

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

7～9月の日程は以下の通りであった。

7月 1日	PF, PF-AR, KEKB, 入射器停止
8月 19日	入射器立上げ
9月 9日	KEKB 入射開始
9月 21日	PF 入射開始 (低速陽電子ビーム調整開始)

(10月13日 PF-AR 入射開始予定)

入射器は約1か月半の夏期保守を終え、益明けから順調に秋期運転を開始した。9月21日、PF入射も順調に立上った。同時に低速陽電子リニアックの調整と2週間後のユーザ運転の準備を開始した。

夏期保守

特に大きな工事はなかったが、春期運転中修理のできなかった#1-2加速モジュールの真空漏れ、#2-2加速モジュール加速管の水漏れの改修作業のほか、盛り沢山の保守作業を行なった。電子銃および電子銃電源関係の保守、陽電子標的・パルスコイルの交換、ECS 偏向電磁石の真空容器拡幅(33→70 mm, 54→100 mm)等の真空系保守、集束電磁石関係の保守(端子増締め、精度チェック等)、高周波源低レベル系の保守(恒温槽の点検や交換、モジュールの点検、改修)、大電力モジュレータ関係の点検・保守、クライストロンやRF窓の交換、保守、制御・モニター系の保守、運転関係の保守などを行なった。

PF 入射の改善

この春から、入射器、PF、KEKB 合同で入射の改善に関する検討が行なわれているが、その一環として、PF入射に関する検討と改善が夏期保守中に行なわれた。PFリング側ではセプタム電磁石等の改善、入射器側ではトリガー系の変更による入射ビームのエネルギーの安定化が試みられた。

PF、PF-AR への入射ビームは KEKB とは独立した電子銃から出て加速されているが、ビームを加速するためのタイミング(トリガー)信号は、KEKB 入射ビーム用と共通で、加速周波数 2856MHz の 25 分の 1 の 114MHz に同期したものであった。また、この信号は KEKB 入射用 2 バンチビームの第 1 バンチと同じタイミングで、加速管にマイクロ波が完全に充填される数十ナノ秒前にビームを加速するための信号であった。これは、KEKB、PF 入射ビームを同時加速する可能性を配慮したものであった。その結果、PF 入射ビームのタイミングには 114MHz の 1 周期約 9ns

分の不確定さがあり、マイクロ波充填タイミングの事情と重なって、加速利得にジッターが生じていた(図1(上))。夏期保守で PF、PF-AR 用のビームタイミング系を加速周波数 2856MHz の 5 分の 1 の 571MHz に同期するように変更した。また、加速管にマイクロ波が完全に充填されてからビームが加速されるようにタイミングを変更した。このことによって、加速利得が安定して得られるようになった。(図1(下))

この他、Energy や軌道 Feedback の見直し、Software の追加も行った。また、リング一周の電荷量の平滑化を 25pps で行なえるように改善がなされた(従来は 12.5pps)。以上の結果、PF リングの蓄積率は 3mA/s 以上(25pps)を越えることもあり、大幅に向上した。

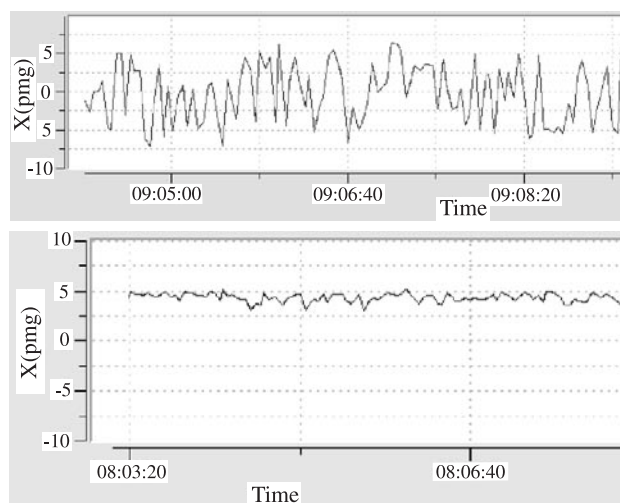


図1 PF入射ビームのエネルギーの安定度を示すグラフ。横軸は時間で全体が約5分、縦軸はビームエネルギーを表し、大目盛間(数量5)がエネルギー差約0.1%に相当する。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

