

KEK

Inter-University Research Institute Corporation
High Energy Accelerator Research Organization

大学共同利用機関法人

高エネルギー加速器研究機構



宇宙・物質・生命の謎を解き明かす、 日本最大級の加速器科学の研究機関



機構長
山内 正則

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、大強度中性子など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ら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。

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。



つくばキャンパス



東海キャンパス (J-PARC)

組織と役割

素粒子原子核研究所

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。

素粒子原子核研究所

物質構造科学研究所

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、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。

共通基盤研究施設

加速器研究施設

大強度陽子加速器施設 J-PARC

共通基盤研究施設

加速器を使った研究に必要となる、放射線、環境計測、コンピュータ、超伝導・低温技術、精密加工技術等に関する研究・技術開発を行っています。

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。

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。

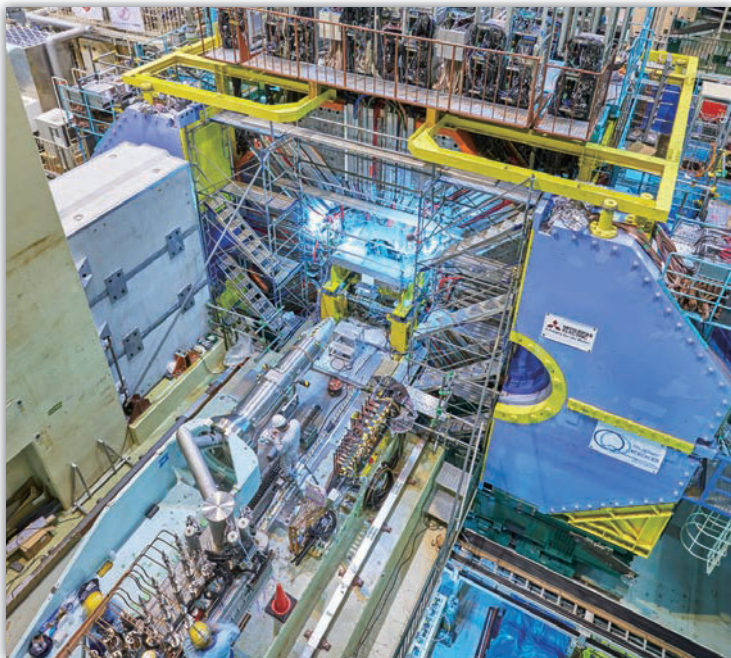
教育 総合研究大学院大学

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科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。

宇宙の始まりを解明する

素粒子原子核の研究

宇宙は約 138 億年前にビッグバンで始まり、非常に高いエネルギー状態から現在の物質を構成する素粒子が誕生したとされています。素粒子原子核研究所では、加速器を使って宇宙初期の高エネルギー状態を再現し、素粒子の性質を調べ、新しい物理法則を見出し、宇宙誕生の謎に迫る研究を行っています。



改造中の Belle II 測定器



CMB の精密測定を行う POLARBEAR

研究分野の一例

標準理論を超えて

B ファクトリー

SuperKEKB 加速器で加速した電子と陽電子を衝突させ、発生する B 中間子の崩壊を、縦・横・高さがそれぞれ約 8m、重さ約 1,400t に及ぶ巨大な Belle II 測定器で調べます。

この実験には、世界 25 か国から約 750 名以上が参加。前身の Belle 実験の 50 倍もの大量のデータを解析し、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理論を超える物理に迫ります。

Belle 実験では、小林誠・益川敏英両博士の理論を証明し、両博士のノーベル賞に貢献しました。

主な実験施設

Belle II 測定器: 小林・益川理論を証明した Belle (ベル) 測定器を前身とする測定器で、さらに高度化されて、大量のデータを精度よく測定する。

SuperKEKB 加速器: 世界最高の衝突性能を実現した KEKB 加速器を前身とし、その 40 倍の性能を目指して改造が進められている。

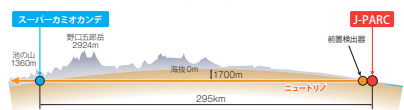
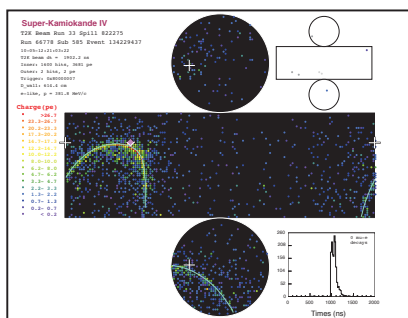
ニュートリノ実験施設: J-PARC の大強度陽子ビームをターゲットにぶつけてニュートリノビームを生成、スーパーカミオカンデに照射する。

