

環境報告 2013

KEK Environmental Report 2013



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	2012 年 4 月～ 2013 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 2013 作成ワーキンググループ、施設部施設企画課 施設企画グループ、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-anken@ml.post.kek.jp
■ 公 開	2013 年 9 月

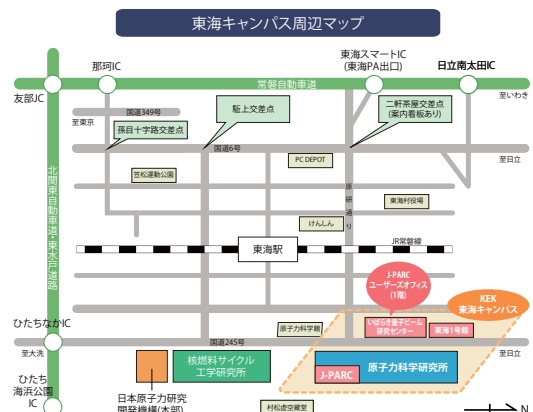


■ つくばキャンパス

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 2012 ハイライト 3

- ・ヒッグス粒子の発見
- ・胃がんを引き起こすピロリ菌由来の発がんタンパク質の立体構造解明
- ・SuperKEKB
- ・国際協力による衝突型・線形加速器計画：ILC

機構の役割と組織 14

- ・ 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

環境との共生 21

- ・ 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 39

- ・ プラセオジウム・ニッケル酸化物の高い酸素透過率の原因を解明ー燃料電池など、性能向上へー
- ・ 家庭用燃料電池の効率向上に寄与する原子が完全に混ざり合った新規合金触媒の開発に初めて成功
- ・ 岩塩 (NaCl) 構造をもつレアアース金属の水素化物を発見ー水素貯蔵材料の高性能化に期待ー
- ・ 福島第一原子力発電所事故の影響調査、復旧に関わる取り組み
- ・ スーパーコンピュータと消費電力
- ・ 省エネファンド事業

社会との共生 45

- ・ 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
- ・ 職場環境の向上

用語集 52

第三者意見 55

編集後記 56



トップメッセージ

機構長からのメッセージです。

環境に対する負荷を最小限にとどめつつ、最大限の研究、教育成果を得るための努力を継続

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世界に開かれた国際的な共同利用・共同研究拠点であり、基礎科学やその応用研究を推進して人類の知的資産の拡大に貢献しています。また、総合研究大学院大学の基盤研究機関として、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ています。

KEK における研究、技術開発、共同利用・共同研究実験などの活動を環境負荷の側面から見ますと、エネルギー利用の大部分が大型加速器本体とその付帯設備及び大型コンピュータ等を稼働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。このような背景を鑑み、地球温暖化対策、省エネルギー対策などの具体的な環境配慮活動として、エネルギーの高効率利用技術の実践とその技術の開発を中心に、教職員の環境保全、省エネルギーに対する意識を向上させつつ取り組みを行っています。KEK では 2006 年度に環境配慮方針の策定を行い、環境マネジメントシステムの構築を進めました。その後、環境・地球温暖化対策推進会議や同連絡会の設置などを経て、2007 年度には「機構における地球温暖化対策のための計画書」を策定しました。

この計画書では、

1. 加速器及び実験装置の稼働による、電力などのエネルギー資源の使用により排出される CO₂ の削減に関して、「〔投入エネルギー〕対〔研究、教育等の成果〕の効率の向上」
2. その他の一般電力などのエネルギー資源を使用する際に排出される CO₂ 削減に関して、「2012 年度までに 2006 年度比 5% 削減という数値目標を設定」

という 2 つの大きな目標を掲げました。

これらの目標を達成するため、具体的な「省エネルギー対策アクションプラン」を毎年度策定し、年度末には、その達成状況を評価し、次年度の計画に反映させています。さらに、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。

1 番目の目標に関しては、電力消費を抑制しつつ、多くの研究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。現在建設中の 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達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ています。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。

2 番目の目標に関しては、エネルギー使用量の 0.5% に相当する額を省エネルギー対策に投資する「省エネ推進経費 (省エネファンド)」を創設し、これを継続するとともに、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、6 年間で研究設備以外の一般電力などの使用による CO₂ 排出量について、建物面積は増加しているにもかかわらず 2006 年度比で 18% の削減を実現しました。

さて、2013年5月23日、KEKと日本原子力研究開発機構（JAEA）が共同で運営する大強度陽子加速器施設 J-PARC のハドロン実験施設において、放射性物質がビーム取り出し装置から施設内に漏えい、さらに、事故後に施設建物の排風ファン稼働という措置を行ったため、放射性物質が施設外にも漏えいしたことが明らかになりました。

事故を起こしたハドロン実験施設は KEK 所掌の施設であり、その建設・運転・管理は KEK が全責任を負っています。この事故は、ビーム取出装置の誤作動に端を発すると考えられますが、異常検知後のビーム運転再開、排気ファンの作動など、KEK 職員の判断・指示上のミスが重なり、管理区域内作業者の内部被ばくと放射性物質の漏えい事故を生じさせました。その結果、近隣住民の皆様だけでなく、広く国民の皆様に対して、大変なご心配とご不安を与える事態となりましたことを、謹んで深くお詫び申し上げます。

KEK はこの事故を非常に重く受け止め、事故の詳細な経緯を明らかにして説明責任を果たすと同時に、各種安全管理総点検、改善事項の検討、事故発生防止のみならず、それに起因する今回のような二次的事故の防止対策について有識者会議を立ち上げ、現在早急に安全管理体制を含めた改善策をまとめております。具体的な取り組みとして、「KEK 近隣の住民の皆様への安全についての説明会」、「KEK 敷地境界の複数測定点における放射線量のリアルタイム公表」などを実施しました。

これらの活動を通して、KEK 近隣住民の皆様をはじめ国民の皆様のご理解と信頼が得られますよう、今後とも機構を挙げて取り組んで参ります。KEK は、今後も大学共同利用機関として、他研究・教育機関や産業界とのさらなる連携はもとより、教育を含めた社会への貢献に努め、環境に対する負荷を最小限にとどめつつ、最大限の研究、教育成果を得るための努力を継続して実践していく所存です。本報告書により KEK における環境への取り組み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。

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

鈴木 亨 人



J-PARC ハドロン実験施設事故関連情報≫ <http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/2013AccidentAtJPARC/>

KEK 敷地境界の複数測定点における放射線量のリアルタイム公表≫ <http://rcwww.kek.jp/monitors/>

ヒッグス粒子の発見

2012 年 7 月 4 日に大きな新発見のニュースが流れました。スイス・ジュネーブにある欧州合同原子核研究機関 (CERN) に建設した大型ハドロン衝突型加速器 (Large Hadron Collider : LHC) での国際共同実験アトラスと CMS の 2 グループが、質量 126 GeV と、陽子の約 130 倍重い新粒子を発見したのです。アトラス実験では、KEK と日本の 15 大学からの約 110 人の研究者が実験を進めています。その後に取られたデータを詳細に解析した結果、この新粒子が提唱以来 50 年近くの間、様々な実験で探されてきたヒッグス粒子であることがほぼ確定しています。

宇宙が何で出来ていてどんな力が働いているかを理解するのが素粒子物理学です。私たち人間も原子でできていますが、原子は更に小さなクォークや電子などからできており、総合して素粒子と呼んでいます。素粒子間の力をゲージ相互作用という統一的な考え方で説明するのが、現代の素粒子の「標準理論」であり、様々な実験結果をうまく説明できていました。しかし、この理論では、全ての素粒子は質量がゼロで光速で飛び回っていません。それでは我々の宇宙は誕生できません。ヒッグス氏らによって提案されたアイデアは、宇宙全体に満ちているヒッグス場の作用によって質量が生まれてくるというものでした。そのような場があるとすれば、未発見の粒子が存在することが予言され、それがヒッグス粒子です。

LHC とそこでの 2 つの実験は、標準理論が正しければこのヒッグス粒子を必ず見つけられるように設計しました。ヒッグス粒子の質量は陽子の 100 倍から 1,000 倍ぐらいの間にあると考えられていたので、これを作り出すには巨大な加速器が必要です。LHC は周長 26.7 km のほぼ円形の加速器で、光の速さの 99.999997% まで加速した陽子同士を衝突正面衝突させ、重心系エネルギー 8 TeV という人類が到達できる最高エネルギーで実験を進めています。CERN は欧州の国際研究機関ですが、LHC の建設は日本・米国等の国も参加した国際事業になりました。約 15 年の年月をかけて建設を進め、2009 年 11 月から陽子・陽子の衝突実験が始まりました。

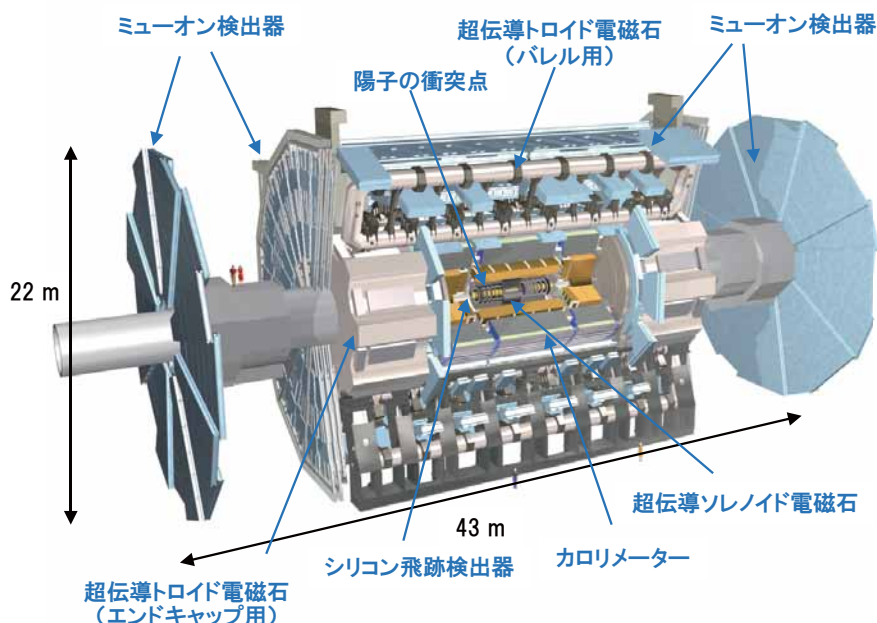


図 1: アトラス測定器。世界 38 カ国の約 3000 人の研究者が進めている国際共同実験。(©ATLAS/CERN)

実は衝突実験を始める直前の2008年9月に、LHCで大きな事故が発生しました。加速器に並んでいる約1,200台の超伝導双極電磁石の1ヶ所に接続不良があり、そこから発熱放電して容器に穴があき、冷却用のヘリウムガスが大量流出するとともに数十台の磁石が破損しました。幸い誰も怪我をしなくて済みましたが、そこからの復帰と、二度と事故を起こさないようにするためのたくさんの対策を行った上で、実験が始まりました。2009-2012年の運転では、衝突エネルギーは設計値の約半分での運転(重心系エネルギーで7-8 TeV。設計値は14 TeV)であり、完全復帰とはいえませんでした。それでも、設計以上の輝度を出すことに成功し、今回のヒッグス粒子発見になりました。2013年からLHC加速器の運転を停止し、設計エネルギーまでエネルギーを上げられるように、改善作業を進めています。2015年からはより高いエネルギーでの衝突が可能となり、今回発見したヒッグス粒子が標準理論の予想そのままの性質の粒子かどうかの精査と、新しい粒子の発見を進めて行きます。

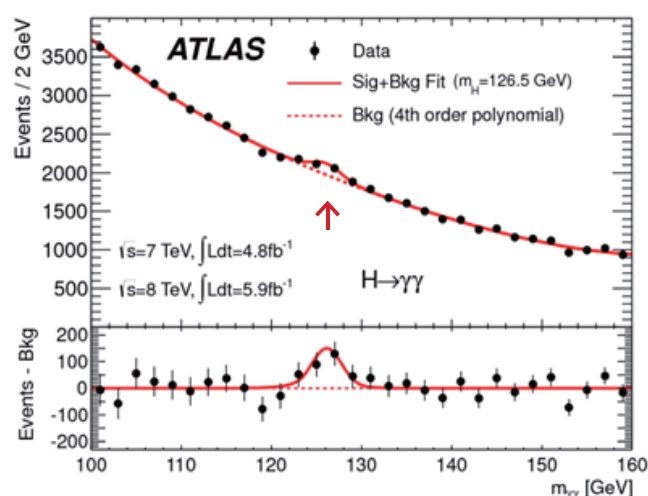


図2：2光子事象の不変質量分布 (Phys. Lett. B 716 (2012) 1-29 図4をもとに調製)。赤矢印の位置、質量126 GeV付近にピーク構造が見え、これがヒッグス粒子発見のひとつの証拠となった。



図3：2012年7月の新粒子発表後のアトラスグループのパーティ風景。解析に大きく貢献した日本の研究者がシャンパンの栓を開ける栄誉を与えられた。

胃がんを引き起こすピロリ菌由来の発がんタンパク質の立体構造解明

全世界のがん死亡原因の第二位を占める胃がんは、毎年約 70 万人もの命を奪っています。中でも日本は胃がんの最多発国で、予防や治療に関する研究が盛んに行われています。胃がんの発症に重要な役割を担うピロリ菌は、世界人口の半数以上が感染していると言われています。そして近年、ピロリ菌が産生するタンパク質「CagA」が、胃の細胞内に侵入することでがんの発症を誘導することが明らかになってきました。

CagA が「がんタンパク質」として働くための分子機構を明らかにするため、産業技術総合研究所・バイオメディシナル情報研究センターの千田俊哉主任研究員（現 KEK・物構研・構造生物学研究センター センター長）と東京大学大学院医学系研究科の畠山昌則教授のグループは、KEK の放射光科学研究施設において、X 線結晶構造解析の技術を駆使して CagA の立体構造を調べました。CagA は約 1,200 個のアミノ酸が一本鎖に繋がって折りたたまれてできた大きなタンパク質です。このアミノ酸の配列を調べていくと、タンパク質の端である C 末端領域に CM モチーフと EPIYA モチーフと呼ばれる特徴的なアミノ酸の繰り返し配列が存在していました（図 1）。

CagA は、以下のような仕組みで胃がんを引き起こすと言われています。ピロリ菌内で産生された CagA は、ピロリ菌の持つ微小な注射針のような装置を通して胃の細胞内に侵入します。侵入した CagA は細胞膜の構成成分であるホスファチジルセリンと相互作用することで、細胞膜の内面に結合します。細胞膜の内面に結合した CagA は、胃の上皮細胞で働く PAR1 という酵素と CM モチーフの部分で結合して、PAR1 の働きを抑えることで、胃粘膜の構造を破壊してしまうことがわかっています（図 2 左）。

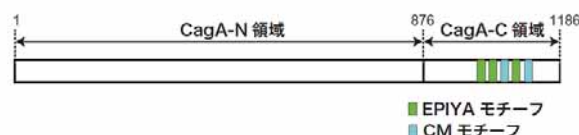


図 1: CagA の構造模式図

CagA は約 1,200 個のアミノ酸からなるタンパク質で、N 末端側で決まった構造をとっている CagA-N 領域と、C 末端側の天然変性領域である CagA-C 領域から構成されている。

