環境報告2018

KEK Environmental Report 2018

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

編集方針

高エネルギー加速器研究機構は大型の粒子加速器を建設・運転し、加速器科学の総合的発展の拠点として研究を推進し、国内外の共同利用者に研究の場を提供するという使命を有しています。研究活動を行うに当たり、地域、地球環境保全は不可欠であることを認識し、持続可能な社会の創造のため取り組んでいる活動について職員、共同利用者、学生、関連企業、地域住民など幅広い層の方々にご理解いただけるよう作成しました。環境という概念を広く捉え、KEK の社会的責任を念頭において教育、地域交流等の社会貢献活動、労働安全衛生管理の状況についても記載しました。

■ 対象期間	2017 年 4 月〜 2018 年 3 月 ※この期間以外はそれぞれに明記しています。
■ 対象範囲	大学共同利用機関法人　高エネルギー加速器研究機構 ・つくばキャンパス　〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1 ・東海キャンパス　〒 319-1106 茨城県那珂郡東海村大字白方 203-1
■ 作成部署	高エネルギー加速器研究機構 環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会、 施設部施設企画課 施設企画係、環境安全管理室
■ 問合せ先	環境安全管理室 〒 305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1 TEL：029-864-5498　FAX：029-864-1993　E-mail：k-anzen@ml.post.kek.jp URL：http://rcwww.kek.jp/chem/
■ 公　　開	2018 年 9 月

■ 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」下車、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

CONTENTS

環境データ集について

　環境データ集（p.57-58）にはキャンパスごとの環境データと換算係数を一覧表で掲載しています。

用語・略語について

　用語集（p.59-61）に掲載している用語については、p.3 以降の本文中最初に登場した際に、「**加速器**」のように青太字で記載しています。また、略語については、本文中に登場する略語を記載しています。

トップメッセージ

大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構　機構長

山内正則

高エネルギー加速器研究機構（KEK）は、大型加速器を中心施設とする国際的な共同利用及び共同研究の拠点であり、宇宙・物質・生命の謎を解明するための基礎科学やその応用研究を推進して人類の知的資産の拡大に貢献しています。また、加速器からのビームを用いて材料や生体物質の構造を解明することで産業にイノベーションをもたらす役割も担っています。

現在 KEK のつくばキャンパスでは放射光利用のための電子加速器である PF と PF-AR が稼働しており、物質構造の解明、材料科学や生命現象の理解などに貢献を続けています。これまで建設が続けられてきた SuperKEKB と呼ばれる電子・陽電子衝突型加速器は試運転を経て本格運転に向けての最終調整が進行中であり、近い将来素粒子物理学において新しい進展をもたらすと期待されています。また、東海キャンパスでは日本原子力研究開発機構（JAEA）との共同プロジェクトである大強度陽子加速器施設 J-PARC において、素粒子から物質・生命科学に至る幅広い研究が行われています。これらはいずれも世界最高水準の性能を誇る加速器で、そこで行われる研究は世界の科学研究をリードすると同時に、国内における学術レベルの向上や、後進の育成にも大きく貢献しています。

KEK における研究では大電力を消費する大型加速器の運用が中心となるため、大きな環境負荷をもたらすことが避けられません。このため、可能な限りエネルギー消費を抑制しつつ研究成果を上げるための知恵と工夫が非常に重要です。加速器の運転においてはエネルギー利用計画及びその効率的運用に関する年次計画を策定し、実効性のあるエネルギー管理を行っています。また、エネルギー利用の高効率化を目指す基盤技術の開発と装置の改善にも特に力を入れて参りました。例えば、SuperKEKB 加速器においては、ビーム粒子束を数十ナノメートルまで絞る技術を開発することにより、投入エネルギーに対して前人未到の高い効率で加速粒子の衝突事象を起こすことを可能にしました。また、粒子を加速するための高周波加速空洞には超伝導技術を多用することで環境、エネルギー負荷の低減を図っています。また、2018 年度からはエネルギー効率の悪い旧式の冷凍機や照明などを ESCO 事業によって更新し、CO_2 削減量の大幅拡大を目指します。

一方、オフィスや基盤施設の一般需要については、省エネパトロールを実施するなど、教職員が一丸となって環境負荷低減に対する積極的な取り組みを進めています。このような取り組みにより、一般需要による CO_2 排出量については、基準年としている 2006 年度比で 12% の削減を実現しました。

KEK で行っている基礎的な科学研究は、国民の皆様のご理解とご支持をいただいて、初めて成り立つものです。このことを深く心にとどめ、地球環境保全の大切さを認識しつつ、今後も省エネルギー、省資源、資源循環を推進します。安全の確保と法令遵守に十分配慮し、これらに関する情報を積極的に開示し、地域社会と連携した環境配慮活動に取り組みながら研究を進めていきたいと考えています。

本報告書では、単に事業活動に係る環境配慮の内容にとどまることなく、研究成果、安全への取り組み、社会活動など KEK の CSR（社会的責任）活動全般も含めて、取りまとめを行いました。本報告書により KEK の事業活動を地域社会の皆様はもとより、広く国民の皆様にご理解いただければ幸いです。

KEK 2017 ハイライト

フッ素 19 ラムダハイパー核の準位構造の決定

陽子や中性子（合わせて核子と言います）は、核力と呼ばれる力で互いに結びついて原子核を形成しますが、核力の性質には謎が多く、なぜ原子核が存在できるのかという重要な問いに私たちは完全には答えることはできていません。J-PARC ハドロン実験施設では、原子核にストレンジクォークを含むラムダ粒子（Λ）という核子の仲間の粒子を加えたラムダハイパー核※1 を人工的に作り、ラムダ粒子と核子の間に働く力が核子の間に働く通常の核力とどう異なるかを調べ、我々の身近な世界を満たす物質の進化を探る上で重要なカギとなる核力の謎を解明しようとしています。さらに、いまだ謎に包まれている超高密度天体「中性子星」の内部を解明するためにも、ハイパー核の研究が不可欠です。中性子星の内部には、ラムダ粒子が存在していると推測されていますが、それが本当かどうかを解明するためには、原子核内部でのラムダ粒子のふるまいを正確に知る必要があるからです。

スピン J を持つ通常の原子核の状態にスピン 1/2 を持つラムダ粒子を加えたラムダハイパー核では、状態が $J \pm 1/2$ のスピン二重項に分離します。その分離した状態のエネルギー間隔は、ラムダ粒子や核子のスピンに依存するラムダ粒子と核子間の力（スピン依存相互作用）の大きさによって決まり、その大きさは一般的に小さく、「ハイパー核微細構造」と呼ばれます。J-PARC E13 実験グループは、ゲルマニウム検出器で数 keV という高分解能かつ高確度でガンマ線エネルギーを測定するガンマ線分光法により、この「ハイパー核微細構造」を調べ、散乱実験が困難なラムダ粒子と核子間のスピン依存相互作用を調べています。これまで比較的軽い p 殻領域※2 のラムダハイパー核を系統的に調べ、様々なスピン依存項の大きさを決定してきました。今回初めて重い sd 殻領域※2 のフッ素 19 ラムダハイパー核（$^{19}_{\Lambda}$F）にガンマ線分光法を適用し、その準位構造を決定しました。さらに、それから得られる基底状態二重項のエネルギー間隔をこれまでの軽いラムダハイパー核のものと比較しました。

実験は、2015 年 6 月に J-PARC ハドロン実験施設の K1.8 ビームラインで行いました（E13 実験）。1.8 GeV/c の K^- 中間子ビームを液体四フッ化メタン（CF_4）標的に入射して、放出されたパイ（π^-）中間子を超伝導電磁石で構成された SKS スペクトロメータで測定することにより、$^{19}_{\Lambda}$F（の励起状態）の生成を同定します。さらに、脱励起過程で放出されるガンマ線を標的周りに設置した Hyperball-J 検出器で同時に測定します（図 1）。Hyperball-J 検出器は 27 台のゲルマニウム検出器（結晶サイズ 70 mmϕ × 70 mm）とゲル

図 1.　E13 実験のセットアップ

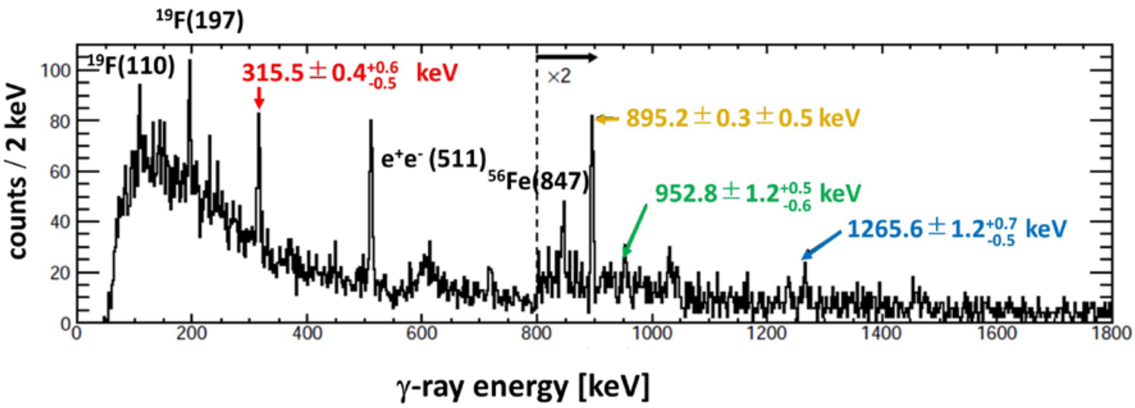


図 2.　フッ素 19 ラムダハイパー核の低励起状態を選んだ時のガンマ線スペクトル。色をつけた 4 本のガンマ線が観測・同定された。

マニウム検出器内でのコンプトン散乱事象や $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ からの背景事象を抑制するための PWO シンチレーション検出器からなります。スペクトロメータ系でのハイパー核同定の分解能は、20 g/cm^2 という厚い標的を用いたため、8.7 MeV（半値全幅、FWHM）ですが、$^{19}_{\Lambda}$F の高励起状態や標的中の炭素から生じる炭素 12 ラムダハイパー核（$^{12}_{\Lambda}$C）からの背景事象を排除するには充分な性能です。また、Hyperball-J 検出器は、^{232}Th 線源や既知のガンマ線による較正により、0.1-2.5 MeV の領域で 0.5 keV の確かさと 1 MeV のガンマ線に対して、4.5 keV（FWHM）の分解能が得られています。

図 2 に、$^{19}_{\Lambda}$F の低励起状態を選んだ時のガンマ線スペクトルを示します。図中に示した 316,895,953, 1266 keV の 4 本のガンマ線が今回、観測・同定できました。ラムダ粒子を加えてもコア原子核（加えたラムダ粒子以外の部分）の構造は大きくは変わらないという弱結合描像を仮定して、また、各状態の生成率の理論予想値を考慮して、$^{19}_{\Lambda}$F の準位構造及び γ 遷移が図 3 の様に再構成できました。316 keV のガンマ線のピークは、ドップラー効果によって幅が広く、それ以外のピークの幅は検出器の分解能程度に細いということは、ガンマ線を放出する各状態の寿命の予想値とも合致しています。

今回の測定で特に興味深いのは、316 keV と決定した基底状態二重項のエネルギー間隔です。図 4 に示すように、この間隔は、コア原子核の最外殻の核子と s 殻（軌道）にあるラムダ粒子との間のスピン依存相互作用のスピン・スピン項の大きさによってほぼ決まります。図の左上で示すように大きなハイパー核の最外殻の核子ほど外側に分布するので、ハイパー核の大きさを変えることは中心に存在するラムダ粒子と最外殻の核子の距離を変えることになります。従って、同様の二重項のエネルギー間隔をハイパー核の大きさを変えて測定すれば、スピン・スピン項の距離依存性の情報が得られることになります。

この 316 keV という値は、2 つの独立な理論模型計算の結果と良い一致をしています。Millener は、p

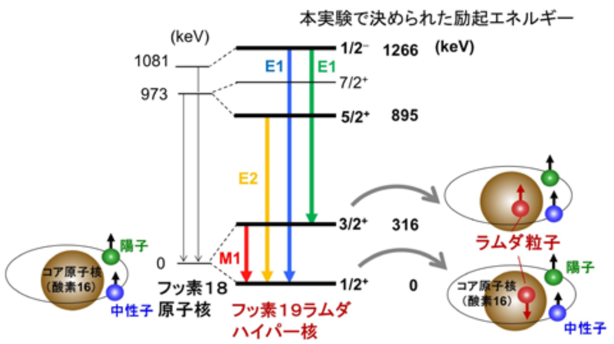


図 3.　再構成されたフッ素 19 ラムダハイパー核の準位構造と γ 遷移

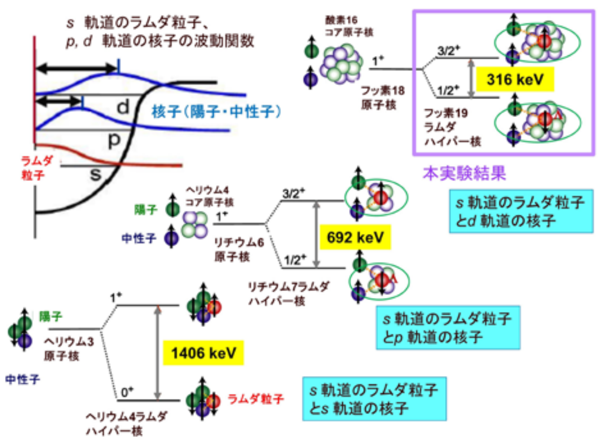


図 4.　ラムダハイパー核の基底状態二重項のエネルギー間隔とラムダ粒子と核子間相互作用の距離依存性

殻領域のハイパー核微細構造の測定から決めた現象論的スピン依存相互作用を用いて、この間隔を 305 keV と予想しています。一方、梅谷と元場による殻模型計算では、相互作用の理論模型である Nijmegen SC97e 及び SC97f に基づく有効相互作用を用いて、245 及び 419 keV との結果が得られます。実測値が 692 keV の p 殻領域のリチウム 7 ラムダハイパー核（$^{7}_{\Lambda}$Li）に対して 348 及び 942 keV、実測値が 1.25 MeV である s 殻領域の水素 4 ラムダハイパー核（$^{4}_{\Lambda}$H）とヘリウム 4 ラムダハイパー核（$^{4}_{\Lambda}$He）の平均値を 0.89 及び 1.48 MeV とする計算結果を考えると、この理論計算も今回の実験結果を良く再現しているといえるでしょう。今回の研究結果で、現在の理論模型のフレームワークは、軽いラムダハイパー核のみならず、p 殻領域を超えた重いラムダハイパー核の構造を記述するのにも極めて有効であることを示しており、今後更に重いラムダハイパー核構造を実験的に詳細に調べ理論計算と比較することは、核力の密度依存性などを調べる有効な手段となると期待されます。核力の密度依存性がわかれば、中性子星の内部のような高密度物質中でのラムダ粒子のふるまいをより正確に計算・推測でき、中性子星の内部の解明への大きな足がかりになります。

※1 ハイパー核
ストレンジクォークを含まない陽子・中性子の仲間には、ストレンジクォークを 1 つ含むラムダ粒子（電荷は中性、Λ）、同じく 1 つ含むシグマ粒子（正、中性、負電荷の 3 種類が存在、Σ^{+}、Σ^{0}、Σ^{-}）、ストレンジクォークを 2 つ含むグザイ粒子（中性、負電荷の 2 種類、Ξ^{0}、Ξ^{-}）が存在し、ハイペロンと総称される。ハイペロンを含む原子核をハイパー核といい、含まれるハイペロンの種類により、ラムダハイパー核、シグマハイパー核、グザイハイパー核などという。

※2 p 殻領域、sd 殻領域
陽子・中性子が集まってできた原子核では、原子における電子のように、陽子や中性子はエネルギーの低い状態（軌道）から順に詰まっていく。陽子・中性子数が、魔法数といわれる 2, 8, 20, …の時に状態のエネルギーが大きく変わるギャップがあり、陽子数や中性子数が魔法数の原子核は、原子における希ガスの様に、特に安定である（原子核の殻模型）。陽子数・中性子数が、1-2 の領域を s 殻領域、3-8 の領域を p 殻領域、9-20 の領域を sd 殻領域という。

関連サイト
2018 年 4 月 3 日　KEK プレスリリース
重いハイパー核の構造解明に成功　ー中性子星の内部構造を理解する手がかりにー
≫ https://www.kek.jp/ja/newsroom/2018/04/03/1000/
ストレンジネスを用いた核物理研究
≫ http://www.kek.jp/ja/Research/IPNS/K18/
K1.8 ビームラインと SKS スペクトロメータ
≫ http://www.kek.jp/ja/Facility/IPNS/K18BeamLine/

KAGRA の極低温鏡サスペンション

　重力波天文学・宇宙物理学がついに始まりました。図 1 は、2017 年までに観測された重力波イベントの一覧を示しています。5 つのブラックホール連星合体と 1 つの中性子連星合体が観測されています。

　このような状況下で、世界中の天文学者、宇宙物理学者が "KAGRA" の観測開始を待ちわびています。KAGRA は日本に建設中の重力波望遠鏡であり、東京大学宇宙線研究所をホスト機関、KEK と自然科学研究機構国立天文台を副ホスト機関としています。重力波検出器は角度分解能が悪いため、全天を網羅するためには、世界の適切な位置に配置した重力波望遠鏡ネットワークを作る事が重要です。

　図 2 は、世界の重力波望遠鏡の位置を示しています。米国の Advanced LIGO 2 台と、ヨーロッパの Advanced VIRGO そして日本の KAGRA は、おおよそどの方角から重力波が到来しても、観測できるような配置になっています。さらに、最近インドで LIGO-India 重力波望遠鏡の建設も始まりました。LIGO-India 望遠鏡も観測に加わると、方角だけでなく、重力波の偏波※1 まで観測できるようになります。

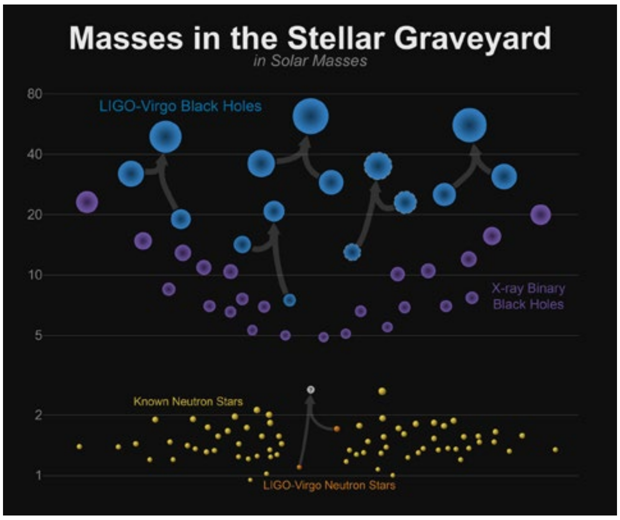


図 1.　これまでに観測されている重力波イベント。5 つのブラックホール連星合体と 1 つの中性子連星合体が、米国の Advanced LIGO およびヨーロッパの Advanced VIRGO により検出されている。図は LIGO Gallery より。
Credit:LIGO-Virgo/Frank Elavsky/Northwestern University
https://www.ligo.caltech.edu/image/ligo20171016a

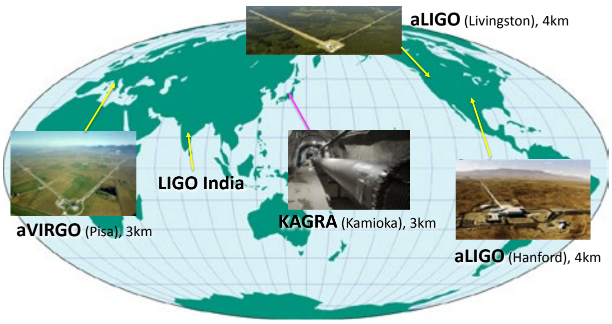


図 2.　国際重力波観測網

日本の KAGRA は、このような重力波望遠鏡ネットワークの一翼を担うだけでなく、その最先端技術でも注目を集めています。我々 KEK 重力波グループは、KAGRA の中で極めて先進的で重要な装置を担当しています。具体的には、超高真空装置や極低温装置などです。

KAGRA の真空容器は、日本最大のもので、世界でも 3 番目の大きさです。その内容積は、世界最大の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）の約 10 倍もあります。このような巨大な真空容器にもかかわらず、10^{-7} Pa という超高真空が真空ベーキング※2 無しに実現されます。このようなことが可能になったのは、加速器科学分野での長年にわたる研究成果が用いられているためです。

極低温鏡システムは、KAGRA の中で最も特徴的かつ先進的な技術です。KAGRA のような干渉計型重力波検出器で最も感度のよい 100 Hz あたりの感度を制限してしまう鏡やサスペンションワイヤーの熱雑音※3 を低減するため、KEK と東大宇宙線研の共同グループでは 20 年ほど前に「極低温鏡」を提案しました。熱雑音の大きさは、その物体の温度と機械的散逸と呼ばれる物性値それぞれの平方根に比例しています。我々のグループでは、極低温まで冷却したサファイア単結晶の鏡を用いる事で、温度と機械的散逸両方を小さくし、大幅に熱雑音を改善できることを見いだしました。このため、KAGRA では極低温サファイア鏡を採用しています。

極低温サファイア鏡のアイデアはシンプルで原理的にはとても良いのですが、鏡を冷却すると同時に鏡に振動を伝えないように防振装置も搭載しなければならないため、これを実現するのは技術的にそう容易ではありませんでした。KEK の重力波グループでは 20 年にわたり研究を続け、極めて振動の小さな極低温冷凍装置や、超高性能の伝導冷却技術などのキーとなる技術を開発しました。そしてついに、KAGRA において極低温鏡のサスペンションシステムを実現したのです。図 3 は鏡サスペンションシステムの全体像を記したものです。上部の細長い真空チューブの中には、国立天文台で開発した室温の超低周波防振システムが配置されています。この防振システムの下側に KEK の開発した極低温鏡サスペンションシステムが連結され、この周囲だけが極低温まで冷却されます。図 4 は、この極低温鏡懸架システムだけを抜き出したものです。このシステムは、横方向の防振のために 4 段の振り子状になっており、また

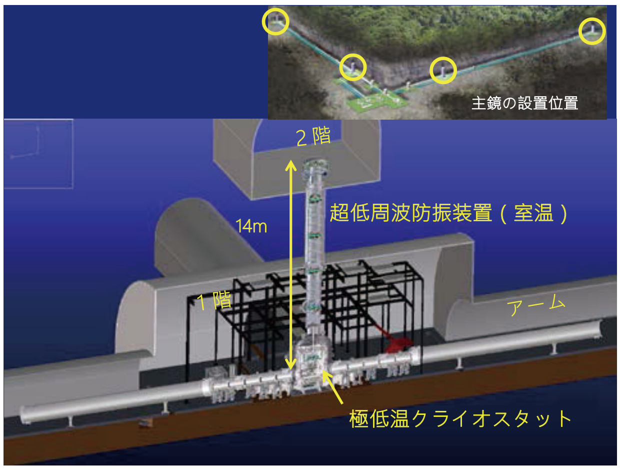


図 3.　極低温鏡サスペンションシステムの全体レイアウト。上部の細長いチューブの中には、国立天文台で開発した室温の超低周波防振装置が配置されており、その下部に、KEK で開発した極低温鏡サスペンションシステムが連結される。

