

環境報告 2022

KEK Environmental Report 2022



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(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	2021年4月～2022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: https://rcwww.kek.jp/chem/
■ 公開	2022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」インターチェンジより約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
- 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
- 緑地管理
- 環境会計
- 環境関連法規の遵守状況

環境関連トピックス ···· 33

- 低消費電力と耐放射線化した検出システムによる核燃料モニタリングの取り組み
- 有機無機ハイブリッドペロブスカイト太陽電池材料 MAPbI_3 の高効率性の起源をミュオン実験により解明
- 加速器の性能向上によるエネルギーの有効利用
- 中央計算機システムにおける省エネの取り組み
- カーボンニュートラル実現に向けた KEK の取り組みについての小冊子の作成
- 環境に配慮した設備更新と運用
- ESCO 事業による CO_2 削減

社会との関わり ···· 43

- 創立 50 周年記念事業
- 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

資料 ···· 55

- 環境データ集
- 用語集

第三者意見 ···· 60

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.55-56) 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.57-59) 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 p.2 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下さい。

要覧

- » <https://www.kek.jp/ja/publicrelations/digitallibrary/pamphlet/>
- Annual Report (英語のみ)
- » <https://www2.kek.jp/library/ar/ar.html>
- KEK-PIP・KEK ロードマップ・国際諮問委員会
- » <https://www.kek.jp/ja/assessment/roadmap/>



■ 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。

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。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。

一方、KEK における研究では大型加速器の運用が中心となるため、現状では大電力を消費し大きな環境負荷をもたらすことが避けられません。これまで

KEK では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が完了し、試運転が進んでいます。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。

このところ世界中で各国政府のイニシアティブのもと、短い期間のうちにカーボンニュートラル社会を目指す動きが急速に高まっており、日本においても 2050 年までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにするという目標が掲げられています。今後は KEK においても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続けるための知恵と工夫が一層重要になると同時に、環境問題に寄与する研究成果を発信し続けることも重要な責務であると考えております。

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り、環境負荷の低減にも役立つ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、新型コロナウィ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推進し、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。

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



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る。

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、宇宙創生の謎や、物質や生命の根源など、人類の知に貢献する基礎研究を推進しています。

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。こうした素粒子や原子核などを調べるのに欠かせないのが、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高エネルギー加速器です。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。一方、分子や原子の無数の集まりは私たちの周りの様々な物質を構成し、そのなかには、私たちのような生物も含まれます。加速器は、原子や分子レベルで物質の構造や機能を調べたり、また生命現象を解き明かしたりするうえでも強力な手段となります。加速器が作る光や中性子、**ミュオン**などの量子ビームを使うと、倍率がきわめて高い顕微鏡のように、これまでに見ることができなかつた物質の世界を見ることが可能なのです。

宇宙・物質・生命の研究

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。天文学では望遠鏡や人工衛星を使って天体を観測しますが、KEK は加速器を使って宇宙の初期状態を再現することで宇宙の起源に迫ろうとしています。

また、さまざまな物質・生命の構造や機能を原子や分子のレベルで詳細に観察するのに使われるのが、光速近くまで加速した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、高速の電子を金属標的に衝突させて発生させエネルギーを揃えた「**低速陽電子**」、加速した陽子を標的に衝突させ発生させる「**中性子**」や「**ミュオン**」などの量子ビームです。それによって、物理学、化学、生物学、地学、医学、薬学、歴史学（文化財）など幅広い分野の研究を行います。近年では、生命の構造を知るための電子顕微鏡も活用されています。

日本原子力研究開発機構 (JAEA) と共同で運営している J-PARC では、大強度陽子ビームを利用した素粒子・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進められています。

転換期を迎える加速器科学

世界の加速器科学は今、転換期を迎えています。

素粒子研究の分野では、KEKB 加速器の後継で、宇宙の謎のさらなる解明に挑む SuperKEKB (スーパーケックビー) は順調に運転しており、成果を出しつつあります。

放射光を利用した研究分野では、全世界的に高度化が進んでおり、KEK でもハイブリッドリング計画など新放射光源施設に関する検討が始まっています。

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**コライダー (LHC) で、素粒子に質量を与えるヒッグス粒子が見つかりましたが、その後は大きな発見がなく、国際協力で進めている次世代の電子・陽電子衝突加速器である国際リニアコライダー (ILC) に大きな期待がかかっています。

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喫緊の課題と認識し、今後取り組むべき研究の指針である「KEK ロードマップ」の最新版を 2021 年に策定しました。それを具体的に進めるための実施計画としての「KEK Project Implementation Plan (KEK-PIP)」も策定し、2022 年度から 6 年間、その実現に向けての取り組みを進めます。

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査します。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。

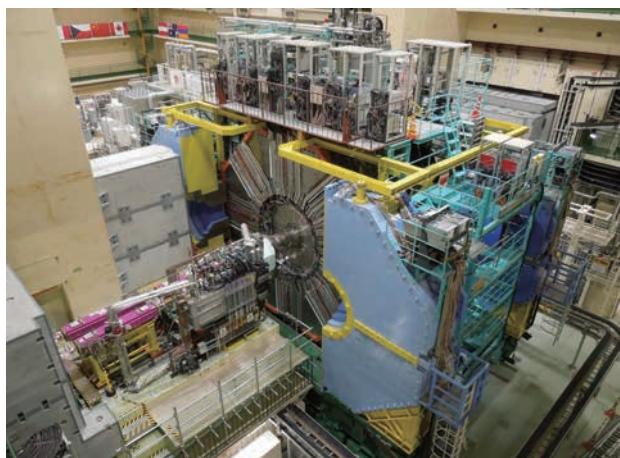
東海キャンパスでは、J-PARCの大強度陽子加速器を利用した実験が行われています。

T2K 実験は、J-PARC の**ニュートリノ**実験施設で作り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、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（低環境負荷化）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やクライオ電子顕微鏡によって解明しています。タ

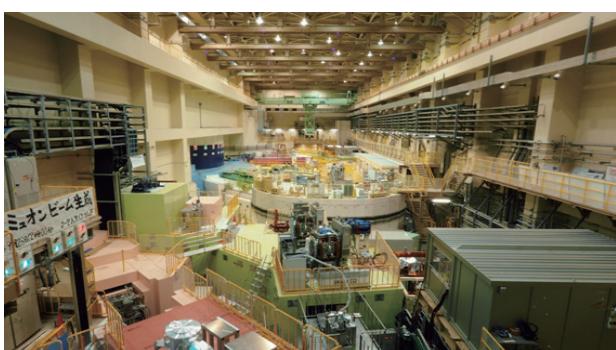
ンパク質は、たった 20 種のアミノ酸が鎖のようにつながり、折りたたまれて立体構造をとることによって、初めて多様な機能を発揮します。タンパク質の立体構造を知ることは、その機能を見ることに等しく、解明が進むことで病気発現の理解や、副作用の少ない新薬の開発へとつながります。

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、放射光実験施設および放射光科学研究系、低速陽電子実験施設、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、量子ビーム連携研究センターがあります。



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建設と運転維持、さらにその性能向上を担い、素粒子・原子核物理、物質・生命科学などの幅広い分野にわたる様々な研究に用いられる多彩なビームを、国内はもとより世界の研究者に提供しています。また、将来的な加速器科学に関わる様々な研究開発に取り組んでいます。

つくばキャンパスでは、放射光利用の世界的パイオニアである二つの光源加速器 (PF と PF-AR) による共同利用実験を推進しています。また、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 が 2019 年から本格的な物理運転を開始し、衝突型加速器の性能を特徴付ける「ルミノシティ」の世界記録を更新し続けています。また、国際リニアコライダー (ILC) のための開発研究を **ATF**、**STF**、**CFF** などで行うとともに **cERL** 開



電子陽電子リニアックの新しい加速管（つくばキャンパス）

発等で培った技術を発展させ産業応用への展開を促進するために、2022 年 4 月に CASA を改組して新たに発足した応用超伝導加速器イノベーションセンター (iCASA) が活動しています。さらに、次世代放射光源のための研究開発にも取り組んでいます。

東海キャンパスでは、日本原子力研究開発機構と共に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対して世界最大級の大強度陽子ビームを供給しています。また、筑波大学と共に陽子線形加速器による新しい癌治療の実用化を目指して iBNCT 施設を運用しています。

さらに、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 MR の速い取り出し分岐部とニュートリノ一次ビームライン（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不可欠です。そのため、共通基盤研究施設には、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、これらの技術支援および開発研究が行われています。

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るとともに、J-PARCにおいては COMET 実験用超伝導ソレノイドの建設を支援しています。

機械工学センターは、加速器・実験装置開発のための設計、工作機械を使った製造と加工、組立、計測等を行っています。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。



新しくなった放射線受付棟



機械工学センターで製作した LiteBIRD 低周波望遠鏡用ミラーの 1/4 スケールモデルのフレーム

量子場計測システム国際拠点 (QUP)

量子場計測システム国際拠点 (QUP) は、KEK 内に設立された、世界トップレベル研究拠点プログラム (WPI) の研究拠点です。WPI は、世界から第一線の研究者が集まる優れた環境と、高い水準を持つ研究拠点の形成を目指し、文部科学省が推進している事業です。QUP は、2021 年に 14 番目に WPI に採択されました。

QUP は、素粒子物理、宇宙物理、物性物理、計測科学、システム科学を融合し、量子場計測システ

ムという研究「手段」を研究しています。宇宙・素粒子について計測する新しい原理の発明から、それを実現するシステムの開発、プロジェクト実行までを一気通貫に行う、世界でも唯一の拠点です。これを通じて「手段の科学」として新しい計測学(量子場計測システムロジー)を確立し、研究成果の社会実装や他学問分野への応用を積極的に開拓したいと考えています。



QUP拠点メンバー（4号館4階QUP拠点長室前にて）



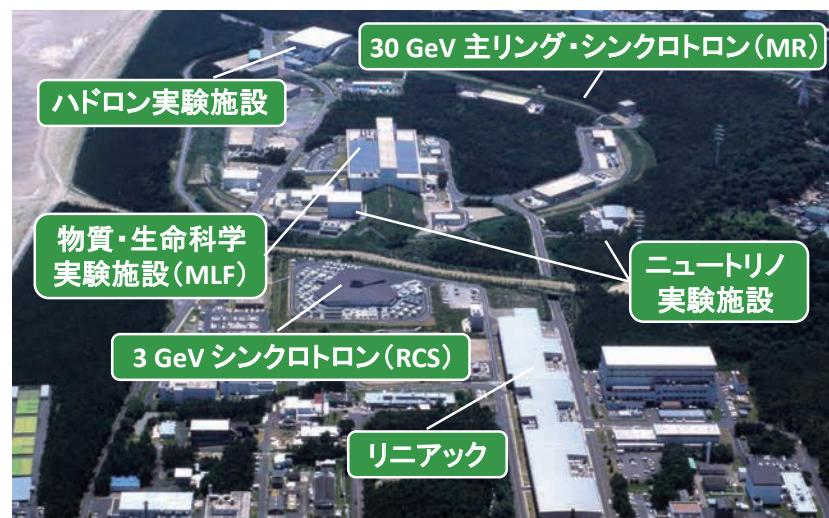
先端計測実験棟に設置された希釈冷凍機システム

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、生命科学など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 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ニュートリノ実験施設とハドロン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。

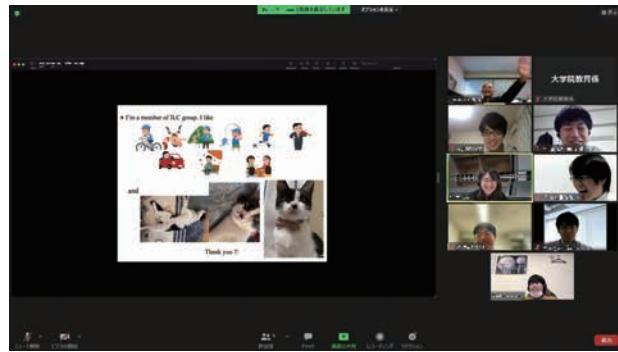


J-PARC の加速器施設と実験施設

総合研究大学院大学 高エネルギー加速器科学研究所

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所が加速器科学専攻、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開拓し新しい時代の研究者を養成しています。



2021年度の「KEK スチューデント・デイ」。総研大生のほか、各種制度により受け入れた大学院生がオンライン上で一堂に会し、講演やグループ別発表を行った。

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。

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。

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。

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しています。

基礎データ

■ 職員数 (2021年4月現在) [単位:人]

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

■ 総合研究大学院大学学生数 (2021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
17	12	43	72

■ 予算 (2021年度計画) [単位:百万円]

収入：35,528

運営費交付金	16,598
補助金等収入	10,710
施設整備費補助金	5,786
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	1,656
目的積立金取崩	451
自己収入(雑収入)	287
大学改革支援・学位授与機構施設費交付金	40

支出：35,528

業務費(教育研究経費)	17,336
補助金等	10,710
施設整備費	5,826
産学連携等研究経費及び寄付金事業等	1,656

■ 施設 (2021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	196,966
東海キャンパス	106,809	44,546

■ 沿革

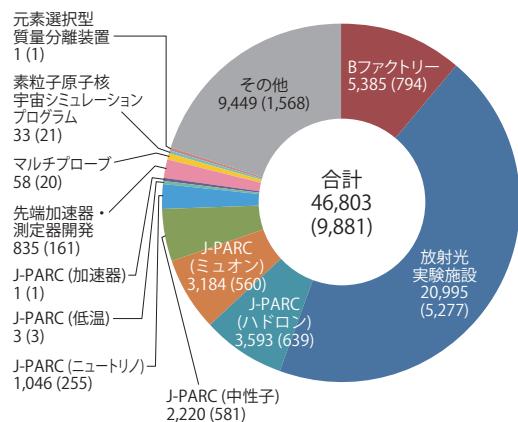
- 1955年7月 東京大学原子核研究所設立（東京都田無町 現：西東京市）
- 1971年4月 高エネルギー物理学研究所設立（茨城県大穂町 現：つくば市）
- 1978年4月 東京大学理学部付属施設中間子科学実験施設設立（茨城県大穂町 現：つくば市）
- 1997年4月 高エネルギー加速器研究機構設立（上記の3つの組織を改組・転換）
- 2004年4月 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足（法人化）
- 2005年4月 東海キャンパスの設置
- 2006年2月 J-PARCセンターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

