

物性研だより

第27卷
第6号
1988年3月

目 次

○物性研賛	竹 中 久	1
研究室だより		
○中田研究室	中 田 一 郎	3
○小特集「物性研究所における酸化物高温超伝導体研究の現状」		18
物性研短期研究会報告		
○「物性研究の将来計画」		47
世話人	中嶋 貞雄, 川路 紳治	
伊達 宗行, 長岡 洋介		
物性研究所談話会		85
物性研ニュース		
○人事異動		86
○物性研究所創立30周年記念行事		
一般公開のアンケート調査の報告		87
○テクニカルレポート 新刊リスト		95
編集後記		

東京大学物性研究所

ISSN 0385-9843

物性研 贊

物性研究所を離れて早や十月過ぎました。手形割引も既にだめ、いよいよ落ちる期限が来たという心境です。「物性研だより」に何か、消え去るものの一文を書けとの行き届いた有難いお達しを頂き、戸惑っているところです。物性研の人が外部に何かの情報を出すのが「物性研だより」であれば、外部のOBが物性研に何か言うのは、それは「物性研だよられ」ではないか?などと、実際にくだらんことを仕事の合間に考えたりしている毎日を送っています。さて、十四年間もの長い間、御世話になりました。苔がむし、カビは覆い、屋台骨は朽ち果て、訪れる人もなく、只、蜘蛛の巣のみが我が世の春とばかりに張り巡らし、空気の移動さえ無くひたすら時の流れの長さのみが感ぜられるほど、と表現されるほど長いこと居座ってしまい、大いに恐縮いたしております。もと助手だった先輩に聞けば、「たまたま思い出すことは圧倒的に苦いことが多く、言いたいこともこれまた圧倒的に角の立つことが多く、なるべく早く忘れてしまいたい。物性研だよりに書くなんて、とんでもない。そっとしておいてくれ」と言っていましたが、私は違います。人生の浮沈、権威のすばらしさ、その他諸々の事、生きた社会を教えてくれた物性研に心から感謝致しております。古来より、可愛い子には旅をさせよ、若い頃の苦労は買うてでもせよなどと言いますが、私のようないたらない者を暖かく育んでくれ、解雇することもなく大らかに包み込んでくれた慈悲深い物性研、あと一年居らして頂けたら、この素晴らしい物性研で永年勤続者の表彰をいただけたのに惜しいことをしたと思っています。所員の方々に表彰がないのは永年勤続が常識だからでしょうか?それとも他に理由があるのでしょうか、助手はだめなのでしょうか、日頃疑問に思っていましたが、それとももう心配しなくてもよくなってしましました。今は只、昭和五十年(だったと思う)に、A棟地下室のメンバーと事務室の面々とのあいだで対抗野球試合をやったことを思い出しています。菅原先生がヒットを打って一塁を回り、暴走とも思える二塁走塁を謀り、眼鏡を壊しながら滑り込んでタッチアウトと思いきや、大貫さんからの悪送球で樋口さんがジャンプ捕球した御陰でセーフになったことなど、懐かしんでおります。そう言えばその冬には餅つきも行われました。新しいことに捕らわれず、古いものを大事にする物性研に本当に感激しました。A棟脇、坂の下にある桜の側で花見の焼肉を催し、酒を酌み交わした事など、忘れる事は出来ません。ストックルーム委員を勤めさせていただいた時に電気電子関係の品目を半減させた事、工作委員の時は何も出来ず、また何もしなかった事など、色々愉快な経験をさせていただきました。途中から小林研究室に入れていただきましたが、その頃からは研究が忙しくなり、後から振り返ってしみじみ思い出すような事も少なくなりました。最後は森垣研究室で実験をさせて頂きましたが、それはもう、充実の一語に尽きるまで実験、実験、実験、実験、と研究三昧に浸らしてもらい、本当に有り難うございました。元気の無いときには元気の出るようにはげましてくれた小黒さん、古賀さん、森さん、吉田さん、

液化室の方々、皆さんには特に御世話になりました。その他のかたがたにも親切にしていただき、終生忘れません。人間社会から研究まで、色々な事を教えてくれた物性研に心から御礼申し上げます。さて、去年の四月からは地元の人が言うには東北の湘南、北関東の地続きで既に東京圏に入ったと言うそうな、いわき市に来ております。風が強くて塵が漂う暇もなく吹き飛ばされて空は爽快に晴れわたっています。たまに雪が降っても是れまた吹き飛ばされてどっかにいってしまいます。その代わり、晴れて太陽が出ていても、遠くの山で雪が降れば、風に飛ばされてくることが結構あります。陽光燐々と雪が舞うといった得難い風情を経験しております。東京都港区六本木の皆さんには想像もつかないでしょう。空気が乾燥しているのでなかなか面白い環境です。ちなみに米国の事情に詳しい人の話に依りますとアリゾナに似ているそうで、そういえば大きな結核療養所があります。物性研に居る頃は酷くはありませんがアレルギーが出ましたが、こちらにきてからはなんとなく出ないようです。三月二十四日になれば常磐自動車道が全線開通して東京からおよそ二時間二十分で来れる様になりますから、研究室のハイキングなどに手ごろなコースとなるかも知れません。旨いもので言えば、夏から秋口にかけての鰯の刺身が秀逸です。晩秋になれば、たこの刺身がよくなります。茨城県阿字が浦より北の方にかけて、たこが名物だそうです。冬にはあんこう鍋ぐらいしかありませんが、あんこうと同じ深海魚で「どんこ」と呼ばれるのが隠れた珍味です。あんこうが木綿漬し豆腐とすれば、そう、どんこは絹漬し豆腐といった感じでしょうか。精進料理なら秋、ズバリ一泊温泉泊まり込み（実は冷泉の沸かし）でまつたけのフルコース宴会が一万二千円程度です。もしも舶來西洋料理が好ければ、ちょっとした海鮮フランス料理フルコースなども宜しいかも知れません。四~五千円ぐらいはしますが、茨城県にあるなんとか製作所の偉い人達が時々、只、食べる為だけに来るほどだそうです。真冬になれば、シャコが二十匹で三百円と言った所でしょうか、寿司屋でつまむのが阿呆らしくなります。これは値段から言ってもそうですが、とれたてのをすぐにゆでなければ味落ちてしまい、あきません。温泉は、日本一を誇る湧出量と聞いています。含食塩硫黄泉の常磐湯本温泉があります。いわゆる温泉地の大人的レジャーもあるそうですが、子供連れOKの至極健全なレジャー設備などもあり、忘年会などにこられても結構、面白いかも知れません。ゴルフは会員権が百四十万円そこそこと聞きました。物性研コンペなんかも手ごろな値段で出来ると言えるでしょう。何度も言いますが物性研の皆様方には本当に御世話になりました。御礼の一端として、四月以来、足で稼いだ耳寄りな情報（勝手に自分でそう思っているだけ）を御参考までにお知らせさせて頂きました。貴重な紙面を無駄にして気が引けますが、私の気持ち、意のあるところを御賢察頂ければ喜びであります。

研究室だより

中田研究室

中田一郎

一昨年来の酸化物高温超伝導体の出現は当研究室の棹尾を飾るにふさわしいテーマを提供してくれた。事の起りは昨年1月20日に阪大基礎工の小田祺景氏が来訪され試料を作つてみないかと誘われたことに始まる。私は一年後に定年を控えているので系統的な研究は不可能と思ったが、話のたねにと思って一寸試みたのが切掛となって、自分自身が深入りする羽目になってしまった。私はいわゆる超伝導の専門家ではないが、専門家でなければやっていけないという理屈はない。しかし、通常は研究費の調達が障害となって出来ないものである。しかし、今回は数千円程度の原料費をかけるだけで甚だ簡単に試料が作れてしまい、それでいて極めて魅力的な物質であった。また、お互いに離れていてもデータはファックスで瞬間に相互に交換出来たということも研究能率に測り知れない寄与をしてくれた。

もちろん、試料というものは作っただけでは、ただの塊りにすぎない。結晶構造の解明、電気的磁気的性質の測定を行つて、その物質の特性を調べて、その本質を探らなくてはならない。小田氏の外に最近、姫路工大へ移られた小原孝夫氏が加わり、小人数ながらグループはフル・エンジンでスタートした。最初はLa系を研究したが、昨年3月始めに90K超伝導体の組成が知れてからY系に移った。当時の世の中はまさに人、人、人の青梅マラソンのスタートを彷彿させる光景であった。肝心の結晶構造は3月16日になってベル・グループによるものが報道され原子の配置は明らかになった。しかし、不十分な単結晶についてなされた解析であったので、原子の占有率や温度因子はなお不明のままであった。3月28日にわが小原氏は0.5mm程度の寸法の $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ の単結晶を焼結法で作ることに成功した。早速、X線室の佐藤昭一氏に4軸回折計による構造決定を引き受けもらった。佐藤氏は肉眼で辛うじて見えるくらいの小さな結晶群から顕微鏡を覗きながら $0.24 \times 0.20 \times 0.10\text{mm}$ の良質のものを選出し、更に表面にくついていた雑晶を除いて、回折強度測定を行い、構造を精度よく決定した。

Fig.1に示すものはその時に用いた単結晶の自然面である。写真から明らかなようにステップ構造が見られる。ステップの段差は高いもので 1000\AA 程度であるが、写真には微妙にしか写っていないが 100\AA 程度の段差のものも含まれている。写真から直ちに解ることはこの結晶はステップ成長したということである。ステップ成長は気相成長または融液、溶液成長の際に起るものであることは、はっきりしているので、この結晶はそのいずれかの過程で成長したことになる。説明は省略するが結論は溶液成長であり、一般に考えられているように粉末材料を混合して焼結したに過ぎないからドライな過程というのは間違いである。要するに BaCO_3 と CuO を 900°C くらいに加熱すると

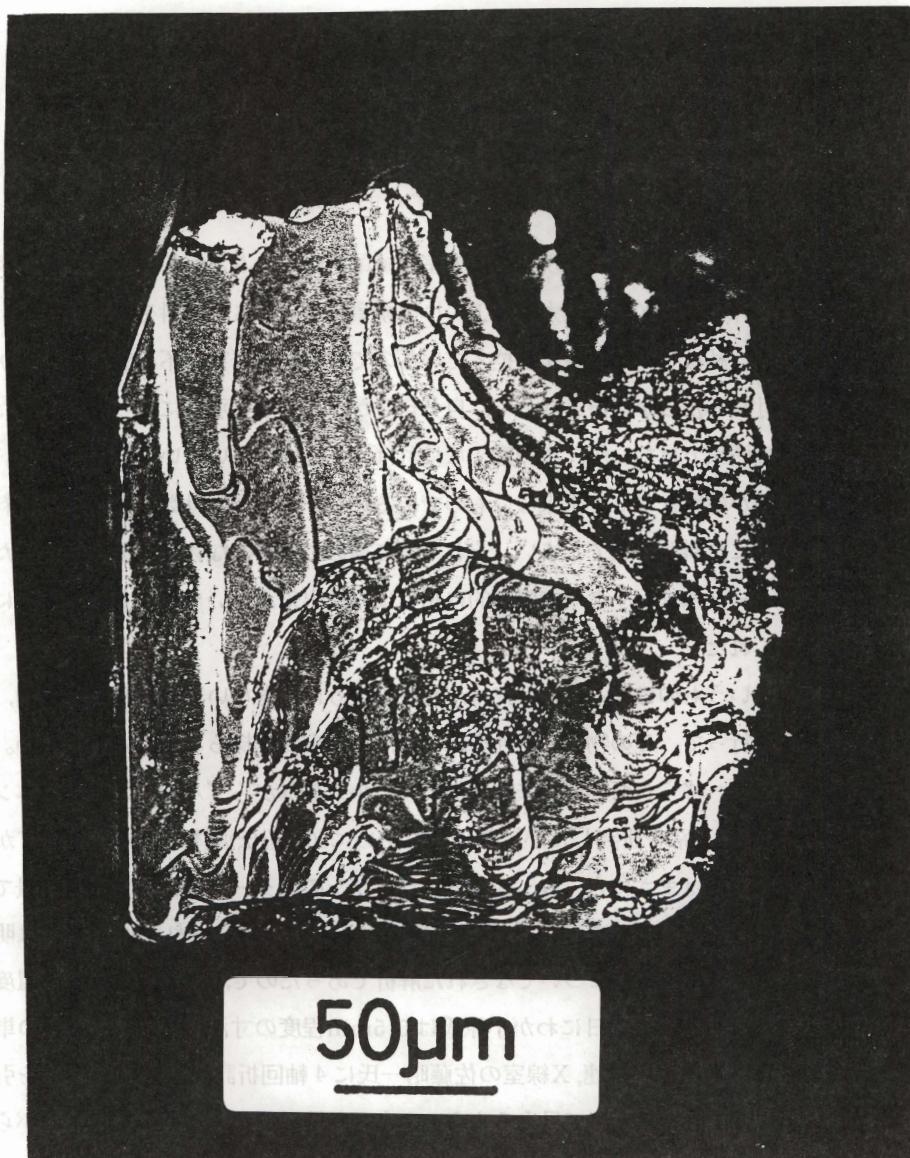


Fig.1

BaCuO₂ 及びそれに近い組成をとる融点の低い融液となり、それにY₂O₃が反応して融点の高い YBa₂Cu₃O₇ として析出したものであり、析出の際に表面ではステップ成長が支配的であったということである。

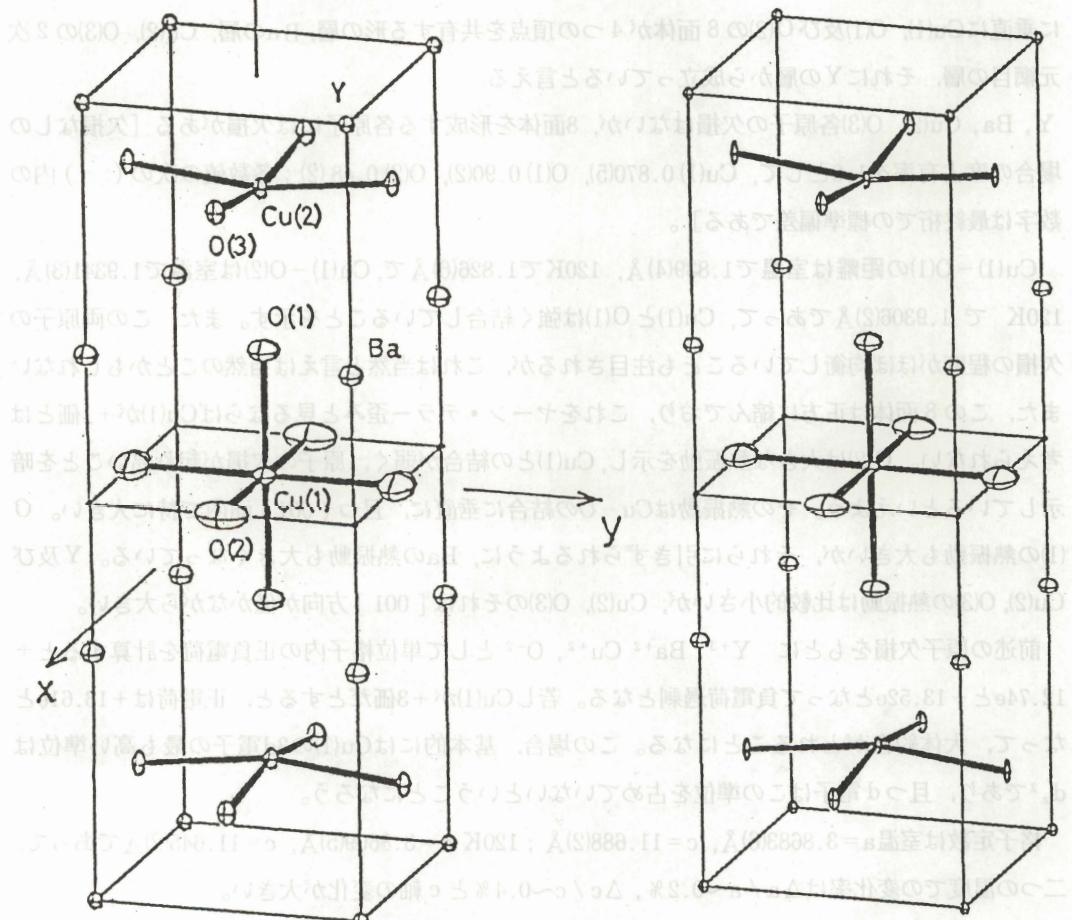
なお、Fig.1はカラー写真からのコピーであるが、このオリジナルは岩波書店から昨年8月3日に発行されたシリーズ「New Science Age 28 「先端産業と新素材」」のカバーを飾っている。結晶は正方晶系と思われたがa,b軸の長さが僅かに違うようでもあり、とりあえず斜方晶結晶して4月9日にJJAP Letterに投稿した。当時としては、OやCuの占有率と温度因子について、国

内外を通して最も精度の高い解析となり、結晶格子を構成にいる緩く結合した酸素の状態も明瞭になった。これに先だってわれわれは $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ が温湯 (35°C) に漬ると分解することを世界で最初に発見したが、それはこのような構造上の特徴に対応していると考えるのが自然である。

その後詳細な検討を加え、更に酸素原子の一つの温度因子が甚だしく異方性を示したので、接近した二つの位置に等確率で分布していることの可能性や、またこれとの関連で、温度因子が低温でどの程度変化するのかを知る目的で 120K での解析、そして超格子反射出現の徵候の有無を 90K で

すれども結晶構造を複雑にする 180K での試験室、つまり板を要する複雑な構造式の結果によれば、この表面は通常の平面ではなく複雑な曲面であると言わざるを得ない。これは $\text{O}(1)$ と $\text{O}(2)$ の位置が、 $\text{Cu}(1)$ と $\text{Cu}(2)$ の位置と比較して、より複雑な構造を示すためである。

この表面は、 $\text{O}(1)$ と $\text{O}(2)$ の位置が、 $\text{Cu}(1)$ と $\text{Cu}(2)$ の位置と比較して、より複雑な構造を示すためである。



298K

120K

Fig. 2

調べるなどして、最終的に正方晶結晶としての構造を6月24日にActa Cryst.に投稿した。これは目下印刷中である。（室温で $R=0.029$, 120Kで $R=0.032$ ）。一方、学術的会合の場においては8月にオーストラリアのPerthでの国際結晶学会議のアドホック・セッション、ヨーロッパでは9月3日にStuttgartのMax-Planck固体研究所、9月17日にイギリスHull大学におけるイギリス結晶成長学会、9月21日にOxford大学Clarendon研究所、9月に仙台での山田コンファレンス、日本物理学会、11月に日本結晶学会などで発表してきた。

次にわれわれの行った解析の概要を述べる。また、室温及び120Kでの構造を熱振動楕円体でFig.2に示す。構造の特徴は一つの単位格子で言えばCu(1)を6個の酸素原子が取囲む8面体と、幾分ピラミッド型に歪んだCu(2), O(3)の平面4配位の面2つがc軸方向に積重なり、それをやはりc軸方向に伸びたBa-Y-Baの一次元配列4つが取り囲んでいる。結晶全体として見るならば、c軸に垂直にCu(1), O(1)及びO(2)の8面体が4つの頂点を共有する形の層、Baの層、Cu(2), O(3)の2次元網目の層、それにYの層から成立っていると言える。

Y, Ba, Cu(2), O(3)各原子の欠損はないが、8面体を形成する各原子には欠損がある〔欠損なしの場合の席占有率を1.0として、Cu(1) 0.870(5), O(1) 0.90(2), O(2) 0.48(2); 各数値の次の()内の数字は最終桁での標準偏差である〕。

Cu(1)-O(1)の距離は室温で $1.839(4)\text{\AA}$, 120Kで $1.826(6)\text{\AA}$ で、Cu(1)-O(2)は室温で $1.9341(3)\text{\AA}$, 120Kで $1.9306(2)\text{\AA}$ であって、Cu(1)とO(1)は強く結合していることを示す。また、この両原子の欠損の程度がほぼ均衡していることも注目されるが、これは当然と言えば当然のことかもしれない。また、この8面体は正方に縮んでおり、これをヤーン・テラー歪みと見るならばCu(1)が+1価とは考えられない。O(2)は大きな熱振動を示し、Cu(1)との結合が弱く、原子の欠損が起り易いことを暗示しているといえよう。その熱振動はCu-Oの結合に垂直に、且つ(001)面内で特に大きい。O(1)の熱振動も大きいが、それらに引きずられるように、Baの熱振動も大きくなっている。Y及びCu(2), O(3)の熱振動は比較的小さいが、Cu(2), O(3)のそれは[001]方向が僅かながら大きい。

前述の原子欠損をもとに Y^{+3} , Ba^{+2} Cu^{+2} , O^{-2} として単位格子内の正負電荷を計算すると +12.74eと -13.52eとなって負電荷過剰となる。若しCu(1)が+3価だとすると、正電荷は+13.61eとなって、大体釣合がとれることになる。この場合、基本的にはCu(1)の3d電子の最も高い準位は d_{z^2} であり、且つd電子はこの準位を占めていないということになろう。

格子定数は室温 $a=3.8683(6)\text{\AA}$, $c=11.688(2)\text{\AA}$; 120K $a=3.8609(5)\text{\AA}$, $c=11.645(2)\text{\AA}$ であって、二つの温度での変化率は $\Delta a/a \sim 0.2\%$, $\Delta c/c \sim 0.4\%$ とc軸の変化が大きい。

ところでLa(Sr,Ba)CuO及びYBaCuOの両系について振返ってみると、われわれは国内では最も早い時期に完全反磁性を観測している。特にY系では昨年4月の段階で、磁化測定室で観測した転移巾1.7K(10%~90%巾)という良質の試料を作成することに成功している(Fig.3参照)。これはLT-18に投稿した。

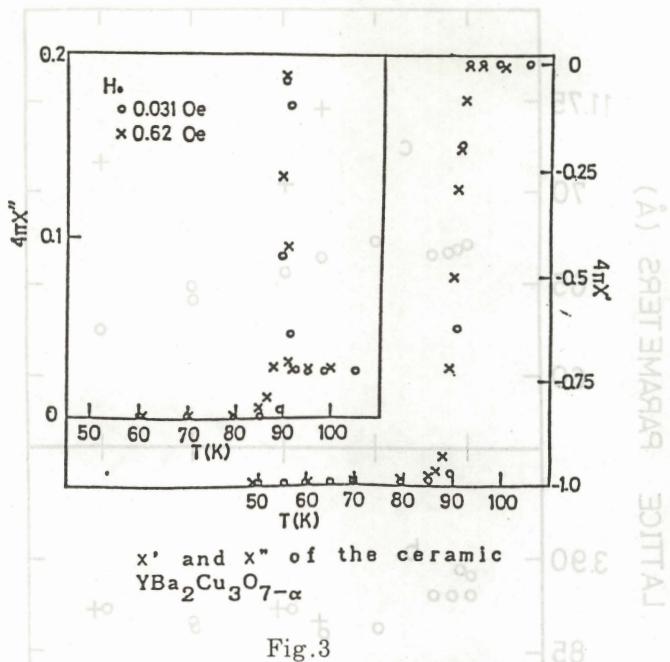


Fig.3

次に、われわれが昨年来深くかかわっているY系における超伝導正方相について述べよう。通常の $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ では超伝導になるのは y が7に近い値をとるところであって、結晶構造は斜方晶である。 y が6に近いところでは結晶は正方晶となり超伝導は消失して半導体となる。ここで述べようとする超伝導体正方晶というのは、われわれの行った上記のX線にする構造解析では y の値が7に近いにもかかわらず正方晶であり、しかも超伝導になる相のことである。このような相が存在することについては、これまで機会あるごとに報告してきたが、日本国内ではなかなか認めてもらえないかった。しかし、ごく最近になって国外ではばつばつとこのような報告が見受けられるようになって来た。超伝導正方相についてのわれわれの報文は実に世界で最初のものであった。ただし、この相では T_c が90Kを超すものは未だ見つかっていないので、なお慎重な取扱いが必要であることを断っておきたい。

われわれが次に見つけた超伝導正方相はCuをFeで部分的に置換した系であった。われわれは直ちにFeの濃度を変えて、格子定数、 T_c 等について詳細な実験を行った。その結果、Feの濃度を増加させると構造は斜方相から正方相に変るが、 T_c はほぼ直線的に減少することが判明した。われわれは900°C前後から急冷した試料も作り、これらの粉末X線回折パターンを系統的に検討したが、主としてc軸の変化から、超伝導を示す試料については酸素の数、すなわち y は7に近い値をとることを結論した(Fig.4,5参照)。

これらの実験と平行して ^{57}Fe のメスバウラー効果及び静帯磁率の測定を行った。その結果、FeはCu(1)とCu(2)の両サイトに置換し、価数は+3または+4に近いことが判明した。又、磁気的性質についても調べた。これらの結果は昨年6月岡崎の分子研で開催された高温超伝導体に関する研究会

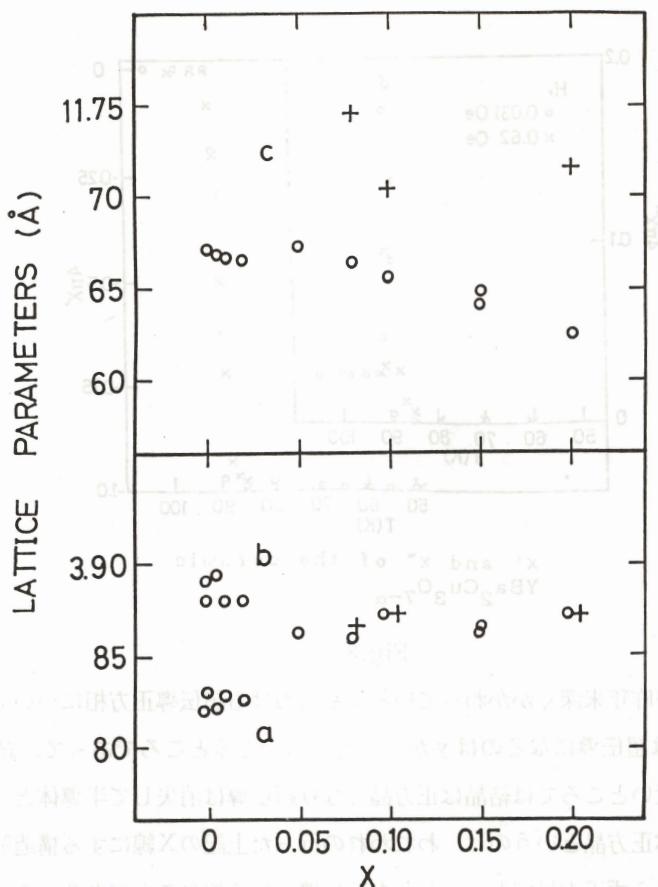


Fig. 4

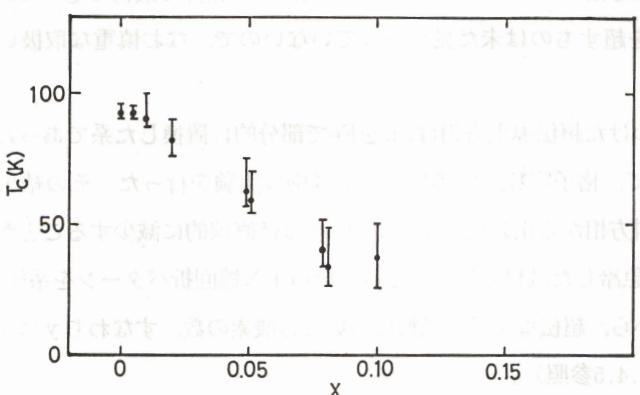
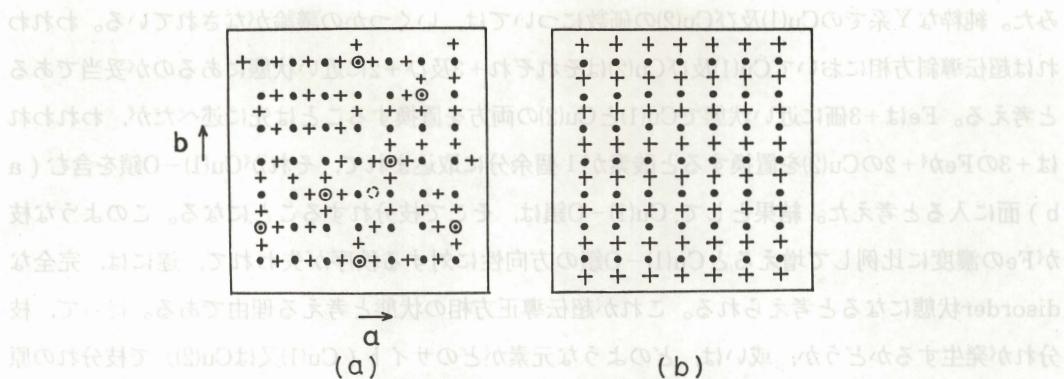


Fig. 5



Schematic drawing of the *c*-plane including $Cu1$. a) the case with Fe impurities. ● shows Cu^{+3} or Fe^{+3} at the $Cu1$ site, + shows O^{2-} , ◎ shows $Cu1$ where either (or both, with slight probability) $Cu2$ in the same unit cell is substituted by Fe^{+3} (or Fe^{+4}), ◇ is the vacancy for O^{2-} which may exist. b) the case of the original $YBa_2Cu_3O_7$ in the orthorhombic phase.

