

物性研だより

第2巻
第1号

1962年5月

目 次

研究室紹介

- 神前研究室……………神 前 照…… 1
- 小林(浩)研究室……………小 林 浩 一…… 5

研究会報告

- 金属間化合物の磁性
—M₂N合金を中心として……………安河内 昂…… 9
中 川 康 昭
- 格子欠陥……………鈴木 秀 次…… 14

物性研ニュース……………21

研究会予告……………24

サロン

- 新しい芽を大切に……………小 谷 正 雄…… 32
- 超強磁場とその利用
(国際強磁場会議を顧みて)……………菅 原 忠…… 35
- 産学協同「物性版」はでるか?……………広 根 徳太郎…… 40
- 感 想……………坂 井 光 夫…… 42
- 半金属研究のすすめ……………久 保 亮 五…… 43

研究室 紹 介

神 前 研 究 室

神 前 熙

格子欠陥のように新しく拓けつつある分野では「どんな研究題目をとりあげてどのように研究を進めてゆくか」ということは大切な問題であると共に仲々の難問である。まして限られた予算 etc. の境界条件内での話であるから皆さん随分と頭を悩まして居られるにちがいないと思う。今から何年か前に研究室をスタートさせることを考えた頃感じた疑問の一つは「こんなに大切に難しい問題について研究者仲間で話し合うことを何故しないのだろう」ということだつた。その後最近では短期研究会などを通じてこのような種類の議論が大分行われることになつて御同慶の至りです。物性研の共同利用についても単なる実験施設の利用だけにとどまらず同じ分野の研究者の間の「学問的な意志の疎通」がスムーズになるための触媒作用を物性研が果せるようになりたいものである。研究者にはそれぞれの趣味、志向があるわけで私自身実験をすること以上に実験計画を考えるのが大好きなのでこのような議論の相手を常に欲しているわけである。

さてそれではどういう研究方針でやっているのかを書くべきところであるがこれをひらき直つて書いてゆくのは一特に限られたスペースでは一お説教じみて来そうなので、ただでさえ「物性研にはえらい先生方が居て近寄り難い」とおつしやる人のあるこの際ここでは「いたくもない腹をさぐられる」のは御免蒙つて以下の実例でお判りいただくことにしたい。格子欠陥の研究というのはとにかく「随筆をかく」ことにおちいりやすい危険があるので「随筆ならざる仕事」をしてゆきたい気持でいることだけ付け加えておこう。ただ一方このようなやり方はいわゆる「秀才コース」をたどりやすく「泥沼にふみこんでゆく勇氣」に乏しくなるおそれもあるつて警戒している次才である。

前おきはこれ位にして現在研究テーマとしてとりあげているのは次のようなところである。

(1) 絶縁体の charged dislocation

半導体の dislocation での dangling bond とはちがう原因からイオン結晶で

edge dislocation が電荷をもっているのではないかという思いつきが始まつてからもう8年位にもなる。この問題のみ方はまず2つの面があつて点欠陥の側からとdislocationの側からとである。イオン伝導度のdislocation による依存性とか異方性 (dislocation orientation に対して) から考えるのが前者で、外からの力によつてdislocation を動かして電荷の移動をしらべるのが後者である。ここでいうdislocation はいわゆる polygonized dislocation で周りの結晶格子と熱平衡を保っている状態でのdislocation を取扱う。更に面白いオ3の面は低温での charge carrier の dislocation による散乱の温度依存性の実験である。

(2) 新しい着色中心と着色中心の新しい研究方法

この種の仕事では「電波分光」屋さんとの協力が無いとうまくない。めばしい所で次のようなことを考えている。

まず結晶に excess な陰イオン (ハロゲンとか酸素) を導入する種類の実験を広く計画している。結果としておこる a) free hole の導入 b) intrinsic defect 乃至 impurity に捕つた hole のいずれにせよ excess に positive hole をいれてやるわけであらう新しい hole-trapped center の「発見」と hole が動くか動かないかをしらべることであつて両方がつながっている。特にイオン結晶中での positive hole の振舞は free electron にくらべて (こちらも大して分っていないが) 我々の無知の程度がひどいようである。一寸脱線すると「free electron と positive hole が同時に一ある場合には更に点欠陥までも同時に一動き廻るような現象」ばかりしらべるような研究のすすめ方をするからいつまでも guess の段階でとどまつてしまう。

他方 excess electron の方も分りつくされているようで実はかなりの「格子欠陥」があちこちと散在している。excite state の話はあとまわしにしても単純ハライドである銀、タリウムハライドの electron-trapped center など全く未知の世界である。着色中心とdislocation との話でも全くのお話一少くとも色中心の側からながめた場合に一の段階である。最近始めたルビジウムとセシウムのハライドの色中心の場合にはそれ自身の興味の他に dislocation core に近い領域で NaCl 型 $\rightarrow$ CsCl 型の格子変態の可能性をしらべるのにこの2つのハライドが一番都合がいい筈だという一つのみそがついている。

(3) Excited state の実験

周知のようにF中心の基底状態は大へんよく分つて来たがexcited state の仕事ははじまつたばかりである。いわゆるK帯, L帯についての光伝導の実験ではfree-electronをつくる量子効率の温度依存性とともexcited state からのfield ionization effect が新しい手掛りを与えることになる。またひろく絶縁体でのhigh field effect は今の例のようなcolor center の excited state だけでなくexcitation state への応用など興味をひかれる問題である。さらに「impurity conduction」「excited state の ESR」「excited state からのoptical excitation」等々種子はつきない。

(4) 絶縁体の帯構造

以上ground state, excited state と来れば順序としてconduction band, valence band でのcarrier の振舞でおしまいとなる次才ですが、小林さんのほうで書いていただいたものと予想して詳しいことは省いてしまふ。「超高压」を使つて豊沢さんのhopping 型とSchub 型のきわどい所をねらうような種子もみつけないとたのしみである。

以上もろもろの研究テーマを通じて「結晶のpurity と perfection」と「極低温での実験」が実験の方の面からみた一つの特徴としたいと心掛けて来た。アルカリハライドのpurificationをやつたことはずい分勉強になつたが結局は「単なるpurification」だけではなくて「purity (perfection) をきちんとおさえる」ということが大切なのだと感じている。いいかえると「purity とはcase by case で定義される」ということになる。

今まで主に扱つてゐるのはアルカリ、銀、タリウムハライドでいわゆるI~VII化合物であるが、目下II~VI化合物特に酸化物結晶に食慾をそそられている。MgOなど(アルカリハライドの“いとこ”だという人もあるが) ESRに適当した物質であるだけでなく、着色中心にしてもまたtransport phenomena (hole conductor) にしてもいくつかの「新しい物理」の舞台を提供してくれそうである。酸化物結晶の難点は従来結晶作製にあつたが幸い鈴木さんたちの御尽力でArc Imaging Furnace が近く使えるようになるので頑張つて酸化物をいろいろとこかしてやろうと考えている。物性研に入るこの炉はベルヌイ法による結晶作製専門の新設計品で雰囲気制御、よごれのないこと、高温は勿論O.K.という特徴

があるので、アメリカの連中に手をつけられないうちに面白そうな結晶はつくつてしまえるようにそれこそ「頭と手足」の両方による協力を御願ひしたいものである。

おわりに研究室の主な装置をひろつてみると、

(1) 結晶作製

chemical purification, 真空蒸溜, 雰囲気制御でのブリツヂマン法, ゾーンメルティング, ゾーンレベリング。

(2) イオン電導

G. R. 交流ブリツヂ 10 c ~ 100 kc.

(3) 光伝導

いずれも長短のパルス光照射で測定は

a) Vibrating Reed Electrometer

b) シンクロスコープ Tektro 545, 555.

c) RCブリツヂで暗電導をバランスする型

d) ホール易動度 (小林-ブラウン方式)

磁気抵抗効果。磁石は低インピーダンス型, 62 mmギャップ, 現在17 kG, 4月より20 kG (予定)。

(4) モノクロメーター

Leiss, ダブル及びシングル。プリズム差し換えで180 mμ より25 μまで。

100 mμ までの真空分光器 (調整中)

(5) 極低温での光吸収, 光伝導

オールガラスデュワーで上の波長領域及びX-raying をカバーする。3月中に液体ヘリウムポンピング用の1800 l/min. ポンプ及び配管を終了。

小 林 浩 研 究 室

小 林 浩 一

当研究室はイオン結晶を主とする絶縁体の研究を目的として、建設をいそいで居ますが、開設後日が浅く、未だ仕事の結果を発表できるような段階に達していません。したがって、この点につきお知らせすることにはできませんが、我々の仕事の目標、それに伴う設備の概況を書いてみたいと思います。

我々の当面の目標の第一は、イオン結晶の帯構造を、光電子の輸送現象を通して、実験的に知る手がかりを得たいということであります。従来のイオン結晶、特にアルカリハライドに関する我々の知識は、一見膨大であり可成りよくわかっているように思われますが、考えてみると、それ等の可成りの部分は、色中心を主軸とする格子欠陥に関するものであり、それ等格子欠陥の母体となるイオン結晶そのものの知識、殊にその電子過程に関するものは、金属・半導体にくらべて至つて貧弱であるように思われます。イオン結晶に関する原子的な立場よりの仕事は古くから行われ、その方面の仕事は一見完了し、興味は失われてしまつたかに見えますが、ひるがえつて電子過程、特にその中核をなす帯構造に関しては、理論的にも、又実験的にも、我々は何一つとして、確信をもつて定量的に答え得るものを持つていないように思います。

電子過程に関して、どうしてイオン結晶がこのように金属或は半導体に比べておくれてしまつたのだろうか、という事については色々考えられます。勿論、イオン結晶の実用的価値が現在あまり無いために、研究者の数が少ないこともあるでしょうが、実験屋の立場から言えば、この結晶については、金属、半導体でよく使われる測定方法が、そのまま素直に使えないことが原因だろうと思われます。即ち、このことは、イオン結晶では導電帯に電子が無いために、光励起によらなければならぬこと、電子が非常によく格子欠陥に捕獲されるために、光電子の平均寿命が極端に小さく、したがつて結晶は高インピーダンスであること、及び、電子捕獲による空間電荷が簡単に形成されること、等による実験的な困難さに基いて居り、この克服が問題の鍵であろうと思われます。

この線にそつて、我々の仕事はまず光電子に対して邪魔物の無い、即ちできる限り完全に近い結晶を作り、電子の平均寿命及び散乱の緩和時間をのばす事で、これは神前研究室の助力を

いただき、又、協力してやり始めています。

我々は最初に、ハロゲン化タリウム中の光電子の輸送現象をとり上げています。この物質は色々な点でハロゲン化銀に似て居るもので、前に神前研究室の二宮さんにより、基礎吸収附近の光電子励起がよくしらべられているので、それを出発点として進む計画で、その結果を見て更に典型的なイオン結晶である、アルカリハライドに入つて行こうと思つています。

これに関する測定は大体三つの段階で行われる予定ですが、前に述べた空間電荷、高インピーダンスの原因で、すべてにわたり、パルス法が主体になつています。オーは光電子のHall効果測定であります。これはHall 易動度を温度及び磁場の函数として求める仕事であつて測定方式はRedfield 法をパルス法に応用したもので、神前研究室と共同で使用する最高20 K oe 迄の電磁石中で、数ミリ秒の電場中に約1マイクロ秒の巾で光電子を励起し、その電子によるHall 電場を測定するものです。温度範囲は常温よりヘリウム温度迄、Hall 易動度は $10^2 \text{ cm}^2/\text{Volt, sec.}$ 以上の範囲で測定可能であります。この装置は殆んど完成し、この紹介が出る頃には動き出しているのではないかと思つています。我々はこの装置を用いて、易動度と温度の関係より、polaron の格子及び不完全性による散乱の様子をしらべ、又、易動度と磁場強度の関係より、Hall 効果の高次の磁場効果を見るつもりですが、それと共に後者の散乱より、結晶の不完全性の多少を知る目安が得られることを望んでいます。

オ二は光電子の磁気抵抗の測定です。これは磁場内と外におかれた、二つの結晶から得られるパルス光電子による信号を、差動回路を通してロックインする方式をとる予定で、これは現在製作中であります。温度範囲は2°K附近迄に設計されてあります。我々はこれより、イオン結晶中の光電子の磁気抵抗の磁場強度及び方向に対する依存性を測定するつもりでありますが、この方面の仕事が皆無に近い現在では、どのような結果が得られるか、大いにたのしみになっています。

