

## 学会設立特別座談会 No.2

座談会出席者（着席順）

石川哲也(KEK)、村松康司(NTT)、斎藤則生(電総研)、  
三橋利行(KEK)、神谷信夫(理研)、高橋 隆(東北大)、  
谷口雅樹(広大)、福井一俊(分子研)、磯山悟郎(物性研)、  
平井康晴(日立)、 司会 大柳宏之(電総研)

(1988年7月16日収録)

大柳 放射光学会誌創刊号に続いて、放射光科学の現状および将来についての座談会を今回は30代以下の研究者の方にお願います。今回は効率的に話を伺うためにいくつかのテーマに話を限って御意見をうかがうことにします。具体的には、まずマシンの光源としての質について、次にマシンの運転・利用形態について話を進めたいと思います。ここに出席されている方々は現在すでにSRの経験を積まれているわけですが、次世代リングを用いた新しい研究にも積極的に加わる方も多いと思われれます。そこで将来のリングについてもマシンは、また利用形態はどうあるべきかといった点についてお話をうかがいたいのです。まずマシンの質という点について現状と問題点を議論することから始めたいと思います。

三橋 マシンの質といわれますと、先ずはエミッタンスをどんな値にするか。2番目にマシンを実際に運転しましたときに安定に動くかという問題です。3番目として挿入光源についての問題です。そして従来のマシンはほとんど電子のマシンですが、ポジトロンを回したほうが放射光には有利ではないかという問題があります。以上の4つぐらいが大きな話題でしょうか。現在の高エ放射光では、2年前に低エミッタンスモードの運転を開始し、エミッタンスは120ナノメートルオーダーぐらいだったと思います。

2番目の安定に動くかどうか、中を回っている

電子ビームが、インスタビリティを起こして、安定に回らないというような問題はむずかしい問題ですが、現在では実験にさしさわりのない程度におさえられています。また、インスタビリティとは異なる問題として光の位置が動くというような問題もあり、これについてはフィードバックを行って安定化するようなことを行っています。挿入光源については、アンジュレーターが一台、マルチポールウィグラーが一台、超伝導の縦型ウィグラーが一台動いており、物性研と共同で作ったアンジュレーターが立ち上げ中です。また、理研と共同で作っているマルチポールウィグラーが来年動き出す予定です。

それからポジトロンの蓄積については、今年の



大柳宏之氏

3月にテスト的に蓄積の実験を行い、色々とインスタビリティーの問題や新しい問題が出ました。その後何回かのスタディを行って、現在ユーザーランでテスト運転をしています。

大柳 三橋さんからマシンの質に関して問題を出していただいたんですが、磯山さん、物性研ではどうでしょうか。

磯山 ひとくちにシンクロトン放射の施設といえども、できた年代によって、ずいぶん光源の質が違う。それから光の利用範囲も違いますし実際にどういう使い方をするかも違ってきます。田無のリングの場合にはビームサイズそのものはいきたい中間的な大きさではないかと思う。初期にできたわりには小さいビームサイズです。その点はうまく設計されている。

ビームの安定度という問題に関しましては、実際のところは加速器サイドの問題としてどのくらいそれをモニターできるかという問題があるわけですが、残念ながらわれわれはそういう装置を持っておりません。実際に光を使っておられるユーザーの方がそういう現象を観測し、ビームが不安定で動くというのは何回かあったんですが、本質的には小さいリングですから光源点と観測する、または利用する点というのがあまり離れていない。特に制御とかは気を使っていないんですが、十分に使えるような規模の加速器です。



磯山悟郎氏

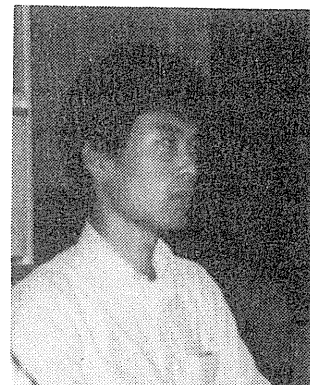
次に利用の仕方なんですが、日本ではいま高エ研の放射光実験施設を中心に挿入光源の明るさを積極的に利用する方向に向かって進んでいます。これはリングのいちばん最初の設計によっておりました、たとえば田無のリングでは残念ながらそういうものが利用しにくいということがあります。

それで高エ研にお願いして明るいビームラインを作るために、アンジュレータその他を建設させていただいて、利用していこうとしています。

大柳 分子研UVリングの場合は大きなリングとは違った問題点があると思うのですが、現状は？

福井 UVSORしかわからないので、エミッタンスが他に比べてどの程度の位置にあるかというのは分かりません。渡辺さんに聞きますと、現状のリングの中ではいいほうだということです。

ビームの安定性に関しては、発光的から分光器のところまで距離が短いせいか、ユーザーから文句がない。ですからいまのところそれは問題ない。むしろ、新しく立ち上がったビームラインが初めて光をもらうとき、大量のガスが発生し、それがリングの真空を局所的に悪くする。それによるビームサイズの不安定性がおこる。縦長になったり横に長くなったりして不安定になる。そういう不安定性のほうが問題で、むしろわれわれがいうところの出射部、PFでいうところの基幹チャンネルの真空度をいかにあげて光をあびたときというふうによくガスを排気するかということがむしろ大事です。



福井一俊氏

UVSOR は四つの長直線部がありまして、そのうち1カ所はシンクロトロンからの入射に使っています。あとの3カ所にはウィグラー1台とアンジュレータ2台があります。ウィグラーは来年の3月に新型に入れ替えます。アンジュレータの一つはすでに共同利用されています。もう片方はマシングループのFELの基礎研究用です。二つのアンジュレータを同時に入れるとビームの位置が動くそうです。それでFEL用のアンジュレータはマシン・スタディ以外は抜いてあります。もう片方のアンジュレータは常に入っていますが波長スキャンのために、アンジュレータのギャップを替えると、ある所からビームポジションが動いてしまって、いくつかのビームラインにトラブルが起こります。だから入射直後にギャップを替えて、次の入射までそのまま利用します。陽電子に関してはまったく分かりません。

**大柳** 次に電総研のTERASについてお願いします。

**齊藤** TERASはいま改造中で動いていませんが、改造前のビームについて説明します。まずエミッタンスですが、それほど良くないために改造しているわけです。以前、シンクロトロン放射を絶対光源とする実験をしていた時には、X線領域ではエミッタンスによって非常に強度が変わりました。角度分布をとってみますと、エネルギー、

電流により時間と共に刻々とエミッタンスが変化することが観測されました。

それから安定性ですが、分子研と同じように光源から近いものですから、ミラーでスリットに集光させても、光源が動くために光がなくなるといことはほとんどありません。

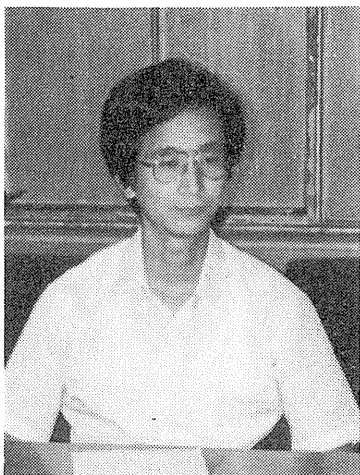
それから挿入光源ですが、自由電子レーザーと円偏光アンジュレータを現在開発中です。現在、挿入されている円偏光アンジュレータは周期が3.5で少し短いですが、偏光を自在に変えられます。偏光を変えるには磁石を動かすのですが、電流の小さいときには磁石を動かしても電流が落ちないことを確認しました。電流が大きいときは動かすと電流が落ちる可能性があるので試していません。

それからFELはリングのエネルギーを低くして可視光で実験をしております。FELの問題点は、電子のエネルギー幅とエミッタンスを小さくせねばならないことです。ビームエミッタンスを小さくなるようにリングを改造しております。エネルギー幅を小さくするのは今後さらに改造する予定です。**大柳** 電総研は陽電子ビーム発生はやっているわけですね。それで蓄積のモードはどうですか。

**齊藤** 現在、直流の低速陽電子ビームの発生に成功しておりますが、これをリングに入射して蓄積することは考えていません。陽電子ビームを使って物性研究に応用していく予定です。

**大柳** それでは先ほどの件に戻りまして、アンジュレータの光で固定波長の光を出す以外にスキャンができるということであれば、軟X線領域に吸収端を持つ軽原子の吸収スペクトルや共鳴光電子分光実験に大変便利であるわけですが一方ではビーム位置の変動という厄介な問題もあると思います。これについてはいかがですか。

**石川** アンジュレータのギャップを動かして、ビームの位置を動かなくするということは、私が所属している測定器の問題というよりはむしろ光源の問題です。PFには動いているアンジュレータ、



齊藤則生氏



石川哲也氏

ウィグラーが二つあります。ひとつはBL2の軟X線アンジュレータで400 eV から上が出るわけです。もう一つは2番の対称点にあるBL16にアンジュレータにもなるし、マルチポールウィグラーになるようなものがあります。それをギャップを替えながら運転したいということが、われわれの要求だったわけです。

