



フォトンファクトリー Photon Factory



大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構
放射光実験施設



高エネルギー加速器研究機構(KEK)の放射光実験施設は、光の工場という意味の「フォトンファクトリー(Photon Factory, PF)」の愛称で親しまれています。加速器がつくる、明るく波長の短い「放射光」で、物質や生命を原子のスケールで観察します。

フォトンファクトリーの 2.5 GeV 放射光リング(PF リング)は、X 線領域の放射光が利用できる国内最初の専用施設として、1982 年にファーストビームの発生に成功しました。現在までの約 40 年間に数度の大きな改造を行い、放射光の高輝度化を進めてきました。

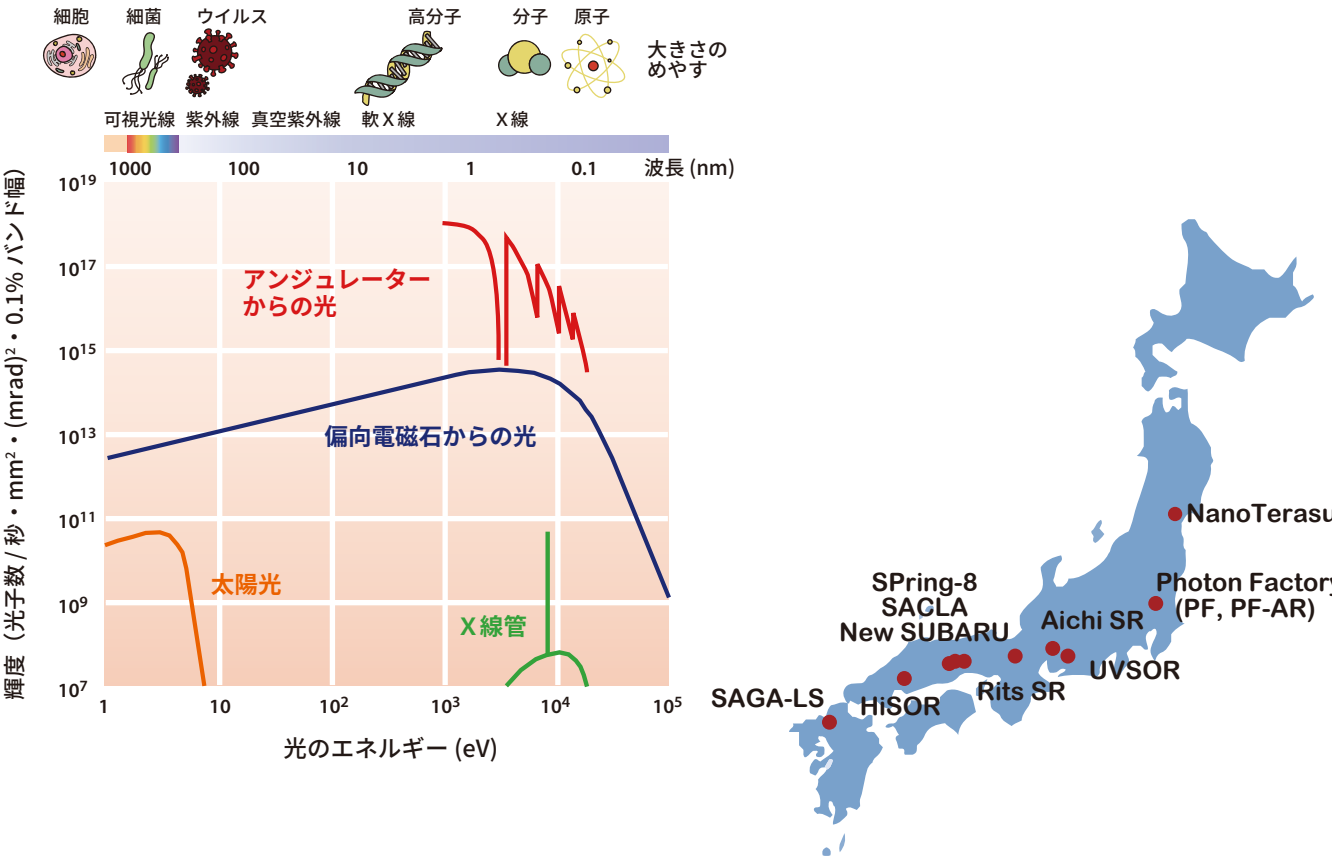
もうひとつの放射光リング、6.5 GeV PF-AR(Photon Factory Advanced Ring)は、世界でも類を見ない大強度パルス放射光源です。1987 年に素粒子実験と共存する形で放射光利用が始まり、2002 年の高度化改造により専用光源となりました。

