環境報告 2014

KEK Environmental Report 2014

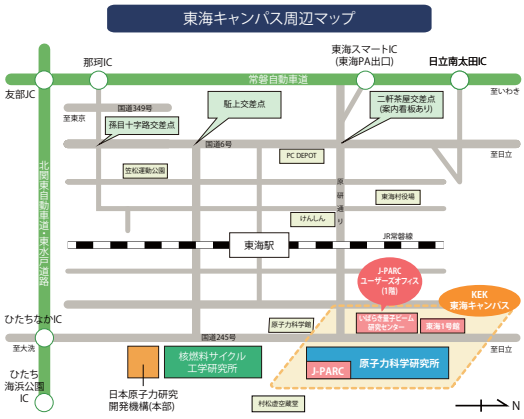
大学共同利用機関法人　高エネルギー加速器研究機構

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	2013 年 4 月～ 2014 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 2014 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	2014 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 2013 ハイライト ・・・・3

- ミューオンニュートリノから電子ニュートリノへの振動現象の発見
- コンパクトＥＲＬ
- チョコレートを美味しくする物理

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

- 燃料電池の要、イオン交換膜「ナフィオン」の膨潤過程を解明
- 母乳のオリゴ糖から体内環境を整えるビフィズス菌の増殖因子を切り出す酵素のしくみを解明
- 福島復興に向けた放射能測定支援
- 機構内工事における環境配慮
- つくば市環境都市の推進に関する協定を締結

社会との関わり ・・・・・ 43

- 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
- J-PARC 放射性物質漏えい事故とその対応
- 安全安心文化の醸成
- 職場環境の向上

用語集・・・・・・・・・・ 52

第三者意見・・・・・・・ 55

編集後記・・・・・・・・ 56

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
鈴木厚人

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。加速器を用いた科学研究は、素粒子・原子核物理による究極の物質像の探究とそれに基礎を置いた宇宙の起源の解明から、物質科学や生命科学の推進、医療やエネルギー問題などへの応用まで広い分野にわたっています。さらに、総合研究大学院大学を設置して、最先端の研究施設・設備を駆使し、高エネルギー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育成しています。

KEK においては、エネルギー消費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。このような背景から、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、「〔投入エネルギー〕対〔研究、教育等の成果〕の効率の向上」を軸にして取り組みを行っています。例えば、2014 年度運転開始予定の SuperKEKB 加速器においては、世界最高の衝突性能を実現した KEKB 加速器を前身とし、エネルギー消費を抑えつつ、40 倍の性能改善を目指しています。さらに、教職員へのエコアイデアの募集、省エネパトロールの実施など、教職員が一丸となって環境負荷低減に対する取り組みを進めています。

これまで 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」を作成し、これ以降、具体的な「省エネルギー対策アクションプラン」を毎年度設定するとともに、年度末にその達成状況の評価を行い、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。

さて、2013 年 5 月 23 日、KEK は J-PARC のハドロン実験施設において、放射性物質の施設内、施設外への漏えいと、放射線作業従事者の被ばく事案を起こしてしまいました。近隣住民の皆様、国民の皆様、そして関連研究分野の皆様に対して、大変なご心配をおかけし、ご不安を与える事態となりましたことを、深くお詫び申し上げます。原因分析と関係省庁への報告提出を経て、現在、再発防止のための諸対策をまとめて、実施しているところです。具体的な取り組みとして、2013 年度には「近隣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。また、機構の安全管理体制のありかたと職員全員による安全への取り組みに不備があったことを重く受け止め、2013 年秋に、安全活動計画を企画立案する組織とそれを実施する組織の二つを新たに立ち上げ、安全に関わる事業統括の仕組みを強固にしました。今後は機構が一丸となって、安全な研究・教育環境の場を提供できるよう取り組んで参ります。

KEK は、学術研究の自立性が社会からの信頼と付託の上に成り立っているものであることを再確認し、高い倫理性をもって研究活動を実践するとともに、環境・安全・労働衛生に関連する法令、規則等を遵守しつつ、安全で快適な研究・教育環境を実現することを目指して参ります。また、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いく所存です。

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 2013 ハイライト

KEK における 2013 年度の研究ハイライトを紹介します。

ミューオンニュートリノから電子ニュートリノへの振動現象の発見

2013 年 7 月 19 日、国際共同実験グループ T2K (Tokai to Kamioka) は、ミューオンニュートリノから電子ニュートリノへの振動現象の存在を確立した、と発表しました。ニュートリノとは電気を持たない素粒子の一種で、電子型、ミューオン型、タウ型という三つの種類 (フレーバーと呼ぶ) があります。ニュートリノは長い間質量が無いと信じられていましたが、もしニュートリノが質量を持ち、お互いに混ざった状態で存在するとすれば、あるフレーバーのニュートリノから別のフレーバーのニュートリノに変化するという現象が起きる、と予言されていました。この現象はニュートリノ振動現象と呼ばれ、1998 年に、スーパーカミオカンデ実験グループにより発見されました。それ以来の 10 年、いくつかの実験グループがニュートリノ振動現象を確認しましたが、それらはすべて、あるニュートリノがその実験装置では観測できない別のフレーバーに変化して見えなくなるという、「消滅現象」として捉えられたものでした。 それに対して今回の T2K 実験の観測は、作られたときはミューオンニュートリノであったものが、観測点では別のフレーバーである電子ニュートリノとして観測されるという、「出現現象」として観測された、世界で初めての発見でした。

T2K 実験では、KEK と日本原子力研究開発機構が共同で茨城県東海村に建設した大強度陽子加速器施設 J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex) のニュートリノ実験施設で作られたミューオンニュートリノの大強度ビームを、295 km 離れた岐阜県の神岡鉱山の地下に置かれた巨大な測定器スーパーカミオカンデに向けて打ち込みます (図 1)。

ニュートリノは物質と反応する確率が非常に低いため、地球の岩盤も易々と突き抜け、東海村で作られてから 0.001 秒で神岡に到達します。ほとんどはそのまま突き抜けて宇宙に出てしまいますが、ごくわずかな割合でスーパーカミオカンデで検出されます。スーパーカミオカンデは、50,000 トンの純水で満たされた円筒型の水タンクで、

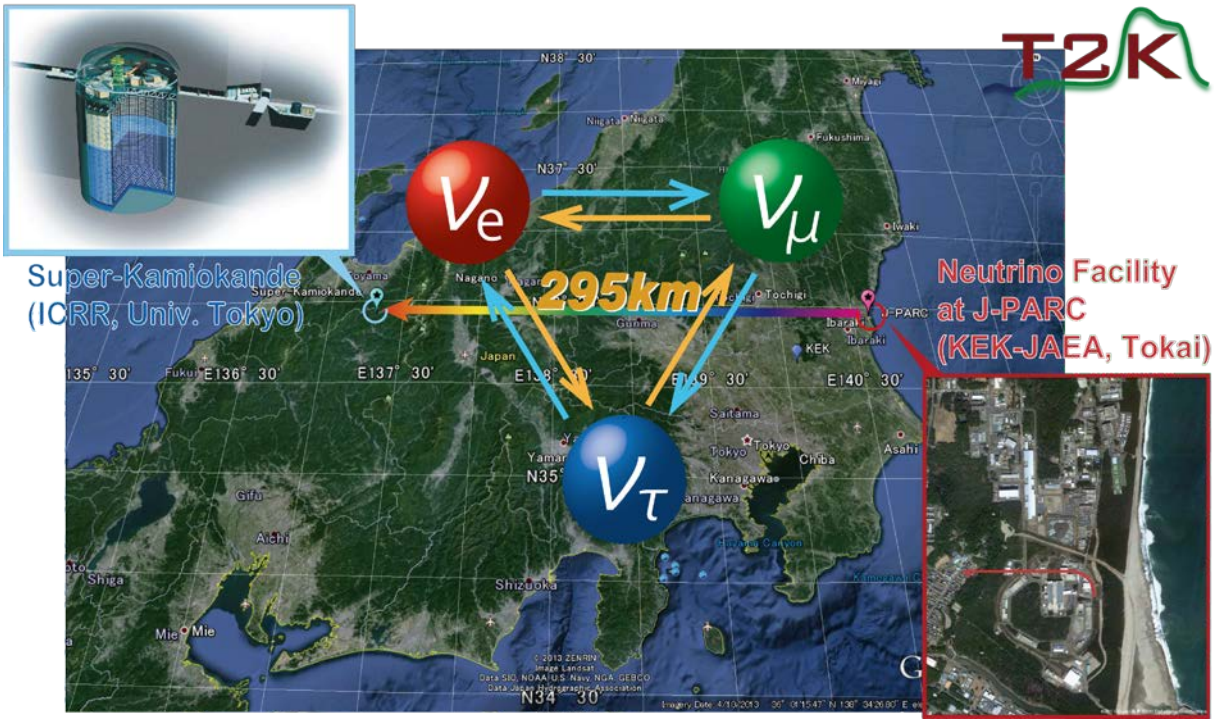


図 1：ニュートリノ振動と T2K 実験。T2K 実験は世界 11 か国の約 500 人の研究者が進めている国際共同実験

内側の表面は、約 11,000 個の直径 50 cm の高感度光センサーで覆われています。ニュートリノが水の中の原子核と反応すると、ミューオンニュートリノからはミューオンが、電子ニュートリノからは電子が作られます。ミューオンや電子は、その進行方向に沿って弱い円錐状の光の波面を作り出し、それが光センサーの上にリング状のイメージを作り出します（図 2）。これらのリングのイメージを解析することにより、ニュートリノのフレーバー（ミューオン型か電子型か）やそのエネルギーなどを決めることができます。電子型の事象が現れることは、ミューオンニュートリノから電子ニュートリノへの振動が起こったことを示します。

T2K 実験は 2009 年 4 月よりビーム実験を開始し、途中、東日本大震災による被災とその復興による中断がありましたが、2013 年 7 月までに 6.57×10^{20} 個の陽子に基づくデータを蓄積しました。それらを解析した結果、ミューオンニュートリノから電子ニュートリノへの振動が無い場合に期待される 4.9 事象よりもはるかに多い、28 事象の電子ニュートリノが観測されました（図 3）。電子ニュートリノへの振動が無い場合に、統計的揺らぎによりこのような数の電子ニュートリノが観測される確率は1兆分の1より小さく、世界で初めてミューオンニュートリノから電子ニュートリノへの振動を出現現象として発見した、と言うことができました。

このようなニュートリノ振動現象が起きる確率は、CP 対称性の破れという現象に関係します。CP 対称性の破れは物質と反物質が関わる物理現象を識別しますが、これまではクォークに関わる現象においてのみ観測されてきました。レプトジェネシスと呼ばれる宇宙論の仮説によると、「現在の宇宙には物質がほとんどで、反物質がほとんど見られない」、と言う現在の状況を説明するためには、宇宙のごく初期段階でのニュートリノにおける CP 対称性の破れが鍵になっている、と言われています。今回の T2K の結果を原子炉における反電子ニュートリノの消滅現象で得られた結果と組み合わせると、CP 対称性の破れを表すパラメータ δ_{CP} の値に対して、世界で初めて制限を課することができました。その結果の有意性はまだ限られていますが、この観測結果は、ニュートリノにおける CP 対称性の破れを追及するうえで強いインパクトを与えています。

J-PARC では、2013 年 5 月に起きたハドロン実験施設での放射性物質漏えい事故の後、安全再教育や体制の強化を行い、装置の安全性をより高めて、2014 年 5 月より、T2K 実験を再開しました。6 月からは、ニュートリノの CP 対称性の破れを研究するため、反ニュートリノビームを生成する運転を開始しましたが、ニュートリノビームと合わせて、これまで蓄積したデータの 10 倍のデータを収集することを目標とし、日夜実験を続けています。

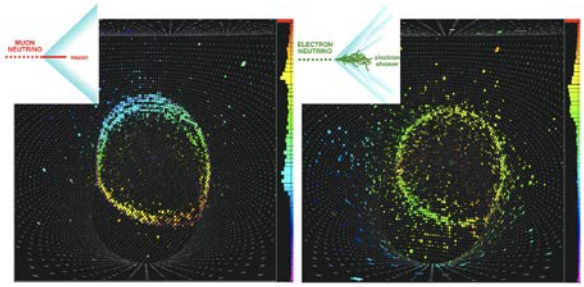


図 2：スーパーカミオカンデで観測されたミューオンニュートリノ事象（左図）と電子ニュートリノ事象（右図）。
ミューオンニュートリノにより作られたミューオンは水の中をまっすぐ進むのに対して、電子ニュートリノにより作られた電子は、電磁シャワーを引き起こすので、リングのイメージの輪郭がぼやけています。

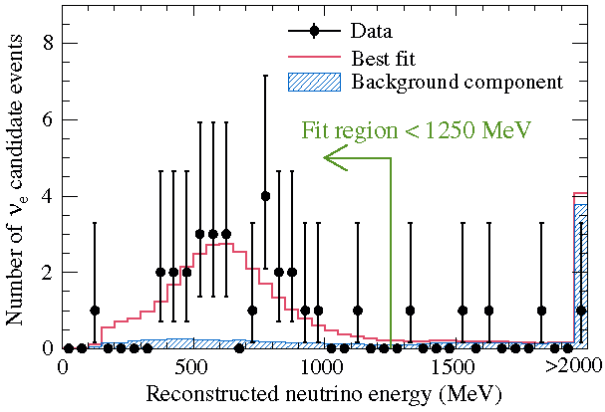


図 3：電子ニュートリノ候補のエネルギー分布。
観測データ（エラー棒付の黒丸）は、電子ニュートリノへの振動がある場合に期待される予言（赤線）とよく合っています。

関連サイト
T2K 実験国際共同研究グループのページ
≫ http://t2k-experiment.org/ja/
東京大学宇宙線研究所　神岡宇宙素粒子研究施設
≫ http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp/index.html