縦方向の防振のために板バネを搭載した構造となっています。この装置全体が -250℃の極低温まで冷却されます。また、レーザー干渉計を動作させるには、この極低温鏡の位置を制御して安定化する必要があり、極低温でも動作する位置センサーやアクチュエータも搭載されています。

2017 年 11 月 30 日、我々はついに、KAGRA の Y-end クライオスタット※4 の中に最初の極低温鏡サスペンションシステムをインストールすることに成功しました。図 5 は、その際の記念写真です。メンバーが皆白装束なのは、この装置の周囲がクリーンブース※5 になっていて、ホコリ等が付着しないように専用のスーツを着用しているためです。この後、冷却試験が行われ、-250℃以下まで冷却することに成功しました。さらに、この極低温下で鏡サスペンションシステムの制御にも成功しました。これは重力波研究分野にとってとても重要な出来事なのです。何故かというと、日本で開発されたこの極低温鏡技術が世界的に注目を集め、次世代の重力波望遠鏡で極低温鏡を採用しようとする動きが広がっているからです。

KAGRA による本格的観測は 2019 年頃になる予定です。その時、ついに重力波観測網が完成し、本格的な重力波観測の時代が幕を開けるのです。

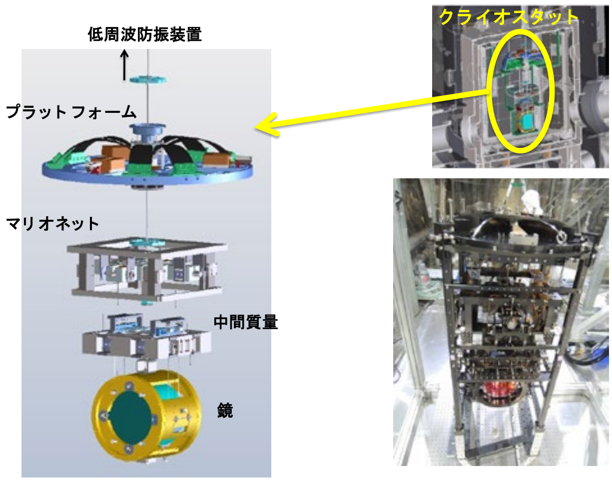


図 4.　極低温鏡サスペンションシステム

図 5.　KAGRA で最初に極低温鏡サスペンションシステムのインストールに成功したときの記念写真

※1 重力波の偏波
光と同様に重力波にも 2 つの偏波があり、それぞれプラスモード、クロスモードと呼ばれる。
※2 真空ベーキング
高真空を得るために、真空容器やその内容物表面に吸着しているガス（水）を放出させるように真空中で加熱処理を行う処理のこと。
※3 熱雑音
一般に、有限の温度を持った物体は熱により振動しており、それが雑音となる場合には熱雑音と呼ばれる。重力波検出器における熱雑音は、鏡などが熱振動をして位置が変わってしまうような雑音の事を指す。
※4 クライオスタット
極低温用の断熱真空容器のこと。
※5 クリーンブース
ホコリや塵を排除するように工夫されたエリアまたは部屋のこと。

関連サイト
LIGO Gallery
≫ https://www.ligo.caltech.edu/gallery
KAGRA ホームページ
≫ http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp
2017 年 10 月 3 日　KEK トピックス
2017 年のノーベル物理学賞は重力波観測の米国 LIGO チームが受賞
≫ https://www.kek.jp/ja/newsroom/2017/10/03/1900/
2017 年 12 月 21 日　KEK ハイライト
重力波をとらえる望遠鏡 KAGRA　日本発の低温技術が世界のスタンダードに
≫ https://www.kek.jp/ja/newsroom/2017/12/21/0900/

ILC コスト削減に向けた超伝導加速空洞の新しい技術開発

KEK では、国際リニアコライダー（ILC）の実現に向けて、フェルミ国立加速器研究所（Fermilab）と協力して超伝導加速空洞に関するコスト削減の研究を進めています。いくつかの研究課題のうち、超伝導加速空洞の高性能化が狙える新しい表面処理方法である「窒素インフュージョン」の研究と、新しいニオブ材料での超伝導空洞製造を目指す Large Grain（LG）空洞の研究について紹介します。

窒素インフュージョンは、Fermilab により発見・提唱された新しい空洞処理方法で、2.0 K（-271℃）での運転温度において Q 値※1 で約 2 倍、加速勾配※2 で約 10 % の向上が期待されています [1]。

超伝導加速空洞の標準的な表面処理方法は以下の通りです：約 100 μm またはそれ以上の電解研磨、800℃・3 時間の加熱真空炉での熱処理、20 μm 程度の仕上げ電解研磨、超純水高圧洗浄（HPR）、空洞組立（アセンブリ）、120℃・48 時間のベーキング。窒素インフュージョンにおいては、真空炉での熱処理時に特別な措置を施します。800℃・3 時間の熱処理後に真空を保持したまま冷却し、120℃にて 48 時間保持しますが、この際に 3.3 Pa 程度の窒素を真空炉に導入します。この工程によりニオブのごく表面 10 nm 程度のところに窒素が拡散していきます。理論的な背景は現在も研究中ですが、これによりニオブ空洞の性能向上を実現しています。

この手法では、10 nm 程度というごく薄い表面層が重要な役割を担いますので、標準処理で行っていた仕上げの電解研磨を行う事ができません。そのため、真空炉にて熱処理を施す段階で、空洞内面は非常に綺麗な状態である必要があります。また熱処理中に空洞表面を汚染しないよう、加熱真空炉自体も非常に高い清浄度である必要があります。

我々は、JAEA の協力の元、J-PARC の真空炉（図 1）を用いて窒素インフュージョンの研究を進めています。J-PARC の真空炉はクライオポンプとターボ分子ポンプからなるオイルフリーの真空排気系を搭載した清浄度の高い真空炉です。

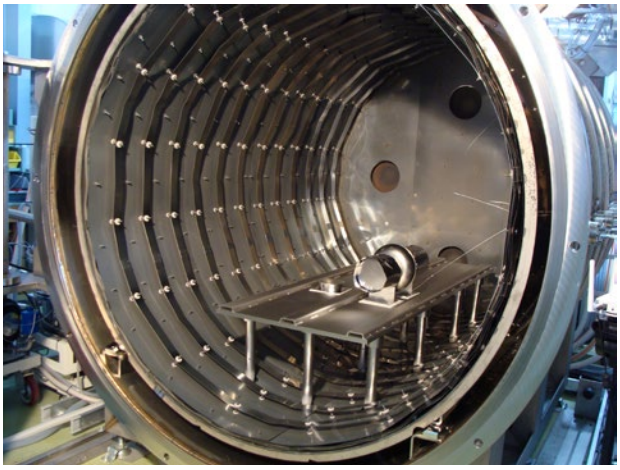


図 1.　J-PARC 真空炉。真空炉内に置かれているのは単セル超伝導空洞とニオブサンプル

窒素の導入系の構築を始めとする実験準備を進め、いよいよ最初の窒素インフュージョンが 1.3 GHz の単セル超伝導空洞に対し行われました。窒素導入時には真空炉内を 3.3 Pa に保持する必要がありますが、可搬式の小型粗排気セットにて真空炉内を排気しながら窒素導入を行いました。HPR、アセンブリの後、縦測定にて空洞性能評価を行いましたが、残念ながら 5 MV/m を超えたところから Q 値の低下が見られ、空洞性能が劣化するという結果に終わりました。性能劣化の原因としては、真空炉からの汚染と考えられ、窒素導入時に使用した粗排気セットの排気能力不足が疑われました。

この結果を踏まえ、2 回目以降の実験では、真空炉に搭載されている大型のターボ分子ポンプを使用する事にしました。ただし負荷が過大にならないよう回転数を落とした状態で使用しました。窒素導入時のバックグラウンドの真空圧力は約 3 桁改善されました。

2 回目の窒素インフュージョンも単セル空洞に施されました。2.0 K での縦測定の結果を図 2 に示します。緑の点が標準処理での空洞性能、紫の点は標準処理後に窒素インフュージョンを同じ空洞に行った結果を示しています。Q 値(Qo) 並びに加速勾配(Eacc) が向上している様子が確認できます。

トップメッセージ
KEK2017 ハイライト
KEK の役割と組織
環境マネジメント
環境関連トピックス
社会との関わり
資料・第三者意見

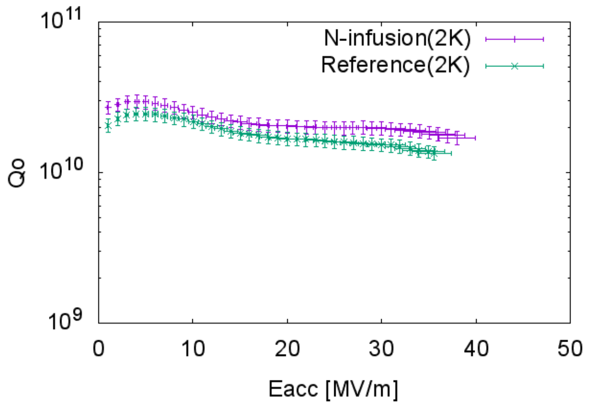


図 2.　単セル空洞への 2.0 K での縦測定結果。緑：標準処理、紫：窒素インフュージョン。

窒素インフュージョンは、その後も単セル空洞や 3 セル空洞に施し実験を継続していますが、うまく行く場合もあれば Q 値劣化による失敗に終わってしまう場合もあり、再現性良く実現することが現在の大きな課題の一つです。2017 年度末には KEK にも新しい加熱真空炉が導入されました。清浄度の高い良い条件で効率的に研究が進められる事が期待されています。窒素インフュージョンのパラメーターの最適化を行うとともに、早期に 9 セル空洞にも適用して、空洞性能の向上を確認する事を目標に研究を進めています。

もう一つの話題は、新しいニオブ材料の開発で、KEK の CFF（空洞製造施設）主導で進められている研究です。CFF には、プレス装置・化学研磨設備・電子ビーム溶接機などニオブ製空洞製造のための一通りの装置が揃っており、STF（超伝導リニアック試験施設）での作業と合わせて、空洞製造から処理・性能評価まで、超伝導空洞に関する全ての事を実施できるのが特徴です。その特徴を生かし、これまでも空洞製造技術やニオブ材料の研究を進めています [2]。

一般にニオブ製空洞の材料としては、高純度（RRR ※3 > 300）で結晶粒のサイズが数 10 μm 程度の Fine Grain（FG）ニオブ材と呼ばれる板材が用いられます。ここではコスト削減を目的として、タンタル含有量が多く純度もやや低め（240 < RRR < 300）の Large Grain（LG）と呼ばれる数 cm ～ 10 cm 以上の大きな結晶粒を持つニオブ板を用いての空洞製造に挑戦しました。

FG のニオブ板は、LG のインゴットから作られます。結晶粒を細かくする過程で鍛造・圧延という作業が行われますが、LG のニオブ板の場合、これらの作業を省く事ができるので、コスト削減に繋がると期待されています。また、LG 空洞の方が高い Q 値を得やすいという傾向を示す実験データもあり、空洞の高性能化も期待されます。

またニオブ板の純度を下げる事は、インゴットを作る際の溶融工程の回数を減らす事に繋がるので、こちらもコスト削減の効果があります。ただし純度を下げる事は、熱伝導率を下げる事であり、冷却効率の低下により逆に空洞性能劣化を引き起こす可能性がある点には注意が必要です。

LG のニオブ板は大きな結晶粒からなる事が特徴ですが、その非一様性が空洞製造において、しばしば困難をもたらします。空洞製造の最初の工程としてニオブ板をお椀型（空洞セルの半分の形）にプレス成形しますが、真円度が出ない、肉厚にばらつきが生じるなどの状況が起こります。特殊な治具を用意したり、特殊な工程を施したりして、様々な苦労をしながら空洞製造を行っています。特に肉厚のばらつきは溶接不良に繋がりますので、開先加工を含めた電子ビーム溶接工程には非常に気を使っています。CFF では 2 台の 1.3 GHz 3 セル空洞を製造しました。図 3 に完成した 2 台の空洞の写真を示します。


図 3.　製造された 2 台の Large Grain 3 セル空洞

この２台の空洞に対しても、窒素インフュージョンのところで述べた " 標準処理 " を施し、性能評価のための縦測定を行いました。図４に２台のうち１台の 2.0 K での測定結果を示します。40 MV/m 以上の高い加速勾配が得られており、このニオブ材での空洞製造の高いポテンシャルを示唆した結果だと考えられます。この結果を受けて、2018 年度には９セル空洞の製造が予定されています。

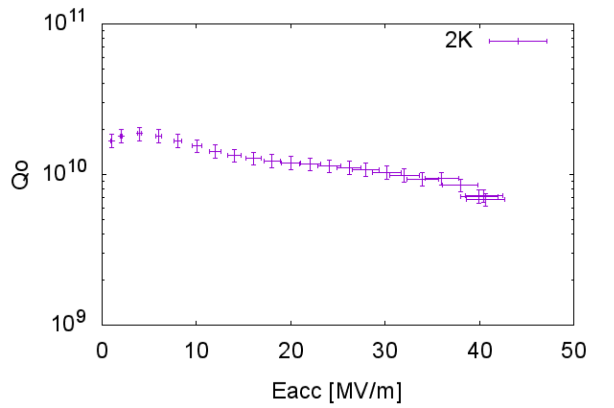


図 4.　2 台の LG 3 セル空洞のうちの 1 台の 2.0 K での縦測定結果

※1 Q 値
空洞が電磁波を閉じ込める強さを表す値。Q 値が高いほど共振が強く共鳴幅が狭くなる。空洞の表面抵抗とは逆比例の関係にあり、Q 値が高い事は表面負荷が少ない事を示す。
※2 加速勾配
単位長さ当たりの加速電圧。超伝導空洞の場合、単位は MV/m。1.3 GHz 空洞の場合、単セルだと約 11 cm、9 セルだと約 1 m の長さになる。
※3 RRR
残留抵抗値比（Residual Resistance Ratio）。高純度の方が RRR が高く、熱伝導度も良くなる。

文献

[1] A. Grassellino *et al.*, Supercond. Sci. Technol. **30**, 094004 (2017).
[2] H. Shimizu *et al.*, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* **27**, 3500714 (2017).

関連サイト
2018 年 3 月 5 日　KEK ハイライト
超伝導加速空洞性能向上の新しい技術〜「窒素インフュージョン」
≫ https://www.kek.jp/ja/newsroom/2018/03/05/1300/
2018 年 5 月 18 日　KEK ハイライト
ILC 実現に向けた空洞の材料選び〜「新材料で 40 MV/m 以上を達成！」
≫ https://www.kek.jp/ja/newsroom/2018/05/18/1100/

KEK の役割と組織

KEK とは

（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。アジア・オセアニア地域に位置する研究機関として、諸機関との連携協力を重視し、同地域における加速器科学の中心的役割を果たします。

（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。

KEKの目指すもの

KEKでは、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。

この世界にある物質は、分子や原子の組み合わせからできています。その原子は原子核と電子から、原子核は陽子と中性子から構成されています。さらに陽子と中性子の中を探ると、最も小さな構成要素(素粒子)である「クォーク」にたどり着きます。一方、分子や原子の無数の集まりは私達の周りの様々な物質を構成し、その最も進んだ一形態としての生命体にまで行き着きます。KEKは加速器を用いて、素粒子や原子核の研究から原子や分子レベルでの物質の構造や機能の研究、生命体の生命活動の研究まで、幅広い基礎科学の研究を行っています。

高エネルギー加速器とは、電子や陽子などの粒子を、ほぼ光の速さまで加速して、高エネルギーの状態を作り出す装置です。この高エネルギー状態から作られる素粒子の世界を研究すると、誕生直後の宇宙の様子を探ることができます。また、加速器が作る光や中性子、ミュオンなどの量子ビームは、倍率の高い顕微鏡として、これまでに見ることができなかった物質の構造や、生命活動の研究を行うことができます。

素粒子・原子核の世界の研究

宇宙は約138億年前のビッグバンによって始まったと考えられています。宇宙が出来た当初は素粒子の世界でした。望遠鏡や人工衛星で宇宙を眺めるのに対し、KEKは加速器を用いて宇宙の初期状態を再現することで宇宙の研究を行います。

物質の構造や機能の研究

電子加速器で電子の軌道を曲げたときに生じる「放射光」という強い光や、電子を金属標的に衝突させて発生させる「陽電子」、陽子加速器で陽子を金属標的に衝突させ発生させる「中性子」や「ミュオン」という粒子を試料に照射し、さまざまな物質の構造や機能を原子や分子のレベルでの詳細な観察をすることで、物理学、化学、生物学、工学、農学、医学、薬学など幅広い分野の研究を行います。

世界の加速器科学は今、転換期を迎えています。

日本原子力研究開発機構(JAEA)と共同で建設を進めてきたJ-PARCが完成し、大強度陽子ビームを利用した新しい時代の素粒子・原子核の研究、および中性子・ミュオンによる物質生命科学の研究が始まりました。また、KEKB加速器は積分ルミノシティの目標値を達成し、宇宙の謎のさらなる解明のためにSuperKEKB(スーパーKEKB)として生まれ変わろうとしています。

放射光を利用した研究分野では、全世界的にその中心が第三世代光源から新第三世代光源を用いたものに移行しつつあり、次世代の光源の建設計画も検討されています。

海外では今後の素粒子物理の方向性を大きく左右する大型ハドロン衝突型加速器(LHC)が本格稼働し、国際協力で進めている 次世代の電子・陽電子衝突型加速器である国際リニアコライダー(ILC)のための研究開発も量産化を視野に入れた新たな段階に入ろうとしています。

KEKは、このような転換期における研究計画を策定することを我が国の加速器科学の緊急の課題と認識し、2009年から5か年間の具体的な研究計画である「KEKロードマップ」を策定しました。2013年5月にはそのロードマップのアップデートである「KEKロードマップ2013」を、2016年6月にはロードマップに挙げられた研究計画を具体的に進めるための実施計画「KEK Project Implementation Plan(KEK-PIP)」を策定し、その実現に向けて努力しています。

組織

素粒子原子核研究所

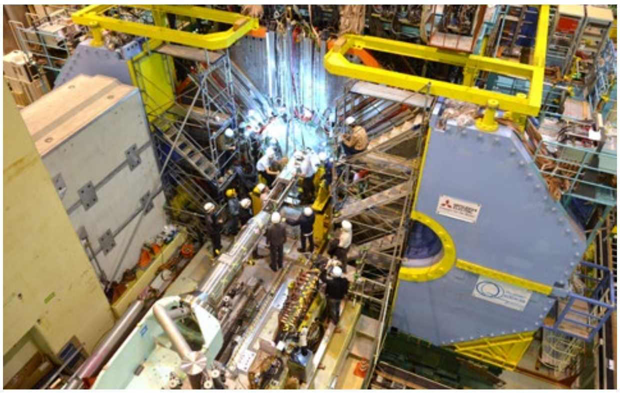
素粒子原子核研究所では、この世界にある物質を構成する素粒子や原子核、さらにそれらに働く力の性質などを明らかにするため、実験と理論の両面から研究が行われています。それにより、素粒子をはじめとした極微の世界の謎を解明し、現在の宇宙がどのように生まれたのかという根源的な謎に挑みます。

つくばキャンパスには、B 中間子を詳しく研究する、SuperKEKB 加速器と Belle II 測定器が設置されています。これらは、小林誠・益川敏英両博士の 2008 年ノーベル物理学賞受賞を導くなど、輝かしい成果をあげた KEKB 加速器、Belle 測定器を大幅にグレードアップしたものですが、2018 年 4 月には改造後初めての電子・陽電子の衝突を達成しました。世界最高となるルミノシティ（衝突頻度）を活かし、Belle 時代の 50 倍に及ぶ大量のデータを高い精度で蓄積し、新しい物理法則を探索します。また、多くの物理学者が所属する理論センターを備え、素粒子、原子核、宇宙物理学など幅広い理論研究が行われています。

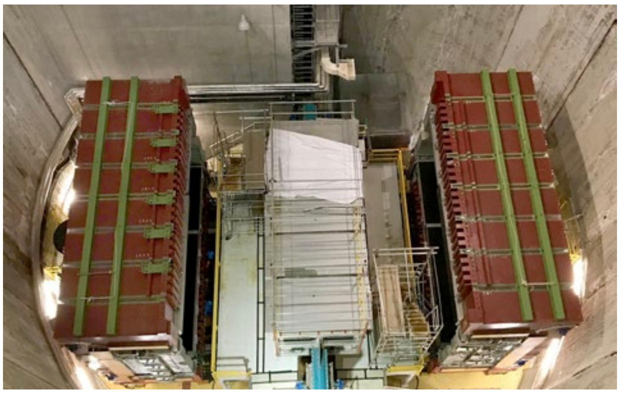
東海キャンパスでは、J-PARC の大強度陽子加速器を利用した実験が行われています。T2K 実験は、J-PARC で人工的に作り出したニュートリノを、295 km 離れたスーパーカミオカンデ（岐阜県飛騨市神岡町）の巨大水槽に打ち込み、ニュートリノ振動をより精密に調べる国際共同研究です。また、ハドロン実験施設では、生成された多彩なハドロンから「強い力」に反応するハドロン・原子核の性質や構造を調べる実験が行われているほか、ミューオンを使った実験も計画されています。

理化学研究所（和光市）にある和光原子核科学センターでは、元素選択型分離装置（KISS：KEK Isotope Separation System）が設置され、中性子が過剰な重い短寿命原子核を生成し、その基礎特性を調べる実験が行われています。また、超ウラン元素の質量を直接測定するなどの応用実験も行われています。

一方、欧州合同原子核研究機関（CERN）・大型ハドロン衝突型加速器（LHC）の ATLAS 実験、スイス・ポールシェラー研究所（PSI）の MEG 実験、南米チリで宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の観測を行う POLARBEAR 実験など、海外が拠点の実験にも参画しています。また、電気双極子モーメント（EDM）の精密測定を目的とした超冷中性子（UCN）実験のように、大阪大学核物理研究センター（RCNP）に置いてあった KEK の UCN 源を、カナダの TRIUMF 研究所に移設して海外拠点化したものもあります。



電子・陽電子の初衝突に向けた準備を行う Belle II 測定器（つくばキャンパス）



T2K 実験で使われる J-PARC の前置ニュートリノ検出器（東海キャンパス）

物質構造科学研究所

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とミュオンを使い、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基礎研究を行っています。

例えば、磁性や伝導性など、物質がもつ多彩な性質を決定づける、原子の種類や並び、電子の振る舞いを調べ、制御し、新しいテクノロジーの開発につながる物質科学。また、資源・エネルギー源の乏しい日本で求められる、太陽電池や燃料電池普及のための水素貯蔵技術などの実現・普及、化学産業の低炭素グリーンプロセス化（低環境負担化）など、持続可能な社会実現の実現を目指した研究を行っています。

そして生命科学の分野では、生命現象を担う巨大で複雑な分子であるタンパク質の立体構造を放射光によって解明しています。タンパク質は、たった 20 種のアミノ酸が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、初めて多様な機能を発揮します。タンパク質の立体構造を知ることは、その機能を見ることに等しく、解明が進む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。

これらにより得られる機能発現に関する知見は、新素材や新機能の開発など、私たちの生活をより快適に、便利にする応用研究にもつながっています。

このような研究を推進するため、物質構造科学研究所には、放射光科学研究系、中性子科学研究系、ミュオン科学研究系という研究手法ごとのグループの他、これらを横断的に活用する構造生物学研究センター、構造物性研究センター、計測システム開発室があります。