大学共同利用機関法人である KEK は、日本全国や海外の多くの研究者に、フォトンファクトリーを用いた研究の場や技術を提供してきました。生まれた成果は、物質や生命の理解を深めるとともに、持続可能な社会をつくるためのテクノロジーにもつながっています。

フォトンファクトリーは、KEK という世界的な加速器科学の拠点研究機関の施設という利点を活かし、世界の放射光科学を先導する加速器技術・測定技術や若手人材を生み出し続けてきました。そして、これまで見えなかったものを見えるようにする、さらに優れた「光の工場」へと、そのあゆみを進めています。

放射光とは？

放射光は、光速近くまで加速された電子が磁場によりその進行方向を変えるとときに放出される光(電磁波)です。赤外線から X 線にわたる広い波長領域の光を発生します。波長の短い光である X 線、軟 X 線、真空紫外線は、物質のナノスケールの姿、すなわち、物質中の原子の配列や電子のふるまいなどを捉えることができます。放射光は指向性が高い明るい光で、微小な試料でも高い精度で測定ができます。また、偏光性、パルス性などの性質を持ち、分子の方向性や結合状態を調べる、物質の変化を捉えるなど、光の性質を最大限に利用した研究が行われています。



2026 年現在、日本には 10 施設・11 光源の放射光施設(X 線自由電子レーザーを含む)が稼働しています。そのうち、フォトンファクトリー、分子科学研究所 UVSOR、広島大学 HiSOR の 3 施設は、学術研究を支える放射光施設として、高度化と基盤強化のための連携を図っています。

フォトンファクトリーのビームライン

2026 年現在、PF リングに 39 本、PF-AR に 9 本、合計 48 本のビームラインがあります。

ビームライン
実験ステーション



放射光実験 — 光を創り、光で照らす —

加速器でつくられた放射光は、ビームラインで加工され、実験装置へ導かれます。学術研究を目的とするフォトンファクトリーでは、利用者が実験装置を使って研究成果をあげるだけでなく、加速器やビームラインの設計にも研究者の要望を反映させることで、独創性の高い研究を展開することができます。ここでは、BL-2 を例として、光がつくられ、試料に照射されるまでに用いられている技術を紹介します。