コンパクトERL

KEK では、将来放射光源に向けてエネルギー回収型リニアック（ERL: Energy Recovery Linac）の開発を 2006 年に ERL 計画推進室を設置し、機構内で培ってきた最先端の加速器技術、及び日本原子力研究開発機構、東京大学物性研究所、産業技術総合研究所をはじめとする内外の研究機関との協力の下、進めています。現在、GeV クラスの ERL 加速器は世界のどこでもまだ実現していません。実際に ERL をX線領域の光源加速器として実現するためには、多くの要素技術、例えば超高輝度電子、前段加速器用及び主加速器用の超伝導加速空洞などを開発していく必要があります。また、そのような加速器要素技術を駆使して高品質の電子ビームを導く運転技術の習得も重要な要素技術といえるでしょう。KEK ではこういった新しい技術の開発のために、まず小型の ERL 加速器を作ることから最初の一歩を踏み出しました。この ERL 実証機「コンパクト ERL（cERL）」は、2013 年春から入射部の試運転を開始し、その後、夏から秋にかけて周回部の建設を進め、12 月から周回運転の立上げを開始し、その ERL 運転に成功しました。ここではその立上げの状況を報告します。

図 1 に cERL の加速器要素の配置・構成を示します。500 kV 高輝度電子銃からの電子ビームは、3 台の 2 セル超伝導加速空洞から成る入射部超伝導空洞で最大 6 MeV まで加速され、合流部で周回部に入射されます。その後、2 台の 9 セル超伝導加速空洞から成る主加速部超伝導空洞で最大 35 MeV まで加速され、周回部を経て再度主加速部超伝導空洞まで戻ってきます。ここで、戻ってきた電子ビームは加速位相と 180 度だけずれた減速位相のタイミングで戻され、主加速部超伝導空洞でエネルギーが回収された後、減速されたビームはダンプラインに導かれて終端のビームダンプに導かれ、捨てられるというものです。

周回部の運転に先立って、先ずcERL入射部の調整運転を2013年4月22日から6月28日までの2か月間にわたって実施しました。その安全な運転の確立と1. 電子銃での高品質ビームの生成、2. 入射加速空洞でのビーム加速、3. ビーム品質を保持したビーム輸送、の 3 つの目標を定めました。いずれの項目も無事に成功し、5 月 27 日に原子力規制庁の指定登録機関である原子力安全技術センターの施設検査に合格しました。

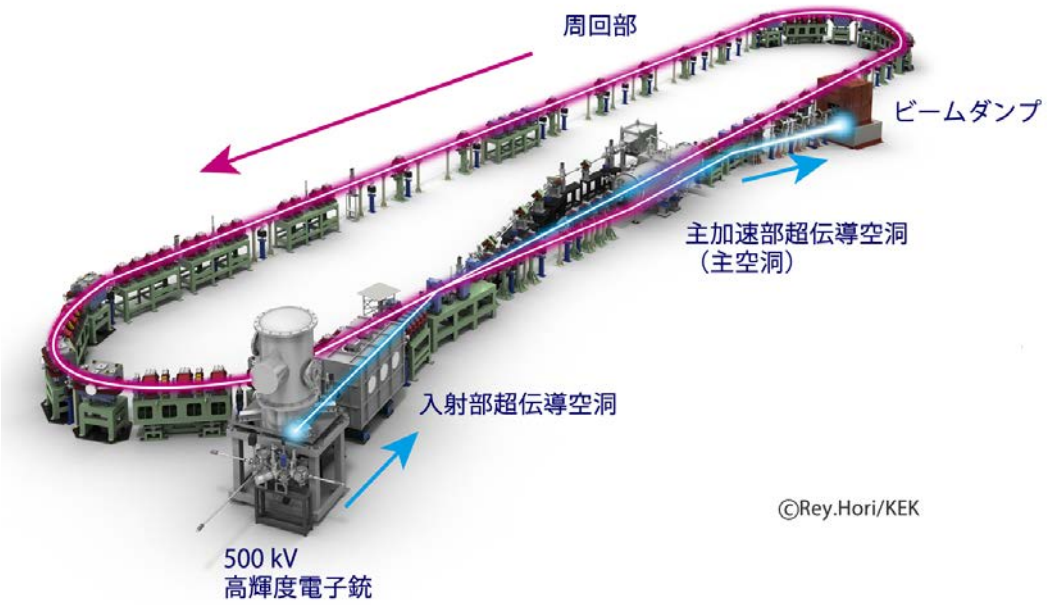


図 1：コンパクト ERL 全景と電子ビーム軌道（周長 100 m）

続いて、7月から11月にかけて周回部の建設を行い、12月には周回部を含めてcERLの加速器の建設は終了しました。図2は完成した周回部の一部の写真です。そして12月末から3月中旬まで、この7年間の開発の成果を試す調整運転が行われました。

図2：完成した周回部の一部

まず高輝度電子銃から390 kVの電圧で加速された電子ビームを引き出し、入射部超伝導空洞（図1の中で青色で表示）で2.9 MeVまで加速します。その電子ビームを主加速部超伝導空洞（以下、主空洞）へ導き、約20 MeVに加速します。その後、20 MeVに加速された電子ビームは周回部を回り、再び主空洞に戻ってきます。 電子ビームは、最初の2.9 MeVの電子ビームとほぼ同じ軌道上に戻りますが、2.9 MeVの電子ビームと逆位相になるように周回部の軌道長を調整します。このようにして、まさにエネルギー回収運転を実現させることに成功しました。

図3は、電子銃直後とビームダンプでビーム電流を測定した例で、ほぼ同じビーム電流が観測されたことを示しています。そして無事に3月12日にcERLのエネルギー回収運転が原子力安全技術センターの施設検査に合格しました。

この加速器技術の成果は、蓄積リング型放射光を凌駕する高輝度性、短パルス性をもつ放射光を生み出す次世代放射光源や、高い繰り返しの自由電子レーザー光源の実現に大きな一歩となるものです。

図3：電子銃からビームダンプまでビームをほぼ損失なく輸送できた事を示す図。
電子銃直後（左図、黄色トレース）とビームダンプ（右図、赤トレース）で測定されたビーム電流波形を示す。小電流のパルスビーム（パルス幅1 μs、ピーク電流約40 μA、繰り返し5 Hz）を用いて測定した。

関連サイト
物構研トピックス　コンパクトERL入射部にて電子ビームの加速に成功
≫ http://imss.kek.jp/news/2013/topics/0529cERL/index.html
物構研トピックス　コンパクトERLエネルギー回収運転に成功
≫ http://imss.kek.jp/news/2014/topics/0312cERL/index.html
ハイライト　加速器「火入れ」の時
≫ http://www.kek.jp/ja/NewsRoom/Highlights/20140416160000/
ERL計画推進室
≫ http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/index.html

チョコレートを美味しくする物理

多くの人を虜にする、チョコレート。甘くて、ほろ苦くて、なめらかな口どけとともに口いっぱいに広がるカカオの香り。これらが実は食品物理学と結晶学という物理の賜物であることをご存知でしょうか？

せっかくのおいしいチョコレート、気がついたら表面に白い粉がふいていた、なんてことは無いでしょうか？これはブルームと呼ばれる、チョコレートに含まれる油脂が表面に出て固まってしまった状態です（図 1）。食べてみると、、、ボソボソとして、美味しくない。全く同じチョコレートなのに、こうも違うものかと思うほど、別物になってしまう。

図 1：ブルームの出たチョコレート
チョコレートの油脂の一部が融け出し、再結晶化したもの

「美味しい」とは？

チョコレートは、カカオ豆から得られるココアバターという油脂に砂糖やカカオマスなどの固体微粒子が分散した構造をしています。ココアバターの油脂はステアリン酸、オレイン酸、パルミチン酸という 3 種類の脂肪酸だけで約 80% も占める、他の天然油脂には見られない組成をしています。そのため、温度変化による結晶の割合も特徴的で、低温では結晶が極めて多く、30℃前後で急激に減少します（図 2）。つまり、室温以下では固体で、噛んだ時にパリッとした心地よいスナップ性を生み出し、口に入れた時には速やかに融け、甘みや苦み、香りがたちどころに広がる、というチョコレートならではの性質が表れるのです。チョコレートの美味しさは、この油脂の結晶こそが鍵を握っているのです。広島大学の上野聡教授は、製菓メーカーと共同で、「おいしい」油脂の結晶構造と、その条件を研究しています。これまで職人の経験や勘に基づいて作られていたチョコレートの美味しさを科学的に理解し、応用しようとするものです。

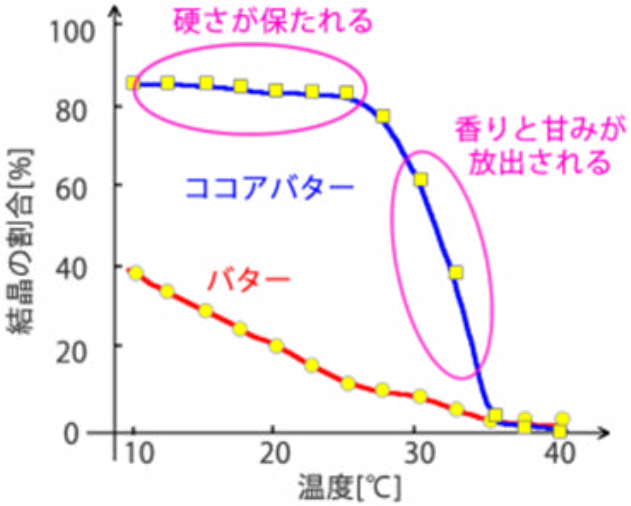


図 2：ココアバターとバターの結晶の割合の温度変化

ココアバターの結晶は、融点、密度、結晶形などが異なる 6 タイプに分類されます（図 4 下）。この中で、食品として美味しいのは V 型結晶だけです。I 型からⅣ型の結晶は、融点が低く、密度も低いため、型から外しにくく、製品には不向きです。逆に最も安定なⅥ型は融点が高く、口に含んでも融けにくいため、ボソボソとして美味しさを感じられません。ブルームの出た美味しくないチョコレートは、安定化したⅥ型結晶なのでした。Ⅵ型結晶は融けにくいだけではなく、結晶粒径が粗いため、融けてもざらつきのある食感になり、見た目も悪くなります。一方、美味しい V 型結晶は、見た目も光沢があり、結晶粒径が細かいので口どけも滑らか、高密度なので型からきれいに外れ易いという点でも秀逸です。

食感の鍵「油脂の結晶構造」

V 型の結晶を作るには、通常テンパリングという温度操作が用いられます。テンパリングとは、45 ～ 50℃に融かしたチョコレートを 25 ～27℃に冷やし、再び 31 ～ 33℃に加熱してから冷やし固めるという温度調整の工程です。上野教授はテンパリングという操作の中で、油脂の結晶構造がどのように変化するのかをリアルタイムで捉えるため、KEK フォトンファクトリーの放射光を利用して調べました。6 タイプある油脂の結晶構造を放射光で見ると、特徴的なピークが現れるので結晶のタイプを見分けやすく、また一回の測定が 15 ～ 30 秒で出来ることも好都合だったからです。結晶を担う油脂はグリセロールを中心にステアリン酸とオレイン酸、パルミチン酸が結合したトリアシルグリセロール（TAG、図 3）が、どのように並ぶかが重要で、得られるピークから図 4 のようなモデルが考えられています。実は、この分野の研究はまだ十分ではなく、正確な結晶構造は解明されていません。得られるピークの回折パターンこそが重要な情報となります。

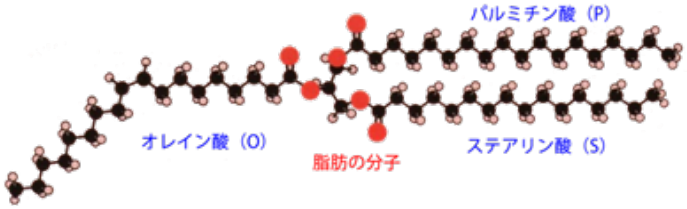


図 3：トリアシルグリセロールの一種
図はグリセロールを中心に、パルミチン酸 - オレイン酸 - ステアリン酸が結合した構造 (POS)。チョコレートに含まれる油脂（西アフリカ産ココアバターの場合）の約 40% が POS、次いで、オレイン酸とステアリン酸 2 つが結合した SOS が 27%、16% がパルミチン酸 2 つとオレイン酸 (POP) で構成されている。

