

IMSS 要覧 2018

KEK 高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所

Contents

はじめに	1
物構研とは	2
設置目的	
実験施設	4
放射光実験施設	
低速陽電子実験施設	
J-PARC 物質・生命科学実験施設	
研究系	
放射光科学研究系（第一、第二）	8
中性子科学研究系	10
ミュオン科学研究系	12
研究センター	
構造物性研究センター	14
構造生物学研究センター	15
技術部門	16
共同利用	17
大学連携	18
広報活動	19
国際連携	20
産業利用	21
支援部門	22
プロフィール	23
第6期 物質構造科学研究所 運営会議メンバー	24

はじめに

物質構造科学研究所は文部科学省所轄の17の大学共同利用機関のひとつとして、1997年に高エネルギー加速器研究機構が発足した際に、同時に創設されました。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構築していくミッションを持っています。

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、成分別ではなく、物質をあるがままに多方面から見ることを中心課題にしています。物質構造科学研究所には、加速器技術に支えられた放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子といった複数の量子ビームを組み合わせ研究できるという、世界的にも比類ない物質構造科学に適した研究環境があります。

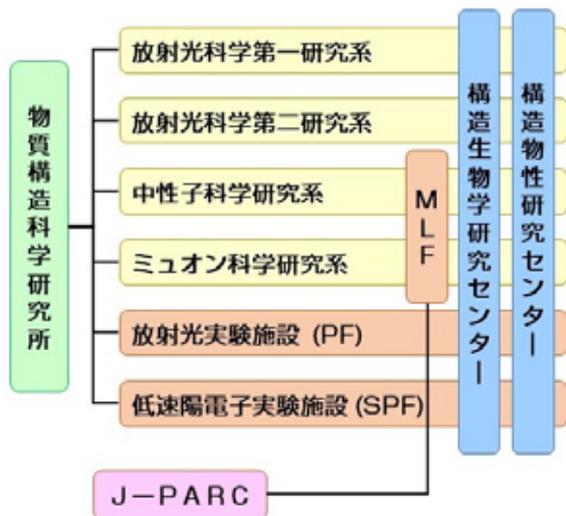
本要覧は2018年度の研究所の構成に基づいて作成されています。20年以上の間に物質構造科学は大きく進歩しています。そのため、物質構造科学研究所の研究機能と施設機能の更なる強化を図るべく、2018年度は、それぞれの機能に集中できる組織に改組する計画と改組後の組織を念頭に人事を進めてきました。また、つくばキャンパスと東海キャンパスに物理的に分かれている弱点を感じさせない研究環境作りにも取り組んできました。今後は、新たな組織をベースに学術研究を中心にした先端的・国際的な共同利用・共同研究を展開し、それらの成果を含めた要覧を毎年公開していく予定です。



物質構造科学研究所長 小杉 信博

物構研とは

物質構造科学研究所（物構研）は、量子ビームを利用した学術研究の推進をミッションとする研究機関です。放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子などの量子ビームの先端的、複合的利用を追求し、人類と社会の持続的発展と幸福に貢献すべく、研究と教育を推進しています。同時に、大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（KEK）の研究機関として、個別の大学では整備や維持が困難な大型実験研究施設である、放射光実験施設（PF）、低速陽電子実験施設（SPF）、J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）を共同利用・共同研究の場として国内外の研究者に提供しています。さらに物質・生命科学の先端的な研究拠点を形成することで、基礎から応用にいたる広範な分野における学術研究への貢献を目指しています。



KEK が目指すもの

KEK は、最先端の大型粒子加速器を用いて、宇宙の起源、物質や生命の根源を探求しています。研究者の自由な発想による「真理の追究」を目指して研究開発を推進しています。物質構造科学研究所、素粒子原子核研究所の2研究所、および加速器研究施設と共通基盤研究施設の2研究施設およびJ-PARC センターから構成されており、2004年4月に大学共同利用機関法人として法人化されました。その前身である高エネルギー物理学研究所は1971年に設立され、2021年で設立50周年を迎えます。

設置目的

先端的な研究

良質な量子ビームの発生と利用法の研究開発と、その活用により、原子レベルから凝縮系、生体分子にいたる多様な物質構造の先端的な研究を推進し、物質や材料の機能性や制御法の向上に資するとともに、機能の発現機構を解明します。

大学共同利用

先端的な量子ビームの利用施設を維持、管理することで、複数の量子ビーム利用が可能な研究拠点を整備し、これを広く国内外の研究者に開放し、物質・生命科学の多様な研究と幅広い教育の場を提供します。

人材育成

大学、研究機関、ならびに企業等との共同研究を通じて、研究・教育プラットフォームを形成し、人材交流を活性化し、物質・生命科学の将来を担う人材を育成します。

社会貢献

量子ビームを産官学連携で活用するための主導的役割を果たし、得られた知恵を技術革新や新たな価値の創造につなげることで持続的社会的構築に貢献します。



左から 大友、千田、瀬戸、小杉、足立、三宅、雨宮、門野

所長	小杉 信博
副所長	瀬戸 秀紀
	足立 伸一
研究主幹	雨宮 健太 (放射光科学第一研究系)
	大友 季哉 (中性子科学研究系)
	三宅 康博 (ミュオン科学研究系)
研究センター長	千田 俊哉 (構造生物学研究センター・放射光科学第二研究系主幹)
	門野 良典 (構造物性研究センター)

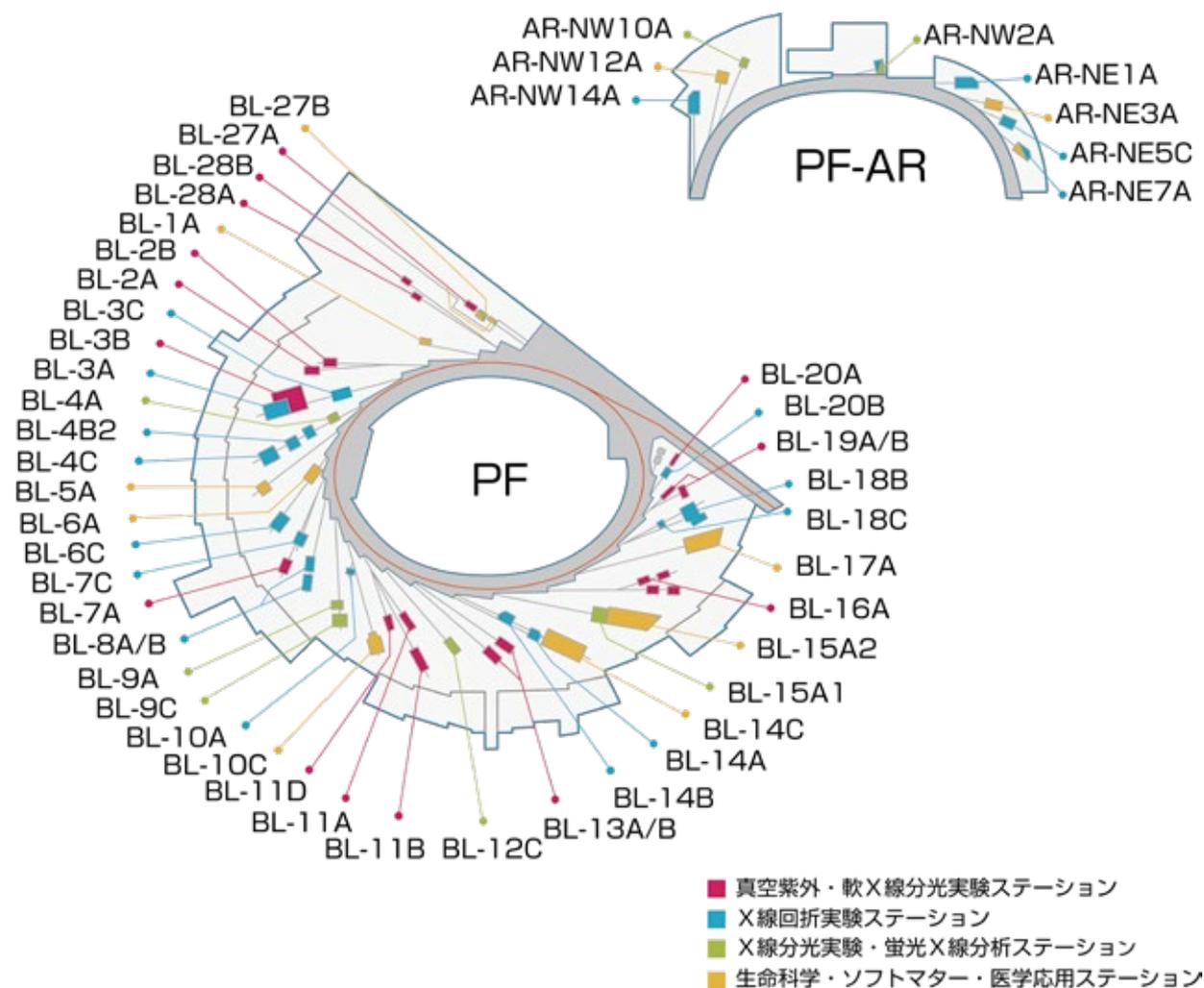
実験施設

放射光実験施設（フォトンファクトリー）

フォトンファクトリー（Photon Factory, PF）は、KEKのつくばキャンパスにある放射光施設です。電子加速器から生まれる放射光で、物質・生命の構造から機能発現のしくみを明らかにする研究を推進しています。PFリング（2.5 GeV）とアドバンスリング（PF-AR, 6.5 GeV）という、特徴ある2つの放射光専用の光源加速器を有し、KEKで培ってきた放射光技術・加速器技術により世界最先端の研究の場を提供しています。

