

# 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。

- (6月30日 KEKB 運転停止)
- 7月2日 PF, PF-AR, 入射器運転停止
- 9月6日 入射器立上げ
- 9月25日 PF 入射開始
- 9月27日 PF-AR 入射開始
- (10月2日 KEKB 入射開始)

入射器の夏期保守は7月2日～9月5日で、定期保守、陽電子源の交換などを行なった。入射器は、毎年、入射運転開始約3週間前に立ち上げ、高周波源の調整、加速管のエイジング、ビーム調整等を行っている。今年度は、KEKBの運転開始が昨年度より2週間遅くなり、入射器立ち上げが一般公開日(9月2日)の後になった。このため、今年度は入射器トンネルの公開も行った。入射器には、約1,100人の見学があり、例年に比べ盛況であった。運転再開後は大きなトラブルなく順調に入射を続けている。

### 夏期保守

マイクロ波グループは全電源の保守点検、5本のクライストロン交換などを行った。交換したクライストロンは冷却配管(5)、ソレノイド電磁石(1)の不良によるものであり、クライストロン管自体の再使用は可能である。図1は入射器クライストロン管の平均故障間隔(MTBF)を示すもので、約70,000時間を維持している。9月6日マイクロ波源を立上げ、最大出力までコンディショニングを行なった後、運転出力において、クライストロン利得調整、サイクロトロン動作調整、クライストロン寿命測定など所定の作業を終えた。加速管グループは、電磁石/真空用電源保守、低速陽電子およびKEKB用電子源のカソード、高圧絶縁油の交換、陽電子源標的/パルスコイル交換などを行なった。制御グループは、50 Hzパルス対応のデータ収集

系の整備、加速電流増強のための電荷制限システムの整備、制御システムのハード、ソフトの保守、整備等を行った。運転管理グループは、電荷制限システム導入に伴い、安全システムの追加を行った。また、秋の運転再開に当たり、入射器および低速陽電子実験用テストリニアックの自主点検を行った。

尚、当初予定していたPF連続入射用パルス電磁石システムの設置は、冬の保守期間中に実施することになった。

### 高周波高電界試験装置ハイパワー RF テストスタンド

入射器棟の加速管組み立てホールは、2.5 GeV 電子入射器(1978-1981年度建設)、陽電子発生装置(1982-1984年度建設)、KEKB入射器(1994-1998年度増強)において、加速ユニットの組み立て、ビームライン建設のために使用されてきたが、現在は、その一部のスペースを加速管など大電力高周波コンポーネントの試験のために利用している。ここで、加速エネルギーに余裕をもった運転と将来の加速器増強に備えて、省スペース、省エネルギー化をめざした、コンパクトで高出力の加速器開発を行っている。これまで、加速周波数が現用Sバンド(2856 MHz)の2倍の、Cバンド加速ユニットの開発を行い、#44加速ユニットとして実用化に成功している。

さらに昨年から、2004年度の国際リニアコライダー技術選択により開発を中止した、常伝導リニアコライダー

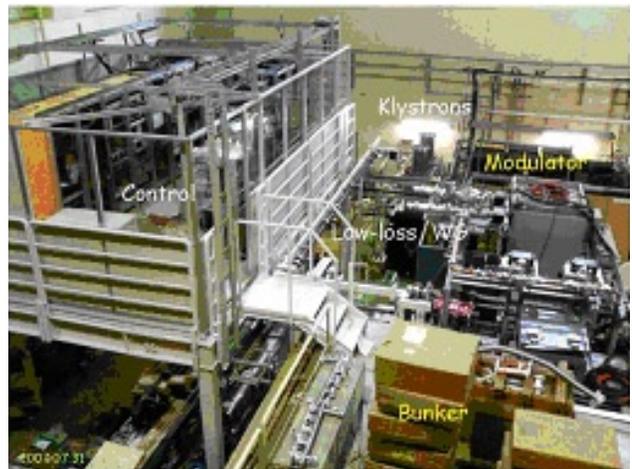


図2 入射器棟加速管組み立てホールのXバンド試験設備 NEXTEF。ホームページ <http://www-linac.kek.jp/nextef/>。

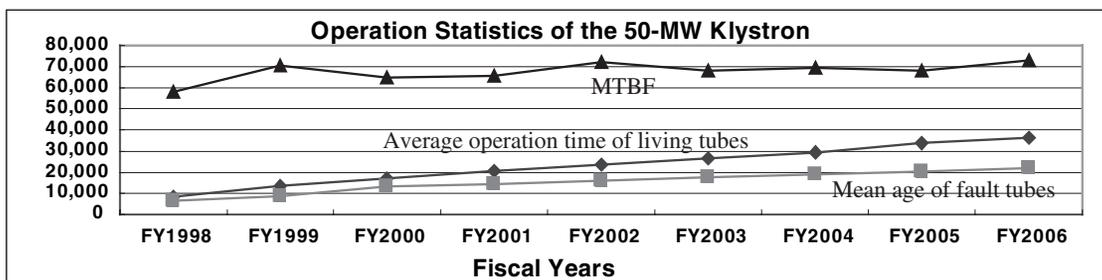


図1 入射器で使用されている大電力クライストロン管(最大出力50MW、パルス幅4マイクロ秒、繰り返し50Hz)の平均故障間隔(MTBF ▲印)、使用管の平均運転時間(◆印)、故障管の平均寿命(■印)の推移。

R&D用 Xバンド (11.424 MHz) 試験設備をアSEMBリーホールから移設する作業を進めてきた。この作業が8月末に完了し、9月からクライストロン通電試験を開始した。この装置は50 MWのクライストロン2台を結合し100 MWの大出力を発生させることが可能である。今後CERNとの協定にもとづき、試験加速管の製作と大電力試験を担当する予定である。当面、ピーク出力70 MW、パルス幅300 nsの高周波をCERNが設計した加速管 (CLIC\_vg1) 等に入力する実験により、最高100 MV/m級の加速電界での試験をめざしている。

