

座談会 No. 8 「PF 10周年記念座談会」

出席者 (五十音順)

石川 哲也 (東大), 伊澤 正陽 (高エ研), 太田 俊明 (東大),
尾嶋 正治 (NTT), 河田 洋 (高エ研), 小杉 信博 (京大),
佐藤 能雅 (東大), 菅 滋正 (阪大), 山本 樹 (高エ研)

司会 下村理 (無機材研)*

司会 (下村) PF で初めてビームがでてから今年で10年目になるのを記念して、高エネ研放射光実験施設に関係ある方々で座談会をしてほしいという依頼が放射光学会誌からありましたので、大嶋編集委員長とご相談して、皆さまにお集まりいただきました。

きょうは、いままで皆さまがPFで研究なさってきたことをご紹介いただいて、その経験を踏まえたうえで、PFの現状のいろいろな意味での水準を評価していただきたいと思います。

さらに、たとえばこのようなところが使いやすいか使いにくいかからこうしてほしいという、共同利用施設としてのあり方の評価もして下さい。

そして最後に、これまでの10年、PFは非常にアクティブに活動してきましたが、この高い水準をさらにこの先10年、どのようにしていけば維持できるかということでお話をお願いしたいと思います。

特に、第3世代の光源ができつつある状況で、PFとしてどのような展開をしていけばいいかという仕事を、個人的なベースでお話しいただければと思います。

まず、自己紹介を兼ねたかたちで、皆さまのご研究をご紹介して下さい。

菅 大阪大学基礎工学部の菅です。私自身は、3

年前まで物性研のSOR施設で放射光のスタッフをやっていましたが、いまは大阪大学を本拠にPF、物性研、分子研の放射光を使っているユーザーです。SPring-8の計画にも強い関心を持っています。

私自身としては、放射光を研究の主題に置いています。いままでは軟X線とか真空紫外領域の研究をやっていました。しかし、次の10年間は遠赤外からγ線領域まで広い範囲の分光研究をやりたいと考えています。

いま、いろいろなエネルギー領域に仕事を展開しつつありますので、横の協力でお互に経験を教え合う事で放射光利用のより広い発展を図りたいと思っています。

石川 東京大学工学部の石川です。私は3年ほど前まではPFのスタッフで、どちらかといえば建設絡みの仕事が多かったように感じています。3年前に大学に移りましたが、純然たるユーザーにはなかなか脱皮できません。しかし、だんだんユーザーに近い感覚になってきたように感じています。

研究の面では、ずっとX線光学を中心に置いた、たとえば半導体の評価などをやってきました。

今後、PFを使うにしろSPring-8を使うにし

ろ、やはりX線光学を中心として、そこから発展させていく方向で研究していくのであらうと思っています。

山本 高エネ研放射光測定器, MR放射光推進室の山本です。PFに勤務して6年になりますが、最初から挿入光源で光を発生させる仕事をやってきました。

これはPF光源系の北村さんとやってきたことですが、その間、関係した挿入光源はだいたいPFで5台ぐらい、もう一つはトリスタンのARというリングで2台ですが、建設の仕事ばかりをやってきました。きょうは、PFに皆さんのどのような評価があるのかうかがいたいと思っています。

佐藤 東京大学薬学部の佐藤です。私は11年前の1981年に測定器研究系に就職して、88年の秋まで在籍していました。現在は、東京大学薬学部で研究していますが、X線解析による蛋白質の立体構造の研究、いわゆるX線結晶構造解析を専門にしています。

PFに就職したころは、蛋白質のX線回折データを集めるのに1年かかる場合がありましたが、現在では1日か2日になりましたから、放射光の威力を十分活用していくべきではないかと思っています。

88年からずっと放射光のほうにお世話になっていますが、今後も、蛋白質の結晶構造の解析を

行うためのデータ収集の施設として使っていきたいと思っています。そして新しい構造研究とこの領域の手段を開発していきたいと考えています。

伊澤 放射光の光源系の伊澤です。84年4月から放射光の光源系で、主に高周波加速の仕事をしてきました。84年は、ビームが初めて回ってから2年経ったところで、ユーザランが始まって間もないころです。ちょうど、ビームラインから窒素ガスがもれて全周に回ったというようなことがあったときです。安定なビームをきっちり回すという業務が非常に大変な時期でした。

最近ようやく、ビームも安定に回るようになってきて、高周波以外のことにも関心を持てるようになってきたところです。

いま、放射光の光源自身はたぶんピークに達していると思いますので、これからの10年が非常に大切だと思っています。なるべく早い時期に、次の性能を持ったマシンにつくり替えていければいいと考えています。

河田 高エネルギー研放射光測定器の河田です。私自身は約9年前にPFのスタッフになり、それ以来ずっとPFの測定器で、主にビームライン周りの仕事をしてきました。

私が入った当時、私がカバーする領域は、X線トポグラフィーの分野でした。いまままだその分野のお手伝いをさせていただいています。

一方、私自身にとって、PFのいい点だったと思うのは、いろいろなユーザーの方とめぐり合うチャンスがあったことです。端的に言えば、PFのスタッフになっていなければ、磁気ブラッグ散乱とかコンプトン散乱などの分野の方々にめぐり合うチャンスはなかったのではないかと思っています。

現在は、山本さん達がARで素晴らしいインーイションデバイスをつくってくださったので、そのビームラインで、円偏光を使って磁気コンプトン散乱、磁気吸収、PFのほうでは直線偏光を利用して共鳴磁気散乱の分野をカバーする仕事をし



佐藤 能雅氏

ています。

小杉 京大工学部の小杉です。3年半ほど前に京大に移りますが、それまではずっと東大にいました。修士のころは、太田さんについて研究していましたが、すでにPFの計画があることは知っていました。PFを意識せざるを得ない状況の研究室でしたから、学生の間はPFができるまでどのようなことをやればいいのかということで、たとえば物性研のSORで実験してみたり、固体表面研究の研究室に出入りしてみたりしました。

ちょうどまい具合に博士課程を終わったころから、PFのライナックやリングの建設が始まりましたので、建設の手伝いをかなりやらされました。

また、光が出はじめてからは、いろいろなビームラインを立ち上げて実験しました。7、8本ぐらいのビームラインでX線領域もやりましたし、VUV領域もやりました。

回折はやっていませんが、興味は分光のほうにありましたので、X線をやる場合も、X線分光をきっちりやってみたいということがありました。EXAFSもやりましたが、メインテーマとしては、吸収端のほうで研究をやってきました。

将来的な問題としては、硬X線領域はPFでしかできませんので、かなり重点になるようですが、軟X線領域やVUV領域でもやることはまだまだたくさんあります。その辺をPFでもやっていくべきだろうと考えています。

太田 東大理学部の太田です。今回、10周年記念ということですが、PFと関わりを持ち始めたのは1977年ごろですから、すでに15年前になります。

最初は、インハウススタッフとして7年間、それからユーザーとして7年間、この二つの立場でPFに関わってきたわけです。専門は、放射光を用いた固体表面の研究です。ずっとPFで飯を食わせてもらいましたので、PFに足を向けては眠れないというところです。

これまでは軟X線を中心にやってきましたが、

最近では硬X線のほうの仕事も始めて、今度はまたスペクトル化学センターのビームラインにも関係するようになってきました。

菅さんほど幅広くはないのですが、VUVから硬X線までの光を用いて、主に構造と電子状態を研究テーマにして、取り組んでいきたいと思っています。

尾嶋 NTT境界領域研究所の尾嶋です。NTTは1983年にビームラインの建設を開始していますので、10年近く経過しています。この間に、佐藤繁先生や三國先生など高エネ研の先生方にご指導いただいて、何とかやってこれたと思います。

論文の数の点では、昨年度はベル研やIBMよりも多いと『日本工業新聞』に紹介されており、一応のレベルまで来たのではないかと考えています。

PFの民間ラインは、高良先生が発想されたユニークなもので、それがうまく機能していると思っています。

私が放射光に絡んだきっかけは、実は1981年にスタンフォード大学で勉強しているときに、NTTが高エネ研に新しくビームラインをつくるという決定がなされて、急拠、しっかり勉強してこいと指示があり、SSRLでいろいろな実験を重ねたわけです。

1982年10月に戻ってきて高エネ研に出張を始



尾嶋 正治氏

めましたが、それから大体10年間ビームラインに
関与してきました。

現在は、光電子分光とか表面EXAFSとかX線
定在波など、太田先生の領域にかなり近いような
仕事をやっています。

ビームラインの統括責任者もやりましたが、研
究の方はともかく、あいつは口だけはうまくなっ
たと言われていました。高エネ研の先生に厳しく指
導して鍛えられたおかげです。今日は企業からは
私一人ですので、企業から見たPFの話を見せてい
ただきたいと思っています。

下村 無機材研の下村です。ちょうどPFができ始
めた1982年ごろ、放射光施設に高圧装置をつくら
してほしいとお願いしました。最初は概算要求にな
かった計画を無理やり何とかお願いして、1983年
にMAX80と呼ばれている高温高圧装置の建設を
認めていただきました。

