

座談会 No. 10 (1998年12月25日収録)

放射光討論会「朝まで生テレビ」
—今、何が問題か? : 物質科学編—

尾嶋 正治

放射光学会誌編集委員長, 東京大学大学院工学系研究科*

Synchrotron Radiation Discussion
—What are the present problems?; in Materials Science—

Masaharu OSHIMA

Secretary of Editing, The University of Tokyo

We fourteen SR Samurais got together on the Christmas day in 1998 to discuss about “What are the most significant and serious problems in materials sciences with SR at present?”, “What is the science/technology vision 2020 for SR?”, “Why is the advanced SR needed for our researches?” and “What is the future prospect of SR sources?”. Through about 3.5 hour discussion, tens of serious problems to be solved were pointed out, and we finally agreed that the advanced SR would open up new prospects in the new materials science world of “More is different”.

SPring-8 が順調に運転を始め、PF の高輝度化も達成された。放射光の重要性に対する認識もかなり広まりつつあり、軟 X 線高輝度リングの実現もあと一歩まで来た。しかし今、「ハコは作った。組織も出来た。で、魂は？」が問われている。魂とはサイエンスとか今はやりのコンテンツとかであろうか？

そこで、中堅どころの放射光研究者13名にお集まり頂いて、本音を聞いてみよう、と考えて「朝まで生テレビ」方式で徹底討論を行った。この13名はいわゆる「よくしゃべる」という共通項を持った人達である。すなわち、東方は宮原恒晃氏(都立大理)を横綱として、木下豊彦氏(分子研)、村上洋一氏(物構研)、那須奎一郎氏(物構研)、高桑雄二氏(東北大科研)、河合潤氏(京大工)、西方は坂田誠氏(名大工)を横綱として、佐々木聡氏(東工大)、水木純一郎氏(SPring-8)、古宮聡氏(富士通)、朝倉清高氏(東大理)、中井泉氏(理科大理)、大門寛氏(奈良先端大)、である。司会進行役は尾嶋が務め、出来るだけ本音を引き出すべく“尾嶋総一郎”役を演じたつもりである。議論は予め5項目の質問に回答してもらい、12月25日はそれを全員が共有した上で議論を行った。2時から始めて5時半まで延々としゃべりまくり、放射光の夜明け(仮想)を迎えた。主な質問は「あなたの Science/technology において、今、何が問題とされているのか?」「あなたの Science/technology の価値は?」「その研究に放射光は何故必要か?」「今後どんな放射光が必要か?」「2020年の放射光研究のビジョンは? Science Vision 2020?」である(写真1)。本討論会にご協力頂いた編集委員の中村典雄氏(物性研)、藤原明比古氏(東大理)、二瓶郁代女史(放射光学会)にお礼申し上げたい。

1. 各氏の回答(到着順)

宮原氏:「物理の原理的問題にかかわる課題に興味がある。キーワードは“コヒーレンス”と“観測の有限性”。最近、発光の実験は世界的に流行しているが、物理の原理的問題に迫っているものは少ない。地球上に単純な物質から複雑な物質が生じる過程で、相対的なコヒーレンスがいかんして形成されるのかということ、光物性の立場から研究す

ることが重要」との意見を出された。これは、物質中の秩序と無秩序の相互移行と物質の発展にかかわる原理的な問題で、放射光の有用性を再認識するであろうとのこと。2020年にどうなっているかは経済の動き・景気の動向に大きく依存する。

那須氏:「1)最近になって、やっと、固体の電子状態の詳細な情報、特に、フェルミ面近傍のみではなく、バンド構

* 東京大学大学院工学系研究科 〒113-8656 文京区本郷 7-3-1
TEL 03-3812-2111 FAX 03-5802-8629 e-mail oshima@sr.t.u-tokyo.ac.jp

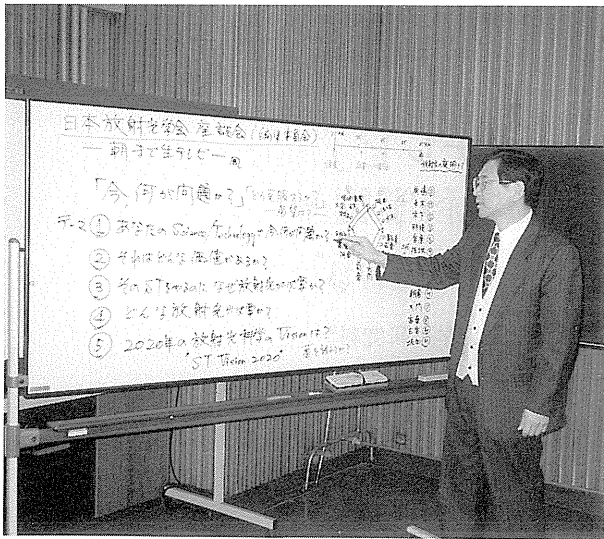


写真1 討論会のテーマ説明

造全体の情報が、放射光分光で、かなり詳細に得られるようになった。これは、様々な重要な問題に発展していく。2) 可視レーザー誘起 EXAFS の実現、可視光で出来る励起状態の構造を正確に決定する事は従来から大変重要な問題であったが、これまでは、ESR, NMR でのみ可能であった。励起状態の構造決定が、放射光で可能になる事は、極めて大きなインパクトがある。」

河合氏：「現在分析化学で問題となっているのは、(1)微小領域を、(2)非破壊で、(3)表面から深さ方向にも、(4)化学状態や高次構造も含めて、(5)時間変化も追跡しながら、(6)前処理無しで迅速簡単に (超高真空などを使わず)、(7)その機能発現のしくみも含めて、測定する方法を開発する事が重要。既に存在する「もの」と全く同じ「もの」を再構成するための全ての情報を手に入れる方法を開発する事、ちょうどスター・トレックで出てくる「転送」で送信する情報に相当するものを取得するのが、究極的分析化学である。」

坂田氏：「私が現在やっている Science は、精密に構造を調べて物性との関連を明らかにしていく精密構造物性。物性研究のために X 線で構造および構造の温度変化 (さらには圧力変化) を精密に調べるためには、ブラグ反射積分強度を、非常に正確に、しかも迅速に測定する必要があります。技術的に何処まで正確に測れるのか、あるいは何処まで正確に計らなければ行けないのか、その為に何が重要か、ある程度は分かっていますが、突き詰めると、あまり良く分からない。つまりは、研究手段が確立していないことが問題だと思う。」とのこと。将来は、新しい散乱過程を研究するグループと測定手段として放射光を日常的に使うグループと2極化するかも。

筆者 (尾嶋)：「超微細加工の極限技術を駆使したナノ構造と自己組織的に形成される原子状ナノ構造の接点は何

か? すなわち、半導体物性や磁性における原子・クラスター (ピコ構造)・ナノ構造・メソスコピック構造の境界が解明すべき大きな課題。例えば、磁性はどのサイズで出現/消滅するのか? 半導体のバンド分散はナノ構造/ピコ構造で現れるか? ナノ構造における「半導体・磁性・低温」という三角関係(?)はどうなるのか? などが大きな課題と考えている。」

