

D-a1

低温熱接触用導電性接着剤の電気抵抗測定

金沢大 浅井 桃花, 中島 祥太, 阿部 聡, 松本 宏一

Electrical resistance measurement of conductive adhesive for thermal contact at the low temperature

Dept. of Phys., Kanazawa Univ. M. Asai, S. Nakashima, S. Abe, K. Matsumoto

異なる金属同士を接触させた場合の接触抵抗は一般に 1 K 以下で $1/T$ に比例することが知られており、低温物性実験において温度計や試料の取り付けには良好な熱接触を保つことが重要である。熱抵抗を直接測定することは困難であるため、電気伝導率 σ と熱伝導率 κ の間の Wiedemann Franz 則 $\kappa = L\sigma T$ を用いて電気抵抗測定から見積もられる。M5 程度のねじを用いた接合で約 10 n Ω という十分良好な熱接触を得ることが可能であると報告されている[1]。低温での熱膨張・磁歪測定では、サイズや試料に加わる応力などの問題からネジによる固定ではなく導電性接着剤による固定方法が用いられる。これまで ARZERITE VL-10 (タムラ化成) が広く使用されてきたが製造中止となり入手困難となった。そこで今回我々は ARZERITE VL-10 に代わる導電性接着剤の接触電気抵抗を測定した。

直径 6, 10 mm の円柱状銅端子を ARZERITE VL-10、ECCOBOND 56C(エマーソン&カミング)、TK ペースト CN-7120(化研テック)、ドータイト D550(藤倉化成)の導電性接着剤で接合し、4 端子法を用いて室温とヘリウム温度で電気抵抗測定を行った。端子直径 6 mm、接着剤の厚さ約 10 μm についての結果を図に示す。端子直径と厚さを変化させた測定も行ったが、いずれも ECCOBOND 56C が最も電気抵抗が小さく、ドータイト D550 が最も大きい結果になった。測定された電気抵抗はカタログの値よりも大きく、また接着剤の厚さや断面積からでは説明できないため接着剤と銅端子間の接触抵抗によるものと考えられる。一般に接触抵抗は金属表面の状態や接着時の荷重に依存することが知られているが、今回はこれらの条件を変えた測定は行っていない。しかし少なくとも TK ペーストが ARZERITE VL-10 に代わる導電性接着剤として有用であると分かった。講演ではこれらを詳細に発表する。

表：接触電気抵抗 [$\mu\Omega$] の測定結果 (直径 6 mm, 厚さ 約 10 μm)

導電性接着剤	カタログ値	室温	ヘリウム温度
ARZERITE VL-10	2.0×10^1	9.43×10^2	7.92×10^2
ECCOBOND 56C	2.6×10^0	1.96×10^1	1.21×10^1
TKペースト	1.1×10^1	2.40×10^2	1.69×10^2
ドータイト	2.5×10^0	4.97×10^3	4.82×10^3

[1] T. Mamiya, et al., RSI 59, 1988

D-a2

RT_2 (R : 希土類; T : Al, Ni, Co) 系金属間化合物の熱伝導率・電気伝導率

金沢大学, NIMS^A 水口 皓平, LOPATINA Anastasia, 二塚 和美, 熊澤 直哉, 松永 啓吾, 平野 優友, 阿部 聡, 松本 宏一, 竹屋 浩幸^A, 山本 貴史^A, 斎藤 明子^A, 沼澤 健則^A
Magnetic and thermal properties of magnetic refrigerant of RT_2 (R =rare earth; T =Al, Ni, Co) Laves compounds

Kanazawa Univ., NIMS^A K. Mizuguchi, LOPATINA Anastasia, K. Futatsuka, N. Kumazawa, K. Matsunaga, Y. Hirano, S. Abe, K. Matsumoto, H. Takeya^A, T. Yamamoto^A, A. Saito^A, T. Numazawa^A

近年、新たなクリーンエネルギーとして注目を集めているのが水素である。貯蔵や輸送の観点から見ると、液体水素は気体水素と比較すると高密度であるため、水素を液化する必要がある。そこで、我々は効率的な液化方法として、磁性体の磁気熱量効果を利用した磁気冷凍を研究している。磁気熱量効果は転移温度近傍で大きくなるため、その温度領域に適した磁性体が必要となる。水素液化磁気冷凍用の磁性材料として、 RT_2 (R : 希土類; T : Al, Ni, Co) 系ラーベス相金属間化合物が有望視されており、これらの磁性体の熱伝導率や電気伝導率を知ることは実用性の点で重要である。

本研究では RT_2 系の熱伝導率・電気伝導率を PPMS を利用して測定した。ErCo₂ の電気伝導測定試料はメルトスパン法で作成した。それ以外の熱伝導、電気伝導測定試料は、アーク溶解で合成後、放電加工した。熱伝導率は定常法を用いて測定を行った。ErCo₂ の 0 T における電気伝導率を図に示す。測定の結果、転移温度付近での変化が顕著に表れていることが分かる。講演では磁場中測定も含めて、実験の詳細や測定結果の詳細についても報告する。

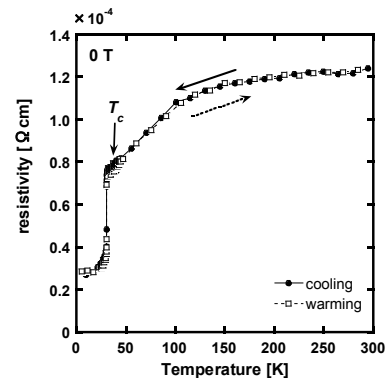


図: ErCo₂ の電気伝導

D-a3

Zr₂(Co_{1-x}T_x)(T=Pd,Pt)化合物の超伝導特性

富山大院 (工)

蜂矢 喜紀, 並木 孝洋, 西村 克彦

Superconductivity in Zr₂(Co_{1-x}T_x) system (T=Pd,Pt)

Fac. of Eng., Toyama Univ. Y. Hachiya, T. Namiki, K. Nishimura

Zr₂Co は CuAl₂ 型の正方晶構造(No. 140, *I*4/*mcm*)をもち、超伝導転移温度 $T_c=5.5$ K、上部臨界磁場 $H_{c2}=1.3$ T である BCS 型の超伝導体であることがこれまでに報告されている。[1,2] 本研究は、Zr₂Co の Co-site を報告例が少ない Pd および Pt で置換することによる超伝導特性の変化を観測することを目的としている。

試料はアーク溶解にて作製しカットした後、粉末 X 線回折測定(XRD)を行った。XRD の結果から、作製したすべての試料において不純物は確認されず目的の試料が作製できたと判断したため、電気抵抗測定、磁化測定、比熱測定を行い物性を調査した。

右図は Zr₂(Co_{1-x}Pd_x)($x=0\sim 0.15$)の電気抵抗率の温度依存性を示しており、すべての試料で超伝導転移を確認することができ、Pd を置換することで超伝導転移温度が上昇した。磁化測定および比熱測定の結果からも同様に超伝導転移を確認することができた。また、Pt を置換した場合についてもすべての試料で超伝導転移を確認することができ、超伝導転移温度の上昇も確認した。

当日は磁化測定、比熱測定の実験結果、Pt 置換による実験結果のほか、比熱測定結果から導出したエネルギーギャップについても報告する予定である。

【参考文献】

[1] Z. Fisk, R. Viswanathan, and G. W. Webb, Solid State Commun. 15, 1797 (1974).

