

KEK

大学共同利用機関法人

高エネルギー加速器研究機構

Inter-University Research Institute Corporation

High Energy Accelerator Research Organization

2021 年度 要覧





山内 正則

高エネルギー加速器研究機構 機構長

機構長メッセージ

近年の科学技術の目覚ましい発展に粒子加速器が大きな貢献をしてきました。電子や陽子などを加速する粒子加速器は、1930年代以降、原子核や素粒子の研究だけでなく、物質や生命現象の理解にもなくてはならない研究手法を提供してきました。

日本でも、小林・益川理論の証明、ニュートリノ振動の解明など素粒子の理解を深める重要な成果が生まれ、放射光を用いた新奇超伝導体や創薬関連のタンパク質の構造解析、大強度の中性子ビームやミュオンビームを用いた物質中の水素が引き起こす新しい性質の研究など、物質・生命科学においても最先端の成果を挙げてきました。

加速器は今もいくつかの重要な点において飛躍的な進展を遂げつつあり、新しいサイエンスや応用研究のフロンティアを後押しする強力な駆動力としての役割を担っています。

科学研究では誰も知らなかった考え方や現象を最初に見つけることに最も価値があると信じられています。誰も知らなかったことを見つけてそれを広く共有することが次の発見の引き金となり、知識の限界をどんどん広げることができます。この価値観が科学の発展を促してきた最も基本的な駆動力です。このことがさまざまな物質の構造や、化学反応のしくみの解明をもたらし、さらに、新しい機能を持った材料などの開発につながりました。では、どうすれば「初めて見つける」ことができるのでしょうか。KEKの研究分野では加速器の存在が欠かせません。これまでになかった高いエネルギーの実現、これまでになかった大強度の実現など、世界一の性能を持つ加速器を実現することで、誰も知らなかった普遍的な真実を最初に見つけることが、KEKの科学への貢献です。

KEKの科学に対して皆様からお寄せいただいたご支援にあたためて感謝申し上げます。今後とも社会の一員としての責任を自覚しつつ、科学や応用技術の発展に力を尽くしてまいります。



CONTENTS

機構長メッセージ	002
高エネルギー加速器研究機構とは	004
B ファクトリー	006
放射光実験施設 フォトンファクトリー	008
J-PARC（東海キャンパス）	010
多彩な先端研究	013
実験を支える研究基盤	014
国際リニアコライダー（ILC）計画	016
教育機関としての KEK	017
国際協力	018
社会とのかかわり	020
データが語る KEK	022
沿革	025
組織図	026
KEK を支える委員会や会議	028
構内マップ	030
交通アクセス	031

高エネルギー 加速器研究機構とは

研究活動

全ての物質は、原子や、原子が結合してできた分子から構成されています。さらに細かく見ると、原子は原子核と電子から、原子核は陽子と中性子から、陽子と中性子は素粒子の一種であるクォークからできています。

このような素粒子や原子核の研究は、基礎科学の重要な分野であり、さらに素粒子の研究は誕生直後の宇宙の謎の解明にもつながります。分子レベルでの物質の構造や機能発現機構の解明は、基礎科学の重要な一分野であるとともに、半導体や電池など実用材料の開発、創薬などにも不可欠です。

これらの研究を可能にする手段が加速器です。加速器は電子や陽子などの微小な粒子を光速に近い速度まで加速し、高いエネルギー状態にする装置です。高エネルギー状態でしか観測できない素粒子の発見などにつながります。また、加速器を使って得られる放射光や、中性子、ミュオン（ミューオン、 μ 粒子）、陽電子のビームは、物質の性質を研究するための重要なツールとなっています。

KEK は、高性能の加速器や、空間的にも時間的にも最高の分解能を持つ検出器の開発で最先端を走ってきました。また、新薬や新材料、画期的な医療技術の開発において、産業界との連携も進めています。

特色

① 人類の知的資産の拡大に貢献します

自然界に働く法則や物質の基本構造を探求し、人類の知的資産の拡大に貢献します。素粒子・原子核や生命体を含む物質の構造・機能に関して高エネルギー加速器を用いた実験的研究や、理論的研究を推進します。

② 大学共同利用機関法人です

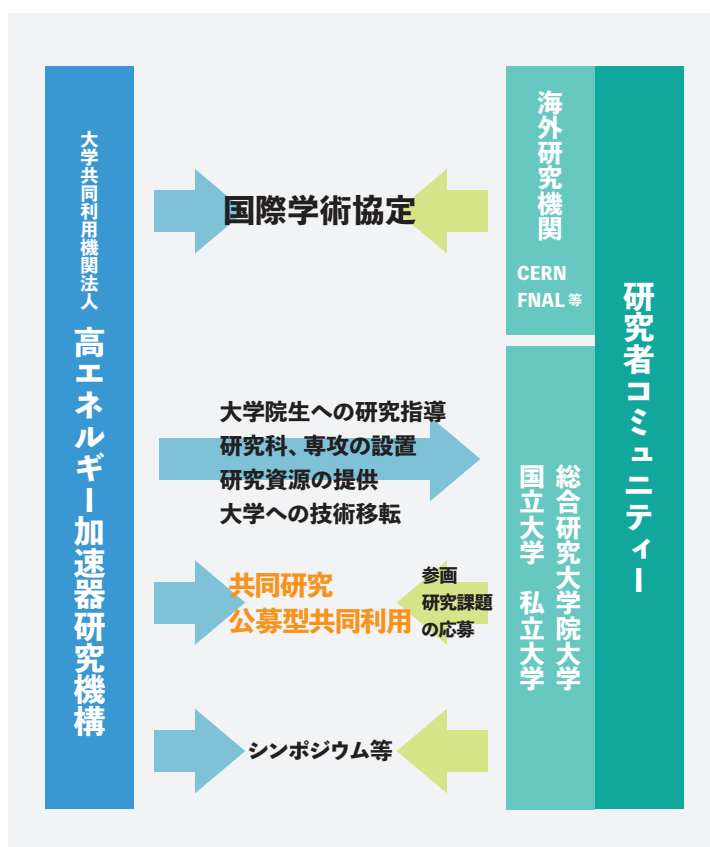
国内外の研究者と共同研究を行うとともに、共同利用の場を提供し、大学の高度な教育・研究を支え、加速器科学の最先端の研究や、関連分野の研究を発展させます。

③ 世界に開かれた国際的な研究機関です

国際共同研究を積極的に推進します。海外の研究機関との連携協力を重視し、世界の三大拠点として、アジア・オセアニア地域の加速器科学のハブの役割を果たしています。

④ 教育協力・人材育成を進めます

総合研究大学院大学の基盤組織として、加速器科学の推進およびその先端的研究分野の開拓を担う人材を養成します。また、大学院などへの教育協力を行い、加速器科学分野の人材育成を行います。



組織と役割

素粒子原子核研究所

物質を構成する最小単位である素粒子や原子核のふるまいを
探るため、素粒子物理学・原子核物理学の研究を実験、理論の
両面から幅広く行っています。素粒子をはじめとした極微の世
界の謎を解明するとともに、現在の宇宙がどのように生まれた
のかという根源的な謎に、高エネルギー加速器を使って挑んで
います。

物質構造科学研究所

加速器から発生する放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子
を利用して、原子レベルから高分子、生体分子レベルにいたる
幅広いスケールの物質の構造と機能を解明し、物質科学・生命
科学の基礎から応用に至る研究をしています。複数の量子ビー
ム施設が連携することで、同じ物質を多角的に捉えることが可
能なマルチプローブ研究を推進し、ビーム生成や利用技術など
の開発研究を通して物質科学の発展に貢献しています。



共通基盤研究施設

加速器を使った研究に必要な様々な
技術に関して、研究開発を進めていま
す。

放射線防護や環境保全、精密測定、コ
ンピュータやソフトウェアの開発、ビッグ
データの解析、ネットワークの管理、
超伝導電磁石や精密機器の開発研究、液
体ヘリウムの供給などを行なっています。

加速器研究施設

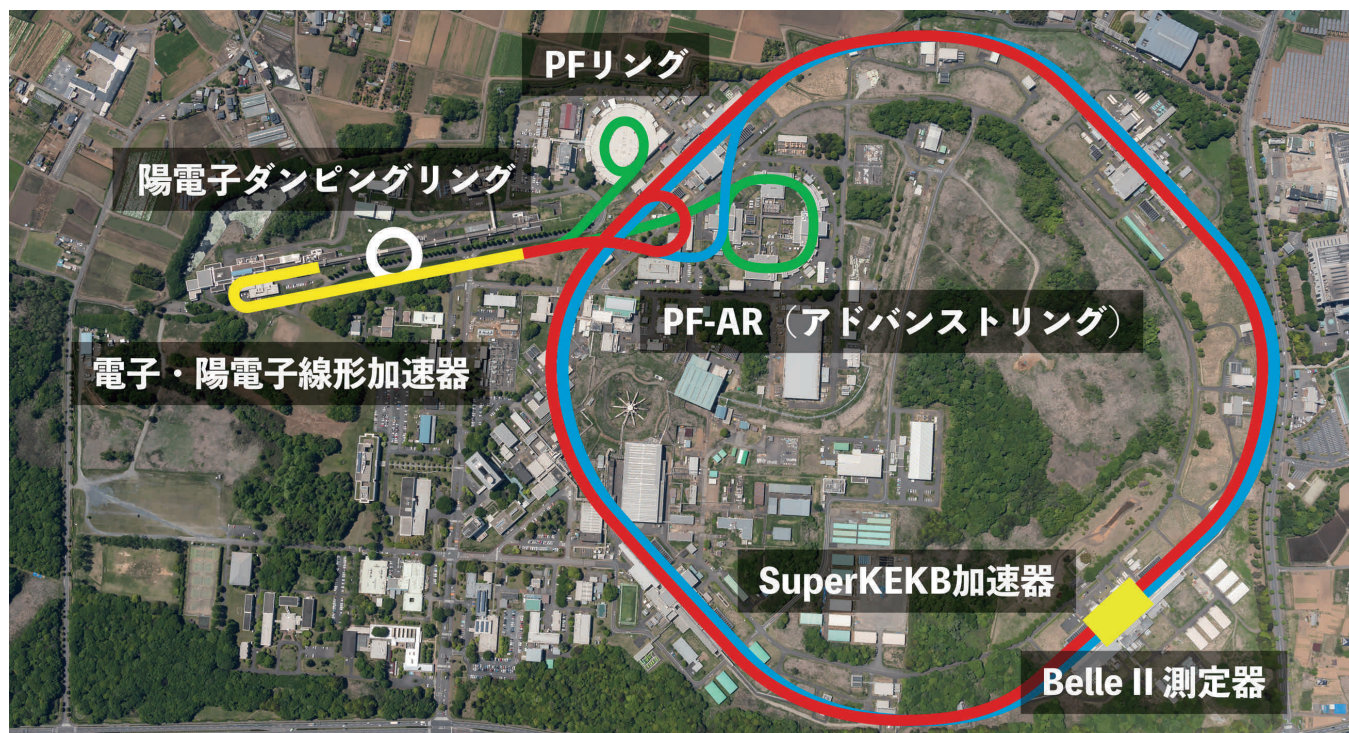
加速器研究施設は、KEK の加速器の設
計・建設・運転維持・性能向上を通じて、
素粒子・原子核・物質・生命等に関する
共同利用実験の場を国内外の研究者に提
供しています。また、次世代の研究を担
う最先端の加速器の開発研究を国際的に
行うとともに、加速器の産業・医療等へ
の応用、また超伝導技術など高度な加速
器技術の一般産業への提供等、幅広い活
動を推進しています。

大強度陽子加速器施設 J-PARC

J-PARC (Japan Proton Accelerator
Research Complex) は、KEK と 国 立
研究開発法人日本原子力研究開発機構
(JAEA) が共同で運営する研究施設です。
世界に開かれた多目的利用施設として、
世界最高クラスの陽子ビームで生成する
中性子、ミュオン、K 中間子、ニュート
リノなどの多彩な 2 次粒子ビームを利用
して素粒子物理、原子核物理、物質科学、
生命科学など幅広い分野の研究を行って
います。

Bファクトリー

KEKのBファクトリーは電子とその反粒子である陽電子のビームを独立のリングに蓄積し、1カ所の交差点で衝突させて素粒子反応を観察する実験装置です。素粒子反応を莫大な回数起こすために、ビームの強度を強く、衝突箇所でのビーム断面を極端に細くすることが強く求められます。その性能を表すミノシティ（衝突頻度）についてBファクトリーは現在、電子・陽電子衝突型加速器の世界最高記録をもっています。



Belle II 実験

小林誠・益川敏英両博士の2008年ノーベル物理学賞受賞に貢献したBelle実験をアップグレードし、新しい物理法則を発見することを目指すのがBelle II実験です。

SuperKEKB加速器で生成されるB中間子はボトムクォークという重いクォークを含む粒子で、より軽い様々な粒子へ崩壊します。この崩壊パターンをBelle II測定器で詳細に調べることで、既知の物理理論では説明できない事象を見つけようとしています。

この実験には26の国と地域から1,000名以上の研究者が参加しており、前実験の50倍のB中間子崩壊等のデータを解析して、宇宙の初期には存在したはずの反物質が消えた理由など、宇宙の始まりの謎と素粒子物理学の標準模型を超える物理に迫ります。

Belle II 測定器

SuperKEKB加速器の電子・陽電子ビームの衝突点を取り囲むように設置されているBelle II測定器は、縦・横・高さがそれぞれ約8m、重さが約1,400tにもなる粒子検出器で、衝突点で発生した粒子のエネルギーや運動量、粒子の種類といった様々な情報を収集します。2010年に終了したBelle実験の測定器に大幅な改良を加え作られたこの測定器は、半導体の微細加工技術を駆使した崩壊点検出器や、数万本の金属ワイヤーを手作業で張って製作したドリフトチェンバー等、異なる特性を持つセンサーを組み合わせられています。

