環境報告 2015

KEK Environmental Report 2015

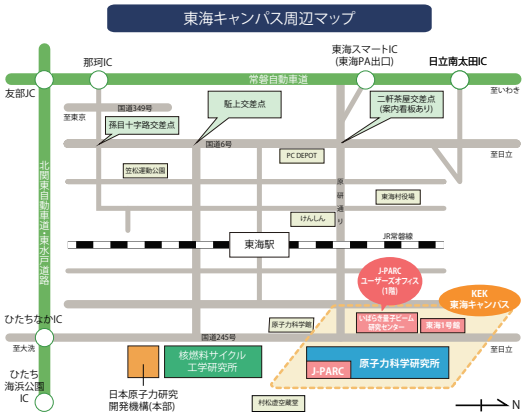
大学共同利用機関法人　高エネルギー加速器研究機構

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	2014 年 4 月～ 2015 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 環境報告 2015 作成ワーキンググループ、 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	2015 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 2014 ハイライト ・・・・3

- 金・白金・ウランはどこでできたのか?
- 「観る」ということ
- J-PARC の RCS で 1 MW 相当のビーム加速に成功

機構の役割と組織 ・・・・ 10

- 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 ・・・・ 18

- 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
- 物質
- 水資源
- その他の資源
- 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 ・・・ 36

- 光合成の初期過程をモデル化合物で再現
- 福島の土壌が僅かなセシウムの取り込みにより多量のセシウムを呼び込むメカニズムを解明
- コレクタ電位降下型(CPD)クライストロンの開発
- Green500
- 機構内工事における環境配慮

社会との関わり ・・・・・ 44

- 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
- 住民説明会
- 職場環境の向上

用語集・・・・・・・・・・ 54

第三者意見・・・・・・・ 57

編集後記・・・・・・・・ 58

用語・略語について

用語集(p.54-56)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 年代以降科学の発達に重要な役割を果たしてきました。その中で KEK は基礎研究はもとより、新しいサイエンスや応用研究のフロンティアを後押し、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、SuperKEKB と呼ばれる電子・陽電子衝突型加速器は 2015 年度末の運転開始を目指して建設が最終段階を迎えています。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 における研究開発の事業活動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、将来計画のプロジェクトであるエネルギー回収型リニアック（ERL）や国際リニアコライダー（ILC）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研究を行っています 。

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組を進めています。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 13% 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。安全の確保と法令順守に十分配慮し、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 2014 ハイライト

KEK における 2014 年度の研究ハイライトを紹介します。

金・白金・ウランはどこでできたのか?

私たちの体や身の回りの物質を構成する元素、それは陽子と中性子から成る約 300 種類の原子核（同位元素）で構成されており、ほとんどは星の生成・発展・消滅の過程で出来たとされています。それでは経済的価値の高い金や白金、核分裂を起こすウランは、どのような天体で生まれたのでしょうか？　この疑問は、20 世紀から今日まで引き継がれた基礎科学上の重大な問いの一つです。

原子核は、核反応と崩壊によって異なる原子核へと変化します。鉄より重い原子核の場合、電荷のない中性子を捕獲する反応で元素合成が進みます。新たに生まれた原子核は、ある寿命で電子と**ニュートリノ**を放出しながら中性子が陽子に壊変し（β^- - 崩壊）、原子番号が一つ増えた原子核となります。適当な数の中性子があれば、安定な原子核の周りで、これを次々と繰り返して重元素生成が続くはずです。しかし、これだけでは全ての重元素の由来を説明できません。ビスマス（原子番号 83）とウラン（原子番号 92）の間には、ヘリウムを放出して壊変する（α - 崩壊）領域があり、中性子捕獲の連鎖が切れてしまいます。

大量の中性子を一気に捕獲させたらどうでしょう？　安定な原子核から遠く離れた不安定な原子核（図 1 の紫線上の原子核）が一気に生成され、β^- - 崩壊と競合しながら金・白金・ウランなどの重元素も生み出せるのではないでしょうか？　これが速い中性子捕獲過程（R- 過程と呼ばれる）と呼ばれる元素合成のアイデアです。

最近の宇宙物理・天文観測の進展では、初期質量が太陽の 10-30 倍という大質量星の超新星爆発や、中性子星同士の衝突などが R- 過程の候補とされています。候補天体を絞り込むには、関与する中性子過剰な数千個の原子核の寿命や質量、崩壊様式などの原子核情報が必要です。

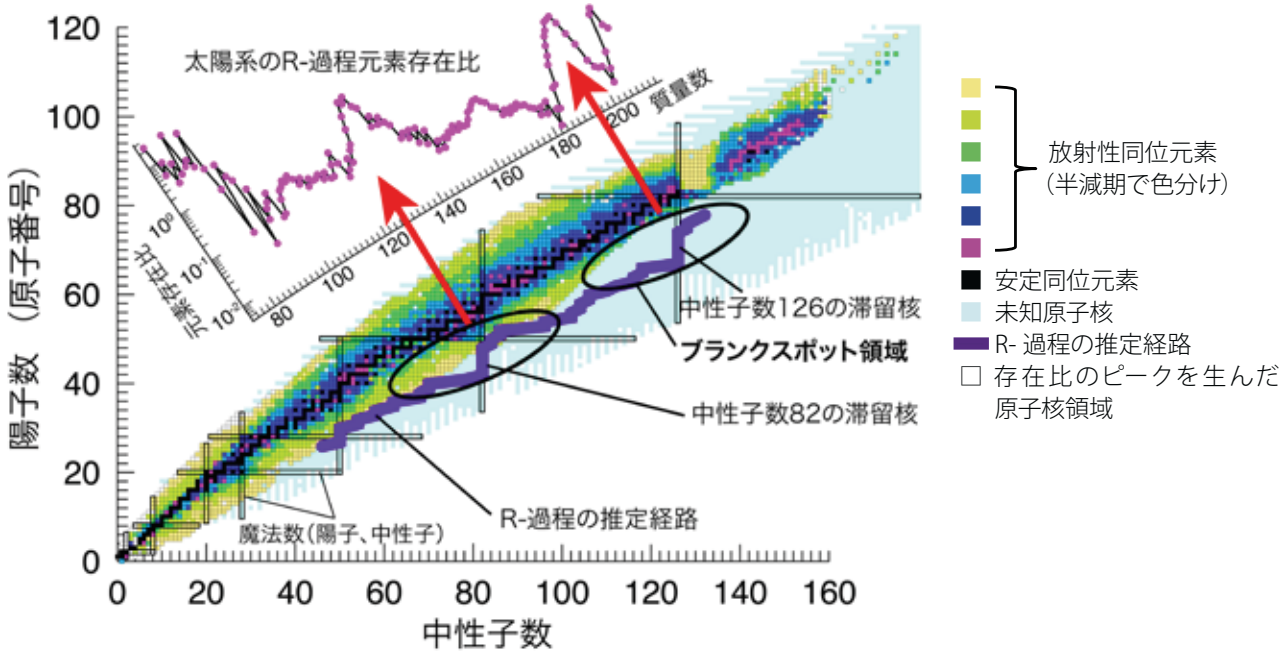


図 1.　原子核を陽子数（原子番号）と中性子数で分類した核図表。

まず問題となるのは、R- 過程の種となる鉄の生成量評価です。超新星爆発の場合、中心部にできた原始中性子星表面で、すべての元素が陽子・中性子に分解された後で元素生成が始まります。鉄の生成量を見積もるためには、安定同位元素がない質量数 4 と 8 を飛び越える核反応率を知らなくてはなりません。その一つが 2 個のヘリウム原子核（α）と 1 個の中性子（n）から質量数 9 のベリウム（^{9}Be と書く）を作る核融合反応です。反応率推定には、ヘリウム原子核と中性子がぶどう状に結合した（図 2）^{9}Be の核構造に対する理解が欠かせません。そこで KEK では阪大の研究グループなどと共同して、回転軸を揃えた不安定な原子核 ^{9}Li から、空間的に偏って放出される β - 線と同時放出される中性子を測定して、β^{-} - 崩壊後の ^{9}Be の核構造を調べました。カナダ TRIUMF 研究所で行ったこの実験は、従来の模型と矛盾した結果を示し、反応率評価の見直しを示唆するものとなりました。

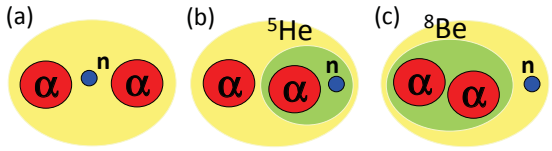


図 2.　^{9}Be の核構造モデル。
（a）ヘリウムと中性子がほぼ独立に存在する場合
（b）ヘリウムと中性子が結合している場合
（c）ヘリウム同士が結合している場合

ところで、図 1 の元素存在比には幾つかのピークが見られます。これらは R- 過程経路上で比較的長い寿命を持つ滞留核と呼ばれる原子核（図 1 の黒枠領域）が崩壊することにより生まれました。滞留核は、その残存量が温度や中性子量などの R- 過程進行中の天体環境と、滞留核自身の寿命や質量から決まることから、R- 過程の環境を調べる上でのもう一つのキーポイントとされています。

KEK では、金や白金で構成される存在比ピークの起源となった滞留核を人工的に生成・観測するために KISS プロジェクトを進めています。このプロジェクトでは新しく開発した実験装置 KISS を使って、加速器からの重イオンビームで生成された大量の未知原子核から、特定の原子番号と質量数をもつ単一種の滞留核を選別し、その寿命と質量の測定を目指しています。そのために、アルゴンガスによる原子核の中性原子化とレーザーによる共鳴イオン化という最新の実験手法が KISS に投入されました（図 3）。

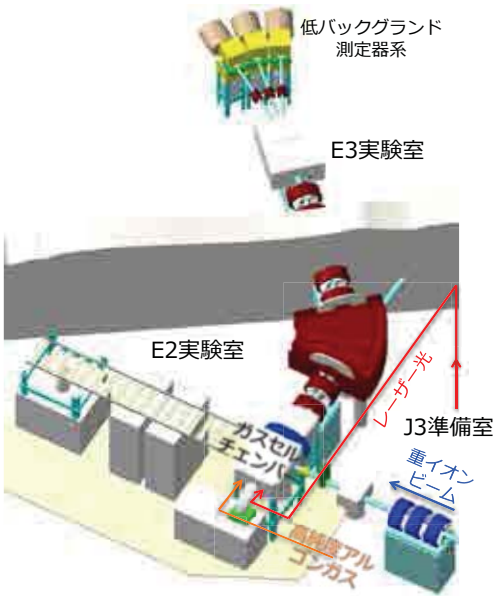


図 3.　理研に設置した KEK 共同利用実験装置 KISS。

KISS は KEK Isotope Separation System の略語です。理化学研究所仁科加速器センターに建設され、3 年間の開発試験後、今年から本格的運転を始めました。この装置は R- 過程の研究のみならず、重い質量領域での様々な未知原子核研究にも応用できます。KEK では KISS の共同利用を円滑に運営するため、和光原子核科学センターを 4 月に発足させました。R- 過程の謎解きに今後の活躍が期待されています。

関連サイト
KISS プロジェクトの説明ページ
≫ http://kekrnb.kek.jp/kiss.html
KISS プロジェクトに関連する国際ネットワークのページ
≫ http://kekrnb.kek.jp/iglis-net/

「観る」ということ

不透明な容器に何かが入っている。フタを開けることなく、中身を当ててもらいたい。

容器は直径 8 センチ、高さ 15 センチ足らずのプラスチック製、茶筒のような円筒形をしている。手に持って振ると、カラカラと音がする。――― 硬い、軽いものらしい。動きからすると、小さいもの、3 センチくらいだろうか。そのうちある一人が磁石を持ってきて調べ始める。

これは高校生向けに行われたイベントでの一幕です。目では見えないものを調べる時、音や磁力など、いろんなものを使って反応から中身を推測します。手法や対象は違っても、研究の現場でもやっていることは基本的に同じです。可視光で観測できなければ、X 線で、中性子で ... と様々なビームを当てて、多角的に情報を得ます。そうして初めて物質の姿が明らかになっていくのです。

今回調べられたのは、鉄とヒ素から成る「鉄系超伝導物質」です。2008 年に東京工業大学の細野秀雄教授らによって発見されたもので、鉄を含むにも関わらず超伝導状態を示すことが、物質科学に大きなインパクトを与えました。超伝導は、物質の温度を下げていくと、ある温度で突如電気抵抗がゼロになり、外からの磁場を完全に退ける現象のことです。超伝導というと、白煙をたなびかせながら浮上している画を思い浮かべる人も多いでしょう（図 1）。この現象は超伝導物質が磁場を自らの外に退け、磁石同士が反発するかのような力が働き浮上するものです。超伝導状態は強い磁場によって壊されるため、超伝導物質の材料には鉄やニッケルなど磁性を持つ元素を使用しないのが、暗黙の常識でした。ところが、発見された鉄系超伝導物質は、タブーである鉄を含むだけでなく、その転移温度も 55 ケルビン（-218 度）と超伝導物質群の中では比較的高い温度で超伝導状態になることが衝撃的で、新しい原理による超伝導ではないかと研究が進められています。

