

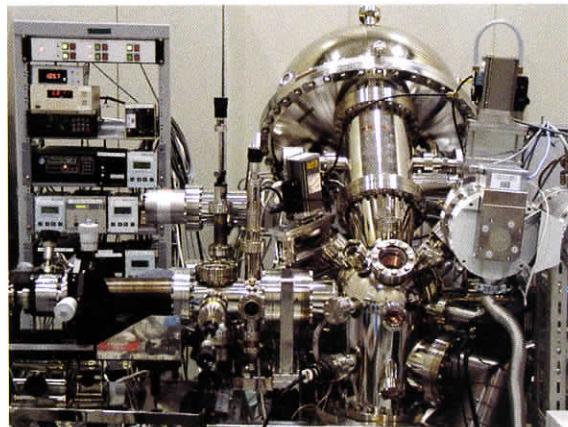
# 物性研だより

第40卷  
第4号

2000年11月

## 目次

- 1 低温・超高压技術で見えてきたマグнетサイト( $Fe_3O_4$ )の実像 ..... 毛利信男
- 4 超高分解能光電子分光と物性研究 ..... 辛 埼
- 7 第二種超伝導体の渦糸状態の理解はどこまで進んだか；ボルテックスマターの物理 ..... 松田祐司
- 10 物性研究所短期研究会報告  
○「スクッテルダイト化合物の異常物性と関連する熱電材料」  
世話人 佐藤英行 石川征靖  
上田和夫 小柳 剛  
城谷一民 太田敏隆  
大貫惇睦 播磨尚朝
- 33 物性研究所談話会
- 物性研ニュース  
○東京大学物性研究所の助手公募の通知  
○人事異動  
○平成12年度後期短期研究会一覧  
○平成12年度後期外来研究員一覧  
○平成12年度後期スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧  
○平成13年度前期共同利用の公募について  
○平成12年度外部資金の受入れについて  
○テクニカル・レポート 新刊リスト
- 編集後記



「高分解能光電子分光装置、辛研究室」

東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

# —低温・超高压技術で見えてきた マグнетイト( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )の実像

極限環境物性研究部門 毛利信男

It is, I believe, the present consensus that the most important immediate problem of technique in this field is to find methods of producing stress systems which are truly hydrostatic. The technical problems are particularly challenging in the important field of combined high pressure and low temperature, a field which has no counterpart in nature. The importance of realizing a true hydrostatic pressure depends to a large extent on the sort of phenomenon concerned. If we are concerned merely with producing a qualitative effect, as in diamond synthesis, it is a matter of no importance at all. But the situation is different if it becomes a matter of measuring the physical parameters which control the phenomenon.

…P.W.Bridgman…

「低温・超高压技術」…ノーベル物理学賞を受賞したBridgmanが書き残しているようにそれは確かに簡単なものではなかった。しかし、真理の追究はそれを克服してはじめて得られるものである。ここにその一例を示す。

## 1 はじめに

“マグネットイト”といつても最近の若い方には馴染みがないかもしれない。小生が学生だった頃(1960年代前半)、天然のマグネットイトの大きな単結晶が研究室の片隅に置かれていたのを見て感嘆したものだった。卒業研究を磁性の研究室(北大宮原研)に所属しておこなっていたので、マグネットイトがいかに重要な研究対象の一つであったか先輩から聞かされていた。マグネットイトは有史以来、鉄粉を引きつける奇妙な物質として人々を魅了し、magnetismの語源に用いられていることは周知の通りである。又、1939年にVerweyがマグネットイトを冷却していくと117Kで電気伝導率が2桁飛んで減少するのを見つけ、Natureに発表していらい、その金属-非金属転移(Verwey転移)の起源に関する多くの理論、実験家の興味を惹き、膨大な研究が行われてきた。しかしながら60年経った現在、未だにその謎は解けていない。その大きな理由の一つは良質な単結晶がなかなか得られず、実験データに信頼性のなかつたことを挙げることが出来る。

Verwey転移の発見は当時の磁性材料として金属の強磁性体の研究が主流をなしていた中で、フェライト磁石が日本で発明された間もない時期にオランダのフィリップス社がそれに着目し、フェライトに関する精力的な研究を展開し、その成果の中の一つとして出てきた。Verweyがその転移の起源として提唱した $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$ の電荷秩序のモデルはその後の実験結果から否定はされてはいるが、1970年ノーベル賞を授与されたネールがフェリマグネチズムの理論を構築した(1948年)際に重要な知見を与えていたことは間違いない。

ご存じのようにフェライト磁石は現在の電子機器の基盤材料として無くてはならないものである。

## 2 マグネットイトの現状

マグネットイト( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )はスピネル構造をもつフェライト( $\text{M}\text{Fe}_2\text{O}_4$ )群のMがFeイオンの物質である。スピネル構造の中に金属イオンの占める位置は2つ、酸素四面体と八面体にそれぞれ囲まれたAサイト、Bサイトがある。イオン結晶的に考えると、Aサイトには磁気モーメント( $\sim 5 \mu_B$ )をもった $\text{Fe}^{3+}$ が、Bサイトには $\text{Fe}^{2+}$ と $\text{Fe}^{3+}$ とが等しい数で存在し、その磁気モーメントは $\sim 9 \mu_B$ で、Aサイトのモーメントと逆向きにならび、その結果、 $\sim 4 \mu_B/\text{Fe}_3\text{O}_4$ の強磁性体( $T_c \sim 860\text{K}$ )となっている。Verwey転移温度以上のcubic相ではBサイトの $\text{Fe}^{2+}$ と $\text{Fe}^{3+}$ は無秩序状態になっていて、ホッピング伝導により電気抵抗は小さく( $\sim 0.01 \Omega\text{-cm}$ )、転移温度以下ではBサイトの $\text{Fe}^{2+}$ と $\text{Fe}^{3+}$ が何らかの秩序状態となり、4.2Kでは絶縁体( $\sim 10^{12} \Omega\text{-cm}$ )となっていると考えられてきた。転移温度以下で結晶は高温相の1つの<111>方向にわずかに伸び、同時に1つの<100>方向に単位格子が2倍となる。この特徴的な原子の変位からVerwey転移の起因にフォノンの寄与も重要視され、電気伝導機構としてポーラロンのモデルも提案してきたが、転移温度以下の電荷秩序状態に関しては現在全く混沌としている。

一方、最近のバンド計算からはFeの3dとOの2p状態は共有結合で混成はしているが、バンド構造の中の基本的なところはイオン結晶モデルに対応していることがわかつてき。即ち、majorityスピンはBサイトの2ヶのFe原子からなるlower Hubbard bandの $d_{\varepsilon, d\gamma}$ が満たされた電子から、minorityスピンはAサイトのlower Hubbard bandの $d_{\varepsilon, d\gamma}$ とBサイトのhigher Hubbard bandの $d_{\varepsilon}$ に入る

電子からの寄与が主となっている。しかし、酸素原子との共有結合によってAサイトのFe原子1ヶ当たりの磁気モーメントは $3.34\mu_B$ とイオン結晶で予想される $5\mu_B$ よりかなり小さく、偏極中性子回折の結果( $3.82\mu_B$ )に近い値を得ている。この結果はマグネタイトは基本的に遍歴電子系として扱うのが適当であることを示している。しかし、2つのBサイトに電子が1個あるマグネタイトはバンド計算からは常に金属である解しか得られない。最近、Bサイトにある電子間のクーロン相互作用を取り入れ、電荷秩序を仮定したときにgapの生じることが示されている<sup>1)</sup>。また、バンド構造がフェルミ面の近くで偶然縮退をもつ特殊性から結晶の歪みによって不安定となりgapが開くことも予想されている<sup>2)</sup>。

今年に入ってから極めて重要と思われる論文が2つ出た。1つはNovakらによるNMRの実験<sup>3)</sup>で、2つ目はGarciaらの共鳴X線散乱実験<sup>4)</sup>である。どちらの実験結果もマグネタイトは $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$ の価数振動した状態ではなく、遍歴電子磁性体であるという結論である。特に、NovakらのNMRの実験ではVerwey転移以下の温度でも電荷秩序はないという、これまでの常識を覆す結果である。これらの結果は以下に述べる我々の実験結果とも符合し、マグネタイトの研究は60年を経た今、また新しい観点から再検討されることとなってきた。

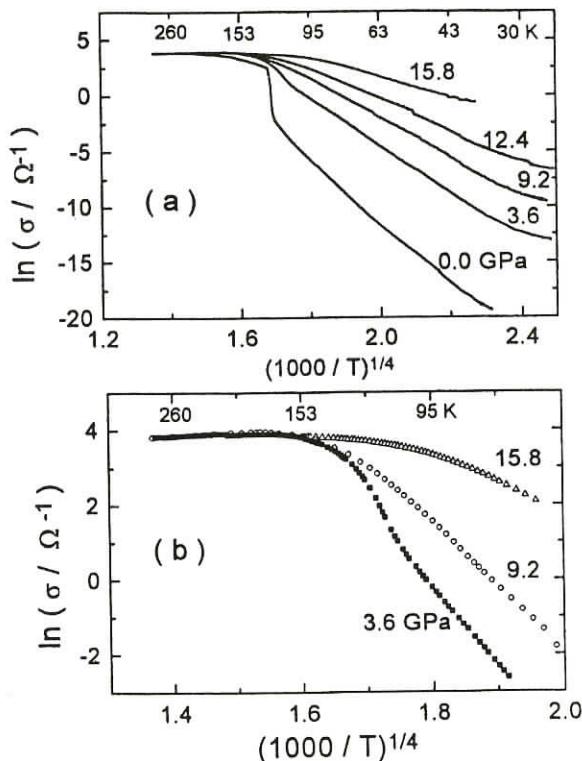


図1 超高圧下におけるマグネタイトの電気伝導率の温度変化(文献1)  
a: 25-300K, b: 65-300K

### 3 低温・超高压下の電気抵抗測定<sup>5)</sup>

冒頭で記したように、低温・超高压実験の難しさを示そう。図1にはRozenbergらによる16GPaまでのマグネタイトの電気伝導率の温度変化を示した。0.0GPaではVerwey温度でシャープな飛びが見える。しかし、3.6GPaの圧力下で、すでに転移付近の電気伝導率の温度変化にはシャープさがないのが見て取れる。また、15.8GPaでも低温でだらだらと半導体のように伝導率は下がっている。

図2にわれわれのデータを示した。少なくとも6.5GPaまで転移温度での電気伝導率の飛びはシャープである。さらに、Rozenbergらのデータと違うのは転移温度での飛びが6.5GPaまでは圧力とともに増加していること、8GPa、9GPaのデータでは室温から低温まで電気伝導率は温度の降下とともに金属的に増加していることである。

何故このような違いが出てきたのかを考える上で一番重要なポイントはマグネタイトの電気的性質が極めてstressに敏感であることを挙げることが出来よう。はじめに述べたように、一気圧下のデータでさえ実験家を悩ましたのはまさにマグネタイトの試料の不純物や残留応力、歪みによる二次的な影響が本質を覆い隠していたからであろう。

我々が今回使用した試料は東堂助手が長年掛けて純良化してきた単結晶で、すでに一気圧下でのcharacterization(中性子散乱、光電子分光、電気、磁気測定など)から実績の示されてきたものである。Rozenbergらの試料も一気圧下の電気伝導度の飛びの大きさから見るとほとんど同質の試料のように思われる。

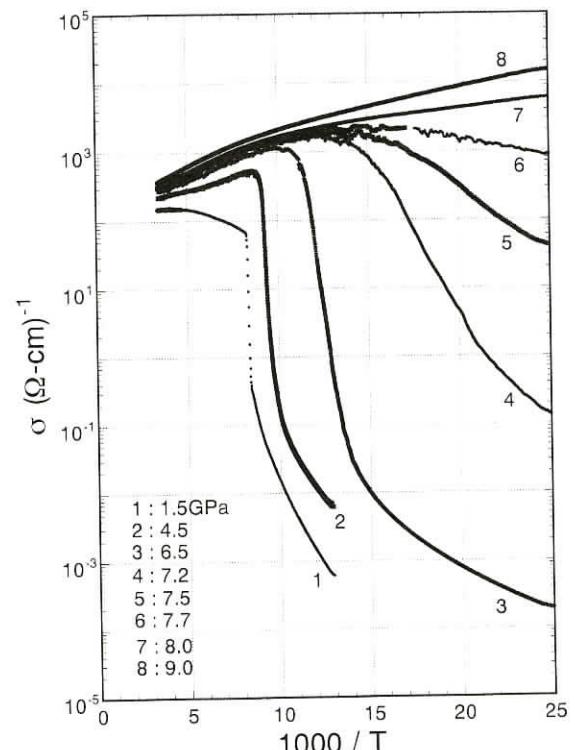


図2 超高圧下におけるマグネタイトの電気伝導率の温度変化(文献5)

やはりそうなると発生圧力の質の問題が残ることとなる。彼らはクランプ型 ダイヤモンドアンビルに圧力媒体として $\text{CaSO}_4$ のパウダーを固めたものを用いている。我々は試料をテフロン容器に入れ、圧力媒体として液体のフロリナートを用い、直接加圧方式を採用している。これまでの我々の経験から圧力媒体は固体より液体が、さらにクランプ型の高圧装置より、直接加圧型装置の方がより均一な圧力を発生できることを知っている。

RozenbergらはVerwey転移温度以下の電気伝導率の対数の温度変化が $T^{-1/4}$ に比例していることから、その機構はvariable range hoppingで説明できるとし、約6GPaまではWigner crystal、それ以上の圧力ではWigner nanocrystalが実現されていると言っている。このようなRozenbergらの結果はマグネタイトの中の電子が不均一な応力場や歪みによって容易にlocalizationを起こすことを示しているとも見て取れる。

一方、我々のデータを見ると、図2で7.2、7.5、7.7GPaのデータでは飛びが小さくなり、だらだらしている。これは多分、本質的な結果では無いとおもわれる。我々の装置の圧力分布が $\sim \pm 0.3\text{GPa}$ はあると考えると、これらの圧力では圧力分布のため金属状態と絶縁体状態とが混ざっていると考えるのが妥当である。

図3にはマグネタイトのVerwey温度、 $T_v$ 、についてRozenbergらの結果と我々の結果とを圧力の関数として示した。Rozenbergらの結果では12.4GPaまでもまだVerwey温度が生き残っている。しかし、我々は8GPa以上の圧力下でマグネタイトは金属が基底状態であることを明瞭に見出した。この2つの異なる実験結果はマグネタイトの金属-非金属転移(Verwey転移)の機構を考えるときに極めて重要なってくる。特に前述したNovakらのNMRの実験ではVerwey転移以下の温度でも電荷秩序がないという、これまでの常識を覆す結果を考慮すると、マグネタイトの金属-非金属転移について新しい機構を構築する必要がある。これから理論的進展が非常に楽しみである。

#### 4 おわりに

マグネタイトの低温・超高压下で得られた最新のデータについて報告した。低温での超高压の発生技術には極めて厳しいものがあることを理解していただけたと思う。しかし、一方でそれを乗り越えると極めて重要な知見を得ることが出来ることも実証できた。実験研究では常に最良の試料と最良の測定技術が結びついてはじめてよい成果を生む。マグネタイトはその典型的な例であった。

#### 参考文献

- 1) V.I.Anisimov *et al.*, Phys.Rev.B54(1996)4387.
- 2) A.Yanase, preprint of ICF 8.
- 3) P.Novak *et al.*, Phys.Rev.B61(2000)1256.
- 4) J.Garcia *et al.*, Phys.Rev.Lett.85(2000)578.
- 5) S.Todo *et al.*, preprint of ICF 8.

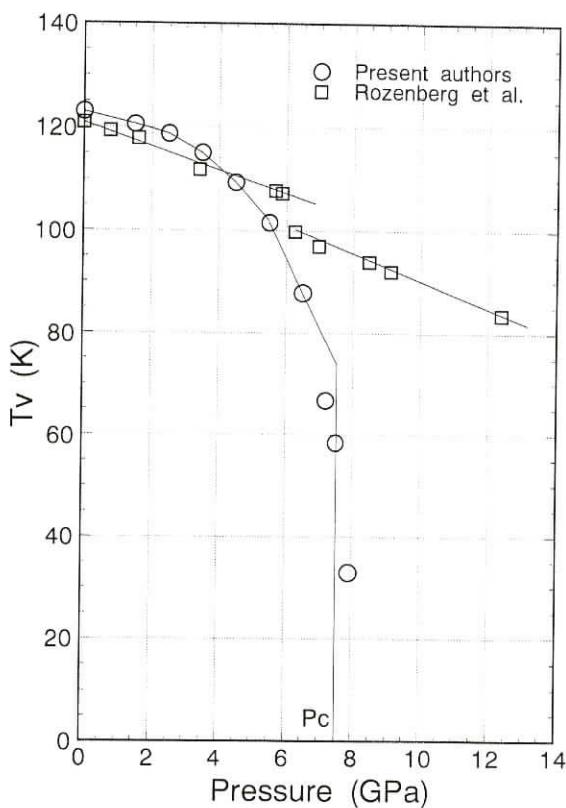


図3 Verwey温度の圧力効果

# — 超高分解能光電子分光と物性研究

先端分光研究部門 辛埴、横谷尚睦、木須孝幸 軌道放射物性研究施設 福島昭子

ごく最近の超高分解能光電子分光が物性研究に与える成果には目覚ましいものがある事が次第に明らかになってきている。特に、固体中の電子をエネルギーだけでなく運動量まで、知る実験方法は他に類がない。ありありとk空間の電子状態を明らかにすることが出来る点が優れている。また、分解能が上がったために輸送現象との対比が出来るようになるまでなってきている。そこで、今回、柏の移転を契機に、超高分解能光電子システムの開発を行うことにしたので報告をしたい。一方、物性研では渡部研を中心に軟X線領域のレーザー光源の開発が進んでいる。この研究の最終目標は、同光源を用いて共同研究を行い、分解能1meV以下という世界でも類を見ない最高性能を目指しているが、ここでは、紙数の関係上、この共同研究の成果がまとめたとき、報告したい。

物性研内には強相関物質や新物質の研究を行っているグループが多く、光電子分光の需要が高い。特に、物性を決定するフェルミ面近傍の電子状態を明らかにできることが超高速分解能光電子分光の必要性は極めて強い。これまで、この様な研究が物性研になかったことが不思議である。実際、研究が始まると、他部門等との共同研究が急速に進んできている。

20年ほど前までは、光電子分光の分解能は約0.3eV程度であった。高温超伝導体の発見以来、物質科学の立場から光電子分光の有効性が確認されると同時に、分解能を向上させる必要性が痛切に感じられるようになり、装置の開発が急激に進み、飛躍的に分解能が上がりだした。光電子分光器の分解能は、光源の強度と分解能、および光電子分光器自体の効率と分解能に依存している。しかし、それだけではなく、多くの科学の発展と同じように、物理研究の必要性が装置開発の急激な発展を生じる。

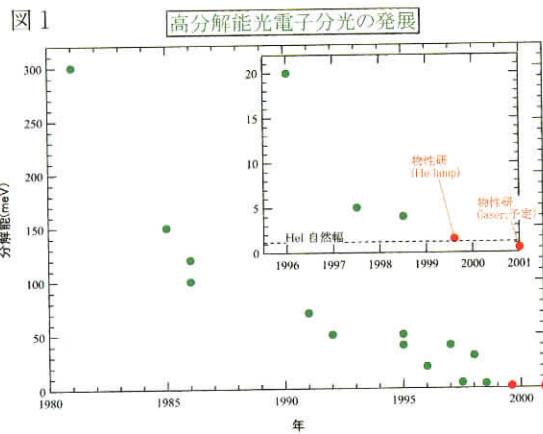
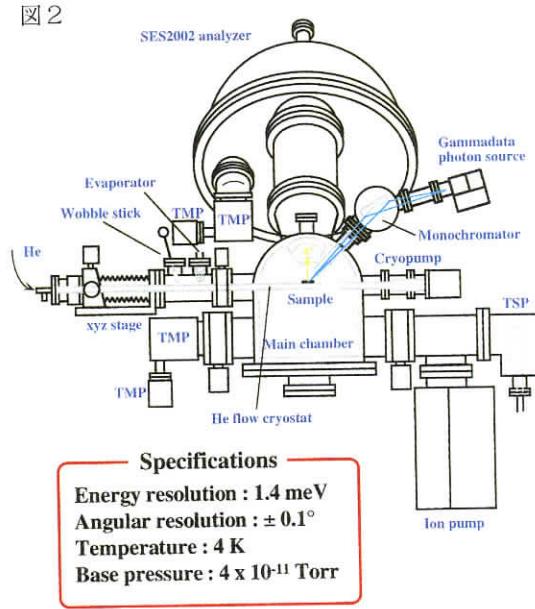


図1は日本における光電子分光の分解能の歴史を書いたものである。1986年頃から急に分解能が上がりだしているのがわかる。このころは高温超伝導体が発見された時期と一致している。高温超伝導体にフェルミ面が存在しているかどうか、あるいは少し時代は下るが超伝導ギャップの対称性を明らかにするのに光電子分光の高分解能化の必要性が生じた。このころはフォトンファクトリーと言う当時世界最高の放射光光源が筑波にできた時期とも一致している。つまり、物性研究の必要性と光源の開発が同時に進んだ時期であった。一方、光電子分光器の開発は主として外国メーカーを中心として着々として開発が進み、つい、4年ほど前からHeの共鳴線を光源として分解能は4~5meVに達している。日本においても近年この分解能に達するグループが出だした。この分解能を用いて、準結晶における擬ギャップの観測、高温超伝導体における超伝導ギャップ・擬ギャップの観測、相転移にともなう電子構造の変化、重い電子系における近藤状態の観測等、輝かしい実績が世界中で得られつつある。光電子分光器の持っている性能としては、すでに2meV程度の分解能に達しており、現在の光電子分光の最高分解能を決めている原因は、主として、光源の線幅であることは既にわかっている。

図2は柏にある超高分解能光電子分光装置を表している。光源はガンマデータ社のヘリウム放電管を用いている。ヘリウムI (21eV) とヘリウムII (40eV)

図2



の共鳴線を分光器を用いて選択して利用することができる。ヘリウムIの発振幅は約1.1meVである。光電子の運動エネルギーは極めて低いために、地磁気や残留磁場によって簡単に軌道が曲がってしまう。そのため計算された磁気シールドで覆われている。また、当然の事ながら、アースや電源の安定性は分解能以下でなくてはならない。高分解能を達成するためには、その他、周辺技術の開発が極めて重要である。たとえば、熱によるフェルミ面のボケを防ぐためには、サンプルを極低温にする必要がある。また、極低温にすると、水素等のあらゆるガスが表面に吸着するために、真空をとくに上げる必要がある。これらの周辺技術の開発は不可欠なものであり、これまで、光電子分光屋が直面したことのない世界になりつつある。

図3

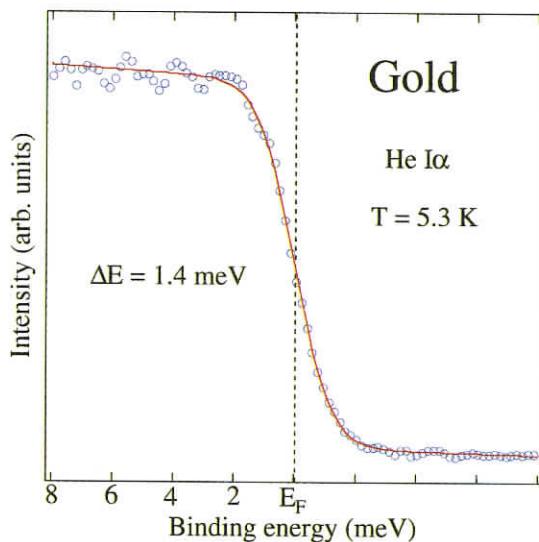


図3の点は超高分解能装置で観測した金のフェルミ面の光電子分光スペクトルである。フェルミ粒子である電子は、温度によって広がったフェルミディラック関数に従っていることが知られているので、

装置の分解能の巾をつけて実験のスペクトルを再現するようにすると、分解能は1.4meVであることがわかった。この分解能は固体の光電子分光では世界最高記録である。ヘリウム共鳴線の発振巾が約1.1meV程度なので、光電子分光器そのものの分解能は約0.8meVであり、1meVを切っていることがわかる。実際には、これではシグナルが少なすぎるので、試料を測定するときは総合分解能2meV程度で測定している。しかし、それでも世界最高分解能である。温度は3.9Kまで下がる。詳しく調査をしているわけではないが、我々の知る限り、光電子分光としては世界最低温度である<sup>1</sup>。

さて、この様な光電子分光の分解能で、どの様な新しい物性がわかるであろうか。図4は単純金属である鉛とニオブの超伝導転移を現している<sup>2</sup>。赤が金属相、青が超伝導相を現している。光電子分光で、単純金属の超伝導転移が観測されたのは今回が初めてである。金属相においては金と同じようなスペクトルが観測されるのに対して、超伝導相では、フェルミ準位直下に超伝導ギャップが開き、準粒子ピークが観測される。超伝導ギャップはBCS理論によると電子とフォノンの引力の大きさを現している。本来反発するはずの電子同士はフォノンとの引力によって電子対を作り、ポーズ凝縮を起こす。これが準粒子ピークの原因になる。

ところで、ニオブは、通常のBCS理論に従うことはよく知られているが、鉛は少し違っている。格子との相互作用がとくに強いいわゆる強結合超伝導体と呼ばれている。この特徴は、鉛の超伝導状態に微細構造になって現れる。この様な構造はトンネル分光で観測されているフォノンの構造と一致している。この様なフォノンと結合された電子状態を観測したのは今回が初めてである。今後は、電子状態と結合した、フォノンや、マグノンの研究など新しい研究分野が、超高分解能電子分光で開かれるであろう。

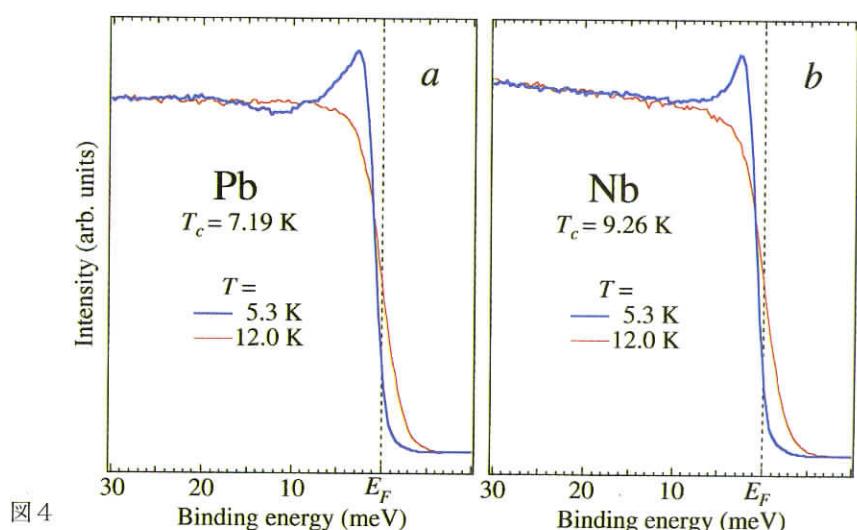
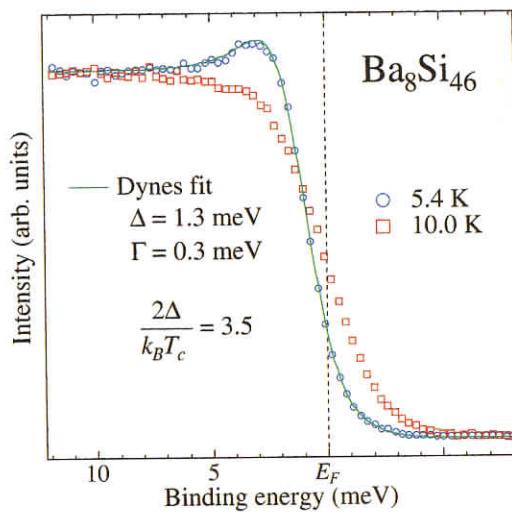


図4

図5はシリコンクラスレートという新物質の超伝導転移を示している。シリコンからできたC<sub>60</sub>に似た物質である。ごく最近、広島大学の山中先生によって、バリウムをドープすると超伝導になることが発見された<sup>3</sup>。光電子分光のスペクトルではバリウムをドープするとシリコンクラスレートのバンドギャップ内に電子状態が出現し、温度を下げる更に超伝導転移に伴う超伝導ギャップがはつきり示されている。この図は示していないが、超伝導状態では電子状態と結合した格子振動状態も観測されている。光電子分光は新物質開発と密接に結びつきながら発展することが期待されている。エネルギースケールが極端に小さい物質群は、多彩な電子物性を示すために物質開発の新しい可能性を秘めている。超高分解能光電子分光によって、これまで人類にとって未知の世界であったフェルミ面近傍の微細構造を明らかにし、新しい物質開発の指針を得ることができよう。

図5

**Ultrahigh-resolution photoemission spectra of Ba<sub>8</sub>Si<sub>46</sub> ( $T_c = 8$  K) measured at 5.4 K and 10.0 K**



参考文献

1. 横谷尚睦、木須孝幸、辛埴、表面科学20巻(1999)  
68–69.
2. A.Chainani, T.Yokoya, T.Kiss, and S.Shin,  
Phys.Rev.Lett, 85, 1966 (2000).
3. 山中昭司、川路均、堀江洋臣、石川満夫、固体物理  
74, 488 (1995)。