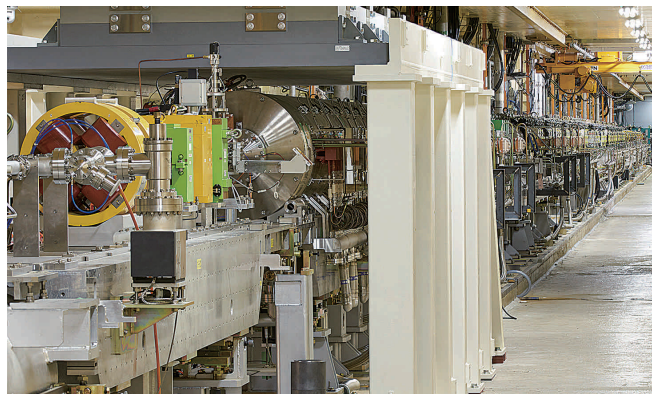


SuperKEKB 加速器



KEKB 加速器は電子と陽電子を正面衝突させる周長 3 km の円形加速器で、Belle 測定器とともに 2001 年に B 中間子と反 B 中間子の対称性の破れを発見し、2008 年の小林・益川両氏のノーベル物理学賞受賞に貢献しました。SuperKEKB はこの KEBK を大改造して B 中間子などの生成能力（ルミノシティ）を KEBK 実績値の数十倍に高めたものです。2016 年の試運転の後、陽電子ダンピングリングの建設、主リングへの Belle II 測定器とビーム最終集束用超伝導電磁石の設置、2018 年 3 月～7 月の衝突調整などを経て、2019 年 3 月に本格的な物理実験を開始しました。

電子・陽電子線形加速器



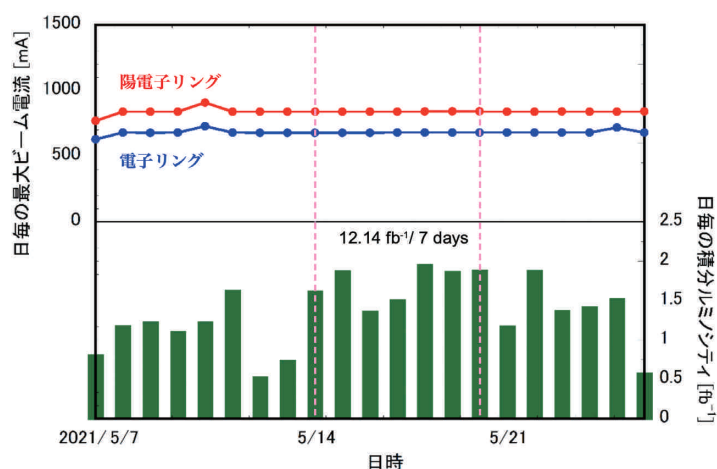
電子・陽電子線形加速器は、SuperKEKB と放射光加速器（PF、PF-AR）に高エネルギーの電子・陽電子ビームを供給するための全長約 600m の加速器。電子ビームには、強力なパルスレーザーをレアアース合金に照射した時に放出される電子を使います。陽電子ビームには、電子ビームをタングステンに衝突させた時に発生する陽電子を使います。加速管のパラメータや電磁石の強さを約 20 ミリ秒毎に調整することで、各リングにそれぞれに必要なエネルギーの電子、あるいは陽電子をほぼ同時に振り分けて供給します。

PICK
UP

SuperKEKB 加速器が世界最高強度を更新

SuperKEKB 加速器は、2019 年 3 月より物理データの取得・解析を行う本格運転を開始しました。その後、電子と陽電子の衝突性能（ルミノシティ）を順調に向上し、2021 年 5 月には $2.9 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ を達成、世界記録を更新しています。また、連続した 7 日間で 12 /fb のデータを蓄積するという世界記録も達成し、安定性も増しています。（図中のピンクで囲まれた範囲の期間）

SuperKEKB 加速器と共にパワーアップした Belle II 実験では、現在の宇宙から反物質が消えた謎の解明や暗黒物質の発見など、素粒子物理学の標準理論では説明できない新物理の発見を目指しており、今後の物理成果が期待されます。



SuperKEKB 加速器のビーム電流とルミノシティの変遷

放射光実験施設 フォト

フォトンファクトリー（PF）は、加速器から発生する波長の短い光「放射光」を用いて、物質や生命を原子のスケールで観察する大型実験施設です。さまざまな機能性材料や生命を構成するタンパク質などの高分子、地球外物質や地球深部の物質など、あらゆる物質をナノスケールで解析することによって、自然の仕組みを理解したり、私たちの生活を豊かにすることにつながる研究が行われています。

放射光加速器

光速に近い電子が電磁石などによってその軌道を曲げられると、エネルギーの一部がはぎとられ、強くて明るい「放射光」となって放出されます。この放射光を物質科学・生命科学などに利用するための加速器が円形の放射光加速器です。

KEK には、25 億電子ボルトのエネルギーの電子を利用する周長 187 m の蓄積リングであるフォトンファクトリー（PF）、65 億電子ボルトで周長 377 m の PF アドバンスリング（PF-AR）の 2 つの放射光加速器があります。合わせて、50 近くの実験ステーションに放射光を供給しています。



放射光

放射光は、赤外線から X 線にわたる広い波長領域の光を含む、加速器から発生する光です。波長の短い光である、真空紫外線、軟 X 線、X 線は、物質のナノスケールの姿、すなわち、原子の並びや、電子の運動などを捉えることができます。

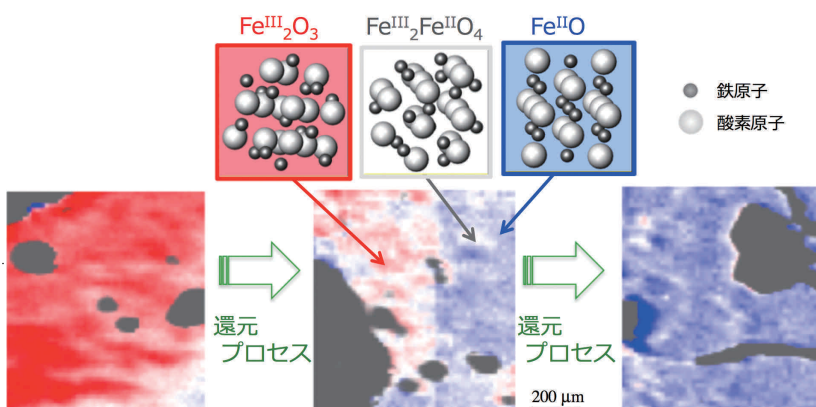
放射光は指向性が高い明るい光（＝高輝度光）で、微小な試料の分析や精度の良い構造解析が可能です。また、偏光性、パルス性などの性質を持ち、分子の方向性や結合状態を調べたり、物質の変化する様子を捉える研究にも威力を発揮します。



物質科学

磁性や伝導性、化学反応の起こりやすさなどは、どんな原子がどう並び、電子がどう運動しているのかで決まります。表面の分析、元素選択的な分析、サイト選択的な分析、時間分解分析などで、物性の起源を解明し、新技術や機能性材料の開発につなげます。

鉄の原料である焼結鉱（酸化鉄）を還元して鉄を取り出す製鉄のプロセスを放射光顕微 XAFS 法で三次元観察し、複数の化学状態が複雑に不均一に交じり合いながら反応が進行していることを明らかにしました。（赤：還元反応が進んでいない領域、青：還元反応が進んでいる領域）

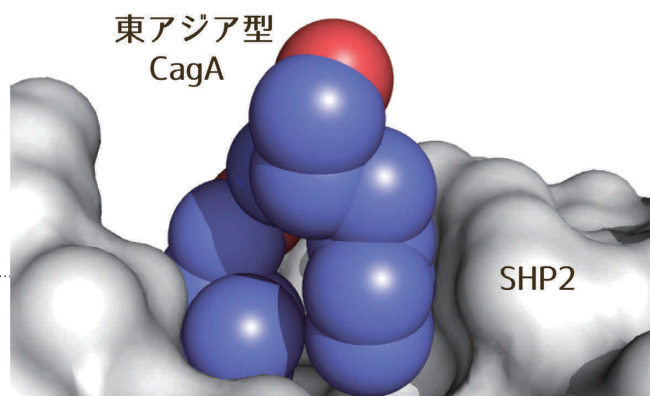


ンファクトリー

生命科学

タンパク質は20種類のアミノ酸が無限に近い組み合わせで鎖のようにつながり、折りたたまれて立体構造をとることによって、様々な機能を持ちます。放射光でタンパク質の立体構造を解明することで、病気発現の理解や、副作用の少ない新薬の開発へとつながります。

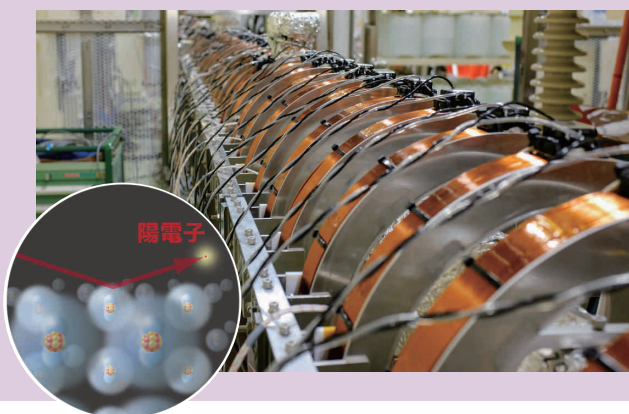
ピロリ菌が作る病原因子 CagA（東アジア型）とヒトのがんタンパク質 SHP2 の複合体イメージ図。東アジア型 CagA は、ヒトのがんタンパク質にぴったりはまり込んでしまうため異常活性化を起こしやすく、細胞のがん化につながるといふ仕組みを明らかにしました。



低速陽電子実験施設

加速器を用いた陽電子生成・制御技術により、電子の反粒子である陽電子を発生させ、エネルギー可変の低速陽電子ビームとして物質科学の研究に利用するための実験施設です。

陽電子回折法による物質最表面の原子配列の研究と、ポジトロニウムの原子物理およびそれを利用した表面電子状態の研究を行っています。陽電子回折法は表面感度が高く、最表面やその下数層までに絞って原子配列を高精度に捉えます。ポジトロニウムは、陽電子と電子が結合した非常に軽い原子で、そのレーザー冷却実験と、ポジトロニウム飛行時間法を使った表面研究を行っています。



PICK
UP

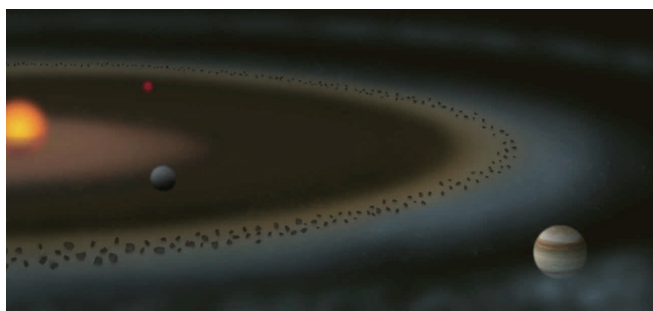
物質構造科学研究所の量子ビームが 小惑星試料の分析に貢献

2020年12月にJAXAの小惑星探査機「はやぶさ2」が持ち帰った小惑星リュウグウの試料は、2021年6月から1年間、6つの初期分析チームによる分析が行われます。初期分析チームのうち「石の物質分析チーム」「固体有機物分析チーム」がKEK物質構造科学研究所（物構研）の実験施設で分析を行います。

「石の物質分析チーム」は東北大学の中村智樹教授がリーダーを務め、リュウグウの形成過程解明に向けた分析を行います。その初期段階で物構研の量子ビーム2種3手法が用いられます。ひとつは、10年前に小惑星探査機「はやぶさ」が持ち帰った小惑星イトカワ試料の分析でも使われたフォトンファクトリーの精密X線回折、もう一つは、フォトンファクトリーの軟X線によるX線顕微鏡STXM、さらに、今回初めてサンプルリターン試料の分析に使用されるJ-PARC物質・生命科学実験施設MLFの負ミューオンによる元素分析（11ページ参照）です。

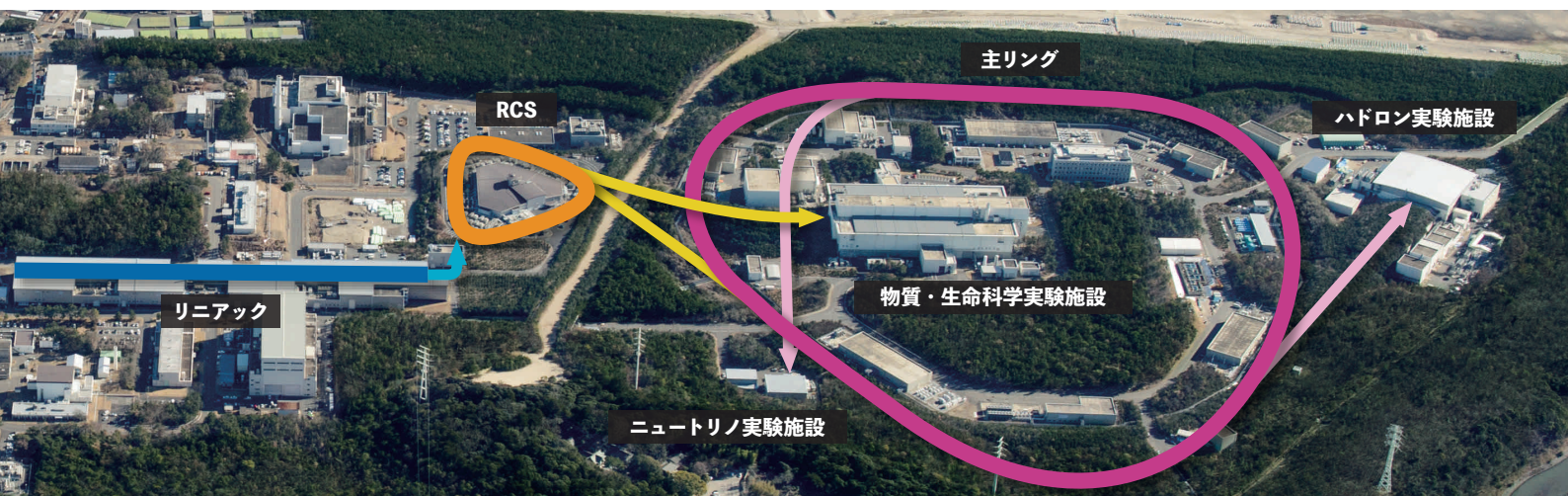
「固体有機物分析チーム」は広島大学の藪田ひかる教授をリーダーに、リュウグウ試料の有機物を分析することによって、宇宙で生命材料物質がどのように作られたかの解明を目指します。このチームもフォトンファクトリーのSTXMを活用し、試料に含まれる有機物の化学組成を調べます。

