

2003年度

卒業研究発表会予稿集

2004年1月28日(水)・29日(木)

口頭発表会 於:9 - 349

2004年1月29日(水)

ポスター発表会 於:上智会館第6会議室(5階)

上智大学 理工学部






物理学科

物理学科卒業研究・口頭発表会プログラム







1月28日(水)

10:00 開会の挨拶 学科長

伊藤研 (10:10 11:00)

				頁
	A0074052	島 智彦	遅い中性子捕獲元素合成 classical s-process	2
	A0074059	土屋 武也	遅い中性子捕獲元素合成 太陽系元素組成との比較	3
	A0074035	宮本 佑二	速い中性子捕獲元素合成 classical r-process	4
	A0074024	吉川 聡	速い中性子捕獲元素合成 原子核質量モデルによる比較	5
	A0074004	榎原 匡俊	速い中性子捕獲元素合成 r-process からわかる宇宙年代学	6

後藤研 (11:00 12:00)

	A0074045	大野 律子	量子スピンドイマー磁性体 NH_4CuCl_3 の低温に おけるマグノンの局在	8
	A0074051	関根 浩平	量子スピンドイマー磁性体 NH_4CuCl_3 の強磁場に おける非等価ダイマーサイト	9
	A0074060	角田 玲子	乱れを入れた量子スピンドイマー磁性体 (Tl,K) CuCl_3 におけるボースグラス相	10
	A0074036	水寄 奈央	フラストレートした三角格子反強磁性体 Cs_2CuBr_4 の NMR	11
	A0074049	太田 貴也	ランタン系酸化物超伝導体の 1/4 組成における 磁場効果	12
	A0074063	臼井 聡美	電子ドーブ系高温超伝導体における 4f 電子の磁気秩序	13

昼食

桑原研 (13:30 14:10)

● A0074014	井川 公孝	熱物性測定装置の作製	15
● A0074010	平川 基城	RMnO_3 結晶の粉末 X 線結晶構造解析	16
● A0074028	小山 雄也	RMnO_3 結晶の圧力下での誘電率	17
● A0074039	中原 正道	構造相転移点近傍における格子歪み測定	18

大槻研 (14:10 15:00)

● A0074013	伊部 紀昭	2次元古典スピングラスの基底状態の探索	20
● A0074069	山内 恒	磁性体における電気伝導 : 電気伝導度の揺らぎ	21
● A0074070	山内 豊	磁性体における電気伝導 : 磁気抵抗	22
● A9874021	黒田 泰弘	共鳴トンネル効果とフリーデル振動	23
● A9974017	小池 高寿	共鳴トンネリング下における波束のダイナミクス	24

水谷研 (15:00 15:20)

● A0074034	三宅川 弘明	分子動力学シミュレーションによる 希ガスイオンの拡散過程	26
● A0074001	姉川 洋平	Time-of-Flight 法における空間電荷効果の評価	27

休憩

高柳(和雄)研 (15:30 16:10)

● A9974010	石井 慎治	摂動論とその応用	29
● A9974007	橋本 淳	変分法とその応用	30
● A9974037	大原 啓	Hartree-Fock 近似 I	31
● A0074056	高橋 優也	Hartree-Fock 近似 II	32

清水研 (16:10 16:50)

● A0074037	森田 喬之	水素分子の結合エネルギー I	34
● A0074050	左高 良一	水素分子の結合エネルギー II	35
● A0074019	秦泉寺 竜志	- 模型による核物質の性質 I	36
● A0074046	大崎 一人	- 模型による核物質の性質 II	37

江馬研(16:50 17:30)

● A0074066	藪本 幹二	極短光パルスを用いたコヒーレントフォノンの研究	39
● A0074027	幸山 和晃	ペロブスカイト型 Mn 酸化物における 過渡的反射率変化の研究	40
● A0074067	矢島 千恵子	機能性高分子を導入した有機無機複合型物質の 光物性	41
● A0074008	原田 尚美	多重量子井戸におけるポラリトンの研究	42

1月29日(木)

坂間研(10:00 11:00)

● A0074011	星 英輔	可視光応答型 TiO ₂ 光触媒の研究	44
● A0074065	脇山 健太郎	STO 基板上的 TiO ₂ 薄膜の成長	45
● A0074029	工藤 宜之	銅酸化物高温超伝導体薄膜成長時の 製膜速度による諸物性の変化	46
● A0074048	岡田 貴樹	遷移金属酸化物における電気磁気効果の 新素子への応用	47
● A0074055	田口 宗嗣	ナノテク材料ペンの作製と評価	48
● A0074071	吉田 尚弘	RHEED 振動の自動測定ソフトウェアの開発	49

関根研(11:00 12:10)

