

物性研だより

第1卷
第5号
1962年1月

目 次

研究室紹介

- 川村研究室.....川村 肇.....1
- 豊沢研究室.....豊沢 豊.....4
- 牧島研究室.....牧島 象二.....9
- 塩谷研究室.....塩谷 繁雄.....11

研究会報告

- 磁気緩和研究会(II).....宮原 将平.....14

サロン

- 物性研と将来計画.....小野 周.....21
- 共同利用についての一提案.....伊藤 順吉.....24

Letters

- 海外通信.....28

研究室紹介

川村研究室

川村 肇

半導体の実験部門の建設は一部の設備を残して現在大体整備を終り、毎週一回又は二回のヘリウム液化運転の日には欠かさず実験を行いうる段階に達するようになつた。半導体の研究といつても結晶作成に関する問題又は比抵抗、Hall効果の測定等結晶学的、電気的、磁気的、光学的など多方面に亘る研究手段がある。その何れも重要ではあるが、我々の半導体部門ではサイクロトロン共鳴の装置を主力として設備が整えられた。サイクロトロン共鳴の特徴は固体の電子構造にいくつかの energy minimum があつたとき、それらを区別して測定することができ又 effective mass などその電子構造に関する定数や、relaxation time、各々の valley に存在する carrier の数などをかなり直接的に与えてくれるということにある。固体の電子構造や carrier のいろいろな elementary process を明らかにしたいという我々の興味に最も適合したものとしてサイクロトロン共鳴の装置の整備に力を注いだ次第である。しかし共同利用を建前とする物性研の趣旨にそつて半導体の所謂標準的測定もなしうるよう各種の装置が用意されている。以下現在整えられている実験設備を紹介し、その後で今とりあげている具体的な研究問題について簡単に説明させていただくことにする。

サイクロトロン共鳴の装置は 6 帯のものである。Signal の検出は、光又は電場による carrier の excitation の周波数（現在 375 c/s を用いている）に同期して検波し、X-Y recorder によつて記録させている。サイクロトロン共鳴の signal は一般にスピン共鳴の signal にくらべて十分強いで cavity などを使わざ試料を唯導波管の中に入れるだけでも十分である。しかし後に述べるように試料に当るマイクロ波の power が大きいと carrier は共鳴条件の下においてすぐ hot になるので、そうでない条件で実験したいとか、あるいは又 hole についての実験をしたいときなど signal の検出の感度をすつと上げる必要がある。そのときのために現在の装置は更に材料を cavity に入

れ、A F Cをかけ、signalをスーパーへテロダイン検波することもできるようになつてゐる。スーパーを使わないときの感度はマイクロ波の入射電力が～ $0.1 \mu W$ でも十分の signal を検出することができるというところまで行つてゐる。電磁石は低インピーダンス type のもので最大入力 14 KW, main current はパワートランジスターで制御され、磁場を零から時間と共に連続的IC sweep することができる。磁場の一様性はサイクロトロン共鳴の巾がスピニ共鳴のそれにくらべてずっと広いためそれ程問題とならないが、現在の装置は十分の性能をもつてゐる。またこの電磁石の出しうる最大の磁場は現在の gap 5cmで～17 k gauss であるが、6mmのマイクロ波を使いゲルマニウムを試料とする場合には、すべての signal は 7 k gauss 以下に納つてしまふ。

6mm帯のサイクロトロン共鳴の装置の他に 4mm 帯のものを現在準備中である。電磁石もより大型となり、ピッター型のものが電源の MG と共に近く地下の実験室に入ることになつてゐる。更にこの 4mm 帯から倍で 2mm を取り出し、それで実験することを予定している。6mm のマイクロ波のエネルギーを温度に換算すると $2.4^{\circ}K$ となり、2mm では $7.2^{\circ}K$ となる。液体ヘリウムをポンピングして現在容易に得ている温度で実験するとすれば 2mm 帯のときには、共鳴条件のとき平衡分布では carrier は殆んど最低の Landau level に凍りついていることとなり、より著しい量子効果の現われることが期待される。

このサイクロトロン共鳴に使われる試料は、予めその donor の濃度等その素性を知つておく必要がある。それには Hall 効果を低温まで測定すればよいわけで、そのためには比抵抗、Hall 効果を室温以下の任意の温度で測定できる装置が用意されている。しかし液体ヘリウムの温度になるといろいろと困難なことがあつて、現在そのための cryostat を改造中であるが、液体窒素の温度までならいつでも測定できるので、そのような測定を希望される方はどうぞ御利用願いたい。

試料作製のための装置としては、zone refining の装置と、単結晶作製のための引上装置がある。zone refining の装置は抵抗加熱方式で、真空中又は不活性ガス中で働くことができるようになつてゐる。引上装置は現在やはり抵抗加熱方式で、引上中十分温度が一定に保たれるよう controller がついてゐる。加熱方式を高周波加熱とすれば、この引上装置は floating zone としても使うことができる。なお doping の際には不活性ガス中で引上げねばならないが、現在アルゴンガスを入れてテスト中である。シリコンの結晶作製は今のところまだやつていない。

その他これらの結晶の比抵抗を手軽に測る四端子法による比抵抗測定器、又結晶を適当な形に切断するダイヤモンド・カッター、超音波カッターや、結晶の軸を光像法で決める結晶軸決定器等も用意されている。

ここで現在とりあげている具体的な研究問題について簡単に説明する。現在試料としてはゲルマニウムのみを使い、しかもその電子のサイクロトロン共鳴にだけ注目している。取りかかっている問題を大きく分けると二つに分けることができる。一つは carrier の relaxation time をいろいろな温度で測定することであり、もう一つは高電場をパルス状に試料に印加し hot electron にさせて、それのサイクロトロン共鳴を測定することである。

強いマイクロ波を試料にあてると、それだけでもう carrier の温度が上昇し共鳴吸収の巾が広くなる。その様子を $(1/\omega\tau) \propto (P/m^*)^{1/n}$ (P はマイクロ波の power, m^* はマイクロ波の振動電場方向の effective mass) の関係で示すと、理論はマイクロ波が弱くて電子温度と格子温度がほぼ等しい領域では $n = \infty$ 、マイクロ波が十分強くて電子は平均として十分大きな運動量をもち、格子と衝突して散乱される場合 phonon を吸収して散乱される過程は起り得ず専ら phonon の自然放出によつてのみ散乱されるような領域では $n = 2.5$ 、その中間の phonon の吸収も散乱に与るようになると $n = 4$ となることを示している。50 μcm のゲルマニウムを使って実験したところでは、我々のマイクロ波の power の available な range ($1 \mu\text{W} \sim 1 \text{mW}$) で 1.6°K ではほぼ $n = 2.9$, 4.2°K では $n = 4$, 12°K と 20°K では τ は power にほぼ無関係であつた。電子と格子が等しい温度にあるときの relaxation time はこのような power 依存性から power が零の点に外挿して求めなければならない。いちいちの温度につき、又純度の異つた試料につきこのよう手順によつて τ の測定が行なわれている。この実験では carrier の excitation は赤外線で行なわれているが、我々の実験条件では十分の数の電子が valence band から conduction band へと上るので、donor や accepter のような center は常に carrier を捕え中性中心となつていると考えられる。測定結果によるとそれらが格子振動と共に carrier の散乱に寄与しているというふうに考えていいようである。又 relaxation time に多少異方性もあるらしく、その方面も目下研究中である。

hot electron のサイクロトロン共鳴のもう一つの実験は、あまり強くないマイクロ波を試料にかけておいて、更にパルス状の高電場を試料に加えることによつて carrier を

excite するという場合である。このときパルス電場と磁場とを平行にしておくと、共鳴に現われる所謂サイクロトロンmass と、パルス電場の方向の mass とは一般に異なる。実験の結果によると各valley によるresonance curve の面積は、パルスの高さを高くすると共に、電場方向の mass が大きい valley のものは大きくなり、小さい mass の valley のものは小さくなることが観測された。これは電場方向の mass の大きい valley の電子は、この電場によつて、それほど hot にならないが、mass の小さい valley の電子は非常に hot になり、そこできた温度差により intervalley transition を通じて熱い valley から冷たい valley へと電子が流れいくためであろうと考えられる。hot electron に関する実験は種々なされているが、比抵抗などを測定するものでは各valley の電流への寄与の加え算したものしか解らないのに対し、サイクロトロン共鳴の方法は各valley を区別して測れるということから、特に直接的な知識を我々に与えてくれる。このような解釈から intervalley scattering の大きさを直接求めるという可能性も考えられる。