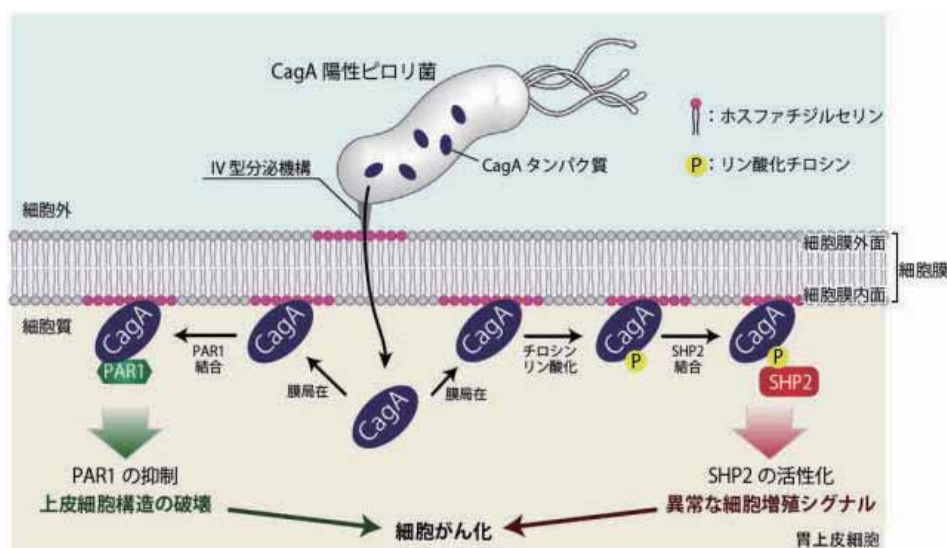


図 2: ピロリ菌 CagA による細胞内シグナルの攪乱（東京大学プレスリリースより）

胃上皮細胞に感染したピロリ菌は、CagA を産生し宿主細胞に注入する。細胞内に侵入した CagA は細胞膜内面に分布するホスファチジルセリンと結合して膜局在に局在する。その後、PAR1 との結合によって PAR1 のキナーゼ活性を抑制する（図左）。一方同時に CagA はチロシンリン酸化修飾を受けた後、SHP2 との結合により SHP2 を異常活性化させる（図右）。これらの細胞内標的分子との相互作用により CagA は上皮細胞構造の破壊と異常な細胞増殖シグナルを誘引し細胞をがん化へと向かわせる。

同時に CagA は、EPIYA モチーフ中のチロシン残基がリン酸化修飾を受けることにより、ヒトのがんタンパク質として知られるチロシンホスファターゼ SHP2 と結合できるようになります。SHP2 は CagA と結合すると異常に活性化され、細胞のがん化につながる異常な分裂・増殖シグナルを発します (図 2 右)。

研究グループは、さらに X 線構造解析により、CagA がどのように PAR1 や SHP2 と結合するのかを詳しく調べました。その結果、CagA の約 1,200 個のアミノ酸配列は、これまでに知られているどのタンパク質とも似ていない新規の立体構造を持つ部分 (CagA-N 領域)、CagA 分子の中央部には多数の塩基性アミノ酸が集まってプラスの電荷を持つ部分 (塩基性パッチ)、そして状況に応じてその構造を自由自在に変化させることができる「天然変性領域」と呼ばれる部分 (CagA-C 領域) から構成されていることがわかりました。この塩基性パッチは、マイナス電荷を持つホスファチジルセリンと静電的な相互作用をすることで、細胞膜と結合していることがわかりました (図 3)。

「天然変性領域」は、構造を変えながら様々なタンパク質と結合するため、一般的に細胞内の情報伝達に重要な働きをされると考えられています。実際、CagA においても、PAR1 と結合する CM モチーフ、SHP2 と結合する EPIYA モチーフはこの天然変性領域にあります。この領域を詳しく調べていくと、その一部が、決まった構造を持つ CagA-N 領域の一部と相互作用をすることで、投げ縄状のループが形成されることが明らかになりました (図 4)。この投げ縄状の構造が形成されると、CagA と PAR1 や SHP2 との間で形成される複合体が安定化し、より強いがん化シグナルが生成されることが明らかになったのです (図 5)。このことから、決まった構造を持つ CagA-N 領域と自由に構造を変化させることができる CagA-C 領域との間で生じる相互作用が、発がん活性を上げるための分子内スイッチとして働くのではないかと考えられます。

CagA と PAR1、SHP2 との相互作用、そしてその相互作用をより強くする投げ縄構造は、ピロリ菌による胃がん発症の重要な鍵を握っています。分子レベルでこの仕組みが明らかになったことは、ピロリ菌が引き起こす胃がんの発症を抑える薬の開発につながると期待されます。

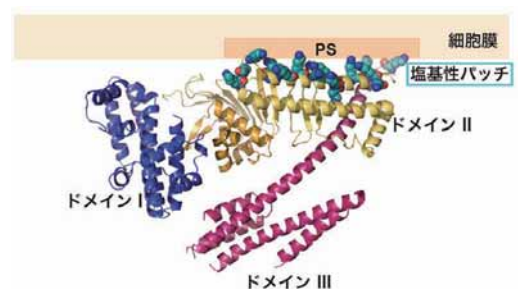


図 3: CagA と細胞膜の相互作用
ドメイン II 内の塩基性パッチが細胞膜の内側のフォスファチジルセリン (PS) と相互作用すると考えられる。

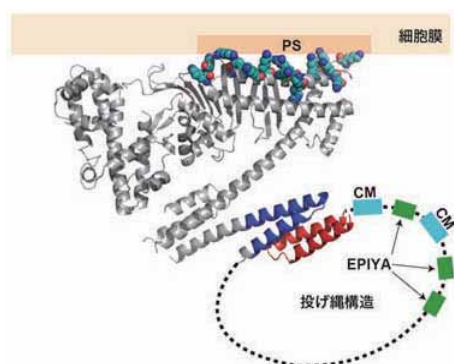


図 4 (左): CagA の C 末端に見出された投げ縄構造

CagA-C 領域の一部 (赤) が構造領域である CagA-N 領域の一部 (青) とヘリックスバンドル構造をとることで、投げ縄状のループ (投げ縄構造) が形成されることが考えられる。この部分に、CM モチーフ、EPIYA モチーフが含まれる。

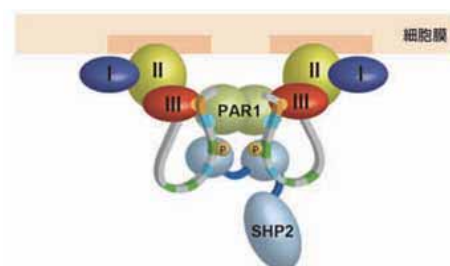


図 5 (右): 細胞内膜上に形成されることが考えられる複合体

投げ縄構造を持つ CagA と PAR1、SHP2 が複合体を形成する。この結果、PAR1 の活性は阻害され、SHP2 は異常に活性化されると考えられている。

図 1,3,4,5 画像提供: 産業技術総合研究所 千田俊哉

SuperKEKB

KEKB は電子と陽電子のビームを周長 3 km のリングで光速近くまで加速し、衝突させる加速器です。衝突反応により生成される B 中間子対の崩壊を Belle 検出器で精密に測定し、素粒子物理学の実験的研究を行っています。2001 年には B 中間子と反 B 中間子の崩壊時間差の測定により B 中間子系での CP 対称性の破れを実証し、小林・益川理論を実験的に検証しました。

実験に必要な膨大な量の B 中間子対を作り出すところから、KEKB は「B ファクトリー (B 中間子工場)」と名付けられています。KEKB は 2001 年以降、2010 年 6 月の運転終了時まで世界最高のルミノシティ (注 1) を誇っていました。現在は、素粒子物理学の基盤である「標準理論」を超える物理法則の解明を目指し、KEKB を高度化してルミノシティを 40 倍に高める SuperKEKB の建設を行っています。

SuperKEKB では電子リング及び陽電子リングを周回するビームを低エミッタンスのビーム (サイズが小さく、かつ方向のそろったビーム) にし、さらに衝突点において超伝導電磁石を用いて垂直方向約 50 nm、水平方向約 10 μm にまで小さく絞りこみます。また、両リングに蓄積されるビーム電流を KEBK の約 2 倍に増強します。低エミッタンス化及びビーム電流倍増を実現するため、リングを構成する電磁石システム、真空システム、高周波システム、ビームモニタ及び制御システム等の大規模な改造を行っています。

また、入射器で生成される陽電子ビームのエミッタンスを陽電子リングに入射する前に十分を下げておくために、新たに周長 135 m の陽電子ダンピングリングを建設しています。電子・陽電子線形入射器においても、新たな電子銃の導入や陽電子生成・収束システムの改良等を進めています。

KEKB リングに配置されている 3,000 台以上の電磁石はビームを適正な軌道に保ち、広がらないよう収束させ、ビームの光学補正を行う役割を担います。KEKB の電磁石を可能な限り再利用しつつ、SuperKEKB の新しいビーム光学設計にもとづき電磁石の追加、交換、配置変更等を行っています。これまでに、陽電子リングアーク部の偏向電磁石約 100 台を、KEKB の 1 m 長のものから、新規製作した 4 m 長のものに全数交換しました (図 1)。また、陽電子リングのウィグラー電磁石セクションのレイアウトを一新するとともに、電子リングにもウィグラーセクションを新設しました (図 2)。さらに、衝突点の両側約 300 m の区間は全く新しいビームラインとなるため、全面的な撤去・更新を行っています。電磁石用の電源についても、電磁石台数の増加に対応し、また電磁石毎の独立な制御を行うために新規に多数、製作しています。



図 1: 陽電子リング (2 本のリングのうち右側) に新たに設置した偏向電磁石



図 2: 電子リングに新設したウィグラー電磁石
壁奥側に見えるのは ARES 型加速空洞

ビームは超高真空中に保たれたビームパイプの中に蓄積されます。SuperKEKB の陽電子リングにおいては電子雲不安定（注 2）への対策として、ビームパイプの大部分をアンテチェンバー型ビームパイプ（図 3）に交換します。電子リングにおいても、ウィグラー区間や衝突点近傍区間のビームパイプは発熱への対策や真空度向上を目的としてアンテチェンバー型に交換します。ビームパイプの製作後、二次電子放出を抑制するためのパイプ内面への窒化チタンコーティングや、脱ガスのためのベーキング等の表面処理を行います。KEKB 大穂実験棟内に表面処理のための設備を整備しました（図 4）。この設備を用いて 1,000 本以上のビームパイプを 2 年間かけて処理します。現在は毎週 15 本以上のペースで量産が進んでおり、これまでに半数以上が終了しました。処理を終えたビームパイプはトンネル内に順次、設置しています。

衝突点の超伝導電磁石は、ビームを強く絞るための強力な磁場を高精度につくることが要求されます。電磁石先頭部が Belle II 測定器（Belle からアップグレードされて Belle II になる）に入り込む形で、非常に狭いスペースに 8 台の主四極コイル及び光学補正用の 40 台以上の補正コイルが配置されます（図 5）。KEK 内で製作した試作器を低温で励磁試験し、運転に必要な電流までクエンチ無く到達するなど、良好な結果が得られました。補正コイルは米国ブルックヘブン研究所の協力を得て設計・製作を進めています。実機の電磁石・クライオスタットシステム全体の製作は昨年度から開始しました。



図 3：アンテチェンバー型ビームパイプ
ビームパイプ両側につば状のスリット構造を持つ。ビームからの放射光はこのスリットに沿って、ビームから離れた場所まで引き出される。



図 4：大穂実験棟に整備したビームパイプ処理設備。上層階（B2）はベーキング及び横型コーティング装置、中層階（B3）は組立て及び検査、下層階（B4）は保管場所として使用。手前側、B2 から B4 まで貫通して 5 基の縦型コーティング装置が設置されている。

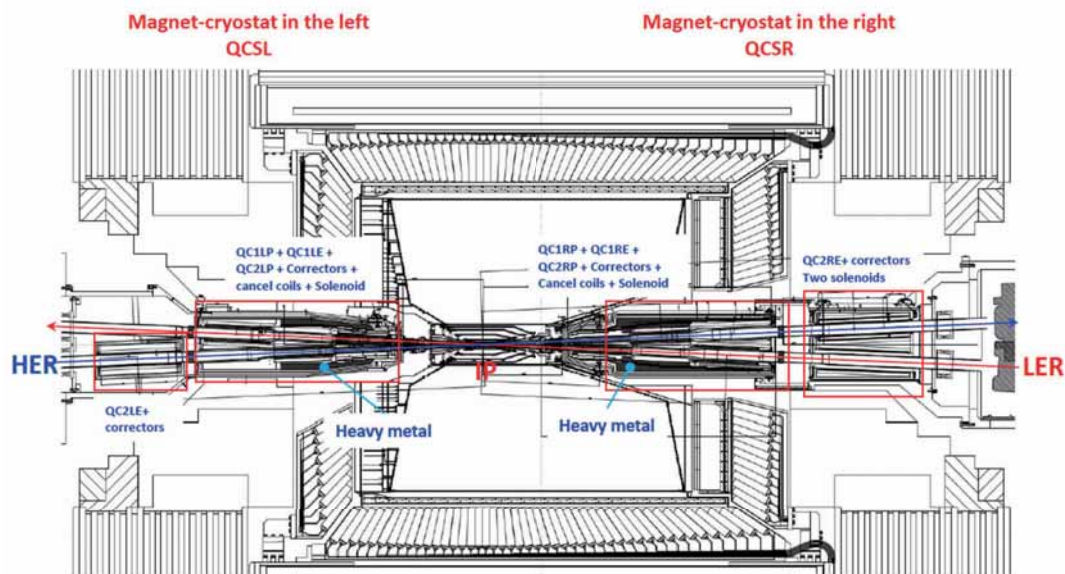


図 5：衝突点の最終収束用超伝導電磁石。衝突点（IP）の左右両側に配置されるクライオスタット内部に 8 台の主四極コイル（QC***）及び 40 台以上の補正コイル等が配置される。

高周波加速システムは、KEKB で使用した超伝導空洞 (図 6) や ARES 型常伝導空洞を再利用しますが、ビーム電流を増増するために、クライストロンや電源などの高周波源を増設するとともに、空洞の配置換え及び入力結合器の交換、冷却系の増強などを行っています。また、高精度の高周波制御を行うために、新たに開発した μ TCA 規格の FPGA ボードを搭載した新型高周波制御システムへの更新や光伝送高周波基準信号分配システムの導入を進めています。

ビーム精密計測システムの更新・改良も進めています。ビーム位置モニタについてはアンテナチェーン化に対応した新たな検出器への交換及びターン毎測定システムの導入を行います。ビームサイズ測定は放射光の干渉を利用した従来の測定方法に加え、より小さなサイズを測定できる X 線イメージングを用いた測定器を開発しています。バンチ毎フィードバックシステムは KEKB の実績をベースに、新しい制御ボードを採用して構築します。また、加速器制御・安全システムについても、より高速かつ信頼性の高いものとするため、計算機やネットワークの更新等を進めています。

陽電子ダンピングリングは震災のためトンネル建設の着工が半年遅れましたが、すでにトンネル工事が完了し(図 7)、2013 年度に電源棟及び機械棟の建屋建設及び冷却系等の設備整備を行います。また、ダンピングリング用の電磁石及び電源、ビームパイプ、加速空洞等の加速器機器の製作及び試験も並行して進めており、2014 年度にトンネル及び電源棟内に設置する予定です。

以上のように、SuperKEKB 建設は順調に進行しており、2013～2014 年度も引き続き、機器の製作、試験、設置及び立ち上げ等を行って、2015 年 1 月にビーム運転を開始する予定です。ビーム運転の第一段階は Belle II 測定器及び超伝導電磁石を外した状態で、低エミッタンスビーム調整や真空コンディショニング等の加速器調整を行います。その後、Belle II 測定器及び超伝導電磁石を設置して、衝突点での絞り込みやビーム衝突等の調整を行い (第二段階)、最後に Belle II 最内層のバーテックス検出器を装着して物理実験 (第三段階) を開始します。



図 6：KEKB 超伝導加速空洞
高い加速電圧で大電流ビームを安定に加速する。



図 7：陽電子ダンピングリングトンネル建設中の様子
(現在はすでに完成)。

(注 1) ルミノシティ

衝突型加速器の衝突性能を表す指標。ルミノシティに反応断面積 (定数) を乗じた値が 1 秒間あたり衝突反応の起こる回数。

(注 2) 電子雲不安定

ビームから放射される光はビームパイプの壁から電子をはじき出す。電子はさらに別の場所をたいて二次電子が出る。これらの電子が陽電子ビームの回りに雲のようにまとわりつき、ビームが不安定になり、ビームサイズを小さく保持できなくなる現象。