図 1.　磁石上に浮く超伝導体（YBCO）
磁場を退ける「マイスナー効果」と、超伝導内部に磁束が入り込む「ピン止め効果」により超伝導体が宙に浮く。

電子が多いほど良い？

電気抵抗ゼロで電子が動く「超伝導」の担い手は、もちろん電子です。そのためには物質中の電子がどのような状態で、どのくらい存在するかが重要になります。材料開発では、電子の濃度を変えながら性質を調べていきます。鉄系超伝導体は、鉄とヒ素がシート状になった骨格で構成されています（図 2）。超伝導体とは言うものの、この骨格の部分だけでは、超伝導と相性の悪い磁性を示してしまいます。間に挟まれる層の酸素をフッ素に置き換えると、この層で電子が余り、その電子が鉄とヒ素のシートに供給されて、磁性が消失すると同時に超伝導が現れます。細野教授らのグループは、電子濃度をより高くするため、酸素を水素に置き換えました。すると電子濃度が高くなってくると超伝導を示す温度に変化が現れ始め、一度 10 ケルビン（-263 度）まで下がり、その後再び上昇し、電子濃度 0.3 付近では 39 ケルビン（-234 度）まで上昇する（図 3 左）ことが分かりました。超伝導を示すエリアは、フタコブラクダのようになり、その温度も 2 こぶ目の方が高くなります。電子濃度をもっと高くすれば、3 こぶ目が現れるかもしれない ... と思ったかどうかは定かでありませんが、さらに濃度を上げ調べていきます。

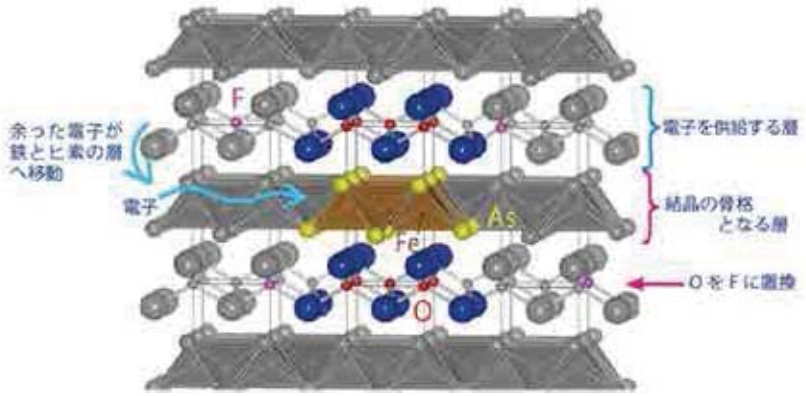


図 2.　LaFeAs ($O_{1-x}F_x$) の結晶構造の模式図
青:ランタン (La)、赤:酸素 (O)、茶:鉄 (Fe)、黄:ヒ素 (As) を表す。酸素をフッ素 (F) に置き換えることで、電子が余剰になり、鉄とヒ素の層に供給される。

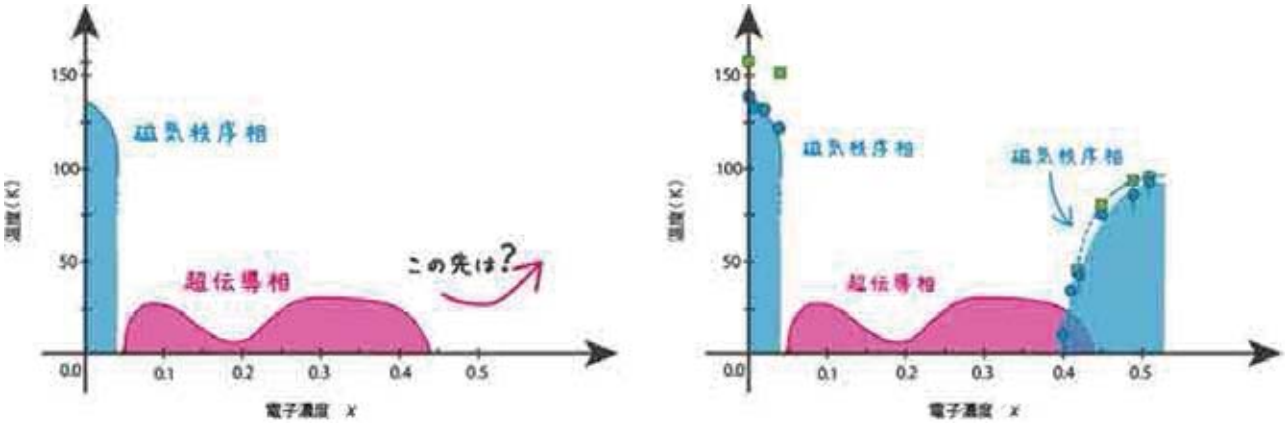


図 3.　LaFeAs ($O_{1-x}H_x$) の電子状態相図
左は 2012 年に発見された超伝導相 (ピンク色部分)。右が今回発見された磁気秩序相 (右側の青色部分) を含む相図。
●がミュオンと中性子により同定された磁気転移温度。■が放射光により同定された構造変化の温度。

さて、どんな性質が現れるか?

ここから研究者にとって、不透明な箱の中身を探る作業が始まります。超伝導が出るのか、あるいは ... という性質を調べるには**ミュオン**が有効です。ミュオンは素粒子の一種で、加速器で作られるミュオンはスピンの方向が全て揃っているために、原子サイズの方位磁針のように利用できます。物質中にミュオンを注入すると、ミュオンが物質の磁場に反応して動くため磁場分布を細かに調べることができます。もし超伝導を示すならば、外から磁場をかけたとしても、ある大きさ以下の磁場では完全に磁場を退ける完全反磁性となります。つまり外部からかけた磁場と同じ大きさの反磁場が超伝導体内部に生じて、超伝導体内部の磁場は完全にゼロになるのです。もし物質中に何も磁性が生じていなければ、ミュオンスピンはそのまま保持され、磁性があればそれに反応して向きが変わります。これを利用して高濃度側の状態を調べると、電子濃度が 0.4 を超えたあたりで超伝導状態が消滅、代わりに磁性を示す状態が現れることが分かりました。図にすると、ちょうど左右対称のような分布で磁性状態と超伝導状態が現れていました (図 3 右)。

マルチプローブで「観る」

では磁性の原因はどこからきているのでしょうか？　これを調べるために登場するのは中性子です。中性子も一粒ずつがスピンを持っているため、物質中の磁場を調べることができます。ただしミュオンが結晶の格子間に入り込んで、ミュオン周辺にある原子からの局所的な磁場の情報を得るのとは対照的に、中性子は物質を構成する全ての原子と相互作用し結晶全体にわたる巨視的な散乱情報を観ることになります。これによって、磁性の原因がやはり鉄原子にあり、その磁気モーメントが一列ごとに交互に並んでいることが分かりました（図 4 左）。またこの時の結晶構造を X 線で調べると、歪みが生じていることも明らかになりました（図 4 右）。これらの変化は、低濃度側で見られる磁性状態とも異なっており、今後詳細な研究が進めば、鉄系超伝導発現のしくみの解明が期待されます。

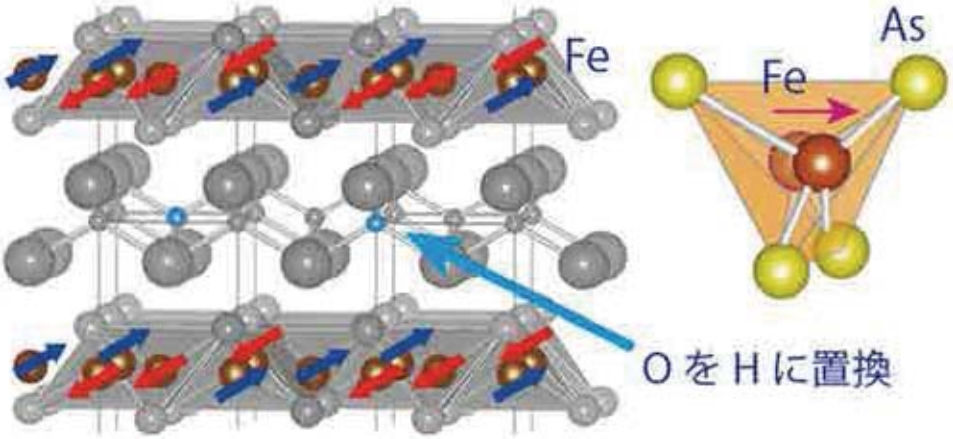


図 4 左．　中性子で同定された磁気構造。赤と青の矢印は Fe_2As_2 層で鉄イオンが持つ磁気モーメントの向きを示したもの。
図 4 右．　放射光 X 線で同定された構造変化。構造変化に伴う鉄の原子位置の変化の向きと大きさを模式的に示したもの。

この実験を中心的に行ってきたのは、平石雅俊 KEK 物構研博士研究員です。2008 年に鉄系超伝導体が発見されてすぐにこのテーマに着手しました。そして 2009 年には超伝導電流の流れを調べ、鉄系超伝導は銅酸化物とは異なるしくみで超伝導が起きていると予感させていました。今回の実験には、小嶋健児准教授、中性子から平賀晴弘特任准教授、放射光から山浦淳一特任准教授と、KEK 物構研の各量子ビームのエキスパートが加わり多角的な測定を行いました。鉄系超伝導のしくみそのものはまだ分かりません。不透明な箱の中身を探る作業はまだ続いています。

関連サイト
2014 年 6 月 9 日　KEK ハイライト　「観る」ということ
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Highlights/20140609130000/

J-PARC の RCS で 1 MW 相当のビーム加速に成功

2015 年 1 月 10 日、**J-PARC** の 3 **GeV** シンクロトロン（Rapid Cycling Synchrotron, RCS）は、パルス当たり 8.41 x10^{13} 個の陽子の入射、加速、取り出しに成功しました。これはシングルショットで行った試験運転ですが、RCS の繰り返し 25 Hz の連続運転に換算すると RCS の設計仕様値である 1 MW に相当する粒子数です。安定な利用運転を行うには高周波加速系の電源を増強するとともに、さらに詳細なビーム試験を進める必要がありますが、1 MW のデモンストレーションに成功したことは J-PARC にとって重要なマイルストーンです。今後は段階的にビーム強度を増やしながら 1 MW の利用運転開始を目指します。

J-PARC の加速器は、リニアック、RCS、遅い繰り返しの主リングシンクロトロン（Main Ring Synchrotron, MR）から構成されます（施設の配置は p.15 参照）。リニアックで加速された H^-（負水素イオン）ビームは、荷電変換用炭素薄膜によって電子 2 つを剥ぎ取られ、H^+（陽子）に変換されて RCS に入射されます。RCS で 3 GeV まで加速された陽子ビームは、物質・生命科学実験施設（Materials and Life Science Experimental Facility, MLF）に送られて中性子及びミュオンの生成に用いられるとともに、その一部は MR への入射ビームとして用いられます。MR に入射されたビームは、30 GeV まで加速されて遅い取り出し法によって**ハドロン**実験施設へ、速い取り出し法によって **T2K 実験**（東海 - 神岡間長基線ニュートリノ振動実験）を行うニュートリノビームラインへ送られます。

J-PARC の設計仕様値は RCS で 1 MW、MR の速い取り出しで 750 kW です。これらの設計仕様値を実現するためには、リニアックにおいてビームエネルギー 400 MeV、ピーク電流 50 mA が求められますが、建設当初、リニアックはエネルギー 181 MeV、ピーク電流 30 mA という仕様でスタートしました。この場合の RCS のビーム強度は最大 600 kW です。

J-PARC 加速器は 2009 年の利用運転開始以降、ビーム試験を進めながら徐々にビーム強度を増強してきました。東日本大震災による 9 ヶ月間の運転停止期間もありましたが、2012 年以降 RCS は 300 kW のビームを MLF に供給するとともに、500 kW を超えるビーム強度での試験運転も進めてきました。さらにそれらと併行して、リニアックのビームエネルギーを 400 MeV に上げるための環状結合空洞型リニアック（Annular-ring Coupled Structure Linac, ACS）の開発、ピーク電流を 50 mA に上げるための高周波駆動型イオン源と高周波四重極型リニアック（Radio Frequency Quadrupole Linac, RFQ）の開発などを行ってきました。

2013 年は 3 ヶ月間の夏期停止期間を 6 ヶ月に延長し、ACS システムを設置する計画でしたが、5 月 23 日に発生したハドロン実験施設の事故により、J-PARC はさらに長期にわたり利用運転を停止することとなりました。その停止期間中に加速器グループは事故の再発防止策を検討するとともに、当初の計画通りにリニアックの下流部に 25 台の ACS 空洞を設置し（図 1）、ビームエネルギーを 400 MeV に増強しました。さらに翌 2014 年の夏期停止期間中に、高周波駆動型イオン源と大電流加速用 RFQ の設置を行い（図 2）、2014 年 10 月にリニアックはビームエネルギー 400 MeV、ピーク電流 50 mA での試験運転に成功しました。

図 1.　リニアック下流部に設置された ACS 空洞

図 2.　高周波駆動型イオン源と大電流加速用 RFQ が設置されたリニアック初段部

一方、入射ビームのエネルギーを 181 MeV から 400 MeV に上げるために、RCS では入射に用いるシフトバンプ電磁石の電源を更新するとともに水平ペイントバンプ電磁石の電源を増強する作業を行いました。従来のシフトバンプ電源は IGBT（大電力を高速でオン／オフ可能な半導体素子）のスイッチングに起因する電流リップルノイズがビーム損失の要因となっていましたが、新しい入射シフトバンプ電源ではコンデンサの充放電を利用した転流方式を採用し、リップルノイズを大幅に低減することができました。

