

1. 施設運営

1-1. 組織

フォトンファクトリー（PF）は、大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構（KEK）・物質構造科学研究所（IMSS）放射光実験施設が、同研究所放射光科学第一研究系・第二研究系、加速器研究施設加速器第六研究系、その他の機構内の各組織とともに運営する放射光施設である（図 1-1）。各組織の概要は以下の通りである。詳細は第 2 章から第 4 章に記載されている。

放射光実験施設には運営、基盤技術、測定装置の 3 部門、放射光科学第一研究系には表面科学と固体物理学の 2 研究部門、放射光科学第二研究系には構造生物学と材料科学の

2 研究部門が置かれている。また、物質構造科学研究所には、横断的な組織として、構造生物学研究センター（SBRC）と量子ビーム連携研究センター（CIQuS）が置かれている。光源加速器の整備・高度化は、加速器研究施設の加速器第六研究系が担当している。また、将来光源につながる加速器科学研究や技術開発を推進している。光源第 1 グループから第 7 グループまで、6 つのグループ（旧光源第 6 グループは、現在欠番）が置かれている。

図 1-2 に、フォトンファクトリーの詳細な組織図を示す。

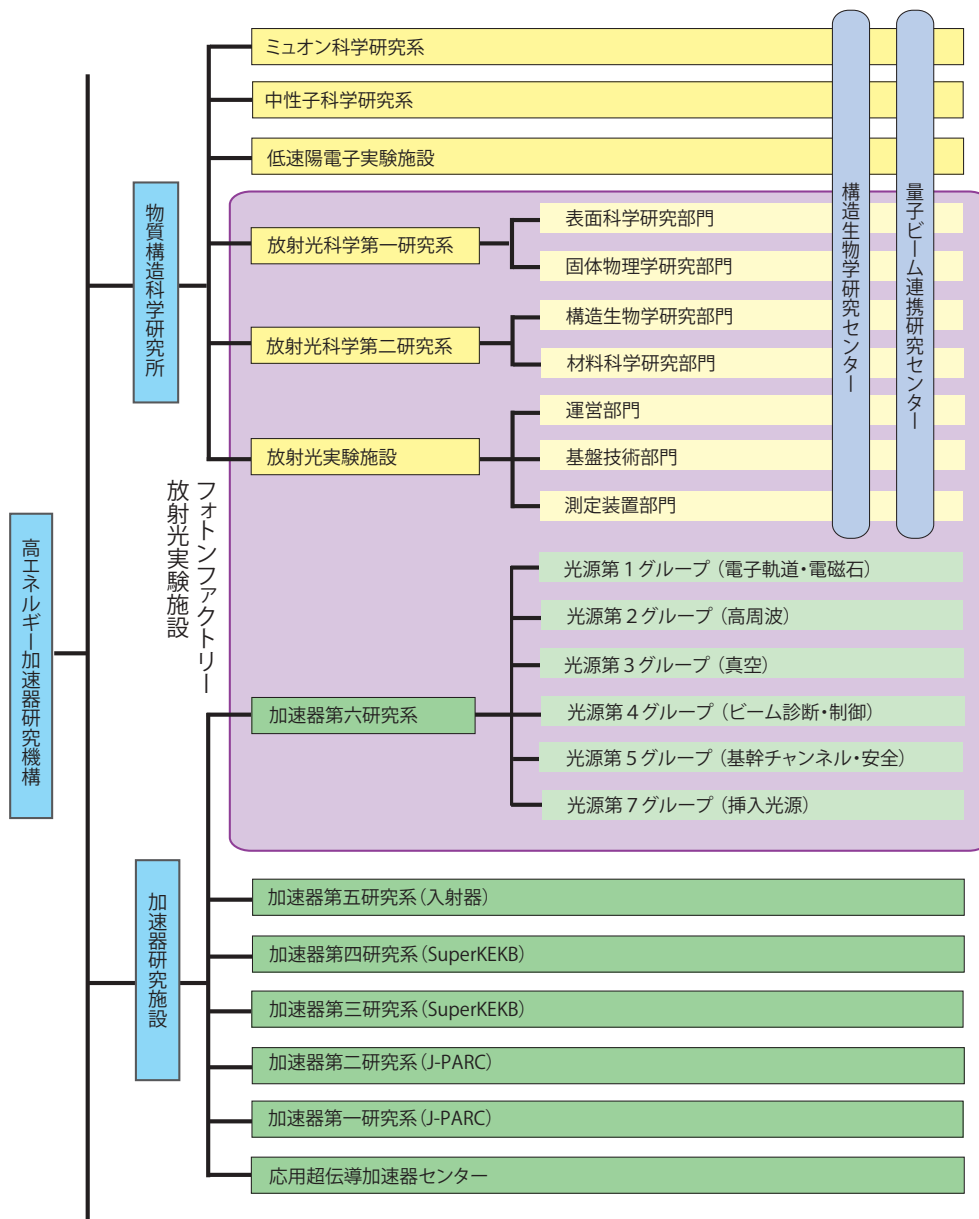
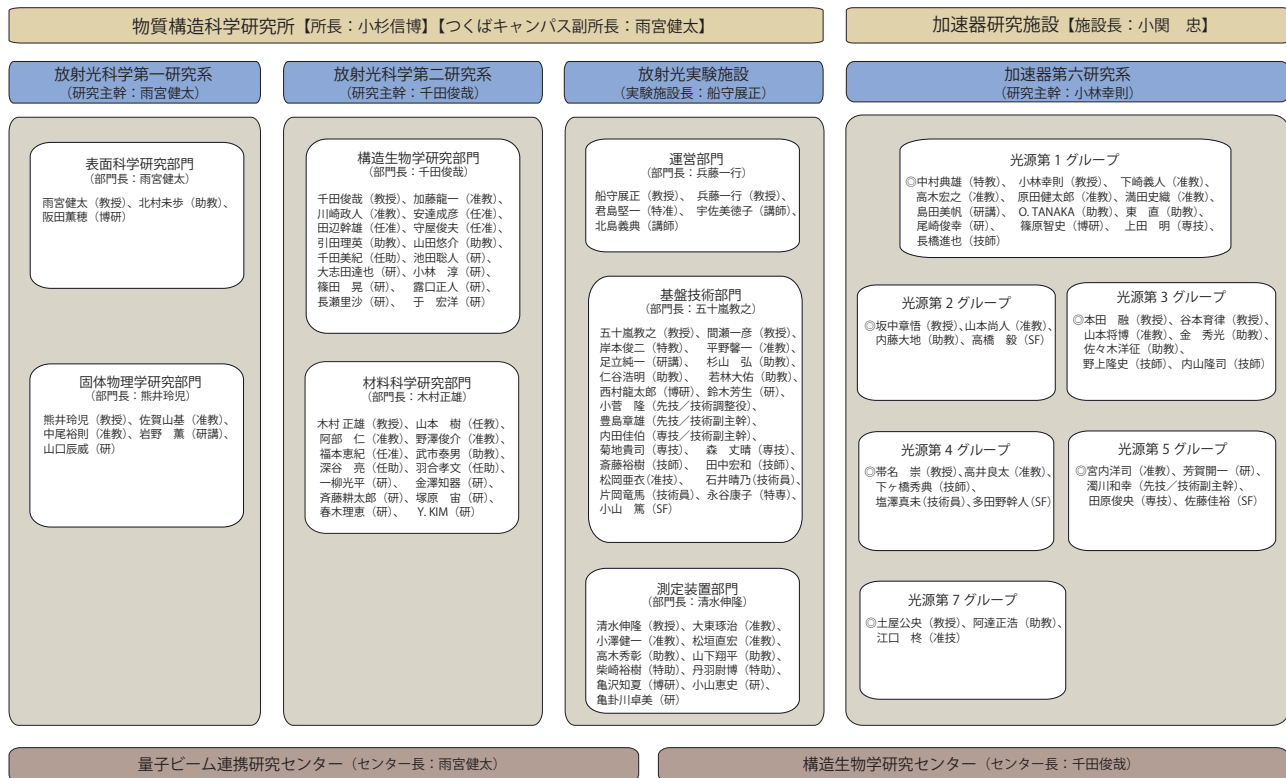


図 1-1 放射光実験施設 フォトンファクトリーの組織図



※◎グループリーダー
 特教：特別教授、任教：特任教授、准教：准教授、特准：特別准教授、任准：特任准教授、研講：研究機関講師、特助：特別助教、任助：特任助教、RF：学術フェロー、博研：博士研究員、研：研究員、先技：先任技師、専技：専門技師、
 准技：准技師、特専：特別技術専門職

図 1-2 詳細組織図

1-2. 予算

「フォトンファクトリーによる物質と生命の探究」の予算は、大規模学術フロンティア促進事業のプロジェクト経費として、運営費交付金および先端研究推進費補助金で措置されており、2021年度配分額は1,836,000千円であった。図1-3に示すように、プロジェクト経費の配分額は減少傾向にあったが、2021年度は漸増となった。なお、2021年

度補正予算で光源加速器の老朽化対策として施設整備費補助金160,000千円が配分された。また、2022年度からは放射光実験の予算は基幹経費化されることとなり、2021年度と同額の1,836,000円が措置されている。図では2021年度補正予算を合算した1,996,000円を2022年度としている。