村上氏：「強相関電子系における電子相関効果の研究を行っており、強い電子相関の結果として現れる、電荷・スピン・軌道の秩序状態の決定とその秩序化過程 (ゆらぎの発達過程) の解明を問題としている」とのこと。これらは現代の物性物理学における最大の問題の一つで、その解明は、電子相関についての理解を大きく前進させるものと思う。また、この分野の中で最近話題の、巨大磁気抵抗の研究などは、学問的意義だけでなく、磁気エレクトロニクスにおける新しい材料として、応用研究におけるインパクトも大きい。」

水木氏：「物性とそれを決定している構造の関係が本当にどこまで関係付けられているのか? プローブしている平均構造と種々の物性は、議論する物性によっては関係ないかもしれない。また、結晶成長や触媒、イオンや電子が行き来する反応フロントは、界面で起こっている系が多い。この界面の構造を反応と関連付けて議論することが重要と考えている。反応と言う意味でも励起状態を議論することも必要と考えており、たとえば電子励起をみる X 線非弾性散乱も必要である。聖書に書いてあるように、“はじめに光ありき”。電子の顔である電荷・軌道・スピンを同時に観測、議論できるプローブは他にはないのでは!？」

佐々木氏：「結晶構造と物性・機能発現との関係を明らかにする。X 線領域での手段として、構造の得意な回折・散乱と電子・磁気状態を見るのに適しているスペクトロスコピーとが融合した測定手段を開発する。Science としては、広い意味での複雑系の物理への理解度を深める。揺動周波数の測定は可能だが、実体についてはモデル化の段階に留まっている。イオンの動きが空間的に観測できれば、物質の相転移を含めた変態をより正確に調べられる。technology としては、今まで経験的に求めていた機能性材料の開発制御がより精密に行なえる。たまたま国際宇宙基地建設が始まりましたが、希土類磁石を利用した巨大な円形加速器が宇宙に浮かんでいる姿を想像してしまった。」という気の早い初夢!

木下氏：「表面研究の分野では、これまでの構造の決定が主流だった時代から、新しい機能を持った表面を創製したり、新しい物性を持つ表面が発見されたり、またその表面での反応が研究されたりという時代になって来ている。特に表面磁性、微小領域磁性の分野はこれまで半導体表面で行われた研究と同様多くの新しい現象や物性が見つかる可能性がある。例えば、私の研究の身近な応用例として MCP の上に薄膜を作って、それがスピンフィルターのよ

うな働きをしてくれて、スピン偏極電子の2次元検出が可能になると有り難いという夢を描いている。20年後には放射光研究全盛を迎え、自由電子レーザーがより広い波長範囲で実現し…、などと夢見ることができる。しかし一方悲観的な見方をせざるを得ないような材料が多いのも気になる。この分野が20年後にこけていないようにしていかなければならないと思う。」

古宮氏：「LSI用材料の評価、今の直接の対象として、ゲート絶縁膜はどこまで薄く出来るか？ どうやって評価するか？ 何を見たら品質を判断できるのか？ FRAM用強誘電体膜の信頼性向上、素子の劣化個所の強誘電体材料の変質をどうやって評価するか？ 磁気ディスクヘッド用磁性薄膜、とにかく簿い（数nmの7-8層多層膜）、GMR特性を改善させるには？ ただし、放射光以前に産業構造が大きく変わり、民間企業として今の延長のような関わり方は無いと思う。残念ながら夢は描けない。」

大門氏：「表面研究というのは、ある特定の研究を指しているのではなく、研究の行われる“場”を指す言葉なので、テーマの種類は基礎から応用、物理から化学・工学とあまりにも広い。薄膜や微粒子を除いた原子レベルでの「表面物性」の問題点としては、しばしば「研究効率が悪い」と非難されることが挙げられる。表面研究はお金と時間が大量に必要であるにも関わらず、それに比べて目にみえる成果が出ていないと思われる。例えば役に立つ触媒が表面研究から生まれて来ていないなど、一般にアピールできる成果が希薄であるという問題である。20年後には、マシンの数が増えていて、それぞれ特徴的な運営がなされていると思われるので、表面研究に重点を置いたマシンの出現も期待できるであろう。しかし、第3世代未満のリングで良いから、表面研究者の居る各大学に一つずつリングが有って、マシンタイムを気にしないで使えるようになるのが夢である。」

朝倉氏：「表面触媒研究におけるXAFS研究における今後の課題は、不均一でダイナミックに変化する触媒表面をいかにキャラクタリゼーションするか？ ということ。高性能触媒の開発を基礎から支えるためには、まず、触媒の“構造”というものを決定しなければならない。そこで、不均一でかつ動的な表面の“構造”を知ることが、実際の触媒開発に必須。XAFS分光に時間分解能ミクロン～ナノ秒、空間分解能ナノスケール、元素エネルギー分解が必要になってくる。非線型現象をXAFSに取り入れていった場合、XAFS分野でもundulatorやX線LASERの積極開発、利用が始まっていると思う。」

高桑氏：「半導体産業において、デバイス集積の高密度化や電子材料の創製のために、プロセスを原子スケールで精密制御することが求められている。そのためには先ずプロセス反応の表面動的過程を解明する基礎研究が必要とされ、半導体プロセスにおける苛酷環境下での表面計測をリアルタイムモニタリングで行うことが必要。表面構造や組成だ

けでなく、電子状態や結晶欠陥などの情報も複合的に得ることができる表面計測が重要である。次世代で重要となってくる、ナノテクノロジーの基盤技術の開発が、表面動的過程の研究、及びその計測技術の開発に大きく依存してくると思われる。」

中井氏：「ある物質の存在を時間の流れの中でとらえ、その物質を構成する元素の情報（組成、構造、状態）を利用して、その物質の履歴情報を明らかにすることが課題。科学的に未知の対象は、今までに認識されなかったものであり、その多くは、通常のX線ではわからなくても放射光を使えばわかるというものがある。任意のエネルギーの高輝度X線で、マイクロビームが利用できると有り難い。」

2. さあ、討論開始！：放射光科学は自立出来るか？

尾嶋：放射光研究において今何が問題か？ どう克服するか？ について議論したい。過去に何回か座談会はあったが、今回は面白くない発言は削らせて頂く（笑い）。朝6時(?)の放射光の夜明け時まで本音で議論したい。

宮原：放射光学会を作った時は、放射光科学としての自立をめざしたはず。時流に流されない自立だ。大学に放射光学科を作るなど純粋に学問体系として成り立つのか？ それが1つの目標だった。現在はまだそこまで行っていないが（写真2）。

尾嶋：別に放射光として自立しなくても、他の学問に役立っていいのではないかと？

宮原：施設に長くいた人間としてはそうあってほしいと思っている。

坂田：別に放射光の自立をめざさなくても、結果として自立していればいいんじゃないの？

大門：放射光は広い分野をカバーしているから、1つの科学にまとめるのはむずかしい。

高桑：放射光は表面研究に有効だが、物理学会の表面分野では圧倒的にSTMが優勢で成果がどんどん出ている。放



写真2 「放射光科学は自立しなきゃ」の宮原氏（右端）。村上氏（左端）と木下氏（中央）

射光は表面でも主流になっていない。もちろん一長一短はあるが、いろいろ組み合わせて進めるべき。はじめに放射光ありきではない。まず研究の目標を定め、そこに放射光をどう利用するかが大事。

