

施設だより

物質構造科学研究所副所長 松下 正

2002年の最初のPFニュースが皆様のお手元に届く頃には、春の香りがかすかにするところかと思いますが、2002年のはじめにまず報告すべき事柄は、PF-ARの運転再開のニュースです。昨年3月から12月まで運転を停止してリング真空系を全て更新するなどの改造作業を行ってきましたが、本年1月8日よりリング再立ち上げを開始し、無事電子ビームを蓄積することができました。この改造作業に従事した方々およびこれをサポートしていただいた方々、とくに光源系スタッフ、加速器研究施設スタッフに謝意を表したいと思います。PF-ARのリング改造に関しては、前号と今号のPFニュースの小林正典光源研究系主幹の報告、前号に記述された河田教授による新実験棟およびビームライン整備状況の報告に述べられていますので、詳しくはそれらを参照してください。PF-ARはトリスタン主リングの入射リングとして建設された経緯から、加速器研究施設が維持・管理業務を行ってきたという歴史がありますが、今回の改造作業では加速器研究施設と放射光源研究系が共同チームを作り協力してプロジェクトを進めることができました。放射光源研究系スタッフの数が限られている中で、今後種々の光源加速器計画の検討を行ってゆく際にも、このような協力が必要ではないかと思えます。

本年3月で、放射光研究施設において2.5GeVリングで初めて電子ビームが蓄積されてからちょうど20年になることを思い出していただきたいと思えます。1982年の3月11日の深夜(12日の未明)に2.5GeVリングに初めて電子ビームが蓄積され放射光の発生が確認されました。ビーム蓄積直後に撮影された記念写真には高良先生、富家先生、田中先生、木原先生、柴田先生などの懐かしい方々の笑顔が見られます。放射光研究施設では、この20周年を記念して3月18日に式典と講演会を開催します。別稿に、詳しい案内を掲載しましたので、多くの方々のご出席をお願いいたします。

放射光研究施設をとりまく環境も20年前に比べると大きく変化していますが、最近では大学でも大きな課題ととらえられている法人化の問題に対してPFの所属する物構研あるいは高エネルギー加速

器研究機構でも対応を迫られています。高エネルギー加速器研究機構は、ご存じのように文科省直轄の全国大学共同利用研究機関ですが、同様の共同利用機関は他に14機関あります。これらには、分子科学研究所等を含む岡崎国立共同研究機構、国立天文台、国立遺伝学研究所などの理系の学問分野に関連する機関や、国立民族学博物館、国際日本文化研究センター、国立歴史民族学博物館のような文系の学問分野に関するものがあります。文科省のもとに設けられた「大学共同利用機関の在り方に関する懇談会」や「大学共同利用機関所長懇談会」などにおいて、大学共同利用機関の法人化の問題に関する議論が行われてきましたが、そこでは、大きく分けて次のような二つの考え方があります。すなわち、(1)文科省直轄の全国共同利用機関がまとまって一法人となる、(2)一機関一法人または関連の深い複数機関がまとまって一法人になり全機関一法人とはならない、というものです。高エネルギー加速器研究機構では、機構運営協議員会、物構研運営協議員会、素核研運営協議員会、加速器・共通研究施設運営協議員会においてこのことについて菅原機構長より報告が行われ意見交換がなされています。これらの運協としての考え方は、上述の(2)の考え方を取っています。

一方、他の多くの共同利用研究機関は(1)の考え方を持つに至っています。現在(2月7日)機構としての考え方を機構外に表明するための文書の準備が行われていますので、詳しくはそれが公表された時点でご覧戴きたいと思えます。上述の(1)(2)の考え方の違いの背景には、共同利用というものの位置づけの違い、加速器という巨大設備を利用せざるを得ない研究分野の特性についての認識の違いがあることを感じましたので、そのことについて少し述べさせていただきます。

放射光分野も含めて加速器を研究のための重要なツールとして用いる分野では、そのような設備を持つ施設を多数もつことはほとんど不可能なので、限られた数(特に高エネルギー物理学分野では、国内に一つ)の機関に施設・設備を整備し、大学等から多数のユーザーがそれを利用しに当該共同利用研究機関を訪れるという形の運営が行われています。放射光分野の方々がよくご存じのように、そこで行われる研究の圧倒的多数は共同利用研究者がイニシアティブをもった研究です。もちろん、施設スタッフも独自の研究を行っていますが、PFの場合では施設の研究者が光源系をいれても60名弱で

あるのに比べて、共同利用研究者の数が 2300 人強を数えるような利用形態にあり、施設スタッフの独自研究や施設スタッフと外部研究者の「共同研究」の数に比べて、共同利用として行う外部ユーザー独自の研究課題が圧倒的に多くなるのはある意味で当然のことと思われる。一方、「共同研究」に軸足を置いた共同利用研究所になって行くという考え方が、上記(1)の考え方の背景にあるように思えます。その場合には、研究所スタッフが実質的な共同研究を行って対応できるユーザーの数は多くても研究所の研究スタッフの数倍程度にとどまらざるを得ないと思います。施設スタッフと外部研究者が密接な協力関係で研究を進めるということは大切であり、今後そのような方向の努力を継続することは当然ですが、そのような形の運営に限ることは、放射光科学などの加速器によって得られるプローブを用いて物質・生命科学を研究する分野には現状および将来像を考えるとなじまないものと考えています。今後、文科省直轄の共同利用研究機関の法人化問題は、科学技術・学術審議会に設置される委員会において議論が進められようとしています。ユーザーの皆様にも直接・間接に大きな影響のある問題ですので、私ども放射光研究施設あるいは機構に直接ご意見をお聞かせいただきたくお願いいたします。