2014 年 10 月にリニアックがピーク電流 50 mA を達成した後、RCS においても大強度ビーム試験を開始し、2015 年 1 月には、シングルショットで設計仕様値となる 1 MW 相当の入射・加速・取り出しに成功しました。図 3 に 1 月の大強度試験において得られた RCS の周回粒子数の電流モニタによる測定結果を示します。横軸は RCS のビーム入射から加速、取り出しまでの時間 20 ms（0.02 秒）です。4.73x10^{13} から段階的にパルス当たりの粒子数を上げ、最大で 8.41x10^{13} のビームを入射していますが、途中でビーム強度が減衰することなく安定に加速できていることがわかります。この粒子数は、25 Hz で連続運転した場合に 1.01 MW に相当する粒子数です。

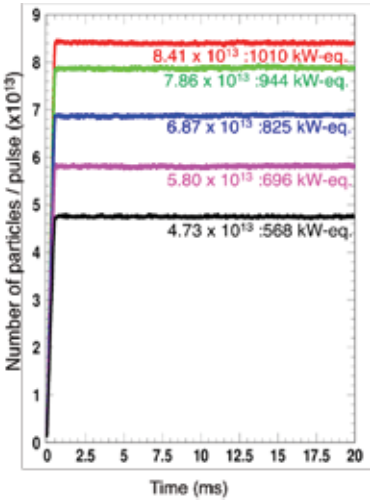


図 3.　RCS における大電流試験で得られた周回粒子数の時間変化。

さらにこのときのビーム損失の測定結果を図 4 に示します。（上）は RCS の入射部のすぐ下流に位置するコリメータ部におけるビーム損失、（下）は入射直線部の下流側の第 1 アーク（おにぎりの形をした RCS の最初の曲線部）においてディスパージョン [*1] が最大となる場所近傍のビーム損失です。入射直後に集中しているコリメータ部の損失は荷電変換用炭素薄膜における散乱に起因するもので、荷電変換入射では原理的に避けられません。損失量は大強度ビームにおいても概ねビーム強度に比例して大きくなっており、最大ビーム強度（赤線）においても損失量が最小化されていることが確認できます。それに対してアーク部では、最大ビーム強度（赤線）においては加速中に有意なビーム損失が確認されています。これは大強度ビームに対して高周波加速電圧が不十分であるために生じているビーム損失であり、今後 1 MW で利用運転を行うためには高周波加速システムの電源を増強してより高い加速電圧を得る必要があります。このように、連続運転における課題を明らかにしたことも含め、1 MW のデモンストレーションを行ったことは、設計仕様値での利用運転の実現に向けた大きな前進と言えます。2015 年の夏期停止期間中には高周波加速システムの電源を増強して 1 MW での利用運転に向けた準備を整え、その後は 1 MW を目指して段階的にビーム強度を増強していく予定です。

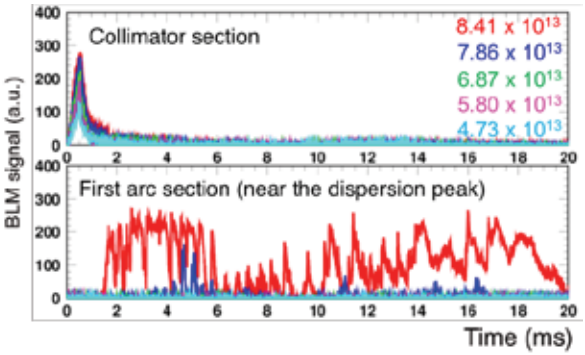


図 4.　RCS の大電流試験におけるビーム損失の測定結果。（上）コリメータ部、（下）第 1 アークのディスパージョン [*1] ピーク付近。

[*1] 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。

関連サイト
2015 年 2 月 6 日　プレスリリース
J-PARC の 3 GeV シンクロトロン加速器が性能を大幅に向上 - 1 MW 相当のビーム加速に成功 -
≫ http://j-parc.jp/ja/topics/2015/Pulse150206.html

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。

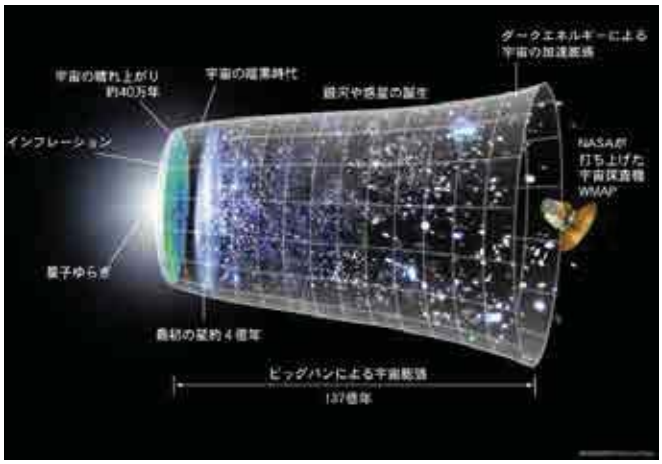
高エネルギー加速器とは、電子や陽子などの粒子を、ほぼ光の速さまで加速して、高エネルギーの状態を作り出す装置です。この高エネルギー状態から作られる素粒子の世界を研究すると、誕生直後の宇宙の様子を探ることができます。また、加速器が作る光や中性子、ミュオンなどの量子ビームは、倍率の高い顕微鏡として、これまでに見ることができなかった物質の構造や、生命活動の研究を行うことができます。

素粒子・原子核の世界の研究

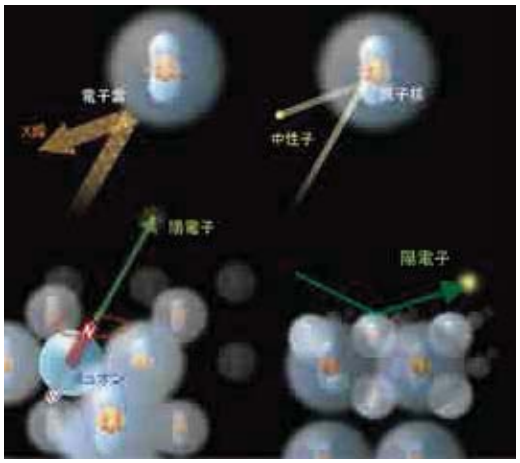
宇宙は約 137 億年前（± 2 億年）の**ビッグバン**によって始まったと考えられています。宇宙が出来た当初は素粒子の世界でした。望遠鏡や人工衛星で宇宙を眺めるのに対し、KEK は加速器を用いて宇宙の初期状態を再現することで宇宙の研究を行います。

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

研究所・研究施設紹介

■ 素粒子原子核研究所

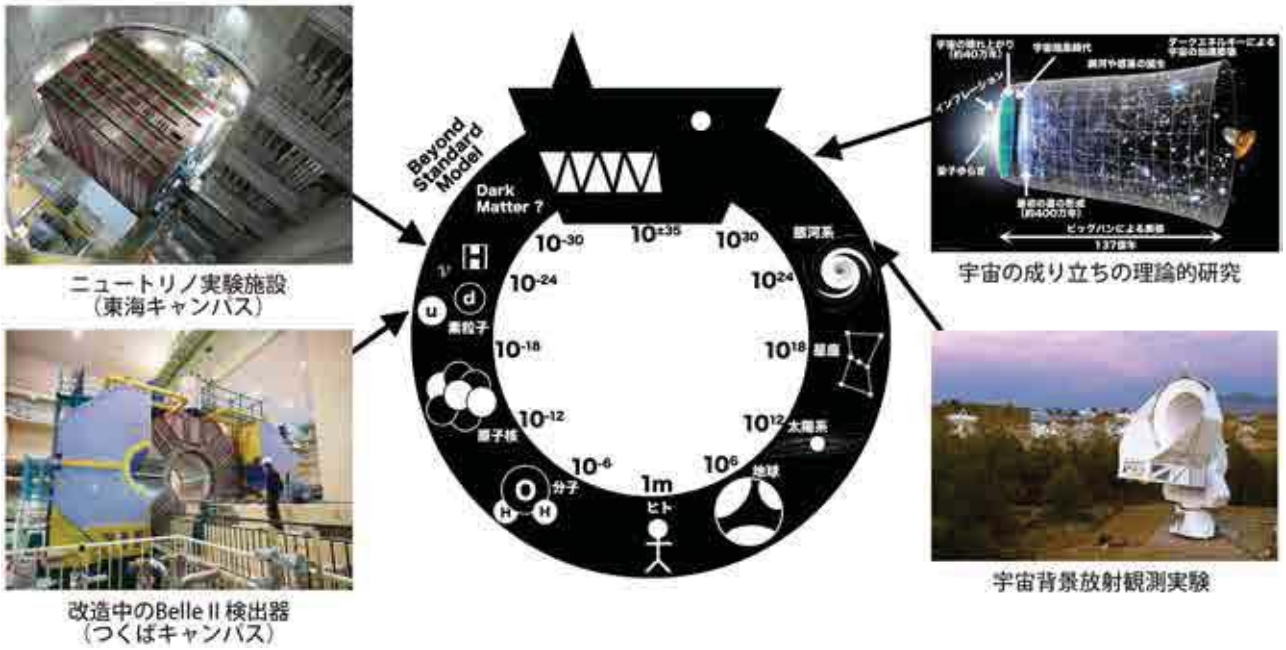
素粒子原子核研究所では、素粒子物理学、原子核物理学、宇宙物理学といった、極微な世界から広大な宇宙までの幅広い分野に対して、理論及び実験の両側面からの総合的研究を行っています。

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。 2015 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。

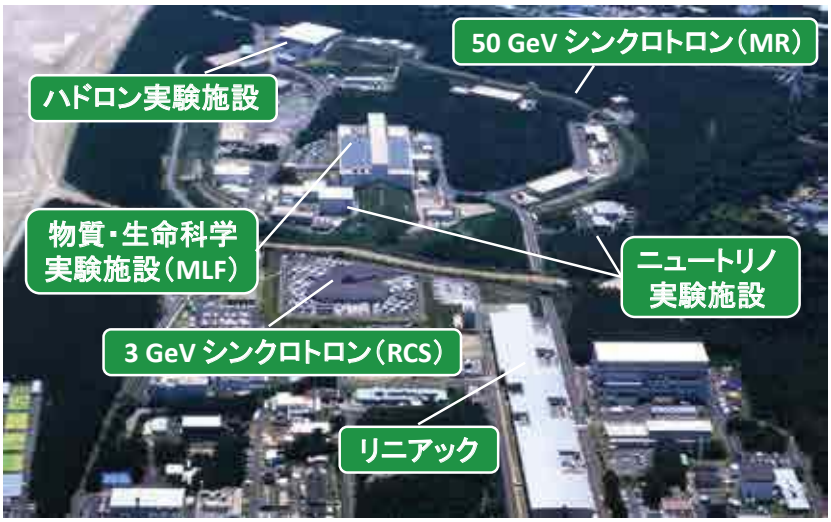
スーパーコンピュータシステム A
（日立製作所 SR16000 モデル M1）

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（2014 年 4 月現在）

合計：695 名

役員	7 名
所長・施設長	4 名
教員	357 名
技術職員	167 名
事務職員等	160 名

■ 総合研究大学院大学学生数（2014 年 4 月現在）

合計：54 名

加速器科学専攻	9 名
物質構造科学専攻	6 名
素粒子原子核専攻	39 名

■ 予算（2014 年度計画）〔単位：百万円〕

収入：43,150

運営費交付金	32,332
施設整備費補助金	6,212
補助金等収入	1,691
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	2,531
自己収入（雑収入）	245
国立大学財務・経営センター施設費交付金	61
目的積立金取崩	79

支出：43,150

業務費（教育研究経費）	29,732
施設整備費	6,273
補助金等	1,691
産学連携等研究経費及び寄付金事業費等	2,531
長期借入金償還金	2,923

■ 施設（2014 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	189,214 m^2
東海キャンパス	101,177 m^2	37,988 m^2

■ 沿革

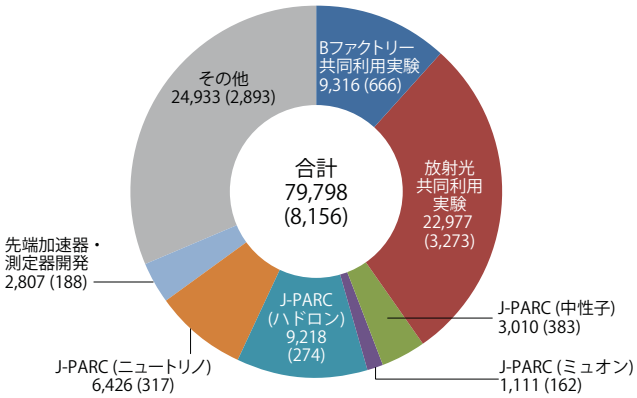
1955 年 7 月　東京大学原子核研究所設立（東京都田無町　現：西東京市）
1971 年 4 月　高エネルギー物理学研究所設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1978 年 4 月　東京大学理学部付属施設中間子科学実験施設設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1997 年 4 月　高エネルギー加速器研究機構設立（上記の 3 つの組織を改組・転換）
2004 年 4 月　大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足（法人化）
2005 年 4 月　東海キャンパスの設置
2006 年 2 月　J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