Xバンド試験装置の移設により、手狭ではあるが、S, C, X, 3つのバンドでの大電力試験が実施可能になった。

## PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

### PF

今年度前期のユーザーランは6月30日の朝に終了し、その後7月2日の朝まで連続マシンスタディを行った。この間に縦方向フィードバック系の試験および電荷制限器のための試験を行った。7月2日から9月24日まで予定どおりマシンを停止し、保守や改良のための作業に入った。夏のリングの作業の主に真空系関連の詳細については別項を参照のこと。夏の停止期間に4系統から成る加速高周波系のうち1系統の電力増幅器用高圧電源のクローバーを更新した。しかしながら、このクローバーが時々誤動作をすることが判明したため、この系統を切り離し3系統で運転開始をせざるを得なかった。3系統のみの運転でも2.5 GeV時には大きな問題は生じない。

9月25日から運転を再開している。ビームによるリングの焼きだし後、10月2日にユーザーランを再開している。ユーザーラン開始直後の10月3日に四極電磁石電源の1台が故障した。復旧まで約9時間30分の運転停止となった。また、11日には東京電力の瞬時停電によるビームダンプがあり、復旧まで約3時間かかった。ユーザーの方々に多大なご迷惑をおかけ致しました。

### PF-AR

PF-ARもユーザーランは6月30日の朝に終了し、その後7月2日の朝まで連続マシンスタディを行った。パルス四極電磁石による新入射法のスタディを行った。7月2日以降のPF-ARに関する夏の作業も別項を参照のこと。

PF-ARは9月27日から運転を再開している。ビームによるリングの焼きだし後、10月3日にユーザーランを再開している。ユーザーラン再開直後よりビームラインNE1Aでの放射光強度の変動が見られるとのクレームがあった。この変動は四極電磁石電源の出力電流の変動に呼応しているようであるが、同電源に関する根本的な対策はとれていない。11日の瞬時停電はAF-ARのビーム

ダンプも引き起こしている。

今まで、加速空洞の一部に放射光が当たることが問題となっていたが、入射時に電子ビームに影響を与えないで空洞全体に放射光の影を引かせるような固定マスクは幾何学的に不可能であった。入射時に待避させることが出来る可動マスクを設置した。これにより、空洞が放射光照射により引き起こされる可能性のあるトラブルは回避される。

前号で報告した新偏向電磁石電源の問題は未だ解決していない。対症療法的な運転 (既報) で凌いでいる。

## 2007年夏季停止期間の光源リング保守作業

放射光源研究系 本田 融

夏季停止期間中にはビームダクトや基幹チャンネルの真空作業を含む様々な改造や保守作業が行われている。毎年主幹報告の中で紹介されているが、今年は紙面をもらい主な作業内容の紹介をします。

### PF

PFリングで行われた主な作業としては、入射ビーム輸送路 (BTライン) へのビームスクレーパ設置、クライストロンのクローバ回路 (crowbar circuit) の更新、放射光アブゾーバの交換、進行方向フィードバック回路の設置、ビームプロファイル観測用可視光ミラーの更新があげられる。

PF電源棟にある偏向電磁石と四極電磁石の電源、高周波加速 (RF) 用高圧電源の保守点検は毎年欠かさず実施される。また3次元レーザートラックを用いた電磁石の測量も行われた。今年は測量のみで位置の修正は行わなかった。電磁石位置の経年変動については別の機会にまとめて報告してもらえと思う。今年は基幹チャンネル部の改造を要するビームラインはなかったが、ゲートバルブ、真空ポンプ、制御回路の更新や保守がいくつかのラインで行われた。超伝導ウィグラーの冷凍機保守も毎年の重要な保守項目である。以下に始めに列記したいくつかの項目について個別に解説をする。

**BTビームスクレーパ:** BTラインの終端部付近にビームスクレーパが新しく設置された。これに先んじて3月にはBTにビームダンプラインが新設された。ビームダンプを利用して効率的にLINACとBTのビーム調整を行い、ビームスクレーパを使って入射電子ビームを整形して入射中のビームロスを低減し、またトップアップ運転時に入射電荷量の制御をするのが目的である。実験フロアや周辺部の放射線レベルに影響が出ないように、ビームダンプ、ビームスクレーパ共に総重量約10トンに及ぶ鉄製シールドの中に納められている。秋の立上げ以来実際にビームスクレーパによるビーム整形を行い、入射中の放射線レベルの低下に寄与している。

**クローバ回路の更新：**RF グループでは4台あるクライストロン用の高圧電源更新を数年にわたって順次進めている。今夏にはそのうちA2ステーションのクローバ回路の更新を行った。高圧電源の本体は電源棟にあるが、クローバ部はクライストロンと並んで光源棟地下機械室に置かれている。クローバ回路とはクライストロン内で放電が生じたときに瞬時に電流を分流させてクライストロン本体を保護する回路である。回路というと比較的小さなものを想像されるかも知れないが、高さ3メートルにも及ぶ大型の電源ラックに収納されている高電圧回路である。新しいクローバ回路の動作調整にいささか時間を要しており、秋の立上げ以来RFは3台運転となっている。12月に予定されている3 GeV 運転にはRFが4台そろって運転されることが必須であり、回路の調整と耐久試験が引き続き行われている。

**放射光アブゾーバの交換：**PF リングでは昨年の春に2回、そして今年の春に1回、放射光アブゾーバの真空リーク事故が発生した。いずれもアブゾーバの冷却水路からのリークであり、幸い微小なリークのうちに対処ができ長期の運転休止には至らなかった。しかし運が悪ければ長期シャットダウンを招く恐れのある重大事故であった。リークが発生したのは3件とも同一仕様の放射光アブゾーバであり、外径が細く水路と真空の隔壁が薄いにもかかわらず、受光パワーが大きく、また透過した放射光が水路を貫通する配置になっていた。10年近くの年月をかけて冷却水による管壁の侵食が徐々に進行し、さらに透過した放射光によって内側からの侵食が促進されリークに至ったものと判明した。昨年度特別に予算を措置してもらい同型のアブゾーバを設置年代の古いものから優先して交換してきた。今春のリーク再発を受けて、設置年のまだ新しいもの、受光パワーが少ないものも例外なく、同型のアブゾーバを速やかに撤去して、交換していく方針である。今夏も西のアーキ部で同型アブゾーバの交換を目的としてDCCT用チェンバーの撤去と、春のリークで撤去していたボタン電極チェンバーを復帰する真空作業を行った。