最後に、機構の次期機構長および物構研次期所長候補者推薦の作業が開始されたことを報告いたします。菅原機構長、木村物構研所長の任期はともに平成 15 年 3 月末日までです。機構評議員会では、評議員会会長から広く候補者の推薦を求める依頼を行っており(2月20日まで) 評議員会のもとに設けられた次期機構長候補者選考小委員会で作業を行うと同時に機構運協の意見を聞きながら評議員会として機構長候補者の選考を進めようとしています。一方、物構研次期所長に関しては、物構研評議員会から物構研運営協議員会に平成 14 年 5 月末日までに複数の候補者を推薦することが依頼されました。これを受けて、物構研運協では次期所長候補者サーチコミッティーを運協の下に設けるとともに、運協委員に 2 月末日までに候補者の推薦を依頼いたしました。サーチコミッティーでの作業・議論を参考にしながら今後 5 月末日までにおそらく 2 回開催されるであろう運営協議員会において複数の候補者を選び評議員会に推薦することになります。この問題についてもご意見があれば直接お知らせいただくか、お近くの物構研運営協議員会委員に

お伝えいただきたいと思います。

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 収志

概況

入射器は昨年の夏期運転停止（7/16-9/3）後、高周波源及びビームの調整を行い、9月26日（水）からPFへの秋期入射運転を再開した。又、KEKBには10月1日（月）から入射を開始した。PF秋期運転は12月20日（木）終了、KEKB入射は26日（水）終了した。この間、PFへの入射は順調に行われ、入射遅延合計は約35分であった。

秋期の入射器故障の大きなものは陽電子集束用パルスコイルの放電トラブルであった。電子を蓄積しているPF入射には直接問題はなかったが、コイル交換作業のため、午前9時の定時入射以外の入射対応ができなくなり、間接的に影響を与えた（工事当日たまたまビームがダンプした）。

陽電子パルスコイルの放電

10月16日（火）22時頃から陽電子集束用パルスコイルが不調になり約半分の電流しか流せなくなった。その結果、陽電子電流も半分以下に減少し、KEKB入射に支障をきたすようになった。10月18日（木）の定期メンテで調査を行った結果、パルスコイル引出し線で放電することが判明した。外部から絶縁を試みたが十分な効果が得られなかった。この作業は放射線レベルも高く、パルスコイルの修復には十分な計画と準備が必要であることがわかった。10月23日（火）綿密な作業計画と準備、打合せにより、パルスコイル交換作業を実施した。作業は入射器職員5名、運転業務要員2名、工事業者5名の他、加速器第2研究系等から15名の応援を得て、合計27名で実施された。朝9時に開始した作業は、大きな障害もなく、夜9時過ぎに無事完了した。引続き、真空の立上げ、加速管のエージング等を行い、翌日入射運転を再開した。その後、陽電子電流が回復し、順調に入射を続けた。

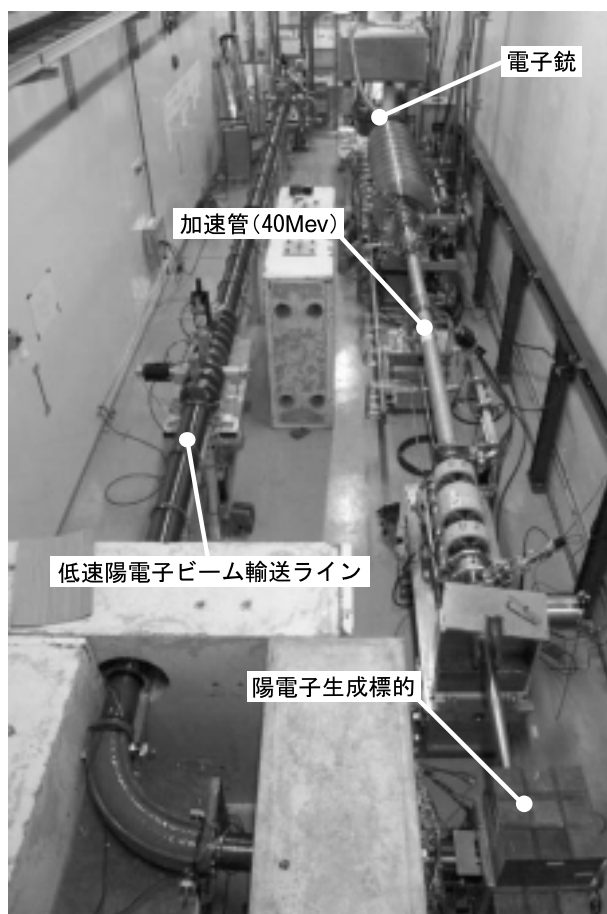
尚、11月9日の陽電子捕獲加速管用#21クライストロンのパルストランスタンク内での放電により、出力を若干下げて運転していたが、12月26日の運

転終了後高圧印加試験を行った結果、この放電が一過的なものと判明したので高圧を元の値に戻して運転することに決めた。

低速陽電子実験施設用リニアック移設の現状

一昨年4月加速器内部への漏水があり、運転再開が危ぶまれてきた低速陽電子用テストリニアックであったが、物質構造科学研究所の援助で復旧工事が進み、ようやく運転再開の見通しが開けてきた。PF/KEKB入射器トンネルからJ型の入射器中央部へのテストリニアックの移設は、昨年暮れに主な工事を完了し、高周波試験を開始した。

移設したテストリニアックには、PF/KEKB運転のため水没後の水抜き・洗浄作業ができなかったため、内部が黒く腐食した導波管を再使用している。その影響が心配されたが、パルス幅2マイクロ秒、ピーク電力20メガワットまで問題なく電力を投入することができた。又、電子銃の試験も終了した。今後、文部科学省の認可と入射器運転安全システムとの統合を経てビーム加速試験を行う予定である。



年末・年始の保守作業

入射器の運転停止は12月26日～1月3日までの短い期間であったが、以下のような作業を行った。

- 電子蓄積リング (AR) 高度化に伴う安全システムの変更と検査
- 入射器#5-6 加速ユニット RF 窓の交換
- #2-1 ユニット (陽電子源) クライストロンの調査 (一時的放電と判明し出力回復)
- 電子・陽電子源の最重要クライストロンパルス電源 7 台のサイラトロン交換
- RF 高圧パルストリガー更新 (セクター C)
- 放電していた電子銃パルストランスオイルタンク内の点検と清掃
- 陽電子収量増加のため陽電子集束用 4 極電磁石のビームダクト径を拡張
- 入射器終端ビームスイッチャードにステアリング電磁石を追加

