環境報告 2016

KEK Environmental Report 2016

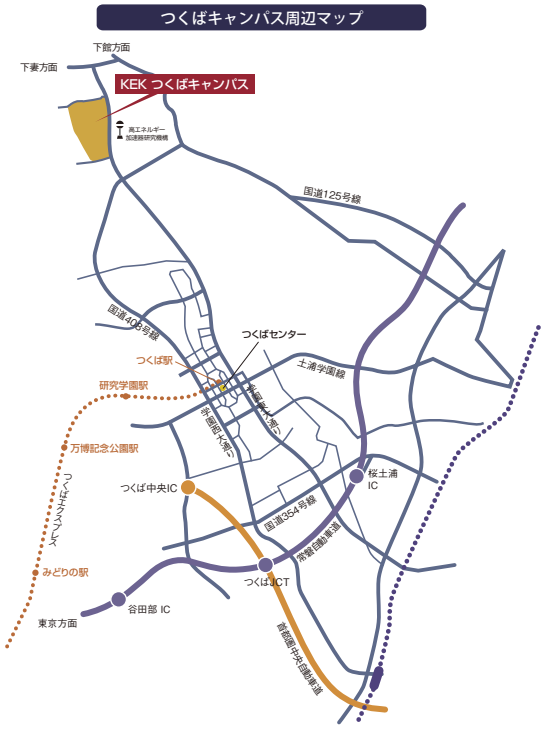
大学共同利用機関法人　高エネルギー加速器研究機構

Inter-University Research Institute Corporation High Energy Accelerator Research Organization

編集方針

高エネルギー加速器研究機構は大型の粒子加速器を建設・運転し、加速器科学の総合的発展の拠点として研究を推進し、国内外の共同利用者に研究の場を提供するという使命を有しています。研究活動を行うに当たり、地域、地球環境保全は不可欠であることを認識し、持続可能な社会の創造のため取り組んでいる活動について職員、共同利用者、学生、関連企業、地域住民など幅広い層の方々にご理解いただけるよう作成しました。環境という概念を広く捉え、機構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	2015 年 4 月～ 2016 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　E-mail：k-anzen@ml.post.kek.jp
■ 公　　開	2016 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」よりタクシーで約 10 分
常磐自動車道「那珂 IC」「日立南太田 IC」より約 20 分
東水戸道路「ひたちなか IC」より約 20 分

CONTENTS

トップメッセージ ・・・・・1

KEK 2015 ハイライト・・・・3

- ハドロン実験施設利用運転の再開・現状・これから
- 次世代全固体電池に向けた固体電解質としてのイオン導電体研究
- SuperKEKB 始動

機構の役割と組織・・・・ 11

- KEK とは
- KEK の目指すもの
- 機構の組織
- 基礎データ
- 実績データ

環境マネジメント・・・・ 20

- 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
- エネルギー
- 温室効果ガス
- 印刷用紙
- 水資源
- その他の資源
- 廃棄物・リサイクル
- 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 ・・・ 37

- 竜巻・ゲリラ豪雨の「予兆の予兆」を捉える！ ― KUMODeS（クモデス）
- 加速器・実験施設の冷却水中に生成される放射性核種の効率的な除去
- バイオ燃料生産の鍵となる酵素のしくみ

社会との関わり ・・・・・ 42

- KEK キャラバン
- 科学者を育てる活動
- 地域との共生活動
- 産学官の連携活動
- 広報活動
- 安全安心文化の醸成
- 職場環境の向上

用語集・・・・・・・・・ 52

第三者意見・・・・・・・ 55

編集後記・・・・・・・・ 56

用語・略語について

用語集（p.52-54）に掲載している用語については、p.3 以降の本文中最初に登場した際に、「**加速器**」のように青太字で記載しています。また、略語については、本文中に登場する略語を記載しています。

トップメッセージ

機構長からのメッセージです。

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・共同研究拠点であり、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。

加速器は1930年代に発明されて以来、科学をけん引する機関車の役割を果たしてきました。その中でKEKは加速器技術の発展を担うと同時に、それによって可能となる基礎研究をはじめ、新しいサイエンスや応用研究のフロンティアを後押し、国内だけではなく国際的な加速器拠点として活動を続けています。現在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しています。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2015年度末に試運転が開始され、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維持向上や、後進の育成にも大きく貢献しています。

KEKにおける研究開発を環境負荷の側面から見ると、エネルギー利用の大部分が大型加速器とその付帯設備及び大型コンピュータ等を稼動させるための電力であることが大きな特徴となっています。このため、加速器などの運転におけるエネルギー利用計画及びその効率的運用に関する年次計画を策定し、実効力のあるエネルギー管理を行っています。

また、電力消費を抑制しつつ、多くの研究実験成果を引き出すための努力として、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を一貫して実践してきました。SuperKEKB加速器においては、ビーム粒子束を数十ナノメートルの厚みにすることにより、投入エネルギーに対して前人未到の高い効率で加速粒子の衝突事象を起こすことを可能にし、さらに、高頻度事象を計測する粒子測定技術を開発、導入しています。また、加速器リングに設置する電磁石については旧KEKB加速器の電磁石を可能な限り再利用しました。一方、国際リニ

アコライダー（ILC）をはじめとした将来の加速器計画に向けての研究開発においては、電磁石、高周波加速装置ともに徹底した超伝導化を行い、エネルギー負荷低減を目指した加速器の開発が行われています 。

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。このような取り組みにより、一般需要による CO_2 排出量については、建物面積は増加しているにもかかわらず 2006 年度比で 8% の削減を実現しました。

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

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

KEK 2015 ハイライト

KEK における 2015 年度の研究ハイライトを紹介します。

ハドロン実験施設利用運転の再開・現状・これから

陽子や中性子、パイ中間子などクォークが強い力で結びついている粒子を“ハドロン”と呼んでいます。その仲間には、ストレンジネスという量子数を持つ※1K 中間子やラムダ粒子など自然界に安定には存在しない粒子があります。これらの粒子は、物質の成り立ち等を調べる上で重要な役割を担うことが分かっていて、加速器で人工的に作り出すことができます。ハドロン実験施設は、J-PARC の加速器で加速された陽子ビームを金属標的に当て、発生する K 中間子などのハドロンを利用して、原子核や素粒子に働く力の性質や宇宙の成り立ちを研究する施設です。

ハドロン実験施設では、2013 年 5 月 23 日に放射性物質の漏えい事故を起こしました。施設では再発防止のために、粒子の発生源となる金属標的を入れる容器を気密構造とし、陽子ビームが通過するビームライン室の気密を強化し、実験ホール内からは管理をしながら排気するようにしました。さらに、放射線を始めとするモニタシステム等を増強し、安全管理体制の強化を図り、ハドロン実験施設は 2015 年 4 月 24 日より利用運転を再開しました（図 1）。

図 1.　ハドロン実験施設の利用運転再開時に集まった J-PARC 職員と共同利用研究者

その後は、加速器の慎重な調整、ビームの軌道や金属標的温度の詳細な監視などを行いながら、共同利用実験が進められています。加速器からハドロン実験施設へ送られる陽子ビームは、2015 年の末には 42 kW に到達しました。これにより毎秒 10 万個を超える K 中間子ビームを利用することが可能になり、ハドロン実験施設が建設当初から目的としていた実験を本格的に行えるようになりました。

利用運転再開後に、ヘリウム標的に K^- 中間子ビームを照射して、「ラムダ（Λ）粒子」を導入したヘリウム 4 ハイパー核 ${}^{4}_{\Lambda}\mathrm{He}$ を生成し、そのハイパー核の内部から放出されるガンマ線のエネルギーを精密に測定する実験が行われ

ました※2。その結果、${}^{4}_{\Lambda}$He の基底状態（核全体のスピン 0）と励起状態（核全体のスピン 1）の質量差が、1.406 MeV/c^2 であることが分かりました。これは、過去の実験で分かっている水素 4 ハイパー核 ${}^{4}_{\Lambda}$H の励起状態と基底状態の質量差 1.09 MeV/c^2 と大きく異なり、陽子と中性子を入れ替えても性質が変わらない“原子核の荷電対称性”をラムダ粒子が破っていることを見出しました（図 2）※3。ラムダ粒子が荷電対称性を大きく壊す働きをしている理由はまだ分かっていません。質量差は図 2（右）に黄色の矢印で示すような粒子のスピンの向きに依存していることが、この謎を解く手がかりになると思われます。

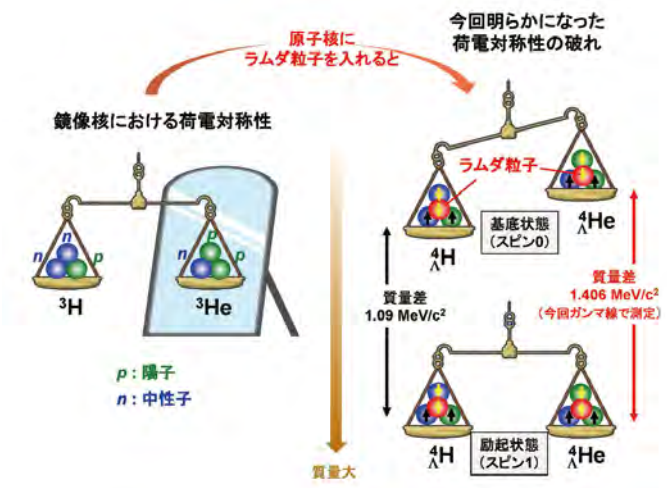


図 2.　左図のように、^{3}H（三重水素）と ^{3}He（ヘリウム 3）は互いに鏡像核の関係にあり、質量や性質がほとんど同じである。しかし、そのそれぞれにラムダ粒子を加えた水素 4 ハイパー核 ${}^{4}_{\Lambda}$H とヘリウム 4 ハイパー核 ${}^{4}_{\Lambda}$He では、右図のように、基底状態と励起状態の質量差が大きく異なっていることが分かった。

この実験以外にも、中性 K 中間子の非常に稀な崩壊パターンを探索し粒子と反粒子の対称性の破れ（**CP 対称性の破れ**）の新たな起源を探る実験、K^+ 中間子の崩壊様式を精密に測定しレプトン普遍性の破れを探る実験、2 個の陽子と K^- 中間子が強く束縛した状態を作り出し中性子星の内部の高密度状態を理解する実験などが行われ、これまでの実験を凌駕するデータを蓄積し解析が進められています。

ハドロン実験施設は、国内外に開かれた共同利用の実験施設です。2015 年度にはハドロン実験のため 303 人（内、国外の研究機関から 91 人）が J-PARC に共同利用者として訪れました。現在、データ収集中および準備中の実験は 10 課題あり、今後のビーム強度の増強とともに年間の利用者は増加していくと思われます。

現在は、主に K 中間子を利用した実験が行われています。加速器から取り出された陽子ビームを直接利用し、原子核中での中間子の質量の変化を調べるための高運動量ビームラインを建設中です。この実験は物質に質量が生まれる仕組みの検証がテーマです。また、パルス**ミューオン**ビームを生成しミューオンが電子に変わる事象を探索するための実験室も建設中です。この事象が見つかれば、現在の素粒子の標準模型では説明ができない未知の理論への足がかりとなります。

さらなる研究の発展のためにハドロン実験施設の拡張が計画されています。特色のあるビームラインが設置され、より多くの研究を同時に行うことが可能となります。拡張された施設ではチャーム量子数を含む世界の探求など多様な物理研究の展開が期待されます。

※1 ストレンジネス量子数
ストレンジクォークまたは反ストレンジクォークを持っていること。

※2 ラムダ粒子とハイパー核
素粒子クォークは 6 種類ある。物質を形づくるもととなっている陽子と中性子は、最も軽いアップクォーク (u) とダウンクォーク (d) の組み合わせでできており、陽子は 2 個のアップクォークと 1 個のダウンクォーク (uud)、中性子は 1 個のアップクォークと 2 個のダウンクォーク (udd) からなる。クォーク 3 つからなる陽子・中性子の仲間の粒子（バリオンと呼ぶ）は他にもたくさん存在することが分かっている。その一つがラムダ粒子で、3 番目に軽いストレンジクォーク (s)、アップクォーク、ダウンクォークそれぞれ 1 個 (uds) からなるバリオンで、中性子と同様に電荷を持たない。なお、ラムダ粒子のようにストレンジクォークを含む粒子は、ストレンジ粒子（直訳すれば「奇妙な粒子」）と呼ばれている。
ラムダ粒子はすぐに崩壊してしまうので、地球上にある通常の物質中には存在しない。しかし、加速器でラムダ粒子をつくって原子核にいれると、陽子・中性子とともに原子核の構成要素となることがわかっており、このようなラムダ粒子を含む原子核をハイパー核と呼ぶ。J-PARC ハドロン実験施設は、ハイパー核の研究に適した世界でも数少ない施設の一つで、国内外の研究者によって盛んに実験研究が進められている。

※3 荷電対称性
原子核の陽子の数と中性子の数が入れ替わったような原子核を、もとの原子核の「鏡像核」と呼ぶ。互いに鏡像核になっている 2 つの原子核の性質は、陽子にだけ働く電気的反発力の効果を除くと、ほぼ一致することが知られている。例えば、互いに鏡像核であるヘリウム 3 原子核（陽子 2 個、中性子 1 個からなる）と、三重水素原子核（陽子 1 個、中性子 2 個からなる）とは、質量が等しく、同じ構造をもっている。これは陽子・陽子間の核力と、中性子・中性子間の核力が同じであることから生じる。原子核のもつこのような対称性を荷電対称性と呼ぶ。陽子や中性子の構成要素であるアップクォーク (u) とダウンクォーク (d) は、電荷の違い以外はほぼ同じ性質をもっており、それが荷電対称性の起源となっている。

関連サイト
2015 年 04 月 27 日　お知らせ
J-PARC ハドロン実験施設の利用運転再開について
≫ http://www.j-parc.jp/ja/topics/HDAccident20150424.html
2015 年 11 月 25 日　プレスリリース
J-PARC ハドロン実験施設で " 奇妙な粒子 " が原子核の荷電対称性を破る現象を発見
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20151125150000/

次世代全固体電池に向けた固体電解質としてのイオン導電体研究

化石燃料の枯渇不安や地球温暖化問題によって脱炭素社会への流れが大きくなり、わたしたちの日常生活に大きな影響のあるエネルギー問題に関心が高まっています。特にこれまでガソリンで走っていた車が電動化され（電気自動車、ハイブリッド車）、その需要は今後ますます増加すると思われます。また、現代生活を大きく変化させた携帯型、ウェアラブル型の情報端末やノートパソコンの需要も大きく伸びることが予想されています。このような製品群には、蓄電池が欠かせません。蓄電池は、鉛蓄電池、ニッカド電池、ニッケル水素電池、リチウム電池と技術発展を遂げ、工業製品に組み込まれて利用されています。しかし、現在の主力であるリチウムイオン二次電池に対しても、さらに高い性能要求が突きつけられています。例えば、経済産業省が 2006 年 8 月に出した提言（図 1）では、2030 年までに、「革新電池」により 1 回の充電で 500 km を走行できる本格的な電気自動車を実用化することが目標とされています。そのため、次世代の蓄電池には、より高いエネルギー密度を持ち、大電流が取り出せることが求められています。

KEK では、このような蓄電池開発・高度化に対して、中性子線を用いる構造解析手法を利用した研究活動を実施しています。ここでは、全固体蓄電池への応用が期待されるリチウムイオン導電体の研究への貢献について紹介します。

リチウム二次電池は、エネルギーを電極に化学エネルギーとして蓄積し、電極間をリチウムイオンと電子が移動することにより、化学エネルギーから電気エネルギーに変換することで、エネルギーを取り出したり、蓄積することができます。既存のリチウムイオン二次電池では、リチウムイオンが電極間を高速に移動できるよう有機溶媒を主成分とした電解「液」が用いられています。電解液方式のリチウムイオン二次電池は、比較的高い電流が得られ、電極との界面形成が容易で安定なため広く用いられています。しかし、可燃性の有機溶媒が用いられているため、常に漏出や発熱・発火など安全に対する対策が必要となります。この安全面での電池の信頼性をさらに向上させるために、電解液を固体電解質に置き換えた全固体電池と呼ばれる新しい電池に対する期待が高まっています。固体電解質を実用化するには、有機溶媒と同程度に固体中をリチウムイオンが流れなくてはなりませんが、これは容易なことではありません。固体中をイオンという粒子が流れるという現象自体が稀な現象だからです。固体電解質には、固体の中をイオンが流れる通り道のような構造的な特徴を有する材料を探索する必要があります。このようなイオンが固体中を移動できる物質は、イオン導電体と呼ばれ、多くの研究がなされています。