● A9974020	前田 英男	スピンドイマー系物質のラマン散乱	51
● A0074003	番内 信行	RMnO ₃ (R = ランタノイド) のラマン散乱	52
● A0074002	鮎川 将人	スピングャップ系物質 NaV ₂ O ₅ の低温高圧下 ラマン散乱	53
● A9974014	金子 雄人	スピルパイエルス物質の作成と帯磁率測定	54
● A9974006	浜崎 智彰	スピルパイエルス物質の作成と帯磁率測定	55
● A0074026	小暮 雅俊	スピン密度波による非線形電気伝導と狭帯域雑音	56
● A0074017	井上 憲	スピン密度波による非線形電気伝導と狭帯域雑音	57

昼食

田中研(13:30 14:30)

● A0074058	田邊 大輔	クロスビーム法を用いた電子衝撃によるラジカル生成と検出	59
● A0074022	加藤 英俊	電子衝突における二原子分子の電子励起過程 実験手法と一般化振動子強度について	60
● A0074038	中川 一樹	電子衝突における二原子分子の電子励起過程 N ₂ とCO(等電子分子の比較)	61
● A0074044	小栗 一紘	電子衝突における二原子分子の電子励起過程 H ₂ とN ₂ (等核二原子分子の比較)	62
● A0074047	大石 光太郎	電子衝突における二原子分子の電子励起過程 NOとCO(異核二原子分子の比較)	63
● A0074015	稲見 泰宏	低エネルギー電子衝突によるH ₂ Oの振動励起過程	64

高柳(俊暢)研(14:30 15:30)

● A0074062	内村 寛裕	レーザー励起Ca ⁺ による低エネルギー イオン分子反応 CaOH ⁺ イオンの光解離	66
● A0074057	高砂 隼也	レーザー励起Ca ⁺ による低エネルギー イオン分子反応 Ca ⁺ + O ₂ 反応の研究	67
● A9874024	前田 弘之	表面電離法による金属原子ビームの検出	68
● A9974045	榊原 幹樹	He 原子の電子衝突電離二重微分断面積と 自動電離スペクトル	69
● A0074040	中村 俊也	Li ⁺ イオン衝突によるNe 自動電離放出 電子スペクトル 装置と実験方法について	70
● A0074041	中田 俊之	Li ⁺ イオン衝突によるNe 自動電離放出 電子スペクトル 結果と考察	71

ポスター発表会

1月29日(木)

上智会館第6会議室(16:30 18:00) 全員(59名)参加

低温物性研究室

指導教員

後藤貴行

助教授

鈴木栄男

助手

共同研究員

藤原崇雄

大学院生

住川英光

谷晋一郎

卒業研究生

大野律子

関根浩平

角田玲子

水寄奈央

太田貴也

臼井聡美

量子スピンドイマー磁性体 NH_4CuCl_3 の低温におけるマグノンの局在

低温物性研究室 A0074045 大野律子

【はじめに】 NH_4CuCl_3 は Cu の $3d$ スピン($S=1/2$)が梯子状に a 軸方向に 2 本並んだ結晶構造をもつ量子スピンドイマー系の物質である。 NH_4CuCl_3 は低温において磁場をかけると磁化曲線の $5\sim 12.7\text{T}$ と $17.9\sim 24.7\text{T}$ に磁化が一定になる領域(プラトー)が現れる。 NH_4CuCl_3 と同じ結晶構造をもつ KCuCl_3 や TiCuCl_3 ではこのプラトーは見られず、その原因に興味もたれている。電子スピンと核スピンの相互作用(超微細相互作用)の大きさを表す結合定数 A は系の電子状態を反映して大きさや符号が著しく変化する量であり、実験的にはマクロ磁化と NMR のシフトの比($\Delta H=AM$)として求められる。一般に結合定数 A は Cu^{2+} の化合物ではマイナス数十 T/μ_B 程度の大きな負の値をとることがわかっているが NH_4CuCl_3 では正の小さな値をとるとい報告があり、詳しくははわかっていない。本研究では Cu- $3d$ スピンの状態について情報を得るために磁場中で試料を回転させ、NMR によって超微細結合定数の異方性、および温度依存性を調べた。

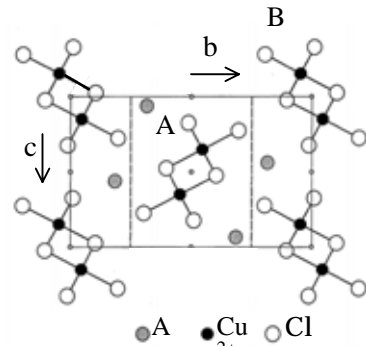


Fig.1 NH_4CuCl_3 の結晶構造

【実験方法】試料は蒸発法により単結晶を作成して用いた。 $4.6\sim 11.9\text{T}$ の各磁場において b 軸と外部磁場のなす角を 0.06° 刻みに変化させて測定を行い、スピンエコー強度の角度依存性をプロットした。また、各方向について温度 ($3.5\text{K}\sim 10\text{K}$) を媒介変数としたマクロ磁化とシフトのグラフを作成した。