[2] A Teruya et al., J. Phys. Soc. Jpn. 85, 034706 (2016)

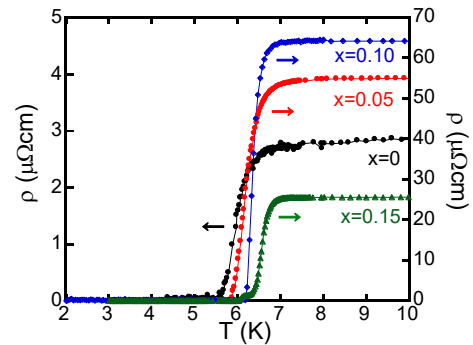


図: Zr₂(Co_{1-x}Pd_x)($x=0\sim 0.15$)の電気抵抗測定結果

D-a4

ピエゾ駆動型回転機構を用いた磁場角度分解測定装置の開発と

2次元超伝導体 NbSe₂の角度分解電気抵抗測定

金沢大数物, 金沢大総合技術^A 輪島裕樹, 牧野隼人, 島村一利^A, 阿部聡, 吉田靖雄

Development of angle-resolved measurement device in magnetic field using piezo-driven rotation mechanism and electrical resistance measurement of two-dimensional superconductor NbSe₂

Dept. Phys., Kanazawa Univ., Tech. Supp., Kanazawa Univ.^A

H. Wajima, H. Makino, K. Shimamura^A, S. Abe, Y. Yoshida

PrIn₂Zn₂₀ や YbRu₂Si₂ などにおいて超低温で発現する超伝導は、非従来型超伝導であると期待されるが、転移温度の低さ故に測定手法が限られており、超伝導ギャップの対称性などに関する理解が進んでいない。そこで我々はこれらの超伝導体のギャップ対称性を調べるために、希釈冷凍機温度さらには核断熱消磁冷凍機による μ K 温度領域まで拡張することを視野に入れた角度分解測定装置の開発を行っている。現在はその手始めとして、PPMS に直接挿入し測定が可能な装置の製作および測定を行っている。測定部に搭載したピエゾ駆動型回転機構(図 1)を磁場中で駆動させることで、超伝導ギャップだけでなく、磁気抵抗や超伝導臨界磁場といった様々な物理量の磁場角度依存性を調べることができる。また、今回測定した NbSe₂ は 7.2 K に T_c を持つ 2次元超伝導体であり 2 K で $H_{||}\approx 12$ T、 $H_{\perp}\approx 4$ T を有する。そのため製作した装置のテスト測定には最適である。面内方向から 40° ずれた向きに磁場を印加し、2 K での電気抵抗を測定し、臨界磁場を見積もった結果を図 2 に示している。4T から 5T の間で急激に電気抵抗が増加しており、およそ 4.5 T が臨界磁場であると考えられる。発表では製作した装置と測定結果の詳細を報告する。



図 1: ピエゾローテーターとサンプルホルダー

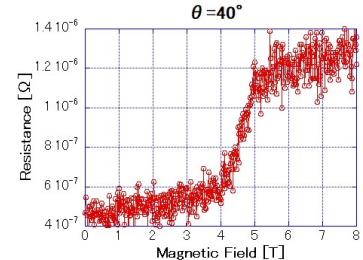


図 2: NbSe₂ の R-H 測定結果

D-a5

希土類強磁性体 HoAl_2 の低温 X 線回折測定

金沢大自然, 金沢理工^A 芳賀 勇司, 井田 啓介, 石渡 光生, 大橋 政司^A

X-ray diffraction measurement of ferromagnetic HoAl_2 at low temperature

Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Institute of Science and Technology^A

Y. Haga, K. Ida, K. Ishiwatari, M. Ohashi^A

HoAl_2 は希土類強磁性体の一つで、 MgCu_2 型の立方晶である。キュリー温度 $T_c=30\text{K}$ で、さらに低温でスピン再配列転移 $T_{SR}=20\text{K}$ が観測されている^[1]。本研究では HoAl_2 の低温 X 線解析を行い、低温磁気熱量効果における結晶構造を調べた。

試料は過去にチョクラルスキー法で作製して単結晶を粉砕した HoAl_2 粉末を使用した。図は室温 (295K) と低温 (5.7 K) の X 線回折パターンの一部である。室温の回折パターンについて立方晶を仮定した場合、指数付けができない回折は幾つか存在する。低温ではこれら回折が成長する傾向があり、特に $2\theta = 43.4^\circ$ 付近の回折が顕著であって、これは低温で結晶対称性の低下が起こっていることを示唆している。現在、低温での結晶構造同定に取り組んでいる。また磁気相転移の関係性を調べるため、より詳細な回折パターンの温度依存性測定を計画中である。

[1] J. C. P. Campoy, E. J. R. Plaza, A. A. Coelho, and S. Gama. PHYSICAL REVIEW B 74, 134410 (2006). 134410-3.

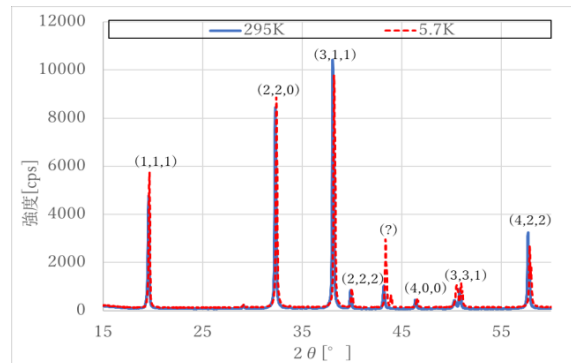


図 温度別回折ピーク

D-a6

CeTX_2 (T: 遷移金属, X: Si, Ge) の単相試料作成

金沢大自然, 金大理工^A 星井 海斗, 井田 啓介, 石渡 光生, 大橋 政司^A

Single phase sample growth of CeTX_2 (T: transition metal, X: Si, Ge)

Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Institute of Science and Technology^A

K. Hoshii, K. Ida, K. Ishiwatari, M. Ohashi^A

CeTX_2 (T: 遷移金属, X: Si, Ge) は斜方晶系 [空間群 Cmcm] の結晶構造を持つ。これまで様々な組み合わせが研究されてきたが^[1], 単相試料を得ることが難しいため単結晶育成の研究報告はそれほど多くない。一方, CeT_xGe_2 (T: Fe, Co, Ni, Cu, $0 < x < 1$) の多結晶の磁気特性を調べた先行研究^[2]があり, T の量 x を減らすと作りやすい傾向があるようである。我々はこの系について仕込み量等を工夫し, チョクラルスキー法による単結晶育成を試みている。

試料はアーク熔解法により作成した。 CeFe_xGe_2 , CeCu_xGe_2 については $x=1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2$ を用意して引き上げを試みた。また比較のため $\text{CeGe}_{1.66}$ の多結晶を作成した。それぞれの試料に対して X 線粉末回折による相同定を行った。 CeFe_xGe_2 は全ての試料で CeFeGe_2 の相と $\text{CeGe}_{1.66}$ の相が観測された。 x を小さくすると CeFeGe_2 の回折が小さくなり, $\text{CeGe}_{1.66}$ でのみ観測できる回折が大きくなった。このことから作成した CeFe_xGe_2 には $\text{CeGe}_{1.66}$ が混ざっている可能性が高いということがわかった。 CeCu_xGe_2 は全ての試料で $\text{CeGe}_{1.66}$ に近い回折パターンが観測されたため, 作成した CeCu_xGe_2 は $\text{CeGe}_{1.66}$ である可能性が高いということがわかった。

現在 CeTSi_2 (T: Fe, Cu, V, Cr) の単相試料作成を行っている。それぞれの試料に対して X 線粉末回折による相同定を行った。 $T=\text{Cu}$ は先行研究^[3]と比較して回折パターンが似ていたが, 先行研究では見られない回折も観測された。 $T=\text{Fe}, \text{Cu}$ は CeSi_2 で見られない回折が観測されたが, $T=\text{V}, \text{Cr}$ は CeSi_2 の回折パターンと似ていた。このことから単相試料ではない可能性が高いため, T の仕込み量を減らして試料を作成している。

[1] Malanman, B., Roques, B., Venturini, G., Francois, M. Journal of the Less-Common Metals, (1990) 160.