において報告したが、これもわれわれが世界に先駆けたものであった。その後、他のいくつかの置換系においても超伝導正方相が出現することが、あちこちのグループから報告されるようになった。さてそれでは超伝導正方相とはどのような結晶構造をとっているのであろうか。これに関して、われわれは種々の考察をもとにして、2つのBa層に挟まれた、いわゆるCu(1)-O鎖の方向性が格子単位の短いレンジでdisorder状態になっているものと結論した(Fig.6参照)。従って個々の単位格子をミクロに見ると、 Fe を含まない純粋な斜方晶の単位格子と同様なdistortionがあることになる。このことは Fe の濃度を変えて斜方相から正方相に変態させると、メスバウアー効果で観測されるeQqの分裂(核四重極相互作用によるエネルギー準位の分裂)の大きさが変化しないこと、又、NMRで観測されるeQq分裂の大きさとも対応がつくこと、などからも証明されると思う。

ここでわれわれは一つの極めて重要な結論に辿りついたわけである。すなわち、上の議論から Fe を混入することによって正方相に変態した系ではCu(1)-O鎖は(ab)面内で全くランダムな方向をとっていることになる。しかし、超伝導は T_c がいくらか下がるだけで、依然として存在している。これは超伝導電流を担っているのはCu(1)-O鎖ではなくCu(2)-O面であることを強く示唆していることをわれわれは指摘した。もちろん、これだけの議論では、超伝導を担っている層についての最終的な結論を下すのは無理である。またCu(1)が超伝導の発現に対してどのような寄与をしているかという問題も残されている。なおこれまでのところでは、超伝導を担っているのがCu(1)-O鎖かCu(2)-O面かという問題について、いろいろな議論がなされていて、 Fe 置換率を引合いにした議論もいくつかなされているが、結論だけを主張する議論は無意味であることを、特に注意しておきたい。

次にわれわれはCuをFeで置換した系が何故、正方相に転移するのかという点に関して推論して

みた。純粋なY系でのCu(1)及びCu(2)の価数については、いくつかの議論がなされている。われわれは超伝導斜方相においてCu(1)及びCu(2)はそれぞれ+3及び+2に近い状態にあるのが妥当であると考える。Feは+3価に近い状態でCu(1)とCu(2)の両方を置換することは先に述べたが、われわれは+3のFeが+2のCu(2)を置換すると酸素が1個余分に取込まれて、それがCu(1)-O鎖を含む(a-b)面に入ると考えた。結果として、Cu(1)-O鎖は、そこで枝分れすることになる。このような枝がFeの濃度に比例して増えるとCu(1)-O鎖の方向性に対する秩序が失われて、遂には、完全なdisorder状態になると考えられる。これが超伝導正方相の状態と考える理由である。従って、枝分れが発生するかどうか、或いは、どのような元素がどのサイト(Cu(1)又はCu(2))で枝分れの原因を作るかは置換した元素の価数に依存する。その後の研究によればZn⁺²は枝を作らないがAlなど+3より大きな価数をとる元素は枝を作つて正方相転移を引起すとするのが適切であると考えられる。しかし、いずれにしても尚、推論の段階にあるので、更に実験的検証を積み重ねることが必要であることは論をまたない。

これまでに紹介した実験とは別に、われわれはLa系とY系の双方について、静帯磁率の測定とESRの実験を種々の試料について行い、その結果を比較検討した。それによれば、いずれにおいても基本構造を作る元素のESR信号は観測されないこと、及び、静帯磁率が温度に依然しないこと等の結論を引出した。これについては昨年6月に分子研で開催された研究会で報告した。ESRの実験に付いてはグリーン相と呼ばれるY₂BaCuO₅等の不純物からの信号との混同があり、かなりの混乱があった。これについては昨年秋の日本物理学会の頃から、少くとも国内ではようやくコンセンサスが得られるようになった。

この1年の間にわれわれのグループの行った研究は枚挙に違ないが、この辺りで「以下省略」とさせていただきたい。協力していただいた佐藤昭一、古賀珪一、小池正義、田中虔一、數田真弓らの諸兄姉には厚くお礼申し上げる。

振返ってみると当研究室が出発して既に25年経ってしまった。あっという間であったといえないこともない。それではもう一度出発点に戻つて出直してみるかと問われたら、答えは「ノー」である。もう一度繰返したら、もっと優れた研究成果を挙げることが出来ただろうかと考えてみると、恐らくこれ以上の成果を挙げることは不可能であったとしか思えない。スランプのどん底にさ迷っている度に神は何気なく救つて下さった。後になって考えてみても、どうしてと思うような、私にとっての大発見がときどき起つてくれた。まことに悔いのない研究三昧の人生を送ることができたことに満足している。

もう少し、回想をお許しいただきたい。

私が25年前に助教授として着任したのは「非晶形部門」であった。当時、私より少し遅れて着任

された本田雅健教授の研究課題は「固体物性的に興味ある新物質の開発を化学者として行う」であり、私のは「物理的ならびに化学的に制御された物質の合成（たとえば、構造欠陥の制御された単結晶の製作、高温、高圧等特殊条件下の合成等）」であった。要するに今日で言う「新物質」の開発であった。しかし、新しければ何でもよいということならば、無限に存在する新物質の中から、そのいくつかを取上げることで済むことであった。しかし、当時も周りからの要望は、極めて興味深い物性を示すとともに、これまで誰も手懸けていないものということで、それほど簡単にみつかるものではなかった。例えば、現在ブームの酸化物高温超伝導体は新物質の最適例であるが、このように画期的なものは、偶然に訪れる幸運を除いては、探していたからといって見つかるものではない。まことに重い荷を背負う羽目になった。

何年か経つうちに「非晶形」という部門名は実体に合わないとして「無機物性部門」と改称になった。当時は有機物質は歓迎されていなかったということか。更に大部門制への移行とともに「凝縮系物性部門」に吸収されてしまった。

いずれにしろ着任以来私自身は一貫して単結晶の作成に専念して來たので、その範囲と種類は相当のものになった。同時に結晶の成長機構を実験物理的に解明することも研究室のメインテーマとするようになった。

微分干渉顕微鏡で、さんざんいろいろな結晶表面を覗いていた挙句、1972年3月末にオルソフレイト(Sm,Tb)FeO₃単結晶の表面に数オングストロームの段差のミクロステップ群を見つけたときの感激はまことに強烈なものであった。以来、この顕微鏡を虎の子として、スピネル構造のFeCr₂S₄、CdCr₂Se₄、六方晶のCr₂S₃を系統的に研究した。数年前に一次元構造をとるNbSe₄I_{0.33}単結晶を気相成長法で作成したもの自然表面に16Åと32Åの段差を取る単位格子ステップ構造が豊富に観察されることを見つけた。多数の結晶について、ステップ模様を分類整理してみると、そこにあたかも天体が誕生から死滅へのシリーズを示すと同様に、結晶の誕生から完成へのシリーズが整然と存在することが確認された。結晶成長に伴う転位群の生成、消滅、離合集散も手にとるように判定され、不完全結晶が、完全結晶へ成長する過程も辿ることが出来るようになった。このような経験があったので小原氏の作成したYBa₂Cu₃O₇の単結晶を顕微鏡で覗いたときに、その成長機構を瞬間的に判断することが出来た。

微分干渉顕微鏡を覗き続けて、凡そ17年になるが、視野に現れるミクロステップ模様は結晶成長の素過程を見せつけているもので、造化の織り成す対称性と配列の妙に魅せられ、まさに楽園をさ迷う感がある。微分干渉顕微鏡が数Åの段差しかもないミクロステップを直接に見せてくれる良い感度を持つことを私は世界で初めて実証したのであるが、今日この顕微鏡が世界の津々浦々に普及して表面観察に用いられているのを眼の当たりにして、まことに感慨無量である。

NbSe₄I_{0.33}の研究ではMax-Planck固体研究所を時々訪れ、Bauer博士と共同研究を行った。彼女はSi、GaAsのLPEに関する世界的権威であり、私にとっては垂涎の的であるZeiss製の微分

干渉顕微鏡を駆使して、LPE-Si表面に現れる3.1Åのdouble layerステップを系統的に研究して、結晶成長と結びつけた研究をまとめておられる。彼女に微分干渉顕微鏡を勧めたのは私がStuttgart大学に客員教授として滞在中の1974年のことであった。

私の超伝導との出会いは1977年のことで、(SN)_xの単結晶を作成したときに溯る。当時、永野研究室の小田祺景氏と阿部研究室の竹中久氏が私の作った数mmの寸法の単結晶について20mKまでの帯磁率測定を徹夜で進めて、その完全反磁性を証明した。まことに印象に残るすばらしい共同研究であった。

引続いて一次元構造をとる超伝導体としてNb₃S₄, Nb₃Se₄, Nb₃Te₄の単結晶を作成した。これらの電気的磁気的性質は金沢大の石原裕氏が実験してまとめた。その際彼はNb₃Te₄について100KあたりにCDWの徵候と思われる電気抵抗の異常を指摘した。これを受けて電顕室の鈴木邦夫氏が早速、低温領域をサーベイし、電子回折で超格子反射を、電顕像に鮮かなドメイン構造を発見した。研究を進めて、マルテンサイト変態によるドメイン構造とCDWドメイン構造が独立に略同じ温度で現われることが明らかになり、仕事はこれで一段落と考えていた。ところが最近、研究所の電子顕微鏡が更新され、その分解能が著しく向上し、改めてドメイン構造を調べたところ、更に複雑な微細構造をとることが判明した。なかなか奥行の深い現象である。

残務整理に入ろうとしていた矢先に高温超伝導体戦争に巻き込まれてしまったが、これは冒頭にも述べたように、私にとっては花道となった。結晶を作りながらも、欲張って、実にいろいろの研究分野に携わってきたものである。これで研究室は閉じることになる。

今、最も感謝している相手は人ではなくて電気炉である。25年にわたって連日連夜休むことなく、黙々と、しかも無事故で快調に働き続けてくれた電気炉達である。

(研究報告) (1) Improved Growth Method of (SN)_x Single Crystals
(2) Nuclear Relaxation of Water Protons Included in (SN)_x Crystals
(3) Electrical Conduction of a Quasi-One-Dimensional Nb₃S₄ Single Crystals
(4) Solid State Commun.

(1) Ichiro Nakada: Improved Growth Method of (SN)_x Single Crystals

J. Cryst. Growth 55 (1981) 447.

(2) H. Nishihara, I. Nakada and K. Satoh: Nuclear Relaxation of Water Protons Included in (SN)_x Crystals

J. Phys. Chem. Solids 43 (1982) 367.

(3) Y. Ishihara and I. Nakada: Electrical Conduction of a Quasi-One-Dimensional Nb₃S₄ Single Crystals

Solid State Commun. 42 (1982) 579.

(4) S. Suga, S. Shin, M. Taniguchi, K. Inoue, M. Seki, I. Nakada, S. Shibuya and T.

Yamaguchi:

- Reflectance Spectra of $ZnCr_2Se_4$ Spinel from 4 to 100eV Measured with Synchrotron Radiation : Band Structure, Covalency, and Final-State Interactions
Phys. Rev. **B25** (1982) 5486.
- (5) Tadaoki Mitani, Kuniaki Koyama, Hideo Mori, Takao Koda and Ichiro Nakada: Polarized Reflectivities of $(SN)_x$ and Brominated $(SN)_x$ in the Synchrotron Radiation Energy Region of 1–25eV
J. Phys. Soc. Jpn, **51** (1982) 3197.
- (6) Yasuyuki Suzuki, Ikuko Suzuki, Shinroku Matsusaki, Masao Doyama and Ichiro Nakada: Positron Annihilation on Low Dimensional Conductors (the Metallicpolymer $(SN)_x$)
P. G. Coleman, S. C. Sharma and L. M. Diana (eds.)
Positron Annihilation; North-Holland Pub. Co. 1982, p.248.
- (7) Y. Ishihara and I. Nakada: Electrical Conduction and Critical Magnetic Field for Superconductivity of a Nb_3Se_4 Single Crystal
Solid State Commun. **44** (1982) 1439.
- (8) Y. Ishihara and I. Nakada: Electrical Transport Properties of a Quasi-One-Dimensional Nb_3Te_4 Single Crystal
Solid State Commun. **45** (1983) 129.
- (9) T. Ishida, H. Mazaki and I. Nakada: Third-Harmonic Susceptibility $|\chi_3|$ of Quasi-One-Dimensional Superconductors Nb_3S_4 , Nb_3Se_4 , and Nb_3Te_4
J. de Physique **44** (1983) C3–1701.
- (10) T. Ishida, K. Kanoda, H. Mazaki and I. Nakada: Superconductive Behaviour of Quasi-One-Dimensional Nb_3Se_4
Phys. Rev. **B29** (1984) 1183.
- (11) Y. Ishihara, Y. Ono and I. Nakada: Anisotropic Electrical Properties of GeSe
Phys. stat. sol. (b) **121** (1984) 407.
- (12) Ichiro Nakada, and Yutaka Ishihara: Preparation of a Quasi-One-Dimensional Nb_3S_4 Single Crystal
Jpn. J. Appl. Phys. **23** (1984) 677.

- (13) Y. Ishihara, I. Nakada, K. Suzuki and M. Ichihara:
Thermoelectric Power of Quasi-One-Dimensional Nb_3X_4 with X = S, Se and Te
Solid State Commun. **50** (1984) 657.
- (14) Yutaka Ishihara, and Ichiroh Nakada:
Electrical Properties of a Quasi-One-Dimensional Nb_3Te_4 Single Crystal
Jpn. J. Appl. Phys. **23** (1984) 851.
- (15) K. Suzuki, M. Ichihara, I. Nakada and Y. Ishihara:
Superlattice Structure of Nb_3Te_4 at Low Temperatures
Solid State Commun. **52** (1984) 743.
- (16) Ichiroh Nakada and Yutaka Ishihara:
Vapour Growth of Nb_3Se_4 Crystals
Jpn. J. Appl. Phys. **24** (1985) 31.
- (17) Yoshihiko Kanemitsu, Ichiroh Nakada and Hiroto Kuroda:
Picosecond Laser Induced Anomalous Crystallization in Amorphous Silicon
Appl. Phys. Lett. **47** (1985) 939.
- (18) I Nakada and E. Bauser:
Microstep Structure on Vapour Grown $NbSe_4I_{0.33}$ Crystals
J. Cryst. Growth **73** (1985) 410.
- (19) K. Suzuki, M. Ichihara and I. Nakada:
Effect of Electron Irradiation on Phase Transition at Low temperatures in Quasi-One-Dimensional Nb_3Te_4
Proc. Int. Symposium on In Situ Exp. with HVEM, Osaka Univ. 1985, p.291.
- (20) Yoshihiko Kanemitsu, Yuzo Ishida, Ichiroh Nakada and Hiroto Kuroda:
Anomalous Surface Transformations in Crystalline Silicon Induced by Submicrosecond Laser Pulses
Appl. Phys. Lett. **48** (1986) 209.
- (21) Yoshihiko Kanemitsu, Ichiroh Nakada and Hiroto Kuroda:
Morphological Studies of Surface Transformations in Amorphous Silicon Induced by Picosecond Laser Pulses
Jpn. J. Appl. Phys. **25** (1986) L142.
- (22) Yoshihiko Kanemitsu, Hiroto Kuroda and Ichiroh Nakada:
Picosecond Laser Induced Rapid Crystallization in Amorphous Silicon
Jpn. J. Appl. Phys. **25** (1986) 1377.

- (23) K. Suzuki, M. Ichihara, I. Nakada and Y. Ishihara: Stripe and Charge-Density-Wave Domain Structures of Nb_3Te_4 . Solid State Commun. **59** (1986) 291.
- (24) Yutaka Ishihara, Yasushi Yoshita and Ichiroh Nakada: Specific Heat of Germanium Monotelluride. J. Phys. Soc. Jpn. **55** (1986) 1948.
- (25) I. Nakada and E. Bauser: Crystal Growth by Microsteps on Vapour Grown $NbSe_4I_5$. J. Cryst. Growth **79** (1986) 837.
- (26) T. Ishida, K. Monden and I. Nakada: O-O Electrodeless Method for the Measurement of Ionic Conductivity of $RbAg_4I_5$. Rev. Sci. Instrum. **57** (1986) 3081.
- (27) T. Ishida, I. Nakada and M. Koike: Electrodeless Measurement of Ionic Conductivity of $RbAg_4I_5$: Temperature Dependence. Rev. Sci. Instrum. **58** (1987) 1311.
- (28) Yasukage Oda, Ichiroh Nakada, Takao Kohara, Hiroshi Fujita, Tetsuyuki Kaneko, Haruhisa Toyoda, Eiji Sakagami and Kunisuke Asayama: AC Susceptibility of Superconducting La-Sr-Cu-O System. Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L481.
- (29) Yasukage Oda, Ichiroh Nakada, Takao Kohara and Kunisuke Asayama: Meissner Effect and Resistivity of the Superconducting Y-Ba-Cu-O System. Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L608.
- (30) Shoichi Sato, Ichiroh Nakada, Takao Kohara and Yasukage Oda: Crystal Structure of Superconductor $Ba_2YC_{2-x}O_{6.80}$. Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L663.
- (31) Yasukage Oda, Takao Kohara, Ichiroh Nakada, Hiroshi Fujita, Tetsuyuki Kaneko, Haruhisa Toyoda, Eiji Sakagami and Kunisuke Asayama: The Meissner Effect of the Small Single Crystals of $Ba_2YC_{2-x}O_{6.80}$. Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L809.
- (32) Ichiroh Nakada, Shoichi Sato, Yasukage Oda and Takao Kohara: Two Crystal Phases in the Superconducting Ba-Y-Cu-O System and Their Reactivity to Water.

- Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L697.
- (33) Yasukage Oda, Takao Kohara, Ichiro Nakada, Hiroshi Fujita, Tetsuyuki Kaneko, Haruhisa Toyoda, Eiji Sakagami and Kunisuke Asayama: Anomalous Resistivity in Ba-Y-Cu-O System Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L807.
- (34) Shoichi Sato, Ichiro Nakada, Takao Kohara and Yasukage Oda: Structure of High-T_c Superconducting Tetragonal Ba₂YCu_{3-x}O_{7-y} at 298K and 120K Acta Crystallogr. C (1988) C44 11.
- (35) Yasukage Oda, Ichiro Nakada, Takao Kohara, Hiroshi Fujita, Tetsuyuki Kaneko, Haruhisa Toyoda, Eiji Sakagami and Kunisuke Asayama: AC Complex Susceptibility of Superconducting La-Sr-Cu-O and Y-Ba-Cu-O Systems Proc. 18th Int. Conf. Low Temp. Phys., Kyoto, 1987 ; Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) Suppl. 26-3, 1023.
- (36) Takao Kohara, Hideki Yamagata, Masahiro Matsumura, Yoshihiro Yamada, Ichiro Nakada, Eiji Sakagami, Yasukage Oda and Kunisuke Asayama: ESR and Magnetic Susceptibility of High-T_c Oxide-Superconductor Physica **148B** (1987) 459.
- (37) Yasukage Oda, Takao Kohara, Ichiro Nakada, Shoichi Sato, Tetsuyuki Kaneko, Eiji Sakagami, Hiroshi Fujita, Haruhisa Toyoda, Masahide Onuki and Kunisuke Asayama: Superconductivity and Crystal Structure of YBa₂Cu_{2.87}O_{6.76} Proc. Yamada Conf., Sendai, 1987 : to be published.
- (38) Yasukage Oda, Hiroshi Fujita, Haruhisa Toyoda, Tetsuyuki Kaneko, Takao Kohara, Ichiro Nakada and Kunisuke Asayama: Superconductivity of Y₁Ba₂(Cu_{1-x}Fe_x)₃O_y Jpn. J. Appl. Phys. **26** (1987) L1660.
- (39) Takao Kohara, Yasukage Oda, Yoh Kohori, Ichiro Nakada, Yoshihiro Yamada, Ki'ichi Amaya, Tetsuyuki Kaneko, Hiroshi Fujita, Haruhisa Toyoda and Kunisuke Asayama: Superconducting and Magnetic Properties of High-T_c Superconductor GdBa₂Cu₃O_x Jpn. J. Appl. Phys.; to be published.
- (40) Mayumi Kazuta, Kei-ichi Tanaka and Ichiro Nakada:

Activation Energy for Evolution of Oxygen from the Superconducting $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_{7-\alpha}$
Submitted to Chemical Communications.

図の説明

Fig.1

焼結法で作成した $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ 単結晶の微分干渉顕微鏡像。100~1000 Å の段差をとるステップ構造が鮮明に現れているが、このことからこの結晶は溶液成長過程で成長したことが解る。

Fig.2 表 山 脇

Fig.1 に示す結晶の構造を決定して熱振動楕円体で表したもの。

Fig.3 吉野式の銀子“転送吸収室”で最も常温で容易に測定できる島の形の吸収室。

単結晶 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\alpha}$ の磁化測定。完全反磁性が実現しているとともに、転移の温度幅が1.7Kと極めてシャープであることを示している。

Fig.4 Fe をドープした試料の Fe 濃度と格子常数の関係。組成は $\text{YBa}_2(\text{Cu}_{1-x}\text{Fe}_x)_3\text{O}_y$ 。

Fig.5 Fig.4 に示すと同一の試料についての Fe 濃度と超伝導転移温度 T_c の関係。

Fig.6 Fe をドープした正方相(a)と通常の斜方相(b)の Cu(1) を含む c 面における相違を図式的に表現したもの。

小 特 集

「物性研究所における酸化物 高温超伝導体研究の現状」

序 文

福 山 秀 敏

La系にひきつづいて、遂に液体窒素の沸点より高い臨界温度を持つ、Y系が見出されてから丁度1年経過した。その間、室温付近の温度で抵抗等に異常を見て“室温超伝導”と騒いだ報告がいくつもあるがいづれも十分確認されないままでいた。しかし今年の1月になって、金材研のグループによりY系より高い T_c を持つと考えられる系列Bi-Sr-Ca-Cu-Oが報告され、酸化物高温超伝導の研究に一層の刺激を与えるところとなった。これにより「まだまだいろいろある」という信念を持った研究者も多いことと想像される。

このような「 T_c 競争」と併んで基礎研究の分野に対する酸化物高温超伝導体が与えた影響は大変大きい。それは従来から未解決の大問題として残されていた強い電子間相間の問題が避けて通れなくなったからである。従って多くの異った背景を持つ研究者がそれぞれの特徴を生かした観点からこの困難な問題に立ち向う状況が世界的に生まれつつある。

当物性研究所に於いても当初よりこのテーマに取組む研究者が居り、その後も、このテーマを研究対象に選ぶ研究室が増え、以下に紹介されるように多くのグループが独自に研究を展開している。この各グループの研究成果及び所外での時々刻々変化する研究状況についての情報交換の場として、昨年3月より火曜日の昼食時に全くOpenな集まりを第2会議室で持った。開催は情勢の変化に対応してかなり不規則ではあったが、これは夏の始め、LT18の準備でてんてこ舞いをする頃まで続いた。毎回、“立見”が沢山出る程の盛況であり、集まりの目的は十分果たされたであろう。

LT後は、落着いた研究が展開され、それをふまえて11月より今度は寺倉さんが世話人となって新しいスタイルの情報交換の場が持たれるようになった。「火曜会」と名づけられたこの集まりは、Closedした所員間のつっ込んだ討論の場+数週間に1度の全くOpenな情報交換の場、というスタイルを取っている。これにより所内の有機的な協力関係が促進されると同時に、所外との共同研究もますます活発に行われると期待される。

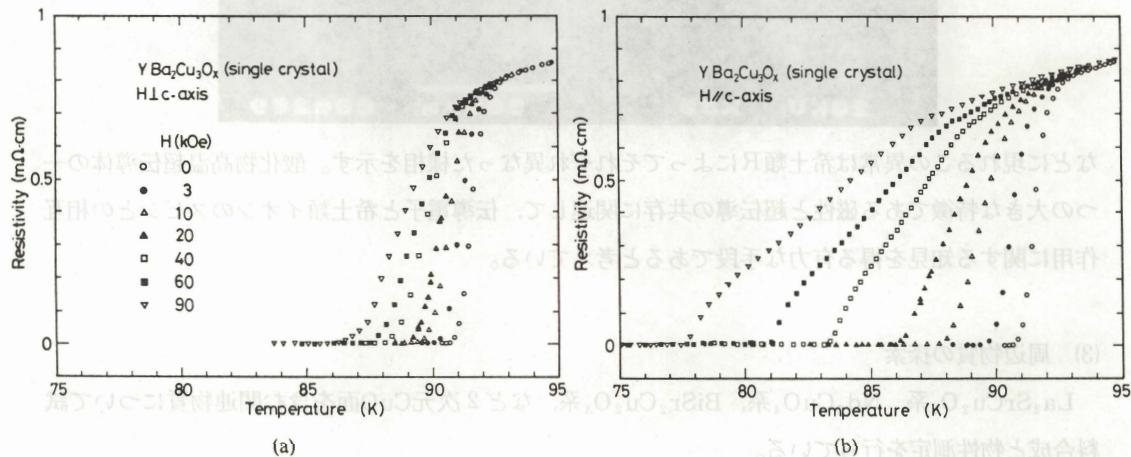
以下に、各グループの研究の現状が紹介されている。御批判・御激励及び共同利用・共同研究をより促進するための情報として御利用頂ければ幸いです。

→ その他の題目
酸化物高温超伝導に関する研究活動
R:Y系の单結晶試料の異方性測定
R:Y系の金属・非金属転移、磁気的相転移
凝縮系物性部門
家泰弘

我々の研究室における酸化物高温超伝導体の研究活動を大まかに分けると、(1) $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 系 ($\text{R}: \text{Y}$, rare earth) の単結晶試料の異方的超伝導特性その他の測定、(2) $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 系の金属・非金属転移、磁気的相転移に関連した電子輸送の振舞いの研究、および(3) 高温超伝導物質の周辺物質の探索と物性測定、となる。以下にその内容の一部を紹介する。

(1) $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 単結晶試料の超伝導特性など

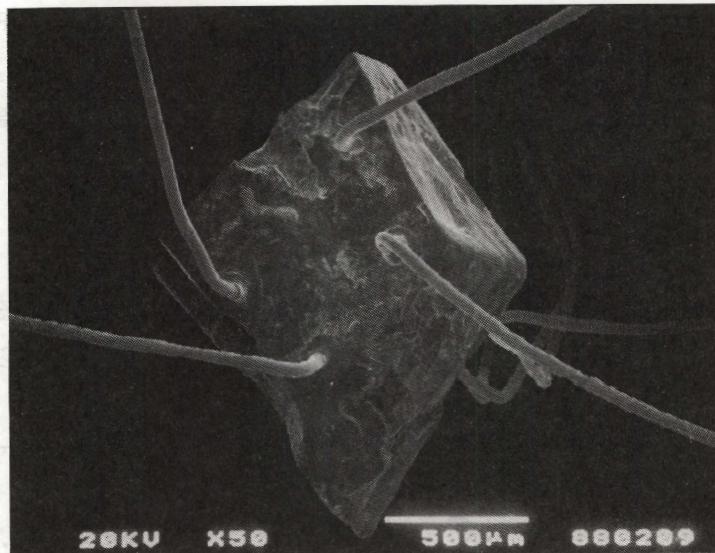
90K級の超伝導体である $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ はその層状の結晶構造からも推定されるように準2次元的な異方性を示す。単結晶を用いた上部臨界磁場の測定によりこの異方性が明らかにされた。



図は磁場をab-面あるいはc-軸方向にかけた場合の超伝導転移の様子である。これらから求めた $H_{c2}(T)$ を外挿すると、低温における H_{c2} の値として $H \parallel c$, $H \perp c$ のそれぞれに対して、560kOe, 1900kOe というような値が得られる。異方性をとりいれたギンツブルク・ランダウ理論を適用してコヒーレンスの長さを評価するとab-面内について 24\AA , c-軸方向について 6.5\AA となる。 $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ や $\text{HoBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ についても同様の測定を行ったところ T_c の僅かな違いを別にすれば $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ と殆ど同じ結果が得られた。 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ 単結晶については、更に強磁場領域の H_{c2} 測定が超強磁場グループによって行われている。

単結晶試料についてさらに最近では、常伝導相の異方的伝導度に関して信頼度の高いデータを得る努力を行っている。微小試料に数多くの電極を付ける方法を工夫し(写真参照)，これを用いて伝導度の異方性・ホール効果などの測定を進めている。(2) $\text{RBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 系の金属・非金属転移、磁気的相転移

希土類を含む系のいくつかは低温において磁気的な相転移を起こす。酸素欠損が比較的多く、半導体的な伝導を示す系では磁気的相転移に伴う伝導の異常を観測することができる。磁気抵抗



などに現れるこの異常は希土類Rによってそれぞれ異なった様相を示す。酸化物高温超伝導体の一つの大きな特徴である磁性と超伝導の共存に関連して、伝導電子と希土類イオンのスピンとの相互作用に関する知見を得る有力な手段であると考えている。

(3) 周辺物質の探索

La₂SrCu₂O₆系, Nd₂CuO₄系, BiSr₂Cu₂O_x系, など2次元CuO面を含む関連物質について試料合成と物性測定を行っている。

酸化物超伝導体研究顛末記

凝縮系物性部門 石川 征靖

先日、科研費「新超伝導物質」の報告書、つまり酸化物高温超伝導体研究のこの一年間の総決算であるが、これを書き終えて感じたことは、物性研における助手1,技官1というささやかな陣容でしかも大借金を抱えながらもこれだけよくもやれたものだという、大げさではあるが胸の熱くなる思いであった。酸化物という分野は、もともと私達の専門外であったにもかかわらず、高温超伝導という魔力に“目が眩み”，指定日は無論のこと日曜祭日にかかりわりなく、“邪念”も持たず（持つ暇もなく）ひたむきにこれに取組んできた長いようで短かい一年であった。実は、ベドノルツとミュラーの報告を知りしばらくは平静を装っていたものの、アメリカの片田舎での院生時代以来、超伝導体開発に多少なり関わってきた者の一人として、やはり少々シャクではあるし、確かめてみるかという“軽い”気持ちで秘かに始めたのだった。それは、たしか、一昨年の12月初めのことである。

しかしながら、もしも T_c が 30 ~ 40K 級のランタン系だけで話が終わっていれば、私達もこのように酸化物超伝導体に手を染めることは恐らくなかったであろうと思う。やはり、“正体不明”的 90K 級超伝導体の出現がきっかけであった。それは、決して T_c が高かったばかりでなく、結晶構造も組成も不明という、所詮二番煎じではあるが私達にも未だ貢献できる点が残されていると感じたからに外ならない。幸いなことに武居研の竹屋君の手も借りられ、総勢五人で、連日組成の少しづつ異なる試料を一人あたり五、六個ずつ作り先ず組成を決める作業から開始した。時間のかかる大変な作業ではあるが、結局は近道であると考えたからであった。この作業は、思いの外順調に進み、新聞等で結晶構造決定の報道が繰返されていた時期には、単一相の X 線回折パターンを得ていた。寺倉さんにバンド計算ではなく構造の計算を手伝って頂いたのもこの頃であった。今年もまた国立大学の二次試験日が近づきつつあるが、昨年は、その初日の前日の夕方、私達の研究室で T_c の“記録値”が出たことを口実に、当日早朝、駒場の会場に電話して替わりの監督官をお願いしたりした。また、それまで実験結果は論文にまとめる時間もなくて順延にしていたが、JJAP の超伝導特集号にはなんとしても発表しようと、高畠、中沢両君と徹夜して二篇の論文にまとめ、翌朝渋谷君に事務局まで届けて貰ったことなど、“初体験”的いろんな事が随分昔のことのように思い出される。

こうして今、この一年間を振り返ってみると、体力的に限界と言えるほど忙しい毎日であったものの、私個人としては、久振りに味わう充実した研究生活であった。物性物理屋として冥利につくると言っては、それ位のことでとお叱りを受けるかも知れないが、やはり、チャレンジングで、しかもやり甲斐のある仕事ではなかったかと思う。

上に邪念もなくと書いてしまったけれども、実は私には、もう少し“純粹な邪念”があったことを打ち明けざるを得ない。それというのも、“正体不明”的酸化物超伝導体に挑戦することこそ、物性研着任以来“唱えて”きた私なりの新物質開発の手法を試す絶好のチャンスであると考えたわけである。多結晶試料で組成及び結晶構造を決定するという仕事は、地味ではあるが避けて通るわけにはゆかない、いわゆる“新物質”開発の原点であるということをもう少し認識して欲しいという願望を抱き続けて来た。しかしながら、理論屋は無論のこと、物理測定のエキスパートを自認する人達にもあまり理解して頂けたとは思っていない。少なくとも物性研のような所では、それも仕方のないこと、時間をかけて少しづつ実証してゆく以外に方法はないだろうと半ば諦めていたことであった。ここでは紙数の関係もありこれ以上書くわけにはいかないが、今回の“超伝導騒ぎ”が、現在物性研で推進しようとしている新物質開発計画に、多少なりとも真の意味で役立つことを祈りつつ筆を置きたい。

酸化物高温超伝導体における超音波測定

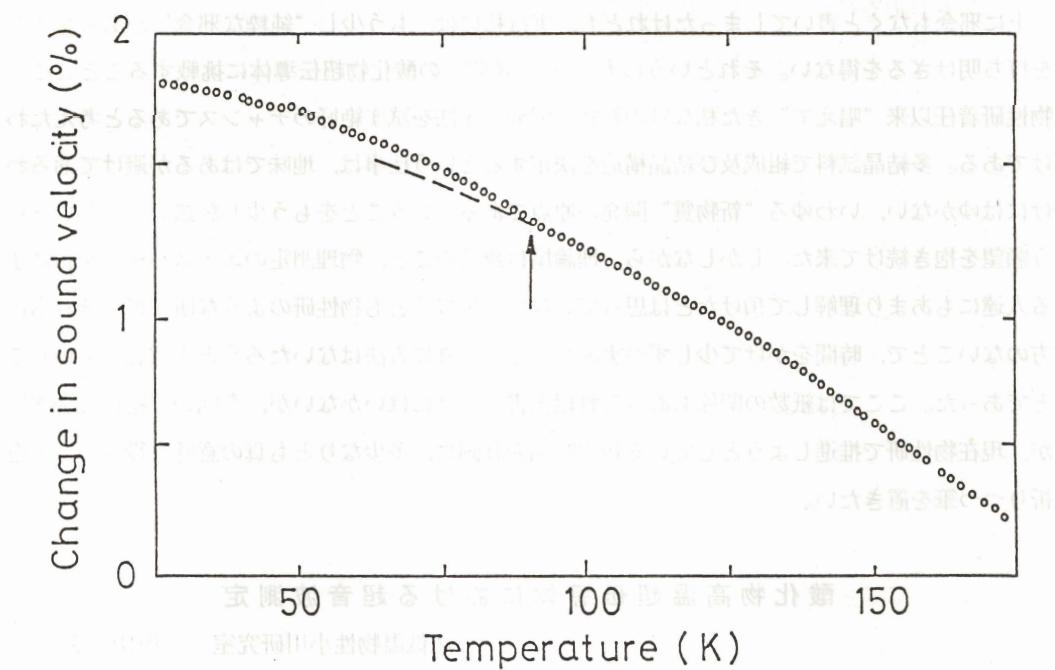
超低温物性小川研究室 奥田 雄一

超音波吸収は、典型的な金属超伝導体に対しては BCS 理論の実証という重要な役割を果たし、

超流動³H eにおいては、P波超流動体からくるオーダーパラメータ内部諸モードまでをスペクトロスコピックに求めた。またヘビーフェルミオンの超伝導体についても、ペアリングのメカニズムの理解に大きな影響を与えようとしている。当然、この酸化物超伝導体についても、超音波測定が重要な測定手段であることが期待される。ところが、現在得られている諸パラメータから電子によるフォノンの散乱を評価してみると、転移温度が高いため電子の散乱時間が大変短く、電子によるフォノンの散乱が非常に小さいことがわかる。良質の単結晶で高周波の超音波測定が必要になろう。しかしながら、この評価も確定的なものではなく、格子の情報さえ十分わかっていない現状では、超音波の実験が必要なことは言うまでもない。残念ながら、これまで音波に関する実験は比較的少ない。それは、焼結体の試料では音波の吸収、散乱が大きく、精度のよいデータが得難いことによるだろう。