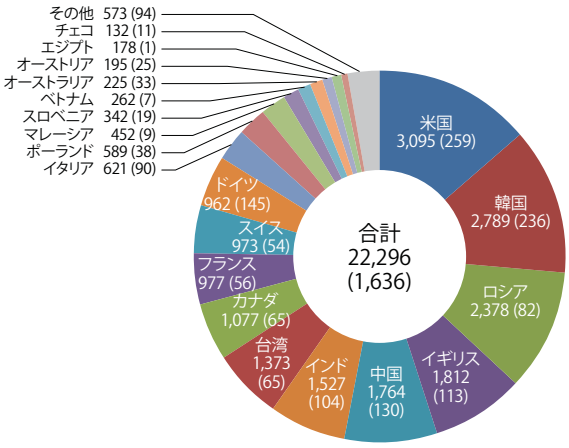
■ 共同利用実験の申請・採択・実施状況

項目 / 区分	2014 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	452	435	787
中性子実験（J-PARC）	117	100	81
ミュオン実験（J-PARC）	82	76	55
ハドロン実験（J-PARC）	1	0	13
ニュートリノ実験（J-PARC）	3	2	3
大型シミュレーション研究	53	53	53
合計	708	666	993

■ 2014 年度共同研究者等受入〔延人日（実人数）〕



■ 2014 年度外国機関共同研究者受入（国・地域別）〔延人日（実人数）〕



■ 2014 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	345
物質構造科学研究所	677
加速器研究施設	389
共通基盤研究施設	50
合計	1,461

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

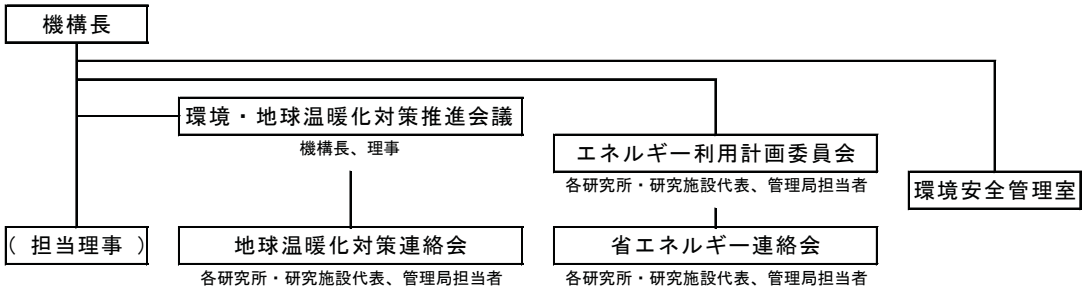
高エネルギー加速器研究機構は、研究・教育活動及びそれに伴うすべての事業活動において、地球環境の保全を認識し、環境との調和と環境負荷の低減に努めます。
以上を念頭に置きつつ、研究・教育活動を積極的に推進するとともに、地球環境を維持・承継しつつ持続的発展が可能な社会の構築を目指します。

◆ 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

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 2014 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.20 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	省エネルギー連絡会等及び施設部 HP で公表	○
	2014 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 省エネルギー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

2014 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	2,023 TJ
電力使用量	203 GWh
都市ガス使用量	1,496 千 m^3
石油燃料使用量	37 kL
水資源使用量	234 千 m^3

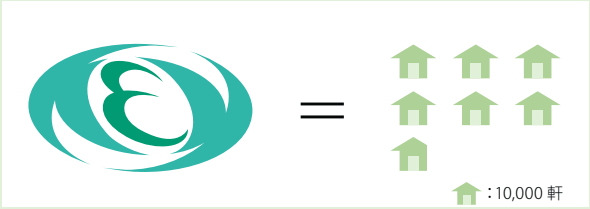
排出量

CO_2 排出量	115 千 t-CO_2
一般廃棄物排出量	85 t
産業廃棄物排出量	333 t
実験系廃棄物排出量	32 t
下水道排出量	109 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 254.8 kWh（出典 東京電力、2014 年）で、1 年間では 3,058 kWh（0.003 GWh）です。KEK の電力使用量は一般家庭の約 68,000 軒分になります。



※換算係数について

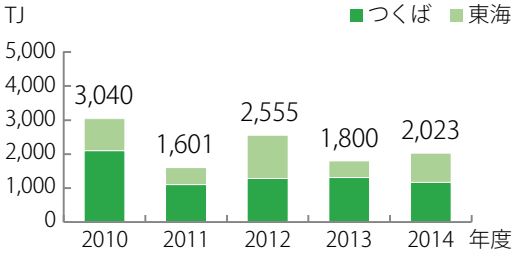
1. 2014 年度の総エネルギー投入量の計算に使用した係数は以下の通りです。
   - 電力：9.97 GJ/MWh（昼間）、9.28 GJ/MWh（夜間）
   - 都市ガス：45.0 GJ/ 千 m^3
   - 石油燃料：（ガソリン：34.6 GJ/kL・軽油：37.7 GJ/kL・A 重油：39.1 GJ/kL）
2. 2014 年度の CO_2 排出量の計算に使用した係数は以下の通りです。
   都市ガス及び石油燃料は、エネルギー単位（GJ）に換算した後、下記係数をかけて求めています。
   - 電力：0.551 t-CO_2/MWh（国が定める 2014 年度報告用代替値）
   - 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

2014 年度は、203,201 MWh の電力、1,496 千 m^3 の都市ガス、32.8 kL のガソリン、3.5 kL の軽油、0.8 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 2,023 TJ（1 TJ = 1,000 GJ）であり、前年度に比べ 12% 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。

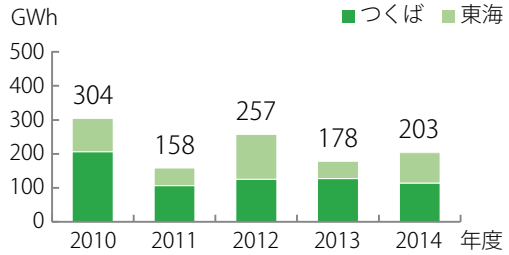


総エネルギー投入量の推移※1

■ 電力使用量

2014 年度は、J-PARC でハドロン実験施設以外の利用運転が再開したことで、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、電気料金の上昇に伴い、加速器運転時間の抑制を行っており、電力使用量は減少しました。また、省エネを励行しています。

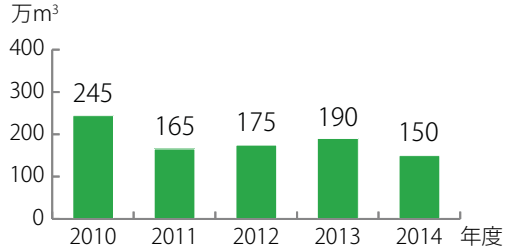
※2 J-PARC の電力使用量については、JAEA との協議による分担分を記載しています。



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おり、加速器運転時間の抑制に関連し、使用量は減少しました。

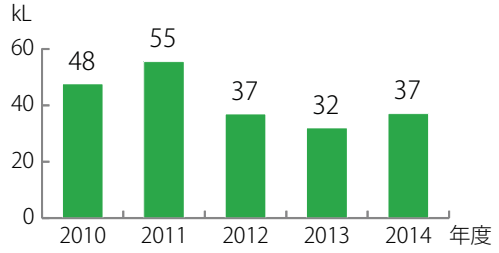


都市ガス使用量の推移

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



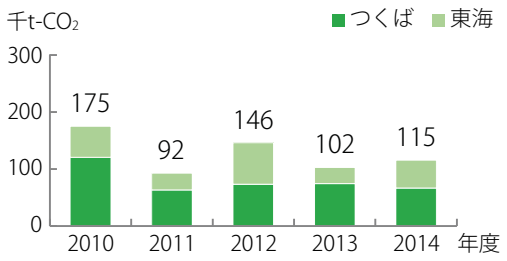
石油燃料使用量の推移

温室効果ガス

KEK 全体の排出量

2014 年度の総二酸化炭素排出量は 115,409 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。J-PARC で、ハドロン実験施設以外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増加しました。また、つくばキャンパスにおいては、加速器運転時間の抑制により減少しました。

※1 電力の換算係数は、2014 年度は、0.551 t-CO_2、2012,213 年度は 0.550 t-CO_2、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。

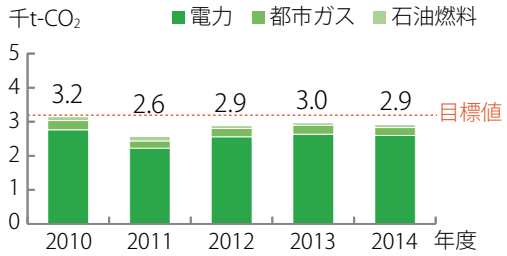


KEK 全体の CO_2 排出量の推移※1

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。

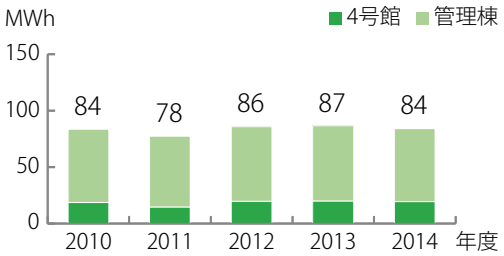
2012 年度以降は、同 2006 年度比 5% 減の目標値を維持することにし、二酸化炭素排出量削減のため、省エネパトロール、エネルギー使用量の職員への周知徹底などの努力を行いました。2014 年度は、2013 年度と比べると 2% 減で、2006 年度比では 13% 減となり、5% 減の目標達成を維持しました。



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。2014 年度は、合わせて 84 MWh を発電しました。



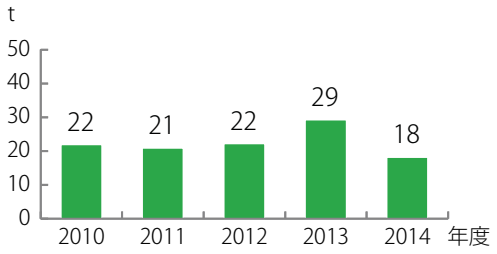
太陽光発電発電量の推移

物質

印刷用紙

2014 年度の印刷用紙購入量は約 18 t と減少しました。

KEK ではペーパーレス会議の開催に努めており、これによる印刷用紙の削減量は年間約 2.8 t にのぼります。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

グリーン購入

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。

2014 年度における特定調達品目の調達状況は、下記の通りです。

2015 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。

特定調達品目調達の実績

分野	品目例	全調達量	特定調達品目調達量	特定調達品目調達率
紙類	コピー用紙など	21,800 kg	21,800 kg	100%
文具類	ボールペンなど	63,875 個	63,875 個	100%
オフィス家具等	什器など	647 台	647 台	100%
OA 機器	コピー機など	20,793 台	20,793 台	100%
移動電話	携帯電話	2 台	2 台	100%
家電製品	冷蔵庫など	67 台	67 台	100%
エアコンディショナー等	エアコンなど	14 台	14 台	100%
照明	蛍光灯など	3,274 本	3,274 本	100%
自動車等	乗用車用タイヤなど	57 本	57 本	100%
消火器	消火器	21 本	21 本	100%
制服・作業服	作業服など	2,132 着	2,132 着	100%
インテリア・寝装寝具	カーテンなど	406 枚	406 枚	100%
作業手袋	作業手袋	21,668 組	21,668 組	100%
その他繊維製品	ブルーシートなど	20 枚	20 枚	100%
役務	印刷など	8,397 件	8,397 件	100%

※各調達数量は分野ごとの品目をすべて集計しています。

廃棄物

■ 一般廃棄物

一般廃棄物として 78 t の可燃物、8 t の不燃物を排出しました。2013 年度に比べ微減しました。今後もゴミの分別やリサイクルに対する意識の向上に努めていきます。

一般廃棄物排出の推移（5 年間）

	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度
可燃物	93,460	75,070	74,180	78,190	77,710
不燃物	9,360	7,720	8,610	10,440	7,740
合計	102,820	82,790	82,790	88,630	85,450

（単位：kg）

■ 産業廃棄物

産業廃棄物 333 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。2014 年度は、工事等によるコンクリートや木屑類などの排出量は減少しました。産業廃棄物としての金属屑はほとんど発生せず、リサイクルのために売却することができました（p.26 リサイクル参照）。また、PCB 廃棄物の処理は行いませんでした。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）

	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度
プラスチック	199,795	82,750	129,840	131,600	127,520
木屑	59,340	34,290	303,680	204,050	171,090
金属類	6,780	1,000	2,010	0	160
コンクリート、がれき類	9,540	43,820	99,290	52,870	34,119
蛍光灯	1,600	2,000	1,100	1,800	550
蓄電池	320	640	2,100	509	10
PCB 廃棄物	3,683	0	6,311	0	0
合計	281,058	164,500	544,331	390,829	333,449

（単位：kg）

■ 実験系廃棄物

2014 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 32 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。無機廃液 3.1 t のうち、ニオブ製超伝導加速空洞の電解研磨設備で使用された電解研磨液（フッ化水素酸と硫酸の混合液）が 1.9 t を占めています。また、SuperKEKB 建設工事に伴い、有機系防錆剤を添加した冷却水 13 t を排出しました。

実験系廃棄物排出の推移（5 年間）

	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度
無機廃液	3,711	5,672	5,086	2,443	3,175
有機廃液	6,888	3,788	5,819	5,071	22,789
廃油	2,790	5,748	1,408	14,306	3,465
写真廃液	0	602	0	0	0
廃水銀	0	0	0	313	0
固形物他	2,697	2,189	1,958	2,258	2,516
合計	16,086	17,999	14,271	24,391	31,945

（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。2014 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 23,160 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.33 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）

	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度
つくばキャンパス	0	0	0	0	0
東海キャンパス（J-PARC）	1,473	6,600	6,790	17,422	23,160
合計	1,473	6,600	6,790	17,422	23,160

（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 160 kg に対し、465 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）

	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度
古紙	19,290	64,030	59,430	65,190	49,420
金属屑	827,510	725,120	716,500	1,012,420	464,700
合計	846,800	789,150	775,930	1,077,610	514,120

