

物性研だより

第20卷
第1号
1980年5月

目 次

○外来研究員印象記	佐佐木 行 美	1
物性研短期研究会報告		
○SOR分光学の現状と将来		4
世話人	佐々木 泰三, 神前 熙	
	石井 武比古 渡辺 誠	
○イオン・ビームと固体表面		22
世話人	伊藤憲昭 村田好正	
	藤本文範	
○ダイアモンドアンビルによる圧力下の構造相転移		41
世話人	箕村茂 中村輝太郎	
物性研研究集会報告		
○中性子回折研究将来計画の検討		45
○固体 ³ Heの実験的研究における問題点		46
○せまいバンドにおける電子相關効果の研究		46
昭和54年度共同研究実施報告		50
物性研談話会		52
物性研ニュース		
○昭和55年度後期共同利用公募について		55
○外来研究員等委員会より		72
○人事異動		73
○テクニカル・レポート新刊リスト		74
編集後記		

東京大学物性研究所

外 来 研 究 員 印 象 記

東大理 佐佐木 行 美

私は 1966~7年、物性研の斎藤研究室の外来研究員としてお世話になった。もう 10 年以上前の事であるが、編集委員の村田氏のおすすめで、その経験の其後の仕事における意義の様なものを考えて見ることにする。

その頃斎藤研では、有機半導体や光学活性のコバルトキレート錯体の構造の X 線回折による決定が、精力的に進められていた。まだ自動化した四軸型デイフラクトメーターは無く、測定は殆んど写真法により、現像等の暗室操作は、今とは比べられない重要さをもっていた。またデスクで、ライトボックスの上にフィルムをのせ、黒化度を肉眼で目測していた学生達も現在では見られない光景であった。

私の目的は、特定のテーマというより、単結晶の X 線回折による構造解析の一般的技術を習得する事にあったが、これには種々の理由があった。

それ迄数年間私は無機水溶液化学の一環として、縮合酸の研究を行って来た。時期としては、手動計算機から高速コンピューターへの過渡期であり、電気化学的データの解析も、やゝ迅速に行う事が可能になり初めの頃であった。しかし溶液中で無機ポリマーのイオンがどの様な化学組成を持っているかが判る様になると、その形を知りたくなるのが当然である。しかしその為スウェーデンで始めた、溶液から沈澱する結晶の構造解析は帰国の為中断してしまった。其後東大の化学教室で仕事をする事になり、その研究室は「無機合成化学」の名称をもつ研究室であった。

そこで層間化合物やクラスレート化合物等種々の物質を合成し、分析や分光的な測定を行っていると、当然な事ながら、溶液化学をやって居た時と同じく構造解析の必要性が生じて来たわけである。

当時は、合成化学者は合成をするのみで、構造は人に頼むものという風潮がまだ一般的であり、今から考えると不思議な事に思われるが、X線は手のとどかないものと考える化学者も少くなかった。私が心配していたのは、いくら何を合成したと主張しても、それまでの様な分光化学的キャラクタリゼーションだけでは確認と認められず、結晶構造の決定の結果を附記しなければ、合成の論文も、化学雑誌に受理されない時代が数年以内に来るのではないかという事であった。当時の化学教室には X 線の共通設備はなく、研究室は新設といってても X 線の設備をそろえる力もなかったこともあり 40 の手習いで斎藤研に出向いたわけである。余談であるが、現在の立派な新

設研究室の方々には想像に絶する事であろうが、当時の日本の新設講座の設備費は、スウェーデンにおける同様な新設講座のそれの 5%（ミスプリントではない 20 分の 1）に満たなかった。

この様な状態で、合成と解析を一つの研究室で一貫して行う事が経済的に可能か否かは当時最も心配された点であった。測定器をもって人からサンプルをもらうのが一番楽なのだが、"合成化学"の看板上これは出来ない相談だったわけである。

齊藤研で行われた研究については、齊藤先生が 54 年 7 月の "物性研だより" にくわしくのべて居られるが、その 2 大テーマである金属錯体の絶対配置と、錯体中の電荷密度分布のうち、私の伺った頃は、前者の最も活発に行われていた時代であった。先生は、名古屋大の山崎先生はじめ多くの光学活性錯体の合成やその CD の研究者と緊密な連絡をとりつつ CD と絶対配置の問題を解明して行かれたが、私はこの分野に属さず、本郷の研究室で合成した、現在でいうインター カレーション化合物のはしりである二次元無機錯体間にベンゼンを含む、クラスレートを解析の対象にしていた。1 年間に満たない期間であったがほぼ目的を達し、本郷にも格安の X 線カメラを先生の御紹介で年賦で買い、自分で合成した化合物の構造は自分で解くという体制を細々とながら作り出したわけである。

物性研では、現在各方面で活躍して居られる何人かの研究者から種々のテクニックや物性研のコンピューターの使用法、またどこの中華ソバが昼食として経済的であるかに至るまですべてお世話になった。当時の大学院学生や助手の方々とは今でも交際が続いているし、其後本郷に設置された四軸型のディフラクトメーターで現在仕事をしている助手の小林夫人は当時齊藤研の修士コースの学生であった。

齊藤先生は、「物性研だより」に合成能力のある、種々の大学の錯塩研究者と連絡がよく共同で仕事が出来たのは、共同利用研究所に勤務したお蔭だとのべられている。つまり先生の研究室がいわゆるキー化合物の構造決定を行い、全国の錯塩化学者はそれを指針として分光的、合成的研究を進めて行く理想的な形が実現したのである。しかし私の場合は、X 線学校の虫のよい生徒であり、齊藤先生の研究室にとっては、マシンタイム等持出しが多かったのではないかだろうか。今にして思えばよくうるさがられなかつたものである。この親切さは昔聞いた「"X 線家の教育マニヤ、××家の説教マニヤ"」という言葉を思い出す。

××のところは一定していなくて、場合により、悪口を言いたい対象を入れる。つまり自分のテーマだけが "高級" で、他部門の研究者の仕事はすべて下らないと説教したがるタイプと自分の仕事をそっちのけにしても門外漢に結晶解析を教える X 線家のコントラストをいったもので、人間関係の冷い北欧ではこの差は特に目立つのであろう。私は国籍にかゝわらない X 線結晶学者の親切さに甘えていたのである。この様なケースは、共同利用や共同研究として許されてよいも

のであろうか。

研究所に高性能の測定装置が集中していた昔から、全国的にレベルの上った現在迄、共同利用や研究は、技術やテーマが近い科学者の間では一般にうまく行く様である。しかし分野が異って来ると種々な場合が起り、時には私の場合程極端でなくても、持出して何の利益も無いと感じる研究者がある可能性も少くない。しかし昨今重大な発見や問題提起が、応用的部門や境界領域からなされる事が多く、地質学における年代決定法の導入の様に、ある研究方法の伝播が隣接分野の改革の大きな原因になる事もある。

この様な事実を見ると、長い目で見て他の学問分野の発展の基となる様な共同利用は一見持出しに見えても一概に拒否しない方がよいのではないだろうか。

物性研短期研究会報告

「 S O R 分光学の現状と将来」

期 日 昭和 55 年 1 月 28 日 (月) ~ 29 日 (火)

世話人 佐々木 泰三 (東大教養)

神 前 熙 (物性研)

石 井 武比古 (筑波大物質工)

渡 辺 誠 (分子研)

シンクロトロン放射 (SOR) を利用する研究は多方面にわたって発展し、新しい S O R 研究施設の建設も相次いで行なわれている。しかしながら現在我が国で利用し得る S O R 光源は物性研軌道放射物性研究施設 (SOR 施設) のもののみであり、その立場はますます重要になってきている。この時点において S O R 分光学の現状を把握し将来を展望することは、 S O R 施設の発展のみならず、将来の我国の S O R 分光の発展に対しても寄与するであろうというのがこの研究会の意図であった。研究会の一般講演として昨年一年間に S O R 施設で行なわれた共同利用実験の成果の発表・討論を通じて、種々の情報交換を行うとともに、いくつかの招待講演により将来の展望をさぐった。研究会の 1 日目はストレージリングに関するもの、測定系に関するもの、 SOR の応用、気体の光吸収、光電子分光、光解離の実験等の講演が行なわれ、2 日目は、固体の光吸収、光電子分光、発光等の講演が行なわれた。実験の成果では従来の研究の進展の他に、新しい芽が出はじめ、今後の発展が期待される。招待講演ではすでに進行しつつある新しい分野の解説が行なわれ、また将来進むべき方向が示唆された。一般講演 (15 分) は 20 で、招待講演 (40 分) は 4 であった。研究会 2 日間の参加者が延べ 120 人程度であった。以下プログラム及び講演の要旨を報告する。講演の要旨は世話人の方でまとめたものである。なお、一般講演の詳細は、 S O R 施設発行の Activity Report 1979 を参照されたい。

プ ロ グ ラ ム

(* 印は招待講演)

1 月 28 日 (月) 9:00 ~ 16:50

1. 挨 拶

佐々木 泰三 (東大教養)

2. SOR施設の現状 神前 熙（物性研）
3. SOR-RING の蓄積電流の入射エネルギー依存性 渡辺 誠（分子研）
4. SOR-RING における単バンチ動作 北村 英男（物性研）
* 5. Free Electron Laserについて 近藤 淳（電総研）
6. BL-1"用変形ワズワース分光器について
柳原美広, 近藤泰洋, 神前 熙（物性研）
7. 軟X線分光系出射光の絶対強度測定 三谷 七郎（大阪市大研）
8. 軟X線領域(60-300 eV)の高感度光電面 三国 晃（物性研）
9. SORの絶対測光 小塩 高文（大阪市大研）
10. SOR軟X線リソグラフィー実験 有留 宏有（阪大基礎工）
* 11. X線回折・散乱におけるいくつかの話題 菊田 惇志（東大工）
12. シアン化合物の真空紫外吸収スペクトル
永田 敬, 尾崎 裕, 近藤 保, 朽津耕三（東大理）
13. Borontrihalogenide のB-K吸収 石黒 英治（大阪市大工）
14. SORによる光解離スペクトル
森岡弓男, 中村正年, 飯田義裕, 高橋貞二（筑波大物理）
早石 達司（筑波大物工）
石黒英治, 笹沼道雄（大阪市大工）
増子 治信（電波研）
15. 希ガスAuger遷移における電子相関 花城 宏明（東大教養）
1月29日(火) 9:00 ~ 16:10
1. Bi-Sb合金の極紫外における内殻吸収スペクトル
江尻有郷, 末岡 修（東大教養）
小貫 英雄（電総研）
岩井 繫一（上智大理工）
2. 遷移金属化合物のM_{2,3}内殻吸収 辛 増, 菅 澄正（物性研）
山口 豪（静岡大工）
3. 固相HCl, Cl₂のCl-L_{2,3}吸収帶 鈴木 芳生（東大教養）
* 4. EXAFSについて 米沢 富美子（京大基研）
5. 固体水素の励起子吸収 井上恒一, 神前 熙（物性研）

6. 共役系ポリマー（準一次元）結晶の偏光反射スペクトル

十倉好紀, 三谷忠興, 国府田隆夫 (東工大)

中田一郎 (物性研)

7. 真空紫外域におけるKBrの応力変調分光

山田章夫, 小出常晴, 福谷博仁, 三須明, 桑原五郎 (東大理)

8.* 偏光紫外線による格子欠陥の生成とイオンダイナミックス

中井祥夫 (京大理)

9. 螢光励起によるLiFの放射及び散乱スペクトル

塘賢二郎, 会田修, 市川公一, 鎌田雅夫, 奥沢誠 (大阪府大工)

中村初夫 (大阪電通大)

10. CeB₆及びPrB₆の光電子スペクトル

菅原英直他 (東北大理)

11. アルカリハライドの部分光イオン化断面積の測定

菅野忠, 坂入実, 山田正理, 小杉信博, 黒田晴雄 (東大理)

大門寛, 村田好正 (物性研)

12. MgO(001)劈開面の光電子分光

村田好正, 村上俊一, 大門寛 (物性研)

1月28日 午前

第一日目の午前はストレージリング及び測定系に関する講演がまとめられたが、講演に先立ち、世話を代表して佐々木より挨拶があった。本研究会の目的及び開催するにあたっての経緯が話された。SORを用いる研究は分光学のみならず生物学、工学等の多方面にわたっている。我国においても生物物理やリソグラフィに関する成果があがっているが、現在では数の上から分光学に関する研究が多数を占めるので、この研究会ではSORによる研究を総称してSOR分光学と呼ぶことにしたとのことであった。現在日本におけるSOR研究施設は物性研SOR施設のみであり、実質的に我国のSOR研究のアクティビティは物性研SOR施設のアクティビティということであり、その立場は非常に重要である。本研究会では、SOR施設での成果の発表・討論を通じてより高いレベルを目指すことと、マシンタイムで共通の装置を利用しながらお互いにはすればちがいである利用者同志が、情報交換することによりノウハウを共通財産とすべきこと及び世界の情勢を認識すべきことが強調された。また現在我国では高工研のフォトン・ファクトリーが建設中であり、電総研、分子研等の計画、更に物性研の将来計画等があり、各施設が出来あがった時には外国の施設も含めて、各施設間の交流・協力や役割分担等が必要であることが指摘され

た。利用者各位がこの研究会を通じて S O R 分光学の 80 年代の展望を得ていただきたいということが結語であった。

次に施設長の神前より「 S O R 施設の現状」について報告があった。昨年度の詳細については users handbook 及び activity report 1978 を刊行したのでそれに譲るとして、現状について以下のような報告があった。昨年度はメンバーの大幅な移動があり、渡辺、佐藤、内田が転出し、磯山、谷口が着任した。マシンに関してはますます性能が向上し、単一パンチ運転が可能となった。（北村、磯山による。）昨年 9 月頃にストレートスルーバルブの欠陥による真空系の故障がありマシンタイムはずれています。 SOR-RING の BL-1 はこれまで 2 階の瀬谷型分光器が接続されていたが、新たに 1 階で枝分けし、シールドドア撤去後に変形ワズワース分光器を設置した。これを今後 BL-1' と呼ぶことにする。2 階の瀬谷型分光器の光軸の調整のやり直しを行い、光量が 1 衍程度増大した。今後は光量のモニターが常設されている。BL-1 の担当者は、近藤、関である。BL-2 は変形ローランド分光器（菅原型）が配置されており、二重円筒型の光電子分光器も接続できる。現在マシンタイム申し込みが殺到している。担当者は、谷口である。BL-3 は現在、平面回折格子斜入射分光器（三宅-加藤-山下型）が設置されているが、来年度には表面物性の研究用に新しい分光器（超高真空用）を製作し設置する予定である。担当者は、菅、谷口である。BL-4 はボダール型分光器が設置され、気体の研究が主に行なわれている。担当者は三国である。BL-5（補助ビームライン）は、MgF₂ 窓の付いたビームラインで、約 1200 Å 以上の光が利用できる。利用者は各自の測定器を持ち込んで実験を行うことになっている。現在のマシンタイムの応募状況では、SOR-RING の BL-1、BL-2 が非常に混んでいるが、準備不足のグループがあり必ずしも有効にマシンタイムが利用されていない。ES-SOR が比較的すいているので、S O R 実験に慣れるため或いは新しい実験の予備実験を行うためなどに E S - S O R を利用し、本番で SOR-RING のビームラインを利用するのも一つの方法であろう。最近、新しい分野の人々が S O R を利用されるようになり非常に喜ばしいことである。 S O R 施設の将来計画は核研ニューマトロン計画との関連もあり未確定であるが、今後何年かは現状で運営されるであろう。

これにつづく三つの講演はストレージリング関係である。まず渡辺より「 SOR-RING の蓄積電流の入射エネルギー依存性」について報告があった。この実験は、 SOR-RING の入射エネルギーの最適値を見つけるため及び新しいリングを設計する際の入射エネルギーに関する情報を得るために行なわれた。 SOR-RING のような蓄積型のストレージリングでは、通常、電流が平衡値に達するまで電子が入射される。この平衡値、即ち、最大値は、単位時間にリングが捕捉される電子数と、貯えられる電子の寿命で決まる。これらの値は電子の入射エネルギーに大き

く依存する。実験では、入射エネルギーをかえて最大電流値及び寿命が測定された。最大電流は 307 MeV 入射で 365 mA (79 年 12 月には 410 mA が得られた), 330 MeV 入射で 376 mA であった。これらの値は寿命が Touschek 効果によってのみ決ると仮定したモデル計算の結果とほぼ一致した。150 MeV から 330 MeV の間では、最大電流及び寿命はエネルギーの増加とともに急激に增加了。125 MeV 以下と 360 MeV 以上では電流を貯えることはできなかった。この実験から SOR-RINGへの入射は当初の設計通り、300 MeV 付近で最も効率よく入射されることが解った。ただし、輸送系の事情が許せば入射エネルギーは更に高い方がよい。入射エネルギーが 150 MeV 以下の場合は、加速型のストレージリングが必要であることが述べられた。新しいリング(分子研)の設計の際にこれらの結果を利用することであった。

マシン関係の二番手として北村により、「SOR-RINGにおける単バンチ動作」の話があった。結論は、単バンチ動作の成功により、SOR-RING から幅 1 nsec 以下、繰り返し間隔 5.8 nsec のパルス SOR 光が得られるようになり、時間分解的スペクトルを得ることが可能になったことである。この開発的研究の背景、方法は以下の通りであった。SOR-RING における電子の回転周波数は、周波数は 17.26 MHz であるが、加速周波数はその 7 倍の 120.82 MHz である。従って通常電子は 7 個のかたまり(バンチ)となってまわっている。その際得られる SOR は、約 8 nsec 間隔のパルス光となる。しかしながらパルス間隔が 8 nsec のパルス光では、この時間内の緩和時間をもつ物理現象しか追うことができない。もし 7 個のバンチのうち 1 個だけがまわっているような状態を実現することができれば、リング周期 5.8 nsec に等しいパルス間隔のパルス光が実現でき、SOR をパルス光として利用する研究対象が広がることになる。以上の要請により、単バンチを実現するための実験を行った。単バンチ実現の方法としては、特定のバケットに集中して打込むか、電子をリングに貯蔵してから速いマグネットで跳落すことであるが前者は、親マシンの ES との位相の同調がむずかしく、後者はこのためのマグネットがむずかしい。そこでここでは RF ノックアウト法が採用された。即ち、ドーナツ内に電極をしこみ、これに高周波をかけベータトロン振動を誘起し、7 個のバンチのうち 6 個を選択的に消失させた。単バンチ動作では、7 バンチ動作のときよりパルス幅が短くなり(1 nsec 以下)、寿命も短くなった。1 バンチ内の電子数は 5×10^9 個で(平均電流になおすと 15 mA)、この時の寿命は 140 分であった。今後、更に実用化を進めていくことであった。