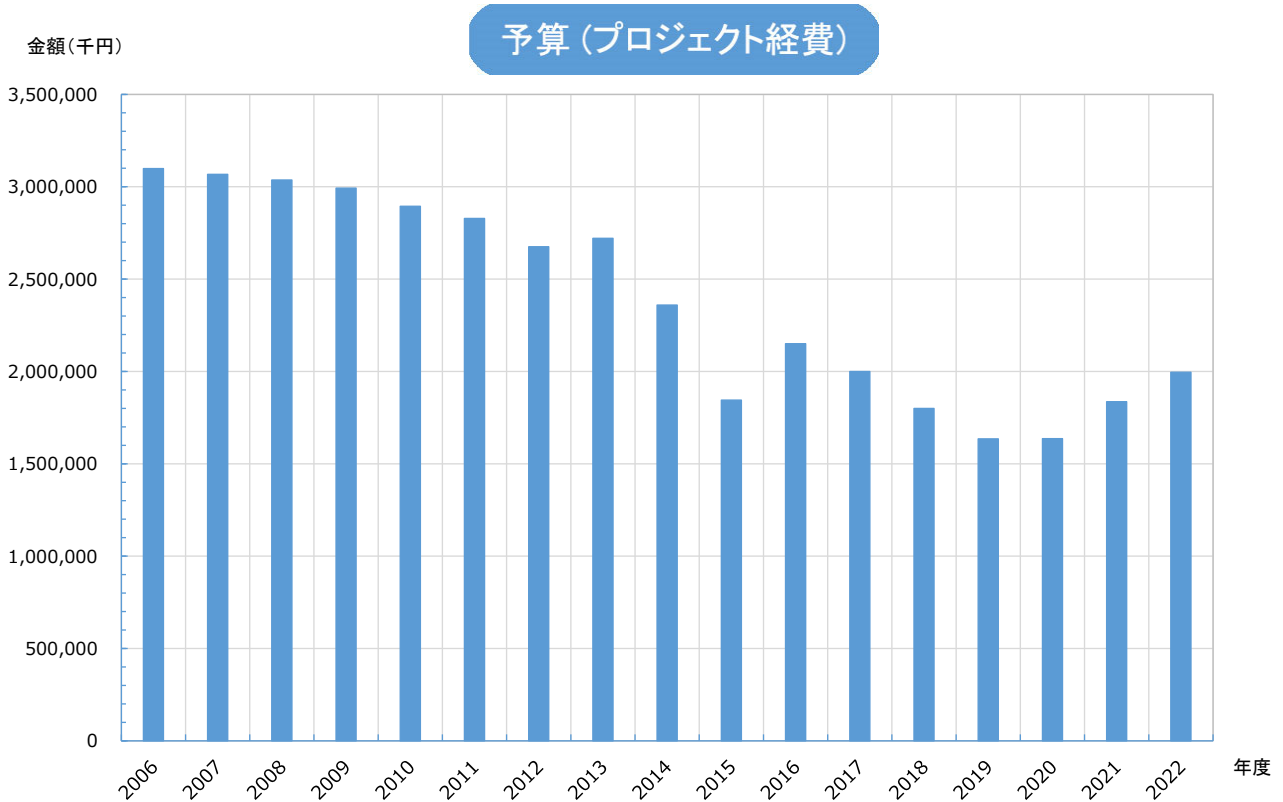


図1-3 放射光プロジェクト経費の推移

1-3. 運転

2021年度のフォトンファクトリーの2つの放射光源加速器（PF リングおよび PF-AR）の運転スケジュールを図1-4に示す。予算の回復もあり，年間の全加速器運転時間は，PF リングが4368時間，PF-ARが2976時間，計画されたユーザー運転の時間はPF リングが3744時間，PF-AR

が2416時間であった。なお，運転時間には「産業利用促進運転日」を含んでいるが，詳しいことは1-5. 産業利用の項で触れる。図1-5にPF リングおよびPF-ARの過去の利用運転時間統計を示す。

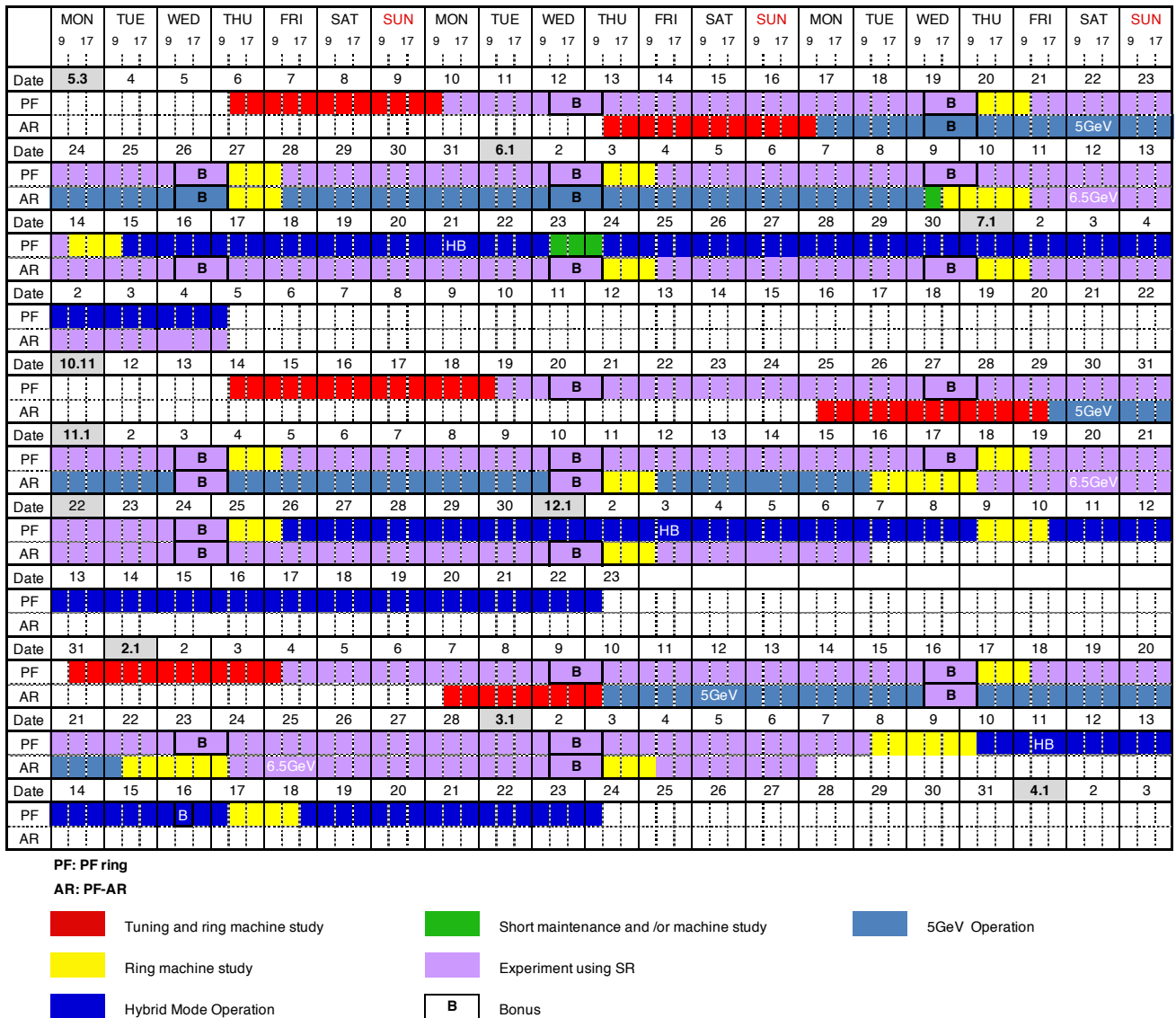


図1-4 2021年度のPF およびPF-ARの運転スケジュール

稼動時間

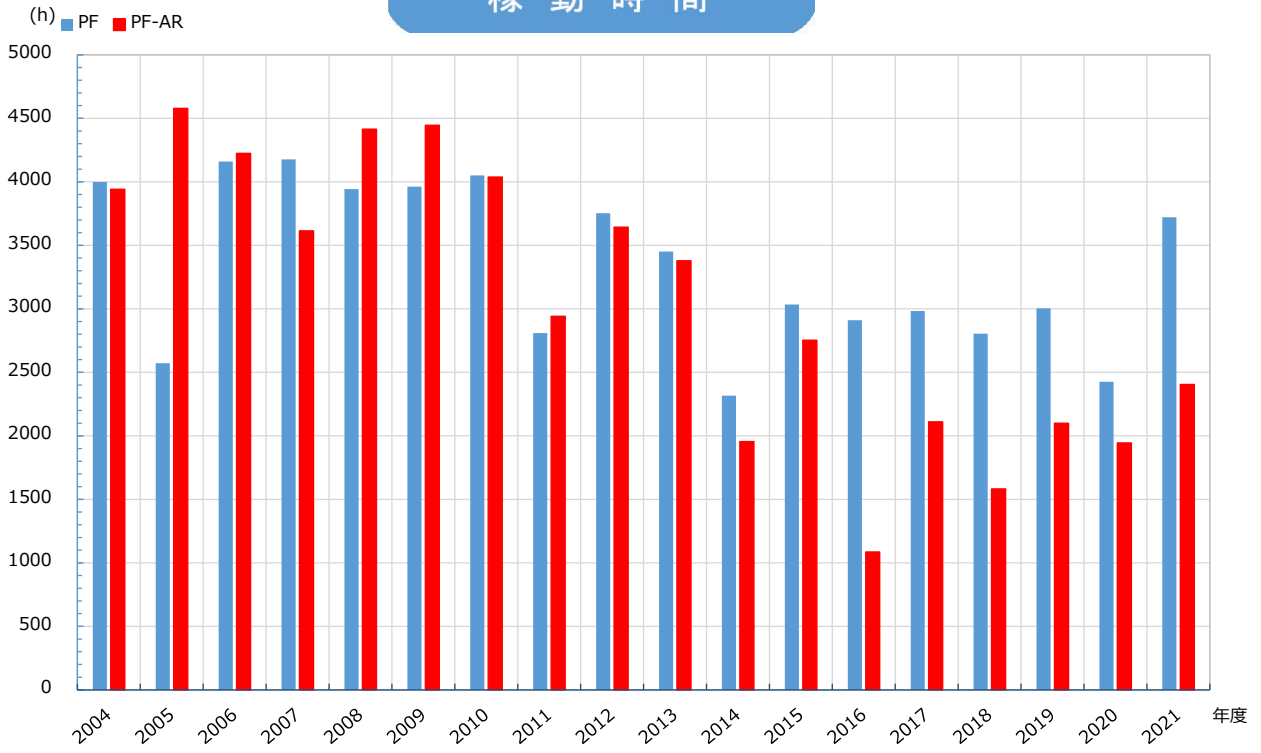


図 1-5 ユーザー実験に供された運転時間統計

1-4. 共同利用

(1) 放射光共同利用実験

放射光共同利用実験は成果公開の学術利用であり、放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）における課題審査を経て無償で利用できる制度である。実験課題は半年ごとに公募する G 型（一般：2 年間有効）、S2 型（特別：3 年間有効）、T 型（大学院生奨励）の他、随時受付の U 型（緊急重要）、P 型（初心者）、S1 型（装置整備を含む）に分類されている。2021 年度に有効であった課題数は、G 型 681 件、S2 型 12 件、T 型 3 件、U 型 3 件、P 型 16 件、S1 型 1 件であった。採択された課題の課題名は、PHOTON FACTORY NEWS 及び PF のウェブサイトで公開しているが、2021 年度中に有効であった S 型課題のリストを表 1-1 に示す。

なお 2021 年度から、G 型課題は利用するビームライン群に対応した分科会ごとに審査されることとなり、課題審査委員会は 6 分科に再編された（第 5 章のビームラインの紹介も今年度版からビームライン群ごととした）。

(2) マルチプローブ共同利用実験

物質構造科学研究所では、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の 4 種の量子ビームを複合的に利用するマルチプローブ実験を推進しており、物構研の複数の量子ビームを利用する実験課題をマルチプローブ共同利用実験課題として公募している。2021 年度からは「エキスパートタイプ」（有効期間 3 年）と「スタンダードタイプ」（有効期間 1 年）の募集が開始され、放射光を利用する課題としては、それぞれ 1 件が採択された。