1982年に放射光発生に成功したPFリングは、X線領域では日本初の放射光源加速器です。現在までの30余年の間に数度の大きな改造を行い、放射光の高輝度化を図ってきました。また、最新の技術を取り入れた実験装置の開発や実験環境の整備によって、広い分野の物質・生命科学研究に貢献しています。

PF-ARは、トップクォークの探索が行なわれていたTRISTANの前段加速器を改造し、1987年に世界でも類を見ない大強度パルス放射光源に転用したものです。パルス放射光を利用して分子や結晶の変化する様子を捉える時間分解実験や、高エネルギーX線を利用した地球科学研究など、特徴的な研究が行われています。



低速陽電子実験施設

低速陽電子実験施設 (Slow Positron Facility, SPF) は KEK のつくばキャンパスにあり、電子の反粒子である陽電子を、KEK で培ってきた加速器技術と低速陽電子生成・制御技術により、「低速陽電子」とよばれるエネルギー可変単色陽電子ビームを作り出すことで、世界最先端の研究の場を提供しています。1991 年に、TRISTAN およびフォトンファクトリーと 2.5 GeV 電子リニアックビームをタイムシェアする形で出発しましたが、1997 年に設置された物構研の一部となって後、電子陽電子入射器棟内に設置された専用電子加速器を利用しています。

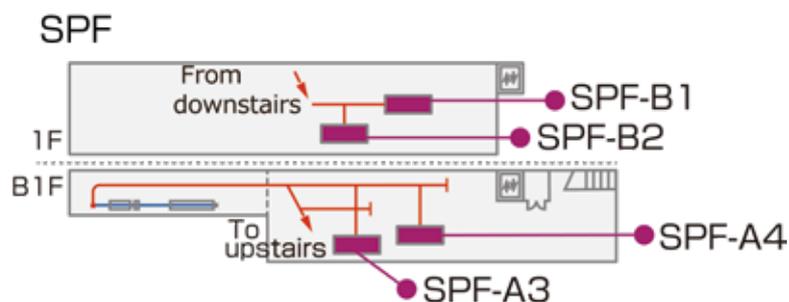
加速した電子をターゲット金属に当てたときの制動放射から陽電子を生成し、モデレータ金属と静電場でエネルギー 35 keV までの低速陽電子ビームとします。それを磁場を用いて実験スペースに輸送して 4 つに分岐し、低速陽電子とポジトロニウム (Ps、電子と陽電子の束縛状態) を利用する実験を行っています。現在、各分岐で次の 4 つのステーションが稼働しています。

SPF-A3: 全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) による表面原子配列決定

SPF-A4: 低速陽電子回折 (LEPD) による表面原子配列決定

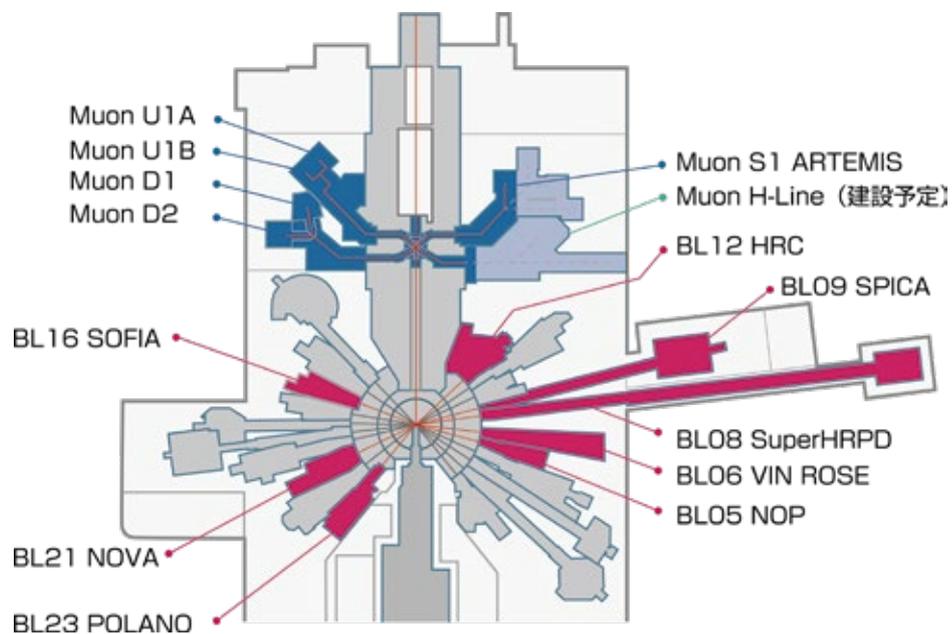
SPF-B1: Ps 飛行時間法 (Ps-TOF) による表面電子状態の研究

SPF-B2: Ps のレーザー冷却の研究



J-PARC 物質・生命科学実験施設

J-PARC（大強度陽子加速器施設）は KEK と JAEA（日本原子力研究開発機構）が共同で運営している施設で、東海村の JAEA 敷地内にあります。物質・生命科学実験施設 (MLF) は加速器からのパルス陽子ビーム (3 GeV, 25 Hz, 333 μ A) により世界最高強度のミュオン及び中性子ビームを発生させ、これらを用いて、物質科学・生命科学研究を推進するための実験施設です。物構研は 8 台の中性子実験装置群と世界最高強度のパルスミュオンビームを利用できるミュオン実験装置を持ち、大学・産業界への供用を行っています。また JAEA と茨城県も中性子実験装置を設置して、ユーザー利用を行っています。



中性子実験装置

BL05 NOP 中性子光学基礎物理実験装置：
先端的中性子光学を駆使して、わずかに現れる高エネルギー現象の足跡を捕捉

BL06 VIN ROSE 中性子共鳴スピンエコー分光器群：中性子スピンエコー法で観測するピコ秒からサブマイクロ秒における広い時間領域の原子分子ダイナミクスを観測

BL08 SuperHRPD 超高分解能粉末中性子回折装置：わずかな構造歪みを精度良く捉え、新しい構造物性を開拓

BL09 SPICA 特殊環境中性子回折計：
機能性材料の静的構造および実用デバイスのオペランド測定による非平衡状態の構造をリアルタイム観測

BL12 HRC 高分解能チョッパー分光器：
高分解能で広くエネルギー・運動量空間を探索し、物質のダイナミクスを観測

BL16 SOFIA ソフト界面解析装置：
物と物との「界面」で起こる未知の現象を中性子の「反射」で解明

BL21 NOVA 高強度全散乱装置：
水素誘起物性に対する原子位置・磁気構造の解析、水素との相関の導出による起源解明、不規則系における二体相関からのアプローチ

BL23 POLANO 偏極中性子散乱装置：
非弾性散乱における偏極度解析を行い、様々な物理自由度ダイナミクスを分析

ミュオン実験装置

Muon D1 ミュオン物質生命科学実験装置：
運動量可変パルス正負ミュオン利用の μ SR実験装置。超高感度の内部磁場測定を通じて物質と生命をミクロな視点から解明

Muon D2 ミュオン基礎科学実験装置：
正負の大強度高速ミュオンを用いて基礎物理から非破壊元素分析まで多彩に研究

Muon S1 ARTEMIS 汎用 μ SR実験装置：
運動量固定パルス正ミュオン利用の μ SR実験装置。超高感度の内部磁場測定を通じて物質と生命をミクロな視点から解明