リュウグウのような小惑星は、過去に地球に降り注いで地球上に水や有機物をもたらしたのではないかと考えられています。初期分析チームそれぞれの分析結果を総合することで、地球に命が誕生したという大きな謎の解明に近づきます。



J-PARC (東海キャンパス)

東海キャンパスでは、日本原子力研究開発機構と共同で大強度陽子加速器施設 J-PARC を運営し、世界最大級の強度を持つ陽子ビームを加速する研究と、加速されたビームから生成される様々な粒子を用いて物質・生命の起源や宇宙の始まりに迫る研究を行っています。



加速器施設

3 段階の加速器で、最終的には光の速さの 99.95% まで、陽子を加速します。加速した陽子を実験施設に送り、標的に当てることで様々な粒子をつくり、実験に用います。

リニアック (LINAC)

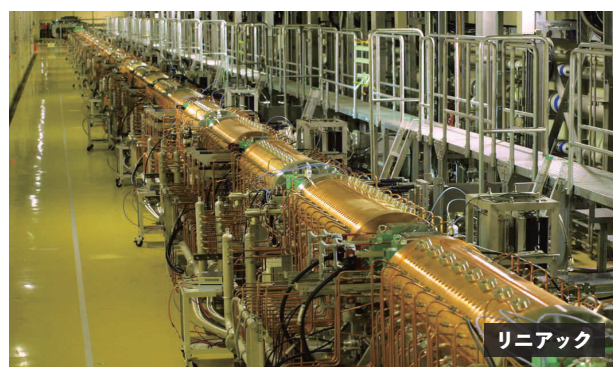
陽子の加速はリニアックから始まります。水素ガスを加熱してできた負水素イオンが、全長 300m の線形加速器の中で 4 億電子ボルトまで到達します。その後、炭素の薄膜を通過し、電子をはぎとられ、陽子となって RCS に送り込まれます。

RCS (Rapid-Cycling Synchrotron)

RCS は、一周約 350 メートルの円形加速器シンクロトロンで、陽子ビームを 30 億電子ボルト (3GeV) に到達させます。取り出された陽子ビームの多くは物質・生命科学実験施設 (MLF) に導かれ、中性子ビームとミュオンビームの生成に用いられます。一部は主リングに送られ、さらに高いエネルギーまで加速されます。

主リング (Main Ring)

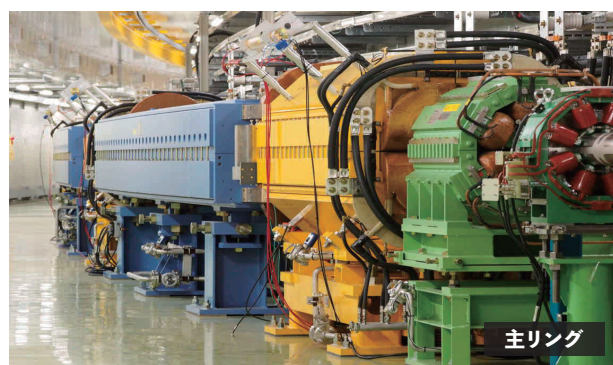
周長約 1,600 メートルのシンクロトロンである主リングは、30 億電子ボルトの陽子ビームを 300 億電子ボルトまで加速します。この陽子ビームは、ハドロン実験施設では K 中間子生成や Λ 中間子ビーム等の生成に用いられます。また、ニュートリノ実験施設ではニュートリノビームの生成に用いられます。



リニアック



RCS



主リング

実験施設

ニュートリノ実験施設

ニュートリノ実験施設では、J-PARC で作ったニュートリノを 295km 離れたスーパーカミオカンデで観測し、2015 年にノーベル物理学賞を受賞した梶田隆章教授らによって発見された「ニュートリノ振動」の性質を詳しく調べる T2K 実験を行っています。T2K 実験は 2013 年、ミューニュートリノが電子ニュートリノに変化した決定的な証拠を得ることに世界で初めて成功、2014 年からはニュートリノと反ニュートリノで振動の起こる確率の差を調べており、これまでに 95% の信頼度で CP 対称性が破れていることが示唆されています。

現在、より高い精度での測定に向けて、加速器・ニュートリノ生成施設・前置検出器の増強に着手しており、将来的には、次世代検出器「ハイパーカミオカンデ」を用いて、素粒子の性質や宇宙から消えた反物質の謎に挑みます。



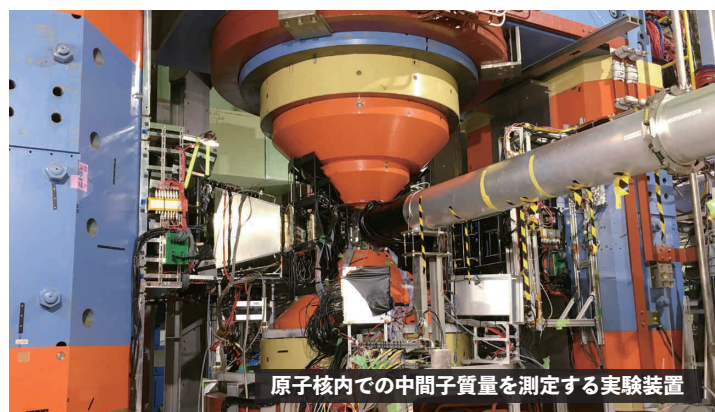
T2K 実験の前置ニュートリノ検出器

ハドロン実験施設

ハドロン実験施設では、大強度陽子ビームにより生成される二次粒子(ハドロン、ミューオン)のビームや一次陽子ビームを用いて、物質優勢の宇宙ができたメカニズムやクォークから中性子星にわたる多様な物質が生み出されたメカニズム、さらにその進展を解き明かす素粒子・原子核実験を行っています。

素粒子物理では、K中間子の稀崩壊現象探索による CP 対称性の破れ (KOTO 実験)やミューオン - 電子転換事象探索 (COMET 実験) など「標準模型」を超えた物理を探索します。原子核物理では、ハイペロンや K 中間子が束縛されたハイパー核・K 中間子原子核の分光やハイペロン散乱実験を通じてハドロン間に働く「強い相互作用」を研究し、また、原子核内でのハドロンの性質の変化を調べることで、ハドロンの構造や質量に関する研究をします。

2020 年度には、一次陽子を直接用いる実験を開始しました。



原子核内での中間子質量を測定する実験装置

物質・生命科学実験施設

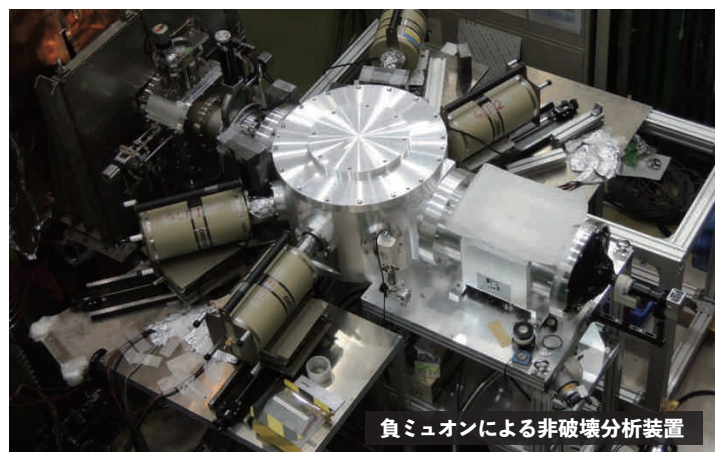
物質・生命科学実験施設 MLF は世界最強クラスの大強度パルス中性子・ミューオン実験施設です。最先端の実験装置を用いて、高感度・高速・高分解能測定やより複雑な環境下での実験が行われています。磁石、半導体、樹脂、タンパク質などの機能が発現するメカニズムを調べる基礎研究から、それらを応用した材料研究、実際の製品につながる産業応用研究、さらには中性子やミューオン自体の性質を調べる素粒子研究まで、幅広い分野における最先端の研究が行われています。

中性子: 中性子線は原子スケールの波長を持つ粒子線の一種です。サンプルに照射すると、原子の種類や配列、動きに応じて散乱の仕方が変化するため、それを解析することにより原子・分子の並び方や運動状態、磁気構造を明らかにできます。特に、軽元素に着目した観察、高い透過力を生かした物質内部の観察が可能といった特徴があります。

ミューオン: ミューオンは素粒子の一種で、正電荷を持つ正ミューオンと負電荷を持つ負ミューオンがあります。正ミューオンを試料に打ち込んだ後、ミューオンが感じたかすかな磁場を検出することで、原子スケールの運動を評価することができます。また、正ミューオンは水素に似た粒子になるため、捉えにくい物質中での水素の振る舞いを調べることも可能です。一方、負ミューオンによる特性 X 線の解析によって物質内部の元素を非破壊で特定することができ歴史的史料や地球外物質の分析に活用されています。さらに、ミューオンの性質を精密に調べることで新物理を探索する基礎物理実験も進行しています。



高強度全散乱装置 NOVA



負ミューオンによる非破壊分析装置

PICK
UP

ニュートリノの「CP位相角」の論文が Nature誌の“10 remarkable discoveries from 2020”に。

T2K実験国際共同研究グループは、ニュートリノが空間を伝わるうちに別の種類のニュートリノに変化するニュートリノ振動という現象において、「粒子と反粒子の振る舞いの違い」の大きさを決める量に世界で初めて制限を与える結果を2020年に発表しました。CP位相角と呼ばれるこの量はそれまで全く値がわかっていませんでしたが、CPが保存しない可能性を強く示したこの成果は、ニュートリノのCP対称性の破れを発見するという目標に向けた大きな進展であり、宇宙に物質がなぜ存在するのかという根源的な謎の解明に迫るものです。その重要性により、この結果はNature誌の“10 remarkable discoveries from 2020”に選ばれ、その巻頭を飾りました。この謎のさらなる解明に向けて、ビームや前置検出器の増強とハイパーカミオカンデの建設が急ピッチで進められています。

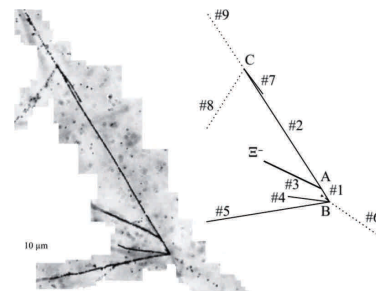


「ネイチャー」誌の表紙に採用されたスーパーカミオカンデの写真

PICK
UP

グザイ超原子核の質量を初めて決定

J-PARC E07 実験グループは、グザイマイナス粒子が窒素14原子核に束縛されたグザイ超原子核の新しい事象を発見し、「伊吹イベント」と命名しました。窒素14とグザイマイナス粒子でできた超原子核として、これまで、「木曾イベント」が見つかっていましたが、崩壊後のベリリウム10ラムダ核が基底状態か励起状態かを確定できず、その質量を一意に決定できませんでした。今回の「伊吹イベント」では、そのような不定性なくその質量すなわち、グザイ粒子の束縛エネルギーを一意に決定できました。今回の質量の決定によってグザイ粒子に働く核力の大きさが明らかになります。



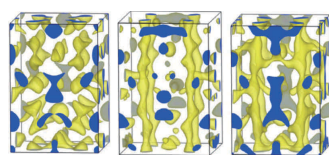
右図：伊吹イベントの写真乾板中の粒子の飛跡の写真。グザイマイナス粒子が窒素14原子核に吸収され、グザイ超原子核の形成した後に、ベリリウム10ラムダ核とベリリウム5ラムダ核へ崩壊しました。

PICK
UP

次世代のリチウムイオン電池 - 全固体電池

リチウムイオン電池は私たちの生活様式を一変させました。「軽くて大容量」という特性からあらゆる場所で使われ、今や生活に欠かせない存在です。そして今、次世代のリチウムイオン電池「全固体電池」が注目されています。通常、リチウムイオンは電解液という可燃性の有機溶媒に溶けて存在しており、正極と負極間を移動することで充放電を行います。一方、全

中性子で見たリチウムの通り道



低温 → 高温

温度が上がると通り道が増え、伝導率が上がる。
また、この中でリチウムイオンが動く様子も中性子・ミュオンで観測できる。

固体電池中のリチウムイオンはセラミック中を移動します。セラミックは電解液に比べ化学的な安定性が高いため安全性の観点で優れており、大電流による充電時間の劇的な短縮が期待されています。

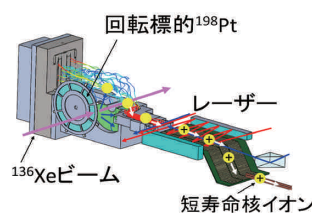
全固体電池開発の鍵はリチウムイオンが通るセラミックです。性能向上にはリチウムの通り道と動きを評価し、最適化する必要があります。MLFの中性子ビームはリチウムイオンに対して敏感なため、その通り道を調べるのに適しています。また、中性子ビームおよびミュオンビームを使って、リチウムが電極材料中を動く経路や速さを観測することも可能です。