年始は、AR 運転再開に備えて入射器を 4 日午後立ち上げた。その後、8 日 AR 入射、15 日 PF 入射、16 日 KEKB 入射を再開し順調に運転を続けている。

KEKB

KEK と SLAC の競争は 1 月 21 日現在 48 /fb 対 65 /fb である。SLAC は昨年 1 月以来連続運転を続けている。ルミノシティの蓄積率はほぼ拮抗していて、昨年夏の KEK シャットダウン中についた 17 /fb の差は埋まっていない。1 日の積分ルミノシティは約 0.3 /fb なので約 2 ヶ月の遅れである。この差を埋めるため、現在約 90 分毎に 10 分行っている入射方法を変更して、連続入射にしようと準備を進めている。これは、入射中も測定器の高圧を落とさずデータを取り続け、リングの蓄積電流の減衰と入射時間によるロスがなくするというもので、年末に行ったスタディで可能性があることが判明した。寿命の短い陽電子蓄積ビームに対して 5 Hz 程度で連続入射を行えば、蓄積電流 (1.2 A) をほぼ一定に保てることのできた。この連続入射が成功すれば 1 日 0.4/fb 蓄積できる。

今年も入射器にとっては大変な 1 年になりそうであるが、安定した入射運転が続けられるようにしたいと考えている。

PF 光源研究系の状況

放射光源研究系主幹 小林正典

秋のユーザー運転

2001 年 9 月 26 日に PF リングを立ち上げ、10 月 1 日 (月) 9 時から秋のユーザー運転を開始して 12 月 20 日 (木) 朝に終了した。

位相変調法を採用してバンチ長さを延ばすことで I_{τ} を改善することについてはすでに報告済みであるが、どのような周波数で変調をかけるかに関しては、運転経験に基づいてオペレーターに任せてきた。これまでの運転経験に加えマシンスタディを進めた結果、10 月 16 日からは自動で変調補正をかけることが可能になり、長いビーム寿命を安定に得ることができるようになった。また、電磁石電源の方式を新方式としたために磁石の初期化に要する時間を短縮することができるようになった。

秋の運転では高周波加速系の不調によるビームダンプが、11 月に 4 回、12 月に 8 回とこれまでに多く発生した。11 月はおもに位相固定回路モジュールの不調、12 月は高周波空洞からの反射が起こったことによる。モジュール交換、および反射が起こった空洞へのパワーの供給を止め、通常の 4 台運転から 3 台運転に切り替えて運転することで対応した。その結果、12 月 11 日から予定されていた 3.0 GeV 運転は 2.90 GeV のマルチバンチ運転とすることになった。挿入光源に関する不調もあった。頻度が高いものに、ギャップ変更がユーザー側から出来ないことがある。これは制御系 (プログラムを含め) とネットワークの信頼性に問題がある。基幹部では大型のゲートバルブの動作が円滑でなくなり調整が済むまで一時的にビームラインを閉鎖することが起こった。また、10 年ほど使用してきた DCCT (リングを周回しているビーム電流の値を読み出すモニター) が故障した。幸い PF リングには 2 台の DCCT が設置され稼動しているので運転には特に支障はない。さらにリング天井部にある冷却水配管の一部から漏水が起こった。このように PF リングではハードおよびインフラの老朽化が進んでいる。

PF リング冬季運転停止期間中のリング保守と立ち上げ作業

新設されたビームライン BL-1A へ前期の運転の最初に放射光を導入しようとしたところ放射光が

極一部しか取り出せないことが判明した。調査の結果、クロッチアブソーバーが規定値よりもリング軌道側に深く入りすぎていることが原因と判断され、クロッチアブソーバーを作り直して交換することにした。運転停止直後にリング真空を破って基幹チャンネル偏向電磁石 B01 部クロッチアブソーバーの交換作業を行った。この作業に伴って電離真空計のフィラメント交換およびチタンサブリメーションポンプの交換作業も行われ、リングの東側、周長の約 1/3 に相当する区間に乾燥窒素を導入しての作業となった。BL-20 では低下していたイオンポンプの排気速度を回復させるためポンプ単体のベーキング作業が行われた。

2002 年 1 月 4 日からは入射器が高周波加速のパワーを加速管本体に投入して立ち上げ調整を開始した。光源棟においては 1 月 15 日(火)9 時から PF リングの運転を再開した。クロッチアブソーバー交換作業が行われたので、リングのビームによる焼きだし運転を行った。1 月 18 日(金)9 時から光軸確認を行い、通常の放射光利用実験が開始された。ビームライン 1A ではクロッチアブソーバー交換の結果、放射光が下流まで通ることが確かめられた。この冬の運転は 3 月 18 日(月)9 時までである。

PF リング直線部増強計画

直線部増強計画については前号にも記したが、計画実現に必要な予算は 1 月現在未だ確実とはなっていない。しかし、実現に向け放射光研究施設全体で検討を進めていて、すでに基幹チャンネルのうち先行するものについて製造を行っている。競争的経費を改造費用の一部に当てる場合は時限を切って研究成果を求められことになる。その意味から云えば、我々が考えている 2004 年前半にトンネル内で設置作業という予定を少しでも前にすることが求められることもありうる。今後の予算措置のされ方と各種作業の進行を整合させなければならない。3 月 19、20 日開催の PF シンポジウムにおいてリング内作業と共に壁外のビームライン更新計画が発表され説明される。

将来計画について

PF リングの将来計画の状況について前号に、PF-II 計画、「利用者側から見た将来計画への要望」、PF-II の改訂版 PF-IIA を挙げながら記した。それらの基となるものは、ユーザー母集団の約 80%強が X 線ユーザーであること、輝度を求めるユーザーも