[2] C.N.R. Rao. Solid State Communications, (1992).83(10) 765-770

[3] J.J. Lu, Y.M. Lu, M.K. Lee, T.S. Mo, L.Y. Jang, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, (2006) 259-263

D-a7

非共型反強磁性体 LaMnSi の磁性と伝導

富山県立大 谷田博司, 松岡紘人, 浦瑠希, 三本啓輔, 室裕司, 福原忠

Magnetic and Transport Properties of a Nonsymmorphic Antiferromagnet LaMnSi

Toyama Prefectural University H. Tanida, H. Matsuoka, R. Ura, K. Mitsumoto, Y. Muro, and T. Fukuhara

結晶空間群は全部で 230 種ある[1]。これらは回転対称操作により 7 つの結晶系に分類される。一方、並進対称性に部分並進を許すか否かにより、共型 (symmorphic) と非共型 (nonsymmorphic) の 2 種類に大別される。部分並進を許した結果生じるのが非共型の空間群で、230 種類のうちの 157 種類がそれに該当する。非共型空間群では基本単位胞内に少なくとも 2 分子以上を必ず含み、それらは映進 (部分並進+鏡映)、あるいはラセン (部分並進+回転) 操作によって関連付けられる。映進やラセン対称性は、必ずしも非共型空間群に固有のものではなく、共型空間群にも存在することには注意を要する。

金属反強磁性体 LaMnSi は正方晶 CeFeSi 型構造をとる [2]。この結晶構造は、よく知られた ThCr₂Si₂ 型構造と似ている。いずれも D_{4h} の点群に属し、結晶全体の空間反転対称性は「偶」である。一方、両者を比べると、幾つか違いのあることがわかる。まず、2 次元的な原子層の積層の仕方に違いがある。これは、4 回軸に垂直な鏡映面の有無と関係する。P4/nmm の空間群では、それが無い代わりに 4 回軸に垂直な対角グライドの対称性が有る。両者はブラベー格子の観点でも異なるが、最も重要な違いは「共型」・「非共型」の違いで、電子構造や格子振動に質的違いをもたらす。最近、我々は LaMnSi の単結晶合成に世界で初めて成功し、磁化、電気抵抗、比熱の測定を単結晶について行った。本系の反強磁性秩序の特徴について、非共型結晶の観点から議論したい。

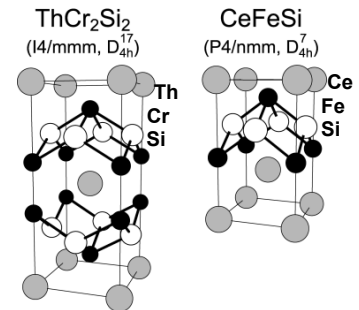


図 1. 正方晶 ThCr₂Si₂ 型構造と CeFeSi 型構造。LaMnSi は後者の構造を取る。

[1] *International Tables for Crystallography*, ed. T. Hahn (Springer, Berlin, 2005) Vol. A, 5th ed., Corrected reprint of the 5th edition.

[2] O. I. Bodak et al. *J. Structural Chem*, **11**, 283 (1970).

D-a8

立方晶 NdNb₂Al₂₀ の La 希釈系の単サイト非フェルミ液体異常

富山大院理工 飛田奈都希, 桑井智彦

Single-Site Non-Fermi-Liquid Anomaly in NdNb₂Al₂₀ Studied by Nd-La Substitution

Graduate School of Sci. and Eng., Univ. of Toyama

N. Hida, and T. Kuwai

最近、立方晶 Nd 化合物における磁気的 2 チャンネル近藤効果発現の可能性が都立大・堀田によって提言された[1]。4f 電子磁気モーメントが伝導電子スピンによって過剰遮蔽されることにより、低温で比熱を温度で割った C/T が降温に伴い対数的に増強され、非フェルミ液体 (NFL) 異常が観測される。最近の広島大・山根らの研究で、立方晶 NdCo₂Zn₂₀ と NdRh₂Zn₂₀ の 4 K 以下に類似した振る舞いが観測されている[2]。我々のグループでは Al 系 1-2-20 系化合物に着目した研究を 2 年ほど前から始め、これまでに試料の作製報告のなかった NdNb₂Al₂₀ の多結晶試料作製に成功し、その物性を調べている。本講演では、昨年度に報告をした Nd サイトを非磁性の La で希釈したこの系の比熱 C をはじめとした基礎物性[3]についての進展を報告する。

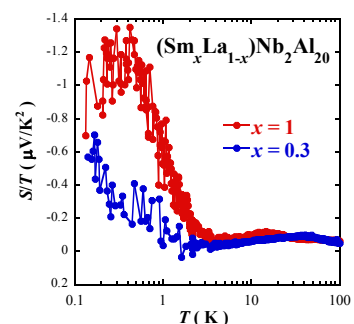
様々な Nd 濃度の多結晶試料は、1-2-20 の組成比からわずかにずらした母材をアーク溶解し、Al の融点直下の 645 °C で、高真空中 1~2 週間の熱処理を施して作製し、粉末 XRD 回折により、不純物のない単相試料であることを確認した。

図に $x = 1$ と 0.3 の試料の熱電能 S を温度 T で除した S/T の測定結果を示す。 $x = 0.3$ の C/T は NFL 異常に特徴的な対数的増大を 3 K 以下で示すが、伝導電子系の異常を鋭敏に反映する S/T においても、同じ温度領域で連動した絶対値の増大を示すことがわかる。このことから、 $x = 0.3$ の試料では、ほぼ単サイト物性としての NFL 異常が現れており、極低温領域で 2 チャンネル近藤効果を発現している可能性が高いと判断できる。

[1] T. Hotta: *J. Phys. Soc. Jpn.* **86** 803704 (2017).

[2] Y. Yamane et al.: *J. Phys. Soc. Jpn.* **86** 054708 (2017).

[3] 飛田奈都希 他: 日本物理学会北陸支部定例学術講演会 2020 (オンライン) .