最初は、ビームラインをBL15, 14, 4とあち
こち遍歴していましたが、ARの放射光利用が始
まったころ、いちばん最初のテストということで
安藤さんからお誘いを受けて、高エネルギーX線
に初めて触れさせてもらいました。吸収の大きい
高圧実験には高エネルギーX線が非常に有効であ
ることを実感して、それ以来ARで実験を続けて
きています。その後、PF、国立4研究所、理研と
共同でBL13にMPWのビームラインを建設する計
画にも参加してきました。

もう一つは、雨宮さんたちがフジフィルムと共
同開発されたイメージングプレートのシステム
は、特に微量試料からの回折に具合がいいとい
うことでダイヤモンドアンビルセルを使った実験に
応用しています。

さて、この10年間、PFでいろいろな実験が行
われてきましたが、伊澤さんからお話がありまし
たように、最近になってビームも非常に安定して
きて、24時間もしかすると48時間でもビームが
出つづけるのではないかといい状態です。つまり、
水道と同じで蛇口をひねれば、いつでも良質



下村 理氏

のビームが使えるというぜいたくな状況になっ
てきています。

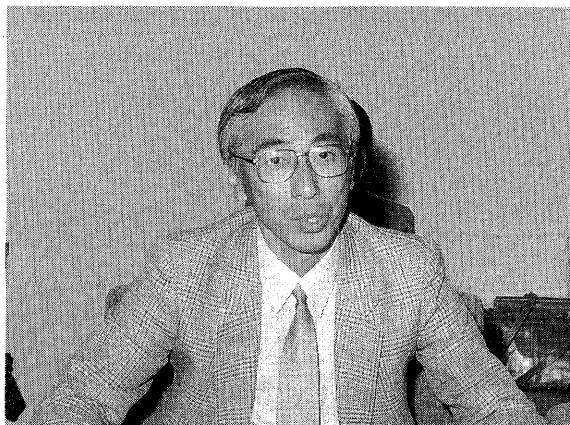
その間にそれを使ったいい研究が多く出てきて
いると思いますが、具体的にこのような成果が出
ているとか、これは実用化につながる実験である
とか、あるいは今後大きく育っていきそうだとい
うものを、それぞれの分野から自由にお話しい
ただきたいと思います。

菅 真空紫外とか軟X線の領域でも非常に顕著な
業績がたくさんあると思いますが、一つは、高エ
ネルギー分解能の実験です。原子分子について、
あるいは固体についても高分解の実験ができるよ
うになっています。世界のベスト3に入るような
高分解能分光器でこれからも良いデータが続々と
出てくる事が期待できると思います。

もう一つ挙げておきたいのは、円偏光アンジュ
レーターの導入が非常に早く、その種の実験が
精力的にやられていることです。これもPFの成果
として世界に誇り得るものではないかと思いま
す。

視点をかえて言うと、PFでは表面についてもバ
ルクについても、サンプルを持ってくれば使える
状況のかなり使いやすいビームラインがいくつか
あります。

私はたまたま韓国のOh教授とPFを使った共同
研究をやっていますが、彼が言うにはブルックヘ



菅 滋正氏

ブンなどに行って、一、二週間ビームラインを使っても、データをとるにはなかなか大変だということです。やはり使い勝手からいえば、PFがいいと言うのです。

分解能の点ではPFよりすぐれているわけではありませんが、物性研あるいはUVSORのなかのビームラインで非常に使い勝手がいいものがあります。

その意味では、まだまだPFにも使い勝手をもっとよくする余地があると思います。そうすることによって、まだまだユーザーの数は増えますし、将来の展開が大きくなると思っています。

下村 高分解能の点で優れているというのは、当初の装置のデザインでしょうか、あるいは、それをメンテナンスされている人の努力によるのでしょうか。

菅 それは分光器の分解能を上げようという積極的な意志を持っている方が、PFのなかにおいて、それなりの努力を継続的にされているのだと思います。ですから、その部分が非常に高く評価されると思います。

伊澤 使い勝手がいいとは、どのようなことでしょうか。

菅 ベストな言い方をすると、マニュアルがそろっていて、そこで2、3時間マニュアルを読めばビームライン担当者に大きな負担をかけないでも

時々相談する程度で自分達の力で1日か2日で実験がスタートできるというものが、使い勝手がいいと言えると思います。

利用者は必ずしもサンプルを持ってきて、それを入れてすぐ結果がこうなるということを要求しているわけではありませんが、いろいろな断片的な情報をいろいろな人に聞いて回らなければいけないという状況では使い勝手が悪いわけです。

伊澤 そうすると、ハードというよりも、むしろソフトウェアのほうでしょうね。

尾嶋 それだけ、高エネ研の先生方が苦勞されているということでしょう。かなり負担が大きいですね。

下村 ハード的にはどうでしょうか。

菅 装置は結構いいものが入っていると思いますが、メンテナンスの問題があります。スタッフだけの力でメンテナンスを完全にやることは不可能だと思います。ですから、ユーザーとスタッフが協調的にやっているビームラインはよくメンテナンスされていて、第3のユーザーが入ってきても使いやすいわけです。しかし、ユーザーとスタッフがあまりうまくいっていないビームラインは、ほかの人が来ても使いにくい状況だと思います。

スタッフ自身がすべてのビームラインを非常に高いレベルにメンテナンスしようということではなくて、ユーザーと共同してレベルアップしようという姿勢が、今後ともすべてのビームラインに対して続いていくことを期待しています。

下村 高分解能に関しては、ユーザーとの協力関係が非常に大きいということですが、円偏光アンジュレーターに関しては、線源があることが非常に大きな問題です。これはインサクションデバイスグループの努力によるもので、世界的に見て、PFの円偏光アンジュレーターのレベルはかなり高い水準にあると思いますが。

山本 ESRFが動きはじめましたが、まだいまのところは、硬いエネルギー領域ではARの楕円偏光ウィグラーが世界で唯一だと思います。アンジ

ュレーターモードも持っている円偏光の挿入光源として高い評価を受けていると思います。それから、BL28番の楕円偏光ウィグラーもVUVから軟X線領域の光源で、この領域では、つい最近まで世界で唯一のものでした。

下村 菅さんから、ハードウェア的には同程度であっても、ソフトウェアの点でのサポートがしっかりしているので非常に使いやすいというVUV関係の全般的なお話がありましたが、やや波長が短いところで、太田さんの立場からはいかがでしょう。

太田 軟X線でいえば、特に超高真空仕様の結晶分光器は、われわれが始めたころはまだ余り無かったので、早く立ち上げることができて良かったと思っています。最近、BL-2Aのアンジュレーターを用いた実験をやっていますが、非常に性能が高く、世界に誇れるものだと思います。2 keVから3 keV位の軟X線領域では世界最高の分解能を持っていますので、それをぜひとも活発に利用すべきだと思います。

もちろんこれは、結晶の冷却とか、ビームの安定化などこれまで随分苦勞してきたスタッフのおかげなんです。

下村 小杉さんも専門分野としてはややオーバーラップするかと思いますが、小杉さんがご覧になっていて、ある技術のレベルが非常に優れているというようなことを感じておられるでしょうか。

小杉 菅さんのお話はBL2Bの話でしたが、その分光器は分解能として1万出せますから非常に魅力的です。私は理論もやっているので、自分が取ったデータを理論的に解析するときに、ちょうどコンパラの分解能がいいのですが、2Bぐらい出ると非常に研究がやりやすいという感じがしています。

太田さんが話された2Aは使ったことがありません。11Bは使ったことがありますが、11Bは使う気にならないんですか。11Bは太田さんがつくられたもののはずですが。

太田 もちろん、ほかと比べて決して劣っていないと思います。少なくともそこで得られるデータは、世界の最高レベルのものが取れるはずですよ。それでも分解能はやはり落ちますからね。

小杉 BL2Aはビームサイズが小さいということですか。

太田 そうですね。それも非常に有利です。

河田 スペクトルスコーピーをやるときに、アンジュレーターの強度の大きな変化はあまり問題になりませんか。

太田 ですから、EXAFSには向いていないのです。EXAFSでやるのであれば11Bでなければだめですが、吸収端だけや定在波の測定など狭いエネルギー領域での実験には非常に有力です。

小杉 私はハードX線も使っていて10B、6B、7Cと三つあります。EXAFSとかXANESの実験ステーションですが、分光結晶が違ってきます。10BはSiの(311)を使っています。分解能としては、世界でいちばんいいです。同じように(311)を使っているところもありますが、ビームのサイズの影響でしょうか、10Bではほかのところでは取れないような、分解能のデータが取れます。X線領域で分光、スペクトロスコーピーができるという意味で、10Bのビームラインは非常に気に入っています。

EXAFSをやるには、7Cや6Bほうが1桁以上明



小杉 信博氏

るくて使いやすいでしょうが、10Bで出ている吸収端の研究は、ほかのところでは取れないデータですから、その意味ではみんないいデータを出していると思います。

下村 ブロックヘブンなどでは取りにくいデータですか。

小杉 分解能がぜんぜん違います。

下村 それは、スタッフの努力のせいでしょうか。

小杉 10Bの建設は、外部の建設部隊でつくってきたものです。

下村 その人たちのチームワークで、いまのレベルまで高くなったということですが、最初からそうですか。

小杉 最初からです。もちろんビームが非常に安定になってふらつかないということも効いていますが、最初の設計がよかったのでしょうか。データとしては非常にいいと思います。