ハドロン実験施設: J-PARC の陽子ビームから K 中間子や Λ 中間子といった大強度ハドロンビームを作り出し、素粒子や原子核の様々な実験を行う施設。

ニュートリノの謎に迫る

ニュートリノ

T2K 実験は、大強度陽子加速器 J-PARC で人工的に作り出したニュートリノを、295km 離れた岐阜県飛騨市神岡町の地下 1,000m にある測定装置（スーパーカミオカンデ）へ照射し、ニュートリノ振動をより精密に研究する世界 12 国から約 500 名が参加する国際共同実験です。「ニュートリノ振動」と呼ばれる現象を通してニュートリノの重さに関する発見をしたことで、梶田隆章博士らが 2015 年にノーベル物理学賞を受賞しました。



世界最大の加速器 LHC にも貢献

エネルギーフロンティアの研究

LHC 加速器は、スイスのジュネーブ近郊の CERN にある世界最大の加速器です。

KEK は LHC 加速器建設の技術面で大きな貢献をしています。また、LHC を使った代表的な実験の 1 つである ATLAS 実験には、日本から ATLAS Japan グループとして KEK を中心に 16 の研究機関から 200 人が参加しています。

フランソワ・アングレール、ピーター・ヒッグス両博士が予言したヒッグス粒子は、この加速器で発見され、2013 年ノーベル物理学賞を受賞しました。

ハドロン・原子核物理の研究

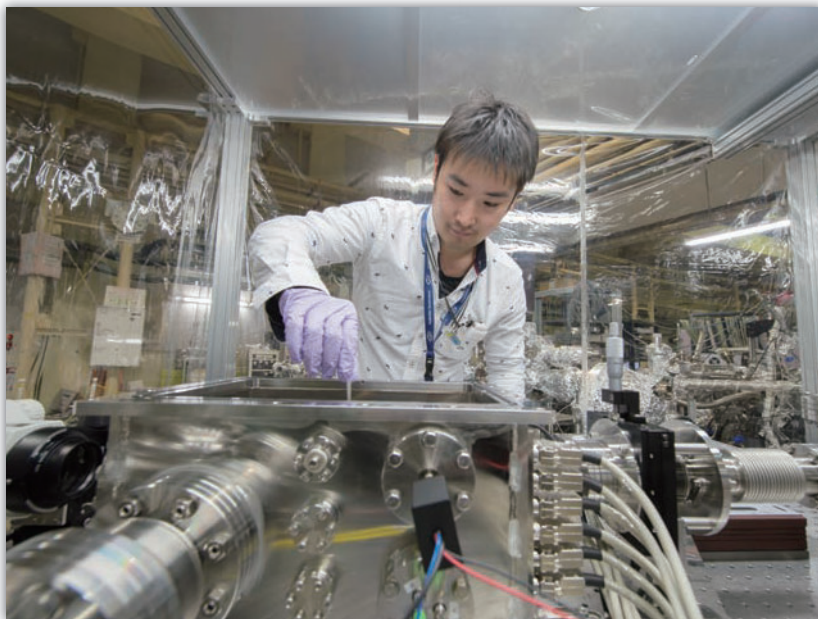
原子核やそれと密接に関係する素粒子・ハドロンを使って、原子核物理の統一的な理論および標準理論を超える物理法則の探索を目指す研究です。研究の要は J-PARC 加速器で生成される「大強度ハドロンビーム」です。

J-PARC 加速器では、多彩な高品質のハドロンビームを作ることができます。このビームを使って、原子核や素粒子の基本的な相互作用である「強い力」で反応するハドロン・原子核の性質や構造の研究、K 中間子の稀にしか起こらない崩壊現象などを通じて、標準理論を超えた物理の探求を行っています。

物質と生命の構造や機能を明らかにする

物質構造科学研究

物質構造科学研究所では、電子加速器から発生する放射光や低速陽電子、陽子加速器から作られる中性子やミュオンを使い、物質・生命の構造とそのダイナミクスを分子や原子のスケールで解明する研究を推進しています。