【結果と考察】Fig.2 では $5\sim 9\text{T}$ においてシングレットサイトのみが観測され、主軸方向の異なる 2 本のラダー上にいる Cu の寄与として説明された。トリプレットサイトは横緩和率が大きいため高磁場においても観測されないことがわかっている。 $10\text{T}\sim 12\text{T}$ での信号は ^{35}Cl 核からのものであり、 ^{35}Cl のゼロシフトの共鳴位置は 19.4T であることを考慮すると $6\sim 10$ テスラ程度の内部磁場を感じている励起トリプレットサイトにいる信号だと考えられる。各方向におけるマクロ磁化とシフトの結果を Fig.3, Fig.4 に示す。両者が比例関係にある高温側で、いずれの方向についても、 $A\sim +6\text{T}/\mu_B$ と求まり 6K 以下の低温では比例しなくなることがわかる。以上より NH_4CuCl_3 の結合定数 A が小さくて正の値を持つのは超微細結合の異方性によるものではないことがわかった。この理由としてはマグノンが局在傾向にあることが考えられる。これは中性子非弾性散乱実験においてマグノンのエネルギー分散が小さいという最近の報告(Kakurai)にも一致する。

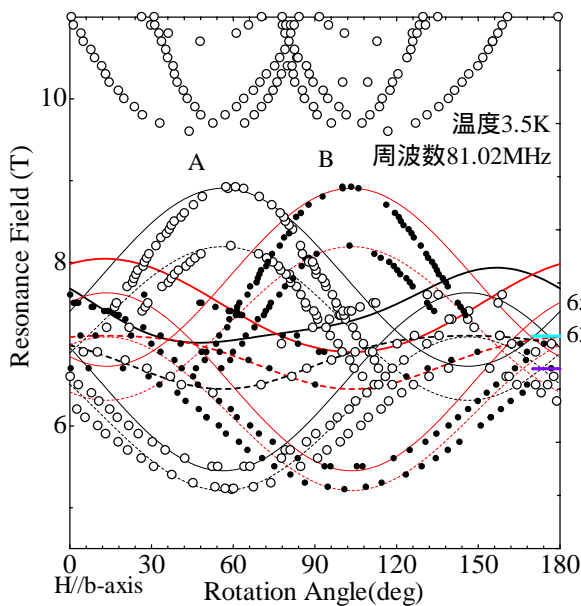


Fig.2 共鳴磁場の角度依存性

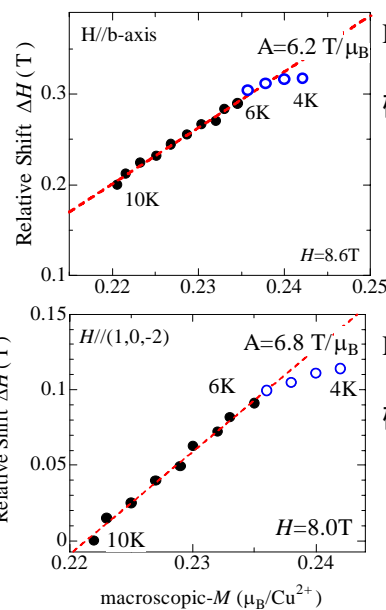


Fig. 3 マクロ磁化と NMR シフト
磁場方向(0,1,0)

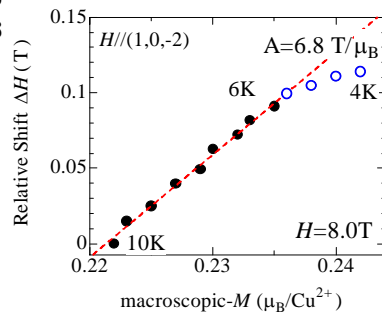


Fig. 4 マクロ磁化と NMR シフト
磁場方向(1,0,-2)

量子スピンダイマー磁性体 NH₄CuCl₃ の強磁場における非等価ダイマーサイト
低温物性研究室 A0074051 関根浩平

【はじめに】NH₄CuCl₃は結晶学的にはCu-3dスピン(S=1/2)の2足ラダーである。しかし、磁気的には反強磁性的に強く結合したダイマーが弱く結合している磁性体であるとみなすことができる。小さな磁気異方性と大きなスピンゆらぎを反映して零磁場におけるダイマーの基底状態はシングレットになっている。しかし、零磁場ではスピン励起ギャップが存在せず、磁場を印加すると直ちに磁化が増加し始める(図1)。高磁場では2ステップのプラトーがM=1/4と3/4に現れ、非プラトー領域(磁化スロープ)では低温において磁場誘起磁気転移が起こる。プラトーの発生原因と各領域でのミクロなスピン状態を調べるのが本研究の目的である。