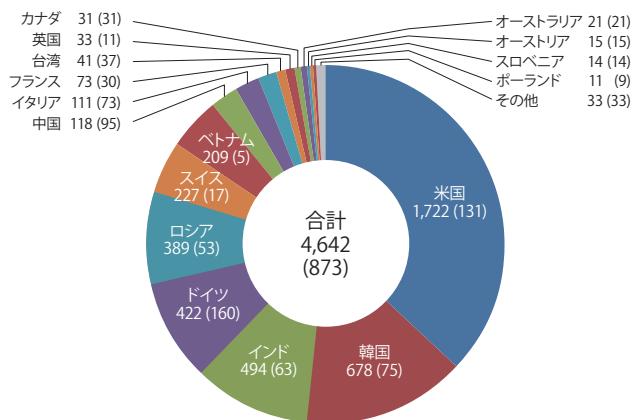
■ 共同利用実験の申請・採択・実施状況

区分	項目		
	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	357	356	716
中性子実験 (J-PARC)	106	99	84
ミュオン実験 (J-PARC)	111	105	54
ハドロン実験 (J-PARC)	12	4	4
ニュートリノ実験 (J-PARC)	2	2	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	8	8	8
元素選択型質量分離装置実験	1	1	5
合計	601	577	876

■ 2021年度共同研究者等受入 〔単位：延人日（実人数）〕



■ 2021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）〕



■ 2021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	321
物質構造科学研究所	742
加速器研究施設	232
共通基盤研究施設	47
その他	1
合計	1,343

■ 2021年度民間等との共同研究 〔単位：件〕

区分	件数
2021年度	73

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。

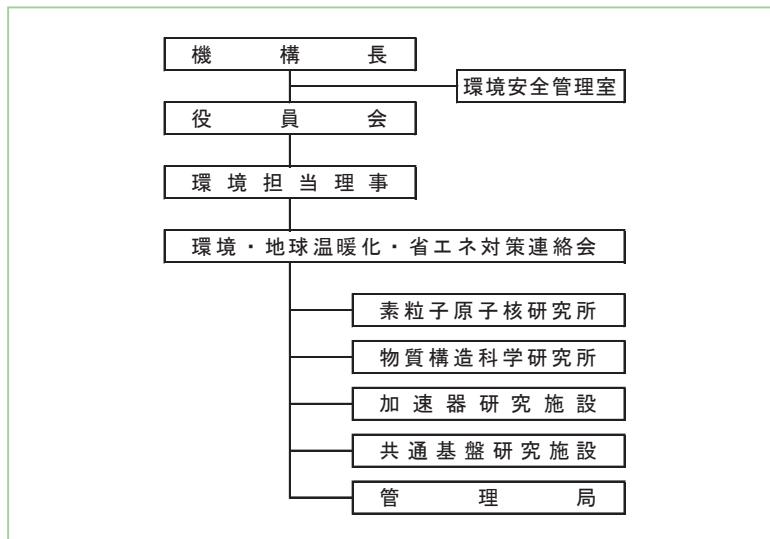
以上を念頭に置きつつ、研究・教育活動を積極的に推進するとともに、地球環境を維持・承継しつつ持続的発展が可能な社会の構築を目指します。

◆ 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2021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	2021年度温室効果ガス排出量上限値目標：263,001 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效的な器具の設置	○
	敷地内の環境の維持管理	敷地内に生育する茅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	分析結果等についてのHP等での公表	○
	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に努める	公用車の更新時に配慮	○
	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、トイレッ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	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	自販機の更新時において省エネ型機器を導入	○
	エネルギーを多く消費する自動販売機の設置等の見直し	昼休みの消灯、人のいない場所の消灯等の継続した励行	○
	エネルギー使用量の抑制	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	○
	廃棄物の減量	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	○
	地球温暖化対策への戦略的取組	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	○
	一般需要以外の取り組み		○

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、省エネ対策に関する情報についてHPでの公表	<input type="radio"/>
	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	<input type="radio"/>

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つた

省エネアクションプラン 2021

⇒ https://www.kek.jp/wp-content/uploads/2021/03/actionplan_2021.pdf

環境負荷の全体像

2021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.55「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	3,959 TJ	▶ p.17
電力使用量	408 GWh	▶ p.17
都市ガス使用量	123 千m ³	▶ p.18
石油燃料使用量	16 kL	▶ p.18
印刷用紙購入量	15 t	▶ p.19
水資源使用量	325 千m ³	▶ p.19

排出量

CO ₂ 排出量	155 千t-CO ₂	▶ p.20
一般廃棄物排出量	83 t	▶ p.20
産業廃棄物排出量	512 t	▶ p.21
実験系廃棄物排出量	20 t	▶ p.21
放射性廃棄物排出量	7 kL	▶ p.22
下水道排出量	112 千m ³	▶ p.23
大気中への排出 ばいじん、NOx、揮発性化学物質		▶ p.23

太陽光発電量	77 MWh	▶ p.18
ヘリウム		▶ p.19

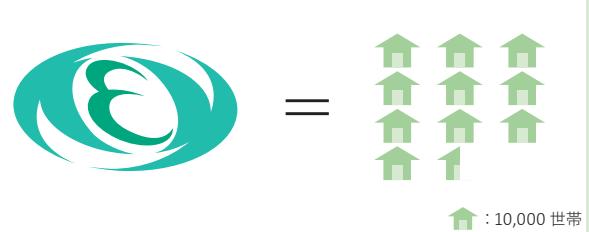
リサイクル	708 t	▶ p.22
-------	-------	------------------------

コラム

一般家庭とKEKの電力使用量

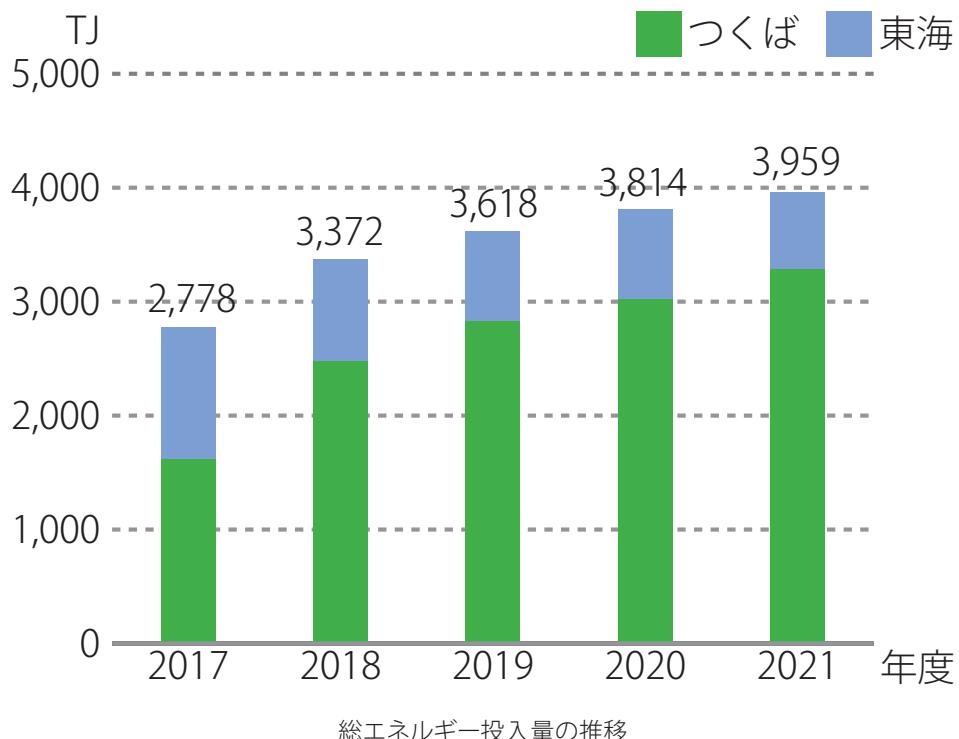
一般家庭1世帯当たりの電力使用量は、1年間で3,897 kWh^{*}です。KEKの電力使用量は一般家庭の約105,000世帯分に相当します。

^{*}環境省「令和2年度 家庭部門のCO₂排出実態統計調査(確報値) 地方別世帯当たり年間電気消費量(固有単位) : 関東甲信



総エネルギー投入量

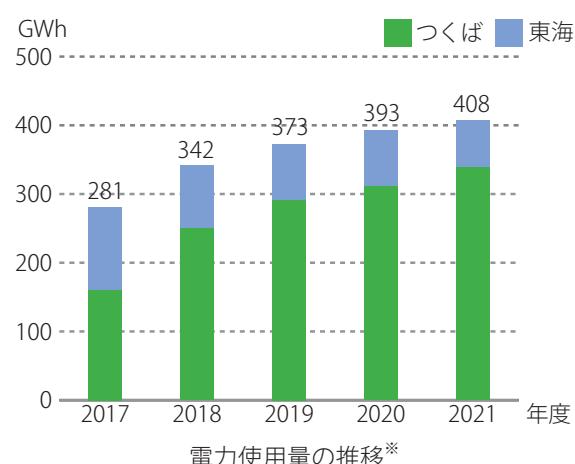
2021年度は、408,238 MWhの電力、123千m³の都市ガス、13 kLのガソリン、2 kLの軽油、0.65 kLのA重油を使用しました。これらのエネルギー投入量を熱量に換算すると3,959 TJ(T(テラ)は10¹²で、1 TJ = 1,000 GJ)であり、2020年度と比べ4%増となりました。つくばキャンパスでは9%増加し、東海キャンパスでは15%減少しました。換算係数については、p.56をご参照ください。



電力

2021年度は、つくばキャンパスにおいて、338,676 MWhの電力を使用しました。2020年度と比べ、9%増加しました。これは、SuperKEKと放射光実験施設の運転時間が伸びたためです。一方、東海キャンパスにおいては、69,562 MWhの電力を使用し、2020年度と比べ15%減少しました。これはMRの高度化とハドロン実験施設のメンテナンスのため運転停止期間があったためです。総エネルギー投入量に占める電力使用量の割合は99%以上になります。

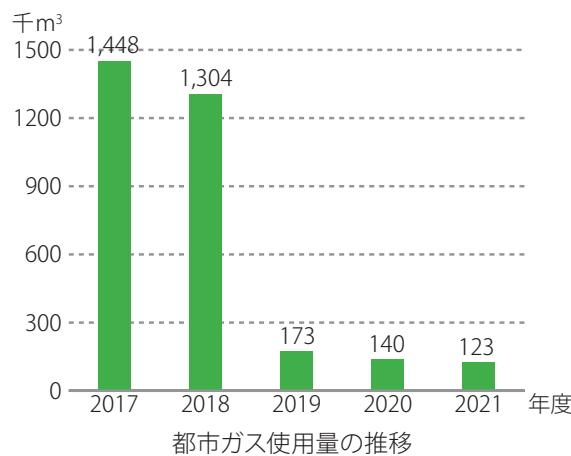
* J-PARCの電力使用量については、JAEAとの協議による負担分を記載しています。



都市ガス

都市ガスは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。2021年度は、2020年度と比べ12%減少しました。

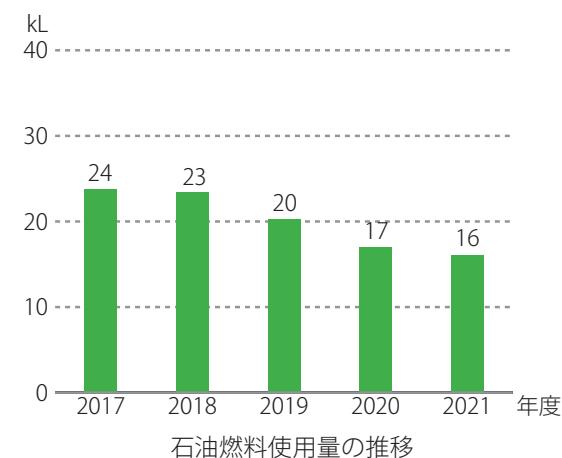
ESCO事業(p.42参照)で、PFエネルギーセンターではガス式冷温水機を電気式のターボ冷凍機へ更新し、4号館では空調機をガス式から電気式へ更新したことによって、都市ガスの使用が大幅に減りました。



石油燃料

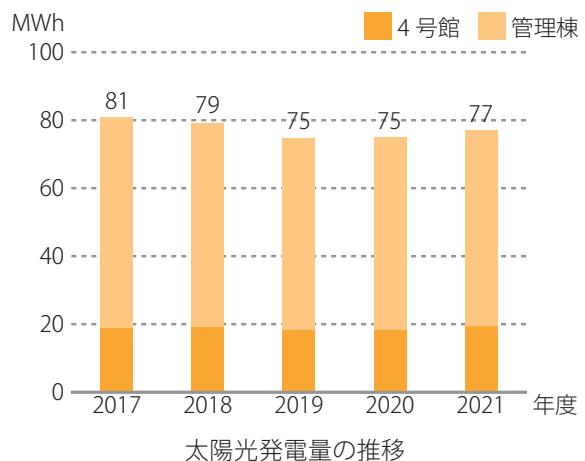
石油燃料は、公用車のガソリン・軽油及び自家発電に用いるA重油が該当し、購入量を使用量としています。2021年度は、2020年度と比べ6%減少しました。

