

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

- 昨秋 9～12月の運転日程は、
- (8月25日 入射器運転開始)
 - 9月15日 KEKB への入射開始
 - 9月20日 PF への入射開始
 - 9月26日 PF-AR への入射開始
 - 12月26日 全電子加速器運転停止

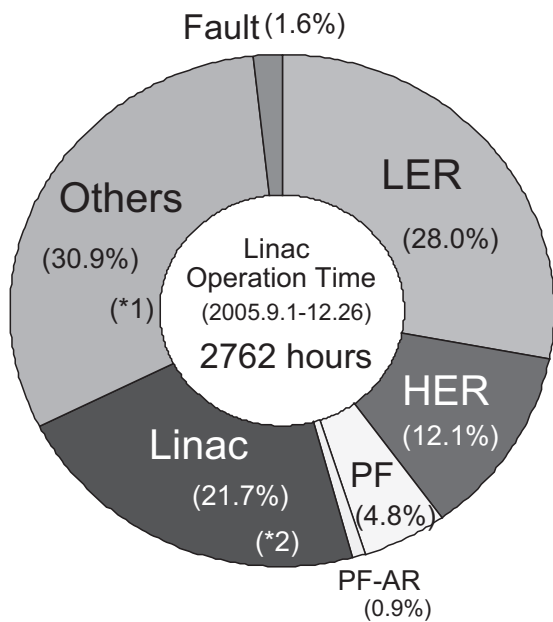
であった。PF/PF-AR への入射は大きなトラブルなく順調に続けられた。また、年始は、

- 1月5日 入射器運転開始
- 1月13日 KEKB への入射開始
- 1月16日 PF への入射開始
- 1月18日 PF-AR への入射開始

の日程で運転を開始した。

運転統計

秋期の入射器運転は、2,762時間であった。このうち、PF への入射時間は122時間42分(昨年度同期23時間30分)、PF-AR への入射時間は23時間6分(同40時間37分)であった。この間の入射器故障は約40時間(同54時間)、故障による入射遅延は、PF 入射で合計4時間37分(同1時間22分)、PF-AR 入射で合計34分(同1時間9分)あった。PF 入射時間は昨年同期から大幅に増えているが、これはPFが昨春から直線部増強工事を行い、9月20日か



運転統計 (2005年9月1日から12月26日)

ら立上げ調整が約1か月続いたためである。PF への入射遅延時間は昨年度から3倍余り増加したが、入射時間当りの比ではむしろ減少している。PF-AR 入射時間は一昨年度同期73時間、昨年度41時間、本年度23時間と年々短縮され、入射遅延も減少している。低速陽電子実験用テストリニアックの運転も順調に行なわれている。

入射改善工事の効果

2004年1月から試行されたKEKBの連続入射モードにより、KEKB、PF、PF-ARへのビーム切り換えの高速化をはかることが必要となった。2004年5月末、関係する6研究系が相談し入射に関する検討を開始した。同年年末までに、ビームスタディやビームスイッチヤードの設計を進め、H17年度の予算要求を行った。

改造計画は、ビーム輸送路改造(Phase-I, H17年度実施)、PF入射のためのA1電子銃の改造(Phase-II)、パルス毎の高速な陽電子ビーム切り換え(Phase-III)に分けている。ビーム輸送路改造工事は昨年夏に実施された。その結果、KEKB入射路偏向電磁石の消磁等で2～3分かかっていた切り換え時間が30秒以下になり、直線部改造による約1か月のPF立上げ調整とKEKB入射を両立するうえで大いに効果があった。

新年の抱負

2005年は入射改善工事や入射器の安定な運転で成果があった。Cバンドによるエネルギー増強についても、一通り加速ユニットシステムが完成した。一方、Cバンドユニット加速管間の位相整合、陽電子結晶標的の実用化、カーボンナノチューブ電子銃の実用化などを試みたが、これらは完了せず課題を残した。

新年の第1の課題は、入射改善の次のステップに進むことである。今年の夏の工事で、PFへのビーム分岐電磁石がパルス化される。従って、入射切り換え時間を決めるのは、PF入射用の2.5 GeV電子ビームとPF-AR入射用3 GeV電子ビーム、KEKB-HER用8 GeV電子ビーム、KEKB-LER入射用3.5 GeV陽電子ビームの4つの入射ビームの切り換え時間となる。これを高速に行なうためには、まず、ビーム集束系電磁石の設定を変えないでビームを輸送する必要がある。また、ビームエネルギーを高速に設定するためのマイクロ波移相器、高速ビームモニターなどが必要になる。更に、入射器とPFの加速周波数が整数倍の関係になっていないため、入射ビームとPFリング高周波との間の同期化回路とその切り換えが必要になる。これは、昨年のビーム輸送路の改造同様の大きなシステム改造となる。

それ以外の課題として、昨年やり残した課題、KEKB用陽電子ビーム増強の検討(2→3バンチ化の検討)、大学における加速器の研究開発、性能改善、維持などへの支援などがある。また、マイクロ波グループを中心としてILCのR&Dの担当も行なっている。課題が多いので、取り組みが発散しないよう、ひとつひとつ着実に進めねばならないと考えている。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

PF

前号に記したように、直線部増強のための改造作業が終了し、予定通り 10 月 18 日よりユーザー運転を開始している。ユーザー運転開始時点での I_t 積（ビーム電流 I とビーム寿命 τ との積）は 220 Amin (450 mA 時の寿命は約 500 分) であり、1 時、9 時、17 時の 1 日 3 回の入射でユーザー運転を開始した。 I_t 積の向上とともに 11 月 22 日から 9 時、21 時の 1 日 2 回の入射としており、12 月 26 日に 2005 年の運転を終了した。運転終了直前の I_t 積は約 650 Amin に達している。詳細は別項「直線部改造後の PF リングの立ち上がり状況」を参照のこと。

11 月 29 日から 12 月 5 日までは単バンチモードでユーザーランを行っている。単バンチモード運転の 1 週間は予想以上にビーム寿命が短く、さらにビーム寿命急落現象（突然ビーム寿命が極端に短くなる現象。寿命が回復することもある。PF-AR で常に問題となっている。）が頻発した。これは、直線部増強改造により、真空路の凹凸が減り、かなりの大電流までバンチ長が短いまま推移し、Touschek 効果で寿命が短くなったためと思われる。さらに、大電流時にバンチが短くなったため、真空路中に強電磁界が生じる場所があるのかもしれない。単バンチモードでは初期ビーム電流 70 mA で利用に供することを予定していたが、ビーム寿命急落の頻度を下げるために 60 mA まで減少させた。しかしながら、ビーム寿命急落現象を完全に解決するには至らなかった。寿命が短いため 1 日 6 回の入射で利用に供することとした。さらに寿命急落時に非定期的に入射を行うことを強いられた。単バンチユーザーの方々には不便をおかけすることになってしまった。