【実験方法】蒸発法で作製した単結晶試料を東北大学金属材料研究所の20T超伝導マグネットを用いてCu-NMRスペクトルを測定した。共鳴周波数は182.7MHz、測定の温度範囲は約1.6~7.0K、磁場範囲は約16~17T(図1の斜線部)で外部磁場はb軸に平行に印加した。この磁場領域では磁場誘起磁気転移の存在が示唆されている(図1のphase)。

【結果及び考察】図2は各温度での^{63/65}Cuのスペクトルである。このピークシフトの温度依存性を示したものが図3である。これまでの低磁場(Phase及び第一プラトー)の測定では、有限なマクロ磁化が存在しているにも関わらず、Cu-NMRはシングレットサイトしか見えないことがわかっていて。しかし、図3を見ると温度依存性のはっきり異なる2種類のピークがあらわれている。これらのうち温度を下げると共鳴磁場が上昇するピーク(図3のA1とA2)は低温(T=T_N)で分裂する。分裂幅の温度依存性を図4に示す。

この分裂はPhaseにおける磁場誘起磁気転移のためにシングレットとトリプレット状態が混成し生じた横向きスタガード磁化によるものと考えられる。この磁気転移はTI系におけるマグノンのボースアインシュタイン凝縮に対応していると考えられるが、完全に同じものではない。TI系ではマグノンは自由に動きまわっているが、この系では局在傾向にあることがNMRと中性子散乱により明らかにされている。また、NH₄系では磁气的に異なる複数のシングレットサイトが存在し、このことがマグノンの局在と磁化プラトーの発生原因であるという理論が提唱されており(Matsumoto)、本研究で観測されたA,Bサイトの存在はこれを支持するものである。

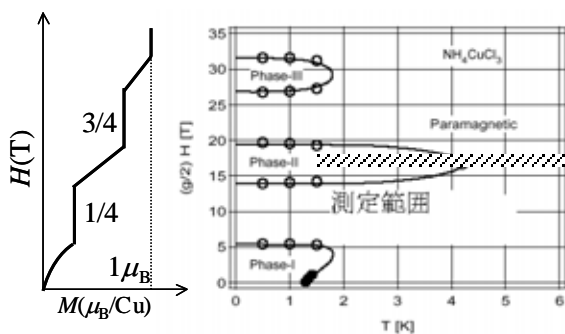


図1：磁化曲線と磁気転移の相図(磁化曲線のキックと比熱。B.Kurniawan et al. 1999)

