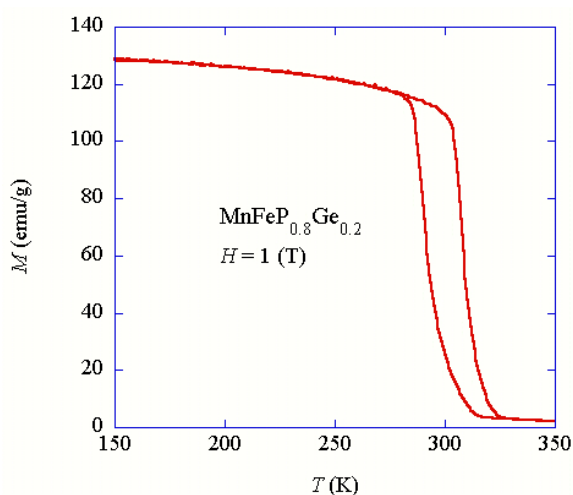
最近、次世代の冷凍技術として磁気熱量効果を生かした磁気冷凍が注目されており、材料研究が盛んに行われている。磁気熱量効果を実現するには磁気熱量効果の大きな物質の開発が必要であり、我々は一次転移物質が巨大磁気熱量効果を示すことに注目して材料開発を行っている。 $\text{MnFeP}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ は巨大磁気熱量効果を示し、室温付近での磁気冷凍材料としての可能性を期待できる。

この背景を踏まえ、従来の石英管封入による作製プロセスに対し、より簡単な作製法としてステンレス管を用いた方法を検討する。以下に、 $\text{MnFeP}_{0.8}\text{Ge}_{0.2}$ を石英管封入焼結した場合の磁化のグラフを載せる。

講演では、ステンレス管封入焼結における試料と石英管封入における試料を比較し、作製プロセスを議論することにする。

参考文献

M. Yue *et al.*, J. Appl. Phys. **107**, 09A939 (2010)



C-8 DMACuCl₃ における対角秩序と非対角秩序の共存 II

九州大学大学院工学府^A, 九州大学大学院理学府^B, RIKEN^C 坂元康剛^A, 諸富大樹^A, 稲垣祐次^A, 河江達也^A, 浅野貴行^B, 網代芳民^C

DMACuCl₃ (DMA = (CH₃)₂NH₂) の磁化過程はゼロ磁場から磁化が立ち上がり始め、飽和磁化の半分に達した 2T < H < 3.5T の磁場領域で磁化プラトーが現れる。プラトー前の領域では反強磁性磁気秩序を示し、プラトー後のギャップがつぶれた領域では磁場誘起秩序を示す。温度－磁場相図に関して単結晶試料、粉末試料 (powder) の磁場誘起相に違いがみられることから [1]、結晶をより細かくすり潰して作製した粉末試料 (ball mills powder) を用いた比熱測定を行ったところ、磁場誘起相が連続的にゼロ磁場まで繋がっている結果が得られた (図1)。これは低温－低磁場領域で反強磁性状態 (対角秩序) と磁場誘起磁気秩序状態 (非対角秩序) の共存を示唆している。原因としては微小粒子で期待される表面スピンの影響を及ぼしていると考えられ、実際、E S R測定でもその

存在が確認されている。現在、極低温における粉末試料の磁化測定を予定しており、当日はその結果についても発表する予定である。

[1] Y. Yoshida, et al., J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 74 (2005) 2917.

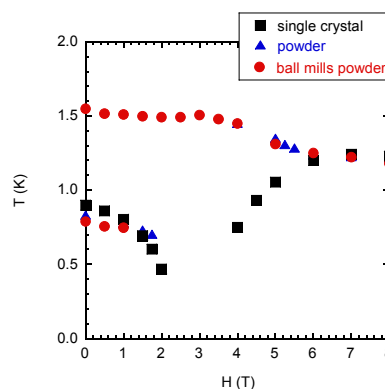


図1, 温度－磁場相図

C-9 30GPa までの圧力領域における高圧力下磁化測定技術

九工大工^A 長井宏輔^A, 美藤正樹^A, 出口博之^A, 高木精志^A

現在、物性実験において、ピストンシリンダー・キュービックアンビル・ダイヤモンドアンビルセル (DAC) などの圧力発生装置が利用されている。しかし、それらを利用した高磁場下での磁化測定方法は、圧力発生装置の大きさなどの構造と測定装置の特性上、非常に困難である。高磁場下での SQUID 磁束計と超小型 DAC を組み合わせたシステムでは、GPa 領域で、H=5 T までの磁場下、さらに T=1.8~400 K までの温度域での磁化測定が可能となる。実際には、いくつかの技術的ノウハウが存在する。XMCD 実験の結果より、P= 25 GPa 付近で強磁性モーメントが消失すると報告されている CoFe₂O₄を使用した高圧力磁化測定 (図1) を例に、技術を紹介したい。