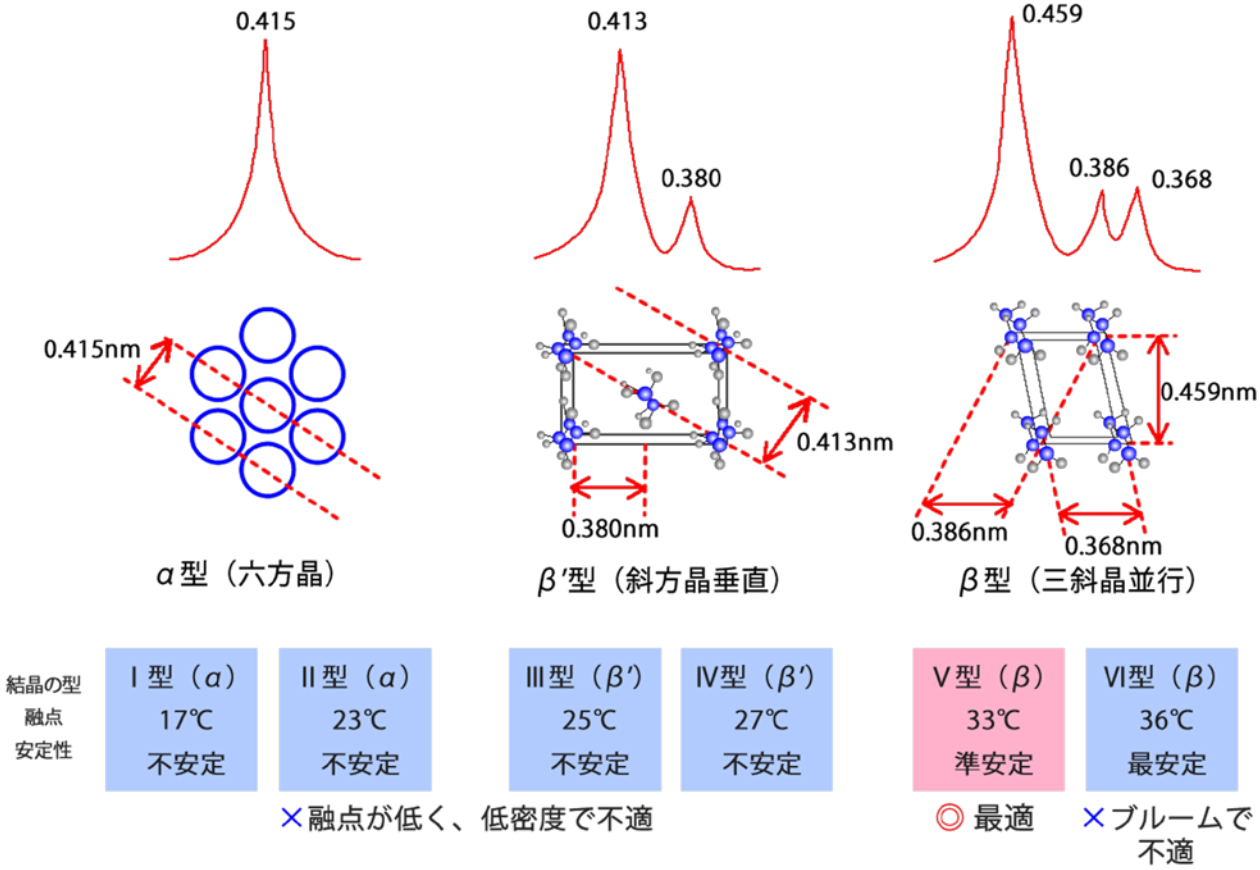


図 4：ココアバターの結晶多形現象と、結晶多形構造モデル
6 タイプの結晶構造は、α、β'、βの 3 タイプに分けられ、その放射光回折パターンが異なる。

そして分かってきたのは、V 型結晶を作るには、温度に加え「シアストレス」が重要だということです。シアストレスとは、一般には断層面など面と面がすべる時に生じる「ずり応力」のことですが、ここでは撹拌する、混ぜ方のことを言います。驚くことに、混ぜる力の強さや回転数によっては、温度変化が無くても V 型結晶ができることが分かり、温度変化と併用すれば、これまで数時間かけて結晶化していたものを数十分にまで短縮することが可能になりました。

結晶化の効率は、生産性の向上にとって重要です。これまでの研究で油脂単体よりも、カカオマスを混入した方が結晶化しやすいことが分かっており、さらに砂糖も結晶化に影響を与えるらしいということが分かってきました。チョコレートと言っても種類は千差万別。油脂も、カカオの産地によって成分の違いがあり、ココアバターにミルクやバターの乳脂肪を加えたものなど様々です。これらの配合やテンパリングの温度、シアストレスを変えることによって、融点をコントロールし、なめらかな口どけのチョコレートがたくさん世に出るようになりました。冬季限定の美味しいチョコレートを楽しめるのも、これらの基礎研究があってのもの。油脂の結晶構造に思いをめぐらせながら食すると、また一味違ってくるかもしれません。

図 5：様々なチョコレートの比較実験の様子
油脂の結晶構造の実験は、2012 年のサマーチャレンジ（http://pfwww2.kek.jp/sc/2012/index.html）でも行われた。

「食感」を物理する

食品物理学は「食感」をキーワードにまだまだ広がりをみせます。こりこり、モチモチ、パサパサ、、、柔らかい硬いという言葉だけでは表せない多様な食感も食の楽しみです。これらを科学的に検証し、食感を設計して作りだす学問です。

「私たちが食べて美味しいと感じられるものは、ほぼ全て準安定なんです。例えば、ご飯も美味しいと感じられるのは、デンプンが水を含み結晶構造が崩れたガラス状態になっている時だけ。冷めるとデンプンが不規則に再結晶化した状態となって、硬くなってしまいます。」そう語った上野教授。もはや上野氏にとって食事は、栄養補給ではなく、時として観察対象となっているようです。「食感というのは、味と同じく、美味しさの一要素です。今、製菓メーカーでは高齢者をターゲットとした、食品の研究が盛んに行われています。噛む力の弱い高齢者でも、カリッとした食感を楽しめるお煎餅などです。」

改めて、身の周りの食べ物を見まわして見ると、食感を売りにしている商品の多さに気づかされるはず。今後、どんな食感の食べ物が出てくるのか、注目ください。

関連サイト
広島大学大学院生物圏科学研究科 食品物理学研究室
≫ http://home.hiroshima-u.ac.jp/fdphys/japanese/index.html
放射光科学研究施設 フォトンファクトリー
≫ http://pfwww.kek.jp/indexj.html
物質構造科学研究所
≫ http://imss.kek.jp/

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。

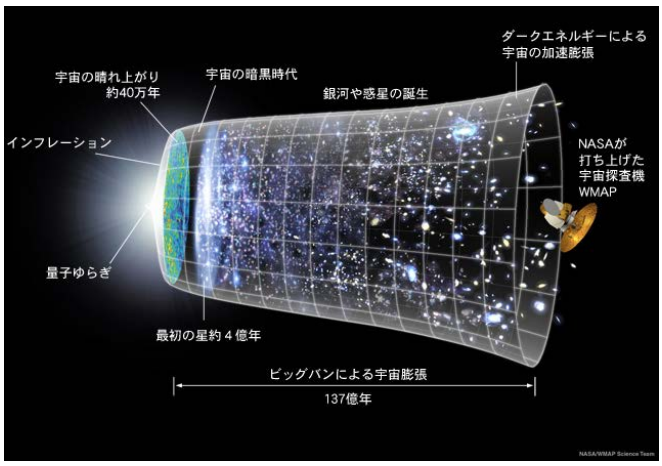
高エネルギー加速器とは、電子や陽子などの粒子を、ほぼ光の速さまで加速して、高エネルギーの状態を作り出す装置です。この高エネルギー状態から作られる素粒子の世界を研究すると、誕生直後の宇宙の様子を探ることができます。また、加速器が作る光や中性子、ミュオンなどの量子ビームは、倍率の高い顕微鏡として、これまでに見ることができなかった物質の構造や、生命活動の研究を行うことができます。

素粒子・原子核の世界の研究

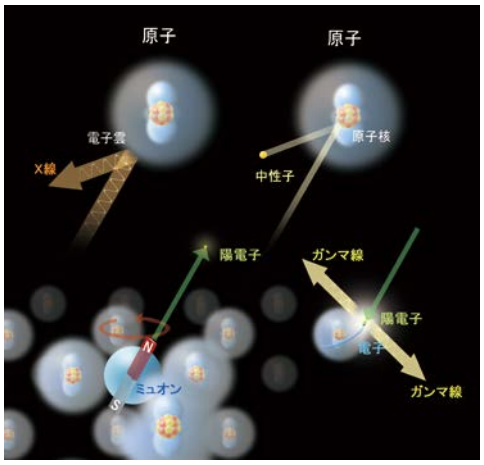
宇宙は約 137 億年前（± 2 億年）のビッグバンによって始まったと考えられています。宇宙が出来た当初は素粒子の世界でした。望遠鏡や人工衛星で宇宙を眺めるのに対し、KEK は加速器を用いて宇宙の初期状態を再現することで宇宙の研究を行います。

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

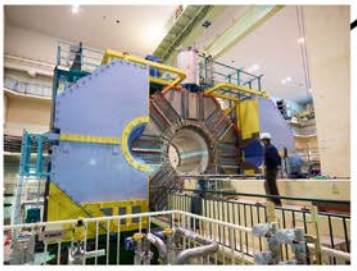
素粒子原子核研究所では、素粒子物理学、原子核物理学、宇宙物理学といった、極微な世界から広大な宇宙までの幅広い分野に対して、理論及び実験の両側面からの総合的研究を行っています。

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。 2014 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。

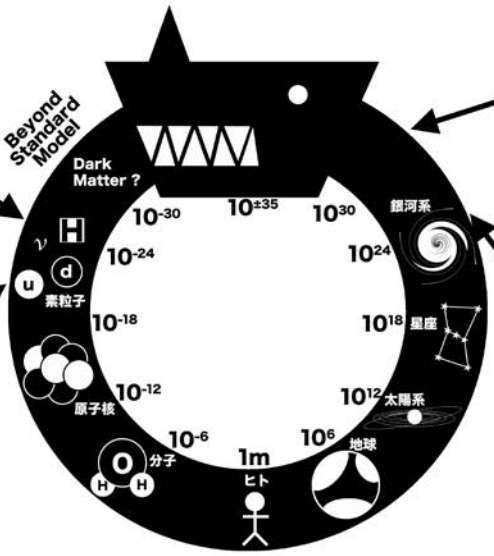
東海キャンパスには J-PARC 加速器を利用した実験施設が多数あります。ニュートリノ研究のための T2K 実験施設は、295 km 離れたスーパーカミオカンデ（東京大学宇宙線研究所　神岡宇宙素粒子研究施設）までニュートリノビームを飛ばし、ニュートリノ振動現象の精密測定を行っています。ハドロン実験施設や物質・生命科学実験施設では、K 中間子実験やミュー粒子実験を行っています。

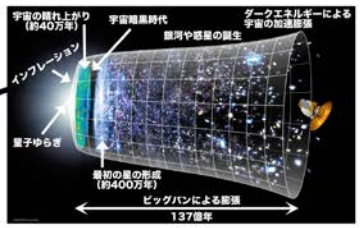
このようにして理論と実験の両面から物質を構成する素粒子や原子核、さらにそれらに働く力の性質を明らかにすることで、我々の世界を構築している法則はどんなものか、宇宙はどうやってできたのか、なぜ我々は存在できるのか、などの「根源的な謎」の解明に挑んでいます。また、各種実験を支える先端測定機器の技術開発も行っています。

ニュートリノ実験施設
（東海キャンパス）



改造中のBelle II 検出器
（つくばキャンパス）





宇宙の成り立ちの理論的研究

宇宙背景放射観測実験

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。

MLF 実験ホール（J-PARC）

PF 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。

電子陽電子リニアック（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。

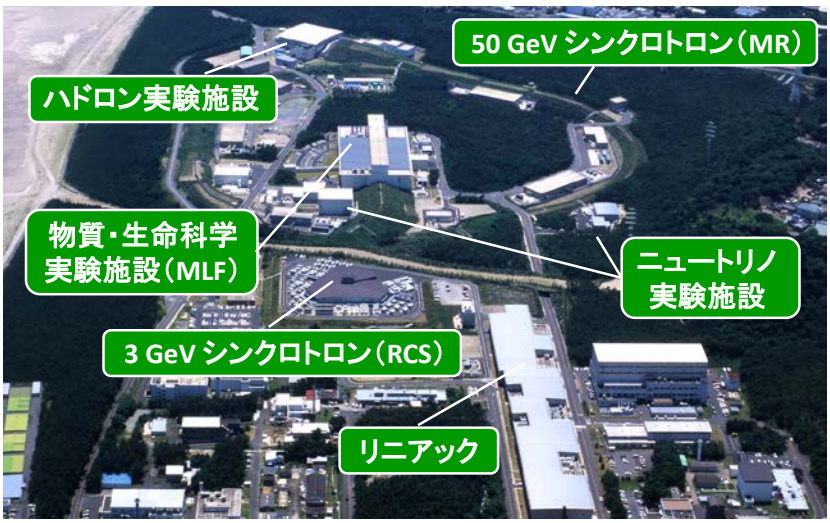
スーパーコンピュータシステム A
（日立製作所 SR16000 モデル M1）

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（2013 年 4 月現在）

合計：704 名

役員	7 名
所長・施設長	4 名
教員	365 名
技術職員	165 名
事務職員等	163 名

■ 総合研究大学院大学学生数（2013 年 4 月現在）

合計：46 名

加速器科学専攻	8 名
物質構造科学専攻	5 名
素粒子原子核専攻	33 名

■ 予算額（2013 年度）〔単位：百万円〕

収入：63,400

運営費交付金	42,102
施設整備費補助金	14,871
補助金等収入	4,011
産学連携等研究収入及び寄付金収入等	2,025
自己収入（雑収入）	231
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	99

