

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

4～6月の運転日程は以下の通りであった。

- 4月 3日 PF 運転開始
- 4月 10日 PF-AR 運転開始
- 4月 11日 KEKB 運転開始
- 4月 28日 PF, PF-AR 運転停止
- 5月 8日 PF 運転再開
- 5月 10日 PF-AR 運転再開
- 6月 30日 KEKB 運転停止
- 7月 2日 PF-AR 運転停止
- 7月 3日 PF, 入射器運転停止

KEKB は例年、年度末—年度始めは休止しないが、今年 はクラブ空洞組込み工事のため休止した。しかし、工事は完了せず、夏期保守期間に持ち越した。入射器の4～6月の運転は2167時間で、概ね好調であった。総故障時間は39時間3分(運転時間の1.8%)、入射遅延は7時間36分(同0.35%)であった。PFへの入射は27時間23分(同1.3%)、PF-ARへは20時間5分(同0.9%)、入射遅延はPF42分、AR0分であった。

主なトラブル

Bセクターのモジュレータ故障(6/28)、マスターオシレータトラブル(6/19)で、それぞれ112分と87分、KEKBへの入射が滞った。また、5/1, 5/3, 6/13, イオンポンプ電源故障がつづき、それぞれ37分、53分、25分、KEKBへの入射が遅延した。PF, PF-ARへの入射トラブルは少なかったが、4月中、実験のために組込んだCNT(Carbon Nano Tube)電子銃の真空悪化が断続的につづき、数分ずつ合計40分余り入射が遅れた。

入射改善の効果

入射改善の第1期工事が昨年夏の保守期間中に行われた。この結果、昨秋から、PFとKEKB入射の切替が以前に比べて短時間になったことはすでに報告したが、その後の改善も加わって入射効率も上がり、入射が安定してきた。図1は2005年1月から2006年5月までの、PFリングへの入射効率をプロットしたものであるが、図中に破線の矢印で示すように、蓄積効率に向上が見られると同時に、効率のばらつきが小さくなり、入射が安定してきたことがわかる。今年の夏の工事では、入射器ビームをPFビーム輸送路に振り分ける分岐電磁石系がパルス電磁石とパルス電

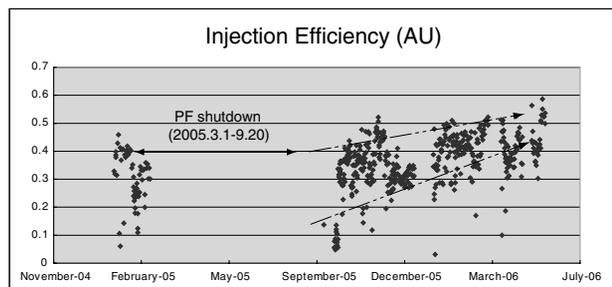


図1 2005年1月-2006年5月のPFリングへの入射効率(値は未校正)。

源に置き換えられる予定である。今夏中に試験を行い、結果をみて、現在の直流電磁石系から移行する予定である。

クライストロン運転統計

現在使用している入射器の大電力クライストロンはPF建設以来、第4世代に当たる。初代は電子銃に酸化陰極を用いた30MW管、第2世代は電子銃形状の改良(低電界化)型、第3世代はバリウム含浸型(BI)陰極を用いた30MW管、そして、第4世代はKEKB用に設計・開発した50MW管で、電子銃の高電圧化の他、RF出力窓の改良などを重ねたものである。クライストロンは電子ビームのエネルギーの安定化に直接影響を与える重要な要素であり、また高価である。したがって、クライストロンの開発と改良は常に入射器グループの重要な課題の一つであった。