10月5日付で、Cheng Weixing(程 卫星)さんが研究機関研究員として着任されました。Chengさんは、上海応用物理学研究所の上海放射光施設に所属され、ビーム診断装置や制御装置の開発研究に従事されてこられました。放射光源研究系でも、同種の研究開発に従事して頂きたいと思っています。

PF

7月1日の運転停止後の夏季の作業の主なものは①真空系の制御装置の更新、②基幹チャンネル安全系制御装置四カ所の更新、③来年に予定されている直線部増強計画に先立つ二カ所の基幹チャンネル(BL-14,16)の改造、④直線部増強に伴い必要磁場が高くなるのに備えた、セプタム電磁石2台の更新、(うち一台分は真空槽の交換も含む)で

あった。直線部増強計画の詳細については、別項をご覧ください。

9月21日に行われた運転再開作業は概ね順調に推移した。入射用線形加速器のSLED（電子エネルギー増強のためのマイクロ波パルス圧縮装置）のタイミングを最適化したことにより、入射ビームのエネルギーのばらつきが小さくなった。入射の繰り返し周波数を12.5Hzから25Hzに上げたことと、前記のエネルギーばらつきの減少により入射率は、今までの0.8~1.2mA/sから2.5~3mA/s程度まで改善された。また、入射手順の見直しを行ったことにより、KEKBへの連続入射の状態からPF入射に切り替えてから、PF入射終了までの時間が従来の約10分から6分程度まで改善された。1日1回入射のユーザー運転時にはさしたる改善とは思われないであろうが、概ね月曜日にKEKBの連続入射と同時にされるマシンスタディを効率的に行うためには、この時間の更なる短縮が望まれる。

運転再開作業後は各種マシン調整及び真空系のビームによる焼きだしを行い、9月28日よりユーザー運転を再開している。なお、前期運転終了直前に4台の加速空洞のうち1台が不調となり、空洞3台での運転を余儀なくされビーム電流初期値を395mAに制限していたが、運転停止期間中に当該空洞のエイジングを行い、今期は空洞4台で運転を行っており、ビーム電流初期値も450mAとしている。

単バンチ運転時には、ビーム位置モニター（BPM）電極に現れる信号の波高値が高いため信号処理装置のダイナミックレンジ内に収めるために信号レベルの微妙な調整が必要であった。今までは多バンチ運転時と単バンチ運転時に信号減衰器を切り替えて対処してきた。信号処理装置の前にバンドパスフィルター（BPF）を挿入し、単バンチ運転時の波高値を下げればこの問題は解決する。今回単バンチ運転時のBPM系の減衰器の切り替えを不要とすべく、全モニター電極にBPFを挿入した。運転再開時のマシン調整時に、BPFの挿入が多バンチ運転時のビーム位置測定に悪影響を与えないことを確認した。

PF-AR

7月1日の運転停止後、西直線部の空洞のうち下流側の2台の空洞を撤去し、東直線部に2台の空洞を追加した。具体的には西の最下流の空洞と、予備として保存してあった空洞を東直線部に設置した。西直線部の上流側から3番目の空洞は運転中にトラブルを起こし高周波加速系から切り離してあった（Vol.21 No.1参照）ものであるが、この空洞は撤収した。今後この空洞のトラブルの原因追及を行う予定である。東直線部に設置した予備空洞は、設置後の測定の結果他の空洞よりQ値が低いことがわかり、別の予備空洞と再交換する作業を行った。再交換した空洞もQ値が低かったが、どうやら空洞各セル間のチューニングがずれていたためであったようで、現場での調整の結果問題が無いことがわかった。（最初に設置した予備空洞のQ値の問題も同じ原因かもしれない。）東直線部と西直線部の空洞数の変更に伴う、低レベル系の変更、ソフトウェアの