D-a9

Ho_{1-x}Gd_xB₂の磁気熱量効果

富山大院理工

吉永 翔真, 並木 孝洋, 西村 克彦

Magnetocaloric effect of Ho_{1-x}Gd_xB₂

Grad. Sch. of Sci. and Eng. for Edu., Univ. of Toyama S. Yosinaga, T. Namiki, K. Nishimura

HoB₂はAlB₂型構造(P6/mmm)であり、強磁性転移温度($T_C=15$ K)近傍において、0-5Tの磁場変化では40.1(J kg⁻¹ K⁻¹)と非常に大きな $|\Delta S_M|$ を示すことが報告されている[1]。Ho_{1-x}Dy_xB₂は置換量に応じて $|\Delta S_M|$ が減少し、 T_C が上昇することが確認されている[2]。今回の研究ではド・ジェンヌ因子がDyより大きいGdで置換したHo_{1-x}Gd_xB₂を作製し、その磁気熱量効果特性について研究を行った。

アーク溶解で試料を作製し、粉末X線回折測定を行い目的の試料が得られたことを確認した。その後、磁化測定と比較測定を行った。

磁化の温度微分の温度依存性より求めた T_C はx=0, 0.1, 0.2, 0.3の場合各々17, 20, 22, 26 Kとなり、 T_C は直線的に増加した。右図は、Ho_{1-x}Gd_xB₂の磁化の温度依存性よりマクスウェルの関係式を用いて求めた0-5Tの磁場変化における $|\Delta S_M|$ の温度依存性のグラフである。X=0, 0.1, 0.2, 0.3の $|\Delta S_M^{\text{MAX}}|$ は各々31, 27, 27, 21 J kg⁻¹ K⁻¹、 $|\Delta S_M^{\text{MAX}}|$ と半幅幅 ΔT_{FWHM} の積で求められるRelative Colling Power (RCP)は5.8, 5.8, 6.5, 6.2 J kg⁻¹となった。xの増大により $|\Delta S_M^{\text{MAX}}|$ は減少するが、一方で ΔT_{FWHM} が増加するためRCPはほぼ変化せず、より高温で作用することが分かった。

[1] Pedro Baptista de Castro et al., *NPG Asia Mater.*, 12, 35 (2020)

[2] Pedro Baptista de Castro et al., *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 21, 849 (2020)

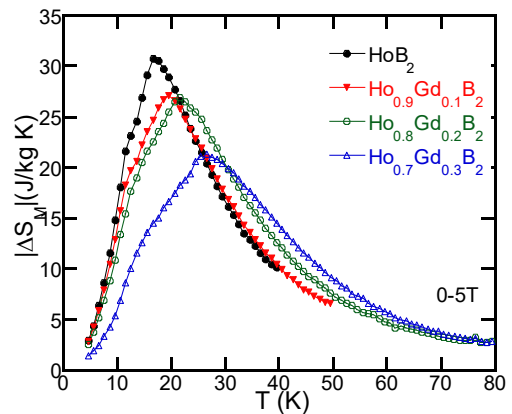


図. $|\Delta S_M^{\text{MAX}}|$ の温度依存性

D-a10

Ce₂Pd₆Al₁₅の育成の試み

富山大理, 原子力機構先端セ^A

高田幸志, 渡部悠貴, 太田玖吾, 松本裕司, 芳賀芳範^A

Attempt of crystal growth for Ce₂Pd₆Al₁₅

Univ. of Toyama, ^AJAEA ASRC

K. Takada, Y. Watabe, K. Ota, Y. Matsumoto, Y. Haga

希土類間化合物 $R_2T_6X_{15}$ (R :希土類金属, T :遷移金属 $X = \text{Al, Ga, Si}$)は六方晶 $\text{Sc}_{0.6}\text{Fe}_2\text{Si}_{4.9}$ 型構造をとると報告されている[1]。希土類を含む R_2X_3 層が c 軸方向に $c/2$ の間隔で積層しその間を TX_2 で表されるブロック層が隔てている。 R_2X_3 層では、 R サイトと X サイトの占有率がそれぞれ $2/3$ 及び $1/3$ と見積られ、両者が互いに置換しあっていると考えられる。この置換が規則的に起こった場合、 $R-X$ 層の構造として最も有力なモデルはハニカム構造 R_2X_3 である[2]。実際に、 $\text{Eu}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ においては単斜晶 $\text{Sc}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ 型構造で構造が解かれ、Euはハニカム構造をとる[2]。このため、 $R_2T_6X_{15}$ は幾何学的フラストレーション効果の物性への影響が期待される。

本研究の対象物質である $R_2\text{Pd}_6\text{Al}_{15}$ 系は、これまでに $R = \text{Sm}$ [3]と $R = \text{U}$ [4]のみ報告されており、Ceでの先行研究はされていない。我々は、ハニカム構造に由来する物性の発現に着目して $\text{Ce}_2\text{Pd}_6\text{Al}_{15}$ の育成を試みた。

試料育成はアーク溶解法、試料評価としては粉末X線回折、単結晶X線回折による結晶構造解析、EPMAによる組成分析を行った。試料評価の結果、 $\text{Ce}_2\text{Pd}_6\text{Al}_{15}$ の組成で育成した試料には、期待した $\text{Sc}_{0.6}\text{Fe}_2\text{Si}_{4.9}$ 型構造をとる物質はできなく、 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 型構造を持つCe-Pd-Al系では新しい相を発見した可能性がある。さらに仕込み比を $\text{Ce}_{1.61}\text{Pd}_{7.5}\text{Al}_{9.5}$ と $\text{Ce}_2\text{Pd}_7\text{Al}_{10}$ で育成した。その結果2つの試料は共に CePd_2Al_3 と PdAl が含まれていることが分かった。

[参考文献]

[1] G. H. Kwei et al., *Acta Cryst.* **B52**, 580 (1996).

[2] M. Radziewski et al., *Z. Kristallogr.* **232**, 675 (2017).

[3] Y. Lutsyshyn et al., *Chem. Met. Alloys.* **5**, 98 (2012).

[4] Y. Haga et al., *J. Phys. Soc. Jpn.* **77**, SA365 (2008).

D-a11

Ce₂Pt₆X₁₅ (X=Al, Si)の単結晶育成と X 線構造解析

富山大理, 原子力機構先端セ^A

渡部悠貴, 太田玖吾, 高田幸志, 松本裕司, 芳賀芳範^A

Single crystal growth and X-ray structural analysis of Ce₂Pt₆Al₁₅

Univ. of Toyama, ^AJAEA ASRC Y. Watabe, K. Ota, K. Takada, Y. Matsumoto, Y. Haga^A

希土類間化合物 $R_2T_6X_{15}$ (R : 希土類金属 T : 遷移金属 $X = \text{Al, Ga, Si}$) は六方晶 $\text{Sc}_{0.6}\text{Fe}_2\text{Si}_{4.9}$ 型構造をとると報告されており、 R - R 面間が R - R 間の約 2 倍あるため、 R_2X_3 面内の相互作用が強いと考えられる。また、この構造では R が $2/3$ 、 X が $1/3$ でランダムに占有している[1]。そこで、単斜晶 $\text{Sc}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ 型構造でこの構造を解いたとき、 R はハニカム構造を、 X はハニカムの中で三角形をとり、 R_2X_3 面が積層している [2]。

Ce₂Pt₆Al₁₅ に関しては、これまで、磁化測定による、2.7 K で反強磁性転移を起こすという報告 [3] と、比熱測定による、低温まで秩序しないという報告 [4] がある。このためまずは、純良な単結晶試料を育成しその基底状態を明らかにするために、単結晶試料の育成とその構造解析を行った。さらに、U₂Pt₆Al₁₂Si₃ の育成の報告があることから [5]、Ce₂Pt₆Al₁₂Si₃ の結晶育成とその構造解析も行った。

結晶育成は、アーク溶解法(#1)、Zn(#2)及び Al(#3)フラックス法、アーク溶解で予備反応を行った後に Al フラックス法(#4)といった 4 つの方法で育成した。試料の評価は、粉末 X 線回折法、単結晶 X 線回折法、EPMA による組成分析を用いた。

六方晶 $\text{Sc}_{0.6}\text{Fe}_2\text{Si}_{4.9}$ 型構造で単結晶 X 線構造解析を行い、それぞれの育成方法で格子定数はどれもほぼ同じであることが分かった。ただし、不純物としては#1 には Ce₂Pt₉Al₁₆、#2 には CeZn₂Al₂、#3 には Al があつた。また、占有率に関しては、#4 についてほかの 3 つと比べて異なっていた。

[1] G. H. Kwei *et al.*, Acta Cryst. **B52**, 580 (1996).