# — 第二種超伝導体の渦糸状態の理解はどこまで進んだか ボルテックスマターの物理

新物質科学研究部門 松田祐司

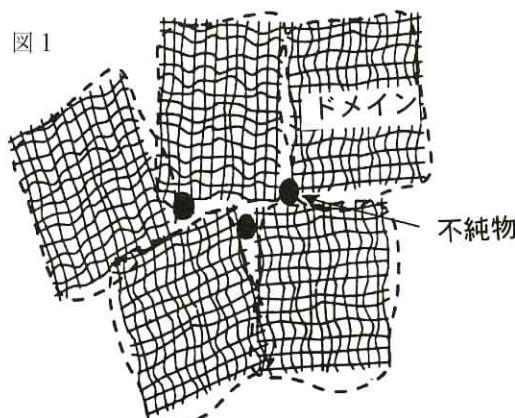
## はじめに

第二種超伝導体に磁場をかけると渦糸状態、つまり磁束量子を内部に取り込んだ状態が生じる。我々のグループはここ何年かの間渦糸状態の研究を行ってきた。渦糸状態の研究は電子状態を研究するものと、渦糸を一種の弾性物体として見てその系の統計的状態を研究するものの二つに分けられる。ここでは紙面の都合上後者の現状についての簡単な解説を試みたい。

## アブリコソフ格子が壊れるとき

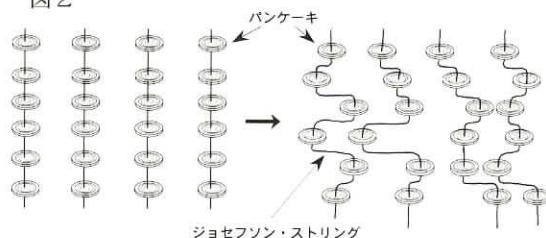
ほとんどの教科書には渦糸はいわゆるアブリコソフの三角格子を作り周期的に配列すると書いてある。そしてたいていピッター法、つまり細かい磁性粒子を超伝導体の表面に吹き付けて渦糸の配列を観測する方法によって得られた渦糸三角格子の写真を見せていている。ではこの格子状態は統計力学でいう長距離秩序を持って配列しているのだろうか? 答えは否である。現実の系はかならず格子欠陥や不純物を含む。1979年にロシアのLarkinとOvchinnikovは4次元以下の次元では少量でも不純物があるかぎり格子の長周期構造は完全に破壊されることを示した[1]。つまり残留抵抗ゼロの金属が無いのと同様に長距離秩序を持った渦糸系は現実には存在しないのである。問題は長距離秩序が破壊された渦糸格子系はどのような状態になっているのかということである。長らく信じられてきたのは図1のように「ある程度のドメイン内では格子を組み渦糸格子の相関関数はゆっくりと減衰するが、ドメインのサイズ(Larkin-Ovchinnikov長)を超えると相関は急速に失われ、相関関数は指数関数的に減衰してしまうであろう。」という描像である。中性子回折やピッター法の測定で観測している渦糸の三角格子はこのドメイン内の状態を見ていると考えられる。これに対

図1



しここ何年かの高温超伝導体の渦糸状態の研究によりこのような考えが根本的に修正されてきた。高温超伝導体では熱揺らぎとランダムネスが渦糸系に大きな影響を与え「渦糸液体」「渦糸グラス」「ブラックグラス」「ポーズグラス」といった新しい熱力学相が出現することが明らかになってきた。ここではこれらの相を中心議論したい。

図2



## ボルテックスマター

まず図2に高温超伝導体の渦糸の絵を示す。高温超伝導体では2次元性が強いため渦糸を構成する電流は2次元面内に閉じこめられ、渦糸はいわゆるパンケーキ渦に分割される。各パンケーキ渦は垂直方向はジョセフソン接合により弱く結合した状態になる。このような状態はパンケーキ渦を物質だと見なしてしばしば「ボルテックスマター」と呼ばれる。ボルテックスマターでは次の4つの相互作用が重要となる。

- ①渦糸間相互作用(渦糸の秩序化)
- ②熱揺らぎ(渦糸の融解)
- ③ジョセフソン結合(2次元化)
- ④ランダムネス(グラス化)

従来の超伝導体では上部臨界磁場のごく近傍を除いて圧倒的に①が強く渦糸はほぼ全領域で格子化しており、他の効果はあまり問題とならない。これに対し高温超伝導体では温度と磁場領域によって②、③、④の効果が①を上回ることができる。このためある時には渦糸は融解して液体になり、あるときは面間でも結合が切れて面間相関がない状態になり、またあるときには凍結してグラス化するのである(図2右)。ボルテックスマターの面白さは図2のように「紐とパンケーキ」のみで構成される系が示す多種多様な相とその間の相転移である。

まずははじめにランダムネスの効果がない場合を考えてみる。この場合渦糸格子は熱ゆらぎによって融解し渦糸の相図は図3のようになり渦糸格子と液体の境界は一次相転移であることが知られている。ランダムネスはこの相図を大きく変える。ランダム

ネスのボルテックス系に対する影響の強さは磁場つまり渦糸の数によって大きく変わってくる。高温超伝導体の渦糸系ではこのランダムネスの相対的な強さを磁場によって数桁にわたって変化させることができるのでこれまでの観測できなかつた新しい相の存在が明らかになってきたのである。

### 渦糸液体、プラググラス、渦糸グラス

図4に高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ のつい最近まで考えられてきた渦糸相図を示す。この物質は高温超伝導体中で最も異方性が大きくかつクリーンであるため相転移がもっとも明確に見える系の一つである。高温高磁場では②の効果が顕著であり渦糸が融解し空間と時間相関を失った渦糸液体相が出現する。この相では有限の電気抵抗が現れ、超伝導相関関数の時間平均はゼロとなるためもやは超伝導相ではない。つまりこの系では従来の超伝導体で観測される上部臨界磁場 $H_{c2}$ は存在せず、 $H_{c2}$ は超伝導揺らぎのクロスオーバー磁場の意味しか持たない。

さて問題はランダムネスの効果である。1991年にFisher-Fisher-Huseらによって低温高磁場で渦糸液体は「渦糸グラス」といわれる相に二次相転移を起こすことが指摘された[2]。この相は液体が凍結したような状態であり、渦糸配列は空間的には短距離秩序しか示さず十分乱れている。しかしながら超伝導オーダーパラメータの位相相関にはスティングラスのような非対角長距離秩序が存在した新しい熱力学的な相であり特徴的なことは一本の渦糸を動かそうとしても渦糸全体がそれを支えてしまうためゼロ電流極限で電気抵抗はゼロになる。従来の考え方では渦糸は何本かの固まりとなってピン止めポテンシャル中をホッピングしながら動く。渦糸が動くと電気抵抗が発生する。このため電流ゼロのリミットでも必ず(小さいにせよ)抵抗は発生し渦糸状態は(抵抗がゼロではないという意味で)眞の超伝導ではない。これに対し渦糸グラス相は眞の超伝導相である。しかしながら最近の研究では渦糸のスクリーニングの効果つまり有限の磁場侵入長の影響により二次元系では渦糸グラス相は有限温度では存在しないことがわかっている。また三次元では渦糸グラス相の存在はかなり微妙な問題であることがわかつてきただ。実験でこの相の存在を示すことは電流-電圧特性のスケーリング則のべきから求めなければならず非常に難しい。個人的にはボルテックスグラス相か液体が単に凍結して動けなくなつた状態か実験的に区別はできないと考えている。以下では一応ボルテックスグラスは存在するものとして話を進めたい。

低磁場相では熱揺らぎとランダムネスの効果が小さくなるのでよりオーダーした相が出現する。実際中性子回折の実験では明瞭な渦糸格子によるプラグ散乱が観測される。ではこの相は図1の状態

にあるのだろうか? 1990年にドイツのNattermannは格子の周期性をより正確に取り込んだ計算によりLarkin-Ovchinnikov長は実は渦糸格子の間隔よりも短くなっていることを示した[3]。つまりこの結果は長らく信じられてきた図1の構造に大きな疑問を投げかけたのである。この結果は後にフランスのGiamarchiとLe Doussalによる繰り込み群を用いた計算により提示された。さらに彼らは転位(dislocation)がこの状態では発生せずたとえ発生しても結晶内部でループを描いて閉じてしまい系に影響を与えないことを示し、その結果長距離では相関関数は指数関数ではなく距離のべき乗で減衰することを示した。つまり乱れの効果は当初考えられたほど強くなく渦糸格子は「準長距離秩序」を持つのである。したがって渦糸格子には厳密な意味での長周期性は無いもののその周期性は図1よりもはるかに遠方まで保たれる。このあたりの事情は2次元XY系のKosterlitz-Thouless転移と類似している。この転位の存在しない相は「プラググラス」と呼ばれる。プラググラス相の存在に関する多くの議論があったが、それを指示する実験的証拠が見つかったのはかなり最近のことである。これについては次に述べる。

### プラググラスの相転移

最も興味が持たれる点の一つはこれらの渦糸相の

図3

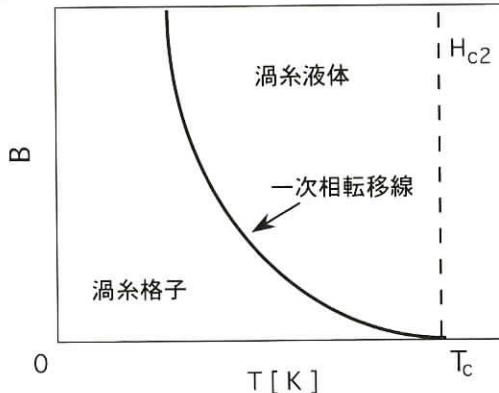
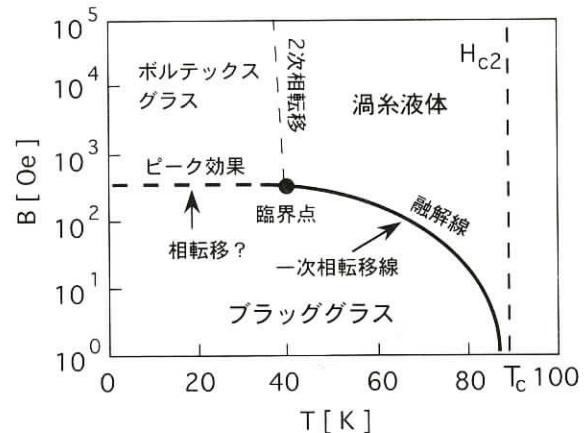


図4



間の相転移である。まず低磁場相から液体相への融解転移は一次相転移であることが1995年イスラエルのZeldovらの微小ホール素子の実験により明らかになった[5]。またこの一次相転移線は熱振らぎによって引き起こされるため高温では図3の融解線に近いところに位置し、約40Kに位置する臨界点で終結すると主張された(図4)。この臨界点はもし渦糸グラス相が存在するなら3重点となっておりこれより低温ではランダムネスの効果が重要となる。プラッググラスと渦糸グラスの間の境界線はあまり温度によらず、この境界を横切って磁化を測るといわゆるピーク効果と呼ばれる臨界電流の急激なピークが観測され、低磁場側で観測されていた中性子のプラッグピークはここを横切ると消失してしまう。この転移は渦糸の弾性エネルギーとランダムポテンシャルの拮抗によって引き起こされ、低磁場では前者がまさり格子を組んだ方が安定であり高磁場ではランダムポテンシャルにトラップされた方が安定であることを示唆している。

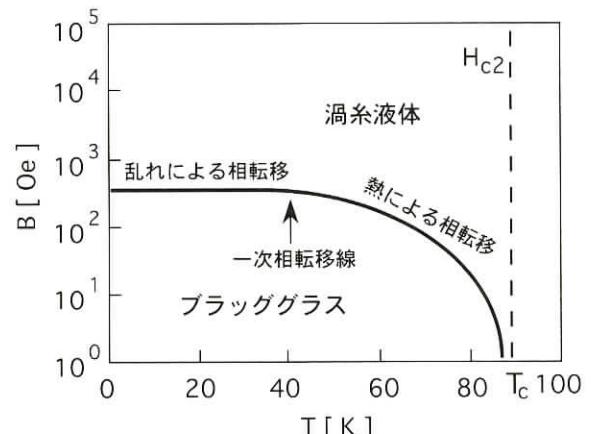
長年の問題はプラッググラスー渦糸グラス間の転移が熱力学的な相転移であるのかクロスオーバーなのか、そもそも相転移であるなら何次の相転移なのかとすることである。もし単なるクロスオーバーであるなら独立した渦糸相の存在自体が疑われるためプラッググラス相の存在が疑われることになる。しかしながらこの領域での実験は極めて困難であった。その理由はこの領域では強いピン止めのため磁化が非可逆となり磁場を変化させると系が非平衡状態になってしまい系の緩和現象を相手にしなくてはならなくなるからである。

この問題を解決したのが最近我々が行ったジョセフソン・プラズマ共鳴の実験である[6]。我々は試料を磁場中冷却してできるだけ平衡状態に近い状態を持ってゆき、このプラッググラスー渦糸グラス間の転移を横切ったさいにジョセフソン結合エネルギーが大きくジャンプすることを発見した。さらにそのジャンプの大きさは高温側のプラッググラスー液体融解一次相転移と区別が付かないことを示した[7]。この結果は低温でこれまで謎であったプラッググラスー渦糸グラス相転移が一次相転移であることの強い証拠を与える。さらにこの結果はこれまで考えられてきたように一次相転移は40K近傍の臨界点で終結するのではなく、絶対零度まで続いていることを示唆している。このようにして最近ほぼ確定した渦糸の相図を図5に示す(ここでは確定していないボルテックスグラス相は書いていない)。この結果は低磁場に一次相転移により独立した渦糸相の存在を示唆しておりプラッググラス相の存在を強く示唆する。

この図をランダムネスがない場合の図3と比較してみると面白い。ランダムネスがない場合に低温でほぼ垂直に立ち上がっていた一次相転移線はランダムネスのために出現した新しいプラッググラス

相のためにはほぼ平行になってしまうのである。また図5からわかるることは従来の超伝導体では相転移線は  $H_{c2}$  であったのが高温超伝導体では前述のように  $H_{c2}$  はクロスオーバー磁場であり真の相転移線は極めて低いところに位置していることである。

図5



### まとめ

以上ボルテックスマターの物理の現状を簡単に報告した。他の異方性がもっと小さな系、例えば  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  でも若干の違いはあるが基本的には同じであると考える。ここではランダムネスを点欠陥として扱ったが、重イオン照射等により円柱状の欠陥も作ることができる。この場合には「ボーズグラス」という新しい相が現れることも知られている。ここ10年来の研究で渦糸の相図の理解はかなり進んだが、未だに多くの未知の部分を含んでおりこれから解明すべき問題も多く残っている。さらにはほとんどわかっていないのは渦糸の内部電子構造と渦糸のダイナミクスでありこれから大きな課題の一つである。最後に共同研究者である M.B.Gaifullin(物性研)、小杉真(現沖電気)、筑本知子(ISTEC)、下山淳一(東大工)、岸尾光二(東大工)の各氏に感謝します。

### References

- [1] A.I.Larkin and Y.N.Ovchinnikov, J. Low Temp. Phys. **34**, 409 (1979).
- [2] D.S.Fisher, M.P.A.Fisher, and D.A.Huse, Phys Rev. B **43**, 130 (1991).
- [3] T.Nattermann, Phys Rev. Lett. **64**, 2452 (1990).
- [4] T.Giamarchi and P.Le Doussal, Phys. Rev. B **55**, 6577 (1997).
- [5] E.Zeldov *et al.*, Nature **375**, 373 (1995)
- [6] Y.Matsuda *et al.*, Phys. Rev. Lett., **75**, 4512 (1995), **78**, 1972 (1997), M.B.Gaifullin *et al.* Phys Rev. Lett. **83**, 3928 (1999).
- [7] M.B.Gaifullin *et al.* Phys. Rev. Lett. **84**, 2945 (2000)

# 物性研究所短期研究会

## —「スクッテルダイト化合物の異常物性と関連する熱電材料」

日時 2000年10月24日(火)～10月25日(水)

場所 東京大学柏キャンパス物性研究所大講議室(6階A632室)

司会人○佐藤英行(都立大院理)  
石川征靖(東大物性研)  
上田和夫(東大物性研)  
小柳剛(山口大院理工)  
城谷一民(室蘭工大工)  
太田敏隆(電総研)  
大貫惇睦(阪大院理)  
播磨尚朝(阪大産研)

最近、充填スクッテルダイト化合物 $RT_4X_{12}$ (R:希土類など、T:遷移金属、X:P,As,Sb)が、強相関電子系特有の多様な異常物性と新しい熱電材料という二つの観点から注目を集めている。

1. RとTとXの置換により、金属-非金属転移、価数揺動、近藤半導体、重い電子状態、超伝導、特異な伝導現象、等々の変化に富んだ異常物性を表出する(一例として、 $PrFe_4P_{12}$ のdHvA効果においてPr化合物として異例な重い有効質量( $>80m_0$ )が見いだされた)。

2. 大きな熱電能と小さな熱伝導度を示すことから、新しい熱電材料の可能性が期待され、特に米国で盛んに研究されている。

従来の研究では、f電子系では熱電現象はあまり注目されておらず、一方、熱電材料としてのf電子系化合物は、熱電特性と他の基礎物性の関連にはあまり関心が払われて来なかつた。

本研究会の目的は、 $RT_4X_{12}$ を中心に置き、強相関電子系と熱電物質の観点からの研究成果を相互報告する事を通じて、熱電特性を含めた基礎物性全体の理解を進め、f電子系全般の熱電材料としての可能性や問題点も考察することにある。

### プログラム

#### 10月24日(火)

|                |  |                       |
|----------------|--|-----------------------|
| 10:00          | はじめに   | 都立大 佐藤 英行             |
| 10:10          | 層状酸化物 $NaCo_2O_4$ ---もう一つの新熱電変換材料---                       | 早稲田大 寺崎 一郎            |
| 10:30          | 酸化物熱電素子の実用化  | 東京ガス 中村 和郎            |
| 10:50          | 熱電素子の応用について  | コマツ研究本部 水上 裕之         |
| 11:15          | 熱電素子の小型化と体温で駆動する腕時計  | セイコーインスツルメンツ株式会社 岸 松雄 |
| 11:40          | GMRを示すナノ材料(多層膜、グラニュラー材料)の熱電能と磁気特性                          | 筑波大 喜多 英治             |
| 12:00          | $UB_4$ およびRh添加 $Ru_2Si_3$ の熱電特性                            | 名古屋大学 松井 恒雄           |
| 12:20～13:20 昼食 |  |                       |
| 13:20          | スクッテルダイト化合物への期待  | 電総研 太田 敏隆             |
| 13:35          | スクッテルダイトおよびフィルドスクッテルダイト化合物の熱電特性                            | 山口大 赤井 光治             |
| 13:55          | PGEC(Phonon Glass Electron Crystal)～フィルド・スクッテルダイト化合物の熱電特性～ | 山口大 小柳 剛              |
| 14:15          | スクッテルド鉱型化合物 $CoX_3$ (X=P,As,Sb)の電子構造                       | 弘前大 竹ヶ原克彦             |
| 14:30          | スクッテルダイト化合物の光電子分光  | 東大 藤森 淳               |
| 14:50          | 充填スクッテルド鉱型化合物の電子構造とフェルミ面の特異性                               | 阪大 播磨 尚朝              |
| 15:05          | 充填スクッテルダイト化合物 $RE Ru_4P_{12}$ (RE=希土類)の異常物性                | 室蘭工大 関根ちひろ            |
| 15:35          | $RE Ru_4P_{12}$ (RE=La,Ce,Pr,Sm)の光応答からみた電子状態               | 神戸大 難波 孝夫             |

15:55～16:00 休憩

16:00~17:30 ポスター及びディスカッション

- Zn-Sb系化合物の低温熱電特性  
充填スクッテルド鉱型化合物の結晶場  
 $CeT_4P_{12}$  ( $T=Fe, Ru, Os$ ) のXANES  
 $PrFe_4P_{12}$  の磁化及び輸送特性の圧力効果  
 $La_{1-x}Ce_xFe_4P_{12}$  の電子輸送特性  
セリウムモノブニクタイトの低温・高磁場下赤外反射分光  
 $YbAl_3$  の輸送現象への圧力効果  
 $\Gamma_3$  電子状態と超音波

北陸先端科学技術大 相馬 岳  
弘前大 竹ヶ原克彦  
電総研 李 哲虎  
都立大 松田 達磨  
都立大 湯浅 清司  
神戸大 木村 真一  
名工大 坂本 功  
新潟大 後藤 輝孝

17:40~19:30 懇親会

10月25日(水)

- 9:00 強相関電子系の熱電能の理論  
9:20 高温、強磁場、高圧下の熱電能  
9:40 4f電子系化合物の圧力下での異常物性と測定法  
10:00 Ce化合物の熱電能の挙動  
10:20 大きな熱電能を持つセリウム及びウラン化合物  
10:40 近藤半導体の熱電物性  
11:00  $CaB_6$  の基礎物性と熱電材料の可能性  
11:20  $YbAl_3$  の光電子スペクトルの温度変化  
11:40  $CeRu_4Sb_{12}$  の非フェルミ流体的振る舞い  
12:00  $RE Ru_4Sb_{12}$  の電子輸送特性

12:15~13:15 昼食

- 13:15 充填スクッテルダイド型化合物 $RRu_4P_{12}$  ( $R$ =希土類) の磁場中比熱  
13:30  $RE Ru_4P_{12}$  ( $RE=Ce, Pr, Sm$ ) の核磁気共鳴  
13:45 XAFS及び電子線回折による充填スクッテルダイドの研究  
14:05 充填スクッテルダイド化合物におけるドハース・ファンアルフェン効果  
14:25 なぜPr化合物でも重い電子系になるのか  
14:45 重い電子系 $PrFe_4P_{12}$  の異常な低温秩序相の熱物性  
15:00  $PrFe_4P_{12}$  における低温秩序相のX線回折による観測: 電荷自由度における相転移  
15:15 超音波による $PrFe_4P_{12}$  の弾性特性の研究  
15:30 おわりに  
15:35 閉会

### 層状酸化物 $NaCo_2O_4$ ---もう一つの新熱電変換材料---

早稲田大 科技団さきがけ 寺崎一郎

数年前、我々は層状酸化物 $NaCo_2O_4$  の単結晶試料において、その面内抵抗率が酸化物の中ではトップクラスの低さ(室温で $200 \mu\Omega\text{cm}$ )を示しながら、面内熱起電力が $100 \mu\text{V/K}$ という異常に大きな値を示すことを見出した[Phys. Rev. B56 (1997)R12685]。このことは、この物質が温度差の下で実用に耐える電力を発生させうること、すなわち熱電変換材料として有望であることを示す。その後、この系の多結晶試料の熱伝導率が、他の酸化物より有意に低い(室温で $10\text{-}20 \text{mW/cmK}$ )ことが判明するや[Proc. XVI Int. Conf. Thermoelectrics (ICT 97), 1997, p.523]、遷移金属酸化物による熱電変換の可能性が本格的に調べられつつある。

この系の物性の特徴は、その高い熱電特性だけではない。他の熱電変換材料にくらべて2, 3桁も小さなホール係数、低いプラズマ周波数、大きな電子比熱など、すべての物理量が通常の金属とは異なっている。これらの特徴は、この系の有効質量が数十倍に増大していると考えることで矛盾なく説明できる。

## 酸化物熱電素子の実用化

東京ガス(株) 研究開発部 フロンティアテクノロジー研究所 (\*基礎技術研究所)

○中村和郎、持田正、藤田顕二郎、山下敏、矢加部久孝\*

我々のグループでは、 $\text{Na}_x\text{CoO}_2$ 材料が熱電材料として優れていることを見出し<sup>1)</sup>、今までにドープによる高性能化<sup>2)</sup>や、酸化物素子の試作<sup>3)</sup>などについて報告してきた。 $\text{Na}_x\text{CoO}_2$ (p型)は、性能指数が比較的高いだけでなく、約800°Cまでの幅広い温度範囲で有効なことから、発電効率の点で有利な材料である。しかしながら、現在のところ従来型の熱電発電素子できえ実用化の段階に至っていない。

熱電発電素子の応用価値としては、「独立電源としての価値」と「発電量としての価値」に分類できる。前者による実用化は、独立電源の付加価値にコストが見合うかどうかに依存し、後者は、(1)電力価格との競争、(2)システム全体に対するインパクトの大きさに依存する。

まず、(1)電力価格との競争では、その限界コストは、想定する回収期間、年間使用時間、電力価格等によるが、おおよそ20-30万円/kW程度と推定される。実用化にはこの基準をクリアする必要があるが、(2)システム全体へのインパクトもまた重要である。つまり、システム全体に対する回収電力量の価値が、その導入を促進するほど高いかどうかである。例えば、エンジンにより発電し、その排気ガスの熱エネルギーを熱電発電により回収するケースを考える<sup>4)</sup>。従来型の熱電発電素子( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ 系)の効率は約5%であることが知られているが(温度差=200K)、排気ガス全体の熱エネルギーを回収しようとすると、温度低下により発電効率は低下し、平均的な効率は2-3%程度となる。排気ガスの熱エネルギーをインプットの20%と仮定すると、排熱回収により得られる電力は、エンジンの発電効率38%に対して0.5%程度となり(全体で38.5%)、この場合、システム全体に対するインパクトが大きいとは言い難い。

上記の通り、熱電発電素子の実用化は、出力当たりのコストの基準を満たすこと、システム全体に対する回収電力量が十分にあることが必要なため、やはり、高効率な熱電発電素子は必須と言える。それを実現するには、性能指数の高い材料、あるいは、幅広い温度範囲で性能を有する材料の開発が求められる。 $\text{Na}_x\text{CoO}_2$ 等の酸化物は、基本的に高温耐性が高いので、特に後者のメリットを活かせる材料として期待できる。今後、n型材料、電極等の要素技術が進展すれば、高効率な酸化物熱電素子の実用化は可能と考えられる。

### 参考文献

- 1) H.Yakabe, K.Kikuchi, I.Terasaki, Y.Sasago and K.Uchinokura, *in Proceedings of the 16th International Conference on Thermoelectrics* (Dresden, 1997), 523.
- 2) H.Yakabe, K.Fujita, K.Nakamura and K.Kikuchi, *in Proceedings of the 17th International Conference on Thermoelectrics* (Nagoya, 1998), 551.
- 3) K.Fujita, K.Nakamura and S.Yamashita, *in Proceedings of the 18th International Conference on Thermoelectrics* (Baltimore, 1999), 481.
- 4) 中村和郎, コージェネレーション, 14, 2 (1999), 30.

## 熱電素子の応用について

コマツ中央研究所 水上裕之

熱電素子は、可動部がない固体装置である、電流方向の切り替えで冷却・加熱ができる、小型・軽量である、フロンガス等の冷却媒体が不要である、温度応答が非常に速いといった特徴を持つ。この特徴をいかして、主にBiTe系材料をもちいた熱電素子が、通信用レーザーダイオード、赤外線センサー、CCD等の半導体デバイスの冷却や、半導体製造プロセスでの拡散・CVD用ガスの蒸気圧コントロール等精密な温度制御を必要とする分野で実用化されている。また、ノンフロンで環境にやさしいという点から、ワインセラー、冷蔵庫へ熱電素子が適用されている。一方、熱電発電については、宇宙船の原子炉での熱電発電等特殊な分野では実用化されているが、民生用という点ではまだ実用化というところまでは到っていない。しかしながら、昨今のエネルギー消費量の増大、廃熱エネルギーの増大等による環境破壊が社会問題化している現在、熱電素子による熱発電技術は、廃熱エネルギーを電力として回収できる有効な手段の一つとして期待される。こ

れまでBiTe系で熱電発電の実証試験が中規模ごみ焼却炉等で行われてきたが<sup>①</sup>、耐熱性が低く(～250℃)、変換効率が不充分であった。このため熱電発電を実現するためには、耐熱性があり、しかも変換効率の高い新材料の研究開発が必要不可欠であり、スクッテルダイト系はその有望な材料の一つとして期待されている。

参考文献1) 科学技術振興調整費「廃棄物焼却熱等の未利用熱エネルギーの有効活用に関する研究」平成7年度～9年度 成果報告書

### 熱電素子の小型化と体温で駆動する腕時計

セイコーインスツルメンツ株式会社((株)エスアイアイ・アールディセンター)岸 松雄

冷却素子としての熱電モジュールは、小型冷蔵庫や可搬クーラーボックスといった民生用製品から理化学機器における温度調整装置や通信用半導体レーザーの温度調整用素子として広く使われている。これに対し、発電素子としての熱電モジュールは、冷却素子としての用途ほど民生品に対しては実用化が進んでいないのが現状であり、廃熱発電をはじめとする比較的大型の発電設備に対する研究などが進められているにとどまっている。これは、発電における変換効率が他の発電装置と比べて低いという点にあり、とくに発電効率、発電量が温度差に依存するため、微小な温度差では、これらが非常に低くなるという決定的な問題を抱えているためである。しかしながら、μWオーダーの電力で駆動するクオーツ式アナログ腕時計では、腕(体温)と外気温による微小な温度差により発電される電力をを利用して、その駆動が理論的に可能であることから、“熱電時計”という考えについては、古くからあり、近年における電子部品の小型化、省エネ化等からその実用化が期待されていた。

一方、熱電モジュールの冷却における最大温度差や発電における最大発電電力は、モジュールを構成する熱電材料の性能(性能指数)により決定される。しかしながら、例えば冷却における吸熱量が(1)式で表されるように、モジュールを構成する熱電エレメントに対しては、電気抵抗における

$$Q_c = n(\alpha T_c I - \frac{1}{2} R I^2 - \lambda \Delta T) = n(\alpha T_c I - \frac{1}{2} P \frac{l}{s} I^2 - K \frac{s}{l} \Delta T) \quad (1)$$

$Q_c$  ; 吸熱量  $n$  ; エレメント本数  $\alpha$  ; ゼーベック係数  $T_c$  ; 低温側温度  $I$  ; 電流  $R$  ; 内部抵抗  $\lambda$  ; 熱コンダクタンス  $\Delta T$  ; 温度差  $P$  ; 比抵抗率  $l$  ; エレメント高さ  $s$  ; エレメント断面積  $K$  ; 熱伝導率オームの法則と同様に、その大きさ、高さ、本数について所謂“相似則”的なものが成立する。言い換えれば、熱電エレメントの断面積と高さおよび本数の関係を適宜変えることにより、モジュールとしての冷却能力(吸熱量)や発電電力は一定としながら、モジュールとしての小型化を図ることが可能となる。このことから、モジュール(あるいはシステム)全体における吸放熱構造という点を除けば、熱電エレメントの小型化により他の電子デバイスと同様、種々のメリットが得られることが容易に考えられる<sup>(2)</sup>。

このような中、我々は、これまでエレメントの大きさで0.5mm程度までの小型化が限界とされていたBi-Te系材料について、0.1mm程度までの小型化とマイクロモジュールとしての開発を行い、その性能等について行ってきた<sup>(1)</sup>。さらに、このマイクロモジュールを発電装置とし、この発電装置からの電力により駆動する熱電時計の開発と商品化にも成功した<sup>(3),(4)</sup>。

(1) M. Kishi, et al: Proc. of the 16th Int. Conf. on Thermoelectrics : (1997)653.

