

## 施設だより

物質構造科学研究所副所長 松下 正

### 富家雄先生のご冥福をお祈りいたします

フォトンファクトリーの計画立案、建設、立ち上げ、本格的共同利用開始のフェーズにご貢献いただいた元放射光実験施設放射光源研究系研究主幹・富家雄先生が4月28日にご逝去なさいました。77歳というご年齢で、まだまだ我々の活動を見守り励ましていただきたいと思っておりましたので、残念でなりません。富家先生のご在任と同時期に入射器研究系研究主幹を務められた田中治郎先生に、富家先生の思い出を述べていただきました（p39参照）。これを読ませて頂き、PF創成期の富家先生のご貢献とご指導を改めて思い出し、感謝申しあげますと同時に、富家先生が築きあげてくださったPFという財産を守り発展させなければという気持ちを新たにし、心からご冥福を祈らせて頂きます。

### 2.5 GeV リング直線部増強

今年度前半は、PF-ARでの共同利用実験のみでしたが、これも6月30日に終了し、ほっとすると同時に2.5 GeVリング直線部増強も含めて加速器停止期間中に行うべき作業をてきぱきと行うべきシーズンになり、PFスタッフは加速器運転中とは異なった緊張感を持って作業にあたっています。2.5 GeVリングの改造は、本田助教授の報告（p7参照）にありますように、必要なコンポーネントの設置がほぼ終了し、制御プログラムの開発などが行われており9月20日からの運転再開に向けて準備が進んでいます。このリングの改造は挿入光源を入れることのできる直線部を新たに生み出し、また既存直線部の長さを増すものですが、挿入光源ビームラインの建設が伴わなければユーザーはメリットを感じにくいこととなります。これについてもBL-17、BL-3、BL-28、BL-16など建設中、計画中のビームラインについての報告があるように、着実な前進を図ろうとしています。PFとして特に強く意識しているのは、VUV・軟X線専用アンジュレータービームラインを整備し、この波長領域の放射光ユーザーのニーズに応えることです。BL-28Aの立ち上がり状況を見れば、PFのアンジュレータービームラインをきちんと整備すれば、海外の第3世代光源施設にあるVUV・軟X線ビームラインに匹敵する性能が得られることがわかります。近年の厳しい財政状況のなかでも工夫をして競争力のあるビームラインの建設を進めたいと考えています。

### フォトンファクトリー次期光源計画

前号の施設だよりに、日本放射光学会次世代光源検討特別委員会とPFの次期光源計画について簡単に触れました。PFの次期光源計画については、河田主幹の報告（p5

参照）にもありますように、物構研運営会議の下にフォトンファクトリー次期光源検討委員会が設置され、さらにその下に次期光源検討WGと利用研究検討WGが置かれ検討委員会のメンバーに加えてより多くの方々に加わって頂き実質的かつ精力的な検討が始まりました。この委員会およびWGメンバーの構成については、PF懇談会をはじめとするユーザーの方々の意見を取り入れること、加速器研究者も含めてオールジャパンの体制で意見を述べてもらうことを意識しました。これまでいろいろな場で述べてきましたが、フォトンファクトリーが持つべき光源は、汎用性（多様性）と先端性をバランスよくもつ必要があり、PFの出現によりそれまで実験室X線源を利用する場合に比べ達成された大きな飛躍や、PF稼動15年後に稼動し始めたSPring-8のアンジュレータービームラインを利用することによりそれまでPFのビームラインではできなかった実験が実現できたというような飛躍と同等以上の飛躍をもたらすことを目指しつつ、多彩な分野に亘る3000人近くの現在のユーザーの大部分のニーズにも発展的に応えられることを目指す必要があります。このため得られる光の性能は、光子エネルギー領域30eV～30keV、平均輝度 $10^{21}\sim 10^{23}$  photons/sec/mm<sup>2</sup>/mrad<sup>2</sup>/0.1%B.W.@1~10keV、コヒーレントフラクション10~20%、~100フェムト秒のパルス光の実現、などを大きな目標と掲げています。これを実現できる可能性を持つ光源としてEnergy Recovery Linacとスーパーストレージリング（仮称：第3世代リングをより高度に進化させ1nmrad程度の水平エミッタンスを実現し、さらに長直線部に特殊なデバイスを配置することによりサブピコ秒のパルス光の発生、空間コヒーレンスの高い光源の実現を図る）が考えられています。どちらのタイプの光源でも、要求するスペックを満たす可能性がありますが、未解決でR&Dを必要としている部分が共にあります。限られたマンパワー、時間、予算を考えると、今後実現を目指してR&Dを行う対象を絞る作業が検討委員会およびWGの大きな役割です。この検討の上に立って、稼働開始時における世界的な位置づけ、稼働後15～20年に亘る競争力、光源としてのさらなる進化の可能性、現在の多くのユーザーの多様なアクティビティーを発展的かつスムーズに受け入れる能力、などについて、できるだけ予測を立てて判断をしようとしています。

過去、7年間ほどにPFでの実験をもとに出版された論文数の平均は約500報/年で、また共同利用ユーザー、実験課題数も徐々に増加しており、PFに対するニーズが依然高いと感じています。このような高いニーズに対して継続して応えると同時に、さらなる飛躍をもたらすための新しい実験機会を提供するためにも、次期PF光源建設計画を軌道に乗せることは極めて重要と認識しています。Large facility for small scienceであるフォトンファクトリーの将来は、施設スタッフのみが決めるものではなく、ユーザーや日本全国の加速器研究者の皆様が関与して推進すべきものと思いますので、皆様のご協力とご支援を改めてお願いいたします。

## フォトンファクトリーの外部評価

次期光源計画についての議論を行うと、これまでの活動のあり方を振り返り、共同利用施設として十分機能していたか、large facility for small science として十分な整備と運営がなされてきたかというようなことについて自問自答する作業を無意識に行っていることに気がつきます。フォトンファクトリーでは、これまで1996年度と2001年度に活動および運営状況について外部評価を受け、またその時点で今後目指すべき方向性について適切な助言をいただきました。加速器という大型の施設をもち大規模な共同利用を実施しているフォトンファクトリーのような施設は定期的に外部の目で厳しく評価して頂くべきと常々考えており、次は2001年度から5年後の2006年度に外部評価を受けるべきと考えていました。最近、放射光分野での将来の方向性についていろいろな場で議論されることが増え、フォトンファクトリーについてもこれまでの活動を振り返り、今後の方向性を考える機会が増えている状況のなかで、再度外部評価を受ける心づもりがあるなら1年早めて2005年度に実施してはというアドバイスを関係各方面から頂きました。所長をはじめ主幹の方々とも相談し、2005年度内に外部評価を受ける方向での検討を開始しました。評価委員会のスケジュール、準備すべき資料などについて内部での検討を開始したばかりで、詳細をここに報告するまでに至っておりませんが、目安としては2006年1月頃に評価委員会を開催して頂くことを考えています。評価委員会の委員としては、欧米の著名な研究者にも加わって頂き、国際的なレベル・視点での評価をお願いしたいと思います。評価資料の作成は、もちろんPFにて行いますが、研究成果（研究内容、発表の記録、大学院生の学位取得の記録、受賞記録など）については、共同利用実験ユーザーの方々から情報を提供していただくことが重要となります。先般、PFでの実験に基づいて発表された論文リストの整備に関してユーザーの皆様にご協力いただきましたが、論文発表の時期とそれをPFに知らせて頂いた時期に大きなギャップがあることが一部に見られることもありました。PFでの実験に基づいての学位取得に関してもデータを整備しPFが教育、人材育成の面でも貢献していることを示したいと考えておりますので、受賞記録などの情報と併せて、ユーザーの皆様には改めて問い合わせをさせて頂くことがあるかと思いますが、ご理解とご協力をお願い致します。

## 現 状

### 入射器の現状

電子・陽電子入射器  
加速器第三研究系主幹 榎本收志

#### 概況

4～6月の運転日程は以下の通りであった。

4月 4日	PF-AR 運転開始
4月 28日	PF-AR 運転停止
5月 9日	PF-AR 運転再開
6月 30日	KEKB 運転停止
7月 1日	PF-AR 運転停止
7月 3日	入射器運転停止

PFは直線部増強工事のため3月14日から9月20日まで運転停止中である。4～6月の入射運転は概ね好調で、4～5月中の故障時間は18時間39分（運転時間の1.3%）、入射遅延は3時間59分（同0.28%）であった。7月1日のPF-AR運転終了後、陽電子標的に関する実験のため入射器単独運転を行なって、7月3日朝、運転を終了した。