変更も順調に進んだ。また、東西の冷却水量の配分を変えるための工事も終了している。高周波加速系のもう一つの大きな作業は東西のクライストロン用高圧電源の改修である。前号で述べたように、電源のオイルタンク内で放電が起こった兆候が見られていた。改修に伴う解体の結果、東に設置してあったオイルタンク内の抵抗一個が破壊され、それに接続されていたコンデンサーの碍子も破損していたことがわかった。西に設置してあった電源には特に大きな問題はなかった。

PF-ARは10月13日に運転を再開をした。高周波系の変更、改修に伴う多くの作業が行われたことにより、運転再開時には高周波系の調整が必要になった。また、空洞移動に伴う作業等で、真空系の大気開放が行われたため、ビームによる真空系の焼きだしが必要となる。それ故、ユーザーランの再開は運転開始から約10日後の10月22日を予定していたが、13日の運転再開後いくつかのトラブルに遭遇し、22日は光軸確認とビームによる焼きだし運転兼“ボーナス運転”とし、正式なユーザーラン開始は10月25日にずれ込んでいる。

放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第一研究系主幹 野村昌治

運転・共同利用実験

終盤にRFの障害等はありませんでしたが、平成16年度第一期（4~7月）の運転は、無事7月1日朝に終了しました。限られた停止期間中にBL-14、28の大改造を行う必要があり、運転終了前からこれらのビームラインの改造作業が開始されました。BL-14の改造は直線部増強に伴う基幹部の改造に適合させることと同時に各ブランチ間での放射光の取り合いの変更を目的としています（p5参照）。BL-28の再構成はアンジュレーターを光源とする高分解能光電子分光の研究の展開を柱とする整備で、挿入光源ビームライン増強の走りです（p6参照）。BL-28では6月中旬からBL-28Aを使った実験と平行してBL-28Bの解体作業が始まりました。両ビームラインとも機器類の納期遅れ等もありましたが、関係者の努力で何とか克服し、インターロック系の設置、安全検査を行い、無事放射光を出すことが出来ました。現在は各ラインの調整作業中です。なお、撤去した旧BL-28のコンポーネント類のいくつかは改造して新しいビームラインで使用することを予定しています。

夏の停止期間中には恒例のシャッター類の点検作業が行われました。また、運転再開に先立ち、インターロック系の総合動作試験も行われました。この様な地道な作業によって安全を確保しています。

前号で報告しましたように来年のリングの直線部増強改造に合わせてミニポールアンジュレーターを光源とするビームライン（BL-17）建設計画が進んでいます。丁度、若槻教授が先端計測で予算を獲得したこともあり、BL-17

については構造生物学研究専用のビームラインとして整備し、その他のミニポールアンジュレーター光の特性を生かした研究推進のテストビームラインは別に建設することとしました。ミニポールアンジュレーターを設置する場所としてはBL-1, 3, 15の可能性があり、現在その比較検討作業中です。

別項にも記しましたが、直線部増強作業のために、PFリングは2005年2月28日から9月まで改造のために運転を停止します。この改造により、従来からある挿入光源を設置できる直線部7カ所に加え、新たにミニポールアンジュレーターを設置できる直線部4カ所を備えた第三世代光源に準じた光源に生まれ変わります。これらの直線部を活用するための予算要求を行っています。

PF-ARでもPF同様に多くの作業が停止期間中に行われました。ERATO 腰原非平衡ダイナミクスプロジェクトのビームラインNW14については光源系報告にあるようにRFキャビティの移設が行われ、来夏の挿入光源設置に向けての準備が整いました。またビームラインの方は各種主要コンポーネントが納入されました。また、前号で紹介されたようにNE9ビームライン上流の基幹部コンポーネントの撤去が行われ、来年度のNW10への転用をするための動作確認等が行われています。また、NE1A2では使用されなくなった二結晶分光器等のコンポーネントを撤去し、再利用に備えています。

人の動き

物構研04-4として公募をしていました時分割XAFS, XAFS関係の助教授として名古屋大学大学院理学研究科の稲田康宏さんを採用することとなりました。稲田さんは無機溶液化学を中心に研究活動をされ、実験室系およびPFでの時間分解XAFS法の開発、利用研究を活発にされてきた方です。11月16日には着任頂ける予定です。