**進行方向フィードバック回路の設置：**横方向ビーム不安定性を抑制するバンチバイバンチフィードバックは2005年の直線部改造と時期を同じくして導入され順調に稼動している。昨年夏に進行方向フィードバック用のキッカーをリングに設置し、今夏にはKEKB, SLACと共同で開発したフィードバックの要となるデジタル信号処理回路が完成し設置された。今秋の運転ですでにバンチバイバンチフィードバック試験を行い、良好な結果が得られている。今年度末の大強度のパワーアンプの納品を待てばさらに安定した動作が可能となり、来年度のトップアップ運転開始に合わせて進行方向フィードバックの稼動ができる見通しである。

## PF-AR

PF-AR では光源系と加速器施設が分担して光源リングの保守作業を行っている。今年行われた主な作業は、スパッタイオンポンプの増設、RF 空洞用可動マスクの設置、ビーム振動抑制用ストリップライン電極の更新、挿入光源冷却水のインターロックの整備、レーザートラックによる電磁石の測量等である。以下、はじめの二つの項目について解説をする。

**スパッタイオンポンプ増設：**2001年の高度化改造でPF-ARのビームダクトは全面的に更新された。リング真空の改善に伴ってビーム寿命が大幅に伸びたのはご承知のとおりである。実は予算の関係で改造時に調達できたスパッタイオンポンプ(SIP)の数は計画数に遠く及んでいなかった。偏向電磁石チェンバー内に仕組まれた56台の分散型イオンポンプ(DIP)と180台のチタン蒸発ゲッターポンプ(TSP)を主ポンプとし、SIPは直線部に配置された20台のみでリング真空を維持してきた。2006年以来リング全体で約60か所用意された排気ポートにSIPの順次増設を開始し総排気速度の増強を行っている。採用したSIPはDIPやTSPでは排気できない不活性ガスにも排気速度を持つタイプであり、残留ガスの質の改善にも寄与する。2006年には24台、今年2007年には21台のSIP増設を行った。さらに2008年までに残り約15台の増設を完了する予定である。この2年間のSIP増設によって平均真空が改善し、それに伴ってビーム寿命の改善が見られている。

**RF 空洞用可動マスクの設置：**PF-ARは東に4台、西に2台の計6台の高周波加速空洞で運転されている。PFリングとは異なりマルチセル型の空洞であり、一台あたりの長さは約3mである。数年前にそのうち1台の加速空洞が運転不能となり予備の空洞と交換する事態が発生した。当時すべての加速空洞の内壁に放射光があたる状態で運転をしていたが、放射光の照射で加速空洞にあらたなトラブルが発生する可能性があると考えられ、速やかに放射光アブゾーバの増設が行われた。しかし東西とも最上流にある加速空洞を保護するためには、ビーム中心から19mmの位置まで放射光マスクを挿入する必要があり、一方これではビーム入射時のアパーチャが確保できないことが判明し、入射時にマスクを引き出すことができる可動マスクの設計、準備が始まった。この可動マスクはビームが空洞を通過する際に発生する強いウエーク場にさらされる事が予想されたので、SiC製のマイクロ波吸収体を設置し、可動マスク駆動部へのマイクロ波侵入を防止する構造となっている。アブゾーバ本体は高温強度に優れたアルミナ分散強化銅(GlidCop)製である。秋の運転立上げ時に試験をした結果、入射時、蓄積時共に真空悪化、温度上昇に関して全く問題のないことが確認され、インターロックを整備した上ですでに運用を開始している。

## 放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第一研究系主幹 野村 昌治

### 運転・共同利用実験

夏の停止期間後、PFは9月25日に運転を再開し、28日の予備光軸確認、10月2日の光軸確認を経て、共同利用実験を再開しました。光源系報告にあるように、10月3日夕方の四極(Q)電磁石電源の障害のため10時間弱の間実験を停止しました。また、10月11日には東京電力の送電線事故のため、ビームダンプし、3時間弱の間実験を停止しましたが、それ以降は順調に実験が行われています。

PF-ARは9月27日に運転を再開し、10月2日の予備光軸確認、3日の光軸確認を経て共同利用実験を再開しました。ビーム強度の変動が観測されたこと、電子ビーム寿命の低下のため2日に1回程度定時入射以外に再入射されていることを除いては、ほぼ順調に実験を行っています。両光源とも当初の予定を延長して、12月17日朝まで運転を行います。今年度中の運転スケジュールは既にweb等で案内していますが、来年度前半の予定については、機構内での調整を行い、11月頃に決定する予定です。

多くのビームラインでは順調に共同利用実験を行っていますが、BL-8Aの分光器の制御系に障害が発生し、制御系一式の更新が必要となりました。前号で案内しましたようにBL-8Aは2008年2月中旬に閉鎖を予定しており、この障害のため運用停止を早める事と致しました。ユーザーの方にはご不便をお掛けしますが、可能な範囲でBL-12A, 11A, 7A等で受け入れていく予定です。

平成20年度前期の課題募集は11月2日に応募を締め切り、G型3名、P型2名のレフェリーによる審査の後、1月30, 31日のPF-PACで採否を決定する予定です。

### ビームラインの建設等

運転の停止とともにBL-16の解体作業が開始され、ほぼ1週間で、ビームライン、ハッチを撤去し、更地となったことは前号で報告致しました。その後、新しいBL-16の設置作業が進められ、真空のコンディショニング等が進められました。この後、放射光を用いたビームラインの焼き出しや光軸調整作業が現在の挿入光源を使って進められます。来年2月の停止後にアンジュレーターの更新を行う予定です。詳細については両宮氏による別稿をご参照下さい。