#### 主なトラブル

4月22日と6月9日、各々、第5セクターとBセクターのRFサブブースター電源半導体スイッチが故障した。そのどちらの場合にも担当者がいたため、異例の早さで故障診断と修理作業が行なわれ復旧した（入射遅延は各々73分と37分）。加速器の故障で業者を呼ばなければならない場合、比較的単純な故障であっても半日以上運転停止となることは珍しくないが、この例は重故障でも短時間で復旧した例である。円形加速器がどちらかという電磁石主体の装置であるのに対して、電子リニアックは高周波電源と加速空洞を中心とした装置であり、高周波電源の故障にいちいち業者を呼んでいては共同利用実験用の加速器としての運転に支障をきたすことになる。「ブラックボックスをつくるな」というのが初代研究主幹田中治郎先生の口癖であった。1982年の運転開始以来、入射器のマイクロ波グループにはその精神と技術が引き継がれている。

陽電子標的の後で用いる直流ソレノイドコイルからの水漏れについて報告する。このコイルは標的後の加速管の外周に設置されている。外径50cm、内径20cm、長さ約50cmの円筒形ブロックで、標的後に合計15台使用している。1ブロックは14のダブルパンケーキ巻きコイルからできており、漏水はパンケーキ巻きコイル間の結線部（外周）から生じている。昨秋の運転直後に水漏れを起こし、年末の運転停止時に修理を行なったが、完全に漏水を止めることができなかった。年始には1時間当たり1リットル以下の漏水量であったが、指数関数的に漏水が増え、運転停止前の6月下旬には1時間10リットルを越えてい

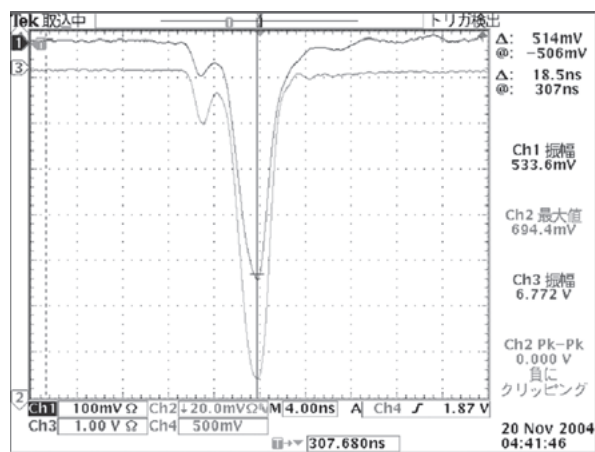
た。この漏水が原因で、6月21日、陽電子収束コイル温度インターロックが故障し、送電が停止した。コイル保護は、温度のほか冷却水、電源電圧インターロックなどで冗長化しているので、一時的にこの回路をバイパスして運転を復旧した（中断82分）。しかし、KEKB運転停止直前の6月29日夜、冷却水インターロック回路も故障した。幸い、BELLE実験が終了し、加速器スタディ中であったので、修理はおこなわず、陽電子運転を中止した。夏期保守中に修理する。

### カーボンナノチューブ電子銃

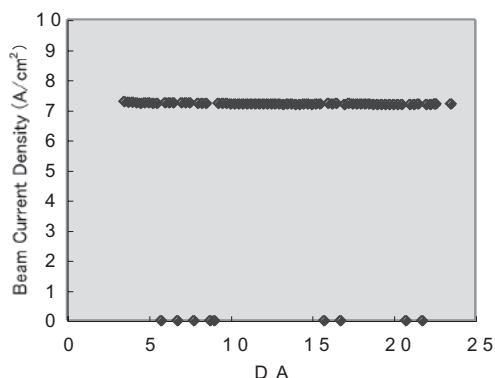
前物構研所長の木村嘉孝先生のお奨めで数年前に始めたカーボンナノチューブを応用した電子銃の開発が進み実用化の可能性が高まってきた。電子銃は加速ビームの電子源のほか、クライストロンにも使われているが、ほとんどが熱陰極電子銃である。陰極は多孔性のタンゲステン基板にバリウムを含浸したもので1000度以上の高温で熱し、数十～数百kVの高電圧で電子を引き出す。そのため内部は



図 カーボンナノチューブ電子銃陰極 = 直径2.6 mm (上), パルス波形 = 半値幅約8ナノ秒 (中), 電流安定度 (下)。



Current Change with Time



真空管と同様の高真空にする。電流を制御するためにグリッドを用いた三極管として用いるが、グリッド電圧を低くするためにはカソードとの距離を0.1 mm程度にする必要がある。また、陰極、グリッドは高温となるため熱変形を考慮しなければならない。更に、長時間使用していると陰極バリウムによるグリッドの汚染が進み、グリッドエミッションと呼ばれる不要な電界放出が増加するというような運転上の問題も生じる。

熱陰極型でない電子銃のひとつとして、レーザーフォトカソードがあり、開発が進んでいるが、レーザー装置が現状ではまだ大掛かりとなるため低価格、小型化の点で有利とは言えない。その点、カーボンナノチューブ陰極は通常熱陰極に代わって常温で簡単に使用できる陰極として注目される。最近のナノテクノロジーブームに乗って、カーボンナノチューブ陰極の開発も進み、多数試験したもののなかから、数ナノクーロン、数ナノ秒の短パルスビームという使用条件（PF、PF-ARの入射ビームに近い）であれば、長時間安定して使える可能性のあるものが出てきた。陰極直径が小さくても十分な電流がとれるので、低エミッタンスビームも期待できる。ベンチテストで性能が試されたので、今後は実際の加速試験に使用し、実用化をめざす予定である。

### 2005年夏期保守予定

夏期保守は、7月4日から始まった。内容は、高周波電源の清掃・点検、クライストロン及び高周波窓の交換、電子銃保守、陽電子集束用パルスコイルと標的の交換、電磁石電源及び真空機器の保守、計算機の保守など例年の保守の他に、PFとKEKB入射を迅速に切替えるための入射器終端部ビームスイッチヤード改善工事が大きな課題である。また、#4-4加速モジュールにはこれまでCバンド（加速周波数5712MHz）の1m加速管1本を組み込み試験運転していたが、この夏さらに3本追加して、加速モジュールとして完成させる予定である。現在のSバンド（2856MHz）の加速モジュールでは、4本の2m加速管で約160 MeV加速しているが、Cバンドでは同じ高周波電力に対して、半分の長さで同じ加速が得られることを実証する予定である。

秋の立上げは、入射器8月25日、KEKB9月15日、PF9月20日、PF-ARは9月26日である。

## PF光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

5月16日付けで、本田融さんが放射光源研究系の助教授に就任されました。引き続き、ビームモニター・ビーム診断学の分野で活躍して頂くこととなります。

## PF

PFは直線部増強のための作業を行っている。直線部増強作業に関しては別項を参照のこと。直線部増強作業後の運転再開は9月20日であり、マシン立ち上げ、調整運転、ビームによる焼きだしの後、10月18日よりユーザーランを開始する予定である。10月のリニューアルオープンをご期待ください。

## PF-AR

PF-ARは4月4日より2005年度の運転を開始した。6日に光軸確認を行いユーザーランとなっている。ゴールデンウィーク期間中、4月28日から5月8日の間運転を休止している。3月のシャットダウン中に北の直線部にイオンポンプ、チタンサブリメーションポンプを増強した。この部分の排気量は大幅に増強され、ビーム寿命も改善された。

今期の運転は概ね順調に推移した。前年度は行われなかった医学臨床応用は6月9日と23日に行われた。今年度後期には隔週で臨床応用が行われる予定である。なお、臨床応用は、電子エネルギー5GeV、2バンチ、初期電流70mAで行っている。5GeVの場合はRFパワーに余裕があるので、多バンチ(4バンチ程度)でももう少し大きい初期電流を実現できる可能性がある。

PF-ARは常時単バンチ運転(臨床応用のぞく)を謳っている。今期のユーザーラン時に単バンチ純度が問題となった。一つは、単バンチ純化装置のトラブルによるもので調整により解消した。もう一つの問題は、純度の高い単バンチを蓄積しても、時間とともに純度が悪化してゆく現象である。純度悪化防止のためには、蓄積時に純化装置を作動させ続ける必要があるが、現有の装置は入射時3GeVでの純化を目的としており、6.5GeVの純化にはパワー不足である。今回は強い純化力の得やすい、ベータートロン振動数のビーム電流依存性を用いる方法を試みた。純化の目的は達成できたが、主バンチの横方向の振動を引き起こしてしまい、輝度変動が観測されてしまった。今後は3GeV用純化装置の能力を増強し、6.5GeVで純化を行うことを考えている。(単バンチの諸問題に関しては加速器学会誌「加速器」第2巻第2号の“放射光用電子蓄積リングの単バンチ運転”を参照のこと。)

大きなトラブルが今期の最終週に起こってしまった。東の高周波系のパワーが変動し、ビーム寿命が極端に短くなることである。ビーム電流の初期値を55mA(通常は約60mA)まで下げて対処した。