マシン関係の締め括りは現在注目を集めている「Free Electron Laserについて」の近藤の招待講演であった。free electron laser とは高速電子の運動エネルギーをレーザー光のエネルギーに変換する装置で現在開発途上にあるが、一部実験が行なわれており将来有望である。近藤はまず自由電子レーザーを眺める立場として、stimulated bremsstrahlung と stimulated

Compton scattering という観点があるが、いずれも古典電磁気学の範囲で間に合い、それ故にこの問題が電子管の発振と似ていることを指摘した上で、この講演では、stimulated bremsstrahlung の立場から解説を試みた。高速電子を波長 λ_0 で周期的に変化する磁場（このような磁場を発生する装置は wiggler 又は undulator と呼ばれている。）の中を通すと、電子も波長 λ_0 で波打ちながら進行する。その時前方に放出される光は、通常の円運動で得られる連続光の S O R と異なり、周期運動に伴って単色光に近いものになる。この単色光も実用上非常に有用なものとして期待されているが、更にレーザー光も放出させることができる。即ち、電子は光速に近く、放出された光と共に走るため、光は電子に誘導放出を起させ自らは增幅される。この時放出される光の波長は、相対論的ドップラーシフトをうけて λ_0 よりはるかに小さくなるが、電子のエネルギーによって変わるので、波長可変レーザーが可能である。自由電子レーザーの基本的諸元について述べた後に、電子ビームとして線型加速器を用いて $3.4 \mu\text{m}$ のレーザー光を得た Stanford の結果が紹介された。またフェベトロンからの電子パルスとソレノイドの結合による、U.S. Naval Research での研究の話や、Daresbury での基礎データの集積の話にも触れた。ストレージリングに組込んで自由電子レーザーを作ると、可変、大出力、高能率のレーザーとなり得るが、その時の wiggler の製作、ストレージリングの動作等に関する問題点が指摘された。現在では波長を 1000\AA より短くすることはむずかしいと考えられるが、 $100\mu\text{m}$ 前後の強力光源としての応用が考えられるとのことであった。

測定系に関する報告の第一は、柳原らによる「BL-1' 用変形ワズワース分光器」であった。神前の S O R 施設の現状の話にもあったように、SOR-RING に新たに BL-1' が増設された。変形ワズワース分光器の大きな特徴は出射強度を稼ぐため、入口スリットを使っていない点である。今回縦分散型が採用されたが、これは S O R の偏光特性を活かすとともに、出射光強度を稼ぐためである。使われた回折格子は 2 種あり、一つは Bausch & Lomb 製の曲率半径 2.2 m , 1200本/mm で金コートのもので、もう一つは同社の 600本/mm でアルミコートのものであった。得られたスペクトルから、前者を用いたときには短波長は 400\AA まで、また後者の場合には 800\AA より長波長側で使えるということであった。高次光や迷光の強度の評価（粗い見積りで $10^9\text{ photons/sec \cdot \AA \cdot mA}$, $\lambda > 1200\text{\AA}$; $10^8\text{ photons/sec \cdot \AA \cdot mA}$, $\lambda \sim 500\text{\AA}$ ）についても報告された。この分光器は出射光強度が大きいことを活かして、将来低温での excitation spectroscopy に用いる予定である。今後、このような実験が盛んに行なわれることが推測されるが、ビームラインの増設は心強いことである。

現在 SOR-RING BL-4 には変形ボダール型分光器が設置されている。佐々木グループの研究の一環として、この分光器を用いた「軟X線分光系出射光の絶対強度測定」が三谷より報告

された。この分光器は曲率半径 2 m の回折格子を用い、入射角は 85°である。これを用いて軟X線用凹面回折格子の特性検査法を確立し、近い将来予想される回折格子の需要増に対応できる国産化技術を推進することが目的であった。出射光の特性測定に用いる 120°開角の球状阻止電界型の希ガス光電子計数装置（RPC）の整備、周辺電子機器の製作、調整及び分光器自身の整備が併せて行なわれ、技術面の確立の目途が得られた。三谷は BL-4 のボダール分光器の仕様と実験系を説明した後、出射光ビームの垂直及び水平プロファイルの測定の結果を示し、これより集光効果の有無を論じた。次に菅原らによって作られた 4 枚グリッドの RPC を用いて、出射光によって放出された Ne からの光電子のエネルギー分布と 1s-2p の branching ratio の測定結果について述べた。そしてこれらより Bausch & Lomb 製（1200 本/mm）と日本製（2400 本/mm、試作品、原田氏提供）の回折格子からの一次光成分の強度分布と一次光と高次光の強度比の見積りがなされた。その結果、日立製の試作品は Bausch & Lomb 製のものと比較して遜色がないことが確認された。この開発研究は 1 日目午後の有留らの研究とともに、回折格子国産化を大きく推進するものとして期待される。なお、計数法を用いる実験の場合には、エレベーター運転時に発生するノイズに注意を要することであった。

変形ボダール型による二番目の実験として「軟X線領域（60~300 eV）の高感度光電面」について三国より報告された。極紫外～軟X線領域（10~1000 eV）では従来、Cu-BeO 光電面をもつ光電子増倍管、或いは V ガラス、Rb ガラス細管から成るチャネルトロン、チャネルプレートなどが受光器として用いられてきた。しかしながら、高分解能実験等においては、これらより更に感度のよい受光器が望まれる。また気体の実験では有機物薄膜等の窓を用いることがあるので高感度受光器の必要性は同様の事情にある。このため軟X線領域特に 60~300 eV の範囲において高い量子効率をもち、なるべく構造のない平坦な波長特性を持ったもので、なおかつ安定で劣化の少ない光電面が探索された。調べられた主な化合物は、バンドギャップの大きい重元素を含んだイオン結晶（CsI, RbI, NaI, PbI₂, CdI₂, CsBr, RbBr 等）であり、これら元素の 3d 或いは 4d 準位から巨大共鳴吸収の励起に伴う光電子にねらいが定められた。試料をベルジャー中に 10^{-6} Torr の真空度のもとで 1000 Å 程度の厚さにニッケルカソード上に蒸着する。これを光電子増倍管（浜松テレビ、R-595）の初段（Be-CuO）とおきかえて、感度が比較された。SOR-RING の運転条件が E = 380 MeV, I = 100~200 mA のもとで測定された二、三の物質についての分光感度曲線が例示された。この領域で優れているのは CsI, RbI, CsBr, RbBr であり、感度は Be-CuO の場合に比べて 1~2 衍程度増加した。大気中で（シリカゲルで乾燥させたデシケータ中）約 90 日放置したら、CsI の場合は $\frac{1}{3}$ 、RbBr の場合は $\frac{1}{10}$ の感度の劣化がみられたが、真空中で 1 週間程度放置しても殆んど感度に変化がなかっ

た。三国は総合的にみて CsI と CsBr を推奨した。CsBr 面を用いて石黒らの気体の吸収実験（一日目午後の講演）が行なわれたとのことであった。

1月28日 午後

一日目の午後の前半は SOR の応用、後半は気体の実験をまとめた。SOR の応用では、絶対測光とリソグラフィーの共同利用実験の報告と、X線回折・散乱に関する招待講演が行なわれた。「SOR の絶対測光」では ES-SOR について昨年度から引き続き行なわれた実験が小塩グループから報告された。まず崎原より軟X線領域における放射強度及び角度分布の測定の話があった。シンクロトロン(ES)の電子エネルギーが 812.5, 884.5, 938.8 MeV の 3 点で Be フィルター・走査スリット・SSD から成る系により数 KeV 領域でのスペクトルが測定されたが目下解析中のことであった。続いて西より紫外域における二次標準用重水素ランプの分光放射強度の目盛り付けについての話があった。可視域で用いられている二次標準ランプを基準にして SOR と重水素ランプの照度が対応づけられ、更に SOR の標準性を利用して紫外域(1800 Åまで)で SOR と重水素ランプの対応がつけられた。51~53 年度にわたって測定されたが、同一重水素ランプにつけられた目盛り幅に 20% のばらつきがでた。最後に小塩よりスポットの話(ビーム断面内の電子分布の決定)があった。スポットは結像レンズ・テレビカメラ系で撮影され、電子分布は概ねガウス分布(二次元)をなし、半値全幅は ES のエネルギーが、650, 770, 860 MeV のときは、それぞれ水平方向で 2.0, 1.7, 1.7 mm, 垂直方向で 2.3, 2.0, 1.8 mm であった。これは勿論、SOR を放出する電子ビームの位置(電磁石内における)によって変化する。絶対測光は種種の放射の絶対値を測定したり、分光器或いは検出器を較正する上で、非常に重要な技術であるが、絶対測光の精度をあげることはなかなか努力のいることであるとの印象を受けた。

次に「SOR 軟X線リソグラフィー実験」について有留から報告があった。今回の実験は回折格子に関する二つの実験が行なわれた。その一つは、SOR による回折格子パターンの転写であり、もう一つは難波研究室で作成された回折格子の性能試験であった。まず、X線リソグラフィーの原理と目的が解説された。転写の速さは、ES が 1.16 GeV, 20.5 mA で運転された時、レジストが PMMA で 1 回転写露光時間が 50 mm × 50 mm の転写面に対し、3 分程度であった。市販されている最大出力線の X 線管とここで用いた PMMA より 10 倍ほど高感度なレジストを用いた場合でも 10 分ほどの露光が必要である。有留は更に ES の運転条件と転写条件の関係、これと通常の X 線による場合との比較、吸収スペクトルとの関係などにつき得られているデータを説明した。また、パリレン膜の基板の上に作られた金のパターンの転写実験を ES-SOR 及び SOR-RING BL-3 を用いて行い、0.6~0.4 μm の周期の良好な回折格子パターンが得たが、実際

に分光器に取り付けて性能評価をするには至らなかった。電子ビームリソグラフィー及びガススパッタエッチング法（レジストコーティング→Ar-Cd レーザーによるホログラフィック露光→金コート→ミリング）により作成された平面石英基板上の回折格子（平面，1200本/mm, 金コート）が、BL-3の斜入射分光器に取り付けられ、90~600 Åにおけるその特性が調べられた。その結果、試作された回折格子は分解能と回折強度が Bausch & Lomb 製のもの（1200本/mm, プレーズ角 4.1°, 金コート）に対して遜色がなく、0次光の幅の強度が小さい良好なものであった。この回折格子を用いて、Mn Cl₂ の M_{2,8} 吸収のスペクトルが測定された。一日目午前の三谷の話とあわせて、回折格子の国産化を願う我々にとって、心強い研究発表であった。

SORはX線領域でも強力な武器となりつつあり、高工研で建設中のフォトン・ファクトリーはまさにX線領域に最大の強度をもつSORを発生する。招待講演として菊田には「X線回折・散乱におけるいくつかの話題」を提供して頂いた。まずSORの効率的利用のため現在開発中のX線光学系、検出系について以下の話があった。光学系ではSORの発散角が狭いので完全結晶を用いた分光器が有効と考えられ、各種の多重反射型や彎曲型のものが実験に必要な出射光の線束に応じて考案されているが、これらの各々の特徴が解説された。また完全結晶による反射の角度幅を増すために原子番号の高い元素を含む結晶や不純物原子を多層に拡散させた結晶（多重拡散層）が言及された。次に全反射鏡、フレネルゾーンプレート、多層膜、水平回転軸ゴニオメーターなどにつきそれが何故必要であり、開発の現状はどのようにになっているのかが解説された。検出器では、そのエネルギー選別、位置分解、時間分解などの観点から現状がのべられ、一次元、二次元の位置分解能をもつ比例計数管（PSPC）の製作、エネルギー分解能をもつ半導体検出器に位置分解能をもたせる試み、X線テレビの位置分解能及び感度の向上、チャネルプレート、CCD及びプラスチックシンチレータなどの利用が検討されている。次にSORによる実験の概観（外国が一部先行している）が行われ、構造解析、トポグラフィ、X線顕微法、X線蛍光分析、小角散乱、散漫散乱、非弾性散乱、異常散乱、EXAFS、X線光学、メスバウワー分光を取り上げ、それらについて、何がやれるのか、何をみるのか、研究の現状はどうなっているのかが述べられた。主なものとして結晶構造解析ではPSPCとの組合せで測定時間が2桁近く短縮された例があり、極端条件下での構造解析、構造の時間変化の追跡などが特に興味を持たれている。X線トポグラフィでは結晶成長、融解などの動的過程の観察が行なわれている。X線リソグラフィの技術を用いた顕微法では、吸収コントラストによって数百オングストロームの分解能をもつ像が得られている。小角散乱は特に分子生物学の分野で盛んに使われている。EXAFS、異常散乱などの研究の成果が出はじめており、コンプトン、ラマン、プラズモン散乱などの非弾性散乱や熱散漫散乱、点欠陥による散漫散乱なども数年後にはSOR利用により研究が本格化するであろう。

更にSORによるメスバウアー励起とその応用研究が注目されている。またX線光電子、螢光X線などの回折現象とのかかわりも興味がもたれている。

一日目の最後のセッションは気体を対象にした講演が四つあった。まず「シアン化物の真空紫外吸収スペクトル」が永田から報告された。簡単なシアン化物は、真空紫外光を吸収して電子励起状態のCNラジカルを生成する。この解離励起過程の機構を調べるために、次の三つのことを測定する必要がある。その第一は光吸収であり、第二は励起ラジカルからの発光であり、第三は励起ラジカルのエネルギー分布である。本研究では、まず第一段階として、HCN, DCN, CH₃CN, BrCNの吸収スペクトルがES-SORの50cmの瀬谷型分光器を用いて測定された。波長領域は600~1500Åで分解能は3Å以下であった。この測定により解離過程に関する親分子の励起状態のエネルギー位置と電子状態についての情報が得られた。即ちH(D)CN, CH₃CNのスペクトルの大部分の構造は、第1, 第2イオン化ポテンシャルに収束するリドベルグ系列に帰属された。また1100Å付近にみられる吸収帶は原子価状態への遷移と考えられた。これらの分子では基底状態から10eV付近の所に、多くのリドベルグ状態や原子価状態があり複雑に解離励起過程に関与していることが述べられた。今後、励起波長を連続的に変化させて、励起状態のCNが生成される励起関数などを測定し、更に詳しく研究を行う予定とのことであった。この実験では入射光強度が10⁸~10⁹ photons/secであったが、上記の第三の測定を行うには、Cu emitterとの比較から推定してもう2桁程度の強度が欲しいことが強調された。

続いて「BorontrihalogenidesのB-K吸収」の報告が石黒よりあった。実験はBL-4のボダール型分光器(回折格子、2400本/mm)にて1μmのポリブロピレンの窓をもつガスセルを取り付け、検出器はCsBrの受光面をもつ高感度の光電子増倍管(一日目午前の三国の講演参照)を用いて行なわれた。BF₃, BC₂F₅, BB₂F₅の180~280eV領域での吸収断面積が測定され、B-K吸収構造が観測された。BF₃については岩田により理論計算が行なわれ、この結果によりBF₃のB-K吸収構造はよく説明された。即ち、B-K殻のイオン化端(203eV)以下の吸収ピークはそれぞれB-1s(a'1)→npπ(a''2): n=2, 3, 4と1s→npσ(e'): n=3, 4の遷移によるもの及び1s→3s(a'1)の禁制遷移によるものとに同定された。イオン化端以上の幅の広い吸収帶はshape resonanceによるもので、主としてΣ channelが関与していると推定された。BC₂F₅, BB₂F₅ではBF₃と概ね似かよったスペクトルが観測された。(BC₂F₅の場合は200eV付近からCℓ-L_{2,3}吸収帯が重なる。) BC₂F₅, BB₂F₅のスペクトルもBF₃の場合の同定を参考にして解析された。BC₂F₅, BB₂F₅ではBF₃に比べて、1s→npσ(e')のピークが強く、shape resonanceによる吸収帶は弱い。これは定性的にはCℓ, Br原子の電気陰性度がF原子の場合より小さくそれだけpotential barrier effectが小さいことによっている

と説明された。この研究は、データの良さもさることながら、解析も詳細にわたっていた。ただし、一般に言って、リドベルグ系列の同定については、吸収線のエネルギー位置のみでなく、強度まで立入って考えることができたら、と思うが、欲が深すぎるだろうか。また連続吸収域にあらわれる大きなバンプを shape resonance で片付けるのは、理論計算と一致して言えることであり、不一致があったときには、一体的ポテンシャル形状のみではなく、問題を多体系的に見る必要があるという意味で、データの解析の進行が楽しみである。

これまで SOR 施設で行なわれた気体の実験の大半が吸収測定であったが、今回はじめて電離イオン或いは光電子をつかまえる実験が報告された。まず森岡から「SORによる光解離スペクトル」の報告がなされた。実験は ES-SOR にて中村研究室から持込んだ 1 m 瀬谷型分光器 (2400 本/mm) 及び四重極質量分析計を用いて行なわれ、O₂, N₂, CO, C₂H₂ の光解離スペクトルが測定された。波長領域は 300–1000 Å で分解能は 0.5 Å であった。前置鏡を 1 週間に 1 ~ 2 回取りかえつつ、半日～1 日の積分によりデータが収集された。O₂ では O₂⁺ と O⁺ の収量スペクトルがとられた。O⁺ のスペクトルで C⁴Σ_u⁻(O₂⁺) へ収束する自動電離リドベルグ状態で異常な振舞が観測され、これからリドベルグ状態の O₂^{*} は解離を起こすことが結論された。N₂ では N₂⁺ と N⁺ の収量スペクトルと N⁺ の生成断面積が測定された。断面積は絶対値で表示しており、縦軸を入れよ、というかねてからの要請が満たされている。N⁺ は 512 Å 以下の波長の光で発生することが確認された。又 N⁺ のスペクトルにあらわれる構造は、C(N₂⁺) の状態へ収束する自動電離リドベルグ状態からの解離であると解析された。N⁺ のスペクトルの中にこの状態への遷移による構造 (vibration の progression) が観測されたのは初めてであるとのことであった。更に CO に関しては CO⁺, C⁺, O⁺ のスペクトルが、C₂H₂ に関しては、C₂H₂⁺, C₂H⁺, C₂⁺ のスペクトルが測定されたが目下解析中である。

