

物性研だより

第1卷
第2号
1961年8月

目 次

研究室紹介

- 斎藤, 星埜研究室……………斎 藤 喜 彦……………1
星 嶽 穎 男

研究会報告

- 分子構造と化学反応……………長 倉 三 郎……………7
○ 日本における半導体……………川 村 肇……………13
○ 電子線, X線による格子欠陥の直接観察…細 谷 資 明……………25
物性研ニュース……………30

サ ロ ン

- 所 感……………宮 原 将 平……………31
○ Shoenberg博士との2週間……………菅 原 忠……………33

研究室紹介

斎藤・星埜研究室

結晶Ⅱ部門を担当するように交渉を受けたときの、本部門についての構想は次のことでした。當時、結晶に関する部門として既に結晶Ⅰが設置されていましたが、ここではX線電子線の回折現象そのものの研究を行うのが主な目的であります。これに対し我々の結晶Ⅱ部門は、結晶Ⅰと緊密な連絡を保ちながら、結晶構造解析を行うのが主な目的で、結晶Ⅰが物理的であるのに対し、結晶Ⅱはやや化学がかつた研究を行うことが望ましいということであつたようです。同時に東海村の原子炉を利用して中性子回折をこの部門で行うという要請がついておりました。ここに星埜さんというよき協力者を得、人員も充実し、漸く仕事が始まったという段階です。

我々は、結晶構造解析の研究を行うに当つて、どんな結晶性物質、即ちX線の吸収の比較的小ない軽原子ばかりでできた有機化合物でも、あるいは、X線の吸収の大きい重金属原子を多く含む化合物でも、何でも解析できるような設備をそろえることに努力しました。

現在、結晶構造解析の目的だけに使用するX線発生装置が三台あり、ワイセンベルグゴニオメーターが三台（本年中に四台となる予定）あります。この他、von Ellerの光学的フーリエ合成装置も備えられています。又 高分子物質・繊維試料や粉末試料の解析を行なう為に必要なカメラ類なども着々と整いつつあるという現状です。写真以外の方法、つまり計数管による強度測定の準備の現状については後で星埜さんが書いて下さると思います。プリセツションカメラがないのは残念ですが、これも結晶Ⅰ部門には一台あるので適当に共用することにすれば、大体構造解析に必要な装置は、ほぼ満足できる程度に備わっている積りです。後は解析のために必要な莫大な計算を要領よく迅速且つ正確に行なうための大型計算機が早く欲しいところですが、これも近々物性研の電子計算機P C-2が動き始めれば問題ないわけです。

今、我々の研究室でとりあげている問題の一つの中心は、X線の異常分散を使って対称中心をもたない結晶の構造解析を行なうことです。又、これと関連して、普通のX線の強度測定の方法では区別できない対掌体の立体配置を決定することも有機化合物や錯塩の立体化学の立場から、色々興味ある問題です。この問題は私自身としては物性研に来る前から仕事をすすめてきたもので、いわば前からの一連の系列の続きとしてやつているものです。異常分散の方法

を使って、最近我々は $[Co\text{--}l-pn_2\text{Cl}_2]\text{Cl}\cdot\text{HCl}\cdot 2\text{H}_2\text{O}^*$ の絶対構造を決定しましたが、尚これに関連して、今 $[Co\text{--}l-pn_3]\text{Cl}_3\cdot x\text{H}_2\text{O}$ など幾つかの光学活性な錯塩についての仕事も準備中です。金属錯塩の構造については、別に光学活性でなくても未だ全然知られていない部分も多く、特に多核錯塩については殆んど手をつけられていない有様です。この方は、いわゆる物理的なねらいということではなく、純粹な意味での結晶化学の問題として考えているのですが、いまロドクロム塩 $[\text{Cr}(\text{NH}_3)_5\text{OH}\cdot\text{Cr}(\text{NH}_3)_5]\text{Br}_5\cdot\text{H}_2\text{O}$ 、ヘクソール塩 $[\text{Cr}[(\text{OH})_2\text{Cr}(\text{en})_2]_3]\text{Cl}_6\cdot 6\text{H}_2\text{O}^{**}$ などについて解析を進めているところです。

金属錯塩や絶対構造の方の仕事のほかにもう一つの大きな課題は、純粹の有機化合物の構造解析を行なうことです。この方では、水素結合の問題に関連して、アセチルグリシンNメチルアミド、フォトトロピズムに関連してベンシリデンアニリンの誘導体、乱れのある構造の問題とシンチレーターの機構に関連してセクシフェニルなどの解析がすすめられており、又遊離基の電子状態に関連して $\alpha\alpha'\text{-ジフェニル}-\beta\text{-ピクリルヒドラジル(DPPH)}$ などの解析を準備中です。

こう挙げてみると我々の研究室では研究室自体として何もまとまりがなくて、むやみにバラバラな問題を無秩序にやっているように思われるかも知れません。しかし元来結晶構造解析というものは物理学や化学の研究の一つの「手段」にすぎないので、いつてみれば質量や双極子能率を測定したり、赤外吸収スペクトルをとつたりするのと同じ性格の仕事です。ただ構造解析はそのほかの物理的な手段に比べておそらく時間がかかり、事実大変複雑でもあるので、手段自体に相当専門的な知識が要るようと思われているにすぎません。勿論構造解析をより能率的に精密に行なうための努力は必要ですし、そういう点では未だ解析法自身を「研究」する余地はあるでしょうが、大体のところは既に完成された手続きに従つて順序通りにやればよいようにできているわけです。(勿論実際は決してそう簡単なものではありません。一番困難な問題は、X線解析で測定できるのは反射の強度、従つて振巾の絶対値だけで、各反射の位相が実験からは全然出ないということです。実際に結晶内の電子密度分布を求めるときには、フーリエ係数には絶対値ではなくて位相の入った振巾自身が必要になります。従つて位相問題をどう解決するかということが実は構造解析をするということなので、解析法自体に研究の余地が

* pn : プロピレンジアミン

** en : エチレンジアミン

あるというのも、結局位相の処理をどうすればよいかということにつきるといえます。異常分散を利用して構造解析を行なうことも実はこれと密接な関係のある仕事なのです。)

ですから構造解析の専門家といるのは実は変ない方なので、我々の研究室のメンバーはそれぞれ皆何らかの目的があつて、それを研究する手段として構造解析をやっているということに過ぎないです。構造解析をやつてしまふ同じような問題に关心がある人が集まつていれば外から見ても統一のとれた研究室ということになるのでしょうか、そうして将来はそういう方向にもつてゆければとも思つてゐるのですが、今のところは何ぶんこうした新設講座としてはご多分にもれず純然たる寄合世帯ですから、メンバーの一人一人が持つてゐる問題が必ずしも同じでないというのは当然のことです。むしろ私達はこうした色々の仕事が割合順調に進んでいて、どんな問題をもちこまれても手段に関する限り大丈夫やつてゆけそうだということで満足している次第です。先にも申しましたように、構造解析は他の物理的化学的な手段に較べてひどく煩雑なところが多く、そういう点では研究室の中でも解析法自体について皆で協力し合つたり、ほかの人の助けが欲しくなつたりすることがよく起ります。その意味では、構造解析に関する限り我々の研究室では目的が互にかなり違つてはいても、なかなか巧く協力してやつていつてゐるつもりです。

(斎藤 喜彦)

「構造解析」が結晶Ⅱ部門の主な目的であることは斎藤教授が初めに書かれた通りです。しかし「構造解析」とは何かといふと、色々な解釈がつけられるでしょう。今迄に述べられたことは、いわゆるX線結晶構造解析によつて結晶内の“静的”な原子的構造を探求することを主題としているわけですが、もう少し広い意味で「構造解析」を解釈して、物質内の原子などの“動的”な挙動を追求することがもう一つの主題として取り上げられています。

これは、ある意味では私が大学を出て以来主に結晶の相転移に伴う原子的構造の変化に興味をもつて、ずっと続けてきた研究の継続ということにもなるでしょう。こういう点で、結晶Ⅱの両研究室は、少し違った性格をもつているのかもしれません。これは初めに述べられている“化学がかり方”的の差ともいえましょう。私自身はもともと物理化学の研究室の出身ですが、大学卒業後はつと物理教室で生活してきたために段々化学がかり方がうすれてきたのでしょうか。しかし我々結晶Ⅱ部門は両研究室で共通する研究計画をもつております、実際はあたかも一研究室の如く一体になつて計画協議した上で運営されています。

さて、我々が研究を遂行する手段としては、主に「回折の方法」を用いますが、ここで「回折の方法」といつたのは、X線、電子線、中性子線はそれぞれの特徴を生かして利用されるべきものであり、しかも物質の研究というものは、或る物質についての研究ですから、対象とする物質が何であるかにより、又どういう面を主眼として追求するかにより、時に応じて上の三つの回折の方法をうまく利用することが望まれる訳です。勿論何といつてもX線法が最も標準的であり、しかも実験も手軽に行えるので、一番頻繁に利用される武器であることはいってもありません。ところで物性研究所は多くの議論にありますようにかなり特殊な研究ですから、どこの大学研究所でも行なえるような簡単な研究を行なつていたのでは、大方の期待にそえないので、設備としても、かなり費用はかかるけれども、他ではなかなか整備できないような精密測定のための機械を揃えたいわけです。これが我々の最も苦心してきたことの一つです。そんなわけで、今迄の約一年間は、設備の充実という建設的ではありますが、なれば事務的な仕事で過ぎて丁いましたが、ここ一月程前にやつと研究室の部屋も増え、近く主な設備を殆んど完了することができる段階になりました。