多彩な先端研究

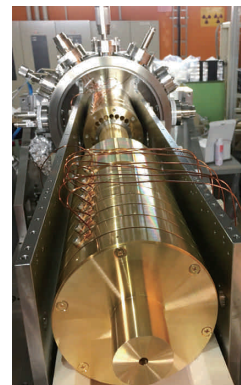
世界最先端の加速器科学を推進する KEK では、精密加工、電磁石、極低温、材料、計測、メカトロニクス、IT、AI などに関する最先端の技術を必要としています。これらの先端技術は KEK の研究活動だけでなく、世界の他の研究施設などでも大いに役立っています。また、埼玉県和光市には、短寿命原子核の研究をする和光原子核科学センターがあります。

和光原子核科学センター

理化学研究所和光地区に附設された和光原子核科学センターでは、元素選択型同位体分離器 (KISS) を国内外の共同利用に供し、自然に存在しない短寿命原子核の研究を進めています。宇宙における爆発的元素合成過程において短寿命原子核が重要な役割を担います。KISS は、とりわけ金・白金の起源となる原子核の生成に適した装置であり、新開発の多重反射型飛行時間測定式質量分光器 (MRTOF) による網羅的質量測定と併せて元素の起源の解明を目指します。MRTOF は超重元素ニホニウムの質量測定計画にも用いられ、新元素の同定の基礎となるばかりでなく、現在の超重元素より重くも長寿命な元素が分布する「安定の島」発見への道筋を明らかにすることが期待されています。



KISS 装置の心臓部 MRTOF 質量分光器内部構造



理論センター



基礎物理学の究極理論を探し求め、数学的な手法や計算機を使ったシミュレーションを組み合わせた理論的研究を行っています。研究内容は、超弦理論から、素粒子標準模型を超える理論の構築、ハドロン原子核の構造やダイナミクスの研究、初期宇宙や高エネルギー天体物理学、そして量子基礎論まで幅広い分野にわたっています。

センターには、ポスドク研究員や学生も含めて約 80 名がおり、世界各国の素粒子、原子核、そして宇宙研究のコミュニティーと緊密に連携を取りながら研究を進めています。

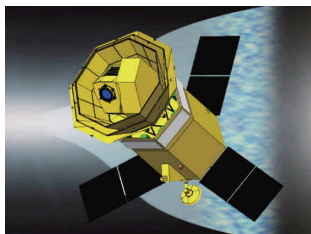
応用超伝導加速器センター

加速器の産業・医療応用を推進するため 2019 年 4 月、応用超伝導加速器センターが設立されました。日本唯一の超伝導加速器の研究開発拠点で、大学や国内外研究機関、企業などで構成される「応用超伝導加速器コンソーシアム」を構築し、ニーズの調査・分析、研究開発戦略の策定・展開を図るとともに若手研究人材の育成にも貢献しています。



先端技術による宇宙観測

加速器・測定器の開発で培った極低温技術や超精密測定技術を使って、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) の観測プロジェクト (地上観測計画 POLARBEAR-2、Simons Array、衛星観測計画 LiteBIRD) を進めています。

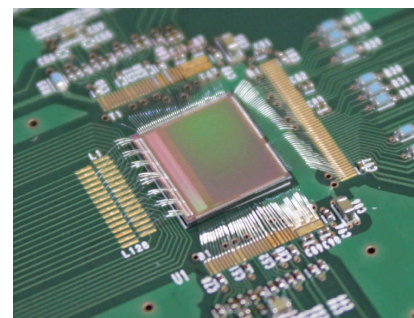


LiteBIRD 衛星 (概念図)
CMB の精密測定を行う
POLARBEAR

先端計測技術

KEK が開発を進める多様な検出器は、素粒子・原子核の研究、X 線や中性子を使った物質研究、宇宙観測はもとより、産業の現場や様々なセキュリティチェックのための各種非破壊検査、さらには PET をはじめとする核医学診療の最前線まで、幅広い分野で活用されています。

先端的电子ロニクスや、ネットワーク技術を取り入れた超高速データ収集処理 (DAQ) システムの開発などにも積極的に取り組んでいます。



J-PARC でおこなわれる g-2 測定実験で用いるために開発された集積回路

実験を支える研究基盤

共通基盤研究施設では、多彩な研究計画の円滑な遂行のための高度な技術支援を行っています。これらの開発研究および支援業務を行うために4つのセンターがあります。

放射線科学・環境科学

高エネルギー・大強度加速器で発生する放射線・放射能の管理・環境安全に関わる研究を行っています。放射線と物質の相互作用データの取得、放射線・放射能の測定法の開発とデータの蓄積をすすめています。これらのデータや手法を放射線の動きをシミュレーションするシステムの開発や、施設の設計・管理・廃止の各段階において適用し、放射線管理の高度化を推進しています。また、研究活動・加速器運転・部品製造に必要となる化学分析、環境保全のための測定法の開発も行っています。



検出器の校正・開発に用いられる黒鉛バイル



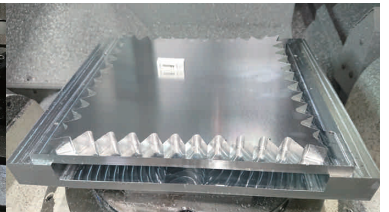
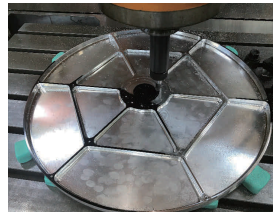
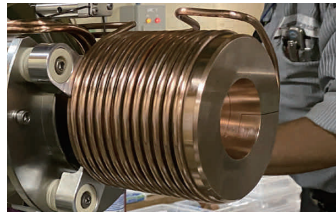
加速器放射化の測定

機械工学分野

設計、加工、計測、メカトロニクス、材料等の機械工学分野における研究開発を行うと共に、機械工学の立場から、機構の様々な研究の支援を行っています。旋盤、フライス盤、ボール盤といった基本的な工作機械による実験装置の部品の製作だけでなく、マシニングセンタを用いた複雑な形状の5軸同時加工、3Dプリンタやレーザー加工機を用いた試作の迅速化、放射光施設等で用いられる試料交換ロボットの性能向上、加速器や検出器のアライメントのための精密計測技術の研究に取り組んでいます。応用超伝導加速器センター CASA と共同で空洞製造技術開発施設 CFF の運用を行い、機械工学センターの工作機械と合わせて、ILC 実現に向けた超伝導加速空洞の製造技術の研究開発を行っています。



低コスト材料を用いて製造した超伝導加速空洞 SuperKEKB 用フラックスコンセントレーター

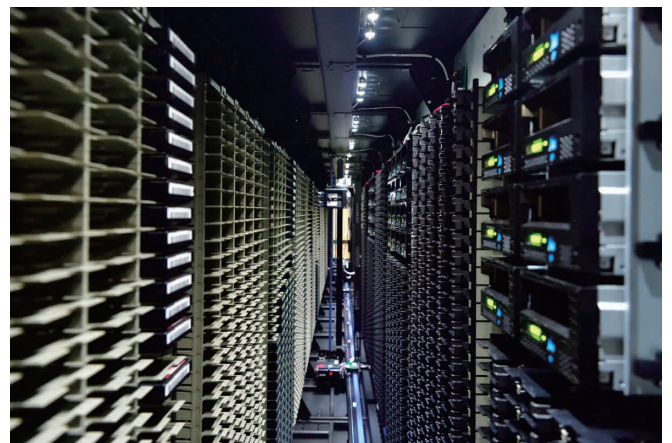


宇宙マイクロ波背景放射観測用ミラーシステム

ビッグデータ・高速ネットワーク・シミュレーション

「中央計算機システム」は、加速器科学におけるビッグデータ解析を行うために、100 ペタバイト（1 ペタバイトは 10 の 15 乗バイト）のストレージ容量、1 万 5 千コアを超える演算装置、それらを高速で結合するネットワークで構成されています。Belle II や T2K 実験など、機構のあらゆるプロジェクトがデータ解析やシミュレーションのために利用しています。このシステムは、80 ギガビット毎秒でインターネットと接続され、世界中の研究機関と計算資源とデータの共有が実現されています。

素粒子同士の反応や、放射線と物質の相互作用をシミュレーションするためのソフトウェアの開発も行われており、開発されたソフトウェアは世界中の研究機関や企業でも利用されています。



100 ペタバイト収容可能なテープライブラリの内部

世界中で使われる放射線シミュレータ開発

KEK は世界最高レベルの放射線シミュレーション計算コードを開発しています。もともと素粒子実験や原子核工学のために開発された計算コードですが、現在では、医療現場や宇宙開発、物性研究などの分野で世界中で活用されています。Geant4 は CERN と KEK が中心となって設計・開発した超汎用放射線計算コードで、高エネルギー物理実験の多種多様な測定器をデザインしてきました。国内外の粒子線治療の線量評価モデル構築にも活用されています。EGS は電子・光子の放射線計算コードの世界標準で、エックス線やガンマ線による放射線治療や画像診断の理論的な計算と評価に使われています。扱いの難しい電子の多重散乱計算をより高度化させて計算精度を高めた EGS5 は、ミシガン大や SLAC との共同開発です。PHITS は JAEA と KEK が中心となって開発した純国産汎用放射線計算コードで、使いやすいと好評です。

加速器科学における超伝導応用、極低温技術

超伝導、極低温等の先端技術開発および建設・運転に取り組んでいます。代表的なものとして、J-PARC ニュートリノ超伝導磁石システムの建設および運転が挙げられます。現在は、CERN の LHC 高輝度化アップグレードや J-PARC のミュオン電子転換実験 COMET に必要な超伝導磁石の建設を進めています。また J-PARC で計画されているミュオン $g-2$ /EDM 実験や MLF 第 2 ターゲットのための超伝導磁石の開発や将来の超大型ハドロンコライダーに必須となる加速器用高磁場超伝導磁石の研究を行っています。



ニュートリノビームライン用超伝導磁石システム

PICK
UP

世界最大の加速器 LHC を支える KEK の超伝導磁石技術

LHC はヨーロッパで稼働中の周長 27km の巨大な加速器で、世界最高エネルギーでの陽子—陽子衝突実験によってヒッグス粒子の物理や新粒子の探索を行っています。加速器建設に当たっては、KEK が衝突点でのビーム収束用超伝導四極磁石の開発及び建設を担当しました。

LHC はこれまでにヒッグス粒子の発見など大きな成果を上げていますが、さらなる成果を目指して高輝度化アップグレード (HL-LHC) 計画が現在推進されています。KEK も HL-LHC 計画に参加しており、衝突点から出てくる陽子ビームを 2 つのビーム軌道に分離させるための大口径超伝導二極磁石の開発および建設を担当しています。現在は、KEK 内で行ってきた 2m モデル磁石による開発が完了し、その技術を基にメーカーでの 7m 実機の建設が進められています。写真は、メーカーで最初に製造された 7m 実証機で、KEK の縦型クライオスタットによる試験のための準備作業を行なっているところです。この実証機は、KEK での試験終了後にヨーロッパに送られ、KEK のスタッフも参加して本番と同じ横型クライオスタットで最終的な性能確認が行われます。このように KEK は、LHC などの国際プロジェクトに対して重要な貢献を続けています。

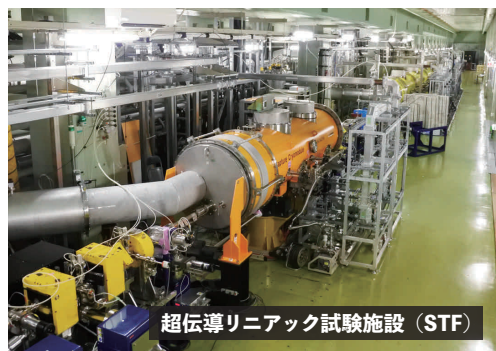
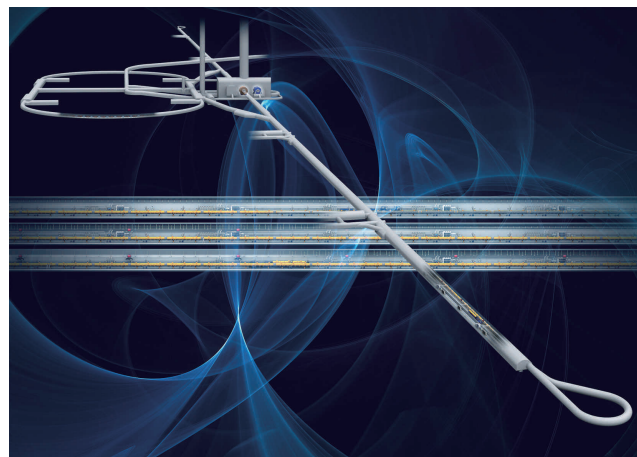


国際リニアコライダー (ILC) 計画

次世代の直線衝突型加速器「国際リニアコライダー (International Linear Collider : ILC)」は、世界最高エネルギーで電子と陽電子を加速して正面衝突させ、そこで起こる素粒子反応を研究する実験装置です。世界の約 50 の国と地域が協力して加速器技術開発、物理研究を進めています。建設の最有力候補地は日本であり、KEK は世界の研究者とともに ILC の早期実現を目指した取組みを進めています。