PF 実験ホール

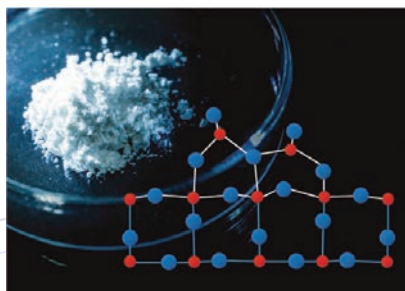


研究分野の一例

物質の機能とカタチを「みる」

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がります。

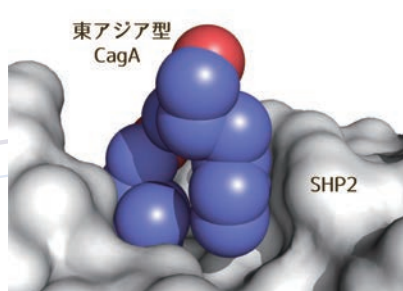


光触媒 TiO_2 の複雑な超周期構造を持つ表面の原子配置を、全反射高速陽電子回折 (TRHEPD) 法で明らかにしました。陽電子は表面で全反射されるため、高感度で最表面構造を調べることができます。

タンパク質を知り、薬を設計する

生命科学

タンパク質は、たった 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) とヒト発がんタンパク質 SHP2 の複合体イメージ図。東アジア型 CagA は、ヒト発がんタンパク質にぴったりはまり込んでしまうために、異常活性化を起こしやすく、細胞のがん化につながるしくみを明らかにしました。

私たちの未来を支える

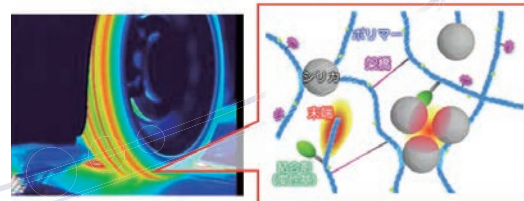
エネルギー・環境科学

太陽光と水から再生可能エネルギーを作る人工光合成や燃料電池普及のための水素貯蔵技術など、物質の構造研究を通じて持続可能な社会の実現を目指しています。

私たちの生活を支える

産業利用

KEK が培ってきた材料評価・解析技術は企業の研究開発に活用されています。産学相互の長所を活かした密度の高い研究によって多くの製品創出、品質向上につながっています。



放射光 X 線・中性子・シミュレーションの連携解析により、新材料開発技術を確立。この技術を活用して、低燃費性とグリップ性を維持しながら耐摩耗性能を大幅に向上させたタイヤが 2016 年に商品化され、その技術は多数の賞を受賞しています。

主な実験施設

放射光施設フotonファクトリー (PF) : 日本で初めて X 線領域まで出せる放射光専用光源として運用を開始した施設。

放射光施設フotonファクトリーアドバンストリング (PF-AR) : 大強度パルス光源で、ストロボのように光る放射光で、物質の構造が変化する姿を動画のように捉えることができる世界唯一の施設。

低速陽電子実験施設 : 電子線形加速器の電子ビームから生成された低速陽電子ビームを使い、物質科学を研究する施設。

物質・生命科学実験施設 (MLF) : J-PARC の大強度陽子ビームから発生させた中性子とミュオンを利用し、物質科学・生命科学の研究を行う施設。

加速器を開発・運用する

加速器科学研究

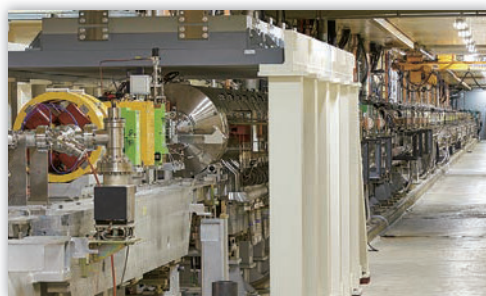
加速器研究施設は日本の加速器科学の推進役として、高品質(粒子数が多く広がりがない)のビームを開発し、素粒子・原子核・物質・生命等の最先端の研究のために供給しています。それぞれの目的にそった加速器の設計・建設・運転・維持・改良を行い、国内外の研究者に対する共同利用実験を支えているほか、将来の加速器のための基礎研究、高度な装置の開発にも力を入れています。



