



「光の工場」フォトンファクトリー

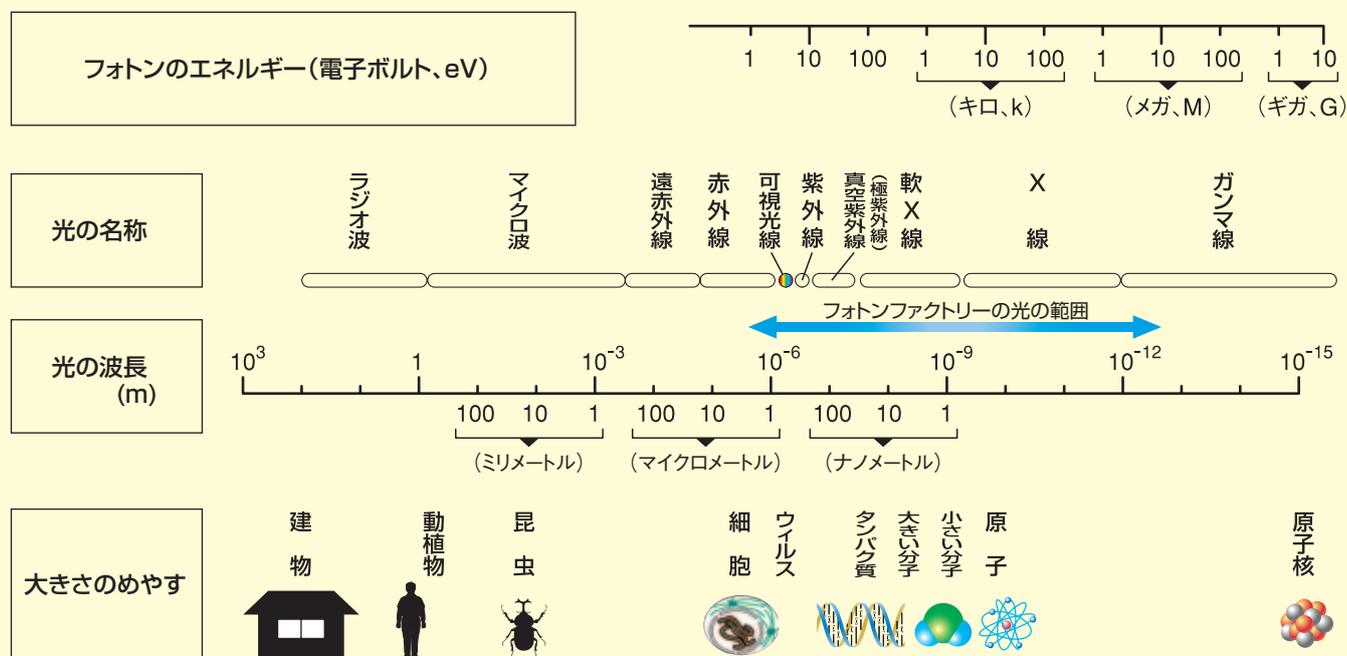
フォトンファクトリー (Photon Factory, PF) は、大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構 (KEK) にある放射光施設です。日本語の正式名称は「放射光科学研究施設」ですが、光の工場という意味のフォトンファクトリーという愛称で、国内外に広く知られています。



フォトンファクトリーの25億電子ボルト (2.5GeV) 放射光リング (PF リング) は、日本初の、紫外線からX線までの光が利用可能な放射光専用光源として1982年に完成しました。現在までの四半世紀を超える間に数度の大きな改造を行い、放射光の高輝度化を図るとともに、最新の技術を取り入れた実験装置の開発や整備によって、多くの研究者に最先端の研究の場を提供しています。もうひとつの光源加速器、PF-AR (Advanced Ring, アドバンスドリング) は、高エネルギー実験のためのブースター加速器を改造し、世界でも類を見ない大強度パルス放射光専用光源に転用したものです。速い反応を捉える研究など、大強度パルス光の特徴を生かした研究が行われています。

微小な世界を見る 光

物の大きさと光(電磁波)の種類



放射光は、赤外線からX線にわたる広い波長(エネルギー領域)の光を発生します。波長の短い(エネルギーの高い)光である極紫外線や軟X線、X線は、物質のナノスケールの姿、すなわち、原子がどのように並んでいるか、電子がどのように運動しているか、などを捉えることができる光です。

