

施設だより

放射光科学研究施設長 若槻壮市

第3回物構研シンポ

前号でもお知らせしましたように、昨年12月7、8日にエポカルつくばで第3回物構研シンポジウム「量子ビーム科学の展望」を開催いたしました(詳細は35ページ参照)。今回は電子相関物性、局所構造、超分子構造をテーマに十倉好紀先生(東大・工)、吉信淳先生(東大物性研)ら各分野のリーダーの先生方からサイエンスの展望についてお話しただくとともに、量子ビーム実験施設の将来計画という観点からも数多くの講演がありました。海外からは、ハンブルクから出席された光科学部門ディレクター Edgar Weckert は PETRA-III の開発と運転状況、将来計画について、また、検出器ディビジョン長の Heinz Graafsma からは様々な最先端検出器の開発状況、欧州 XFEL の実験部門リーダー Henry Chapman からはナノ結晶の構造解析についてご講演をいただきました。共振器型の X 線自由電子レーザー、XFEL-O についても APS の Yuri Shvyd'ko 博士からレーザー発振に必要なダイヤモンド結晶で顕著な進展があったという報告がありました。また、播磨理研の Alfred Baron 博士からは非弾性共鳴散乱実験の進展と今後の方向性のお話があり、特にその中で XFEL-O により photon hungry な X 線非弾性散乱実験が進展できるであろうというコメントをいただきました。PF の将来計画を推進する上でも大変有意義なシンポジウムとなりました。

放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム

第24回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムは、2011年1月7日から10日までの4日間にわたり、エポカルつくばにおいて開催されました。今回はつくばでの開催ということもあり、プログラム委員会、実行委員会等で PF のスタッフも数多く加わり準備等を重ねてきました。最終的に、参加者 653 名、懇親会参加者 320 名となり、過去最高の参加者数となりました。加えて、組織委員長をはじめ関係者の努力によりまして、企業展示も 53 社の出展となり、盛大にシンポジウムを執り行うことができました。企画講演は、2 倍以上の倍率の中から、関連テーマに関しては融合・合体も含めてプログラム委員会で検討し結果的には 6 件とし、どれも大変に盛況となりました。特別講演は東京大学藤田誠先生に自己組織化巨大分子の科学について、アリゾナ州立大学 John Spence 先生にフェムト秒 XFEL ビームを使ったナノ結晶構造解析についてご講演いただきました。また、市民公開講座「放射光で迫る物質・生命の謎」では、尾嶋正治会長、浦川順治先生(KEK)、岩澤康裕先生(電気通信大)、西島和三先生(持田製薬・東北大)に放射光加速器とサイエンスについて分かりやすくお話しをいただきました。

国際協力関係

オーストラリアビームライン BL-20B は昨年未で、前回の LIEF (Linkage Infrastructure, Equipment, Facilities) グラントが終了し、今年1月からの新規 LIEF グラントをシドニー大学が中心になり、KEK も参加する形で応募していましたが、12月によろやく採択通知があり、平成24年6月までオーストラリアからのユーザーの出張旅費等がカバーできることになりました。引き続き BL-20B を使って XAFS 関係の実験をしていただけることになりました。

昨年暮れから始まった PLS アップグレードに伴う PLS シャットダウン中の韓国ユーザーの受け入れですが、今回2010年11月締め切りの PAC 課題で前回に引き続き PF 全体の平常時の6分の1に当たる42課題の申請がありました。PAC 分科会では他の申請課題と同様の基準で評価を行いましたが、数が多いこと、やはり、まだ PF の課題申請方式についての理解が行き届いていないせいか、通常に比べてかなり長時間かけての課題評価となりました。PF 全体のビームタイムへの影響も散見されていますが、国際協力の一環としてユーザーの方々のご理解とサポートをいただけますようお願いいたします。また、これに関連して、韓国 MBC テレビ局の取材があり、放射光実験施設、ERL 計画等について、1月の韓国のテレビ番組でインタビュー等が放映されました。

その他、国際協力関係では、インド SAHA 研究所が中心に GeV クラスの第3世代放射光施設をつくる計画の提案検討会(11月11、12日、コルカタ)、JSPS-DST アジア学術セミナー(11月29日～12月1日、コルカタ)、DESY-KEK 連携連絡会議(12月9日、高エネ機構)、タイ放射光への協力(12月17日、高エネ機構)、インドの研究所と KEK の加速器関連科学に関する協力会議(2月3日、デリー)等があり、それぞれ、物構研と PF の執行部が出席し、研究開発面での協力について議論いたしました。

BL-14 超伝導ウイグラー

本号6ページにも記事がありますが、12-1月のシャットダウン後に BL-14 の超伝導ウイグラーの運転を再開しようとしたところヘリウム再液化機に問題があることが分かり、担当者らで考えられる限りの対策を施してきましたが、まことに残念ながら今期のビームタイム中の復帰は不可能という結論に達しました。ビームタイムを予定されておられたユーザーの方々には多大なるご迷惑をおかけしてしまいまことに申し訳ありません。今回キャンセルになりました実験課題につきましては来季以降、特に今年度で終了する予定だった課題は来期5、6月のビームタイムで補償させていただきますので、ご理解のほどよろしくお願いいたします。

Biology with FELs ワークショップ

1月18～22日にローレンスバークレー国立研究所で Biology with FEL ワークショップが開催され、自由電子レーザーを利用して行う生物学研究についてインフォーマル

な議論が行われました。日本からは北海道大学の西野吉則先生が光学系の技術開発も含めて回折イメージングについて招待講演をされ、その先端性が高く評価されていました。

今回のワークショップの一大テーマでもある、ナノ結晶構造解析について聞いたのは昨年8月のアメリカ結晶学会でしたが、実際に分子置換法でフォトシステムIという光合成膜タンパク質複合体の構造が低分解能ながら解けたという成果は放射光構造生物学者にとってショッキングな出来事でした(2月2日号 Nature 論文)。今後計画されているFELからの高繰り返しコヒーレントX線を使うと一日8000個のタンパク質結晶構造を決定できるという試算も披露され、パネルディスカッションではアメリカの製薬企業3社からの研究者がそのような状況が実現した場合の企業側の考え方についても質疑応答がありました。

欧米のFEL施設を使った一連の研究の特徴として第一に60~70人の大編成の国際的チームで行っている点が挙げられます。ナノ結晶構造解析では、上記、Chapman(独)、Spence(米)だけでなく、マックスプランク研究所から2チーム、ハイデルベルク医学研究所長のIlme Schlichtingが実験チャンバーを、ミュンヘン研究所のLothar Strüder博士らのチームが検出器を担当しています。タンパク質結晶はアリゾナ州立大学のチーム、また構造解析については、アリゾナのチームに加えてバークレーの構造生物グループも参加しています。

FELの生物学研究利用でさらに注目されるのは、数学者グループが参加してタンパク質結晶構造解析、イメージング解析には全く使われていなかった多様体理論を解析手法として取り入れる検討が大変な勢いで進めていることが挙げられます。これは一枚一枚はS/Nの極めて低い、しかも、時間シーケンスが順不同な回折像から、順序が連なった実空間の動画へと再構成するもので、多少のノイズを含めたシミュレーションでは見事にバレリーナ(1人と2人の場合の二通り)の踊りが再現できることを示しています。下記のURLで大部分の発表のPDFファイルを見ることができます(<https://sites.google.com/a/lbl.gov/biology-with-fels/home>)。

ERL計画と2月28日機構シンポジウム

ERL計画の進捗状況については、PFニュースだけでなく、様々な場で情報発信させていただいていますが、KEKB高度化プロジェクトの開始に伴い2008年3月に策定したKEK全体のKEKロードマップ改訂作業を前倒して平成23年度末を目途に作業を開始することになりました。ついては、改訂の趣旨と作業過程の基本的な考え方について説明する機構シンポジウムを2月28日に開催することとなりました。タイミングとしては、今年夏くらいまでに各コミュニティでそれぞれの将来計画についての議論をまとめ秋から年末にかけて機構全体のロードマップ改訂案としての整合性を持たせる議論を行い、年度末までに、KEK現執行部としての改訂案としてまとめるという考えです。

おりしも1月31日に学術会議シンポジウム「学術の大

型施設計画・大規模研究計画(マスタープラン)に関する物理系シンポジウム」が開催され、放射光科学の将来計画については放射光学会が中心となってまとめた提案を家塚弘東大物性研所長が説明されました。この提案は、昨年、学術会議に提案し、文部科学省科学技術・学術審議会の作業部会で評価を受けた放射光計画について、放射光学会特別委員会でのサイエンスの議論と中・小型放射光施設の将来計画についての言及を加えたものです。本特別委員会ではその後も議論を重ね、3月5日東京大学で放射光学会合同特別委員会が開催され、サイエンスと施設の将来像について公開の委員会が開催される予定です。

一方、KEK内では、これまで進めてきたERL計画をさらに加速する方向で議論を進めています。新しい動きとして、超伝導キャビティー開発について共通部分のあるリニアコライダー計画との連携を図るべく「LC-ERL共同加速器開発計画の可能性」について作業グループを作り検討を始めました。上記機構シンポジウム、4月27、28日のPF研究会「PFからERLへ~私の実験はどうなる?」でも議論いたしますが、PFユーザーの方々、放射光学会とも議論をさせていただきながら、KEKつくばキャンパスの次期プロジェクトの中でもプライオリティーの最も高い計画として提案できるようにしたいと考えていますので、ご理解とご協力をお願いいたします。

ERL関連XDLワークショップ(コーネル大学)

