

物性研だより

第13卷
第6号
1974年3月

目 次

○ 所長退任に際して	鈴木 平	1
○ Inbreeding, 任期制 および教養部	福田敦夫	4
研究室だより		
○ 平川研究室	平川金四郎	8
○ 櫛田研究室	櫛田孝司	13
短期研究会報告		
○ 超 低 温		21
世話人 馬宮孝好(名大・理)・高柳 滋(物性研)		
坂井信彦(物性研)・鈴木治彦(東北大・理)		
○ 転位の動力学		33
世話人 鈴木秀次(東大・理)・大川章哉(学習院大・理)		
二宮敏行(東大・理)・角野浩二(東北大・金研)		
竹内 伸(物性研)		
物性研談話会		40
1973年度 物性若手夏の学校報告		44
物性研ニュース		52
○ テクニカルレポート新刊リスト		52
編集後記		

東京大学物性研究所

所長退任に際して

鈴木 平

「ご苦労様でした」と内外の人が声をかけて下さるたびに、ありがたいと思う。もともと、器用なほうではないので、所長になれば所長業に専念するしかないので、あきらめてはいたが、やはり通算5年の任期は長かった。それでも、研究室の皆さんのお陰で、僅かの間隙をぬって二・三の研究もやり上げることができたので、自分としてはまあまあであったと思っている。生来、楽天家であるため、あまり後悔もしていない。さいわい健康で、まだ研究者として活動できる数年が残されていることを思えば、早くに厄払いをしたようなもので、最後の2年を所長として奉仕される山下新所長に対して改めてご同情申し上げる次第である。

いうまでもないが、物性研究所は、自らの業績によって学界に貢献するとともに、共同利用研究所としてその施設等の機能をあげて全国の研究者に貢献する責務を負っている。ということは、自らの研究の面でも、あるいはその施設の面でも、全国の何処にでもみられるような平均的存在でしかない場合には、潔ぎよく「全国共同利用研究所」の看板をおろすべきである。創設時には、全国の物性研究者の支援があって、設備の面で特別の手当てがなされたが、今はそのようなものはない。自らの実力で要求を実現するしかない。もちろん、今日でも、物性科学関係で全国唯一の共同利用研究所であることに変りはないが、その旗印を如何に高くかかげようと、予算獲得等の対政府交渉の上で現実的な力とはならないことを感じさせられた。現実の力は自らの実力しかない。

大学附置の共同利用研究所は、現在、全国に13研究所があり、それに高エネルギー研これから出発する分子科学研の二つが大学附置以外の共同利用研究所として創設されている。ひと口に共同利用研究所といっても、それぞれが性格的に少しづつ違っている。こまごました物性研究分野の研究所である物性研究所は、高エネルギー研究所や原子核研究所のように巨大設備を中心にして動いている研究所とは異なった点で、経営上のむつかしさがある。ちょっと穴ごもりして停滞するならば、いとも容易に共同利用研究所としての存在価値を失なってしまうであろう。国内で唯一の巨大設備をもつ研究所との違いがそこにある。したがって、他にない厳しさもそこにある筈である。

物性物理は、広大な科学・技術の基本をなす学問として、まだまだ発展の可能性をひめていると思う。このような基礎科学の分野の共同利用研究所の内部で活動する研究者に対して、一般的

研究者にない大きな責務のみを課して、何の特別の保障もないということは、考えてみれば不合理の限りであるが、その不合理に根ざす精神的緊張が今日の物性研究所を支えているということもできよう。研究所には自由な雰囲気がなければならない。多大の責務を負いながら、物性研究所に活動する研究者が、この点について満足しているように見えるのも、徒らな保障を受けず、自立的にことに当ってきたためであろう。

それにつけても、自らの社会を閉鎖的なものにしないように、研究者の交流を重視しなければならない。他面、流動のみを重視して定着を軽視するならば、研究所は容器化して、創造的土壤をもたない無性格なものとなってしまうであろう。共同利用研究所に個性はいらないという意見もある。しかし、優れた研究は優れた研究環境において生れるものと私は考える。

若手のスタッフが、5年の任期をそれ程意識せずに、ゆうゆうと研究に専念して、そろそろ助手でもなかろうと思われる頃に、新しい天地を求めて研究所を去ることができれば、理想的であるが、今日の外部情勢はこの理想からかけ離れ過ぎている。大学院生も似た事情にある。このような情勢に応じて、大学院生の物性研への就職規制や助手の任期制度を再検討してはどうかという声もないわけではないが、見通しの悪い今の時期に、基本的な制度の改正を試みることは賢明なやり方とは思われない。このようなときには、むしろ、普段以上にゆうゆうと腰をすえて、少々の任期延長を顧慮しない方がよからう。ただし、任期延長は、それに値する成果を生まなければ、その後の当人の発展にとって益々不利となることを知らなければならない。いっぽう、任期制が若い研究者の落着きを失わせて、平凡な研究の量産にかり立てる傾向をもつとすれば、それはもっとも嘆かわしい。極力、意識してこれを避ける必要がある。江崎氏に与えられたノーベル賞の主対象が、Phys. Rev. Letters に提出した1.5頁足らずの論文であるというのは、はなはだ教訓的である。

現在のシニアスタッフ（所員）の年令構成は50才前後にピークがあって、この儘放置すれば、やがて逆ピラミッド型の典型的な老人社会となってしまうであろう。機会ある毎に若返りをはからなければならない。専門分野の如何によらずに人物本位で公募して、人材を集めることの大変魅力的であるが、そのことを犠牲にしても、老人社会化を防止しなければいけない。研究所の魅力は、多数の権威者が所員としていることよりも、何ものかを生み出す可能性をひめたその若々しい力にあると思う。

数年来、内外の研究者が集って、物性研究としては比較的大型の核物性（インピーム物性）、S O R 物性の2計画に加えて、中性子の新規計画の合計三つの研究計画が論議され、すでに概算要求として提出された。計画は大きい故に尊くもないが、大きい故に排除すべきでもない。物性

研究所としては、全体のバランスを失うことなく、それらの運営に万全を期した上で、勇敢に取り組むべきである。研究者は、信念をもって、自らの研究のために、費用が幾許かかろうと、逡巡することなく、それを主張すべきである。ただし、大型計画に対しても、それだけ強い抑制力が作用することを覚悟しなければならない。実現にあたっては、研究者としての立場に徹して、政治当局者を説得しなければならない。当面の問題、たとえば物価問題には文字通り東奔西走しても、国の長期的存立意義にかかる基礎科学の支援に全力投球をする政治家は見当らない。問題が今日の国民の生活に直結するのでなければ、票につながらないからである。このようにしたのが何であるかは別として、これに逆らうことは容易ではないが、それこそ学者、研究者たる者の責任というべきであろう。

話は一転するが、所内の研究環境や労働環境の改善問題は、すべての研究所行政の根本にすえてかかるべき問題であるが、定員削減等これと逆向する外圧は今後も続くと思われる。従来も、たとえば全国国立大学研究所長会議等を中心に、政府に対して、人員削減のしわよせがもっぱら大学の研究機関に集中することの弊害を指摘し、考え方改めるように訴えてきたが、今後も益々強くそのことを訴えなければならない。同時に、自らの知恵で解決できることは解決すべきであり、たとえば、一・二の空き部門をその儘にして、人的余裕を生み出すことも一考に値するであろう。

労働環境の改善は、具象的な面についてのみならず、精神的な面においても必要であると思う。物性研究所に働くすべての人々が、「研究所で働いている」という共通の意識を、こと研究所に関する限り、すべての問題の議論の原点にすえておかなければならない。さもなければ、立場を異にする人々が研究所の諸問題をともに語り合う共通基盤を失ってしまうであろう。そのためには、各人が、客観的検討をへて確立している物性研究所の設立目的と使命について、十分の理解と認識をもつことが必要である。その目的と使命に賛同して集っている同志的集団であることが理想である。もちろん、研究所といえども独善は許されない。その目的なり使命は、研究者であるなしに拘らず、また研究所の外部の人々にも受け入れられるものでなければならない。数年前に、研究所の将来問題を議論するに先立って、創設時にうち立てられた設立目的と使命について再論議をしたことは、その後に入所された人々を別とすれば、すべての人々にとって記憶に新しいことと思う（物性研だより、10巻1号）。

東大紛争にはじまる一連の大学紛争において、直接参加の何たるかを私はみたと思っている。中国の文革もその意味で私の頭にある。私はそれを決して過小評価していないつもりである。ただし、直接参加はことに応じてそうあるべきもので、恒常的直接参加形態は、一般にもっとも愚

な方法の一つだと考える。所長の選出にあたって、所内の皆さんが真剣に参加を要求したことはまだ記憶に新しい。それに対して、私は所長として反対をした。少しく乱暴ないい方ではあるが、所長選挙への全員参加は、私個人の考え方としては、参加したって、参加しなくて大したことのない問題である。ただし、そのことによって、果して参加感が満足されるかどうかは問題である。これに対して、所長選挙への参加は、ほんのはじまりに過ぎないというであろう。だからといつて、そのこと自体が意味のないものであってよいことにはならない。多数者が集って、何とかを決めようとする場合、ものごとを短絡的に思考する癖のある一部の幸福な人々を除けば、益々個々の人々の参加感を薄めるだけに終る場合が多い。自己主張に発する参加要求は、かくして、円満で無性格で、そして誰に対して責任を追及していくかわからない、多数決方式の中で、結局、各人の参加意欲とは裏腹のたとえようのない絶望感にさいなまれるか、あるいは終りのない慾求不満にふり回されることになる。物性研究所のような規模と目的の社会では、リーダーの責任体制を明確にして、そのリーダーシップの当否を何時でも指弾し、双方が納得づくで改善していく保障のある形態がもっとも望ましいと私は考える。

Inbreeding, 任期制, および教養部

長崎大・教養 福田 敦夫

人間とよく似ているサルの婚姻様式には多くの方々が興味を持つと思います。昨年11月9日の朝日新聞に載っていた「ヒトとサルの間（習性学への招待）」を私も興味深く読みました。それによりますと、メス・オスの関係は非常に多彩だそうですが、種ごとに婚姻様式は決っており、大きくわけて、一夫一婦的傾向を示す下等なサル（原猿類）の仲間と、群れ生活をしながらその中で一見乱婚的様相を示すオナガザルや類人猿の仲間とがあるそうです。そして、サルのエチに敬意を表わさざるをえないことには、どの場合にも共通して、近親相姦を避けるような仕組みになっているとのことです。

千葉県高宕山のニホンザルの群れにおいては、群れから一生動かないのはメスだけであり、オスは群れを出て他の群れに入り込み、元の群れに戻る場合はきわめて少ないのでそうです。つまり、メスのいる群れの間を遍歴しているのがオスということになり、このオスの遍歴により巧ま

そして近親間の性関係が避けられているのだそうです。高等なサルにしては珍しく一夫一婦的な類人猿テナガザルの場合には、子供が大きくなるとオスもメスも親もとから蒸発してゆき、この蒸発によって近親相姦が自動的に避けられているのだそうです。また、マントヒビの場合には、大きな集団の中に一夫多妻の家族がいくつも含まれている形をしており、家族の中で息子が成長してくると、父親は他家の幼い娘をさかんにさらってきて自分の養女にしてしまい。息子は新しい一夫多妻ハaremの主となるのだそうです。

さて、貴重な紙面をかりて場違いな近親相姦を論じようとしているのではないことは勿論です。私がここで問題にしようとしているのは、物理屋が群れを作り *inbreeding*（同種増殖）することです。と申しますのは、*inbreeding* が完全に行なわれるのなら、任期制を本来の姿で維持して行くのは困難であり、助手の任期制は物性研を常に若々しく保ち、研究成果をあげるという点で非常に重要な制度であると考えるからです。もちろん、物性研における任期制も良い面ばかりではなく悪い面があることは確かでしょう。例えば、助手が限られた期間内に研究成果をあげようとするあまり、身勝手になって困るという苦言を、共通実験室やサービス部門の方々からしばしば耳にしました。しかし、全般的に助手の任期制の功罪を問うなら、功が圧倒的であることをほとんどすべての物理屋が認めるのではないかと思います。

まず、任期制と切り離して、*inbreeding* の是非および現状を考えてみましょう。研究グループとしての創造能力を維持するためには、グループの外から秀れた研究者を迎え入れ、新しい研究方法や考え方を取り入れたり、他の専門領域の成果を生かしたりしてゆくのが望ましいことは明らかです。ところが、日本では全く逆のことが多くの場合行なわれ、そのグループ内で育った研究者をスタッフに任用する傾向が強いようです。また、研究者の養成をやっていない小大学、工学部の共通講座や教養部は特定の大大学の系列下に繰り込まれ、*colonization*（植民地化）が行なわれ、その中でしか人的交流がなされない傾向にあります。もちろん、物理の場合は他の学間に較らべてましな方でしょうが、それでもかなりの *inbreeding*、*colonization* が行なわれているように思います。

大学院生から助手に、助手から助教授にと同じ所におれば、短期的には能率が上るという面もあるかもしれません、どうしても切磋琢磨することが減り、長期的にはそのグループの創造能力の衰退をもたらしやすいと思います。局所的、短期的な能率ばかりを考えずに、日本全体の水準が長期的にみて向上する方向を目指すとすれば、やはり物理屋の *inbreeding* はやめた方がよさそうです。次のような反対があるかもしれません。非常に優秀な家系ではイトコ同士の結婚で子供が非常に優秀といった例はかなりあるではないか？ まして、学問の場合には、優秀なグ

ループは大いに *inbreeding* をやつたらよいのではないかと。真に優秀なグループならそうでしょうが、日本の現状をみると、優劣に関係なく *inbreeding* をやっているようです。真に偉大なグループはほんとうに偉大であり、ほんとうにどうしようもないのは中程度に偉大なグループであると思います。そして、偉大さもまたガウス分布をするとすれば、真に偉大なグループがそう沢山あろうはずのものではありません。どうも *inbreeding* は日本人の心と深く関係しているようです。つまり、ある研究室に入ったらそこで忠誠を尽すのが美德と考えられる傾向があります。これは企業でも同じことで、終身雇用制みたいな所があります。その上、日本の社会の事情が、移れば損するようになっています。

さて、任期制が流動性をよくし、流動性が学問の新鮮さを維持するのに重要なことを述べてきましたが、任期制を維持するのが近年非常にきつくなってきました。直接の原因は基礎科学部門による学部、学科の増設がなくなり、ポストに余裕がなくなってきたからですが、その他に *inbreeding* が内在的な原因としてあるように思います。そこで3つのことを提案したいと思います。まず、サルデエにならって、2つの心構的なことを述べます。第1に、これから育つて行く若い人々が、群れから蒸発して行くテナガザルのようになることを提案します。つまり、自分の育った所には居まいと心に誓うことです。また、すでに自分の育った所で5年以上も助手をしていたのなら、そこから出るようなあらゆる努力をしていただきたいと思います。第2に、グループのリーダーやマネージメントをやられている方々が、マントヒビのオヤジのように、他のグループから若い人をおおいにさらってきてほしいと思います。少なくとも人情的な配慮から自分の所で育った人を採用することがないように、また他の条件が同じなら自分と遠いグループの人を採用していただきたいものです。