先に述べたように、我々は主として回折の方法を用いますが、このうち電子線回折については、必要な場合は結晶工部門の既設の装置を使うこととして、我々の設備計画からははずしました。その代り、相転移現象の研究に必要な比熱示差熱自動測定装置を買い込みました。これは理学電機社製のもので、かつて私が高木研究室にいた時に、現在理電におられる長崎さんから手をとつて教えられた高木—長崎式の断熱比熱測定装置を自動制御したもので、当時ガルバのあかりを見つめながら数時間或はそれ以上、神経をすりへらして測定していたことを考えると、何とまあ便利になつたものかと感慨深いものがあります。この装置は室温から1000°C迄の測定が可能ですが、低温の測定もできるように今その部分を製作中です。次にX線回折の装置ですが“動的”な構造変化をさぐるのには写真法では精密さを欠くのでどうしても計数管による精密強度測定をしたいわけです。そこで理学電機社製ディフラクトメーターを改造して、赤道線上ばかりでなく層線上での測定もできるような単結晶用ディフラクトメーターを二台製作しました。この中一台は主に測定の自動化をはかるために、予めテープに打たれた命令に従つて駆動し、測定を自動的に行なえるような、いわゆるプログラミングコントロールシステムを採用しました。この装置はごく最近に完成されたばかりでまだこれからテストを行う段階ですが、一応モニターカウンターを用いて精密強度測定ができるようになっています。構造解析用のデーターを自動測定することには色々の困難がありま

すが、不整構造にともなう散漫散乱強度の逆格子空間での分布を測定する場合などには威力を發揮するものと期待しています。以上のほか、開放管のX線発生装置や結晶カッターなどがありますが、問題は相転移の研究に必須の、高温、低温におけるX線回折測定のための装置です。私自身も、この面では今迄ずい分苦労して色々な工夫をしてきたのですが、未だにこのような装置の決定版というものはありません。

X線カメラにしても、デイフラクトメーターにしても、特に単結晶試料を高低温に保ち、その温度制御を精密にするためには、世界中どこでも、結局は各研究者がその目的に応じて試作し、これを用いているようです。そこで我々の研究室でもひたいを集めて協議し、何とか“物性研装置”として人にもすすめられるようなものを作ろうと思つて準備にとりかかっております。

以上に主としてX線回折関係の装置のことを述べたわけですが、私達は研究の手始めとして、現在、 NaNO_2 や硫酸グリシンなど強誘電体結晶の相転移を回折の方法によって精密に追求することを手がけています。その他色々な研究計画をもつていますが、未だやつと発足したばかりの研究室ですし、今から余り大風呂敷を拝げることは止めにして、我々の研究室のもう一つの大きな問題である中性子回折の方に話を移しましょう。

中性子回折装置の建設は私が物性研に来る前から三宅教授を中心にして、研究所内外のこの分野に関心のある人々によつて計画され推進されてきました。そして極くちよつぴりながら実験の経験があるということで、昨年から私がその方の担当をさせられることになつたわけですが、私がこの計画に参画したときには既におぜん立てはほぼでき上つっていました。それから一年、我々の中性子回折装置は最近いよいよ東海村の2号炉に据え付けを完了することができましたが、その間、このCP-5型原子炉についてはジャーナリズムの好餌となつたことは御存知の通りで、我々もそのたびに心配したりホツツしたりしながら過したわけです。とにかく原子炉の方は今の所1MW運転ですが簡単な回折実験はできる程度に動いていますので、回折装置の方もこれから調整を始めて秋からは何とか仕事が始められるようにしたいと思っています。さてこの装置は、普通の構造解析用に用いられるほか、格子振動の研究などのための非弾性散乱のエネルギー分析ができるように複結晶分光器型となつています。炉が将来もつと出力をあげられるようになつたならば、この方の測定もできるであろうことを期待しているわけです。又磁性体の研究をするための附属マグネットについては、磁気講座の近角、石川両氏と協力して、他に例のないような回転型の電磁石を製作中で、更にHe クライオスタットも作る計画

をしています。又 測定は自動制御装置(プログラムコントロール)でも行なえるように準備中です。中性子回折については、装置の上でも又実際にこれから研究を行なう上でも、未知のファクターが多く、問題はかなり今後に残されていることはいうまでもありません。しかしそれらとは全く別な問題として、実験場所が東京と離れていることに起因する色々な困難があります。装置の保守管理の方法や、そのための要員のこと、実験をしに行く旅費のこと、東京での仕事との調整のことなど、今後どうやってゆくか、当事者として全く頭が痛いのですが、目下のところなるようになるだろうと思っているより仕方ない状態です。我々結晶Ⅱの両研究室は、斎藤、星埜、岩崎の三人がstaffで発足したのですが、昨秋から渋谷が就任し、今春からは二人の技術員や大学院学生、留学研究員の人々などが加わって漸く人員的にも講座の形をなすに至りました。

しかし今のところ、後半に述べたような仕事は主として三人のstaffで行なつており、東京と東海の両方で研究を遂行しながら、以上述べたような諸装置のお守りもして行かなければならぬので、今のところいさか手不足をかこつている次第です。

(星 埼 賢 男)

一 未解答の方へ

「物性研だより」第1巻第1号の回答用紙を返送して
いない方は是非御返送下さい。御回答のない方には次号
より発送を停止致します。

研究会報告

「分子構造と化学反応」研究会

(1960年9月19日~22日)

長倉三郎

放射線の作用、衝撃波とともに反応、燃焼、高層大気の性質、天体物理など広い分野で化学反応の素過程や、そこに登場する遊離基の性質についての知識が要求されている折から、今までに得られている知識を整理して今後の研究方向について見通しをつけようとして計画されたのがこの会である。このため、講演は自分の研究したことに限られず、むしろ総合報告的なものを多くした。

前半は素反応の理論を中心とし、後半では遊離基の性質と放射線作用が主な話題であった。物理、化学の両分野から、合計約70名の参加者があつて、相互に十分な意見の交換がなされたことは大きな成果であった。

プログラム

第1日〔9月19日(月)〕

A. $H_2 + H \rightleftharpoons H + H_2$ 反応を中心として。

- ① 佐藤伸氏(東京工大) ポテンシアル面の半経験的計算と Eyring 理論の適用
- ② 石黒英一氏(お茶の水大) ポテンシアル面の非経験的計算

B. Eyring 理論の吟味

- ① 高柳和夫氏(埼大、東大理) 基本的仮定の吟味
- ② 安盛岩雄氏(東京工大) 実験との比較

C.

- ① 小泉正夫氏(東北大) 光化学実験法

D.

- ① 広田鋼蔵氏(阪大理) 反応速度実験法

第2日〔9月20日(火)〕

E.

- ① 高柳和夫氏(埼大, 東大理) $A + B + C \rightleftharpoons A + BC$ 型反応の理論
- ② 勝浦寛治氏(倉敷レーヨン) 拡散理論

F. $A + B + C \rightleftharpoons A + BC$ 型反応の理論

- ① 井口道生氏(東大工) Mazur-Rubin の理論他
- ② 安盛岩雄氏(東京工大) 透過係数の理論的計算
- ③ 香山邦英氏(日立中研) Bauer-Wu の理論

このあと一般討論

第3日〔9月21日(水)〕

G. 遊離基の電子状態

- ① 長倉三郎氏(東大物性研) 遊離基の構造に関する二, 三の問題
- ② 柳口治郎氏(東京工大) 簡単な遊離基の電子状態
- ③ 宮川一郎氏(東大物性研) X線及び γ 線によって生じた遊離基の ESR による研究
- ④ 大西俊一氏(放射線高分子研(大阪)) 放射線化学反応の ESR による研究の二, 三の問題点
- ⑤ 相馬純吉氏(北大函館分校) UV で照射された N_2O_4 及びニトロ化合物の常磁性共鳴吸収
- ⑥ 志田正二氏(東京工大) Lophine 誘導体の phototropy
- ⑦ 米沢貞次郎氏(京大工) 重合反応に関する遊離基の電子状態とその反応性
- ⑧ 出口安夫氏(京大理) DPPH の ESR の超微細構造

H. 電子衝撃による結合の切断

- ① 笹木賢二氏(阪大理) 電子衝撃による結合の切断
- ② 渡部 力氏(原子力研) イオン化による分子の解離

第4日〔9月22日(木)〕

H. つづき

- ③ 堀江忠男氏(阪大理) 水分子の電子衝撃と OH 基の角運動量

I.

- ① 山崎秀郎氏(放医研) 水の放射線分解の初期過程

J. 電荷交換反応

- ① 清水幹夫氏（お茶の水大） 気相反応
- ② 大鹿 謙氏（小林理研） 溶液中の反応

K. イオン・分子反応

- ① 井口道生氏（東大工） イオン・分子反応の理論
- ② 志田正二氏（東京工大） イオン・分子反応と放射線化学
- ③ 米沢利之氏（電波研） 電離層における素過程に関する問題点

このあと一般討論

第 1 日

まず長倉が開会の辞をかねてプログラムの説明をしたあと講演に移り、佐藤は水素原子分子反応における活性化エネルギーとエネルギー曲面の決定について、Eyring-Polanyi の半経験的方法や講演者自身の提案した方法その他を説明し、遷移状態の方法をこれらポテンシャル面に適用したときの同位体効果を実測とくらべた。これに対し石黒は、ポテンシャル面の非経験的計算の現状を述べ、反応速度を計算するのに必要な精度で結果を出すことが非常に困難であることを指摘した。ついで Eyring の遷移状態の方法の吟味にうつり、高柳は、この方法の基本仮定になっている a) 断熱近似 b) 平衡関係の適用 c) 古典的概念の使用などについて論じたあと、遷移状態にある分子系全体の回転による遠心力の効果が通常の計算では考慮されていないことを注意した。しかし数値的にはこの効果はあまり大きくないと思われる。続いて安盛は、遷移状態理論と実験との比較を行い、多くの均一気相反応や不均一反応（固体表面）の例についての資料をあげて、理論と実験との一致がほぼ満足なものであることを示した。しかし理論的計算の中には如何にも人工的に“一致させた”ような傾向を示す例が少なくなく、理論が実測値の単なる説明に終つている例が多い点が指摘された。以上二つの講演を通じての結論は、ポテンシャル面についてのよりくわしい研究が、Eyring 理論の是非をきめる上にも是非とも必要であるということであつた。

化学反応が実際にはどのようにして研究されるかということを理論家にも知つてもらうために、ここで実験についての話が二つあつた。まず小泉は、光酸化還元反応を例にとり、溶液中で光を吸収して生じた励起分子がどのような運命をたどるかという問題について、可能な諸過程を述べた。そのあと各素過程を詳細に追求するには、どのような実験的手段があるかなどの