ERL計画を強力に進めているコーネル大学のCHESSでは2006年に開催したERLワークショップシリーズの第2段を今年の6月に企画しています。Sol Gruner教授によると今回のシリーズではマシンの性能に関する議論よりは、X線回折限界の光を使ったサイエンスについてinteractiveなワークショップとしたいということで、XDL-2011(X-ray Diffraction Limit)ワークショップという名前で6つのワークショップを集中的に行います。SLAC/SSRLとともにPFも協賛となることになりましたので、PFユーザーの方々もぜひ参加をご検討ください(http://erl.chess.cornell.edu/gatherings/2011_Workshops/index.htm)。

第28回PFシンポジウム

第28回PFシンポジウムを3月14、15日につくばエポカルで開催いたします。既にポスター発表締め切りは過ぎましたが、昨年とほぼ同数の303件のポスター発表申込、昨年を上回る360以上の事前参加申し込みがあり、昨年につづいて盛況なシンポジウムとなることを期待しています。PFを使った最先端のサイエンスについての招待講演、将来計画、PFの運営についての議論だけでなく、機構からは高崎史彦研究担当理事にKEKロードマップにおける放射光について講演いただき、その後質疑応答の時間も予定しています。PFユーザーコミュニティの意見交換の場としてますます重要なシンポジウムとしたいと思いますので、当日参加も含めて、なるべく多くの方のご出席をお願いいたします。

現 状

入射器の現状

電子・陽電子入射器
加速器第五研究系主幹 榎本收志

概況

KEKBはSuperKEKBへのアップグレードのため6月30日で運転を完全に停止し、2014年夏まで4年間の改修作業に入った。2010年9-12月の入射器運転日程は以下の通りであった。

- 9月 6日 入射器立上げ
- 9月 21日 PFへ入射開始
- 9月 30日 PF-ARへ入射開始
- 10月 14日 KECBへ入射開始
- 12月 22日 全加速器運転停止

また、1-3月の予定は以下の通りである。

- 1月 13日 入射器運転開始
- 1月 24日 PFへ入射開始
- 1月 27日 PF-ARへ入射開始
- 3月 11日 PF, PF-AR, 入射器運転停止

SuperB用入射器建設の現状－陽電子ビーム増強

Budker Institute of Nuclear Physice (BINP) から10月、陽電子集束用パルス電磁石 (FLC: フラックスコンセントレータ) が到着した。FLC立上げのため要員が来日、12月まで交替で滞在しFLCと電源の組立、大気中での通電試験、磁場測定、標的を組み込んだ真空試験等を実施した。現用のパルス電磁石は約2Tであるが、今回の試験で約7Tの磁場が得られた。3月に入射器ビームラインに組み込んで試験を行う予定である(図1左)。一方、陽電子加速用Lバンド(1298MHz: master clock 10.385MHzの125倍)クライストロン試験も間もなく開始される予定である(図1中及び右)。



図1 (左) 陽電子集束用フラックスコンセントレータの磁場測定を準備する(向かって左から)BINPのPavel Martyshkinさん、入射器の横山さん、招聘研究員のIHEPのPei Guoxiさん。(中) 試験運転直前のLバンドクライストロン。(右) Lバンド用ダミーロード。

SuperKEKBのためのビーム開発も行っており、電子ビームの加速電荷量とエミッタンス増大についてのスタディを行っている。ビームエネルギー幅、ビーム軌道との相関などについてのデータを検討している。

SuperB用入射器建設のPF, PF-AR入射への影響

平成23年度政府予算案にSuperKEKB入射器用陽電子ダンピングリングトンネル工事等の予算が入り、7月に工事の一部が開始される予定となった。電子加速器長期運転計画策定・調整委員会でPF, PF-ARへの影響を検討したが、現在のところ建設工事と入射運転を問題なく両立できる見込みである。

伊 INFN との共同研究

Instituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) から11月4日研究者が来訪し12月13日まで、Cバンド加速管の大電力試験を行ったが、高電界試験が順調に進み、200 ns、

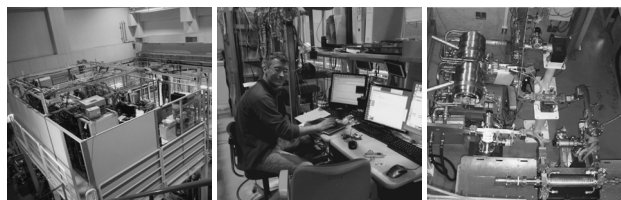


図3 (左)入射器棟の加速管テストベンチ制御ステーション。(中) 制御卓で作業中のFabio Marcelliniさん。(右) 加速管テストベンチに設置されたINFN製50cm長Cバンド加速管。

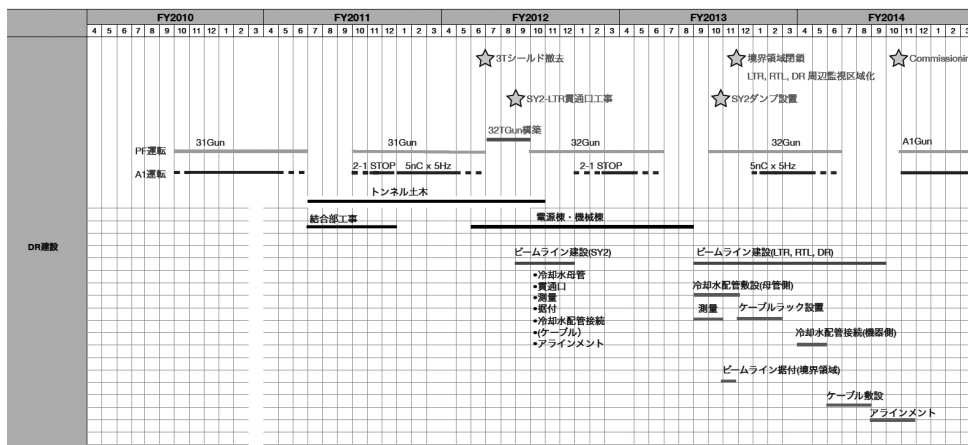


図2 SuperKEKB入射器用陽電子ダンピング施設工事と入射器運転スケジュール

110 MW(パルス圧縮器使用)入力で ~55 MV/m に達した(図3)。

新年の抱負

昨年は最先端研究開発戦略的強化費補助金で KEKB の高度化予算が認められ、平成 23 年度政府予算案にも施設整備費補助金(大型特別機械整備費)として B ファクトリー加速器の高度化が入った。本格的な建設プロジェクトの幕が切って落とされた。入射器は PF, PF-AR への入射を併行しての増強であり、既に PF, PF-AR 入射用電子銃をセクター 3 に移設するなど一歩一歩改造を進めているが、心を引き締めて新たな挑戦に臨みたい。皆様のご協力、応援をお願いしたい。

人の動きでは、昨年 12 月、英国 Daresbury 研究所から、Lei Zang さんが博士研究員として KEK 加速器研究施設に赴任し、入射器のメンバーに加わった。運転管理グループに所属して、小川、紙谷、吉田氏らとともに SuperKEKB 入射ビーム開発を行うことになった。

光源の現状

加速器第七研究系主幹 小林幸則

光源リング運転状況

PF リングの秋の運転は、大きな故障もなく大変順調であった。しかしながら、運転停止前日 12 月 21 日に立て続けに 2 回ビームダンプが発生した。12 月 8 日から 12 月 22 日まで約 2 週間の蓄積電流値の様子を図 1 に示す。12 月 21 日の 1 度目のビームダンプは RF ローレベル系のトラブル

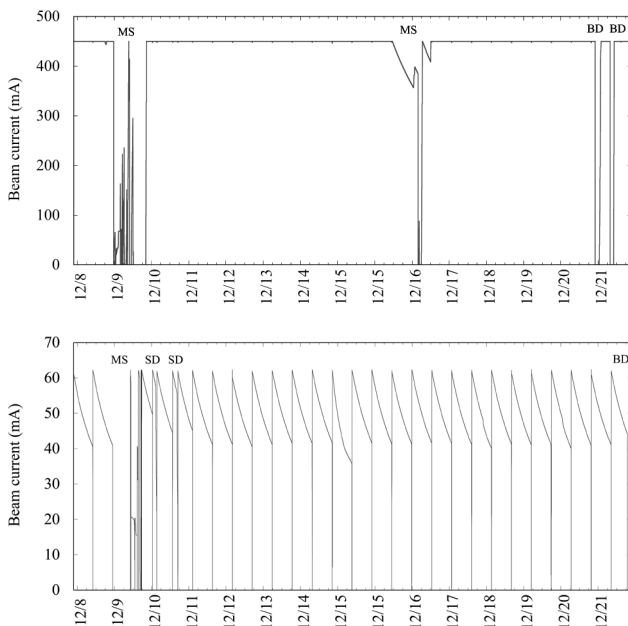


図 1 2010 年 12 月 8 日~12 月 22 日の PF リング(上図)および PF-AR(下図)における蓄積電流値。MS はメンテナンス・マシン調整日, BD はビームダンプ, SD は寿命急落を示す。

ルによるもので、動作不良の機器を予備品と交換し復旧した。これは機器の老朽化によるものであった。2 度目のビームダンプは、入射用キッカー電磁石のタイミング調整における誤操作によるものであった。「入射時のビーム振動がいつもより大きいのでは」とのビームラインからの連絡を受け調査したところ、4 台の内 1 台のキッカー電磁石のタイミングがずれていることに気がつき、調整しようと試みた。ところが誤ってタイミングをさらに大きくずらしてしまい、局所パンプが崩れてビームダンプに至ってしまった。さらに、そのビームダンプが引き金になって、超伝導ウィグラーがクエンチしてしまうということまで起こってしまった。幸い復旧は迅速に行われ 2 時間ほどのロスで済んだが、運転停止直前での連続 2 回のビームダンプでユーザの皆様にはご迷惑をおかけした。