物性研で90K級の高温超伝導体である $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.9}$ に関して、焼結体ではあるが、単一相で高品質の超音波計測に十分耐える試料が得られるようになった。そこで、我々は $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.9}$ (Ortho-I) と半導体である $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6.2}$ (Tetra-II) との超音波測定を行っている。

本試料の見かけの音速は、室温において Ortho-I が $4.5 \times 10^5 \text{ cm/s}$ 、Tetra-II が $4.9 \times 10^5 \text{ cm/s}$ である。Ortho-I, Tetra-II ともに音速は室温から4.2Kにむかって単調に増加している。室温から4.2Kまでの音速の変化量は Ortho-I で 3.5%，Tetra-II で 2.5% である。第1図は、Ortho-I の T_c 近傍での音速の変化を、拡大したものである。図から見て取れるように、 T_c 以下で、音速の温度変化の様子が変わっているのがわかる。slope は、 T_c を境として約 30 ppm/K 変わる。



第1図 Ortho-I の T_c 近傍の音速変化

ている。この音速の異常は、Tetra-IIには見い出されていない。これは、超伝導の熱力学によつては説明できない、大きな変化である。最近、低温での精密なX線回折が行われ、(b-a)がT_c近くで異常を示していることがわかった。しかし、それが音波の結果とどの様に関係づけられているのかまだ明らかではない。現在、8Teslaの磁場中での実験を行なっているところである。

面終わりに、本実験は以下の方々との共同研究であることを強調しておく。電通大の鈴木勝氏、下柳田明子さん、富士ゼロックスの岩佐泉氏、HOYAの生嶋明氏、物性研の高畠敏郎氏、中沢康浩氏、石川征靖氏。

シンクロトロン放射による高温超伝導体の研究

軌道放射物性研究施設 菅 滋正

シンクロトロン放射によってhνを掃引した時の共鳴光電子放出現象によって電子状態の対称性や軌道混成を知る事ができる事は良く知られている。1985年頃から当時のいわゆる高温超伝導体の電子状態に興味を持ちシェブレル相化合物M_xMo₆Y₈(YはS, Se, Te)の光電子分光研究を開始した。丁度その頃平行してMoプロンズの研究を行っていたし、カルコパイライトCuFeS₂について

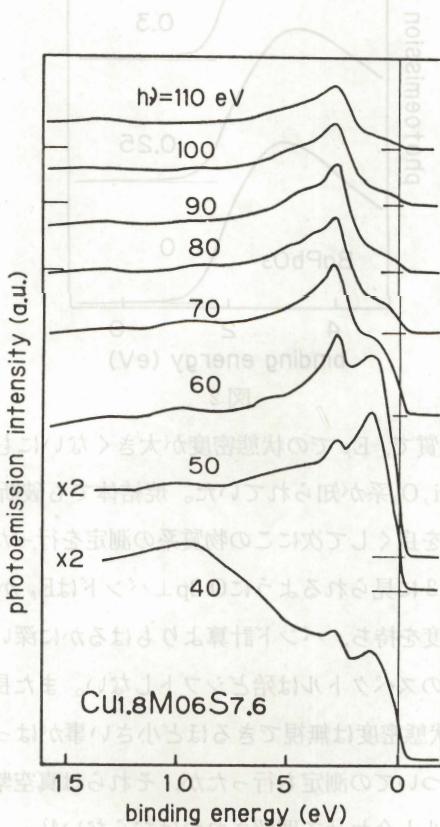


図1 事の質問を引き受けた時に用意する題の準備

ての測定結果も持っていたので、 $\text{Cu}_{1-x}\text{Mo}_6\text{S}_{7.6}$ を手始めとして一連の $\text{M}_x\text{Mo}_6\text{Se}_8$ ($\text{M}=\text{Ru}, \text{Nb}, \text{Bi}$)ならびに Mo_6Se_8 についての測定を行った^{1, 2)}。試料はCuシェブレルについては単結晶その他は焼結体を用いた。清浄表面は超高真空中でカッター刃で劈開又は破断によって得た。測定は $h\nu=32\sim120\text{eV}$ で行ったが焼結体の場合でも吸着した酸素によるスペクトル構造は見られず十分信頼に耐えるスペクトルが得られた。シェブレルについては図1に見られるようにフェルミ面 E_F での状態密度はかなり大きい事、共鳴の振舞いからMo 4d成分が主として寄与している事、Cu 3dからの寄与は小さい事¹⁾、この状態密度の x 依存性は比熱測定の結果を支持する事などが分かった²⁾。

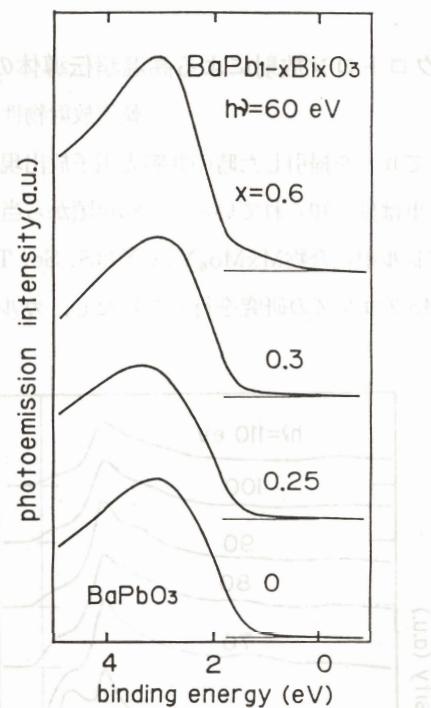


図 2

一方遷移金属を含まない物質で、 E_F での状態密度が大きくないにも拘らず高い超伝導転移温度を示す物質として $\text{BaPb}_{1-x}\text{Bi}_x\text{O}_3$ 系が知られていた。焼結体でも破断面における酸素の汚染は殆ど無いという先程の結果に気を良くして次にこの物質系の測定を行った。その結果はバンド計算との著しい不一致を示した。図2に見られるようにO 2p_⊥バンドは E_F から測って束縛エネルギー $E_B=3.0\sim3.5\text{eV}$ に高い状態密度を持ち、バンド計算よりもはるかに深い位置にある。しかも半導体相から金属相に変わってもそのスペクトルは殆どシフトしない。また長時間データをため込んでも E_F でのステップは見られず状態密度は無視できるほど小さい事がはっきりした³⁾。内殻準位の x に対するシフトや微細構造についての測定も行ったが、それらは真空紫外域で測定した光反射スペクトルや可視、赤外スペクトルと合わせて理解されねばならない⁴⁾。

超伝導に限らず低温で相転移を起す物質の電子状態には大きな興味が持たれるので、液体ヘリウ

ム温度で或る程度の時間表面吸着（又は脱離）汚染の影響を受けないで光電子測定を行なう装置を作り10°Kまでの測定を可能とした。一方高温超伝導体の臨界温度はあつと言う間に上昇した。我々も $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ について室温、液体窒素温度、液体ヘリウム温度での測定を行ったが有意差は見出されなかった。（代りに $\text{Yb}_x\text{In}_{1-x}\text{Cu}_2$ の価数転移や $\text{K}_{0.3}\text{MoO}_3$ ブルーブロンズのパイエルス転移などが観測された。）一方空の伝導帯の電子状態を調べる事も重要で、このために真空紫外域での逆光電子分光実験装置を製作し昨秋より実験に使っている。また遠くない将来X線領域のBISやスピン偏極光電子-逆光電子分光実験なども出来るようになるので高温超伝導体の研究にも是非使用したいものである。多くの方からの共同研究の提案をお待ちしている。

1. S.Suga, K.Soda, T.Mori, M.Yamamoto, K.Kitazawa and S.Tanaka, J.Phys. Soc. Jpn. 55, 2102 (1986).
2. 生天目博文, 光電子分光法によるシェブル超伝導体の電子状態の研究, 東大, 物理工学科修士論文 (1986)。
3. H.Sakamoto, H.Namatame, T.Mori, K.Kitazawa, S.Tanaka and S.Suga, J.Phys. Soc. Jpn. 56, 365 (1987).
4. Activity Report of Synchrotron Radiation Laboratory, ISSP (1986) p.15, ibid. p.16.

酸化物高温超伝導体単結晶の育成

物性開発室 武居 文彦, 竹屋 浩幸, 坂井富美子

物質開発室では始め酸化物超伝導体についてはメインテーマにはせず、石川研究室における焼結体研究に手助けをする、という形で対応していた。昨年四月の春の物理学学会において大変な熱狂ぶりとなり、物性研でももっと力を入れて研究すべきである、という声が急激に強くなった。物質開発室では当然単結晶の育成を行うこととなり、急拋電気炉の設営とフラックスの選定に入った。分子研の La_2CuO_4 系の単結晶の育成の話を聞いていると、育成手法はまだ全く公表されていなかつたが、明らかに Nonstoichiometric Melt からの析出（すなわち一種のフラックス法）であることが推定された。一方、風聞として、NTT 茨城通研で La_2CuO_4 の大形単結晶育成に成功したとの情報を得、これでは $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ (以下 YBCO) 以外に単結晶を作る意味がないと考え、以下これにターゲットをしづぼった。

Nonstoichiometric Melt を用いるとすれば Y_2O_3 , BaO , CuO のいずれかが溶剤として適切かを考えればよいのであるが実際にはこれらの外に、いくつかの低融点物質についても検討を加えた。ゴールデン・ウィークの頃既に CuO が最も可能性が高いことがわかり、以下これのみに努力を集中することとした。白金るつぼのいたみが激しく、又白金化合物が針状に沢山折出して目的結晶の育成を阻害するので、 Y_2O_3 板を下にしいたり、アルミナ・ルツボを使用したりすることにより、この困難はある程度除去できることがわかった。

CuO フラックスの中に板状の YBCO 単結晶が 1mm^2 位の大きさで得られることが確認されたが、家研究室で抵抗測定してもらうと、これは半導体で T_c を持っていないかった。これがいわゆるテトラ相で、酸素中アニールすると超伝導を示すようになることが判明したのはずっと後のことである。一方、溶融固化物をたたき壊したものを顕微鏡でくわしく観察していると、かなり大きな単結晶らしき塊が散見された。その一部を早速 X 線カメラで調べると、双晶構造のはっきり見える「単結晶」である。これについて再び家研究室に抵抗測定を依頼すると、見事に 90K 級超伝導体であった。これで良いならば話は簡単で、アニールなどしないで、どんどん物性値が測定できるようになった。後は論文等で報告しているので省略する。

今回の仕事を、まだ一寸早すぎるが、ふり返ってみて、いくつかの面白いことに気付く。以下それについて列記してみよう。

- (1) 物質を取扱う上で、顕微鏡観察は極めて重要である。よく訓練された眼によって、定性的ではあるが、相当量の情報を取り出すことができる。
- (2) 半導体やオプトエレクトロニクスにおいては、結晶性と物性とは完全に平行関係にあるが、超伝導体単結晶では必ずしもそうなっていないのは何故だろうか。
- (3) ATT の相図研究で明らかのように、YBCO は固液共存域 (partial melt region) で結晶成長が起る。このような例は他にも認められているのであろうか。いずれにせよこのことが、大形良質結晶の作成に著しいバリヤーとなっている。
- (4) 今回に限ったことではないが、一寸面白い結果を出すと review article の依頼が短期間に特定の研究者に殺到する、という現象を何とか解決できないものであろうか。我々研究者も社会的存在であることは充分認識しているので、何とか対応したいと思ってはいるが、そのために研究が停滞するようでは一寸どうかと感ずる昨今である。

最後にこれから的研究方向についてふれてみたい。我々はいくつかの研究課題を今回の仕事の中から見出しているが、その一つとしてやはり当初の目論見通り、膜状単結晶が面白いのではないかと考えている。そのためにはまず基盤単結晶が必要不可欠で、現在その育成について検討している。一方大形単結晶の必要性もまだ減じていない。これについても今後努力を続けたい。以上その他に、全く新しい観点から、超伝導物質を探すということも重要である。現在これについても何等かの成果を挙げたいものとひそかに思っている。

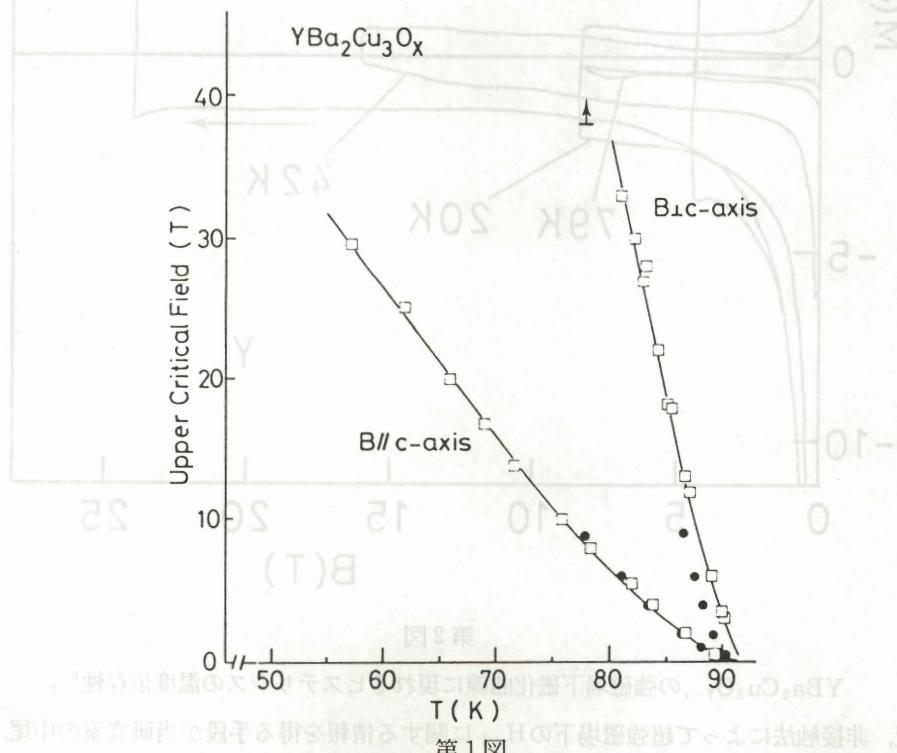
上部臨界磁場 H_{c2} の測定

超強磁場 三浦 登、後藤恒昭

酸化物高温超伝導体は、その臨界温度 T_c が高いことから、上部臨界磁場 H_{c2} も従来の超伝導体に比べ桁違いに高いことが予想される。 H_{c2} は T_c や臨界電流 J_c と並んで、超伝導特性にとってもっとも重要なパラメータである。このことから、超強磁場部門では、酸化物超伝導体の発見の当初か

ら高い H_{c2} に着目し、その研究を開始した。パルス強磁場中の磁気抵抗や磁化の測定には、誘導電圧などによる測定技術上の問題が伴い、メガガウス超強磁場の領域では測定が極端に困難になる。そこで始めは40T程度までの長時間パルス強磁場を用いて、磁気抵抗、磁化を測定した。まず初期の段階で $(\text{LaSr})_2\text{CuO}_4$ については、 H_{c2} が20Kでおよそ25T、4.2Kでは33Tを越えることなどを始めて確認した^{1, 2)}。さらにYBaCuOやLnBaCuO ($\text{Ln}=\text{希土類元素}$)についても H_{c2} の温度依存性や磁化曲線の測定が行われた³⁾。これらは焼結体の多結晶試料についての測定であったが、物性研・武居研究室で良質のYBaCuO単結晶が育成されるようになり、単結晶についての測定も可能になった⁴⁾。単結晶試料では、異方性が調べられるだけでなく、磁場の増加とともに超伝導状態から常伝導状態への転移が、鋭いキンクとして観測されるので、 H_{c2} の決定を正確に行うことができる。第1図にYBaCuO単結晶の40Tまでの H_{c2} の温度依存性を示す。この測定から $B \perp C$ と $B // C$ の場合の dH_{c2} / dT の比が $3.9 / 1.1 = 3.5$ であること、c軸方向のコヒーレンスの長さが $\xi_z = 6\text{\AA}$ と短いなどの結論が得られ、この系がきわめて異方的な超伝導体であることが分かった。この結果をWHH理論を用いて $T = 0\text{K}$ まで外挿すると、絶対温度での H_{c2} は $B // C$ では68T、 $B \perp C$ では240Tという超強磁場になる。

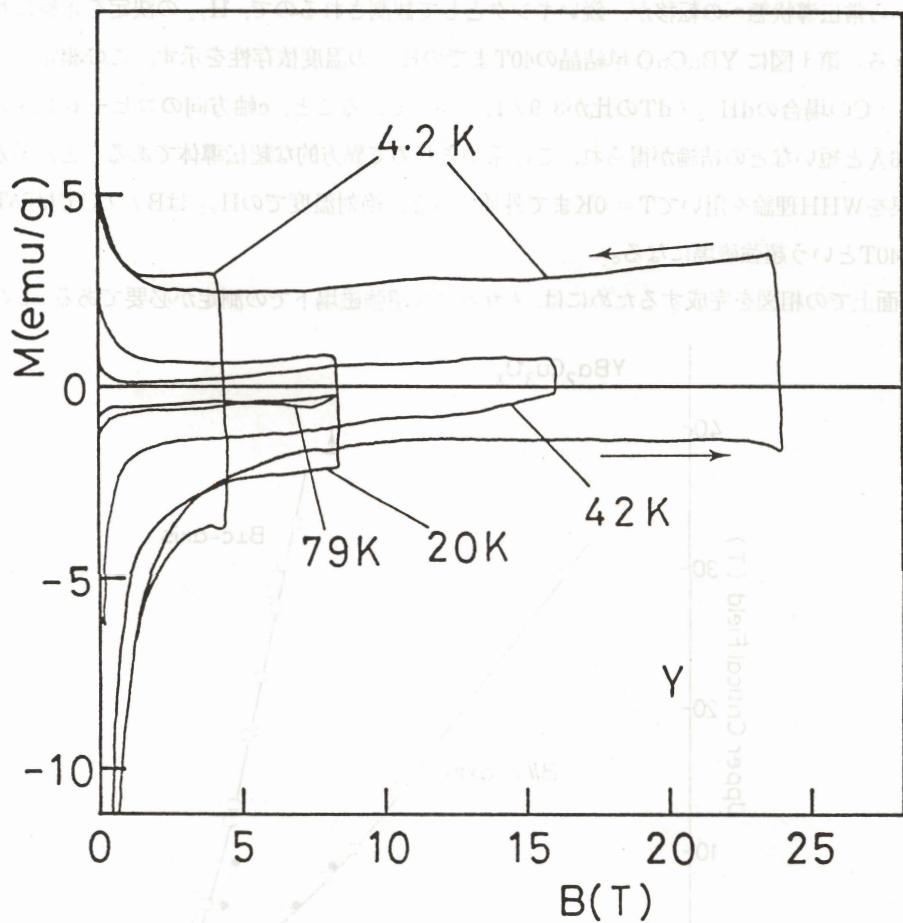
H-T面上での相図を完成するためには、メガガウス超強磁場下での測定が必要である。しかしながら



第1図

YBa₂Cu₃O_{7-x} 単結晶の上部臨界磁場の温度依存性。角型点はパルス磁場による測定点。黒丸点は家らによる定常磁場による測定点⁴⁾。

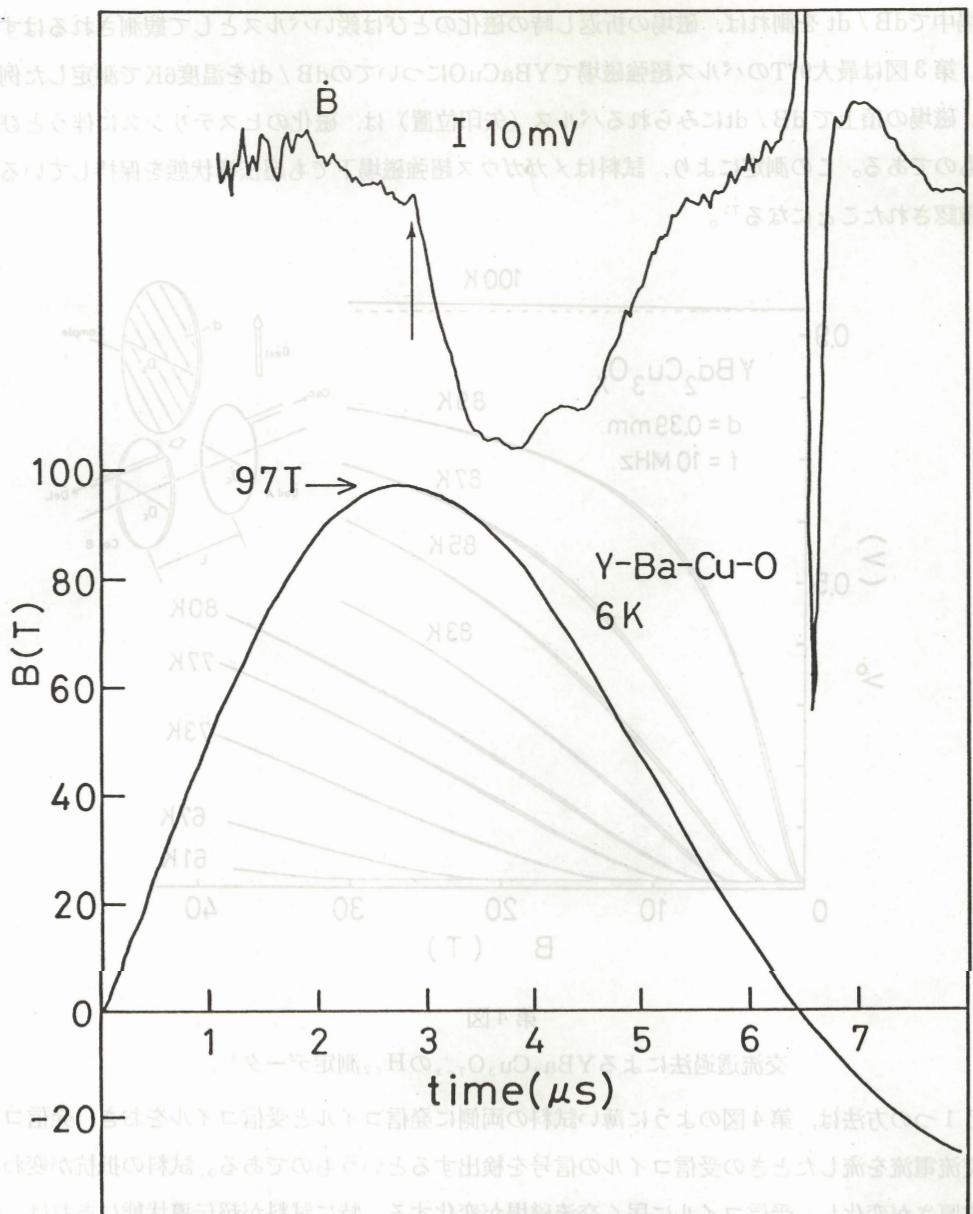
がら、メガガウス領域では、試料に発生する誘導電圧が非常に大きくなるため、通常の方法による磁気抵抗測定はもはや不可能となる。そこで各種の新しい測定法を開発することが必要となる。超強磁場下での磁気抵抗測定法としては、従来から用いられている交流法がある。超強磁場パルスよりも速く変化する交流電流(20-150MHz)を試料に流し、この与えられた交流周波数成分だけを検出すれば、誘導電圧の影響を消去して磁気抵抗を測定することができる。この方法によりすでにグラファイトなどについて超強磁場下の磁気抵抗を測定した例がある⁵⁾。酸化物高温超伝導体についても交流法を試みつつあるが、電極抵抗などの問題が存在し、これについてはさらに技術開発が必要である。



第2図

$\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ の強磁場下磁化曲線に現れるヒステリシスの温度依存性⁶⁾。

最近、非接触法によって超強磁場下の H_{c2} に関する情報を得る手段が当研究室の中尾、榎原によって考案され、これらを用いたメガガウス磁場下での測定が可能になりつつある。その1つは磁化曲線のヒステリシスを調べる方法である。酸化物超伝導体の磁化曲線は第2図のよう大きなヒ

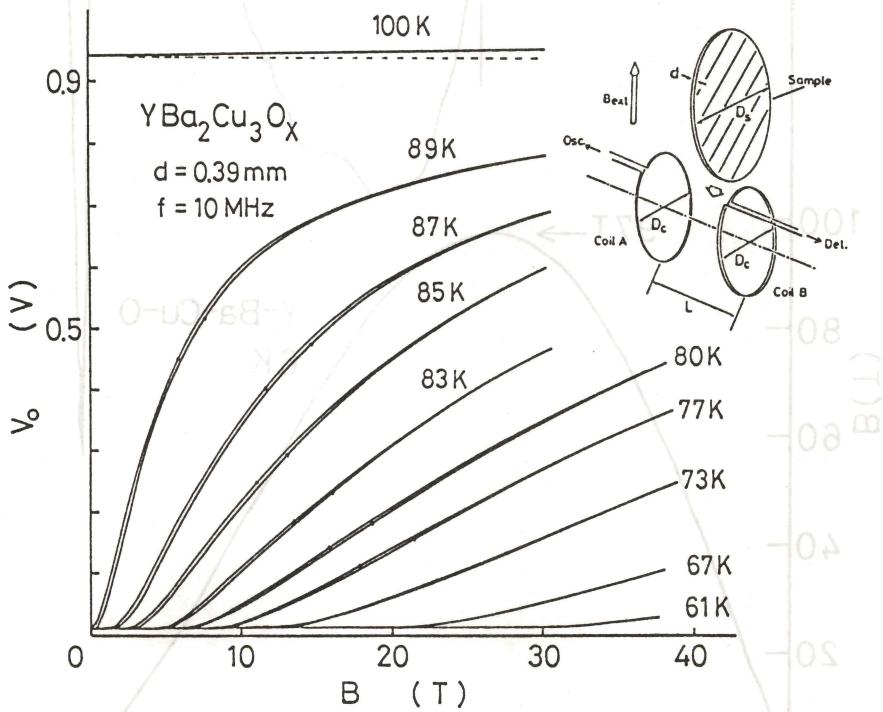


第3図

$Y\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ のメガガウス超強磁場における dB/dt^7 。

ステリシスを伴う。このヒステリシスは、磁束の侵入、流出を妨げるよう流れる超伝導電流によるもので、臨界状態モデルによると、この電流密度の大きさは J_c に等しい。したがってヒステリシスの大きさから J_c を見積ることができる⁶⁾。そこで超強磁場下で、磁化曲線のヒステリシスの有無を調べれば、試料が超伝導状態にあるかどうかを調べることができるというわけである。パル

ス磁場中で dB/dt を測れば、磁場の折返し時の磁化のとびは鋭いパルスとして観測されるはずである。第3図は最大97Tのパルス超強磁場で YBaCuO についての dB/dt を温度6Kで測定した例である。磁場の頂上で dB/dt にみられるパルス（矢印位置）は、磁化のヒステリシスに伴うとびによるものである。この測定により、試料はメガガウス超強磁場下でも超伝導状態を保持していることが確認されたことになる⁷⁾。



第4図
交流透過法による $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ の H_{c2} 測定データ⁸⁾。

もう1つの方法は、第4図のように薄い試料の両側に発信コイルと受信コイルをおき、発信コイルに交流電流を流したときの受信コイルの信号を検出するというものである。試料の抵抗が変われば表皮厚さが変化し、受信コイルに届く交流磁場が変化する。特に試料が超伝導状態にあれば、受信コイルの信号はほとんど零である。第4図に YBaCuO について多くの温度で測った信号を示す。この方法の特長は、非常にS/N比が良いことで、超伝導転移点も明瞭なキンクとして観測されている。これを用いてメガガウス超強磁場下の測定も進行している⁸⁾。

超強磁場下の H_{c2} に関する測定としては、この他に遠赤外線レーザーの透過を調べる方法があり、これについても薄膜試料についての測定を試みつつある。

文 献

- 1) S. Uchida, H. Takagi, S. Tanaka, K. Nakao, N. Miura, K. Kishio, K. Kitazawa and K. Fueki : Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L196.
- 2) K. Nakao, N. Miura, S. Uchida, H. Takagi, S. Tanaka, K. Kishio, J. Shimoyama, K. Kitazawa and K. Fueki : Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L413.
- 3) K. Nakao, N. Miura, S. Uchida, H. Takagi, S. Tanaka, K. Kishio, J. Shimoyama, K. Kitazawa and K. Fueki : Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) Suppl. 26-3.
- 4) T. Sakakibara, T. Goto, Y. Iye, N. Miura, H. Takeya and H. Takei : Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L1892.
- 5) N. Miura, T. Osada and T. Goto : Proc. 17Hs Int. Conf. Phys. Semiconductors (Springer Verlag, 1984) p.973
- 6) K. Nakao, K. Tatsuhara, N. Miura, S. Uchida, H. Takagi, T. Wada and S. Tanaka Submitted to J. Phys. Soc. Jpn.
- 7) K. Nakao, N. Miura, K. Tatsuhara, S. Uchida, H. Takagi, T. Wada and S. Tanaka : Submitted to Nature
- 8) T. Sakakibara et al. : To be published.