オ三は、コンデンサー放電によつて得られる、パルス強磁場中でのHall 効果及び磁気抵抗の測定です。これは、2000 μf 、2000 Vのコンデンサーバンクのイグナイトロンスイッチによる放電で得られる、約200 K oe、数ミリ秒の磁場中で、パルス電場 パルス光による光電子の上記の測定に関するものですが、これは未だ建設の初期の段階で、やつとコンデンサーバンク等がそろつた所です。

目標のオ二は、イオン結晶中にできる格子欠陥の生成及びその変化の機構をさぐろうとするもので、動的な測定に主眼をおくつもりでいます。例をアルカリハライドの色中心にとれば、

従来の測定は主として静的な方法がとられていますが、我々はこれを動的な立場より見なおそうとするものであります。具体的にいえば、色中心の光照射による変換、光電流の発生、減衰或はX線照射による格子欠陥の生成等をパルス法によつて見て行こうとするものであります。我々はこの線にそつて、最初にミリマイクロ秒の光パルス発生器を試作中であり、これは組立ても終り、試験の段階に入りつつあります。全体として見ると、この計画は整備の過程にありますが、既に照射源として、200KV X線装置及びその防護室が完成して居り、その得られるX線強度は、結晶位置で、常温照射の場合は約 6×10^5 R/hour、低温照射で約 3×10^5 R/hour となつています。又、光及びX線照射は常温以下、特に極低温を目標にして居り、そのために、ヘリウム減圧用として、1800ℓキニーポンプの設置が近々完成する予定で、これにより2°K近くの照射が可能になると考えています。

次に設備の方をお知らせしたいと思います。我々は器機としてはなるべく基本的なものを購入し、測定の核心となる部分の電子管回路、低温装置、或は光源等はできる限り自作して行こうという方針をとりました。購入した主な設備は、上記のコンデンサーバンク、X線装置等の他に次のようなものがあります。エレクトロニクス関係ではTektronix 555, 585 オシロスコープ、及びそれ等のプリアンプ群を含む基本的な附属品、二信号パルス発生器、分布増巾器、振動容量電気計等と、回路用安定直流電源が主なものであり、他に自作の増巾器及び光パルス発生器等があります。光学関係では、分光器として、普通の分光光度計の他に、200mμより25μ迄のモノクロメーターがあり、又、高速度光電子増倍管用の2.5KV迄の超安定直流電源があります。低温用としては二三の液体ヘリウムクライオスタットの他にキニーポンプ、ヘリウム圧力調整器、温度制御装置、温度計等があります。

最後にメンバーについていいますと、現在職員は小林、川井の二名のみですが、この4月より藤田が助手として参加する予定になつていますので、近々本格的に動き出すことになると思つています。又、昨年11月より大貫さんが嘱託研究員として参加され、色々と援助をいただいて居ります。

以上が現況報告であります。イオン結晶、特にその電子過程について興味をお持ちの方には、我々の設備の中でお役に立てるものも多いと思いますので、利用していただきたいと思つて居ります。又、上記の研究計画の行方には、我々一研究室の如き小グループにとつては膨大なものを含んでいるようで、多くの人々が互に協力しておし進めて行かなければならぬ性質のものと思いますが、このような問題について、共同研究をしてみようという方がありました。

らば、是非お申し越し下さい。大いに歓迎致します。

* * * * *

物 性 研 究 会 公 募

「核研シンクロトロンを使う核と物性の
境界領域の実験」

第1回 6月中旬 物性研にて開催の予定

上記研究会のための テーマ 及び 講演
者を募集します。新しい アイディアを
おもちの方々の積極的な 御参加を 期待
します。

詳細は世話人まで 御連絡下さい。

世話人 山 口 嘉 夫 (東大核研)

西 川 哲 治 (東大理)

研 究 会 報 告

「金属間化合物の磁性 - Mn 合金を中心として」

安河内 昂

中 川 康 昭

昨年の磁気緩和研究会の最終日に、主に実験関係の磁性の研究者が相談して、この短期研究会を開くことを計画したのであるが、なるべくテーマを狭くしてdensityの高い討論をすることができるように、特に表記のような副題をつけることにした。しかし一連の遷移金属の中で特にMnが特別の地位を占めるはずはなく、一見して奇妙な感じを受けた方も多いと思う。

金属の強磁性の研究は、その研究の歴史の古さにもかかわらず、未だに解決されない難問であり、物性研の短期研究会でも理論家を中心にした集まりが度々持たれてきた。又それに呼応して実験の分野でも核磁気共鳴やMössbauer効果などの新しい手段による研究が急激な勢いで発展しつつある。一方、酸化物を中心とした化合物の磁性の研究は、イオン結晶としての近似が良いために、理論的にも実験的にも遙かに進んでいるように思われる。ところで、その両者の中間に位する金属間化合物に関しては、まだclassicalな実験データさえ乏しい。わが国において、この方面の研究が盛んになったのもかなり最近のことである。

新しい磁性材料を開発することを主目的とした研究はさておき、金属間化合物のintrinsic magnetizationを研究する場合に不可欠のものは中性子線回折によるスピン構造の決定であろう。東海村の原子炉による実験も漸く軌道に乗り始めたこの時期において、互に似かよった物質を対象とした研究者達が集まってその実験結果を発表討論し、併せて今後の研究計画について相談することは、非常に興味あることと考えた次第である。

この研究会で発表された研究の詳細は、小冊子にまとめて刊行されたので、興味のある方はそれを見ていただくことにして、ここでは、専門をやや離れた方々を対象として簡単に報告させていただきたいと思う。

オ1日(2月1日)最初に谷口(東北大金研)は色々な固体(ionic crystal, 金属合

金 valence crystal, 金属間化合物) に 3d 遷移元素を添加したときの問題点を整理し、特に金属間化合物として NiAl, CoAl, FeAl の実験結果について報告した。続いて目片 (京大理) の Mn-N 系についての詳細な実験結果が報告されたが、これは所謂侵入型化合物で、純金属に近い取扱いが可能であり、Goodenough のバンド理論の改良に興味ある示唆を与えているように思われる。栗山 (物性研) はかねてより X 線の原子散乱因子の精密測定によつて、遷移金属の電子構造を研究していたが、MnO についての詳細な実験と共に Mn_4N についての予備実験を報告した。有名な Weiss-DeMarco の実験を知つて右往左往した磁性の研究者達が、身近に、X 線専門家の話を聞くことができたのは極めて有益であつた。この日の午後は東北大金研の研究で埋められた。まず、岩田の $CuMn$ 合金の研究は、金属間化合物というよりもむしろ固溶体の問題であるが、Exchange anisotropy の origin を追求することは結局同じような問題に遭遇することになると思われる。広根研究室における高圧下ならびに強磁場における Mn 合金の磁性の研究は、他の研究者が容易になし得ない手段を用いていることだけを取上げて、極めて興味深いものであつた。他のグループの研究者とも共同して更に多くの物質を取上げていくことを期待したい。最後に安達による $MnAu_3$, Mn_2Pd_3 の実験の報告のほかに「Mn 合金のスピン構造と s-d 交換相互作用」と題する講演があつたが、前者では更に高い磁場 10 万ガウス以上の実験の必要を感じた。後者では極めて大胆な仮定にたつているにもかかわらず、現在得られている種々の実験結果をかなりうまく整理している点で注目をひいた。すなわち、金属間化合物で nearest neighbor 同志に遷移金属原子がこないようなものでは、稀土類金属で s-f interaction の理論が成り立つのと同様な理由で s-d interaction の理論が成り立つと考えた。もちろん、伝導電子の方も自由電子と仮定する。この考えで伝導電子を媒介とした遷移金属原子間の interaction の符号を論じて、強磁性、反強磁性ラセン構造等をとる可能性を調べて実験と比較したものである。この理論と実験の一致は勿論満足なものではないが、研究の一つの方向を示唆した点で大きな収穫であつた。

オ 2 日 (2 月 2 日) の午前は、(Mn, Fe)-(Ge, Sn) 系を中心とした研究で、これについては安河内・兼松 (日大理工) と浅沼 (北大理) が、殆んど時期を同じくして独立に研究を開始したものである。もちろん、その重点のおき方は両者で異なり、互に相補つて興味深い結果に到達している。B₈ 型構造では両者の結果はよい一致を示しているが、特に兼松の提唱した Sd^2 共価結合の仮説は面白く、最終日に石川 (東大物性研) によつて紹介された。

Mössbauer 効果の実験もこれを裏付けようとしているらしい。しかし、彼らによつて見出された多くの化合物の示した興味ある特異な磁性については今後個別的研究がのぞまれる。

午後の前半は中川・堀（学習院大理）によるMn-Zn系及びMn-Hg系の実験の報告があつた。Mn-Zn系という二元素だけをとりあげても、次から次に続々と磁氣的に興味深い相があらわれることは、この種の研究が如何に労力を要するものであるかがわかる。MnZn₃とMnHgの2種の金属間化合物はいずれも常温でcubicであるが低温でtetragonalに変態するとともに磁性に異常があらわれるがこれをJahn-Teller効果に結びつけることは一つの新しい研究方向を示すものであろう。なお、Mn-Hg系については、東北大金研でも研究が行われており大橋・広根によるprepared discussionがあつた。

この日の午後の後半からオ3日（2月3日）にかけて、わが国における中性子線回折の現状が報告された。国富が原子力研究所の装置を、鈴木・桂木が電々公社通研の装置を、また石川は東大物性研の装置を紹介した。原研の装置は、流石にお膝元だけあつてはやくから整備され、これを用いた好村の「ウラン-3d遷移金属合金の磁性」の研究も詳細にわたっている。中性子線回折を離れてもUなどのactinide元素の磁性の研究はわが国で唯一のものであり、今後の発展が期待される。通研の中性子線回折も漸く動きはじめ、坪谷・杉原が見出したK相の研究に利用されている。このK相というのは、M-Mn-Al（M=Cu, Ni, Co, Fe）の3元合金に存在する新しい強磁性相で、この研究は極めて美しくまとめ上げられている。ここで磁性に寄与するものはMnのみで、Mの遷移金属はmomentを持たない。三元合金を取扱うことは一見如何にも、大変なことのようにであるが、このような一連のものをうまく系統的にとり上げるならば、非常にみどり多い仕事であることを教えている。Mn合金で最初にとり上げられた強磁性体Heusler合金も三元素であつた。これについては、木村・大山（都立大）が再びとりあげて研究しているが、準安定相の問題にからんで、まだまだ多くの問題を残しているように思われた。

この日の午後、石川は物性研の中性子線回折の装置（まだ動いていない）を紹介した後で、Mössbauer効果による研究を報告した。Mössbauer効果は、磁性についての最新鋭の研究手段であるが、対象とされる元素がFe, Snなどに限定されている。しかし、前にも述べたように、例えばB8型構造の金属間化合物の研究にも用いられている。

最後に宮原（北大理）の司会によるfree discussionの時間になつたが、先に二三prepared discussionがあつた。この短期研究会では、酸化物、硫化物Se化物、

Te 化物などの化合物は除外したのであるが、それに近いものとして Mn-As, Mn-Sb 系について榊(京大理)がこれまでに明らかになつたことをまとめて話し、また、青柳(通研)は Mn-In 系について現在進行中の研究を報告した。この研究会で当然重要な話題になるべきはずの Mn-Al 系については、充分な時間をさくことができなかったが、浅沼(北大理)と河野(通研)の簡単な話があつた。要するに強磁性相が不安定相であるために、問題が困難になつているようである。河野の研究は Philips の研究に遙かに先んじていたにもかかわらず、磁性材料の研究として initiative をとり得なかつたのは残念なことである。勿論、この研究会に出席した多くの人々の興味の中心は intrinsic magnetization にあると思われるが、application に全く目を閉じるべきではあるまい。最後の prepared discussion として目片(京大理)による NMR の話があつたが、現状では金属間化合物の研究に及んでいない。しかし、この研究会でとりあげられた色々な物質の中で、NMR の研究の対象になり得るものも多いであろう。

prepared discussion が多かつたため、予定された Free discussion の時間は殆んどなくなつてしまつた。司会者の宮原は concluding remarks として次のように述べている。

「金属間化合物の研究会で提起された諸問題は、大別して二つに分けられると思われる。オーは金相学的な問題である。金属間化合物の多くは相図の上で極めて狭い組成範囲でのみ実現されている。このようなものの試料製作には十分な注意が必要であらうと思われる。ときには化合物が 1:1 とか 1:2 とかという簡単な成分比のところにはなくて(そこは却つて 2 相であつて)、そこから少しずれたところに化合物があるのである。このような場合には、とくにその相図がすでに確定していない場合には、むずかしい問題がおこるであろう。磁性化合物が不安定相(とくに平衡状態図上にはない相)の場合には問題がさらに面倒である。また、磁性が問題になる場合に規則格子と関係したことが少なくないようである。磁性の相互作用は大ざつばにいつて short range であるので、規則度(ことに short range order)がこれと大きく関係をもつてくると考えられる。X 線的に superlattice line を出すことは、しばしば行なわれているが、これが可能なのは long range order が発達し、成分金属の原子散乱因子に十分の差があるときに限られ、いつも成功するとは限らない。金相学的にはなおいくつかの問題が含まれている。order が発達して磁氣的に析出型とみなせるようなときには、super paramagnetism の問題が付きまとう。この点をよく考え

