

会員の声

◇放射光利用研究で思うこと

日本原子力研究所
大野 英雄

大型放射光施設SPring-8の建設も本格化してきておりますが、利用系にとってもパイロットビームラインの設計、共同利用ビームラインの募集など平成5年度から第2段階に進んできたと考えております。現在、原研-理研共同チーム利用系を担当しており、利用系の推進にあたりSPring-8利用者懇談会の皆様方をはじめ、多くの方々の御協力に心から感謝申し上げます。平成9年の早い時期での放射光利用研究開始に向け、共同利用ビームラインの建設には今後とも一層の御協力をいただきたいと思います。

現在、「アクチノイド」サブグループの世話人を兼ねながら、共同チーム利用系を担当しておりますが、本稿では物性研究を行っている一人として、過去数年間にわたり行った個別課題検討会ならびに最近のビームライン計画趣意書などを検討させていただいた一つの感想をのべてみたいと思います。

SPring-8の特徴は高輝度光源で、しかも高エネルギーX線が得られることから、短時間に多くの情報が得られるのは事実ですが、既存の放射光施設では原理的に不可能で、SPring-8でないと絶対できない研究テーマははたしてあるのでしょうか？測定効率、測定精度などは良くなるのは事実であります。物理、化学、ライフサイエンスなどの諸分野で今日まで見いだせなかった新しい原理・原則が発見可能なのでしょうか。この事は放射光に関する知識の乏しい小生にとって大きな不安となっております。現在SPring-8利用者懇談会に参加されている多くの研究者からこの不安を消していただける提案が出てくることを期待しております。

◇SPring-8での物質創製への期待

大阪大学 基礎工学部
奥山 雅則

私がSRと関わりあいをもったのは、分子研での真空紫外反射分光と光CVDからです。特に光CVDで作製したSiO₂膜はこれまでになく水素不純物が少なく、SR光の有難さがよくわかりました。この研究を通じてSRによる研究を続けているうちにSPring-8利用者懇談会のサブグループに参加させていただくことができ、軟X線CVDのお世話をさせていただくようになったという次第です。そこで、この場を借りて我々軟X線CVDサブグループの研究課題やSPring-8への期待などについて述べさせていただきたいと思います。

メンバーは、光化学反応の基礎過程の解明からマイクロエレクトロニクスデバイス用の種々の薄膜作製やエッチング等の優れた研究をおこなっている人達から構成されています。メンバーの本テーマに関するこれまでの研究としては、SRの通常の放射光やアンジュレータからの光の励起を用いたSi, SiO₂, Si₃N₄, Diamond-like Carbon等の高品質薄膜のCVD、a-Si, GaAs, ZnO, PbTiO₃, PN_x等の光CVD、InPの光表面処理、Si, SiO₂, SiC等のSR励起エッチング、さらにこれらの気相中および基板表面における光反応過程の評価等があります。SR光照射は、原子の内殻を励起してCVD原料化合物や固体の分解が非常に大きく反

応促進に大変有効なことから、これらの研究はSPring-8の実現によりさらに大きく進展するものと期待されます。特に、SPring-8におけるアンジュレータからの低エミッタンスビームの特長を活かした研究に大きく期待しています。まず、アンジュレータ光を楕円体鏡を用いた集光系により数～数十 μm のマイクロビームを作ります。このビームを利用してCVDにおける機能性薄膜の直接描画および不純物の光ドーピング等の実現が望まれます。最近、超高強度の光パルス照射で蒸発して堆積させるレーザアブレーション法が高品質超伝導体や強誘電体の酸化物薄膜作製法として注目されており、そこで、レーザ光でターゲットから蒸発させた粒子をSRの軟X線マイクロビームの照射でさらに高励起することでより高品質薄膜形成できるのではとも考えています。また、エッチングによりデバイスに直接パターンニングする超微細加工の基礎研究にも効果的だと思っています。SR光の平行性を用いてフォトレジストに300-400 μm 程の非常に深い垂直の溝のパターンを作れるLIGA(Lithographie Galvanoformung Abformung)プロセスという微細加工も注目されます。これを鋳型としてNiをコーティングして種々の基板上に微細なマイクロモータやギア等ができ、マイクロマシーニングでの大きな技術的進歩も期待されます。このような研究を通じ、何か新物質の発見につながるかと想いを巡らせている次第です。いずれにしても軟X線CVDの研究におけるSPring-8への期待は膨らむばかりです。