以上川村研究室の研究設備、研究内容などについて現状を簡単に説明したが、今後他の部門、特に理論の豊沢研究室とは密接な接触を保ちながら研究を進めていきたいと考えている。現在毎週月曜午後4時から豊沢研と合同の雑誌会を行つている。

豊 沢 研 究 室

豊 沢 豊

我々の研究室は、実験と理論との協力が特に緊要となつてゐる半導体分野で、その理論面を担当するという趣旨で発足しました。特定分野の実験と密接に結びついた理論研究室は現在既に幾つかありますが、いわばそのテストケースでした。

物性研究所のあり方については、物性グループを始めとして多くの方々から、様々な機会に希望や意見が出され、実験理論の協力ということもその中の一つの重要な旗印であつたと思いますが、さて我々自身その真只中に立つてみて、更めてこの仕事の難しいことを体験しながらやはりやり甲斐のあることだと感じるようになりました。一方では自然のままのままの姿をみ

つめながら、その背後にかくされた根本的な原理をも見失なわぬよう、二つの力を張り合ひ所に研究の場を作りたい、というのが我々の念願です。現在川村研究室と共に半導体実験を中心としたセミナーをもつ一方、かなり基礎理論まで含めたセミナーも行っています。これには物性研究所外からも数名加わり、仲々にぎやかです。

さて、研究内容について具体的に書きましょう。

a) サイクロトロン共鳴 これは、川村研で行われている実験的研究との協力を中心としたものです。Ge の電子の場合のように、バンド構造の簡単なものでは、共鳴曲線の解析を通じて電子の散乱機構に関する知見が得られます。共鳴曲線の幅や形が、マイクロ波の power と共に変る現象については、hot electron の一問題として、花村栄一氏（東大工、大院）を中心として計算が進められています。共鳴に近い所では電子が熱くなるため緩和時間が短いが、共鳴から外れた所では殆んど熱くならないという理由から、共鳴曲線が通常のローレンツ型から著しくはずれること、又熱い電子ではフォノンの放出のみ行うため、幅が power の $\frac{2}{5}$ 乗に比例することなどが結論され、実験結果が大体説明できます（Tech. Rep. No. 33）。

この実験結果の討論の間に出了た一つの疑問 — impurity が若しあればそれは幅にどの程度寄与するか — がきつかけとなつて、サイクロトロン軌道の平均半径（この実験では 10^{-5} cm 位）よりも大きな範囲でゆつくりと変化しているような摂動ポテンシャルを受けた場合のサイクロトロン共鳴の幅は、何できるか、という一般的な問題に発展しました。摂動ポテンシャルの磁場に垂直な平面内での二次元ラブラシアンによる局所的な求心力が Lorentz 力に加わって、固有の共鳴振動数を shiftさせ、一方このサイクロトロン軌道の中心が、熱運動及び上記摂動によつて動くために、この shift が時間的変動を受ける結果幅がつくという、いわゆる frequency modulation の一つの場合であることまでは容易にわかりますが、さて現実のイオン化不純物、転位、長波の格子振動（低温での熱振動、又は超音波）に対して、たとえば motional narrowing が起るかどうかというようなことは、今後の具体的な研究にまたねばなりません。

一方、Ge の hole のように、複雑な縮退構造をもつバンドでのサイクロトロン共鳴では、散乱機構よりもむしろ電子的な構造自体が興味ある研究対象になります。これについては、助手の井上正晴氏が中心となり、かつて手がけたグラファイトのバンド構造と輸送現象の研究の一つの延長として、幾つかの計画を立てています。Landau level が等間隔でないこと

から来る共鳴の幅と shift の power 依存性、それを利用して hole temperature を直接に知る可能性、縮退したバンドでの、磁場による interband effect の diamagnetismへの影響、stress による変化、hole 特有の Stark 効果を通じて ionized impurity がサイクロトロン共鳴の幅と shift に及ぼす影響、負質量を利用したマイクロ波放出の可能性など、思いは果しなくめぐり、今後の川村研の実験にも多くの期待がかけられます。

b) 不純物伝導 サイクロトロン共鳴を、極度に simplify した条件のもとで一電子のエネルギー帯構造と散乱機構をすばりえぐり出す鋭利なメスにたとえるならば、不純物伝導の現象は、random な舞台で多電子入りみだれる修羅の巷でしょう。しかし、素材となる不純物単位自身については (Ge, Si に関する限り) 多くの知見が得られている現在、この現象は、randomness 及び多電子効果という興味ある理論的问题を研究するための好個の場を提供しているように思われます。

周知のように、不純物伝導は、不純物の密度により、低密度における局在電子型と、高密度における金属型とにわけられますが、これが電子相関効果によるものか、ボテンシャルの空間的振動によるものは、未だ十分明らかにされたとはいえない。中間の密度領域であらわれる活性化エネルギー ϵ_2 がこの問題を解く一つの鍵と思われますが、既に局在電子が一ついるドナーの上をわたり歩いていくような conductive 状態(伝導帶ではない)へ電子を上げるための励起エネルギーであるとすれば、磁場をかけて局在電子のスピンをそろえることにより、励起電子の運動を支配する transfer energy の coherency がかわつて、 ϵ_2 がかなり大きな変化を受ける筈です。これは現在計算中ですが、もしこれが測定により確かめられれば、上記二つの型のうつりかわりを電子相関効果に帰するための一つのきめ手となるかも知れません。

一方高密度側では、以前松原教授との共同研究でしらべましたように、電子相関を無視し、不純物の配置の randomness の効果だけをとり入れることにより、電気伝導の大局的な所はつかめます (Tech. Rep. No. 24)。所がここに負の磁気抵抗という頭の痛い問題があらわれました。電気試験所の佐々木亘氏やその他の方々によつて、実験的には既によくしらべられた現象ですが、金属型とみなされている濃度領域であるにもかかわらず、局在したスピンも若干あるのではないかという嫌疑が濃厚です。このようなことが、電子相関と randomness とのからみ合いの効果として理論的に基礎づけられるものかどうかが、困難な問題と

して我々の前に立ちはだかつており、最近問題になつてゐるOverhauser の density fluctuation や Anderson の localized magnetic state との関係などもゆづくり考へてみたいと思つています。

とにかく、中間密度から高密度にかけてスピンの配列と運動がどうなつてゐるかは、我々の最も知りたい所ですが、大塚研究室で計画されている不純物伝導領域での E.S.R. や比熱の実験に期待しつつ、理論的な準備も怠りなく進めたいと思つています。現在始めている不純物帶での電子—格子緩和時間の計算は、hot electron の実験（電気試験所）との関連もさることながら、間接にはこのような将来計画への一環ともなつています。

c) 電子—格子相互作用と結晶内電子の運動の型 イオン結晶などで、電子（正孔）のエネルギー帯の幅が狭いときや、電子—格子相互作用が強いときは、いわゆる自じよう自ばく状態が安定になるといわれていますが、通常重要視されている polar mode よりは、むしろ short range の相互作用をもつ accoustical mode が、バンド型か自じよう自ばく型かをきめる要因になつてゐるのではないかという嫌疑がかけられます。 short range の場合、相互作用常数のある値を界として、両型の間の不連続なうつりかわりが起るという以前の証明（Tech. Rep. No. 16）は、一般の相転移の議論と同じく、未だ完全なものとはいえませんので、相互作用が long range であるか short range であるかの差異を、もつと厳密に、又直觀に訴える形でしらべるため、Feynman 流の Path integral 法を援用してみようと思つております。