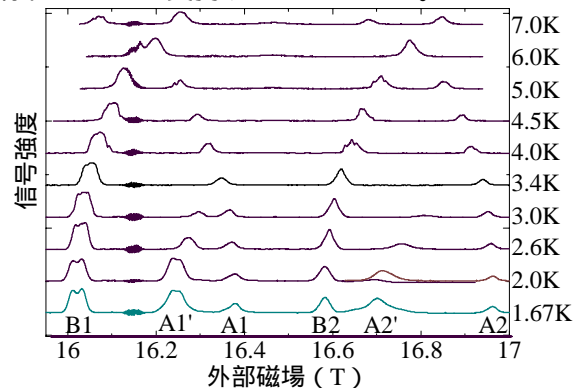


図2：高磁場での^{63/65}Cuの磁場掃引スペクトル

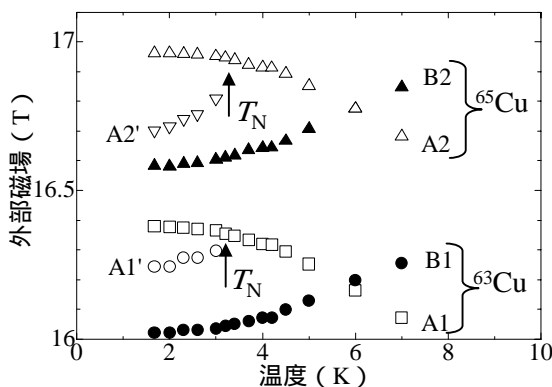


図3：高磁場でのシフトの温度依存性

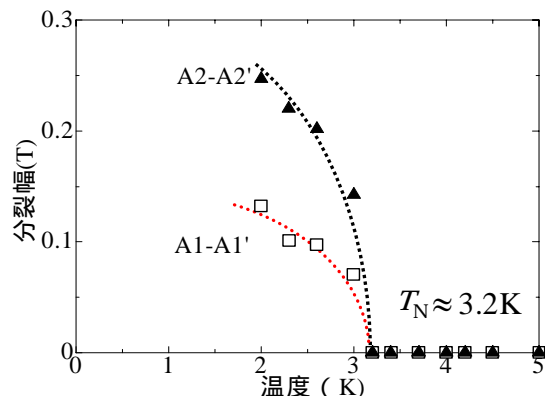


図4：分裂幅の温度依存性

乱れを入れた量子スピンダイマー磁性体(Tl,K)CuCl₃におけるボーズグラス相

低温物性研究室 A0074060 角田玲子

【はじめに】ACuCl₃(A=Tl,K)はCu²⁺イオン ($S=1/2$) が二重鎖構造をなし、反強磁性ダイマーが磁氣的に弱く結合した量子スピン系物質である。TlCuCl₃とKCuCl₃は基底状態がsingletでスピン励起にギャップを持ち、転移磁場を越えると磁化(マグノン数)はほぼ直線的に増加する。ギャップの大きさはTlCuCl₃が7.5K、KCuCl₃は31Kと異なっている。これに対し、両者の固溶系である(Tl,K)CuCl₃は磁氣的なゼロ磁場基底状態($dM/dH > 0$)を持ち、高磁場で磁化が急激に増加する転移点が存在する事から、ギャップを持つ事が報告されている。最近、この転移磁場よりも低磁場の状態がボーズグラス相ではないかという理論的な指摘がある。ボーズグラス相ではボソン(マグノン)は乱れによって局在化し、基底状態で磁氣的な振る舞いを見せ、磁場を上げボース粒子密度を高くするとボースアインシュタイン凝縮(BEC)が起こるとされている。本研究では両者の状態のミクロなスピン状態を調べるために(Tl,K)CuCl₃のCu-NMRスペクトル測定をTlとKの混合比を変えた試料で行った。

【実験】試料は単結晶のTl_{1-x}K_xCuCl₃ ($x=0.1, 0.2$)で、東工大の田中研から供給していただいた。超伝導マグネットを用いb軸平行(2重鎖に対して垂直)に磁場をかけ、共鳴周波数103.6MHzで^{63/65}Cu核のNMR磁場掃引スペクトル測定を行った。温度範囲は1.8K~11K、磁場範囲は4T~11.9Tである。

【結果】図1は磁場掃引スペクトルである。高温ではシャープな吸収線が見られ試料内の磁場は均一である。^{63/65}Cu核は $I=3/2$ なので各同位体の四重極分裂によりピークは6本見える。低温ではBECが起こり高磁場側にプロードなピークが現れる。図2はVyaselevらによるTlCuCl₃のNMRシフトの結果であり、マグノンがBECした状態においても均一なスタガード磁場によりNMRスペクトルのシャープな分裂が見られる。図3は固溶系における局所内部磁場分布の温度依存性であり、低温で著しく不均一(±2T以上)になり図1と対照的である。局所内部磁場分布は低温ほど、また x の値が大きくなるほど広がる。図4は転移後の不均一な内部磁場を持つ相の分率の温度依存性である。転移温度は $x=0.1, 0.2$ 共に3.2K付近($\Delta T = \pm 0.1K \sim 0.2K$)である。以上より(Tl,K)CuCl₃の転移は極めてシャープであるにもかかわらず、BEC状態での内部磁場は不均一になっている事がわかった。これらの結果は、ボーズグラス相に隣接したBEC相のスピン状態は純粋な(Tl,K)CuCl₃とは異なっている事を示している。

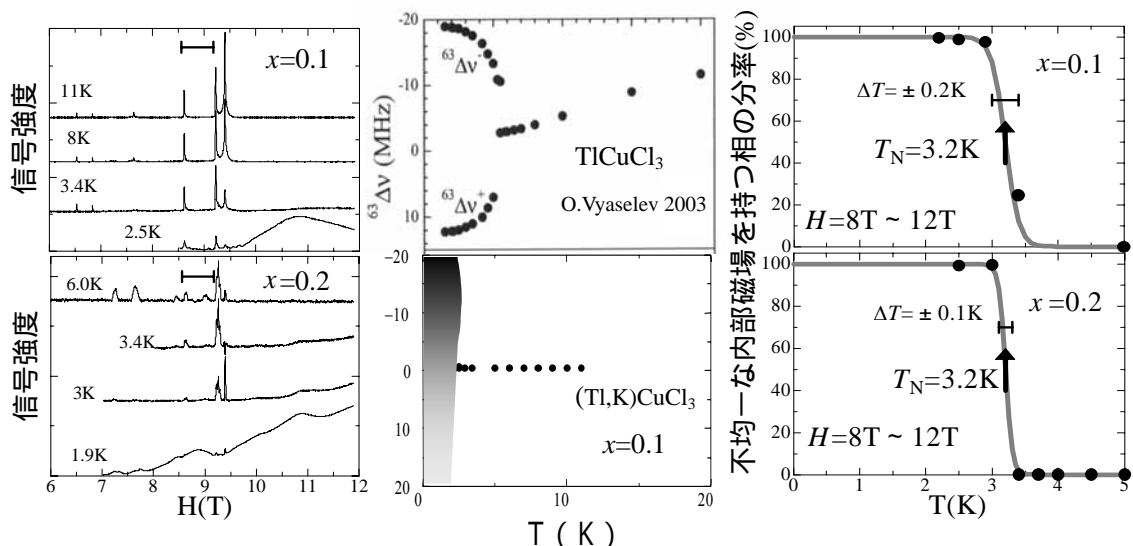


図1 上($x=0.1$) 下($x=0.2$) 磁場掃引スペクトル
 図2 上(Tl) 図下($x=0.1$) NMRシフト内部磁場分布
 図3 上($x=0.1$) 図下($x=0.2$) 不均一な内部磁場を持つ相の分率