この他、前号に記しましたように、BL-1, BL-8, NE1, NE3に関する準備作業が進行しています。

### 報文登録のおねがい

PFでは毎年、400件程度の課題が採択され、600報前後の報文が登録されています。平均して、1課題当たり1.5報の報文という計算になります。一方で報文が登録

されていない課題や登録された報文数が著しく少ないビームラインも見られます。ビームラインに依っては既に用途が変更されたものもありますが、ビームライン毎の登録報文数の表(10月17日現在)を次頁に添付します。報文・学位論文は高いレベルの研究がPFを用いてなされ、その成果が社会に還元されていることを示す重要な指標の一つですので、忘れずに登録して下さい。貴重なビームタイムを使用しながら長期に亘って報文が出版されなかったり、報文が出版されてもPFの出版データベースへ登録されないことは好ましいことではありません。このため、課題審査に際して著しく報文数の少ない方には説明を求めることとなっています。各位の出版された論文がPF出版データベース、学位論文データベースに登録されているかご確認いただき、未登録のものについては早急に登録をおねがいします。両データベースともPFのホームページ(<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>)からアクセス出来ます。

### 人の動き

BL-16の建設・立ち上げ・利用研究に携わる博士研究員として、隅井良平氏(名古屋大学)が10月1日付で着任しました。

また、別稿に示すように博士研究員の募集を行いますので、関心のある方はご応募下さい。KEKの博士研究員は年俸制の常勤職で、必要に応じて職員宿舍の貸与等がなされます。

\*\*\*前号記事の訂正\*\*\*

前号で、BL-1Bの閉鎖時期を2008年2月中旬と記しましたが、正しくは2008年6月末ですので訂正致します。

## ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

昨年からはERL検討会を中心にしてコンパクトERLの加速器技術開発の検討を進めてきていますが、ほぼそのコンセプトをまとめる段階に到達しました。これを受けて、全体設計グループの坂中章悟准教授(KEK)、小林幸則准教授(KEK)、羽島良一グループリーダー(JAEA)、中村典雄准教授(ISSP)の方々がとりまとめを行い、Conceptual Design Report (CDR)を12月中旬に作成することを目標に作業を進めています。このCDRはコンパクトERLのデザインの一貫性、考慮漏れの無いことを確認すること、またERL計画を内外にアピールすることと言うさまざまな意義があることと理解し、担当の方々の協力のもと進めています。

機構内にERL計画推進室が発足して1年半強になります。この間、推進室は、今年4月に行われたPF-ISACからのコメント「実証機を用いたサイエンスを明確に打ち出して一歩ずつ進めるべき」に対応して、2段階の戦

PF ステーション別報文登録数

BL	V/X	光源	年別報文数									報文数 年平均	
			1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	99-06	99-06
1 A	X	B	6	2	0	2	2	4	7	7	4	30	3.8
1 B	X	B	7	13	5	11	17	11	6	14	12	84	10.5
1 C	GIM	B	10	18	11	13	8	17	8	6	9	91	11.4
2 A	SX	U	4	1	1	0	3	2	2	0	0	13	1.6
2 C	GIM	U	1	10	7	15	10	20	25	17	15	105	13.1
3 A	X	B	13	21	21	18	16	12	11	14	3	126	15.8
3 B	GIM	B	15	9	3	5	8	10	2	5	2	57	7.1
3 C	X	B	3	0	3	5	2	4	1	0	1	18	2.3
4 A	X	B	19	14	17	16	18	11	9	11	2	115	14.4
4 B	X	B	10	5	16	3	6	6	9	7	4	62	7.8
4 C	X	B	13	13	7	19	15	10	8	8	12	93	11.6
5 A	X	MPW	-	-	-	-	-	13	28	32	28	73	24.3
6 A	X	B	62	38	45	46	40	68	48	44	28	391	48.9
6 B	X	B	39	18	11	16	8	17	3	0	1	112	14.0
6 C	X	B	1	3	1	0	2	3	0	1	11	11	1.4
7 A	GIM	B	1	2	13	9	14	11	15	8	2	73	9.1
7 B	NIM	B	5	3	3	1	1	1	3	0	0	17	2.1
7 C	X	B	58	42	44	32	33	28	49	28	19	314	39.3
8 A	GIM	B	0	0	0	0	3	1	3	1	1	8	1.0
8 B	X	B	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0.4
8 C	X	B	2	2	0	2	3	0	2	0	0	11	1.4
9 A	X	B	2	10	26	28	36	18	44	30	18	194	24.3
9 C	X	B	3	4	7	7	10	15	13	11	15	70	8.8
10 A	X	B	6	10	7	10	1	6	4	4	5	48	6.0
10 B	X	B	59	47	55	50	51	28	52	23	16	365	45.6
10 C	X	B	29	19	25	33	25	19	21	13	17	184	23.0
11 A	GIM	B	10	10	8	9	13	11	14	10	4	85	10.6
11 B	SX	B	17	7	5	3	12	10	6	6	6	66	8.3
11 C	NIM	B	9	6	6	5	3	3	4	2	2	38	4.8
11 D	GIM	B	7	1	0	5	2	5	7	3	2	30	3.8
12 A	GIM	B	4	3	4	8	1	5	4	4	0	33	4.1
12 B	NIM	B	0	5	2	3	3	1	2	1	0	17	2.1
12 C	X	B	32	21	31	22	30	29	49	37	28	251	31.4
13 A	X	MPW	0	4	4	8	7	17	15	9	5	64	8.0
13 B	X	MPW	12	13	8	10	10	7	6	11	3	77	9.6
13 C	GIM	U	4	4	7	2	5	6	9	2	1	39	4.9
14 A	X	VW	15	16	18	8	8	14	7	6	3	92	11.5
14 B	X	VW	9	10	8	11	11	12	21	12	2	94	11.8
14 C	X	VW	11	10	13	25	7	18	8	10	8	102	12.8
15 A	X	B	26	19	23	21	32	32	19	11	13	183	22.9
15 B	X	B	9	9	8	7	8	6	6	4	1	57	7.1
15 C	X	B	8	13	18	8	12	15	9	9	3	92	11.5
16 A	X	MPW	6	4	6	14	10	10	10	5	9	65	8.1
16 B	GIM	U	6	8	6	8	12	7	5	7	4	59	7.4
17 A	X	SGU	2	2	3	1	1	1	0	0	5	10	1.3
18 A	GIM	B	10	5	5	11	6	4	7	2	3	50	6.3
18 B	X	B	49	29	32	55	51	44	30	16	2	306	38.3
18 C	X	B	10	10	20	13	12	15	7	9	0	96	12.0
19 A	GIM	U	4	1	5	6	1	3	2	2	0	24	3.0
19 B	GIM	U	3	7	11	11	11	7	4	1	1	55	6.9
20 A	NIM	B	7	1	2	5	6	3	4	6	1	34	4.3
20 B	X	B	1	0	28	16	33	43	40	38	2	199	24.9
27 A	SX	B	10	10	8	7	5	7	5	8	2	60	7.5
27 B	X	B	8	7	6	8	5	11	14	4	1	63	7.9
28 A	GIM	EU	4	5	3	7	2	1	3	1	0	26	3.3
28 B	X	EMPW	5	5	5	4	4	2	3	1	2	29	3.6
NE1 A	X	EMPW	7	4	6	2	0	6	3	3	1	31	3.9
NE1 B	GIM	EU	3	3	3	2	1	1	2	4	0	19	2.4
NE3 A	X	XU	0	3	0	0	8	1	4	2	1	18	2.3
NE5 A	X	B	4	5	7	6	1	2	8	5	5	38	4.8
NE5 C	X	B	1	2	6	14	7	5	7	2	2	44	5.5
NW2 A	X	U	-	-	-	-	-	8	3	7	6	18	6.0
NW10 A	X	B	-	-	-	-	-	-	-	4	6	4	4.0
NW12 A	X	U	-	-	-	-	1	48	42	47	30	138	34.5
NW14 A	X	U	-	-	-	-	-	-	1	1	0	2	1.0
			548	462	530	527	527	571	575	452	274	4192	524.0
cf.			99	183	369	367	434	558	582	487	224	利用者情報	
cf.			920	1020	1325	1321	1513	1645	1697	1691	?		
cf.			344	511	677	712	865	1071	1165	1078	447		
cf.			345	352	400	385	445	539	570	377	60		
cf.							391	382	359	276	147		
cf.					808	708	662	679	698			Act. Rep.	
cf.			182	375	475	460	519	537	591	427	147		
cf.			1	174	190	214	235	229	233	208	90		