SuperKEKB 加速器



放射光加速器



電子・陽電子線形加速器

SuperKEKB 加速器

2010 年まで稼働していた KEKB 加速器は、周長 3km の二つの円形加速器で電子と陽電子をほぼ光の速さまで加速し、わずかな角度をつけて正面衝突させて生じる膨大な数の「B 中間子」の崩壊過程を詳細に観察して、小林・益川理論を証明しました。

B 中間子などの生成能力を 40 倍に高める SuperKEKB 加速器への改造は 2015 年度末からの衝突無しでのビーム運転成功を経て完了し、衝突運転への調整を開始しています。2017 年度から陽電子ダンピングリングの運転開始、両リングでのビーム周回・蓄積と順調に調整運転を続け、いよいよ衝突点でビームを絞り、衝突調整に入ろうとしています。

放射光加速器

光速に近い電子が電磁石などによって曲げられると、そのエネルギーの一部がはぎとられ、強くて明るい紫外線や X 線などの「放射光」となって放出されます。この放射光を物質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。

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

電子・陽電子線形加速器

SuperKEKB 加速器および放射光加速器 (PF、PF-AR) で使われる電子と陽電子は、全長 600m の電子・陽電子線型加速器から入射します。強力なレーザー光をレアアース合金に照射して電子を作り、また電子ビームをタンダステンに照射して陽電子を作り、また電子ビームをタンダステンに照射して陽電子を作ります。

目標のエネルギーまで加速されてから、電子ビームは SuperKEKB 加速器と放射光加速器へ、陽電子ビームは SuperKEKB 加速器へと、それぞれ導かれます。このほか、低速陽電子ビームが物質の構造を解析する研究に使われています。

大強度陽子加速器施設 J-PARC

J-PARC には 3 種類の加速器があり、リニアックでは世界最高クラスの強度の陽子ビームを生成します。3GeV シンクロトロンはそのビームをさらに 3GeV まで加速したのち、中性子、ミュオンを生成して物質・生命科学実験施設に提供しています。主リングでは、その陽子をさらに

30GeV まで加速して、K 中間子やニュートリノなどの多彩な 2 次粒子を作り出します。K 中間子等はハドロン実験施設に提供され、ニュートリノは遠く神岡まで飛行して観測実験に使われています。



リニアック



3GeV シンクロトロン (RCS)



主リング (MR)

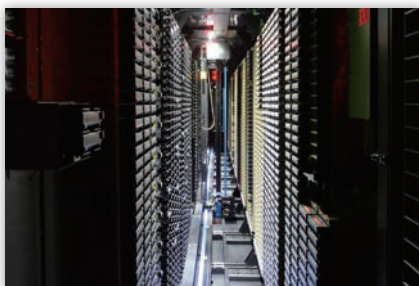
実験を支える研究基盤

共通基盤研究

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。



ILC 実現に向けた低コスト材料を用いて製造した超伝導加速空洞



スーパーコンピュータの一部



電子ビーム溶接機



ニュートリノビームライン用超伝導磁石システム

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、70 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、20 ギガビット毎秒 (家庭用光ファイバ接続の 200 倍の速度) 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。

加速器放射線

加速器で発生する放射線・放射化物の測定法の開発とデータの蓄積、放射線の動きをシミュレーションするシステム開発の研究拠点。環境放射線量の監視、加速器運転・部品製造のための化学分析、環境保全のための測定法の開発も行っています。



加速器放射線の測定

機械工学分野

加工、設計、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っています。電子ビーム溶接等の超伝導加速空洞の製造に必要な技術開発、液圧成形、超精密加工技術による加速管ディスクの製造、放射光施設で用いられる試料交換ロボットの性能向上、タンパク質結晶のハンドリング・観察技術の開発、加速器のアライメントのための精密形状測定の研究に取り組んでいます。

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 ニュートリノビームライン用超伝導磁石システムの建設及び運転が挙げられます。

最近では、CERN の LHC 高輝度化アップグレードや J-PARC で推進中のミュオン物理に向けた超伝導磁石の開発を進めています。建設中の極低温重力波望遠鏡 (KAGRA) では、中核となる極低温鏡懸架装置を担当して貢献してきました。液体ヘリウム等の冷媒の生成・循環再利用等も行っています。