国際協力による衝突型・線形加速器計画： International Linear Collider (ILC)

1. ILC 計画の概要・特色

国際リニアコライダー (ILC) 計画は、全世界的な国際協力により、エネルギーフロンティアを担う電子・陽電子衝突実験を、超伝導技術を駆使した直線衝突型加速器によって実現しようとする計画です。全世界的国際協力の枠組みの中で、素粒子物理学の国際的な拠点を日本がホストし、実現することが期待されています。

全長 30 km に及びリニアコライダーによる衝突エネルギーは 250 GeV から 500 GeV 領域を段階的に実現し、将来は全長 50 km にまで拡張することによって 1,000 GeV 領域までの拡張性を視野に入れています (図 1,2)。生成された電子、陽電子は、一旦、ダンピングリングを周回する過程で、非常に平行度の高いビーム (低エミッタンスビーム) に調整された後、30 km に及び地下トンネルの両端から、超伝導技術を駆使した主線形加速器によってエネルギー効率良く加速されます (図 3)。中央のビーム衝突点では、電子、陽電子ビームをナノメートル (nm : 1 m の十億分の一) レベルにまで絞り込み、正面衝突させます。直線型の加速器の大きな特色は、円形の加速器では不可避な放射光放出に伴う加速限界がなく、超伝導加速空洞技術と合わせ、電力を節約しつつ、エネルギーフロンティアを担う力持ちでエコな加速器となります。そして、電子・陽電子 (単一素粒子同士の) 衝突の特色を活かし、クリーンで明確な実験を実現します。リング型コライダーより大きなエネルギー拡張性を持つリニアコライダーは、今後長期間にわたり最先端の研究基盤施設として活躍する事が期待されています。

昨年、LHC で発見されたヒッグス粒子 (~125 GeV) を、最適なエネルギー範囲で精密に研究し、宇宙初期における素粒子の成り立ち、質量が生まれた背景、メカニズムを解明するとともに、宇宙の大半を占められている暗黒物質等、ILC のエネルギースケールで期待される新粒子・新現象の探索や研究を進めます。これにより、「宇宙の物質構成の仕組み」、「力の大統一」、「自然界の新しい対称性」、そして「宇宙初期の物理法則の知見」が深まり、宇宙の進化の解明に大きく貢献することが期待されています (図 4)。

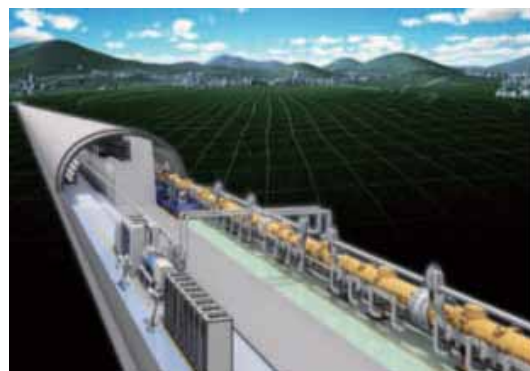


図 1: ILC 加速器の概観。(©Rey.Hori)
右側に超伝導・直線型加速クライオモジュール本体。
左側に高周波電力源。

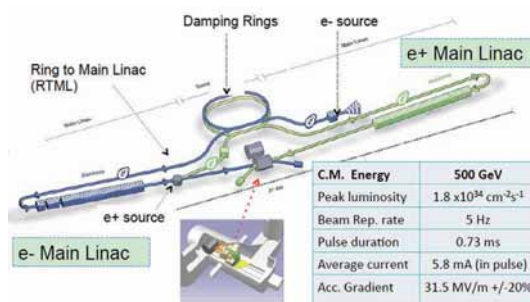


図 2: ILC 加速器レイアウト。中央にビーム衝突点。

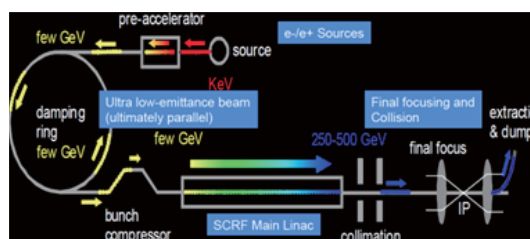


図 3: ILC ビームの加速プロセス：電子 / 陽電子源、ダンピングリング、主線形加速器、ビーム最終収束。

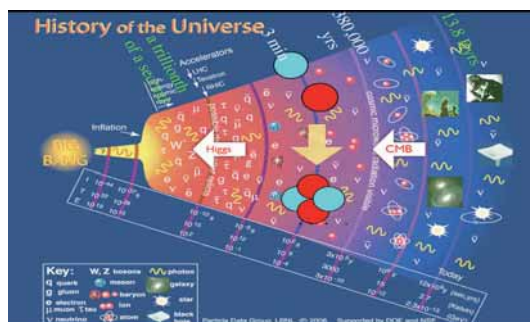


図 4: 宇宙の歴史とヒッグス粒子の位置付け。
(Particle Data Group, LBNL, ©2008.)

2. ILC 実現に向けた取り組み

国際将来加速器委員会 (ICFA) の枠組みのもとで設立された ILC 国際設計チーム (ILC-GDE) が、5 年間にわたる「技術設計」活動の成果として、2012 年末に ILC の技術設計書 (TDR) を完成させました (図 5)。そして、2013 年 2 月には、「設計から実現」を目指した新たな国際協力の枠組みとして、リニアコライダー・コラボレーション (LCC) が発足しました (図 6)。今後数年間で加速器・実験装置、施設・設備、研究所組織などの詳細設計を行うとともに、具体的な実施計画を策定することになります。次いで、国家間レベルでの国際合意に基づく ILC 国際研究所を設立し、建設に向けた準備を整える事が構想されています。ILC 建設には 10 年を要し、将来のエネルギーアップグレードを含めると計画実施期間が四半世紀を超えるグローバルプロジェクトとなります。

日本の高エネルギー物理学研究者会議は、昨年 3 月に「日本が主導して電子・陽電子リニアコライダーの早期実現を目指す」方針を確認し、10 月には「衝突エネルギーを 250 GeV から段階的に 500 GeV へ増強するシナリオに沿って ILC を日本に建設すること」を提案しています。今年まとめられた CERN 理事会による欧州戦略には、「日本のコミュニティによる ILC 建設の提案を歓迎し、欧州グループは参加を強く希望する」と記され、米国エネルギー省 (DOE) 及び米国国立科学財団 (NSF) の諮問委員会は「日本がホストする ILC をエネルギーフロンティアの最重要施設にランクする」と報告しています。また研究者コミュニティも、積極的な参加・貢献の意思を表明しています。国際プロジェクトとして日本に ILC を建設することが、世界の高エネルギーコミュニティの合意になりつつあります。

ILC は 2020 年代後半の稼働開始を目指しています。そのためにはまず、KEK、CERN、Fermilab 等の世界の主要加速器研究所が連携した国際準備組織が必要です。ICFA の下に新たに発足した LCC は、活動の中核となり、国際準備組織を率いて、加速器及び測定器の詳細設計、建設計画の策定、超伝導加速器技術実証試験、性能を保ちつつコスト削減を目指した工業化技術開発等を推進します。また、候補地を 1ヶ所に絞り込み、地形に合わせた施設・アクセスの詳細設計、環境アセスメント等、日本での建設を前提とした準備作業を進めるとともに、加速器建設とプロジェクト運営の母体となる国際組織 (仮称 ILC 研究所) の制度設計と国際準備組織からの移行計画策定等を行います。これらの準備を今後の数年間で整え、政府間合意が得られた時点で、プロジェクト開始を目指します。

プロジェクト開始後、機器調達及び量産体制整備、加速器施設及び装置の建設、試運転等を含めると、12 年程度を要すると見込まれているため、本格的な衝突実験は 2020 年代後半以降になると見込まれます。第 1 期の約 10 年間は重心系エネルギーを 250 GeV から 500 GeV までの間で変化させて、ヒッグス粒子、トップクォーク等の性質の精密測定並びに新現象の探索を行い、その後は、それまでの研究結果を踏まえてアップグレード計画を進めます。

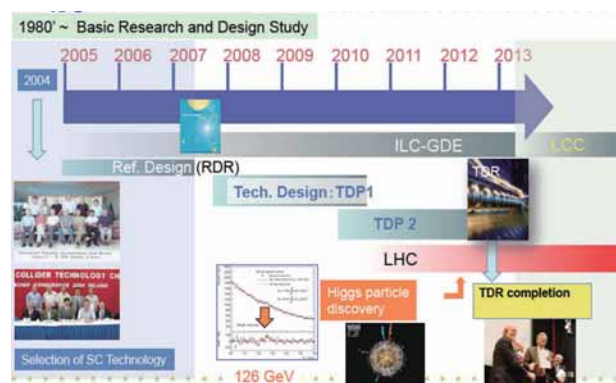


図 5 : GDE 活動と技術設計書への道程



図 6 : 「設計から現実へ」に向けて発足した国際協力の枠組みと KEK の協力。

3. 技術開発の進展

次世代リニアコライダー実現に向けた技術開発は1980年代に始まっています。KEKではリニアコライダーに不可欠な極小（ナノ）ビームの生成とその制御を研究する先端加速器試験施設（ATF）を1990年代に建設し、ビーム平行度を高めるダンピングリングの技術開発研究を進めてきました（図7）。また、2008年には衝突点へのビーム輸送を模擬するATF2計画をスタートさせ、ビーム衝突点でナノメートルレベルの極小ビームサイズの実現に向けた技術開発が進展しています。これまでにATF2として、1.3 GeVのエネルギーで60 nmを実現しています。これは、250 GeVのILCビームでは10 nmに相当し、ILCが求める5 nmにあと一步のところまで迫っています（図8）。

2005年からは超伝導リニアック試験施設（STF）を建設し、欧米と協力する超伝導加速技術開発拠点として超伝導加速器研究開発を推進してきました。1.3 GHz 超伝導加速空洞（図9）の開発では、ILCが求める空洞性能を達成できる企業及び研究所の協力の輪が大きく広がっています（表1）。さらに、KEKでは、2010年からは超伝導加速空洞製造施設（CFF）を立ち上げ、超伝導加速空洞製造・量産技術を産業界との協力によって、技術基盤の向上、施設の充実を計っています（図10）。

またシステム開発における国際協力の代表的な成果として、2010年には超伝導加速空洞システム実証試験として、日米欧がそれぞれの特色を持った超伝導加速空洞を持ち寄り、KEKで国際クライオモジュール（S1-Global Module）として組み上げ、国際協力による共同作業、システム運転を実証しています（図11）。

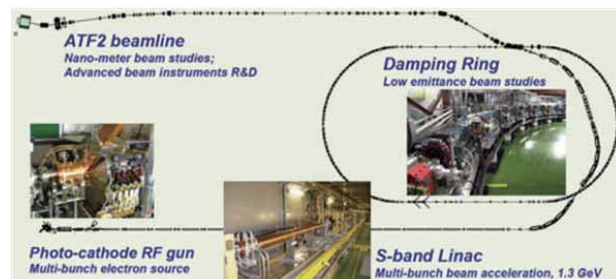


図7：KEK-ATF 施設レイアウト

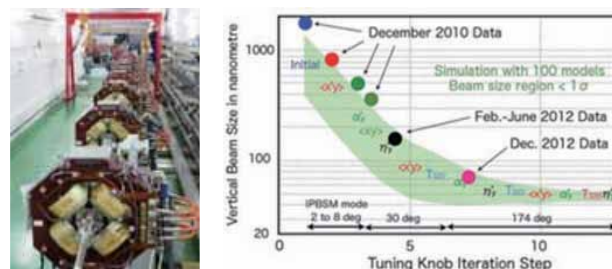


図8：ATF2 最終収束点・ビームサイズ絞り込みの進展。



図9：ILC (1.3 GHz) 9連・超伝導加速空洞（KEK型）。

表1：ILC 超伝導加速空洞の製造・表面処理・評価試験（35 MV/m）が実証された企業・研究所（協力）の進展。

年	企業（製造）	研究所（表面処理・試験）
2006	ACCEL, ZANON	DESY
2012	RI, ZANON, AES, MHI, HITACHI	DESY, JLab, Fermilab, KEK, Cornell-U



図10：KEKにおける超伝導加速空洞製造施設（CFF）



図11：STF 国際協力によるクライオモジュールの組み立て・性能実証試験中の様子。

2011 年度からは日本国内候補地の地質調査、研究所の立地に関する調査を積み重ねています。

国際的な超伝導加速器技術開発状況として、2011 年にはドイツ・DESY (FLASH) で ILC 要求を満たす超伝導加速器によるビーム加速に成功、2012 年には KEK において ILC 仕様加速空洞によるビーム加速実証実験(量子ビーム実験)に成功し(表 2, 図 12)、さらに ILC 主線形加速器・フルサイズ・モジュールによるビーム加速実証試験準備が進行中です(図 13)。

2012 年には超伝導加速空洞の製造成功率が、TDR での達成目標としていた、90% (@35 MeV/m $\pm$ 20%) に達しています。以上を総合し、超伝導加速空洞による加速器技術開発レベルが、ILC を国際的に提案できる段階に達しています。これらの成果を基に、GDE は 2012 年末に TDR を完成させています。

4. ILC 計画の波及効果、今後の展望：

ビッグバン前後の初期宇宙の進化を解き明かすには、究極の物理法則を理解しなくてはなりません。ILC はヒッグス粒子の研究を通じて宇宙の構造(真空の構造)を明らかにし、宇宙論の進展に大きく貢献します。また ILC の精密測定によってダークマター粒子が発見されて、その性質が明らかにされれば、宇宙の大規模構造形成の全容解明へと進展します。

ILC 開発の過程で培われた高度な加速器技術、特に超伝導加速技術と超低エミッタンスビーム(そしてナノビーム)の生成と制御は、大強度中性子源や次世代高輝度放射光源の開発に欠かせない基幹技術となり、物性研究、地球科学、核変換(ADS)等の多様な分野の発展に貢献します。小型 X 線源等、新しい量子ビームの開発において、ILC の加速器技術がすでに応用展開されています(図 12)。中性子や放射光の利用は、物性研究、生命研究等の基礎科学分野にとどまらず、材料開発や創薬等においても多大な貢献をもたらします。また、ILC 測定器のために開発された高精細粒子検出器は、放射光施設や中性子施設における X 線及び中性子のイメージング技術を格段に進歩させています。

今後 20 年を展望すると、エネルギーフロンティアでの素粒子研究をリードする研究施設は陽子加速器の LHC と電子加速器の ILC が担うことが期待されます。日本での建設が実現できれば、日本の高エネルギー物理及び加速器コミュニティにとって、その一翼を担うこととなり、とても深い意義を持ちます。次世代を担う若手研究者が、世界の頭脳が集まる国際的な環境の中で日々の研究を行える場がホスト国として実現します。国際的にトップレベルの研究者、技術者が切磋琢磨しながら学べる理想的な人材育成の場となり、国際的リーダーシップを発揮する人材が数多く輩出されることが期待されます。

表 2：DESY/KEK における超伝導加速実証成果

実証項目	開発目標	達成値
DESY/FLASH 実験：		
パルス電流	9 mA	9 mA
空洞電場こう配	31.5 MV/m	> 30 MV
パルス内電場平坦度	2% dV/V	<0.3% dV/V
安定性	0.1% rms	< 0.15 %
KEK/STF- 量子ビーム実験：		
パルス電流	10 mA	10 mA
パルス時間幅	1 ms	1 ms