X線精密構造解析の分野を中心にBL-3A, BL-4B2, BL-10A, そしてこの夏の改造後のBL14A再構築に関して腕を振ってくださっていました田中雅彦助手が12月1日付けで物質・材料研究機構の主席エンジニア(放射光担当)として異動される事が決まりました。田中氏はX線精密構造解析実験ステーションのきめの細かい整備から、最近東工大の八島助教授とともにプレス発表された「高温(1900K)精密X線構造解析測定の開発」という先端的な技術開発、そして物質・材料研究機構との協力関係で進められている新物質の精密構造解析という先端物質科学の領域をカバーされてこられました。今後、物質・材料研究機構が整備しているSPring-8・BL15XUの整備において中核的な研究者として益々腕を振られる事と思います。今後の更なる発展をお祈りいたします。

再び安全に関する注意喚起のお願い

共同利用実験を再開した9月28日に、トランスが焼損する事故がありました。幸い実験ハッチ内に設置された火災報知器が鳴動し、迅速な対応がなされたため大事に至る

ことはありませんでしたが、停止期間中の夜間等に発生すると昨年の中性子実験施設での火災と同様の事態に至る恐れも否定できません。実験初日のトラブルで運転を中断したことをお詫びするとともに、ユーザーの皆様の迅速な対応に感謝致します。停止期間中は出来るだけ電源を停止する様にお願いします。また、持込み装置に関しても異常時に当番等が迷うことなく電源停止を出来るように機器類の電源が何処からとられているか明示をお願いします。同日、開いてきた実験ハッチ扉に当たり怪我をするという事故も発生しています。昨年度も事故に繋がりがかねないトラブルが秋期に急増していますので、ご注意をお願いします。

PF リング直線部増強計画の進捗状況

放射光源研究系 本田 融

PFの2.5 GeV リングは2005年2月末まで運転を続けた後、約半年間の運転停止期間をもらって直線部増強の改造に入ります。この改造計画の目的は、既存直線部の延長と、BL-1, BL-3, BL-15, BL-17の光源部に短直線部を新設す

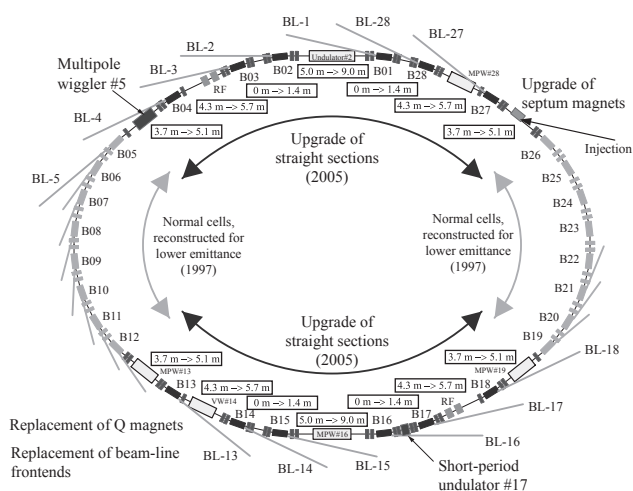


図1 PF リング直線部改造計画の概要



図2 セプタム電磁石更新作業



図3 偏向電磁石部真空ダクトの試作、組立て

ることです。図1に示すように改造範囲はリング全周の半分強にわたります。この範囲にある四極電磁石はすべて更新され、それに伴って偏向電磁石用を含めた真空ダクトもすべて更新されます。四極電磁石はボア径が小さく高い磁場勾配を発生する薄型のものに替わり、その設置場所を偏向電磁石にできるだけ寄せることによって挿入光源用のスペースが新たに生み出されます。外径の大きい新四極電磁石との干渉を避け、また光取り出し角度の変更にも対応するために該当部分の基幹チャンネルはすべて改造が必要となります。その他に入射用セプタム電磁石の増強も必要となります。