ギャップを替えながら運転して、ほかのビームラインを使う。もちろんマルチポールウィグラーの光も同じところに出てもらわないと困るわけですが、むしろそこを動かすとほかが動くという問題が出てきた。それに対しまして特に光源系の北村さんを中心としましたインサーショングループの努力によって、ウィグラーの漏れ磁場、地磁気の影響、ケーブルからの漏洩磁場の影響を両側にコレクションマグネットを入れてとっている。

そういう方法によりましてギャップを替えてもビーム位置が一応動かないという運転が1週間前までできていました。1週間前からPFリングの入射がポジトロンに変わったわけです。ポジトロンに変わりますとウィグラーの漏れ磁場は極性が変わりません。地磁気も極性が変わりません。ただポジトロンを回すわけですから、周りのベンディングの電流を流しているケーブルから出てくる磁場が逆になる。いままでは全部の場に対して補正を行っていたものが、極性の変わるものと変わらないものが出てきてしまった。それで1週間前からギャップを変えてはいかんということになっています。

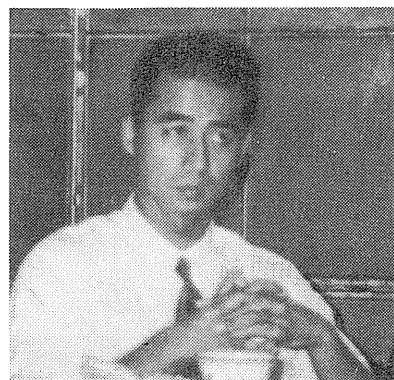
ただそれもまたスタディをやり直してエンドコレクションの値をしっかりと決めていけば、またエレクトロンのときと同じようにビーム位置が動かずに運転ができるものと考えられます。

大柳 いまのアンジュレータの問題については村松さんいかがですか。

村松 いまの16番のことでちょっと加えたいんですが、16番は去年の11月に始めたんです。12月から3月ぐらいまでビームライン焼出し実験を繰り返しました。そのときまではアンジュレータモードでは一応ビームは動かない。しかしウィグラーモードにすると動く。その後にいま言われましたように、北村さんたちの努力でウィグラーモードでも動かなくなった。当初からアンジュレータモードではほとんど動かないので、自由にギャップは替えられることになっていました。

挿入光源ですが、リングに関する問題点より測定系としては素子の問題、耐熱性問題が非常に大きくありまして、今後われわれはそういう方向に力を入れていかないといけなと思っています。将来大型の高輝度リングが出てきたときも必ずついてまわる問題なので、できたらそういうような素子の開発について、あとで話をいただきたいと思っています。

大柳 光学素子の問題は近い将来非常に重要なテーマになってくるだろうと思います。実際にいまやっておられる実験に即してお話を伺いたいのですが、平井さん、日立のビームラインはいまの光



村松康司氏

源でもってどの程度満足されているか、将来についてはいかがですか。



平井康晴氏

**平井** 主に我々の経験ですが、軟X線の吸収スペクトルを測定する場合、問題になるのはノイズなんです。試料によっては非常に小さなサイドピークがあるかないかというのが問題になる。そういう場合にビームがガタガタしますと全然測定できない。

試料を持ってきて測定しますと、いちばん最初に実験したときはビームは静かでうまくいきました。ところがまったく同じ条件で同じサンプルを次の回に測定すると前に取れたようないいデータは取れない。あとでよく調べてみますと前にとれたいいデータはウィグラーがなくて、ガタガタのデータのときにウィグラーがある。それでウィグラーがないときに測定することにして、しばらく待ちますと、ウィグラーがなくなってから数時間するとききれいなデータが取れました。

ぼくらの測定技術に問題があるのかと、ほかの装置で実験している人に聞くと、やはり突然きれいなデータがとれ出したという話です。ですからインテンシティーもほしいんですが、非常に安定したビームもほしい。

それから陽電子は非常に期待していたんですが、いまのお話を聞きますと別のインスタビリティがあるということで少々がっかりしました。われわ

れは長寿命で安定なビームを希望したい。たとえばスペクトルを測る場合インテンシティーが弱いと長時間ためこみをしないとイケない。1つのデータ取得に数時間なんていうときもままある。そうしますと打ち込んでから数時間で、へたすると次の入射に引っかかる。ですから長時間に渡ってビーム強度が変わらないような光源がほしい。

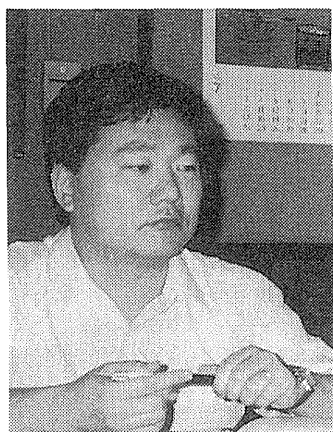
それからX線のマイクロフォーカス化を目指していろいろな実験をやっているんですが、この場合ビームは低エミッタンスが必要です。リングはどんどん高エネルギー化して、高エネルギーのリングをつくる話があちこちにあって、私もそれは大賛成なんですけれども、ビームの低エミッタンス化、長寿命化、安定化という押さえるべき問題があるのではないかと。それは別に高エネルギーでなくて、中低エネルギーでやっていただきたいなと思います。

あと陽電子に関してはいま結構打ち込みの時間がかかるということです。陽電子の発生効率を上げる研究も大事だと思います。

**大柳** 確かに陽電子についていえば寿命が長いということがありますが、現状ではまだ入射ビーム電流が小さいために入射に非常に時間がかかっている。ユーザーサイドの立場からは、コンスタント・カレントソース、すなわち常にカレントが減らないというビームが理想である。ぜひ可能ならばマシンを設計する人に実現していただきたい。

フォト・エミッションについてずっと経験を積んでこられた高橋さん、現在のマシンに対する意見はありますか。

**高橋** 私達のグループではごく最近PFのBL2で、希土類からのX線のエミッションを見てやろうといういろいろ実験をやりました。希土類の4f-3dの緩和の際に出てくるX線を見る実験です。電子線ですと多重励起が起きて、ちゃんとした4f-3dの発光が見えない。それを光の励起で見てやろうということです。しかし、シグナルはノイズの中に隠れてしまって見えませんでした。



高橋 隆氏

ですからもっと強い光がほしい。できれば今の100倍ぐらいが必要です。分光系のアライメントの問題もあると思うんですが、実験はそれらをベストな状態で行ったはずですが、それでも非常に弱い。ウィグラーとかアンジュレータを使った場合でも、現状ではまだまだだと思えます。

石川 輝度が100倍という意味ですか、それともインテンシティーが100倍という意味ですか。

高橋 試料の関係からいえばインテンシティーです。試料自身は結構大きいものですから、現状ではスポットサイズはあまり問題にはなりません。

三橋 出てくる光の粒は中を回っている電子の粒の数に比例しますので、輝度を問題にしない場合は電流をいっぱい流せば光は強くなります。しかし100倍電流がためられるかということ、現在ではまずむりです。

高橋 それは現状の技術の問題点で、ユーザーとしてはそこを是非克服してもらいたいと期待しています。

石川 いま100倍という話があったんですが、絶対値としてはどれくらいのフォトンがくればできるんですか。

高橋 そのへんの評価は大変難しいところです。BL2は強いということを知っていたものだから、BL2なら絶対出てくるだろうと思ってやってみたんです。でも、出ませんでした。

石川 アンジュレータの光ですから、その切り方

によって、いくらでも桁が変わってしまうわけです。ですから絶対値がどのくらいあれば出る、それに対してBL2がいまどのくらいあるということをおっしゃっていただかないと、ほんとうに光源の問題なのかどうかというのは見えてこない。エネルギーとして何eVぐらい。

高橋 エネルギーとしては2000eVぐらいの光です。

石川 スポットサイズは？

高橋 それはあまり問題ではなくて、5ミリ程度です。フォトンナンバーについては先程も言いましたように、クロスセクションの評価が難しく、まだできていません。

石川 たぶんいまのパラメータですといちばん良いところを使って $10^{12}$ cps だと思います。その100倍というと $10^{14}$ cps のフォトンがあればということでしょうか。

高橋 ユーザーとしてはいくら光が強くても悪くはないわけで、そのへんはマシンの方々に是非お願いしたいと思っています。

大柳 いまの高橋さんのお話は、次世代の光源について今後のマシンはどうあるべきかという意味では重要な点です。これまではユーザーはでき上がったマシンを利用するのみという状態でした。今までは仕方がない話ですが、今後はユーザーがもう少し具体的な物理量の注文を、例えばbrightnessやフォトン数について、どんどんつけていただいて絶対的な値を少しでも出していただくマシンの方は設計がしやすいと思います。

もうひとつチューナビリティについては高橋さん…？…。

高橋 それは絶対と言っていいくらい重要です。今回の高温超伝導体の実験でも高温超伝導体が非常にコリレーションが強いということは言われていたわけですが、それを一番はっきりと示したのが共鳴光電子分光で、共鳴光電子分光実験には励起光のチューナビリティが不可欠です。私自身が持っているシンクロトロンイメージとしては、