「希ガス Auger 遷移における電子相関」では花城らによって行なわれたアルゴン L₂₃M₂₃M₂₃ オージェ電子分光 (BL-4 を利用) の話があった。この実験はグループのメンバーである大谷らの電子線励起による研究が発展したものである。実験は光励起によって L₂ 裂に空孔を作ったときに L₂₃M₂₃M₂₃ オージェ遷移によって生じたオージェ電子のエネルギー分布曲線を測り、励起エネルギーを変えていったとき、このエネルギー分布曲線がどう変化していくかを見たものである。光子エネルギーが L₂ 電離のしきい値 (約 250 eV) に近づくにつれて、オージェ電子のスペクトルのピークのエネルギーが高エネルギー側にずれることとスペクトルが高エネルギー側に裾をひいた非対称な形になることが確認された。更にエネルギーを下げて L₂ しきい値を越えて、L₃ 励起のみの状態にすると、L₂ 空孔によるオージェ線は消えて、代りに新しい線があらわれる。これらはオージェ遷移の寿命が短いために、光電子が原子の周辺にいる間にオージェ電子が

放出されるために起こる現象で、 $L_8M_{23}M_{23}$ オージェについて、スペクトルプロファイルの解析をしてみると、Niehaus の半古典的 post collision interaction モデル理論による計算で、比較的良好く説明された。更にアルゴンの内殻電離のしきい値以下の光子エネルギーで、内殻励起のリドベルグ状態からオージェ過程と類似の過程によって放出される電子も分光された。このスペクトルは、内殻励起のリドベルグ状態のエネルギーと、アルゴン 1 値の励起状態のエネルギーとによって解析された（resonance excitation Auger）。以上の研究報告を聞いて、我国の気体の SOR 分光実験も、いよいよ精密・定量化の時代に入った、との印象を受けた。

1月29日 午前

研究会の2日目は固体を対象とした研究をまとめた。対象は金属、イオン結晶、分子性結晶と広範囲に及んだ。午前の講演は主として吸収測定による研究で、前半は内殻からの励起、後半は価電子帯からの励起が中心であった。まず江尻より「Bi-Sb 合金の極紫外における内殻吸収スペクトル」が報告された。Bi-Sb 合金の種々の組成のものについて Bi-5d 及び Sb-4d 準位からの吸収スペクトルが ESR-SOR の 50 cm の瀬谷型分光器を用いて測定された。試料はあらかじめ作られた合金を蒸着したものと、同時蒸着によるものとが用いられた。測定の結果組成によって、それぞれの吸収端スペクトル構造に複雑な変化がみられた。Bi-5d 吸収端ピーク及び Sb-4d 吸収端ピークはほぼ全組成の合金で自己主張型の様相を示し、かつ前者の高エネルギー側及び後者の低エネルギー側にそれぞれ新しい構造が現われた。Bi-5d 吸収端ピークと Sb-4d の新しい構造はともに中間組成領域で高エネルギー側に屈曲するようなシフトを示し、Sb-4d 吸収端ピークは低エネルギー側に屈曲するようなシフトを示した。これらの結果に関して、状態密度による解釈や擬似結晶モデルによる解釈の試みがなされた。Bi-Sb 系の金属-半導体遷移と吸収スペクトルとの関連や如何という質問があったが目下検討中のことであった。

続いて「遷移金属化合物の $M_{2,3}$ 内殻吸収」が辛より報告された。BL-3 の平面回折格子斜入射分光器による研究で、実験の一部では前日の報告にあった有留らが製作した回折格子も用いられた。報告はこれらの物質の吸収係数と $NiCl_2$ についての理論計算が主体であった。この $M_{2,3}$ 吸収は遷移金属の 3p 準位から主として空準位である 3d, 4s 準位への遷移によるものである。実験では Ti から Cu までの遷移金属の化合物が測定され、遷移金属の 3d 電子の数の変化（1個から 10 個まで）による、スペクトルの構造の変化が追跡された。空準位の d 電子の数と吸収強度の関係などの議論から Cu 化合物を除く吸収線の多重構造は、主として $3p \rightarrow 3d$ 遷移による多重項によっていると推論された。山口らの XPS のデータに対する理論計算を応用した $NiCl_2$ の $3p \rightarrow 3d$ 遷移にもなう多重項の計算は、吸収線の位置及び強度を比較的よく説明した。つい

で $10 Dq$ などのパラメーターを定め、 $3p$ 正孔が d 電子に与える影響が調べられた。多重構造をなす吸収帯全体の大まかな形状は Ni, Fe, Co, Mn 化合物については比較的幅が狭く(数 eV)非対称であったが、Cr, V, Ti 化合物については幅が広く(~ 10 eV)対称的であった。これらのことと説明するうえに、super-Coster-Kroning 遷移や所謂 delayed band 等の考え方を導入する必要があるとのことであった。これらの物質に関して最近塘らによる XPS 及び放射スペクトルの報告がある。

次に鈴木より「固相 HCl , Cl_2 の $Cl-L_{2,3}$ 吸収帯」の報告があった。実験では、BL-4 の変形ボダール型分光器によって $195 \sim 255$ eV における固相の HCl , Cl_2 の $Cl-L_{2,3}$ 吸収スペクトルが測定され、気相のスペクトルと比較された。試料は、 $60 \sim 80$ K に冷却した炭素薄膜上に蒸着して作られた。得られた結果は次のようである。固体 Cl_2 の吸収は気体の場合とよく似ていて、 198.5 eV と 200.0 eV に反結合性軌道への遷移に対応した吸収がある。 202.4 eV と 203.8 eV に弱いピークがあるが、これらに対応した吸収は気体の場合にはない。このピークの高エネルギー側のリドベルグ系列に対応して幾つかの鋭い強い吸収がある。更に 215.7 eV と 221.6 eV に気体の場合と同様に連続吸収帯に重なったプロードなピークが存在する。固体 HCl の場合気体とかなり違っていて、 201.8 eV と 202.6 eV に反結合性軌道への遷移に対応したピークがあるが、このピークの高エネルギー側のリドベルグ系列に対応する位置には、固体の場合余りはっきりしない幾つかのプロードな吸収があるだけである。逆に連続吸収帯の中には 215.4 eV と 223.6 eV に、気体にはないプロードな吸収が存在する。これらの結果は気相のスペクトルの解釈や、固体効果の原因究明に役立つと思われるが、目下解析中のことであった。

二日目の午前の招待講演は内殻励起を用いた新しい構造解析法である「EXAFSについて」の解説を米沢にお願いした。特に実験屋向きに懇切丁寧にその原理、応用、限界等について話して頂いた。EXAFS (extended X-ray absorption fine structure) は内部光電効果による X 線吸収係数の広エネルギー領域にわたる微細構造(微細構造といつても数 $10 \sim$ 数 100 eV の幅をもつ)から、X 線を吸収した原子のまわりの局所的な原子配列をきぐる方法である。通常の X 線解析が主として長距離にわたる原子配列に関する情報を与えるのに対して、EXAFS は局所的な原子配列に関する情報を与えるのが特徴である。この方法は結晶構造をとらない一般の不規則系に対しても有用性が全く変わらないこと、複数の構成要素から成る系に対しても、それぞれの種類の原子のまわりの配置の様子が調べられることなど、幾つかの長所をもっている。(後者は、その原子に固有の内殻励起 (K 殻励起が多く用いられている) を観測することにより行なわれる。) この長所をフルに生かすためには構造解析の理論の過程で導入される仮説や近似の妥当性や適用限界を十分検討することが必要である。EXAFS ではある原子のまわりの他の原子の

動径方向の分布を微細構造のフーリエ変換 ($E \rightarrow R$) で求める。その際 EXAFS 構造のはじまるエネルギー原点の選定、他の内殻吸収によるバックグラウンドの差引き、EXAFS 構造がないとした場合の吸収係数による EXAFS 構造の規格化等についてその近似法、諸注意、問題点が詳細に指摘された。話は上記のようにまず何をするのかから始まり、次にデータ解析に用いられる理論に含まれている前提条件を電子一光子相互作用、とび出した電子の波動関数、まわりの原子、散乱原子のポテンシャル、多重散乱の効果の各項目につき述べた。次に理論のフォーマリズムに含まれる各要素を一々取上げて、その問題点を述べていくという丁寧なもので実験屋にわかりやすくかつ詳細をうがった、筋の通った面白い話であった。なお、米沢による詳しい解説が、物理学会誌 34 卷 (1979) 7 号にある。

以上は内殻からの遷移に関するものであったが、以下の講演の内容は主として価電子帯からの遷移によるものである。はじめに井上より「固体水素の励起子吸収」の報告があった。(特に固体水素では内殻はない。) 固体水素の励起子吸収帯の研究は昨年度に引き続き BL-1 の瀬谷型分光器を用いて行なわれた。今回は前回より S/N 比及び試料の質を改良し吸収測定を追試するとともに、新しく反射測定も行なわれた。固体水素は水素分子が f.c.c. 構造の配列をとる最も簡単な分子性結晶である。得られたスペクトルは概ね気体状態の構造を反映しているが、気体の場合より吸収線の幅が広がり、かつ位置がずれて固体効果が現われる。振動構造はわずか残った。この吸収帯は Frenkel 励起子によるものといえる。固体重水素の場合の方が、固体効果は顕著ではなかった。固体効果に関して以前より多くの知見が得られたが、吸収測定と反射測定とでは、スペクトル強度にくい違いが見られた。これは固体水素のルミネッセンスの影響であろうと説明された。更に固体ネオジン中に水素分子をドープした場合(マトリックスアイソレーション)の吸収についても測定が行なわれた。

「共役系ポリマー(準一次元)結晶の偏光反射スペクトル」では十倉により準一次元物質の主要な特徴を代表する三種の共役系ポリマー結晶: $(SN)_x$, $(CH)_x$, $(C_2R)_x$ (ポリダイアセチレン, R: 置換基) の報告があった。これらの物質はそれぞれ超伝導体、半導体、絶縁体である。BL-1 の光学系が用いられた。特に SOR の偏光性を充分に活用した実験であった。測定された反射スペクトルから Kramers-Kronig 変換により求められた吸収スペクトルが、一次元バンド計算と比較検討された。 $(SN)_x$ に関しては、吸収遷移のエネルギー位置と偏光選択則が、既存の LCAO のバンド計算でよく説明された。 $(CH)_x$ については、試料が非配向膜であったため、確定的な同定はなされなかった。(最近測定された配向試料での結果が目下解析されている。) 同じ炭素 π 電子共役系の $(C_2R)_x$ についても一次元バンド描像により定性的解釈がなされたが、遷移における励起子効果(或いは電子相関)を陽に考慮すべきであることが判明した。

(SN)_x と (C₂R)_x のスペクトルの差異は、まさに超伝導体か絶縁体かの違いを反映している。の研究で、SOR の偏光の有用性があらためて認識された。

「真空紫外域における KBr の応力変調分光」も BL-1 を用い SOR の偏光性を利用した実験で、山田より報告された。この実験はアルカリハライドの電子構造の解明のための応力変調分光実験で、SOR による実験の手はじめに KBr が室温で測定された。既に桑原研究室では基礎吸収端付近の励起子構造についての測定があるが、今回は約 30 eV まで測定範囲が広げられ価電子帯から高い伝導帯への遷移や浅い内殻からの遷移が調べられた。変調周波数は 825 Hz、圧力は 4.3 bar で $\Delta R / R$ は 1×10^{-4} 程度であった。得られた結果は次のようにある。8.6 eV に反射率がピークをもつ構造は、[001] 応力に対して偏光依存性がないことから、L 点での遷移によると考えられる。18 eV の構造は、[001], [011] 応力に対して共に偏光依存性があり、構造が単一であること、6.6 eV の Γ 励起子の応力スペクトルと類似していることから、 Γ 点での遷移によると考えられる。12 eV の幅の広い構造に関する結論は得られなかった。立方対称変位に対するエネルギーシフトの量は、18 eV までの構造は全て符号が負で大きさもほぼ同程度 (~ -2 eV) であり、価電子帯からの遷移であることを示唆している。一方 20, 21.5 eV にある二つのピークのシフト量は、18 eV までの構造の場合の約 $1/10$ 以下であった。このことは、20 eV 付近の二つのピークが $K^+ - 3p$ 内殻準位からの遷移であることを示している。

1月29日 午後

二日目の午後は光があたった後の固体の種々の二次過程による研究をまとめた。現象は異なるが、それらは発光、光電子放出或いは格子欠陥の生成である。まず中井による「偏光紫外線による格子欠陥の生成とイオンダイナミックス」の招待講演であった。これまで中井の研究室で紫外パルスレーザーを用いて行なわれたアルカリハライドの格子欠陥の生成の研究を中心として、SOR を用いる研究に関連する（或いは将来 SOR を用いて行なわれる可能性のある）分野に目を向けるべく解説をお願いした。アルカリハライドの格子欠陥のうちその一次生成物である F 中心と H 中心とは、self trapped exciton (STE) の励起状態からの緩和の途上で生成されることはほぼ信じてよい。これと関連して、中井らはポタシウムハライド結晶を [110] 偏光した紫外パルスレーザー（窒素レーザー、エクシマーレーザーの二光子エネルギー (7.5 eV, 10 eV)）で照射した場合に得られる色中心の二色性吸収スペクトルや発光スペクトルを測定した。その結果、H 中心が [110] 方向に効率よく作られていることが見出された。[110] 方向の H 中心の配列は一旦作られた H 中心が、レーザーの一光子励起による reorientation をうけたために生じたという可能性は全く排除されたというわけではないが、もしそうでなければ上記の結果は紫外線で

生じた色中心について、その方向性が確認されたことを意味する。色中心は 10 eV 照射より 7.5 eV 照射の方が安定に生成された。生成の機構として、ハロゲン励起→励起子→STE→ハロゲン移動という replacement collision sequence が示唆された。この種の実験は今後更にレーザーの波長範囲を拡張して、STE の励起状態のスペクトルに関するより詳しい情報を追求する必要があるとのことであった。

続いて「螢光励起による LiF の X 線放射及び散乱スペクトル」の報告が会田よりあった。SOR を励起光として金属 Li, LiF, LiH, Li₂CO₃ の Li-K 放射スペクトル及び LiF の内殻励起子の radiative decay の測定が目的であった。実験は昨年と同様 ES-SOR で行なわれ、ES が 950 MeV で運転されている時の分光されていない SOR で試料が照射され、これから放射（発光）スペクトルが独自の分光系で測定された。この分光系では、SOR の入射方向と発光の測定方向は固定であったが、試料の向きは自由に変えることができた。金属 Li では螢光励起 K 放射スペクトルが観測され、その形状は電子励起によるものと一致した。LiF の発光スペクトルには約 45 eV 付近に価電子帯放射と考えられる微弱で幅の広いピークが、更に 60 eV より高エネルギー側には形状及び位置が LiF の Li-K 吸収スペクトルと類似した構造が観測された。これらの構造は試料の形態や、take-off-angle（試料の向きを変える）によらず同様であった。

6.1.7 eV の尖鋭なピークは内殻励起子吸収線と位置及び幅が一致し、励起子を介した共鳴散乱と考えられる。これと同様に、このピークより高エネルギー側の構造は、この物質の伝導帯の状態密度を反映した散乱として説明された。60 eV 付近にみられる肩構造は励起子の radiative decay によると説明されたが、最近の Fields らによる電子線エネルギー損失の実験でも同様の肩構造がみられることから、必ずしも radiative decay によらないのではないかというコメントがあった。

このあとの三つ講演は固体の光電子放出に関してであった。第一の報告は菅原らによる「CeB₆ 及び PrB₆ の光電子スペクトル」であった。この研究は小松原、糟谷らのグループと共に行なわれたもので、試料は小松原により作成された。測定は BL-2 の変形ローランド分光器に二重円筒型の光電子分光器をとりつけて行なわれた。これらの物質は真空中で 1×10^{-9} Torr で劈開され、 6×10^{-10} Torr で測定されたが、この真空中でも光電子スペクトルは 1 時間後には変化したので、幾度も新しい劈開面で測定を行なわなければならなかった。価電子帯及び内殻の光電子スペクトルと光電子収量スペクトル（実際には低運動エネルギーに合わせた定終状態スペクトルで代用した）が 30~140 eV の光を用いて測定された。収量スペクトルはこのエネルギー領域では一般的に吸収スペクトルを反映していると考えられる。CeB₆ 及び PrB₆ は金属的な物質で、価電荷運動や抵抗の温度変化の異常を示す最近注目を浴びている物質である。これらの性

質は硼素及び金属の外殻電子の準位からなる価電子帯と、金属の $4f$ 準位の相対的位置によって特徴付けられている。この実験の主たる目的は、これらの準位の位置、幅に関する情報を得ることであった。測定の結果、価電子帯のスペクトルは柳瀬らの LaB_6 に対するバンド計算の結果とよく一致した。励起エネルギーが $4d$ 電子の光電離のしきい値をこえると価電子帯スペクトル域で光イオン化断面積の著しい増大がみられた。収量スペクトルとの比較から、この増大は、 $4d \rightarrow \epsilon f$ 遷移による所謂巨大共鳴吸収のスペクトル域で生じていることがわかった。この現象を $4d$ 電子の光学的遷移と外殻電子の光学遷移との共鳴効果によると解釈した。その際、この増大によって形成されるピークが $4f$ 線を示している、という解釈が妥当のようにみえるが、フェルミ端近傍の弱いピークとその増大とを合わせて考え、 $4f$ 線の位置についての最終的判定はさけた。

次に「アルカリハライドの部分イオン化断面積の測定」が菅野より報告された。この実験の目的は光電子スペクトルから内殻電子の光イオン化断面積の入射光のエネルギー依存性を求めて、理論計算と比較することであった。試料は NaCl , NaBr , KF , KBr , RbCl , RbBr の 6 種であった。黒田研究室ではこれまで X 線管を用いて $150\sim2000\text{ eV}$ の光によるイオン化断面積が求められていたが、今回は菅原らと同じ BL-2 の光電子分光装置によって更に低エネルギー領域 ($40\sim130\text{ eV}$) のデータが測定された。各内殻準位のイオン化断面積の相対強度を正確に求めるために光電子分光器の透過エネルギーを一定に取り、阻止電場を掃引して測定が行なわれた。測定中、試料の charge up の影響は殆んどみられなかったとのことである。アルカリイオン及びハロゲンイオンのイオン化断面積の入射光エネルギー依存性の実験結果は、等電子系列を成す希ガス元素に対する電子相関及び相対論的效果を考慮した理論計算によって、殆どの場合よく説明された。ただし、これらの効果を無視した一電子近似では説明されなかった。以上のことから、アルカリハライド固体中のアルカリイオン及びハロゲンイオンは、希ガス元素と同様の波動関数をもつこと、電子相関の効果が光イオン化断面積の計算に重要であること、バンドの形などの固体効果は、内殻電子のイオン化に関して顕著な影響を持たないことが結論された。