[2] M. Radziejowski *et al.*, Z. Kristallogr. **232**, 675 (2017).

[3] M. Radziejowski *et al.*, Eur. J. Org. Chem. **13**, 1199 (2020).

[4] S. Manni *et al.*, MAR16 Meeting of The American Physical Society, (2015)

[5] 芳賀芳範 他, 日本物理学会第 76 回年次大会, PSH-48 (2021).

D-a12

立方晶 SmTi₂Al₂₀ の Al サイト Si 置換系の低温物性 II

富山大理, 富山大院理工^A

川端 竜矢, 桑井 智彦^A

Low-Temperature Properties (II) of Al-Si Substituted Cubic Compound NdTi₂Al₂₀

Fac. of Sci., Graduate School of Sci. and Eng.^A, Univ. of Toyama T. Kawabata and T. Kuwai^A

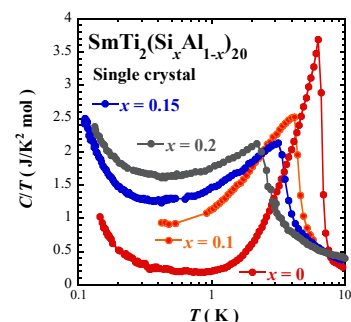
立方晶 1-2-20 化合物 SmTi₂Al₂₀ は、電気抵抗率に近藤効果の振舞いが観測され、近藤温度は約 2 K[1]と 2011 年に報告された。6.5 K に磁氣的相転移を示し、電子比熱係数 γ は約 100~150 mJ/K² mol のやや重い電子系化合物である。ただし、転移温度や近藤効果の振舞いへの磁場による影響が非常に弱いという特徴を持ち、有効質量増強の起源も現時点では明確となっていない。我々のグループでは、これまで Sm サイトを非磁性の La で系統的に希釈した系の極低温域の 4f 電子比熱と熱電能の相関を調べてきた[2]が、最近では Al サイトを原子番号が一つ多い Si で置換した系の物性も調べ始めている。目的は、Sm の希釈に依らず相転移を抑制し、これと競合すると考えられる近藤効果様の振舞いを詳細に調べることである。昨年度の講演会において、Si 10% および 20% を仕込み濃度として Al 自己フラックス法で育成した単結晶試料の振舞いを報告した[3]。本講演ではその後の進展について報告する。

新たに育成を試みた単結晶試料は、Si 仕込み濃度 15% のものである。比熱 C を温度 T で割った C/T の測定結果を他の仕込み濃度の試料とともに図に示す。Si の仕込み濃度の増加に伴い、転移温度は単調的に低下していることがわかる。また、すべての試料で Sm 核の比熱寄与があり、転移は磁氣的起源を持つと思われる。多結晶試料を作製し、物性を比較することにより、実際の Si の置換濃度について考察も行っているの、講演ではそれらも含め、他の物性測定結果についても報告する予定である。

[1] R. Higashinaka *et al.*: JPSJ **80** 093703 (2011).

[2] 三宅一平 他: 2016 年度日本物理学会秋季大会 15aPS-97(金沢大).

[3] 伊木真之, 桑井智彦: 日本物理学会北陸支部定例学術講演会 2020 (オンライン).



D-p1

立方晶 $\text{NdTi}_2\text{Al}_{20}$ の La 希釈系における 2 チャンネル近藤効果の可能性

富山大理, 富山大院理工^A

前川 翔, 飛田 奈都希^A, 桑井 智彦^A

Possibility of Two-Channel Kondo Effect in La-substituted System of Cubic Compound $\text{NdTi}_2\text{Al}_{20}$

Fac. of Sci., Graduate School of Sci. and Eng.^A, Univ. of Toyama S. Maekawa, N. Hida^A, and T. Kuwai^A

立方晶 $\text{NdTi}_2\text{Al}_{20}$ は結晶場分裂状態が基底二重項, 第 1, 第 2 励起状態はともに四重項であり, 1.3 K に反強磁性転移を示すことが報告されている[1]。Nd 1-2-20 系物質は, 二重項が基底状態にある場合, 磁氣的 2 チャンネル近藤効果 (TCKE) が発現する可能性のあることが理論的に議論されている[2]。一部の Zn 系 Nd 1-2-20 化合物では, 比熱・電気抵抗率に TCKE に特徴的なふるまいを示すことが見いだされている[3]。

我々は, TCKE を示す候補物質として Al 系 Nd 1-2-20 化合物 $\text{NdNb}_2\text{Al}_{20}$ などに着目し, 研究を行ってきた[4]が, 現在 $\text{NdTi}_2\text{Al}_{20}$ についても Nd サイトの La 希釈によって転移を抑制して, 異常な物性が現れないかを調べているので現時点で得られた結果を報告する。

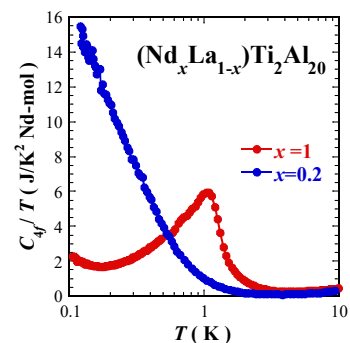
組成比を 1-2-20 からわずかにずらした母材をアーク溶解した後, 真空中 647 °C で 1 週間アニールした Nd 20 % 希釈系の単相結晶試料を物性測定に用いた。測定は PPMS-ADR オプションなどを用いて比熱 C , 電気抵抗 ρ , 熱電能 S を 0.1 K の極低温までで行った。

10 K 以下の C を温度 T で割った, C/T の $4f$ 電子寄与を, 自己フラックス法で育成した $\text{NdTi}_2\text{Al}_{20}$ 単結晶試料の結果とともに図に示す。Nd 100 % の試料では 1.1 K に反強磁性転移に伴うピークが見える。一方, Nd 20 % の試料には転移を示す明確なピークは現れず, 2 K 以下で非フェルミ液体に特徴的な急激な対数的増大が 0.1 K まで持続することがわかった。

[1] T. Namiki et al.: J. Phys. Conf. Ser. **683**, 012017(2016).

[2] T. Hotta: JPSJ **86**, 083704 (2017). [3] R. Yamamoto et al.: JPSJ **88** 044703 (2019).

[3] 土屋有紗, 桑井智彦: 日本物理学会北陸支部定例学術講演会 2020 (オンライン) .