まず光のエネルギーが変えられる、なおかつ強いというイメージです。

谷口 いまユーザー側からフォトン数の絶対値を具体的に出すという話が出ましたが、非常に重要な事だと思います。これに関連して、特に、高エ研と分子研の軟X線、或は真空紫外域のアンジュレータ用ビームラインについてお聞きしたいのですが、光だけは、2桁も3桁も強くなって出て来た、しかし、それでは光源が100倍強くなったからほんとうに分光器から出て来た光も100倍になるのかということ必ずしもそうではない。例えば、振り分けミラーや前置集光系のミラーが熱負荷によってどんどん変形して行って、放射光が本来集光すべき位置に集光しなくなる事があります。そうすると、分解能は悪くなるし出力も減る。だけど、熱負荷が少なくなって、極端な事を言えば、ビーム電流は少し少なくなったほうがかえって出力が大きくなるという事だってありうるわけですね。そういう観点から何かデータの蓄積がないかと、大変興味を持っています。

大柳 いまの点に関してはPFではアンジュレータとマルチポールウィグラーの切り替えが実際行われていますので、その話をさせていただきますか。

石川 そのへんについては実はX線領域を月曜の朝4時ころから始めまして、リングカレントをどんどん削っていきながら、二結晶モノクロメーター

のアウトプットを見るという実験をやったわけです。その結果おっしゃるとおり、リングカレントにリニアにはなっていません。リングカレントにリニアにならずに、リングカレントが上がったところで傾きが変わってくる。そういうことは確かにあります。

谷口 傾きが変わった時に、それは強度だけを見ていると一見強くなっているように見えても、実効的な分解能が損なわれているという事では、また困るわけですね。その点はいかがですか。強度は増えた、だけどやっぱり寝てくる領域では分解能がどんどん落ちて来る。そういう性能試験、或は評価というのは、実際にどの程度行われているのでしょうか。

石川 分解能は二結晶分光器の場合、ロッキングカーブの幅からエスティメイトすることができます。幅もやはりだんだん広がっていく。

神谷 PFのBL-16の二結晶分光器にかかるトータルパワーはいくらですか。

石川 分光器にかかるX線の場合、いまは1.5kWです。

大柳 アンジュレータ光の場合はずっと小さいですね。どのくらいになりますか。

石川 十数分の1です。だけどヘリウム窓がないから。数百ワット。

村松 アンジュレータの場合もビームラインの効率だと思っんです。それについて16番のモノクロを設置する前に16番の光源の絶対測定をして、アンジュレータ光源のスペクトルを得ました。そしてモノクロをビームラインに入れたときのスペクトルを今週から取り始めている。ですからうまくすればその二つを比較して、ビームラインの効率を推定できる。

谷口 PFではいまのところこの種の問題はホットな話題で、まさに実験が行われつつあるようですが、分子研の様子はいかがでしょうか。

福井 分子研はミラーによる振り分けで二つ分けてるんです。3A1と3A2です。3AX2は定



谷口雅樹氏

偏角分光器の立ち上がりが遅くて、実際分かっていません。SOR光とアンジュレータ光の両方が取り込めるようになっているので、そういう比較はできます。ビームカレントと実際のアウトプットの関係はまだチェックできてません。

谷口 将来、例えば、オールアンジュレータリングを考えたとしましょう。リング内には一定の蓄積電流がある。それに対して各ビームラインごとに負荷が全然違うものだから、各ビームラインで最適な状況で実験をするという事は出来にくい様な状況が出るのじゃないか。即ち、あるビームラインで最適な状況にするためにはちょっとビーム電流を減らすとか、あるビームラインで実験する時にはもうちょっと多くしていい。そういう状況が出て来るのではないか。それは、いつに光学素子の性能や使い方にかかってくると思うんですがやはり、フォトンファクトリーなり分子研なり、実際にインサクションデバイスを動かしていらっしやるところで、その種のデータをどんどん蓄積して頂く事が、こんごますます重要になって来ると思うんですが。

大柳 実際にこれから大型光源を設計するという場合に、どうしてもマシンの人からすれば最大公約数的なパラメータに置き換えざるを得ない。そうしてそういう光を使って今後ユーザー側が最適化をどうするかという問題になる。

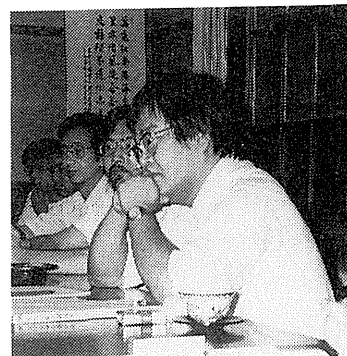
光学素子の最適化という問題に関しては、実際いままで放射光をずっと使ってくる上でトップレベルの仕事をするということが非常に重要な課題であって、まずデータを出すということが優先されたこともあって、十分考慮されていたとはいえない事情だと思うんです。ですから今後新しい光源をつくるという上で、今後は時間を充分かけて最適化をするということが重要になってくる。

いままで現状についてのお話を聞きましたが、時間も相当たってきましたので、今後新しい光源をつくる上でどういうことをしてみたいか、具体的な話をご発言願いたいと思います。神谷さん、

いかがでしょうか。

神谷 われわれ蛋白質の結構構造解析という仕事をしている人間にとっては、試料の問題なんですが、結晶の散乱能が非常に弱いという性質がある。蛋白質の結晶化というのはなかなか大変な仕事なんですけど、やっとの思いで結晶化に成功しても、結晶が大きくなるとか、X線ダメージを受け易いとか、いろいろな困難があって、実験室レベルでの構造解析は断念せざるを得ない、そういう結晶は世の中にいろいろとあります。蛋白質に限らず生体巨大分子の結晶構造解析はいわゆるモレキュラバイオロジーの基礎でありまして、構造解析例がどんどん増えればバイオロジーを分子のレベルで記述するというモレキュラバイオロジーの基本的な考え方を実現することができます。

今後新しい光源に対して望むことというのは、そういう考え方からすると、高い輝度です。さっき輝度の話とフラックスの話が出ていましたが、なんらかのきちっとした光学系を組むことで、高い輝度でできるだけ高いフラックスを得る。低エミッタンス化して高輝度化すると集光光学系を使ってフォーカスを結ばせるときには、そのフォーカスの大きさが小さくなるわけです。将来の高輝度光源では、現在に比べて7ケタとか8ケタ高い輝度が得られると言われていますが、フラックスの上では数ケタしか上がらなくてその代わりサイズが小さくなる。いままでだったら大きさで制限されていて、構造解析できなかったサンプルが構造解析できるようになる。そういうことになるだろう



神谷信夫氏



がありました。

**高橋** 私がこの提案をしたのは、いちばん最初にPFを使わせていただいた時には、こちらは何も分からないわけですからPFのスタッフの方にいろいろと手伝っていただいた。それでデータがとれて論文が書けました。しかし、よく考えてみると、インハウス・スタッフの方には私達のいわば小使いさんのようなことまでもやってもらっているのじゃないかと思うようになったわけです。いつ行っても、インハウス・スタッフの方は測定器の保守・管理に忙しそうで、とても自分の研究をやるだけの時間がないように見える。

先ほど谷口さんが言われたように、インハウススタッフの方の向上がなければビームラインの向上もない。ひいては私達の研究の向上もないわけです。それには人数の問題もあると思います。たとえば各ビームライン担当の人数を2倍にする。具体的にそういうことがなければ、おそらく個人一人一人の能力だけでは無理だと思います。スタッフの数を2倍とまでいかななくても1.5倍ぐらいにして、時間的な余裕を作る。夜はちゃんと家に帰っていただいて、(笑)昼間のある時間は自分の机に向かって考える。

これは亡くなられた佐川先生御自身が言っておられたことです。PFのスタッフは忙し過ぎて自分自身の勉強と研究の時間がないんじゃないかと。私もそういうことを常々思っているものですからこの機会にぜひ声を大にして言いたいと思います。

**大柳** マシンの利用形態については各施設でだいぶ状況が違うと思うんですが、分子研はどうですか。

**福井** UVSORは分子科学研究所という研究所に化学のためのSORをつくらうということをつくったものです。ということはSORを作る前から、すでに研究部隊がいて、そこにSORをつかったので、4本のビームラインは所内専用のビームラインです。但し、所外からも協力研究という形式で利用出来ます。高橋さんが使われたのは所

内のラインです。このラインは藤本さんが専属で研究をやっています。

残りの10本のビームラインは施設利用としてオープンされています。そこがぼくのいるところですが、そちらは完璧にスタッフ不足です。先ほど谷口さんが言われたような時期にやっと入ってきたかなと思うんですが、いまでも忙しい。自分たちもマシンタイムがありますが、やはり施設利用という申し込みを書いて、ビームラインを使っているわけです。それで何をやっているかという整備が主になる場合もあります。

ただし、何かやらないと、全然ビームラインの悪いところは見えてきません。ふつうにどうぞ使ってくださいという感じでやっているのと違って、自分でやってみると、これは気に要らんというのがたくさん出てくる。ですからやはりそのビームラインで仕事をしないと人もラインも潰れていくのじゃないかと思えます。谷口さんのおっしゃることとまったく一緒です。

**大柳** 物性研リングの利用形態についてはいかがですか。

**磯山** SORリング自身はずいぶん古いリングでして、利用形態というのは実質的に10年以上、少なくとも施設ができてから13年以上ぐらいになると思うんですが、その間でずいぶん変化しております。初期のころは建設をされた方が中心になって使われる。それからその後もいわゆるシンクロトロン放射の真空紫外の領域の専門家が使われている時代が長かった。