加速器技術の開発研究

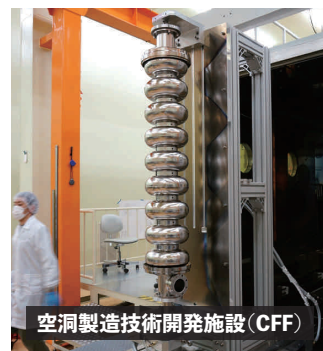
KEK の加速器研究施設では、超伝導リニアック試験施設 (STF)、先端加速器試験施設 (ATF)、空洞製造技術開発施設 (CFF) を利用して、ILC の実現に必須となる超伝導加速システムの確立や工業化、世界最高レベルの超高品質ビームの生成・制御技術等の確立を目指し研究開発を進めています。これらの施設は、国内外の大学や研究所との国際協力や企業との産学官連携で運用し、先端加速器開発の発展や産業利用創生に大きく貢献しています。



超伝導リニアック試験施設 (STF)



先端加速器試験施設 (ATF)



空洞製造技術開発施設 (CFF)

ILC で行う実験の検討・測定器開発

ILC では、素粒子の質量の起源となるヒッグス機構やダークマターの正体の解明等、多くの素粒子物理学の未解決問題の解明が期待されています。KEK の素粒子原子核研究所では、国内外の大学と協力して ILC で行う実験が解明する素粒子物理学の研究と、そのための最先端測定器の研究開発を行っています。

ILC 計画実現に向けた取組み

KEK は ILC 推進準備室 (室長: 山内正則機構長) を設置し、機構内外と連携して ILC 計画実現に向けた活動を行なっています。2020 年 8 月に国際将来加速器委員会 (ICFA) のもと、ILC 準備段階への移行を促進するための ILC 国際推進チーム (IDT) が、KEK をホストとして設立されました。IDT は 2021 年 6 月に ILC 準備研究所提案書を公開し、準備研究所の設立に向けた活動を行っています。

PICK
UP

ILC 準備研究所 提案書とは？

研究者コミュニティは、ILCの段階的な実現を提案しています。昨年8月に発足したILC国際推進チーム(IDT)の次の段階となるのが「ILC準備研究所(プレラボ)」です。プレラボの目的は、本格的なILC研究所の建設開始に向けた技術的・工学的な準備を整えることで、その立上げには多くの研究機関の参加が必要です。「ILC準備研究所提案書」は、ILC研究所に参加を希望する研究機関が、各国での検討を行うための情報を提供するために作成されたもので、プレラボの組織的枠組み、実装モデル、および作業計画の概要がまとめられています。今後、IDTはこの提案書に沿って、ILCに関心を持つ世界の研究機関の合意を得て、ILC準備研究所を設立するための活動を進めていく予定です。

教育機関としての KEK

総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究所

加速器研究施設・共通基盤研究施設、物質構造科学研究所、素粒子原子核研究所にはそれぞれ、加速器科学専攻、物質構造科学専攻、素粒子原子核専攻があり、3専攻で高エネルギー加速器科学研究所が成り立っています。本研究科では、KEKでの研究活動を基礎に、全専攻が緊密に協力して幅広い分野の大学院教育を展開し新しい時代の研究者を養成しています。

加速器 科学専攻

究極の物質探求装置「加速器」を科学する

加速器の原理研究や先端の加速器技術の開発など、理論・実験両面から加速器教育を実施しています。放射線科学、コンピュータ・サイエンス、超伝導技術、機械工学などの教育・研究を通じて、加速器科学の将来を中心的に担う人材の総合的育成を行っています。

物質構造 科学専攻

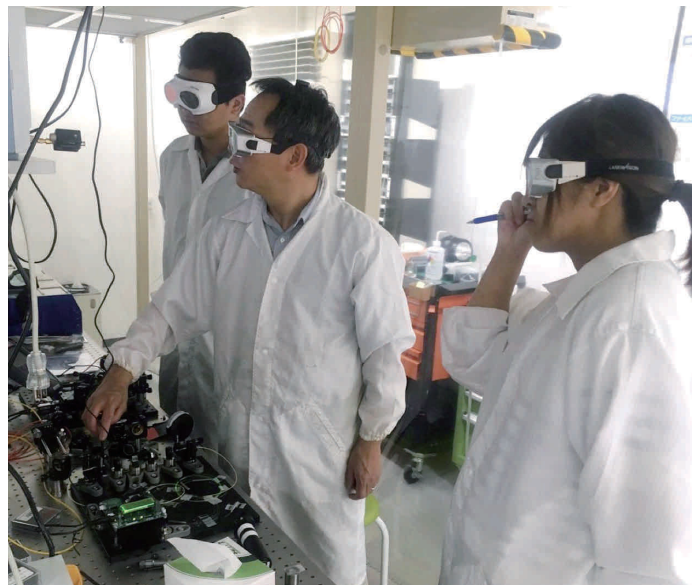
4種のビームが拓くナノの世界

放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子の4つのビームプローブを用いて、物理学・化学・生物学・医学・薬学などの様々な分野の物質構造科学研究を行っています。世界最先端のビームの発生と加工に関する学理と応用開発研究、これらのビームプローブを用いた物質構造と機能に関する基礎と先進的応用の研究を行い、物質構造科学研究の将来を担う人材の養成を目指しています。

素粒子 原子核 専攻

宇宙と物質の謎にせまる

KEKだけでなく世界中の実験施設を利用して物質や宇宙誕生の謎に迫る研究を行なっています。素粒子・原子核物理学とその関連分野について、理論と実験の両面にわたる教育を行い、これらの分野の発展に貢献できる広い視野と高い専門性を備えた人材を養成することを目指しています。



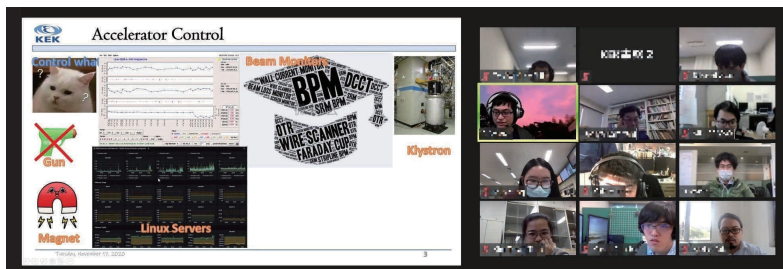
素粒子原子核専攻(実験部門)の総研大生とKEKの教員による実験の風景。大学では運用していない大型実験施設や装置を実際に使用しながら研究を進めることができる点はKEKで学ぶ魅力の一つ。

PICK
UP

KEK スチューデント・デイ

KEKには、総研大生のだけでなく、連携大学院生、特別共同利用研究員など100人以上の大学院生が在籍しています。毎年秋、これらの大学院生がつくばキャンパスに集まって、日ごろの研究成果を発表します。学生たちはこの日、自らがポスター発表するだけでなく、他の参加者の発表を見たり、発表者との議論をしたりと多くの交流をします。

昨年度は、新型コロナウイルスの影響でオンラインによる開催となりましたが、神岡実験施設から参加、講演した学生もいるなど、オンラインならではの利点がありました。



国際協力

KEK は、欧州合同原子核研究機関（CERN）や米フェルミ国立加速器研究所（FNAL）などと並ぶ加速器科学の世界的な拠点として、物理科学・生命科学をはじめとする基礎科学の発展に貢献しています。



KEK における国際プロジェクト

KEK には世界約 45 の国と地域から約 2,000 名の研究者が共同研究、国際会議出席等の目的で来訪しています。Belle II、T2K 実験には世界各国の研究機関から多数の研究者が参加しています。フォトンファクトリーにはインド科学技術庁（DST）との覚書に基づきインドビームラインが設置されています。先端加速器研究開発（ILC 等）、測定器開発研究、大規模シミュレーションソフトウェア開発等の基盤的研究も国際的な協力体制により進められています。

海外国際共同研究への参加

1979 年より実施されている日米科学技術協力事業は、両国の加速器科学の発展、若手研究者育成などに大きく貢献しています。また、欧州合同原子核研究機関（CERN）では大型ハドロン加速器（LHC）のアップグレードへの協力を行うとともに、ATLAS 実験等の国際協力研究に日本の大学・研究機関とともに参加しています。アジア加速器測定器フォーラム（AFAD）では、特にアジア地域で求められている加速器・測定器技術の研究開発と応用に協力しています。

海外研究機関との連携

アジア地域では、高能物理研究所（IHEP・中国）、韓国基礎科学研究院（IBS）、タイ放射光研究所（SLRI）、インド原子力傘下の研究機関、北米地域ではフェルミ国立加速器研究所（FNAL・米国）、TRIUMF 研究所（カナダ）、欧州地域では、CERN、フランス国立科学研究センター（CNRS）、ドイツ電子シンクロtron 研究所（DESY）、イタリア国立原子核研究機構（INFN）、リュブリアナ大学（スロベニア）、ブドカ原子核研究所（BINP・ロシア）など多くの大学・研究機関と学術交流協定等を締結し、共同研究や研究者交流を活発に行っています。特にフランスとは、仮想連携研究所として Toshiko Yuasa Laboratory（TYL）を 2006 年より設立して、組織的な共同研究や若手研究者の交流などを積極的に進めてきました。

さらに、KEK と海外の複数の研究機関が連携し、KEK を拠点として研究を実施する枠組みである「多国籍参画ラボ事業」の活動がスタートしました。

若手研究者育成

インドでの加速器スクール、東南アジア素粒子物理スクール、世界の若手研究者を対象とした測定器スクール（EDIT）、AEPShEP（Asia Europe Pacific School of High Energy Physics）など多くのスクールを開催・共催しています。また KEK での共同実験等への海外からの若手研究者・大学院学生の受入れなどにより、アジア地域をはじめとして、世界の若手研究者の育成に力を入れています。

国際共同実験



2018年に東京で行われた ATLAS Collaboration Meeting

CERN の LHC 加速器で行われる ATLAS 実験(世界 38 ヶ国、約 3,000 名が参加)には日本から KEK をはじめ 14 研究機関からの約 150 人の研究者・大学院生が参加して、素粒子物理の標準理論を超える新しい現象の発見を目指しています。

2012 年にヒッグス粒子を発見した LHC 加速器では、2018 年までに蓄積した陽子・陽子衝突データを用いた解析からヒッグス粒子と W/Z 粒子、トップクォーク、ボトムクォーク、タウレプトンの結合力の測定に成功するなど、素粒子の質量の起源の謎に迫りつつあります。

スイスのポールシェラー研究所(PSI)で行われる MEG(メグ)実験や、南米チリのアタカマ高地にて宇宙マイクロ波背景放射(CMB)の観測を行う POLARBEAR(ポーラーベア)実験、カナダの TRIUMF 研究所で行われている超冷中性子(UCN)を用いた中性子電気双極子モーメント探索実験(TUCAN 実験)にも参加しています。



KEK とノーベル賞

KEK はノーベル賞との係わりが深い研究機関です。過去にはノーベル賞と直接、間接に結び付いた研究がいくつも行われてきました。また現在も、ノーベル賞にこれから結び付きそうな先鋭的な研究が多数行われています。

2008 年の物理学賞で小林誠博士と益川敏英博士の受賞理由となった小林・益川理論を実験的に証明したのが、KEK の B ファクトリーで行われた Belle 実験です。Belle 実験では 2001 年、電子と陽電子を衝突させてできた B 中間子と反 B 中間子が崩壊する様子のわずかな違いを実証して、小林・益川理論の正しさを証明しました。

また 2009 年には、KEK のフォトンファクトリーでタンパク質の製造工場ともいえるリボソームの研究を 10 年近く行ったイスラエルの女性科学者アダ・ヨナット博士が、リボソームの構造を解明した功績でノーベル化学賞を受賞しました。1980 年代なかば、放射光でタンパク質の構造を調べるワイゼンベルクカメラがフォトンファクトリーに完成したことを知ったヨナット博士が、いち早く KEK に利用申請書を提出したのが KEK との共同研究の始まりでした。

さらに 2015 年、梶田隆章博士がニュートリノ振動を発見した功績で物理学賞を受賞しました。KEK の陽子加速器で作りに出したニュートリノを岐阜県飛騨市神岡町にあるスーパーカミオカンデで捉える K2K 実験では、人工のニュートリノを用いた長基線でのニュートリノ振動の検証に世界で初めて成功しました。

小林博士とヨナット博士には、この功績で KEK の特別名誉教授の称号が授与されています。



小林 誠 博士



アダ・ヨナット 博士

画像提供 Dan Porges

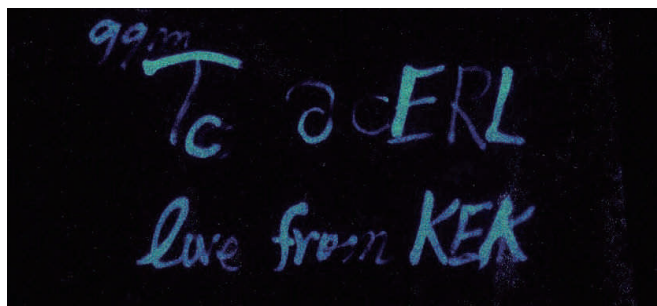
社会とのかかわり

産業への応用

KEK では加速器、計測器、IT、精密加工、放射線防御、材料などの研究開発を行っています。ここでの最先端技術にはスピノフして社会に大きく役立つ技術が数多くあります。また、加速器から作られる放射光や中性子、ミュオンなどを利用した実験施設では、大学や企業などとの共同研究を通じて、新材料や新薬などの研究開発が行われています。

超伝導加速器による医療用 RI 製造

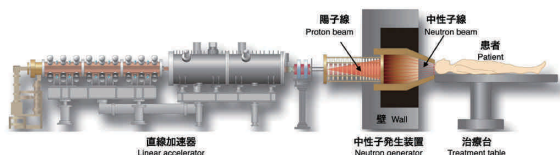
「テクネチウム 99m」は日本で最も使われている医療用 RI です。しかし、その原料の「モリブデン 99」は 100% 輸入に頼っています。KEK が持つ超伝導加速器（コンパクト ERL）の技術を商用機に応用すれば、コンパクトで安定、大出力という特長を活かして、目的とする RI だけを核廃棄物を出さずに製造できます。さらに国内需要のほぼ全てを賄うことも可能です。KEK では商用大量生産に向けた基礎実験を行っており、電子線照射によるモリブデン 99 製造の効率の評価や薬剤の原料となるテクネチウム 99m の抽出実験を行うところまで成功しています。