一方、もう少し粗い近似で、バンド縮退（例えば P—バンド）を考慮するとか、相互作用ハミルトニアンのモデルを色々かえる（例えば、atomic function を base とする表示で、通常の変形ポテンシャルのように対角要素だけをとるか、隣接原子間の共軛結合をとり入れて非対角要素を重視するか）とかして、一中心型、二中心型（例えば Känzig center）等種々の configuration の自じよう自ばく状態の中、何れが最も安定かを議論することも考へています。

このような自じよう自ばく電子が、熱的に結晶中を動きまわるとき、通常考えられている hopping 型の場合以外に、drift 型とでもいるべき運動を起す場合も考えられます。これは、自じよう自ばく電子が、ひずみから一旦完全に解放されて伝導帶に上り、しばらく自由な運動をした後、どこかで再び、自ら惹き起したひずみにとらえられるような運動ですが、この辺から先空想を逞しうすることはやや危険かも知れません。

実験的には、Känzig centerが確立されたアルカリハライドの正孔の場合の他に、 TiO_2 で電子が低温で自じよう自ばくするという説を、Washington の Frederikse 一派がもつていますが、日本ではより慎重で、格子欠陥説が強いようです。

分子結晶での電子の運動では、分子内振動が重要な役割を演じることはいつか山下教授も指摘されたところですが、これと分子間の格子振動とが、電子の運動にどのようにからみ合つて影響するかは、有機半導体の研究が活発になりつつある現在、重要な理論的課題だと思います。この場合、運動の速さからみて、大体、分子内振動>電子移動>格子振動 であり、二種の相互作用の強さとの間の大小関係如何に応じて、様々な運動の型が可能になるのではないでしょうか。

d) 分子結晶の励起状態 しかし分子結晶では、電子状態の研究すら未だ不十分だという事情もあるようです。それは、分子構造論で行われたような計算を、そのままの level で結晶に拡張しなければならぬという意味ではなく、分子内励起と結晶の conductive な励起状態との間の関連が定性的にすら明らかにされていないということです。前者が後者より高いエネルギーをもつという事実は、イオン結晶や Ge 等で我々がもつている励起子、伝導帯の概念とは本質的に異なる描像によらなければならぬことを示唆しているように思われます。Fox のように Frenkel exciton と Wannier exciton を区別して扱かう便法もあるでしょうが、根本的にはやはり電子相関の問題として、真剣にとり組まねばならぬ事柄だと思います。近頃、殆んど metallic な有機化合物ができているようですが、結晶を構成する分子の半数だけが不对電子をもつているような場合、metallic になるか insulator になるかという問題は、磁気的性質などと共に興味をひかれる問題です。

しかしこの辺になると、物の名前をきいてはその途端に忘れ、亀の甲が沢山並ぶと何か頭がぼんやりしてくるような我々は、まだまだ勉強不足で、物性研究所内外の化学関係の方々から、機会ある度に具体的なことを教えて頂きたいと思っています。電子相関に関したことなどは、いわゆる化学屋と物理屋とでは、まるで違つた言葉を使いながら、案外同じようなことをいつているのではないか、そうだとすれば、我々の化学的センスの欠如とやらも、結局は言葉の問題に帰することができるのではないか、という安心感も時には湧いてこようというものです。

以上、研究室で考えたり、議論したり、計算したりしていることを、とりとめもなく書きならべている中に、予定の枚数を大分超過してしまつたようです。研究室単位で考える限り、これだけの計画は実行不可能です。あくまで物性研内外の色々な研究グループとの協力を前提と

しての話であり、又現在も密接にコンタクトをもつてゐるというか、むしろ引きずりまわされている次第です。一方、以上のような問題に興味をもち、我々の仲間に加わつて議論をもちかけたり、共同研究をしてみようという若い研究者の方があらわれれば歓迎したいところです。又上記のような構想なり、研究内容について色々御批判や御意見をお寄せ頂ければ幸いです。

牧 島 研 究 室

牧 島 象 二

光物性的研究は螢光、燐光、光吸收、光電導等扱う対象も方法も割合に型にはまつてゐる。データばかり豊富で一向核心に触れた研究の見当らない感がする。そこで何とか異つた角度から光物性の基本問題を衝くような研究をしたいのが私共の狙いである。以下の研究はこの趣旨にもとづくものである。

1. 固体内の Localized Excitation とその行方 亜硝酸イオン NO_2^- はその π 電子にもとづく光吸收を近紫外部にもち、かつ低温ではこの吸収またはその逆過程の螢光に NO_2 基の振動構造が附随することが知られている。この構造を手掛りとして亜硝酸アルカリ単結晶の吸収及び螢光の偏り、稀薄に NO_2^- を含む系の matrix の影響、相手の陽イオンの種類や添加した重金属イオンの影響などを調べ、固体内の localized excitation が周囲と如何なる交渉をもつかを追求している。

2. KCl:Tl 系に対する Williams-Seitz 理論の批判と、局所的錯結合を固体発光の重要な一因と考える提案 2つの方向からこれの証拠を提出しつつある。一つは上記亜硝酸アルカリが Tl^+ , Pb^{++} 等を含むとこれらイオンと NO_2^- との間に錯結合を生じて新たな光吸收と螢光(何れも母体より長波側に出現)を生ずる事実、これらの新しいスペクトルに NO_2^- の振動構造の認められる事実、吸収の振動子の方向は NO_2^- の平面に直角であるが、螢光の振動子は NO_2^- と Tl^+ 等を結ぶ方向であること、などより少くとも $\text{NaNO}_2 : \text{Tl}$ 等では NO_2^- と Tl^+ との間の錯結合が発光の主因であることが確かめられた。他の別の方向の研究はハロゲン塩水溶液に Tl^+ , Pb^{++} , Hg^{++} , Ag^+ 等を錯塩として溶解したときの吸収と螢光の研究である。 Tl^+ を含むばあい、 Cl^- の濃度と共に光吸収は長波に移り、 Cl^- が濃

くなつた極限においてアルカリクロライド: Tl 結晶のはあいと殆ど一致し、この吸収による螢光も KCl: Tl などの A-band と一致する。Tl⁺ 以外の重金属のハロゲン錯塩でも類似の性格を示す。しかし錯塩を造らぬ F⁻ イオン溶液中では Tl⁺ を加えても吸収も螢光も示さない。これらは Tl⁺ の localized excitation の基礎を置く Williams - Seitz 流の理論 (KCl: Tl⁺ 以外にも Cu⁺, Ag⁺, その他を activator とする場合にしばしば使われる) に対し重大な疑問を投ずるに十分であると信ずる。

3. 強誘電体の光物性的研究 強誘電体 BaTiO₃ に希土類の Sm⁺³ を 1 mol% 程度加えると、それの示す Sm イオンに特有な線状螢光の解析より、Sm⁺³ が Ba⁺² 位置と Ti⁺⁴ 位置に分配されることを知つた。そして Sm⁺³ スペクトルの配置および微細構造から BaTiO₃ における内部結晶場は Ti 位置の方が Ba 位置より格段に強く、恐らくこれが自発分極の重要な原因となるべきことを推定させる。今後電場をかけてスペクトルの微細構造の変化を調べ、強誘電分極の本質をつくことを狙つている。同様の研究を強誘電体の NaNO₂, KNO₂ 等にも適用しようとしている。

4. アルカリ土類硫化物、酸化物等の光物性的研究 2 元化合物のイオン性、等極性によつて配列するとつぎのようになる。

アルカリハライド — アルカリ土類 — ZnS — CdS 等 — GaAs 等
硫化物、酸化物 — InSb 等

← イオン性

→ 等極性

両極端のアルカリハライドと III-V 族化合物はかなりよく研究されたが、中間は不十分である。ZnS, CdS, ZnSe 等の研究は近年盛んになつてきたが、これらは存外複雑で簡単に解決できぬ点が多い。そこで ZnS 等よりもう少しイオン性が強く、しかも現象の ZnS 同様に顕著な CaS, CaO, BaS 等を扱うと話が一層明らかになるのではないかと考え、これらの物質をもう一度見直す必要を感じる。