表 1-1 2021 年度に有効であった S 型課題一覧

課題番号	実験責任者（所属）	課題名	ステーション
2018S2-004	組頭 広志 (東北大学 多元物質科学研究所)	ディラック酸化物の探索	4C, 7C, 9A, 9C, 16A, NW10A, 2A/B
2018S2-005	小澤 健一 (東京工業大学理学院)	BL-13B 光電子分光システムのマイクロ測定を目指した高度化と機能性材料の精密物性評価研究	13B, 3B
2018S2-006	山崎 裕一 (物質・材料研究機構)	コヒーレント軟 X 線回折によるメゾスコピック領域の磁気イメージング	3A, 4C, 8A, 13A/B, 16A
2018S1-001	高橋 嘉夫 (東京大学大学院理学系研究科)	水惑星学創成のための STXM 分析拠点の形成と応用	19A/B
2019S2-001	小林 寿夫 (兵庫県立大学大学院 物質理学研究科)	偏光特性を活用した核共鳴前方散乱法による Fe 系化合物の軌道秩序とその揺らぎの観測	NE1A
2019S2-002	木村 正雄 (KEK 物構研)	X 線顕微鏡を中心とした航空機材料の機能マッピング	NW2A, 19A/B, 15A1, 9A, 9C, 12C, AR-NW10A, 8A
2019S2-003	雨宮 健太 (KEK 物構研)	軟 X 線深さ分解 XAFS/XMCD 法によるスピントロニクス材料研究の夜明け	16A, 7A
2020S2-001	熊井 玲児 (KEK 物構研)	有機エレクトロニクス材料開発のための構造物性	8A, 8B, 7C, AR-NE1A, 4C, 3A
2020S2-002	中村 智樹 (東北大学大学院理学研究科)	小惑星探査機「はやぶさ 2」リターンサンプルの放射光 X 線回折実験	3A
2021S2-001	佐藤 宇史 (東北大学大学院理学研究科)	マイクロ ARPES による新奇トポロジカル物質の特異電子状態の解明	28A/B
2021S2-002	組頭 広志 (東北大学 多元物質科学研究所)	オペラント ARPES による新原理モットトランジスタの開発	28A/B, 2A/B
2021S2-003	小澤 健一 (東京工業大学理学院)	顕微軟 X 線分光による機能性材料の電子状態可視化と物性・反応との関連研究	13A/B, 3B
2021S2-004	山崎 裕一 (物質・材料研究機構)	トポロジカル磁性体における位相欠陥と拡張多極子の動的構造可視化	11B, 13A/B, 16A, 2A/B, 3A, 4C, 8A

(3) PF 課題

施設戦略の可視化、創出成果の最大化、共同利用実験課題以外へのビームタイム配分の明確化などを目的として、従来の「所内優先課題」や「施設留保課題」を整理した PF スタッフを対象とする「PF 課題」の運用が開始された。PF として推進すべき課題（技術開発や分野開拓など）として位置づけられた PF-S 課題と PF-G 課題（利用研究の推進）、PF-T 課題（教育・人材育成の推進）、PF-SBRC 課題（構造生物学研究センターの研究推進）、PF-CIQUS 課題（量子ビーム連携研究センターの研究推進）が設定されている。2021 年度に実施された PF 課題は、PF-S 3 件、PF-G 25 件、PF-T 11 件、PF-SBRC 38 件、PF-CIQUS 9 件であった。PF-S 3 件について紹介する。

2021PF-S001：X 線マルチコントラスト・ズーム光学系の開発（実験責任者：平野馨一）

放射光による X 線イメージングでは、これまで固定倍率の光学系が主に利用されてきたため、試料内の関心領域を最適倍率で観察するのが容易ではないという問題があった。そこで、この問題を解決するために、これまで放射光実験施設・基盤技術部門の X 線光学チームが中心となって、倍率を連続的に変更可能なズーム光学系の開発に取り組んできた。本課題では、そのさらなる発展を目指して、主に以下四つの実験を行う。

1. 非対称結晶によるマルチコントラスト・ズーム光学系の開発
2. FZP によるマルチコントラスト・ズーム光学系の開発
3. 光学素子評価
4. CT 解析プログラムの評価

2021PF-S002：多目的軟 X 線時間分解計測システムの開発（実験責任者：足立純一）

PF 2.5 GeV リングの特長を生かし、軟 X 線領域での時間分解実験の促進を図っている。本課題では、より汎用的な軟 X 線実験に展開できるよう差動排気部の改良を進め、時間分解を志向した試料についての予備実験を行い、サブマイクロ秒からピコ秒領域での時間分解軟 X 線吸収計測の実証を目標とする。

従来の実験技術では軟 X 線領域の実験は高真空下で行う必要があり、その活用は限定的であった。まず、軟 X 線領域での実験への参入ハードルを下げる事が重要であると判断し、差動排気システムの準備に着手した。偏向電磁石ビームラインでは、製作した差動排気システム、および時間分解軟 X 線用の検出器としてアバランシェフォトダイオード (APD) の実証を行う。また、アンジュレータービームラインにて、時間分解実験への展開を志向した実証実験を行う。

2021PF-S003：軟 X 線領域のコヒーレンスを利用したイメージング手法の技術開発（実験責任者：中尾裕則）

共鳴 X 線散乱 (RXS) は、元素の吸収端を利用することで、元素だけでなくその軌道選択的に電子状態の周期構造を調べることができるユニークな実験手法である。特に、超伝導・巨大磁気抵抗効果・巨大電気磁気効果など多彩な物性を発現し注目される 3d 遷移金属酸化物・4f 希土類金属化合物の新奇な物性の起源を担う 3d・4f 電子状態を直接的に観測するためには、軟 X 線領域を利用する必要がある。実験責任者らは、PF において共鳴軟 X 線散乱実験用の真空中 X 線回折計群を開発し、数多くの成果を上げてきた。さらに、軟 X 線領域の RXS で観測された信号強度は桁違いに強く、PF においてもコヒーレンスを利用した研究が可能であることを明らかにした。この結果を受け、RXS 手法と光のコヒーレンスを組み合わせた磁気イメージング研究を立ち上げ、磁気スキルミオン格子のコヒーレント回折イメージング (CDI) に世界に先駆けて成功した。

これまでに広視野・低分解能実空間イメージングから狭視野・高分解能 CDI まで連続的に変化させる測定手法の着想に至り、このアイデアを具現化したマルチスケール軟 X 線回折顕微鏡の開発・利用研究を進めた。また当顕微鏡の逆空間信号に注目することで、磁性体中のトポロジカル欠陥構造に対する新たな観測手法を見出した。このように軟 X 線領域のコヒーレンスを利用したイメージング手法は、まだまだ未開拓で、様々な可能性を秘めている測定手法と言える。本課題では、先端的な手法開発を推進し、PF らしい測定してみても初めて明らかになるような発見を目指す。また、観測対象にマッチした測定手法を明らかにし、その後の利用展開に向けた重要な指針を得ることも可能となる。

本イメージング手法の主な研究対象である磁気テクスチャは、その物性を理解する上で、外場に対する応答、すなわち様々な時間スケールでの時間応答を捉える手法の開発が必要である。これに関しては基盤技術部門の時間分解チームと組むことにより推進する。加えて、軟 X 線領域のコヒーレンスを利用したイメージング手法の成否のカギを握っているのが X 線検出器であり、基盤技術部門の検出系チームと組むことにより、検出器の革新による発見も目指す。

(4) その他のビーム利用

上記以外のビーム利用課題として、共同研究課題 (C 型：PF スタッフと外部機関の研究者による共同研究) と有償利用である一般施設利用課題 (Y 型)、国又は国が所管する独立行政法人その他これに準ずる機関が推進するプロジェクトとして採択された研究課題の実験を行うための優先施設利用課題 (V 型)、初めての放射光利用を支援するための試行施設利用課題 (L 型) が設定されている。2021 年度には、C 型 10 件、Y 型 38 件、V 型 6 件、L 型 5 件の利用があった。また、インドビームライン (BL-18B) のインド国内研究者の利用は協定により行われており、2021 年度は 32 件の課題が実施された。

(5) ビームタイム配分

ビームタイムの配分は、年間を5月～7月, 10月～12月, 1月～3月の3期に分け、期ごとにPF-PACの分科に対応したビームライン群で検討される。その際、共同利用実験以外の有償利用とPF課題の合計が前ビームタイムの25%を超えないようにしている。

2021年度に有効であった共同利用実験課題の評点分布と、ビームライン毎のビームタイムの配分状況の詳細については、「付録2 PFの活動に関する統計データ」にまとめた。

(6) 有効実験課題数と登録ユーザー数

図1-6に、2007年度から2021年度の有効実験課題数と登録ユーザー数の推移を示す。2021年度の全ユーザー数は2313人であり、2020年度よりは少し増加したが、以前よりは減少している。これは新型コロナウイルス感染症対策として、ユーザーがPFに来所しないリモート測定実験・全自動測定実験の割合が増加したことに起因していると考えられる（来所しないユーザーは放射線業務従事者登録手続きや共同利用者宿泊施設の申し込み等が不要なため、ユーザー登録しない場合が多い）。登録ユーザーの地域分布を図1-7に示す。

