

# カーボンニュートラル実現に向けた KEKの取り組み



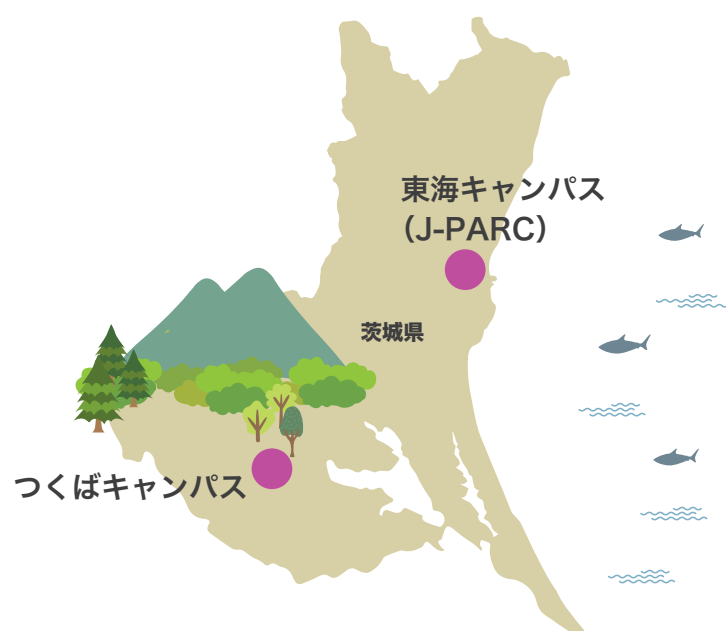
KEK Carbon neutral

加速器だから見える世界。

 **KEK** 大学共同利用機関法人  
高エネルギー加速器研究機構

## 目次

カーボンニュートラルへ基礎科学からの挑戦	1
社会の低炭素化に向けた基礎研究・応用技術開発	2
加速器など大型研究設備の1層の省エネに向けた取り組み	4
連携でつくる持続可能な未来	6
次世代を担う若手の育成	7
カーボンニュートラル実現への道のり / KEKの取り組み Q&A	8



# カーボンニュートラル～基礎科学からの挑戦



大学共同利用機関法人  
高エネルギー加速器研究機構 機構長

山内正則



高エネルギー加速器研究機構(KEK)は、大型加速器を中心施設とする国際的な共同利用及び共同研究の拠点であり、宇宙・物質・生命の謎を解明するための基礎科学やその応用研究を推進し、その研究成果は産業界においても活用され、大学の研究・教育機能の強化にも貢献してきました。

一方、これらの研究では大型加速器の運用が中心となるため、現状では大電力を消費し大きな環境負荷をもたらすことが避けられません。近年では世界各国でカーボンニュートラル(温室効果ガスの排出実質ゼロ)を目指す動きが急速に高まっており、日本でも2050年までにカーボンニュートラルを達成するという目標が掲げられています。

KEKはこれまでも、省エネルギーの推進や基盤技術の開発と装置の改善に力を入れてきましたが、今後は、さらに加速して社会の低炭素化に向けた基礎研究・応用技術開発を強化していきます。

気候変動対策は地球規模の課題で、単独で解決できるものではありません。高エネルギー物理学コミュニティはもとより学术界、産業界、地域との幅広い連携が不可欠です。KEKは2022年、国連の「持続可能な発展のための国際基礎科学年(IYBSSD)」に創設パートナーとして参加します。基礎科学の担い手として人類共有の知を生み出すとともに、以下3点を柱に持続可能な社会づくりに向けて挑戦し続けます。



1

社会の低炭素化に向けた基礎研究・応用技術開発

2

加速器など大型研究設備の1層の省エネに向けた取り組み

3

学术界、産業界、地域との連携強化／次世代の育成

# 社会の低炭素化に向けた基礎研究・応用技術開発

## ICT機器の低消費電力化

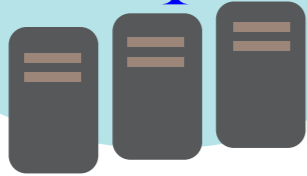
情報通信機器で使われるランダムアクセスメモリ (DRAM)は、記憶の保持や書き込みのための消費電力が大きく、低消費電力かつ高速な不揮発性メモリが求められている。

そこで!

低速陽電子…材料の原子配列を観測

放射光…材料内の電子やスピンの状態を観測

磁石の向きで情報を記憶するMRAMや、抵抗の違いで情報を記憶するReRAMの高性能化を目指します。



もっと詳しく



## 水素利用の推進

低炭素社会の実現に向け、水素エネルギー利用が果たす役割は大きいですが、製造方法、輸送方法、貯蔵方法など課題は多い。

そこで!