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。



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。2021年度は、合わせて77 MWhを発電しました。



印刷用紙

2021年度の印刷用紙購入量は14.8tと、2020年度と比べ4%増加しました。

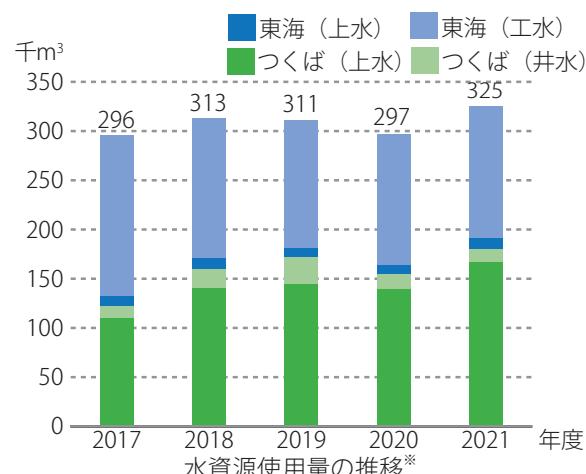
KEKではペーパーレス会議の開催に努めており、これによる印刷用紙の削減量は年間約2.8tに上ります。今後とも申請書等の電子化、ペーパーレス会議の効率的な開催、両面印刷の徹底など、紙の使用量削減に努めています。



水資源

KEKでは、上水のほかに、つくばキャンパスでは井水を、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。2021年度は、2020年度と比べ、つくばでは上水20%増加、井水12%減少、東海では上水26%増加、工水1%増加しました。

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

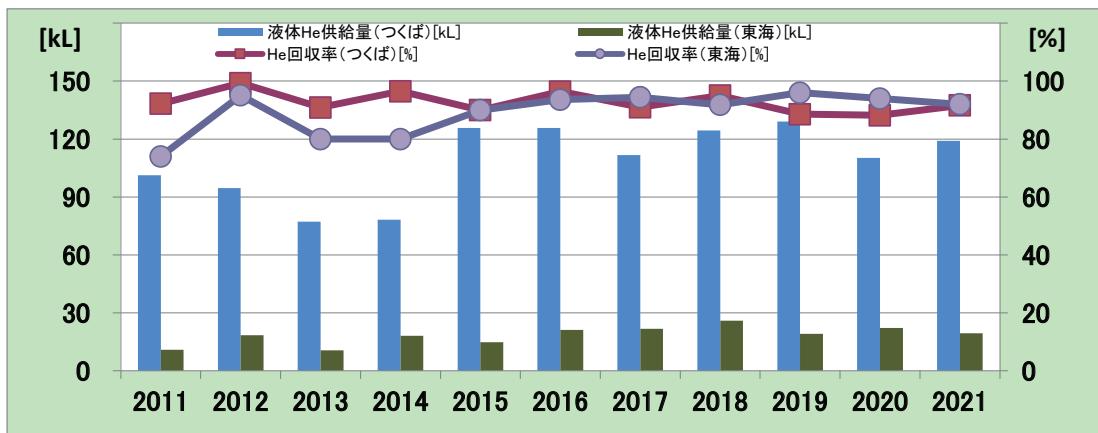


ヘリウム

ヘリウムは、元素中で最も低い沸点(-269°C, 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り、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、そ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。回収は比較的高い割合で行われていますが、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。



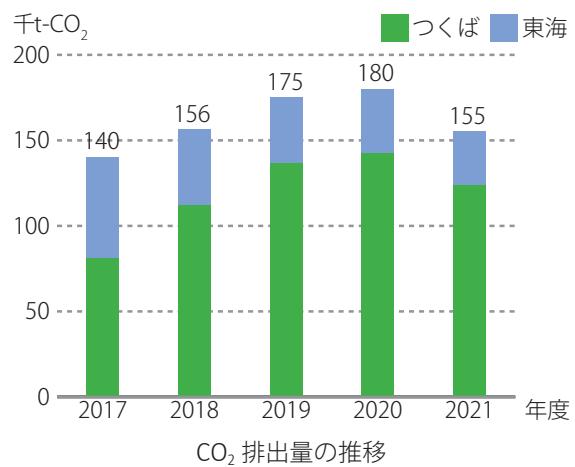
KEKにおける液体ヘリウムの供給とガスヘリウムの回収率
2011年における東海の回収率減少は東日本大震災の影響

温室効果ガス

2021年度のCO₂排出量は155,047 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5年毎の見直しにより改訂し、KEK全体のCO₂排出量の削減目標を、2005年度比で2030年度までに30%減としました。なお、2018年度-2022年度の5年間では2005年度比で5%減を新たな目標としました。2005



年度のCO₂排出量273,960 t-CO₂と比べ、2021年度は43%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.56をご参照ください。

廃棄物・リサイクル

一般廃棄物

2021年度は、一般廃棄物として80tの可燃物、3t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ます。

一般廃棄物排出の推移（5年間）

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
可燃物	102,296	95,011	92,641	81,011	80,389
不燃物	5,923	5,675	2,641	2,687	2,615
合計	108,219	100,686	95,282	83,698	83,004

(単位: kg)

産業廃棄物

2021年度は、老朽化した施設の撤去や共同利用研究者宿泊施設の建て替えに伴う不用品の廃棄などにより、木屑やコンクリート、がれき類等の排出量が大きく増加しました。また、2021年度は低濃度PCB

廃棄物の処理は行われず、高濃度PCB廃棄物のみを委託処理したため、大きく減少しています。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）

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
プラスチック	174,278	26,513	37,435	12,055	21,350
木屑	26,836	24,380	28,487	11,200	131,110
金属屑	8,541	1,255	3,811	11,115	3,415
コンクリート、がれき類等	1,988	29,103	59,621	42,790	352,720
蛍光灯、水銀灯	2,524	274	2,732	1,986	266
蓄電池	600	288	20	300	2,835
PCB廃棄物	1,365	584	69,300	52,157	2
合計	216,132	82,397	201,405	131,603	511,699

(単位: kg)

実験系廃棄物

2021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19.8t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。2020年度に比べ、

つくばキャンパスで、強酸性の電解研磨液の交換作業が行われたことによる無機廃液の増加と、廃液処理の凝集沈殿汚泥や廃試薬等をまとめて委託処分したことによる固形物等の増加がありました。

実験系廃棄物排出の推移（5年間）

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
無機廃液	3,678	3,476	4,424	1,369	3,572
有機廃液	10,008	10,911	24,048	9,219	9,220
廃油	6,421	3,421	7,129	4,682	2,623
廃水銀	0	0	0	3	0
固形物他	5,411	1,829	792	938	4,407
合計	25,518	19,637	36,393	16,212	19,823

(単位: kg)

放射性廃棄物

放射性廃棄物のうち、50 L ドラム缶に充填できるものは、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、協会へ引き渡せる放射性廃棄物の発生量が少なく、2021 年度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 7,182 L を協会に引き渡しました。昨年度と同程度の搬出量でした。協会へ引き渡せないものも含めた KEK 内での放射性廃棄物の保管については、p.29 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）

	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度
つくばキャンパス	0	0	0	0	0
東海キャンパス (J-PARC)	7,918	4,724	11,568	6,802	7,182
合計	7,918	4,724	11,568	6,802	7,182

(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。産業廃棄物の金属屑が 3 t に対し、661 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）

	2017 年度	2018 年度	2019 年度	2020 年度	2021 年度
古紙(売却)	36,420	31,970	32,270	37,480	34,740
文書溶解処理	6,640	12,200	9,970	9,435	12,800
金属屑(売却)	447,900	335,271	466,545	132,402	660,697
合計	490,960	379,441	508,785	179,317	708,237

(単位 : kg)

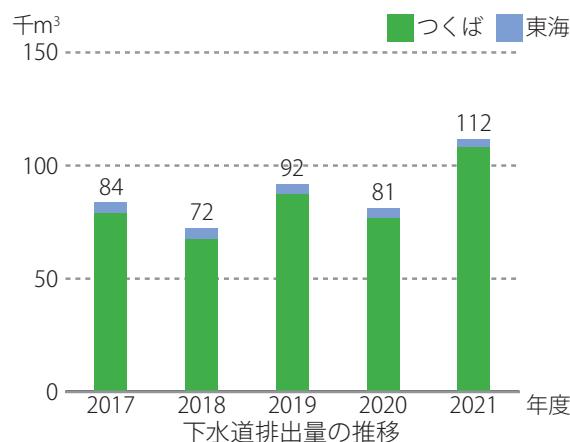
下水道

2021年度、つくばキャンパスからは、108千m³の排水を公共下水道に排出しました。2020年度と比べ40%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。

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.29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。

2021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	25	21	63	41
3月	34	23	64	73

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。2021年度の調査で、KEK全体で1,428 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。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、排出量削減のため、ドラフトチャレンバーの更新に合わせ、乾式スクラバーを設置しまし

た。今後も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。

2021年度大気中への化学物質排出量

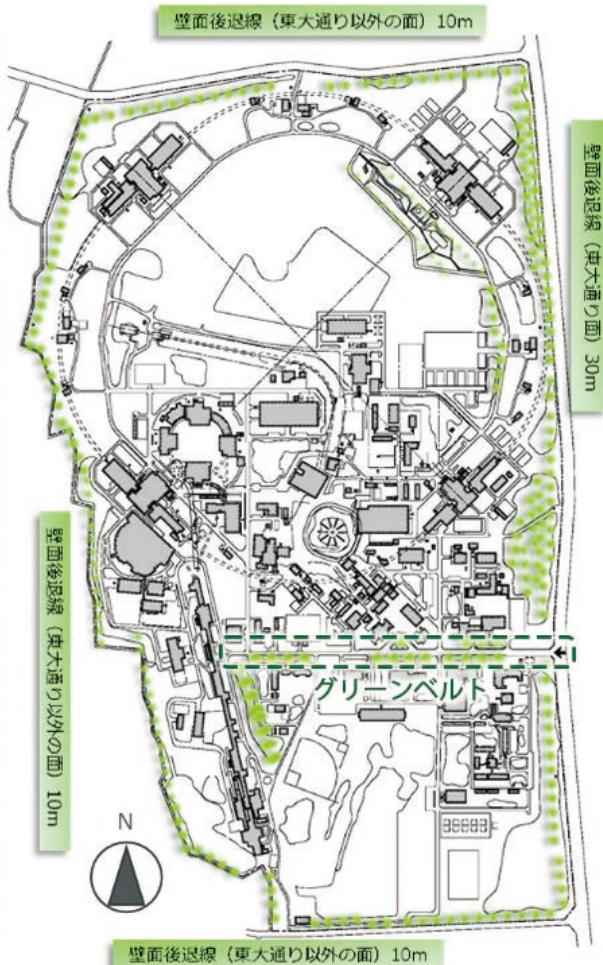
化学薬品名	排出量(kg)	作業内容
エタノール	1,151	消毒・洗浄・滅菌
ソルミクス	70	洗浄
アセトン	29	洗浄
ノルマルヘキサン	23	水質検査
その他	155	塗装・洗浄など
合計	1,428	

緑地管理

つくばキャンパス

KEKにおけるキャンパス計画を示した『KEK キャンパスマスター・プラン 2022』内でランドスケープ計画を定め、機構内の緑地環境を維持しています。

つくばキャンパスにおいて、中央通りは正門入口から伸びる主要道路です。道路から建物までの距離(壁面線)は樹木エリアを挟んでほぼ一定であり、道路側及び研究棟内部から樹木等への視線が広い範囲で確保できています。この範囲は環境保全やランドスケープ計画上、必要なグリーンベルトとして今後も維持を図るエリアとしています。実験棟や電源棟・機械棟など、箱形の無機質な表情の建物が多いため、それらの建物をグリーンベルト等の樹木により緩和させています。



地区計画制度に基づく緑地帯の概略図

つくば市は2007年度に市全域を景観法に基づく「景観計画地域」に指定し、景観保全に対し一定のルールを設けました。また、2010年度には市内の独立行政法人等が所有する敷地に対し、地区計画制度が設定され、敷地境界線に対する緑地帯の維持保全、敷地面積全体に対する緑地率の最低割合(30%)が定められました。2022年6月時点のつくばキャンパスの緑地率は、68.75%です。

KEKはゾーニング計画でも茅場(p.47参照)を含めた環境保護ゾーンを設定し、自然環境保護に努めており、魅力のある資源・資産として、自然環境の継続的な維持を図っています。



グリーンベルト(国際交流センター前)



東大通りに面した緑地帯(入口から南側方面)

東海キャンパス

J-PARC周辺の保安林の現況はクロマツと広葉樹の混合林ですが、クロマツの多くで枯死しているものがある状況です。クロマツは飛砂や潮風などの厳しい生育条件や砂地という土壤水分が少なく、栄養分もない海岸環境にも耐えて育つことから、防災林整備のため多く植えられています。しかし、松くい虫(マツノザイセンチュウ病)に弱いため、その被害により防災機能を維持することができなくなる状況が見受けられます。



クロマツの植栽状況(2016年度)

けられています。

松くい虫の対応としては一般の実生苗の生存率17%に対して「枯れにくい松」として生存率70%の抵抗性マツ苗を植栽することが重要です。

2016年度には松枯れ対策として植栽面積44,030m²に対して、8,000本のクロマツの植栽を行っており、保安林の保護に努めています。



クロマツの生育状況(2022年度)