フォトンファクトリー実験ホール（つくばキャンパス）

J-PARC 物質・生命科学実験施設実験ホール（東海キャンパス）

加速器研究施設

加速器研究施設は KEK のすべての加速器の運転維持とビーム性能の向上を通じて、素粒子・原子核・物質・生命などの共同利用実験で用いられるビームを、日本と世界の研究者に提供しています。また、さまざまな将来の加速器科学と関連技術の研究、設計、開発に取り組んでいます。

つくばキャンパスでは、シンクロトロン放射光利用の世界的パイオニアであるフォトンファクトリー（PF と PF-AR）などで、共同利用実験を推進しています。2008 年のノーベル物理学賞の受賞を決定づけた KEKB（電子陽電子リング及びリニアックから成る B ファクトリー）の高度化計画である SuperKEKB の建設、及び次世代放射光源のための研究開発に取り組んでいます。同時に、国際リニアコライダー（ILC）のための技術開発を試験加速器 ATF と STF などで行っています。ERL 開発で培った技術を発展させるため、先端加速器推進部内で超伝導加速器利用推進チームが活動しています。

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）を運用し、物質・生命科学実験施設、ニュートリノ実験施設、ハドロン実験施設に向けて大強度陽子ビームを供給しています。

加速器研究施設では米国（Fermilab、SLAC、Cornell 大学、JLab 等）、アジア（北京 IHEP、上海、浦項、台湾、BINP、RRCAT 等）、ヨーロッパ（CERN、DESY、INFN 等）などの世界の加速器研究者とさまざまな研究協力・交流を展開しています。

完成した SuperKEKB 陽電子ダンピングリング（右）とビーム輸送路（左）（つくばキャンパス）

J-PARC 主リングシンクロトロン（東海キャンパス）

共通基盤研究施設

大型加速器の開発・利用研究には、高度な技術支援が必要です。共通基盤研究施設には、放射線防護・環境保全、コンピュータ、超伝導・低温技術、機械加工技術に関する基盤的研究を行うため 4 つのセンターが置かれています。

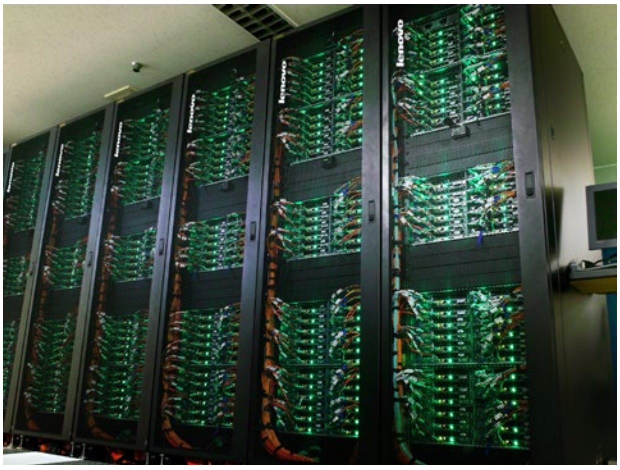
放射線科学センターは、加速器の放射線防護・安全管理を行います。放射線を検出し挙動をシミュレーションする技術の開発、加速器で生成する放射化物の研究、環境放射能の分析を行っています。また、加速器開発や実験に使用する化学物質に関わる総合的な安全管理、分析法の開発を行っています。

計算科学センターは、大型計算機システム、ネットワーク及びメールや Web サーバーなどの KEK の情報環境の整備・運用を行うとともに、これに関連する開発・研究を行っています。大規模加速器実験におけるデータ解析や、スーパーコンピュータによる理論数値シミュレーション計算におけるデータ・計算資源を多国間、国内の研究機関の間で共有し、分散処理をするためのシステム開発・運用も行っています。

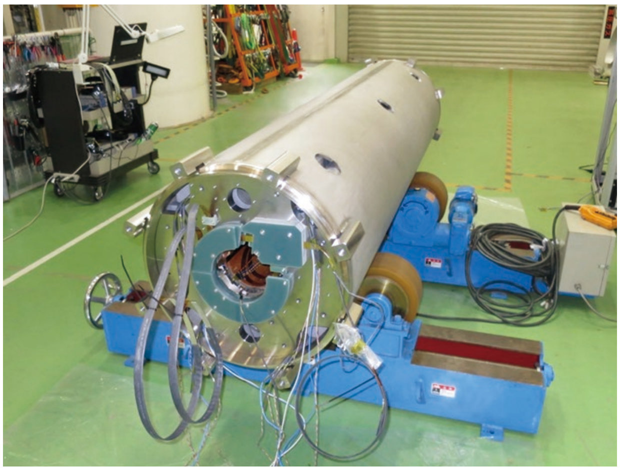
超伝導低温工学センターは、液体ヘリウムの供給と極低温技術支援を行っています。また、加速器の超伝導電磁石を開発する国際的な拠点の 1 つであり、欧州合同原子核研究機関（CERN）に協力して、大型ハドロン衝突型加速器（LHC）の高輝度化アップグレー

ドのための超伝導ビーム分離用大口径２極磁石の開発を進めています。

機械工学センターは、加速器・実験装置開発のため、工作機械を使った製造と加工、組立、計測、設計を行っています。超伝導加速空洞の製造技術の開発、加速器でのロボット技術、低温環境での機器の特性評価などの開発研究を行い、企業への技術移転も進めています。



10,000 超の CPU コアを有する中央計算機システム

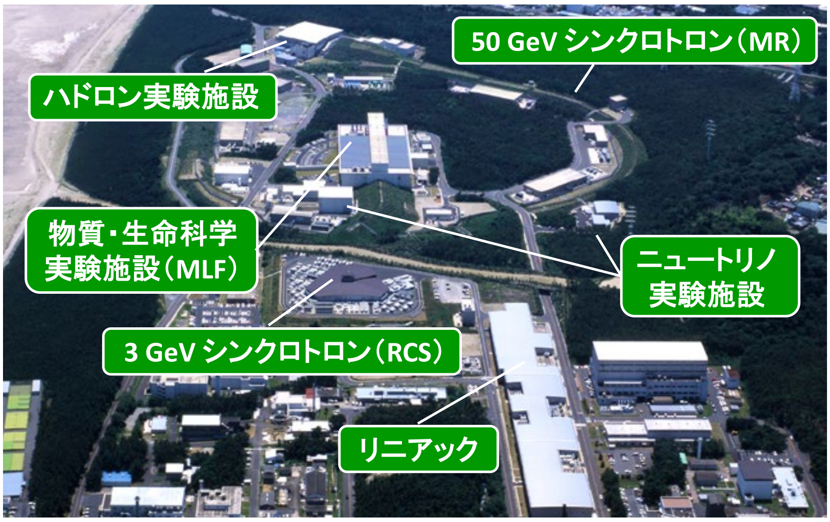


超伝導低温工学センターで開発された LHC 高輝度化アップグレードのためのビーム分離用超伝導大口径２極磁石のモデル磁石

J-PARC センター

大強度陽子加速器施設 J-PARC（Japan Proton Accelerator Research Complex）は、KEK と日本原子力研究開発機構（JAEA）が共同で建設、運営する世界最高クラスの大強度陽子ビームを生成する加速器と、その大強度陽子ビームを利用する実験施設で構成される最先端科学の研究施設です。高いエネルギーまで加速された陽子を原子核標的に衝突させると、原子核反応により、中性子、K 中間子、π中間子、ミュオン、ニュートリノ、反陽子などの多様な二次粒子が生成されます。これらの二次粒子を利用して、原子核物理、素粒子物理、物質科学、生命科学、原子力工学の分野におけるさまざまな最先端の研究を進めています。加速器はリニアック（LINAC）、3 GeV シンクロトロン（RCS）、50 GeV シンクロトロン（MR）で構成され、実験施設としては 3 GeV 陽子ビームにより生成される中性子とミュオンを利用する物質・生命科学実験施設（MLF）、MR からの陽子ビームを利用するハドロン実験施設とニュートリノ実験施設があります。

MLF では、中性子やミュオンを用いて物質の構造や運動状態を解明し、新材料の開発などに役立てようとしています。ニュートリノ実験施設では、MR を用いて発生させたニュートリノビームを射出し、295 km 離れた岐阜県神岡にある５万トンの水を水槽にためた大型検出器スーパーカミオカンデで検出することにより、ニュートリノの性質を解明するための T2K 実験を進めています。ハドロン実験施設では K 中間子、π中間子、ミュオンなどの２次粒子ビームを利用して、物質の起源の謎に迫る様々な研究が進められています。



J-PARC の加速器施設と実験施設

総合研究大学院大学　高エネルギー加速器科学研究科

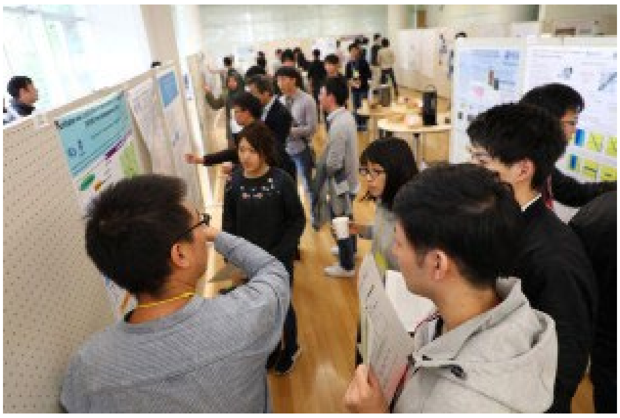
加速器研究施設・共通基盤研究施設、物質構造科学研究所、素粒子原子核研究所にはそれぞれ、加速器科学専攻、物質構造科学専攻、素粒子原子核専攻があり、3 専攻で高エネルギー加速器科学研究科が成り立っています。本研究科では、KEK での研究活動を基礎に、全専攻が緊密に協力して幅広い分野の大学院教育を展開し新しい時代の研究者を養成しています。

加速器科学専攻

加速器の原理研究や先端的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

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・化学・生物・医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。


総研大生のほか、各種制度により受け入れた大学院生が一堂に会して、ポスター発表した「KEK スチューデント・デイ」

素粒子原子核専攻

素粒子および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。

また、KEK では、総研大における教育のほか、大学における加速器科学関連分野の教育を支援するため、特別共同利用研究員制度や連携大学院制度による大学院生の教育にも協力を行っています。

基礎データ

■ 職員数（2017 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	4	2	362	-	-	158	166	693
その他有期雇用職員	-	-	-	24	18	101	55	175	373

■ 総合研究大学院大学学生数（2017 年 4 月現在）〔単位：人〕

加速器科学専攻	物質構造科学専攻	素粒子原子核専攻	合計
21	9	42	72

■ 予算（2017 年度計画）〔単位：百万円〕

収入：32,573	
運営費交付金	18,223
補助金等収入	10,761
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	2,132
施設整備費補助金	1,144
自己収入（雑収入）	270
大学改革支援・学位授与機構施設費交付金	40
引当金取崩	3

支出：32,573	
業務費（教育研究経費）	15,726
補助金等	10,761
長期借入金償還金	2,769
産学連携等研究経費及び寄付金事業等	2,132
施設整備費	1,184

■ 施設（2017 年 4 月現在）〔単位：m^2〕

	敷地面積	建物面積
つくばキャンパス	1,531,286	196,995
東海キャンパス	103,120	42,021

■ 沿革

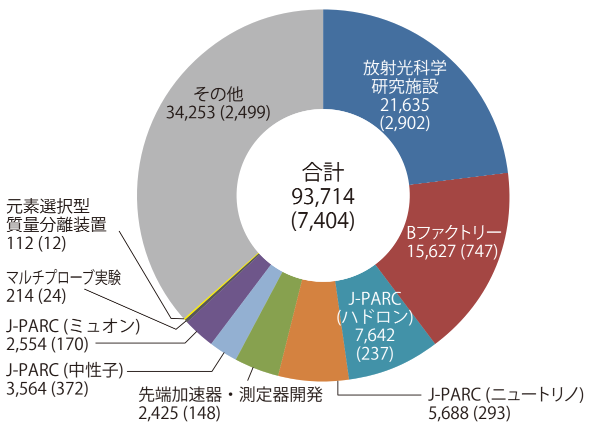
1955 年 7 月　東京大学原子核研究所設立（東京都田無町　現：西東京市）
1971 年 4 月　高エネルギー物理学研究所設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1978 年 4 月　東京大学理学部付属施設中間子科学実験施設設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1997 年 4 月　高エネルギー加速器研究機構設立（上記の 3 つの組織を改組・転換）
2004 年 4 月　大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足（法人化）
2005 年 4 月　東海キャンパスの設置
2006 年 2 月　J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

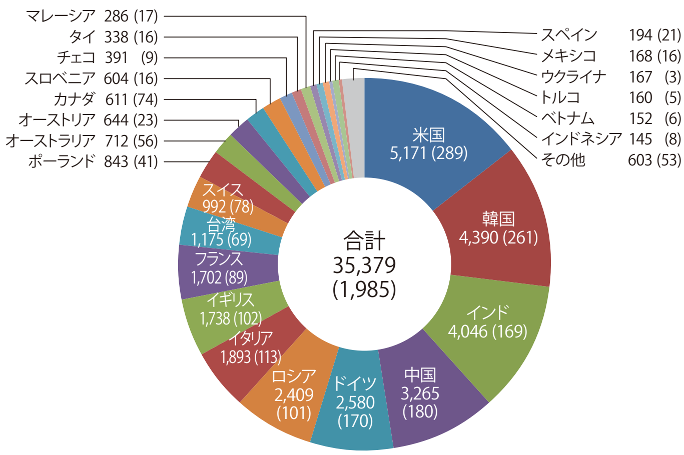
■ 共同利用実験の申請・採択・実施状況

項目 / 区分	2017 年度		
	申請件数	採択件数	実施件数
B ファクトリー実験	-	-	1
放射光実験	422	410	797
中性子実験（J-PARC）	117	105	101
ミュオン実験（J-PARC）	81	77	57
ハドロン実験（J-PARC）	1	0	14
ニュートリノ実験（J-PARC）	1	1	2
マルチプローブ実験	0	0	1
大型シミュレーション研究	25	25	25
元素選択型質量分離装置実験	2	2	2
合計	649	620	1,000

■ 2017 年度共同研究者等受入
〔単位：延人日（実人数）〕



■ 2017 年度外国機関共同研究者受入
（国・地域別）〔単位：延人日（実人数）〕



■ 2017 年度発表論文数（共同利用・共同研究に基づくものを含む）〔単位：本〕

区分	論文数
素粒子原子核研究所	423
物質構造科学研究所	659
加速器研究施設	398
共通基盤研究施設	73
その他	2
合計	1,555

環境マネジメント

環境方針

高エネルギー加速器研究機構　環境方針

◆ 基本理念

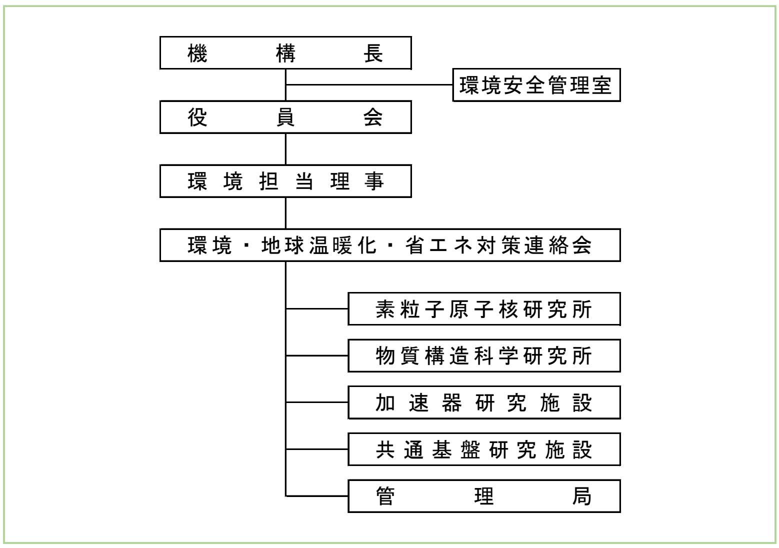
高エネルギー加速器研究機構は、研究・教育活動及びそれに伴うすべての事業活動において、地球環境の保全を認識し、環境との調和と環境負荷の低減に努めます。
以上を念頭に置きつつ、研究・教育活動を積極的に推進するとともに、地球環境を維持・承継しつつ持続的発展が可能な社会の構築を目指します。

◆ 基本方針

1. 省エネルギー、省資源、廃棄物の削減、放射線及び化学物質管理の徹底等を通じて、環境保全と環境負荷の低減に努めます。
2. 環境関連法規、条例、協定及び自主基準を遵守します。
3. 環境配慮に関する情報公開を適切に行うとともに、地域社会の一員として地域の環境保全に貢献します。
4. 環境マネジメントシステムを確立し、継続的な改善を進めます。
5. 環境保全の目的及び目標を設定し、教職員の環境意識を向上させ、共同利用研究者、大学院生、外部関連組織の関係者と協力してこれらの達成に努めます。

環境管理体制

KEK では、以下の組織で環境配慮活動に取り組んでいます。



環境目標・計画と達成度

KEK の 2017 年度環境目標・環境計画の達成度を以下に示します。達成度の評価基準は p.22 に示します。

環境保全と環境負荷の低減

環境目標	行動計画	主な取り組み	評価
省エネルギー対策の推進	年度計画終了時に検証、次年度の計画を策定	年間使用見込をもって、次年度計画を策定する	○
	省エネルギー等の教育啓発	電力使用状況をリアルタイムで KEK 内へ周知する 省エネパトロールを実施する	○
情報の発信	年度計画を HP に掲載するなど周知徹底	施設部 HP に掲載、KEK 内へ周知する	○
	光熱水の使用量を各種会議、HP で公表	環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会及び施設部 HP で公表する	○
	2017 年度の CO_2 排出量を公表	施設部 HP で公表する	○
実験機器の省エネルギー、資源の有効活用の推進	加速器及び実験装置に関する電力などエネルギー資源の使用による CO_2 の排出削減に対して、〔投入エネルギー〕対〔研究、教育等の成果〕の効率の向上	様々な基盤技術の開発と装置の改善を実践する	○
	省エネルギーにつながる実験装置の開発の促進	ERL や超伝導の技術開発する	○
	電磁石、電源その他の機器の再利用、放射線遮蔽用鉄材料などの実験用材料や機器の有効利用の促進	積極的に再利用を図る	○
	戦略的な執行を図る	各研究所、研究施設で実施する	○
	将来型加速器の電磁石、加速装置等の超伝導化	ILC、ERL 基礎研究を実施する	○
物品及び役務の調達・使用にあたっての配慮	低公害車の導入	更新時にはグリーン購入法適合車種を購入する	○
	自動車の効率的利用 ・公用車等の効率的利用 ・業務連絡バス利用の促進	公用車の乗り合い及びエコドライブを励行する 会議等で業務連絡バスの利用状況を発信し、積極利用を働きかける	○
	用紙類の使用量の削減 ・会議用資料や事務手続の一層の簡素化 ・両面印刷、集約印刷の徹底 ・不要となった用紙の裏面利用 ・使用済み封筒の再利用	ペーパーレス会議の実施や両面コピー・集約コピー等の実施を継続して励行する	○
	再生紙など再生品の活用、リサイクル可能な製品の使用	コピー用紙を始め、トイレットペーパー等に至る用紙類は全て再生紙を使用する 文具類等既製品の購入は、環境物品等の調達の推進を図るための方針により、再生材使用品若しくはリサイクル可能な製品を購入する 納入業者に対しては、メーカー出荷時の最低限の包装のみでの納入させる 包装材はリサイクル対応可能なものの使用させる	○

環境目標	行動計画	主な取り組み	評価
物品及び役務の調達・使用にあたっての配慮	自動販売機設置の見直し ・設置実態を把握し、更新時にエネルギー消費のより少ない機種に変更	エネルギー使用量の少ない機種に変更する	○
建築物の建築、管理等にあたっての配慮	温室効果ガスの排出の少ない空調設備の導入	グリーン購入法の適合品及び効率の良い機器を設置する	○
	水の有効利用 ・感知式の洗浄弁・自動水栓等の設置	改修工事等では給水装置に感知式の洗浄弁・自動水栓等を使用する	○
	敷地内の環境の維持管理 ・枝葉等の再利用、廃棄物の排出削減	剪定した枝葉等を、構内空地に敷均することにより、循環させている	○
	建築物建築等における省エネタイプの建設機械の使用促進	排出ガス対策型建設機械及びディーゼル車排出ガス規制に適合した車両を使用することを仕様書に明記する	○
その他抑制等への配慮	廃棄物の減量 ・シュレッダーの使用の抑制 ・トナーカートリッジの回収 ・OA 機器、家電製品等廃棄物の適正処理	シュレッダーの使用については最低限の使用を呼び掛け、新たな処理方法を取り入れている トナーカートリッジは全て業者に回収を依頼する 各種廃棄物の処理は、適宜廃棄業者へ依頼し適正に処理する	○
職員に対する研修等	職員に対する地球温暖化対策に関する研修の機会、情報提供 ・環境配慮に関する研修への積極参加 ・環境配慮に関する情報の提供 ・省エネルギー対策のアイデアを募集	関連する講習会等へ職員を参加させる HP や電子メールを活用して情報を提供する 環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会を通して KEK 職員へアイディアを求める	○

評価基準

○　目標を達成している
△　目標の達成するには更なる努力が必要
▲　目標を達成できなかった

環境負荷の全体像

2017 年度の環境負荷の全体像について以下に示します。
個別の項目の詳細については、次ページ以降に記載しています。
キャンパスごとのデータと換算係数については、p.57「環境データ集」をご覧ください。

投入量

総エネルギー投入量	2,778	TJ	▶p.24
電力使用量	281	GWh	▶p.24
都市ガス使用量	1,448	千m^3	▶p.25
石油燃料使用量	24	kL	▶p.25
印刷用紙購入量	24	t	▶p.26
水資源使用量	296	千m^3	▶p.26

太陽光発電量	81	MWh	▶p.25
ヘリウム			▶p.26

排出量

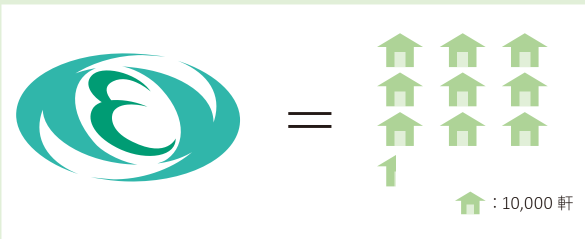
CO_2 排出量	147	千t-CO_2	▶p.27
一般廃棄物排出量	108	t	▶p.28
産業廃棄物排出量	216	t	▶p.28
実験系廃棄物排出量	26	t	▶p.28
放射性廃棄物排出量	8	kL	▶p.29
下水道排出量	84	千m^3	▶p.30
大気中への排出 ばいじん、NOx、揮発性化学物質			▶p.30