ユーザ運転は通常多バンチモード(450.0±0.1 mA)で行われているが、パルス性を利用するユーザのため単バンチモード(50.0±0.1 mA)での運転も行われてきている。今期は 11 月 12 日 9:00 から 11 月 18 日 9:00 まで実施された。光源側では毎回単バンチ運転開始の前日に多バンチ運転からの切り替え作業として、バンチ純化の調整、および光モニターの調整を行ってユーザ運転に臨んでいる。また終了した日に多バンチ運転への切り替え作業(バンチごとフィードバックの調整など)を行ない、スムーズにユーザ運転へ移行するようにしている。トップアップ運転が行われる以前は、単バンチ運転の影響で多バンチ運転を再開した日はビーム寿命が短く、いつもよりビームロスが大きいという問題があったが、トップアップ運転では多少のビーム寿命の減少は入射頻度がわずかに多くなるという程度で解消され、全く問題ではなくなってしまう。光源側ではこれまで新しい運転モードとして、単バンチと多バンチを組み合わせたハイブリッドモードの可能性を調べてきている。単バンチ運転時の低い蓄積電流値を解消して、多バンチ運転と同様の実験を可能にするためである。この運転モードの課題は、大電流バンチと低電流の多バンチが同居する運転モードに対して、バンチ毎フィードバックがビーム不安定性を抑制できるかどうか、そしてビーム寿命の異なる多バンチと単バンチをすばやく判断して、ロスの多いバンチを選び出してビームを積み足す高速バンチ選択ができるかであった。もちろん、真空封止型アンジュレータや変換部等における真空悪化や発熱などがあれば対策を講ずる必要もあった。これら光源側の課題は基本的に解決され、今期のマシン調整日に単バンチ 50 mA と多バンチ 300 mA、合計蓄積電流値 350 mA のハイブリッドモードでのテスト運転が行われた。ビームライン側で何か大きな問題がないかどうかを調べることが目的だったが、テスト運転では特に大きな問題は見つからなかった。よって、ユーザ運転に対する光源およびビームライン側のハイブリッドモードに対する準備は整ったといえる。

立ち上げ以降 PF-AR の運転では、ビームライン側で冷却水の流量計によるトラブルが頻発し、ビームダンプがたびたび起こっていたが、11 月に入ると頻度も少なくなり、

後半は概ね順調な運転が行われていた。しかし、PF-ARにおいても運転停止直前の12月22日早朝6時過ぎにビームダンプが発生した(図1参照)。調査の結果、原因はRFのインターロックボックスに6Vを供給しているNIMビン電源の不調によるものと判明した。これも機器の老朽化によるものである。配線外し、電源交換、配線復旧作業の時間を見積もり、9時の停止までは不可能と判断し、この時点でNIMビン電源交換は諦め運転停止とした。PF-ARも運転停止直前にマシンの故障が起きてしまいユーザの皆様にはご迷惑をおかけしたが、可能な限り定期的なメンテナンスを行っているものの、老朽化している機器の故障に関しては、なかなか避けることの困難な故障であることもご理解いただきたい。

PF リング 16 番直線部バンプシステムの現状

PF リング 16 番直線部には、2 台の APPLE II 型 アンジュレータと 5 台のバンプ電磁石が設置されている。システムの目的は、ロックイン技術を用いて磁気円二色性などの物質の微小な偏光依存特性を検出することである。直列に並べた 2 台のアンジュレータを、それぞれ右回り円偏光と左回り円偏光に設定し、アンジュレータ内のビーム軌道に対して AC 的に高速で変化する局所バンプを作り、光軸を交互にずらすことで、試料には右回り円偏光と左回り円偏光の光が交互に導入される。システム全体の概念図を図 2(a) に示す。軌道スイッチングの設計周波数は 10 Hz、2 台のアンジュレータからの光を分離する為に、光軸を最大で 0.3 mrad ずらす。バンプ電磁石の長さは 15 cm、電源は ±50 V、±100 A であり、必要な蹴り角は最大 2.4 mrad、要求される電流波形は DC オフセットありの正弦波形であり、例えば 2 番目のバンプ電磁石電源は、0 A から約 60 A の間で 10 Hz に変化する正弦電流を出力する。バンプ電磁石に供給する電流波形の DC 成分と AC 成分を図 2(b) に示す。

バンプ電磁石の蹴り角 θ は、DC 成分を K_{DC} 、AC 振幅を K_{AC} 、角振動数 ω を、初期位相を φ_0 とし、さらに AC 振幅の誤差を ΔK 、位相の誤差を $\Delta\varphi$ とすると

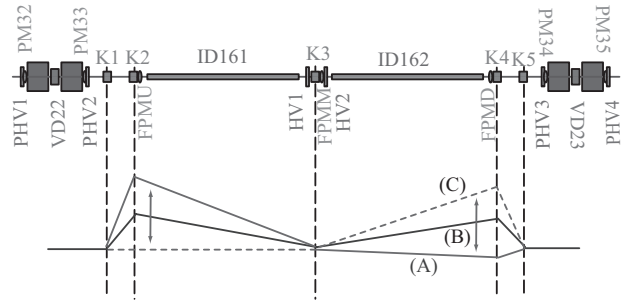
$$\theta = K_{DC} + (K_{AC} + \Delta K) \sin(\omega t + \varphi_0 + \Delta\varphi)$$

と書ける。展開して誤差の 1 次まで取ることにすると、

$$\Delta\theta_{AC} = \Delta K \sin(\omega t + \varphi_0) + K_{AC} \Delta\varphi \cos(\omega t + \varphi_0)$$

となる。振幅の誤差はバンプと同位相のビーム振動を引き起こし、位相の誤差はバンプと 90° ずれた位相のビーム振動を引き起こすことが分かる。この 2 成分はそれぞれ分離して補正する必要があるため、ビーム振動を測定する際には位相情報が必須となる。ちなみに、履歴の効果近似すると、残留磁場による振動原点の移動とみなせ、位相の誤差と同等である。また、磁場の飽和が顕著な領域では、磁場に電流の高次成分が現れるが、正弦関数の 2 乗は展開す

(a) Configuration of the system



(b) Current waveform for the bump

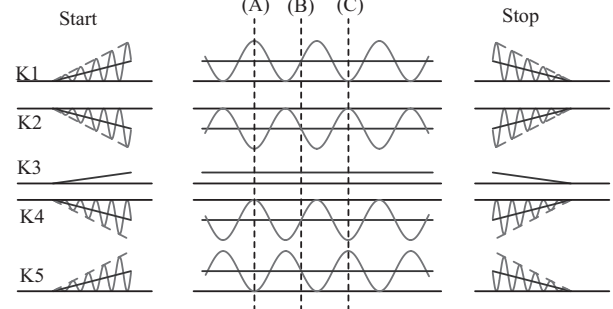


図 2 (a) 電磁石配置とバンプ軌道の概要を示す。K1 ~ K5 がバンプ電磁石、FPM はバンプ高さ及び光軸調整用の速い BPM、PM は遅い BPM、VD は遅い垂直ステアリング電磁石、HV1 ~ 2 は光軸調整用のステアリング電磁石、PHV は速いフィードフォワード補正用のステアリング電磁石である。(b) に各電磁石の電流波形を示す。あえて分かりやすくする為、光軸が若干ずれている状態を書いてある。バンプとしては、電流の DC 成分で、ID161 と ID162 の両方の内部に規定の半分の高さのバンプが作られ、それに AC 成分が加わることで、ID161 内と ID162 内に交互にバンプが立つ。(A) のタイミングでは ID161 内の軌道でバンプの高さ最大、(B) は DC 成分のみ、(C) では ID162 内でバンプ最大となる。光軸調整は DC 的な軌道補正で行うことができる。

れば高次周波数成分である為、高次周波数のビーム振動が観測される。今回使用する範囲の最大磁場およそ 0.13T では、飽和の影響はほとんど無いはずである。

PF リングの通常の BPM では、ビーム位置の測定はおよそ 1 秒周期で平均化されており、10 Hz の振動は観測することはできない。また、サンプリング間隔は約 12 ms であり、ビームが周期的な速い振動を行っている場合、エイリアシングで軌道の揺れが観測され、必ずしも振動中心としての平均軌道にならない。従って、現状では 10 Hz のスイッチングを行っている間、軌道は DC 成分、AC 成分とも専用の速い BPM を用いて測定する必要がある。速い BPM は現在、バンプ内側に 3 台、バンプ外側に 4 台の 7 台が常設されており、遅い BPM と独立に常時観測が可能である。その他、リング地下のスイッチを切り替え、ケーブルを手で順次繋ぎ替えることでさらに 16 カ所での測定が可能である。

実験ビームラインに対する光軸調整は、軌道スイッチングの有無に関わらず、挿入光源両脇の速い BPM を使いながら、DC 的なバンプで行う。スイッチングをしていない場合、2 台のアンジュレータの光軸のずれを、ビームライ

ンで 1 μrad 以内に調整することが可能であった。スイッチングありの場合、50 Hz のノイズやビーム不安定性の影響で若干精度が悪くなるが、数 μrad の精度で光軸（バンブ高さゼロのタイミングの軌道）を一致させることができた。

ユーザ実験中にスイッチングを実施するにあたり、リング全体のビーム振動をビームサイズの約 1/10 以下（水平方向約 30 μm 、垂直方向 3 μm ）に抑えることが目標となる。その為には、バンブ外側の速い BPM で振動を測定し、それを位相で分解、振幅誤差と位相誤差を求めて補正すればよい。ただし、直線部両端のバンブ電磁石はコア端間の距離で 35 cm しか離れていない為、使用する BPM の数が少ない場合、両者の誤差は分解できない。速い BPM をバンブ外側で 4 台しか用いない場合、計算による繰り返し補正よりも、手動による微調整の方が効果的な場合もあった。精密調整はまだまだこれからであるが、現時点で測定されているリング全周でのビーム振動の様子を図 3 に示す。

