



大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

KEK 放射光計画





好奇心から、始まる。

自然科学は、万物の成り立ちやしくみを探求しようとする好奇心から始まりました。

その知的活動は、時を経て、現代の我々の生活を豊かにしています。

この連鎖を未来につなげるために、高エネルギー加速器研究機構（KEK）では、「学術研究」と「人材育成」の拠点として、加速器やビームラインの技術、大学共同利用の経験を集結した、世界最先端の高輝度光源施設「KEK 放射光」を計画し、推進していきます。

(上) Michael Faraday in his laboratory, Harriet Jane Moore 1850s

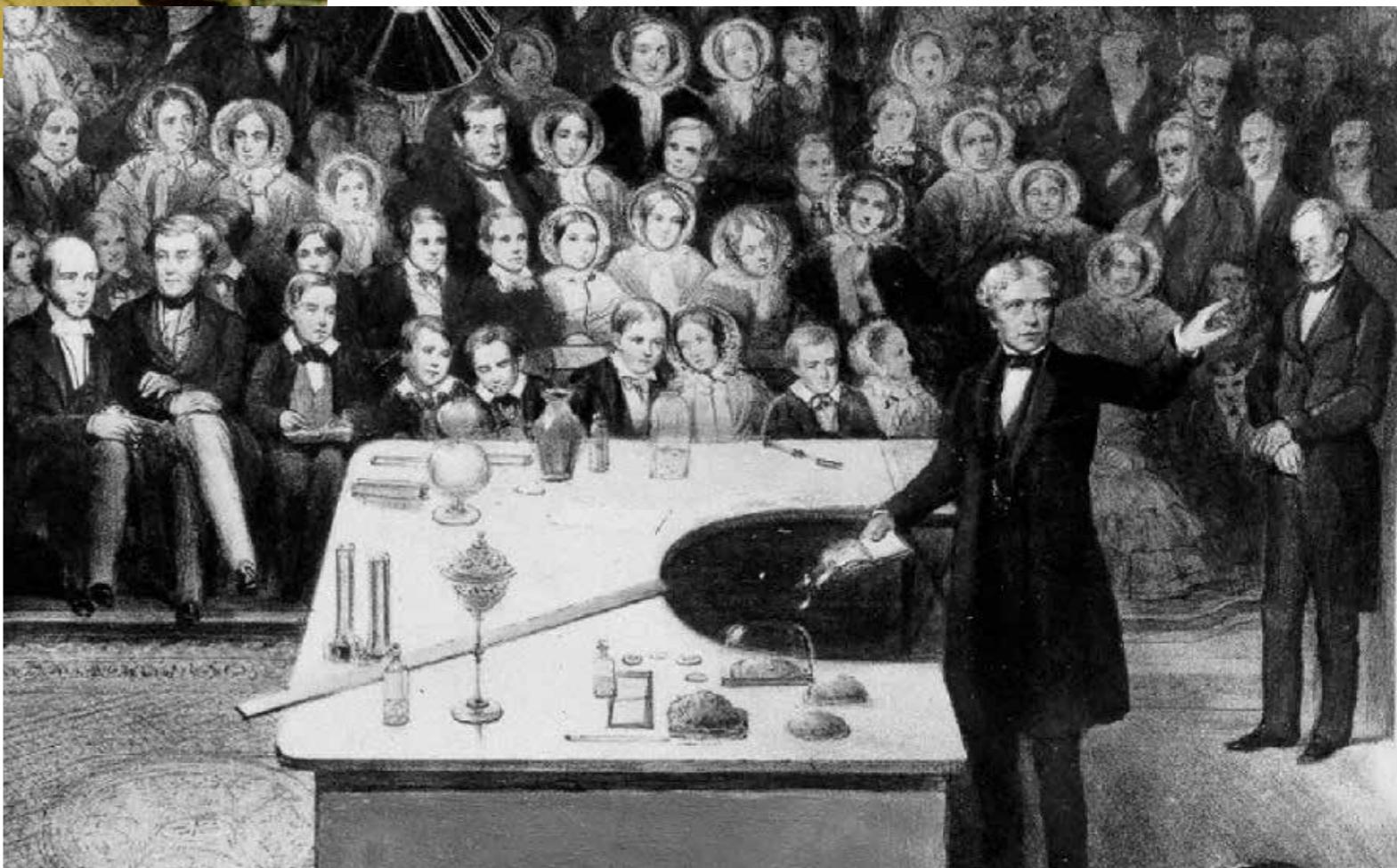
(右) Michael Faraday delivering a Christmas lecture at the Royal Institution, Alexander Blaikley 1858