2007/10/17

略を立てました。まず第一段階として、コンパクト ERL を建設し、ERL 加速器技術の開発を行うと共に利用研究を推進します。利用研究としては、テラヘルツ領域のコヒーレント放射光 (CSR) の利用や、レーザー逆コンプトン散乱 X 線源によるイメージング・ダイナミクス研究等を予定しています。第二段階では、その実績に基づき、2013 年程度を目処に先端的リング型放射光源である 5 GeV クラスの ERL 実機の建設を目指します (図 1)。この戦略については、機構内での認知度は広がってきており、現在議論されている KEK 全体の将来構想の中に組み込まれています。

また、日本加速器学会 (8 月 1 ~ 3 日, 和光) でもこの戦略を紹介し (河田), 「4th International Workshop on Infrared Microscopy and Spectroscopy with Accelerator Based Source」(9 月 25 日 ~ 29 日, 淡路島), およびそのサテライトワークショップ「UVSOR Workshop on Terahertz Coherent Synchrotron Radiation」(9 月 23 日 ~ 25 日, 岡崎) で、コンパクト ERL から期待されるテラヘルツ光源の紹介を原田健太郎助教 (KEK) が行いました。さらに、全体計画の方針、及び現状に関して、AOFSSR (Asia-Oceania Forum for Synchrotron Radiation Research, 11 月 1, 2 日, 台湾) で河田が報告しました。なお、放射光学会 (1 月 12 日 ~ 14 日, 草津) ではコンパクト ERL をベースにした企画講演『コンパクト ERL が拓くサイエンス』を計画しておりますので、皆様の多くの参加と活発な議論をお願いする次第です。

一方、前回の PF ニュースで秋に予定していると報告しておりました「5 GeV クラスの ERL で拓かれるサイエンスに関する研究会」は、3 月の 18 日, 19 日に開催予定の第 25 回 PF シンポジウムの直前に開催することを考えております。詳細は決まり次第 ERL 計画推進室及び PF のホームページ (<http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/>) に掲載する予定ですのでどうぞご覧下さい。こちらも皆様の参加をお願いする次第です。

ERL 加速器要素技術開発に関しては、昨年度から主に検討・設計の報告をしてまいりましたが、いよいよ要素開発のプロトタイプ製作が一部で始まりました。図 2 は ERL のエネルギー回収を行う心臓部分の主加速管の超

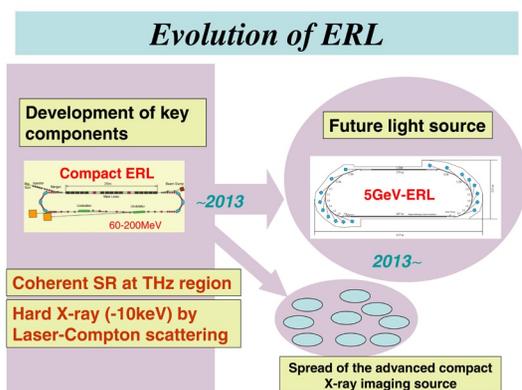


図 1 5 GeV クラスの ERL 実機建設までの予定。



図 2 主加速管の超電導空洞の設計とそのシングルセルのプロトタイプ。

電導空洞の設計とそのシングルセルのプロトタイプの写真です。この開発は古屋貴章教授 (KEK) を中心にして JAEA, ISSP の研究者との共同開発で進められているものです。この設計は高次モード不安定性の電流閾値が 600 mA であり、世界的にも注目を集めています。写真のシングルセルのテスト空洞がいよいよ製作され、その表面処理を施した後、10 月の段階での予備的な縦測定と呼ばれる性能テストで既に 30 MV/m の加速勾配が実現できていることが確かめられました。実際の ERL での加速勾配は最大でも 20 MV/m 程度であることを考えると、非常に順調な滑り出しと言えます。今後、9 セルのプロトタイプを超電導空洞を製作しテストする予定です。