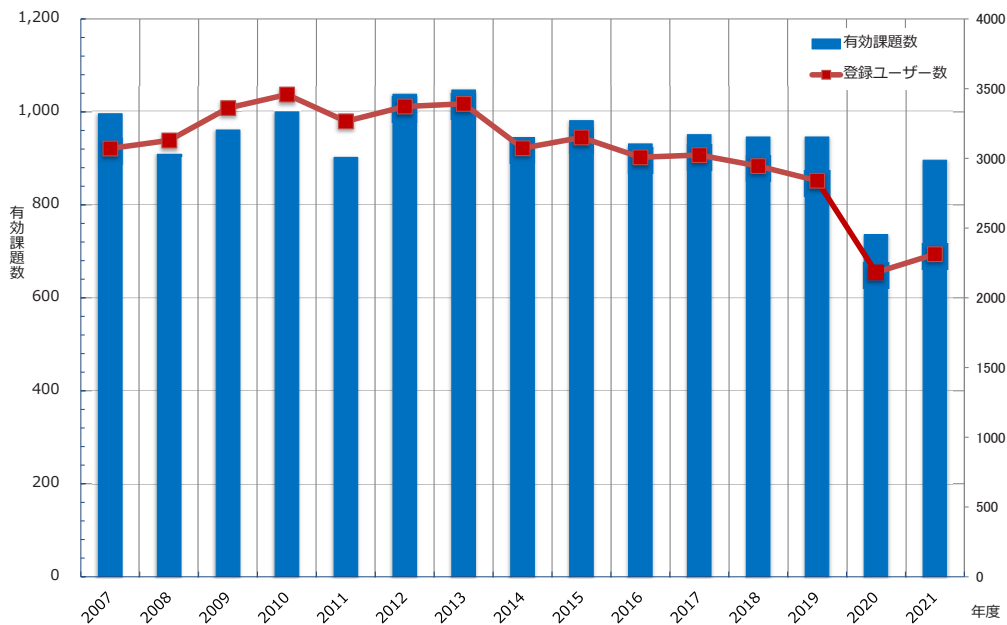


図1-6 年間の有効実験課題数と登録ユーザー数の推移

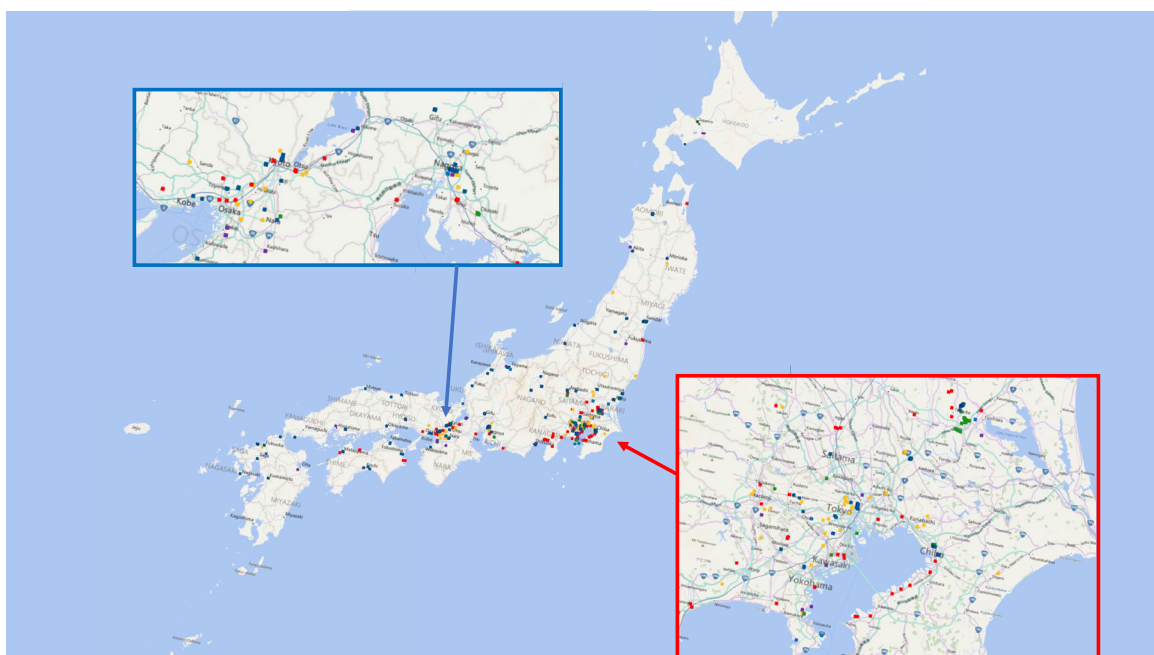


図1-7 登録ユーザーの地域分布

(7) 利用実験による研究成果（学術論文登録状況）

KEK 研究成果管理システムに登録された「PF を利用した 2021 年に学術誌等に掲載された論文」数は、2022 年 7 月末現在の集計で、580 報であり、40 年間の累計は 20,000

を超えた。PF の研究成果として登録された論文数の年度推移を図 1-8 に示す。PF スタッフが著者に含まれる論文のリストを第 6 章に、登録論文のうち被引用数の多いもののリストを第 7 章にまとめてある。

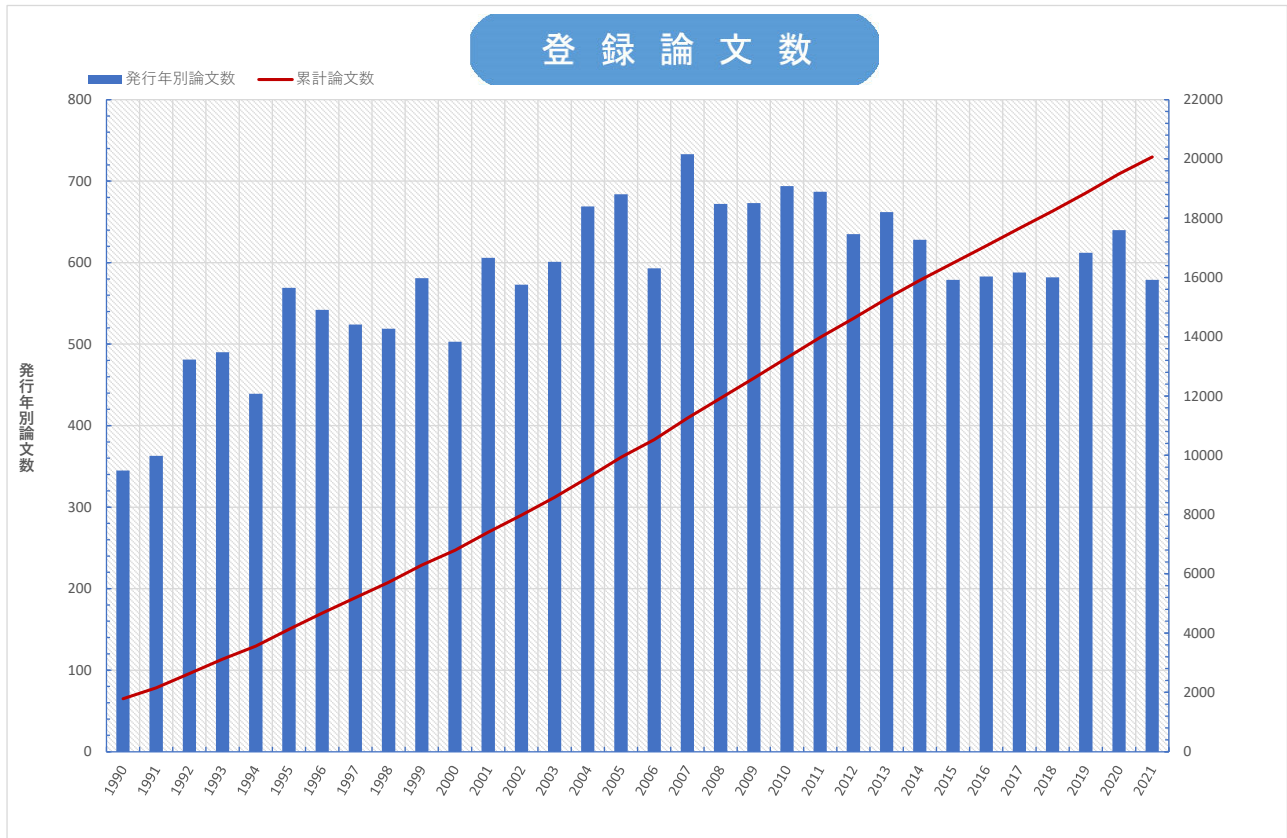


図 1-8 登録論文数の推移（単年度と累計）

(8) ユーザーグループ (UG) 運営ステーション

フォトンファクトリー (PF) では、PF スタッフにより運営される通常のステーション以外に、ユーザーグループ (UG) または大学の部局等によって運営されるステーションおよび装置があり、それぞれユーザーグループ (UG) 運営ステーション、ユーザーグループ (UG) 運営装置、大学等運営ステーションと呼んでいる。

1) ユーザーグループ (UG) 運営ステーションおよび運営装置

UG 運営ステーション・運営装置は、放射光利用実験における UG の活動を尊重し、PF 全体の研究活動の活性化に資するとともに、ユーザーグループの積極的な施設運営への参加協力により、PF スタッフの人的資源の不足を補うことを目的としており、特定のステーション・実験装置を UG と PF との共同で運営している。手続きとしては、まず対象となる実験ステーションまたは装置の運用に関して UG から提出された計画書を基に、物構研と UG との間で覚書を取り交わし、ステーション等の運営を物構研から UG に委嘱する。当該 UG は、所内担当グループと協議の上、代表者および若干名からなる運営ワーキンググループ (以下運営 WG) メンバーを選任し、ステーションの運営の実務を行う。運営 WG メンバーに対しては KEK の共同研究研究員を委嘱し、一方、PF 側は当該ステーション等の担当職員を指名して運営 WG との連絡調整を行うとともに

に、ビームライン調整等のための旅費のサポートを行っている。UG 運営ステーションの有効期間は最長3年間とし、更新に際しては当該期間のユーザーグループの活動内容に関する協議を行うこととしている。

2021 年度にユーザーグループにより運営されたステーション・装置を表 1-2 にまとめた。このうち、2022 年 3 月に有効期間満了を迎える UG 運営ステーション・装置 (BL-27A/BL-27B・AR-NE7A MAX-III) について継続のためのヒアリングが実施され、2022 年 4 月から 3 年間、UG による運営が継続されることとなった。

2) 大学等運営ステーション

大学等運営ステーションは、放射光科学の教育・研究推進に関する合意書を PF と大学の部局との間で締結し、ステーションの運営を PF から大学に委嘱する仕組みである。ステーションの運営形態は UG 運営ステーションにほぼ準ずるが、大学の教育・実習等にビームタイムが活用されている点が特徴的である。

BL-20A は、東京工業大学と PF の合意書に基づき、両者が共同で運営する大学等運営ステーションである (表 1-3)。このステーションでは、東京工業大学の教員が PF スタッフと協力して大学院教育および一般の共同利用に関わるステーション運営の実務を行っており、2021 年度も東京工業大学大学院修士課程の演習科目が実施された。

表 1-2 ユーザーグループ (UG) 運営ステーション一覧

運営 WG 名	ステーション名	代表者	有効期間
高圧物性	BL-18C	高橋 博樹 (UG, 日本大学) 鍵 裕之 (運営 WG, 東京大学)	2018/4 ~ 2021/3
粉末回折	BL-4B2	植草 秀裕 (東京工業大学)	2018/4 ~ 2021/3
物質物理	BL-6C	八方 直久 (広島市立大学)	2018/4 ~ 2021/3
鉱物・合成複雑単結晶	BL-10A	吉朝 朗 (熊本大学)	2018/4 ~ 2021/3
表面科学	BL-3B	吉信 淳 (UG, 東京大学) 枝元 一之 (運営 WG, 立教大学)	2018/4 ~ 2021/3
X線顕微分光分析	BL-4A	宇尾基弘 (東京医科歯科大学)	2020/4 ~ 2023/3
放射線生物, 原子力基盤研究	BL-27A/B	横谷 明德 (量研機構) 岡本 芳浩 (原研機構)	2019/4 ~ 2022/3
高圧物性	AR-NE7A / 高温高圧 実験装置 (MAX-III)	高橋博樹 (UG, 日本大学) 久保友明 (運営 WG, 東北大学)	2019/4 ~ 2022/3

表 1-3 大学等運営ステーション一覧

運営 WG 名	ステーション名	運営 WG 代表者名	有効期間
東京工業大学理学院化学系	BL-20A	北島 昌史 (東京工業大学)	2021/4 ~ 2024/3

1-5. 産業利用

(1) 概況

2021年度現在、PFの産業利用は、成果専有・非公開の一般施設利用（Y課題）と成果公開を基本とする民間等共同研究（C課題）の2つの有償利用制度を中心に運用されている。それらに加えて、2017年度から本格的に立ち上がった試行施設利用制度（L課題）と若干の無償・成果公開の共同利用課題（G課題等）が実施されている（表1-4）。試行施設利用制度は、2007年度（平成19年度）から9年間続いた文部科学省補助事業による無償利用制度（トライアルユース、TU制度）が2015年度末で終了したのち、産業界ユーザーからの要望に応えるとともに、新規ユーザー・手法開拓を目的に2017年度に立ち上げた制度である。