(2) J.-P. Fleurial, et al : Proc. of the 18th Int. Conf. on Thermoelectrics : (1999)294.

(3) 岸 松雄、山本三七男、根本裕彦、濱尾尚範、万代雅昭:日本金属学会会報誌“まとりあ” 38(1999)257.

(4) M. Kishi, et al: Proc. of the 18th Int. Conf. on Thermoelectrics: (1999)300 .

### GMRを示すナノ材料(多層膜、グラニュラー材料)の熱電能と磁気特性

筑波大物工 喜多英治

伝導電子の関わる伝導現象では電荷の移動と熱の移動という2つの側面が密接に関係していることは教科書が教えるところであり、熱電気現象としてとらえられている。その中の熱起電力はモット式から導かれるように、電子の散乱を通して電気抵抗と密接な関係にある。近年注目されている磁気伝導現象に金属多層膜やグラニュラー薄膜で見いだされた巨大磁気抵抗効果がある。多層膜においては層間結合の振動現象と共に

見いだされ、熱電気現象の特性を利用した巨大磁気抵抗効果のメカニズム解明を目的に様々な研究が行われている[1,2]。

人工ナノ構造物質の熱起電力の考え方は、非磁性金属が貴金属系の場合に2つ提唱されている。界面における不純物散乱[3]と終状態を強磁性金属と考える散乱[4]のように散乱の取り方に違いはあるが基本的な扱いは同じである。磁気抵抗の大きな物質に対して実験結果はたいがい大きな熱起電力の磁場変化を示し、磁気抵抗とのスケール則[4]を満たしている。

多層膜の場合、比較的界面が明瞭なため2番目の考え方有力であるが、グラニュラー物質の場合、界面での原子の乱れのため不純物や合金化の影響を考える必要があり近藤効果の影響も指摘されている[5]。我々は非固溶系のCo/Ag系グラニュラー合金において様々な結晶状態を実現し、熱起電力の変化を調べた。その結果、熱起電力はアモルファスに近い混合状態では近藤効果に類似し、熱処理によりパルク強磁性体に近づく。すなわちCo/Ag系においては上記の両方のモデルが状況に応じて実現していることがわかった。また層間の結合状態と伝導現象の関係も興味深い。強磁性層間に強い結合を持ちながら磁気抵抗の変化は小さい多層膜がある。このような系として強い層間結合を持つCo/Ir多層膜を対象に、結合と磁気伝導現象の関係について調べている。

- [1]先駆的な実験として J.Sakurai et.al., J.Phys.Soc.Jpn., 60,2522(1991)
- [2]解説として、佐藤他、応用磁気学会誌20,750(1996)、喜多他、応用磁気学会誌21,1167(1997)
- [3]J.Inoue et.al., J.Phys.Soc.Jpn., 61,1149(1992)
- [4]L.Xing et.al., Phys.Rev.B48,6728(1993)
- [5]J.Sakurai et.al., J.Phys.Soc.Jpn. 66,2240(1997)

### UB<sub>4</sub>およびRh添加Ru<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>の熱電特性

名大・工・量子工学 松井恒雄

エネルギー源の多様化と原子力利用の融合を目指して、我々の研究グループでは原子力関連材料の熱電材料への応用を試みている。本研究会では、核燃料サイクルで発生する減損ウランと主要核分裂生成物である貴金属元素のRh、Ru等を用いたUB<sub>4</sub>とRu<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>の熱電特性について報告する。ウランはそれ自身、質量が大きく、低温では重フェルミオン的挙動をする可能性があり、さらにその化合物であるUB<sub>4</sub>は熱伝導率が小さい層状構造を有する為、まず低温用熱電材料としての可能性を調べた。UB<sub>4</sub>のゼーベック係数は、100K以下でかすかなフォノンドラッグの寄与が現れたものの、その値は数μV/K以下と小さく、また半金属的であり良好な熱電特性は示さなかった。一方、Ru<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>はキャリア濃度を最適化することによってP型半導体では高い性能指数が得られるという理論計算[1]から注目されたが、従来は予測計算ほどの高い性能は実験的には得られていなかった。しかしながら我々は浮遊溶融帯法で作ったRu<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>がn型領域で高い性能を示すことを明らかにした[2]。この結果に基き我々は今回Rhを添加することでRu<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>の高温用熱電材料としての性能向上を図った。その結果、約900K以上では、代表的高温用熱電材料であるSiGeよりも高い性能指数を示した。さらに約1100Kで性能指数が0.8程度となり、今後、添加物の種類と濃度を制御することによって高温域で性能指数が1を超える材料が作成できる可能性を明らかにした。

- [1] C. B. Vining and C. E. Allevato, Proc. 27th IECEC 3, 489 (1992).
- [2] Y. Arita, T. Miyagawa and T. Matsui, Proc. 17th Intern. Conf. on Thermoelectrics 17, 394 (1998).

## スクッテルダイトおよびフィルドスクッテルダイト化合物の熱電特性

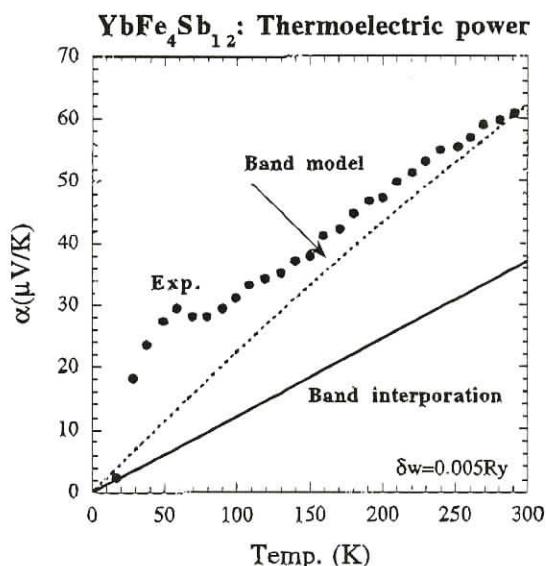
山口大工 赤井光治, 古賀健治, 大城和宣, 松浦満

熱電変換材料の特性は無次元性能指数 $Z \cdot T = \alpha^2 \sigma_e / (\kappa_L + \kappa_e)$ により評価される。 $\alpha$ は材料の熱電能、 $\sigma_e$ は電気伝導度、また $\kappa_L$ 、 $\kappa_e$ はそれぞれ格子および電子による熱伝導度、Tは温度である。 $\alpha$ および $\sigma_e$ が共に大きくなる必要性から、高い移動度を持つことが要求される。また、 $\kappa_e$ は $\sigma_e$ に比例し独立に制御できないため $\kappa_L$ が小さい物質が探索されている。このような特性が期待される物質の一つとしてスクッテルダイト化合物がある。CoSb<sub>3</sub>では室温で $\mu_e \sim 8000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の値が得られており、他のスクッテルダイト化合物も高い移動度を示す。ただ $\kappa_L$ が大きく、他の熱電材料に較べ一桁程度高い値を持っており、 $\kappa_L$ の低減が課題となっている。これに対し、スクッテルダイト構造に特徴的な空隙に原子を充填したフィルドスクッテルダイト化合物では $\kappa_L$ が一桁程度減少するため、最近特に注目されている。

これまで我々は電子構造の第一原理計算により、CoSb<sub>3</sub>のキャリア特性と添加不純物の関係およびスクッテルダイトアンチモナイトのバンド構造と輸送特性を議論してきた。[1,2]ここではCoSb<sub>3</sub>およびYbFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>のバンド構造と輸送特性について議論する。電子構造はFLAPW法により計算し、交換相間相互作用はCoSb<sub>3</sub>ではGGAをYbFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>ではLDAを用いた。[3]CoSb<sub>3</sub>の第一原理バンド計算によるバンド構造に基づく熱電特性の議論はSinghやSofo等によりなされており、彼等の計算ではバンドギャップが50meVおよび220meVと結論されている。[4,5]この違いはそれぞれの計算で用いられた結晶パラメーターの違いにより生じており、特にSbとCoの原子間距離にバンドギャップが敏感であることを反映している。我々は彼等の計算では考慮されていないSO相互作用を考慮して電子構造を計算し、結晶パラメーターをエネルギーを最小にするよう最適化した。CoSb<sub>3</sub>の結晶パラメーター等は以下のようにになった。 $a=9.08 \text{ \AA}$ ,  $(u, v)=(0.334, 0.159)$ ,  $E_g=110 \text{ meV}$ ,  $\Delta_{SO}=30 \text{ meV}$ 。また、Fermi準位近傍で計算されたバンド構造を良く再現する単純なバンドモデルを用いて熱電能を計算した。

Ybを充填したスクッテルダイト系において最近ZT~1程度の材料が得られており[6]、この系の輸送特性に興味を持っている。また、YbFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>は低温で価数揺動的な振る舞いを示すことが報告されており、強相関系であると考えられている。[7]このような系に対し我々は、高いZTが得られているドーピングされた系の熱電特性を調べる基礎固めを行ったために、また第一原理計算によるバンド構造を用いた電子ガスモデルでどの程度YbFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>の熱電能が説明できるか明らかにするため、YbFe<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>の熱電能をパラメーター無しに計算した。熱電能の計算では緩和時間をエネルギーによらない定数とし、単純な2バンドモデルの場合と更に計算に忠実なバンドを用いた場合について行った。図1は計算された熱電能を示している。実線が忠実なバンドを用いた計算で破線は2バンドモデルによる結果を表す。黒丸はDilley等の実験結果を示す。ただし、現実的なバンドではSO相互作用を無視して計算したバンド構造を用いており、単純バンドモデルではSO相互作用を考慮している。SO相互作用を考慮していない場合は実験値からかなりずれているが、SO相互作用を考慮すると実験とかなり良く一致していることがわかる。

- [1] Akai et al., Proc. ICT'98, 105(1998).
- [2] Akai et al., Proc. ICT'99, 444(1999).
- [3] Blaha et al., program package WIEN97, Technical Univ. of Vienna(1997).
- [4] Singh and Picket, Phys. Rev. B50, 11235(1994).
- [5] Sofo and Mahan, Phys. Rev. B59, 15620(1999).
- [6] 小柳剛: 热電シンポジウム2000論文集, (热電変換研究会, 2000), p111.
- [7] Dilley et al., Phys. Rev. B61, 4608(2000).



## PGEC(Phonon Glass Electron Crystal) —フィルド・スクッテルダイト化合物の熱電特性—

山口大院理工 小柳 剛

これまでの熱電変換材料は、 $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ や $\text{PbTe}$ などのように、熱伝導率が低い平均原子量の重い化合物半導体が中心であった。しかし、従来の考え方と異なって、熱はアモルファスのように伝えにくく、電気は結晶のように伝えやすい物質（PGEC : Phonon Glass Electron Crystal<sup>[1]</sup>）を熱電変換材料として用いる試みが始まっている。本研究では、PGECの立場から、 $\text{CoSb}_3$ スクッテルダイト化合物の空隙にYbを充填したn型 $\text{Yb}_y\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ とそのCoをNi族で置換した $\text{Yb}_y(\text{Co}_{1-x}\text{X}_x)_4\text{Sb}_{12}$ （X=Ni, Pd, Pt）、及び $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ フィルド・スクッテルダイト化合物のFeをCoやNiで置換したp型 $\text{YbFe}_{4-x}\text{M}_x\text{Sb}_{12}$ （M=Co, Ni）の焼結体について、その構造、熱的特性、電気的特性について研究を行った。

X線回折測定結果からリートベルト解析により、これらの化合物のYb充填率を求めた結果、n型 $\text{Yb}_y\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ では、Ybの充填率は最大 $y=0.075$ までしか充填されないことがわかった。また、p型 $\text{YbFe}_{4-x}\text{Co}_x\text{Sb}_{12}$ では、Coの置換量により、Ybの充填率 $y$ が直線的に、 $y=0.96$  ( $x=0$ ) から $y=0.075$  ( $x=4$ ) に減少した。これらの化合物のYb原子の原子変位パラメーターBは、副格子を形成するFe、Co、SbのBに比べて大きく、Yb原子が空隙中で熱的に大きく揺らいでいることがわかった。

これらの化合物は、Ybイオンの熱的振動（rattling）がフォノンを効果的に散乱することにより、特に、 $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ 格子熱伝導率では、 $\text{CoSb}_3$ で考えられる最低熱伝導率に達するほど低く、アモルファスのような低い熱伝導率（Phonon Glass）を実現した。

熱電気的特性に関しては、n型 $\text{Yb}_y\text{Co}_4\text{Sb}_{12}$ では、母結晶であるn型 $\text{CoSb}_3$ の試料に比べて、有効質量 $m^*$ が減少したことによる移動度 $\mu$ の増加が見られた。この結果について、Ybがランダムに $\text{CoSb}_3$ の空隙に充填されているにもかかわらず、キャリアの緩和時間が低下していないことは興味深い。p型 $\text{Yb}_y\text{Fe}_{4-x}\text{Co}_x\text{Sb}_{12}$ については、4元系の混晶であるため、p型 $\text{CoSb}_3$ の移動度 $\mu$ に比べて1~2桁低いが、有効質量 $m^*$ が1桁程度大きくなつた。n型、p型いずれの試料についても、有効質量を考慮した移動度 $m^{*3/2}/\mu$ では、n型、p型 $\text{CoSb}_3$ と同程度まで達しており、この観点からは、電気的に良い結晶（Electron Crystal）を達成していると言える。

低い熱伝導率、高い熱電気的特性から、n型 $\text{Yb}_y(\text{Co}_{1-x}\text{Pt}_x)_4\text{Sb}_{12}$ で、無次元熱電気的性能指数が最大でZT=1.05と、ZT=1を越え、p型 $\text{Yb}_y\text{Fe}_{4-x}\text{Ni}_x\text{Sb}_{12}$ では最大ZT=0.73が得られた。以上の結果から、フィルド・スクッテルダイト化合物は、空隙に充填される希土類元素による熱的機能と、空隙の周りの骨格による電気的機能をミクロに分離することにより、PGECを実現し、新しい高性能熱電材料として位置付けられることがわかった。

1) G.A. Slack: CRC Thermoelectric Handbook, Ed. By M. Rowe (CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 1995), Chap.34.

### スクッテルド鉱型化合物 $\text{CoX}_3$ (X=P, As, Sb) の電子構造

弘前大理工、阪大産研<sup>A</sup> 竹ヶ原克彦、播磨尚朝<sup>A</sup>

スクッテルド鉱型（ $\text{CoAs}_3$ 型）構造を持つ $\text{TX}_3$  ( $T=\text{Co}, \text{Rh}, \text{Ir}, \text{Ni}, X=\text{P}, \text{As}, \text{Sb}$ ) の中で、 $\text{CoP}_3$ は半導体的、 $\text{NiP}_3$ は金属的振る舞いを示す。また、Singh達によってこれらの物質群のバンド構造も報告されている[1]。この構造の大きな隙間に希土類原子が入った系が充填スクッテルド鉱型化合物 $\text{RT}_4\text{P}_{12}$ として知られ、特異な物性を示す物質が多数報告されており、詳細なバンド構造も報告されている[2]。本研究では、 $\text{CoAs}_3$ 型構造を持つ $\text{CoX}_3$  (X=P, As, Sb) のバンド構造をXの原子座標依存性に注目しながらFLAPW法で計算し、バンド構造の起源を明らかにする。

$\text{CoAs}_3$ 型構造は、充填スクッテルド鉱型化合物と同じ空間群 (#204,  $T_h^5$ , Im3) に属し、原始単位胞に4分子を持つ体心立方格子構造を持ち、原子座標はT原子が8c: (1/4, 1/4, 1/4)、X原子が24g: (0, u, v) である。内部パラメータu, vの値は物によって微妙に異なるが、u=0.33~0.35, v=0.14~0.16である。もし、u=v=1/4なら、 $\text{ReO}_3$ 型構造 (#221,  $O_h^1$ , Pm3m) となり、理想ペロブスカイト型構造 $\text{ABO}_3$ でA原子が欠けたものに一致する。

最初に仮想的に $\text{ReO}_3$ 型構造を持つ $\text{CoAs}_3$ のバンド構造を調べた。価電子帯はCo-d状態とAs-p状態から形成され、スピン自由度を除くと9個の電子が詰まる。p-d混成の無い $\Gamma$ 点では、Co-d状態が $d\epsilon$ と $d\gamma$ に約0.17Ryの準位間隔を持って分裂し( $d\epsilon$ が下)、これらの上下にそれぞれ3重縮退したpバンドが位置し、上のpバンドの直下にフェルミ準位がくる。R点ではp-d混成が最大になり、結合・反結合バンドに大きく分裂し、 $d\gamma$ -pの反結合バンドがフェルミ準位からはるか上に位置する。状態密度はフェルミ準位近傍で大きく減少している。

$u, v$ の値が1/4からずれるに従い、BZの総てでp-d混成が生じるが、 $10^*4+6^*12=112$ 枚のp-dバンドが下の72枚と上の40枚の2つのバンドグループを形成する。 $\text{CoP}_3$ では2つのグループがわずかに重なり半金属となり、 $\text{CoAs}_3$ と $\text{CoSb}_3$ では2つのグループが $\Gamma$ 点のみで接しており擬金属となる。

- [1] D. J. Singh et al.; Phys. Rev. B50 (1994) 11235, B59 (1999) 9722. Appl. Phys. Lett. 74 (1999) 3666.
- [2] 播磨尚朝; 本研究会.

### スクッテルダイト化合物の光電子分光

藤森 淳（東大新領域）、石井啓之（東大理）、須崎友文（理研）

スクッテルダイト化合物は最近、新しい熱電変換材料と電子相関による多様な異常物性という二つの点で注目を浴びているが、どちらの観点からも電子構造の解明は重要である。我々は、(i) スクッテルダイト化合物 $\text{Co}(\text{Sb}_{1-x}\text{Te}_x)_3$  [ $x=0, 0.02, 0.04$ ]、 $\text{RhSb}_3$ 、(ii) フィルドスクッテルダイト化合物 $\text{MFe}_4\text{Sb}_{12}$  [ $\text{M}=\text{La}, \text{Ce}, \text{Yb}$ ]、(iii)  $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ の電子構造を光電子分光により調べた。

(i)  $\text{CoSb}_3$ に関して、複数の励起光を用いて状態密度における各構造について原子軌道の特定を行い、またバンド計算との比較を行った。SbをTeに置換しn型となった物質の光電子スペクトルはシフトを示し、リジッドバンドモデルでよく説明された。CoをRhに換えた物質である $\text{RhSb}_3$ との比較も行なった。

(ii)  $\text{MFe}_4\text{Sb}_{12}$  [ $\text{M}=\text{La}, \text{Ce}, \text{Yb}$ ]は、高温ではいずれも金属的な振る舞いを示すが、低温での振る舞いは異なっている。 $\text{CeFe}_4\text{Sb}_{12}$ は低温で重い電子系の振る舞いを示し、またバンド計算では、Ce 4fとFe 3d、Sb 5pが混成することによる混成ギャップ(0.10eV)を持つことが報告されている。また、 $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ も低温で重い電子系の振る舞いを示し、Ybは価数揺動状態にあることが報告されている。我々はまず $\text{CeFe}_4\text{Sb}_{12}$ 、 $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ 各々に関して複数の励起光を用いて、軌道の特定を行い、特に $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ に関しては、 $\text{Yb}^{2+}$ の構造と $\text{Yb}^{3+}$ の構造の強度比からYbの価数を見積もった。次に、3つの化合物のフェルミ準位近傍の光電子スペクトルの温度変化から、 $\text{CeFe}_4\text{Sb}_{12}$ において、低温で擬ギャップが生じることを観察した。

(iii)  $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ は、~16Kで電気抵抗、比熱に異常を示し、低温で反強磁性、高温で常磁性を示す。我々は、まずSm 3d内殻XPSによりSmの価数を3価と決定した。複数の励起光を用いて、フェルミ準位近傍の軌道を特定した。16Kの上下での電子状態の変化を調べたが、違いは観察できなかった。

本研究は小柳 剛、長本泰征（山口大工）、城谷一民、閔根ちひろ（室蘭工大）の各氏との共同研究である。また、播磨尚朝（阪大産研）、J. Sofo (Centro Atomico Bariloche) の両氏からはバンド計算の結果をご提供頂いた。

### 充填スクッテルド鉱型化合物の電子構造とフェルミ面の特異性

阪大 播磨尚朝

充填スクッテルド鉱型化合物 $\text{RT}_4\text{X}_{12}$ (R:希土類など、T=Fe, Ru, Os, X=P, As, Sb)は、 $T_h^5$ と呼ばれる空間群に属し、立方対称性であるにもかかわらず4回対称軸を持たない。この構造を持つ化合物群の電子構造の特徴を知り、さらに多様で興味深い物性の起源を探るために一連の電子構造計算を行った。

計算は、FLAPW法とLDAを用いて $\text{LaFe}_4\text{P}_{12}$ ,  $\text{LaFe}_4\text{As}_{12}$ ,  $\text{LaFe}_4\text{Sb}_{12}$ ,  $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ ,  $(\text{LaRu}_4\text{As}_{12})$ ,  $\text{LaRu}_4\text{Sb}_{12}$ ,  $(\text{LaOs}_4\text{P}_{12})$ ,  $\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$ ,  $\text{CeFe}_4\text{Sb}_{12}$ ,  $(\text{CeRu}_4\text{P}_{12})$ ,  $\text{CeRu}_4\text{Sb}_{12}$ ,  $\text{CeOs}_4\text{P}_{12}$ ,  $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ ,  $\text{SrRu}_4\text{Sb}_{12}$ ,  $\text{ThFe}_4\text{P}_{12}$ ,  $\text{UFe}_4\text{P}_{12}$ について行った。(括弧内の物質については、Xの内部パラメーターを $\text{LaFe}_4\text{P}_{12}$ と同じと仮定して計算

した)さらに、LDA+U法を用いて $t^2$ の $\Gamma_7$ 一重項(一粒子状態 $\Gamma_7$ の反対称積)が占有されたと仮定して $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ と $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ の電子構造を計算した。

その結果をまとめると、

1. 伝導帯がTとXに強く依存しており、TとXのどちらを置換しても物性が大きく変化する三元化合物本来の性質を持っている。
2. 主要な伝導帯(48番目のバンド)がフェルミ準位近傍で大きなピーク構造を持っており、フェルミ面は不安定である。この不安定さは、T-dとX-pの強い共有結合に支えられていると考えられる。
3. La系の主要なフェルミ面の形状はbccのBZをちょうど半分にした立方体に近く、 $q=(1,0,0)$ のネスティングが起こればキャリアがほとんど消失する。 $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ の金属-非金属転移において、このフェルミ面のネスティングが起こっている可能性がある。
4. 希土類と最近接Xとのイオン間距離が長い事を反映して、希土類サイトでの電子位置は低い。
5. 主要な伝導帯(48番目のバンド)は対称性から希土類の4fバンドとよく混成するが、5dバンドとは混成しない。希土類と最近接Xとの距離が大きいにもかかわらず、最近接Xが12と多いため、混成は小さくない。
6.  $\text{LaFe}_4\text{P}_{12}$ においてもサイクロトロン質量で約2倍の質量増強がある。c-f混成は大きいが、これは希土類の最近接Xが12と多いことを反映していると考えられる。
7. Ce系はすべて半導体的電子構造を与え、ギャップの大きさのT依存性は実験と傾向が一致している。特徴的な事は、 $\text{CeOs}_4\text{P}_{12}$ では価電子帯のトップがf成分を持たないことがある。
8.  $\text{CeRu}_4\text{Sb}_{12}$ と $\text{ThFe}_4\text{P}_{12}$ は計算では半導体であるが、実験的には金属的な振る舞いをする。また、 $\text{YbFe}_4\text{Sb}_{12}$ の計算結果ではYbは極めて安定な2価であるが、実験的には大きな磁気モーメントが観測されている。

$\text{LaFe}_4\text{P}_{12}$ に関する最初の計算が[1]に詳細な結果が[2]にある。[3]には $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ の簡単な報告がある。

- [1] H. Harima: J.Magn.Magn.Mater. 177-181 (1998) 321.
- [2] H. Sugawara et.al.: J.Phys.Soc.Jpn. 69 (2000) 2938.
- [3] H. Harima: Progress of Theoretical Physics Supplement 138 (2000) 117.

### 充填スクッテルダイト化合物 $\text{RERu}_4\text{P}_{12}$ (RE = 希土類) の異常物性

室蘭工大工 関根ちひろ

充填スクッテルダイト化合物はその特異な結晶構造と特有のバンド構造から優れた熱電特性を有し、新熱電材料としての応用が期待されている物質である。また、充填スクッテルダイト化合物は各元素の組み合わせにより多くの化合物が合成でき、多彩な物性を示すことが知られている。しかし、純良な単相試料を得るのが難しいため、多くの化合物の詳細な物性研究は行われていなかった。

我々はこの系の低温物性に注目し、高温高圧合成法及びスズフラックス法を用いて系統的な試料合成及び物性評価を行ってきた。その結果、CeやPrなどの希土類元素を含む充填スクッテルダイト化合物は重い電子系、価数揺動、近藤半導体、異常な金属-絶縁体転移などの強相関電子系特有の異常物性を示すことを見いだした。特に $\text{RERu}_4\text{P}_{12}$ (RE = La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb)を中心として新物質開発、新奇な物理現象の探索を目的に研究を進めてきた。これらの化合物で $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ ,  $\text{GdRu}_4\text{P}_{12}$ 及び $\text{TbRu}_4\text{P}_{12}$ はこれまでに合成の報告のない新物質である。

以下に各化合物の物性を示す[1][2]。

- 1)  $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属、超伝導体 ( $T_C = 7\text{K}$ )
- 2)  $\text{CeRu}_4\text{P}_{12}$ : (近藤) 半導体 (活性化エネルギー  $E / k_B = 1000\text{ K}$ )
- 3)  $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属-絶縁体転移 ( $T_{MI} = 60\text{K}$ )
- 4)  $\text{NdRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属、強磁性体 ( $T_0 = 1.6\text{K}$ )
- 5)  $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属-絶縁体転移、反強磁性体 ( $T_{MI} = T_N = 16\text{K}$ )
- 6)  $\text{EuRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属、強磁性体、価数揺動 ( $T_0 = 18\text{K}$ )
- 7)  $\text{GdRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属、反強磁性 ( $T_N = 22\text{K}$ )
- 8)  $\text{TbRu}_4\text{P}_{12}$ : 金属、反強磁性 ( $T_N = 20\text{K}$ )

ほとんどの化合物が金属的な電気抵抗の温度依存性を示すが、 $\text{CeRu}_4\text{P}_{12}$ は室温付近から半導体的な振舞をする。この振舞にはCeの4f電子と伝導電子の混成が大きく関係していると考えられる。また、 $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ 、 $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ はそれぞれ60K、16Kで特異な金属-絶縁体転移（M-I転移）を示す[1]。 $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ はM-I転移に伴い帯磁率に異常が見られるのに対し、 $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ では帯磁率に異常は観測されない。これらのM-I転移の原因については、はっきりしていないが、最近の $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ 単結晶を用いた電子線回折、X線回折実験の結果、転移温度以下で超格子反射が観測され、結晶構造の変化が確認された。現在、電荷配列、四極子転移などの可能性を調べる実験が進行中である。さらに、 $\text{GdRu}_4\text{P}_{12}$ 、 $\text{TbRu}_4\text{P}_{12}$ は低温で反強磁性秩序を示すが、転移温度以下で電気抵抗はハンプ型の異常を示すことが分かった[2]。この系における、M-I転移や磁気転移にはフェルミ面のネスティング効果が大きく関与していると考えられる。

#### 参考文献

- [1] C. Sekine et al., Phys. Rev. Lett. 79 (1997) 3218.
- [2] C. Sekine et al., Phys. Rev B 62 (2000) 印刷中.