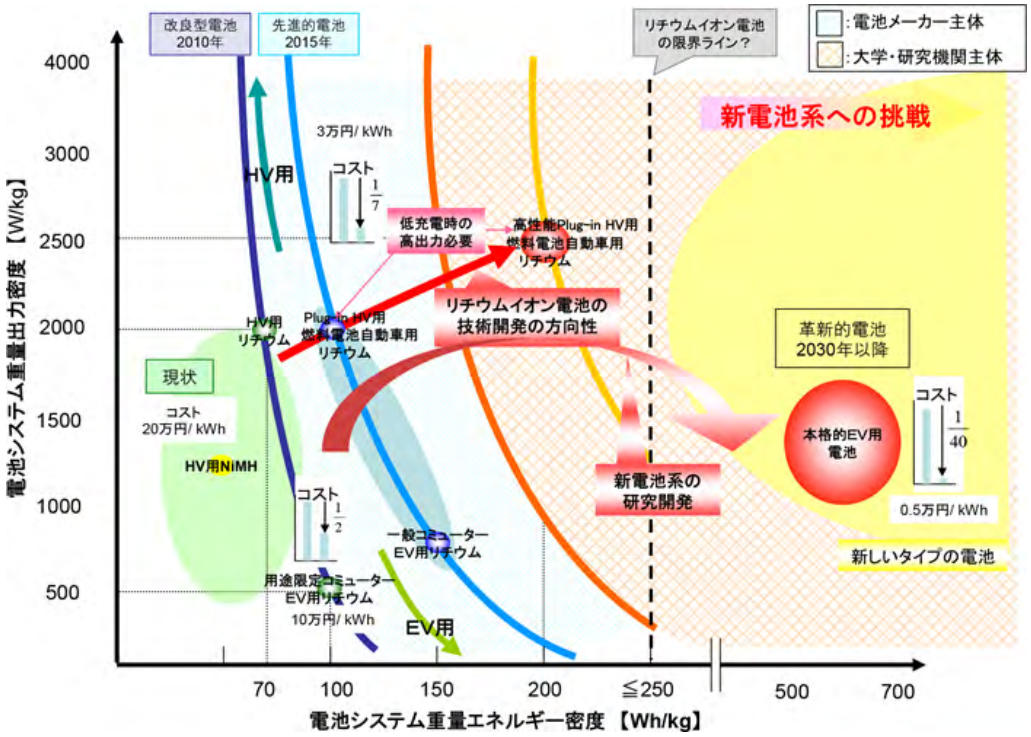


図 1.　新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会の提言
（引用：http://www.meti.go.jp/policy/automobile/LEV/battery-report.pdf）

リチウムイオン導電体は、1970 年代から研究が開始されています（図 2）。第 1 世代と呼んでいる期間に、10^{-3} から 10^{-7} Scm^{-1} というイオン導電率を示す多くのリチウムイオン導電体が発見されましたが、これらのイオン導電体は、化学的および電気化学的安定が不足していたため、固体電解質として利用は、ほとんどされませんでした。

第 2 世代のリチウムイオン導電体では、Thio-LISICON（硫化物という意味の Thio とリチウム超イオン導電体という意味の LIthium Super Ionic CONductors）という材料が新たに発見されました。Thio-LISICON は、広い電気化学安定性と高いイオン導電性を兼ね備えていました。この材料にはイオン導電に適した特徴として、1) 拡散に適したイオン導電経路、2) リチウムイオンに適したサイズの導電経路、3) リチウムイオンの副格子の乱れ、4) 大きな分極率のある陰イオンの副格子がありました。しかし、これら第 2 世代のリチウムイオン導電体の導電率は、まだ有機溶媒の 10 分の 1 程度であり、イオン導電に適した構造的特徴をさらに改良した材料の探索が引き続き行われました。

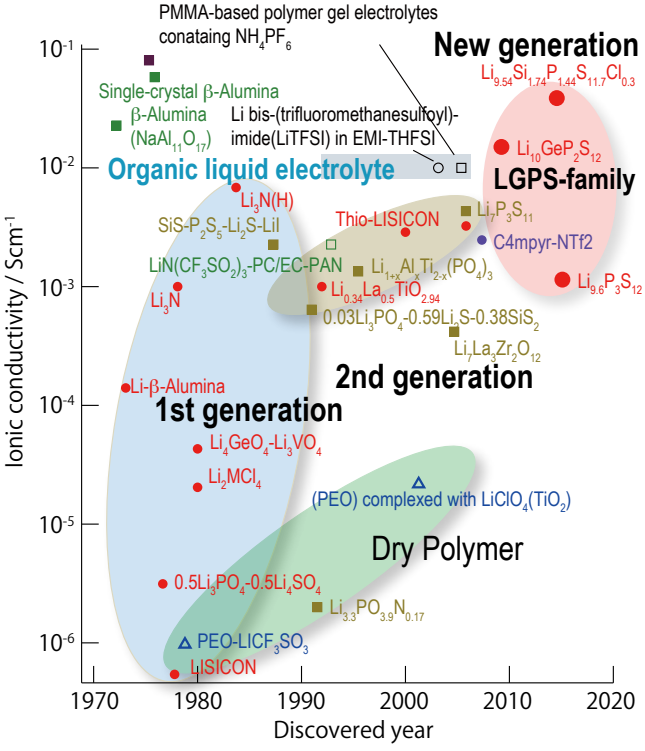


図 2.　リチウムイオン導電体の歴史

2011 年に新たな固体電解質候補として、$Li_{10}GeP_2S_{12}$ (LGPS) が報告されました。この材料は先の Thio-LISICON とほぼ同じ組成でありながら、結晶構造が異なっているのが特徴でした。この材料の結晶構造は J-PARC/MLF の BL08 SHRPD での実験により図 3 のように決定されました。LiS_6 八面体と $(Ge,P)S_4$ 四面体が稜共有で連なった 1 次元のチェーンがあり、それらのチェーン同士を PS_4 の四面体が繋いでいる構造です。リチウムイオンの異方性原子変位パラメーターは、c 軸 (1 次元チェーン) 方向に広がっています。図 4(a) にはマキシマムエントロピー法 (MEM) によるリチウムイオンの存在確率を表す原子散乱断面積密度図 (MEM マップ) を示しました。MEM マップは、リチウムイオン導電率が $1.2x10^{-2}$ Scm^{-1} を示すこの LGPS の導電経路が c 軸に沿った 1 次元拡散であることを示しています。この材料を使った全固体電池 ($LiCoO_2$/LGPS/In) は、素晴らしい性能を見せ、全固体電池用の実用的な固体電解質であると明らかにすることができました。しかし、材料探索はこれで終わりではありません。例えば商用的な展開を考えた場合、ゲルマニウムは高価なため、実用電池には向かない元素です。さらに、次世代電池では高い導電率と良い電気化学安定性を持つ固体電解質は、適切な電極と理想的な界面を形成し、その結果としてより高い電流と充放電のサイクル特性が得られると期待されため、電極材料ごとに固体電解質を最適化することが必要です。そのため、材料の多様性が必要となります。

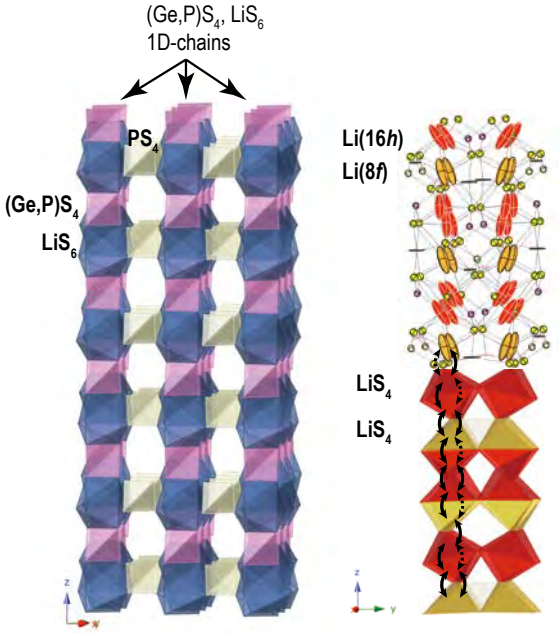


図 3.　$Li_{10}GeP_2S_{12}$(LGPS) の結晶構造

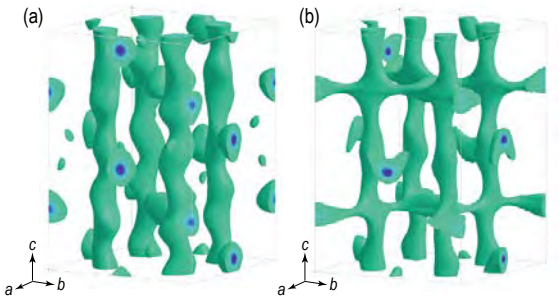


図 4.　リチウム原子の核散乱断面積密度
(a) $Li_{10}GeP_2S_{12}$ (LGPS)，(b) $Li_{9.54}Si_{1.74}P_{1.44}S_{11.7}Cl_{0.3}$ (LSPSC)

このような研究の流れの中、LGPS と同じ結晶構造を有するがゲルマニウムを含まない新しいリチウムイオン導電体、$Li_{9.54}Si_{1.74}P_{1.44}S_{11.7}Cl_{0.3}$ (LSPSC) と $Li_{9.6}P_3S_{12}$ が発見されました。どちらの材料も J-PARC/MLF の BL20 iMATERIA を用いて、結晶構造が決定されました。LSPSC は、第 2 世代の LGPS に対して塩素を添加し、ゲルマニウム原子をシリコン原子で置換した材料です。この材料のイオン導電率は元の LGPS の 2 倍に達しています。LSPSC のイオン導電経路は、図 4(b) に示すように、室温で 3 次元拡散 (LGPS と同様の c 軸に沿った導電経路に加えて、ab 面上での拡散経路が発現) していることがわかりました。この三次元拡散は、LGPS 系では高温でのみ確認されており、LSPSC の室温での導電率の高さの原因であると考えられています。この導電率の高さは、少量の塩素がフレームワーク構造の 1 次元のチェーンである LiS_6 八面体と $(Si,P)S_4$ 四面体を繋ぐ PS_4 四面体の硫黄と置き換わることによると考えられます。この新しいイオン導電体を使った全固体電池も試作され、これまで 1 つのデバイスでは発現し得なかった高い電流密度が得られるキャパシターと大きな電気量を貯める蓄電池の両方の特性を併せ持つことが、その電池特性から示されました。例えば、100℃で 1,500 C というとてつもなく高いレートで放電が可能で、25℃で 0.1 C レートによる充放電 30 サイクルでほとんど容量減少がないといった結果が得られています。

このようにイオン導電体の探索・開発に中性子線を利用することにより、その構造とイオン導電の機構を明らかにし、将来の蓄電池の候補となる材料開発に貢献しています。

SuperKEKB 始動

SuperKEKB 電子リングおよび陽電子リングは、5 年 7 ヶ月にわたる改造作業の後、2016 年 2 月に試験運転を開始しました。

SuperKEKB は、電子と陽電子を衝突させて **B 中間子**とその反粒子(反 B 中間子)を大量に生成する B ファクトリーです。入射器で加速された 7 GeV の電子と 4 GeV の陽電子を、周長 3 km の二つのリングにそれぞれ蓄積し、リングの 1 ヶ所で衝突させます。素粒子の標準理論では説明できない現象の微小な兆候を探すため、世界最高の衝突性能(ルミノシティという値で表現します)を達成した前身の KEKB に大幅な改造を施し、KEKB のさらに 40 倍のルミノシティを目指して建設を進めてきました。衝突点でビームサイズを KEKB の 1/20 に絞り、かつ、ビーム電流を 2 倍に増加することによって、目標ルミノシティを達成する方針です。

SuperKEKB のビーム運転は三段階に分けて進められます。第一段階では、ビームを小さく絞りこむための最終収束系超伝導電磁石と素粒子反応を観測する Belle II 検出器を衝突点に設置せずに、調整運転を行います(図 1)。したがって、この段階では電子ビームと陽電子ビームは衝突させません。第二段階で、最終収束系と Belle II 検出器(ただしビームバックグラウンドによって特にダメージを受け易い最内層のバーテックス検出器※1 を除く)を導入して衝突調整を行い、安定なビーム衝突条件を確立した上で、最終の第三段階でバーテックス検出器を設置します。

第一段階の主な目標を挙げると以下のようになります。

(1) ビームを使って各加速器機器の初期調整を行う。
(2) ビームパイプ内表面をコンディショニングして圧力を下げ、大電流を安定に蓄積する。
(3) ビーム光学系を補正し、垂直方向エミッタンス※2 をできる限り小さくする。
(4) ビームバックグラウンド、電流増加に伴うビームサイズ増大、ビーム不安定性、等に関する加速器の試験を行い、加速器とビームの特性を理解する。

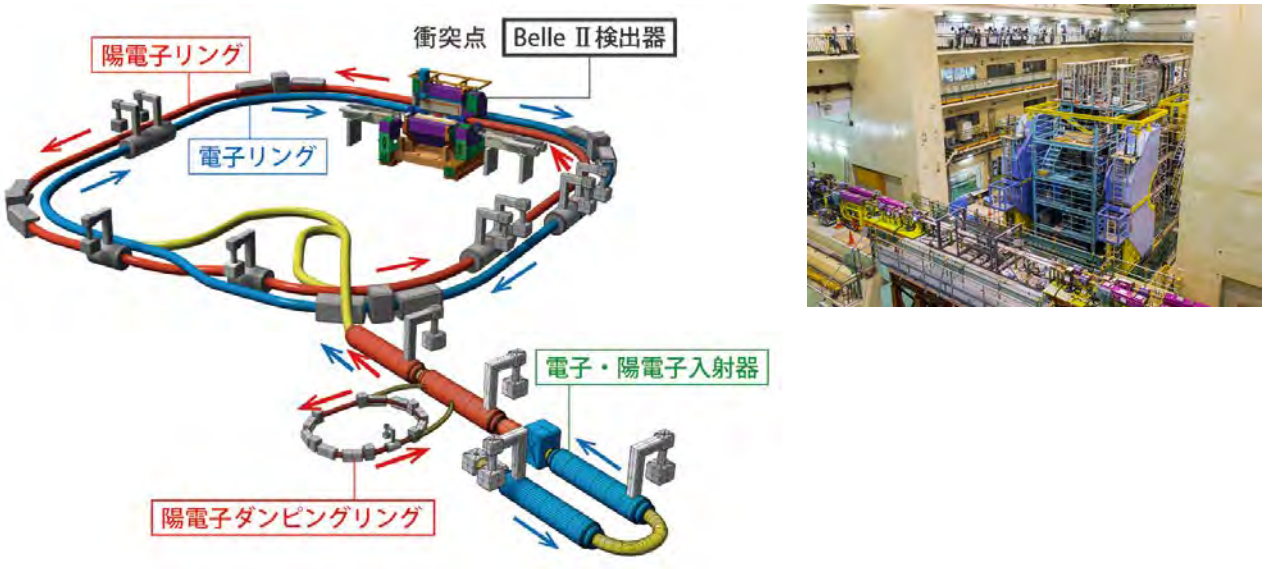


図 1.　SuperKEKB 概念図(左)と衝突点付近でアップグレード作業中の Belle II 検出器(右)
ビーム運転の第一段階では Belle II 検出器は衝突点に設置されていない。

このような計画の下、SuperKEKB は 2016 年 2 月 1 日に試験運転を開始しました。ほぼ 5 ヶ月にわたる第一段階のビーム運転は図 2 に示すように順調に進行し、2016 年 6 月 28 日に無事終了しました。最大ビーム電流は陽電子リングで 1,010 mA、電子リングで 870 mA に達し、積算ビーム電流値（ビーム電流と蓄積時間の積）も、Belle II 検出器を衝突点に設置し第二段階へ進むのための最低要求値 360 Ah（アンペアアワー、500 mA × 30 日）を大きく上回る 776 Ah と 662 Ah をそれぞれのリングで達成しています。

ビーム電流を徐々に増加する過程で問題となったのが、陽電子リングにおける急激な圧力の上昇です。ビームから発生した**放射光**がビームパイプ内壁に当たることにより、電子やガスが発生し、これが圧力を上昇させます。電子はさらに内壁の別の場所を叩いて二次電子を発生します。多くの電子が陽電子ビームに引き寄せられて、ビームの周りに高密度の電子雲を形成すると、電子雲不安定性という現象が起き、ビームが不安定になります。陽電子リングにおいてビームサイズを小さく保つには、前身の KEKB で最大の障害であったこの電子雲不安定性を抑制しなければなりません。このため、SuperKEKB では様々な対策を取りました。陽電子リングの大部分のビームパイプを、アンテチェンバー型と呼ばれる、発生した電子の影響を低減できる構造のものに置き換え、さらにパイプ内面に、二次電子の発生を抑える窒化チタンコーティングを施しました。しかし、コーティングを施していないアルミニウム製ベローズ部（蛇腹の形状の部分）が陽電子リングに約 800 ヶ所あり、そこが電子雲の発生源と推察されたため、二次電子がビームに近づくのを妨げて電子雲の発生を防ぐ働きのある永久磁石を設置しました。この処置は予想通りの効果を発揮し、電流増加に伴う圧力上昇を大幅に抑えることができました（図 3）。また、電流増加に伴って観測されていた垂直ビームサイズの増大も、この対策によって改善されました。