産業利用の実験時間数を図1-9に示す。コロナ禍を機に、代行測定・リモート実験の整備が進み、来所実験が必要であったビームラインにおいても来所せず放射光実験が可能になりつつある。

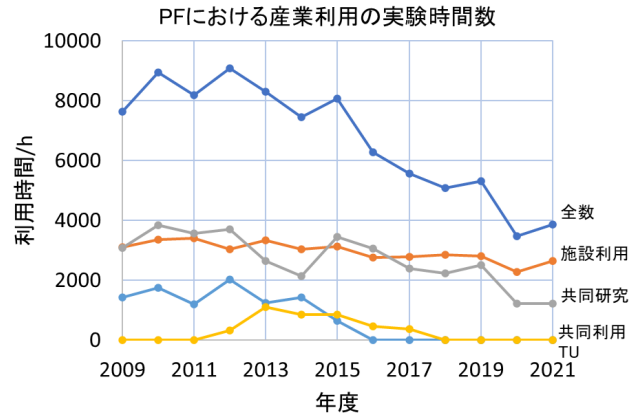


図1-9 産業利用の実験時間数

表1-4 フォトンファクトリーの利用制度

制度	利用料	有効期間	募集/年	成果の取扱	備考・利用料等
一般施設利用	有償 ^{※1}	—	随時	成果専有 非公開可	通常ライン：27,800円/時 高性能ライン：54,500円/時
試行施設利用 ^{※2}	有償	—	随時	成果専有 非公開可	通常ライン：12,800円/時 高性能ライン：25,600円/時
共同研究	有償	半年～複数年	随時	公開	
共同利用	無償	2年(基本)	2回	公開	応募資格に制限有り ^{※3}
優先施設利用	有償	年度内	随時	公開	応募資格に制限有り ^{※4} 通常ライン：12,800円/時 高性能ライン：25,600円/時

※1：一部の手法（ビームライン）ではオプションとして、利用支援、代行測定・解析なども用意されています。

※2：試行施設利用は初めてのご利用を対象としたものです。

※3：学術目的の実験課題であること。

※4：国又は国が所管する機関のプロジェクトで採択された研究課題であること（科研費を含む）。

※ 高性能ライン：アンジュレーター、マルチポールウィグラー等を光源とするライン。

(BL-1, 2, 3A, 5, 13, 15, 16, 17, 19, 28, NE1, NE3, NW12, NW14)

(2) 普及活動、利用支援体制

試行利用制度の2021年度の利用件数は、5課題（内、民間企業の利用は4課題）であった。最近は、特定の手法にかたよらず、STXM、硬X線XAFS、軟X線分光など多くの手法で利用されている。また、2016年度下期に有償支援制度が制定され、2017年度のビームタイムから利用が進んでおり、従来は十分な対応が困難であった実験支援・解析支援やコンサルティングを確実に実施できるようになった。民間企業による産業利用の様々なニーズに、よりきめ細かく対応する制度体系がつけられており（表1-5）、タンパク質結晶構造解析、SAXS、HX-XAFSを中心に多数の支援実績がある。その他に、一般施設利用のオプションとして一部のビームラインでは、代行測定・解析制度を実施している。今後、対応可能な手法が増える見込みである（表1-6）。

産業利用促進運転日（産促日）を実施した。産促日は、従来の機構の予算による運転とは別に施設利用等の利用料収入を用いた放射光加速器の運転である。産業利用の推進を主な目的に運転時間の延長を行っており、2018

年度から実施している。2021年度から、PFだけでなく、PF-ARでも産促日を実施した。実施時期はそれぞれの運転期間の最終期間に設定され、I期（5-7月期）はPF4日間（96時間）/PF-AR1日間（24時間）、II期（10-12月期）はPF5日間（120時間）/PF-AR1日間（24時間）、III期（1-3月期）はPF3日間（72時間）/PF-AR1日間（24時間）、産業利用が可能な全ビームラインで実施した。この期間は施設利用料収入で運転経費を賄い、有償利用による実験を優先した。一部のビームラインでは、随時利用が可能になるように実施期間を分散させて運用した。2020年度から、運転経費の負担について、実験の実施時期にかかわらず原則として施設利用料収入の10%を運転経費に充当する運用がなされている。有償施設利用の希望がなかったビームライン・ビームタイムでは大学共同利用一般課題（G課題・S課題等）にビームタイムが配分され、PF全体として、大学共同利用を圧迫することなく企業等による有償施設利用の時間の確保と共に、企業のPF利用による大学共同利用への還元につながった。

表1-5 フォトンファクトリーの実験・解析支援、コンサルティング制度

制度	利用料	対象利用制度	備考・利用料等
コンサルタント業務	有償	施設利用 ^{※1}	10,000円/時 (利用時間は、ビームタイムと独立に設定)
測定解析補助・指導業務	有償	施設利用	30,000円/時 (利用時間は、ビームタイムと独立に設定)

※1：一般施設利用・優先施設利用との併用を前提とする。

表1-6 フォトンファクトリーの代行測定・解析制度

制度	利用料	対象利用制度	備考・利用料等
代行測定・解析業務	有償	一般施設利用 ^{※1}	・利用料金は作業の内容により異なる ・実施実験手法：タンパク質結晶構造解析、X線小角散乱、硬X線吸収分光(XAFS)、粉末X線回折

※1：優先施設利用は対象としない。

1-6. 教育・人材育成

(1) 大学共同利用における人材育成

PFの共同利用において、大学院生ユーザーの放射光の共同利用実験への参画は、国内外の大学における教育と研究の推進に資するのはもちろんのこと、企業、大学、研究機関において先端的な大型研究施設を活用する若手研究人材を育成するという観点からも、極めて重要である。2021年度の大学院生ユーザーの登録数は890名、実習生として放射光実験に参加した大学の学部学生および高等専門学校の本科学4年生以上に在籍する学生が266名で、これを合わせるとフォトンファクトリーを利用する年間のユーザー登録数(2313名)の約半数を占める。KEK研究成果管理システムのデータベースに2021年度取得として報告された学位論文数は、博士51、修士221の合計272件となっている。これまでの累計では、フォトンファクトリーでの利用実験により、総計5847件の学位論文が発表・登録されており、フォトンファクトリーの際立った特徴となっている。

(2) 総合研究大学院大学

総合研究大学院大学(総研大)は、1988年に国立大学(現在は国立大学法人)として創立された大学院大学である。各専攻は、4つの大学共同利用機関に直結して設置されており、学術研究の新しい流れに先導的に対応できる視野の広い創造性豊かな研究者を養成することを目指している。物質構造科学専攻では、先端的加速器から得られる放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子などの量子ビームを利用した最先端の科学研究を行っている。その分野は物理学、化学をはじめ、ナノテクノロジー、生命科学、医学応用、環境科学、地球物理学などの極めて広範囲かつ最先端の研究分野に亘る。また量子ビームの利用研究だけに留まらず、量子ビームの発生・利用技術の一層の高度化の研究を進めることにより、物質の新たなフロンティアの開拓に寄与することを目指している。2021年度にフォトンファクトリー内の講座に所属する総研大大学院生は11名であった。

(3) 大学院生奨励課題と特別共同利用研究員

大学院生奨励課題(T型課題)は、大学院生が課題責任者となって共同利用実験を行うことのできる放射光共同利用実験課題のカテゴリーとして、2014年度にスタートした。T型課題は書類及び面接審査を経て課題の採否が決定される。採択された場合には、大学院生が課題責任者として主体的に放射光研究を展開することができる。課題責任者の大学院生には、特別共同利用研究員としてPFに在籍することを義務付けており、所属大学の指導教員とPF内の受入教員の両方から研究指導を受けながら、PFの実験現場で研究を進めることができる。2021年度にはT型課題は2件が採択され、前年度からの継続課題1件と合わ

表 1-7 総研大院生および特別共同利用研究員の受け入れ状況の年度推移

年度	総研大院生	特別共同利用研究員
2003	15	7
2004	14	5
2005	13	6
2006	9	10
2007	6	13
2008	6	10
2009	6	9
2010	5	10
2011	4	5
2012	3	6
2013	4	7
2014	3	7
2015	3	6
2016	6	7
2017	7	10
2018	9	11
2019	8	7
2020	10	4
2021	11	11

せて3件が実施された。

特別共同利用研究員の制度は、KEKで他大学の大学院生を受け入れる仕組みであり、T型課題の申請・採択は無くとも適用可能である。2021年度にフォトンファクトリー内で受け入れた特別共同利用研究員は11名であった。フォトンファクトリーの総研大院生および特別共同利用研究員の受け入れ状況の年度推移を表1-7に示す。

(4) 講習会

フォトンファクトリーでは、利用ユーザーの比較的多い計測分野を中心に、放射光計測に関連する講習会を定期的に開催している。2021年度に開催した講習会のリストを表1-8に示す。

タンパク質結晶構造解析およびクライオ電子顕微鏡の講習会は、PF-UAタンパク質結晶構造解析ユーザーグループ、創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム(BINDS)と物質構造科学研究所の連携による講習会である。

文科省の科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業ナノテクキャリアアップアライアンス(NanotechCUPAL)は2018年度末で終了した。これを継承する形で、2019年度からはPFの自主施策としてCUPAL講習会を開催して

表 1-8 講習会リスト

実施日	講習会	参加人数	企業参加	内容
2021年4月22日	SBRC International Cryo-EM Seminar No. 9 ¹⁾	50	可*	講義
2021年9月17-21日	第9回対称性群論トレーニングコース ²⁾	33	可	講義
2021年11月13日	第6回タンパク質結晶構造解析中級者向け講習会 ³⁾	123	可	講義, 演習
2022年2月1-2日	放射光・中性子分析初級/中級コース第5回 数理科学・マルチプローブを活用した粉末回折データの解析 ⁴⁾	25	可	講義, 演習
2022年2月3-4日	2021年度タンパク質結晶構造解析初心者向け講習会 ⁵⁾	18	可	講義, 演習
2022年3月10日	第5回クライオ電顕解析初心者講習会～データ処理～ ⁶⁾	56	可*	講義, 演習
2022年3月31日	SBRC International Cryo-EM Seminar No. 10 ⁷⁾	37	可*	講義

*CryoEM コンソーシアム入会企業の参加が可能

1) <https://www.cryoemnet.org/events/sbrc-international-cryo-em-seminar-series9>

2) <http://pfwww.kek.jp/trainingcourse/9th/index.html>

3) <https://pf-form.kek.jp/tanpaku/chukyu/6th/>

4) https://cupal.kek.jp/application/CUPAL_circular-24r.pdf

5) <http://pfwww.kek.jp/tanpaku/shokyu/10th.html>

6) <https://pf-form.kek.jp/sbrc/cryoem-workshop-5/>

7) <https://pf-form.kek.jp/sbrc/international-cryo-em-seminar-no10/>

いる。放射光科学入門コース（2日間の講義・実習，年2回開催）と放射光科学上級コース（定員3名，通年でのマンツーマン指導を支援）の2つの枠組みとしていたが，2020年度からはコロナ禍で実地での講習が困難になった。2021年度には，放射光初級/中級コース第5回として，粉末回折データの解析のテーマをオンラインで行った。