### $\text{ReRu}_4\text{P}_{12}$ ( $\text{Re}=\text{La,Ce,Pr,Sm}$ ) の光応答からみた電子状態

中山昌也、松波雅治、陳林、是常敬久、岡村英一、<sup>○</sup>難波孝夫、城谷一民\*、関根ちひろ\*  
神戸大院自然、\*室蘭工大

$\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ に代表される希土類3元化合物 $\text{ReM}_4\text{X}_{12}$  ( $\text{Re}$ : 希土類元素,  $\text{M}$ : 遷移金属元素,  $\text{X}$ : カルコゲン元素) は結晶化が困難で、極最近、室蘭工業大の城谷グループによる数万気圧下の高圧合成や都立大の佐藤グループによる単結晶育成が成功した物質である。これまでの諸物性の測定によりこのファミリーには、金属-非金属転移を示すもの ( $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$  ( $T_c=60\text{K}$ ),  $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$  ( $T_c=16\text{K}$ ))、始めから半導体物性を示すもの ( $\text{CeRu}_4\text{P}_{12}$ )、低温で超伝導を示すもの ( $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ ,  $\text{LaRu}_4\text{Sb}_{12}$ , 等)、非フェルミ液体的な金属 ( $\text{CeRu}_4\text{Sb}_{12}$ ) 等、多彩な物性を示すのでその電子状態に大きな興味が持たれている。中でも、 $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ は16K以下で出現する反強磁性的な磁気秩序状態が転移のトリガーになっている可能性があり興味深い。当グループではこれらの物質の物性変化に応じた詳しい電子状態の変化を知るため高分解能低温赤外分光実験を行っており、最近、マクロな物性測定では分からず詳細な電子状態の変化が観測出来ることが分かった。即ち1-30eVの高い励起エネルギーに対応するスペクトルには何ら変化は無いか<sup>○</sup>0.001-1eVのエネルギー階級のスペクトルには相転移に伴って大きな変化が現れる（低温相では高温相のドルーデ項が消滅し、新しい吸収バンドが現れる。Pr-は0.05eV領域、Sm-は更に低い0.01eV以下の領域にその変化が現れる。しかし変化は大きいが生ずるエネルギー領域が数meV領域と極低エネルギー領域なので光電子分光実験で観測することは難しい）。この変化は価電子帯を形成するRuの4d電子及びPの3p電子と希土類元素の持つ4f電子間の混成度が降温と共に成長し、それに伴って価電子帯が分裂することを示唆している。しかもこれら金属-非金属転移を示す物質のスペクトルの温度変化はその混成を引き起こす相互作用が徐々にゆっくりと発達するのではなく閾値を境にして成長することを示した。

### Zn-Sb系化合物の低温熱電特性

北陸先端科学技術大学院大学 <sup>○</sup>相馬 岳、中本 剛、栗栖牧生

#### 1. 目的

$\text{Zn}_4\text{Sb}_3$ は新しい熱電材料として期待されており、室温から600Kの高温領域においては添加元素による熱伝導率低減等の最適化が試みられている。しかしながら、室温以下における物性測定例が少なく、その熱電特性について不明な点が多い。今回、我々は $\text{Zn}_4\text{Sb}_3$ の焼結試料および傾斜凝固（Gradient Freeze、以下GF）試料を作製し、その低温熱電特性を評価したので報告する。

#### 2. 実験方法

焼結試料はホットプレス法（400°C × 3h）にて作製した。試料の形状は角柱状であり、寸法は2×2×13 mm<sup>3</sup>であった。また、GF試料（多結晶）はGF炉を用い、4mm/dayの成長速度で作製した。両試料共にX線回折により結晶構造の同定を実施した。また、密度は測定した質量を体積で除して求めた。

焼結試料に対しては電気抵抗率  $\rho$ 、熱伝導率  $\kappa$ 、熱電能  $S$ 、磁化率  $\chi$  の測定を液体ヘリウム温度から室温の範囲で実施した。GF試料は成長方向に対し垂直および水平に切り出した2試料を用意し、電気抵抗率  $\rho$  および磁化率  $\chi$  を測定した。温度範囲は焼結試料と同じであった。電気抵抗率  $\rho$  は直流4端子法にて測定した。熱伝導率  $\kappa$  および熱電能  $S$  は定常熱流法にて同時に測定した。磁化率  $\chi$  はQD社製SQUIDにより測定した。

### 3. 実験結果

X線回折の結果から両試料共に  $Zn_4Sb_3$  が主相であることが判明した。密度測定の結果は焼結試料が  $5.81 \text{ g/cm}^3$  (理論密度の 95.6%)、GF試料が  $5.77 \text{ g/cm}^3$  (同 95.0%) であった。両試料とも高い密度であり、バルクとしての物性を評価して差し支えないと判断した。電気抵抗率  $\rho$  の測定結果において  $T=235\text{K}$  付近に異常が観察された。これは  $\alpha$  相  $\rightarrow$   $\beta$  相の相転移に対応するものと考えられる。電気抵抗率測定は降温、昇温の両過程で実施したが、ヒステリシスは観察されなかった。GF試料の  $\rho$  の異常は焼結試料のそれと同じ温度で観察されたが、その形態は異なった。一方、GF試料の密度は焼結試料とほぼ同一にもかかわらず、電気抵抗率  $\rho$  は測定温度域において2倍程度大きな値を示した。この原因は現時点では不明である。また、GF試料において、切り出し方向の異なる試料間の電気抵抗率  $\rho$  の差異は観察されなかった。

熱伝導率  $\kappa$  に占めるキャリアの寄与を求めるため、測定した電気抵抗率  $\rho$  から Wiedemann-Franz 則により  $\kappa_e$  を求めた。その結果、測定温度域においてはキャリアの寄与は小さく、特に低温においては顕著であることが判明した。熱電能  $S$  は測定温度範囲において正の値を示した。また温度の上昇に伴い単調に増加し、極値は持たないことが判明した。室温における熱電能は約  $80 \mu\text{V/K}$  であった。また、磁化率  $\chi$  は焼結、GF両試料共に  $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ emu/mol}$  台の弱い反磁性を示し、温度に依存しないことが判った。

## 充填スクッテルド鉱型化合物の結晶場

弘前大理工、阪大産研<sup>A</sup> 竹ヶ原克彦、播磨尚朝<sup>A</sup>、柳瀬章<sup>A</sup>

希土類化合物の磁性、伝導、比熱等には、希土類原子のf電子に働く結晶場が重要な役割を担っている。結晶場とはf電子とその周りのイオンとの静電相互作用であり、静電ポテンシャルによって縮退したf電子状態は分裂する。従って、結晶中の希土類原子位置の局所点対称性（点群）が結晶場の表式に反映し、よって種々の物性に対称性が現われる。立方対称な点群  $O_h$ ,  $O$ ,  $T_d$ ,  $T_h$ ,  $T$  では、結晶場は総て同じ表式で表わされると、ここ20年ほど信じられていた[1,2]。最近我々は、 $T$  と  $T_h$  では新たに6次の項が付け加わることを見い出した[3]。

静電ポテンシャルは球面調和関数の一次結合で表わされ、f電子状態の軌道角運動量が保存する範囲では、偶数次の項しか残らない。偶数次の球面調和関数は空間反転に対して偶パリティであるから、反転対称性の有無は結晶場に影響しない。反転の対称性を持つものは  $O_h$  と  $T_h$  である。よって、 $O$  と  $T_d$  は  $O_h$  と同じ結晶場になり、 $T$  は  $T_h$  と同じになる。 $T$  と  $T_h$  では4回の回転対称性がなくなるため、結晶場の表式は  $O_h$  の場合に比較して新たに6次の項 ( $B_t^6 [O_h^2 - O_6^6]$ ) が付け加わる。

充填スクッテルド鉱型化合物  $RT_4X_{12}$  は、空間群 #204  $T_h^5$  (bcc) で原子座標は、Rは1a: (0, 0, 0), Tは8c: (1/4, 1/4, 1/4), Xは24g: (0, u, v) である。R位置（点群  $T_h$ ）での結晶場を点電荷模型により、R, T, Xそれぞれからの寄与に分解して求めた。RとTからは、 $O_h$  と同じものが得られ、Xからは  $T_h$  のものが得られた。 $Pr^{3+}(f^2, J = 4)$  の場合を、例として示す。 $B_t^6 = 0$  の場合の一重項  $\Gamma_1$  と二重項  $\Gamma_3$  は、波動関数および固有値が  $B_t^6$  の項の影響を受けない。2個の三重項  $\Gamma_4$  と  $\Gamma_5$  は  $B_t^6$  項により混ざるが、結局2個の三重項になり、 $B_t^6$  の絶対値が大きくなるにしたがって分裂幅が大きくなる。固有値は  $B_t^6$  の符号の正負で同じだが、波動関数の方は符号によって位相が逆転するものがある。

[1] C.A.Morrison and R.P.Leavitt; in Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, Vol.5 (1982) 461.

[2] U. Walter; J. Phys. Chem. Solids. 45, (1984) 401.

[3] 竹ヶ原、播磨、柳瀬; 日本物理学会第55回年次大会(2000.9) 22pPSA-44. 概要集 第3分冊、p.460.

## CeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub> (T=Fe,Ru,Os)のXANES

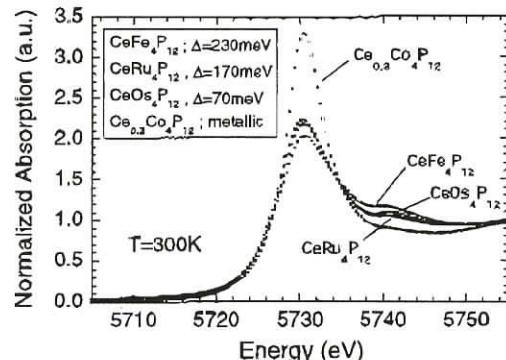
電総研 李 哲虎

スクッテルド鉱型化合物である  $MT_4P_{12}$  (M=rare-earth; T=Fe, Ru, Os) は M が Ce の場合半導体となるが、

それ以外のrare-earthの場合ほとんどが金属となる。そのため、M=Ceにおける半導体的振る舞いは4f電子の不安定性が原因なのではないかと言われている。そこで、我々はCeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>における4f電子の不安定性とギャップとの相関を調べるために、シンクロトロン放射光を用いてCe L<sub>3</sub>-edgeのXANESを測定した。

図1にT=300KにおけるCeL<sub>3</sub>-edgeのスペクトラムを示す。典型的なCe<sup>3+</sup>物質としてCe<sub>0.3</sub>Co<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のスペクトラムも同じ図中に示してある。activation energyから見積もられたギャップの大きさは図1に記されているように、T=Os,Ru,FeとTの原子番号が小さくなるにつれて大きくなる。図1のように、CeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のスペクトラムはいずれも、+3価に対応する主ピークと+4価に対応するサテライトピークから成る。+4価のピークは、Ceの4f電子が伝導電子と混成したため出現したものと思われる。両者の強度比から求められたCeの価数は一番大きなギャップをもつCeFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>で最も大きな値+3.18価をとる。価数はギャップが大きくなるにつれて、大きくなる傾向がある。これは混成が強くなるにつれてギャップが大きくなることを示唆する。

以上の結果は、CeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の半導体的な振る舞いは混成ギャップが開いたためであることを示唆している。



### PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の磁化及び輸送特性の圧力効果

都立大院理 松田達磨、菅原 仁、Shanta Ranjan Saha、阿部敬介、並木 孝洋、青木 勇二、佐藤英行  
PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は、Neel温度T<sub>N</sub>が6.5 K の反強磁性体であると考えられてきたが<sup>[1]</sup>、最近の中性子散乱の報告では、T<sub>N</sub>以下においても磁気Braggピークは観測されていない<sup>[2]</sup>。また、T<sub>N</sub>より十分高温で、抵抗、熱電能に近藤効果的振る舞いが観測され<sup>[3]</sup>、低温磁場中(B = 6T)の比熱も、C/T = 1.4 J/K<sup>2</sup>mol と異常に増強された値を持つ<sup>[4]</sup>。de Haas-van Alphen 効果測定からもサイクロトロン有効質量が80m<sub>0</sub>以上と、Pr化合物としては例のない重い電子系化合物であることが分かってきている<sup>[5]</sup>。

これらのT<sub>N</sub>以下あるいは常磁性状態の異常は、結晶の対称性と密接に関係したPrの4f電子の結晶場基底状態と、それに伴う軌道の自由度に起因する異常である可能性が考えられる。そこで我々の研究グループでは、結晶の対称性に変化が期待される一軸性圧力を用いて磁化を測定し、静水圧下の測定と比較研究をすすめている。特に一軸性圧力では、磁場に対し平行、垂直という異なる二つの圧力セルを開発した。帶磁率測定の結果、圧力を磁場と平行方向に印加した場合、わずか数kbarで、T<sub>N</sub>近傍の帶磁率の値は数倍もの増大が観測され、圧力に敏感であることがわかった。一方、垂直方向では、ほとんど大きな変化は観測されず、大きな磁気異方性が誘起される事がわかった。T<sub>N</sub>は、圧力とともに低温側へシフトし、秩序状態は圧によって抑制される。

- [1]M.S. Torikachvili et al., Phys. Rev. B 36 (1987) 8660.
- [2]L. Keller et al., in Proceedings of the ICFE'4 Conference Madrid, Spain, 2000 (to be published in J. Alloys and Compounds).
- [3]H. Sato et al., Phys. Rev. B 62 (2000) (in press).
- [4]T.D. Matsuda et al., Physica B 281&282 (2000)220.
- [5]H. Sugawara et al., in Proceedings of ICM2000 (to be published in J. Magn. Magn. Mater (2001)).

### La<sub>1-x</sub>Ce<sub>x</sub>Fe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の電子輸送特性

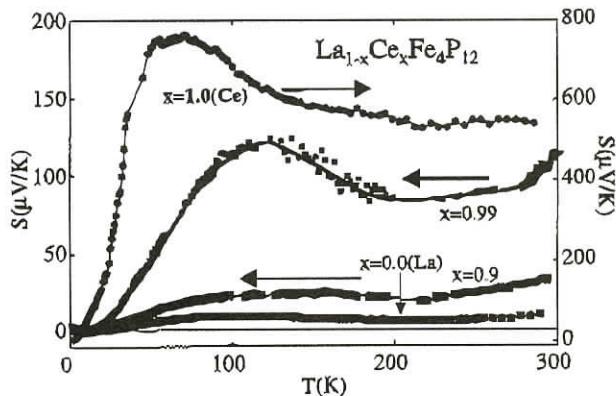
都立大院理 湯浅清司、岡田英之、阿部幸裕、阿部敬介、松田達磨、青木勇二、菅原 仁、佐藤英行  
充填スカッタルダイト構造をもつRET<sub>4</sub>X<sub>12</sub>は、RE,T,Xの組み合わせを変えることで変化に富んだ物性を示す。  
LaFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は4.6Kで超伝導転移を示す金属であり、一方、CeFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は4f電子が関与した半導体である。

$\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$ は半導体ではあるが、室温での抵抗は約 $10\text{m}\Omega\text{cm}$ とそれほど大きくない。また、室温付近で一定で約 $500\mu\text{V/K}$ という異常に高い熱電能を示す[1]。

この $\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$ の性質と、充填スカッテルダイト系が小さい熱伝導度を示すことに着目し[2],[3]、3価のLaを $\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$ にドープすることで半導体から金属に連続的に変化させ、熱電能が大きく抵抗率が小さい、熱電特性の良い物質の可能性を調べた。錫ブラックス法で単結晶試料を作成、格子定数の変化から試料評価を行った。La-Ceの格子定数の変化は、Vegard's則には完全に従っていないものの、仕込んだCeの濃度に比例して格子定数が小さくなっている。仕込んだCeとLaの比率どうりとは言えないまでも、配合した比率に応じてCeとLaが混ざりあった試料が得られた。

Ce濃度99%の室温での抵抗率は約 $1\text{m}\Omega\text{cm}$ で、温度依存性は金属的な振舞いを示している。Ce濃度99.9%の室温での値は約 $10\text{m}\Omega\text{cm}$ とほぼ $\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$ と同じオーダーの値である。温度降下とともに抵抗率は上昇し、低温で室温の値と比べて約3倍程度の値となり、 $\text{CeFe}_4\text{P}_{12}$ と比べて抵抗の温度依存性は大きい。図に熱電能の温度依存性を示す。Ce濃度の増加に伴い、熱電能の値は上昇し、Ce濃度99%で、約 $100\mu\text{V/K}$ の高い熱電能を示す。 $\text{CeFe}_4\text{Sb}_{12}$ や $\text{CeFe}_{4-x}\text{Co}_x\text{Sb}_{12}$ の小さい熱伝導度の結果を考慮すると、Ce濃度99%の試料は比較的良い熱電特性を持つことが期待されるが、熱伝導度の測定を行う必要がある。

- [1] H.Sato et al. PRB vol.62 No.21 2000 (in press)
- [2] D.T.Morelli et al. J.Appl.Phys. vol.77 No.8 1995 3777
- [3] B.C.Sales et al. Science vol.272 1996 1325



### セリウムモノブニクタイトの低温・高磁場下赤外反射分光

神戸大院自然<sup>1</sup>、科技団さきかけ<sup>2</sup>、金材技研<sup>3</sup> 木村真一<sup>1,2</sup>、奥野満<sup>1</sup>、岩田秀樹<sup>1</sup>、北澤英明<sup>3</sup>、木戸義勇<sup>3</sup>、鈴木孝<sup>3</sup>

セリウムモノブニクタイトは、中性子散乱によって複雑な磁気構造が観測されており[1]、その起源が問題になっている。我々は、磁場及び温度に依存した光反射スペクトル及び赤外磁気円偏光/直線偏光二色性の測定によって、複雑な磁気構造を作っている各磁気相での電子状態を調べ、複雑な磁気相転移の起源となっている電子状態を解明しようとしている。現在までに、CeSbとCeBiの測定をほぼ終了した。これらの物質は、温度と磁場による磁気相の変化によって、光のエネルギー $0.1\sim 1\text{eV}$ の光学スペクトルが大きく変化する。各磁気相での光学スペクトルは、これまでセリウムモノブニクタイトの標準的な理論とされていたpf混成モデルだけでは説明がつかず、最近の石山&酒井によるpd混成をも含めた理論[2]によってはじめて理解することができた。

以上の実験は、国立分子科学研究所のシンクロトロン放射光施設 (UVSOR) で行っているものであるが、測定可能なパラメータは、光のエネルギー範囲： $10\text{meV}\sim 2\text{eV}$ 、試料位置の光径： $1.5\text{mm}$ 、温度範囲： $5.5\sim 300\text{K}$ 、最大磁場： $6\text{T}$ であり、放射光の直線/円偏光特性を使って磁気直線偏光/円偏光二色性を測定している。現在われわれは、SPring-8に、最大磁場 $14\text{T}$ 、最低温度 $2\text{K}$ で、 $10\mu\text{m}$ 程度の試料の赤外磁気光学実験が可能な装置を立ち上げているところである。この装置が完成すれば、既存の装置では不可能だった極微小試料の磁気光学測定が可能になる。また、高圧セルを導入して、低温・高磁場・高圧の多重環境下の光学スペクトル測定も行うことを計画している。

- [1] J. Rossat-Mignod et al., J. Magn. Magn.Mater. 52 (1985) 111.
- [2] 石山文彦、東北大学博士論文 (2000) 準備中。

## Effect of pressure on transport properties of mixed-valence compound YbAl<sub>3</sub> YbAl<sub>3</sub>の輸送現象への圧力効果

S. Ohara, G. F. Chen and I. Sakamoto<sup>○</sup>

Department of Electrical and Computer Engineering,  
Nagoya Institute of Technology, Nagoya 466-8555, Japan

The pressure effects on the electrical resistivity and the Hall effect have been measured for YbAl<sub>3</sub> and LuAl<sub>3</sub>. LuAl<sub>3</sub> is a normal metal and has negative pressure coefficient of resistivity -5E-3/kbar at room temperature, which is explained by a phonon stiffening effect. In the mixed-valence compound YbAl<sub>3</sub>, the magnetic contribution to the resistivity is increased by pressure. The Grüneisen parameter of the Kondo temperature  $\Omega_K = -\partial \ln T_K / \partial \ln V$  is estimated -7 for YbAl<sub>3</sub> from the coefficient of the quadratic temperature dependence of the resistivity at low temperatures. The decrease of T<sub>K</sub> with pressure indicates that the density of conduction electron states at the Fermi energy and/or the exchange of 4f and conduction electrons are suppressed by pressure in YbAl<sub>3</sub>.

### 「<sub>3</sub>電子状態と超音波

新潟大学大学院自然科学研究科 後藤輝孝

スクッテルダイトPrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は大きな熱電能、重い電子状態など強相関電子系特有の異常を示し注目を集めている。Pr<sup>3+</sup>イオンの基底状態がΓ<sub>3</sub>（二重項）である場合には、四重極子O<sub>2</sub><sup>0</sup>とO<sub>2</sub><sup>2</sup>が存在するので、低温で四重極子秩序が起きると考えられる。四重極子は格子と結合するので、強四重極子転移では格子の変化が期待される。また、帯磁率はΓ<sub>3</sub>（二重項）に対してはサイレントであるので、超音波での四重極感受率の測定は重要である。

Γ<sub>3</sub>（二重項）の四重極子O<sub>2</sub><sup>0</sup>、O<sub>2</sub><sup>2</sup>が伝導電子によってスクリーンされることによる混成効果が顕著になり、重い電子状態が現れているとも考えられる。つまり、Coxが提唱した四重極近藤効果とするシナリオである。四重極感受率をみる超音波実験は、岩手大学の中西、吉澤により研究が進んでいる。

Γ<sub>3</sub>（二重項）が基底であるときの四重極子感受率は求められる。横波(C<sub>11</sub>-C<sub>12</sub>)/2モードにはCurie項によるソフト化が見られるが、横波C<sub>44</sub>モードは低温でVan Vleck項が顕著になり温度に依存しないと期待できる。仮に、近藤温度よりも低温側に到達できるならば、one-ionに対する感受率は繰り込みによって大きく変化し意味がなくなる。

現在知られているΓ<sub>3</sub>（二重項）電子系

|  |                  |                                  |                       |
|--|------------------|----------------------------------|-----------------------|
| PrPb <sub>3</sub>                                  | Pr <sup>3+</sup> | Γ <sub>3</sub>                   | T <sub>Q</sub> =0.4K  |
| Pr <sub>3</sub> Pd <sub>20</sub> Ge <sub>6</sub>   | Pr <sup>3+</sup> | Γ <sub>3</sub> (Γ <sub>5</sub> ) | T <sub>Q</sub> =0.25K |
| La <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> MnO <sub>3</sub> | Mn <sup>3+</sup> | Γ <sub>3</sub>                   |                       |
| Pr <sub>1-x</sub> Ca <sub>x</sub> MnO <sub>3</sub> | Mn <sup>3+</sup> | Γ <sub>3</sub>                   |                       |

### 強相関電子系の熱電能の理論

埼玉大 佐宗哲郎

熱電能は、通常はボルツマン方程式に基づくよく知られた公式[1]により計算される。よりミクロな定式化でも、バーテックス補正を無視する範囲では、伝導電子のGreen関数を用いて類似の形にかける[2]。希薄磁性合金の場合には、NCA[3]やBethe仮説法とFermi液体論[4]により詳しく調べられている。

周期系に関しては、f電子系では自己エネルギーの波数依存性が一般に小さいので、いわゆる空間次元無限大の理論が有効である。この理論（ただし、電子相関に関しては自己無撞着2次摂動論の範囲）に基づいた計算は[5]で行われている。空間次元無限大ではバーテックス補正が無視できるので、本質的には、ボルツマン方程式によるものと同じ結果を与える。

[1,2,6]で紹介されているように、重い電子系の熱電能は、Ce化合物ではおむね正で、近藤温度付近でピー

クを持つ。さらに、いくつかの化合物では、低温で符号を変える。Yb化合物でも全体の振る舞いはよく似ているが、Ceと符号が反対である。これらの特徴は、伝導電子がf電子によって散乱されることによる緩和時間のエネルギー依存性と、近藤効果に伴う温度依存性、さらに、周期系であることによる低温での散乱の現象と、電子・正孔の非対称性で決まる。[2]の計算は、相関の弱い場合の計算であるが、低温での符号の変化は再現されていない。この点は、緩和時間のエネルギー依存性を適当に仮定すれば再現することができる。今後、スピンの揺らぎを取り入れて、バーテックス補正を入れた計算をする必要があろう。

残る問題は、(1)酸化物などで多体効果による自己エネルギーの波数依存性が無視できない場合の計算、(2)f電子系で相関が強い場合の計算、(3)スピン揺らぎとバーテックス補正の効果、(4)個々の物質のバンド計算に基づく状態密度等を用いた具体的な計算、などである。

- [1] 桜井醇児: 日本物理学会誌44(1989)11月号, 824.
- [2] G. D. Mahan: Solid State Physics 51 (1998) 81.
- [3] N.E. Bickers, D. Cox, J.W. Wilkins: Phys. Rev. B36 (1987) 2036. (NCA for impurity)
- [4] N. Kawakami, T. Usuki and A. Okiji: J. Phys. Soc. Jpn. 56 (1987) 1539. (Bethe Ansatz for impurity)
- [5] H. Schweitzer and G. Czycholl: Phys. Rev. Lett. 67 (1991) 3724. (Periodic Anderson model)
- [6] D. Jaccard and J. Sierro: "Valence Instabilities" (1982) 409.

### 高温、強磁場、高圧下の熱電能

琉球大学理学部 矢ヶ崎克馬

共同研究者：仲間隆男、辻土正人（琉球大学理学部）、Roland Resel(Austria)、  
Alexander Burkov(Russia)、上床美也（埼玉大学）

電気抵抗、熱電能、ホール効果等の輸送現象は電子状態の解明に有効な測定手段である。我々は種々の条件下で測定する熱電能が、物性の解明に欠かせないものと認識し、強磁場中および高温で作動する装置を開発してきた。現在高圧中の測定に着手している。

#### (1) 磁場中熱電能装置

磁場は磁気モーメントにゼーマンエネルギーを与え、磁気モーメントの配列やフェルミ準位近傍の状態密度等を変化させるので、磁場中の輸送特性の測定は関連する相互作用を検知するのに重要な手段となる。しかしながら、今まで熱電能の磁場中測定はあまりなされてこなかった。熱電対の磁場中の特性評価が困難であることが大きい理由である。我々はこれらの困難を次のようにして回避した。①磁場による特性変化が最も単純な温度依存を取るクロメル：コンスタンタン熱電対を選び、クロメルを参照物質として、磁場中のキャリブレーションを行った。これで3Kから300Kまでの温度範囲をカバーすることができたが、3K以下1.5Kまでは金鉄：クロメル熱電対を用いた。②磁場中のキャリブレーション曲線を单一の関数で表示することに成功し、17テスラまで、300K以下の任意の温度・磁場での測定を可能とした。③測定方法としてシーソーヒーティングと名付けた加熱方法を用いて、従来では削除できない熱電対線の化学的・組成的原因による誤差起電力をも消去できるようになり、測定の精度を向上させた。

#### (2) 高温装置

高温領域では輸送現象のデータはあまり多くない。測定手段が開発されてこなかつたことによるものと思える。今までパルク材料の熱電能測定高温装置は存在したが、我々のグループで作成した装置はパルク材料はもとより、薄膜や線材も測定できるものである。装置の特徴としては、①試料に対する端子コントクトシステム、②試料に与える熱流設計、等があげられる。

#### (3) 圧力下・強磁場中の熱電能装置

高圧下・強磁場中の熱電能測定もデータを見ない。現在、測定方式の検討、圧力セル内外の回路設計や、コンピューターへのデータ記入およびプログラムの作成を終えている。圧力方式はクランプ式で2GPaまでの高圧を加え、使用する熱電対は直径0.05mmのクロメル・コンスタンタンである。

## 4f電子系化合物の圧力下での異常物性と測定法

埼玉大、<sup>a</sup>金材技研、<sup>b</sup>東大物性研、<sup>c</sup>九大院  
上床美也、小坂昌史、<sup>a</sup>松本武彦、<sup>b</sup>毛利信男、<sup>c</sup>巨海玄道

希土類金属を含む化合物は、伝導的には超伝導から絶縁体まで、磁性的には強磁性、反強磁性さらに常磁性と様々な物性を示す。近年、圧力を加える事により連続的に物性を変化させる事が報告され、量子臨界点で起こる物性として注目されている。このような現象はCeおよびYb化合物において多く報告され、圧力は数GPaから10GPa程度で観測されている[1]。これまで、電気抵抗、磁気抵抗、ホール効果、熱膨張、交流帯磁率等が測定可能なピストンシリンダー型圧力容器および磁化測定が可能な圧力装置の開発を行い、常圧と同程度の高精度での測定が可能となっている。ピストンシリンダー型圧力容器の発生圧力は材料の問題から2GPa程度が限界であった。しかし、最近、非磁性NiCrAl合金を用いる事により、4GPa程度まで発生圧力を上げられる可能性がある事が明らかになり、この材料を用いた圧力装置の開発を行っている。

[1] 例えば、J.D. Thompson and J.M. Lawrence, Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths 19 (1994) 383. F.M. Grosche et al. Physica B, 223-224 (1996) 50-52.