入射器では、低速陽電子用リニアックを含めると現在60本の50MWクライストロンが稼働している。KEKB実験開始後、入射器の年間運転時間は7000時間を越えるが、従来の実績から、実験開始以前に想定したクライストロンの平均寿命は約4年(28,000時間)であった。すなわち、消費本数が4年間で60本、年間平均15本程度を想定していた。今年3月でKEKB実験開始以来7年経過したが、消費したクライストロン総数は41本、年平均約6本である。これは、上記の予想を大幅に下回っている。最近では、電子銃陰極や出力窓の故障は殆どなく、故障の原因は殆どが自然なカソードのエミッションの低下である。稼働中の管の平均運転時間は34,000時間であり、図2に示すように6万時間近く運転を続けている管が13本もあり、さらに平均寿命を延ばしそうである。

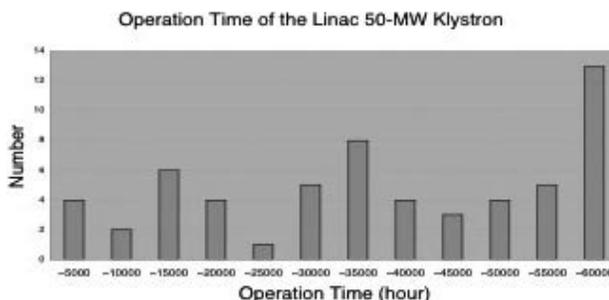


図2 稼働中の大電力クライストロンの積算運転時間の分布。

夏期保守

昨年のような大きな工事はないが、例年のようにクライストロンの交換や各種電源、モニターの点検、整備、制御、安全系の保守などが、集中的に行なわれる。また、入射改善の項で報告したように、分岐電磁石のパルス化の工事、試験が行なわれる予定である。

PF 光源研究系の現状

放射光源研究系主幹 春日俊夫

PF

前号で、前年度の運転最終日に起こった B05-06 間の繋ぎ管についているアブソーバー水路側から真空路へのリーク事故を報告した。春季の休止期間中にその対策を行い、今年度の運転を 4 月 3 日に開始し、10 日にユーザーランに入ったことも同号で報告したとおりであるが、再開直後 4 月 16 日に B22-23 間の繋ぎ管についているアブソーバー水路側からのリーク事故が発生した。急遽予備品と交換し 4 月 18 日にユーザーランを再開することができた。前年度末の事故も今回の事故も同一構造部からのリークであり、同一原因によるリークと思われる。両者と同じ構造のアブソーバーは 28 個あるので、急遽夏季シャットダウン中に全数を交換する決心をし、予算措置を行った。これらのアブソーバーは 1997 年より約 9 年間使用してきたものであり、寿命が尽きたものと思われる。今年度前期の運転中に同種アブソーバーからのリークがあった場合の対策を考慮していたが、幸いにして運転停止日までに再発は起こらなかった。

今までも何回か報告したが、PF、PF-AR、KEKB 両リング、計 4 リングへの同時入射プロジェクト (Vol.22 No.4 の PF 頻繁入射の項参照) が進行中であり、いよいよ PF のトップアップ運転が視野に入ってきた。トップアップ運転を実現するためのマシンスタディが精力的に行われた。放射線レベルの問題や、ビーム入射系をファイアしたときの蓄積ビームへの影響等が調べられている。概ね、すべての課題はクリアできそうである。

縦方向バンチ毎フィードバック系のためのキッカーを製作中である。夏季の休止期間にリングに組み込み、秋以降縦方向ビーム不安定現象の安定化テストを開始する予定である。現在、シンクロトロン周波数の 2 倍の周波数で高周波加速系に位相変調を行うことで抑えていた不安定現象がより一層安定化されることが期待される。なお位相変調によりバンチ長が引き伸ばされ、ビーム寿命が長くなる効果もあったが、トップアップが実現すればビーム寿命は問題とならなくなる。

6 月 30 日にユーザーランを終了し、7 月 3 日までマシンスタディを行った後、今年度前期の全運転を終了した。夏季休止期間中に前記の問題アブソーバーのついた繋ぎ管の交換、前記キッカーの組み込み等の作業を行い、後期の運