水木：一時、非常に多くの表面構造研究者がシリコン表面上 Ag の $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 構造について研究していたが、私としてはなぜそれほど数の研究者がその構造を研究するのか判らなかつた。物理から見たら別に何も面白くも何ともないから。しかし、いろんな手法でそれぞれの構造モデルを出して、それなら俺が一丁決めようか、と言って物性研の高橋さん達が放射光でちゃんと決めた。あれが何を教えてくれたかという、他のプローブではなく、X線が表面構造を決めたよということだ。また、大学にいる人がまず放射光ありきでテーマを決めるはずはない。ただ施設の人には放射光がメインツールであるために、放射光でしかできないテーマ、放射光の特長を生かしたテーマは何か、という発想でテーマを見つけていくことも大事。表面・界面は間違いなく放射光のターゲットだ。

高桑：表面の研究は予め LEED, AES などとちゃんと表面を評価した上で放射光を上手く使っていく。

大門：何故放射光を使った表面の研究が少ないか、それはビームタイムが少ないからだ。放射光を使った表面の研究室が少ない事も問題。世界的に見ると表面研究の貢献度はヨーロッパ、米国、そして日本が3分の1ずつ。

尾嶋：ところで、カネ食い虫の表面研究から役立つ触媒は生まれていないという批判があるが、表面研究は世の中に役立っているか？

朝倉：確かに役立つ触媒は表面研究からは生まれていないが、表面研究から得られた概念はけっこう役立っている。基礎科学という意味で表面研究は触媒に寄与している。例えば、ステップ、などの概念。

宮原：役立つかどうかの問題か？ そういうことで触媒研究が右往左往されたのでは困る。やはり地道なフォローが必要。

那須：放射光は生物学や医学等、周辺分野とも密接に関連している点がすばらしい。医学応用を一例として考えると、いずれ、それだけで発展し、独自の分野を形成すると思われるものが、現段階では他にも色々含まれている。それらが発展した後も、コアの部分は純粋学科として残ると思われる。固体物理分野での1例を挙げれば、これまででは、フェルミ面近傍しか見えていなかったが、フェルミ面からかなり離れたところも最近初めて放射光でバンド構造が正確に測定出来るようになってきた。数 eV にわたるバンド全体がどうなっているのかと云う問題の解明は、フェルミ面とその近傍での熱力学的測定のみでは困難であり、このような測定が様々な物質で可能になれば、これまでとは全然異なった新しい物性が発展するでしょう(写真3)。

坂田：問題が判らないのは、今放射光が上り坂にあるからだ。マンパワーが足りないのは問題。社会に役立たないと



写真3 「放射光で初めて出来る」と那須氏(右端)。河合氏(左端)と高桑氏(中央)

いけないと意識しすぎ。本当は興味あることだけやりたいが、やりたいことをやれる状態が幸せである。放射光の魅力は何を測るかという Science にある。研究者が自由に放射光を使えるようにすることが大事。放射光を Science としてどう使っていくかをもっと考えるべき。

朝倉：PFには大学院大学(総研大)があるが、何か問題があるのか？

尾嶋：価値の中には役立つ価値と真理を見出す価値の2つがある。どっちにしてももっとPRをする必要がある。基礎でもいつかは役立つと分かり易く言い続ける必要がある。

木下：総研大と放射光科学とをからめて考えるかどうかは人による。放射光科学として自立させるには、例えばもっと総研大に力を入れればよい。その一方で共同利用研とは何か、共同利用施設が大学院生をかかえて教育をやれば良いのかという議論もある。人によって研究のスタンスが違う。一般ユーザにとっては放射光は one of them であって、そのことだけに命をかけられる研究者はほとんどいないだろう。一方で施設スタッフは共同利用業務をほぼばりだして、他施設に行って研究をすることがなかなか難しく、非常に限られた範囲で研究をしなくてはならない。最初に放射光ありきになってしまう。放射光科学として自立をめざすなら、ある程度施設側が主導しつつ、ユーザーコミュニティ全体ががんばる必要があると思う。

中井：裾野を広げることが発展につながる。

村上：両方あると思う。9割以上は現在ある光源を、測定手段の一つとして使っていい成果をどんどん出していけばよい。しかし、将来まで見据えた放射光科学の真の自立を目指すためには、あとの1割弱の人達は、ユーザーサイドから、光源の発展を真剣に考えなければいけない。そのような仕事は、もちろん、施設サイドは真剣になって行う使命があると思うが、大学の一部でも、放射光科学としてやっていける場があってもいいのではないかな。実際、施設では、数年先のことで手一杯で、なかなか20年後を考える余裕がないのも事実である。

尾嶋：PFなどから見て、現在の大学ではそういうことを

ちゃんとやっていないということか？ X線光学などの分野ではちゃんとやっている所はあるのでは？

村上：将来の放射光光源について研究している場が大学にありますか？ 施設側との密接な協力関係が必要になると思うが。

坂田：大学では放射光だけでやっていくには周囲との折り合いが難しい。

宮原：実際問題、放射光源やビームラインの建設で学位が取れるか？ 学科のミッションに合っていない。そういう状況では大学で光源・装置の研究は出来ない。

佐々木：研究対象として何が面白いのか？ 単に手段ではなく、研究対象となってくれば放射光科学として発展する。情報科学といってもほとんどは computer を使っているだけで、情報とは何かをやっているのはほんの少数。放射光の性質が非常にからんでいてそれも研究対象になっているのなら、それは宮原定義の独自学問になっていくと思う。

古宮：あなた作る人、私使う人という論争がある。放射光は規模が大きく設置が限られてくる。大きな施設をちゃんと維持する人がいないと見るべき成果も出ない。施設側にちゃんとミッションを与えて、組織化してやっていかないといけない。もともと役割が違うのだから、システム化すべき(写真4)。

坂田：ユーザーは small science 的な意識しかない。

尾嶋：それは感じる。まとまりがない。一体いくつリングを作ればいいんだと言われて、きちんと反論出来るロジックとか力になっていない。高エネルギーは全体の目標が1つにまとまっており、分かり易い。

宮原：PFの建設までは飢餓状態で是非とも作ってほしいという声が圧倒的だった。それ以後の計画では、むしろ逆。こんなマシンが出来るが、何に使いますかというアンケートが回った。これが今の象徴的問題。求心力がはっきりしていない。

木下：放射光を one of them と考えるユーザーが圧倒的。それはそれでかまわないが、外国では(有名な施設でも)

自分のオリジナリティーのある実験の為に、装置を持ってきて独自のシステムを作り上げて実験するユーザーが多い。日本ではあまりいない。高桑さんは仙台から運んできているが(笑い)。一般的にはユーザーは試料を持ってきてそこにある装置を使っているだけ。