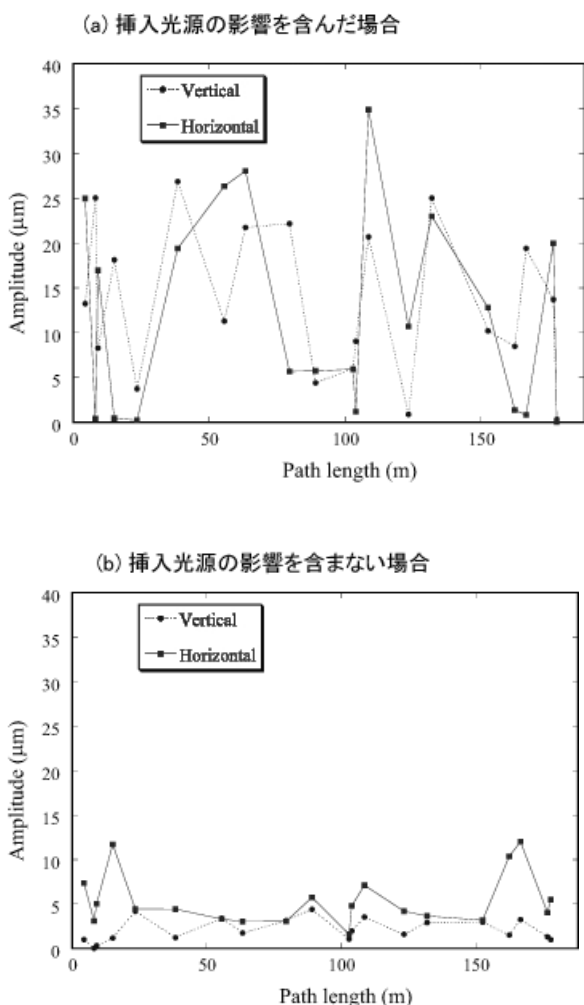


図 3 (a) は挿入光源のギャップを閉じた状態で調整途中の場合、(b) はギャップを開き、ある程度精密に補正を重ねた場合である。(a) の場合の大きなビーム振動の原因は、水平方向については補正がまだ途中であること、垂直方向は挿入光源の歪 4 極磁場の影響で、バンブが垂直方向に回ることである。水平方向については精密に補正を行えば十分に振動が抑えられると思われる一方、垂直方向は追加の補正電磁石系を使う必要がある。

現在、挿入光源のパラメータの変化によるバンブの漏れの変化及び水平垂直結合の変化に対応する為、バンブ電磁石の調整を行うだけでなく、水平垂直両方向に対して AC 的な速いフィードフォワード補正を行うことを考えており、そのための制御系を構築中である。また、バンブ外側で速い BPM による測定を簡単に行えるようにする為、ケーブルの差し替えを手動で行う代わりに、自動で速くできるようになるスイッチ系を設計、部品を手配中である。今後のスタディにおいては、スタディ時間中のスイッチング実験、バンブ電磁石誤差の精密調整と共に、フィードフォワード系のテストを行い、ビーム振動が十分に小さくなった段階で、他のビームラインでの影響調査を行う予定である。

超伝導ウィグラーのトラブルについて

PF リングの超伝導ウィグラーは、年末年始の休止期間中に一旦消磁をして液体ヘリウム補給を控え、年明け後に補給再開して 2011 年 1 月 24 日のリング立上げに合わせて再励磁をする予定でした。しかし年明け後に液体ヘリウム補給を再開したところ、予測を上回る温度上昇のため液体ヘリウムを従来以上に投入しても液がたまらず励磁に至らなかったことから、今期は超伝導ウィグラー無しでのユーザ運転開始となりました。2 月 11 日再開を目標に、液体ヘリウム貯槽内が液体窒素温度まで昇温するのを待って、液体窒素予冷からやり直すという手順を踏み、液体ヘリウム投入までこぎつけました。そして、ヘリウムの液面がある程度たまってきたところで、ヘリウム再液化機を起動しました。作業は順調に進んできたかと思われましたが、ここで再液化機のヘッドの温度が順調に下がらずに停止するというトラブルが発生しました。症状が 2001 年に起こったトラブルと類似していることから、現時点では再液化機のジュールトムソン (JT) 弁のつまりによる動作不良と判断しています。このつまりを解消するには、超伝導ウィグラーを常温に戻し、JT 弁をフラッシングする作業が必要のため、少なくとも 1 ヶ月以上の時間がかかります。その結果 3 月 11 日まで予定されている今期の運転では BL-14 を閉鎖せざるを得なくなりました。ユーザの皆様には大変なご迷惑をおかけしますが、5 月の来期立上げに向けて最善を尽くして対処いたしますので、ご理解のほどよろしくお願い申し上げます。

人の動き

加速器第 7 研究系の梅森健成さんと宮内洋司さんが、12 月 16 日付けで研究機関講師に昇任しました。梅森さんには、引き続き光源第二グループに所属していただき、高周波加速システムに関する研究・開発を、特に次世代放射光源 ERL のための超伝導空洞の開発を行っていただく予定です。宮内さんには、光源第五グループのグループリーダーを継続していただくとともに、ビームラインフロントエンドに関する研究・開発、さらに安全系の業務を担当していただく予定です。

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 伊藤健二

運転・共同利用実験

2010年のPFリングおよびPF-ARの運転は、12月22日(水)午前9時に無事終了しました。2011年の運転は、PFリングについては1月27日(木)午前9時、PF-ARについては1月31日(月)午前9時からユーザービームタイム(BT)が開始されました。二つのリングとも、第28回PFシンポジウム(3月14日,15日)直前の3月11日(金)午前9時まで運転されます。短いビームタイムですので、需要の高い挿入光源BLでは、BT配分率が50%を下回る状況も出てきています。

BL-14に硬X線を供給している超伝導ウィグラーについては、「光源の現状」にもありますように、冷凍機のトラブルにより今期のPFリング運転期間(1月27日から3月11日)において運転を行うことができなくなりました。関係のユーザーの皆さんにご迷惑をおかけして大変申し訳ありません。皆様のご理解をお願いします。5月以降の運転に万全を期すとともに、この3月で終了する当該実験課題については2011年度9月まで延長させていただきます。

2011年度の機構内予算配分が決定していませんので、年間の運転スケジュール全体をお示しすることはできませんが、春季については本号17ページのスケジュールで運転が行われます。BLによって事情は若干異なりますが、大学関係のユーザーからは、年度初めの多忙期にあたるため比較的敬遠されている4月の運転をやめ、ゴールデンウィーク明けから7月7日まで連続して運転するスケジュールにしました。ゴールデンウィークを挟むと立ち上げは2度必要ですが、連休明けからの運転開始により一度の立ち上げで済ませることができ効率的です。ユーザーの皆さんからは7月運転の希望が多いのですが、今回はほぼ1週間が7月にかかります。7月に猛暑が来ないことを祈りたいと思います。PFリングではすべてのBTを通常のマルチバンチ(MB)で運転します。前季に引き続き、今季も運転期間は2ヶ月足らずで、BT配分の競争率が激化することが予想されます。これまで、PFリングでは春季、秋季、冬季のBTにそれぞれ1週間、年間3週間のシングルバンチ(SB)モード運転が行われてきています。これはPFリングのユーザー用BTのおよそ10%になります。予算状況の悪化、SuperKEKB建設開始によりユーザー用BTの確保が難しい状況では、SBモード運転の継続について今後検討していく必要があります。PFリングでは、半周のバンチを空にして、そのうちの一つのバンチに50mAの電子を蓄積するハイブリッドモードを積極的に取り入れていくことが考えられます。MBとSBのユーザーが共存できるハイブリッドモードは、多くのユーザーにメリットをもたらす運転モードであると考えています。今後、光チョッパー利用を含めてハイブリッドモードについてさらにマシンスタディーを積み重ね、2011年度秋季のユーザー用BT

実施を目指して準備を進めているところです。SB使われるユーザーの皆様へは今季SBモード運転がなくなることをご迷惑をおかけします。が、今後のハイブリッドモードの導入で放射光パルス特性を活かした研究を行っていただく機会を増やす方向で検討させていただきますので、ご理解いただくようお願いいたします。

ユーザーの方へリングの運転状況をリアルタイムでお届けする「運転情報配信システム」を2011年5月から運用開始する予定で準備が進んでいます。Webベースですので、どこからでも情報を得ていただくことができます。提供URLについては、別途お知らせします。また、同じ情報が実験ホール内のモニターで確認できるようになる予定です。

ビームラインの改編・統廃合計画

PFリングでは2005年に行われた直線部増強を最大限に活用するためにビームライン整備が引き続き行われています。このようなBLの再編・統廃合はPFリングに限ったことではなくPF-ARについても進められています。PFリングにおける2005年4月の実験ステーションの数は60でしたが、2011年1月現在では、46まで減少しています。中長直線部のBL-13およびBL-16は、2005年にはHXとVSXのハイブリッド・ビームラインとなっていました。現在ではVSX専用ビームラインとして整備されています。BL-1, 3, 15, 17にはSGUが設置できる短直線部です。2005年春時点では、BL-17に最初のSGUビームラインが建設中でしたが、現在、BL-17に加えてBL-1とBL-3がSGUビームラインとして整備されています。PF-ARの2005年4月の時点で、当時建設中のNW10とNW14を除いて全実験ステーション数は8でした。現在では、挿入光源を光源とする実験ステーションが5、偏向電磁石を光源とする実験ステーションが3で、挿入光源BLにアクセントを置き、高エネルギーX線実験および時分割実験が推進されています。