（単位：kg）

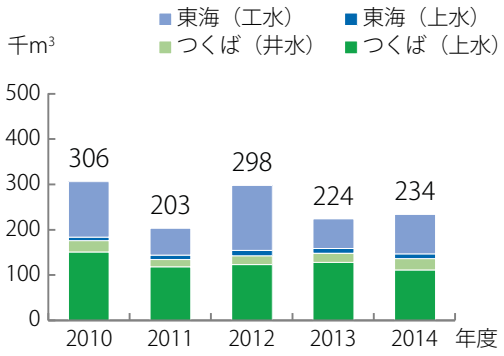
水資源

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。2013 年度に比べ、上水の使用量は減少し、井水の使用量は増加しました。

工水については、J-PARC でハドロン実験施設以外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。



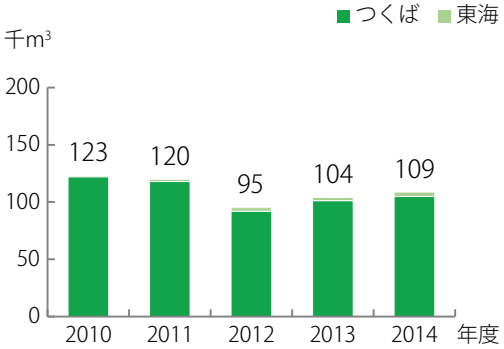
水資源使用量の推移※1

排出量

2014 年度、つくばキャンパスからは、105 千 m^3 の排水を公共下水道に排出しました。2013 年度に比べ 4% 増となっています。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。



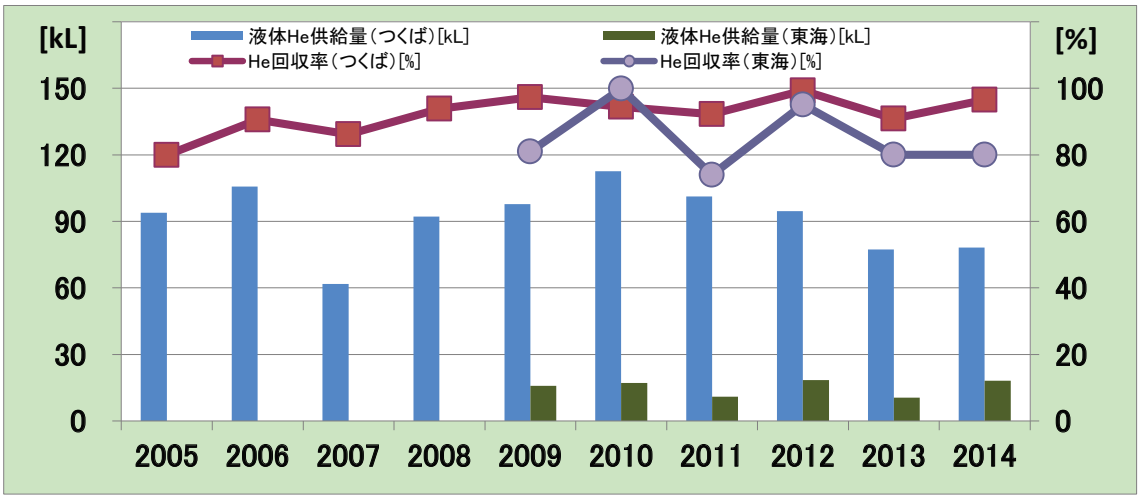
下水道排出量の推移

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

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。

2014 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	27	26	27	53	74	65
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。2014 年度の調査によると、KEK 全体で最大 397 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、排出量ゼロを目指して取り組みを行っていきます。

2014 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	213	部品の洗浄、器具の消毒・滅菌
アセトン	84	部品の洗浄
ソルミクス	49	部品の洗浄
ノルマルヘキサン	26	水質検査
その他	25	部品の洗浄など
合計	397	

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	2013 年度 *1 投資額（千円）	2014 年度 *1 投資額（千円）
地球環境保全コスト	12,325	18,339
ルームエアコンの更新	5,228	4,678
パッケージ型エアコン更新	4,420	10,692
照明器具の取替	1,530	1,101
網戸の取付	273	101
風除室の取設	872	0
計量器の取付（建物毎の上水、井水、電力使用量の把握）	2	1,767
資源循環コスト	72,389	78,261
一般廃棄物処理	1,734	1,643
産業廃棄物処理	5,784	5,812
PCB 廃棄物処理※ 2	0	0
実験系廃棄物処理	47,039	47,573
放射性廃棄物処理	17,833	23,233
管理活動コスト	42,795	38,601
環境報告書作成	672	380
冷温水発生機等ばい煙測定	580	580
植物管理	40,262	36,518
枯損木撤去	1,281	1,123
合計	127,509	135,201

*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 2013 年度、2014 年度ともに PCB 廃棄物の処理を行いませんでした。

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）	2013 年度 *1	2014 年度 *1	前年度比 *1
総エネルギー投入量（GJ）	1,799,983	2,022,674	112%
電力使用量（MWh）	178,118	203,201	114%
都市ガス使用量（千 m^3）	1,901	1,496	79%
石油燃料使用量（kL）	32	37	116%
水資源使用量（千 m^3）	224	234	104%
上水（千 m^3）	139	122	88%
井水（千 m^3）	20	25	125%
工水（千 m^3）	65	87	134%
下水道排出量（千 m^3）	104	109	104%
温室効果ガス排出量（t-CO_2）	102,307	115,409	113%
廃棄物排出量（t）	504	451	89%
一般廃棄物（t）	89	85	96%
産業廃棄物（t）	391	333	85%
実験系廃棄物（t）	24	32	131%
PCB 廃棄物（t）*2	0	0	—
放射性廃棄物排出量（L）	17,422	23,160	133%
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量（kg）	433	397	92%
NO_x 排出平均濃度（ppm）	43	44	102%

*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 2013 年度、2014 年度ともに PCB 廃棄物の処理を行いませんでした。

コラム

つくばキャンパスに咲くランの仲間 1

4 月、キャンパス内の林縁にキンラン（ラン科キンラン属）が黄色い華やかな花を咲かせます。キンランは環境省のレッドデータブックで絶滅危惧II類に指定されている貴重なランです。

キャンパス内は定期的に草刈りを行っており、林床が草に覆われずに済むため、半日陰に咲くような植物が育つことができます。

観察しているスポットでは、年々数が増えているので毎年楽しみにしています。

キンラン

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			2013 年度（千円）	2014 年度（千円）
収益	太陽光発電		1,476	1,625
	リサイクル		105,605	99,782
		古紙	751	665
		金属屑	104,854	99,117
推定的効果			**2013 年度（千円 / 年）**	**2014 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		25,131	29,946
		エアコン等の更新	265	410
		冷却水関連機器の停止	5,333	6,600
		変圧器の停止	19,533	22,936

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

コラム

つくばキャンパスに咲くランの仲間 2

6 月下旬から 7 月にかけて、キャンパス内の林縁にオオバノトンボソウ（ラン科ツレサギソウ属）が花を咲かせます。緑色の目立たない花のため、よく気を付けて探さないと見つけることはできません。ですが、トンボに似た花はとても愛嬌があり、見つけると嬉しくなります。

こちらも定期的な草刈りなど、適切な植栽管理を行わなければ、やがて姿を消してしまうでしょう。

キンランもそうですが、この花も筑波山で見られ、また、つくば市内の他の研究機関敷地内でも見ることができるそうです。

オオバノトンボソウ（ノヤマトンボ）

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へい体の中に設置し、遮へい体の中の空気、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 227 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 60 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。2014 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排水は各建物に設置した専用の排水槽に貯留し、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。

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、2014 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。

2014 年度は、使用を中止した低濃度 PCB を含有する高圧トランス 3 台、変圧器 2 台、高濃度 PCB を含有する照明用安定器 4 台を新たに登録し、適正に管理しています。また、PCB 保管場所の表示板の更新を行いました。今後も使用中の機器類の取り扱いも含め、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（2014 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	62	161
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	20	24,500
直流高電圧発生装置	2	3,000
変圧器	2	63
低濃度 PCB を含有する使用中機器		
高圧トランス	64	68,489
合計	338	97,672

環境関連トピックス

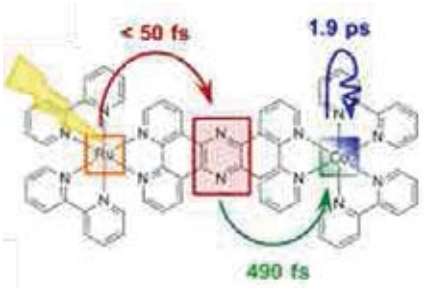
環境配慮に貢献する研究や環境に配慮した取り組みについて紹介します。

光合成の初期過程をモデル化合物で再現

KEK 物構研の足立伸一教授、野澤俊介准教授らは、理化学研究所、高輝度光科学研究センター、スウェーデン ルンド大学、デンマーク工科大学を中心とする研究グループとの共同研究により、光合成反応のモデル化合物内で電子が移動する過程を、X 線自由電子レーザー（XFEL）施設 SACLA を用いて可視化しました。

植物が行う光合成は、葉の中にあるクロロフィルという色素が光エネルギーを吸収することで、クロロフィルから電子が一つ抜け、別の分子へ移動することから始まります。これは光合成反応初期過程の最も重要なプロセスの一つですが、約 1 ピコ秒（1 ピコ秒＝1 兆分の 1 秒）という極めて短い時間内に進行するため、クロロフィルが光を吸収してから、電子一つが移動するプロセスは大きな謎に包まれていました。

研究グループは、クロロフィルにおける電子移動のモデル化合物として、ルテニウムとコバルトを含む分子を用いました。この分子に 0.1 ピコ秒という短い時間幅の可視光を照射すると、ルテニウムから 1 個の電子が抜け、抜けた電子が分子内を移動してコバルト側に移る様子を観測しました。このような金属原子の間の電子の移動過程は、X 線発光分光 [*1] という測定法で、また電子の移動に伴う分子構造の変化は、X 線溶液散乱 [*2] という測定法で精密に調べることができます。本実験では、可視光を照射した後に時間を追って X 線発光分光と X 線溶液散乱を同時に測定したところ、光照射から約 0.5 ピコ秒後にコバルト側に電子が移動して、コバルトの状態が三価から二価へと変化し、さらに約 2 ピコ秒後にコバルト原子周辺の分子構造が変化することが明らかとなりました。



光を吸収してルテニウム（Ru）からコバルト（Co）へ電子が移動するプロセスと時間

この結果は、植物の光合成を理解することに役立つだけでなく、光合成反応を模倣して、人工的に光エネルギーを化学エネルギーに変換する人工光合成の開発に役立つことが期待されます。研究グループは、この手法を用いて太陽光を利用した人工光合成のための光触媒の開発研究も精力的に進めています。

本研究は、文部科学省 X 線自由電子レーザー重点戦略研究課題の支援を受けて実施され、科学雑誌『Nature Communications』のオンライン版（3 月 2 日付け）に掲載されました。

[*1] X 線発光分光
物質の電子状態を調べるため手法の一つ。物質が X 線を吸収し、その後の緩和過程で発光する X 線をエネルギー分光することで物質の電子状態を調べる手法。

[*2] X 線溶液散乱
溶液中の分子の構造情報を得るための手法の一つ。溶液中の分子によって X 線が散乱され、その干渉パターンから分子構造を調べる手法。

関連サイト
2015 年 3 月 3 日　物構研トピックス　光合成の初期過程をモデル化合物で再現
http://www2.kek.jp/imss/news/2015/topics/0303RuCo/

福島の土壌が僅かなセシウムの取り込みにより多量のセシウムを呼び込むメカニズムを解明

―放射性セシウムが吸着した粘土鉱物のミクロな構造変化―

独立行政法人（現 国立研究開発法人）日本原子力研究開発機構 福島環境安全センター・量子ビーム応用研究センターの元川竜平研究副主幹、矢板毅ユニット長、KEK 物質構造科学研究所の遠藤仁准教授、一般財団法人電力中央研究所の横山信吾主任研究員、国立大学法人山形大学工学部の西辻祥太郎助教による共同研究グループは、土壌成分のひとつである粘土鉱物「バーミキュライト（図 1）[*1]」が、セシウムイオンを多量に取り込むメカニズムの解明に成功しました。この成果は、福島県の汚染土壌を取り扱う上で有用な知見を含んでおり、セシウムイオンの環境移行、土壌からのイオンの溶脱方法、減容化方法の開発など、福島県内の環境回復問題に大きく貢献することが期待されます。

土壌は、動植物由来の有機物、砂、礫、粘土鉱物など、様々な成分によって構成されています。このうち、粘土鉱物の一つであるバーミキュライトが今回の研究対象です。粘土鉱物は、厚みの薄いシート状の無機物が積み重なった構造をとっており、上下のシートの隙間（層間）に陽イオンを取り込む性質を持っています。これまで、福島県内の汚染土壌中で、バーミキュライトの層間にセシウムイオンが強固にかつ選択的に取り込まれることに関して、大きな関心が寄せられていました。その理由は、バーミキュライトがセシウムイオンを吸着するメカニズムを、原子レベルのミクロな世界で明らかにすることができれば、放射性セシウムによって汚染された土壌の減容化や安全な取り扱い方法、中間貯蔵施設 [*2] の安全性評価、環境中におけるセシウムの移行モデルの構築など、多くの場面でその知見が利用できるためです。