2006 年は 1 月 16 日に運転を開始した。3 月 20 日に 2005 年度の運転を終了する予定である。当面は 1 日 2 回の入射で利用に供する。

冬季の休止期間中に、超伝導ウィグラー下流部の放射線シールド増強および、入射用セプタム磁石のリング内側への移動（約 5 mm）を行った。これらの結果実験ホール内 BL-14 近辺の放射線レベルが大幅に低下した。

PF-AR

9 月 29 日のユーザーラン再開時より 2 つの大問題を抱えることになった。前号で述べたように、ビーム寿命の急落（あるいは入射・加速直後から短い寿命）を伴い、NW12 ビームラインで放射線レベルが高くなる現象が起きている。ビームライン側で放射線シールドを強化するとともに、放射線レベルの高い状態がある時間継続すると MBS を閉じることで対処している。光源側で抜本的な対策を講じなければならないが、原因が特定されているわけではない。思いつく対処法を一つずつ行っていく予定である。

もう一つの問題は、東（西）直線部の 4 台（2 台）の空洞間を接続する真空ダクトの上流側空洞との接続部からの真空リークが起こったことである。特に東の最上流空洞の下流側と真空ダクトの接続部からのリークは繰り返し発生した。リークには増し締めで対処したが、1 週間ないし 10 日経つと再リークが起こった。やがては増し締めが不可能となりガスケット交換を強いられた。リークは電流蓄積時に起こるのではなく、ビーム再入射のためビームを捨て入射を待機しているときに起こる。ヒートサイクルが絡んでいることは明かであり、原因は空洞側のフランジとダクト側のフランジ間の温度差にあるのものと思われる。空洞側の真空接続部には上流偏向電磁石からの放射光が照射され温度が上昇するが、一方ダクトが銅製のためダクト側のフランジは熱伝導で冷却される。6 月までの運転時にこの現象が起こらなかったのは、旧真空ダクトはステンレス製であり熱伝導が悪かったため、フランジ間の温度差が小さかったのであろう。空洞側の接続部を空冷することにより事態は改善したので（完全解決までには至らなかったが）、冷却強化で対処する予定である。

2006 年は 1 月 18 日に運転を再開した。3 月 20 日に今年度の運転を終了する予定である。冬季運転休止時に幾つかの真空作業を行った。運転再開とユーザーラン開始の間が 2 日間しかなかったため、ユーザーラン開始時のビーム寿命が短くなるのではと懸念していたが、概ね昨年末の寿命を回復している。

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 年度第二期（9~12 月）は「PF リング直線部増強」作業の改造後であるために当初 1 日 3 回入射でユーザー運転を開始しましたが、順調に寿命の回復が見られ、11 月 22 日には 1 日 2 回入射のユーザー運転に移行いたしました。一方、11 月 29 日から 12 月 5 までの単バンチモードの運転では光源系の現状報告にありますようにビーム寿命が著しく短いため 1 日 6 回入射運転を行い、さらに、寿命急落現象が頻発しユーザーの皆さんには不便をおかけいたしました。リング改造後の一時的な状態とご理解いただきたく思っております。

一方 PF-AR では当初 NW12A でダスト・トラップと想像される制動放射の放射線問題が起りましたが、前号でも記しておりますように適切な立ち入り区域の制限を行い、最終的には放射線モニター値をビームシャッターのインターロックシステムに組み入れることによって放射線の被曝量を確実に軽減するシステムを導入いたしました。その後、順調にユーザー運転が行われております。

ビームラインの建設等

「PF リング直線部増強」の結果、新しく創出された直線部 BL-17 に構造生物学研究用のミニポールアンジュレータービームラインが若槻氏の先端計測開発事業で進められておりましたが、10月にビームを通すことができました。その後、詳細なビーム位置の確認、スペクトルの測定等を行なった結果、当初観測していた放射光はアンジュレーター光の裾野を見ている状況であることが判明し、ビーム軸の再調整、スペクトルの測定を行い、最終的には1月からの第3期運転の開始時点で完全にビーム調整を終了いたしました。集光ミラー等の調整も開始され、実験ハッチ内で横方向は約230ミクロン強、縦方向は約33ミクロン程度でほぼレイトレースの結果を再現するものです。第3期の運転では実験装置の調整を開始し、5月からのユーザー運転開始に向けて進行しています。詳しくは五十嵐氏の関連記事(p8)を参照してください。

PF-ARのNW14Aビームライン(東工大・腰原先生のERATO「非平衡ダイナミクス」プロジェクト)のビームライン整備も極めて順調に進行しています。ビーム軸、分光器、集光ミラー系のビームライン調整は11月上旬にはほぼ終了し、試料上で横方向・約450ミクロン、縦方向・約250ミクロンでフラックスが約15keVのX線に対して 5×10^{12} photons/secの集光ビームを実現しています。その後、二つの回折計の立ち上げ調整が行われ、この1月からの第3期運転でいよいよ本格的な時間分解X線回折実験がスタートしました。

またPF-ARではNW10Aが北大・朝倉先生の科研費とPFとの共同で高エネルギーXAFS、X線異常散乱及びクイックXAFSを目的とするビームライン整備が進み、1月の運転開始時に無事に放射光の光導入を行いました。その後、分光器の調整を行い、4月からユーザー運転を開始すべく現在精力的に立ち上げ作業を行っています。詳しくは野村氏の記事(p9)をご参照下さい。

新たな建設予定として、3月末にPFの運転が終了後、BL-6B、6Cを閉鎖し、現在のBL-3Aのアクティビティを移転するためのビームライン整備を開始します。その作業は秋のマシントイムまでには終了する予定です。一方、その後のBL-3Aには直線部増強によって創生される新しい直線部にミニポールアンジュレーターを挿入し、構造物性研究を目的としたミニポールアンジュレータービームラインに再整備すべく、各コンポーネントの製造、および改造作業が進められています。次の夏の運転停止期にビームライン全体の設置を行う予定で進めています。また、今年秋以降はBL-16はアンジュレーター専用ビームラインとなり、いよいよ次年度から複数年度契約の体制で、BL-16を可変偏光軟X線アンジュレータービームラインへのビームライン再整備計画を進める予定です。その計画に向けての研究会も早々に企画される予定ですので、コミュニティ各位のご協力をお願いする次第です。