マイケル・ファラデー(1791-1867)：英国の自然学者。電磁誘導の発見をはじめ、電磁気学、電気化学分野で多くの業績を残した。彼が始めた王立研究所の若い世代向けの科学実験講座「クリスマスレクチャー」は、現在も続いている。

KEK は、2016 年 6 月末に、KEK Project Implementation Plan (KEK-PIP) を策定しました。PIP は、KEK で今後取り組んでいく研究の方針を示した「KEK ロードマップ」で挙げられた研究計画を具体的に進めるために、関連する研究分野の技術開発の状況を踏まえ、予算確保の枠組みと優先順位を明確にした研究実施計画です。

KEK-PIP では、3GeV クラスの蓄積リング型高輝度光源施設の実現を掲げています。この高輝度光源施設「KEK 放射光」の具体的計画を策定していくにあたって、関係機関の皆様、そして本計画に関心をお持ちの全ての皆様と連携してより良い計画にしていくために、このパンフレットを作成いたしました。

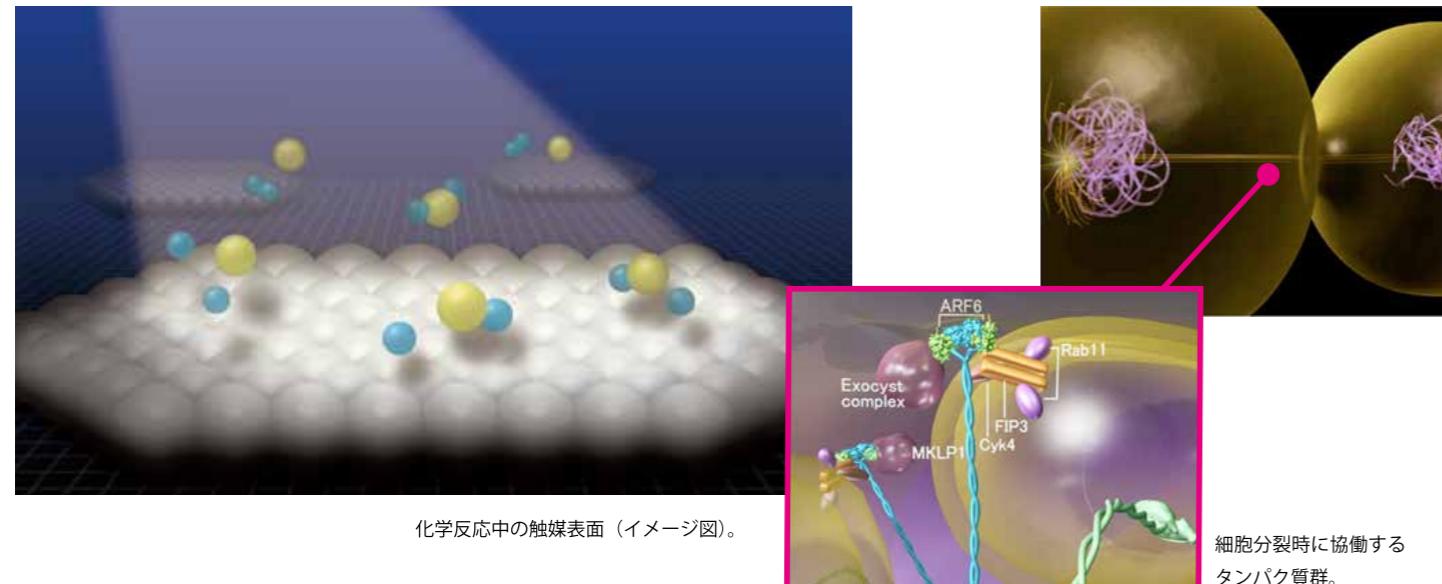
学術研究と人材育成は大学共同利用機関である KEK のミッションです。光源・ビームライン性能はもちろんのこと、学術研究と人材育成の拠点施設としても世界最高の放射光施設を目指す「KEK 放射光」の実現のため、皆様のご協力とご支援をお願いいたします。