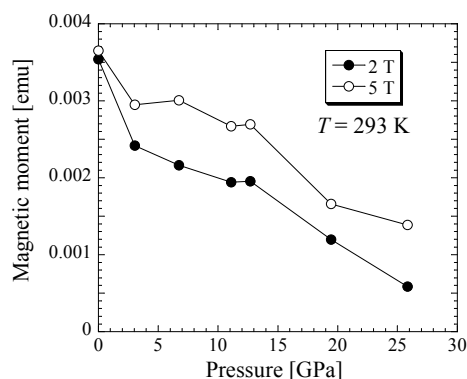


図1. CoFe₂O₄ の磁化の圧力依存性

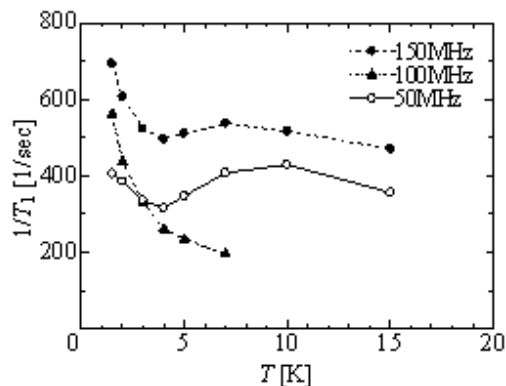
C-10 量子スピン梯子系 $(C_5H_{12}N)_2CuBr_2Cl_2$ の NMR 測定

九工大工^A, 福岡大理^B 宮崎正旭^A, 濱本健太^A, 出口博之^A, 美藤正樹^A, 高木精志^A, 田尻恭之^B

量子スピン梯子系物質 $(C_5H_{12}N)_2CuBr_4$ (Br 系) は, 低温磁場中で朝永・ラッティンジャー (TLL) 液体の振る舞いを示すことが知られている. 我々は, Br 系よりも相互作用が等方的な物質 $(C_5H_{12}N)_2CuBr_2Cl_2$ ($BrCl$ 系) の単結晶を作製し, 低温での量子相を調べるために臨界磁場 H_{C1} の上下で ^1H-NMR 測定を行った. $BrCl$ 系は磁化過程よりスピングャップを示すことが分かっており, スピングャップが消失する臨界磁場 $H_{C1} = 2.3T$, それより低磁場の $H = 1.2T < H_{C1}$, および高磁場 $H = 3.5T > H_{C1}$ の三つの磁場領域で共鳴線スペクトルおよびスピン-格子緩和時間 T_1 を測定した. 図にスペクトルの極大でのスピン-格子緩和率 $1/T_1$ の三つの磁場での温度依存性を示す. 三つの磁場の極低温で, 温度低下に伴い $1/T_1$ が温度のべき乗で増大していく傾向がみられた. これは, TLL の特

微的な現象であり, Br 系よりも広範囲で TLL の振る舞いが確認できた. 現在, $BrCl$ 系の Cu^{2+} サイトに非磁性 Zn^{2+} をドーピングした試料の実験も行っている.

図 スピン-格子緩和率 $1/T_1$ 温度依存性

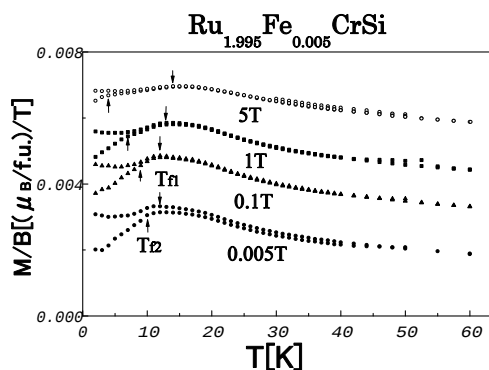


C-11 $Ru_{2-x}Fe_xCrSi$ ($x \leq 1$) の磁性

鹿児島大学理工学研究科^A 胡はく^A, 重田出^A, 伊藤昌和^A, 廣井政彦^A

最近, 石田らが, バンド構造計算によってホイスラー化合物 $Ru_{2-x}Fe_xCrSi$ (Fe -rich) がハーフメタルか, それに近い高いスピン分極率を持つ物質であると指摘した. また, 廣井らは, Ru -rich の $Ru_{1.9}Fe_{0.1}CrSi$ が極低温で逐次的スピングラス転移が起こっていることを示唆する結果を報告した. そこで今回我々は $Ru_{2-x}Fe_xCrSi$ の $x = 0, 0.005, 0.01$ について $0.005T \sim 5T$ の磁場において磁化の測定を行った. 図にはそれぞれの磁場での磁化率 (Y 軸の値はずらしてある) を示す. $x = 0.1$ の場合と同様に, 逐次グラス転移を示唆する 2 つの異常 T_{f1} (磁化率のピーク) と T_{f2} (強い不可逆性が見られる温度) が現れ, それぞれが $x = 0.1$ の場合と同様の磁場依存性を示す. T_{f1} は $x = 0.1$