いるがフラックスと安定性を求めるユーザーの割合が多いこと等に対する配慮である。一方、輝度を高める方向での光源の議論は、X 線自由電子レーザーが話題の中心になってきたが、加えてエネルギー回収型リニアック ERL (Energy Recovery Linac) の提案・実現も話題になっている。放射光学会主催の昨秋の特別シンポジウムにおいても考案者の一人であるロシアのクリパノフ教授が自ら講演を行っている。彼は昨秋約 2 ヶ月 PF に滞在し、ERL についての研究成果を伝えていかれた。PF-II と共に、10GeV リニアックと長い挿入光源による超高輝度発生の提案も併せて光源研究系の有志が発表したことを記憶されている方もいるであろう。この計画での問題点のひとつはエネルギーの総量が際立って大きくなってしまふことがあり、エネルギー回収型リニアックはエネルギーの総量を小さくしながら輝度を確保しようという提案である。今後、PF 将来計画の議論のなかで ERL についても検討を深めていくことになる。

放射光発生から 20 年目を迎えた PF にとってインフラ(施設)の老朽化は無視できない深刻な状況となってきている。PF の老朽化という現実を考え、一方でより高度でより安定な光源を用いた放射光科学を一層のスピードで進めていくことを考えるとき、放射光コミュニティにとって新光源の実現は 2010 年頃が一つの区切りではなかろうか。とするならば、2004 年頃には計画をまとめ概算要求を行うことが「時期」であろう。この時期は大型ハドロン計画の主要な予算が峠を越す時期でもある。新放射光光源 (PF- であろうと ERL を加えようと) に必要な要素の R/D には時間・予算が必要なのは明らかで、今から討議が盛り上がらなければ 2004 年間に合わない。放射光新計画が、放射光以外の大型計画に競り勝って認められ、その後建設が行われて 2010 年に新しい放射光が利用できるようになることを願う。

独立行政法人化の議論は大詰めを迎える段階に入った。「加速器研究機構および物質構造科学研究所はどのような存在となるのか、その中で放射光研究施設はどのようなようになるのか。KEK つくばキャンパスの将来をどのようにするのか。不透明なことおびたしい。」と先の号で記したが、だからこそ全国共同利用研究機関としての放射光研究施設 PF の将来計画を、時期を失することなく、早めに策定することが必要である。利用者の方々との意見交換をより一層深めていきたい。

物質科学第一・第二研究系の現状

物質科学第一研究系主幹 野村昌治

運転・共同利用実験

平成 13 年度第二期(10~12 月)の運転では 12 月に入り RF 系のトラブルによるビームダンプが起こり、また予定していた 3GeV 運転も 2.9GeV 運転を余儀なくされました。実験者の方々にはご迷惑をお掛けしましたが、何とか運転を継続し 12 月 20 日に終了する事が出来ました。平成 14 年 1 月 18 日には光軸確認を行い、第三期の共同利用実験を再開しています。

昨年 10 月に BL-1A[1]の立ち上げを行いました。予定した幅の放射光を得ることができませんでした。その後、光源研究系と協力して原因の解明を行い、偏向電磁石から放射光を取り出す部分に付いているクロッチアブソーバーの寸法が BL-1 では他のラインと異なっていることが判明し、冬の停止期間中に更新しました。1 月 17 日には光導入試験を行い、予定通りの放射光が利用出来ることを確認しました。

ここで、ビームライン建設後、放射光利用までの安全確認等について簡単に紹介します。ビームライン担当者はシャッター類(BBS 等)の動作確認を行い、「シャッター点検票」を提出します。ここではシャッターの動き、リミットスイッチの動作、冷却水、圧搾空気の漏れ、固定部の緩み検査等を行います。シャッターは放射線安全に係わる重要な機器ですので、既存のビームラインに関しても夏の停止期間中に同様の確認を繰り返しています。またインターロックの動作、論理についてはインターロック担当者によって確認されます。その後、ビームライン検査委員会によるビームライン立会検査を経、光導入試験となります。立会検査ではインターロック機器の動作確認の他、電気安全、防災等広く安全に関する視点から検査を行うと共に、機器の表示類の点検も行います。光導入試験では真空、放射線安全の視点を中心に安全を確認しながら、順次ビームをビームライン下流に導入してゆきます。

PF-AR 関係

平成 13 年 2~12 月にかけて PF-AR の高度化作業が行われましたが、同時に既存ビームライン基幹部の再設置、北棟のビームライン NW2 の設置、インターロックの改修等が行われました。リングを中心

に年末から年始にかけて各種安全系の検査が行われ、最終的に 1 月 4 日の機構内検査合格で、8 日からの運転再開を行いました。ビームライン側も PF 同様に 12 月にはインターロック、安全系の検査を行い、一部を除き、利用開始を待っている状態です。

暫くリングの立ち上げ作業、リングの光焼き出し作業と平行して、放射線安全の確認、光軸の確認等の作業が予定されています。

放射光研究施設評価

12 月 19 日には二回目の放射光研究施設評価委員会(黒田晴雄委員長)が開催され、電子物性、構造物性、化学、材料科学、生命科学、装置・方法論の各分科の責任者から分科会の報告を頂いた後、PF の運営、現在進行中の計画と将来計画について報告を行いました。

PF 内でも各分科から各ビームラインに対して頂いた評価を基にビームラインの整備、スクラップ&ビルド等の検討を行っております。

安全関係

最近機構内でいくつかの事故が発生しています。一つは放射光の共同利用実験者が夜間ジョギング中に車と接触して怪我をしたこと、二つ目は PF ではありませんが、NIM 電源等を組み込んだキャスター付き標準ラックを運搬中にラックが転倒し、職員が下敷きになり 2 ヶ月の負傷を負ったこと。三つ目は PF 内でクレーン操作中に玉掛け不良のため真空槽が落下し、真空槽を損傷した物損事故です。人身事故の場合は PF 内では運転当番、PF 外の機構内では守衛所に速やかに連絡してください。また、交通事故では警察の検証を受けて下さい。重量物の運搬に当たってはヘルメット、安全靴の着用と共に荷の下に入らないという原則を厳守して下さい。