研究会の最後の講演は村田による「 $\text{MgO}(001)$ 勃開面の光電子分光」の報告であった。前の二つの報告と同じように、BL-2 に設置されている分光器と光電子分光装置が用いられた。真空勃開した $\text{MgO}(001)$ 表面に垂直に、 $35\sim135\text{ eV}$ の光が入射され、価電子帯からの光電子スペクトルが観測された。単結晶試料の charge up を防止するため、電子銃による charge neutralizer が用いられた。入射光のエネルギーが 45 eV 以下では XPS の実験結果及びバルクのバンド計算の結果と同様なスペクトルが得られ、 3.0 eV だけ分裂したダブレット構造が観測された。しかし、このダブルエット構造のうち深い準位からのピークは $50\sim90\text{ eV}$ で消失し、 90 eV 近傍で再び現われ、入射光の電場ベクトルが結晶の $[100]$, $[110]$ 方向に平行な場合、それぞれ

100及び110eVで最大になり、再び120eV近傍で消失するという奇妙な入射光のエネルギー依存性を示した。これに対し、浅い方の準位からの光電子放出ピークは殆んど強度が変化しなかった。これらの結果は、表面の電子状態がバルクと大いに異なること、光電子放出の共鳴現象、回折効果などで説明できそうであるとのことであった。

以上で二日間にわたる研究会の幕を閉じた。内容は多岐にわたったが活発な議論が展開されたと思う。今後ますますSOR分光学が発展することを期待したい。

○ 「イオン・ビームと固体表面」

期　日　昭和 55 年 1 月 31 日 (木) ~ 2 月 1 日 (金)

場　所　物性研究所旧棟講義室

世話人 伊 藤 憲 昭
村 田 好 正
藤 本 文 範

イオン・ビームの固体表面における散乱が表面の研究に利用され始めたのは、比較的最近である。我が国でも、このような研究が、これまで表面物理を研究していたグループと、イオンと固体との衝突を研究していたグループとによって開始されている。この研究会は、このような時期に、問題点を明確にし、かつ各研究グループ間の連繋を密にするために計画したもので、約 50 名の参加者を得、2 日間にわたって熱心な討議が行われた。扱っているイオンのエネルギーは、 $0.01 \text{ eV} \sim 2 \text{ MeV}$ の広い範囲にわたっており、便宜上、高エネルギー (100 keV 以上), 中エネルギー ($1 \text{ keV} \sim 100 \text{ keV}$), 低エネルギー ($10 \text{ eV} \sim 1 \text{ keV}$) および超低エネルギー (10 eV 以下) に分けてプログラムを編成した。

研究発表の中には独自のアイディアで製作してきた装置が動き始めたか、間もなく動くという段階の研究が多く、実によい時期に研究会が開けたと思う。これを機会にますます交流が盛んになると思う。一年後にもし同様の研究会を開いたとしたならば、その間の発展はすばらしいものとなっているであろう。

プ　ロ　グ　ラ　ム

1 月 31 日 (木)

○座　長　宇佐美　誠　二

は　じ　め　に　　　　　　　伊　藤　憲　昭 (名　大　工)

表面構造の問題点 (50分)　　　　　村　田　好　正 (物　性　研)

○座　長　小　牧　研一郎　　〔高エネルギー・イオン〕

イオン・ビームによる表面近傍の不純物分析 (30分)　　小　沢　国　夫 (原　研)

表面における不純物偏析 (20分)　　　　　万　波　通　彦 (京　大　工)

重イオンによるオージェ電子分光 (20分)

藤本文範 (東大教養)

平木昭夫, 井村健, 岩見基弘 (阪大工)

○座長 織田暢夫

MeVイオン・ビームによる表面構造の研究 (40分) 松波紀明 (名大工)

W(100)のイオン・スキャッタリング (30分) 馬越健次, 吉森昭夫 (阪大基礎工)

金の吸着したSi表面構造 (20分) 平木昭夫, 岩見基弘 (阪大工)

表面散乱の計算機シミュレーション — セミチャネリング効果 (30分)

山村泰道 (岡山理科大)

プロトン・エネルギー損失スペクトロスコピーによる表面解析 (20分)

伊藤憲昭, 松波紀明 (名大工)

懇親会

2月1日(金)

○座長 寺倉清之

理論の立場からみた表面構造 (30分) 菅野暁 (物性研)

表面構造と電子状態 (30分) 塚田捷 (分子研)

○座長 志水隆一 [中エネルギー・イオン]

中エネルギー・イオンを用いた表面構造解析 (20分)

市ノ川竹男, 川村隆明, 茂木裕之 (早大理工)

表面構造決定のシミュレーション (20分)

川村隆明, 市ノ川竹男, 茂木裕之 (早大理工)

イオンと表面の相互作用 — 最近の2, 3の話題 (40分) 大槻義彦 (早大理工)

○座長 小間篤 [低エネルギー・イオン]

低エネルギー希ガス・イオン散乱分光法(LSS)による固体表面の組成と構造の解析 (40分)

塙輝雄, 生地文也 (阪大工)

ISSによるTiC(001)表面の観察 (20分) 大島忠平 (無研)

低エネルギー・イオン散乱 (20分) 菊田惺志 (東大工)

○座長 辻泰 [超低エネルギー・イオン]

固体表面でのイオンの反応散乱 (40分) 村上俊一, 小杉信博, 村田好正 (物性研)

プロトン・ビームの結晶表面での散乱 (20分) 一宮彪彦 (名大工)

固体表面により散乱されたLi⁺イオンのエネルギー損失スペクトル

小林信夫 (都立大理)

表面構造の問題点

村田好正(物性研)

今までの研究分野が表面構造になじみが薄い人達のため、表面構造の問題点の紹介である。

清浄表面でのバルク構造と異なる点(reconstruction, relaxation, rumpling 構造)，吸着構造ではどのようなことが問題になるかを述べた。次に、表面構造解析の歴史、低速電子回折による構造解析での問題点、即ち、ポテンシャルの取り方、表面デバイ・ワーラー因子など、また、現在までに低速電子回折、イオン散乱などにより得られている結果について整理した結果を述べた。

最後に、興味ある物性を示す表面の例として、ある熱処理温度などで、表面に特有な構造変化を示す、Si(111), Pt(100), W(100)上の水素吸着、MgO(100)などの結果を紹介した。

イオンビームによる表面近傍の不純物分析

小沢国夫(原研)

MeVエネルギー領域の加速器からのイオンビームを用いる固体表面層の原子的組成や表面構造に対する研究手段としてのイオンビーム分析法には①イオンビームの弾性散乱、②イオン誘起X線放出、③核反応を利用する方法が主に用いられている。特に核反応法は固体中の低原子番号元素の検出感度が良く、深さ分解能が良いこと、非破壊的測定であることなど有用性が多くイオンチャネリング法と併用して固体中の軽元素の深さ分布・保持拡散や格子内位置の決定に利用されている。

固体中の水素同位体やHeの深さ分布測定はH(^{15}N , $\gamma\alpha$) ^{12}C , D(^3He , p) ^4He 核反応などを利用して放出される γ 線やプロトンのエネルギー分析から得られている。VDやVOD合金の ^3He イオン dose 量に対するD濃度変化測定から、照射により表面近傍にD濃度増加が起り生成された格子欠陥にDがトラップされる照射ゲッター効果が明かになりD及び欠陥の深さ分布曲線から拡散係数や重水素と欠陥の結合エネルギーの評価が可能となった。又種々の温度における軸チャネリングの収量-角度曲線がPd-D合金で測定されDの dip の半値巾の温度依存性から重

水素の熱振動振巾の評価が行われ、DはPdの8面体格子間位置にあって8面体-8面体ジャンプで拡散している。併し照射による欠陥の導入により、Dは正規の8面体位置の外4面体位置も共存して占有し、8面体-4面体間のジャンプも可能になることが明かになった。

核反応法はイオンの種類及びエネルギーが限られ、反応断面積が小さいことは測定に長い時間を要し照射損傷の危険性を増すが本イオンビーム解析法は固体全体でなしに、表面のわずか数 μ mの情報のみを与えるので、局所的にしか依存し得ない不純物の位置決定を可能にする長所ともなっている。

表面における不純物偏析

万波通彦、木村健二（京大工）

松下三芳、京島徹（京大理）

MeV程度の軽イオン後方散乱測定には、半導体検出器（SSD）が用いられることが多い。SSDのエネルギー分解能は10 keV程度であり、したがって多くの固体において、深さ測定の分解能は50～200Å程度である。この後方散乱法は、半導体中へのイオン打込等の場合、不純物の深さ分布測定の有力な手段としてひろく用いられている。たゞ、母体の原子量に較べて、不純物原子の原子量が小さい時には、散乱イオンスペクトルの重きなりにより、不純物量の検出感度は低いが、逆の場合には、 10^{15} atoms/cm²の不純物検出も困難ではない。母固体が単結晶の場合には、イオンチャネリングの測定も同時に行えるという利点もある。

このような高速イオンを用いた表面附近の不純物測定の一例として、Au/Ag/雲母エピタキシー結晶についての研究の一例を報告する。0.8～2.0 MeV He⁺イオンの後方散乱により、このエピタキシー膜のAu表面には結晶成長直後すでにAg原子が有ることが認められた。この結晶は真空中 10^{-6} mmHgにおいて、成長温度270°C、成長速度50～100Å/minで雲母上にAg、Auの順に成長させたものである。Agの分布は表面下200Å（検出器分解能）以下に多く、この深さ範囲での平均濃度は1%程度であった。より詳しい情報を得るため[111]軸チャネリングを測定、解析したところ、大部分のAg原子は表面ではなく、表面近くの転位近傍にあることが明らかになった。数値計算による解析が終っていないので正確ではないが、Ag原子は転位周辺の半径10Å以下のところに集合していることが予想される。

のことから、下地Ag結晶の原子が成長しつゝあるAu結晶の転位に沿って急速に拡散し、

このような Ag 分布を作ったと考えられる。

重イオンによるオージェ電子分光

岩見基弘, 井村 健, 平木昭夫(阪大工)

藤本文範(東大教養)

数 keV の低エネルギー重イオン (Ar^+ など) を比較的軽い元素物質 (Mg, Al, Si など) に照射すると Auger 電子の放出されることが知られている。このイオン励起オージェ電子 (IAE) の放出過程は原子一原子衝突による内殻電離による Fano-Lichten などの理論で説明され興味を持たれてきた。

Auger 電子の脱出深さが小さい(例えば Si-LMM Auger 電子の場合で数 \AA)ので、この IAE 現象は表面研究への応用が可能である。Si の IAE スペクトルと電子線励起スペクトルの間には顕著な相違があり、前者には後者にみられないピークが現れる。そのうち atomic like peak (Pa) と言われるもの相対強度が Si 合金中で Si 濃度の減少と共に増大する現象を見出した。例えば、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ni}_x$ 合金では x の増加と共に Pa の相対強度が増大する。この事実を含め IAE 現象が重イオンによるスパッタリングと何らかの関係を持つことを予想しくつかの実験を行った。その結果、IAE 電子はスパッタリングにより真空中にとび出した原子から放出されるのではなく、試料表面または直下(数 \AA)に存在する格子位置から解き放された原子から放出されているという結論を得た。すなわち、IAE 電子は試料表面付近の原子から放出されていることが明らかとなった。

MeV イオンビームによる表面構造の研究

松 波 紀 明 (名 大 工)

最近、高速イオンのラザフォード後方散乱 (RBS) 法が固体表面の構造解析に有用であることが示された。¹⁾ 高速イオン例えは 1 MeV He^+ イオンと固体原子との衝突が古典力学で取り扱えることから表面第 1 層の原子の後に、入射イオンが入ることのできない影 (shadow cone) ができる。RBS の強度がこの影の影響を受けることから表面再配列即ち表面に平行な原子のずれ (reconstruction) や表面緩和即ち表面に垂直な原子のずれ (relaxation) を検出する。

例えは、 $\text{Pt}(100)$ や $\text{W}(100)$ ²⁾ の清浄面が再配列していること、水素の吸着により母体構造にもどることが明らかにされた。これらの結果は低速電子回折 (LEED) や電子のエネルギー損失分布 (ELS)³⁾ の結果とよく合う。又、清浄な $\text{Au}(100)$, $\text{Pt}(110)$ 面が再配列していることが示され、 $\text{Pt}(110)$ 面が pairing row モデルよりも missing row モデルに近いと提案されている。

$\text{Pt}(111)$ の清浄面では再配列も緩和もないこと、CO 又は H の吸着により $0.03 \pm 0.01 \text{ \AA}^\circ$ だけ表面緩和することがわかった。⁴⁾ RBS 強度の温度依存性より表面と母体のデバイ温度が近いことが示された。Ni(110) の清浄面では $0.05 \pm 0.01 \text{ \AA}^\circ$ だけ表面収縮していること、O 又は S の吸着により各々 0.01 , 0.07 \AA° だけ緩和することがわかった。⁵⁾

従来の低速電子回折に比べて、イオンビーム法は実格子空間が直接見えること従って解析が容易であること等の特長をもつ。イオンビーム法は表面構造解析に有望であり、加速器と LEED チェンバーとの結合が望まれ。

文 献

- 1) 例えは、松波紀明、応用物理 48, 686 (1979) 参照。多くの文献はここに引用されている。
- 2) I. Stensgaard, L.C. Feldman and P.J. Silverman, Phys. Rev. Lett. 42, 247 (1979).
- 3) M.R. Barnes and R.F. Willis, Phys. Rev. Lett. 41, 1729 (1978).
- 4) J.A. Davies, D.D. Jackson, P.R. Norton, D.E. Ponser and W.N. Unetl (to be published).
- 5) J.F. Van der Veen, Thesis of FOM, Amsterdam (1979).

W(100) のイオンスキャッタリング

馬越健次, 吉森昭夫 (阪大基礎工)

最近 W(100) 表面に関する高エネルギーイオン散乱の実験が行われ, L E E D や E L S の結果とは相容れないと思われる結果が報告されているが, その結論に到る実験の解析 (計算機による試行実験との比較) に対して, いくつかの疑問点があるので報告した。

(1) 格子振動に対し, Einstein 近似を用いることの妥当性

2 原子のみ考える近似において, 第 2 原子が第 1 原子による shadow cone R_c の外に出る確率 p は

$$p = \exp [-R_c^2 / 2\sigma^2 (1-\xi)]$$
$$\sigma^2 = \frac{1}{3} \langle \mathbf{u}^2 \rangle \quad (\mathbf{u} : \text{原子の変位})$$
$$\xi = \langle \mathbf{u}_1 \cdot \mathbf{u}_2 \rangle / \sigma^2$$

で与えられ, フォノンの相関 ξ を考えることにより, σ は effective に小さくなることになり, 相関が最も強く Debye 近似を用いると常温では, $\xi \sim 0.3$ 程度の値が得られ, 無視してよいほど小さいとは思わない。

(2) 解析に際しての表面における σ のとり方

解析では, σ としてバルクのその温度での値を表面まで用いているが, 表面の σ は大きくなっている可能性がある。今, static な変位 d がおこっているとして, 2 原子のみ考え, (1) のフォノンの相関には目をつむって考えると, p は k 次の変形 Bessel 関数を用いて

$$p = \exp [-(d^2 + R_c^2) / 4\bar{\sigma}^2] \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{d}{R_c} \right)^k I_k \left(\frac{dR_c}{4\bar{\sigma}^2} \right)$$

$$\bar{\sigma}^2 = \frac{1}{2} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2) \quad (\sigma_1, \sigma_2 : \text{第 1, 2 原子の分散})$$

と表わせる。これは, $\bar{\sigma}$ に對し p は敏感に変化することを示しており, 従って, 実際に σ_1 (表面原子の σ) をかけて計算機実験をやってみる必要があると思われる。

金の吸着した Si の表面構造

平木昭夫, 岩見基弘(阪大工)

清浄 Si 表面に Au を数 100 ~ 数 1000 Å 数分で蒸着すると, 室温に於ても Si と Au が界面で合金化することをすでに報告している。これは一般に $E_g \lesssim 2.5 \text{ eV}$ の半導体と金属の接触系で観測される。この現象を解明するため, 超高真空 ($\lesssim 10^{-10} \text{ Torr}$) 中で Si 単結晶清浄表面に Au をゆっくり (約 0.1 monolayer/min) 蒸着しながら LEED や種々の電子分光法により観察していると 1 ~ 2 layer の Au は Si 清浄表面の super structure を消失させ bulk と同じ周期に安定化させるのみで界面合金化反応を誘起しないが, Au 膜厚が 5 ~ 10 layer になると試料表面でたちまち Si と Au が合金化する。これは, Si 基板上の Au が 5 ~ 10 layer ではじめて金属 Au の性質を示しはじめると考えることにより理解される。同じゆっくりした蒸着をやはり超高真空中で行いながら高速イオン (約 2 MeV, He^+) のチャンネリング実験により観察していると, Au 吸着の初期 (1 ~ 2 layer) には Si 表面第 1 層原子の bulk 格子位置からのずれが消失し, 4 ~ 5 layer あたりから表面の原子配列が大きく乱れることが見出された。この結果は上記の電子線を用いた実験結果を裏づけるものである。即ち, Au 吸着の初期段階では, Au 原子の吸着が Si 表面の原子配置を bulk のそれと同じ周期に安定化させること, Au 膜が約 5 layer になると合金化が起り, 表面がアモルファス化することが明らかにされた。これは Si - Au 接触系で室温界面合金化をひき起すには Au 膜厚さがある臨界厚さ以上である必要があることを示している。

表面散乱の計算機シミュレーション

—セミチャンネリング効果—

山村泰道, 竹内 渉(岡山理大)

表面散乱の研究において, イオンのフォーカシングの効果は, 散乱イオンの空間分布やイオンの反射率に大きな影響を及ぼす。本研究はイオンのフォーカシングを利用した表面構造解析の可能性を検討したものである。

Fig. 1 のように, イオンを結晶に対して小さい角度で入射させた場合の全反射係数の ω 依存

性は簡単な解析により、次式で示される。

$$R(\omega) \propto \frac{\eta}{1-\eta} \frac{\omega^2}{\omega^2 + \omega_m^2} \quad \eta < 1$$

$$R(\omega) \propto \frac{1}{3(\gamma\omega)^{3/2}} \quad \eta = 1 \quad (1)$$

$$R(\omega) \propto \frac{1}{\eta-1} \left[\frac{\omega_m^2}{|\omega^2 - \omega_m^2|} + 1 \right] \quad \eta > 1$$

ここで $\eta = E/E_f$, $\gamma = b/a$

$$\omega_m = \frac{1}{\gamma\eta} \sqrt{\frac{(\eta-1)^3}{3}}$$

E_f : focusing energy

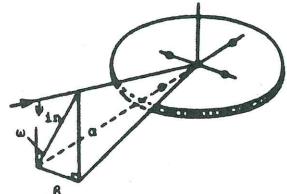


FIGURE 1 Three dimensional geometry of surface scattering.