太田 EXAFSのビームラインは、ソフトウェアが非常にきちんとしているという意味では、ユーザーがだれが入っても使いやすいと言えると思います。

小杉 菅さんが先ほど、試料を持ってきてぱっと取れるものはなかなかないと言われましたが、EXAFSのビームラインはそれに近いと思います。いろいろノウハウはありますが、非常に近い状況

ですね。そこはやはり内部のスタッフ、特に野村さんの力が大きいと思います。

下村 野村さんがまとめ役となって、多くのユーザーが協力して実験できるように努力してきているという実績がありますね。

太田 とにかく最大の利用者数ですからね。

下村 構造解析の立場では、きょうは佐藤さんだけですが、構造解析あるいは蛋白質の結晶解析の観点からはいかがでしょうか。

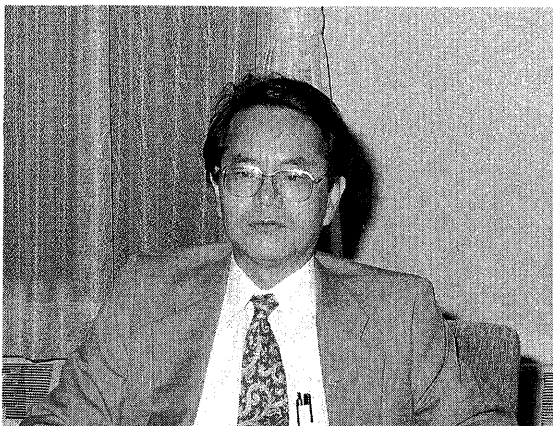
佐藤 ことし、BSR92が開かれましたが、そのなかにバイオロジー関係の放射光の成果が随分出ていました。バイオロジー関係では、85年ごろから多くの方がPFに入ってきて随分、進歩したというか、研究の幅が広がったと思います。そして、いろいろな施設や設備が整備されて、80年代の後半から世界的に見ても非常にいい成果が出てきたと思って、ぼく自身は評価しています。

初期のころは、蛋白質の結晶解析は随分、PFのなかで期待されていましたが、そのわりにはPFの人たちはあまり蛋白質解析用の施設の整備に努力していなかったと思います。しかし、84、5年ごろに核となるスタッフが着任されて、非常に献身的に努力されたと思います。

それから、いろいろユニークなアイデアが建設された装置には入っています。たとえば放射線効果の分野では日本のグループはそれなりに成果を上げています。また、小角散乱も多くのユーザーが実験をやっています。

蛋白質結晶解析の部分は、原子数が多く分子量が非常に大きな物質ですから、こうした研究を物理の人はなかなかやりたがらないのです。非常に複雑な物質システムですから、お手上げだという感じです。シリコンのように単原子結晶などはやりやすいでしょうが、蛋白の場合は、分子量にしても100万オーダーまでいくようなものです。

ですから、非常に扱いにくいものの研究に挑戦してきたということで、非常に高く評価していいのではないかと思います。そのなかでPFでの成果



太田 俊明氏

としては、一つには異常分散効果を使った研究だと思えます。結晶解析が分子量によらずに、かなり進歩していくと思えます。これはPFでの実験でいちばん先に成果が上がったものの一つです。

それから、坂部先生がなさってきたワイセンベルグカメラが非常によく使われています。大きな分子量のものまで適用されて、ユーザーも日本に限らず世界的に広がっています。

それから、微小結晶についても、たとえば高エネ研の大隅さんなどがなさっていますが、非常に微小の結晶でも可能になっています。

こうした方々が進めてきたイメージングプレートという検出器が84、5年に日本から出てきて、それをいち早く取り込んで使いこなして、次の研究に進むということに走っていったことによって、ほかの分野も含めて非常に有効に使われるようになってきました。

やはり、ユーザーとスタッフの関係がスタッフ数が少ないにもかかわらず非常にうまくいっているのではないかと思います。その根拠としては、たとえばダレスベリーとかブルックヘブンでもそうですし、スタンフォードでもスタッフの数がPFの数倍です。

84年ごろに結晶解析に関係した人間はPFでは1人だけでしたが、スタンフォードには10人ぐらいいます。ダレスベリーもやはり10倍近かったと思います。

いまでもスタッフの数は非常に少ないのですが、その意味ではデータをテイキングするところまでしか広がらず、一方では、スタッフの数が不足しているということで、サポート体制が諸外国に比べて貧弱ですね。

下村 スタッフの数が少ないにも関わらず、いい成果を出しているということは、アイデアの問題ですか。

佐藤 一つは、アイデアのある装置があることです。それから、光源がしっかりしていることです。そして、ビームラインもしっかりしています

から、そこに力を注がなくてもすむということがあります。

たとえばスタンフォードなどではビームが出てきませんから、ビームが出てくるようにするために実験する人が非常な努力をするわけです。そうした部分の努力に、2、3人の人が5年ぐらいかけていくわけですが、そうした部分をPFのスタッフはほとんどしなくてすんでいるところもあります。

もう一つは、実験したあとのサポートがわりに少ないんです。それはPFではみんなユーザーが持って帰ってやるということですが、ダレスベリーとかブルックヘブンでは少なくとも一貫したサービスをやるのが使命だということになっているようです。

太田 ダレスベリーの場合は生物の研究所がありますから、そこ共同研究ができるのですが、PFの場合は難しいでしょうね。

佐藤 たとえばダレスベリーの実験データの処理系のプログラムは膨大で、開発・整備はイギリス全体のプロジェクトとして成り立っています。

下村 異常分散効果にしても微小結晶にしても、放射光を使うことはだれでもある程度は思いつきますが、それをいかにきれいに出すかということだと思います。

たとえば異常分散を使った構造解析は、スタンフォードの方が早くから言われていたような気がします。現実にはPFの方が早く結果がでてますね。

佐藤 それはたぶん見積もりの仕方に関係すると思います。たとえば異常分散効果はみんなご存じだと思いますが、それが測れるか測れないかを見極めて努力するかどうかの違いがあると思います。

私も高エネルギーのEXAFSをやったことがあります。そのときけっこう多くの人たちが、これは測れないと言っていました。しかし、見積ってみるとそうではないわけです。そうすると、それに向かってあとは努力するわけです。

PFの方々は研究のバックグラウンドがある意味で高いから、見極めがうまくできるのではないのでしょうか。

たとえば先の坂部先生のワイセンベルグカメラをアメリカやイギリスで、これはバックグラウンドが高くなるから非常におかしいといわれたことがあったのですが、見積もりがしっかりしている方が、それに非常な熱意を持ってやっていったわけです。

光源の安定化もそうだと思います。それができるという見通しと、そこに向けて非常な努力をされたわけです。できる見通しがないと、なかなかやれませんか。

下村 同じハードX線の分野で石川さんはいかがでしょうか。

石川 ハードX線領域でも、皆さんがおっしゃることと同じようなことが言えます。とにかくPFはビームの安定性が高く、長い時間の測定ができるので、非常に弱いレベルのシグナルをきちんと取ることができます。これは、他の施設ではなかなか困難なようです。そこはPFの非常にいい点ではないかと思えます。

もう一つは、先ほど円偏光の話がありましたが、円偏光以外でも山本さんや北村さんの努力による、インサクションデバイスのビームを利用するところで、PFは非常に特徴的な仕事を可能にし



石川 哲也氏

ているのではないかと思います。

最近、真空のなかにアンジュレーターを入れて、ハードX線が出るアンジュレーターをつくっていただきましたが、そのようなものもまだ、他所では動いていないわけです。X線をアンジュレーターで取れるのは、ESRFが動き出すまではARだけではないかと思えます。

個々の研究での目につく成果や評価という話を始めると時間がなくなりますが、根本にあるのは、光源が非常に良いというところで、そこからいろいろなことが派生しているような気がします。

下村 分光結晶の開発はどこのビームラインにも共通していると思いますが、その意味でのPFの水準はどのようにお考えですか。

石川 分光結晶のところはオリジナルなアイデアがPFにあったわけではありませんが、研究段階から実用化していくところが非常に上手だったと思っています。

下村 石川さんから、先ほどから出ているビームの安定性に加えて、インサクションデバイスのうまさがあるというお話がありましたが、利用者の立場としてごらんになって色々おもしろい話があると思いますが、河田さんいかがでしょうか。

河田 もともとARNE1に円偏光X線ビームラインをつくっていくプロジェクトのきっかけは、PFのバーティカル・ウイグラー・ビームラインでコンプトン散乱実験を行い始めたことです。その当時、バーティカル・ウイグラーのところで高分解能コンプトン散乱のスペクトロメーターが立ち上がっていました。