ユーザーランは6月30日9時に終了し、24時間のマシンスタディ後、7月1日9時に今期の運転を終了した。運転再開は9月26日であり、9月30日に光軸確認後ユーザーランに入る。夏季休止期間に行われる作業の最大のもは西直線部への挿入光源設置である。

## 放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第二研究系主幹 河田 洋

## 運転・共同利用実験

平成17年度第一期(4~7月)のユーザー運転は、PF2.5GeVリングは直線部増強のリング改造作業のため運転停止となり、PF-ARだけの単独運転が4月6日~4月28日、5月10日~6月30日に予定通り行われました。前号に報告いたしましたように、その間、NE5Cでは4月6日~4月28日の間はアプゾーバー駆動部のベローズからの真空リークがあることからビームラインを閉鎖しておりましたが、連休中の停止期間に昨年度撤収したNE9のアプゾーバーと交換する事を行い、5月10日からのユーザー運転ではNE5Cも復帰いたしました。一方、NE1A2で展開しておりました医学臨床応用が、今期の運転から約一年ぶりに復帰いたしました。この休息期間に検出器をイメージ・インテンシファイアー付きCCDカメラからフラットパネルに変更し、その高いダイナミックレンジにより格段に医学臨床応用が行いやすい環境が整い、秋以降の第二期(10月~12月)では隔週木曜日に医学臨床応用を行うとの打診を受けています。詳しい日時が決まりましたらPFのホームページに掲載いたしますのでご確認ください。

一方、この秋の光導入を目指して、若槻氏が獲得した先端計測予算でBL17にミニポールアンジュレーターを光源とする構造生物研究用ビームラインが急ピッチで建設が行われ、7月現在ではほぼ全てのビームラインコンポーネントの設置が終了しております(p11五十嵐氏の記事参照)。また、PF-ARでは腰原教授(東工大)のERATOプロジェクト「非平衡ダイナミクス」の研究のためのNW14ビームラインの建設が同じく秋の光導入を目指して進められていますが、PF-AR運転終了とともに、実験フロア側では実験ハッチ、レーザーハッチの建設が始まり、一方トンネル内ではフロント・エンド部の設置作業が開始し、8月中旬にはインターロック・グループの作業に取り掛かれるように進められています。また北海道大学触媒化学研究センターの朝倉先生の科研費基盤(S)を核にして、高エネルギー・クイックXAFSビームラインNW10Aの建設も始まり(p13野村氏の記事参照)、この夏の停止期間内にトンネル内のフロント・エンドの設置を行い、2006年始めに光導入の予定で進められております。

一方、現在PFリングトンネル内で行われている直線部増強計画の基本概念はそれによって新たに作り出される長い直線部を現在のハイブリッドビームライン(X線利用のMPWとVUV・SX利用のアンジュレータービームラインの共用体制)からVUV・SXアンジュレータービームラインに専用化し、そのアクティビティの強化を図ると同時に、そのX線利用のアクティビティもミニポールビームラインもしくはPF-ARの挿入光源ビームラインに移転し、この分野も同時に発展する事です。この直線部増強計画の一環として以下の2つの大きなビームライン改変が6月6

日に行われました PF-PAC で認められ、その改変作業が進められつつあります。

- 1) BL-16 を VUV・SX アンジュレーター専用ビームラインにするために、現在 BL-16A で展開している構造物性のアクティビティを移すミニボール・アンジュレータービームライン BL-3A の建設を進め、その改変に伴う現在の BL-3A および 3C2,3 のアクティビティを移転する (p8 澤氏と p10 伊藤氏の記事参照)。
- 2) BL-28 に第二ブランチを建設し、VUV 領域のアクティビティの活性化を図る (後述の p12 小野氏の記事参照)。
- 3) BL-12B の閉鎖 (p9 伊藤氏の記事参照)。

その他詳細は以下のホームページ ([http://pfwww.kek.jp/whats\\_new/announce050617.html](http://pfwww.kek.jp/whats_new/announce050617.html)) 及び上記の参照記事に記載してありますのでご参照下さい。

また今後の直線部増強に伴う挿入光源ビームライン増強に関する方向性を議論するユーザーズミーティング (<http://pfwww.kek.jp/outline/pfring/usermtg.html>) を 8 月 10 日に行います。ユーザーの皆さんの活発なご意見をぜひお聞かせ下さい。

### PF 次期光源計画の進展

PF および PF-AR の次期光源に関して、その役割として「先端性と汎用性の両用」もしくは別の言葉で飛躍を含めて表せば「先端研究をデイリーツールで！」の理念のもとに、その選択肢としてエネルギー回収型ライナック (ERL) とスーパー・ストレージ・リング (SSR) (仮称) を考えており、その実現性の検討を今年度行い次期光源のハードウェアを決定することを先の PF シンポジウム以来ユーザーの皆さんに呼びかけて参りました。またその検討をユーザーの方々、および加速器の専門家の方々を交えて物質構造科学研究所・運営会議の下に次期光源検討委員会を設置して進める事を報告しました。5 月の運営会議で認められその第 1 回次期光源検討委員会が 7 月 1 日に開催され、すでに議論がスタートしております。一方、4 月 12 日開催されたに日本放射光学会次世代光源検討特別委員会主催の公開シンポジウム「次世代光源の将来像—新しい高輝度 X 線源の建設とそれが切り開くサイエンス—」において、PF の考えを表明いたしました。その中で、次期光源のハードウェアの選択に関して、内外の状況は一刻の猶予も許さない状況であることを認識し、現在上記の次期光源検討委員会において、その選択すべきハードウェアの方向性に関して 9 月 6 日の第二回検討委員会で議論頂くべく、その委員会の下に設けられた光源検討 WG と利用研究検討 WG の作業を急ピッチで行っております。その進捗状況およびユーザーの方々からのご意見をお聞きする場として、8 月 10 日に行います挿入光源ビームライン増強に関する方向性を議論するユーザーズミーティングの最後のセッションを考えております。ユーザーの皆さんの活発なご意見をぜひお聞かせ下さい。

### 共同利用関係

法人化に伴い無償利用の対象、および有償利用の対象、

取り扱いに関して見直しが行われました。無償利用の対象として「学術的研究を目的とする機関または科学研究費補助金申請資格を有する機関に所属するものが研究成果を無償で社会に還元することを主目的として行う学術的研究、研修、講習等」をその対象とする事になりました。その結果、民間企業の研究者の方であっても、ある条件のもとに PF および PF-AR の無償利用ができるようになりました。

一方、有償利用のあり方に関しましても法人化に伴い見直しが行われ、従来の有償利用 (施設利用) では成果の公表を義務付けておりましたが見直し案では知的財産権は申請者側に帰属させるようにすることになっております。現在利用料の検討が行われておりますが、決定次第に新制度で運用を開始する予定です。

### 人の動き

放射光科学第二研究系では放射光 X 線回折実験、X 線共鳴散乱回折実験等をベースにした精密結晶構造解析、精密電子密度分布解析を用いて、本研究施設における物質科学研究の中心的役割を担うとともに、それらの研究に関連するビームライン、実験ステーション、実験装置の開発、及びそれらを用いた放射光共同利用研究の推進に関して指導的な役割を担って頂く教授人事を物構研 [04 - 7] として公募しておりましたが、5 月 16 日付けで澤博氏 [前物質構造科学研究所・放射光科学第二研究系・助教授] に決まりました。同氏は最近フラーレン中の水素分子の精密電子密度分布解析に成功し、放射光を用いた特徴ある構造物性研究を進められますが、今後、上記分野の PF の舵取り役としてご尽力頂きますので、関連分野のユーザーの皆様はどうぞ遠慮なく実験相談、共同研究等の連絡をして下さい。

また放射光科学研究施設において、固体結晶の価電子帯から放出されてくる光電子のスペクトル形状を経路積分法を用いて理論的に研究する非常勤研究員を物構研 [05-1] で公募しておりましたが、8 月 1 日付けで Ji Kai 氏が着任されました。同氏は正に上記の理論的研究で総研大の博士号を取得後、1 年間、東京大学の博士研究員をされておられましたがこのたび本非常勤研究員として着任されました。光電子スペクトルに関して理論的に解析が必要な方はどうぞコンタクトを取って下さい。

### 夏のシャットダウン時のその他の作業に関して

一方、この夏のシャットダウンの間に幾つかの施設の工事が予定されております。PF 実験ホールでは床の補修、BL-2 下流の便所の改修、PF-AR では NW14A の電源増強、北棟、北西棟実験ホールの排気ダクトの設置、そして北東棟の便所の改修が行われます。また、PF 研究棟、実験準備棟では盗難事故防止等のためにカードリーダー管理の電気錠が取り付けられます (p15 野村氏の記事参照)。