なお、ZnS 系については広い角度から次記の塩谷研究室において研究している。

また研究室の運営方法については塩谷研究室の記載を、両研究室でしばしば使う装置類については末尾のリストを見て戴きたい。これらの測定装置の一部は共用施設である。

塩 谷 研 究 室

塩 谷 繁 雄

1. 研究室の運営

牧島研究室と同様に、主として無機固体の光学的性質、とくにルミネセンスを研究対象にしているので、両研究室の協同討議により主要な研究目標が定められている。現在のところ、塩谷研究室は主として、II-VI族およびIII-V族化合物結晶など比較的、半導体的性質の大きい物質の研究を分担している。

光物理上の研究には、まとまつた固定設備よりも、各種の分光器、光源、受光装置など多くのユニットを、測定の性質に応じて種々に組み合せて使用する場合が多いので、主要な研究設備、測定器具は、両研究室の協議により購入され、共同使用している。

なお、両研究室は毎週一回、文献紹介その他の討論のための輪講会をもつているが、その他に格子欠陥部門と隔週に一回の合同輪講会を開いている。

2. 現在の主要な研究題目

大分すれば、次のような研究テーマをもつている。

1. ZnS を主とするII-VI族螢光体(ZnS, CdS, ZnOなど)における発光中心の研究
2. ZnS, CdS(その他GaNなどIII-V族化合物をも含み)などの高純度単結晶の作製に関する研究
3. 硫化亜鉛螢光体を主体とするエレクトロ・ルミネセンスの研究
4. 各種螢光測定装置の試作研究

以下に具体的な研究内容を簡単に挙げれば

a. ZnS 螢光体における増感現象の研究

ZnS 結晶における各種不純物の間の増感伝達現象の機構を実験的に調べている。現在迄に、ZnS(Pb, Mn) 螢光体について、2種の活性体イオンの間に、光電導機構によらない伝達機構が存在することを実験的に確認し、これを共鳴伝達機構に基づいて解明した。

(塩谷、江良)

b. ZnS 融光体における銅イオン中心の研究

$ZnS(Cu)$ 融光体を種々な焼成条件によつて作製し、結晶内における Cu 中心の性質、およびこれと各種の格子欠陥との関係を調べている。現在迄に特定の条件で生じる赤色発光について、格子置換 Cu^{+} イオンと格子の S イオン空孔との結合中心のモデルを設定することにより、多くの実験結果を説明することができた。（塩谷、藤原、江良、国府田）

c. ZnS , CdS 結晶の自己活性化発光の研究

種々な熱処理によつて生じるこれら結晶の自己活性化発光と格子欠陥の関連を調べている。 CdS 単結晶の吸収端発光についてスペクトル、偏光などの測定を行い、これらの結果を陰イオン空孔のモデルにより半定量的に説明した。また、硫化物結晶における励起子の問題も調べている。（国府田）

d. ZnO の光伝導性、ルミネセンスの研究

粉末 ZnO 試料について、光伝導性と表面状態、とくに吸着イオンによる表面電子準位との関係を調べている。又、熱処理によつて生じる吸収帯、発光帯の性質を、測定中である。（塩谷、蝦名）

e. ZnS のエレクトロ・ルミネセンスの研究

実用 EL 融光体の特性とその基礎的機構について調べている。EL 試験研究グループで、基礎物性の研究を分担している。（塩谷、国府田）

f. 各種融光測定装置の試作研究

牧島研究室との協同で、融光スペクトル自記測定装置、赤外発光分光測定装置、などの試作研究を行つている。また、融光体についての電子スピノン共鳴吸収測定装置の試作と準備的な測定を行つている。

g. 気相法による ZnS , CdS および GaN 単結晶試料の作製（国府田、江良、田本）

また、高圧タンマン炉による硫化物単結晶の熔融法による作製を準備中である。

3. 今後の研究方針

融光体の光学特性に關係する種々の素因 — 結晶自身の光学的性質、各種格子欠陥、結晶内不純物の状態など — を高純度単結晶について組織的に研究する。

装置類

光学的なもの

- Cary spectrophotometer (185m μ ~2.65m μ)

吸收一般

- 発光スペクトル自記装置 (ナルミ製)

発光スペクトルの測定

- Kipp double monochromator (200m μ ~6m μ)

- 大型分光器 1.5cm硝子プリズム3個

分散 546m μ で 17.6 \AA/mm

- Leitz 万能顕微鏡

- 光学測定用液体ヘリウムデュワー (金属製)

電気的なもの

- E L用パルス電源 (三協電機製)

繰り返し 50c/s~100KC

出力電圧 1200V

パルス巾 最小 1μsec 立上り 0.3μsec

電気炉

- スーパーカンタル炉 (プログラムコントロール付)

最高 1800°C 焼成一般, CdS 単結晶製作

- タンマン炉

最高 3400°C ZnS 単結晶製作

- 高圧タンマン炉

最高 3400°C 同 上

圧力 常用 10気圧, 最高 20気圧

- Bridgeman 炉

最高 900°C 亜硝酸塩単結晶の製作

研 究 会 報 告

磁 気 緩 和 研 究 会 (II) 報 告

宮 原 将 平

磁気緩和機構の研究会(II)はそれの(I)のあとをうけてひらかれるはずであつたが、9月に京都で国際磁気学結晶学の会議がひらかれるという事情を考え、世話人近角、飯田、宮原の相談で、その学会への日本の参加者の準備会の色彩をもあわせてもたせることとして、8月28、29、30、31の4日間にわたつて物性研でひらかれた。そのためにはじめの3日間は講演・討論ともに英語をつかうことときめられた。しかしそのためにはじめに学問的討論が深まらないといけないので、最終日は日本語で補足討論をすることになつた。

これらの講演は殆どそのまま9月の会議でくりかえされた。会議の proceedings もいすれ出ることになるので、ここにその内容をくりかえしてもあまり意味がないと思われる。この点は、この研究会報告がいつもの報告とはちがう点である。ここではいちいちの報告と討論をくりかえすことをやめ、そこで行われた興味ある討論、とくに表題に関係のある緩和機構についての討論をおいて報告を書いてみる。

第1日目(8月28日)には金属合金の磁性の問題が第一の主題で

谷口：The Paramagnetic Susceptibility of Some b.c.c.
Transition Element Alloys and its Temperature
Dependence.

広根・安達ほか：The Magnetic Properties of Gold-Manyanese
Intermetallic Compounds.

安河内・兼松・大山：Magnetic Studies of the Biinary Systems
(Mn, Fe)-(Ge, Sn)

中川ほか：Magnetic Properties of Mn-Zn Alloys.

坪谷・杉原：The Magnetic Phase in Mn-Al-Co, -Ni, -Cu and

—Fe Ternary Alloys.

などがあつた。つづいて第二の主題であるThin Filmに関して

高橋ほか：Magnetic Anisotropy of Evaporated Film.

木村・能勢：Spin Wave Resonance in Ni and its Alloy Films.

権藤・船渡川：Structure of Domain Wall in Thin Films.

辰本・桑原ほか：Magnetization Reversal in Permalloy Films.

などがあつた。Thin Filmについては実験結果がちがうためにいろいろな論議があつたが、つづこんだ議論は最終日になされた。木村・能勢氏のものについては、多くの薄膜関係者が、表面が free であるか fix であるか、それによつて pinning の機構を問題にしているのに対し、その実験は δ の温度変化そのものを spin wave の方からきめることを主目的にしていてその点がこの研究者と討論者との観点のくいちがいであつたようである。

第2日目(8月29日)には金属の異方性、緩和現象が第一の主題であつた。そこでは

近角・脇山：Magnetic Annealing Effect in Fe-Al Single Crystal.

青柳・山本・谷口：The additional Magnetic Anisotropy Induced by Magnetic Anneal in Ferro-Magnetic Face-Centered Cubic Solid Solutions.

対島(国)：Disaccommodation of Si-Fe Single Crystal of Frame Type.