転は 10 月 2 日に再開し、10 月 10 日にユーザーランを開始する予定である。

PF-AR

2006 年度の運転は 4 月 10 日に開始した。約 1 週間のマシンスタディと焼きだしのための期間を経て、4 月 17 日にユーザーランを開始した。既報のように、幾つかの空洞下流側とテーパー管の接続部で周期的にリークが起っていた。該当接続部の冷却により大部分の場所のリークは解決したが、東直線部 2 番空洞の下流側からのリークは根治できなかった。増し締めを行っても 1 週間ないし 10 日を経ると、入射のためビームを捨てるときにリークがおこった。ビームを捨てることによる急激な温度変化が原因と思われるので、ビームをゆっくり (数分をかけて) 捨てることとした。これにより、完全に解決したわけではないが、頻度、リーク量等は軽減した。空洞とテーパー管には若干のアライメントエラーが認められており、これをベローズを介して接続しているが、ここに無理があるのかもしれない。夏季休止期間中に再アライメントを行う予定である。また、蓄積ビーム電流を捨てることによる真空路の急激な熱負荷の変動を避けるため、入射を行う前に蓄積中のビームを捨てずに入射エネルギーの 3 GeV まで減速し、そこにビームを継ぎ足すことを考えている。減速試験は 6 月末のマシンスタディ時に成功している。

前号で述べたように、NW-14 に設置した斜行揺動型テストアンジュレータの性能試験を行った。左右円偏光の高速切り替え (0.8Hz) が確認できた。このテストアンジュレータは夏季休止期間中に撤去し、本番 (2 台目) の真空封止型アンジュレータを組み込む予定である。

PF-AR は通常は単バンチ運転を行っている。一方、医学応用では単バンチ運転は必要ないので、大電流単バンチが真空路内に誘起する強い電磁場を避けるためには多バンチ運転を行う方が有利である。(医学応用は 5GeV で運転を行っているため、加速高周波電力には余裕がある。) この場合、ビーム不安定現象が問題となるが、現在のところ安定化用フィードバック系の周波数帯域の制限より、2バンチ運転までしか対応できていない。フィードバック系を改良し、32バンチ程度での運転の実用化を図りたい。

今年度前期の運転は 7 月 2 日に終了した。夏季休止期間中に前記の NW-14 のアンジュレータ交換等の作業を行い、後期の運転は 9 月 25 日に再開し、10 月 2 日にユーザーランを開始する予定である。

放射光科学第一・第二研究系の現状

放射光科学第二研究系主幹 河田 洋

運転・共同利用実験

平成 18 年度第一期 (4~7 月) の PF リングの運転は 4 月 3 日から立ち上げを開始し、4 月 10 からゴールデンウィークの休止期間をはさんで 6 月 30 日まで共同利用が行われました。一方 PF-AR は 4 月 10 日から立ち上げが開始され、4 月 17 日からゴールデンウィークの休止期間をはさんで 6 月 30 日まで共同利用が行われました。いくつかの小さなトラブルはあったものの、概ね順調な運転が行われました。

利用に関わる光源系のマシンスタディーとして PF リングではトップアップ運転に向けた合同スタディーが行われ、ビームシャッターを開けた状態での入射時の放射線レベル測定、また入射のキッカー電磁石を運転した状態でのビームラインにおけるビーム強度の揺らぎ測定が行われました。放射線レベルに関しては現在のところほとんど問題がなく、更に慎重に合同スタディーを積み重ねて、トップアップ運転ではないものの、ビームシャッターを閉じないで入射を行うモードを先ず確立することが検討されています。その運転では完全にビームラインコンポーネントの熱問題を解決するには至りません。しかし、現状の入射時に光学素子が完全に冷えることがなくなりますので、再度熱平衡に達するまでにかかっている時間を大幅に短縮することが期待されています。早ければこのような運転モードを次の第二期運転のどこかで導入することを考えています。一方、ビーム強度の揺らぎは若干観測され、その解決を今後も合同スタディーを積み重ねます。もちろん、最終的にトップアップ運転まで到達することを目標としています。PF-AR では NW14 に斜行遙動型テストアンジュレーターが今期導入され、そのパフォーマンスのテストがビームライン側と合同で進められました。その結果、楕円偏光 X 線の発生、及びその極性切り替えテストに関して非常に良いパフォーマンスが確認されました。詳細は関係論文にまとめられると思いますのでそちらをご覧ください。