点についての説明があつた。ついで広田は、実際の反応を素過程に分解して反応構造をしらべるための実験的方法を概観し、特に中間生成物を見つけ出すための各種手段について説明した。以上のはか第一日目には、各講演のあとに討論の時間に、Eyring理論における遷移状態の意味、その状態にある分子系の観測可能性などについて意見が交換された。(堀内、山本、長倉、広田、高柳など)

第 2 日

この日は素過程の量子力学的な取扱いが主に論じられた。高柳は三重衝突による分子生成 $A + B + C \rightarrow A + BC$ と、その逆過程である衝突による分子解離について、今までに出ている確率計算の方法を列挙比較した。比較的くわしい計算としては Bauer と Salkoff が歪曲波の方法を用いているのと、Keck が統計的な計算をしているのがあるが、将来前者の方法が有望であることを強調した。

勝浦は Kramers, Brinkman のいわゆる拡散理論を紹介した。これに対して堀内から、Eyring の理論と拡散理論は適用範囲が違つてるので、両方の結果が一致する場合といふのはないだろうという発言があつた。

午後は $A + B + C \rightleftharpoons A + BC$ 型の反応の理論に移つた。この種の反応は、ポテンシャル曲面上の代表点の運動として扱われるのが普通である。井口はこの線にそつて行われた古典力学的な計算の二、三を紹介したあと、Mazur と Rubin による量子力学的な計算方法を説明した。この方法は適当な形の波束を入射させることによって、与えられた温度での反応確率を一挙に出してしまうといふ長所をもつてゐるが、これは又同時に短所でもあつて、極めて大きい容量の電子計算機を用いないと実際的なポテンシャル面に適用されそうにない。その点では、時間を含まない波動方程式を解いていく定常状態の方法の方が、はるかに使い易いものであると思われる。安盛はそのような計算例として、自身による二次元屈曲路の透過の計算や、他の人々による同様の計算例について述べた。

これらの計算についても、またそのつぎに香山によつて紹介された Bauer と Wu の理論についても、議論の行きつくところは、我々が十分正確なポテンシャル面についての知識を持たないということであつて、それがわからない以上あるところから先のくわしい議論は出来ないといふ現状である。ポテンシャルの計算はごく簡単な分子系においても相当大量の数値計算を必要とするのであるが、その困難にもかかわらず、一、二の実例について計算が実行されることが切望される。

このあと一般討論に移り、まず山本から、 $A + B \rightleftharpoons A B + C$ の反応を起している体系が、平衡に近いところにあるとして、統計力学的に厳密な取扱いを行った結果、得られた反応速度の式は直観的に導かれる普通の公式と一致したという報告があつた。

ついで Eyring の理論に話が戻り、平衡仮定について若干の討論があつた。また今回の研究会の予定には入れてなかつた項目であるが、単分子反応にも議論が及び、 $CH_3 + CH_3$ などの比較的簡単な系で bimolecular association が実験的に知られていることを考へると、その辺の系で单分子反応をくわしく調べて、N.B. Slater の理論と Kassel の理論の優劣も知られようという意見も出た。（山本など）

第 3 日

この日は最近研究が盛んになつてゐる遊離基について現状の総合的報告及び研究発表があり、討論が行なわれた。まず長倉は HCO , CH_3 , NH_2 をはじめ種々のラジカルについて原子の空間配置、イオン化ボテンシャル、電子スペクトルなどの最近の研究結果を解説し、それに対応する安定分子の諸性質と比較して検討した。樋口は AH , AH_2 , AH_3 (A は C , N 原子) 型の簡単な遊離基の基底及び励起エネルギー準位の電子構造の計算結果について説明した。特に最近二、三の遊離基について基底及び励起エネルギー準位における原子の空間配置の相違が明らかにされたので、その点について理論的な立場から詳しい考察が行なわれた。続いて宮川はジメチルグリオキシム及びアラニンなどの単結晶に X 線照射した際に生ずる遊離基の常磁性共鳴吸収の測定結果について報告した。大西はポリエチレンその他に放射線を照射する際に生ずるイオンラジカル、ホットラジカルを常磁性共鳴吸収を用いて同定する際の問題点及び放射線照射による遊離基の生成機構などについて詳しく説明した。相馬は N_2O_4 を始め、二、三のニトロ化合物に紫外線を照射した際に生ずる遊離基の常磁性共鳴吸収の測定結果について報告した。次に志田はロフィン及びその誘導体の酸化生成物の示すフォトトロピー現象と常磁性共鳴吸収との関連について興味深い研究報告を行なつた。続いて米沢は重合反応における遊離基の反応性を説明するために、二、三のモデルを用いて量子力学的な近似計算を行なつた結果について報告した。出口は DPPH の常磁性共鳴吸収を注意深く酸素を除いた条件で測定した結果、プロトン超微細構造が見出されたことについて報告した。これらの研究報告及び解説を通して、遊離基の研究が電子構造の面から興味ある研究対象となりつつあること及び今後の研究の発展に俟つべき点の多いことが認識された。

次いで笛木は分子の電離解離反応の理論的取扱いの一つとして quasi-equilibrium

theory をとりあげ、実例と比較しながらその適用性について論じた。また種々の炭化水素に放射線を照射した際に生ずる分解生成物と結合エネルギーとの関連を多くの実例について考察し、結合エネルギーの小さい部分で切れ易いという立場から多くの実験結果が説明できることを示した。さらに渡部は分子の電離解離の理論的取扱いを二原子分子、三原子分子、多原子分子について種々の方法を比較しながら詳細に報告した。

第 4 日

前日の時間不足のため繰り越された講演がまず行なわれた。堀江は H_2O , H_2O_2 などの分子と電子との衝突によって生じる遊離基 OH の挙動を crossed-beam technique によつて詳細に調べた結果を報告した。その際観測される OH の異常角運動量分布は、原子軌道法で推定される水分子の励起状態の構造と統計的理論によつて定性的には理解されるが、幾つかの問題点が残つていることが指摘された。また山崎は水の放射線分解の初期過程についてこれまで行なわれた研究を纏めて紹介した。水の分解から生じるいろいろな生成物の収率は、水中の溶質の濃度、放射線の線エネルギー損失 (LET), 線量率に依存するが、これらの依存性は Lea-Gray-Platzman の模型でも、Burton-Magee-Samuel の模型でも完全には解釈できないことが明らかにされた。

次いで第4日 の予定に入り、特別ではあるが比較的簡単な化学反応として電荷交換の問題がとりあげられた。清水は気相における極く簡単な原子分子の間の電荷交換について、実験的に得られている衝突断面積の一般的特徴について説明し、衝突断面積の計算について詳細な総合報告を述べた。特に入射イオンが低エネルギーの場合、標的が原子でなく分子である場合、また交換される粒子が μ 中間子のようにかなり重い場合などには、取り扱いが非常に困難であることが示された。溶液中の電荷交換については、大鹿が実験事実の簡単な紹介をしたあと、二、三の模型的理論を説明した。

午後に予定されたイオン分子反応の議論では、まず井口がイオン分子反応の一般的性格と Stevenson らの理論を紹介した。イオン分子反応の速度定数が気体運動論的断面積から予期されるものよりはるかに大きくまた温度に余り依らないという質量分析計による実験結果は、イオンと分子との間の静電分極力から説明されるというのがその要点であつた。しかしながら幾つかの検討すべき問題点が残つてゐることも指摘された。続いて志田は、放射線化学におけるイオン分子反応の実験例を数多く挙げて、この反応の重要性を示した。また放射線によって炭化水素から生じるいろいろな生成物の収率が、電子衝撃による質量分析のデータから大体説明

されるという Dorfman の仕事を引いて、質量分析の放射線化学での重要性を強調した。さらに米沢は電離層に関する観測結果から素過程を推論すると、イオン分子反応の速度は一般的な化学反応と同程度でしかも同程度に強い温度依存性をもつていなければならないという結論が出来ることを示した。この結論は質量分析計による実験結果や Stevenson らの理論と矛盾すると思われる所以、いろいろな議論がでたが、この米沢の問題提起に対して満足な答は出されなかつた。

予定をかなり過ぎた夕刻から一般討論に移つた。まず堀内が、複合反応の素反応を実験から決めるための化学量数理論を紹介した。その後この研究会について参加者の意見を出しあつた。一般的な空気としては、今度の研究会が非常に多くの参加者を集めて行なわれたことは特に物理と化学の間の交流という意味で大きな成果であったと認められた。ただし話題がかなり広い領域にまたがつていたため、特に第3日、第4日には時間の不足のため、十分な討論ができなかつた。今後の研究の進め方に関しては、化学の側から、物理学者の手で原子線、分子線による素反応の研究をもつと盛んにしてほしいとの希望が述べられ、一方理論の側からは、ポテンシャル面の知識をもつと豊かにしたいという意見が出された。一般的に実験をしている人からは、理論家からの協力が要望され、そのためにも今回のよきな交流が今後しばしば行なわれることが望ましいという点で全参加者の意見が一致した。

「日本における半導体」研究会

川 村 肇

5月22日(月)より5月25日(木)までの4日間、半導体の日本における特徴ある仕事のうち basic なものを時間をかけてゆっくり討論することに主眼をおいた。

これらの仕事は従来学会などでこま切れに報告されていたが、ゆっくり聞かせてもらつたおかげで十分討論ができて、その物理的な意味がはつきりしてきたものがあつた。元来理論家の興味をこれらの研究にひきつけることが目的の一つであつたが、まだまだ日本ではインスタント食品を好む理論家が多く、血のにおいのするビフテキや、サシミを好む人は限られているというののが、一部の人達の得た結論であつた。

