

KEK 放射光計画の実現に向けて Commitment to realizing the KEK-LS Project

村上洋一 KEK 物質構造科学研究所 放射光科学研究施設

KEK は、物質・生命科学を中心とする学術研究の発展とイノベーション創出における次世代放射光施設の重要性、現在の PF および日本の放射光施設の現状、そしてコミュニティからの強い期待に鑑み、35 年にわたる PF における放射光利用の経験と、KEK のもつ高い加速器技術をはじめとするリソースを最大限に活かして、最先端の次世代放射光施設(KEK 放射光)の創設を目指しています。KEK 放射光のミッションは以下の通りです。

○世界最高レベルの高輝度放射光を用いてトップサイエンスを創出するとともに、最先端の研究・開発を通して、日本の未来を支える人材を学術界から産業界にわたって幅広く育成します。

○我が国に不可欠な先端基盤研究施設として、トップサイエンスに端を発する幅広い研究を展開し、多種多様な学術研究および産業応用研究を支えます。

これを実現するために KEK 放射光は、光源性能およびビームライン性能はもちろん、ビームライン群の多様性・立地条件・運営体制・利用形態・経済性・安定性・使い易さなどを含めたトータルパフォーマンスとして、世界最高の放射光施設を目指しています。KEK 放射光は、長期間にわたって蓄積リング型放射光源として世界最高のパフォーマンスを維持し、最先端の研究成果を創出し続けることによって世界の放射光科学の発展を先導します。KEK 放射光では、学術界から産業界にわたる全ての研究者に対して開かれた共同利用研究を推進する必要があります。最先端の光源性能と独創的な発想に基づく新たな実験技術・測定手法の開発を推進できる環境を整えるとともに、そうした開発を経て確立された測定手法については自動測定を積極的に導入して、高スループット・即応体制を実現します。

今後、KEK 放射光の概念設計に対し、日本放射光学会からの専門的なご意見の他、より広範囲からのご意見を頂くことにより、更なる検討と改訂を進めていきたいと考えています。具体的な設計につきましては、日本の放射光科学のグランドデザインに関する議論や技術的な検討の進展などを踏まえて、適宜、更新していく予定です。今回の PF シンポジウムでは、KEK 放射光の施設運営に関する議論や、ビームライン検討のための情報共有と議論なども行う予定です。KEK 放射光計画の実現に向けての今後の取組について、是非、活発なご議論をお願い致します。

CDR ver.1 紹介、改訂方針の紹介 CDR ver.1 and its revision

雨宮健太・KEK 物構研

2016年10月31日に、KEK放射光CDR (Conceptual Design Report) ver.1を公開しました (<http://www2.kek.jp/imss/notice/2016/10/311900.html>)。CDR ver.1は、以下の9章から構成されています。

1. 次世代放射光施設の必要性
2. KEK放射光のコンセプト
3. 施設運営
4. サイエンスケース
5. 産業利用
6. 光源加速器
7. ビームライン技術
8. 測定技術
9. 建設予算

本講演では、CDR ver.1の概要、および今後の改訂方針を紹介します。

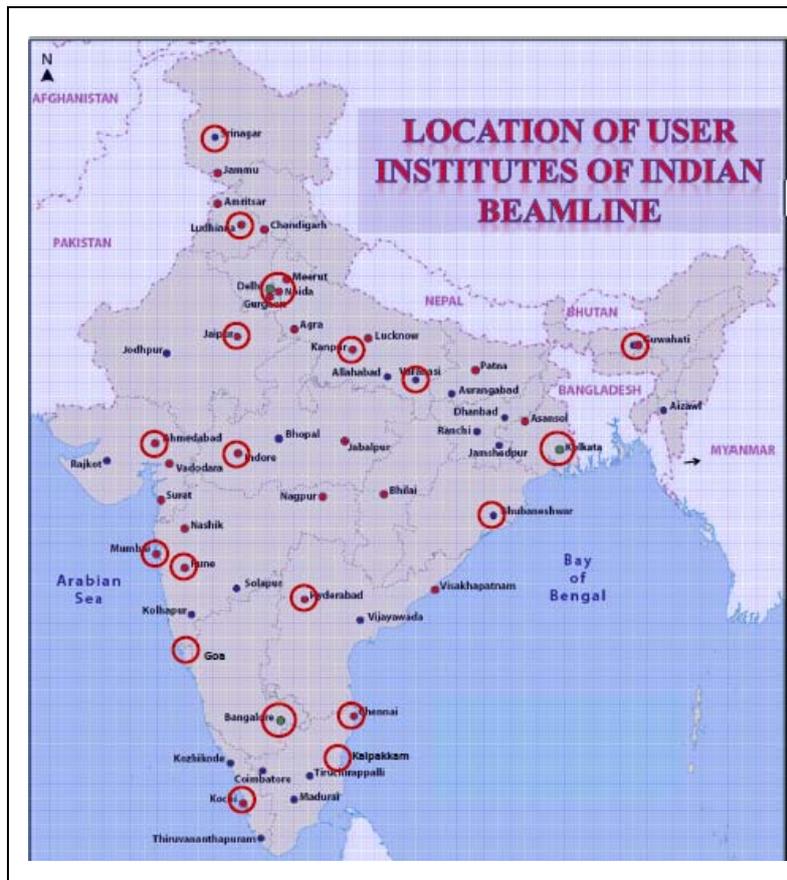
このCDR ver.1は、9月上旬に暫定版を公開した後、9月11,12日の第1回KEK放射光ワークショップなどを通して、皆様からいただいた様々なご意見をもとに、加筆・修正を行ったものです。CDRの作成に際しては、PF User Association (PF-UA)のKEK放射光検討委員会をはじめ、多くの皆様に多大なご協力を頂きました。改めまして、ご尽力いただいた皆様に心より感謝いたします。