フラストレートした三角格子反強磁性体 Cs₂CuBr₄ の NMR

低温物性研究室 A0074036 水崎奈央

【はじめに】擬二次元反強磁性体 Cs₂CuBr₄ は図 1 に示すように Cu-3d spin が歪んだ三角格子を bc 面内に形成し、Cu 原子の周りには Br が歪んだ四面体を形成し、そしてその四面体間に Cs が位置している。単位格子内には結晶学的に異なる 2 つの Cs サイトが存在する。本物質は三角格子におけるフラストレーション及び低次元性により極めてネール点が低い ($T_N=1.4\text{K}$)。強磁場中の磁化過程において飽和磁化の 1/3 で磁化が外部磁場によらず一定になる「1/3 磁化プラトー」の出現、プラトーの内外でスピン構造が整合から不整合(スピン液体状態)への変化を示すこと、そして磁気転移の近傍で異常な臨界現象が現れる可能性があるなど興味深い系である。

これまで Cu-3d spin のミクロな磁性を調べるための Cu-NMR の報告はなされていなかったため、本研究では主に常磁性状態における Cu, Cs-NMR の実験を行った。

【実験】Cs₂CuBr₄ の単結晶は CsBr と CuBr₂ の 2:1 の水溶液から蒸発法(期間 1 ヶ月程度)により作製した。結晶構造は粉末 X 線回折より斜方晶であることを確認した。単結晶試料の c 軸を磁場に平行、垂直にセットした場合で NMR によって内部磁場、スピン緩和時間 T_2 の温度依存性を測定した。なお磁場、温度域は $H=4\sim 11\text{T}$, $T=1.7\sim 20\text{K}$ である。

【結果】図 2 は $H \parallel c$ 軸のスペクトルで、シフトの異なる Cs サイトが確かに 2 つ見られる。Cs ($I=7/2$) の四重極分裂は非常に小さく、それぞれのピークの中に内包されていると考えられる。マクロ磁化(M)と NMR シフト(H)の温度依存性を重ね合わせると、両者の比から超微細結合定数($A = H/M$)を決定することが出来る。これが図 3 に表されている。Cs 核の信号は図 2 から分かるように A-site, B-site の 2 つが存在しているが、両サイトの A の大きさの違いから Cu-3d spin との結合の強さは A-site の方が 10 倍程度大きい事が分かる。A の符号は両者とも正であり、異方性は A-site はほとんど一定であるのに対し、B-site の方が磁場の印加方向によって数倍程度変化する。

図 4 に核スピン緩和率 $1/T_2$ の温度依存性を示す。高温で $1/T_2$ は一定になるが(相互作用のない局在スピンの振る舞い)、ネール点に近づくにつれて臨界発散の様子が顕著に見られる。緩和率の高温域での絶対値は A-site の方が大きく、これは超微細結合定数 A が大きいという事と対応しているが、両者の比は定量的な計算($1/T_2 \propto A^2$)とは一致しない。又、高温での B-site の緩和率は小さい

傾向がある。これは A-site の方が Cu-3d spin のペアに対し対称性の高い位置にあり、臨界発散が抑えられるためではないかと考えている。図 2 の低磁場側には微弱な Cu の信号を負のシフト位置に観測した($H \parallel c$ 軸)。

なお $H \parallel c$ 軸では Cu 核の信号は全く見られなかった。これはオンサイトの超微細結合 A_{Cu} に大きな異方性があり、 $H \parallel c$ 軸で大きくなるため T_2 が短くなり、信号が消失したと考えられる。

図 1 Cs₂CuBr₄ の結晶構造

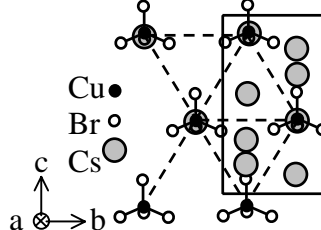


図 2 Cu と Cs のスペクトル

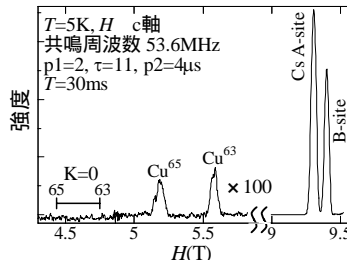


図 3 δH の温度依存性

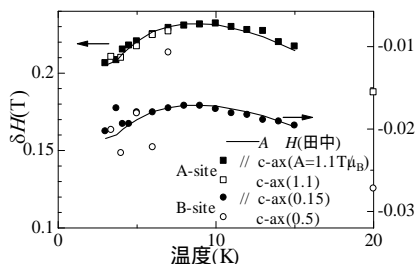
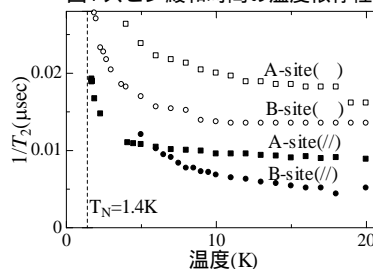