リサイクル	491	t	▶p.29

コラム 1

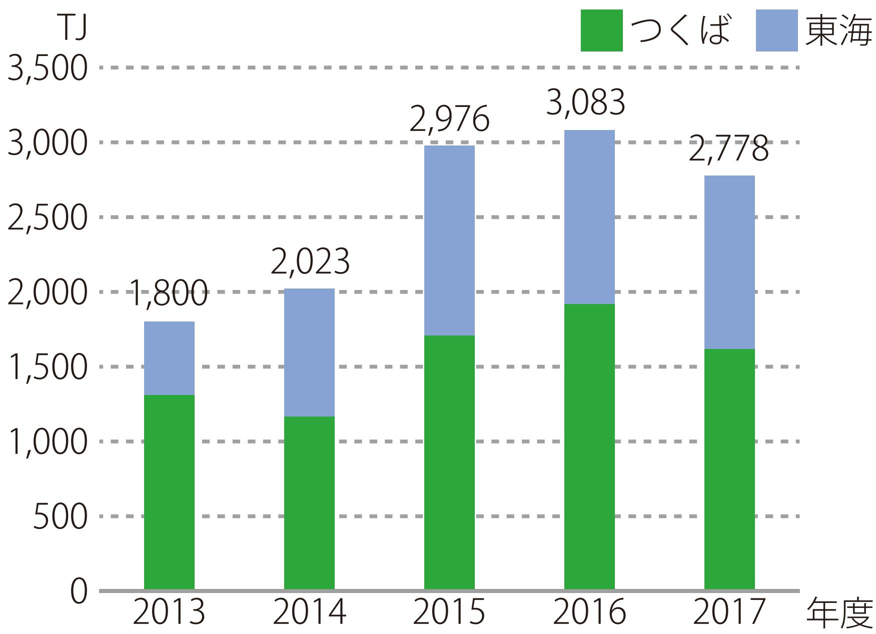
一般家庭と KEK の電力使用量

　一般家庭 1 軒当たりの電力使用量は、1 月当たり 248.7 kWh(出典 東京電力、2015 年)で、1 年間では 2,984 kWh (約 0.003 GWh) です。KEK の電力使用量は一般家庭の約 94,200 軒分に当たります。



総エネルギー投入量

2017 年度は、281,093 MWh の電力、1,448 千 m^3 の都市ガス、21 kL のガソリン、2 kL の軽油、0.48 kL の A 重油を使用しました。これらのエネルギー投入量を熱量に換算すると 2,778 TJ（1 TJ = 1,000 GJ）であり、2016 年度に比べ 10% 減となりました。つくばキャンパスでは 16% 減少、東海キャンパスでは 0.4% 減少しました。換算係数については、p.58 をご参照ください。



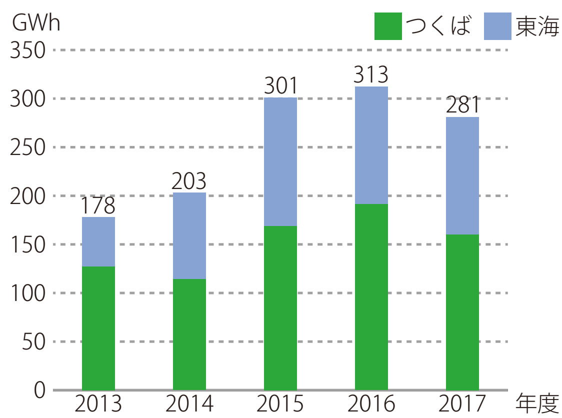
総エネルギー投入量の推移

電力

2017 年度は、つくばキャンパスにおいて、160,264 MWh の電力を使用しました。2016 年度に比べ、16% 減少しました。一方、東海キャンパスにおいては、120,829 MWh の電力を使用し、2016 年度に比べ 0.4% 減少しました。

総エネルギー投入量に占める割合は 97.62% になります。

※1 J-PARC の電力使用量については、JAEA との協議による分担分を記載しています。

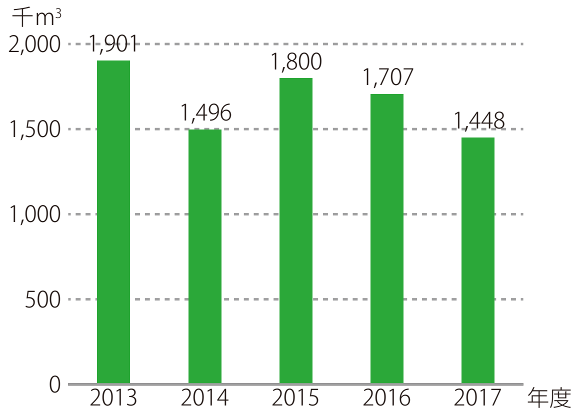


電力使用量の推移※1

都市ガス

主に実験室空調用及び実験冷却水用につくばキャンパスでのみ使用しています。2017 年度は、2016 年度に比べ 15% 減少しました。

総エネルギー投入量に占める割合は 2.35% になります。



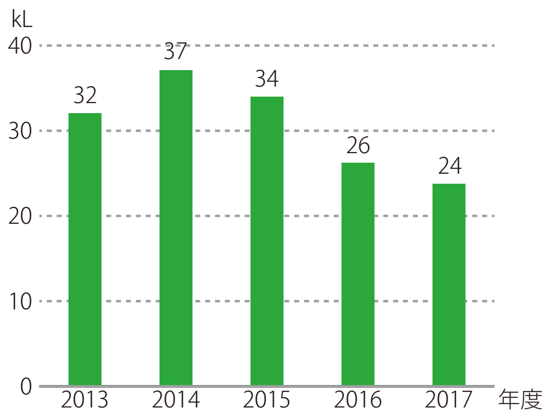
都市ガス使用量の推移

石油燃料

石油燃料使用量は、公用車のガソリン・軽油及び自家発電に用いる A 重油によるもので、購入量を使用量としています。2017 年度は、2016 年度に比べ 9% 減少しました。

総エネルギー投入量に占める割合は 0.03% になります。

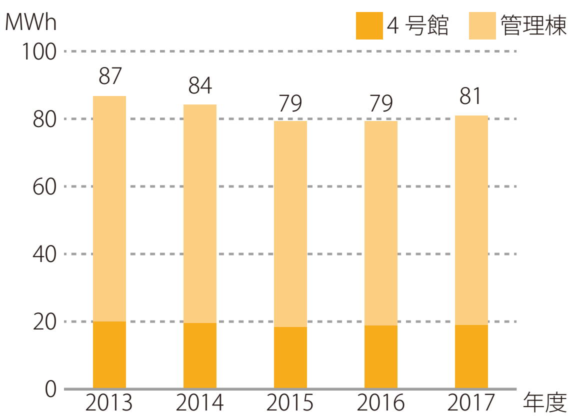
なお、つくばー東海間を往復する業務連絡バスの燃料は、請負業者の事業負担であるため考慮していません。



石油燃料使用量の推移

太陽光発電量

つくばキャンパスでは、太陽光発電設備を管理棟（50 kW）と 4 号館（17 kW）の屋上に設置しています。2017 年度は、合わせて 81 MWh を発電しました。

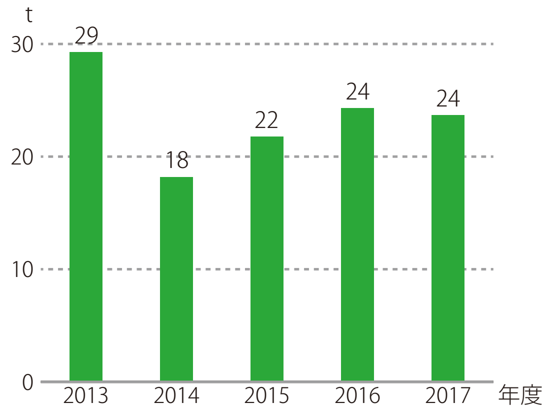


太陽光発電量の推移

印刷用紙

2017 年度の印刷用紙購入量は 23.7 t と 2016 年度に比べ 2.6% 減少しました。

KEK ではペーパーレス会議の開催に努めており、これによる印刷用紙の削減量は年間約 2.8 t に上ります。今後とも申請書等の電子化、ペーパーレス会議の効率的な開催、両面印刷の徹底など、紙の使用量削減に努めていきます。

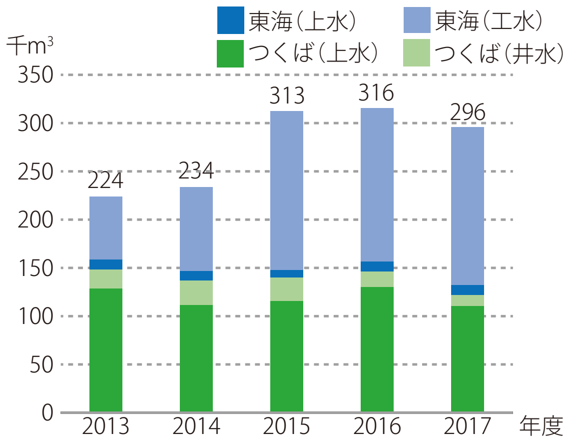


印刷用紙購入量の推移

水資源

KEK では、上水のほかに、つくばキャンパスでは井水、東海キャンパスでは工水（工業用水）を使用しています。井水や工水は、実験装置冷却水や空調設備のクーリングタワー（冷却塔）の循環水、便所洗浄水等に使用しています。2017 年度は、2016 年度に比べ、上水（つくば）は 15% 減少、井水は 27% 減少、上水（東海）は 3.5% 減少、工水は 3% 増加しました。

※1 J-PARC の上水及び工水は、JAEA との協議による分担分を記載しています。

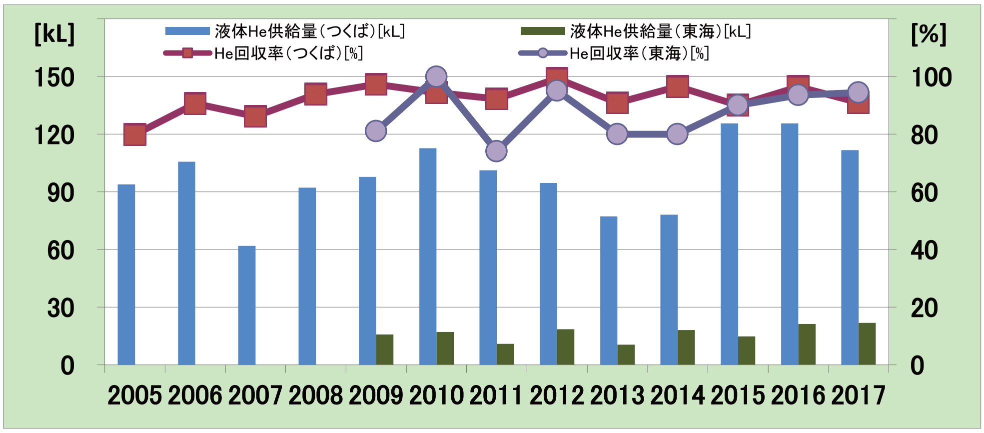


水資源使用量の推移※1

ヘリウム

ヘリウムは、元素中で最も低い沸点（-269℃ , 1 気圧）を持ち、最も軽く、化学的にも放射線的にも非常に安定な元素です。これらの性質故に、ヘリウムは、病院の MRI 等の超伝導機器、ガラスファイバーや半導体製造などの先端技術に必要不可欠な元素となっています。このため、ヘリウムの消費量は年々増加する傾向にあります。一方、ヘリウムは地球上において希少な資源であるだけでなく、限られた天然ガス田からの副産物としてしか生産されず、ヘリウムの需給は不安定です。

KEK においてヘリウムは、極低温実験や超伝導技術開発用の冷媒として非常に重要な役割を持っています。超伝導技術は省エネルギー技術として重要な環境技術の一つで、その開発は KEK の環境技術への貢献の一つの柱となっています。KEK での液体ヘリウムの需要は、次ページの図の通り、一研究機関の需要としては非常に大きなものです。このため KEK では、ヘリウムの循環再利用は大きな責務として捉え、冷媒として供給した液体ヘリウムを使用後にガスヘリウムとして回収し再利用しています。回収は下図の通り比較的高い回収率で行われていますが、回収液化設備の拡充やユーザーへの教育を通して更なる回収率の向上に努力しています。

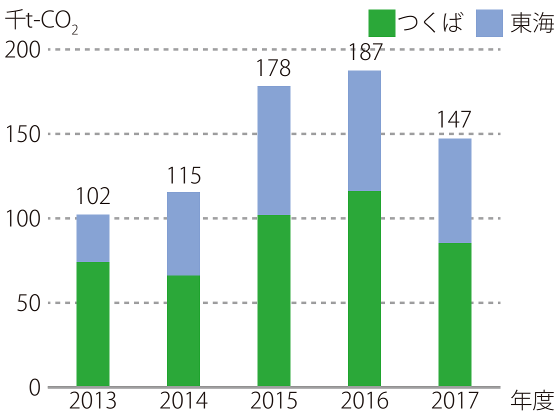


KEK における液体ヘリウムの供給とガスヘリウムの回収率
2011 年における東海の回収率減少は東日本大震災の影響

温室効果ガス

KEK 全体の排出量

2017 年度の総二酸化炭素排出量は 147,225 t-CO_2 でした。その内訳は電力使用量によるものが 95% 以上を占めています。つくばキャンパスにおいて電力使用量が減少したためと、換算係数が 2016 年度の 0.587 t-CO_2/MWh から 0.512 t-CO_2/MWh と大きく減少したことで、21% 減少しました。換算係数については、p.58 をご参照ください。

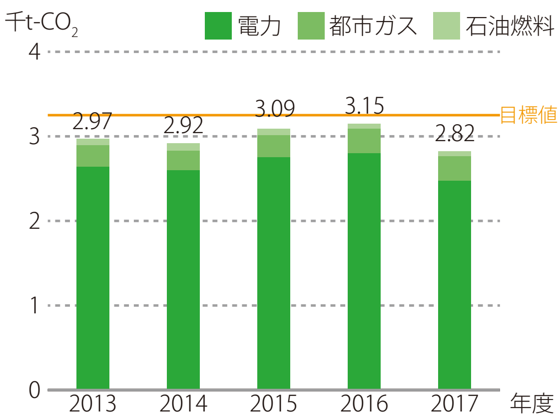


KEK 全体の CO_2 排出量の推移

一般需要による排出量

加速器施設などの運転以外に使用している研究棟、管理棟などの電力と都市ガス及び石油燃料等の " 一般需要による二酸化炭素排出量 " について、「高エネルギー加速器研究機構における地球温暖化対策のための計画書」で 2012 年度までに 2006 年度比 5% 減の目標を設定し、達成しました。

2012 年度以降は、2006 年度比 5% 減の目標値を維持することにし、二酸化炭素排出量削減のため、省エネパトロール、エネルギー使用量の職員への周知徹底などの努力を行いました。2017 年度は、2016 年度と比べると 10% 減で、2006 年度比では 12% 減となり、5% 減の目標達成を維持しました。



一般需要による CO_2 排出量の推移

廃棄物・リサイクル

一般廃棄物

2017 年度は、一般廃棄物として 102 t の可燃物、6 t の不燃物を排出しました。2015 年度から、東海キャンパスからの一般廃棄物について把握に努め、加算しています。今後もゴミの分別やリサイクルに対する意識の向上に努めていきます。

一般廃棄物排出の推移（5 年間）

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
可燃物	78,190	77,710	105,462	96,521	102,296
不燃物	10,440	7,740	13,370	8,966	5,923
合計	88,630	85,450	118,832	105,487	108,219

（単位：kg）

産業廃棄物

2017 年度の排出量は、コンテナハウス 25 基の解体・撤去を実施するなどしたため、2016 年度に比べ増加しました。金属類については、大部分をリサイクルのために売却することができました（p.29 リサイクル参照）。また、高濃度及び低濃度 PCB 廃棄物の処理を行いました。今後も、廃棄物の内容を十分に把握し、適切な処理を行っていきます。

産業廃棄物排出の推移（5 年間）

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
プラスチック	131,600	127,520	420,554	59,123	174,278
木屑	204,050	171,090	377,680	81,787	26,836
金属類	0	160	12,886	4,585	8,541
コンクリート、がれき類	52,870	34,119	31,599	32,860	1,988
蛍光灯	1,800	550	1,910	560	2,524
蓄電池	509	10	970	91	600
PCB 廃棄物	0	0	180	600	1,365
合計	390,829	333,449	845,779	179,606	216,132

（単位：kg）

実験系廃棄物

2017 年度は、無機系や有機系の廃液や廃油、廃試薬類などの実験系廃棄物類を合計 25.5 t 排出しました。無機廃液と有機廃液の一部は KEK 内の実験廃液処理施設で処理していますが、その他は外部の専門業者に処理を委託しています。つくばキャンパスで、電解研磨液の交換作業に伴い、強酸性の無機廃液が増加しました。

実験系廃棄物排出の推移（5 年間）

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
無機廃液	2,443	3,175	1,533	1,155	3,678
有機廃液	5,071	22,789	9,996	9,473	10,008
廃油	14,306	3,465	6,164	17,237	6,421
写真廃液	0	0	708	0	0
廃水銀	313	0	0	0	0
固形物他	2,258	2,516	1,951	6,911	5,411
合計	24,391	31,945	20,352	34,776	25,518

（単位：kg）

放射性廃棄物

放射性廃棄物は、50 L ドラム缶に充填し、日本アイソトープ協会へ減容処理・保管を依頼しています。つくばキャンパスでは、ここ数年発生量が少なかったため、アイソトープ協会への引き渡しはありませんでしたが、2016 年度、数年分をまとめて引き渡しました。2017 年度は発生量が少なかったため、引き渡しはありませんでした。また、東海キャンパスからは 7,918 L を協会に引き渡しました。2017 年度は大規模なメンテナンスがなかったため、例年に比べ搬出量は少なくなりました。KEK 内での放射性廃棄物の保管については、p.34 放射線管理をご覧ください。

放射性廃棄物搬出の推移（5 年間）

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
つくばキャンパス	0	0	0	5,104	0
東海キャンパス（J-PARC）	17,422	23,160	15,002	16,988	7,918
合計	17,422	23,160	15,002	22,092	7,918

（単位：L）

リサイクル

コピー用紙、新聞、雑誌を古紙として、専門業者に売却しています。情報セキュリティのため売り払いできない文書は溶解処理を委託し、リサイクルされています。また、使用を終了した実験機器や部品、工作加工に伴う金属材料の端材などの金属廃棄物のうち、鉄、銅、アルミニウム、鉛、真鍮、ステンレスを分別して回収し、専門業者に売却しています。産業廃棄物として金属類は 8.5 t に対し、448 t の金属類がリサイクルのために売却されており、使用済みとなった金属資材の大部分が有効利用されています。

家電は家電リサイクル法に基づき、適切に処理しています。

リサイクルの推移（5 年間）

	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
古紙（売却）	65,190	49,420	42,260	37,860	36,420
文書溶解処理	2,890	5,050	12,660	9,680	6,640
金属屑（売却）	1,012,420	464,700	139,200	871,350	447,900
合計	1,080,500	519,170	194,120	918,890	490,960

（単位：kg）

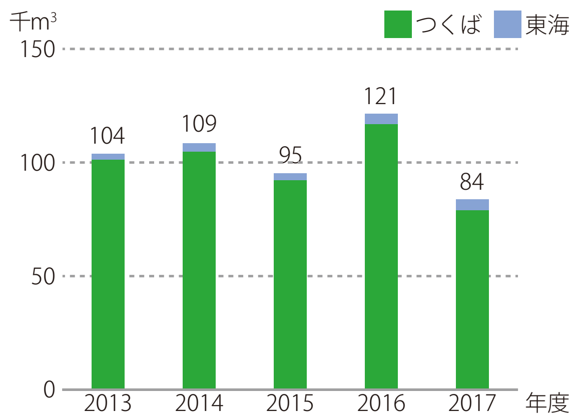
下水道

2017年度、つくばキャンパスからは、110千m^3の排水を公共下水道に排出しました。2016年度に比べ33%減となっています。

東海キャンパスの東海1号館地区からの排水は、下水道に排出しています。排出量を計測していないため、上水使用量を下水道排出量と見なしています。2016年度に比べ、11%増加しました。

J-PARCの排水については、原科研内第2排水溝より海域に放流しています。

排水管理について詳細は、p.34をご覧ください。



下水道排出量の推移

大気

NOx、ばいじん

KEKでは冷水の製造のために冷温水発生機を使用しています。燃料に都市ガスを用いるため、大気汚染物質の窒素酸化物（NOx）及びばいじんが排出されます。つくばキャンパスPFエネルギーセンターの冷温水発生機4台、真空温水発生機2台について、10月と3月に行った窒素酸化物の測定結果を以下に示します。測定結果は排出基準値150 ppm以下で問題ありませんでした。ばいじんについては10月と3月に測定しましたが、いずれの発生機でも排出基準0.05 g/m^3を超えることはありませんでした。

2017年度窒素酸化物（NOx）の排出濃度（ppm）（PFエネルギーセンター）

	冷温水機1	冷温水機2	冷温水機3	冷温水機4	真空温水機1	真空温水機2
10月	21	30	20	33	73	61
3月	22	34	15	21	36	55

大気中への化学物質の排出

KEKで実験等に使用される化学薬品のうち、揮発性の有機溶剤については使用後にできるだけ回収しています。2017年度の調査で、KEK全体で最大436 kgの有機溶剤が大気中に排出されたと考えられます。部品等の洗浄、器具の消毒・滅菌等の作業により放出されたものが多くを占めています。今後、大気中への排出を減らすため、作業方法の見直し、設備の整備などを行っていく予定です。特に、水質検査で使用されるノルマルヘキサンは、有害大気汚染物質に該当する可能性がある化学物質のひとつであり、排出量削減を目指して取り組みを行っていきます。

2017年度大気中への化学物質排出量

化学薬品名	排出量（kg）	作業内容
エタノール	205	洗浄・消毒・滅菌
アセトン	116	洗浄
ソルミクス	63	洗浄
ノルマルヘキサン	25	水質検査
その他	26	洗浄など
合計	436	

環境会計

KEK では環境保全活動の取り組みに対する費用対効果を把握するために、「環境会計」情報の集計を行っていますが、完全な情報収集には至っていません。現在、把握・集計しているデータは下記の通りです。

環境保全コスト

環境負荷の発生の防止、抑制又は回避、影響の除去、発生した被害の回復などへの取り組みのための投資額を環境保全コストとして以下に示します。

環境保全コスト

コストの分類・取組内容		2016 年度※1 投資額（千円）	2017 年度※1 投資額（千円）
公害防止コスト		0	4,212
	北カウンターホール屋外 RI 排水管取設その他工事	0	4,212
地球環境保全コスト		44,565	99,938
	フロンガスの回収・処理	467	2,018
	ルームエアコンの更新	1,326	5,408
	パッケージ型エアコン更新	12,821	12,605
	照明器具の取替	14,758	8,590
	変圧器の取替	0	15,498
	網戸の取付	91	0
	計量器の取付（建物毎の上水、井水、電力使用量の把握）	1,952	0
	チラーユニット、ガスヒートポンプ	13,150	55,819
資源循環コスト		82,581	86,802
	一般廃棄物処理	2,083	2,145
	産業廃棄物処理	5,327	12,668
	PCB 廃棄物処理	262	11,890
	実験系廃棄物処理	35,525	38,831
	放射性廃棄物処理	39,383	21,269
管理活動コスト		43,143	39,786
	環境報告書作成	340	340
	電子マニフェストシステム利用料金	0	2
	冷温水発生機等ばい煙測定	583	536
	植物管理	41,572	37,818
	枯損木撤去	648	1,091
合計		170,288	230,738