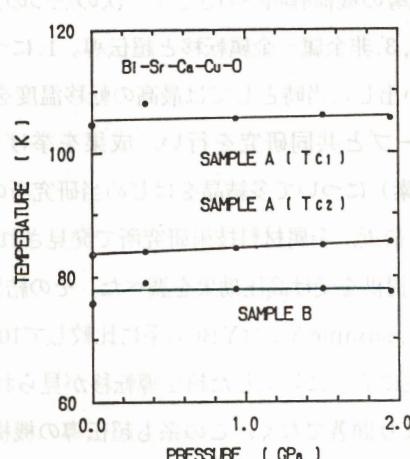
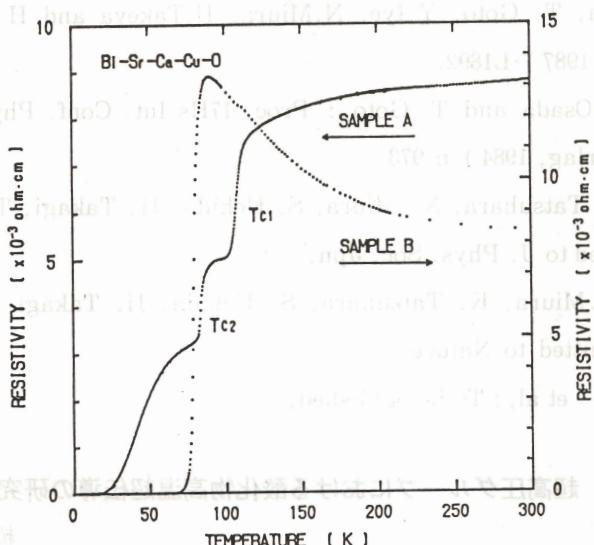
超高压グループにおける酸化物高温超伝導の研究

超高压 毛利 信男

超高压グループでは酸化物超伝導の機構解明をめざして、次の三つの方向から研究を進めている。

1. T_c の圧力効果、2. 構造と超伝導、3. 非金属 - 金属転移と超伝導。1.について、一昨年12月に工学部の笛木・北沢グループの見い出した当時としては最高の転移温度をもった $(La_{1-x}Sr_x)_2CuO_4$ 系について早く上記グループと共同研究を行い、成果を挙げたのを契機に、その後も $RBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ 系 (R : 希土類元素) について多結晶をはじめ当研究所の武居グループで育成した単結晶の研究を行ってきた。極く最近、金属材料技術研究所で発見された $Bi-Sr-Ca-Cu-O$ 系の物質についても当所から試料の提供を受け高圧効果を調べた。その結果を次図に示す。この系はまだ単相のものが得られていないが、sample A では YBCO 系に比較して 10k でも高い T_c 及び同程度の T_{c2} が観測され、sample B では主に T_{c2} に対応した超伝導転移が見られた。図に示すように T_c の圧力効果は YBCO 系と同様、あまり顕著でなく、この系も超伝導の機構は YBCO 系と同様であると思われる。正確なデータを出すには単相の試料の作成が期待される。2.については、YBCO 系の構造が基本的にはペロブスカイト型をもち、酸素 4 配位の Cu からなる一次元鎖と四角錐型 5 配位の Cu からなる二次元平面の 2 つのサイトから構成されていることに着目し、これらの特徴的なサ

イトを含む他の物質についてその構造と電気的、磁気的性質を調べた。一次元鎖のみをもつ Sr_2CuO_3 及び四角錐型 5 配位構造をもつ $\text{La}_2\text{SrCu}_2\text{O}_6$ 系について電気抵抗、帯磁率、比熱の測定を行った。これらはいずれも超伝導にはならないが、帯磁率は YBCO 系と同様、その絶対値は小さく、Cu のモーメントは死んでいる。電気抵抗は一次元のものより二次元のものの方が小さく、半導体的振舞を示すものが多い。³⁸ しかし $\text{La}_{1.9}\text{Sr}_{1.0}\text{Cu}_2\text{O}_6$ では高温側で金属的傾向がみられ、YBCO 系のように熱処理に敏感である。低温で T に比例する比熱 γ はこれらの物質についても YBCO 系と同程度に観測され、 γ の起源について重要な知見を与えるものと現在検討中である。又 YBCO



系のOrtho-Tetra転移と超伝導性を検討するため、高圧下で酸素を封じた状態で試料合成を行なっている。酸化物は一般的に高圧下でペロブスカイト構造が安定となるので、その過程で生ずるペロブスカイト類似相の物質合成を系統的に行い超伝導との関係を調べる準備をしている。3.については、酸化物超伝導体が非金属と金属の境界に位置していることから、組成を変えることなく高圧下で伝導性を制御してその機構解明を行う計画である。現在4.2kまで150kbarの圧力下で電気・磁気測定できる様準備している。

これらの研究は共通磁気測定室の古賀氏をはじめ嘱託研究員の四方周輔氏、山谷時夫氏の協力で進められている。

高温超伝導酸化物の各磁気共鳴

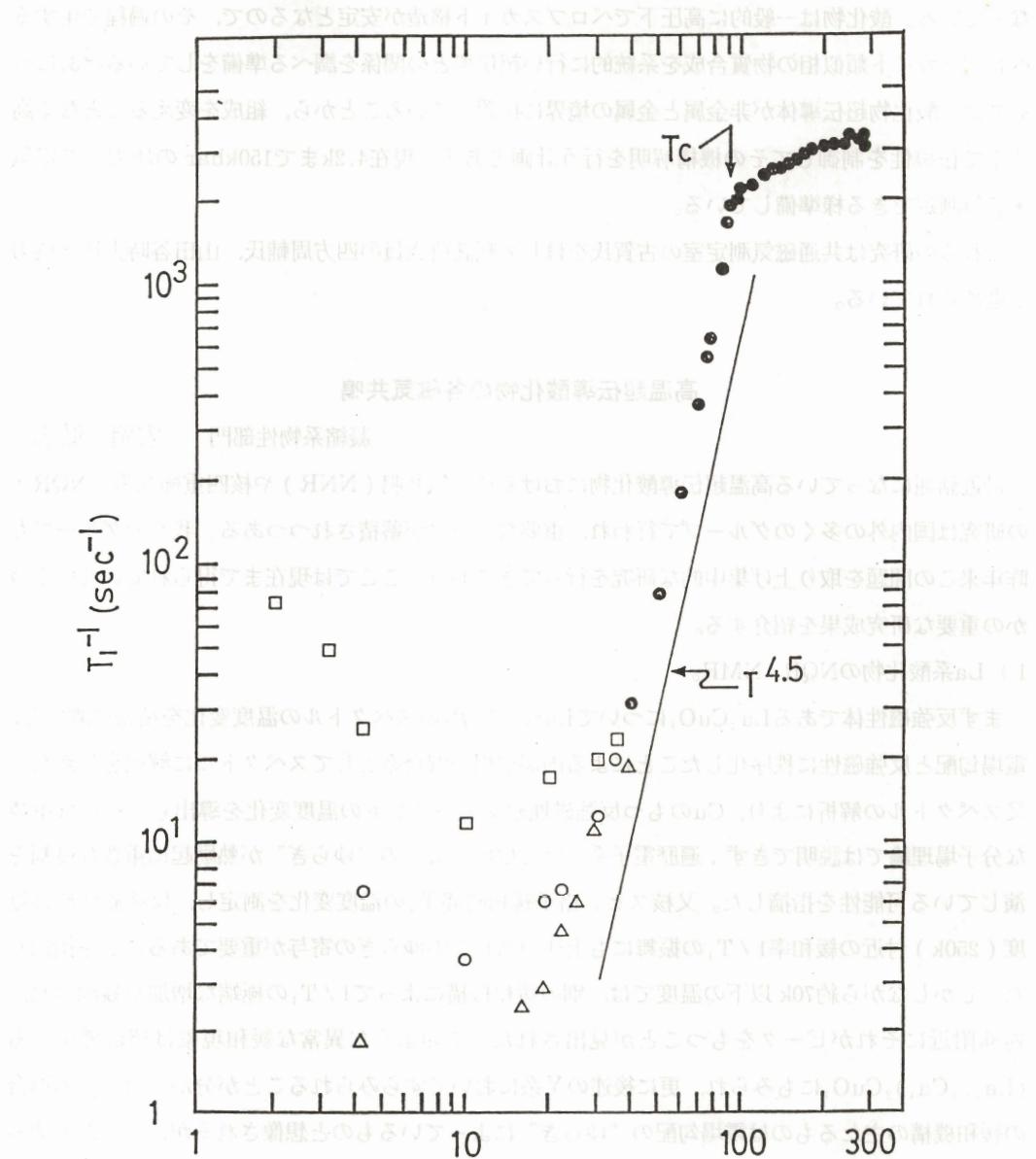
凝縮系物性部門 安岡 弘志

最近話題になっている高温超伝導酸化物における核磁気共鳴 (NNR) や核四重極共鳴 (NQR) の研究は国内外の多くのグループで行われ、重要なデータが蓄積されつつある。我々のグループも昨年来この問題を取り上げ集中的な研究を行ってきており、ここでは今まで得られているいくつかの重要な研究成果を紹介する。

1) La系酸化物のNQR, NMR。

まず反強磁性体である La_2CuO_4 についてLa核のNQRのスペクトルの温度変化を精密に測定し、電場勾配と反強磁性に秩序化したことによる内部磁場の混合系としてスペクトルに解釈を与えた。又スペクトルの解析により、Cuのもつ反強磁性磁気モーメントの温度変化を導出し、それは単純な分子場理論では説明できず、遍歴電子系の反強磁性スピンの“ゆらぎ”が熱励起に重要な役割を演じている可能性を指摘した。又核スピン格子緩和時間 T_1 の温度変化を測定し、反強磁性転移温度 (250k) 付近の緩和率 $1/T_1$ の振舞にも上述のスピンのゆらぎの寄与が重要であることを指摘した。しかしながら約70k以下の温度では、別の緩和機構によって $1/T_1$ の極端な増加が観測され、約8k附近にそれがピークをもつことが見出された。このような異常な緩和現象は超伝導になる $(\text{La}_{1-x}\text{Ca}_x)_2\text{CuO}_4$ にもみられ、更に後述のY系においてすらみられることが分かった。この場合の緩和機構の主たるものは電場勾配の“ゆらぎ”によっているものと想像されるが、そうだとするとなんらかの電荷の“ゆらぎ”的周波数がNQRの周波数 (約19MHz) にピークを作る温度で等しくなることを意味している。このような低周波の“ゆらぎ”が何によっているのか現在全く分っていないが、このためにLaのNQRからはいわゆる超伝導に直接関係するような低温での電子物性は引き出せないのが現状である。一方CuのNMRやNQRについては、残念ながら La_2CuO_4 で低温でも極めて短い T_1 をもつ信号として観測が成功しているのみで、今後の努力が必要である。そこで現在我々はCuの一部をLiで置換した系でのLiのNMRを観測しその T_1 の温度変化を観測中である。Li核はLa核やCu核にくらべ四重極モーメントが小さく電子スピン系の“ゆらぎ”のみをプローブ

できる可能性があり、今後の発展が期待されるところである。



2) Y系酸化物のNQR, NMR。
この系の多くの研究の中からここでは90k 超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ ($\delta \sim 0.1$)についてのみ紹介する。この系におけるCuのNQR信号は二つのアイソトープ ($^{63}\text{Cu}, ^{65}\text{Cu}$) と二つの結晶学的サイ

ト（鎖状Cu(1), 面状Cu(2)）に対して期待されるように約19 / 22MHzと29 / 31MHzに観測される。これらの信号がそれぞれどのサイトに対応しているかは現在でも世界中で意見の分かれているところであるが、我々は磁場中で配向させた粉末試料のNMRスペクトルの解析により、29 / 31MHzのNQR信号がCu(2)サイト、19 / 22MHzのそれがCu(1)サイトからのものであると結論した。そこで超伝導に最も重要な役割を演じていると考えられてるCu(2)サイトの T_c の温度変化を精密に測定した。その結果を第1図に示す。このデータは、基本的に絶対値も含め他のグループのものと一致しているが、三つの重要なポイントを含んでいる。第一に、常伝導状態での $1/T_1$ が通常の金属で期待されるものとは異なり、ほぼ T の $1/2$ 乗に比例する。第二に、 T_c 直下でBCSの $1/T_1$ の増大効果がなく、しかも T_c 以下の温度変化が指数関数的ではなく T^n （nは温度範囲によるが6~4）の形であること、第三に約20K以下の温度領域では $1/T_1$ が T^n から大きくずれ増大することである。これらの異常な振舞の解釈はいくつか考えられるが、現時点では全く推測の域を脱していない。いずれにしても第一の問題は、このような高温超伝導体の常伝導相をどう記述するか、又第二の問題は直接超伝導発現機構に關係しており、今後理論的な解釈を含めた研究を強力に推進する必要を感じている。最後に、本研究の試料はLa系が工学部笛木、北沢研究室Y系は物性研石川研究室によって提供されたもので、夫々に感謝します。

YBa₂Cu₃O_{6+x}の中性子磁気散乱

中性子回折物性部門 門脇 広明、山田 安定

§ 1 はじめに

高温超伝導体で、超伝導相と磁気的秩序相が互いに拮抗する形で存在することは、超伝導機構解明のうえで示唆的であり、この意味で磁気秩序の性質をしらべることは大変興味がある La₂CuO₄系については既にくわしい中性子磁気散乱の実験があり、この物質が量子的2次元反強磁性ハイゼンベルグ系として特徴づけられる励起が観測されて注目をひいている¹⁾。

我々は、YBa₂Cu₃O_{6+x} 単結晶について中性子磁気散乱の実験を行い、その磁気的な秩序化の振舞いを詳しくしらべた。実験は米国ブルックヘブン研究所で行った。

§ 2 逐次相転移 第(1)回

YBa₂Cu₃O_{6+x}系については、 $x=0, x=0.15$ の粉末試料による実験があり、 $T_c=400\sim 500$ Kで反強磁性秩序があらわれ、その磁気構造は図2(a)に示されたものであることが知られていた²⁾。今回我々は武居研究室で育成されたYBa₂Cu₃O_{6+x} 単結晶試料について $4K < T_c < 500$ Kの範囲で中性子磁気散乱をしらべた。試料は $5 \times 10 \times 1.5$ mmで x の値は格子定数から $x=0.35$ と指定された。

中性子回折実験の結果は図1に見られるように、 $T=400$ Kから($1/2$ $1/2$ $1/2$)磁気回折線があらわれるが、実際に $T \sim 40$ Kから新しく($1/2$ $1/2$ $1/2$)回折線があらわれる。このことは、この物質が $T < 400$ Kで逐次磁気相転移をおこし、($40K < T < 400$ K: 第II相, $T < 40K$: 第III相

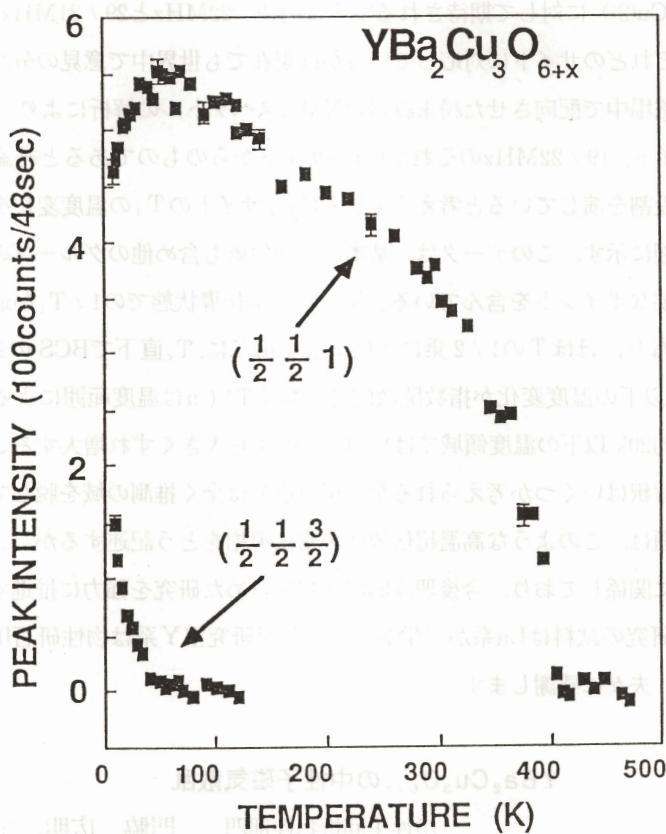


図 1

中性子磁気回折線の温度変化。指数 $(1/2 \ 1/2 \ 1), (1/2 \ 1/2 \ 3/2)$ をもつ反射はそれぞれ異なる秩序の存在を示す。

§ 3 磁気構造

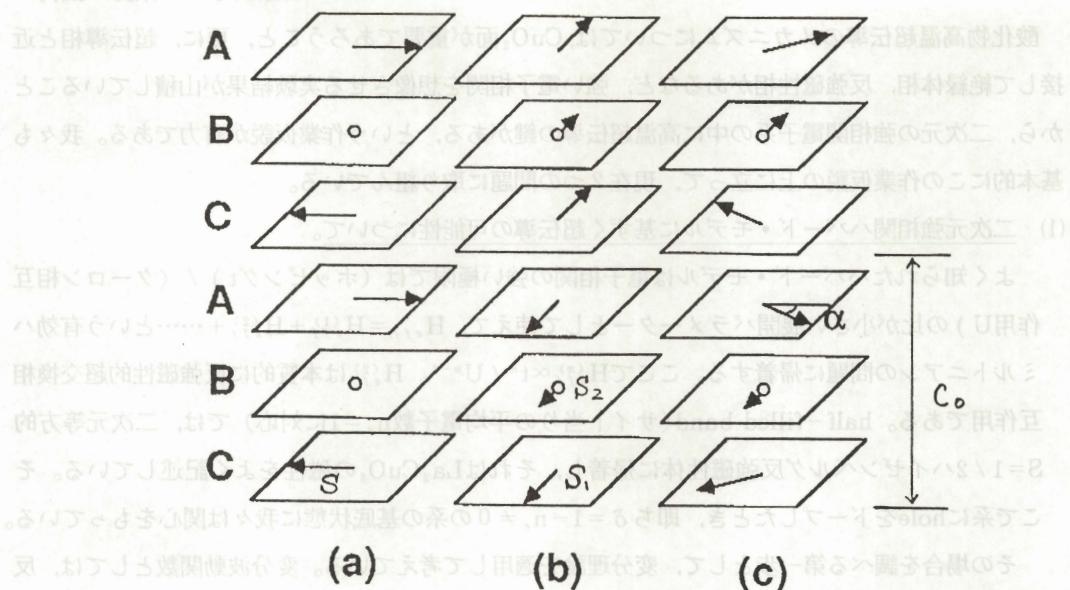
精しい強度解析の結果、それぞれの相の磁気構造は次のようなものであることがわかった。第Ⅱ相の構造は既に知られている $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_6$ のもの²⁾ と同様で、A, C層 (CuO_2 層) のみが秩序化し ($S = 0.45 \mu \text{B}$) B層 (酸素欠損層) は無秩序のままである。(図2 (ω)) 第Ⅲ相では第Ⅱ相の配列に更に図2 (b)の秩序がつけ加わり、結果として図2 (c)のような‘cant’したスピン構造をもつと考えられる。

§ 4 磁気相互作用とfrustration

- (i) 最近接AC層間相互作用 : J_3 (antiferro)
- (ii) 第2近接AC層間相互作用 : J_2 (antiferro)
- (iii) 最近接AB層間相互作用 : J_1 (ferro)

実験の導入

言語 意識 門脇義則



(a) : 第Ⅱ相（中間相）での磁気秩序。A, Cは CuO_2 層、Bは酸素欠損層を示す。 $S = 0.45 \mu_B$
 (b) : 第Ⅲ相では付加される秩序成分 $S_1 = 0.22 \mu_B$, $S_2 = 0.06S_1$

(c) : 第Ⅲ相の磁気構造。cant角 $\alpha \sim 26^\circ$ をもつcant構造になっている。
 を考え、面内のスピンの向きについて異方性エネルギーを $E_a = D \cos 4\alpha$ と仮定すると、その基底状態であることが示される。第Ⅱ相は J_1 , J_2 が互いにfrustrateするため、秩序化の過程で、sub-latticeが無秩序のまま残された‘中間相’として理解できる。

このようにして、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6+x}$ の磁気的秩序の振舞いは、frustrateした相互作用をもつ古典的なハイゼンベルク系として矛盾なく説明できることがわかった。上記の磁気的相互作用と超伝導機構との関連は今後の問題である。又、実験的には La_2CuO_4 の場合と同様、磁気励起の性質が興味ある所であり、より大きな単結晶を用いた励起状態の研究が計画されている。

この研究は日米協力事業の一環として行われ、米国側からS. M. Shapiro, G. Shiraneが参加して行われた。

- 文献
 1) G. Shirane et al. Phys. Rev. Lett. 59, 1613 (1987)
 2) J. M. Tranquada et al. Phys. Rev. Lett. 60, 156 (1988)

酸化物高温超伝導の研究

理論部門 斯波 弘行

酸化物高温超伝導のメカニズムについては、 CuO_2 面が重要であろうこと、更に、超伝導相と近接して絶縁体相、反強磁性相があるなど、強い電子相関を想像させる実験結果が山積していることから、二次元の強相関電子系の中に高温超伝導の鍵がある、という作業仮説が有力である。我々も基本的にこの作業仮説の上に立って、現在2つの問題に取り組んでいる。

(1) 二次元強相関ハバード・モデルに基づく超伝導の可能性について。

よく知られたハバード・モデルは電子相関の強い極限では（ホッピングt）/（クーロン相互作用U）の比が小さい展開パラメーターとして使って、 $H_{eff} = H_{eff}^{(1)} + H_{eff}^{(2)} + \dots$ という有効ハミルトニアンの問題に帰着する。ここで $H_{eff}^{(n)} \propto t^n / U^{n-1}$ 。 $H_{eff}^{(2)}$ は本質的に反強磁性的超交換相互作用である。half-filled band（サイト当たりの平均電子数 $n_s = 1$ に対応）では、二次元等方的 $S=1/2$ ハイゼンベルグ反強磁性体に帰着し、それは La_2CuO_4 の磁性をよく記述している。そこで系にholeをドープしたとき、即ち $\delta = 1 - n_s \neq 0$ の系の基底状態に我々は関心をもっている。

その場合を調べる第一歩として、変分理論を適用して考えている。変分波動関数としては、反強磁性状態も調べたが、超伝導状態に最も関心があり、その第一近似としてGutzwiller-projected BCS波動関数を選んで調べてみた。実はこの波動関数はAndersonがRVB状態との関連で導入したものであるが、明らかに平均場近似に対応するものである。我々の計算はGutzwiller-projectionの取り扱いに若干工夫があり、モンテ・カルロ法を応用した「変分モンテ・カルロ法」と称するものである。

超伝導状態としては、s波、d波などを選んで調べてみたが、その範囲ではd波が最も有利という結論になった^{1), 2)}。もちろん、選んだ波動関数は極めて単純なものであって、無視している効果にいろいろあるので、結論には若干の留保をつけておかなければならないが、強相関電子系の超伝導の興味ある側面を示していると考えている。

(2) CuO_2 面における酸素軌道の役割

half-filled bandに更にholeをドープしてゆくとき、そのholeはOに入る（即ち O^- から O^- になり、Cuは Cu^{2+} に留まる）というのはほとんど確かな事実となっている。従って CuO_2 面の電子状態を忠実に記述しようとすればOのp軌道を陽に導入する必要がある（Emeryの提唱するモデル）。この二次元 CuO_2 系について小さいクラスターの正確な対角化によってクーパー対が可能になるのはどんな場合のときか調べている。（M. Ogata and H. Shiba：準備中）

1) H. Shiba and H. Yokoyama : Proc. Yamada Conference on Superconductivity in Highly Correlated Fermion Systems.

2) H. Yokoyama and H. Shiba : Tech Rept. ISSP A1920

高密度磁気ポーラロン系での高温超伝導の可能性
—銅酸化物超伝導体に対する一つの見方—
理論部門 高田 康民

銅酸化物超伝導体の大きな特色は、超伝導相が磁気的秩序相の近くに出現することである。このため、アンダーソン⁽¹⁾をはじめとして、多くの人が短距離斥力だけのハバード模型で超伝導を議論している。しかし、キャリアの濃度が低いというのも、この系の特徴であり、それを中心として考えるなら、長距離のクーロン力も含んだ模型を調べる必要があることは、アンダーソンも指摘している⁽²⁾。

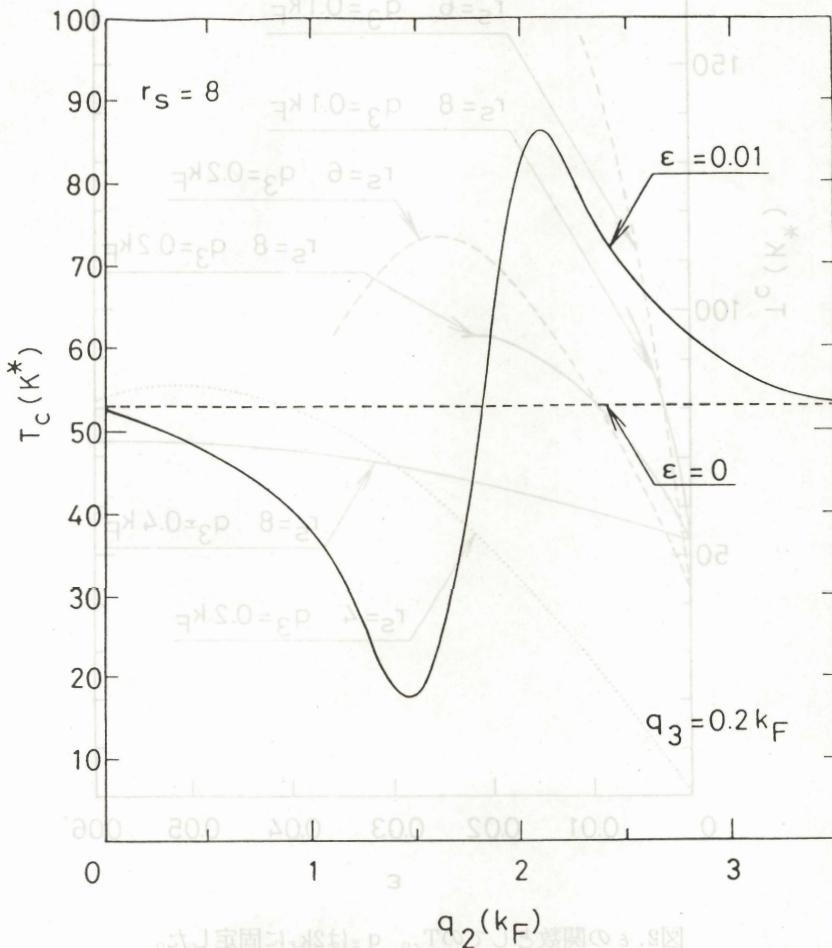


図1.式(1)中の q_2 の関数としての T_c 。 $r_s=8, q_3=0.2k_F$ と取った。
さて、私は、SrTiO₃⁽³⁾やグラファイト・アルカリ金属層間化合物⁽⁴⁾などの比較的低電子密度の系での超伝導を定量的に研究してきたが、これらの研究を通して、低電子密度系では、長距離のクーロン力は、超伝導にとって有害なのではなく、むしろ助けることを見いだした。とりわけ、電子密度径数 r_s が3.9より大きい電子ガス系でも、超伝導がおこりうることを、最近の詳細な計算に基づ

いて予言している⁽⁵⁾。ところで、この長距離の密度揺動による引力に加えて、短距離での引力をひきおこす何らかの機構があれば、高温超伝導は、発現されると考え、銅酸化物超伝導体を次のような見方でながめてみた。即ち、キャリアは、酸素の p 軌道に出来た正孔であり、銅の位置の正孔

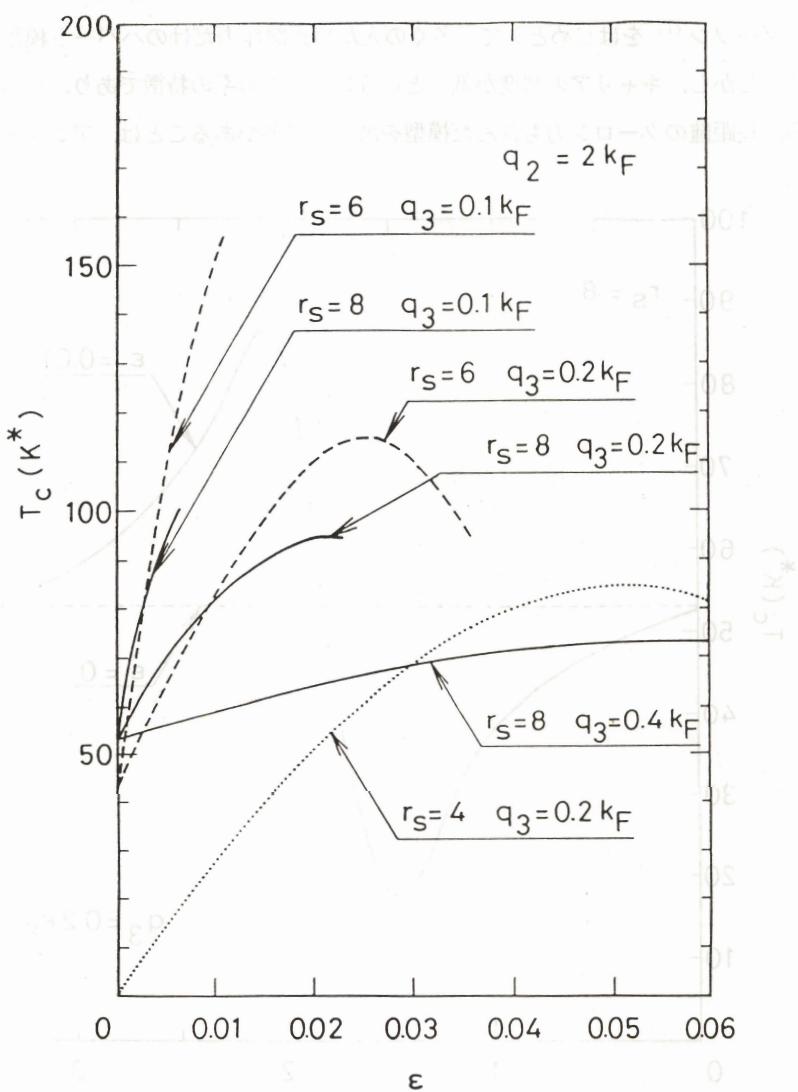


図2. ϵ の関数としての T_c 。 q_2 は $2k_F$ に固定した。

は、局在スピンと見なし、キャリアとは、d-p交換相互作用で結びついているとする。すると、銅酸化物は、高密度磁気ポーラロン系の 1 つということになる。

多磁気ポーラロン系での裸の電子間相互作用 $V(q)$ は、長距離クーロン・ポテンシャルと局在スピン系のスピン揺動を媒介としたポテンシャル $C\chi(q)$ である。ここで、 χ はスピン系の帶磁率、 C は電子とスピンとの結合定数を含む正の数である。 χ を適当に角度平均してやると、 $V(q)$

は次の形になる。

$$V(q) = \frac{4\pi e^2}{\kappa} \left[\frac{1}{q^2} + \frac{\epsilon}{(q - q_2)^2 + q_3^2} \right] \quad (1)$$

ここで、 κ は誘電定数である。電子ガスに用いた方法をそのまま、今度の $V(q)$ に適用して、第一原理から超伝導の T_c を計算した。図 1 に q_2 の関数として、計算された T_c を $K^* \equiv (m^* / \kappa^2)$ K を単位として書いてある。ここで、 m^* は、自由電子の質量を単位とした有効質量である。 q_2 が $1.8k_F$ (k_F は、フェルミ波数) より小さいと、 T_c は、電子ガスの場合 ($\epsilon = 0$ の時) より、下るが、 q_2 がそれより大きいと、 T_c は、著しく増大する。これは、定性的には、強磁的なスピンのゆらぎは、一重項の超伝導に不利に働くが、反強磁的なそれは、有利に働くという議論と一致する。図 2 には、 T_c がどれくらい、 r_s や q_3 によって、変わるかを示している。尚、図では、フェルミ面でのリノーマリゼーション因子が正の場合のみを示しており、途中で線が途切れた場合は、それより先では、金属・非金属転移がおこることを意味する。いずれにしても、 $r_s = 6$ では、 T_c が $100K^*$ 以上の状態は、比較的容易に実現されることがわかる。

このように、式(1)の第 2 項の効果により、 T_c は著しく増大しうるが、第 1 項の長距離性も重要である。実際、式(1)の第 1 項の $1/q^2$ を $1/(q^2 + q_1^2)$ に変えて、 T_c を計算したところ、 q_1 の増大とともに T_c は急激に小さくなり、特に $q_1 > 0.4k_F$ では、超伝導そのものが起こらなくなる。

参考文献

- (1) P. W. Anderson : Science 235 (1987) 1196.
- (2) P. W. Anderson : in Novel Superconductivity, Plenum, N. Y., 1987, ed. by S. A. Wolf and V. Z. Kresin, p. 296.
- (3) Y. Takada : J. Phys. Soc. Jpn. 49 (1980) 1267.
- (4) Y. Takada : J. Phys. Soc. Jpn. 51 (1982) 63.
- (5) Y. Takada : Phys. Rev. B37 (1988) 155.