① 加速器・挿入光源（光の生成）



アンジュレーターなどの挿入光源技術の発展により、高輝度で偏光制御された光が得られるようになりました(写真：アンジュレーター)。

② ビームライン（光の加工）

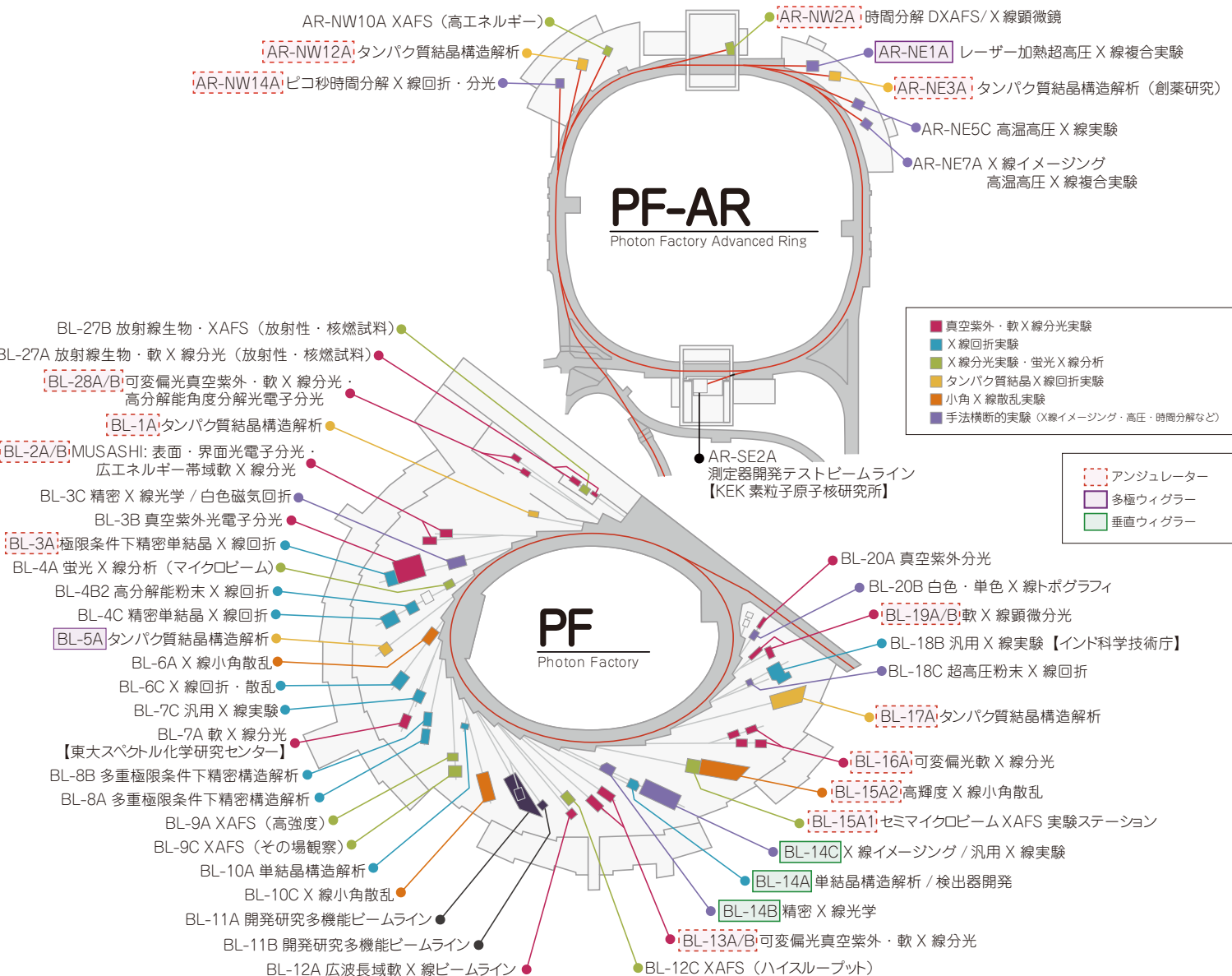


加速器から発生する光は、分光器や集光ミラーなどで加工され、実験装置に導かれます(写真：回折格子分光器)。

③ 実験装置（光の利用）



加工された光を試料に照射し、データを取得します(写真：高分解能角度分解光電子分光装置)。



量子マルチビーム共創拠点(MB-LINQ)計画

最先端量子ビームを有機的に活用し、物質・生命の複雑で動的な“ありのまま”の状態を計測することで、物質・生命機能の根源の解明を目指す「量子マルチビーム共創拠点(MB-LINQ)計画」の検討を進めています。これまで主流であった複数量子ビームの順次利用から同時利用への転換を先導し、計測手法や研究分野の融合による新領域の開拓を推進します。

MB-LINQは、真空紫外高輝度放射光源、高強度低速陽電子源、高次高調波レーザーなどの最先端量子ビームを一つの施設内に整備する計画です。KEKの加速器技術を基盤として、人材育成と技術開発を担う量子ビーム学術施設の機能を結集させることを目指します。国内の放射光学術施設を運用する4つの研究所とKEKの研究施設・研究拠点が協力して進めています。



MB-LINQ
ウェブサイト

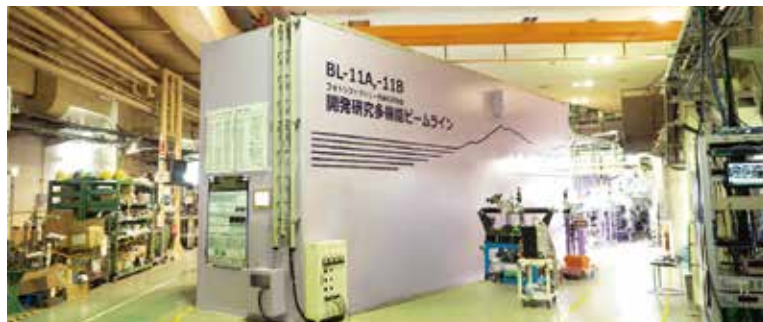
BL-3A 極限条件下精密単結晶X線回折ビームライン

超伝導磁石を常設し、高磁場下でのX線回折実験が可能です。偏光を利用した「共鳴X線散乱法」により、電荷・軌道・スピンの秩序状態を調べる構造物性研究に用いられます。スピントロニクスデバイスなど、次世代の通信・記憶素子の開発にもつながります。