3. 今、何が問題か？

尾嶋：要するに、今何が問題なのか？

木下：多くの方が Power user にならないと放射光科学として自立した学科は出来ない。

村上：私は正反対の意見。90%のユーザーは試料を持ってこられるだけで良い。彼らは science だけを考へて、それをきちんと測れるようにするのが施設側の役目。将来は試料を宅急便で送り、測っというてね、と言ってやれる状態が望ましい。しかし、10%は全て先端的であり、自分のシステムを工夫してやればよい。この10%の人の方が問題。大学にもそういう集団があるべき。

水木：先日 SPring-8 の COE 化という議論をした。そこでも論議されたことではあるが、(誤解しないでほしいが)、要するにユーザーには期待してはいけない。ユーザーは SPring-8 を単なる第二世代の延長の第三世代であると思っても良いし、(PF と違うのは)、単に、関西地区にあるというだけでもよい。しかし、内部スタッフがそうであっては困る。第三世代ならではのいいデータを出せば自ずとユーザーは集まってくる。そのためには、優秀な内部スタッフとその人達が自由に使うマシンタイムがふんだんにあることが必要。また、人材育成という点で、例えば省庁統合で独自の大学院生を引き受けられて成果を出せるようになれば、2001年以降は益々楽しみだ(写真5)。

古宮：あれだけのお金を使っている、どういうシステムを作るかの議論がない。生き残りなどと寂しいことを言わないでほしい(笑い)。同一スタッフが運営、システム構築、研究、ユーザーサービスの全てをやるのは難しい。一方で、それなりのお金を使っている、成果は期待される。体制を整理すれば出来る。



写真4 「システム化すべき」と古宮氏(中央)。朝倉氏(左端)と中井氏(右端)

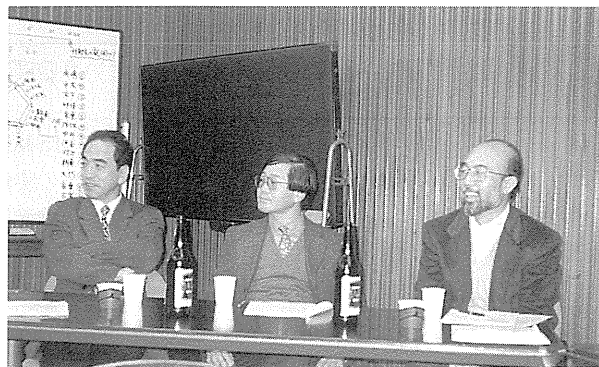


写真5 「2001年以降が勝負」と水木氏(右端)。坂田氏(左端)と佐々木氏(中央)

河合：私は分析化学の研究をやっているが、そこでは新しい分析方法を作るといことと、一方で系統的にいろんな試料を測ってその中から何かを見出すという研究方針の両方が大事。そのためにはトレーサビリティ（例えばPFで得られた分析値がSPring-8でもトレーサブルであること）のある装置も必要。両方を放射光に期待したい。ビームラインではいつも装置の入れ替えがあり、その時点で、分析に必要なリプロデュースビリティさえなくなってしまう。そういう心配がなくて沢山試料をこなせるビームラインは必要。

坂田：高エネルギーのグループ等は、宇宙の何のと言っているが、要するに自分たちの研究を高く売っている。放射光の実験も社会にアピールするような所が大切で、それも、みずから高く売らねばならない。（安売りせず、アピールしなければならない）

高桑：宇宙の毛利さんは、行くことが決まってから、新聞で研究課題を公募しており、結局カエルとかメダカとかを何10億円使ってやっている。言語道断である（笑い）。絶対宇宙でないといけない話があってやるならいいが。初めにスペースシャトルありきではだめ。放射光科学では、こんな事はあってはならない。

佐々木：宇宙はお金が先にあってやっているが皆が良く知っている分野でもある。放射光科学を残すのであれば、その分野にそれなりの特徴があり、その特徴を使って子供とか次の世代を育てる必要がある。彼らにわかるような内容が示される場が必要だ。

朝倉：大学で放射光施設を持つことの議論があってよい。広島や立命館がそうであるが身近にあることは学生にはすごい刺激である。非常に馴染み深くなる。

水木：98年3月のVSXシンポジウムでも私は強調したが、東大がSRを持つというのは先端研究という面だけでなく、教育面（人材育成）を考えてもすごい意味がある。

中井：和歌山の砒素事件で放射光を使った。記者に説明するにはまず放射光から説明する必要があった。今回のような社会問題に利用していけばPRは出来る。しかし、それは本来の研究とは分けて考えるべきだ。研究としては、いかに面白いScienceをやってどういうインパクトを与えられるかで勝負すべきだ（写真6）。

宮原：亜砒酸で初めて放射光が有名になったというのは本当に喜んでいいのかわかるか考えてしまう。

中井：しかし、PFの特徴とSPring-8の特徴（115 keVの光）を生かした実験であり、我々としてもベストの実験ができたといえる。高エネルギーX線を利用した重元素の分析という点ではScienceなどの雑誌に投稿しても良い位に、第3世代の放射光の有効利用法の一つを実際に示すことができた実験と考えている。

木下：放射光科学だけでなく基礎科学一般に言えるが、納税者に対するaccountabilityが十分ではない。存在意義のアピールは必要だ。上手いのが宇宙とか高エネルギーの人

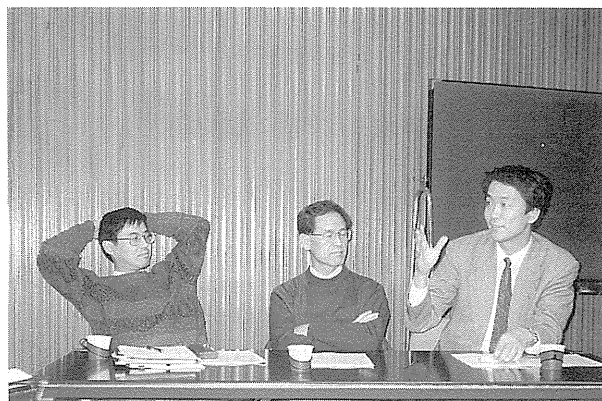


写真6 「和歌山砒素事件では一」と中井氏（右端）。

達で、放射光はこれが下手だ。放射光科学は高エネルギーと同様big scienceかもしれないが、末端のユーザーは、small scienceをやっている。しかし、small scienceでも知的好奇心という人間の根本的存在意義の観点で文化遺産としての価値があるときちんと主張すべき。

那須：それは重要な問題で、マテリアルサイエンスに携わる人のphilosophyに関わる問題だ。宇宙（大）、素粒子（小）の間であるマテリアルサイエンスは、大と小のどっちでもないから意味がない、物質科学は、極限（小）で得られた原理の応用問題に過ぎない、等の意見を耳にする場合があるが、この様な非難は大きな間違いである。P. W. Andersonが、“More is different” (Science, Vo. 177, p. 393, 1972) と言っているとおり、物質は、自然界の一階層であり、この階層には、大小どちらにもない、その階層に固有の価値観、方法論、概念がある。今の時代では、きっちり、そういう点を哲学として主張出来るように強くならなければならない。物質科学は、そろそろ転換点に来ている。大小どちらにも還元できない「物質階層論」が今まさに必要とされている。