その後フォトンファクトリーが動き出してからは、そういう方の多くは高エ研のほうを使われるようになりました。われわれのところは非専門家がシンクロトロン放射を使って実験をされるというときに使っていただいている。そういうユーザー層というのはかなりあると思うんです。

逆に言うと、それが谷口さんがおっしゃるよう負担になるわけですが、実際のところは新しい施設と競争するためにサービスをよくしていると

言えるのではないか。あるラインでは、サンプルさえ持ってくればデータが取れるような体制になって、ビームライン1本ずつに人が1人ずつついていて、かなりの度合でお世話をしていた。また現在しているという状況です。

これが普通の利用形態なんですけど、もう一つ田無のリングでは生物グループがビームラインを持っている。物性研で提供しているのは偏向磁石の出口のフランジまでで、その先の差圧排気系ですとか分光器ですとかサンプル、チェンバーは全部生物グループで準備されて使われている。

生物グループは大きなグループの一つのまとめりなんですけど、その中でもいろいろな小グループがある。その共同利用のお世話というのはわれわれがやっていくのではなくて、むしろユーザーの方が人を出されて、また同じような小さなグループの世話をされるというのが特徴的なビームラインです。ですからわれわれのほうはほとんどタッチしていない。ただお使いいただいているということですよ。

**大柳** 現状についてはほかのリングのお話も伺いたるところですが、まずこの辺でまとめたいと思います。スタッフのオーバーワークという問題が出てきました。もう一つは将来のマシンはどういった使われ方をしたらいいのかという点です。それは各マシンの性格によって違うわけで、全く同じレベルで議論するということは難しいと思います。先ほどの議論を踏まえまして将来のマシンの姿としてどうあるべきかについての御意見を全員の方をお願いします。

**神谷** 大型放射光計画の話で利用形態が問題になるだろうということで、それを話し合っていたきたいと申しましたけれども、いまのところまだ科学技術庁の大型放射光計画ではユーザー側の盛り上がりというか、意見のまとめというのはでき上がっているわけではありません。ご存じだと思いますが菊田先生をはじめとして次世代大型X線光源研究会というのが発足して、やっとそれが議論の

場にのぼり始めたという段階です。

私としてはそういう場にも積極的に参加して自分なりの意見を述べたいと思います。インハウススタッフの問題がさきほどから議論されていますが、たとえば一つのビームラインに2人の担当者をつけるということはできないか。そういうことができたとしたら、たとえば半年ごとに分けて、Aという人は半年間装置の開発、メンテをやる。Bという人がそのときにはユーザーとしてそれを使っているということができれば非常にハッピーじゃないかと思うんです。

もう一つ利用形態で問題になるだろうと思うのは共同研究だと思います。装置が大型になって、そこから出てくるインプットがいいものになればなるほど、非常に多くのいろいろな分野の人が様々な実験技術を持ちよって研究が行われるということがあるだろう。

これはまさにこれからそういう仕事をするだろうわれわれの世代の問題だと思うんですが、どんどん積極的に共同研究を進めて、実績を上げていくことが重要なんじゃないかと思います。

それから大型放射光が目指すユーザー層については非常に特殊な、放射光利用についてトップレベルの人だけが使う装置と定義するのか、現在のPFのように非常に多くのユーザーを取り込んで一般的な装置と定義するかは現在のところはっきり分かりません。しかしながら、私の考えでは大型放射光とはいえ、その両者をうまくオーガナイズするということは必要に思います。当初から利用者はトップレベルの人だけでやる、みたいな格好で進めようとするといろいろなところで問題が出る。あるいは若手の養成という話もありますがそれも実現不可能になると思います。

**大柳** 大型放射光の問題につきましてはいろいろな情報不足で、実際にわれわれが研究に参加することが明白なんですけど、それにも増して情報というのが少ない。そういった中で将来あるべきマシンの分類をしてみると、どういうマシンであるか

大まかには見当がつく気がします。この点に的を絞ってもう少し話を進めたいと思います。

まず共同利用の形態としていろいろなことが考えられるわけですが、もちろん企業の方もこれには関心を持っておられると思います。平井さん、企業の立場からはどういう利用形態にしてほしいですか。

平井 私たち高エ研では施設利用というかたちで使わせていただいているわけです。ある割合を外部の方に使っていただく。ビーム1本借りるということのメリットは実験がこま切れにならない点にあります。瞬間的にワットとやるのではないので、少しずつものごとが蓄積できる。私たちとしてそれはありがたい話です。

もしそういう将来計画にあたってビームを使うことに参加するならば、やはりこま切れでない実験ができればいい。それから装置があるから何か使ってみないかというかたちで参加するのではなく、やりたいことがあるから自分はこういう装置をつくる。そういうスタイルでないと結局は長続きしないと思います。だから自分が何をやりたいということをはっきり把握した上で参加する必要があると思います。

それから大型リングに関してはさっきの大は小を兼ねないということで、その通りだと思います。それからたとえばインサクションデバイスを組み込んだリングがいまアメリカとかヨーロッパではやりですが、やはりつくるならそれを超えるような、もっと新しいアイデアを盛り込んだようなものにすべきではないか。私自身はそういう専門家ではないから分からないんですが、斬新なアイデアを盛り込んだ装置になってくれれば良いと思います。

それから超小型リングの話になるんですが、実際にリングが小さいと、それに合わせてビームラインを取りつける際、あまり小さいとスペース的につけにくいといった様な問題があるので、小さいことはいいことだということは一概に賛成でき

ない。やはり適正サイズというものがあると思うんです。たとえば具体的にはリング直径が10mあっても実験がしやすければそれでよいと思います。

ですからデスクトップのリングというのはある意味では極限をきわめるという意味で重要なことなんです、ユーザーサイドから見れば必ずしもよいとは限らないし、生産設備としてもたぶん小さいことは必ずしもいいことだということにはならないと思います。

大柳 大型高輝度リングの性格づけがいままでであいまいであったのは、一つには将来あるべきリングの分類がごっちゃになって、なんでも大型高輝度リングと考えている人が多くて、どういふことのためのリングだという認識がなかなか徹底していなかったということがあると思う。リングの質とユーザーとのコミュニケーションについて将来のマシンではどうあれば良いでしょうか？

三橋 これからは加速器屋サイドの人間とユーザーサイドのコミュニケーションというのはなかなか難しくなるのじゃないかと思います。たぶん加速器屋は魅力的な仕事に関しては自然と群らってくる。いままでの加速器屋というのは高エネルギー出身の人が多。高エネルギーの加速器屋さんというのは高エネルギー物理学の実験の本質的な一部を担っているわけです。ですからいいんですが、放射光の場合加速器屋が放射光でやっている物理の一部でも担っているかといわれると、それは難しい。

最近私の世代になりますと高エネルギー出身の加速器屋は少数派で、物性出身かどうかは知りませんが、少なくとも高エネルギー出身はもうメジャーではない。ですから立場は変わりつつあるんですが、それとても魅力的な仕事を一つ提供できれば自然と群らってくる。PFとクオリティが似たようなリングを増やせとなりますと、はたして加速器屋を放射光のユーザーたちがうまくつかんでいられるかという問題に対しては非常に疑問を持ちます。事実加速器屋がPFから逃げていく

という話も現実にあります。いかに放射光という分野が加速器屋をつかまえていられるか、これは大きな問題だと思います。

**大柳** ただそれはマシンの性格に種類があるように、設計する人のほうにもそういう層の厚さがあるべきではないでしょうか。そういうところまでいまいっていないのかもしれないんです。そのへんで次世代の光源について…。

**三橋** いままではなんとなく加速器屋がいてユーザーがいてというかたちですが、これからはユーザー層がマシンのことをかなりやっけていかないと駄目だと思う。いままではベンディングマグネットから出てきた、いってみればたれ流しの光を使っているのが主流です。これから挿入光源を使う場合、挿入光源はもう光源の人間だけでは限界があると思います。マグネットの仕様が決めればその先は光源でしょうが、実際のスペクトルを出すところはもうユーザーとの話し合いになるわけです。そういうのがメインになってきた。ですからもう少しユーザー主導が必要です。

不安定性についても、実際ビームが細くなったけれども動いているなどという問題に関して、どの程度でどういう方法であればリーズナブルか。もっと進めば加速器を運転している人間、つくる人間そのものも、ある程度実験の本質的部分に参加する必要があると思います。実験のサイドの要求で加速器のパラメータをいじるところまでいけばたいしたものだと思います。

**石川** 先ほど谷口さんがおっしゃった放射光のサイズによる分類みたいなものがあつたと思うんですが、先ほどのお話はいまだぶん見えているサイズだと思うんです。だけれどもこれからわれわれの首が飛ぶまであと20年から30年あるわけです。その間に何が起こるか見えないところがある。

たとえば先ほどから分子研とTERASでFELをやっているという話がありましたが、軟X線領域とか、さらにはX線領域でのFELみたいなことも、もしかすると首が飛ぶ前に見られるかも

しれないというようなことを、私は考えているんです。

三橋さんはさっきフォトンファクトリーと同じようなリングをあちこちにつくることに対して、加速器屋さんがそれで満足できるかという話がありましたが、それと同じようにAPSとかESRFと同じリングをつくることに加速器屋さんが満足できるかということがあると思う。