ブ ロ グ ラ ム

5月22日(月) — 横田伊佐秋, 宮谷信也

「イオン制御電子伝導」

小林秋男, 織田善次郎, 川路紳治

「半導体の表面準位と表面伝導層における伝導」

5月23日(火) — 川村肇, 深井正一, 林良一, 橋村保

「cyclotron共鳴—極低温での電子散乱」

宮沢久雄

「不純物散乱に関する問題」

古川吉孝

「Heavily doped Ge」

5月24日(水) — 前田甫, 米満博夫, 宮沢久雄

「low temp. break down」

佐々木亘, 山内睦子, 御子柴宣夫

「Impurity conductionにおける奇妙なGalvans magnetic effect」

5月25日(木) — 田沼静一, 深瀬哲郎, 鶴原誉

「固溶体半導体の電気的性質」

金井康夫, 二井理郎, 渡部尚之

「Pb-Teにおける奇妙な易動度」

イオン制御電子伝導 — 硫化銀族の電気伝導

新潟大 横田伊佐秋, 宮谷信也

硫化銀族(Ag_2X , Cu_2X ; XはS, Se またはTe)の α 相は陽イオンが平均構造をなし, イオン伝導率が大きい。このために電池 $\text{Ag}|\text{AgI}|$ 試料|Pt を利用して試料中のAgの量, 従つてキャリアの量を連続的に制御できる。またこの電池の起電力はフェルミ準位の相対的位置を示すと考えられるので, 電気伝導率, ホール効果, 出し入れした銀の量等をフェルミ準位の函数として(フェルミ準位は200 mV位の範囲で上下できる)測定できることになり, 理論との比較が容易である。この電池を利用した実験結果及び解析の例が以下のように述

べられた。(1)イオン伝導率と電子伝導率の分離測定 (2) Ag_2Te , Ag_2Se に対する解析例, (3)陰イオン(S, Se, Te)を混合した合金の性質 (4)フェルミ準位を変えたときの赤外吸収の変化の例 (5)陽イオンを混合した合金($\text{Cu}, \text{Ag}_2\text{X}$)についてもこの電池が有効なこと及びその合金の性質。

この講演に対し、平均構造が電子散乱に及ぼす効果の問題は、この研究会の他の題目(不純物帶, PbTe の不純物散乱)とも共通点があることが指摘され議論された。

半導体の表面準位と表面壌層

電気通信研究所 小林秋男, 織田善次郎, 川路紳治

1) 清浄表面の研究の問題点

種々の処理によつて得られた清浄表面のデータがこの数年間に非常に増大した。従つてこれらを統一的に見て新たな問題点を発見し、かつ表面構造の法則を得られるようにしなければならない。

a) 清浄表面を得る技術中加熱法をつかうとシリコン, ゲルマニウムに関しては、ガラス, 石英から不純物(B, Fe)が試料の表面に導入される。これが筆者らによつて見出された低温の不純物伝導のもとである。この層は空気にさらすときえるから 100 Å 以下のあつさと考えられる。Fritzsche と同じく不純物間隔でホール移動度をプロットすると Fritzsche の場合より μ_H が 1 ヶタ小さい。これは不純物伝導では不純物の分布の fluctuation が重要なことを示すものと思う。

イオン衝撃と真空焼鈍法によると Ge も Si も表面は p 型の空間電荷層ができるが、この場合 Ge では不純物伝導は起きない。一方表面と結晶粒界とは dangling bond ができるという点で共通の現象があると考えられていた。たとえば粒界では低温で一種の不純物伝導のようなものが観測されるが、これが表面での Tamm level の伝導にあたるものと考えられた。しかし前述の不純物伝導がイオン衝撃で清浄化するときえる点から表面では Tamm level 的伝導は考えられない。そうすると粒界の異常伝導も不純物によるものと推論される。またシリコンの清浄表面には p 型空間電荷層ができるが、粒界では n 型である。これも不純物の効果ではないか。イオン放電しただけの表面はドナーとアクセプターとが補償した状態になる。焼鈍により p 型になる。 p 型層の特性は cleave した場合のデータと一致する。

2) 化合物の表面

触媒、結晶成長等で大いに興味があるのはむしろ化合物の表面である。しかし同じ種類の化合物に対してすら研究者により結果が違つたりするので、その点を更に追求する必要がある。たとえばIV-V族化合物で<111>方向でⅢ族のA面とV族のB面とでactivityが違う。InSb, GaAs 等をエッチするときB面が活性である(Gatos, Lavine)。一方これをイオン放電と焼純で清浄にしたときはA面の方が活性である。(Haneman) 又 field effect ではA面は p , B面は n の空間電荷層があり、A面の方がfast stateが多い。(川路)

別の例ではZnO, ZnS に対する酸素の光活性吸着及び脱離で藤田, 管, 小林, Terenin 等は酸化状態で光吸着を、還元状態で光脱離を観測しているのに、Stone, Morrison 等米英の研究者は反対の結果を得ている。

ZnO で混入している不純物は10 ppm 位であるから、これが結果を逆にしているとは考えられない。むしろ極めてわずかの処理のしかたに表面の格子欠陥が敏感であり、これらの反応は極めてstructure sensitive であるといえよう。

Cyclotron 共鳴 — 極低温での電子散乱

物性研究所 川村肇, 深井正一, 林良一, 橋村保
Ge のサイクロトロン共鳴吸収線の巾より極低温における電子散乱を研究する。

1.6°Kにおいて吸収線の巾は測定のために加えるマイクロ波の電力が大きくなると広くなる。試料キャビティに加わる電力がマイクロワットをこすと電力 P の(2.9±0.2)乗に比例して巾が増大する。これは電子の平均エネルギー(有効温度)がマイクロ波を吸収することによって増大するためにフォノンによる散乱が増すのであると考えることができる。電子の散乱はフォノンの自然放出によるとすれば2.5乗に比例することが期待される。

電力がmicro watt 以下になると巾は一定値に近づき1.6°Kにおける電子の散乱時間を与える。この値と4.2°Kにおける値とは100°Kより300°Kにおける易動度より外そうした値によく一致する。但し1.6°Kにおけるものは $1/\omega\tau$ にして約1.5倍ほど大きいが、これは中性不純物散乱(不純物は $N_D \sim 7 \times 10^{12} 1/cm^3$)によるものか、Quantum effect のためかは不明である。

次に $N_D \sim 6 \times 10^{13} 1/cm^3$ 程度のn型の試料ではフォノンによる $1/\omega\tau$ を引き去る

と温度によらぬ $1/\tau_i$ が求められ、この大きさは Erginsoy の中性不純物による散乱の式

$$1/\tau = \frac{20 h^3 \kappa}{e^2 m^2} N_N$$

によく一致する。

不純物散乱に関する問題

東芝・マ研 宮沢久雄

報告された話題は次の二つである。

(I) p型Geの μ_H/μ および $K \equiv N_D/N_A$ のgraphical determination

衆知のように p-Ge, Si は少数の light hole と多数の heavy hole を carrier としているため、galvano magnetic effect は single carrier の場合にくらべてかなり複雑な様相を呈する。出払い領域の Hall 係数にあらわれる μ_H/μ の強い磁場依存性もその一面である。この μ_H/μ の値を実験的に決定する方針が報告され、副産物として compensation の大きい sample では compensation ratio (acceptor に対する少数 donor の ratio) まで求められることも述べられた。

(II) Hall 係数の異方性に対する4:3の法則

p型Ge の <110> を軸とする円筒状 sample で 10K gauss 前後の磁場の下における Hall 係数を測定した結果、 $R_H^{<001>}$ が maximum で

$$R_H^{<001>} - R_H^{<112>} : R_H^{<001>} - R_H^{<111>} : R_H^{<001>} - R_H^{<110>} = 3:4:3$$

の異方性が観測された。

一方 cyclotron resonance の heavy hole mass $m^{*<\theta>}$ は $m^{*<001>}$ が minimum で

$$m^{*<001>} - m^{*<112>} : m^{*<001>} - m^{*<111>} : m^{*<001>} - m^{*<110>} = 3:4:3$$

の関係にあることが示される。

この種の関係は cubic crystal に一般的に成立する (band shape に依存しない) ことが証明され、ただ 4:3 の法則の正負 ($|Q^{<001>}| - |Q^{<\theta>}| > 0$ を正の法則とよぶ) を決めるものが band shape であることが報告された。

なお 4:3 の法則に従う他の量には longitudinal magnetoresistance

$M_l^{<\theta>}$ が挙げられるが, transverse magnetoresistance $M_t^{<\theta>}$ の方は
4 : 3 の法則に従わない。(同様な名称で呼ぶとすれば 1 : 2 : 3 の法則となる)

Heavily Doped Ge の電気的特性

通研 古川吉孝

周期表の三属, 五属に属する元素を添加したゲルマニウムでは, これらの不純物の種類によつて ionization energy が異なることは古くから知られている。そして不純物の主な役割はキヤリヤ濃度を決定することと, キヤリヤの易動度に影響を与えることであつて, 不純物散乱は Conwell-Weiskopf 又は Brooks-Herring の式を用いればよかつた。しかし室温ですでに縮退しているようなゲルマニウムでは, 不純物散乱が格子散乱よりはるかに優勢になり, 易動度の不純物依存性が現われてくる。このことは輸送現象を取扱う場合でも不純物の種類を考慮せねばならぬことを示すものである。以下, 主として N 型ゲルマニウムの電気的特性の不純物依存性に関する実験結果を述べる。

(1) 比抵抗, 易動度

300°K における Hall 濃度と比抵抗の関係はゲルマニウム, シリコンの場合それぞれ Fig. 1, Fig. 2 のようになる。低温になれば更に低い濃度の処から易動度の相違が現われる。同一 Hall 濃度に対する易動度は不純物の ionization energy の小さいもの程高い。シリコンの易動度は高不純物濃度になると室温においても不純物濃度に無関係の一定値に近づく。ゲルマニウムでは極低温附近でこの現象が現われる。しかもアンチモン添加の方が砒素添加のゲルマニウムよりも速かに一定化する。

(2) Magneto-Resistance

試料を特別の方向に切り出して Magneto-Resistance の角依存の minimum の位置から c/d を直接求めるような測定法を用いた。この方法で Magneto-resistance constant b, c, d の個々の値を求めることは, minimum の正確な位置を求めなくてはならず, 測角上の困難がある。しかしながら minimum の位置はアンチモン添加ゲルマニウムと砒素添加の場合とで明瞭な相違が認められる (Fig. 3)。即ち c/d は不純物の種類に依存している。(最近の実験から, 77°K で $5 \times 10^{-18} \text{ cm}^{-3}$ 以上のキヤリヤを含む砒素添加ゲルマニウムでは Symmetry Condition $b+c=0$ からかなりはずれることがわかつた)

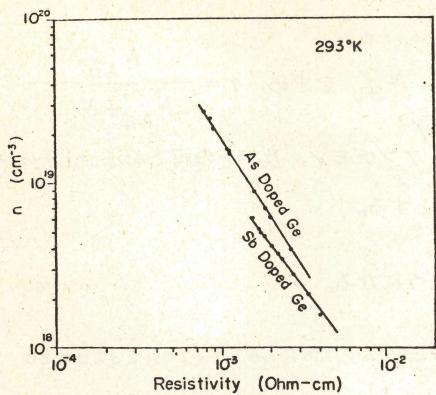


Fig. 1.