### Ce化合物の熱電能の挙動

富山大理 桜井醇児

Ce化合物の異常な磁性は広く注目されてきた。熱電能についても、Ce化合物ではその値、符号、温度変化などに顕著な異常が見られ、また化合物の種類によって多様である。熱電能は伝導電子のフェルミ・エネルギーにおける情報を敏感に反映している量である。La化合物の熱電能にはまったく異常がないので、Ce化合物ではCe原子の4f電子の存在のために伝導電子に異常が生じていることが明らかである。熱電能の異常はその物質の伝導電子状態を理解する上で有力な手掛りとなる。

Ce化合物では、Ceの4f電子が伝導電子を介して近接したCeの4f電子と相互作用するいわゆるRKKY相互作用（その特性温度はT\_N）と、もう一つ、Ceの4f電子が伝導電子の海の中でそのスピンを消滅するいわゆる近藤相互作用（その特性温度はT\_K）が存在している。この二つの相互作用の拮抗はいわゆるDoniach図によって理解されている。測定された熱電能のさまざまの異常な挙動を整理すると、このDoniach図と良く対応して変化することが明らかになった。また、重い電子を示すCe化合物において低温領域の電子比熱と熱電能の温度比例の定数の間に見られるスケーリング、半強磁性近藤化合物を示すCe化合物の熱電能の符号が何度も温度変化すること、その圧効果や希釈による熱電能の挙動変化が明らかとなった。

reference; J. Sakurai, "Encyclopedia of materials: Science and Technology" (Pergamon Press), edited by K H J Buschow et al, to appear in 20012

### 大きな熱電能を持つセリウム及びウラン化合物

吳高専 板東能生

セリウム及びウランを含む化合物は、それぞれ4f電子と5f電子に起因する興味深い物性を示す。電気伝導特性が金属的でありながら、数10~100 μV/Kという大きな熱電能を示すものも存在する。

半金属CePdSb及び価数揺動を示すCeRhSn, CeIrSn並びにいくつかのウラン化合物について熱電能の振る舞いを報告する。これらの化合物の熱電能は、広い温度範囲で大きな値を示す。熱電能の振る舞いはバンド構成や電子混成の強さによって支配されている。

CePdSbの熱電能は温度の増大に伴って単調に増加し500Kでの絶対値は65~75 μV/Kに達する。CePdSbの直線的なS(T)曲線は、モット式から導かれる金属の熱電能と比較して1桁大きい。半金属の熱電能は室温で大きな値を持つ<sup>1)</sup>ことから、CePdSbの熱電能はその半金属性によるものと考えられる。

CeRhSnとCeIrSnの熱電能は150Kで60 μV/K、300Kで40 μV/Kの幅の広い極大をそれぞれ持つ。Gottwick等<sup>2)</sup>はCe系価数揺動化合物について現象論的な解析を行った。価数揺動化合物では熱電能の起源が強い電子混成によって形成されたローレンツ型の準粒子バンドによる伝導電子の散乱にあると仮定すると、

$S(T) = AT/(B^2 + T^2)$  の温度依存を示す。実際、CeRhSnとCeIrSnの熱電能は  $S(T) = AT/(B^2 + T^2)$  でよく再現されることから CeRhSn と CeIrSn は典型的な価数揺動化合物と考えられる。

UNi<sub>4</sub>B、UPt<sub>2</sub>In、UCu<sub>3+x</sub>Ga<sub>2-x</sub> の熱電能は何れも低温で反強磁性転移に伴う上向きの折れ曲がりを示し、120-150K迄増大したあと室温までほぼ一定の値を示す。また、室温での絶対値は 16~23 μV/K という大きな値をもつ。

一般にウランの5f電子はセリウムの4f電子に較べて遍歴性が強い。そのためウラン化合物の電子状態は4f電子が遍歴的に振る舞う価数揺動状態に近いと考えられる。しかし、前出のCe化合物と同様の解析を試みた結果、特に低温において実験結果との良い一致は得られなかった。そこで新たに低エネルギーのバンド成分の存在を仮定し、解析を試みたところ、実験結果をよく説明することができた。この結果から、ウラン化合物の5fバンドには、異なる2つのエネルギー成分の存在が示唆される。

#### 参考文献

- 1) K. Durezewski and M. Ausloos : Z. Physik B 85 (1991) 59., Z. Physik B 92 (1993) 409.
- 2) U. Gottwick, K. Gloos, S. Horn, F. Steglich and N. Grewe : J. Magn. Magn. Mater. 47&48 (1985) 536.

### 近藤半導体の熱電物性

広島大学大学院先端物質科学研究所 高畠敏郎

近藤半導体は4f電子の強い電子相関によって低温で微小なエネルギーギャップを形成する希土類化合物である。フェルミ準位における状態密度の鋭いギャップ構造は大きな熱電能(100 microV/K)をもたらすが、残留キャリアが存在するために電気抵抗はあまり大きくはならない。従って、低温で大きな熱電性能指数を示すので、熱電冷却材料の候補になりうる。CeNiSn, CeRhSb, CeRhAs 及びYbB<sub>12</sub>の熱電物性を比較する事によって、熱電性能指数をさらに向上させるための方策を議論した。

### CaB<sub>6</sub>の基礎物性と熱電材料の可能性

名古屋大学大学院理学研究科 佐藤憲昭

既によく知られているように、CaB<sub>6</sub>において2価のCaを3価のLaで置換すると、ある濃度範囲で数百ケルビンに達する高い強磁性キュリー温度を示すようになる。この化合物中には磁性元素は全く含まれていないにも関わらず鉄並のキュリ一点を持つというのは極めて異常であり、磁性研究者の興味を引きつけている。この報告が Young 等によって為されてから日本でも幾つかのグループが研究を開始している。そこでの問題点は、実験グループによる結果の不一致が極めて大きいことである。我々は物理学会(新潟大学)で報告したように、試料育成中に生じるCaの欠損が、大きな試料依存性の主たる原因であり、強磁性発現と関連していると考えている。

また、電総研の大田グループとの共同研究により、CaB<sub>6</sub>は大きなゼーベック係数を有していることが明らかになった。これは、熱電材料としても有用であることを示唆している。

### YbAl<sub>3</sub>の光電子スペクトルの温度変化

阪大基礎工 今田 真

光電子分光では、固体表面から放出される光電子を測定しているので、固体表面から測って電子の平均自由行程(Lとおく)の深さまでの情報が得られる。バルクの電子状態を調べるにはLの大きな条件で実験を行うことが不可欠である。このためには、約1keV以上の励起光を用いて測定を行えば良いが、この光エネルギー領域における従来の分解能は0.7eV程度と非常に悪かった。我々はバルク電子状態を高エネルギー分解能で明らかにすることを目的に、SPRING-8において高分解能軟X線ビームラインならびに高分解能光電子分光装置を建設した。これによって約1keVの励起光を用いて分解能100 meVを切る光電子分光測定が可能になり、真のバルク電子状態をこれまでにない精度で解明できるようになった。

YbAl<sub>3</sub>は近藤物質( $T_K \sim 400$  K)としてだけでなく、大きな熱電能を示す熱電材料としても注目されている。

この系のYb 4fスペクトルの温度変化の有無がこれまで論議を呼んでいたが、我々はバルク敏感な高分解能光電子分光を測定することではっきりした温度変化を捉えた。さらに不純物アンダーソン模型に基づくNCA計算によってこの温度変化を定性的に再現することができた。

一方最近のYb metalの光電子分光測定より、従来は比較的バルク敏感と考えられていた20eV程度の紫外線励起光電子分光も、強相関電子系においては非常に表面敏感であることがわかった。従って、光電子分光を用いてバルク電子状態を解明するには、特に強相関電子系においては1keV程度の励起光を用いた高分解能光電子測定がほとんど唯一の方法であるといえる。

### CeRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>の非フェルミ流体的振る舞い

東大物性研 武田直也

多くの価数揺動物質、あるいは近藤物質は低温でフェルミ流体となるが、圧力や組成比等のパラメータを変えることにより起こる磁性-非磁性転移近傍では、非フェルミ流体的な振る舞いを示すことが知られている。近年、この領域で超伝導を示す物質が続々見つかっており関心を集めている。

CeRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>は、近藤温度が約100Kの価数揺動物質と考えられるが、低温では通常の価数揺動物質と異なり、比熱、電気抵抗は非フェルミ流体的な振る舞いを示す。化合物として、常圧で非フェルミ流体的振る舞いを示す数少ない物質の1つである。局在的な近藤物質に関する磁性-非磁性転移は、これまでに多くの報告があるが、この物質は低温ではfバンドを形成すると考えられ、d電子磁性体のように遍歴電子磁性体としてとらえた方が良いと思われる。

この物質に対する、La置換効果、磁場効果を調べた結果、非フェルミ流体的振る舞いは、CeをLaで置換したり、磁場をかけることによって急激に消失することが判明した。

### RERu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>の電子輸送特性

都立大院理 阿部敬介、松田達磨、綿貫文人、菅原仁、青木勇二、佐藤英行

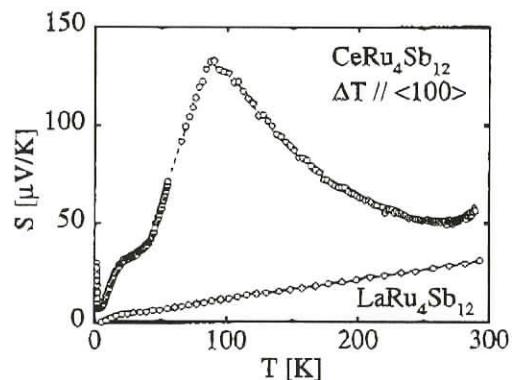
RERu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub> (RE: 希土類) は、超伝導(RE=La,Pr)、非フェルミ液体的な振る舞い(Ce)、磁気秩序(Nd,Eu)を示すことが報告されており[1]、希土類金属によって様々な物性を示す。我々はSbフラックス法によりRE=La,Ce,Pr,Ndの純良単結晶を育成し、主に電子輸送特性について系統的に研究を進めている。

PrRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>は非磁性でTc~1Kの超伝導体である。輸送特性的結果から、この物質では結晶場が電子の散乱に寄与しており、4f電子が局在していると思われる。dHvA効果によって調べたフェルミ面は、非磁性のLaRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>とほぼ同様の形をしている。このことは4f電子局在という輸送特性の結果と矛盾しない。

NdRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>の抵抗率は、約1.3K付近で磁気秩序によるものと思われる急激な減少を示す。磁場中では転移は緩やかになり、高温側へシフトしているように見える。帯磁率、ホール効果、熱電能ではPrRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>と同様に4f電子が局在した振る舞いが見られる。

CeRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>は他の3つの物質と比較すると、非常に特異な物性を示すことが分かってきている。輸送係数は約100K以上で近藤効果を示唆する振る舞いをする。図1に熱電能の温度依存性を示す。約100Kで100μV/K以上という非常に大きなピークを持つ。一方、低温では抵抗率が温度の1.6乗に比例することが報告されているが[1]、それに対応する温度領域で熱電能、ホール係数は急上昇することが分かった。

[1] N.Takeda and M.Ishikawa :J.Phys.Soc.Japan 69, No.3, March, 2000, pp.868-873



## 充填スクッテルダイト型化合物 $\text{RRu}_4\text{P}_{12}$ (R:希土類) の磁場中比熱

北大院理 松平和之

充填スクッテルダイト型化合物 $\text{RRu}_4\text{P}_{12}$  (R:希土類) は希土類により多彩な物性 (La:超伝導、Ce:半導体、Pr, Sm:金属一絶縁体転移、Nd, Eu:強磁性、Sm, Gd, Tb:反強磁性) を示すことから注目されている。特に $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ [1]や $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ [2]の金属一絶縁体(MI)転移の起源は未だ明らかではなく興味が持たれている。 $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ のMI転移では磁化率や格子定数には大きな変化はみられず、一方、 $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ のMI転移では磁化率に反強磁性転移と考えられる大きな異常が見られ、それぞれ異なる起源を持つと考えられている。今回は $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ と $\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ のMI転移点近傍での比熱の振る舞いについて報告する。比熱測定はQuantum Design社製PPMSにて行った。

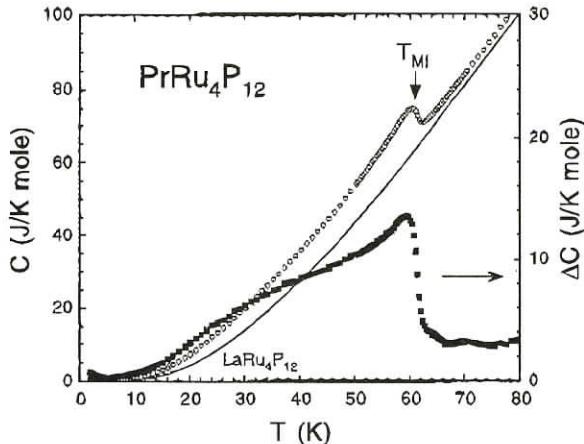
図に $\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ の80K以下の比熱の測定結果を示す。図には格子比熱の参照物質として $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ の結果も示している。60K付近にMI転移に伴う異常がみられ、その振る舞いから二次相転移であることがあらためて確認された。MI転移に伴う異常を

見やすくするために $\text{LaRu}_4\text{P}_{12}$ の比熱を差し引いた比熱 $\Delta C$ を示す。MI転移で比熱は~10J/Kmolとやや大きな飛びを示す。MI転移点以下の $\Delta C$ の温度依存性をみると30K付近にプロードなピークがあることがわかる。このピークは少なくとも単純なデバイ温度の違いor変化による格子比熱に起因するものではないと考えている。

$\text{SmRu}_4\text{P}_{12}$ の比熱は17KにMI転移に伴う大きな異常(2次相転移)を示した。比熱測定の結果から磁気エンタロピーは転移点で $R\ln 4$ 程度になり、結晶場基底状態は $\Gamma_8$ 四重項であると思われる。

[1] C. Sekine et al. Phys. Rev. Lett. 79 (1997) 3218.

[2] C. Sekine et al. in Proceedings of AIRAPT-17 (Honolulu, Hawaii).



## $\text{RERu}_4\text{P}_{12}$ (RE = Ce, Pr, Sm)の核磁気共鳴

島根大総合理工学部 藤原賢二

スクッテルダイト型希土類化合物 $\text{RERu}_4\text{P}_{12}$ は、希土類元素 (RE) の置換により多様な物性を示すことから注目されている。我々のグループでは、PrおよびSm系で観測される金属一半導体転移機構やCe系の半導体ギャップ形成機構に注目して $^{31}\text{P}$ 核の核磁気共鳴実験を行ってきた。

$\text{PrRu}_4\text{P}_{12}$ (TM-I=61.5K)では、 $^{31}\text{P}$ 核のNMRスペクトルは、M-I転移温度以下で軸対称な形に、約20K以下でさらに低対称な形へと変化する。[1] 電気抵抗測定においても、20K近傍で変化率が増大しており、スペクトルの変化と電気伝導の関連は非常に興味深い。また、転移温度以下のスペクトルの非対称は、ナイトシフト (K) が異方的であることを示唆しているが、帯磁率には異方性はないことから、Kの異方性は超微細相互作用係数 ( $A_{hf}$ ) の異方性に起因している。 $A_{hf}$ の異方性は、結晶構造の変化によるものと考えており、その定量的解析を行う必要がある。核磁気緩和時間T1は、転移点近傍を除いて温度に依存しないことから、Pr系では、4f電子スピンは転移に影響されることなく局在的な性格を保っていることがわかる。

一方、室温領域で半導体である $\text{CeRu}_4\text{P}_{12}$ では、低温ではT1が非常に長く、100K以上で熱活性型 ( $\Delta/k_B = 900\text{K}$ ) の温度依存性を示す。[2] ナイトシフトは、4.2~300Kでほとんど温度変化を示さない。一見すると、NMRからは、単にギャップの小さな普通の半導体のようにしか見えない。100K以下でCeの4fスピン揺らぎの影響はほとんど見られず、CeとPr系の半導体状態では、f電子スピンの性質が全く異なることがわかる。

[1] 日本物理学会 第53会年会 (1p-PSA-28) , 1998年秋の分科会 (27a-YL-3)

[2] Physica B 281&282 (2000) 296.

## XAFS及び電子線回折による充填スクッテルダイトの研究

電子技術総合研究所 李 哲虎

CeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>(T=Fe, Ru, Os)の半導体的振る舞い、及びPrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の金属一非金属転移(M-I転移)の起源を明らかにするため、我々は、XAFS及び電子線回折実験を行った。

我々はCeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>においてCe L<sub>3</sub>-edge XANESの測定を行った。その結果、Ceの価数は+3.1～+3.2と見積もられた。Ceの価数はギャップが大きい程、大きくなる傾向があった。温度変化を測定した所、室温以上ではCeの価数が温度の上昇とともに減少するのを観測した。これらの結果は4f電子が伝導電子と強く混成しており、混成ギャップが開いている事を示唆している。さらにCeの価数が温度変化することから、CeT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は近藤絶縁体であることが示唆される。

PrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のM-I転移は磁気相転移を伴わず、放射光による粉末X線回折実験では構造相転移も見つかっていない。我々はPrの価数がM-I転移の前後で変化するのではと考え、Pr L<sub>2</sub>-edge XANESの実験を行った。その結果、Prの価数は温度変化しない事が明らかとなった。次に、構造相転移の有無を構造の変化に、より敏感な電子線回折を用いて調べた。その結果、T<70Kで(h,k,l) (h+k+l=2n+1; nは整数)の位置に微弱な超格子反射が観測され、M-I転移に伴い構造相転移が起こるを見つけた。低温における空間群は恐らくPm3であろうと思われる。スクッテルダイトにおいて、Im3以外の構造が観測されたのはこれが初めての事である。

## 充填スクッテルダイト化合物におけるドハース・ファンアルフェン効果

都立大院理、阪大院理<sup>A</sup>、原研先端研<sup>B</sup>、阪大産研<sup>C</sup>

菅原 仁、松田達磨、阿部敬介、青木勇二、佐藤英行、野尻さやか<sup>A</sup>、

稲田佳彦<sup>A</sup>、摂待力生<sup>A</sup>、大貫惇睦<sup>A,B</sup>、播磨尚朝<sup>C</sup>

次世代熱電材料として注目されている充填スクッテルダイト化合物RT<sub>4</sub>X<sub>12</sub>(R=希土類、アクチナイト、T=遷移金属、X=P, As, Sb)は、構成元素の違いにより超伝導、半導体、磁性体と実に変化に富んだ物性を示し、特に通常は磁気秩序を示すと考えられるPr化合物で金属-絶縁体相転移や重い電子状態を示すものが発見され注目されている[1-3]。これらの異常物性の発現機構を解明するために、その電子状態を明らかにすることは必要不可欠であり、また、応用を考える上でも重要である。ドハース・ファンアルフェン(dHvA)効果測定はフェルミ面や有効質量を直接決定できる有力な手法である。我々は、錫フラックス法を用いRT<sub>4</sub>X<sub>12</sub>の純良単結晶育成に成功し、dHvA効果の測定からRRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>(R=La, Pr)、RFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>(R=La, Pr, Nd)のフェルミ面を初めて明らかにした。PrRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>のフェルミ面は4f電子のないLaRu<sub>4</sub>Sb<sub>12</sub>と基本的に同じであり、有効質量も0.8～3.6m<sub>0</sub>とそれほど重くない。このことはPrの4f電子はよく局在していることを意味しており、他の輸送効率や磁性と矛盾していない[4]。ところが、RFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のフェルミ面はLaFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>とは異なり、有効質量も80m<sub>0</sub>以上に増強されていることが明らかとなった[5]。この重い電子状態は輸送効率や比熱に見られる近藤効果的な異常と関連しているものと考えられる。

- [1] C. Sekine et al.: Phys. Rev. Lett. 27 (1997) 3218.
- [2] H. Sato et al.: to appear in Phys. Rev. B 62 (2000), cond-mat/0010017.
- [3] T. D. Matsuda et al.: Physica B 281&282 (2000) 220.
- [4] 阿部敬介他: 2000年日本物理学会第55回国年次大会講演概要集25aSF7, 25aSF8.
- [5] H. Sugawara et al.: to appear in J. Magn. Magn. Mater. (2001), cond-mat/0010003.

## なぜPr化合物でも重い電子系になるのか

大阪大学大学院理学研究科 大貫惇睦

PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のドハース・ファンアルフェン効果で見出された80m<sub>0</sub>のキャリアは、この物質が磁場中で重い電子系を形成することを意味している。磁場中の電子比熱係数は1400mJ/K<sup>2</sup>·molである。ちなみに、よく知られた重い電子系はCeCu<sub>6</sub>(1600mJ/K<sup>2</sup>·mol)、CeRu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>(350mJ/K<sup>2</sup>·mol、120m<sub>0</sub>のキャリア検出)、

$\text{UPt}_3$ ( $420 \text{mJ/K}^2 \cdot \text{mol}$ 、 $100 \text{m}_0$ のキャリア検出)である。

本講演では、これまでのPr化合物を分類し、上記の物質がいかに特異であるかを示す。

#### (1) 一重項基底状態(Van Vleck常磁性体)

$4f^2$ の立方晶の結晶場において、 $\Gamma_1$ (1重項)が基底状態になる例として $\text{PrIn}_3$ がある。磁化率の温度変化は、 $\text{Pr}^{3+}$ のキュリー・ワイス則を示して降温とともに増大し、低温では一定の磁化率(Van Vleck磁化率)となる。このときのフェルミ面は $\text{LaIn}_3$ のフェルミ面と全く同じで、サイクロトロン質量は約2倍重い。

#### (2) 4極子秩序

クラマースの2重項でない $\Gamma_3$ (2重項)が基底状態の例として、 $\text{PrPb}_3$ がある。つまり、 $\Gamma_3$ (2重項)、 $\Gamma_4$ (3重項)、 $\Gamma_5$ (3重項)、 $\Gamma_1$ (1重項)である。通常は励起状態の存在によりRKKY相互作用に基づき10K付近で反強磁性になる。 $\text{PrPb}_3$ はその磁気秩序が起きなかつた例である。ただし、 $\Gamma_3$ (2重項)は4極子秩序を起こさせることが可能であり、 $\text{PrPb}_3$ では反強4極子秩序が0.4 K以下で発現する。私達の研究から明らかになったことは、フェルミ面の形状は $\text{LaPb}_3$ と同じだが、サイクロトロン質量が1 K以下から降温とともに重くなることである。例えば、 $\text{LaPb}_3$ の主要フェルミ面の1つで $1.5 \text{m}_0$ を持つキャリアがあるが、磁気秩序を起こす $\text{NdPb}_3$ では $2.7 \text{m}_0$ であり、 $\text{PrPb}_3$ では $6.7 \text{m}_0$ となり、4倍以上重くなる。ちなみに、 $\text{PrCu}_2$ の強4極子秩序を起こす物質では、このような質量の増大はない。

#### (3) 近藤効果

近藤効果がCe化合物で発現していることは今日では明らかなことであるが、Pr化合物では数少ない。 $\text{PrSn}_3$ は $\Gamma_1$ の1重項基底状態であるが、 $\text{PrIn}_3$ と異なって8Kで反強磁性になる。しかし、通常の反強磁性体ではなく、 $\text{CeAl}_2$ などの、いわゆる高濃度近藤効果が起きている。その実験結果の特徴は、電気抵抗の $-\ln T$ 依存性、負の磁気抵抗、 $\text{LaSn}_3$ に比べて $\text{PrSn}_3$ はサイクロトロン質量は約8倍重いなどである。この場合もフェルミ面は $\text{LaSn}_3$ と同じである。

以上の、これまでの既知の実験結果から $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ を見ると、

(1) フェルミ面の形状は $\text{LaFe}_4\text{P}_{12}$ に似ているが、違っているように見える。一つの可能性としてかなり大きなスピントリ分割もしていて、どちらかを見ていることも考えられる。スピントリ分割の例として 反強磁性体の $\text{PrB}_6$ がある。

(2) 6.5Kの相転移は、例えば4極子秩序と見れば磁気秩序を起こしていないとする中性子散乱の実験は理解できる。この相転移は $\text{URu}_2\text{Si}_2$ によく似ている。

(3)  $-\ln T$ 、負の磁気抵抗、重い電子系などから近藤効果が起きていることは確かである。

(4) 注目したいのは、磁場を印加して重い電子系が発現することである。

(5) しかも、磁化曲線のメタ磁性転移は、磁気的交換相互作用を考慮しないと説明がつかない。

以上のように、従来のPr化合物の物性の枠を越えた物理が出現している。

### 重い電子系 $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ の異常な低温秩序相の熱物性

東京都立大 青木勇二、並木孝洋、松田達磨、阿部敬介、菅原仁、佐藤英行

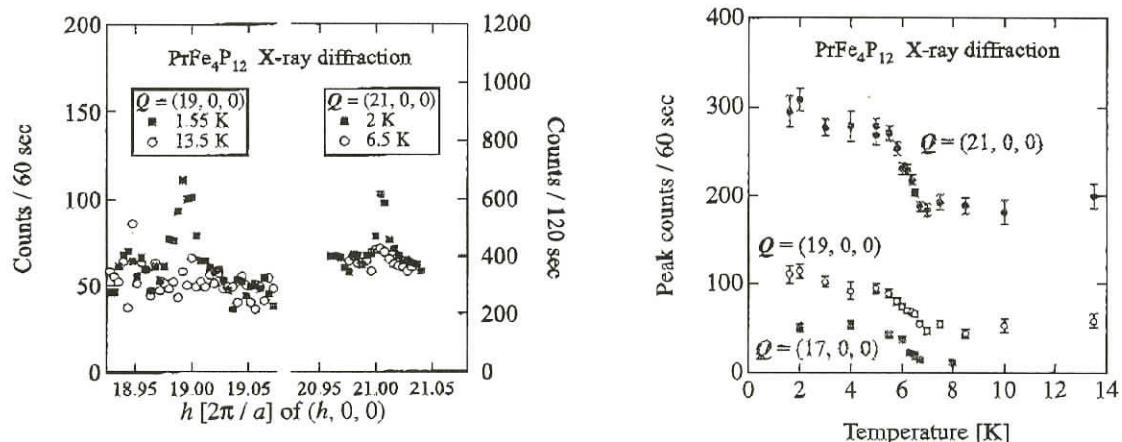
充填スクッテルダイト化合物の一つである $\text{PrFe}_4\text{P}_{12}$ において、最近のdHvA効果、比熱(電子比熱係数が $\sim 1 \text{J/K}^2 \text{mol}$ )、および電子輸送測定から、重い電子状態(HFS)が低温で形成されていることが明らかになった。 $4f^2$ を基にした重い電子状態というのは非常に希である。磁場中での比熱の温度依存は、重い電子系で比熱の解釈によく利用される共鳴準位モデルを用いるならば、約9K程度のバンド巾を持つ重い準粒子バンドが形成されていることを示唆している。一方、低温低磁場領域( $T < 6.5 \text{K}$ )で現れる秩序状態は、転移点の磁化率の振舞から、反強磁性秩序によるものだとこれまで理解されてきた。0.1K程度の低温領域でPrイオンが持つ磁気モーメントを、Pr核比熱を利用して調べた。これは、Pr核準位の分裂(増強された核磁性として知られており、巨大なショットキー比熱として観測される)が、Pr磁気モーメントの大きさに比例することを利用している。ゼロ磁場で観測された非常に小さい核比熱は、Prの磁気モーメントが(もしあつとしても) $0.03 \mu_B$ 以下であることを示している。このことから、この秩序状態における主たる秩序変数は、Pr磁気モーメントではない可能性が高い。

## PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>における低温秩序相のX線回折による観測：電荷自由度における相転移

東京都立大大学院理学研究科

岩佐和晃、渡辺靖彦、桑原慶太郎、神木正史、菅原仁、青木勇二、松田達磨、佐藤英行  
充填スカッテルダイド型化合物PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は重い電子的な性質を示すことで興味が持たれ、また磁化率や比熱等で観測された6.5Kでの相転移を特徴づける秩序パラメータの決定が重要である[1]。反強磁性構造が形成されるという当初の予想に反して、中性子回折実験では磁気秩序が観測されなかったこと[2]を受け、相転移における電荷自由度の役割を低温X線回折実験によって研究している。

結晶構造の空間群(I m -3)によって消滅則にあたる逆格子ベクトルQ = (h, k, l), h + k + l = oddには6.5K以上で反射は見られなかつたが、6.5K以下で微小ながら明瞭なサテライト反射が観測された(下図にQ = (h, 0, 0)のスキャン結果とh = 17, 19, 21でのピークカウント値の温度変化を示す)。この事実は電荷についての構造変調が波数ベクトルq = (1, 0, 0)で起きたことを意味する。様々なQで測定したサテライト反射の強度分布から、原子位置が格子定数の0.01%程度だけq方向に変位する縦波的な成分を持つ変調構造が出現すると考えている。この結果は、LaFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>のバンド計算で指摘されたq = (1, 0, 0)でフェルミ面がネスティングする可能性を支持する[3]。また金属絶縁体転移を示すPrRu<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の低温絶縁体相で見出された電子線回折サテライト反射は、本研究で観測された変調構造によるものと推察できる[4]。以上の結果から、RT<sub>4</sub>P<sub>12</sub>に特徴的な低温物性をもたらす機構として密度波転移が重要であると言える。



- [1] T. D. Matsuda et al.: Physica B 281&282 (2000) 220.
- [2] L. Keller et al.: to be published (proceedings of ICFE'4).
- [3] H. Sugawara et al.: J. Phys. Soc. Jpn. 69 (2000) 2938.
- [4] C. H. Lee et al.: submitted to J. Phys.: Condens. Matter.