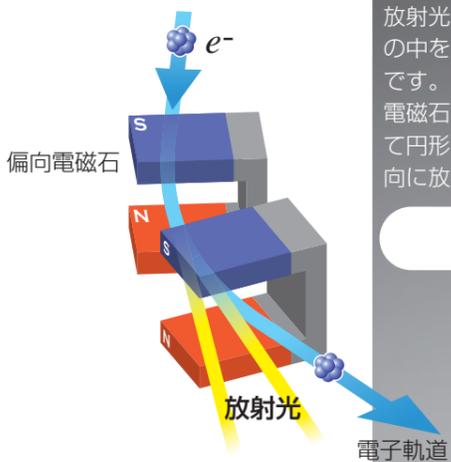
放射光は指向性が高い明るい光(高輝度)で、微小な試料でも精度良く測定ができます。また、偏光性、パルス性などの性質を持ち、分子の方向性や結合状態を調べたり、物質の変化する様子を捉える研究にも威力を発揮します。



フォトンファクトリー・PFリングの光源加速器。

リング型の光源加速器の外に広がる、実験ステーションが立ち並ぶ広い空間、実験ホールは、放射光を用いた研究の現場です。

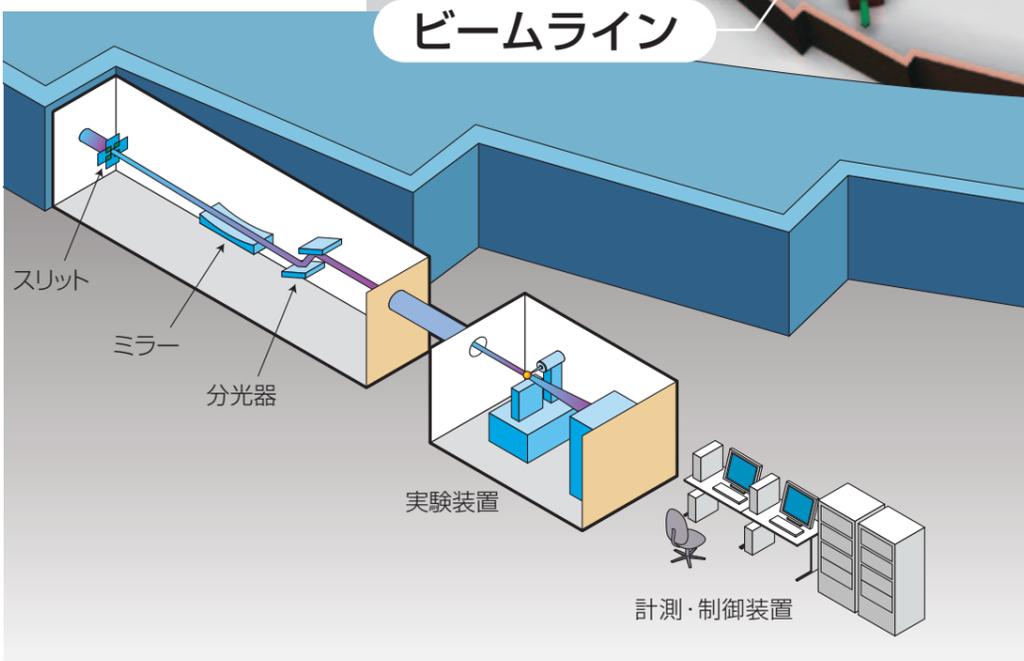
実験ホール



放射光は、高エネルギーの電子が磁場の中を運動するときに発生する電磁波です。リング型の放射光源では、偏向電磁石と呼ばれる電磁石を円形に並べて円形の電子軌道を作り、その接線方向に放射光を発生しています。

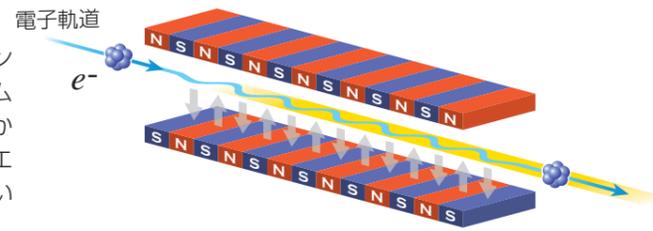
光源加速器

光源加速器から発生した放射光は「ビームライン」によってそれぞれの実験装置まで導かれます。ビームラインの途中には、光を成形する「スリット」、光を集める「ミラー」、特定の波長（エネルギー）の光を取り出す「分光器」などの光学系と呼ばれる装置が設置されています。