## PF 次期光源検討の進捗状況 (PF 次期光源検討委員会の設立)

放射光科学第二研究系主幹 河田 洋

施設報告のところで概要を記述しました通り、PF および PF-AR の次期光源に関して、エネルギー回収型ライナック (ERL) とスーパー・ストレージ・リング (SSR) (仮称) の実現性の検討を今年度行い、次期光源のハードウェアを決定することを先の PF シンポジウムでユーザーの皆さんに呼びかけて参りました。またその検討をユーザーの方々、および加速器の専門家の方々と交えて物質構造科学研究所・運営会議の下に次期光源検討委員会を設置して進める事を報告し、5月の運営会議で認められました。その第1回次期光源検討委員会が7月1日に開催され、すでに議論がスタートしております。委員のメンバーは別表にありますように外部委員10名、内部委員14名からなり、広く外部の方々の意見が反映される構成となっています。委員長は松下正・物構研・副所長が、副委員長には河田洋・放射光科学第二研究系主幹が行うことが決まりました。この委員会の役割は上記のハードウェアの選択、および強力に推進すべき R&D に関して物構研所長に答申することです。この親委員会の下に光源検討 WG と利用研究検討 WG を置き、具体的な検討作業を WG で進め、その検

討結果を基に親委員会で審議する形で検討を進める予定です。

全体のスケジュールはおおよそ以下のようになっています。

- 1) 7月1日：第1回 PF 次期光源検討委員会 (全体の進め方に関する共通認識の形成)
- 2) 9月6日：第2回 PF 次期光源検討委員会 (どちらのハードウェアの選択を取るべきか、その方向性に関する議論)。
- 3) 12月上旬：第3回 PF 次期光源検討委員会 (光源検討 WG, 利用研究検討 WG の合同検討会を開催し、それに引き続き検討委員会を行い、12月中に委員会としての中間まとめ作成のための議論)。
- 4) 2006年1月：日本放射光学会年会の際に行われる PF 懇談会拡大運営委員会にて、中間報告案をユーザーに報告、議論。
- 5) 2006年2月中旬：第4回 PF 次期光源検討委員会 (最終報告を作成し、運営会議に提出)。
- 6) 2006年3月中旬：PF シンポジウムにて最終報告を公表。

非常にタイトなスケジュールですが施設報告で記述いたしましたように内外の状況を考えますと必要不可欠の作業と考えております。ユーザーの方々には第2回 PF 次期光源検討委員会に於けるハードウェアの選択に関する方向性に関する議論の後に、そのようなハードウェアで展開されるサイエンスに関する先鋭化をユーザーグループを中心にして改めて御願する事になろうかと思っております。そしてそのような作業は PF 次期光源が予算化がされ、そして稼働は始めるまで弛まずに行っていく必要があります。皆様のご協力の程をお願いする次第です。

### ユーザー用ルータの設置に関して

実験ステーションに既設のものに加え、下記のステーションに常設のユーザー用ルータを新たに設置しました。平成17年秋から使用可能です。なお、これに伴い、今まで行われていたルータ貸し出しは基本的に行われなくなりますのでご注意ください。利用に当たり特別な手続きは不要ですが、必ず最新のアンチウィルスソフトを適用の上、接続して下さい。

#### <ユーザー用ルータ新設ステーション>

BL-1A, BL-1B, BL-2A, BL-2C, BL-3A, BL-3C, BL-4B2, BL-4C, BL-8A, BL-8C, BL-10C, BL-11A, BL-11B, BL-11D, BL-13C, BL-14A, BL-14C1, BL-16A, BL-16B, BL-20A, BL-27A, BL-28A, NE-3, NE-5A, NW-2, NW-14

PF 次期光源検討委員会委員名簿

	氏名	所属・職名
機	朝倉 清高	北海道大学触媒化学研究センター教授
	雨宮 慶幸	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	柿崎 明人	東京大学物性研究所軌道放射物性研究施設長
	加藤 政博	自然科学研究機構分子科学研究所教授
	熊谷 教孝	(財) 高輝度光科学研究センター加速器部門長
構	下村 理	(財) 高輝度光科学研究センター審議役・研究調整部長
	羽島 良一	日本原子力研究所東海研究所光量子科学研究センター主任研究員
外	藤森 淳	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	水木純一郎	日本原子力研究所関西研究所放射光科学研究センター長
	村上 洋一	東北大学大学院理学研究科教授
機	松下 正	物構研副所長
	野村 昌治	物構研放射光科学第一研究系研究主幹
	飯田 厚夫	物構研放射光科学第一研究系教授
	柳下 明	物構研放射光科学第一研究系教授
	伊藤 健二	物構研放射光科学第一研究系助教授
	河田 洋	物構研放射光科学第二研究系研究主幹
	若槻 壮市	物構研放射光科学第二研究系教授
	澤 博	物構研放射光科学第二研究系教授
	春日 俊夫	物構研放射光科学第二研究系研究主幹
	前澤 秀樹	物構研放射光科学第二研究系教授
内	伊澤 正陽	物構研放射光科学第二研究系教授
	神谷 幸秀	加速器研究施設長
	生出 勝宣	加速器研究施設加速器第二研究系研究主幹
	榎本 收志	加速器研究施設加速器第三研究系研究主幹

## PFリング直線部増強計画 —リング改造作業の進捗状況—

放射光源研究系 本田 融

前号の記事でもすでにお知らせしたとおり、PF 2.5 GeV リングでは 2005 年 3 月より直線部増強のためのリング改造作業が進められています。運転再開のスケジュールもすでに確定し、コミショニングが 2005 年 9 月 20 日より開始され約 1 ヶ月の調整運転と真空焼き出し期間を経て、10 月 18 日よりユーザー運転を始めることになりました。

6 ヶ月半の改造工程はその半ばを過ぎ、リング改造作業はほぼ予定通り順調に進んでいます。4 月半ばには旧四極電磁石と真空ダクトがすっかり撤去され、直線部には既存の挿入光源と偏向電磁石のみが残された状態となっていました。その後 4 月末までの間に新しい四極電磁石をリング内に搬入し、設置し終わりました。その結果 4 ヶ所の新設短直線部と各挿入光源上下流のあらたなフリースペースが姿を現しました。

写真 2 は偏向電磁石 B28 と B01 の間にできた短直線部の写真です。2 対の四極電磁石のダブレットの間に約 1.5 m の自由空間があります。リング内で対称な位置、B02-B03 間、B14-B15 間、B16-B17 間も全く同様で、計 4 ヶ所の短直線部ができました。写真 1 は改造直前に撮影し

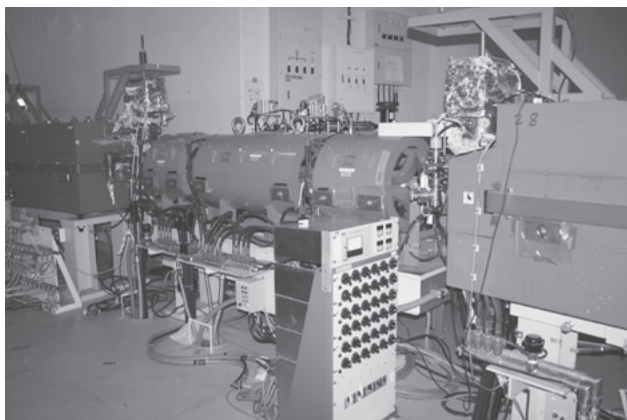


写真1 改造前の B28-B01 間。細くて長い四極電磁石のトリプレットに占有されていた。

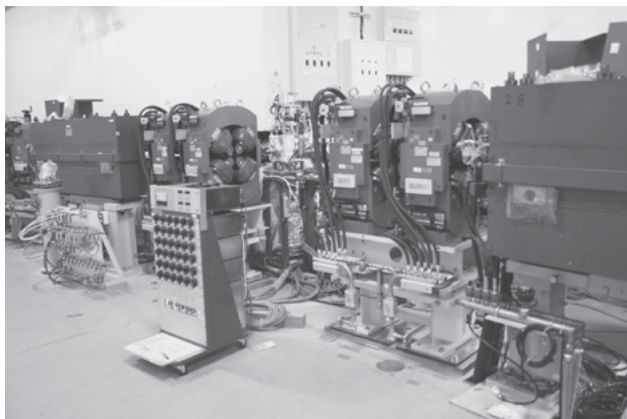


写真2 B28-B01 間にできた短直線部。2 対のダブレットの間に約 1.5 m のフリースペース (表紙参照)。

た同じ場所の写真です。もとはこの場所が細くて長い 3 台の四極電磁石で占められていたことがわかると思います。

6 月半ばにその短直線部のひとつである B16-B17 間に真空封止型の短周期アンジュレータが設置されました。写真 3 は短直線部に納まったアンジュレータの位置調整作業の様子です。この短周期アンジュレータの磁場周期は 16 mm、周期数は 29 で磁石列の長さは約 500 mm となっています。この短直線部では垂直方向のベータ関数を PF リングでは最小の 0.4 m まで絞り込み、アンジュレータの最小ギャップ 4.5 mm まで対応可能となっています。来年度には B02-B03 間に 2 台目の短周期アンジュレータを設置する予定です。