酸化物高温超伝導体の電子状態

理論部門 寺倉 清之

高温超伝導体に関連した物質、LCO系 (La_2CuO_4) と YBCO系 ($YBa_2Cu_3O_y$) ($y=6$ より 7) についてバンド計算を行った。計算の方法は密度汎関数法における局所密度近似 (LDA) での FLAPW (Full-potential Linear Augmented Plane Wave) 法による。この方法は現存するバンド計算法の中では最も信頼度の高いものであり、問題になっている系のように原子の周りの局所的な環境の対称性が低い場合にはこの方法を用いるのが最も安全である。与えられた物質のミクロな情報を得るのに、バンド計算は強力な武器である。超伝導体についても、A15型化合物や $Pd-H$ 系などにおいては決定的な役割を果たした。しかしながら、LDAでのバンド計算は飽くまでも

一体近似であり、電子相関が強くなると破綻をきたすことはよく知られている。今回問題となっている酸化物高温超伝導体については、未だ多少は微妙な点が残っているようにも思えるが、これらの系が強相関の場合に属することを示唆する実験データがいくつも提出されている。そんな訳で、如何に詳しいバンド計算を行ったとしても、その結果から決定的なことを言うことは難しいと言わざるを得ない。そのことを念頭に置いた上で今一度バンド計算の意義を考えてみれば、我々の行うバンド計算は与えられた物質の詳細をできる限り忠実に取り入れるものであり、平均場近似としては現存する計算の中で最良のものである。従って、平均場近似の範囲内で関連物質の相互の位置関係を明らかにできれば、物質の特性が自ずと浮かび上がるのではないかと思う。そんな訳で、多くの関連物質のバンド計算を今後行っていきたいとは考えているが、ここでは取敢えずこれまでに扱った系について、バンド計算で得られた情報の要約を述べることにする。

1) バンド計算から見た場合の酸化物高温超伝導体の特徴

NiO, NiS, CuO, Cu₂O などの場合は、アニオンの p バンドがカチオンの d バンドの下に分離して現れる。それに対して、LCO も YBCOy も p バンドと d バンドが全くエネルギー的に重なってしまっている。特に、YBCOy 系で酸素の p バンドの位置が高い。この様子は光電子分光の結果と一致しており、これらの系の本質を探る上で非常に重要な要素ではないかと考えている。絶縁体の本質に関して、藤森氏らが主張する「電荷移動型」という観点から見れば、上述の事実はこれらの系が金属と絶縁体のきわどい境界に位置することを示唆するものである。

2) LCO 系と YBCOy 系の関連性

YBCOy 系においても、超伝導電流は 2 次元 Cu - O 面を流れるということはほぼ確定的になったと思われる。また、LCOにおいて La を 2 倍の Ca, Sr, Ba で置換した場合の相図と YBCOy 系で y を 6 から 7 に増加させた場合の相図の類似性が指摘されている。混ぜものの無い LCO では Cu - O の反結合バンドが丁度 “half-filled” であり、電子間相関により絶縁体になると考えられている。バンド計算によれば、YBCO6 では 2 次元バンドは 2 枚あるが、平均的には “half-filled” である。一方、YBCO7 では “less than half-filled” であることが判る。（約 0.1 個の余分のホールができる。）このことから、LCO での 2 倍イオンのドーピングと YBCOy での y の 6 からの増加が、2 次元 Cu - O 面のバンドの占有に関して等価な働きをすることが納得できる。

3) YBCOy における Cu の価数

YBCO7 での 2 種類の Cu の価数については、形式的には、2 次元面内のもの (Cu2) が Cu²⁺, 1 次元鎖のもの (Cu1) が Cu³⁺ とみなされる。しかしながら、バンド計算では Cu1 と Cu2 との電荷の違いはせいぜい 0.1 に過ぎない。このことは、光電子分光で Cu³⁺ が観測されないことを説明する。YBCO6 では Cu1 はバンド計算からも、Cu⁺ になる。なお、これらの研究は大学院学生の朴琦宅君、金材技研の小口多美夫氏、大阪府大の柳瀬章氏、富士通厚木研の池田稔氏らとの共同研究である。

酸化物高温超伝導の発現機構の解明を目指して

理論部門 福山 秀敏

酸化物超伝導に関しては $BaPb_{1-x}Bi_xO_3$ (BPB) が問題になっている頃から研究しており、この系が x の関数として超伝導・半導体転移をすることに対するモデルを現九大教養の吉岡大二郎氏と提唱した¹⁾。この際、酸素 8 面体の breathing モードに起因する電子・格子相互作用に着目した。

La 系が出現した段階ではこの BPB で考えた機構は本質的に正しいが、1) La 系では BPB と異なる伝導電子の通り道に乱雑さがない、2) 2 次元正方格子上のプロック電子が half-filled 近傍で持つ van-Hove 特異点に伴う大きな状態密度が利用出来る、という 2 つの特徴のために high T_c になったと考えた。これについて助手の長谷川泰正氏と論文を書き興奮しながら投稿したのが丁度 1 年前の 2 月 3 日のことである²⁾。

La 系ではその high T_c の特徴の他に x の小さい領域での半導体相が気になった。2 月の頃では、世界的に格子変形に伴うパイエルス転移が議論されていたが、我々は SDW に違いないと考えて van Hove 特異点 + RPA で相図を議論し 2 月 20 日～22 日の伊豆高原での研究会でこれを紹介した。CDW ではなく SDW とはっきり主張したのはこれが最初であろう³⁾。その直前の 2 月 15 日に Y 系が発見されて、フォノン説に無理を感じ、強相関の可能性についても考えはじめ、東理大の芳田奎先生と、Hubbard 近似の範囲で extended s-wave での T_c を評価して、JJAP の最初の特集号に間に合わせた⁴⁾。（6 月のバークレーの会議では high T_c 関連ではこの SDW とハバート模型について報告した⁵⁾。）

その間 5 月物性研で開かれた公開のしかし極めて informal な理論の討論会で Cu のみならず O まで考慮して、“斥力” から “引力” を導く試みについても議論したが具体的な内容には至らなかった。このころまでには実験的状況もはっきりしてきて、バンド的見方に疑問を投げる報告がいくつか出てきた。当初、このような報告には実験的な問題も感じ距離をおく方針でいたが 7 月末には、やはり電子間相関が大切でバンド理論の結果を文字通りには受け取ることが出来ないと考えるようになり、これについて仙台での山田コンファレンスで考えを述べた⁶⁾。ここでは主としてホール効果についての実験結果をもとに、ハバード近似での準粒子の “フェルミ面” を、1 次元電子系で良く知られている $2k_F$ と $4k_F$ ($2k_F$ はスピンの励起, $4k_F$ は電荷の励起) の異常性に関係づけて議論した。即ち、 $2k_F$ 励起がスピノンに、 $4k_F$ 励起がボソン k に対応すると。ここでは更に Cu-O 両方について考えた。

この強相関系での問題を今まで引き続いて考えているが、その方針は 1) half-filled での RVB 状態に対する分子場近似の改良と、その範囲での物理量の温度依存性 2) dope した場合に、slave boson を用いての近似方法の改良、を主な目標にしている。

1) については従来から擬 1 次元スピン系でのスピン・パイエルス転移の出現には RVB が重要で

あることを位相ハミルトニアンの立場から明らかにしてきた⁷⁾。このことを分子場近似での秩序変数の選び方に反映させようとしている。

2)については長谷川泰正氏の他に東北大理鈴村順三氏と共同で考えている。すでに、従来のボゾンをc-数として取扱う近似を一步進め、ボゾンを力学的変数として、フェルミオンと自己無撞着に取扱った結果をまとめ⁸⁾、この範囲での磁化率、比熱を求めた⁹⁾。これを更に異ったタイプのRVB秩序変数についても考えている。

文献

- 1) D. Yoshioka and H. Fukuyama, J. Phys. Soc. Jpn. 54 (1985) 2996.
- 2) H. Fukuyama, and Y. Hasegawa, J. Phys. Soc. Jpn. 56 (1987) 1312.
- 3) Y. Hasegawa and H. Fukuyama, Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L322.
- 4) H. Fukuyama, and K. Yosida, Jpn. J. Appl. Phys. 26 (1987) L371.
- 5) Novel Superconductivity, (Plenum, 1987) ed. by S. A. Wolf and V. Z. Kresin, p.401 & 407.
- 6) H. Fukuyama, and Y. Hasegawa, Physica 148B (1987) 204.
- 7) 稲垣睿・福山秀敏：「固体物理」20巻6号(1985) p.369
- 8) Y. Suzumura, Y. Hasegawa and H. Fukuyama, J. Phys. Soc. Jpn. 57 (1988) 401 & Interlaken Conf.
- 9) Y. Suzumura, Y. Hasegawa and H. Fukuyama, in preparation.

Holon Kinetic Energy in RVB State

客員 Pascal Lederer, 理論部門 守谷研一 Yoshinori Takahashi

Recent numerical results by various groups show that the ground state energy of a two-dimensional quantum Heisenberg antiferromagnet can be rather well approximated either by an antiferromagnetic (AF) wave function or by resonating valence bond (RVB) wave function with a difference of energy of about $10^{-2}J$ per bond, where J is the exchange coupling between neighboring spins. Anderson and coworkers¹⁾ argued that high T_c superconductivity may develop from doping an RVB ground state. Since RVB and AF are almost degenerate at half band filling, the crucial question is which state, RVB or AF, is favored by the kinetic energy of holes by doping. According to Anderson et al.¹⁾ holes will gain an energy of order t in RVB compared to AF, while one of us (P.L.) has shown²⁾ based on an approximate RVB wave function that the "holon" motion disrupts the phase coherence of the wave function in such a way as to increase the kinetic energy of a holon in RVB compared to a hole in AF leading to the

opposite conclusion that stabilization of RVB by holes would be unlikely if AF was the most stable state at half band filling.

We report here our recent results of the holon density of states on 5×5 clusters in the limit $t/U \rightarrow 0$. We evaluated the first 8 moments of the density of states with the techniques developed by Nagaoka³⁾ and Brinkman and Rice⁴⁾ using the phase coherent RVB wave function proposed recently by Sutherland⁵⁾ and extended by us⁶⁾ in the case of a holon by explicitly taking the phase coherence into account in fermion representation. Our wave function consists of sum over singlet product states with the adequate phase factor, which is approximated by the Gutzwiller wave function with a “ $s+id$ ” symmetry.⁷⁾ Our wave function in the present case has 196 components, while the approximation in ref. 2) had only 4. Our method has several advantages over other approaches because one can take into account the full Hilbert space for the calculation of the kinetic energy, and one automatically ensures local particle number conservation; however, the method is limited to the dilute doping case.

It was pointed out²⁾ that components of the RVB wave function with an odd number of singlets along a closed loop path contribute a change of sign of this component in the wave function, and that such terms overweigh the contribution of components with an even number of singlets, which have no change of sign. This was confirmed by our wave function and we find that, for $t/U \rightarrow 0$, the holon kinetic energy is higher than the hole one in AF, with a difference $(\omega_0^{RVB} - \omega_0^{AF})4t = (8.4 \pm 0.3) \times 10^{-2}t$. We have also checked a recent result by Affleck,⁸⁾ who finds, using an original mean field approach for nearest neighbor singlet wave functions, that doping favors a transition from a state with “ $s+id$ ” symmetry to a state with s symmetry. We find no such transition: there is a small kinetic energy loss in a s symmetry wave function $(0.3 \pm 0.1) \times 10^{-1}t$ compared to the $s+id$, as well as a large exchange energy cost ($\sim 0.22J$ per bond). The interest of this calculation, aside from this conclusion, is to show that our kinetic energy estimate is fairly insensitive to the detailed choice of RVB wave function.

Our conclusion at this point is that stabilizing with doping a nearest neighbor singlet RVB wave function at the expense of the Néel type ordering is impossible in the limit $t/U \rightarrow 0$. It is unlikely that this conclusion changes when finite t/U corrections are included in the calculation. Extension of our work is under progress for more general RVB wave functions and for t/U finite. It may be that local changes in the symmetry of the RVB wave function play an important role in the competition between RVB and AF.

References

- 1) P. W. Anderson : Science 235 (1987) 1196. G. Baskaran, Z. Zou, and P. W. Anderson : Solid State Commun. 63 (1987) 973, P. W. Anderson, G. Baskaran, Z. Zou, and T. Hsu Phys. Rev. Lett. 58 (1987) 2790.
- 2) P. Lederer : J. Phys. Soc. Jpn. 57 (1988) No.5.
- 3) Y. Nagaoka : Phys. Rev. 147 (1966) 392.
- 4) B. F. Brinkman and T. M. Rice : Phys. Rev. B2 (1970) 1324.
- 5) Bill Sutherland : Preprint.
- 6) P. Lederer and Y. Takahashi : to be published in Z. Phys. B.
- 7) G. Kotliar : Preprint and private communication.
- 8) I. Affleck : Private communication.

物性研究所短期研究会報告

主 催 中

アドバイザリーチーム

「物性研究の将来計画」一覧

日 時 1987年11月30日（月） 13:00～17:30

12月 1 日（火） 9:00～17:30

場 所 美濃物性研究所 Q 棟 1 階講義室

実習室

内 容

世話人 小中嶋 貞雄 川路 紳治

（鷹一郎林）

田中 共吉 伊達 宗行 長岡 洋介

議題プログラム

11月30日

守 谷 亨

大山 富

世話人挨拶 二 脇 瑞 中嶋 貞雄 大北

I. 物性研の将来計画 (13:50～17:30)

[座長 前半：長岡洋介、後半：川路紳治]

A. 計画の概要と問題点 守 谷 亨

B. 極限物性の現状と将来 小川 信二

超強磁場 三浦 登 大山 富

超低温 小川 信二

極限レーザー 矢島 達夫 大北

超高压 毛利 信男 大京

表面物性 田中 虔一 大山 富

C. 当面の将来計画 石井 武比古

軌道放射物性 山田 安定

中性子回折物性 武居 文彦

新物質開発 寺倉 清之

電算機を用いた研究 小川 信二

共同利用のあり方

12月 1 日

II. 物性物理における基礎研究 (9:00～12:15) [座長 前半：渡部三雄、後半：金森順次郎]

（説明会議室）

（説明会議室）

（説明会議室）

A. はじめに

小規模研究について 中嶋 貞雄

ワーキンググループ経過報告 金森順次郎

B. 総論と全国的計画

中小規模研究機器について 伊達宗行

物質研究 小松原武美

物性研と中小規模研究 竹内 伸

金研の計画と共同利用 仁科雄一郎

C. 各地の計画

富山大の計画 佐藤 清雄

福井大の計画 目片 守

北大の計画 都 福仁

京大の計画 新庄 輝也

広大の計画 渡部 三雄

III. 物性研究における大型施設の将来計画 (13:30~17:30)

[座長 登 前半：加藤範夫、 後半：伊達宗行]

A. はじめに

ワーキンググループ経過報告 伊達宗行

B. 中性子の計画

パルス中性子 遠藤 康夫

原子炉 山田 安定

C. SORの計画

糟谷 忠雄

石井武比古

小林 幸友

三井 利夫

世話人挨拶

東海大理 中嶋 貞雄

第13期日本学術会議発足に伴い、物理学研究連絡委員会に物性物理専門委員会が設置され、「物性研究における大型施設の将来計画」（委員長 伊達宗行）および「物性物理における基礎研究」（委員長 金森順次郎）の2作業委員会を中心として物性研究将来計画策定の努力を重ねてきた。第13期も余すところ1年足らずとなり、両作業委員会の作業も大詰めに近づきつつあるので、この

際、将来計画の概要を広く紹介し、物性研究所はじめ各大学、研究機関の将来計画ともあわせて討議して頂くことが有意義と考え、この研究会を企画した。（物性専門委員会委員長）

I. 物性研の将来計画

登　講三　學部連携

物性研将来計画の概要と問題点

所　長　守谷　亨

5 大部門の現状と将来計画の概観及び問題点について簡単に要約する。極限物性部門は当初の技術開発の目標をほぼ捉えるところ迄到達し、更に測定技術の開発・確立と研究テーマの強化をめざしている。極限技術の大衆化と共同利用の振興が目下の課題となっている。

軌道放射物性部門ではKEKのフォトン・ファクトリー（PF）を利用したビームライン計画が予定を早めて昭和62年度で一応終了することになったので、KEKと共同のVUV高輝度光源計画を速かに具体化する必要が生じて来た。これに関連した中間ステップとして、PFの運転時間を増加し、その分でエネルギーを1.5 GeVに下げて運転してVUV放射光源とする計画がKEKから提案され、試運転が計画されている。これが成功すれば早期に高精度の実験が行われ得るので大いに期待されている。

中性子回折物性部門では原研の改3号炉を利用した水準向上により、我が国の中性子回折研究センターとしての機能を充実させる計画がスタートした。将来常駐態勢をとって研究及び共同利用を推進するための施設計画を実現することが是非とも必要である。又顕著な成果を上げて來た日米科学協力は今後も継続して行きたい。

新しい将来計画としては凝縮系及び物質開発室を中心に物質開発計画が目下検討されている。この計画は酸化物、重い電子系、有機物質にまたがる超伝導及びその周辺の強相関電子系の総合的研究を当面の中心課題として、量子多体系、境界領域にある様々な物質の研究といった課題が考えられている。また物質作成と同時にそのcharacterizationを確実にするための共通測定室の整備強化が重要課題となっている。更にこの計画には超高圧部門の参加も予定され、理論部門も協力して強力な支援態勢で臨むことになっている。

理論部門の最近の研究活動は高度の電算能力なしには考えられない。所外研究者の活動についても同様な事情があり、物性研究の為のスーパー・コンピュータの導入が所内外から強く要望されている。この問題検討のためのワーキング・グループが既に発足し、導入の早期実現をめざしている。

物性研は今年で創立30周年を迎える、全国共同利用研としての在り方について多くの見直しが必要になっている。共同利用の近代化、客員部門の増強、外国人客員部門の新設や国際シンポジウムの開催などの国際交流の強化が当面の課題として検討されている。また長期将来構想を検討するため

に、全所員を年令順に3グループに分けて議論を開始した。これらの将来計画全般に亘って所外から忌憚のない御意見を是非お寄せいただきたい。

超強磁場

超強磁場 三浦 登

超強磁場部門では、超強磁場発生技術の開発とその下での物性研究を行っている。強磁場の発生法としては、従来の電磁濃縮法の発展を図る他に、新しい方法として一巻きコイル法を開発し、さらに非破壊的な長時間サブメガガウスパルス磁場の充実を行っている。

1. 超強磁場の発生

(1) 電磁濃縮法

500ないし1000Tの磁場を発生することを目的として、5MJの主コンデンサーバンクと、初期磁場発生用の1.5 MJの副コンデンサーバンクが設置されている。

現在までに1巻きコイル型の1次コイルを開発することによって最大6MAの電流の放電が可能になり、350Tの超強磁場を発生することに成功している。より大きなエネルギーの投入によって500T以上の磁場が得られる見込みである。

(2) 一巻きコイル法

この方法は、超高速放電によってコイルが破壊する前に超強磁場を発生する方法であるが、コイルは外側に破壊するので、中の試料やクライオスタットは破壊しないという特徴がある。

内径10mmの標準コイルでは150T、4mmのコイルでは250Tの超強磁場が発生できる。

(3) 長時間パルス強磁場

超強磁場下の物性研究においては、試料に初めに非破壊的な強磁場を加えて、比較的容易な方法で実験を行ってみることがしばしば必要である。このため40-60Tのサブメガガウス磁場を10-20msの幅の長時間パルス磁場として発生している。最近ではNb-Ti合金の超伝導線を用い、54Tにおよぶ磁場を非破壊的に発生できるようになった。

2. 超強磁場下の物性研究

以上のような3種類の超強磁場の下で半導体、半金属、磁性体、超伝導体などの多種類の物質について、(1)磁気光学、(2)輸送現象、(3)強磁場磁性などの各分野で超強磁場物性研究が進行している。

ここではこれらの中から最近超強磁場で測定されたYIGのスピンドリップ転移について述べる。この測定によって、一連のガーネット結晶の交換相互作用定数の直接的決定が可能になった。その他の内容の詳細については、紙面の余裕がないので要覧などを参照されたい。

超 低 温 特

夫 滋 夫 大 一 サ ー マ 須 藤

超低温物性 小川 信二

物性研究所の極限物性研究設備計画が1977年から発足し、 $100\text{ }\mu\text{K}$ 以下の温度発生を目標として整備が進められた結果、1983年には実験用空間で $27\text{ }\mu\text{K}$ の温度に到達し世界記録を達成した。

この2段核断熱消磁装置の他にも、ヘリウム液化機(100 l/H)、希釈冷凍機(3 mK)、1段核断熱消磁装置が整備され稼働している。

これらの装置を使って今までに行われた、また現在行われつつある研究として以下のものがある。

1. 固体 ^3He の核磁性

a. hcp (六方密構造) ^3He の核磁性

b. bcc (体心立方構造) ^3He の核磁性

2. 吸着 ^3He 薄膜(二次元 ^3He)の強磁性

3. $^3\text{He} - ^4\text{He}$ 混合液の超流動探索

4. 热平衡下の核磁気秩序

5. 量子液体を使ったサイズ効果

以上の他に超低温技術の開発に関係して、

6. 急速冷凍技術(超低温急速冷凍機の建設)

7. 超低温温度スケールの確立

詳しく説明する余裕がないので1例として、物理から1を技術から7を紹介する。

固体 ^3He はスピン系の多体交換相互作用を調べるのに理想的な系である。bcc相では反強磁性の

スピン秩序が、hcp相では強磁性的であることが、物性研の $40\text{ }\mu\text{K}$ までの磁化測定で明らかになった。

2体だけでなく3体4体の交換相互作用が重要であり、その寄与の仕方が結晶構造により異なる

ことが明瞭に示された。また圧力によって原子間距離を3%以上変えることができ、磁化の圧力(距

離)依存性の詳しい実験も行われ、多体交換相互作用の定量的議論へと進んでいる。

より低い温度が利用可能となった時、新しい物性実験を行うのに温度の測定法、スケールの確立

といった地味な努力が必要とされる。 mK から μK にかけての温度基準として ^3He の融解曲線が最

も有望である。現在この温度域で信頼性の高いPt-NMR温度計を用いて ^3He 融解曲線(圧力対温

度)の精密測定を行った。その結果現在研究者間で広く使われているHalperinによる温度スケ

ルを約10%, 1 mK 以下では20%近く修正する必要があることを明らかにした。

このように超低温物性グループでは mK から μK までの温度域での物性研究と超低温技術の充実

に現在力を入れている。

極限レーザー

極限レーザー 矢島 達夫

このグループの目的は、超短波長化および超短パルス化の点で極限的性能をもち、かつ高出力性、広域波長可変性等を含む総合性能のすぐれた各種のレーザーシステムを開発し、これらを用いた物性研究やX線レーザーの研究を行うことである。

昭和54年に計画が発足したが、レーザー開発については全般的にいって既に当初の目標をはるかに上回るレベルに達し、更に時代の要請に応えて不断の改良の努力が続けられている。

開発された装置は(1)大出力ピコ秒固体レーザー系、(2)大出力サブピコ秒ガスレーザー系、(3)高性能フェムト秒色素レーザー系、に大別される。(1)は4ビーム系で、波長 $1.06\text{ }\mu\text{m}$ でピーク出力3.8 TWを達成し、核融合用以外では最大規模である。ビーム空間特性のよさ、短パルス可変性(4–200ps)に特徴がある。(2)ではXeClエキシマーを用いて波長308nmで幅0.31ps、ピーク出力約1TWを得ており、西独MPIの記録と並ぶ最高値である。(3)では14fsの可視域パルスが繰返し1kHz、出力約500kWで得られ、極限的短パルス光源として卓越した総合性能が特徴である。いずれも国際的にみて第一級の装置といえる。

これを用いた研究は多岐に亘っているが、最近の主な成果としては(i)大出力固体レーザー励起によるX線レーザーの基礎分光研究、(ii)ピコ秒レーザーによる半導体(Si)の超高速相転移(レーザーラニーリング)の研究、(iii)フェムト秒色素レーザーによる凝縮系(色素溶解、半導体微粒子など)の超高速緩和現象の研究、(iv)広帯域光(インコヒーレント光、位相変調光など)による超高時間分解能分光法の研究、(v)紫外域ピコ秒・サブピコ秒固体分光の発展、などがある。(i)ではAℓ多価イオンのXUV(42Å)放射に対して增幅作用の徴候が観測され、最短波長レーザー作用の可能性を示している。(iv)は我々独自の原理的に新しい方法で、極限短時間領域での活用が期待できる。

今後の方針としては、A.極短パルスレーザーと超高速現象、B.超短波長レーザーと高励起・高エネルギー物性を二つの柱として現状を更に発展させていく予定である。Aでは新しい対象物質や短時間極限における基礎的諸問題が、BではXUV・X線レーザーの実用化に向けての広範な基礎分光研究、TW級レーザー光と物質との相互作用に基づく新しい物理現象や物質制御などが重要な課題となろう。

超 高 壓

P.W.BridgmanがHarvard大学の物理教室で超高压下での物性研究を始めたのが、1908年、即ち明治41年のことである。日本においては当物性研究所が開設され箕村、秋本両所員が超高压部門に着任された1961~2年が本格的な超高压下の物性研究の始まりと考えて良いであろう。西欧に50

年遅れてスタートした日本の超高压研究はこの30年で技術的にはほぼ西欧と肩を並べるまでに至った。発足当時の1960年代中頃までに現存する大型超高压発生装置の開発が西欧でほぼ完成し、そのまま技術導入出来たことは幸運であった。今日非常に普及しているダイアモンドアンビル超高压発生装置も1972年のルビー蛍光の圧力効果を利用した、所謂、ルビースケールの確立がNBSでなされ、日本にもその技術は即刻導入された。しかしながら超高压下の物性研究ということになると現状においても西欧とかなりの格差があることは誰もが認めざるを得ない事実である。物性研究は技術の導入だけですぐ出来るわけではない。どれだけ多く、しかも多分野にわたって高圧技術を用いる研究者がいるかで決まることは明瞭であろう。超高压部門は設立当時スタッフとして化学系3名、地球物理系3名で始まり、以来約25年これらの分野を中心に若手研究者を育てて来たが、まだまだ研究者の数は少い。今年度四月から第Ⅱ期のスタッフも全員揃い、物理系3名、地球物理系3名の内訳で、研究課題として超高压下の物性研究と地球深部物質の研究をそれぞれ毛利、八木を中心に行っている。これらの研究を世界のトップレベルにする為には超高压下で発見する新しい物質の開発が必要である。我々はこれから提出される当所の新物質開発計画の一翼を担い、常圧下での物質開発グループと密接に協力し、物性研究所ならではのユニークな計画を立案中である。これからの超高压の物性研究は超高压下で誘起させた新しい現象をその場で観察し制御することが要求される。従来の様な盲飛行ではいつまで経っても西欧を追い越すことは出来ない。大阪大学の超高压部門には数億円の予算が内定と聞いた。超高压研究者として誠に喜ばしいことと思う。当物性研究所においても、すでに25年以上も経った高圧発生装置を出来るだけ早く近代的設備にしなければ全国の共同利用研究所としての使命を果たし得なくなっている。我々超高压部門一同精一杯の努力をしていきますが全国の皆様の御協力是非ともお願い致します。

表面物性の現状と将来

主催者より表面物性の「現状と将来」について5分間で報告するようにとのことであるので、物性研究所の表面物性の研究の特徴と最近の研究成果に焦点を絞り、サイエンスの話は意識的にはずして報告した。物性研究所の表面物性は当初より「構造」「物性」「反応」の3つの面から研究を推進する計画でスタートし、現在、村田、田中、桜井の3所員により、それぞれ特色ある手法、手段の開発、改良が行われ、次のような研究が行われている。

1. 表面上に特有な構造相転移と物性
2. 表面の特異性を利用した新物質開発
3. 超低速イオン散乱、光刺激脱離による表面の反応性と電子物性

4.表面格子欠陥 （著者：西田洋二郎） が併用される高純度の本日式Jイーキスズ社装置

5.共鳴核反応を用いた吸着水素の検出 （著者：高橋信介） で既往の半導中性子源の物性研究が進歩する所蔵 （著者：田中研一） で、その結果、田中研一は「果敢に引の光電子顕微鏡」を開発

1.固体表面の触媒作用を用いた特異な表面化合物の合成 （著者：大槻良明） が開拓された。

2.固体表面の構造と反応性 （著者：大槻良明） が開拓され、さあ開拓こそさあ成る部分がひびきだす。

3.固体表面の触媒作用と反応機構 （著者：大槻良明） の研究が行われ、その結果が示す所蔵 （著者：桜井研一） が開拓され、さあさあ都合のいい研究が進む。さあさあ部門がこまめに手を貸す所蔵 （著者：桜井研一） が開拓され、さあさあ各表面研究室が開拓され、その結果が示す所蔵 （著者：大槻良明） が開拓され、

1.二元合金における表面偏析の微視的研究 （著者：大槻良明） が開拓され、その結果が示す所蔵 （著者：大槻良明） が開拓され、

2.半導体一金属界面の組成分析 （著者：大槻良明） が開拓され、その結果が示す所蔵 （著者：大槻良明） が開拓され、

3.分子線散乱装置の開発 （著者：大槻良明） が開拓され、その結果が示す所蔵 （著者：大槻良明） が開拓され、

4.走査トンネル顕微鏡の開発 （著者：大槻良明） が開拓され、その結果が示す所蔵 （著者：大槻良明） が開拓され、

これ等の中から、各研究室の特色のある最近の成果を一件づつ紹介した。村田研究室では5Kまでの実験が可能な超高真空システムを開発し、LEEDによる低温(200K)におけるSi(001)面の、

(2×1) \leq C(4×2)相転移を発見した。桜井研究室についてはFIMにより先端を原子レベルで制御した針を使ったSTM装置の開発と、それを用いて得られたSi(111)面の($\sqrt{3}\times\sqrt{3}$)構造を報告した。なお、このSTM装置の開発は民間企業等との共同研究として物性研究所が受け入れた最初の共同研究である。田中研究室については、1気圧までの条件下で実現できる電子分光装置の開発、および、この装置により触媒反応を使ってNi(100)表面に高密度hex構造のOHを含む新表面物質相の合成を報告した。共同利用および将来計画について述べる時間がなかったが、「当初の計画は完了したか」との質問があり、これに答える形で、当初の計画は完了し、これからは共同研究を中心に積極的に表面物性研究を推進するつもりであることを報告した。

軌道放射物性研究施設の当面の研究計画

石井 武比古

物性研究所軌道放射物性研究施設では、かねてから、高エネルギー物理学研究所と協同のプロジェクトとして、極紫外・軟X線領域の分光研究を飛躍的に発展させる目的で、新型の高輝度シンクロトロン放射源を建設する計画をもっている。この計画が目論まれた当初はトリスタン計画が走っており、その完成を待って計画をスタートさせるのでは進歩の急な世界の現状から取り残される懸念があった。そこで、計画の中から最も緊急性の高いものをとりあげ、実験装置を建設し、現在稼働中のフォトンファクトリー・リングに接続して可及的速かに研究を開始することが考えられた。

我々がBL計画と呼ぶこの計画は、幸にして認められ、昭和61年より発足した。このたび内需拡大のための大型補正予算が組まれたことに連動して、BL計画は本年度内に完了することになった。

BL計画総予算額は当初625,800千円であった。事務当局の努力により、決定の段階では約69,000千円ほど増額があった。この計画では、フォトンファクトリー・リングにアンジュレータを導入し、そこからの高輝度光が利用される。測定系は、スピニ偏極光電子分光実験装置、温度可変光電子分光実験装置および表面界面光電子分光実験装置である。各測定系は分光器、電子エネルギー分析系、試料の準備室および保存室、試料表面の検査機構など必要な機構をほぼすべて備えた完全装備のものである。アンジュレータからの光を実験ホールに導く基幹チャネルは高エネルギー物理学研究所が建設した。実験装置と光源側を接続する分岐システムや誘導光路の建設費も予算化されている。

昭和61年度には、アンジュレータが建設された。これはリボルバーと名付けられた新型のものである。異なる磁極間隔をもつアンジュレータ磁石列が回転によって交換できる仕組になっている。昭和62年度中にすべての測定系と光学系が姿を現わす。表面界面光電子分光実験装置は通常の偏向磁石からのビームラインに移すことにして、そのための準備も進行中である。

現在、大部分のものについて設計が完了し、発注も行われた。分光系として、スピニ偏極光電子分光実験装置と表面界面光電子分光実験では定偏角斜入射分光器が用いられる。前者に採用される分光器では、波長領域によって異なる光路をもつ、いわば、二つの分光器が一部のチャンバーを共通にして同一架台上に取付けられた形になっている。分光の原理は、PF-BL-11Dの分光方式と同じで、中間スリット可動型である。温度可変光電子分光実験装置では、平面回折格子分光器が用いられる。

スピニ偏極光電子分光実験装置では、光電子のエネルギー、運動量、スピニのすべてが分析できる。スピニ偏極度の測定はモット検出器によって行われる。温度可変光電子分光実験装置は液体ヘリウム用クライオスタットをもち、低温で、スピニ分析まで含めた光電子の観測が可能である。スピニ解析には、タンクステン結晶を用いたスピニリード検出器が用いられる。以上の二種の実験装置を組合せて、極低温から数百度に至る温度範囲での光電子の完全解析が目論まれている。表面・界面光電子分光実験装置は、固体表面の電子状態の研究に要求される全装備の角度分解型光電子分光実験装置を有するもので、国際競争入札により、VG社のものが採用された。

以上の実験装置によって可能になる研究はいろいろあるが、たとえば、重い粒子系や超伝導体など今流行の研究対象物質の電子状態の研究は従来より格段に進展するものと期待される。

物性研中性子回折物性部門の当面の将来計画

中性子回折物性 山田 安定

物性研では、従来日本原子力研究所2号研究用原子炉に付設された2基の中性子回折装置を主力として共同利用研究を行って來たが、何分原子炉そのものが既に老朽化し、最近の中性子回折・散

乱の世界的動向に即応できることは明かになってきている。

原研においては、最近の研究用原子炉の実情を考慮して、既存の3号研究炉（JRR-3）を抜本的に大改造し、「ビーム実験専用炉」とする方針を決定した。この計画の特徴は、冷中性子源とそれを利用するガイドホールが建設される点にあり、近代的なビーム実験用研究炉としての要請を満たしたものとなる。

