

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

1～3月の運転日程は以下の通りであった。

1月	5日	入射器立上げ
1月	11日	KEKB 入射開始
1月	17日	PF 入射開始
1月	19日	PF-AR 入射開始
2月	28日	PF 運転停止
3月	14日	PF-AR 運転停止

入射器は大きなトラブルなく順調に入射をつづけている。2月16日(4:46)震度5弱の地震があったが機器の故障はなかった。加速器トンネルのシールドドアがわずかに開き、インターロックで運転が停止した。トンネル内入室による無人確認、モニター等による機器異常の確認の後、運転を再開した。

PF, PF-AR への入射トラブルは2月に通算37分あったのみで極めて順調であった。PFとPF-ARが休止中の3月19日、PF実験ホール電気工事でPF関係(入射器含む)の放射線エリアモニター監視ラックが停電し、PF Ring Ready及びLinac Area MonitorのインターロックによりKEKB入射が不能になった。休日だったため復旧に1時間38分要した。電気工事はPF運転打合せで了承されていたが、加速器運

転への影響に気付かなかったことが原因であった。

PFは直線部増強工事のため運転再開は9月20日、PF-ARの運転再開は4月4日の予定。

2004年度入射器運転統計

KEKBが実験を開始した1999年度から2004年度までの入射器の運転・故障統計を表1に示す。表で故障時間は各種装置の延べ故障時間を示す。この表から、当初7%以上あった装置の故障率が年々減少してきたことがわかる。特に2004年度は大きな故障がなく順調であった。

PF, PF-AR入射はKEKBが実験を開始した1999年度を除いて安定している。特に2004年度はPFと入射器の間で入射に関する定期的な担当者間の打合せを行い、入射時

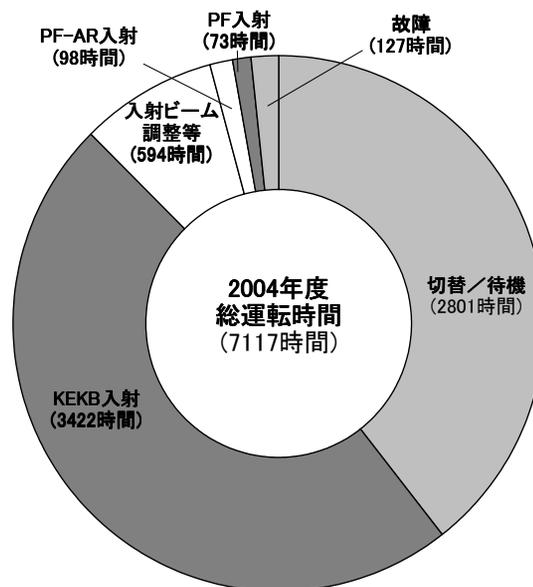


表1 運転時間と故障統計

	運転予定時間	実運転時間	のべ故障時間		のべ故障回数		平均故障間隔時間 (MTBF)		平均故障時間 (MTL)	
	x (時間)	y (時間)	x-y (時間)		z		x/z (分)		(x-y)/z (分)	
			故障	Trip	故障	Trip	故障	Trip	故障	Trip
1999年度	7,297	6,529	537	231	1,888	70,011	232	6	17	0.2
2000年度	7,203	6,602	466	135	2,401	39,380	180	11	12	0.2
2001年度	7,239	6,843	310	86	1,304	22,724	333	19	14	0.2
2002年度	7,086	6,813	205	68	1,424	17,372	299	24	7	0.2
2003年度	6,815	6,562	253	62	2,259	17,462	181	23	7	0.2
2004年度	7,117	6,988	129	52	2,307	12,956	185	33	3	0.2

表2 ビーム入射および調整などの時間 (付入射遅延時間)

	PF		PF-AR		KEKB-HER		KEKB-LER		Linac調整	合計
	入射	遅延	入射	遅延	入射	遅延	入射	遅延		
	(時間)	(分)	(時間)	(分)	(時間)	(分)	(時間)	(分)	(時間)	(時間)
1999年度	161	609	271	859	550	1247	906	1719	-	-
2000年度	100	109	193	380	563	1335	941	1445	1078	2876
2001年度	95	169	146	205	522	559	731	393	1707	3201
2002年度	70	96	164	211	370	739	602	306	1958	3165
2003年度	100	678	150	74	391	371	1015	515	1270	2926
2004年度	73	212	98	68	899	705	2523	1362	594	4187

