

開発研究多機能ビームラインの建設と利用

フォトンファクトリー新放射光源施設計画の実現に向けて

船 守 展 正

2023年1月5日

新放射光源施設計画と開発研究多機能ビームライン

- | | |
|------------|--|
| 2018/04/01 | 物質構造科学研究所 新体制発足 |
| 04/18 | 第1回KEK将来光源検討会 → 2022/10/24 第19回 |
| 2019/01/01 | フォトンファクトリー先端化寄附金 募集開始 |
| 04/01 | 放射光実験施設 再組織化 |
| 07/20 | 記念講演会 PF REBORN 2019 & フォトンファクトリー同窓会発足
(放射光科学第二黎明期、PF使命を再定義) |
| 2020/01/30 | 日本学術会議マスタープラン2020策定 (放射光学術基盤ネットワーク採択) |
| 02/06 | 第100回KEK研究推進会議 「フォトンファクトリーの将来計画」
(ハイブリッドリング、R&Dビームライン&PF光源高度化を提案) |
| 2021/06/03 | 第1回R&Dビームライン検討会 → 2022/12/07 第13回 |
| 2022/02/01 | 第1回フォトンファクトリー計画推進委員会 |
| 03/07 | 第3回KEK国際諮問委員会 「New Synchrotron Light Source Facility」 |
| 03/23 | 第54回PF-PAC全体会議 (PF BL-11/12の再整備を承認) |
| 06/24 | KEK-PIP2022策定 (R&D for New Synchrotron Light Source Facility 採択) |
| 11/06 | PF研究会「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」①(オンライン) |
| 12/16 | 日本学術会議「学術の中長期研究戦略」(KEKとJSSRRより関連する提案) |
| <hr/> | |
| 2023/01/05 | PF研究会「開発研究多機能ビームラインの建設と利用」②(ハイブリッド) |
| 01/30 | 第3回フォトンファクトリー計画推進委員会 |
| 02/22 | 第4回KEK国際諮問委員会 |

日本学術会議「学術の中長期研究戦略」

 検索[お問い合わせ・ご意見](#) [アクセス](#) [サイトマップ](#) [English](#)[HOME](#)[日本学術会議
とは](#)[提言・報告等](#)[一般公開
イベント](#)[委員会の活動](#)[地区会議の活動](#)[国際活動](#)[会員・
連携会員等](#)[協力学術
研究団体](#)

[日本学術会議トップページ](#) > [委員会の活動 / 科学者委員会](#) > [科学者委員会 学術研究振興分科会](#) > 「未来の学術振興構想」の策定に向けた「学術の中長期研究戦略」の公募について

「未来の学術振興構想」の策定に向けた「学術の中長期研究戦略」の公募について

日本学術会議では、今後20～30年頃まで先を見通した学術振興の「グランドビジョン」を示すために、新たに「未来の学術振興構想」を策定することになりました。この「未来の学術振興構想」においては複数の「グランドビジョン」を提示するとともに、それぞれの「グランドビジョン」について、その実現の観点から必要となる「学術研究構想」を示すことを目指しております。

こうした「グランドビジョン」や「学術研究構想」をとりまとめるためには、広く科学者コミュニティから積極的な御提案をいただくことが不可欠です。そのためこの度「学術の中長期研究戦略」を公募し、専門的な知見に根差した今後20～30年先を見通した学術振興の「ビジョン」と、その実現のために今後10年程度で実施することが必要な「学術研究構想」を募集することといたしました。

応募いただいた提案は、日本学術会議科学者委員会の学術研究振興分科会等において一定の絞り込みを行った上で、分類・グループ化し、最終的に、20～30程度の「グランドビジョン」と、その実現に必要な「学術研究構想」のリストとして取りまとめ、公表する予定です。

<スケジュール>

提案の募集開始	令和 4年 6月30日
公募説明会	令和 4年 7月15日
意向表明	令和 4年10月21日
提案の受付締切	令和 4年12月16日
「未来の学術振興構想」のとりまとめ	令和 5年夏頃

日本学術会議「学術の中長期研究戦略」への関連提案

題目： 量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤

提案者： 高エネルギー加速器研究機構（機構長）

キーワード： 統合型量子ビーム科学、**統合マルチビーム・マルチプローブ構造解析**、あるがままの物質の科学と物質観、**ハイブリッド型光源**、トランススケールイメージング