Muon U1 超低速ミュオン顕微鏡実験装置：
世界最高強度パルス超低速ミュオン利用の μ SR実験装置。超高感度の表面近傍、多層薄膜における磁場測定を通じて、多層薄膜、ナノマテリアルや生命物質等の物性をミクロな視点から究明

放射光科学研究系（第一・第二）

概要

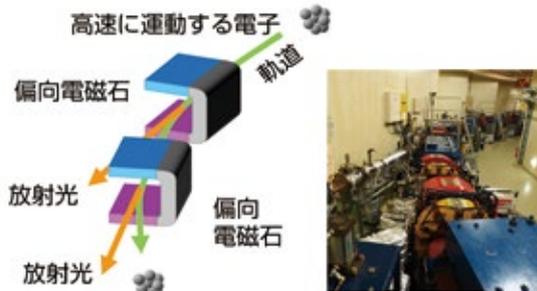
放射光とは、ほぼ光速（典型的には光速の99.99%以上）で直進する荷電粒子が磁場によって曲げられる際に、その進行方向に放射される光です。放射光は太陽光やラボ装置と比べて桁違いに明るく、指向性が高く、赤外線から硬X線まで幅広いエネルギー範囲にわたって発生し、また光の偏光特性を自由に変えられるなどの優れた特徴を持っています。この放射光を物質に照射し、回折、散乱、吸収、蛍光などの分光測定を行うことにより、物質の詳細な構造や電子状態を高度なレベルで解析することができます。

放射光科学研究系は、PFとPF-ARの2つの加速器リングを活用し、それらによって得られる放射光を利用して物質科学および生命科学の研究を推進しています。

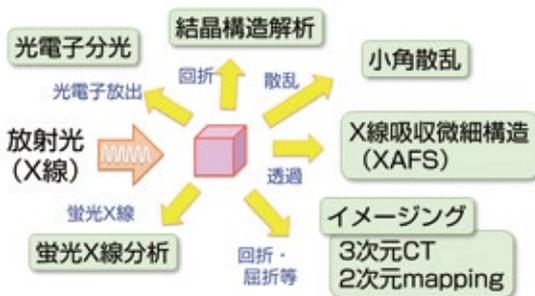
先端で行うために、高性能のビームラインや実験装置を開発しています。これらの内部スタッフによる研究の他に、大学共同利用機関として、固体物性、表面科学、物理化学等の分野における共同利用研究を推進しています。また機能性材料、環境材料、電子デバイス材料の分野における産学官連携研究も進めています。

【計測法】光電子分光法、角度分解光電子分光法、X線吸収分光（磁気円二色性、線二色性）を多元的に用いた物質の電子状態観測、および放射光ナノビームを用いた化学状態イメージング、などを活用しています。

放射光発生原理



様々な分析手法への活用



構造物性グループ

物質の性質や機能の起源を解明するために、結晶構造・電子構造を明らかにする研究を推進しています。研究対象は学術的に興味ある物理現象から、応用面で重要な材料の物性まで広範囲にわたります。

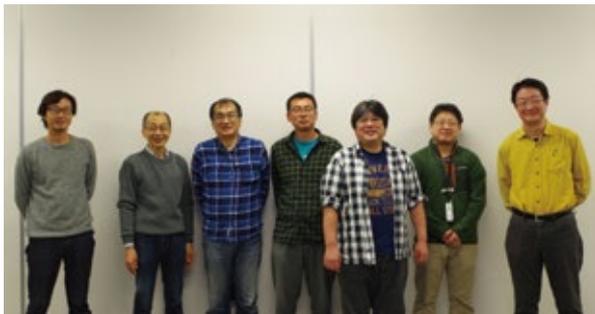
手法は精密X線結晶構造解析、共鳴X線散乱、X線磁気散乱、X線イメージングをはじめとし、パルス放射光を利用した動的構造、高圧下X線複合測定による高圧物性や地球・惑星科学の研究も展開しています。

あわせて、これらの手法の高度化、さらに次世代の放射光源も視野にいたれた利用法の開発も行っています。

手法や研究対象は多岐にわたりますが、それぞれの分野で、元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>や、戦略的創造研究推進事業(CREST)などの大型プロジェクトへ積極的に参加しています。

電子物性グループ

物質の性質は、物質中を動き回っている電子の状態によって決まっています。私たちは、光電子分光、X線吸収分光などの分光手法を用いて物質の電子状態を調べることで、物質の性質や材料の機能の起源を明らかにする研究を行っています。さらにそれらの研究を最



物質化学グループ

人々の生活を豊かにする材料や物質の創製に資する化学の発展のためには、プロセスや反応をナノレベルで明らかにすることが必要になります。物質化学グループは、XAFS (X-ray absorption fine structure) 分光を軸に、散乱や状態イメージングを含めて、化学反応を理解するために必要な観察技術を開発・提供しています。

【計測法】 各種反応環境下および時分割 XAFS による反応観察、全反射 XAFS による表面の反応観察、X 線顕微分光による材料の化学状態の 2 次元 / 3 次元可視化手法などに取り組んでいます。

【材料系】 SIP「革新的構造材料」(航空機用構造材料)、ACCEL「エレクトライドの物質科学と応用展開」(触媒材料) 等のプロジェクトに参画し、計測拠点のひとつとして様々な材料系の研究を推進しています。



生命科学グループ

当グループは、生体を構成する分子や細胞の構造、機能、相互作用、外界への応答等を解明する研究を行っています。X 線結晶構造解析、X 線小角散乱、クライオ電子顕微鏡を駆使した構造生物学を中心に、放射線生物学から医学イメージングに至る広範な分野が研究対象で

す。グループ内での活動に加え、「創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム」や CREST 等の大型プロジェクトに参画し、放射光や電子顕微鏡利用を通じた研究支援や共同研究を展開しています。同時に、これらの研究の質を高めるための放射光利用技術の高度化や装置開発を推進し、より高度な大学共同利用・産業利用環境の提供に努めています。



低速陽電子グループ

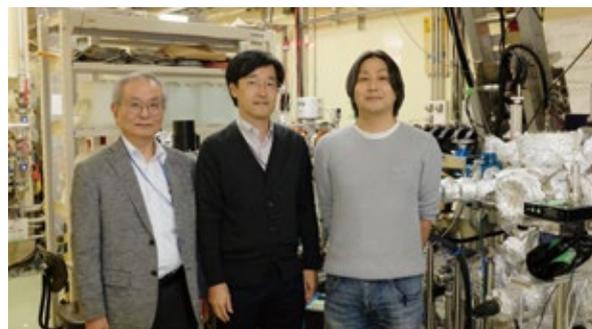
当グループは、独立した専用リニアックでエネルギー可変単色陽電子ビームを生成し、下流で以下の 4 つのステーションに分岐して、その利用実験技術の開発・測定・共同利用サポートを行っています。

(1) 全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) : RHEED の陽電子版。結晶の最表面および表面下数層の原子配列の座標を正確に決定できる新しい手法です。触媒表面やグラフェンなど 2 次元物質の構造の解析を行っています。

(2) 低速陽電子回折 (LEPD) : LEED の陽電子版。ステーションが完成し、測定が始まりました。

(3) ポジトロニウム飛行時間 : 表面で生成したポジトロニウムのエネルギー分析による表面解析。

(4) 汎用ステーション : 現在はポジトロニウムのレーザー冷却の基礎研究を行っています。



中性子科学研究系

概要

中性子は陽子とともに原子核を作っている粒子であり、電荷をもたない、小さな磁石として振る舞う、透過力が高いなどの特徴があります。また、中性子は光と同じように「波」としての性質もあり、その波の周期は原子や分子とほぼ同じ大きさです。このような性質を持つ中性子は、加速した陽子や電子を原子にぶつけることにより、または原子炉での核分裂を使うことにより、原子核から取り出して中性子ビームを作ることができます。中性子ビームを物質に照射し、中性子が散乱する様子を観測することにより原子や分子の配置や動きなどを調べることができます。中性子散乱は、配置と動きを同時に観測できることが最大の特徴です。

中性子とは

質量: $1.67 \times 10^{-24} \text{g}$ (\approx 陽子)
電荷: ゼロ
スピン: 1/2

ダイナミクスの観測



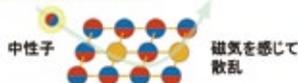
高い透過力



原子構造の観測



磁気構造の観測



軽元素に対して高い感度



中性子科学研究系は1978年につくばで発足した中性子散乱実験施設(KENS)に端を発します。陽子加速器を使って中性子ビームを作り出し、宇宙の成り立ちを調べる基礎研究から、材料の機能を調べる応用研究まで、幅広い分野の研究を行っています。2008年からは東海村のJ-PARCに拠点を移し、最新鋭の装置群を開発し、これらを用いた研究を行っています。