朝倉：複雑系はまさにそうであり、触媒なんてまさに複雑系の1つ。素粒子の集まりであっても相互作用があるとき、集まることによってそれ自体の新しさがある。それが物質科学の一番面白いところ。

那須：だから次の階層に行けば、また新しい価値観が生まれる。それをきっちりと自然科学的研究での価値観として定義できない限り、我々は生き残れないのではないかと？

尾嶋：その価値観として定義する時に放射光はどういうふう必要で、どんな放射光があればいいのか？ 理論から見るとどうか？

那須：ハードX線と軟X線は違い、それにVUVもある。我々はこれらを上手く使って、それぞれが、ちゃんと成果を挙げている。宇宙論の人の概念と対抗出来ずに、明言出来ずにいると云う大変もどかしい状況にあると思う。

古宮：放射光にもなるほどというキャッチフレーズが必要である。あれだけbig projectがある以上は。隣のおばち

ゃんだって税金を払っている (笑い)。これは純粋科学だと言っているだけではなくて、役に立つんだということもきちんと宣伝することが必要。

宮原：そのためには我々には考える時間が必要。そういう話が理論家から出てきたことが象徴的。英国では学問に対して許容範囲は広くて、非常にきわどい研究も大学自体の理念によって遂行される。ヤスパース曰く「大学の理念は社会と不断の緊張関係にあるのが普通で、しかもこの理念は独自に運動し続けるものである。」また、ノーベル賞学者ラフリン曰く「日本人は研究の motivation が貧困である。(論文中で motivation を書いても) 自分の学問分野における自分の研究の位置づけが出来ていない。」毒舌であるが、これくらいの強気発言がアピール性につながるのかも。

那須：それは聞いた。論文でデータだけ並べてちょこっと議論しているような物もある。

宮原：ラフリンは理論の論文のことを言ったようだが (笑い)。彼の前で発表する理論の人はかわいそう。自分の研究の motivation を考えられるとキャッチフレーズも思いつくのかな。

河合：人の申請書を読むと、大体面白くない。いろいろな申請、審査の段階から、できそうなものしか通らない。この前、SPring-8 へ「超重元素を発見する」という申請を出したら具体性なし、として落とされたが、奇抜な研究は申請の段階で切り捨てられてしまう。

水木：それは河合さんが SPring-8 に転職しかないですよ (笑い)。

村上：研究者のレベルの motivation は皆持っているが、社会 (一般の人) に対してどう説明していくかというものはその motivation とは全く質的に異なる。自分の家内にどう説明しているか？ ぼくは全く出来ていないが。

尾嶋：研究者は知りたがりだ。しかしこれだけの金を使っていて accountability を考えるとこれでいいのか？ それに夢を語れるのか？ が課題。ケネディが60年代に月に人を送ると宣言したが、送っても何の役には立たないが、人々に夢を与えた。我々の役目の1つは夢を与えることと考えている。

朝倉：私は自分の研究は、学生時代に素人の父親に話したことがあり、ある程度理解(?)してもらった。おもしろいところは、根気よく話せば、素人でも分かると思う。21世紀の夢としては、触媒の設計・製作において放射光を総合的に使っていきたいと考えている。今の複雑系の触媒を分かった形に持っていきたい。

水木：本人にとっては夢である良い研究かもしれないが、一般に対して、それをどうアピールするかが問題だ。「宇宙」は小さいころから、その存在が身近にある。しかし、触媒の専門的なことを強調してもだめ。我々の現実の社会とどこかでつなげなければ理解してもらえない。絵をかけないとだめ。

宮原：これまでの話には賛成だが、しかし、実状はどうか、科研費の審査は学問的であるが、日本では大きなプロジェクトは結局役人が決める。役人はマスコミに出てきたインパクトの大きなものに敏感。米国では DOE や NSF は学問の専門家が審査している。一般の人に分からせるという観点では、放射光科学はもう高校の教科書に載るようにならないといけない。

大門：宇宙とかスーパーカミオカンデはいい写真があり、一行で内容がわかる研究である。普通の人にもわかることが大切。そのレベルを上げることが必要。ブルーバックス等でアピールすると良い。高校教育で物理がどんどん減っていることも問題。皆のレベル向上が大切 (写真7)。

佐々木：高校の教科書に載るのはいろんな人に面白く夢が分かるというんじゃなくて、ここにいるような人が面白く思うことでいい。無理をすることはない。放射光はいろんな可能性を持っており、まさに、More is different が共通項になると思う。

宮原：「夢のある」SSC は頓挫した。高エネルギーだからなんでも通る時代ではない。日本の予算配分には役人が権限を持ちすぎて問題がある。

高桑：big project は正式の機関で評価されていない。終わってからの評価が甘い。その結果、次の審査に生かされない。良いものだけが生き残れるようにしたい。

佐々木：米国等では、学会等で annual report を出している。日本にはこのような努力が無い。

坂田：放射光は majority な science だと思う。放射光の人は気がついていないが恵まれているグループである。今は、どう使いこなすかが問題である。物質科学から見れば、放射光はその一部でしかない。しかし、PF はアピールするだけのものを出してきているが、アピールをしていない。SPring-8 は少しはやろうとしている気がする。

尾嶋：朝日の科学欄に蛋白の構造の研究成果が発表されていたが、放射光を使っているにも関わらずその記述はなかった。

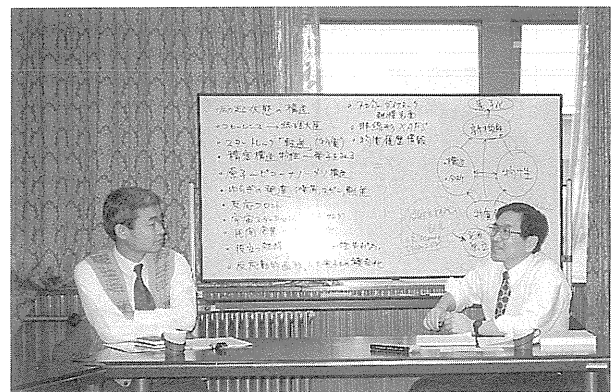


写真7 「皆のレベル向上が大切」と大門氏 (左)。司会役の尾嶋 (右)

木下：現在の研究者がアピールばかりに力を注ぐと、研究が出来なくなってしまうのも現状である。

4. 放射光の物質科学における役割は？

尾嶋：説明ばかりやってもしょうがないので(笑い)、中身の議論をやりたい。ここに書いたように物質科学ではまず新物質の創製があり、それを分析する、構造を決める、そしてこれが物性とどう相関しているか？これが1つのScience。その物質がどういう機能を持っているか？例えば触媒では構造と機能との関係、物性と機能との関係を解明することも重要なScience(図1参照)。More is different だが、とても difficult である。大門氏が言っているが、表面研究からいい触媒が生まれていないという状況になっている。その辺はどうか？2020年には放射光で機能まで predict 出来るようになっていくか？

河合：いまは、測る専門家が測っている。創る専門家が簡単に測れる様にならないと全く新しい物質は出来ない。

XAFS ではだいぶんそのようになっているが。今年のXAFS 国際会議で発表していた人はほとんどが非専門家で、XAFS は one of them で使われている。XAFS の専門家は「こんな会議は間違っている」と言っていた(笑い)。