第3に、かなり定着してきた公募制をもっと浸透するように物理学会あたりで努力がなされることを期待します。つまり、学会誌に求人公告がのっていること自体、文化系の人達には斬新にみえるらしいですが、この方式をもっと徹底したいものです。現在、人事の何%がこの求人公告にのっているのでしょうか？　まだまだ公開されずに決っているもののがかなりあるのではないかでしょうか？　また、公募される場合にも *Butsuri* に公告を出すという形がかならずしも定着していないようです。私事にわたって恐縮ですが、私が現在のポストを得たのも *Butsuri* の公告を通してではなく、長崎大学の教養部が理学部・大学院博士コース（物理）のあるところに送った公募のビラに友人がきがついてくれたのがきっかけでした。とにかく、*Butsuri* を通しての公募が定着することに切に希望いたします。ついでですが、公募の結果についてもしかるべき形で公表されるのがのぞましいのではないかと思います。つまり、こういう人材を求めたら、何人

応募があって、この人を採用することにした。この人はかくかくしかじかに我々の求めていた条件をみたす人である。この程度のことは公表されてよいのではないでしょか？何回も他せん、自せんで応募し、断わられたときの気持を思うと、この程度のことは公にされるべきだと思います。

さて、以上のようなことが定着しても、なおオーバー・ドクターや任期の終った助手の方々がすぐに魅力あるポストを見出すのは、やはり困難でしょう。なにしろポストの絶対数が不足しているのですから。したがって、新しい職場の開拓やドクターの計画製産などがもっと積極的に努力されるべきです。新しい職場の開拓に関して切実に感じていることが1つあります。本当にオーバー・ドクターだろうかという疑問です。つまり教養部の教官定員はあまりに少ないので実情で、これが一挙に2倍、3倍になっても全然不思議ではありません。理工系の学科で言いますと、学生が1学年40人の定員で1学科になり、1つの学科が新設されると学部では教官が12人づきます。ところが教養部につくのは、人文、社会、自然、語学、保健体育、合せてなんとたったの2人です。その上、事務定員に到っては増えるという保証すらありません。事実、私達の所では著しい学生増にかかわらず事務定員が増えていないので、非常勤職員に依存してきましたが、その結果教官研究費の半分を人件費にくわれてしまうあります。かっての理工系ブームに便乗し、大大学の大学院生定員を増加する形で理工系の充実が行なわれた結果、今日の絶対的ポスト不足という矛盾が吹き出してきたのですから、同じ形での充実はやめた方がよさそうです。これらで低辺充実の一環として、教養部をもう少し魅力あるものにするようにしたらいかがなものでしょう。

編集委員の方から、「内と外から見た物性研」という仮題で何か書かないかとすすめられました。言いたいことは沢山あるつもりなので引き受けましたが、いざ文章にするとなるとなかなかうまく書けません。また、物性研を内から見たとは自分で思っておりません。そこで、私が切実に感じた就職難に関連した任期制の問題と、やっと見出した地方大学の教養部の実情を我田引水的に述べさせていただきました。

(1974-2-5 記)

研究室だより

平 川 研 究 室

平 川 金四郎

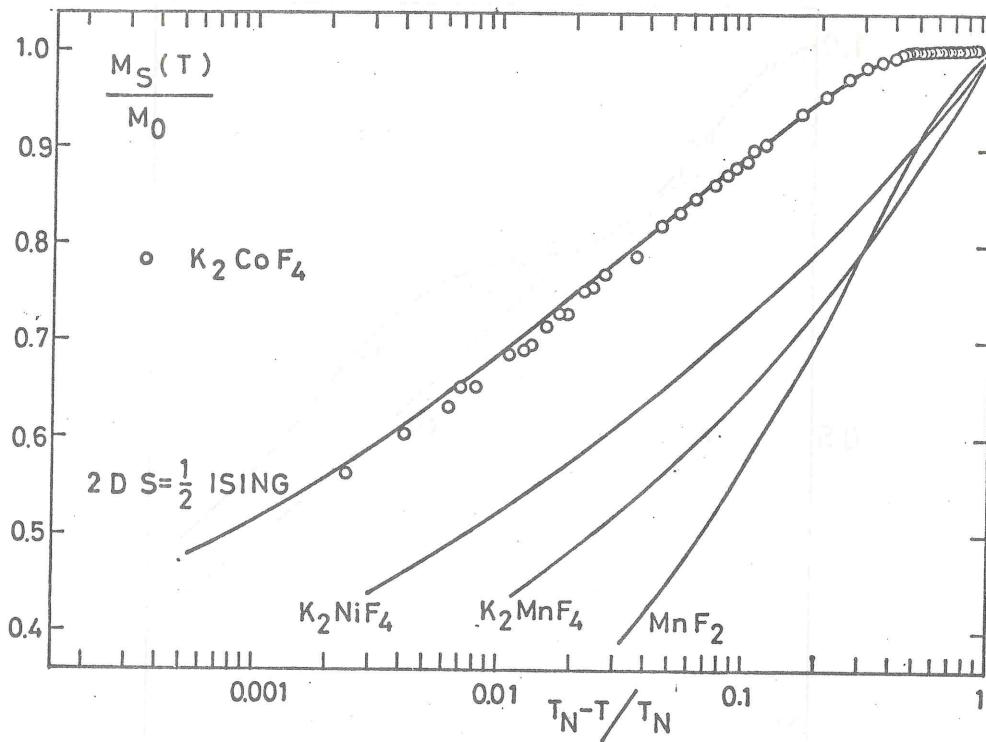
私が物性研に来ましてから、もう4年近くになろうとしています。この間、所内外の皆様からの温かい御援助をいただき、やっと一応仕事が出来る状態にまでなりましたが、ひるがえって考えてみると、どうも出発当初思っていた程にははかどらず、重責が果せなくて申訳ない気持で一杯です。私は着任して間もなく、助手として当時MCを終えたばかりの理論畠にいた池田君に来てもらいました。理論畠の人をとて実験がうまくはかどるだろうかとの声もあったように思いますが、この点に関しては私は今も間違った採択がされたとは思っていません。実際彼は以後中核となって立派な仕事をしてくれたと思っています。又1年許りたったのち技官の木下君に来てもらいましたが、彼は技術的才能には誠に恵まれた人で、大変大きい研究室の支えとなってきました。さて私の着任当時をふりかえってみると、中性子回折という部門は発足したものの、他の部門が設立当時与えられた程の initial charge はなく、又装置もあるとはいいうものの、すでに老朽化し、あるいは故障して、とてもまともに使えるような状態ではなかったのです。もっともここまで装置を作り、成果をあげてこられた方々の苦労はみなみならぬものがあったでしょうが……。でその年科研費を申請し、翌年には中性子回折の重要性を強く意識された所内外の先生方の御協力をいただき、科研費が認められ、一気に現在の新らしい大型回折装置に変えることが出来ました。この装置は機械的精度に重点をおいたため工作機メーカーに作らせたので、機構部は大変いいのですが、駆動のエレクトロニクス回路に難点があり、半年近くもたついたことは私の責任として、誠に遺憾に思っています。その後会社側と回路部の全面的更新を交渉して改造、現在は誠に正確に動作しています。装置について申しますと、私共はこれまで殆んどの実験を He を使ってやってきました。その一連の実験に先立って、全くタイプの違う新らしい
¹⁾ クライオスタットを設計製作しましたが、非常にハンディで使い易く、又木下君の作った温度制御装置 ($\pm \frac{1}{100}^{\circ}\text{K}$) も美事に働いて、以後の一連の実験、特に臨界現象の研究には多大の効果があったものと思います。また2年目の終りには、測定系の全部を on-line 化し、さしも長くつづいた原研での徹夜に近い実験も終止符をうちました。このような測定装置の設計整備に当っては、高橋君の優れた技術と熱心な協力があり、又星埜研との協力も勿論忘れるることは出来ま

せん。又私が物性研へ着任したころ、東海村現地出身の川村君を採用し、たえず測定機の整備と原研側とのつなぎに協力してもらっています。さて六本木の方の研究室では、測定用単結晶の製作に熱を入れることは大変重要と考えました。研究者がここまで手出しをすることは外国では余り例がないようで、私も好ましいこととは思っていませんが、分業の発達しない日本では、試料は作らざるを得ず、又これが実験結果の良否を決定的に左右するからです。実際このような試料は得難くて、海外からも、試料をほしいとの便りが何件がありました。私の所では従来からの惰性もあって、 $K\text{Cu F}_3$, $K_2\text{Mn F}_4$, $K_2\text{Co F}_4$, $K\text{Mn F}_3$, $K_2\text{Cu F}_4$ 等の弗化物を作つて来ましたが、これは必ずしも惰性からばかりではなく、また銅鉄主義からでもなく、それなりの理由、つまり中性子散乱の研究には最も適しているという点があったからです。また簡単な物理量、即ち比熱や磁化率も測定出来るように装置も一応整いました。特に小型計算機を導入して、出来るだけ測定を自動化し、少いスタッフで最大の成果をあげるようもくろんでいます。この小型計算機は原研においているものと全く同形ですから、原研のがダウントした時のスペアとして使うことも出来、こちらであらかじめ測定プログラムを組んで、テープを原研へもっていくことも、合間をみて他の計算をやらせることも出来ます。

さて研究内容ですが、九州に居った時に手がけていた低次元磁性体を中性子でしらべることを取上げました。一連の低次元弗化物を取上げたのは、それが又現在の原子炉を使っての中性子散乱の研究として実験上うってつけのものであると思ったからです。最初は比較的スピンの大きい $K_2\text{Mn F}_4$ (2次元反強磁性) で static から始めて特に dynamic scaling law の検証をやろうと思って手がけたのですが、実際行なってみると、dynamics まで手をのばすことは、余程他の研究を犠牲にしない限りマシンタイムの関係で無理だと分り、ついに static を範囲までにとどめることにしました。これと平行して、九大にいた時助手の山田君の見出した2次元強磁性体 $K_2\text{Cu F}_4$ を測定することにふみ切りました。この物質の2次元性は磁化率や低温比熱から推定はされるものの、直接的証拠があつたわけではなく、先ずどのくらい2次元性が良いかという J'/J の比をきめることができが先決でした。幸なことに山田さん(当時物性研助手)が J' による Zone Boundary の分散 energy を parallel pumping の方法できめられました。これと山田君の J をつき合わせると $J'/J \sim 0.0008$ となります。中性子の臨界散乱からも 0.0007 と出てよい一致を示し、非常によい2次元性を持つことが数量的に示されました。このことは、ほぼ Heisenberg 型に近い(但し Ising 性はなく、少し XY 性を含む)磁性体であるだけに、ひとところ話題となつた2次元(Heisenberg 又は XY)系は相転移を起すか否か、という問題に対し何らかの suggestion を与えることになると思います。

またさらに、かりに J' のために T_c が出たとしても、そのような系の自発磁化は単調な温度変化をせず、 型になるのではないかといった論文に対する興味ある答を出すでしょう。この2次元で LRO が出るか否かはまだ謎が残っています。しかしこの物質の $Ms(T)$ 曲線は意外でした。即ち久保君(九大)のやったNMR(無磁場)実験でも、我々の中性子散乱実験でも、全く意外なことに美事な $T^{3/2}$ 則が $T/T_c \sim 0.8$ までつづくのです。この $T^{3/2}$ 則は御承知のように3次元系にこそ特有のもので、2次元(I sing)系では全く考えられないことです。これは深く考えさせられるものであって、この背後には何か簡単な法則性があるに違いないと思いました。そこで池田君と議論している中に低次元系に普遍性の概念をもって来るとどうなるだろうということです。もしかしたら有限温度で T_c を持たない低次元系にわずかに擾動の入った系の性質は、意外に簡単な性質を示すのではないかということです。即ち先の $K_2 Cu F_4$ は I sing 性は無視出来ますから、もし $J'/J = 0$ なら $T_c \rightarrow 0$ のはずです(Mermin-Wagner)。

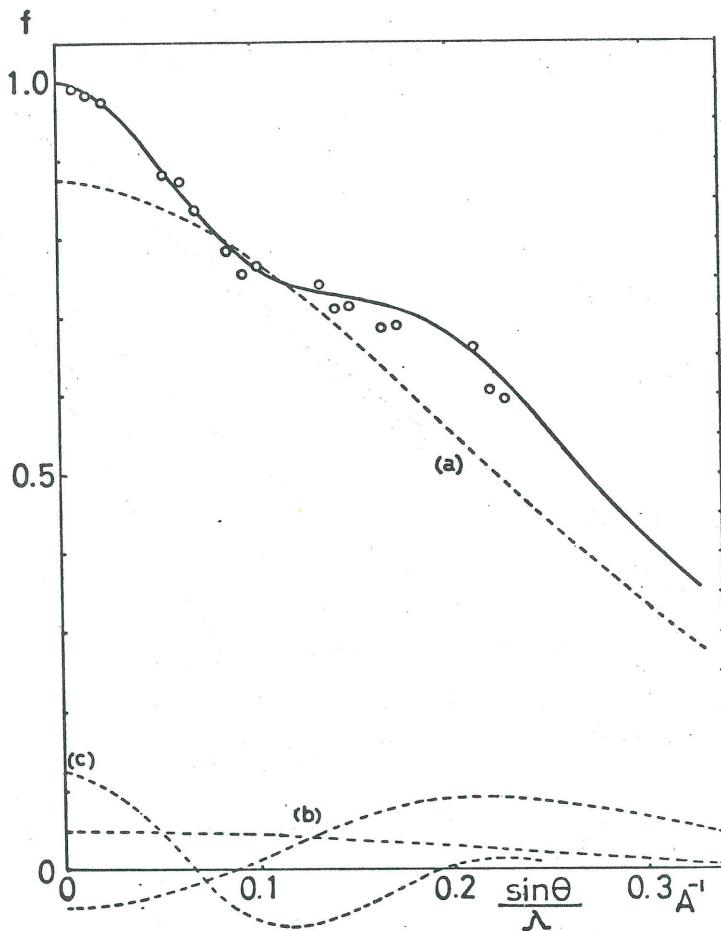
現実の物質 $K_2 Cu F_4$ のように有限の J'/J をもつために2次元系→3次元系に変ったとすれば、それによって始めて T_c が現れたのだから、この系は T_c 近くで完全に3次元系に固有の臨界指数が現れる筈であり、又その3次元系固有の性質が $0 \sim T_c$ 全面にわたって出るだろうと予想しました。これを拡張すれば、1次元、2次元たるを問わず、少くとも良い低次元性($J'/J \rightarrow 0$)を示すものであれば、恐らく簡単な指数を示していくだろうと考えました。例としては $K Cu F_3$ (1次元的, Heisenberg + XY like) では J'/J の有限性のために T_c が出たと考えると3次元反強磁性体に特有の性質が強く出る筈で実際少くとも臨界指数 β は 0.355 で $S = 1/2$, Heisenberg のそれの理論値 0.354 に近く、又 $T/T_N \sim 0.65$ まで今度は T^2 則に従っています(中性子散乱で測定)。 $K_2 Cu F_4$ は臨界指数がやはり3次元 Heisenberg ~ XY 性のそれに近い値を示しています。引きつづいて J'/J さえ小さければ、I sing 性は完全でなく、相当 Heisenberg 性は混っていても、2次元 I sing 格子としての特徴を出す筈だということで、急遽 $K_2 Co F_4$ ($J_{\perp}/J_{\parallel} \sim 0.5$)を作り実験したところ、すべての臨界指数が殆んど完全に Onsager の解と一致したと言える性質が浮び上って来ました(第1図)。この $K_2 Co F_4$ の実験は池田君が主体となってやりましたが、余りにもよい厳密解との一致に私もいささか驚いた程でした。先に Brookhaven で $K_2 Ni F_4$ や $K_2 Mn F_4$ が実験され、これらが殆んど Heisenberg 型に近いのにもかかわらず、どちらかというと ($\beta = 0.138$ for $K_2 Ni F_4$) と2次元 I sing 性の Index 0.125 に近い値を出していったのですが、これは異方性 energy が小さいために T_N が I sing 性によってもたらされるという効果がうすれ、 J' による効果がきいて、不完全な2次元 I sing の index になったのだと思います。このような