間の短縮につとめた。

2004年1月からKEKBへの連続入射が始まり、入射器のビーム運転時間が1,000時間以上増加し4,000時間を越えた(59%)。逆に、2002年度2000時間近くあったビーム調整時間が594時間と3分の1以下に減少した。入射時間の増加にともない、入射遅延時間の総計も増加しているが、入射時間が一昨年の約3倍増加したのに対して、入射トラブルは2倍以下に抑えられた。

2005年度

3月23日、機構の放射線安全審議会が開かれ、前回のニュースで紹介した入射改善に伴う第3スイッチヤード輸送路等の変更が了承された。5月中旬、文部科学省に変更使用承認申請を行い、8月25日から使用開始する予定。

PF-ARのNW14に3 GeVでパルス幅がピコ秒の電子ビームを導き時分割X線回折実験を行うための検討を3月から開始した。入射器ビームのバンチ幅の評価、圧縮の可能性、入射器からARビーム輸送路におけるバンチ幅の変化、ビームトリガーシステムの検討などを進めていくことにした。PFからは、実験が可能ならば2006(H18)年夏期以降の実験を実現したいとの申し入れがあった。

昨年度の国際リニアコライダー開発方針の転換により、リニアコライダー用のXバンドリニアックの開発は中止し、その資産を入射器に移管して産業・医療用小型加速器開発のために利用していくことになった。これと関連して、これまでLC開発グループに属していた肥後壽泰、松本修二、工藤昇各氏が入射器職員に加わることになった。入射器としては、マイクロ波グループ(福田他)と加速管グループ(大沢他)がグループとして超電導リニアコライダーの試験施設(STF)の建設に参加する。

また、今年度から東京理科大学との間で研究協力に関する協定を結び、赤外自由電子レーザー実験装置の性能向上のために協力することになった。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主任 春日俊夫

PF

冬季の短期休止の後、1月17日に運転を再開し、20日よりユーザーランを開始した。2月28日9時に2004年度の運転をすべて終了し直ちに直線部増強作業に入った。直線部増強作業に関しては別項を参照のこと。この間2月8日から14日まで単バンチ運転を、2月22日から28日まで3 GeV多バンチ運転を行っている。2月16日未明の地震でビームダンプが生じた。リング内点検の後運転を再開した。

前号で報告したように、PF、PF-AR、KEKBの電子・陽電子両リングの計4リングへの同時入射プロジェクトが進行中である。このプロジェクトの進行とともに、PFの

トップアップ運転(Vol.22 No.4のPF頻繁入射の項参照)が可能となる。トップアップ運転においては、実験ホールでの放射線レベルが問題となる可能性がある。1月18、24の両日に、MBSを開いた状態でのビーム入射を行い放射線レベルを測定し、閉じた状態での値との比較を行った。トップアップ運転時の入射レートを考慮すると、放射線レベルは特に問題はないとの結果を得ている。

PF-AR

PF-ARは1月19日より運転を再開し、25日よりユーザーランを開始し、3月14日9時に2004年度の運転を終了した。相変わらず電磁石電源、入射用キッカーのタイミング回路や電磁石冷却水流量リレー等のトラブルで運転に障害が起きている。2月16日未明の地震では(他のリングと異なり、PF-ARは地震に滅法強く)ビームを落とさなかった。ビームを捨ててリング内の安全を確認した上で運転を再開した。3月14日の運転終了後、北の長直線部近辺の排気速度向上のため真空ポンプ増設作業を行った。

前項で“4リング同時入射”について述べたが、残念ながらPF-ARは6.5 GeV電子輸送路建設の困難さ等から、現時点ではフルエネルギー入射の実現は困難である。現実的な解決法として、粒子と入射エネルギーをKEKBの低エネルギーリング(現時点では陽電子3.5 GeV)に合わせ、KEKBとPF-ARの分岐点に設置したパルス電磁石を用いて準同時入射を行うことを検討している。この場合当然のことながら、トップアップは不可能となる。なお、入射エネルギーは現在の値の3 GeVから3.5 GeVに引き上げることになる(あるいは将来3.7 GeVの電子を入射することになるかもしれない)。この場合、入射時におこる不安定現象が緩和される可能性が高い。実際、3.1 GeVでの入射テストの結果はこのことを示唆している。