国際協力 KEKにおける国際プロジェクト

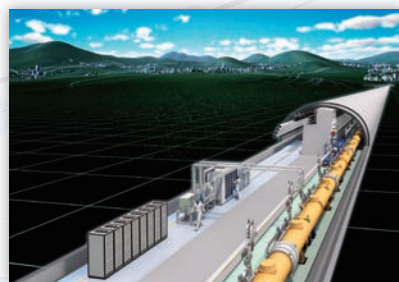
KEK には世界約 45 の国と地域から約 1,950 名の研究者が共同研究、国際会議出席等の目的で来訪しています。Belle II、T2K 実験には世界各国の研究機関から多数の研究者が参加しています。フォトンファクトリーにはインド科学技術庁 (DST) との覚書に基づきインドビームラインが設置されています。先端加速器研究開発 (ILC 等)、測定器開発研究、大規模シミュレーションソフトウェア開発等の基盤的研究も国際的な協力体制により進められています。

国際リニアコライダー (ILC) 計画

ILC は、素粒子である電子と陽電子を衝突させる次世代線形衝突型加速器で、極めて精密な測定ができます。2012 年に発見されたヒッグス粒子は、これまでの LHC 実験の結果などから研究の重要性が高まっています。

ILC は、ヒッグス粒子の精密測定を行えるほか、複合粒子の衝突では発見することが難しい新粒子の発見も期待されます。素粒子物理学の今後の方向性を定める、非常に重要な役割を担う加速器です。

48 カ国、392 の大学・研究機関の 2,400 名を超える研究者が、国際協力による ILC の実現を目指した活動を進めています。

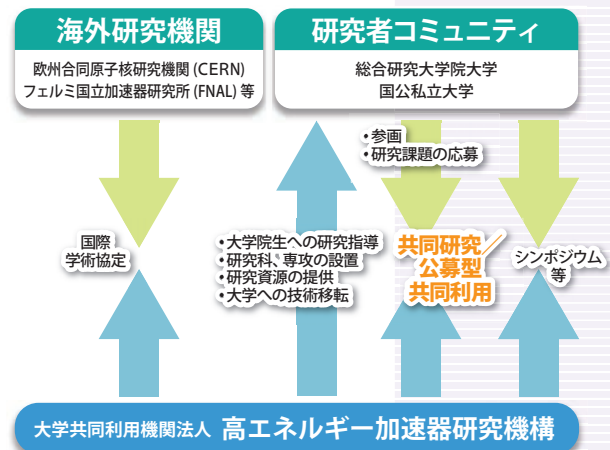


ILC 完成予想図

©Rey.Hori

大学共同利用について

大学共同利用機関は、先端的な共同研究を行うための中核的研究拠点として、個別の大学では整備や維持が困難である最先端の大型装置、大学間で共有することによって有効に使われ得る資料や学術情報、特定分野のネットワーク型共同研究の中核的機能としての場を全国の研究者の利用に供し、大学の枠を超えた効果的な共同研究を推進する日本独自の研究機関です。KEKは、素粒子原子核研究所、物質構造科学研究所という二つの大学共同利用機関をもつ大学共同利用機関法人です。



沿革

- ◇ 1955 年 7 月 東京大学原子核研究所設立
- ◇ 1971 年 4 月 つくばキャンパスに高エネルギー物理学研究所設立
- ◇ 1997 年 4 月 高エネルギー加速器研究機構及び田無分室の設置
- ◇ 2004 年 4 月 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
- ◇ 2005 年 4 月 東海キャンパス設置
- ◇ 2006 年 2 月 J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

施設見学・KEKキャラバン（講師派遣）のご案内

KEKつくばキャンパスでは団体（10名様以上）を対象に施設見学ツアーを実施しています。また、全国の学校や団体を対象に、KEKの研究者や職員を講師として派遣するプログラム「KEKキャラバン」も実施しています。詳しくは下記のご連絡先までお問い合わせください。



つくばキャンパス

つくばエクスプレス「つくば駅」下車、路線バスで約 20 分
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

JR 常磐線「東海駅」よりタクシーで約 10 分
常磐自動車道「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



大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構 (KEK)

◆つくばキャンパス
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
029(879)6047(広報室)

◆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
029(284)4851

リサイクル適性(B)

この印刷物は、板紙へリサイクルできます。

<https://www.kek.jp/>