第1図 $K_2\text{CoF}_4$ の自発磁化の温度変化(白丸)と Onsager の厳密解との比較

わけで、static な問題に対しては一応我々のもくろんだことは終りました。ただしこれはひとつつの寄り道ですが、この仕事の途中で、 $K_2\text{CoF}_4$ の原子構造因子をうまく測定することができました。この物質は基底状態の波動関数が非常に simple で、これが ligand の F イオンと作る反結合軌道関数 (LCAO) が測定出来ると直接計算と比較出来ます。但しこのような共有結合性を定量的に測るには余程前方の散乱をつかまえなければなりません。幸いこの物質が 2 次元 Ferro であるため、強い臨界散乱が 0.08 にそって現れる、この強度を測定することに目をつけて前方 ($\sin\theta/\lambda \sim 0.008$ までも) の f を求めることができました。このように臨界散乱を利用して前方までの form factor を求めたのはこれが最初だと思います。covalency から予想される前方突起がみられましたが、これを NMR できめた covalency mixing parameter を用いて、overlap 積分を計算して求めた modified form factor は可成り実測とよい一致をみせています(第2図)。

ともかくこのようなことをやっている内に原研の 2 号炉はこれから長期の修復期間に入ります。



第2図 $K_2 Cu F_4$ における Cu^{2+} の modified form factor

(a) Freeman-Watson の孤立 Cu^{2+} 原子の form factor。

これと F^- の 2P 軌道の作る反結合波動関数による form factor の計算値を実線で示す。混合率は NMR できめたものを用いた。白丸は実測値。

幸いひと区切りがついた時でしたのでホッとしていますが、これから空白期間が無にならないよう努力するつもりです。

またこれまで非弾性散乱には殆んど手をかけませんでしたが、これは我々の装置が必ずしも性能的におとるわけでもなく、例えば 1cc 程度の $KMnF_3$ でずい分よい S/N 比でマグノンも観測はされています。しかし弱い非弾性散乱に多大の時間をかけるよりもと、今迄やったような方向を選んだわけです。私は弱い散乱を長時間かけて追う仕事は残念だけど、やはり外国の炉を使わせていただく形にした方がよいと思います。

尚これから中性子散乱をどういう方向にむけるかは、大変むつかしく又決断も要する時期ですが、やはり我々が今まで蓄えた知識が多少でもプラスになるような経路を辿りつつ、漸次物性の大きい問題に立ちむかうよう考えて行きたいと思います。

- 1) K. Hirakawa and H. Ikeda : J.J.A.P. 11 (1972) 82
- 2) H. Ikeda and K. Hirakawa : J. Phys. Soc. Japan 35 (1973)
1795; Solid State Comm to be
published
- 3) K. Hirakawa and H. Ikeda : J. Phys. Soc. Japan 35 (1973)
1608

櫛 田 研 究 室

櫛 田 孝 司

私共の研究室は光物性部門に属し、同部門の塙谷研究室と密接な接触を保ちながら絶縁体ならびに半導体の可視部付近の光に対する応答を研究している。特に力を入れているのは各種のレーザーを利用した固体分光学の研究で、中でも波長可変レーザーを使った新しい分光学には大変興味をもっている。

レーザーはその出力のコヒーレンスと強度の故に色々の分野で多くの新しい試みを可能にしたが、分光学の関係でも超高分解能の分光、非線型光学、光と物質とのコヒーレントな相互作用に関連した現象、超短時間領域の過渡現象など、レーザーの出現によって新たに開拓された研究分野がいくつもある。ただし、レーザーをもっと広く色々の分光学的研究に応用しようとする場合、発振波長が自由に変えられる波長可変レーザーが必要となるが、これが便利に利用できるようになったのは比較的最近のことである。我々は光波物性特別設備の予算で購入された窒素レーザー励起による色素レーザー（355～655 nm の波長範囲で同調可能、ピーク出力～10 kW）や自作のルビーレーザー励起による色素レーザー（波長範囲 0.7～1 μm、ピーク出力数百 kW）などの可視部付近の波長可変レーザーその他を使っていくつかの分光学的研究を試みてきた。

以下、具体的に研究の内容について述べてみる。

(1) 多光子過程の共鳴効果

我々が、まず目を付けたのは多光子過程の共鳴効果の研究である。多光子過程と云うのは2個以上の光子が同時に遷移に関与する過程を指し、光散乱を初めとして二光子吸収、光高調波発生、光混合などなどの非線型光学効果がその範ちゅうに入る。多光子過程はその殆んどが中間状態を経由して行なわれるが、その場合には物質と光を含めた全系の中間状態と始状態とのエネルギー差が遷移マトリクス要素の分母に現われるため、確率は入射光の波長に依存することになり、特に関係する光子のエネルギーが物質で決まる特定のエネルギー値に近づくと遷移確率は急激に増大する。これが多光子過程の共鳴効果と呼ばれるものである。この効果を観測するには入射光の波長を変えながら遷移確率の変化を見ればよいが、一般に多光子過程は確率が小さく、強い入射光に対して初めて検出が可能となることから、波長可変レーザーをこの研究に用いることの必然性は理解されよう。

ところでこの共鳴効果の研究は従来の分光学と異なり遷移の中間状態に関する情報を与える点で特異である。逆にまた遷移の中間状態に関しては、この種の波長依存性の研究を通してのみ確かな情報がもたらされると考えられる。しかも遷移の中間状態は多光子過程の大きさを支配する最も重要な因子であり、このような研究は新しい非線型光学素子の開発などの見地からも重要であると思われる。

a) 半導体の共鳴ラマン散乱 我々が最初に取り上げたのは半導体に於けるラマン散乱の共鳴効果であった。この効果が顕著に現われるのは強くしかも幅の狭い吸収線があってその極く近傍に入射光あるいは散乱光の波長が来る場合であるが、純度の高い半導体では低温で鋭い励起子吸収線がみられ、その低エネルギー側が透明なので共鳴ラマン散乱の観測にはとても都合がよい。我々はまず窒素レーザー励起の色素レーザーを使い4.2 KでCdS, ZnOの2次のラマン線について励起波長依存性を調べ、さらにYAG:Ndレーザーの第二高調波でポンピングする光パラメトリック発振器を使ってCdSeの1次および2次のラマン線に対する共鳴効果を観測した。これは共鳴ラマン散乱の研究に波長可変レーザーを応用する初めての試みであったが、数～数十n秒と云う時間幅の狭いパルスレーザーを用いたにもかかわらず、10pps程度の繰返し動作が可能なことからポックスカーリンガムと組合わせることにより予想以上にきれいなスペクトルが得られた。それまでの研究はArレーザーの数本の発振線を使うなど、とびとびの波長で行なっていたもので、入射光の波長を連続的に変

えることにより格段に詳しい実験が可能となった。我々の実験結果を含めて共鳴ラマン散乱に関するこの辺の事情は他に書いたので詳細は省略するが、例えば $n = 1$ の励起子準位が中間状態として重要な働きをしていることが確かめられたばかりでなく、散乱強度の励起波長依存性を理論と比較することにより、2次のラマン散乱のいくつかの機構の中で支配的なものが、入射光で作られた励起子が次々とフォノンにより散乱される過報であることも結論された。

次のステップとして我々は励起子について良く調べられている銅ハライドを対象に選び、東大工学部の国府田研究室と共同でさらに詳しい研究を行なった。Cu C1 は d 電子準位の寄与に由来する特殊な励起子構造をもち、TO フォノン的な性格をもつラマン線および赤外吸収線が 2 本ずつ現われるなどの点でも興味深い物質であり、また最低の励起子準位より少し高エネルギー側に比較的透明な波長領域があって、その付近では中間状態の間の干渉による効果を観測できる可能性もあるように思われた。実験は色素レーザーと Ar レーザーの両方を使って行ない、広い波長領域にわたってラマン線強度の励起波長依存性を測定したが、結果は Z_3 , Z_{12} の二つの励起子の離散準位ならびに連続準位を中間状態として考えることにより非常にうまく説明できることが分かった。さらに Cu Br, Cu I の場合はずっと事情が簡単で、低エネルギー側の Z_{12} 励起子のみ考えればよいことも知られ、共鳴ラマン効果にも Cu C1 の励起子の特殊なエネルギー準位構造が反映されることが明確となった。

これらのラマン散乱に関する研究は助手の岡泰夫君が主になって進めて来たものであるが、さらに Wisconsin 大学の W.M.Yen 教授も参加して初めての MCD ラマン散乱（中間状態に対する磁場の効果によりラマン散乱に円偏光二色性が現われる）の実験も行なわれた。最近はまた Cd S の共鳴ラマン散乱に関する磁場効果の測定から、1 次と 2 次の散乱過程の詳細な機構が解明されるなど、現在もこの方面的研究は続けられている。

b) 銅ハライドの非線型分光 上の研究の拡張として次に我々は光第二高調波発生 (SHG) の励起波長依存性を取り上げた。これは多光子過程の共鳴効果と云う観点からして当然の方向と云える。非線型光学効果の中で比較的簡単な過程で、しかも一種類の入射光で実験ができるところから SHG を選んだ訳であるが、ラマン散乱の二光子過程に対してこれには 3 つの光子が関係している。しかしラマン散乱もフォノンまで考えれば 3 重量子遷移に属し、互に極めて類似した振舞いを示すことが予想される。実際に、Q スイッチルビーレーザー励起による色素レーザーを用い、Cu C1 の二次の非線型感受率を広い波長領域にわたって測定した結果は上の予想を裏書きし、励起子準位に対する共鳴効果を示すと共に、ラマン散乱の場合

と同様に二つの励起子系列が中間状態として重要な寄与をしていることを示唆するものであった。この研究は未だ緒についたばかりであるが、非線型感受率に対するd電子準位の寄与、一光子吸収や二光子吸収との相関、固体内光子—励起子のポラリトンとしての振舞いなど興味ある問題も次々に出て来ており、さらに多彩な非線型光学効果にこれを拡張することにより今後、非線型分光学すなわち広く物質の非線型な光応答を対象とする分光学として発展するものと期待している。

ついでながら、昨年夏スタンフォード大学の S.E. Harris 教授を尋ねる機会があったが、気体に対する多光子過程の共鳴効果を巧みに利用して真空紫外ないしX線の領域のコヒーレント光を得、さらにはこの領域の波長可変単色光源を実現しようと云う試みが着々と成果を上げているのを見て大変感銘を受けた。

(2) ルピーのCrイオンペアの励起状態

話は変わるが、ルピーの光スペクトルは菅野・田辺・辻川と云った日本の研究者達により基礎的な研究が行なわれ、それが結果として最初のレーザーの成功につながったと云うことができるが、その後多くの研究にもかかわらず現在でもルピーは研究対象として面白い問題を色々と含んでいる。その一つは Al_2O_3 中の Cr イオンの濃度を増して行った場合に、 Cr^{3+} 間の相互作用の効果が次第に現われて、ついには反強磁性体 Cr_2O_3 に至るその間の光スペクトルの振舞いである。0.1～1%程度の Cr^{3+} を含むルピーの場合は、近接した位置にある二つの Cr^{3+} が交換相互作用により結合したイオンペアがかなりの数できて、これによるN線と呼ぶスペクトル線が現われることが知られているが、我々が取り上げたのはこのイオンペアの高いエネルギー状態の問題であった。

絶縁体中の不純物の励起準位に関する情報は、光吸収スペクトルや発光に対する励起スペクトルの測定により得られるのが普通であるが、このルピーの場合には、ペアよりも数の多い孤立した Cr^{3+} のスペクトルとの重なりが大きいこと、孤立した Cr^{3+} の最低励起準位（R準位）からペアへの効率のよいエネルギー伝達があることのために通常の手段は有効でない。我々は時間幅の狭い光パルスで励起した場合、その直後（R準位およびN準位の寿命に比べて十分短時間内）のペア発光に対してはエネルギー伝達の寄与は無視できるだろうと考えて、パルス動作の色素レーザーを使い、ペア発光の励起直後数十μ秒以内の成分に対する励起スペクトルを可視部全域にわたって測定した。結果には孤立した Cr^{3+} によるスペクトルは現われず、上の推測の正しさが立証されて、得られたスペクトルはペア固有の遷移によるものであ

ることが明確になった。このようにしてこれまで知られていなかった Cr^{3+} ペアの高いエネルギー状態の位置や幅が見出され、その帰属が決定されたばかりでなく、さらにこれらの遷移の断面積やエネルギー伝達速度の絶対値も求められた。

この実験ではパルス光源とポックスカーフィルタとを組合せて時間分解の励起スペクトルを測定した所がみそで、レーザーを使うことは必ずしも本質的なことではないが、狭い時間幅と高い分解能とを要するため、実際問題としては波長可変パルスレーザーの利用により初めて実験が可能になったと見える。波長可変レーザーのこの類の応用は随分豊富にあるものと思われる。

(3) ZnS : Mn の励起状態に於ける光吸収スペクトル

以前にフラッシュランプ励起で行なった励起状態におけるルピーの光吸収スペクトルの測定では、普通の状態では見つからない Cr^{3+} イオンのエネルギーの高いいくつかの二重項状態が検出されたが、最近同様の実験を Ar レーザーを励起に使って ZnS : Mn について試みてみた。ここで面白いのは母体の強い基礎吸収帯に隠されている Mn^{2+} の高い励起準位が、励起した状態では遷移エネルギーが母体の透明領域に来るために検出可能となることである。