現在公開しているCDRは、現時点におけるKEK放射光の概念設計をまとめたものです。したがって、具体的な設計については、日本の放射光科学のグラウンドデザインに関する議論や、技術的な検討の進展などを踏まえて、適宜、更新していく予定です。現在、日本放射光学会に設置された特別委員会において、本CDRに対する科学的、技術的観点からの検討が行われています。また、KEK-PFのWebサイトでは、本CDRに対するコメント、および研究・実験の提案を募集し、様々なご意見・ご提案をいただきました。今後、KEK放射光計画をより優れた計画に仕上げていくために、日本放射光学会における検討結果や、皆様からのご意見・ご提案、および第2回KEK放射光ワークショップやPFシンポジウムにおける議論を活かして、計画の更なる検討とCDRの改訂を進めていきたいと考えています。改訂版では特に、KEK放射光の重要な特徴の一つである人材育成の章の新設や、新たな研究・実験の提案の追加を検討しています。皆様と共に、KEK放射光を必ずや実現させる所存ですので、計画をより練り上げるために今後ともご協力をよろしく願います。

Indian beam-line at Photon Factory – First Phase

M. K. Mukhopadhyay¹, K. S. R. Menon¹, S. Bhunia¹ and M. K. Sanyal²
Saha Institute of Nuclear Physics, 1/AF Bidhannagar, Kolkata, INDIA
¹Co-Principal Investigators and ²Principal Investigator

The Indian beamline at BL-18B beam-port of “Photon Factory (PF)” synchrotron radiation facility in Japan has been set up successfully to cater the need of Indian scientists involved in advanced materials



research. The Indian beamline as a result is developed to carry out planned experiments of various types in the hutch. Presently, the available facilities are powder diffractions (a) in ambient condition, (b) in variable low temperatures down to 10K and (c) at high temperatures up to 1200 K; (d) Diffraction from single crystals and epitaxially grown multilayers and X-ray reflectivity, grazing incidence diffraction and diffuse scattering

from (e) solid surfaces and interfaces, (f) liquid-air and liquid-liquid interfaces. Moreover (g) small angle x-ray scattering in grazing incidence and transmission geometry can also be done here. Researchers from about 36 institutes and universities from various parts of India (refer the Figure) have performed experiments and about 50 papers have been published using this facility.

The second phase of the project has been started from April 2016 with Prof. M. K. Sanyal as Principal Investigator and Prof. Chandrabhas Narayana (JNCASR) and M. K. Mukhopadhyay as Co- Principal Investigators. Hutch will be augmented to carry out phase transition studies with a Diamond-anvil cell and with a Helium cryostat.

Progress Towards an African Light Source

Sekazi K. Mtingwa

Triangle Science, Education & Economic Development, LLC

MIT, Retired

We review the state of synchrotron light source science in Africa, including the genesis of the African Light Source initiative. In particular, we provide a brief history of the community of synchrotron light source users in South Africa, which has the largest number of light source users on the African continent. We discuss the 1st African Light Source Conference and Workshop held during November 2015 at the European Synchrotron Radiation Facility, the outputs from that meeting, and plans for the future. We conclude with a brief overview of a new and related initiative launched by the International Union of Pure and Applied Physics and International Union of Crystallography called Lightsources for Africa, the Americas and Middle East Project (LAAMP).