と比べ低温にシフトするが, T_{f2} はそれほど変わらない. ゼロ磁場で 2 つの転移温度は近くなる. 一方, $x = 0$ では比熱の結果とあわせると反強磁性転移することが結論づけられる.



C-13 メソ多孔質構造体を利用した酸素分子の高圧下磁気測定

九工大工^A, 福岡大理^B 鶴田英樹^A, 今給黎匠^A, 美藤正樹^A, 田尻恭之^B, 出口博之^A, 高木精志^A

酸素分子の高圧力下物性研究は、30 年以上前から X 線回折実験・中性子回折実験・光学測定・電気抵抗測定によって詳細に調べられており、中性子回折を除く実験の圧力領域はメガバール領域にまで達している。しかし磁気測定は、 $P = 0.8$ GPa までの Meier らの電磁誘導法を用いた α - β 転移、 β - γ 転移の追跡研究が報告されているだけである [1]。前回我々は、メソ多孔質構造体 SBA-15 (細孔径 8 nm) の細孔中に酸素分子を吸着させ、ピストンシリンダー型圧力セル (PCC) を用いた交流磁化率測定の結果を報告した。これにより分子凝縮相の変化を、 $P = 1.5$ GPa までの領域で追跡した。今回、より高圧力下での磁気測定を行うために、我々はダイヤモンドアンビルセル (DAC) を使い、分子凝縮相の変化を追跡した。試料空間には前回同様、SBA-15 を使い、その低温でのガス吸着能力を利用した。しかしながら、DAC はその試料空間が PCC の約 0.02 % (ガスケット穴 $\phi 0.2$ mm) しかなく、SBA-15 へのより効率的な酸素充填が求められ、又、 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ emu レベルの検出感度が求められる。そこで我々は、液体窒素温度で圧力を印加し、酸素を試料空間内に閉じ込めることができる酸素封入装置を用いた。当日は、各圧力下における酸素分子の磁気測定の結果について報告する。

[1] R. J. Meier *et al.*, J. Phys. C : Solid State Phys. **15** (1982) 1015.

C-14 中空型 γ -Fe₂O₃ ナノ粒子の静水圧力効果

九工大工^A, 福岡大理^B, バルセロナ大学^C, アペイロ大学^D 才所誠也^A, 小森田裕貴^A, 美藤正樹^A, 田尻恭之^B, 出口博之^A, 高木精志^A, A.Cabot^C, N.J.O.Silva^D

γ -Fe₂O₃ は、欠陥をもつ逆スピネル構造型のフェリ磁性体である。そのナノ粒子は医療面での応用が期待され、基礎物性が盛んに研究されている。従来型の内部が詰まった γ -Fe₂O₃ ナノ粒子 (以下、通常型) の静水圧力効果については、すでに小森田らによる詳細な報告がある [1]。そこで今回我々は、中空型 γ -Fe₂O₃ ナノ粒子に対して静水圧力実験を行い、通常型ナノ粒子の静水圧力効果と比較・検討した。図 1 に通常型 γ -Fe₂O₃ ナノ粒子 (粒径 5.1 nm) [1] と中空型 γ -Fe₂O₃ ナノ粒子 (粒外径 9.5 nm) の活性化エネルギーの圧力依存性を示す。中空型ナノ粒子の活性化エネルギーは、 $P < 4$ kbar では圧力に依存せず、明らかに通常ナノ粒子とは異なる静水圧力効果を示した。[1] Y. Komorida, *et al.*, J. Mag. Mag. Mater. **322** (2010) 2117