高木ほか：Forced Magnetostriction in Ferromagnetic Alloys with the Order-Disorder Transition.

などがあつた。近角氏らおよび青柳氏らの研究は、directional orderによる異方性の問題と、それがつくられる kinetics すなわち relaxation の問題とをふくんでいる。その意味で relaxation の研究会として十分討論せらるべきものであつたと思うけれどもそれほどの多くの議論はなかつたようである。

この日の第二の主題は ferrite の異方性と緩和の問題であつた。ほかに伊達氏のレゾナансの話もあつた。すなわち

伊達：Antiferromagnetic Resonance and Anisotropic Exchange Interactions in $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

山口・坂本: Magnetic Properties of Zn Substituted Co-Ti Spinels.

宮田・船渡川: Magnetostriiction Constants of $Mn_xFe_{3-x}O_4$ Ferrites.

飯田・井上: Theoretical and Experimental Study of Induced Anisotropy in Iron Cobalt ferrites and Disaccommodation Phenomena in Ferrites.

太田・山田谷: Magnetic Anisotropy and Disaccommodation of Mn-Zn Ferrites.

窪田・柳瀬・田原ほか: Induced Anisotropy in Cobalt Substituted Iron-Rich Nickel Ferrites.

などがあつた。この主題は前回の研究会のときにも熱心に議論されたものであつて、今回も熱心な討論がなされ、最終日に日本語でもつづけられた。それについてあとでくわしく述べたい。

第3日(8月30日)には、酸化物、その他の化合物の磁性がその主題であつた。

宮原: The John-Teller Distortion in Magnetic Spinel.

小島ほか: Temperature Dependence of Domain Width in Thin Layers.

岡崎・末宗: The Crystal Structure of KMF_3 .

白鳥・飯田: Anomalous Temperature Variation of Lattice Parameters in CrO_2 .

中道・山本: Antiferromagnetic Magnetostriiction in CoO and NiO Single Crystals.

岩田(正), 岩田(孝), 山本: On the Memory Effect of the Permanent Magnetization through the Low-Temperature Magnetic Transition in αFe_2O_3 .

田崎・飯田ほか: Some experimental Studies on the Parasitic Ferromagnetism of αFe_2O_3 .

禅ほか: Reduction of the Saturation Magnetization by

Quenching and by Pressure Squeezing in Some Ferri-magnetic Compounds.

広根ほか：On the Magnetic Anisotropy of Pyrrhotite and Iron Selerride.

寺西：Magnetic and Electric Properties of Chalcopyrite があつた。

3日間の講演のあと、第4日目はその全般にわたつて日本語で討論をした。英語のたどたどしい討論と日本語の討論とをあわせて、とくに前回との関係ある題目について重点的に述べた。

とくに第2日目に討論された disaccommodation については盛んな討論があつた。この研究会の第1回でも ferrite の D.A. については大いに議論があつた。その際に討論の結論がほぼ一致していた点は、ferrite(とくに Mn-Zn ferrite) の D.A. の原因は電子の移動によるものではなく、原子の移動あるいは空格子点の移動によるものであるという点であつた。しかし一致しない点としては、D.A.の原因となる異方性の発生の機構についてであり、また空格子点の役割りであつた。

飯田氏は Co-ferrite についての永年の実験的研究と理論的考察とによって異方性の発生は 1 イオンによるものではなく Co, Fe イオンの configuration によるものであり、ある configuration から他の configuration への transition の理論的考察から relaxation time(s) が算出されるものであり、またそのような移り変りのためにには必然的に空格子点を必要とし、その結果として空格子点の濃度は relaxation time(s) に対して決定的役割りをもつが、* それ自身が異方性の大きさをきめるものでないことを示した。飯田氏は Mn-Zn ferrite の D.A. も本質的にはこれと異ならないものであると考え、その考えに基き井上氏とともに次のような実験を行つた。

普通の熱処理で作られた Mn-Zn ferrite はその純度が高く 5000 程度の μ をもつものでも D.A. が存在する。これを真空石英管に封入し熱処理をすると D.A. はむしろ著しくなる。これは飯田氏によれば不均一的に試料表面附近に多かつた酸素が内部に拡散し、全体がやや酸素過剰の（すなわち空格子点の多い）状態になる。それゆえかえつて D.A. (すなわち異

* $\tau = \frac{1}{9.6 \rho z_0 \exp(-Q/kT)}$, ρ : 空格子点濃度

方性エネルギー) のための緩和時間が短くなる。それで結局 D.A. が著しく観測される。ところが、このような試験を十分な非酸化的条件の下に熱処理すると(飯田氏らは金属鉄共存の下に非酸化的条件をつくり出している) 緩和時間は著しく長くなり、实际上 D.A. はみられなくなることを示している。

飯田氏の結論によれば、この実験は Co-ferrite により実験的にたしかめられた理論(とくに空格子点と緩和時間についての)を Mn-Zn ferrite に適用して満足すべき結果を得たとしている。

これに対して太田・山田谷の実験は異った結果を示している。両氏は酸化的条件で作つた試料(従つて空格子点が多いと思われる)で直接に誘導異方性を測定した。誘導異方性の形成されてゆく過程と μ の変化する D.A. の過程と一致することから D.A. の原因が異方性の形成によるものであることを直接にたしかめた。また異つた程度に空格子点をもつ試料(Fe_2O_3 の過剰量が異なる)によつてしらべたところ、空格子点の多少は直接に異方性の最終値と関係し、その多少と緩和時間とはあまり関係がないという結果となつた。このことは飯田氏らの結論とは正反対のものである。飯田氏の実験に対しては、Co-ferrite についてはよいとしても、Mn-Zn ferrite では μ の変化を測定しているだけであつて、しかもその結果だけからは、緩和時間が変つたのか μ の変化の最終値が変つたのか明らかでない、という批判があつた。それに対し飯田氏は、理論的立場から空格子点に比例するような異方性の機構は考えられないとした。さらに実験的には太田・山田谷らの熱処理では試料の均一性が保障されない。それゆえその実験での酸化の程度の大小は空格子点の濃度を均一に変化させているのではなくて、単に濃度の高い部分のひろがりを変えているのかもしれません、もしそうだとすれば山田谷・太田の実験結果は飯田氏の考えを否定することにはなり得ないという意見を述べた。

太田氏はその実験は熱処理試料の表面をけずりとつたものに対しても同様の結果を与えることから、不均一の可能性をとりのぞいたと考えた。近角氏は実験事実からみて、一般の ferrite の誘導磁気異方性と Mn-Zn ferrite の D.A. とは異なる機構のものではないかという推定を述べた。

D.A. の問題はこのように複雑であるが、さらに次の点に対する注意が指摘された。それは多くの実験において空格子点濃度は直接測定されていないということである。飯田氏の場合は空格子点濃度は同氏の "theory" によつて緩和時間から逆算されたものというべきであり、また太田・山田谷の場合は Fe_2O_3 の過剰分を変えることによつて空格子点を変化させている。しかし Fe_2O_3 の過剰分を一定にしたときでも Fe^{2+} と空格子点との数が独立に定まるとは

いえない。これを測定することはなされていない。分析によつて Fe^{2+} の量が求めうるのは、その量がかなり多い場合であつて、しかもその誤差がかなりあるので飯田氏の問題にするよう 10^{-4} 以下の空格子点を測ることはできない。太田・山田谷の実験は空格子点濃度の大きいところを問題とし飯田氏はそれの小さいところを問題としている点にも、議論のくいちがいが見られた。

問題をいつそうむずかしくしたのは柳瀬氏らの Cobalt substituted Iron-Rich Nickel ferrite である。この場合には空格子点の濃度は緩和時間にも、異方性の大きさにもきくようにみえるからである。また空格子点濃度と緩和時間との関係も飯田氏が Co-ferrite で導いた(1)式の如く簡単ではないことが指摘された。この緩和時間については飯田氏の定性的な説明があつた。

(Mn-Zn ferrite の D.A.についてはこの研究会でかなりの議論がなされたために京都ではかえつて討論が少なかつた。日本の研究者の討論の概要を外国研究者に紹介する機会があつたらよかつたかもしれない。)