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。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	2020 年度* 投資額(千円)	2021 年度* 投資額(千円)
地球環境保全コスト	43,588	109,221
フロンガスの回収・処理	3,301	3,402
ルームエアコンの更新	4,233	2,973
パッケージ型エアコン更新	13,674	53,812
照明器具の取替	13,547	14,725
変圧器の取替	182	10,835
網戸の取付	2,815	3,674
計量器の取付(建物毎の上水、井水、電力使用量の把握)	396	0
チラーユニット、ガスヒートポンプ	5,441	19,800
資源循環コスト	86,256	101,585
一般廃棄物処理	1,659	1,633
産業廃棄物処理	9,453	31,150
PCB 廃棄物処理	16,680	8,131
実験系廃棄物処理	37,017	38,771
放射性廃棄物処理	21,448	21,899
管理活動コスト	46,471	52,037
環境報告書作成	403	398
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	536	463
植物管理	38,741	37,665
枯損木撤去	6,790	13,509
合計	176,316	262,843

*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)	2020 年度*	2021 年度*	前年度比*
総エネルギー投入量 (GJ)	3,813,872	3,959,175	104%
電力使用量 (MWh)	393,075	408,238	104%
都市ガス使用量 (千 m ³)	140	123	88%
石油燃料使用量 (kL)	17	16	94%
水資源使用量 (千 m ³)	297	325	110%
上水 (千 m ³)	148	177	120%
井水 (千 m ³)	16	14	88%
工水 (千 m ³)	133	134	101%
温室効果ガス排出量 (t-CO ₂)	179,990	155,047	86%
廃棄物排出量 (t)	232	615	265%
一般廃棄物 (t)	84	83	99%
産業廃棄物 (t)	79	512	644%
実験系廃棄物 (t)	16	20	122%
PCB 廃棄物 (t)	52	0.002	0.004%
放射性廃棄物排出量 (L)	6,802	7,182	106%
下水道排出量 (千 m ³)	81	112	138%
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量 (kg)	1,206	1,428	118%
NOx 排出平均濃度 (ppm)	42	34	81%

*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。

■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. 2021 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. 2021 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：つくば 0.365 t-CO₂/MWh・東海 0.447,0.473 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)

2020 年度の換算係数については、p.56 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		2020 年度(千円)	2021 年度(千円)
収益	太陽光発電	1,061	1,167
	リサイクル	18,539	165,205
	古紙	159	342
	金属屑	18,380	164,863
推定的効果		2020 年度(千円 / 年)	2021 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	10,940	18,808
	エアコン等の更新	1,200	4,459
	冷却水関連機器の停止	3,289	9,443
	変圧器の停止	6,451	4,906

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 カ月 × 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 カ月 × 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 カ月 × 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（放射性同位元素等の規制に関する法律・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、24時間、室内外の中性子・ガンマ線、排水・排気中の放射能を測定し、集中監視しています。放射線管理区域境界等に設置された測定器は、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す機能があります。測定器の測定値と機能は毎年確認を行っています。

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 時間年間を通じて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。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ます。放射化物は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。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行っています。

放射性廃棄物のうちドラム缶に収納できる大きさ・重量のものについては、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、200 L ドラム缶の数で換算するとおよそ 2,000 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、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、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、放射性同位元素等の規制に関する法律）

つくばキャンパスで発生する排水は、3ヶ所の汚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污水排除基準を満たす必要があります、毎月1回水質検査を行い、污水排除基準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し、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



水質が汚水排除基準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、ニュートリノ実験施設等の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、放射能濃度が排水の濃度限度未満のものは直接、濃度限度より高い場合は、希釈等を行い、濃度限度未満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 102,131 kL (つくばキャンパス 84,762 kL、東海キャンパス 17,369 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自、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.41 で紹介している「環境に配慮した設備更新と運用」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工

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。この様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を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 (CO_2)、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 (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、155,009 t- CO_2 (つくばキャンパス 123,893 t- CO_2 、東海キャンパス 31,115 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.32 の「フロン類の使用的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 CO_2 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」に示した通り毎年、目標を達成しています。

2021 年度における温室効果ガス (CO_2) 排出量は

155,047 t であり、排出上限値目標 (263,001 t) を大きく下回っていますが、これは二酸化炭素換算係数の違いと、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、2021 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体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。

2021 年度は、高濃度 PCB を含有するコンデンサ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。

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。

2021 年度における特定調達品目の調達率は 100% に近い割合を達成しました。2022 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ます。

■ 環境関連トピックス

低消費電力と耐放射線化した検出システムによる核燃料モニタリングの取り組み

素粒子原子核研究所 田中 真伸

素粒子原子核研究所では素粒子原子核の研究を進めることを目的として、誰も見たことのない世界を見るための“目となる種々の計測装置”的開発をしています。最近の成果として、極限環境(特に高放射線環境下)でも低消費電力で安定して動作する計測装置が挙げられ、それは自然科学の研究だけでなく、福島廃炉への応用などにも使われつつあります。以下詳しく説明します。

素粒子原子核実験では粒子ビーム^{*1}同士の衝突や粒子ビームと対象物の反応から生成される荷電粒子・放射線等を計測する装置は必須で、加速器開発と計測装置開発は加速器科学を支える車の両輪の役割を果たしています。この人間の“目に相当する計測装置”は荷電粒子・放射線等を電気信号に変換する検出器部分とそこから出てくる微弱信号を処理しコンピュータへ転送するための電子回路からなります。近年これら計測装置は、数～数十 μm 程度の大きさを持つセンサーと数十 nm のトランジスタを用いて構成されることが普通です。このようにセンサーの数が増え、それに伴いセンサー信号処理回路の数が増えることで、計測装置運転時の消費電力は増加の一途を辿り、それらは熱となって排出されるため、冷却装置等の付帯設備も必要になり環境への負荷が増加します。更に高放射線環境下では信号処理回路を構成するトランジスタの消費電力が高くなるため、それを抑えるための工夫も必要になります。これらは、多くのノウハウが必要で、その分野では我々が技術の最先端を走っていると言っても過言ではありませんし、Open-It^{*2}等により多くの大学及び研究機関と連携し、日々素粒子原子核実験のための研究開発を進展させてています。またこれらの素粒子原子核研究で培ったノウハウを社会へ還元する努力も行っており、具体例として、ワイドバンドギャップ半導体を使用したセンサー(ダイヤモンドや炭化ケイ素など)と超微細半導体プロセスを利用した装置を福島の廃炉に応用するプロ

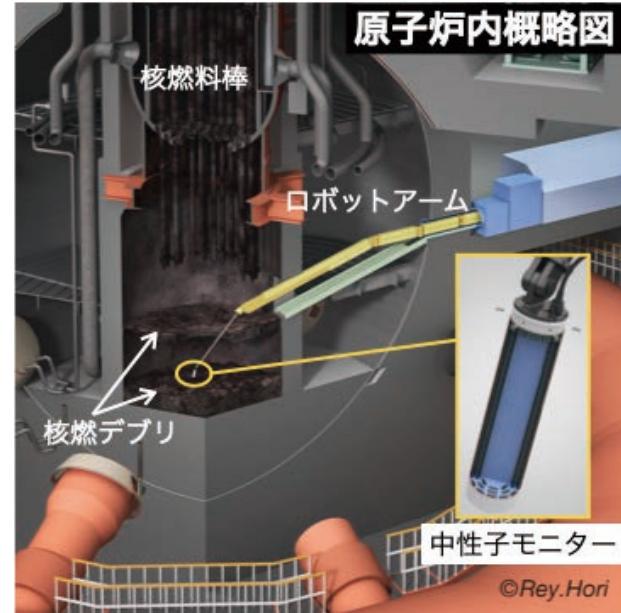


図 1. 原子炉内中性子モニタリング概念図

ジェクトについて説明します。

福島の廃炉作業では、燃料デブリ(原子炉内の核燃料が他の物質と混ざってしまったもの)取り出し時に再臨界が起きないように、中性子をモニタリングしながら作業する必要があります(図1参照)が、この中性子モニターは高放射線量環境下(1 kGy/h)で動作する必要があります。ここに我々のノウハウが生きてきます。我々が開発した中性子センサーは、数千個のダイヤモンドを用いた中性子センサーと信号処理回路からなります。高放射線環境下で長時間動作するセンサー材料としては、現段階ではダイヤモンドの右に出るものはありません。また信号処理集積回路は、トランジスタの形や回路構成など現状のノウハウを注ぎ込み、高強度の放射線環境下で1年以上耐えられる設計(数 MGy)になっています。

このように我々が研究開発し保有してきた技術は他の分野で役立つことは我々としても非常に喜ばしいことで、今後とも学際・産学連携でwin-winの関係を構築すべく継続した努力を続けていく予定です。



*¹ 粒子ビーム

電子、中性子、陽子、原子核、ミュオン、ニュートリノ等の粒子を束ね一定方向へ集団運動している粒子集団を指す。

*² Open-It (Open source consortium for Instrumentation)

加速器科学および関連分野で計測システム開発に必要な多種多様な先端要素技術、システム化技術情報を可能な範囲でアカデミック用途向けにオープン化し共有化を進める事で、先端計測技術の維持、改良及び発展を共同で行う研究者の集まり。» <https://openit.kek.jp/>

関連報告書

令和2～4年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業

令和2年度報告書

» <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2021-038.pdf>

関連サイト

2022年1月20日 素粒子原子核研究所ニュース

【特集】ミッショングループ：100兆分の1を捉えろ！ KEK エレクトロニクスシステムグループと産総研の共同研究による世界初のシリコンカーバイド半導体検出器

» <https://www2.kek.jp/ipns/ja/news/1680/>

2018年6月18日 KEK プレスリリース

水晶発振回路の高速起動化で IoT 機器の消費電力を大幅低減 –あらゆるものをインターネットでつなげる IoT 社会の実現に貢献–

» <https://www.kek.jp/ja/newsroom/2018/06/18/1100/>

素粒子原子核研究所エレクトロニクスシステムグループホームページ

» <https://www-esys.kek.jp>

有機無機ハイブリッドペロブスカイト太陽電池材料 MAPbI₃ の高効率性の起源をミュオン実験により解明

物質構造科学研究所 幸田 章宏

有機無機ハイブリッドペロブスカイト (HOIP) は無機材料からなるペロブスカイト格子に有機分子を閉じ込めた特殊な構造をもつ物質です。HOIP のひとつヨウ化鉛メチルアンモニウム MAPbI₃ は次世代の太陽電池材料として非常に高い注目を集めている物質です。エネルギーの変換効率は約 25% と、現在のシリコンを主材料とした太陽電池の変換効率、約 27% に匹敵する性能を示すことに加え、溶液からとても簡単に製造できることから製造コストの低廉化も期待でき、この分野での世界的な研究が急速に進展しています。しかし、なぜこの物質がこれほどまで高い変換効率を示すのか、いくつも説が提案されてきましたが、詳細は明らかではありませんでした。

我々の研究グループは、この物質の光励起キャリア^{*1}の寿命とメチルアンモニウム (MA) 有機分子の運動との関係に着目し、ミュオンスピントルーピング (μ SR) 法^{*2}によって有機分子の運動を詳しく調べました。ミュオンはスピンを持つ粒子で、周囲の磁気モーメントがつくる磁場を非常に敏感に観測することができます。極低温 80 K (-193°C) で観測したミュオンスピントルーピング緩和率は MA 分子の水素および窒素の核磁気モーメントがつくる磁場による予測値とよく一致することがわかりました。一方で、温度が上昇すると構造相転移を経て MA 分子は回転運動を始めますが、このときミュオンスピントルーピング緩和率も大きな温度変化を示すことがわかりました。

さらに興味深いことに、ミュオンスピントルーピング緩和率の温度依存性は以前から知られていた光励起キャリア寿命の温度依存性に非常によく似た振舞いであることがわかりました。つまり MA 分子の回転運動が適

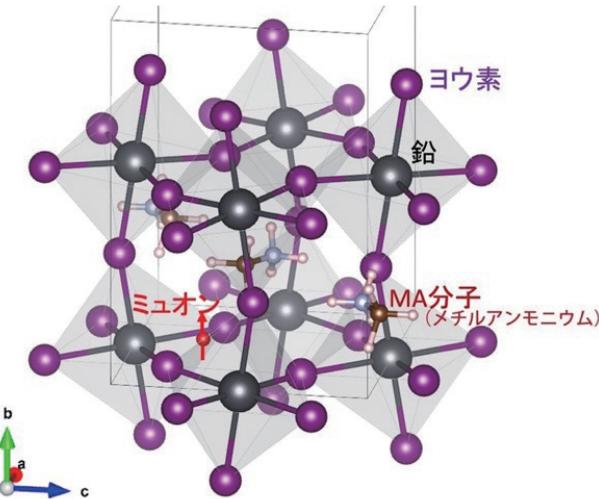


図 1. 有機無機ハイブリッドペロブスカイト MAPbI₃ の結晶構造。鉛とヨウ素で構成されたペロブスカイト格子中にメチルアンモニウム (MA) 分子が閉じ込められて回転運動をしている。ミュオン (赤矢印) は格子間位置に静止し、MA 分子の水素および窒素原子核の磁気モーメントの分子回転運動にともなう局所磁場の変化を観察する。

度にゆっくりしている状態では MA 分子は光励起キャリアを誘電遮蔽^{*3}するように動き、その結果、キャリア寿命を延ばす効果となる一方、MA 分子の回転運動が非常に速くなると遮蔽する効果が薄れ、キャリア寿命は短くなっていると考えることができます。つまり MAPbI₃ の高効率は MA 分子の振舞いが鍵となっていることを示唆する結果が得られました。これらの実験結果は固体中の分子運動に対して μ SR 法による観測が有効であることを示した例であり、次世代太陽電池材料の性能向上への指針を与えるものと言えます。

*¹ 光励起キャリア

光エネルギーで励起された電子と正孔のペアが再結合して消滅するより前に正極、負極へとそれぞれの電荷を担うもの（キャリア）として輸送することが太陽電池の動作原理である。太陽電池のエネルギー変換効率において、この光励起キャリアがどれくらいの頻度で再結合してしまうか（寿命の逆数）、どれくらい迅速に電極へと輸送できるか（電荷移動度）は重要なパラメータである。

*² ミュオンスピントル法（μSR）

加速器施設で生成するスピン（自転軸）が100%揃ったミュオンを試料に注入・停止し、その崩壊現象を利用してスピンの向きの時間変化を測定することで、試料中の磁場の大きさやゆらぎを観測する手法。ミュオンは試料中の磁場に影響を受けてそのスピンが歳差運動し（自転軸の回転運動、傾いたコマの首振り運動に相当）、平均2.2マイクロ秒で崩壊する。このときにスピンの方向に陽電子を放出することから、陽電子の放出方向を観測することで試料中の磁場を間接的に知ることができる。

*³ 誘電遮蔽

正電荷と負電荷が並んで存在する状態を電気双極子と呼ぶ。本物質中のMA分子は炭素と窒素の非等価な原子がダンベル状の分子を作っているため、分子内に電荷の偏りがあり電気双極子の性質を備えている。光励起キャリアが担う電荷がつくる電気力線により電気双極子は光励起キャリアを覆い隠すように配列する。これを誘電遮蔽と呼び、これにより光励起キャリアの対となる電荷キャリア同士はお互いに引き寄せ合う力が弱まっていると考えることができる。

原著論文

Organic molecular dynamics and charge-carrier lifetime in lead iodide perovskite MAPbI₃, A. Koda, H. Okabe, M. Hiraishi, R. Kadono, K. A. Dagnall, J. J. Choi, and S. H. Lee, PNAS vol. 119 No. 4 e2115812119 (2022).