◇X線顕微鏡についての二つの夢

関西医科大学 教養部
木原 裕

この数年の間に、X線顕微鏡に関する世界の動きは、大きな進歩を遂げてきた。3年前にLondonで行われた第3回のX線顕微鏡国際会議で、結像型、走査型の二つの方法で、ウェットな染色体像が、50nmの分解能で示された。30nmのテストパターン像も得られた。その後3年の間に、数多くの生物像がX線顕微鏡で観察されてきた。BerlinのBESSYでは、ルーチンに動く結像型X線顕微鏡が、大気中のウェットな試料を対象に、運用されている。僕も9月に金コロイドで微小管部分を染色したBHK細胞を観察してみた。部分的に壊れた細胞内骨格が、50nmの線までよく見られた。92年のScienceには、Adeらが炭素の吸収端の近傍のXANESを利用して、C=OやC-Nによる像の違いを報告。うまくいけば蛋白質の中の核酸を見ることができると、さらにもっと一般に、化学的状態の違いをマッピングする可能性を示した。

最も深刻な問題として検討されてきた放射線損傷についても、染色体、筋原繊維について、線量と機能の関係が議論されてきている。50nmの分解能の範囲では、数秒～数十秒のSR光の露光なら、像に変化は表れない。しかし、照射後筋収縮機能を持つためには、50nmの分解能の像を撮るだけの照射をすることは(ラジカル・スカベンジャーを用いることなくしては)できない。

放射線損傷を減らすもう一つの方法に短波長のX線の利用がある。Schmahlらが提唱した位相コントラスト法を用いれば、水の窓領域の吸収コントラストと同程度のコントラストを同じ線量で得ることができる。実際Schmahlらは、0.3nm付近の波長を用いて、ESRFでX線顕微鏡のステーションを建設することを計画している(我々がSPring-8に提案しているのも同じ領域である)。

「X線顕微鏡で、生物の運動する様子を捉えたい」。これが僕のX線顕微鏡にかける第

一の夢である。放射線損傷の問題等、難問は数多くあるが、僕はこれは必ず実現できる夢であると思っている。その為に、SPring-8の高輝度の光に大いに期待している。一方X線顕微鏡は、そもそも特別の装置が日本で一つ時々使えればそれで良いというものではない。日常的に研究の手段ともなり、あるいは医学・医療でもルーチンに用いられる機械であるべきである。いつでも使えるX線顕微鏡のステーション、これが私の第二の夢である。これは、X線顕微鏡が、細胞内構造の研究などを旨として、光学顕微鏡、電子顕微鏡、あるいは原子間力顕微鏡らと相補的に用いられる装置であることを考えれば、自明であろう。

X線顕微鏡は、X線領域の光を利用する顕微、分光系の総称である。まだまだ多くの優れたアイデアが生まれて来るに違いない。僕はその中で、たった二つのシステムの実現を目指している。SPring-8を利用した時分割X線顕微鏡と小型SR光を利用したX線顕微鏡ステーションの実現と。関係者の理解と同好の士の協力を願っている。

◇軟X線固体分光サブグループ

大阪府立大学 工学部
市川 公一

この文章を考えているうちに、1970年頃、電子シンクロトロンからのSRが軟X線吸収スペクトルの測定に利用され始めた頃で、まだストレージング等というものはこの世に存在しなかった頃を思い出した。当時、私は大学院の学生になったばかりで、言われるままに軟X線放射スペクトルや吸収スペクトルは固体の価電子帯や伝導帯の状態密度を正しく反映するものだと教えられ、なんの疑問もなしにスペクトルを言われるままに測定していた。その後、データを眺めているうちにふと思ったことは、先生や先輩が言われるように、はたして軟X線スペクトルは状態密度を正しく反映しているのかどうか、というものであった。なぜなら、計算で予想されたバンド幅よりかなり広いスペクトルや、やたらと高エネルギー側に裾を引いた放射スペクトルが得られていたからである。そのころの放射スペクトルの測定では、試料に電子線かまたは白色X線を照射して内殻電子を励起し、このときに放射される軟X線を測定していた。このことは、一部の先端的な研究を除けば、現在でも変わっていないと思う。したがって、励起させようと思っている内殻準位の外に、深い内殻も励起してしまい、不必要なオージェ効果などを引き起こしたりして、多重イオン化状態になりスペクトルが複雑になることがあると言われたが、スペクトルのどの部分が状態密度を反映し、どの部分が多重イオン化状態を現しているのか、証明する手段がなくて困ったことがあった。