ておかないと飽和磁化とか Curie 温度とかいってもよくわからなくなると思われる。

オ2の問題はintrinsicの問題である。Mn合金あるいは一般に鉄族金属・合金のintrinsic magnetizationの理論は十分に明らかにされていない。酸化物などのion結晶においてはlocal modelがかなりよく妥当するように見える。またrare earth metalについては、酸化物に比べてはその研究が遙かに遅れてなされたものであるが、芳田・糟谷らのs-d(f)interactionの理論によつてよく説明されることは興味のあることである。Rare earthではf電子が鉄族のd電子と比べてその空間的拡がりが少ないということがその主な理由であろう。この点からみて、この研究会で発表された安達氏の研究は最も印象的であつた。……(中略)……」

このような結果からみると、ことに金相学的観点からは相当に困難な問題を含んではいるものの、うまく取り扱えば一般の金属合金よりかえつて磁気の本性を明らかにするのに役立つのではないかとさえ思われる。

上記の宮原のRemarkはこの研究会の一面をよく表現しているように思われる。この他に、Mn-N系などのバンド的な考え、B8型構造に見られる特殊な共軛結合などの諸問題もあつて、なかなか一元的な結論を下すことはできないが、この研究会を通じて、金属間化合物の全貌がかなり明らかにされてきたように思われる。

世話人の不慣れのせいもあつて、必ずしも適切なプログラムを組むことができたとは思わないが、一応所期の目的を達成することができたと思う。この問題は今後も発展していくことであろうが、将来、実験dataの整理の段階を越えて、理論家との接触が意味をもつような方向に進むならば幸いである。

おわりに発表された講演の題目と研究者の一覧をつけ加えておく。

1. 金属間化合物の磁性……谷口 哲
2. Cu-Mn系Cu側合金の磁性……岩田孝夫
3. 高圧下のMn合金の磁性……広根徳太郎、金子武次郎、近藤和郎
4. MnAu₃およびMn₂Pd₃の磁性……佐藤清雄、山内 宏、広根徳太郎、安達健五
5. Mn合金のスピン構造とs-d交換相互作用……安達健五、吉崎昭良
6. Mn-As系およびMn-Sb系化合物の磁性……榊 素英
7. Mn-In系の磁性……青柳恵三

8. IV b族-3d遷移元素の金属間化合物.....安河内 昂, 兼松和男
9. B8 type structure compound の磁性.....浅沼 満
10. Mn-Zn系およびMn-Hg系の磁性.....中川康昭, 堀 富栄
11. MnHg およびMn₂ Hg₅ の磁性.....大橋正義, 広根徳太郎
12. Mn-Al 系の強磁性相.....河野広志
13. MnAl 強磁性相について.....浅沼 満
14. ホイスラー合金の結晶構造と磁性.....木村鉄一, 大山哲雄
15. κ 相の磁性.....坪谷一郎, 杉原 真
16. ウラン-3d遷移金属合金の磁性.....好村滋洋
17. Mn-N系の磁性.....目片 守
18. Mn化合物のX線原子散乱因子.....栗山昌郎
19. 原研における中性子回折の研究.....国富信彦
20. 通研の中性子回折装置ならびに κ 相の問題点.....鈴木和郎, 桂木久雄
21. 物性研究所中性子線回折装置.....石川義和
22. Mössbauer 効果を使つた金属間化合物の研究.....石川義和
23. NMRによる金属間化合物の内部磁場の測定.....目方 守
24. 化合物磁性の問題点.....宮原将平

「格子欠陥」研究会

鈴木秀次

金属及び非金属中の格子欠陥の基本的性質を明確にすることを目的として、37年2月22日から24日まで3日間にわたつて短期研究会が開かれた。

この研究会は今年9月開催予定の格子欠陥国際会議とは無関係であるが、国内研究者の研究成果を中間報告し、討論するという意味もあつて論文は公募した。その結果54篇の論文が集まり、一篇ずつ十分な時間をかけて講演することが不可能になつたので、関連した論文を数篇ずつまとめて紹介する方式をとつた。紹介者の選定等は大川章哉、小林秋男、橋口隆吉、神前

熙, 高良和武, 他に世話人の鈴木平, 鈴木秀次によるプログラム委員会で行なつた。この方式は格子欠陥の分野では初めての試みであつたが, 紹介者が予め十分検討して批判を加へ得たことから充実した討論をひき出すことができたことも多く, 大体において成功であつたといえるようである。しかし3日間に54篇の論文を消化することはやはりかなり無理であつて, 座長はしばしば討論を途中で打切つて進行させる他なかつた。なおこの研究会の予稿は486頁という膨大なものとなつたこともつけ加えておこう。

まずプログラムは次の通りであつた。ここで氏名を囲んだ人が紹介者で括弧内の数字は講演の番号である。

I 格子欠陥の基本的性質

- (1) Si中の酸素の光学吸収 通研 新井敏弘
- (2) { 低磁場における核磁気緩和現象 大阪市立大 大塚エイ三
核磁気共鳴による不純物原子周辺の歪みの研究 物性研 深井 有
- (3) { ZnS の primary defects の ESR 日立中研 笠井昼雄, 大友義郎
化学量的な組成からの偏差を調節したPbSe の電氣的性質
大阪府立大 井垣謙三, 大橋伸光
- (4) { Bi 結晶中の転位による電子散乱とgalvanomagnetomorphic effect 物性研 鈴木 平, 大竹周一
Cu 及びCu 合金中の転位による電子散乱 物性研 比企能夫, 矢島勝彌,
鈴木 平
Ge bicrystal の転位面にそつた電気伝導 阪大工 山口次郎, 浜川圭弘
Bent Si の trapping center 阪大工 松浦虔士, 犬石嘉雄
- (5) { 不純物伝導のピエゾ抵抗効果 通研 杉山耕一, 稲村隆弘, 小林秋男
半導体の点欠陥による伝導電子散乱 京大工・理 森本 武, 谷 憲輔
- (6) { 着色KCl単結晶の高電界パルス光伝導 阪大工 成英権, 犬石嘉雄
F光照射による光化学反応とESR 大阪市立大工 大倉 熙, 邑漱和生
- (7) { 銀中の鉄族元素の拡散 東北大金研 広根徳太郎, 鈴岡俊郎
NaCl に対する不純物の拡散 山本尚夫, 三浦成入
東北大工 池田俊夫, 吉田重和

II 格子欠陥の相互作用

- | | | | | | |
|------|---|------------------------------------|-------|--|--|
| (8) | { | Al-Sn 合金中の Vacancy | 理 研 | 木村 宏, 木村章子, | 橋口隆吉 |
| | | Al-0.5 at. % Mg 合金における凍結空孔 | | | |
| | | | 京大工, | Franklin Institute* | |
| | | | 高村仁一, | Greenfield | |
| | | 原子空孔とMg 原子との結合エネルギー | | | |
| (9) | { | | 京大工 | 高村仁一, 岡崎謙二 | |
| | | Al中の空格子点と微量不純物原子 | 広大理 | 紀 隆雄, 河部本悟, 吉田 銅 | |
| | | 繰返し急冷及び焼鈍による合金の抵抗変化 | | | |
| | | | 京大工 | 高村仁一, 新宮秀夫 | |
| | | Vacancy cluster と Vacancy の結合エネルギー | | | |
| (10) | { | | 芝浦工大 | 岩村国也 | |
| | | Polygonized dislocation とイオン伝導 | | | |
| | | | 物性研 | 神前 熙 , 木戸啓四郎, 菅 純衣 | |
| | | 着色KCl 結晶の内耗と誘電体損 | 東京理大 | 坂元正義, 千葉 業 | |
| | | | 東海大 | 雪野 進 夏目巨夫, 清水義一 | |
| (11) | { | Ge 中で quench-in された Vacancy | | | |
| | | | 阪大工 | 平木昭夫, 吹田徳雄 | |
| | | Cu 及び Cu-Si 合金の積層欠陥エネルギー | | | |
| | | | 物性研 | 井村 徹 , 生嶋 明, 鈴木 平 | |
| | | Cu-Ge 合金中の積層欠陥の生長 | 東北大金研 | 中島耕一, 平林 真 | |
| (12) | { | Cu-Ge 合金中の積層欠陥エネルギー | | | |
| | | | 東北大金研 | 幸田成康 根本 実 | |
| | | Al-Cu 合金における転位と析出物の相互作用 | | | |
| | | | 東北大金研 | 松浦圭助 幸田成康 | |
| | | 異常透過によるdislocation の電顕像 | | | |
| (13) | { | | 阪大産研 | 藤田広志, 西山善次 | |
| | | 電子顕微鏡による氷の転位の観察 | 北大理 | 東 晃 , 六車二郎 | |
| | | NiO 結晶のdislocation etch pit. | | | |
| | | 大阪府立大政経 | 竹田紀夫 | | |

再成長ゲルマニウム薄層中の格子欠陥

日立中研 杉田吉充

Ⅲ 格子欠陥と機械的性質

- (12) { 塑性変形による格子間原子及び原子空孔の形成 (その1, その2) 京大工 高村仁一, 三浦 精, 古川弘三
運動する転位と点欠陥との動力学的相互作用 京大工 高村仁一, 森本 武, 大川章哉
- (13) { 銅薄膜結晶における加工硬化 東北大金研 角野浩二, 山本美喜雄
FCC金属単結晶の表面層における優先加工硬化について 九大工 北島貞吉, 大麻 宏, 海江田弘也
伸張された純鉄単結晶における転位の配列 防衛大 山下忠美, 種田庸二
体心立方格子金属の塑性と転位 九大応力研 北島一徳
- (14) { Ge の脆性と塑性 物性研 鈴木 平, 小島日出夫
結晶の劈開破壊と転位 九大応力研 北島一徳
- (15) { NaCl-型イオン結晶のBordoni peak 物性研 生嶋 明, 鈴木 平
低温におけるMg及びMg-Liの内部摩擦 東北大金研 幸田成康, 神垣知夫, 茅野秀夫
低温に於けるAl及びAl-Cu合金内の超音波減衰 東北大金研 神垣知夫, 広根徳太郎
Peierls力の実験的決定 原 研 鈴木秀次, 須田茂子
錫単結晶の内部摩擦 名大工 石井謙一郎
岐大工 片岡明雄
岐南工 横山敏夫

IV 放射線損傷とその焼鈍効果

- | | | | | | |
|------|---|----------------------------------|--------|-------------------|------------|
| (16) | { | 銅単結晶の照射硬化 | 原 研 | 鈴木秀次 | 古沢 昭 |
| | | オーステナイト系ステンレス鋼の照射効果 | 三菱原子力研 | 高橋修一郎, 本田 裕, | 永田定義, 飯田昌二 |
| (17) | { | γ 線照射によるKClの着色中心 | 阪大工 | 伊藤憲昭, 赤坂一之, 草尾健司, | |
| | | | | 吹田徳雄 | |
| | | KClの内部摩擦に及ぼす照射効果 | 阪大工 | 岡田東一, 吹田徳雄 | |
| | | 照射により生ずるLiFの光学吸収 | 原 研 | 小沢国夫, 久保和子 | |
| (18) | { | Fission Fragmentによるthermal spike | 原 研 | 出井数彦, 鈴木秀次 | |
| | | 酸化ウランの熱中性子照射効果 | 原 研 | 菊池武夫, 邦須昭一, 塩沢憲一 | |
| | | グラファイトの照射損傷の回復 | 原 研 | 木村 修, 鈴木秀次 | |
| (19) | { | Siの放射線損傷とそのアニール | 阪大工 | 松浦虔士, 犬石嘉雄 | |
| | | Siの放射線損傷とそのAnnealing | 阪大理 | 斎藤晴男, 平田光児, 堀内健文 | |

研究会における討論の内容を紹介するには紙数が限られているので、参加者の間で活発な討論のあつたと思われる問題についてだけ紹介することにした。

格子欠陥の基本的な研究にはNMRやESR、赤外吸収などが、限られた条件の下では非常に有効な方法として期待されてきている。深井の不純物周辺の歪みの研究はかなり詳細なもので、もしこれが格子間原子や空格子点のまわりの歪の測定に応用でき得るならば興味深いものであろう。

