

物質構造科学 という名の 新しい科学

フォトンファクトリー

物質構造科学研究所は、文部科学省所轄の大学共同利用機関17機関のひとつとして1997年に創設されました。大学共同利用機関は優れた研究設備や研究者集団を活かすことによって、国立大学等を中心とした学術研究を先導する研究機関であり、先端性や国際性を確保しながら、各機関が担当する研究分野を中心に共同利用・共同研究することが求められています。本研究所は物質構造科学という新しい科学を形作っていくミッションを持っています。

物質構造科学は、宇宙や自然界に存在する生命体を含む多種多様な物質、人工的に生み出される各種材料など、あらゆる「物質」の原子レベルでの「構造」や電子「構造」を研究対象としています。このような物質構造を知ることで、人類が生きていくのに有用な物質を見つけることも可能になります。

20世紀には、物質を科学するにもその成分の研究が中心でした。ところが、成分のそれぞれがわかっても物質の性質は説明できません。成分同士の相互作用のわずかな違いによって全く異なる性質になるケースもあるからです。21世紀近くになって現れた物質構造科学では、透視もできるような新たなイメージング技術も開発しながら、成分別ではなく、目では見えない物質の内部まで非破壊で、あるがままに見ることを中心課題にしています。

物質構造科学研究所は、さまざまな加速器を使うことで手に入れることのできる、放射光、中性子、ミュオン、陽電子、電子といったX線や粒子線（量子ビームと呼ばれます）を組み合わせることで研究できるという、世界的にも恵まれた研究環境に頭脳を結集しつつ、物質構造科学を先導していきます。

J-PARC
物質・生命科学実験施設

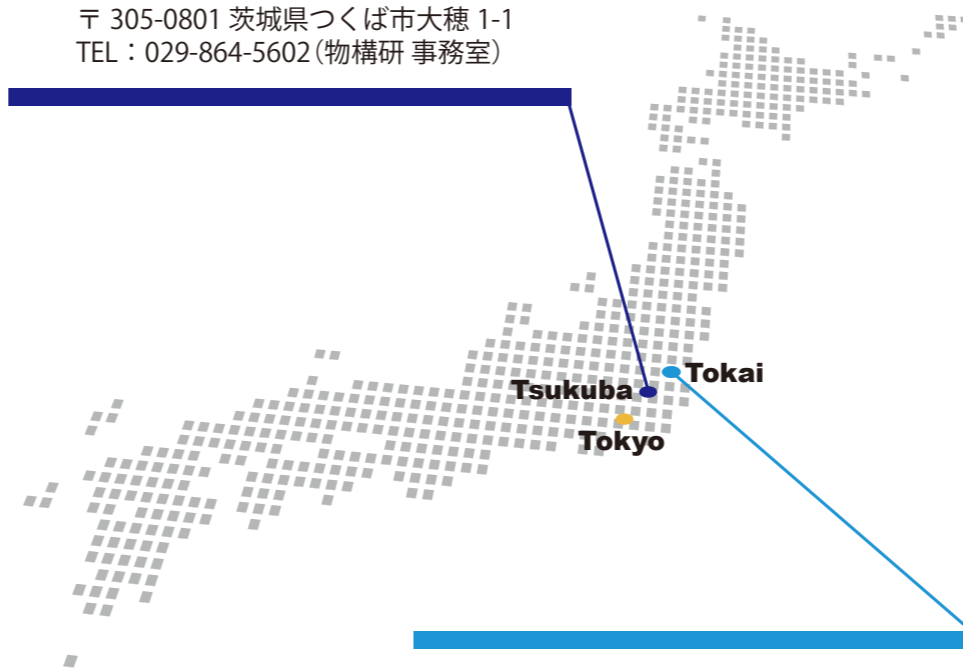


フォトンファクトリー/
低速陽電子実験施設(つくばキャンパス)

X 放射光 e⁺ 低速陽電子



〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
TEL: 029-864-5602 (物構研 事務室)



J-PARC 物質・生命科学実験施設
(東海キャンパス)

n 中性子 μ ミュオン



〒319-1106 茨城県那珂郡東海村大字白方203-1
TEL: 029-284-4898 (物構研 東海事務室)