物性研としては、この機会に我が国の中性子散乱研究の飛躍的な進展を実現することを計画し、原研との緊密な連携のもとに、この改造3号炉に大規模な中性子回折・散乱装置群を設置し全国共同利用に供する計画を立案、推進している。

これを具体化するため、物性研では昭和62年度より、文部省に「中性子回折物性研究施設」の新設に関する予算の概算要求を行っており、設備については本年度より漸次予算化が出来る見込みである。

計画のポイントは次の「三本柱」より成る。

1. 東海地区常駐研究体制の確立

中性子散乱研究にあたって、直接運営の責任を担う物性研のスタッフが、設備の設置される原研を「本拠」としてここに常駐し、設備の維持管理は勿論、装置の不断の改良、充実した共同利用運営に携る。このため人員として7名（助教授1、助手3、技官3、事務官1）、又建物として研究棟、宿舎（3,858m²、但し別項目）を要求している。

2. 冷中性子源を中心とする諸設備の大幅な拡充

改3号炉の炉室内に2基～3基、ガイドホール内に8基、計11基の分光器群を設置する。これらはそれぞれに特徴をもった分光器であり、更に互いに整合性をもたせて全体としてひとつの分光装置「系」を形づくるものとする。又これらの装置群はVAX78号システムを中心とする計算機システムでオンライン制御され、更に外部との通信回線によって種々の高度なデータ処理を行い得るので、常に実験結果を次の実験にフィードバックして有効な装置利用ができるものとする。この設備のための予算額は、22億3,500万円（うち分光器関係12億8,300万円）を計上している。

3. 共同利用運営体制の整備

上記のような、「ハードウェア」の建設と並行して、この装置群の全国共同利用の運営体制を整える。当面は物性研共同利用施設専門委員会の下に（仮称）「中性子散乱実験設備運営委員会」をおき、昭和65年度の原研3号炉共同利用開始と同時に研究計画の公募、その採択、マシンタイムの割振りなどの共同利用遂行に関わる諸事項を決定、運営する。「施設」として法制化された時は、あらためて「中性子回折物性施設運営委員会」を設置し、全国的な組織として共同利用の任にあることとする。

以上が当面物性研として具体的に計画している中性子回折・散乱研究の将来像である。中でも我々として特に重要と考えていることは、設備の拡充もさることながら、常駐体制を万全なものと

して確立することである。我々物性研のスタッフが装置の付設された原研を本拠と心得えて、装置群といわば「起居を共にする」体制をとること活力に満ちた装置群の利用が期待できると思って

いる。

物質開発計画について

物質開発室 武居 文彦

物質開発計画については大むね次のように説明が行われた。

(1) 歴史的経緯について

本計画は1980年に物性研の大部門制が発足して以来、その重要性が認識され、さまざまな形で検討が加えられてきた。数年の準備期間の後、1985年より物質開発将来計画委員会が発足した。1986年には物質開発室の発足と共に計画は概算要求書としてまとめられるに到っている。

(2) その特徴

物質研究の計画や遂行中のものは数多くあるが、物性研の計画はその最も基礎寄りの位置を占め、(a) 真の意味の基礎研究、(b) 新物質の探索、(c) 全所的協力、等をその特色とする。特に本所には理論部門及び極限部門という特徴ある大部門が存在するが、研究遂行に当ってはこれらの全般的な協力を期待している。

(3) メインテーマ 研究の主要な方向としては従来「泥沼」と称して敬遠し勝ちであった非典型的な物質群、これを特に「境界領域に存在する新物質」と呼び、これらについて物質合成-単結晶育成-物性測定を行って、新しい典型物質の発見・開発に努める。

(4) 当面の目標

本計画は5~10年程度のプロジェクト的研究を積み重ねることにより行なわれる。当面の研究課題としては「新超伝導物質の開発とその超伝導機構の究明」を定め、酸化物系の新超伝導物質の探索、高いT_cを持つ新有機超伝導体の開発、超高压下での新超伝導相の発現、等を具体的目標として研究を行なう。

(5) 組織 この計画は全所的協力体制の下に行なわれるが、その中核組織は現存する物質開発室および凝縮系部門より新しい大部門を結成し、それに極限部門より超高压グループが参加することにより作られる。また物質のキャラクタリゼーションを強化するために、共通測定室をこれに組み入れる。

(6) 共同研究 共同利用研の特質を生かすために合成装置や測定機器を広く内外に解放すると同時に、外部よりの新しいアイディアによる物質開発共同研究も盛んに行なう。

以上の説明に対し多くの批判、意見が寄せられたが、その主なものは研究の性格および組織に関するものであった。特に前者に関しては「何故この計画を物性研で行う必要があるか」という動機づけが不充分であるなどの大変厳しい意見もあった。しかし本来この種の研究は動機の明確化が難しく、また当初の思惑通りになることが少ないという点が問題なのである。説明で「泥沼」といったのはむしろ問題点を逆手に取って、研究の意外性に特色を見出そうと言うものであった。次に組織に関する問題であるが、これは主に人員についてであったと思う。これも大変な難問で、どう考えても一朝一夕に解決することとは思われない。そこで止めてしまうか、努力するかの二つの路があるが、我々は後者の路を取りたいと考えるもので、計画の具体化にあたってはぜひ御協力をお願ひしたい。

コ メ ン ト

阪大理 伊達 宗行

物性研の新物質開発がもう一つの大部門として出て行くのは学問的に整合性を欠く。物質開発はその器量ある人物にすべてをまかせ、若い手下を十数人動かして組織的、総合的にやるべきで、大部門の構成では船頭ばかり多く、実際に機能するとは思えない。

また新物質開発計画はまだ総論的で何をどう作るのかが不明快である。このままでは理解出来ない。また他のグループの動向、例えば重点領域でウラン、アクチナイト化合物合成研究が走ることになっている。これらの諸計画と物性研計画は当然相補的でなければならないがその辺の展望も明らかでない。

物性研究のための大型計算機センター設置を目指して

電子計算機委員会常任委員 寺倉 清之

物性研究所における計算機事情について「物性研だより」27巻4号に記載した通りである。数年前から、物性研における計算機利用は急増しており、計算機は一年中いつも極限的な状態で利用されている。そのことは、一年を通してCPU稼働率が90%程度にもなっていることに端的に示されている。こうした事態は、3~4年毎に行われる、レンタル料据えおきでのレベルアップでは到底改善しきれないものである。そんな訳で昭和59年の春より、計算機システムの大巾なレベルアップを目指して概算要求を行ってきた。

しかしながら、計算機に対する需要はその後も増大の一途をたどっており、加えて物性研に共同利用のための大型計算機導入を望む声が所外で大きくなってきた。これらは、スーパー・コンピュータの出現以来、いわゆる「計算物理」の重要性が認識されるようになったためであろうと思われる。科学技術計算の効率的遂行のためにはスーパー・コンピュータの利用が不可欠であり、「計算物理」を進展させるためにはスーパー・コンピュータを擁した大型計算機センターを物性物理の分

野にも設置しなければならない。物性物理における計算機事情の悪さを、分子科学、プラズマ物理、高エネルギー物理の分野と比較して議論した。また、あまり正確な情報ではないが、アメリカでの事情についても触れた。一口で言えば、専用の大型計算機センターを持つ分野や、アメリカと比較して、我国での物性物理の研究者は数分の一程度しか計算機が利用できないという状態である。

約一年前から、物性研の計算機将来計画として、共同利用のための計算機センター設置を目指すことについて所内でのコンセンサスが得られるようになった。それを受け、所外の方々にもメンバーになっていただき、「ワークショップ」を作った。その第1回会合は11月4日に開かれた。来春には新形態での概算要求をまとめられるよう、目下努力しているところである。

設備についてはまだ十分には検討されてはいないが、一応の目安としては、スーパー・コンピュータを2台、汎用機を1台設置したいと考えている。共同利用に供するには外部記憶も大巾に増設する必要があるので、現在のA棟2階の計算機室では狭すぎる。そこで、A棟5階に約200m²の部屋を新設することを概算要求に盛り込みたい。

なお、上記のような規模に対するレンタル料は年間6億円以上になると想定している。

（稿子）費対用共同共 同 利 用

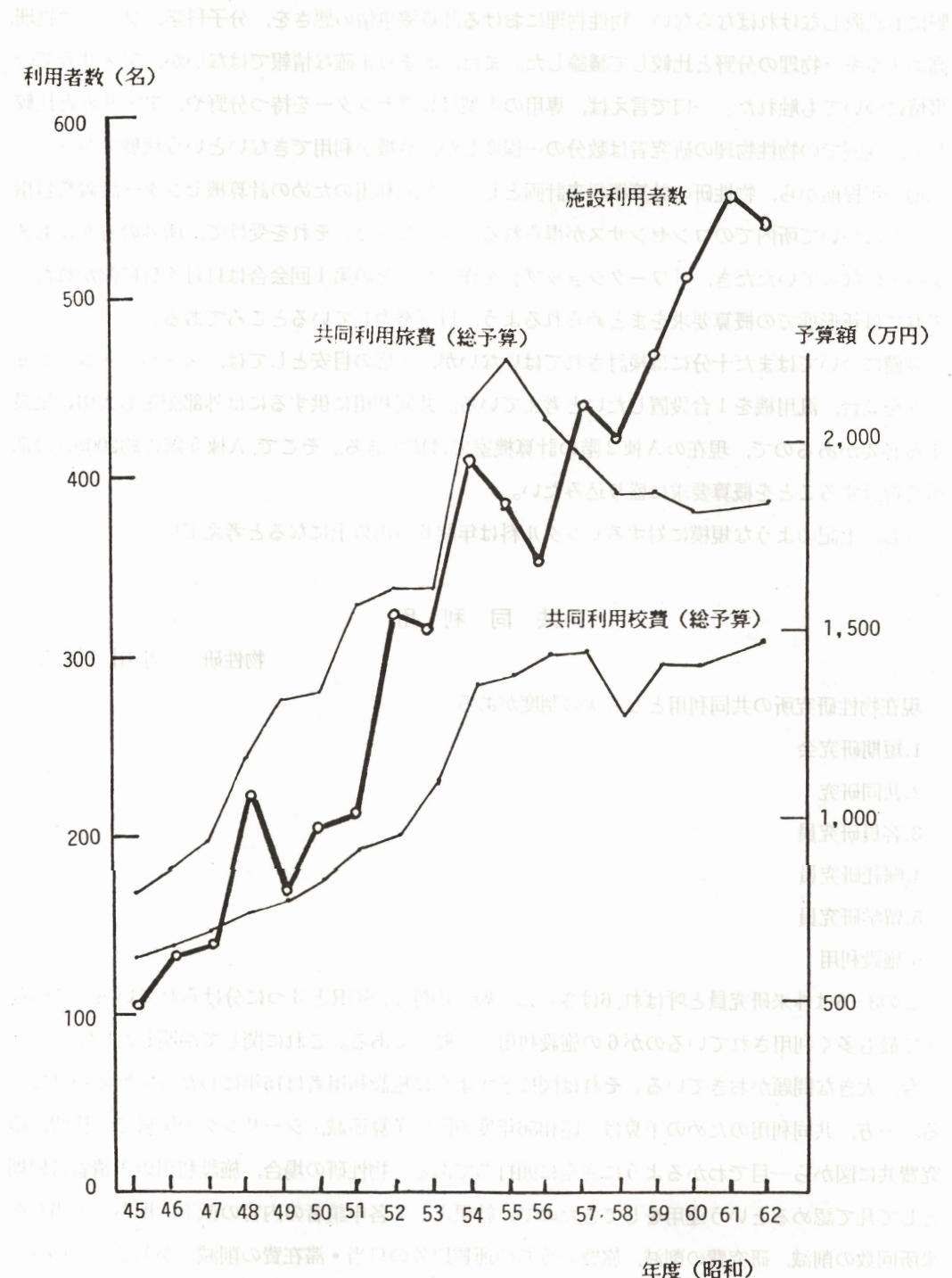
物性研 小川 信二

現在物性研究所の共同利用として次の制度がある。

- 1.短期研究会
- 2.共同研究
- 3.客員研究員
- 4.嘱託研究員
- 5.留学研究員
- 6.施設利用

この3-6は外来研究員と呼ばれ、6はさらに一般、中性子、SORと3つに分けられている。このなかで最も多く利用されているのが6の施設利用（一般）である。これに関して説明したい。

今、大きな問題がおきている。それは図に示すように施設利用者は15年にわたって増え続けている。一方、共同利用のための予算は、昭和56年度の国の予算節減、シーリングの影響で、旅費、研究費共に図から一目でわかるように完全に頭打ちである。物性研の場合、施設利用の申請者は原則として全て認めるという運用をしてきたので、結果として各申請者の内容の低下、即ち一人当たりの来所回数の削減、研究費の削減、旅費のうちの運賃以外の日当・滞在費の削減、がおこっている。これがあまりひどくなると施設利用が認められても希望した実験が満足に出来ないという事態が生じてくる。国の予算の増加が急には期待できない状況下では、少しでも予算を効果的に使う一つの方法として、現在のほぼ機械的な一率削減の代わりに、施設利用の内容を共同研究的と施設利用的



図表二十一 共同利用施設の利用者数と共同利用旅費(総予算)
（資料：昭和45年より昭和62年までの共同利用施設の利用者数と、昭和45年より昭和62年までの共同利用旅費(総予算)）

に分け充足率を前者に高くする、また時間的に、短期集中型というのを設ける、という共同利用の改訂を目下物性研の外来研究員等委員会で検討中である。この改訂内容に関して、利用者の御意見を反映させるため、関心をお持ちの方は上記委員会までお問合せ戴きたい。

物性研の極限物性設備が整備されたので、この設備を今後利用してもらうことになるわけだが、共同利用の仕方が従来の設備とちがってくることが予想される。極端な例として超低温の場合には試料をセットしてから冷却だけに一週間以上かかるので、通常の施設利用による一週間程度の滞在では実験できない。このような場合は、共同研究として客員研究員制度を利用することが、適當と思われる。幸い昨年度客員部門の増設が1つ認められたので、6ヶ月単位ではかって今迄の4名から8名へと客員研究員（併任の教授・助教授）が増えた。これを積極的に活用して戴きたい。

コ メ ン ト

阪大理 伊達 宗行

施設利用の超過密度を共同研究的と単純な施設利用と分ける主旨は理解出来る。しかし見方をかえるとこの分類は前者が物性研所員の興味あるもの、後者は興味がないから補助率を下げるぞ、とも取られる。かつて物性研にあった15テスラ超伝導マグネットはユーザーの評価も高く、物性研所員の興味あるもの、ないものを問わず多くの成果を上げて来た。このような汎用機器を維持するのは実は大変な事で共同利用研としても仲々大変である。しかしこのような仕事は極めて重要であり、共同研究推進もよいが、新しい芽を育てるような施設利用にも充分の配慮を願いたい。

II. 物性物理における基礎研究

物性物理における基礎研究について

東海大理 中嶋 貞雄

発足以来2年半、物性物理専門委員会は物性研究将来計画を最重点課題として取上げ、「物性関係大型施設将来計画」および「物性物理における基礎研究」という2つのワーキング・グループの作業にもとづいて、将来計画の策定に努力してきた。これらの2つの作業課題のうち、「大型施設」の方は、東海村3号原子炉改造に伴う中性子研究施設の設置、原子核専門委員会で立案中の大ハドロン計画にふくまれる物性関係施設（パルス中性子、ミューオン・スピニ共鳴）、高工研・物性研共同プロジェクトをはじめとする数々の放射光将来計画等、ビッグサイエンスやテクノロジーがらみのきわめて具体的な計画の検討である。平均的物性研究者の感覚からすれば気の遠くなるような予算を伴うけれども、その重要性や緊急性をアピールすることは必ずしもむずかしくない。むしろ、予算が巨額であるだけに、計画の実現が研究のロジック以外のロジックに左右されることを警戒す

るべきであろう（大型加速器や科学衛星の打ち上げとなれば、国費による技術開発あるいは国威宣揚という意義だけでも実現の価値が生じ得る）。

物性物理は本質的にはスマールサイエンスであり、「大型施設」の検討と平行して、「基礎研究」の検討が必要であることはいうまでもないが、しかし、その具体的な内容あるいは実現の方策となると、問題は「大型施設」の場合ほど単純明快でない。そもそも、物性研究における基礎研究というコンセプト自体、現時点にふさわしい形で確立されているとはおもわれない。基礎研究といえば大して金はかかるぬものとのイメージがあるが、素人でもできますと一時宣伝された酸化物高温超伝導体の実験でも、多少ともプロらしい装置を最小限整備しようとすれば、予算はたちまち億のオーダーになろう。また、物性研究推進の原動力は各研究者の個性的な活動だといわれる。それにちがいないのだが、大学における物性実験の場合、後継研究者の確保がむずかしくなりつつあるという。アカデミックポスト不足のためか、企業に比して大学の設備が劣悪なためか、あるいは、大学の研究テーマが充分に基礎的でないためか？

大学、国公立研究機関、企業の間でいかに物性研究を分担し、協力してゆくか、少しだけさにいえば、これは日本にかぎらず先進各国が当面している重要課題であるとおもわれる。酸化物高温超伝導体が発見されたとき、米国の基礎研究を司るNSFはこれぞスマールサイエンスの精華と誇った由である。しかし、その構造同定の決定打やスピニン運動の知見はエネルギー省所轄の中性子散乱装置が与えたのであるから、こういうセクト意識は歓迎できない。幸い、物性物理専門委員会の2つのワーキング・グループの作業は、協調を保ちつつ進行してきた。物性研究所の将来計画は、ちょうど両者の中間に位置するものと見てよからう。三者の協力によって、独創性ある将来計画が策定されることを期待したい。（物性専門委員会委員長）

「物性物理における基礎研究」ワーキング・グループ経過報告

阪大理 金森 順次郎

1986年6月18日に開催された物理学研究連絡委員会物性物理専門委員会の決議に基づいて標記ワーキンググループが、仁科雄一郎（金研）、竹内伸、守谷亨（物性研）、小林俊一（東大理）、長岡洋介（名大理）、佐藤清雄（富山大理）、新庄輝也（京大化研）、金森順太郎（委員長）（順不同、敬称略）をメンバーとして発足した。このグループの作業目的は、さきに発足した「大型施設計画」ワーキンググループと相補的に、物性物理学の分野でのスマールサイエンスに属する研究について、その充実発展のための方策を検討することであった。グループは同年9月10日物性研で「大型施設計画」ワーキンググループとの合同の会合および第一回の会合をまず開催し、また1987年2月23日午前に第2回会合を開催するとともに、文書による相互連絡で具体案のとりまとめを行った。これらの討議の内容は逐次物性物理専門委員会および物研連に報告して大綱の承認を得たが、最終的に1987年6月11、12日の両委員会に報告を出し承認を得た。

報告では、わが国の物性研究にとって、現在最も整備を必要としているのは、大型施設は別として、共同利用性の高い中型の汎用研究機器であることを指摘し、第一にそれらを具体的にリストアップして、必要な予算規模を推定した。なおこの研究機器リストの原案は「大型施設計画」ワーキンググループ伊達委員長から提案されたものである。第二にこれらの研究機器は一ヵ所に集中するのではなく全国的視野で設置される必要があることを指摘し、これらのハードウェアを共同利用するための有効な一般方策（ソフトウェア）として、新設あるいは既存の各種研究施設に新しい共同利用機能（地域共同利用）を付与することを提案した。さらに運営システムとして「地域共同利用施設」群を緩やかに結び付ける「地域センター」（国分寺）設置の構想を提案した。日本学術会議は第102回総会（1987年4月22-24日）で「地域型研究機関（以下では地域センターという）の設立について」という勧告採択したが、それに述べられている地域型研究機関は、我々の意図する地域共同利用機能と他方では特定の地域の集中的研究という二つの可能性を含んでいる。また地域産業との産学共同等を目指した研究センターが昭和62年度に幾つかの大学で設置される運びになっている。物性物理学の場合、その研究の規模が比較的小さく、また研究対象が多岐に亘っていて、各地の大学その他が独自の研究計画を推進するのが最も有効な分野であることと、多様な物性測定という研究の性格からかなり高額の共同利用に適した中型研究機器を数多く必要とすることから、「地域センター」という一般計画の背景の中での一つのモデルケースとして物性物理学の計画を推進することを提案した次第である。したがって我々の報告は物性物理研究のために最も適した形の組織としての「地域センター」の具体案を論じたものである。

このような一般論を展開した報告を提出した後に、ワーキンググループのメンバー以外の数人の方々にも加わっていただきて、共同利用研究所および各地の大学で上に述べた中型研究機器ないしは「地域共同利用施設」がどのような形で設置することが可能であるかという検討をおこなっている。この研究会の以下のご講演でその内容の一部が紹介されるであろう。

我々はさらに物性物理としての研究推進のために、新しい情報交換・相互援助のための非公式な組織を作ることも提案したが、その具体化は今後の議論待ちである。（基礎研究WG委員長）

中小規模研究機器について

阪大理 伊達 宗行

物性研究は基本的には小型であるがそれでも現行の科研費最高額、5000万円では調達しきれぬ機器がかなりある。5000万円以下のものは科研費での自由競争で調達すればよいがそれ以上のものは今の所各大学よりの概算要求等に依らねばならずその入手は必ずしも容易ではない。

そこで物研連での基礎研究ワーキンググループでこのようなものがどのくらいあり、どのようにして整備されるべきかが討議されている。このための参考資料として昨年9月に筆者が作成したものを以下に示し、討議の御参考としたい。

なお阪大においては最近極限物質研究センターを作り、微細加工、超高压、超強磁場等の研究部門を開設した。これは別表に含まれる機器および機能を実現するモデルケースの一つと考えている。紙数の都合もあって詳細は略すが、定員は既設施設からの振替えであり、予算は最終約20億円、国内外のスタッフによる客員部門を持つ事などがポイントである。

討議資料

全国的視野で設置される中型*物性研究機器 1986年9月10日

(A) 構造解析装置 (伊達宗行)

全国的視野で設置される中型*物性研究機器

(A) 構造解析装置

装 置	概算(億円)	個 数
汎用X線 ($T \geq 0.5$ K, データ処理一式)	2	1~2
パルスX線 (IN-SITU用, 結晶生長等)	1	1~2
電子線 (Auger, LEED, SEM, STEM)	2	2~3
イオンビーム (チャネリング, インプランテーションを含む)	2	1~2
注 中性子関連はすべて大型機器関連で考える。また放射光関連も別途取扱う。ミュオン関連も同じ。		

(B) 分光装置

装 置	概算(億円)	個 数
汎用分光装置 (赤外, 可視, 紫外 $T \geq 0.5$ K)	1.5	3~4
レーザーラマン分光装置 (同上)	2	3~4
遠赤外分光装置 (レーザー応用)	0.5	1~2
パルス分光装置 (ピコ秒, 過度現象)	1	2~3
真空紫外分光装置 (エキシマ-レーザー応用)	1	2~3
X線分光装置 (XPS, EXAFS等)	1	2~3
汎用NMR装置 (スピニエコー, ブロードライン)	1	2~3
汎用ESR装置 (センチ波, ミリ波)	1	2~3
メスバウア分光装置 (各核種, データ処理)	1	2~3
電波分光装置 ($\epsilon(\omega)$, $\chi(\omega)$ 測定用)	0.5	2~3

(c) 極限物性装置

装 置	概算 (億円)	個 数
汎用mK生成装置 (多目的, トップローディング)	1	3~4
μ K生成装置 (He 液化機付)	3	2~3
超高压発生器 (高温, 物質合成, 測定)	2	1~2
超高压発生器 (低温物性測定各種)	1	3~4
15~20T超電導電磁石 (汎用型)	1	4~5
50Tパルス電磁石 (汎用型)	1	2~3
100 Tパルス電磁石 (多層型)	3	1~2

(D) 試料作成装置

装 置	概算 (億円)	個 数
金属単結晶作成装置 (高温, 高圧付)	1.5	4~5
化合物結晶作成装置 (半導体系)	1	4~5
化合物結晶作成装置 (イオン結晶系)	1	4~5
金属間化合物結晶作成装置	1	4~5
人工結晶作成装置 (MBE等)	2	4~5
気相反応単結晶作成装置	1	4~5

(E) 一般測定装置

装 置	概算 (億円)	個 数
熱解析装置 (比熱, 熱伝導等)	1	2~3
汎用磁気測定装置 (χ , μ , 履歴曲線, 高周波)	1	3~4
汎用電気測定装置 (ϵ , ρ , 履歴曲線, 高周波)	1	3~4
超音波物性測定装置 (弾性, 吸収等)	1	3~4
スクイド応用測定装置 (極微磁気センサー)	1	3~4

*中型とは0.5~5億円クラスの装置で、科研費では購入困難であり、これまで個々の概算要求項目で考えられていたもの

ノート

- (1) これらの装置の設置に必要な費用は概算で(A)が20億、(B)が30億、(C)が35億、(D)が35億、(E)が20億である。したがって全体で約140～150億円の設備投資となる。これらは全体でもいわゆるビックサイエンスの一個分野であり、眼を見張るような金額ではない。しかしもこれらに対する設備投資が行われれば基礎物質科学の躍進は眼を見張るばかりのものとなることは確実である。なお上記設備が全国各大学に分散配置されるにあたって建物に約100億、年間維持費として約30億円を要することとなろう。
- (2) これらの設備投資にあたっては各設備毎に独立したものとせずに、そしてまた建設に当たる各研究者のもののみとはせず、広く共同利用、共同研究に供されるべき運営が計られる要がある。その意味でこれらの計画は物性研設立直後から言われている“姿なき物性研”構想の現代版であり、流動物性研とでも呼ばれるべきものである。

物 質 研 究

筑波大学物質工 小松原 武美

最近、「物質開発」という言葉を耳にする。物性物理の基礎的概念の探究と解明を目的とする我々は、新しい物性を開発するための物質探索を、「物質開発」と考える。新しい物質の探索は物質の存在を結晶相図で確認する必要がある。結晶相図の研究に対する評価が我が国では軽く、その研究者も皆無に等しくなった。それが物質開発の研究面で我が国が後退する原因であるなら残念である。「物質開発」は、育成された物質の結晶学的評価と並行して行う物性測定の研究が重要で、各分野との共同研究を推進することが大切である。以下に、我々が希土類化合物の「物質開発」で感じたことと昭和63年度から発足する重点領域研究「アクチナイト化合物の物性」（代表者東北大理槽谷忠雄教授）の研究体制について述べる。

我々の希土類化合物に対する研究は、昭和51年度科研費一般研究A（代表者東北大理槽谷忠雄教授）の交付を受けて設置した電気炉で、 CeB_6 の純良単結晶を育成し高濃度近藤状態を研究できたことが、本格的な「物質開発」の幕開であった。その後、筑波大学物質工で高性能な単結晶育成電気炉を設置できる幸運に恵まれ、良き共同研究者である大貫惇睦氏と共に、 $CeCu_6$ の開発による重い電子系について研究ができた。しかし、重い電子系の物性は超低温での研究が不可決であると指摘しながら、酸化物高温超伝導の研究の嵐にあったとはいえ、希釈冷凍機温度領域の研究が充分推進できず、国内の約15グループと共同研究しながら、海外の後塵を拝したのは残念である。

「アクチナイト化合物の物性」の研究体制は、新物質開発部門、物性測定部門、理論部門で構成される。UやThは国際規制物質として規制され、比較的扱い易いウラン化合物でさえ約150種の存在が報告されながら、研究されている数は少なく、特に我が国の後進性は著しい。そのため、新物質開発部門では、東北大金研の片平RIサブセンターに物質作成センターを構築し、8大学の研究

分担者が結集（集中体制）して、超高純度化した原料を用いて新しいウラン化合物を探索する。典型的な化合物はセンターで純良単結晶を育成し、測定部門と共同研究を行う。更に、各地の許容量内での独創的な発想と公募研究により物質探索を行なう（分散体制）。超ウラン化合物は、東北大金研の大洗施設が利用できる昭和65年度を目指し、微小試料の育成法と密閉方式による測定法を集中体制で開発する計画である。物性測定部門はBISとフェルミ面観測装置を新設する程度で、分担者の現有設備を有効利用する共同研究が主体となる。本研究では、物質探索を起点とし徹底的な共同研究を行うので、その研究成果の公表も物性研究分野では画期的な方式となる。

世界に後れを取らない物性研究を推進するには輸入原料の超高純良化技術の開発、新しい物質群を開発する研究者の優遇、個人の研究費では購入不可能な研究設備のセンター集中化、が急務であると痛感している。それは各大学のセンターが平等に設備するのではなく、地域の特色性を活した国分寺構想とそれを核とした共同研究主体の人的国分寺ネットワークも効率的な対応と考えられる。

員会所開設実現立公田 員会所開設入 ひるべきと申請開の件Tは会設同共アト行並みに又の員会所開設実現立公田 さりて 物性研の中小規模研究 まくらのちは主調査大、音楽研の業企 せきの司手ほじ单 あらわす中研院事務室形代員会所開設 おはづけ 東大物性研 竹内 伸

現在の物性研の実験研究部門を研究設備の規模の大きさで分類し、前日、武居所員から説明のあった新物質開発計画がその中でどのような位置を占めるかを示すと共に、新物質開発計画で申請の行われる汎用諸研究機器の紹介を行った。

物性研の諸部門の内、軌道放射物性部門、中性子回折物性部門が大型研究に属し、すでに極限物性計画として新しい設備の概算要求が終了して研究が進行している極限物性部門中の超低温、超強磁場、および極限レーザーの研究が中型研究に属し、同じ極限物性部門中の表面物性と超高压グループおよび凝縮系物性部門の8研究室と物質開発室が小規模研究に属するとの見方を示した。

その中で、新物質開発計画は、物質開発室（武居所員）、凝縮系物性部門中の数研究室および超高压の2研究室、それに共通測定系の諸実験室が中核となることを説明した。

新物質開発計画で申請されるキャラクタリゼーションおよび物性測定用の汎用諸機器（X線関係、電子線関係、磁気測定関係、光学測定関係、熱測定関係の諸機器）を紹介し、創立以来殆ど更新の行われていない共通測定系の諸設備の近代化がはかられることを説明した。

昭文局（d.企劃部監修ひづけ開 東北大金研の共同利用計画 は大学、文部省。さあす中研院事務室 えすじ風き、企劃委員会開共さ まくらの土官重の書けう 東北大金研 同仁科 雄一郎

昭和62年5月21日付で金研は全国共同利用型研究所に改組した。形式的には物性研と同じような性格となったが、その運営には各種の相異点が出て来るものと予想される。それは次のような事実に關係がある。

1) 物性研は全く無の状態から、物性研究の在り方についての理念を探索し、新しい人事・運営の

方式で研究所を建設し、30年の歴史を経て来た。これに対して金研は一国立大学の付置研究所として70有余年の歴史を持つので、共同利用型の運営が浸透するには×年の時定数が必要である。

2) 物性研の研究内容は、名前の通り、大体、物性物理学と、それに関連のある化学の分野に属している。これに対して金研は上記分野の他に、金属工学、放射化学、原子炉材料科学など広汎な材料学に関する研究部を含んでいる。従って研究者の研究内容についての価値観、好みには広い分布がある。又それが新しい材料研究を行なうための必要条件でもある。

このような点を踏まえて金研の共同利用は、A) 茨城県大洗の材料試験炉利用施設、B) 超電導材料開発施設、そしてC) 建設途上にある新素材開発施設が、特殊大・中型研究装置利用の際の共同研究の窓口となり、その他の研究は、D) 4部28部門よりなる研究部が受持つことになる。本年度は上記各窓口のうち、A) 31件、B) 97件およびD) 169 件が認められ、その大部分が既に実施された。又これに並行して共同研究会も17件の開催申込みがあり、大学研究職員、国公立研究機関研究員、企業の研究者、大学院生などの参加を得て、活発な討論が行われている。共同利用型研究所発足の意義を深める意味からも、われわれは、外来研究員が研究装置を利用される際、単にお手伝いをするよりも、共同研究を望んでいる。

もう一つの型の共同研究は客員研究員制度の発足である。研究部は i) 物質創製、ii) 材料設計、iii) プロセス評価、iv) 材料物性、の4部に分けられるが、その各部に1名づつ客員研究員を学外から招へいすることを考えている。現在までに国立大学より2名、国外大学より1名の研究者が着任された。将来は民間企業、公私立大学より招へい出来るような客員研究員席の実現を期待している。

更に将来計画の一環として、本所は

- I) 材料研究のためのデータベース構築と材料情報探索を指向した材料科学情報センターの設置、
- II) 共同研究の技術的対応と、高度の材料技術開発に貢献出来る技術専門官を擁するような技術部の法制化、
- III) 民間、国公立研究機関における研究者の養成に主眼を置いた学際性の豊かな大学院制度の創設、