金属中の格子欠陥の伝導現象に及ぼす影響は理論的にかなり前から取扱われ、実験もある程度行われて来たが、国内ではほとんど行われていなかった問題である。比企らの実験は結晶内にきまつた種類の転位をきまつた量だけ入れて、転位による電子の散乱の異方性を測定し、理論と直接比較しようという野心的なものであつたが、コントロールされた転位を導入する点にまだ克服し難い困難があるようであつた。

金属中の空格子点と不純物原子の相互作用についてはすぐれた仕事が行われてきていたが、今回は理研、京大、広大から同じ目的で然し異なつた実験方法による結果が出た。急冷という

方法では避けることのできない冷却途中の空格子点の消失、及び熱歪を可能な限り補正した高村らの仕事、非常に高純度のAlに微量の溶質原子を加えた紀らの仕事、すぐれたアイデアによる木村らの実験はそれぞれ独得のものであつた。それだけに自分の仕事に対する強い自信の程が討論の様子によく見られた。

神前達の超高純度のKClを用いたイオン伝導の仕事はdislocationの影響をさらに詳細に調べることを可能にした点で注目し値するものであつた。

平木らのGeのquench-in vacancyについての実験はこみ入つた現象からquench-inされる格子欠陥がvacancyであることを結論した仕事である。

面心立方結晶中の積層欠陥のエネルギーを決めようという試みが最近になつて多数なされるようになつた。そのほとんどは電子顕微鏡で拡張した転位を直接観察することによるものである。井村らはCu及びCu-Si合金で拡張転位の巾から積層欠陥のエネルギーを求める場合に犯し易い誤りを指摘し、注意深い解析から積層欠陥エネルギーを求めた。中島らはCu-Ge合金で高温焼鈍によつて積層欠陥の広がることを見出し、溶質原子の偏析の一つの証拠と考えた。又、積層欠陥のエネルギーを焼鈍温度及び合金濃度の函数として求めた。これに対して幸田らは転位の節の半転位の曲率を使つてCu-Geの積層欠陥のエネルギーを求めると中島らの値と桁が異なつてしまうことを報告した。これらの結果は加工した金属合金中の拡張転位は周囲の内部歪の影響をうけて、半転位間の斥力に平衡する巾になつていないことを示すものと考えられる。積層欠陥のエネルギー及び積層欠陥による伝導電子の散乱は理論的に極めて興味深い問題であり、理論の発展と、同時に、理論と比較されるべき実験が多くの困難を克服して遂行されることが望まれた。

塑性変形によつて格子間原子と空格子点が作られ得ることが指摘されてから久しいが、とくに格子間原子の形成を証明する実験はなかつた。高村らの低温の塑性変形の途中におけるage hardeningの実験はこのことを最初に証明したものとして注目すべきものである。これによつて転位の運動による点欠陥の形成機構は考え易くなつたが、何故電気抵抗の測定でdetectできないかという機構については幾分異論がでていた。

運動する転位と点欠陥との動力学的相互作用についての高村、森本の論文は非常に独創的なものであるが、定量的な議論を進めると小さくなり過ぎるようである。

薄膜結晶の加工硬化は角野らが前から続けており興味深い結果を得ていたのであるが、さらに透過電子顕微鏡による観察が行なわれるようになって、加工硬化機構を考える上に有力な幾

つかの手掛りを与えられた。しかしそれにしても加工硬化現象の複雑さはまだ早急な解決を許さなかつた。

山下らの純鉄単結晶における単結晶中の転位の観察はこれまでの多くの観察が面心立方結晶を用いて行われているのと比較して興味をもたれる。北島一徳の体心立方金属の塑性と転位は同氏の長い間の研究をまとめたもので多くの重要な結論が含まれている。しかし γ 系に関して山下らとの間に異なつた結論が出されている点、Seeger の理論の不備な点などが討論された。

鈴木平らはGe の曲げ試験から転位の運動に必要な摩擦力 -Peierls 力- を求め得ることを示し、又常温においても転位の移動が起きていることを証明する結果を得た。北島一徳は劈開破壊を支配する条件についてかなり詳しい解析を行なつた。

Peierls 力を測定すること及びその測定方法自身が正しいか否かについての検討がかなり進められた。生島らのイオン結晶中のBordoni peak の測定はPeierls 力を理論的に求め易い場合の測定値を求めて、Bordoni peak から求めた値が妥当か否かを検討しようという目的でなされた。鈴木秀次らはBordoni peak 以外の方法で求めたPeierls 力とBordoni peak から求めたものを比較しようと試みた。しかし金属の場合のBordoni peak は転位がPeierls 力の山を越す過程に対応するというSeeger の考えを根本的に否定し得る可能性も指摘された。

放射線損傷の分野ではまだ論文の数が少なく、いささか淋しかつた。しかし原研のJRR-2が動き始めたので、鈴木秀次らは銅の単結晶の低温照射のさいの照射硬化を測定し、Stage III の回復がdivacancy の凝縮によるものであることをかなり決定的に結論できる証拠を得た。

イオン結晶の照射損傷はこれまでもかなり充実した仕事が続けられてきていたが、それがより系統的に行われてきたように見られた。とくに伊藤らのKCl の着色中心についての仕事と小沢らのLiF についての仕事は注目される。

Fission Fragment による損傷の電子顕微鏡による直接観察は出井らによつてさらに系統的に推進されている。

Si の放射線損傷が論じられた頃はオ3日目最後で7時を過ぎ、参加者が目立つて少なくなつてしまつた。

物 性 研 ニ ュ ー ス

昭和37年4月から12月までに開催予定の研究会

番号	研 究 会 名	時 期	参加人員	世話人	備 考
1	強磁性金属	6/上 (3)	15	近藤 淳 三輪 浩	
2	固体プラズマの研究会	6/11 or 6/18から (3)	21	金沢 秀夫 松平 升	
3	反強磁性体の磁区構造と寄生強磁性体の記憶現象	5/下 or 6/上 (2又は3)	22	山本美喜雄 内田 演次 近藤 久元	
4	固体内の輸送現象Ⅱ -Band理論の基礎と相関効果-	6/14~6/16 (3)	20	渡部 三雄 三宅 哲	
5	シンクロトロンを使う核と物性の境界領域の実験	6/中, 11/ (各2)	20	山口 嘉夫 西川 哲次	6月と11月に開催
6	中性子回折の研究の進め方についての研究会(仮称)	6/下 (2)	37	三宅 静雄 星 肇 禎男	
7	強磁性体内の内部磁場	6/下 or 7/上 (2)	24	金森順次郎 伴野 雄三 石川 義和	
8	光および赤外レーザーと物性	11/ (4)	50	矢島 達夫 塩谷 繁雄 菅野 暁	
9	イオン結晶および化合物半導体におけるLocalized State	11/ (4)	25	牧島 象二 神前 熙 塩谷 繁雄	

外 来 研 究 員 一 覧

嘱託研究員

所 属	氏 名	研 究 テ ー マ	期 間	関係研究室
京 大	松 原 武 生	Statistical Physics of Random Systems	36. 4. 1 37. 3.31	芳田 研 中嶋 豊沢
東 北 大	平 原 栄 治	鉄化合物のMössbauer 効 果による研究	36. 4. 1 37. 3.31	大野 研 武藤
東京理科大	大 竹 周 一	Bi の電気	36. 4. 1 37. 3.31	鈴木 研
機械試験所	比 企 能 夫	金属中の格子欠陥と輸送現象	36. 4. 1 37. 3.31	〃
中 大	若 林 久 夫	ハロゲン銀内の不純物について	36. 4. 1 37. 3.31	阿部(英)研
広 島 大	吉 田 鈞	金属中の格子欠陥と輸送現象	36. 4. 1 37. 3.31	鈴木 研
松下 電 器	大 貫 正 実	ミリマイクロセカンド光パルス による固体の光伝導	36.11. 1 37. 3.31	小林治研
東 工 大	河 合 光 路	整列核と速中性子との相 互作用	36. 6.19 37. 3.31	武藤 研 大野 小林(農)
静 岡 大	成 田 信一郎	硫化亜鉛単結晶の合成とそのル ミネッセンスの研究	37.2.12~14 37.3.15~17	塩谷 研
〃	杉 山 征 司	〃	37. 2.12 37. 3.24	〃
東 大	長谷川 洋	半導体部門理論面の補強	37. 4. 1~ 38. 3.31	川村 研 豊沢

留学研究員

所 属	氏 名	研 究 テ ー マ	期 間	関係研究室
大泉高校	中 村 時 久	螢燐光体の光誘電効果, 光伝導の研究	35. 7. 1 37. 6.30	牧 島 研
松下通信	深 井 正 一	固体サイクロトロン共鳴による キャリア散乱機構の研究	35. 7. 1 37. 6.30	川 村 研
富士通信機	小 林 洋 志	強磁性薄膜の研究	35. 9. 1 37. 8.31	近 角 研
東 大	江 原 望	ベンチリデンアニリン及びその 誘導体の結晶構造と紫外吸収の 関係	35.10. 1 37. 9.30	斎 藤 研
三菱電機	富 島 一 成	hot electron のサイク ロトロン共鳴	36. 5. 8 37. 5. 7	川 村 研
学習院大	佐 藤 威 彦	強磁性合金の誘導磁気異方性	36. 5. 1 37. 3.31	近 角 研
花王石鹼	大 木 健 司	金属表面における有機化合物の 吸着の研究	36. 5.22 37. 5.21	井 口 研
京 大	豊 田 耕 一	放射線照射をうけた強誘電体の X線回折による研究	36.10. 1 37. 9.30	星 埜 研
小 西 六	田 本 祐 作	固体の光物性の研究	36. 9. 1 37. 8.31	塩 谷 研
タキロン化学	尾 立 寿 章	強磁性微粒子の磁性	36.10.15 37. 4.15	近 角 研
RCA研究所	国 谷 保 雄	Quinquephenyl の $C_{24}H_{22}$ 結晶構造	37. 1. 1 37.12.31	斎 藤 研
沖 電 気	森 隆 一	金属合金薄膜の磁性	37. 4. 1 38. 3.31	近 角 研
日本電気	関 戸 健 嗣	半導体のサイクロトロン共鳴の 研究	37. 4. 1 38. 3.31	川 村 研

研 究 会 予 告

「強磁性金属」研究会予告

今まで4回にわたつた強磁性金属研究会では主として3d遷移金属及び稀土類金属について研究がなされたが、4d, 5d族の磁性も興味深いもので、最近は実験事実も豊富になり特に超電導と関連して多くの興味ある結果が得られている。従つてこれらの物質についての理論的研究は極めて実りの多いものになることが予想され、今回はこの方面の研究を主な目的として研究会を開く事にした。

研究会の内容はまだ具体的には決つていないが、主に次の3つの事を予定している。

まず4d, 5d族(低い3d族も含めて)について興味ある実験事実をまとめて2, 3人の方に報告して頂く。調べたい実験事実としては例えばこれらの金属間の合金系の比熱や帯磁率のデータがある。これはそのバンド構造に対して何かを示唆すると思われるし、また超電導の性質とも密接な関連を持つているものと思われる。それからこの合金系にFe, Co等のatomを少量まぜた時の磁氣的性質も最近特に注目されて来た。またこれらの金属の磁気抵抗やde Haas-van Alphen 効果の測定は、そのバンド構造の詳細を知る手掛りとして問題の一つの鍵になるのではないと思われる。その他沢山の合金や金属間化合物の超電導と磁性との関連性も示唆に富んでいる。こういった点について適当な方に将来の問題になりそうな点を強調して頂きながら報告して頂きたいと思つています。

次に今行われている理論的な試みについて発表して頂く。これについては現在の所まだpositiveな結果が得られたことを世話人はきいておりませんが、現在進行中のものも2, 3あるようなのでそれらの発展を待つてゐる所です。具体的な問題としては、s-d電子間の相互作用を詳しく調べるといふテーマが中心になるのではないと思われる。例えばAndersonのs-d mixingの理論でimpurity atomが1コ以上ある時の取扱ひ、その場合s-d mixingによるd-d相互作用、ナイトシフト、gシフト、電気抵抗、ホール効果等が問題として考えられる。それからCrのスクリュエ磁性やZrZn₂, Sc₃Inの強磁性も問題として取上げられよう。またバンドが2つ以上ある時の超電導の問題も詳しく調べる価値があるのではないと思われる。

最後に自由討論といった形で多少放言的な事を沢山の方にしやべつて頂く。放言は野心的な理論の試み、例えば電子-格子相互作用以外から超電導を導くといったものでもいいし、こんな測定をしたら面白い information が得られるといったことでもよいと思います。