ソフトマターグループ

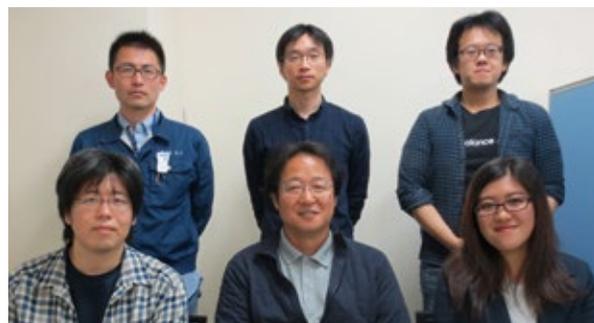
高分子や液晶、コロイド等のやわらかな物質は、「ソフトマター」と総称されています。このソフトマターは軽くて強い素材として、あるいは洗浄やコーティング等のための機能性

物質として、身の回りのあらゆるところで使われています。またタンパク質や細胞膜などの生体物質の基本構成要素でもあります。それらのソフトマターがどのような構造を持ちどのように機能を発揮しているのか、ということテーマに、中性子準弾性散乱や中性子反射率、中性子小角散乱、X線小角散乱などの手法を用いて研究を行っています。このために中性子反射率計SOFIAの運用とともに、京都大学複合研と協力して中性子スピネコー分光器群VIN ROSEの開発を行っています。



水素誘起物性グループ

水素は、さまざまな物質の機能や生命活動に重要な役割を果たしています。同時に、観測が最も難しい原子でもあります。本研究グループは、中性子が水素の観測に適していることを活用し、水素等の原子位置および振動状態や磁気構造の観測から、水素が深く関与する諸物性（水素貯蔵・超伝導・磁性・誘電特性等）の起源を研究しています。J-PARCでは高強度全散乱装置NOVAを利用し全散乱法による実空間二体相関の観測手法を高度化することで液体、非晶質から結晶までさまざまな物質の構造解析を行っています。また、さまざまな量子ビームを活用して、水素の観測を極めることも目指しています。



構造科学グループ

構造科学グループは、主に中性子を用いて、物質の原子配列や対称性の僅かな破れを精密に調べ、物質の性質やその変化を物理的・化学的に理解する研究を行っています。そのために、J-PARC に、世界で最も高い分解能を持つ超高分解能中性子回折装置 SuperHRPD と、充放電中の蓄電池の材料構造変化や動作環境下（オペランド）のデバイスの材料構造変化を原子レベルで解明する特殊環境中性子回折装置 SPICA を開発しました。これらの装置を用いて国内外の大学や研究所等の研究者や大学院生と、エネルギー関連物質や誘電体、磁性体、超伝導体、強相関物質などの研究を行っています。従来の限界を越えた超高分解能で微小な対称性の破れを抽出し、新しい構造科学の展開を促す研究、オペランド測定 of 推進による新たな研究分野の開拓を目指しています。



量子物性グループ

中性子散乱は物性物理学研究において非常に強力な手段です。物質に中性子ビームを照射し、散乱された中性子を検出し、散乱の前後での中性子のエネルギーと運動量の変化を分析することによって、物質中の原子やスピンの動的な振る舞い、例えば、フォノンやマグノンを観測することができます。量子物性グループでは、J-PARC に設置された高分解能チョッパー分光器 HRC と偏極中性子散乱装置 POLANO を用いて、量子スピン系や遍歴電子系の動的な振る舞いを高精度で観測し、物質中の原子やスピンの相互作用を解明して、物質のダイナミクスの研究を推進しています。HRC は KEK と東京大学との、POLANO は KEK と東北大学との連携により運営しています。



中性子光学グループ

自然界には強い力、弱い力、電磁気力、重力の4つの力が存在することが知られています。中性子はそのいずれの力にも感度があり、中性子を用いた物理量の精密測定は素粒子標準理論の検証やその枠組を超えた新しい物理現象の探索能力を持っています。中性子光学グループでは先進的中性子光学系の開発研究成果とそれを利用した基礎物理的測定を J-PARC BL05 ビームライン (NOP) で行っています。このビームラインは偏極、非偏極、低発散の違う特徴を持った3本のブランチに分かれており、それぞれの特徴を活かした実験が遂行されています。中性子の崩壊、散乱、干渉、回折といった現象の精密測定を行うことにより、物理学の基本原理の構築や未知の現象の探索を目指しています。



ミュオン科学研究系

概要

ミュオン科学研究系では、大強度陽子加速器施設 J-PARC の物質・生命科学実験施設 (MLF) で作り出される世界最高強度のパルス状ミュオンを用いて、基礎科学から産業応用に及ぶ幅広い分野での研究を行っています。

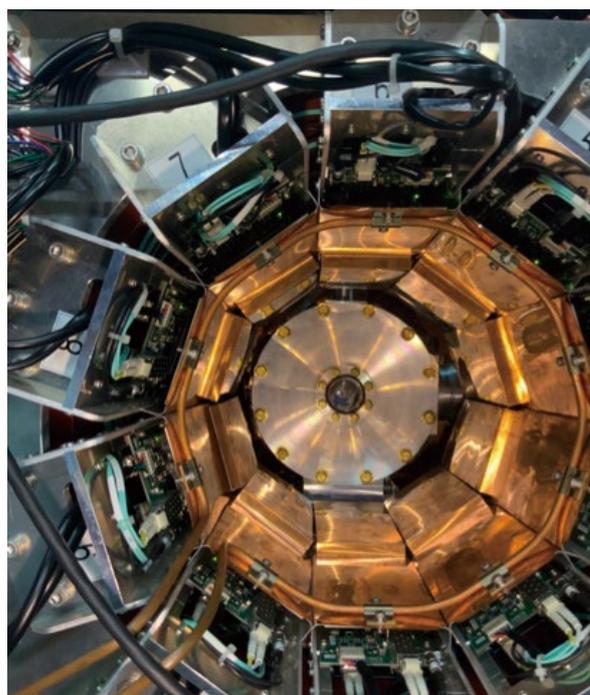
ミュオン (ミュー粒子、 μ 粒子) は電子や光と同じように物質と相互作用するため、その状態を調べるのに大変有用です。ミュオン spin 回転 (μ SR) が磁気非常に敏感な手法であることを利用し、物質の磁氣的性質、第二種超伝導体の磁束状態、さらには微量に含まれる水素原子の存在状態等の研究を行っています。特に負のミュオン (μ^-) は重い電子として振舞うことを利用して、ミュオン触媒核融合の研究や、非破壊で物質の組成を知る手段としても活用されています。また、新しい手法による大強度、あるいは低いエネルギーのミュオンビーム生成にも取り組んでいます。本施設では、ミュオン科学・ミュオン物性の2つのグループが連携を密にとってミュオン物質科学・負ミュオン応用研究を進めています。



μ SR 法を用いた物質科学研究

ミュオン spin 回転 / 緩和 / 共鳴 (μ SR) とは spin 偏極したミュオンを物質中に注入し、ミュオン spin の感じる内部磁場の大きさや揺らぎを実時間で捕らえることにより物質の様々な性質を明らかにする有力な物性研究手段です。

ミュオン物性グループでは μ SR が非常に敏感な磁気プローブであることを利用して、物質の磁氣的性質、第二種超伝導体の磁束状態等の研究を展開しています。磁気プローブとしての μ SR の特徴は、あらゆる試料に直接ミュオンをイオン注入して観測することが可能なこと、1 ナノ秒から数十ミリ秒といったちょうど中性子散乱と NMR の間に位置する時間領域の spin 揺らぎに敏感であること、更に $0.01\mu_B$ といった小さな磁気モーメントを容易に検出できることなどがあげられます。また、中性子と相補的に、空間的に乱れた磁氣的状態の研究に対してもっとも威力を発揮します。これらの性質の応用として、例えば第二種超伝導体の磁束状態では磁束のまわりの磁場分布を直接詳細に観察でき、そこから超伝導の性質に関わる様々な物理量を引き出すことができます。