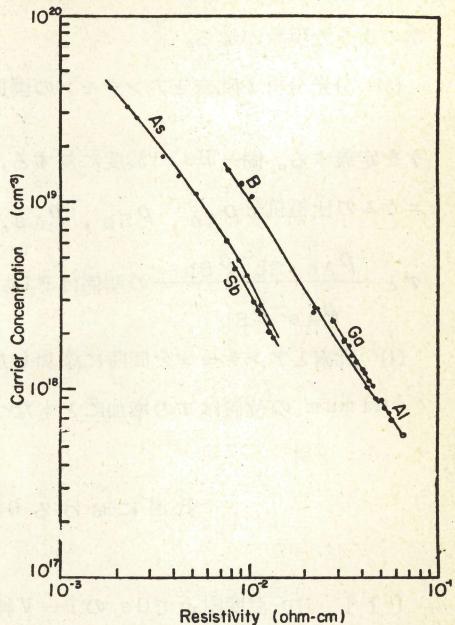
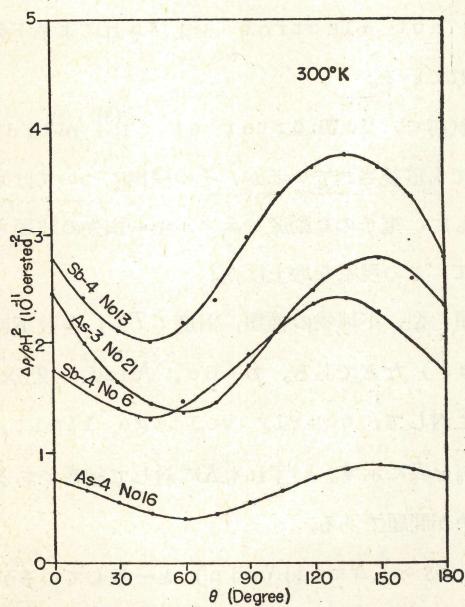
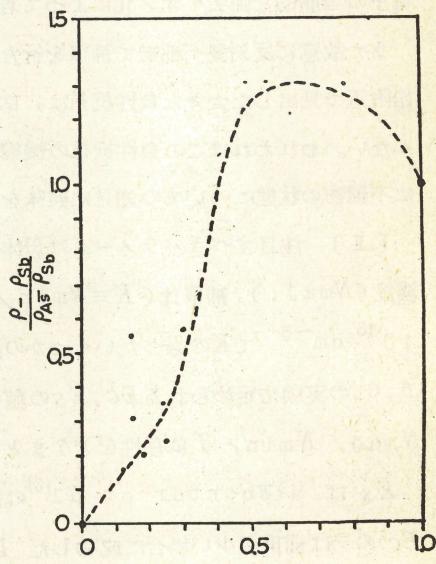
Fig. 2 Resistivity *versus* carrier concentration curves for *n*- and *p*-type silicon at room temperature.

Fig. 3 Angular dependence of magnetoresistance for As- and Sb-doped germanium at 300°K. Magnetic field of 8500 oersted was used.

Fig. 4 $(\rho - \rho_{Sb}) / (\rho_{As} - \rho_{Sb})$ *versus* r relations.

以上は不純物を単独に添加した場合であるが、砒素とアンチモンを同時に添加した試料では次のような現象が起る。

(3) 分光分析で砒素とアンチモンの濃度 N_{As} , N_{Sb} を求め、 $r = \frac{N_{\text{As}}}{N_{\text{As}} + N_{\text{Sb}}}$ で

r を定義する。同一 Hall 濃度に対する、砒素、アンチモン、及びその両方を添加したゲルマニウムの比抵抗を ρ_{As} , ρ_{Sb} , $\rho_{\text{As}, \text{Sb}}$ とする。

r と $\frac{\rho_{\text{As}, \text{Sb}} - \rho_{\text{Sb}}}{\rho_{\text{As}} - \rho_{\text{Sb}}}$ の関係は Fig. 4 のようになる。

(4) 砒素とアンチモンを同時に添加したゲルマニウムの magneto-resistance minimum の位置は r の増加とともになって、 $r=0$ の 45° から $r=1$ の 60° へ移行する。

低温における Ge の breakdown 特性

東芝マ研 前田 甫, 米満博夫, 宮沢久雄

[I] He 温度附近で Ge の I-V 特性にみられる弱電場での Ohm の法則からの外れや、数桁にわたる電流の breakdown(b.d.) 的增加については Koenig et al⁽¹⁾, Sclar et al⁽²⁾ などによる研究があり、hot electron およびそれによる不純物電子の雪崩的衝突イオン化によって理解されている。

また故意に反対型不純物で補償を行なつた試料で、McWhorter et al⁽³⁾ が b.d. 開始附近で見出した大きな負性抵抗は、応用面でも重視されているが、その機構については定説がない。われわれはこの負性抵抗の機構とともに、電子の易動度やエネルギー損失の問題さらに不純物の状態についての知見に興味をもつて、この現象を取上げた。

[II] 注目すべきパラメータは母体の種類、型、不純物の種類、温度(T)、多数不純物濃度($N_{\text{maj.}}$)、補償比($K \equiv N_{\text{min}}/N_{\text{maj.}}$)などである。 p -Ge, $N_{\text{maj.}} \sim 2.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ で K の異つたいくつの試料に対して、nearly voltage limit, D.C. の実験で定められる E_c , E_s の値の数例を表に示す。いずれも K に対して敏感であるが $N_{\text{maj.}}$, $N_{\text{min.}}$, T 依存性をどうまとめるかが問題である。

E_s は McWhorter et al⁽³⁾ の結果 $E_s \propto (N_{\text{maj.}} + N_{\text{min.}})$ と一致しているが、 E_c の方は補償の少い場合に成功した $E_c \propto (N_{\text{maj.}} - N_{\text{min.}})$ とは一致していないようである。⁽²⁾ これは free carrier 系の energy balance に際して中性中心濃度が易

動度及びenergy損失を支配するとして得られるものである。

[Ⅲ] (1) 負性抵抗の機構については種々の観点から提案がなされているが、必ずしも必然性があるとはいえない。散乱確率の大きいエネルギー損失の過程の例：不純物中心の基底状態→励起状態、基底状態のvalley orbit splitting間(n 型)，空間的なpotentialのゆらぎ，H-Hの反結合状態etc. ここで n_C の変化の，rate determining processに対するpositive feed backの考察を忘れてはならない。

(2) 正攻法としてfree carrierの状態—その個数 n_C と速度分布 f 、電子温度近似では T_e —を定めるものは、energy balanceの式とcarrierに対するkinetic eq. である。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{energy balance : } <\text{電場からのgain}> = <\text{損失}> E, n_C \rightleftharpoons T_e \\ \text{kinetic eq. : } d n_C / d t = 0 \quad \text{係数}(T_e) \rightleftharpoons n_C \end{array} \right.$$

この連立方程式の解の性質を追求することにより、負性抵抗が生じるための種々の要請が求められるはずである。

(3) Yamashita の proposal⁽⁴⁾ [コメント] energy balanceの総括的な考察を行なう。不純物補償により不純物電子系が温度(T'_e)をもち、かつ格子系よりも伝導担体系と強く結合してほぼ熱平衡にある($T_e \sim T'_e > T$)と仮定すると、

$$e \mu E^2 = P_0 + W' / n_C ; \quad n_C w = W' = \text{indep. of } n_C .$$

あるb.d. 温度に対応する電場は補償のために生じたこの第2項により、 $n_C \sim$ 小では無補償のときよりずっと大きくなり、 $n_C \sim$ 大になると無補償のときと殆んど同じまで下る。

($E_C > E_S$) 従つて負性抵抗を生ぜしめる具体的な機構は上の仮定の性質を満しておればよい。

[Ⅳ] 大きい方針は得られたが、具体的な過程については追求すべき問題が多い。例えば上の実験領域で、 n , p -Siでは負性抵抗がみられるが、 n -Geではまだ観測されていない。 N_{maj} , K の広い範囲の実験および他種の実験—例えば電流磁気効果—との比較が是非必要と思われる。

(1) S.H.Koenig et al: J.Phys.Chem.Solids 2('57) 268.

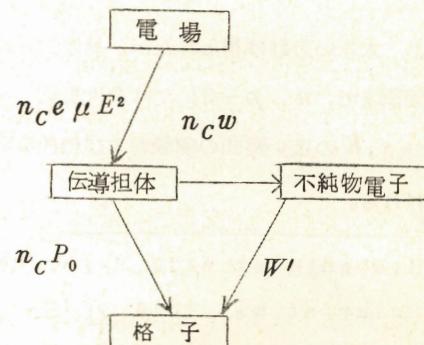
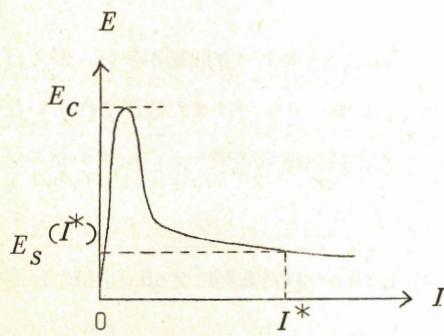
(2) N.Sclar et al: ibid 2('57) 1.

(3) A.L.McWhorter et al: Proc.I.R.E. 47('59) 1207.

(4) J.Yamashita: Tech.Rep.I.S.S.P. Ser.A-15.