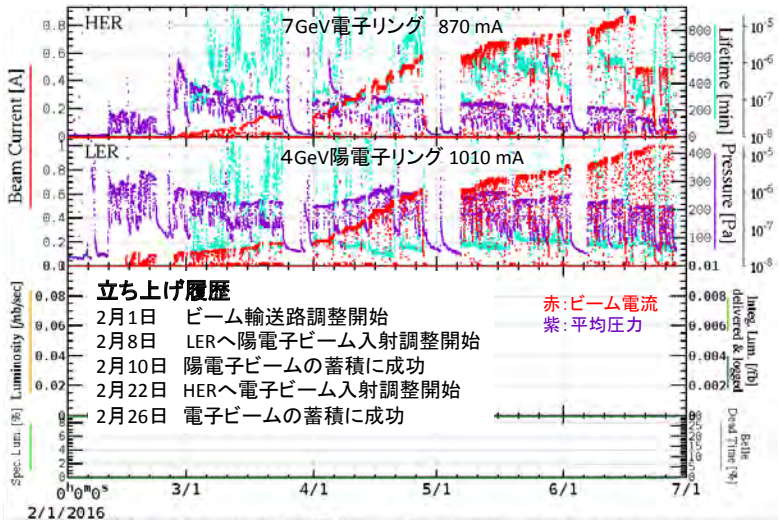


図 2. ビーム電流と平均圧力の履歴

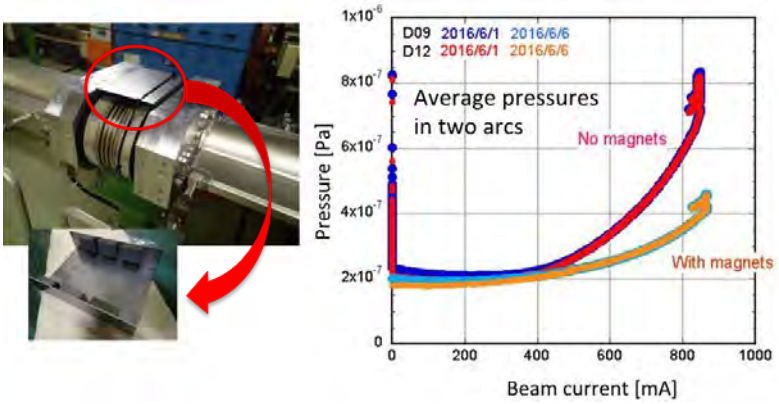


図 3. 陽電子リングにおける永久磁石設置の効果。（Y. Suetsugu, 21th KEKB ARC）左がベローズ部に取り付けられた永久磁石。ビームパイプ内壁から出た電子は、永久磁石が発生する磁場に曲げ戻されてビーム軌道に近づかなくなる。右グラフで永久磁石有り（With magnets）の方が、ビーム電流増加による圧力（pressure）の上昇が抑えられていることがわかる。

衝突点で極めて小さいビームサイズ（最終目標は水平方向約 10 μm、垂直方向約 0.05 μm）を実現するには、ビームが低エミッタンスであることが必須です。特に垂直方向エミッタンスを十分に小さく抑えなければなりません。このためにビーム光学系の様々な誤差を丹念に補正する作業を行います。第二段階で衝突点に最終収束系が設置されると、ビーム光学系の補正はより複雑で難しくなるため、第一段階でできる限り誤差を取り除く、あるいは、補正しておくことが肝要です。

垂直エミッタンスの源となる垂直方向ディスパージョン※3 や水平垂直結合※4 は、主に 6 極磁石の磁極に巻かれた歪 4 極補助コイルで補正します。このコイルは、SuperKEKB で新たに導入されたものです。また、ビーム設計値との誤差の原因が特定された場合は、誤差源の近傍に補正用磁石を設置するなどの対策を行いました。このようなビーム光学系の補正を積み重ねて、図 4 に示すように垂直エミッタンスは順調に減少しました。

第一段階のビーム運転を終了した SuperKEKB では、第二段階に向けた衝突点の改造作業が急ピッチで始まっています。

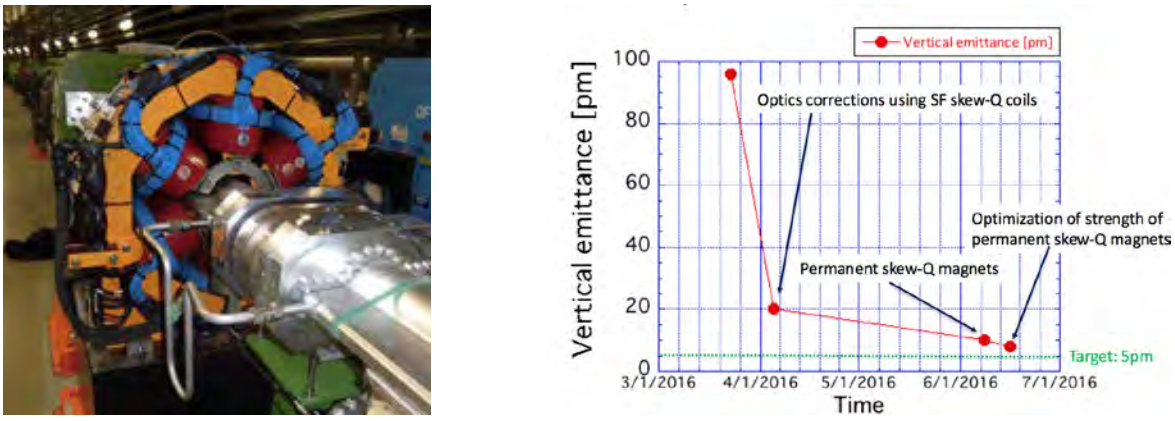


図 4. ビーム光学系の補正
左が 6 極磁石（オレンジと赤の六角形の部分）とその補助コイル（6 極磁石に巻かれた青い部分）。
右グラフが陽電子リングにおける垂直方向エミッタンス補正の履歴。対策により徐々にエミッタンスが抑えられていくことがわかる。エミッタンスの値は X 線ビームサイズモニターの測定値から推定した。

※1 バーテックス検出器（崩壊点検出器）
B 中間子の崩壊点を測定するための 2 種類の半導体センサー（ピクセル検出器、シリコンバーテックス検出器）によって構成される。これらは荷電粒子がシリコン板を通過すると作られる電子の塊を電気信号として取り出し、荷電粒子の通過位置を測定できる。
※2 エミッタンス
ビームを構成する粒子の空間的な広がりがいかに小さく、かつ向きが揃っているかを表す指標。
※3 ディスパージョン
ビームを曲げると個々の粒子の運動量の違いによりビームが拡がる。その大小を表したもの。ディスパージョンの値が大きな場所では、ビームの幅も大きくなる。
※4 水平垂直結合
ビーム内の粒子の水平方向と垂直方向の運動の結合。水平方向と垂直方向の運動は互いに相関しないように設計されているが、現実の加速器では様々な誤差（磁石の設置誤差、ビーム軌道の磁石中心からのずれなど）が原因となって発生してしまう。

関連サイト
2016 年 7 月 22 日 KEK ハイライト
SuperKEKB プロジェクト Phase1 が終了しました
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Highlights/20160722113000/
2016 年 3 月 25 日 KEK ハイライト
SuperKEKB が動き始めました
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Highlights/20160325133000/
2016 年 3 月 2 日 KEK プレスリリース
SuperKEKB 加速器のビーム周回・蓄積成功
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20160302163000/
2016 年 2 月 2 日 KEK ニュース
SuperKEKB 加速器の試験運転開始
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20160202183000/

機構の役割と組織

機構の役割と組織について紹介します。

KEK とは

（1）KEK は人類の知的資産の拡大に貢献します

KEK は自然界に働く法則や物質の基本構造を探求することにより、人類の知的資産の拡大に貢献します。そのために素粒子・原子核に関して、また、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）KEK は大学共同利用機関法人です

KEK は大学共同利用機関法人として、国内外の研究者に共同利用の場を提供し、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）KEK は世界に開かれた国際的な研究機関です

KEK は世界の加速器科学の研究拠点として、国際共同研究を積極的に推進します。また、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）KEK は教育協力・人材育成を進めます

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の活動を行います。また、総合研究大学院大学の基盤組織として、加速器科学の推進及びその先端的研究分野の開拓を担う人材を養成します。

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。

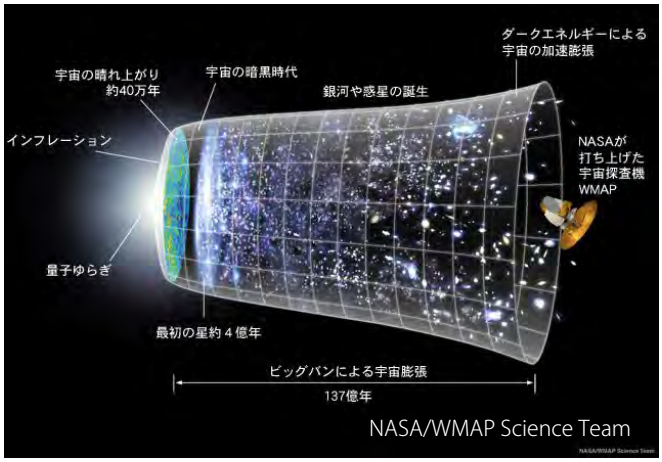
高エネルギー加速器とは、電子や陽子などの粒子を、ほぼ光の速さまで加速して、高エネルギーの状態を作り出す装置です。この高エネルギー状態から作られる素粒子の世界を研究すると、誕生直後の宇宙の様子を探ることができます。また、加速器が作る光や中性子、ミュオンなどの量子ビームは、倍率の高い顕微鏡として、これまでに見ることができなかった物質の構造や、生命活動の研究を行うことができます。

素粒子・原子核の世界の研究

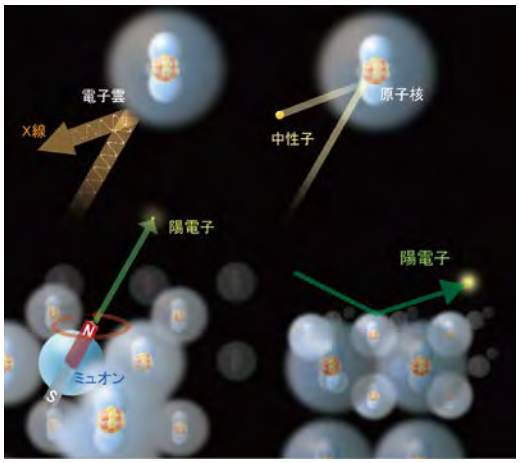
宇宙は約 137 億年前（± 2 億年）の**ビッグバン**によって始まったと考えられています。宇宙が出来た当初は素粒子の世界でした。望遠鏡や人工衛星で宇宙を眺めるのに対し、KEK は加速器を用いて宇宙の初期状態を再現することで宇宙の研究を行います。

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。



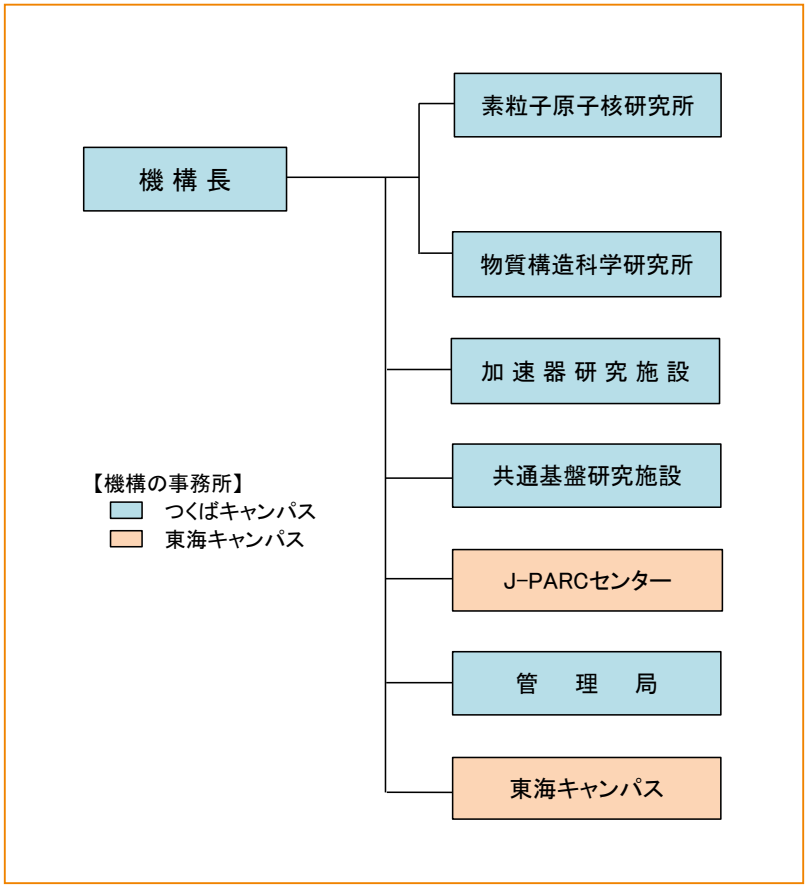
ビッグバン後の宇宙の様子



４種のビーム

機構の組織

組織図



研究所・研究施設紹介

■ 素粒子原子核研究所

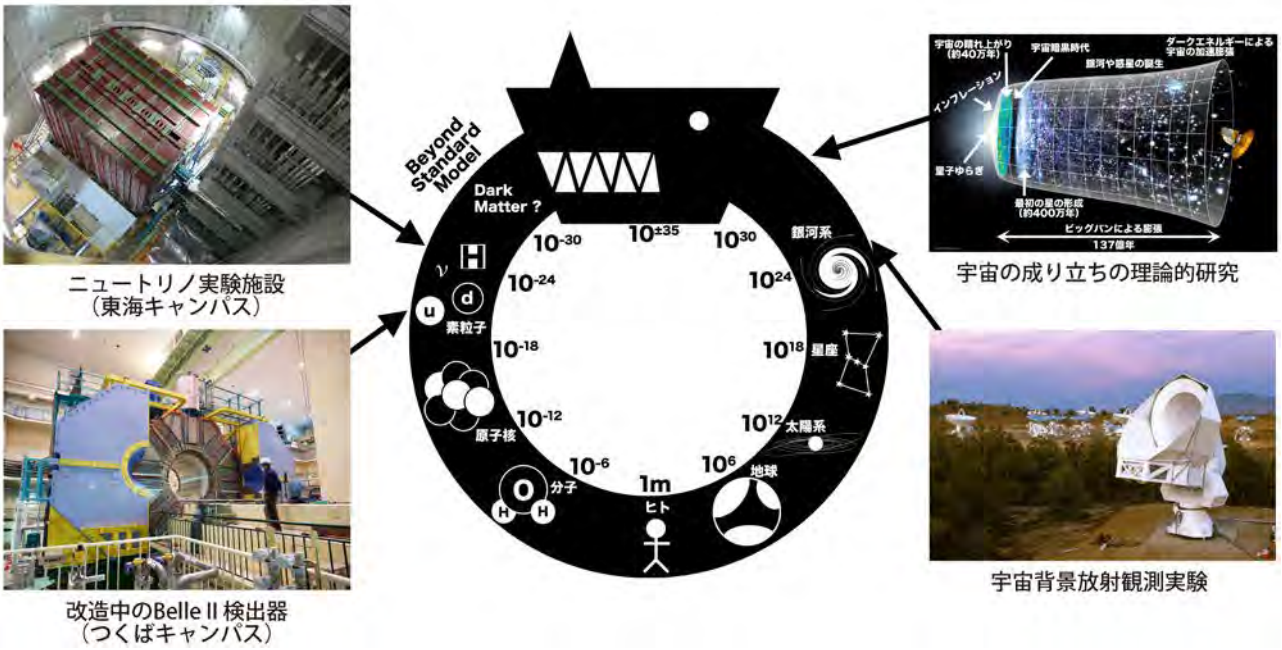
素粒子原子核研究所では、素粒子物理学、原子核物理学、宇宙物理学といった、極微な世界から広大な宇宙までの幅広い分野に対して、理論及び実験の両側面からの総合的研究を行っています。

つくばキャンパスには理論センターを設置し、素粒子論、原子核理論、宇宙物理学理論を網羅しています。また、B 中間子研究のための Belle 実験施設が設置されています。 2016 年現在、Belle 検出器は Belle II 検出器へのアップグレード作業を行っています。より大量のデータを高い精度で測定することで、新しい物理法則探索への突破口を開きます。

東海キャンパスには J-PARC 加速器を利用した実験施設が多数あります。ニュートリノ研究のための T2K 実験施設は、295 km 離れたスーパーカミオカンデ（東京大学宇宙線研究所　神岡宇宙素粒子研究施設）までニュートリノビームを飛ばし、ニュートリノ振動現象の精密測定を行っています。ハドロン実験施設や物質・生命科学実験施設では、K 中間子実験やミュー粒子実験を行っています。

2015 年度に理化学研究所（埼玉県和光市）内に発足した和光原子核科学センターでは、共同利用装置である元素選択型分離装置（KISS : KEK Isotope Separation System）の運転とともに、この装置を用いた中性子が過剰な重い短寿命原子核の基礎特性や、短寿命原子核を用いた応用研究を行っています。

このようにして理論と実験の両面から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を明らかにすることで、我々の世界を構築している法則はどんなものか、宇宙はどうやってできたのか、なぜ我々は存在できるのか、などの「根源的な謎」の解明に挑んでいます。また、各種実験を支える先端測定機器の技術開発も行っています。



素粒子原子核研究所が行っている研究の一例

■ 物質構造科学研究所

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

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

そして生命科学の分野では、生命現象を担う巨大で複雑な分子であるタンパク質の立体構造を放射光によって解明しています。タンパク質は、たった 20 種のアミノ酸が鎖のようにつながり、折りたたまれて立体構造をとることによって、初めて多様な機能を発揮します。タンパク質の立体構造を知ることは、その機能を見ることに等しく、解明が進むことで病気発現の理解や、副作用の少ない新薬の開発へとつながります。