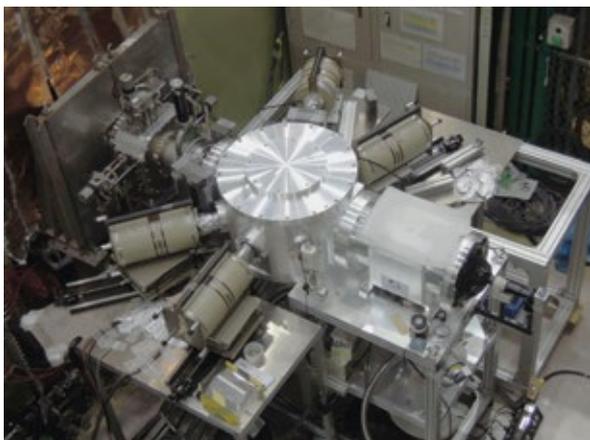


μ SR 分光器

負ミュオンを利用した研究

負ミュオンは電子の200倍の重さをもつことから、重い電子として振舞うことが知られています。MUSEでは3 GeVという高エネルギー陽子を用いることができるため、世界最高強度かつ低いエネルギーの負ミュオンビームを取り出すことが可能となり、負ミュオン特性X線を用いた考古学や惑星科学における貴重な試料の非破壊元素分析が可能となりました。特に従来の手法では困難であった、炭素、窒素、酸素のような軽元素の3次元非破壊分析に有効であることが期待されています。

また負ミュオンは従来とは異なる核融合反応を起こすことが知られています。核融合は、同じ電荷を持つ2つの原子核が、その反発力を乗り越えて近づくことにより起こります。熱核融合やレーザー核融合が、超高温・高圧の状態にすることにより、その反発力に打ち勝とうとしているのに対し、ミュオン触媒核融合は、負ミュオンが重い電子であるという性質を利用した、ユニークな方法です。負ミュオンが、水素の重い同位体である重水素と三重水素の原子核を引き寄せミュオン分子を形成します。ミュオン分子は、通常の分子に比べて、大変小さくなり、すぐさま核融合反応が起こります。核融合反応の後、ミュオンは自由となり、あらたにミュオン分子を形成し、次の核融合反応を起こしていきます。ミュオンはまさに、核融合反応の“触媒”の働きをします。このようなユニークな現象に関して基礎的な研究が進展しています。



負ミュオン特性X線測定装置

超低速ミュオン

ミュオン科学研究のフロンティアを築くことを目指して、“超低速ミュオン”ビームを発生させ、新たな学際研究を展開させるための研究が進められています。J-PARCで得られる大強度の正ミュオンを高温タングステンに止め、表面から熱エネルギーのミュオニウム（正のミュオンと電子が結合した軽い水素原子の同位体）を発生させます。強力なレーザーの照射により、ミュオニウムから電子がはぎ取られ、eVからkeVの強力な正ミュオンが得られます。物質表面の磁性原子スピンのダイナミクスを調べる新しい物性研究、金属表面での触媒反応における水素状原子の役割を解明する表面科学研究等への新しい展開をはかるとともに、ミュオンの磁気能率の精密測定などが計画されています。また、超低速ミュオンを加速してミュオンを用いた透過型顕微鏡を作り出す研究が進行中です。



超低速ミュオンビーム実験装置

構造物性研究センター

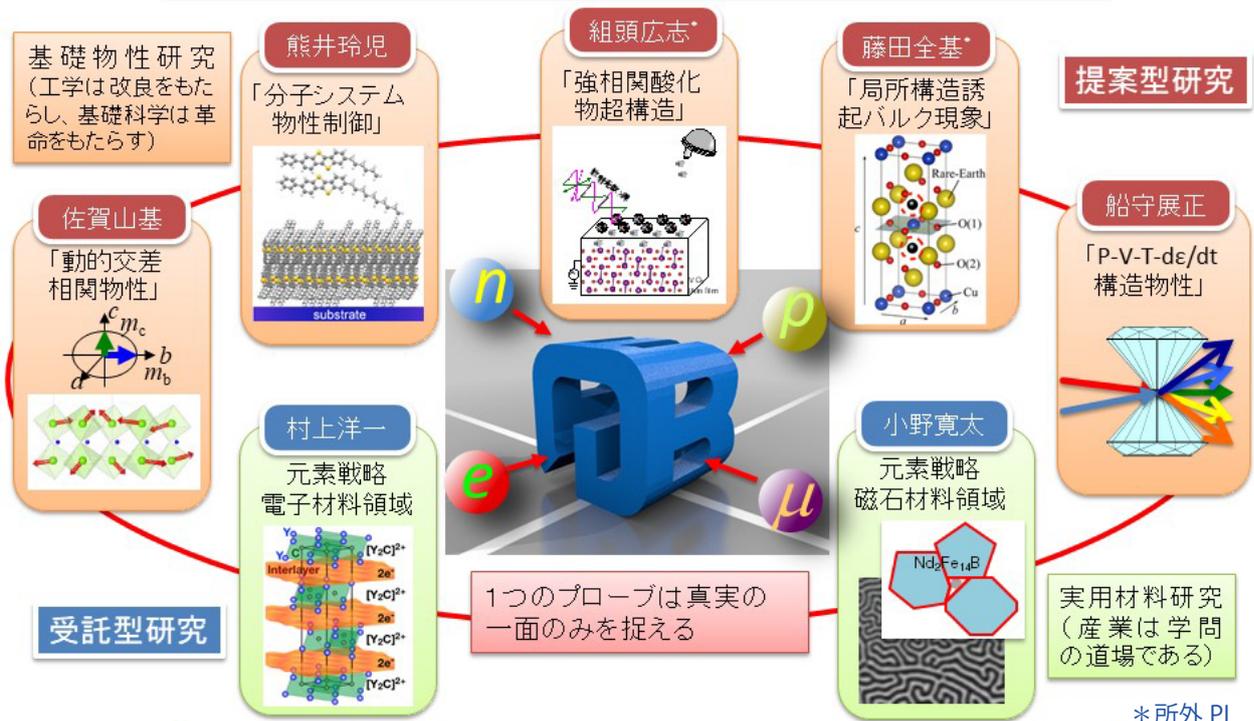
物構研では、加速器ベースによる安定で高品質な放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子を、主として学術研究を目的とする多数の外部利用者に提供することで、幅広い研究・利用分野での研究成果創出に寄与するだけでなく、物構研所員みずからも関連する研究分野を先導する先端的研究を行うことも任務としています。そこで、特に後者の任を果たすべく、物性科学分野の研究を先導する目的で2009年度に所内研究組織として設置されたのが構造物性研究センター（CMRC：Condensed Matter Research Center）です。

構造物性研究センターでは、物構研の最大の強みである放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子という複数の量子ビームプローブの協奏的・相補的な利用による相乗効果を主要な目標とし、プローブ毎の所内研究組織を横断的につなぐとともに、外部研究者との密接な研究協力により、独創的かつ先端的研究を展開し、当該分野での世界的研究拠点となることを目指して活動しています。



物構研を巡る研究環境は常に大きく変化しつつあり、大強度陽子加速器施設（J-PARC）では、世界最高水準のビームを使った中性子・ミュオン利用研究が進展するとともに、放射光実験施設でもビームラインの増強・統廃合などが戦略的に進められています。構造物性研究センターでは、これらの変化を捉えつつ研究を先導するために、現在の物性科学分野の中で重要であると考えられる強相関電子系、表面・界面系、極限環境下物質系などを対象に構造物性研究を推進しています。

マルチプローブ研究による新しい物質・概念の創生



知の越境を实践し回遊するプロジェクト間の共鳴場

構造生物学研究センター

構造生物学研究センターは、2003年の設立以来、国内の構造生物学の拠点として機能してきました。ビームライン設備としては、生体高分子用の結晶構造解析やX線小角散乱(BioSAXS)用のビームラインの整備や高度化を行っています。

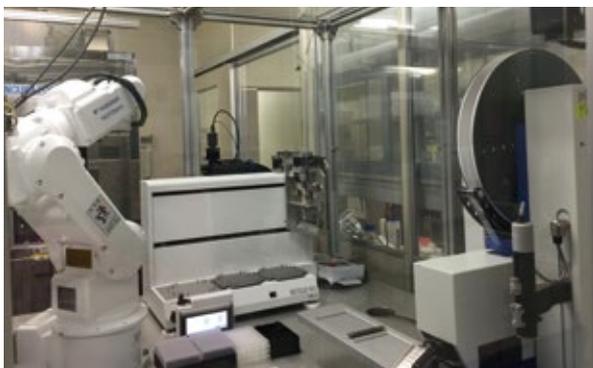
最近では、低エネルギーX線を用いたNative SAD法の開発、SEC-SAXS法をはじめとする溶液散乱法、そしてPreMoを軸とした測定データベースや自動測定システムの構築などに重点を置いて開発を行ってきました。また、当センターは生化学実験施設も有しており、タンパク質の発現・精製から、全自動結晶化スクリーニングロボットを利用した結晶化、各種物理化学測定、生化学実験などを行うことが可能になっています。