KEK 放射光が目指すもの： 学術研究と人材育成の拠点施設

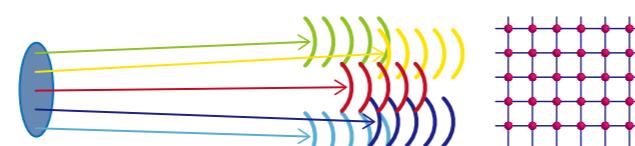
不均一系を見極めるナノスケールの光

半世紀前、私たちは、放射光の出現によって、物質・生命を原子のレベルで見る手段を手に入れました。それから現在に至るまで、私たちは、放射光から得られた研究成果によって、自然への理解を進め、生活を豊かにしていきました。一方、自然を理解するにはまだ先があることにも気付いてきました。超伝導体、磁性体、電池、触媒など、これから持続可能な社会の構築には欠かすことのできない機能性物質の多くは、ナノスケールの不均一構造が、機能の発現に関わることがわかってきてています。例えば、触媒などの固体表面で起こる化学反応は、サイトごとに、物質の種類や量、構造が異なり、それが時々刻々と変化しています。また、私たちの身体をつくる細胞は、多くの異なる種類のタンパク質が共同で働く場であり、さらに個々の細胞にはそれぞれ個性があり、互いにネットワークを作っています。今、未来のために、その先を見る新しい光が必要とされています。



化学反応中の触媒表面（イメージ図）。

- 空間分解能：10 nm 以下
数 nm の細かい構造を見分けることができ、不均質な物質の構造と機能を解析することができるようになります。また、ナノビームが実現できるため、大きな結晶を作りにくい膜タンパク質などの構造解析も可能になります。



これまでの放射光実験。波面がバラバラな光（インコヒーレント光）で、規則正しく配列した試料（結晶）を観ていた。



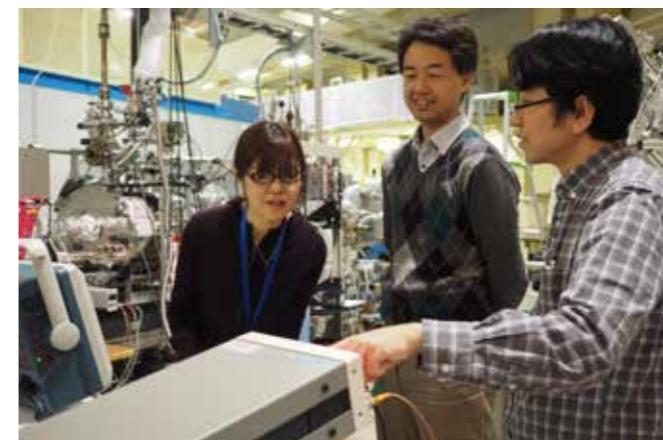
KEK 放射光では、コヒーレントな光（波面の揃った光）が得られるため、不均質な試料を観測できる。

- エネルギー分解能：10 meV 以下
可視光の「色」に相当する光のエネルギーは、物質を構成する個々の原子を見分けるパラメーター。個々の原子のわずかな状態（化学結合、電子状態など）の違いを見分けることができます。