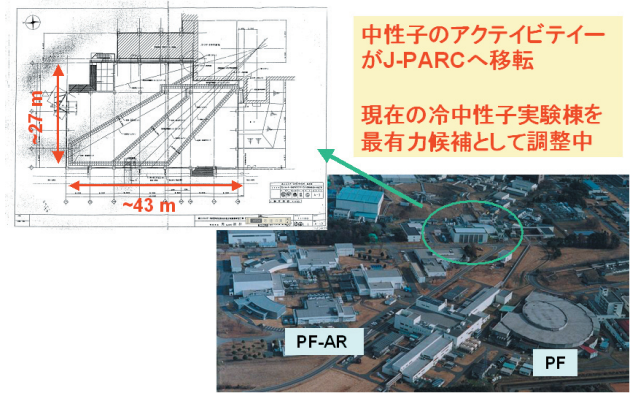


写真1 ERL 実証機建設候補地

PF 次期光源計画

PF 次期光源計画に関して ERL をベースにした次期放射光源像が明確になり、高エネルギー加速器研究機構としてもその実現のために推進室を機構直属の組織として整備する準備をしています。推進室の目的は、5 GeV の ERL 次期放射光源の着工を可能とするための原理実証機(150~300 MeV クラス)を建設し、それぞれの要素技術を確認することにあります。平成18年度から開発をスタートし、20年度には要素技術を確認し、21年度までに実証試験までに到達すべく推進する予定です。実証機の設置場所として J-PARC へアクティビティが移転する冷中性子実験棟(写真1)を予定しています。推進室体制としては、種々のグループ、組織をまたがるものとなるため、推進室自体の構成員は各組織の責任者クラスからなるもので構成し、具体的な各要素技術の開発チームは放射光源系スタッフ、加速器研究系スタッフ、原子力研究機構スタッフ等々からなるオープン組織であるワーキンググループを形成し検討を進めるべくその体制を整えつつあります。次年度は主に実証機の詳細設計を行う時期となりますが、一方で、建設場所の整備、いくつかの超伝導キャビティのプロトタイプ製作および電子銃のエミッタンス測定装置の設備の確立等々を考えており、その予算確保を進めている状況です。また実証機は元来原理実証が目的ですが、すでに前号で示しておりますように VUV 領域において特徴ある高輝度、短パルス放射光を得ることができます。こちらに関しましてもユーザーの皆様からのご支援をお願いする次第です。

直線部改造後の PF リングの立ち上がり状況

放射光源研究系 本田 融

前号のニュースでお知らせしたとおり直線部改造後、PF リングのユーザー運転は2005年10月18日に再開されました。その後約3か月間運転を継続して2005年12月26日から1月15日までの冬季休止に入りました。この3か月間でビーム蓄積による真空焼き出しが進み、通常運転時の寿命回復は1997年の高輝度化改造後を上回る速さで

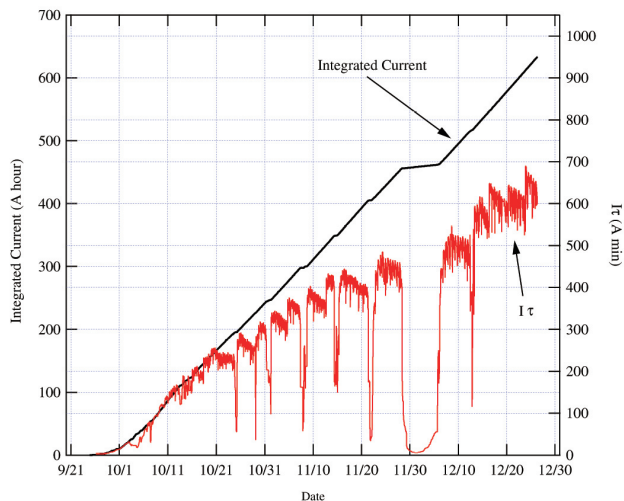


図1 2005年9月21日の立上以降12月26日までの積分電流値とビーム蓄積寿命 (Iτ) の伸長の様子。

順調に推移しています。一方でシングルバンチ運転のビーム寿命は改造前に比べて逆に短くなったようです。今回はこのあたりのビーム寿命の話題を中心に報告します。

図1は、9月21日に始まった立上調整運転から12月末までの間にリングに蓄積された積分電流値(単位は[A hour])およびIτ(電流値と寿命の積;単位は[A min])の伸びを示したグラフです。ユーザー運転の入射電流値は再開当初より450 mAで、11月22日以前は一日3回入射、11月23日以降は一日2回入射モードで運転が行われました。特に大きなトラブルもなく運転が継続され、積分電流値は約635 Ahを記録しました。一日あたりにすると7 Ah、平均電流値に換算すると290 mAとなります。そしてビームダクトの真空の“枯れ具合”を表すIτの伸びも順調で700 A min 近くまで回復してきました。ちなみにこの値は改造直前の寿命Iτ=1800 A min に比べてまだ半分に足りない程度の値です。しかしグラフを見ていただければ判るとおり、まだなお積分電流値の増加にほぼ比例して寿命が伸びている段階にあり、年開けの運転でも週ごとに着実に寿命が伸びていくものと期待されます。

図2に示したのは積分電流値に対するIτの伸びの1997年の高輝度化改造後のデータとの比較です。直線部改造後の寿命回復の速度は1997年改造後のそれを上回っており、同じ積分電流値600 A hでIτにして約1.5倍の値を記録しています。改造区間の総延長は今回の改造のほうが長かったわけですが、更新された12台のDIP(偏向電磁石内に組み込まれたイオンポンプ)の動作も良好で、径が細くなったビームダクトに対する排気速度も十分に確保された結果と言えると思います。また1997年の改造直後にはまだ行ってなかったRF加速の位相変調による寿命増進効果も今回有効に働いていると思われる。

図1の記録の中で11月28日から一週間寿命(Iτ)が極端に短かったのですが、これはシングルバンチ運転のためです。シングルバンチ運転では1バンチあたりの電荷量はマルチバンチ運転時の約40倍になります。このためバン