抽出したテクネチウム溶液で紙に書いた文字

ホウ素中性子補足療法（BNCT）

KEK は筑波大学と共同で、ホウ素中性子補足療法の研究開発を茨城県東海村のいばらき中性子医療研究センターで行っています。がん細胞に集まるビームを患部に照射、がん細胞をほぼ狙い撃ちする治療法です。かつては中性子を原子炉から取り出していましたが、KEK の加速器技術によって小型で安全な線形加速器に置き換えることができました。

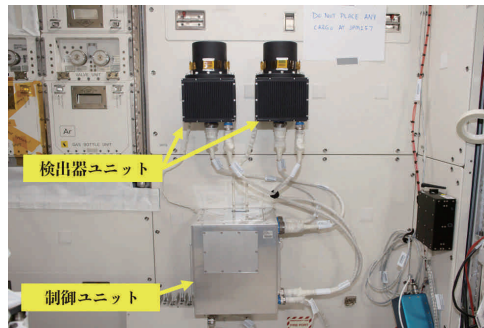


アスファルトを改質して長寿命化

研究開発している超伝導加速空洞はたいへん効率よく粒子を加速でき、加速器の小型化が可能です。KEK では電子ビームをアスファルトに照射し、硬化させることで寿命を延ばすビーム照射試験を進めています。道路に電子ビームを直接照射できれば、効率的に道路の安全を保ち、補修費用も削減できます。道路アスファルト照射のため車載可能な加速器の開発を目指しています。

リアルタイム線量計

放射線科学センターでは、さまざまな種類の放射線に対して高い測定精度がある宇宙放射線用のリアルタイム線量計 (PS-TEPC) を JAXA と共同で開発しています。国際宇宙ステーションなどで活動する宇宙飛行士は宇宙線による被ばくを常時受けており、その被ばく線量をモニターすることは安全管理上大切なテーマの一つです。2016 年 12 月から 18 年 4 月まで PS-TEPC を実際に国際宇宙ステーションに搭載し、動作実証試験を行いました。



NASA/JAXA 提供

量子イメージングシステム

KEK では、素粒子の飛跡をサブミクロンの精度で測定する崩壊点検出器として、SOI（張り合わせ型シリコンウエハー）技術を使った放射線イメージセンサーを開発しています。特に位置分解能とエネルギー分解能が優れているので、超高精細の赤外線、X 線、中性子画像装置といった先端的な量子イメージングシステムとしても応用できると期待されています。



木材からの高効率ナノファイバー製造へ

木材は、極細の繊維状物質「セルロースナノファイバー」がリグニンやヘミセルロースなどで固く束ねられた構造をしています。このファイバーはバイオエタノールの製造や高機能材料として広く利用されることが期待されていますが、最大の難関は束ねられたファイバーをばらす工程です。KEK は電子線照射によってそれが容易にできる可能性を模索しています。

広報活動

広報活動の対象は大きく、メディア、一般、学生・子どもの3つに分かれます。メディアに対しては、主にニュースリリース、記者会見、記者勉強会、見学会などを行い、一般に対しては、施設公開、講演会、音楽会、団体見学の受け入れなど、学生・子どもに対しては夏・冬の科学合宿、サイエンスカフェ、職場体験、実習受入などを毎年実施しています。

社会貢献

KEKは、一般市民を対象にさまざまな社会貢献活動を行っています。普段公開されていない研究施設や実験装置を見ることができる「一般公開」は、つくばキャンパスと東海キャンパスで毎年9月ごろ行います。また、4月の科学技術週間で「キャンパス公開」が行われます。研究者による科学講演会や国内外の演奏家を招いて行う音楽会「KEKコンサート」も定期的に行われます。一方、つくばキャンパスの常設展示ホール「KEKコミュニケーションプラザ」には毎年、国内外から約15,000人が、東海キャンパスでは約3,000人が見学に訪れています。



Belle II 測定器の見学の様子

教育支援

KEKは物理学教育支援活動に力を入れています。児童・生徒に対しては、全国の学校や各種団体へKEKの研究者や職員を講師派遣する「KEKキャラバン」があります。一方、KEKが生徒・学生を受け入れる形の、理系女子の科学合宿「TYL スクール理系女子キャンプ」、主に大学3年生を対象とした科学合宿「サマーチャレンジ」、中高生が丸一日研究者の体験をする高校生等実習受入、高校・高専生が素粒子物理学研究の体験をする合宿「Belle Plus」、高校生・高専生の科学技術体験合宿「ウィンター・サイエンスキャンプ」など、対象者の状況やレベルに応じてさまざまなプログラムが用意されています。そのほか、中高生が将来の進路決定の参考となるように「職場体験」プログラムもあります。

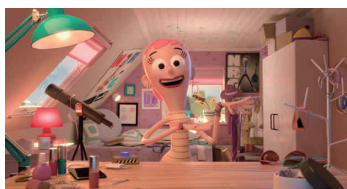


ウィンター・サイエンスキャンプ

PICK
UP

教育用動画も配信する 「KEKチャンネル」

2014年5月、YouTube内にKEKを動画で紹介する「KEKチャンネル」を開設しました。当初は、KEKの施設や研究内容を一般に紹介する動画配信活動が中心でしたが、その後少しずつ科学教育用動画コンテンツも増やしてきました。新型コロナウイルス感染拡大の影響でオンライン開催となった一般公開を皮切りに、ライブ配信にも力を入れるようになりました。その結果、配信していた動画数が23本から100本へと大幅に増加し、700人だったチャンネル登録者数も3300人まで増加しています。



PICK
UP

研究者が語る楽しい科学 「KEK エッセイ」

KEKを知らない人にもKEKに関心を持ってもらうため、10人の研究者たちがKEKホームページの顔となる連載企画「KEK エッセイ」を2018年末から開始しました。ほぼ隔週ごとに10人が交代で執筆。素粒子物理学の最先端の話題から、お茶の間の科学、研究生活における喜び、研究の思い出など様々なテーマでエッセイを綴っています。これまでなかなかアウトリーチできなかった理系以外のファン獲得の一役を担うコンテンツです。

高エネ研が綴るショートストーリー

KEK エッセイ



データが語る KEK

共同利用実験の申請・採用・実施状況

項目 区分	令和元年度			令和2年度		
	申請件数	採択件数	実施件数	申請件数	採択件数	実施件数
Bファクトリー実験	—	—	1	—	—	1
放射光実験 ※ 1	378	376	754 (923)	323	312	590 (863)
中性子実験 (J-PARC) ※ 2	148	139	126	97	90	71
ミュオン実験 (J-PARC) ※ 2	114	110	80	79	73	51
ハドロン実験 (J-PARC) ※ 3	1	1	16	3	3	16
ニュートリノ実験 (J-PARC) ※ 3	0	0	3	2	2	5
マルチプローブ実験 ※ 4	0	0	1	0	0	1
素粒子原子核宇宙シミュレーションプログラム ※ 5	17	17	17	9	9	9
元素選択型質量分離装置実験	0	0	4	2	2	2
計	658	643	1,002	515	491	746

注) 実施件数が採択件数を超えている実験があるが、当該年度の有効課題のうち実施された課題を計上しているためである

※1 ()は当該年度に有効な課題数

※2 採択件数は予備採択を含めた件数を計上

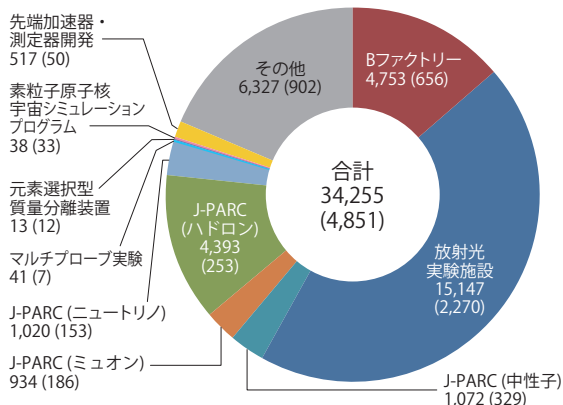
※3 採択件数は第2ステージ及びテスト実験の件数を計上

※4 二つ以上のプローブを用いて行う実験

※5 平成31(2019)年3月15日よりテスト運用、令和元(2019)年10月1日より本運用開始。

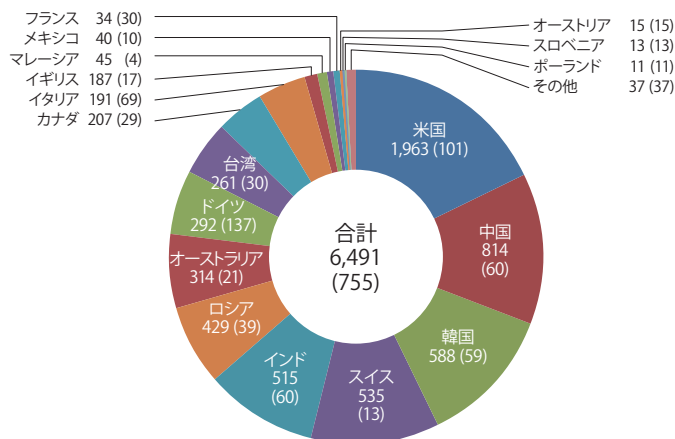
令和元年度の採択件数にはテスト運用課題を含む。

共同研究者等受入 (令和2年度) [単位: 延人日(実人数)]



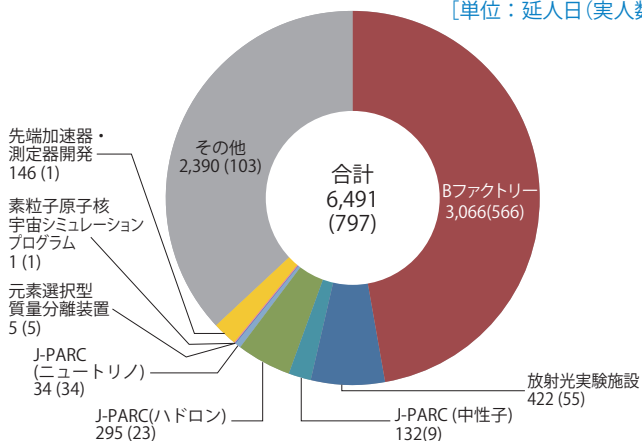
外国機関共同研究者受入 (国・地域別) (令和2年度)

[単位: 延人日(実人数)]



外国機関共同研究者受入 (分野別) (令和2年度)

[単位: 延人日(実人数)]



※複数プロジェクトに同一人が参加している場合があるため、「分野別」と「国・地域別」の実人数は一致しない。

■ 特別共同利用研究員受入（令和2年度）[単位：人]

区分	人数
国立大学	17
公立大学	0
私立大学	1
計	18

受入施設別内訳	人数
素粒子原子核研究所	12
物質構造科学研究所	4
加速器研究施設	2
共通基盤研究施設	0

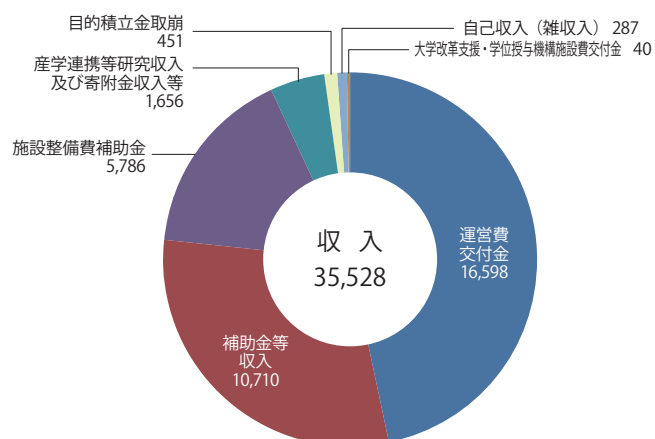
※大学の大学院生を受け入れて、KEKで教育する制度

■ 国際学術交流協定（令和3年度）

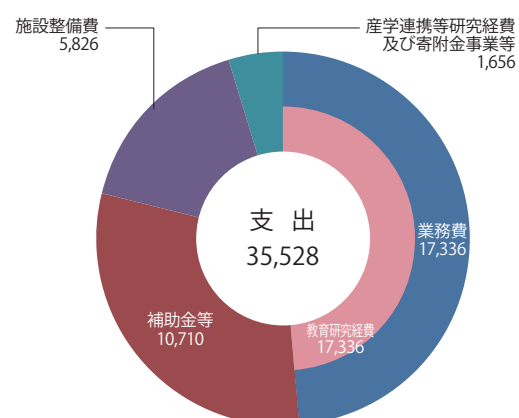
区分	件数	区分	件数
韓国	9	オーストラリア	1
インド	10	米国	10
台湾	3	カナダ	4
中国	10	チリ	1
タイ	3	ロシア	8
ベトナム	0	フランス	7

区分	件数	区分	件数
ドイツ	4	オーストリア	0
イタリア	4	スウェーデン	3
スロベニア	2	ベラルーシ	1
ジョージア	2	ポーランド	1
英国	2	CERN	27
スイス	2	多国間	11
イスラエル	0	計	125

■ 予算（令和3年度計画）[単位：百万円]



補助金等収入：文科省から交付される先端研究推進費補助金収入及び公的機関等から交付される各種補助金収入 産学連携等研究収入及び寄附金収入等：寄附金、共同・受託研究、科研費間接経費等の外部資金収入



業務費(教育研究経費)：運営費交付金及び機構の自己収入を原資とする支出 施設整備費：施設整備費補助金及び大学改革支援・学位授与機構施設費交付金を原資とする支出

■ 現員（令和3年4月現在）[単位：人]