※1 各項目の金額は、単位未満を四捨五入しているため、各コスト計及び合計と一致しない場合があります。

環境保全効果

KEK の研究活動等に伴う環境負荷の主な環境パフォーマンス指標について、環境保全効果を以下に示します。

環境保全効果

環境パフォーマンス指標（単位）	2016 年度※1	2017 年度※1	前年度比※1
総エネルギー投入量（GJ）	3,083,410	2,778,176	90%
電力使用量（MWh）	312,611	281,093	90%
都市ガス使用量（千 m^3）	1,707	1,448	85%
石油燃料使用量（kL）	26	24	91%
水資源使用量（千 m^3）	316	296	94%
上水（千 m^3）	141	120	86%
井水（千 m^3）	16	12	73%
工水（千 m^3）	159	164	103%
温室効果ガス排出量（t-CO_2）	187,394	147,225	79%
廃棄物排出量（t）	320	350	109%
一般廃棄物（t）	105	108	103%
産業廃棄物（t）	179	215	120%
実験系廃棄物（t）	35	26	73%
PCB 廃棄物（t）	0.6	1.4	227%
放射性廃棄物排出量（L）	22,092	7,918	36%
下水道排出量（千 m^3）	121	84	69%
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量（kg）	355	436	123%
NO_x 排出平均濃度（ppm）	44	35	80%

※1 各項目は、単位未満を四捨五入しているため、各計や前年度比の値が一致しない場合があります。

環境保全対策に伴う経済効果

リサイクルや自家発電による収益、環境保全対策等による費用節減について、環境保全対策に伴う経済効果を以下に示します。2016 年度より費用節減の推定的効果を算出する機器の範囲を広げました。

環境保全対策に伴う経済効果

実質的効果			2016 年度（千円）	2017 年度（千円）
収益	太陽光発電		1,209	1,329
	リサイクル		48,934	80,019
		古紙	784	771
		金属屑	48,150	79,248
推定的効果			2016 年度（千円 / 年）	2017 年度（千円 / 年）
費用節減	省エネルギーによるエネルギー費の節減		17,494	17,965
		エアコン等の更新	2,734	6,383
		冷却水関連機器の停止	1,078	4,003
		変圧器の停止	13,682	7,580

算定条件	1. 光熱水費	各資源の年度単価による
	2. 居室等の照明器具点灯時間	20 日 / 月× 12 ヵ月× 12 時間 / 日 =2,880 時間 / 年
	3. 居室等の空調機器運転時間	冷房：20 日 / 月× 4 ヵ月× 12 時間 / 日 = 960 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする) 暖房：20 日 / 月× 5 ヵ月× 12 時間 / 日 =1,200 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする)
	4. 実験室等の空調機器運転時間	制御室：365 日× 24 時間 / 日 =8,760 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする) 実験室：200 日× 24 時間 / 日 =4,800 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする)
	5. 変圧器の通電時間	365 日× 24 時間 / 日 =8,760 時間 / 年

コラム 2

カヤネズミ＠つくばキャンパス

親指ほどの大きさの日本で一番小さいネズミです。かつては農村地域に多数生息していましたが、近年、生息地であるススキ草原などの「カヤ原」が激減し、希少な生き物になりつつあります。KEK のカヤ原では、カヤネズミが小さな球状の巣をつくり、中で出産や育児を行っています。


KEK 敷地内のカヤ原に作られたカヤネズミの巣


カヤネズミ

環境関連法規の遵守状況

放射線管理 （放射線障害防止法・電離放射線障害防止規則など）

KEK における研究の基盤となる加速器では運転中に放射線や放射能が発生します。このため、放射線や放射能が外部に漏れることのないように、加速器はコンクリートや鉄などの厚い遮蔽体の中に設置し、遮蔽体の中の空気、水は厳重に測定、管理されています。

放射線・放射能を監視するための測定器は、つくばキャンパスで 216 系統、東海キャンパスで 82 系統あり、24 時間、室外の中性子・ガンマ線、排水・排気中の放射能を測定し、データを 1 ヶ所に送り集中監視しています。このうちつくばで 78 系統、東海で 22 系統の測定器は、一定時間積算し自然の放射線の数倍程度の量を検出すると、自動的に加速器の運転を停める信号を出します。

KEK では、敷地境界での放射線の量が最大出力で運転しても年間積算で 0.05 mSv 以下になるように施設の設計・管理を行っています。この値は自然の放射線による量の約 1/10 という低い値です。敷地境界では 24 時間 365 日連続で放射線測定を行っており、実際に測定されている値は更にその 1/10 以下の自然の変動の範囲です。

高エネルギーの加速器を運転すると、加速器自体や加速器周辺の機器に放射能が生じる事があります。これらの機器は加速器として使用している間は、放射線発生装置として管理されますが、その加速器の利用が終了した時や、機器の交換などで取り外しを行った場合は、放射化物または放射性廃棄物として放射線管理されることになります。放射化物は他の加速器での再利用や、修理や改造をすることにより再使用の可能性がある物品で、法令に基づき設定した保管場所に台帳登録して保管します。KEK では 2,000 件超の物品について保管、管理をしています。再利用の可能性のない放射能を持った物品については、放射性廃棄物として管理を行っています。

KEK には非密封放射性同位元素を扱える実験室があり、実験によって生じた放射性廃棄物についても管理を行っています。放射性廃棄物についても法令に基づき設定した保管廃棄設備内で保管を行い、定期的な出入口の汚染検査、並びに周辺の線量率測定を行って管理をしています。

表面線量率が高い物品が保管される場合などは、収納後周辺の線量率の測定を行い保管廃棄設備のある管理区域の境界で線量率に問題ないかを確認しています。放射性廃棄物のうち 50 L ドラム缶に収納できる大きさ・重量のものについては、物品の種類により、可燃物・難燃物・不燃物・非圧縮に区分して収納し、適宜日本アイソトープ協会に引き渡しています。

ドラム缶に入らないサイズの物品も合わせて、50 L ドラム缶の数で換算するとおよそ 8 千本の放射性廃棄物が保管廃棄設備で保管されています。実験室から出る廃水については、排水前に放射能測定を行い法令の定める排水中濃度基準以下である事を確認した後排水を行っています。

放射線作業を行う作業環境の測定は、先に述べた放射線モニタリング装置や放射線測定機器を使用して連続または定期的に行われています。測定された値は、法令や KEK の規程で定められた値よりも十分に低い値となっており、作業環境は極めて良好といえます。

排水管理（水質汚濁防止法、下水道法、土壌汚染対策法、放射線障害防止法）

つくばキャンパスで発生する排水は、最終的に 3 ヶ所の汚水排水槽に集められ、公共下水道に排出されます。排出時の水質は条例で定める排出基準を満たす必要があり、毎月 1 回水質検査を行い、これをつくば市に報告しています。2017 年度は排出基準値を超えることはありませんでした。

つくばキャンパスにおいては、広い敷地に多数の実験施設が分散しており、更に排水管が生活排水系と実験廃水系とに区分けされていません。このため、3 ヶ所の公共下水道接点の他、主要な建物ごとに 12 ヶ所の監視点を設けて定期的に採水を行い、排水水質の細かい監視、管理を行っています。さらに

周辺環境保全のため、敷地境界に掘削した 4 ヶ所の井戸の地下水を検査し、定期的にその水質を監視しています。

実験研究により排出される実験系排水については、実験廃液を専用の容器に、また、実験に使用した器具を洗浄した洗浄廃水は各建物に設置した専用の廃水貯留槽に貯留し、それぞれ無害化処理を行った後に、公共下水道に放流しています。

また、水質汚濁防止法における有害物質使用特定施設（実験室の流し、ドラフトチャンバー、スクラバーなど）、並びに有害物質貯蔵指定施設（廃水貯留槽、貯留タンク）について定期点検を実施しています。

放射線管理区域内で発生する廃水については、2 ヶ所の放射性廃水処理施設に集められ、放射能濃度が濃度限度基準値の 1/20 以下であること及びその水質が排出基準値を下回っていることを確認した上で公共下水道に放流しています。

つくばキャンパスにおける排水管理の詳細は、「化学安全管理報告」に記載しています。

東海キャンパス（J-PARC）で発生する排水は 3 系統あります。

1 つ目は汚水で、トイレ等の生活排水系統です。この排水は、物質・生命科学実験棟の東側屋外にある合併処理浄化槽（120 人槽）により処理を行い、中央制御棟北東側にあるポンドを経由して原子力科学研究所（原科研）内第 2 排水溝に放流しています。なお、水質確認及び点検は原科研側にて行っています。

2 つ目は雑排水で雨水、冷却塔オーバーフロー水等です。この排水は物質・生命科学実験棟の東側屋外にあるポンドに貯めて水質が基準値以下であることを確認して中央制御棟北東側にあるポンドを経由して原科研内第 2 排水溝に放流しています。

3 つ目は RI 排水で、50 GeV シンクロトロントンネル等放射線管理区域で発生する実験冷却水、湧水等の排水で各機械室に設置されている RI 水槽に一時貯留されます。測定を行い排水の濃度限度未満のものは直接、放射線レベルが基準値より高い場合は、希釈等を行い安全なレベル以下に下げてから原科研内第 2 排水溝に放流しています。放射性排水は、放出基準を遵守するように管理し、測定の結果は関係行政庁等に報告しています。

エネルギー管理（エネルギーの使用の合理化等に関する法律）

KEK のエネルギー使用量は、原油換算値で全体 71,655 kL（つくばキャンパス 41,683 kL、東海キャンパス 29,972 kL）※となっています。

この使用量から法律の定めるところにより、特定事業者（1,500 kL 以上）に指定され、つくばキャンパス及び東海キャンパスは各々、第一種エネルギー管理指定工場等（3,000 kL 以上）に指定されています。

KEK は特定事業者に指定されたことにより、エネルギー管理統括者とエネルギー管理企画推進者を選任し、①経営的視点を踏まえた取り組みの推進、②中長期計画のとりまとめ、③現場管理に係る企画立案・実務の統制を行うこと、が定められており、また、第一種エネルギー管理指定工場等に指定されたつくばキャンパスと東海キャンパスには、エネルギー管理員を選任し、現場管理を行うことと定められています。

これらを踏まえ KEK では、「エネルギーの使用の合理化に関する規程」を制定し、機構長の下、施設担当理事をエネルギー管理統括者、施設部長をエネルギー管理企画推進者に選任し、さらに各研究所長や施設長等をエネルギー管理責任者、副所長、研究主幹、センター長等をエネルギー施設管理者に指定し、エネルギー管理組織を明確にした上でエネルギーの使用の合理化に努めています。

具体的な取り組みとしては、KEK 内に各研究所施設等から選出された委員から構成する「エネルギー調整連絡会」を設置し、①エネルギー需要のピーク時の需要調整、②エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づく管理標準の作成について連絡・調整、を行っています。例えば、実験スケジュールを調整し、エネルギー需要（特に電力需要）を夏場の電力需要が高まる期間に KEK では実験を控え、エネルギー需要を平準化する調整を本連絡会で取り決めています。

また、p.44「環境に配慮した設備更新」で紹介しているエコアイデアにより、エネルギー使用量の削減に繋がる活動も実施しています。

※ガソリンと軽油は、エネルギーの使用の合理化等に関する法律上の報告対象外であるため含めていません。本報告書で公表している総エネルギー投入量を原油換算（0.0285 kL/GJ を乗じる）した値とは異なります。

エネルギー消費原単位

エネルギー消費原単位（以下「原単位」という。）とは、エネルギー使用量とそれに密接な関係を持つ値の比率のことを言い、エネルギーの使用の合理化等に関する法律（以下「省エネ法」という。）では、この原単位を年間平均1%削減することを努力目標とされています。

この原単位について、KEKではエネルギー使用に密接な関係を持つ値として、「延べ床面積×加速器の運転時間」を使用していました。

しかし、もともと大型の加速器は単位時間当たりのエネルギー使用量がそれぞれ違うのですが、機器能力に大きな変更はなかったため単純な原単位でも特段の支障はなかったところ、最も大きなSuperKEKBの本格稼働が始まり、今後数年かけて段階的に出力も増強される計画であることから、単位時間当たりの使用量が大幅に変動するため、それぞれの加速器の運転時間を単純に積算しただけでは適切な原単位になり得ない状況となりました。

また、延床面積についても、大規模実験が始まった結果エネルギー使用量との相関は弱くなり、延床面積はエネルギー使用に密接な関係を持つ値ではなくなりました。

以上のような背景を踏まえ、原単位の計算から延床面積を削除するとともに、エネルギー消費の基準となる特定の加速器を設定し、これに対する加速器ごとのエネルギー消費量の比率を加速器の運転時間に乗じて補正するという算定方法に改定しました。

この原単位の改定によって、今後の大規模実験の進行によるエネルギー消費量の変動が生じた場合においても、適正なエネルギー管理を行うことが可能な評価指標となりました。

エネルギー管理標準

エネルギー管理標準は、エネルギー使用の合理化を図ること目的とした運転管理、計測・記録、保守・点検を行うためのマニュアルで、省エネ法により作成が義務付けられています。

このエネルギー管理標準について、「工場等におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準」（経済産業省告示）が改正されたことに伴い、KEKのエネルギー管理標準についても見直しを行いました。

特に、特殊な実験研究設備で構成されるため具体的な設定が難しかった加速器についても各担当研究者と詳細な調整を行い、告示に則った詳細な対応をエネルギー管理標準に明示することで、より一層の省エネルギーに取り組む体制を整えました。

温室効果ガス（地球温暖化対策の推進に関する法律）

温室効果ガスには、化石燃料の消費等による二酸化炭素（CO_2）、水田で枯れた植物が分解する際に発生する等によるメタン（CH_4）、肥料の使用等による一酸化二窒素（N_2O）、冷凍機等からの漏洩等によるフロンガス（HFC等）があります。

KEKが排出する温室効果ガスの中で一番大きな影響力を持っているものは、エネルギーを起源とするCO_2の排出で、全体139,849 t-CO_2（つくばキャンパス81,137 t-CO_2、東海キャンパス58,712 t-CO_2）※となっています。

地球温暖化対策の推進に関する法律では、原油換算エネルギー使用量の合計量が1,500 kL以上の事業者を特定排出者として定め、毎年度、7月末日までに事業所管大臣へ排出量の報告が義務付けられています。

KEKは、特定排出者に該当し、省エネ法に基づくエネルギー使用量の報告と合わせて、事業所管大臣である文部科学大臣へCO_2排出量を報告しています。また、KEKでは、文部科学省からの要請により2008年に初めて後述する「大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構における地球温暖化対策のための計画書（以下「地球温暖化対策計画」と

※ガソリンと軽油は、地球温暖化対策の推進に関する法律上の報告対象外であるため含めていません。また、電力の換算係数は契約電力会社の値（つくばキャンパス：0.486 t-CO_2/MWh、東海キャンパス：0.486 t-CO_2/MWh及び0.476 t-CO_2/MWh）を用いており、本報告書で公表している温室効果ガス排出量の値とは異なります。

いう。）を策定し、省エネルギー及びエネルギー起源 CO_2 の削減に取り組んでいます。

加えて KEK では、温室効果に影響のある冷凍機等からの漏洩等によるフロンガス（HFC 等）については、p.37 の「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」に基づき取り組みを行っています。

地球温暖化対策計画

これまで、地球温暖化対策計画に基づき、毎年度、地球温暖化対策・省エネアクションプランを策定し、p.21 の「環境目標・計画と達成度」に示したとおり毎年、目標を達成しています。

この度、パリで開催された気候変動枠組条約第 21 回締約国会議（COP21）に提出された日本の約束草案において、KEK が含まれる「業務その他部門」での CO_2 削減率が示されたことを踏まえ、2018 年 3 月に地球温暖化対策計画の改訂を行いました。

改訂のポイントとしては、前の地球温暖化対策計画が、加速器及び実験装置に対して CO_2 削減の数値目標を設定していませんでしたが、今回の改訂で、地球温暖化対策の主旨に照らし合わせて、KEK 全体に対する CO_2 削減目標を設定しました。

この削減目標は、電力などエネルギー起源の CO_2 排出について、2030 年度までに 2005 年度比 30% 削減するものです。また、今回の計画期間（2018 〜 2022 年度）における削減目標は 5%削減としています。

なお、地球温暖化対策計画に基づく取り組みの概要は、次項の「環境目標・計画と達成度」における「環境目標」と「行動計画」をご覧いただくとともに KEK の HP に掲載しています。

省エネアクションプラン 2017
≫ https://www.kek.jp/ja/ForBusiness/Procurement/Construction/2017ondankashoueneakushonpuran.pdf

化学物質管理 （PRTR 法）

PRTR 法（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律）は、政令で指定された物質（462 種類）を年間 1 t（特定第一種指定化学物質 15 物質については 0.5 t）以上取り扱う事業所で、業種や従業員数などの要件に合致するものについて、その排出量・移動量を届け出ることを義務付けています。KEK において、2017 年度は届出の対象となる量の取り扱いはありませんでした。

フロン管理 （フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律）

第一種特定製品の管理者の判断の基準を遵守し、管理している業務用空調機や冷凍機などの第一種特定製品に関して、機器ごとに簡易点検（3 ヶ月毎に 1 回）及び定期点検（年 1 回）を確実に実施し、その記録を保管しています。また、空調機の改修工事などに伴うフロン類の回収や処分については、第一種フロン類充填回収業者に委託し、適切に処理しています。

廃棄物管理 （廃棄物の処理及び清掃に関する法律 ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法）

KEK の研究活動で発生する廃棄物類は、1）一般廃棄物類、2）プラスチック、木屑類、がれき類などの産業廃棄物類、3）研究活動で発生する廃油類や有機系・無機系の廃液類、化学物質等を含む固形廃棄物類などの実験系の産業廃棄物に、大きく分類されます。これらは廃棄物の種類に応じた廃棄物処理業者に委託し、適正に処理しています。また、実験系廃棄物類の一部は、KEK 内の実験廃液処理施設において無害化処理しています。

1989年以前に製造されたトランスやコンデンサ、安定器などの電気機器の一部には、絶縁油中に有害な化学物質のPCB（ポリ塩化ビフェニル）を含むものがあります。PCBを含む機器類は「PCB廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」により適切な保管と届出が求められ、KEKにおいてもPCB廃棄物専用の保管庫で厳重に保管すると共に、保管・使用状況を毎年茨城県に報告しています。

2017年度は、高濃度PCB及び低濃度PCBを含有するコンデンサ等の一部を委託処理するとともに、PCB含有が疑われる機器について、PCBの分析を進めています。PCB含有機器と判明した場合は順次処理計画に加えています。今後も順次計画的に処理、保管を行っていきます。

保管中・使用中のPCB含有機器（2017年度末現在）

分類	台数	総重量 (kg)
高濃度PCBを含有する廃止済み機器		
蛍光灯安定器	1	9
コンデンサ	15	512
低濃度PCBを含有する廃止済み機器		
コンデンサ	320	6,480
トランス	58	44,434
直流高電圧発生装置	3	3,083
整流箱	1	1,000
その他	4	52
低濃度PCBを含有する使用中機器		
トランス	41	52,841
合計	443	108,411

グリーン購入 （国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）

グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）を遵守し、環境負荷低減に資する製品・サービス（特定調達品目）などの調達を進めるとともに、毎年その実績を関係省庁に報告しています。

2017年度における特定調達品目の調達率は100%を達成しました。2018年度以降も引き続きKEK内への周知徹底を図り、全ての調達において継続して適合商品を購入することに努めていきます。

環境関連トピックス

KEK 放射光を用いた福島とチェルノブイリ地域での放射性セシウムの水への溶け易さの違いの解明

東日本大震災の結果生じた福島第一原発事故により、セシウム（Cs）などの放射性核種が環境中に放出され、依然として多くの方々が深刻な影響を受けています。また、今後人類がどのようにして持続可能なエネルギーを確保していくのかの道筋も不明確なままです。このような中で、福島第一原発事故の原因や放出された放射性核種の移行挙動を解明し、それを人類全体で共有することは、世界に対して日本が負った重要な使命ともいえます。

放射性セシウムは、雲母や粘土鉱物などの層状珪酸塩の層間で安定な錯体（内圏錯体）を形成するため、大気から降下後は、土壌表面に強く吸着されます。このような状態にある放射性セシウムは、降雨などの浸食により河川に流入し、海洋に運搬されます。その際、河川中で溶けやすいと海洋に放出されやすく、また生物への移行の程度も大きくなります。天然水中の微量元素の溶存濃度は、水中の微小な固体（懸濁粒子）と水の間での溶解 - 吸着平衡で決まる場合が多く、放射性セシウムの場合には、層状珪酸塩が多ければ溶存濃度が低くなります。

福島の代表的河川である阿武隈川やその上流の口太川では、溶存セシウムの割合は 30% 以下と低いですが、チェルノブイリ原発事故時に近傍のプリピャチ川で観測された溶存セシウムの割合は 70% 以上と高かったことが分かっています。この違いを明らかにするために、我々はこの 2 つの河川を調査し、回収した懸濁粒子を KEK の放射光施設 Photon Factory を用いた広域 X 線吸収微細構造（EXAFS）法や走査型透過軟 X 線顕微鏡(STXM)で調べました。その結果、EXAFS 法からは、阿武隈川ではセシウムの吸着種として内圏錯体の割合が高いが、プリピャチ川では水和イオンとして吸着される割合が高いことが分かりました。また STXM では、特にプリピャチ川の懸濁粒子中で粘土鉱物と有機物（主に腐植物質などの天然高分子有機酸）が複合体を形成している割合が高いことが分かりました。このうち腐植物質は、粘土表面に吸着し、セシウムの層間への吸着を妨げることで、結果的に溶存セシウムの割合の増加に寄与します。これらの効果から、2 つの地域でセシウムの溶けやすさに違いが生まれていると考えられます。

この 2 つの地域の違いは、最終的には周辺の地質・土質の違いに起因すると考えられます。チェルノブイリ周辺の土壌は有機物含量が多い泥炭であり、地質はカルシウム（Ca）が多い炭酸塩岩に卓越します。そのため、河川中の溶存有機物濃度は福島の 10 倍以上である上、高いカルシウムイオン濃度は、粘土鉱物と有機物の複合体の生成を促進します。一方、福島では風化花崗岩が主要な地質で、粘土鉱物が多く生成します。これらの地質や土質などの周辺環境の違いが、河川中でのセシウムの吸着反応に影響を与え、最終的にはセシウムの挙動に違いが生まれます。福島で懸濁粒子への吸着種が安定であることは、セシウムの溶存濃度を下げ、生態系への移行や海への流出を低下させる方に働くと考えられます（図 1）。

本稿で示した通り、放射光を用いた化学的な素過程の分析は、放射性セシウムの挙動の理解や将来予測に貢献するなど、様々な環境化学の研究に広く応用されています。

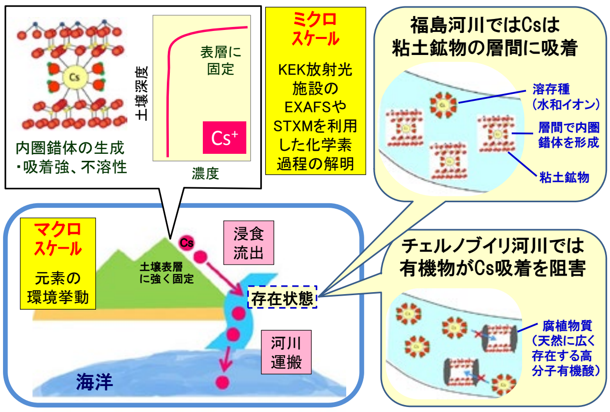


図 1.　福島とチェルノブイリ地域での放射性セシウムの挙動や水への溶けやすさの違い

原著論文
Y. Takahashi, Q. Fan, H. Suga, K. Tanaka, A. Sakaguchi, Y. Takeichi, K. Ono, K. Mase, K. Kato, and V. V. Kanivets, Comparison of solid-water partitions of radiocesium in river waters in Fukushima and Chernobyl areas, Sci. Rep. **7**, 12407 (2017) .