式(1)において $\eta > 1$ の場合 $\omega = \pm \omega_m$ で反射係数がつよいピークを持つことを示している。Fig. 2 は

Ar^+ を $\text{Cu}(100)$ 面に入射させた場合の計算機シミュレーションの結果である。第一欄は理論値、第二欄は全反射係数、第三欄は surface peak にきたイオンのそれである。

$\eta = 1$ の場合、 $\beta = 0$ と $\beta = \pm \beta_m$ でピークを持っているが後者のピークは隣りのチャンネルベースにフォーカスしたイオンによる。Fig. 3 にピーク値の γ 依存性をプロットしてあるが β_m の方が表面構造により依存している。

(1) V.I. Shulga, Radiat.

Eff., 26, 61 (1975).

(2) M.W. Thompson et al.,

Radiat. Eff., 37 (1978)

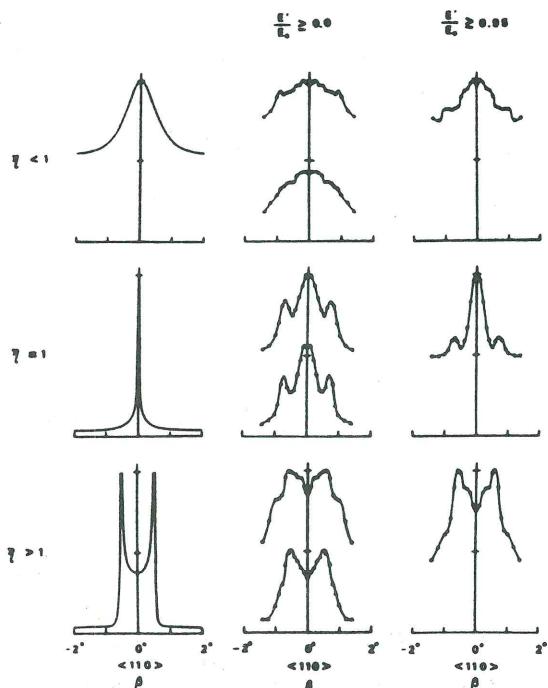


FIGURE 2 The total reflection rate as a function of the angle of rotation near the <110> direction

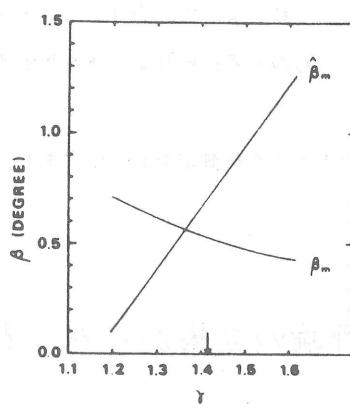


Figure 3 The peak values, β_m and $\hat{\beta}_m$, as a function of the ratio γ

プロトン・エネルギー損失 スペクトルによる表面解析

伊藤憲昭, 松波紀明(名大工)

100 keV以上のエネルギーのプロトンの表面衝突にともなうエネルギー損失スペクトルを測定することにより, 表面電子構造に関する知見が得られるものと考えられる。次の2つの可能性について説明した。

(1) 表面ピークのエネルギー・スペクトルの測定。100 keV以上のプロトンを結晶軸方向に入射し, 後方散乱プロトンのエネルギー・スペクトルを測定すると, 表面第一層の原子から散乱されたプロトンのみを分離検出可能である。従来の10 keV程度のエネルギー分解能での測定では, 第一層から散乱された粒子は, 表面ピークと呼ばれる巾の広いピークをつくる。このピークを1 eV程度の分解能をもつエネルギー分析装置で測定すると, 弹性衝突ピークと非弾性衝突ピークとを分離出来る。そのエネルギー差から, 金属, 半導体, 絶縁体の表面電子構造, および表面吸着原子または分子の電子状態についての知見が得られるものと考えられる。

(2) 表面かすめ衝突

表面に対して1°以下の小角で入射せしめたプロトンは, 物質の外側を表面をかすめて通過する。このプロトンのエネルギー・スペクトルを測定すると, 表面衝突によるエネルギー損失と

そのばらつきが得られる。これによって、表面プラズモンおよび表面からしみ出した電子密度についての知見が得られるものと考えられる。また吸着不純物の状態についての情報も得られそうである。

現在、筆者らの研究室で上のような測定を計画中であり、その概要を述べた。

理論の立場からみた表面構造

菅野 晓（物性研）

簡単な分子の安定な構造を理論的に求めることは最近可能になったが、3次元結晶でそのようなことをすることは未だ不可能に近い。それに較べると、bulk結晶の安定な構造が与えられて、その表面の安定な構造を求めるることは未だ希望のもてる理論的問題である。表面の構造を実験的に決定した例はきわめて少い（或はないと云ってもよい）ので、このような理論的問題が特に強く意識されている。勿論、実験の進歩と共に表面構造は実験的に決められるようになろうが、その場合でも何故そのような構造が安定であるかを知ることは理論的に興味深い。

結晶表面の構造と電子状態は互に強く関係し合って居り、それらを self-consistent に決めるためには、構造或は電子状態に対しよい出発のモデルを仮定することが大切である。よい出発モデルの設定は、完全にイオン的な結晶と完全に共有結合的な結晶の両極限で、比較的容易であるように思われる。

イオン結晶では、そのイオン性をそのまま仮定して、(1) \oplus イオン間及び \ominus イオン間の斥力が異なっている場合、(2) \oplus イオンと \ominus イオンの分極率が異なっている場合、表面に buckling があらわれることが指摘されている。こゝでは、イオン性を少しくずし共有結合性を少し入れることによっても buckling があらわれる可能性のあることが指摘された。

共有結合性を少し入れたイオン結晶表面の話は、イオン性を少し入れた共有結合性結晶表面の再構成の話と或る意味で対応している。Si(100)面の 2×1 および 4×2 再構成に対する Chadi の理論が紹介され、将来の理論的問題が指摘された。

表面構造と電子状態

塙田 捷(分子研)

一般に固体表面の電子構造と原子構造とは密接に関係しており、理論の立場からすれば両者をセルフコンシスティントに決める事が最も望ましい。しかし第一原理からの数値計算でこれを実行するのは、現状では困難である。そこで、これまで行われて来た方向は、仮定した表面構造モデルに対して精度よく電子状態を計算し、UPSなど表面に敏感な実験と比較して、モデルの妥当性を検証する事である。この様な方法がある程度成功した例として Si(100) 2×1, 4×2, Si(111) 2×1, GaAs(110) (relaxed) などがあげられよう。しかしこの方法は表面構造を決める理論としてはいかにも間接的であり、もっと直接的な理論的手法の開発が望ましい。現段階では電子状態の計算結果を手がかりとして、どの様な表面構造が plausible であるのか、その起源についての物理的な描像を明らかにする事が重要なのはなかろうか。

本講演では上述の三種の表面系を例にして、擬ポテンシャル法によるセルフコンシスティントな電子状態の計算をレビューし、表面原子再配列構造の電子的起源を論じた。更に、Si(111) 7×7 構造の Vacancy モデルについて紹介し、それが表面第一層原子から vacancy の最近接原子への電子移動を伴う格子緩和によって、安定化される構造である事を指摘した。又、この点を詳しく研究するため、分子研と物性研の菅野研で協力して行われている $\text{Si}_{15,16}\text{H}_{21}$ などのクラスター計算についても報告した。

中エネルギーイオンを用いた表面構造解析

市ノ川竹男、川村隆明

茂木裕之(早大理工)

(1) 中エネルギーイオンの特長

中エネルギーのイオン後方散乱法は数 10 KeV～数 100 KeV のエネルギーのイオン(質量に依存するが)を用いた表面分析法で高エネルギー(100 KeV 以上)のイオンに比べ次の特長がある。

- 1) 散乱断面積が大きい。

2) 厚さ方向分解能が高い。

また低エネルギーイオン(数KeV以下)に比べ

1) 定量性がある。

2) Radiation Damage, Sputtering の影響が小さい。

特に中エネルギー・イオン加速器はイオン注入装置として市販されており、操作も可能である。

(2) 表面構造解析のための実験装置

イオンは H^+ 又は He^+ が用いられ、散乱室の真空は 10^{-9} Torr 以上を必要とし、エネルギー分析は静電型エネルギー分析器が用いられ $\Delta E/E$ は 10^{-3} である。一般的試料で深さ方向の分解能は約数 10 \AA である。後方散乱のエネルギースペクトルは元素の種類とその深さ方向分布に関する情報を与える。一方、試料が単結晶の場合はチャンネリング又はプロッキングの効率により後方散乱収率は入射角又は方位角によっていちじるしく変化する。このエネルギースペクトルと角度依存性とを利用すると後方散乱収率は結晶表面の構造に極めて敏感であり、表面の結晶構造決定に利用することができる。

(3) 実験結果と計算結果との比較

$Si(100)$ に入射角 $\theta = 55^\circ$ でプロトン(20 KeV)を入射したとき、試料を $<100>$ の周りに回転して、方位角を変化しながら後方散乱収率を測定した。 $<111>, <110>, (110)$ 等の軸又は面チャンネリングに対応して収率がいちじるしく減少して dip を生ずる。この角度依存性は補正された Rutherford 散乱式を用い、原子による影の影響を考慮して、後方散乱収率の計算機シミュレーションの結果と比較され非常に一致をみた。

このことはこの計算機シミュレーションの妥当性を示すもので表面構造の決定に有力であることが示された。

(4) Si 上に Au を蒸着したときの初期過程の構造

Si 上に室温で 10^{-9} Torr で蒸着した Au が下地とどのような関係でエピタキシャル成長するかを He^+ イオン(50 KeV)を用いてしらべられた。 Si の表面ピークが試料の方位角変化によつていかに変化するかがしらべられ、 Au の蒸着量によってもいちじるしい変化があることが認められた。 Si の表面ピークの方位角依存性は Au 原子が Si と全く同じような原子配列で表面層をつくり、数原子層の厚さになると Au の蒸着膜の結晶性がいちじるしく悪くなることが観測された。実験条件からまだ Au の超格子構造は観測されていないが、今後 L E E D, A E S と同時測定しながらイオン後方散乱法で表面単原子層の構造を決定をすることを試みてい る。

表面構造決定のシミュレーション

川村 隆明(山梨大教育)

市ノ川竹男, 茂木裕之(早大理工)

中エネルギーイオンの後方散乱収率の角度依存性を計算するために開発された原子射影法は、チャネリング, ブロッキングの効果をよく再現し, イオン後方散乱法による表面構造の決定に役立つものである。この方法による計算結果は実験結果を良く再現している。また応用として, 表面原子の再配列, 吸着, 蒸着原子がある場合に拡張された。例として Cu(001) 上の O の吸着, Si(001) 上の Au の蒸着について計算機シミュレーションを行ない, 吸着および蒸着原子の面内位置によって後方散乱収率の角度依存性に差があることが示された。この方法はいわゆるダブル・アラインメントに対しても適用できることが Si(001) について示された。今後定量性を向上させ, 表面ピークの計算も行なう予定である。

イオンと固体表面との相互作用

大槻 義彦(早大理工)

1. ここでは主に非弾性散乱をとりあげる。線型応答理論の範囲内で, 相互作用は

$$w(12) = v(12) + \int w(13)P(34)v(42)d(34)$$

と書ける。ここに, $v(42)$ はクーロン相互作用で, $P(34)$ は分極行列である。この中に, 表面の効果がはいってくる。

この $w(12)$ を用いて, イオンの作る外部電荷密度 $\rho^{\text{ext}}(2)$ より生じる任意の時空点 1 におけるポテンシャルを計算することができる。

$$\varphi(1) = \int w(12)\rho^{\text{ext}}(2)d(2)$$

2. 詳しい計算は Suzuki, Kitagawa & Ohtsuki (phys. stat. sol. (b) 82, 643 (1977)) によってなされた。イオンが, 固体表面での速さで, 任意の角度をなして走る場合, 通常の screened potential のほかに, wake potential が導出できる。表面の効果によって, 表面プラズモンによる wake potential, バルク・プラズモンの反射による wake potential, それに動力学的な image potential などが導出される。

3. これによって、イオンは特別なエネルギー損失と、image forceを受ける。20KeV～100KeV陽子が、0.5°近くで表面に入射すると、イオンは表面で「水切り運動」をすることが、Ohtsuki によって示され、さらに計算機実験によって、詳しく調べられた (Ohtsuki, Koyama & Yamamura, Phys. Rev. 20 B, 5044 (1979)).
4. イオンと固体表面の相互作用によって起こる面白い物理現象二つに言及した。一つは、固体表面でイオンが反射する場合、円偏光した光が放出されることである。これは、イオン内に捕縛される電子、または励起される電子が、その過程で表面ポテンシャルの影響を受けるためと考えられる。詳しい計算は Kamohara et al. によってなされつつある。もう一つの現象は、いわゆる “Pronko効果” で、表面で 180° 近く散乱されたイオンの yield が大きいというものである。これも、表面 wake を考慮すれば、うまく解釈できることを述べた。

低エネルギー希ガスイオン散乱分光法 (ISS) による固体表面の組成と構造の解析

塙 輝雄, 生地文也 (阪大工)

1 KeV程度の希ガスイオンビームを固体表面に照射し、散乱されたイオンのエネルギースペクトルを測定すると若干の鋭いピークが出現し、その位置はイオナー標的原子間の古典力学的二体衝突モデルによってかなり正確に与えられる。すなわち、ISSが表面分析の有効な手段となり得ることが示されたのは 1967 年であった (D.P. Smith)。鋭いピークが得られるのはプローブイオンの大きな散乱断面積と高い中性化率によるもので、表面第 2 層以下からの散乱や、表面上での多重散乱の寄与が極めて少いことによる。但し、希ガスイオンであってもエネルギーが高くなる程 ($>\sim 3 \text{ KeV}$)、また原子番号が増える程、中性化率がいちじるしく減少するので多重散乱成分が増加し、二体衝突ピークの特徴は失われて行く。

分析の場合、検出すべき元素の質量分解能 $M_2 / \Delta M_2$ と感度が問題となる。 $M_2 / \Delta M_2$ は分光器の分解能 $E / \Delta E$ に散乱条件に依存する項を乗じたものとなる。即ち、散乱角 θ が与えられた場合、 $M_2 / \Delta M_2$ は M_2 / M_1 (M_1 はプローブ・イオンの質量) が 1 に近い程大きくなり、 M_2 / M_1 が与えられた場合は θ と共に増大する。たゞし $M_2 < M_1$ の場合は实际上検出不可能である。

通常の実験条件は照射イオンの電流密度が 10^{-8} A/cm^2 で 1 KeV に亘るスペクトルを得るには約 10 分を必要とする。この全照射量は 0.1 ML (モノレヤー) 程度に達するので表面の破壊

は無視出来ない。そのため測定中試料を移動させる等の工夫を必要とする。分析感度は、ほゞAESと同程度と見てよいが物質、イオンの組合せによっては 10^{-4} MLに達するものや、著しく低感度のものがある。また入射エネルギーによってかなり感度が変る場合もある。これらの原因はイオンの中性化率によると見てよい。

定量分析の場合はスペクトル強度を問題にせねばならない。それは表面原子密度 n 、微分散乱断面積 $\sigma(\theta)$ 、幾何学的シャドーイング因子 S 、イオン生存率 $P_s = 1 - P$ 、等の積に比例する。ここで問題は P_s に絞られることは明らかで、もし P_s が原子の結合状態に依存しなければ、純粋試料を標準として定量分析が可能となるであろう。現在、 P_s に関する理解は殆んど進んでいないので確かなことは言えないが、1次元モデルによる計算は P_s が結合状態によって著しく変化する可能性を暗示している。

実験装置としてはISSとLEED・AESとの組合せは効果的である。LEEDは単結晶表面の格子構造と結晶方位を与え、ISSは表面原子の密度やその最近接原子配列に関する情報を与えるので、両者が相補的に働くからである。ISS-LEED装置を紹介し、これを用いて得られた結果の例としてInSb{111}面のA面、B面の判別、Si(111)-($\sqrt{3} \times \sqrt{3}$)・Ag面について、Ag、SiのISS分析とAES分析の比較、ISSによって導かれた新しい構造モデル等について述べた。またLEEDによる構造解析とISSによるものとを比較し得る系としてNi(110)-(2×1)・Oを取り上げ、両者の不一致について考察した。ISSにおいて構造モデルを精密化するには多重散乱効果を利用せざるを得ないが、その解釈において中性化、或は再イオン化といった電荷移動現象を適切に取扱う必要に迫られるのである。この現象の深い理解はISSの中心課題であるといって差支えない。

ISSによるTiC(001)表面の観察

大島忠平(無機材研)

光電子分光用の半球型エネルギー分析器と普通のイオン銃を使用してイオン散乱分光を行ない、NaCl構造をもつTiC表面への酸素と水の吸着を観察した。酸素吸着に伴ない、酸素のISSピーク強度は増加し、逆にTiとCの強度は減少する。そして、飽和吸着状態ではCピークは完全に消失する。図1は清浄表面と飽和吸着面のTiのピーク強度の方位角依存性である。比較のため、吸着面の強度は2倍に拡大してある。吸着により生じたTiのピーク強度の{010}方向

での著しい減少は、Ti原子からみて{010}方向、即ちC原子付近に吸着原子が存在することを示している。同様に、室温で水分子はTiC表面のC原子上に非解離で吸着し、この時酸素原子を下に、水素原子を真空側に向けて吸着していることが、ISS, XPS, UPSのデータを考え合わせることにより示唆される。