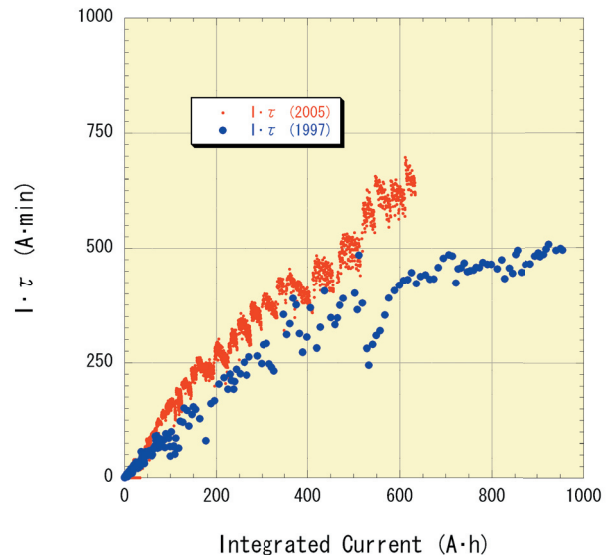


図2 1997年高輝度化改造後と2005年直線部改造後の寿命回復の早さの比較、横軸は積分電流値。

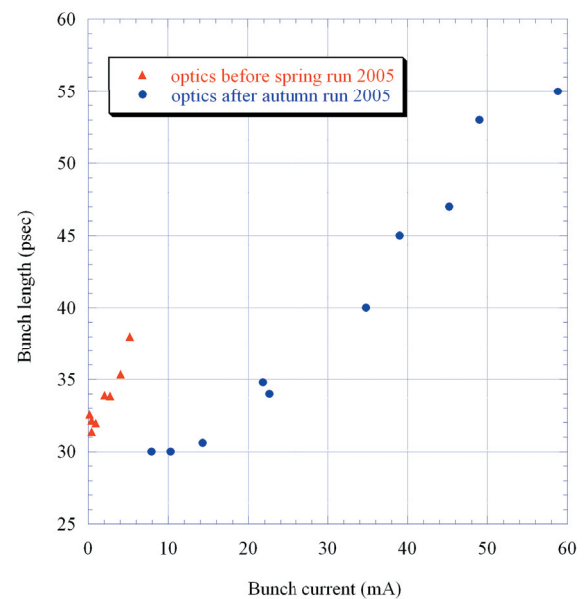


図3 改造前後のシングルバンチ運転時のバンチ長の蓄積電流値依存性の比較。

チ内電子どうしの散乱効果(Touschek 寿命)が蓄積寿命を制限しマルチバンチ運転時より短寿命になることは避けられません。しかし改造前は約30 A minを確保していた寿命が、今回は10 A minを大きく下回っていました。また寿命が急落する現象も頻発し、結果的に入射回数も多くなり、平均電流値も低くなってしまいました。今回多発した寿命急落現象は真空焼き出しが進んでいけば改造前と同様に治まるものと期待されますが、PFリングのTouschek 寿命自体はどうも直線部改造を経て前よりも短くなったようです。

図3に示したのは改造前後のバンチ長の蓄積電流値依存性を測定したデータです。以前は微小な電流値で既にバンチ長の伸びが観測されていました。これに対して改造後は約15 mAより大電流で初めてバンチ長の伸びが観測さ

れ、その傾きも以前より緩やかになっています。この変化は直線部改造によってビームダクト更新とともに RF シールドの増強が行われた成果を示すものと思われます。マルチバンチ運転に対しては進行方向のビーム不安定性が改善される効果となっています。シングルバンチ運転では同一電流値でのバンチ体積が減少し、ビーム寿命が短くなったと考えられます。今後シングルバンチ運転の寿命を確保するためには、意図的にバンチ長を延ばしたり蓄積エネルギーを 3 GeV まで上げて運転したりするなどの対策が必要になるかもしれません。

BL-10B を振り返って

放射光科学第一研究系 野村昌治

1982 年以来、ごく初期を除いて XAFS 実験専用ビームラインとしてご利用いただいた BL-10B を昨年末で閉鎖しました。これは 2.5 GeV リングの偏向電磁石光源という制約や、集光系がないことから来る高エネルギー側の強度不足や大きな試料サイズが必要となること、23 年に亘る継続利用による分光器性能の劣化等、性能的にも見劣りのしてきた BL-10B に代わり、新しいラインを建設することを目的としたものです [1]。新しいビームライン NW10A は別項に記すように 6.5 GeV の PF-AR の偏向電磁石を光源とし、集光系を備えることで、より高エネルギー域まで大強度の X 線を利用可能となります。このラインの主要光学機器建設は朝倉先生の科研費で賄いますが、計測系等については BL-10B で利用していた機器を転用せざるを得ず、NW10A の公開に先立ち、BL-10B を閉鎖することとなりました。

BL-10B からはこれまで 1020 報に上る報文が PF 出版データベースに登録されています。さすがに近年では論文数に頭打ちの傾向は見られるものの、ほぼコンスタントに年間 50 報が登録されてきました (図 1)。多分世界でも有数の work horse beam line と言っても過言でないでしょう。代表的な研究の紹介等は朝倉先生の別項に譲り、ここでは BL-10B の歴史を追ってみます。

BL-10B は PF 建設当時、故黒田晴雄先生、松下正、大柳宏之の各氏を中心とする EXAFS ワーキンググループ (WG) が主体となって建設されたものです [2]。最初の試みということもあり、Si(311) チャンネルカット分光器一つだけという、今から見ると極めてシンプルな光学系となっています。分光結晶を Si(111) の二結晶に置き換えて実験を行ったこともありますが、集光系がないため、光子束が限定され、基本的には透過法実験のみ対応していました。ただ、液体窒素だめ式のクライオスタットが世界の主流であった 1982 年にクライオクーラーと温度調節器が導入されていました。この基本形はこの二十数年変化していません。