写真 4 は MPW#16 が設置されているリングの南長直線部の様子です。写真の中心に写っているのが MPW#16 で、写真左端に写っているのが新しく設置された四極電磁石のダブレットです。この間に約 2 m のフリースペースが出現しました。南北に一本ずつあるこの長直線部では、挿入光源用として有効な長さが 5.0 m から 8.9 m へ大幅に延長されました。このほか既存の挿入光源が設置されている直線部はすべて同様に延長されました。

4 月中に四極電磁石の設置をおおむね完了した後、5 月には偏向電磁石部真空ダクトの設置が行われました。6 月には四極電磁石の精密アライメントを完了し、リング一周のビームダクトを接続して真空を立ち上げる作業が進めら



写真3 B16-B17 間の短直線部への短周期アンジュレータ #17 の設置作業。



写真4 南長直線部の延長。中心に写っている MPW#16 と左端の新四極電磁石の間に約 2 m のフリースペースが出現。

れています。7月からは四極電磁石への通電テストも開始される予定です。6月末の段階で電磁石や挿入光源等の重量物の設置や移動、及び長尺ビームダクトの設置はすべて完了しています。7月、8月には引き続きリング真空立ち上げ作業、放射光アプゾーバの冷却水配管、ビーム診断装置の整備、及び電磁石や高周波加速等の制御システム更新等を行って9月の再立ち上げに備えます。

## BL-3 構造物性研究用 ミニポールアンジュレータービームライン

放射光科学第二研究系 澤 博

PF 2.5 GeV リングでは現在直線部増強計画のリング内作業が最終段階となり、従来の直線部の長さは増大し（例えば BL-2, BL-16 では 5.0 m → 8.9 m）、また新たにミニポールアンジュレーターを導入することが出来る短直線部が BL-1, BL-3, BL-15, BL-17 に形成される。放射光科学研究施設では、従来、挿入光源の磁場の強さ [ギャップ値] を変更することによってマルチポールウィグラーとアンジュレーターを切り替えて X 線領域と VUV/SX 領域の 2 つの実験ステーションを展開しているハイブリッドの挿入光源ビームライン (BL-13, BL-16) を VUV/SX アンジュレーター・ビームラインに専用化し、一方、X 線のアクティビティもミニポールアンジュレーター等の挿入光源ビームラインに移設する事によって、その両者のアクティビティをさらに競争力あるものに作り変えていくことを基本構想としている。特に BL-16 は上述に示すように、この直線部増強によって得ることが出来る PF で最長の直線部となるビームラインであり、その特徴を利用した可変偏光軟 X 線ビームラインの整備計画を温めている。また、現状の BL-16 ビームラインは PF で最初に建設された最も古いハイブリッドの挿入光源ビームラインであるにも関わらず、ビームラインの更新作業、アクティビティの再構築作業の結果、依然非常に高いアクティビティを BL-16A,B とともに保っており、例えば 1999 年から 2004 年まで報文登録数を見ても両者ともに年平均 9.4 報の登録数、BL-16 全ビームライン当たりの年平均は 18.8 報である。しかしそれだけの高いアクティビティがあるが故に、マシンタイムの充足率は両ビームラインともに 60% 程度となっており、早急な対応が必要である。

本 BL-3 構造物性研究用ミニポールアンジュレータービームライン建設提案は、上述のような BL-16 におけるハイブリッド挿入光源ビームラインの現状を解消し、以下に概観するようなミニポールアンジュレータービームラインに X 線のアクティビティを展開することにより、特徴ある発展を目指すものである。

現在、BL-16A のマルチポールウィグラービームラインは構造物性研究用 X 線回折実験をおこなうための大強度ビームラインとして主に運用されている。特に、このビーム

ラインを用いて共鳴 X 線散乱実験による電荷・軌道秩序の研究および共鳴磁気散乱による磁気秩序の研究が精力的に行われ、PF の特徴ある研究分野の構築が行われてきている。このような共鳴 X 線散乱実験、共鳴 X 線磁気散乱実験では、その散乱振幅が X 線の偏光ベクトルで記述したときにテンソル量として記述され、その偏光特性、偏光解析を実験的に測定することが極めて重要な実験技術である。従来は主に、散乱後の X 線偏光状態の解析を行ってきたが、入射 X 線の偏光ベクトル方向も極めて重要なパラメーターであり、ビームラインとして垂直・水平直線偏光、右・左円偏光の切り替えを容易にするハードウェアの整備が今後の更なる研究の発展を考えたときに重要である。この偏光切り替えは、構造物性研究のもう一つの重要課題である極端条件下での X 線回折実験（具体的に現在計画されている強磁場下での実験）のように、試料環境が極端環境実験装置によって空間的に制約を受ける実験の推進においても、その軌道秩序状態、電荷秩序状態、磁気秩序状態を解明する上で非常に重要なハードウェア整備である。そのためには、光学素子による移相子の導入が可能となる水平方向の発散が少ないアンジュレーター放射光ビームラインによる構造物性研究の実験ステーションの構築が必要であり、本構造物性研究用ミニポールアンジュレータービームラインでその実験環境を実現し、現状の BL-16A では困難であった実験を展開することを目指す。また、現状の BL-16A の利用では、BL-16B の VUV アンジュレーターとの共存が原則であり、実質的に 50% 程度のマシンタイムしか利用することができない。このビームタイム・シェアリングの解消は構造物性研究の発展のみならず、BL-16B の VUV・SX のアクティビティをさらに発展させ、直線部の増強計画の一環である可変偏光軟 X 線ビームラインの建設を可能にするものである。

### ビームライン設計

主に、エネルギー分光を含めた放射光回折・散乱実験のためのビームラインと位置づけ、4 keV から 14 keV の範囲の X 線を利用する。具体的には、電荷、スピン、軌道などの秩序化を研究するため、それらに伴う超格子反射の観測、ならびに入射・散乱 X 線のエネルギー、偏光を選択した測定（共鳴 X 線散乱実験）を主眼とする。このエネルギー範囲は、3d 遷移金属の K 吸収端、5d 金属や希土類の L 吸収端を網羅する。

#### <光学系>

通常扱う試料の大きさは大きくても 1 mm 以下であるので、集光光学系が必要である。また、単色 X 線を用いた実験を行うため、モノクロメータが必要である。またビームラインの光学素子として偏光切り替えのための移相子も必要である。さらに、将来の展開として、X 線非弾性散乱（電子励起状態の解明を目的としたもので、エネルギー分解能は ~ 0.1 eV 程度を念頭に置いている）を考慮した高分解能分光器を導入する余地を残した設計が必要となる。一方では予算が限られているため、極力現状のビームライン要



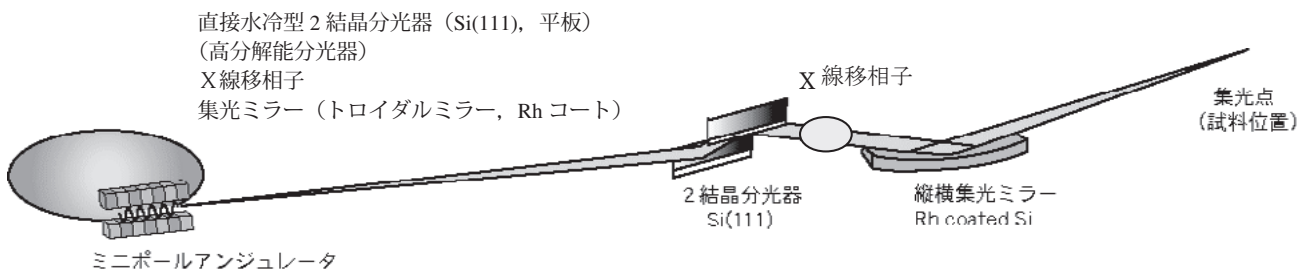


図1 検討した光学系

表1. レイトレースの結果

Energy (keV)	$\sigma_x$ (mm)	$\sigma_y$ (mm)	$\sigma_x'$ (mrad)	$\sigma_y'$ (mrad)	$\sigma E$ (eV)	through put	Flux (phs/s)
12.0	190	44.8	239	89.5	2.160	0.0212	$3. \times 10^{12}$
6.5	190	46.0	241	94.6	0.690	0.0110	$8. \times 10^{12}$