出席者は15名位の方を世話人で予定しております。日時は一応6月7, 8, 9日を予定しておりますが、正確な日時や更に詳しい内容は四月終り頃直接出席者に御連絡する積りです。

なお報告して頂いた実験データは整理して資料として出席者以外にも広くくばる積りです。

世話人 近藤 淳(物性研), 三輪 浩(物性研)

「固体内プラズマ」研究会予告

金属及び半導体内の電子の集団運動としての固体プラズマは、定性的にはBohm-Pinesの理論でよく説明され、実験的には従来主として10 keV 前後の電子線のエネルギー・ロス測定によつて観測されて来ました。最近このプラズマ振動に関連した種々の実験が各地でとりあげられて新しい理論的問題を提起し、又一方では新しい実験を suggest する理論的研究がいくつか現われています。その主なものを列挙すれば、

1. いわゆる“表面”プラズマ振動
2. プラズマ振動の光学的測定
3. 合金のプラズマ振動
4. 半導体の carrier のプラズマ振動、特に oscillister 現象と不安定性
5. 金属のX線スペクトルとプラズマ振動
6. プラズモンのdecay による光の放出
7. 光の吸収とプラズマ振動の励起
8. 電子線の非弾性散乱の解析
9. プラズマ励起によるX線の非弾性散乱 などが思いつきます。

この研究会では、固体のプラズマ振動に関連した以上のようなテーマ、或いはそれ以外の新しい現象を取りあげたいと思います。従つて、大きく分類すれば

- A 金属のプラズマ振動
- B 半導体のプラズマ

C プラズマ振動と電磁場の相互作用

の3つが研究会の内容として予定されます。研究会の目的は、オ一に、上記の内容に関心を持つ理論家と実験家が集まつて、内外の情報、各自の研究の結果、プログラムなどをざつくばらんに討論することであり、オ二に、それを通して今後の協同研究を促進し、問題の解決や新しい現象の発見にこの研究会が役に立つことであると考えて居ります。

会期は6月11日から3日間を予定し、人数は25~30名程度になるだろうと思います。

世話人 金沢秀夫(東大教養), 松平 升(東大教養)

「反強磁性体の磁区構造と寄生強磁性体の記憶現象」研究会予告

「趣旨」 反強磁性体の磁区構造に関する研究は、実験的にも、理論的にも、その緒についたところで、研究テーマの数は多くない。然しNiO結晶では可成りな程度調べられ、結晶内の双晶構造が明らかにされた。双晶境界は1種の磁壁となる可能性がある。又中性子回折の実験では、(111)面内に他の種の反強磁性磁区(s-domain)が存在することが報告されている。しかし反強磁性体の磁区を直接観察する方法は、未だ確立されていない。磁壁の理論は、NiOについて、現在国内において研究されている。

寄生強磁性に関する研究は、特に $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ について数多い。 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ の250°K以上で現われる弱強磁性の原因は、Dayaloshinsky-MoriyaのModelで示された結晶固有の性質と考えられるが、その所謂記憶現象については充分な結論を得ていない。250°K以下で結晶内に存在する反強磁性磁区は、多結晶試料の記憶現象に関係を持つかもしれない。他方、オルソフェライトの記憶現象も興味深い。

この研究会で討論したい主な問題点は、(1)試料の作製法、(2)双晶境界と磁壁との相互関係、(3)S-domain 或いはS-wallを直接観察する試み、(4)磁気異方性の測定と磁歪の測定を総合して得られる磁壁と磁場との相互作用、(5)寄生強磁性体の記憶現象の原因、等である。

「予定内容」

オ一日目(a.m. 9:30-p.m. 5:00)

1) 反強磁性体の磁区の概観

2) 試料の作製

i) 高温熱処理されたNiO 結晶

ii) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 単結晶

iii) オルソーフエライト

3) X線法によるNiO 結晶のTwin Domain の観察

4) 偏光法によるNiO 結晶のTwin Domain 及びあるMagnetic Domain の観察

5) 低温及び高温偏光顕微鏡

6) 磁壁の理論

才2日目(a.m.9:30-p.m.5:00)

1) 反強磁性磁区が関与した現象

i) 磁気異方性の測定

ii) 磁歪の測定

2) 寄生強磁性体の記憶現象の概観

3) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 多結晶試料の記憶現象

4) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 単結晶試料における記憶現象の消失

5) オルソーフエライトの記憶現象

6) 寄生強磁性体のMagnetic domain wall motion

7) 寄生強磁性体の記憶現象の原因をどう考えているか。

世話人 山本美喜雄(東北大金研), 内田演次(大阪府大), 近藤久元(大阪府大)

「固体内の輸送現象Ⅱ—バンド理論

の基礎と相関効果」研究会予告

この研究会は今年2月に開かれた才1回の研究会で提出された宿題の解決を目指して開かれ

る。オ 1 回の開催趣旨にうたつたように、この分野での清新・活発なグループを作ることを目標としている。前の研究会の討論にもとずいて、今年度前半はテーマをしばつた研究会を開くことにし、(1)固体プラズマの問題(別項参照)、(2)バンド理論の基礎の問題の二つをとりあげる。

この研究会のテーマは(2)の問題である。最近の固体内の輸送現象の理論と実験は多電子相関効果を問題とする程精密化しつつあり、現象を記述する base としてのバンド理論の基礎に対する反省と吟味が要求されている。これにこたえるために、

- (1) 前回提出された大宿題—Landau のフェルミ流体理論を固体の場合に拡張し、それを利用して、電子間相関効果の種々の輸送現象へのきき方、その相互関係等を、バンドをどうきめるかは問題にしないで整理すること、
- (2) 輸送係数に対する周期場の影響をバンド理論によらずに計算して、いわゆるバンド理論による結果と比較し、バンド理論の基礎を考察すること、
- (3) これまで行われたいわゆるバンドの計算に含まれるいろいろな仮定を検討すること等の問題をとりあげる予定である。更に具体的なプログラムについては追つて参加者の方々にお知らせする積りである。研究会のやり方としては前回と同様に、宿題方式・自由討論方式をとる。即ち、(1)各テーマにつき問題点をまとめ宿題を提出し、それに関連した討論のための時間を毎日午前設ける、(2)午後4時以後を自由時間とし宿題の検討等にあてることにする。

尙参加者としては、前回同様若手を中心として約15名を世話人の方で予定している。会期は6月14~16日の予定である。又、討論の資料としてプレプリントを作る予定ですので御協力をお願い致します。

世話人 三宅 哲(東大理)、渡部三雄(物性研)

「核研シンクロトロンを使う核と物性の境界領域の実験」研究会予告

原子核研究所の750 MeV の電子シンクロトロンが完成して、それを使う実験の計画が原子核や素粒子の分野でいろいろと検討されているが、オーソドックスな中間子や核の実験のほか、核と物性との境界領域での種々な興味ある実験も考えられる。

まず電子シンクロトロンであるから、高エネルギーガンマ線を使う実験が主となるが、たとえば、Si や Ge の単結晶からの Bremsstrahlung は、Überall 効果と呼ばれる干渉効果を示す。同じような効果は単結晶による pair creation についても観測されるであろう。さらに、この Überall 効果を利用すれば、polarized γ ray をうることもできて、それを用いた原子核や素粒子の興味ある実験も考えられる。ガンマ線を polarize するだけでなく、target に使う陽子や核を polarize することができれば、さらに有効な実験を考えることができる。これはまた、断熱消磁法や常磁性共鳴吸収を利用する Dynamic Polarization など、物性との深い関連をもつ研究ともなる。一方また、電子シンクロトロンからのシンクロトロン輻射を利用した物性固有の実験も考えられる。シンクロトロン輻射は、約 150 eV 以下のほぼ連続なスペクトルをもつ広帯域の電磁波を出すので、その利用は物性の研究にも新しい可能性を提供するであろう。

以上は、差しあたり世話人が考えている代表的なテーマであるが、このほかにも、いろいろな新しい提案の行われることも期待されるので、このような研究会をもちたいと計画している。次才である。あまり多人数でなく、20 人前後の会としたいが、新しい提案をおもちの方は積極的に参加して下さることを期待している。6 月中旬ごろと 11 月か 12 月ごろの二回ぐらい行い予定で、最初はかなり広い分野を包括しておき、次才にテーマをしぼるか、細分していくようにしたいと考えている。

世話人 山口嘉夫（核研）、西川哲治（東大理）

中性子回折に関する研究会予告

日本における中性子回折の実験的研究は、実験設備の関係で、欧米諸国にくらべて遅れていましたが、最近になつて、原研 2 号炉の運転にともなつて、原研、通研、物性研の三装置が動き出し、今夏頃からはかなり本格的な実験研究が行なえるような状態に到達しました。この機会に、中性子回折の方法の物性研への応用について、将来の見通しを考え、数少ない設備で、日本の物性研究に対するこの面からの寄与を、如何に大きくもつて行くかといったことなどについて、討議することは、有意義なことと思われます。

そこで、6 月下旬に、2 日間にわたつて上記のようなことを主題とする短期研究会を計画し

ました。上にのべたような趣旨であるため、この研究会は、一応クローズしたものとし、結晶学、磁気学の両分野から合計30名程の研究者によつて開催したいと考えておりますが、特にこの分野の今後の研究に対し、直接的、具体的な御意見をお持ちの方は、なるべく早めに世話人迄お申し出頂きたいと存じます。それらの御意見も参照して早急に具体案を作つて関係者にお知らせ致します。 以上

世話人 三宅静雄(物性研), 星埜禎男(物性研)

「強磁性体の内部磁場」研究会予告

最近、強磁性体及び反強磁性体に対して、原子核に働く内部磁場の測定がN.M.R.及びMössbauer 効果等によつてなされ、d 電子の局在性や交換相互作用について新しい角度からメスが入られるようになって来た。特にイオン結晶内の原子核の内部磁場については、すでに多くの測定がなされ、その発生機構も定性的には理解できるようになって来た。しかしながら、遷移金属及び稀土類金属内の原子核の内部磁場は、伝導電子がこの磁場にどのように寄与するかがわからないために、発生機構には不明の点が多く、したがつてこのデータから強磁性の本性を研究しようとする多くの困難を伴つてしまう。

一方このような強磁性体、反強磁性体でのN.M.R.及びMössbauer の測定は現在我国でも数ヶ所で行われるようになって来ており、これらの研究者にとつて内部磁場の機構について正しい理解が必要となつて来ている。

そこで本短期研究会において、N.M.R.及びMössbauer 効果等の研究手段によつて強磁性の研究を行う理論家及び実験家が一堂に集り、今迄の実験結果を整理して内部磁場の発生機構を正しく理解すると共に、今後どのような研究を行うべきかを十分に検討、討論したいと考えている。この研究会で討議される内容は大体以下の通りである。

1. 内部磁場の発生機構

i) イオン結晶の内部磁場

(A) 閉殻電子のみの場合 (Fe^{3+} , Mn^{2+})

(B) 軌道角運動量の寄与 (Fe^{2+} , Co^{2+})

(C) 非磁性イオン (F^-)

ii) 金属及び合金の内部磁場

(A) 純金属 (Fe, Co, Ni)

(B) 合金中の強磁性元素の内部磁場 ($\begin{smallmatrix} \text{Fe-Co} \\ \text{Fe-Al} \end{smallmatrix}$ 等)

(C) 強磁性合金中の非磁性元素の内部磁場 (Sn, Au 等)

iii) 稀土類金属化合物の内部磁場

2. 強磁性体に於ける核磁気緩和機構

期間 6月下旬又は7月上旬 2日間

世話人 金森順次郎(阪大理), 伴野雄三(物性研), 石川義和(物性研)

* * * * *

"研究室だより" の原稿募集

全国の物性研究室の現状と将来計画を御紹介し

合うためにこの欄を設けます。

各地から奮つて御投稿下さい。

1. 枚数は自由

2. 原稿送り先

東京都港区麻布新龍土町10

東京大学 物性研究所

中 嶋 研 究 室

サ ロ ン

○新しい芽を大切に

東大理 小 谷 正 雄

中嶋さんから何度も依頼をうけながら、のびのびになつて御迷惑をおかけしていましたが、今回は是非にということなので、まとまらないままにサロンで少しおしやべりをさせてもらいます。久保さんによると“物性研だより”は“物性研究者だより”と解釈してもよからうということなので、物性研究所には直接関係しないことをも交えて話すことにします。