を計画検討中である。所外、学外よりの御意見はa) 所長の諮問機関である運営協議会、b) 研究部および各施設の共同利用委員会、c) それ等の運営上のバランスを計る共同研究委員会、を通じてうかがっているので、この制度を御活用いただければ幸甚である。

(将来計画委員長、1988年1月記)

コラボレーションによる共同利用研究の実施基準の開発は、より多くの資源を活用するための取り組みとして、富山大学附属研究所、理学部大山富一又、阪大理院伊達宗行によると、金研の共同利用研修は大変良い事で大いに期待している。ただし真の共同利用研であるためには各種委員会、とくに人事、および研究計画の面で外部委員の選出が金研内部の推薦ではなく、かかるべき外部への依頼、という形を取らねばならない。例えば物性研では人事、協議会、および共同利用施設専門委員会委員は委員選出を日本学術会議物理学研究連絡委員会への委任となっている。この程度の客観性を持たしてほしい。そうなれば共同利用研として名実ともに健全な運営が期待される。

富山大学地域共同研究センターとそれを取りまく環境

富山大・理・佐藤清雄

地域における学術交流の進展を図るために、昭和62年5月富山大学には地域共同研究センターが設置された。このセンターは、学内研究者と民間企業関係者等との基礎的、応用的な共同研究を通じ、より一層の高度技術の開発と地域産業の発展に貢献することを目的にしている。研究分野は、主にメカトロニクス、電子デバイス、新素材、バイオテクノロジー（生体工学）及び人工知能とシミュレーションである。共同研究の形式は、民間企業等から研究員及び経費を受け入れ、学内研究者が当該民間企業等の研究員と共に課題について行うものである。尚、民間企業等からの研究員は、現に研究業務に従事しており、在職のまま本学に派遣されるものとしている。派遣の期間については、研究の進展状況に応じ、協議の上決める。共同研究は、次のA、B、C3種に区分されている。

- A. 企業等から研究員と研究に必要な直接経費を受け入れ、富山大学も研究経費の一部を負担するもの。
- B. 企業等から研究員と研究に必要な直接経費を受け入れるもの。
- C. 企業等から研究員のみを受け入れるもの。

センターの組織は今のところセンター長（併任工学部教授、宮下和雄）、助教授（専任）池野進、技官（専任）1名と客員教授（非常勤、国立大学以外の公的機関、民間企業の人）3名から成っている。事務は、工学部事務が担当している。運営のために、全学的立場での企画調整機関（人事を含む）として地域共同研究センター運営委員会（全学の人事教授会より選任）が組織されている。施設としては、62年度約1150m²で、主に各分野の実験室及び管理部門、63年度概算要求として約900m²の共通実験室が見込まれている。又、設備については、62年度、分子線エピタキシャルシステム、スペッタリング蒸着装置、熱分析-質量分析測定装置で、63年度の概算要求として設計CADと液体超急速冷装置が計画されている。その他、科研費等による既設の設備で共通性の高いものを集め共同利用に供することも考えられている。センターを支える学内研究者組織は、工学部7学科（32講座）、理学部5学科（22講座）、教養部（6学科）及びトリチウム科学センター1部門（3分野）であ

る。そのうち物性の基礎的研究に従事している講座は9講座である。センターを通じて今年度スタートした共同研究は12件である。又、富山大学には、研究用として大量のトリチウムを処理するとの出来る全国にも例のないトリチウム化学センターが設置されており、活発な研究活動がなされている。ちなみに1981～1985年までの間に国内外誌に公表された論文は、欧文30編、和文34編である。この他に学内共同利用施設として、低温液化室（専任者なし）があり、常時利用している教官が8名、今年度、液化機の更新にともない、更に18名増の計26名の教官の利用が見込まれている。1975～1984年まで低温液化室関係の論文は、英文111編（液体ヘリウム関係56編）、和文47編（液体ヘリウム関係24編）であった。学外の研究機関としては、富山医科薬科大学一般教育物理学科、富山県立技術短期大学応用物理科、富山県工業技術センター中央研究所、北陸電力技術研究所等で、そこには若干の物性関係の研究者がおり、富山大学との共同で活発な研究が行なわれている。

おわりに、ここで紹介した地域共同研究センターは、工学系を中心に立案され、物性系は、その一部を担う形でスタートしたものであることを付記しておきます。この紹介が金森委員会の提案の実現に少しでもお役に立てば幸甚です。

福井大学物性研究センター計画

福井大・工・目片一守

地方大学にとって物性物理学専門委員会で検討中の国分寺構想は大変魅力的である。地方大学でも研究に不可欠な装置は非常に大型のものでない限り手に入れることができるが、研究を総合的にまとめる上で必要な周辺の実験装置まで手がまわらないし、それを使っている人も研究者の層が薄いため手近に見付けることは難しい。また、地方大学では教育義務は勿論、行政的、事務的業務の負担が格段に多いので、大学を長時間留守にすることにともなう障害が大きい。このような事情から、本山ではなく、近くの国分寺で用が足りるなら大変有難い。

逆に、国分寺を維持する立場となったとき、人手が少ないと考えると、規模に限界がある。したがって、既存の研究分野に関連した計画しか現実的ではないが、大きい大学の単なるミニコピーでは存在意義が薄いので、何らかの特徴を出したいものである。

教官300人、学生3000人で工、教育の2学部しかない福井大学には、物性物理に近い研究者はかなり分野を拡げても二十数人程度である。スタッフの増強が難かしく、組織の新設が無理だとすると既存の施設の拡充しか考えられない。地方大学としては珍らしく福井大学には超低温物性実験施設と呼ばれている低温センターがある。我々はこの施設を核として国分寺計画にどのように参画できるかを検討した。

助教授と技官が各1名という小さな施設であるが、兼任教官により低温物性グループと超伝導磁場応用グループが組織され、活動している。最近、熱伝導磁石を用いたジャイロトロンの開発と、そこから発生するミリ波、サブミリ波の利用を目的とした二つのグループの共同プロジェクトのた

めに超伝導磁場応用実験室が整備された。この中で物理系の新開発科学研究所北大北向

これらの組織と実績を基盤として、それをさらに充実する形で物性研究センターを考えてみた。すなわち、ジャイロトロンからのミリ波、サブミリ波を光源として分光と磁気共鳴を核とし、その周辺の分野に必要な実験装置を整備した研究センターとする。このセンターを中心として学内の物性研究の発展をはかるとともに、北陸、関西をはじめとする大学の研究者に設備を公開し、共同研究、共同利用を進める。この目的のために、もし可能なら、現在0.5部門の施設を2部門に拡充改組をはかる。この構想を理想的に実現するためには概略、装置に8億円、建物に2億円の費用が見込まれる。

国分寺構想がどのような形で日の目を見るか分らないが、その成否にかかわらず福井大学では可能な範囲で上記の構想を目標とした設備の充実をはかりたいと考えている。

北大における理学部両開発計画と物理学科に於ける国分寺構想

北大理学部の幹事 北大物理科 教授 福仁

北海道大学理学部物理学科は6講座+2大講座（一般教育担当）であり、北大と同程度の他大学に比べ著しく小さい。この為、教育、研究上大きなハンデキャップがあり、後継者育成上からも大きな問題となっている。特に基礎学問分野での期待は、人材養成も含め益々大きなものになりつつある。

画期的大構想

しかしながら、当物理教室の現状では講座数及び施設面に於てこれに充分対応出来る状態はない。国際客員部門を含んだ講座増は物理構成員の悲願でもある。社会人の再教育及び国際的共同研究を主要な柱とした大学院教育の為物理教室の倍増計画を考慮すると共に精密物理測定機器群の効率的収容により研究の効率化を促進する必要がある。

理学部再開発構想の一環として、まず昭和63年度理学部2号棟（物理学科・高分子学科の建物）の改築を申請している。地下一階地上10階の設計で免震構造の上、電磁波遮蔽・空調設備が施され、超高感度・精密測定が可能となる。

北大物理学科の講座数は社会の要望に応える先端科学学科としては不十分であり、最終的に6講座増を目指すが、緊急に必要な3講座の増設を早い時期に概算要求として申請したい。これらは(1)物質開発を中心とした講座、(2)大型の最新技術を駆使したミクロな物性研究手段である中性子散乱、中間子を利用した μ SR、電子線回折、光散乱等広義の粒子線物理学講座、(3)理論的側面からの研究を進める（客員）講座の設置を推進する。これら3講座は大学院学生のみの学生定員（修士12名、博士6名）を持ち、将来の学部及び大学院修士課程を含めた一貫教育へのスムースな移行をめざすものである。

尚、北大物理学科関連の機器類は北海道地区を中心とした地域共同利用施設として活用する。

京都大学の計画

京大化研新庄輝也

国分寺構想と関連させうる将来計画を京大の場合に考えてみると次のような例があげられる。

- (1) 低温センター：京大では低温センターは概算要求中であり、まだ実現していない。他大学の低温センターにならうとサービス機関の色彩の濃いものになるおそれがあるが、できるだけ研究スタッフ、研究機器を充実させることができ望ましい。そのためには地域共同利用施設の性格を付加することはプラスになると思われる。
- (2) 機能性金属間化合物材料研究施設：工学部より概算要求中であるが地域共同利用施設として内容を充実させれば物性物理研究者への試料の提供あるいは物性測定装置の共同利用が可能になることが期待される。
- (3) メスバウアーフィル光測定センター：化学研究所に既存の測定装置をもとに若干の設備を付加すれば地域共同利用メスバウアーフィル光測定センターを作ることができる。

このような例にみられるように国分寺構想を有効に生かす可能性は少なくないと考えられる。

広島大の計画

広島大総合科学 渡部三雄

広島大学は東広島市の新キャンパスへの総合移転を実施中であり、移転計画の一環として種々の研究施設、研究センターの計画が進められている。物性関連のものとしては、集積化システム研究センターが既に新キャンパスに開設されているほか、大型施設将来計画の中で小村氏により報告される放射光利用研究センター(HiSOR)計画をはじめ、低温センター(来年度スタート予定)、機器分析センター、超高压電子顕微鏡センター等の計画がある。そのほか学部附置研究施設についても、新規計画とともに既存施設の拡充計画もある。

これらの諸計画をふまえて、「物性物理における基礎研究」ワーキンググループ報告の趣旨に沿った地域共同利用研究施設の一私案として、「新物質研究施設」案について報告した。これは、特に上記計画のうち、地域共同利用をその設立趣旨の一つの柱とするHiSOR計画(小村氏の報告参照)、おなじく共同利用性の高い低温センター等との関連を意識した試案であり、ワーキンググループ報告にある中型物性研究機器のうち、特に試料作成及び試料評価のための機器(金属単結晶作成装置、人工結晶作成装置、表面複合解析装置(XPS, AES, LEED, SEM)、遠赤外分光装置、汎用mK生成装置など)を備えた施設を設置することにより、(1)上記両センターの機能を単に補強、補完するだけでなく相乗的効果を期待するとともに、(2)学内外を通じての種々の共同研究も行われ盛り上りを見せている新物質の開発、その基礎物性研究の面での地域研究者の要望に応えようというもので

ある。新潟大学物性グループの考え方について

上記両センター以外の研究施設計画と関連させた多少異なる案も考えられるが、広島大学を中心と地域研究者の強い要望で重点的に推進されているHiSOR 計画と有効に連動することが期待される上記の案は、地域共同利用研究施設として可能な有力な案と考えられる。

コ メ ン ト

(新潟大学物性グループの考え方について)

新潟大学物性研究将来構想の中で、地方の小規模大学の活性化の一つの方策として地域センター（国分寺）の構想が提案されたことに対し、新潟大学の物性研究者は賛同の意志を示すと共に、本学も地域センターの役割を担う方向で検討を進めたいと考えています。新しい組織の具体化に当っては、何らかの所謂“見直し”を必要とする時期ですが、本学の博士課程の独立大学院設置の際に、物理系施設が無くなりました。この様な状況の下では、我々の考えられる構想としては理学部物理学科が、継承性、発展性を見据えながら、お世話できる規模のものが具体的な目標となります。そのためセンターの機能を絞って特徴あるものにしたいと考え構造解析に必要な基本的設備の充実を当面の目標として進めたいと考えます。今後物理学科の支持を得た上で、次の2本立て設備とそれに見合った組織化を進めたいと考えています。

(1) 現有的超低温原子核整列装置（含むNMR-ON）を汎用化し、いくつかの附加機能を持たせる。

(2) 4軸ゴニオX線解析装置を新設する。

条件整備の状況をお知らせすると共に、ご相談頂ける窓口を作つて、皆様からご支援頂ける組織をお考え頂ければ幸いです。

III 物性研究における大型施設の将来計画

物性関係大型施設計画ワーキンググループ報告

新潟大学物性研究会議会議長：伊達宗行

物性物理学は研究対象の多彩性を反映して個々の研究者の独創性と独自性に重点を置くいわゆるスモールサイエンスが基本だが、近年いくつかの大型で高価な施設、機器の必要性が無視できなくなっている。そこで第13期の物理学研究連絡委員会（以下物研連と略す）では物性専門委員会に表記のワーキンググループが作られ、伊達宗行（委員長）、糟谷忠雄、山田安定、石井武比古、上村洸、永嶺謙忠、星埜禎男、加藤範夫、川路紳治の各氏を委員として活動を開始した。討議の結果早

急に検討すべき課題としてつぎの 4 件について調査する事となった（括弧内は所要粒子線発生機器）。

- (1) 中性子物性（原子炉）
- (2) パルス中性子物性（加速器）
- (3) 放射光物性（加速器）
- (4) ミュオン物性（加速器）

以下、これらについての検討状況について述べる。

- (1) 原子炉を用いた中性子物性は 2 つの問題がある。第 1 に国内原子炉問題で、これは現在東海村でいわゆる原研改造 3 号炉の工事が進行中であり、これに設置される中性子回折装置の整備が最重要であると結論される。したがって約 20 億円をかけて物性研を窓口とした整備計画を推進するよう物研連に報告し承された。これはほぼ順調に進行している。第 2 の問題は国際協力問題で、米国オークリツジ ANS 計画では約 600 億円をかけて次世代の中性子回折原子炉を日本と共同で作りたいという提案、および日仏間でのやや小型ながら似たような課題について検討した。計画自体に未定要素はあるが国内で将来大型原子炉を作りにくい現状をふまえ、これらの国際協力を積極的に推進すべきであるとの事で意見が一致した。
- (2) パルス中性子については現在、大型ハドロン計画、すなわち原子核研究所を転換し、新しい加速器群を筑波地区に作ろうという案に乗り、この中でパルス中性子発生ビームを確保して従来から検討されて来た KENS-II 計画を実現するのがよい、との結論を得た。現在関係者間での協議が進行中である。
- (3) 放射光問題については物性研究の立場からすると高輝度 X 線を利用する構造解析と真空紫外を用いる分光学（以下 VUV と略す）の両面がある。物性研では従来より VUV 中心であるが、これの推進は KEK に 1GeV リングを新設するのが理想だが過渡的には KEK-PF の 2.5GeV を 1.5GeV に下げて運転する案が検討されている。しかし一方では 1~3GeV 級のものを広島、あるいは仙台に作ろうとの案、あるいは大型（6~8GeV）のものを関西に作ろうとの案、さらには KEK-PF の将来計画として 10GeV スーパー PF 案などが出されており、学問的、行政的な整理が必要となった。その対策の一つとして本年 11 月 18 日に日本学術会議において物研連を中心としたシンポジウムが開かれた。紙数がないので詳細は略する。
- (4) ミュオン物性についてはパルス中性子と同じく大型ハドロン計画の中で考えようという事で意見が一致した。これについても関係者の間で協議が進行中である。（大型施設計画 WG 委員長）

パルス中性子散乱研究将来計画

東北大理 遠藤 康夫

パルス中性子散乱は日本が世界に先がけて研究を始めた実験方法で、現在では欧米でも筑波にあ

る高エネルギー物理学研究所(KEK)の中性子実験施設(KENS-I)を上廻る大きな施設を建設して成果を上げている。一方我々はKENS-IからKENS-I'へと線源の大巾増強を行ない、更にKENS-IIと称する将来計画の立案に努めていたが、一昨年推進者であった石川教授を突然失う不幸があった。しかしその後KENS-IIとSUPERBOOM(中間子科学将来計画)との双子計画(GEMINIPROJECT)と原子核研究将来計画と統合してKEKの南側の敷地に新しい複合加速器群を建設することを柱とした計画(大型ハドロン計画JAPANESE SUPER-HADRON-PROJECT 略称JHP)へ移行した。ほぼ1年間の月日を費やして計画案を策定し今日に至っている。

さて中性子散乱は、広いモーメンタム(Q)とエネルギー(ω)空間における原子分子とそれらが担う磁気モーメントの構造、運動を同時にしらべられる貴重な実験手段である。動的帯磁率 $\chi(Q, \omega)$ の直接的観測手段として中性子散乱研究が簡便な実験手段ではない事もさして苦にならない程である。とは言え我国では特に高中性子束炉の実現がもはや絶望視されている現状では、世界最強級の中性子源は最近注目を浴びている大強度陽子パルスを重金属に照射して核破碎に依って得られる謂ゆるスペレーションパルス法がむしろ実現の可能性が高いとの認識が一般化しているよう思う。KENS-IIの瞬時中性子強度は、ILLの炉の中性子束を約1桁以上上廻ると予想される。JHPの概要は既にパンフレットも出版されているので詳細はここでは省略して、KENS-IIに関係のある部分を抜粋しよう。1GeV陽子リニアックから取り出された陽子パルスは直ちにシンクロトロンに打ち込まれる。このシンクロトロンは第1表に凡その性能を示すように、早い周期の大強度のパルス巾の短い陽子を発生する。

Ninjutsu of Rutherford

第1表 プロトンシンクロトロン性能

(A Draft Proposal for JHP より転載)

(単位)	内容	目的	担当者
[01]	MAX.energy	2.0Gew	門脇 仁志
[02]	Injection energy	1.0 GeW	門脇 仁志
[03]	Average beam current	200 μ A	門脇 仁志
[04]	Repetition rate	50Hz	門脇 仁志
[05]	Beam intensity	2.5×10^{13} ppp	門脇 仁志
[06]	Circulating current	6.7A ($\beta=1$)	門脇 仁志
[07]	Injected H ⁻ ion beam current	20mA	門脇 仁志
[08]	Momentum spread of injected beam	$\pm 0.1\%$	門脇 仁志
[09]	Pulse width of injected beam	200 μ s	門脇 仁志
[10]	Average radius	27m	門脇 仁志
[11]	Bending radius	13.27m	室澤 順介
	Focussing structure	FDO Combined-function	
	Number of focussing period	24	

整交直線長さ Length of straight section	3.595m
中心強度 Max. central field	0.700T
ベタトロン周波数 Betatron frequency per revolution	5.25MHz
水平距離 Horizontal	5.25m
垂直距離 Vertical	5.25m
プロファイルパラメータ Profile parameter	4.19m ⁻¹
最大振幅関数 Max. amplitude function	THI
水平距離 Horizontal	10.8m
垂直距離 Vertical	10.8m
モーメントコンパクションファクター Momentum compaction factor	0.0421
遷移エネルギー/静止質量 Transition energy/rest mass	4.88
出力ビームの余度 Beam emittance of output beam	$10 \times 10 (\text{mm} \cdot \text{mr})^2$
回転周波数 Revolution frequency	1.5463 - 1.6746 MHz
調和数 Harmonic number	2
加速周波数 Acceleration frequency	3.093 - 3.349 MHz
最大RF電圧 Max.RF voltage	100kV
RFバケット面積 RF bucket area	1.92eV \cdot s
RFステーション数 Number of RF stations	5

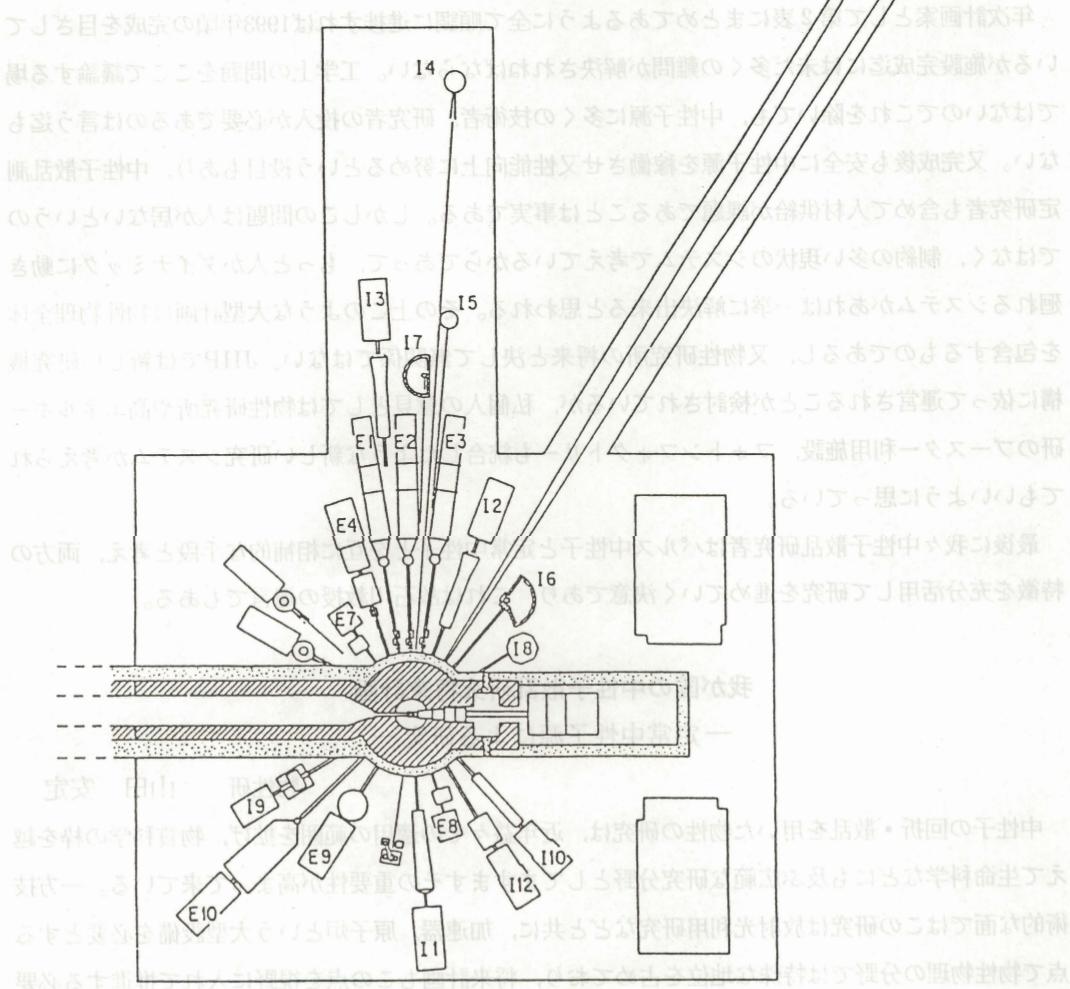
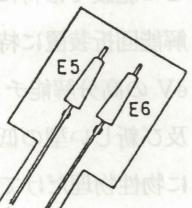
部 門	年 度	昭 和 64年度	65	66	67	68	人 員 (人)		予算(億円)
							人 員 (人)	予算(億円)	
線源第1部門	ターゲット 線源集合体	設計		製作	設置	調整	2*+4	[10]	
線源第2部門	冷中性子源 及びモデレーター	設計	モックアッ	プテスト	製作・設	置・調整	1*+5	[8]	
線源第3部門	線源制御系及び 線源取扱設備	設計			製作・設	置・調整	1*+5	[6]	
測定器第1部門	生体遮蔽体 及び測定器	生体遮蔽体設計		製作・設置	測定器設計		1*+5	[10]	
測定器第2部門	中性子ビームライン 及び測定器	中性子ビームラ イン設計	本体遮蔽製	作・設置	測定器設計		1*+5	[6]	
測定器第3部門	ガイド管、偏極子 及び測定器	ガイド管及び	偏極子設計・	モデルテスト	製作・設	置・調整	1*+5	[4]	
測定器第4部門	データ処理計算機 及び測定器				測定器設計		2	[1]	
実験企画調整室	企画調整						2	0	
							合 計	4 0	4 5

第2表 中性子散乱実験施設建設年次計画案

(高エネルギー物理学研究所ブースター利用施設計画委員会案)

昔や古のトキの歴史に遡る。トキの歴史は、W(イヤヤー)と謂ふ金の千掛V(アラム)とも稱する中生代のトキを封中で小形の石器や骨器が出土する。また、トキの封(1图)。さあて、その時代の陶器や土器が出土する。また、トキの封中では、土器や骨器が出土する。また、トキの封中では、土器や骨器が出土する。

0 10 20 m



第1図 中性子散乱実験施設レイアウト案
（JHPより転載）(A Draft Proposal for JHP より転載)

中性子源として2GeV陽子が金属ターゲット（W又はU）に当って、実験に最適な4つの各々特性の違う減速材から出た広いエネルギースペクトラムのかつ時間巾の短かいパルス中性子ビームを発生する。現在の案では中性子導管も含めて約30台の分光器が配置できる規模の大施設である。（図1）この施設では特に原子炉からの定常中性子源では不利となる広域エネルギーでの中性子分光や高分解能回折装置に特徴を求める。例えば遷移エネルギーが数100meVでもエネルギー分解能数m eVの高分解能チャッパー分光器や、格子間隔の分解能が 10^{-4} 以上といった超高分解能粉末回折計、及び新しい型の低エネルギー μeV 以下の中性子分光器や小角散乱（ 10^{-3} \AA^{-1} 以下）等であり、単に物性物理だけでなく広く生物、化学、物質開発や工業的用途にも門戸を広げることも目標にかかっている。

年次計画案として第2表にまとめてあるように全て順調に進捗すれば1993年頃の完成を目指しているが施設完成迄には未だ多くの難問が解決されねばならない。工学上の問題をここで議論する場ではないのでこれを除いても、中性子源に多くの技術者、研究者の投入が必要であるのは言う迄もない。又完成後も安全に中性子源を稼働させ又性能向上に努めるという役目もあり、中性子散乱測定研究者も含めて人材供給が課題であることは事実である。しかしこの問題は人が居ないというのではなく、制約の多い現状のシステムで考えているからであって、もっと人がダイナミックに動き廻れるシステムがあれば一挙に解決出来ると思われる。その上このような大型計画は物性物理全体を包含するものであるし、又物性研究所の将来と決して無関係ではない。JHPでは新しい研究機構に依って運営されることが検討されているが、私個人の意見としては物性研究所や高エネルギー研のブースター利用施設、フォトンフォクトリーも統合したような新しい研究システムが考えられてもいいように思っている。

最後に我々中性子散乱研究者はパルス中性子と定常中性子とを互に相補的な手段と考え、両方の特徴を充分活用して研究を進めていく決意であり、これは故石川教授の遺言でもある。

我が国の中性子散乱研究将来計画

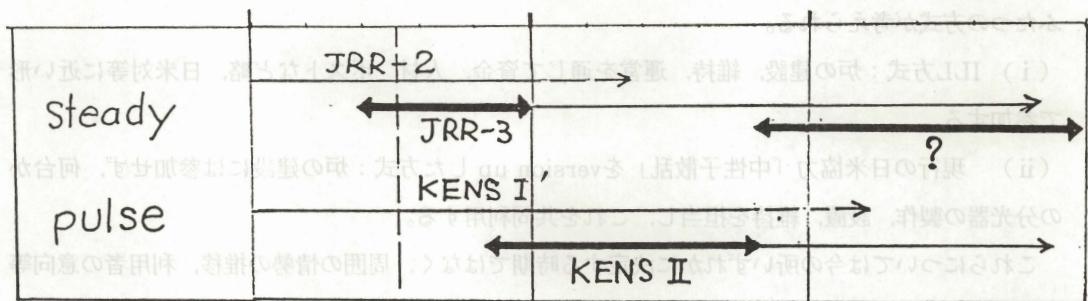
一定常中性子源による研究 —

物性研 山田 安定

中性子の回折・散乱を用いた物性の研究は、近年益々その適用の範囲を拡げ、物質科学の枠を越えて生命科学などにも及ぶ広範な研究分野としてますますその重要性が高まって来ている。一方技術的な面ではこの研究は放射光利用研究などと共に、加速器、原子炉という大型設備を必要とする点で物性物理の分野では特殊な地位を占めており、将来計画もこの点を視野に入れて推進する必要がある。

我が国の中性子散乱将来計画は、「(i) パルス中性子源とその利用研究、(ii) 定常中性子源とその利用研究を言わば車の両輪と考えて双方をバランスよく推進する」という基本方針で推進し

第1図 中性子散乱将来計画タイムライン
 (太線:建設期間、細線:利用研究期間)
 1985 1990 1995



てきた。この観点から見た時、現在の状況は第1図に示したように定常中性子源についてはJRR-3計画が軌道に乗り、ひきつづきパルス中性子関係としてKENS-II計画が推進されつつある段階である（それぞれ別項参照）。従ってこれにつづく将来計画としては第1図の最後尾に位置する定常中性子に関するものであり、これについては物研連物性専門委伊達ワーキンググループにおいて既に議題として取り上げられ、同時に中性子研究グループで組織している中性子将来計画委員会（委員長 山田 安定）において検討を進めている。定常中性子源の利用研究計画を策定する上で基本的な境界条件は、それが熱出力の大きな原子炉を必要とすることにある。このような施設を我が国独自で建設することは経済的のみならず、環境的にも数々の問題点がある。勿論これは単に我が国に限ったことではなく、多くの国々が共通に抱える問題点であり、この意味から世界的に限られた大規模な研究用原子炉設備を、国際的に利用する態勢の有用性と必要性が強く認識されつつある。従って、定常中性子源による中性子散乱研究将来計画を、国際協力計画として策定する可能性はひとつの魅力的なOptionと考えられる。

この観点から、現在米国で推進されているANS計画は特に注目に値するものである。“ANS計画”とは、数年前から米国内国際各種委員会で検討されて来た“Advanced Neutron Source”計画の略称で、熱出力270MW、熱中性子束 $1 \times 10^{16} \text{ n / seccm}^2$ の超高中性子束原子炉をテネシー州オークリッヂ国立研究所に設置しようとするものである。これについて注目すべき点は2点ある。第1にこの原子炉の研究用炉としての高性能性と単目的性である。上記の中性子束は現在日本で建設中の改JRR-3炉のそれを50倍上まわるケタ外れの強力なもので、しかも特に中性子散乱研究を建設の第一の目的としており、従って炉内設備がすべてこの目的のために最適化されている。第2にタイムスケジュールとして炉の利用運転に入る時期が1995年に設定されていることである。この点我が国の次期計画との整合性が極めてよいといえる。

実は、米国の計画当事者、特にオークリッヂ研究所の関係研究者の中に、この高性能中性子源を国際協力のもとに運営すべきであるという考えがあり、既に我が国に対して研究者レベルで非公式な打診がなされている。中性子将来計画委員会ではこれを受けて討議を行っており基本的には積極的に推進すべきであるとの考えに傾いている。但し具体的な国際協力の態様としては主として次のふたつの方式が考えられる。

(i) ILL方式：炉の建設、維持、運営を通じて資金、人材、ポストなど略、日米対等に近い形で参加する。

(ii) 現行の日米協力「中性子散乱」をversion up した方式：炉の建設には参加せず、何台かの分光器の製作、設置、維持を担当し、これを共同利用する。

これらについては今の所いずれかに決定する時期ではなく、周囲の情勢の推移、利用者の意向等を勘案しながら当面両方の線を平行して検討して行くつもりである。

コ メ ン ト

阪大理事 伊達 宗行

中性子物性の重要性、普遍性から見て物性研が当面のいわゆる改造3号炉（原研）を対象として考えている研究施設は単に改3号対策としてではなく、広い立場で概算要求をしてほしい。

具体的にはつぎのようになる。研究施設は当然東海村におかれるだろうが、そこは単に物性研の出店ではなく、将来のオークリッヂ日米共同研究、日仏で期待される協力研究はもちろん、ラザーフォード研のパルス中性子等、およそ中性子物性と名のつく国際研究の代表窓口になってほしい。海外投資に対する事務窓口、国際通信、データ集積などについての配慮にも気をくばって予算要求の時点から動いてほしい。