PF 活動報告(H29 年度予算、運転スケジュール) PF Activity Report

足立伸一・KEK 物構研

平成 28 年度の PF の活動全般および平成 29 年度の PF の予算状況・運転スケジュール見込について報告する。

【運転関係】平成 28 年度は SuperKEKB の立ち上げ調整運転、および入射器コミッションが進行中であり、PF リングでは原則 1 日 3 回入射での蓄積モード運転を行なっている。PF の平成 28 年度第 3 期のユーザー運転を 2 月 8 日から 3 月 10 日まで実施し、今年度の PF の運転時間は 3432 時間となる見込みである。一方、PF-AR については、6.5GeV 直接入射路の建設工事のため平成 28 年度の第 2 期を停止期間とした。そのため、平成 28 年度の PF-AR の運転時間は 1824 時間となる見込みである。第 3 期（2 月 13 日～3 月 10 日）に直接入射路工事完了後の加速器立ちあげ運転と施設検査を実施する。またこの期間中に、AR の全 BL の調整作業等も並行して行い、平成 28 年 6 月以降しばらく停止していた AR のユーザー運転開始（平成 29 年 4 月～）に備える。

【共同利用】PF および PF-AR の運転経費が減少する一方、大学共同利用の課題申請件数は年間約 400 件、年間の登録論文数は約 600 報であり、共同利用者のアクティビティーは依然高いレベルを保っている。ビームラインにおいては、測定自動化等の工夫を行うことにより、限られたビームタイムでより効率的な測定の実現を目指している。今後、産業利用・優先利用の拡大、外部資金の獲得等により、利用環境の整備と運転時間の確保に努め、さらなる利用研究成果の創出に向けて、創意工夫を実施する。

【H29 年度の予算状況・運転スケジュール見込】平成 29 年度の PF プロジェクトのための運交金は、平成 28 年度から 1.5 億円の減額となり、運転経費の確保は引き続き厳しい状況である。平成 29 年度は、SuperKEKB の Phase II 運転開始に合わせて、約 5 ヶ月間（5～10 月）にわたる入射器の大規模工事を予定しているため、例年に比べてかなり変則的な運転スケジュールとなる。これまで PF では、ゴールデン・ウィーク中のユーザー運転は行なっていなかったが、平成 29 年度については、年間のビームタイムを可能な限り確保するために、連休中にもユーザー運転を行う。特に、4 月 28 日から 5 月 4 日までの間は、孤立バンチの利用が可能なハイブリッド運転モードとなり、トップアップ入射にてユーザー運転を行う予定である。運転スケジュールについては、当日詳しく報告する。

PF リングと PF-AR の運転報告 Operational Status of the PF-ring and PF-AR

高井 良太
KEK 加速器第七研究系

PF リングと PF-AR は、我が国の物質科学や生命科学を中心とした基礎科学の発展に大きく貢献してきた放射光専用リングである。いずれも建設から30年以上が経過しており老朽化は否めないが、国際競争力を維持するための度重なる改造と不断のメンテナンスにより、現在も年間 3,500 名を超えるユーザーに安定な放射光を供給し続けている。しかしながら、近年は慢性的な運転経費の減少と電気単価の高騰を受けて運転時間の削減を余儀なくされている。2016 年度も前年度に比べ運転経費が1割以上減少するなど非常に厳しい予算状況であったが、施設運営の効率化や自己収入を増やす活動を推進することで、およそ 2,900 時間のユーザー運転時間(PF リング)を確保することができた。

2016 年度の PF リングは、2016 年 2 月から 6 月まで行われた SuperKEKB の Phase1 運転、並びに 2017 年秋頃から開始予定の Phase2 運転に向けた入射器スタディに協力するため、リングの蓄積電流を一定に保つ連続入射ではなく、基本的に 1 日 3 回の定時入射で運転された。今年度の大きなマシントラブルとしては、BL-14 の光源である超伝導ウィグラー(VW#14)のビームダクトで発生した真空リークが挙げられる。リーク箇所は 2 カ所あり、それぞれ液体シール材による応急処置を施すことで運用を続けてきたが、秋期運転の立ち上げ時に発生した中央コイルのクエンチをきっかけとして、これらのリークが同時に再発した。また、ビームダクトの腐食が進みリーク箇所が拡大する傾向も見られていることから、VW#14 は秋期運転の終了とともに長期シャットダウンされることとなった。現在はリングの真空を保持しつつ真空リークへの根本的な対処としてビームダクト自体を更新する準備を進めており、運用再開は 2017 年 10 月末を予定している。