関連サイト
2017 年 9 月 29 日　東大プレスリリース
チェルノブイリと福島の河川水中の放射性セシウムの水への溶け易さの違いを解明
≫ https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2017/5572/

放射光パルス X 線を用いた人工光合成研究

植物は、太陽光のエネルギーを自然界に取り込んで、二酸化炭素と水から炭水化物を作り出し、それを養分として長生きします。植物から草食動物、肉食動物へと食物連鎖を辿っていくと人類が生きていくためのエネルギーは光合成から得ていることになります。生物が排出する二酸化炭素は再び光合成の原料として利用されます。このような、光合成による絶妙な炭素エネルギー循環が地球上で実現したおかげで、現在、人類は安定した生命活動を行うことができています。

次に人類の経済活動に目を向けてみます。人類は 18 世紀後半の産業革命から、石炭、石油といった化石資源エネルギーを利用して活発に経済活動を行なってきました。その結果、飛躍的に豊かな生活を手に入れることに成功しましたが、使用されたエネルギーは、元を辿れば、これも植物の光合成によって作り出されたもので、太古の昔より地球内部に蓄えられてきたものです。人類は、現在の社会を実現させるために、植物が 2 億年かけて作り出したエネルギーを、わずか数百年程度で使い切ろうとしていることになります。また、動物の呼吸と同じように炭素エネルギーを利用すると二酸化炭素が放出されます。二酸化炭素は地球内部に熱を閉じ込める役割をする温室効果ガスです。産業革命以降の爆発的な化石燃料の消費の結果、地球上の二酸化炭素量は急激に増大し、顕著な気候変動の原因ともなっています。

人類がこれからも経済活動を継続させていくためには、今後 100 年程度で枯渇する化石資源エネルギーにもう頼ることはできません。また、ウランが枯渇するのも化石エネルギーと同程度なので、原子力利用も根本的な解決にはなりません。望みとなるのは、無尽蔵な太陽のエネルギーです。1 時間、地球に降り注ぐ太陽のエネルギーで人類は 1 年間暮らすことができます。太陽光を有用なエネルギー源にする方法は大きく分けて 2 つあり、一つは太陽電池のように電気エネルギーに変換する方法です。もう一つは植物の光合成を模倣し、水や二酸化炭素を原料として太陽光エネルギーを水素や炭水化物といった化学エネルギーへ変換する“人工光合成”※1 技術です。人工光合成が実現すれば、化石燃料を使わない、新しいクリーンな炭素エネルギー循環を作り出すことができます。すなわち、経済活動によって排出された二酸化炭素を原料として、太陽光エネルギーを化学エネルギーに変換することで、我々の社会を持続していくことが可能となります（図 1）。

現在、人工光合成技術では「光の捕集」、「原子間のエネルギー伝搬」、「触媒部位における化学エネルギーへの変換」等が重要な開発要素となっています。

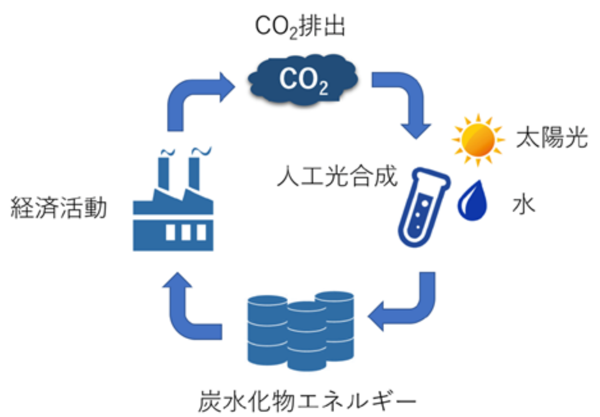


図 1.　人間社会の炭素エネルギー循環の概念図。人工光合成が使えれば、化石燃料に頼らずに、エネルギー資源を獲得できる。

人工光合成の実用化のためには、結合状態や分子構造が変化する光励起直後の高エネルギー状態において、これらの要素を高効率に駆動させる必要があります。この問題に対し、KEK の研究グループは放射光科学研究施設（PF-AR）の時間分解 X 線ビームライン NW14A において、光触媒分子が光エネルギーを化学エネルギーに変換していく過程を原子レベルで観察しています。NW14A で開発されたパルス X 線を利用する分子動画撮影法は、光エネルギー変換過程における分子の構造変化を原子レベルで詳細に追跡することができます（図 2）。研究グループは国内外の光機能材料開発グループと連携し、より高効率な新規材料開発に向けて、人工光合成研究を推進しています。

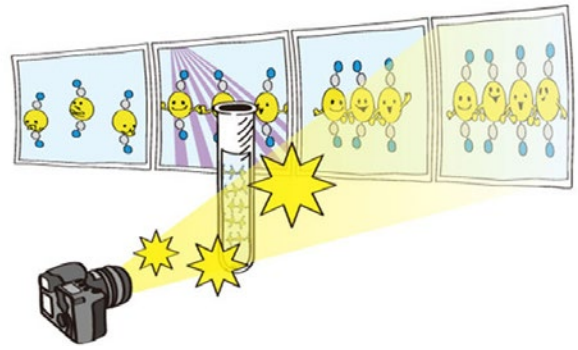


図 2. 分子動画撮影法による光エネルギー変換過程の観測。パルス X 線を使ってストロボ撮影することで光励起直後の光エネルギー変換過程を分子の構造変化の視点から追跡することができる。

※1 人工光合成
植物が光のエネルギーを捕集して、化学エネルギーに変換し、炭化水素合成などの化学反応に利用する光合成を、原子・分子を設計し組み合わせることで人工的に行うこと。

関連サイト
2015 年 2 月 19 日　KEK プレスリリース
―人工光合成技術を推進する新しい分子動画撮影法を開発―
≫ https://www.kek.jp/ja/newsroom/2015/02/19/1000/

電子入射器のパルス電磁石における電力回収

電子・陽電子入射器では、KEKB から SuperKEKB 計画への更新時に、多数のパルス電磁石の導入が必要となりました。その際には既存の電力設備を変更することなく運用するために、電磁石コイルからの電力回収を含めて高効率を期待しました。企業に相談すると大変高価であることがわかったため、電源や制御機構なども部内で設計することによって、高安定で高回収効率のパルス電磁石の新規導入を達成することができましたので報告します。

B ファクトリー電子陽電子衝突実験と放射光科学実験を同時に行うために、入射器は、HER（電子リング）と LER（陽電子リング）の 2 つの SuperKEKB 蓄積衝突リングと PF と PF-AR の 2 つの放射光蓄積リングとの 4 蓄積リングへ同時にビームを入射する必要があります（図 1）。SuperKEKB 計画における衝突性能を向上させるために、入射する電子陽電子ビームについても大きな電流が求められるとともに、横方向のビーム拡がりや進行方向のエネルギー分散が厳しく制限されます。そのために、それぞれの蓄積リングの入射ビーム軌道についても、600 m にわたって約 100 μm という高い精度の制御が必要となります。つまり、入射器にさまざまなパルス毎の動作が可能な装置を導入し、1 秒間に 50 回動作を切り換えるこ

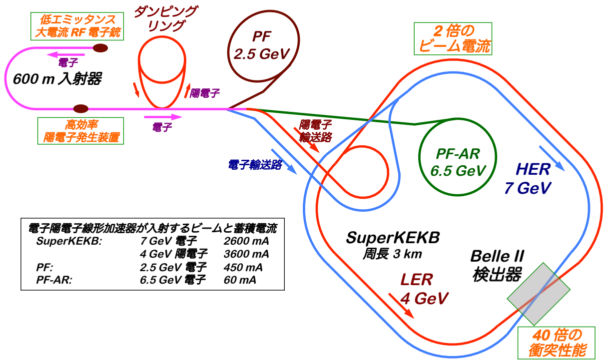


図 1. 電子陽電子加速器群のレイアウト

とによって、品質の高い大電流の電子陽電子ビームを4蓄積リングに同時入射することが重要となるわけです。

特に、入射器の後半部においては入射先によって2.5 GeVから7 GeVとエネルギーの差分が大きくなるために、パルス電磁石を増設して、ビーム光学条件とビーム軌道を入射対象リング毎に正確に制御管理する必要があります。そこで、2017年の夏に50 Hz（20ミリ秒）で動作を切り換えることが可能なパルス収束電磁石電源を30台、パルス軌道補正電磁石を34台増設することにしました。

SuperKEKB向けの建設が始まった2010年以降、震災復旧の期間を含めて、長期の建設期間を確保することができなかったこともあり、放射光施設関係者と相談し、直流電磁石の撤去、パルス電磁石の設置の他、ダンピングリング接続部の構築など、多数の建設作業を行うために、初めて連続5ヶ月弱の停止期間を確保しました。複数のプロジェクトにビームを入射する電子入射器の更新の難しさを感じると共に、関係者の協力に感謝するところです。

パルス収束電磁石には、約1 mHのインダクタンスに対して、330 A、220 V、2ミリ秒幅という比較的大電力のパルスを安定に供給する電源装置を用意する必要がありました。補正電磁石も3 mH、10 Aという仕様で設計が行われました。

パルス電源自体は高強度レーザー向けに内製開発していたものの実績がありますが、インダクタンス負荷に対応し、さらに入射器の商用電源の大幅な増強を避けるために、負荷からの電力回収を行う必要があり、たいへん挑戦的な計画となりました。また、装置の詳細設計や図面作成をできるだけ部内で行いました。電源回路の設計においては、IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）素子2個により、エネルギー回収用コンデンサと負荷電磁石との間の電流制御を行っています。

前年度、試作パルス電磁石の試験に成功していましたが、量産した装置のビーム運転は初めてとなるため、慎重に設置計画を立案し、部品・装置の事前・分割調達を追求するなど最適化を行うことよって、多数の機器の設置を進めることができました。さらに運転停止期間終盤の約1ヶ月間は試験期間としての確保に努めました。

電源は13の筐体に分散して配置され、図2に典型的な筐体の写真を示しますが、左の2列の上段から、パルス電源用DC電源、収束電磁石用パルス電源、パルス電源用DC電源、補正電磁石用パルス電源、インタロック制御装置（cRIO）、信号変換・接続盤、右の1列には制御装置（PXI）、CPU、商用電源接続盤、などが並んでいます。パルス収束電磁石4台、及びパルス補正電磁石4台がこの筐体に接続されます。50 Hzのパルス毎に精度の高い動作を保証するために、50 Hz動作のモニタ機構もこの制御装置内に構築されました。

図2. パルス電磁石電源が設置された筐体のひとつ

また、高い精度のパルス動作のために、正確にビームの3ミリ秒前にタイミング信号が必要となり、パルス毎の電磁石励磁の情報も必要なために、全ての筐体に広域同期イベント制御・タイミング信号発生機構が組み込まれています。それぞれの蓄積リングは地下深度が異なるために、気圧・潮汐・温度による周長の変化を独立のクロック周波数の連続補正によって吸収しています。入射器とSuperKEKBリングとは元々30ピコ秒の高い同期精度を求められるため、設計上入射器と完全同期したクロックで動作しており、高精度の3ミリ秒遅延信号の生成は容易です。ところが、PF・PF-ARの周長補正の年較差・日較差の大きさはSuperKEKBの数十倍にもなり、3ミリ秒前にパルス電磁石向けの信号を発生した上で、約300ピコ秒精度で同期したビーム入射信号を発生するためには、予測制御の慎重な調整管理が重要になります。このような同期制御系は期待した通りの動作ができており、図3のように1ヶ月間では0.05%、1日では0.01%の安定度が得られており、仕様を充分満足しています。

ほとんどの新規のパルス電磁石について、新しく設計した架台に図4のように2台ずつのパルス収束電

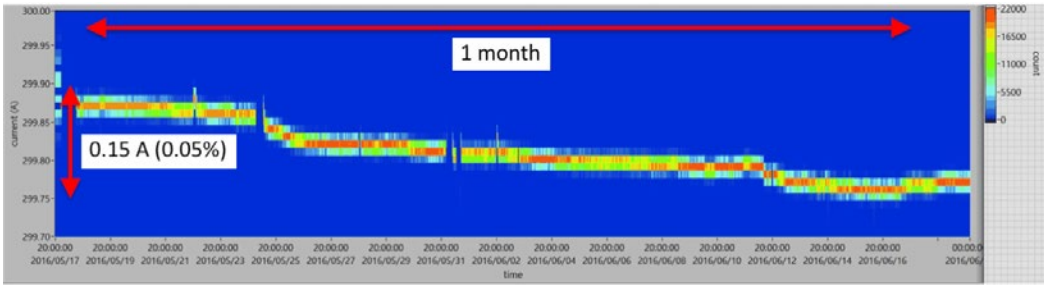


図 3. パルス収束電磁石電源の 1 ヶ月間 50 Hz 連続試験結果の例。24 時間の安定度は 0.01% 以下。

磁石とパルス軌道補正電磁石を乗せて設置されました。この新しい架台は、SuperKEKB 本格稼働となるフェーズ 3 コミッショニング運転に向けた、10 μm 以下という精度の高いアライメントに対応できるように工夫されており、ビームによるアライメント測定と架台の遠隔調整の組み合わせにより性能を発揮すると期待されています。

運用が始まったパルス電磁石機構について、電力回収の実測が行われました。1 台の収束電磁石（1 mH）に 50 Hz、300 A の通電を行うとすると、収束電磁石のコイルに供給される電力が 2,250 W、コイルでのジュール発熱が 76 W、配電ケーブルでのジュール発熱が 303 W となり、合計 2,629 W が供給されることになります。ところで、このような運用を行っている時に、この電源機構に供給された商用電力を電力計で測定すると 827 W しか供給されていませんでした。つまり、電磁石コイルに一度供給された電力が電源装置のコンデンサに回収され、次のパルスに再利用されているわけです。結果として、電力供給効率は 317%、逆に電力回収効率は 68.5% となります。IGBT のアナログ・フィードバック制御により、高安定（24 時間安定性 0.01%）で高電力回収効率（68.5%）の機構が構築できたことになります。なお、この効率の数値は、電源のうち、交流電力から直流電力に変換する直流電源の損失も含めた数値で、電力回収機構だけの効率では 80% を超えると考えられます。

このようなパルス電磁石システムの開発によって、電力を回収しながら、SuperKEKB 素粒子実験と放射光実験との間の干渉を最小限とする目処が付いたと考えています。

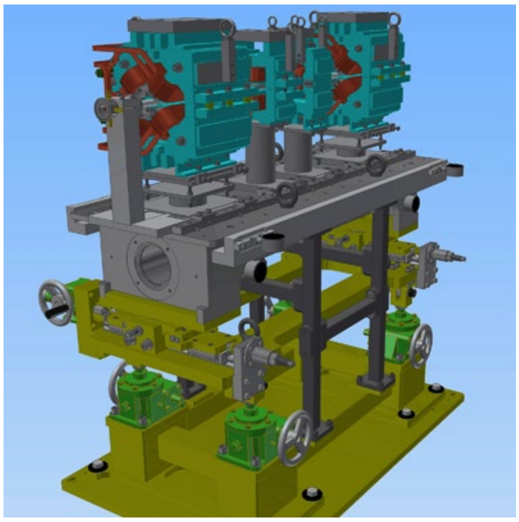


図 4. パルス電磁石とその架台。高精度のアライメントを実現するための工夫が施されている。

原著論文
Y. Enomoto *et al.*, “A new pulse magnet control system in the KEK electron positron linac”, Proc. IPAC’18, Vancouver, Canada, Apr.2018, WEPAK014.
K. Furukawa *et al.*, “Rejuvenation of 7-Gev SuperKEKB injector linac”, Proc. IPAC’18, Vancouver, Canada, Apr.2018, MOPMF073.

関連サイト
Conference Papers from KEK Linac
≫ http://www-linac.kek.jp/linac/

環境に配慮した設備更新

老朽化した設備の更新にあたっては環境に配慮した設備を導入しており、KEK 職員に対して環境負荷低減に効果の期待される工事（エコアイデア）を公募するなどの工夫を行い、2017 年度の実績では CO_2 排出量を 192.1 t※、消費電力を 395,370 kWh 削減しました。

この様な取り組みによる 92,513 千円の投資を行った結果、消費電力の削減に伴って年額約 6,491 千円の経費節減効果が生まれ、その経費節減額を次のエコアイデアに再投資する好循環によってサスティナブルな設備更新の取り組みを推進しています。

電気設備の例

実験ホール等の高天井用照明器具を LED 器具に更新することで、従来よりも明るくなり作業効率と安全性が向上されると同時に、消費電力も約 70%削減され、ランプ交換のための維持経費もなくなりました。

これにより、年間当たりの CO_2 排出量 15.6 t※、消費電力 32,055 kWh を削減しました。

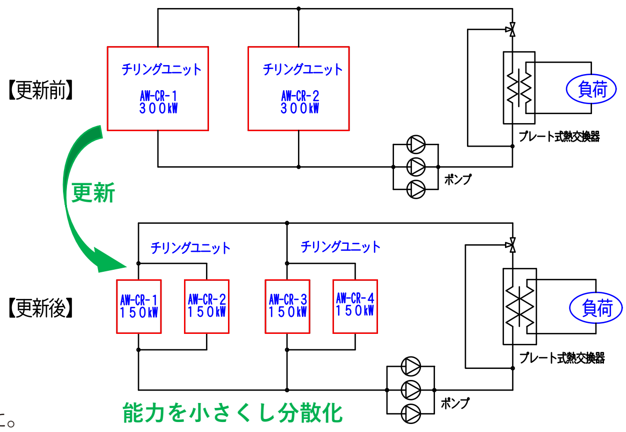

更新前（水銀灯 600 W）


更新後（LED 灯 184 W）

※換算係数は電気事業者の値 0.486 t-CO_2/MWh を使用しました。

機械設備の例

空調や実験機器冷却のための熱源機器（チリングユニット）を更新する際、1 台の能力を小さくし設置台数にて冷却能力を確保することにより機能停止のリスクを分散するとともに負荷変動に適切に追従し無駄のない運転が可能になりました。このように高効率の機器を選定したことにより年間当たりの CO_2 排出量 112.8 t※、消費電力 232,200 kWh を削減しました。



ESCO 事業により CO_2 削減

KEK では、エネルギーを多量に消費している冷凍機が設置されており、設置から 18 年が経過することから老朽化によるエネルギー効率の低下に悩まされていました。

しかしながら、エネルギー効率の高い新しい冷凍機への更新には多額の費用がかかるため、KEK 予算での実施は困難であり、国からの支援を要望しても財政難により支援が見送られていました。

これを解決するため、冷凍機を更新することでエネルギー効率が特段に向上し、更新後のエネルギー消費量が少なくなり、光熱水費が削減されることから、この削減された費用を冷凍機更新費用の割賦払いに充てる ESCO 事業（事業期間 7 年）の実施を行うこととしました。

ESCO（Energy Service Company）事業とは、省エネルギー化で削減できた光熱水費の中から設備更新や維持管理費が賄われる仕組み（図 1）であり、エネルギー削減効果の高い設備のみを事業対象にすることが一般的です。

これに対し、KEK では可能な限り多くの老朽設備を更新する必要があるため、エネルギー削減効果の低い設備についても事業対象範囲に取込むための工夫を行いました。

ESCO 事業の具体的な内容は、受注を希望する事業者が応募する際に提出する技術提案によって決まります。KEK では、事業者のノウハウによって事業範囲を拡大することを考え、提案の評価基準においてエネルギー削減効果の低い設備をより多く含めたものを高得点とするように設定しました。

これにより、単体では ESCO 事業が成り立たない省エネ効果の小さな設備についても検討がなされ、包括化による相乗効果によって設備更新の対象範囲がさらに拡大しました。

この包括化による事業規模の拡大により、環境負荷としても相乗効果が上がり、冷凍機のみでは 3,443 t/ 年であった CO_2 削減量が 4,075 t/年に拡大することができました。

以下が今回の ESCO 事業で実施することとなった設備更新の概要です。

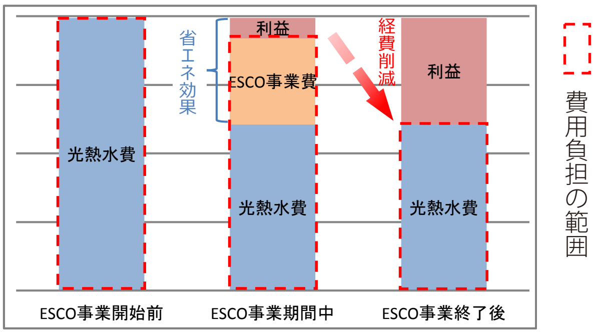


図 1.　ESCO 事業の一般的な仕組み

①エネルギーセンターのガス焚吸収冷温水機 2 台をターボ冷凍機 2 台に更新。（3,443 t/年CO_2 削減）
②実験室や電源室の高天井照明器具（水銀灯）を LED 照明器具に更新。（528 t/年CO_2 削減）
③ 3 号館（EHP※1）と 4 号館（GHP※2）の空調設備を更新するとともに、すべて EHP に変更。（104 t/年 CO_2 削減）

その結果、ESCO 事業を行うことによる省エネルギー・環境負荷低減の効果としては、年間当たりの CO_2 排出量 4,075 t（図 2）、消費電力 1,052,820 kWh、ガス使用量 1,535,470 m^3 の削減が見込めることとなりました。

また、KEK の新たな財政負担を行うことなく約 8 億 5 千万円に当たる老朽化設備の更新が可能となりました。

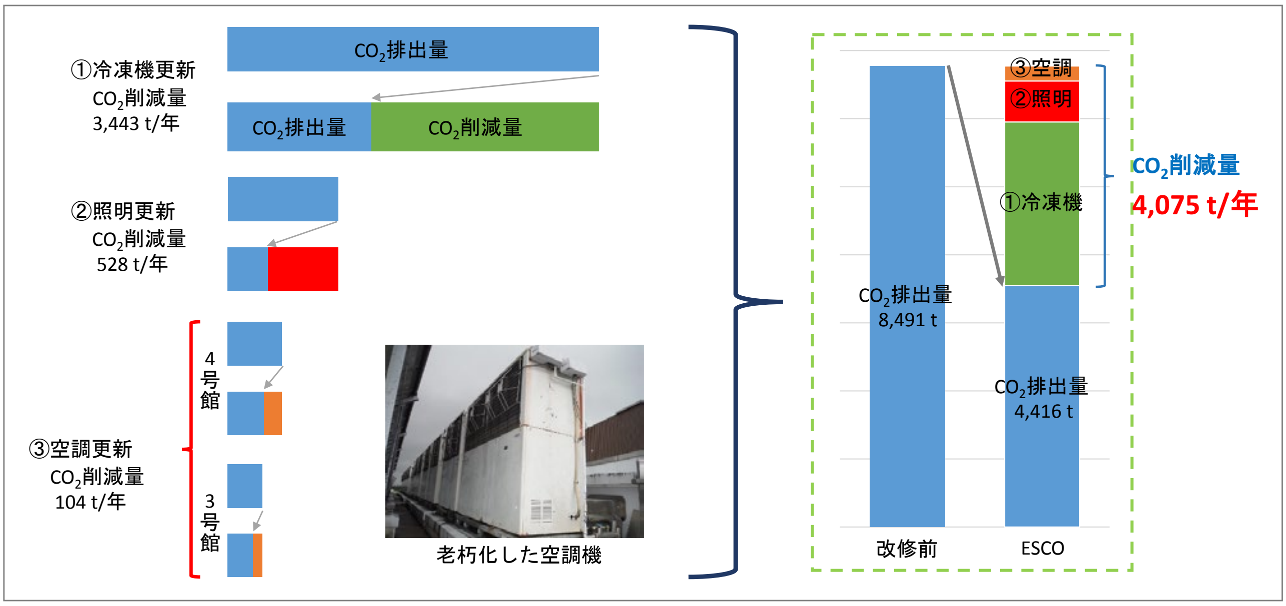


図 2.　ESCO 事業による CO_2 削減※3

※1 EHP：電気モータヒートポンプ空調機
※2 GHP：ガスエンジンヒートポンプ空調機
※3 換算係数は電気事業者の値 0.486 t-CO_2/MWh を使用しました。

