

東京大学物性研究所短期研究会

「高輝度放射光による新しい分光科学」

摂南大学工学部 塘 賢二郎

標記の研究会が、塘賢二郎（摂南大・工）、国府田隆夫（東大・工）、池沢幹彦（東北大・科研）、会田 修（大阪府大・工）、福山秀敏（東大・物性研）、松岡正浩（東大・物性研）、石井 武比古（東大・物性研）が世話人となって、平成2年2月7日（水）、8日（木）の両日にわたって、東京大学生産技術研究所3F会議室において開催された。参加者は100名を越え極めて盛況であった。その報告書が「物性研だより」第29巻、第6号（1990年3月）に世話人により掲載されたが、放射光学会の皆様の参考のため、その一部を、物性研究所のお許しを得てここに転載することとします。

最近数年の間に、放射光の科学研究・技術開発への応用は極めて急速に一般化してきた。世界中の多くの国々で、放射光光源が稼動しており、また、新たに建設されている。その中において、我国は放射光研究の最も盛んな国である。既に10基以上の光源用ストーリジリングが稼動中であり、更に数基が建設中である。それに加えて、新しい光源計画の提案も数多くなされている。これらの放射光光源は、大きく分けると、工業用ないしそのための技術開発用と基礎研究用に分類できる。前者においては、光源用ストーリジリングの小型化が目論まれており、コストパフォーマンスを改善するための技術開発が研究の中心的課題である。後者、すなわち、基礎科学・応用科学研究用の放射光光源には、汎用型のもと低エミッタンス高輝度光源がある。汎用型の光源用ストーリジ

リングは、遠赤外線からX線領域に至る広い光エネルギー領域の放射光を提供できるように設計され、多彩な需要に応ずるようにしたものである。高輝度光源は、アンジュレータを主体にした光源で、小さい光源サイズと光の発散の極小化を計るため、低エミッタンスになるように設計される。光輝度光源では、複雑な光学系を通過して試料に到達する光の強度を著しく高めることができるので、高分解能で高精度の、そして、先端的な研究を行うことができる。それらは第三世代の光源と呼ばれる。光輝度光源は、一般に、X線用の大型リングと真空紫外線および軟X線用の中型リングに分かれる。いずれの場合も、汎用光源に比べて、サイズが大きく建設費が高い。

X線用の高輝度リングは、ヨーロッパの十数ヶ国が共同で建設しているもののほか、米国のアルゴンヌと我国の兵庫県に建設が予定されている。真空紫外線・軟X線用の高輝度光源は、米国のバークレーとイタリアのトリエステで建設が進められているほか、ドイツのベルリン放射光研究所ははじめ世界のいくつかの研究機関より建設計画の提案がなされている。

このような状況の中において、東京大学物性研究所は、かねてより、新しい光源計画の検討をすすめてきた。よく知られているように、東京大学物性研究所は、我国ではじめての、そして、物性研究専用設計されたものとしては世界でもはじめての電子ストーリジリングを有し、その設備を全国共同利用研究のために提供し、多大の業績をあげ、この研究分野の発展に多大な貢献をしてき

た。現在もなお活発な研究活動が続けられているのは言うまでもない。この実績と経験の上に立って立案された新しい光源計画は、光物性・分光科学研究の画期的発展と自由電子レーザーを頂点とする新型光源の発展促進を主目的として、真空紫外線および軟X線波長領域の高輝度ストーリジリングとそれに適合した先端的測定系を建設することを骨子とするものである。現在我国で稼動中ないし計画中の光源は、X線用大型高輝度リングを除いて、工業用または汎用のものである。従って、東京大学物性研究所の計画は、世界の潮流からみても、必ず実現しなければならないものであると信ずる。

しかし、このような、経費の上からは大型にならざるを得ない先端的な研究計画については、それを遂行することの意義が、多くの研究者の間に、十分に理解されていなくてはならない。一方、多くの研究者の間の討論を経て、斬新な研究のアイデアが生まれる。本研究会は、このようなことを背景にして企画され、平成2年2月7日(水)、8日(木)の両日に実行された。場所は東京大学生産技術研究所大会議室であった。物性研究所短期研究会は物性研究所講義室において行われるのが普通であるが、参加者が多数にのぼるため、大きな会場を用意した。

研究会の構成は後出のプログラムに示される通りであり、また、各講演の内容は講演者によって書かれたアブストラクトに見られる通りであるので、ここでは、このような構成を選択した理由について簡単に述べる。プログラムにおける講演の配列によらずに記述することになると、まず、従来積み上げられてきた知識の延長上にあつて、高輝度光源によってもたらされる高分解能化・高精度化を通して、得られるデータの質が向上する類の研究がある。気体の分光研究では、数百eVの光領域での分光性能が飛躍的に向上することが見込まれるため、内殻電子の吸収スペクトルに関する研究が重要になる。とくに、光励起によって生

ずる諸々の緩和過程が興味のあるところである。この分野においては、研究の幅が大変に広く、実験も極めて活発に行われている。時間の制限により、ここでは、二つの広い領域にまたがるテーマが選ばれた。固体の分光研究については、現在とくに活発に研究が行われている磁性にかかわる物質のうちから高温超伝導体を含めて4テーマを選んだ。イオン結晶や半導体に対しては、光物性研究の対象として、古くから数多くの研究がなされている。最近になって蛍光実験について新しい発展があり、その先に大きな分野が拓けるという期待がある。本研究会では、それらのすべてを取上げことはせず、夫々について、限られたテーマで将来を見通すことにした。この事情は有機固体についても同じである。固体表面の研究は放射光による研究が最も活発に行われてきた分野であり、その発展もまた日進月歩である。ここでは、基礎的な電子構造解析から二つのテーマ、応用につながる二つのテーマ、それに光刺激脱離を加えて、合計5テーマをとりあげた。放射光の生物学への応用のうち、照射効果の研究は、光励起に始つて最終的な生物学的効果の発生に至る複雑な機構の解明を目指すものであるが、その初期過程は、一種の光化学変化の追跡に相当し、分光学的にも興味のあるところである。従って、本研究会では、そのような研究分野における将来の展望を行うことにした。