BL-11A,-11B 開発研究多機能ビームライン

将来の放射光科学を担う開発研究専用のビームラインです。硬X線と軟X線の2種類のビームを同時に試料に照射する量子マルチビーム実験が可能です。



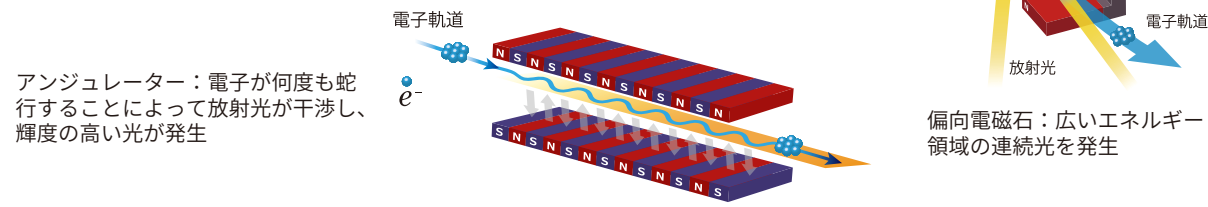
BL-14C 医学イメージングビームライン

世界唯一の縦偏光を発生する垂直ウィグラーを光源としたビームラインです。このユニークな放射光を用いた、重力の影響を受けない水平配置のX線干渉計が設置されており、超高感度・大視野のX線位相イメージング実験を世界最高レベルの性能で実現しています。

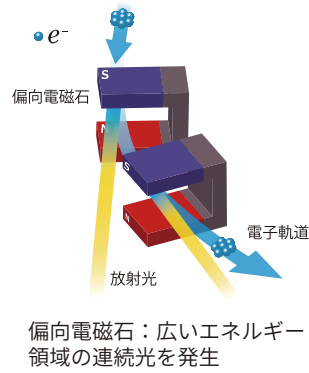


●光源加速器

リング型の光源加速器には、電子軌道を曲げて光を発生する偏向電磁石が円形に並んでいます。偏向電磁石の間の直線部にはアンジュレーターと呼ばれる磁石列を並べた装置が設置されており、輝度の高い光を発生します。小さな試料を測定する放射光実験では、光源加速器の性能が実験に大きく影響します。フォトンファクトリーは、最新の加速器技術を取り入れた改造が何度も行われており、運転開始から 40 年近くを経た現在でも高い競争力を維持しています。



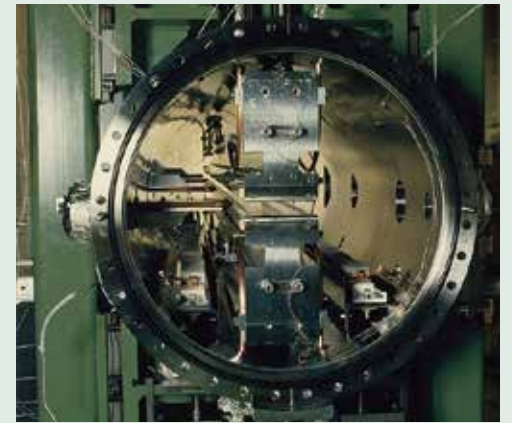
アンジュレーター：電子が何度も蛇行することによって放射光が干渉し、輝度の高い光が発生



偏向電磁石：広いエネルギー領域の連続光を発生

世界初の真空封止型アンジュレーターの開発

アンジュレーターの周期を短くして電子ビームを蛇行させると、エネルギーが高く強いX線を発生することができます。加速器の真空パイプの中に磁石列を配置して短い周期を実現する「真空封止型アンジュレーター」の開発は、KEK で 1988 年頃に始まり、1990 年に PF-AR での放射光発生に成功しました。この技術は放射光施設のコンパクト化と省エネルギー化を可能にすることから、真空封止型アンジュレーターを中心とした放射光施設が世界各地で次々と建設される潮流につながりました。



世界初の真空封止型アンジュレーター (AR-NE3)

フォトンファクトリーと構造生物学

フォトンファクトリーでは、1980 年代の半ばに最初のタンパク質結晶構造解析専用ビームラインが完成しました。この頃にフォトンファクトリーで研究を行っていたのが、2009 年にリボソームの構造機能解析の成果によりノーベル化学賞を受賞した Ada Yonath 博士です。当時開発した結晶凍結法が、構造解析の成功につながっています。また、2016 年にノーベル生理学医学賞を受賞した大隅良典博士の共同研究チームも、オートファジー関連タンパク質の構造解析を行い、約 20 報の論文を発表しています。現在、KEK つくばキャンパスには、タンパク質の構造解析分野で発展の目覚ましいクライオ電子顕微鏡も設置・運用されています。生命のしくみを探る基礎研究から、創業につながる応用研究まで、多くの成果をあげています。



Ada Yonath 博士と、1980 年代当時のビームラインスタッフ (2010 年 3 月撮影)