一方、世界の情勢は、イギリスのグループがダレスベリーウイグラーの軌道から外れた放射光を用いて、低分解能ですが磁気コンプトンをスタートさせていたわけです。

日本では、高分解能スペクトロメータを立ち上げていましたが、磁気コンプトンではなかったわけです。



河田 洋氏

そうすると、その次のバージョンを考えるとということになると、高分解能磁気コンプトンができる系を考えるとということで、とてつもないフラックスの高エネルギー円偏光X線が必要になります。

ちょうどそのときにARのプロジェクトの予算が通って、山本さん、北村さんに円偏光のデバイスができないかという相談をしたわけです。

このようなことを契機にして、そこから先は多くの方がご存じのことだと思います。あれは本当にねらいを決めてビームラインづくりにかかったところがありますから、それが出なければクビが飛ぶという感じもありました。

現在、磁気コンプトンの成果は、世界でここできかでないわけで、完全に独走態勢に入っています。逆にいえば、世界に開いて、みんな使いに来てくれという状態になっています。その意味では、わりにうまくいったプロジェクトの一つだろうと思っています。

もう一つの成果としては、手前みそかもしれませんが、学芸大の並河さんがおやりになった共鳴磁気散乱があります。これは確実に日本のオリジナルです。この実験をきっかけにして、アメリカのグループが精力的に始めていったわけです。その意味で、そのきっかけをつくった実験として、この実験は非常にいい実験だったのではないかと

いう感じがしています。

次に、もう少しこうあればいいということでは、ポツンポツンとはいい仕事が出てきますが、その後精力的にその仕事フォローされていきにくい点があります。たとえばブルックヘブンであれば、ニュートロンと放射光のコミュニティが非常に強いコンタクトを持っていて、X線磁気ブラッグ散乱が出てくると今度は、昔はニュートロンをやっていた人達がどんどん入ってくるわけです。

その辺のコミュニケーションが、日本ではあまりうまくいっていないように思います。いい成果が出てきているように思いますが、マンパワーは依然としてあまり増えていかないわけです。

今後、その辺を体制を考えていかなければ、単発で終わるのではないかと考えています。

下村 民間のビームラインで、他とは少し違った経営をされている尾嶋さんから見たらいかがですか。

尾嶋 まず、ぼくらが使っているエネルギー領域では、先ほど菅先生が言われたような高分解能の仕事という点で、柳下先生の仕事などは注目すべきと思います。

また軟X線を使った仕事として、太田先生のところでも系統的に面白い表面の仕事をやられています。ここにいらっしゃる方はみんな素晴らしい研究をやっておられ、石川先生の平面波トポなど面白いと思います。私の分野とはぜんぜん違いますが、坂部先生のワイセンベルグカメラの研究は一つのブレークスルーというか、何か一歩突き抜けた研究のような気がしています。

民間では4社がビームラインをつくっていますが、みんな同じようなことをやっていることも少し問題があるのではないかと気がしています。これは、反省も含めて厳しく考えてみたいと思っています。

民間で面白いのは、手前みそですが、最近までNTTにいた宇理須さんの研究です。放射光を当て

て化学反応を起こすなんてことは、あのころはだれも考えていなかったのにコケの一念で実現してしまった点ですごいと思います。それから、NECの水木さんたちがやっている表面回折も面白い。

こうして見ていくと面白い話がいっぱいあるわけでは、どれがノーベル賞に結びつくのかといえば、全体的に小粒な感じがします。

いい光があるからこういう結果が出た、お蔭さまでという部分ではありますが、先ほど河田さんが言われたように、どうも研究が単発で終わってしまうような感じがしています。それが残念な気がします。

私の偏見かもしれませんが、日本の研究はある程度までいくと、その人はその後自分自身でマネジメントをやってしまうのではないか。自分の反省も含めて日本の研究ソサエティに何か限界があるような気がします。

菅 いまのお話は、民間の場合についてですか。
尾嶋 いや、全般的な感想です。いいところまでいって、それをずっと続けられるのかと思っていると、どこかの大学に行ってマネジメントをやっている、という感じがあります。

下村 民間特有の問題についてはまたあとでうかがいたいと思います。PFのインサクションデバイスはたぶん世界的でいちばん進んでいると思いますが、それをつくられてきた山本さんに自分自身の評価をお願いします。

山本 挿入光源はグループで仕事をしていますが、われわれがやった仕事の特徴としては、先ほどから出ている円偏光のソースを挿入光源でつくったことがあげられます。

ぼくが入所したころにちょうどその話が測定器安藤、光源北村両氏の間で進んでいたと思います。そもそものアイディアは、複数の偏向部の放射を斜めに見たものが、たて方向に全部重ね合わさる軌道はどのようなものかと考えたことに由来します。

そこでウイグラー型のハードX線ソースになる



山本 樹氏

ということが、基本的なアイディアだったわけです。そのような軌道を本当に取ったときに、実際に円偏光ができるかどうかということに対して、最初は出るということをもみんな信じてくれませんでした。随分偉い人たちが信じてくれなかったわけですが、たまたま88年ごろからのARの建設と重なってうまくドッキングして成功して、ハードX線領域のソースになったわけです。

それから、ほとんど同じデザインでPFにも、軟X線からVUV領域の円偏光ソースができるということで、BL28の挿入光源になったわけです。

石川さんからお話があったX線アンジュレーターは、技術的には真空中に磁石を入れることがいちばん大きなブレイクスルーになったわけですが、そういうことを実現して、短い周期のアンジュレーターをつくることによって、X線領域のアンジュレーター光を出したわけです。

いまの場合はメスバウアーのソースとしてだけでなく一般的なX線のアンジュレーターソースをつくる仕事になったと思います。

それから、PFに数台あるアンジュレーターの他にマルチアンジュレーターとして高い機能を持たせることを物性研と共同でやった、BL19番のリポルバー型がありますが、一つの装置のなかに4組の磁石列を入れています。普通のアンジュレーターでは1桁ぐらいのチューニングの幅しかあり

ませんが、リボルバーの場合は、だいたい100倍ぐらいの波長域でカバーできます。

光源はいちおう特色のあるものをそろえたつもりですが、きょうは皆さんから、それをどう使っているかという話を聞きたいと思います。使ってみて、このようにいいものがあるということ聞かせていただくと、われわれの自信になると思っています。

下村 PFでは特色のあるインサクションデバイスが作られています、ほかの施設でも色々な計画はあったのでしょうか。たとえば真空中に入れるという考え自身は外国でもアイデアとしてはあっても、具体化するところはなかったと思うのですが。

山本 真空中に入れるという考えは、挿入光源と加速器の干渉をなるべく小さくするために自然に生じるものですが、特に短い波長をねらうという意識でやったものは、ほかにはないのではないかと思います。実際問題としては、よそではあまりうまくいっていませんね。

たぶん真空をつくるために磁石を焼いたり、アンジュレーター本体を焼いたりするときに、磁場が弱くなって消えてしまうようなことがあって、それをうまく解決できなかったのだと思います。

永久磁石の技術は、日本はいま世界で非常に高いレベルにありますし、たぶん世界一だと思いますが、われわれはそれをうまく使うことができたわけです。そのような援助もあって、うまくいったのだと思います。バックボーンとする工業力が非常に高いことが、新しい技術を生み出すことに役に立っていると思います。

下村 先ほどから、ビームが安定していることが、非常にいい成果を生み出しているポイントだという話がでてきます。逆にビームがフラフラして使えないという外国の例も耳にしますが、その辺は伊澤さんはどうお感じでしょうか。

伊澤 皆さんがサービスに徹して、ビームの安定化を一生懸命やったということだと思います。私

個人の感覚からいえば、87、8年ごろから非常に安定化してきたように思います。

ビームの安定化には、真空とかビームダイナミクスとか位置が動かないとか、基本的なところから押さえていかなければいけません、リングが稼働して以来、マシンスタディ等を通じて、その大部分を解決してきたということだと思います。また、PFリングの建設に携わったスタッフの基本的な設計が、非常に良かったということも基本にあります。

ところどころ不具合が生じたところがありますが、それをどんどんつぶして、さらに改良を加えていって現在のよう立派なリングになったということだと思います。

ビームが今ほど安定でなかった時期に、PFシンポジウムで、確か測定器系の伊藤さんだっと思いますが、ビームが安定であれば、このようにきれいなデータになるというスペクトル、何のスペクトルかは忘れましたが、を見せてくれました。それを見て、なるほど、これは安定にしなければいけないと思ったことを記憶しています。これまでは、リングの改善、改良の他にローエミッタリングに切り替えるとか、ポジトロンリングにするとか、何年か毎に新しく生まれ変わってきていますが、いまの段階ではピークに達したように思います。



伊澤 正陽氏

ここ数年は、このビームを維持するために使う労力のほうが大きくなってきています。一つには10年を経過して、いろいろなものが老朽化し始めていますので、その老朽化したもののメンテナンスにかなりの労力とお金を注ぎ込むような状態になったということがあります。

したがって、なるべく早い時期に次のステップにいったほうがいいのではないかと考えています。

下村 伊澤さんのお話で、いちばん大事だったのは基本設計がよかったということと、それに対してみんなが非常に努力して、改善、改良を重ねたということですね。大まかなスペックが同じであるリングがアメリカにもありますが、出てくるビームの質はだいぶ違うようです。それは、あとの虫のつぶし方のシステムの違いでしょうか。