支出：63,400

業務費（教育研究経費）	39,458
施設整備費	14,932
補助金等	4,011
産学連携等研究経費及び寄付金事業費等	2,025
長期借入金償還金	2,974

■ 面積（2013 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	187,713 m^2
東海キャンパス	100,975 m^2	37,988 m^2

■ 沿革

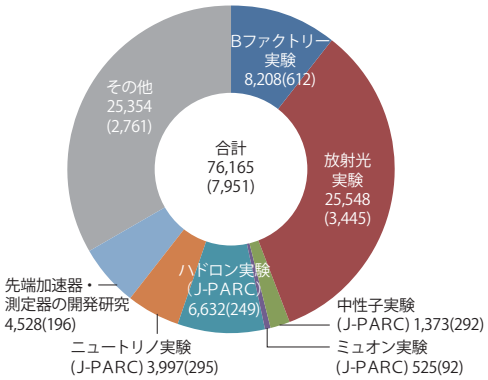
1955 年 7 月　東京大学原子核研究所設立（東京都田無町　現：西東京市）
1971 年 4 月　高エネルギー物理学研究所設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1978 年 4 月　東京大学理学部付属施設中間子科学実験施設設立（茨城県大穂町　現：つくば市）
1997 年 4 月　高エネルギー加速器研究機構設立（上記の 3 つの組織を改組・転換）
2004 年 4 月　大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構発足（法人化）
2005 年 4 月　東海キャンパスの設置
2006 年 2 月　J-PARC センターを日本原子力研究開発機構と共同で設置

実績データ

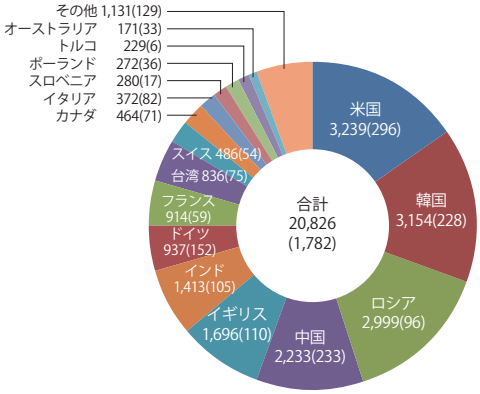
■ 共同利用実験の申請・採択・実施状況

区分＼項目	2013 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	487	471	870
中性子実験（J-PARC）	102	74	35
ミュオン実験（J-PARC）	62	51	19
ハドロン実験（J-PARC）	6	5	14
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	54	54	54
合計	711	655	994

■ 2013 年度共同研究者等受入〔延人日（実人数）〕



■ 2013 年度外国機関共同研究者受入（国・地域別）〔延人日（実人数）〕



■ 2013 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	406
物質構造科学研究所	698
加速器研究施設	287
共通基盤研究施設	73
社会連携部・知的財産室	1
合計	1,465

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

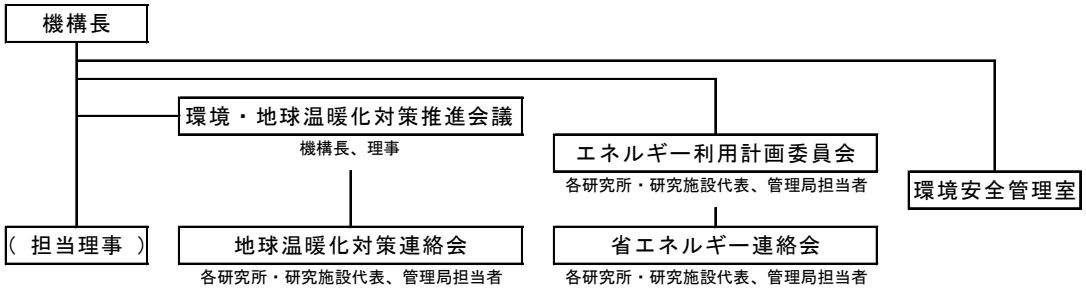
高エネルギー加速器研究機構は、研究・教育活動及びそれに伴うすべての事業活動において、地球環境の保全を認識し、環境との調和と環境負荷の低減に努めます。
以上を念頭に置きつつ、研究・教育活動を積極的に推進するとともに、地球環境を維持・承継しつつ持続的発展が可能な社会の構築を目指します。

◆ 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 2013 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 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	○
	2013 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	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

2013 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	1,800	TJ
電力使用量	178	GWh
都市ガス使用量	1,901	千 m^3
石油燃料使用量	32	kL
水資源使用量	224	千 m^3

排出量

CO_2 排出量	102	千 t-CO_2
一般廃棄物排出量	89	t
産業廃棄物排出量	391	t
実験系廃棄物排出量	24	t
下水道排出量	104	千 m^3

※換算係数について

1. 2013 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）

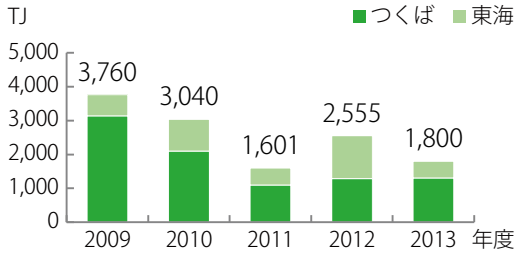
2. 2013 年度の CO_2 排出量の計算に使用した係数は以下の通りです。
   都市ガス及び石油燃料は、エネルギー単位（GJ）に換算した後、下記係数をかけて求めています。
   - 電力：0.550 t-CO_2/MWh（国が定める 2013 年度報告用代替値）
   - 都市ガス：0.0499 t-CO_2/GJ
   - 石油燃料：（ガソリン：0.0671 t-CO_2/GJ・軽油：0.0686 t-CO_2/GJ・A 重油：0.0693 t-CO_2/GJ）

エネルギー

総エネルギー投入量

2013 年度は、178,118 MWh の電力、1,901 千 m^3 の都市ガス、28.4 kL のガソリン、2.6 kL の軽油、1.0 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 1,800 TJ（1 TJ = 1,000 GJ）であり、前年度に比べ 30% 減となりました。

※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。

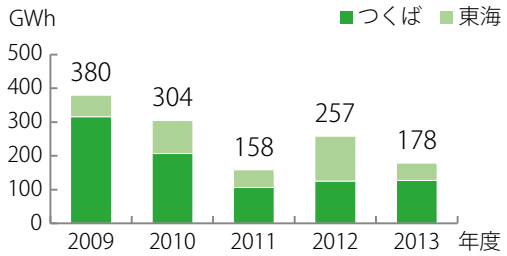


総エネルギー投入量の推移※1

■ 電力使用量

2013 年度は、J-PARC 放射性物質漏えい事故のため、予定していた加速器の運転を停止したことで、東海キャンパスの電力使用量は大きく減少しました。つくばキャンパスにおいては、微増していますが、電気料金の上昇に伴い、加速器運転時間の抑制、省エネ励行を行っています。

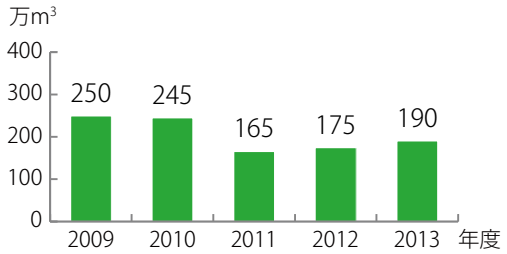
※2 J-PARC の電力使用量については、JAEA との協議による分担分を記載しています。



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、使用量は微増しました。

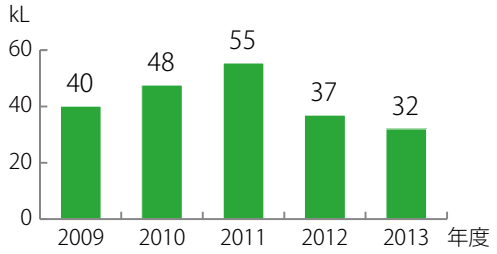


都市ガス使用量の推移

■ 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。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。2013 年度はさらに減少しています。

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。



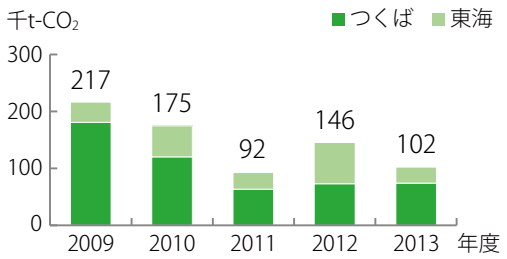
石油燃料使用量の推移

温室効果ガス

KEK 全体の排出量

2013 年度の総二酸化炭素排出量は 102,307 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 放射性物質漏えい事故のため、予定していた加速器の運転を停止したことから、東海キャンパスにおいて大きく減少しました。また、つくばキャンパスにおいても、2010 年 6 月末に KEKB 加速器の運転停止と震災による影響で 2011 年度は大きく減少しましたが、2012 年度、2013 年度と排出量は微増しています。

※1 電力の換算係数は、2012 年度以降は 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。

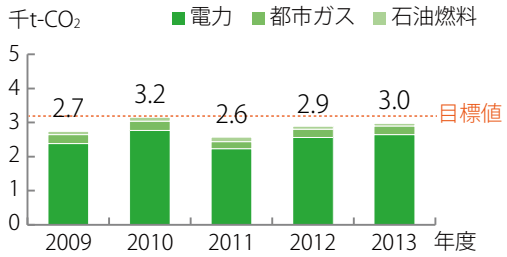


KEK 全体の CO_2 排出量の推移※1

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、2012 年度に達成しました。

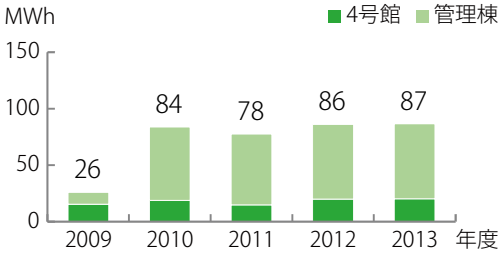
2013 年度は、同 2006 年度比 5% 減の目標値を維持することにし、二酸化炭素排出量削減のため、省エネパトロール、エネルギー使用量の職員への周知徹底などの努力を行いました。2012 年度と比べると 3% 増でしたが、2006 年度比では 12% 減となり、5% 減の目標を達成しました。



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。2013 年度は、合わせて 87 MWh を発電しました。



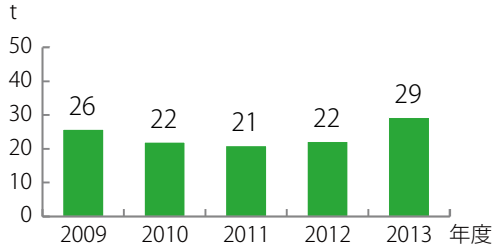
太陽光発電発電量の推移

物質

印刷用紙

2013 年度の印刷用紙購入量は約 29 トンと大きく増加しました。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。



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。2013 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。

2014 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	33,136 kg	33,136 kg	100%
文具類	ボールペンなど	79,541 個	79,541 個	100%
オフィス家具類	什器など	858 台	858 台	100%
OA 機器	コピー機など	8,796 台	8,796 台	100%
移動電話	携帯電話	163 台	163 台	100%
家電製品	冷蔵庫など	12 台	12 台	100%
エアコンディショナー等	エアコンなど	16 台	16 台	100%
照明	蛍光灯など	6,137 本	6,137 本	100%
自動車等	乗用車用タイヤなど	50 本	50 本	100%
消火器	消火器	51 本	51 本	100%
制服・作業服	作業服など	1,871 着	1,871 着	100%
インテリア・寝装寝具類	カーテンなど	74 枚	74 枚	100%
作業手袋	作業手袋	16,900 組	16,900 組	100%
その他繊維製品	ブルーシートなど	16 枚	16 枚	100%
役務	印刷など	6,215 件	6,215 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 トンの可燃物、10 トンの不燃物を排出しました。2012 年度に比べ微増しました。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。

	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度
可燃物	112,650	93,460	75,070	74,180	78,190
不燃物	13,110	9,360	7,720	8,610	10,440
合計	125,760	102,820	82,790	82,790	88,630

（単位：kg）

■ 産業廃棄物

産業廃棄物 391 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。2013 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。

	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度
プラスチック	201,257	199,795	82,750	129,840	131,600
木屑	102,235	59,340	34,290	303,680	204,050
金属類	4,821	6,780	1,000	2,010	0
コンクリート、がれき類	101,562	9,540	43,820	99,290	52,870
蛍光灯	1,500	1,600	2,000	1,100	1,800
蓄電池	800	320	640	2,100	509
PCB 廃棄物	0	3,683	0	6,311	0
合計	412,175	281,058	164,500	544,331	390,829

（単位：kg）

■ 実験系廃棄物

2013 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 24 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 2.4 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 0.8 トンを占めています。また、実験装置の廃止に伴う廃水銀や絶縁油の排出が多くありました。

	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度
無機廃液	3,507	3,711	5,672	5,086	2,443
有機廃液	7,110	6,888	3,788	5,819	5,071
廃油	1,992	2,790	5,748	1,408	14,306
写真廃液	562	0	602	0	0
廃水銀	0	0	0	0	313
固形物他	1,921	2,697	2,189	1,958	2,258
合計	15,092	16,086	17,999	14,271	24,391

（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。産業廃棄物として金属類は排出されなかったのに対し、1,012 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。