BL-16Aは高速可変偏光スイッチング測定が行える軟X線分光BLで、PFが強力に推進しているユニークなBLの一つです。2010年夏のシャットダウン中に、念願であった2台目のアンジュレータが設置され、10月以降、左右円偏光の高速スイッチングによる極微小なMCD信号の検出を実現し、これを利用実験に提供するための調整が行われています。技術的には難しい問題が多いのですが、スタディーを重ねるごとに性能は着実に向上しており、0.1%以下の極微小なMCD信号の取り出しが間もなく可能となります。また、BL-16AはAPPLE-II型のアンジュレータを採用しているため、水平・垂直直線偏光の高速スイッチングも可能になります。これを波長分散型XAFSと組み合わせることによって、表面における化学反応中の化学種と配向の変化のリアルタイム追跡を可能にすべく、2011年からスタディーを開始します。詳しい状況については、3/14, 15のPFシンポジウムで報告させていただきます。

上述のように、BL-1, 3, 17には、すでにSGUを光源

とするHX用BLが整備され、利用研究が行われています。唯一残されたBL-15については、2009年春に建設提案を受け付け、ヒアリングを実施し、施設内部だけでなく関係ユーザーグループの方々にも加わっていただいて検討を重ねてきました。現在のところ、SGUの高輝度ビームを活かし、X線小角散乱法によるブロックポリマーやナノコンポジット材料の薄膜不均一性測定、生体膜の構造変化測定、ナノドット材料の表面界面構造の研究、マイクロXAFSによるナノ材料開発、触媒材料の機能解明の研究、そのほか低エネルギーX線を用いたコヒーレントイメージングによる電子デバイス・生体試料の観察、などを展開する方向で検討を進めています。検討状況や今後の計画については、3/14、15のPFシンポジウムでご紹介する予定です。一方、現在のBL-15ではA、B1、B2およびCの4実験ステーションを使った利用実験が行われています。これらの移転先についても同時に検討を行っており、中でも、BL-15Aについては同じような光学系を組むことが可能なBL-6Aへの移転を小角散乱ユーザーグループと共に煮詰めており、既にハッチ及びデッキの建設が開始されています。

BL-12Aは、主として軟X線領域における光学素子評価に関する実験が行われてきましたが、BL-11Dが光学素子評価素子専用BLとして整備されましたので、2010年12月を以って閉鎖しました。

PFの安全について

昨年の12月のことですが、実験装置を冷却するために、実験ステーションに持ち込んだHeデュワーからHeを取り出す作業で大学院生が低温やけどを負う事故が起きました。Heデュワーの二つの内圧上昇防止用バルブがいずれも閉となっており、内圧が上昇していることに気がつかずHe取り出し口のゲージポートを緩めたところ、噴出したHe蒸気が同大学院生の手を曝露しました。この大学院生は、このような作業の経験が浅く、片手にHe汲み出し治具を握っていたこと、また予測していなかったHe蒸気の噴出でパニックに陥りおよそ10秒間冷たいHe蒸気を浴びることになり、病院へ治療を受けるほどの低温やけどを負いました。この事故では、いくつかの問題があります。HeデュワーはPF実験ホールの液体窒素くみ出し室に用意されており、実験者が必要に応じて実験ステーションに持ち込みます。このケースでは実験ステーションに持ち込まれたまま、内圧上昇防止用バルブが閉のまま数時間放置されていました。通常は、このバルブを開としてHe回収ダクトに接続しておくのが正しい処置ですが、それがなされていませんでした。当該実験グループのメンバーは3人が作業していたのですが、その間のコミュニケーションが取れていなかった、つまりバルブが閉になっていることが共通認識になっていませんでした。おそらくHe取り出し作業をする大学院生がこのような作業に不慣れであったと想像できますが、最大のミスは、このバルブの状態をチェックしなかったことです。また、片手で取り出し口のゲージポートを緩めようとしたこと、さらに片手にHe汲み出し

治具を持っていたため、両手が塞がれており適切な対応ができなかったことも問題でした。さらに付け加えるならば、寒剤用手袋を着用していれば今回のケースでも凍傷には至らなかったのではないのでしょうか。

前々回、電気安全についてお願いをしました。残念ながら、漏電件数の顕著な減少は見られず今後とも電気安全についてはユーザーの皆さんのご協力をお願いするところです。PFで起きている電気に関するトラブルは、作業者の知識不足に起因する 경우가ほとんどです。今回の低温やけどもその例外ではありません。安全に関する教育は、どうしても最後に回され往々にして不十分な状態で、PFでの実験に臨まれることが多いのではないのでしょうか。実験責任者の方はもとより、現場で指導的な立場にある方には、経験の浅い共同研究者への安全教育をぜひ徹底していただくよう強くお願いします。

研究上の安全確保に関することではありませんが、KEK内では警備の強化が進められています。KEKでは最近売り払い対象とした廃材の盗難が頻発しており、研究室、実験施設の管理徹底を図っています。とくにキャンパスへの車両の出入りは警備強化が進められています。すでにお気づきのように、出構ゲートは常時カードによる開閉操作が徹底されており、夕方のラッシュ時にはご迷惑をおかけすることになりますが、どうぞご理解とご協力をお願いします。

人の動き

PFでは、小角散乱のBLサイエンティストを長年にわたり求め続けてきましたが、その願いが叶い2011年4月1日から清水伸隆さんに特別准教授として着任していただけることになりました。清水さんはPFの小角散乱BLの一つであるBL-10Cを用いて光受容タンパク質に関する研究を行い、博士論文をまとめられました。その後、SPring-8では主として微小結晶構造解析を目指しBL41XUの高度化を行ってこられました。これまで小角BLのユーザー支援は直接的にはユーザーグループの方々をお願いしてきました。今後は清水さんを中心に小角BLの整備を行っていただくと同時に、新しい小角用BLの建設に関する検討を進めていただけるものと期待しています。

波長・角度同時分散型時分割X線反射率計の開発を進めている松下正ダイヤモンドフェロー（元物構研副所長）の研究計画が先端計測分析技術・機器開発「要素プログラム」に採用されました。このプロジェクト経費を用いて、Wolfgang Voegeliさんに4月1日から特任助教としてPFに来ていただくことになりました。Voegeliさんは、現在東京大学物性研究所の特任研究員（3月末まで）として表面X線回折法を用いてSi結晶表面上の金一次元鎖状構造およびその金属・絶縁体相転移について研究をされていますが、今後は松下さんと協力してX線反射率計の開発研究を加速していただけると思われます。

PF関連で、3件の人事公募が行われています。電子物性グループの教授（物構研10-9）、構造物性グループの教

授（物構研 10-10）、生命科学グループの准教授（物構研 10-11）で、いずれも締め切りは3月18日です。詳しいことは、18～20ページをご覧ください。

大学連携

KEKは大学共同利用機関で、大学の研究者との連携は非常に重要です。PFでも数々の大学との連携事業を進めてきています。具体的には、協定書に基づく共同研究の推進、実験装置およびBLの建設などが挙げられます。北海道大学では、PF懇談会長でもある触媒センターの朝倉清高教授を中心に連携事業が進められており、2011年4月からはPF内に北大分室を設置することになっています。具体的には、旧放射光施設長室（PF研究棟206号室）を改装して大学連携室として整備し、一つのコーナーに北大の教員の方が常駐されることになっています。また、同室は、ユーザーの方々から登録していただいた学位論文をまとめて皆さんに閲覧していただけるように資料室として整備することも進められています。

PF シンポジウム

PF ニュースの本号でも紹介されているとおり、3月14日（月）と15日（火）の2日間にわたり、エポカルつくばで第28回PFシンポジウムが開催されます。プログラムも<http://pfwww.kek.jp/pf-sympo/28/index.html>に掲載されています。PFの運営、将来計画など多くの問題について、ユーザーの皆さんからご意見を伺える貴重なシンポジウムですので、多くの皆さんにお出でいただくようお願いいたします。また、PF懇談会のあり方についても、懇談会長を初めとして幹事の皆さんと検討を進められているとのことですので、第28回PFシンポジウムが実り多いものになることを期待しています。

KEK サマーチャレンジ

昨年8月末に物構研としては初めてKEKサマーチャレンジに参画しました。物質・生命コースへは30人、素粒子・宇宙コースへは60人の学生（主として大学3年生）が参加されました。大学の先生方、大学院生などのご協力をいただき、大きな収穫を得たことは、PFニュースで報告させていただいているところです。このような事業は継続が重要ですので、2011年度も8月19日（金）から27日（土）の9日間に広げて上述の2つのコースを持つKEKサマーチャレンジ2011を開催する準備を進めています。KEKのスタッフだけでは到底できる行事ではありませんので、2011年度も皆さんのご協力、ご支援をお願いしたいと思います。

ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

2011 年のはじめに

2011年の新年を迎えて、ERLプロジェクトの第一歩となるコンパクトERLの建設がいよいよ最も重要な年となることを実感しています。後で述べますが、ERLの加速器技術の開発は、KEKの加速器研究施設を中心にして、国内外の研究機関との協力のもとに確実に切り拓いてきています。そのような中、今年のもっとも重要なことは、ユーザーの皆様に「ERLをぜひPFの後継機として実現してほしい！」というさらに強いメッセージを出していただくこと、またそのような環境作りを行うことが推進室の重要な役割と理解しています。さも無ければ、どんなに加速器の方々がERLの困難な加速器技術を切り拓いても、PFの後継機としての先端放射光源であるERLの実現は困難となるでしょう。今後、研究会等の企画を整えていきますのでどうぞ活発な参加をお願いする次第です。