対称性・群論トレーニングコースは，2014年の世界結晶年（IYCr2014）を契機として，物構研の主催（第2回より日本結晶学会と共同主催）で開催している講習会であり，2019年度までに8回開催されていたが，2020年度は新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い延期され，2年ぶりの開催となった。

(5) 大学院生を対象とした人材育成

PFでは，東京工業大学理学院化学系との間に締結された教育に関する協定で，BL-20Aを大学等運営ステーションとして運営を委託し，化学専攻の大学院生教育のための実験ステーションとして位置付けている。2011年度から毎年，修士課程の大学院生を対象とした実習が行われてきたが，2021年度は，12月に4日間の実習が実施された。

茨城大学は，2016年に大学院理工学研究科に全国的にもユニークな「量子線科学専攻」を新設し，量子ビームをツールとして活用できる人材育成に取り組んでいる。その取り組みのひとつとして，2017年より，KEKと共に「茨城大学-KEK Day 最先端加速器による量子線科学のツアー」を毎年実施している。2021年度は，2022年3月29日にオンライン形式で実施された。

1-7. 機関連携

(1) 大学等連携

フォトンファクトリー（PF）では、物質科学、生命科学、量子ビーム科学、加速器科学、などの研究領域の推進を図るとともに、大学における人材の育成、大学・研究機関との人材交流を発展させ、世界第一線で先導的な役割を果たすべく、国内の大学をはじめとする教育・研究機関との間で教育・研究開発の連携・協力を積極的に推進している。これらの目的を達成するために、KEK と各大学との間で

連携協力協定が締結され、PF が連携推進を実施する主体となり、他機関との連携による成果創出を進めている。

2021 年度に KEK との間で連携協力協定を締結している大学は、東京大学、名古屋大学、佐賀大学、広島大学、東京理科大学、東北大学、筑波大学、北海道大学、京都大学、九州大学、お茶の水女子大学、大阪大学、岩手大学、茨城大学である（表 1-9）。

表 1-9 大学との協定・覚書一覧

大学	協定・覚書等の名称
東京大学	放射光科学の研究推進について（学術研究交流の推進）
東京大学 物性研究所	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と東京大学物性研究所との放射光実験施設利用に関する覚書
東京大学 物性研究所	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と国立大学法人東京大学物性研究所との研究連携協力に関する協定
東京大学 理学部	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と東京大学理学部附属スペクトル化学研究センターとの共同研究に関する覚書
佐賀大学シンクロトロン光応用研究センター	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と佐賀大学シンクロトロン光応用研究センターにおける学術研究交流に関する覚書
広島大学	国立大学法人広島大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定、連携・協力に関する協定の有効期限の延長に関する合意書
名古屋大学	国立大学法人名古屋大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定
東京理科大学	東京理科大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定書、連携・協力の推進に関する基本協定の変更に関する合意書
東北大学	国立大学法人東北大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
筑波大学	国立大学法人筑波大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定、連携・協力の推進に関する基本協定の変更に関する合意書
北海道大学	国立大学法人北海道大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携協力の推進に係る協定書 / 変更契約書
京都大学	国立大学法人京都大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との間における連携・協力の推進に関する基本協定書
九州大学	国立大学法人九州大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
お茶の水女子大学	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構と国立大学法人お茶の水女子大学との連携・協力の推進に関する協定書
大阪大学	国立大学法人大阪大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携及び協力に関する協定
岩手大学	国立大学法人岩手大学と大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構との連携・協力に関する協定
茨城大学フロンティア 応用原子科学研究センター	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所と国立大学法人茨城大学フロンティア応用原子科学研究センターとの量子ビームによる生命・物質科学の研究推進に関わる連携協力協定

1) 学術3施設連携(放射光学術基盤ネットワーク)

日本放射光学会から、拡大放射光施設代表者会議や評議員会での議論を経て、日本学術会議のマスタープラン2020に「放射光学術基盤ネットワーク」計画が提出された。PFと分子科学研究所 UVSOR、広島大学 HiSOR の学術3施設の連携と高度化を中心とした計画であり、大型研究計画として採択されている。

2021年度から本格的にスタートした「フォトンファクトリー新放射光源施設計画」に向けたR&Dとして進めている「開発研究多機能ビームライン」についての検討会を、上述の学術3施設の連携で立ち上げ、2021年度内にキックオフミーティングを含めて10回開催した。

2) 北海道大学-KEK 第12回連携協議会

2021年12月、北海道大学-KEK 連携協力協定に基づく連携協議会が開催された。第12回目となる今回は北海道大学の百年記念会館にて対面とリモートのハイブリッド形式での開催となった。

両機関における相互の研究開発能力及び人材を活かし、様々な個別研究領域の推進を図るとともに、人材の育成、人材交流を進展させ、世界第一線で先導的な役割を果たすべく、異分野融合型の研究開発の連携・協力を積極的に推進していくことが本会の目的である。

まず、北大の増田隆夫 理事・副学長、KEKの岡田安弘 理事から、挨拶並びに互いの現況報告があった。続いてKEK側からの話題提供として、齊藤直人素粒子原子核研究所長より「KEK IPNSの研究活動」と題した現況報告と、小杉信博物質構造科学研究所長より「北大との連携実績と報告性」と題した報告があった。

その後、北海道大学側からの話題提供として、グローバルファシリティセンター佐々木隆太副センター長より「北大コアファシリティ構想における北大-KEK連携について」と題した現況報告と、触媒科学研究所朝倉清高教授より「XAFS データベースの構築の取組-最近の進展」と題した現況報告があった。

さらに、その後の意見交換では、お互いの連携について活発な協議が行われ、今後、両機関の結びつきがさらに深まり、物質科学をはじめとする研究活動がより一層促進されると期待されるような協議会となった。

北大-KEK Day (2021年12月4日)

<https://www.kek.jp/ja/event/202111261130/>

(2) 国際協力

フォトンファクトリー (PF) では、海外9カ国、19の大学および研究機関との間で協定を結び、放射光科学・加速器科学分野における研究協力、研究者の交流、研究所間の相互訪問と情報交換等を実施している。協定の詳細について、表1-10にまとめた。

このうち、インド政府科学技術局 (DST) との協定では、PFリングのBL-18Bを「インドビームライン」として貸

与し、主にインド国内の研究者からの実験課題を受け入れている(インド以外の共同利用実験の申請も受け付けている)。2021年度はコロナ禍ということもありインドから研究者が来日することは困難となっていたが、PFに滞在しているインドビームラインスタッフによる代行実験の形で32件の実験課題が実施された。インドビームラインのアクティビティは非常に高く、2021年度にデータベースに登録された論文は25報に上る。

スイス ポール・シェラー研究所 (PSI) との覚書では、PFの運転が休止となる夏季(8月~9月)にタンパク質結晶構造解析ユーザーの実験をスイスライトソース (SLS) のビームラインを利用して全自動測定もしくはリモート測定で実施しており、2021年度は合計32課題、1428個の結晶の実験が行われた。

表 1-10 海外研究機関との協定一覧

	機関	協定名称
中国	高能物理研究所 (IHEP)	KEK と IHEP との間における学術交流に関する協定
	上海高等研究院 (SARI)	KEK と SARI の学術交流に関する覚書
韓国	韓国基礎科学研究院 (IBS)	KEK と IBS との間における研究協力に関する協定
インド	インド原子力庁 (DAE)	KEK と DAE との間における、素粒子物理実験、測定器開発、放射光科学、加速器科学等における共同研究開発に関する覚書
	インド政府科学技術局 (DST)	科学的・技術的協力に関する覚書の締結
	インド工科大学ボンベイ校 (IITB)	KEK と IITB との間における学術交流に関する覚書
	インド工科大学ハイデラバード校 (IITH)	KEK と IITH との間における学術交流に関する覚書
	インド工科大学カラグプール校 (IITK)	KEK と IITK との間における学術交流に関する覚書
	バナーラス・ヒन्दウー大学 (インド・ヴァラナシ/BHU)	KEK と BHU との間における加速器科学分野での研究協力に関する覚書
	応用マイクロ波電子工学学会 (SAMEER)	KEK と SAMEER との間における学術交流に関する覚書
タイ	タイ放射光施設 (SLRI)	KEK と SLRI との間における学術交流に関する協定
台湾	台湾放射光研究センター (NSRRC)	KEK と NSRRC との間における先端加速器技術の開発及び応用に関する覚書
	清華大学 (NTHU)	KEK と清華大学との間における学術交流に関する覚書
米国	SLAC 国立加速器研究所 (SLAC)	外部ユーザーを受け入れる際の指針に関する協定
	アルゴンヌ国立研究所 (ANL)	KEK/IMSS と ANL との間における放射光科学分野の国際広報グループに関する覚書
	ブルックヘブン国立研究所 (BNL)	国立シンクロトロン光源プロジェクト II (NSLS- II) に関する覚書
ドイツ	ドイツ電子シンクロトロン研究所 (DESY)	KEK と DESY との間における学術交流に関する協定
スイス	ポール・シェラー研究所 (PSI)	KEK/IMSS と PSI との MX ビームラインのビームタイム相互利用に関する覚書
フランス	国立科学研究センター (CNRS)	KEK と CNRS との間における高エネルギー、天体粒子、原子核物理並びに物質科学に関する分野の協力関係に関する協定

1-8. 研究会

(1) PF 研究会

フォトンファクトリー（PF）では、放射光科学における幅広い研究分野の推進を目的として、PF 研究会の開催提案を全国の研究者から年2回公募している。この研究会は、放射光科学及びその関連分野から、タイムリーで重要な特定のテーマを選定し、KEK つくばキャンパスで集中的に討議するものである。開催にあたっては、一定の予算枠内で参加者の旅費等のサポートを実施している。2021年度中は表 1-11 に示すように、開催は1件のみであった。当該研究会は、ハイブリッド方式での開催が予定されていたものの、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、開催1週間前に完全リモート会議形式に変更された。PF の現状報告と6件の学術講演に加えて、各種X線画像検出器を扱っている企業10社から、検出器の原理や特徴、観察例などを紹介していただく時間も設けられた。

表 1-11 PF 研究会リスト

日程	題名	参加人数
2022年1月13日	X線画像検出器の現状と将来展望	134

<https://www2.kek.jp/imss/pf/workshop/kenkyukai/20220113/>

(2) PF シンポジウム・量子ビームサイエンスフェスタ

PF シンポジウムはPFを利用するユーザーが年1度集い、PFでの研究成果、施設運営、共同利用、将来計画等について報告・議論する場である。2022年3月開催のPFシンポジウムで39回目を数えたが、第30回（2012年度）からは中性子やミュオンと合同の「サイエンスフェスタ」として開催されている。

第39回PFシンポジウムは、2022年3月7～9日にリモート会議形式で開催された2021年度量子ビームサイエンスフェスタとして開催され、3日目の「PFシンポジウム」セッションでは施設の現状と将来計画についての報告と議論が行われた。報告には、2021年度から始まったPF-S課題の紹介も含まれ、また例年のPFユーザーアソシエーション（PF-UA）総会に加えて、PF同窓会のセッションも設けられた。