ですから平井さんもおっしゃっていたけれどもヨーロッパ、アメリカと同程度ではなくて、それを越えたところで日本で何かできないかというのが、いま私が考えているいちばん大きな将来に対する願望なんです。

**大柳** 現在利用できる放射光の強度はマシン自身の性能だけでなく光学系・検出器を含めたビームラインの最も弱い構成要素の性能によって制限されている感がある。また研究者サイドでも研究テーマそのものが現在利用できる放射光強度によって限定されてしまう。非常におもしろいテーマとかやりたい研究というのは、ほんとうはその向こう側にあるというケースがかなりあるのじゃないか。大型高輝度光源の意義は単に従来の放射光を用いた研究の量的な拡大ではない。高輝度マシンの特徴を最大限に利用してこれまで手の届かなかった未開拓の領域を開拓するという点で放射光のいわば質的な変革でもある。その意味で大型高輝度光源に対する期待は大きい。神谷さんは今回の出席者の中では最も科学技術庁の計画に近いところにいると思いますのでこれについてお話をうかがいたいと思います。

**神谷** 大型放射光計画の光源サイドの話は、一度光源サイドの人のセミナーを聞いたことがあるだけで、私にはできません。

いまの科学技術庁の大型放射光計画はご存じのように関西SR計画の後を受けるようなかたちで起こってきた話です。したがって、そのころのパラメータをある程度の基本にしている。これはさっき話を出しましたけれども、ユーザー側からの

うと思うわけです。これはわれわれの分野だけに  
関係したことも知れませんが、サンプルはいま  
までだと小さくても 0.1 mm というのが限界です。  
PFでもなかなか 0.1 mm のサンプルを使った実  
験はできないのが実状です。それに対してそこを  
切れるようになると、最初にお話ししたようにい  
ままで実験できなくて捨てていたサンプルがいっ  
ぱい生きてくるようになる。

いま大型放射光の計画の中でどういうパラメー  
タを要求するかということと考えますと、具体的  
なエミッタンスの数字を上げろといわれると困る  
わけですが、高い輝度の、かつエネルギー領域で  
いうならば、使える波長域が現在のPFよりもも  
う半桁ぐらひは少なくとも短い。かつアンジュレ  
ータの光でそれができるようになるのが蛋白質の  
結晶構造解析をやろうと思っている人間からの要  
望です。

大柳 いまの発言は蛋白の構造解析の立場から大  
型高輝度放射光はこうあってほしいという意見だ  
ったんですが、光源のマシンを設計する立場から  
はどうでしょうか。三橋さんいかがですか。

三橋 大型光源はよくいわれていますように、将  
来のものは超低エミッタンスで超高輝度リングにな  
るでしょう。そこで超低エミッタンスといえます  
と、当然不安定性が相対的に目立つようになるから、  
いろいろな意味で安定化が必要になるだろう



三橋利行氏

という問題点があります。

現実にPFもいまの世代のリングとしては低エ  
ミッタンス化というのを2年ぐらい前にやりまし  
たが、そこでいままでには目立たなかったビーム  
の動き、われわれは日較差と呼んでいます。日周  
期の動きで、どうも太陽が照り出すとビームが動  
き出す。コントロール・ルームにて外が見えなく  
ても外の天気分かる。だんだん施設が大きくな  
って建物が大きくなると、建物そのものが不安定  
になってビームが安定化できない。現在それに対  
してPFではモニターグループが中心になってフ  
ィードバックを一生懸命やっているわけです。

それから先ほど谷口さんがちょっといわれた問  
題で、アンジュレータを入れる直線部のオプティ  
ックスが全部同じにできるか。アンジュレータを  
入れるところは、設計したエミッタンスの中でビ  
ームサイズが小さく、かつ平行であるというのが  
いちばんいいと思うんですが、直線部を全部同じ  
ようなオプティックスにできるか。

放射光ということ抜きにして、加速器そのも  
のが成り立つためのオプティックスが最低限必要  
ですから、そこらへんのマッチングがどこまで  
つくれるか、そこらへんがちょっと心配です。い  
まのPFでもそうですが、せっかく陽電子をため  
てみても、アンジュレータの細いダクトで、真空  
の面から決まってしまう寿命というのがある。寿  
命というのは壁が近いと悪いわけです。そうしま  
すと光の質からいえばダクトは細くしたい。とこ  
ろが寿命の点から行くと太くしたい。そういうあ  
い反するところをどう解決するかというような問  
題も考えられる。

大柳 他のかたで何かご意見がないでしょ  
うか。

高橋 将来の光源について、いま大型の話があ  
ったんですが、確かにいまのPFはある意味で最大  
公約数的です。私が考えているのは、将来は最大  
公約数的な光源ではなくてかなり専門化された、  
たとえばX線専用でかなり高エネルギーの光まで

カバーするが、そこではVUVはやらない。しかしその代わりにVUV専用機をたくさん作って、そこでは無理をしてまでX線を出す事はしない。そういったかたちになってくる。それは分子研を使わせていただいて感じたことなので、将来は個々の目的にあったリングを作っていく。これまでは最大公約数的だったのが、これからは研究者、ユーザーの注文に応じていろいろなものを作っていく。そういうかたちになっていくのが理想だと思います。

**大柳** 現在X線領域で大型高輝度光源という流れが現実にあるわけです。しかし一方では中・小型光源について、もう少し細かくいうならば物性用のVUVリングの将来像、それからもう一つはご存じのようにリソグラフィ光源のような応用サイドの小型リングです。まずVUV領域の物性研究用次期リングについていかがですか。

**谷口** X線領域における高輝度大型光源への方向とは別に、物性研のようないわゆる専門家集団が第1級の仕事にターゲットを絞って使うようなVUV専用の高性能リングがひとつ想定されると思います。もうひとつは、いまのPFと補完的な役割を果たす1ないし1.5 GeVクラスの中規模光源です。それからもうひとつは、応用研究専用であってもある程度基礎物性の研究にも使用出来ると思います。今おっしゃった民間で開発中の小型リングがあるというふうに考えています。将来的に、放射光源は大型X線光源を含めて、4つぐらいに分類されるのではないのでしょうか。

これまで、主に真空紫外から軟X線域で物性の仕事をして来ましたが、この領域での放射光利用の面で私なりに考えている事があります。例えば表面や界面の研究に例をとってみますと、この分野では特に、原子構造と電子状態の関係を把握する事が大切です。これらの実験を同一条件下にある一つの試料表面・界面に対して行う事が望まれます。しかし、日本だけでなく外国でもそうですが原子構造決定のためのビームラインと電子状態研

究用ビームラインは独立に配置されていて、原子構造と電子状態の *in situ* 同時計測は困難な状況にあります。半導体—金属界面の実験の場合を見ても、金属の付着率が、ある付着率のときに例えば界面の原子構造はこうでしたというEXAFSの面白い実験がある一方で、全く同じ系に対して付着率がこのとき電子状態はこのようになっていますという光電子分光実験があります。ところが付着率に関し、これらの実験の間で横のつながりは全然ついていません。こういう問題をどう解決したらいいかという、これからは、あらかじめ研究の特殊性に対応したビームライン設計しておく必要があるという事になります。当然、建物の構造にも影響を与えるでしょう。このような観点から、新しい放射光源を建設する場合には、もちろん高輝度は目指すわけですが、いままでにどこかのファシリティでも、やろうと思えば出来たけれども、考えていなかったものだから出来ていないあるいは、いちどビームラインを建設してしまってもう変更がきかずそのために出来ていない、そういうものをどんどん実現してゆくべきだと思います。

**大柳** いま谷口さんが電子状態と構造を同時に研究する必要性にふれましたが、実は構造にしても今後は様々な手法を組みあわせることによって情報量を増やすことも重要であると思われます。これまでは放射光の威力を示すためひとつの手段の限界を極めるような種類の実験が多かったが、これからはいくつかの相補的な手法を組みあわせた装置が活躍するであろうと思われます。

**磯山** むしろ利用のほうでしたら、谷口さんのほうがつい最近まで中核としてやってこられたのでよくご存じだろうと思うんです。私は加速器の立場から見ると、やはりX線で進んでいるような高輝度化、挿入光源を利用してより質のよい光、または強度の強い光を受けようという動きがかなり進んでいるわけです。

真空紫外でもまったく同様な動きをご存知のよ

うにあります。世界的に見ると、先ほどリングの分類をされたように、われわれが真空紫外用といっているのは比較的大型のリングです。それからX線および真空紫外の光が出るような汎用リング、それから産業用、またはより小型の軟X線領域までカバーできるような小型リング建設の動きがあります。

日本は世界の流れに追いついている部分もありますし、先をいっている部分もあります。いろいろな段階があると思うんですが、真空紫外に関しては次世代の光源をつくらうという動きが外国ではずいぶん進んでいるように聞いております。ところが日本の場合はいま真空紫外で高輝度光源がほしいと積極的に運動しているのは物性研だけではないかと思えます。

内容、それから目指すところはX線的大型リングとまったく同じだと思います。技術的にも非常に似ている。ただエネルギーが低いですから、相対的にリングの径が小さくなります。具体的にいうとX線的大型リングというのはいまあるX線リング、例えばフォトン・ファクトリーに比べて一桁とまでは言いませんが、何倍か大きいものになるんです。真空紫外の次世代のリングというのはサイズからいうといまのX線リング程度の大きさになると思えます。