Ring エネルギー：2.5 GeV、電流値 300 mA、  
 アブソーバー：Graphite 0.1 mm + Be 1.0 mm

ハーモニクス：5次 (12.0 keV)、3次 (6.5 keV)  
 ミラー反射角：4.0 mrad、ミラー全長：1.0 m

(注：これは BL-17 の数字を元に計算されている。)

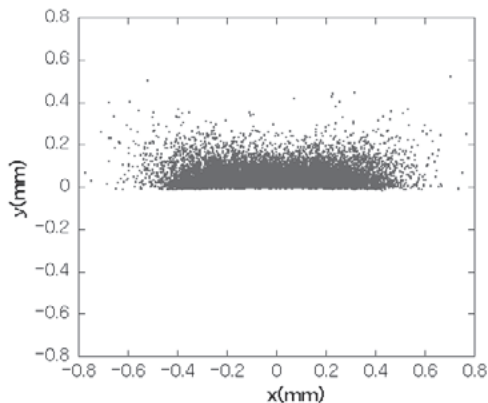


図2 集光点でのビームプロフィール

素を活用する方針で整備する。以上の仕様要求から図1のような光学系を組む。

<実験ハッチ, 装置>

実験ハッチはタンデムで二つ建設し、上流側に大型六軸回折計を常設、下流側は汎用ハッチとするが、基本的に大型二軸回折計を導入する。

- ・大型六軸回折計：この回折計は小型冷凍機や電気炉を取り付けることが可能であり、回折計の動作速度の遅さから構造解析を目的とはしないものの、散乱実験用の回折計としては標準的で様々な応用が可能である。

- ・大型二軸回折計：強磁場下あるいは超低温下での電荷・軌道・格子整列の強度変化を測定できるような汎用性の高い、水平回転式の二軸回折計を用意する。とくにこの二軸回折計には超伝導磁石 (7T 程度までの静磁場を発生できる超伝導磁石) を搭載できるようにし、巨大電気磁気効果を理解する上で重要である交換歪が磁場によってどのように変化しているのかを測定を可能とする。このような研究はミニポールアンジュレーターからのX線を用いて磁場下での回折を行うことのできる環境を整えることにより、初めて可能となる。

<性能>

エネルギー領域 4 keV ~ 10 keV の範囲で、エネルギー

分解能 1 eV 程度、 $10^{13}$  photons/s 前後の量の光子が試料位置に到達する (表1, 図2 参照)。既存の BL-16 と、アブソーバーを何も入れない状態でのミニポールアンジュレーターのスペクトルを比較すると、8keV 近辺でミニポールアンジュレーターは BL-16 と遜色ないフラックスを出し、それ以下では BL-16 を大きく上回る。一方、9keV 近辺でのそれを 4 割程度上回る。逆に、高エネルギー側では BL-16 に及ばない。10 keV で比較すると BL-16 を 2 ~ 3 割下回る。BL-16 建設当時と異なり、全国的な放射光 X 線の利用という立場から見ると、現在では高エネルギー実験をするためには PF-AR や SPring-8 を利用できる状況になっており、このビームラインでは前述の遷移金属、希土類金属の K および L 吸収端をカバーしている比較的低エネルギー側に特化した設計が適切であると判断している。

**BL-12B 高分解能極紫外垂直分散型分光器 (6VOPE) の閉鎖について**

放射光科学第一研究系 伊藤健二

BL-12B 高分解能極紫外垂直分散型分光器 (6VOPE: 6.65-m vertical dispersion off-plane Eagle spectrometer) は原子・分子のイオン化しきいエネルギー近辺における光吸収スペクトルを世界最高の分解能で測定し、そこでのイオン化ダイナミクスを明らかにすることを目的として、PF 創設時の 1983 年、波岡武東北大学科学計測研究所教授 (当時) を代表者とする建設グループにより詳細な検討が行われ、島津製作所により製作納入されました。日本では初の 6m クラスの直入射型分光器であり、さらに高次分光に必要な次数分離用に開発された前置分散系の調整に多少時間を費やしましたが、1985 年春に写真分光で  $E/\Delta E \approx 2.5 \times 10^5$  の分解能を達成し [1], 光電測光では

1988年に $E/\Delta E \approx 1.5 \times 10^5$ の分解能に到達 [2] することができました。これらは本分光ラインが目指す原子・分子の光イオン化しきいエネルギー領域で、回折格子分光器として世界最高分解能です。6VOPEを用いて、希ガス原子、簡単な分子の光吸収スペクトルが測定され、エネルギー準位および吸収断面積に関する詳細な分光データが得られました。特に、希ガス原子の光イオン化しきい値近辺の高分解能光吸収断面積測定法の確立は *ab initio* 計算へ大きな刺激を与えました [3]。また、超音速分子線を用いて測定された極低温での光吸収断面積は、希薄な星間雲での物理化学系における反応ダイナミクスを理解するため、あるいは宇宙に打ち上げられた分光施設から送信されてくるスペクトルを解釈するための貴重なデータを提供してきました [4]。さらに、金属蒸気的光吸収断面積測定では、金属蒸気の試料密度の測定を含め新たな測定法を提唱しました [5]。6VOPEは、分解能の点ではレーザーに一步譲りますが、広いスペクトル範囲を一度にカバーできる利点を活かす測定が行われました。写真法と超音速分子線を組み合わせた  $N_2$  [6] および  $CO$  [7] の光吸収スペクトル測定とその多元量子欠損理論的解釈についての発表は、回折格子分光器の性能を最大限に発揮させた二原子分子分光の集大成と言えます。また、Imperial Collegeで開発された真空紫外用フリーエ分光器と6VOPEを組み合わせた  $NO$  および  $O_2$  の超高分解能測定も特筆すべき研究です [8]。これらの研究によりBL-12Bの成果として発表された論文はおよそ50を数えます。これは決して多い数ではありませんが、すべて6VOPEの高分解能特性を活かした成果です。データ解析およびその解釈には年月がかかり、論文を量産できる研究分野ではないことも論文数が必ずしも多くない理由の一つであると考えられます。現に、10年前に測定された結果が昨年から今年にかけて発表されている例も見られます。

6VOPEは、そのユーザー数は限られていましたが、PF創成時としてはユニークな単一目的の分光施設であり、アクティブなユーザーにも支えられ多くの学術的に高い成果を得ることができました。しかしながら、最近では需要が減少し、ここ数年は課題申請がない状態が続いています。これは、一つには偏向電磁石を光源とするBL-12Bで研究できる対象はほぼ終了したことを意味すると理解できます。原子・分子の高分解能分光に関する研究以外への転用も検討されましたが、偏向電磁石を光源としかつ世界高分解能を目指す設計になっているために、光強度が最高分解能で $10^{4.5}$ 光子/秒と非常に低くその可能性は小さいと判断されました。BL-12Bにおける分解能と同程度で6-7桁高い光強度が供給されるビームラインがすでに、米国およびフランスで実現していることも見逃せない事実です。そこでは、アンジュレーター光源と直入射型分光器の組み合わせによりこのような高性能が実現されています。

2002年の外部評価報告書のBL-12Bの今後のあり方について、「すでに、述べたように本BLの使命は終了したと言える。今後は、この分解能を有し、大強度の光を提供するBLを建設することが極紫外領域における研究を世界レ

ベルに保つためには重要である。具体的には、アンジュレーターを光源とする6mあるいは10mクラスの直入射型分光器を備えたBLの建設である。極紫外領域は、物質の性質を決定する価電子を研究するためには欠かすことのできない光であることは、言うまでもないことである。」という提言をいただきました。現時点においてユーザーが居ないことも含めてBL-12Bの今後についてPACの研究計画検討部会でご議論いただき、BL-12Bを閉鎖することになりました。

上述のコメントの最後の一文にもあるとおり、極紫外領域の高分解能分光施設の重要性は言うまでもありません。原子・分子科学のみならず固体・表面物性研究分野での需要も考慮して、現在PFで整備されつつある直線部増強計画の一環としてアンジュレーターを光源とする直入射型ビームライン建設へと続いていくことが望まれます。光強度の増大により、光吸収スペクトルのみならず、その後続過程で生成する光電子、光イオン、断片種あるいは発光を検出することにより、光と原子・分子との相互作用をダイナミクスとして捕らえることが可能となってきます。固体・表面物性研究の分野では、フェルミ準位近傍の低エネルギースケールにおける電子状態を高分解能光電子分光により直接観測することにより、超伝導、巨大磁気抵抗、金属-絶縁体転移など、強相関電子系に特有な物性あるいはその発現機構の研究が期待されます。また、可変偏光のアンジュレーターを導入することにより、たんぱく質やDNAなどの生命体を構成する分子を対象とした自然円二色性の測定、またカイラル分子の光解離など、価電子領域での興味深い研究分野が開けると考えられます。

- [1] K. Ito et al. *Appl. Opt.* **25**, 837 (1986).
- [2] K. Ito, K. Maeda, Y. Morioka and T. Namioka, *Appl. Opt.* **28**, 813 (1989).
- [3] K. Maeda, K. Ueda and K. Ito, *J. Phys.* **B26**, 1541 (1993).
- [4] <http://cfa-www.harvard.edu/amdata/ampdata/cfamols.html>
- [5] K. Maeda et al. *J. Phys.* **B30**, 3159 (1997) and **B33**, 1943 (2000).
- [6] Jungen et al, *J. Chem. Phys.* **118**, 4517 (2003)
- [7] M. Eidelsberg et al, *J. Chem. Phys.* **119**, 292 (2004).
- [8] K. Yoshino et al, *J. Chem. Phys.* **109**, 1751 (1998); T. Imajo et al. *J. Chem. Phys.* **112**, 2251 (2000); T. Matsui et al, *J. Molec. Spectrosc.* **219**, 45 (2003).

