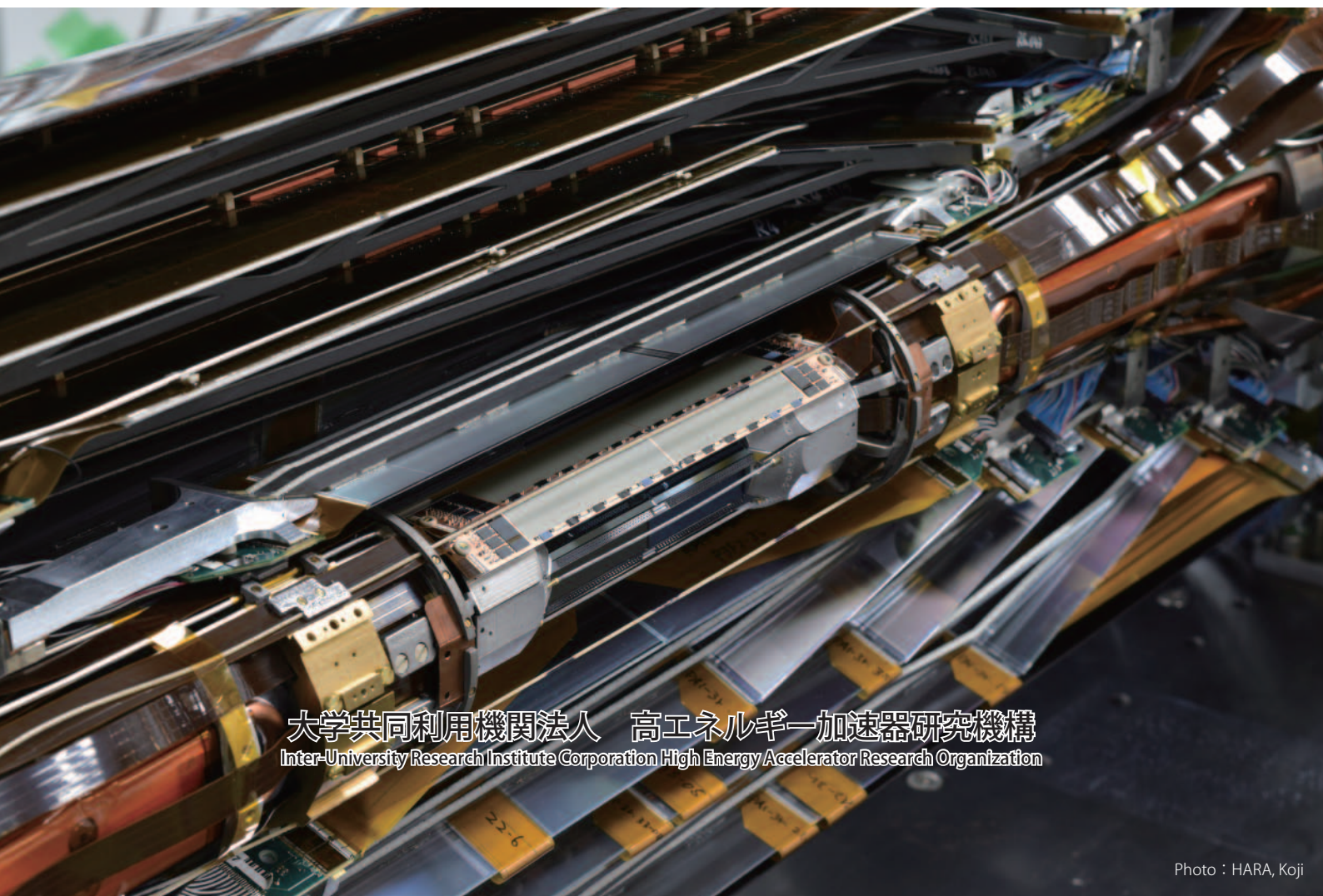


環境報告 2020

KEK Environmental Report 2020



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

Photo : HARA, Koji

編集方針

高エネルギー加速器研究機構(KEK)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	2019年4月～2020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：029-864-5567 E-mail：k-anzen@ml.post.kek.jp URL：http://rcwww.kek.jp/chem/
■ 公 開	2020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

トップメッセージ 1

KEK の役割と組織 3

- KEK とは
- KEK の目指すもの
- KEK と SDGs
- 組織
- 基礎データ
- 実績データ

環境マネジメント 13

- 環境方針
- 環境管理体制
- 環境目標・計画と達成度
- 環境負荷の全体像
- 総エネルギー投入量
- 電力
- 都市ガス
- 石油燃料
- 印刷用紙
- 水資源
- ヘリウム
- 温室効果ガス
- 廃棄物・リサイクル
- 下水道
- 大気
- 環境会計
- 環境関連法規の遵守状況

環境関連トピックス 31

- J-PARC メインリング 主電磁石電源のコンデンサバンクによるエネルギー再利用
- エネルギー問題解決のための希少元素代替技術
- 計算科学センターにおける省エネの取り組み
- 環境報告 2019 が環境コミュニケーション大賞優良賞を受賞
- 環境に配慮した設備更新
- ESCO 事業による CO₂ 削減

社会との関わり 39

- 広報活動
- 教育プログラムの実施
- 地域との共生活動
- 産学官の連携活動
- 安全安心文化の醸成
- 職場環境の向上
- 新型コロナウイルスに対する KEK での取り組み
- 電子・陽電子入射器の火災の化学安全対応

資料 54

- 環境データ集
- 用語集

第三者意見 59

- コラム 一般家庭と KEK の電力使用量 16

環境データ集について

環境データ集 (p.54-55) 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.56-58) 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。

SDGs アイコンについて

各ページ右上に、関連する SDGs アイコンを記載しています。SDGs については KEK と SDGs (p.5) をご覧ください。

KEK の研究活動についてもっと知りたい方は下記をご覧ください。

要覧

- ≫ [https://www.kek.jp/ja/PublicRelations/DigitalLibrary/Annual Report](https://www.kek.jp/ja/PublicRelations/DigitalLibrary/AnnualReport) (英語のみ)
- ≫ <https://www2.kek.jp/library/ar/ar.html>



■ 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 正剛

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。

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、2019 年の運転開始以来順調に性能を上げており、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実効性のあるエネルギー管理を行うことに加えて、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きました。例えば、J-PARC 加速器においては、加速の際に用いた電力を回収して再利用する電磁石電源への置き換え計画が進んでいます。また、SuperKEKB 加速器では粒子を加速するための高周波加速空洞に超伝導技術を多用すること、ビームの輸送路には超伝導電磁石を用いることなどで環境、エネルギー負荷の低減を図っています。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。

また、KEK では学術研究に加えて、2019 年度から応用超伝導加速器センターを設け、将来の半導体製造のための光源、核医学製剤、道路のアスファルト長寿命化を目的とした加速器など社会に役立ち、環境負荷の低減にも役立つ加速器の開発に力を入れています。これらは新しい産業につながる技術を社会に提供するもので、KEK が担う新たな役割であると考えています。また、新型コロナウイルス感染症の拡大に関連してウィルスの性質を解明する研究、また有効な薬の開発につながる研究などを開始し、KEK の能力を最大限に活かしてこの人類的危機の克服に貢献することとしています。

これらの KEK で行っている科学研究は、国民の皆様のご理解とご支持をいただき、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 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究し、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。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137億年前（±2億年）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工業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、2019年4月には「KEKロードマップ2013アップデート」を策定し、その実現に向けて努力しています。

KEK と SDGs

KEK の SDGs の取り組み

SDGs とは「持続可能な開発目標 /Sustainable Development Goals(SDGs)」であり、2015 年 9 月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」に掲載され、17 の目標と 169 のターゲット、232 の指標が決められており、国際社会全体で取り組むことが求められています。

KEK においては、加速器科学に関する研究やそれに係る技術開発を進める中で、SDGs を意識した活動を行っています。特に、「教育」に対する取り組み(目標 4)は多彩で、中学生から若手研究者のための様々な物理教育プログラムを実施しており、理系女子の科学合宿「TYL スクール理系女子キャンプ」、高校生などの合宿「Belle Plus」、「ウィンターサイエンスキャンプ」、大学 3 年生を主対象とする「サマーチャレンジ」などがそれにあたります。また、KEK は研究活動により排出される有害物質の環境への放出を最小限に抑えるため、実験系排水の全量無害化处理(目標 6)を行っています。その他、科学と社会をつなぐ日本最大級のオープンフォーラム「サイエンスアゴラ 2019」では、KEK の特色である「大型加速器による国際共同実験」を通じて世界平和を実現する(目標 16)という視点に立ってブースの出展やイベント企画を行いました。

KEK SDGs セミナーの開催

2019 年 12 月 16 日(月)、田村哲之氏(文部科学省科学技術 学術政策局科学技術学術戦略官(国際担当)付室長補佐)と三上喜貴氏(長岡技術科学大学学長アドバイザー前理事・副学長 特任教授)をお招きし、SDGs をとりまく国内外の動向や文部科学省が進めている施策のほか、国連アカデミック・インパクト SDGs9 のハブ大学に任命されている長岡技術科学大学の事例について、講演していただきました。セミナーには、約 90 名の役職員が参加し、SDGs に対する理解を深めるとともに、研究・教育活動における貢献についてあらためて考える場とすることができました。



SDGs セミナーの様子

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



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、2019 年 3 月からは本格物理運転を開始しました。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蓄積し、高い感度で新しい物理法則を探索します。また、理論センターには多くの物理学者が所属し、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。

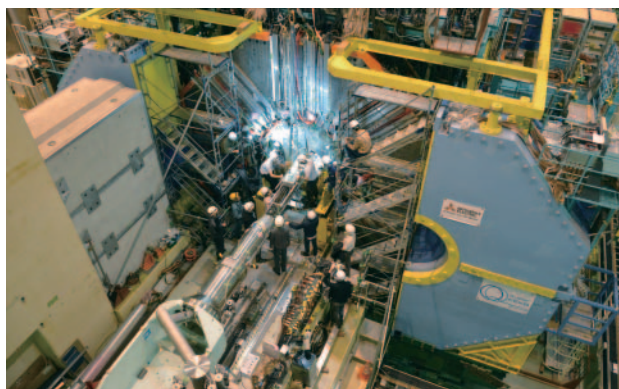
東海キャンパスでは、J-PARC の大強度陽子加速器を利用した実験が行われています。

T2K 実験は、J-PARC の**ニュートリノ**生成施設で作出した大強度ニュートリノビームを、J-PARC 敷地内の前置検出器と 295 km 離れた**スーパーカミオカンデ**に打ち込み、その振動現象の精密測定を通して

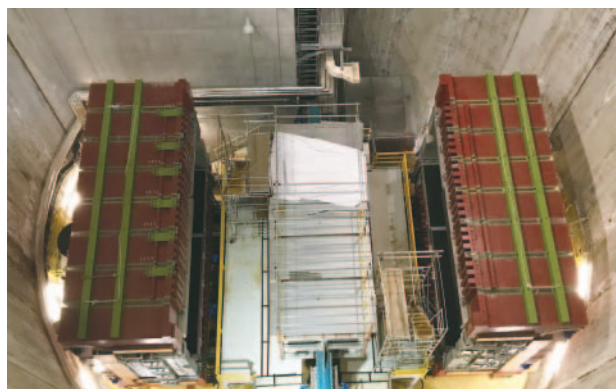
ニュートリノの謎に迫る国際共同研究です。また、ハドロン実験施設では、生成された多彩なハドロンから「強い力」に反応するハドロン・原子核の性質や構造を調べる実験が行われているほか、ミューオンを使った実験も準備されています。

理化学研究所（和光市）にある和光原子核科学センター（WNSC）では、元素選択型質量分離装置（KISS）が設置され、中性子が過剰な重い短寿命原子核の基礎特性を調べる実験が行われています。また、最新の多重反射型飛行時間測定式質量分析器（MRTOF-MS）を用いた超ウラン元素の質量を直接測定するなどの実験も行われています。

一方、欧州合同原子核研究機関（CERN）・大型ハドロン加速器（LHC）の ATLAS 実験、スイス・ポールシェラー研究所（PSI）の MEG II 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、Simons Array 実験、カナダの TRIUMF 研究所で超冷中性子（UCN）を用いた電気双極子モーメント（EDM）の精密観測を行う TUCAN 実験など、海外が拠点の実験にも参画しています。この他にも、国際リニアコライダーの日本での実現を目指し、物理の検討や測定器の建設準備研究を行っています。さらに、JAXA の CMB 観測衛星 LiteBIRD 計画に参画しています。



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、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、放射光実験施設および放射光科学研究所系、低速陽電子実験施設、中性子科学研究所系、ミュオン科学研究所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、量子ビーム連携研究センターがあります。



フoton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線形加速器から成る **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。また、国際リニアコライダー (ILC) のための技術



電子・陽電子線形加速器に設置されたパルス電磁石 (写真中の青色磁石) (つくばキャンパス)

開発を試験加速器 **ATF** と **STF** などで行うとともに、**ERL** 開発で培った技術を発展させるために応用超伝導加速器センターが活動しています。

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。



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

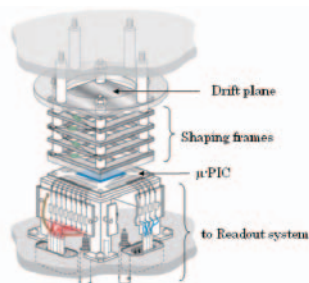
大型加速器の開発・利用研究には、放射線防護、化学安全、コンピュータ・ネットワーク技術、超伝導・極低温技術、精密機械加工技術などの基盤技術が必要で、共通基盤研究施設ではこれらの技術支援を行うとともに、その開発研究が行われています。この目的のために、放射線科学センター、計算科学センター、超伝導低温工学センター並びに機械工学センターの 4 つのセンターが置かれています。

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。放射線検出法の技術開発や検出器開発、放射線の挙動をシミュレーションし、遮蔽や線量評価への応用を図る技術開発、加速器で生

成する放射化物の調査研究、環境放射能の分析などを行っています。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、加速器超伝導電磁石の開発拠点の1つとして、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。



上：位置有感組織等価比例計数箱 (PS-TEPC) の概念図：生体組織等価物質で構成され、LET 測定により放射線種に関係しない計測が可能な線量計として開発、国際宇宙ステーション (ISS) に設置され、宇宙放射線測定実験が行われた。
下：ISS に搭載された PS-TEPC。黒の部分が検出部で、制御器に接続される。

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)、30 GeV 主リング・シンクロトロン (MR) で構成され、実験施設としては 3 GeV