2021年度量子ビームサイエンスフェスタ

<https://mlfinfo.jp/sp/qbs-festa/2021/>

1-9. 広報・アウトリーチ

フォトンファクトリー（PF）は、学術研究や産業振興、研究人材育成に幅広く貢献しており、その成果の広報・普及活動は施設としての重要な責務である。PFに関連する広報、アウトリーチは、一般向けおよび報道関係者向けに関しては主に物質構造科学研究所の広報室、研究者向けは主に運営部門が中心となって実施しているが、両者は連携を取って活動を進めている。2021年度は、2020年度に引き続き、コロナ禍の影響が強く残る1年となった。ここにあげた活動の他、パンフレット・フライヤーの作成、ウェブサイトの整備・更新、SNS（Facebook、Twitter）による情報発信、グッズやポスター等のデザインなどの通常の広報業務を行っている。また、2021年はKEK創立50周年にあたり、冊子、動画、グッズ等の製作やイベントへの協力などを行っている（KEK50周年記念事業は特設ページ <https://www2.kek.jp/kek50/> にまとめられている）。一方、2022年はPFファーストビームから40周年にあたり、ちょうど40年目の2022年3月11日に、トピックス記事「いまから40年前の3月、フォトンファクトリーは光を出し始めました」（<https://www.kek.jp/ja/topics/202203111800/>）を公開した。

（1）報道機関向け発表（プレス発表）

2021年度は、PFの研究成果（PFスタッフによる研究で、PFを利用しない研究も含まれる）等に関連して、以下の17件のプレス発表を行った（日付はウェブ公開時）。プレスリリースの詳細（PF以外の物構研の成果も含む）は以下のウェブサイトにまとめられている。

<https://www2.kek.jp/imss/news/press.html>

2021年

- 5月10日 志賀毒素の毒性発揮に必要な2つのユニットを共通して阻害する分子を発見 —新たなO157感染症治療薬開発に期待—
- 5月25日 金属を持たない新たな炭酸脱水酵素を発見 —生物が二酸化炭素を変換する多様な仕組み—
- 6月10日 【6/25開催】小惑星リュウグウ試料分析開始にあたりオンライン記者会見・見学会のお知らせ
- 6月24日 次世代有機LED材料の電子の動きを直接観察することに成功 —発光効率低下の原因を解明—
- 7月6日 被ばく線量が少ない細胞では細胞質への被ばくの有無が生と死を分ける —放射光X線を用いた細胞局所照射技術で解明—
- 7月21日 脱窒菌から取り出した亜硝酸還元酵素の構造解析に成功 高精度クライオ電子顕微鏡の画像を解析 環境浄化技術の開発に期待
- 9月22日 放射光でついに見えた磁気オクタポール —

熱を電気に変える新たな担い手～

- 9月30日 極めて安定な天然赤色色素を分解できるバクテリアを発見 —新たな糖代謝酵素の同定—
- 10月5日 昆虫のさやばね内部に十字形の影をもつ球晶構造を発見
- 10月18日 岡山県産鉱物「逸見石」が示す新奇な磁性特徴的な結晶構造が量子力学的なゆらぎを生み出す
- 10月27日 金属が破壊する瞬間に出現する不思議な原子配列を発見
- 10月28日 新しい半導体物質「硫化ホウ素シート」の生成に成功
- 11月17日 C-配糖体の安定な炭素-炭素結合を切断する酵素の機能と立体構造を解明
- 11月24日 高速データ解析で極薄膜物質の電子配列解析を加速 —全反射高速陽電子回折における新しいデータ解析法の導入—
- 12月9日 共鳴トンネル効果を用いたモットランジスタの原理検証に成功 —次世代デバイスの実現に向けて—

2022年

- 1月5日 放射光源設計の新機軸 —ハイブリッドリングによる放射光2ビーム同時利用—
- 3月2日 ファンデルワールス力による“つよく”・“しなやか”な新しい結合 —強磁性トンネル接合素子の構成材料としてグラフェン二次元物質/規則合金の異種結晶界面に期待—

6月10日のプレスリリースで報道関係者に案内したとおり、6月25日に、小惑星リュウグウの試料分析開始にあたってオンライン記者会見・見学会が開催され、48名（うち報道関係者は34名）の参加があった。最初に東北大学の中村智樹教授による概要説明があり、その後、中村教授と高橋嘉夫教授（東京大学）、二宮和彦准教授（大阪大学）によりPF BL-3A、BL-19A および J-PARC MLF MUSE D2のオンライン見学会が実施された。また、記者会見の前後にテレビ局および制作会社による撮影が実験ホールで実施され、一部はBSフジのドキュメンタリー番組「ガリレオX」で1月に放送された。

記者会見に先立って、物構研でははやぶさ2試料分析についてまとめた「HAYABUSA2-IMSS はやぶさ2微粒子分析」のウェブサイトを公開した。メディア掲載等もこのサイトにまとめられている。

HAYABUSA2-IMSS（日本語版）：

<https://www2.kek.jp/imss/news/hayabusa2/>

HAYABUSA2-IMSS（英語版）：

https://www2.kek.jp/imss/news/hayabusa2/index_en.html

(2) KEK 一般公開

2021 年度の一般公開は昨年引き続きオンライン開催となり、9 月 4 日と 5 日の 2 日間、YouTube の KEK チャンネルおよびニコニコ生放送でライブ配信された。PF から多くの企画に参加した。9 月 4 日の午前の「光の老舗工場へ潜入！」では、加速器第六研究系の東直助教授らによる PF 光源加速器からの生中継、午後の「YOU は何しに KEK へ？」という KEK のポストドク紹介のプログラムでは、阪田薫穂博士研究員が自身の研究や実験装置等を紹介した。9 月 5 日には、「X 線顕微鏡をつかって、小惑星リュウグウの微粒子から生命の材料をさがす」と題して、広島大学の藪田ひかる教授が講演を行った。講演の後半には、BL-19A 担当の山下翔平助教を交えて、「はやぶさ 2」の STXM による分析の紹介を行った。この講演に引き続き、ライブ企画「4 種のビームでみる！ ～放射光・低速陽電子・中性子・ミュオンの実験施設から中継～」が配信された。燃料電池とエレクトライドの 2 種の物質を複数の量子ビームで分析する様子を、実験装置を紹介しながら解説した。つくばと東海の両方から切り替えて生中継するというオンラインならではの企画であり、4 種の量子ビームを有する物構研の特色を活かした物となった。当日の来場者数は、YouTube のピーク値で 250 人超、ニコニコ生放送はのべ 13,000 以上と、多くの方に見ていただくことができた。毎年 4 月の科学技術週間の週末に行なっている春のキャンパス公開は、2020 年度は中止となったが、2021 年度は 4 月 18 日にオンライン施設公開を実施した。構造生物学研究センターで行われている研究について、構造生物実験準備棟、PF-AR NW12A、クライオ電子顕微鏡の 3 地点からの生中継などで解説した。

(3) KEK 主催の科学イベントへの参加

7 月 13 日～10 月 3 日の期間、国立科学博物館、KEK、日本原子力研究開発機構の主催による企画展「加速器～とてつもなく大きな実験施設で宇宙と物質と生命の謎に挑んでみた～」が国立科学博物館において開催された。

KEK では年に 2 回、一般の方を対象に公開講座を行なっている。2021 年度は KEK 創立 50 周年シリーズとして、オンラインで 4 回の公開講座が開催された。そのうちの第 3 回が 10 月 9 日に開催され、千田俊哉教授による「生命の鍵を握る”ハイテクな顕微鏡たち”」と題した講演を行った。

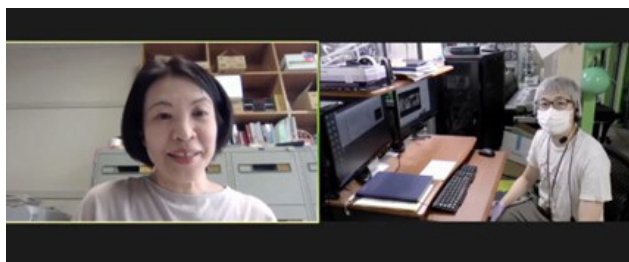


図 1-10 講演中の藪田ひかる教授（広島大学）と BL-19A で装置を紹介する山下翔平助教



図 1-11 国立科学博物館の企画展で展示された「放射光を使って構造が解明されたタンパク質の一千万倍模型」

(4) 小・中学生、高校生向けアウトリーチ

KEK が主催する TYL スクール理系女子キャンプは、女子高校生に理系専門職の進路に興味を持ってもらうための滞在型スクールである。2021 年度は現地開催とオンラインを組み合わせて、4 月 2 日の 1 日のみの開催となった。初めての試みとして、東北大学理学部、お茶の水女子大学理学部、奈良女子大学理学部の 3 ヶ所をサテライト会場として、午前中は大学のキャンパスの見学、午後はオンラインで女性研究者のレクチャー、大学院生のレクチャー、KEK バーチャルツアー等を実施した。KEK バーチャルツアーでは PF も紹介した。12 月 27 日に開催された KEK ウィンター・サイエンスキャンプもオンライン開催となり、「回折で極微細なものを見てみよう」のオンライン実習を小出常晴功労働員らが担当した。

KEK の事業「KEK キャラバン」では、小中学校・高校や一般団体への出前授業を実施している。PF 関連では、2021 年 11 月 30 日に栃木県立宇都宮高等学校の高校 2 年生を対象に、芳賀開一研究員による「宇宙は何からできているのだろうか - 見えるものと見えないもの -」がオンライン形式で実施された。

(5) その他のイベントへの出展等

文部科学省の後援により毎年秋に開催されている大学共同利用機関シンポジウムは、2021 年度は 10 月 24 日にオンライン開催された。雨宮健太教授が、「加速器だから見える物質・生命 ～量子ビームによる物質構造科学の 50 年～」と題した研究トークを行った。

また 8 月 28 日はフォトンファクトリー同窓会主催の「フォトンファクトリーの礎を築いた先生方を記念する講演会」がオンライン開催された。

この他に、日本放射光学会年会、量子ビームサイエンスフェスタ（いずれもオンライン開催）、VACUUM2021 真空展に施設報告ポスターを出展した。

(6) 一般見学への対応

2021年度は感染症の状況により、一般見学の件数が少なく、また受け入れを停止した期間もあったことから、例年よりかなり少ない約30団体の見学に対応した。また、見学対応の事務作業の簡素化やスタッフの負担の均等化などを目的として、見学対応業務の見直しを実施し、2021年度末から試験的に運用を開始した。

(7) lightsources.org での活動

Lightsources.org は、世界の放射光施設（自由電子レーザー施設も含む）の情報が集約されたプラットフォームであり、PFを含む世界中のさまざまな地域の30の施設で共同運営している。国際連合教育科学文化機関（UNESCO）が定めた「平和と発展のための世界科学デー (World Science Day for Peace and Development)」である11月10日から開始された「#LightSourceSelfies」キャンペーンには、加速器第六研究系の原田健太郎准教授が参加した。この企画は、世界の光源加速器施設で研究や開発に関わる研究者やエンジニアがこの分野の魅力について語る動画を毎週公開するもので、原田准教授は「A very powerful method that illuminates all research fields」と表現する放射光の魅力を加速器科学者の視点から語っている。