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

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

物質・生命科学実験施設実験ホール（J-PARC）

フォトンファクトリー実験ホール（つくばキャンパス）

■ 加速器研究施設

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

つくばキャンパスでは、シンクロトロン放射光利用の世界的パイオニアであるフォトンファクトリー（**PF** と PF-AR）などで、共同利用実験を推進しています。2008 年のノーベル物理学賞の受賞を決定づけた KEKB（電子陽電子リング及びリニアックから成る B ファクトリー）の高度化計画である SuperKEKB の建設、及び次世代放射光源の候補である**エネルギー回収型リニアック（ERL）**のための研究開発（cERL）に取り組んでいます。同時に、**国際リニアコライダー（ILC）**のための技術開発を試験加速器 **ATF** と **STF** などで行っています。

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。

SuperKEKB 加速器（つくばキャンパス）

J-PARC 主リングシンクロトロン（東海キャンパス）

■ 共通基盤研究施設

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

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

計算科学センターは、コンピュータやネットワークの管理運用を行っています。大規模加速器実験のため共同研究を行う多国間の研究機関とデータ・計算資源を共有するシステム開発を行っています。スーパーコンピュータを使った大型シミュレーション研究のため、他機関と計算基礎科学連携拠点を作っています。

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。加速器の超伝導電磁石を開発する国際的な拠点の 1 つです。極低温冷却技術で、大型低温重力波望遠鏡の建設にも協力を行っています。

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

スーパーコンピュータシステム A
（日立製作所 SR16000 モデル M1）

J-PARC ニュートリノ実験用超伝導一次陽子ビームライン

■ J-PARC センター

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

MLF では、中性子やミュオンを用いて物質の構造や運動状態を解明し、新材料の開発などに役立てようとしています。ニュートリノ実験施設では、MR を用いて発生させたニュートリノビームを射出し、295 km 離れた岐阜

県神岡にある 5 万トンの水を水槽にためた大型検出器スーパーカミオカンデで検出することにより、ニュートリノの性質を解明するための T2K 実験を進めています。ハドロン実験施設では K 中間子、π中間子、ミュオンなどの 2 次粒子ビームを利用して、物質の起源の謎に迫る様々な研究が進められています。

J-PARC の加速器施設と実験施設

■ 総合研究大学院大学　高エネルギー加速器科学研究科

KEK は国立大学法人総合研究大学院大学の中核となる基盤機関として大学院生の教育にも熱心に取り組んでいます。KEK の加速器研究施設及び共通基盤研究施設、物質構造科学研究所そして素粒子原子核研究所にはそれぞれ、加速器科学専攻、物質構造科学専攻、素粒子原子核専攻があり、これら 3 専攻から高エネルギー加速器科学研究科が成り立っています。本研究科では、KEK で遂行される研究活動を基礎に、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養成を期しています。

総研大シンボルマーク

基礎データ

■ 職員数（2015 年 4 月現在）

合計：698 名

役員	7 名
所長・施設長・J-PARC センター長	5 名
教員	360 名
技術職員	161 名
事務職員等	165 名

■ 総合研究大学院大学学生数（2015 年 4 月現在）

合計：50 名

加速器科学専攻	7 名
物質構造科学専攻	4 名
素粒子原子核専攻	39 名

■ 予算（2015 年度計画）〔単位：百万円〕

収入：33,937

運営費交付金	22,819
補助金等収入	7,876
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	2,821
自己収入（雑収入）	253
施設整備費補助金	106
国立大学財務・経営センター施設費交付金	61

支出：33,937

業務費（教育研究経費）	20,200
補助金等	7,876
長期借入金償還金	2,873
産学連携等研究経費及び寄付金事業費等	2,821
施設整備費	167

■ 施設（2015 年 4 月現在）

	敷地面積	建物面積
つくばキャンパス	1,531,286 m^2	196,995 m^2
東海キャンパス	102,573 m^2	41,193 m^2

■ 沿革

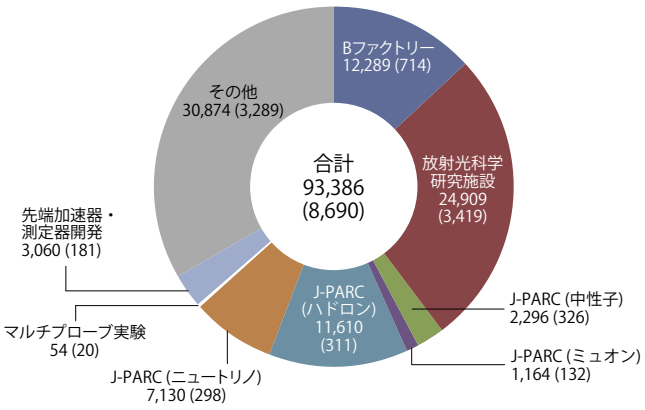
1955 年 7 月　東京大学原子核研究所設立（東京都田無町　現：西東京市）
1971 年 4 月　高エネルギー物理学研究所設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1978 年 4 月　東京大学理学部付属施設中間子科学実験施設設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1997 年 4 月　高エネルギー加速器研究機構設立（上記の 3 つの組織を改組・転換）
2004 年 4 月　大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足（法人化）
2005 年 4 月　東海キャンパスの設置
2006 年 2 月　J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

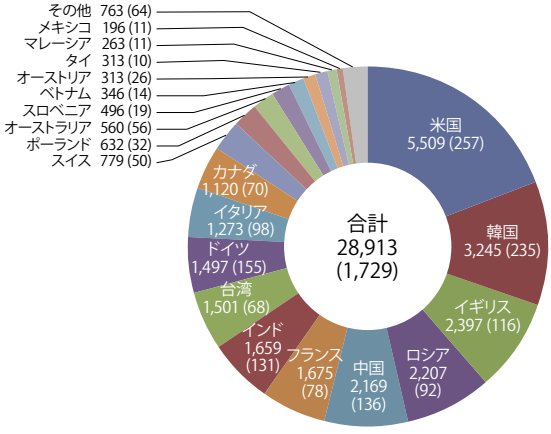
■ 共同利用実験の申請・採択・実施状況

区分＼項目	2015 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	402	389	781
中性子実験（J-PARC）	65	51	49
ミュオン実験（J-PARC）	41	41	35
ハドロン実験（J-PARC）	2	2	14
ニュートリノ実験（J-PARC）	2	1	2
マルチプローブ実験	5	4	4
大型シミュレーション研究	56	56	56
合計	573	544	942

■ 2015 年度共同研究者等受入〔延人日（実人数）〕



■ 2015 年度外国機関共同研究者受入（国・地域別）〔延人日（実人数）〕



■ 2015 年度発表論文数（共同利用・共同研究に基づくものを含む）

区分	論文数
素粒子原子核研究所	358
物質構造科学研究所	603
加速器研究施設	361
共通基盤研究施設	90
合計	1,412

環境マネジメント

KEK の環境配慮への取り組み状況を紹介します。

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。

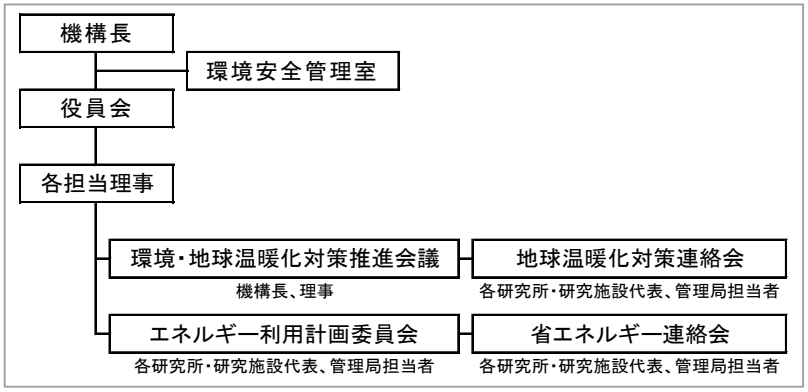
◆ 基本方針

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。

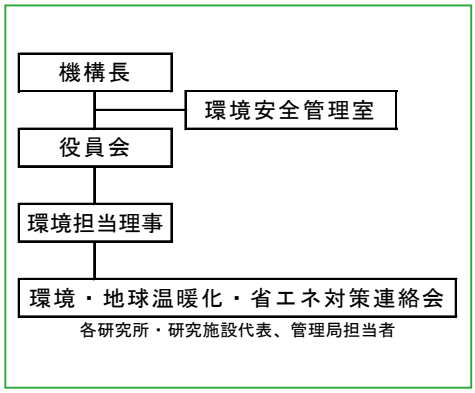
環境管理体制

管理体制の一元化と効率化のため、2015 年 10 月より組織を一新しました。

旧体制



新体制



環境目標・計画と達成度

KEK の 2015 年度環境目標・環境計画の達成度を以下に示します。達成度の評価基準は p.22 に示します。

環境保全と環境負荷の低減

環境目標	行動計画	主な取り組み	評価
省エネルギー対策の推進	年度計画終了時に検証、次年度の計画を策定	年間使用見込をもって、次年度計画を策定	○
	省エネルギー等の教育啓発	電力使用状況をリアルタイムで機構内へ周知 省エネパトロールを実施	○
情報の発信	年度計画を HP に掲載するなど周知徹底	施設部 HP に掲載、機構内へ周知	○
	光熱水の使用量を各種会議、HP で公表	環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会及び施設部 HP で公表	○
	2015 年度の CO_2 排出量を公表	施設部 HP で公表	○
実験機器の省エネルギー、資源の有効活用の推進	加速器及び実験装置に関する電力などエネルギー資源の使用による CO_2 の排出削減に対して、〔投入エネルギー〕対〔研究、教育等の成果〕の効率の向上	様々な基盤技術の開発と装置の改善を実践	○
	省エネルギーにつながる実験装置の開発の促進	ERL や超伝導の技術開発	○
	電磁石、電源その他の機器の再利用、放射線遮蔽用鉄材料などの実験用材料や機器の有効利用の促進	積極的に再利用を図っている	○
	戦略的な執行を図る	各研究所、研究施設で実施	○
	将来型加速器の電磁石、加速装置等の超伝導化	ILC、ERL 基礎研究を実施	○
物品及び役務の調達・使用にあたっての配慮	低公害車の導入	更新時にはグリーン購入法適合車種の購入	○
	自動車の効率的利用 ・公用車等の効率的利用 ・業務連絡バス利用の促進	公用車の乗り合い及びエコドライブ等の励行 会議等で業務連絡バスの利用状況を発信し、積極利用を働きかけている	○
	用紙類の使用量の削減 ・会議用資料や事務手続の一層の簡素化 ・両面印刷、集約印刷の徹底 ・不要となった用紙の裏面利用 ・使用済み封筒の再利用	ペーパーレス会議の実施や両面コピー・集約コピー等の実施を継続して励行している	○

環境目標	行動計画	主な取り組み	評価
物品及び役務の調達・使用にあたっての配慮	再生紙など再生品の活用、リサイクル可能な製品の使用	コピー用紙を始め、トイレットペーパー等に至る用紙類は全て再生紙を使用 文具類等既製品の購入は、環境物品等の調達の推進を図るための方針により、再生材使用品若しくはリサイクル可能な製品を購入 納入業者に対し、メーカー出荷時の最低限の包装のみでの納入、包装材のリサイクル対応可能なものの使用	○
	自動販売機設置の見直し ・設置実態を把握し、更新時にエネルギー消費のより少ない機種に変更	エネルギー使用量の少ない機種に変更	○
建築物の建築、管理等にあたっての配慮	温室効果ガスの排出の少ない空調設備の導入	グリーン購入法の適合品及び効率の良い機器を設置	○
	水の有効利用 ・感知式の洗浄弁・自動水栓等の設置	改修工事等では給水装置に感知式の洗浄弁・自動水栓等を使用	○
	敷地内の環境の維持管理 ・枝葉等の再利用、廃棄物の排出削減	剪定した枝葉等を、構内空地に敷均することにより、循環させている	○
	建築物建築等における省エネタイプの建設機械の使用促進	排出ガス対策型建設機械及びディーゼル車排出ガス規制に適合した車両を使用することを仕様書に明記し、使用	○
その他抑制等への配慮	廃棄物の減量 ・シュレッダーの使用の抑制 ・トナーカートリッジの回収 ・OA 機器、家電製品等廃棄物の適正処理	シュレッダーの使用については最低限の使用を呼び掛け、新たな処理方法を取り入れている トナーカートリッジは全て業者回収 各種廃棄物の処理は、適宜廃棄業者へ依頼し適正に処理	○
職員に対する研修等	職員に対する地球温暖化対策に関する研修の機会、情報提供 ・環境配慮に関する研修への積極参加 ・環境配慮に関する情報の提供 ・省エネルギー対策のアイデアを募集	関連する講習会等へ職員が参加 HP や電子メールを活用して情報を提供 環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会を通して機構職員へアイディアを求めた	○

評価基準

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

環境負荷の全体像

2015 年度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。

投入量

総エネルギー投入量	2,976 TJ
電力使用量	301 GWh
都市ガス使用量	1,800 千 m^3
石油燃料使用量	34 kL
水資源使用量	313 千 m^3

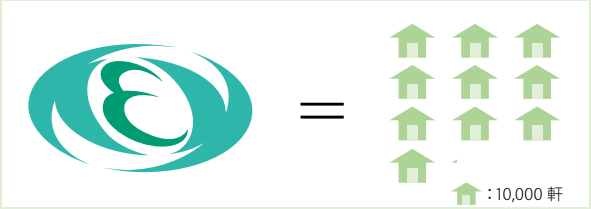
排出量

CO_2 排出量	178 千 t-CO_2
一般廃棄物排出量	119 t
産業廃棄物排出量	846 t
実験系廃棄物排出量	20 t
下水道排出量	95 千 m^3

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 100,870 軒分になります。



※換算係数について

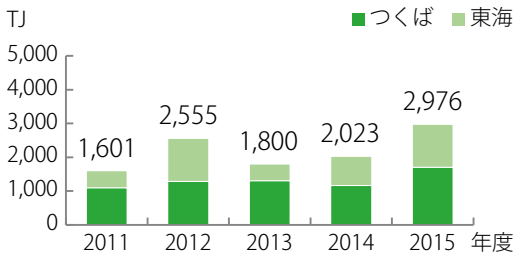
1. 2015 年度の総エネルギー投入量の計算に使用した係数は以下の通りです。
   - 電力：9.97 GJ/MWh（昼間）、9.28 GJ/MWh（夜間）
   - 都市ガス：45.0 GJ/ 千 m^3
   - 石油燃料：（ガソリン：34.6 GJ/kL・軽油：37.7 GJ/kL・A 重油：39.1 GJ/kL）
2. 2015 年度の CO_2 排出量の計算に使用した係数は以下の通りです。
   都市ガス及び石油燃料は、エネルギー単位（GJ）に換算した後、下記係数をかけて求めています。
   - 電力：0.579 t-CO_2/MWh（国が定める 2015 年度報告用代替値）
   - 都市ガス：0.0499 t-CO_2/GJ
   - 石油燃料：（ガソリン：0.0671 t-CO_2/GJ・軽油：0.0686 t-CO_2/GJ・A 重油：0.0693 t-CO_2/GJ）

エネルギー

総エネルギー投入量

2015 年度は、301,035 MWh の電力、1,800 千 m^3 の都市ガス、30.1 kL のガソリン、3.1 kL の軽油、0.9 kL の A 重油を使用しました。これらのエネルギー投入量を熱量に換算すると 2,976 TJ（1 TJ = 1,000 GJ）であり、前年度に比べ 47% 増となりました。

※1 軽油の換算係数は、2011 年度以降は 37.7 GJ/kL、2010 年度以前は 38.2 GJ/kL を使用しています。

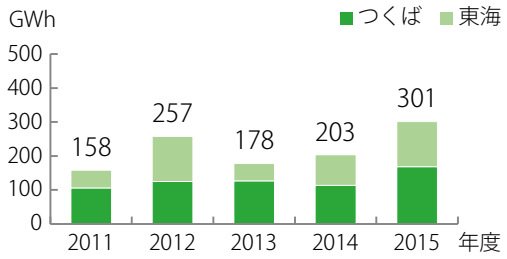


総エネルギー投入量の推移※1

■ 電力使用量

2015 年度は、J-PARC で停止していたハドロン実験施設の利用運転が再開したことから、東海キャンパスの電力使用量は増加しました。つくばキャンパスにおいては、SuperKEKB の運転が始まり、電力使用量は大きく増加しました。

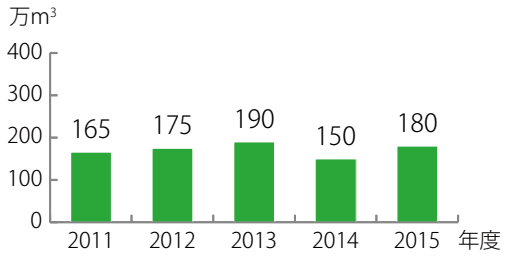
※2 J-PARC の電力使用量については、JAEA との協議による分担分を記載しています。



電力使用量の推移※2

■ 都市ガス使用量

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。2015 年度は、主に PF 運転期間が長くなったことに関連し、2014 年度に比べ使用量が増加しました。

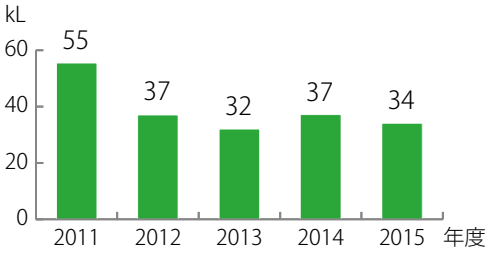


都市ガス使用量の推移

■ 石油燃料使用量

東日本大震災後、A 重油を燃料とした自家発電設備を稼働していたため、使用量が増加していました。2012 年度からは震災前の水準に戻っており、増減は公用車のガソリン・軽油の使用によるものです。