10 月 30 日には防火・防災訓練が行われました。共同利用ビームタイム中であったため、ユーザーの方々へは参加を強制は致しませんでした。実験中に地震や火災が発生した場合はまず、指定の避難場所に避難して身の安全を確保してください。その後、各実験グループの責任者はグループメンバーの安否を報告してください。安全ビデオ等でも案内していますが、基本は自力での安全確保ですので緊急避難路の確認と避難路の確保をお願いします。

第 13 回放射光共同利用実験審査委員会 (PF-PAC)

1 月 23、24 日の両日に亘り実験課題審査部会で G

型、P 型申請の審査が行われた後、11 日午後から PF-PAC が開催され、条件付を含み G 型 158 件、G から P への変更を含め P 型 7 件、3 件の S2 型が採択されました。審査結果の詳細等については別稿を参照して下さい。

人の動き

中尾裕則助手は平成 14 年 1 月から東北大学大学院理学研究科助手として転出されました。平成 11 年 4 月の着任以来、村上氏と協力して BL-1B、4C、16A の構造物性研究関連の共同利用支援、BL-1A の建設等を精力的に行ってこられました。特に村上氏の転出後、澤氏の着任までの半年間はお一人で全面的に共同利用支援をされていました。同時に研究活動も精力的に行われ、本年 1 月には「X 線異常分散、共鳴散乱を用いた電荷・軌道秩序構造の研究」で放射光学会奨励賞を受賞されています。1 月からは再び、村上教授とともに教育・研究活動を活発に行われることを期待しております。

12 月 1 日付で戸田充氏が COE 研究員として着任され、澤博助教授と共に研究を進められています。一方、那須教授の指導の下研究を進められていた Huai Pin 氏は 11 月 16 日付で COE 研究員を退職され、産業技術総合研究所のナノ構造理論グループで活躍されています。

その他

2002 年 3 月は PF で放射光が発生して 20 周年でもあり、この時点では PF-AR の運転状況も見えてくると期待されます。20 周年を記念して、3 月 18 日に記念行事を開催します。詳細は別項を参照して下さい。

また 3 月 19、20 日には PF シンポジウムが開催されます。直線部増強後のビームライン整備等についても共同利用実験者の皆様と議論をしたいと考えています。詳しくは別項を参照して下さい。

最後に暗い話で恐縮ですが、御多分にもれず、PF の平成 14 年度予算も大幅に削減されそうです。一方で直線部増強へ向けた整備を進めなければなりませんので既存の実験装置類へのしわ寄せが発生することが予想されます。利用実験者の皆様のご理解とご協力をお願い致します。

[1] 村上洋一、中尾裕則、Photon Factory News, 19 (1) 8 (2001).

PF-AR 高度化作業と運転立ち上げ

放射光源研究系主幹 小林正典

工事並びに検査

PF-AR リングの高度化改造計画の加速器に関するリングトンネル内の現場作業は、予定より遅れ気味で終了した。北西棟新築のため土砂を取り除いた結果、これに対応するリングの一部(NW 部)が外側に最大で 6.5 mm 押し出され垂直にも浮き上がった。北西棟の工事の進み具合と関連して土砂の埋め戻し工事が行われ、その後、再度電磁石の測量を行い正しい軌道となるよう設置位置を修正した。一方、北西棟とリングトンネルの間のシールド扉及び放射線安全に関係するインターロック配線作業、ビームライン取り出し開口部の鉛シールド作業等が 12 月 25 日までに行われた。

12 月 26 日には安全に関する自主検査を行った。2002 年 1 月 4 日 9 時 30 分から放射線管理センターによる機構内安全検査を受け、無事合格となり、晴れて立ち上げ運転を行うことができるようになった。PF-AR の安全は、その位置と構造上、加速器研究施設の安全体制と深く係わっていて、同施設の安全担当の方々による全面的な協力援助があった。期間内に検査が受けられるよう休日返上で準備作業をこなして下さり深く感謝している。

加速器立ち上げ作業

土木工事の遅れの結果、各機器にパワーを投入して制御プログラムを総合的にチェックする作業がずれ込み、各グループ特に電磁石と制御関連のスタッフは文字通り正月休み返上で運転プログラムの整備を進めることになった。入射器は 1 月 4 日朝から立ち上げを開始し、8 日(火)朝からの PF-AR へのビーム入射にそなえた。

8 日(火)9 時から PF-AR の立ち上げ調整運転を開始した。昼にはリングの入射点パルス電磁石までビームを通すことができ、18 時過ぎにはビームを周回させることができた。直ちに RF 加速を行い、各種パラメータのチェックを続け、深夜には約 1mA でビームによる焼きだし運転とすることができた。

9 日(水)には、エレクトロニクス調整、チューン測定系の整備、リングのエネルギーを調整することで 10mA を超えることができ、10mA でのビーム焼きだしを行った。

10日(木)にはフィードバックや RF 加速の調整、

8極電磁石の励磁などを含むビームパラメータの調整を進めた。深夜には17mAのビーム焼きだしを行った。

11日(金)にははじめて2.5GeVから6.5GeVまで各種パラメータを調整し加速を行うことができた。夜間は18~16mA、6.5GeVの焼きだしを行うことができるようになった。

12日(土)には6.5GeVまでの加速も1分で行えるようになった。次いで入射初期電流値を増やすことを狙って調整を行い、34~35mAまで高めることが出来るようになった。