放射光 / 中性子…水素をつくる触媒や貯蔵材料の原子配列を観測

中性子…水素や水の移動を観測

エネルギー負荷が少ない水素製造、高密度の貯蔵、安定な燃料電池の実現などを目指します。



もっと詳しく



## 光エネルギーの利用

化石燃料に代わるエネルギー源として、太陽光は最も有望なものの一つ。従来材料を上回るエネルギー変換効率の材料の開発が急務。

そこで!

放射光…材料の原子配列と光による電子状態の変化を観測

中性子…太陽電池の積層構造を観測

より高効率の太陽電池や、光で水を分解して水素をつくる光触媒の実用化を目指します。



もっと詳しく



## 大電力デバイスの高効率化

直流と交流の電力変換や周波数変換のためのパワー半導体や冷却のための熱デバイスは大量の電力を扱うため、高効率化が求められている。

そこで!

放射光…材料の原子配列、電子状態を観測

中性子…材料の磁気配列を観測

既存の材料や新材料を精密に観測して動作原理や性能を左右する要因を解明し、消費電力の低減を目指します。



もっと詳しく



## 二次電池の性能向上

広く普及しているリチウムイオン電池の高容量化、他のイオンを使った新しい電池の開発のために、原子レベルで理解することが必要。

そこで!

放射光、中性子…電極の原子配列を観測  
中性子、ミュオン…イオンの移動・分布などを観測



より高出力、高容量な電池の実現を目指します。

もっと詳しく



## 石油系プラ代替のナノファイバー研究

天然の木材由来ナノセルロースファイバーの強度は鉄の5倍、比重は5分の1。さまざまな用途が期待され、石油由来の化学品を置き換える可能性があるが製造効率が低い。

そこで!

大電流・高繰り返し加速技術を用いた電子ビームを木材に照射し、高効率で生成する技術を開発中。



もっと詳しく



# 加速器など大型研究設備の 一層の省エネに向けた取り組み

KEKでは「超伝導技術」の導入をはじめとして、消費電力を抑える様々な工夫を重ねながら実験の効率をあげています。KEKが先導した技術は産業や医療にも応用されています。

## つくばキャンパス

## 東海キャンパス(J-PARC)

### テープライブラリの採用

消費電力 **1割低減**

実験データの解析・蓄積に使われる計算機では、テープライブラリ装置を利用し、ハードディスクに比べシステム全体の消費電力を1割以上低減



### 高インピーダンス金属磁性体コアで

消費電力を **4割低減**

東海では加速器に特化した金属磁性体コアを開発。それに合わせて高周波加速システムの設計も最適化することにより加速空洞の消費電力を大きく削減することに成功



敷地境界線の緑地帯。自然環境保護に努めている

粒子を加速する大電力マイクロ波の発生装置クライストロンは、電力の変換効率が50%前後だが、この効率を向上する開発研究を実施中

### 電子陽電子入射器の

運転改善で **3/4 省エネ**

電子陽電子入射器は、ビームのエネルギーや行き先を1秒間に50回変更することにより1台で4つの蓄積リングにビームを入射。この「変わり身」で消費電力を75%低減。パルス電磁石からの電力の回収も行い、この回収率は60%に達する



### 超伝導加速空洞で **2割省エネ**

マイクロ波を使って粒子を加速する「空洞」は、常伝導だと多くのエネルギーが熱となって損失となるが、極低温にして超伝導にすると損失がほとんどなくなる。冷凍機の消費電力を加味しても全消費電力を約2割低減することが可能



### 衝突性能の向上で **5割省エネ**

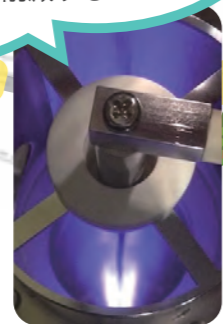
SuperKEKB 加速器での実験では加速された粒子同士を衝突させるが、衝突点でビームを極めて強く絞ることで衝突性能を向上。小林・益川理論を実証したKEKB 加速器と同等以上の性能を5割の消費電力で実現



### 真空装置のNEGコーティング

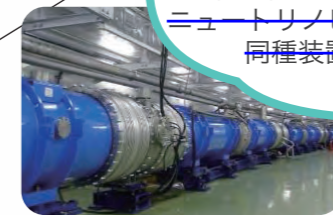
ポンプ運転時間の削減へ

加速器のダクトの内部は超高真空。ダクトの内面に成膜することで高い排気効率の真空ポンプとして働く「NEGコーティング」の開発を推進している。真空ポンプ系の消費電力を抑え、加速器の立上げ運転時間も削減する