何が必要か、光を使われるユーザーの方からいわれるのは明るくて、安定で、輝度が高くて、寿命が非常に長いのを要求されるんですが、実現するととなかなか難しい。どこかで妥協をするわけです。大型リングでも同じだと思うんですが光を最後に使う直前、サンプルチェンバーに光を導くまですべてが高性能にならないといけない。リングだけを高性能にしても先ほどの議論がありましたように、どこかいちばん弱い点でトータルの性能が決まっている。

上流から下流までを含めて統一して考えていかないとけない。技術的にはだいたいどうすればいいというのは、皆さんの考えはほぼ現状では一

致しているのではないかと思います。それを実現するための技術的な問題点は、いま動いているリングをつくった段階で分からなかった問題が、現実にはわが国においては放射光のリングを中心に、明らかになりつつある。そういうものの経験とか何が問題なのかということ十分に認識してそれぞれに対応していく。やはりいままでの光源とはかなり質的に違ったものが実現できる。そういうレベルに有ると思えます。

大柳 小型リングの話がいま出たわけですが、斉藤さん、これについてはいかがですか。

斉藤 いま電総研でも小型リングの実験をやっています。それとリソグラフィと併せて実際に工業化できればもっとS O Rも進歩して発展して行くのではないかと考えております。リソグラフィの問題点の1つに微細な位置合わせをしていないといけないということもありまして、非常に難しくなっています。

大柳 放射光の利用技術として考えた場合に単にマシンだけでは駄目で、ビームライン全体を含めた総合的な放射光利用技術でなくてはならない。

斉藤 高輝度になってもミラーの反射率が落ちないとか光学系もネックになってくると思います。そういう技術の開発が必要だと思います。

大柳 平井さん、ほかに何かありませんか。

平井 いまおっしゃられていたようにリソをやるためにはリングだけではだめで、レジストの感度を上げるとか、アライナを構成するとかいろいろな問題があってその一つにリングの問題があると思います。

大柳 石川さん、X線のオプティクスについてはどうなのでしょう。

石川 たぶんV U Vの場合ですと波長領域によっていろいろなオプティクスがあると思うんですがX線をふつうに使う場合のオプティクスというのは選択の幅が非常に少ないのではないかという気がしています。X線の場合ですとご存じのように使えるものは結晶分光器で、結晶分光器に使える

結晶の種類というのは非常に限られているわけです。

その限られた結晶から出てくる光というのも、たとえば格子定数等によって制約を受けますし、その結晶をつくっているエレメントの吸収端の問題等もあると思います。アンジュレータの光を結晶で分光するとき問題になることは、先ほど神谷さんがおっしゃったようなフラックスがほしいか、それとも高輝度か、アンジュレータのコヒーレントなところだけを見るか、それとも周りのもやもやしたところも分光してやって、フラックスをかせぐか。それでずいぶん事情は変わってくるのではないかと思います。

それでたとえばPFのBL2番に結晶分光器が入って軟X線を分光しているわけですが、コヒーレントな部分だけを見るような切り方をする。つまり1mm×1mm位の芯の明るい部分だけを見て分光してやりますと、結晶分光器だけでBL11番にありますミラーで集光して結晶にあてて分光したものと同じぐらいの強度はくるわけです。

しかも熱の問題というのは非常に小さい。だけれどもコヒーレントな部分からフラックスをかせぐうとしてちょっとスリットを開いてやるとたちまち結晶が溶けてしまう。ですからアンジュレータの使い方いろいろあると思っています。特に高輝度光源で非常にシャープなアンジュレータ光をつかって、周りのもやもやとしたところも使ってフラックスをかせぐうという場合に、光学系の問題は非常に大きくなるように感じます。

**大柳** いままでのビームラインは、アクセプタンス・ミスマッチという言葉で表現されるように、放射光の性能を使いきっているわけではなかったが、今後の次世代光源では、アクセプタンスマッチングをめざすものになる。次世代光源の利用形態についてはいかがですか。

**谷口** 利用形態に関し、高橋さんがはじめにおっしゃったインハウス・スタッフとユーザーの問題に対し、8年近く共同利用のお世話をしてくず

く感じたことがあります。結論をさきに申しますとインハウス・スタッフ、例えばビームライン担当者がそれなりにいい仕事をしようとして努力する。そういう場が与えられる。そういう事がなく、そのビームラインは決してある水準以上のものにはならないであろう。この事が最も申し上げたい事です。

ビームライン担当者はビームラインの保守、管理をしておればそれでよろしい。一見その時点ではユーザーは非常にいい思いをされるでしょうがもう少し長い目でみますと、実際にはそこを担当している方が自分の専門分野を生かした研究を主体的に行って、そういう研究を遂行する上で、装置のこういう点を改良したらいい、ああいう点を改良したらいいということが具体的にたくさん出てきます。

最終的にはそれらがまたユーザーの方にフィードバックされるわけです。ぜひともビームライン担当者はいま以上に自分の専門分野を生かした研究を積極的に推進してゆくべきであると強く思います。そういう場を、忙しいからといって提供できないという時期は、もう既存の放射光実験施設では過ぎたのではないかと思います。

**大柳** いまのご意見に関してスタッフのやる仕事というのがどんどん増えてきて維持、管理、改良、次の装置の設計、それからユーザーの方のお手伝い、そういったことを含めて、いままでは皆努力してやってきてもらったわけです。私が思うにはこれまでの放射光に、いちばん欠けていたのはマシンの性能もさることながら人間性だと思うんです。

楽しく、また快適に実験できなければこれからは良い研究は育たない。ですからそういう意味で非常にいい仕事を長い期間続けて発展させていくためには、やはりある期間集中してやるのではなしに、日常的に研究を行えるような状況が必要だと思う。

その件に関して最初に高橋さんのほうから提案



明確な要求が最初に出てきた話でないために、パラメータとしてはそういうものを基本として基本設計をやっているという段階だろうと思います。それは別な言い方をすると、政治的なタイムスケジュールからすればそれほど余裕があるわけではなくて、遅きに失しているかも知れませんが、いまならばまだユーザーの声に則った格好で設計を進めることが十分可能なんだろうと思います。

装置の光源サイドの話が具体的にできなくて申しわけないんですが、ぜひユーザー側の盛り上がりをつくる。そのところがいまわれわれに課せられたポイントだろうと思います。

大柳 最後にいまのテーマに限らず、何かいままでのことで言い足りないことがありましたら、この機会にお願いします。

高橋 私は、ユーザーサイドからの意見を述べたいんですが、昔、駅弁大学という言葉がありました。私は駅弁SORというのを考えているんです。あっちこっちにSORができてくれればいいと思っているわけです。各地の大学、研究機関にとって、その研究機関の得意な分野というのがあつたわけです。その研究機関でそのSORを作つて使う場合に、現在のPFではなんでもできるけれども、どうも水準としていまひとつというのじゃなく、これしかできないけれど、世界第1級なんだ。そういうことを目指したことが駅弁SORでできるのじゃないかと思つています。言つてみればどこにでもある幕内弁当じゃなく、もっと個性のしっかりした、たとえば仙台の笹かま弁当のようなものが欲しいということです。

光電子分光の分野でいいますと光は明るいほうがいいのはもちろんです。しかし、問題はむしろ測定器のほうでして、いかにして分解能を上げるか、いかにしてスピンの計数率を上げるとか、末端のところがいちばん問題になっている。これらの点は、むしろユーザーが頑張つてやらなくてはいけない点ですが、これらの点も専用SORがあ

るかないかで、対応のしかたやその解決の困難さが全然違つて来ます。

私自身現在考えているのは、研究者自身がかなり自由に使えるようなSOR施設を全国各地につくつていただきたいということです。

いままでSOR施設は日本各地で4カ所ぐらいしかなかった。ですからユーザー側からみますとある意味では使わせてもらつているという気持ちが強かつた。しかしおそらくこれからはそういう時代ではなくなつてと思う。SORがあちこちできると施設がユーザーを選ぶ時代ではなくて、むしろ施設自身がユーザーに選ばれる時代になつてくるのではないかと思つています。それは非常に良い状況だと思つています。SOR施設とユーザーの間の良い意味での緊張関係と、SOR施設間の良い意味での競争関係、そういうものがあつてこそ健全で確実な放射光科学の進歩があると思つています。

谷口 科学技術庁の大型計画について、先ほど神谷さんからもお話があつましたが、一部のプロ、専門家が利用する装置にするのか、或は多くの利用者をつとむ一般的装置とするのかも議論がなされるべきだと思つています。もうひとつは、そういうものができたときに、大学がビームラインを使用する上で何か特別な配慮があるのではないか。いまですと、例えばフォトンファクトリーに物性研が共同でビームラインを建設していますがこのような事がスムーズに出来るのか、こういう点が気になるところです。

物性研の話をしてみると、先ほど物性研SORRINGでは、これまでいろいろな時代を経て、いまやユーザーの中に非専門家が多いというお話でした。この事は、もちろん専門家による実験チームは多い訳ですが、限られたビームタイムの中で各々の実験チームのビームタイムを少々短くしてでも、これから放射光を使おうという新規ユーザーにビームタイムを設定し、ユーザー層を拡大してゆく事に大きな力を入れてきたその結果の現れです。このような姿勢が物性研の中にあるのは