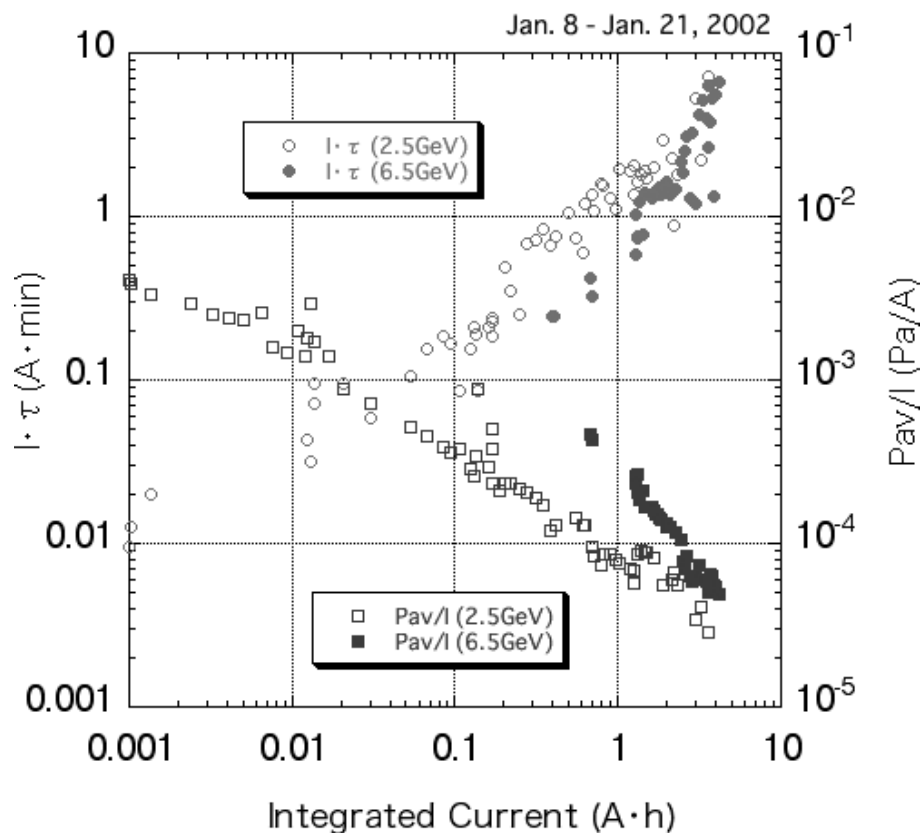
13日(日)にはこれまでの調整を総合的にチェックすることを行い、17時から6.5GeV、25mAで15分周期でビームを入射するビーム焼きだしを行うことが出来るようになり、当初の立ち上げ調整

運転は一段落となった。立ち上げ期間中、加速器研究施設スタッフの連日にわたる協力に深く感謝している。

リング真空ダクトの全面的な交換(アルミ合金製から無酸素銅製へ)による新ダクトのためガス放出は多いが、ビーム焼き出しによる清浄化の進行を図1に示す。

1月15日からPFリングの立ち上げ16日からKEK-Bの立ち上げと予定が込んでいる中で、ハード並びにプログラム言語の全面的な変更・更新を行いながら、わずか一週間という期間内での立ち上げ運転としては、順調にことが進んだ。しかし、いくつか課題も残っており、今後とも焼きだし運転とマシスタディをとることが必要である。

図1 . PF-AR 焼きだし状況



BL-6C 共同利用オープンのお知らせ

(財)国際科学振興財団 坂部知平

構造生物学坂部プロジェクト(SBSP)として建設中の BL-6C が共同利用として本年 10 月のビームタイムよりオープンできる運びとなりましたので最近の立ち上げ状況をご報告申し上げます。

尚、本データ収集システム (Galaxy) の主な特長及び仕様等に付きましては本誌 Vol.19, No.1 の 8-10 頁に記載致しましたので、重複は避け、此处ではそれ以降の経過を報告させていただきます。マニュアルを含め、詳しい内容は下記 SBSP のホームページに掲載されていますので参考にしてください。

(<http://www.met.nagoya-u.ac.jp/TARA/index.html>)

また、共同利用にオープンする時期が初期の予定より 1 年半遅れたこととお詫びすると共に、これまでご協力下さった多くの方々から心から御礼申し上げます。

1. Galaxy の仕様のグレードアップ

表 1 に仕様の変更点のみを記載する。

フレームの交換は IP カセットを指定された角度回転させるだけであるから、フレーム交換が数秒と速く、しかも自動軸立機能及び振動範囲を決めるためのシュミレーションのソフトが備わっているため、ワイセンベルグモードが使い易い。ワイセンベルグモードの良い点は 1 枚のフレーム中に単なる振動モードの場合の 8 倍から 15 倍の角度範囲が記録できることである。このシステムは完全自動化を目指しているためデータ処理に必要な情報はすべてテラーに書きこまれておりユーザーは強度デ

ータ (構造因子の絶対値) を 3.5 インチのデスクトップに載せて持ち帰れる。IP から読み取った画像データはすべて大型データサーバーに書き込まれ、一定期間 (1~3 週間) 保存される。また毎日午前 11 時から新しく書き込まれたデータのバックアップが DLT にとられ半年間保存される。

利用者が手動で行う操作は本誌 Vol.19, No.1 で述べたように極めて少ない。この他、カメラの光軸を放射光の光軸に一致させる自動光軸合わせ装置も付いているので、ソフトが完成すれば常に最良の状態に放射光を利用できるようになる。更に 4 象限スリットを 2 個装備しているため、コリメーターとは独立に、利用者が好みの光束を選ぶことも出来る。

今年度前期のビームタイムには高感度用 IP カセットを用い、亦 10 月からのビームタイムには位置高分解能用 IP カセットを用い、更に読み取り時の IP 回転速度を毎秒 3 回転に上げて立ち上げ実験を行った。