- 検出限界：ppb (10^9)
機能性物質では、ほんのわずかに含まれる元素によって性質が大きく変わることがあります。ppb の微量元素を検出します。

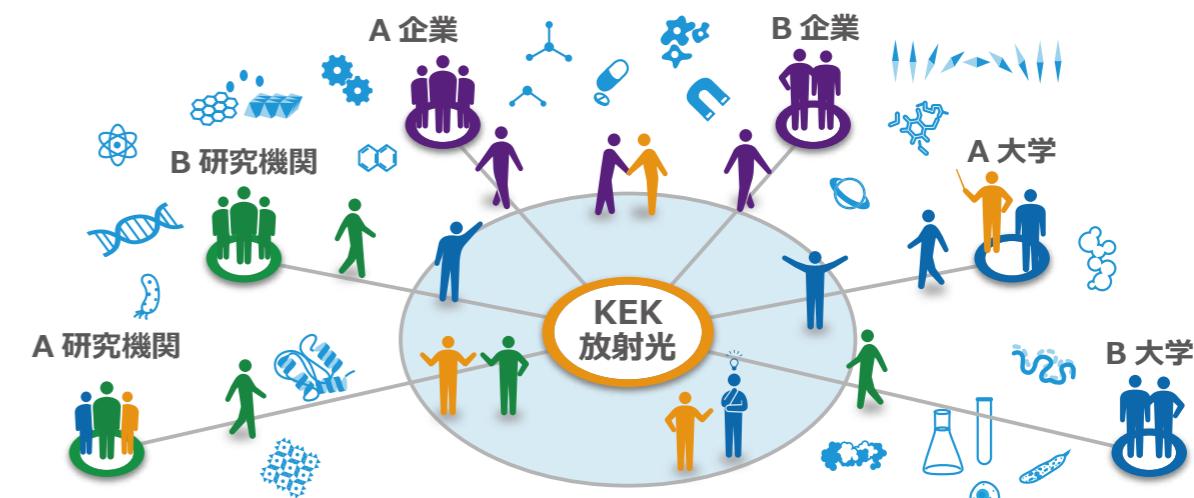
世界を変える人材を生み出す「道場」

KEK 放射光は先端的研究の発信地であるだけでなく、将来の我が国科学・技術を担う若手人材育成のための「道場」でもあります。ノーベル賞を狙う基礎研究を推進する若手人材、日本発の技術開発を担う若手人材、独創的なイノベーションを創出する若手人材を、世界最先端研究施設の「道場」で鍛え、育てます。大学・大学院の学生が KEK 放射光で学び、研究するためのさまざまなしきみを作ります。教育用ビームラインを活用し、最先端大型施設を利用した特色のある教育プログラムをサポートします。より若い世代である中学生・高校生向けには、物質・生命科学の面白さを体験できるプログラムを実施し、科学への興味を育てます。



フロンティアを目指すサイエンスの協働場

KEK 放射光は、物質・生命科学のフロンティアを目指すために、大学、研究機関、企業などの研究者と施設のスタッフが連携する「協働場」となります。フロンティアで開拓された新しい技術や手法は、多くの分野で共有できるように多様なビームラインの設置にも活用され、高度な汎用的利用を可能にします。