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



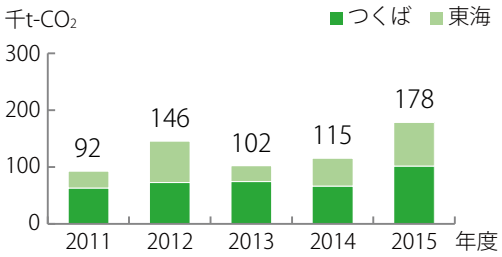
石油燃料使用量の推移

温室効果ガス

KEK 全体の排出量

2015 年度の総二酸化炭素排出量は 178,418 t-CO_2 でした。その内訳は電力使用量によるものが 95% 以上を占めています。つくばキャンパスでは、SuperKEKB の運転が始まったことで、電力使用量が増えたことから大きく増加しました。J-PARC で、停止していたハドロン実験施設の利用運転が再開したことから、東海キャンパスにおいても増加しました。

※1 電力の換算係数は、2015 年度は 0.579 t-CO_2/MWh、2014 年度は 0.551 t-CO_2/MWh、2012,2013 年度は 0.550 t-CO_2/MWh、2011 年度は 0.559 t-CO_2/MWh、2010 年度以前は 0.555 t-CO_2/GJ を、都市ガスの換算係数は、2011 年度以降は 0.0499 t-CO_2/GJ を、2010 年度以前は 0.506 t-CO_2/GJ を使用しています。

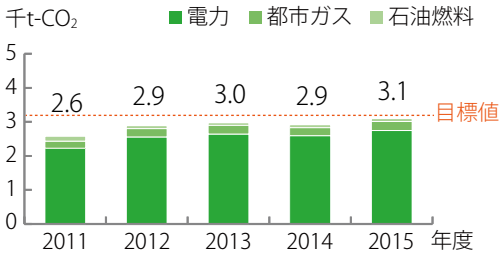


KEK 全体の CO_2 排出量の推移※1

一般需要による排出量

加速器施設などの運転以外に使用している研究棟、管理棟などの一般電力と都市ガス及び石油燃料等の一般需要による二酸化炭素排出量について、「機構における地球温暖化対策のための計画書」で 2012 年度までに 2006 年度比 5% 減の目標を設定し、達成しました。

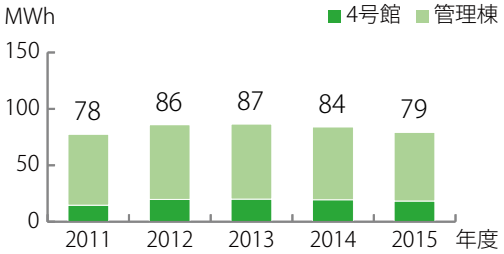
2012 年度以降は、同 2006 年度比 5% 減の目標値を維持することにし、二酸化炭素排出量削減のため、省エネパトロール、エネルギー使用量の職員への周知徹底などの努力を行いました。2015 年度は、2014 年度と比べると 6% 増でしたが、2006 年度比では 8% 減となり、5% 減の目標達成を維持しました。



一般需要による CO_2 排出量の推移※1

■ 太陽光発電発電量

KEK 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。2015 年度は、合わせて 79 MWh を発電しました。

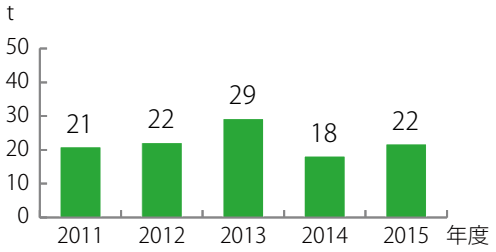


太陽光発電発電量の推移

印刷用紙

2015 年度の印刷用紙購入量は約 22 t と増加しました。

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 2.8 t にのぼります。今後とも申請書等の電子化、ペーパーレス会議の効率的な開催、両面印刷の徹底など、紙の使用量削減に努めていきます。



印刷用紙購入量の推移

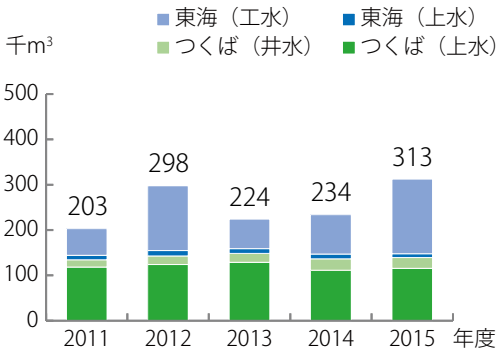
水資源

使用量

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。2015 年度は、2014 年度に比べ、上水及び井水の使用量はほぼ横ばいでした。

工水については、J-PARC で、停止していたハドロン実験施設の利用運転が再開したことから、大きく増加しました。

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



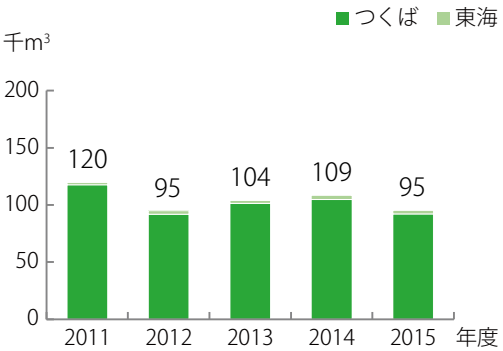
水資源使用量の推移※1

排出量

2015 年度、つくばキャンパスからは、92 千 m^3 の排水を公共下水道に排出しました。2014 年度に比べ 12% 減となっています。排水については定期的に水質を検査し、汚染物質の排出を監視しています。つくば市下水道条例に定められた排水基準を超えることはありませんでした。

東海キャンパスの東海 1 号館地区からの排水は、下水道に排出していますが、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、水質検査を行い、水質を確認した後、原科研内第 2 排水溝より海域に放流していますが、排出量は把握していません。



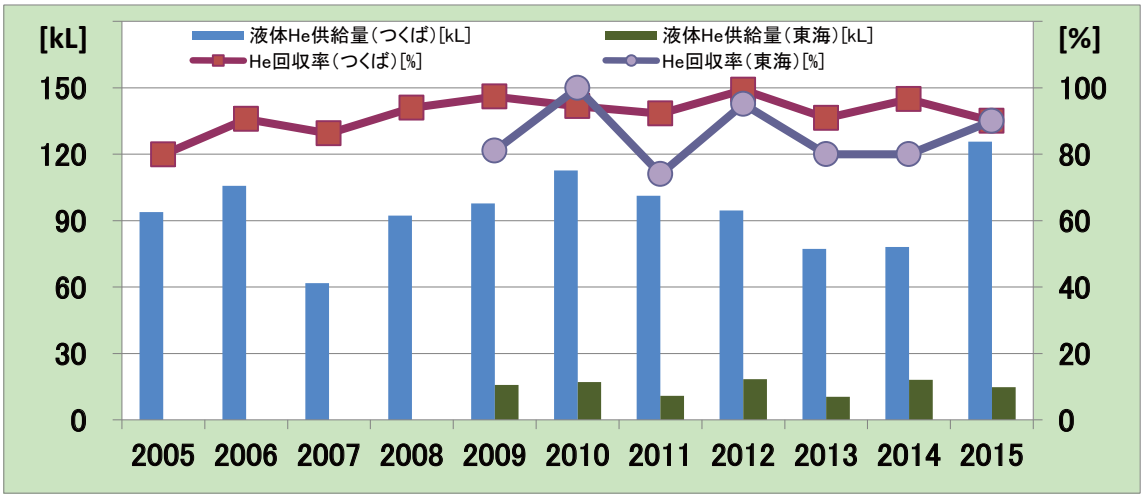
下水道排出量の推移

その他の資源

ヘリウム

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

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



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

廃棄物・リサイクル

一般廃棄物

一般廃棄物として 105 t の可燃物、13 t の不燃物を排出しました。2014 年度に比べ大きく増加しました。これは東海キャンパスからの一般廃棄物について把握に努め、加算することにしたからです。今後もゴミの分別やリサイクルに対する意識の向上に努めていきます。

一般廃棄物排出の推移（5 年間）

	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
可燃物	75,070	74,180	78,190	77,710	105,462
不燃物	7,720	8,610	10,440	7,740	13,370
合計	82,790	82,790	88,630	85,450	118,832

（単位：kg）

産業廃棄物

産業廃棄物 846 t の大部分はプラスチック類や、木屑、がれき、コンクリートなどが占めています。2015 年度は、素粒子原子核研究所で物品整理を行ったため、プラスチックや木屑などの排出量が増加しました。産業廃棄物としての金属屑は例年より多くなりましたが、大部分はリサイクルのために売却することができました（p.29 リサイクル参照）。また、PCB 廃棄物の処理を行いました。今後も、廃棄物の内容を十分に把握し、適切な処理を行っていきます。

産業廃棄物排出の推移（5 年間）

	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
プラスチック	82,750	129,840	131,600	127,520	420,554
木屑	34,290	303,680	204,050	171,090	377,680
金属類	1,000	2,010	0	160	12,886
コンクリート、がれき類	43,820	99,290	52,870	34,119	31,599
蛍光灯	2,000	1,100	1,800	550	1,910
蓄電池	640	2,100	509	10	970
PCB 廃棄物	0	6,311	0	0	180
合計	164,500	544,331	390,829	333,449	845,779

（単位：kg）

実験系廃棄物

2015 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 20 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。

実験系廃棄物排出の推移（5 年間）

	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
無機廃液	5,672	5,086	2,443	3,175	1,533
有機廃液	3,788	5,819	5,071	22,789	9,996
廃油	5,748	1,408	14,306	3,465	6,164
写真廃液	602	0	0	0	708
廃水銀	0	0	313	0	0
固形物他	2,189	1,958	2,258	2,516	1,951
合計	17,999	14,271	24,391	31,945	20,352

（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。2015 年度は、つくばキャンパスからの搬出はなく、東海キャンパスより 15,002 L 搬出し、協会に引き渡しました。機構内での放射性廃棄物の保管については、p.34 放射線管理をご覧ください。

放射性廃棄物搬出の推移（5 年間）

	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
つくばキャンパス	0	0	0	0	0
東海キャンパス（J-PARC）	6,600	6,790	17,422	23,160	15,002
合計	6,600	6,790	17,422	23,160	15,002

（単位：L）

リサイクル

古新聞、古雑誌を古紙として、専門業者に売却しています。また、使用を終了した実験機器や部品、工作加工に伴う金属材料の端材などの金属廃棄物のうち、鉄、銅、アルミニウム、鉛、真鍮、ステンレスを分別して回収し、専門業者に売却しています。産業廃棄物として金属類は 13 t に対し、139 t の金属類がリサイクルのために売却されており、使用済みとなった金属資材の大部分が有効利用されています。

リサイクル（売却）の推移（5 年間）

	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度
古紙	64,030	59,430	65,190	49,420	42,260
金属屑	725,120	716,500	1,012,420	464,700	139,200
合計	789,150	775,930	1,077,610	514,120	181,460

（単位：kg）

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

2015 年度窒素酸化物（NOx）の排出濃度（ppm）（PF エネルギーセンター）

	冷温水機 1	冷温水機 2	冷温水機 3	冷温水機 4	真空温水機 1	真空温水機 2
10 月	20	27	25	32	74	58
3 月	23	32	24	48	66	64

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回収し、揮散したものは活性炭吸着等により大気中に排出しないよう努めています。2015 年度の調査によると、KEK 全体で最大 433 kg の有機溶剤が大気中に排出されたと考えられます。部品等の洗浄、器具の消毒・滅菌等の作業により放出されたものが多くを占めています。今後、大気中への排出を減らすため、作業方法の見直し、設備の整備などを行っていく予定です。特に、水質検査で使用されるノルマルヘキサンは、有害大気汚染物質に該当する可能性がある化学物質のひとつであり、排出量削減を目指して取り組みを行っていきます。

2015 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	186	部品の洗浄、器具の消毒・滅菌
アセトン	88	部品の洗浄
ソルミクス	70	部品の洗浄
ノルマルヘキサン	24	水質検査
その他	65	部品の洗浄など
合計	433	

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	2014 年度※1 投資額（千円）	2015 年度※1 投資額（千円）
公害防止コスト	0	30,942
実験廃液貯留槽・配管改修、防液堤設置	0	30,942
地球環境保全コスト	18,339	25,100
ルームエアコンの更新	4,678	3,217
パッケージ型エアコン更新	10,692	11,674
照明器具の取替	1,101	9,386
網戸の取付	101	162
計量器の取付（建物毎の上水、井水、電力使用量の把握）	1,767	661
資源循環コスト	78,261	78,873
一般廃棄物処理	1,643	2,243
産業廃棄物処理	5,812	7,175
PCB 廃棄物処理※2	0	5,000
実験系廃棄物処理※3	47,573	35,359
放射性廃棄物処理※3	23,233	29,096
管理活動コスト	38,601	45,205
環境報告書作成	380	361
冷温水発生機等ばい煙測定	580	596
植物管理	36,518	42,466
枯損木撤去	1,123	1,782
合計	135,201	180,120

※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 2014 年度は PCB 廃棄物の処理を行いませんでした。
※3 2014 年度まで、「放射性及び一般実験廃液処理業務並びに水質分析検査業務委託」を実験系廃棄物処理の費用に加算していましたが、2015 年度は放射性廃水処理業務に当たる分を分割し、放射性廃棄物処理の費用に加算しました。

環境保全効果

機構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）	2014 年度※1	2015 年度※1	前年度比※1
総エネルギー投入量（GJ）	2,022,674	2,976,445	147%
電力使用量（MWh）	203,201	301,035	148%
都市ガス使用量（千 m^3）	1,496	1,800	120%
石油燃料使用量（kL）	37	34	92%
水資源使用量（千 m^3）	234	313	134%
上水（千 m^3）	122	124	101%
井水（千 m^3）	25	24	96%
工水（千 m^3）	87	165	190%
下水道排出量（千 m^3）	109	95	88%
温室効果ガス排出量（t-CO_2）	115,409	178,418	155%
廃棄物排出量（t）	451	985	218%
一般廃棄物（t）	85	119	139%
産業廃棄物（t）	333	846	254%
実験系廃棄物（t）	32	20	64%
PCB 廃棄物（t）※2	0	0.18	—
放射性廃棄物排出量（L）	23,160	15,002	65%
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量（kg）	397	433	109%
NO_x 排出平均濃度（ppm）	44	41	93%

※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 2014 年度は PCB 廃棄物の処理を行いませんでした。

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		2014 年度（千円）	2015 年度（千円）
収益	太陽光発電	1,625	1,377
	リサイクル	99,782	20,247
	古紙	665	794
	金属屑	99,117	19,453
推定的効果		2014 年度（千円 / 年）	2015 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	29,946	7,825
	エアコン等の更新	410	733
	冷却水関連機器の停止	6,600	1,124
	変圧器の停止	22,936	5,968

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

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）

本機構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 226 系統、東海キャンパスで 76 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 82 系統、東海で 22 系統の測定器は、一時的にでも自然の放射線の 2 倍程度の量を検出すると、自動的に加速器の運転を停める信号を出します。

機構では、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性物質として管理されませんが、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時、放射化物または放射性廃棄物として放射線管理の対象となる物品になります。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。機構では 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。

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

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

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

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

排水管理（水質汚濁防止法、下水道法、土壌汚染対策法、放射線障害防止法）

つくばキャンパスで発生する排水は、最終的に 3 ヶ所の汚水排水槽に集められ、公共下水道に排出されます。排出時の水質は条例で定める排出基準を満たす必要があり、毎月 1 回水質検査を行い、これをつくば市に報告しています。2015 年度はすべての検査項目に関して、排出基準値を超えることはありませんでした。

つくばキャンパスにおいては、広い敷地に多数の実験施設が分散しており、更に排水管が生活排水系と実験廃水系とに区分けされていません。このため、3 ヶ所の公共下水道接点の他、主要な建物ごとに 12 ヶ所の監視点を設けて定期的に採水を行い、排水水質の細かい監視、管理を行っています。さらに周辺環境保全のため、敷地境界に掘削した 6 ヶ所の井戸の地下水を検査し、定期的にその水質を監視しています。

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

また、水質汚濁防止法の一部を改正する法律が 2012 年 6 月 1 日に施行され、施設からの有害物質の漏えいと地下浸透を未然に防止する目的で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）の管理が厳格になりました。すでに、有害物質使用特定施設については、施設責任者、点検実施者を定め、毎月 1 回の点検を実施してきましたが、有害物質貯蔵指定施設については、構造等に関する基準遵守義務が発生する 2015 年 5 月 31 日までに施設の整理、改修を行いました。

その後、有害物質貯蔵指定施設の責任者に対して定期点検の説明会を開催し、施設ごとに管理要領を作成するとともに、点検記録表をもとに 6 か月に 1 回の定期点検を実施することにしました。

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下水道に放流しています。

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

東海キャンパス（J-PARC）で発生する排水は 3 系統あります。

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

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

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

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、2015 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。

エネルギー管理（エネルギーの使用の合理化に関する法律）

KEK は特定事業者として指定されており、「機構長」をトップとしたエネルギー管理組織の下、エネルギー管理を行っています。

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

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

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

2015 年度は、照明用安定器 60 台 156.1 kg について、中間貯蔵・環境安全事業株式会社（JESCO）に引き渡しを行い、処理されました。次年度には、使用中の PCB 含有機器類の交換と管理、大型 PCB 廃棄物用保管庫の増設を計画しています。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（2015 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		
照明用安定器	2	5
低濃度 PCB を含有する廃止済み機器		
高圧コンデンサ	29	1,434
低圧コンデンサ	159	25
高圧トランス	22	24,563
直流高電圧発生装置	2	3,000
低濃度 PCB を含有する使用中機器		
高圧トランス	64	68,459
合計	278	97,486