佐藤 最初のビームが出てから1週間ぐらいして、測定している側でビームの軌道をチェックして、光源系とかなり打ち合わせたことがあります。そのとき、当時の富家主幹が、自分がやったらビームは動かさないと言ったのです。そのあとは、ビームが動くと言おうと文句を言おうということで、富家さんはそれをけっこう聞いていましたからね。

ユーザーがあまり慣れていなかったものですから、ビームは動かないものだと考えていたんです。スタンフォードで勉強した人は、ビームは動くものだと思っていたから、光源にはあまり文句を言わないんです。

伊澤 それは富家さんをはじめリング全体をまとめる方たちが、ビームは安定でなければいけないと宣言なさっていたからだと思います。

佐藤 姿勢として、それが明確に出ていたしね。

太田 やり方としては、ブルックヘブンは最初からローエミッタンスのビームを狙っていたわけでしょう。それが、PFの場合は比較的にエミッタンスを気にしないでやっていったことが、結果的には非常に正解だったと思います。

われわれは最初、富家さんや木原さんは非常に慎重派だと思っていましたが、結果的にはそれが非常によかったですね。

佐藤 ビームが動いたといえば、富家先生が実験ホールに来るんですが、必ず自分の目で確かめに来ていたんです。あれは、ほかのところではないのではないかと思います。

山本 このごろは、アンジュレーターをスキャンしても動かないようにしています。

下村 いろいろな分野の方からそれぞれPFでの成果についての評価をしていただきました。PFは共同利用施設ですが、共同利用施設としてのあり方を外部の方々から見て、非常に使いやすいという評価もありましたし、使いにくいところもあるという方もあると思います。その辺をいろいろ指摘していただけますか。

菅 私はさっき使いやすいと申し上げましたが、先ほどの協力関係がうまくいっているところは使いやすいわけですが、本音をいえば、それがうまくいっていない場合は、きわめて使いにくいものです。

その点では、ほかの施設よりもまだ見劣りするところもあるわけです。スタッフの人数が少ないわけですから、スタッフの方がうまく利用者の協力をアレンジする姿勢がなければ、ユーザーの側からの改善はなかなか難しいでしょう。

小杉 ユーザー側の問題意識や姿勢もけっこうあると思います。

菅 ですから、ユーザーはどうあらねばならないとか、ユーザーにどこまで期待されるかという線ははっきり出したほうがいいと思います。また、共同利用施設のスタッフとしては、ここまではやらなければいけないという共通の意識を持っていただきたいと思います。

ここに出てきていらっしゃるスタッフの方は、その意味では非常によくやってくださっていますが、そのような意識の希薄な方がいないとは言えないわけです。

この点については、スタッフとしてのミニマムコンセンサスが確立してほしいと思います。そうすると、ほんのわずかのスタッフの労力の投下、ユーザーの努力の投下で、非常に使いやすいビームラインになっていくと思います。

下村 小杉さんも建設も含めていろいろなビームラインを使われていますが、ユーザーの努力ということではいかがでしょうか。

小杉 先ほどコメントしかけたのですが、EXAFSなどでは、昔の立ち上げ時からやっている人たちは問題ないですが、そうではなくてポンと試料を持ってきて取れるという意識のユーザーが、最近は何となく増えています。

高エネ研側のスタッフとしての話を聞くとところによると、やはりいろいろ問題があるようです。ときどきEXAFSの講習会などもやっていますので、そういうところに積極的に出て勉強してから来ればいいのですが、それなしに来る人がけっこういます。

あまりEXAFSが広まりすぎたために、底辺が広がりすぎているということがあるかもしれません。

菅 それは私もかねがね思っていてスタッフの方に申し上げたのですが、基本的にスタッフの負担を増やさずに、なおかつ共同利用を発展させるためには、ある時期、スタッフの努力で習熟用のマシンタイムで教育する期間があるといいと思います。

まったく初めてのユーザーが来て、1週間ぐらいそこでみんな一緒に仕事をしているうちに覚えてしまうようなことを経験させられるシステムがあればいいと思うのです。それだけのサービスをしていただければ、そのあとの負担は非常に軽くなると思います。

われわれは別の施設で経験がありますが、そうしたことをやったあとはユーザーが増えて、なおかつ手がかからなくなるということがあるわけです。講習会もそうでしょうが、もう一步踏み込ん

で、実際に自分の手で装置を動かしてデータを取るところまで習熟させたり、あるいは教えてあげる機会があるといいのではないかと考えています。

小杉 高エネ研側のスタッフだけでユーザ教育するのは大変なので、ユーザーのなかでも習熟した人が、積極的に講習会をやることも含めての話でしょうね。

下村 それはEXAFSのように比較的測定としては簡単で、かつユーザーが多いところと、測定がやや面倒で、かつユーザーの数が少ないところとでは、事情はいろいろ違うだろうと思います。EXAFSの場合は数が多いですから、いまおっしゃったように講習会で勉強したあと、実際に習熟できるとは思いますが、たとえばわれわれの高圧グループでは、初めての方は、その前にやっているグループがいれば、そこで何日か一緒に見習い期間で張りついて、それで覚えてほしいということをやっています。

小杉 立ち上げ時からいろいろ関係していますから、パッと来てパッと測定するという意識が私の場合はないのです。新しいビームラインをやるときは、そのビームラインを立ち上げた人と一緒に、興味あるテーマから始めるという意識を絶えず持っています。ですから、そのようなユーザーがどんどん増える方向であればいいと思います。

下村 きょうお集まりいただいた方はPFにかなり深くコミットされてきた方々ですから、逆に純粹ユーザーの方はいらっしゃらないわけです。純粹ユーザーとしての立場から発言することは難しいかと思いますが、想像してみてもいかがでしょうか。

佐藤さんは昔はスタッフで、いまはユーザーということですね。

佐藤 いまも一応スタッフの役割を担っているつもりです。こんな話があります。アメリカの次世代の実験施設で研究者のサンプルを施設に送ります。施設のだれかがサンプルをマウントし

て、それを操作するのはコンピュータ・ネットワークで自分の本拠のところでやるわけです。

そうすると、スタッフに要求されていることは、試料をマウントして回線をコネクトすることですが、それで成り立つ部分はかなりあるようです。EXAFSなどもそういうものがたくさんあると思いますが、大きな見地から見ると、研究者が毎回出張して来るよりも、誰かがマウントしたほうがいいということです。

この具体的な例は、蛋白の結晶解析のデータコレクションの場合ですが、現実にもうしたことが行われるようになるであろうということです。

河田 佐藤さんが昔担当されていたインタロックのところはどうなるのでしょうか。

佐藤 だれかがボタンを押すわけです。

小杉 そこまでネットワークでやれるようになれば問題ないですけどね。

太田 オペレーターがいるわけですね。

佐藤 そうした実験の形態もあるわけです。

下村 もっと極端に言えば、EXAFSの場合はオペレートもしないで、サンプルを渡して条件を決めて、これこれの条件で測ってください、その代わりに、これだけのお金を払いますということもありません。

小杉 実際には、現場で試料を調整したり、厚みなどは、計算どおりにはいかないようです。

佐藤 いろいろなことが出るでしょうが、アウトプットをマキシマムにするために、そうしたアプローチもある、使い方もあると思います。

太田 下手に素人がやるよりも、エキスパートがやったほうが、手間がかからないでいいということになりますね。

尾嶋 SPring-8などは、そのような形態があるのではないのでしょうか。たとえばある試料の断面電子顕微鏡写真を撮りたいと思って、自分でTEMサンプルを作ろうとしても、とてもサンプルはできません。しかし、そこにエキスパートがいて、このような方向から撮ってくれとさえ言うっておけ

ば、あとはどんどんやってくれるというスタッフがいれば随分助かる。SPring-8などでは考えてもいいかもしれませんね。

佐藤 そうした考えがあってもいいのではないかという気がします。ただ、ぼく自身がそれをやるようになったら、たまったものではないと思いますけどね。

小杉 サービスをやる側は面白くないと思う。

佐藤 出張旅費を払うよりも、はるかに安いわけです。

太田 出張旅費の関係については、フォトンファクトリーが活発に利用されている大きな原因は、やはり出張旅費が十分でていることだと思います。いまはだいぶ少なくなってきて厳しい状況にあるようですが、出張旅費が十分でない、アクティビティーも落ちると思います。

菅 他の施設の状況については、物性研の出張旅費について旧スタッフとして弁解しますが、来ている方には1テーマ4人当たり旅費を出しています。全体としての枠は多くないのですが、採択したのに関してはちゃんとやっています。

分子研の場合は確か2人分だと思います。古い施設のほうでは旅費の総枠が低いですから、PFもあと10年もたつてSPring-8などが新しくできるころには、予算的には苦しい状況に入ってくるのではないのでしょうか？

これは日本の共同利用研究所の旅費の宿命と思われるから、必ずしも施設の責任ということではないと思います。

もう一つの形態としては、科研費などで旅費を取ってくるような事を考えなければ本当にアクティビティーを上げるためには、共同利用施設からもらうだけではまかないきれない時代がくるでしょうね。