したがって、励起状態を特定できる（電子を操ることができる）単色X線での励起法による放射スペクトルの測定、さらにスペクトルの励起エネルギー依存性を調べたい、というのが私の長らくの夢である。

さて我々のサブグループはSPring-8からの高輝度軟X線を利用して固体の電子状態を研究しようとする研究者の集団である。高エネルギー光物性の研究手段としては色々あるが、共鳴光電子分光法と相補的な関係にある、単色光励起による2次軟X線や真空紫外線スペクトルの励起光依存性の測定を目指す。

今までの測定手段では、遺憾ながら上に述べたように励起状態を特定できず、放射スペクトルの解釈も推定する部分がかかなり多かった。しかし、SPring-8のような高輝度光源の出現によって、自由に希望した特定の励起状態を作り出すことが可能になると思われる。

したがって、（共鳴光電子分光が多大な成果を上げたように）共鳴軟X線放射スペクトルの測定や時間分解スペクトルの測定をとおして、真の軟X線スペクトルを得ることにより、価電子帯の電子状態の知見を得るのみならず、内殻励起子や局在した内殻励起状態の緩和過程のような研究が可能に成ると思う。さらに、円偏光で励起したり、光電子分光では原理的に困難な電場・磁場などの外部摂動をかけることも容易にできるので、以前に比較して数段上の情報が得られると期待される。

◇サブグループ世話人の立場から

大阪大学 基礎工学部

猪子 洋二

一会員の声と云うよりも一サブグループ世話人としての共同チームと利用者懇談会への最近の勝手な思い込みを書かしていただきます。

生体高分子(非結晶)サブグループが活動を始めて丸5年が立ちました。ようやく昨年の11月に公募のあった「共同利用ビームライン計画趣意書(Letter of Intent)」を共同チームに提出しホットしたところでしたが、一服する間もなくビームライン計画提案書の作成に追われています。今はちょうど入試のシーズンです。我々も、まるで大学入試センター試験の受験手続きを済まし、年明けすぐのセンター試験も無事終えて、後は本番の第2次試験を目前に控えて追込み勉強をしている心境です。ただ気がかりなのは、“一芸一能”受験などとてもできる才などない普通の家庭の普通の子としては親に負担を掛けまいと“共同利用”を大きく理念に掲げる地元の国公立大学を希望し、科目試験だけを頼みに塾も通わず学校で教わったことを真面目に勉強してきたのですが、なんだか大学側は教科書の範囲を越えて出題するとか、健康診断書も相当に判定材料にするとか気になる噂が聞こえてくることです。それにまあ一浪、二浪は世間並みで我慢できるとしても、その先は入試制度が変わるかもしれないしなどと余計な心配までしてしまっています。もっと詳しくて親切な大学入試案内書があったらなと自分の能力を棚に上げ勝手なことを思ったりしています。

年明け早々、SPRING-8利用者懇談会事務局からサブグループメンバー登録の督促を受けました。広報誌「光彩」は注意深く目を通していたつもりでしたが、創刊号に記載されていた“登録のお願い”を確かに見落とししていました。「光彩」第2号の登録状況で我がサブグループは登録済みがたった一名に驚きましたが、事務局から送られてきた登録者資料を見てもっと驚きました。全く知らない方が登録されていたのです。登録の案内記事を読み返してみてもこれは全く正しい出来事だと思いました。でもやっぱり“チョット待って下さい！何か変だな”と云いたくなります。