社会との関わり

新たな取り組み

KEK メディアサロン

KEK の研究について報道機関の記者の方の取材につなげ、報道する機会を増やしてもらおうと、東京・秋葉原で報道機関の記者向け勉強会「KEK メディアサロン」を開催しました。2017 年度は、国際リニアコライダー（ILC）や、フォトンファクトリー（PF）、SuperKEKB プロジェクトなどをテーマに計 5 回開催し、新聞社を中心に、雑誌やテレビなど各方面の報道関係者が参加しました。参加者からは様々な質問が寄せられ、それに対し研究者が丁寧に答え、理解を深めてもらいました。

クラウドファンディング

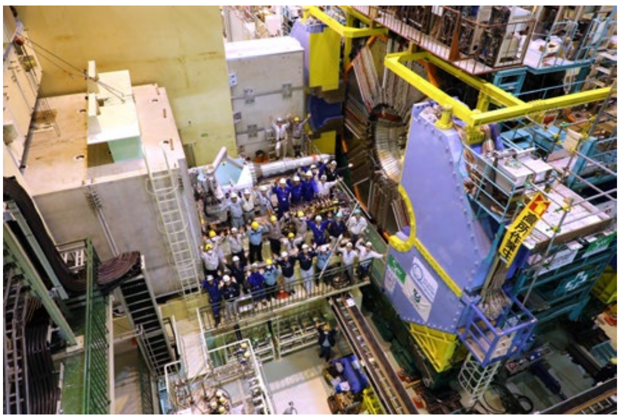
高校生に最先端の素粒子研究を体験してもらうサイエンスキャンプ「Belle Plus（ベル・プリュス）」の運営資金の獲得のため、KEK の研究者からの初の試みとしてクラウドファンディングに挑戦しました。学術系クラウドファンディング・プラットフォーム「academist（アカデミスト）」と連携し、6 月 1 日から 7 月 10 日の間で、目標金額 80 万円のところ、226 人の方から 1,972,488 円（達成率 246%）のご支援を頂きました。

Belle Plus の様子

Belle II 実験「ロールイン」を生放送

KEK で行っている Belle II 国際共同実験で、そのマイルストーンである「ロールイン作業」の全工程を、株式会社ドワンゴが運営する動画サービス「niconico 生放送」で 4 月 11 日、生中継しました。「《Belle II 測定器ロールイン》世界最強加速器と合体 KEK × niconico 実況生中継」と題した放送は、計 36,033 人が視聴しました。ユーザーからのコメントや質問に答えながら双方向形式で番組を進めていき、計 13,470 件のコメントがありました。放送では、各界で活躍されている豪華ゲストを招き、研究者による解説も交えながら現場の作業を 8 時間かけて生中継しました。

生中継の様子



ロールイン作業終了の記念撮影

広報活動

一般公開

普段公開されていない実験装置・施設の見学や、著名な研究者による講演、子供向け体験コーナーなどの企画を含む一般公開を、毎年 9 月上旬ごろに実施しており、2017 年度は、約 3,800 人が来場しました。「科学おもちゃで遊ぼう !」「ポケット分光器を作ろう」「光の測定器を作ってみよう」など、大人からお子様まで楽しめる体験型のコーナーでは、多くの家族連れの皆さんが参加しました。スパコンや素粒子ミュオン、SuperKEKB 加速器、反物質についての講演会も行い、それぞれの分野の研究の最前線を紹介しました。また、KEK が所在するつくば市のイメージキャラクター「フックン船長」も来場して記念撮影に応じるなど、つくば市の PR も行いました。

Belle II 測定器の見学の様子

科学技術週間

全国の研究機関や大学で、各種科学技術に関するイベントなどを実施する「科学技術週間」の一環として、2017 年度は、実験施設「B ファクトリー」と「フォトンファクトリー」の見学ツアーなどを行う春のキャンパス公開を 4 月 22 日に開催し、499 名の方が来場しました。科学技術週間期間中の 4 月 17 日から 23 日までの見学者数と合わせて、全体で約 722 人が来場しました。科学技術週間は、科学技術について広く一般の方々に理解と関心を深めてもらい、日本の科学技術の振興を図ることを目的として開催されているものです。

見学受入

つくばキャンパスでは、常設展示ホール「コミュニケーションプラザ」で KEK の研究について紹介しています。展示ホールでは、加速器が動く仕組みや素粒子について学んだり、宇宙から降り注ぐ宇宙線を観察したり、身近なものに含まれている放射線を自分で測ることができます。2017 年度は、一般見学者が約 8,000 名、団体見学者が約 7,000 名でした。東海キャンパスの見学･視察者数は、約 3,000 名でした。

KEK 公開講座

KEK の研究で蓄積された知見や加速器科学について一般の方々に広く紹介し、興味や関心を持ってもらうことを目的に例年春と秋に「KEK 公開講座」を実施しています。春の公開講座は、6 月につくばキャンパスで、「高エネルギー加速器の最前線」をテーマとして 2 つの講演を行いました。12 月には、「宇宙のはじまりを観測するすごい実験」をテーマに秋の公開講座を開催し、それぞれ約 180 人が訪れ、講演後も様々な感想が寄せられました。

KEK サイエンスカフェ

毎月一つのテーマを決め、毎週金曜日につくば駅前で開いています。若手研究者を中心に話題を提供してもらい、最先端の研究成果や研究の面白さ、また研究者自身に関することなど、参加者も含めてコーヒー等を飲みながら気軽に議論・雑談できる場を提供しています。参加者の質問や要望を交えながら展開していくスタイルが「KEK サイエンス・カフェ」の特徴です。2015 年 11 月から 2018 年 3 月までに計 94 回開催しました。

KEK キャラバン

KEK の活動をより多くの方々に知ってもらうために、KEK の研究者や職員を全国の学校や各種団体等へ講師として派遣するプロジェクトです。2010 年 4 月に開始し、加速器を用いた素粒子や物質・生命などの研究、その研究を支える仕事を紹介しています。学校の先生方の研究会や研修会、各地方自治体が運営するプログラム、市民講座の講師として職員を派遣し、また学校の児童・生徒とその保護者向けの日曜親子教室や実験教室なども開催しています。2017 年度は、65 件の出前授業を行いました。

KEK キャラバンの様子

チョコレイト・サイエンス

チョコレートを構成する分子の並び方の違いが、食感や美味しさにどのように関係しているのか、研究者の話を聞きながら楽しく学び、最先端の研究を身近に感じられるワークショップです。2014 年冬から、つくば市内にあるチョコレートの製造を手掛ける企業の協力を得ながら拡充し、毎年冬期に科学館など各地で行っています。2017 年度は計 4 回実施しました。

チョコレイト・サイエンスの様子

KEK コンサート

年に数回、国内外で活躍している演奏家を招いて音楽コンサートを開催しています。2003 年度から地域の方々との交流促進のために、入場無料で公開しています。バロックから現代までのクラシック音楽に加え、邦楽やラテン音楽など多様なジャンルにわたり、レクチャー型コンサートを含んだ、知的で自由なコンサートシリーズです。2017 年度はつくばキャンパスの小林ホールで 3 回開催しました。

科学と音楽の饗宴

専門の科学者による科学に関する分かりやすい講演と、音楽コンサートを組み合わせたレクチャー&コンサートで、地域の文化活動の一環として毎年実施しています。2017 年度は 11 月 19 日、つくば市ノバホールで開催しました。ピアノのコンサートとともに、長谷川眞理子・総合研究大学院大学長をお招きし、現代の進化論、進化学について、講演が行われました。

科学と音楽の饗宴の様子

教育プログラムの実施

TYL スクール理系女子キャンプ

理系分野への進学を目指したり、考えたりしている女子高校生を対象につくばキャンパスで行うサイエンスキャンプです。TYL（Toshiko Yuasa Laboratory）は、国際的に活躍された日本人女性物理学者・湯浅年子博士の偉業にちなんで名付けられた日仏共同研究事業です。2017 年度は 4 月に 2 日間に渡り開催し、全国の女子高校生 30 人が参加しました。楽しい科学実験や、第一線で活躍する女性研究者によるレクチャー、KEK の大型実験施設を研究者とまわる見学プログラムを通して、そこで活躍する女性研究者・技術者ともふれあいました。

Belle Plus（ベル・プリュス）

高校、高専に在籍する生徒を対象にしたつくばキャンパスで行うサイエンスキャンプです。素粒子物理の体験型入門プログラムで、予備知識がなくても本格的な研究を体験できるもので、2017 年度は、8 月に 4 日間開催し、全国各地から 24 名の高校生が参加しました。キャンプでは、講義のあと、研究者とともにコース別の実習と研究発表を行いました。また、所内の加速器・測定器の見学ツアーも行いました。高校生の素粒子物理学に対する興味と関心がさらに高まることが期待されます。

ウインター・サイエンスキャンプ

高校生・高専生を対象とした科学技術体験合宿プログラムです。2017 年度は 12 月 24 日から 27 日につくばキャンパスで開催され、24 名が参加しました。全国から集った参加者たちは、「素粒子を見てみよう」「回折で小さなものを見てみよう」「信号を伝送してみよう」「放射線を知ろう」の 4 つのテーマに分かれて、研究の進め方を体験しました。参加者は、研究現場を訪れ、研究者との交流を通じて研究の魅力や楽しさを体験しました。実習では、加速器利用に関係する基礎的な実験を通して、測定機器の製作・調整、データ取得・整理、成果発表など、研究の進め方について学びました。

ウインター・サイエンスキャンプの様子

サマーチャレンジ

主に大学 3 年生を対象に KEK で行うサマースクールです。素粒子・原子核、物質・生命の分野における最先端の科学に触れる実験を大学研究室、KEK の指導のもとに自分たちで行うとともに、世界の第一線で活躍する多彩な研究者の講義、研究設備の見学、研究者達とのキャリア討論などを通して、研究の喜びを実感する機会を提供しています。2017 年度は 8 月 18 日から 26 日まで、つくばキャンパスで開催しました。

高校生等実習受入

毎年全国の中高生を対象に、学校では触れにくい研究現場の様子を肌で感じてもらうことを目的に、実習受入を行っています。2017 年度は、全国から 21 団体 682 名が参加し、丸一日かけて見学、講義、実習を通して自然科学への興味関心を深めました。

職場体験

文部科学省が推進する学習活動プログラムです。生徒が働く人と直接接することにより、学ぶことや働くことの意義を実感し、主体的に進路を選択決定する態度や意志、意欲などを培うことを目指して行われています。2017 年度は、中学校 8 校、高校 1 校から 35 名が訪れ、タンパク質を結晶化させる実験や、超伝導高周波加速空洞を組み立てるクリーンルームのクリーン度の測定などを体験しました。

地域との共生活動

茅葺き屋根保存会による茅刈り

つくばキャンパスは、実験施設周辺以外は自然の草地になっており、一部には良質の「茅」が群生しています。KEKでは地域社会への貢献として、2004年よりこの茅を茅葺き屋根保存のために提供しており、この茅場は、2013年3月に文化庁より文化財建造物の修理に必要な資材のモデル供給林及び研修林となる「ふるさと文化財の森」に設定されています。

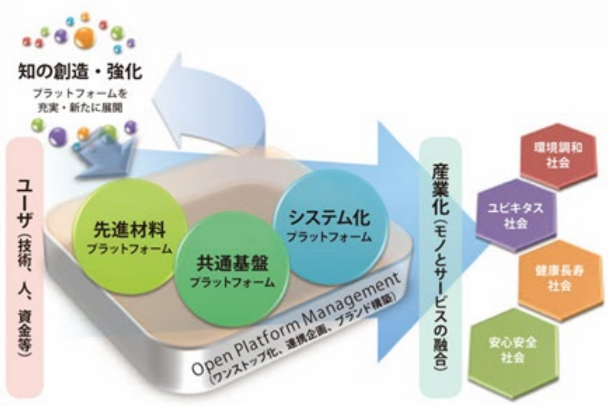
2017年度は、12月9日、10日の2日間、やさと茅葺き屋根保存会とボランティアによって茅刈りが実施され、2日間で55名の参加者がありました。刈り取られた茅は、石岡市八郷地区や筑波山麓の茅葺き民家群の葺き替えに利用されました。今後も茅場の保全に取り組み、このような地域社会への貢献活動を続けていく予定です。


茅刈りの模様

産学官の連携活動

オープンイノベーション拠点TIA～TIA-nanoからTIAへ（分野と地域の拡大）

TIA-nano（つくばイノベーションアリーナ）は、世界水準の先端ナノテク研究設備・人材が集積するつくばにおいて、内閣府、文部科学省及び経済産業省からの支援を得て、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構（NIMS）、筑波大学、KEK（2012年4月参画）の4つが中核機関となり、産業界が加わって、世界的なナノテクノロジー研究・教育拠点構築を目指すものでした。TIA-nanoは2010-2014年の第1期において、オープンイノベーションを実践し、数々の優れた研究成果を挙げました。この成果を基に、2015-2019年の次の5年間で、わが国のイノベーションシステム改革を主導する具体論を「TIA-nano vision 2015-2019」として策定しました。ここでは、我が国の莫大なイノベーション資源（技術、人、資金）をオープンにして流動・連動を誘発させ、新しい「知の創造」と産業界への「橋渡し」を推進する「継続的イノベーションのための資源連動の仕組み」を提唱しています。



継続的イノベーションのための資源連動の仕組み

東京大学が2016年4月からTIA-nanoに参画し、これを機にTIA-nanoの名称をTIAと改称、活動地域をつくばだけではなく東京を含む地域に拡大し、活動分野もナノだけではなく情報や医学等の分野を含めた広い分野に拡大することになりました。

また、TIA の 5 研究機関が組織の枠を超えて連携し、2016 年 4 月より「新しい知の創造と産業界への橋渡し」を具体的に進める「TIA 連携プログラム探索推進事業（かけはし）」を開始しました。2017 年度の「かけはし」事業では、提案されたテーマ数は 71 件に上り、バイオ、計算科学、IoT、ビッグデータ解析などの新領域、融合領域を含む 50 件が採択され、総計 645 人以上の研究員が本事業に参画しました。さらに企業参画の拡大を目指し、参加の仕組み検討と複数の企業への広報を行い、来年度からの企業参画が具体化しつつあります。

KEK ではTIA 推進室を設け、TIA が魅力ある世界的オープンイノベーション拠点となるよう連携・協力を進めています。

TIA かけはし事業ロゴマーク

先端加速器科学技術推進協議会

先端加速器科学技術推進協議会は、産学官政の連携により、次世代の加速器科学を担う技術開発を推進するための組織です。従来行ってきた現場担当者や研究者レベルでの様々な連携や協力、情報交換に加え、企業のトップレベルや有識者も含めた体制で加速器開発に必要となる技術開発を推進します。

国際リニアコライダーを中核モデルケースと定め、技術面のみならず、知的財産の取扱いや組織のガバナンスの検討、広報活動の実施等、様々な活動を展開しています。KEK は山内正則機構長が理事として参加しており、科学と技術の両面から協議会の活動に貢献しています。


先端加速器科学技術推進会議の技術部会の様子

大学加速器連携協議会の設立

大学共同利用機関法人である KEK の加速器研究施設と大学の加速器施設や加速器関連講座が共同して、大学や KEK の加速器研究を取り巻く難問題を打破し、加速器科学発展を推進する全国組織体「大学加速器連携協議会」を 2017 年 4 月に設立しました。2018 年 3 月現在、40 の大学の加速器施設や講座が参加して次のような共同事業を行っています。

（ア）大学加速器施設と KEK 加速器研究施設の情報共有
（イ）加速器技術向上や加速器科学の新展開に関する検討（協働プラン策定等）
（ウ）大学加速器施設の維持・管理・運用や機能向上に関する相互扶助・協力
（エ）加速器関連の人材育成

また、大学の教職員・学生、大学の地元の自治体・企業に、加速器の先端性と将来性を発信するための講演会・施設見学会も実施しています（2018 年 3 月、「筑波大・KEK-day ～加速器のすすめ～」開催）。

協議会に参加する加速器施設

多企業参画ラボ

研究大学強化促進事業において制度設計を行い、2016 年度末に多企業参画ラボ事業が制定されました。これは KEK から産み出される加速器技術やその周辺技術を核として企業と様々な連携を推進するプラットフォームを形成することにより、継続的にイノベーションを創出するための事業です。2017 年度から、その中核に共創コンソーシアムを設置し事業を推進しています。共創コンソーシアムは、企業法人、その他の法人が参加する会員制とし、ニーズ・シーズのマッチングを進め、会員間の様々な連携を推進することにより、新たなテーマの発掘、発展を図ることを目指して活動を行っています。

安全安心文化の醸成

J-PARC センターにおける取り組み

J-PARC センターでは、2013 年のハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故を受け、安全意識を向上させるための取り組みを継続的に進めています。

(1) J-PARC 安全の日

事故の発生した 5 月 23 日の前後に、安全への決意を新たにすることを目的に「J-PARC 安全の日」を設けています。2017 年度は 5 月 25 日を安全の日とし、午前は J-PARC 内での取り組みを共有する「安全情報交換会」、午後は「J-PARC 5.23 安全文化醸成研修会」を開催しました。

今回で 4 回目となる研修会は、原科研大講堂を主会場とし、つくばキャンパスと東海 1 号館に TV 会議中継する形で開催しました (参加者 303 名)。接客向上委員会& Peace 代表の石坂秀己氏から「ディズニーリゾートで大切にされている SAFETY」というテーマでご講演いただきました。講演では、安全を継続させるには働いているスタッフ自身が笑顔であることが大切で、「ほめる。認める。励ます。」などを意識して良い雰囲気をつくっていくことが安全にも繋がること、仲間意識を持てる人間関係が様々な場面での声かけにも繋がることなどを、楽しくお話いただきました。

J-PARC 5.23 安全文化醸成研修会における
接客向上委員会& Peace 代表 石坂秀己氏の講演

(2) 加速器施設安全シンポジウム

加速器施設の安全関係者や技術者と安全管理の経験と課題について情報を共有する「加速器施設安全シンポジウム」を毎年開催しています。2018 年 1 月 25 日 - 26 日の第 5 回シンポジウムでは、「放射線安全教育」と「重量物運搬」をテーマとして取り上げました (参加者 124 名)。放射線障害防止法が改正されたことを踏まえて、共同利用施設と大学における放射線安全教育の現状と課題を紹介し合い、今後の教育のあり方について共通理解を得ることを目指して意見交換を行いました。また、各施設での重量物運搬作業に関わるトラブル事例と防止対策が紹介され、労働安全衛生コンサルタントからは、建設現場でのクレーン災害事例と玉掛作業の基本についてご講演いただきました。さらに、海外の加速器施設での取り組みとして、C. Balle 氏 (CERN) から CERN での安全教育の現状紹介、A. Manzlak 氏 (米国 Jefferson Lab.) から放射性のトリチウム気体をビーム標的として利用する実験の安全設計についてご講演いただきました。

(3) その他の取り組み

安全ポータルサイト (WEB) を利用したヒヤリハットや気がかり情報の収集と共有に取り組んでいます。また、「安全活動は、明るく、楽しく」の方針を掲げ、意識して良い取り組みを紹介し合う活動にも取り組んでいます。「Mindful of others」というポスターを各所に掲示し、お互いの作業にも気を配り、声をかけてくれた時には感謝し合おうというキャンペーンも行っています。

「Mindful of others」ポスター (英語版あり)

つくばキャンパスにおける取り組み

KEK では、毎年秋に安全・衛生週間を実施し、関連するイベントを集中的に開催し、職員の他、共同利用者、学生、委託業者の方に参加していただき、安全意識の向上を進めています。2017 年度は 11 月 27 日（月）から 12 月 1 日（金）まで行い、初日にはキックオフとして安全担当理事による安全訓示の後、「研究組織における安全管理」と題して、東京大学大学院工学系研究科・教授の中尾政之氏による特別講演を行いました。また、安全講習会として、つくば北警察署交通課長を講師に招いて「交通安全」と環境安全管理室長による「つくばキャンパスの排水管理と環境安全」の講習を主会場のつくばキャンパスと東海キャンパスとを TV 会議で接続して開催しました。併せて、消防署による「普通救命講習会」の他、安全への取り組みやヒヤリハット事例のパネル展示をつくばキャンパスと東海キャンパスでそれぞれ行いました。その他、新たな試みとして、他機関の研究現場での安全への取り組みについて見学することにより、安全意識の高揚を図るとともに、他機関の取り組みを KEK の研究現場改善の一助とし、もって労働災害の防止を目的に、産業技術総合研究所の見学の実施や、KEK における過去にあった危険事象について、異なる研究現場の目線から多角的に議論することにより、安全意識の高揚を図るとともに、今後の安全の取り組みのために有効な情報を共有し、危険事象及び労働災害を未然に防ぐことを目的に数名のパネリストと安全について議論する安全パネルディスカッションを実施しました。

安全担当理事による安全・衛生週間キックオフ

また、ヒヤリハット投書箱を通してのヒヤリハット事例の収集、「安全最優先」と大きく表記したポスターの掲示を継続して行っており、日常の中での安全衛生に関する意識の喚起に役立っています。さらに、火災、地震、ケガ、放射線事故、化学物質の汚染等の緊急時の対応を電話帳形式にまとめた緊急時対応手順書も日本語版と英語版を並べて掲示することも継続して行っており、いざというときに活用できるようにしています。

職場環境の向上

健康管理

年 1 回の一般定期健康診断と年 2 回の特殊定期健康診断（電離放射線、特定化学物質等）の他、子宮がん検診、大腸がん検診、胃がん検診をそれぞれ実施しました。このほか雇入時の健康診断及び長期海外渡航等に係る健康診断を随時実施しています。

健康相談室では、健康診断の結果に基づいて産業医等による保健指導を行うとともに、職員からの健康相談には随時対応してきました。また、職員の健康と健康意識の向上に向けた取り組みとして、「足元を見直そう　～昨今の転倒事故を踏まえて～」と題して産業医による安全衛生講習会をつくばキャンパスと東海キャンパスでそれぞれ開催しました。

KEK ではこれらの取り組みを行い、職員の健康の維持・管理、増進に努めました。

巡視点検

法令等に基づき職場の安全衛生確保と職員の健康障害を防止するため、産業医、衛生管理者による巡視点検を両キャンパスあわせて 144 回（累計 539 棟）実施し、指摘事項は 156 件あり、80.7% が改善されました。

2017 年度から、つくばキャンパス巡視点検において、環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会委員が参加し、より多角的な視点からの職場巡視を行うことが出来ました。これらは、安全衛生推進室と各部署担当者や関係者が相互理解を深めながら KEK の安全衛生管理を円滑に進めるための中心的活動となりました。また、巡視点検の結果は、指摘、改善事項のみならず、好事例も各キャンパス衛生委員会にて紹介し、より質の高い安全衛生管理への一助となるべく情報発信をしています。