ERL レーザー開発については、産総研の超短パルスレーザー開発部門 (鳥塚部門長) の小林洋平博士が中心となり、ISSP の中村典雄研究室との協力のもと、Yb ファイバーレーザーオシレーター開発がスタートしました。当面製作するオシレーターの仕様は Yb ファイバーレーザーをベースにしたモードロックオシレーターでパルス周波数 ~ 100 MHz, 出力 50 mW, パルス幅 35 fs, 波長 1000 nm ~ 1080 nm ですが、こちらも既に 118 MHz の発振に成功し、順調な滑り出しを示しています。

コンパクト ERL の検討が進むに従い、ヘリウム冷凍機の戦略に関して早急に方針をまとめる必要性が認識されるようになり、冷凍設備に関するタスクフォースを立ち上げてその戦略を検討しています。コンパクト ERL の運転に向けて、現時点で利用できる 4 K, 600 W 冷却能力の冷凍機で可能な運転パターンの検討を全体設計、ビームダイナミクス、利用研究の立場からも検討し、戦略的に冷凍機を増設するシナリオを作成しているところです。

ERL 検討会 (PF 研究棟 2F 会議室)	
・ 第 17 回	2007 年 8 月 30 日 (木) 14 : 00 ~
・ 第 18 回	2007 年 10 月 4 日 (木) 14 : 00 ~
・ 第 19 回	2007 年 11 月 8 日 (木) 14 : 00 ~ (予定)

## 軟 X 線可変偏光ビームライン BL-16 の建設状況

放射光科学第一研究系 雨宮健太

これまでも PF ニュース等で報告してきたように [1], PF 2.5 GeV リングの中で最長の直線部のひとつである B15-B16 部 (2005 年の直線部増強工事により約 9 m となっています) に, その長さをいかした軟 X 線可変偏光アンジュレータビームライン (BL-16) の建設が進められています。これは, 最終的にはタンデム配置の 2 台の APPLE II 型アンジュレータと 5 台のキッカー電磁石を組み合わせ, 2 台のアンジュレータからの異なる偏光 (左右円偏光, 縦横直線偏光など) を 10 Hz 程度の高速でスイッチングするものです。これにより, 極めて微小な XMCD (軟 X 線磁気円二色性), XMLD (軟 X 線磁気線二色性), XNCD (軟 X 線自然円二色性) などの観測が可能になります。この計画はおよそ 10 年前から PF 内で検討を重ねてきたものですが, 2006 年 6 月によりやく正式に承認され, 建設を開始することができました。ただし, 予算の都合により当初はアンジュレータ 1 台のみの設置となり, 現在建設を進めている, 可変偏角の不等刻線間隔回折格子型分光器を用いたビームラインと合わせて, 高速の偏光スイッチングを必ずしも必要としない実験からのスタートとなります。

1 台目の APPLE II 型アンジュレータは 2008 年 3 月に設置される予定です。それに先立ち, 2007 年 6 月をもって旧 BL-16 の利用を終了し, 7 月より新ビームラインの建設を行ってきました。すでにビームラインの設置, 光学素子の組み込み, ベーキング等は終了し, 10 月末から旧アンジュレータを用いてビームラインの調整を行う予定です。新しいアンジュレータは最終的にタンデム配置になるため, 1 台の段階でも直線部の中心から上流に 2 m 程度ずれたところに設置されるのに対し, 旧アンジュレータは中心に置かれていますので, これを用いれば直線部の中心を発光点としてビームラインの調整を行うことができます。これは, 最終的に 2 台のアンジュレータを用いて偏光スイッチングを行う際に, 異なる光源点から放出される 2 本の光ビームの分解能, 強度, スポットサイズ等を正確に一致させるための準備として極めて重要です。

新しいアンジュレータ 1 台が設置された段階での BL-16 の性能の見積りは次の通りです。

- (1) エネルギー範囲: 250-1500 eV 程度
- (2) 偏光: 左右円偏光 (1000 eV 以下), 楕円偏光, 縦横 (+ 斜め) 直線偏光
- (3) エネルギー分解能は図 1, フォトンフラックスは図 2 に示す。

このビームラインを用いて, 可変高磁場 Longitudinal/Transverse 配置 XMCD および XMLD 装置や, 磁場変調 (永久磁石) XMCD 装置を用いた磁気状態・電子状態の研究, 深さ分解 XMCD およびそれとマイクロビームを組み合わせた三次元的磁気解析, 共鳴磁気散乱・回