河田 正直いって、私自身もマシンタイムの配分をやっているときに、たとえば1か月の長いマシンタイムのときに、大学の先生を全部ずっとこちらに引っ張り続けることは難しいわけです。何回

かホームグラウンドに戻って仕事をしなければいけないわけです。

しかし、KEKではそれが難しいというのがいまの現実です。この問題については、アクティビティーを保つために、何とか旅費の大枠が増えてくれないことには、どうしようもないというのが正直なところでは。

下村 外国の施設と比べて、利用の仕方などはどうでしょうか。尾嶋さんや太田さんはSSRLの施設を使われていますが、いかがですか。

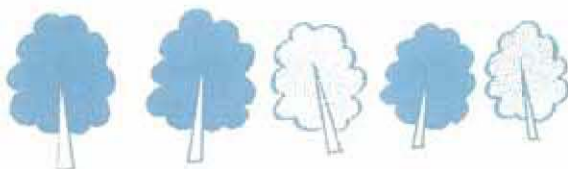
尾嶋 旅費の話はよく判りません。私はスタンフォード大学にいましたので、SSRLはキャンパスのなかにあり、その点の不自由はありませんでした。

太田 旅費まで出してくれるようなところは、外国の場合は少ないですね。その意味で日本の施設はサービスが徹底しているという感じがします。われわれにとっては非常にありがたいことですね。

外国の施設と比較して言えることは、テクニシャンが少ないことです。前はもっと大変でしたが、スタッフはサイエンティストとエンジニアの両方を兼務しなければならない訳です。外国の場合はパーマメントでないものの、エンジニアとテクニシャンがたくさんいます。サイエンティストは本当にサイエンスをやればいいわけですから、その辺が全然違うと思います。

下村 ユーザーが外から来て、実験中に何かやりたいという時に、エンジニアがそれをアシストしてくれればいいというように進むといいですね。

太田 増えつつあると思いますけどね。



下村 逆になかのスタッフから考えても、そうではないかと思うんです。石川さんは昔、中にいらっやって、ビームラインをつくっていく、あるいは維持していくときには、研究者とエンジニアの境目のようなところで活躍されたわけですが、その時はどのようにされたのですか。

石川 私はKEKにいるときは完全にエンジニア志向でやっていました。いまは違うのかと言われると困りますが。

太田 エンジニアとして鍛えられていることが、いろいろな装置開発も含めてサイエンスに結びつけていくことができるというメリットがあると思うんです。ただ、本当にやらなくてもいいようなことまでやらされたことが、結構あったように思います。

下村 二倍働ければ両方できるのでいいんですが、エンジニアをする分だけサイエンスが薄くなるという恐れはないでしょうか。

石川 逆にいえば、エンジニアリングやサービス業務がたくさんあると、自分自身のサイエンスを良く考えなければいけないから、それはそれでよかったと思います。たとえば、論文などを読んでいても、高エネ研にいたころは、これは他所でやっているから、追いかけるのはやめようと、思い切りよく捨てられたわけです。しかし、いま大学におりますと、学生の教育もありますので、いく分志が低くなっているのではないかという感じがします。

下村 その辺は、河田さんいかがですか。たとえばスタンフォードのサイエンティストが、ユーザーの世話をしているかといえば、それほどはしていないと思いますが、PFの場合は、スタッフがかなりユーザーの面倒を見えていますね。

河田 最近はユーザーの方々がかなり力をつけてきています。もちろんマシンタイムの割り振りとかその順番などはスタッフがやらなければいけません。あとは、初めに少づき合えばいいのではないのでしょうか。

こちらも割り切りがよくなったのかもしれませんが、ユーザーにいい結果が出なかったのは、私の責任ではなくてユーザーの責任だというように。

サイエンスはそれほどやっていませんが、自分が提案した実験をやりにかかることがあると、自分の頭のなかの半分はエンジニアリングで、半分はサイエンスという感じになります。

ただ、両方は同時にはできませんから、いつもどちらかにしぼってやっています。1年間のスケジュールを決めてやるというやり方で、多くの方が程度の差はあるにしてもその様にやっているのではないかと思います。

ぼく自身としては、ESRFにいた経験から、エンジニアが多ければいいとは思いますが、増えたときに今度は、自分の居場所があるだろうかという心配もあります。

もう一つは、施設としてぼくなりには思うのは、内部のスタッフが、自分のサンプルをPFでつくり、放射光を使って実験を行います。その前に別の実験装置で調べるとか、比熱を測るとか、電子回折を取っておこうとしたときに、周辺の施設の貧弱さを非常に感じます。そういうものがきちんとそろってれば、外部の方もかなり使いやすくだらうと思います。

ぼくは内部スタッフの立場ですから、内部スタッフとしてアクティビティーを上げていこうというときに、一方で自分のところではサンプルはつくれないのが現状です。サンプルはどこかの大学の先生にお願いしたり、メーカーから買えるものは買うということでは、長続きする仕事がなかなかやりにくい環境にあるという気がします。

蛋白結晶のハンドリングなどには、それが非常に必要ではないでしょうか。

佐藤 ユーザーが来て実験する分には、そのための部屋などはいちおう整えてありますから、まだ何とかなります。ただ、初期の計画では、PF施設のなかで蛋白の結晶までをつくるということだっ

たんです。しかし、いまはだんだん縮小されてきています。

ですから、放射線生物の場合も、細胞培養の部分を整備しようと決めましたが、初期の計画に比べるとまだまだ進んでいません。

下村 PF全体としてかなり大きな計画になってきますね。いろいろな生物環境とか電子顕微鏡から、試料の作成などいろいろなことを入れていくと、ユーザーの数が増えると思いますが。

佐藤 設備がある程度整っても、スタッフや研究者が研究をしていくためには、それをサポートする人が必要ですが、これもまったくゼロで何もありません。

下村 現状では内部のスタッフが研究する設備がないわけですが、もしそういう設備があるのであれば、外部の共同利用の人もマシンタイムのときだけくるのではなくて、ビームを使わない予備実験のようなものを1か月とか2か月とかするとより成果がでやすいと思いますが。

河田 そうだと思います。

佐藤 私がスタッフのときは、どこかで研究する経験を積んできてスタッフとして仕事をやったわけですが、たぶん皆さんもそうだと思います。ただ、そのうちにだんだん時間が経って新しい人が入ってくるわけですが、これから入ってくる人が仕事をしていくバックグラウンドが非常に少ないと思います。たとえばSSRLであればスタンフォード大学がありますから、そこをバックグラウンドにして研究できるわけです。多国の多くの研究所施設がそうになっていますから、交流があるし、モチベーションもどんどんわいてくると思います。

ある意味で、PFが先行しているとすれば、現在のスタッフの人たちは、ある程度ほかでバックグラウンドになるものを持ってきて、いままではそれを食ってきていたのではないかと、これからは食いつぶしていくのではないかと気がするんです。

太田 私もPFのスタッフのときに思ったことは、雑用もしなければならぬし、何かやると、ほかのことを中断しなければならないわけです。だから、何とかしてPFのなかでも研究グループとか、大学の講座制とまではいかないまでも、そういうチームをつくってもらいたいと思います。

その分当然カバーするビームラインは減るかもしれないかもしれませんが、それでさらに、PF内部にいろいろな設備ができてくれば、もっといい研究環境になるだろうと思います。

10年生き残るためにはという部分に入っていくのかもしれませんが、PFのスタッフがつぶれてしまったら、ユーザーはだめになります。ですから、PFのスタッフがどんどん良い成果を出してくれる状態を、まず作っていかねばいけないのではないかと思います。

その意味で、体制を変えていく必要があるのではないかと思います。

下村 ここまでPFが成果を上げてきていますが、今後これをさらに10年生き延ばしていくためには、どのような展開をすればよいかということをお話していただけますか。ソフトウェアの観点からお話はすでにいくつかできてきたようですが。

先ほどから伊澤さんが指摘されているように、光源の改善といっても現状ではアップアップだから、もう少し何とかしなければならぬというその辺については、いかがでしょうか。

伊澤 PFは夏にシャットダウンになりますので、そのときにリングの改造を行っています。ここ3年ほどそのスケジュールとか連絡係をやっていますが、毎年各グループが注ぎ込む労力は大変なものです。真空グループを中心に、ほかのグループも大変な量の仕事をしていて、夏休みがほとんど取れないぐらいです。

ところが、夏休みを取れないぐらいやっているのですが、光源の外側から見ると、何かが変わっているようには見えないわけです。

これはほとんどが老朽化した部分の交換など

に、マンパワーとお金が逃げていっている状態だからです。ですから、このまま続くと、先頭に立って作業している人たちがあと5年もすると疲労困憊してしまうのではないかと危惧しています。

最近マグネットの加藤さんから、PFのいまのビームラインを動かさないままで、エミッタンスを第3世代並みに下げるといって非常に魅力的な計画が提案されています。そうしたことはぜひ実現したいと、光源系の全てのスタッフが思っています。