※KEK-PIP2022「R&D for New Light Source Facility」を踏まえた施設計画の提案

題目： 新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学

提案者： 日本放射光学会（会長）

キーワード： 時空間コヒーレント高輝度シンクロトロン放射光源、**放射光マルチビーム計測**、物質材料システムの原子レベル機能物性オペランド計測、生命組織機能イメージング、物質・生命インフォマティクス

※マスタープラン2020「放射光学術基盤ネットワーク」を踏まえた研究計画の提案

KEK国際諮問委員会・答申

The SAC divides the nine proposed programs into three categories:

- Category I: Recommended programs for MEXT's support without ranking
- Category II: Recommended programs for MEXT's support with ranking
- Category III: Others

Category I

- R&D for New Synchrotron Light Source Facility

The proposed R&D, a hybrid ring with two photon beams, is a highly original and flexible design concept which leverages a unique combination of outstanding expertise from various accelerator branches of KEK: PF, ILC/STF, cERL, iCASA, SuperKEKB. The remarkable scientific potential of such a lightsource from both a national and international user community perspective will be enormous. Not just for existing user communities but for those yet to be established once the true scientific capabilities are realized. The application of simultaneous time-resolved and spatial-scale studies of materials would be a significant justification for many users alone. The PF is the oldest major lightsource still in operation and has been acknowledged as a world leader in synchrotron science. It has been the testing ground for a range of new technologies and has had a significant impact through the mentoring of international communities. Building on decades of KEK innovation this project presents a unique opportunity within the timeline of the present PF transition. Once the feasibility is established, the construction could even be staged, with energy recovery and FEL as possible future additions.

Category I に推薦

KEK研究実施計画2022

PIP : Project Implementation Plan

Category I: A Project to Be Implemented by KEK without Specifying the Rank

● R&D for New Light Source Facility

This proposal is to promote a multibeam light source facility that combines a low emittance SR light source and an ultrashort-pulse LINAC-based light source as R&D for KEK's next light source facility. Based on the superconducting linear accelerator and storage-ring accelerator technologies developed and fostered at KEK, KEK has the capability to build a world-leading light source facility with the characteristics of both light sources and make this research infrastructure the global center of photon science. The remarkable scientific potential of such a light source from both national and international user community perspectives will be enormous. It is not just for existing user communities, but for those yet to be established once true scientific capabilities are realized. The application of femtosecond time-resolved studies of materials would be a significant justification for many users.

This R&D should be conducted as a high-priority program at KEK. Technology development and preparation for construction will be carried out in the six years of this PIP, and it is expected that actual construction will be realized in the next PIP period.

KEK-PIP2022 Category I に選定

ハイブリッドリングの概念設計論文

research papers



JOURNAL OF
SYNCHROTRON
RADIATION

ISSN 1600-5775

Received 1 July 2021

Accepted 30 November 2021

Edited by I. Lindau, SLAC/Stanford University,
USA

Keywords: light source; ultrashort pulse;
ultralow emittance; two-beam application.

Conceptual design of the Hybrid Ring with superconducting linac

Kentaro Harada,^{a*} Nobumasa Funamori,^{b*} Naoto Yamamoto,^a Yoshito Shimosaki,^a
Miho Shimada,^a Tsukasa Miyajima,^a Kensei Umemori,^a Hiroshi Sakai,^a
Norio Nakamura,^a Shogo Sakanaka,^a Yukinori Kobayashi,^a Tohru Honda,^a
Shunsuke Nozawa,^b Hironori Nakao,^b Yasuhiro Niwa,^b Daisuke Wakabayashi,^b
Kenta Amemiya^b and Noriyuki Igarashi^b

^aAccelerator Laboratory, High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan, and

^bInstitute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization (KEK), Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan. *Correspondence e-mail: kentaro.harada@kek.jp, nobumasa.funamori@kek.jp

The Hybrid Ring with a superconducting-linac injector as a highly flexible synchrotron radiation source to enable new experimental techniques and enhance many existing ones is proposed. It is designed to be operated with the coexistence of the storage (SR) bunches characterized by the performance of the storage ring, and the single-pass (SP) bunches characterized by the performance of the superconducting linac. Unique experiments can be performed by simultaneous use of the SR and SP beams, in addition to research with various experimental techniques utilizing the versatile SR beam and research in the field of ultrafast dynamics utilizing the ultrashort pulse of the SP beam. The extendability of the Hybrid Ring will allow it to be developed into a synchrotron radiation complex.