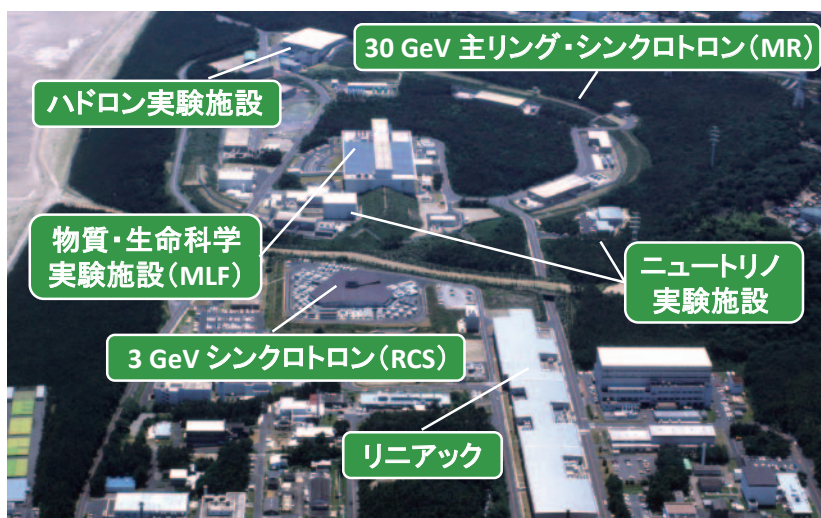
機械工学センターは、加速器・実験装置開発のため、工作機械を使った製造と加工、組立、計測、設計を行っています。超伝導加速空洞の製造技術の開発、加速器でのロボット技術、低温環境での機器の特性評価などの開発研究を行い、企業への技術移転も進めています。



上：空洞製造施設 CFF (機械工学センター運営) におけるニオブ製 9 セル超伝導加速空洞の製造風景
下：完成したニオブ製 9 セル超伝導加速空洞

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 S O K E N D A I

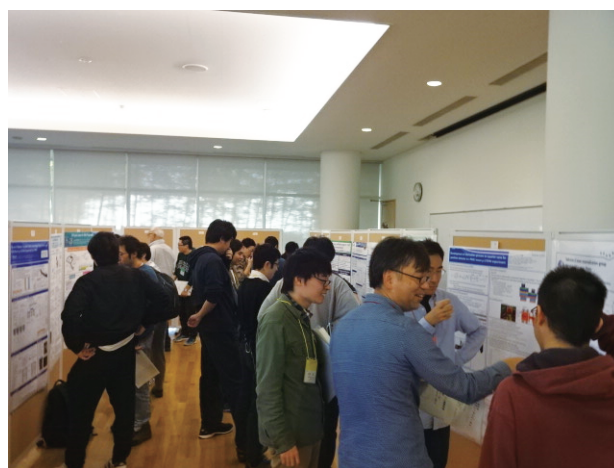
加速器研究施設・共通基盤研究施設、物質構造科学研究所、素粒子原子核研究所は総合研究大学院大学（総研大）を支える基盤機関として、それぞれ、高エネルギー加速器科学研究科加速器科学専攻、物質構造科学専攻、素粒子原子核専攻の教育を担っています。本研究科では、KEK での研究活動を基礎に、全専攻が緊密に協力して幅広い分野の大学院教育を展開し新しい時代の研究者を養成しています。

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 (2019 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	349	-	-	152	167	675
その他有期雇用職員	-	-	-	28	14	116	56	185	399

■ 総合研究大学院大学学生数 (2019 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
22	9	39	70

■ 予算 (2019 年度計画) [単位：百万円]

収入：33,257		支出：33,257	
運営費交付金	17,927	業務費(教育研究経費)	15,555
補助金等収入	9,899	補助金等	9,899
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	1,965	長期借入金償還金	2,667
施設整備費補助金	3,131	産学連携等研究経費及び寄付金事業等	1,965
自己収入(雑収入)	294	施設整備費	3,171
大学改革支援・学位授与機構施設費交付金	40		

■ 施設 (2019 年 4 月現在) [単位：m²]

	敷地面積	建物面積
つくばキャンパス	1,531,286	197,059
東海キャンパス	107,995	44,639

■ 沿革

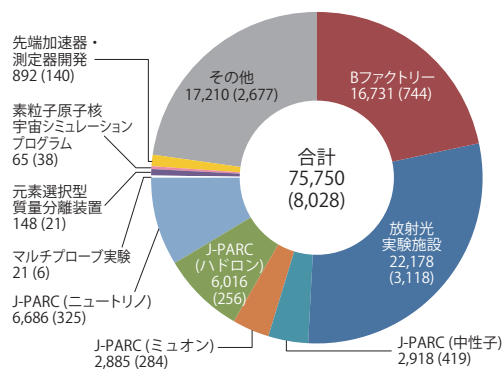
- 1955 年 7 月 東京大学原子核研究所設立 (東京都田無町 現：西東京市)
- 1971 年 4 月 高エネルギー物理学研究所設立 (茨城県大穂町 現：つくば市)
- 1978 年 4 月 東京大学理学部附属施設中間子科学実験施設設立 (茨城県大穂町 現：つくば市)
- 1997 年 4 月 高エネルギー加速器研究機構設立 (上記の 3 つの組織を改組・転換)
- 2004 年 4 月 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足 (法人化)
- 2005 年 4 月 東海キャンパスの設置
- 2006 年 2 月 J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

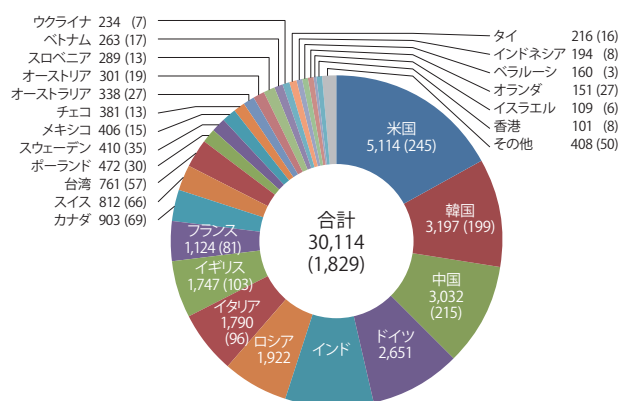
共同利用実験の申請・採択・実施状況

区分	項目	2019 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		378	376	754
中性子実験 (J-PARC)		148	139	126
ミュオン実験 (J-PARC)		114	110	80
ハドロン実験 (J-PARC)		1	1	16
ニュートリノ実験 (J-PARC)		0	0	3
マルチプローブ実験		0	0	1
素粒子原子核宇宙シミュレーションプログラム		17	17	17
元素選択型質量分離装置実験		0	0	4
合計		658	643	1,002

2019 年度共同研究者等受入 〔単位：延人日（実人数）〕



2019 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）〕



2019 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	379
物質構造科学研究所	736
加速器研究施設	363
共通基盤研究施設	45
その他	1
合計	1,524

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。

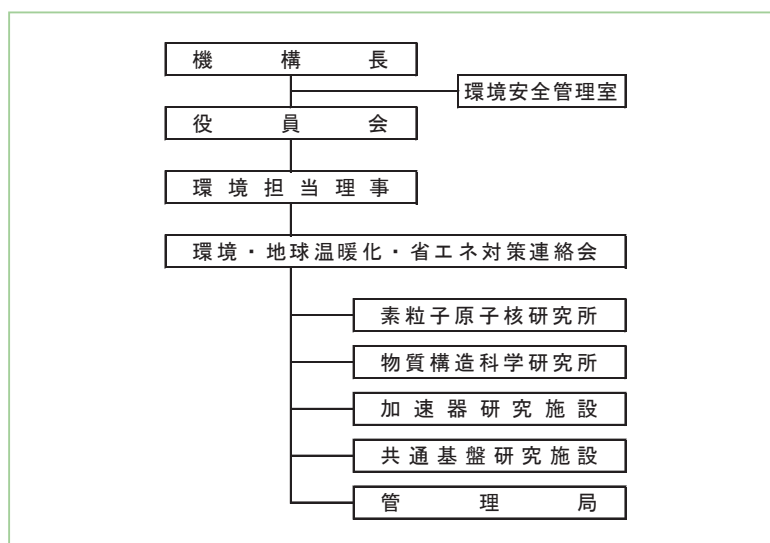
以上を念頭に置きつつ、研究・教育活動を積極的に推進するとともに、地球環境を維持・承継しつつ持続的発展が可能な社会の構築を目指します。

◆ 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2019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.15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
温室効果ガス(CO ₂)排出量の削減	2019年度温室効果ガス排出量上限値目標：268,482(t) 2005年度排出量「273,960(t)」を基準とし、毎年△1%	各項目による節減努力等により、目標達成に貢献	○
建築物の建築、管理等にあたっての配慮	水の有効利用	感知式の洗浄弁・自動水栓等節水に有効な器具の設置	○
	敷地内の環境の維持管理	敷地内に生育するカヤを茅葺屋根の保存用に提供するなど、廃棄物の排出削減とともに文化財の保全等にも貢献	○
	支障のない限りエネルギー消費量の少ない建設機械の使用	エネルギー使用量の少ない建設機材の使用等について仕様書への明記	○
	建設廃棄物等の適正処理		
	エネルギーの見える化による省エネ推進	分析結果等についてのHP等での公表	○
財やサービスの購入・使用にあたっての配慮	次世代自動車の導入	放射線測定車の購入及びリース車両の更新時に配慮	○
	自動車の効率的利用	東海キャンパスとの往来（通勤含む）において、公用車の乗り合い、業務連絡バスの利用促進	○
	用紙類の使用量の削減	ペーパーレス会議の実施や両面コピー等の継続した励行	○
	省エネルギー型OA機器等の導入	環境物品等の調達の推進 ・省エネ型機器の購入 ・コピー用紙、トイレトペーパーの再生紙利用 ・リサイクル可能製品の購入	○
	再生紙などの再生品や合法木材を活用		
	再生品等の活用		
	フロンの代替物質を使用した製品等の購入・使用の促進等		
	その他温室効果ガスの排出の少ない製品、原材料等の選択		
その他の事務・事業にあたっての温室効果ガスの排出の抑制等への配慮	エネルギーを多く消費する自動販売機の設置等の見直し	自販機の更新時において省エネ型機器を導入	○
	エネルギー使用量の抑制	昼休みの消灯、人のいない場所の消灯等の継続した励行	○
	廃棄物の減量	トナーカートリッジの回収、書類等の溶解処理によるシュレッダー使用の抑制等の実施	○
	地球温暖化対策への戦略的取組	管理標準の改定、これらを含む省エネ対策についてHPにより職員への周知徹底	○
	一般需要以外の取り組み	休止期間における設備の経済的な運用、高効率機器への更新、ESCO事業の本格始動	○



環境目標	行動計画	主な取り組み	評価
ワークライフバランスの 配慮・職員に対する研修 等	職員に対する地球温暖化対策及び省エネルギー対策に関する研修の機会の提供、情報提供	環境配慮に関する研修への参加、KEK内でのエコアイディア募集及び省エネパトロールの実施、省エネ対策に関する情報について HP での公表	○
	情報発信		
	省エネルギー等の教育啓発		
	省エネルギー対策の推進		
その他	実験機器の省エネルギー、資源の有効活用 の推進	基盤技術の開発と装置の改善、将来型 加速器に向けた技術開発、実験材料や 機器の再利用	○

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

省エネアクションプラン 2019

≫ https://www.kek.jp/ja/disclosure/others/environment/media-environment/actionplan_2019.pdf

環境負荷の全体像

2019 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.54「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 3,618 TJ ▶p.17

電力使用量 373 GWh ▶p.17

都市ガス使用量 173 千m³ ▶p.18

石油燃料使用量 20 kL ▶p.18

印刷用紙購入量 22 t ▶p.19

水資源使用量 311 千m³ ▶p.19

太陽光発電量 75 MWh ▶p.18

ヘリウム ▶p.19

排出量

CO₂ 排出量 175 千t-CO₂ ▶p.20

一般廃棄物排出量 95 t ▶p.20

産業廃棄物排出量 201 t ▶p.21

実験系廃棄物排出量 36 t ▶p.21

放射性廃棄物排出量 12 kL ▶p.22

下水道排出量 92 千m³ ▶p.23

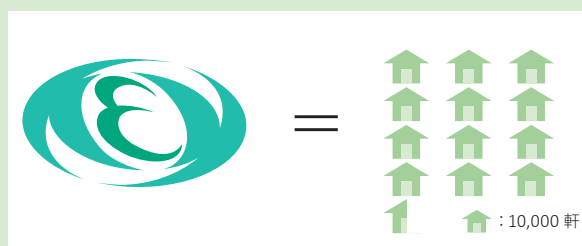
大気中への排出
ばいじん、NOx、揮発性化学物質 ▶p.23

リサイクル 509 t ▶p.22

コラム

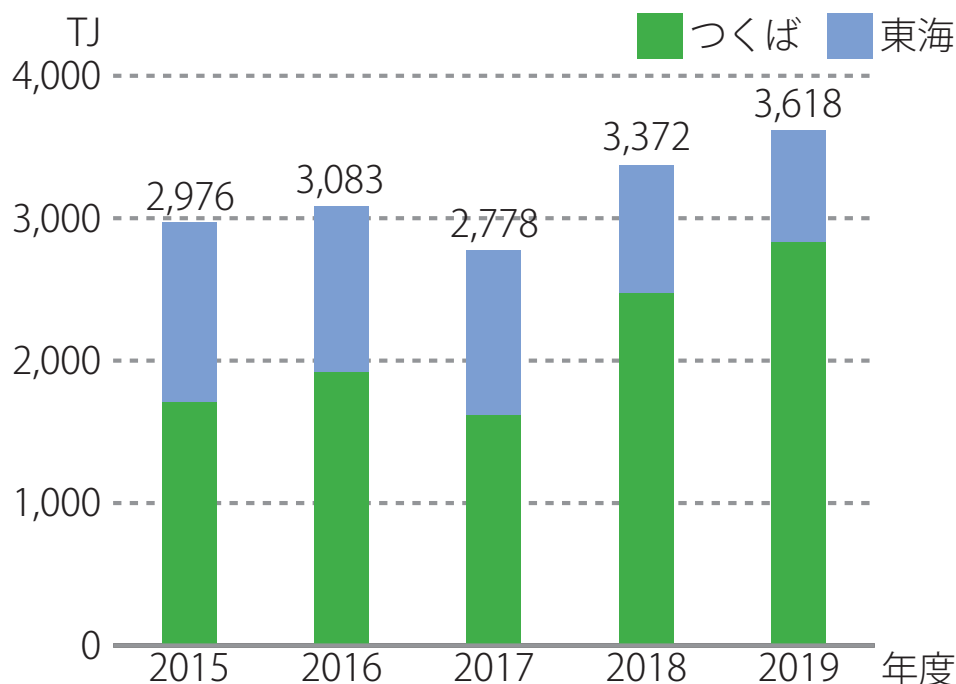
一般家庭と KEK の電力使用量

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 124,900 軒分に当たります。



総エネルギー投入量

2019年度は、372,715 MWhの電力、173 千 m³の都市ガス、18 kLのガソリン、2 kLの軽油、0.6 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3,618 TJ（T（テラ）は10¹²で、1 TJ = 1,000 GJ）であり、2018年度に比べ8%増となりました。つくばキャンパスでは15%増加し、東海キャンパスでは12%減少しました。換算係数については、p.55をご参照ください。