全体を通じてみて、興味ある討論があつたもう一つのものは hematite に関するものと思う。Hematite は -15°C 附近に変態がありそれ以上の温度ではいわゆる weak ferromagnetism が (111) 面内にあらわれる。この変態温度以下にも weak ferromagnetism があるかどうか、またその weak ferromagnetism は Dyaloshinski-Moriya の理論によつて説明されるものかどうかが問題点である。これらの点で、岩田夫妻らの研究と飯田・田崎氏らの研究とは異つた結果を与えてゐる。岩田氏らの研究では十分純粋な合成多結晶試料で、ふつうには変態点下での自発磁化はないが、変態点を過ぎる加熱サイクルによつてその上の磁化があらわれ、上の温度にまで“記憶”されることをしらべてゐる。そして記憶現象に対して変態点下の磁化の役割りを重視してゐる。飯田氏は試料を種々な条件でつくり、変態点下の自発磁化は試料の欠陥(酸化・還元)によるものであること、また微量の不純物が変態温度を下げるこことを指摘し、同氏らの研究室で製作に成功した“純粋な”合成単結晶では変態点下で磁化は全くないことをたしかめた。飯田氏の見解では記憶は次のような機構でおこると考えられる。高温で $<111>$ をむいてわずかにかたむき (111) 面に weak ferro をもつてゐる状態は E.L 磁場をかけられれば (111) 面のある方向へ合成磁化がむき一種の一軸性を獲得する。これが変態点下では(磁化はあらわれなくても) 記憶された反強磁性スピニ排列をあたえる。ふたたび変態点より上にあげれば、反強磁性配列に憶えこまれたスピニ配

列がスピンが△11へ向きかわるときに“想い出され”わずかのかたむき(weak ferro)の方向にふたたび実現されるというのであつて、この場合変態点下の自発磁化のたすけを全くかりないのである。この点が、それを本質的と考える岩田氏らと全く正反対である。

Dyaloshinski-Moriya の機構については、飯田氏は完全なhematite ではそれでよいとし、岩田氏らはそれ以外のものをつけ加えるべきであるとしている(京都会議でLin は変態点下の自発磁化が存在し、それが異方的であるという主張から、Dyaloshinski-Moriya にはあまり賛成でないようみられた)。

最終日には日本語の相談のほかにこれから後の磁気関係の短期研究会について希望が出された。それにもとづいて近い将来に薄膜に関するもの、金属間化合物に関するものの研究会が計画された。

この研究会でも薄膜に関するかなりの討論があつたが、それは薄膜の研究会においてさらに深められると思うので、ここでは以上の報告にとどめる。

サ　　ロ　　ン

○ 物性研と将来計画

東大教養 小野周

物理学研究連絡委員会では昨年来、物理学研究の将来計画の検討をしている。原子核物理学の将来計画は、原子核研究特別委員会、物性に関する将来計画は物性小委で立案してすることになつていて、物性に関する計画もまだ物性小委員会でまとまつてゐるわけではないが、大阪、東京のグループでそれぞれ具体案が練られている。金森順次郎氏を中心とする大阪のグループの具体案が現在では相当有力な原案の一つになつていて、この案は大阪案あるいは金森案とよばれているもので、金沢の物性物理学の将来計画のシンポジウム（概要は学術月報に掲載）で発表され、また近く物性小委でまとめた他の将来計画とともに「物性論研究」12月号に掲載されることになつていて。

この金森案の場合もそうであるが、現在物性小委では、物性物理の研究を推進するのには差当り第二物性研ともいるべき特別の研究所をつくるということを考えず、全国の大学院を持つ大学の物性関係の講座を新設、拡充すべきであるという意見が圧倒的である。どの程度に充実すべきかということに関しては、金森案によると次のようになる。

1. 講座の研究費の増額：一講座当り年間 500 万円（そのうち 250 万円程度は人件費にも使えるようにする）。
2. 旅費の増額：大学間の交流の促進のため必須
3. 機関研究費：年間 3 億円、要求を中途半端で打切らないようにする。
4. 特別設備費：大規模設備のために特別設備費を設ける。定常状態では 1 億円程度でよいが、現在では要求が多いから最初は増額する。
5. 講座制の改善：教授 1、助教授および講師 3、助教授、講師のふりわけは各大学の自治にまかせ定員を設けない。講座制は人員予算の算定の基礎にするもので、講座制をまもるかどうかは各大学にまかせる。
6. 技術員の充実：一講座当り専門技術者 1、補助技術者 1。

7. 大学の物性関係の講座：将来一大学における物性関係の講座は8～9程度（全国で総計50～60講座の新設）

8. 計画の進行速度と予算：5年計画で約70億円。5年以後は年額9億円程度の経常費。
上の将来計画をみると、これはちょうど現在の物性研の1/4～1/3程度のものを各大学（大学院のある大学）に設置することになる。また、この金森案が実現するとなると、この新設の各大学の物性講座と物性研究所との違いがどこにあることになるのであろうか。上の予算の規模等からみると、物性研の方が講座数が多いというだけで、結局金森案は現在の物性研の1/4～1/3のものをそつくりそのまま各大学につくることになる。また一方物性研が現状のままで、金森案が実現すれば、物性研の立場はどうなるであろうか。

現在の物性研は一講座あるいは半講座が一研究室になつていて、これらの研究室が各々独立性を保つて研究している。したがつて、その点各大学の学部の研究室と異なるところはない——学部の場合は教育の研究という二重構造になつてある点を除けば——。またこの点は核研と研究組織の上で非常に違つてゐる点である。現在物性研がめぐまれた研究条件の下にあるといふのは講座新設費等のため予算的にめぐまれ、優秀な研究者を集めているからではないか。金森案が、実現すれば施設の上では、各大学の物性研究のレベルは物性研に追いつくと、物性研の予算が金森案に相当してレベルアップされることを考慮に入れても、各大学と物性研の間には質的な相違はなくなつてしまふかもしれない。もちろん研究の成果は設備だけではなく、研究者によるわけで、同時に優秀な研究者を確保することが必要なことはいうまでもないが、潜在的には各大学の物性講座は物性研とまったく同等なレベルに並ぶことになつてしまう。

金森案は現在では絵に書いた餅に過ぎず、物性研は麻布龍土町に厳然と存在しているわけで、金森案をもとにして物性研を批判するのは的はずれである。しかし、上にのべたことは思考実験としてはなかなか有用で、上のことから、物性研はある面では金森案を東京大学にだけ実現したものであると解釈することができる。また仮に金森案が実現された場合を考えるとこのことはもつとはつきりする。物性研の予算がそれに応してレベルアップされたとしても、それを金森案による東大の物性講座とみて、他大学に新設される講座に相当するものとみることができるのである。もちろん物性研は共同利用研究所であつて、東京大学だけの“もの”ではない。しかしこの共同利用研ということばの解釈に巾がある。将来予算がもつと豊富になって、現在物性研にある程度の装置を他の大学の物性講座でも備えることができるようになると、現在のように共同利用施設専門委員会が、研究会の予算と日程についてだけ論じていたのでは、

共同利用研究所としての特徴は全然なくなつてしまふのではないか。

先日の共同利用専門委では、最後の二講座誘電体と非晶質の人事に関する一般方針が討議された。これは物性研の一般方針でこういう問題について全国の物性研究者の意見をきくということは、非常に意義のあることであつた。しかし、慾をいえば物性研の内部で結論を出してからでなく、その前にきいてはしかつた。