ビームラインの建設等

昨年度から建設を進めておりました BL-17A の微小タンパク質結晶構造解析ビームライン、NW14 の腰原 ERATP O ビームライン、NW10A の高エネルギー・高速スキャン XAFS ビームラインはいずれも順調に立ち上がり、既に利用実験が精力的に進められる状況となっています。また、前号でも紹介しておりましたように、新 BL-3A に構造物性のミニボールビームラインの建設、旧 BL-3A のアクティビティを BL-6C へ移転、BL-3B、3C の改造、BL-16A の閉鎖、BL-28B の建設等の種々の建設・改造・移設作業がこの夏の休止期間中に進められています。いずれのビームラインも第二期運転開始後、ビームラインの立ち上げ、調整を行った後に共同利用実験を開始いたしますので当初共同利用実験を行うことは出来ませんがご了解ください。

詳細は p6 の関係記事を参照ください。

一方、4 月から新執行部のもと、昨年末の外部評価の結果を踏まえてビームラインの再整備計画のアクションプランを PF 内部スタッフ、ユーザーの皆さんとキャッチボールを行って制定していくことを前号で施設長から報告いたしました。しかし、BL-16 の整備計画 (高速可変偏光軟 X ビームラインの整備計画) に関しては時間的制約からそのプロセスを十分に取ることが出来ず、内部での慎重な議論、関係する研究会等でのアクティビティの把握、そして研究計画検討部会での議論の末、今年度及び来年度の 2 年計画で Apple-II の軟 X 線可変偏光アンジュレーターを 1 台導入してそれに対応する可変偏光軟 X 線アンジュレータービームラインを整備し、それによって展開される研究を推進することを決定しました。残念ながら予算の問題から 2 台の Apple-II アンジュレーターとパルスマグネットのシステムを同時に導入して高速可変偏光軟 X 線ビームラインを始めの段階から実現することはできませんが、内部関係者は一丸となって可変偏光のバージョンでのすばらしい研究成果の創生に取り掛かりますので、関係するユーザーの皆様もぜひご協力いただくことをお願いいたします。

一方、新しい高輝度ビームラインを立ち上げていく中で、PF 実験ホールの床の安定性の問題が浮き彫りとなってきています。人の体重によって床面が歪み、光学素子 (X 線集光ミラー) の角度を変化させることによってビーム強度が変化することが BL-17A 及び BL-5A で観測されています。それらのビームラインでは一部入域を制限する表示がありますが、上記のビーム強度変化を臨時的に防止するための処置です。抜本的な対策を行うまでご協力ください。

人の動き

物構研 05-9 の真空紫外・軟 X 線領域でのビームライン光学系や新しい実験法の開発を行う助教授として雨宮健太氏が選任されたことが前号で紹介しましたが、6 月 1 日に着任されました。着任早々に大変重い責務ですが、正に上記の可変偏光軟 X 線ビームラインの設計、製作そしてそれを用いた新しい利用研究の創生の中心的なスタッフとして活躍いただくことをお願いしております。

ERL 計画推進室報告

ERL 計画推進室長 河田 洋

4 月からスタートした ERL 計画推進室は、発足以来すでに 6 回の検討会を持って、各開発要素の検討項目の調査及びその開発に向けての検討、具体的なスケジュール、予算等の多岐にわたる検討作業と、「KEK がこのような体制で ERL 計画を本格的にスタートした」ということを内外にアピールするという情報発信の作業を両輪として進めてきています。