図 1.　バーミキュライト

今回、研究グループは、バーミキュライトの或る場所に放射性セシウムイオンが 1 個だけ吸着すると、その隣にもセシウムや化学的性質の類似したイオンが吸着しやすくなるため、その粘土層に多くのセシウムイオンが取り込まれることを明らかにしました。さらに、このことがきっかけで、2 つの粘土層がはがれ、それぞれの粘土層の表面にもセシウムが吸着しやすくなり、バーミキュライトに対してドミノ倒しのように、次々とセシウムイオンが吸着していくことを解明しました。

東京電力株式会社福島第一原子力発電所での事故以降、環境中に放出された放射性セシウムの土壌、河川、海洋での振る舞いや、除染技術の開発に関連する研究が数多く実施されています。その中でも、土壌の粘土鉱物成分である「バーミキュライト」、とセシウムイオンとの吸着メカニズムを明らかにすることは、大きな研究課題の一つに取り上げられていました。

従来の研究では、セシウムイオンを中心とする約 1 ナノメートル（1 メートルの 10 億分の 1）程度の空間の構造や物性に注目することで、バーミキュライトへの吸着メカニズムを明らかにしようとする取り組みがほとんどでした。これに対し、本研究グループではセシウムイオンのみならず、バーミキュライト側の構造変化にも注目し、セシウムイオンがバーミキュライトに吸着したときに起こる構造変化を、0.1-100 ナノメートルの幅広い空間スケールで観察しました。この実験には、メゾスコピックレベル [*3] の構造を観測することに最適なX線小角散乱法 [*4] という方法を用いました。

X線小角散乱法で得られたデータを詳細に分析したところ、セシウムイオンの吸着はバーミキュライト中の特定の層の間に、ある程度まとまった集団として（協同的に）取り込まれることがわかりました（図 2a）。そして、これ

が原因で 2 つの層がはがれることもわかりました（図 2b）。これは、一つのセシウムイオンが 2 つの層の間に吸着すると、その隣にもセシウムイオンが吸着しやすくなるため、2 つの層がはがれやすくなるのだと考えられます。さらに、はがれた 2 つの層の表面も新たな吸着サイトになることから、バーミキュライトはドミノ倒しのように次々とセシウムイオンを吸着していく特異な性質をもつことが明らかになりました。図 3 に、セシウムイオンの吸着に併せて進行するバーミキュライトの構造変化を模式的に示しました。

このように、セシウムイオンの吸着による粘土鉱物の構造変化を定量的に明らかにした報告は今までに例がなく、福島県の環境回復問題に有用な知見を与えています。また、本研究では、粘土鉱物の構造を分析するための定量的な理論モデルを構築することに世界で初めて成功しており、原子力分野のみならず、環境科学、分析化学、材料科学、ナノ構造科学など、様々な研究分野への応用も期待されています。

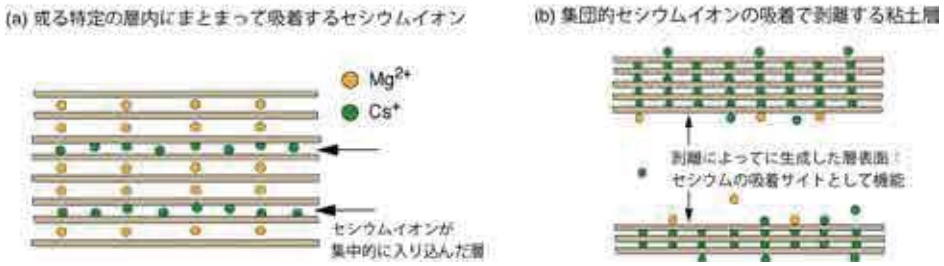


図 2.　セシウムイオンが層構造に吸着したときのバーミキュライトの構造変化

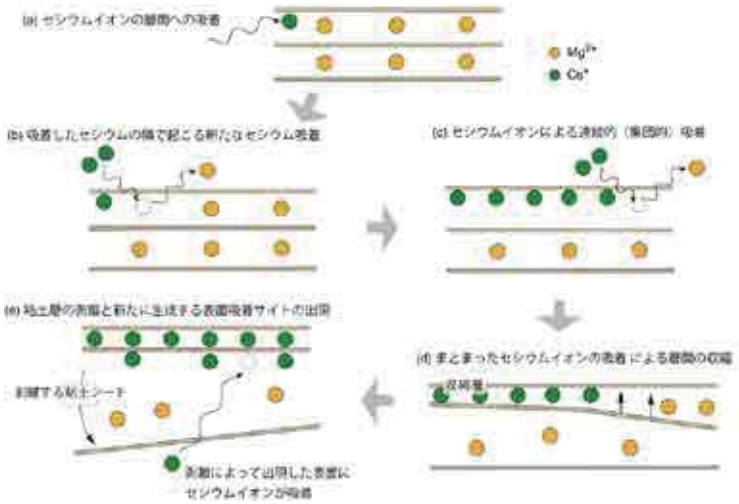


図 3.　ドミノ倒し的に吸着するセシウムイオンとバーミキュライトの構造変化

福島県内の土壌には、本研究で対象にされたバーミキュライト以外に、風化過程にある黒雲母やスメクタイトなど、セシウムイオンと相互作用する粘土鉱物が多く存在します。これらの鉱物についても今後、詳細な分析を進めていきます。また、X線を用いた分析のみならず、今後は中性子線 [*5] を利用する分析も実施する予定で、土壌からのセシウムイオンの除染や放射性廃棄物の減容化方法、新たな環境移行挙動モデルなどの提案へと発展させることが期待されます。

研究成果は、英国のネイチャー・パブリッシング・グループが発行するオープンアクセスジャーナル『Scientific Reports』に 10 月 10 日付でオンライン掲載されました。

*1 バーミキュライト
バーミキュライトは福島県内に偏在する粘土鉱物の一つで、セシウムイオンに対して非常に高い親和性を示す。国外では、過去の核実験等で汚染された地域において放射性セシウムとの関連で精力的な研究が実施されてきた。国内でも、東京電力株式会社福島第一原子力発電所での事故以来、頻繁に研究対象として取り上げられている。その構造は、ケイ素やアルミニウムの酸化物からできた薄いシート状の無機結晶が何層にも積み重なって形成されており、その層間に陽イオンを取り込むことが可能である。セシウムイオンもこの層間に取り込まれ吸着する。
バーミキュライトの産地は、南アフリカなど外国産が大部分をしめているが、国産バーミキュライトは、福島県産が有名で、焼成加工されたバーミキュライトは、園芸用の土壌改良材として広く一般販売されている。

*2 中間貯蔵施設
福島県において、除染で取り除いた土や放射性物質に汚染された廃棄物を、最終処分をするまでの間、安全に管理・保管するための施設。詳細は環境省HP（http://www.env.go.jp）を参照。

*3 メゾスコピックレベル
物質科学の研究分野ではミクロとマクロの中間領域の空間スケールを指す。ここでいうミクロとは、原子・分子レベルのサイズを指し、一般的には 0.1-1 nm の空間スケールを意味する。マクロとは 1 μm（= 1,000 nm）以上の空間スケールを指すことが一般的である。つまり、1-1,000 nm の空間スケールが本文中のメゾスコピックレベルに対応する。

*4 X 線小角散乱法
X 線を試料に照射すると試料内部の構造に依存して、X 線が様々な角度に、様々な強度で散乱される。この散乱されたX線のうち、散乱角が小さいものを観測する測定方法をX線小角散乱法と言う。散乱角が小さなX線には、上記のメゾスコピックレベルの構造情報が含まれるため、これを分析することで定量的な構造情報を得ることができる。

*5 中性子線
上記のX線小角散乱法に加えて、中性子小角散乱法という分析手法が存在する。X 線は試料中の電子と相互作用して散乱されるため、重い（原子番号の大きな）元素からの構造情報を抽出することに長けている。一方、中性子線は試料中の原子核と相互作用して散乱されるため、その散乱能は原子番号に比例せずに、それぞれの元素が固有の散乱能を示す。この場合、X線では検出が難しい水素からの構造情報を抽出することが可能となり、粘土鉱物中の水分子の挙動を調べることができる。従って、X線と中性子線の双方を相補的に用いることが、より詳細な試料の状態を明らかにすることに繋がる。中性子線の利用は、茨城県東海村に KEK と JAEA が共同で建設・運営している加速器施設（J-PARC）や JAEA の研究用原子炉（JRR-3）において実施することが可能である。

関連サイト
2014 年 10 月 31 日　プレスリリース
福島の土壌が僅かなセシウムの取り込みにより多量のセシウムを呼び込むメカニズムを解明
http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Release/20141031150000/

コレクタ電位降下型（CPD）クライストロンの開発

KEK 加速器研究施設 SuperKEKB-RF グループでは、大電力高周波源の一つである連続波型クライストロン *1 の効率改善を目指し、ジャイラトロン *1 にて実用化された CPD（Collector Potential Depression）*2 といわれる技術を取り入れた新たなクライストロンシステムの開発を行っています。クライストロンとは高周波（RF：Radio Frequency）の増幅型電子管であり、加速器では主に加速空洞への大電力 RF の供給装置として用いられ、荷電粒子（電子や陽電子など）の加速に使用します。SuperKEKB 加速器全体の場合、連続波 ～ 0.9 MW 出力のクライストロンを 30 本程度使用することになります。稼働においては、クライストロンのコレクタ部にて投入エネルギーの 40 ～ 50% が消費され、それは各種冷却装置を介した上で熱エネルギーとして大気へ放出されます（図 1）。

クライストロンの稼働効率を上げる事は、特に大電力かつ連続波で稼働する場合に重要な開発項目です。これは省エネルギーや地球環境温暖化対策等の社会的要請にも配慮することになり、また、常にそれが求められている状況です。2009 年度の概算要求から CPD 方式の実証的な検討ということで開発が認められましたが、

その後行われた事業仕分けの対象となりました。以降は機構内の手当てを元に開発を継続し、試験機の製造までこぎ着けるに至りました。

CPD 方式クライストロンの実証試験のための試作機は、1989 年に製造された従来方式のものを改修して製造されたものです。2013 年に 1 号機が完成し、2014 年までにクライストロンソケットにセットしました（図 2）。KEK は実際の稼働試験までを行う事ができる基本的な試験設備（高電圧、冷却設備など）を持っていますが、それでも安全に試験を行うために実験設備の整備は必要です。現在、CPD クライストロン特有の構造に起因する運転時における放射線、電波漏れ、CPD 動作時に発生するコレクタの電位に対する放電対策など原理実証試験に必要な設備の設計・建設を行っています。

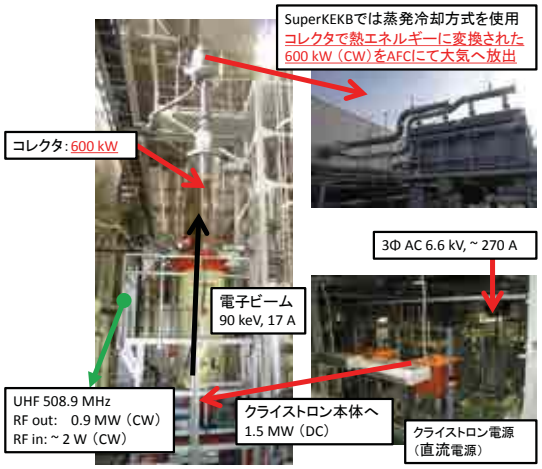


図 1.　クライストロンシステムの構成例

稼働試験では、高電圧、大電力、高温の冷却水等の状況下でまずは通常のクライストロンとしての動作の確認、次いでコレクタから外部へ電気的なエネルギーを取り出せるかの原理実証までを行います。試験の概念図を図 3 に示します。その際、取り出されたエネルギーは再利用せずに大電力用ダミー抵抗器等で消費させます。このため、直流高電圧の発生回路（マルクス回路）の部分は試験当初、ダミー抵抗器とする予定です。

最も重要なのは CPD クライストロンから電気的エネルギーが回収できるか、その結果がシミュレーションと比較して妥当かどうかであり、取り出された電気的エネルギーをどのラインに戻して再利用するか（直流ラインか交流ラインかということ）は詳細な検討が必要です。

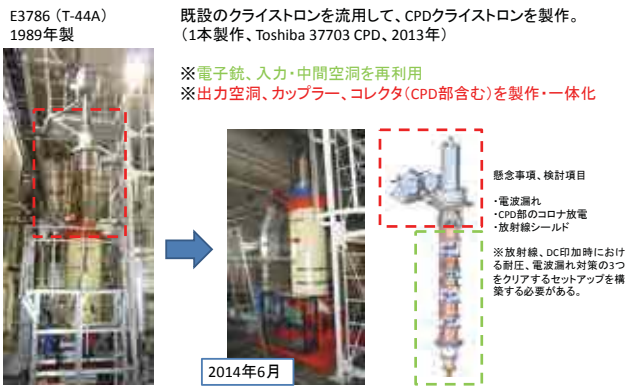


図 2.　従来型を改修して製作した CPD クライストロン 1 号機

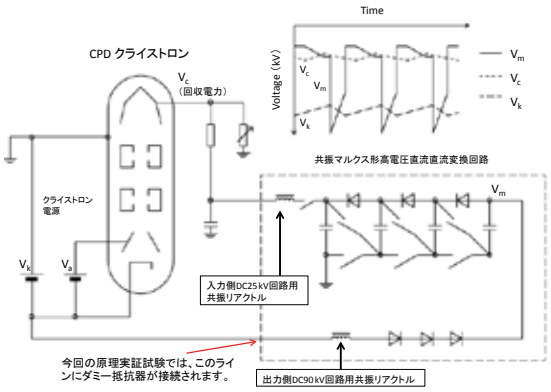


図 3.　原理実証試験の概念図

*1 ジャイラトロンとクライストロン
ジャイラトロンとクライストロンはともに大電力の高周波を発生できる電子管（大型の真空管）である。前者は「発振管」で、出力位相の制御が困難なため、加速器で使用される事はほとんどなく、プラズマ加熱などの用途に使用される。それに対し、後者は「増幅管（RF のアンプ）」で、位相も含めて出力の制御が可能であるため、電子や陽電子等の加速器における高周波源として使用されている。また、レーダー（航空機の管制、気象・雨量観測など）や放送用送信機等の設備でも使用される事があり、日常生活において私たちが意識しないで恩恵を受けている機器の一つである。