Sample	35033-A	35033-B	35033-C
N_a (In)	$2.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	$2.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$	$2.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$
N_d (Sb)	0	1.72	2.23
T (°K)	E_C (V/cm)		
3.00	12.4	90.0	169
4.25	107	81.8	164
5.08	9.6	78.8	
5.49		72.8	133
5.89	~ 6.7	70.2	
7.21	—	60.0	130
8.42	—	42.4	110
11.0	—	34.4	71.2
15.6	—	21.2	~ 35.4

T (°K)	$E_S(1, 10)$	$E_S(1)$	$E_S(10)$	$E_S(\infty)$	$E_S(1)$	$E_S(10)$	$E_S(\infty)$
3.00	8.1	32.2	29.5		50.8	34.2	
4.25	7.2	31.4	27.8	28	50.7	33.2	30
5.08	7.1	31.8	26.4				
5.49	6.35	32.0	26.0				
5.89		32.0	26.0				
7.21	—	31.4	24.4				
8.42	—	31.0	23.0	16	49.6	29.3	
11.0	—	30.8	20.0		49.2	29.3	20
15.6	—	(15.6)	17.4		(33.8)	23.0	



不純物伝導領域にみられる磁気抵抗効果

電気試験所 佐々木亘, 山内睦子, 御子柴宜夫

不純物伝導には不純物濃度の低いところでおこるホツピング型と濃度の高いところでおこるバンド型の二種類が区別される。 $n - Ge$ ではこの境界が, 不純物補償の影響や, 抵抗の温度変化の実験から $1 \times 10^{17}/cc$ の辺りにあることが推定されている。我々は 10^{17} 以下のホツピングの領域と $10^{17} \sim 10^{18}$ の領域で磁気抵抗効果の実験を行なっているが, それぞれの領域で, 高温域でみられる純粋なバンド型の伝導と明瞭に区別出来る特色がある。

ホツピングの領域では, 易動度が減少すると共に磁気抵抗効果が大きくなる。これはバンド型の場合に易動度の減少につれて磁気抵抗効果はその略々自乗に比例して減少するとの対照的である。原因は磁界を加えることによる不純物電子の波動函数の収縮にあると考えられ, このモデルによる計算は実験結果を定性的に説明出来る。

$10^{17} \sim 10^{18}$ の不純物を含むものでは磁気抵抗効果の符号が負になる。この異常は磁気抵抗効果の原因がバンド内電子に働くロレンツ力ではないことを示唆する。恐らく遷移金属を含む稀薄合金で見られる負の磁気抵抗効果と同じようにスピニ系の存在によって説明されるであろう。然し半導体の不純物バンドにどのような手続きを経てスピニ系を持ちこむかが問題である。

固溶体半導体の電気的性質

東北大金研 田沼静一, 深瀬哲郎, 鶴原誉

報告要旨

半導体には元素結晶と金属間化合物の2種があり, 前者では Ge, Si , 後者では $InSb$ などが典型となっており, 詳細な知識が集積されつつある。それらは強大な圧力を加えない限り禁止帶エネルギー値を殆んど不変に保つ。これに対し, 成分が元素であれ化合物であれ, 2種以上の成分が結晶系を変えずに固溶して生じた固溶体にも半導体性を備えるものが少くないが, そのような固溶体半導体の1つの特徴は組成の連続的な推移に対して, 禁止帶値が連続的に変化することによって, 半導体性の研究或は制御に新たな自由度を附加することが可能な点にある。或種の固溶系では組成の推移によって金属から半導体へ連続的に状態が移行するものもあり, 金属と半導体の両者の性質を統一的に観察することが出来る。その典型的な例は

Bi-Sb 全域固溶系である。この系では Bi における約 18 millieV の重疊エネルギーをもつ金属から、20 原子% Sb 附近での約 20 meV の禁止帯エネルギーをもつ半導体を経て、約 150 meV のフェルミエネルギーの Sb 金属まで電子構造は連続的に変化し、温度と組成により縮退、非縮退両様の半導体性が実現される。又固溶体半導体の他の大きな特徴は、成分原子が定まった格子点の上に不規則に分布していることによる電子帶構造の Smearing (ボケ) の影響である。それは伝導粒子の不規則格子ポテンシャルによる散乱を通して易動度の低下を生ぜしめるが、帶縁のボケが有効質量を小さいものとすることを通して易動度を上昇させる因子ともなりうる可能性、Bi-Sb 合金の実験結果が suggest している。即ち易動度と組成の関係は、不規則度のもつとも大きい 50% 附近で極大を示すことが見られる。この結果を他種の固溶体で再現する目的で HgTe-HgSe 系を実験した。HgTe と HgSe は共に化合物半導体で、両成分間の固溶体は全域で形成され、格子常数も組成に対し殆んど線型に変わる。ホール係数と比抵抗から求められた電子易動度は途中組成を極大とする広い山を形づくり、Bi-Sb での結果と定性的に同様となる。しかし、Ge-Si などでは易動度は途中組成で極少となる。どのような固溶系で易動度が不規則度と共に増大し、どのような系では然らざるか、一般的な法則は未だ明らかでない。小さい有効質量と小さい禁止帯値の物質において帶縁の smearing が易動度の増大に効果的であろうと想像される。

金属から半導体への推移を他の固溶系で研究するため、いくつかの固溶体について実験中である。即ち Mg_2 -Sn-Mg₂ pb, InSb と ABC₂ の固溶系(但し A として Cd, Hg, B として Sn, pb, C として Sb, Bi) を現在結晶学的にしらべている段階である。これより先に、InSb-InBi の固溶系を作ることを試みたが、両者は極微量しか固溶しないことが分り、所期の目的は得られなかつた。但し (InSb)₈₀(InBi)₂₀ ~ (InSb)₄₀(InBi)₆₀ の範囲の非固溶混合結晶では超電導が発見され、InSb と InBi の境界相での超電導性がそれから想像された。

「電子線、X線による格子欠陥の直接観察」研究会
(1961年6月15日~17日)

細 谷 資 明

本研究会は結晶光学的立場から回折理論ないし回折現象に興味の重点がある研究者と、格子欠陥や塑性という物性に興味の重点がある研究者とが集まって、普通の学会では達せられない意見の交換、討論を行なうことにあつた。世話人のプランに従つて依頼した講演に少数の応募講演を加え、次のような内容であつた。

プログラム

15日午前

乱れた結晶による回折理論の概要(名大理:上田良二)

乱れた結晶による動力学的理論(名大工:加藤範夫)

15日午後

数種の欠陥の電顕像コントラストの動力学的理論(京織大:橋本初次郎)

格子欠陥の電顕像の一計算法(京大理:田中憲三,万波通彦○)

16日午前

鉄中のdislocationの電顕像と回折条件(阪大産研:藤田広志○,西山善次)

マルテンサイト変態によつて生じた格子欠陥(阪大産研:西山善次○,佐藤進一,清水謙一,梶原節夫)

電子顕微鏡による電解鉄の同素変態の観察(防衛大:山下忠美○,種田庸二)

折出物と転位(東北大金研:幸田成康)

Cu₃Au合金の規則化過程におけるantiphase boundaryの電子顕微鏡による直接観察(東北大金研:山口貞衛,渡辺伝次郎○,小川四郎)

16日午後

結晶の照射損傷の直接観察(原研:出井数彦○,藤田英一)

加工,加熱した金属結晶の格子欠陥(東大物性研:井村徹)

高溶点金属及び他の2,3の金属における転位網,積層欠陥の観察(大阪府大工:中川豊)

海外における研究動向の一端(東大教養:高良和武)

17日午前

X線回折顕微法の諸方法の比較(理学電機:吉松満○;東大教養:高良和武)

シリコン結晶中の点欠陥(理学電機:吉松満;東芝マツダ研:鈴木哲郎○)

モノクロメーターを用いたX線回折顕微法(東大教養:高良和武;理学電機:吉松満,清水郁造)

17日午後

NiO の双晶組織生成に伴なう格子欠陥(大阪府大:下村保光○, 斎藤昭三)

強磁性薄膜の磁区構造の電子顕微鏡的観察(早大理工:市ノ川竹男)

強誘電体の分域と歪についての話題(お茶の水大理:中村輝太郎)

格子欠陥の直接観察に関する諸問題(学習院大理:大川章哉)

以上のプログラムで見られるように,回折の基礎理論,基礎的実験の話から始まって,技術的な問題,さらに興味ある物質の物性解明のための応用に至るまで,色々の角度から論じられた。

まず上田は加藤理論が Hirsch たちの理論の拡張に当ること,またそれが二波近似で吸収なしの場合に完璧であることを証明した。ついでいわゆるコラムの近似が成立つための条件についての名古屋グループの考え方を述べた。次に吸収を考慮するために形式的に導入されたボテンシャルの虚数部の原因について若干の考察を行ない,また菊池像の現われる位結晶が厚い場合には吸収を考えた動力学的理論では不十分であることを指摘した。最後に電子線の場合に電圧を上げても相対論的効果のために積分反射強度などは $500 kV$ 位で飽和するため透過能はまさないという説と,これに対して,実際には波長に比例して絞りを小さくしないからやはり透過能は増したと同じになるという説を紹介し,参会者からも二,三発言はあつたがはつきりした結論は得られなかつた。

加藤は Darwin 流の動力学的理論を不完全結晶に拡張する「層状結晶の理論」を詳しく紹介した。第1に理論の基礎づけを行ない,完全結晶の場合に従来の理論と一致することを示し,第2に微小歪みのある場合を摂動法で扱い,X線の場合の $I_{hkl} \neq I_{\bar{h}\bar{k}\bar{l}}$ や,電子線及びX線における Pendellösung fringes の曲り,などを説明した。コラム近似の限界も考察し転位の場合電子線に対しては殆んど core の中心まで使えるが,X線に対しては

10 μ位までしか許されないと結論した。第3には上田によつて紹介されたアナログ的に波動を求める方法が説明された。すなわち1つの結晶層を通るときの波動の変化がunitary matrixによる変換に相当し、波動場を表わす代表点が球面上を動いて行く。

橋本は従来行なつて來た電顕像コントラストの理論的説明をまとめて紹介した。すなわち(a)わん曲結晶のコントラスト(吸収を考慮した理論),(b)膜面に垂直にはいつている刃状転位のコントラスト(吸収を考慮),(c)積層不整による縞(吸収を考慮),(d)粒界の縞と転位のコントラスト(吸収を考慮),(e)Stair-rod転位のコントラスト,(f)結晶膜中に生じた小空洞による干渉縞,(g)折出物と母晶とがモワレを作るときのコントラストを扱い、それらの電顕像からどういう知識が得られるか、例えは(c)と(d)の判別や、積層不整の模様からどちらが上側であるかを判別する方法等を説明した。これらの結果は塑性の立場から研究を行なう人にとって有用と思われる。