⇒ <https://doi.org/10.1073/pnas.2115812119>

関連サイト

2022年1月21日 KEK プレスリリース

次世代太陽電池材料が高効率性を発揮するメカニズムを解明

⇒ <https://www.kek.jp/ja/press/202201211330/>

加速器の性能向上によるエネルギーの有効利用

加速器研究施設 末次 祐介

SuperKEKB 加速器は、高エネルギーの電子と陽電子を衝突させる周長約 3 km の円形加速器で、Belle II 測定器を使って新しい素粒子物理を探求しています。2010 年まで稼働していた KEKB 加速器をアップグレードしたもので、2019 年から本格的な衝突実験を開始しました。粒子ビーム^{*1}を極細にして衝突させる「ナノビーム衝突方式^{*2}」を、実用加速器としては世界で初めて導入し、また、様々な機器に工夫・改良を加え、KEKB 加速器より遙かに高い効率で実験データの収集が可能となりました。図 1 は 1999 年 4 月から 2022 年 5 までの、KEKB 加速器および SuperKEKB 加速器で毎月消費される電力と、毎月の

積分ルミノシティ^{*3}を示したものです。消費電力の大部分は粒子ビームを加速・蓄積するために使用され、定常運転時では両加速器でほぼ同じです。一方、毎月の積分ルミノシティは、SuperKEKB 加速器の本格的な運転が始まってまだ 3 年程度ですが、既に KEKB 加速器の最大値の約 2 倍を実現しています。つまり、前身の KEKB 加速器より格段に効率良くエネルギーを利用してることがわかります。ルミノシティも、2020 年に KEKB 加速器の記録を超えて世界最高値に達し、その後も記録を更新し続けており、世界最強の加速器となっています。今後も設計目標を達成すべく、引き続き加速器の性能向上に努めていきます。

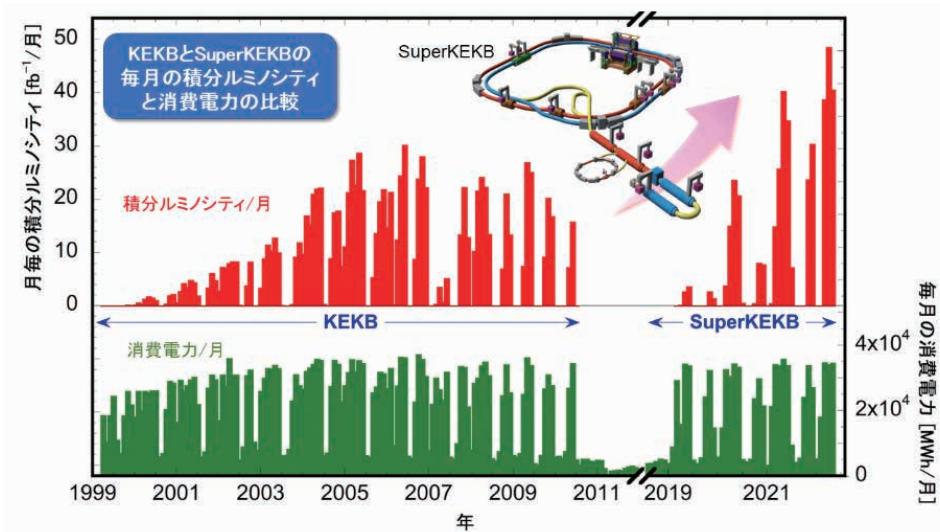


図 1. KEKB 加速器および SuperKEKB 加速器の毎月の積分ルミノシティと消費電力 (1999 年 4 月～2022 年 5 月)。

*1 粒子ビーム

電子あるいは陽電子の流れ。実際には、長さ 10 ミリメートル程度の数百億個の粒子の集まり (バンチという) が 1 ~ 2 メートル間隔で連なっている。

*2 ナノビーム衝突方式

電子・陽電子ビームの垂直方向の幅を数十ナノメートルまで薄くし、水平方向にある角度をつけて衝突させる方法。

*3 ルミノシティ、積分ルミノシティ

ルミノシティとは 1 秒間あたりの素粒子反応の頻度を決める量。その積分値は収集したデータ量に相当する。

原著論文

杉本寛、「SuperKEKB ルミノシティ記録更新」、加速器、Vol.18、No.1 (2021) p.2.

関連サイト

2020 年 6 月 26 日 KEK プレスリリース

SuperKEKB 加速器が世界最高ルミノシティ (衝突性能) を達成しました

⇒ <https://www.kek.jp/ja/newsroom/2020/06/26/1400/>

中央計算機システムにおける省エネの取り組み

共通基盤研究施設 村上 晃一

KEK 計算機科学センターでは、中央計算機システム (KEKCC) を運用しています。本システムは、Belle II 実験や J-PARC 施設での実験データの保存やデータ解析に利用されています。KEKCC では、約 15,000 コアの CPU サーバと、25.5 ペタバイト (PB)^{*1} の容量の磁気ディスクシステム、100 PB のデータを保存可能なテープライブラリシステム^{*2} を有しています。現在稼働中のシステムは、2020 年にシステム更新を行っています。増大するデータおよびそれを解析するための計算性能は飛躍的に増加しています。しかし、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おり、そうした制約を電力効率の向上により補い、必要な計算資源を確保しています。

KEK で行われる実験で保存されるデータは、今後、100 PB 近くになると予想されています。それらのデータを磁気ディスクに保存すると膨大な電力が必要になります。1 次データのような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することで、大容量のデータ保存を可能にしています。図 1 に、KEKCC のストレージシステムの概要を示します。階層型ストレージシステム^{*3} を用いることで、効率的なテープデータへのアクセスを実現しています。テープ

ライブラリには約 5,000 巻のテープが格納され、テープロボットにより媒体の移動は自動的に管理されています。現在、約 40 PB のデータが保存されています。磁気テープの記録保持にかかる電力はゼロです。また、近年の磁性体の技術の進化に伴い、記録密度や転送速度が飛躍的に向上しています。現在使用しているテープは、1 巻あたり 20 TB のデータを保存できます。テープの技術はビックデータの保存用途で多くのデータセンターで今も重要な技術として利用されています。

システムの導入、運用にあたっては、マシン室のサーマルシミュレーションを行い、空気調和設計を実施しています。サーバ室の温湿度の設定は、ASHRAE^{*4} のガイドラインで推奨温湿度範囲が定められています。推奨される温熱環境範囲として、温度は下限 18°C から上限 27°C とされています。従来は、サーバ室全体を冷却し、空調の温度を 18°C に設定して運用していましたが、これでは冷やし過ぎで、エネルギー効率としては非効率です。25°C 前後の温度でも問題ないことから、本システムでは、空調の温度設定を 23°C として、空調の消費電力を下げる試みをしています。また、計算サーバのアイルキャッピング^{*5} を行

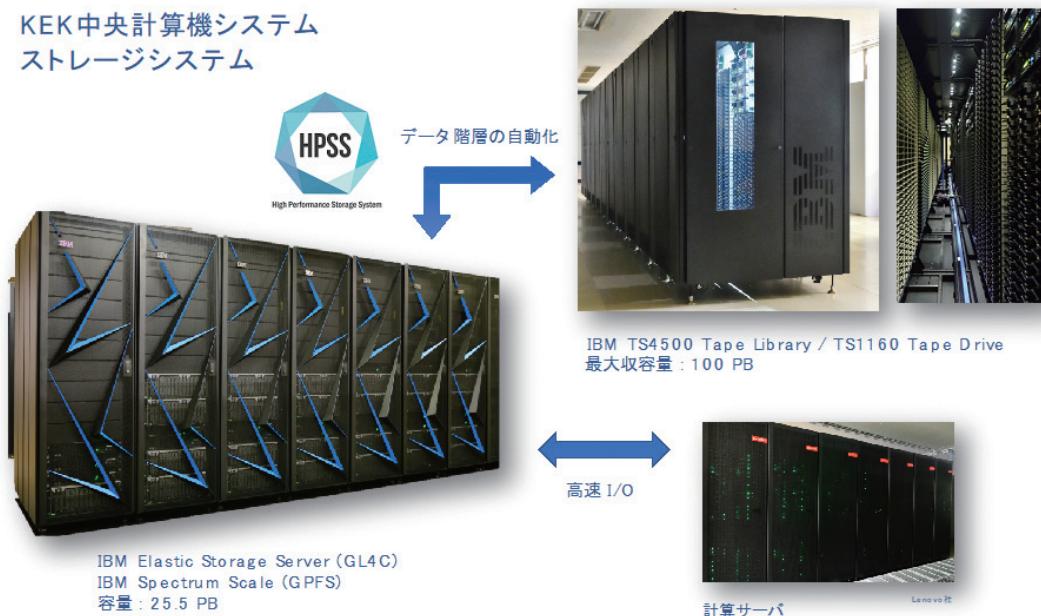


図 1. KEKCC のストレージシステムの概要

い、サーバの吸気と排気が混ざらないようにすることで、サーバ冷却の効率化を行っています。図2には、過去3年間の計算科学センター建物全体での消費電力推移を示しています。2020年の4月から9月までは、システム更新で新旧システムが稼働しているため、消費電力量が高くなっています。2021年度の消

費電力量は、システムの資源が増強されたにもかかわらず、過去の年度より5-10%程度消費電力を抑制できています。CPUサーバのエネルギー効率化やサーバ室の空調設定によって、システム全体での省エネルギーを実現しています。

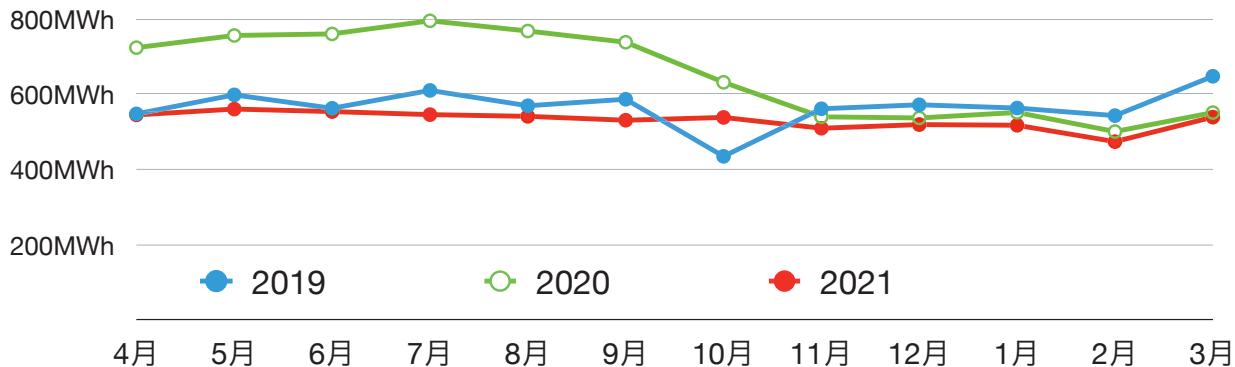


図2. 過去3年間の計算機棟全体での月別消費電力量

*¹ ペタバイト

ペタバイト(PB)とは、データ容量を表す単位のこと。約1,000兆バイト。ギガバイトの100万倍。

*² テープライブラリ

複数台のテープドライブと多数のテープカートリッジを収納し、ロボット機構によってテープカートリッジを入れ替える大型のストレージシステム。

*³ 階層型ストレージシステム

高速／高価なストレージ媒体(ディスク)と低速・安価な媒体(テープ)の間でデータを自動的に移動させるデータストレージ技術。

*⁴ ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers(アメリカ暖房冷凍空調学会=暖房、換気、空調、冷凍などに関わるあらゆる個人や団体のための国際的学会)の頭文字を取った略語。データセンター内の空調環境管理基準として、ASHRAE TC 9.9, "2011 Thermal Guidelines for Data Processing Environments – Expanded Data Center Classes and Usage Guidance" を参照

*⁵ アイルキャビング

サーバ機器の吸気側と排気側の空間を物理的に仕切ることで、熱排気がたまる通路(ホットアイル)と冷気を送り込む通路(コールドアイル)を分ける。ラックの前面から冷気を送り込み効率的にサーバを冷やす効果がある。