	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度
古紙	48,950	19,290	64,030	59,430	65,190
金属屑	677,120	827,510	725,120	716,500	1,012,420
合計	726,070	846,800	789,150	775,930	1,077,610

（単位：kg）

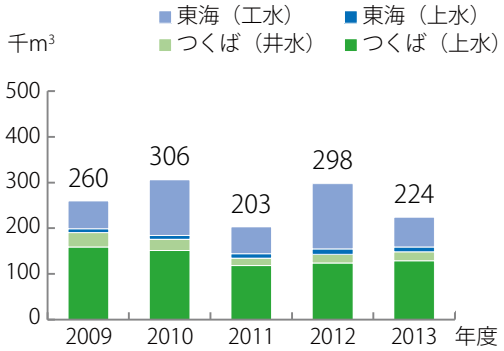
水資源

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、2012 年度に比べ、微増しました。

工水については、東日本大震災以降、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。2013 年度は、J-PARC 放射性物質漏えい事故のために予定していた加速器の運転を停止したため、減少しました。

※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

2013 年度、つくばキャンパスからは、101 千 m^3 の排水を公共下水道に排出しました。2012 年度に比べ 10% 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。

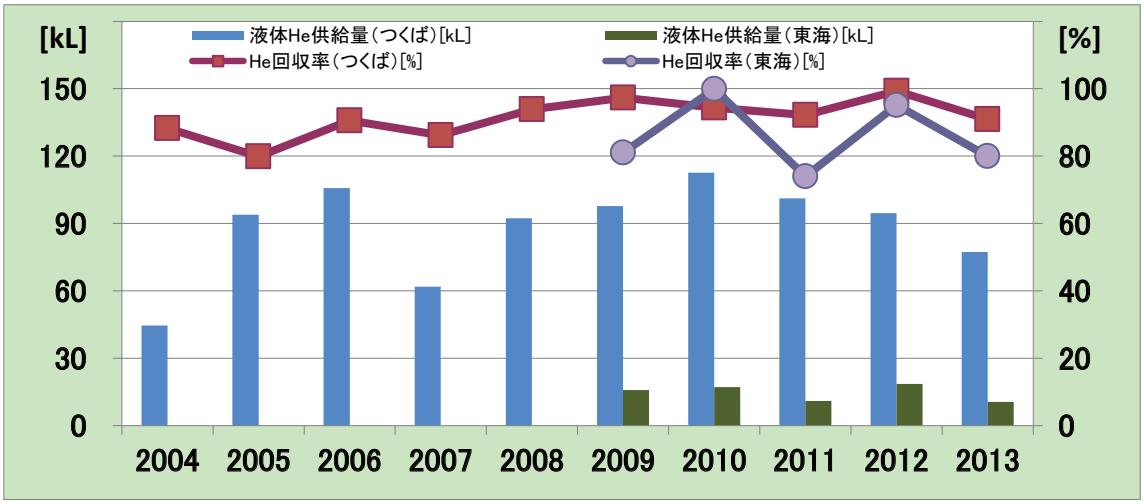
下水道排出量の推移

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するようにしています。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。

2013 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	21	27	28	46	66	55
3 月	23	31	20	49	77	68

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。2013 年度の調査によると、KEK 全体で最大 433 kg の有機溶剤が大気中に排出されたと考えられます。部品等の洗浄、器具の消毒・滅菌等の作業により放出されたものが多くを占めています。今後、大気中への排出を減らすため、作業方法の見直し、設備の整備などを行っていく予定です。特に、水質検査で使用されるノルマルヘキサンは、有害大気汚染物質に該当する可能性がある化学物質のひとつであり、排出量ゼロを目指して取り組みを行っていきます。

2013 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	218	部品の洗浄、器具の消毒・滅菌
アセトン	110	部品の洗浄
ソルミクス	70	部品の洗浄
ノルマルヘキサン	23	水質検査
その他	12	部品の洗浄など
合計	433	

環境会計

KEK では環境保全活動の取り組みに対する費用対効果を把握するために、「環境会計」情報の集計を行っていますが、完全な情報収集には至っていません。現在、把握・集計しているデータは下記の通りです。

環境保全コスト

環境負荷の発生の防止、抑制又は回避、影響の除去、発生した被害の回復などへの取り組みのための投資額を環境保全コストとして以下に示します。

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、省エネに資する改修工事や機器の取替えを促進する目的で行っていた省エネファンド事業を取りやめたため、地球環境保全コストは大きく減少しました。また、PCB 廃棄物の処理を行わなかったため、資源循環コストも大きく減少しました。

コストの分類・取組内容	2012 年度 投資額（千円）	2013 年度 投資額（千円）
地球環境保全コスト	47,651	12,325
ルームエアコンの更新	2,582	5,228
パッケージ型エアコン更新	38,031	4,420
照明器具の取替	5,485	1,530
網戸の取付	559	273
風除室の取設	0	872
計量器の取付（建物毎の上水、井水、電力使用量の把握）	994	2
資源循環コスト	116,762	54,557
一般廃棄物処理	1,654	1,734
産業廃棄物処理	7,979	5,784
PCB 廃棄物処理※1	59,422	0
実験系廃棄物処理	47,707	47,039
管理活動コスト	45,352	42,795
環境報告書作成	541	672
冷温水発生機等ばい煙測定	580	580
植物管理	41,769	40,262
枯損木撤去	2,462	1,281
合計	209,765	109,677

※1 2013 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）	2012 年度	2013 年度	前年度比
総エネルギー投入量（GJ）	2,555,311	1,799,983	70%
電力使用量（MWh）	257,479	178,118	69%
都市ガス使用量（千 m^3）	1,746	1,901	109%
石油燃料使用量（kL）	37	32	87%
水資源使用量（千 m^3）	298	224	75%
上水（千 m^3）	136	139	102%
井水（千 m^3）	19	20	105%
工水（千 m^3）	143	65	45%
下水道排出量（千 m^3）	95	104	109%
温室効果ガス排出量（t-CO_2）	145,618	102,307	70%
廃棄物排出量（t）	641	504	79%
一般廃棄物（t）	83	89	107%
産業廃棄物（t）	538	391	73%
実験系廃棄物（t）	14	24	171%
PCB 廃棄物（t）※1	6	0	—
大気への有害物質排出量			
有機溶剤の排出量（kg）	462	433	94%
NO_x 排出平均濃度（ppm）	42	43	102%

※1 2013 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。

実質的効果			2012 年度（千円）	2013 年度（千円）
収益	太陽光発電		1,378	1,476
	リサイクル		90,435	105,605
		古紙	636	751
		金属屑	89,799	104,854
推定的効果			2012 年度（千円 / 年）	2013 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		24,278	25,131
		エアコン等の更新	1,137	265
		冷却水関連機器の停止	4,981	5,333
		変圧器の停止	18,160	19,533

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

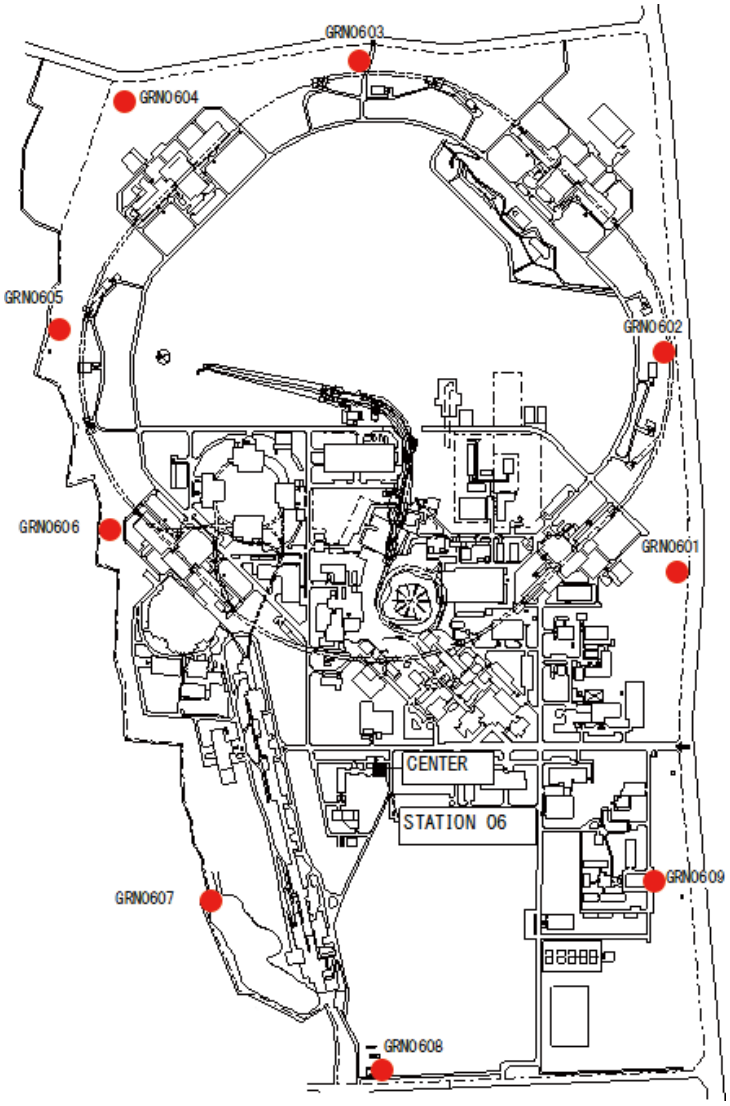
環境関連法規の遵守状況

放射線管理 （放射線障害防止法・電離放射線障害防止規則など）

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。



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

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。

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。2013 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 トン（特定第一種指定化学物質 15 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、2013 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。

2013 年度は、使用を中止した低濃度 PCB を含有する高圧コンデンサ 7 台を新たに登録し、適正に管理しています。また、照明用安定器 56 台 147 kg について、今後の処理のために、日本環境安全事業株式会社（JESCO）に搬入荷姿登録を行いました。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（2013 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	29	1,434
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	332	97,570

環境関連トピックス

KEK の研究設備を利用した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。

燃料電池の要、イオン交換膜「ナフィオン」の膨潤過程を解明

九州大学大学院工学研究院 田中敬二教授の研究グループは燃料電池にも使われる高分子電解質「ナフィオン」の薄膜が水中で膨潤していく過程を表面プラズモン共鳴 *1 と中性子反射率法 *2 によって解明しました。

地球温暖化と化石燃料の枯渇の点から、新たなエネルギー源の普及が求められています。燃料電池は水素と酸素をエネルギー源としたクリーンな次世代エネルギーとして注目されており、その性能向上を目指して日夜研究開発が進められています。 燃料電池の電極界面は、炭素、白金、そしてナフィオンと呼ばれる高分子固体電解質で構成されています（図 1）。水素と酸素の化学反応は触媒である白金の表面で起こりますが、反応を効率的に起こすには水素と酸素を素早く供給することが重要です。 ナフィオンは長い紐状の分子で、その側鎖 *3 にスルホン酸基という強い酸性の部分があり、水を吸着することで水素イオン（H^+）を生成します。この水素イオンはナフィオン中に形成される水のネットワークを流れ、白金へと水素を効率よく供給することができるのですが、そのネットワークが薄膜中でどのようにネットワークが形成されるのか、詳細なメカニズムは明らかになっていません。

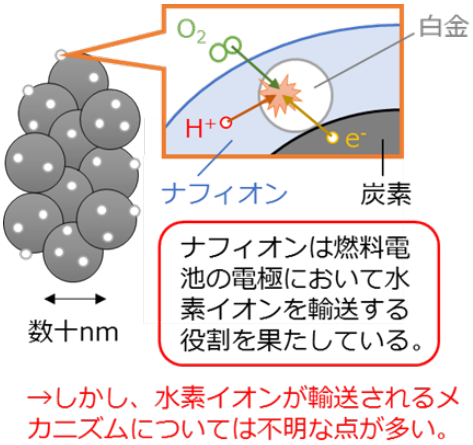


図1: 燃料電池電極の模式図

田中教授の研究グループはナフィオンの薄膜が水を吸収してネットワークを形成する過程を調べるために、銀や石英の表面にナフィオン薄膜を作成し、水がナフィオンに浸漬・膨潤していく過程を表面プラズモン共鳴、及び J-PARC の物質・生命科学実験施設（MLF）の中性子反射率計 SOFIA を用いて観測しました。その結果、基板表面でスルホン酸基に水が吸着する初期過程、球状のクラスターが形成される中期過程、そしてクラスター間にチャンネルが形成される後期過程の 3 段階を経てナフィオン膜が膨潤することが明らかになりました。また、薄膜の膨潤速度は薄膜にしない場合と比較して非常に遅く、基板との相互作用によってナフィオンの動きが抑制され、チャンネルの形成が阻害されることが示されました。