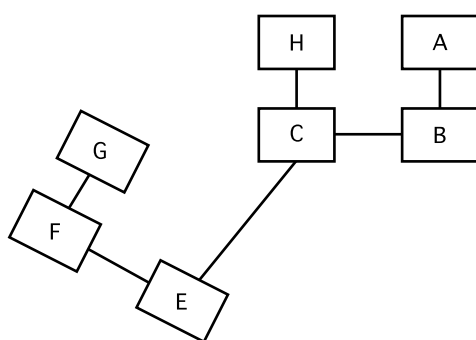
2. データ収集最高速度

データ収集速度は露光時間に負うところが多いが、それでは装置の最高速度を測定することが出来ないため、X線は充分強く露光に要する時間は充分短い場合を想定し、カメラ部にいる IP カセットは常にもう一方の IP カセットが読み取り及び消去が完了するのをカメラ部で待っている状態になるようパラメーターを設定し、図 1 に示す IP カセットの搬送経路に従い、各部の速度を測定した。測定開始状態では IP カセットは読取部と消去部にいる。データ測定を開始すると先ず 30 秒間消去を行いその後カメラ部に搬送され、データ収集が開始され、その間に他の IP カセットが読み取り部か

表 1. Galaxy の仕様の主な変更点

	変更前		変更後	
	IP 用円筒型カセット	高感度用 1 組 (2 個)		高位置分解能用 1 組追加
ポーラロイドカセット	記載無し		ヘリウムチェンバー内に装着可	
IP カセット回転数	2 回転/秒		3 回転/秒	
読み取り部				
画素サイズ	100 μm	200 μm	100 μm	200 μm
読取時間/カセット	8 分 00 秒	4 分 35 秒	5 分 54 秒	3 分 20 秒
正味読取時間/カセット	7 分 30 秒	3 分 45 秒	5 分 00 秒	2 分 30 秒
グレーレベル/ X-ray photon	記載無し		3.5	2.2
グレーレベル	5 × 10 ⁶		1 × 10 ⁶	1 × 10 ⁶

図1 . IPカセットの搬送経路



- A 消去デッキ B 消去デッキ前の渡し台
 C、E 搬送台 F カメラ前の渡し台
 G カメラ位置 H 読み出しデッキ

ら消去部に搬送され消去を行う。読取時のIPカセットの回転数を毎秒3回転にすることが出来た。この条件下に於ける実測値を表2に示す。

IPカセットが2個有るので実際にはこの2倍の速度でデータ収集を行うことができる。この際の露光時間は、例えばIPカセットに9フレーム(波長1Å、Sセッティング(上下対称)の場合、分解能は2.9)記録されていたとすると、各フレーム当たりの正味露光時間は100μm読み取りの場合26.3秒以下でなければならない(開口角40度の場合のフレーム交換速度10秒、表2より $(5'27''-9 \times 10'')/9=26.33''$)。実際には露光に時間が掛かるので、その分消去位置で消去しながら待つ事になる。特にワイセンベルグモードの場合には1フレームあたりの振幅幅が大きいため、通常1フレーム当たりの露光時間は数分必要である。

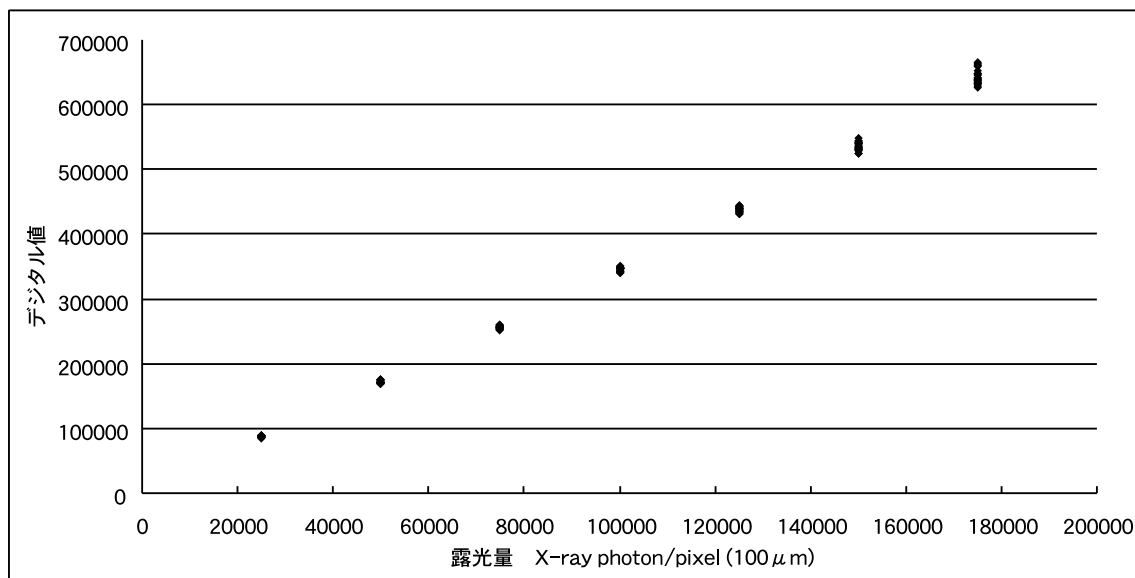
表2 Galaxyの運転速度実測値

動作部位	画素サイズ 100 μm	200 μm
消去:(A)	1'18"	1'18"
搬送(A G)	1'55"	1'55"
撮影:(G)	5'27"	2'57"
搬送(G H)	1'42"	1'42"
読取:(H)	5'54"	3'20"
レーザー点灯時間	5'00"	2'30"
搬送:(H A)	1'20"	1'20"
合計:	17'36"	15'03"

3. 読取ヘッドの感度誤差

IPの読取精度を上げるため5本の読み取りヘッドを使用している。この間の感度の誤差を実用上許される範囲まで小さくする必要がある。IPには先読み効果により誤差が出るためどのように感度を正確に合わせても読み取りヘッド間の繋ぎ目に強度むらが生じるが、位置感度むら補正により補正される。図2に補正後の各読取ヘッド間の感度の合い具合及び直線性の例を示す。