図 1-12 #LightSourceSelfies に参加した原田健太郎准教授

1-10. 外部資金

フォトンファクトリー（PF）では、文部科学省科学研究費（科研費）を積極的に獲得して放射光施設を活用した学術研究を推進している。また同時に、国家プロジェクトに基づく大型外部資金等を獲得し、課題解決型の取り組み

を推進しつつ、実験ステーション等の整備・高度化を進めている。2021年度のフォトンファクトリー関連の外部資金獲得状況は、以下の通りである。受託研究については、受託代表機関からの再委託を含む。

表 1-12 文部科学省科学研究費（科研費）

研究種目	件数		
	新規	継続	合計
特別推進研究	1	0	1
新学術領域研究	0	1	1
基盤研究（S）	0	0	0
基盤研究（A）	1	2	3
基盤研究（B）	3	3	6
基盤研究（C）	2	5	7
若手研究	3	1	4
挑戦的研究（開拓）	0	1	1
挑戦的研究（萌芽）	0	0	0
研究活動スタート支援	0	1	1
計	10	14	24

表 1-13 国からの受託研究

事業名	研究題名	研究代表者	新規・継続
未来社会創造事業	き裂および化学状態のナノスケール観察技術の確立	木村 正雄	継続
未来社会創造事業	XFEL システムの小型化に向けた研究開発（2020年度まで「マイクロアンジュレータ研究開発」。2021年から上記の通り研究題名が変更となり、加速器研究施設と物質構造科学研究所の両方で執行）	吉田 光宏	継続
未来社会創造事業	革新的な知や製品を創出する共通基盤システム・装置の実現」（数理科学を活用したマルチスケール・マルチモーダル構造解析システム）	小野 寛太	継続
二国間交流事業	韓国（NRF）との共同研究：超高速X線光電子回折による光科学反応の分子イメージング	柳下 明	継続
二国間交流事業	2次元層状材料によるヘテロ構造の作成とキャリアダイナミクスのイメージング	福本 恵紀	新規
国家課題対応型研究開発推進事業「元素戦略プロジェクト」	元素戦略磁性材料研究拠点（中性子・X線 in-situ 解析）	熊井 玲児	継続
鉱物資源開発の推進のための探査等事業	放射光を用いた風化花崗岩中の元素存在状態の解析	小野 寛太	継続
次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発	レアアースを使わない新磁石の開発	小野 寛太	継続

次世代がん医療創成研究事業	ピロリ菌感染微小環境が誘導する発がんシグナルとその遮断による胃がんの制圧：CagA-SHP2 結合阻害の構造情報を基にした低分子化合物の最適化	千田 俊哉	継続
次世代がん医療創成研究事業	増殖ストレス緩和システムを標的とする新規がん治療戦略の確立：阻害剤と PI5P4K β の複合体結晶構造解析	千田 俊哉	新規
創薬支援推進事業・創薬総合支援事業	代謝産物センサーの機能制御に基づく新規糖尿病治療薬の探索	加藤 龍一	新規
戦略的創造研究推進事業「CREST (チーム型研究)」	GTP 代謝制御によるウイルス複製阻害技術の開発	千田 俊哉	新規
戦略的創造研究推進事業「CREST (チーム型研究)」	電気化学触媒系の化学状態分析	野澤 俊介	新規
戦略的創造研究推進事業「CREST (チーム型研究)」	強相関係における光・電場応答の非摂動型解析と機構解明	岩野 薫	継続
戦略的創造研究推進事業「CREST (チーム型研究)」	塗布型電子材料の高度結晶構造解析	熊井 玲児	継続
戦略的創造研究推進事業「CREST (チーム型研究)」	クラスター錯体構造の ex situ/in situ 分光分析	君島 堅一	新規
研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム トライアウト (A-STEP)	窒素分子で表面を保護した無酸素チタンを利用した低活性化温度非蒸発型ゲッターポンプの開発	間瀬 一彦	新規
研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム トライアウト (A-STEP)	クライオ電子顕微鏡法のための小充填容量インクジェットを用いたサンプル凍結装置の開発	篠田 晃	新規
鉱物資源開発の推進のための探査等事業	AI を活用したマルチスケール・マルチモーダル構造解析システムの具体化、構築のインパクト、実現可能性の調査	小野 寛太	新規
光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)	先端レーザーイノベーション拠点「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」(④ g. 光電子顕微鏡の開発)	足立 伸一	継続
戦略的イノベーション創造プログラム (SIP 第2期)「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」	AI 援用積層最適化による CFRP 設計・製造自動化技術の開発	木村 正雄	継続
創発的研究支援事業	あらゆる半導体デバイスに適用できるオペランド観測技術の確立	福本 恵紀	新規

表 1-14 機関補助金

事業名	研究題名	研究代表者	新規・継続
令和3年度医療研究開発推進事業費補助金(創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業)(※令和2年度からの繰越分もあり)	創薬等ライフサイエンス研究のための相関構造解析プラットフォームによる支援と高度化(PFにおけるタンパク質立体構造解析の支援と高度化、相関構造解析への展開)	千田 俊哉	継続
令和3年度医療研究開発推進事業費補助金(創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業)	全自動大規模結晶スクリーニングシステムを用いたX線結晶構造解析の支援と高度化	加藤 龍一	継続
令和2年度先端研究設備整備補助事業(研究施設・設備・機器のリモート化・スマート化)(※令和2年度交付額を全額令和3年度に繰越したもの)		雨宮 健太	新規

表 1-15 その他の公的資金による受託研究

事業名	研究題名	研究代表者	新規・継続
知の拠点あいち重点研究プロジェクト	2次電池の材料開発 / 寿命評価用データベース構築と AI/IoT 応用	伴 弘司	継続
ミルクサイエンス研究助成	量子ビームを利用した小角散乱法による牛乳およびチーズ中のカゼインミセルの構造解析	高木 秀彰	新規

1-11. 将来計画

PFは、2015年度から2017年度までの3年間、KEK放射光計画の検討を行った。電子エネルギー3 GeV、エミッタンス0.13 nmrad、周長570 mの最新型ラティスによる蓄積リング型光源の建設を目指す計画であり、PFの利用者団体であるPF-UAの組織したKEK放射光検討委員会等の協力により700ページを超える概念設計報告書(CDR)も作成されている。しかしながら、2018年度に量子科学技術研究開発機構と光科学イノベーションセンターによる次世代3GeV光源が仙台に建設されることが決まったことから、短期計画としてKEK放射光計画で検討した技術要素を活用してPFリングとビームラインの高度化を進め、長期計画として10年先を見据えた新光源の検討とR&Dを行う方針に転換した。

フォトンファクトリー計画推進委員会が2021年10月25日付でKEKの正式な委員会として設置された。この委員会は、KEKロードマップ2021に記載されているKEKとして構築する新光源施設の計画を推進するための体制に相当し、機構の理事、所長・施設長、管理局部長、研究主幹・センター長、機構外の研究者などで構成され、KEK機構長の求めに応じて活動する。2021年度には、第1回の委員会が開催された。2015年度から2017年度に計26回開催されたKEK放射光検討会は、2018年度からは、KEK将来光源検討会と名称を変更して、年4回の開催となった。2021年度には、第13回から第16回のKEK将来光源検討会が開催された。第16回の検討会は、第1回フォトンファクトリー計画推進委員会として開催された。今後も、偶数回の検討会は、KEKの正式な委員会として、委員以外にも公開で開催される。また、放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)の全体会議やPF-UAの幹事会・運営委員会の他、第39回PFシンポジウム等で、将来計画についての報告と議論が行われた。

分子研UVSORおよび広島大HiSORとの放射光学術基盤ネットワークの取り組みとして、開発研究多機能ビームラインをBL-11に整備することを決定した。このビームラインは、柔軟性を格段に向上させることで、革新的なアイデアの試行の場、若手人材の成長の場として機能し、放射光科学の持続的発展に貢献するとともに、遠隔・自動測定の機能強化、機器の長寿命・低コスト化など、全ての放射光施設に共通の重要課題の解決に貢献する。また、このビームラインは、長期計画の実現に向けた開発研究の一環として、放射光2ビーム利用の技術実証を進めるという重要なミッションを担うことになる。開発研究多機能ビームラインの建設準備のため、2021年6月以降、月1回、第1回から第9回のR&Dビームライン検討会を3施設の合同で開催した。

新光源の候補として2019年度から検討を進めてきたHybridリングについては、その概念設計を学術論文とし

て公表した。Hybridリングは、汎用性と先端性を共存させた可変光源で、第三世代性能バンチ(SR:ストレージ)と超高性能バンチ(SP:シングルパス)のハイブリッド運転を行う。SRバンチは万能性が高く、高度な利用を広く支える。SPバンチの当初性能としては、電荷1 nCでエミッタンス100 pmrad/バンチ長50 fsを想定している。両バンチからの放射光を同時に利用することも可能であり、世界に先駆けて放射光マルチビーム実験を推進する。

2022年度から6年間で大学共同利用機関法人の第4期の中期目標・中期計画期間にあたるため、2021年度は第3期の最終年度であった。本年報の「巻頭言」にも述べられているように、KEKでは、KEK研究実施計画2022(KEK-PIP2022)の策定のための公開意見交換会や国際諮問委員会(KEK-SAC)などが開催された。また、KEKキャンパスマスタープラン2022の策定のためのワーキンググループも開催された。PFは、フォトンファクトリー計画推進委員会での議論を踏まえ、学術雑誌に概念設計を発表したHybridリングを新放射光源施設の候補として、第4期の6年間に開発研究を実施、第5期の6年間に実機をKEKつくばキャンパスに建設することを提案した。

将来計画に関する主な発表、その他

- KEK-PIP2022 公開意見交換会(2021/9/8) 物質構造科学研究所からの大規模計画として、小杉所長より、放射光マルチビーム実験を推進するための新光源の候補としてHybridリングを紹介
- 学術論文(2021/12/28) K. Harada, N. Funamori, N. Yamamoto, T. Shimosaki, M. Shimada, T. Miyajima, K. Umemori, H. Sakai, N. Nakamura, S. Sakanaka, Y. Kobayashi, T. Honda, S. Nozawa, H. Nakao, Y. Niwa, D. Wakabayashi, K. Amemiya and N. Igarashi, Conceptual design of the Hybrid Ring with superconducting linac. *J. Synchrotron Rad.* **29**, 118-124 (2022). <https://doi.org/10.1107/S1600577521012753>
- プレスリリース(2022/1/5) 放射光源設計の新機軸 - ハイブリッドリングによる放射光2ビーム同時利用 -
- 第1回フォトンファクトリー計画推進委員会(2022/2/1)
- KEK-SAC(2022/3/7)「New Synchrotron Light Source Facility」