さらに、つくばキャンパスでは、産業医、衛生管理者による巡視点検の他に各部署の安全衛生点検者による月 1 回の自主点検も継続して行われています。

AED 設置と取扱訓練

AED（自動体外式除細動器）は、2018 年 3 月末現在、つくばキャンパスに計 10 ヶ所、東海キャンパス（J-PARC を含む）に計 15 ヶ所、設置されています。

なお、2017 年度も、「安全・衛生週間」のイベントのひとつとして、つくばキャンパスと東海キャンパスそれぞれにおいて「普通救命講習会」を開催し、両キャンパスで 35 名の職員等の参加があり、心肺蘇生法、AED 使用方法の訓練を受けました。

普通救命講習会の模様

作業環境測定

労働安全衛生法に定める有機溶剤または特定化学物質を取り扱う場合、作業場に対する作業環境測定（当該化学物質の空気中の濃度測定）及び作業者に対する特殊健康診断が義務付けられています。化学実験棟水質検査室で委託業者が行っている水質検査業務のうち、ノルマルヘキサンを取り扱う検査、及び STF 棟内電解研磨設備において電解液として硫酸とフッ化水素酸の混酸を使用する作業が有害業務に該当し、定期的に作業環境測定を行っています。2017 年度は 9 月と 3 月にノルマルヘキサンの作業環境測定を、7 月と 12 月にフッ化水素の作業環境測定を行いました。双方の作業場においていずれの測定も第 1 管理区分（適切）に評価され、作業環境上問題のないことが確認されました。

防災への対応

つくばキャンパス全体規模で大地震の発生から火災に至るとの想定で防災・防火訓練に加え、事故発生時の対応に関する訓練も併せて実施しました。その他、自衛消防隊の 3 支部において計 3 回、独自に防火訓練を実施しました。

東海キャンパスでは、西地区での防火訓練、J-PARC センターとして事故発生時の対応に関する訓練や消火器取扱訓練等を行ったほか、JAEA 原科研が実施した、大地震に続いて大津波が発生したとの想定による防災訓練に参加しました。

防火訓練の模様（つくばキャンパス）

事故等

2017年度、つくばキャンパス・東海キャンパス合わせて交通事故15件、発火発煙事故1件、その他事故（作業中の物損やケガなど）が19件ありました。特に交通事故の原因は、駐車場で車を操作する際の接触事故（7件）等、当事者の不注意や確認ミスによる物損事故がほとんどでした。このことから、職員の他、ユーザーや業者に対して、構内での交通ルールの遵守についてのメールを配信し、注意喚起を行いました。

業務委託業者等への安全衛生教育

KEKの加速器や関連施設等の運転維持には数多くの業務委託の作業員が携わっています。更に工事や役務等の業者の方も構内で作業を行っています。

2017年度に発生した事故の中には、業務委託の作業員の関わった事故も含まれています。KEKでは、業務委託業者等を対象として、毎年、安全業務連絡会を開催しています。2017年度は3月に開催し、つくばキャンパスの安全全般についてや電気安全、放射線安全について各安全担当者より事故事例等の紹介を交えて説明しました。

また、J-PARCにおいても、作業における安全情報を業者と職員が共有・意見交換する「J-PARC請負業者等安全衛生連絡会」を7月に開催し、毎月1回の頻度でJ-PARCの状況をメールニュースとして配信・共有しています。

安全業務連絡会の模様

安全運転講習会の実施

KEKでは、業務上多数の職員が公用車（業務上における自家用自動車使用を含む）又は自家用自動車を運転している実態を踏まえ、自動車の安全な運転の確保を目的とし、道路交通法に基づくKEKの業務に従事する運転者に対して交通安全教育を行っています。安全・衛生週間に、つくば北警察署交通課長を講師に招いて「交通安全」の講演を行ったほか、2月22日に東海キャンパスで、ひたちなか警察署から講師を招いて「安全運転講習会」を実施しました。つくばキャンパスでは、3月9日に安全運転管理者による安全運転に関する講演も行いました。

安全講習会「交通安全」の模様

KEKクリーンアップ月間

KEKでは、12月1日から28日の1か月間、職場の整理・整頓作業を通じて職員の安全・衛生意識の向上を図るとともに、職場環境を改善し事故及び怪我を防止することを目的に、「KEKクリーンアップ月間」を実施しました。このキャンペーンでは、①各研究所・研究施設等で組織的に「整理・整頓・清掃」を実施する、②「整理」必要な物と不要な物を分け、不要な物を捨てる、③「整頓」置き場所、置き方を決め、表示を確実に行う、④「清掃」掃除をして、ゴミ、汚れのないきれいな状態にする、を重点目標にして取り組みました。

有志によるキャンパスゴミ拾い

クリーンアップ月間の期間中、有志によるキャンパスゴミ拾いを行いました。つくばキャンパスでは12月14日の昼休みに45名が参加し、キャンパスの外周（外側）の歩道周りのゴミを拾いました。東海キャンパスでは12月11日の昼休みに37名が参加し、東海1号館周辺のゴミを拾いました。今後も継続して行っていきます。

理事も参加したゴミ拾いの模様（つくばキャンパス）

育児・介護・女性教職員支援

KEKでは、男女共同参画社会の実現を目指し、仕事と家庭の両立や雇用環境の整備等に関して男女共同参画推進室を中心に活動しています。同室は、育児・介護及び女性教職員への各種の支援について、ホームページにて育児・介護のための休暇・休業制度や休業補償制度等に関する情報提供を行うとともに、セミナーや勉強会等も開催しています。その他、主な支援の状況は以下の通りです。

介護セミナーの様子

【育児支援】

- KEKベビーシッター利用支援事業（費用補助等）
- 公益法人全国保育サービス協会のベビーシッター割引券の利用
- 育児支援室の設置（常設）
- 産前産後休暇及び育児休業中職員の代替要員に関する取扱いを制定
- 産前産後休暇及び育児休業中の管理局職員の自宅におけるVPN利用を可能に

【介護支援】

- 介護支援情報の提供
- 介護セミナーの開催

【女子教職員支援】

- 女子休憩室（搾乳室）の設置及び実験施設等への女子トイレの順次設置
- 海外若手女性研究者受入事業（アテナプログラム）の実施
- 4機構連携男女共同参画シンポジウムの開催
- 一般公開で「理系女子応援相談コーナー」ブース開設

資料

環境データ集

	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	単位	記載
総エネルギー投入量（合計）	1,799,983	2,022,674	2,976,445	3,083,410	2,778,176	GJ	p.24
つくばキャンパス	1,309,844	1,165,669	1,706,161	1,916,909	1,615,938		
東海キャンパス	490,139	857,005	1,270,284	1,166,501	1,162,239		
電力使用量（合計）	178,118	203,201	301,035	312,611	281,093	MWh	p.24
つくばキャンパス	127,193	114,095	168,873	191,298	160,264		
東海キャンパス	50,925	89,106	132,161	121,313	120,829		
都市ガス使用量（つくばキャンパス）	1,901	1,496	1,800	1,707	1,448	千m^3	p.25
石油燃料使用量（合計）	32	37	34	26	24	kL	p.25
つくばキャンパス（合計）	16.1	17	13.3	9.2	8.5		
ガソリン	13.0	14.1	10.4	6.9	6.6		
軽油	2.1	2.1	2.0	1.6	1.5		
A 重油	1.0	0.78	0.86	0.66	0.48		
東海キャンパス（合計）	15.9	20.1	20.7	17.1	15.3		
ガソリン	15.4	18.7	19.6	16.2	14.7		
軽油	0.50	1.4	1.1	0.87	0.54		
太陽光発電量（合計）	86.8	84.2	79.3	79.3	81.0	MWh	p.25
4 号館	20.1	19.5	18.4	18.8	18.9		
管理棟	66.7	64.7	60.9	60.5	62.0		
印刷用紙購入量	29	18	22	24	24	t	p.26
水資源使用量（合計）	224	234	313	316	296	千m^3	p.26
つくばキャンパス（合計）	149	137	140	146	122		
上水	129	112	116	130	110		
井水	20	25	24	16	12		
東海キャンパス（合計）	75	97	173	169	174		
上水	10	10	8	10	10		
工水	65	87	165	159	164		
ヘリウム供給量（合計）	87.8	96.3	140.5	146.9	133.5	kL	p.27
供給量（つくばキャンパス）	77.3	78.2	125.7	125.7	111.7	kL	
回収率（つくばキャンパス）	90.9	96.5	90	96.4	91	%	
供給量（東海キャンパス）	10.5	18.1	14.8	21.2	21.8	kL	
回収率（東海キャンパス）	80	80	90	93.6	94.4	%	

	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	単位	記載
CO_2 排出量（合計）	102,307	115,409	178,418	187,394	147,225	t-CO_2	p.27
つくばキャンパス	74,261	66,264	101,848	116,144	85,325		
東海キャンパス	28,046	49,144	76,570	71,250	61,900		
CO_2 排出量（一般需要合計）	2,970	2,917	3,092	3,149	2,820		
電力	2,641	2,599	2,751	2,799	2,471		
都市ガス	254	231	261	288	293		
石油燃料	76	87	80	62	56		
廃棄物（合計）	503,850	450,844	984,963	319,869	349,869	t	p.28 p.29
一般廃棄物（合計）	88,630	85,450	118,832	105,487	108,219		
つくばキャンパス	88,630	85,450	85,590	79,430	83,220		
東海キャンパス	―	―	33,242	26,057	24,999		
産業廃棄物（合計）	390,829	333,449	845,779	179,606	216,132		
つくばキャンパス	334,726	299,439	809,815	140,020	206,240		
東海キャンパス	56,103	34,010	35,964	39,586	9,892		
実験系廃棄物（合計）	24,391	31,945	20,352	34,776	25,518		
つくばキャンパス	23,669	31,795	20,232	13,697	21,203		
東海キャンパス	722	150	120	21,079	4,315		
放射性廃棄物（合計）	17,422	23,160	15,002	22,092	7,918	L	p.29
つくばキャンパス	0	0	0	5,104	0		
東海キャンパス	17,422	23,160	15,002	16,988	7,918		
リサイクル（合計）	1,080,500	519,170	194,120	918,890	490,960	kg	p.29
古紙	65,190	49,420	42,260	37,860	36,420		
文書溶解処理	2,890	5,050	12,660	9,680	6,640		
金属屑	1,012,420	464,700	139,200	871,350	447,900		
下水道排出量（合計）	104	109	95	121	84	千m^3	p.30
つくばキャンパス	101	105	92	117	79		
東海キャンパス	3	4	3	4	5		

換算係数表

	2006年度※1	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	単位
単位発熱量							
電力（昼間）	9.97	9.97	9.97	9.97	9.97	9.97	GJ/MWh
電力（夜間）	9.28	9.28	9.28	9.28	9.28	9.28	GJ/MWh
都市ガス	45	45	45	45	45	45	GJ/ 千m^3
ガソリン	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	GJ/kL
軽油	38.2	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7	
A 重油	―	39.1	39.1	39.1	39.1	39.1	
二酸化炭素換算係数							
電力※2	0.555	0.550	0.551	0.579	0.587	0.512	t-CO_2/MWh
都市ガス	0.0506	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	t-CO_2/GJ
ガソリン	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	
軽油	0.0686	0.0686	0.0686	0.0686	0.0686	0.0686	
A 重油	―	0.0693	0.0693	0.0693	0.0693	0.0693	

※1「大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構における地球温暖化対策のための計画書」における温室効果ガス排出削減基準年（2006 年度は A 重油を算出に入れていない。）
※2 2006 年度は地球温暖化対策の推進に関する法律に基づくデフォルト値、2013 年度以降は同法に基づく代替値

用語集

略語

ATF	Accelerator Test Facility	先端加速器試験施設
BINP	Budker Institute of Nuclear Physics	ロシア ブドカ原子核研究所
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire	欧州合同原子核研究機関
CFF	Cavity Fabrication Facility	空洞製造技術開発施設
CMB	Cosmic Microwave Background	宇宙マイクロ波背景放射
CSR	Corporate Social Responsibility	企業の社会的責任
DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron	ドイツ電子シンクロトロン研究所
ERL	Energy Recovery Linac	エネルギー回収型リニアック
EXAFS	Extended X-ray Absorption Fine Structure	広域 X 線吸収微細構造
Fermilab	Fermi National Accelerator Laboratory	米フェルミ国立加速器研究所
FWHM	full width at half maximum	半値全幅
HER	High Energy Ring	電子リング
HPR	High Pressure Rinsing	超純水高圧洗浄
IHEP	Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Sciences	中国科学院高能物理研究所
ILC	International Linear Collider	国際リニアコライダー
INFN	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	イタリア国立原子核研究機構
JAEA	Japan Atomic Energy Agency	日本原子力研究開発機構
JLab	Jefferson Laboratory	米ジェファーソン研究所
J-PARC	Japan Proton Accelerator Research Complex	大強度陽子加速器施設
KISS	KEK Isotope Separation System	元素選択型分離装置
LER	Low Energy Ring	陽電子リング
LINAC	Linear Accelerator	線形加速器
MLF	Materials and Life Science Experimental Facility	物質・生命科学実験施設
MR	Main Ring	50 GeV シンクロトロン
NIMS	National Institute for Materials Science	物質・材料研究機構
NSRRC	National Synchrotron Radiation Research Center	台湾国立放射光研究センター
PCB	Poly Chlorinated Biphenyl	ポリ塩化ビフェニル
PF	Photon Factory	放射光科学研究施設
PF-AR	Photon Factory - Advanced Ring	PF-AR
PSI	Paul Scherrer Institute	スイス ポールシュラー研究所
RCS	Rapid Cycling Synchrotron	3 GeV シンクロトロン
RI	Radio Isotope	放射性同位体
RRCAT	Raja Ramanna Centre for Advanced Technology	ラジャ・ラマンナ先端工学センター
STF	Superconducting RF Test Facility	超伝導リニアック試験施設
STXM	Scanning Transmission X-ray Microscopy	走査型透過軟 X 線顕微鏡
T2K	Tokai to Kamioka	長基線ニュートリノ振動実験
UCN	Ultra-Cold Neutron	超冷中性子

用語

用語	説明	頁数
eV	電子ボルト。 1 ボルトの電位差（電圧）で加速された電子の運動のエネルギー。エネルギーの一般的な単位である J（ジュール）で表すと、1 eV は $1.6x10^{-19}$ J となる。 1 keV = 1,000 eV,　1 MeV = 1,000 keV,　1 GeV = 1,000 MeV	3,4,5,16,17,35,41,42,43
エネルギー回収型リニアック（ERL）	電子ビームを楕円形のリングで一周させ、平行度や強度の高い放射光を得るための加速器。一周した電子ビームのエネルギーをリニアックで回収し、別の電子ビームの加速に再利用することから「エネルギー回収型」と呼ばれる。	15,21
国際リニアコライダー計画（ILC）	世界最高エネルギーの電子と陽電子を衝突させる実験を行う、国際共同研究計画。約 30 km に及ぶ地下直線トンネル内に建設する直線型の超伝導加速器を利用する。LHC 計画などで探索が進められているヒッグス粒子の精密な調査や、超対称性粒子の発見などを目指す。	8,10,12,15,21,46
スーパーカミオカンデ	岐阜県飛騨市の神岡鉱山跡地下 1,000 m に建設された、東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設の検出器で、T2K 実験に加えて、宇宙から到来するニュートリノの観測や、陽子が崩壊する現象を探索する実験を行っている。	13,16
先端加速器試験施設（ATF）	ILC 計画において重要な、ビーム径が非常に小さく平行性の良い電子ビームを生成するためのビーム測定装置やビーム制御装置の先端的開発研究を行う施設。世界一質の高い電子ビームを生成する。	15
長基線ニュートリノ振動実験（T2K）	茨城県東海村の J-PARC でニュートリノビームを発生させ、295 km 離れた岐阜県飛騨市神岡町の地下 1,000 m にあるスーパーカミオカンデで検出することで、ニュートリノが飛行中に他の種類のニュートリノに変わる「ニュートリノ振動現象」を調べる実験。	13,14,16
超伝導リニアック試験施設（STF）	超伝導加速空洞システムの総合的試験を行う試験開発施設。冷却設備、大電力マイクロ波発生装置、空洞保冷装置(クライオスタット)、試験用電子ビーム発生装置などを備える。	9,15,54
ニュートリノ	原子よりも小さく電気的に中性で、最も軽いクォークや電子の 100 万分の 1 以下の重さしか持たない素粒子。電子型、ミュー型、タウ型の三種類がある。	13,14,15,16,17,19
ハドロン	陽子や中性子や B 中間子のように、複数のクォークからできている複合粒子の総称。	3,6,12,13,15,16,17,19,52
ビッグバン	宇宙誕生初期に起こった、超高温・超高密度の火の玉状態からの大爆発のこと。	12

用語	説明	頁数
放射光	高エネルギーの電子等の荷電粒子が磁場中でローレンツ力により曲がるとき、放射される電磁波（光）で、赤外線から X 線に至る幅広いエネルギーを持つ。放射光科学研究施設におけるさまざまな研究に利用される。	12,14, 15,17, 19,39, 40,41, 42,43
放射光科学研究施設（PF, フォトンファクトリー）	放射光を用いて、物理学、化学、生物学、工学、農学、薬学、医学、産業応用など幅広い分野の研究を行っている共同利用研究施設。	14,15, 19,39, 41,46, 47

以下の Web ページもご覧ください。

やさしい物理教室
≫ https://www2.kek.jp/kids/class/
加速器ってナニ？
≫ https://www2.kek.jp/kids/accelerator/
カンタン物理辞典
≫ https://www2.kek.jp/kids/jiten/

第三者意見

横井　邦彦　氏

大阪教育大学
教育学部教育協働学科
理数情報講座　教授

本年度の第三者意見を述べさせて頂くことになりました大阪教育大学の横井と申します。環境化学関連の研究・教育を若干いたしておりますことや、1983 年頃からの数年間にフォトンファクトリーでモリブデン化合物の X 線吸収スペクトルを測定させていただいたことがご縁となり、今回お声をかけていただいたものと思っております。

KEK での様々な営みは、宇宙・物質・生命の謎を解明するための基礎科学であり、正に「我々はどこから来て、どこへ行くのか」に対する解を人類に与えてくれることにつながります。それらが応用されることで、物質構造の解明、材料科学や生命現象の理解が進み、素粒子物理学における新しい進展がもたらされることが期待されています。これらは世界最高水準の性能を持つ加速器を運転させる KEK ならではの研究に基づくものであり、他所では得られない人類の知的資産の拡大に貢献されているところです。

さて、これらの加速器を運転するには大きなエネルギーが必要となりますが、エネルギーをただ使うだけではなく、本報告のハイライトには最新の成果として超伝導加速空洞に関するコスト削減の研究が進められていること、また、環境関連トピックスには電力回収効率が 80% を超えると考えられるパルス電磁石機構を KEK 内で設計されたことも紹介されているように、研究を遂行する上でも、極めて積極的に環境、エネルギー負荷の低減が図られています。

環境マネジメントとしては、環境方針として基本理念、基本方針が掲げられ、それらを遂行するための環境管理体制も充実し、環境配慮活動に取り組んでおられます。今期の全ての環境目標に対して適切な行動計画に基づき、具体的な取り組みを進められ、全ての目標について「達成している」との評価がなされています。環境負荷項目の中で、2017 年度の KEK 全体の総エネルギー投入量が 2016 年度に比べ 10% 減を達成されました。主につくばキャンパスでの電力使用量が減少したためですが、KEK の構成員ばかりでなく、共同利用実験ユーザーの皆様による顕著な環境配慮がなされたことの現れでしょう。結果として二酸化炭素排出量も換算係数の減少とあいまって、約 20% 減少しております。また、割合としては小さいものの、都市ガスや石油燃料の使用量も減少し、また加速器施設などの運転以外に使用されている研究棟や管理棟等の一般需要による二酸化炭素排出量も 2006 年度比 5% を継続的に維持し、特に 2017 年度は前年比 10% 減を達成されました。環境保全並びに環境負荷低減への意識が KEK 利用者全体に広がってきているのではないかと思われます。さらには、エネルギーを消費するだけではなく太陽光発電施設も設置され、需要電力の一部を賄っています。

その他、環境に配慮した設備更新や ESCO 事業により二酸化炭素を削減するなど、様々な工夫を実施されていることが分かり、KEK の環境保全・環境負荷低減への営みは敬服に値するものです。また、KEK の事業を国民が理解するための様々な取り組みや広報活動、教育プログラムや地域との共生活動なども幅広く実施されており、最先端の研究活動に加えて多様な事業を展開されておられることが分かります。

既に KEK は環境保全に向けて十分なことを実施しておられますが、本報告に書き加えて頂けるとすれば、環境保全と環境負荷の低減に向けての目標並びに評価基準の定量化、環境保全コストの KEK 全予算に対する割合の算出と他機関との比較などを希望いたします。加えて、2017 年度の KEK 全体の総エネルギー投入量が前年度比 10% 減を達成された際の具体的な努力内容などは他機関への参考にもなろうかと存じます。

環境省からは「環境報告ガイドライン 2018 年版」が公表されました。次年度以降は「事業活動が直接的・間接的に環境に与える重要な影響」を KEK が判断し、対応すべき重要な環境課題について報告が求められるでしょう。KEK の益々の御発展と環境保全へのさらなる取り組みを期待しまして、私の意見とさせていただきます。

編集後記

KEK の環境報告 2018 をお読みいただきありがとうございます。

本報告には、KEK における環境活動はもちろんのこと、研究開発のハイライト、教育活動、また社会活動についても記載し、ステークホルダーの皆様にKEK の活動をより深くご理解いただけるよう心がけましたが、どのように感じていただけたでしょうか。本報告書が、地域社会や関係者の皆様、広く国民の皆様と KEK との親密なコミュニケーションツールになればと願っています。KEK における今後の環境管理活動に活かすために、忌憚のないお声をお聞かせいただければ幸いです。

今年度は KEK の環境報告に対して、大阪教育大学の横井邦彦先生に第三者意見をいただきました。本報告及び KEK における環境活動全般に関して概ね好意的な評価をいただきましたが、いくつかの課題も指摘していただきました。特に環境保全と環境負荷の低減に向けての目標並びに評価基準の定量化、環境保全コストの全予算に対する割合の算出や他機関との比較など、今回いただいたご意見を環境報告書だけでなく、KEK の環境活動、社会活動にも反映させていきたいと考えています。

KEK では地球温暖化対策として 2018 年度より CO_2 の排出量に関する新たな削減目標を定めました。この削減目標は、電力などエネルギー起源の CO_2 排出について、2030 年度までに 2005 年度比 30% 削減するというものです。大電力を消費する加速器施設を運営しながらこの目標を達成するのは容易なことではありませんが、KEK 構成員が一丸となって様々な省エネルギー対策を実施することにより実現可能であると考えています。

最後になりましたが、入念な編集作業をしていただいた環境安全管理室のメンバー、環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会のメンバー、原稿をお寄せいただいた KEK スタッフ、共同利用者の方々、また、お忙しい中、本報告書の第三者意見を快く引き受けてくださった横井先生に深く感謝致します。

2018 年 9 月

高エネルギー加速器研究機構　環境安全管理室
室長　文珠四郎　秀昭

高エネルギー加速器研究機構　環境報告 2018

本報告書はホームページでも公表しています。
URL：https://www.kek.jp/
KEK 環境報告 2018　で検索

■問合せ先
環境安全管理室　〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1
TEL：029-864-5498　FAX：029-864-1993　E-mail：k-anzen@ml.post.kek.jp