当初の制御系は SORD の 8 ビットマイクロコンピュータで、パルスモーターの制御はこのコンピュータから

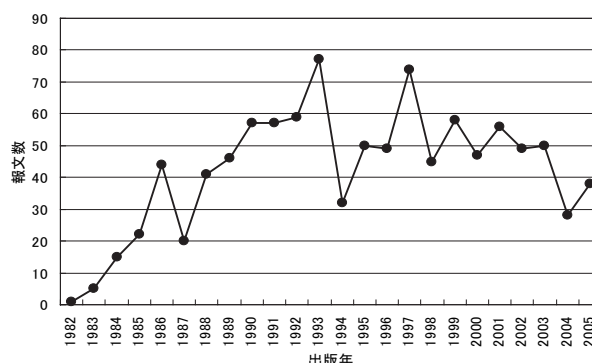


図 1. BL-10B から出版された報文数。

行っていました。パルスモーターを高速駆動する場合は低速でスタートして、徐々に高速化しますが、その機能がなく、このため、Fe から Mo に吸収端を切り替えるためには数十分を要していました。私の最初の仕事はこれを高速化することで、昨年末まで使用されてきたパルスモーターコントローラーをツジ電子で開発して頂き、制御ソフトの対応を行いました。同じ頃に、入射スリットの刃に流れる電流を測定することで、ビームの上下方向の位置をモニターするシステムをインストールしました。この演算回路は小山さんの習作です。このモニターはビームの安定性を主張される光源系の方々との議論や最初の高輝度化後のビームの動きを検知する場で活躍しました。

XAFS 実験では実験後、短時間の内にデータを解析し、実験の方向を判断することが重要です。当時は TSS 回線で PF の大型計算機と接続し、データを転送しては解析を行っていました。このソフトは高压 WG で開発されたものを使わせて頂きました。

この間のマイクロコンピュータ技術の進展は著しく、1980 年代中頃には NEC PC9801 が主流となり、SORD フォーマットの 8" フロッピーディスクはデータ解析のネックともなりました。このため、NEC PC9801 で読めるフォーマットへ変換するソフトを提供しました。1992 ~ 3 年頃に BL-10B の改造計画を提案しましたが、最終的には BL-4C を回折実験専用化するために、蛍光 XAFS のアクティビティを吸収できる BL-12C を建設し、BL-10B は制御系を更新することとなり、制御用 PC を SORD から NEC PC9801 に更新し、その後何代かの世代交代をしながら 2005 年末まで共同利用を継続しました。下流シャッターベローズからのリークや後半にはモノクロメーター主軸の真空シールに使っている O リングの摩擦による回転不良による短期的な運転停止でご迷惑をお掛けしたことはありましたが、装置故障による長期の運転停止もなく最終日を迎えられたことはユーザーの皆様の御協力の賜物と思います。

[1] 朝倉, 松原, 野村編, KEK Proc. 2004-16 (2005). 野村, Photon Factory News, 23 (2) 13 (2005).

[2] H. Oyanagi, T. Matsushita, M. Ito and H. Kuroda, KEK Report 83-30 (1984).

BL-10B シャットダウンに寄せて— ご労様でした。そしてありがとうございました。

北海道大学触媒化学研究センター 朝倉清高

昨年末をもって、BL-10B が閉鎖になりました。1982年 PF がスタートして以来、XAFS (= X-ray absorption fine structure) の拠点として活躍し、おそらく PF でもっとも多くの人材を育てたビームラインであります。その立ち上げに参加させて頂き、長年ユーザとして BL-10B を利用してきた筆者として、ここに立ち上げ当時とその後について、簡単にのべたいと思います。

1971年 Phys. Rev. Letter に Lytle, Stern, Sayers らの論文が掲載され、スタンフォード大学 SSRL で放射光が利用できるようになると、米国において、XAFS による物質、生命科学が盛んになり始め、数々の論文が出てくるようになりました。XAFS の有用性が伝わり、わが国でも放射光をもちいた XAFS 研究への要求が高まっていました。そのなか、PF 建設が決まると、黒田晴雄先生 (当時東大理化)、細谷資明先生 (当時東大物性研) を長とする XAFS Working group が立ち上がり、リングの完成と同時に実験をスタートできる体制が整えられました。

PF が 1982 年に電子ビーム蓄積リングが完成し、その 6 月に本格運用が開始されました。当時はビームラインもほとんどなく、BL-10 以外 BL-12, BL-11, BL-15 などビームラインは数えるほどしかありませんでしたから、まるでだだっ広い体育館で実験をしているようでした。立ち上げは、日本の XAFS 研究の先駆者である大柳宏之先生 (当時電総研, 現産総研) をリーダーに伊藤正久先生 (当時理研, 現在群馬大学)、松下正先生 (PF)、学生では石井仁博士 (現 NTT) と筆者が参加し、途中前田裕宣先生 (当時岡山大学)、村田隆紀先生 (京都教育大学) をはじめ各地の XAFS 研究者が加わり、7 月半ばまで行われました。図 1 に測定体系をしめします。当時の測定体系は、KEK Report (KEK-83-30(1984)) に詳しく載っています。モノクロメータとして、Si(311) のチャンネルカットが採用されました。(石川哲也先生 (当時 PF, 現理研) が切り出されたそうです。) 諸外国では Si(111) ないしは Si(220) が主流でしたが、Si(311) は高調波および分解能の点で優れていました。特に高分解能は注目する能力で、当時の他の論文では肩程度にしか現れていない Cu foil の吸収端のピークがはっきりと見えています。(図 2 参照) ただ、いろいろな迷光が出てきて、どれが本物であるかわからず、苦労したことを記憶しています。(ビームライン実験ノートの #1 には詳しくその辺の経緯が記述されていると思います。) 図 2 には、初期のころの Cu foil スペクトルをのせました。日付は 82 年 6 月 18 日になっています。Cu Foil の EXAFS のパラメータをみますと 2.2 GeV 41 mA (図 2b) というのが見えます。図 2a は Cu の XANES です。電流は 6 mA ということから、今では考えられない低電流で測定されていたことになりませんが、1 点 1 秒、全領域 1 時間で実験室

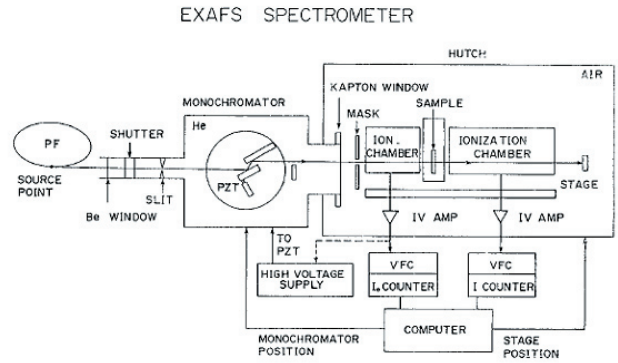


図 1 BL-10B 当時の実験体系(KEK Report 83-30(1984))。Double Crystal も装着できるようになっており、Si(111) の場合には、Double crystal を使用し、ピエゾ素子 (PZT) でデチューンできるようになっていた。Si(311) の場合にはチャンネルカットモノクロメータを使用していた。