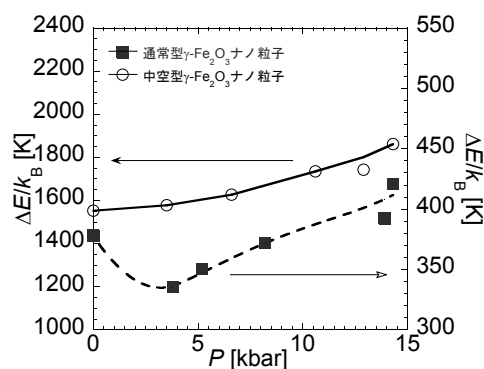


図1 通常型 γ -Fe₂O₃ナノ粒子 (粒径5.1 nm) の活性化エネルギー (挿入図) [1] と中空型 γ -Fe₂O₃ナノ粒子 (粒外径9.5 nm) の活性化エネルギーの圧力依存性

C-15 極低温下における超音波ひずみ発生技術の開発

九工大工^A, 日本カンタム・デザイン (株)^B 鶴田一樹^A, 長野琢磨^A, 才所誠也^A, 美藤正樹^A, 出口博之^A, 高木精志^A, 大田剛司^B

電子には電荷とスピンの二つの自由度が存在する。現在の産業は、「電荷の流れ」すなわち「電流」の制御を基準として半導体エレクトロニクスによって支えられている。より高速処理を可能とするデバイス開発のため、スピンをも利用したスピントロニクス技術の成熟が期待されている。「スピンの流れ」である「スピン流」については電流駆動やスピン波を利用した研究が盛んに行われている。一方、我々は超音波ひずみを利用したスピン流検出を試みている。そこでまず、1 MHz ~ 1 GHz の周波数領域、さらに広い温度域での超音波ひずみ発生技術の確立を目的とし研究を行った。

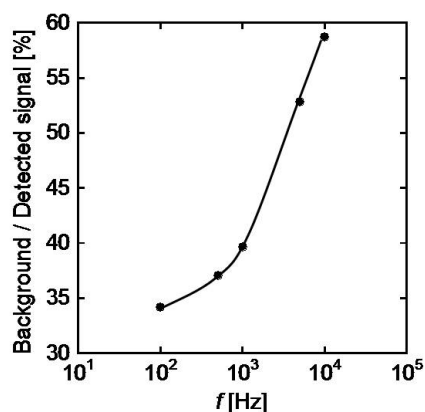
村田製作所に提供していただいた小型の発振子 (共鳴周波数 $f_{\text{res}} = 1 \text{ MHz} \sim 868 \text{ MHz}$ 、高周波電圧発振器 ($f \leq 3.2 \text{ GHz}$, $V \leq 14.5 \text{ dBm}$ を準備し、通過特性をみることで共鳴周波数の測定を行った。しかし、GHz 帯域では回路中で電圧の急激な減衰がみられ測定は困難であった。そこで、低温同軸を用いたプローブと $V \leq 25 \text{ dBm}$ の電圧発振器を準備し、共鳴周波数の温度依存性の測定を行った。素子によって多少異なるが温度の減少とともに共鳴周波数も小さくなる結果を得た。詳細な結果については当日報告する。

C-16 SQUID を用いた交流磁化率測定におけるフィードバックシステムの開発

九工大工^A, 日本カンタム・デザイン (株)^B 国吉努^A, 鶴田一樹^A, 美藤正樹^A, 高木精志^A, 出口博之^A, 大田剛司^B

広い周波数領域にわたる交流磁化率測定は、多様な磁気緩和現象を示す磁性体を調べるために有用である。我々は、日本カンタム・デザイン社製の SQUID(Superconducting Quantum Interference Devices) 磁束計 MPMS と外部機器 (分解能 24bit・サンプリングレート 200kHz の音響用 A/D 変換器など) を組み合わせることで、交流磁化率の測定可能周波数の上限を既存の 1kHz から 14kHz まで拡大させることに成功している。しかしながら、このシステムでは、検出信号に対するバックグラウンドの割合が 10kHz で約 90 % と大きく、サンプル信号の抽出が困難となる。そこで、アナログ信号の段階でバックグラウンドの寄与を除去するためフィードバックシステムを開発することを本研究の目的とした。右図に Pb を測定試料に用いたときの各周波数における検出信号に対するバックグ

ラウンドの割合を示す。講演では、フィードバックシステムの方法や有効性について発表する。



各周波数での検出信号に対するバックグラウンドの割合 (Pbを測定試料に用いたとき)

C-17 NiO 磁性ナノ粒子におけるサイズ効果

九工大^A, 福岡大理^B 今給黎匠^A, 才所誠也^A, 美藤正樹^A, 田尻恭之^B, 出口博之^A, 高木精志^A, 香野淳^B

物質の粒径がナノスケールまで小さくなると、体積に対する表面積の割合が増加し、バルクとは著しく異なった性質を示すようになる。その中でも反強磁性型ナノ粒子 NiO は、粒径を小さくしていくと副格子構造が変化し、巨大な磁気モーメントが出現することが報告されている [1]。そこで我々は、数ナノサイズから十数ナノサイズにおいて上記ナノ粒子における磁気モーメントおよび保磁場さらにブロッキング温度のサイズ依存性を系統的に調べる研究を行っている。図 1 に粒径の異なる 2 つの NiO ナノ粒子 ($D = 2.6\text{nm}$, 11.4nm) の保磁場の温度依存性を示す。保磁場の大小が 5K 付近で逆転する結果が得られた。[1] R.H.Kodama *et al.*, *Phys.Rev.Lett.* **79** (1997) 1393.