数年前、物性研究所の設立が必要であるということを学会議の委員会（物性小委員会）で論じていたころ、その論点の一つとして、日本の産業があまりに外国からの技術の導入によりかかっている姿勢を是正して、日本の基礎研究から本当に日本の産業をのばす基盤が生れるように努力することが必要であること、基礎と実用化との時間的間隔が一般的にだんだん短くなつて、新しい技術を培うものとしてその国で基礎科学が発展することがますます必要になることなどを強調しました。これは日本の基礎科学全般について言われることですが、とくに物性学はその要求の最も強く感じられる分野です。もちろん、これは、基礎の研究者がいつも応用を意識して、または意図して、研究すべきであるというのでは毛頭ありませんが、我々は基礎科学の発展が技術の健全な発展の必要条件であると考えたわけです。物性研究所にも、応用方面との研究成果交流の窓口のような制度を作ることが初めから考えられており、宿題になつていると思います。

しかし、今ここで私が取り上げたいのは、一段手前にもどつて、基礎科学内部での問題です。すなわち、日本の科学研究において、日本で独自に新しい芽を産み出すという方向への我々の努力がもつと必要だといいたいです。日本の物理学は戦前に比べて、或は十年前に比べても、格段に厚みを増して成熟したと言えます。Journal も Progress も頁数がずいぶん多くなりましたし、J.J.A.P.も近く出ることになりました。物理学会の会員数も、日本又は外国で開かれる国際会議での日本の研究の比重も、いま手許に数字がありませんが、著るしく増してきていることは確かです。物性研究所の研究会も非常に盛んになりました。しかし

私の知識や認識の不足のためかもしれませんが、日本から出る本当にオリジナルな芽の数は、日本の物理学ないし物性学の全体の活動の割合には少ないのではないのでしょうか。理論で例をとれば、久保さんたちの不可逆過程の一般論など顕著な芽はありますが、もつと多くの芽が出て新しい樹が育っていくことを念願するのは私だけではないと思います。

もちろん、基礎科学は“国境”に無縁な、全く国際的な性格のもので、その点始めに述べた産業技術の場合とは大いにちがいます。日本だけで閉じた物性学を建設するわけではなく、またそんなことは到底できないのは明らかです。しかし、産み出されたものの上に伝統が築かれていき、それをめぐって科学研究が発展していくのが常でしょうし、また理想主義的にいえば、世界の科学者の何%かの集団—日本の科学者の集まり—toに属する我々として、それに応じて新しい芽を育て上げる努力をする義務を、人類全体に対して負っているといえましょう。

新しい芽が続々と現われるような環境は、実はその学問がその国で相当成熟していないと、急にはなかなか作り難いものであらうと思います。これに関連して思うのは、アメリカとヨーロッパ（とくに英国）とを比べると、ごく最近はどうかわかりませんが、従来芽の出る率はヨーロッパの方がずっと高かつたことです。物性学から少しずれますが、生物物理を例にとつてみますと、Perutz, Kendrew による蛋白質分子結晶構造の解析（これは同種の蛋白質分子がすべて全く同じ構造をもつことを実証するとか、アミノ酸序列についての化学的方法を不用にするとか、いろいろ原理的に重要な意義をもっています）、Hodgkin-Huxley による神経線維にそうでの興奮伝導の理論、Watson-Crick のデオキシリボ核酸 DNA の 2重らせん模型の提唱（Watson は米国ですが、英国に行つて Crick と一しょに仕事をしました）、H. E. Huxley による筋肉収縮がアクチン、ミオシン間の迂回によつて起こるという提唱など、いずれもその後、それを基礎として大きい研究領域の開拓された—あるいはまさにされようとしている—“芽”であると言えましょう。Molecular biology という言葉自体も Crick 氏らの創つたものときいています（ついでに、Crick 氏は物理学者から生物に入つた何人かの一人です）。目下、分子生物学の中心課題として驚くべき速さで進展している細胞内での蛋白質合成の機構についても、フランスの Jacob 氏らの洞察が大きい推進力をつくり出しているようです（これはかなり育つた樹上の芽？）。もつとも、アメリカにも、Delbrück（ドイツ人、物理からの転向者）のバクテリオファージを使う分子遺伝研究法の開拓、Benzer（半導体から転向した人）の DNA 上の遺伝地図の超精密化など

また最近では人造蛋白、人造核酸による研究など、立派な芽やそれから育つた大樹があります。少し前までは顕著な芽の数の研究者数に対する比はイギリスの方がかなり高かつたように思われます。我々の関心事は日本ではどうだろうかということです。

芽の出はじめはたいへん見ばえのしないものです。すぐ注目されるものもありますがなかなか広くは真価の認められないこともしばしば起ります。思いつくままに例をとりますと、ブリストルでProf. Mott, Dr. Frank を中心として結晶転位の基礎的な仕事が開拓されましたが、日本の物理学界でこういう地味な芽が果して十分認識され、魅力ある課題と見られるかどうか、私は多少疑問に思います。

芽は原則として個人か、またはごく少数の研究者のグループから産まれると思います。科学研究の態勢は時代とともに変遷しますから、ずつと将来は芽はもつばら集団からということになるかもしれませんが、現段階ではやはり個々の科学者の強い個性—洞察、熟練、意図、頑強さ、……—に依存することが最も大きいと思います。

これらの事情を考え、どうしたら“芽がよく育つ”環境が作られるであろうかを究明したいのですが、これはずいぶん難かしい問題で私には残念乍ら明解は出せません。“芽を育てる”ことに力を入れること自体、現段階の日本ではぜいたくだという意見もあります。しかし、私がこのような話をしているのは、この意見には賛成し難いからです。芽を育てる努力をする際には、できれば優秀な大樹になりまた美しい花の咲くものだけを選ぶべきでしょうが、これを理想的にやるのは大変困難ですので、あるていどは雑草、灌木をも育てることになります。これは避け難い必要悪で、そのためのお金や人材の損失が国全体から見てそう重大ではないと思います。

芽が育ち易いためには、研究の自由と、その研究を少くともある段階まで伸ばしうる経費や研究環境の裏付けが必要です。ここに“研究の自由”というとき、科学研究基本法などで強調されている“国家権力の干渉からの自由”という面だけでなく、あらゆる統制的要素—大学で課程担当者からの強制、またたとえ科学者の民主的組織の自主的計画にしても—からの自由を尊重するという意味です。また、経済的裏付けとしては、新しい構想にもとづいて芽を最初育てるだけの経費として、小型の機関研究（現在のB級くらいのもの）でいどのお金があまり煩さな手続でなく、随時支給されるような制度が望まれます。このときは“構想が新しい”という点だけくらいを審査して通すべきでしょう。物性将来計画の金森案ではこの部分は増額される講座研究費で賄われるわけでしょうが、手続が簡単ならextra にしておくことも意

味がありそうです。アメリカのNational Institute of Healthでも、若い人が新しい研究に着手するための小額の補助金の枠があつて、これはかなり自由に支給されるようです。

物性研究所で、できれば関西などにもその支所を作つて、そういう所に3~5年くらい来て自分（または自分達）の“芽”を育てるための研究ができるような、公開研究施設を用意することも望まれます。これは少し出かかつた芽を相当大きく育てるのにも役立ちたいものです。

また、面白い芽というものは大体在来よく耕された地所の外から出てくるものですから、学界全体が、学問の縄張りというような観念を克服して、新しい領域や境界領域を尊重、重視する雰囲気を作り出したいと思います。物性グループとしては才二物性研を作るのは今は適当でないという結論が出ているわけですが、芽を育てることを主な使命として、流動研究所ともいふべき専門を限定しない研究施設をつくるか、いくつかの大学の理学部に無限定の研究講座をつけるか、色々研究する必要があると思います。

芽を育てることは、ややもすると、大規模研究のための集中傾向と矛盾し、また研究の能率化（人材、経費等を含めて）とさえも相反するように見えることがあります。この慎重な解決が、賢明な将来計画の鍵になると思います。

○ 超 強 磁 場 と そ の 利 用

（国際強磁場会議を顧みて）

東大物性研 菅 原 忠

1. はしがき

科学の進歩と共に普通の条件を越えた極端な条件下での現象に目が向けられるのは自然であろう。超高圧や極低温、超強磁場などがその良い例であつて近年この方面への発展はまことにめざましいものがある。ところが超とか極とか名づけられる条件を作り出すことは容易ではない。これに要する技術・金・労力などは普通のものに較べて一般に n 乗のスケールとなつてくる。しかし超とか極の字には何となく夢があつてそこに何か面白い又は新しいものが生れてくるのではないかとの期待がもたれるのが常である。

所でこれらは何れも相対的なものでどこからが超とか極の値になるか明白でない。強磁場とか超強磁場とかいっても磁場を発生させる空間の大小によつて難易も様々であり甚だ漠然としている。常識的にいつて10万ガウス程度以上の磁場を超強磁場と名づけ特別に考えることにして良いであろう。超強磁場の発生と物性研究への応用は数十年の歴史を持つているし、吾国でも東北大金研に設置された装置が成果をあげている。ところが最近強磁場の発生方法に色々新しい進歩がなされ、ことに超伝導マグネットでかなり高い磁場の発生が可能になつたため事情がかなり変つてきた。又一方で物性のみならず生物・医学その他の分野で強磁場をつかう研究が盛になつて来た。このような背景のもとに強磁場の発生方法の比較検討をすると共に科学の各方面への応用をレビューし相互の交流をはかることを主な目的として昨年11月米国 Cambridge のMITにおいてオ一回国際強磁場会議が開催され、日本から前田清治郎氏（東北大金研、現在日立中研）、田沼静一氏（東北大金研、現在東大物性研）、筆者が参加した。ここではその会議の報告でなく全般的な空気をお伝えし、読者諸氏の御参考に供すると共に、この問題に関する筆者の感想を述べてみたいと思う。

2. 強磁場の発生装置

この会議は二つの主題を持つていた。一つは強磁場の発生方法に関する問題であり、他は強磁場の応用に関することである。強磁場の発生方法については長時間持続させる場合と短時間の場合とで異なつた方法が使われている。前者の場合発生し得る磁場はコイルで消費される電力と導体の比抵抗の比の平方根に比例するが水冷式コイルを用いて $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 程度の空間に10万エルステッドの磁場を発生させようとすると必要とされる電力は約2000KWにもなる。このための電源設備やコイルの冷却設備はかなり大規模なものになり金額にして1億円を越えるものとなる。このような高価な設備は経済的に恵まれた国でさえそう簡単に持つことはできない。従つてもつと経済的に強磁場を発生させることを考えなければならない。設備の高価な原因は大きな電力を要することにあるので前の関係を考慮してコイルを低温にし導体の比抵抗を小さくし、必要な電力を軽減することが考えられた。液体水素の流れで冷却されたアルミニウム又はナトリウムのコイルがそれで米国BoulderのNBSでは内径6cmのアルミニウムコイルで10万ガウスの磁場が得られている。高純度アルミニウムの電気抵抗は 20°K では常温の値の約 $1/500$ になるので常温では2000KWを要するものが約5KWですむ。従つて電源は小さいものになるが新たに液体水素をつくる液化機が必要になる。しかしこのことを考えても常温のコイルを用いることに較べて安くできる。このような低温を利用した

マグネットの最も理想的なものは超伝導マグネットであることはいうまでもない。液化機の問題を除くと電源とか冷却法に関する従来の問題は殆んど凡て解決されるので超伝導マグネットはこの会議での最大の話題であつた。殊に臨界磁場の高い超伝導体即ちNb-Zr 合金やNb₃Snの製法や性能について、又超伝導コイルの試作例について多くの報告と討議がされたが、将来の強磁場発生装置として優れた面が特に強調され現在大電力の強磁場の設備を作りつつある人々に早まつたという感じを与えたようである。この会議後既に3カ月以上経過した現在でも尚超伝導マグネットには解決されるべき問題が少なくない（例えば材料や耐久性）が今後の磁場発生装置特に強磁場発生装置として重宝されることは明白である。この外にコイルに鉄を併用して磁場を増す試みや安定でリップルの少ない磁場を作るための電源の改善も話題になつた。

連続的に強磁場を発生させることは上述のように余り簡単ではないが、ごく短時間強磁場を発生させる方法は既にかなり確立しており問題はむしろコイルにある。つまり瞬間的に作用する磁場によつて変形とか破壊されないコイルの設計をどうするかである。これに対しMITでは銅の円筒を一種の変圧器の二次コイルとして使いその外に捲いた一次捲線にパルス電流を流して銅の円筒の中心部に強い磁場を出す装置（flux concentrator）を用いているが、良い方法といえよう。何れにせよ瞬間強磁場発生装置は余り経費もかからないので研究対象によつては非常に便利である。