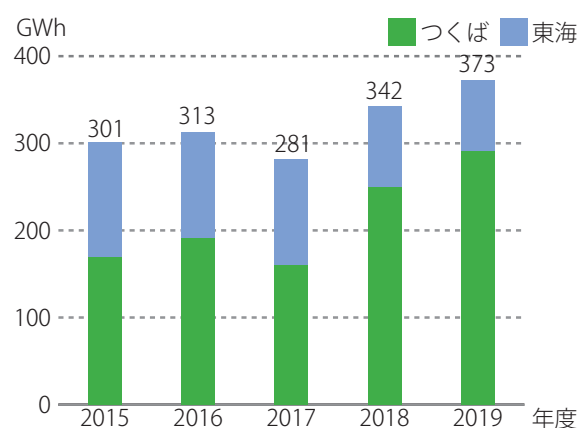
総エネルギー投入量の推移

電力

2019年度は、つくばキャンパスにおいて、291,457 MWhの電力を使用しました。2018年度に比べ、17%増加しました。これは、SuperKEKBの本格稼働が進み、運転時間が長くなったためです。一方、東海キャンパスにおいては、81,258 MWhの電力を使用し、2018年度に比べ12%減少しました。

総エネルギー投入量に占める割合は99%以上になります。

※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。

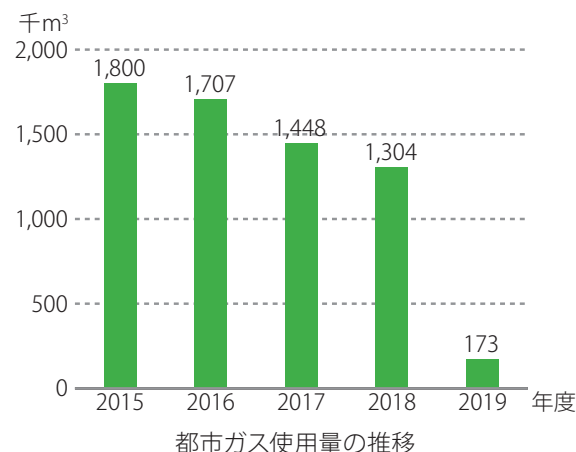


電力使用量の推移※1

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。2019年度は、2018年度に比べ87%減少しました。

ESCO事業(p.38参照)で、PFエネルギーセンターではガス式冷温水機を電気式のターボ冷凍機へ更新し、4号館では空調機をガス式から電気式へ更新したことによって、都市ガスの使用が大幅に減りました。



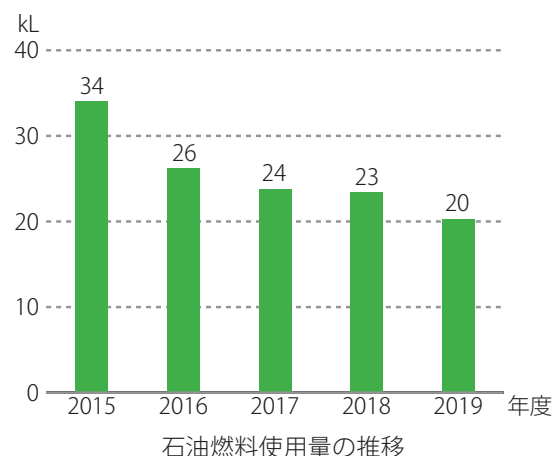
トップメッセージ

SDGsの役割と組織

石油燃料

石油燃料は、公用車のガソリン・軽油及び自家発電に用いるA重油が該当し、購入量を使用量としています。2019年度は、2018年度に比べ13%減少しました。

なお、つくば一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含めていません。

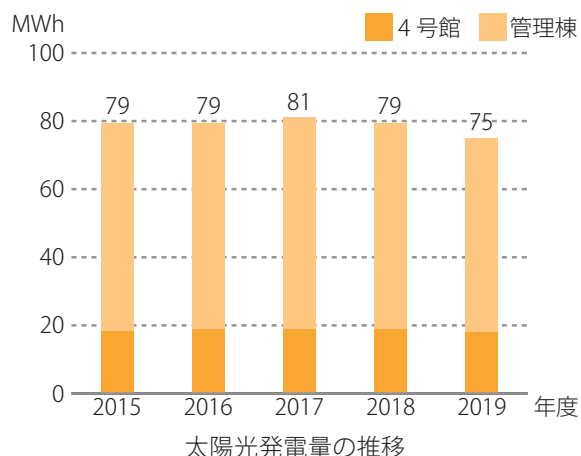


環境マネジメント

環境関連トピックス

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(50kW)と4号館(17kW)の屋上に設置しています。2019年度は、合わせて75MWhを発電しました。



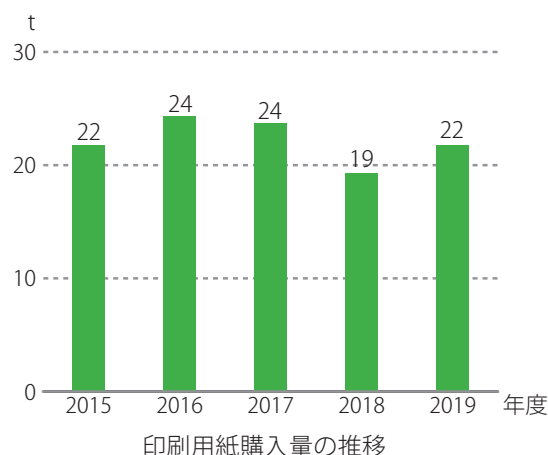
社会との関わり

資料・第三者意見

印刷用紙

2019年度の印刷用紙購入量は21.8tと2018年度に比べ13%増加しました。

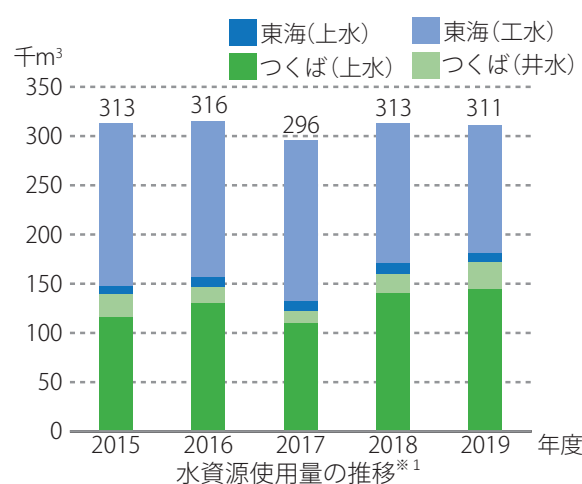
KEKではペーパーレス会議の開催に努めており、これによる印刷用紙の削減量は年間約2.8tに上ります。今後とも申請書等の電子化、ペーパーレス会議の効率的な開催、両面印刷の徹底など、紙の使用量削減に努めていきます。



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。2019年度は、2018年度に比べ、上水（つくば）は2%増加、井水は47%増加、上水（東海）は20%減少、工水は8%減少しました。

※¹J-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。

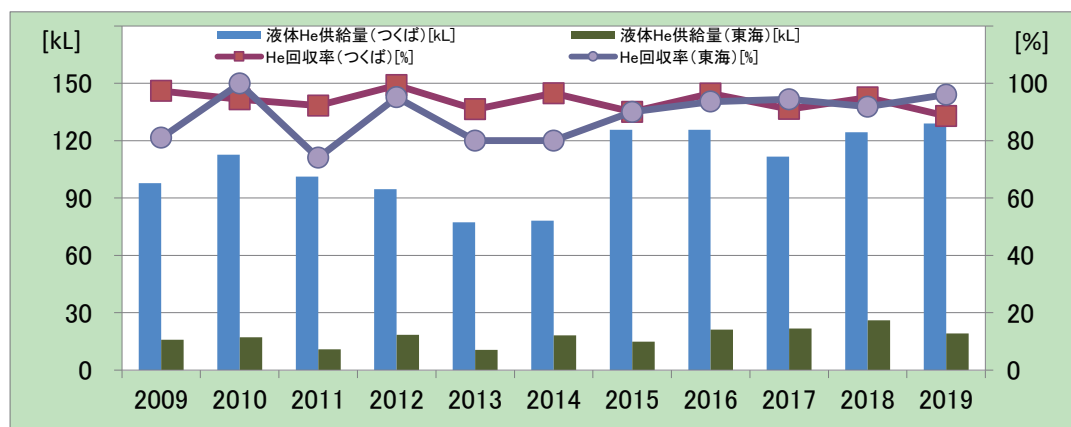


ヘリウム

ヘリウムは、元素中で最も低い沸点(-269℃, 1気圧)を持ち、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な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ないため、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。回収は比較的高い回収率で行われていますが、2019年度はつくばで複数回ヘリウムを失う事象があったため若干例年よりも回収率が下がっています。このため回収液化設備の改修・更新・拡充やスタッフ・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。



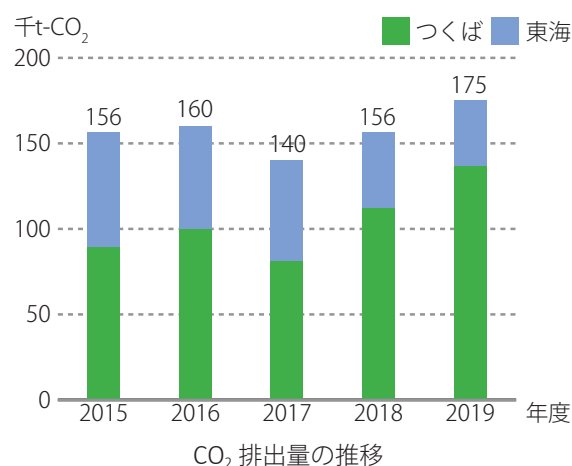
KEKにおける液体ヘリウムの供給とガスヘリウムの回収率
2011年における東海の回収率減少は東日本大震災の影響

温室効果ガス

2019年度のCO₂排出量は174,867 t-CO₂でした。その内訳は電力使用量によるものが99%以上を占めています。

2017年度までは、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CO₂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2008年に設定した2006年度比5%減の目標を維持してきました。

2018年3月に「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」を改訂し、KEK全体のCO₂排出量に対し、2030年度までに2005年度比30%減としました。なお、2018年度-2022年度の5年間では5%減を新たな目標としました。2005年度排出量273,960 t-CO₂に比べ、2019



年度は、36%減となりました。

なお、CO₂換算係数は契約電気事業者の値を使用しました。換算係数については、p.55をご参照ください。

廃棄物・リサイクル

一般廃棄物

2019年度は、一般廃棄物として93 tの可燃物、3 tの不燃物を排出しました。つくばキャンパスからの不燃物については、2019年度から産業廃棄物として

処理することになりました。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）

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
可燃物	105,462	96,521	102,296	95,011	92,641
不燃物	13,370	8,966	5,923	5,675	2,641
合計	118,832	105,487	108,219	100,686	95,282

(単位：kg)

産業廃棄物

2019 年度の排出量は、台風の被害を受けた TENT 倉庫の処理などを行ったため、2018 年度に比べ増加しました。また、低濃度 PCB 廃棄物のコンデンサ

やトランスなど 226 台を処理しました。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）

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
プラスチック	420,554	59,123	174,278	26,513	37,435
木屑	377,680	81,787	26,836	24,380	28,487
金属屑	12,886	4,585	8,541	1,255	3,811
コンクリート、がれき類等	31,599	32,860	1,988	29,103	59,621
蛍光灯、水銀灯	1,910	560	2,524	274	2,732
蓄電池	970	91	600	288	20
PCB 廃棄物	180	600	1,365	584	69,300
合計	845,779	179,606	216,132	82,397	201,405

(単位：kg)

実験系廃棄物

2019 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 36 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、

2018 年度に続き、電解研磨液の交換作業が 2 つの設備で行われ、強酸性の無機廃液が発生しました。また、防錆剤を含んだ冷却水を交換したため、有機廃液が増加しました。

実験系廃棄物排出の推移（5 年間）

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
無機廃液	1,533	1,155	3,678	3,476	4,424
有機廃液	9,996	9,473	10,008	10,911	24,048
廃油	6,164	17,237	6,421	3,421	7,129
写真廃液	708	0	0	0	0
固形物他	1,951	6,911	5,411	1,829	792
合計	20,352	34,776	25,518	19,637	36,393

(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、2019 年度も発生量が少なかったため、協会への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 11,568 L を協会に引き

渡しました。大規模なメンテナンスがなかった 2018 年度に比べ、搬出量は増加しました。KEK 内での放射性廃棄物の保管については、p.27 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)

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
つくばキャンパス	0	5,104	0	0	0
東海キャンパス (J-PARC)	15,002	16,988	7,918	4,724	11,568
合計	15,002	22,092	7,918	4,724	11,568

(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屑は 3.8 t に対し、467 t の金属屑がリサイクルのために売却されており、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)

	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
古紙 (売却)	42,260	37,860	36,420	31,970	32,270
文書溶解処理	12,660	9,680	6,640	12,200	9,970
金属屑 (売却)	139,200	871,350	447,900	335,271	466,545
合計	194,120	918,890	490,960	379,441	508,785

(単位：kg)

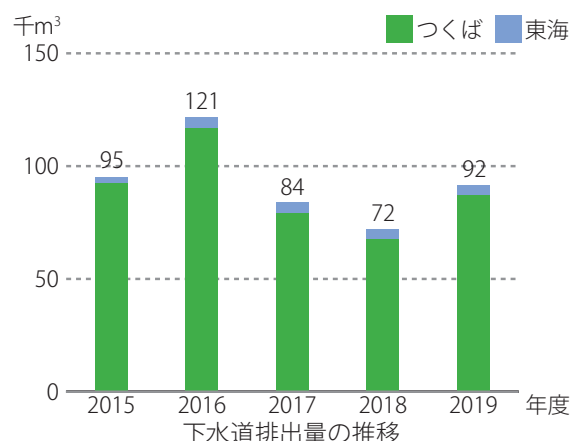
下水道

2019 年度、つくばキャンパスからは、87 千 m³ の排水を公共下水道に排出しました。2018 年度に比べ 29% 増となっています。

東海キャンパスの東海 1 号館地区からの排水も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。2018 年度に比べ、5% 減少しました。

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.27 をご覧ください。



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 2 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/m³ を超えることはありませんでした。

2019 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 3	真空温水機 1	真空温水機 2
10 月	27	38	58	72
3 月	27	28	71	86

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。2019 年度の調査で、KEK 全体で最大 629 kg の有機溶剤が大気中に排出されたと考えられます。新型コロナウイルス感染防止対策にエタノールが多く使用された他、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、水質検査で使用す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。

2019 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	345	消毒・洗浄・滅菌
ソルミクス	77	洗浄
アセトン	30	洗浄
ノルマルヘキサン	26	水質検査
その他	152	塗料、洗浄など
合計	629	