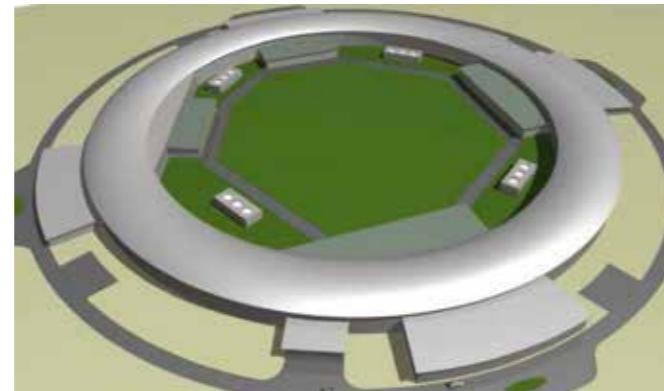


KEK 放射光が目指すもの：

世界最高レベルの高輝度光

世界最高レベルの高輝度光を低成本で

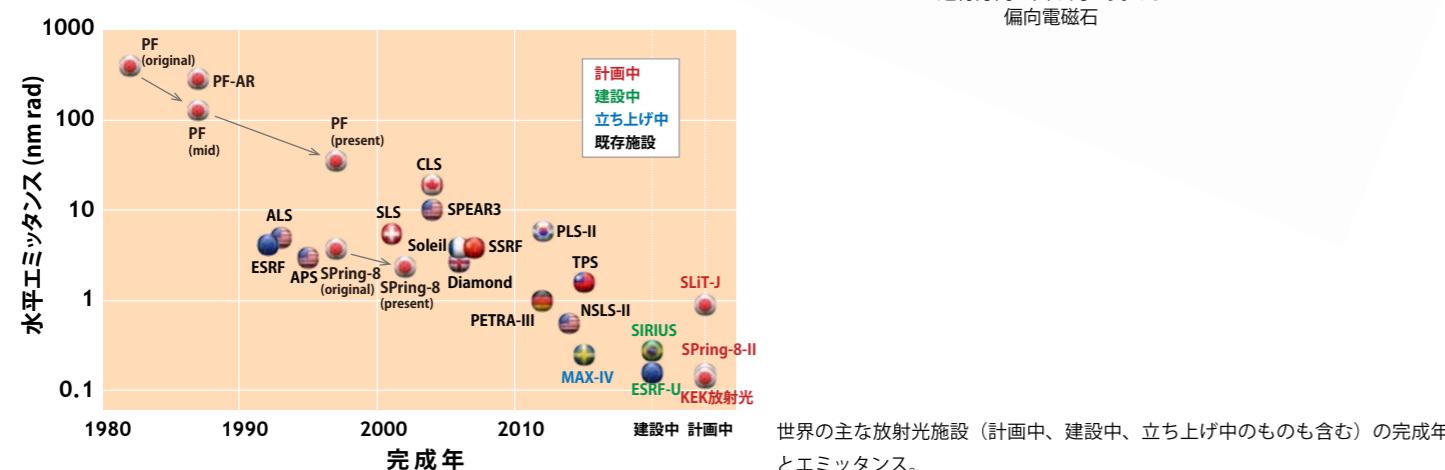
- 最新型ラティス “Hybrid Multi-Bend Achromat (HMBA)” を応用し、各セルに長直線部と短直線部を持つ独自設計。電子エネルギー 3 GeV、周長約 570m で、世界最高レベル (0.13nmrad) の低エミッタス光源を実現。IBS (Intra Beam Scattering) により、設計最大電流 500mA で 0.31nmrad となります。将来的には、高調波加速空洞によりバンチ長を伸ばすことで IBS を抑制します。
- 最大 58 本（うち挿入光源 38 本）のビームラインが設置可能な設計により、高性能の光を広い分野のサイエンスで共有できます。



KEK 放射光加速器の主要パラメーター*	
エネルギー	3 GeV
ラティスの型	HMBA (Hybrid Multi-Bend Achromat)
セル数	20セル
周長	570 m
直線部	5m 長直線部:20, 1m 短直線部:20
最大ビームライン数	58 (長直線部18, 短直線部20, 偏向電磁石部20)
蓄積電流値	0 mA 500mA
水平エミッタス [nm rad]	0.13 0.31
垂直エミッタス [pm rad]	- 8.2

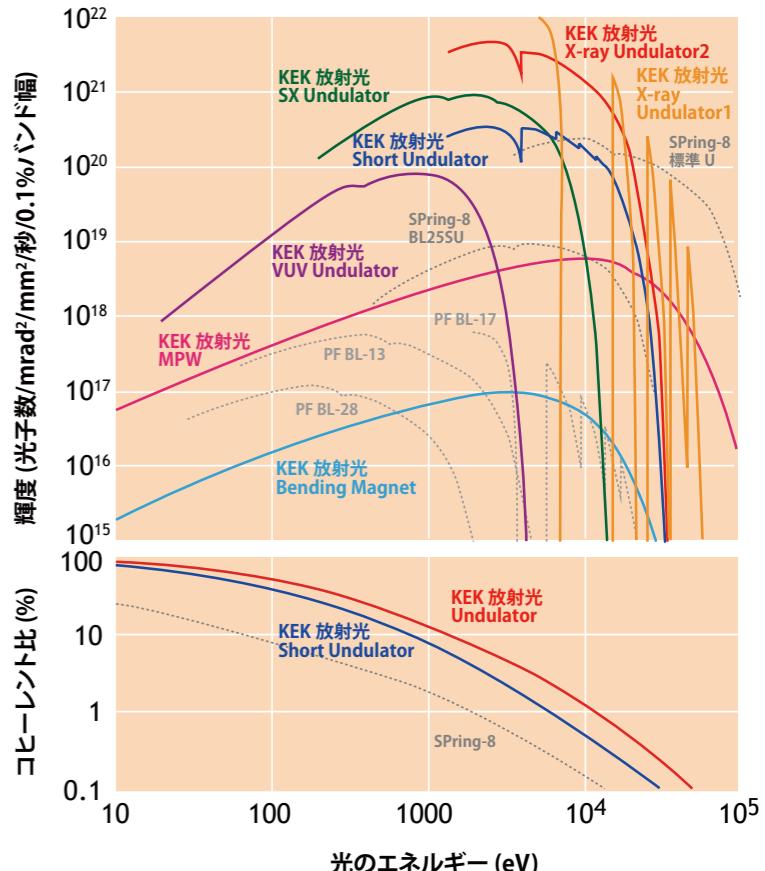
* 現在検討中の案であり、今後の検討や予算状況によって大きく変わる可能性があります。