物質 構造科学 研究所

Institute of Materials Structure Science



KEK 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

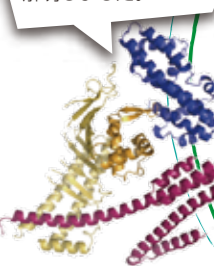
<https://www2.kek.jp/imss/>

あなたの「見たい」 に応える

結晶構造



東アジア型ピロリ菌の発がん性が高い理由を解明しました。



ピロリ菌由来の発がんタンパク質CagAの構造 (千田俊哉 教授)

結晶は、分子や原子が規則正しく並んだ物質です。X線や中性子線の回折現象を利用すると、結晶中の原子の並び方を知ることができます。タンパク質の構造解析にもこの方法が使われていて、近年ではクライオ電子顕微鏡もよく用いられています。



電子を伝達するタンパク質BphAの結晶 (千田美紀 特任助教)

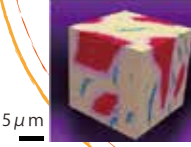
タンパク質は、生命活動を司る大きく複雑な分子です。タンパク質の立体構造は、その機能を理解するための重要な情報です。この情報は、生命の仕組みを明らかにするだけでなく、病気の発症機構の理解や、副作用の少ない新薬の開発にもつながります。

化学状態イメージング

構造材料専用のX線顕微鏡によって、材料中の元素とその化学状態が3次元で分析できます。



タービン



5μm
材料の欠陥を3次元で可視化 (木村正雄 教授)

航空機の機体材料の選定に物構研の顕微鏡技術が貢献!

元素イメージング

マイクロ/セミマイクロビームを利用し、微量元素の分布を非破壊で調べることができます。



古代エジプトのモザイク・ガラス (東京理科大学 中井泉 教授)

天保小判の表面付近ほど、金の含有率が高いことが判明!

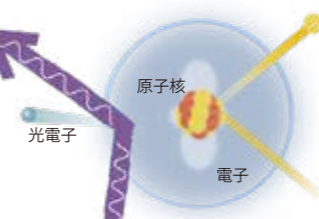


加速器は巨大な顕微鏡

加速器が作り出す光や粒子は、物質を分子・原子レベルのスケールで見ることができます。X線、中性子、ミュオン、低速陽電子のそれぞれの特徴を活かし、総合的に利用することで、物質の機能発現のしくみを解明できます。

X 放射光

加速器から発生する、紫外線やX線を含む幅広い波長を持つ高輝度の光です。電子と相互作用して物質を構成する原子の並びや電子のふるまいを調べることができます。



中性子 n

電荷を持たない中性子は、水素やリチウムなど軽元素の観測に適しています。また同位体を識別できる性質を利用して目的の箇所を着色したり、高い透過力を利用して物質内部の構造を調べることができます。

ミュオン μ

加速器から作られるミュオンはスピン(磁石の性質)が揃っています。これを原子サイズの方位磁針のように利用して物質の局所磁場を調べます。また負ミュオンから放出される元素に特有なX線は、元素分析にも使われます。

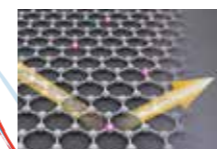
e⁺ 低速陽電子

陽電子は電子の反粒子で、電気的性質から物質の最表面に対する感度が非常に高く、最表面やそのすぐ下の原子配置を精度よく決めることができます。

表面・界面の構造



物質同士が出会う表面・界面は化学反応を担う重要な部分です。表面での回折や反射を利用し、表面での原子一層ずつの構造や、表面・界面での電子のふるまい、反応中の構造変化を調べることができます。

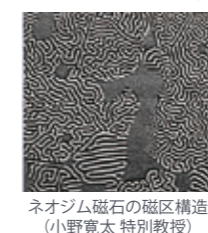


触媒や電池による反応は物質の表面・界面で起こります。例えば、充放電による電極の構造変化などを詳細に知ることによって、電池の高効率化を実現できます。

磁性・スピン



レアメタルフリーな磁石、耐熱な磁石の開発は、電気自動車やハイブリッドカーに使われるモーターの性能・燃費向上につながります。



ネオジム磁石の磁区構造 (小野寛太 特別教授)