一方、PF-AR では今年度が 2013 年度に開始した 6.5GeV 直接入射路建設の最終年度であり、秋期運転を行わずに 7 月から翌年 1 月までの約 7 カ月間を最終的な建設作業に充てた。作業は PF リングの運転と並行して進められ、旧入射路の解体と再利用電磁石・電源の移設、入射器末端のビーム振り分け部の改造、新トンネルへの機器設置、リング入射点付近の改造など、非常に複雑で多岐にわたる内容であったが、各系の協力と綿密な工程管理により予定どおり終了した。2017 年 2 月 13 日からは新入射路の立ち上げと調整運転が開始され、調整 2 日目には早くもビームの蓄積に成功するなど、順調に進展している。ユーザー運転は来年度 4 月から再開される。

PFにおける構造生物学研究 Structural Biology Research at Photon Factory

千田俊哉・高エネ機構物構研構造生物学研究センター

構造生物学研究センターは2003年に設立されて以来、構造生物学ビームライン（タンパク質結晶構造解析、小角散乱）の開発と高度化に携わるとともに、独自の構造生物学研究を推進するための研究設備を整備し、構造生物学研究をリードしてきた。当センターのビームライン及び構造生物学研究は、国家プロジェクトである創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業や、企業利用の収入、そして様々な外部資金でサポートされてきている。

センター全体としては、この数年は回折データ測定の自動化や新しい位相決定法などに力を入れて取り組んできた。これらの新しいデータ収集技術は、単に開発を行うだけでは不十分で、これらの技術を使ってデータ収集全体のスループットを上げるためには、利用者を増やすことが大切である。そこで、ユーザーグループの助けを借り、講習会などを行うことで、これらの技術の有効性や利用法などの普及に努めてきた。また、企業ユーザーに向けた依頼測定システムも、KEKの協力を得ることで立ち上げることができ、今年度の後半からその仕組みを利用することが可能になっている。依頼測定は、当研究センターのスタッフが対応するが、多くの回折データを少人数が集中的に集めることで、経験値の向上やノウハウの集積が可能になると考えている。事実、これまでよりはるかに早い速度で回折データ測定の経験とノウハウの蓄積ができるようになってきている。この経験やノウハウは、測定自動化システムの開発にも役立つものであり、企業への単なるサービスに留まることなく、全体への還元が可能な仕組みになっている。

また、X線小角散乱ビームラインにおいては、ゲルろ過と小角散乱を組み合わせた SEC-SAXS が本格的に稼働している。この技術のおかげで、これまでは X 線のダメージにより測定が難しかった試料でも測定が可能になり、いくつもの成果が得られつつある。今後は、不均一系への小角散乱の応用を目指し、さらなる開発を続けていく予定である。また、小角散乱に関しても依頼測定が開始されている。

発表では、これらに合わせ、最近達成された成果などについても簡単に紹介する予定である。

フォトンファクトリーにおける産業利用 Industrial Use of Synchrotron Light at the Photon Factory

木村正雄

KEK-物質構造科学研究所-放射光（産業利用促進 G）

産業界の方がフォトンファクトリー(PF)を利用するための制度を表 1 に示す。学術貢献を目的とする「共同利用」は大学・公的機関の利用が主であるが、企業でも科研費に応募できる機関は応募可能である。利用料は無償であるが課題審査での採択と成果公開が条件となる。一方、「施設利用」は成果占有・非公開が可能であり、守秘を重視する場合に好適な制度である。有償となるが、課題審査は無く 実験の安全性の確認だけで、一定の範囲内での利用が可能である。

様々な形での産業利用を進めていくために、(a)初めての利用者を対象とした「試行施設利用」による優遇制度や、(b)実験の利用支援、代行測定・解析、等の制度を新たに導入し、一部の手法では実施されている。