Hybrid Multi-Bend Achromat (HMBA) の模式図。



最先端のアンジュレーター技術で高輝度光を実現

- KEK が有する挿入光源技術により、多彩なアンジュレーターが、それぞれの実験に応じたエネルギー領域の高輝度光を発生します。
- 真空紫外線から数 keV 程度の X 線領域まで、世界最高輝度が実現できます。
- ユーザーが最も多い 10keV 程度の X 線領域では、低成本のショートアンジュレーターの利用が可能です。SPring-8 の標準アンジュレーター (4.5 m) とほぼ同等の輝度の光が得られます。
- コヒーレント光の割合は、1 keV で約 10%、10 keV で約 1%。1 keV では毎秒 10^{11} 光子のコヒーレント光が得られます。この高いコヒーレント比により、高い空間分解能 (10nm 未満) が実現できます。



多様な利用形態で基礎から応用研究までのニーズを支援

1. 学術基礎研究を支えるピアレビューの課題採択システム

主に大学、研究機関のユーザーを想定した利用形態です。申請課題を学術的重要性の観点からピア・レビューにより評価します。成果公開を原則とし、利用料金は無料です。

2. 多様な測定ニーズに対応するオンデマンド利用システム

大学、企業を問わず、材料開発や創薬などにおける緊急な研究課題向けの利用形態です。ビームタイムを時間単価で購入することにより、申請から短期間でビームタイムを配分します。研究成果は公開・非公開を選択できます。

3. メールイン自動測定・解析サービス

大学、企業を問わず、ルーチン的に多数の計測を必要とするケースの利用形態です。施設に試料を郵送し、測定結果が返送されます。オプション（別料金）によりデータ解析サポートも可能です。

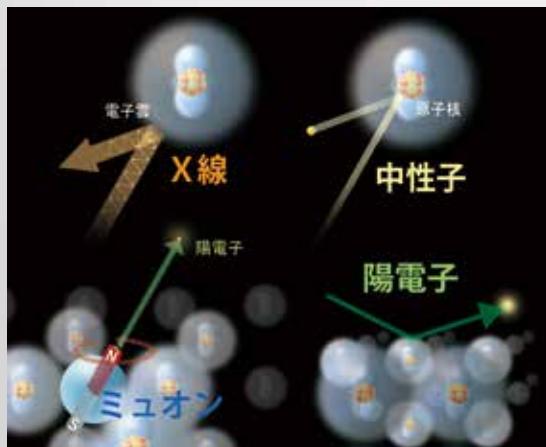




研究機関が集積するつくば

KEK 放射光は、世界水準の先端テクノロジー研究設備・人材が集積するつくばにおいて、イノベーション創出を担う中核的な基盤研究教育施設となります。ナノテク分野では、産総研、物材機構（NIMS）、筑波大学、KEK、東京大学からなる「TIA」、医薬分野では「創薬産業構造解析コンソーシアム」などの連携枠組を大いに活用し、産官学が協働する省庁横断的な取組を加速します。

東京や成田国際空港からアクセスの良いつくばの交通利便性は、多くの研究分野の国際的な拠点施設として最大限に機能します。



量子ビームの開発的複合利用を推進

KEK 物質構造科学研究所（物構研）には、放射光施設の他に、つくばキャンパスにある低速陽電子実験施設、東海キャンパスにある物質・生命科学実験施設（MLF）があり、放射光、中性子、ミュオン、陽電子という、それぞれ物質と特徴的な相互作用をする4種のビームを総合的に活用し、フロンティアに挑んでいます。大学等の研究者と量子ビームのエキスパートである物構研スタッフが結集し、各プローブの特徴を最大限に活用した量子ビーム複合利用研究を展開します。



大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

〒305-0801 茨城県つくば市大穂1-1

<http://kekls.kek.jp/>

2016.10