図 12：超伝導ビーム加速及び小型 X 線源・実証実験に成功した『量子ビーム』ライン。

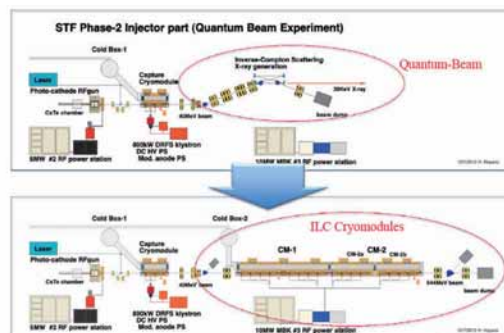


図 13：『量子ビーム』から『ILC 主加速器モジュール』実証実験への進展(整備中)。

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究することにより、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。

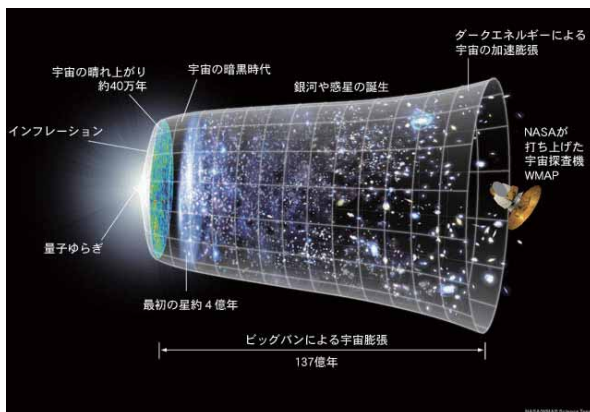
高エネルギー加速器とは、電子や陽子などの粒子を、ほぼ光の速さまで加速して、高エネルギーの状態を作り出す装置です。この高エネルギー状態から作られる素粒子の世界を研究すると、誕生直後の宇宙の様子を探ることができます。また、加速器が作る光や中性子、ミュオンなどの量子ビームは、倍率の高い顕微鏡として、これまでに見ることができなかった物質の構造や、生命活動の研究を行うことができます。

素粒子・原子核の世界の研究

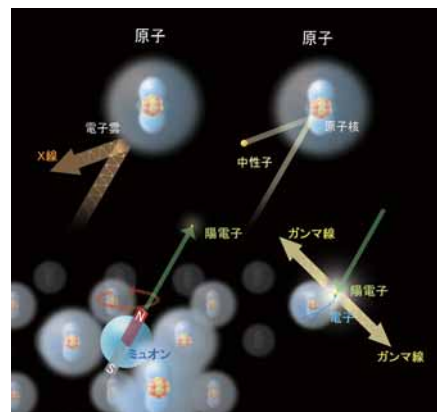
宇宙は約 137 億年前（± 2 億年）のビッグバンによって始まったと考えられています。宇宙が出来た当初は素粒子の世界でした。望遠鏡や人工衛星で宇宙を眺めるのに対し、KEK は加速器を用いて宇宙の初期状態を再現することで宇宙の研究を行います。

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

素粒子や原子核のふるまいを探るため、素粒子物理学・原子核物理学の研究を実験、理論の両面から幅広く行っています。これにより、私たち人間を含むありとあらゆる物質を形作る素粒子をはじめとした極微の世界の謎を解明するとともに、現在の宇宙がどのように生まれたのかという根源的な謎に挑んでいます。



長基線ニュートリノ振動実験 (T2K) の概念図



KEKB 加速器で実験が行われた Belle 検出器

■ 物質構造科学研究所

物質構造科学研究所は、加速器から発生する放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子を利用し、原子レベルから高分子、生体分子レベルにいたる幅広いスケールの物質構造と機能を解明し、物質科学・生命科学の基礎研究から応用研究をしています。また、ビーム生成、利用技術などの開発研究を通し、幅広い物質科学の発展に貢献しています。



放射光科学研究施設 (つくばキャンパス)



物質・生命科学実験施設 (J-PARC)

■ J-PARC センター

大強度陽子加速器施設 (J-PARC) は KEK と独立行政法人日本原子力研究開発機構 (JAEA) が共同で運営する加速器研究施設です。東海キャンパスに設置されており、現在およそ 400 名のセンター員が素粒子物理、原子核物理、物質科学、生命科学、原子力など幅広い分野の研究を行っています。

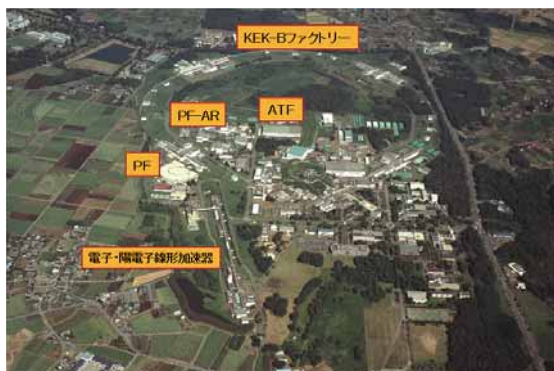
世界最高クラスの陽子ビームを用いて生成する多彩な二次粒子、三次粒子 (中性子、ミュオン、K 中間子、ニュートリノなど) が利用できる施設として、T2K 実験 (東海-神岡間長基線ニュートリノ振動実験) をはじめとする多くの実験を支えています。



J-PARC の加速器施設と実験施設

■ 加速器研究施設

KEK で行われている全ての研究活動の基盤となっているのが加速器です。加速器研究施設は KEK の加速器の設計・建設・運転維持・性能向上を通じて、素粒子・原子核・物質・生命等の加速器共同利用実験の場を、日本と世界の研究者に提供しています。



つくばキャンパスの加速器施設



東海キャンパス (J-PARC) の加速器施設

■ 共通基盤研究施設

共通基盤研究施設では、加速器を使った多彩な研究計画の円滑な遂行のための、放射線防護、環境保全、コンピュータ、超伝導・低温技術、精密加工技術等に関する基盤的研究を行うとともに、先端的な開発研究を行っています。また、これらに関連する高い基盤技術を用いて放射線・環境安全管理、コンピュータやネットワークの管理運用、液体ヘリウム等の供給、機械工作等の研究支援業務を行っています。

これらの開発研究及び支援業務を行うため、放射線科学センター、計算科学センター、超伝導低温工学センター、機械工学センターが置かれ、機構の研究支援の大きな柱となっています。



スーパーコンピュータシステム A



J-PARC ニュートリノ実験用超伝導一次陽子ビームライン

基礎データ

■ 職員数 (2012 年 4 月現在)

合計：691 名

役員	7 名
所長・施設長	4 名
教員	358 名
技術職員	160 名
事務職員等	162 名

■ 総合研究大学院大学学生数 (2012 年 4 月現在)

合計：56 名

加速器科学専攻	11 名
物質構造科学専攻	6 名
素粒子原子核専攻	39 名

■ 予算額 (2012 年度) [単位：百万円]

収入：59,557

運営費交付金	49,411
施設整備費補助金	3,845
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	2,402
自己収入(雑収入)	231
補助金等収入	3,460
国立大学財務・経営センター施設費交付金	107
目的積立金取崩	101

支出：59,557

業務費（教育研究経費）	46,717
施設整備費	3,952
産学連携等研究経費及び寄付金事業費等	2,402
長期借入金償還金	3,026
補助金等	3,460

■ 面積 (2012 年 4 月現在)

	敷地面積	建物面積
つくばキャンパス	1,531,285 m ²	184,876 m ²
東海キャンパス	106,746 m ²	30,619 m ²

■ 沿革

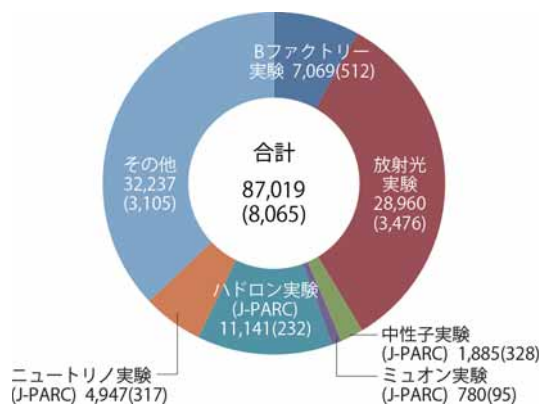
- 1955 年 7 月 東京大学原子核研究所設立（東京都田無町 現：西東京市）
- 1971 年 4 月 高エネルギー物理学研究所設立（茨城県大穂町 現：つくば市）
- 1978 年 4 月 東京大学理学部附属施設中間子科学実験施設設立（茨城県大穂町 現：つくば市）
- 1997 年 4 月 高エネルギー加速器研究機構設立（上記の 3 つの組織を改組・転換）
- 2004 年 4 月 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足（法人化）
- 2005 年 4 月 東海キャンパスの設置
- 2006 年 2 月 J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

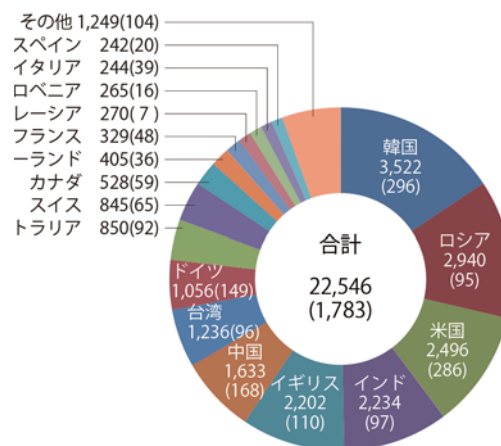
共同利用実験の申請・採択・実施状況

区分 \ 項目	2012 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	500	481	877
中性子実験 (J-PARC)	86	81	77
ミュオン実験 (J-PARC)	47	45	37
ハドロン実験 (J-PARC)	7	6	17
ニュートリノ実験 (J-PARC)	0	0	1
大型シミュレーション研究	53	53	53
合計	693	666	1,063

2012 年度共同研究者等受入 〔延人日 (実人数)〕



2012 年度外国機関共同研究者受入 (国・地域別) 〔延人日 (実人数)〕



2012 年度発表論文数 (共同利用・共同研究に基づくものを含む)

	論文数
素粒子原子核研究所	392
物質構造科学研究所	607
加速器研究施設	316
共通基盤研究施設	70
合計	1,385

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。

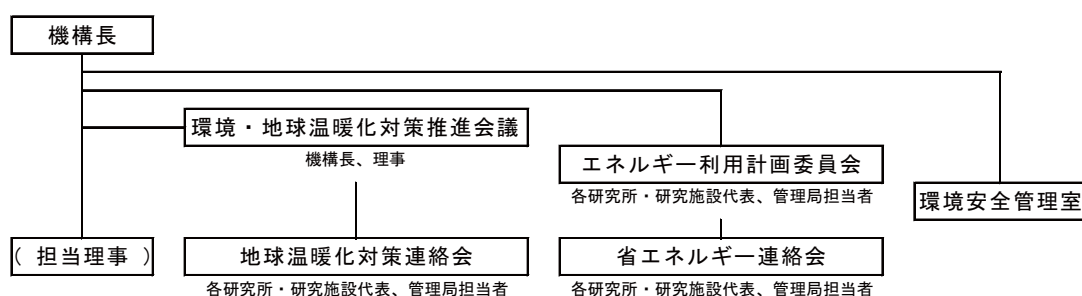
以上を念頭に置きつつ、研究・教育活動を積極的に推進するとともに、地球環境を維持・承継しつつ持続的発展が可能な社会の構築を目指します。

◆ 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 2012 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.23 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 2 回実施	○
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	施設部 HP、環境報告書で公表	○
	2012 年度の CO ₂ 排出量を公表	環境報告書に掲載	○
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实践	○
	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	普通車購入の際には、グリーン購入法適合車種を購入	○
	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	積極的な公用車の乗り合いを実施 会議等業務連絡バスの利用状況を発信し、積極利用を呼びかけ	○
	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	ペーパーレス会議や両面コピー等の実施励行により、印刷用紙の使用量を削減	○

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	コピー用紙からトイレットペーパーまで用紙類は全て再生紙を使用 文具類等は、再生材使用品若しくはリサイクル可能な製品を購入 納入業者に対し納入時包装の簡略化、リサイクル対応可能な物の使用を指導	○
	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	更新時に省エネタイプを設置	○
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	更新時に高効率エアコンを採用	○
	水の有効利用 ・感知式の洗浄弁、自動水栓等の設置	利用者の多い場所の給水装置に感知式の洗浄弁・自動水栓等の設置	○
	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	剪定した枝葉等を粉砕し敷地内に敷均	○
	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	○
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、機密文書の処分に限定 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	関連の研修会等へ職員が参加 HPや電子メールを活用して情報を提供 アイデアの募集を実施	○

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

2012 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	2,555 TJ
電力使用量	257 GWh
都市ガス使用量	1,746 千 m ³
石油燃料使用量	37 kL
水資源使用量	298 千 m ³

排出量

CO ₂ 排出量	146 t-CO ₂
一般廃棄物排出量	83 t
産業廃棄物排出量	544 t
実験系廃棄物排出量	14 t
下水道排出量	95 千 m ³

※換算係数について

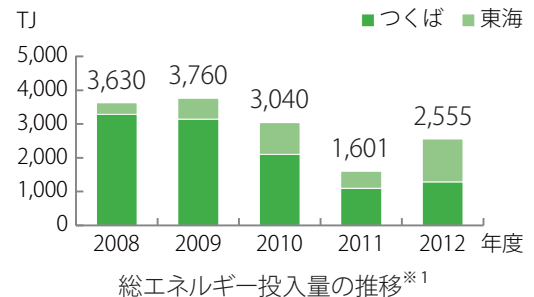
- 2012 年度の総エネルギー投入量の計算に使用した係数は以下の通りです。
 - 電力：9.97 GJ/MWh (昼間)、9.28 GJ/MWh (夜間)
 - 都市ガス：45.0 GJ/ 千 m³
 - 石油燃料 (ガソリン：34.6 GJ/kL・軽油：37.7 GJ/kL・A 重油：39.1 GJ/kL)
- 2012 年度の CO₂ 排出量の計算に使用した係数は以下の通りです。
都市ガス及び石油燃料は、エネルギー単位 (GJ) に換算した後、下記係数をかけて求めています。
 - 電力：0.550 t-CO₂/MWh (国が定める 2012 年度報告用代替値)
 - 都市ガス：0.0499 t-CO₂/GJ
 - 石油燃料：(ガソリン：0.0671 t-CO₂/GJ・軽油：0.0686 t-CO₂/GJ・A 重油：0.0693 t-CO₂/GJ)

エネルギー

総エネルギー投入量

2012年度は、257,479 MWhの電力、1,746 千 m³の都市ガス、34 kLのガソリン、2 kLの軽油、0.29 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、2,555 TJ (1 TJ = 1,000 GJ)であり、前年度に比べ60% 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。

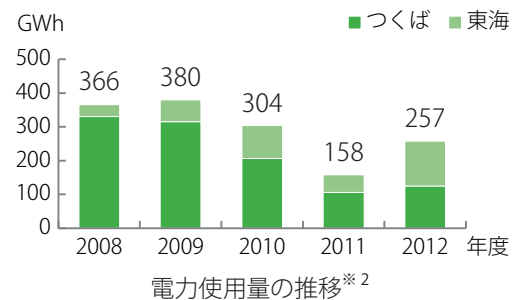


電力使用量

2011年度は、東日本大震災による加速器の運転停止や、夏の電力不足に対応するため電力使用制限を行ったことにより、電力使用量は大きく減少しました。また、つくばキャンパスにおいては、2010年6月末にKEKB加速器を運転停止にしたことも使用量減少に寄与しています。

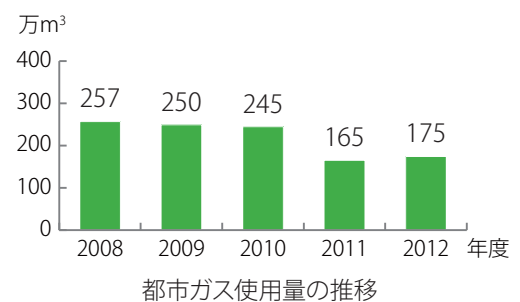
これに比べ、2012年度は、J-PARCの加速器の運転出力が増加したために、東海キャンパスの電力使用量が大きく増加しました。