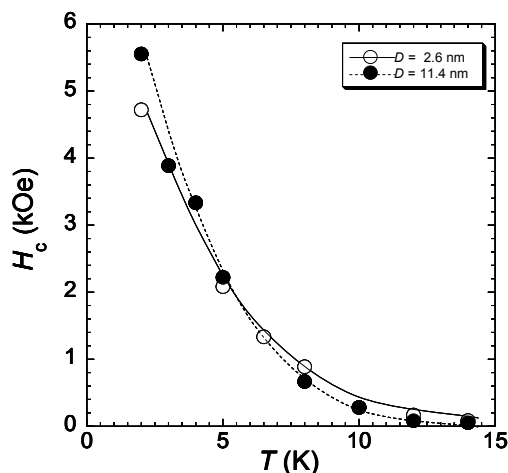
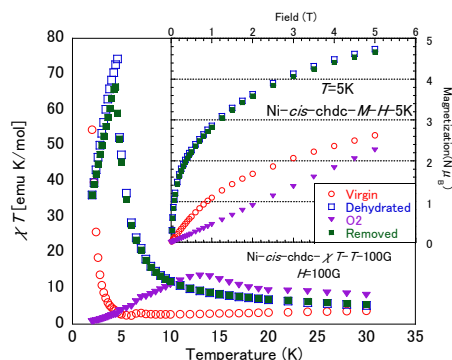


図1 NiOナノ粒子($D=2.6\text{nm}$, 11.4nm)の保磁場の温度依存性

C-18 有機無機ハイブリッド化合物 $\text{Ni}_3(\text{OH})_2(\text{cis}-1,4-\text{chdc})_2(\text{H}_2\text{O})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁性の酸素およ

九工大・工^A, Uni. of Strasbourg^B 松本周祐^A, 金正淑^A, 藤本也久^A, 吉弘満^A, 高木精志^A, 美藤正樹^A, 出口博之^A, Mohamed Kurmoo^B

各種の磁性金属と有機酸とを結合させて作成した有機無機ハイブリッド化合物は、磁性金属イオンが多次元のネットワークを形成し、その特徴的な結晶構造に起因する多彩な磁気的性質を示す。これらの化合物は、弱いファンデルワールス力で結合した水分子を含んでいるものもあり、脱水・加水の過程でその磁性が可逆的に変化する化合物が報告されている。このような化合物の中に、Ni と cis-1,4-シクロヘキサジカルボン酸のハイブリッド化合物がある。この化合物は、脱水の際に、水分子が抜けることによって小さな穴（細孔）が生じる。この細孔に、磁性を示す気体分子 (O_2 , NO) を吸着させることは可能なのか、また、可能ならば、その際に磁性にどのような変化が現れるのか、明らかにした。



C-19 有機無機ハイブリッド化合物 $\text{Ni}_2(\text{H}_2\text{O})_2\text{C}_{10}\text{H}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の磁性の酸素および一酸化窒素

九工大・工^A, Uni. of Strasbourg^B 金正淑^A, 松本周祐^A, 藤本也久^A, 吉弘満^A, 高木精志^A, 美藤正樹^A, 出口博之^A, MohamedKurmo^B

分子磁性体の1つである表題の物質は、結晶中に2種類の水分子を含んでいて、その一部は真空中で加熱することにより取り除くことができる。そして、脱水後、結晶を空气中に放置すると、一部の水分子は可逆的に元の位置に戻ることができる。脱水・加水によって、この結晶の磁性も大きく変化するが、これは磁気的なネットワークが変化するためであると思われる。我々は、脱水によって作られた小さな穴（細孔）に、水分子ではなく、磁性分子である酸素分子あるいは一酸化窒素分子を取り込ませた時の磁性の変化を調べる目的で、専用の実験装置を開発し、SQUID 磁束系を用いてこの結晶の Virgin 試料、脱水試料、磁性分子を吸着させた試料の磁性を測定した。右図にその結果の一部（ χ T の温度依存性）を示す。