関連サイト

2020年8月 日本IBM事例紹介記事

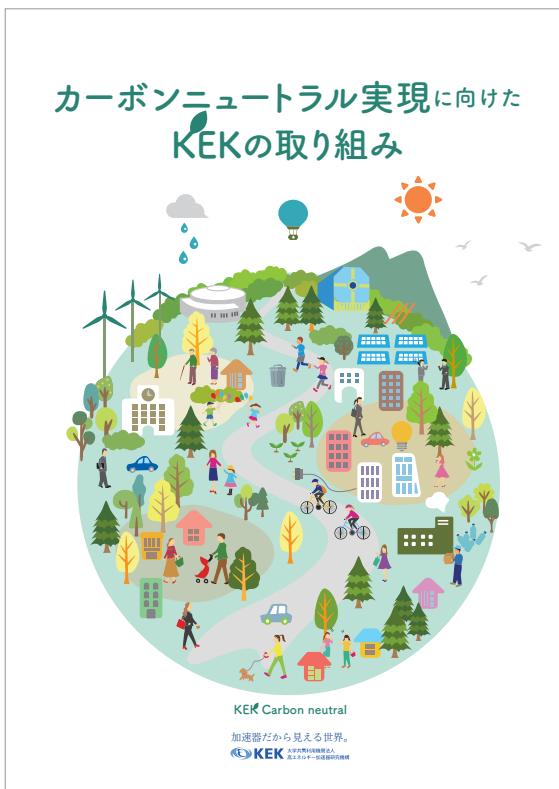
高エネルギー加速器実験からの膨大なデータの利活用を支えるスケーラブルで信頼度に優れた階層型ストレージ・システム
⇒ <https://www.ibm.com/jp-jp/case-studies/kek>

カーボンニュートラル実現に向けた KEK の取り組みについての小冊子の作成

日本では、2050 年までにカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出実質ゼロ）を達成するという目標が掲げられていますが、KEK における研究活動は大型加速器の運用を中心となるため、現状では大電力を消費し大きな環境負荷をもたらすことが避けられません。その中で、KEK はこれまで、日々の活動における省エネルギーの推進、省エネルギー社会実現のための基盤技術の開発研究、加速器関連設備や装置の改善に力を入れてきました。これらの取り組みについては、これまでの環境報告の中でトピックス記事として報告してきましたが、KEK で行っているカーボンニュートラル実現に向けた取り組みをさらにできるだけ多くの方に知っていただくため、主に「社

会の低炭素化に向けた基礎研究・応用技術開発」と「加速器など大型研究設備の一層の省エネに向けた取り組み」を解りやすく紹介する日本語の小冊子を作成しました。この小冊子は、KEK の以下のページからダウンロード可能です。

また、KEK は 2022 年、国連の「持続可能な発展のための国際基礎科学年(IYBSSD)」に創設パートナーとして参加します。①社会の低炭素化に向けた基礎研究・応用技術開発、②加速器など大型研究設備の一層の省エネに向けた取り組み、③学術界、産業界、地域との連携強化／次世代の育成、の三つの柱を中心に持続可能な社会づくりに向けて挑戦し続けます。この小冊子の作成は、この活動の一環でもあります。



カーボンニュートラル実現に向けた KEK の取り組み小冊子の表紙
下記 KEK のパンフレットのページよりダウンロードいただけます。
⇒ <https://www.kek.jp/ja/publicrelations/digitallibrary/pamphlet/>

環境に配慮した設備更新と運用

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、更新前より効率の良い機器を導入しています。また大型実験停止期間中は、不要な設備機器の停止や消費電力を抑える運用を行っています。これらの結果、2021年度の実績ではCO₂排出量を226.2t^{*}、消費電力量を619,758kWh削減しました。

電気設備の運用例(特高変圧器の休止)

長期の実験停止期間中には電力の需要に合わせ、構内に複数ある特高変圧器を部分的に休止することで待機電力を抑制しています。

これらの措置により、2021年度は年間当たりCO₂排出量119t^{*}、消費電力量324,672kWhを削減することができました。



休止する特高変圧器の例（中央変電所）

機械設備の例

KEKには熱負荷の大きい実験機器やサーバ等が設置されている部屋が多数あり、室内の温度は熱源機器（パッケージエアコンやチーリングユニット）によって適正な温度に保たれています。

これら熱源機器の多くは老朽化によってエネルギー効率が低下しているため、同等の能力の機器への更新であっても消費電力が減少しますが、熱負荷の計算や運用法の見直しを行い、適当な能力の機器へ更新を行うことで消費電力を大幅に削減することができます。

右の写真はその一例で、先端計測実験棟大実験室系統のパッケージエアコンを更新したものです。既存の機器よりもエネルギー効率が高いため、消費電力を減らすことができました。

このような熱源機器の更新を行うことで、年間当たりのCO₂排出量を62.7t^{*}、消費電力量を171,730kWhを削減することができました。

また、老朽施設再生事業費等を活用し、環境負荷の小さい冷媒を使用した熱源機器への更新を行うことで、オゾン層破壊及び温室効果ガス排出リスクの低減を図っています。



更新前



更新後

^{*}換算係数は電気事業者の値0.365t-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式冷温水機 2 台を電気式のターボ冷凍機 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 CO₂ 排出量 4,201 t、消費電力量 1,833,289 kWh、ガス使用量 1,612,718 m³ の削減効果がありました。

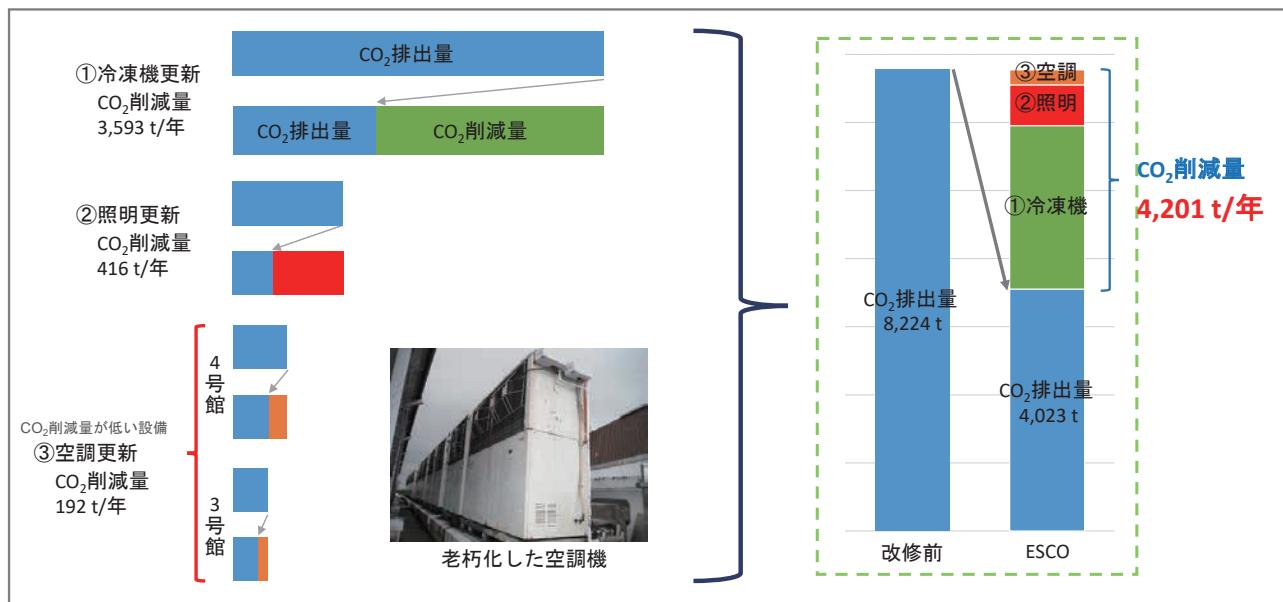


図 . ESCO 事業による CO₂ 削減^{*3}

*¹EHP : 電気モータヒートポンプ空調機

*²GHP : 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 0.365 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

創設 50 周年記念事業

KEK キャッチコピーの選定

KEK は 1971 年 4 月、旧文部省高エネルギー物理学研究所として発足しました。2021 年 4 月に創設 50 周年を迎えるにあたり、KEK のキャッчコピーを一般から募集しました。8,251 件の応募があり、審査の結果、「加速器だから見える世界」が最優秀賞となりました。それを元にした「加速器だから見える世界。」を公式キャッчコピーとし、行事やパンフレットなどで使用しています。

オープニングセレモニーの開催

50 周年の記念行事の第一弾として、オープニングセレモニーを 4 月 16 日に小林ホールで開き、同時にライブ配信しました。KEK キャッчコピーの発表やニュートンのリンゴの木の植樹式、KEK の歴史を振り返るショートムービー「KEK50 年の歩み」の上映などがありました。来賓として来構した五十嵐立青つくば市長からは、お祝いの言葉をいただきました。



記念植樹の様子

記念式典・シンポジウムの開催

創設 50 周年の記念式典が 11 月 8 日、東京都千代田区の学術総合センターの一橋講堂で開かれました。新型コロナ感染症対策のため、式典参加者は会場の定員の半分以下の約 150 人に抑えた上で、ライブ配信しました。国内から約 2,400 人、海外で約 500 人が視聴しました。

式典では山内正則機構長が「KEK は今後とも、誇りと責任を持ってその重要な役割を担ってまいります」とあいさつ。末松信介文部科学大臣の祝辞やファビオラ・ジャノッティ CERN 所長のビデオメッセージも寄せられました。

会場の外では KEK の主な研究成果や歴史を紹介するパネル展示も行われました。また式典に先立ち高額寄附者を招いた「感謝の集い」も開催しました。

記念式典に続き、11 月 9 日、10 日には会場を小林ホールに移して記念シンポジウムを開催しました。

50 年の歴史を振り返る講演のほか現在進んでいる研究・技術開発の課題、未来を展望する発表が行われました。

世界中の研究者も参加できるようにプログラムはすべて英語で行われ、ライブ配信には 2 日間で延べ約 800 人が参加しました。



記念式典で撮影された集合写真

記念誌・パンフレットなどの発行

50周年記念誌を発行しました。2分冊の構成で、第1分冊は「写真で見る KEK の歴史」「研究プロジェクトからみた歴史」「思い出文章集」などを盛り込んでいます。第2分冊は資料集で「年表」「組織変遷図」「役職員数の推移」「予算の推移」などが含まれます。

公式キャッシュコピーを全面に出したビジュアル中心のパンフレットも発行しました。記念誌とパンフレットは記念式典の参加者に配布しました。

また 2008 年 12 月から 2015 年 9 月まで KEK ウェブサイトに連載された物理コメディマンガ「カソクキッズ」の特別編を 50 周年記念事業寄附金の支援で制作しました。これまでの研究を全 5 話で紹介するものです。



公式キャッシュコピーを全面に出したパンフレット

広報活動

企画展・企画展示の開催

東京・上野の国立科学博物館で 2021 年 7 月 13 日～10月 3 日に企画展「加速器」を開催しました。「とてつもなく大きな実験施設で宇宙と物質と生命の謎に挑んでみた」をキャッシュコピーに、大型加速器施設の様子や発展の歴史を紹介しつつ、加速器の初步から宇宙の謎に迫る最先端研究、身近なところで利用されている研究成果までわかりやすく解説しました。

東京・霞が関の文部科学省情報ひろばで 2022 年



企画展「加速器」の入り口

2月 16 日～3月 22 日に企画展示「素粒子は語る」を開催しました。ミューオンやストレンジクォークを使った KEK と J-PARC での素粒子・原子核研究を紹介しました。

一般公開

つくばキャンパスを一般に公開する「KEK 一般公開」は例年 9 月に行われ、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、簡単な実験やクイズなどの体験型企画、研究者による科学講演、サイエンスカフェなどが行われていました。毎年、近隣住民中心に約 4,000 人の来場者でにぎわっていました。また、東海キャンパスでも同様の施設公開を実施していました。

しかし、2020 年度、2021 年度は新型コロナ禍のためいずれもオンライン開催となりました。2021 年は 9 月 4 日、5 日の両日に開かれ、研究者トークや研究現場からの中継を配信し、延べ視聴者数はニコニコ生放送で約 26,300 人、YouTube で約 6,700 人に上りました。また、東海キャンパスの J-PARC オンライン施設公開は 11 月 13 日に行われました。



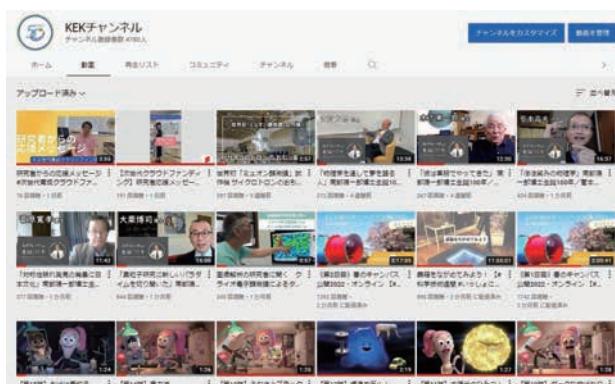
2021年度の一般公開の様子

春の科学技術週間

全国の研究機関や大学で科学技術に関するイベントが行われる「科学技術週間」の一環として、毎年4月につくばキャンパスで行われていた「キャンパス公開」は、2021年度は新型コロナ禍のため4月18日にBelle II実験と構造生物学研究センター、そしてコンパクトERLの研究現場をリモートで見学する「オンライン施設見学会」として開催しました。

KEKチャンネル

KEKが所有する動画を一般に見てもらう「KEKチャンネル」をYouTube内に2014年に開設しました。当初、KEKの研究内容を紹介する動画を中心でしたが、その後少しずつ科学教育用動画なども増やしてきました。2020年度には新型コロナ感染拡大で「KEK一般公開」がオンライン開催となったことがきっかけとなり、動画のライブ配信を強化しました。現在、チャンネル登録者数は4,700人を超え、総視聴回数は40万回に達しています。