2017年度には、超分子複合体の構造解析に威力を発揮するクライオ電子顕微鏡を日本医療研究開発機構(AMED)のサポートを受け導入しました。これらの施設を利用して国内外の

構造生物学研究者および企業研究者の支援を積極的に行っています。

2017年度からは、AMEDの創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム事業に参画し、ライフサイエンス研究者のサポートを積極的に行い、構造生物学研究の更なる普及にも務めています。

独自の構造生物学研究テーマとしては、エネルギー代謝とがん、転写メカニズムとエピジェネティクス、感染症、糖代謝と疾病、などが挙げられます。最近では、細胞内GTPセンサーの発見、ヒストンシャペロンHIRAの三量体構造の発見、薬剤排出トランスポーターMdfAの薬剤分子排出メカニズムの解明、筋ジストロフィー発症に関係するタンパク質構造の決定など、生物学のみならず創薬分野にとっても重要な研究成果を挙げています。



結晶化ロボット



クライオ電子顕微鏡

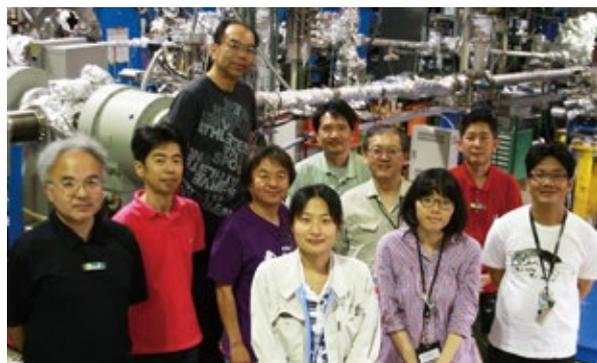


技術部門

KEKには154人（H30.4現在。再任用職員も含む）の技術職員が在籍しています。多くの大学と異なってKEKには技術部はなく、技術職員は各研究所等に所属しています。物構研には22名が在籍しており、各研究系と一体となって働いています。

放射光科学研究系

放射光科学第一研究系に5名、放射光科学第二研究系に6名の技術職員が所属しています。技術職員はX線ビームライン（5名）、VUV・SXビームライン（3名）、ビームラインインターロック・制御（3名）の3つのグループに分かれ、放射光利用実験を行うためのビームラインの設計・建設・立ち上げ・調整、技術開発、施設インフラの維持・管理、安全関連業務などを協力しながら行っています。



中性子科学研究系

中性子科学研究系には6名の技術職員が所属しています。MLFに設置されている中性子実験装置（ビームライン8本）のコンポーネント（各種チョッパー、中性子ビーム輸送系、大型真空槽を含む真空装置、磁場環境や低温/高温などの試料環境装置、インターロックシステム、中性子検出器、データ集積系、各ユーティリティなど）の保守・管理や機能向上化、ビーム実

験の補助や施設安全の業務に関わっています。また中性子実験に関連する技術開発（次世代検出器、偏極装置など）にも取り組んでいます。



ミュオン科学研究系

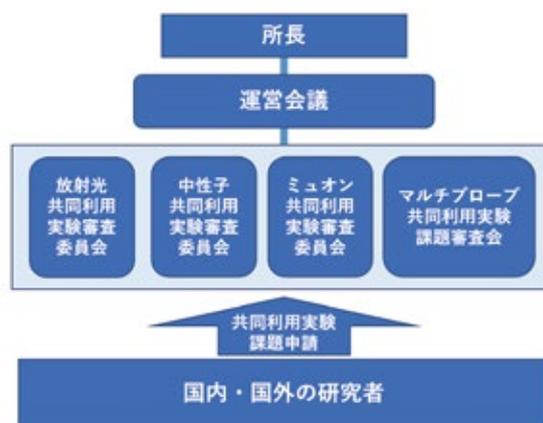
ミュオン科学研究系には5名の技術職員が所属しています。世界最高強度のパルス状ミュオンを生成するミュオン標的系を始め、生成したミュオン粒子を実験室まで導く電磁石系、効率的且つ安全にビーム運転を行う制御系、および実験に適したミュオンを生成するレーザーシステムに至るまで、ビーム運転に不可欠な業務を担っています。その他、プロジェクトマネジメントから熱解析、構造解析、電磁場解析、機械設計などの要素開発や製作した装置の運転、維持および安全管理など責任ある業務に携わっています。



共同利用

共同利用の仕組み

物構研は、大学共同利用機関として、全国の大学共同利用および国際協力を積極的に推進しています。その活動は、全国の大学・大学院の研究教育と密接に連携してこそ可能であり、量子ビームを利用して研究を行う全国のユーザーコミュニティとの有機的連携のために右図に示すような仕組みで運営されています。



物構研運営会議

大学共同利用機関である物構研の運営は、研究所内外の関連分野の研究者の参加のもとに行われます。その最上位に位置する物構研運営会議は機構外委員（11名）、機構内の物構研委員（10名）及び同所外委員（3名）で構成され、研究所運営の要となつて、教員人事、組織改編、その他の重要な事項を審議する場となっています。

共同利用実験・共同研究者受入実績

PF、SPF 及び MLF では共同利用の実験施設として、毎年、多くの実験課題が実施されています。また、共同利用実験や共同研究の場として、非常に多くのユーザーや共同研究者が来訪し、活発な研究活動が行われています。

共同利用実験審査委員会

物構研では、物構研運営会議の下に、量子ビームのプローブ（放射光、中性子、ミュオン）ごとの共同利用実験審査委員会を設置しています。それぞれの共同利用実験審査委員会では、国内外の研究者から申請された共同利用実験課題の学術的意義、実施可能性等をピアレビューし、その評価結果を踏まえて採択の適否の審査を行うとともに、各量子ビームを用いる研究計画に関する重要事項について審議を行います。また、物構研が所管する放射光実験施設、低速陽電子実験施設、中性子科学実験装置及びミュオン科学実験装置の4つのプローブのうち複数を用いて行うマルチプローブ共同利用実験課題については、別途マルチプローブ共同利用実験課題審査会を設置し審査を行います。なお中性子とミュオンに関しては、J-PARC MLF の施設利用委員会・課題審査部会と密接に連携して、JAEA ビームラインや共用ビームライン等と同一の窓口と審査基準で課題採択を行っています。

(2017年度のアクティビティ)

	申請件数	採択件数	実施件数(※)
放射光実験(含低速陽電子)	422	410	797
中性子実験(MLF)	117	105	101
ミュオン実験(MLF)	81	77	57

※ 複数年有効の課題を含むため、当該年度の採択件数よりも多くなる場合がある。

	共同研究者等受入(延人日)	共同研究者等受入(実人数)
放射光実験(含低速陽電子)	21,635	2,902
中性子実験(MLF)	3,564	372
ミュオン実験(MLF)	2,554	170
マルチプローブ実験	214	24

大学連携

KEKは、国内の大学における加速器科学、物質科学、生命科学、量子ビーム科学などの研究領域の推進を図るとともに、人材の育成、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、国内の大学との間で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ます。2018年度にKEKとの間で連携協力協定を締結している大学は、北海道大学、東北大学、岩手大学、茨城大学、筑波大学、東京大学、東京理科大学、お茶の水女子大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、広島大学、九州大学、佐賀大学等です。物構研は、このような協力協定のもとで、関連セミナーの開催や学術研究交流の推進を行っています。中性子分野においては、東京大学や東北大学との連携の下にビームライン建設を行い、協力して大学共同利用を行っています。またこれまでのビームライン建設にあたっては京都大学や九州大学、名古屋大学等の大学との連携により、外部資金の獲得等を行っています。ミュオン分野においても大学教員との協力によりビームライン建設の資金獲得を行っています。



筑波大学との連携セミナー風景

総合研究大学院大学 物質構造科学専攻

物構研は総合研究大学院大学の高エネルギー加速器科学研究科物質構造科学専攻の基盤機関として、大学院生の受け入れと大学院教育を行っています。

総合研究大学院大学
高エネルギー加速器科学研究科
物質構造科学専攻

- ・5年一貫の博士課程です。
入試は年3回、6月、8月、1月に行います。
- ・3年次への編入試験は8月と1月に行います。
- ・当専攻の研究分野
放射光科学分野
中性子・ミュオン科学分野
低速陽電子科学分野