アダ・ヨナット博士と KEK



放射光で見た、オートファジーの分子のメカニズム



●BL-19A/B 軟X線顕微・分光ビームライン

元素を識別するだけでなく、同じ元素が形成する異なる化合物まで識別できる、走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) を常設しています。産業界のイノベーション創出や、環境・地球・惑星科学をはじめとした多くの分野で利用されています。



小惑星リュウグウからのサンプル分析も行われました。

「はやぶさ 2」微粒子分析



●BL-18B インドビームライン

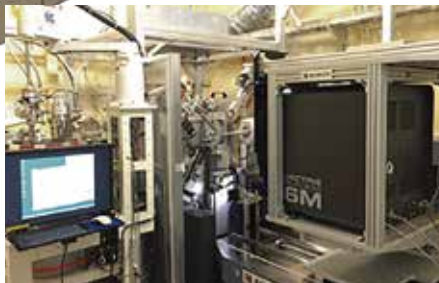
2009 年より、インド政府科学技術省 (DST) の専用ビームラインとして稼働しています。液体表面や固液界面の回折・散乱実験などが行われています。インドの研究者による放射光利用研究、若手研究者の育成に貢献しています。



入射器から

●BL-17A タンパク質結晶構造解析ビームライン

フォトンファクトリーのタンパク質結晶構造解析ビームラインは、低エネルギー X 線を活かした Native-SAD 法 (天然に含まれるイオウなどを利用した構造決定法) が可能な BL-1A や、微小ビームによる小さな結晶が解析可能な BL-17A などがあります。すべてのビームラインに試料交換ロボットが設置されており、世界中のどこからでも遠隔測定が可能です。



大学教育への貢献

フォトンファクトリーは、年間約 3,000 人の研究者に利用されています。そのうちの約半数は大学院生で、大学の研究と教育に重要な役割を果たしています。フォトンファクトリーを利用して得られた学位 (修士・博士) は年間約 400 件、これまでの累計は約 7,000 件にのびります。全国の 86 国立大学のうち、67 大学から利用の実績があります。そのほか、これまでに 24 の公立大学、98 の私立大学から利用されており、研究分野も多岐にわたります。



フォトンファクトリーの利用実績がある大学 (国内のみ)

フォトンファクトリーを利用したい

フォトンファクトリーは、大学共同利用機関の実験施設として、学術分野を中心とした利用研究・技術開発を支援しています。試行錯誤を伴うような開発的な研究課題を積極的にサポートします。

民間企業等も利用可能な様々なプログラムを用意しています。機器の操作方法や実験試料の作製方法などについて指導・支援を受けられる「利用支援」「コンサルティング」、観察・分析・解析などを利用者に代わって実施する「代行測定・解析」など、オプションメニューを用意しているチームラインもあります。



PF で放射光利用実験を行うには

主に学術の利用

共同利用

- ・国内外の大学及び公的研究機関の教員・研究員・技術職員、成果公開型の学術研究を認める民間企業の研究者が申請可能な学術目的の利用方法で、放射光共同利用実験審査委員会(PF-PAC)で採否を審査します。採択された課題は無償で実験ができます。
- ・一般（G型）、初心者（P型）、緊急かつ重要（U型）、特別（S1, S2型）、大学院生奨励（T型）の категорияがあります。

施設利用

- ・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（科研費を含む）により採択された研究課題の実施のために、有償で施設を優先的に利用する制度です。

主に企業の利用

共同研究

- ・民間企業等の研究者とKEKの職員が共通の課題について共同で取り組むことにより、優れた研究成果を出すことを促進する制度です。共同研究員受入料、研究経費等を負担していただきます。成果は原則として公開します。

施設利用

- ・有償で施設を利用できる制度です。成果は非公表とすることができます。

施設利用

- ・放射光利用が初めての方が対象の施設利用で、一般施設利用に比べて利用料が割引になっています。

フォトンファクトリーで学位を取りたい

総合研究大学院大学(総研大)は、大学共同利用機関の高度な研究環境を活用した大学院大学です。

フォトンファクトリーでは、同大学先端学術院物質構造科学コース、加速器科学コースの大学院生が研究指導を受けながら研究を進めています。



フォトンファクトリーを見学したい

10名以上の団体見学を受け付けています。

また、KEK 一般公開、春の科学技術週間など、個人で見学できるイベントも開催しています。

見学をご希望の方は、KEK 広報室見学担当(kengaku@kek.jp)にお問い合わせください。

フォトンファクトリーを支援したい

フォトンファクトリー先端化寄附金は、フォトンファクトリーの研究環境の整備や将来計画の推進に活用されます。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。

フォトンファクトリー先端化寄附金
ご支援のお願い