## 新 BL-16 建設に向けて — 高速可変偏光アンジュレーターを光源とする軟X線分光ラインの建設 —

放射光科学第一研究系 伊藤健二

直線部増強計画の中でVUV-SXに関連するものとして、BL-2、16の9mクラスの直線部を利用したビームラインの建設が魅力的です。2.5 GeV PF ring (エミッタンス: 約30 nmrad) は第3世代リングではありませんが、これらの

長直線部の活用により世界的競争力のある実験ステーションの建設が可能です。BL-16もX線ステーションとの相乗りですが、現在BL-16Aで行われている研究を短周期アンジュレータを光源とする新しいビームライン（BL-3）に展開し、BL-16をVUV-SXで専用化する可能性が高まってきました。BL-16の長直線部については、PF内部での検討あるいはPF研究会での議論を受けて、高速スイッチング可変偏光を供給する挿入光源をベースとした軟X線領域の高性能分光ビームラインについて、昨年末から新BL-16検討会で検討が始められました。

軟X線内殻磁気円二色性による磁性ナノクラスター、人工格子あるいは超薄膜などを含むスピントロニクス用磁性体の研究・開発、軟X線領域自然円二色性によるカイラル対称性を有する生命体分子のカイラリティと生命の起源の研究は、放射光の特徴を最大限に発揮でき、かつ社会的要請も極めて大きい研究分野であります。高い信号検出比を要するこれらの研究を遂行するためには、10Hz程度で交互に切り替わる右回りおよび左回りの円偏光が必要不可欠です。

新BL-16検討会では、上記のサイエンスを中心としてさらにナノ磁性体を対象とした光電子顕微鏡、新物質創製および表面磁性ダイナミクスの研究を視野に入れたスピン分解光電子分光および高分解能光電子分光、原子分子の光電離ダイナミクス解明を目指す光電子・イオン分光などについても検討を行っています。挿入光源については、「BL-15, 16の9m直線部に2台の円偏光アンジュレーター（一方が右回りで他方が左回りの円偏光）を直列に設置し、キッカー電磁石で電子軌道を振ることにより右回りと左回りの円偏光を交互に（10Hz程度）下流分光ラインに供給する」という仕様で光源系スタッフを中心とした検討が進められています。挿入光源はAPPLE-II型ですので、円偏光だけではなく直線偏光を含むあらゆる偏光の放射光を供給することができます。壁外の分光ビームラインとしては、1) Variable-line-spacing (VLS) 回折格子製造技術の向上、および2) BL-11A, 7A, 2C, 1Cおよび28AにおけるPFの実績、を考慮しVLS回折格子を用いる分光光学系で検討を進めています。

今までに10回を超える検討会を行い、主として新しい分光ビームラインで行うサイエンスについて議論してきました。詳細については、<http://pfwww.kek.jp/ito/BL16index.htm>をご覧ください。挿入光源、スイッチング技術あるいは分光ビームラインについては検討会ばかりではなく関係者の間での小さなグループでの打ち合わせでも進められています。検討も最終段階に近いところまで来ており、現在、検討グループを中心としてこれまでの議論を元にデザインレポートをまとめています。建設予算についてはまだ認められたわけではなく、決して楽観視はできませんが、PF全体として色々な形での予算獲得に努力しているところです。BL-16Aの撤去も2006年夏の予定で物事が動き出しました。それまでには、新BL-16建設に向けての具体的な作業が進んでいる状態になっていることを強く望みます。

## BL-17Aの建設進捗状況

構造生物学研究センター 五十嵐教之

放射光科学研究施設では、秋のファーストビーム導入を目指し、BL-17Aに新しい構造生物学研究用ビームラインの建設作業を進めている。前号で紹介した通り、前年度末までに旧BL-17の解体、メインハッチ、光学ハッチ、デッキ部の建設を終了した。その後、実験ハッチやコントロールキャビンの建設、ビームラインコンポーネントの設置を行ない、7月8日までに作業をほぼ完了した（図）。現在は、ビームラインコンポーネントは全て結ばれ、全区間の真空引きを行なっている。7月11日からはインターロックの敷設作業が始まり、建設作業も最終段階に入った。それと並行して分光結晶冷却用の液体窒素循環装置、実験ハッチ内に設置されるデータ測定システムの調達を行ない、秋から冬にかけて順次設置する予定である。これまでの所、全ての作業は順調に推移しており、予定通り秋に光導入を行ない、コミッショニングに入る予定である。



図1  
BL-17A ビームライン設置完了。写真真ん中にあるのが、非対称湾曲水平集光ミラーベンダー。

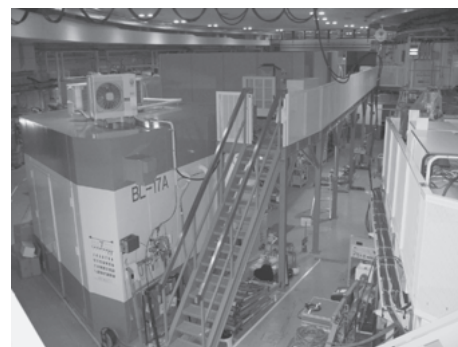


図2  
BL-17A 実験ハッチ完成。デッキ上にはすでに解析用スペースを整備しつつある。



図3  
BL-17A コントロールキャビン。今後床の補修作業が予定されている。

## BL-28A の現状と BL-28B の建設

放射光科学第1研究系 小野寛太

BL-28A は高分解能角度分解光電子分光実験の推進を目的として、アンジュレータ専用化および高分解能・高フラックス分光器の導入を昨年度に行った。新設したビームラインおよびエンドステーションはほぼ目的の性能を達成しており、来年度からの公開に向けて分光器・エンドステーションの整備を進めている。一方、BL-28 の挿入光源は PF で唯一の可変偏光アンジュレータであり、使用できるエネルギー範囲は真空紫外領域の 30 ~ 300 eV であるため、角度分解光電子分光研究以外の固体・表面・ナノ材料の電子状態の研究、特に微小領域の電子状態の研究にとって最適である。そこで PF では、BL-28 に新ブランチを建設することにより、BL-28A を高分解能角度分解光電子分光実験ステーションとして専用化し、新ブランチ BL-28B で光電子顕微鏡・マイクロフォーカス光学系を用いたナノ材料の電子状態の研究を行うことを計画している。

昨年夏に VUV 領域の高分解能角度分解光電子分光研究の推進を目的として、新ビームラインの建設および高分解能角度分解光電子分光実験ステーションの整備を行った。現状では新ビームライン分光器の分解能は 65 eV で 3 meV と世界レベルの高分解能および  $10^{12}$  photons/s の高フラックスを両立出来ている。また、高分解能角度分解光電子分光実験ステーションについても、Gammadata Scienta 製電子分析器 SES-2002 を導入し、65 eV の光子エネルギーで光電子の全エネルギー分解能 14 meV を達成した。今年度前期は、光学系の熱負荷など立ち上げ中にかかった問題点の解決を図っており、今年度後半に分光器の調整及び高分解能角度分解光電子分光装置の調整を行い、来年度からの公開を目指し整備を進めている。

BL-28A ビームラインの有する高分解能・高フラックス性能は、高分解能光電子分光以外の分野の研究にも有用である。特に試料位置でのスポットサイズが小さいため、光電子顕微鏡やマイクロビーム光学系を用いた研究などに有効である。BL-28B で実現する、可変偏光・高分解能・高フラックスの真空紫外・軟 X 線放射光を用いて展開するサイエンスとしては、例えば以下のようなテーマが考えられる。1. 光電子顕微鏡を用いたナノ材料の電子状態の研究、2. マイクロフォーカス光学系による、ナノ材料の X 線分光、3. in situ 試料作製と角度分解光電子分光の組み合わせによる新機能ナノ材料の研究。真空紫外領域での可変偏光光源は世界的に見ても珍しく、この他にも可変偏光を活用した磁気円二色性 (吸収・発光)、スピ分解光電子分光、円偏光を利用した原子・分子の研究などの研究展開が考えられる。