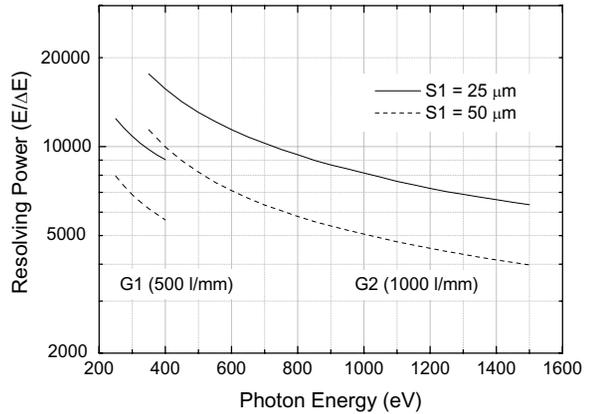


図 1 エネルギー分解能の計算値

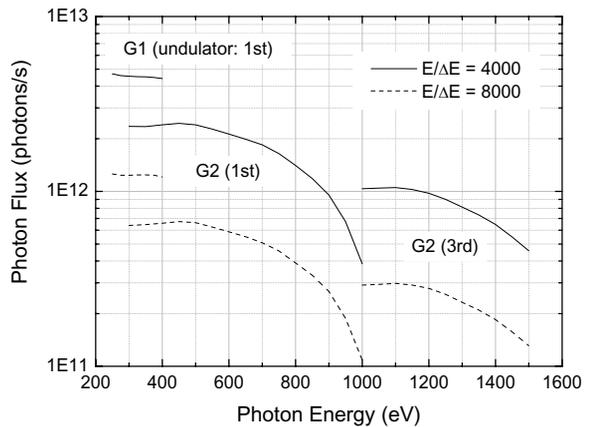


図 2 エネルギー分解能 (E/ΔE) = 4000 または 8000 としたときのフォトンフラックスの計算値。



図 3 新 BL-16 の全景

折によるナノ構造と電子状態の研究, 波長分散型 XAFS (X 線吸収微細構造) による表面化学反応の実時間追跡, PEEM (光電子顕微鏡) によるメゾスコピック磁性体の研究などを行って成果を挙げつつ, 速やかに 2 台目のアンジュレータを設置して高速偏光スイッチングを実現することを目指していきます。

[1] 伊藤健二 Photon Factory News 24 (3) p9; 23 (2) p10; 伊藤健二・小出常晴 編集 KEK Internal 2005-7; 小出常晴・伊藤健二・山本樹 編集 KEK Proceedings 2006-18

## 構造生物学研究用微小集光ビームライン BL-17A の現況報告

構造生物学研究センター 五十嵐教之

構造生物学研究用挿入光源ビームライン BL-17A は 2005 年度に建設され、2006 年秋から共同利用を開始しました。共同利用開始直後は微小ビームゆへの強度変動問題や、旧タイプの検出器の利用など課題が多く、その性能を十分発揮することができませんでした。しかしその後、高感度 CCD 検出器の導入やビーム安定化に向けた各種対策、その他様々な改良作業を行い、今秋から性能をフルに活かした運用が可能になりました。

まず最初のトピックスとして、新型検出器 ADSC Quantum270 が導入されました。この検出器の読み出しはこれまで利用してきた Quantum4R に比べ高速で(約 1 秒)、短時間でのデータセット収集が可能となります。この高速性は結晶スクリーニングでも威力を発揮します。また、この検出器は新技術の CCD チップを利用しており、これまでの CCD 型 X 線検出器と比較して約 3 倍のゲインを持つ高感度検出器です。読み出しノイズも最低レベルに低減されており、高 S/N の大面積検出器となっています。この特徴から、高 S/N の微小集光ビームラインの性能と併せ、低線量回折データ測定が可能になると考えられ、現在大きな問題となっている放射線損傷に対しても効力を発揮すると期待しています。

ビームの強度変動問題については、光学素子固定の安定化、液体窒素突沸対策、温調安定化、各種振動対策、そしてビーム位置フィードバック機構の導入などの改良を行ってきました。その結果、当初は平均して 5% もの強度変動に不定期かつ大きな強度変動が観測されていましたが、現在では 0.5% 程度にまで抑えられ、さらに改良が進んでいます。また、この夏まではシャッターに不具合があり、測定精度に問題がありましたが、ハード・ソフト両面での改修を行い、0.1 秒露光のような高速測定でも十分

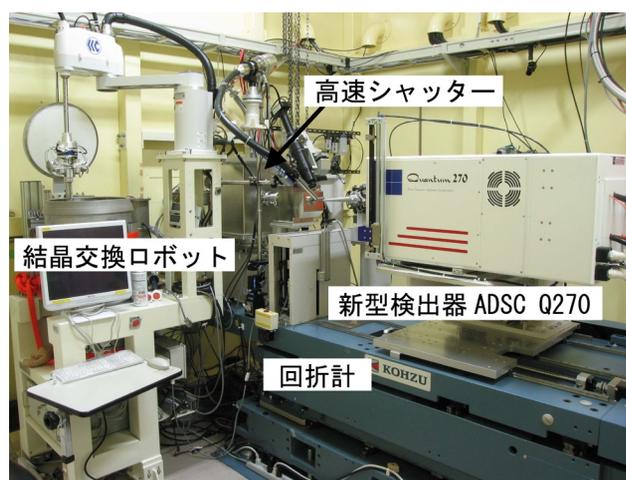


図 BL-17A 実験ハッチ内に設置された新型検出器と結晶交換ロボット。

高精度にデータの測定が可能になりました。フィードバック機能も全波長領域にわたって安定に利用できるようになり、他の構造生物学研究用ビームラインと同様の操作環境で実験が可能となっています。結晶交換ロボットも稼働しており、いつでも利用可能になっています。

今後もビームラインのさらなる安定化や回折計の高精度化、インターフェースの改良など進めていき、さらに微小ビームサイズでも安定に利用できるよう高度化を進めていく予定です。低エネルギー実験に関しても、上記の改良作業の結果、位相決定可能になってきました。今後評価を進めて汎用に実験ができるよう整備を進める予定です。

## BL-28 の現状

放射光科学第 1 研究系 小野寛太

前回の PF ニュースでは BL-28B の建設について書きましたが、そこでビーム変動の問題があること、対策を検討中であることについて述べました。今回はビーム変動対策の結果および最近の BL-28A, BL-28B の状況についてユーザーの皆様にお知らせしたいと思います。