この会議では発生装置に関する結論を出さなかつたが今後強磁場発生装置を作る場合の参考として筆者の印象を述べると、

(1) 連続強磁場発生装置—万能である点で優れている。コスト及び将来性を考えると超伝導マグネットが最も有利で、大電力電源を持つ水冷マグネットと液体水素冷却マグネットは一長一短あつて優劣がつけにくい。前者の方が高価であるにも拘らず持続性があり取扱いやすい点から有利と思われる。しかし安定でリップルの少ない直流電源については未解決の問題があり、一つの解決策として単極発電機を用いる方法がある。

(2) 瞬間磁場発生装置—測定がごく短時間（ミリ秒程度）で済む場合に有利である。コンデンサー放電方式の電源は軽便でコストもかからない。(1)と(2)の両面を持つのは東北大金研のグリッド制御水銀整流器を用いる方法である。

3. 世界の現状

次に各国でどの程度の設備を持つているかについて簡単に眺めてみよう。会議のあつたMITでは現在Bitter 教授の作つた2000KWの設備があり数個の水冷ソレノイドが活発に

利用されて多くの成果をあげている。ここではLax 教授・Bitter 教授を中心とする強磁場グループが今新しくNational Magnet Laboratory の建設に努力を傾けている。これは空軍の莫大な財政援助(10億円以上)の下に8000KWの直流発電機による25万ガウスのソレノイドマグネットを中心に前記のマグネットや超伝導マグネット又パルスマグネット等をそろえて米国における強磁場研究の中心を作ろうという雄大な構想であり、当初から共同利用の設備として考えられている。建設には2年が予定され現在実験室の建築が進行中である。この他米国ではNaval Research Laboratory, Bell Telephone Laboratory, California 大学等1000KW以上の強磁場発生装置が幾つかあり、又NASA(宇宙航空局)研究所やNational Bureau of Standard でも低温マグネットの設備を持つている。

英国ではRoyal Radar Establishment, Oxford 大学, Cambridge 大学で1000KW以上の強磁場発生装置を持っており、このうちCambridge のは水銀整流器を用いる方式でごく最近完成した。

オランダではLeiden 大学の低温研究所に、-又ポーランド・フランス等でも大電力の強磁場設備を持つている。ソ連の様子は詳しくわからないがモスクワその他にあるとのことである。

このように科学の進んだ国々では一つ以上の強磁場設備を持つているが、吾国でも数年前東北大金研に容量約4000KWの設備ができてその発生磁場も10万ガウスを越えていることは大変喜ばしいことである。

4. 強磁場の応用

この会議のオ二の主題である強磁場の科学研究への応用については種々の分野における実例が総合報告及び個々の研究発表の形でべられ、又今後どんな研究が面白いのか、どんな応用があり得るのかについて検討され参考になることが多かつた。物性から離れるが先ず変つた話題から紹介しよう。

新しい分野として注目を集めたのは生物体に対する磁場の影響と医学上の応用である。ここではBiomagnetism という言葉がよく使われていた。生物体内には血液中を始め磁性イオンが色々な形で含まれているから強磁場の下で生体現象に変化がおこり得ると考えられるしこの作用が医療にも応用できる場合もあり得る。例えば腫瘍の細胞は数千ガウスの磁場で変質退化するが通常の細胞では一般に変化が無い。又動物の帰巢本能に対して磁場の影響が認め

られている。更に面白いのはハツカ鼠の癌が磁場の作用で快方に向うことである。このような研究は何でも磁場の中に入れて効果を見るという原始的な段階にあるようだが実生活につながったものとして今後が期待されている。他の重要な話題として強磁下でのプラズマの挙動がとり上げられ、又核融合への強磁場の利用に関して各国の現状や装置の紹介がなされた。

次に物性の問題に眼を転じよう。固体現象に対する強磁場の影響は簡単にいえば、荷電粒子に対する作用と粒子の磁気能率に対する作用の二つに帰着されよう。この限りでは磁場を10万ガウスにしたために著しい効果があるとは必ずしも期待できない。もつとも100万ガウス以上の磁場になると問題は別であろう。会議でとりあげられた幾つかの物性上の問題をあげて見ると：

- (1) 金属や半導体の磁気抵抗効果
- (2) ド・ハースーフアン・アルフエン効果、ホール効果等の振動現象
- (3) サイクロトロン共鳴
- (4) 反強磁性共鳴
- (5) スピン共鳴の幅 (H/T 効果)
- (6) 液体 He^3 の核共鳴
- (7) Mössbauer 効果
- (8) 半導体の励起子のゼーマン効果
- (9) 磁気分光と固体内のプラズマ、バンド構造
- (10) 磁気異方性
- (11) 強磁場による磁性体の転移

等である。尙前述した National Magnet Laboratory で計画されているテーマは、Faraday rotation, magneto-plasma 効果、励起子のゼーマン効果、反強磁性体の性質、Mössbauer 効果、超伝導、強磁場下でのトンネル効果、気体放電とプラズマ、強磁場下での帯磁率、核磁気共鳴、生体現象の研究等である。

極低温の研究の盛な所では必ず強磁場設備を持っているという事実は低温現象の研究における強磁場の重要性を端的に表現しているのであるが、Oxford 大学の Kurti 博士は低温研究への利用について非常に消極的な見通しを述べた。低温では H/T 効果が著しくなるが、電子スピンに対しては強磁場の必要がなく核スピンに対して始めて必要が生じる。周知のごとく核の断熱消磁には強磁場が有効であり又核物性の研究にも必要であるがこれらは実験の技術

的な困難を考慮に入れると労多くして功少ないというのがKurti 博士の意見であつた。筆者はこの方面に関心をもつ者の一人として、ある点では同感であるが余りにも保守的な考え方であると思つている。

5. むすび

この会議から超強磁場の価値や将来について断定的な結論を引き出そうとするのは危険であると筆者は考えている。何の研究についてもいえることであるが、吾々は意欲的であると共に研究の経済を考えなければならない。高価な大電力電源を要する強磁場発生装置はこの点で色々議論の的であつた。最近の超伝導マグネットの進歩はこのような議論に終止符を打ち、やがて強磁場が普通の研究手段として考えられるようになるのではないかと思わせる。共同利用研究所としての物性研にも10万ガウス以上の磁場発生装置があることが望まれているが、ここで述べたような現状を念頭にどのような方法をとるべきかについては慎重に検討されつつある。次の機会にこれについて報告したいと思う。

○ 産学協同〔物性版〕はでるか？

東北大・金 研 広 根 徳太郎

ひと昔まえ物性研究所設立趣意書といつたものが作文されたことがあつた。数枚のガリズリ・カリトジのもので、余り物を保存する能力のない私などの手許には今は勿論残っていない。しかしこの文書はわが国の産業技術のイタいところをえぐり、説教しながら研究所設立の必要なわけを力説しようとしたなかなかの名文だつたようだ。

ところでこの趣意書を読んで行くと途中でなにかカチンとくるところが二箇所あつたようである。その一つは物性研では協同研究（共同利用ではない）を推進しなければならないというくんだり、もう一つは研究所設立は産業界へのある程度直接的な貢献になると歌つた箇所である。

いうまでもなく学問の進歩は今までの成果や価値体系といつたものを勇敢に批判するところから出発する。従つて他人の悪口をいうことはここでは最高の美德であり、迎合雷同は科学者十戒のトップである。我思う故に我あり。研究家は自己の思考能力だけにたよる孤立の人であ

る筈なのに協同とは何事ぞやという抵抗である。(勿論これは現在では解決済みで、上記の現象は昔がたりである)

ところがオ二の問題はもう少し複雑で今日なお面白い問題を提供している。即ち趣意書には工業材料の積極的開発の急務を説き、その基盤としての物性研究を盛んにしこれと工業とを結ぶという方向を打ち出している。産学協同一物性版であるがこれに対して種々の反応がおきたことは想像に難くない。

・オ一におきたリアクションは生産諸力が資本の手に握られている現在、工業の振興は一方的に資本を利するにとどまり庶民の幸福と縁のないものであつて、物性研究家がこれに協力するのはおかしいというのである。しかし単に知識としての物性研究の成果というものも究極においては工業材料の開発に利するものであるから、上の考えをある一方の極端へおしすすめて行くと折角の成果そのものの発表にも疑問がおこり、物性研究はヒドク独善的なものになりかねない。それだけでなく基礎科学者の協力拒否は技術の独りあるきをいつまでも妨げ、ひいては工業の荒廃を招き極端なことをいうと歴史の歯車が停滞あるいは逆行するという心配もある。

オ二の反論は物性研究のdriving force と工業材料開発への意欲をかき立てるものとは全く質の異なるものであり両者の混合は物性研究の純潔性を乱すだけだという考え方である。この考え方には多くの共鳴者がある半面人間の能力を余りに平面的あるいは低次元的に評価しすぎているともいえるのではなからうか。人はある瞬間には純粋な科学研究者であり、他の時点ですぐれた応用科学者であり得るのではなからうか？

オ三、オ四……産学協力に対する基礎科学者の側からする反対は限りなくつづくであろう。それだけでなくこれをばむ社会的・制度的なトラブルも随時おこるであろう。例えば国家公務員法103条あたりは公務員(即ち大学職員)と企業体との合作をチェックしている。法は社会正義が具体的に表現されたものであろうが産学協同に対しては何等かの救いがあつてもよいような気がする。

しかし以上の諸難点が全部OKになつたとしても基礎研究家にとつては産学協同はおおぢガザグな道を歩まねばならないであろう。そのオ一の曲り角で産学協同におけるモラルの確立という難問に出合うであろう。即ちそこでは公開、自主、平等といった耳ざわりのよい原則の代りに一部ではあろうが非公開、相互交渉、不平等といったことが待っている。そこで産学協同一“学”とはここでは純粋な物性研究家を指す一には両者を結ぶ種々の実務的なパイプ・ラインをしく前にこのようなgeneral rule を作る必要がなからうか。そしてこうした

rule をまとめることは面倒ではあるが少くとも次のような要件を具える必要があるのではなからうか。

1. 科学はそのもの自身のために発展させねばならないという科学至上主義の立場と共に産業の発展のためにという立場をも合せて認める。
2. 産・学が自由に意見を交換するが、その内容の公開は両者の合意が前提となるというようなことを認める。
3. 学は産の技術的提言を基礎学者の立場より捨象した結果をテーマとして研究することは随意であることを認め合う。
4. 前項の成果については産には選択優先権がある。
5. ……
6. 産・学はこのようなルールによつて双方を援助する……。

以上は全くの思いつきであるがいつかはこうしたdiscussion も必要になるのではなからうか？

○ 感 想

核研 坂 井 光 夫

原子核と物性との関係は中々深いつながりがあることは自明であるし、又このような、つながりの認識にたつてこそ、新しい研究分野が生れて行くのではなからうか。この場合勿論一番先に来る image は核物性ということであるが、そういう言葉にとらわれずにもつと広い見地にたつて考えてみるべきであろう。しかし、日本では極めて尤もなこのような考え方がどうしてもそだたないのはどういうわけであろうか。勿論学者のセクシヨナリズムもあろうし、アカデミズムの問題もあろうし、主流派でないと発言権、研究費その他の事で非常に損になるという日本の特殊事情もあるであろう。しかし、竹のカーテン的なものが取り除かれないうちは、根のついたかりものでない研究は日本にはいつまでたつても出てこないのではなからうか。Mössbauer effect にしろ、solid detector にしろ、そして又 super-conductor による高磁場の発生の問題にしろ、我々はどの程度貢献したであろうか。

目に見えて役に立ちそうな研究は高等ではないのだという考え方がもしも我々の中にあるとすれば、これは大いに自戒すべきことであると思う。

○ 半金属研究のすすめ

東大理 久保亮五

1. いわゆる半金属 semi-metal という一群の物質は、昔から研究されてきたが、もともと実用的な意味のうすいものであるから、その一風変わった性質をあちこちでポツポツついでいたくらいのもので、そう系統的な研究はあんまりない。

半導体の研究は Ge, Si を中心として過去十数年に驚くべき進歩を遂げて、これほど徹底的に研究された物質も少ない、というほどになつた。まだ残された問題もあるし、また新しい発展もあろうが、半導体の研究から新しい分野へ、という機運が動いていることは明らかである。

その新しい戦線はどこに展開されるだろうか。その一つが半金属であることは、たぶん衆目の一致するところと思う。日本でもずっと前から金研の袋井研究室でこの方面をてがけてこられたし、田沼氏は Bi-Sb の系列について面白い仕事をしておられる。が、日本では組織的な研究はまだ本格化してはいないようである。