グリーン購入（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）

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

2015 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。2016 年度以降も引き続き機構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

環境配慮に貢献する研究や環境に配慮した取り組みについて紹介します。

竜巻・ゲリラ豪雨の「予兆の予兆」を捉える！ ー KUMODeS（クモデス）

近年、日本では竜巻やゲリラ豪雨などによる災害が深刻化しています。これら突発的気象災害の「予兆の予兆」を捉えて、早期予測を実現するために、宇宙観測技術を応用した気象観測器 KUMODeS（クモデス）の開発を、素粒子原子核研究所（素核研）の田島治准教授と長崎岳人研究員が行っています。

竜巻やゲリラ豪雨などの顕著な大気現象は、甚大な経済的損失だけでなく、人命にも関わる身近な問題として広く認知されてきています。これらの突発的気象災害は、極めて短時間で局地的に発生します。その前段階として、積乱雲の発生がありますが、従来の気象レーダーが対象とする雲内の降水粒子のモニターでは、突発的事象の 10 数分前でないと検知することが困難です（図 1）。積乱雲の発生をより早く検知する手段として、「大気熱力学場の不安定化」を捉えることが注目されています。これは積乱雲の発生・発達を引き起こす条件となる大気下層における水蒸気量の急激な増加を捉えることです。しかしながら、水蒸気は大気を構成する成分の中で最も時空間変動が大きく、高感度かつ高速に水蒸気量を計測する手段が必要となります。図 2 に示すように、KUMODeS はその計測を可能にします。

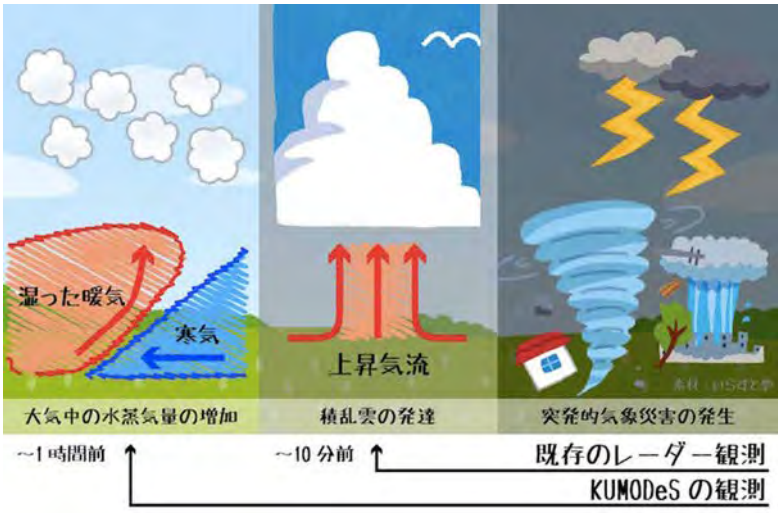


図 1.　竜巻・ゲリラ豪雨等の発生シナリオ。本研究が成熟した暁には、このような突発的気象災害を、従来技術よりも、はるかに早く察知し、被害を最小化する社会産業応用が可能となる。（イラスト：素核研　高橋将太）

KUMODeS の最大の特徴は、宇宙を観測するための電波観測技術の応用にあります。本来の研究対象である宇宙の果ての観測において、地球の大気による影響は無視できません。これを除去するために開発してきた手法を、逆に大気観測のために使用します。

大気中の水蒸気は、約 20 GHz の周波数の電波を発しています。この電波をアンテナで集め、約 10K（-263℃）まで冷やすことで熱雑音を減らすことができる冷却受信器技術と 2 つの特許発明技術を組み合わせて、高感度に大気放射をスペクトル計測し（図 2 右）、従来の気象観測機器と比較しておよそ 10 倍の速さで大気中の水蒸気量をモニターすることが可能です。既に、雨雲発生に先立つ大気水蒸気量の増加を検知することにも成功しています（図 3）。約 3 週間にわたる観測においても、降雨に先立つ大気水蒸気量の増加を完璧に捉えていることがわかります（図 4）。

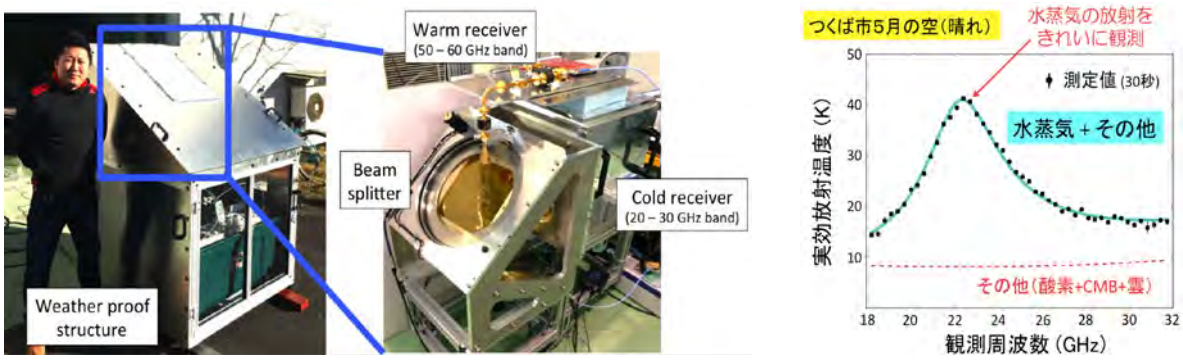


図 2.　超高感度大気水蒸気量モニター ``KUMODeS'' の外観（左）、装置内部（中）、そして大気水蒸気放射スペクトルの測定結果（右）。宇宙観測技術の応用により、従来のおよそ 10 倍速での大気水蒸気量測定を可能にした。

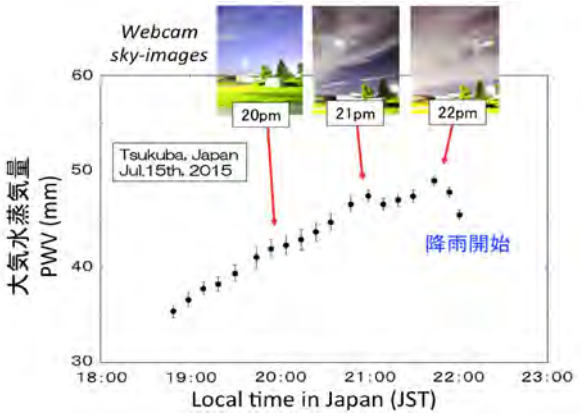


図 3.　KUMODeS によって、雨雲発生前から降雨の「予兆の予兆」（大気水蒸気量の増加）を捉えた例。上空に雨雲が発生する前から水蒸気の増加を捉えていることがはっきとわかる。

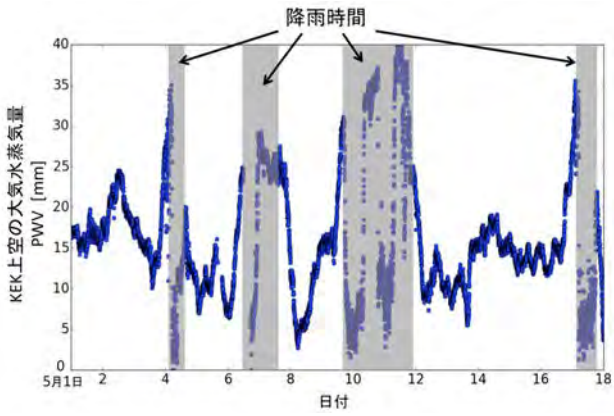


図 4.　KUMODeS で計測したつくば市 KEK における大気水蒸気量の 3 週間の変化。降雨（灰色に塗りつぶした期間）に先立つ、水蒸気量の増加を完璧に捉えている様が確認できる。

今後の課題は、現行技術を発展させ、実用化することです。その為には、通常の降雨だけでなく、ゲリラ豪雨等の突発的な気象変化を長期観測により捉え、気象学的な見地から分析を行う事が重要です。

なお、KUMODeS は、科学技術振興機構が推進する大学発新産業創出拠点プログラム（START プログラム）に採択されたプロジェクトです。 KEK だけでなく、気象研や野村證券などの外部の機関とも幅広く連携し、基礎科学の研究で培われた技術の社会還元を目指しています。

参考文献

T. Nagasaki, K. Araki, H. Ishimoto, K. Kominami, and O. Tajima, ``Monitoring System for Atmospheric Water Vapor with a Ground-Based Multi-Band Radiometer: Meteorological Application of Radio Astronomy Technologies,'' J. Low Temp. Phys., online 29 Dec., pp1--7 (2015).

関連サイト

2016 年 5 月 19 日　素核研ハイライト
竜巻・ゲリラ豪雨の「予兆の予兆」を捉える！ ― KUMODeS（クモデス）
≫ https://www2.kek.jp/ipns/ja/post/2016/05/kumodes/
大学発新産業創出プログラム（START）
≫ http://www.jst.go.jp/start/

加速器・実験施設の冷却水中に生成される放射性核種の効率的な除去

加速器施設や粒子ビームを使った実験施設では、様々な粒子加速用機器や粒子検出機器などを安定に稼働させるために、機器を冷却して一定の温度に保つことが求められます。この目的のため、極低温冷却用の液体 / 気体ヘリウムや液体窒素などと共に、機器を室温レベルの一定温度に保つ目的で、水（冷却水）を使った冷却方式が広く用いられています。

加速器施設やビーム利用実験施設内環境の特徴として、加速器の運転に伴って発生する放射線の存在が挙げられます。粒子ビームの近傍で使われる冷却水の一部はこれらの放射線に晒され、放射線が引き起こす核反応によって冷却水中に放射性核種が生成されることがあります。冷却水の排水による環境への負荷を最小限にするためには、冷却水中の放射性核種を高効率に除去することが重要です。

KEK の加速器・実験施設において、高濃度の放射性核種が生成される冷却水系統の一つに、J-PARC ニュートリノ実験施設の「電磁ホーン」の冷却水があります。電磁ホーンはアルミニウム合金製の機器（図 1(a)）で、陽子ビームをグラファイト製の標的に衝突させて発生するパイ中間子と呼ばれる荷電粒子（ニュートリノの親粒子）を、岐阜県神岡にあるニュートリノ検出器（スーパーカミオカンデ）の方向に収束し、大強度のニュートリノビームを生成する装置です。電磁ホーンの運転には、大強度の放射線吸収に伴う発熱と大電流を流すことで発生するジュール熱を除熱することが不可欠です。このため、図 1(b) に示すように、電磁ホーン内側の内部導体と呼ばれる部分に純水を直接スプレイし、加熱された水を熱交換器に通水して除熱する方式で冷却されます。この時、内部導体内側のグラファイト標的から発生する多量の陽子、中性子、パイ中間子などの高エネルギー粒子（放射線）が水分子を構成する酸素原子と核反応を起こすため、冷却水中には ^{7}Be などの放射性核種が生成されます。

電磁ホーンの冷却水中に生成される ^{7}Be は多量ですが、水中のイオン成分を除去するイオン交換樹脂を設置した分岐経路に循環冷却水の一部を通過させることで、陽イオンの状態として存在する ^{7}Be の大部分は冷却水中から除去されます。しかし、一部分の ^{7}Be は、長時間イオン交換樹脂に通水しても、冷却水中に残ってしまうことが分かりました。この原因を様々な手法を駆使して研究、調査した結果、水中における ^{7}Be の存在状態が大きな要因であることが分かりました。一部の ^{7}Be がコロイドと呼ばれる極微細な微粒子に取り込まれて存在するため、イオン交換樹脂では除去されにくいためだったのです。このことから、冷却水中にコロイドを生成させない、または生成したコロイドを分解してやることが問題の解決策になることが示唆されました。

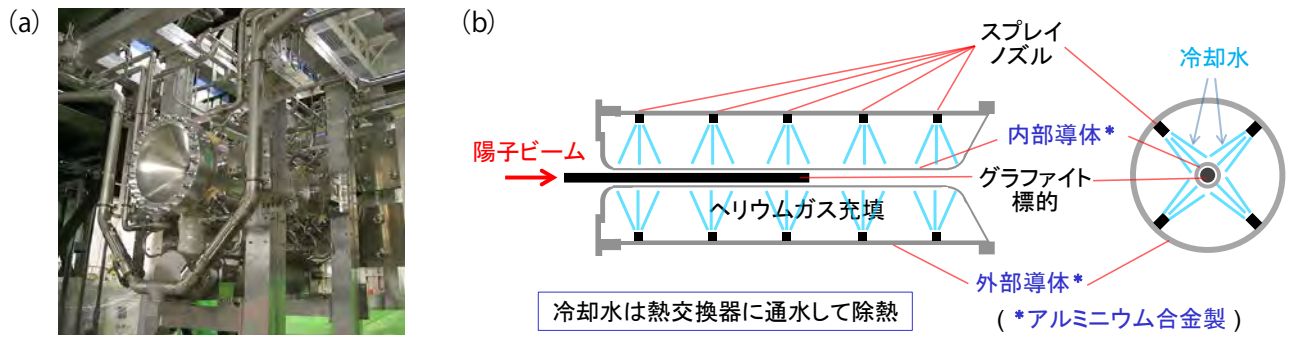


図 1.　(a) J-PARC ニュートリノ実験施設の第 1 電磁ホーンの写真、(b) 第 1 電磁ホーンの水冷却方法の概念図

ニュートリノ実験施設では運転開始当初、ビーム運転中には冷却水をイオン交換樹脂に通水せず、ビーム運転を停止した後にイオン交換樹脂に通水して ^{7}Be を除去する方式で運転されていましたが、2012 年夏以降、ビーム運転中もイオン交換樹脂に通水する冷却水運転方法に変更されました。その結果、冷却水中に残存する ^{7}Be の量を大きく減らすことができましたが、この効果は、ビーム運転中に冷却水をイオン交換樹脂に通水することで、コロイドの生成量を抑制できたことによるものと考えています。また、ビーム運転停止後の冷却水に少量の酸を添加して水中に存在するコロイドを壊して ^{7}Be をイオン状態とした後にイオン交換樹脂に通すことで、冷却水中に残存する ^{7}Be の量をさらに減少させられることも分かっています。

加速器を利用する実験では放射性核種が生成されることは避けられませんが、様々な研究調査とこれを基にした技術的工夫により、環境への負荷を十分に小さくして、実験が行われています。

バイオ燃料生産の鍵となる酵素のしくみ

東京大学大学院農学生命科学研究科の伏信進矢教授らの研究グループは、新潟大学大学院自然科学研究科の中井博之准教授らと共同で、セルロースからバイオ燃料となるエタノールができるまでの経路にある酵素 CBAP の立体構造をフォトンファクトリー（PF）の X 線結晶構造解析により初めて解明しました。

植物の細胞壁などに多く含まれるセルロースから得られるエタノールは、デンプンなど食糧と競合しない、再生可能な生物資源と目されています。セルロースの分解には、微生物が作る加水分解酵素（セルラーゼ）が古くから研究されていました。近年、その効率を飛躍的に増大させる酸化的セルロース分解酵素が発見され、注目されています。これらの酵素により、セルロースはセロビオン酸に分解されますが、その後、どのように分解されていくのか、全く分かっていませんでした。そうした中、2013 年、新潟大の中井准教授らの研究グループにより新しい酵素「セロビオン酸ホスホリラーゼ(CBAP)」が発見されました。CBAP がセロビオン酸に作用するとエタノール等の生成材料になる、化合物に分解されます。

今回、研究グループは、CBAP の立体構造を PF の BL-17A と NW-12A を利用して、X 線結晶構造解析により初めて解明しました（図 1）。さらに、セロビオン酸と結合した状態の CBAP の構造を決定し（図 2）、その作用メカニズムを詳細に明らかにしました。

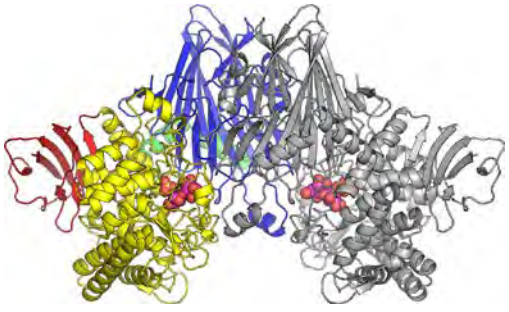


図 1.　CBAP の全体構造
CBAP は二つの酵素分子が結合した二量体の状態で存在する。左半分の色のついた部分と、右半分の灰色の部分がそれぞれ一つの酵素分子。CBAP に結合したセロビオン酸と硫酸イオン（リン酸類似化合物）は球で表した。
画像提供：東京大学 伏信進矢

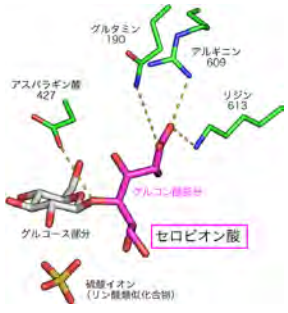


図 2．　CBAP の触媒部位の構造
セロビオン酸はグルコース部分（灰色）とグルコン酸部分（マゼンタ）に分けられる。CBAP のアミノ酸残基を緑色で表した。セロビオン酸の切断には、リン酸と 427 番目のアスパラギン酸が関わり、グルコン酸部分の結合には、609 番目のアルギニン、613 番目のリジン、190 番目のグルタミンが関わる。
画像提供：東京大学 伏信進矢