ビームライン

永久磁石の列が交互にならんだアンジュレーターという装置を電子ビームの軌道に挿入すると、蛇行した電子から放出される光どうしが干渉して、エネルギーのそろった輝度の非常に高い光が得られます。



フォトンファクトリーで開発された真空封止型アンジュレーターは、永久磁石列を電子ビームに近づけることで強い磁場が得られ、X線領域の高輝度光を作ることができます。フォトンファクトリーでは、アンジュレーターを挿入できる直線部を増やしたり長くする直線部増強改造を行いました。新しいアンジュレーターからの高輝度光を利用したビームラインが次々と建設されています。



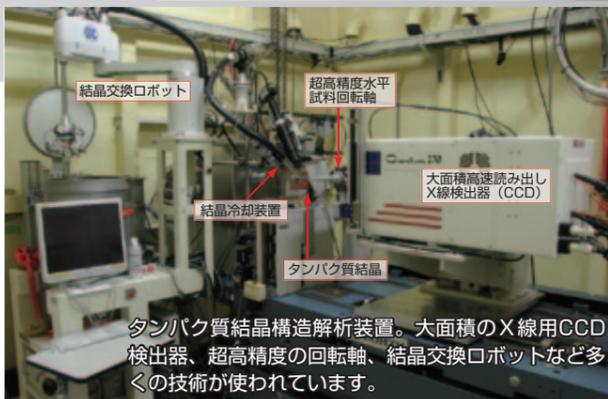
調整中の真空封止型アンジュレーター。

アンジュレーター

フォトンファクトリーって どんなところ？

さまざまな実験装置

放射光を用いる実験では、試料に放射光を当て、試料から回折・散乱された光、試料を透過した光、試料から放出された蛍光X線や電子などを「検出器」で捉えます。フォトンファクトリーにはさまざまな研究に特化した最先端の実験装置が備えられています。