実験は励起光を 750 Hz でチョップし、試料を同時に通した白色光を分光して検出器で受ける。信号をロックインアンプに入れて 750 Hz で変調された成分だけ取り出してそのスペクトルを記録する。このようにして励起状態では 0.66, 0.83 および 1.28 μm の付近に新たな吸収帯が現われることが見出されたが、これらは Mn^{2+} の発光準位からさらにエネルギーの高い四重項状態への遷移によるもので、0.66 および 0.83 μm の吸収帯の終状態に対応する励起準位は普通の状態では母体吸収に隠されているものである。1.28 μm の吸収の終状態は普通の吸収測定でも見られるが、そのエネルギー位置は発光準位のエネルギーを考慮して単純な足し算により求めたものとは一致しない。これは励起されてから発光する以前に Mn^{2+} のまわりの格子が緩和し、励起した状態での光吸収はこのような relaxed excited state から起こるためである。この格子緩和の問題については現在研究中である。 Mn^{2+} の励起準位には他に未だ見出されていない二重項状態が沢山あるが、これらも励起状態での光吸収を MC 法で測定すれば検出できるのではないかと考えて目下準備を進めている。

(4) 高密度励起状態に於ける GaAs 発光スペクトル

上の実験ではレーザー光により得られる高い励起密度を利用して多くの Mn イオンを励起準

位に上げ、物質の新しい状態を作つておいて分光測定を行なつた訳であるが、この種の研究は最近非常に活発に行なわれるようになり、特に半導体の高密度励起状態の研究は現在一つの大いなトピックスになっている。我々の研究室でも博士課程の守谷哲郎君が Ga As を対象にしてこの問題を取り上げ、実験・理論の両面から研究を行なつてきた。Ga As は極めて純度の高い試料が得られ、実用的にも重要な物質であるばかりでなく、ボーア半径の大きな励起子をもつ direct gap 半導体の典型としての興味もあってこれを選んだ。

実験は Ar レーザー、窒素レーザーおよび窒素レーザー励起型の色素レーザーなど、いくつかのレーザーを励起に用ひ、主として発光スペクトルを詳細に調べるもので、これを理論的に求めたスペクトル曲線にフィットさせることにより種々の励起強度領域での支配的な発光機構を明きらかにし、合わせてどのような励起状態が実現されているかを解明することを目的とした。この際、オーミック電極が付けられることと電子の易動度が高いことをを利用して行なつた印加電場の効果の研究は発光機構を決定する上で大変役に立つた。

これまでに得られた主な結果を要約すると、高純度 Ga As の極低温での発光は、励起強度が非常に弱い場合は束縛励起子および励起子ポラリトンによるもので、吸収端の低エネルギー側に線スペクトルの集まりとして観測されるが、励起をあげるに従つて励起子と自由キャリヤーとの相互作用による高エネルギー側の幅広いテイルが顕著になり、さらに励起子—励起子相互作用による新しい発光帯が低エネルギー側に現われる。この発光の強度は、電場を加えて束縛励起子を殺した状態で測定すると正確に励起強度の二乗に比例し、またスペクトルの形は adjusting parameter なしの理論曲線とよく一致した。

窒素レーザーあるいは色素レーザーの出力を集光して 1 MW/cm^2 程度の励起強度にしてやると、高い密度のために励起子は安定ではなくて電子—正孔のプラズマ状態が実現し、それからの発光が支配的となる。低濃度の励起子が存在する状態をガス相と考えるのでに対して、この状態は電子—正孔液相とみなされ、キャリヤー間の強い相互作用による多体効果のためにバンドギャップは小さくなる。発光スペクトルはこの効果ならびに collisional broadening を考慮した理論曲線と良い一致を示した。主な発光帯の他に低エネルギー側に plasmon side-band と思われる発光帯も見られるが、どちらに対しても電場の効果は認められなかった。この結果は実現されているのが金属的な電子—正孔のプラズマ状態であるとする考え方を支持するものである。実験・理論ともに詳しいことは春の学会で報告する予定であるが、電子—正孔液相からの発光の観測は direct gap の物質としてはこれが最初のものである。なお、強い励起の下ではいくつかの誘導発光線も見出された。このようにして極く弱い励起の

場合から破壊寸前の励起状態に至るまで、高純度 GaAs の発光の全貌はほぼ理解されたと考えられ、この仕事は目下まとめの段階に入っている。

(5) 希土類蛍光体に於けるイオン間相互作用

比較的多量の Yb^{3+} イオンと共に Er^{3+} , Ho^{3+} , Tm^{3+} などを含む絶縁体結晶に $1\ \mu\text{m}$ 付近の強い赤外光をあてた場合、緑・赤・青などの明かるい可視光が放出される現象が注目を集めたのは数年前のことである。この赤外-可視変換は実用的な立場からも面白いが、またイオン間に於けるフォノンの関与したエネルギー伝達とか、同種の希土類イオンの間を励起エネルギーが動きまわる励起子的な振舞いなど イオン-イオン相互作用と云うアカデミックな面からも大変興味深い現象である。

ベル研究所および東芝総合研究所でこの方面の研究にタッチしていた関係でこのような問題にも興味があるので、物性研に着任してすぐ塙谷研究室と協力していくつかの試みを行なった。そして変換機構ならびに効率を支配する諸々の因子の解明、およびフォノンの助けを借りた共鳴エネルギー伝達に関する Miyakawa-Dexter の理論の実験的検証などが塙谷研究室の黒田・山田両君により行なわれるに至り、この現象の基礎的な面はほぼ明きらかになったと思われたが、その先の方に未解決の問題がいくつか残った。それはエネルギー伝達を支配するイオン間相互作用が何かと云うことに関して理論と実験が異なる結果を与えるのは何故か、エネルギー伝達の速度が計算では実験よりも數けたも大きな値が得られるのはどうしてか、

Forster, Dexter, Inokuti-Hirayama らによる同種中心間のエネルギー移動を無視する考え方が絶縁体中の希土類イオン間のエネルギー伝達の問題に適用できるか、と云った問題であった。これらをはっきりさせることは學問的には勿論、蛍光体、レーザー材料、赤外-可視変換などへの応用の上でも重要であると思われたし、況然としないままにするも心残りだったので、しばらく計算に取り組んでみた。テンソル演算子を用い Judd と Ofelt により開発された方法を使って、関係する個々のエネルギー準位の性格まで取り入れて計算するもので、それにより上述の疑問は解け、実際的な問題では励起エネルギーが多くの中種イオンの間で share されるとする励起子モデルの方がよいことも分かった。絶縁体中の希土類イオン間の相互作用に関しては、2 個のイオンが同時に遷移して 1 個の光子を吸収あるいは放出したり、3 個のイオンが同時に遷移してエネルギー伝達が行なわれるなどのいわゆる cooperative な過程が色々と問題にされている時期でもあり、これらをも統一的に扱うこと試みたが、結果は大体のところ余り矛盾なく実験を説明できるように思われた。自分なりに一応納得が行っ

たのでレニングラードで行なわれたルミネッセンス国際会議に発表し、論文をまとめてこの研究は打ち切った。

研究室を紹介するにはどんな仕事をやっているかについて書くのが一番であろうと、これまで行なって来た研究についてその意図を理解して頂けるように主観的な立場から簡単に述べてみたが、独りよがりの点も多々あるかもしれない。御批判を乞う次第である。

早いもので物性研に来てもう4年余りになる。この間しばらく病気をしたり、10年にわたる企業での生活から移ったため最初の頃は色々ととまどったりで、少し落着けるようになったのはやっと最近のことのように思われる。研究を振り返ってみると興味の向くままに進んで来たようで、こんなことで良いのだろうかと云う疑問も沸くが、着任して何一つない所からこれまで曲りなりにも色々の研究ができたのは塩谷研究室の好意による所が大きく、優秀な若手の人達にも恵まれたし、また光波物性の予算で購入されたレーザー関係の色々の装置を利用できた点でも大変ラッキーであったとの感が深い。今後は既成のレーザーを使うだけでなく、新しい装置を自分達で開発・製作しながら光と物質との交渉の問題を追い続けたいと考えている。非線型分光、高密度励起状態、変調分光など、どれを取り上げてもやりたいことは山ほどあるようと思われる。職員の櫛田、岡、田中（技官）の他に、工学部の物理工学科からの大学院生も現在では4人に増え、大変にぎやかになった。物性研では塩谷研究室とほぼ生活を共にしているが、そのざっくばらんで楽しい雰囲気は我々光物性部門について特筆すべきことかと思う。有能で、しかもスポーツを愛し遊ぶことも嫌いではない若い人達と一緒に好きな研究ができ、時にはまた酒など飲んで議論をたたかわせるのは誠に楽しいことである。専用で使える装置が余りなく、折角セットした実験の配置を次の日にはばらばらにして別の人と交代しなければならないなど悩みも色々と多いが、その最大のものはどうやら頭の足りなさであるらしい。良いアイデアをお持ちの方があれば、施設の利用なり共同研究なり我々でできることなら何なりとお役に立ちたいものと考えている。

短期研究会報告

「超低温」

開催期日 昭和48年11月26日～27日

場 所 物性研究所(生研第一会議室)

司会者	世話人	名 大理	馬 宮 孝 好
		物 性 研	高 柳 滋
		物 性 研	坂 井 信 彦
		東北大理	鈴 木 治 彦

いわゆる低温物理における最近の話題の1つに、液体³Heの超流動の問題がある。1972年にコーネル大学のグループによって報告されて以来、数多くの実験結果が出されている。しかし我国では、この³Heの超流動についての実験が1つもなされていない(出来ない)状態である。このことは、やはり反省すべき問題であると思う。すでに多くの人達によって云われていることだが地道な実験技術の改良の仕事にも力を入れるか、或は、技術改良の努力をしている人達も評価する方向にいかないと、いつまでも外国で発達した新しい実験技術に2～3年たって追いつく、と云うことのくり返しから抜け切れないと思う。

なにはともあれ、我国でも数10mK温度領域での測定が³He-⁴He希釈冷凍器、或は断熱消磁等で容易に行なわれ得るようになった。

表記「超低温」研究会は、提案者の1人、菅原(物性研)が開会に先立つて挨拶の中で述べたように、次のようなことを主題として行われた。

1. 超低温の生成と温度の決定

(技術的問題の報告と討議)

2. 超低温領域の、或は超低温を利用する物理

a. フェルミ液体—液体³He等

b. 稀薄磁性合金—Kondo効果等

c. 超伝導—低いT_c、磁性不純物効果等

d. 磁性—電子磁性、核磁性、超微細相互作用等

e. 核物理—主として整列核を利用する multipolarity等

研究会では、いくつかの具体的な提案、例えば芳田（物性研）が固体³Heの面白さを強調され、「日本では液体³Heよりも固体³Heの方に力を入れて研究してはどうか」等提案され、活発な議論がなされた。

以下、各講演者から寄せられた原稿をプログラムに沿って掲載する。

11月26日 午前の部

『磁性不純物を含む超伝導体のT=0付近の挙動』 名大理 長岡洋介

超伝導体は磁性不純物の影響を敏感に受けるので、近藤効果とのからみあいによる面白い現象が期待され、またそのことから正常金属における研究のみでは得られない近藤効果に関する新しい知見が得られる。

1) 基底状態

正常金属では、磁性不純物の基底状態はs-d相互作用J<0のとき、一重項束縛状態になる。超伝導状態になると、ギャップのために近藤効果は抑えられ、束縛状態ができるための条件は

$$T_K > T_{co} \text{ すなわち } J < J_c \sim -\epsilon_F (\log \epsilon_F / T_{co})^{-1}$$

に変わる。0>J>J_cの領域では、正常金属では束縛状態ができて基底エネルギーは束縛エネルギーだけ下がり、超伝導状態ではそれがない。この差はT=0における熱力学的臨界磁場H_cの測定によって実験的に見ることができることが吉森・菅原によって指摘された。

2) 超伝導転移温度 T_c

磁性不純物を含む超伝導体のT_cは

$$\log \frac{T_{co}}{T_c} = \Psi\left(\frac{1}{2} + \frac{\alpha}{\pi T_c}\right) - \Psi\left(\frac{1}{2}\right)$$

によって決まる。 Ψ はディガンマ関数、 α は不純物によるスピニ依存する散乱の強さである。近藤効果を考えると α は温度に依存し、とくにT>T_Kでは温度が下がるとともに増加する。このため適当な条件のもとではN→S→Nの転移が生じる。近藤効果のもう一つの特徴はT→0で一重項状態が実現するため $\alpha \rightarrow 0$ となることで、このため不純物の濃度によらずT→0では必ず超伝導状態になると期待されていた(Zittartz-Müller-Hartmannの理論)。ただしZM理論では散乱のエネルギー依存性、および不純物間の相関が無視されている。しかし前者の効果を入れても $\alpha \propto \epsilon^n$ n<1のようなsingularな依存性がない限り、結論は変わらない。後者の効果はより重要である。一般に相関はT_Kを下げる働きをするので、不純物は

より低温まで一重項状態になりきることができない。しかしこの場合でも $T \ll T_{\text{Keff}}$ では超伝導状態になるものと思われる。

『 $T = 0$ 近傍における超伝導体の不純物効果』 名大理 益田義賀、青井俊夫、竹内潤、柴山日出男

超伝導体における Kondo 効果を調べるさいの手がかりとしては、 T_c 、比熱のとび、 H_c の濃度依存性などが有用である。(1) $T_K > T_{c0}$ の場合、不純物が磁的であるか？ 磁的な状態から非磁的な状態へどのように遷移していくか？ (2) $T_K \lesssim T_{c0}$ の場合、有限濃度において $T \lesssim T_K$ における Nagaoka-Suhl 近似との関連などに興味がある。 $\text{La}_{3-x}\text{Ce}_x\text{Al}$ の実験では、(i) 高濃度低温領域で Müller-Hartmann, Zittartz の予想するように T_c は 3 価関数とならず、たんに 1 価関数で、さらにテールは 20mK まで見出されなかった。(ii) T_c も比熱のとびも $T_K/T_{c0} = 0.25$ として M.H-Z でよく説明できる。 $\text{LaY}(\text{Ce})$ の実験では、La と Y の組成比を変えて T_K/T_{c0} を変え、これをパラメーターとして T_c と比熱のとびの濃度変化をとらえる。どちらかといえば、 T_c は A·G 的、比熱のとびは M·H-Z 的である。

『超伝導体における Kondo 効果』 東大物性研 高柳 滋、菅原 忠

同一の host で T_K/T_{c0} が大きく変えられる超伝導体 Mo-3d 不純物の組合せ、Mo-Co ($T_K/T_{c0} \approx 50$) Mo-Fe ($T_K/T_{c0} \approx 0.1$) について T_c 対 c 及び $H_c(0)$ 、比熱のとび ΔC を求めた。

$H_c(0)/H_{c0}(0)$ 対 T_c/T_{c0} は Mo-Fe における変化の値は AG 理論より大きくずれ、Zn-Mn, Zn-Cr と近い値を示す。Mo-Co については AG 理論に近い。これらのふるまいは Anderson Model にもとづく Shiba の理論から予想される変化の内におさまっている。比熱のとびについては、Mo-Fe に関しては AG の値から大きくずれており Zn-Mn 等と同じ程度のずれであり、Mo-Co はやはり AG に漸近している。これらの変化は傾向としては Shiba の理論に一致しているが大きさが異なっている。むしろ MHZ の $T_K/T_{c0} \approx 1$ における ΔC の initial slope に近い値であり、 ΔC に関しては Kondo 効果の影響が $H_c(0)$ に対するより大きいのだろう。結論的に：Kondo 効果を考えない Shiba の理論でかなり良く、 $H_c(0), \Delta C$ の変化を説明できるのは moment の局在度の重要性を示すのではないか。