大学院生数（2018年4月現在）

総合研究大学院大学・物質構造科学専攻：13名

特別共同利用研究員、連携大学院制度

特別共同利用研究員は国立・公立及び私立の大学の要請に応じてKEKが当該大学院学生を受け入れ、研究指導を行う枠組みです。物構研は13人の特別共同利用研究員を受け入れています（2018年12月現在）。また、連携大学院制度はKEKと大学院が協定を締結した上で、KEKの研究者が大学院の客員教員（併任教員）に就任し、KEKの各研究所内で大学院生を学位取得まで指導する制度です。KEKは現在、8大学・10研究科と連携を行っており、物構研は2名の大学院生を受け入れています。

広報活動

企画広報室が中心となり、物構研 News の出版、各種パンフレットの作成、物構研および各研究系のウェブサイトの運用、プレスリリースのサポートやハイライト記事の作成、イベント開催など、多岐に渡る広報活動を行っています。

ウェブサイトでは一般向けの情報提供と共に共同利用ユーザー向けのタイムリーな施設情報の提供を行っています。また、アウトリーチ活動を通して、幅広い年代に対して「科学する」楽しさを伝えています。

一般公開・施設公開

KEK つくばキャンパスでは春の施設公開と夏の一般公開、J-PARC では夏に施設公開を行っています。物構研では PF や MLF の実験ホールなどに展示・体験ブースを出展するほか、講演・サイエンスカフェなどを通して、来場者に施設や研究についてお伝えしています。



見学対応・取材対応

PF や MLF には、年間を通して多くの見学者や取材希望者が訪れます。物構研では、KEK 広報室や J-PARC 広報セクションと協力して、見学や取材に訪れる方に施設や研究についてご説明しています。



プレスリリース・報道機関向け勉強会

傑出した研究成果や装置開発が発表されると、報道機関向けにプレスリリースを行い、同じ内容をウェブ上で公開しています。また、報道機関向けの勉強会・見学会を開催しています。それらの機会を通し、物構研の研究開発成果がメディアに掲載されています。

サイエンスカフェ・科学イベントへの出展

様々な分野の学会や科学館、自治体などが主催するイベントへ出展し、物構研の活動を伝えています。また KEK サイエンス・カフェなどを通して、一般の方々へ物質構造科学のおもしろさをお伝えしています。



小中高校生向けアウトリーチ

学校の要望に応じ、学年やカリキュラムに合わせて、学校での授業や実習に講師を派遣しています。

「チョコレート・サイエンス」

2014 年から毎年冬に科学館などで開催し好評を得ている物構研のオリジナル科学イベントです。広島大学の上野 聡 教授が PF で行った研究を基にしたもので、結晶形の違うチョコレートを作って比べる楽しい企画です。



国際連携

物構研では、海外の研究機関のうち、特に物構研が所轄する量子ビーム群と同様なプローブを利用して研究を行っている研究機関や実験施設と連携・協力し、共同研究や人材育成などの取り組みを推進しています。

放射光分野

放射光分野では、海外9カ国／地域（米国、スイス、ドイツ、フランス、中国、韓国、インド、タイ、台湾）の19研究機関との間で協定を結び（2017年度実績）、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ます。また日本放射光学会を通じて、アジア・オセアニア放射光フォーラム（AOFSSR）の活動にも参画しています。放射光実験施設ではこれまでに、オーストラリア原子力科学技術機構（ANSTO）との協定に基づくオーストラリアビームラインの建設・利用（BL-20B、1992年～2013年）、インド科学技術省（DST）との協定に基づくインドビームラインの建設・利用（BL-18B、2011年～現在）が行われています。2017年に開所したヨルダンの放射光施設 SESAME では、放射光施設の立上げへの協力を行うとともに、国際プロジェクト Lightsources for Africa, the Americas, Asia and Middle East Project (LAAAMP) の参画機関として、アフリカ・アジアなどの地域の物性研究者を受け入れて研修を行うプログラムを実施しています。スイスのポール・シェラー研究所（PSI）のスイス放射光施設（SLS）との間では、構造生物学分野における低エネルギー X 線の利用実験に関する研究協力を行うとともに、PF が夏季シャットダウン中に、SLS でタンパク質結晶構造解析のためのユーザー実験を実施するプログラムなどを実施しています。



インドビームラインにて

中性子分野

中性子分野では、主に加速器ベースの核破砕パルス中性子施設との協力関係を築いてきました。この中で英国のラザフォード・アップルトン研究所のパルス中性子施設 ISIS とは、「日英協力」の枠組みの中で1989年に MARI、2000年に MAPS という2台のチョッパー分光器を建設するとともに、国内ユーザーの実験の支援を行ってきました。そして J-PARC 建設開始以降は米国オークリッジ国立研究所の SNS との間で MoU を締結して、主に中性子源の開発について協力しています。更に近年では欧州各国が協力してスウェーデンに建設中の ESS との協力を進めています。一方、アジアにおいては、アジア・オセアニア中性子科学連合（AONSA）と連携し、スクールの開催や Young Research Fellow の受け入れ等を行っています。

ミュオン分野

ミュオン分野でも、加速器ベースのミュオン源施設との協力を行っています。例えば PSI との間では、ミュオン標的から一次ビームライン全般についての技術協力を行っています。また ISIS には物構研で開発した μ SR 分光器の導入が進められています。更にカナダの TRIUMF との間では若手研究者の交換プログラム等によりパルスミュオンと連続ミュオンの相補的利用を展開しています。その他にも、中国の Emus 計画や韓国 RAON のミュオン源等のミュオン源建設に向けて協力しています。

産業利用

放射光

PF では 1982 年の運用開始以来、民間企業による放射光実験を受け入れています。2018 年現在の PF の産業利用は、成果占有（非公開）の「施設利用」と成果公開となる「共同研究」の 2 つの有償利用の制度が中心となり、そこに無償・成果公開の「共同利用」が若干数実施されるかたちで運用されています。

民間企業の利用において需要の高い手法は、タンパク質結晶構造解析、X 線吸収分光、光電子分光、イメージング、X 線小角散乱などです。産業利用の支援体制としては産業利用促進グループがあり、ビームラインスタッフと共同でユーザー対応にあたっています。また、実験・解析・コンサルティングなどを行う有償の支援制度や新規ユーザー向けの試行利用制度などを整備し、さらに一部の手法では代行測定も開始して、民間企業の様々なご要望に対応しています。

低速陽電子

低速陽電子実験施設ではまだ産業利用の実績はありませんが、現在ある 4 ステーションのうち、特に結晶最表面および表面直下数層の原子配列を高精度で決定できる全反射陽電子回折 (TRHEPD) に関しては、その特徴や成果が知られるようになるにつれて問合せを受けるようになりました。受け入れ体制の整備を進めており、放射光の産業利用と同様の「施設利用」及び「共同研究」が可能になっています。

PF における利用制度（2018 年 12 月現在）

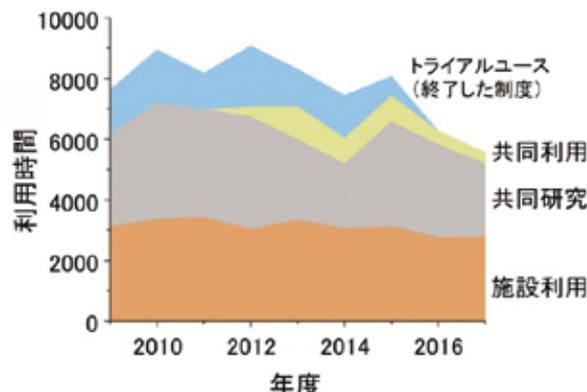
制度	利用料	成果の取扱	備考・利用料（時間あたり）
一般施設利用	有償 ^{*1}	成果占有 非公開可	通常ライン：27,300 円 高性能ライン：53,550 円
試行施設利用 ^{*2}	有償	成果占有 非公開可	通常ライン：12,600 円 高性能ライン：25,200 円
共同研究	有償	公開	
共同利用	無償	公開	応募に制限あり ^{*3}
優先施設利用	有償	公開	応募に制限あり ^{*4} 通常ライン：12,600 円 高性能ライン：25,200 円

* 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：科研費を申請できる機関で、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）。