図 4 スピン緩和時間の温度依存性



ランタン系酸化物超伝導体の 1/4 組成における磁場効果

低温物性研究室 A0074049 太田貴也

【はじめに】

酸化物超伝導体 $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ (LSCO) は、反強磁性絶縁体である La_2CuO_4 の 3 価の La を 2 価の Sr で置換してホールをドープしたものである。 $x = 0.06$ 付近から超伝導相が現れ、その後は $x = 0.15$ までは x 増加につれて超伝導転移温度 (T_c) も上昇するが、 $x = 0.12$ 近傍では特異的に超伝導が抑制される。この組成では音速の増大や輸送現象の異常が観測され、低温において長周期の反強磁性的な長距離磁気秩序が出現することが知られている (1/8 問題)。La を同じ 3 価の Nd で置換すると低温正方晶相に構造相転移して 1/8 組成での異常が増幅される。Cu を Zn で置換した場合は低温正方晶相へ相転移していないにもかかわらず超伝導が抑制される。また、磁場印加による音速や中性子磁気弾性散乱ピークの増大が報告されている [1,2]。

一方、 $x=0.22$ 近傍 (1/4 組成) においても Zn で置換した系で超伝導の抑制や輸送現象の異常が報告されており、1/4 組成で起こる物性異常が 1/8 組成の物性異常と同等の起源を持つ可能性が指摘されている [3]。そこで本研究では、1/8 組成では明瞭に観測されている音速に対する磁場効果が Zn 非置換の 1/4 組成で観測されるかどうかを調べ、1/4 組成における物性異常と 1/8 問題との関連性についての知見を得ることを目的とする。

【実験】

試料は通常の固相反応法により作製した ($x = 0.19 \sim 0.24$)。超音波音速は温度域 3.5K から 200K、磁場 0T から 12T の範囲で、約 11MHz の縦波を用いた位相比較法により測定した。

【結果】

12T と 0T の定磁場中での音速の温度依存性を図 1 に示す。温度 $T_{d1} (= 30\text{K})$ は高温正方晶相から中間温度斜方晶相への構造相転移温度である。12T と 0T での音速の差を内挿図に示す。12T 中では T_{d1} よりも低い温度 20K 以下で磁場印加により音速が増大しており、1/4 組成でも音速の磁場依存性が存在することが明らかになった。各組成における音速の磁場依存性を図 2 に示す。 $x = 0.215$ と $x = 0.225$ では測定精度の範囲内で音速の磁場依存性は無く、 $x = 0.220$ 近傍においてのみ磁場効果が観測された。図 3 に $x = 0.120$ (1/8 組成) と $x = 0.220$ (1/4 組成) での音速の磁場依存性を重ねて示す。1/4 組成における音速の変化量は 1/8 組成の場合の 6% 程度であるが、

明らかに同じ関数にしたがっている。このことから $x = 0.220$ で観測された音速の磁場変化が 1/8 組成の物性異常と同一の起源を持つということが強く示唆される。

[1] T. Goto et al., *physica B* **246-247**, 572-575 (1998)

[2] S. Katano et al., *Phys. Rev. B* **62**, 22 (2000)

[3] N. Kakinuma et al., *Phys. Rev. B* **59**, 2 (1999)