図1 ERL計画推進室のホームページ

表1 これまで開催されてきた ERL 検討会と今後の予定

- ・第1回 2006年2月24日(金) 15:00～
PF 研究棟 2階会議室
- ・第2回 2006年3月16日(木) 13:00～
4号館 2階輪講室
- ・第3回 2006年4月7日(金) 15:00～
KEKB コントロール棟会議室
- ・第4回 2006年5月9日(火) 13:30～
3号館 7階会議室
- ・第5回 2006年6月9日(金) 13:30～
PF 研究棟 2階会議室
- ・第6回 2006年7月6日(木) 14:00～
PF 研究棟 2階会議室
- ・第7回 2006年9月6日(水) 14:00～
PF 研究棟 2階会議室(予定)

情報発信に関しては、先ず皮切りに KEK のホームページ上の News@KEK に「未来のフォトンファクトリー、～ ERL 計画推進室がスタート～」を掲載し、推進室の発足及びその位置付けを発信しました。続いて推進室ホームページを開設し(図1参照)、検討会の進捗状況、その議事メモ、関係資料の掲載をしております(<http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/index.html>)。ご関心のある方はご覧ください。また、国際的には DESY で開かれました ICFA (5月15～19日) の Workshop on Future Light Sources に ERL 計画の現状を口頭発表「Status of the ERL projects at KEK and JAEA」(坂中, 羽島), 及び将来計画ポスター「Future light source at the Photon Factory」を発表し、加速器の分野において国際的に「KEK は原子力機構との協力の下に ERL プロジェクトを次世代放射光施設の位置付けで開発をスタートした」ことを宣言しました。その発表資料も上記のホームページ上に記載してありますのでご興味のある方はご覧ください。一方、SRI2006(大邱, 韓国)では既に ERL のプロトタイプの建設を始めている CHESS(コーネル大学)

の所長, 副所長と今後の協力関係に関して相談を行い、基本的に MOU を結んで研究協力関係を構築していくことを前向きに検討することで合意しました。一方、国内では8月2～4日に仙台で開催される加速器学会で ERL 計画の概要を報告する予定です。また、日本放射光学会で開かれている「先端的リング型光源計画特別委員会」の一環で行われる「第3回次世代光源計画ワークショップ—先端的リング型光源が開くサイエンス—」では、KEK・ERL 計画からの情報発信を行う予定です。

ERL 加速器の各開発要素の検討は、全体の ERL 検討会でそれぞれのワーキング・グループもしくは関係者の間で検討した事柄を報告していただき、それをベースに全体で議論をする形式で進めています。検討会は基本的にテレビ会議システムで行い、KEK, 原子力研究機構, 東大物性研, SPring-8, 分子研を結んで行われています。表1に示すように、既に6回の全体の ERL 検討会を行い、全体設計, 超伝導キャビティー, 電子銃及びレーザー開発, 冷凍機設備, 軌道設計, 実証機開発場所(元冷中性子実験棟)の整備等々の第1次的な検討結果, 各グループの開発項目, 必要開発経費, スケジュール等の情報がそろってきています。今後, その他の検討項目に関して検討結果を合わせて, 具体的な開発研究計画の立案を行う予定です。

PF リング直線部増強計画に伴う ビームラインの改編・統廃合について

放射光科学第二研究系 河田 洋

PF では直線部増強によって生み出された直線部を活用して研究成果を上げるべく、挿入光源を光源とするビームラインの整備を、既設のビームラインの移動・改廃を伴いながら、順次進めています。2006年夏季には、BL-3の改造, BL-16Aの閉鎖, BL-28の第2ブランチの建設などが行われています。詳しくは以下をご覧ください。