下村 老朽化対策とバージョンアップを兼ねたかたちですね。それをやるためには、半年ぐらいのシャットダウンが必要なわけですか。

伊澤 その点については小早川さんに聞いてもらったほうが良いと思いますが、スケジュールについてはいくつかのバージョンが用意されています。

太田 予算的にはどうですか。

伊澤 R&Dの予算でできるという額ではありませんで、私個人の予測ではリングの改造に十数億ではないかと思います。

下村 どの程度までエミッタンスが下るのですか。

伊澤 計画のバージョンがいくつかありますが、いちばん小さいもので、2.5GeVで28ナノメーターまでエミッタンスが下がります。

第3世代と言ってもいいリングになるのではないかと思います。

下村 カレントはそのままですか。

伊澤 カレントは維持できると思います。ビームの寿命は真空が回復した時点で $I \cdot \tau \approx 500A \cdot \text{分}$ 程度と予想しています。

下村 主にどのような改造ですか。

伊澤 改造される主なものは、偏向電磁石以外のマグネット、真空ダクト、加速空洞、各種の電源などです。

太田 ビームの不安定についてはどうですか。

伊澤 ローエミッタンス化したときに、垂直方向

に、ビームがドリフトするということがありました。加藤さんの予測によると、そのときの動きの3分の1以下だということです。現在もフィードバックで押さえています。それまでにはフィードバック系も今以上に整備できると思います。ところで、エミッタンスを下げるよりも停止のほうがいやだという声も聞こえてきたりしています。

小杉 たった半年でしょう。

太田 夏休みのシャットダウンを入れてですか。

伊澤 そのほかにとということです。

太田 ということは、ほぼ1年ということですね。

菅 ただ、PFがこれだけ性能がよくなり、安定になったのは、マシンスタディの積み重ねと相当な労力があつたわけです。シャットダウン期間はノミナルには半年間プラス夏休みかも知れませんが、いまのカレント、いまの安定性を実現することにはさらに時間がかかるのではありませんか。

伊澤 いや、これまでの蓄積がありますから、突然おかしなビームになるということはないと思います。

菅 そこをギャランティーしていただけるのであれば、多くのユーザーがサポートすると思うんです。

太田 いまほどよくなくても充分だと思いますけれどもね。寿命が半分程度になってもビームの不安定性がなければかまわないでしょう。ただ、ここで頑張つてよくなるようでしたら是非お願いしたいですね。

佐藤 それは一斉に全部を改造したほうがいいのか、あるいは4分の1ずつ4年かけてやることも考えられますか。

伊澤 それはできないのです。

下村 問題がゼロではないにしてもユーザーが歓迎できる話ですし、マシングループにとっても新しいチャレンジで、メンテナンスも楽になるということですね。お金がどうなるかということだと思えますが、PFのこれからの基になりそうなこと

ですね。

伊澤 この計画の概要については、間もなくレポートが出ます。12月のPFシンポジウムに間に合うようにレポートが出ると思います。シャットダウンのスケジュールについても詳しく記載されます。一年連続のシャットダウンは考えていないと思います。

下村 ローエミッタンスへの転換に伴って、インサージョンデバイスもこれからいろいろ出てくるような気がしますが。

山本 次の10年という話になると、どういう話から始めればいいのかわかりませんが、伊澤さんが言ったように、いまから次の10年を考えるのではなくて、いままで数年かけて考えてきたことが、次の10年にできるような話につながるだろうと思います。

伊澤さんは、2.5GeVのPFをどう生かすかという話だと思えますが、もう少し広く考えると、KEKのなかの放射光実験施設として、どのように生きるかを考えて、たとえばARの大強度放射光という名前の放射光施設を立ち上げてきたわけです。

次は当然、第3世代と言われる光源の性能を持った施設をつくるなり、そしてもう一つ進んで、ぼくらはMRの放射光光源を目指しています。そして一挙に第3世代より高輝度の光源を達成して、第4世代の光までカバーできるようなものにしたと考えているわけです。

その辺をどう進めていくかということが、次の10年にどう生き残れるかという話になるのではないかと思います。

2.5GeVリングのほうは、とにかくいま現状では空き地がないわけです。唯一の未占有の直線部である5番のセクションは、いま非常に有用な目的で光源のR & Dがおこなわれていますから、そ

これはユーザー用だから寄越せと言われても、たぶんいろいろ問題があるのではないのでしょうか。

その意味ではPF 2.5GeVはビームラインが一周回ってしまっていますから、たとえば2番はこの夏につくり変えて、さらに改良していくようなことをやってきましたが、そのようなことをしなければ、生き残れないでしょうね。

挿入光源としては、新しい光源という意味では、ARとかMRを使っていくように発展していきたいと考えています。これには皆さんの援助と、使ってくださることが必要だと思います。

下村 長い目では、いまストレートセクションに入っているのを、例えば2番も改良されたように、ほかのところに入っているものも入れ替えるということもあり得るでしょうね。

山本 そのことに関しては、まったく皆さんのリクエストしだいではないのでしょうか。リクエストが募れば、たぶん予算もつくでしょう。

下村 インサージョンデバイスの面白いことは、むしろARないしMRで展開できそうだということですか。

山本 最初にも言いましたが、そういう意味で、MR放射光推進室が作られたと考えています。

下村 光をつくる立場から具体的なお話をいただきましたが、利用の観点からも、随分いろいろ利用の仕方が変わってくるかと思えます。

最近行われているシングルバンチや3 GeV運転の利用など、多様なモードが出てくるかと思えます。また、先ほど河田さんから提案があったようなほかの設備をつくるということは、ことしから始まったパックのなかでS型と称しているものに関係しているのではないかと思います。

S型はある程度の予算をつけて、一定のマシンタイムをかなり長期にわたって専有しても構わないという動きかと思えますが、その場合にはむしろ、マシンタイムだけではなくて、ときには準備室なども提供して、長期に滞在してもらってやることもあるのではないかと思います。

このような多様化に対して利用の仕方もかなり変えていかなければいけないのではないかと思います。いままでの経験から考えて、こうしたほうがもっと新しい実験が展開できるというような利用の仕方について、ご提案なりお考えがあればお願いします。

尾嶋 若干違うかもしれませんが、S型に近い話を現在やっているのは、高エネ研でいえばNTTとか日立など民間のビームラインです。

民間のビームラインは1983年から始まっていますが、NSLSですでにやっているわけです。PRT方式**でIBMやベルなどがやっていますが、彼らはビームタイムの25%を一般に開放する義務があります。しかしPFでは、ビームラインをつくったら半分は一般に開放することになっており、制約が厳しいわけです。

しかし、一般開放することによって、大学の非常に優秀な先生方と共同研究ができます。今まで4人の先生とやってきたんですが、それは非常にメリットは大きい。しかし、中には、NTTやNECは、あの施設をタダで、ふんだんに使って研究をやるから、面白いことができているとおっしゃる先生もいます。

実際にはNTTにしてもNECにしても、1年間に数千万円をビーム使用料として文部省高エネ研に払っています。ところが、NSLSでPRTをやっている企業は、feeをぜんぜん払っていないわけです。その辺も少し考慮して、SPRING-8などでは将来はその辺のお金が要らなくなるような形になれば、もっと民間の力が活用でき、いいのではないかと思います。産学共同という形が望ましいと思います。もう少し企業の力を使ってもらう体制にしてほしいという感じがします。

NSLSではActivity Reportの20%ぐらいは企業の研究成果です。PFでは10%ちょっとなので、企業はもう少し頑張らなければいけないと思っていますが。

下村 運営の仕方に対して、民間の立場で4社の

共通の問題点を代弁されているのだと思います
が。

菅 いまのような声は、SPring-8に向かってもっと大きな声で言わないといけないのではないでしょう
か。

尾嶋 SPring-8は、そこが非常に大事だと思います。

下村 第3世代のリングの中では、ESRFがいちばん早くできるわけですが、先ほどの河田さんのお話ではARはESRFが動くまでは大丈夫だということでした。しかし、動き出したあと、それを維持していくためにはどうやっていけばいいのかということでしょうね。

これまでに非常にいい成果を出してきていますが、専用リングではないので、必ずしも楽観できないということでもあるわけです。

それから2.5 GeVにしても、エネルギーは低いけれども、それなりの特徴を引っ張り出すためにはどうやっていけばいいかということについてはどうでしょうか。

河田 いい話ができるかどうかわかりませんが、まずPF 2.5GeVの将来は、SPring-8と著しくカップルしているだろうと思います。しかし、一方でSPring-8の体質それ自身がわれわれにはあまりよく見えなくて議論しにくい所があります。われわれ放射光のコミュニティとしては、SPring-8はローエミッタンスのアンジュレーターの第3世代のマシンであってほしいと思うわけです。

やはり、SPring-8級のマシンがなければできない実験としては何があり、PFでは何ができるかという住み分けを、きっちり議論し始めなければいけないと思います。そのような作業は少しずつですが進みつつあると思いますが、それを先ずやっていかなければいけないでしょう。

それから、先ほどの伊澤さんの話で、PFがローエミッタンスになっていくと、いまストレートセクションに入っているインサクションデバイスは、確実に見直しをしたほうがいいのではないかと