## 超音波によるPrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の弾性特性の研究

岩手大 工、都立大院 理\*

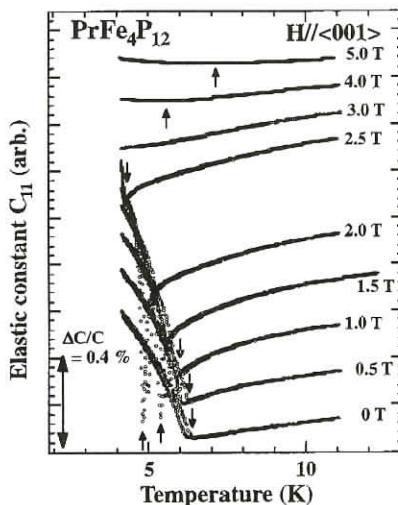
中西良樹、清水隆行、松田達磨\*、菅原仁\*、佐藤英行\*、吉澤正人

スカッテルダイド物質群、ReT<sub>4</sub>X<sub>12</sub>(Re:希土類、T:遷移金属、X:p電子元素)のひとつPrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>はこれまでの研究とここ数年の精力的な研究により大きく進展した研究分野である、一方で新たにいくつかの疑問を抱かせる実験事実が浮上してきた分野もある。これらの物質群は全て充填型スカッテルダイド結晶構造をとりPrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>は6.4Kで比熱、帯磁率、電気抵抗に異常が観測される。当初、この転移は反強磁性転移に伴うものであると報告されていたが反強磁性を確証する中性子回折実験に磁気プラックピークが観測されないという大きな問題が浮上し、現在この転移が何に起因するものなのか精力的に研究がなされている。またフェルミ面の研究ではdHVA効果により有効質量比が80ものキャリアーが観測されており、PrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>が従来のPr化合物と大きく性質が異なることが明らかにされている。本研究ではPrFe<sub>4</sub>P<sub>12</sub>の物性解明に迫るために希土類化合物で重要な結晶場基底状態、四重極モーメントに関する研究を超音波を用いた弾性定数の実

験をもとに行なっている。現在までの結果とそれから考察される項目を列挙する。

- 1)  $C_{11}$ 、 $(C_{11}-C_{12})/2$ に30K近傍からソフト化が観測される。しかし $C_{44}$ では単調に増加する。このことから基底状態は $\Gamma_3$ 二重項(非磁性)であると考えられる。
- 2) 6.4Kで異常が観測され、急激に弾性定数が硬化する。ソフト化が小さいことと帶磁率にカスプが観測されていることから磁気的な転移に見えるが中性子の結果と矛盾する。この点は未だ明らかでない。
- 3) ソフト化が観測されたモードの一定磁場中温度変化で磁場印加に伴い大きなディップが成長し2Tで最大、それ以上で小さくなり3T近傍で消失する。この結果から磁場で転移点が下がり隠れていたソフト化が再び現れた印象を受ける。(図)
- 4) 磁場温度相図を作成すると2T、5Kが特異点のように、弾性定数で観測された異常が大きくなる。新たな相が弾性定数の結果から得られた。この相は解析から磁場で誘起された四重極秩序相ではないかと現在、考察している。

最後に $Cox$ 等がU化合物の説明に提唱している2チャンネル四重極近藤モデルをもとに現在、得られた結果を検討している。今回の結果とこのモデルを考察すると6.4Kの異常はこれまでの様に磁気的な転移であると比較的スムーズに、得られた結果を説明することができる。



# — 物性研究所談話会

日 時 2000年9月14日(木)午後2時～3時

場 所 物性研究所A615号室

講 師 Dr.Christian Helm(Los Alamos National Laboratory)

題 目

Intrinsic Josephson Effect-Phonons,  
nonequilibrium and quantum effects

要 旨

The interaction of intrinsic Josephson oscillations and phonons in high temperature superconductors is derived microscopically and consequences on the current-voltage characteristic, collective modes and phase-locking of different resistive junctions are discussed. Taking into account the phonon dispersion in c-direction, Van Hove Singularities can serve as an explanation of certain resonance structures in the I-V-curve, otherwise not understood. A microscopic theory for the coupling of intrinsic Josephson oscillations due to charge fluctuations on the quasi two-dimensional superconducting layers is developed. In contrast to conventional superconductors, the effect of the gauge-invariant scalar potential on the transport current and the Josephson relation between phase and voltage has to be taken into account. Consequences of this on the I - V-curve, the dispersion of collective modes and phase-locking of phases in different junctions are discussed. Special attention is paid to the effect of this interaction on the position of Shapiro steps on the resistive branch. Depending on the details of the measurement geometry and the quasiparticle current between superconductor and normal contact the Shapiro step can be shifted from the naively expected position. Possible experimental observations of this effect are being discussed. Furthermore, perspectives are given how a stack of intrinsic Josephson Junctions can reach the Quantum regime due the random entering of pancake vortices in the layers.

日 時 2000年9月29日(金)午後2時～3時

場 所 物性研究所612号室

講 師 Prof. Peter Y. Yu

(所属) Department of Physics, University of California,  
Berkeley and Materials Science Division,  
Lawrence Berkeley National Laboratory

題 目

SPECTROSCOPIC STUDY OF PARTIALLY-ORDERED  
SEMICONDUCTOR HETEROJUNCTION  
UNDER HIGH PRESSURE AND HIGH MAGNETIC FIELD

要 旨

In this talk we shall introduce a new spectroscopic technique known as photoluminescence upconversion(PLU)to study semiconductor heterojunctions. PLU is a phenomenon in which a sample emits photons with energy higher than that of the excitation photon. This effect has been observed in many materials including rare earth ions doped in insulating hosts and semiconductor heterostructures without using high power lasers as the excitation source. Recently this effect has been observed also in partially CuPt ordered GaInP epilayers grown on GaAs substrates. Using the fact that the pressure coefficient of electrons in GaAs is higher than those in (GaInP we have been able to "manipulate" the band-offset at the GaInP/GaAs interface. By converting the band-offset from Type I to Type II we were able to demonstrated that the efficiency of the upconversion process is greatly enhanced by a Type II band- offset. Furthermore, by using the magnetic length of the electrons as a "yardstick" with nm resolution we have been able to determine the size of Type II domains in GaInP near the interface. By combining high pressure and high magnetic field measurements we were able to show how the Type II domains increase in size under high pressure.

日 時 2000年10月16日(月)午後1時30分～2時30分  
場 所 物性研究所A615号室  
講 師 柳原 俊郎  
(所属) (東京大学物性研究所)  
題 目

### フ電子化合物における軌道整列と磁場効果

#### 要 旨

フ電子化合物における交替的な軌道整列(反強四重極転移)では、多くの場合、転移温度 $T_Q$ が磁場と共に上昇するリエンントラント型の磁場-温度相図を示す。この原因としてはこれまでいくつかの機構が提案されているが、反強四重極相において磁場誘起される反強磁性(多重極)モーメント間の相互作用によるものが最も一般的であると考えられる。特に最近のCeB<sub>6</sub>等の研究によると、反強四重極相ではかなり大きな磁気八重極モーメントが磁場誘起され、その相互作用が相図や磁性に顕著な影響を及ぼす場合があることもわかっている。ここでは反強四重極相における磁場誘起モーメントの効果について、PrPb<sub>3</sub>とTmTeの例を紹介する。

立方晶PrPb<sub>3</sub>(4f<sup>2</sup>)は $\Gamma_3$ 二重項を結晶場基底状態に持ち、 $T_Q=0.4\text{K}$ で反強四重極転移を示す。磁化及び比熱測定から $T_Q$ の磁場変化を調べた結果、 $T_Q$ の上昇は異方的で[100]方向に最も大きく、6Tで約0.7Kまで上昇することがわかった。この結果について四重極相互作用および磁気相互作用を取り入れた平均場モデルを用いて解析したところ、[100]方向の $T_Q(H)$ の上昇や磁化の挙動は反強磁性相互作用によってきわめて良く再現できた。しかし $T_{\text{rm}}(H)$ の異方性を説明するためには反強磁性相互作用だけでは不十分であり、弱い磁気八重極相互作用を考えなければならない。

立方晶TmTe(4f<sup>13</sup>)は $\Gamma_8$ 四重項を結晶場基底状態に持ち、 $T_Q=1.8\text{K}$ で反強四重極転移、 $T_N \sim 0.4\text{K}$ で反強磁性転移を示す。この物質の磁化率を測定した結果、 $T_N$ で発散することがわかった。この系の反強四重極相は[1/2, 1/2, 1/2]の波数を持つことが磁場中中性子散乱の実験からわかっている。もし反強磁性相も同じ秩序波数であれば、 $T_N$ 以下の自発的反強磁性が反強四重極相における磁場誘起反強磁性と同じ対称性になる可能性がある。その場合一様磁化率はスタガード磁化率に比例する形になり、 $T_N$ で発散することが説明できる。

これらの研究ではキャパシタンス法を用いた希釈冷凍機温度領域までの磁化測定を行っている。この測定法についても紹介したい。

日 時 2000年10月19日(木)午後1時30分～2時30分  
場 所 物性研究所A615号室  
講 師 石川征靖  
(所属) (東京大学物性研究所)  
題 目

### CeCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>における強磁性相と超伝導相について

#### 要 旨

私達は重い電子系超伝導体CeCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>の非常に均一な多結晶試料を磁気浮上法で作成することに最近成功した。均一領域内で20以上の組成の異なる試料の物性を詳細に調べた結果、超伝導相に隣接して弱い強磁性相が存在することを確認したので新しい均一試料の超伝導特性と共に報告したい。超伝導相についても、常伝導状態の低温比熱は液体ヘリウム3のような温度依存性を示すことや乱れの効果と超伝導との相関など新しい結果が得られている。強磁性相の磁性の本質については現時点ではまだ解明されていないが、本近藤化合物の重い準粒子による遍歴型弱強磁性と予想される。強磁性相と隣接して超伝導が出現する例は非常に稀で、強磁性相互作用がCeCu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>の超導になんらかの影響を及ぼしていることも考えられクーパー対の対称性なども今後再検討の余地があると予想される。

日 時 2000年10月23日(月)午後2時～3時  
場 所 物性研究所A615号室  
講 師 宇治進也  
(所属) (金属材料技術研究所機能特性研究部 第2研究室長)

題 目  
2次元有機伝導体 ラムダ型-(BETS)<sub>2</sub>FeCl<sub>4</sub>の強磁場電子状態

#### 要 旨

ラムダ型-(BETS)<sub>2</sub>FeCl<sub>4</sub>は2次元BETS分子配列とFeCl<sub>4</sub>分子配列が交互に積み重なった構造を持つ2次元電子系である。外部磁場がないときには8KでFeスピニ(s=5/2)は反強磁性秩序を示し、それと同時に金属状態か

ら絶縁状態へと転移する。約10Tの磁場で絶縁状態は壊され金属状態へと戻る。BETS分子配列で形成されている伝導面(ac面)に垂直な磁場方向では2つの異なるシュブニコフ-ド・ハース(SdH)振動が観測されることから、b軸方向にうねっている2次元フェルミ面(その極大、極小断面積はブリルアンゾーンの約16.5%と14%)が存在していることがわかる。また、この事実は、BETS分子軌道が $\text{FeCl}_4$ イオンを介して比較的強く結合していることを示唆している。この系において伝導面に正確に平行(a,c軸方向)に磁場を入れると、絶縁状態から金属状態へと転移(約10.5T)した後、17T付近で抵抗は急激に減少し測定ノイズレベルまで落ちる。抵抗は、磁場がa,c軸方向からわずかに(0.5度程度)ずれるだけで急激に増加し、この抵抗ゼロ状態が面に垂直な磁場成分で容易に壊されることがわかる。同じ磁場範囲で磁気トルクにも特異な磁場変化が得られることから、この異常は相転移によるものであり、強磁場で超伝導状態が磁場により誘起されていることを示唆している。この磁場誘起超伝導転移と現在までに報告されている磁場誘起超伝導転移との相違点、また低次元電子系で予測されている磁場による伝導面間の電子状態のデカップリング効果について議論したい。

# — 東京大学物性研究所の助手公募の通知

下記により助手の公募をいたします。適任者の推薦、希望者の応募をお願いいたします。

## 1. 研究部門名等及び公募人員数

物性理論研究部門 上田研究室 助手 1名

## 2. 研究内容

強相関電子系の磁性と超伝導の理論的研究。これまでの研究経験で解析的手法、計算物理的手法のいずれを主としてきたかは問わない。新しいテーマを開拓する意欲のある研究者を求める。

## 3. 応募資格

修士課程修了、又はこれと同等以上の能力をもつ人。

## 4. 任期

内規により5年を原則とする。

この内規は、大学の教員等の任期に関する法律(平成9年法律第82号)に基づくものではありません。

## 5. 公募締切

平成12年11月30日(木)必着

## 6. 就任時期

決定後なるべく早い時期を希望する。

## 7. 提出書類

### (イ) 推薦の場合:

- 推薦書(健康に関する所見を含む)
- 履歴書(略歴で良い)
- 業績論文リスト(必ずタイプし、特に重要な論文に○印をつけること)
- 主要論文の別刷(5編程度)

### (ロ) 応募の場合:

- 履歴書(略歴で良い)
- 業績論文リスト(必ずタイプし、特に重要な論文に○印をつけること)
- 主要論文の別刷(5編程度)
- 所属の長又は指導教官等の本人についての意見書(宛先へ直送)
- 健康診断書

## 8. ①書類提出先

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5丁目1番5号  
東京大学物性研究所 総務課人事掛  
電話 0471(36)3205  
e-mail:jinji-kakari@issp.u-tokyo.ac.jp

## ②問い合わせ先

東京大学物性研究所 物性理論研究部門 教授 上田和夫  
電話 0471(36)3270  
e-mail:ueda@issp.u-tokyo.ac.jp

## 9. 注意事項

「物性理論研究部門(上田研究室)助手応募書類在中」、又は意見書在中の旨を朱書きし、郵送の場合は書留とすること。

## 10. 選考方法

東京大学物性研究所教授会で審査決定いたします。ただし、適任者のない場合は、決定を保留いたします。

平成12年9月21日  
東京大学物性研究所長  
福山秀敏

# 一人事異動

## 【研究部門等】

○平成12年9月30日付け  
(辞職)

| 氏名    | 所属       | 職名 | 異動内容                            |
|-------|----------|----|---------------------------------|
| 尾崎 恒之 | 先端分光研究部門 | 助手 | 辞職: NTT物性科学基礎研究所リサーチ・スペシャリストに就任 |

○平成12年10月1日付け  
(転出)

| 氏名   | 所属       | 職名 | 異動内容          |
|------|----------|----|---------------|
| 紺谷 浩 | 物性理論研究部門 | 助手 | 埼玉大学理学部助教授へ昇任 |

(併任)

| 氏名    | 所属           | 職名  | 異動内容                                   |
|-------|--------------|-----|--|
| 上羽 弘  | 先端領域研究部門(客員) | 教授  | 本務: 富山大学工学部教授<br>任期: 平成13年3月31日まで      |
| 水崎 隆雄 | 先端領域研究部門(客員) | 教授  | 本務: 京都大学大学院理学研究科教授<br>任期: 平成13年3月31日まで |
| 今井 正幸 | 先端分光研究部門(客員) | 助教授 | 本務: お茶の水女子大学理学部助教授<br>任期: 平成13年3月31日まで |

## 【事務部】

(配置換)

| 氏名      | 所属     | 職名  | 異動内容        |
|---------|--------|-----|-------------|
| 千日坂 美由紀 | 経理課経理掛 | 事務官 | 経理部主計課から配置換 |

# — 平成12年度後期短期研究会一覧

| No. | 研究会名   | 開催期日                                 | 参加予定人員   | 提案者  |
|-----|--|--------------------------------------|----------|--|
| 1   | スクッテルダイト化合物の異常物性と関連する熱電材料                    | 10月24日～<br>10月25日<br>(2日間)<br>10:00～ | 80名(20)  | ○佐藤 英行(都立大・理)<br>石川 征靖(東大・物性研)<br>上田 和夫(東大・物性研)<br>大貫 悅睦(阪大・理)<br>播磨 尚朝(阪大・産研)<br>小柳 剛(山口大・工)<br>城谷 一民(室蘭工大・工)<br>太田 敏隆(電総研)                                     |
| 2   | 物性研究における計算物理<br>—物性研スーパーコンピュータ<br>新システムによる展開 | 12月11日～<br>12月13日<br>(3日間)<br>13:30～ | 100名(25) | ○高山 一(東大・物性研)<br>寺倉 清之(産業技術融合領域研)<br>塚田 捷(東大・理)<br>酒井 治(都立大・理)<br>岡部 豊(都立大・理)<br>川勝 年洋(名大・工)<br>今田 正俊(東大・物性研)<br>常行 真司(東大・物性研)<br>福島 孝治(東大・物性研)<br>藤堂 真司(東大・物性研) |
| 3   | 強磁場、高圧下における遷移金属化合物の磁性                        | 12月14日～<br>12月15日<br>(2日間)<br>10:30～ | 50名(24)  | ○高橋 慶紀(姫工大・理)<br>後藤 恒昭(東大・物性研)<br>毛利 信男(東大・物性研)<br>深道 和明(東北大・工)<br>山田 錆二(信州大・理)<br>和田 裕文(京大・工)   |

参加予定人員

( )内は旅費

申請者数

○印は提案代表者

# — 平成12年度後期外来研究員一覧

## 嘱託研究員

| N.O. | 所 属                    | 氏 名     | 研 究 題 目                       | 関係所員 |
|------|------------------------|---------|-------------------------------|------|
| 1    | 理 化 研 究 員<br>主 任 研 究 員 | 加 藤 礼 三 | 新しい分子性導体の開発                   | 田島   |
| 2    | 阪 大 (基 础 工 )<br>助 教 授  | 河 野 浩   | 強相関電子系の理論的研究                  | 福山   |
| 3    | 岡 山 大 (理 )<br>教 授      | 原 田 黙   | 磁性体の光学的性質の理論的研究               | 小谷   |
| 4    | 岡 山 大 (理 )<br>助 教 授    | 岡 田 耕 三 | d および f 電子系の高エネルギー分光理論        | "    |
| 5    | 奈 良 先 端 科 技 大<br>教 授   | 相 原 正 樹 | 光励起された電子正孔系の巨視的量子現象           | "    |
| 6    | 阪 府 大 (工 )<br>講 師      | 魚 住 幸 幸 | 共鳴光電子・逆光電分光および共鳴X線発光分光の理論     | "    |
| 7    | 東 北 大 (理 )<br>教 授      | 安 原 洋   | 金属密度領域での電子液体における多体相関効果の研究     | 高田   |
| 8    | 東 北 大 (科 研 )<br>教 授    | 楠 黙     | 分子凝集体の表面ダイナミクス                | 吉信   |
| 9    | 東 北 大 (科 研 )<br>助 手    | 高 岡 育   | 表面赤外分光による分子集合系の研究             | "    |
| 10   | 東 大 (総合文化)<br>教 授      | 増 田 茂   | 分子積層系の電子状態                    | "    |
| 11   | 東工大(資源化学研)<br>手 助      | 野 村 淳 子 | 赤外反射吸収分光による金属クラスター上での吸着分子分光   | "    |
| 12   | 名 助 教 大 (理 )<br>授      | 田 中 慎一郎 | 表面コアレベルシフトによる電子状態解析           | "    |
| 13   | 京 教 大 (理 )<br>授        | 西 嶋 光 昭 | 高分解能電子エネルギー損失分光による表面フォノン測定    | "    |
| 14   | 京 助 大 (理 )<br>手 助      | 奥 山 弘   | 極低温STMによる表面吸着分子の観察            | "    |
| 15   | 阪 助 教 大 (工 )<br>授      | 桑 原 裕 司 | 有機薄膜の局所構造と物性                  | "    |
| 16   | 愛 媛 大 (理 )<br>教 授      | 小 川 琢 治 | 分子エレクトロニクスのための分子設計と物性測定       | "    |
| 17   | 北海道教育大(教育)<br>教 授      | 高 柳 滋   | 多重極限関連装置の調整                   | 毛利   |
| 18   | 島 根 大 (教 育 )<br>教 授    | 秋 重 幸 邦 | "                             | "    |
| 19   | 名大(理工科学総合研究)<br>助 教 授  | 守 友 浩   | 軌道秩序と高圧効果                     | "    |
| 20   | 広 大 (先 端 物 質 )<br>助 手  | 中 村 文 彦 | 異方性をもつ圧力発生技術開発                | "    |
| 21   | 理 主 化 研 究 員<br>任 研 究 員 | 河 野 公 俊 | 量子液体表面物性の研究                   | 石本   |
| 22   | 理 協 力 化 研 究 員          | 新 井 敏 一 | ヘリウム液面上における電子と原子状水素の化学反応      | "    |
| 23   | 阪 市 大 (理 )<br>助 教 授    | 石 川 修 六 | 回転状態の超流動 <sup>3</sup> Heの研究計画 | 久保田  |
| 24   | 弘 前 大 (理 工 )<br>助 教 授  | 手 塚 泰 久 | ビームライン制御の設計                   | 辛    |
| 25   | 東 北 大 (理 )<br>教 授      | 佐 藤 繁   | 高輝度光源を用いた固体分光実験設備の基本設計        | "    |
| 26   | 東 北 大 (科 研 )<br>助 教 授  | 高 桑 雄 二 | "                             | "    |
| 27   | 阪 大 (基 础 工 )<br>教 授    | 菅 滋 正   | "                             | "    |
| 28   | 東 北 大 (科 研 )<br>助 教 授  | 柳 原 美 廣 | 高輝度光源を用いた軟X線発光の研究             | "    |
| 29   | 名 大(物質科学国際研究)<br>教 授   | 関 一 彦   | 高輝度光源を利用する有機固体分光実験設備の基本設計     | "    |

## 嘱託研究員

| N.O. | 所 属                 | 氏 名     | 研究題目                               | 関係所員 |
|------|---------------------|---------|------------------------------------|------|
| 30   | 名 教 大 (工) 授         | 曾 田 一 雄 | 高輝度光源使用発光実験装置の開発                   | 辛    |
| 31   | 名 助 大 (工) 手         | 竹 内 恒 博 | Bi系超伝導体の角度分解光電子分光                  | "    |
| 32   | 京 助 大 (工) 教 授       | 河 合 潤   | 銅化合物の発光実験                          | "    |
| 33   | 神戸大(自然科学)助 教 授      | 木 村 真 一 | 強相関系物質の共鳴逆光電子分光の研究                 | "    |
| 34   | 高エネ機構(物構研)助 教 授     | 伊 藤 健 二 | 高輝度光源を利用する原子・分子分光実験設備の基本設計         | "    |
| 35   | 阪 教 大 (産研) 授        | 磯 山 悟 朗 | アンジュレータの基本設計                       | 神谷   |
| 36   | 姫工大(高度産業研)教 授       | 安 東 愛之輔 | 高輝度光源計画のリング設計および軌道解析               | "    |
| 37   | 高エネ機構(物構研)教 授       | 伊 澤 正 陽 | 高輝度光源計画における高周波加速空洞の開発に関する研究        | "    |
| 38   | 高エネ機構(物構研)教 授       | 春 日 俊 夫 | 高輝度光源計画における加速器モニタリング・システムに関する研究    | "    |
| 39   | 高エネ機構(物構研)助 教 授     | 堀 洋一郎   | 高輝度光源計画における真空システムの設計               | "    |
| 40   | 高エネ機構(物構研)助 手       | 小 林 幸 則 | 高輝度光源リングのラティス設計及び色収差補正に関する研究       | "    |
| 41   | 高エネ機構(物構研)技 官       | 佐 藤 佳 裕 | 高輝度光源計画におけるコントロールシステムの設計計画         | "    |
| 42   | 高エネ機構(共通研究施設)教 授    | 近 藤 健次郎 | 高輝度光源計画における放射線安全管理に関する研究           | "    |
| 43   | 高エネ機構(加速器研究施設)教 授   | 小 林 仁   | 高輝度光源計画におけるライナックの設計研究              | "    |
| 44   | 高エネ機構(加速器研究施設)助 教 授 | 設 楽 哲 夫 | 高輝度光源計画の低速陽電子利用に関する加速器の研究          | "    |
| 45   | 高エネ機構(加速器研究施設)助 手   | 家 入 孝 夫 | ビーム計測システムの開発                       | "    |
| 46   | 高エネ機構(加速器研究施設)助 手   | 飛 山 真 理 | 電子入射器の設計及びフィードバック・システムに関する開発       | "    |
| 47   | 弘前大(理工)教 授          | 匂 坂 康 男 | 高輝度光源高分解能斜入射分光ビームラインの設計            | 木下   |
| 48   | 弘前大(理工)教 授          | 加 藤 博 雄 | "                                  | "    |
| 49   | 東北大(理)助 教 授         | 鈴 木 章 二 | "                                  | "    |
| 50   | 東北大(科研)教 授          | 渡 辺 誠   | 高輝度放射光用多層膜光学素子の開発                  | "    |
| 51   | 東北大(理)助 教 授         | 高 橋 隆   | 高分解能光電子分光による電子状態の研究                | "    |
| 52   | 群馬大(教育)教 授          | 奥 沢 誠   | 高輝度光源を利用するコインシデンス分光実験装置の基本設計       | "    |
| 53   | 群馬大(教育)教 授          | 菅 原 英 直 | "                                  | "    |
| 54   | 千葉大(工)教 授           | 上 野 信 雄 | 高輝度光源における有機薄膜光電子分光ビームラインの設計        | "    |
| 55   | 広大(放射光センター)教 授      | 谷 口 雅 樹 | 軟X線発光分光及び高分解能光電子分光実験の検討            | "    |
| 56   | 広大(理)助 教 授          | 木 村 昭 夫 | 高輝度光源計画におけるスピンドル分解光電子分光実験ステーションの検討 | "    |
| 57   | 琉球大(教育)教 授          | 石 黒 英 治 | アンジュレータ専用分光光学系の設計                  | "    |
| 58   | 奈良先端科技大学教 授         | 大 門 寛   | 二次元表示型スピンドル分解光電子エネルギー分析器の開発        | "    |
| 59   | 都立大(理)教 授           | 宮 原 恒 昇 | コヒーレント放射光を用いた分光研究                  | "    |
| 60   | 高エネ機構(物構研)教 授       | 柳 下 明   | 高輝度光源を利用する原子分光実験設備の基本設計            | "    |

## 嘱託研究員

| NO. | 所 属             | 氏 名    | 研究題目                      | 関係所員 |
|-----|-----------------|--------|---------------------------|------|
| 61  | 高エネ機構(物構研)<br>教 | 柿崎 明人  | 高輝度光源を利用する表面磁性実験装置の開発     | 木下   |
| 62  | 分教 子            | 小杉 信博  | 高輝度光源を利用する分子分光実験設備の基本設計   | "    |
| 63  | 分助 子            | 福井 一俊  | 高輝度光源用直入射分光器の設計           | "    |
| 64  | 分助 子            | 見附 孝一郎 | 高輝度光源における原子・分子分光ビームラインの検討 | "    |
| 65  | 分助 子            | 鎌田 雅夫  | レーザーと放射光を組み合わせた分光研究       | "    |

## 長期留学研究員

|   |                      |         |                 |    |
|---|----------------------|---------|-----------------|----|
| 1 | 中央大(理工)<br>M. C. 1   | 分 目 衣 香 | GICの圧力誘起相転移の研究  | 八木 |
| 2 | 新潟大(自然科学)<br>D. C. 1 | 高 木 祥 光 | 炭素材料系における電子状態計算 | 常行 |

## 一般

|    |                       |        |  |    |
|----|-----------------------|--------|--|----|
| 1  | 九 教 大(理) 授            | 網代 芳民  | NMRによるスピニギャップ系の磁場中挙動の解明                                  | 瀧川 |
| 2  | 九 助 大(理) 手            | 浅野 貴行  | "  | "  |
| 3  | D. 九 大(理) C. 3 授      | 稻垣 祐次  | "  | "  |
| 4  | 北 教 大(理) 授            | 藤野 清志  | (Mg,Fe)SiO <sub>3</sub> -CaSiO <sub>3</sub> 系ペロブスカイトの相関係 | 八木 |
| 5  | M. 北 大(理) C. 1        | 佐々木 洋平 | "  | "  |
| 6  | 室 教 工 大(工) 授          | 城谷 一民  | VCoPの高圧合成と超伝導  | "  |
| 7  | M. 室 工 大(工) C. 1      | 西本 篤人  | "  | "  |
| 8  | 筑波大(地球科学)<br>講 師      | 平井 寿子  | ガスハイドレートの高圧構造変化  | "  |
| 9  | 東 講 大(理) 師            | 船守 展正  | 液体構造解析用外熱式ダイヤモンドアンビル装置の開発(II)                            | "  |
| 10 | M. 東 大(理) C. 1        | 増田 香理  | "  | "  |
| 11 | 東 助 工 大(理) 教 授        | 廣瀬 敬   | 地球深部物質の相平衡   | "  |
| 12 | M. 東 工 大(理工) C. 2     | 村上 元彦  | "  | "  |
| 13 | 学 教 習院大(理) 授          | 赤荻 正樹  | 超高圧下におけるアルミニウム含有珪酸塩の相転移                                  | "  |
| 14 | 学 助 習院大(理) 手          | 鈴木 敏弘  | "  | "  |
| 15 | M. 学 習院大(自然科学) C. 2   | 小林 真   | "  | "  |
| 16 | D. 北 大(理) C. 3        | 松田 真生  | 鉄フタロシアニンを用いたn-d系分子性導体の物性研究                               | 田島 |
| 17 | D. 東 講 大(理) 師         | 近藤 寛   | マンガン酸化物クラスターの磁性研究  | "  |
| 18 | D. 東 大(理) C. 1        | 岡本 薫   | "  | "  |
| 19 | 阪 教 市 大(理) 授          | 村田 恵三  | 有機伝導体の低温磁場下光学測定  | "  |
| 20 | 阪 講 市 大(理) 師          | 吉野 治一  | "  | "  |
| 21 | D. 阪 市 大(理) C. 1      | 鴻池 貴子  | "  | "  |
| 22 | 神 非 奈 川 常 勤 工 大 勤 講 師 | 鳥塚 潔   | 有機伝導体の熱伝導の研究(III)  | "  |