海外では、Shoenberg 氏は多年、de Haas-van Alphen 効果の研究として多くの半金属のフェルミ面、自由電子の基礎的な研究を行つてきた。Chicago その他で田沼氏と同様の Bi 合金の系統的研究を始めている。グラフアイトについては National Carbon で数年前からひじょうに徹底的な研究を開始した。これを指導する Breckenridge 氏は、グラフアイトを Ge, Si についてよく調べられた物質にする、という意気込みであつた。また、最近 IBM で江崎氏は Bi の電気伝導について甚だ興味ある実験を行つている。

江崎氏の仕事は、半導体から半金属へ、という動きの一つの象徴でもあろう。RCA の Steele 氏は、半金属の低温での伝導に見られる de Haas-van Alphen like な現象をずっと研究していた人であるが、数年前 RCA に移つたとき、Bi をやろう、といつ

たらそれは何の役に立つか、と反問されたそうである。だが、江崎氏のこの仕事は、industry の方々の lab で Bi をやり出すきっかけになるだろう、と笑って話していた。

私も Bi のような半金属については数年来いろんな意味で興味をもってきたが、日本でも物性研などをはじめとして、やつといろんな実験を進めることができそうな時代になつたのであるから、ここに敢えてチョー チンをもつてすこし宣伝してみようか、と思つた次才である。

こんなことはもうチャンと考えて着々準備を進めている、という実験家もあるかもしれない。なにか計算をしている理論家もあるかもしれない。そういう方々に対して priority を主張しようなどという気は毛頭ない。以下はできそうなことも、できそうもないこともゴチャゴチャの話だし、オマケに原稿のメ切は本当は今日までだ、というのを一日まけてもらつた忙しさでもあるから、いつこ整理されてもいない。先覚者の方々には教えを乞い、誰か同志を excite しようというのがこのまともらない話を投稿する所以である。実験家に全部信用してもらつても困るが、そうそう用心ばかりしないで、どんなことができるか、まあやつてみよう、と気軽に腰を上げる実験家の何人かを刺戟できれば幸いである。

そういう活発な研究の雰囲気をつくらう、というのが、元来、物性研の設立運動をはじめたときの私達の願いであつたのである。

2. 近頃は zone refining などの方法で Bi などのもずい分 pure なものができるようになつたらしい。よくは知らないが 10^{-5} くらいはわけなさそうである。Ge や Si のように役に立つ、ということになつて本気でやればもつともつと pure になるにちがいない。またそういうもので単結晶をつくること、dislocation の少ない試料をつくること等々も同様、本気でやれば Ge, Si くらいまでゆくこともあながち不可能ではないのではなからうか。

更に、そういう純粋の半金属に、知られた不純原子を加え、よくコントロールされた合金をつくる必要がある。こういう方面はこれまでどのくらいやつてあるのか、私はよくは知らない。冶金学的研究はいくらかあるであろうが、何しろあまり実用的には省みられない物質のことである。そうくわしい研究はあるまい。

半金属の特徴は、伝導電子や空孔の数が少ないこと、またその質量が往々にしてかなり小さいことである。これは de Haas-Van Alphen 効果の測定で知れることである。もつ

とも、これはそういう電子や空孔を発見するのに都合のよい方法であるから、それでみつけれ
 れたもの以外にどんなものがあるかは必ずしもたしかではない。しかし、たとえばBi は m^*
 は 10^{-3} の程度、自由電子は原子あたり 10^{-5} 個の程度、そして伝導電子と空孔とはほ
 ぼ同数存在する。

純粹の半金属については de Haas-van Alphen 効果がこのような電子状態を知るた
 めに、すなわちフェルミ面の形を実験的に定めるためにもつとも有効である。

magneto resistance, Hall 係数などの伝導現象の振動や、非振動部分も役に
 立つ。またサイクロトロン共鳴ももちろん有効である。フェルミ面の決定は半金属研究のもつ
 とも基本的な問題であるが、これは以上のような種々の方法によつてこれまでにもずいぶんた
 くさんの研究がなされてきた。近頃は free electron model の revival で、
 これを信用すればフェルミ面を理論的に求めることもわけはない。

不純原子をかなり含む場合、あるいは合金の場合、フェルミ面を決定する実験方法の多く
 は無力になる。そういう場合に有効な方法を工夫することは理論的な一つの問題であるが、何
 を考えても鈍感な方法しかなさそうである。pure な場合の結果と free electron
 model のような理論と、そういう鈍感な実験と合せて推論するよりしかたあるまい。

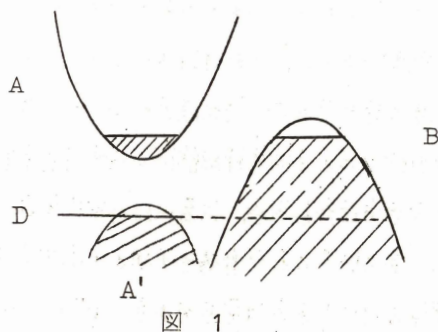
強い磁場での Landau levels に対するマイクロ波でのサイクロトロン共鳴では、ス
 ビン軌道作用からくる g の異常が問題になつている。Bi の場合、これと反磁性、それに
 de Haas のデータの全部は consistent にはなっていない。これも伝導電子の基本的
 な問題である。

3. 上にいつたような電子状態の基本的性質がわかつたら、次は電気伝導、熱伝導などの
 transport のふつうの測定、磁性や、比熱などのふつうの熱力学的性質の測定を精密に
 やり直すことが必要だろう。半金属の性質は不純物にかなり敏感に影響されるが、これまでの
 data はそんなに精密ではなさそうだからである。純粹な物質について、また不純物をコン
 トロールした試料についてそういう普通の測定をやり直す、という地味な仕事がほしい。不純
 物といつても何をいれるか、が問題であるが、Ge, Si の場合と同様、隣の元素をえらぶ
 ことがまずオーである。

半金属では電子、空孔が少なく、縮退温度も低いので、不純物の影響は当然大きいわけであ
 る。不純物原子の附近の電子状態はどうなつていようだろうか。半導体の場合には不純物は
 donor や acceptor などの localized states をつくる。金属では、不純物

は、ある場合には単にその附近の電子密度を変えるだけであるが、磁性不純原子の場合などには semilocalized states をつくり、free spin を生み出す。半金属での不純原子の電子状態についてはこれまで実験的にも理論的にもほとんど研究はないようである。電子、空孔の密度が小さい事実は当然、localized states を生みだす傾向をもつ。一方バンドが重なっていることはこれらが本当の localized states であることを妨げるであろう。たとえば、Bi では1図のように異なるバンドA、Bのそれぞれに電子と空孔がある。A、Bはそれぞれ同等なものの数個から成る。

仮にAだけを考慮して不純物レベルがDの位置にできたとするとそれはBおよびA'のバンドの連続スペクトルに重なる。



Bi に Te を加えたでしょう。Ge + P の場合にあらつて考えると、2図のように Te は $\text{Te}^+ + e$ となる。まわりの Bi は 10^{-5} くらいの割合で Bi^+ または Bi^- になつているが、これはひじょうに稀薄だから $\text{Te}^+ + e$ の相互作用を遮蔽することはほとんどない。したがつて Te^+ のまわりの電子はこれに bound された状態をつくりそうである。

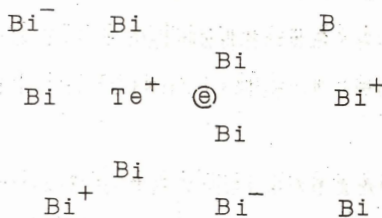


図 2

ここで Bi の誘電率 ϵ が問題になる。 ϵ が小さければ $\text{Te}^+ + e$ は固く結ばれるし、 ϵ が大きければ Ge 中の P と同様、浅い trapped state ができよう。これは上に言つた意味でほんとうの localized ではなく semi localized であろうが、それはわりあい小さい activation energy ($300 \sim 400^\circ\text{K}$) をもつ donor の役割をすることになるろう。

ひよつとすると、伝導電子と空孔も exciton のような bound state をつくることもあるかもしれない。本当の bound state でなく semi-bound state である。

半金属の誘電率 ϵ の測定は基本的なものの一つであるが、これまでどのくらい研究があるのか、まだしらべてはいない。マイクロ波から赤外領域での測定がほしいと思う。

伝導電子、空孔のプラズマ振動に対応する透過率極大は半金属では赤外の領域にある。その観測ができれば、電子数、電子質量、散乱機構、誘電率等について重要な information を与えるであろう。磁場を与えての同様の実験も有効である。

不純物をふくむ半金属の磁性は不純物状態に関連する面白そうな問題である。Bi の反磁性は有名であるが、その原因は必ずしも明らかでない。不純物の磁性は、あるいは一つの鍵になるかもしれない。

4. 半金属の一つの重要な問題は、その電子と空孔との共存によるプラズマ的現象であろう。金属ではその中に大きな電場を生ずることが不可能であるが、半金属では少くもパルス的には相当強い電場の生成も可能であろう。一方、半導体の場合とちがって不純物なしに電子、空孔は 10^{18} cm^{-3} くらいの濃度になる。

半金属のプラズマ的現象にどんなものがありそうか、あまりよくはわからないが、多くの人が気にしていることの一つであろう。まだ何も striking なものはないが、きつと近い将来、何かが出てくるにちがいない。江崎氏の最近の実験もその一つの方向を与えるものになるかもしれない。

Bi のような場合、図1に見るように、電子と空孔は異なるKベクトルをもっている。これらの電子空孔の生成と消滅、すなわちバンドAからBへの電子の散乱とその逆過程は基本的な過程の一つとして研究する必要がある。この過程に、フォノンが伴う場合、ラマン散乱のようなものがおそらく重要になるとと思われる。江崎氏の実験のように、磁場の中で電子と空孔がともに流れる場合、電子、空孔の生成、消滅は必ずそこに伴って起らねばならない。一般には電子と空孔は異なる流れの場をもつものであろうが、そのような“流体力学的”な問題がもし重要になつてくるとすれば、ガスパラズマなどとはちがったプラズマの分野がひろげることになる。

5. 少々突拍子もないことのようにであるが、原子あたり 10^{-5} くらいの自由電子しかもたない半金属の微粒子をつくと、径が $100 \text{ \AA}$ かそこの粒子は自由電子が10個とか100個とかいう giant atom になる。金属微粒子の低温における電子の挙動にはある

異常が見られる筈であるが、特に半金属の微粒子には特別な興味がある。自由電子数の小さいことからくるゆらぎの現象に何か面白いものがあるかもしれない。またBiの反磁性は、そのようなgiant atomではどうなるであろうか。ちよつとたのしみである。

6. サロンの談義としてはいささか長くなりすぎたようであるから、もうやめた方がよいだろう。上には言わなかつたが、超伝導にも半金属として問題にすることがあるかもしれない。そのほか、もつといろいろ、あるいはもつと基本的な問題として取上げるべきものもあるかもしれない。そういうことを御教示頂ければ大へん幸いである。

とりとめなく並べたものの中には、気軽な実験家ならドレといつてやつてもらえるものも一二はあるかもしれない。そうでなくても、もう少し本気で考えられるものもあろう。また理論家として取上げる問題もある筈である。

半金属の研究が今後どの位うまく行くかは全くわからない。何か役に立つのか、といわれればそれもわからない。すぐにそれがわかる位ならパテントでもとつて少しはもうけたいものである。しかし、どうもそれは柄にないからまずわれわれは役に立とうと立つまいと、何かやつてみたいものである。もしこの小文が、新しい分野の開拓の機縁にでもなつたらそれより嬉しいことはない。(3. 18. 1962)

編 集 後 記

- 物性研だよりは、どうやら順調な発展を続け、いよいよ才2巻発行ということになりました。これも皆様の御協力の賜物と編集部一同感謝しております。
- この号から研究会予告の欄が新設されました。世話人の仕事の一つふえたわけですが、研究会の目的を徹底させるためこれからも御協力をお願いいたします。
- 前号で“研究室だより”の原稿を募集したのですが、まだ一つも投稿がありません。研究室の現状、プロジェクト等についてお気軽に御投稿下さい。
- サロンで久保先生が半金属の研究について大変有益な記事を書いておられます。これまでもサロンには、共同利用の理念等について有益な御意見が数多く寄せられたのですが、これからは学問的な意見もどしどし投稿されんことを希望します。
- 最後にこの雑誌が、皆様の物性研究に関する共通の話しあいの場であることを、才2巻発行の門出にあたり、強調したいと思います。なお、物性研の都合により本号の発行がおくれたことをお断りいたします。
- “物性研だより”の締切及び発行予定は次の通りです。

締 切： 奇数月 10日

発行予定： 偶数月 20日

物性研だより 才2巻才1号 1962年 5月 4日発行

東京都港区麻布新龍土町10

物性研究所

Te1 (408) 3922