図2 検出器系の直線性と誤差



これは平成14年1月19日に測定したもので、カセットは位置高分解能で画素サイズは100 μm で読み出している。4,000~10,000画素の平均値を水平方向に25点測定しグラフにしたものである。横軸は一樣露光の露光量、縦軸は測定結果である。横軸が125,000まではほぼ直線であり、ヘッド間の誤差も上記の平均値で見ると $\pm 1.5\%$ ほどに収まっているが、その後直線から上向きのズレを生じ、亦ヘッド間の感度誤差が補正しきれず誤差が増大している。将来は低分子測定用にも使用できるようにダイナミックレンジを6桁にしたいと思っているが、現段階ではピクセル当たり12万カウント以下で使用する方が無難であり、蛋白質用としてはこれで充分と考えている。

4．分解能

完全円筒カセットを用いているため、上方に120度まで開口角が取れる。この場合、入射X線の波長を0.8としたときの分解能は、横方向は常に1.63であるが、赤道方向は0.46である。測定可能な分解能としては蛋白質結晶のみならず低分子用としても利用可能である。

5．耐久性

耐久試験が未だ充分とはいえないが、これ迄に分かった事を下記する。

- 1) 読取ヘッドに付いている半導体レーザーは半年~1年で交換する必要がある。
- 2) 搬送部のリフターやボールベアリングは1~2年で交換が必要である。
- 3) IPカセットのナイロンタイヤも予備を保持しておく必要がある。

6．低温装置

立ち上げ終了。

7．波長変更

本年度前期のビームタイムではセレンの吸収端である波長0.894、10月からのビームタイムでは1.04の固定波長で立ち上げを行った。本年3月中旬には波長変更が可能になる予定である。

8．データ処理部へのGUIの実装化

Galaxyについては結晶のセンタリングから測定までの一連の操作のGUI化はすでに昨年度までに完了した。それに対してデータ処理ソフトはすべ

てコマンドモードで行う必要があった。本年度前期の試験利用ではまずコマンドモードでの処理がデータ収集テストと並行して実行された。その結果を参考にしてデータ処理ソフトにもGUIの実装が行われ、10月以降のビームタイムで試験利用が行われた。

9．蛋白質結晶を使った装置の評価

昨年6月には外国のグループを含む7組のメンバーの方がテスト実験に参加され、4組の方が低温実験をされた。2組の方がデータ収集に並行してBL-6Cでの並行処理により得られたデータを使って新しい構造を得ておられる。また、異常分散効果についても京都大学の熊谷研との共同実験でGGT-Se誘導体の結晶を使った実験から充分良い精度で測定されていることが示された。後期には12月15日に北京生物物理学研究所のLiang教授のグループと共同でブタ2垂鉛インスリン結晶のデータ収集および処理を行った。表3に測定条件を、表4に測定結果を示す。亦表5には名大佐々木研と共同で行ったBL-6Bデータとの比較を示す。現時点としては、充分満足できる精度のデータであると考えている。

表3．測定条件

X-rays:	SR, 3 GeV
X-ray wavelength:	1.04
IP-cassette:	Blue IP
Setting mode:	S setting
Aperture size:	120° (3 flames/cassette)
Oscillation width:	4°
Exposure time/degree:	60sec (with 32 sheets of Al foil)
Number of flames:	26
Collimator size:	0.2 mm \times 0.2 mm
Pixel size:	100 μm \times 100 μm
Temperature:	room temperature
Sample :	2Zn insulin crystal
Crystal system:	Hexagonal
Cell dimension:	a=b=82.85, c=34.19, = 120°
Crystal dimensions:	0.12 mm \times 0.12 mm \times 0.15 mm

表 4 . データの統計値

R merge of all reflections = 7.65% (35629 observations with FSQ > 0.00 • (FSQ))
 R merge of full reflections = 7.27 %
 R merge of partial reflections = 9.71%
 Completeness = 0.973
 Average redundancy = 2.846
 R merge = 6.22% (23,789 observations with FSQ > 2.00 • (FSQ))

R merge in resolution range

d ()	2	N(multi-obsd)	Shell		N(multi-obsd)	Total	
			av.int.	R merge		av.int.	R merge
3.34	17.94	3850	249.5	3.6	3850	249.5	3.6
2.65	22.65	3806	83.7	6.3	7656	167.1	4.3
2.31	25.98	3873	37.0	9.0	11529	123.4	4.8
2.10	28.65	3761	28.0	11.5	15290	99.9	5.2
1.95	30.92	3616	17.4	17.3	18906	84.2	5.7
1.84	32.91	3282	11.2	21.9	22188	73.4	6.1
1.74	34.70	3082	8.6	26.8	25270	65.5	6.4
1.67	36.33	2846	7.4	30.9	28116	59.6	6.7
1.60	37.84	2626	6.6	36.9	30742	55.1	7.0
1.55	39.25	2492	6.6	38.5	33234	51.4	7.3
1.50	40.57	2395	6.3	43.3	35629	48.4	7.6

表 5 . インスリン結晶を用いた BL-6C と BL-6B データの比較 (FSQ>1.0 (FSQ))

Range 4(st/l)**2	d ()	N	R	WR	<BL6C_Fo>	<BL6B_Fo>	
1	0.0400	5.00	219	0.082	0.173	747.787	721.355
2	0.0800	3.54	554	0.068	0.095	954.516	933.774
3	0.1200	2.89	879	0.073	0.092	731.079	728.156
4	0.1600	2.50	1058	0.070	0.082	516.368	516.617
5	0.2000	2.24	1181	0.074	0.087	414.018	418.321
6	0.2400	2.04	1336	0.081	0.095	346.851	350.013
7	0.2800	1.89	1410	0.104	0.137	263.080	263.066
8	0.3200	1.77	1573	0.124	0.158	202.642	195.861
9	0.3600	1.67	1625	0.161	0.219	168.640	158.106
10	0.4000	1.58	1674	0.202	0.274	148.251	128.001
11	0.4400	1.51	1771	0.258	0.342	138.029	110.141
12	0.4444	1.50	216	0.376	0.524	129.721	88.155
Overall Totals:		13496	0.105	0.122	319.964	310.305	