事実です。

それから、物性研は真空紫外の分野では、利用技術・研究内容の両面において、わが国で最高の実績を有していると思います。物性研というのは物性研究の内容で常に世界をリードする事を期待されている。そういう意味で、物性研あたりがねらう真空紫外用のリングはある程度の専門家集団が1級の成果をだすために使ってもいいのじゃないか。そういう方向でものをかंगाえてもいいのじゃないかと思います。

中規模放射光源に関しては、現在、いくつかの計画が出されています。それぞれ特徴を出していますが、これらは、エネルギーが1ないし1.5 GeVで、偏向部からの放射光は真空紫外から軟X線域の利用に適している。PFの偏向部から発生するようなX線は超伝導ウィグラーを用いて発生させるしくみになっています。いまPFは既に溢れていて、実験するまでに1年程度、或はもっと待たなければならない場合もある。PFへのプロポーザルは単純計算でいくと10年後には10倍になるようになっています。あるいは、EXSASのビームラインですと、ビームタイムの供給量というのは需要の3分の1程度と聞いています。このような状況を解消するためにはどうしてもPFと補完的な役目を果たす中規模放射光源をどこかに早急に設置する必要がある。これは研究者の意見としてほとんど集約されていると思われます。

そのときには、単に汎用のものだけではなくてせっかく新しいものを建設するわけですから、先ほど言いましたように、例えば、表面・界面の研究の場合ですと、最初から1台の分光器でまかなうのではなくて、ビームラインを2つに分けて別々の分光器があつて、真空紫外線とX線が同じ位置に集光する。このような設計を建物の設計と連動させて新しいものを具現化してゆく必要があります。また、このような中規模放射光源が大学に設置されるような場合には、これまでの共同利用形態を単に踏襲するだけではなくて、自然科学系

の学生だけでもいいと思いますが、これを学部の3年生ぐらいの学生実験にも使用する。そのためにセーフティーの充分かかった専用ビームチャンネルを設置して放射光に直接触れる機会をつくる。そういうような事も放射光の将来の研究者育成にとっては非常に重要な事だと思います。

それから、小型リングと総称されていますが、いわゆる、ものを実際に作るための装置、これに関しては、物性研究用装置とはまったく反対の要請もある。例えば、ビームは大きければそのほうがいい。基本的性格が違うという事で、これはこの分野で独自に発展してゆく方向にあると思います。

大柳 福井さん、いかがですか。

福井 先ず最初にユーザーが増えないといけない。そのためには汎用のリングが場所も考えられておかれているというのが一番いいのではないかと思います。

X線の実験は超高真空を使わなくてもいい場合が多いが、その点VUVでは、最初にまず超高真空へ持っていかなければいけない。その時間は死んでいる。そういう意味でアクティビティからいうとVUVは弱くなってしまう。SOR全体の計画を考える時に、VUVにはそういう事情があるんだということは考慮していただきたい。

先ほども出ましたがアウトプットまでの途中のところ、どこか1カ所悪ければそこで決まってしまう。ミラーの素材の問題もありますが、たとえばカーボンのコンタミネーション、そういうのはPFの小出先生のグループがやっている放電洗浄、ああいう技術をみんながふつうに使えるようになってくるのがいいのじゃないか。

人員配置ですが、トップがどこかに要求するときに、1ビームラインに1人はつくようになっています。それと真空のプロフェッショナル集団とか、そういう集団がビームラインをぐるぐる遍歴していて、それにビームラインのアウトプットのところを考える専門家が各ビームラインにいる。

これができるかどうかは分かりませんが、そういう縦糸と横糸みたいな人員配置が望ましいのではないのでしょうか。

共同利用に関しては、われわれみたいなスタッフはある程度旅館のマネージャーみたいな意識を持って、ユーザーと共同研究というのではなくてある程度ドライに自分たちの給料はそれでもらっているという考え方を持ち込んだほうがユーザーが利用しやすいのではないかと思います。もちろん自分のやりたいところ、ここは中核にしたいところというのは自分なり共同研究なりで強力に行いますが。そういう意味では馬鹿チョンラインでシンクロトン放射はタングステンランプと一緒に。だけど重たくて運べないという性格を持たせるのもいいのじゃないか。

UVSORは遠赤外ラインを持っていますが、ユーザーを増やすには波長範囲を広めて使えるようにするのも一つの方法です。

周辺のバックアップ施設というのは絶対にいる。また、いまやコンピュータなしではすべての仕事はできないのに、情報科学の人はスタッフには見あたらない。こういう大きい施設だったら、その全体を考えた独自のOSがあってもおかしくないぐらいです。だから、例えば各ビームラインのスタッフたちが資源を共有出来なくて向こうのビームラインを使ったらこういうやり方で、こちらにきたら違うやり方だ。それではもう使いにくいわということになってしまう。われわれの所ではある程度ソフトを共通にしていますが、そういうシステムのレベルでなぜ素人のぼくらがやらなければいけないのか、情報科学の人たちがしっかりと彼らの知識を持ってやってくれば能率良くできる。やはり巨大科学という意味で、各専門家を抱き込むような格好でなければ進んでいけないのではないかと思います。

**磯山** 運営形態ということで少し意見があるんですが、シンクロトン放射の分野というのは、X線のほうは詳しくは知らないんですが、真空紫外

に関していえば、どうしてもペースが研究所ではない。いま企業の方々は積極的に自分たちのビームラインを持つことをやっておられるけれども大学はいったいどうなっているのか。

こういう分野で専門にやっているところというのは、あまり知らない。神谷さんがおっしゃったように新しい施設をつくって、研究所のほうを充実する。もちろん充実できればそれはそれでいいわけですが、たとえば二者択一があってやらないといけないとすれば、逆にあるビームラインをどこかの大学のどこかの研究室が持って、完全に自分たちのものというかたちでやれば、ベースの人口は毎年学生さんが入っていますから、増えていきます。

それから一方的に、何もかも研究所のほうか面倒を見なくても十分に利用できる。そういうやり方は先ほど谷口さんなんかがおっしゃったような中型のSORでやっていくという方法も一つある。いまおっしゃったような大きな計画ものに関して、何もかも研究所だけでやると、しょせんコミュニティというのは研究所の中だけしか育たない。

むしろ周りに分散して、これからは少なくとも数を増やす。共同利用、単純に使っていただくというだけではない。お金をとって来たりするのはたぶん研究所の方が上手ですから、そういうことは研究所の方にまかせて、設計、建設とかは、ある大学のあるところでやっていただくというようなことはたくさんできる。特にこれから莫大な数のビームラインを処理していく必要が有るのでから。

**大柳** いままでの利用形態はとにかく放射光の可能性を探るあるいは放射光を使ってできることは何でもやってみようという時代だった。しかし現在は放射光は決して万能ではないこと、言葉を換えると何に対して有効かということがわかってきた。これに伴い各々の分野が専門化してきた。このような変化はこれまで特定の小人数の研究者が装置の建設から研究まで何でもこなすという体制

では対応しきれない状況を必然的につくるに致った。今後はいろいろな意味で分散して、特殊なものに分けて協力し合って施設運営をしていくと良いと思う。

**平井** やっている本人が、つらいがしかしおもしろくてしょうがないということがまず大事だと思う。それから環境に関しては、人間の生理を無視した様なハードな環境にはなるべくしない方が良い。またヒトとカネに関して問題があったり、あるいは組織の壁が問題になるとすれば、それは個々の研究者ではなくて、マネージャーレベルに問題があると思います。そういう問題がある場合は研究者がローカルに問題をかかえ込まずにマネージャーレベルに問題をどんどん上げて議論する必要があると思います。一般的な話ですが、そういう努力が必要なのじゃないかと思います。

**神谷** 言い残したこと、気になっていることとしてはいちばん最初に三橋さんから出たエミッタンスにしる安定性にしる、将来計画を考える上で解決しなければならない光源の問題のひとつひとつが実は気になっています。解決しなければならない課題が先端的であればあるほど光源サイドにしる測定サイドにしる、いかにいろいろな分野の人を、同じ場所でそれぞれの人アンハッピーにならないかたちで仕事ができるような形態をつくるか。そのところがこれからの将来計画がうまくいくかどうかのカギになるだろうと考えます。また将来計画を考える上で、測定サイドではいままであまりやられていない光学素子の問題、熱負荷の問題が確実にネックになるだろうと言われて

いるし、私自身もそう思っています。

石川さんにお聞きしたいんですが、PFのマルチポールウィグラーの熱負荷は1.5 kWとおっしゃったと思うんですが、将来計画を考える上で低エミッタンスリングでは、そのスポットサイズはもっと小さくなるはずですが。

**石川** 低エミッタンス化というのはエレクトロンビームのエミッタンスです。その話の際にまずアンジュレータか、ウィグラーかという話があります。低エミッタンス化によって小さくなるのではなくて、アンジュレータ化とか、あとエネルギーが高くなることによって、 $r$ が小さくなることによる光の発散の縮小が問題です。