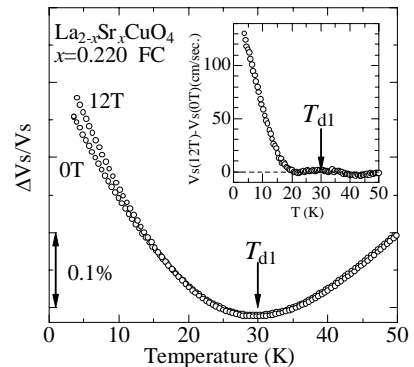


図 1. $x=0.220$ の 0T と 12T における音速の温度依存性。

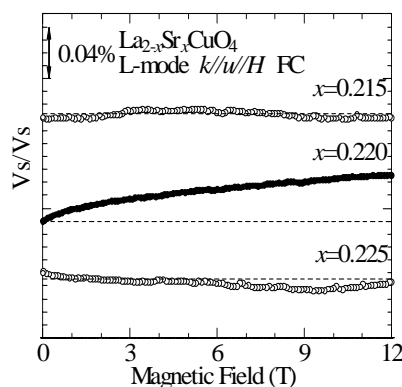


図 2. 各組成での 3.5K における音速の磁場依存。

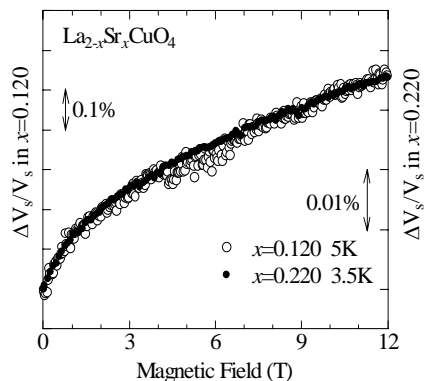


図 3. $x=0.120$ (1/8 組成) と $x=0.220$ (1/4 組成) での音速の磁場依存性。

電子ドーピング系高温超伝導体における 4f 電子の磁気秩序

低温物性研究室 A0074063 白井聡美

【はじめに】電子ドーピング系銅酸化物高温超伝導体 $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ は、Cu-3d スピンが反強磁性を示す母物質 Sm_2CuO_4 の Sm^{3+} を Ce^{4+} で置換して電子をドーピングしたもので、 $x=0.15$ 付近で急激に反強磁性相から超伝導相に相転移する。 Sm^{3+} は 4f スピンを持つため、本系は超伝導と磁性の両方の性質を示す事が特徴である。 Sm_2CuO_4 の 4f スピンは $T_N=5.9\text{K}$ で反強磁性転移し、スピン配列は a-b 平面内で強磁性的になっている。これは他の電子ドーピング系超伝導体では見られない特殊な磁気構造である。また Ce をドーピングした超伝導相でも $T_N=4.9\text{K}$ で磁気転移する事がわかっているが、磁気構造及び超伝導との関係についてはまだ詳しくわかっていない。4f スピン間の古典的磁気双極子相互作用の大きさは $k_B T_N$ に比べて 2 桁以上小さく、スピン間の相互作用は交換相互作用が支配的であると予想される。もし交換相互作用として伝導電子を介した RKKY 相互作用が支配的であれば、伝導電子と 4f 局在スピンのシングレットを形成する近藤効果と磁気転移が競合している可能性があり、興味もたれている。本研究では $\text{Sm}_{2-x}\text{Ce}_x\text{CuO}_4$ における 4f 電子の磁性及び超伝導との関係を知る事を目的として試料の合成、及び Cu-NMR 測定を行った。

【実験方法】 $\text{Sm}_{1.85}\text{Ce}_{0.15}\text{CuO}_4$ の試料は Sm_2O_3 , CeO_2 , CuO を化学量論比で混合し、通常の固相反応によって 2 つの試料 A ($T_C = 0\text{K}$)、B ($T_C = 15\text{K}$) を作製した (Table1)。結晶構造及び格子定数の決定、不純物の有無を確認するために粉末 X 線解析を行った。Cu-NMR 測定は共鳴周波数 58.6MHz、温度域 3K ~ 25K において 5T ~ 5.5T の間で磁場を掃引しながらスピンエコー信号強度をプロットする事でスペクトルを得た。

【実験結果】粉末 X 線解析の結果 (Fig1) から単相であること、及び格子定数が文献値と一致することから良質な試料が作製出来た事を確認した。NMR 測定では四重極分裂の全くないシャープなスペクトルが見られた。これは電子ドーピング系では $\text{Cu-}3d_{x^2-y^2}$ ホールと $\text{Cu-}4p_{xy}$ 電子からの電場勾配が打ち消し合うためであり、本試料が確かに電子ドーピングされている事を示している。 $T > 10\text{K}$ の高温で見られる単一のピークは負のシフト ($K = -1.32\%$) をしており、 Sm^{3+} の 4f 電子が Cu 核に及ぼす負の超微細場のためであると思われる。また $T=9\text{K}$ 以下では $K=0$ の位置に新たにピークが現れ、これは Sm の磁気転移によるものと考えられるが転移温度は文献値より高くなっている。磁気秩序状態で $K=0$ の位置にピークが出現する原因は Cu 核の上下に位置する秩序化した 4f 電子スピンの磁気モーメントによる寄与がキャンセルし、Cu サイトの内部磁場が 0 になるためと考えられる。これは中性子回折実験で報告されている磁気構造と矛盾しない。最低温の $T=3\text{K}$ で二本のピークが共存しているのは相分離、あるいはスピンフリップが原因と考えられる。以上の結果は非超伝導の試料 A で得られたものであり、発表では超伝導を示す試料 B との比較結果も報告する予定である。

試料作成手順 (Table.1)

	A ($T_C=0\text{K}$)	B ($T_C=15\text{K}$)
焼成パターン	900 (24h) 1050 (24h) 1100 (24h x 3)	900 (24h) 1100 (24h)
還元処理	900 (24h, in Ar-180cc/h)	900 (24h, in Ar-180cc/h)