偏光させたX線、中性子のスピン、ミュオンを利用して、磁気構造を調べます。磁気モーメントや運動量、時間的空間的な揺らぎなど、幅広く調べることができます。

反応をみる

化学反応はゆっくりとした変化からフェムト秒(1000兆分の1秒)まで幅広い時間スケールで起きています。ハイスピードカメラのようなパルス光源では、反応をコマ送りで捉えることができます。



国際協力

PFでは、2009年にインドビームラインが設置され、インドの研究者による構造解析の基礎研究に利用されています。また、これまで、オーストラリアの放射光施設の建設協力、中東地区のSESAME放射光施設の建設協力、東南アジアのタイ放射光施設の建設協力、アフリカの放射光研究者の育成などに貢献しています。構造生物学分野においても、スイスのポール・シェラー研究所(PSI)や、スイス放射光施設(SLS)と利用実験の研究協力を実施しています。中性子分野では、米国オークリッジ国立研究所のSNS(核破砕中性子源)と中性子源の開発協力の他、スウェーデンに建設中のEuropean Spallation Source(ESS)との協力、アジア・オセアニア中性子科学連合(AONSA)との連携を行っています。ミュオン分野ではスイス PSI、カナダのトライアムフ研究所(TRIUMF)などとミュオンビームの高度利用実験、実験装置・解析技術の開発による研究者相互の交流を行い、国際協力のもと、基礎研究に取り組んでいます。



アフリカからの研修生受け入れ(PFにて)

普及活動

チョコレートなどの食品や水素エネルギーなど、身近な物質の不思議な性質を学んだり、ポケット分光器の工作などを通して、物質科学を楽しく体験しながら学習するプログラムを企画し、イベントや授業を科学館や学校で実施しています。また、気軽に科学に触れてもらうことを目的に、駅前の商業施設内で、物構研の研究をやさしく紹介した特設展示を行っています。



特設展示「POP into サイエンス」

共同利用

個々の大学では維持が難しい大型の加速器や関連施設を、大学共同利用機関として運用しています。国内外の大学や公的研究機関の研究者は、フォトンファクトリー(PF)、低速陽電子実験施設(SPF)と大強度陽子加速器施設(J-PARC)の物質・生命科学実験施設(MLF)を原則無償で利用することができます。

2020年4月に、これらの施設の放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子の4つのビームを横断的に活用することを目的とした、量子ビーム連携研究センター(CIQuS)を設置し、物構研内外の研究者のマルチプローブ利用研究を支援しています。さらに、もっとも複雑な生命系の構造研究に重点を置いた構造生物学研究センター(SBRC)では、クライオ電子顕微鏡などの装置を大学共同利用に公開しています。

【お問合せ】

フォトンファクトリー利用相談窓口 ☎ pfexconsult@pfiqst.kek.jp
(低速陽電子実験施設を含む)

J-PARCセンターユーザーズオフィス ☎ j_proposal@mlj-parc.jp

CIQuS お問い合わせフォーム



SBRC お問い合わせ先
(ウェブサイトをご参照ください)



大学院教育

総合研究大学院大学(総研大)の基盤機関の一つである物構研は、先端学術専攻物質構造科学コースの大学院教育を行っています。また、総研大以外の大学の大学院生も受け入れ、次世代を担う人材を育成しています。

【お問合せ】

KEK 研究協力課 大学院教育係 ☎ kyodo2@mail.kek.jp

産学連携

材料評価や特性発現メカニズムの解明は、ものづくりに必須なものとなっています。PF、SPF および J-PARC MLF で培われてきた材料評価・解析技術の活用は、新たな製品創出や品質向上につながっています。また、構造生物学の解析技術は新薬の開発につながっています。

施設間連携

物構研では、2023年4月より、新領域開拓室(Scientific Innovation Center)を発足させました。S.I.Centerでは、物構研のマルチプローブ共同利用・共同研究の強みを生かしつつ、物構研や大学、国内外の枠を超えた活動により、人材育成を軸とした量子ビーム施設間のネットワーク形成に貢献しています。