基幹チャンネルは全部で13本の改造が必要ですが、2002年度以降通常の運転停止期間を利用して順次先行改造を進めており、2004年の夏季停止期間中に改造作業を行ったBL-14、BL-16をあわせると、すでに11本のラインで改造を終えています。BL-14については壁外のビームライン移設もこの夏に同時に完了しました。

この夏季停止期間中には2台のセプタム電磁石をより強い磁場を出せるものに入れ替えました。9月の立ち上げより新しいセプタム電磁石を用いて入射が行われています。キッカー電磁石を含めた入射用パルスマグネットの動作は良好で、入射タイミング系の調整によるLINACのエネルギー変動の改善やリングのバンチ選択システムの改良と相俟って入射レートが以前よりも高くなっています。

2003年度には改造に必要となる四極電磁石46台の製造を行いました。本年度は納入された四極電磁石の磁場測定、調整を行うとともに、新しい四極電磁石用電源の製作を進めています。昨年度にはまた偏向電磁石部の真空ダクトを試作し、予備の偏向電磁石と本番用の新四極電磁石を用いて組み立てテストを行いました。試作結果を踏まえて今年度ははじめには改造に必要となる真空ダクト一式の入札を行い、改造に間に合わせるべく製造が進められています。改造で新設される直線部は有効長が約1mの短い直線部ですが、短直線部用挿入光源の第一号機としてBL-17に真空封止の短周期アンジュレータを設置します。今年度はこの短周期アンジュレータ用の磁石列の製作と磁場調整を行っています。

来年秋の立ち上げ日程を確定するために、リング改造作業工程の具体的なつめを急いでいるところです。日程の決定には入射器を共有する他の電子加速器の立ち上げ予定ともかかわって来ますが、次号のPFニュースでは確実な運転再開予定をお知らせできると思います。

BL-14 再設置が終了

放射光科学第二研究系 岸本 俊二

超伝導垂直ウィグラービームラインBL-14で進めていた再設置作業が9月28日の2004年度第2期運転開始前にほぼ終了しました(写真1)。前号で報告したように基幹部改造に伴って既存ビームライン(光学系)の一時撤去、メインハッチ・ABモノクロハッチ新規建設、改修後の光学系(A・B)・ビームダクト再設置(Bハッチ移動、Aハッチ拡張含む)作業を6月末から開始しました。作業計画は7・8月の運転停止期間中に再設置作業のすべてを終えてインターロックシステムの更新、テストへ進めるという厳しいものでした。BBS設置作業が大幅に遅れるなどいくつかの問題がありましたが、関係者の方々の多大な協力を得てビームライン検査委員会による立会検査(9/15)、光導入試験(9/24)までたどりつくことができました。光導入試験ではABモノクロハッチ内などに放射線遮蔽の強化が必要な箇所が見つかり以後その手当てを行っています。追加の安全対策をとってビーム使用許可をいただきました。9/28の第2期運転開始からはビームを使っての立ち上げ・評価作業を慎重に進めています。

再設置後の14C2で観測した白色ビーム像を写真2に示します。14Cで得られるビームの大きさが垂直方向に70mm以上となるようにビーム取り出しの改造が行われましたが、縦幅が約73mmでほぼ設計値どおりの大きさが得られています(横幅はスリットで制限しています)。分



写真1 再設置後のBL-14(上流部)

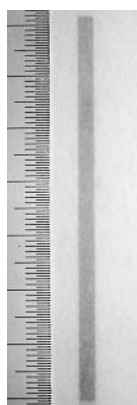
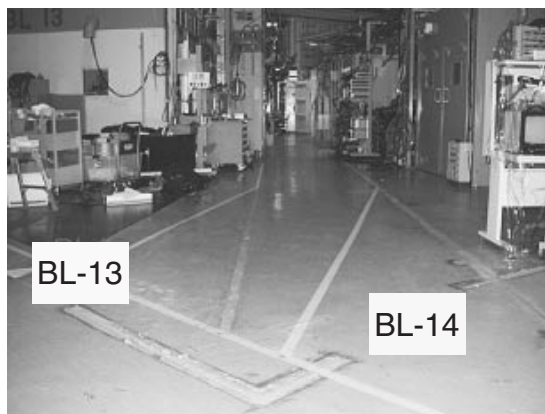