情報発信関係の推移

冒頭に述べましたように、ユーザーの皆様にERL計画の内容を先ず理解いただくことが重要と考えて昨年から以下のような情報発信を進めてきています。

11月6日に大阪大学で開催された「真空・表面科学合同講演会」にて「次世代放射光源・ERLの概要とその光源特性」と言うタイトルで座長の大門先生のご配慮で招待講演を行う機会をいただきました。ERLおよび共振器型XFELの放射光の性質とその利用および技術開発に関して講演させて頂きました。

12月7-8日に行われた物構研シンポジウムでは、国際シンポジウムとして、DESYからEdgar Weckert氏、Heinz Graafsma氏、Henry Chapman氏、APSからYuri Shvyd'ko氏（図1）、SPring-8からAlfred Baron氏が招待講演を行い



図1
講演中の Yuri Shvyd'ko 氏 (APS)



図2
講演中の G. Lawrence Carr 氏 (BNL)

ました (<http://imss-sympo.kek.jp/2010/index.html>)。ERL 計画の状況説明を私が講演し、cERL から 5 GeV クラス ERL と XFEL-O の将来ビジョンを説明しました。APS の Yuri Shvyd'ko 氏からは、XFEL-O の核心部であるダイヤモンド結晶を用いた X 線共振器のフィージビリティに関してその性能評価と戦略の講演を頂き、SPring-8 の Alfred Baron 氏からは現在 SPring-8 で展開している X 線非弾性散乱の将来展開において、ERL 計画の XFEL-O に強い期待を含めた講演を頂きました。一方、DESY の Edgar Weckert 氏からは、DESY で進めている PETRAIII のプロジェクト、FLASH、ユーロ XFEL の現状と将来展望、Heinz Graafsma 氏からは次世代 X 線検出器の開発状況、Henry Chapman 氏からは最新の LCLS の XFEL によるコヒーレント X 線を用いた微小結晶構造解析のホットデータの紹介が行われました。このシンポジウムでユーザーの方々に SASE-XFEL と ERL、XFEL-O の違いとそれぞれの利用研究における役割の違いが明確になってきていると理解しています。

1 月 7-10 日には、日本放射光学会年会・合同シンポジウムにおいて、「ERL プロジェクトの現状とその利用への期待」と題する企画講演を行いました。この企画講演のプログラムは以下の通りで、私から全体計画概要の現状説明をした後に、主に近未来的に cERL をベースにして展開可能となるコヒーレント THz 光源利用を BNL の G. Lawrence Carr 博士に、レーザー逆コンプトン散乱 X・ γ 線源利用研究を KEK の兵藤講師、JAEA の羽島グループリーダーにご講演頂きました。

日本放射光学会年会・合同シンポジウムでの「ERL プロジェクトの現状とその利用への期待」企画講演

- 1) cERL/5 GeV-ERL/XFEL-O 計画の概要と開発の現状 (KEK・ERL 計画推進室/河田 洋)
- 2) Intense Coherent THz Pulses from the NSLS Source Development Laboratory Photo-injected Linac and Applications in Ultra-fast Material Dynamics (BNL / G. Lawrence Carr)
- 3) レーザー逆コンプトン微小 X 線光源による X 線イメージングの応用研究 (KEK・物構研/兵藤一行)
- 4) レーザー逆コンプトン γ 線の現状と cERL での展開 (JAEA・ガンマ線核種分析研究グループ/羽島良一)
- 5) 総合討論

さらに、BNL の G. Lawrence Carr 博士には、1 月 11 日に KEK の 4 号館セミナーホールで、コヒーレント THz 光の利用研究に関する展望を、「Characteristics of Coherent THz Pulses Produced as Transition Radiation from the NSLS SDL Photo-injected Linac」のタイトルでじっくりと講演頂きました (図 2)。ハーフサイクルのテラヘルツの強電界場中の種々の物質応答をポンププローブ実験で解明しようとするもので、コンパクト ERL での研究対象として興味深いものでした。詳細は以下のサイトを参照頂ければ幸いです。 (http://www.kek.jp/imss/contents/imss_seminar/index.html)。



図 3 中国科学院高能物理研究所 (IHEP) からの研究者と。

html)。

また、PF 懇談会のユーザーグループによる PF 研究会でも、7 月の XAFS、構造生物をはじめとして、1 月には X 線トポグラフィ、3 月には磁性薄膜・多層膜といった研究会で ERL 計画の内容を紹介させていただいています。3 月の PF シンポジウムでも、将来計画のセッションで現状と展望を紹介いたしますのでぜひご参加ください。そして、前号から案内しておりました「PF から ERL へ ～私の実験はどうなる?」“From PF to ERL What is our next step?” の PF 研究会を PF 懇談会会長の朝倉清高・北大教授の呼びかけの下、4 月 27 - 28 日に KEK の小林ホールで行う予定です。多くのユーザーの方々の参加と意見交換を元に ERL 建設へと結びついていくことを期待しています。詳細は近日中にホームページで紹介いたしますのでご参加ください。

また、利用研究だけではなく、高輝度電子銃という加速器技術に根ざしたミニワークショップが 1 月 18 日に開催されています (<http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/IHEP/index.html>) (図 3)。中国科学院高能物理研究所 (IHEP) で予定されている ERL の入射部開発の一環として、先ずその根幹部である高輝度電子銃の製作を進めたいという状況の下、IHEP の加速器研究者が、1 月 17 日～24 日の期間、KEK で開発している高輝度電子銃視察のため来所されましたが、その機会に上記のミニワークショップを開催した次第です。

ERL プロジェクトの推進に向けて

ERL プロジェクトの推進には、コンパクト ERL の建設が加速器技術を構築する上で非常に重要です。また一方で、その技術を利用した利用研究の推進も、加速器建設を推進する上で非常に重要です。その観点から、以前からコンパクト ERL 利用研究として、高強度のコヒーレントテラヘルツ光の利用、およびレーザー逆コンプトン散乱 X 線、 γ 線の利用という看板を掲げてきています。そして、その γ 線利用に関して、日本原子力研究開発機構から特別枠に

「レーザー逆コンプトン散乱 γ 線源利用核共鳴蛍光非破壊測定実証試験（H23年度～H25年度）」が提案されています。これは、KEKで建設を進めている次世代放射光源開発研究の加速器（コンパクトERL）を利用して、核不拡散のセキュリティー装置開発も進めようというものです。昨年末に、その関係者である羽島良一グループリーダーに、この実証試験に向けての特別枠の予算化が進む旨の内示がありました。このことはERLにおける電子ビームの高輝度性に期待されていることが認められたことを示しており、その実現に向けて大いに弾みの付くこととなりました。

また、ご存知のようにKEKでは次期計画としてSuperKEKBの建設が開始され、にわかにSuperKEKB以降の大型計画（建設）の概念設計（ロードマップ）の議論の必要性が高まっています。ERLに関しては、「少なくともコンパクトERLに関して2012年度末には運転を開始する。」というロードマップは具体化しているものの、2012年度以降の計画に関してはこれから構築していく必要があります。そのような中で、次期の大型計画としてKEKのERL推進室とLC推進室との間で、「LCとERLで開発を進めている超伝導技術を融合させて、一つの先端放射光加速器の建設に融合できるか？」と言うことに関して、技術的なタスクフォースが立ち上がりました。12月24日の第1回のキックオフミーティングで技術的開発課題の整理が行われ、バンチ構造、RF源、超伝導空洞、冷凍設備という基幹設備において、「ERLのCW運転とLCのパルス運転が両立できるか否か」の検討が開始されています。そして、そのようなERL計画の推進の方向性や、またコンパクトERLの建設状況と展望に関して、第3回のERL計画推進委員会を2月23日午前中にKEKで開催し、加速器や利用研究の専門家、そして機構の責任者の皆様からご助言を頂く予定です。

コンパクトERLの建設・開発状況

図4に今年度はじめに行った評価専門委員会で提案したタイムスケジュールを示します。幸いにして、評価専門委員会で評価頂き、KEKの内部処置で5億円の年度当初配

Construction Plan of the Compact ERL

Fiscal Year	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Building/Infrastructure		Radiation shielding etc.		Building & Infrastructure			cERL Operation
Gun & Drive laser (including low-energy BT)					Beam test (AR south)	Beam test (East Counter Hall)	
Superconducting Cavities				Injector cavities	Installation/horizontal test		
				Main-linac cavities	Installation/horizontal test		
RF Sources				High-level RF			
				Low-level RF			
Liquid-He Refrigerator							
Recirculation loop (Magnets & Vacuum)	Lattice design	Magnets/PSs					
		Vacuum etc.					
Beam instrumentation /Control							

図4 cERLの建設スケジュール



図5 旧ビームラインの上流部に敷かれていた、放射化した鉄板およびモルタルの除去作業の様子。

分を頂いた結果、多少の遅れはありますが、ほぼこの計画に沿った形で建設、開発が進んでいます。ERLの心臓部である超伝導空洞は、入射部空洞、主加速空洞の両者ともに三菱重工で高圧ガスの対策を施し（届出を含めて）、製造が進められており、2011年度末から2012年度頭にかけてKEKに搬入される予定です。また前号でお知らせしたように、来年度は、その加速器本体を収納する放射線シールドの建設が最も重要な東カウンターホールでの建設となります。現在、その詳細設計が進められており、遅延無く2011年度当初に業者に発注できるように準備が進められています。その建設を進める上で、東カウンターホールでの昨年度残された撤去・および新たに発生した改修作業の中の、