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	2018 年度 ^{※1} 投資額(千円)	2019 年度 ^{※1} 投資額(千円)
公害防止コスト	41,666	105,862
基幹整備 (RI 排水処理施設改修)	41,666	105,862
地球環境保全コスト	134,139	137,502
フロンガスの回収・処理	974	1,297
ルームエアコンの更新	710	2,907
パッケージ型エアコン更新	37,202	18,393
照明器具の取替	11,469	7,589
変圧器の取替	16,826	30,140
計量器の取付(建物毎の上水、井水、電力使用量の把握)	2,127	1,346
チラーユニット、ガスヒートポンプ	64,831	75,830
資源循環コスト	78,376	102,709
一般廃棄物処理	2,009	1,972
産業廃棄物処理	5,914	10,077
PCB 廃棄物処理 ^{※2}	14,649	25,810
実験系廃棄物処理	36,956	38,682
放射性廃棄物処理	18,849	26,168
管理活動コスト	39,442	43,230
環境報告書作成	361	372
電子マニフェストシステム利用料金	2	2
冷温水発生機等ばい煙測定	527	536
植物管理 ^{※3}	36,718	38,937
枯損木撤去 ^{※3}	1,835	3,383
合計	293,624	389,303

※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。

※2 PCB 廃棄物の処理量が 2018 年度に比べ大きく増加しましたが、2018 年度は高濃度の PCB 廃棄物を処理したのに対し、2019 年度は低濃度の PCB 廃棄物を多量に処理したためです。PCB 分析費用も含んでいます。

※3 2018 年度より職員宿舍等の費用も加算しました。

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)	2018 年度 ^{※1}	2019 年度 ^{※1}	前年度比 ^{※1}
総エネルギー投入量(GJ)	3,371,712	3,618,041	107%
電力使用量(MWh)	342,032	372,715	109%
都市ガス使用量(千 m ³)	1,304	173	13%
石油燃料使用量(kL)	23	20	87%
水資源使用量(千 m ³)	313	311	99%
上水(千 m ³)	152	153	101%
井水(千 m ³)	19	28	147%
工水(千 m ³)	142	130	92%
温室効果ガス排出量(t-CO ₂)	156,222	174,867	112%
廃棄物排出量(t)	203	333	165%
一般廃棄物(t)	101	95	95%
産業廃棄物(t)	82	132	161%
実験系廃棄物(t)	20	36	185%
PCB 廃棄物(t) ^{※2}	0.6	69	11858%
放射性廃棄物排出量(L)	4,724	11,568	245%
下水道排出量(千 m ³)	72	92	127%
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量(kg)	433	629	145%
NOx 排出平均濃度(ppm)	42	41	98%

※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。

※2 PCB 廃棄物の処理量が 2018 年度に比べ大きく増加しましたが、2018 年度は高濃度の PCB 廃棄物を処理したのに対し、2019 年度は低濃度の PCB 廃棄物を多量に処理したためです。

■総エネルギー投入量および温室効果ガス排出量の換算係数について

1. 2019 年度の総エネルギー投入量の計算に使用した係数は以下の通りです。

- ・電力：9.97 GJ/MWh(昼間)、9.28 GJ/MWh(夜間)
- ・都市ガス：45.0 GJ/ 千 m³
- ・石油燃料：(ガソリン：34.6 GJ/kL・軽油：37.7 GJ/kL・A 重油：39.1 GJ/kL)

2. 2019 年度の温室効果ガス排出量の計算に使用した係数は以下の通りです。

都市ガス及び石油燃料は、エネルギー単位(GJ)に換算した後、下記係数をかけて求めています。

- ・電力：0.468 t-CO₂/MWh(契約電気事業者の排出系数)
- ・都市ガス：0.0499 t-CO₂/GJ
- ・石油燃料：(ガソリン：0.0671 t-CO₂/GJ・軽油：0.0686 t-CO₂/GJ・A 重油：0.0693 t-CO₂/GJ)

2018 年度の換算係数については、p.55 をご参照ください。

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。

環境保全対策に伴う経済効果

実質的効果		2018 年度(千円)	2019 年度(千円)
収益	太陽光発電	1,269	1,205
	リサイクル	27,201	61,495
	古紙	610	344
	金属屑	26,591	61,151
推定的効果		2018 年度(千円 / 年)	2019 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	13,291	13,196
	エアコン等の更新	2,030	2,434
	冷却水関連機器の停止	2,747	4,013
	変圧器の停止	8,514	6,749

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 ヶ月 × 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 ヶ月 × 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 ヶ月 × 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

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211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止する信号を出します。

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商品も合わせて、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、土壤汚染対策法、放射線障害防止法）

つくばキャンパスで発生する排水は、3ヶ所の污水排水槽から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、排出基準値を超えないことを確認しています。

つくばキャンパスにおいては、廃液を伴う実験研

究は廃水貯留槽が設置された建物で行うこととしています。発生した廃液は専用の容器に分別回収、実験に使用した器具類を洗浄した廃水は廃水貯留槽に貯留し、それぞれ無害化処理を行った後に下水道に放流しています。廃水貯留槽が設置されていない建物においても有害物質の漏洩を監視するため、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、厳しい排水管理を行っています。更に、周辺環境保全のため、敷地境界付近に掘削した4ヶ所の井戸から定期的に地下水を採水し、その水質を監視しています。

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。

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、30 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た後原科研内第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93,327 kL（つくばキャンパス73,029 kL、東海キャンパス20,298 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きます。

また、p.37「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。

^{*}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、ガソリンと軽油を計算に含めていません。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（0.0258 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、多くの大学等で用いられている「延べ床面積」を用いるのではなく、加速器

運転による大規模実験を行っている研究施設の特性を反映させるため、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を使用しています。

このような原単位を設定することによって、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っています。

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。

KEK では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、エネルギー管理標準を設定することで、より一層の省エネルギーに取り組んでいます。

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（CO₂）、水田で枯れた植物が分解される際に発生する等によるメタン（CH₄）、肥料の使用等による一酸化二窒素（N₂O）、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 CO₂ の排出で、174,818 t-CO₂（つくばキャンパス 136,790 t-CO₂、東海キャンパス 38,028 t-CO₂）*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（2019 年度分の報告は 2020 年 9 月末日までに報告期間が延長されています。）。

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 CO₂ 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」という。）」を策定し、省エネルギー及びエネルギー起源 CO₂ 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.30 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。

*地球温暖化対策の推進に関する法律上の報告対象外であるため、ガソリンと軽油を計算に含めていません。本報告書で公表している CO₂ 排出量の値とは異なります。

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.14 の「環境目標・計画の達成度」に示したとおり

毎年、目標を達成しています。

2019 年度における温室効果ガス（CO₂）排出量は 174,867 t であり、排出上限値目標（268,482 t）を

大きく下回っていますが、これは主要加速器である SuperKEKB が本格稼働に向けた調整運転中であった

ことから、電力使用量が本格運転時よりも大幅に少なかったことによります。

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、2019 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、PCB 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 特別措置法（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。

2019 年度は、低濃度 PCB を含有するコンデンサ、

トランス等を委託処理しました。PCB 含有が疑われる機器については、PCB の分析を進め、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（2019 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		
コンデンサ	550	84
その他	3	12
低濃度 PCB を含有する廃止済み機器		
コンデンサ	1,070	5,537
トランス	57	36,136
リアクトル	9	3,775
その他	9	4,115
低濃度 PCB を含有する使用中機器		
トランス	4	7,550
合計	1,702	57,209

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、毎年その実績を関係省庁に報告しています。

2019 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。2020 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

J-PARC メインリング 主電磁石電源のコンデンサバンクによるエネルギー再利用

加速器研究施設 栗本 佳典

J-PARC は茨城県の東海村にある大強度陽子加速器の施設で、リニアック、RCS およびメインリング(MR)で構成されています。そのうちでメインリングは最大の加速器で、陽子を光速の 97% から 99.95% まで加速して、ニュートリノ実験や原子核ハドロン実験に陽子ビームを供給しています。

メインリングはその名の通り円形の加速器で、リング中の加速空洞を陽子が通過したときにエネルギーをもらい、それを何十万回も周回させることで必要なエネルギーまで加速します。陽子をリングに沿って周回させるには、曲げることや収束することが必要であり、そのために電磁石を使っています。また、メインリングはシンクロトロンとよばれる方式で、陽子が加速されても周長は一定に保たれます。一般的に陽子や電子などの荷電粒子は加速されてエネルギーが上がるほど曲がりにくくなるので、周長を一定に保つには、陽子加速に同期して電磁石の磁場を強くする必要があります。

図1は電磁石磁場の波形を示したもので、最小磁場（最小陽子エネルギー）の時に前段加速器であ

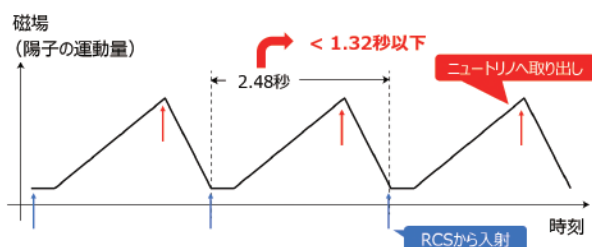


図1. 電磁石磁場の時間変化

る RCS からビームを入射し、最大磁場（最大陽子エネルギー）のときにビームを取り出します。これを周期的に繰り返すことでビーム供給を行います。ここで重要なことは、磁場を最大にしてビーム取り出しを行った後に、次の入射用に磁場を最小に戻す操作が

必要なことです。このとき、現行の電力供給装置は、磁気エネルギーをメインリング施設の外に戻す仕様になっています（図2上）。したがって、「電磁石磁場を最大にするための磁気エネルギーをメインリング施設の外側から調達し、最小にするために施設の外側に戻す」という無駄に見える動作を毎サイクルしていることになります。またメインリング施設の変電設備から見たときに、エネルギーの流れ（電力）の正負が大きく逆転してしまうことの障害を電力会社から指摘されています。これは、専門的な言葉で、「電力変動が大きい」という表現をします。

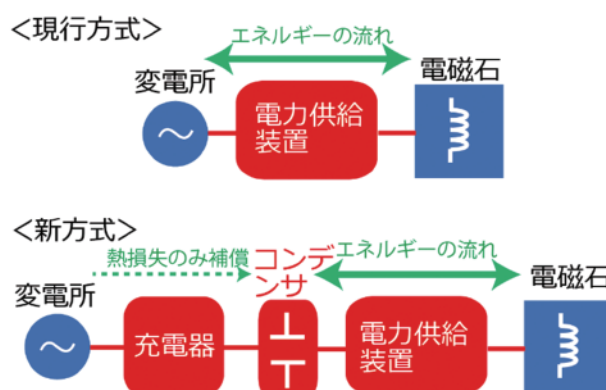


図2. 電磁石用電力供給装置の比較

現在、このサイクルを 2.48 秒周期で繰り返して連続的にビームを供給しており、この周期を 2021 年度までに 1.32 秒に短縮し供給できる時間当たりの陽子数を増やすアップグレードの計画があります。しかし、同様の電力供給装置のままアップグレードを行えば、電力変動はさらに大きくなってしまいます。そこで、我々メインリング電磁石電源グループは、コンデンサを使ったエネルギー貯蔵装置を搭載した新しい電力供給装置を開発しました。この装置では、図2(下)のように磁気エネルギーはコンデンサと電磁石を往復するだけで、メインリング施設での電力変動を最

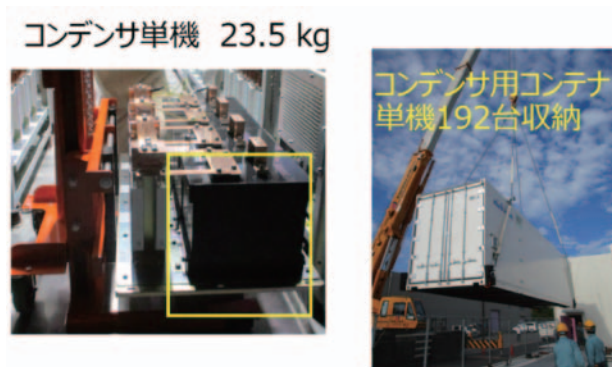


図 3. コンデンサ単機と 192 台収納のコンテナ

小化することができます。図 3 にコンデンサ 1 台とそれを 192 台収納しているコンテナの写真を載せました。メインリングのすべての電磁石に対する電力変動を抑えるために、写真のコンテナを 22 台設置する予定で、すでに 18 台は設置済みです。また、図 4 に実際に設置したコンデンサ搭載型の電力供給装置を使って、磁石への出力電力と変電設備からの入力

参考文献

Y. Morita et al., "Capacitor bank of power supply for J-PARC MR main magnets", Nucl. Instrum. Meth. A901 (2018) 156-163

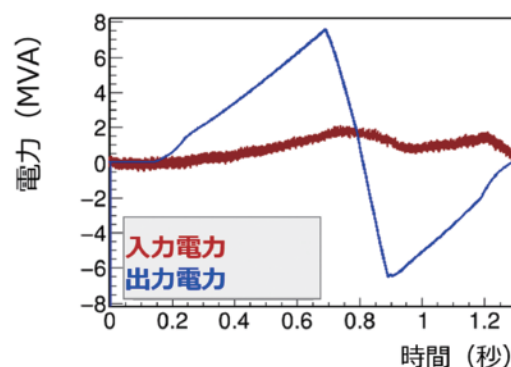


図 4. 変電所からの入力電力（赤線）と磁石への出力電力（青線）波形の比較

電力の波形を比較したものを記載しました。コンデンサにより劇的に電力変動が抑えられていることが分かります。

今後は、残りのコンデンサや電力供給装置のインストールおよび設備の調整試験を行い、2022 年度の 1.32 秒周期のサイクル運転を目指します。

エネルギー問題解決のための希少元素代替技術

物質構造科学研究所 小野 寛太

持続可能な社会に向けて、エネルギー消費を抑制した製品の開発が求められています。これらの製品の一例を挙げると、電気自動車に使用されるモータや電池、化石燃料に依存しない発電機や太陽電池などがあります。これらの製品の開発により、エネルギー消費は抑えられ、さらに二酸化炭素排出量も少ないなど環境に優しい社会の実現に近づきます。

モータや電池など重要な製品の開発を支えるために、新しい材料の研究開発が日夜行われています。これらの材料開発の鍵を握るのがレア（希少な）金属（金属）です。レア金属のうち、希土類と呼ばれる元素を使った磁石は普通の黒い磁石（フェライト磁石）に比べて強力で、ハイブリッド自動車や電気自動車に用いられています。小さいけれども強力なネオジム磁石も、希土類を使った磁石のひとつです。また、

皆さんが使っているスマートフォンでも、電池・スピーカー・スクリーンなどあらゆる部分でレア金属が使われています。

レア金属には厳密な定義があるわけではなく、一般に入手が難しい金属を指します。埋蔵量は多くても採取が難しいものや、採取できても（例えば鉄 Fe とチタン Ti の合金のように）金属原子レベルで分離するのが難しいものなども含まれます。

日本には金属資源はほとんどありません。レア金属だけでなくほとんどすべての金属を輸入に頼っています。日本のレア金属消費量は世界でもトップクラスであり、持続可能な社会に向けて電気自動車化を進めようとなると、2050 年には世界の埋蔵量を超えてしまうとの予測もあります。