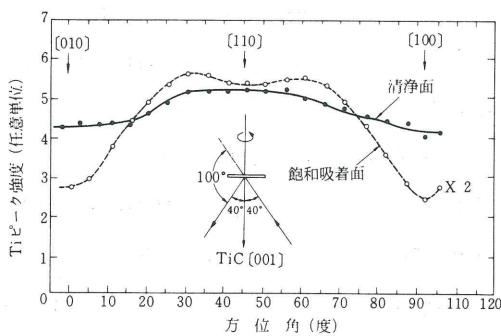


図1 TiのISSピーク強度の方位角依存性

低エネルギー・イオン散乱

菊田惺志(東大工)

数keV以下の低エネルギー稀ガスイオン(He^+ , Ne^+ , Ar^+ など)の結晶表面における散乱現象を調べ、結晶表面の構造解析に役立たせることを目的としてイオン散乱装置を製作した。電子照射型のイオン源で生成されたイオンは加速、収束され、セクター磁場型の質量分離器により選別されたのち、超高真空散乱槽に導かれ、試料結晶に入射する。ゴニオメータは試料に対する入射角と方位角の回転機構、検出器に対する散乱角と極角の回転機構を備えている。イオンのエネルギー分析器は同軸円筒 127° 静電偏向型である。真空排気系についてはイオン源と散乱槽の間に差動排気用に6インチの油拡散ポンプ、散乱槽の主排気用に $400\ell/\text{sec}$ のスペッタイオポンプを使用し、 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ Torrの真空度を得ている。

実験ははじまったばかりであるが、当面イオン散乱の際の中性化過程を調べる予定である。散乱イオンの分析とともに、散乱の過程で生ずる中性原子、オージェ電子の分析、さらに多価入射イオンの電荷交換の観測などから情報を得ることを考えている。

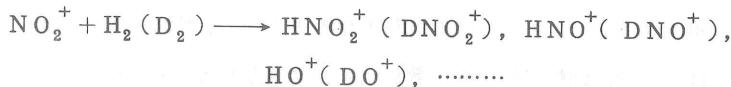
固体表面でのイオンの反応散乱

村上俊一，小杉信博

村田好正（物性研）

衝突エネルギーが 10 eV 以下では、発熱反応のイオン・分子反応の衝突断面積が 1 Å^2 以上になる場合がしばしばみられる。また吸熱反応ではこの領域に threshold energy が多く見られる。衝突断面積が 1 Å^2 になると、吸着分子によるイオンの反応性散乱の生成イオンが十分検出可能であり、微分断面積およびその入射エネルギー依存性の測定から、吸着構造、化学吸着の結合の性質が反応に及ぼす影響などをしらべることができる。

この観点から我々が今まで行ってきた気相での反応性散乱



の結果および、現在製作している固体表面での反応性散乱の装置の現状、Cu(100)上のCOの吸着とN⁺による反応性散乱の測定について述べた。

プロトン・ビームの結晶表面による散乱

一宮彪彦（名大工）

100 eV 以下のエネルギーを有する低速プロトンビームは結晶表面で立ち上っているポテンシャル障壁のため、ほとんど表面で反射されると考えられる。さらに結晶ポテンシャルとの強い相互作用のために動力学的回折効果が強く、結晶表面内におけるプロトン密度分布が非常にシャープになるとともに、回折条件による密度分布の変化も特徴的になると考えられる。そのためプロトン反射回折に伴う諸効果の研究は結晶表面構造の解明に有力であろうと思われる。この様な期待から、エネルギー巾の狭い低速イオン源として、デュオプラズマトロン型イオン源を作製中である。現在、窒素イオンを用いたテストでは、加速電圧 90 V、ビーム径 $2 \text{ mm} \phi$ 、エネルギー巾 8 eV、電流値 10^{-10} A 程度のビームが得られている。今後、特にエネルギー巾を狭くすることを目標に改良を加える予定である。

固体表面により散乱された Li^+ イオン のエネルギー損失スペクトル

小林信夫(都立大理)

イオンは電子に比較して、質量が大きいために地球磁場等の影響が小さく静電型エネルギー分析器を用いて比較的容易に高分解能を得ることが可能である。都立大・金子研究室においては、平均軌道半径 7.5 mm の半球静電型速度選別器、エネルギー分析器を組合せて分解能 $\Delta E (\frac{1}{2}) = 9 \text{ meV}$ を達成している。現在、イオン種としては Li^+ 、標的としては気体分子を用いイオンエネルギー 50 eV から 1500 eV の範囲で振動、回転励起について測定を行っている。自由原子・分子によるイオンの散乱においては、運動量移行によるエネルギー巾の拡がりがあるが、散乱角 $\theta \sim 0^\circ$ 又は十分低エネルギーにおいてはこの効果を無視することが出来る。上記イオンエネルギー範囲においては、振動、回転励起を伴う散乱イオンは前方方向に集中しており、検出器(角度分解能土 0.5°)を 0° に設置して全断面積を得ることが出来る。

この度、固体表面による低速イオンの散乱を研究する目的で、新たなイオン分光装置の製作を行った。この装置の性能テストを目的として、ステンレスを標的にイオンエネルギー 100 eV、入射角 2.5° 、散乱角は入射ビームに対して $2.5^\circ \sim 7^\circ$ の散囲で散乱イオンのエネルギー分析を行った。現在のところ、到達分解能 $\Delta E (\frac{1}{2}) = 2.5 \text{ meV}$ で弾性散乱以外のピークは見い出されていない。得られた弾性散乱ピークの位置は入射イオンのスペクトルピークの位置とよく一致しており、運動量移行によるエネルギー損失は見い出されなかった。現在この結果が装置的なものであるかどうかの検討を行っている。もし上の結果が真実であるならば、固体表面による低エネルギーイオンの小角散乱においては運動量移行によるエネルギー巾の拡がりが無視出来、高分解能を達成し得る可能性を示している。

○「ダイアモンド・アンビル・セル
による高圧下の構造相転移」

司話人 箕 村 茂
中 村 輝太郎

当研究会は、昭和54年度の共同利用施設運営費に余裕が生じたため、54年末に急拠企画され、55年1月31日、2月1日の両日、約50名の物性研究者が参加して開催されたものである。

ダイアモンド・アンビル・セルは小型軽量で、位置敏感型検出器を装備する自動X線回折計と組合せ、さらにマイクロコンピュータを用いてオンライン制御を行うことにより、良質なX線データが迅速に得られるようになった。

またこのセルは、ダイアモンドを通して試料に直接光を当てて光学測定を行うことが可能で、しかも小型軽量であるので、種々の測定器に取りつけられる。例えば、偏光顕微鏡下で高圧相転移現象の直接観察が行なわれており、また、分光光度計により、ソフトモードのラマンスペクトルを観測して構造相転移の研究に寄与している。逐次相転移研究において、圧力領域と温度領域を拡大することは重要な物理的意義をもっている。

ダイアモンド・アンビル・セルによるX線回折実験や光学実験の技術開発が進展すると共に、これを手段とする物性実験が全国の大学、研究所に普及しつつある。その一例として、高エネルギー物理学研究所放射光実験施設においては、特殊条件下のX線構造解析の研究計画の中に、超高压高温実験、超高压低温実験が加えられ、ダイアモンド・アンビルセルによる圧力誘起の構造相転移の実験計画が進められている。このような時に、この研究会が開催されたのは意義のあることであった。

本研究会では、下記の諸問題が討議された。

- (1) ダイアモンド・アンビル・セルの技術開発
- (2) 高圧下のX線構造解析
- (3) 高圧下の結晶光学的研究
- (4) 高圧下のラマン散乱
- (5) インコメンシュレイト相転移
- (6) 磁気相転移、伝導帯構造の研究

(7) その他の討論

ダイアモンド・アンビル・セル自体の技術開発、およびそれを用いた技術開発としては、Heガス駆動式ダイアモンド・アンビル・セル(箕村)、ルピー螢光線の半值巾におよぼす圧力、温度効果(下村)、X線回折法(岩崎)、SHG測定法(井上)、超伝導転移決定法(川村)が討論された。

分子結晶の高圧金属相の物性は、実験的にも理論的にも興味深い研究課題である。とくに稀ガス(Xe)、2原子分子(H₂、I₂)、環状分子(S₈、Se₈)、鎖状分子(Se_n、Te_n)、層状分子(As₂S₃、As₂Se₃)より成る分子結晶において、高圧金属相の存在が報告され、注目を集めている。二原子分子結晶の高圧金属相への転移には2つの異った仮説がある。一つは構造変化を伴わない、分子相における連続的金属化で、いま1つは解離による単原子金属相への1次構造相転移である。本研究会では、高圧下のヨウ素、テルルとポリエチレンの高圧相のX線構造解析の研究(竹村、青木、彦坂)が討論された。ヨウ素において解離による1次相転移が210kbで起こることが明らかにされた。

誘電体の逐次相転移の研究は、最近数年間きわめて盛んに行なわれ、実験的研究、群論的研究において、本邦の研究者はバイオニア的役割を果たして來た。これら逐次相転移の研究の中で、本研究会では、ダイアモンド・アンビル・セルを用いた実験的研究と、現在多くの研究者の興味を集めているインコメンシュレイト(INC)相転移の問題が、主として議論された。

ダイアモンド・アンビルを用いた結晶光学的直接観察と偏光ラマン散乱についてIntroducing talkがなされ(中村)、とくにBa₂NaNb₅O₁₅について、その圧力誘起相転移と、圧力によってハード化するソフトモードについて議論され、またNH₄LiSO₄の圧力誘起相転移について議論された(中村、小島)。また、NdP₅O₁₄の常弾性-強弾性相転移点が結晶光学的直接観察によって圧力の関数として求められ、その(dTc/dP)が正であることが報告されて(浅海)活発な議論がなされた。これについて、ソフトモードの赤外活性、不活性がdTc/dPの正負を定めるのではないかとのコメントがなされた(作道)。

INC相転移に関しては、INC転移軸T_Iにおいて異常を示すがINC-C転移点T_Cでは異常を示す量とT_Cで異常を示さずT_Iで示す量があり、興味をもたれている。振巾モード、位相モードの温度依存性、弾性定数の温度依存性について論じられ(石橋)、T_C真上でINC構造が分域構造的になつた場合の分散について論じられた(石橋、沢田(昭))。これに対し、K₂SeO₄、Rb₂ZnCl₄について誘電分散の測定が報告され、その考え方で解釈された(堀岡、沢田(昭)、阿部)。T_Iにおける弾性異常について、K₂SO₄とNaNO₂の比較が行われた(八木)。K₂SeO₄および(NH₄)₂BeF₄の(池田)、またRb₂ZnCl₄群物質(弘津)のT_I、T_Cにおける弾性定数の温度依存性

について論じられた。

$\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ と類似酸化物の相転移について論じられ（大井），そのラマン散乱について報告される（小島）と共に， $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ の INC 相について議論され（山本），また， RbLiSO_4 等の X 線による INC 相転移について述べられた（増山）。

理論としては，混晶の逐次相転移の現象論が提出された（松原）。ハイパー・ラマン散乱法が，ソフト・フォノン，ポラリトン，およびそれに関係した相転移の研究に大いに役立つことが強調され（井上），また，高圧下半導体の格子振動の研究の実験結果と若干の問題点が提出された（邑瀬）。さらに，光散乱が，スピン再配列相転移の動的挙動を直接的に調べる有効な手段であることが強調され（腰塚），酸化物ペロブスカイトの伝導帯構造について論じられた（植）。

プログラムはつぎに示す通りであった。

御講演いたゞいた方々から，報告をお送りいたゞいたが，紙面の都合で十分御紹介できなかつた。この報告を，まとめて印刷できる機会があることを願っている。

物性研究所短期研究会

「ダイヤモンドアンビルによる高圧下の構造相転移」プログラム

日 時 昭和 55 年 1 月 31 日 (木) ~ 2 月 1 日 (金)

1 月 31 日 (木)

○座 長 中 村 輝太郎

1. あ い さ つ 箕 村 茂 (物 性 研)
2. 相転移の理論 松 原 武 生 (京 大 理)
3. ダイヤモンドアンビルの技術開発 岩 崎 博 (東北大金研)
4. ダイヤモンドアンビルによる超伝導遷移の測定 川 村 春 樹 (金 材 研)
5. 分子性結晶の構造相転移
　　ヨウ素の研究 竹 村 謙 一 (物 性 研)
　　セレン・テルルの研究 青 木 勝 敏 (化学技術研)
　　ポリエチレンの研究 彦 坂 正 道 (都 立 大 理)
6. Raman 散乱・光学的測定 S H G と Hyper-Raman 散乱 井 上 久 達 (静岡 大 理)

半導体の研究

邑瀬和生(阪大理)

岡井敏(無機材研)

○座長箕村茂

カルコゲナイト

新井敏弘(筑波大物工)

オソルフェライトのスピニ再配列

腰塚直己(電総研)

2月1日(金)

○座長沢田正三

1. ダイヤモンドアンビルを用いた結晶光学的方法、ラマン散乱による構造相転移の研究

中村輝太郎(物性研)

2. ダイヤモンドアンビルによる $\text{NdP}_5\text{O}_{14}$ の構造相転移の研究

浅海勝征(物性研)

○座長浜野勝美

3. ペロブスカイト型酸化物の伝導帯構造 植寛素(筑波大)

○座長松村温

4. Incommensurate構造における phase mode のふるまいおよび phase mode と acoustic phononとのcoupling 石橋善弘(名大・工)

5. コメント incommensurate-commensurate 相転移における誘電分散

堀岡雅清(金沢工大)

沢田昭勝、阿部隆治(名大・工)

6. コメント normal-incommensurate 相転移の弾性異常

八木駿郎(九大理)

7. コメント incommensurate-commensurate 相転移の弾性異常

池田拓郎(東北大工)

8. コメント RbZnCl_4 群の相転移の弾性異常 弘津俊輔(東工大理)

○座長谷崎茂俊

9. コメント $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ とその類似酸化物の相転移 大井喜久夫(早大理工)

10. $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$, $\text{Sr}_2\text{Ta}_2\text{O}_7$ のラマン散乱 小島誠治(物性研)

11. $\text{Sr}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ のincommensurate相 山本直紀(東工大理)

12. コメント RbLiSO_4 等のX線によるincommensurate相転移の研究 増山博行(山口大理)

13. コメント 作道恒太郎(筑波大)

討論

物性研研究集会報告

中性子回折研究将来計画の検討

この研究集会は、中性子散乱による物性研究について、次のような当面する諸問題について、緊急に検討する必要が生じたために、11月30日に12名の関連研究者が集って開催された。

1. 原研原子炉の寿命が数年後に迫り、次期原子炉計画が討議されている。
2. 京大原子炉の高中性子束炉の建設が、反対運動等のため重大な岐路に立っている。
3. 高エネルギー研のパルス中性子源の建設が進み、昭和55年度にはビームが出て、共同利用も開始される。
4. 2の情勢にも関連して、国際協力研究の重要性が増大している。
5. 1982年に日本で国際会議を開催する計画が進んでいる。

このような情勢下で、今後の対応体制、共同研究、共同利用体制、将来の研究計画の展望等について、つっこみだ議論を行い、われわれの進むべき方向について検討した。上記各問題は、いずれも緊急に対応を迫られており、10月の物理学会の時の研究者集会で検討を委託されたものである。今後も、学会、研究会等の機会をとらえて慎重に討議を進めて行くことになろう。

(文責・星埜)

この集会の参加者は次の通りである。

石川義和(東北大理),	渋谷巖(京大原子炉)
遠藤康夫(全上),	°国富信彦(阪大理)
鈴木謙爾(〃金研),	山田安定(〃教養)
浜口由和(原研),	平川金四郎(物性研)
飯泉仁(全上),	°星埜禎男(全上)
中村陽二(京大工),	伊藤雄而(全上)

(。印は提案者)

固体³Heの実験的研究における問題点

中嶋貞雄(物性研)

この小集会は54年12月3, 4日, 信貴豊一郎(阪市大), 益田義賀(名大), 大塚泰一郎(東北大)および物性研から中嶋貞雄, 生嶋明が出席して開かれた。標題は、固体³Heの磁気的転移の実験を始めようとしている名大グループと, すでに発足している阪市大グループとの研究計画の付き合せを意図したものであったが, 実際の会合では, 超低温研究全般の今後の進め方が論じられた。特に, これまでわが国における超低温実験の先端を担ってきた信貴研究室をバック・アップする方策, 現在各所で進行中の超低温開発が一応成功したのちの物性研究の展開が問題になり, 今後も同憂の士を集めて検討を続行すべしとの結論を得て散会した。

「せまいバンドにおける電子相関」

最近の金属磁性の研究において電子相関効果の重要性がますます認識されて来ており, 特に物性研守谷研究室を中心にして発展して来ている“スピンのゆらぎ”の理論的研究は, せまいバンドにおける種々の磁性を数多くの新しい概念を導入して来ている。一方実験的には金属化合物を中心に日本の研究者により数多くの研究がなされ, 理論的発展との対応において金属磁性の本質が明らかになりつつある。

金属磁性の研究はとりもなおさず遍歴電子系の研究であり, 1973年の守谷, 川畑による弱い強磁性体に対する自己無撞着なスピンのゆらぎの理論以後, 実験・理論の緊密な連携のもとに著しい進歩をとげた分野である。なかでも理論的研究は目覚ましい進展をとげ, 1978年の守谷・高橋及び1979年の守谷・長谷川の理論により遍歴電子系の両極端と考えられる弱い強・反強磁性の極限と局在モーメントとを内挿するまでに至っている。これに対して, 金属絶縁体転移を含む上記両極限の中間領域に於ける実験的研究は未だ不十分であり, 昭和55年1月31日, 2月1日の両日, この種の研究を行っている実験家が中心となり, 関係理論家も同席の上, 従来の研究の整理, 及び将来の研究方針を討論し, この分野の発展を期して小グループによる研究集会が物性研において開催された。

以下に当日の出席者並びにプログラムと講演要旨を記す。

出席者：毛 利 信 男（北 大 理）， 小 川 信 二（電 総 研）
浅 野 摂 郎（東大教養）， 益 田 義 賀（名 大 理）
安 達 健 五（名 大 工）， 金 森 順次郎（阪 大 理）
芳 田 奎， 守 谷 亨， 福 山 秀 敏， 安 岡 弘 志
北 岡 良 雄（物 性 研）

プログラムは、従来の研究会とは異なり、特に講演時間の制限は決めず、出来るだけ全員で討論出来るように配慮された。第1日目は、本研究で最も重要な実験的研究の役割をはたして来ているパイライト型化合物の現状と問題点の整理にあてられ、第2日目は、最近の理論的発展の検討及び、せまいバンドにおけるスピニのゆらぎの実験的研究を討論した。