- 1) 旧ビームラインの上流部に敷かれていた、放射化した鉄板およびモルタルの除去作業
- 2) 旧ビームライン直下のピット内に残された放射化物の回収と処分
- 3) 東カウンターホール改修工事の際に塗り残された床部分の塗装作業

が、順次進められ、今年度末（3月末）には全て終了する予定です。図5は上記の1)の鉄板の除去作業のときの写真で、放射化物粉体の拡散を防ぐために、4m四方の防塵ハットを用いて、順次、鉄板およびモルタルの除去作業が安全に進められました。

超伝導空洞と並んで重要な開発要素である高輝度電子銃の開発およびその開発拠点を、関係者（宮島司助教、本田洋介助教、山本将博助教、内山隆司技師、松葉俊哉特別共同利用研究員）の努力によって、PF-AR南実験室に構築してきていますが、昨年10月に、いよいよ電子ビーム評価ビームラインの設置が終了し、200kV・DC電子銃に接続して、その評価ビームラインの立ち上げを開始しました。電子銃から発生した電子ビームの軌跡追跡のためのスクリーン、ビームハンドリングのためのソレノイド、スリット、そしてバンチ長測定のための偏向空洞を配置していますが、それらが問題なく動作することを確認し、いよいよ電子銃から発生した電子ビームのエミッタンス等の情報を測定・評価することができるようになりました（図6）。

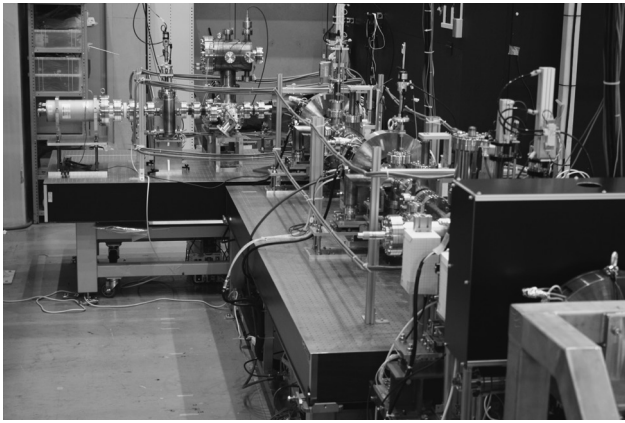


図6 PF-AR 南棟で立ち上げられた電子銃の電子ビーム評価ビームライン

そこで、高輝度電子銃でもう一つ重要な開発項目であるフォトカソード材料の評価試験をこのラインを用いて開始しています。

ERL 放射光源の入射器に要求されるビーム性能は、(1: 大電流モード) ビーム強度 77 pC/bunch, 規格化エミッタンス 1 mm-mrad, あるいは、(2: 低エミッタンスモード) ビーム強度 7.7 pC/bunch, 規格化エミッタンス 0.1 mm-mrad, です。大電流モードでは、強い空間電荷効果のなかでエミッタンスの悪化をどこまで抑えてビームを輸送することができるかが鍵となります。逆に低エミッタンスモードでは、バンチ電荷を抑えて、カソード性能でできる初期エミッタンスのビームを用います。この要求仕様は、フォトカソードとして bulk-GaAs 結晶を 530 nm 帯のレーザーで励起することで、ある程度満足できる範囲であると考えられていますが、高ビーム強度かつ低エミッタンスの電子源への要求は益々広がってくるのは必至です。そのような将来の高性能化を見越して、bulk-GaAs では達成し得ないビーム性能を実現できる新型のカソードの開発を進める必要があります。

名古屋大学の竹田美和教授をはじめとする名古屋大学の研究グループでは、結晶成長装置を用いて、バンド構造を自在に設計したカソードを製作する技術を用いて、従来、偏極電子源用の半導体カソードを開発してきました。この実績を ERL 用のフォトカソード開発に応用し、より低エミッタンスを実現するフォトカソード開発を加速器科学総合支援事業の支援のもとに共同開発として開始しています。低エミッタンス化には、カソードのバンドギャップに近い光子エネルギーで光励起するのが有効で、800 nm 帯のレーザーが必要となります。ただし、この組み合わせでは時間応答が悪く、レーザーのパルス長に対して長いテイルを持ったビームになってしまうことも分かっており、カソードの活性層の厚みを制御することで、応答性とエミッタンスを両立したものを開発するというのが開発の方針です。いよいよ 2010 年 12 月に、名古屋大学で作成した最初の新型のカソードが運び込まれ、その評価試験を開始しました。まだ、準備実験の領域ではありますが、励起レーザーの波長の違いによるエミッタンスの変化、パルスレーザ

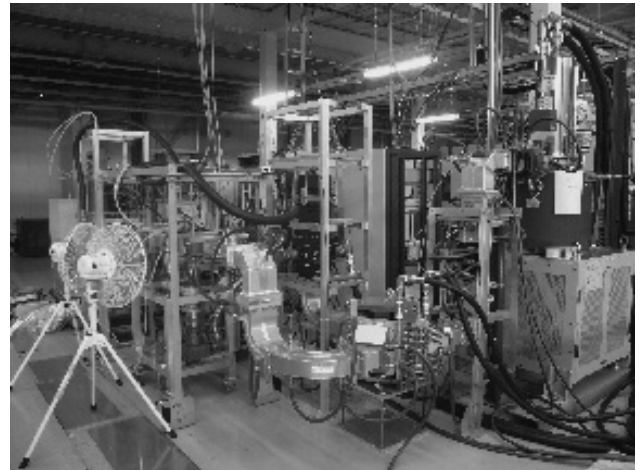


図7 300 kW クライストロンと入力カプラーテストスタンド



図8 RF 源の配置 (左に 300 kW クライストロンと中央に 30 kW IOT)。2 階部のプレハブ内では low level RF の準備を進めている。

ーで励起した場合のビームの時間構造等のデータが系統的に得ることができてきています。この結果を踏まえてカソードの構造とビームの特性の関係のモデル化を行い、カソード開発を系統的に進めていく予定です。

一方、東カウンターホールにおける RF 源の整備は加速器研究施設第 5 系の福田茂樹教授の研究グループの下で着実に行われています。昨年度末に PF 電源棟における 300 kW クライストロンによる入力カプラー試験を終了後、システムを分解し東カウンターホールへの移動を 5 月後半から開始し、7 月にはほぼ終了しました。300 kW 大電力クライストロン系は冷却系や電力供給系統の準備が昨年度末より行われて来ましたが、その電源が東カウンターホールに 7 月に納入され、RF 出力試験が行われました。ダミー負荷の下で、当面 cERL で予定されていた運転要求を十分に満足する 270 kW までの出力性能を確認しました。この 300 kW のクライストロンが立ち上がったことを受け、前段加速超伝導空洞を開発している加古准教授グループによる入力カプラー試験が再度実施されました。この入力カプラー試験 (図 7) も、当面の cERL で予定している運転要求を十分に満足するものであり、その結果を元に前段加

速空洞の製作が進められています。一方、主加速空洞用の RF 源である 30 kW・IOT も、原子力機構から譲渡された電源を用いて出力試験を行い、これも 11 月に RF 出力 27 kW まで達し、無事に立ち上げが順調に進んでいます(図 8)。現在、この IOT の RF 源を用いて、主加速部空洞の入力カプラー試験が進められ、1 月末に良い結果が得られています。

以上のように、コンパクト ERL の建設・開発は加速器研究者の皆さんの努力によって一步一步ではありますが、2012 年度末のコンパクト ERL 運転開始に向けて着実に進められてきています。

課題審査制度とビームタイム配分について

PF-PAC 委員長 野村昌治

課題審査制度とビームタイム配分状況

既にご承知のことと思いますが、PF の実験課題の主たる部分は G 型で、採択された課題は最長 2 年間有効となっています。有効期間を半年程度の 1 期とし、利用可能な時間分のみ課題採択をする施設と比較して、この方式では一定以上の評点を得た課題については、中期的な見通しの上で計画的に研究を進められ、研究の進捗状況に応じて計画を修正できるというメリットがあります。一方で、課題の採択が必ずしもビームタイムの配分を保証するものでないという側面も有しています。

このような長い課題有効期間は APS, ALS, NSLS, SSRL といった米国の施設にも多いようです。このような施設では、課題の採択率は比較的高く、一方でビームタイム配分率が抑えられています。例えば ALS の場合、運転期毎に変わりますが、平均ビームタイム配分率が 38.5% で、混雑しているビームラインでは 16% と記されています (<http://www-als.lbl.gov/index.php/user-information/user-guide/354-proposal-study-panel-scores.html>)。ちなみに米国では 1 点が高評価で、数字が増すに従い、評価が下がります。

PF で 2010 年度に採択された課題の約 50% が 3.2 点以上となっています。より詳しい分布は http://pfwww.kek.jp/users_info/pac_application/ から辿って、ご覧ください。希望日程の制約等が厳しくない限り、多くのビームラインでは、平均より高い評点の課題には必要とされるビームタイムがほぼ配分されていると思われます。一方、今年 1～3 月は運転時間が短いこともあり、全体平均のビームタイム配分率は 73% となっています。特にアンジュレーターを光源とする軟 X 線のビームライン (BL-2, 13, 16, 28) や構造物性関係のビームライン (BL-3A, 4C) では、ビームタイムの配分率が 60% を切り、平均より有意に高い評点の課題 (BL-16 では 4.0 点) でないとビームタイムを配分出来ない状況が生じています。予算の削減を食い止め、増額へ持っていくためにも、インパクトのある研究成果を創出し、効果的に広報することにご協力をお願いします。

既にお知らせしていますが、意に反して低い評点を受けた課題や、研究の進捗により一層高い評価を得られると期待される課題については再申請が可能です [1]。

ビームタイム配分指針

PF では以下の基本方針の下、ビームライン担当者がビームタイム配分の原案を作成し、グループミーティング、ビームタイム配分委員会で承認しています。

- 1) 各ビームラインの特徴を生かし、最高・最大の研究成果を創出すると期待される配分を行う。
- 2) 基本は PAC の評点を尊重する。
- 3) PAC の評点に基づかない方が、1 の目的を実現出来ると判断する場合は、その理由をビームタイム配分委員会資料に記す。
- 4) 他機関との協定等に基づき、配慮を行う必要がある場合も過度な調整は行わない。最大 0.3 点以内の調整可。

論文登録

ユーザーの皆様のご理解を頂き、2010 年には 800 報の論文が PF 出版データベースに登録されました。論文を登録すべきか迷った時は出版データベースのサイトに用意してある“Publication Database Q&A”を参照してください。

PF を使って基礎的な研究開発をした後、他施設を利用して最終データを得た場合、PF を使った意義を多くの方に理解していただくためにも、謝辞等で明記いただくようお願いいたします。このように PF の名が明記された論文は出版データベースに登録してください。

お手数でも、各論文と課題番号の対応付けをお願いします。実験責任者ごとの課題リストを近日中に web に掲載する予定であります。

[1] Photon Factory News, 28 (2), 14 (2010).