また、希土類鉱山では安く作るために山全体に硫

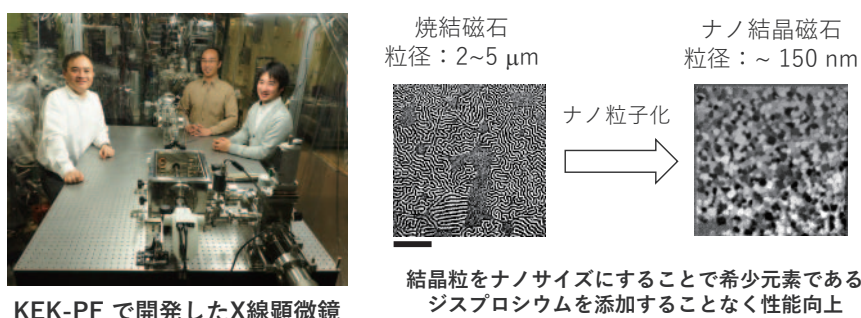
酸をかけ溶け出してくる元素を抽出するなどの環境破壊が行われた例や、レアメタルが特定の国や地域に偏在するために武装勢力の資金源となり、人権侵害や暴力行為によって得られた金属が世界中に回収されていると言われています。

電気自動車に欠かせないネオジム磁石の欠点は、温度が上がると磁力を失うことです。このため、希土類元素のジスプロシウムを添加することで、熱に強くなり、自動車用モータなど高温になる場所で使えるようになりました。しかしながら、ジスプロシウムは希少な元素であり、ジスプロシウムをできるだけ使わない磁石の開発が求められています。

KEKではこれらの元素の果たす役割を理解し、レアメタルをありふれた元素に置き換えるための基礎研究を行っています。これらの研究のためフォトンファクトリー (PF) や J-PARC MLF を使って物質の構造や機能を詳しく調べています。自動車用モータに用い

られる磁石では、磁石粒子のサイズをナノサイズにすることで、希少元素であるジスプロシウムを使わなくても性能が発揮できることが明らかになっています。このような新しい磁石の開発にも KEK の加速器が役立ちました。

これらの材料の研究開発を進める上で、PF や J-PARC 加速器から発生する X 線 (放射光) や中性子などの量子ビームは不可欠ですが、従来の実験データの解析方法では、実験を行ってから材料開発へフィードバックするまでに長い時間がかかっていました。そこで、われわれは情報科学 (AI 技術) を活用することにより、実験から材料開発までの時間を大幅に短縮することに成功しました。量子ビーム技術と AI 技術により、近い将来の材料開発は飛躍的に効率化され、持続可能な社会を支えるための材料が生み出されることが期待されています。



KEK-PF で開発した X 線顕微鏡

図. フォトンファクトリーで開発した X 線顕微鏡と X 線顕微鏡により観察したモータ用磁石の磁区構造。磁石材料について、ナノ粒子化することにより磁区構造が迷路状から単一粒子の磁区へと変化している。このことによりナノ粒子化によりジスプロシウムを使わずに高性能化することに成功している。

原著論文

“Element-Specific Magnetic Domain Imaging of (Nd, Dy)-Fe-B Sintered Magnets Using Scanning Transmission X-Ray Microscopy” K. Ono, T. Araki, M. Yano, N. Miyamoto, T. Shoji, A. Kato, A. Manabe, H. Nozaki, Y. Kaneko, J. Raabe, IEEE Transactions on Magnetics 47, 2672 (2011).

“Magnetic Reversal Observation in Nano-Crystalline Nd-Fe-B Magnet by SANS” M. Yano, K. Ono, A. Manabe, N. Miyamoto, T. Shoji, A. Kato, Y. Kaneko, M. Harada, H. Nozaki, J. Kohlbrecher, IEEE Transactions on Magnetics 48, 2804 (2012).

“Automated estimation of materials parameter from X-ray absorption and electron energy-loss spectra with similarity measures” Y. Suzuki, H. Hino, M. Kotsugi, K. Ono, npj Computational Materials Vol.5 No.39 (2019).

関連サイト

2019 年 4 月 19 日 プレスリリース

機械学習により X 線吸収スペクトル解析の自動化が可能に - データの類似度に着目し定量的なスペクトルの解析を実現 -
 >> <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190419%20.pdf>

2019 年 2 月 7 日 プレスリリース

海底堆積物に膨大な " 微小マンガン粒 " を発見 - 陸上マンガン鉱床に匹敵する量のマンガンが海底下に存在 -
 >> <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/PR20190207.pdf>

2018 年 1 月 25 日 プレスリリース

機械学習により実験計画の自動決定が可能に ~ 「学習」と「予測」で X 線スペクトル測定の高効率化に成功 ~
 >> <https://www.kek.jp/ja/newsroom/attic/pressrelease20180125.pdf>

計算科学センターにおける省エネの取り組み

計算科学センター 村上 晃一、松古 栄夫、真鍋 篤

計算科学センターでは、周長 3 km にもおよぶ巨大な加速器により加速された素粒子を利用した Belle II 実験や J-PARC 施設での実験から生じるデータを保存、解析するシステムや、理論計算をするための計算機を運用しています。計算機を導入するためのスペースや電力、空調能力は限られていますが、そうした制約を電力効率の向上により補い、必要な計算機資源を確保しています。2019 年度に消費した電力は約 7 百万 kWh で、一般家庭 2,300 軒分以上（一般家庭の電力使用量は p.16 のコラム参照）に上る、当センターの省電力の取り組みを紹介します。

実験解析用計算機システム

実験データを保存・解析するため、10,000 コア以上の CPU を有する計算サーバ、10 PB（ペタバイト：1 PB=1,000 TB）^{*1} の磁気ディスクシステム、さらに 70 PB の大容量テープライブラリシステムを有する中央計算機（KEKCC）を運用しています。これを利用する Belle II 実験では、今後、年間数 10 PB のデータを収集し、解析後データを含めると 4 年間で 100 PB のデータを蓄積して新しい物理の探索を行います。それらのデータをすべて磁気ディスクに保存し、いつでもアクセスできるようにすると、年間約百万 kWh 以上の電力が余計に必要になってしまいます。そこで膨大かつアクセス頻度が低いデータは、磁気テープに保存しています。磁気テープの記録保持にかかる消費電力はゼロです。近年の磁性体技術の発展に伴い記録密度や転送速度が飛躍的に向上し、現在使用しているテープは、1 巻あたり 10 TB（図 1）のデータを保存できます。テープメディアは、テープライブラリ装置（図 2）に格納され、ロボットにより自動的に管理されています。2020 年 3 月時点で、約 6,000 巻のテープ媒体がライブラリに格納され、約 21 PB のデータが蓄積されています。

CPU^{*2} サーバの高密度化や電力あたりの性能も近年では飛躍的に向上しています。KEKCC では、4 年毎にシステムを更新しており、そうした性能向上の恩恵を受け、CPU サーバの性能向上を実現しています。

システム導入にあたっては、マシン室の冷却シミュレーション（図 3）により空調設計を実施し、配置や隔壁を工夫し、サーバの吸・排気の熱が混ざらないようするなどして、冷却最適化を図り省電力に寄与しています。



80 GB (旧)
10 TB (現) 200 GB (旧)

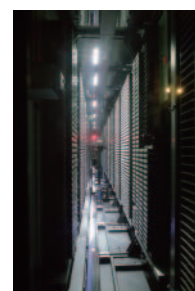


図 1. テープメディア（旧は以前使用） 図 2. 70 TB テープロボットボックスの内部

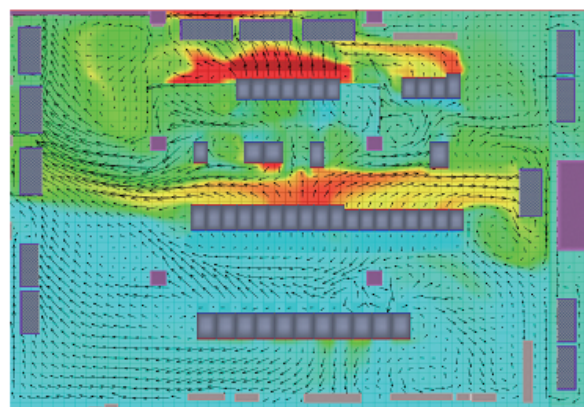


図 3. マシン室の熱シミュレーション

Green Computing

KEK で行っている宇宙・物質・生命の研究では、精密な実験結果と比較できるだけの正確な理論的予測をするための大規模な数値計算が不可欠です。このために、大規模なスーパーコンピュータと呼ばれるシステムが利用されてきました。最近ではスーパーコンピュータの大規模化だけでなく、低消費電力で高性能なシステムをいかに実現するかという視点からも開発が行われています。スーパーコンピュータ性能世界ランキングとして有名な TOP500 で

は、Green500 という電力性能比でのランキングも発表されています。当センターでは、ExaScaler 社による液浸システム^{*3}を利用し、PEZY computing 社の独自 CPU である PEZY-SC/SC2 を搭載した Suiren Blue (青睡蓮、図 4) および Suiren2 (睡蓮 2) を試験運用しています。これらのシステムは ExaScaler 社との共同研究に基づいて KEK に設置され、理論計算のための高性能アプリケーションの開発などに利用されています。Suiren が 2014 年 11 月の Green500 で 2 位を獲得して以来、Suiren Blue は 2015 年 5 月の Green500 で僅差の 2 位 (1 位の Shoubu も同じ型のシステム)、Suiren2 が 2017 年 11 月に 2 位を獲得するなど、低消費電力、高密度実装のシステムとして高い評価を受けています。冷却技術や集積回路自体の省エネルギー技術だけでなく所定の計算を効率的に行うことで、計算高速化だけでなく省エネ化も図れます。PEZY-SC はメニーコアといわれる千個以上の CPU コアをワンチップに載せたプロセッサです

が、これらを効率的に使用して計算する方法を研究しています。また、元々は画像処理のためにつくられた GPU (グラフィック・プロセッシング・ユニット) を利用し、放射線のシミュレーションの高速化を図るといった研究も行っています。



図 4. 液浸冷却システムを有する Suiren Blue

^{*1}PB (ペタバイト)

Blue Ray Disk 1 枚で 2 時間とすると 10 PB で 100 年分の録画ができる。人間の頭脳は 1 PB の記憶容量があるといわれている。

^{*2}CPU (中央処理装置)

計算機の中で、演算とプログラムの実行をつかさどる部品。マルチコア CPU では独立な複数の CPU コアを単一の CPU チップの中に持ち、同時に複数のプログラム・演算を実行できる。

^{*3}ExaScaler 社による液浸システム

フッ素系不活性液体 (フッ素系不活性液体) という透明な絶縁性のある特殊な液体に、電子基板をまるごと浸して冷却する。

関連サイト

ITmedia エンタープライズ「宇宙誕生の謎に挑戦する素粒子物理学の最前線「Belle II 実験」を支える中央計算機システムを全面刷新」(2016 年 11 月 16 日)

≫ <https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1611/16/news006.html>

TOP500 Suiren2

≫ <https://www.top500.org/system/179164/>

2020 年 06 月 12 日 ハイライト

GPU を利用した放射線シミュレーション・コード MPEXS-DNA に関する論文が Medical Physics 誌トップダウンロード賞を受賞

≫ <https://www2.kek.jp/ar/highlights/20200136.html>

環境報告 2019 が環境コミュニケーション大賞優良賞を受賞

KEKの「環境報告 2019」が第23回環境コミュニケーション大賞（環境省及び一般財団法人地球・人間環境フォーラム主催）の環境報告部門優良賞（環境コミュニケーション大賞審査委員長賞）を受賞、表彰式が2020年2月19日、品川プリンスホテルで行われました。

環境コミュニケーション大賞は、優れた環境報告を表彰することで事業者の環境経営と環境コミュニケーションへの取り組みを促進し、環境情報開示の質の向上を図ることを目的とした表彰制度です。環境報告部門優良賞は、同業他社や同等事業規模の

事業者の模範となる優良な報告に贈られます。

表彰式では、「組織内で実施された環境保全の取り組みだけでなく、研究・教育、安全、社会貢献などといったCSRに関する取り組みとその成果の内容がバランスよく示されている。SDGsなど国際的な取り組みを意識していくことで、より充実した運営・管理とその成果が期待される」との講評をいただきました。

KEKでは今後も環境コミュニケーションの促進に加え、SDGsを強く意識した活動を幅広く展開していきます。



八木裕之審査委員長（左）と賞状を受け取る若林整備管理課長（右）



環境報告 2019

関連サイト

2020年2月26日 トピックス 環境報告 2019 が環境コミュニケーション大賞優良賞を受賞

≫ <https://www.kek.jp/ja/newsroom/2020/02/26/1900/>

環境報告 2019

≫ <https://www.kek.jp/ja/environmentalreport/2019/>

環境省 環境コミュニケーション大賞

≫ <http://www.env.go.jp/policy/j-hiroba/report.html>

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が期待される工事（エコアイデア）を公募するなどの工夫を行い、2019 年度の実績では CO₂ 排出量を 161 t^{*}、消費電力を 342,970 kWh 削減しました。

この様な取り組みによる 134,845 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 5,522 千円の経費節減効果が生まれました。

電気設備の例

構内に設置されている外灯の照明器具を LED 器具に更新することで、従来よりも明るくなり安全性が向上すると同時に、消費電力も約 77%削減となりました。

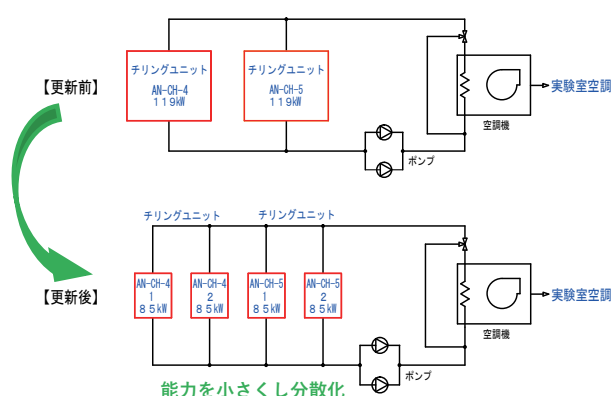
2019 年度の実施分で、年間当たりの CO₂ 排出量 10 t^{*}、消費電力 22,115 kWh を削減しました。



更新前（左）と更新後（右）の外灯

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）の老朽化によってエネルギー効率が低下しているため、高効率機器への更新を計画的に行っています。機器を更新する際、1 台の能力を小さくし設置台数を増やして冷却能力を確保したことにより、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 CO₂ 排出量 16.1 t^{*}、消費電力 34,500 kWh を削減しました。



^{*}換算係数は電気事業者の値 0.468 t-CO₂/MWh を使用しました。

ESCO 事業による CO₂ 削減

KEK では、2018 年 5 月に ESCO 事業（事業期間 7 年）を締結し、2019 年 2 月より運用を開始しました。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です。