『mK 領域における ^3He の問題』 東教大理 宗田敏雄

著者を含む理論家達が 1959 年に理論的に予測した液体 ^3He の超流動相が遂に 1971 年のコーネル大学での実験を皮切りとしてここ一年半の間の各種の実験によって確証された。初期に非等方的な超流動液体理論の展開が行なわれ、実験家達の 12 年に渡る努力の末、加圧冷却によって融解曲線に沿って固体 ^3He の実験の異常性の偶然的発見から、NMR の吸収の実験によりこれが共存する液体 ^3He の二次の相転移によるものと推論された。これが CMN を用いた断熱消磁による冷却方法による比熱の測定で二次相転移であることが確認され、また 2.65 mK と 2 mK の間の A 相と 2 mK 以下の B 相の存在が明らかにされ、A 点の転移点が磁場によって 2 つから 3 つに分れることや、零音波の音速や減衰が非等方的なギャップの BCS 型の転移であることが示された。

NMR の振動数のずれは A 相が P 波又は F 波の平行スピンの Cooper 対によることが NMR の理論とパラマグノンの理論によって明らかにされ、著者と山崎の理論によって A 相が F 波の対の状態への二次の相転移で、B 点では D 波の反平行スピンの対への一次の相転移であることを仮説とすると、いろいろな実験をつづまの合う様に説明出来る。この裏づけに B 点が事実一次の相転移であることの実験的確証と、B 相が静的帶磁率の測定で D 波の対によるものである、と測定結果がなっている。

超流動性の実験的確認として、粘性率の実験が行なわれ、A 相では粘性率が急に減り始め、B 相では不連続に下った後、急激に減少する。

また A 相ではヒステリシス効果が見られる。直接的驗証は CMN の微粒子をつめた細い管の中の密度の振動の伝播の第 4 音波の実験である。CMN の微粒子に ^3He の常流動の部分はひついて、超流動の部分だけが振動を行なうもので、第 4 音波の伝播が確認され超流動の密度の温度依存性が求められた。この他に目下回転 ^3He の永久 Current の実験が準備されている。

午後の部

『希釈冷凍器を用いた比熱測定』 東北大理 佐藤武郎、澤田安樹

我々は、現在ある程度の成果をあげている 1 K 以下の比熱測定の方法に関して報告した。

低温の比熱測定においては、試料の冷却、断熱および温度計の較正が重要である。一方、これらの技術は、さらにそれ以下の温度、数 mK, μK 領域の温度を実現させる上でも必要不可欠な技術である。これらの技術はすでに一般化しつつあるが、我々の経験も多少参考になるものと考えている。具体的には、経験にもとづいた $\text{He}^3 - \text{He}^4$ 希釈冷凍器、超伝導状態と常伝導状態の

熱伝導度の差を利用した熱スイッチ、抵抗温度計の特性、C.M.N.等による温度較正、加熱法、防振法等に関する報告した。

『1K以下におけるNb, Ta, Nb-Ta合金の比熱の異常について』 東北大理 大塚泰一郎、青木 誠、沢田安樹

Nbの超伝導比熱に、1K以下で異常が現われることは、Shen等の実験以来、超伝導的性質(第2ギャップの存在)の観点から解釈されていたが、最近 Sellers 等は Nb 中の水素によるものと指摘している。われわれは Satoh 等が前に出した実験結果を整理解析し、さらに補足的実験を行ない、大要次の結果を得た。1) 比熱の異常部分の山は、Ta (~0.35K), Nb (~0.9K)の順で高温側に移行する。Vで現われるのは多分より高い温度で異常が現われるためと推察される。2) 合金化すると異常部は著しく小さくなる。これらの結果は、約20ppm程度の水素が入っていれば、等価site間のトンネル効果による、水素の局在振動モードの分裂より、定性的に説明できるが、尚確認が必要である。

『ポメランチュク冷却』 大阪市大 森井・児玉・信貴

我々は核偏極した固体He³の性質を調べるため、ポメランチュク効果による冷却のテストを行なった。セルの可動部は、He⁴圧は小さくて、He³体積変化は大きくできるよう隣青銅ペローを用いた。体積変化は13%程度可能だから、セル内のHe³を全て固化できる。加圧はHe³側はテップラーポンプで、He⁴側は高圧ポンベから針状弁を通して直接行ない、ブルドン管圧力計で測定した。温度測定はCMNの帶磁率測定による。予備テストで固体He³栓が形成される事、その“すべり”は起こらない事を確認した後、He⁴圧6.2から7.2kg/cm²までの20分間に、He³は52.8から5.4mKまで冷却された。今後の問題点は、予冷温度を下げる事、He⁴加圧速度の微小調節を可能にする事等々である。

『0.1K以下のESR』 物性研 阿部英太郎、古賀圭一

うすめたMnタットン塩の1つの主軸方向に磁場をかけて、70mK附近で測定すると、6本のhfsをもつ5組のfsのうち高磁場にあらわれる1組を除いて、すべて消失する。このことから、Mnのスピニハミルトニアン

$$\mathcal{H} = g\beta HS + DS_z^2 + AIS$$

のDは正であると結論される。また生き残った6本のhfsの強度は等しくなく、高磁場側のも

のは低磁場側のものの $1/3$ 程の強度しかない。これは Mn 核が低温で分極しているためで、この強度比 R_N から核スピン温度 T_N が $R_N = \exp(-\Delta E_N/kT_N)$ で与えられる。ただし ΔE_N はほぼ $5 A/2$ である。また少し温度が上昇してくると、消滅していた他の f s の成分が現れてくる。その強度比 R_E から電子スピン温度 T_E が $R_E = \exp(-\Delta E_E/kT_E)$ で与えられる。ここに ΔE_E はほぼ $h\nu$ である。 T_N , T_E を抵抗温度計の温度 T_R とくらべると、低温側では前者は後者より少し高く、0.1 K 以上では大体一致しているようである。

『オン・ライン極低温核偏極』 東大理 西田信彦

原子核を整列させるのに核反応、dynamic polarization 法、極低温熱平衡法等、偏極させる原子核の寿命、その他の物質の性状に応じて色々な方法が用いられる。その中で極低温核偏極法は、これまで安定な原子核、或いは数十時間以上の寿命の原子核に対して使われてきた。最近は $^3\text{He}-^4\text{He}$ 稀釈冷却器の出現により、数 μW の冷却能力を持ち、30 mK 程度の低温が長時間安定して得られる状況となった。この方法を In-Beam で行なうことによって熱平衡核偏極法の可能性は大きく広がることが期待される。現在計画中の次の二つの実験について述べた。

1. ^{209}Bi 偏極ターゲットを用いた ^{209}Bi 原子核の核磁気の空間分布
2. ^{54}Co (7^+ , $T_{1/2} = 1.5\text{ min}$) の g-factor 測定

『超低温のメスバウアー効果』 京大理 岡田邦英 京大化研 新庄輝也

反強磁性体 Co O 中の Co⁵⁷を線源とするメスバウアースペクトルを低温で測定し、観測された核齊列度から親核の Co の内部磁場を算出した。試料は He³希釈冷凍器によって冷却し最低温度は 80 mK であった。Co の内部磁場の符号はプラスで大きさは $590 \pm 40\text{ KOe}$ と推定された。Co O の線源スペクトルには Fe の 2 値状態と共に 3 値状態が共存するが、3 値のスペクトルから求めた Co の内部磁場もほぼ同じ値であり 2 値と 3 値の比は 4.2 K から 0.1 K の間で温度には依存しないことがわかった。

試料の温度のモニターにはカーボン抵抗を用い、絶対値の決定にはメスバウアースペクトルから求めた Fe 中の Co⁵⁷ の核齊列度を利用した。

『 ^{54}Mn による Au Mn の Kondo 効果』 物性研 平木 哲、大野和郎

C MN 断熱消磁温度における稀薄磁性合金 Au Mn の核偏極の実験の現状を報告した。

- (1) 濃度 0.76 ppm の試料では、温度 8 mK 以上、磁場 400 Oe 以上において ^{54}Mn の核偏

極は Slow relaxation model に従う。超微細相互作用定数は $A/R = 70.4 \pm 0.25$ mK である。

(2) 濃度 3.47 ppm の試料では既に不純物相互作用によると見られる A の減少があり、濃度 53.5 ppm の試料については一層顕著である。

(3) 濃度は放射化分析により決定した。含まれる ^{55}Mn はすべて、いわゆる無担体 ^{54}Mn の担体であり、一般に無担体放射性同位元素をトレーサーとして用いたという実験においても不純物間相互作用が無視できない場合があることを示した。

『円偏光 γ 線のコンプトン散乱による鉄磁性の研究』 物性研 坂井信彦、大野和郎、細谷 賢明、深町共榮

円偏光した γ 線によるコンプトン散乱では、 γ 線のモーメンタムと散乱体の電子スピンとの相対的な向きに、微分断面積が依存する。このことを利用して、金属鉄の磁性電子のコンプトンプロファイルを測定出来る。この実験について報告した。内容は下記の 3 点である。1) 電子スピンに依存するコンプトン散乱断面積について； ^{57}Co からの 122 KeV γ 線では、後方散乱が有利であることを述べた。2) 円偏光 γ 線の作り方；K Cr Alum の断熱消磁温度にて、磁化させた鉄中の ^{57}Co 核スピンを偏極させた。3) 実験の現状；電子スピンに依存しない散乱を取り除く為、散乱体の磁化を反転させ、両者の差をとったものが磁性電子コンプトンプロファイルになる。約 50 mK, 4 hr の測定で、両者の差が統計誤差をやや上まわった。散乱角の広がり、S/N 比、検出器分解能等に改良の余地がまだある。

『結晶水中の陽子偏極について』 阪大基礎工 伊藤順吉

核断熱消磁を行なうためには、高磁場で 10 mK 程度でまず熱平衡にした核スピン系を断熱的に消磁する必要がある。非磁性塩においては 10 mK 位になると核の T_1 が大へん長くなる。一方、消磁後に 0 磁場で核スピンの状態を知ることは、もし核の自発的な整列がおこれば必要となる。この目的の一つのプロポーザルとして、singlet ground state の遷移元素の塩類（結晶水を含むもの）を用いる方法を考えた。この塩に磁場をかけ（出来れば断熱磁化冷却を少しでもきかせて）、上の multiplet の一つの sublevel と singlet が交叉する近くで核の T_1 が短くなるであろうことを利用して熱平衡にし、早く消磁すると核断熱消磁が実現し、しかも交叉点よりずっと低い磁場ではこの塩は非磁性である。また、ゼロ磁場では水の二陽子系の dipole interaction により約 45 KH_z の共鳴が期待できるので、これを detector に

出来る。目下、実験の準備中である。

11月27日 午前の部

『核磁性に関する諸問題』 物性研 芳田 奎

固体内の核スピン間の相互作用の機構、及びこれによって起る核スピンの秩序状態出現の可能性について、現在迄なされた考察を紹介した。ここに取り上げた問題は次の通りである。

1. 金属における I.I coupling (Ruderman-Kittel)
2. 半導体、イオン結晶の場合への拡張
3. 伝導電子間のクーロン相互作用による帯磁率の enhancement のある場合
4. 電子スピンが強磁性、又は反強磁性状態にある場合 (Suhl-Nakamura)
5. 稀土類金属を含む特殊な場合 (Andres)
6. 固体 ^3He の核スピン間の交換相互作用

以上の通りであるが、6の場合は直接交換相互作用が大きな寄与をする、ユニークで重要な例であることを特に強調したい。

『電子スピン — 核スピン系の磁性』 京大・理 村尾 剛

結晶場分裂した電子準位の基底状態が1重項であるような系では、電子の交換相互作用が、あるシキイ値以上に達しなければ、系は磁気的秩序状態を示すことが出来ない。しかし、その場合でも核スピンが存在すれば、それが引金となって、超微細相互作用を通して電子スピンの分極を伴った核スピンの自発分極をおこし得る。この問題についての解説を行なった。特に興味のあるのは、交換相互作用がシキイ値に近い場合であり、実際には希土類元素の金属間化合物においてその例が見出されている。（例えば Pr Cu_2 で $T_N = 54 \text{ mK}$ ）

初めに、核スピンを除いた上記のような系の磁性について議論した。希土類イオンでは量子数 J が大きいので、real system についての研究もあるが、多くは singlet-singlet, singlet-doublet ($J=1$), singlet-triplet モデルについての議論であり、そのいづれの場合にも magnetic exciton が、上記シキイ値に近づくと soft 化するのに、実験的にはそれが証明されていないという問題点がある。

核スピンを導入すると、その自発分極が一般におこるが、交換相互作用がシキイ値に近づくに従って、上の核磁性も exchange enhancement を受け、その T_c (T_N) の上昇、付随した電子スピンの分極の増加がおこり、さらに核比熱の λ 型のとびは次第に小さくなり、大きな

Schottky 型の部分が低温側に現われるようになる。シキイ値の付近でその比熱の変化は急激であり、また核スピンと電子スピンの分極の温度変化も異常なふるまいを示す。さらにシキイ値以下の核磁性の領域において、電子スピンをくり込んだ核スピンだけに関する有効ハミルトニアンを導いた。

『 Pr Ni_2 の磁性』 東北大理 森 宏 鈴木治彦 大塚泰一郎

Pr Ni_2 は、Cubic Laves 構造をもつ、金属間化合物である。Skrabek-Wallace は、キュリ一点 8°K の強磁性体と報告している。自発磁化が小さいことは、結晶場の基底状態が non-magnetic Singlet であるからと解釈した。山田谷の磁化測定の結果も合せると、この物質では、交換力と結晶場による分裂の比が、相転移をおこすための threshold value に近くなることになる。今回は、山田谷さんからいただいた多結晶試料を用いて、dilution refrigerator 領域 ($0.15 \sim 0.35^\circ\text{K}$)、He 温度領域 ($1.5 \sim 10^\circ\text{K}$) の比熱測定を行なった結果を報告する。まず高温部で、 8°K 付近に何ら異常は見られない。また Δ は、 40°K 以上でなければならぬ。低温部では、 0.2°K 以下で立上がりが見られる。同様の結果は McDermott らによって得られている。これは、電子系が秩序をもち、核が内部磁場を受けているせいか、また、これが電子系そのものの秩序を示しているのかについては、同じ温度領域での帯磁率の測定を行なって結論を下したい。

『核冷却、核磁性研究の現況』 東大物性研 菅原 忠

mK 又は以下の領域の温度を生成する方法として核冷却 (nuclear cooling) の方法がある。これは何れも外部パラメーター (磁界、圧力など) を変化させたとき物質中の原子核のエンタロピーが変化することを利用するもので、いわゆる断熱消磁と同様に断熱状態において行なわれる。具体的な方法としては、(1)ボメランチュク冷却、(2)核断熱消磁 (外部磁界又は外部磁界で enhancement された内部磁界による)、があるが、何れにしても最低到達温度は核エントロピーが核間相互作用などによって減少する温度で決っているが、 1 mK 以下では熱流入の影響が支配的となり $50 \mu\text{K}$ 位が限界であろうと考えられている。現在の所金属銅の核断熱消磁によって得られた 0.37 mK (格子温度) が最低で、上記 $50 \mu\text{K}$ までも達していない。最近では核断熱消磁で液体 ^3He を冷すことに対する努力が向かっているが、 1.0 mK の程度から前進することは難しいようである。これら格子系までを冷す方法に対し、核スピン系のみを冷すことは核磁性の見地から興味ある問題であると共に実現も前の方にくらべて容易であると思われるが、1969年フ