KEKチャンネルに登録された動画の数々

「落語と科学の相互作用」を配信

2021年度の一般公開で「宇宙落語会」が好評だったことを受けて、落語家・桂福丸さんと研究者の対談をYouTubeで配信しました。初回の対談相手はILC国際推進チームの村山斉氏でした。対談相手を変え、11月から3月まで月1回配信しました。

メディアサロン

KEKの研究活動を取材・報道してもらおうと、2017年末から記者向けの勉強会「KEKメディアサロン」を開催しています。東京・秋葉原で対面で開催していましたが、新型コロナ禍以降はオンライン開催となっています。

2021年度は、「標準理論を超える新物理発見なるか!? ミュオンg-2実験の最新情報を徹底解説」を4月22日に、探査機はやぶさ2が持ち帰った小惑星リュウグウ試料分析開始を控えた勉強会を6月25日に、SuperKEKB/Belle II国際共同実験の最新情報を解説する勉強会を8月11日に開催しました。

このほか ILC推進準備室が中心の国際リニアコライダーに関する勉強会も開かれています。

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、来構者に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年度の個人見学者は7,052人で、団体見学者は5,787人でした。しかし2020年度以降は新型コロナ禍のため受け入れ中止や制限などを行ったため、大幅に減っており、2021年度は個人見学者が1,661人で、団体見学者が1,031人と、2020年度よりは回復しました。

KEK公開講座

KEKの研究に興味を持つてもらおうと、つくばキャンパスの小林ホールで毎年春と秋に地域住民など対象に「KEK公開講座」を実施しています。しかし

2020年度は新型コロナ禍のため中止になりましたが、2021年度は創設50周年記念事業の一環として6月26日、7月3日、10月9日、10月16日に、オンラインで開催しました。

KEK エッセイ

KEKに関心を持ってもらおうと、KEKの研究者や職員ら10人が書く「KEKエッセイ」を2018年末に始めました。以降、3週間に1度をめどに交代で執筆しています。先端研究の話から、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。最終年度となった2021年度は18話を掲載しました。



第59回(最終回)KEKエッセイの表紙写真

毎年開催している下記イベントは、新型コロナ禍のため、2021年度の実施はありませんでした。

- ・ KEKサイエンスカフェ
- ・ KEKコンサート
- ・ 日比谷カレッジ
- ・ 科学と音楽の饗宴

教育プログラムの実施

KEKキャラバン

KEKの活動を全国の子どもたちに知ってもらおうと、KEKの研究者や職員を全国の学校や研修会、市民講座、日曜親子教室、実験教室などに講師として派遣する「KEKキャラバン」を2010年4月から行っています。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。

2019年度は、39件の出前授業を行いました。2020年度以降は新型コロナ禍で講師の派遣が難しくなり、2020年度の実績は例年の半分の21件、2021年度も22件にとどまっています。

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全国から30人の女子高生・高専生を招いて、つくばキャンパスで2日間のサイエンスキャンプを開催しています。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。

2020年度は新型コロナウイルス感染拡大を受け、

オンライン形式での開催となりました。2021年度はお茶の水女子大学、奈良女子大学、東北大学の共催大学にサテライト会場を設け、各大学の見学・生徒間の交流を行うとともに、講義とKEKのバーチャルツアーにオンラインで参加する形式で開催しました。

Belle Plus(ベル・プリュス)

全国の高校、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。



Belle Plus 参加者とスタッフの集合写真



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。2021年度は新型コロナ禍のため、8月に4日間のオンラインプログラムで実施され、16人の高校生が3つのコースに分かれて実習を体験しました。

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年生を対象にした、つくばキャンパスに約1週間滞在する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。2020年度は新型コロナ禍のために中止になりましたが、2021年度は8月にオンラインで開催し、全国から57人が参加しました。

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の3泊4日の合宿プログラムで、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。2021年度は新型

コロナ禍のためにオンラインの1日コースとなり、12月27日に43人の高校生が3つの実習コースと1つの講義コースに分かれて参加しました。

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おうと毎年、つくばキャンパスで実習の受け入れを行っています。2019年度は全国の17校から599人が丸一日かけて見学、講義、実習を体験しました。2020年度以降は新型コロナ禍のために参加者が減り、2021年度は152人の参加にとどまりました。

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。2021年度はオンラインでごく少数行されました。

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。

2021年度は、12月18日、19日の2日間、やまと茅葺き屋根保存会と日本茅葺き文化協会、ボランティアによって茅刈りが実施され、2日間で延べ94名の参加がありました。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。

KEKの緑地管理については、p.24をご覧ください。



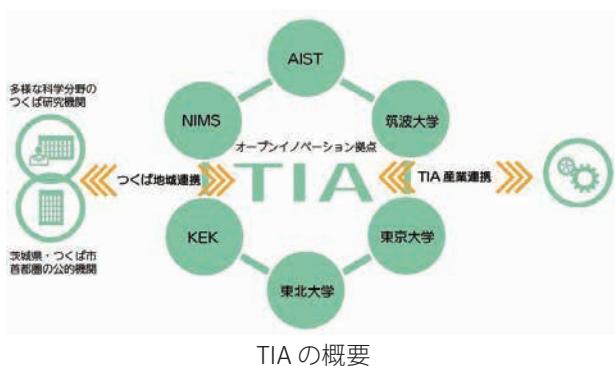
茅刈りの模様

産学官の連携活動

オープンイノベーション拠点 TIA

TIAは、世界水準の先端研究設備・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、筑波大学、KEK（2012年4月参画）、東京大学（2016年4月参画）、東北大学（2020年4月参画）の6つが中核機関となり、産業界の協力を得て世界的な研究開発・教育拠点構築を目指すオープン・イノベーション拠点です。今では、つくばの枠を超えて、活動分野もバイオ、医療、計算科学、IoT等の新しい分野に拡大しています。

TIAでは2016年4月より参画機関が組織の枠を超えて連携する「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。2021年度の「かけはし」事業では、提案テーマ数は55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51件が採択され、このうち20件のプログラムにKEKの研究者が参画しました。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。



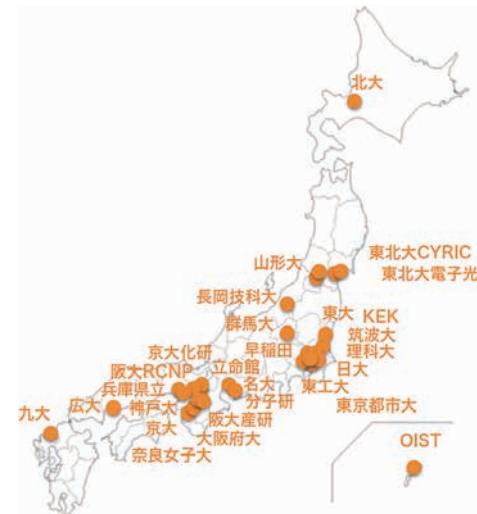
大学加速器連携協議会

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。

2021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（2021年12月「北海道大学・KEK-day～加速器のすすめ～」他開催）。



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 (AAA: Advanced Accelerator Association) 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ています。

国際リニアコライダー (ILC) 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 から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。

また、超伝導加速器技術を応用した次々世代の半導体微細加工技術で必要となる EUV (Extreme Ultraviolet) 光源開発等もサポートしており、第 6 回 EUV-FEL Workshop が 2022 年 1 月に開催されました。



第 6 回 EUV-FEL ワークショップの案内

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連携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。2021 年度は、これらのコンソーシアムに総数で企業 22 社の参加がありました。

● 中核に「共創コンソーシアム」を配置



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。2021 年度は 11 月 17 日 (水) から 11 月 19 日 (金) 及び 1 月 17 日 (月)、1 月 18 日 (火) の 2 つに分けて行い、外部講師によ

る安全講習会、安全管理セミナーのほか、新型コロナウイルス感染症に関する講演として、外部講師による「新型コロナウイルス感染症講演」を行いました。また、レーザー安全、電気安全、薬品安全、放射線安全、安全全般の講習会、墜落制止用器具 (フルハーネス) の特別教育、自分の所属する施設以外

の施設を確認する安全視察を実施し、安全文化を醸成する取り組みなどを実施しました。講演会等は、新型コロナウイルス感染症対策として、リモートを併用して行いました。

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、いざという時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

J-PARCセンターでは、2013年にJ-PARCハドロン実験施設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機会としています。2021年は、リモートライブ形式で5月28日に開催しました(参加者310名)。

本年度の「安全の日」の主講演としては、全日本空輸(株)整備センターの鍋島哲氏をお招きし、「ANAグループ整備部門の安全を支えるアサーション文化について」とのご講演をいただきました。「アサーショ



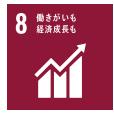
全日本空輸(株)整備センターの鍋島哲氏の講演の様子



安全・衛生週間における機構長挨拶の模様

ン」とは、話す側、聞く側それぞれがお互いを尊重して、率直に自己表現を行うためのコミュニケーションスキルであり、ANA整備部門で行われている「お願いする」「声に出す」「感謝する」の循環サイクルについての具体例などが紹介されました。日々の作業や日常生活で気づいた点を気軽に声をかけ合うことを習慣づけ、仲間からの声掛けや助言に対して感謝の気持ちを持って真摯に対応できる職場にKEKやJ-PARCがなっていけばと願います。

主講演以外にも、安全に関わる良好事例の表彰と内容の紹介、J-PARCのRCS施設における作業管理に関わる取り組みの状況が紹介されました。これらの優れた取り組みを参考にし、一部は自身の行動やグループの活動にも取り入れることで、さらに安全な職場環境の構築につながっていくことが期待されます。恒例となっている2013年の事故に関する記録映像については、さらに改訂を加えた「J-PARC放射性物質漏えい事故—科学的側面を中心に—(2021年度版)」を視聴し、安全統括副センター長からの講話「J-PARC再生の原点に立ち返って—安全管理体制について—」で研修会を終えました。



(2) 危険予知訓練 (KYT)

新たな取り組みとして、危険予知訓練 (KYT: キエン、ヨチ、トレーニングの頭文字) の活動を始めました。KYT は、職場や作業の状況に潜む危険要因とそれが引き起こす現象について、グループで考え話し合う形で行われます。J-PARC センターでは、2021 年から、各グループの作業現場での安全活動に関わるリーダー等を対象として年に数回行っています。これらの訓練や作業前ミーティングでの KY 活動等の実践を通じ、危険に対する感受性や問題解決能力を高めることを目指します。



KYT におけるグループワークの様子

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。2021 年度は、新型コロナウイルス感染症対策も兼ねて、受診者の採血等による身体的負担を減らすことを目的に、放射線被ばくのない人の電離放射線の特殊定期健康診断については、後期の 1 回分を問診による健診方法で実施しました。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隨時実施しています。

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隨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、『こんなよのなかで、みんなの「しせいかつ」は、だいじょうぶですか?』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及び東海キャンパスのそれぞれで開催しました。

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 161 回(累計 566 棟)実施し、指摘事項は 200 件あり、86% が改善されました。2020 年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症予防を念頭に巡視点検を行いました。2022 年の 1~2 月には、第 6 波による感染拡大が見られたため、従来型の巡視の延期を余儀なくされた時期もありましたが、機構内各部署とも感染予防対策が定着したため、感染リスクの高い状態は少なくなりました。また、安全委員会の下に設置された安全管理検討小委員会や衛生委員会など各会議体との連携による巡視も行われ、より広く機構の安全衛生管理に関与することとなりました。

AED 設置と取扱訓練

AED(自動体外式除細動器)は、2022 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。

2020 年度は、新型コロナウイルス感染症の影響で実施できませんでしたが、2021 年度は、以前と

同様に「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、つくば市消防本部の協力により、「普通救命講習会」を開催しました。職員のほか、業者の方を含め13名の参加があり、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。2021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、4月と10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。

また、労働安全衛生法施行令の一部改正により、



溶接ヒュームのサンプリングの様子

溶接ヒューム及び塩基性酸化マンガンが特定化学物質（第2類物質）に追加され、金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場では溶接ヒューム濃度の測定が義務付けられました。この作業場に該当する第2工作棟真空溶接室において、2月に溶接ヒューム濃度の測定を行いました。その結果、作業環境上問題のないことが確認され、適切な呼吸用保護具について指示しました。

防災への対応

大地震の発生から火災に至るとの想定で、つくばキャンパス全体規模で防災・防火訓練を行いました。それと同時に、逃げ遅れ者の救助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2支部において計2回、独自に防火訓練を実施しました。

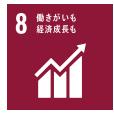
東海キャンパスにおいては、J-PARCセンターによる加速器3GeVシンクロトロン施設において放射線被ばく事象の発生を想定した訓練、事故発生時の対応に関する訓練や消火器取扱訓練等を行ったほか、JAEA原科研が実施した大地震に続いて大津波が発生したとの想定による防災訓練に参加しました。



つくばキャンパスでの防災・防火訓練の模様



J-PARCセンターでの訓練の模様



事故等

2021年度は、つくばキャンパス・東海キャンパス合わせて交通事故13件、傷病1件、その他事故(作業中の物損やケガなど)8件がありました。交通事故の内訳は、出退勤時や出張途上の構外での自動車等による接触事故(4件)、構内で車を運転する際の接触事故(9件)で、当事者の不注意や確認ミスによる物損事故でした。このことから、構内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。

2021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た安全教育を目的として、毎年、安全業務連絡会を開催しています。2021年度は6月に会場とリモートの併用で開催し、つくばキャンパスでの作業における安全全般、構内の交通安全についての講義のほか、新型コロナウイルス感染症の機構での対応の説明を実施しました。

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月にリモート開催し、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し、意識の共有を図っています。