高輝度光源が出現すると、これまでは実験されていなかった新しい研究をすすめることが可能になる。それらには、実験方法に根ざしたものと研究対象物質に根ざしたものとがある。前者の中からレーザーとの2重照射による実験と試料に対する外的条件を変える実験を取り上げた。後者では、以前からよく研究されてきた気体と固体のほかに、液体やクラスターのような今後発展が予想される物質についてもサーベイすることにした。

高輝度光源を利用する際には、新しい技術をこれに結合させて研究をすすめるのが有効である。

分光性能が高くなって、光吸収スペクトルのエネルギー分解幅が小さくなったとき、何が見えてくるのか、あるいは、今見たいスペクトル構造を分解するには、光学系はどのようなになっている必要があるのか。そのような問題が次に取り上げられた。対象となった個々のテーマは、高分解能分光のほかに、円偏光の利用、スピン偏極光電子分光実験、遠赤外分光、自由電子レーザーであった。最後に、高輝度光源を用いる実験につきものの重大な困難とその克服の仕方、その見通しについての問題が取り上げられた。まず、光源の高輝度化を達成するために越えねばならぬストーリーリン

グ設計上の諸問題を概観する。次に、高輝度光による光学素子の熱負荷とそれによる素子の变形や劣化の問題、高分解化を達成するために必要な光学系への配慮と設計の指針などの問題が取り上げられた。それから、広いエネルギー範囲で動作する自由電子レーザーの実現は、高輝度光源計画の背後にあって、これを駆動するもう一つの力になっている。一方で自由電子レーザーを応用して何がわかるかを見たので、ここでは、技術上の諸問題が取り上げられた。以上がプログラムの概要である。各講師の講演につづいて、活発な討論がおこなわれた。

プログラム

2月7日 (水)

1. 研究会の経緯 (9:45-10:00)

世話人挨拶

新しい光源計画

塘 賢二郎 (摂南大・工)

石井 武比古 (東大・物性研)

2. 技術上の諸問題と実現の可能性 (10:00-10:30)

高輝度光源

宮原 義一 (東大・物性研)

3. 凝縮系の新しい分光 (10:30-13:00)

極限レーザと組み合わせた実験

松岡 正浩 (東大・物性研)

高圧下での実験

毛利 信男 (東大・物性研)

パルス強磁場下での実験

後藤 恒昭 (東大・物性研)

スペクトルの温度依存性

菅 滋正 (阪大・基礎工)

液体金属の電子状態

藤原 毅夫 (東大・工)

クラスターの電子状態

塚田 捷 (東大・理)

昼 食

4. 気体の分光 (14:00-14:50)

原子・分子の光吸収スペクトル

伊藤 健二 (高エネ研・PF)

解離とダイナミックス

佐藤 幸紀 (東北大・科研)

5. 固体分光 (14:50-18:30)

d 電子系と共鳴励起

五十嵐 潤一 (阪大・理)

f 電子系と重いフェルミ粒子

藤森 淳 (東大・理)

休 憩 15分

高温超伝導体の電子状態

小谷 章雄 (東北大・理)

半導体の光励起

谷口 雅樹 (広島大・理)

アルカリハライドの発光と励起緩和・光化学の最新の研究

有機固体の電子状態

希土類化合物における価数混合と内殻励起スペクトル

中川 英之 (福井大・工)

渡辺 誠 (分子研・UV-SOR)

関 一彦 (広島大・理)

城 健雄 (阪大・理)

2月8日 (木)

6. 新技術の利用 (10:00-12:30)

PFにおける円偏光ビームラインの建設の現状と利用研究計画

スピン偏極光電子分光実験

高分解能分光とXANES

遠赤外とミリ波分光

UCSBのFEL

遠赤外分光に関するコメント

パルス光の利用

宮原 恒昱 (高エネ研・PF)

菅原 英直 (群馬大・教育)

中井 俊一 (宇都宮大・工)

池沢 幹彦 (東北大・科研)

本河 光博 (神戸大・理)

難波 孝夫 (神戸大・理)

三谷 忠興 (分子研)

昼 食

7. 技術上の諸問題と実現の可能性 (13:30-14:30)

ビームラインと光学素子

柿崎 明人 (東大・物性研)

鈴木 章二 (東北大・理)

佐藤 繁 (東北大・理)

山崎 鉄夫 (電総研)

自由電子レーザー

8. 表面科学 (14:30-17:25)

金属表面の電子状態と吸着

半導体表面

太田 俊明 (広島大・理)

張 紀久夫 (阪大・基礎工)

休憩 15分

ヘテロ界面の制御と電子構造の解明

光CVDと光エッチングの基礎

光刺激脱離

小間 篤 (東大・理)

宇理須 恒雄 (NTT厚木)

村田 好正 (東大・物性研)

9. 照射効果 (17:25-17:55)

生体分子の照射効果

檜枝 光太郎 (立教大・理)