今年度は4月4日に運転を再開し6日の光軸確認後にユーザーランを開始した。

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任 野村昌治

平成16年度第三期(1~2月)のPFリングの運転は2月28日に終了し、直ちにBL-17の解体工事が開始されました。3月中旬には解体作業も終わり、新しいビームライン用のビームラインハッチや中二階デッキが姿を現しています(p7の記事参照)。PFリングは9月20日に運転を再開する予定です。PF-ARの運転は3月14日まで継続され、短い停止期間の後、4月4日から運転を再開しました。2月16日未明には震度5弱の地震がありましたが、両光源とも大きな問題もなく、安全確認の後、運転を再開しました。機構では震度4以上の地震の後にはクレーン等の安全点

検を行うこととなっています。4月28日～5月9日朝までの短期停止を挟んで7月1日朝(利用実験は6月30日朝)まで運転が行われます。最後の1日はKEKBの運転との干渉を避けて頻繁な入射を伴うスタディを行う時間を確保することが目的です。

運転終了後の3月17～18日には第22回PFシンポジウムが開催されました。この場では施設報告、新ビームラインの報告、招待講演のほか、直線部増強後のリングの整備、挿入光源ビームライン増強、将来計画等について議論が行われました。詳細については別項を参照頂きたいのですが、年度末の忙しい時期にご出席頂き、熱心に議論をして頂いた方々に感謝致します。

また、この後の3月19～20日には実験ホール等を停電し、漏電検知システムの設置工事が行われました。これにより、集中監視が可能となり、漏電の発生箇所を早期に特定できるものと期待しています。

PF-ARの運転再開を前にして、NE5Cのビームライン最上流部に設置されていて放射光の熱を処理するアブソーバ駆動部のペローズから真空漏れがあることが発見されました。万が一漏れが拡大するとリング自体の運転停止を余儀なくされるため、応急処置の後、NE5Cを閉鎖することとしました。NE5Cについては黄金週間中の停止期間中に対策を取ることとしています。

2005年度の計画

上述したようにPFは9月20日に運転を再開し12月末まで、ついで2006年1月中旬から3月下旬までの運転を予定しています。PF-ARに付いてもほぼ同様の運転を予定しています。運転スケジュールについては機構内各部と調整し、決まり次第 web 等で案内する予定です。

今年の直線部増強が完成後はいよいよ挿入光源、ビームラインを整備すべき時期になります。PFとしてはVUVからX線まで幅広いユーザーコミュニティの期待に応え、競争力のある実験環境を整えるべく、「PFリング挿入光源ビームライン増強」として予算要求をしていますが、現時点においてはまだ認められていません。2004年に改造をしたBL-28ではVUV・SX域の第三世代光源に準ずる性能が既に確認されており[1]、2月末までの立ち上げ作業で分かった問題点の解決を秋までの停止期間中に行う予定です。また、若槻氏が獲得した先端計測予算でBL-17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の整備が進められています[2]。一方、これまでBL-17を使用していたアクティビティは交替にBL-18Bへ移転します。両ビームラインとも秋から立ち上げ・調整がスタートします。今後、5本のビームラインをアンジュレーター利用専用化することを計画していますが[3]、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を整備して、マルチポールウィグラー光源を使用しているBL-16Aのアクティビティを移転すべく準備を進めています。移転先の既存研究アクティビティの移転先等の調整が必要ですが、早ければ2006年夏の停止期間中に移設作業を行う予

定です。

PF-ARでは腰原先生(東工大)のERATOプロジェクトで時分割X線回折実験用のNW14の建設が進められており、今秋から立ち上げに入ります。一方、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)を核に高エネルギー・quick XAFSビームラインNW10Aの建設が進められており、2006年初から立ち上げ作業が始まります。同時に、1982年以来利用を頂いたBL-10Bを閉鎖する予定です。

PFリングは直線部増強改造作業のため夏前の運転を停止しましたが、この間、実験ホールの床補修、光源棟西(BL-2下流)便所の改修、放射線安全に係るいくつかの大扉の改修等の工事が予定されています。また、PF-ARでは夏の停止時を中心にNW14の電源増強、北棟・北西棟の排気ダクト設置、北東棟の便所改修の工事が予定されています。

また、このほか盗難事故防止等を目的に、PF研究棟、実験準備棟の出入りにカードリーダー管理の電気錠を取り付ける工事も予定されています。週末、夜間は施錠され、カードをお持ちでないユーザーの方は電話で監視員と連絡をとって頂いて解錠することを予定しています。工事期間等詳細が決まり次第 web 等で案内します。