タンパク質結晶構造解析装置。大面積のX線用CCD検出器、超高精度の回転軸、結晶交換ロボットなど多くの技術が使われています。



X線回折実験用超伝導磁石。強い磁場をかけながら物質の構造や電子のふるまいを観測します。

光電子のエネルギーを分析するための大きな半球が特徴的な高分解能光電子分光装置。



蛍光 XAFS 測定装置。微量成分の構造や電子状態を調べることができます。

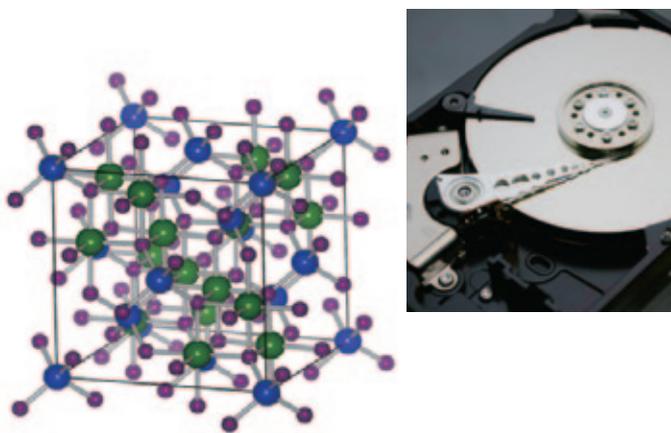
夢の光で微小な世界を見る

生命のしくみって？ 地球の内部ってどうなっているの？ パソコンや携帯電話がどんどん小さく便利になっていく秘密は？ 難病を治す薬や環境にやさしい自動車を作る鍵は？

このような謎を解き明かすには、私たちの住む世界を原子や分子のレベルで見ることが大事です。
放射光は、私たちに原子・分子の世界を見せてくれる「大きな顕微鏡」です。

物質を見る

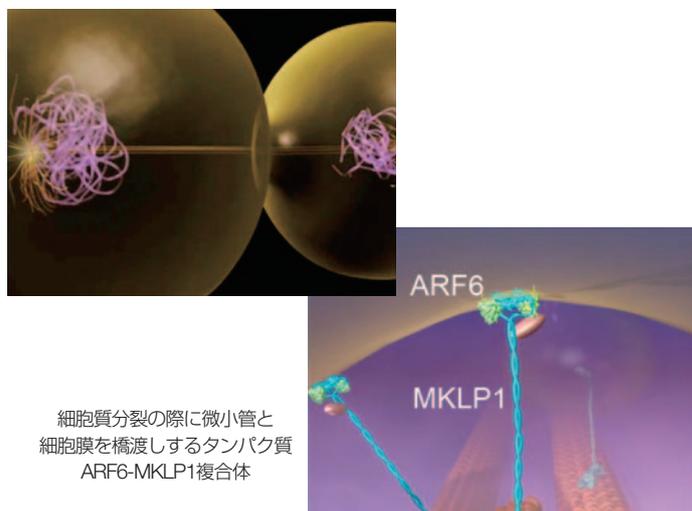
ハードディスクの小型化・大容量化の基礎となった巨大磁気抵抗効果や高温超伝導など、物質があらわす特異な性質は、物質中で原子がどのように並んでいるか、電子がどのように運動しているかに深く関係しています。物質の性質の起源を知ることは、新しい機能性物質を設計するためにも重要な情報です。



白金フリーの次世代磁気記録材料として期待されているコバルトフェライトの原子配置（青：鉄、緑：鉄またはコバルト、紫：酸素）

生命を見る

生命活動は、タンパク質と呼ばれる複雑で多種多様な分子によって行われています。この精密な分子機械、タンパク質がどのようなしくみで動いているか、放射光によって次々と解明されています。またタンパク質の立体構造の情報は、精密な薬剤設計や品種改良などにも役立っています。



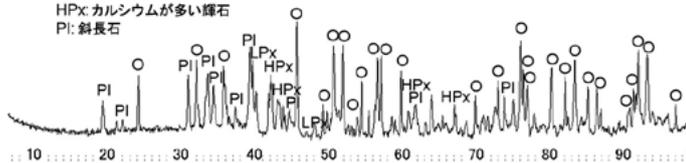
地球・宇宙・環境を見る

地球の中心部と同じ高温高圧条件を地上の極微小領域で再現して物質の構造を調べる研究や、環境試料のような低濃度の試料、隕石や探査機で採取された試料などの微量で貴重な試料の分析には、高輝度光で非破壊測定が可能な放射光が威力を発揮します。



Itokawa RA-QD02-0013

O: カンラン石
LPx: カルシウムが少ない隕石
HPx: カルシウムが多い隕石
Pi: 斜長石

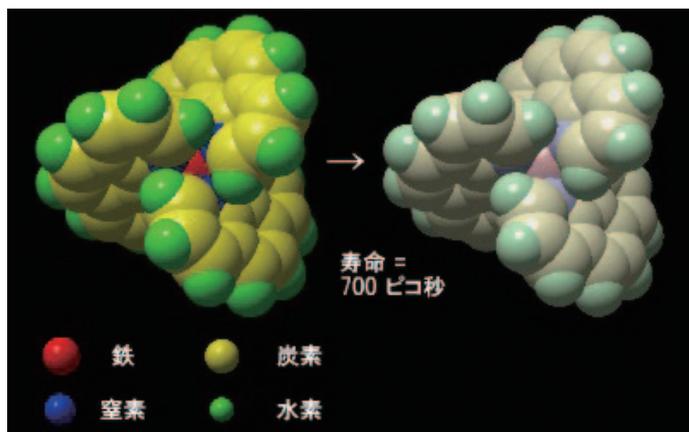


(写真) フォトンファクトリーで分析されたはやぶさ回収試料。
イトカワの形成史を知る手がかりとなった。
(データ) X線回折実験により得られた構成鉱物の種類

提供：東北大学

速い反応を見る

放射光はパルス状の光なので、物質が刻々と変化する様子をストロボ写真のように捉えることができます。フォトンファクトリーでは、大強度のパルスX線源であるアドバンストリング (PF-AR) を用いて、速い反応 (~100ピコ秒=100億分の1秒) を追跡できます。



レーザー励起によって700ピコ秒の間だけ磁性が出現する分子磁石、鉄フェナントロリン錯体

フォトンファクトリーの利用

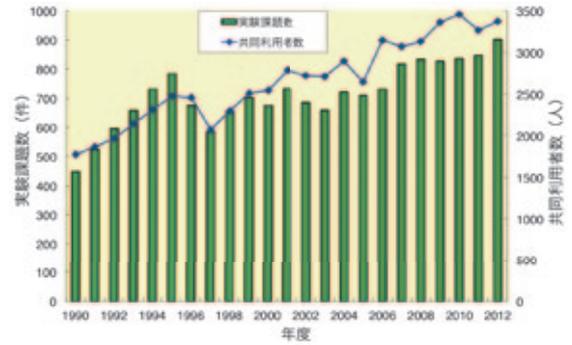
共同利用

大学や公的な研究機関などの研究者が研究成果を公表することを目的に利用する形態で、無償で利用できます。申請された実験課題は、放射光共同利用実験審査委員会（PF-PAC）で審査され、採否が決定されます。採択された課題には、規程の範囲で旅費が支給され、機構内の宿泊施設、図書室などの設備が利用できます。