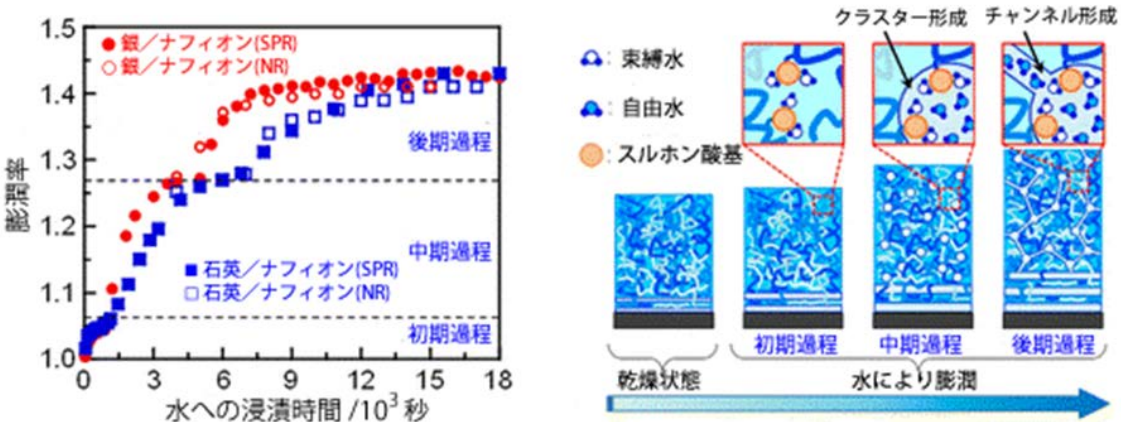


図 2：表面プラズモン共鳴（SPR）、中性子反射率法（NR）を用いて観測したナフィオン膜の膨潤率と、実験結果より得られた膨潤過程の模式図

本実験結果により、ナフィオン薄膜中で水素イオンが輸送されるネットワークの形成が基板との相互作用によって抑制されることが示されました。 つまり、基板の材質を考慮することによりナフィオンが水素イオンを輸送する効率を向上できると予想されます。 もちろん、燃料電池の仕組みは複雑で、今後もさらなる研究が必要ですが、今回得られた知見は高機能な燃料電池を開発する上での重要な指針になると期待されます。

本成果は 2013 年 9 月 13 日（現地時間）に、米国の科学雑誌 ACS Macro Letters 誌で公開されました。

*1 表面プラズモン共鳴（略称 SPR）
金属表面に対する物質の吸着などを調べる測定手法の一つ。ここでは試料を水に接触させた状態でレーザーの P 偏光を全反射条件で入射し、金属プラズモンの共鳴による光の反射強度が変化から高分子膜の厚さと密度を評価している。

*2 中性子反射率法（略称 NR）
中性子を物質の界面に照射し、反射する様子から物質の界面に形成されたナノメートル (0.000001mm) からマイクロメートル (0.001mm) の非常に微細な構造を観測する手法。

*3 側鎖
鎖状化合物の分子構造のうち、最も長い炭素原子の幹（主鎖）から枝分かれしている部分を側鎖という。

母乳のオリゴ糖から体内環境を整えるビフィズス菌の増殖因子を切り出す酵素のしくみを解明

東京大学大学院農学生命科学研究科の伏信進矢（ふしのぶ しんや）教授らの研究グループは、母乳に含まれるオリゴ糖の一種ヒトミルクオリゴ糖 *1 からビフィズス菌を増やす因子を切り出す酵素「ラクト N ビオシダーゼ」の三次元構造を、フォトンファクトリー BL-17A の X 線結晶構造解析 *2 を用いて解明しました。

ビフィズス菌はヒトの腸内に生息する善玉菌として知られています。また、母乳栄養乳児の腸内にはビフィズス菌が速やかに定着することも、これまでの研究で知られています。
近年の研究により、ヒトの母乳に含まれるヒトミルクオリゴ糖にビフィズス菌を増殖させる因子「ラクト N ビオース *3」が豊富に存在していること、さらに、ビフィズス菌の表面にある酵素「ラクト N ビオシダーゼ *4」が、ヒトミルクオリゴ糖からラクト N ビオースを切り出すはたらきをすることが分かってきました（図 1）。 しかし、ラクト N ビオシダーゼがラクト N ビオースのみを切り出す詳細なメカニズムは分かっていませんでした。

今回、伏信教授らの研究グループは、石川県立大学生物資源工学研究所の片山高嶺准教授のグループ、近畿大学生物理工学部の芦田久教授らのグループと共同で、ラクト N ビオシダーゼの三次元構造を、X 線結晶構造解析により初めて明らかにしました（図 2）。 その結果、ラクト N ビオシダーゼの中央には、ラクト N ビオースの2つの糖がぴったりとはまるポケットがあり、ラクト N ビオースを厳密に認識している様子が明らかになりました。また、ラクト N ビオシダーゼに結合したラクト N ビオースと阻害剤 *5 の形状から、この酵素が触媒反応を行う際に、ヒトミルクオリゴ糖がどのように構造変化をして、切断（分解）されるかという、詳細なメカニズムを推定しました。

ラクトNビオシダーゼは乳児の腸内に生息するビフィズス菌から見つかっており、今後、この酵素を改変して利用することにより、ビフィズス菌の増殖因子を合成、健康に寄与する食品の開発などへの応用が期待されます。

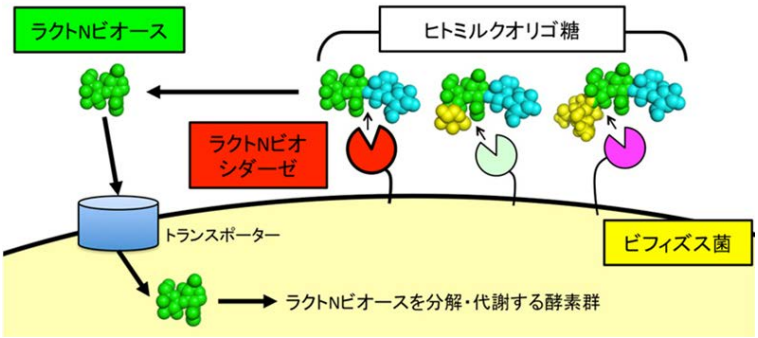


図 1：ビフィズス菌のヒトミルクオリゴ糖代謝経路（概念図）
ビフィズス菌の菌体外にはヒトミルクオリゴ糖を切断する酵素が複数発見されているが、そのうち、ラクトNビオシダーゼ（赤色）は、ラクトNビオース（緑色）を切り出す酵素である。さらに、ビフィズス菌は、遊離したラクトNビオースを菌体内に取り込むトランスポーターと、菌体内でラクトNビオースを分解代謝する一連の酵素を持つことが分かっている。
画像提供：東京大学大学院 伏信進矢

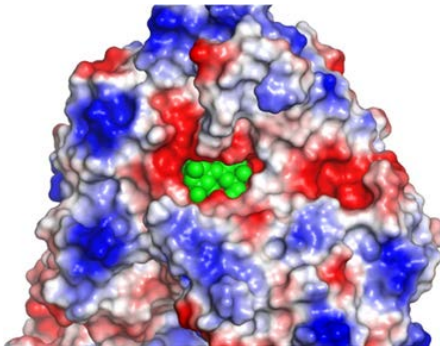


図 2：ラクトNビオシダーゼに結合したラクトNビオース
ラクトNビオシダーゼの分子表面の正電荷を青で、負電荷を赤で表す。ラクトNビオース（緑色）がぴったりとはまるポケットが分子の中央に存在する。
画像提供：東京大学大学院 伏信進矢

本研究成果は、米国生化学分子生物学会が発行するThe Journal of Biological Chemistryに掲載されました。
≫東京大学プレスリリース
≫「The Journal of Biological Chemistry」（288巻17号）
"Crystal Structures of a Glycoside Hydrolase Family 20 Lacto-*N*-biosidase from *Bifidobacterium bifidum*"

*1 ヒトミルクオリゴ糖
牛乳に含まれるオリゴ糖のほとんどが乳糖（ラクトースとも呼ばれる、ガラクトースとグルコースがβ 1,4- 結合した二糖）であるのに対し、ヒトの母乳では約20%がラクトース以外の種々のオリゴ糖であり、これらは総称してヒトミルクオリゴ糖と呼ばれている。ヒトミルクオリゴ糖は3糖以上の複雑な構造を持つ約130種類のオリゴ糖の混合物からなる。

*2 X線結晶構造解析
酵素（タンパク質）の立体構造を得るための最も一般的な方法の一つ。目的物質の結晶にX線を照射し、回折データを測定することにより、微細な三次元構造を知ることが出来る。

*3 ラクトNビオース
ガラクトースとN-アセチルグルコサミンがβ 1,3- 結合した二糖。

*4 ラクトNビオシダーゼ
オリゴ糖の末端に存在するラクトNビオースの部分を加水分解により切断する酵素。乳幼児の腸管内に生息するタイプのビフィズス菌（*Bifidobacterium bifidum* と *Bifidobacterium longum*）のうち、複数の菌株から発見されている。

*5 阻害剤
酵素のはたらきを妨げる分子。本研究で用いた「ラクトNビオース - チアゾリン」は酵素反応の中間体によく似た構造を持ち、ラクトNビオシダーゼの触媒を担う部分に強く結合する。

福島復興に向けた放射能測定支援

放射線科学センターでは、国、自治体、福島県内研究所などからの要請によって、震災当初からさまざまな測定支援活動を行ってきました。

水の放射能分析

震災直後、厚生労働省からの要請があり、東北、関東地区の水道事業体から送られてくる飲料水、水源の水の分析を全国の大学などとも協力しながら行うことになりました。KEK は 4 月から 6 月まで山形県分を引き受けました。当時、つくばでは至る所に汚染があったことから、送られてくる分析試料を汚染させないようにすることが最も重要で、管理区域に入る前にタイベックスーツを着用し行いました。4 月までに測定室に電気が供給され、ゲルマニウム半導体検出器を 1 台ずつ立ち上げましたが、バックグラウンドスペクトルに原発由来の様々な核種が観測されたため、測定器周りのクリーニングを行いました。また、容器が汚染していないこと、洗浄に用いる水などが汚染されていないこと等を確認することに心がけました。空調設備も運転を停止し、放射線管理区域内を如何に汚染のない状況に保つかに腐心しました。

その後、2011 年 8 月に文部科学省の非常災害対策センターは、福島県内の井戸水 (南相馬市、田村市、広野町、楢葉町) の測定を行うことになり、協力要請の打診がありました。実際には様々な準備作業もあり、10 月からの実施ということになりました。水道水の場合は水源を測定することになるため、採取地点はそれほど多くはありません。しかし、井戸水の場合は、各家庭で管理されているため、膨大な数となります。測定結果は環境省から旧緊急時避難準備区域（南相馬市、田村市、川内村、広野町、楢葉町）の復旧を支援するための放射線モニタリングアクションプランの測定結果として公表されています *1。

避難先からまだ戻られていないところが多く、井戸水の回収は大変だったようです。また、容器は各戸が手持ちのペットボトルに回収するということで、容器の汚染にも注意が必要で、形状もさまざまであったことから、必ず新しいポリエチレン容器に水を移して測定しました。さらに、水道水の時には 2 L 容器で測定しましたが、ペットボトルは 500 ml のため、検出感度を維持するには測定時間を長くするなどが必要でした。また、500 ml 容器の標準試料がないために、校正済みの 2 L のマリネリビーカー *2 との相対検出効率を、既知量の塩化カリウム水溶液を調製したものを比較標準試料として用いて求めました。井戸水ではしばしば天然放射性物質のラドンが含まれていることがあり、その子孫核種からのガンマ線をエネルギーの近い Cs-134 からのガンマ線と誤らないように注意が必要でした。

その後、原子力規制庁に引き継がれながら避難指示解除準備区域への帰還・復興を支援するための放射線モニタリングアクションプランとして、2012 年度も継続されました。

*1 環境省　放射性物質モニタリングアクションプランについて
http://www.env.go.jp/jishin/monitoring/actionplan.html

*2 マリネリビーカー
ゲルマニウム半導体検出器のセンサー部がすっぽり入るようなくぼみを設けた測定容器

動植物試料の放射能分析

福島県からの要請により、農業総合センター、内水面水産試験場、林業研究センターへの測定協力を 2011 年から継続しています。農業総合センターでは野菜類への放射性セシウムの移行係数を測定する目的で行っています。野菜に取り込まれる放射能は非常に少ないことから、なるだけ多くの試料を測る必要があり、センターでは野菜をすべて乾燥粉末試料として測定容器に詰めるといった大変手間のかかる作業が進められました。放射能測定では植物中の放射能としてカリウム（K-40）があるため、微量のセシウム放射能の測定には非常に影響します。放射能の低い試料では 1 日 1 個の測定となることもありました。

内水面水産試験場への測定協力では、県内各地の湖沼、河川の水（溶存種、非溶存種の分別）、魚、プランクトン等の中の放射能を継続してモニタリングしています。特に桧原湖はワカサギが有名で多くの釣り人を楽しませてきたところです。2011 年にワカサギ中のセシウム放射能が基準値を超え、原因究明のための測定支援要請がありました。雪解けとともに、山間部からのセシウムを含む水が湖に供給されたことが起因していると思われました。イメージングプレートに様々なワカサギを置いて個体内のセシウム放射能分布をとってみると、全身に分散していること、大きくなるにつれて放射能が増加しているようであること、原発事故の影響を受ける前のワカサギには全く放射能はないことがわかりました（図 1）。また、濃縮の原因として、餌からの取り込み、水からの取り込みなどさまざまな可能性を探ることを行ってきました。幸いなことに、ワカサギの世代交代ともにセシウム放射能は減少し、桧原湖に釣り人も戻ってきています。