*2 CPD（Collector Potential Depression）
ジャイラトロンの効率改善のために実用化された技術。電位降下形のコレクタを搭載し、ボディーコレクタ間に高圧を印加することでコレクタへ入射される電子ビームが減速され、結果、熱エネルギーとして捨てられるはずの電子ビームから電気的エネルギーを取り出す方法。1990 年代に核融合関連の実験用に開発、電源回路も含めて実用化された。30% 台の効率が 50% 台まで改善した実績がある。

Green500

高エネルギー物理学の実験は加速器や測定器の高性能化により高精度化してきており、それに呼応してシミュレーションによる精度の高い理論予想が必要になってきています。シミュレーションによる理論研究は今後増々重要になり、大規模なシミュレーション研究を実施するには、大規模な計算機（スーパーコンピュータ）が必要とされています。

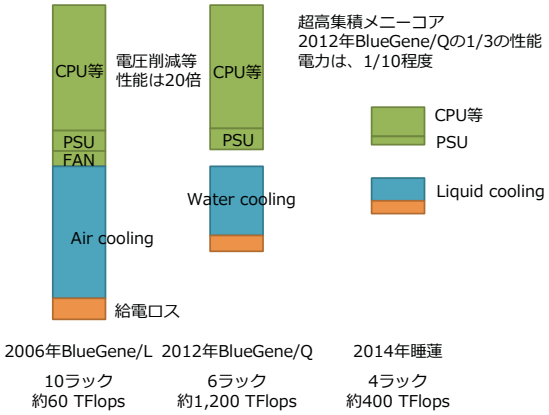
KEK 計算科学センターでは、ExaScaler 社が開発した小型スーパーコンピュータ「Suiren（睡蓮）」[*1] を導入、運用しており、素粒子・宇宙などの基礎科学のための大規模シミュレーションなどのアプリケーションの検証評価ならびに運用の課題抽出を目的として、2014 年より同社と共同研究を開始しました。この睡蓮は、PEZY Computing 社が開発した低消費電力のメニーコアプロセッサ [*2] を搭載することによって、消費電力当たりの性能を飛躍的に向上させています。

Suiren（睡蓮）システム

Green500 認定書

睡蓮は設置後、線形計算のベンチマークを行い、2014 年 11 月に米国ルイジアナ州ニュー・オーリンズで開催された「SC14（The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis 2014）」国際学会にて発表されたスパコン性能ランキング Top500[*3] では、178.1 TFlops[*4] で 369 位に、消費電力性能ランキング「The Green 500 List」[*5] では 1 ワット当たり 4,946 MFlops（演算性能 187.11 TFlops 時）を記録し、世界第 2 位を獲得しました。更にチューニングを進めることで 25.5% の消費電力性能の改善を実現し、2015 年 3 月 19 日には 1 ワット当たり 6,217 MFlops（演算性能としては前回を 13.8%上回る 202.64 TFlops）を記録しました。

スーパーコンピュータシステム運用の課題は、発熱と消費電力です。これまでのシステムを振り返りながら睡蓮と発熱・消費電力について説明します。本センターで 2006 年に導入した IBM 社の BlueGene/L の冷却は、空調機による空冷方式でした。床下から約 10 m/s で送風するため、マシン室には 10 台以上の空調装置を設置しました。一般にシステムは演算を行う CPU やメモリの他、PSU（交流電流を直流電流に変換する電力供給ユニット）、発熱する場所に強制的に送風するためのファンなどから構成されます。冷却には、これらのシステムに要する消費電力と同程度の空調動力が必要でした。2012 年に更新され、現在も運用が続いているスーパーコンピュータシステムは、BlueGene/L の孫世代にあたる IBM 社の BlueGene/Q です。BlueGene/Q は導入当時、消費電力 1 ワット当たりの演算処理性能によるランキング Green500 で世界 1 位の低消費電力でした。冷却方式は空冷から水冷になり、CPU 内部の電圧を下げたことに加え、CPU システムの熱交換率を高めたことで動力電力を削減することが可能になりました。更に水冷方式では、スペース効率を高くすることができたため、1 ラック当たりで約 200 TFlops と前機種である空冷方式の



スパコン運用のための消費電力量の概念図

BlueGene/L に比べて 35 倍ほど集積化が可能になりました。システム全体としては約 20 倍の性能のシステムを構築することができ、動力の消費電力も熱交換の効率化により約半分にすることができました。

今回の睡蓮の冷却方式は、フッ素系不活性液体を入れた水槽に計算システムを浸すという画期的なアイデアである液浸方式です。この液体は、高い絶縁性に加えて沸点が高く、揮発性が低いのが特徴です。水より密度が高く、体積当たりの冷却性能が高いため、半導体製造装置、整流器や加速器でも使われています。

睡蓮にフッ素系不活性液体を注ぐ様子

直接 CPU やボードなどを液に浸して熱交換を行いますが、水槽は開閉方式なので、保守のための作業も容易にできます。この液体は発火性もなく、粘度も低く、無臭無毒であり、短時間に交換作業が可能です。オゾン破壊係数ゼロで、オゾン層にも影響を与えません。

この冷却方式は、低消費電力化としてばかりではなく、省スペース化も可能としました。

睡蓮は演算性能としては、BlueGene/Q の約 1/3 の約 400 TFlops ですが、超高集積メニーコアを用いることにより、全体の消費電力は、BlueGene/Q の 3 倍以上の効率化が図られました。加えて、システムの冷却のための消費電力も計算システムの約 50%となっています。

2015 年 6 月より睡蓮の 2 号機である、より集積度をあげた「青睡蓮」の試験が開始されました。約 1 畳程度のスペースに約 400 TFlops の性能を有しています。2015 年 7 月のランキングでは、Top500 で睡蓮が 206.6 TFlops で 366 位、青睡蓮が初期動作時の値ながら 193.9 TFlops で 392 位の結果が得られました。なお、消費電力性能については 1 ワット当たり、睡蓮が 6,217 MFlops、青睡蓮が 6,842 MFlops となっています。

*1Suiren（睡蓮）
KEK 計算科学センター内に 2014 年 11 月 1 日より「Suiren（睡蓮）」として稼働を開始した国産小型スパコン。わずか 6.3 平方メートル程の非常に小さな室内設置面積に、小型の液浸冷却槽 4 台と冷媒循環用の配管だけの極めて小規模な構成（「ExaScaler-1」）となっている。理論上の最大演算性能は倍精度浮動小数点演算で 395 TFlops である。

*2 メニーコアプロセッサ
コンピュータ中の計算やその制御を行う単位をコアといい、1 つのプロセッサ内に多くのコアを持つものをメニーコアプロセッサと呼ぶ。これらのコアはそれぞれ独立に並行して計算を行うことができ、消費電力を抑えながら高速の計算を可能にする技術の 1 つである。

*3Top500
「Top500」とは、年に 2 回スパコンの研究者により発表される世界中のスパコンの性能ランキングで、そのうち一回は国際学会 SC（International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis）で発表される。ランキングで比較される性能は、指定されたプログラムの実行速度により評価される。

*4TFlops（テラフロップス）、MFlops（メガフロップス）
1 秒間に 1 回の浮動小数点演算（実数の足し算、掛け算）を行うことができる性能を 1 Flops と呼び、T（テラ）はその 10 の 12 乗（1 兆）倍を、M（メガ）はその 10 の 6 乗（百万）倍を表している。1 TFlops は 1 秒間に 1 兆回の演算を、1 MFlops は 1 秒間に百万回の演算を表す。

*5The Green 500 List
「The Green 500 List」とは、「Top500」に入る性能を持ったスパコンを、演算処理性能の絶対値ではなく消費電力 1 ワット当たりの演算処理性能によりランク付けしなおしたもので、省エネ対策も考慮した計算効率を測る指標として次世代スパコンの開発でも注目されている。

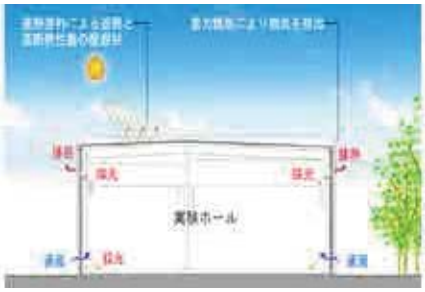
機構内工事における環境配慮

建築物等の環境配慮

建築工事現場においては、環境に配慮した機材や資材を積極的使用して工事を行っています。
また、計画段階から、建物の使用時において環境負荷が少なくなる設計を行っています。

■ 建設・土木工事

2014 年度に整備した超伝導加速器利用促進化推進棟は、自然を利用したエコシステムを採用しています。
ホール窓において、効率的に自然換気ができるように連窓とし、壁も断熱に優れたパネルを採用しています。さらに屋根は高断熱性の屋根材を使用し、遮熱性のある塗料を採用しています。
また、リサイクル材である、再生アスファルト混合物（約 136 t）、再生骨材等（約 184 m^3）を使用しました。



自然を利用したエコシステム

超伝導加速器利用促進化推進棟

■ 電気設備工事

LED 照明器具を積極的に採用しています。
2014 年度に整備したハドロン南実験棟等では、従来型の器具を使用した場合と比較して 50% 消費電力を削減しています。

ハドロン南実験棟 高所天井LED照明器具

■ 機械設備工事

実験研究上必要な冷却水設備の構成機器は、積極的に高効率型を採用しています。
2014 年度に整備した 3M,6M,9M,12M 機械棟の冷却水ポンプでは、年間の CO_2 量を 52 t、消費電力で 112,680 kWh を削減しています。

3M 機械棟 冷却水ポンプ

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。

2014 年度は、59 件の出前授業を実施し、約 3,800 名を超える方々が参加しました。小学校・中学校からの依頼が増えてきており、講師達も工作や実験を組み合わせた楽しい授業を目指して努力しています。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

霧箱観察実習の模様（茨城県）

分光器制作実習の様子（東京都）

これまでに KEK キャラバンを行った都道府県（2015 年 5 月末現在・269 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。

2014 年度は、8 月 19 日（火）から 27 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 8 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 2014」が KEK つくばキャンパスで開催され、素粒子・原子核コースに 52 名、物質・生命コースに 26 名が参加しました。

また、物質・生命コースでは、加速器の運転している時期に実際に量子ビームを用いた実習を行っており、12 月 6 日（土）、7 日（日）の 2 日間にわたって、つくばキャンパスではフォトンファクトリーで放射光を用いた実習が、東海キャンパスでは J-PARC 物質・生命科学実験施設で中性子を用いた実習が行われ、8 月の参加者のうち 21 名が参加しました。

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、2014 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。3 回目となる今回は、4 月 3 日（木）、4 日（金）の 2 日間にわたり開催され、31 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。8 回目となる今回は、8 月 6 日（水）から 9 日（土）の 4 日間にわたり開催され、21 名が参加しました。

ウインター・サイエンスキャンプは、科学技術振興機構が主催する高校生が大学や研究機関等で科学技術を体験する合宿プログラムで、KEK では、測定器の製作・調整、データの取得・整理、成果発表などを少人数のグループに分かれて体験します。今回は 12 月 23 日（火）から 26 日（金）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

ウインター・サイエンスキャンプの実習の模様

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。2014 年度は全国から 16 校 550 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。

2014 年度は、小学校 1 校、中学校 2 校、高校 4 校から 26 名が職場体験に訪れました。

KEKB 加速器を見学している模様

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。

2014 年度は、11 月 8 日（土）、9 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、「謎の素粒子ニュートリノ」と題した T2K 実験の展示と、おもしろ実験教室として「霧箱」及び「超伝導コースター」を体験できる出展を行いました。

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。

2014 年度は 3 回開催し、延べ 429 名の来場者がありました。

第 50 回 KEK コンサートの模様

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。

2014 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 110 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。

ふるさと文化財の森のプレートと茅刈りの模様

産学官の連携活動

つくばイノベーションアリーナ

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）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。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。

2014 年度には、KEK を含む TIA 中核 4 機関が強く連携し、次の二つの事業を開始しました。(1)「科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業」に基づいて Nanotech Career-up Alliance（Nanotech CUPAL）を設立し、我が国のナノテク研

究人材のキャリアアップと流動性向上を目指しています。(2) SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）課題「革新的構造材料」の中で、中核 4 機関の豊富な先端的計測技術を活かして、拠点型研究開発課題「構造材料の未活用情報を取得する先端計測技術開発」を推進しています。

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 は鈴木厚人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、光ビームプラットフォームが KEK を代表機関とし、スタートしました。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ています。

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。2014 年度は、一般見学者が 6,747 名、団体見学者が 7,430 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、2014 年度の見学・視察者数は延べ 3,136 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。

2014 年度は 4 月 14 日（月）から20 日（日）に開催され、KEK では「宇宙・物質・生命の謎に迫る」と題して施設の一般公開を行い約 570 名が見学に訪れました。