●ミニポールアンジュレーターを光源とする BL-3A の建設とマルチポールウィグラービームライン BL-16A の閉鎖

既に PF のホームページ「PF リング直線部増強計画に伴うビームラインの改変・統廃合について(2005年6月17日)」(http://pfwww.kek.jp/whats_new/announce050617.html参照)でもお知らせしてきましたように、ミニポールアンジュレーターを光源とする BL-3A の建設を進めており、2006年10月以降は、マルチポールウィグラービームライン BL-16A のアクティビティを BL-3A に移すこととなります。これにより BL-16 はアンジュレータ専用のステーション(BL-16B)として運用されます。

新 BL-3A は、エネルギー領域 4 keV-14 keV, 水冷平板二結晶モノクロメータとトロイダルミラーの光学系で、現在 BL-16A で利用中の四軸回折計と 8T 超伝導マグネット付

きの二軸回折計をタンデムに常設します。移相子をビームラインに組み込むことで、入射X線の偏光をコントロールする事も可能となります。横方向の角度発散がBL-16Aより狭くなる一方、総フォトン数はやや減る見込みです。

新BL-3Aは2006年夏のシャットダウン期間に建設し、10月より立ち上げを開始します。共同利用実験に使えるようになる時期などは、見通しが立ち次第PFホームページでお知らせ致します。

● BL-3の改造(旧BL-3AのBL-6Cへの移設等)

上記のように、BL-3にアンジュレータステーションが建設されることに伴い、従来のBL-3Aの回折計などの装置はBL-6Cに移設されます。新しいBL-6Cの光学系の制御はSTARSによる汎用制御ソフトウェアで行う予定で、2006年秋から移設に伴うビームライン及び装置類の立ち上げを計画しています。このBLの秋以降の運営に関しては、追ってアナウンスさせていただきます。

なお、BL-3Bは、新BL-3A建設に伴って一部改造がありますが、性能等に変更はありません。BL-3C2と3C3は統合してBL-3Cとなります。いずれも立ち上げ・調整後に利用実験を再開する予定です。

● BL-28Bの増設

アンジュレータビームラインBL-28では、実験効率を向上させるため、第2ブランチ(BL-28B)の建設を進めてきました。2006年10月以降光導入及びビームライン調整を開始し、その後利用可能となる予定です。

●●●●● プレスリリース ●●●●●

放射光の特性を活かし 擬一次元金属の電子状態を直接観測

2006年5月25日
高エネルギー加速器研究機構
九州大学
高輝度光科学研究センター

放射光科学研究施設の若林裕助助手を中心とする研究グループは、擬一次元金属物質の電子状態を直接観測することに成功した。

化学的に多様な修飾が可能な分子性物質は、超伝導や磁場応答を示すものなど新機能性材料として注目されている。このような分子性物質の究極の状態のひとつが一次元金属物質(一直線上にしか伝導性を示さない)である。今まで知られていた通常のX線構造解析やラマン散乱などの測定方法では、擬一次元金属物質の中で伝導性を担っている電子の状態を直接観測することが難しかった。今回の成果は、金属的な伝導を示すこの一次元の世界での電子の特異な振る舞いを、若林助手らが放射光X線回折を用いて初めて明らかにしたものである(続きは下記「KEKプレスリリース」を参照)。

この記事は5月26日付けの日刊工業新聞と日経産業新聞、6月9日付けの科学新聞に掲載された。

(参照 URL)

★ KEK プレスリリース

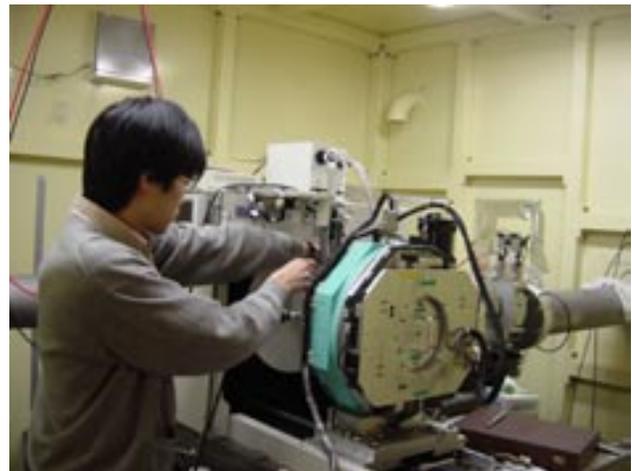
<http://www.kek.jp/ja/news/press/2006/MMX.html>