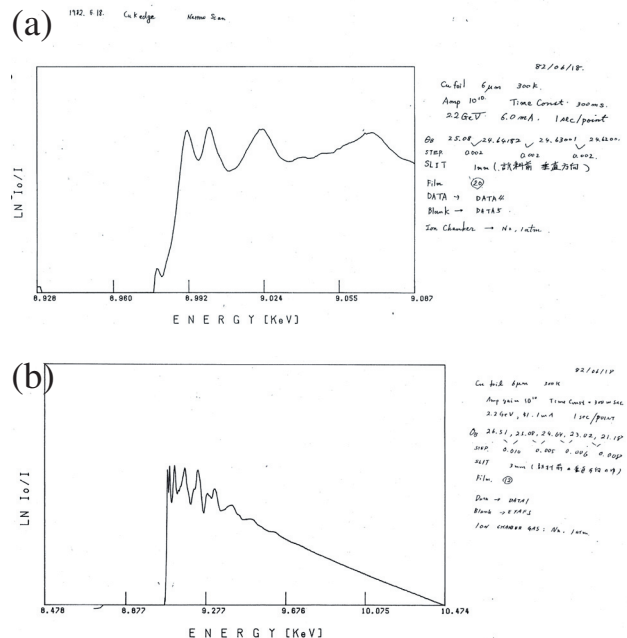


図 2 (a) Cu フォイルの吸収端 (XANES) 2.2 GeV 6 mA という数字が見える。日付は 1982 年 6 月 18 日である。(b) 同日にとった EXAFS スペクトル。こちらは 2.2 GeV 41.1 mA とある。

の 1 日分よりもはるかにきれいで高分解能の測定ができたのですから、10 mA でも感動的でした。そして、7 月の最後の週は、各地から集まった研究者が昼夜の 2 交代で、各自が持ち込んだサンプルを順番に測定していきました。そして、これで最後という日も数 mA まで粘って、明け方の 5 時にビームダンプするまで測定が続きました。聞くと、ちょうどその時刻は常磐線の始発電車が動き始める時刻で電圧が不安になったとかいうことです。

図 3 は当時の測定装置の写真です。NEC98 シリーズは、まだ売り出されていない時代でした (発売はその年の秋)。SORD の M223 markV (たしか 8bitPC) を使って測定を制御し、8 インチ FD にデータが蓄えられました。しかし、当時は、EXAFS を解析できるほど PC は進歩していませんから、どうしても大型計算機にデータを移さなければなりません。FD も MS-DOS のような共通 OS で書き込まれ

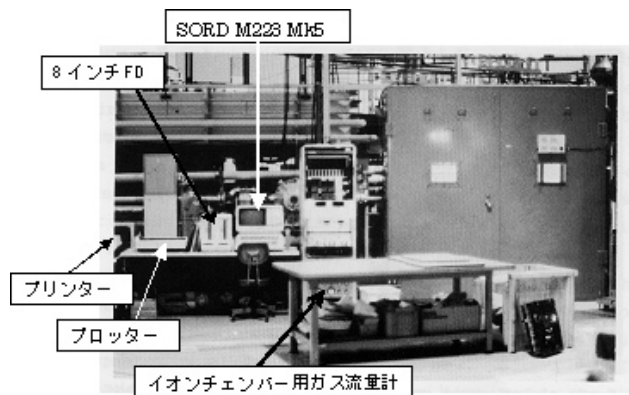


図3 建築当初のBL-10B（黒田晴雄先生退官記念文集より）

ていませんから、大型計算機に読ませるにも専用の装置が必要でした。しかし、日本で放射光が本格的に動き始め、XAFSが測定できるようになったことをいち早く、国内外に知らせる事は重要でありましたから、7月半ばのマシントimeが終了するとすぐに、プリントアウトされた数値を手分けして、穿孔機でデータの一つずつ打ち込みました。大型計算機で計算して、解析し、その年の冬には投稿しました。それが、白川英樹先生（当時つくば大学）と共同研究が進められたポリアセチレン中のFeCl₃の構造解析の結果です。（Solid State Commun.46,235(1983)）

1983年春からは野村昌治先生（PF）が担当され、さらにステーションの整備を進められました。またBL-4C（蛍光XAFS）、BL-11B（軟X線領域）、BL-7C（低エネルギー領域）、BL-6B（低エネルギー領域）、BL-14A（高エネルギー領域）が次々に立ち上がり、BL-10Bは6 keV-25 keVの中高エネルギー領域のXAFS測定で数々の成果をうみました。特にモノクロメーターの角度の再現性は高く、エンコーダがなくてもパルスモーターコントローラーのパルス数さえ合っていれば、全く同じ角度にもどすことができました。これは諸外国にない優秀なものでした。また、チャンネルカット＋ステージ移動というシンプルな設計コンセプトは、標準的なビームラインという位置付けがなされ、BL-10B自体、高い評価を得ていました。

しかし、完成後十数年動き続け、モノクロメーターの駆動機構や分光結晶にも不具合が出てきました。このため1990年後半には閑古鳥が鳴いていました。そこで、2000年春からは産総研の阪東恭子博士らを中心にin-situ XAFSサブグループが結成され、豊富なビームタイムを利用して、in-situ XAFS実験が精力的に行われました。一時は盛り返しましたが、やはり寄る年波には耐えられないのでしょう、2003年のユーザグループミーティングでユーザが外部資金を獲得し、それをもとに後継ステーションを建設しようという事が決まりました。幸い、筆者の提案が科研費に採用され、NW10に高エネルギービームラインの建設がスタートし、BL-10Bは2005年冬でシャットダウンしました。