第1日目、パイライト化合物

小川より、パイライト化合物 MX_2 ($M=Fe, Co, Ni, Cu$: $X=S, Se$)についてまず実験的立場からの総合報告があり、次いで、これ等の物質が磁性研究において占める位置が、2つの尺度 — スピニのゆらぎの振幅及び、スピニのゆらぎが q 空間で局所的であるか、実空間で局所的であるか、或いはその中間であるか — に基づいて検討がなされた。更に個々の物質について詳しい報告があり、パイライト系の今後の問題点として、 $Ni(S_xSe_{1-x})_2$ 系では酸化バナジウム系とは違い格子に大きな変化が認められないことから組成変化による Mott 転移が実際に起っている可能性が十分あること、及び、 NiS_2 の磁性を理解する上では、試料の均一性が重要であることが指摘された。

この総合報告を受けて、安達により CoS_2 , $CoSe_2$, $Co(S_xSe_{1-x})_2$ 系を中心とする個々の物質につき、今迄に得られた実験結果が包括的に紹介された。又、今後残された問題として、 $Co(S_xSe_{1-x})_2$ 系の強磁性消失組成近傍で見い出されてた低温における磁化のメタマグ的振舞をバンドモデルに基づきスピニのゆらぎを考慮に入れて理論的に理解することが指摘された。更にこの問題に関連し、 Co 原子の局所的な環境による磁性の変化が指摘され、今後の理論的検討が要求された。

金属絶縁体転移に関連し、常温、常圧では Mott insulator といわれている NiS_2 の電気抵抗の温度依存性を広汎な圧力範囲にわたって測定した結果が毛利により紹介された。この研究より定められた NiS_2 の温度—圧力平面上での磁気相図が示され、 $Ni(S_{1-x}Se_x)_2$ 系との対比から、電気抵抗でみる限り、 NiS_2 に 1.2 kbar の圧力を加えることは 1.0 % の S を Se で置換することと同等の効果を及ぼしているという“対応則”が成立していることが示された。

この系における実験と理論とのより定量的な対応を明らかにするために、従来よりバンド計算

の結果が待望されていた。今回浅野により、現在までの計算結果が紹介された。それによると、遷移金属の t_{2g} よりなる非常に狭い d バンドの上に gap があり、更にこの gap の上に e_g と S や Se の p とがよく混ざり合った、比較的広いバンド幅の $d-p$ バンドが存在していることが示されている。電子数から考えると, CoS_2 , CoSe_2 , 或いは NiS_2 の磁性の担い手は上記のよく混り合った $d-p$ バンドということになり、決して 2 重に縮退した d バンドというような単純なモデルでは説明出来ないことが示された。今後更に詳細なバンド計算と実験事実との対応の検討が期待された。

第 2 日目は、最近の理論の発展と、幾つかの物質における、いわゆる“せまいバンドにおけるスピンのゆらぎ”の問題がとり上げられた。まず、守谷・高橋による内挿理論に始まるスピンのゆらぎの理論の新しい発展が、守谷により実験家向けに解説され、現実の様々な物質が、2つの尺度——スピンのゆらぎの振幅及び、スピンのゆらぎが q 空間で局所的であるか、実空間で局所的であるか、或いはその中間であるか——に基づいて、どのように位置づけられるかが示された。なお、今後の問題として、スピンのゆらぎの振幅は大きいが、ゆらぎが q 空間で、比較的局所的な場合 ($\gamma\text{-FeMn}$, CrAl 合金, Ni 等がこれに相当すると思われる) への理論の拡張、実験の発展が必要なことが指摘された。統いてごく最近の成果である遍歴電子系の磁気体積効果の理論が紹介され、弱い強磁性体における磁気体積効果はスピンのゆらぎの効果を考慮したこの理論によって初めて説明されること、又適当な状態密度曲線を使うことにより Invar 効果も説明出来ることが示された。このことは従来バンド理論を基にして金属強磁性を説明しようとしていた一派との間で長い論争的になっていたが今回スピンのゆらぎの理論でも磁気体積効果が説明出来ることが示され、一応結着がついたものと注目された。

次に益田により、弱い反強磁性体 $\text{Cr}_{1-x}\text{V}_x$ 系 (臨界濃度 $x_c \simeq 0.04$) の電子比熱係数 γ 及び、Néel 温度 T_N の V 原子濃度依存性についての最近の実験結果が紹介された。特に、臨界濃度の反強磁性側における γ の急激な減少は、スピンのゆらぎの効果だけでは説明されず、反強磁性秩序に伴う Fermi 面での状態密度の減少を考慮する必要性が指摘された。

最後に、スピンのゆらぎの理論実験の発展の過程で全く新しい物理概念として生み出された“温度によって誘起された局在モーメント”について議論された。安岡により、帯磁性がある特性温度以上で Curie-Weiss 則に従う温度変化を示すことから、この温度によって誘起された局在モーメント的な振舞の期待される CoS_2 - CoSe_2 系, Pd, Pt 金属, V_2O_3 , TiBe_2 及びその周辺の化合物について、帯磁率、NMR の Knight Shift 等の静的な物理量の温度依存性がまず紹介された。次いで、動的な立場よりこの温度によって誘起された局在モーメント的な振舞を理解しようとして試みられている核スピン・格子緩和時間 T_1 の温度変化の測定結果が紹介

され、今後の研究方向が議論された。

以上述べてきた如く、実験家、理論家が同席することにより、特に日本を中心として発展して来ているスピンのゆらぎの概念に基づいた金属磁性の理解の現状認識と今後の研究方針について、十分な討論がなされ、大変有意義な2日間であったと思う。又、比較的小グループで行ったこと、各講演時間を制限せず一同で十分討論出来るように各人が努力したが故に、議論の中味が大変自由で充実したものであった。この研究集会での討論が今後の研究の発展の新しい芽となることを大いに期待したい。

(文責、物性研 安岡弘志)

昭和54年度共同研究実施報告 「EXAFSによるヘム及びそのモデル化合物の研究」

生体試料の測定手段として、各種の分光法がある。例えば紫外、可視、赤外、（共鳴）ラマン、ESR、NMR、メスバウワー等の各分光法や螢光法、（磁気）円偏光二色性などがそれぞれの特徴を生かして生体物質の構造と機能の解明に役立っている。

EXAFS法は、X線領域の分光法の一つであり、加速器利用の進歩に伴って急速に発展した分野である。生体内では、種々の金属イオン例えばFe, Mo, Cu, Zn, Mgなどが酵素・タンパク質の活性中心として、またCa, Mgなどが生体反応の賦活剤として存在することが多いので、これら金属のEXAFSスペクトルは局所構造に関する有益な情報を与え、生体物性学の発展に貢献する所大である。

我々は物性研細谷グループと共同で、ヘムタンパク質ならびにそのモデル物質のEXAFS測定を開始した。ヘムタンパク質は活性中心に図1に示すヘムという平面構造体を有し、その代表例は酸素運搬機能をもつヘモグロビンである。そのほか重要なヘムタンパク質として、筋肉中で酸素保持機能をもつミオグロビン、生体エネルギー（ATP）を生み出すミトコンドリア電子伝達系のチトクローム類及びチトクローム酸化酵素、肝臓のミクロソーム膜中に存在し脂溶性薬毒物の代謝を行なうチトクロームP-450などがある。

ヘムは化学的処理によりタンパク質部分から容易に取りはずすことができ、通常塩化ヘミンの形で市販されている。塩化ヘミンのX線吸収スペクトルを図2に示した。AはスタンフォードのSOR光を光源として測定したWeissbluthらの結果であり、Bは我々が物性研のX線管を用いた装置で測定したものである。両者を比較すると（BのK吸収端部分の分解能には改良の余地があるが）EXAFS部分はほぼ一致し、準備段階の実験結果としては満足すべきものと言えよう。今後、現装置の感度・分解能の向上を待って、本格的にヘムタンパク質の研究に着手する予定である。

〔参考—研究発表〕

- (1) 飯塚哲太郎(1979.4) 第34回物理学会年会、X線・粒子線シンポジウム「EXAFS解析における最近の発展」のうち「生体物質の局所解析」
- (2) 飯塚哲太郎、内多潔、石村巽、大柳宏之、細谷資明(1979.10) 第17回日本生

本生物物理学会「EXAFS法のヘムタンパク質及びそのモデル系への応用」

(3) 飯塚哲太郎, 内多 潔, 石村 異, 大柳宏之, 細谷聰明(1979) 生物物理 Vol. 19, No 5, 223-228頁「EXAFSの生物研究への応用」

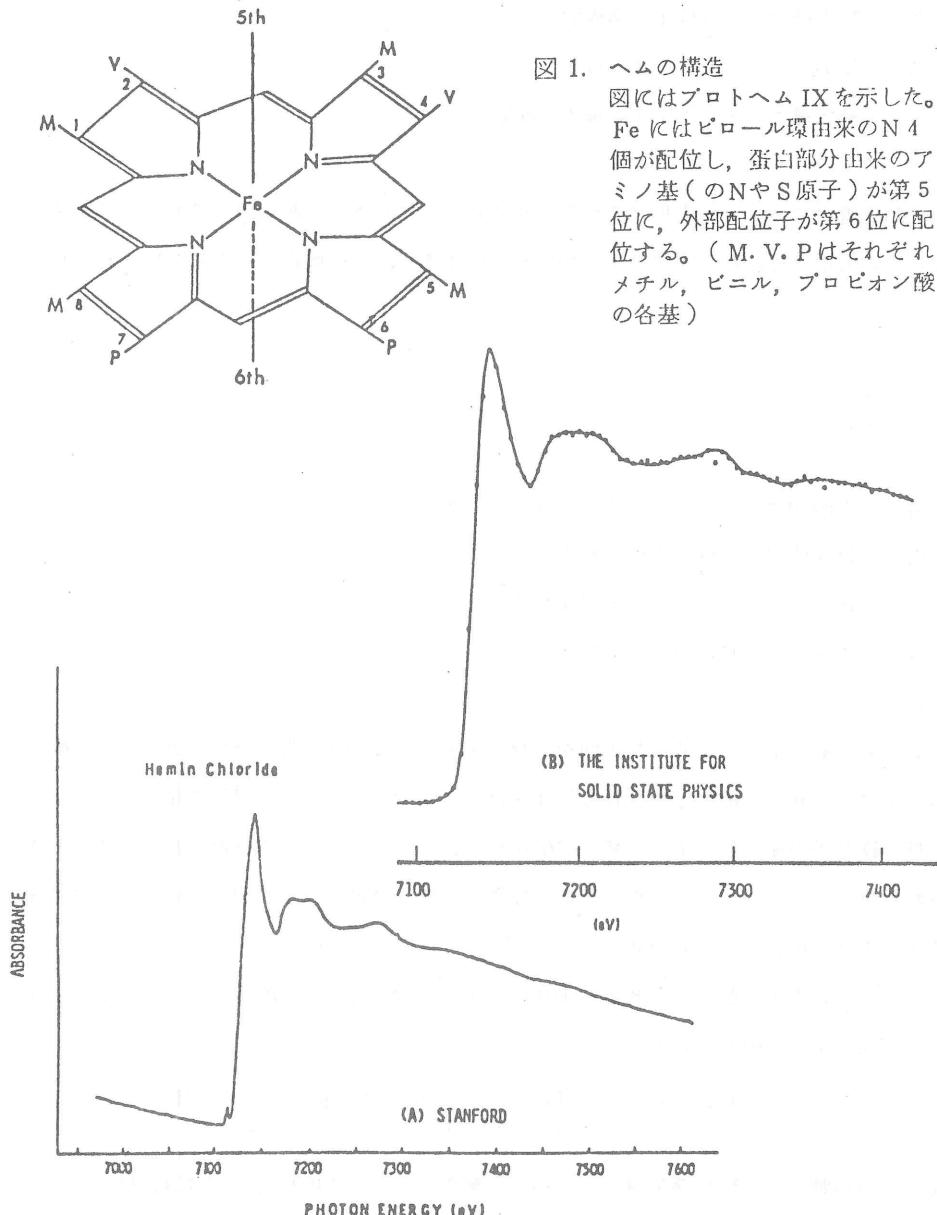


図 1. ヘムの構造

図にはプロトヘム IX を示した。Fe にはピロール環由來の N 4 個が配位し、蛋白部分由來のアミノ基（の N や S 原子）が第 5 位に、外部配位子が第 6 位に配位する。（M, V, P はそれぞれメチル、ビニル、プロピオン酸の各基）

図 2. 塩化ヘミンのX線吸収スペクトル
(A) Stanford の SOR 光を光源として測定
(B) 東大物性研のX線吸収測定装置による測定

物性研究所談話会

日 時 1980年3月6日(木) 午後4:00~5:00

場 所 物性研究所 Q棟1階講義室

講 師 安河内 昂(日大理工)

題 目 超伝導マグネット応用の最近の話題

要 旨

今年は超伝導マグネットが実現してから丁度20年となります。超伝導マグネットはますます大型化し広い応用分野にむけ開発がすゝめられていますが、その最近の状況についてお話しします。

日 時 1980年3月24日(月) 午後4:00~5:00

場 所 物性研究所 Q棟1階講義室

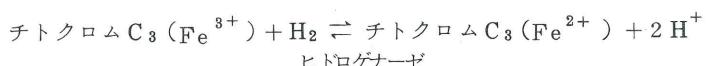
講 師 井口洋夫(分子科学研究所)

題 目 チトクロムC₃の電子伝導

要 旨

チトクロムC₃はポルフィリン核4個を含む分子量約14,000の蛋白質で、非常に古い酵素(その発生は約30億年前と予想される生体触媒)ヒドログナーゼと連繋して電子伝達(ポルフィリン核の鉄原子の原子価の変化で還元=酸化が可逆的に行われる)の機能を持つ、径3.0 Åと予想される分子中のポルフィリン核の(相互位置を含む)挙動や原子の組立てについては情報は物性研との10年にわたる共同研究によった。

チトクロムC₃の固体膜はごく微量(1000分子に1分子程度)の酵素ヒドログナーゼと組んで水素の存在によって酸化還元を行う。



これを電子の移動ととらえ、有機半導体の立場から解析すると、10°C付近ではH₂ 1気圧で還元状態となり、10¹ Ωcmと云う異常な電導現象と4.6 eVと云うきわめて低いイオン化電圧を見出した。これはH₂の圧力によって上記反応が→に進み、電子伝導を加速する。これらの研究は分子研、静岡大学、都城高専、物性研及び横浜国大の共同研究ですすめている。

日 時 1980年4月21日(月) 午後4:00~5:00
場 所 物性研究所 Q棟1階講義室
講 師 Professor W. M. Yen
(University of Wisconsin, Madison)
題 目 High Resolution Laser Spectroscopy of Insulators
要 旨

The advent of tunable laser spectroscopy has allowed us to investigate optical properties in the condensed phases with unprecedented resolution both in the frequency and temporal domains. These experimental techniques will be reviewed briefly as will various static spectroscopic features which have been identified through the suppression of inhomogeneous features. Dynamic properties of the optically excited state as derived through time resolved fluorescence line narrowing (FLN) will be emphasized. These results have led to new insights and understanding of the microscopic and macroscopic interactions governing energy transfer and diffusion in solids. Relevance of these results to the more general problem of energy propagation in amorphous solids will be discussed. Finally, we review recent extensions of laser spectroscopic studies to the infrared and ultraviolet region using F center lasers and two photon spectroscopy respectively.

日 時 1980年4月24日(木) 午後4:00~5:00
場 所 物性研究所 Q棟1階講義室
講 師 Prof. V. Jaccarino

(University of California, Santa Barbara)

題 目 Resonance in Superionic Conductors
要 旨

A brief review is first given of superionic conductors and nuclear magnetic resonance in these interesting materials. Then the techniques of "magnetic tagging" is described in which a low concentration of paramagnetic ions (e. g. Mn^{2+}) substitutionally replace some of the cations (e. g., Pb^{2+}) in the superionic conductor (e. g., PbF_2). A profound alteration of the nuclear relaxation times T_1 and T_2 are found which dramatically depend on the temperature, F^- hopping rate, magnetic field and the electronic T_1 and T_2 . The current theoretical interpretation of these experiments is given and the effects of correlations are discussed. If time permits, the complementary results of an EPR study in this same system will be given which show strong dynamical modulation of the crystal field effects on the linewidths.