朝倉：XAFS は放射光の縮図みたいな所がある。9割は単に tool として使っており、1割以下が XAFS の proper。もうベクトルの向きもめちゃくちゃだ。

木下：物創り中心で XAFS をやっている人にとっては、理論とかどうでもよく、経験則に基づいて出来りゃいいんじゃないか、という風になっている。何故そうなるかを考えなくても良い分野ではないのか？

朝倉：XAFS ではある程度構造が直感的に判るので、新

物質創製と構造が関連つきやすい分野ではある。

古宮：民間の研究は2つに別れ、1つはX線リソなどの作って儲かる研究分野、もう1つは今も残っている物性、評価の分野。放射光で商売になるモノは出来ない。

水木：図1のfeedbackが大事。放射光に物づくりの結晶成長屋さんがいなくても、共同研究をすることで作る人に密接に情報を提供できればそれでいい。直接に放射光でモノを作るというのは少ない。我々の申請「命のしずくを作る」も落とされた(笑い)。

中井：放射光では物質情報として構造、組成、状態などの情報が得られる。drug design では構造の情報が直接、医薬品の薬理効果などと結びつくが、固体化学ではまだまだ背景の理論がしっかりしていないので、情報を新機能発現などに直接結びつけることが難しい。周りの学問の発達も大事。超伝導では理論屋がずいぶん活躍したが、結果としては理論屋は何も予測していなかった(笑い)。現在のScienceはまだそのレベル。いきなり物質創製には行かない。

水木：理論的な理解が進んでいないと次に進めないという意見には反対。理論的な解釈がされていないのなら実験屋は、実験事実を整理して自分なりの理屈を構築し、それにしたがって新しいもの作ってみる。もしそれでできたのならそこまでの理屈は正しいということで次に進む。実験屋にとって理論屋さんとの議論は大いに役だが、固体物理の実験屋はやはり実験事実だけを信用していきたい。

尾嶋：しかし、今はコンピュータがかなり発達して、パソコンで第1原理計算やMDがやれてしまう。うちの研究室でも出来てしまう。ここにこの原子をくっつけるとこういう機能が発現するという prediction ができるのでは？近い将来、そういう方針を実験屋に示せるようになるのでは？

水木：それはもう出来ている。C60では斉藤氏がDOSを計算して、高い T_c を予言した。我々は粉を混ぜてみたら、確かに出来た。しかし、モノを作るというのは、データを整理することで説明しながら次に進むことだ。我々でも放射光で新物質創製は可能。

尾嶋：1月の放射光学会年会で plenary talk をやる予定の Hans Agren 氏の講演を聞いたが、彼はいろんな分子について非線形光学定数 $\chi^{(3)}$ を計算していた。どんな分子をどういうふうにスタックしていけば高い $\chi^{(3)}$ を持った膜が得られるか predict 出来ないか？

那須：今は振動子強度すらちゃんとは計算出来ない。つまり $\chi^{(1,2)}$ すらだめだ。ヒュッケル法では出来るが、ちゃんとは出来ない。パリティがなければ dipole 遷移は許容になる、といった程度の話ならもちろん可能だ。

宮原：江崎先生が半導体超格子で Schrodinger engineering を提唱し、うまくいっていたように記憶しているが、これは1体問題だからか？

那須：多体問題となると難しい。ところで、新物質創製と

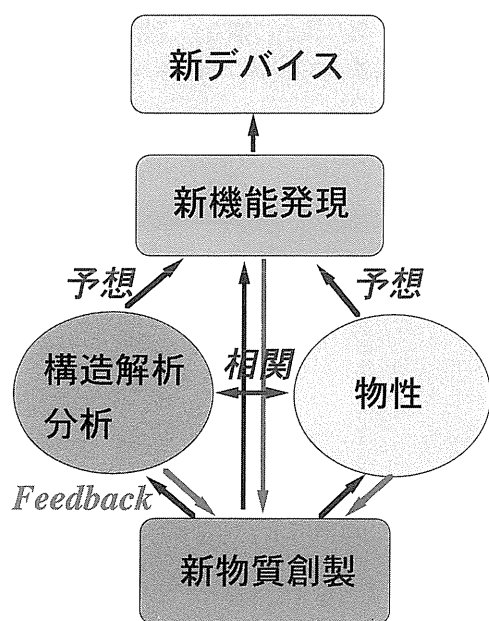


図1 放射光研究と物質科学研究のストーリー

の関連で、光について長いことあれこれ新しい可能性を模索している。いまの分光学は、光がいつも脇役(手段)だ。とんとんとノックして、今、何してますかと尋ねるだけだ。物質、電子がいつも、これに答える主役だ。それだけでよいのか？ これは、基底状態や平衡状態のみを議論しているからだ、励起状態(非平衡状態)を議論する場合は、光はノックの役ではなく主役にもなれると思う。元々、ビッグバンでは光が主役だった。また、最近では、光が物質の転移温度を変えるという話も沢山出てきた。とても重要な事であると思う。

尾嶋：光を当てると強磁性になる物質も含まれるのだろうか。

水木：僕の命のしずくも光でオゾンを作り、励起状態がさらに次の過程に進む。そういうのは放射光で絶対起こると思う。

那須：水素結合の部分を光で選択的に励起し、これにより水素をDNAに放り込むとどうなるかを研究している人がいる。だから、非平衡状態や励起状態まで考えると、ずいぶん光の役割は広がっていくと思う。こういう話になると、いつも、非平衡状態や励起状態は、有限の寿命を持っており、いつかは無くなってしまふ、一過性のものだ、という非難を受ける。しかし、この世に永遠なものなど無い。今の社会も、いつまでもは、持たないし、いずれ太陽系もなくなる(笑い)。目的に応じて必要な程度だけ、ライフタイムが長ければいいだけだ。例えば、アモルファス物質は、集団でいったんため込むと数10年は持つ。人間もアモルファスだから100年くらいは持つ訳だ。

村上：準安定状態でも一度そちらに行かせればいいのか？物質創製を基底状態に限らず準安定状態とか励起状態に広げていけばいいのか？

尾嶋：励起状態の新物質とはどういうイメージか？

那須：アルカリハライドでは、励起状態になるとハロゲン間に局所的な共有結合が出来る。

宮原：X線イメージングプレートを使っている人はその恩恵を受けている。

5. では、どんな放射光が必要？

尾嶋：皆さんの回答にはいずれも高輝度な光と書いてあったが、一体どんな放射光が必要になってくるか？を議論したい。まずコヒーレンスが得意な宮原さん。

宮原：一個の photon の量子数を制御した光は最低条件。それを発展させ、将来、多数の photon の相関を制御できるものが理想だ(第4世代光源)。光子統計と書いたのはそういう意味。photon number state の近いものは極めてノイズが少ない。photon の占有数 N がスクイーズされている状態だ。もう一方は、古典的なコヒーレンス光。多光子が全部位相が揃っている光。そこまで制御出来るか？今は、熱光源みたいなものでノイジー。上記のような新しい光では、S/Nの向上、励起光の相関を反映した励起状