D-p2

重い電子系 $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ の結晶育成とその物性

富山大理, 原子力機構先端セ^A

太田 玖吾, 渡部悠貴, 高田幸志, 松本裕司, 芳賀芳範^A

Crystal growth and physical properties of heavy-fermion compound $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$

Univ. of Toyama, ^AJAEA ASRC K. Ota, Y. Watabe, K. Takada, Y. Matsumoto, Y. Haga^A

希土類間化合物 $R_2T_6X_{15}$ (R : 希土類金属 T : 遷移金属 $X = \text{Al, Ga, Si}$) は六方晶 $\text{Sc}_{0.6}\text{Fe}_2\text{Si}_{4.9}$ 型構造をとると報告されている[1]。この結晶構造を単斜晶 $\text{Sc}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ 型構造解いた場合, R はハニカム構造をとる[2]。本研究の対象物質である $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ はこれまでに 2.6 K で反強磁性秩序を起こすものと磁気秩序を起こさないものの 2 つの報告がある[3]。 $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ が反強磁性体であればハニカム構造に由来する幾何学的フラストレーション効果の物性への影響が期待される。我々は, $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ の基底状態を明らかにすることを目的として結晶育成及び物性測定を行った。

試料育成はアーク溶解法, 試料評価としては粉末 X 線回折, 単結晶 X 線回折による結晶構造解析, EPMA による組成分析を行った。 $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ について磁化, 比熱を測定した結果, Radzieowski ら [3]と同様に $T^* = 2.6$ K で反強磁性的な転移が見られた。しかし, 試料評価の結果, 試料の数%が $\text{Ce}_2\text{Pt}_9\text{Al}_{16}$ であることによって T^* での転移を説明できることが分かった[4]。磁化測定の結果, 高温では Curie-Weiss 則に従い, 有効磁気モーメント $\mu_{\text{eff}} = 2.68 \mu_B$, ワイス温度 $\theta_p = -93.6$ K となり, Ce^{3+} の常磁性の振る舞いが観測された。磁化率は 50 K 付近で山を持ち, 低温で再び上昇した後 $T^* = 2.6$ K で反強磁性的な転移が見られた。比熱測定の結果, C_{mag}/T は 30 K 付近で山を持ち, T^* でピークを持つ。不純物が $\text{Ce}_2\text{Pt}_9\text{Al}_{16}$ であることを考慮すると $\text{Ce}_2\text{Pt}_6\text{Al}_{15}$ は C_{mag}/T は低温で一定値をとり電子比熱係数 γ は約 0.1 J/mol-Ce K² と重い電子状態を形成することが分かった。

[1] G. H. Kwei et al., Acta Cryst. **B52**, 580 (1996).

[2] M. Radzieowski et al., Z. Kristallogr. **232**, 675 (2017).

[3] M. Radzieowski et al., Eur. J. Org. Chem. **13**, 1199 (2020).

[4] A. M. Strydom, J. Low. Temp. Phys. **170**, 334 (2013).

D-p3

Zigzag 鎖反強磁性体 $\text{Cd}_2\text{Cu}_2(\text{PO}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の NMR 測定

福井大遠赤セ, 東理大理^A

丸山 薫, 廣澤 康平, 林 哉汰, 藤原 理賀^A, 石川 裕也, 藤井 裕

NMR study of zigzag-chain antiferromagnet $\text{Cd}_2\text{Cu}_2(\text{PO}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Res. Center for Develop. of FIR, Univ. of Fukui; Tokyo Univ. of Science^A

K. Maruyama, K. Hirozawa, K. Hayashi, M. Fujihala^A, Y. Ishikawa, Y. Fujii

一次元 zigzag 鎖とは、スピン鎖を形成する最近接相互作用 J_1 に加えて一つ飛ばしのスピン間に次近接相互作用 J_2 が存在する磁気モデルのことである。 J_1 、 J_2 が共に反強磁性の場合は、ベクトルカイラル相、ネマティック相等の実現が理論的に予想されている[1]。表題化合物 $\text{Cd}_2\text{Cu}_2(\text{PO}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶構造を図 1 に示す。平面四配位構造を持つ Cu^{2+} ($S = 1/2$) が四面体構造のリン酸イオンで繋がれることで zigzag 鎖を形成している。磁化率、比熱の温度依存性は、一次元性を示すブロードな極大が 50 K 近傍に現れ、また最低 0.5 K まで長距離秩序が観測されていない[2]。最近の理論研究では $J_1/J_2 = 0.4$ 程度と示唆され、 $J_2/k_B = 78$ K で磁化率もよく再現されることがわかった[2]。 J_1 よりも J_2 が大きいモデル化合物は希少であり、ミクロな観点からの磁性評価は意義深いと考えられる。そこで我々は、粉末試料を用いて、 ^1H と ^{31}P の NMR 測定を最低 1.5 K までの極低温域で行った。 $J_1/J_2 = 0.4$ の反強磁性 zigzag 鎖においてはゼロ磁場でスピンギャップをもつ非磁性基底状態が期待されるが、核磁気緩和率 T_1^{-1} の温度依存性からはスピンギャップの存在は確認されなかった。

[1] T. Hikihara *et al.*, PRB **81** (2010) 224433.

[2] 藤原理賀ら, 日本物理学会第 76 回年次年会(2021 年) 15aC1-6, および private communications.

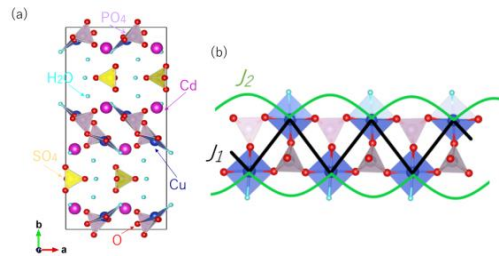


図 1: (a) $\text{Cd}_2\text{Cu}_2(\text{PO}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶構造
(b) リン酸イオンを介した zigzag 鎖

D-p4

ESR/NMR 二重磁気共鳴用ミリ波帯円筒型共振器の開発

福井大遠赤セ、福井大工^A

廣澤 康平, 林 哉汰, 佐野 巴則, 高橋 佑輔, 浅野 貴行^A, 石川 裕也, 藤井 裕, 光藤 誠太郎

Development of a millimeter-waveband cylindrical resonator for ESR/NMR double magnetic resonance

Research Center for Development of Far-Infrared Region, Univ. of Fukui ; Dept. of Appl. Phys., Univ. of Fukui^A

K. Hirozawa, K. Hayashi, T. Sano, Y. Takahashi, T. Asano^A, Y. Ishikawa, Y. Fujii and S. Mitsudo

我々は電子スピン共鳴 (ESR) と核磁気共鳴 (NMR) 双方による動的核偏極 (DNP) 効果を用いた希薄スピン系の NMR (DNP-NMR) や電子-核二重共鳴 (ENDOR) を目指しミリ波帯における二重磁気共鳴用円筒型共振器の開発を行っている。これまでに我々は、ESR/NMR 共用共振器として球面ミラーと平面ミラーを対に並べた Fabry-Pérot 型共振器を用いて開発を行ってきた。しかし、試料量が限られるために NMR の高感度化は困難であった。そこで、試料量を増やすことが可能である円筒型共振器に着目し、円筒型共振器を中心として ESR/NMR 二重磁気共鳴用円筒型共振器の開発を行ってきた[1]。

製作した二重磁気共鳴用円筒型共振器を右図に示す。この共振器を用いて ENDOR 用標準試料として知られる COAL の ESR 及び NMR 測定を行った。10 K 以下の極低温領域における COAL の ESR 及び試料中に含まれる ^1H -NMR 測定と内包するテフロンチューブの ^{19}F -NMR 測定の結果から二重磁気共鳴が可能であることが分かった。本講演では、ESR/NMR 測定の詳細や ENDOR の予備的な測定結果について報告する。

[1] 石川ら, 日本物理学会 2021 年秋季大会, 21p PSC-31(2021).