林業研究センターでは放射能の樹木内（樹心部から外皮、根本から先端部など）の分布や樹種による分布の違い等の測定協力を行ってきました（図 2）。

このような測定はまだまだ続くと思われますので、引き続き協力していきたいと考えています。

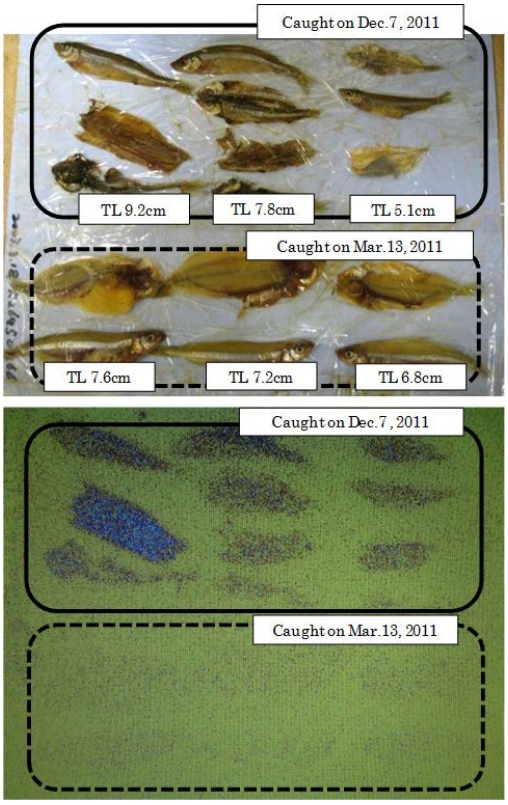


図 1：桧原湖で採取したワカサギのイメージングプレート画像（下は 2011 年 3 月 13 日、上は 2011 年 12 月 7 日採取したもの）

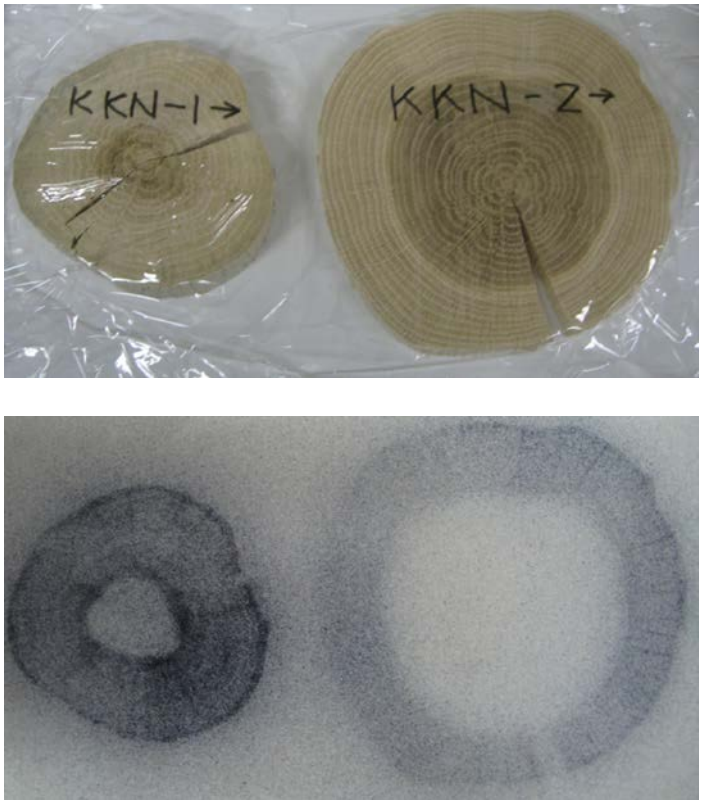


図 2：コナラの断面の放射能分布（KKN-1 は樹高 8.2 m、KKN-2 は樹高 4.2 m）

機構内工事における環境配慮

建設工事現場の環境配慮

建設工事現場では様々な建設機械が使用されています。

建設機械にかかる環境負荷の低減については国土交通省告示等による規程に基づき、環境負荷の少ない建設機械を用いた工事を実施しています。

中でもバックホウや工事上必要な電力を供給するための発電機は、排出ガスに加え騒音についても配慮した機械を採用しており、近年では超低騒音型が採用されています。

バックホウと発動発電機

建築物等の環境配慮

建築物等における環境配慮については毎年度定める環境物品等の調達の推進を図るための方針に沿って、環境負荷の低減を図っています。

■ 建設・土木工事

再生材料の積極的な採用を推進しており、2013 年度には再生アスファルト混合物（約 610 t）・再生骨材等（約 350 m^3）を採用しています。

また、建物の断熱処理等建物外皮性能の向上に努め、2013 年度に整備した DR 電源棟で高日射反射率防水を採用しました。

DR 電源棟　高日射反射率防水

■ 電気設備工事

天井の高い実験ホールが多いため、高所天井照明に LED 照明器具を積極的に採用しています。

2013 年度に整備した DR 電源棟等では、従来型に比べて 50% 消費電力を削減しています。

また、変電設備で使用する変圧器についてもトップランナー型を標準として採用しています。

DR 電源棟　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及び空調設備の構成機器は、積極的に高効率型を採用しています。

中でも冷凍機は、高効率型に加えインバータによる圧縮機制御の採用により、従来型に比べ電力量を大幅に削減しています。

2013 年度に整備したスクリュー冷凍機では、従来型に比べ年間の CO_2 量を約 2,000 t、消費電力で 3,660 MWh 削減しています。

筑波機械室　スクリュー冷凍機

機構内工事では、建築物等のみならず、工事現場においても環境への配慮を推進しています。

つくば市環境都市の推進に関する協定を締結

2013 年 6 月 24 日（月）、つくば市役所にて、つくば市環境都市の推進に関する協定締結式が行われました。

本協定は、国が進める地球温暖化対策と経済成長を同時に実現する低炭素社会の構築に向け、2030 年までに市民一人当たりの二酸化炭素排出量 50% 削減を目標に挙げた、「つくば環境スタイル」の推進及びそれに関連する環境に配慮したまちづくりに寄与することを目指し、つくば市、茨城県、独立行政法人都市再生機構、国立大学 2 機関、KEK など研究機関等 17 機関が協定を締結したものです。

本協定の下、KEK は、市、県及び都市再生機構が推進する環境に配慮したまちづくりに協力し、低炭素社会の構築に向けた知の創出に努めることとなります。

協定締結式の様子

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

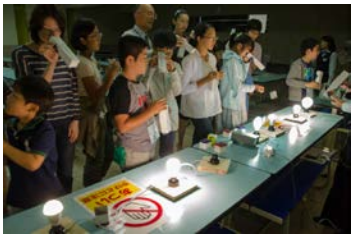
KEK キャラバンは、「お届けします、科学に夢中。」をキャッチフレ ーズとして、KEK の研究者や職員を全国津々浦々の学校や各種団体等へ講師として派遣するプロジェクトです。その目的は、KEK の活動をより広い方々に知っていただくことであり、小学生から大人までを対象としています。プロジェクトは 2010 年 4 月からスタートし、これまで、学校の先生方の研究会や研修会等における講師として、日曜親子教室などの学校の児童・生徒とその保護者向けの体験授業として、また、各地方自治体が運営する教育センター主催プログラムの講師や市民講座の講師としても職員を派遣してきています。「研究所ってどんなところ?」、「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

2013 年度は、59 件の出前授業を実施し、延べ約 5,900 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）や物質の構造を調べる研究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、今後も継続的に実施していきます。

KEK キャラバンロゴ

国際リニアコライダーについての授業風景（宮城県）



物質の構造を調べる研究の紹介で行った分光器実験授業の様子（兵庫県）

これまでに KEK キャラバンを行った都道府県（2014 年 5 月末現在・211 件）

科学者を育てる活動

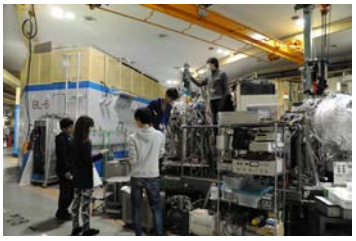
サマーチャレンジ

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。

2013 年度は 8 月 16 日（金）から 24 日（土）までの 9 日間にわたり、大学 3 年生を主対象とする「第 7 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」60 名、「物質・生命コース」30 名が参加しました。

さらに、11 月 9 日（土）、10 日（日）の 2 日間には、「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、29 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、加速器運転中の秋に放射光を用いた実習が行われました。

集合写真


秋の実習の様子

サイエンスキャンプ

KEK つくばキャンパスでは、2013 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。2 回目となる今回は、4 月 3 日（水）、4 日（木）の 2 日間にわたり開催され、29 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。7 回目となる今回は、8 月 11 日(日）から 14 日(水）の 4 日間にわたり開催され、22 名が参加しました。

ウインター・サイエンスキャンプは、科学技術振興機構主催の、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す。KEK では、素粒子物理や物質の構造などについての実習を体験します。今回は 12 月 24 日（火）から 27 日（金）の 4 日間にわたり開催され、20 名が参加しました。

理系女子キャンプ実習の様子

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。2013 年度は全国から 16 校 454 名が KEK を訪れました。

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。

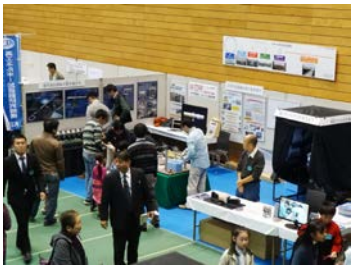
2013 年度は、中学校 5 校、高校 2 校から 28 名が参加しました。

DNA の長さを測定するゲル電気泳動法を体験している様子

つくば科学フェスティバル

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

2013 年度は、11 月 9 日（土）、10 日（日）の 2 日間にかけて、つくばカピオ（茨城県つくば市）で開催されました。KEK のブースでは、ILC の超伝導空洞や自然界に存在する放射線を見ることができる霧箱の展示、加速器にも使われている超伝導技術を体感できる「超伝導コースター」を実施しました。



つくば科学フェスティバルの様子

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。

2013 年度は 5 回開催し、延べ 691 名の来場者がありました。

茅葺き屋根保存会による茅刈り

つくばキャンパスは、実験施設周辺以外は自然の草地になっており、一部には良質の茅が群生しています。KEK では地域社会への貢献として、2004 年よりこの茅を茅葺き屋根保存のために提供しており、この茅場は、2013 年 3 月に文化庁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」に設定されています。

2013 年度は、12 月 7 ～ 9、13 ～ 15 日の計 6 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 176 名が参加しました。刈り取られた茅は石岡市八郷地区や筑波山麓の茅葺き民家群の葺き替えに利用されました。今後も茅場の保全に取り組み、このような地域社会への貢献活動を続けていく予定です。

茅刈りの様子

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）、及び筑波大学の 3 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。さらに、KEK が 2012 年 4 月から、4 つ目の中核機関として参画しました。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。

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。

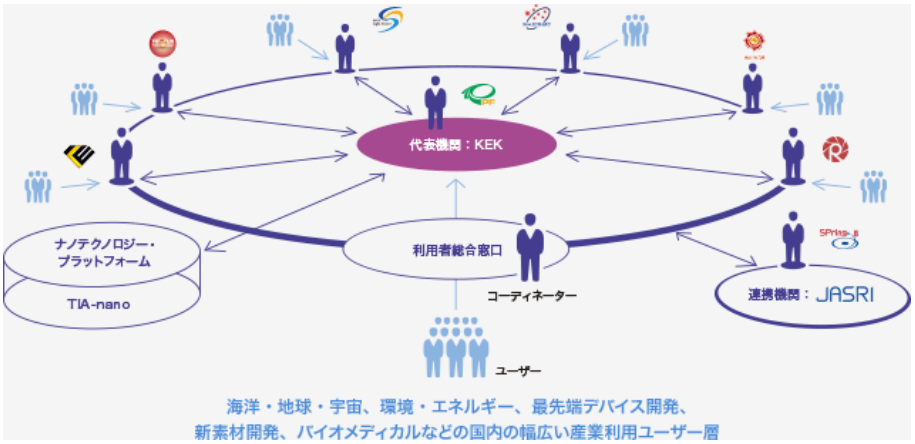
加速器科学技術の推進に向けた会合の様子

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。

PHOTON BEAM PLATFORM
光ビームプラットフォームロゴ



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。2013 年度は 6,400 名の一般見学者及び 7,311 名の団体見学者がありました。

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、個人・団体の見学も受け付けており、2013 年度の見学・視察者数は延べ 2,154 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いただき、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るもので、発明の日(4 月 18 日)を含む 1 週間に様々なイベントが実施されます。

2013 年度の科学技術週間は 4 月 15 日(月)～21 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、期間中は約 650 名が見学に訪れました。

一般公開

つくばキャンパスでは毎年9月上旬ごろに一般公開を行っています。

2013 年度は 9 月 8 日(日)に実施し、県内、県外から約 4,300 名の来場者がありました。

毎年の一般公開の目玉である特別講義では、カブリ数物連携宇宙研究機構の村山斉機構長による、「宇宙の始まりに素粒子で迫る」と、広島大学大学院生物圏科学研究科の上野聡教授による「チョコレートの物理学 ―おいしさをつくる技術―」と題した講演を行い、科学の楽しさが紹介されました。

一般公開の様子

13 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。また、安全についての展示や質問コーナーも設け、職員が来場者の質問に答えました。

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。

春の公開講座は、6 月 29 日(土)に開催されました。「量子ビームで拓く惑星・地球科学」と題して、2 つの講義が行われ、145 名の方が参加しました。

秋の公開講座は、12 月 21 日(土)に開催されました。「ニュートリノ～素粒子で宇宙誕生の謎解き～」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。