万波は結晶を20~30ヶ程度のblockに分けて計算するという従来から行なつて來た精力的な計算の結果を発表した。この方法は方向の少し異なる波数ベクトルの波が計算にとり入れられる。実際の計算はラセン転位の明視野像、モアレ像について行なわれ、他の理論による結果との比較もなされた。

藤田は冷間加工した純鉄中のdislocationの電顕像を、暗視野像法を中心として、電子線の入射角の微小変化及びextinction contourとの関係などの方法によつて、像と反射条件との関係を検べてdotted imageなどについて種々の興味ある型のdislocation像、およびその形成条件を明らかにした。

西山はFe-Ni alloy、高マンガン鋼、及びAl-Cu alloyにおけるmartensite内のStacking fault(twin fault及びdeformation fault)を薄膜試料によつて電子顕微鏡で直接観察し制限視野電子回折像との関連によつて存在状態を調べた結果を報告した。

幸田はAl合金からG.P. zoneを経て折出物が現われるときの転位の挙動および折出物の成長の様子を電顕で直接観察し、16ミリ映画で紹介した。

山下は電顕の試料室内において電解鉄薄片を変態温度以上に加熱する場合、および変態温度以上より以下へ冷却する場合に、薄片内に見られる現象を透過電子顕微鏡法で写真乾板および16ミリシネフィルムに撮影してしらべた結果、同素変態はマルテンサイト変態であること、

変態点以上より以下の温度へ急冷する場合には多数の転位および分離しては観察されない格子欠陥よりなる transition phase が見られることを報告した。

渡辺は、Cu₃Au 合金の規則化過程において生じる anti-phase boundary の電子顕微鏡による直接観察の結果について述べた。結論としては Cu₃Au 合金がその不規則状態から規則化を起す場合、結晶の各所で規則格子の芽ができるこれが成長して anti-phase boundary を作ると考えられ、その際結晶中の転位によって Au 原子同志が最隣接位置を占めないような境界を形成しながら規則化が進むと考えられる。この傾向は粉末 data から昔 Wilson が或る程度結論していたことで、転位を利用してそれが実現できるという解釈は非常に興味深い。

出井はグラファイト、モリブデナイト、酸化モリブデン等の結晶を核分裂片により照射した結果生じた格子欠陥（主として熱スパイク）を電子顕微鏡により直接観察した結果について述べた。

井村は加工、熱処理した金属（W, Ag, Ni 等）が回復、再結晶する過程を電子顕微鏡および X 線顕微法で調べた結果について述べた。積層欠陥の電子顕微鏡直接観察からする形成エネルギー測定と他法による測定の比較を行なつた。

中山は電子顕微鏡直接観察により観察される W, Nb, Ta, Zr および Mg, Al-Cu 等の欠陥の性状と特徴、特に sub-grain boundary, 転位、積層欠陥についての結果を報告した。

高良は最近 AIME 主催のシンポジウム "Direct observation of imperfections in crystals" に出席した後、米国各地の研究室を訪問した。本研究会ではまずシンポジウムに現われた研究、例えば、転位線の周囲の歪みをより精密に調べようという研究とか從来調べられたものより少し複雑な、しかし物的に興味ある物質の格子欠陥の研究などを紹介した。ついで角度の精密測定装置の調査に重点をおいて多くの研究室を訪問して知り得た装置の特長、仕事の傾向等につき種々報告した。

吉松は主として Bery-Barrett 法（反射および透過）と Lang 法とについて、実際の実験装置および実験条件、特に分解能を上げるためにの条件、また感光材料の選定等に至るまで実験上必要な事項について詳しく解説した。

鈴木は floating zone 法と引上げ法によって作ったシリコン中の格子欠陥の違いを X 線顕微法によって調べた結果を報告した。固溶酸素による格子歪みによってコントラストが

出るが、一方赤外線吸収によつて酸素は二つのS-Iの間にに入ることが分つてゐるので両者の結果をあわせて考察した。

高良は複結晶スペクトロメーターでシリコン内の積層欠陥、転位、双晶面の直接観察を行なつたが(++)配置が(+-)配置より有利な点を説明した。また3結晶スペクトロメーターについても考察を行なつた。

下村はNiO₃結晶のT-domainをX線顕微法で調べた結果を報告した。S-domainは勿論X線ではdetectできず、中性子線でBerry-Barrett法が実行できればdetectできよう。勿論分解能が問題ではあるがこのことについてかねて考えていた二、三の人々によつて少しく議論がなされたので近い中に実験が行なわれよう。

市ノ川はFullerの方法とはやや異なつた光学系を用いてパーマロイ、Ni、Feの蒸着膜の磁区構造を観察した。張力による磁区の移動、磁場による磁化機構等につき多数の電顕写真をもつて説明した。磁場を加えると磁区内部にしづ模様が現われるが、それが果してスピニの乱れを表わすものかどうか、また磁壁の内部の様子については将来分解能を上げた実験が行なわれることが待望される。その点で静電型顕微鏡の利用につき二、三の人から発言があつた。

中村は主としてBaTiO₃について例をとり、+cと-c domainが特殊条件下で偏光顕微鏡で区別しうることを説明し、その理由を逆圧電効果による歪みに求め、この歪みの検出がX線、電子線で行なわれることを希望した。また表面層についての問題を紹介し、それについても同じ希望をのべた。なお転位とdomainの相互作用を直接観察の面から考察する興味ある問題については割愛された。

大川は塑性理論の立場から、直接観察の諸方法の特長について述べ、最近の傾向として直接観察ではないが中性子線の小角散乱の方法などについても紹介した。

以上には詳述できなかつたが、回折現象そのものに興味を持つ研究者、特に東京、名古屋、京都などのグループの間で活潑な討論ないし意見の交換が行なわれ、本研究会の目的はかなり達せられたと思われる。一方直接観察の諸方法を応用する研究においては対象も多岐に亘るため回折の専門家との討論はそれ程活潑でなかつたように思われるが、もう一つの要素として参会者の中にはこれから直接観察法を使って研究を行なおうとする人も相当数あり、技術的なことに重点をおいた話は非常に参考となつた様であり、今後各方面の物性研究者の仕事にプラスする所があろうと期待される。(世話人は高良和武、鈴木平、細谷資明でした。)

物性研ニュース

外来研究員

嘱託研究員

所属	氏名	研究テーマ	期間	関係研究室
東大	坪井正道	核酸、蛋白質およびその合成類似体の分子構造の研究	36.7.1～ 36.10.31	齊藤研

留学研究員

京大	豊田耕一	放射線照射を受けた強誘電体のX線回折による研究	36.10.1～ 37.3.31	星埜研
都立 大泉高校	中村時久	(延長)	36.7.1～ 37.6.30	牧島研

移 動

共同利用施設専門委員会委員

辞 任

広島大教授 櫛田利基氏

後 任

広島大教授 辰本英二氏

(任期 櫛田利基氏残任期間)

— サ ロ ン —

所 感

北大理 宮原将平

物性研から今度 " 物性研だより " が出ることになった。その仕事に当られる所員の方々の御苦労はたいへんなものだとは思うが、私共にとってこの企ては喜ばしいことである。これを通じて物性研と所外の物性研究者とを結ぶ太いきづなが出来たからである。

大学附置の研究所は、いろいろな創立の理由と歴史をもつている。ある研究所（例えば航研）は時の科学技術政策を反映してつくられた。このような研究所は、その後の発展においては大学附置としての特徴があらわれてくるにしても、創立の理由は官庁の研究所とよく似ている。また他の研究所（地方大学に多くみられる）の例では、はじめは学部の教授であつた人が重点を教育より研究の面にうつし、施設・設備を充実して研究所が作られる場合である。このような研究所は、その創立者であり、多くの場合、所長となつた教授の、能力と方針を常に反映していることが、長所でもあり、短所でもあると考えられる。

物性研はこれらとはちがつた形でつくられた。しばしばいわれているように、物性研は全国の物性研究者の要望でつくられた。その要望はいろいろの組織を通じて結集され 1956 年春の日本学術会議の総会の決議となつた。学術会議では、第 1, 2, 3 部の人たちは、科学技術振興の名に便乗した自然科学の方面的独走にはつねに批判的であるが、" 物性研 " の建設は研究者の要望が民主的に結集されたものとして双手をあげて賛成した。第 5 部の人達は、その設立の趣旨が技術との関連をも忘れていないことを知つて、大いに賛意を表してくれた。私どもは、日本の学界の代表者たちに協力を求めた事についてそれを忘れたり裏切つたりすることは許されないとと思う。また物性研究者の有力者は国会方面にも働きかけ、これが通過するためにくわしい説明をした。私どもは国民の代表に説明したことにも忘れてはならないと思う。

学問の自由という原則は歴史の生んだ最もすばらしい原則の一つといつてよいだろう。科学者が研究をするとき、何物にもしばられず、自然そのものを明らかにするためになら全く自由に何でもできるということ、こんなにすばらしいことはない。しかし、歴史がこの原則を考えたまでは、多くの trial and error がつみかさねられた。コペルニカスやガリレイの例をひくまでもなく、科学上の真理の探究が、社会の健全な秩序をみだすという理由で、

禁止されたり、抑圧されたりした例は少なくなかつた。しかし、人間の歴史の体験から、そのような抑圧はかえつて人間の生活を豊かにすることに対して、有害であるということに気付いた。近代社会ではむしろ、科学者には全く自由な研究を保障することが、一時的には有害とみえる場合でさえも、かえつて社会全体の幸福に役立つという、すばらしい認識に達した。

私ども自然学者は、とくに大学において研究しているものは、そのような自由になれている。ごく当たりまえのこととして好きな研究をしている。だが、その反面、私どもは、その自由になれすぎて、ややもするとその自由をわれわれにゆだねた社会とその歴史のことを忘れてしまう。