	機構長	理事	監事	研究教育職員	特任教員	研究員等	技術職員	事務職員等	合計
役員・職員	1	5	2	337	0	0	155	157	657
その他有期雇用職員	0	0	0	22	19	148	71	170	430

■ 総合研究大学院大学（令和3年4月現在）[単位：人]

区分	入学定員	3.4.1 入学者数	現員	入学者総数
加速器科学専攻	5年一貫制博士課程 2 3年次編入 若干名	1 1	17	152
物質構造科学専攻	5年一貫制博士課程 3 3年次編入 若干名	1 1	12	107
素粒子原子核専攻	5年一貫制博士課程 4 3年次編入 若干名	11 2	43	179

データが語る KEK

■ 民間等との共同研究 [単位：万円]

区分	件数	金額
令和2年度	81	15,827

■ 学術指導 [単位：万円]

区分	件数	金額
令和2年度	6	1,274

■ 科学研究費助成事業 [単位：万円]

区分	件数	金額
令和2年度	193	136,844

■ 機関補助金 [単位：万円]

区分	件数	金額
令和2年度	11	104,367

■ 受託研究 [単位：万円]

区分	件数	金額
令和2年度	36	74,967

■ 施設利用収入 [単位：万円]

区分	件数		金額
令和 2 年度	PF	48	10,080
	クライオ電顕	21	632

■ 寄附金 (令和2年度) [単位：万円]

種別	件数	金額
特定募集寄附金	396	2,877
一般寄附金	84	237
外国人留学生奨学金	25	147
ILC 理解促進寄附金	61	60
KEK 50 周年記念事業推進寄附金	177	1,960
フォトンファクトリー先端化寄附金	49	472
その他 ※学術研究に関するもの	7	

■ 蔵書 (令和3年4月現在) [単位：冊]

図書			製本雑誌			合計	プレプリント レポート
和書	洋書	計	和書	洋書	計		
14,083	26,479	40,562	5,427	44,796	50,223	90,785	131,765

※当該冊数以外に、
電子ブック 10,253 冊
が利用可能

■ 施設 (令和3年4月現在) [単位：㎡]

区分	敷地面積	建物面積
大穂地区	1,531,286	196,966
東海地区	106,809	44,546
竹園地区	8,350	3,412
吾妻地区	31,226	26,948
合計	1,677,671	271,872

※東海地区の敷地面積は借用部分も含む

■ 見学者 (令和2年度) [単位：人]

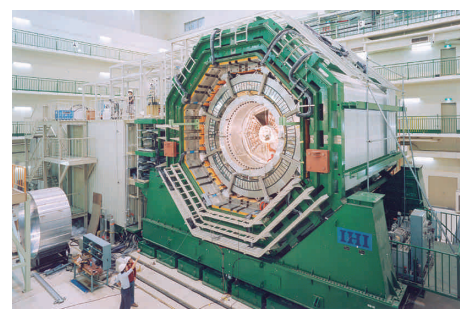
区分	合計
団体見学	434
展示ホール来場者数	420
J-PARC 見学者数	362
総計	1,216

※ KEK 一般公開及び J-PARC 施設公開はオンラインで開催
(延べ視聴者数は KEK19,346 人、J-PARC5,402 人)

- 1949 ◎ 湯川秀樹、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「核力の理論的研究に基づく中間子の存在の予想」）
- 1954 ◆ 東京大学原子核研究所設立準備委員会発足
- 1955 ● 東京大学原子核研究所設立（7月）
- 1957 ◆ FFサイクロトロン完成（9月）
- 1958 ◆ FMサイクロトロン完成（5月） FFサイクロトロン共同利用実験開始（6月）
- 1960 ◆ FMサイクロトロン共同利用実験開始（10月）
- 1961 ◆ 電子シンクロトロン（ES）750MeVまで加速に成功（12月）
- 1963 ◆ ES共同利用実験開始（4月）
- 1964 ◆ 素粒子調査研究所準備調査室設置（4月）
- 1965 ◎ 朝永振一郎、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「量子電磁力学の分野における基礎研究と、素粒子物理学についての深い結論」）
- 1966 ◆ ESエネルギー 1.3GeVに増強成功（3月）
- 1971 ● 高エネルギー物理学研究所設立（4月）
- 1973 ◎ 小林誠、益川敏英が後にノーベル物理学賞を受賞する理論（小林・益川理論）を発表
- 1976 ◆ 陽子加速器（PS）で8GeVまで加速に成功（3月） PSで12GeVまで加速に成功（12月）
- 1977 ◆ SFサイクロトロン共同利用実験開始（12月）
◆ PSによる共同利用実験開始（5月）
- 1978 ◆ 東京大学理学部附属施設として中間子科学実験施設設立（4月）
◆ ブースター利用施設新設 放射光実験施設（PF）新設
- 1980 ◆ ブースター利用施設の共同利用実験開始（7月）
- 1982 ◆ PFで2.5GeVの電子の蓄積およ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）
- 1984 ◆ トリスタン入射蓄積リング（AR）で電子を6.5GeVまで加速に成功（7月）
- 1986 ◆ トリスタン主リング（MR）で電子・陽電子を25.5GeVまで加速に成功（11月）
- 1987 ◆ トリスタンの共同利用実験開始（5月）
- 1988 ◆ 中間子科学実験施設を中間子科学研究センターに改組
◆ 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）
◆ トリスタン超伝導加速空洞により電子・陽電子を30GeVまで加速に成功（11月）
- 1989 ◆ TARN II電子冷却成功（9月）
- 1993 ◆ 高分解能質量分離器完成（3月）
- 1994 ◆ Bファクトリー建設開始（6月）
- 1995 ◆ トリスタンMRの運転終了（12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（素粒子原子核研究所・物質構造科学研究所）発足及び田無分室の設置（4月）
- 1998 ◆ Bファクトリービーム蓄積に成功（12月）
- 1999 ◆ 総合研究大学院大学素粒子原子核専攻を設置（4月） 長基線ニュートリノ振動実験（K2K実験）開始（5月） BファクトリーのBelle実験開始（6月）
- 2000 ◎ 白川英樹、ノーベル化学賞受賞（受賞理由「導電性ポリマーの発見と発展」）＝フォトンファクトリーの立ち上げ期に構造解析を実施
- 2001 ◎ Belle実験グループが小林・益川理論の正しさを示す実験データを論文として発表。2008年のノーベル物理学賞受賞に貢献。
- 2001 ◆ 田無分室がつくばに移転（3月） 大強度陽子加速器（J-PARC）建設開始
- 2002 ◎ 小柴昌俊、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「天体物理学への先駆的貢献、特に宇宙ニュートリノの検出」）
- 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）
◆ K2K実験終了（11月）
- 2005 ◆ 東海キャンパス設置（4月） 陽子加速器（PS）（12GeV）による共同利用実験終了（12月）
- 2006 ● J-PARCセンターを日本原子力研究開発機構と共同で設置（2月）
◆ ブースター利用施設の共同利用実験終了（3月）
- 2008 ◎ 南部陽一郎、小林誠、益川敏英、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「素粒子物理学および原子核物理学における自発的対称性の破れの機構の発見」および「自然界においてクォークが少なくとも3世代以上存在することを予言する、対称性の破れの起源の発見」）＝KEKB実験での検証も貢献
- 2009 ◆ 日本原子力研究開発機構と共同建設のJ-PARCが完成（3月） 長基線ニュートリノ振動実験（T2K実験）開始（4月）
- 2009 ◎ アダ・ヨナット、ノーベル化学賞受賞（受賞理由「リボソームの構造と機能の研究」）＝フォトンファクトリーで行われた実験も貢献
- 2010 ◆ Belle実験終了（6月）
- 2011 ◆ SuperKEKB加速器建設開始
- 2012 ◎ フランソワ・アンブレール、ピーター・ヒッグス、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「欧州原子核研究機構（CERN）によって存在が確認された素粒子（ヒッグス粒子）に基づく、質量の起源を説明するメカニズムの理論的発見」）＝ATLAS実験での検証も貢献
- 2014 ◎ 赤崎勇、天野浩、中村修二、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「高輝度で省電力の白色光源を実現可能にした青色発光ダイオードの発明」）
- 2015 ◎ 梶田隆章、ノーベル物理学賞受賞（受賞理由「素粒子『ニュートリノ』が質量を持つことを示すニュートリノ振動の発見」）
＝T2K実験でもニュートリノ振動を検証
- 2016 ◎ 大隅良典、ノーベル生理学・医学賞受賞（受賞理由「オートファジーのメカニズム解明」）＝フォトンファクトリーで関連タンパク質の構造解析を実施
- 2016 ◆ SuperKEKB加速器でビーム蓄積に成功（2月）
- 2017 ◆ Belle II測定器がSuperKEKB加速器の衝突点にロールイン
- 2018 ◆ SuperKEKB/Belle IIが運転 電子・陽電子が初衝突
- 2019 ◆ Belle II測定器で崩壊点検出器を入れての運転開始



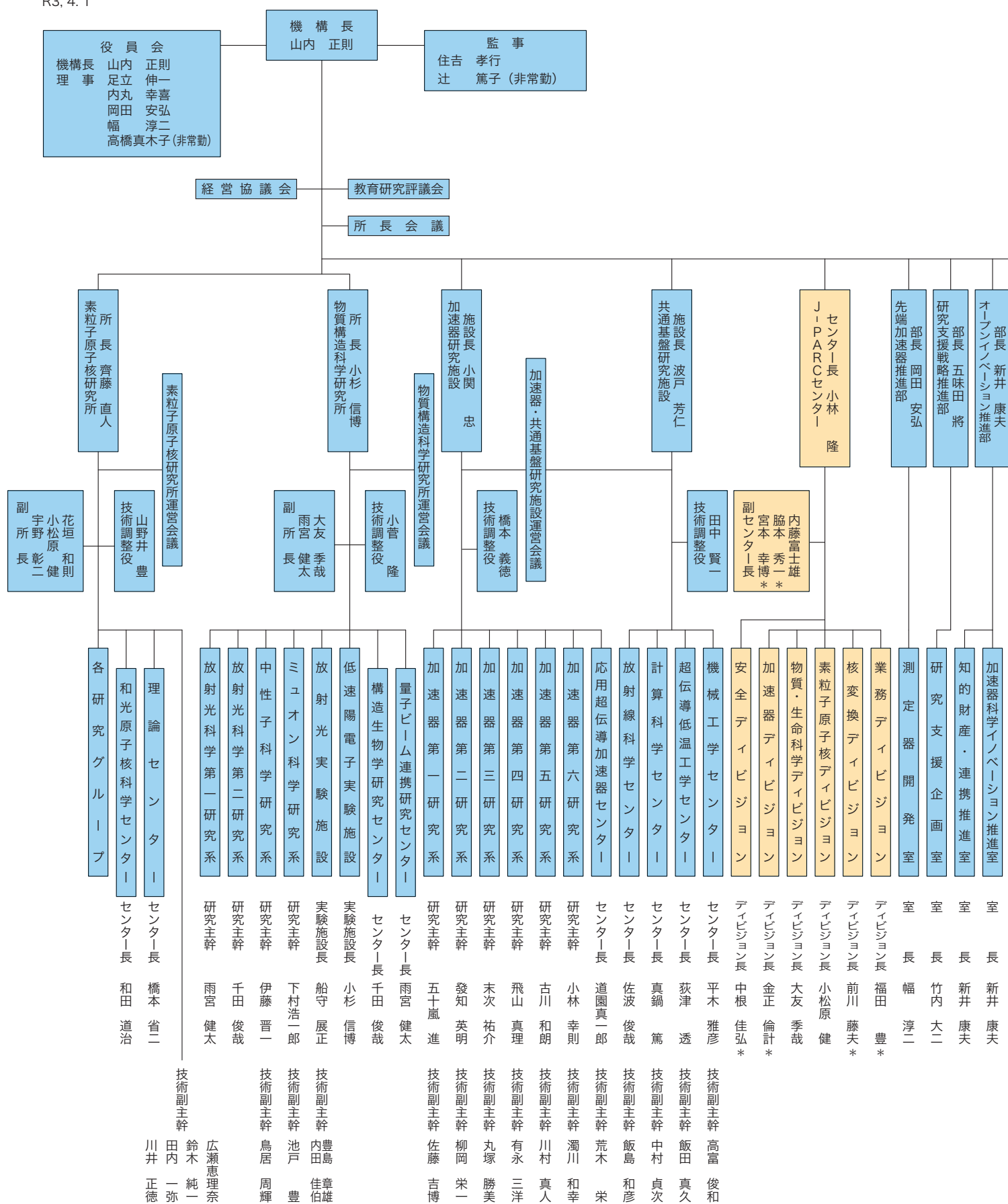
高エネルギー物理学研究所設立



トリスタン加速器を使った実験の測定器のひとつ、トパーズ測定器

組織図

R3, 4. 1



KEKを支える委員会や会

役員等

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日（機構長・理事・所長・施設長）
任期：令和2年9月1日～令和6年8月31日（監事）

山内 正則	機構長
足立 伸一	理事
内丸 幸喜	理事・管理局長
岡田 安弘	理事
幅 淳二	理事
高橋真木子	理事（非常勤）
住吉 孝行	監事
辻 篤子	監事（非常勤）
齊藤 直人	素粒子原子核研究所長
小杉 信博	物質構造科学研究所長
小関 忠	加速器研究施設長
波戸 芳仁	共通基盤研究施設長

顧問・参与

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日

神谷 幸秀	顧問	KEK 名誉教授
木村 嘉孝	顧問	公益財団法人高エネルギー加速器科学研究 奨励会監事（KEK 名誉教授）
菅原 寛孝	顧問	KEK 名誉教授
鈴木 厚人	顧問	公立大学法人岩手県立大学学長 （KEK 名誉教授）
高柳 雄一	参与	多摩六都科学館館長