と思います。

つまり、ESRFは6GeV、APSは7GeV、SPring-8は8GeV、MRは10GeVでX線領域のアンジュレーター光を取り出そうとしています。一方、PF 2.5GeVからのアンジュレーターの光はたぶん軟X線だと思いますが、このエネルギー領域の光はPFの低エミッタンス化が実現すれば、世界と競争して行けるでしょう。

私の個人的な意見を言わせてもらおうと、PFの低エミッタンス化のプロジェクトで気にいらないうるか、もったいと思うところが1つあります。大変かもしれないけれども、10年とかもしくは15年とかを考えたときに、ローエミッタンスまでいったときに、ちょっとラティスを変えて、もう何本かストレートセクションが増えるということのほうがいいのではないかという点です。

確かにいま既存のビームラインがあって、それを全部取り払ってということは非常にドラスティックですが。

いずれにしても、いまあるビームラインにあまりとらわれなくて、ローエミッタンスになったときは、どのようなビームラインが世界といちばん競争できるのかを考えて、少しずつ変えていくやり方をしていかなければ、PFリングとしては勝負がしにくくなってくのではないかという気がしています。

伊澤 それはたぶん、新しいリングをつくれということだと思うんですが。つくれと言われれば、いつでも対応できるんですが。

河田 いや、新しいリングをつくるころまではいかなくて、あと数本直線部を作るというわけにはいかないでしょうか。

山本 河田さんのお話では、PFの敷地を使うだけで、建屋もビームラインも全部作り直すことになってしまうのではないかと思うんです。そうすると、新しいリングを作り直すということになるわけです。

伊澤さんが言っているのは、それよりもPFの将

来というよりも現在計画として第3世代に近いような性能を、いかに安く達成するかということだと思っんです。その意味では、挿入光源の新しいものは2.5GeVよりもARやMRで展開したいということですね。

下村 エミッタンスが小さくなっても、PFの挿入光源は現状のものでかまわないということですか。

山本 リングのエネルギーが変われば、これはまた別だと思っんです。それから今は予想がつかませんが、低エミッタンス高輝度になったPFでユーザーのリクエストが大きく変われば、やはり話は別です。しかし、それよりも、たとえばMRなどで超ロングアンジュレータというか、そういう可能性を追求する方が新しい、いままでにない性質の光をつくれるということを見ると、先に進めるのではないかと思います。それがまた世界をリードできるのではないかと思います。

太田 将来計画として十数億ぐらいかけてPFを変えていくということと同時に、ARの6.5GeVでのローエミッタンス化も当然考えたほうがいいと思っんです。

それから、MRの放射光利用がありますが、そういうものがもう少しははっきり見えてこないかと思っっているんです。そして、そのなかからどれを選ぶかという話にしないと、いまはPFのローエミッタンスという非常にいい話がありましたが、将来計画を進めていくうえでは、三つのリングのどれを優先してやるかということだと思っんです。

山本 ARのローエミッタンスといっても、これをラティスを組みかえて実現するには、およそ家主がいるわけですから、家主との関係の上でしか話は進みません。

われわれが将来計画と言うときに、高エネ研で外で言ってもいいという話になっているのは、MRをもらっていけるということだと思っんです。そういう話をするのが、将来計画としてはいちばんいいと思っます。

太田 いまの伊澤さんのお話のようになるということは、逆にARとかMRが遅れるということになるわけですね。すべてをとすることはあり得ないと思っんです。限られた予算のなかで、特に高エネ研のなかでの放射光の将来計画では、その辺でどれを取るかというコンセンサスを得ないといけないでしょうね。

山本 順序づけについては、答えはすでに出ているわけです。高エネ研としてはMRの放射光源化を放射光関係の将来計画としてかかっていますし、この計画については放射光学会からもおすみつきをいただいているわけです。MRを先にという話は当然だと思っます。

下村 順序づけはともかくとして、その可能性としてMR、ARがあるし、低エミッタンス化も出ていて、10年先を考えると、それぞれ可能性として非常にいい話だということはいえます。来年、再来年の話ではなくて10年後まで含めた話で、そういうことを考えていってはどうかということですね。

石川さんはいかがでしょう。

石川 もう一つの境界条件として、物性研のリングの話があると思っんです。物性研で計画しているのは、軟X線領域のウルトラ・ローエミッタンス・リングですが、それとどうすみ分けるかということも、SPring-8とどうすみ分けるかということと同様に考えなければいけないと思っんです。

河田 もしPFがローエミッタンスで進めるとすれば、物性研の計画自身をもう少しエネルギーを低めて設定するという考え方もあるのではないのでしょうか。PFの3GeVなり2.5GeVでいったときに、エネルギーを少しずらしたところでそれぞれカバーしていくという意味で考えるということでしょうね。

佐藤 今まで多くのビームラインの建設に立ち合ってきてその実情を知っているから言える事ですが、今、施設としての光源が生き残れるかという

ことと、もう一つビームラインとその後にある実験装置が厳しい状態にあるわけです。暗黙の了解として新しい光源ができれば、その後ろもできるだろうということです。

しかし、いまのPFの一つ一つのがビームラインを見たときに、果たしてどこまで使えるのかということと、そのもとで実験している人がどこまで生き延びられるのかと思うわけです。こうしたことはだいたいあまり触れないで、タブーのようなものだと思います。

下村 ビームラインそのものは、線源がバージョンアップされてくれば、新しくなることが期待できるのではないかと思います。いままで10年経って、完全になくなったビームラインはまだないですね。

佐藤 なくなっていないからこそ問題なのですね。

下村 なくなっていないけれども、むしろ10年経ったら新しくしていくということはやらなければいけないわけですね。

佐藤 やはり検討して実行しないと。

下村 サイエンスも10年たったら違ってくるわけですから、それに見合ったかたちで新しいビームラインをつくるということが必要で、いままではあいているビームラインの建設を進めてきただけです。

太田 もうなくなっているところがありますね。

小杉 そういうかたちでどんどん入れ替えないといけないでしょうね。斜入射の領域では非常に技術が上がってますから、旧式のビームラインはすべて作り直す必要があるでしょう。10年以上先の話はわかりませんが、いまのスタビリティでいい実験をするには、基幹部も含めて分光器をつくり直していく必要があると思います。

下村 ビームラインの再建設ということを見直していけば、まだまだPFは大丈夫ですか。

小杉 グレーディングの領域では10年は大丈夫です。

下村 SPring-8などとは競合しない領域でつくり出していくということですね。

小杉 それは明らかにそうです。物性研の計画とは競合する部分がありますけどね。

佐藤 先ほど井澤さんがおっしゃったように、リング側がこれぐらいの可能性があると思えば考えなければいけませんね。現にかなりレベルアップされていますから。特にいまのビームラインのかなりの部分が、前のエミッタンスがよくない状態で、ビームが出る前に研究されたものですから、何かの時にはレベルアップする必要があるわけです。それにはものすごい労力が必要になりますね。

尾嶋 前に柳下先生とも話をしていたんですが、PFはいままでビームラインのほうに精力を使い過ぎていて、それに比べると、後ろについている実験装置が貧弱ではないかと思うのです。いい仕事をするには、いい光といい実験装置がなければだめなのに、こちらに回るお金が少ないのではないかということです。

もう一つは、いいサンプルをつくる必要があるのではないかと思います。光と解析装置とサンプルの3つが必要です。新しいビームラインをつくることもけっこうですが、世界的に見て非常にユニークな実験装置をもっと作っていく、物性研ではBL-19でやっていらっしゃいますが、ああいうのもっと増やす。PFはビームラインもいいけれども、実験装置もさすがに素晴らしいという形になっていかなければ、だめではないかと思えます。

菅 だから、PFのスタッフの方にそのようなニーズをある程度取りまとめていただいて、ユーザーに声をかけて、これから10年後にむけてどのような装置をつくりたいか、そして、つくるとすれば、予算的措置をどうするかという話し合いをする時期に差し掛かっているのではないかと思えます。

維持費が出ている段階でなければ、おそらくそ

ういう設備投資もできないと思いますので、いまが潮時だと思います。非常に近い将来、そういう何本かのビームラインの実験ステーションについて、次にどのような装置を入れるかということで、ぜひ取りまとめていただきたいと思います。

下村 それはPF懇談会の事業委員会のようなところがあれば、ユーザーもスタッフも含めたかたちで、今後どう展開していけばいいかということ、いまのようなことをもう少し責任あるかたちでまとめていただければいいと思います。

PFができたときには、高エネルギーリングは初めてでしたから、研究分野の住み分けはあまりしませんでした。10年経った現状で、こ

の先、SPring-8の計画、あるいは外国での計画がありますし、それから物性研の計画もあって、それぞれが独立では動けないわけですから、お互いに相互関連を持たせて計画をやっていくことと、それに見合ったビームラインの再確認があるということですね。

多体問題で非常に難しいでしょうが、そこで今までのPFの経験を生かして最適化していけば、今後10年さらに20年も、世界のトップレベルを走るだけの能力が十分にあるだろうと思います。

きょうの座談会はこの辺で終わりたいと思います。ありがとうございました。

* 現高工研

** PRT: Participating Research Team