新ブランチでは分光器の回折格子の下流で光を分岐させる方式を検討した。この方式では、既存の分光器をそのまま用いることが出来るため、新設に比べて格段に安価なコストでブランチ化を実現出来る。また、分岐用ミラーの反

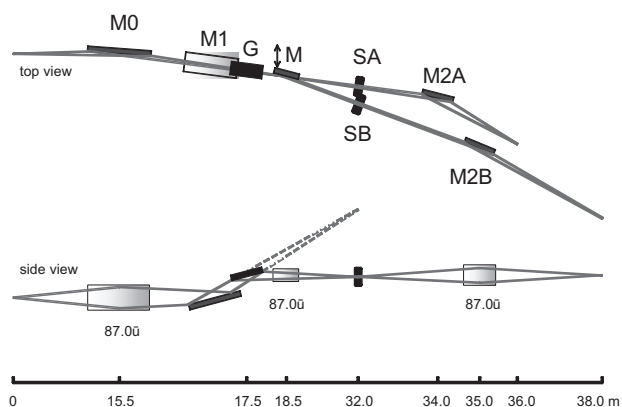


図1 BL-28B のレイアウト

射率による若干の光子束のロスの際は既存の分光器と同じ性能を達成することが出来る。

図1に BL-28A および新設する BL-28B のレイアウトを示す。基本的には既存の BL-28A と同じで、まずトロイダルミラー (M0) で垂直方向を出射スリット (SA, SB) 付近に集光し、同時に水平方向を SA, SB の数メートル上流に集光する。次の平面鏡 (M1) は、ミラー表面からずれた位置を中心として回転することにより、実質的にミラーの回転と並進を同時に行うシステムで駆動され、不等間隔平面回折格子 (VLSG) のほぼ中心に光を照射する。出射スリット SA, SB によって切り出された単色光はトロイダルミラー (M2A, M2B) によって再集光されて試料位置に至る。

新ブランチでは分光器の回折格子の下流で平面ミラー (M) により 3 度入射での分岐を行う。分岐する際 BL-27 側および BL-1 側への分岐を検討したが、BL-1 側へ分岐した場合、エンドステーションに十分なスペースを確保することが出来ないことが分かった。このため、BL-27 側へ分岐することとした。分岐用平面ミラー (Au コーティング、表面粗さ RMS 5Å, 3 度入射) の反射率を検討した結果、ユーザが主として使用する 30 ~ 300 eV の範囲では、反射率が 90% から 50% であることが分かった。このため、既存ビームラインに比べて多少の光子束の減少があるが、実験上はあまり問題にならない程度だと思われる。

ブランチの建設に関しては、以下のスケジュールを考えている。

2006年2月	ブランチ用コンポーネント納入 光学素子納入
2006年3月	運転終了後、ブランチ建設
2006年4月	ブランチ調整
2006年5月	実験開始

新ブランチ建設に関してのコメント・要望等ございましたら、PF 小野までご連絡ください。

## 高エネルギー XAFS/AXS ビームライン NW10A の建設について

放射光科学第一研究系 野村昌治

### ビームライン建設の目的と経緯

BL-10B は日本初の XAFS 実験専用ビームラインとして 1982 年に利用を開始して以来、多くの研究者に利用して頂き、これまでに 1000 報を超える報文が PF 出版データベースに登録されています。しかしながら、新しい XAFS 実験用ビームラインと比較すると性能的に見劣りすることは否めませんでした。このような中、臨界エネルギーの高い PF-AR を使って実験を行うという提案が示されたのは 1995 年でした [1]。それ以来、XAFS コミュニティとしては予算獲得の努力を行うとともに、建設の機会を探ってきましたが、朝倉先生の科研費基盤 S 等の外部資金を核に、機構、PF の予算を加えることで建設の目処が付き、昨夏の XAFS 討論会 [2]、昨年末の PF 研究会 [3, 4] を経て、本年 1 月の PF-PAC で建設の承認を受けました。また、同様に高エネルギーの X 線を必要とする X 線異常散乱 (AXS) のグループからも財政的な支援を頂いています。

このビームラインでは図 1 に示すように、8 ~ 42 keV (主として 15 ~ 42 keV) のエネルギー域に対応することを目的とし、図 2 に示す光学系を採用します。常用エネルギー域として 42 keV まで湾曲円筒鏡で集光しているビームラインは他に例がないのではないかと思います。このため、従来の BL-10B と比較して 30 keV 付近で 75 倍程度の光子束が期待されます。

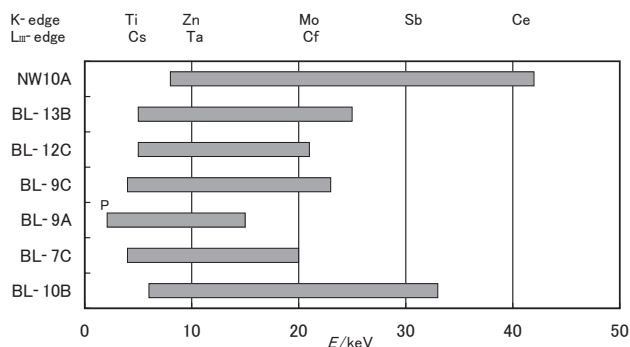


図 1. PF の XAFS 実験用ステーションで利用可能なエネルギー域。

この高い光子束によって、短時間の測定で解析に耐えるデータを得ることが期待されます。このため、二結晶分光器を 0.4°/sec 程度に高速掃引することで、XAFS スペクトルを秒から分程度の時間で測定する Quick XAFS モードに対応することを計画しています。

これらのハードウェアとともに、触媒反応等を in situ 環境下で追跡する実験を行いやすくすることも NW10A の一つの目的です。このため、夏の停止期間中に排気ダクトを設置します。

### 建設の進行状況

蓄積リングとビームラインを接続するビームライン基幹部については、経費削減のために NE9 ビームラインの基幹部を譲り受け、改造の上、PF-AR 北棟で真空焼き出しを終えています。夏の停止期間中に NW10A への設置、真空立ち上げ、インターロック敷設作業を予定しています。また、重作業となるビームラインハッチ、実験ハッチについては既に契約を終え、夏の停止期間中に工事を完了する予定です。

ビームラインの主要要素である二結晶分光器、集光鏡調整機構、ミラーについては既に調達手続きが進行中で、秋から年末に掛けて納入予定です。今後、夏休みを利用して、残部の設計・発注作業を終え、年末までにはインターロックの敷設、安全確認を終え、2006 年 1 月のランから立ち上げ作業を開始する予定です。順調に立ち上げが進めば、2006 年 3 ~ 4 月頃から通常の XAFS 実験を開始することは可能と見えています。QXAFS モードへの対応は通常のモードでの利用研究と平行して整備を進める予定です。

NW10A の立ち上げに先立ち、今年末をもって BL-10B を閉鎖し、利用可能な機器を NW10A へ移設することを予定しています。NW10A が整備されると、他の XAFS ビームラインと合わせて 2.2 ~ 42 keV 域の XAFS 実験を大気中ないし He 中で行うことが可能となります。2.2keV 以下については BL-11B, 27A, 11A 等で、42 keV 以上については SPring-8 の BL01B1 の利用が可能です。

- [1] 野村昌治, KEK Proc. 95-8, 36 (1995).
- [2] 朝倉清高, Photon Factory News, 22 (3) 29 (2004).
- [3] 朝倉清高, Photon Factory News, 22 (4) 33 (2005).
- [4] 朝倉清高, 松原英一郎, 野村昌治, KEK Proc. 2004-16 (2005).

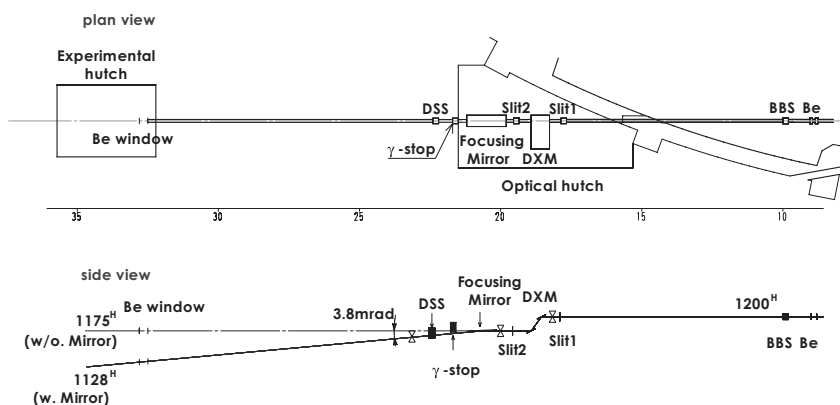


図 2. ビームライン光学系