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



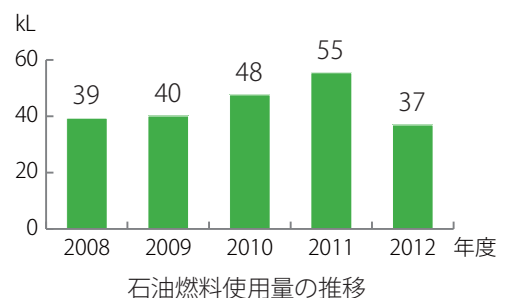
都市ガス使用量

つくばキャンパスでのみ使用しており、使用量は微増しました。



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。その必要がなくなったため、2012年度は震災前の水準に戻りました。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。

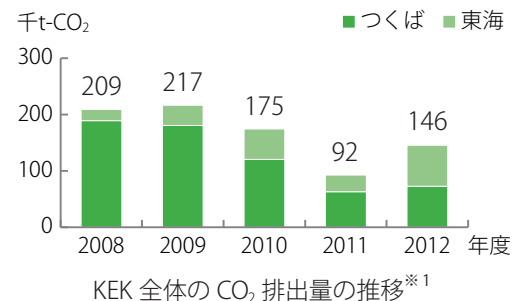


温室効果ガス

KEK 全体の排出量

2012 年度の総二酸化炭素排出量は 145,618 t-CO₂ でした。その内訳は電力使用量によるものが 97% 以上を占めています。東日本大震災からの復興と、J-PARC の運転出力が増大したことから、東海キャンパスにおいて大きく増加しました。また、つくばキャンパスにおいても、2010 年 6 月末に KEKB 加速器を運転停止したことで震災による影響で 2011 年度は大きく減少しましたが、2012 年度の排出量は増加したものの、震災前よりは抑制されています。

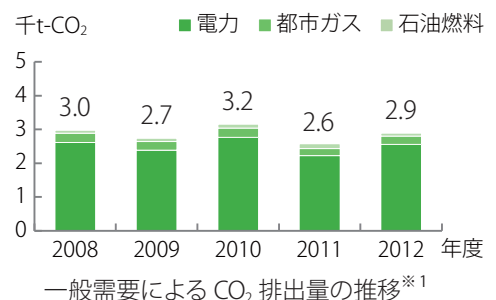
※¹ 電力の換算係数は、2012 年度は、0.550 t-CO₂、2011 年度は 0.559 t-CO₂/MWh、2010 年度以前は 0.555 t-CO₂/GJ を、都市ガスの換算係数は、2011 年度以降は 0.0499 t-CO₂/GJ を、2010 年度以前は 0.506 t-CO₂/GJ を使用しています。



一般需要による排出量

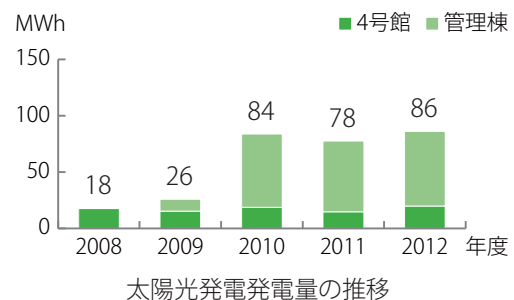
加速器施設などの運転以外に使用している研究棟、管理棟などの一般電力と都市ガス及び石油燃料等の一般需要による二酸化炭素排出量について、「機構における地球温暖化対策のための計画書」で 2012 年度までに 2006 年度比 5% 減の目標を設定しています。

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。震災の影響が大きかった 2011 年度と比べると 14% 増となりましたが、2006 年度比では 14% 減となり、5% 減の目標を達成しました。



太陽光発電発電量

KEK つくばキャンパスには、管理棟 (50 kW) と 4 号館 (17 kW) の屋上に太陽光発電設備を設置しています。2012 年度は、合わせて 86 MWh を発電しました。

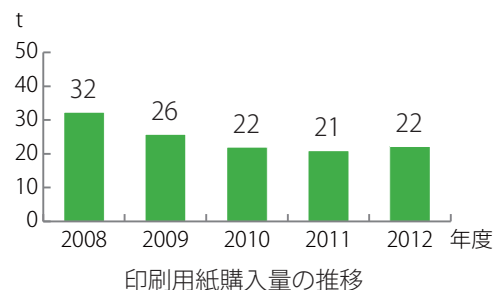


物質

印刷用紙

2012 年度の印刷用紙購入量は約 22 トンでした。前年度に引き続きペーパーレス会議の開催に努めました。これによる印刷用紙の削減量は約 2.8 トンに当たります。

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。



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。2012 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。

2013 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。

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	132,141 kg	132,141 kg	100%
文具類	ボールペンなど	122,660 個	122,660 個	100%
オフィス家具類	什器など	780 台	780 台	100%
OA 機器	コピー機など	27,401 台	27,401 台	100%
移動電話	携帯電話	9 台	9 台	100%
家電製品	冷蔵庫など	26 台	26 台	100%
エアコンディショナー等	エアコンなど	43 台	43 台	100%
照明	蛍光灯など	4,582 本	4,582 本	100%
自動車等	乗用車用タイヤなど	16 本	16 本	100%
消火器	消火器	12 本	12 本	100%
制服・作業服	作業服など	5,572 着	5,572 着	100%
インテリア・寝具類	カーテンなど	166 枚	166 枚	100%
作業手袋	作業手袋	20,985 組	20,985 組	100%
その他繊維製品	ブルーシートなど	57 枚	57 枚	100%
防災備蓄用品	アルファ化米など	320 個	320 個	100%
役務	印刷など	2,373 件	2,373 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 74 トンの可燃物、9 トンの不燃物を排出しました。いずれも排出量はやや減少傾向にありますが、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。

	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度
可燃物	85,980	112,650	93,460	75,070	74,180
不燃物	12,060	13,110	9,360	7,720	8,610
合計	98,040	125,760	102,820	82,790	82,790

(単位：kg)

■ 産業廃棄物

産業廃棄物 544 トン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。2012 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が増加しました。建物の改修工事に伴い石綿を含有する廃棄物類も発生しましたが、専門の業者による除去作業の後、廃棄物処理業者により適切に処分されました。PCB を含む廃棄物類も、専用の処理施設で処理されました。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。

	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度
プラスチック	152,393	201,257	199,795	82,750	129,840
木屑	80,800	102,235	59,340	34,290	303,680
金属類	288	4,821	6,780	1,000	2,010
コンクリート、がれき類	350	101,562	9,540	43,820	99,290
蛍光灯	0	1,500	1,600	2,000	1,100
蓄電池	0	800	320	640	2,100
PCB 廃棄物	0	0	3,683	0	6,311
合計	233,831	412,175	281,058	164,500	544,331

(単位：kg)

■ 実験系廃棄物

2012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14トン排出しました。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5.1トンのうち、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1.8トンをおめています。研究活動の進展に伴い、電解研磨廃液の排出量も年々増加していますが、今後も計画的に処理を進めていきます。

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
無機廃液	1,241	3,507	3,711	5,672	5,086
有機廃液	5,050	7,110	6,888	3,788	5,819
廃油	5,957	1,992	2,790	5,748	1,408
写真廃液	546	562	0	602	0
固形物他	2,489	1,921	2,697	2,189	1,958
合計	15,283	15,092	16,086	17,999	14,271

(単位：kg)

■ 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。産業廃棄物として排出された金属類が2トンであるのに対し、72トン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。

	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
古紙	30,400	48,950	19,290	64,030	59,430
金属屑	181,570	677,120	827,510	725,120	716,500
合計	211,970	726,070	846,800	789,150	775,930

(単位：kg)

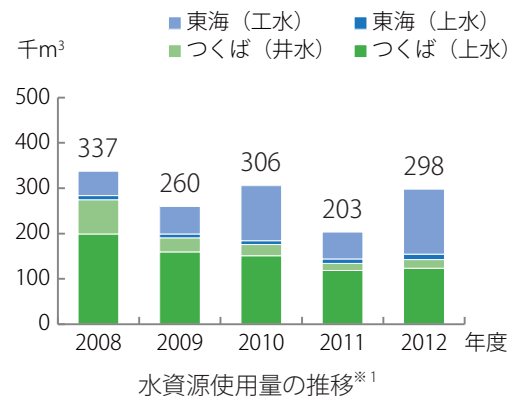
水資源

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。上水や井水の使用量は、東日本大震災による影響があった 2011 年度に比べ、微増しました。

工水については、震災以降、2011 年 12 月まで加速器が運転できなかったため、2011 年度の使用量が減少しましたが、2012 年度は震災前の水準まで増加しました。

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

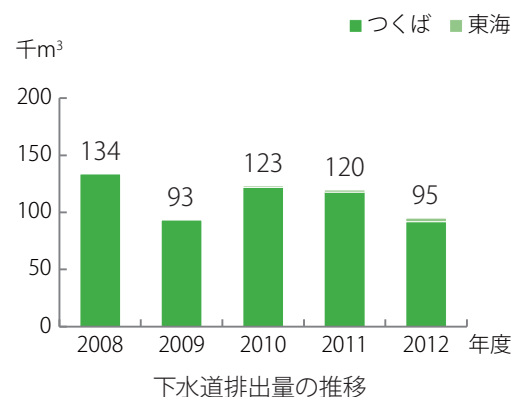


排出量

2012 年度、つくばキャンパスからは、92 千 m³ の排水を公共下水道に排出しました。2011 年度に比べ 22% 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。

東海キャンパスの白方地区からの排水は、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。

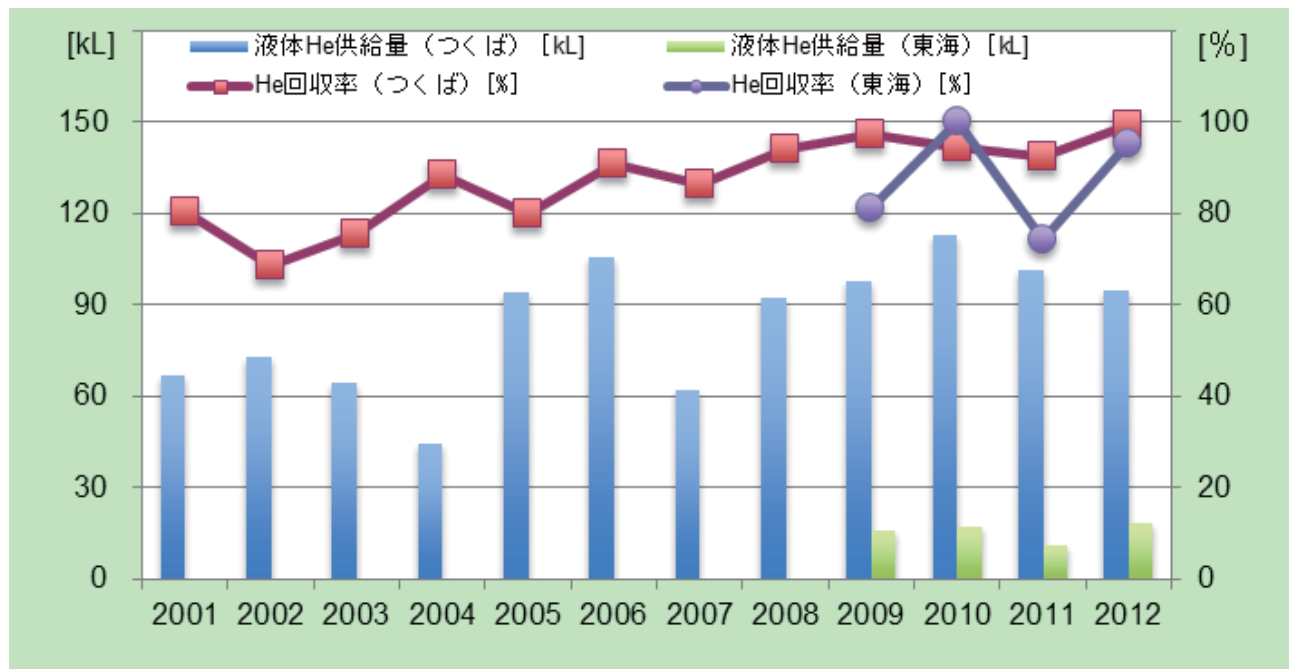


その他の資源

ヘリウム

ヘリウムは、元素中で最も低い沸点（ -269°C 、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。2012年の夏以降、ヘリウムの異常なまでの不足状態が続き、東京ディズニーランドがヘリウム風船の販売を取りやめたことで大きな話題となりました。

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。液体ヘリウムの需要は、つくばキャンパスにおいて約10万L、東海キャンパスにおいても2万Lと、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。現在、つくば東海両キャンパスにおいてその回収率は90%を超えていて、ヘリウム消費の削減に貢献しています。また両キャンパスにおいて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めています。



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) 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 3 月に測定しましたが、いずれの発生機でも排出基準 0.05 g/m³ を超えることはありませんでした。

2012 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	25	31	24	51	57	63
3 月	24	31	22	46	71	56

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。2012 年度の調査によると、KEK 全体で最大 462 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、水質検査で使用するノルマルヘキサンは、有害大気汚染物質に該当する可能性がある化学物質のひとつであり、排出量ゼロを目指して取り組みを行っていきます。

2012 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	272	部品の洗浄、器具の消毒・滅菌
アセトン	79	部品の洗浄
ソルミクス	77	部品の洗浄
ノルマルヘキサン	24	水質検査
その他	10	部品の洗浄など
合計	462	

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。

コストの分類・取組内容	2011 年度 投資額(千円)	2012 年度 投資額(千円)
地球環境保全コスト	33,512	47,651
ルームエアコンの更新	2,411	2,582
パッケージ型エアコン更新	20,132	38,031
照明器具の取替	5,498	5,485
網戸の取付	1,779	559
2 重サッシ取付	645	0
風除室の取設	2,373	0
計量器の取付(建物毎の上水、井水、電力使用量の把握)	674	994
資源循環コスト	54,780	116,762
一般廃棄物処理	1,667	1,654
産業廃棄物処理	2,827	7,979
PCB 廃棄物処理 ^{※ 1}	0	59,422
実験系廃棄物処理	50,286	47,707
管理活動コスト	47,578	45,352
環境報告書作成	306	541
冷温水発生機等ばい煙測定	580	580
植物管理	45,014	41,769
枯損木撤去	1,678	2,462
合計	135,870	209,765

※ 1 2011 年度は、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。

環境パフォーマンス指標(単位)	2011 年度	2012 年度	前年度比
総エネルギー投入量 (GJ)	1,601,494	2,555,311	160%
電力使用量 (MWh)	158,489	257,479	162%
都市ガス使用量 (千 m ³)	1,653	1,746	106%
石油燃料使用量 (kL)	55	37	67%
水資源使用量 (千 m ³)	203	298	147%
上水 (千 m ³)	128	136	106%
井水 (千 m ³)	16	19	119%
工水 (千 m ³)	59	143	242%
下水道排出量 (千 m ³)	120	95	79%
温室効果ガス排出量 (t-CO ₂)	92,445	145,618	158%
廃棄物排出量 (t)	265	641	242%
一般廃棄物 (t)	83	83	100%
産業廃棄物 (t)	165	538	326%
実験系廃棄物 (t)	18	14	79%
PCB 廃棄物 (t) ※ ¹	0	6	—
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量 (kg)	223	462	207%
NO _x 排出平均濃度 (ppm)	41	42	102%

※¹2011 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。

実質的效果		2011 年度(千円)	2012 年度(千円)
収益	太陽光発電	931	1,378
	リサイクル	97,659	90,435
	古紙	994	636
	金属屑	96,665	89,799
推定的効果		2011 年度(千円 / 年)	2012 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	12,216	24,278
	エアコン等の更新	690	1,137
	冷却水関連機器の停止	0	4,981
	変圧器の停止	11,526	18,160