人の動き

物構研04-9として公募していた研究機関研究員(ポスドク)として石地耕太郎氏を採用することとしました。石地氏はこれまで奈良先端大、神戸大で磁性金属多層膜の作成・評価に取り組んでこられた方で、評価手法として放射光を利用した磁気散乱・磁気吸収に精通しています。その経験を生かして岩住助教授とともに光磁性体の物性評価研究にも積極的に取り組んでくれるものと期待しています。

一方で、英国から来日以来、学振のPD、研究機関研究員として4年以上東助教授と研究を進めてきたJames Harries氏は日本が大変気に入り、日本に住みつづけたいとのことで、4月からは高輝度光科学研究センター(SPring-8)のBL27SUにおいて原子分子および固体のSX分光研究、ユーザー支援を行ないます。在職中の研究内容は1) 強電場原子分光装置の立ち上げとPFおよびALSにおいて行った電場中における原子の多電子光励起状態の研究、2) シングルバンチを利用した蛍光寿命弁別分光法(Lifetime Resolved Fluorescence)の開発等、多電子励起原子の蛍光分光研究[4]が上げられます。また、PF Activity Reportの英文校閲等の業務にも活躍されました。非常勤研究員として間瀬助教授とともにコインシデンス分光法を用いて表面でのオージェ過程とイオン脱離の研究をしてこられた南部英氏も退職されます。4月からはBrookhaven National Laboratoryにおいてポスドクとして放射光やその他の表面科学研究手法を用いた酸化物表面での光反応の研究に従事されています。

2年の間、日本学術振興会特別研究員としてPFで研究を行ってきた春木理恵氏は4月より九州大学高等教育総

合開発研究センター助手として着任しました。春木氏は液体中の鉄原子ダイナミクスなど核共鳴散乱法による研究やAPD 時間検出器の評価実験などをPF-AR NE3 やBL-14Aにて進めてきました。今後は九州シンクロトロン光研究センターのビームライン立ち上げにも協力すると聞いています。

このニュースが届く頃には締切間際となっていると思われるのですが、PFでも学振のPDを受け入れています。学振PDは出身研究室以外の場で研究をすることとなっていますし、PFの研究機関研究員の選考に当たってもPFを研究場所として学振PDに応募したことを考慮する方向でいます。また、現在は2年間の非常勤職となっている研究機関研究員を3年任期の(常勤)博士研究員とすることを機構で検討しています。

おねがい

限られた予算、人件費削減の中で、直線部増強、挿入光源ビームライン増強を行っているため、個々の実験装置について十分な手当てをすることは困難な状況になっています。ユーザー各位におかれましてもPFと共同して各種の予算獲得に努力して頂くようお願い致します。今後の予算拡大を目指すためにはPFを用いた研究成果を分かり易い形で各方面で紹介していくことが重要ですので、良い研究成果がでた時はビームライン担当者や主幹等にお知らせ頂くようお願い致します。また、報文等を書かれる時はPFの共同利用実験課題として実施されたことを必ず明記し、出版された時はデータベースへの登録・別刷り送付をお忘れなく。

- [1] 小野寛太, Photon Factory News 22 (2) 7 (2004).
- [2] 五十嵐教之, Photon Factory News 22 (4) 10 (2005).
- [3] 野村昌治, Photon Factory News 22 (1) 7 (2004).
- [4] ハリーズ ジェームズ, Photon Factory News 22 (4) 24 (2004).

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 リングは直線部増強のため2月28日にユーザー運転を休止して改造作業に入りました。約6か月半の運転休止期間を経て、再立ち上げ開始は9月20日、そしてユーザー運転再開は10月12日と予定されています。

運転停止期間中のリング改造作業の大まかな工程を表1にまとめました。今回の改造区間は28台ある偏向電磁石のうちB13からB18までの区間と、B27からB04までの区間です。まずはじめの1か月間で当該区間にある四極電磁石とビームダクトの撤去を行います。MPW#28付近のリング北側搬入口を使って電磁石やビームダクト、挿入

2005年 PFリング改造工程

	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
電磁石	四極電磁石 四極電磁石 四極電磁石 四極電磁石 撤去 撤去 撤去 撤去		四極電磁石 撤去					
真空ダクト	直線部ダクト 撤去		直線部ダクト 撤去					
挿入光源	MPW#28 撤去		MPW#28 撤去					
基幹チャンネル	BL-17 & BL-27 撤去		BL-17 & BL-27 撤去					
ビーム入射路								
ビーム運転								