OPEN ACCESS

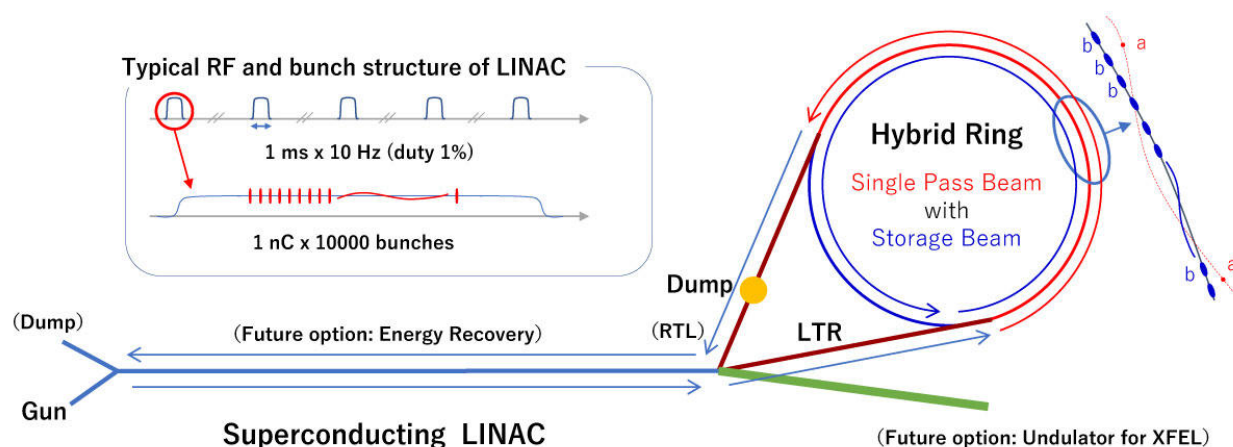
<https://doi.org/10.1107/S1600577521012753>

ハイブリッドリングの放射光ビーム

SPビーム：nm size, ~ 50 fs pulse

SRビーム： μm ～sub- μm size, > 10 ps pulse

超高時空間分解能・バンチ構造自由度（低フラックス）
第三～第四世代の放射光ビーム（高フラックス）



ハイブリッドリングでは、SR、SR+SR、SP、SR+SP など、様々な放射光利用を想定している。

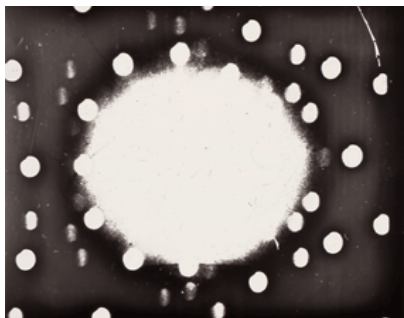
開発研究多機能ビームラインでは、偏向電磁石からのSR（HX）+SR（SX）に限定されるが、ハイブリッドリングの実現までの期間、2ビーム利用のR&Dを進めながら、サイエンスの成果も挙げることを目指す。状況次第で、PFもしくはPF-ARに、SR（SX）+SR（SX）やSR（HX）+SR（HX）によるサイエンスを推進するためのビームラインを建設することも検討する。

探求心を刺激する学術放射光施設フォトンファクトリー

放射光科学を先導する世界屈指の開発研究の場となり、国内外の第二世代・第三世代光源の建設ラッシュに貢献

黎明期 (1980s-90s)

現在 (2020s)



探求心を刺激

実験室のX線源に比べて3桁以上も輝度が高く波長選択の可能な放射光を手に入れることは、当時の研究者の探求心を強く刺激した。これにより、放射光科学の黎明期には、スタッフとユーザーの区別なくビームラインの建設と利用が進んだ。(写真: 1982年3月、PF初のX線散乱測定)

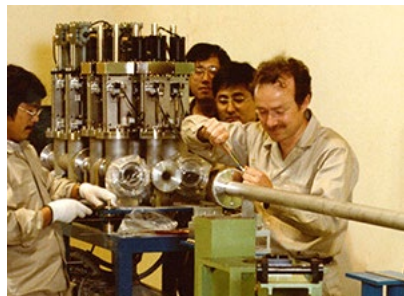


成果を創出

白川英樹博士(2000年ノーベル化学賞)は、PFの記念すべき査読付き論文の第1号を1983年4月に発表した。アダ・ヨナット博士(2009年ノーベル化学賞)は、PFでの試行錯誤の末にタンパク質結晶構造解析の手法を確立した。