PF の産業利用

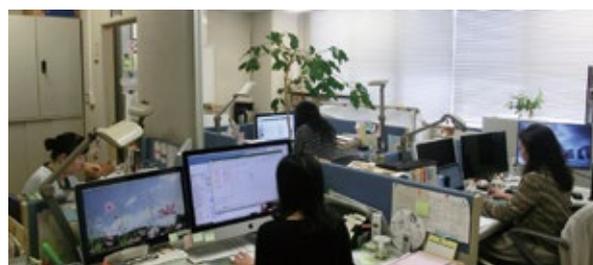
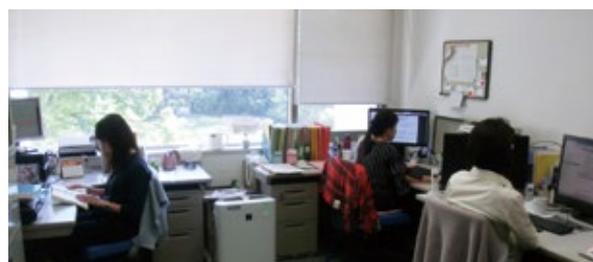
中性子・ミュオン

J-PARC MLF では産業界からの中性子実験課題を審査するための分科会を設置して、KEK / JAEA のビームライン、共用ビームライン、茨城県ビームラインを問わずに成果非占有型の産業利用課題を受け入れています。また全ての中性子ビームラインで、成果専有型の課題も受け入れています。それにより、MLF 全体では全課題数の約 30% を産業利用課題が占めています。また、約 50 社が参加する中性子産業利用推進協議会が企業向けに中性子利用の説明会や講習会等を開催し、啓蒙活動を積極的に行なっています。この中で多くの物構研スタッフが研究会や講習会の講師をつとめ、産業利用促進に協力しています。最近では J-PARC で人選を行い企業で雇用する「企業ポスドク」を研究員として受け入れ、中性子技術と企業センスを身につけた人材育成と企業との共同研究を進めています。一方ミュオンにおいても、成果非占有型・成果占有型の双方のタイプの産業界からの課題を受け入れるとともに、企業からの研究員を受け入れて共同研究を進めています。

支援部門

総務室・事務室（つくば、PF）・主幹秘書室

物構研つくば事務室・PF事務室・主幹秘書室は職員のサポート事務の他、PFのアクティビティに関する様々な統計の評価、PF年報や英文のACR (Activity Report)、PF Highlightsの作成支援、量子ビームサイエンスフェスタや講習会・セミナーなどの事務局支援などを行っています。また、PF事務室は年間20,000人（延べ人数）に近いPF共同利用実験ユーザーに対して、オンサイトの事務室としてユーザーズオフィスや放射線科学センターと協力してユーザー支援を行っています。さらに、このような事務の柔軟性を高めるとともに文書保管等の庶務を強化するために、物構研では2018年に物構研総務室を設置しました。



東海事務室

物構研東海事務室は東海キャンパスに勤務する職員の出張手続きをはじめとする様々なサポート事務と、MLFを利用して中性子あるいはミュオンの共同利用実験を行うユーザーの支援をユーザーズオフィスと協力して行うことが主な業務となっています。MLFには年間5,000人（延べ人数）を超えるユーザーが来所します。ビームタイムの調整の他、J-PARC及びその敷地内のMLFへの入域手続きや見学対応などを室員が手分けして支援しています。また、東海キャンパスで開催される研究会の事務局支援なども行っています。



プロフィール

職員数

総数 162名 (2018年11月8日現在)

内訳	職員数
物質構造科学研究所共通	13名
放射光科学研究系 (第一、第二)	95名
中性子科学研究系	29名
ミュオン科学研究系	25名

所長	教授	特別教授	特任教授	准教授	特別准教授	特任准教授	講師	研究機関 講師	助教	特別助教	特任助教
1	16	3	1	16	8	3	3	4	9	8	7
前任技師	専門技師	技師	准技師	技術員	博士研究員	研究員	特別技術 専門職	特別事務 専門職	研究支援員		
4	3	10	4	1	6	21	3	2	29		

沿革

- 1971 高エネルギー物理学研究所設立 (4月)
- 1978 ブースター利用施設 (中性子散乱実験施設、KENS) 設置、放射光実験施設 (PF) 設置
- 1980 ブースター利用施設の共同利用実験開始 (7月)
- 1982 PFで2.5 GeVの電子蓄積及び放射光発生に成功 (3月)
- 1983 PFによる共同利用実験開始 (6月)
- 1987 PF-ARの利用実験開始
- 1988 総合研究大学院大学 加速器科学、放射光科学専攻を設置 (10月)
- 1997 東京大学原子核研究所・東京大学理学部附属中間子科学研究センター・高エネルギー物理学研究所を改組・統合、高エネルギー加速器研究機構発足
- 1997 物質構造科学研究所発足、PF光源加速器の大改造・高輝度化
- 2001 J-PARC 建設開始
- 2003 構造生物学研究センター設置
- 2004 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構発足 (4月)
- 2005 東海キャンパス設置 (4月)、PF光源加速器の大改造・挿入光源増設
- 2006 J-PARCセンターを高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究開発機構が共同で設置 (2月)、ブースター利用施設の共同利用実験終了
- 2008 J-PARC中性子発生 (5月)、ミュオン発生 (9月)、MLF利用開始 (12月)
- 2009 構造物性研究センター設置、PFトップアップ運転開始 (1月)
- 2014 マルチプローブ共同利用実験課題の開始
- 2018 PF-ARトップアップ運転開始 (11月)

有馬 孝尚	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授
折茂 慎一	東北大学 材料科学高等研究所 教授
河村 純一	東北大学 多元物質科学研究所 教授
鬼柳 善明	名古屋大学大学院 工学研究科 特任教授
久保 謙哉	国際基督教大学 教養学部 教授
清水 敏之	東京大学大学院 薬学系研究科 教授
辛 埴	東京大学 物性研究所 教授
杉山 純	株式会社豊田中央研究所 分析部量子ビーム解析研究室 主監
杉山 正明	京都大学 複合原子力科学研究所 教授
長嶋 泰之	東京理科大学 理学部第二部物理学科 教授
水木 純一郎	関西学院大学 理工学部 部長
足立 伸一	物質構造科学研究所 副所長
瀬戸 秀紀	物質構造科学研究所 副所長
雨宮 健太	物質構造科学研究所 放射光科学第一研究系 研究主幹
千田 俊哉	物質構造科学研究所 放射光科学第二研究系 研究主幹
大友 季哉	物質構造科学研究所 中性子科学研究系 研究主幹
三宅 康博	物質構造科学研究所 ミュオン科学研究系 研究主幹
門野 良典	物質構造科学研究所 構造物性研究センター 長
金谷 利治	物質構造科学研究所 中性子科学研究系 特別教授
船守 展正	物質構造科学研究所 放射光科学第一研究系 教授
村上 洋一	物質構造科学研究所 放射光科学第二研究系 教授
小松原 健	素粒子原子核研究所 教授
小林 幸則	加速器研究施設 加速器第七研究系 研究主幹
波戸 芳仁	共通基盤研究施設 放射線科学センター 長

アクセス

つくばキャンパス周辺マップ



KEK つくばキャンパス

〒 305-0801

茨城県つくば市大穂 1-1

- * つくばエクスプレス「つくば駅」下車、つくバスまたは関東鉄道バス（所要時間約 20 分）あるいはタクシー（所要時間約 20 分）
最寄バス停：「高エネルギー加速器研究機構」
- * 常磐自動車道「桜土浦 IC」より約 30 分
- * 圏央道「つくば中央 IC」より約 20 分

東海キャンパス周辺マップ



KEK 東海キャンパス

〒 319-1106

茨城県那珂郡東海村大字白方 203-1

- * JR 常磐線「東海駅」下車、路線バス（所要時間約 15 分）あるいはタクシー（所要時間約 10 分）
最寄バス停：茨城交通バス「原子力機構前（東海）」
- * 都内または JR 勝田駅東口からは茨城交通高速バス 最寄バス停：「東海原研前」
- * 常磐自動車道「東海スマート IC」より 15 分、「那珂 IC」「日立南太田 IC」より約 20 分
- * 東水戸道路「ひたちなか IC」より約 20 分



IMSS
物質構造科学研究所

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/>



【リサイクル適正の表示】紙へリサイクル可

本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準にしたがい、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料【Aランク】のみを用いて作製しています。

2019年2月発行