BL-10Bには、我が国における初の放射光XAFS測定ラインとして、長いこと活躍され、本当にご苦勞様でした。また、長いこと本当にありがとうございました。

BL-17Aの建設状況： 初期的なビーム性能評価

構造生物学研究センター 五十嵐教之

これまでご紹介してきたように、現在放射光科学研究施設では、新しい構造生物学研究用挿入光源ビームラインBL-17Aの建設を進めています。BL-17Aでは、これまでのビームラインに比べ1/10以下のサイズのX線ビームを利用することができ、微小結晶構造解析に威力を発揮することが期待されています。また、6 keV近辺の低エネルギーに特化した性能を併せもち、単波長異常分散法用のビームラインとしても活躍することが期待されています。建設作業は順調に推移し、10月初旬に白色光、10月下旬には単色光のファーストビーム導入に成功しました。現在18年度第1期での共同利用開始に向けて、ビーム調整及び評価行っています。ここでは、初期的なビーム性能の評価について報告します。

まず、アンジュレータ光の熱負荷による分光器第一結晶の変形の度合いを確認した。その結果、最大熱負荷時（最小Gap = 4.5 mm、現在は4.0 mmまで閉められます）でも理想値からの広がりが0.2秒程度と、熱負荷による歪みはほとんど観測されませんでした。次に、アンジュレータの種々のK値における放射光スペクトルを測定しました。図1は、リング壁直下のS0スリット（11.15 m地点）で0.4 mm × 0.4 mm、及び1.0 mm × 1.0 mmに整形されたビームを、二結晶分光器で分光し、実験ハッチ内に導入した強度をイオンチェンバーで測定した初期的なスペクトルの一例です。この図から5次光まで十分に観測することができ、1.0 Å（12.4 keV）で十分アンジュレータ光が利用できることを示しています。その後、17年度第2期のビーム

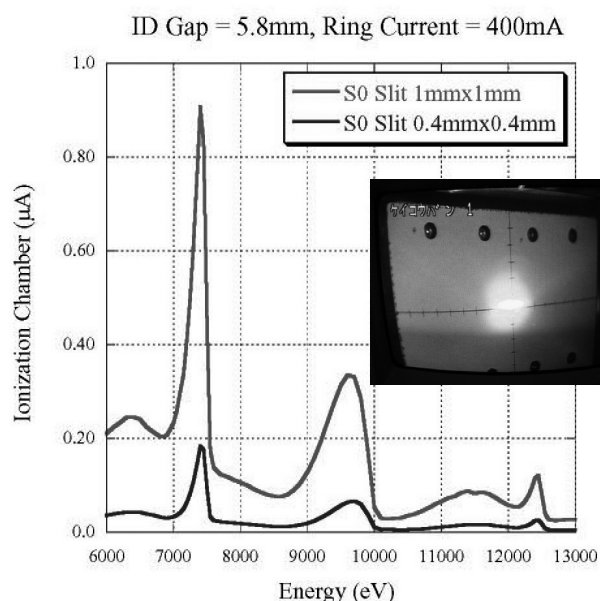


図1. 初期的アンジュレータ光スペクトル。グラフ中の写真は、リング壁直後の蛍光板上のアンジュレータ光。

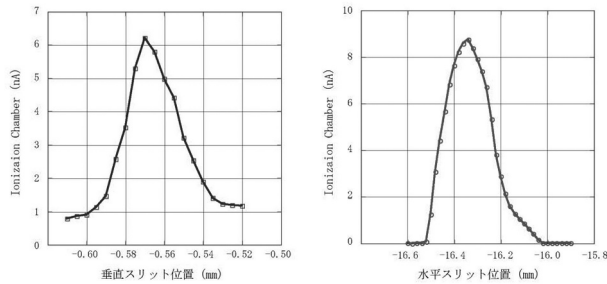


図2. a) 垂直ビームプロファイル (スリット幅 10 μm)
b) 水平ビームプロファイル (スリット幅 40 μm)

タイムの最後に、1.0 Å (12.4 keV) での簡単な集光テストを行いました。図2は、初期的な集光ビームのプロファイルを示しており、半値全幅で垂直方向 32.9 μm, 水平方向 233.5 μm と、計算値よりは 3, 4 割大きい値を示しました。また、スリットを使用して集光ビームを切り出した Flux は、100 μm 角, 40 μm 角, 20 μm 角でそれぞれ 7.7×10^{10} , 2.2×10^{10} , 6.6×10^9 となり、計算値の半分程度の値を示しました。これら値は、100 μm 角で他のハイスルーポットビームライン NW12A や BL-5A と比較しても同等以上であり、それより小さいコリメーションサイズでは凌駕しており、十分同等以上の性能を発揮しています。今後、リング軌道の見直しやフロントエンドマスクの最適化、集光の最適化を行い、計算性能に近づくべく調整を進めていく予定です。

BL-28 の報告

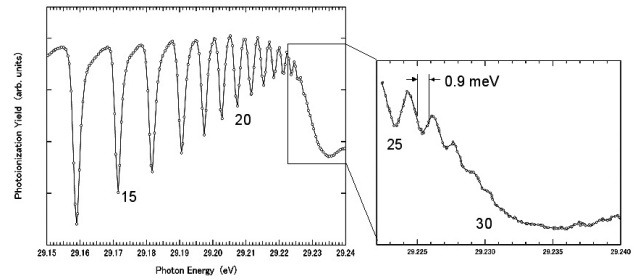
放射光科学第一研究系 小野寛太

昨年の夏に建設を行った BL-28A の立ち上げ状況、性能評価の結果については既に PF ニュースで報告しているが、今回は昨年春から夏にかけての長期シャットダウン中に行った改良とその結果について報告したい。

BL-28A の大きな問題は、光学素子ホルダが干渉し長波長側の光を出すことが出来ないこと、光学素子の冷却が不十分であること、の 2 点であった。そこで、光学素子ホルダを改良し、干渉が無く、また熱接触も向上させた。昨年夏には、改良した光学素子ホルダを分光器に装着した。

新しい光学素子ホルダを用いることにより、長波長側も設計値どおりの 30 eV まで出すことが出来るようになった。また、後述するが現状では光学素子の熱負荷等によるエネルギーシフトは数 meV に押さえられており、光学素子の冷却も順調に出来ていると考えられる。

昨年秋からのユーザランでは、分光器のエネルギー分解能の評価を行った。今回は長波長側での結果について述べるが、エネルギー分解能の評価は Ar の 3s → np 遷移による吸収スペクトルを用いた。図に 30 eV 近傍での Ar 3s → np 吸収スペクトルを示す。図から分かるように n = 30 まで観測されることが分かる。また、吸収スペクトルの半値