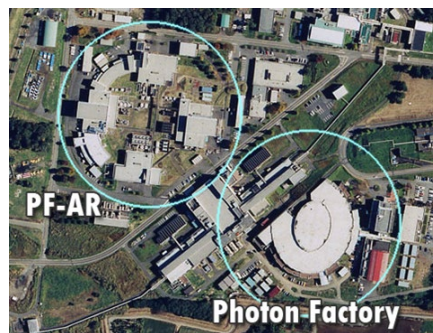
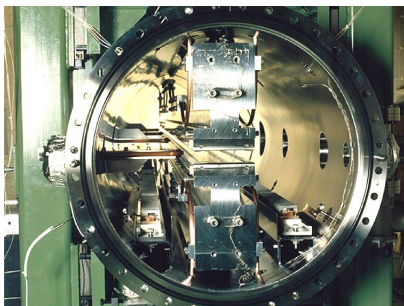
人材を育成

現在のSPRING-8やNanoTerasuのリーダー達は、初期のPFにおいて、若手のスタッフやユーザーとしてキャリアをスタートさせている。(写真: 1981年5月、X線ビームラインのアライメント、右から2人目が現JASRI理事長の雨宮慶幸博士)

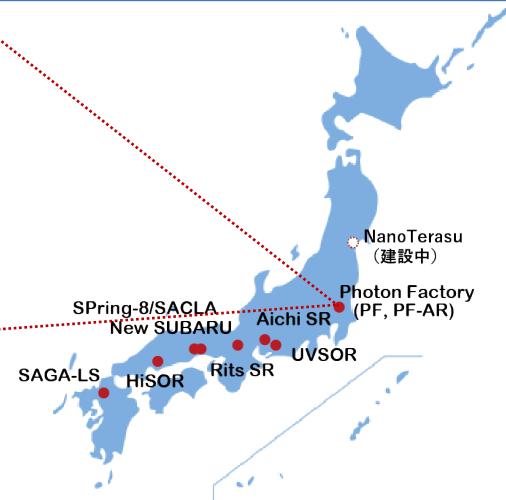


技術を開発

1990年にPFにおいて世界で初めて実用化された真空封止アンジュレーターは、X線域までの高輝度光を低コストで実現する中型高輝度光源(e.g., NanoTerasu)の世界的な潮流を生んだ。(写真: AR-NE3の真空封止アンジュレーター)

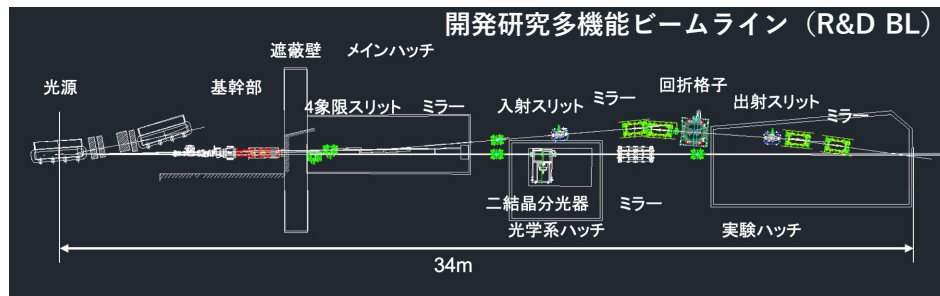


日本国内に多数の放射光施設が稼働したことを受けて、学術施設の使命である技術開発と人材育成に重点を置き、利用プログラムやビームラインへのアクセスの改善、学生への支援の強化を進めている。



2020年、放射光科学の第二黎明期を創出・先導すべく、再び研究者の探求心を強く刺激する「放射光マルチビーム」のための新放射光源施設の検討を開始した。

2022年、KEK国際諮問委員会からの強いリコメンデーションを受け、技術開発に特化した開発研究多機能ビームライン(R&D BL)の整備を開始した。



フェイルセーフ機構を備え自在な実験アレンジが可能な新概念に基づく開発研究多機能ビームラインを建設することで、放射光マルチビーム実験を始めとする革新的なアイデアの試行を可能にする。アイデアの試行を通じて優れた人材が育成される。