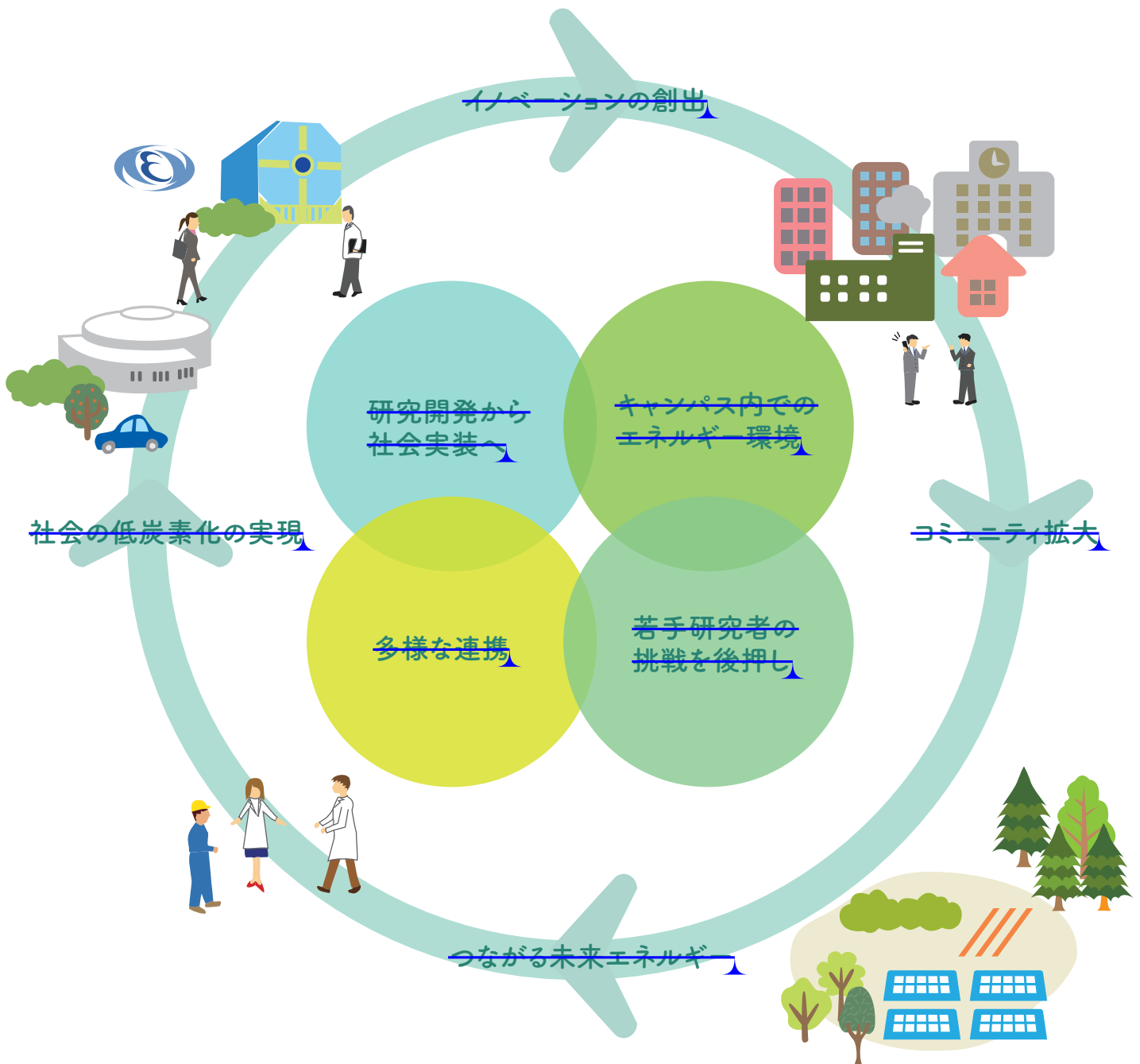
### 超伝導電磁石で **8割省エネ**

つくばと東海の加速器でビーム収束や粒子検出用に採用。東海では2009年からニュートリノビームラインで運用され、常伝導の同種装置に比べ消費電力を8割低減

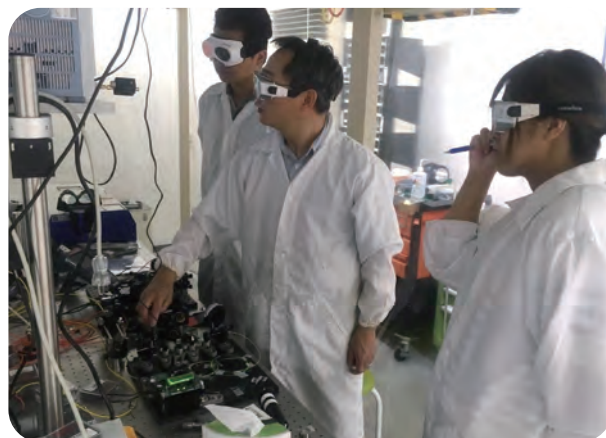


# 連携でつくる持続可能な未来

研究機関や大学などが有するシーズと企業の技術をマッチングさせるなど、産学官地域連携により研究・技術の社会実装の実現に向け、未来エネルギーのイノベーション創出を目指します。