算定条件	1. 光熱水費	2011 年度：電気 (12 円 / kWh), ガス (76 円 / m ³), 上水 (242 円 / m ³), 下水道 (157 円 / m ³) 2012 年度：電気 (16 円 / kWh), ガス (84 円 / m ³), 上水 (228 円 / m ³), 下水道 (157 円 / m ³)
	2. 居室等の照明器具点灯時間	20 日 / 月 × 12 ヶ月 × 12 時間 / 日 = 2,880 時間 / 年
	3. 居室等の空調機器運転時間	冷房：20 日 / 月 × 4 ヶ月 × 12 時間 / 日 = 960 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする) 暖房：20 日 / 月 × 5 ヶ月 × 12 時間 / 日 = 1,200 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする)
	4. 実験室等の空調機器運転時間	制御室：365 日 × 24 時間 / 日 = 8,760 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする) 実験室：200 日 × 24 時間 / 日 = 4,800 時間 / 年 (圧縮機稼働率を 0.6 とする)
	5. 変圧器の通電時間	365 日 × 24 時間 / 日 = 8,760 時間 / 年

環境関連法規の遵守状況

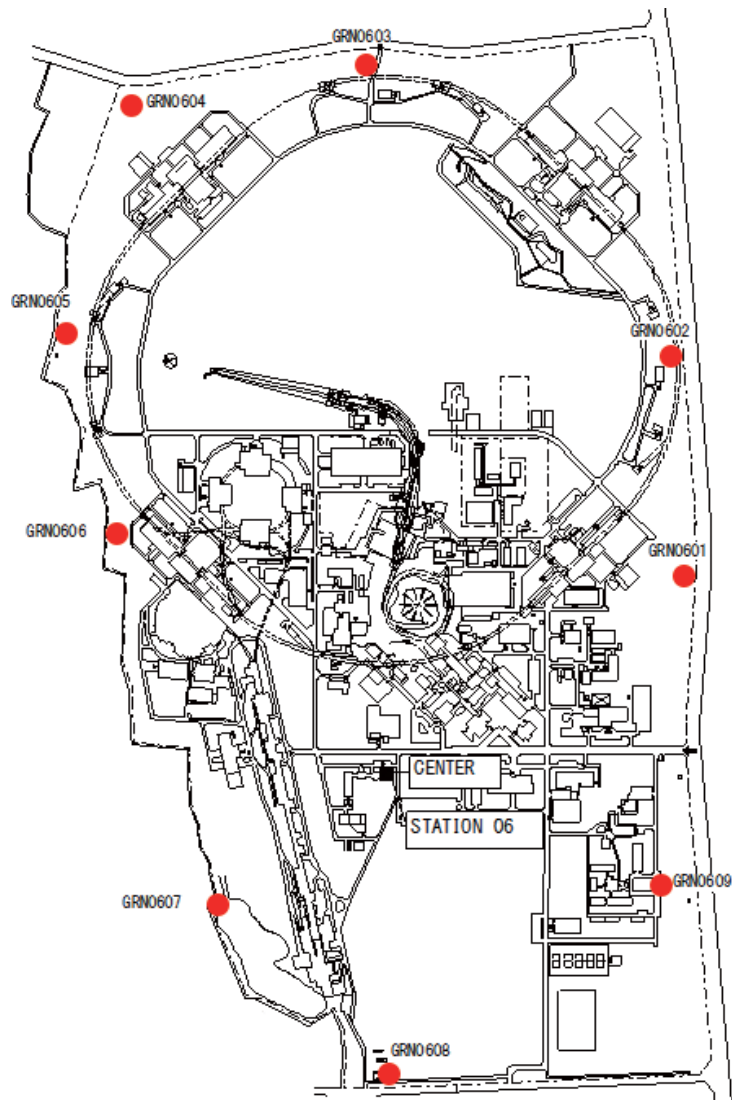
放射線管理（放射線障害防止法・電離放射線障害防止規則など）

加速器の放射線が環境に与える影響としては、(1) 遮へいを漏えいしてくる中性子・ガンマ線、(2) 加速器室内の放射化した空気、(3) 放射化した冷却水などの排水、が考えられます。(1)の放射線を抑えるために、加速器は厚く遮へいされた室内にありますが、漏えいがないことを確認するために屋外でも測定しています。大型の加速器では、加速器の安定な運転のためにも(2)の室内の空気を排気せず、(3)の冷却水も密閉系で循環させています。停止後、空気・水中の放射能は急速に減衰するため影響は極めて小さく、濃度を測定し基準を満たしていることを確認した後、排出しています。

放射線を監視するための測定器は、つくばキャンパスで200台以上、東海キャンパスで49台あり、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64台、東海で22台の測定器は、加速器の不調により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。

機構の敷地境界での放射線の量は年間0.05 mSv以下を基準に管理を行っています。これは自然の放射線から受ける量の約1/10という低い値です。右図の位置で連続的に測定を続けていますが、実際には更にその1/10以下の自然の変動の範囲内に抑えられています。

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。これらのつくばキャンパスにおける放射線管理の詳細は「放射線管理室報告」に記載しています。また、作業環境の定期測定の結果は「安全衛生推進室報告」に記載されています。



つくばキャンパスの敷地境界の放射線モニター
(中性子・ガンマ線)設置点

排水管理（水質汚濁防止法、下水道法、土壤汚染対策法、放射線障害防止法）

つくばキャンパスで発生する排水は、最終的に3ヶ所の污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。2012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つ目は污水で、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ってから原科研内第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（354種類）を年間1トン（特定第一種指定化学物質12物質については0.5トン）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、2012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。

機構の所有する PCB 廃棄物のうち、高濃度の PCB を含有する高圧コンデンサ類は、日本環境安全事業株式会社（JESCO）の北海道事業所（室蘭市）において、2010 年度より処理を行ってきました。2012 年度は 39 台 6,311 kg が処理され、機構で発生した高濃度 PCB を含有する大型機器類 58 台 10,004 kg はすべて処理が完了しました。

小型の照明用安定器についても、処理が可能な 56 台について、JESCO 北海道事業所で処理するための事前登録が完了しました。低濃度 PCB を含有する電気機器類については、まだ本格的な処理が始まっていませんが、処理の目処が立ち次第、使用中の機器類の取り扱いも含め、計画的に対応していきます。

保管中・使用中の PCB 含有機器（2012 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	58	152
低濃度 PCB を含有する廃止済み機器		
高圧コンデンサ	22	1,284
低圧コンデンサ	159	25
高圧トランス	17	22,290
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	67	70,669
合計	325	97,420



PCB 運搬専用車両への積込作業の様相



運搬トレイに収納されたコンデンサ（202 kg × 6 台）

プラセオジム・ニッケル酸化物の高い酸素透過率の原因を解明—燃料電池など、性能向上へ—

東京工業大学大学院理工学研究科の八島正知教授と九州大学カーボンニュートラルエネルギー国際研究所/工学研究院の石原達己教授らは共同で、 K_2NiF_4 型構造を有するガリウムと銅を含むプラセオジム・ニッケル酸化物が高い酸素透過率を持つ仕組みを解明しました。この酸化物は、燃料電池材料や酸素透過膜材料として応用が期待されている化合物です。

この酸化物の結晶構造（原子配列）を東北大学・金属材料研究所の高温中性子回折装置や、KEK 放射光科学研究施設の放射光 X 線回折装置などで詳細に解析した結果、同酸化物には大量の過剰酸素が結晶の格子間に存在していることが分かりました（図1）。その理由は、ガリウムが大量の酸素原子を格子間に入れる機能を持ち、銅が結晶格子上の酸素を動きやすくさせる働きを持つためであることを解明しました（図2）。また、温度上昇時には、格子間にある酸素と格子間にある酸素の分布が連結することで、酸化物イオンの移動が起こることが確認され、その原子核の密度が酸素透過率とともに増加することを明らかにしました。

本成果は、酸素透過率に優れたイオン伝導体（注1）の設計に新しいコンセプトを示すもので、新しいイオン伝導体の開発につながります。高い酸素透過率を持つイオン伝導体は、空気中から酸素を効率良く取り込めるため、固体酸化物形燃料電池（注2）等の性能向上と研究開発の加速も期待されます。

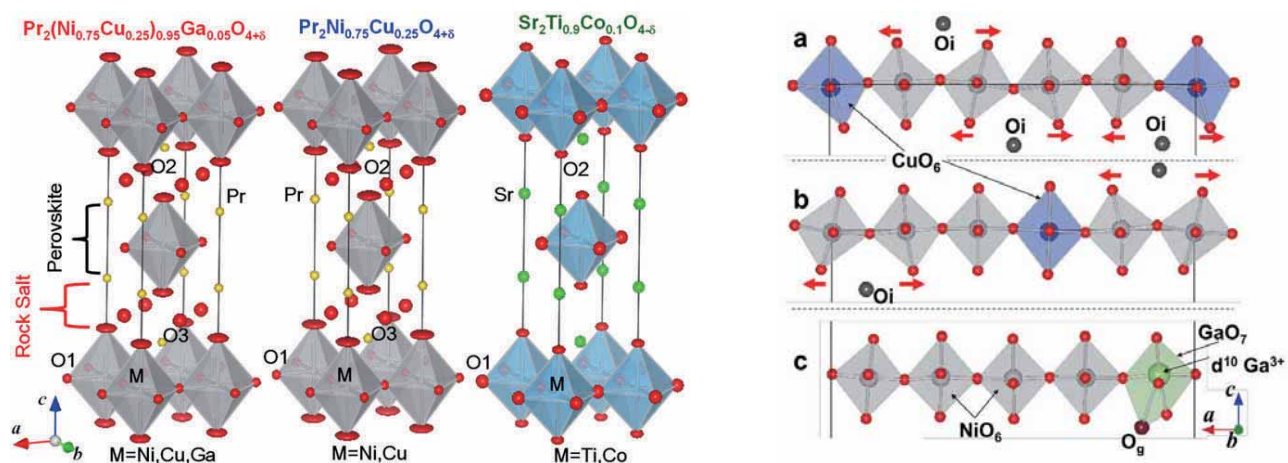


図1（左）：中性子回折データの構造解析により分かった $Pr_2(Ni_{0.75}Cu_{0.25})_{0.95}Ga_{0.05}O_{4+\delta}$ 、 $Pr_2Ni_{0.75}Cu_{0.25}O_{4+\delta}$ 及び $Sr_2Ti_{0.9}Co_{0.1}O_{4-\delta}$ の結晶構造（室温）。すべて K_2NiF_4 型構造を有する。ガリウムと銅が添加されている $Pr_2(Ni_{0.75}Cu_{0.25})_{0.95}Ga_{0.05}O_{4+\delta}$ 、 $Pr_2Ni_{0.75}Cu_{0.25}O_{4+\delta}$ には、結晶格子の間に過剰酸素 O3 が確認できる。

図2（右）：第一原理計算により決めた $Pr_{40}Ni_{15}Cu_4GaO_{86}$ の原子配列の一部。 $Pr_{40}Ni_{15}Cu_4GaO_{86}$ は $Pr_2(Ni_{0.75}Cu_{0.25})_{0.95}Ga_{0.05}O_{4+\delta}$ の近似スーパーセルである。図の a、b に示すように、格子間酸素 Oi の周りでは、Oi との距離をある程度保つように、頂点酸素が Oi とは反対の方向にシフトする（ずれる）（赤い矢印）。図 c に示すように、 $d^{10}Ga^{3+}$ ドープメント近くの局所緩和が観察される。この局所緩和により別の種類の格子間酸素 O_g が安定化される。

（注1）イオン伝導体

イオンを伝導できる物質。電解質とも言う。

（注2）固体酸化物形燃料電池

電解質に固体酸化物を用いた燃料電池。電池の作動温度が400～1000℃と高い。空気極で空気中の酸素から発生させた酸化物イオン (O^{2-}) が電解質中を通り、燃料極で水素または一酸化炭素と反応することで発電する（一酸化炭素による被毒がない）。

家庭用燃料電池の効率向上に寄与する原子が完全に混ざり合った新規合金触媒の開発に初めて成功

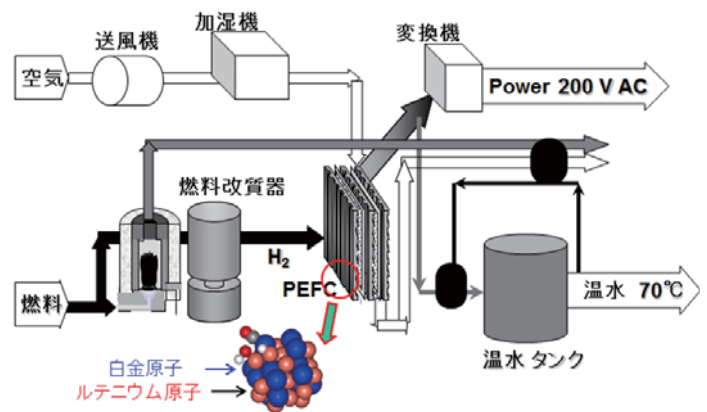
北海道大学触媒化学研究センターの竹口竜弥准教授の研究グループは、家庭用燃料電池の効率向上に寄与する白金原子とルテニウム原子が完全に混ざり合った新規合金触媒の開発に成功しました。通常の白金触媒は一酸化炭素が吸着することで、触媒活性を失いますが、燃料である水素に微量の一酸化炭素が共存しても、新規合金触媒上で一酸化炭素が効率よく除去され、貴金属の使用量を少なくしても、高い効率で燃料電池発電が可能となり、貴金属資源の有効利用を実現しました。また、白金原子とルテニウム原子だけでなく、他の原子についても同様に完全に混ざり合った新たな合金触媒の開発が可能となることから、家庭用燃料電池の分野に限らず、エネルギー環境問題解決へも寄与することが期待されます。

固体高分子形燃料電池は、水の電気分解反応の逆反応を利用して、高い効率で電力を取り出すことが可能な発電装置です。特に、水素を燃料とし、高分子電解質膜を電解質として用いる固体高分子形水素-酸素燃料電池は、比較的低温（100℃以下）で動作し、小型化が容易であり、排出物が水のみでクリーンな装置であるため、自動車やモバイル電子機器の電源、家庭用コージェネレーションシステム（注1）としての普及が期待されています。現在、普及が図られている家庭用固体高分子形燃料電池システム（注2）では、燃料極触媒に白金-ルテニウム合金触媒が使用されていますが、都市ガスから製造した水素の中に微量に含まれている一酸化炭素により被毒され、触媒活性が低下することが大きな問題となっています（下図）。

KEK 放射光科学研究施設で、白金-ルテニウム合金触媒の構造解析を行ったところ、白金、ルテニウムへの結合の割合は、白金から見てもルテニウムから見ても3:2で、各原子の存在比に完全に一致することから、原子が完全に混ざり合った状態であることがわかりました。これまでは白金-ルテニウム触媒で原子が完全に混ざり合った合金触媒の報告例はありませんでした。

今後、本技術を利用することで、原子レベルで元素の分布を制御した（原子が完全に混ざり合った）新しい合金触媒の開発や、新たな触媒の設計が可能となり、燃料電池の分野に限らず、エネルギー環境問題解決へも寄与することが期待されます。

なお、本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の助成事業「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発 / 基盤技術開発 / 定置用燃料電池システムの低コスト化のためのMEA6 高性能化」の一環として行われました。



家庭用固体高分子形燃料電池システム及び開発触媒の拡大図

（注1）コージェネレーションシステム

大型の火力発電所での発電では、発電時の排熱を有効に利用することは困難であるが、発電源を分散させることにより熱の有効利用が可能となる。コージェネレーションシステムは、燃料電池やガスタービンエンジンなどで電力を取り出すときに、発電時に生成する排熱を利用して温熱・冷熱を取り出し、総合エネルギー効率を高めることができる分散型のエネルギー供給システムである。

（注2）家庭用固体高分子形燃料電池システム

主に都市ガスなどを原料として、改質器を用いて燃料となる水素を取り出した後、燃料極で水素から発生させた水素イオン（H⁺）が高分子電解膜を通り、空気極で空气中的酸素と反応することで発電するシステム。発電時の排熱を給湯に利用するコージェネレーションによりエネルギー利用効率が高くなる。本格的な普及のためには、システムのコスト低減と性能及び耐久性の向上が求められている。