放射光マルチビーム実験のための新光源ハイブリッドリング

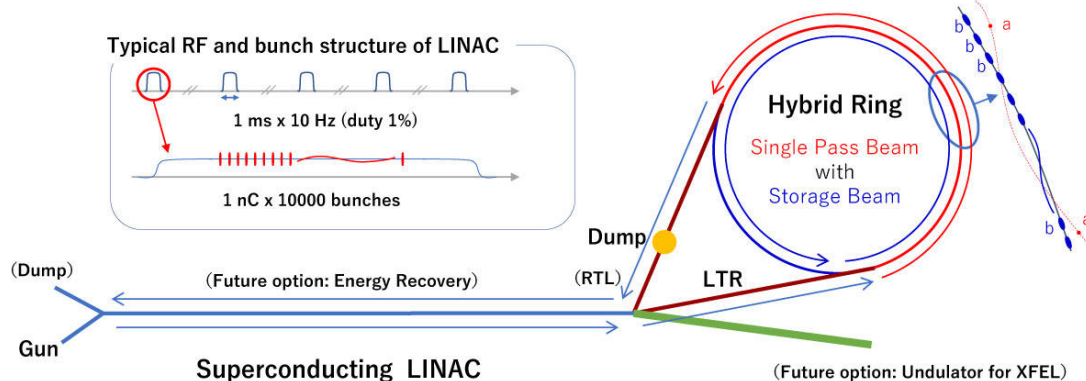
世界に先駆けた放射光マルチビームによる新分野・新手法の開発研究の場となり、放射光科学の新時代を開拓

第二黎明期 (2030s-40s)

研究者の探求心を駆り立てる新光源ハイブリッドリング (Photon Factory Hybrid Ring, PF-HR) を実現して、世界の放射光科学・量子ビーム科学の新しい潮流を生みだし、日本の研究力を復活させる。

従来の蓄積型の放射光ビーム (SRビーム) と入射器からの超高性能電子ビームを一度だけ通過させて得られるシングルパスビーム (SPビーム)、この2種類のビームの選択利用および同時利用を可能にする。

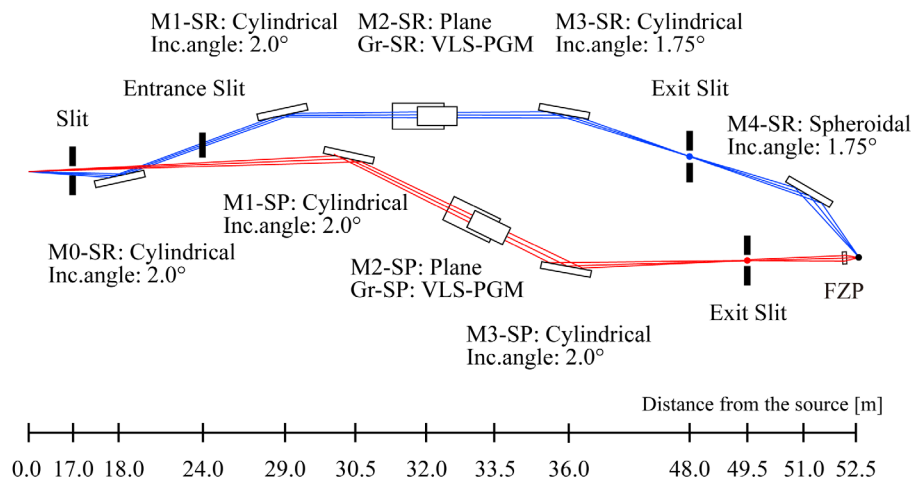
放射光科学を質的に転換するマルチビーム利用により、既存の分野・手法の融合が進み、新分野・新手法が創成される。



ハイブリッドリングの概念図 (Harada et al. JSR 2022)

「放射光マルチビーム」

異なる空間スケール・時間スケール・波長特性をもつ2ビームを組み合わせた独創的な実験が可能



SPビーム : nm size, ~ 50 fs pulse

SRビーム : μm ~sub- μm size, > 10 ps pulse

ビームライン光学系の構成例

1. 2プローブ測定

同時に2種類の計測、2元素に着目した計測などを行うことにより、同一物質中の2つの現象や異なる元素に起因した現象の相関を知ることができる。また、時空間構造の異なる2ビームを使い分けることで、異なる時空間スケールの現象を同時に計測することが可能になる。