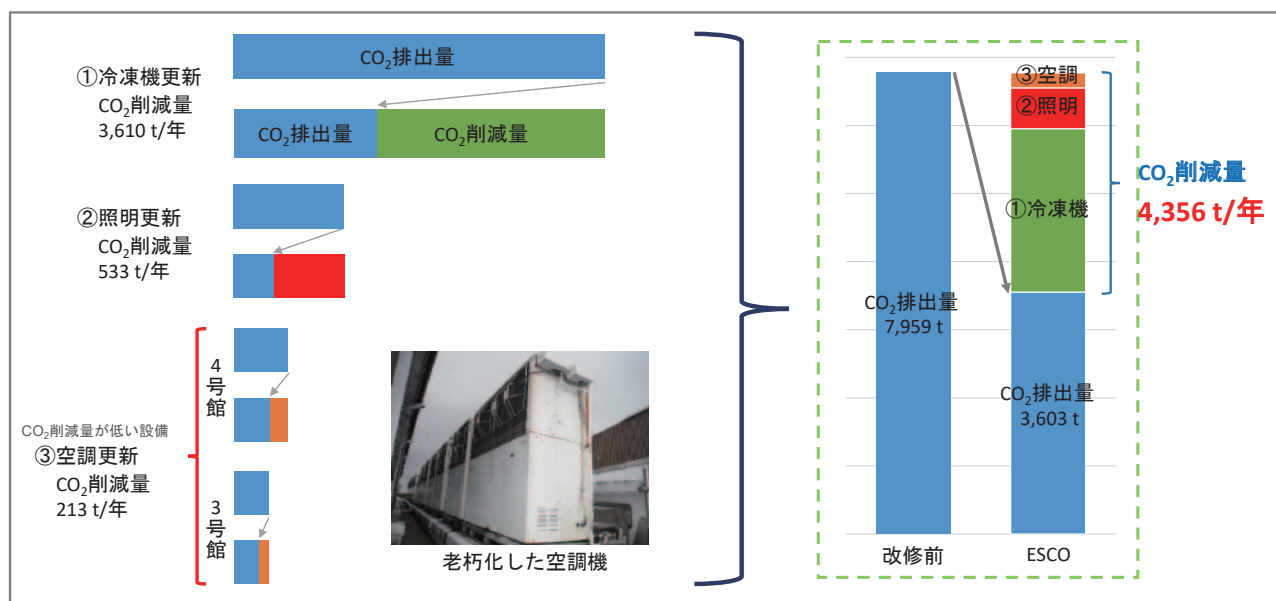
以下が今回の ESCO 事業で実施した設備更新の概要です。

① PF 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。

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。

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。

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 CO₂ 排出量 4,356 t（54% 削減）、消費電力 1,932,944 kWh（20% 削減）、ガス使用量 1,576,215 m³（98% 削減）の削減効果がありました。



図． ESCO 事業による CO₂ 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

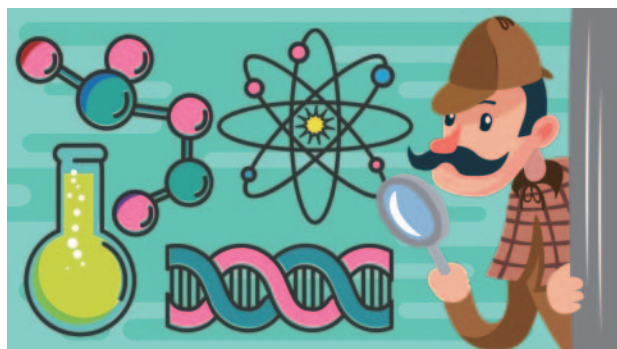
※³ 換算係数は電気事業者の値 0.468 t-CO₂/MWh、ガス事業者の値 0.00219 t-CO₂/m³（都市ガスの構成比率より算出）を使用しました。

社会との関わり

広報活動

KEK エッセイ

KEKのことを何も知らない人にもKEKに関心を持ってもらおうと、10人の研究者たちがKEKホームページの顔となる「KEK エッセイ」を2018年末から始めました。ほぼ隔週ごとに10人が交代で執筆しています。素粒子物理学の最先端の話題から、お茶の間の科学の話題、研究における驚きや喜び、研究生活の思い出などテーマはさまざまです。2019年度は20回掲載されました。



第24回 KEK エッセイの表紙絵

KEK チャンネル

KEKが所有する動画を一般に紹介する「KEK チャンネル」をYouTube内に2014年5月に開設しました。当初は、KEKの研究内容を紹介する動画が中心でしたが、その後少しずつ科学教育用動画も増やしてきました。2019年度からはKEK内外で行われるKEK



2020年制作のKEK紹介動画の一場面

研究者によるサイエンスカフェや講演会の映像も投稿しました。新型コロナウイルス感染症対策として各地の学校が休校となった2020年春には、いち早く「休校中特別授業シリーズ」をアップロードしてメディアから大きな反響がありました。

メディアサロン

メディアにKEKの研究活動をもっと取材・報道してもらおうと、東京・秋葉原で記者向けの勉強会「KEK メディアサロン」を2017年末にスタートしました。3年目の2019年度は4回開催しました。テーマはミューオンの物理学実験、Belle II実験の解析状況、国際リニアコライダー(ILC)計画、全反射高速陽電子回折法、でした。新聞社を中心に、テレビ局や雑誌、ウェブの報道関係者ら多数が参加し、多くの新聞、テレビ、ウェブで紹介されました。

一般公開

つくばキャンパスでは2019年9月1日、一般公開を行いました。筑波実験棟やフォトンファクトリー(PF)など実験施設の見学、「霧箱実験教室」「クォーク・カード・ディーラー」など体験型の企画、研究者による国際リニアコライダーやレアメタルに関する講演、サイエンスカフェなどを行いました。この日は好



9月の一般公開には多くの子どもたちが訪れました

天に恵まれて約 4,200 人が来場しました。

東海キャンパスでも 8 月 25 日に施設公開を実施し、MR、ハドロン実験施設、ニュートリノの前置検出器、物質・生命科学実験施設の見学のほか、講演、サイエンスカフェ、展示、実演、工作コーナーなどを行いました。

科学技術週間

全国の研究機関や大学で科学技術に関するイベントを行う「科学技術週間」の一環として、つくばキャンパスで 2019 年 4 月 20 日、Belle II 測定器とフォトンファクトリーの見学やサイエンスカフェなどを行う「キャンパス公開」を実施しました。近隣住民など 334 人が訪れました。液体窒素で冷やした超伝導体が磁石のレールを滑走する超伝導コースターの実演は家族連れに好評でした。科学技術週間期間中の 4 月 15 日から 21 日 (20 日を除く) までの見学者数と合わせて同期間中 410 人が来構しました。



子どもに大人気だった超伝導コースター

見学受入

つくばキャンパスには常設の展示ホール「コミュニケーションプラザ」があり、来客に対し KEK の研究について紹介しています。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、身近なものの放射線を測ることもできます。また 10 人以上で事前予約をすると敷地内の実験施設の見学もできます。2019 年度は、一般見学者が 7,052 人、団体見学者が 5,787 人でした。一方、東海キャンパスの見学・視察者数は 2,767 人でした。

KEK 公開講座

KEK の加速器科学について興味を持ってもらおうと、つくばキャンパスでは毎年春と秋に「KEK 公開講座」を実施しています。2019 年 6 月 29 日の春の公開講座は「生物学におけるクライオ電子顕微鏡」をテーマに 2 つの講演を行い 131 人が聴講しました。12 月 7 日には「SuperKEKB 加速器から始まる Belle II 実験、そして宇宙へ」をテーマに秋の公開講座を開催し、122 人が訪れました。

KEK サイエンスカフェ

KEK サイエンスカフェは毎月一つのテーマを決め、ほぼ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など、お茶を飲みながら参加者と一緒に讨论します。参加者は学校帰りの地元の中高生が多く、将来の物理学者を育てています。2019 年度は 26 回開いて、延べ 666 人が参加しました。なお新型コロナウイルスの感染が拡大した 3 月以降は中止しました。

日比谷カレッジ

千代田区立日比谷図書文化館で 2019 年 9 月と 2020 年 1 月の 2 回、同館主催の「日比谷カレッジ」が開かれ、KEK の研究者が講演しました。同館はアカデミー機能を具現化する手段として多彩なテーマによる講演、セミナー、ワークショップなどを開催しており、KEK は素粒子物理学など科学の講演で協力しています。第 1 回は多田将准教授が「素粒子の研究が宇宙の始まりを解き明かす」をテーマに講演し、第 2 回は三原智教授が「素粒子と対称性～宇宙は右



満席になった日比谷図書文化館の大ホール

利きか左利きか？」をテーマに講演しました。いずれも 200 人定員の大ホールが満席になりました。

KEK キャラバン

KEK の活動を全国の児童・生徒たちにも知ってもらおうと、KEK の研究者や職員を全国の学校や各種団体等に講師派遣するプロジェクトです。2010 年 4 月に始め、加速器を用いた素粒子や物質・生命の研究、その研究を支える仕事などを紹介しています。学校の先生の研究会や研修会、市民講座の講師などにも職員を派遣、日曜親子教室や実験教室なども開催しています。2019 年度は、39 件の出前授業を行いました。

KEK コンサート

年に数回、国内外で活躍する演奏家を招き、つくばキャンパスの小林ホールで音楽コンサートを開いています。2003 年度からは地域とのより活発な交流促進のため入場無料にしました。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るコンサートです。2019 年 7 月

には「Duo Plaisir ～ピアノで奏でる管弦楽～」、同 10 月には「ヴェルサイユに愛された楽器たち」を催しました。2 回で計 245 人の音楽ファンをお迎えしました。

科学と音楽の饗宴

「科学と音楽の饗宴」は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 & コンサートです。地域の文化活動の一環としてつくば文化振興財団と共同で毎年、つくば市のノバホールで実施しています。2019 年 12 月 1 日は、国立天文台の石黒正人名誉教授の講演「見えないものが見えてきた！ーアルマ望遠鏡の誕生とこれまでの成果ー」と、神代修さんのトランペットと徳永洋明さんのピアノによるコンサートを開催して、520 人の市民が科学と音楽に親しみました。



神代さんのトランペットと徳永さんのピアノの共演

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考えている女子高校生を対象に毎年、つくばキャンパスで 2 日間のサイエンスキャンプを開いています。TYL (Toshiko Yuasa Laboratory) は国際的に活躍した日本人女性物理学者・湯浅年子博士の偉業にちなんだ日仏共同研究事業です。第 8 回 TYL スクール・理系女子キャンプは 2019 年 4 月、全国から 30 人の女子高生・高専生が参加しました。開校式の後、参加者たちは生卵を割れないように包んで 5 ～ 13 m の高さから落下させて床に衝突しても割れないよう工夫する「卵落とし実験」に挑戦。みんな仲良くなったところで、パネルディスカッションや交流会などを実施。翌日は、PF や Belle II 測定器の見学などで過ごしました。



第 8 回 TYL スクール・理系女子キャンプの参加者たち

Belle Plus (ベル・プリュス)

高校、高専生を対象にしたつくばキャンパスでの素粒子物理の体験型サイエンスキャンプです。予備知識がなくても本格的な研究が体験できる 4 日間の

コースで、奈良教育大学との共催です。2019 年 8 月の第 13 回 Belle Plus には全国およびイギリスから 24 人が参加しました。参加者は「B-Lab 班」「宇宙線測定班」「ワイヤーチェンバー班」「理論班」の 4 班に分かれ、研究者と大学院生の指導のもと、それぞれ与えられた課題に挑戦しました。素粒子物理学に関する講義とコース別の実習を行い、最終日にはそれぞれの研究成果を発表。KEK にある加速器と測定器の見学ツアーも行いました。



チームに分かれて議論・検討する参加者たち

サマーチャレンジ

サマーチャレンジは大学 3 年生と高専専攻科 1 年生を対象の研究体験型イベントで、基礎研究を担う若手研究者を育てることが目的です。2019 年 8 月の第 13 回サマーチャレンジは 8 泊 9 日の日程で、61 人が参加しました。素粒子・原子核・宇宙の最前線で活躍する研究者からの指導を受けながら、実験や解析を行い、最後に発表するという研究の一連の流れを体験します。KEK の実験施設の見学ツアーやノーベル賞受賞者の小林誠 KEK 特別荣誉教授の講演もありました。



小林博士を囲んで、参加者たち一同が記念写真

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、測定機器の製作・調整からデータ取得・整理、成果発表に至るまでの一連の研究の進め方を学ぶのが目的です。2019 年度は全国から集まった 24 人が 12 月、つくばキャンパスに集合。3 泊 4 日の日程で「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 コースに分かれ、加速器科学の基礎的な実験を体験しました。そのほか、KEK の研究現場を訪れたり、研究者と交流したりして研究の魅力や楽しさを体験しました。



実習に取り組む高校生たち

高校生等実習受入

全国の中高生を対象に、KEK の研究の現場を肌で感じてもらうと毎年、実習の受け入れを行っています。2019 年度は全国から 599 人が丸一日かけて見学、講義、実習を体験しました。見学施設としては Belle II 測定器、SuperKEKB 加速器、フォトンファクトリーなどです。実習では霧箱製作、分光器製作、宇宙線の観測などが体験できます。

職場体験

文部科学省が推進する中高生対象の学習活動プログラムです。生徒が働く人と接することで、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。2019 年度は中高合わせて 10 校から 25 人がつくばキャンパスを訪れ、鉛、アルミ、プラスチックなど身近なものを用いて放射線量を測ったり、手仕上げ作業の基礎を学んだり、ねじ切り加工を体験したりしました。

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います。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。

2019 年度は、12 月 14 日、15 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 日間で延べ約 100 名の参加者がありました。刈り取られた茅は、石岡市などの茅葺き民家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。



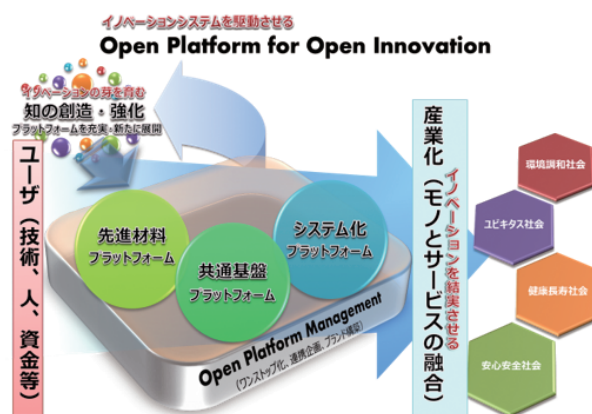
茅刈りの模様

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 年の第 2 期で、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。

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



継続的イノベーションのための資源連動の仕組み

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。2019 年度の

「かけはし」事業では、提案されたテーマ数は 64 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 52 件が採択され、総計約 600 人の研究者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、企業と中核 5 機関が連携して研究を行う仕組みを構築し、2019 年度は 4 件の企業連携テーマを立ち上げることができました。

KEK では、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。



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。

2020 年 3 月現在、42 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（協同プラン策定等）
- (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（2019 年 10 月「群馬大学・KEK-day ～加速器のすすめ～」開催）。