30 eV 近傍での Ar 3s → np 吸収スペクトル

幅が 1 meV 以下であることから、BL-28A に建設した分光器は、当初の設計値どおりの分解能 30,000 以上を達成していることが分かる。また、本分光器は入射スリットがないことから高い光子フラックスが得られ、図に示す分解能 30,000 の時でも 10^{12} photons/sec 以上の光子フラックスが得られる。以上の結果から、この分光器は高分解能角度分解光電子分光にとって、十分なエネルギー分解能および光子フラックスを実現することが出来ており、世界の放射光施設での高分解能角度分解光電子分光ビームラインに匹敵する性能を出すことが可能になった。

一方、高いエネルギー分解能を実現出来るようになって、今まであまり考えていなかった要因が分解能に影響することが分かってきた。われわれが取り組んだ問題は、光学素子の振動の問題である。われわれは、光学素子のエンコーダの読み取りを高速化し、さらにフーリエ解析することにより、光学素子の振動の周波数分布を求めた。また、加速度計を用いてビームライン周辺および分光器チェンバの振動を測定した。その結果、30 Hz 成分が大きく影響していることが分かった。振動計測を行うことにより、30 Hz の振動源がターボ分子ポンプの空冷ファンであることを突き止めた。また、エンコーダからの読み取りについて高周波成分を取り除くことにより、今までよりも精度よく測定を行うことが出来るようになった。

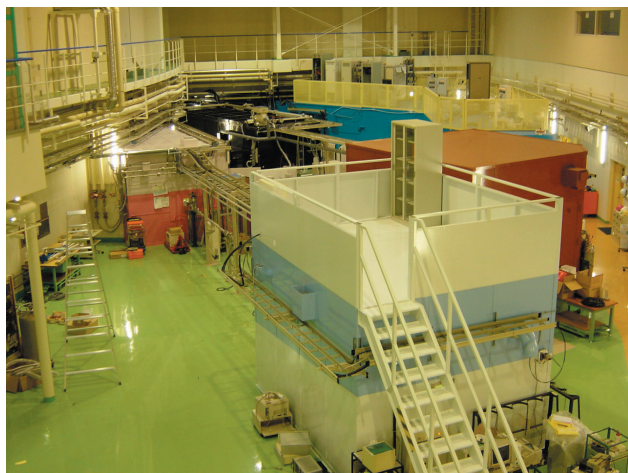
また、分光器制御においても LabVIEW を用いた一括制御システムを構築し、エンドステーションからネットワーク経由で、挿入光源・分光器・出射スリットなどを一括制御出来るようになった。

以上述べてきたように、まだ完成と呼ぶには時期尚早であるが、ビームラインの高分解能、光フラックスを活用した実験が可能になってきている。BL-28A は今年の 4 月から共同利用に供する。また、今年の秋からはブランチ BL-28B も立ち上がる予定である。今後も性能向上を続ける所存ですので、どうぞよろしく願いたします。

NW10A 建設状況報告

放射光科学第一研究系 野村昌治

BL-10B に代わる高エネルギー域に対応した XAFS 実験用ビームラインの建設は長年検討を続けられてきました。



NW10Aの様子

2004年夏のXAFS討論会、年末のPF研究会等でNW10Aの建設提案を支持頂き、建設に至りました[1]。XAFS関係で北大朝倉先生の科研費、AXS関係で松原先生（現京都大）からの支援、また機構からの財政的支援を頂き、高エネルギー域用XAFS/AXS実験用ビームラインとしてNW10Aの建設が進められてきました。

既報[2]のように2005年夏の停止期間中にビームライン基幹部、ビームラインハッチ、実験ハッチの建設が、秋の運転と平行してビームラインの建設が進められ、12月にはインターロックの敷設が行われました。コスト削減のため、ビームライン基幹部はNE9で使われていたものを譲り受け、改造の上設置しました。また、計測系等はBL-10Bから転用しています。

1月17日には安全面からの立会い検査、19日には光導入試験、20日には光軸確認を行い、現在、ビームライン光学系の立ち上げ作業が進められています。NW10Aでの新たな試みとしては、

- Ptコートミラーで42 keVまでの集光
近年Rhコートミラーが多用されているため、RhのXAFS実験が困難とのことです。
- ビームライン用スリットにヒートパイプを用いた冷却方式を導入、
これにより、ビームラインの真空中での水漏れの危険を無くせると期待しています。
- ユーザーが操作する頻度の低いモーター系、モニターカメラ等をネットワーク経由として、配線を簡略化した等です。実験者から見た場合、従来のBL-12Cと同様の使い勝手を提供出来る予定です。

執筆時点(1/28)では、各種の問題点の洗い出し、対策を立てている段階ですが、ある程度の目処が付き次第、暫定的な公開を進める予定です。XAFSのメーリングリストXSJで案内を送る予定です。

- [1] 朝倉, 松原, 野村編, KEK Proc. 2004-16 (2005).
[2] 野村, Photon Factory News, 23 (2) 13 (2005).

お知らせ

平成18年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

物質構造科学研究所副所長 松下 正

物質構造科学研究所放射光科学研究施設（フォトン・ファクトリー）では放射光科学の研究推進のため、研究会の提案を全国の研究者から公募しています。この研究会は放射光科学及びその関連分野の研究の中から、重要な特定のテーマについて1～2日間、高エネルギー加速器研究機構のキャンパスで集中的に討議するものです。年間6件程度の研究会の開催を予定しております。

つきましては研究会を下記のとおり募集致しますので応募下さいますようお願いいたします。

記

1. 開催期間 平成18年10月～平成19年3月
2. 応募締切日 平成18年6月16日（金）
〔年2回（前期と後期）募集しています〕
3. 応募書類記載事項（A4判、様式任意）
 - (1) 研究会題名（英訳を添える）
 - (2) 提案内容（400字程度の説明）
 - (3) 提案代表者氏名、所属及び職名（所内、所外を問わない）
 - (4) 世話人氏名（所内の者に限る）
 - (5) 開催を希望する時期
 - (6) 参加予定者数及び参加が予定されている主な研究者の氏名、所属及び職名
4. 応募書類送付先
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所事務室
TEL：029-864-5635

* 封筒の表に「フォトン・ファクトリー研究会応募」と朱書のこと。

なお、旅費、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します（1件当たり上限50万円程度）。

また、研究会の報告書をKEK Proceedingsとして出版していただきます。