写真2 (左)
14C2 で記録された白色ビーム像 (撮影条件:
2.5 GeV 445 mA、リナグラフ 5 秒照射)

写真3 (下)
一部変更された通路 (BL-13B - 14C1)。



光器はまだこれから調整が必要ですが 14C1 で単色 X 線ビームが得られることを確認しています。これから光学系の立ち上げ調整、白色 X 線、単色 X 線ビーム強度分布や強度の変動測定などを経てユーザー実験に移行していく予定です。また今回の改造に伴い BL-13 と BL-14 の間の通路を一部変更させていただきました。目的は BL-14C1 での実験スペースの確保ですが、この通路が避難通路を兼ねることとユーザー実験上の安全性を考慮してビームライン下流側の実験ホール周回通路からビームライン上流側までを見通せること、通路の幅は従来と同じであることに配慮しています (写真3)。

14B は実験ハッチの移設も行いましたが光学系の調整も終わりすでに再配置以前の状態 (光が使える状態) まで復旧しています。ユーザー実験は 10 月中旬頃から開始予定で各種 X 線イメージング実験や精密 X 線光学実験などを行います。実験ハッチを約 1m 下流に移したことにより残念ながらユーザーの作業スペースがかなり狭くなりました。現在、二階屋を建設することも含めて実験環境を改善することを検討中です。近況についてはホームページ: <http://pfwww.kek.jp/hirano/14b.html> を参照してください。

14A では再設置前とビーム取り出しについての変更はありませんが、分光器オーバーホール (内部駆動機構の部品・配線交換など)、X 線ミラー交換などを行い制御系を全面更新しました。現在、新制御系による光学系・実験装置の軸駆動テスト、光学系調整、制御ソフト開発を行っています。今後 11 月中旬をめどにユーザー実験が再開できるように立ち上げ作業を進めます。

今回の BL-14 再設置作業はビームライン担当者 (A: 岸本, B: 平野, C1: 兵藤, C2: 亀卦川) のほか放射光科学系の森、岡本が担当しました。三菱電機システムサービスの方々には限られた期間内で多くの作業を進めてもらい心より感謝いたします。インターロックグループには設置作業の遅れによって迷惑をおかけしたことをお詫びするとともに、その後の作業を精力的に進めていただいたことについて深く感謝いたします。他の PF スタッフにもさまざまな面で助言と協力をいただきました。ここに感謝いたします。

BL-28 の現状

放射光科学第一研究系 小野寛太

前号の PF ニュースでも述べたとおり、BL-28 をアンジュレータ専用化し、主として高分解能角度分解光電子分光実験を行うための整備を行うため、旧ビームラインの撤去および新分光器の建設を 6 月下旬から 9 月にかけて行った。

分光器は、不等間隔平面回折格子を用いた可変偏角 Monk-Gillieson 型分光器である [1]。BL-28 の分光器では、高いエネルギー分解能と高い光子フラックスとを両立するために入射スリットの無いレイアウトになっている。また、超高真空中に設置した高精度ロータリーエンコーダにより、ミラーおよびグレーティングの角度を直読する機構を備えている。ビームライン制御は、ロータリーエンコーダの角度を読むための VME システム、および偏角・グレーティング角を制御するためのサーバで行っている。エンドステーションからはネットワーク経由で制御サーバに接続して制御を行う。エンドステーション側での制御は LabVIEW を用いて行っている。

BL-28 の立ち上げの現状について以下報告する。図 1 に完成したビームラインを示す。試料位置は旧クリーンルームの壁付近である。また、ビーム高さは 1,217 mm となっ



図1 完成した BL-28 ビームライン

ている。図2は0次光をエンドステーションに導入したときの写真である(9月29日)。特に問題なく0次光を導入することが出来た。次にミラーおよびグレーティングを独立に駆動させる可変偏角メカを用いて実際に分光を行った。図3および図4はビームラインに分光した光を導入し、最初のスキャンで得られたKrおよびArの光イオン化スペクトルをそれぞれ示す。Krの光イオン化スペクトルから、エネルギー分解能 $\Delta E < 10$ meVであることが分かる。全く分光器の調整を行っていないものの、当初の目標に近い分解能が得られた。また、このときの光子フラックスは 1×10^{12} 以上であり、高いエネルギー分解能と高い光子フラックスが両立出来ていることが分かった。