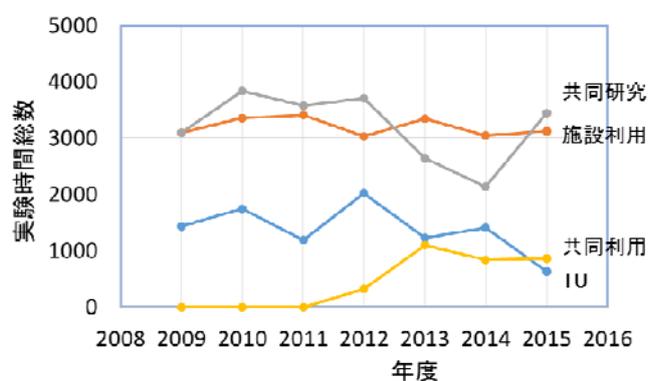


図 1 産業利用の制度別延べ実験時間数

表 1 フォトンファクトリーにおける産業利用の制度（2017年3月現在）

制度	利用料	有効期間	応募/年	成果の取扱	備考
共同利用	無償	2年（基本）	2回	公開	応募資格に制限有り
施設利用	有償	スポット利用	随時	成果占有/非公開可	標準性能 BL: 27,300円/時 高性能 BL: 53,550円/時
試行施設利用	有償	初心者限定	随時	非公開可	施設利用の半額
共同研究	有償	半年～複数年	随時	公開	有償

このような制度のもと、PF は毎年約 60 社の企業にご利用頂いている。近年、施設利用は安定した利用実績があり、PF 全体ビームタイムで 8%程度が産業利用で、分野は材料系(5割)、製薬・タンパク(3割)となっている。

イノベーション貢献、新研究分野のシーズ開拓、人材育成、の3つの観点から、PF での産業利用の充実は重要と考えている。さらに産業利用収入は、最終的に、ビームラインの整備、研究支援スタッフの雇用、光熱量等の形で、PF 全体に還元されており、大学共同利用実験の推進にも大きく寄与している。

産業利用の詳細は下記のサイトを参照されたい。

<http://pfwww.kek.jp/innovationPF/>

低速陽電子実験施設 Slow Positron Facility

兵頭俊夫、望月出海
KEK-放射光 低速陽電子

低速陽電子実験施設(SPF)では、専用リニアック(50 MeV, 600 W)で加速された電子ビームで生成した、世界最高クラスの高強度低速陽電子ビームを共同利用に供している。

SPFのビームラインは1本だが、途中で分岐して、共同利用のビームタイム毎にステーションを切り替えて利用している。現在稼働中のビームライン分岐とステーションは、SPF-A3:全反射高速陽電子回折(TRHEPD)、SPF-B1:ポジトロニウム負イオン(Ps^-)実験、SPF-B2:ポジトロニウム飛行時間(Ps -TOF)測定である。また、SPF-A4 で低速陽電子回折(LEPD)実験ステーションの立ち上げを行っている。

TRHEPD ステーションでは、応用上重要であるにもかかわらず構造が確定していない様々な表面物質の構造解析(詳細な表面原子位置の決定)を進めている。本年度は、スピントロニクス材料応用が期待されている Mn/Si (001)表面や、触媒担体材料として重要なアナターゼ型 TiO_2 (001)表面、Ag (100)上のバナジウム酸化物超薄膜、2層グラフェン層間化合物などの測定を行った。

学術誌への成果発表は、以下のとおりである。

TRHEPD ステーション: Cu (111)表面および Co (0001)表面上のグラフェンのバックリングの有無と表面からの距離の違いの測定[1]、Al (111)表面上のゲルマニウムの構造の非対称性の発見[2]、30 年間論争が続いていた TiO_2 (110) (1×2)表面の原子配置の決定[3]など。

Ps^- ステーション: Ps^- の光脱離過程における形状共鳴の実証[4]。

Ps -TOF 測定ステーション: W 表面へのアルカリ金属蒸着による Ps 生成量の飛躍的増大及びエネルギー損失の測定[5]。

[1] Y. Fukaya, S. Entani, S. Sakai, et al., *Carbon* 103, 1 (2016).

[2] Y. Fukaya, I. Matsuda, B. Feng, et al., *2D Materials* 3, 035019 (2016).

[3] I. Mochizuki, H. Ariga, Y. Fukaya, et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.* 18, 7085 (2016), 望月出海、有賀寛子、深谷有喜他, *表面科学*, 37(9) 451 (2016).

<https://www.chemistryworld.com/may-2016/3036.issue?cmd=GoToPage&val=5>

[4] K. Michishio, T. Kanai, S. Kuma, et al., *Nature Commun.* 7, 11060 (2016).

[5] S. Iida, K Wada, I Mochizuki, et al., *J. Phys.: Condens. Matter* 28, 475002 (2016).