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又は自家用車を運転している実態を踏まえ、自動車の安全運転の意識向上を目的として、KEKの業務に従事する運転者に対して道路交通法に基づく交通安全教育を例年、行っています。

2021年度、つくばキャンパスにおいては、2月18日に、つくば警察署交通課員を講師に招いて「安全運転について」の講演及び機構産業医の講師による健康講演を、リモートのみで開催しました。東海キャンパスでは1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」、機構産業医を講師とした「安全衛生講習会」を実施しました。



つくばキャンパスでの「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に関連するイベントとして、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9日の昼休みに38名が参加し、キャンパスの正門付近の構外のゴミを拾いました。昨年に引き続き、新型コロナウイルス感染症防止として、密になる車での移動は取りやめ、徒歩で拾える範囲としました。東海キャンパスでは11月16日の昼休みに33名が参加し、東海1号館周辺のゴミを拾いました。今後も継続して行なっていきます。



多くの有志によるゴミ拾いの模様（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職場環境の整備等に関する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（総合研究大学院大学共催）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。

【育児・介護支援】

- ・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派遣事業割引券の利用
- ・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
- ・KEK一般公開の出勤職員を対象に機構内で一時保育を実施（2021年度は未実施）
- ・介護支援情報の提供

【働きやすい職場環境の整備等】

- ・育児・介護に携わる職員への在宅勤務制度導入（2020年10月から）
- ・フレックスタイム制度の導入検討（2022年4月から実施）

【女子教職員支援】

- ・女子休憩室（授乳室）の設置及び実験施設建物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（2021年度はコロナ禍で中止）
- ・I-URIC/4機構連携男女共同参画講演会の開催（2021年11月）
- ・KEK一般公開にて「男女共同参画推進説明・相談コーナー」のブース開設（2021年度中止）

【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
(2021年度はサテライト会場（お茶の水女子大・奈良女子大）とオンライン参加の併用開催)



理系女子キャンプオンライン企画での様子

資料

環境データ集

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	単位	記載
総エネルギー投入量(合計)	2,778,176	3,371,712	3,618,041	3,813,872	3,959,175	GJ	p.17
つくばキャンパス	1,615,938	2,475,405	2,830,867	3,021,664	3,285,623		
東海キャンパス	1,162,239	896,307	787,174	792,208	673,552		
電力使用量(合計)	281,093	342,032	372,715	393,075	408,238	MWh	p.17
つくばキャンパス	160,264	249,465	291,457	311,321	338,676		
東海キャンパス J-PARC,RNB	119,775	91,637	80,350	80,777	68,523		
東海キャンパス 東海1号館*	1,054	245 685	907	977	228 811	千m ³	p.18
都市ガス使用量(つくばキャンパス)	1,448	1,304	173	140	123		
石油燃料使用量(合計)	24	23	20	17	16		
つくばキャンパス(合計)	8.5	8.4	8.3	7.6	7.2	kL	p.18
ガソリン	6.6	6.6	5.9	5.6	4.8		
軽油	1.5	1.2	1.8	1.5	1.7		
A重油	0.48	0.6	0.56	0.5	0.65	千m ³	p.19
東海キャンパス(合計)	15.3	15.0	12.0	9.4	8.9		
ガソリン	14.7	14.0	11.5	8.7	8.2		
軽油	0.54	1.0	0.5	0.7	0.7		
太陽光発電量(合計)	81.0	79.3	74.8	75.1	77.2	MWh	p.18
4号館	18.9	19.0	18.1	18.3	19.3		
管理棟	62.0	60.3	56.7	56.8	57.9		
印刷用紙購入量	24	19	22	14	15	t	p.19
水資源使用量(合計)	296	313	311	297	325	千m ³	p.19
つくばキャンパス(合計)	122	160	172	155	180		
上水	110	141	144	139	166		
井水	12	19	28	16	14	kL	p.20
東海キャンパス(合計)	174	153	139	142	145		
上水	10	11	9	9	11		
工水	164	142	130	133	134		
ヘリウム供給量(合計)	133.5	150.4	148.1	132.4	138.4	kL	p.19 p.20
供給量(つくばキャンパス)	111.7	124.4	129.0	110.2	119.0	kL	
回収率(つくばキャンパス)	91.0	95.0	88.6	88.2	91.6	%	
供給量(東海キャンパス)	21.8	26.0	19.1	22.2	19.4	kL	
回収率(東海キャンパス)	94.4	91.8	96.0	94.0	92.0	%	

* 2018,2021 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。

	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	単位	記載
CO ₂ 排出量(合計)	139,906	156,222	174,867	179,990	155,047	t-CO ₂	p.20
つくばキャンパス	81,158	112,211	136,810	142,606	123,911		
東海キャンパス	58,748	44,011	38,057	37,384	31,136		
廃棄物(合計)	349,869	202,721	333,080	231,513	614,525		
一般廃棄物(合計)	108,219	100,686	95,282	83,698	83,004		
つくばキャンパス	83,220	74,540	70,040	60,880	58,630		
東海キャンパス	24,999	26,146	25,242	22,818	24,374		
産業廃棄物(合計)	216,132	82,397	201,405	131,603	511,699		p.20 p.21
つくばキャンパス	206,240	80,065	198,045	123,839	506,722		
東海キャンパス	9,892	2,332	3,360	7,764	4,979		
実験系廃棄物(合計)	25,518	19,637	36,393	16,212	19,823		
つくばキャンパス	21,203	19,412	35,896	13,950	19,583		
東海キャンパス	4,315	225	497	2,262	239		
放射性廃棄物(合計)	7,918	4,724	11,568	6,802	7,182	L	p.22
つくばキャンパス	0	0	0	0	0		
東海キャンパス	7,918	4,724	11,568	6,802	7,182		
リサイクル(合計)	490,960	379,441	508,785	179,317	708,237	kg	p.22
古紙	36,420	31,970	32,270	37,480	34,740		
文書溶解処理	6,640	12,200	9,970	9,435	12,800		
金属屑	447,900	335,271	466,545	132,402	660,697		
下水道排出量(合計)	84	72	92	82	112	千m ³	p.23
つくばキャンパス	79	67	87	77	108		
東海キャンパス	5	5	4	4	4		

換算係数表

	2005年度 ^{*1}	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021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	0.486	0.438	0.468	0.457	0.365	t-CO ₂ /MWh
東海 J-PARC,RNB	—	0.486	0.475	0.468	0.457	0.447	
東海1号館 ^{*3}	—	0.476	0.502	0.475	0.468	0.457	
都市ガス	0.0506	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	0.0499	
ガソリン	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	0.0671	t-CO ₂ /GJ
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。

*³2018,2021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
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
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
iCASA	Innovation Center for Applied Superconducting Accelerators	応用超伝導加速器イノベーションセンター
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
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 主リング・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	大強度パルス放射光専用光源
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
WPI	World Premier International Research Center Initiative	世界トップレベル研究拠点プログラム

用語

用語	説明	頁数
ATF (先端加速器試験施設)	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。	7
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、現在知られている 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。	5
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。	7,12
ERL (エネルギー回収型リニアック)	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に加速器。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。コンパクト ERL (cERL) は小型の実証器。	7,45
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 $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ となる。 $1 \text{ keV} = 1,000 \text{ eV}, 1 \text{ MeV} = 1,000 \text{ keV}, 1 \text{ GeV} = 1,000 \text{ MeV}$	9,52
ILC (国際リニアコライダー計画)	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。	4,5,7, 45,49
PF, フォトンファクトリー (放射光実験施設)	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。	6,7, 17,44
T2K (長基線ニュートリノ振動実験)	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。	5,6,9
STF (超伝導リニアック試験施設)	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。	7,52

用語	説明	頁数
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。	4,44
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。	9,52
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。	5,9
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。	5,6,7, 9,12, 30,34
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。	4,5,7, 8,9, 12,17, 50
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時、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。	4,6,7, 10,12, 17
ミュオン（ミューイオン）	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。	4,5,6, 9,10, 12,34, 35,36, 44,45
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。	4,5,6, 7,10, 36,37

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



わたらい ひとし
渡會 仁 氏

大阪大学
エマージングサイエンス
デザイン R³ センター
招へい教授

私は、2010 年に大阪大学理学研究科化学専攻の分析化学研究室を定年退職し、現在、大阪大学エマージングサイエンスデザイン R³ センターに招へい教授として所属している者です。初代分析化学講座教授でありました池田重良先生は渡辺 嶽先生（現京都大学産官学連携本部・立命館大学 SR センター）等と共に、1982 年のフォトンファクトリーの稼働当初から溶液内化学種の状態分析 (EXAFS 等) の研究に頻繁に KEK を利用しておられたようです。この度、武智英明室長より環境報告 2022 の第三者意見を依頼いただきました。私自身は KEK の利用経験はございませんが、分析化学研究者の一人として所見を述べさせていただきます。

南部陽一郎先生の大蔵大学での講演(2011.6.27)の中に、加速器の最大エネルギーは 10 年ごとに 10 倍になっており（拡張 Livingston プロット）、プランクエネルギーに到達するのは 2040 年と予想され、理論の実証は遠いというお話をありました。加速器の歴史は素粒子理論の実証を目指した高輝度エネルギー発生への挑戦の歴史であります。それ故に、桁違いに微弱な化学・生物学的エネルギーで営まれている健康な生活や自然環境への配慮が求められます。超高輝度エネルギーがもたらす未知の副次的物理・化学現象の分析化学は未来の科学・技術の一つとして極めて重要と思われます。「KEK ロードマップ 2021」でも、放射線防護、放射化対策への研究開発および環境保全のための化学分析の高度化について、わずか 5 行ですが明記されております。現状ではおそらく環境安全管理室や放射線科学センターがその役割を担うものと思われますが、そのような研究活動が機構横断で実現できるような十分な体制を期待します。

環境報告 2022 は、体裁や構成において馴染み易さを工夫しながら編集されたことを感じます。専門性の高さ故に難解さを伴うのはやむを得ないことと思われますが、グラフの簡素化などにより分量への配慮をお願いします。KEK の目指すものの中の「転換期を迎える加速器科学」のところは興味深く拝読しました。今後の新たな加速器の建設は国際協力に委ねられる一方で、従来の装置の高性能化・多用途化が図られていることがロードマップを参照することで理解できました。基礎データの職員数や総研大の学生数については、できれば KEK の広報誌である 2022 年度要覧と同様の体裁で 2022 年 4 月時点のものを記載いただければと思います。基礎データの職員数を拝見すると、有期雇用者が掲載されるようになった環境報告 2017 以降、その割合は年々増大しているようです。KEK が若い研究者・技術者にとって安定した魅力ある職場であることを示す上でも、また独自技術の継承という点でも、今後検討が必要と思われます。環境マネジメントについては、環境配慮促進法および KEK の環境方針に則り開示されているものと拝察します。トップメッセージでも紹介されていますが、独自の「超伝導技術」が、新たなエネルギーの有効利用技術として加速器の質的な高度化を図っていることが理解できました。また、作業環境管理、環境安全管理および地域環境に配慮した様々な活動が営まれている点は好ましいことと拝見しました。SuperKEKB の本格稼働や施設の性能向上と共に、環境安全管理室の役割は益々重要になるものと思います。環境保全の監視と共に、管理法および分析法の高度化について、今後とも機構横断的な研究活動を続けられることを期待します。

編集後記

KEKの環境報告2022をご覧いただきありがとうございます。

KEKでは、2006年度から環境報告書を毎年公開しています。KEKにおける環境に関する活動だけではなく、教育活動や社会活動についても記載し、KEKの活動を幅広く理解していただけるよう心がけて環境報告書の作成を続けています。環境報告2022は、2021年度におけるKEKの活動をとりまとめた報告書になります。2021年度はKEKの創設50周年にあたる節目の年であり、それを記念する行事についての記事(p.43)を盛り込んでいます。KEKの2021年度の環境に関する活動の大きな目玉として、カーボンニュートラル実現に向けたKEKの取り組みをまとめた小冊子を作成したことが挙げられます。KEK内の省エネルギー推進に関する内容だけでなく、低炭素社会実現に向けた研究開発に関する内容も含まれていますので、本報告書内の記事(p.40)だけでなく、小

冊子自体もご覧いただけますと幸いです。また、本報告書では、つくばキャンパスと東海キャンパスの緑地管理に関する記事(p.24)を掲載しました。これは、前回の環境報告2021に対するアンケートでいただいたご意見をきっかけにしたものでした。今後も、皆様の声を反映させた環境報告書の作成に努めてまいりますので、本報告書へのご意見やご感想をお聞かせいただけますと幸いです。

今年度の第三者意見は、大阪大学の渡會先生にお寄せいただきました。本報告書だけでなく、KEKのロードマップや要覧にも目を通してください、KEK全体を俯瞰した上でご意見いただいたこと感謝いたします。今後のKEKにおける環境安全管理に活かすとともに、よりわかりやすい環境報告書の作成につなげていきたいと思っております。

最後に、本報告書の作成に携わっていただいた関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

2022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 武智 英明

KEKのパンフレット「カーボンニュートラル実現に向けたKEKの取り組み」
⇒ <https://www.kek.jp/ja/publicrelations/digitallibrary/pamphlet/>

「KEK環境報告2022」読者アンケートフォーム
⇒ <https://forms.office.com/r/19yQ6vLfqT>



表紙写真



KEK フォトコンテスト2021
「KEK Picture of the year 2021」受賞

ILC cavity in nitrogen infusion furnace*

加速器研究施設
応用超伝導加速器イノベーションセンター
Mathieu OMET

*窒素インフュージョン技術で処理するために真空炉内に設置されたILC用の超伝導加速空洞
詳しくは下記をご覧ください。

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/>



高エネルギー加速器研究機構 環境報告 2022

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 2022 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

 リサイクル適性 A

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。