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。

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。2019 年度からは、KEK の特定のシーズに基づく産学コンソーシアムとして、応用超伝導加速器コンソーシアム、CryoEM（クライオ電子顕微鏡）コンソーシアム、SOI 量子イメージセンサコンソーシアムを開設しました。

2019 年度は、産学連携コンソーシアムに総数で企業 17 社、大学等公的機関 15 団体の参加がありました。



安全安心文化の醸成

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、安全意識の向上に努めています。2019年度は11月25日(月)から11月29日(金)まで行い、外部講師による特別講演会として初日に「郷土史防災温故知新の防災学」と題して、協働プラットフォームの増田常任理事による講演を行いました。また、4月に発生した、電子・陽電子入射器棟の火災に関する報告会及び消防署の方との意見交換会と併せて開催しました。さらに、レーザー機器安全講習会、フォークリフトの実技リフレッシュ講習会、チェーンブロック作業に関する実技講習会、非常食等の備蓄品を保管場所も自ら探しての非常食作り体験会、健康セルフチェック体験会として職員自ら血圧、血管年齢等の計測を実施しました。安全・環境への取り組みや健康に関するパネル展示についても行いました。その他、2018年度よりも時間を増やして、職員と機構長・理事や所長・施設長との意見交換会を実施しました。

また、ヒヤリハット投書箱を通してのヒヤリハット



職員と機構長・理事や所長・施設長との意見交換会の模様

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。

J-PARC センターにおける取り組み

J-PARC センターでは、職員及び関係者の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

2013年にJ-PARCで放射性物質漏えい事故が発生した5月23日の前後に、「J-PARC 安全の日」を設け、職員各自が安全について考える日としています。2019年は5月24日を「安全の日」とし、午前には「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。

「安全情報交換会」では、各グループでの安全への取組みに関わるセンター長表彰として、良好事例の「最多賞」、「創意工夫賞」(2件)、「衛生配慮賞」の各賞受賞グループが表彰されました。受賞グループからは良好事例の内容を背景なども含め紹介されま

した。引き続き、安全に関わるサイエンストーク「加速器トンネル内に人がいる状態でビーム運転をしてしまったら… 被ばく線量の迅速的・簡易的な推定方法に関する検討」、施設における安全作業の紹介として、放射化した重量機器である使用済水銀標的容器の所内運搬作業における安全確保の取り組みと、仮設発電機の使用時の安全対応についての報告がされました。これらのグループ間の情報共有は、今後類似する作業が行われる際の安全確保に有用なものになると期待されます。

第6回となる「J-PARC 5.23 安全文化醸成研修会」

は、原子力科学研究所大講堂を主会場に、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278名)。齊藤センター長の講話「安全な研究施設にむけて」に続き、オフィス風の道代表の永井弥生先生(元群馬大学病院 医療の質・安全管理部長)から、「強く安全な組織に必要な『人』の力」と題した講演をいただきました。安全確保における人とのかわり方やコミュニケーションの重要性などについて、貴重なお話を伺うことができました。引き続き、恒例となっている2013年の事故に関する記録映像の上映の後、石井・安全統括副センター長から「安全の考え方の原点」の講話があり、研修会を終えました。



J-PARC 5.23 安全文化醸成研修会における
オフィス風の道代表・永井弥生先生の講演

(2) 加速器施設安全シンポジウム

国内外の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。2020年1月23日-24日の第7回シンポジウムでは、「加速器施設におけるインターロック」と「機械工作作業における安全確保」をテーマとして取り上げ、国内の加速器施設、大学、企業等からの125名の参加者により、活発な情報交換と議論が行われました。

加速器インターロックに関しては、国内7加速器施設における運用についての口頭発表とポスター発表が行われました。機械工作に関しては、J-PARCと東京大学工学系研究における安全確保の取り組みについての報告があり、有意義な情報交換と意見交換が行われました。また、2019年4月にKEKつくばキャンパスの電子・陽電子入射器棟加速管組立室で発生した火災の状況と安全確保に向けた取り組みについての報告も行われました。

ポスターセッションでも計14件の様々な話題に関わる報告が行われ、懇親会での交流を含め、有意義な情報交流の機会となりました。

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、「マスクギャザリング〜温暖化と東京オリンピックに備え〜」と題して産業医による安全衛生講習会を東海キャンパスで開催しました。つくばキャンパスにおいても同講演会の開催を予定していましたが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のため中止としました。

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143回（累計515棟）実施し、指摘事項は147件あり、88.0%が改善されました。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に加え、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。

2019年度は、新たな取り組みとして、専門的知識を有する安全委員会各専門部会員等の協力のもと、重点項目巡視が行われました。各テーマ「化学物質、電気、レーザー、高圧ガス、酸欠・狭所閉じこめ、高所作業」ごとの計6回、いずれも各テーマによる重大事故を引き起こす可能性の高い場所において実施しました。この巡視点検の結果は定例の報告を行う衛生委員会に加え、安全委員会へも報告し、専門的な安全管理の重要性について広く情報共有を行うことができました。

AED 設置と取扱い訓練

AED（自動体外式除細動器）は、2020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、2019年度も、「安全・衛生週間」のイベントのひとつとして、つくばキャンパスでは「普通救命講習会」、東海キャンパスにおいては「AED講習会」を開催し、両キャンパスで31名（つくば：17名、東海：14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）及び作業員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。2019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、過剰被ばくの可能性を想定した緊急事態等対応訓練も併せて実施しました。その他、自衛消防隊の4支部において計4回、独自に防火訓練を実施しました。

東海キャンパスにおいては、J-PARCセンターによる異常な放射性物質の放出事象を想定した総合的な防災訓練、事故発生時の対応に関する訓練や消火器取扱い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

2019 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 18 件、発火発煙事故 6 件、傷病 5 件、その他事故（作業中の物損やケガなど）9 件がありました。特に交通事故の原因は、出退勤時での自動車等による接触事故（9 件）や構内で車を操作する際の接触事故（6 件）等の当事者の不注意や確認ミスによる物損事故、自転車による転倒事故等でした。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。

2019 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。2019 年度は 6 月に開催し、つくばキャンパスの安全全般、電気安全、交通安全について各安全担当者等より事故事例等の紹介を交えて説明しました。また、年間請負企業 3 社における安全活動の取り組みについてご紹介いただきました。

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 6 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

安全衛生講習会の実施

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、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。

2019 年度、つくばキャンパスにおいては、3 月 6 日に、シートベルト体験車による衝突体験、つくば警察署交通課職員を講師に招いて「安全運転」の講演及び産業医による健康講演の実施を予定していましたが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止のため、中止としました。東海キャンパスでは 2 月 20 日に、ひたちなか警察署から講師を招いて「安全運転講習会」、産業医を講師とした「安全衛生講習会」を実施しました。



「安全運転講習会」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・清潔」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、表示を確実にを行う、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11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9日の昼休みに29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。



多くの有志が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、大学共同利用機関法人4機構連携での男女共同参画講演会なども開催しています。その他、主な支援の状況は以下の通りです。



理系女子キャンプ 2019 での様子

【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
- ・一般公開の出勤職員を対象に機構内で一時保育を実施

【介護支援】

- ・介護支援情報の提供

【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
- ・I-URIC/4 機構連携男女共同参画講演会の開催
- ・一般公開において「男女共同参画推進説明・相談コーナー」のブース開設
- ・育児・介護に携わる職員への在宅勤務制度導入について検討

【女性研究者の育成支援】

- ・TYL スクール理系女子キャンプの開催

新型コロナウイルスに対する KEK での取り組み

つくばキャンパスにおける取り組み

新型コロナウイルス感染症対策として、2月28日に新型コロナウイルス感染症対策会議を開催し、緊急事態等対策本部を設置し、対策組織と役割、各段階での対応策、感染防止策の指示及び実施、機構閉鎖時の対応等の検討を行い、「新型コロナウイルス感染症対策」を取りまとめました。3月5日に第2回新型コロナウイルス感染症対策会議を開催し、感染症対策について引き続き検討し、修正するとともに、機構閉鎖時の各研究所・施設における維持すべき業務と人員について確認、検討を行いました。以下に、2019年度末までの主な対応について、報告します。新型コロナウイルス感染症が終息に向かうまで、引き続き感染防止対策を実施していきます。

時期	主な対応
1/24 ～	国内外の感染状況や、政府や茨城県、つくば市の指針などを踏まえ、感染症対策の適宜改訂や情報提供
1/27 ～	産業医より、感染様式が飛沫感染や接触感染であるとして、感染症予防として、マスク着用や石鹸を用いた手洗いや咳エチケット、手指消毒アルコールの励行と病状や治療の詳細、医療機関への受診の目安や感染した際の機構への連絡方法について周知
1/31 ～	つくばキャンパスに来訪する共同利用者やユーザーに向けて、機構での新型コロナウイルスに対する対応についてホームページ上に掲載
2/28 ～	勤務時間変更が容易になる時差出勤についての特別措置
3/3 ～	中学就学前の児童を対象とした児童の世話が必要となる職員に対し、自宅等での勤務や特別休暇の付与などの特例措置
3/12 ～	出勤時の対応として、つくばセンターからつくばキャンパスまでの間、機構のマイクロバスによる臨時便2台を運行
3/19 ～	対象国等からの入国者の機構への入構を制限する措置や役職員の出張に関する措置、機構内で行う会議等に関する措置
3/27 ～	感染者が多く確認されている都道府県からの入構者に対し常時マスクの着用や建屋等への立入時の手洗いや手指のアルコール消毒の実施

主な感染症対応事例



飛沫感染防止カーテンの設置例（左：放射線受付、右：財務部）



アルコール消毒液の設置例
（安全衛生推進室）

J-PARC センターにおける取り組み

東海村の原子力科学研究所構内に位置する J-PARC では、KEK 及び JAEA・原子力科学研究所の方針を尊重し整合性を取りつつ、J-PARC における新型コロナウイルス感染症対策に関わる対応指針として「J-PARC センター新型コロナウイルス感染症対策」を、2020 年 3 月 4 日に策定しました。その後も、国内外における感染状況や社会情勢、国や茨城県の指針などを踏まえて随時必要な改訂を加えながら、本指針を基本として感染症対策を進めています。

日常の感染予防策としては、職場内で多くの方が触れる場所や共用物品の定期的な清掃と消毒、手洗いの徹底、3 密（密閉・密集・密接）の回避、部屋の換気、会話時及び近接した作業時のマスク着用などを、職員、常駐業者、外来業者、ユーザーに対し、会議等でのアナウンス、ホームページ、電子メール等を通じて周知徹底しました。また、職員等に風邪や発熱などの軽い症状が出た場合の自宅療養、職員等が海外出張等から帰国した後のセンター内での感染発生を防ぐために必要な措置（自宅待機等）、職員や同居家族が感染した場合や PCR 検査を受検することになった場合の連絡方法などを「J-PARC センター新型コロナウイルス感染症対策」に定め、周知しました。

外来業者やユーザー等の来訪者に対しては、原研構内に入構する際に体調確認をお願いしています。各施設においても、建屋や管理区域の入り口では、手指消毒やマスク着用の注意喚起、検温等による健康確認などを実施し、感染防止に努めています。

今後の J-PARC での研究活動においても、新しい生活様式を取り入れながら、引き続き基本的な感染防止策の徹底を継続することが求められます。



J-PARC センターにおける新型コロナウイルス感染症対策ポスター

電子・陽電子入射器の火災の化学安全対応

2019年4月、電子・陽電子入射器本体に隣接する加速管組立室において、火災が発生し、入射器本体のビーム入射運転や加速管の開発に影響を与えることになりました。この火災対応の経過について考察してみたいと思います。

入射器は SuperKEKB 素粒子実験と放射光科学実験のために4つの蓄積リングへ電子・陽電子ビームを入射しています(図1)。加速管組立室は図の左端に接して建っています。実験効率を高めるために、全ての蓄積リングの蓄積電流を一定に保つ4リング同時連続トップアップ入射が行われています。

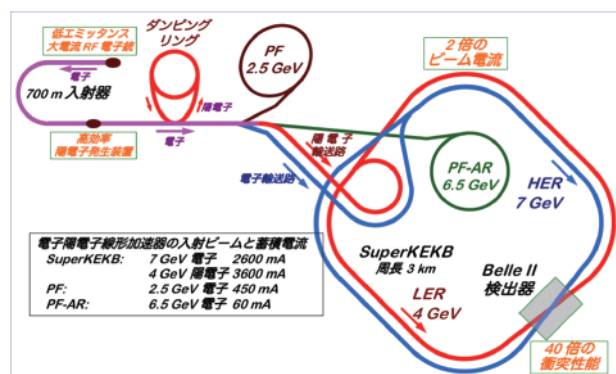


図1. 電子陽電子加速器群のレイアウト

加速管組立室内に設置された大電力パルス電源には数十のプラスチック容器コンデンサが内蔵されています(図2)、その一つから絶縁油が漏洩した後、発火・火災に至ったと考えられています。隣接する入射器本体の建物の一階部分との間には、冷却水やマイクロ波の導入のための隙間があり、大量の煤が本体建物に侵入して影響を与えました。このため復旧後は空気の移動を制限する予定です。



図2. 火災前に使用されたものと同型のコンデンサ

放射性物質の環境への漏洩が無いことは火災対応中から確認されていましたが、化学物質については慎重な対応を行いました。



図3. 化学分析のための煤試料の採取

深夜の火災の後、その日の夕方には環境安全管理室によって煤の試料の収集(図3)と化学分析が行われました。最初の分析結果が次の日に得られ、定量測定は困難でしたが、有害物質フタル酸ジオクチルが検出されました。その後、外部機関に空気中の揮発性有機化合物の分析を依頼して、5月下旬には定量分析結果が得られました。40種類以上の化合物が検出されましたが、濃度はppb程度の低濃度で、一般的な防護対策により作業ができることがわかってきました。また、外部環境への漏洩も微量または無いと考えられました。

室内の臭いや目鼻への刺激がなかなか消えず、フタル酸ジオクチル以外の有害物質が残留している可能性もあったため、十分な防護体制を取ることで、より安心な環境で復旧作業を進められるようになりました。状況理解の進展については、毎日開催された朝夕の打ち合わせや、メールとウェブで情報共有に努めました。

有害物質の濃度がもしも高かった場合に、生殖毒性もあるとのことで、若い、特に女性には現場作業をさけていただきました。一方、同僚が完全保護具着用で作業を行う様子を見て、影響の少ない玄関においても体調を崩す場合が見られました。このようなところのケアや、徐々に上昇する気温による熱中症対策など、安全衛生推進室には毎日のように健康管理の指導をいただきました。

上に挙げた有害物質は塩化ビニールの可塑剤とし

て使われていた可能性が高く、復旧後はできるだけ使用を避けています。また、火災の原因となったプラスチック容器のコンデンサに関しては、復旧後は金属容器に移行することを決断しました。

このように加速管組立室における火災に対しては

当初とまどいもありましたが、復旧の方針を定めてからは関係者が一丸となって作業を進めており、目処が付いたと考えています。化学安全についても学ぶことが多数あり、安全衛生推進室を始めとする関係の方々に協力をいただき感謝しております。

原著論文

古川和朗, 他, “KEK 電子陽電子入射器における火災と安全”, 加速器学会年会プロシーディングス, 京都, July - August 2019, FRPI027, pp.1034-1037.