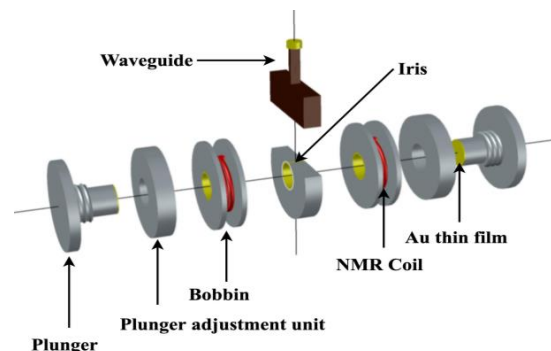


図: 二重磁気共鳴用円筒型共振器の概要図

D-p5

ジャイロトロンを用いたミリ波帯FT-ESRの高感度化 I

福井大遠赤セ 西尾 英通, 佐野 巴則, I. P. Abdi Karya,
林 哉汰, 奥谷 顕, 石川 裕也, 藤井 裕, 光藤 誠太郎

Improvement in sensitivity of millimeter-wave band FT-ESR using a gyrotron I

FIR-Center, Univ. of Fukui, H. Nishio, T. Sano, I. P. Abdi Karya,
K. Hayashi, A. Okutani Y. Ishikawa, Y. Fujii and S. Mitsudo

パルス電子スピン共鳴(Pulsed Electron Spin Resonance:Pulsed-ESR)は、数十ns程度の強力な電磁波パルスを試料に照射し、電子スピンの動的過程を観測する測定手法である。Pulsed-ESRによって得られる自由誘導減衰(Free Induction Decay: FID)信号をフーリエ変換することで、連続波ESR よりも高い分解能を持つフーリエ変換 (Fourier-Transform : FT) -ESR スペクトルを得ることができる。

これまでに我々は周波数154 GHz、出力150 Wでの発振が可能なGyrotron FU CW VIIBを光源に用いてミリ波帯のPulsed-ESR装置の開発を行ってきた[1][2]。本研究では超伝導磁石(共鳴磁場約5.5T)に常伝導のスweepコイルを導入することで、ESR測定の高感度化と分解能の向上を試みている。Sweepコイルとパイポランプを用いることで、mT以下の磁場精度とヒステリシスの無い高速の磁場掃引の達成が期待できる。高い精度の磁場制御とFT-ESRの高分解能によるスペクトルの高精度化が期待できると共に、図1に示すような非共鳴時にもリークしてくる電磁波のバックグラウンドの除去が頻繁に行えるようになり、バックグラウンドの変化による信号への影響を抑えたS/Nの高い信号取得が期待できる。本発表では、このようなSweepコイルについて有限要素法解析ソフトであるCOMSOLを使い、検討を行った。磁場均一度の最適化やコイルの電流電圧特性についても検討した結果について報告する。

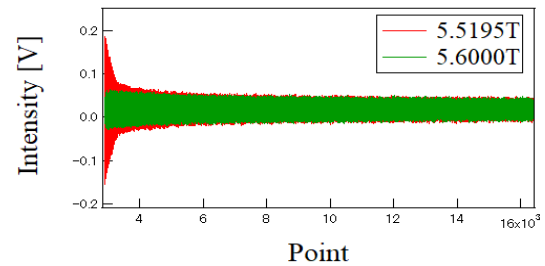


図1: BDPA のFID 測定における共鳴磁場(5.5195 T)と非共鳴磁場(5.6000 T)の比較, 赤のFID に対して緑のバックグラウンドを除去する必要がある[1]。

[1]佐野 巴則: 2020年度福井大学工学研究科卒業論文

[2] S. Mitsudo et al.: 2021 46th IRMMW-THz, 2021, pp. 1-1, doi: 10.1109/IRMMW-THz50926.2021.9567466.

D-p6

ジャイロトロンを用いたミリ波帯 FT-ESR の高感度化 II

福井大学遠赤外領域開発研究センター 佐野 巴則, 西尾 英通, I. P. Abdi. Karya, 林 哉汰, 奥谷 顕, 石川 裕也, 藤井 裕, 光藤 誠太郎

Improvement in sensitivity of millimeter-wave band FT-ESR using a gyrotron II

FIR-Center, Univ. of Fukui, T. Sano, H. Nishio, I. P. Abdi Karya, K. Hayashi, A. Okutani, Y. Ishikawa, Y. Fujii, S. Mitsudo

X-band(10 GHz 帯)での Pulsed-ESR(Pulsed Electron Spin Resonance)装置はすでに市販されており様々な分野の研究に使用されている。しかし、100 GHz 以上のような高周波での Pulsed-ESR 装置は高周波、高出力かつ短パルスでの発振可能な光源が少ないことから困難なものとなっている。我々は遠赤外領域開発研究センターで開発を行っている高周波高出力光源であるジャイロトロン[1]を用いて高周波(154 GHz)Pulsed-ESR 装置の開発を行っている。我々が開発している Pulsed-ESR 装置では、一つの励起パルス(数十ナノ秒程度)を照射した後得られる自由誘導減衰(Free Induction Decay : FID)信号を直交位相検波法により観測している。しかし、得られる FID 信号の強度は数 μ W と励起パルスに比べて5桁以上小さい。ジャイロトロン発振の位相がランダムであることから FID 信号の位相も制御できず、単純な積算によるS/Nの向上が出来ないという問題点が挙げられる。そこで個々のFID信号をコンピュータにより位相補正を行ったあとに積算することによりS/Nの向上を図った。FIDからFT-ESRを得る過程はプログラムを工夫することにより高速に処理するようにした。現在、解析にはフリーの数値計算ソフトであるScilab[2]を使用している。それにより積算回数が向上し高感度化が進んだのでより少量の試料からスペクトルを得ることが可能となった。そこでより少量の試料の測定を行うことで試料内の磁場の不均一を下げて磁場の不均一からくる線幅の増加分を見積もった。今回、その結果について発表を行う。測定試料にはポリスチレン中に100 mMで希釈したBDPAラジカルを用いた。

[1] S. Mitsudo et al., Irmw, TU-PO-77 5103224, (2021).

[2] Scilab ホームページ, 'https://www.scilab.org/'

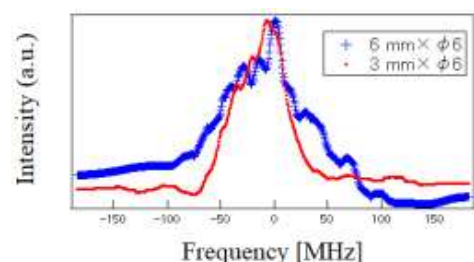


図: FT-ESR スペクトル

(サンプルサイズ: 6 mm x phi 6, 3 mm x phi 6)