機構長選考会議

任期：令和3年9月10日～令和6年3月31日

経営協議会

内海 渉	量子科学技術研究開発機構次世代放射光施設整備 開発センター長
國井 秀子	芝浦工業大学客員教授
西島 和三	持田製薬株式会社医薬開発本部フェロー 日本学術振興会監事
長谷川真理子	総合研究大学院大学長
東島 清	大阪大学名誉教授
三木 幸信	産業技術総合研究所特別顧問

教育研究評議会

加藤 政博	広島大学放射光科学研究センター教授 自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究 施設特任教授
中野 貴志	大阪大学核物理研究センター長・教授
森 初果	東京大学物性研究所長
花垣 和則	素粒子原子核研究所副所長
雨宮 健太	物質構造科学研究所副所長
飛山 真理	加速器研究施設加速器第四研究系研究主幹

経営協議会

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日

機構外委員

薄井 秀雄	茨城県産業戦略部技術振興局長
内海 渉	量子科学技術研究開発機構次世代放射光施設整備開発センター長
大久保光一	三菱重工機械システム株式会社取締役常務執行役員
國井 秀子	芝浦工業大学客員教授
児玉 敏雄	日本原子力研究開発機構理事長
小松 弥生	前埼玉県教育委員会教育長 元文部科学省研究振興局長
西島 和三	持田製薬株式会社医薬開発本部フェロー 日本学術振興会監事
野口 誠之	奈良女子大学名誉教授
長谷川真理子	総合研究大学院大学長
東島 清	大阪大学名誉教授
三木 幸信	産業技術総合研究所特別顧問
村山 斉	東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構教授

機構内委員

山内 正則	機構長
足立 伸一	理事
内丸 幸喜	理事・管理局長
岡田 安弘	理事
幅 淳二	理事
高橋真木子	理事
齊藤 直人	素粒子原子核研究所長
小杉 信博	物質構造科学研究所長
小関 忠	加速器研究施設長
波戸 芳仁	共通基盤研究施設長
小林 隆	J-PARC センター長

教育研究評議会

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日

機構外委員

青木 慎也	京都大学基礎物理学研究所長
大井川宏之	日本原子力研究開発機構理事
梶田 隆章	東京大学宇宙線研究所長
加藤 政博	広島大学放射光科学研究センター教授 自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究 施設特任教授
河村 純一	東北大学研究推進支援機構 URA センター長
久世 正弘	東京工業大学理学院教授
菅原 洋子	北里大学名誉教授
中野 貴志	大阪大学核物理研究センター長・教授
福村 明史	量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門 Q S T 病院経営戦略部長
森 初果	東京大学物性研究所長

機構内委員

山内 正則	機構長
足立 伸一	理事
内丸 幸喜	理事・管理局長
岡田 安弘	理事
幅 淳二	理事
高橋真木子	理事
齊藤 直人	素粒子原子核研究所長
小杉 信博	物質構造科学研究所長
小関 忠	加速器研究施設長
波戸 芳仁	共通基盤研究施設長
小林 隆	J-PARC センター長
花垣 和則	素粒子原子核研究所副所長
雨宮 健太	物質構造科学研究所副所長
飛山 真理	加速器研究施設加速器第四研究系研究主幹
真鍋 篤	共通基盤研究施設計算科学センター長

素粒子原子核研究所運営会議

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日

機構外委員

浅井 祥仁	東京大学素粒子物理国際研究センター長
飯嶋 徹	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所教授
市川 温子	東北大学大学院理学研究科教授
大西 明	京都大学基礎物理学研究所教授
川越 清以	九州大学大学院理学研究院教授
久世 正弘	東京工業大学理学院教授
塩澤 真人	東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設教授
田島 治	京都大学大学院理学研究科物理学第二教室准教授
田村 裕和	東北大学大学院理学研究科教授
永江 知文	京都大学大学院理学研究科物理学第二教室教授
中野 貴志	大阪大学核物理研究センター長・教授
中村 哲	東北大学大学院理学研究科教授
中村 隆司	東京工業大学理学院物理学系教授
松本 重貴	東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構教授

機構内委員

宇野 彰二	素粒子原子核研究所副所長
小松原 健	素粒子原子核研究所副所長
花垣 和則	素粒子原子核研究所副所長
橋本 省二	素粒子原子核研究所理論センター長
後田 裕	素粒子原子核研究所教授
高橋 俊行	素粒子原子核研究所教授
藤井 芳昭	素粒子原子核研究所教授
三原 智	素粒子原子核研究所教授
瀬戸 秀紀	物質構造科学研究所中性子科学研究系教授
五十嵐 進	加速器研究施設加速器第一研究系研究主幹
飛山 真理	加速器研究施設加速器第四研究系研究主幹
荻津 透	共通基盤研究施設超伝導低温工学センター長

物質構造科学研究所運営会議

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日

機構外委員

有馬 孝尚	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
大竹 淑恵	理化学研究所光量子工学研究センターチームリーダー
折茂 慎一	東北大学材料科学高等研究所長・教授
河村 純一	東北大学研究推進支援機構 URA センター長
解良 聡	自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設長・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蛋白構造生物学教室教授
辛 埴	東京大学総長室特別教授室特別教授
菅原 洋子	北里大学名誉教授
高橋 嘉夫	東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻教授
永井 康介	東北大学金属材料研究所量子エネルギー材料科学国際研究センター長
矢橋 牧名	理化学研究所放射光科学研究センターグループディレクター
山室 修	東京大学物性研究所・附属中性子科学研究施設長

機構内委員

雨宮 健太	物質構造科学研究所副所長
大友 季哉	物質構造科学研究所副所長
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
伊藤 晋一	物質構造科学研究所中性子科学研究系研究主幹
下村浩一郎	物質構造科学研究所ミュオン科学研究系研究主幹
船守 展正	物質構造科学研究所放射光実験施設長
熊井 玲児	物質構造科学研究所放射光科学第一研究系教授
木村 正雄	物質構造科学研究所放射光科学第二研究系教授
五十嵐教之	物質構造科学研究所放射光実験施設教授
瀬戸 秀紀	物質構造科学研究所中性子科学研究系教授
小林 幸則	加速器研究施設加速器第六研究系研究主幹
佐波 俊哉	共通基盤研究施設放射線科学センター長

専門委員

三原 智	素粒子原子核研究所教授
------	-------------

加速器・共通基盤研究施設運営会議

任期：令和3年4月1日～令和6年3月31日

機構外委員

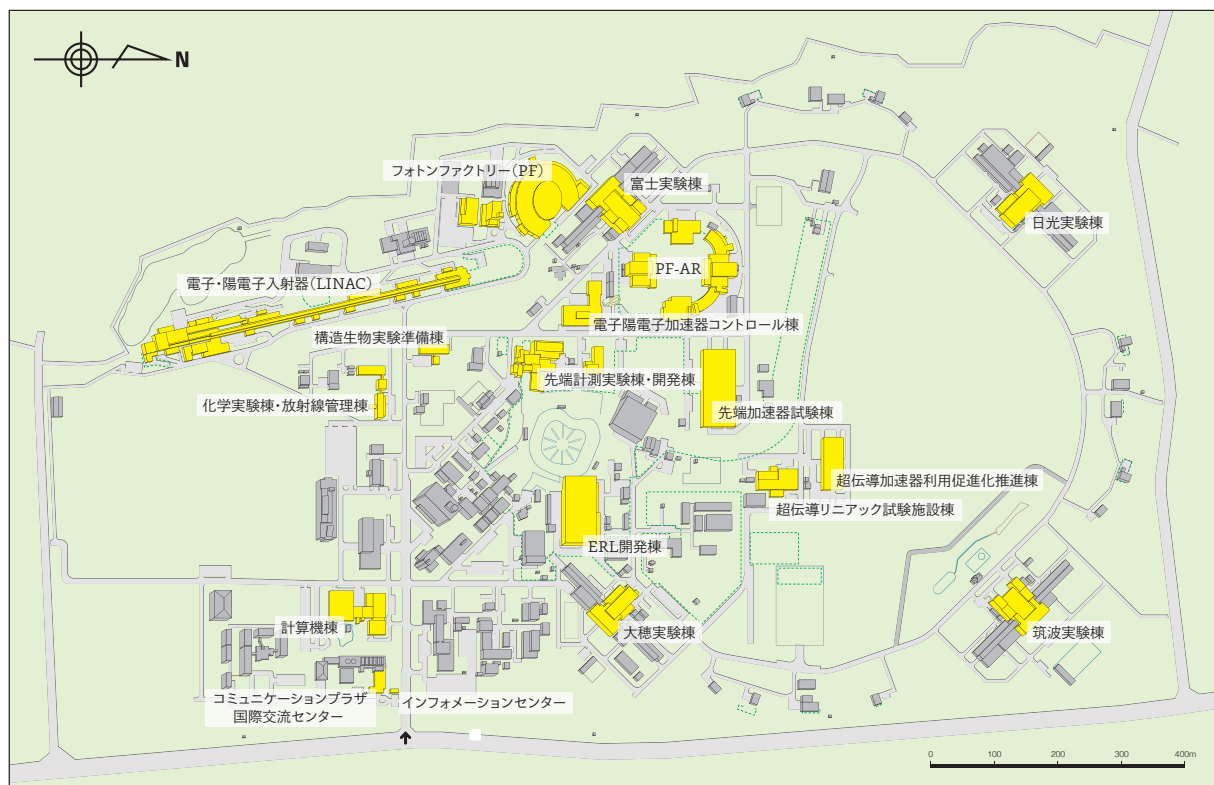
飯嶋 徹	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所教授
石橋 健二	九州環境管理協会技術顧問
加藤 政博	広島大学放射光科学研究センター教授 自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設特任教授
金谷 和至	筑波大学宇宙史研究センター特命教授
上垣外修一	理化学研究所仁科加速器科学研究センター加速器基盤研究部部长（副センター長兼務）
河井 昌道	筑波大学システム情報系構造エネルギー工学域教授
川越 清以	九州大学大学院理学研究院教授
久保 謙哉	国際基督教大学教養学部教授
解良 聡	自然科学研究機構分子科学研究所極端紫外光研究施設長
白井 敏之	量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門量子医科学研究所物理工学部長
永井 康介	東北大学金属材料研究所量子エネルギー材料科学国際研究センター長
永江 知文	京都大学大学院理学研究科物理学第二教室教授
花木 博文	あいちシンクロトロン光センターアドバイザー
福村 明史	量子科学技術研究開発機構量子生命・医学部門 Q S T 病院経営戦略部長

機構内委員

五十嵐 進	加速器研究施設加速器第一研究系研究主幹
發知 英明	加速器研究施設加速器第二研究系研究主幹
末次 祐介	加速器研究施設加速器第三研究系研究主幹
飛山 真理	加速器研究施設加速器第四研究系研究主幹
古川 和朗	加速器研究施設加速器第五研究系研究主幹
小林 幸則	加速器研究施設加速器第六研究系研究主幹
道園真一郎	加速器研究施設応用超伝導加速器センター長
佐波 俊哉	共通基盤研究施設放射線科学センター長
真鍋 篤	共通基盤研究施設計算科学センター長
荻津 透	共通基盤研究施設超伝導低温工学センター長
平木 雅彦	共通基盤研究施設機械工学センター長
花垣 和則	素粒子原子核研究所副所長
船守 展正	物質構造科学研究所放射光実験施設長

構内マップ

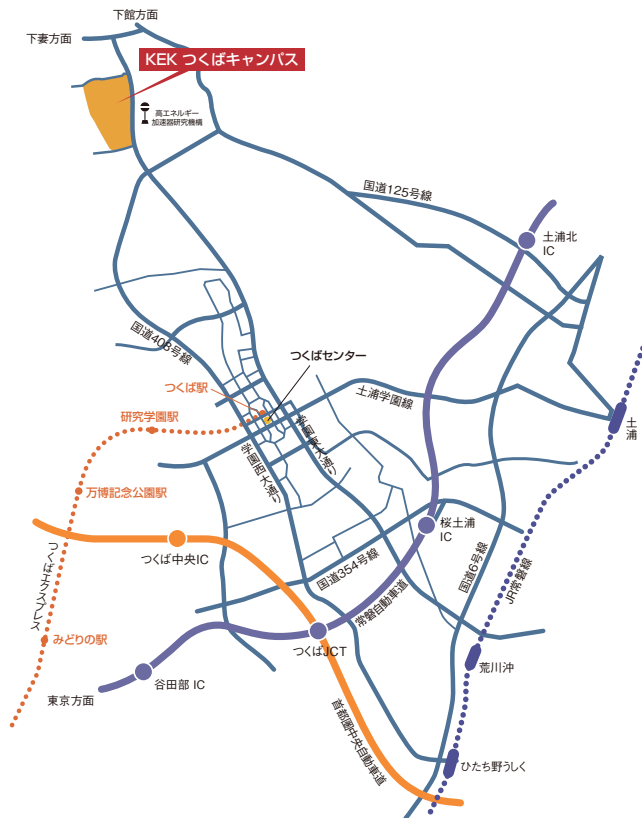
つくばキャンパス



東海キャンパス



つくばキャンパス周辺マップ



東海キャンパス周辺マップ



つくばキャンパス

〒 305-0801 茨城県つくば市大穂1-1
Tel 029 (879) 6047

【電車】

つくばエクスプレス「つくば駅」下車
路線バスで約20分

【車】

常磐自動車道「桜土浦」インターより約30分

東海キャンパス

〒 319-1106 茨城県那珂郡東海村大字白方203番地1
Tel 029 (284) 4851

【電車】

JR常磐線「東海駅」よりタクシーで約10分

【車】

常磐自動車道「那珂IC」「日立南太田IC」より約20分
「東海スマートIC (ETC車専用)」より約10分
東水戸道路「ひたちなかIC」より約20分



www.kek.jp/