態を創るなど夢は尽きない。ルート N でノイズが減る。多数のコヒーレントな光が入射されると、1つの photon で励起された状態が次に入ってきた photon と関連した相関を持つ。レーザーの人はある程度やっている。多数の photon の相関により意外と長寿命の準安定状態が出来ちゃうかもしれない。放射光の場合には Bose 縮重度を1以上にしなければならない。今は 10^{-4} ぐらい。アンジュレータでは瞬間的に0.1程度(長波長側)。2光子相関は N の2乗で効いてくる現象だから従来と違う physics が絶対に出てくる。

尾嶋：そういう意味でも東大 SOR は絶対必要である。他に20年後のビジョンについていかがか？

大門：テーブルトップの光源が必要。周波数が GHz になればコンパクトな X 線レーザーが出来ると思う。奈良先端大学ではそういうのを計画している。コンパクトリングに挿入光源を入れて X 線まで出す。そうすれば構造解析もやれる。メンテ費用もかからない。

河合：私は科研費萌芽の研究でデスクトップの X 線レーザーを目指して研究を行っている。必ずしもいつまでもシンクロトロンが主役ではない。CuK α ぐらいの波長。まだ夢の世界、あやしい実験だが(笑い)。98年の9月には京都で X 線レーザーの国際会議があり、様々な原理の X 線レーザーが真剣に議論されていた。

宮原：もう少し現実的な話で、LASER の逆コンプトンを使って、強力な X 線を出そうとしている。高工研の加速器ではまともに取り組んでいる人もいる。

水木：電総研、UV-SOR, SPring-8 でやっている。

尾嶋：放射光のライバルはまあ置いておいて、放射光自体は今後どういう方向にいくのか？放射光源からの X 線 LASER をめざすのか？

宮原：SASE と言われているもので、キャビティなしで増幅させようというスキームだ。バンチに波長と同じ濃淡をつけてしまえばいい。X 線を出すためには cm のオーダーではなくオングストロームの長さに濃淡を作ればいい。

中村：SSRL や DESY でもやっている。ユーザーはいない。使いモノになるかどうかまだ不明。SASE はせいぜい可視光までしか検証されていない。これが短波長までいけるのかは実際やってみないと。ビームの質がちゃんと得られるかが今問題。今のところ SASE にはライナックの方がいい。再現性が問題なので、ユーザーが満足できる光が出るかどうか全く判らない。逆コンプトンの実験はもう10年以上前から NSLS でやられている。

宮原：世界最低エミッタリングは筑波 ATF のダンピングリングで約 1 nrad。寿命が短い。東大 SOR はそれ以下をめざしている。高エネルギーの分野では、円偏光レーザをやれば逆コンプトンで円偏光 X 線にガンマ線が出てきて、スピン偏極陽電子が作れる。素粒子の人は遠大な事を考えている。

古宮：もっと身近で安く小さくどこでも使える放射光を作

ることも大切。世の中に与える影響はものすごく大きい。
宮原：高工研中島氏はアンジオグラフィをやる X 線リングを数10億円で作れるかを検討している。

尾嶋：いろんな面白いテーマが出ているが、最近の新しい話題で「電荷、スピン、軌道の秩序」があるが、そういう研究をさらに進めていくにはどのような放射光が必要か？
村上：高輝度と高強度 (high flux) が必要。スピンや電荷の秩序からの散乱強度は極めて弱いので、1 点の測定に数100秒必要。1 点 1 秒で測定出来れば飛躍的にいろんなことが判るようになる。単に量的に得するというのではなく、これまで見えなかったもの (自由度) が検出できるようになり、質的に変わってくる。スピン波は中性子非弾性散乱で見えるが、輝度、強度を増すことによって、放射光では新しい素励起状態である軌道波が観測できるのではないか。何種類かの軌道が縮退したものだと、その混ざり方が伝わる様子を見ること出来る、それが夢だ。分散を見たいので、角度分解能が必要、すなわち高輝度が必要。また、スピン系と同じ様な話が軌道系にもあるだろう。スピン液体に対応する軌道液体状態、スピンの 1 重項に対する軌道の 1 重項、スピンポーラロンに対する軌道ポーラロン等夢はとてつもなく広がる。

宮原：格子の変形を見ているのかどうかの分離は？ 特殊な技術が要るのか？

村上：散乱強度のエネルギー依存性、散乱ベクトル回りのアジマス角依存性、散乱 X 線の偏光特性をみてやれば、分離できる。軌道にとっての格子の変形は、スピンにとっての磁場と同様に考えられる。磁場によって磁気モーメントが誘起されると同様に格子の歪みによって軌道秩序が誘起される。この誘起された軌道の弱い秩序状態の観測が可能になると期待できる。

尾嶋：先端テクノロジーで言うともう数 nm にまで至っている。実用化されている。こういうものを動作している状態で解析することが極めて重要だと考えている。いわば図 1 のデバイス特性を直接見るというわけだ。

古宮：大体いつも死んだものを見ている。そうすると物性値とデバイス特性がほとんど繋がらない。細かい構造が判っても、機能、特性と繋がらなければ意味が無い。評価にスピードのエースはない。2020年については果たしてシリコン LSI が生き残っているかなというレベル。

水木：別にもうええんやないか？ 我々社会は何を望んでいるのか？ もう十分じゃないか、と (笑い)。環境を破壊しながら一見便利なもの？ を作る。全体としてもっとバランスを取って考えないと。

宮原：GaAs を使えば？

尾嶋：2010年には DRAM 8 Gbit, ロジックでは 8 GHz ですよ。シリコンの後はシリコンですよ。GaAs の出番は無いのでは。

水木：細かい構造、状態を解析して特性と対応つけるにはマイクロビームが使えるのでは？

古宮：酸化膜では厚さ 3 nm, 線幅で 0.2 μm 。どうやってシグナルを取って構造を評価するか、が問題。これからは単結晶は終わりで、ポリかアモルファスが主流。top data は膜厚 1 nm 程度だが、工業的には、数 nm 程度であるためマイクロビームは非常に有効。材料的には絶縁膜では高誘電率材料と低誘電率材料、配線では低抵抗金属など元素の種類が増えていくだろう。

大門：今問題となっている薄膜で、電気特性と構造の違いは何桁くらい違うのか？

古宮：約 4 桁違う。

大門：すると今より 4 桁もしくは 8 桁強い光があればいいのか？

尾嶋：シグナルが強くなっても S/N で考えるから、8 桁ではないか？

古宮：電気特性の精度は高く、それに比べて放射光を用いた構造測定でも精度はかなり落ちる。電気測定は平均情報を見ている。

木下：ローカルな構造が特性を支配しているわけか？ だとすれば、EXAFS でその情報を得るのは無理であろう。どのくらいの分解能で見れば良いのか分からないので、光電子顕微鏡 (PEEM) でその情報を得られるのかどうかは不明だが、現状の PEEM の性能では、ある程度の電子状態マッピングが数 10 nm の空間分解能で可能である (写真 8)。