現在物性物理学で取上げるべき問題はいろいろあるが、早急に研究を進めるべきものとして、中性子線回折、超強磁場、超高压といったものが考えられる。またこういう研究は当然物性研で取上げられる問題であろう。物性研の研究室の大部分は一講座あるいは半講座の単位でできている。もちろんどの研究室もそれ自身としては意義のある第一線の仕事をしておられるわけであるが、上のたとえば超高压のような研究が、一研究室のスタッフと通常の機関研究費だけで、能率的または効果的に研究が進められるかどうか疑問である。一箇所にこれだけのものが集っているのは、やはり現在の講座単位よりも大きい研究室でかなりの人数のスタッフが十分な予算で他ではできないような研究が行なわれるということが、全国の物性研究者から要望されたからではなかつたか。一方物性小委員会でも原子核のおつき合いではなく、物性物理学としてどういう研究に重点をおくべきかというような実質的議論をし、物性研に具体的な希望をのべるべきではなかろうか。また物性研の共同利用専門委員会でも物性研の具体的な将来計画について議論することをはじめるのは今からでも早過ぎるということはないであろう。物性研でたとえば、日本における中性子線回折に関する基礎研究はいつまでも物性研の0.5～1.0講座程度の予算と人員（星埜氏：物性研だより Vol.1, No. 2）でつづけて行なつてよいとは誰も考えないのではなかろうか。わたくしは　こういう問題も物性研の研究組織に関係していると思う。また一般に物性研が推進しようと考ておられる研究の実行計画と研究組織の関係、どの程度の予算でどの程度の規模のものが考えられているかということなど伺うことができれば幸である。また物性研究者が要望しているような研究の計画があれば大いにPRをしていただきたい。

前々回の共同利用専門委員会で最後にきた二講座の人事の方針が論議されたことは前にものべたが、その結論には失望した。一講座分はあけておいて将来機動的に使えるようにしてほしいという物小委のかなりの人の要望（永宮氏：物性研だより Vol.1, No. 2）は容れられず、結局二講座は三研究室になることになつてしまつた。金森案は絵に書いた餅で、こういうものは、実現するかどうかわからない理想案だという見方もあるであろう。しかし、これに要する経費

は5年間70億円で、12GeVの大加速器を中心とする核特委の300億円の将来計画に比べればまつたくささやかなものである。また、これは少なくとも実験を行なう講座にとつては保障されるべき最小限度の程度額であるという点物小委でも一致した意見である。文部省の内部では、「宇宙開発」と「原子力開発」を科学振興の二つの柱として推進しようという考え方がある。この柱によると、加速器は原子力の柱で、宇宙線は宇宙の柱で支えられることになるらしい。知らない間にこうした二つの柱ができそうになつて現実を無視することはできない。

わたくしは、現在では、物性研究を進めるためには物性研究者自身がその研究の必要性から、将来計画をつくりこれを推進することは全くことができないように思われる。またこの具体的な将来計画をつくるのに物性研を除外して考えることは不可能である。物性研におられる研究者の個々の御意見はいろいろと拝聴させていただいているが、物性研全体の将来の方向についても問題を出していただきたい。

武藤所長は最初の20講座が完成したから、これからいろいろ考るよう言つておられるので、20講座を完成した機会に積極的に物性研の将来計画を考えていただきたい。しかし、これも2講座、4講座を単に増設するというのではあまり意味がないのではないか。今度はテーマをきめずに研究の進展に応じて人や予算を適当な規模にまとめるため部門をあまり固定して考えないなど研究組織についてもでき上る前からはつきりした計画と見通しをもつて計画していただきたい。

○ 共同利用についての一提案

物性研が次第に施設もととのい、また、陣容も整備されて、活発な研究が開始されているのは、物性研の設立のときから関心をもつっていた私の大きい喜びです。物性研の正規のスタッフの研究の将来については、少なくとも日本的には、恐らくは世界的に考えても、大いに期待しうるものと確信しています。

物性研の設立の目的はいくつありましたか、正規のスタッフが、整備された装置を用いた世界的な研究を行ない、ピークを作るという目的は、一応、道が開かれたと考えていいと思います。

その他に、共同利用という問題と、工業界へのいろいろなみでの貢献という問題があります。この後者については、私はそれを議論する資格があまりないと思いますし、恐らく、スタッフの今後の研究の成果が、直接的にあるいは間接的に大きい寄与をするのでしょうかから、かなり時間をかけねばならぬものと思いますので、ここではこれ以上論ずることは止めます。そして、共同利用に関して、一二、思つてることを述べてみたいと考えます。

共同利用という言葉を広い意味に解釈することにしましょう。そうすれば、いろいろな方向が考えられます。第一に、現存の装置の共同利用です。これはすでに行なわれていることです。物性研の設立の過程では、所外のものに広く開放される装置を作ることも考えられましたのですが、実際問題としては、どんなものがそれに適当しているかも明らかではありませんし、建物の規模、装置のための予算の額などから考えて、一応、所内の方々の第一線の研究のための施設の建設に力がそそがれたのは、当然のなりゆきであると思います。そして、その結果として、上述のような正規のスタッフの研究に大きい希望をいただくことの出来る結果になつたのだと思います。そのために、施設の共同利用としては、所内の方々が使っておられる装置のあいているときに、それを借りるという行き方と、所内の人の研究テーマと一致した仕事をしたいと考える人が物性研に行って共同研究をするというやり方になるのは止むを得ないと思います。ことに物性研の各部門の施設が、われわれの大学のそれに比してかなり大規模であり、また、現状では大学院学生がごく少数しかとれぬことから考へても、所内の人のテーマに共鳴する若い人の参加は、ピークを出来るだけ早く作るいみにおいても、必要なことと思われます。このような行き方の施設共同利用は、更に進められていくべきでしょう。

しかし、これだけで共同利用が十分であるとはいえません。他の最も大きい共同利用は、一つの大きいテーマを物性研を中心に総合的に研究していくことです。このような有機的研究の推進は、われわれの大学のようなところではなかなか困難です。研究装置の方から考へても、ある面のみはかなり完備されていても他の方面は全く欠けているし、理論と実験の協同ということも、必らずしも一つの物理教室内では、方面を同じくするものがいるとは限らないので、うまくいかぬ場合が多いと思います。物性研では、Solid state physicsに関する限り、一応各方面の一流の研究者（理論、実験を含めて）が揃つており、装置の方もまず整備されていますから、適当なテーマさえ見付かれば、かなり大規模な有機的研究が行われる体制にあると思います。そして、このような研究に物性研外の人も、あるいは物性

研に行って、あるいは物性研外のままで、それぞれ最も得意とする方面で参加することが、共同利用としての大きい目的と思います。しかし、このように重要なテーマは、「犬も歩けば棒にあたる」式にはころがっているものではありません。それと同時に、こういう研究体制を念願においておかなければ、たとえそのテーマにぶつかつても、これまでの習慣から、一人の研究者の頭の内にのみ止つてしまつて、大きく発展はしないでしょう。さてといつて、お前は何かもつ正在のなかと開き直られたら、残念ながら何もないと言つて引き下らざるを得ませんが、短期研究会でのディスカッション、あるいは、そのまとめなどには、こういう将来の大きい発展のための有機的研究をいつも念頭において、それに一步でも近づくことが出来るような意途があつてもいいのではないかでしょうか。大なり小なり、こういう意味の研究態度が、残念ながら現実に存在する外国に対するあるいはでの研究の後進性を、もつとも早く打破する方法であり、同時に、若いアクティヴな研究者の視野を大きくして、将来の大成を助ける上にも有益ではないかと思います。

このような理想論ではなくて、もう一つの共同利用の方法を提案したいと思います。それは、同時に、かなりの期間はその方向が固定されると考えられる物性研の装置のマンネリズム打破にも役立つものであるかもしれません。提案したいのは、共同利用設備の新設です。たとえば、所の内外を通じて（むしろ所外の方が多いと思いますが）、誰かが現状においてぜひ必要な装置を思いついたとしましょう。しかし、あるいは技術的に、あるいは金の面で、また、その装置をフルに動かすために必要な他の関連施設の関係で、その人の所属するところでは作ることが困難である場合が多いでしょう。こういう装置を適当なところでよくディスカスした上で、物性研に作ることを提案したいのです。技術的困難さは、その方面の研究者の協力を得れば解決出来る場合も多いでしょうし、Solid state の問題である限り、関連している施設については物性研ではこととかかぬと思います。勿論、物性研内の人の積極的な協力は必要ですが、この装置は所の内外を通じた共同利用のためのものとして作るのがいいと思います。もつとも、所外の人人が、比較的短期に所内にやつて来て、十分研究が出来る必要があり、また、無駄を少なくして利用されるものでなければなりませんので、いろいろの制限はあります。しかし、このようなものを作つていくことは、トップレベルの装置を一つづつでも発展させていくことになり、実験技術の進歩にも広い有効性をもつものと思います。物性研の予算に、経常的にこのような装置の建設費を考えておき、短期研究会、またはそれに準ずるような会合での十分の討論の後で、毎年一つまたは二つづつでも作り上げていくのはどうでしょうか、勿論、何千万円もの金をこのようにものにプールするのは不可能でしょうが、共同利用の経費をいくらか増額して、何百万円程度なら、