表1 PFリング直線部増強計画の改造工程表



写真1 MPW#28 付近、MPW 移動直前の様子。BL-27 基幹チャンネルの真空ダクトを取り外したところ。



写真2 MPW#28 付近、四極電磁石および架台の搬出作業。電磁石の搬出通路を確保するためMPW#28 はリングから切り離して退避中(写真右奥)。

光源などの重量物を運搬します。運搬経路を確保するためMPW#28を真っ先にリングから切り離して退避させました。写真1はMPW#28移動直前の付近の様子。写真2はMPW#28移動後の通路を通して四極電磁石を運び出している最中の画像です。3月末の段階で作業は順調に進行しており、電磁石とビームダクトの搬出作業はすべて完了し、リング内の直線部は写真3,4に掲げたように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す。

次の1か月間には、リング床面へのあらたなベースプレートの設置や電磁石ケーブル用貫通穴空け作業に続いて新



写真3 四極電磁石とビームダクトが撤去されたリング内、MPW#16からその下流部をのぞむ。後方に見える2台の偏向電磁石の間に短直線部が新設され、短周期アンジュレータが設置される。



写真4 四極電磁石とビームダクトが撤去されたリング内、U#2(右奥)の直下流付近。偏向電磁石の右横のポストはアライメント用基準ポスト。

しい四極電磁石の搬入、設置が予定されています。新しい四極電磁石は昨年度中にすでに磁場測定を終え電源棟でスタンバイしています。また新しいビームダクトは光源棟の地下機械室においてインストール前の真空焼き出しが行われています。この記事が配布される頃には四極電磁石の搬入、設置が完了し、新しいビームダクトの設置もおおむね完了するまで作業が進んでいるものと思われます。BL17とBL27の2本の基幹チャンネルの新規設置作業も6月中に完了する予定です。

リング内の作業と並行して電源棟では電磁石電源の更新作業が進められています。四極電磁石の増加と電源の増強に伴って電源棟とPFリングの間にあらたに電源ケーブルを追加配線します。このケーブル配線作業も4月中に進められることになっています。

次号のPFニュースでは四極電磁石やビームダクトおよび新しい短周期アンジュレータがインストールされてリニューアルしたPFリングの様子を報告できると思います。

ERATO 便り : その (3)

腰原非平衡ダイナミクスプロジェクト ERATO
科学技術振興機構研究員 野澤俊介

「過去に戻るタイムマシンを“記憶”と呼び、未来に旅するタイムマシンを“夢”と呼ぶ。(ハーバート・ジョージ・ウェルズ)」

今回のERATO 便りではPF-AR北西棟において現在建設中の新規挿入光源ビームラインNW14についてお伝えしたいと思います。このNW14には2種類の真空封止型直線偏光アンジュレータ、3種類の回折計、専用レーザーブースを設置予定であり、時間分解X線回折・散乱実験に特化したビームラインとして設計されました。ご存知のとおり本プロジェクトは有機・無機結晶、タンパク質結晶、溶液などの試料中で光学パルスによって誘起された超高速ダイナミクスの物性研究をターゲットにしており、100ピコ秒幅X線パルスと150フェムト秒幅レーザーパルスを同期させたポンプ・プローブX線回折・散乱実験によってダイナミクスの観測を試みます。

図1はNW14の全体図です。2005年度の8月に周期長が36mmのアンジュレータ(U36)を設置する予定です。U36は3～5次光を使うことにより5～25keVのエネルギーをカバーすることが可能であり、二結晶分光器と集光ミラーによって単色化と集光ができます。単色化された時の光子数 $\sim 10^{12}$ photons/sec程度と見積もられます。また、2006年度にはU36の上流部分に周期長が20mmのアンジュレータ(U20)を設置予定です。U20は1次光のエネルギー範囲が13～20keV、エネルギー分解能が $\Delta E/E \sim 10^{-1}-10^{-2}$ といった特徴を生かして”バンド幅の狭い白色光”、または”バンド幅の広い単色光”としての使い方ができます。また光子数は $\sim 10^{15}$ photons/sec程度と見積もられますので、光子数が必要な測定に威力を発揮します。光子数については、実際にポンプ・プローブ実験を行なう際にメカニカルチョッパーによって3ケタほど低下します。しかし、それでもこの二つのアンジュレータの光子数であれば、目的とする構造解析が十分可能です。したがって、時間分解構造を繋ぎ合わせることによって光誘起ダイナミクスの動画を100ピコ秒の時間分解能で作成することができます。フロントエンド部はNW2、NW12と同様なPF-AR挿入光源標準型であり、前置マスク、主マスク、アブソーバ、ビームシャッター、グラフィイトフィルター、白色スリット、およびBe窓から構成されています。光学ハッチ内の光原点から25mの位置にはSi(111)分光結晶を用いた液体窒素循環冷却型の二結晶分光器が設置され、その後ろにはRhコートされた湾曲円筒集光ミラーと高次光カットミラーが設置されます。