川村真人, 他, “クライストロン電源の火災対策の検討”, ibid., WEPH009, pp.288-290.

関連サイト

2019 年 4 月 4 日 KEK プレスリリース

電子陽電子入射器棟・加速管組立室における火災について

≫ <https://www.kek.jp/ja/newsroom/2019/04/04/1340/>

環境データ集

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	単位	記載
総エネルギー投入量 (合計)	2,976,445	3,083,410	2,778,176	3,371,712	3,618,041	GJ	p.17
つくばキャンパス	1,706,161	1,916,909	1,615,938	2,475,405	2,830,867		
東海キャンパス	1,270,284	1,166,501	1,162,239	896,307	787,174		
電力使用量 (合計)	301,035	312,611	281,093	342,032	372,715	MWh	p.17
つくばキャンパス	168,873	191,298	160,264	249,465	291,457		
東海キャンパス J-PARC,RNB	131,100	120,292	119,775	91,637	80,350		
東海キャンパス 東海 1 号館*	1,061	1,021	1,054	245 685	907		
都市ガス使用量 (つくばキャンパス)	1,800	1,707	1,448	1,304	173	千m ³	p.18
石油燃料使用量 (合計)	34	26	24	23	20	kL	p.18
つくばキャンパス (合計)	13.3	9.2	8.5	8.4	8.3		
ガソリン	10.4	6.9	6.6	6.6	5.9		
軽油	2.0	1.6	1.5	1.2	1.8		
A 重油	0.86	0.66	0.48	0.6	0.56		
東海キャンパス (合計)	20.7	17.1	15.3	15.0	12.0		
ガソリン	19.6	16.2	14.7	14.0	11.5		
軽油	1.1	0.87	0.54	1.0	0.5		
太陽光発電量 (合計)	79.3	79.3	81.0	79.3	74.8	MWh	p.18
4 号館	18.4	18.8	18.9	19.0	18.1		
管理棟	60.9	60.5	62.0	60.3	56.7		
印刷用紙購入量	22	24	24	19	22	t	p.19
水資源使用量 (合計)	313	316	296	313	311	千m ³	p.19
つくばキャンパス (合計)	140	146	122	160	172		
上水	116	130	110	141	144		
井水	24	16	12	19	28		
東海キャンパス (合計)	173	169	174	153	139		
上水	8	10	10	11	9		
工水	165	159	164	142	130		
ヘリウム供給量 (合計)	140.5	146.9	133.5	150.4	148.1	kL	p.19 p.20
供給量 (つくばキャンパス)	125.7	125.7	111.7	124.4	129.0	kL	
回収率 (つくばキャンパス)	90	96.4	91	95	89	%	
供給量 (東海キャンパス)	14.8	21.2	21.8	26	19.1	kL	
回収率 (東海キャンパス)	90	93.6	94.4	94.4	96	%	

* 2018 年度の東海 1 号館は 4/1-7/15 と 7/16-3/31 で契約電気事業者が異なる。

	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	単位	記載
CO ₂ 排出量 (合計)	156,141	160,177	139,906	156,222	174,867	t-CO ₂	p.20
つくばキャンパス	89,352	99,501	81,158	112,211	136,810		
東海キャンパス	66,790	60,676	58,748	44,011	38,057		
廃棄物 (合計)	984,963	319,869	349,869	202,721	333,080	t	p.20 p.21
一般廃棄物 (合計)	118,832	105,487	108,219	100,686	95,282		
つくばキャンパス	85,590	79,430	83,220	74,540	70,040		
東海キャンパス	33,242	26,057	24,999	26,146	25,242		
産業廃棄物 (合計)	845,779	179,606	216,132	82,397	201,405		
つくばキャンパス	809,815	140,020	206,240	80,065	198,045		
東海キャンパス	35,964	39,586	9,892	2,332	3,360		
実験系廃棄物 (合計)	20,352	34,776	25,518	19,637	36,393		
つくばキャンパス	20,232	13,697	21,203	19,412	35,896		
東海キャンパス	120	21,079	4,315	225	497		
放射性廃棄物 (合計)	15,002	22,092	7,918	4,724	11,568	L	p.22
つくばキャンパス	0	5,104	0	0	0		
東海キャンパス	15,002	16,988	7,918	4,724	11,568		
リサイクル (合計)	194,120	918,890	490,960	379,441	508,785	kg	p.22
古紙	42,260	37,860	36,420	31,970	32,270		
文書溶解処理	12,660	9,680	6,640	12,200	9,970		
金属屑	139,200	871,350	447,900	335,271	466,545		
下水道排出量 (合計)	95	121	84	72	92	千m ³	p.23
つくばキャンパス	92	117	79	67	87		
東海キャンパス	3	4	5	5	4		

換算係数表

	2005年度 ^{※1}	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019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} つくば	0.555	0.505	0.500	0.486	0.438	0.468	t-CO ₂ /MWh
東海 J-PARC,RNB	—	0.505	0.500	0.486	0.475	0.468	
東海 1 号館 ^{※3}	—	0.505	0.480	0.476	0.502 0.475	0.468	
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 (2005 年度はガソリン、軽油、A 重油を算出に入れていない。)

※²2005 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、2015 年度以降は契約電気事業者の値。

※³2018 年度の東海 1 号館は 4/1-7/15 と 7/16-3/31 で契約電気事業者が異なるため、排出係数も異なる。

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
ESCO	Energy Service Company	ESCO 事業
ERL	Energy Recovery Linac	エネルギー回収型リニアック
Fermilab	Fermi National Accelerator Laboratory	米フェルミ国立加速器研究所
HFC	Hydrofluorocarbon	ハイドロフルオロカーボン
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
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
JAEA	Japan Atomic Energy Agency	日本原子力研究開発機構
JLab	Jefferson Laboratory	米ジェファソン研究所
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
LET	Linear Energy Transfer	線エネルギー付与
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	30 GeV シンクロトロン
NIMS	National Institute for Materials Science	物質・材料研究機構
PCB	Poly Chlorinated Biphenyl	ポリ塩化ビフェニル
PF	Photon Factory	放射光実験施設
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
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
WNSC	Wako Nuclear Science Center	和光原子核科学センター

用語

用語	説明	頁数
B 中間子	クォークと反クォークが結合してできた粒子を中間子と言い、現在知られてる 6 つのクォークとその反粒子の任意の組み合わせで作られる。B (ボトム) クォークを含む中間子を B 中間子と言う。	6
B ファクトリー	電子と陽電子を衝突させることで、大量に B 中間子・反 B 中間子対を生成させることから、KEKB 加速器は B ファクトリー (B 中間子を作る工場) と呼ばれる。B 中間子と反 B 中間子の崩壊の違いを観測することで、CP 対称性の破れ (粒子と反粒子の本質的な性質の違いのこと) を発見した。KEKB の高度化計画である SuperKEKB では、B 中間子の CP 対称性の破れをさらに精密に測定し、現在の宇宙に粒子ばかりが存在し、反粒子が消えてしまった理由に迫る。	8,12
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 1.6×10^{-19} J となる。 1 keV = 1,000 eV, 1 MeV = 1,000 keV, 1 GeV = 1,000 MeV	9,10,28
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。	8
クォーク	物質の最小単位と考えられており、アップ、ダウン、チャーム、ストレンジ、トップ、ボトムの 6 種類が知られている。	4,39
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旨とする。	4,8,39
シンクロトロン	円形軌道上で粒子を加速すると、偏向電磁石の強さが一定であれば、エネルギーに従って軌道半径が大きくなっていく。高エネルギー加速器では、軌道半径に伴って大型になるのを避けるため、一定の円形軌道の上を通るように磁場を強くして行く方式の加速器がシンクロトロンである。	8,9,10,28,31
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。	6,9
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。	8

用語	説明	頁数
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。	6,7,9
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。	8,47
ニュートリノ	原子よりも小さく電氣的に中性で、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。	6,7,8, 9,10, 12,31, 40
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。	4,6,8, 9,10, 12,31, 40
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。	4
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。放射光実験施設におけるさまざまな研究に利用される。	4,7,8, 10,12, 33,52
放射光実験施設 (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。	7,8, 33,39, 40,42
ミュオン (ミューオン)	電子の仲間であるレプトンの一種で、電子の約 209 倍の重さを持つ素粒子。	4,6,7, 9,10, 12,39
陽電子	陽電子は電子の反粒子で、電子がマイナスの電荷を持つのに対して、陽電子はプラスの電荷を持っている。	4,6,7, 8,10, 39,45, 46,52, 53

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

私が今回、第三者意見を述べさせていただくことになったきっかけは、編集責任者の文珠四郎様と「つくば市地球温暖化対策実行計画」を検討する委員会で一緒になったことでした。一民間人として好き勝手な意見を並べ立てる私の横で、つくば市内で最も多くエネルギーを消費し、かつ二酸化炭素も排出している事業所の職員である責任感からか、とても慎重に発言をされていたことが強く印象に残っております。

2020年5月に改定された「つくば市地球温暖化対策実行計画」によれば、つくば市全体のCO₂排出量は約200万tです。KEKつくばキャンパスの排出量136,810tはこれを基に計算すると、つくば市のCO₂排出量の約7%を占めています。その事業所の環境への影響を毎年報告としてまとめるこの冊子の重要性は言うまでもありません。

過去4年間の環境報告に対する第三者意見は、すべて大学の先生方が書かれています。今回私が以下に申し上げる内容は、加速器や素粒子に関してほとんど知識のない一般市民の感想であることを、ご容赦願いたいと存じます。

私とKEKとの関係を少し申し上げますと、2011年の東日本大震災及び福島第一原子力発電所放射線事故発生直後は、一日に何度もKEKが発信する放射線情報を確認して、自分や子供たちのその日の行動を判断しておりました。その節は大変お世話になりました。

前置きが長くなってしまいましたが、環境報告を読んでの意見を述べさせていただきます。まず感じたのは、良い事も悪い事も率直に記述されているということでした。コラム「一般家庭とKEKの電力使用量」では、つくば市内の全世帯（約11万世帯）の使用電力量よりも多くの電力が使われていることがわかります。また、昨年4月に発生したつくばキャンパス内の火災事故に関して、紙面2ページを使って詳細な報告と得られた教訓を記述していることは、地域の安全にも関わりかねない事故の積極的な情報開示という点で大いに評価したいと思います。

つくばキャンパス及び東海キャンパス（J-PARCセンター）における新型コロナウイルスに対する取り組み



やまうち かずお
山内 一夫 氏

関彰商事株式会社
財省エネルギーセンター・家庭の省エネエキスパート
茨城県地球温暖化防止活動推進員

について、いち早く情報を掲載していることも素晴らしいと思います。機構長がメッセージの中で「新型コロナウイルス感染症の拡大に関連してウイルスの性質を解明する研究、また有効な薬の開発につながる研究などを開始し、KEKの能力を最大限に活かしてこの人類的危機の克服に貢献する」と述べられていることに、国民、さらには地球人の一人として大いに期待いたします。

専門用語が多く、また報告書の分量が多いことなど、気になる点もございますが、物理学の専門家から一般市民まで幅広い層を読者に想定していることを考えれば仕方がないとも言えるでしょう。機構長がメッセージの最後で述べられていることですが、「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く」ためには、一般市民向けに平易でコンパクトな概要版のようなものがあっても良いかも知れません。あるいは環境報告自体は簡潔にして、より専門的・学術的な情報を求める読者のニーズに対しては、別の場（Webサイトや冊子）へ誘導することも検討されてはいかがでしょうか。

また昨年度まで様々な広報・教育活動や社会貢献活動を行っていますが、今年はコロナの影響で中止あるいは縮小となるイベントも多いことでしょう。With コロナの環境下での新たな情報発信、教育活動等の方法を模索・実施していただければ幸いです。

最後になりますが、宇宙や生命誕生の謎を解明することは、「どうすれば望ましい地球環境をつくり出せるか」「今、地球環境に対し人類が取り組んでいる方向は合っているのか」等を知ることにつながるのではないかと考えます。KEKのさらなるご発展に期待しております。

編集後記

KEK の環境報告 2020 をお読みいただきありがとうございます。

まず、本文にも掲載しましたが、昨年度に公開した KEK の「環境報告 2019」が第 23 回環境コミュニケーション大賞の環境報告部門優良賞（環境コミュニケーション大賞審査委員長賞）を受賞いたしました。KEK では 2006 年度より、正確で、わかりやすい報告書を目指して毎年環境報告を公開してまいりましたが、今回が初めての受賞となりました。「研究・教育、安全、社会貢献などといった CSR に関する取り組みとその成果の内容がバランスよく示されている」という講評は、まさに私どもが目指していた「環境報告の編集方針」に合致するものであり、非常に誇らしく感じております。この場を借りて「環境報告 2019」の編集にご尽力いただいた方々にお礼申し上げます。

さて、本報告にも、KEK における環境活動はもちろんのこと、教育活動、また社会活動を広く記載し、ステークホルダーの皆様へ 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。今年度は、山内一夫様に環境報告に対するつくば市民の立場からの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好意的な評価をいただきましたが、

報告書としてまだ専門用語が多く、また分量も多いとご指摘いただいた点については、今後の編集方針に生かし、さらに読みやすい報告書に改善していきたいと考えています。

KEK では、つくばキャンパスの SuperKEKB 加速器の本格稼働で大幅な電力使用量の増加が見込まれています。大電力を消費する加速器施設を運営しながら、温室効果ガス排出の削減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し、削減目標の実現に努力します。また KEK では今後も環境コミュニケーションの促進に加え、SDGs を強く意識した活動を幅広く展開していく所存です。

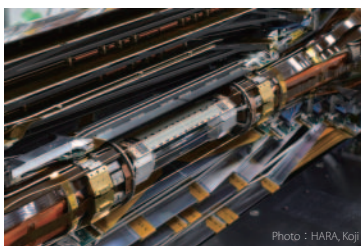
本報告書が、地域社会や関係者の皆様、広く国民の皆様と KEK との親密なコミュニケーションツールになればと願っています。今後とも読者の皆様のご意見をお聞きし、報告書をさらに充実したものにしていきたいと考えています。

最後になりましたが、本報告の作成に当たり、編集作業を担当していただいた環境安全管理室の室員、環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会の委員の皆様、データや原稿をお寄せいただいた方々、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山内一夫様に深く感謝致します。

2020 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

表紙写真



KEK フォトコンテスト 2019
「KEK Picture of the year 2019」受賞
Belle II 崩壊点検出器 (VXD)
原 康二

Photo : HARA Koji



高エネルギー加速器研究機構 環境報告 2020

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/ja/assessment/lreport/>

 KEK 環境報告 2020 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 : 029-864-5567 E-mail : k-anzen@ml.post.kek.jp



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。