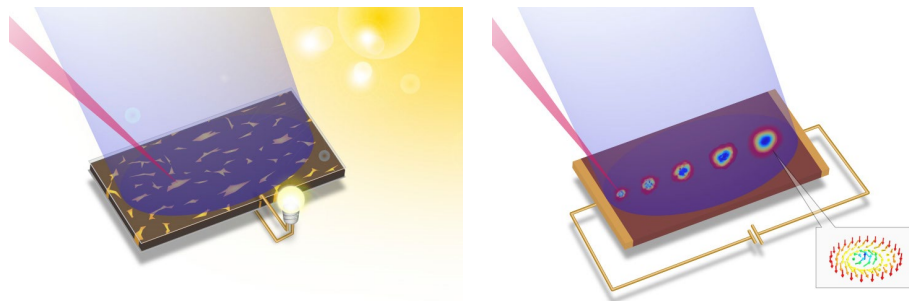
(左) 太陽電池の光化学反応の時空間マルチスケール観察

2. ポンプ-プローブ測定

ポンプ光は光誘起現象を開始させるための光、プローブ光は試料の状態変化を観測するための光で、2つのパルス光に時間差をつけることにより、過渡的な反応・相転移等を観測することができ、反応の解明・制御につながる。(右) 放射光で励起したスキルミオンの観察

放射光マルチビーム実験の開発研究

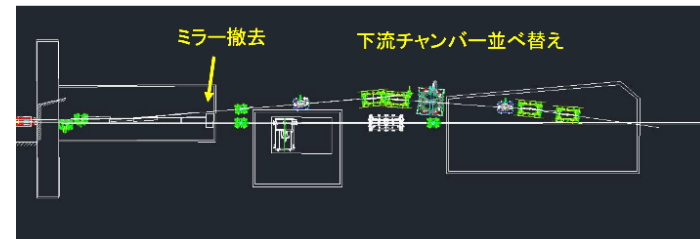
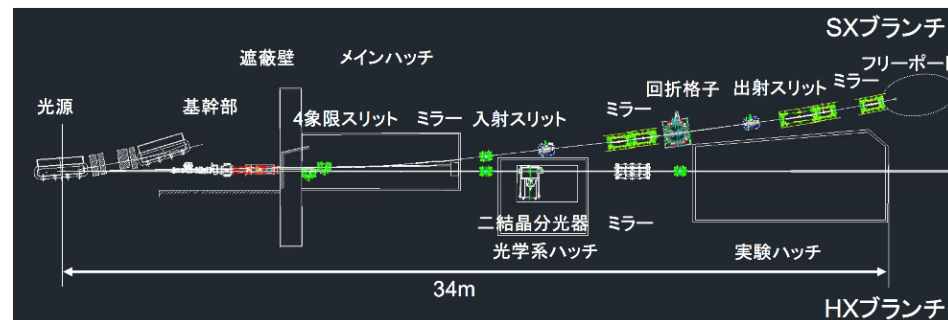
フォトンファクトリー (PF)は、X線域に及ぶ広範なエネルギーの放射光ビームの利用を可能にする専用施設として1982年に誕生し、40年の長期にわたり多様な研究を支えてきた。今後も学術施設としての使命を果たし続けるため、KEKでは、PFの誕生から50年となる2030年代前半までに、自由度を格段に向上させた新放射光源施設を建設することを目指している。新施設におけるユニークな放射光利用として、2ビームを同時に試料に照射するマルチビーム実験を提案しており、既存の施設を利用して関連技術のR&Dを進める。



放射光マルチビーム実験の例。広視野で遅い時間変化を観察するビームと、注目する部位の高速現象を観察するビームの2ビームでの観測により、太陽電池等の光化学反応を広い時空間構造で捉えることが可能になる（左）。放射光で励起したスキルミオンの観察といったポンプ・プローブ実験にも応用できる（右）。

K. Harada *et al.* JSR, 2022

PFリングを利用した放射光マルチビーム実験の開発研究の場として、自由な実験アレンジが可能な新概念ビームラインを建設し、マルチビーム利用技術のR&Dを推進する。同時に、新施設への移行後も利用可能な新設計の機器をPFリングに導入して、マルチビーム利用に必須の放射光ビームの安定化を推進する。



2ブランチ構成の配置（上）と、2ビームを同時に試料に照射するマルチビーム利用の配置（下）。

FY	2022	2023	2024	2025	2026	2027
ビーム安定化						
開発研究多機能 ビームライン	 建設準備	 基幹部メイン ハッチ部建設	 ブランチ 建設	 放射光マルチビームR&D		