まず、ビーム変動対策についてですが、BL-28B でのユーザー実験 (2005S2-001: 尾嶋グループ) の際に、光電子分光アナライザの検出器でビーム変動をリアルタイムで観察できることが分かりました。これは、VG Scienta 社のアナライザでは角度積分モードで測定する際には、2 次元検出器の 1 方向は空間分布に 1 方向はエネルギー分散に対応するため、空間での強度変動を観察することが出来るためです。そこで、検出器を見ながら、ビームラインのパラメータを変えてビーム変動の様子を調べました。その結果、ビーム変動は後置鏡チェンバの排気系(ターボ分子ポンプ、ロータリーポンプ)の振動に起因することが分かりました。ターボ分子ポンプおよびロータリーポンプを停止し、イオンポンプのみで排気することにより、ビーム変動は全く観測できなくなりました。今回のビーム変動の原因は、ポンプの振動により、チェンバおよび後置鏡の駆動装置が共振し、ミラーの振動を誘起し、ビームの水平方向の変動を引き起こしたと考えられます。また、速い周期での変動はポンプの振動に、遅い周期での振動はこれら複数の振動のうなりの成分によるものと考えられます。今後は、BL-28B でのユーザー実験の際には、イオンポンプのみで排気することによってビーム変動の無い条件で実験できるようにします。イオンポンプの排気速度には十分余裕があるので、このことによる真空度の悪化はありません。今回ビーム変動について、光電子分光アナライザを用いたリアルタイム観察により解決することが出来ました。問題の解決にあたり、東京大学の尾嶋教授、組頭准教授、博士課程学生(KEK 特別共同利用研究員)近松彰氏には大変お世話になりました。紙面をお借りして感謝いたします。

次にビームラインの現状について簡単に述べたいと思い

ます。ご存じの通り BL-28 は 2 つのブランチ、BL-28A : 角度分解光電子分光 (ARPES) 専用ビームラインと BL-28B : ユーザ持ち込み用フリーポートの 2 つのブランチがあり、振り分けミラーで切り替えることにより排他的に利用することが可能です。BL-28A では主に強相関酸化物を中心とした物質の高分解能角度分解光電子分光実験が精力的に行われています。BL-28A の角度分解光電子分光装置には VG Scienta 社の SES-2002 という光電子アナライザが備え付けられております。低温に冷却可能で試料を傾けることが出来るマニピレータ iGonio LT を併せて用いることにより、高分解能で固体の電子状態を詳細に観察することが可能です。今後は固体試料のみならず、表面の高分解能角度分解光電子分光実験が可能になるように、準備槽等の整備を進めたいと思います。BL-28A から新しい成果が次々と出せるようにするとともに、新しいユーザの開拓にも力を入れていきたいと思っておりますので、興味のある方はお気軽にご連絡ください。

BL-28B では 30~300 eV の真空紫外・軟 X 線アンジュレータ放射光を用いた様々な実験を行うことが出来ます。ビーム高さは 1,217 mm であり持ち込んだ装置を簡単に設置することが出来ます。BL-28B ではこれまで原子・分子の実験、in situ 光電子分光による研究などが行われています。また、今後は軟 X 線イメージングなどの実験も行いたいと考えています。本ビームラインでは、30~300 eV の高強度・高分解能の放射光を用いることが出来ます。また、偏光も左右円偏光、直線偏光の利用が可能です。種々の装置を持ち込んで利用することが可能ですので、興味のある方は小野 (kanta.ono@kek.jp) までご連絡ください。広い分野のユーザの皆様にご利用いただけるよう、整備を進める所存です。どうぞよろしく申し上げます。

## 創薬に向けたタンパク質 X 線結晶構造解析 ビームライン新 AR-NE3A の建設

放射光科学第二研究系 山田悠介

PF ではアステラス製薬からの受託研究により、AR-NE3 のアンジュレータビームラインに創薬研究のためのタンパク質 X 線結晶構造解析ビームラインを建設することになりましたが、そのビームラインの設計や、実際の建設スケジュールの検討を進めています。

新 NE3A は PF-AR に設置されたアンジュレータからの高フラックスの X 線ビームを利用して、精確かつ迅速なデータ収集を行うことを目的とするビームラインです。標的タンパク質と多種多様な化合物との複合体の構造解析を網羅的に行うような創薬研究に活用されることが期待されます。

新 NE3A の光学系としては、現在 PF-AR で稼動しているタンパク質結晶解析用ビームライン NW12A と同様の構成で、上流から平行化ミラー、液体窒素冷却方式の二結晶分光器、集光ミラーを配置するという案を中心に検討を

表 1. レイトレース計算の結果 (@12.4keV)

	フラックス * (phs/sec)	ビームサイズ (mm)		発散角 (mrad)		エネルギー分解能
		水平	鉛直	水平	鉛直	
新 NE3A (参考)	$1.8 \times 10^{12}$	0.74	0.15	0.96	0.28	$1.6 \times 10^{-4}$
NW12A	$4.6 \times 10^{11}$	1.5	0.22	0.49	0.13	$1.5 \times 10^{-4}$
BL-5A	$6.9 \times 10^{11}$	0.97	0.20	0.67	0.21	$1.4 \times 10^{-4}$

\* フラックスの値は、試料位置より 100 mm 下流に設置された  $0.2 \times 0.2 \text{ mm}^2$  のスリットでビームを整形した後に、試料位置  $0.2 \times 0.2 \text{ mm}^2$  に入ってくる光子量。

行っています。集光ミラーでの集光率を上げることで、サンプル位置でのビーム発散角は多少大きくなるものの、ビーム強度は NW12A 以上となることがレイトレース計算から求められています (表 1)。この高強度の X 線ビームに偏芯誤差の少ないサンプル回転軸や 1 ミリ秒単位で露光時間のコントロールが可能な高速シャッターを備えた高精度回折計、従来よりも感度の高い CCD 検出器、そして結晶交換ロボットに代表される自動化技術を組み合わせることで、上述したような多量の実験試料を高速に、かつ簡便に解析できるようなビームライン開発を行います。

新ビームラインは 2009 年 4 月からのビームタイム期から、本格利用実験が開始されます。このために、2008 年 3 月から 9 月までの AR 北棟実験休止期間中に、旧ビームラインの撤去、新ビームラインの建設、基幹部の改造、インターロック作業を行い、10 月から光導入、ビームラインコミッショニングを行っていく予定です。