また、国または国が所管する独立行政法人・これに準ずる機関が推進するプロジェクトにより採択された研究課題の実施のために、有償で優先的に使用できる制度（施設優先利用）があります。

▶お問い合わせ

研究協力課 共同利用支援室 共同利用係
Tel: 029-864-5126 / E-mail: kyodo1@mail.kek.jp



フォトンファクトリーの共同利用実験課題数、共同利用者数の変遷。

民間企業等の利用

共同研究●

民間企業等の研究者とフォトンファクトリーの職員が、共通の課題について相互に研究者、研究費、研究設備等を提供しあい、密度の高い共同研究を行います。

施設利用●

所定の施設利用料をお支払いいただくことにより、成果の公表をせず、に、研究・研修・講習等の目的のために利用することができます。

フォトンファクトリーにおける産業利用促進●

文部科学省の補助事業「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」の一環として、トライアルユース課題を受け付けています。フォトンファクトリーの放射光による材料評価・解析技術を利用しようとする産業界の新規のユーザーを支援しています。

▶お問い合わせ 研究協力課 産学公連携・知財係
Tel: 029-864-5125 / E-mail: kenkyo2@mail.kek.jp

大学院教育

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、わが国初の大学院大学です。フォトンファクトリーでは、同大学高エネルギー加速器科学研究科・物質構造科学専攻、加速器科学専攻の大学院生が研究指導を受けています。

また、総研大以外の大学の大学院学生を受け入れる特別共同利用研究員制度や、連携大学院制度などもあります。

▶お問い合わせ 研究協力課 大学院教育係
Tel: 029-864-5128 / E-mail: kyodo2@mail.kek.jp

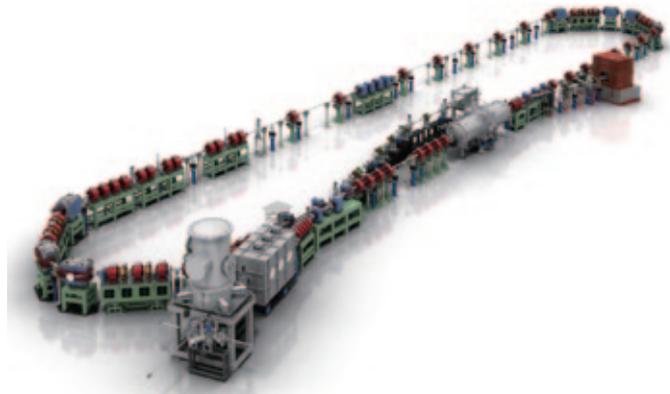
ERL（次世代のフォトンファクトリー）

もっと精密な構造を見たい、もっと速い反応を捉えたい、という研究者の要求に応えるため、次世代放射光源ERL（エネルギー回収型ライナック、Energy Recovery Linac）を開発しています。この次世代放射光源ERLには、七色に輝く宝石にちなんでPEARL（Photon Factory ERL Advanced Research Laboratory）の愛称がつけられました。現在の放射光を凌駕する高輝度性、短パルス性を持つPEARLが

らは、超高速通信デバイス、触媒開発、創薬研究、再生可能エネルギー利用など、広い分野への波及効果が期待されています。次世代放射光源PEARLを実現するための実証機であるコンパクトERL（cERL）がKEKつくばキャンパス内のERL開発棟に建設され、2013年度からビーム試運転を開始しています。



ERL開発棟。遮へい壁の中にcERLが設置されている。



cERL全体図。

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
放射光科学研究施設

〒305-0801
茨城県つくば市大穂1-1
Tel: 029-864-5635（フォトンファクトリー事務局）
029-864-1171（ダイヤルイン番号案内）
Fax: 029-864-2801（フォトンファクトリー事務局）

<http://pfwww.kek.jp/indexj.html>

リサイクル適性(B)
この印刷物は、紙質へリサイクルできます。

2014年1月発行