光誘起のトリガーに用いるレーザーパルスは実験ハッチ下流部のレーザーブース内から、ミラーによって実験ハッチ内に導きます。レーザーシステムはチタンサファイア

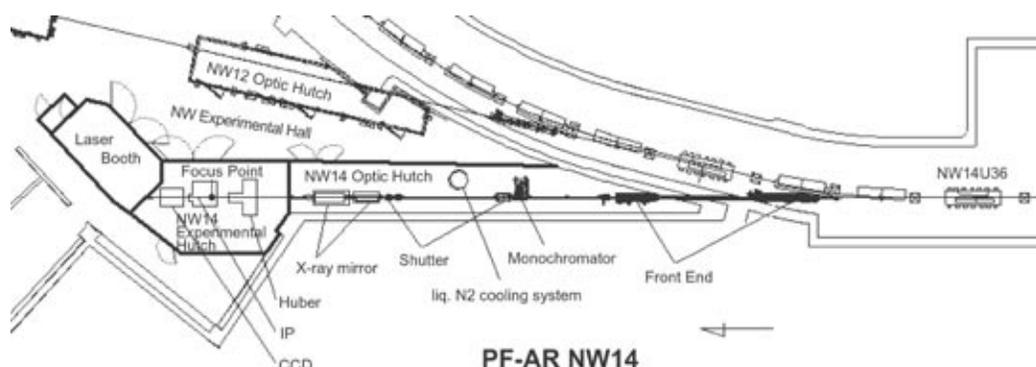


図1 新規挿入光源ビームライン NW14 の全体図

レーザーをシード光とする再生増幅システムを設置予定であり、これにより波長 800 nm, 幅 150 fs, 繰り返し 946 Hz, 出力 800 mJ/パルスのレーザーパルスが得られます。また光パラメトリック発振器によって可視から中赤外領域の波長もカバーする予定です。シード光は PF-AR の RF 周波数 (508 MHz) の 1/6 の周波数で外部同期されます。遅延時間の微調整はレーザーの遅延ラインにより行います。実験ハッチ内には 7 軸回折計, イメージングプレート回折計, CCD 回折計の 3 台の回折計が設置され, 回折計上で X 線パルスとフェムト秒レーザーパルスを同期させることで, 放射光を使った様々な時間分解回折・散乱実験が可能となります。試料冷却はヘリウムクライオスタットまたは窒素・ヘリウムガス吹付式冷凍機で行います。

PF-AR リングは通年シングルバンチ運転を行っている世界にも類を見ない非常にユニークな蓄積リングであり, 特に単バンチ X 線パルスを使ったポンプ・プローブ実験を行うのに適しています。我々はこの特長を生かし, 放射光における光誘起ダイナミクス研究拠点に NW14 を発展させていきたいと考えています。

BL-17 の建設進捗状況

構造生物学研究センター 五十嵐教之

前号で紹介したように, 放射光科学研究施設では, BL-17 に新しい構造生物学研究用ビームラインを建設している。これまでのところ建設作業は順調に進んでいる。まず, 2月28日朝の PF リング停止直後に, 旧 BL-17 の解体作業を開始し (図 1), 3月10日には撤去を完了した (図 2)。その後新 BL-17 の建設を開始し, 3月末までにメインハッチ, 光学ハッチ, デッキ部が完成した (図 3)。4月1日現在, 実験ハッチやコントロールキャビンの建設準備, 分光結晶冷却装置やデータ測定システムの調達, ビームライン測量等の作業を行なっている。今後は, 4月中に電気工事を終え, 5月からはビームライン光学系の設置を行ない, 6月に実験ハッチ及びコントロールキャビンの建設を行なう予定である。秋のファーストビーム導入に向けて着々と準備が進んでいる。



図1 旧 BL-17 (2月28日撤去前)



図2 BL-17 撤去終了 (3月10日)



図3 現在の BL-17 (デッキ完成, 3月25日)