## 一般

| NO. | 所 属               | 氏 名   | 研究題目   | 関係所員      |
|-----|-------------------|-------|--|-----------|
| 23  | 東京電機大(工)<br>講師    | 長澤光晴  | 有機導体(TMTSF) <sub>2</sub> Xのスピン密度波の並進運動                                       | 松田        |
| 24  | 北大(工)<br>助教 授     | 明楽浩史  | 量子ホール効果のブレークダウン  | 安藤        |
| 25  | 姫工大(理)<br>助手      | 坂井徹   | 低次元磁性体の統計力学  | 高橋<br>(質) |
| 26  | 九井大(理)<br>上フエロー   | 戸塚圭介  | 直交ダイマー系SrCu <sub>2</sub> (BO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> の低エネルギーダイナミクスと量子相転移 | 上田<br>(和) |
| 27  | 姫工大(理)<br>助手      | 小泉裕康  | Quantum Transport in Transitionmetal Oxides                                  | 高田        |
| 28  | 東工大(総合理工)<br>助手   | 神藤欣一  | 半導体結晶中の転位の電子構造と機械的性質の解明  | 常行        |
| 29  | 鳥取大(工)<br>助教 授    | 石井晃   | 第一原理計算によるⅢ-V族化合物半導体ヘテロエピタキシャル成長機構の研究   | "         |
| 30  | 鳥取大(工)<br>D.C.2   | 制野かおり | "  | "         |
| 31  | 山梨大(教育人間科学)<br>教授 | 川村隆明  | 結晶表面の原子配列制御  | 小森        |
| 32  | 鳥取大(工)<br>助教 授    | 石井晃   | Ge(100)表面の銀原子吸着の第一原理計算   | "         |
| 33  | 東北大(金研)<br>助教 授   | 高梨弘毅  | 金属-非金属系グラニュラー薄膜を用いたスピン依存単一電子トンネリングの研究  | 勝本        |
| 34  | 東北大(金研)<br>教 授    | 櫻井利夫  | X線誘起トンネル電流によるSTMでの元素分析   | 長谷川       |
| 35  | 東北大(金研)<br>講師     | 中山幸仁  | "  | "         |
| 36  | 東北大(金研)<br>助手     | 薛其貞   | "  | "         |
| 37  | 東北大(理)<br>D.C.3   | 秋山琴音  | "  | "         |
| 38  | 東北大(理)<br>D.C.1   | 桑野聰子  | "  | "         |
| 39  | 東北大(理)<br>M.C.2   | 小野雅紀  | "  | "         |
| 40  | 京大(工)<br>教 授      | 酒井明   | 表面準位と表面ポテンシャルの相関   | "         |
| 41  | 京大(工)<br>助手       | 黒川修   | "  | "         |
| 42  | 電主任研究官            | 原史朗   | 理想表面界面形成に関する研究   | "         |
| 43  | 阪大(工)<br>教 授      | 濱口智尋  | 超強磁場下におけるⅢ-V化合物半導体短周期超格子の赤外サイクロトロン共鳴に関する研究                                   | 三浦        |
| 44  | 阪大(工)<br>助教 授     | 森伸也   | "  | "         |
| 45  | 阪大(低温センター)<br>助手  | 百瀬英毅  | "  | "         |
| 46  | 阪大(工)<br>M.C.2    | 乾陽至   | "  | "         |
| 47  | 九大(情報工)<br>教 授    | 小寺信夫  | 強磁場サイクロトロン共鳴による量子井戸構造のノンパラボリシティー評価とInGaAs伝導帯のバンド計算                           | "         |
| 48  | 北大(工)<br>教 授      | 山谷和彦  | 圧力励起の電荷密度波-超伝導転移   | 毛利        |
| 49  | 北大(工)<br>助手       | 岡島吉俊  | "  | "         |
| 50  | 北大(工)<br>D.C.3    | 安塚周磨  | "  | "         |
| 51  | 北大(理)<br>助教 授     | 川端和重  | 有機導体における特異な伝導機構の研究   | "         |
| 52  | 室工大(工)<br>助教 授    | 高野英明  | Fe <sup>2+</sup> とFe <sup>3+</sup> が共存する鉄酸化物のXAFS測定                          | "         |
| 53  | 室工大(工)<br>M.C.1   | 三浦裕幸  | "  | "         |

## 一般

| NO. | 所 属                   | 氏 名    | 研究題目  | 関係所員 |
|-----|-----------------------|--------|---|------|
| 54  | 東北大(理)助<br>手          | 小林寿夫   | Feを含む硫化物における高圧力下の物性研究   | 毛利   |
| 55  | 東北大(理)<br>M.C. 2      | 高野亮    | "   | "    |
| 56  | 筑波大(化学)助<br>教 授       | 北川宏    | 高圧下におけるMMX-Chain錯体の伝導物性の解明  | "    |
| 57  | 東大(低温センター)<br>非常勤研究員  | 浦野千春   | マグネリ相バナジウム酸化物V <sub>n</sub> O <sub>2n-1</sub> における電荷・スピン・軌道の複合物性            | "    |
| 58  | 静岡大(理)助<br>手          | 海老原孝雄  | Yb金属間化合物の物性研究   | "    |
| 59  | 金沢大(理)助<br>教 授        | 堤喜登美   | 希土類金属間化合物の単結晶育成   | "    |
| 60  | 島根大(総合理工)助<br>教 授     | 山田裕    | RuSr <sub>2</sub> GdCu <sub>2</sub> O <sub>8</sub> 酸化物超伝導体の強磁性及び超伝導転移の圧力依存性 | "    |
| 61  | 島根大(総合理工)助<br>教 授     | 西郡至誠   | "   | "    |
| 62  | 九大(大学教育研究セ)助<br>手     | 江藤徹二郎  | f電子系化合物の磁性と伝導性に及ぼす圧力効果の研究   | "    |
| 63  | 九大(理)学振特別研究員          | 本多史憲   | "   | "    |
| 64  | 佐賀大(理工)助<br>教 授       | 岡山泰    | CeSbの圧力誘起巨大抵抗異常に対するホール効果の測定   | "    |
| 65  | 熊本大(工)教<br>授          | 黒田規敬   | 電荷移動TCNQ錯体の高圧電気伝導   | "    |
| 66  | 東北大(工)<br>D.C. 1      | ハサヌディン | "   | "    |
| 67  | 熊本大(工)講<br>師          | 加賀山朋子  | RSb <sub>2</sub> 単結晶の高圧下電気伝導  | "    |
| 68  | 熊本大(自然科学)<br>M.C. 2   | 政岡大介   | "   | "    |
| 69  | 阪市大(理)教<br>授          | 村田恵三   | 有機伝導体低温電子物性測定用の新規高圧セルの開発  | "    |
| 70  | 阪市大(理)<br>M.C. 1      | 岩下健一   | "   | "    |
| 71  | 北海道東海大(教育開発研究セ)教<br>授 | 四方周輔   | 高圧下におけるLa <sub>214</sub> 過剰酸素系のホール係数  | "    |
| 72  | 東京電機大(工)教<br>授        | 小川信二   | 強相関系物質の高圧下物性  | "    |
| 73  | 東京電機大(工)<br>M.C. 2    | 金原崇浩   | "   | "    |
| 74  | 東京電機大(工)講<br>師        | 長澤光晴   | 有機導体(DMTSA)BF <sub>4</sub> の低温絶縁体領域における輸送現象                                 | "    |
| 75  | 日大(文理)助<br>教 授        | 高橋博樹   | 高圧下における電気抵抗測定   | "    |
| 76  | 日大(総合基礎科学)<br>M.C. 2  | 高橋秀隆   | "   | "    |
| 77  | 日大(文理)助<br>教 授        | 高橋博樹   | 多重極限下の物性測定  | "    |
| 78  | 日大(総合基礎科学)<br>M.C. 1  | 後藤宏紹   | "   | "    |
| 79  | 日大(文理)手               | 中西剛司   | 多重極限環境下における精密物性測定   | "    |
| 80  | 日大(総合基礎科学)<br>M.C. 1  | 瓜生健哉   | "   | "    |
| 81  | 東北大(工)教<br>授          | 深道和明   | La(FexM <sub>1-x</sub> ) <sub>13</sub> (M=Al,Si)化合物の高磁場高圧中における相転移現象         | 後藤   |
| 82  | 東北大(工)助<br>手          | 藤田麻哉   | "   | "    |
| 83  | 東北大(工)<br>D.C. 3      | 横山剛    | "   | "    |
| 84  | 東北大(工)<br>D.C. 2      | 太田元基   | "   | "    |

## 一般

| NO. | 所 属                 | 氏 名   | 研究題目   | 関係所員 |
|-----|---------------------|-------|--|------|
| 85  | 東北大(工)<br>M.C. 2    | 入澤 覚  | La(FexM <sub>1-x</sub> ) <sub>13</sub> (M=Al,Si)化合物の高磁場高圧中における相転移現象            | 後藤   |
| 86  | 東北大(工)<br>M.C. 1    | 宮川正人  | 一次元系化 <sup>ニキヤツ</sup> 系化合物Li(V-Cr)(Si-Ge) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> の強磁場磁化過程 | "    |
| 87  | 京大(理)<br>助教 授       | 吉村一良  | "  | "    |
| 88  | 京大(理)<br>D.C. 3     | 酒井宏典  | "  | "    |
| 89  | 京大(理)<br>D.C. 3     | 加藤治一  | 近藤格子化合物の圧力下での磁気臨界現象  | "    |
| 90  | 広大(先端物質)<br>教 手     | 高畠敏郎  | "  | "    |
| 91  | 広大(先端物質)<br>助 手     | 梅尾和則  | "  | "    |
| 92  | 広大(先端物質)<br>M.C. 2  | 浜島俊介  | 低次元スピニギャップ系の強磁場磁化過程  | "    |
| 93  | 九大(理)<br>教 授        | 網代芳民  | "  | "    |
| 94  | 九大(理)<br>助 手        | 浅野貴行  | "  | "    |
| 95  | 九大(理)<br>D.C. 3     | 稻垣祐次  | ホイスラー型Fe <sub>2+x</sub> V <sub>1-x</sub> Siの磁性                                 | "    |
| 96  | 東京医科大<br>助 手        | 松田弘子  | 超低温下における金属中の水素の量子効果  | "    |
| 97  | 新潟大(工)<br>教 授       | 原田修治  | "  | 久保田  |
| 98  | 新潟大(自然科学)<br>D.C. 3 | 荒木秀明  | "  | "    |
| 99  | 新潟大(自然科学)<br>M.C. 2 | 中田弘利  | 回転する超流動 <sup>3</sup> Heの研究   | "    |
| 100 | 阪市大(理)<br>助教 授      | 石川修六  | "  | "    |
| 101 | 京大(理)<br>D.C. 2     | 石黒亮輔  | "  | "    |
| 102 | 京大(理)<br>D.C. 1     | 山口真澄  | "  | "    |
| 103 | 京大(理)<br>M.C. 1     | 山下穰   | フェムト秒高調波レーザーを用いたオージェ・フリー発光の緩和のダイナミックスの研究                                       | "    |
| 104 | 信州大(工)<br>教 授       | 伊藤稔   | "  | 渡部   |
| 105 | 信州大(工)<br>M.C. 1    | 早川耕亮  | アルカリ沃化物の自由励起子の超高速分光  | "    |
| 106 | 京大(理)<br>助 手        | 白井正伸  | "  | 末元   |
| 107 | 京大(理)<br>D.C. 2     | 長谷川智晴 | "  | "    |
| 108 | 京大(理)<br>M.C. 2     | 若井良平  | "  | "    |
| 109 | 大阪歯科大(歯)<br>講 師     | 辻林徹   | 微小光共振器中の半導体量子ドットにおける超高速光応答に関する研究   | "    |
| 110 | 山口大(工)<br>助 手       | 栗巣普揮  | Si基板上にMOCVD法で堆積した希土類酸化膜の可視発光特性に関する研究   | "    |
| 111 | 東北大(金研)<br>助 手      | 今泉吉明  | III-V-N混晶半導体の発光特性  | 秋山   |
| 112 | 埼玉大(工)<br>助教 授      | 矢口裕之  | リッジ量子細線レーザの光学評価と作製   | "    |
| 113 | 香川大(工)<br>助教 授      | 小柴俊   | Ni単結晶の共鳴逆光電子分光   | "    |
| 114 | 弘前大(理工)<br>助教 授     | 手塚泰久  | "  | 辛    |
| 115 | 弘前大(理工)<br>助教 授     | 遠田義晴  | "  | "    |

## 一般

| NO. | 所 属                  | 氏 名   | 研究題目   | 関係所員      |
|-----|----------------------|-------|--|-----------|
| 116 | 弘前大(理工)<br>助 手       | 中島伸夫  | Ni単結晶の共鳴逆光電子分光   | 辛         |
| 117 | 弘前大(理)<br>M. C. 1    | 佐藤龍太  | "  | "         |
| 118 | 弘前大(理)<br>M. C. 1    | 中嶋大介  | "  | "         |
| 119 | 名大(工)<br>教 授         | 曾田一雄  | ホイスラー型 $(Fe_{2/3}V_{1/3})_{100-y}Al_y$ の高分解能光電子分光  | "         |
| 120 | 名大(工)<br>M. C. 2     | 吉本修   | "  | "         |
| 121 | 名大(工)<br>助 手         | 竹内恒博  | Bi系酸化物超伝導体の超高分解能角度分解光電子分光実験  | "         |
| 122 | 名大(工)<br>M. C. 1     | 小野木智英 | "  | "         |
| 123 | 東京理科大(理)<br>助 手      | 樋口透   | 共鳴逆光電子分光装置の開発  | "         |
| 124 | 東京理科大(理)<br>D. C. 2  | 野沢俊介  | "  | "         |
| 125 | 東京理科大(理)<br>M. C. 1  | 竹内智之  | "  | "         |
| 126 | 愛媛大(理)<br>教 授        | 渕崎員弘  | 四面体分子系の液体状態と遅い緩和過程   | 藤井        |
| 127 | お茶大(理)<br>助 教 授      | 古川はづき | RENi <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C (RE=Er,Tb,Ho) 系の抵抗測定  | 吉澤        |
| 128 | お茶大(人間文化)<br>学振特別研究員 | 梶本亮一  | La <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> FeO <sub>3</sub> の電荷秩序の研究  | "         |
| 129 | 北大(理)<br>助 教 授       | 川端和重  | 孤立した双晶境界のダイナミクス  | 高山        |
| 130 | 北大(理)<br>助 教 授       | 根本幸児  | "  | "         |
| 131 | 北大(理)<br>M. C. 2     | 細川泰芳  | "  | "         |
| 132 | 阪大(理)<br>助 教 授       | 松川宏   | "  | "         |
| 133 | 北海道情報大(経営情報)<br>教 授  | 三本木孝  | "  | "         |
| 134 | 徳島大(工)<br>助 教 授      | 大野隆   | YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>7</sub> とLa <sub>1.85</sub> Sr <sub>0.15</sub> の <sup>18</sup> Oアイソトープ置換 | 上田<br>(寛) |
| 135 | 九大(理)<br>教 授         | 網代芳民  | 一次元量子交替スピinn系の合成と磁性  | "         |
| 136 | 九大(理)<br>助 手         | 浅野貴行  | "  | "         |
| 137 | 岡山理科大(理)<br>教 授      | 大谷楓男  | 高温超伝導体の酸素同位体置換と物性  | "         |
| 138 | 倉敷芸科大(芸術)<br>助 手     | 草野圭弘  | 水熱合成によるセラミックスの合成   | 廣井        |

## 物質合成・評価設備Pクラス

|   |                    |      |                             |           |
|---|--------------------|------|-----------------------------|-----------|
| 1 | 北大(理)<br>教 授       | 稻辺保  | 分子性伝導体における強相関効果の研究          | 田島        |
| 2 | 北大(理)<br>講 師       | 内藤俊雄 | "                           | "         |
| 3 | 北大(理)<br>D. C. 3   | 松田真生 | "                           | "         |
| 4 | 東工大(理工)<br>助 教 授   | 森健彦  | "                           | "         |
| 5 | 東工大(理工)<br>助 手     | 川本正  | "                           | "         |
| 6 | 千葉大(自然科学)<br>助 教 授 | 澤博   | 分子性結晶における高圧下での構造相転移の研究と装置開発 | 上田<br>(寛) |
| 7 | 山口大(工)<br>助 教 授    | 中山則昭 | 強相関電子系酸化物の透過電子顕微鏡法による微細構造評価 | "         |

## 物質合成・評価設備Pクラス

| N.O. | 所 属           | 氏 名  | 研究題目               | 関係所員 |
|------|---------------|------|--------------------|------|
| 8    | 京大(化研)<br>教 授 | 山田和芳 | 銅酸化物高温超伝導体の大型単結晶育成 | 廣井   |
| 9    | 京大(化研)<br>助 手 | 藤田全基 | "                  | "    |

## 物質合成・評価設備Gクラス

|    |                       |       |                                   |                 |
|----|-----------------------|-------|-----------------------------------|-----------------|
| 1  | 北大(エネルギー先端七)<br>助 教 授 | 青木義明  | Boron-rich carbide熱電素子の開発研究       | 物質合成室           |
| 2  | 北大(工)<br>M.C. 2       | 原 雅之  | "                                 | "               |
| 3  | 北大(工)<br>M.C. 1       | 沖野純一  | "                                 | "               |
| 4  | 北海道自動車短期大(工)<br>教 授   | 阿部 寛  | "                                 | "               |
| 5  | 南大阪大(経営)<br>助 教 授     | 伊東和彦  | 物性測定のためのフォルステライト単結晶の合成            | "               |
| 6  | 高エネルギー機構(物構研)<br>助 手  | 安達弘通  | 希土類化合物の作製                         | "               |
| 7  | 富山県立大(工)<br>助 教 授     | 横道治男  | 強磁場中で合成された単層カーボンナノチューブの形状に関する研究   | 化学分析室<br>電子顕微鏡室 |
| 8  | 理先任研究員                | 田村雅史  | 含希土類有機導体の構造研究                     | X線測定室           |
| 9  | 山口大(工)<br>助 教 授       | 中山則昭  | Ni-Mn-Co三元人工格子の作製と構造・磁性           | 電子顕微鏡室          |
| 10 | 山口大(理工)<br>M.C. 1     | 荒木邦彦  | "                                 | "               |
| 11 | 長崎大(工)<br>教 授         | 岩永 浩  | コイル状カーボンファイバーの格子像に及ぼす熱処理温度の影響     | "               |
| 12 | 東京商船大(商船)<br>教 授      | 和泉 充  | 導電性ラングミュア・プロジェクト膜における弱い2次元電子局在    | 電磁測定室           |
| 13 | 東京商船大(商船)<br>D.C. 1   | 石崎 康雄 | "                                 | "               |
| 14 | いわき明星大(理工)<br>教 授     | 吉田喜孝  | カーボンナノケージ、ナノチューブに内包された金属炭化物結晶の超伝導 | "               |
| 15 | 龍谷大(理工)<br>教 授        | 西原弘訓  | バルクハウゼンノイズを利用した非破壊評価法の研究          | "               |
| 16 | 龍谷大(理工)<br>M.C. 2     | 荻野 猛  | "                                 | "               |
| 17 | 長崎総合科学大<br>教 授        | 藤井光広  | カーボンマイクロコイルおよびグラファイトコイルの磁気抵抗測定    | "               |

# — 平成12年度後期 スーパーコンピュータ共同利用採択課題一覧

|          |                |   |
|----------|----------------|---|
| 1 利根川 孝  | 神戸大(理)教授       | 空間構造をもつ一次元量子スピン系の数値的研究                            |
| 2 張 紀久夫  | 大阪大(基礎工)教授     | 微視的非局所応答理論によるメゾスコピック系と輻射場の相互作用の研究                 |
| 3 長谷川 泰正 | 姫路工大(理)助教授     | ラダー系での4体スピン交換相互作用                                 |
| 4 大槻東巳   | 上智大(理工)助教授     | アンダーソン転移の普遍性の検証                                   |
| 5 川上則雄   | 大阪大(工)教授       | 量子スピン系におけるフラストレーションの効果                            |
| 6 平井國友   | 奈良県立医科大(医)助教授  | 金属人工格子の電子構造とスピン密度波                                |
| 7 山田耕作   | 京都大(理)教授       | 強相関電子系における超伝導の理論                                  |
| 8 木村信行   | 北海道工大(工)教授     | 競合する磁気相互作用を持つ鉄クロム合金における複雑な磁気構造の分子動力学的研究           |
| 9 鈴木壯吉   | 東北文化学園専門学校教員   | クーロン及びフォノン相互作用を含む高温超伝導機構の平均場解析…中間結合理論的アプローチ       |
| 10 紺谷浩   | 東京大(物性研)助手     | 高温超伝導体・有機物金属における輸送現象の解析                           |
| 11 上田和夫  | 東京大(物性研)教授     | フラストレーションのある量子スピン系                                |
| 12 高河原俊秀 | 京都工織大(工芸)教授    | 单一量子ドットにおける多励起子状態の理論                              |
| 13 川村光   | 大阪大(理)教授       | ランダムな磁性体と超伝導体におけるボルテックス秩序                         |
| 14 笠井秀明  | 大阪大(工)教授       | 固体表面上での動的量子過程のモデル計算                               |
| 15 飛田和男  | 埼玉大(理)教授       | 空間構造を持つ低次元量子スピン系の数値的研究                            |
| 16 川島直輝  | 東京都立大(理)助教授    | 量子性が本質的役割をはたす臨界現象                                 |
| 17 山本量一  | 京都大(理)講師       | 大規模計算機シミュレーションによる絡み合い高分子液体の非線形ダイナミクスの研究           |
| 18 青木秀夫  | 東京大(理)教授       | 量子ホール系における光学応答の数値的研究                              |
| 19 塚田捷   | 東京大(理)教授       | 第一原理電子状態によるナノ構造の物性予測                              |
| 20 渕崎員弘  | 愛媛大(理)助教授      | 非平衡状態での遅い緩和過程                                     |
| 21 片岡洋右  | 法政大(工)教授       | 水素結合性液体・溶液における物性と動的構造                             |
| 22 飯高敏晃  | 理化学研究所員        | 第一原理計算による極限物性の研究                                  |
| 23 相原智康  | 群馬大(工)助教授      | ナノレベルでの構造制御による金属間化合物の界面の高機能化に関する理論的研究             |
| 24 小林伸彦  | 理化学研究所員        | ナノ構造の電気伝導の第一原理計算                                  |
| 25 木野日織  | 東京大(物性研)学振P.D  | 多体摂動論による電子状態の第一原理計算                               |
| 26 松川宏   | 大阪大(理)助教授      | 摩擦の計算機実験  |
| 27 浅井美博  | 電総研(電子基礎)主任研究官 | Adaptive sampling 量子モンテカルロ法を用いた二次元ハバードモデルの基底状態の研究 |
| 28 高山一   | 東京大(物性研)教授     | コンプレックス系における相転移とスロー・ダイナミックス                       |
| 29 常次宏一  | 筑波大(物質)助教授     | 強相関電子系における軌道とスピンの相関の数値的研究                         |
| 30 吉川信夫  | 青山学院大(理工)助教授   | 多項式展開法による二重交換系の計算                                 |
| 31 広瀬喜久治 | 大阪大(工)教授       | 実空間計算手法に基づく第一原理分子動力学シミュレーションプログラムの開発              |
| 32 滝川昇   | 東北大(理)教授       | 第一原理分子動力学法によるNaクラスターの固相液相相転移の研究                   |
| 33 尾閑之康  | 東工大(理)助手       | ゆらぎの緩和による非平衡緩和法の発展と応用                             |

5 送付先

(1) 中性子散乱研究施設の共同利用

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方106-1

東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設

電話 (029)-287-8900

FAX (029)-283-3922

(2) スーパーコンピュータの共同利用

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学物性研究所 電子計算機室

電話 (0471)-36-3451

(3) その他の共同利用

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉5-1-5

東京大学物性研究所 総務課共同利用掛

電話 (0471)-36-3209

1 公募事項 (添付の要領参照)

- (1) 共同利用 (一般, 物質合成・評価設備) (平成13年4月～平成13年9月実施分)
- (2) 共同利用 (中性子) (平成13年4月～平成14年3月実施分)
- (3) 共同利用 (スーパーコンピュータ) (平成13年4月～平成14年3月実施分)
- (4) 長期留学研究員 (平成13年4月～平成14年3月実施分)
- (5) 短期留学研究員 (平成13年4月～平成13年9月実施分)
- (6) 短期研究会 (平成13年4月～平成13年9月実施分)

2 申請資格  
国公私立大学及び国公立研究機関の教員、研究者並びにこれに準ずる者。

3 申請方法

- (1) 共同利用については、外来研究員申請書を提出すること。  
ただし、スーパーコンピュータ、物質合成・評価設備の共同利用については、申請方法が異なるので6～8ページを参照のうえ、申請すること。  
(2) 短期研究会については、提案代表者から短期研究会申講書を提出すること。
- (3) 研究報告  
共同利用研究（共同利用及び留学研究員）については、終了後速やかに実施報告書（所定の様式によること。）を提出のこと。  
また、共同利用研究によって得た成果の論文の別刷2部を総務課共同利用掛あて提出のこと。

4 申請期限

- (1) 中性子散乱研究施設の共同利用 平成12年11月30日(木)必着
- (2) スーパーコンピュータの共同利用 平成12年12月8日(金)必着
- (3) その他の共同利用 平成12年12月18日(月)必着

関係各研究機関長 殿

東京大学物性研究所長  
福山秀敏（公印省略）

平成13年度前期共同利用の公募について（通知）

このことについて、下記のとおり公募しますので、貴機関の研究者にこの旨周知くださるとともに、申請に当たっては遺漏のないようよろしくお取り計らい願います。

記

6 審査  
研究課題の採否、所要経費の査定等は共同利用施設専門委員会において行い、教授会で決定する。

7 採否の判定  
平成12年3月中旬

8 研究報告  
共同利用研究（共同利用及び留学研究員）については、終了後速やかに実施報告書（所定の様式によること。）を提出のこと。

また、共同利用研究によって得た成果の論文の別刷2部を総務課共同利用掛あて提出のこと。

9 宿泊施設  
(1) 東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設が利用できる。  
(ただし、長期留学研究員は利用できません。)

(2) 中性子散乱研究施設の共同利用については、東京大学物性研究所附属中性子散乱研究施設共同利用研究員宿泊施設が利用できる。

10 学生教育研究災害傷害保険の加入  
大学院学生は「学生教育研究災害障害保険」に加入されるようご配慮願いたい。

## 平成13年度前期共同利用公募要項

### 外 来 研 究 員 に つ い て

物性研究所においては、共同利用研究業務として、全国物性研究者の研究遂行に資するため、各種研究員制度が設けられています。これらの研究員の公募は、半年毎に行っております。外来研究员制度は、個々の申請を検討の上、実行されておりますが、特別な事情のある場合を除いて、あらかじめ共同利用施設専門委員会の了承を得る建前をとっておりますので、下記を参照の上、期日までに応募されるようお願いします。

その他、外来研究员制度の内容あるいは利用する設備等に関してお分かりにならないことがあります。  
（1）「一般の共同利用」の場合は、1研究課題に許される修士課程の学生数は1名を原則とします（修士課程の学生とは申請時点で修士課程在籍であること）。  
（2）「共同利用」又は「留学研究员」に申請される場合は、事前に必ず利用される研究室等の教官と打ち合わせの上、申請書を提出してください。

なお、「一般の共同利用」の場合は、1研究課題に許される修士課程の学生数は1名を原則とします（修士課程の学生とは申請時点で修士課程在籍であること）。  
申請書用紙は、別紙の様式をコピーして使用してください。

#### 記

##### 1 各種外来研究员

###### （1）嘱託研究员

- ① 所外研究员に本研究所の研究計画及び共同研究計画の遂行上必要な研究を委嘱することを目的としています。  
② 嘱託研究员の委嘱は、本研究所所員の申請に基づいて、研究計画等を検討の上、決定します。

###### （2）共同利用

###### ○ 一般の共同利用

- ① 所外研究员が研究の必要上、本研究所の施設を利用したい場合、その便宜を提供できるようになります。  
② 一般の共同利用は、「共同研究」と「施設利用」の二つの形態に分けられます。「共同研究」と「施設利用」では採択率、充足率が異なる場合があります。

また、「共同研究」と「施設利用」のそれぞれに、特に研究を集中して遂行する「短期集中型」の利用形態が設けられています。「短期集中型」の採用人数は、予算の制約から

若干名となりますが、充足率は高くなります。採択された場合には、短期集中型を次期に統一して申請することはできません。

- ③ 短期集中型で不採択となった場合には、一般の共同利用として審査されます。  
④ 申請は、別紙（様式2）の申請書とともに、「短期集中型」で行う必要性、研究内容及び研究計画の具体的なスケジュール等をA4版1枚（様式任意）に詳細に記入したものをお併せて提出してください。

- 中性子散乱研究施設の共同利用 （4ページ参照）  
○ スーパーコンピュータの共同利用 （6ページ参照）  
○ 物質合成・評価設備の共同利用 （9ページ参照）

###### （3）留学研究员

- ① 長期留学研究员  
半年以上の期間、本研究所の所員に指導を受けながら研究を行う大学院学生を対象としています。  
ただし、原則として、本研究所から旅費の支給はなく東京大学柏地区共同利用研究员宿泊施設の利用もできません。  
② 短期留学研究员  
数ヶ月程度の期間、本研究所に滞在して、若手研究员や大学院学生が研究することにより、新技术の修得などを行うことを主な対象としています。期間中は東京大学柏地区共同利用研究员宿泊施設の利用の便宜を供します。  
採用人数は、予算及び宿泊の制約から、若干名となりますので、不採択に備えて他の区分への併願も認めます。採択された場合には、次期に続けて申請することはできません。  
③ 申請は、別紙（様式1）の申請書を提出してください。  
なお、「短期留学研究员」への申請の場合は、別紙（様式1）の申請書とともに、「短期留採択された共同利用研究の中での放射線施設を利用される方には、「外来研究员等の放射線管理内規」に従って、別紙（様式7）の「放射線業務従事承認書」を提出していただきます。

### 2 採否決定

上記各種外来研究员受入れの可否は、共同利用施設専門委員会において、申請された研究計画、研究歴及び所内諸条件を審査検討し、教授会で決定します。  
採択された共同利用研究员には、「放射線業務従事承認書」を提出していただきます。

### 3 実施報告書

共同利用及び留学研究员で来所の方には、1期（半年又は1年）毎に終了後30日以内に別紙

## 中性子散乱研究施設の共同利用について

### 4 別刷の提出

外来研究员として来所されて行わられた研究に関する論文の別刷 2 部を必ず総務課共同利用掛に提出してください。

また、論文を発表される場合、謝辞の所に東京大学物性研究所の共同利用による旨の文章を入れていただくことを希望します。英文の場合の参考として、次のような例文をあげておきます。

(例 1) This work was carried out under the Visiting Researcher's Program of the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

(例 2) This work was carried out by the joint research in the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

(例 3) This work was performed using facilities of the Institute for Solid State Physics, the University of Tokyo.