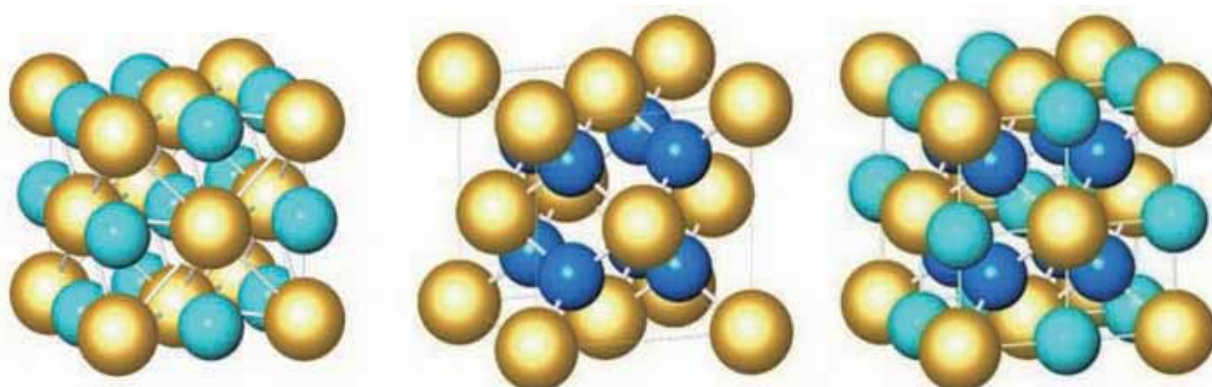
岩塩 (NaCl) 構造をもつレアアース金属の水素化物を発見—水素貯蔵材料の高性能化に期待—

日本原子力研究開発機構の研究グループは、KEK、J-PARC センター、広島大学、東京大学、ケンブリッジ大学（英国）と共同で、レアアース金属の水素化物の結晶構造を、J-PARC 物質・生命科学実験施設 BL21 の NOVA と大型放射光施設 SPring-8 を用いて解明しました。その結果、これまでなかった NaCl 構造をもつ希土類金属の 1 水素化物 (LaH) の存在を発見しました。

希少金属である希土類金属は水素との親和性が極めて高く、水素を多量に吸収して水素との化合物（水素化物）を形成します。水素原子が金属格子の隙間に入り込むことで、水素の吸蔵・放出するため、水素貯蔵材料の構成材料として注目されています。通常、水素原子は初めに金属格子の四面体サイトのみを占有して 2 水素化物を形成、次に八面体サイトを占有し金属格子の隙間が飽和した 3 水素化物を形成します（下図）。八面体サイトのみが水素で占有された 1 水素化物は、これまで希土類金属では報告されていませんでした。研究グループでは、代表的な希土類金属であるランタン (La) の 2 水素化物 (LaH₂) が 10 万気圧超の圧力で、高水素濃度と低水素濃度の 2 種類の状態をとることを見出していました。今回、J-PARC の物質・生命科学実験施設にて水素 (H) を重水素 (D) に置き換えた 2 水素化物 (LaD₂) の中性子回折実験を高圧力で実施し、3 水素化物 (LaD₃) に近い水素化物と低重水素濃度の 1 水素化物 (LaD) の形成を初めて観測しました。LaD は八面体サイトのみが重水素原子で占有された NaCl 構造をしており、その 1 水素化物 (LaH/LaD) が高圧力で安定に存在できることを第一原理計算によって示しました。

この発見によって、希土類金属は全ての金属の中で唯一、1 水素化物、2 水素化物及び 3 水素化物という 3 つの状態を形成し、それらの金属格子構造が全て面心立方構造であることが示されました。希土類金属は高水素親和性のため水素貯蔵材料の構成元素として広く利用されており、今後、水素化物中の水素と金属の結合状態を詳細に調べることで、水素と金属の相互作用の解明、さらには高濃度の水素を吸収する希土類合金の開発指針が得られると期待されます。

この研究の一部は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の水素貯蔵材料先端基盤研究事業の委託を受け、J-PARC 及び SPring-8 の利用研究課題として行われました。



金属格子が面心立方構造で水素濃度が異なる 3 つの水素化物の構造。

黄色が金属原子、水色が八面体サイトの水素、青が四面体サイトの水素を表している。左から八面体サイトのみを占有している 1 水素化物、四面体サイトのみを占有している 2 水素化物、両方のサイトをすべて占有している 3 水素化物である。八面体サイトのみを占有している構造は岩塩 (NaCl) 構造で、本研究では希土類金属で初めて岩塩構造の 1 水素化物の形成を観測した。

福島第一原子力発電所事故の影響調査、復旧に関わる取り組み

放射線科学センターでは、つくばキャンパスにおいて、東日本大震災発生直後から、停電を免れた測定器を用いて原発事故由来の放射線測定を継続して行い、ホームページを通して線量率変化を公表しています。また、国立環境研究所と協力して空気中の放射性同位元素（放射能）の種類と濃度の測定を継続して行っています。

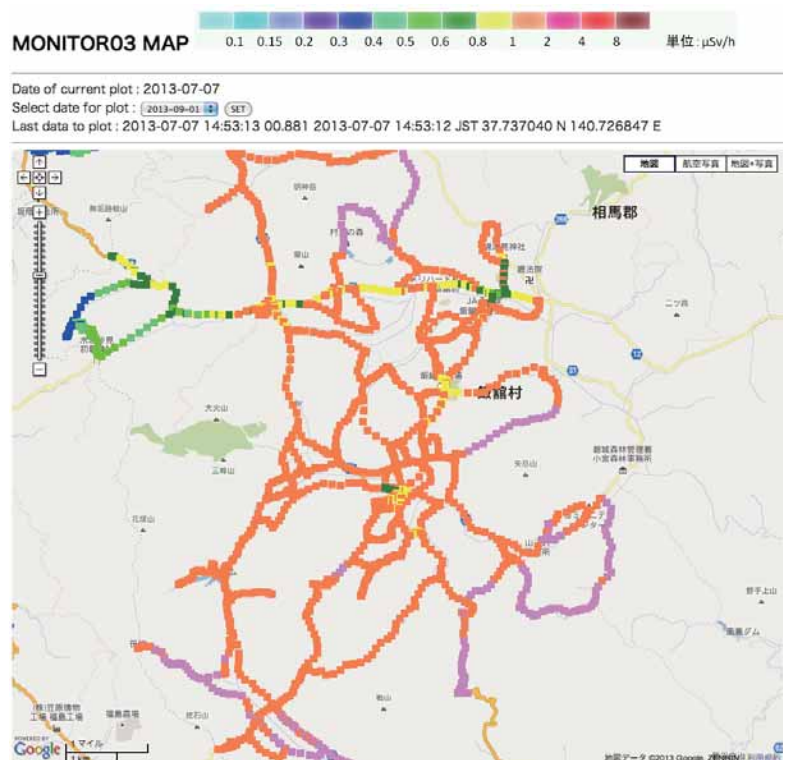
この他に、国・自治体等の公共機関への放射線（能）測定・調査協力とコンサルタント業務や、KEK における出前授業である KEK キャラバン (p.45 参照) を中心に小学生から一般までを対象とした講演を行い、放射線に関するより正しい知識の普及を続けています。

現在のつくば (KEK) の放射線線量≫ <http://rcwww.kek.jp/norm/>

空気中の放射性物質の種類と濃度の測定結果≫ <http://www.kek.jp/ja/Research/ARL/RSC/Radmonitor/>

福島県飯舘村での取り組み

福島県飯舘村と放射線測定に関わる協定を結び、村内の複数の箇所に KEK で使用している固定式の放射線モニタを設置し、定点による連続測定を継続して行っています。また、直径及び長さが 12.5 cm の大型 NaI(Tl) シンチレーション検出器を用いた車両搭載用放射線測定器（高感度ガンマ線車載型モニタ）を新たに開発し、村内の放射線レベル分布の測定を定期的に行っています。このモニタでは車両に搭載し走行しながら線量率の測定が可能で、同時に付属の GPS 装置を用いて位置情報を記録することができます。取得した線量率や核種に関する情報は位置情報とともに携帯電話回線を通して KEK まで送られ解析されます。右図に車載型モニタを用いて測定した飯舘村の線量分布測定結果の例を示します。一回の測定で車両の走行距離は 200 km にも及びます。車載型モニタで取得したデータは、定点観測のデータとともに、現在の線量レベルを知るためばかりでなく、線量の動的変化を連続して記録することで、地域復興のために有効なデータとして活用されることが期待されます。



車載型モニタを用いて測定した飯舘村の線量分布測定結果の例
2013 年 7 月 7 日時点

スーパーコンピュータと消費電力

KEKのスーパーコンピュータシステムは2つのシステムから構成されています。1つは汎用的に使えるシステム、もう一つは超並列のスパコンシステムです。東日本大震災等の影響で導入が遅れましたが、2012年4月から、後者のスパコンシステム IBM Blue Gene/Q の運用を開始しました。Blue Gene/Q は世界でほぼ同時に20ヶ所に導入されましたが、最も大きなシステムは米国のローレンス・リバモア国立研究所に導入された96ラックのものです。KEKのBlue Gene/Q は6ラックから構成されますが、演算性能としては約1.2ペタFLOPS（一秒間に計算する能力が0.12京回）となります。KEKのシステムでは全部で約10万個の計算コアがあり、1つのジョブに対し約1万個のコアを同時に使って計算する超並列プログラムが動いています。



スーパーコンピュータシステム IBM Blue Gene/Q

さて、KEKのスーパーコンピュータは、素粒子理論から計算機を用いて事象を予測して加速器の実験結果と比較するなど、理論と実験の間を橋渡しする重要な研究などに使われています。もちろんより大きな計算ができるようになると、計算機で予言・予測できる物理の精度がより高くなります。しかしながら、より大きな計算をしようとするより広い設置面積と大きな消費電力が必要となります。

2006年に導入したBlue Gene/L（Blue Gene/Qの2世代前の機種）と消費電力を比べてみましょう。Blue Gene/Lは130 nm（ナノメートル、1 mの十億分の一）の、Blue Gene/Qは45 nmの回路ピッチの幅です。簡単にいいますと、Blue Gene/Qでは、Blue Gene/Lに比較して、回路ピッチの幅が1/3程度に微細化しています。消費電力は回路ピッチの幅、周波数や内部の電圧などによって決まりますが、ワットあたりの演算できる量はほぼ回路ピッチの幅の2乗に反比例します。実際Blue Gene/Lでは、1ワットあたりの演算できる量が1秒間に2億3000万回、Blue Gene/Qのそれは1秒間に21億回となっています。つまり、6年前に比べて約9倍程度エネルギー効率が高く、省エネになっています。また同じ計算量を計算する体積も約40分の1と格段に省スペース化が図られています。これは微細化に加え、空冷方式から水冷方式に変更してより集積することができるようになったからです。

今後も、1.5年で2倍計算速度が速くなっていくと言われていますが、やはり大きな問題は消費電力です。更に大きな計算をするには、超低消費電力のデバイスが必要となります。これらは最先端の加速器でナノの世界の新しい材料を見つけるなどの研究開発がなければ実現できないでしょう。

最先端の加速器は、素粒子物理学の分野で新しい発見に挑むばかりではなく、新材料などの開発研究が必要であり、それが新たなコンピュータの革新を生み出すでしょう。加速器は素粒子物理学のような基礎科学の解明から、いろいろな新材料や新物質の解明まで幅広く社会に役立っています。

省エネファンド事業

省エネファンド事業は、2009年度から機構のエネルギー（電力・ガス）予算額の0.5%相当額を年間事業費として、機構における電力等エネルギーの効率的運用を図るため、省エネに資する改修工事又は機器の取替を促進しています。

2012年度は、以下の事業を省エネ推進事業として実施しました。

番号	事業名	CO ₂ 削減量 (t/年)
1	中央通り西側外灯を LED に更新	4.9
2	管理棟 2 階 パッケージエアコン交換	3.2
3	計算機北棟 / 南棟 廊下照明 人感センサーの設置	1.4
4	PF 実験準備棟 - 研究棟 - 光源棟間 渡り廊下照明 LED 化、 人感センサーの設置	2.1
5	PF 研究棟屋上非常階段照明 人感センサーの設置	
6	PF 研究棟 413 室の照明の自動点灯化	
7	2 号館 1 階～6 階廊下 人感センサーの設置	0.9
8	研究本館西側階段照明 人感センサーの設置	
9	計算機北棟 / 南棟 パッケージエアコン更新	0.9
合計		13.4

社会との共生

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。

2012 年度は、57 件の出前授業を実施し、延べ約 8,800 名の方々が参加しました。内容としては、国際リニアコライダー (ILC) や放射線に関する講義依頼が多く寄せられました。その依頼に応えるとともに、科学の魅力をお伝えすることができました。本プロジェクトは、今後も継続的に拡大実施していきます。



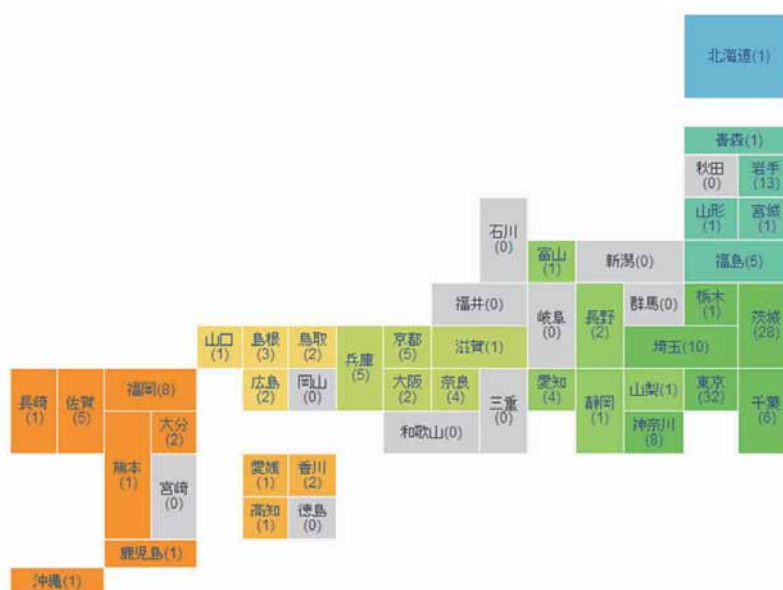
KEK キャラバンロゴ



「宇宙をつかまえるリニアコライダー」についての講演 (福岡県)



「放射線とその生物影響」についての講演 (山形県)



これまでに KEK キャラバンを行った都道府県 (2013 年 6 月末現在・164 件)

科学者を育てる活動

サマーチャレンジ

8月20日(月)から28日(火)までの9日間にわたり、大学3年生を主対象とする「第6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、「素粒子・原子核コース」59名、「物質・生命コース」28名が参加しました。

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、KEKの施設で講義、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経験を通して、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。

また、11月23日(金)、24日(土)の2日間にわたり、「物質・生命コース 秋の実習」が開催され、8月のサマーチャレンジ参加者のうち、24名が参加しました。夏期は加速器が運転停止中のため、ビームを利用しない演習を行いましたが、より実際の研究に即した実験を体験するため、加速器の運転している秋に放射光・中性子・ミュオンを用いた実習が行われました。



演習成果の発表会



秋の実習の様子

サイエンスキャンプ

8月6日(月)から9日(木)の4日間にわたり、高校生のための素粒子サイエンスキャンプ Belle Plus がKEKつくばキャンパスで開催され、全国から23名が参加しました。

Belle Plus はKEKと奈良教育大学が共催している、高校生を対象とした研究体験型のサイエンスキャンプです。研究者に直接指導を受けながら素粒子物理学に関する実習や解析を行い、最終的に研究発表を行うもので、実際に研究者が行っている研究活動の流れを体験することができます。2006年度よりBelle実験グループが中心となって実施しており、今回は6回目の開催となりました。