ラヌスで行なわれた Ca F_2 の核冷却以後進んでいない。この実験ではF核スピンが反強磁性オーダーをしていることを示す結果が得られており、ネール温度は $0.7 \mu\text{K}$ と推定されている。核冷却や核のオーダーの研究はこれから問題であるが、多くの技術的難関があり、今後もゆっくりしたペースで進められることであろう。

午後の部

『放射線等による極低温温度計』 物性研 大野和郎、小林真六

経験も含めて表題の温度測定について報告した。 20 mK から上では K Cr Alum の α がよい温度計で Curie-Weiss の法則にしたがうことがわかった。¹⁾ 又松下製のカーボン抵抗は 20 mK から 4.2 K の範囲でよい温度特性を示し、簡単な温度計としては最適である。かんたんなマウントの方法で測定の時定数も 10 秒 以下で測定毎の熱サイクルによる変化も殆どない。

次に放射線による温度測定について述べる。

主として Mn^{54} と Co^{60} が用いられるが以下に述べるような特長がある。

- 1) 温度の絶対測定が容易である。
- 2) 測定にリード線を必要としない。R I 自身からの発熱量は 0.01 erg/min 程度で普通には問題にならない。
- 3) 温度計の大きさが小さい。
- 4) 温度計は金属でできていてハンダ付けがきく。従って熱接触をかなりよくすることができる。
- 5) 測定時間は数分である。
- 6) 測定精度は%の数字に意味をもたせることができる。
- 7) skin depth がない。

『キャパシタンス温度計』 東北大理 青木 誠、沢田安樹

低温における磁場中比熱の測定に、磁場効果が非常に小さい温度計である容量温度計、CS 400 GR (LAKE SHORE) が使用できるかを見るため、その比熱を測定し、検討した。

Sr Ti O_3 ガラスセラミックの誘電率の温度変化を利用したこの容量温度計は、磁場効果、レスポンス、Self-Heating、再現性において温度計として十分な特性を持ち、またその比熱は、 $\text{He}^3 - \text{He}^4$ 希釈冷凍器を用いて測定したところ 0.1 K で 0.01 mJ/deg 以下で比較的小さく、ま

1) Kobayashi, Shinohara and Ono ; J. Low Temp. Phys. 13 No. 1/2
39 (1973)

た、 $60\text{mK} - 1.6\text{K}$ で比熱のピークもなかった。

しかし比熱測定の温度計として用いるには低温側で感度が悪く、容量測定の精度から、 0.5K 以下の比熱測定はかなり困難である。

したがって、この容量温度計は 0.5K 以上での磁場中比熱の測定に有効であろう。

『 $0.1\text{K} \sim 0.01\text{K}$ における温度測定』 北大理 清水 悟、渡辺 昇

『 He^4 flow 型希釈冷凍器』 東北大理 佐藤武郎

He^4 を He^3 中に注入すると、断熱膨脹効果で温度が下ることは H. London がはじめて指摘して以来知られているが、実際には He^4 を循環させた冷凍器は最近カメリング オンネス研の Taconis のグループによってはじめて完成された。現在佐藤武郎氏は、ライデンで、Taconis 等の装置の改良につとめている。改良点は、mixing chamber (MC) を一つ附加し、第 2 の MC で第 1 の MC を冷すところにある。第 1 の MC はそのままボメランチュック・セルとして用いることができる。まだ色々問題点はあるが、一応 20mK には到達している。

(以上の紹介は、佐藤氏在外中のため、大塚が行なった。)

『効率のよい熱交換器の作り方と 1K 以下の温度測定』 物性研 小田祺景、藤井源四郎、永野 弘

熱交換器の効率は最終的には Kapitza 抵抗によって決る。しかし Kapitza 抵抗が一定の時は熱交換器の形状によって著しく異なる。単位表面積当たりの熱交換が最大になるのは連続な場合であるが、単位体積当たり最大にするには銅粉を用いた不連続熱交換器の方がよい。又、不連続な場合でも流れに沿っての液体 He の熱伝導を小さくなるようにすると効率は従来のものの数倍にも達する。実際には種々の Instability を考慮しないといけないが、それらを適当にバランスしてやると最適条件が得られる。

温度測定についてはここでは Carbon 抵抗を 30mK 以下で使う場合について一言述べる。 30mK 以下では抵抗値は大巾にドリフトする。この効果は 30mK 以上では比較的早くサチルなのでゆっくり温度を変える場合は問題はないが、 30mK 以下ではサチルまでに何時間もかかるので注意。

『 S.H.E. 社製 He^3/He^4 稀釈冷却器について』 物性研 篠原元雄

今回アメリカの S.H.E. 社から輸入した稀釈冷却器について紹介を行なった。輸送中に装置の心臓部である熱交換器と混合容器を He^3 蒸溜器から懸垂、支持する中空グラファイト棒が 3 本とも折れそれに伴い連続式熱交換器の外側チューブが 1 カ所破れて到着した。現物を先方に返送して修理するのに時日を要したためまだ実際に働かせるには至っておらず性能の具体的説明はできないので構造の外観上の特徴をスライドで説明した。修理のための往復には上記破損部分を支持、固定する装置をつくり今度は損傷なく到着をみた。S.H.E. 社の稀釈冷却器は、最低到達温度 (T_{\min}) と吸熱能力 ($Q_{100} = 100 \text{ mK}$ の値) によって $T_{\min} = 40 \text{ mK}$, $Q_{100} \gtrsim 100 \text{ erg/sec}$ の小型のものから $T_{\min} \lesssim 12 \text{ mK}$, $Q_{100} \gtrsim 750 \text{ erg/sec}$ の程度に至る多くの規格がある。また規格外の仕様のものの製作や、使用目的に応じての構造の変更なども可能である。

『 極低温領域での光散乱』 物性研 大林康二

$^3\text{He} - ^4\text{He}$ 希釈冷凍器を用いて、 100 mK 以下の温度領域の光散乱の実験を実施にうつしつつある。狙いは、 ^3He 及び $^3\text{He} - ^4\text{He}$ 系のフェルミ流体の物性を調べる事にある。これらの系のフェルミ流体としての性質は、従来、現象論的なパラメーターの間の相互関係としてしか理解されていない。所で、最近我々は、 ^4He のラマン散乱の測定を行ない、2つのロトンの結合状態を見い出し、これが、素励起間相互作用の情報を得る有力な手段である事を立証した。フェルミ流体を、ミクロ的に掘り下げて研究するとどうなるか、大いに興味がある。実験で一番困難な点は、 $\sim 200 \text{ mW}$ のレーザー光をサンプル中に入れた場合の温度の上昇をどうおさえるかであるが、我々の計算によれば、 1200 ergs/sec (100 mK で) の冷却能の希釈冷凍器を用い、試料セルの窓に ($1/50$) の平面度のガラスを用いれば、 100 mK 以下の温度で、ラマン散乱が充分に行ないう事がわかった。

『 Te の高密度電子励起状態』 東北大金研 宮内秀和、仁科雄一郎

強い光を用いて励起子を半導体結晶中に高密度に溜込むと、励起子間の多体的な相互作用の結果として金属伝導状態への相転移現象が現われることが報告されている。Te 結晶は他の物質に比べ Mott 転移の臨界濃度が小さい利点があり、比較的弱い励起光強度により超低温で高密度状態を作り出すことができれば相転移に関与する電子状態諸定数相互の関係を知ることができる。今までに He^4 温度でのレーザー光照射により Mott 転移の臨界濃度よりもはるかに高密度状態と思われる領域での光伝導測定を行なったが、 30 KW/cm^2 の Nd レーザー光照射によっても

1.2 Kにある試料の温度が4.2 K以上になることが分かった。今後He³温度で高密度状態の光伝導測定及び光吸収測定を行なうが温度上昇を最小にするための実験条件が検討された。

『断熱磁化冷却とスピノーダー』 阪大基礎工 山下直彦

『Ni_xMg_{1-x}(OH)₂系の磁性』 京大理 榎 敏明

『極低温での熱伝導』 東北大金研 武藤芳雄

以上。

なお1部分原稿未着のものがあり鈴木が代筆した稿もあることをお断り致します。

(文責 鈴木治彦)

「 転 位 の 動 力 学 」

司話人 二 宮 敏 行 (東大理)
竹 内 伸 (物性研)

転位の運動は材料の強度をきめる重要な要素であり、その動特性は格子の構造を直接反映するほか、phonon や電子あるいは不純物原子との相互作用に支配されている。しかし、これらの問題の取り扱いは、転位が一次元的にのびている flexible な欠陥であるためにかなり困難である。そのため、従来の転位の研究では、塑性変形のマクロな性質を転位運動の現象論により取り扱うのが多かった。近年、低温での熱伝導測定を使っての転位による phonon 散乱の研究、超伝導遷移を利用した転位に働く電子粘性の研究、転位運動の電子顕微鏡による直接観察、転位と phonon の相互作用の理論の発展など、ようやく転位運動のミクロスコピックな理解が得られるようになってきつつある。これらの情況にかんがみ、本研究会では、転位-phonon、転位-電子相互作用に関する基礎的問題を取り上げると共に、高速運動転位に関連した双晶形成機構の問題、また最近実験的にその存在が明らかにされている定常的な塑性変形状態の意味、さらに

液体および融解現象の転位論的アプローチの試みなどを主要テーマに取り上げた。

研究会は1月24日、25日の2日間にわたって物性研旧棟講議室で開催され、50名以上の参加者を得、活発な討論が行なわれた。プログラムは下記のようである。

(1) Dislocation-electron interaction

Introductory talk

守屋 健（物性研）

準備討論

Al 合金の超伝導遷移に伴う $\Delta\sigma$

藏元英一（物性研）

$\Delta\sigma$ 効果と電子摩擦

武内朋之（金材研）

(2) Dislocation-phonon interaction

Introductory talk

二宮敏行（東大理）

準備討論

転位による phonon 散乱と熱伝導

木暮嘉明（東工大理）

Ta, Nb およびその合金系における極低温格子熱伝導

池部学、小林典男、武藤芳雄（東北大金研）

加工した Ge の低温熱伝導

佐藤正純（東北大金研）

加工した Gi の低温熱伝導

鈴木敬愛（東大生研）

(3) 転位の高速運動と双晶形成

Introductory talk

石岡俊也（東大理）

準備討論

一様応力下でのらせん転位の運動

武内朋之（金材研）

(4) 変形の定常状態

非可逆過程の一般論

齊藤信彦（早大理工）

準備討論

変形中の転位の運動の定常状態

今井和郎（東北大金研）

(5) 液体、融解の転位論

鈴木秀次（東大理）

大川章哉（学習院大理工）

(6) その他の話題

転位の熱活性化運動

鈴木平（物性研）

転位の上昇運動における Friedel および Nabarro の式 吉田正幸（通研）

転位の内部摩擦に対する pinning の効果 水林 博（原物研）

以下、各セッションごとに順を追って、各講演の概要ならびに討論内容について記す。

(1) Dislocation-electron interaction

守屋は、まず Tittman-Bömmel による超伝導遷移に伴なう超音波吸収変化の測定を基に転位の電子粘性運動を議論した研究から、小島-鈴木による電子粘性の効果を直接示した超伝導遷移による変形応力変化の発見に至る歴史的経過の概略を述べた。続いて電子摩擦に関する理論の話に移り、Holstein, Kravchenko らによる常伝導金属での運動転位と電子との相互作用から転位速度に比例した摩擦係数 B_e が導出される過程、および Kaganov, Baryakhtar らの超電導金属での摩擦係数に関する理論の大筋を説明した。最後に、講演者らが行なっている、Pb に関する超伝導および常伝導状態での音速の精密測定から Granato-Lücke 理論に基づいて B_e を精度よく求める実験の中間報告を行なった。

蔵元は試作した He^3 を用いた 1 K 以下の引張試験装置の紹介を行ない、それを用いて行なった Al および Al 合金に関する超伝導遷移に伴う $\Delta\sigma$ 効果の実験結果を示し、変形の Stage I から Stage II への移行に応じて常に $\Delta\sigma$ が高いレベルから低いレベルに移行するという、従来の Pb 結果とは異なる結果について述べた。続いて、摩擦係数 B の変化から $\Delta\sigma$ が生ずる機構に関する二つの主要な理論、(1)Granato, Suenaga らによる転位の慣性効果理論、(2)転位の熱活性化運動の際の pre-exponential 因子に B が影響を与える結果 $\Delta\sigma$ を生ずるとする Natsik および鈴木秀次による理論について述べ、Al, Al 合金の実験結果は慣性効果が主要な役割を果していると考えられるものの、単純には説明しえないことを指摘した。この話に関連して、鈴木平（物性研）は $\Delta\sigma$ の歪量に対する変化が物質によって、単調に増加する場合、一定の場合、単調に減少する場合の三種の実験事実が存在することを述べ、転位の運動に対する障害として林転位および固溶原子が共存する状態での熱活性化過程に対する考え方を述べた。また高村（京大工）は Al 合金における低固溶限の問題にふれ、蔵元が用いた合金中には G.P. ゾーンが多量に存在する可能性があることを指摘した。

武内は、セルを形成した結晶での変形が、セル壁間を転位が間歇的に集団運動することにより進行するとするモデルに立ち、 $\dot{\epsilon} = bNv = b^2 N\tau/B$ という関係式から $\Delta\sigma$ がおもに運動転位密度 N の変化によって生じること、特に n-S 遷移による B の急激な変化が応力-歪み曲線に過渡的な特徴をもたらすことを論じた。蔵元が用いた $\Delta\sigma$ が v の変化で生じるとする表式と、武内の N の変化によるとする表式の相異点につき討論が行なわれたが、前者の表式での v が熱活性化過程での「待ち時間」と「自由飛行時間」とをならしたいわば平均速度を表わし N

が待ち時間中の転位も含まれた形で定義されているのに対し、後者での v は自由飛行中でのそれであり N がその時点での転位数を表わしていることを考えると、両者の相異が単に時間のスケールの取り方に基づく見かけ上のものであるように思われる。なお、竹内（物性研）は n 状態での $\sigma - \epsilon$ 曲線が smooth であるのに対し S 状態でのそれが細かい serration を伴っている実験事実を述べ、転位の集団運動を考慮すべき点に関しては武内に同意した。