●●●●● プレスリリース ●●●●●

**ビフィズス菌の効率的な代謝に関わる
酵素の構造を解明した**

2010年11月1日

ビフィズス菌は、高効率の特殊な解糖系（糖の代謝経路）を持つことが知られています。ビフィズス菌の特殊な解糖系の鍵となる酵素「ホスホケトラーゼ」の立体構造を解明しました。ホスホケトラーゼが触媒する、チアミンニリン酸（活性型ビタミンB1）を利用した脱水反応や、その結果生じる中間体にリン酸を付加してアセチルリン酸を生成する反応など、そのメカニズムの詳細が明らかになりました。

この研究は、東京大学大学院農学生命科学研究科のグループが、京都大学および石川県立大学と共同で行ったものです。X線回折データ測定には PF および SPring-8 が用いられました。

（東京大学のホームページより要約。詳しくは <http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/topics101029.html> をご覧ください。）

**異常糖タンパク質を捕まえるレクチン OS-9
の立体構造を解明—糖鎖を目印とするタンパク質の品質管理の仕組みを解く—**

2010年12月23日

体を構成する1つ1つの細胞には小胞体と呼ぶ細胞のタンパク質工場（細胞小器官）が存在し、タンパク質が正しく機能するように監視しています。工場の中では、タンパク質が正しい折り畳み立体構造をつくるようにさまざま反応が繰り返されたり、正しい立体構造を形成することに失敗した異常タンパク質を正常な立体構造に戻したり、分解したりするなどの品質管理システムが働いています。これを「小胞体品質管理機構」と呼びます。

理化学研究所の基幹研究所糖鎖構造生物学研究チームらは、PF-ARのNE3A、SPring-8のBL26B2、台湾放射光施設（NSRRC）のBL13B1を用いて、異常なタンパク質を捕まえるレクチン「OS-9」の立体構造をX線結晶構造解析と核磁気共鳴解析で解明するとともに、糖タンパク質のマンノースが切り取られた異常型の糖鎖を選択的に認識する仕組みを解明しました。

（理化学研究所のホームページより要約。詳しくは <http://www.riken.go.jp/r-world/info/release/press/2010/101223/> をご覧ください。）

**微生物でレアアースの回収が可能に
—バクテリアがレアアースを濃縮する現象を
発見—**

2010年11月17日

国立大学法人 広島大学
大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
財団法人 高輝度光科学研究センター

全体概要

広島大学大学院理学研究科地球惑星システム学専攻・高橋嘉夫教授らの研究グループは、ある種の微生物の細胞表面では周囲（微生物が存在しない部分）に比べてレアアースを高濃度に濃縮する現象を見出しました。またレアアースの中でも特に希少価値の高い元素が選択的に濃縮することを発見しました。そして、その濃縮メカニズムを放射光を用いたX線吸収法（EXAFS法）により明らかにしました。

レアアース（希土類元素）は、ハイテク産業には不可欠な金属資源で、その安定供給は日本国内でも大きな問題となっています。レアアースは、「ランタン」から「ルテチウム」までのランタノイド15元素とスカンジウム・イットリウムからなる17元素の総称であり、鉱石からはこれらの元素の混合物として得られます。ハイテク産業で利用する場合は、特定のレアアース元素を分離精製して用いるため、レアアース元素の回収技術と共に、レアアース元素相互の分離技術の確立が極めて重要です。

研究グループは、バクテリア細胞表面にレアアースが高濃度に濃縮することを見出し、X線吸収法で分析することにより、その濃縮がバクテリア細胞壁に含まれるリン酸基との結合によるものであることを解明しました。

レアアースがバクテリア細胞表面で高濃度に濃縮する現象は、レアアース資源の開発、リサイクルにおけるレアアースの回収及び相互分離において、バクテリアを利用した手法が有用であることを示します。

本研究成果は、アメリカ地球化学会の学術雑誌『*Geochimica et Cosmochimica Acta*』誌の平成22年10月号に掲載されました。

■論文タイトル：EXAFS study on the cause of enrichment of heavy REEs on bacterial cell surfaces

日本語訳：EXAFS法を用いたバクテリア細胞表面における重希土類元素の濃集の原因に関する研究

続きは KEK プレスリリースをご覧ください。

（<http://www.kek.jp/ja/news/press/2010/RareEarthElements.html>）

●●●●● プレスリリース ●●●●●

KEK フォトンファクトリーにおけるはやぶさサンプルの解析について2011年1月17日
高エネルギー加速器研究機構

独立行政法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）のはやぶさ搭載の帰還カプセルにより持ち帰られ、サンプル収納容器から採集された微粒子のサンプルについて、KEK フォトンファクトリーにおきましても、X線回折、および蛍光X線を用いた構造解析を行うことになりましたので、発表いたします。

今後の詳細な解析スケジュールと取材対応につきましては、追ってKEKのwebページおよび報道機関へのご案内にて連絡いたします。

詳しくはJAXAのwebページをご覧ください。

http://www.jaxa.jp/press/2011/01/20110117_hayabusa_j.html

●●●●● 「はやぶさ」特設サイト開設！ ●●●●●

KEKでは「はやぶさ」特設サイトを開設しました。「はやぶさ」微粒子分析の最新情報を掲載していきますので、どうぞご覧下さい。

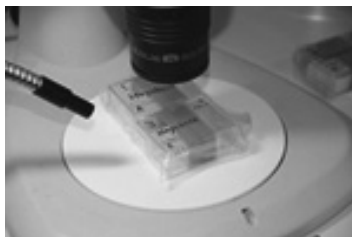
●●●●● HAYABUSA-PF 「はやぶさ」微粒子分析ホームページ ●●●●●

<http://hayabusa.kek.jp/>

●●●●● ★掲載情報の一例★ ●●●●●

2/3（木）朝、KEK フォトンファクトリーでのビームタイムが終了しました。1週間にわたる実験は24時間休むことなく、交代で行われました。実験が実際に行われたのかは、今後このサイトで少しずつお伝えする予定です。この日は、引越しさながらに荷造りをし、一行はPFを後にしました。

中村智樹准教授は「実験は上手くいきました。素晴らしいデータがとれました。」と笑顔で語りました。この分析結果は3/7（月）からアメリカで行われる月惑星科学会議（LPSC2011）で発表される予定です。日本では3/14（月）から行われるPFシンポジウムにて講演予定です。

**KEK フォトンファクトリーにおける「はやぶさ」微粒子の初期分析について**2011年1月21日
高エネルギー加速器研究機構**概要**

小惑星探査機「はやぶさ」搭載の帰還カプセルにより持ち帰られた微粒子のうち、岩石質と同定された約1,500個のほぼ全てが小惑星イトカワ由来であると示されました。今回PFで分析される微粒子は、それより大きな岩石質粒子であり、今後の分析によりイトカワ由来であるかが明らかにされます。また、これらの微粒子には太陽系起源の謎を解く重要な情報があると研究者たちは期待しています。

電子顕微鏡等によるこれまでの調査で得られた微粒子の情報は表面から数マイクロメートルまでの情報と主成分の構成です。より詳しく知るためには、微粒子全体の元素組成や、その微粒子に含まれる結晶の種類や存在度、さらに結晶構造を調べる必要があります。このような微小試料の元素組成や結晶構造を調べるには放射光という強力なX線が必要不可欠です。

東北大学大学院理学研究科の中村智樹（なかむら・ともき）准教授を代表とする実験グループは微粒子の構成元素、構成鉱物とその結晶構造の情報を得ることを目的として、PFの実験ステーションBL-3Aを用いてX線回折分析および蛍光X線分析を行う予定です。

中村氏は1999年よりPFを利用し、惑星間塵と始原隕石のX線回折実験を行ってきました。2007年にはNASAの探査機「スターダスト」が持ち帰った彗星塵の初期分析および詳細分析としてPFにおいてX線回折分析も行っており、放射光X線の有用性と実験のノウハウを蓄積してきました。これらの経験を踏まえ、今回の分析に至ります。（続きは、KEK プレスリリース <http://www.kek.jp/ja/news/press/2011/HayabusaSample2.html> をご覧下さい。）



BL-3A に設置されたガンドルフィカメラ

写真奥の白い壁の向こうから伸びるビームパイプにより導かれるX線はガンドルフィカメラ（中央、銀色の円筒形の物体）内に照射される。