私は、いまたいへん一般的ないい方をしたようだが、社会とか歴史とかいうのは、必らずしも人間社会などというように大きく考えなくてもよいだろう。私どもは物性研を作り出した研究者の集団、そしてそれがつくられた歴史をありかえつてみると、物性研の研究の自由（大学の自治の問題とも関連して論じられている）の眞の意味が明らかになつてくるのではないだろうか。このようにみてみると、物性研究者たちが、共同利用の名のもとに物性研を単なるサービス機関と考えてそこの研究活動を少しでも妨害するようなことがあつてはならないということは明らかのことである。しかし、それと同時に、研究の自由は、全物性研究者が物性の研究を最高に伸ばそうという意志によつて支えられているものであり、従つて全研究者の研究の自由とも密着したものでなければ無意味である。私どもは「研究」の自由を保障しているのであって「エリート」の自由を保障しているのではないからである。

物性研の所員は各方面から『選ばれた』優秀な人々であるが、しかしわゆる“エリート”ではない。近代社会はエリートの存在を許さない。物性研の所員諸氏の中に自らをエリートと考えている人はないと信ずる。しかし所内外にばくぜんとムードとしてあるエリート意識——所外の人々が何となく近づき難いと感ずるのもその一つ——が曲せ者である。東大のえらい先生方（自然学者の方をいつているのではない）の言われる大学の自治も本来学問の自由と密接不可分のものであろう。そうだとすると、大学の自治と全国の研究者のものという考え方とは、制度上のささいな点を別とすれば、本来同一の根をもつてゐるべきものであつて矛盾する筈はないのである。これが矛盾するように考へるのは、『えらい先生方』のエリート意識によるものではないだろうか。“えらい先生方”はともかくとして、私ども自然学者は事物に則して考へる習慣があるから、もつとよく話合えば、物性研に対する所内外の意見の相違などもすぐに対決されてゆくのではないだろうか。

少しばかりえらそうないいかたをしたことが自分でも気になる。私がボスになつたせいであろうか。しかし、少なくとも悪い意味でのボスにはなりたくないし、また眞の意味で学問の自由が保障され、決してエリートを生みださないような研究のあり方を願つてゐる。

Shoenberg 博士との 2 週間

菅 原 忠

Cambridge 大学, Mond 研究所の Shoenberg 博士が学術振興会の招待で 3 月 25 日に日本へ来られ約 1 月半の間滞在され学問的活動を続けられて、5 月 11 日羽田より帰国された。その間公私両面からの接触を通じて得た印象や活動の様子を記してみよう。

博士は 1911 年の生まれで本年 50 才、もつと老大家を想像していた筆者は昨年トロントの国際低温物理学会でお会いして案外若いのに驚いた記憶がある。1930 年学位をとられて以来 Mond (正確には Royal Society Mond Laboratory) で主として低温での輸送現象の研究を続けておられる。当初の仕事は超伝導に関する事であつて細い線やコロイドを使つての超伝導体内への磁場の侵入の深さに関する研究は有名であり、その時代の研究をもとに Superconductivity (1952 年) という著書を書かれた。その後 de Haas-van Alphen 効果の研究に転じられパルス強磁場を利用して種々の金属の帶磁率の振動現象を研究されているが、最も重要な仕事は、金、銀、銅の貴金属で de Haas-van Alphen 効果を発見されたことであろう。これらの金属では振動現象が無いのではないかとさえ云われていただけに大きな功績だと思われる。

物性研は host institute として種々の御世話をすると共に 4 月 11 日から約 2 週間の間滞在していただいた。2 週間は長いと思ったが大変多忙な毎日を送られ、関心のある研究者との接触に十分時間がとれなかつたのは残念であった。さてその間にどんな活動をされたかを振り返つてみよう。

4 月 14 日には講堂で公開講演をお願いした。題目は： Recent Developments

in the Determination of Fermi Surfaces of Metals でこれは4月7日に物理学会主催で行なわれた講演 Experiments on Electrons in Metals の続きとして貴金属を例にとり、異常表皮効果、磁気抵抗の異方性等、de Haas-van Alphen 効果以外の実験で Fermi 面を決めるとの解説がされた。在京の多数の方々が集まられ盛会であつたが、明快な英語と解りやすい表現を使われ、得る所が多かつたようと思つてゐる。はじめゆつくり話していただきたいとお願ひしておいたが、段々佳境に入るに従つて速くなりあとで氣にしておられた………。

4月17日・18日・19日の3日間は午前中2時間宛3回に亘つてのセミナーをお願いした。始めお話ししたときには、日本へ来てこんなに話しをすることになるとは予想していなかつたので困つたと云われ暫らく考えてから Current Work in Mond Laboratory という題目で de Haas-van Alphen 効果の理論と実験の詳しい解説及び Mond 研究所の最近の研究についての話ではどうかと提案され、結局それに落着いた。連日30人位の参加があり、熱のこもつた面白いお話しをされたが、博士は、英國では講義は1時間で切るので、2時間連続講義は初めてで大変 hard work だとこぼしておられた。この点大変お気の毒なことをしたと思っている。この時の講義の内容を簡単に紹介すると、はじめの話では de Haas-van Alphen 効果の理論についての博士独特のしかも解りやすい解説といかにして実験を行なうかについて具体的な数値や装置の図を示しながらされた。時として実験上の困難がちよつとした工夫で解決され大きく前進することがよくあるが、試料回転装置の工夫等苦心談を交えての話は大変興味深いものであつた。

あとの Mond 研究所の話では、Shoenberg, Pippard の両指導者による金属の電子構造の研究グループが de Haas-van Alphen 効果、磁気抵抗の振動効果、サイクロotron 共鳴、ESR その他の手段によつて行なつてゐる研究の簡単な内容が紹介された。遠紫外線による銅のバンド間遷移の研究、1cm波による銅の ESR の研究等色々面白いことが試みられている。又 Pippard が中心になつてゐる強磁場計画は 2000 KW の電力を使つて 100 キロガウスの磁場を出す目標との事であつた。その他マイクロ波を使って超伝導体の表皮効果や転移点附近のエネルギーギヤップを求める研究等も紹介された。

4月21日には Shoenberg 博士及びたまたま来所されていた Haken 博士を迎えて物性研の鈴木所員、川村所員の研究を中心に討論会を持つた。両博士共熱心に討論され有意義な会であつた。今後も外国の学者が来訪される機会にはこのような会合を持つことが望ましい。

講演とかセミナーによる交流も有効だが、もつと効果的なのは個人的な接触を持つことである。この点で博士自身が所内の各研究室へ出向かれたり研究者が博士の所へ来て自由に交流される時間を多くとれるようにならよかつたが、数多くの計画の為2週間のうちわずか2,3日しか当たらぬなかつたのは残念なことであった。しかし、この時間を利用して関係のある研究室を見学され実験装置についての助言や結果等の discussion をされたり、ちょっとした時間を利用して個人的な接触もされ、お互いに得るところが多かつたよう聞いている。

日本では自分の専門以外の研究分野、例えば磁気吸収や磁気の方面の実験装置について勉強して帰りたいと言つておられたが、色々な実験室で広い知識と興味を持たれているところを発揮されてかなり立入った質問をされていた。どんな収穫を得られたかお聞きできなかつたが、恐らくあの多忙な日程では得るところが殆んどなかつたのではないかろうかと思つてゐる。物性研を見ての感想では英國の大学に較べて設備と人の充実に大分驚いておられた様子で、実は日本にこんな所があるとは予想していなかつたと言つておられた。しかし一方で大きな磁石や、ヘリウム排気用ポンプが沢山あるがどうして共用しないのかと不審がつておられた。過去多くの外人学者が来朝されたが、短期内で実質的なしかもエネルギー・シミュ学問的活動をされた点では Shoenberg 博士は目覚ましかつたようだ。

東京滞在中に他の研究所や会社を見ておかれるのも良かろうと思つたので、二、三お勧めしたところ、忙しい日程をさして東芝や通研へ行かれ講演や見学をされた。磁石を作つている会社では高分解能 NMR の磁石に特に興味を持たれたようである。その訳は de Haas-van Alphen 効果の実験で特に振動周期の短かいものを測定するには高い磁場が必要となるが高分解能 NMR の如く均一度及び安定度の高い磁石があれば低磁場でも振動を分解観測することができるからである。英國へ帰つたら自身で試みたいと言つておられた。

最後に筆者が個人的な接触から得た日常の二、三の印象を述べてみたい。元々英国人でなく幼時をソビエトで過された為、いわゆる英人タイプでなく大変くだけた方で、こちらの無理なお願いにも快く応じられ気楽に話しができた。勿論ロシヤ語は得意で Soviet Physics にも時々訳文をのせておられる。東京滞在中は国際文化会館に宿泊しておられたが物性研まで徒歩で通われたり、都バスを使っておられた。或る日、文化会館から物性研への近道を発見したが知つてゐるかと聞かれたが筆者は不案内なので知らないが教えてほしいと答えたら、実は他所の家の柵（勿論またいで越せる低いもの）を越して行くのだから始終利用する訳に行かぬとの答で大笑した。何時か二人でやつて見ようとその日約束しながら遂に機会が無かつたが、

茶目気たつぱりな所と共に大変探検好きな所がこんな発見をもたらすのだろうと思った。このような探検精神が又鋼等では出ないと思われていた de Hass 振動を発見する原動力となつてゐるのかもしれない。探検好きの性格は日曜日毎に一人で小旅行に出かけられたことにも現われている。日本語を予め勉強してこられた故もあつて左程不自由なく一人で日光や東京近辺の名所を楽しめた。

博士は東京での予定を了えてから帰国まで仙台、福岡、大阪と学術活動の旅を続けられ可成り疲労されたように見受けられたが、帰国後すぐに研究活動を始められ多忙な毎日を送つておられるとの便りがあつた。東京、仙台その他各地で接触された方々のお話しを総合すると博士の影響は大きなものがあつたようで、之を契機として輸送現象や金属内電子の研究がより盛んになることを期待して筆をおく。

— * * * * —

Letters

- 投稿を募ります。400字詰原稿用紙2枚以内、2, 3行の簡単な御意見でも結構です。横書、原稿に所属機関を明記して下さい。

○ 宛 先

東京都港区麻布新龍土町10

東京大学 物性研究所

中島 研

(封筒にレターと書いて下さい)