その結果、セロビオン酸の結合部位のうち、グルコース部分の結合に関わる部分は他の類似酵素と似ていましたが、グルコン酸部分の結合に関わる部分は全く新しい構造であることが分かりました。さらに、点変異体を用いた機能解析により、基質の結合に重要な箇所やセロビオン酸の切断に触媒的に重要な箇所なども解明しました。

本成果は、微生物を利用してセルロースを分解し、エタノールなどのバイオ燃料や様々な化合物を発酵生産する技術開発に有用な知見となります。また、今回解明した CBAP は微生物による酸化的セルロース分解と発酵の代謝経路をつなぐ、いわば「ミッシングリンク（失われた環）」であり、この解明は学術的にも重要な情報をもたらしました。

本成果は、journal of Biological Chemistry の 7 月 24 日号（電子版 6 月 3 日）に掲載されました。

関連サイト
2016 年 7 月 27 日　物構研トピックス　バイオ燃料生産の鍵となる酵素のしくみ
≫ http://www2.kek.jp/imss/news/2015/topics/0727CBAP/

社会との関わり

KEK の社会貢献活動や安全衛生への取り組みについて紹介します。

KEK キャラバン

KEK キャラバンは、「お届けします、科学に夢中。」をキャッチフレーズとして、KEK の研究者や職員を全国津々浦々の学校や各種団体等へ講師として派遣するプロジェクトです。その目的は、KEK の活動をより広い方々に知っていただくことであり、小学生から大人までを対象としています。プロジェクトは 2010 年 4 月からスタートし、これまで、学校の先生方の研究会や研修会等における講師として、日曜親子教室などの学校の児童・生徒とその保護者向けの体験授業として、また、各地方自治体が運営する教育センター主催プログラムの講師や市民講座の講師としても職員を派遣してきています。「研究所ってどんなところ?」、「宇宙はなにからできているんだろう?」、「身近な加速器たち」といった講義で、加速器を用いた素粒子や物質・生命などの研究、その研究を支える仕事を紹介しています。

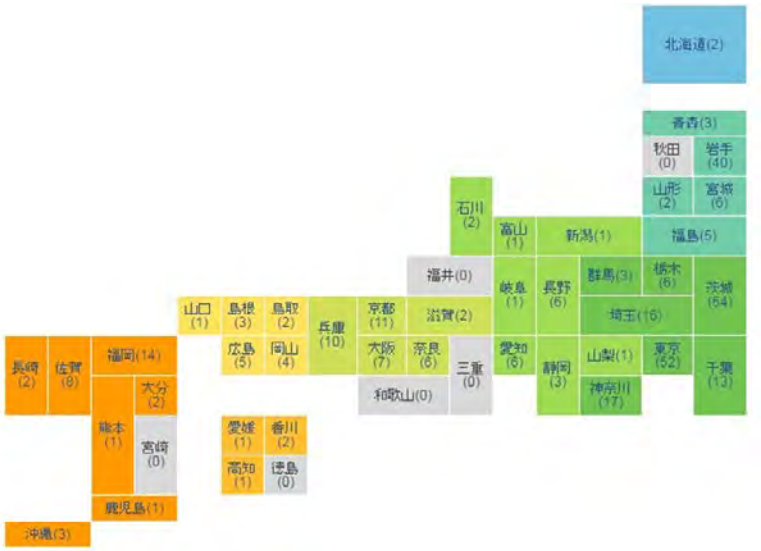
2011 年度からは、職員に出身都道府県・母校の登録を呼びかけています。派遣される講師が当該学校等の卒業生、あるいは地元出身者であると、授業を受ける側にとってハードルが高くなりがちな「科学」を、より身近なものとして受け入れられ、有効であることから、KEK キャラバン立ち上げ時の目標である「母校へ行く」ことを強化しています。

2015 年度は、58 件の出前授業を実施し、約 4,300 名を超える方々が参加しました。県の教育委員会からの依頼を受けて教員研修会に伺ったり、小学校からの依頼に応えるために人形や紙芝居を使った授業も行いました。本プロジェクトは、今後も継続的に実施していきます。

KEK キャラバンロゴ

教員研修の模様（栃木県）

人形紙芝居の実施（京都府）



これまでに KEK キャラバンを行った都道府県（2016 年 4 月末現在・326 件）

科学者を育てる活動

サマーチャレンジ

サマーチャレンジは、最前線で活躍する研究者を中心に練り上げたスクール構成で、最先端施設を用いた多彩な演習プログラムを実施するものです。学生達は寝食を共にしながら、講義、見学、実験、検証、発表といった研究の流れを体験します。研究者との生きた交流を通して、基礎科学を担える若い知性を育てることを目的に行われています。

2015 年度は、8 月 18 日（火）から 26 日（水）までの 9 日間にわたり、大学 3 年生を主な対象者とする「第 9 回大学生のための素粒子・原子核、物質・生命スクール サマーチャレンジ」が KEK つくばキャンパスで開催され、全国 33 大学から 79 名の大学生が参加しました。

また、物質・生命コースでは、夏期は加速器が運転停止しているため、ビームを使用しない演習を行っていますが、より実際の研究に近い体験をするため、加速器の運転している 12 月 12 日（土）、13 日（日）の 2 日間にわたって実際に量子ビームを用いた実習を行いました。

集合写真

夏の実習の模様

サイエンスキャンプ

つくばキャンパスでは、2015 年度に 3 つのサイエンスキャンプが行われました。

TYL スクール理系女子キャンプ（KEK、Toshiko Yuasa Laboratory 主催）は、理系分野に興味のある女子高校生に、実験や研究の面白さを伝え、今後の進路決定の支援を行おうというものです。4 回目となる今回は、4 月 2 日（木）、3 日（金）の 2 日間にわたり開催され、30 名が参加しました。

高校生のための素粒子サイエンスキャンプ Belle Plus（KEK、奈良教育大学共催）は、本格的な素粒子物理の研究を体験するものです。9 回目となる今回は、8 月 3 日（月）から 6 日（木）の 4 日間にわたり開催され、24 名が参加しました。

ウインター・サイエンスキャンプは、KEK の加速器科学技術支援事業として、科学技術振興機構（JST）の後援のもと実施する、全国の高校生を対象とした科学技術体験合宿プログラムです。講義や施設見学の他に、実験と発表から構成されるコース別実習に参加し、研究の進め方を体験します。今回は 12 月 21 日(月) から 24 日(木) の 4 日間にわたり開催され、24 名が参加しました。

TYL スクール理系女子キャンプの参加者

Belle Plus の参加者

中高生等実習受入事業

KEK では、研究の現場を肌で感じることにより、学校では得難い体験を提供することを目的に、中学生と高校生を対象とした実習受け入れを行っています。研究者による講義や科学実験・工作などのプログラムを通じて、自然科学への興味関心を育みます。2015 年度は全国から 17 団体 620 名が KEK を訪れました。

高校生実習の模様

地域との共生活動

職場体験

職場体験は、文部科学省が推進する学習活動で、生徒が直接働く人と接することで、学ぶことや働くことの意義や生きることの尊さを実感し、生徒が主体的に進路を選択する態度や意志、意欲などを培うことを目指しています。

KEK では、この職場体験の一環として、小中高校生向けに研究所での仕事を体験するプログラムを実施しています。併せて KEK の施設や研究会、会議などの見学や研究者とのディスカッションの場などの機会も提供しています。

2015 年度は、中学校 8 校、高校 3 校から 26 名が職場体験に訪れました。

データ解析作業を体験する様子

つくば科学フェスティバル

つくば科学フェスティバルは、つくば市内の小中学校、高校、大学、研究機関などが、それぞれの取り組みや活動の一端を紹介し、科学を身近に感じてもらうことを目的とした体験型イベントです。

2015 年度は、10 月 31 日（土）、11 月 1 日（日）の 2 日間にわたりつくばカピオで開催され、延べ 1 万 7 千人を超える来場者がありました。KEK のブースでは、「KEK おもしろ実験教室〜超伝導・光・宇宙線〜」と題し、「超伝導コースター」の実演をはじめ、「ブラックウォール」の工作コーナーなど出展を行いました。

つくば科学フェスティバルの模様

KEK コンサート

年に数回、国内外で活躍しているプロの演奏家を招いて音楽コンサートを開催しています。これは、従来、職員や内外からの来訪研究者への文化活動の一つとして行われてきたものをシリーズ化したもので、2003 年度より、地域の方々との交流促進の一環として、「KEK コンサート」として入場無料で公開しています。

2015 年度は 3 回開催し、延べ 356 名の来場者がありました。

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。

2015 年度は、12 月 13 日から 15 日の 3 日間にわたり、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、延べ約 100 名が参加しました。刈り取られた茅は、石岡市八郷地区や筑波山麓の茅葺き民家群の葺き替えに利用されました。今後も茅場の保全に取り組み、このような地域社会への貢献活動を続けていく予定です。

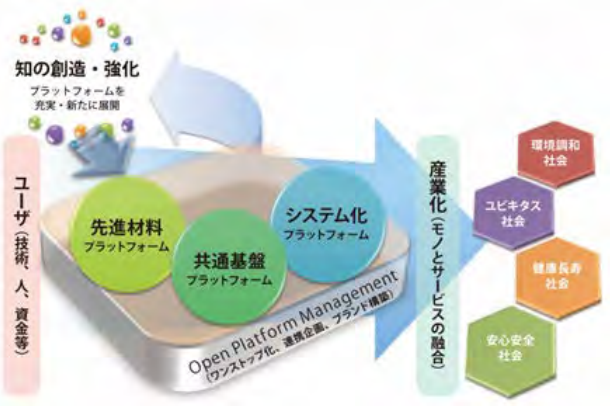
茅刈りの模様

産学官の連携活動

つくばイノベーションアリーナ　ナノテクノロジー拠点（TIA-nano）

TIA-nano とは、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（産総研）、物質・材料研究機構（NIMS）、及び筑波大学、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す。KEK では、機構内につくばイノベーションアリーナ推進室を設け、TIA-nano がより一層世界的に魅力あるナノテクノロジー拠点となるよう連携・協力を進めています。

TIA-nano は 2010-2014 年の第 1 期において、オープンイノベーションを実践し、数々の優れた研究成果を挙げました。この成果を基に、2015-2019 年の次の 5 年間で、わが国のイノベーションシステム改革を主導する具体論を「TIA-nano vision 2015-2019」として策定しました。ここで、①わが国にしまわれたままの莫大なイノベーションの資源（技術、人、資金）をオープンにして流動・連動



継続的イノベーションのための資源連動の仕組み

を誘発させることこそ、「世界で最もイノベーションに適した国」へと変革を進める最短の道筋であること、②そのために TIA-nano はユーザ視点で「オープンプラットフォーム」を構築、資源の流動・連動を誘発し、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」を提唱しました。

この TIA-nano に東京大学が、2016 年 4 月から参画することが決まりました。これにより、TIA-nano はつくば地域だけではなく、東京を視野に入れた地域へと拡大します。また、イノベーションを目指す分野もナノだけではなく、情報や医学等の分野を含めた分野へと拡大します。これを期に、TIA-nano を TIA へ改称することにしました。

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。

加速器科学技術の推進に向けた会合の様子

光ビームプラットフォーム

文部科学省「先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業」のうち、KEK を代表機関とした光ビームプラットフォームを 2015 年度まで実施しました。これは、我が国独自の技術に基づき開発・運用されている先端的な研究施設がプラットフォームを形成し、広く産業界に利用していただくための新しい枠組みです。

KEK ではフォトンファクトリーのトライアルユース、施設利用、共同研究の 3 つの制度を設け、産業界に放射光利用実験を行うための環境を提供しました。

PHOTON BEAM PLATFORM
光ビームプラットフォームロゴ
≫ http://photonbeam.jp/

広報活動

見学受入

つくばキャンパスでは、常設展示ホール「KEK コミュニケーションプラザ」において、加速器の仕組みや素粒子・原子核の研究、物質の構造や機能を調べる研究などについて紹介しています。また、研究施設の見学については、平日 10 名以上の団体での予約を受け付けています。2015 年度は、一般見学者が 8,067 名、団体見学者が 8,345 名ありました。

東海キャンパスでは、いばらき量子ビーム研究センター内に「J-PARC 展示コーナー」を開設し、模型や写真等による施設の紹介を行っています。また、J-PARC 施設の個人や団体の見学も受け付けており、2015 年度の見学・視察者数は延べ 3,023 名でした。

科学技術週間

「科学技術週間」は、科学技術について広く一般の方々に理解と関心を深めてもらい、日本の科学技術の振興を図ることを目的として開催されているもので、全国の研究機関等で様々なイベントが実施されます。

2015 年度は 4 月 13 日（月）から 19 日（日）に開催され、KEK では「宇宙・物質・生命の謎に迫る」と題して、ミニ実験教室、超伝導コースターの実演などが催されたほか実験施設の公開を行い約 490 名が見学に訪れました。

超伝導コースター実演の様子

一般公開

つくばキャンパスでは、毎年 9 月上旬ごろ一般公開を行っています。

2015 年度は、9 月 6 日（日）に実施し、県内外から約 4,100 名の方々の来場がありました。

特別講演では、素粒子原子核研究所の花垣教授による「質量の起源・ヒッグスを追う」と、物質構造科学研究所の村上教授による「放射光が明かす物質の不思議」が行われ、KEK で行われている研究の最前線を紹介しました。また、所内 14 ヶ所の研究施設を公開するとともに、子供向けの参加・体験型企画を充実させました。

小林誠杯 理論クイズ王決定戦の様子

KEK 公開講座

公開講座は、KEK の研究で蓄積された知見や加速器科学について、一般の方々に広く紹介し、興味や関心を持ってもらうことを目的に例年春と秋に実施しています。

春の公開講座は、6 月 13 日（土）に開催され「スパコンで解き明かす素粒子・宇宙・物質」をテーマに 2 つの講演が行われ、168 名の方々が参加しました。

秋の公開講座は、11 月 21 日（土）に開催され「アインシュタインの一般相対性理論提唱から 100 年目の理論と実験」として一般相対性理論をテーに 3 つの講演が行われ、200 名を超える方々が参加しました。

秋の公開講座の模様

安全安心文化の醸成

KEK では、「健全な研究は、安全を確保して初めて可能になる」の基本的考え方のもと、研究者や周辺地域の安全を確保するため、様々な安全確保の取り組みを行っています。

J-PARC センターにおける取り組み

J-PARC センターでは、2013 年に発生したハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故を受け、職員と関係者の安全意識を向上させるための取り組みを進めています。

毎年、事故の発生した 5 月 23 日の前後に、再び事故を起こさないこと、さらに安全な職場環境を目指す決意を新たにするため、「J-PARC 安全文化醸成研修会」を開催しています。2015 年度は、5 月 22 日に、東海村の原子力科学研究所大講堂を主会場とし、つくばキャンパスにも TV 会議中継する形で開催され、319 名が参加しました。はじめに、齊藤センター長より、事故から 2 年間の安全向上のための取り組みが紹介され、一人ひとりが日常に潜む不安全を認識し、安全な施設運営に責任を持って取り組んでいくべきとの決意が述べられました。引き続き、関西大学・土田昭司教授の講演「リスクコミュニケーションとクライシスコミュニケーションの心理学」から、危険状態における心理、危険状態で必要となる対応、コミュニケーションの重要性などについて学ぶことができました。

J-PARC 安全文化醸成研修会における
関西大学・土田教授の講演

第 3 回加速器施設安全シンポジウム

また、国内外の加速器施設や大学の加速器安全担当者と、安全管理の経験や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」を開催しています。2016 年 1 月 27 日から 28 日の第 3 回シンポジウムでは、加速器施設における放射化物の管理・取り扱いと高圧ガス設備の安全管理の話題をトピックスとして各施設の取り組みが紹介されました。国内の多くの機関から 153 名の参加者があり、13 件の口頭講演に加えてポスターによる施設紹介・活動紹介なども行われ、加速器施設の安全に関して相互理解と連携を深めました。

この他にも、J-PARC 各施設での取り組みを紹介し合う「J-PARC 安全情報交換会」、放射線安全に関するスキル向上を目的とする E ラーニング教育、安全ポータルサイトを利用したヒヤリハット情報共有などを通じ、関係者の安全意識と知識の向上に努めています。

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、役務契約会社社員の方に参加していただき、安全意識の向上を進めています。2015 年度は 10 月 26 日から 10 月 30 日まで行い、初日にはキックオフとして安全・衛生管理担当理事の挨拶の後、「ヒューマン・エラー事故災害防止、安全活動三種の神器」と題して、中央労働災害防止協会の笹尾健臣氏による特別講演を行いました。また、安全講習会として、「電気安全」、「J-PARC 安全の取り組み」について主会場のつくばキャンパスと東海キャンパスとをＴＶ会議で接続して開催しました。併せて、機構長・理事によるつくばキャンパスの実験施設への安全巡視や消防署による普通救命救急講習及び心肺蘇生と AED 講習会のほか、安全への取り組みやヒヤリハット事

例のパネル展示を行いました。

2 月には高所作業での墜落防止対策についての講習会を開催し、墜落災害の現状、最新の労働安全衛生規則、墜落防止対策などについて土浦労働安全コンサルタント事務所の佐々木哲美氏に話を伺いました。