## 次世代を担う若手の育成



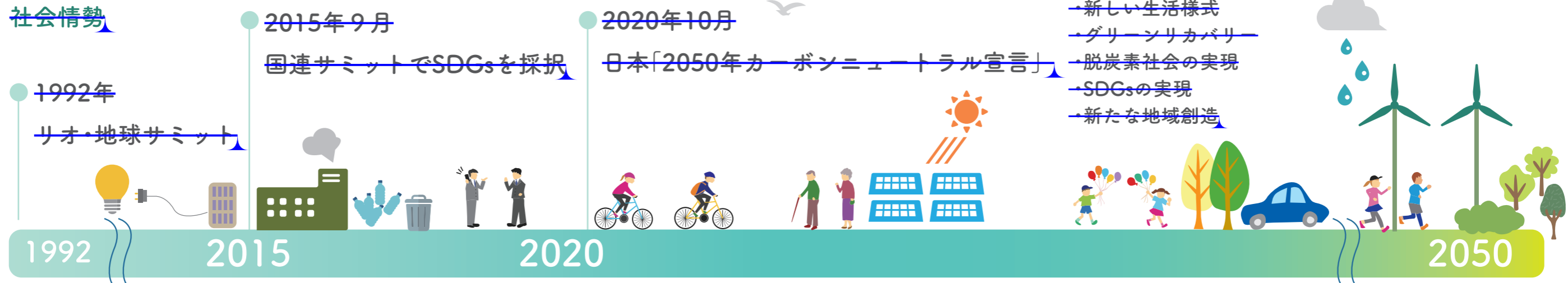
カーボンニュートラルの実現は、エネルギー問題と環境問題の両方を同時に解決するものであり、現役世代だけではなく、次世代そして次々世代も含めて人類に突き付けられた大きな課題です。KEKは加速器を用いた基礎研究もその解決に役立つと考えており、この分野の知識・技術の蓄積と継承を目指して若手の人材育成に力を入れてきました。

国内外のステークホルダーとの協働により、加速器科学や関連分野の将来を担う研究人材と、それを支える研究支援人材を育成するプログラムを、加速器科学国際育成事業(IINAS NX)として実施しています。この事業は、国際的に活躍できる研究者の育成と、現場である大学(研究室)の教育研究機能の強化・高度化に向けた取組みを支援します。理科教育への貢献や研究者を目指す人を増やすことを目的として、高校生や高等専門学校生を対象にした取組みも積極的に行っています。

また大学院などへの教育への協力や、加速器科学分野の人材育成の活動を行います。総合研究大学院大学の基盤組織として、加速器科学の推進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。

# カーボンニュートラル実現への道のり

## 社会情勢



## KEKの取り組み



研究開発から社会実装への推進の加速  
 キャンパスマスタープランの実現  
 カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリジョン  
 若手研究者などの人材育成

**1** KEKでの先端研究には、どれぐらいの電力を使っていますか。

KEKは2020年度、393,075MWhの電力を消費しました。東京電力によると一般家庭1軒当たりの電力使用量は1月当たり248.7kWh(2015年)で、1年間に換算すると2,984kWhとなり、KEKの消費電力は一般家庭の約131,700軒分に相当します。

**2** 加速器を使った研究では、どうしてもたくさんの電力を消費するのですか。

KEKでは光速に近い高エネルギー状態に電子や陽子などの粒子を加速して実験を行っています。加速するためには大電力高周波(振動数の高い電波)が必要で、粒子ビームを曲げたり集めたりするには強力な電磁石を使います。省エネの努力はしていますが、そのためたくさんの電力を消費します。

**3** KEKは電力をどこから購入していますか。また自前で再生可能エネルギーによる発電はしていますか。

電力は電力会社から購入しています。つくばキャンパスでは、太陽光パネルを管理棟と4号館の屋上に設置しており、2020年度は合わせて75MWhを発電しました。

**4** 実験装置の冷却で発生する余熱をリサイクルして利用できないのですか。

加速器などは実験を続けていると高い熱を持つため、主に水を使って冷却します。そのため余熱が発生しますが、急速に冷やすために水温が低いことや、実験装置が広い範囲に分散していることから効率よく利用するのは難しく、利用は今後の検討課題です。

**5** KEKは温室効果ガス排出を減らす計画を持っていますか。

2005年度の温室効果ガス(CO2)排出量を基準とし、毎年1%ずつ減らす計画を持っています。15年間で15%以上の削減を達成し、さらに加速させていきます。



加速器だから見える世界。



大学共同利用機関法人  
**高エネルギー加速器研究機構 (KEK)**  
広報室  
〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
TEL : 029-879-6047  
E-mail : proffice@kek.jp