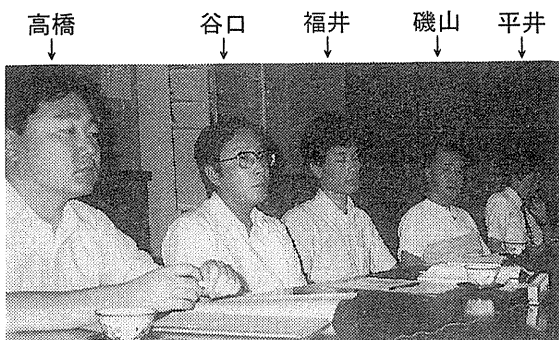
**神谷** 問題点をはっきりさせますと、電子ビームを低エミッタンス化し、光源をアンジュレータ化する場合、現在のマルチポールウィグラーに比べて、光学素子の受けるビーム・サイズがもっと小さくなるわけです。そのときにいま持っている冷却技術はそのまま生きるということになりますか。

**石川** われわれの考え方では、高エネルギーリングでアンジュレータを使った場合K値が小さいところで使うであろう。トータルパワーとしては低いであろうと考えられる。われわれはARリングにいまマルチポールウィグラーをつくっておまして、あとARリングのアンジュレータというのいまデザインを進めているところです。

ARリングは6.5 GeVで運転されているわけですが、そのマルチポールウィグラーのほうが蓄積電流のちがい等の問題はありますが、トータルパワーとしてはPFのマルチポールウィグラーよりも低い。アンジュレータにすればそれはもっと低くなるだろうという考え方でいまやっています。

**神谷** 実際の光学素子におけるビーム・サイズが小さくなることはどういう影響を与えるのでしょうか。

**石川** いまのところの結論ではどうもトータルパワーより光子密度が重要です。ですから密度が高





くなればまたそれなりの問題はあ

**神谷** そのへんの問題が引っかかっていて、それをほんとうにだれが開発するかという具合です。特にPF16番のマルチポールウィグラーは、その非常にいいテストケースになるのじゃないかと思うんです。

**石川** そうです。だからわれわれもR&Dのつもりでやっているわけです。

**神谷** 先ほど谷口さんのほうから出た、実際のそういう高いパワーがかかったときの光学素子の性能の検討、あるいはそういう状況での高性能の光学素子の開発、そういうことはぜひ進められるべきだと思います。

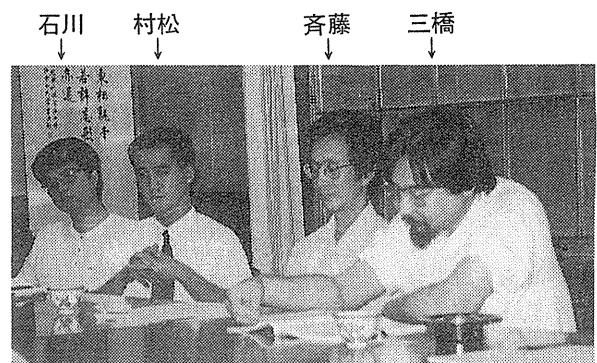
言い残したことの最後として、くどいようですが現在話が始まっています次世代大型X線光源研究会に、ぜひとも多数の方々参加を希望します。

**三橋** いまある現有のマシンというのは、さっきもありましたように非常に汎用的な要素が強い。たとえばアンジュレータの都合で $\beta$ をちょっといじりたいと光源サイドが思ってもまさか動かすわけにいかない。ところがわりあいと専門的なリングが出てきた。そこまで進むと、それなりに加速器屋はまたおもしろいかなと思います。ある時はアンジュレータにたいしてビームサイズを多少大きくして軌道を平行にしてみる。またある時はマルチポールだから少しは傾きも増えるし、ぎゅっと絞ったものにする。そんなことをしたいという要求が加速器屋の間にある。いま高エネルギーというのは実際そういうふうなことです。現場の加

速器屋でもそういう要求が非常に強い。そういうふうなことが実現されると、それはそれなりにまたおもしろいのじゃないかという印象を持ちます。  
**大柳** そういう意味でもやはりユーザー側で何をやるかというのも加速器屋に分かってもらうということもユーザーの義務なのではないか。斉藤さん、いかがですか。

**斉藤** 高エ研で実験したことはないのですがよく分かりませんが、そんなにビームラインが混んでいるとは知りませんでした。電総研では共同利用という形態をとっていないので、必然的に電総研内のグループ又は自分で使っています。しかし外部の研究者を断っているわけではなく、もし希望あれば使える手立てはあり、実際に使っていたこともあります。自分のメンテナンスで自分でビームを使っているという点では恵まれていると思います。

科学の基礎的な分野でSORがよく使われて発展してきているわけですが、リソグラフィとかX線顕微鏡とか、応用の面でさらに発展していくと、産業界によって技術がさらに発展していくと思います。産業界で使われるようになりますと、汎用的なシンクロトロンが会社でつくれるようになるということが期待できます。いまのPFの光の強度でも十分にできる実験もあると思うので、そういう実験なら汎用のリングで加速器グループが運転するのではなくて技術者が運転を行う。また最先端のユーザーのために、いろいろと注文に応じてパラメータを変えるリングも必要だと思



ます。そういう使い方もあるのではないか。

電総研ではたまたまユーザーが少ないので、こちらが要求してエネルギーまでも変えてもらっています。大型光源になってもそういう便利な使い方ができるようになるといいと思います。

村松 ご存じのようにNTTでもSORリングを開発しました。これに関して、新聞発表のあった6月16日まではNTTリングについて口外してはならないというお達しがあったんです。(笑) 要するに民間企業というのは、中のものを出したくても出せない部分がある。しかし、外の人達とけんかにならないように放射光科学全体としてレベルアップしていけば良いと思います。

それと将来のリングについてはないが、放射光ビームラインにはモノクロが必然的についてくるので、将来のモノクロに関して放射光にマッチした妥協のないものをつくれたらいいと思います。

そういう完成度の高いモノクロをつくるにはさきほど福井さんが言われたことと関連しますが、やはり光学はもちろんのこと精密工学、情報処理とか画像処理、そういうような幅広い分野の人が協力することが必要だと考えます。そして日本が世界に誇れるモノクロをつくっていく…。

最後に放射光科学において、今後はいろいろ高度な技術が必要になってくるんですが、いままでは詳細な技術の蓄積が人についていて、本とかにならなかつたと思うんです。だからたとえばどこかのビームラインができたなら、そのビームラインの公開していいノウハウを放射光学会誌、テクニカルノートにどんどん載せていって、ビームライン・テクノロジーを活字化していく。そして数多く集まったら「ビームラインハンドブック」のような本をつくる。そういうことを放射光学会でやってもらおうと良いと思います。

大柳 最後は石川さんなんですが、高エ研でもARやMRなどで高エネルギー光を使う話が出たんですが、そういうものを含めまして、高いエネルギーのビームを使った放射光の実験のねらいは？

石川 高いエネルギーのビームを使った放射光ということですが、高エネルギービームにするとういところが開けるかという二つの方向があると思います。一つはエネルギーを上げた分だけ高エネルギーの光が出る。そうしますといままで特にフォトンファクトリーがいちばん得意としているのは回折結晶学のあたりの、いままで特性X線でCuやらMoやらを取り出していたあたりが非常に得意とする波長範囲であるわけですが、高エネルギーにすることによってもっと短いほう、いわゆる $\gamma$ に近いほうの波長が出てくる。たとえばフォトンファクトリーの場合でも超電導ウィグラーからかなり短波長の光が出るわけですが、それを使ったコンプトンとか磁気散乱の実験は高エネルギー側が有利になる。

もう一つの使い方として、高エネルギーにしてアンジュレーターで、1オングストローム近傍の非常に高輝度のX線を出すという方向があると思うんですが、一つのリングで二つの方向を両方も妥協することなく追いかけることができるかどうかは私には分かりません。

もう一つ先の話で、たとえば非常に長いアンジュレーターをつくって後方のパーティクルの出す場で前方のパーティクルにマイクロバンチを起こさせてやって、軟X線からX線領域でのFELをやるとか、軟X線、X線領域でキャビティをつくってFELをやるとか、そういう方法も近い将来か遠い将来か分かりませんが、出てくるのではないだろうかと思います。

大柳 今回の座談会では放射光リングの将来像を光源の質および運営形態についてお話をうかがったわけですが、みなさんに共通の問題意識がかなりあるように思われます。ここで議論された内容は今後さらに多くの研究者の方の意見を吸収した上で、ぜひ今後新しいリングの建設に反映していただきたいと考える次第です。

7年前に高エ研で初めて実験をしたんですが、そのときと比べてみますと放射光自身の質が変わ

ったし、人間的な側面、放射光に関わる人の精神構造までも大きく変わってきている。これから新しい世代の人がどんどん入ってくるわけですが、これからできるビームというのは、ある意味で苦勞を積んだ人たちがこういうことはしないほうがいいだろう、こうしたほうがいいであろうと助言をし、そうしたことを積極的に取り入れて、よりよいものをつくっていくべきではないかと思いません。

それからみなさんの今回の発言は、マシンの質や形態に関してみんな重要なところをついている。そういったことが反映されるかどうかということで、次世代リングのソフトウェアすなわち使い易いかどうかということが決まってくる。マシン設計はいくつかの異なる性格のリングについて現在開発進行中であるが、必ずマシンサイドの問題と運営の問題が一体となって推進されていくことが絶対に必要ではないかという気がします。

どうもありがとうございました。