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の英語版を新たに作成し、日本語版と英語版を並べて掲示することが可能になりました。その他、外国人研究者等の安全・安心のために、「緊急時連絡先及び避難マップ」(英語版下敷き)を作成し職員、外国人共同利用研究者、国際共同実験グループ等に配付しました。

緊急時対応手順書と安全ポスター

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)のほか、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安全衛生講習会として、産業医による「職場の健康管理」の他、衛生管理者や産業看護師等による「ストレスチェック制度について」、「巡視点検報告」をテーマに、つくば、東海の両キャンパスにおいてそれぞれ開催しました。なお、2015 年度の安全衛生講習会は、安全文化醸成の取り組みの一環として実施した「安全・衛生週間」の集中イベントのひとつとして開催しました。

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

安全衛生講習会の様子 (東海キャンパス)

巡視点検

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 121 回(累計 171 棟)実施し、指摘事項は 180 件あり、82% が改善されました。安全衛生推進室と各部署担当者が相互理解を深めるために、巡視点検の同道や、衛生委員会での情報共有を行っています。また、指摘事項のみならず、巡視点検における好事例も各キャンパス衛生委員会にて紹介し、より質の高い安全衛生管理への一助となるべく情報発信をしています。

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

AED 設置と取扱訓練

AED（自動体外式除細動器）は、2016 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、2015 年度は、「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」において心配蘇生法、AED 使用方法、止血法及び異物除去を、「救命救急・AED 講習会」において AED 使用法を実施し、それぞれ 28 名（合計 56 名）の職員等の参加がありました。

また、東海キャンパスでも 8 月に「普通救命講習会」を実施し、職員 12 名の参加があり、応急処置の知識や技術を習得しました。

救命救急・AED 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。2015 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、6 月と 12 月にフッ化水素の作業環境測定を行いました。双方の作業場においていずれの測定も第 1 管理区分（適切）に評価され、作業環境上問題のないことが確認されました。

防災への対応

つくばキャンパス全体規模で大地震の発生から火災に至るとの想定で防災・防火訓練に加え、新たに、事故発生時の対応に関する訓練も併せて実施しました。その他、自衛消防隊の 2 支部において計 3 回、独自に防火訓練を実施しました。

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

大津波を想定した防災訓練の模様
（東海キャンパス）

事故等

2015 年度、つくばキャンパスでは交通事故 17 件、発火発煙事故 1 件、その他事故（作業中の物損やケガなど）が 5 件ありました。特に交通事故の原因は、駐車場で車を操作する際の接触事故（9 件）、入出構ゲートのバーへの接触事故（5 件）等、当事者の不注意や確認ミスによる物損事故がほとんどでした。このことから、職員の他、ユーザーや関係の業者等の方々に対して、構内での交通ルールの遵守についての注意喚起を機構メールで行いました。

その他の取り組み

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。

2015 年度に発生した事故の中には、業務委託の方等の関わった事故も含まれています。KEK では、業務委託業者等の方を対象として、毎年、安全業務連絡会を開催しています。2015 年度は 12 月に開催し、構内における火災時の対応や一般安全、電気安全、化学安全、健康管理について各安全担当者、産業医より事故事例等の紹介を交えて説明しました。

また、J-PARC においても、7 月に作業における安全情報を業者の方と共有する「J-PARC 請負業者等安全衛生連絡会」を開催しました。

安全業務連絡会の模様

介護・育児・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、男女共同参画推進室を中心に活動しています。当室は、育児・介護・女性教職員に関する支援について、ホームページで休暇・休業制度や休業補償制度等の情報提供を行うとともに、セミナーや勉強会等も開催しています。更に育児支援では、KEK 職員に限らず KEK で修学する大学院生も対象とした KEK ベビーシッター利用支援事業により費用補助を行っています。

2015 年度は、仕事と育児の両立支援策として育児支援室を設置するとともに、女性教職員の職場環境の向上を図るため、3 号館 5 階・6 階に女子休憩室を新設、実験施設に隣接する電源棟（7 ヶ所）及び搬入棟（2 ヶ所）に女子トイレを設置しました。

2016 年度には、筑波実験棟のトイレ改修も予定しており、雇用環境の充実を図っています。

育児支援室

参加型子育てセミナーの様子

用語集

環境報告書内で使われている略語・用語について解説します。

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
cERL	Compact Energy Recovery Linac	コンパクト ERL
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
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
MEM	Maximum Entropy Method	マキシマムエントロピー法
MFL	Materials and Life Science Experimental Facility	物質・生命科学実験施設
MR	Main Ring	50 GeV シンクロトロン
NIMS	National Institute for Materials Science	物質・材料研究機構
PCB	Poly Chlorinated Biphenyl	ポリ塩化ビフェニル
PF	Photon Factory	放射光科学研究施設
PF-AR	Photon Factory - Advanced Ring	PF-AR
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
TIA-nano	Tsukuba Innovation Arena for Nanotechnology	つくばイノベーションアリーナ
T2K	Tokai to Kamioka	長基線ニュートリノ振動実験

用語

用語	頁数	説明
B 中間子	8,10,13	6 種類あるクォークのうち、B(ボトム) クォークを含む中間子を言う。
CMB	38	宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background) 宇宙のあらゆる方向から一様に降り注ぐ電磁波のこと。
CP 対称性の破れ	4	粒子と反粒子の間に本質的な違いがあるかどうかは、粒子と反粒子の入れかえ "C (チャージ：電荷、 +と−)" と、空間反転 (鏡に写して見た状態) に対する性質 "P (パリティー)" を組み合わせた "CP 変換 " に対する性質を調べることでわかる。粒子と反粒子のふるまいが同じならば「CP 対称である」と言い、違いがあれば「CP 対称性が破れている」と言う。
eV	4,8,9,16,17,35	電子ボルト。 1 ボルトの電位差 (電圧) で加速された電子の運動のエネルギー。エネルギーの一般的な単位である J (ジュール) で表すと、1 eV は $1.6x10^{-19}$ J となる。 1 keV = 1,000 eV, 1 MeV = 1,000 keV, 1 GeV = 1,000 MeV
エネルギー回収型リニアック (ERL)	15,21	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。
国際リニアコライダー計画 (ILC)	2,15,21	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。
先端加速器試験施設 (ATF)	15	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。
大強度陽子加速器施設 (J-PARC)	1,3,4,5,7,13,15,16,17,18,19,24,25,26,29,35,39,47,48,50,51	J-PARC は、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。J-PARC の加速器は、リニアック、3 GeV シンクロトロン、50 GeV シンクロトロンで構成される。また、3 GeV シンクロトロンからの陽子ビームを利用する物質・生命科学実験施設、50 GeV シンクロトロンからの陽子ビームを利用するハドロン実験施設及びニュートリノ実験施設がある。

用語	頁数	説明
長基線ニュートリノ振動実験（T2K）	13,17	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。
超伝導リニアック試験施設（STF）	15,50	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。
ニュートリノ	13,15,16,17,19,39,40	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。
ハドロン	3,4,5,13,15,16,17,19,24,25,26,48	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。
ヒッグス粒子	47	素粒子に質量を与えると考えられている粒子。
ビッグバン	12	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。
放射光	1,9,12,14,15,19,46,47	高エネルギーの電子等の荷電粒子が磁場中でローレンツ力により曲がるとき、放射される電磁波（光）で、赤外線から X 線に至る幅広いエネルギーを持つ。放射光科学研究施設におけるさまざまな研究に利用される。
放射光科学研究施設（PF）	1,15,24,30,40	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。
ミュオン（ミューオン）	4,12,14,15,16,17,19	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。J-PARC のミュオン科学実験施設では、世界最高強度のパルス状ミュオンを用いた世界最先端の様々な実験が計画されている。

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

KEK の環境報告 2016 について、ご意見をいただきました。

つのだ　きんいち
角田　欣一　氏
群馬大学大学院理工学府教授

本年度の第三者意見を述べさせていただく群馬大学の角田と申します。私も昨年までの数年間、群馬大学の環境報告書の編集に関わり、特に最後の 2 年間はその責任者を務めさせていただきました。そこで、旧知の文珠四郎先生からこのお話をいただいた時には、他機関の報告書がどうなっているのかという野次馬的興味もあり、二つ返事で引き受けさせていただきました。

さて、本報告書を大変興味深く読ませていただきました。まず、気がついたのは KEK の総エネルギー投入量の大きさ（2,976 TJ）です。群馬大学のそれは 701 TJ（2014 年度、うち約 60% は附属病院および重粒子線治療施設が使用している）であり、KEK はその約 4 倍です。そこで他の組織との比較もしてみようと考え、エネルギー消費に関しては日本最大の大学と思われる東京大学の環境報告書をあたってみると、東京大学は 3,540 TJ（2014 年）、さらに、産総研は 2,267 TJ（2014 年）でした。KEK はこれら巨大組織と同レベルのエネルギー消費をしていることがわかりました。もちろん、これは非難されるべきことではなく、加速器を使った研究という KEK のミッションを考えれば当然のことです。しかし、地域住民を含めた国民全体も KEK のステークホルダーの一員と考えれば、この巨大エネルギー消費について、国民に積極的に理解を求めていくことがまずは必要であり、さらに本報告書もその一翼を担っていると思われます。

そうした見地からこの報告書を読んでみると、関係者の皆さんのご努力が反映されたたいへんまじめな報告書になっていると思います。まず、編集方針は極めて適切と思われます。次に、KEK の 2015 のハイライトが紹介されていますが、これも KEK の存在意義を一般の方々に理解していただくうえで欠かせない項目だと思います。最新の成果を平易に解説するのに苦心されているのがよくわかる文章ですが、さらに平易な表現への努力を継続的にお願いしたいところです。

また、この中で SuperKEKB の現況についての報告がありましたが、この施設が本格稼働したら消費エネルギーはさらにどうなるのだろう、という素朴な疑問を持ちました。報告書では、投入されたエネルギーについては述べられていますが、その巨大エネルギーを投入するシステムがどうなっているのか、ということに関しては触れられていません。たとえば、専用発電所があるのか、加速器がフルに動いているときと動いていないときでは電力をどのように調整しているのか、など疑問は次々に膨らみました。これについては、いつか特集などで扱っていただければと思いました。

次に興味を引いたのは「環境関連トピックス」の項で、特に「加速器・実験施設の冷却水中に生成される放射性核種の効率的な除去」は大変重要な研究と思いました。加速器研究の安全・安心を守るためにはこうした研究は不可欠であり、また、本報告書などで大いに発信していく必要がある研究だと思います。

さらに「社会との関わり」の項は、KEK が、積極的に、またまじめに社会に情報発信している様子がよくわかる内容となっています。前述のとおり、KEK にとって社会への情報発信は非常に重要と思われますので、今後もさらに充実していく必要があると思います。これに関して、私事で恐縮ですが、私は、ここ数年、KEK の放射線科学センターが主催してくださっている環境放射能研究会に出席しております。この研究会は十数年の歴史をもち、特に 2011 年の福島第一原子力研究所事故以降、それによる放射能汚染に関係する研究者の大変重要な情報交換の場となっています。そのため、この研究会の社会貢献度は非常に大きいと思われます。しかし、学会関係という分類のためか、本報告書では触れられていません。KEK が主催するこうした研究会は、これ以外にもたくさんあると思いますが、こうした活動も本報告書の中で積極的に取り上げる価値があると思います。

以上、思いつくまま雑多な感想を述べさせていただきましたが、KEK が、宇宙や物質の究極を理解するうえで、さらに大きな貢献をされることを心より期待しております。

編集後記

環境安全管理室長よりごあいさつ申し上げます。

KEK の環境報告 2016 をお読みいただきありがとうございます。

今年度は KEK の環境報告に対して、環境と関連が大きい分析化学分野の専門家として群馬大学の角田欣一先生にご意見をいただきました。今回の評価では、本環境報告に関して概ね好意的な評価をいただきましたが、いくつかの宿題もいただきました。今回いただいたご意見を参考に KEK の環境活動、社会活動を更に発展させていきたいと考えています。

KEK の敷地内には緑地が多く、キジやウサギなどが生息しています。また、春には環境省の絶滅危惧 II 類に分類される希少植物のキンランなども花を咲かせます。このように恵まれた自然環境を維持するために、生物多様性の保全に関しても積極的な活動を展開したいと考えています。

本報告作成にあたっては、KEK における環境活動はもちろんのこと、研究開発、教育活動、また社会活動についてもステークホルダーの皆様により深くご理解いただけるよう心がけましたが、まだまだ不十分な点があるかと思います。KEK における今後の環境管理活動に活かすために、忌憚のないお声をお聞かせいただければ幸いです。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。

最後になりましたが、入念な編集作業をしていただいた環境安全管理室のメンバー、環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会のメンバー、原稿をお寄せいただいた KEK スタッフの方々に深く感謝致します。

2016 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

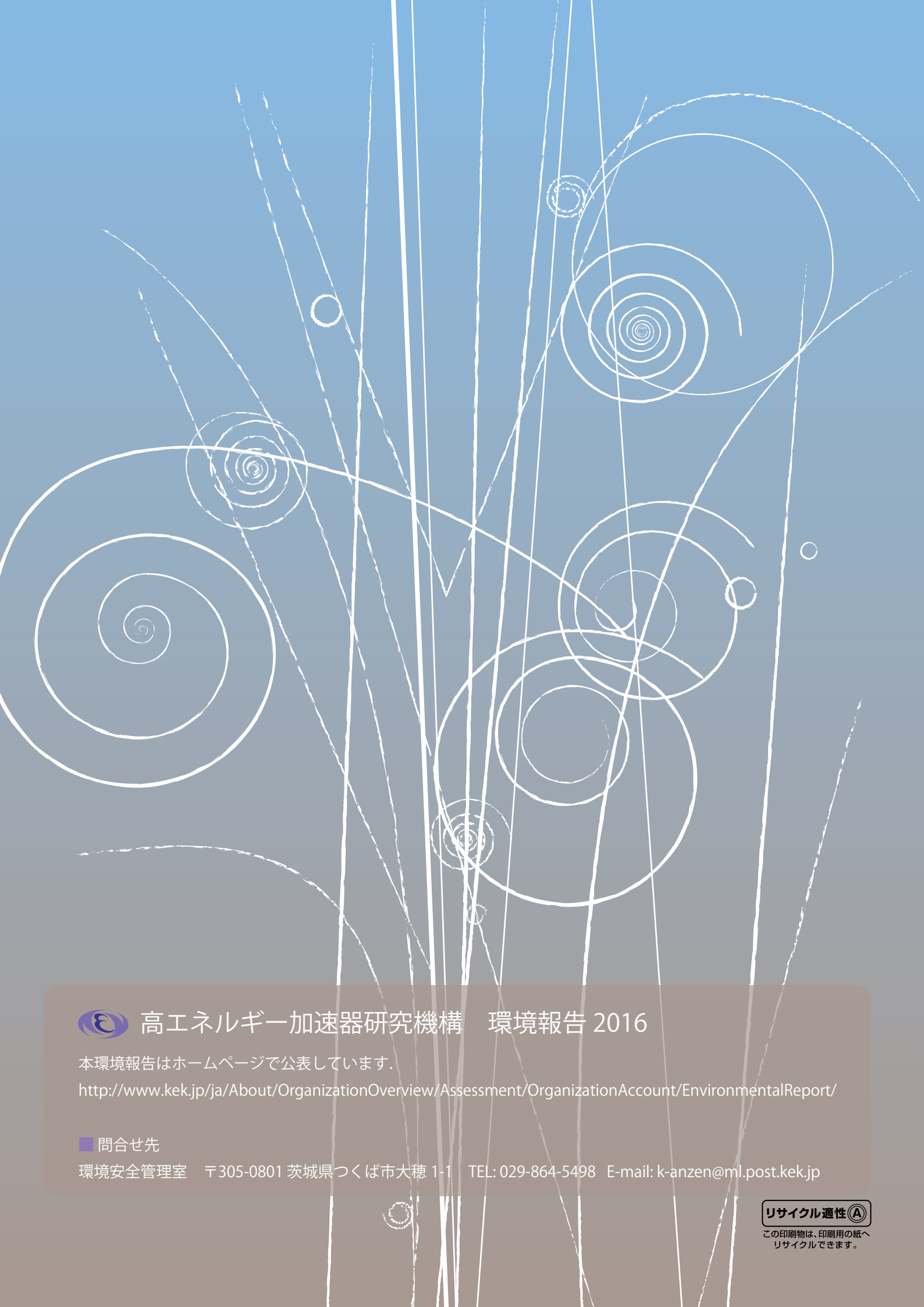
■ 表紙デザイン：高橋　朝子

2012 年 3 月末まで、技術職員として KEK に在籍。
現在アーティストとして活躍中。

http://asakot.com/

Designer's comment

ビームライン周囲に組まれた遮蔽体に注目して制作した作品です。コンクリートや鉄の重厚なブロックが幾つも重なり、実験施設に新たな構造物を生み出しています。ブロック表面のサビや塗装の剥げた部分が無機質な素材に表情を与え、静寂な空間にゆっくりと時間の流れを感じさせます。裏表紙は泡箱実験による粒子反応をモチーフにしています。



高エネルギー加速器研究機構　環境報告 2016

本環境報告はホームページで公表しています.

http://www.kek.jp/ja/About/OrganizationOverview/Assessment/OrganizationAccount/EnvironmentalReport/

■ 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　E-mail: k-anzen@ml.post.kek.jp

リサイクル適性Ⓐ

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。