筑波実験棟（Belle II 測定器）見学の模様

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。

2014 年度は、9 月 13 日（土）に実施し、県内外から約 3,500 名の方々の来場がありました。

一般公開の目玉である特別講演では、日本大学文理学部化学科の尾関教授による「ポリ酸の化学ー結晶構造が解き明かす酸化物の多彩な姿」と、KEK 素核研の羽澄教授による「宇宙マイクロ波背景放射 138 億年の旅」が行われ、それぞれの分野での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。

超伝導リニアック試験施設（STF）見学の模様

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 7 日（土）に開催され「陽電子科学の最前線」をテーマに 2 つの講演が行われ、140 名の方々が参加しました。

秋の公開講座は、11 月 29 日（土）に開催され「謎の素粒子ミュオンーその意外な素顔ー」をテーマに 2 つの講演が行われ、105 名の方々が参加しました。

春の公開講座の模様

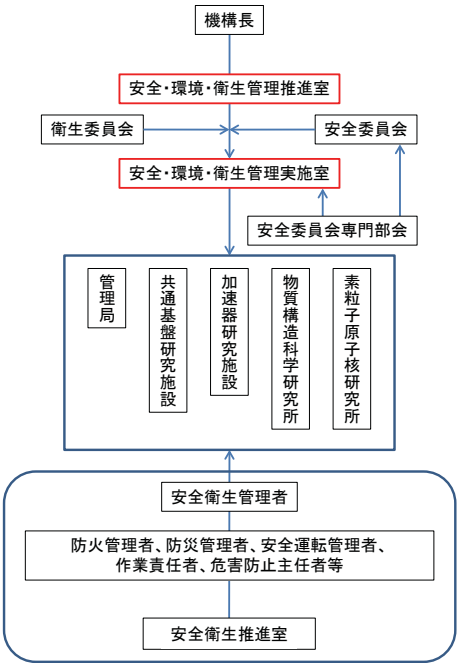
安全安心文化の醸成

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と体制整備を行っています。

安全管理体制

KEK では、具体的な安全の取り扱いを定めた危害予防規程や関係法令等に基づき、各種取扱主任者や安全責任者を選任、配置し、安全管理を行っています。

KEK 全体の安全管理に関する方針、計画を策定するため、機構長のもとに安全･環境･衛生管理推進室を 2013 年度に設置しました。同推進室では安全委員会、衛生委員会などからの調査結果や提案を基に計画を策定しています。また、策定した計画の実施のために各研究所、施設、管理局の長をメンバーとした安全・環境・衛生管理実施室を設置し、安全衛生推進室、安全衛生管理者、各研究開発現場の責任者と密接に連携し、安全管理に努めています。



安全管理体制組織図

安全文化醸成のための取り組み

6 月には、安全ヒヤリハット募集箱を各建物に設置しました。職員のみならず広く共同利用研究者や業者の方々から、「ヒヤリハット（危険事象）」の報告を求め、各ヒヤリハット要因と複数のヒヤリハットの背景要因を分析し、安全管理計画に反映させています。

10 月 20 日から 10 月 24 日までの間を安全法令遵守週間と定め、種々の安全講習などを行い、機構職員の安全法令遵守意識の向上に努めました。遵守週間は初日の機構長によるスタートアップ宣言に始まり、早稲田大学の小松原明哲先生による安全特別講演会、安全衛生講習会、法令遵守・コンプライアンス研修会、情報セキュリティ講習会、心肺蘇生と AED 講習会、KEK で過去に起こったヒヤリハット事象のパネル展示、防火防災訓練などを実施し、講習会、講演会には、延べ 797 名の職員が参加しました。さらに期間中に機構長ほか安全・環境・衛生管理推進室のメンバーによる機構内の安全巡視を行いました。また、2013 年までの事故・ヒヤリハット事象リスト中の重要項目の追跡状況の綿密な調査を行い、対応状況の確認を行いました。

地域の安心のための取り組み

つくばキャンパスの敷地境界 3 ヶ所の放射線モニターを WEB 公開（http://rcwww.kek.jp/monitors/）しています。また、9 月 13 日に開催した一般公開では、「安全への取り組み全般」、「J-PARC における安全への取り組み」、「化学安全」、「電気安全」、「高圧ガス安全」、「遺伝子組換え実験」、「レーザー安全」、「放射線安全」の 8 つの項目についてパネル展示を行い、機構内で行っている安全への取り組みについて来場者に説明しました。

住民説明会

J-PARC センターでは、2013 年 5 月 23 日に発生したハドロン実験施設における事故を受け、再発防止と安全管理体制の強化に取り組みました。再発防止策に対応した改修工事などを終え、関連自治体による立入検査、第三者委員会などを経て、2015 年 3 月 24 日に茨城県知事と東海村村長に再発防止に係る措置報告書を提出しました。そして、地域住民の皆様に再発防止に関するこれまでの取り組みを説明する会を 4 月 3 日、4 日、5 日に開催し、延べ 67 名の方にご参加いただきました。

説明会では、J-PARC センターより改めて事故についてのお詫び、及び事故のあらましと問題点の説明をし、その後、施設・機器に対する再発防止の実施状況、安全管理体制の強化と安全意識の向上への取り組みを報告しました。参加された方々からの多くの質問に一つ一つお答えするとともに、今後のさらなる安全対策向上と安全な施設運営の維持に関して貴重なご意見、ご指摘をいただきました。

J-PARC ハドロン実験施設事故 関連情報
≫ http://j-parc.jp/HDAccident/HDAccident-j.html

東海村・真崎コミュニティーセンター
（4 月 4 日）

東海村･テクノ交流館リコッティ（4 月 5 日）

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 回の特別定期健康診断（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産業医による安全衛生講習会として、「くだらなくて、つまらない「ちょうじゅ」のおはなし」をテーマに、つくばキャンパス及び東海キャンパスでそれぞれ開催しました。

その他、管理監督職員を対象とした「職場の健康ケアに関する講習会」と全職員を対象に「心身の健康を守るストレス対処術」と題した健康セミナーを東海キャンパスとＴＶ会議で接続して実施し、健康管理の維持・増進に努めました。

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 136 回（累計 219 棟）実施し、指摘事項は 126 件あり、92% が改善されました。また、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。

なお、2014 年度においても物品等の転落転倒防止や避難経路の確保などをはじめ、更なる安全衛生の確保を目的に巡視点検等を行った結果、指摘件数が増加しました。

AED 設置と取扱訓練

AED（自動体外式除細動器）は、2015 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、2014 年度は、「安全・法令遵守週間」のイベントのひとつとして、つくばキャンパスにおいて「救命救急・AED 講習会」を実施し、24 名の職員等の参加がありました。

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別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。2014 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

つくばキャンパスでは、機構全体規模で大規模地震の発生から火災に至るとの想定で防災防火訓練を実施したほか、1 支部 3 支部隊で 4 回、独自に防災防火訓練等を実施しました。

東海キャンパスでは、J-PARC センターとして避難訓練や消火器取扱訓練等を行ったほか、JAEA 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

2014 年度、つくばキャンパスでは交通事故 12 件、ケガ･病気 8 件、その他事故（作業中の物損など）が 5 件あり、交通事故が増加したことから構内での交通ルールの遵守について周知を行いました。幸いにして大事故に至ることはありませんでした。

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。

2014 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、構内における火災時の対応や各種安全の説明を行い、安全確保に努めています。

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制度や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やベビーシッター割引券の利用による費用補助も行っています。

2014 年度は、女子休憩室及び女子トイレの増設について検討を重ねた結果、次年度の増設が決定し、雇用環境の向上が図られました。

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

ACS	Annular-ring Coupled Structure Linac	環状結合空洞型リニアック
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
CPD	Collector Potential Depression	コレクタ電位降下型
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 Lab	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
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
PSU	Power Supply Unit	電源ユニット
RCS	Rapid Cycling Synchrotron	3 GeV シンクロトロン
RFQ	Radio Frequency Quadrupole Linac	高周波四重極型リニアック
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
SACLA	SPring-8 Angstrom Compact Free Electron Laser	理研 X 線自由電子レーザー施設
STF	Superconducting Accelerator 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
XFEL	X-ray Free Electron Laser	X 線自由電子レーザー

用語

用語	頁数	説明
B 中間子	12	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。
B ファクトリー実験	13,17	B 中間子とその反粒子である反 B 中間子を大量に生成し衝突させ、そこから現れる現象を精密に測定することで、B 中間子の系における **CP 対称性の破れ**を測定するための実験である。
CP 対称性の破れ	55	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	8,9, 15,34	電子ボルト。 1 ボルトの電位差 (電圧) で加速された電子の運動のエネルギー。エネルギーの一般的な単位である J (ジュール) で表すと、1 eV は 1.6×10^{-19} J となる。 1 keV = 1,000 eV, 1 MeV = 1,000 keV, 1 GeV = 1,000 MeV
エネルギー回収型リニアック (ERL)	1,13, 19	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)	1,13, 19,48	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)	13	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)	1,8, 9,12, 13,14, 15,16, 17,22, 23,26, 27,34, 39,45, 48,51, 52	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）	8,12,15,46	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）	13,49,52	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	3,12,13,15,17,46	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	8,12,13,15,17,22,23,27,43,51	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	55	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	11	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	1,6,7,11,13,17,45,48	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）	1,13,29	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	6,7,8,11,13,15,17,49	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/index.html
加速器ってナニ？
≫ https://www2.kek.jp/kids/accelerator/index.html
カンタン物理辞典
≫ https://www2.kek.jp/kids/jiten/index.html

第三者意見

KEK の環境報告 2015 について、ご意見をいただきました。

まつばら　しげる
松原　滋　氏

野村興産株式会社　営業部課長
大学等環境安全協議会理事

大学等環境安全協議会の理事を仰せつかっている関係で、高エネルギー加速器研究機構（以下 KEK）「環境報告 2015」の第三者評価を求められたものと理解しておりますが、実は、弊社は、2007 年に東海村に建設中であった大強度陽子加速器施設（J-PARC）に使用される精製水銀 20 トンを納入し、それを機に社員一同で施設を見学させていただいた経緯があります。とは言うものの、私自身は KEK を訪問したことがないため、今回の第三者意見を述べさせていただくための契機として組織の仕組みや活動内容および研究成果を調べさせていただき、改めまして、その概要を知るところとなりました。

「環境報告 2015」を読ませていただいた感想としては、まず、KEK 大型加速器が世界トップレベルの高精度施設であり、その研究成果として基礎科学及び応用科学はもとより、ピーター・ヒッグス名誉教授が 2013 年ノーベル物理学賞を受賞されたテーマとなった、ヒッグス粒子存在の証明など最先端科学における推進に大きな役割を果たして来られたことを大いに痛感いたしました。

さて、私の第三者意見ですが、環境報告に関しては、環境活動とその結果が具体的に数値化され、大変分かりやすい内容となっております。特に、一般需要による CO_2 排出量については、建物面積が増加しているにもかかわらず 2006 年度比で 13% の削減を達成するなど、教職員一丸となった環境負荷低減への取組は称賛に価するものと考えます。加えて、光合成反応のクロロフィル代替物質による再現研究など、環境配慮に貢献する研究を精力的に進められていることから、環境活動に対するモティベーションの高さも理解できます。

一方で、2013 年と 2014 年を比較すると環境負荷が削減されている項目が散見されるものの、2012 年と 2013 年を比較すると環境負荷が増加している項目もあり、環境活動の成果なのか、偶発的に良好な結果となったのか、少々見え難い部分もあります。環境負荷の増加項目における要因の記載があれば分かりやすいと考えます。更にコメントしますと、グリーン購入調達量の状況が、国内外における同レベルの施設に比べ、適切であるのか比較する情報が欲しいところであります。また、特定調達品目であるとは言え、蛍光灯など長期使用可能製品を毎年数千本規模で交換することが、環境負荷低減活動として果たして相応しいものなのかどうか総合的に自己評価され、例えば、蛍光灯は平均耐久寿命まで使用し、白熱球のように比較的寿命が短いものは LED ランプに交換を行うなど、対策の再検証を期待いたします。

以上、愚論を長々と述べさせていただきましたが、なにより、KEK の先進的な環境配慮行動と今後の更なる高度な物理学研究の発展を期待して、第三者評価とさせていただきます。

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 2015 をお読みいただきありがとうございます。

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掛けましたが、どのようにお感じになったでしょうか。

環境報告に対する第三者意見として、今年度は、野村興産株式会社に所属され、大学等環境安全協議会の理事としても活動しておられる松原滋様にご意見をいただきました。今回の評価では、KEK における一般需要の省エネルギー方針とその成果に対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。特に KEK の積極的な環境活動による環境負荷低減と研究環境や研究内容の変化などによる偶発的な環境負荷の増減などについてきっちりと切り分けて公表、説明する必要があるとのご意見は大変納得のいくものと感じています。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 の環境報告は今回で 10 回目の発行となります。年を追うごとに内容を充実させ、さらにわかりやすく見やすい表現となるよう努力して参りましたが、まだまだ不十分な点があるかと思います。今後とも読者の皆様のご意見をお聞きし、さらに充実したものにしていく所存です。また 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、環境報告 2015 作成ワーキンググループのメンバー、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。

2015 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

J-PARC の RCS 建屋から茨城港方面を描いた、見開きの油彩作品です。KEK を退職し数年経ちましたが、写真を基に、自分の記憶のフィルターを通して、海や空、建物の配置などを再構築し、リアルではなく、感覚的に表現しました。

高エネルギー加速器研究機構　環境報告 2015

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。