D-p7

$S=1/2$ 反強磁性鎖 D-F₅PNN の ¹⁹F-NMR

福井大遠赤セ, 産総研^A, 京大人環^B

高橋佑輔, 丸山薫, 仲川晃平, 石川裕也, 泉小波^A, 酒井尚子^B, 田熊邦郎^B, 藤井裕

¹⁹F-NMR Study of Spin-1/2 Antiferromagnetic Chain D-F₅PNN

Res. Center for Development of FIR, Univ. of Fukui; AIST^A; Kyoto Univ.^B

Y. Takahashi, K. Maruyama, K. Nakagawa, Y. Ishikawa, K. Izumi^A, N. Sakai^B, K. Taguma^B, Y. Fujii

有機ラジカル分子 F₅PNN(図 1)の結晶は、 $S=1/2$ を担うラジカルスピンの**b**軸と垂直な方向に一次元鎖を形成する反強磁性体である[1]。重水素化していない H-F₅PNN はボンド交錯鎖モデルであり、スピギャップが壊される 2 T ~ 6 T の高磁場下かつ極低温領域では朝永-Luttinger 液体状態で記述される臨界的振る舞いが NMR 測定から示唆されている[2]。しかし、H-F₅PNN は極低温領域で構造相転移を起こすため、詳細な議論が難しかった。一方、重水素化した D-F₅PNN では、3 T 以下の低磁場域かつ 1 K 近傍で構造相転移が示唆されているが、それより高温域では一様鎖モデルで磁化率などがほぼ再現される[3]。我々はその NMR 測定から一次元磁性体の臨界的振る舞いを観測することを目的として、¹⁹F-NMR 測定を行っている。これまでに、印加磁場に対して結晶軸を角度回転させた測定から超微細相互作用テンソルの見積もりに関する報告を行った[4]。今回は、最低温度 1.5 K、最高磁場 8 T の広い磁場範囲で、**b**軸方向に磁場を印加したときの核磁気緩和時間及びスペクトルの磁場・温度依存性の測定結果について報告する。

[1] M. Takahashi *et al.*: Mol. Cryst. Liq. Cryst. **306** (1997) 111.

[2] K. Izumi *et al.*: Physica B **329-333** (2003) 1191.

[3] Y. Inagaki *et al.*: JPSJ **86** (2017) 113706.

[4] 藤井ら, 日本物理学会 2021 年秋季大会, 21pPSC-5

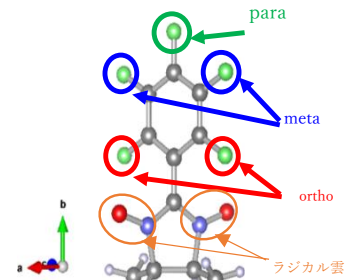


図 1: F₅PNN の分子。赤、青、緑の丸は 3 つの ¹⁹F サイトを表す。

D-p8

COMSOL シミュレーションを用いた D-band 移相器の開発

福井大遠赤セ, 福井大工技術部^A

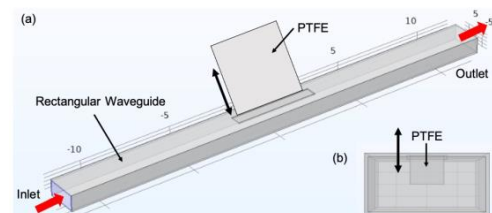
江原 颯斗, I. P. Abdi. Karya, 内山 裕二^A, 石川 裕也, 藤井 裕, 光藤 誠太郎

Development of a D-band phase shifter using COMSOL simulation

Research Center for Development of FIR, Univ. of Fukui; Technical Division, Univ. of Fukui^A

H. Ehara, I. P. Abdi. Karya, Y. Uchiyama^A, Y. Ishikawa, Y. Fujii and S. Mitsudo

我々が研究開発を行っている電子スピン共鳴装置では、ホモダイン検波方式を用いている。この方式では、1 つの発振器の直後で分岐させたミリ波のうち一方は試料のある共振器へ入り、返ってきたミリ波はもう一方のミリ波と結合される。この 2 つのミリ波の位相差を移相器で調整することにより、吸収及び分散波形を取得できる。このような位相調整は、共振器に近い位置で行った方が、分岐後のミリ波導波距離が短くなり、ノイズ低減に有利であるが、クライオスタット内の空間的制約から手動タイプの移相器では実現が難しい。移相器の性能として位相調整幅が 360 deg 必要であり且つ移相器内でのミリ波伝送ロスが小さいことが望ましい。共振器近傍に設置可能な移相器開発に向け、これまでに我々は矩形導波管の断面の短辺側に対し垂直方向より誘電体(テフロン)を挿入する手法を用いた移相器の試作検討を行ってきた[1,2]。本研究ではその比較として導波管断面の長辺側より垂直に誘電体を挿入する移相器を対象とし、より定量的な議論を可能にするため電磁場解析シミュレーションソフトウェアの COMSOL を用い試作検討を実施した。図に示すようなモデルを作成し、挿入する誘電体の幅及び奥行きが異なるものについて検討をした。その結果、110-130 GHz の D-band において幅 6 mm、奥行き 4.5 mm のモデルが位相調整幅及び伝送ロスの観点から最適と判断した。誘電体の挿入位置は、矩形導波管の長辺の方が短辺よりも優位であることがわかった。本講演では実機での測定結果も合わせて報告する予定である。



図(a)COMSOL における計算モデル

(b)誘電体(PTFE)挿入時の導波管断面図

[1] 富永隼人, 2018 年度卒業論文, 福井大学工学部 (2018) .

[2] 秋葉直也, 2019 年度卒業論文, 福井大学工学部 (2019) .

D-p9

一次元フラストレート磁性体 $\text{KCu}_3\text{OCl}(\text{SO}_4)_2$ の ESR

福井大工, 福井大遠赤セ^A

谷口 敦紀, 中川 航佑, 林 哉汰^A, 廣澤 康平^A, 石川 裕也^A, 藤井 裕^A, 菊池 彦光
ESR of one-dimensional frustrated magnet $\text{KCu}_3\text{OCl}(\text{SO}_4)_2$

Dep. of Appl. Phys., Univ. of Fukui; Res. Center for Develop. of FIR, Univ. of Fukui^A

A. Taniguchi, K. Nakagawa, K. Hayashi^A, K. Hirozawa^A, Y. Ishikawa^A, Y. Fujii^A, H. Kikuchi

$\text{KCu}_3\text{OCl}(\text{SO}_4)_2$ (鉱物名:カムチャッカ石、斜方晶系)の $\text{Cu}^{2+}(S=1/2)$ は四面体を形成し、その四面体が頂点を共有する形で c 軸方向に一次的に配列しており、幾何学的スピントラストレーション効果による新規な磁性が期待される。我々は、これまで磁化率、比熱等の測定から 3 K、11 K、15 K における逐次相転移を見いだした¹⁾。15 K 転移は弱強磁性転移と思われるが、他の転移も含めて詳細は不明である。今回、転移の詳細を知るために、電子スピン共鳴 (ESR) 測定を 35 GHz において行った。図 1 にスペクトルの温度変化を示す。詳細は当日報告する。

1) 国枝賢治 他、日本物理学会 2015 年秋季大会, 16aPS-96.

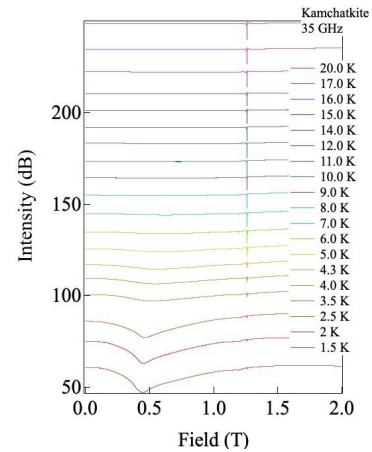


図 1: $\text{KCu}_3\text{OCl}(\text{SO}_4)_2$ の ESR