また、12月25日(火)から28日(金)の4日間にわたり、高校生を対象とした科学技術体験合宿プログラム「ウインター・サイエンスキャンプ」(科学技術振興機構主催、KEK共催)がKEKつくばキャンパスで開催され、20名が参加しました。



Belle Plus 実習の様子

中高生等実習受入事業

KEKでは、研究の現場を肌で感じるにより、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。2012年度は全国から21校534名がKEKを訪れました。



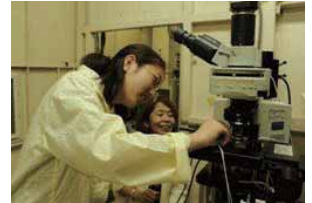
実習の様子

地域との共生活動

職場体験

職場体験は、文部科学省が推進している学習活動で、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決定する態度や意志、意欲などを培うことを目指しています。

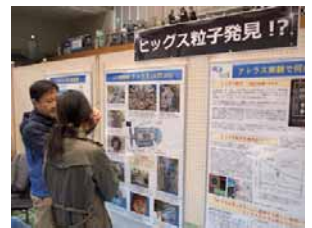
KEK では、この職場体験の一環として、小中学生向けに研究所での仕事を体験するプログラムを実施しています。併せて KEK の施設や研究会、会議などの見学や、研究者とのディスカッションの場などの機会も提供しています。2012 年度は、小学校 1 校、中学校 3 校、高校 2 校から 23 名が参加しました。



試料を装置にセットしている様子

つくば科学フェスティバル

11 月 17 日(土)、18 日(日)の 2 日間にかけて、つくばカピオ(茨城県つくば市)で「つくば科学フェスティバル 2012」が開催され、KEK も出展しました。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。KEK のブースでは、話題のヒッグス粒子に関する解説コーナーや、自然界に存在する放射線を見ることができる「霧箱」の製作、加速器にも使われている技術「超伝導」を体感できる「超伝導コースター」を実施しました。



ヒッグス粒子解説コーナー

KEK コンサート

年に数回、国内外で活躍されているプロの演奏家をお招きし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 年度からは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。2012 年度は 5 回開催し、延べ 790 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います。2012 年度は、12 月 8～12,14,16 日の計 5 日間にわたり、やさと茅葺き屋根保存会と学生などのボランティアによって茅刈りが実施され、延べ 200 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。

また、2013 年 3 月には、KEK の茅場が、文化庁の設定する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」に加わりました。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。



茅刈りの様子

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 は 2012 年 4 月 1 日から、TIA-nano 中核機関として参画しました。KEK は大規模な放射光施設や大強度陽子加速器施設 (J-PARC) など多くの最先端インフラを有しており、今後はこれらを基盤に放射光施設のトライアルユース、高性能検出器を利用した新たな研究分野の開拓、豊富な研究者受け入れ実績に基づく新たな連携の拡充が期待されます。

他の中核 3 機関と協力し、組織を超えて世界最先端イノベーション拠点構築に向けた取り組みを推進すると共に、先端ものづくり国家としてのわが国の繁栄と世界的な課題解決への貢献を目指します。



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な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

企業研究者向け XAFS 講習会

2 月 19 日 (火) から 21 日 (木) にかけて、フォトンファクトリー (PF) にて企業研究者を対象とした XAFS 講習会が行われました。これは放射光の産業利用促進を目的として、XAFS (ザフス、X-ray Absorption Fine Structure / X 線吸収微細構造) 測定を検討している民間企業所属の研究者を対象に、講義と実習を通して XAFS の知見と実技を習得するための講習会です。

XAFS は入射する放射光 (X 線) のエネルギーを変えながら、試料による吸収の具合を測定する実験方法です。得られたスペクトルを解析すると、試料中の注目した原子近傍の局所的な構造や化学状態を知ることができます。

今回 11 名の研究者が参加しました、XAFS を各自の研究分野の問題解決に生かそうと真剣に講習に取り組んでいました。終了後に PF の利用方法についても多くの質問が寄せられ、放射光・XAFS の産業利用への関心がより一層高まったようです。



実習の様子

広報活動

見学受入

つくばキャンパスでは、2006年9月より常設展示ホール「コミュニケーションプラザ」を開設し、科学おもちゃ、放射線測定の実験、KEK 紹介ビデオ上映等により、加速器の仕組み等を分かりやすく紹介しています。

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。2012年度は、広報室集計で6,254名の一般見学者及び6,564名の団体見学者がありました。

東海キャンパスでは、2008年12月より、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、個人・団体の見学も受け付けており、2012年度の見学・視察者数は延べ3,816名でした。

一般公開

つくばキャンパスでは毎年9月上旬の日曜日に一般公開を行っています。2012年度は9月2日(日)に実施し、県内、県外から約4,600名の来場者がありました。通常は運転中で見学することのできない、巨大な加速器や測定器を直接、それも間近で見ていただくことができるのは一般公開ならではの魅力です。特別講演では、KEKで行われている研究やヒッグス粒子についての解説など最新の科学成果を紹介しました。また、「ラジオを作ってみよう」「おもしろ物理教室」「霧箱教室」「科学おもちゃコーナー」「素粒子カードゲーム」に加え、「小林誠杯理論クイズ王決定戦」を実施し、参加型・体験型のイベントを充実させました。

東海キャンパスにおいては、2年ぶりにJ-PARC 施設公開を実施し、約2,100名の来場者がありました。来場者は、普段立ち入ることのできない実験施設を見学し、研究者の説明に熱心に耳を傾ける姿が見られました。



一般公開の様子



J-PARC 施設公開の様子

公開講座

KEK 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に広く紹介し、興味や関心を持っていただくことを目的に毎年実施しています。

第1回目の公開講座は、6月30日(土)に開催されました。「暗黒の世界～ダークマターとダークエネルギー～」と題して、2つの講義が行われ、約180名の方が参加しました。

第2回目の公開講座は、12月15日(土)に開催されました。「質量の起源に迫る」と題して、ヒッグス粒子に関する2つの講義が行われ、約150名の方が参加しました。



秋の公開講座の様子

職場環境の向上

健康管理

年1回の一般定期健康診断と年2回の特別定期健康診断（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ました。

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。更に裁量労働制を適用した職員については、健康管理のため産業医が勤務状況等にに応じて面談を実施しました。

また、職員の健康と健康意識の向上に向けて、昨年に続き「生活習慣病予防と体重管理」をテーマとした安全衛生講習会の開催や、「生活習慣病予防のためのダイエット予備校 痩身（そうしん）ハイスクール SUCCESS！」を実施しました。

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158回（累計282棟）実施しました。指摘事項は63件あり、すべてが改善されました。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回の自主点検も行いました。

2012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「防災」に重点をおいて巡視点検等を行いました。

AED 設置と取扱訓練

AED（自動体外除細動装置）は、2013年3月末現在、つくばキャンパスに計10ヶ所、東海キャンパスに計11ヶ所、設置されています。

2012年度は、J-PARC センターが AED メーカーの協力のもと実施した AED 取扱訓練に東海キャンパスからも参加しました。



訓練の様子

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。2012年度は9月と3月にノルマルヘキサンの作業環境測定を、7月と1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、自衛消防隊の4支部隊で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点検等を行ったほか、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様子
(東海キャンパス)

事故等

2012 年度は、交通(物損)事故 4 件、発火発煙事故 5 件、その他事故(作業中の物損やケガなど)が 14 件あり(つくばキャンパス)、構内で行われている工事や役務作業に伴うものが例年より多かったことが特徴ですが、幸いにしてケガ人が出るような大事故には至りませんでした。

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おり、更に工事や役務等で業者の方も構内で作業を行っています。

2012 年度に発生した事故の中には、業務委託の方等のかか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
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire	欧州合同原子核研究機関
CFF	Cavity Fabrication Facility	空洞製造技術開発施設
CMS	Compact Muon Solenoid	コンパクト・ミュオン・ソレノイド
DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron	ドイツ電子シンクロトロン研究所
DOE	Department of Energy	米国エネルギー省
ERL	Energy Recovery Linac	エネルギー回収型リニアック
FLASH	Free-electron-LASer in Hamburg	DESY 自由電子レーザー研究施設
ICFA	International Committee for Future Accelerators	国際将来加速器委員会
ILC	International Linear Collider	国際リニアコライダー
ILC-GDE	ILC-Global Design Effort	ILC 国際共同設計チーム
JAEA	Japan Atomic Energy Agency	日本原子力研究開発機構
J-PARC	Japan Proton Accelerator Research Complex	大強度陽子加速器施設
LCC	Linear Collider Collaboration	リニアコライダー・コラボレーション
LHC	Large Hadron Collider	大型ハドロン衝突型加速器
NSF	National Science Foundation	米国国立科学財団
PF	Photon Factory	放射光科学研究施設
STF	Superconducting Accelerator Test Facility	超伝導リニアック試験施設
TDR	Technical Design Report	ILC 技術設計報告書
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
XAFS	X-ray Absorption Fine Structure	X 線吸収微細構造

用語

用語	頁数	説明
B 中間子	7	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	7,20, 25,26	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	7	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)”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。

用語	頁数	説明
eV	3,4, 10,11, 12,13, 37	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, 1 TeV = 1,000 GeV
X 線吸収微細構造 (XAFS)	48	入射する X 線のエネルギーを変えながら物質による吸光度を測定する実験方法で、原子の近傍の局所的な構造や化学状態を知ることができる。
エネルギー回収型リニアック (ERL)	1,22	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。
大型ハドロン衝突型加速器 (LHC)	3,4, 10,13	スイスのジュネーブ郊外のスイスとフランスの国境地帯にある世界最大の素粒子物理学の研究所である欧州合同原子核研究機関（European Organization for Nuclear Research、略称 CERN）が所有する世界最大の衝突型円型加速器。2008 年 9 月から運転を開始した。
国際リニアコライダー計画 (ILC)	1,10, 11,12, 13,22, 45,48	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)	12	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の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)	2,16, 17,18, 19,20, 25,26, 30,37, 41,48, 49,50, 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。
長基線ニュートリノ振動実験 (T2K)	16,17	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。

用語	頁数	説明
超伝導リニアック試験施設 (STF)	12,13,50	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	16,17,18,20	原子よりも小さく電氣的に中性で、最も軽いクォークや電子の 100 万分の 1 以下の重さしか持たない素粒子。電子型、ミュー型、タウ型の三種類がある。
ハドロン	2,3,20	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	3,4,10,11,13,47,49	素粒子に質量を与えていると考えられている粒子。
ビッグバン	13,15	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	5,8,9,10,13,15,16,20,39,40,41,46,48	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)	5,16,32,39,40,44,48	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	15,16,17,20,46	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≫ <http://kids.kek.jp/class/index.html>

加速器ってナニ?≫ <http://kids.kek.jp/accelerator/index.html>

カンタン物理辞典≫ <http://kids.kek.jp/jiten/index.html>

第三者意見

おがわ のぶあき

小川 信明 氏

秋田大学大学院工学資源学研究科 教授

工学資源学研究科 科長（学部長）



私は秋田大学大学院工学資源学研究科生命科学専攻及び工学資源学部生命化学科で分析化学を教えております。研究としましては、近赤外分光法を用いる簡易分析法の開発、金ナノ粒子を用いる生体物質検出法の開発、環境問題としての酸性雨・霧・大気粒子状物質（PM）に関する研究などをしております。

上記以外に、Zr (IV) 化合物の水溶液内での溶存構造に関する研究において、過去に KEK で XAFS の測定を行ったことがあり、そのような関係で、今回 KEK より「環境報告 2013」について、第三者意見を求められたのだと理解しております。

この環境報告書の「KEK2012 ハイライト」にヒッグス粒子の発見が伝えられており、この発見には機構長始め KEK の関係者・研究者がたくさん関わっておられます。この実験的な発見があつてこそだと思いますが、エディンバラ大学のピーター・ヒッグス名誉教授とブリュッセル自由大学のフランソワ・アングレール名誉教授が 1964 年のヒッグス粒子存在の予言により 2013 年のノーベル物理学賞を受賞されることになったことは、KEK の技術・研究レベルの高さを示す結果でもあり、KEK の関係者におかれましても、大変大きな喜びであつたと推察します。

さて、本題であります私の第三者意見ですが・・・・・・。

本報告書には、環境活動とその結果の数値データを出した報告に加え社会との関わり、経済活動に関する情報なども記述されており、大変優れた報告となっていると思います。その中でも、電力などのエネルギー資源を使用する際に排出される CO₂ の削減の目標「2012 年度までに 2006 年度比、5% 削減」を達成されたことは、敬服に値します。

とはいえ、少しコメントしますと、数値データを報告されているのは大変良いとは思いますが、その数値をどのように評価するのかという観点で、少し欠けている部分があるのではないかと思います。例えば、環境との共生―物質―産業廃棄物の項ですが、産業廃棄物がこれくらい出てどれくらい環境保全コストに関わるかはよくわかるのですが、この量が日本または世界の同規模の施設と比較して出し過ぎなのか、むしろ適切な量であるのかについても議論し、来年度はこれくらいになるようにしようなどと記載されると、さらに良いモノになると思います。また、環境保全効果や環境保全対策に伴う経済効果のところでもこのレベルの効果や削減で良いのか、もっとすべきなのかを自己評価し、次の年度の計画に反映されると良いと思います。

教育・社会貢献の部分を環境報告に載せておられるのは、広報誌としての役割を少し持たせる意味で大変良いと思いますが、各イベントでのアンケート結果を載せ、次年度の取り組みに生かしていることなども報告されると良いと思います。

つまり、全体を通じて、いわゆる PDCA サイクルを意識して書かれると良いのではと思います。

最後に、この「環境報告 2013」でカバーする期間ではありませんが、機構長がトップメッセージで触れておられる今年度の 5 月の KEK と JAEA が共同で運営する J-PARC のハドロン実験施設での放射性物質の漏えいは、全国紙でも報道されるほど社会の関心が高く、重大な問題であります。次年度のこの環境報告には、必ず、顛末、漏えい直後と現在の、周辺の放射性物質濃度及び今後の防止策等を詳しく報告していただきたいところです。

以上、KEK の着実な環境配慮行動の推進と、今後、ますます高度な研究を推進されることを祈念し、第三者意見とさせていただきます。

KEK の環境報告 2013 をお読みいただきありがとうございます。

KEK では、例年 4 月に各研究所・研究施設、管理局の担当部署からメンバーを選出して「環境報告作成ワーキンググループ」を組織し、報告書への掲載項目の精査、掲載データの確認など、関係各部門との調整を重ねて環境報告を編集、作成しています。

環境報告書は、環境活動とその結果だけではなく、社会との関わりや経済活動に関する情報も加えたものに発展させていこうという動きが強くなっています。このような要請に答えるため、今年度の環境報告では、KEK における 2012 年度の研究活動の成果を「KEK 2012 ハイライト」として掲載いたしました。KEK で行っている事業の一端を理解していただければ幸いです。内容については、まだまだ不十分な点があると考えていますが、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。

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 2013 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。

2013 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

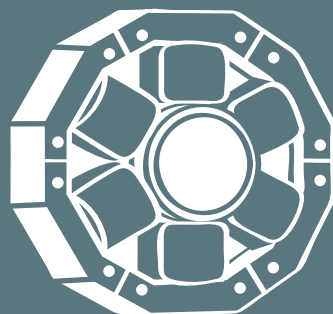


2012 年 3 月末まで、技術職員として KEK に在籍。
現在アーティストとして活躍中。

<http://www11.ocn.ne.jp/~atelier/>

Designer's comment

過去の作品になりますが、KEK で開発された陽子加速器の 1 つ、FFAG (Fixed Field Alternating Gradient) 加速器を描いた油彩作品です。
あえてシンプルな構造にデフォルメし、電磁石を引き立てています。電磁石の重厚感が、例えるならストーンヘンジのような神秘性を持つように私は感じます。



高エネルギー加速器研究機構 環境報告 2013

本環境報告はホームページで公表しています。 <http://environment.kek.jp/>



■ 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 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。