同根の問題と思いますが、サブグループのメンバーが懇談会の会員であることは望ましいことと思います。一方で、両者の関係についてサブグループのメンバーに懇談会加入を義務づけないのが懇談会設立の際の一応の解釈だったと理解しています。この程度の自由さ（いい加減さ）があった方がサブグループ活動を息長く続けてゆく上でむしろ良いと個人的には考えています。懇談会の会員がどのサブグループに参加しているかを懇談会が把握しておくことは必要だと思います。が、懇談会の会員でない人も会に直接に登録管理されるのでしょうか。そうだとしたらなんとなくおかしな気がします。また、非会員のサブグループメンバーは「光彩」を手にしません。懇談会の会員とサブグループのメンバーとの関係についても一度議論があるのかなあと思ったりもしています。

◇Spring-8の光源で構造解析のフロンティアを照らす

名古屋工業大学 セラミックス研究施設

虎谷 秀穂

我々が大学院の学生の頃、世の中の風潮には『結晶学は既に確立された学問であるからあまり勉強しても仕方がない』と言うものが多分にあり、また一部の established men も若い人々を discourage させるようなこのことを言って憚らなかったわけである。確かに単結晶法によるノーマルな構造解析は既にルーティン化されており、類型構造の構造精密化は1日で済ますことができた。しかし、当時の粉末法を用いた格子定数の測定は、チャートに記録された回折図形の鉛筆と定規を用いた解析で、それはルーティンと言うよりか、むしろ時間ばかり掛けて結果が思わしくない、敢えて言うと自分ながら全くインチキ臭いものであった。

粉末回折法は3次元が一次元に縮重した逆格子像を解析するため、結晶の対称が高い一部の物質を除いては、反射の重なりを避けることができず、これが個々の回折線位置や積分強度の測定精度を下げる原因となっている。リートベルト法の出現以来、多くの精力がこの反射の重なりの問題解決に費やされてきた。しかし、粉末回折図形の分解において、非常にシビアに重なった反射、およびSiの333と511反射の様に固有に重なった反射はパターンフィッティング法を用いては分解できない。これ以上の分解は、パターン関数の計算を行う最新の方法などを用いる必要がある。しかし、いくら最新法を用いたとしても、この方法は、まず最初にパターンフィッティング法で分解した反射を初期データとして用いるため、反射の重なりが80%を越えると、正確に反射を分解できないため、構造を解くことができなくなると言われている。この先、より複雑な構造を解くためには、分解能とSN比のひたすらな向上が至上命令なのである。

粉末法が放射光を必要とする大きな理由の一つが、強力な平行ビームである。実験室でのほとんどの粉末回折計は集中法光学系に基づいている。この光学系は管球発生の発散ビームを効率良く使う極めて優れたものであるが、この集中法の分解能の限界に対する突破口の一つが平行ビーム法である。しかし、実験室で平行ビームを発生させるのは、大きな流れから水をちょぼちょぼと引き入れて実験するようなものである。我々が今後の重要な仕事と考えている薄膜の構造解析にしても、ビームの発散は鏡面反射の干渉図形にとって致命的であるし、非対称反射における疑似平行ビーム系は回折像を歪めてしまう。また、時間さえ掛ければSNを改善できるというものでもない。Spring-8の強力な平行ビームの出現はこれらを一気に解決して、最近のスペースシャトルの活躍によって近視が直った宇宙空間のハッブル望遠鏡のように、今まで見えなかった構造の詳細をくっきりと見えるようにすることと期待している。そしてこのことは、構造の知識を必要とする物性や材料科学の分野の人々にとってもおおいに役立つことであると考えている。

さて、最初に話を戻そう。今にして思えば、当時のその種の反発は目をそれなりに他の分野に向けさせる効果があったようで、これを世の反面教師と言うのだろうか。若い頃にはそこまでの気配りには気が付かないものであるが、我々もその分野の仕事から手を引く頃には、『もう駄目だ、もう駄目だ、船は沈没するぞ』と声を張り上げるべきなのだろう。もっとも現在は、『船が出るぞ、船が出るぞ、皆早く乗れ』と言って憚らないわけである。