今後は、分光器の調整を進めさらに高いエネルギー分解能を目指す。さらに、Gammadata Scienta SES-2002を中心とした高分解能角度分解光電子分光装置の立ち上げを固体分光I・II、量子ナノ分光ユーザグループと協力し行う予定である。今年度内には世界最高クラスの高分解能角度分解光電子分光実験ステーションとして完成させたいと思っている。

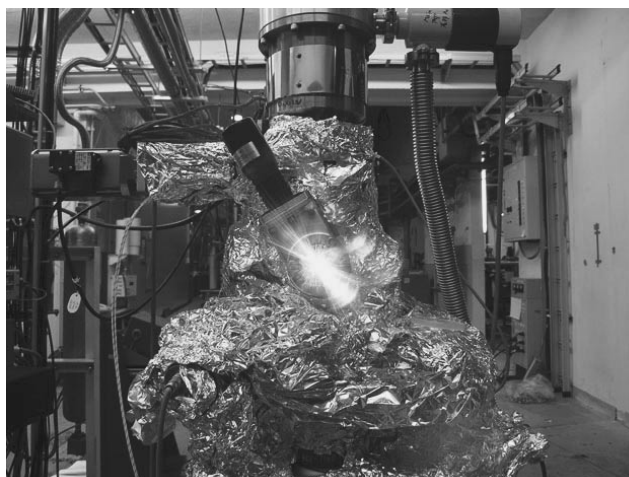


図2 BL-28に0次光を導入したときの様子

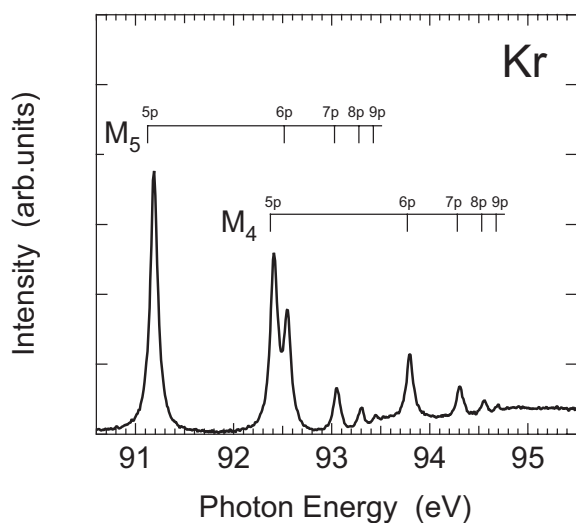


図3 Krの3d光イオン化スペクトル

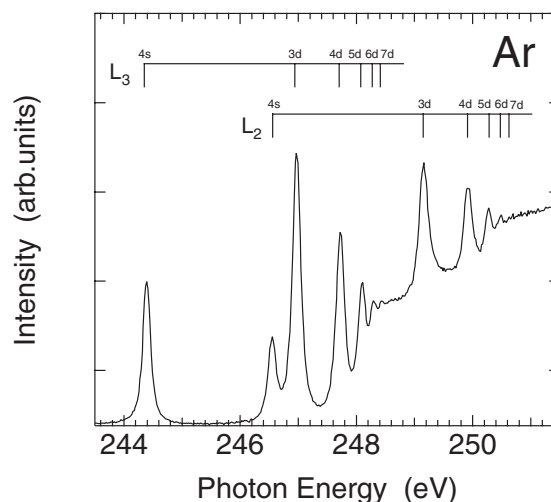


図4 Arの2p光イオン化スペクトル

BL-28の建設に当たり、PFスタッフ、三菱電機システムサービス、雨宮健太氏(東大理)、藤澤正美氏(東大物性研)には多大なご尽力を頂きました。感謝致します。

[1] K. Amemiya and T. Ohta, J. Synchrotron Rad. 11, 171 (2004).