大門：酸化物で状態マッピングをして電気特性と対応つけるためには、Si3+ と 4+ の区別を 7 桁の差についてつけなければならないので、現状では難しい。

古宮：デバイス特性評価には定量性が要求される。X 線はその点優れているので期待出来る。しかし、SOR でやってほしいときに、今夏休みで止まっている、ということになるとあてにされない。便利な小型 SOR の開発により今の放射光とローターフレックスのギャップを埋めてほしい。

宮原：空間分解能を上げるために、高エネルギー光が必要



写真 8 「PEEM の分解能はすごい」と木下氏 (中央)。

だ。高エネルギー光を使って低エネルギー励起の状態を見てみたい。UPS で見るような情報を硬 X 線で見れないか？ ラマンのように。

水木：放射光を照射して何らかの変化を電気特性の変化で見るとかを考えている若い優秀な研究者がこの近くにいる。

尾嶋：放射光科学の進歩はある意味ではいろんな分解能を向上させることであった。エネルギー分解能、空間分解能、時間分解能、角度分解能、スピン分解などだ。everything-resolved spectroscopy だ。佐々木氏は状態識別構造解析をやっておられるが、その展望は？

佐々木：原子の価数を分けるということだが、放射光にしてもこれまでの蓄積があったからこそ出来る技術といえる。今はエネルギー分解能を上げている段階だが、今まで見えなかった構造転移が見えてきている。今まで1つの軌道と思っていたのが違うとか、結晶内に原子がいるといっても単純な理論的描象とは違うとかで、どうやって存在しているのかが（一般受けする描象で）判らなかった。これは More is different の例で、これをエネルギー・空間・時間的に分けていければいいと思う。

宮原：今の X 線のテクニックは1次コヒーレンス光しか使っていない。2次コヒーレンスが効くような実験が面白いのでは？ 強度相関を取るわけだ。スピンのゆらぎと電荷のゆらぎがどう違って見えるか？ 1つの測定で同時に見えるか？ 電子はパウリの原理に従うので、電荷をポアソン分布にすると、スピンの方がポアソン分布になれなくて困っちゃうんですよ。そのようにゆらぎが違って見えるはず。

水木：Mn 酸化物の系はまさにそれで、物性とはそういうもの。そういうものが効いていてフェロになったり反強磁性になったりしている。

那須：スピンの2個相互に逆に反転すれば、通常の可視光でもちゃんと見える。2マグノンラマン散乱がそうだ。いわゆる「電荷とスピンの分離」と云われている問題は、多体系でのスペクトルの形状の解釈をその様な観点から説明すると分かり易いと云う程度の問題であり、一個の電子の電荷とスピンの分離しているのでは無い。

6. そろそろまとめを！

尾嶋：かなり議論も煮詰まったようで、そろそろ放射光の夜明けも近いようなので、この辺でまとめたい。今日の話は1)高輝度放射光で見えなかったモノが見えるようになる、2)放射光で物質の構造、物性が判り、機能との相関、デバイス特性との相関が判るようになる、3)最先端コヒーレント放射光とテーブルトップ放射光の棲み分けが必要、4) More is different. 物質科学の独自性をもっと主張すべし。5)放射光と教育、大学との関連の重要性、6)若い世代の育成、などであろうか。

坂田：2020年どうなっているか？ SPring-8, PF, 小さ

な SOR がいっぱいあるのか？ それとも新しい物が出来ているか？ PF がしぶとく残っているのか（笑い）。

宮原：若い研究者の育成も大切。その働き所の確保も、現実問題として重要。広大で SOR が出来たのには大きな意味がある。すそ野が広がる。周りの大学にも刺激になる。

尾嶋：学生時代に放射光をやったからそのようなポストに行かなければならないことはない。放射光研究は非常にいい interdisciplinary な教育だと思っている。

坂田：放射光がお金がかかるということは、90%の強力なサポーターを必要としているということ。残り10%の人はこんなすごいことが出来るということを示さないといけない。未来は明るいと思うよ（写真9）。

宮原：広島や立命館に SOR が入ったのは非常に大きい。

村上：放射光ソサイエティのすばらしいところは、異分野の研究者のルツボである。これがとてもすばらしい点である。この点を生かして交流を広げれば新しい science が生まれてくる。こういうソサイエティは新しい学問の芽を作っていけるということを強調すればよい。その為にもユーザーを増やす必要がある。1ヶ月に1回は使えるようにする。feedback を早くする為には、すぐ使えるという要請も出てくる。

坂田：僕は放射光の人たちは本音を出すのに時間がかかっていると思う。コミュニケーションを良く取り、「粘性の少ない」状態にしたい。反対ばかりのある、「摩擦の大きい」状態は論外だが、反対はしないが、レスポンスが悪く、動きづらい「粘性の高い状態」になるのが良くない。

古宮：民間ビームラインでは、「量」の実験が可能。同じ実験を繰り返し出来る。いいモノを作るのに必須。しかし、通常は質が優先され、申請では通らない。量の実験も必要である。

坂田：さまざまな実験の要求に応じた施設が必要。

尾嶋：昔は、応用研究は審査における評価が低かったが、この点は改善され、この研究の価値は何か問われるようになり、応用研究の評価も高くなりつつある。

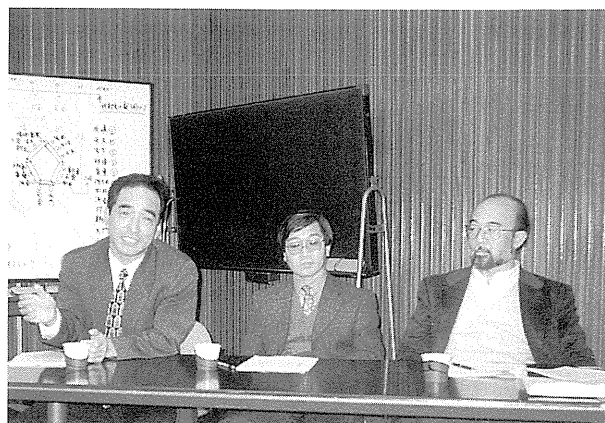


写真9 「放射光の未来は明るいよ」と坂田氏（左端）。



写真10 終わってからも白熱した議論が続く。

古宮：SPring-8は民間でも申請が出来るが、PFは民間単独では出来ない。敷居が高い。民間と大学が共同でやればよい。宝の持ち腐れ状態というのもある。

宮原：放射光がまだ自立していないというのは、千人以上の会員のいる学会で研連に委員をちょぼちょぼしか出していないのはめずらしい。まとまりの意識も低い。あまり「民主的」にしていると何も決まらず力が発揮できない。逆に、たとえば原子物理など小さいグループが本気に団結していると、研連に委員も出し力を出している。

尾嶋：以上、かなり本音の話が出てきたが、要するに「放射光の未来は明るい」ということかな？ 私も長くやらせてもらっているが、こんな恵まれているところはないんじゃないかと常々思っている。いろんな人と議論でき、新しい分野も生まれている。光源の人たちに感謝せないかと思う。那須さんが言うように現存する他の様々な分光光学の分野に比べれば放射光の将来は大変明るい、ということで締めさせていただきます。3時間半もおつきあい頂きありがとうございました（写真10）。