BL-11とBL-12の再整備

BL-11とBL-12の再整備について

2022年4月 1日

放射光実験施設利用者の皆さま

フォトンファクトリーでは、将来計画の一環として、革新的なアイディアの試行を可能にする開発研究多機能ビームラインをBL-11に建設することとしました。これに伴い、現在のBL-11A, BL-11B, BL-11Dのアクティビティについては、50eVから5000eVの広いエネルギー領域をカバーする新しいビームラインをBL-12Aに建設して、この新ビームラインと既存のビームライン群で継続することになります。

現在、BL-11A, BL-11B, BL-11Dの利用を2022年度末で停止、BL-12Aの利用を2023年度後半から開始するスケジュールを検討しています。また、事前準備として、BL-12Cの改造を2022年度の夏期停止期間に実施します。BL-11およびBL-12の利用者の皆さまには、ご不便をお掛けしますが、ご理解とご協力を賜りますようお願い申し上げます。

放射光実験施設長 船守展正

フォトンファクトリー先端化寄附金

フォトンファクトリー先端化寄附金ご支援のお願い

フォトンファクトリーは、X線域に及ぶ広範なエネルギーの放射光の利用を可能にする国内初の専用施設として、1982年にKEK（高エネルギー物理学研究所、当時）に誕生しました。その後、真空封止アンジュレーターや定位置射出二結晶分光法など、数多くの放射光技術開発を先導し、また、利用研究でも、リボソームの結晶構造解析（2009年ノーベル化学賞）に貢献するなど、放射光科学の分野を世界的に牽引してきました。

しかしながら、同時期に稼働した世界の施設が新型加速器を建設する中、相対的な性能の低下への対策が急務となっています。

フォトンファクトリーの未来のために、皆様の温かいご支援をよろしくお願い申し上げます。

放射光実験施設長 船守 展正

PF先端化寄附金：実績

PF先端化寄附金にご支援をいただきまして心より御礼申し上げます。

ご寄附金額（2022年7月末日現在）：10,296,585 円

これまで、1000万円をひとつの目標として、開発研究と人材育成のための新ビームライン「開発研究多機能ビームライン」に支出することを検討してまいりましたが、2022年6月に、ご寄附の総額が1000万円に到達いたしました。皆様からのご支援に改めて感謝いたします。今後とも、フォトンファクトリーへのご支援をよろしくお願い申し上げます。



フォトンファクトリー計画推進委員会

(設置)

第1条 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（以下「機構」という。）に、フォトンファクトリー計画推進委員会（以下「委員会」という。）を置く。

(任務)

第2条 委員会は、機構長の求めに応じ、フォトンファクトリー計画の実験研究に係る加速器及びビームラインの設計・建設・運用等について協議・調整する。

(組織)

第3条 委員会は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

(1) 理事

(2) 所長

(3) 施設長

(4) J-PARCセンター長

(5) 物質構造科学研究所の放射光実験施設長

(6) 加速器研究施設の加速器第五研究系及び第六研究系主幹

(7) 共通基盤研究施設のセンター長

(8) 広報室長

(9) 管理局長

(10) 総務部長

(11) 財務部長

(12) 施設部長

(13) 研究協力部長

(14) 物質構造科学研究所の職員のうちから 5人

(15) 加速器研究施設の職員のうちから 3人

(16) 機構以外の学識経験者 5人

(17) その他機構長が必要と認める者

第2回フォトンファクトリー計画推進委員会(2022年7月1日)

放射光2ビームのための施設としてハイブリッドリングが適切かどうかを検討し、適切と結論できるなら、第5回フォトンファクトリー計画推進委員会(2024年1月頃)までに、電子エネルギーとリング周長の候補を決定する。

第3回フォトンファクトリー計画推進委員会(2023年1月30日)

検討方針を説明する。

第4回フォトンファクトリー計画推進委員会(2023年7月頃)

検討状況を報告する。

第5回フォトンファクトリー計画推進委員会(2024年1月頃)

電子エネルギーとリング周長の候補を決定する。

ハイブリッドリングでは、SR、SR+SR、SP、SR+SP など、様々な放射光利用を想定しています。使命・役割や建設・運転コストなどの観点から検討を進め、候補を決定します。

※ PF計画推進委員会は、委員以外にも公開されており、委員以外が発言することも可能です。