必ずしも不可能ではないでしょうし、その程度のものでも、物性研の他の施設と合せ考えたら、十分面白いものが作れるのではないかでしょうか。

よく考えているわけではありませんが、このような装置の思いつきとして、一つ二つあげてみれば次のようなものが考えられます（私の関心のある方面のみで）

(1) **Microwave spin echo:** マイクロ波磁気共鳴は不対電子のスペクトロスコピーとしてはもう十分に発達した分野ですが、動的な緩和に関しては、実験的にまだ十分研究されているとはいえない。外国ではつづつ始められている Spin echo (もつと一般にいつてパルス法) の装置を作ることは大へん有用と思われます。目標を 10^{-8} 秒位の T_2 をもつものについても適用出来る装置とすると、技術的にも簡単ではありません。そして、この装置が適用出来る研究分野は相当広いと考えられます。磁石としては、物性研に既存のものを使わせてもらうとすれば、数百万で十分出来るでしょう。パルス法ですから、研究に要する時間も短かくてすみますから、共同利用にも十分供せられましょうし、所内の方々の利用度もかなり高いと思います。このような点から、共同利用施設として、これを提案したいと思います。

(2) **Optical maser の固体の研究への利用:** これについては、上記の(1)ほどはつきりしたイメージはもつていません。しかし、Coherent な光は、今までの分光学の常識を破った新しい用途が必ずあるものと思います。それと同時に実験に用いられるように Optical maser を作り、且、最もそれにふさわしい検出法を工夫することも重要であると思います。赤外の maser が出来れば用途は更に広いでしょう。この問題は技術開発とともに、その物性への利用についての研究を含むと思います。そのいみで、共同利用装置として適当と考える次第です。

このような意味での共同利用のやり方について、物小委、物性研所員会、その他、物性グループなどでディスカスしていただければ幸甚と思います。

(1961, 11, 26)

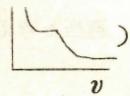
- Letter -

○ 海外通信

西川恭治 → 渡部三雄

オランダの夏の学校も終つて、今 Brussels にいます。夏の学校の主要なテーマは二つあつて、一つは condensation の話、もう一つは Approach to Equilibrium です。その他例えれば、Hugenholtz が fermion の ground state の話をしたり、ter Haar が Zubarev の Green 函数を、Ferromag に適用した話 (higher order で Dyson の結果と同じになつた!) をしたり、又 Casimir が 3rd Law の話をしたりしましたが。

Condensation では Uhlenbeck が素晴らしい lecture をやりました。彼は特に Kac の一次元モデル (hard core プラス $-\alpha e^{-\gamma x}$ (α, γ : const.) という attractive potential) での exact solution を求める計算方法を示し (Gaussian Markof process の conditional prob. を求める問題に reduce してしまう) その結果、 γ が finite では $p-v$ curve は analytic で condensation はないが、 $\gamma \rightarrow 0$, $\alpha \rightarrow 0$, $\alpha/\gamma \sim \text{finite}$ の極限で Van der Waals の式に stability condition を加えたもの (つまり p)



が exact であることを示しました (Phys. of Fluids)。又 Van Leeuwen, de Boer の group は hypernetted chain approx. を使って、computer calculus で Argon の熱力学的性質を、気相及び液相 (critical pt. の上へ一たん上つてから下つて来た状態) について計算し、実験とかなりよく一致したそうです。(Van Leeuwen の doctoral thesis として近く発表される予定)。Huang は Van Hove の定理を量子統計の場合にも証明出来ることを示しましたがこの方はあまり説得力がなかつた様です。

Approach to Equilibrium では Liouville equation から Kinetic

equation を出す問題で，Van Hove と Van Kampen が完全に対立している反面 Van Hove は次第に Prigogine group に接近して来て，初期時間での random phase assumption の物理的意味をあまり強調しませんでした。特に最近 Janner というスイス人が Van Hove のおとした初期時間での off diagonal な項を計算し diagonal な項と同様な式を導き出したり (to be published) したため彼も off diagonal を $t=0$ でおとす事が essential でない事を認めたようです。この分野で活発なのは Prigogine school の Resibois で，彼はまだ 25 才ですが素晴らしい秀才で displacement operator $\eta \equiv e^{i\frac{\partial}{\partial w}}$ というのを導入して Quantum mechanical な Von Neuman equation を effective Hamiltonian を使って Classical な Liouville equation の形 $\rho(t) = e^{iLt} \rho(0)$ に書きかえてしまい，古典論と量子論の formal な対応関係を示し極めて一般的に Non markoffian な generalized master equation を導き，更にそれを(1) Low density limit に適用して Uhling Uhlenbeck equation を出し，(2) condensed bosons に適用して (Bogoliubov 変換を使う) two fluid model を建て更に superfluidity の理論まで展開しています。(Physica 最近号)。Montroll も Non markoffian な generalized master equation の導出をしましたが，この方は $t=0$ で density matrix を diagonal と仮定しています。この様に Kinetic equation は従来の Markoffian master equation から一歩進んで，off diagonal element もとり入れた generalized nonmarkoffian equation まで出所に来ており，次の問題はそれを更に解く事です。その面では Van Hove と Verboven が transition probability を簡単化して，彼の nonmarkoffian equation に従う approach to equilibrium の過程を具体的に調べ， $e^{-\gamma t}(A \cos \alpha t + B \sin \alpha t) + C e^{-\gamma' t}$ といった形の平衡分布への接近過程を示しました (Physica)。御存知の様に彼等は更に，Kubo formalism を使って，conductivity への non-markoffian の effect まで求めていますが，これに対しては Balescu の批判 (stationary process での static transport coefficients は nonmarkoffian の effect を受けない—— to appear in Physica) があり，まだ議論の余地があるようです。僕が Prigogine と話したところでは Balescu

の批判は, $t \sim t$ (hydrodynamical) な時の事で, Verboven の計算は $t \sim t$ (relaxation) の時ですから何か批判は的ハズレの様な気がします。relaxation time の問題で Uhlenbeck が Plasma の輸送理論について comment を加え, Balescu, Lenard 等の方程式は H theorem を証明出来ても, その平衡系への接近速度は極めておそく, その為, Magnetohydrodynamics の方程式 ($t_{hydrodynamic} \gg t_{(relaxation)}$ のみ成り立つ) は正しくないだろうとのめかしました。こういつた議論に対して Van Kampen の話は全く哲学的で彼は single unperturbed quantum-mechanical state での occupation probability が master equation を満たすのはおかしいと指摘し, あやまりは全ての近似を $t=0$ での ensemble average (RPA) におしこめた点にあると言っています。彼は RPA by ensemble average at $t=0$ は全然 physical な意味がないと言い, 元来 observe するのは, coarse grained density であるからそういう coarse grained density に対して我々が実際に観測する様な式(つまり markoffian equation) を出す事が大事だと強調しました。彼は perturbation technique は全然使わず, 常に total hamiltonian を考え, 更に random phase の仮定を at all times に使うことが, essential で physical であると強調しています。問題は coarse graining の定義ですがそれは彼の paper に出ているのと同じです。

その他 Mazur が不可逆過程の熱力学を論じ Wergeland が stochastic process を, Huang が Theory of Superfluidity を論じたりしましたが特に新しいことはありませんでした。以上報告です。