春の公開講座の様子

J-PARC 放射性物質漏えい事故とその対応

住民説明会（6 月 15 日）の様子

2013 年 5 月 23 日、J-PARC ハドロン実験施設において、放射性物質漏えい事故が発生しました。この事故は、ビームの取り出し用電磁石の誤作動により、異常に短い時間幅に大強度の陽子ビームが金標的に入射され、標的の一部が損傷して内部に蓄積した放射性物質を管理区域外に漏えいさせてしまったものです。J-PARC センターでは、事故以降、住民説明会や県、周辺自治体への説明を行うなどして、事故の状況や安全対策について説明するとともに、地域の皆様にご心配をかけたことをお詫びし、今後の施設の運営に理解を得られるよう努めてきました。

これらの結果、茨城県及び東海村より、ハドロン施設以外の施設の利用再開について了承をいただき、リニアック、3 GeV シンクロトロンの試験運転を経て、2014 年 2 月 17 日より物質・生命科学実験施設の利用者実験を再開しました。

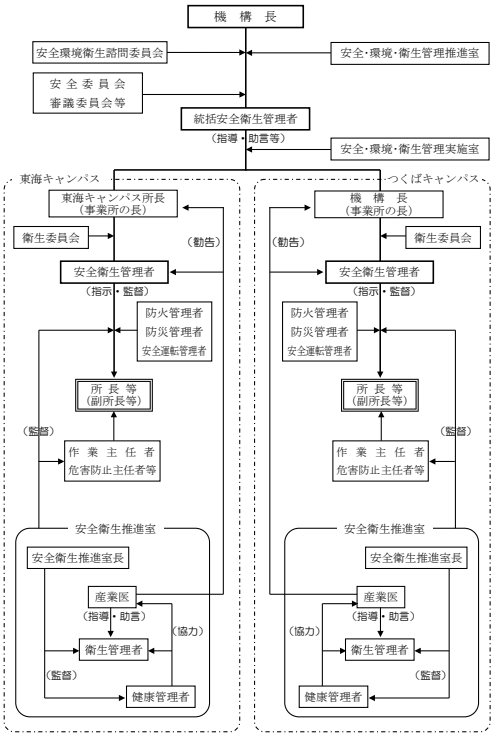
ハドロン実験施設事故後の主な経緯と J-PARC センターの対応（2013 年度）

主な経緯		J-PARC センターの対応	
5/23	ハドロン実験施設事故発生	5/24	J-PARC 事故対策本部立ち上げ
		6/13 ～ 6/15	住民説明会を 3 回実施 地元住民に事故の状況を説明
		6/18	有識者会議立ち上げ
		6/21 ～ 8/22	有識者会議を 6 回に渡り開催 事故後の対策・措置の妥当性を審議
8/12	原子力規制委員会に、再発防止策についてまとめた法令報告第三報を提出 茨城県、東海村など自治体に同様の報告書第三報を提出		
		8/27	有識者会議より答申書の手交
9/26	文科大臣に再発防止策についてまとめた措置報告書提出		
		10/31 ～ 11/2	住民説明会を 3 回実施 事故対応の取り組みや再発防止策について説明
11/7	原子力規制庁による立入検査で安全性を確認		
12/5	地元自治体による立入検査で安全性を確認		
12/13	茨城県原子力安全対策委員会で安全管理体制強化を報告		
12/20	茨城県知事への措置報告書提出		
12/24	東海村長がハドロン施設以外の施設の利用再開了承を表明		
12/25	茨城県よりハドロン施設以外の施設の利用再開了承		

J-PARC ハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故関連情報
≫ http://j-parc.jp/HDAccident/HDAccident-j.html

安全安心文化の醸成

J-PARC 放射性物質漏えい事故を契機に、機構長の下に第三者により構成される「高エネルギー加速器研究機構つくば施設の安全管理体制評価・改善に関する諮問委員会」を設置しました。その提言を受けて、次のような取り組みを行いました。



安全管理体制組織図

安全管理体制の見直し

機構長の下に、安全･環境･衛生管理推進室を新たに設置して、安全管理全般の方針、目標設定、安全活動計画を立案し、実施することにしました。これにより、KEK の安全方針、安全管理活動計画を機構の全職員、共同利用・共同研究者（学生を含む）、業務請負業者に徹底させます。

安全活動計画の実施に当たっては、これまでの安全委員会に加えて、安全・環境・衛生管理実施室を設置しました。これにより、各部署の責任者が安全管理の責任を自覚するとともに、KEK の安全管理方針・活動計画を認識し、現場の指揮にあたる体制を整えました。

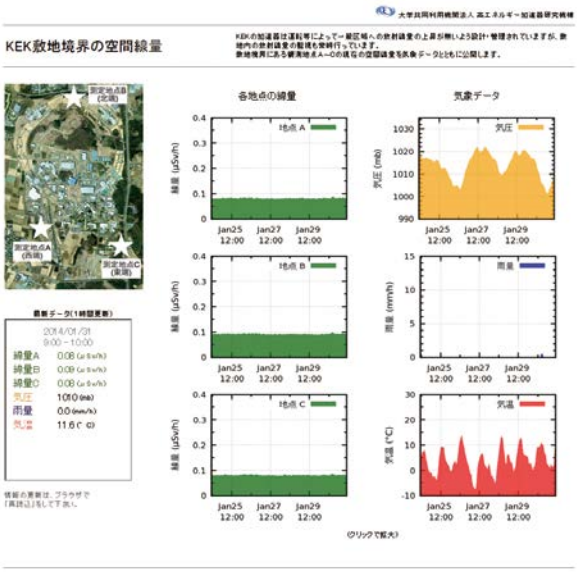
また、外部有識者からなる安全環境衛生諮問委員会を設置し、KEK の安全への取り組みについて定期的な批評と助言を仰ぐことにしました。

安全文化醸成のための取り組み

KEK における安全の定義を KEK のミッションに明記しました。また、ヒヤリハット募集や安全教育の強化、研究施設の新設や改造・新規の共同利用実験については安全確保のためにレビューを行うことを決めました。

地域の安心のための取り組み

つくば市、消防署、警察等との連携を強化するとともに、定期的に住民説明会を行うことや、緊急時の情報公開体制についても検討を重ねています。また、つくば市からの要請により、敷地境界の放射線モニターの WEB 公開を 1 ヶ所から 3 ヶ所に増やしました。



KEK 敷地境界の空間線量
≫ http://rcwww.kek.jp/monitors/
左側の緑色グラフが 3 ヶ所の放射線量、右側は上から気圧、雨量、気温のグラフ

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、東海キャンパスにおいて「熱中症の予防と対策」を、また、「後悔しない健康志向ブームの乗り方」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。

なお、2013 年度においては、5 月 23 日に発生した J-PARC ハドロン実験施設における放射性物質漏えい事故への対応において、最前線で中心的な役割を担った職員のうち、産業医が疲労が顕著であると判断した職員に対して、「メンタルヘルスに関するアンケート」を行い、その結果により面談を要する職員や希望者に健康相談を実施しました。

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 159 回（累計 289 棟）実施し、指摘事項は 45 件あり、98% 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、2013 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（自動体外式除細動装置）は、2014 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。

なお、2013 年度は、つくばキャンパスにおいて一次救命処置及び AED の講習会を 3 回実施し、46 名の職員等の参加がありました。

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。2013 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3支部で 5 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

2013 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っておりません。

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。

2013 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

介護・育児支援

男女共同参画推進室を中心に、仕事と家庭の両立を目的として、男女共同参画推進室ホームページで育児、介護、休暇、休業制度、休業補償制度等についての情報提供を行うとともに、介護や育児に関する講演会・勉強会を実施しています。また、小学 6 年生までの子供を持つ職員・学生を対象にベビーシッター利用支援制度を設け、業務上または履修上の都合で保育が困難な場合に提携先ベビーシッター派遣会社を利用した場合において、費用の補助を行っています。

用語集

環境報告書内で使われている略語・用語について解説します。

略語

ATF	Accelerator Test Facility	先端加速器試験施設
BINP	Budker Institute of Nuclear Physics	ロシア ブドカ原子核研究所
CERN	Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire	欧州合同原子核研究機関
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
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
PF	Photon Factory	放射光科学研究施設
PF-AR	Photon Factory - Advanced Ring	PF-AR
RCS	Rapid Cycling Synchrotron	3 GeV シンクロトロン
RRCAT	Raja Ramanna Centre for Advanced Technology	ラジャ・ラマンナ先端工学センター
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

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	4	粒子と反粒子の間に本質的な違いがあるかどうかは、粒子と反粒子の入れかえ "C (チャージ：電荷、 +と−)" と、空間反転 (鏡に写して見た状態) に対する性質 "P (パリティー)" を組み合わせた "CP 変換 " に対する性質を調べることでわかる。粒子と反粒子のふるまいが同じならば「CP 対称である」と言い、違いがあれば「CP 対称性が破れている」と言う。

用語	頁数	説明
eV	5,6,15,34,48	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）	5,6,13,19,55	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）	13,19,43,45,46	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）	2,3,4,12,13,14,15,16,17,22,23,27,34,36,47,48,49,50,51,55	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）	3,4,12,15	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）	13,50	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	3,4,12,13,14,15,17,47	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	2,4,12,13,15,17,48,50	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。

用語	頁数	説明
ヒッグス粒子	47	素粒子に質量を与えると考えられている粒子。
ビッグバン	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	5,6,8,11,13,17,44,46,55	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）	9,13,29	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（ミューオン）	3,4,11,13,15,17	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

おわり　まさのり
尾張　真則　氏

東京大学環境安全研究センター 教授
環境安全本部環境管理部長

このたび私がご指名をいただきましたのは、たぶん、東京大学で環境管理部長という立場を仰せつかっているためだと思います。しかしながら実は、つくば科学博が開催されていた1985年に、当時の高エネルギー物理学研究所放射光実験施設（KEK-PF）のビームラインに自作の装置をつなぎ、2週間ほど使わせていただいたこともある、ユーザーの端くれでもありました。当時お世話になった太田俊明先生から初めに施設についてのご説明をいただいたとき、「この施設はエネルギーを発生させるために使っている電力と、エネルギーを捨てるために使っている電力がだいたい同じ」であることをお伺いしたことを懐かしく思い出しました。さて、このたび高エネルギー加速器研究機構の2014年版環境報告を読ませていただき、感じたところを2、3述べさせていただきます。

全体としては、国立の研究機関としてなすべき努力をきちんと実施していることが、コンパクトに表現されていると感じられました。これはどの機関もさほど変わらないと思われます。その中に、大学共同利用機関というやや特殊な組織である点、加速器を中心とした機関であるという大きな特徴を持つ点が数多くちりばめられています。

共同利用機関であることから、外来研究者が多数来訪し、施設を利用してそれぞれの実験を行うという状況が当然に起こります。一つの組織に所属する人たちが環境方針を共有し、それに向けて努力をする場合と違い、もともと異なる組織の人たちが一つの場所で作業を行う際に、共同利用機関が掲げる方針を維持することは必ずしも容易なことではないと想像されます。この点について、KEKが来訪者に対してどのようにルールやマナーを伝え、機関内教職員と連携をとって実効性を上げているのかは、東京大学のような大きな組織で環境安全管理に携わるものとして大変に興味のあるところです。この環境報告では、残念ながらこの点をわかりやすく読み取ることはできませんでした。次回以降、ぜひ教えていただきたいと思います。

加速器科学の研究機関として基礎から応用までいくつもの実績が示されていますが、特にその中で興味深かったのは、エネルギー回収型リニアック（ERL）に関するものでした。粒子に高エネルギーを与えるためには電力は使い放題・使い捨てというのが研究者にとっては最も楽なのですが、もはやそのようなことが許されるような社会情勢ではありません。将来に向けたエネルギーを回収できる加速器の開発はとても魅力的なキーワードであり、コンパクトERLの運転に成功したという記事は、読んでいてわくわくしてきました。ただ、もう少し説明がほしかったのは、理論上でも結構なのですが、投入エネルギーのうちどの程度の割合が再利用できるのかという点です。これにより、「エネルギー回収」が理念として頼もしいものなのか、あるいは実際に意味のある程度のエネルギー有効利用につながるのかが知りたいと思いました。これについても次回教えていただきたいと思います。

最後にもう一つ、2013年のKEKの大きな、しかし暗いニュースに、J-PARCで起きた放射性物質漏えい事故がありました。これは不幸な出来事でしたが、この事故を機に、安全管理体制の大幅な進歩と関係研究者の安全意識の格段の高まりが実現したのであれば、それをもって高い授業料の元を取ることになると考えるべきでしょう。

以上、雑多な感想を述べさせていただきましたが、なにより、世界の加速器研究の最先端を行くKEKの、ますますのご発展を期待いたします。

編集後記

KEK の環境報告 2014 をお読みいただきありがとうございます。

本報告では、KEK の環境活動だけでなく、研究開発、教育活動について、ステークホルダーの皆様により深くご理解いただくことを目的に、わかりやすく見やすい内容となるよう心掛けました。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。

今年度は、東京大学環境安全研究センター教授の尾張先生に本報告に対する第三者意見をいただきました。今回の評価では、機構の様々な活動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。このご意見を参考に 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。環境報告全体の内容については、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。また今後の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 2014 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。

2014 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

トンネル内部を鉛ガラス越しに見ているような、作品の中に別の空間を意識しました。色幅を制限して無駄をなくし、シンプルに加速器の幾何学的秩序を表現することで、そこに潜むアートの本質である美を創造できるはずと考えています。

高エネルギー加速器研究機構　環境報告 2014

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Ⓐ
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。