物性研ニュース

昭和 55 年 5 月 1 日

関係各研究機関の長 殿

東京大学物性研究所長

芳 田 奎

昭和 55 年度後期共同利用の公募について（依頼）

このことについて、下記のとおり公募しますので、貴機関の各研究者にこの旨周知くださるようお願いします。

記

1. 公募事項（別添要項参照）

A 外来研究員（55年10月～56年3月実施分）

B 短期研究会（ “ ” ）

C 共同研究（55年10月～56年3月実施分）

2. 申請資格：国、公、私立大学および国、公立研究機関の教官、研究者ならびにこれに準ずる者。

3. 申請方法：(1) 一般の外来研究員については、外来研究員申請書を提出のこと。

(2) 軌道放射物性研究施設の共同利用については、申請方法が異なるので 6 ページを参照のうえ、申請のこと。

4. 申請期限：昭和 55 年 7 月 15 日（火）厳守。

5. 申し込み先：〒106 東京都港区六本木 7 丁目 22 番 1 号

東京大学物性研究所 共同利用掛 電話（03）402-6231 内線 503

6. 審査：研究課題の採否、所要経費の査定等は共同利用施設専門委員会において行い、教授会で決定する。

7. 採否の判定：昭和 55 年 9 月下旬

8. 研究報告：共同利用研究終了後に実施報告書（所定の様式による）を提出のこと。

9. 宿泊施設：(1) 東京大学物性研究所共同利用研究員宿泊施設が利用できる。

(2) 軌道放射物性研究施設の共同利用については、東京大学原子核研究所共同利用研究員宿泊施設が利用できる。

- (3) 東海村日本原子力研究所の共同利用については、東京大学共同利用研究員宿舎が利用できる。
10. 学生教育研究災害傷害保険の加入：大学院学生は51年4月に創設された『学生教育研究災害傷害保険』に加入されるようご配慮願いたい。

外 来 研 究 員 に つ い て

物性研究所においては、共同利用研究事業として、全国物性研究者の研究遂行に資するため、下記の各種研究員制度が設けられています。これら研究員の公募は、原則として半年ごとに行っています。

なお、外来研究員制度は個々の申請を検討のうえ実行されておりますが、特別な事情のある場合を除いて、あらかじめ共同利用施設専門委員会の了承を得る建前をとっておりますので、下記ご参照のうえ期日までに応募されるようお願いします。

その他、外来研究員制度の内容あるいは利用する設備等に関してお判りにならぬことがあれば共同利用掛（内線503）までご連絡ください。

また、申請書用紙が必要な方は直接掛までご請求ください。

記

1. 客員研究員

- (1) 所外研究者がやや長期にわたって、本所の施設を利用して研究を行う便宜を提供することを目的としています。
- (2) 資格としては、教授、助教授級の研究歴に相当する研究者を対象とします。
- (3) 申請については、本所所員の申請に基づいて、研究計画等を検討のうえ決定します。
- (4) 研究期間は最低1カ月とし、6カ月を限度としていますが、延長が必要なときは、その都度申請して更新することができます。
- (5) 研究期間中は常時本所に滞在することを原則とします。
- (6) 居室の供用方については、本所はできるだけ努力します。

2. 書託研究員

- (1) 所外研究者に本所の研究計画ならびに共同研究計画の遂行上必要な研究を委嘱することを目的としています。

- (2) 嘱託研究員の委嘱は、本所所員の申請に基づいて、研究計画等を検討のうえ決定します。
- (3) 研究期間は6カ月を限度とし、延長が必要なときはその都度申請して更新することができ

ます。

3. 留学研究員

- (1) 大学、官庁、その他の公的研究機関に在職する若い研究者に、留学の便宜を提供することを目的とした制度です。
- (2) 資格としては、助手ないし大学院博士課程程度の研究歴に相当する方を対象としています。
- (3) 研究期間は6カ月を原則とし、研究は所員の指導のもので行います。
- (4) 東京都内及び東京通勤圏外の機関に所属する者には、本所規定に従って、旅費および滞在費等が支給されます。この研究員の枠として、年間5～6名を予定しております。
- (5) 申請は別紙(様式1)の申請書を提出してください。(必要な方は直接共同利用掛までご請求ください。)

4. 施設利用

- (1) 所外研究者が研究の必要上、本所の施設を短期間利用したい場合、その便宜を提供できるようにしております。
- (3) 施設利用希望の方は、別紙(様式1)の申請書を提出してください。

5. 採否決定

上記各種研究員受入れの可否は、共同利用施設専門委員会において、申請された研究計画、研究歴ならびに所内諸条件を審査検討し、教授会で決定します。

6. 経 費

旅費、滞在費ならびに研究に要する経費は、個々の申請に基づいて、共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用研究施設運営費から支出します。

7. その 他

予算の支出、諸施設の利用、設備の管理等については、関係する所員の指示に従ってください。

軌道放射物性研究施設の共同利用について

1.3 GeV電子シンクロトロン(ES)及び0.4 GeV電子ストーリジリング(SOR-RING)からのシンクロトロン放射を用いる共同利用実験の申し込みについてはマシンタイムの調整を行う必要上、物性共同利用の正式申し込みの以前に下記の要領で物性研軌道放射物性研究施設であて申し込んでください。

記

1. 対象となる実験：ES及びSOR-RINGからのシンクロトロン放射を利用する実験
2. 実験期間：昭和55年10月上旬から昭和56年3月末日までの期間で、利用できるマシンタイムは総計3カ月間。ただしESの運転状況により変動することがあるほか、各ビームラインによって多少異なります。
3. 利用できる設備：
 - (1) ES-SORビームライン
0.5M瀬谷一波岡型直入射分光器、2M斜入射分光器、真空試料槽
 - (2) SOR-RING第1ビームライン
1M縦分散瀬谷一波岡型直入射分光器
 - (3) SOR-RING第2ビームライン
2M縦分散変形ローランド型斜入射分光器、光電子分光測定装置一式
 - (4) SOR-RING第3ビームライン
差圧排気系、平面回折格子斜入射分光器、但し今回は分光器整備のため利用期間に制限があります。
 - (5) SOR-RING第4ビームライン
ボダール型斜入射分光器、気体吸収測定装置
 - (6) SOR-RING第5ビームライン
自由ポート使用については申し込みの前に施設にご相談下さい。

なお、詳細については、「軌道放射物性研究施設利用者ハンドブック」(施設に請求して下さい)を参照してください。また準備研究的な実験については施設にご相談下さい。

4. 申し込み要領

- | |
|--------------------------|
| (1) 希望するビームライン |
| (2) 申請研究課題 |
| (3) 申請代表者及び実験参加者、所属・職・氏名 |

- (4) 実験期間及び実施希望時期
- (5) 実験の目的・意義及び背景(1,000字程度で審査資料となり得るもの)
- (6) 関連分野における申請者のこれまでの業績
- (7) 実験の方法(800字以内)
- (8) 使用装置(持込み機器も含めて)
- (9) 物性研共同利用施設運営費よりの負担を希望する消耗品の種類と費用の概算

上記項目につき記入した申請書のコピー7部(A4サイズ用紙)を下記申込み先あて送付してください。

5. 申込先: 188 東京都田無市緑町3-2-1

東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設

電話 (0424) 61-4131 内線 328, 530

(「共同利用申込み」と表記のこと)

6. 申込期限: 昭和55年7月1日(火)必着とします。

7. 審査: 上記申し込みについて、物性研軌道放射物性研究施設運営委員会において審査し、採用された研究課題については実験計画に従い改めて物性研外来研究員申請書及び放射線作業従事承認書を直接共同利用掛(106 東京都港区六本木7-22-1 東京大学物性研究所)に提出していただきまます。

短期研究会について

短期研究会は物性研究上興味深い特定のテーマについて全国の研究者が1~3日間程度の研究会を開き、集中的に討議するもので、提案代表者は内容、規模等について関係研究者と十分検討のうえ、申請してください。

記

1. 申請方法: 代表者は別紙申請書(様式2)をご提出ください。
2. 採否決定: 共同利用施設専門委員会の審議を経て教授会が決定します。
3. 経費: 共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用研究施設運営費から支出します。
4. 報告書: 提案代表者は、物性研だよりに掲載するため、研究会終了後すみやかに報告書を

提出してください。執筆に関する要領は別にお知らせします。

共同研究について

共同研究は所外の研究者と所内の研究者がチームをつくって、物性研究所の施設を利用して研究を行うもので、研究期間は原則として1年とします。研究代表者は関係者とよく協議のうえ、下記に従って申請してください。

研究の規模には大小があり得ますが、研究に要する旅費、消耗品などの経費は共同利用施設運営費の中でもかかわるので、著しく大型のものは実行が困難であることをお含みください。

共同研究の実施期間は原則として1年としておりますので、従来前期においてのみ募集しておりましたが、昭和50年度から後期（10月～翌年3月までの6カ月間）実施のものも予算の許す範囲で公募しております。

記

1. 申請方法：別紙（様式3）申請書を提出してください。
2. 提案理由の説明：提案代表者は研究内容及び諸経費について共同利用施設専門委員会で説明していただきます。
3. 採否決定：研究課題の採否は共同利用施設専門委員会で審議検討し、教授会で決定します。
4. 経費：研究に要する旅費、その他の経費は共同利用施設専門委員会で査定のうえ、共同利用施設運営費から支出します。
5. 所要経費の支出：予算の支出は所員が代行してお世話しますが、諸施設の利用、設備の管理等については責任者の指示に従ってください。
6. 研究報告書：提案代表者はその年度の終りに報告書を提出し、また共同利用施設専門委員会でその研究成果について報告していただきます。

共同利用施設専門委員会委員

大 饒 茂	筑 波 大(化)	津 屋 昇	東北大(通研)
米 田 速 水	広 島 大(理)	井 早 康 正	電 通 大
金 森 順次郎	阪 大(理)	安 井 勝	山 梨 大(工)
後 藤 道 太	愛 媛 大(理)	伊 達 宗 行	阪 大(理)
信 貴 豊一郎	大阪市大(理)	邑 瀬 和 生	"
中 山 正 敏	九 大(養)	三 輪 浩	信 大(養)
渡 部 三 雄	広 島 大(総)	白 鳥 紀 一	阪 大(理)
小 口 武 彦	東 工 大(理)	益 田 義 賀	名 大(理)
達 崎 達	北 大(応電研)	近 桂 一 郎	早 大(理工)
田 卷 繁	新 潟 大(理)	川 路 紳 治	学 習 院(理)
宅 間 宏	電 通 大		
加 藤 貞 幸	東 大(核研)		その他の物性研究所員

様式 1

外来研究員

施設利用
留学研究員 申請書

No.

昭和 年 月 日

東京大学物性研究所 殿

所 属 ・ 職 名

ふりがな
氏 名

(印)

等級号俸 等級 号俸

等級号俸発令年月日(年 月 日)

申請者の連絡先 TEL

内 線

下記研究計画により外来研究員として貴所で研究したいので申請します。

研究題目

研究目的

研究の実施計画使用装置方法等詳細に。グループで研究される場合は代表者のみ記入のこと。

希望部門 研究室名(

部門

研究室)

① 宿泊を必要としない申請者

月 日 ~	月 日	週 日
月 日 ~	月 日	週 日
月 日 ~	月 日	週 日

② 宿泊を必要とする申請者（研究所の宿泊施設を利用する場合）

月 日 ~ 月 日(泊 日)	月 日 ~ 月 日(泊 日)
月 日 ~ 月 日(泊 日)	月 日 ~ 月 日(泊 日)
月 日 ~ 月 日(泊 日)	月 日 ~ 月 日(泊 日)

③ 所外に宿泊を希望する申請者

月 日 ~ 月 日(泊 日)	月 日 ~ 月 日(泊 日)
月 日 ~ 月 日(泊 日)	月 日 ~ 月 日(泊 日)

※ 所外に宿泊の場合どこを利用されますか。

自宅 親、親戚の家 ホテル、旅館、その他

④ この出張の際、貴所属機関から、鉄道賃、日当、宿泊料が支給されますか。

される されない

利用頻度：①新規 ②いつごろから利用していますか（昭和 年頃 回）

略歴

上記のとおり、申請者が貴研究所において研究に従事することを承諾します。

昭和 年 月 日

申請者の所属長職・氏名

印

様式 2.

短期研究会申請書

昭和 年 月 日

東京大学物性研究所長 殿

提案代表者所属職名

氏名

印

連絡先 TEL

内線

下記のとおり短期研究会の開催を提案したいので申請します。

記

1. 研究会の名称

2. 提案理由

原稿用紙（横書）400字以上600字までとし、別に添付してください。

また、提案理由および研究会内容がよくわかるように記載してください。

3. 開催希望期間

月 日 ～

月 日 (日間)

4. 旅費の支給を必要とする者

	氏　　姓　　名	所　　属	職　　務　　名
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

5. その他主要参加者

	氏名	所属	職名
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

6. 参加予定者数 約 名

7. 希望事項（予稿集の有無、公開、非公開等）

8. その他の提案者

様式 3
共 同 研 究 申 請 書

No.

	昭和 年 月 日
東京大学物性研究所長 殿	
代表者 所 属 職 名 氏 名 連絡先 TEL 印 内 線	
下記のとおり共同研究を申請します。	
研究題目	
研究期間 自 昭和 年 月 日	至 昭和 年 月 日
研究の実施計画（使用装置方法等詳細に）	

共同研究とする理由			
経 費			
品 名	規 格	員 数	金 額

	氏 名	職 名	所 属	等級号俸	発 命 年 月 日	
					月 日～月 日	月 日～月 日
共同研究者	代表者			—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
				—	・	・
物性研來所予定期日	都 外 の 場 合		都 内 の 場 合			
	月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)	
	月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)	
	月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)	
	月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)	
	① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>					
	② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ ホテル 旅館 その他					
	③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない					
	月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)	
	月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)	
月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)		
月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)		
① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>						
② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ ホテル 旅館 その他						
③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない						
月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)		
月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)		
月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)		
月 日～月 日		月 日～月 日		1週日曜日(月)		
① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>						
② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) □ 自宅 □ 親 親戚の家 □ ホテル 旅館 その他						
③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか □ される □ されない						

	氏名	都 外 の 場 合		都 内 の 場 合	
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
物性研 来所		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
予定日	① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>	② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) <input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 その他			
	③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか <input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない				
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
研究会 来所	① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>	② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) <input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 その他			
	③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか <input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない				
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
予定日	① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>	② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) <input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 その他			
	③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか <input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない				
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
研究会 来所	① 所内に宿泊されますか <input type="checkbox"/>	② 所外に宿泊される場合どこを利用されますか (該当するところに×を入れてください) <input type="checkbox"/> 自宅 <input type="checkbox"/> 親 親戚の家 <input type="checkbox"/> ホテル 旅館 その他			
	③ この出張の際 物性研以外から鉄道賃 日当 宿泊料が支給されますか <input type="checkbox"/> される <input type="checkbox"/> されない				
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)
		月 日～月 日	月 日～月 日	1週日曜日(月)	1週日曜日(月)

外 来 研 究 員 等 委 員 会 よ り

前号(物性研だより第19巻第6号、1980年3月)に、昭和55年度前期に採択された物性研共同利用の一覧が掲載されています。また本号には後期共同利用の募集要綱がのっています。

御存知のように、物性研では、前期と後期に分けて、外来研究員、共同研究、短期研究会について公募し、共同利用施設専門委員会で、それらの採否、予算の割当て等を審議し実施しています。ところで、近年は、共同利用の活発化に国鉄運賃の値上り等が相まって、とくに旅費支給について、利用者の御要望にそのまゝ応ずることが出来ない状況になっています。そのため、出張期間の短縮や、来所回数の削減をお願いしたり、研究会への旅費予算額の制限などを余儀なくされています。このなかでも、短期研究会については、各期における提案件数にばらつきがあるため、時期によっては、他の時期と比べると、不公平に見えるような査定がなされるこちもあり得ます。昭和55年度前期には5件の研究会が提案されたために、後期の短期研究会の予算は、一応、前期の60%程度を予定しています。(前年度は、前期が後期の60%程度)。

ところで、年間の共同利用旅費全体を考えますと、予定された外来研究員の研究が諸事情のため中止されることなどがあると、年度の後半になって若干の余裕が出てくる場合も生じます。このような時には、従来、研究会の追加公募などを行ってきました。とくに昨年度は、大型施設の共同利用が、一時不可能となった事情もあって、いくつかの追加研究会が開催されました。この中に、とくに小型の“研究集会”というカテゴリーが設けられ実施されました。本号に紹介されている研究会報告には、このような事情で行われた研究集会の報告も含まれています。

研究会と研究集会の違いは、それほど明確なものではありませんが、後者には、限られた小人数での討論会といったイメージがあります。このような小型の集会は、これを常時実施できるようにしてはどうかとの意見もあります。このことについては、共同利用旅費全体にかゝわる問題であり、今後検討して行くことになっています。

上記のような現状を御理解の上、共同利用に関する申請を行なって下さるようお願いします。なお申請が採択された後の変更、中止などについては、直ちに共同利用掛までお知らせ下さい。その他共同利用について御不明の点は、遠慮なく掛までお問合せ下さい。

(外来研究員等委員会 委員長 星埜禎男)

人 事 異 動

発令年月日	氏 名	異動事項	現(旧)官職
55. 4. 1	和光信也	(昇任) 図書館情報大学教授	助教授
"	田村正平	助教授	講師
"	城谷一民	助手	教務職員
"	石田祐三	"	"
"	田中佑一	"	"
		(配置換)	
55. 4. 1	鈴木薰	東京大学理学部助手	助手
		(併任)	
55. 4. 1	平野克己	教授	群馬大学(工)教授
		(採用)	
55. 4. 1	中野昇	助手	
"	藤下豪司	"	
"	菅原忠	"	
		(退職)	
55. 4. 2	菅原忠	停年	教授

Technical Report of ISSP 新刊リスト

Ser. A.

- No. 1037 The Phase Transition and the Structures of Superionic Conductor Ag_3SBr . by Takashi Sakuma and Sadao Hoshino.
- No. 1038 Formation Process of Self-Trapped Exciton Bubbles in Solid Neon. by Tohru Suemoto and Hiroshi Kanzaki.
- No. 1039 Quantization of Magnetic Excitation Continuum Due to Interchain Coupling in Nearly One-Dimensional Ising-Like Antiferromagnets. by Hiroyuki Shiba.
- No. 1040 Spin Fluctuation Spectrum of One-Dimensional Spin $1/2$ Heisenberg Antiferromagnet in an Applied Magnetic Field. by Norikazu Ishimura and Hiroyuki Shiba.
- No. 1041 Effects of Interactions on Non-Metallic Behaviors in Two-Dimensional Disordered Systems. by Hidetoshi Fukuyama.
- No. 1042 A.C. Susceptibility of Polysulfur Nitride $(\text{SN})_x$. by Yasukage Oda, Hisashi Takenaka, Hiroshi Nagano, and Ichiro Nakada.
- No. 1043 Dynamics of the Reaction of N_2O^+ with D_2 and H_2 . by Akira Johgo and Yoshitada Murata.
- No. 1044 ^{51}V NMR Studies of Vanadium "Monoxide" $\text{VO}_{1.25}$. by Shigeru Takagi, Yoshio Kitaoka, Hiroshi Yasuoka, Tsukio Ohtani, Koji Kosuge and Sukeji Kachi.

- No. 1045 Heme-Heme Magnetic Interction of Cytochrome C₃ Studied by Mossbauer Effect. by Megumi Utuno, Kazuo Oho, Keisaku Kimura, Tatsuhiko Yagi, and Hiroo Inokuchi.
- No. 1046 Luminescence of High Density Electron-Hole Plasma in GaAs. by Shosaku Tanaka, hiroshi Kobayashi, Hiroshi Saito, Shigeo Shinoya.
- No. 1047 Theory of Pressure Dependence of the Upper Transition Temperature of TTF-TCNQ. by Yoshikazu Suzumura and Hidetoshi Fukuyama.
- No. 1048 Kosterlitz-Thouless Transition and Bose Condensation of Magnons in K₂CuF₄. by Kinshiro Hirakawa.

編 集 後 記

佐佐木先生の印象記を頂きましたが、物性研に暫く来られたのがもう13～14年も前のことであったかと驚きました。X線屋の一人として懐しく思い出した次第です。

今回は短期研究会と“研究集会”的報告がいつもより多くなりました。後者については星埜外来研究員等委員会委員長にお願いして短い説明を書いて頂きました。

次号の締切りは6月10日です（文責、細谷）。

〒106 東京都港区六本木7丁目22番1号
東京大学物性研究所

細 谷 資 明
村 田 好 正