(2) Dislocation-phonon interaction

二宮は、結晶を構成する原子の運動を転位の運動（並進運動と振動）と phonon に分離することによって転位の運動を取り扱うという概念の説明を行ない、一次元格子中の転位（Frenkel-Kontrova model）に関する運動方程式の導出を説明した。この方法を三次元格子に連続体近似により拡張し、転位の有効質量などの意味を一次元格子の結果と対比して説明した。次いで、転位による phonon 散乱に関する、転位の歪場の非調和性（anharmonicity）に基づく散乱機構および fluttering による散乱機構に関する講演者の理論について述べた。LiF に関しては、低温の熱伝導の二つの実験事実、すなわち遅い横波のみ強い散乱が起り、照射による転位の固着の効果が低温から回復するという Anderson らの 1K 以下の実験結果、および鈴木敬愛らの 1K 以上の熱伝導率の温度変化に関する実験曲線と fluttering 機構に基づく理論曲線がよく一致するということから、fluttering による phonon の散乱が支配的であることを示した。一方、Si, Ge のように Peierls potential の高い結晶では fluttering が抑制されるため anharmonicity に基づく散乱が支配的になることを鈴木敬愛らの実験を引用して説明した。最後に、phonon 散乱によって生ずる運動転位に働く摩擦係数 B_{ph} に関する講演者の理論について述べ、Vreeland らが Cu について etchpit 法による転位速度測定から得た B の温度依存性の結果とよく一致することを示した。

木暮はらせん転位および刃状転位の両方に対する anharmonicity に基づく phonon 散乱に関する高次弹性論を用いた講演者らの精度の高い計算について述べた。LiF に関する熱伝導の計算値は実験値より桁が大きくなるが Cu では同程度になりそうであることを述べ、Anderson らの実験での回復が 1K 以下であることから、数 K までは anharmonicity による散乱が利いている可能性のあることを指摘した。これに対し鈴木敬愛（生研）は自分の実験では数 K まで照射効果の回復が見られたことを述べ fluttering 機構の立場を主張した。

佐藤は加工した Ge の低温の熱伝導の実験曲線が Klemens による anharmonicity の

理論曲線と 10 K 以上と 1 K 近傍を除けば一致することを示した。10 K 以上でのそれは fluttering 機構との共存ではうまく説明できず変形により導入された空孔による phonon 散乱の寄与によるものであろうとし、1 K 近傍のそれは転位芯の不対電子による散乱に基くものであろうと考察した。

鈴木敬愛は Si に関する実験がやはり Klemens の理論と 10 K 以上を除けばよく一致することを示し、10 K 以上での差は転位の約半数が dipole を形成していれば説明されるとし、Ge の電顕観察の例を引いてその正当性を主張した。

池部は Ta, Nb およびその合金の超伝導遷移温度より充分低い温度領域で熱伝導率が T^2 に比例する事実から転位による phonon 散乱によるものであることを示し、強加工や焼純の効果、合金化の影響などの実験結果を報告した。

(3) 高速転位と双晶形成

石岡は、ある種の双晶の形成が高速で運動する転位の動的効果で起る可能性を見るために、単純な格子模型中のらせん転位のまわりの歪場が、転位の加速に伴ってどのように変化するかに関する計算について述べ、その結果、転位速度が音速に近づくと辺り面の隣りの原子面で新たに双晶転位が発生し得る可能性が充分に生ずることを示した。この新しい双晶形成機構に関する講演後、結晶系による双晶形成速度の相違に関する問題（角野（金研））、双晶の核形成と伝播の問題（高村（京大工））、辺り帯先端部での応力集中と双晶形成の関連（武内（金材研））、断続的な双晶の形式機構（小川（金材研））、双晶界面の modulus の変化の重要性（角野）、転位の辺り面と双晶面との関係（竹内（物性研））、などに関する討論が行なわれた。

武内は、結晶表面に働く外力のなす仕事がエネルギーの流れとして転位に供給され転位を加速するという形で、転位の加速運動を弾性論的に取り扱った。内挿式による近似を用いて、摩擦力を無視した場合と摩擦力を考慮に入れた場合の各々についての具体的な数値計算の結果を示した。

(4) 変形の定常状態

結晶のマクロな変形は、個々の転位の運動と常に $\dot{\epsilon} = b N v$ で結ばれており、動く転位の密度 N とその速度 v の二つの量が関与する。現実の結晶で N と v がどのような原則で分配されているかを知ることは、マクロな塑性変形とミクロな転位の素過程とを関連づける上で最も重要な問題である。近年、転位が粘性的な運動をする物質では、「一定の変形速度下では外力を最低にするような転位密度で定常的な変形を行ない、一定応力下では変形速度が最大となるよう

な転位密度で変形する」とする仮説を行なうと実験事実がよく説明されることが見出されている。前者の表現は energy dissipation minimum の条件に対応し、結晶の塑性変形が何らかの熱力学的な原理によって支配されているものかどうかということに関連して、転位の集団運動と熱力学との接点をさぐる意味で、齊藤が非可逆過程の熱力学に関する一般的な話を行なった。続いて、討論では、転位が果して熱力学の対象として取り扱えるものかどうかの疑問が提出され、前述の仮説が熱力学的な要請に基くものではなく単に力学的な条件によって定まっているのではないかという意見（竹内（物性研））が出された。

今井は、Ge 単結晶に関する定常変形状態を示す角野らの実験データを紹介した後、上記の仮説が成立するものと仮定した上で転位分布に不均一を生ずる可能性を示し、cell 形成を説明する手掛りについて述べた。すなわち、何らかの原因で一旦結晶中の転位密度が上記の条件から離れた状態が実現すると、「一定応力下では変形速度をより大きくし、一定変形速度下では変形応力をより減少させる」という要請および全転位密度は急激に変化しないという条件下では、転位密度の高い領域と低い領域に分離することが起り得ることを示した。しかし、モデルの妥当性に関する疑問は残された。

(5) 液体、融解の転位論

鈴木秀次は、液体状態が原子の二体分布函数のみでは必ずしも充分表現できないことを指摘し、液体の流動が密度一定下で起り原子の集団運動を伴うことからも、気体的な取り扱いよりも固体の一つの極限状態として取り扱う方法が優れていることを主張した。すなわち、液体を転位の高密度状態の固体として表現し、液体状態のエントロピーとして転位の configurational entropy と転位歪による格子振動の entropy 变化を考慮して融点を計算すると、転位間の間隔を $3b$ 程度になると実験値と合致するという妥当な結果が得られることを述べた。また、転位モデルで得られる粘性の値も実験値とほぼ一致することを示した。

大川は、転位を適当に配列させることによって得られる大きなずれ歪みを持つ微小な格子の集合体として液体を取り扱い、エントロピーとして configurational entropy は考慮せず、格子振動の変化のみを取り扱った。小さい k の振動モードは転位の並進運動に替り、大きな k の振動モードの高歪場による vibrational softening を考慮して行なった計算について述べた。

討論に入り、液体を極微結晶の集合体で近似したモデルと転位モデルとの相異についての質問（高村（京大工））に関しては、前者では entropy 变化が小さすぎ融解現象が説明できないとのことであった。また、転位のみでなく、 disclination も考慮すべきではないか（石

田(生研))という意見、転位分布がお互いに歪場を screen するように配置するために生ずる一様な体積膨脹の効果も考慮すべきである(二宮(東大理))などの意見が出された。

(6) その他の話題

鈴木平は、超伝導遷移による変形応力変化の発見は、一方において運動転位と電子との相互作用を明示したが、他方において転位の熱運動のあり方について理論的問題を提起したことを探したのち、転位の運動の熱活性化過程における電子摩擦の効果に関する granato , Sue naga らの慣性効果の理論と、 Natsik による振動数因子変化の理論を説明し、それぞれが実験事実と矛盾する点を指摘した。いずれの理論も、障害のポテンシャルを無視し、転位が障害により固定されているものとしてその間の運動を論じたものである。鈴木は、障害のポテンシャル場を考慮した上で転位線の熱運動を論じる立場に立って、摩擦のある場合の転位の反応速度式を論じた。すなわち、熱活性化過程において熱運動の特性時間(飛躍時間)の間に、点障害間に張り出した転位線は慣性効果をもたらすために活性化エネルギーが摩擦係数に依存する一方、点障害のポテンシャルを越す部分の転位線の運動は、古く Kramers により論じられている熱活性化過程に対する random force (電子の散乱) の効果の振動数因子に対する影響を論じ、結局 $n \rightarrow S$ 遷移によって両効果が重畠して $\Delta\sigma$ を生ずるとし、変形量に伴う $\Delta\sigma$ の変化などの実験事実を説明した。

続いて、これまでの話とは趣きを異にする話題として、転位の上昇運動および転位による内部摩擦に関する問題が取り上げられた。

吉田は、空孔濃度の熱平衡からのずれに基づくジョグの移動速度に関する、 Friedel および Nabarro による理論式のくい違いを説明し、それがどのような考え方によ来するものか、またいざれがより妥当であるのかについて疑問を提出した。討論時間の制限もあって、当日は明確な結論が得られなかった。

水林は、転位による内部摩擦が、照射の初期には、通常のピン止め効果から期待されるものとは逆に、増加する実験事実について述べ、「不完全なピン止め」による内部摩擦の理論的取り扱いについて述べた。すなわち、転位線が点欠陥と弾性的に相互作用しながら振動する場合とさらにそれに摩擦力が作用する場合の内部摩擦の計算結果を説明した。

物性研談話会

日 時 1月21日(月) 午後4時~

場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 I.A. Campbell

(パリ大学固体物理研究室)

議 題 Hyperfine fields in metals and the RKKY polarization

A large number of hyperfine fields at impurities in ferromagnetic hosts have been measured. We will discuss the systematic trends in three types of case:

- i) Transition metal impurities where the hyperfine field reflects the local d moment and transferred effects, and shows the reversal of d moment for some impurities (Moriya mechanism)
- ii) Fields at non-magnetic impurities which will be discussed using an RKKY approach modified to take account of charge screening at the impurity site. This modification can reverse the sign of the conduction electron polarization at the impurity site, as is observed experimentally.
- iii) Fields at impurities in rare earth hosts. We will suggest that the results show that the near neighbour magnetic coupling in rare earth metals is mainly through the d electrons rather than through an RKKY polarization of the conduction electrons.

日 時 1月28日(月) 午後4時~

場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 白根 元 Gen Shirane

(Brookhaven Nat'l Lab.)

プルックヘブン国立研究所

議 題 中性子散乱による物性研究の最近の話題

最近の Brookhaven での研究を中心に、非弾性散乱による物性研究の現状を紹介する。

- ① 測定方法の進歩； 3軸法による非弾性断面積の信頼度の高い測定法、殊に低エネルギーでの高精度の解析。
- ② ごく最近の例として $Nb_3 Sn$ 及び Nb での超伝導 energy gap による acoustic phonon damping の実測； 一次元 Heisenberg 反強磁性体 $CuCl_2 \cdot 2NC_5 D_5$ の magnetic excitation の観測。
- ③ 将来有望と思われる測定方法の簡単な紹介； Mezei の Neutron spin echo (Grenoble), Mook の magnetic chopper (Oak Ridge)

日 時 2月4日(月) 午後4時~

場 所 物性研A棟2階輪講室

講 師 竹内 伸

題 目 結晶塑性におよぼす外場の影響

結晶の強度が、結晶中に含まれる格子欠陥や不純物の量と分布状態に応じて敏感に変化することはよく知られている。一方、近年、このような原子的な欠陥の変化を伴なわなくとも、結晶を変形中に磁場、電場を作らせたり可視光を照射することにより、変形応力に大きな変化を生ずる現象が種々の物質について見出されている。これらの実験事実とその解釈の現状を紹介すると共に、結晶塑性固有の諸問題の解決にこのような効果を利用できる可能性について述べる。

(臨時)日 時 2月6日(水) 午後4時
場 所 物性研A棟2階輪講室
講 師 Prof. U. Gonser
University of Saarland
題 目 Mossbauer-Polarization-Experiments

Abstract

The angular dependence of the hyperfine interaction is reflected in the relative line intensities. Various experiments are described using non-polarized and polarized recoil-free γ -rays in order to determine spin directions and directions of the principal axis of the electric field gradient. Also some results concerning the Mossbauer-Faraday effect are presented.

日 時 2月18日(月) 午後4時~
場 所 物性研A棟2階輪講室
講 師 星 塙 穎 男
題 目 CuX, Ag I の格子振動と金属イオンの異常な挙動

2次または2次的な相転移については詳しく研究されているが、結晶構造が大きく変る1次転移の機構についてはあまり明らかでない。これを格子振動の観点から調べる第一歩として, ZnS型 \rightleftharpoons ZnO型の典型的1次転移を示す CuX, Ag Iなどをとり上げた。これらの物質は、すべて最低温相が f.c.c. の Zn S 型 構造であるが、高温に転移点をもち、いずれも最初の転移で h.c.p. の Zn O 型となり、次の転移で Cu Cl は融解、Cu I は再び Zn S 型に、Cu Br, Ag I は b.c.c. の statistical structure に変る。どれも高温で大きなイオン伝導性を示すが、これは金属イオンの示す異常に大きな非対称性熱振動と関係している。これら格子振動の非調和性と相転移との関連を調べるために、まず Cu Cl について中性子回折強度(Bragg

反射)の解析から三次の非調和項を求め、次で Cu Br, Ag I の中性子非弾性散乱の測定を進めている。研究は始めたばかりであるが、今までにえた結果を紹介し、今後の問題点を考える。

物性研談会プログラム (追加)

前におしらせしました物性研談会プログラム(1974年1月～4月)のほかに、下記のものが予定されています。御関心をお持ちの方々の御来聴を歓迎いたします。

(下線をつけた曜日、時刻、場所には特に御注意下さい)

3月22日(金) 午前10:30 旧棟講義室

Prof. J.R. Schrieffer (University of Pennsylvania)

Surface Density of States on Transition Metal Substrates

3月25日(月) 午後4:00 A棟2階輪講室

Prof. H. Haken (University of Stuttgart)

Stimulated Emission by Excitons

4月 8日(月) 午後4:00 A棟2階輪講室

Prof. J.G. Dash (University of Washington)

Helium Monolayers

4月 9日(火) 午後4:00 A棟2階輪講室

Dr. V. Heine (University of Cambridge)

Throwing out k-space, or Electronic Structure of Solids

from the Point of View of the Local Atomic Environment

昭和48年度 物性若手夏の学校運営報告

九州大学物性若手グループ

1.はじめに

第18回物性若手夏の学校は、九大理支部が準備を担当し、7月28日～8月3日の7日間長野県野沢温泉村で開校された。

物性若手夏の学校は、それに集い今まで引き継いでこられた先輩諸兄の活躍をみると充分評価されるべきであります。そして、その意義は第1に研究交流・情報交換、第2に親睦・全国的継りの形成、第3に教育・学習にあると考えられます。

現在、夏の学校は運営上重大な局面を迎えてます。それらは第1に若手活動の中堅であるべきD・C層参加者の減少、第2に運営予算の膨脹、第3に運営資金源の不安定さに現われています。こうした問題は若手活動の在り方に端を発しているのであり、現在の持回り制準備校だけの力で完全に解決出来るものではないと思う。