5 経 費

旅費、滞在費及び研究に要する経費は、個々の申請に基づいて共同利用施設専門委員会で査定・審査し、教授会の決定に基づき共同利用施設運営費から支出します。  
ただし、長期留学研究员については、経費の援助はありません。

### 6 そ の 他

- (1) 予算の支出、諸施設の利用、設備の管理等については、関係する所員の指示に従ってください。
- (2) 申請書は、必ず別紙様式のものを使用してください。

- (1) 中性子散乱研究施設の共同利用は、通常公募方式によって行われている。

### 申請期限：平成12年11月30日（木）必着

- (2) 申請用紙は下記あて請求し、必要事項を記入の上、同施設あて締切り期日までに 8 部（7 部は複写でも可）提出すること。

〒319-1106茨城県那珂郡東海村白方106-1

TEL (029)287-8900

FAX (029)283-3922

- (3) 申請された研究課題は、中性子散乱研究施設運営委員会の審査を経て、教授会で決定された後、結果を実験責任者あて通知する。

- (4) 研究課題の申請は、原則として上記のとおり年1回であるが、特に緊急を要する課題が生じた時は、その理由を付して、上記中性子散乱研究施設運営委員会委員長あて随時申請することができる。

- (5) 実験終了後、所定の様式で成果報告書を提出することが求められる。

- (6) 受付課題の種類  
中性子散乱装置の共同利用研究課題として次の 2 種類の課題を受け付ける。

- a) 一般課題
- b) 装置グループ I M T \* (Instrument and Maintenance Team) 課題

\* I M T 課題については、第(10), (11)項を参照のこと。

\* I M T 課題の申請者は、申請書を施設まで請求すること。

- (7) 共同利用に供される中性子散乱実験設備については、申請用紙の添付資料「改造 3 号炉中性子散乱実験設備の概要」を参照のこと。

- (8) 一般課題の採択手順

- 1) 装置グループ (I M T) による課題の技術的検討
- 2) 3 人のレフリーによる課題の学術的内容の審査
- 3) 實験審査委員会\*\* (N S P A C) による審議を経て、運営委員会に提案

## スーパーコンピュータの共同利用について

物性研究所では、物性物理学の研究のための共同利用スーパーコンピュータを運用しています。  
他の計算機センターではできないような大規模計算による研究プロジェクトや先端的な計算手法の開発などに重点を置いて運用しており、利用課題の審査に際しても、研究プロジェクトの目的、その計画と方法、特色を重視します。

なお、スーパーコンピュータシステムは、本年3月に二つの計算サーバ（ベクトル処理向き並列機とスカラ処理向き並列機）からなるシステムに更新されました。  
新システムの性能、キューブ成、利用課金等の詳細は、「物性研究所スーパーコンピュータシステム共同利用案内」をご参照ください。  
同案内については、物性研のwwwホームページ  
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/super/riyou.html>

(9) 課題採択スケジュール  
10月中旬 公募の手続き  
11月30日 公募の手続き  
12月中旬 I M Tによる技術的審査、I M T間での意見交換  
12月下旬 課題申請書とI M Tの技術的コメントを3人のレフリーに送付

1月中旬 レフリーの判定報告の締切  
1月下旬 実験審査委員会（N S P A C）で審査  
2月上旬 運営委員会の審議決定

(10) 装置グループ（I M T）について  
JRR-3の中性子散乱装置群の維持・管理に責任を持つ組織として装置グループI M Tが編成

されている。I M Tの任務と権利等は以下のとおりである。  
1) I M Tに割り当たられるマシンタイム（比率P）の内容

i) 分光器の調整  
ii) 分光法開発、試料環境等附属装置の開発  
iii) 試料のチェック  
iv) テスト実験、緊急課題及び国際協力の遂行  
v) 教育  
2) I M Tメンバーは、上記1)に記された項目について、所属する装置グループのマシンタイムを使用することができます。

3) I M Tメンバーの任務  
i) 分光器の調整、整備  
ii) 試料のチェック  
iii) 一般利用者の実験の援助

(11) マシンタイムの配分  
(1-P) : 一般課題に割り当たられるマシンタイムの比率。装置責任者・I M Tメンバーも含めて、各研究者が各自の研究計画に基づき申請書を提出し、実験審査委員会（N S P A C）及び運営委員会の審議により決定される。

(P) : I M Tに割り当たられるマシンタイム。  
なお、比率（P）の値は各I M Tの申請に対し、実験審査委員会（N S P A C）及び運営委員会で審査して年度毎に決定される。

1 利用 課 金  
利用課金は差し当たり所外利用者からは徴収しませんが、予算の関係上場合には、消耗品等を何らかの方法で負担していただくことがあります。

2 申請課題クラス  
申請課題は、二つの計算サーバの申請利用金額の和に対して以下のクラスA, B, C, D, Sに分けて受け付けます。全く異なる課題を並列して行う場合は、同一の研究者が複数の課題を行つことにありますが、類似した課題は一つにまとめるようにしてください。利用金額に対応する二つの計算サーバのCPU時間や各クラスの申請利用金額の上限等については「共同利用案内」を参考ください。

A (小型) : 各月の末日が締め切りで翌月の10日から年度末まで利用できます。本クラスへの申請は一ヶ月毎に1回だけとします。また、A以外のクラスですでに利用している研究代表者（グループ）の申請は受け付けません。

B (中型) : 一般の共同利用申請期限の約3週間前（注：平成13年度前期は12月8日）に締め切り、4月1日から年度末まで利用できます。なお、一研究代表者（グループ）が本クラス課題を複数申請する場合には、その総ボリューム数は指定の上限以下とします。

C (大型) : 一般的の共同利用申請期限の約3週間前（注：同上）に締め切り、4月1日から年度末まで利用できます。なお、一研究代表者（グループ）の本クラス課題の複数申請は受け付けません。

- D (緊急) : 研究の進歩が著しく、緊急の計算を要すると判断される課題のためのクラスです。  
申請利用金額に制限はありません。随時受け付け、採択後 6 ヶ月利用できます。
- S (特別) : 計算物理による物性研究の分野において特に重要な課題で、かつ、大規模な計算を伴うものを重点的に支援するためのクラスです。  
申請利用金額に上限はありません（下限がある）。
- 一般の共同利用申請期限の約 3 過間前（注：同上）に締め切り、4 月 1 日から 1 年間利用できます。
- なお、本クラス課題については、スーパーコンピュータ共同利用委員会において研究代表者に申請課題の説明を行っていただきます。

### 3 利用申請

利用を希望するときは、物性研究所スーパーコンピュータシステム共同利用申請の手引き」にしたがって課題申請を行ってください。  
同手続きについては、物性研のwwwホームページ  
<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/super/shinsei.html>  
をご覧ください。

### 4 申請期限

平成12年12月8日(金)必着

### 5 採否決定

プロジェクト課題の採否、利用金額の割り当ては、スーパーコンピュータ共同利用委員会の審査を経て、教授会で決定します。

### 6 利用

所外から電話公衆機又はインターネットを経由したネットワークによってスーパーコンピュータを利用することができます。また、利用が許可された期間中は、物性研究所電子計算機室がオープンしているかぎり、随時利用されてもかまいません。（旅費は支給されません。）

### 7 利用報告書

次年度初めに利用報告書をスーパーコンピュータ共同利用委員会長あて提出していただけます。書式は別途連絡します。

### 8 研究成果の出版

スーパーコンピュータの共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所スーパーコンピュータを利用した。」旨を論文中に明記し、また、その別刷 1 部を物性研究所電子計算機室あて送付してください。

(例 1) The authors thank the Supercomputer Center, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo for the use of the facilities.

(例 2) The computation in this work has been done using the facilities of the Supercomputer Center, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo.

## 物質合成・評価設備の共同利用について

物質設計評価施設の物質合成・評価部では、下記の6実験室及び各種合成・評価設備を、全国共同利用として運営しています。利用を希望される方は下記の要領で申請してください。

問い合わせ先：上田 寛 (0471)-36-3435

### 1 利用実験室と設備

| 実験室    | 利 用 設 備   |
|--------|---|
| 物質合成室  | ブリッジマン炉、引き上げ炉、ハロゲンランプ四槽円型帯域浴融炉、キセノンランプ四槽円型帯域浴融炉、アーク溶解炉、精密ダイヤモンドカッター、フーラックス炉、真空蒸着装置                                      |
| 化学分析室  | SEM-EPMMA(波長分散型X線分析装置および高精度画像記録システム付), ICP-AES, 各種実体顕微鏡, 電子天秤(0.1μg~240g), 純水製造装置                                       |
| X線測定室  | 粉末X線回折装置(封管型, 回転対陰極型), 単結晶四軸回折装置(封管型, 回転対陰極型), ラウエカメラ, ワイセンベルグカメラ, 極低温単結晶イメージングプレート回折装置(回転対陰極型)                         |
| 電子顕微鏡室 | 300kV高分解能電子顕微鏡, 200kV分析電子顕微鏡(電界放射型, エネルギー分散形X線分析装置, 試料加熱・冷却ホルダ, FIB装置)  |
| 電磁気測定室 | 15テスラ超伝導磁石(ヘリウムフリー超伝導磁石, 異方性磁場効果測定システム), 振動式磁力計, 2テスラ電磁石, 光交流比熱測定装置, 16テスラ高一超伝導磁石, 磁化測定装置(7T MPMS), 物理特性測定装置(9T PPMS)   |
| 光学測定室  | ラマン分光装置(顕微ラマン, クライオスタット), エキシマーレーザー(波長可変パルスレーザー, 連続発振レーザー), フリー赤外分光器(含顕微鏡ユニット)(透過・反射・発光・FTラマン分光装置), 近赤外～紫外分光器(含顕微鏡ユニット) |

申請に当たっては、所外及び所内の研究代表者を一人ずつ設け、所外研究代表者は所内研究代表者とあらかじめ研究内容や遂行計画等について相談・検討の上、研究組織を構成してください。なお、研究組織には、研究協力者として、若干の学生を入れることができます。申請は一期(半年)毎に受け付けます。

申請書は、物質合成・評価設備共同利用申請書(様式3)及び外来研究(共同利用)申請書(様式2)「物質設計評価施設希望実験室名」欄には、上記1のうち利用希望実験室名を記入する。)を提出してください。

### 2 申請課題クラスと申請手続き

利用課題の申請は以下の三つのクラスに分かれます。申請に当たっては、それぞれのクラスに該当する申請書(コピーで可)を使用してください。

(1) 研究提案型課題申請(Pクラス)  
本クラスは、物性研究所との共同プロジェクト研究として位置付けられるもので、利用者が物質合成・評価設備の共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所物質合成・評価設備を利用した。」旨を論文中に明記し、また、その別刷1部を物性研究所物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あてに送付してください。

### 3 申請課題クラスと申請手続き

一期(半年)毎に、終了後30日以内に様式5の実施報告書を物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あて提出していただきます。なお、「5 研究実施経過」については、利用機器、利用手段・方法に加え、感想・要望も記入してください。

### 4 申請課題クラスと申請手続き

7 研究成果の出版  
物質合成・評価設備の共同利用による研究の成果が出版される場合には、必ず「物性研究所物質合成・評価設備を利用した。」旨を論文中に明記し、また、その別刷1部を物性研究所物質合成・評価設備共同利用委員会委員長あてに送付してください。

- (例 1) The authors thank the Materials Design and Characterization Laboratory, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo for the facilities.
- (例 2) This work was performed using facilities of the Materials Design and Characterization Laboratory, Institute for Solid State Physics, University of Tokyo.

## 短期研究会について

短期研究会は、物性研究上興味深い特定のテーマについて全国の研究者が 1 ~ 3 日間程度研究会を開き、集中的に討議するもので、提案代表者は内容、規模等について関係研究者と十分検討の上、申請してください。

### 1 申 請 方 法

提案代表者は別紙申請書（様式 4）を提出してください。  
なお、提案者の中に、本研究所所属員が 1 名以上必要です。

### 2 提案理由の説明

提案代表者は、内容、規模等について共同利用施設専門委員会で説明していただきます。

### 3 採 否 決 定

共同利用施設専門委員会の審議を経て、教授会で決定します。

### 4 絏 費

共同利用施設専門委員会で査定・審査し、教授会の決定に基づき共同利用施設運営費から支出します。（1 件当たりの申請金額については、50~100 万円を目安としてください。なお、100 万円を超えるものを承認する場合もあります。）

### 5 報 告 書

提案代表者は、研究会終了後速やかに「物性研だより」に掲載する研究会報告書を提出してください。執筆に関する要領は別にお知らせします。

## 共同利用施設専門委員会委員

## 外来研究員等の放射線管理内規

|         |                             |                     |                |
|---------|-----------------------------|---------------------|----------------|
| 稻 边 保   | 北海道大学(大・理)                  | 村 山 茂 幸             | 室蘭工業大学(工)      |
| 宇田川 康   | 東北大学(科学計測研)                 | 三 宅 和 正             | 大阪 大 学(大・基礎工)  |
| 太 田 仁   | 神戸大学(理)                     | 佐 藤 正 俊             | 名古屋大学(大・理)     |
| 前 川 稔   | 東北大学(金研)                    | 大 貞 悠 瞳             | 大阪 大 学(大・基礎工)  |
| 巨 巨 海 玄 | 九州大学(大・理)                   | 北 岡 良 雄             | 大阪 大 学(大・基礎工)  |
| 倉 本 義 大 | 東北大学(大・理)                   | 鈴 木 直               | 大阪 大 学(大・基礎工)  |
| 前 野 悅 悅 | 京都 大 学(大・理)                 | 網 代 芳 民             | 九 州 大 学(大・理)   |
| 大 門 寛   | 奈良先端科学技術学院大学院大学<br>(物質創成科学) | 水 崎 隆 雄             | 京 都 大 学(大・理)   |
| 高 畠 敏   | 島 広 (大・先端物質科学)              | 川 合 真 紀             | 理 化 学 研 究 所    |
| 安 藤 正   | 高エネルギー加速器研究機構<br>(物構研)      | 高 木 英 典             | 東 京 大 学(大・新領域) |
| 小 林 速   | 男 間崎国立共同研究機構<br>(分子研)       | そ の 他 物 性 研 究 所 所 員 |                |

(昭和57.7.21制定)  
放射線障害予防規程第44条第3項に定める外来研究員等の放射線管理については以下のとおりとする。

### 1. 柏 地 区

- (1) 物性研究所放射線管理室(以下「管理室」という。)は、外来研究員等の共同利用申込が承認された時に、その所属する大学又は事業所に対し「物性研究所の放射線施設を利用する外来研究員等の派遣についての了解事項」及び「放射線業務従事承認書」を送付する。
- (2) 外来研究員等は、放射線取扱いに先立って「放射線業務従事承認書」を管理室に提出するものとする。
- (3) 本所の放射線施設及び放射線発生装置等を初めて利用する外来研究員等に對し、当該施設の放射線管理責任者は、放射線取扱いの開始前に放射線発生装置あるいは放射性物質等の安全取扱い、立入記録の記入等についての教育訓練を実施する。
- (4) 放射線管理責任者は、外来研究員等について、フィルムハッジ等の着用の有無を確認し、それ等を持たない場合は、個人被曝線量計を貸与し被曝線量當量を測定し記録するものとする。

2. 日本原子力研究所内(東海村) - 中性子散乱研究施設  
中性子散乱研究施設を利用する外来研究員等は、日本原子力研究所で定める放射線管理上の所要手続きをしなければならない。
3. 高エネルギー加速器研究機構(以下「機構」という。)内設置の軌道放射物性研究施設分室を利用する外来研究員等は、機構が定める放射線管理上の所要手続きをしなければならない。

## 物性研究所の放射線施設を利用する 外来研究員等の派遣についての了解事項

1. 外来研究員等及び所属機関の責任者は、物性研究所の放射線施設の利用に際して、以下の事項を承諾するものとする。

2. 外来研究員等は、本所放射線障害予防規程及び当該放射線施設の管理内規に従う。

3. 外来研究員等が利用する放射線施設等に係る管理責任（放射線発生装置、放射性物質の安全管理取扱い、管理区域等の線量当量の測定等の管理）は、物性研究所にあるが、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」等で定める放射線業務従事者としての認可及び個人管理は、外来研究員等の所属機関において行う。

放射線業務従事者としての認可及び個人管理とは、

- (1) 教育訓練(物性研究所における放射線発生装置等の安全取扱いに係る教育訓練は除く)の受講
- (2) 血液検査などの健康管理
- (3) 個人被曝線量当量の測定
- (4) 放射線業務に従事することの可否の判定

4. 放射線業務に従事する外来研究員等は、所属機関の放射線取扱主任者及び管理責任者が認める放射線業務従事承認書を、物性研究所放射線管理室に提出する。

5. 個人被曝線量計（フィルムマジック等）は、原則として所属機関より持参し、着装して放射線業務に従事するものとする。  
但し、個人被曝線量計のない場合は、当該施設又は放射線管理室が貸与する。

## 外来研究員（留学研究員）申請書

No.

|   |           |          |
|---|-----------|----------|
| 東京大学物性研究所長 殿  |           | 平成 年 月 日 |
| 所 属   |           |          |
| 職名又は学生名   |           |          |
| 氏 名   |           |          |
| 級号権益合年月日（　　年　　月　　日）級　号権   |           |          |
| 申請者の連絡先　電話  |           | 内線 _____ |
| FAX   |           | _____    |
| eメールアドレス  |           |          |
| 下記研究計画により（長期留学研究員・短期留学研究員）として貴研究所で研究したいので申請します。<br>(申請する方を○で囲むこと) |           |          |
| 研究題目  |           |          |
| ○研究予定期間　平成　年　月　日～平成　年　月　日   |           |          |
| ○研究の実施計画の概要   |           |          |
| ○放射線業務に従事することの有無　　有　・　無　(○で囲むこと)                                  |           |          |
| ○長期留学研究員  | 希望指導教官名   |          |
| ○短期留学研究員  | 希望部門・研究室名 |          |
| 併願している場合の研究室等名（<br>）  |           |          |

※ 採択された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外来研究員等の放射線管理内規」に従って、  
「放射線業務従事承認書」（様式7）を提出していただきます。

|  |  |
|--|--|
| ○滞在・宿泊場所について<br>・長期留学研究員（東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設の利用はできません）<br>常駐場所（予定）住所・名所                                 |  |
| 所 属  |  |
| ・短期留学研究員<br><input type="checkbox"/> 東京大学柏地区共同利用研究員宿泊施設<br><input type="checkbox"/> その他（　　）            |  |
| ○この共同利用の際、貴所属機関から、鉄道費、日当、宿泊料が支給されますか。<br><input type="checkbox"/> される<br><input type="checkbox"/> されない |  |
| ○略歴（大学院学生は学歴を記入すること）   |  |
| FAX  |  |
| 上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。<br>平成　年　月　日  |  |
| 指導教官の所属・職・氏名   |  |
| 申請者の所属長　職・氏名   |  |

## 外來研究員（共同利用）申請書

No.

|   |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
|---|---------------|--------|----|---------------------|---------------|-----|----------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| 平成 年 月 日  | 東京大学物性研究 所長 殿 | 職名又は学年 | 氏名 | 級号備合年月日( 年 月 日) 級 号 | 申請者の連絡先 電話 内線 | FAX | eメールアドレス | 下記研究計画により外來研究員として貴研究所で研究したいので申請します。 | 研究題目 (グループで研究する場合は代表者名を記入すること) | 研究目的 (グループで研究する場合は代表者名を記入すること) | ○研究の実施計画 (使用装置・方法等詳細に) (グループで研究する場合は代表者のみ記入すること) |
| ○共同研究・施設利用 を希望する (申請する方一つを○で囲むこと)                       |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| ○放射線業務に従事することの有無 有 • 無 (○で囲むこと)                         |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| ○短期集中型を希望する場合はこの欄を記入してください                              |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| ・短期集中型で採用されなかった場合、一般的の共同利用としての審査希望について 希望する • 希望しない     |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| ・過去 5 年以内に短期集中型で採用されたことの有無 無・有 (最新採用年度 平成 年度 前期 後期 他 回) |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| ○希望部門・研究室名 ( 部門 )                                       |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| ○物質設計評価施設 希望実験室名 ( )                                    |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |
| 他の研究室又は実験室へ共同利用を同時に申請していますか □してない □している ( )             |               |        |    |                     |               |     |          |                                     |                                |                                |  |

※ 採取された共同利用研究の中で、放射線施設を利用される方には、「外來研究員等の放射線管理内規」に従って、「放射線業務從事承認書」(様式 7)を提出していただきます。

|  |  |
|--|--|
| ① 宿泊を必要としない申請者(日帰り)                    | 月 日 ~ 月 日 の期間中 ( 週・月 日 ) 合計 日  |
| • 用務先                                  | <input type="checkbox"/> 物性研(柏) <input type="checkbox"/> 物性研(つくば) <input type="checkbox"/> 物性研(東海) |
| ② 宿泊を必要とする申請者                          |  |
| 月 日 ~ 月 日 ( 泊 日 )                      | 月 日 ~ 月 日 ( 泊 日 )  |
| 月 日 ~ 月 日 ( 泊 日 )                      | 月 日 ~ 月 日 ( 泊 日 )  |
| 月 日 ~ 月 日 ( 泊 日 )                      | 月 日 ~ 月 日 ( 泊 日 )  |
| • 用務先                                  | <input type="checkbox"/> 物性研(柏) <input type="checkbox"/> 物性研(つくば) <input type="checkbox"/> 物性研(東海) |
| ③ この共同利用の際、貴所属機関から、鉄道費、日当、宿泊料が支給されますか。 | <input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない   |
| 利用頻度 :                                 | ① 新規 ② 過去 5 年間何回位申請していますか ( 回 )  |
| 略歴 (大学院学生は学歴を記入すること)                   |  |
| 上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。    |  |
| 平成 年 月 日                               |  |
| 申請者の所属長 氏名 ( )                         |  |

## 物質合成・評価設備共同利用申請書（P－クラス）

|   |
|---|
| 申請代表者所属・職・氏名  |
| 申請研究課題  |
| 使用希望実験室<br>(複数可)<br>（1）物質合成室<br>（2）電磁気測定室<br>（3）X線測定室<br>（4）電子顕微鏡室<br>（5）光学測定室<br>（6）光電子分光室 |
| (研究の目的・背景、実験計画・方法・利用機器等について記入してください)  |
| (裏面使用可)   |

## 短期研究会申請書

## 7 旅費の支給を必要とする者

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
|    | 氏名 | 所属 | 職名 |
| 1  |    |    |    |
| 2  |    |    |    |
| 3  |    |    |    |
| 4  |    |    |    |
| 5  |    |    |    |
| 6  |    |    |    |
| 7  |    |    |    |
| 8  |    |    |    |
| 9  |    |    |    |
| 10 |    |    |    |
| 11 |    |    |    |
| 12 |    |    |    |
| 13 |    |    |    |
| 14 |    |    |    |
| 15 |    |    |    |
| 16 |    |    |    |
| 17 |    |    |    |
| 18 |    |    |    |
| 19 |    |    |    |
| 20 |    |    |    |

東京大学物性研究所長 殿

|          |       |
|----------|-------|
| 提案代表者    |       |
| 所属       |       |
| 職名       |       |
| 氏名       | ④     |
| 連絡先      | 電話 内線 |
| FAX      |       |
| eメールアドレス |       |

下記のとおり短期研究会の開催を提案したいので申請します。

## 記

|   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 研究会の名称  |                          |
| 2 提案理由  |                          |
| 理由書は、400字以上600字まで（A4版横書き）とし、提案理由及び研究会内容がよくわかるように記載してください。 |                          |
| 特に物性研で開催することの必要性や意義を明記してください。                             |                          |
| 3 開催期間  | 平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日 (日間) |
| 開始時間  | _____ :                  |
| 4 参加予定者数  | 約 名                      |
| 5 希望事項 (○で囲む)   |                          |
| 予稿集 : 有 無 その他希望事項   |                          |
| 公開・非公開  |                          |
| 6 その他 (代表者以外の提案者:所属機関・職名を記入のこと)                           |                          |



平成 年 月 日

## 外 来 研 究 員 施 設 利 用 実 施 報 告 書

東京大学物性研究所長 殿

東京大学物性研究所所長 殿

|     |     |
|-----|-----|
| 所 属 | 氏 名 |
| 職 名 | 記   |

下記のとおり貴研究所の施設を利用しましたので、報告します。

記

- 1 研究題目 平成 年 月 日 ~ 平成 年 月 日
- 2 利用期間
- 3 利用研究室又は 実験室名

## 4 共同研究者氏名及び所属・職名

| 氏 名 | 職 名 | 所 属 | 備 考 |
|-----|-----|-----|-----|
|     |     |     |     |
|     |     |     |     |
|     |     |     |     |
|     |     |     |     |
|     |     |     |     |

## 5 研究実施経過 (利用機器、利用手段・方法、成果、約 400字 (A4版横書き))

## 注 意

- (1) グループ研究の場合、代表者が記入のこと。
- (2) 各期終了後30日以内に提出すること。

平成 年 月 日

## 放 射 線 業 務 従 事 承 認 書

東京大学物性研究所長 殿

機 関 名

所 在 地

放射線取扱主任者名

所属機関代表者名

当機関は、「物性研究所の放射線施設を利用する外来研究員等の派遣についての了解事項」を承諾して、下記の者が貴研究所において放射線業務に従事することを承認しましたので、よろしくお願いします。

なお、下記の者については、当機関において放射線障害防止法、あるいは人事院規則(10-5)等の法規に基づいて放射線業務従事者として管理が行われていることを証明します。

記

| 氏 名 | 年令 | 身 分 | 所属学科・部課等 | 年現在の合計被曝線量(毫Sv) | 過去1年間の被曝線量当量(毫Sv) |
|-----|----|-----|----------|-----------------|-------------------|
|     |    |     |          |                 |                   |
|     |    |     |          |                 |                   |
|     |    |     |          |                 |                   |
|     |    |     |          |                 |                   |
|     |    |     |          |                 |                   |
|     |    |     |          |                 |                   |

| 放射線業務従事期間 | 年 | 月 | 日から | 年 | 月 | 日まで |
|-----------|---|---|-----|---|---|-----|
| 物性研究所利用施設 |   |   |     |   |   |     |

(注) この承認書の有効期間は、年度末までです。

# — 平成12年度外部資金の受入について

(平成12年4月1日～平成12年9月30日)

## 1. 奨学寄附金

- (1) 500万円を超える奨学寄附金  
該当なし

- (2) 500万円以下の奨学寄附金

| 件 数 | 金 額        |
|-----|------------|
| 8 件 | 4,250,840円 |

## 2. 民間との共同研究

| 研 究 題 目                | 相手側機関名  | 共 同 研 究 経 費 |           | 研究担当職員   |
|------------------------|---------|-------------|-----------|----------|
|                        |         | 相手側負担金      | 本 学 負 担 分 |          |
| 高ピークパルス発生技術の研究         | 三菱電気(株) | 420,000円    | ————      | 教授 渡部俊太郎 |
| 蓄積リングの鉛直及び水平方向変位に関する研究 | 清水建設(株) | 420,000円    | ————      | 教授 神谷 幸秀 |

## 3. 受託研究

| 研 究 題 目 名   | 委 託 者            | 受 入 金 額     | 研究担当職員                |
|---|------------------|-------------|-----------------------|
| 次世代エレクトロニクスのための物質科学シミュレーション   | 日本学術振興会          | 62,278,000円 | 教授 今田 正俊              |
| 第一原理量子論的アプローチと微視的シミュレーション<br>サブテーマ:ナノ構造と表面・界面及び構造転移   | 日本学術振興会          | 21,786,000円 | 助教授 常行 真司             |
| 微細構造におけるスピinn量子物性の開拓  | 科学技術振興事業団        | 3,001,000円  | 教授 家 泰弘               |
| 低次元異常金属の開発  | 科学技術振興事業団        | 1,000,000円  | 教授 加倉井和久              |
| マイクロ波による高温超伝導体の超伝導状態および渦糸状態の研究  | 科学技術振興事業団        | 1,100,000円  | 助教授 松田 裕司<br>助手 井澤 公一 |
| 水熱合成法による新物質探索と電子顕微鏡観察   | 科学技術振興事業団        | 275,000円    | 助教授 廣井 善二             |
| 「ベンチャーシーズ発掘型国際共同研究事業水性インキを用いたグラビア(凹版)印刷用マルチ半導体レーザ製版システムの開発」における半導体レーザ光学系の設計、試作、およびレンズ制御系の設計 | (財)千葉県産業振興センター   | 11,562,600円 | 教授 渡部俊太郎              |
| 評価用コヒーレント光源の開発  | 技術組合 超先端電子技術開発機構 | 8,820,000円  | 教授 渡部俊太郎              |
| 中性子光学実用性能の理論的定式化に関する研究  | 理 化 学 研 究 所      | 7,902,000円  | 教授 藤井 保彦              |

# Technical Report of ISSP 新刊リスト

## Ser. A

- No. 3567** Critical Neutron Scattering Study of the Compositional Phase Transition in  $Mg$  – Doped  $CuGeO_3$ , by Masakazu Nishi, Hironori Nakao, Yasuhiko Fujii, Takatsugu Masuda, Kunimitsu Uchinokura and Gen Shirane.
- No. 3568** Ultrahigh-resolution Photoemission Spectroscopy of  $Ni$  Borocarbides: Direct Observation of the Superconducting Gap and a Change in Gap Anisotropy by Impurity, by Takayoshi Yokota, Takayuki Kiss, Tadataka Watanabe, Shik Shin, Minoru Nohara, Hidenori Takagi and Tamio Oguchi.
- No. 3569** Mechanism of Spin-Triplet Superconductivity in  $Sr_2RuO_4$ , by Masatoshi Sato and Mahito Kohmoto.

## 編 集 後 記

ここ数日すっかり秋も深まり、物性研の向かいにある柏の葉公園も紅葉の季節を迎えてます。物性研が移転して半年あまり、周辺の工事も一段落し、やっとキャンパスらしい体裁が整ってきました。移転を記念して11月30日には記念シンポジウム「物性科学の現在と21世紀への展望」、12月1－2日には最初の一般公開が行われます。多数の皆様の御来所をお待ちしています。これを機会に、「物性研だより」も旧来のスタイルを一新することになりました。特に物性研の最新の研究成果を分野をこえて広く知っていただくために、研究トピックスの分かりやすい解説を掲載することを企画し、初回は、毛利、辛、松田、各先生にお願いしました。この試みは今後も続けていく予定ですので、皆様のご意見をお寄せください。

なお、次号の原稿締切りは12月10日です。

所属又は住所変更の場合等は事務部共同利用掛までご連絡願います。

瀧川 仁