軌道放射物性研究施設将来計画

物性研副所長 石井 武比古

物性研究所軌道放射物性研究施設は、数年前に将来計画を立案した。これは「東京大学物性研究所高エネルギー物理学研究所新型光源計画」と名付けられ、真空紫外軟X線領域における分光研究と光物性研究ならびに関連するシンクロトロン放射科学の画期的発展と自由電子レーザーを頂点とする新型光源の開発促進を目的としている。この計画は東京大学物性研究所と高エネルギー物理学研究所が協同で実施するもので、そのことに関し、昭和58年12月に物性研究所長と高エネルギー物理学研究所長の間で覚書が交わされた。そこでは、真空紫外軟X線用の高輝度リングを高エネルギー物理学研究所内に建設することおよびそのための流動研究部門を活用することが了解された。

この計画で建設するシンクロトロン放射源は挿入型光源を主体とした高輝度の陽電子ストリージングであるが、その設計の詳細はまだ確定していない。粗案として以下のリングが提案された。

エネルギー : 1GeV (0.5GeV から 1.5GeV の範囲で可変とする)

直線の数 × 直線部の長さ : $16 \times 5.3\text{m}$ または $12 \times 5.3\text{m}$

偏向電磁石数 : 16 または 12

4 極電磁石数 : 64 または 48

6 極電磁石数 : 64 または 48

周長 (平均半径) : 182.4m (29.0m) または 141.6m (23.2m)

エミッタス (ε_x) : $5.28\pi \cdot \text{nm} \cdot \text{rad}$ または $13.5\pi \cdot \text{nm} \cdot \text{rad}$

ビームサイズ (直線部の中心) : $\sigma_x = 346\mu\text{m}$ または $505\mu\text{m}$; $\sigma_y = 96\mu\text{m}$ または $148\mu\text{m}$

臨界光子エネルギー (偏光部) : 545eV または 581eV

入射器 : フォトンファクトリーライナック

設置場所 : 高エネルギー物理学研究所内

以上の設計では挿入型光源は最大 13 まで設置可能である。適当な磁石の配置に対して、ビームダイナミックスを規定する諸特性が計算され、安定動作のための諸元が明らかにされた。中心エネルギーを 1GeV にしたのは、磁極周期長 4 cm のアンジュレータからの基本光波のエネルギーが 150eV になるようにしたためである。エミッタスを大きくして立上げを容易にすること、異なる実験に対して異なるエミッタスを選べることおよびある幅をもった粒子のエネルギーに対してストオリジリングの動作特性を最適化できることなどの利点があるために、可変エミッタスとする設計が提案されている。

このストオリジリングに接続して用いる測定装置の数は、1 本の基幹チャネルからの光ビームを 2 基の実験ステーションに分岐して使用することを想定すると、20~22 程度になる。提案された実験装置は、光電子分光、光吸収・反射分光、変調分光、蛍光測定、照射効果の測定などに対するもので多岐にわたっている。光エネルギーは遠赤外から 1KeV 程度の軟 X 線領域までをカバーする。単なる分光・電子分光の系だけでなく、試料に対する外部摂動の影響を知るための磁場装置などの付属装置が含まれている。

目論まれている物性実験の主な方向を列挙すると次のようになる。

- (1) 高分解能実験 : 重い粒子系の f 準位、フェルミ端異常、エネルギー一バンドの解析、原子分子のスペクトル解析など。
- (2) 光電子のスピン解析 : スピン分解したエネルギー一バンドのマッピング、表面磁性、磁化過程、原子の磁気的相互作用など。
- (3) 外的条件の制御 : 相転移に伴う電子状態変化など。
- (4) 国体表面界面の研究 : 研究の多様化、精密化。
- (5) 微量試料の測定 : 希薄合金、吸着層、微小試料。
- (6) 蛍光測定解析 : 内殻電子励起状態の緩和過程。

- (7) 時間分解実験：緩和過程の動的追跡など。
- (8) コインシデンス計測：同時多発現象の同定。光解離生成物。オージェ効果など。
- (9) 2 光子実験：レーザー光とシンクロトン放射の同時照射。緩和過程の追跡。
- (10) 自由電子レーザーの基礎研究。

コ メ ン ト

（主査）高橋 勝彦（理学系）（副主査）伊達 宗行

（監査）坂大理（理学系）（監査）伊達 宗行

少なくとも現在、物性研が1GeV 級のVUV リングを是非共早急に作りたい、とはおもっていないように外部からは見られているがそれでよいのか。思い切った発想の転換、例えば加速器をふくめた物性研独自計画、核研跡地の再利用、新キャンパス計画の可能性など内外に明示された議論を重ねてこそ内外の支持も固まると思われる。外部から見ていると物性研のSOR 論議は今の所あまり説得力がない。KEK との細い約束をたよりに棚ボタを待っているような印象を与えるのはVUV の本質的重要性から見ると心配な事だ。

広島大学放射光利用研究センター計画

（主査）小村 幸友

（監査）廣島大理

我国既存の放射光実験施設は東日本に偏在し、唯一のX線まで利用出来る高工研・放射光実験施設はユーザーで溢れている。広島大学では、昭和57年以来、X線までの利用を目指した放射光利用研究センター建設のための準備・検討作業を、意欲的に行って来た。この計画は、研究者と事務局の協力体制の下に推進され、HiroshimaのHiと放射光の略称SORをとってHiSOR 計画と呼ばれている。

HiSOR 電子ストレージリングの電子エネルギーは1.5GeVに設定されている。基本ラティスは double focusing achromat であり、これが4.7mの直線部を介して6 個つながって、全体の形は六角形になっている。6 箇所の直線部のうち、4箇所に水平超伝導ウィグラー、1箇所にアンジュレーターが挿入される。偏向部からは5keV までのVUV-軟X線、水平超伝導ウィグラーからは30keV までのX線、また、アンジュレーターからは強力な軟X線が供給される。

これまで、多岐の分野にわたりHiSOR 利用計画が検討されて来ている。ここでは、それらの中で、基礎的な物性研究に関するもののいくつかを列挙する。

X線ビームライン

- X線トポグラフィ…単結晶の完全性の評価や格子欠陥の運動の課程の直接観測。
- X線小角散乱…高分子、2成分液体、合金の構造変化の動的過程の研究。
- 極低温、高圧下のX線回折…極低温、高圧下で起こる固相-固相転移の精密測定。
- 光音響X線吸収分光…新しい放射光分光法の開発。

- ・多目的X線回折…極めて微小な結晶によるX線構造解析、結晶内の電子密度分布の精密測定や構造相転移の臨界点近傍での構造ゆらぎの動的観察。

VUV - 軟X線ビームライン

- ・極低温での高分解能光分光・光電子分光…温度に依存した電気的、磁気的相転移や構造相転移に伴う電子状態の変化ならびに光学吸収スペクトル形状の精密解析。
- ・X線分光器、真空紫外分光器と複合解析装置からなる表面同時計測実験…金属や半導体の表面・界面の原子構造と電子状態のin situ 同時計測。
- ・大強度・高輝度実験…アンジュレーターを用いた、簡単な有機分子や有機固体における光化学反応の素過程の研究。

HiSOR の地域性を考慮し、利用形態として以下の各種が考えられている。(a) 広島大学特殊実験用ビームライン (b) 近隣他大学専用ビームライン (c) 産業界用ビームライン (d) 汎用装置を主体とする全国共同利用ビームライン等。なお、学生の教育・研究を通じた若手研究者の養成にも大きな配慮がはらわれている。

関西6GeV・SR計画

阪大基礎工・三井 利夫

西日本には関西地区の大学教授を主体とした6GeV・SR計画世話人会があり、昭和58年から6GeV級高輝度SR源の関西設置について議論し、各方面に働きかけてきた。現在会員数は約210、会長は角戸正夫氏、事務局は筆者の研究室にある。この計画の基本的な考え方は次の2点である。(1) フォトン・ファクトリーの次の世代のSR源は、光源として最適化され、アンジュレータ等の挿入光源を多くそなえたものとなろう。従って硬X線用には6~8GeVの蓄積リングが主体となろう。(2) 我国では名古屋以西にSR源が無いという不自然な状態にあるので、6GeV・SR原が関西に設置されることが強く望まれる。このような考え方から、佐々木泰三氏等による企画で、阪大で、基本設計についてのwork shop や16回にわたる関西シンクロトロン放射セミナーが開かれ、また大阪市内で、講演会「シンクロトロン放射光と先端技術－現状と将来」や、国際シンポジウム「先端科学技術と放射光－大型光輝度光源で何ができるか－」(理研・原研主催) 等が開催された。

一方、科学技術庁は昭和61年に大型放射光施設計画をうち出し、62年度には技術的問題などの検討・研究費(約7千万円)が認められ、63年度政府予算には設計研究費・研究開発費等約6億円が計上された。関西の6GeV・SR計画世話人会としては、常任幹事会で討議を重ねた結果、科技庁の計画を歓迎し、施設の関西設置を強く要望することとなった。具体的な設置場所としては、例えば兵庫県が西播磨に建設中の新都市内に6GeV・SR施設を誘致することを希望し、約200haの用地を用意している。最近の大坂科学技術センターの調査では、立地の要件を満たしているという結論になっている。

上記国際シンポジウムにおける理研上坪宏道氏の講演（昭和43年1月12日）によると、科技庁の計画の大要は次の如くである。

(1) 目的

基礎的研究の振興：国際的研究交流の推進：大学、国公立研究所、産業界による共同利用の推進

(2) 施設（設置場所は未定）

線型加速器：1.5GeV。（陽）電子シンクロトロン：6GeV。以下は光源リング。（陽）電子エネルギー：6GeV。蓄積電流：100mA。偏向電磁石磁場：0.8T。周長：1069m。エミッタースペース：8.2nm rad（水平），0.82nm rad（垂直），挿入光源数：30。長線部長さ：7m。偏光磁石光源：約30。

(3) 年次計画

昭和62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70 年度計画

R D 建 設 運転開始

(4) 現時点で計上している予算

開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。

開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。
開発研究費を含めて加速器系に312億円、建物、付属施設に328億円。光学系および測定系の建設経費はユーザーグループによる検討結果によるが、300億円程度の予算が必要と予想されている。

物性研究会談話会

日 時 1988年1月25日(月)午後4時~5時
場 所 物性研究所Q棟1階 講義室
講 師 片山信一氏
(所属) 物性研客員部門 新潟大学教養部
題 目 Pb_{1-x}Ge_xTe の構造相転移におけるGe²⁺の役割
要 旨 :

ナローギャップ半導体PbTe-SnTe-GeTe系は、光学フォノンのソフト化を伴ってNaClから菱面体へ変位型構造相転移をおこす。とくにPbTeへのGeの添加は、転移温度を高めるだけでなく、転移に伴う諸物性の変化に単純な合金化から説明できない奇妙な効果を引き起こすことが知られている。

ここではPb²⁺とGe²⁺のイオン半径の差に着目したGe²⁺の非中心化とGe²⁺双極子系の秩序-無秩序相転移の出現について議論し、最近のEXAFS実験によるGe²⁺の非中心化の確認を紹介する。また、低温域電気抵抗の対数的温度変化の起源として擬近藤効果の可能性にも言及したい。

日 時 1988年2月1日(月)午後4時~5時
場 所 物性研究所Q棟1階 講義室
講 師 DR.E.V.Sampathkumaran
(所属) Tata Institute of Fundamental Research (Bombay, India)
題 目 Anomalous 4f electron behavior in rare earth metallic compounds
要 旨 :

講師はVijayaraghavan教授のもとで希土類化合物における価数揺動や近藤効果などの問題をいろんな実験手段を使って幅広く研究されている人で、この度、早稲田大学の招へいで来日されたので上記の題目で講演をお願い致しました。

日 時 1988年2月8日(月)午後4時~5時
場 所 物性研究所Q棟1階 講義室
講 師 神部信幸氏
(所属) NTT基礎研
題 目 イオン注入によるGaSeの2次元相転移
要 旨 :

III-VI族化合物GaSeは、その層状構造と準安定性から、外力に対して様々な特徴ある相変化を

示すことが期待できる。本講演では、イオン注入が引き起こす2次元的なhexagonal-monoclinic相転移について回折実験とRaman散乱・光学実験の結果が検討される。また、GaSeのmonolayerを形成する際に観測できるgas-solid相転移についても概要が紹介される。

物性研ニュース

人事異動

所 属	職・氏名	発令年月日	異動内容
理 論 部 門	助 手 長谷川 秀 夫	63. 2. 23	復職
極限物性部門	技 官	63. 2. 29	辞職
表 面 物 性	荒 則 彦		

物性研究所創立30周年記念行事 調査結果(8)

一般公開の際のアンケート調査の報告

年齢	主な学年			性別			来所者			回収枚数			回収率 (%)
	中高	大	専門	男	女	その他	一般	研究者	会社員	学生	教員	職業	
20代	18	19	20	38	14	1	12	1	2	1	3	1	43.7%
30代	30	31	32	15	13	1	10	3	3	1	8	1	
40代	40	41	42	12	12	1	10	6	6	1	8	1	
50代	50	51	52	10	10	1	8	1	1	6	2	1	
60代	60	61	62	8	8	1	1	1	1	6	1	1	
70代	70	71	72	5	5	1	4	1	1	3	1	1	
80代	80	81	82	3	3	1	2	1	1	2	1	1	
90代	90	91	92	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
合計	18	19	20	38	14	1	12	1	2	1	3	1	43.7%
来所者	1,159	名	回収枚数	507	枚	回収率 (%)	43.7%						

(A) アンケート内容

I. あなたについて

- (1) 年令 才 男・女 (○で囲む)

- (2) ご身分 (○で囲む)

一般 研究者 (大学 国公立研究機関 会社 他)

技術者 教員 学生 (大学院 大学 高校 他)

II. この公開を何でお知りになりましたか (○で囲む)

ポスター チラシ 新聞 テレビ 学会誌 学内広報

その他 ()

III. 物性研究所について

- (1) 「物性」という言葉を御存知でしたか。
- (2) 物性研究所の名称をどこで、いつ頃お知りになりましたか。
- (3) 公開を見て物性研究所についてどのようなイメージをお持ちになりましたか。
- (4) 今後、物性研究所にどんなことを期待されますか。

IV. この公開のご感想をお聞かせ下さい。

- (1) 特に興味のあった展示を2~3挙げて下さい。
- (2) 今後も公開を希望されますか。
- (3) 特別企画、映画についてどんな感想をお持ちになりましたか。
- (4) その他この催しについてご意見があればお聞かせ下さい。

(B) 調査結果

表1. アンケートI-(1)の返答のまとめ〔年令・身分等〕

年令	一般	研究者				技術者	教員	学生				計	%
		大学	国公立 機関	会社	他			大学院	大学	高校	他		
10才以下											1	1	0.2%
11~15										1	24	25	4.9%
16~20	1								44	35	1	81	16.0%
21~25	4	4	2	4		5	1	45	84			149	29.4%
26~30	12	5	1	23	2	10	3	6	1			63	12.4%
31~35	9	6	1	8		1	3	2				30	5.9%
36~40	10	7	4	8		14	4					47	9.3%
41~45	8	2		5		7	2					24	4.7%
46~50	7	1	3	8	2	5	3					29	5.7%
51~55	3	3	1	4		4	5					20	3.9%
56~60	10	1	1	1	1	2	2					18	3.6%
61~65	2			1	3	2						8	1.6%
66~70	3					4	1					8	1.6%
71才以上		1										1	0.2%
不明	2					1						3	0.6%
計	71	30	13	62	8	55	24	53	129	36	26	507	100%

表2. アンケート I-(1)・(2)の返答のまとめ〔男・女別〕

		男	女	不明	合計		
一般		48	21	2	71		14.0 %
研究者	大学	28	2	0	30		5.9 %
	国公立	13	0	0	13		2.6 %
	機関	57	5	0	62		12.2 %
	会社	7	1	0	8		1.6 %
技術者		54	0	1	55		10.8 %
教員		23	1	0	24		4.9 %
学生	大学院	49	4	0	53		10.4 %
	大学	114	15	0	129		25.4 %
	高校	27	9	0	36		7.1 %
	他	25	1	0	26		5.1 %
計		445	59	3	507	507	100.0 %
		87.8 %	11.6 %	0.6 %			

表3. アンケート II の返答のまとめ〔公開を何で知ったか〕

	一般	研究者				技術者	教員	学生				計	%
		大学	国機公 立関	会社	他			大学院	大学	高校	他		
ポスター	12	7	5	5	3	4	7	19	20	14	1	97	19.1 %
チラシ	8	7	2	6	0	6	8	8	10	8	2	65	12.8 %
新聞	16	1	0	2	0	9	1	0	1	0	0	30	5.9 %
テレビ	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	4	0.8 %
学会誌	1	1	2	11	1	5	0	3	1	0	0	25	4.9 %
学内広報	6	4	1	5	1	2	2	15	35	5	8	84	16.6 %
その他	28	10	3	28	4	22	8	8	57	12	11	191	37.7 %
不明	1	2	0	3	0	2	0	0	2	0	1	11	2.2 %
												計 507	100 %

表4. アンケート III-(1)の返答のまとめ〔「物性」という言葉を知っていたか〕

一般	研究者				技術者 教員	学生				計	%
	大学	国機 公 立 関	会 社	他		大学院	大学	高 校	他		
Yes	53	28	10	61	7	47	22	48	115	28	1 420 81.1%
No	8	0	0	0	0	2	2	3	9	22	21 67 12.9%
無回答	11	3	3	1	1	4	2	2	3	0	1 31 6.0%
計	72	31	13	62	8	53	26	53	127	50	23 518 100%

アンケートIII-(2-1)〔物性研究所の名称をどこで知ったか〕

一般	研究者				技術者 教員	学生				計	%
	大学	国機 公 立 関	会 社	他		大学院	大学	高 校	他		
東大教養学部のゼミ	0	0	0	0	0	0	0	1	12	0	0 13 6.0%
東大で	0	1	0	1	0	0	1	7	5	0	0 15 7.0%
他大学で	2	3	1	11	0	2	4	13	25	0	0 61 28.2%
縁故者, 知人から	4	1	0	3	0	2	1	5	7	5	0 28 13.0%
その他	19	6	1	6	0	15	4	10	18	16	4 99 45.8%
計	25	11	2	21	0	19	10	36	67	21	4 216 100%

アンケートIII-(2-2)〔物性研究所の名称をいつ知ったか〕

一般	研究者				技術者 教員	学生				計	%
	大学	国機 公 立 関	会 社	他		大学院	大学	高 校	他		
今回	8	2	0	3	0	6	0	1	11	18	10 59 14.7%
最近(1~5年内)	16	7	1	16	0	14	6	41	86	7	4 198 49.2%
もっと以前から	27	17	10	36	4	22	17	2	5	4	1 145 36.1%
計	51	26	11	55	4	42	23	44	102	29	15 402 100%

表5. アンケート III-(3)の返答のまとめ〔公開を見て物性研究所のイメージは〕

被 調 査 者 の 特 徴	一 般	研 究 者				技 術 者	教 員	学 生				%
		大 学	国 機 公 立 大 学	会 社	他			大 学	高 校	他		
最先端である、極限に挑んでいる	8	5	3	6	0	14	4	5	13	2	0	60 15.2%
整備され、設備がよい	3	4	0	6	0	4	2	16	28	3	2	68 17.3%
素晴らしい、すごい、よい	6	3	0	7	1	0	1	2	17	8	2	47 11.9%
基礎研究をよくやっている	5	3	2	7	1	4	4	6	6	2	0	40 10.2%
超伝導に偏っている	1	0	1	4	0	2	0	6	7	0	0	21 5.3%
利用価値ありそう、面白いテーマをやっている	8	3	1	2	1	5	2	5	14	6	3	50 12.7%
難しい、地味	2	0	0	0	0	4	1	3	14	5	7	36 9.1%
古い、暗い、狭い	4	2	0	4	0	0	0	0	3	2	0	15 3.8%
思ったより柔らかいイメージ	3	0	0	3	0	2	0	0	3	1	0	12 3.1%
きれい	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	5 1.3%
幅が広い分野	1	0	0	2	0	3	1	1	2	1	0	11 2.8%
アカデミック	0	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	6 1.5%
その他	2	1	3	4	0	1	2	2	5	3	0	23 5.8%
計	43	23	10	47	3	40	17	50	114	33	14	394 100%

表6. アンケート III-(4)の返答のまとめ〔今後物性研究所にどんなことを期待するか〕

	一 般	研究者				技術者	教員	学生				計	%
		大 学	国機 公 立 関	会 社	他			大 学 院	大 学	高 校	他		
世界の先端を行け	4	2	0	3	2	5	1	6	8	1	0	32	13.1%
基礎研究を	3	2	3	4	2	7	4	4	6	0	0	35	14.4%
ノーベル賞を	4	0	0	3	1	1	0	2	4	3	0	18	7.4%
公開回数を多く	4	0	2	4	0	1	2	1	7	2	0	23	9.5%
共同利用をさせて	2	4	1	3	0	0	0	1	2	2	0	15	6.2%
応用研究で役立って	3	1	0	4	0	4	0	2	1	1	0	16	6.6%
超伝導を	3	1	0	2	0	1	0	1	7	1	0	16	6.6%
創造性のある研究	2	2	0	2	0	2	0	2	8	0	0	18	7.4%
がんばって下さい	1	2	1	3	0	1	0	2	8	2	2	22	9.1%
その他	5	2	3	5	0	8	4	8	10	3	0	48	19.7%
計	31	16	10	33	5	30	11	29	61	15	2	243	100%

表7. アンケート N-(1)の返答のまとめ〔特に興味のあった展示は〕

技術者	一般	研究者				技術者	教員	学生				%	
		大学	国機 公 立 関	会 社	他			大学院	大 学	高 校	他		
表面物性*	4	1	2	15	0	9	5	8	10	2	1	57	8.6%
超低温	10	5	0	2	1	10	4	4	22	5	1	64	9.7%
超高压	12	7	1	4	1	6	4	4	21	2	4	66	10.0%
強磁場	7	3	1	11	0	3	2	7	27	4	0	65	9.9%
レーザー	5	1	3	18	1	13	6	5	18	4	2	76	11.5%
凝縮系 有機電導	4	2	0	3	0	6	1	2	12	1	0	31	4.7%
NMR	3	0	0	0	0	3	0	3	6	2	0	17	2.6%
アモルファス	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	8	1.2%
準結晶	4	0	2	3	0	3	2	1	5	0	0	20	3.0%
有機磁性	0	0	0	2	0	4	0	2	3	1	0	12	1.8%
石川研	1	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0	7	1.1%
家研	2	3	0	0	0	1	0	0	2	2	0	10	1.5%
X線回折	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	0	5	0.8%
MBEシミュレーション	5	2	2	11	0	2	2	9	7	0	0	40	6.1%
電子顕微鏡	4	1	0	0	0	2	0	4	2	0	2	15	2.3%
理論	1	0	0	0	0	1	0	4	4	0	0	10	1.5%
中性子回折	1	0	0	3	0	1	0	0	5	1	0	11	1.7%
軌道放射	3	1	0	1	0	1	0	1	2	2	0	11	1.7%
共通実験室	3	1	0	2	0	0	0	3	12	7	3	31	4.7%
(高温) 超伝導とのみ記入	19	5	1	12	0	11	5	9	29	7	5	103	15.6%
計	90	32	12	91	3	80	31	68	192	42	18	659	100%

*表面物性には、表面とのみ表記されたものも含まれているので、X線回折、物質開発の分も含まれている可能性もある。

表8. アンケート N-(3)の返答のまとめ〔特別企画、映画についての感想〕

	一般	研究者				技術者	教員	学生				計	%
		大学	国機 公 立 関	会 社	他			大学院	大学	高 校	他		
わかり易い、感動した	14	5	0	18	7	17	11	22	43	12	3	152	84.4%
計算機シミュレーションがすばらしい	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	7	3.9%
もっと易しいものを	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	5	2.8%
面白かった	5	0	0	0	0	0	0	1	4	1	1	12	6.7%
見学前にみるとよい	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	4	2.2%
計	21	5	1	20	7	18	13	24	52	15	4	180	100%

アンケート N-(2)の返答のまとめ〔今後も公開を希望するか〕

公開を希望するかとの問い合わせに対しては、NOと答えた方は1人もおらず、「おおいに希望する」等、YESまたは無回答しかなかった。

アンケート N-(4)の返答のまとめ〔この催しについての意見〕

次のような意見の記入があった。

意見の多かった順に、

- 終了時間をもっと遅くしてほしい。
- 毎年公開してほしい。
- 土、日にかけるなど休日にしてほしかった。
- 研究室毎に何らかの資料を備えてほしい。
- 公開の宣伝をもっとすべきだ。
- 実験を見たい。

その他には、

- 息子にも見せたかった。
- 直轄研になってほしい。
- 説明がとてもていねいだった。または難しすぎた。

etc.

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser.A

No.1876 Mean Field Theory of Superconductivity in Strong Correlation.

by Yoshikazu Suzumura, Yasumasa Hasegawa and Hidetoshi Fukuyama.

No.1877 Anomalous Magnetization of RbFeCl₃ around 31T in Pulsed High Magnetic Fields. by K. Amaya, M. Ishizuka, T. Nakagawa, S. Saratani, T. Sakakibara,

S. Takeyama, K. Nakao, T. Goto, N. Miura, Y. Unno and Y. Ajiro.

No.1878 Electronic Correlation and Magnetism in NiS:Implications of Photoemission

Spectra. by Atsushi Fujimori, Kiyoyuki Terakura, Masaki Taniguchi, Susumu Ogawa, Shigemasa Suga, Masanori Matoba and Shuichiro Anzai.

No.1879 Phase Coherence of RVB Wave Function. by Pascal Rederer and

Yoshinori Takahashi.

No.1880 Magnetic Properties and Density of Fe-Ce Amorphous Alloys.

by K. Fukamichi, H. Komatsu, T. Goto, and H. Wakabayashi.

No.1881 Propagating Local Positional Order in Tetrahedrally Bonded Systems.

by Yasushi Ishii.

No.1882 Direct Image of a Single Polymer Chain by a Field Ion Microscope.

by Takayuki Maruyama, Toshio Nishi & Toshio Sakurai.

No.1883 Kinetic Energy of Holes in the Hubbard Model. by Pascal Laderer,

No.1884 Transverse Spin Correlation by Projector Monte Carlo Method with large Cluster Decomposition. by Kiyohide Nomura and Minoru Takahashi.

No.1885 X-ray Photoemission and Auger-electron Spectroscopic Study of the Electronic Structure of Intercalation Compounds. M_xTiS₂(M=Mn, Fe, Co and Ni). by Atsushi Fujimori, Shigemasa Suga, Hiroshi Negishi and Masashi Inoue.

- No.1886 Spin-Peierls State vs. Antiferromagnetic State in Quasi-One-Dimensional Heisenberg Antiferromagnet. IV. Transition Temperauture. by Satoru Inagaki and Hidetoshi Fukuyama.
- No.1887 Spin-Correlation Function of S=1 Antiferromagnetic Heisenberg Chain at T=0. by Minoru Takahashi.
- No.1888 Magnetization and Critical Current Density of High-T_c Superconductors ABa₂Cu₃O_{7-x} (A=Y, Eu, Gd, Dy, Er) in Pulsed High Magnetic Fields. by Koichi Nakao, Kiyoshi Tatsuhara, Noboru Miura, Shin-ichi Uchida, Hidenori Takagi, Takahiro Wada and Shoji Tanaka.
- No.1889 Photoemission Spectra of CeCu₂Si₂ and CeInCu₂. by Kazuo Soda, Tamiko Mori, Yoshichika Onuki, Takemi Komatsubara and Takehiko Ishii.
- No.1890 Temperature-Linear Term of Heat Capacity in Insulating and Superconducting La-Ba-Cu-O Systems. by K. Kumagai, Y. Nakamichi, I. Watanabe, Y. Nakamura, H. Nakajima, N. Wada and P. Lederer.
- No.1891 Geometrical Study on the Origin of the Appearance of the Superstructures of Clean and Adsorbed Si and Ge (111) Surfaces. by Akira Tamura.
- No.1892 Optical Density of States of Valence Electrons in CeCu₂Si₂. by Kazuo Soda, Tamiko Mori, Yoshichika Onuki, Takemi Komatsubara and Takehiko Ishii.
- No.1893 In-plane Quasi-isotropic Organic Superconductor Di [bis(ethylenedithiolo)tetraphiafulvalene] Bis(isothiocyanato)cuprate(I), (BEDT-TTF)₂ [Cu (NCS)₂] : Polarized Reflectance Spectra. by Tadashi Sugano, Hakuro Hayashi, Hiroshi Takenouchi, Koichi Nishikida, Hatsumi Urayama, Hideki Yamochi, Gunzi Saito and Minoru Kinoshita.

- No.1894 Meissner Effect in an Organic Superconductor($\text{BEDT-TTF}_2\text{Cu(NCS)}_2$) . by Kiyokazu Nozawa, Tadashi Sugano, Hatsumi Urayama, Hideki Yamochi, Gunzi Saito and Minoru Kinoshita.
- No.1895 Nuclear Spin-Lattice Relaxation of $^{63, 65}\text{Cu}$ at the Cu(2) Sites of the High T_c Superconductor $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. by Takashi Imai, Tadashi Shimizu, Toshinobu Tsuda, Hiroshi Yasuoka, Toshiro Takabatake, Yasuhiro Nakazawa and Masayasu Ishikawa.
- No.1896 Variation of Superconducting T_c with Bare Electron-Electron Interactions in Electron-Gas-Like Systems. by Yasutami Takada.
- No.1897 A New Ambient Pressure Organic Superconductor on BEDT-TTF with T_c Higher Than 10 K ($T_c = 10.4\text{K}$) . by Hatsumi Urayama, Hideki Yamochi, Gunzi Saito, Kiyokazu Nozawa, Tadashi Sugano, Minoru Kinoshita, Shoichi Sato, Kokichi Oshima, Atsushi Kawamoto and Jiro Tanaka.
- No.1898 Crytal Structures of Organic Superconductor, $(\text{BEDT-TTF})_2\text{Cu(NCS)}_2$, at 298 K and 104 K. by Hatsumi Urayama, Hideki Yamochi, Gunzi Saito, Shoichi Sato, Atsushi Kawamoto, Jiro Tanaka, Takehiko Mori and Hiroo Inokuchi.
- No.1899 Sound Velocity and Attenuation in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$. by Masaru Suzuki, Yuichi Okada, Izumi Iwasa, Akira J. Ikushima, Toshiro Takabatake, Yasuhiro Nakazawa and Masayasu Ishikawa.

編 集 後 記

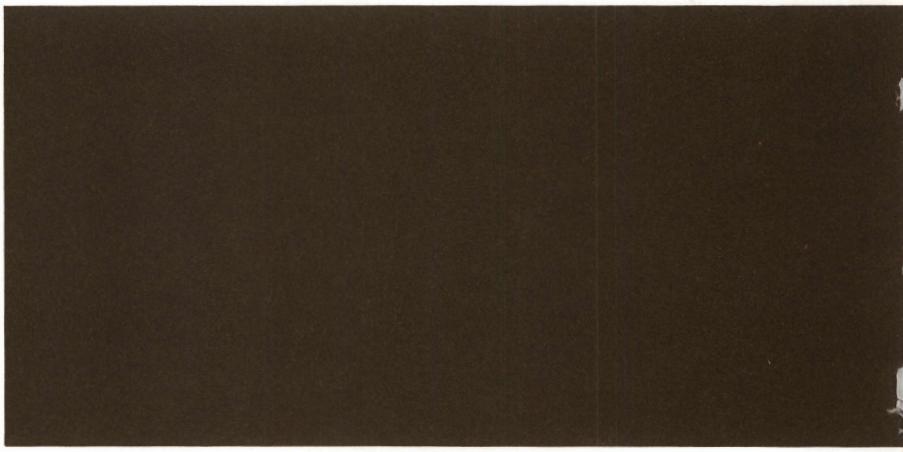
「高温超伝導」騒ぎが始まって一年余過ぎました。その間、当研究所においても多くの人々がこの分野の研究に従事してきました。本号では、各研究室あるいはグループから、これ迄の活動のまとめを報告していただき、高温超伝導研究の小特集を組みました。

創立30周年記念公開に先立って開かれた短期研究会「物性研究の将来計画」の報告が、少し遅れましたが本号に載りました。我々には厳しい(?)研究会でしたが、報告を読み直して考えの整理に役立てたいと思います。内容に関して、御意見が物性研だよりに寄せられることを期待しています。

竹中氏からは含蓄の多い「物性研賛」をいただきました。また、中田所員からは多忙極まる時期にも拘らず「研究室だより」をまとめていただきました。

なお、次号の締切りは4月10日です。

寺倉 清之
竹中 伸



A

/

1