この報告書は「若手は夏の学校についてどのように考え、どのような活動をしているのか」について各活動責任者より提出して頂いたものと準備校の運営経過報告より成る。

全体講義・サブグループ活動の為御多忙中を遠く野沢まで来て頂きました先生方に深く感謝致します。開校に際し京大基研・東大物性研・電子総研田無分室・その他より援助を受けました。又九大物理教室より少なからぬ協力を受けました。ここに深く感謝致します。

九 大 理 吉 田 喜 孝

2. サブグループ活動報告

準備校は次の2点を方針とし、サブグループ活動を行なってもらった。第1にD.C.層・助手層の参加を促すこと、第2に従来サブグループは独立採算制を立て前例としており不足分を準備校が援助してきたけれどもここ数年サブグループ数の減少・参加活動者の減少という傾向が認められることから思い切った財政的援助策をとる必要があることの2点である。そして各サブグループ責任者に対し活動企画を早めに公表しつつ参加予定者名簿を開校以前に配布する様要請した。

2-1 高分子 世話人 加納文晶(都立大)

① テーマ：「ガラス状態」

ガラス状態という物質の存在様式に色々な方面から興味がもたれている、がしかし、高分子物理でも未だ解明は殆ど行なわれていない。若手として解明の端緒を少しでも作りたい。

② 現地での活動：講演「高分子液体とガラスの熱力学」：野瀬卓平氏（東工大），研究紹介，討論を行なった。

③ 参加者の感想

A氏－参加したことにより、自分と似通ったことをやってる人がいると分り、後々役立てたい。B氏－アモルファスなランダム状態に対して興味を抱いていたので、それに関する実験的事実の最新情報を得たのは意義があった。又全国からエキスパートが集まれば自分の仕事が本当にオリジナルなものであるかどうか判断できるので夏の学校という集まりの存在は有難い。C氏－情報の交換という点に関しては大変役立った。夏の学校以外にこうした場はない。

2-2 半導体・半金属 世話人 中村新男（物性研）

① テーマ：「Small gap material」

昨年度までは半導体と半金属は独立のサブとして活動していた。が両分野の相互乗り入れ（例えは $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 合金, $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ etc の半金属－半導体転位の問題, 半導体・半金属の多電子－正孔系の問題等）によって合同でサブ活動を行なう方がより合理的になつた為今年度から統合されることになった。テーマは半導体側と半金属側が最も端的に関連のある「Small gap material」を選んだ。

② 現地での活動：講演「バンド構造と Dielectric Anomaly」：中尾憲司氏（東大理），講演「Bi-Sb 合金」：御子柴宣夫氏（電総研），研究発表「Narrow gap Semiconductor の Surface State」大川房義氏（東大理）・「 $\text{Pb}_{1-x}\text{Sn}_x\text{Te}$ の実験」堀田定吉氏（阪大理）・「Hg Te の実験結果について」内田慎一氏（東大工）・「 $\text{Bi} \cdot \text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ 系の Excitonic Phase」古賀雅夫（九大理），講演「 Pb Sn Te , Narrow gap materials の将来」御子柴宣夫氏，討論会が行なわれた。

③ 総評

Doctor 層の参加者が多くて研究会的雰囲気であった。一つのテーマを設定してレビュー的な話と具体的な研究発表を組み合わせての議論は活発であった。今年の様な状況下で親睦会等による交流の意義は深いと思われる。

2-3 磁性 世話人 大石和男（広大理）

① テーマ：「高圧下の磁性」

② 現地での活動

講演「高圧下の磁性」：藤原 浩（広大理），論文紹介を行なった。

③ 総評

サブゼミを講義形式にしたのは良かったと思う。夏の学校は勉強会でもあるがむしろ懇親・意見交流・情報交換の方が役割として大きいと思う。

2-4 光物性イオン結晶 世話人 難波孝夫（東北大理）

① テーマ：「素励起間相互作用」

各種の素励起状態のうち特に励起子の関与する現象は従来一貫して興味を持たれてきた。

最近は実験技術の進歩向上に伴なって、励起子間の相互作用が顕著になる程に固体中に励起子を作った時、励起子が新しい性質を示すかという問題が注目されるようになってきた。そこで我々は先ず基本的事項として固体の中に於ける各種の素励起状態とそれらの間の相互作用を取り上げ、更に進んで励起子間の相互作用を問題とした。

② 現地での活動

講演「励起子間の相互作用～理論」：小野寺嘉孝氏（京大理），講演「励起子間の相互作用～実験」：後藤武生氏（東北大），研究発表・研究室紹介を行なった。

③ 総評

講師を囲んでの卒直な意見交換と広く知識の得られる機会に恵まれたことは参加者の今後の研究活動に有意義であったと思う。又各大学に散在して研究途上にある人達が、サブ活動に依って人的交流をなし得たことは我々を取りまく研究状況を知る上で非常に役立った。

2-5 回折 世話人 巨海玄道（広大理）

① テーマ：「X線・電子線」

② 現地での活動

講演「結晶構造と電子線回折」：長倉繁磨氏（東工大），講演「連続X線を用いた回折実験」：岡崎篤氏（九大理）が行なわれた。

③ 総評

夏の学校の意義は元来いわゆる Paper になるような即戦的なものを養成するものではなく、その下地となるべきものを養うことにあると思う。例えば共同利用研究施設を使用する時の実験者相互間の Communication がそれである。全国でどんなことがなされつつあるのか、そして同じテーマを持っている人はどこに居るのかが分った。又、問題解決の為のヒ

ントが得られた等参加者間の対話を通じて無形の成果が得られた。

2-6 超音波 世話人 久間和生(東工大)

② 現地での活動

講演「光子一音子一電子の相互作用・弾性表面波のデバイスへの応用」古川静二郎氏(東工大), 若手発表が行なわれた。

③ 総評

参加者は工学部の人が多くいた。話題も物性よりデバイスに傾いたようだ。

2-7 誘電体 世話人 鈴木友信(東工大)

② 現地での活動

講演「強誘電体研究の歴史・光散乱を使った研究」：中村輝太郎氏(物性研), 講演「NMR の introduction ・ NMR を用いた Na NO_3 , $\text{Ag Na (NO}_3)_2$ の研究」：達崎 達(北大工), 若手発表として研究紹介・将来計画・研究室紹介がなされた。

③ 総評

Master 1年の参加者が多く、テーマの決まっていない人が大部分で討論が成立していくかった。

2-8 低温 世話人 久保田実(大阪市大)

② 現地での活動

講演「 ^3He 」：信貴豊一郎氏(大阪市大), 講演「超伝導体の fluctuation」：御子柴宣夫氏(電総研), 研究発表が行なわれた。

③ 総評

研究発表について討論は活発であった。全体講義中のトピックスについて掘り下げる議論がなされた。

2-9 物性基礎論 I 世話人 内藤豊明(東大養)・有沢健治(東大養)・仁木 清(東大養)

論文講読：伊豆山健夫氏(東大), 静谷静一氏(東大)が行なわれた。

2-10 物性基礎論 II 世話人 藤坂博一(九大理)

① テーマ：「動的臨界現象」

動的臨界現象の現状及び問題点を知り、これから的研究活動に役立たせると共に若手の交流を深めることを目的とした。

(2) 現地での活動

講演「動的臨界現象の歴史的アプローチの仕方」：八播英雄氏（広大理），論文講読，若手研究発表が行なわれた。

(3) 感想

論文講読では text が難かしく感じられた為か、充分な質疑応答がなかった。しかし普段色々な方法論に接していない我々若手にとっては有意義であった。

3. 全体講義

過去の準備担当校の経験を踏えて、我々は全体講義を企画する際の外部条件として、1.物性各分野の若手の平均的希望に沿う。2.マスプロ化を出来るだけ防ぐ。3.財政的上限を考えた。又内部条件として教育・学習効果を追求する為各分野で introductory から topics に到るまで総合的見地に立って講義してもらうことを考えた。

講義内容は以下の通りである。

A. 不規則系の統計力学	松原武生（京大理）
B. 臨界現象の理論	森肇（九大理）
C. 低温物理（量子凝縮）	中嶋貞雄（物性研）
D. 磁性	伊達宗行（阪大理）
E. 半導体物性	御子柴宣夫（電総研）
F. 中性子分光学（講師病気の為中止）	山田安定（阪大養）
G. 生物物理	大沢文夫（名大理）

4. 会計報告

先に、準備事務局ニュースでも述べたように、諸物価上昇の折から、予算への圧迫が著しく、過去3カ年の平均、物価上昇の上積みを考慮して概算した予算の收支では、

収入……1,406,400円、 支出……1,535,000円

で約13万の赤字になることが見込まれ、その上、予想に反して、講義テキストの印刷費の方も当初の予定を約10万円程オーバーすることが分かった。

そのため、事務局でも一時は参加費の値上げも考えたが、「若手の積極的参加を促すために」は、参加費は値上げすべきではない」との意見が大勢を占め、結局、その方向はとらなかった。また、初めから赤字になるような予算は組むべきでないという事もあって、以上の対応策とし

て、講義テキストを値上げして、夏の学校の参加申し込みに添えて、テキストのみの申し込みも受け付け、広く頒布するというシステムをとった。

その結果、以下に示すように、事務局の予想をも上まわって、例年の倍以上の売り上げをあげ、結局、収支は全体としてナーゼロに落ちつけることが出来、その点ではよかったです。

なお、本年度夏の学校参加者は、院生等357名、有給者32名だった。

収 支 決 算 ('72. 11. 1 ~ '73. 12. 20)

< 収 入 >

1. 名大よりの繰越金		1,207,048円
2. 参 加 費	院生一般 2,000円×357	714,000
	有 給 者 3,500円× 32	112,000
	小 計	826,000
3. 補 助	基 研.....テキスト印刷及び旅費	140,000
	物性研..... " 校費	200,000
	電総研.....テキスト印刷	99,000
	小 計	439,000
4. そ の 他	テキスト類売上げ	271,800
	預 金 利 子	15,330
	そ の 他	57,000
	小 計	344,130
	総 計	2,816,178

< 支 出 >

1. 講 師 費 用	謝 礼	123,200円
	交 通 費	163,300
	宿 泊 費	125,130
	原 稿 料・そ の 他	57,910
	小 計	469,540
2. 補 助 費	サ ブ 活 動	81,000

	遠隔地旅費補助	39,500円
	小計	120,500
3.	現地本部費	10,000
	本部宿舎謝礼	10,000
	本部事務費	10,780
	本部員交通費	130,000
	"宿泊費	61,900
	民宿食事解約代	7,600
	その他の	8,600
	小計	228,880
4.	事務局経費	53,557
	通信連絡費	54,717
	テキスト送料	36,900
	現地派遣	74,290
	名札代	9,600
	小計	229,064
5.	テキスト印刷費	512,050
6.	会場費	38,200
	体育館	38,200
	中学校	5,000
	民宿組合謝礼	5,000
	小計	48,200
	総計	1,608,234

次期当番校(東北大)への繰り越し 1,207,944

<支出の説明>

- ① 講師数 全体講義 6人, サブゼミ 16人(内, 学生2人)
謝礼 全体講義 60,000円
サブゼミ 53,200
原稿料 全体講義 30,000
サブゼミ 21,000

急病のため、休講になつた「中性子回折」の山田先生には、若干の御見舞をお送りしました。

- ② サブ活動補助は、初めに各サブ責任者に連絡費として一律5,000円支給。その後、サブ自身でテキストを印刷した所がある事が分かり、それらの補助として、更に各サブに最高5,000円、最低2,000円の範囲で支給した。

遠隔地旅費補助は次の通り。

北 大	3,000円	×	4
東 北 大	500	×	11
東北学院大	500	×	2
広 大	1,000	×	12
九 大	1,500	×	4
鹿 大	3,000	×	1

- ③ 本部員は延べ90人×日。

民宿食事解約代は予約して来なかつた人の分を本部で支払つた代金。その他は、民宿との連絡に使つた電話代と、次期当番校の見習いの人のための旅費。

- ④ 事務費は、ニュース作成、夏の学校案内、その他の事務に要した文房具代、紙代、印刷代等。通信連絡費は、サブ責任者、講師の方々、あるいは基研・物性研・野沢等への電話連絡、郵送料など。テキスト送料は、各大学へのテキストの発送費、個人、あるいはグループでの送料なし注文のテキストの送料等。現地派遣は、開催地調査・野沢下見等2回 延べ3人、基研・物性研への補助依頼、2回 延べ2人、テキスト発送のための京都行き、延べ2人等の旅費。名札は夏の学校時に用いたものの代金。

- ⑤ テキスト印刷費は、全体講義テキスト(3分冊)、各分冊700部ずつの印刷費である。残りは、現在、東大・理で受け付け中。

物性研ニュース

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A.

- No.621 I.S. Lyubutin, Toshie Ohya, T. V. Dmitrieva, and Kazuo Ōno: The Anomaly of the Temperature Dependence of the Hyperfine Magnetic Field at Sn Nuclei in MnFe_2O_4 Ferrite.
- No.622 Computer Simulation of Motion of Screw Dislocation in Model B.C.C. Lattices.
I. Fujio Minami, Eiichi Kuramoto, and Shin Takeuchi: Effect of inter-atpm-row potential on Peierls stress.
II. Eiichi Kuramoto, Fujio Minami, and Shin Takeuchi: Orientation dependence of slip.
- No.623 Hideo Hasegawa and Tōru Moriya: Effect of Spin Fluctuation on Itinerant Electron Antiferromagnetism.
- No.624 Hidetaro Abe and Kei-ichi Koga: ESR Measurements at Temperatures around 0.1K.
- No.625 Kozaburo Tamura, Junichi Fukushima, Hirohisa Endo, Shigeru Minomura, Osamu Shimomura, and Katsuyuki Asaumi: Non-Metal to Metal Transition in Amorphous Ge and Ge-Sn Alloys under High Pressure.
- No.626 Giichi Terui and Akira Ikushima: Second-sound Velocity and Superliuid Density in $\text{He}^3\text{-He}^4$ Mixtures Near Superfluid Transition Points ---- Applicabilities of Universality and Scaling Law -----
- No.627 Kohji Ohbayashi: Statistics and Correlation Analyser of Digital Signal for Quantum Optics.
- No.628 Shigeru Takayanagi, Motoki Takano, Yoichi Kimura, and Tadashi Sugawara: Kondo Effect in Superconducting Dilute MoCo, MoFe, and MoMn Alloys.

編 集 後 記

前号、本号と不馴れた編集の仕事を担当しましたが、何とか果し終えました。丁度その時期に所長交替が行なわれましたので、新旧両所長に原稿をお願いしました。また、伴野先生、石井さん、福田さんにもお願いしましたが、お寄せいただいたこれらの原稿に接して改めて感じたことは、今、内外の時局の変遷につれて、物性研が色々な意味で難しい時期を迎えているという事でした。各々の異った立場から、率直な御意見を快くお寄せ下さったこれらの方々に、改めて感謝致します。研究室だよりと研究会報告につきましては、一部の方々に、うるさく原稿の催促をして御迷惑をおかけしましたが、悪しからずお許し下さい。

東京都港区六本木7丁目22番1号
東京大学物性研究所

小 谷 章 雄
大 野 和 郎

次号の〆切は4月10日です。