(問い合わせ先)

高エネルギー加速器研究機構

物質構造科学研究所 教授 澤 博
物質構造科学研究所 助手 若林 裕助
広報室長 森田 洋平

(TEL: 029-879-6047)



KEK-PF ビームライン BL-1A で使用したX線カメラ

●●●●● プレスリリース ●●●●●

千倍高感度なX線 CTにより 疾患モデル動物のがんやアルツハイマー脳 の観察に成功

2006年6月12日

筑波大学

(株)日立製作所

アステラス製薬(株)

高エネルギー加速器研究機構

筑波大学人間総合科学研究科武田徹講師の研究グループは、株式会社日立製作所、アステラス製薬株式会社、高エネルギー加速器研究機構と共同で、疾患モデル動物のがんやアルツハイマー脳を無造影で三次元観察することに成功した。観察にはKEKのウィグラー放射光を用い、従来のX線撮影法より千倍高感度なX線CT技術を適用した。

本X線CT技術は、1997年から日立、KEKと共同で開発してきた「結晶分離型・位相コントラストX線撮像技術」と呼ばれている。この技術を用いて今回、生きたマウスの表在がんに対し、抗がん剤を投与し、がんの壊死状態を経時的に三次元観察したり、アルツハイマー病モデルマウスの脳標本内に斑点状に蓄積したアミロイド斑の分布を、高い空間分解能をもって三次元観察することが可能となった。これにより、病理観察や疾病メカニズムの解明、将来的には新薬創生への貢献が期待される(続きは下記「KEKプレスリリース」参照)。

この記事は、6月13日付けの朝日新聞、日本経済新聞、日経産業新聞、毎日新聞、日刊工業新聞、茨城新聞、東京新聞の各誌に掲載された。

(参照 URL)

★ KEK プレスリリース

<http://www.kek.jp/ja/news/press/2006/CT.html>

★ News@KEK

<http://www.kek.jp/newskek/2006/mayjun/CT.html>**(問い合わせ先)**

高エネルギー加速器研究機構

広報室長 森田 洋平 (TEL: 029-879-6047)



筑波大で行われたプレス発表にて

お知らせ

平成19年度後期 フォトン・ファクトリー研究会の募集

放射光科学研究施設長 若槻壮市

物質構造科学研究所放射光科学研究施設(フォトン・ファクトリー)では放射光科学の研究推進のため、研究会の提案を全国の研究者から公募しています。この研究会は放射光科学及びその関連分野の研究の中から、重要な特定のテーマについて1~2日間、高エネルギー加速器研究機構のキャンパスで集中的に討議するものです。年間6件程度の研究会の開催を予定しております。

つきましては研究会を下記のとおり募集致しますのでご応募下さいませようお願いします。

記

- 開催期間 平成19年4月~平成19年9月
- 応募締切日 平成18年12月15日(金)
[年2回(前期と後期)募集しています]
- 応募書類記載事項(A4判、様式任意)
 - 研究会題名(英訳を添える)
 - 提案内容(400字程度の説明)
 - 提案代表者氏名、所属及び職名(所内、所外を問わない)
 - 世話人氏名(所内の者に限る)
 - 開催を希望する時期
 - 参加予定者数及び参加が予定されている主な研究者の氏名、所属及び職名
- 応募書類送付先
〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所事務室
TEL: 029-864-5635

* 封筒の表に「フォトン・ファクトリー研究会応募」と朱書のこと。

なお、旅費、宿泊費等については実施前に詳細な打ち合わせのうえ、支給が可能な範囲で準備します(1件当たり上限50万円程度)。

また、研究会の報告書をKEK Proceedingsとして出版していただきます。