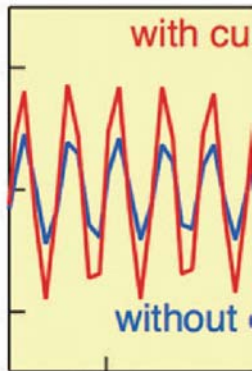


京都大学

# エネルギー理工学研究所

Institute of Advanced Energy

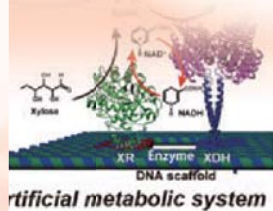
Kyoto University



300



2017



**DUET** Dual-beam irradiation Energy Science and Technology

2基のMeV級イオン加速器と高性能照射ステーション



<http://www.iae.kyoto-u.ac.jp>

## ご挨拶



所長 岸本 泰明

私達人類の生存と活動を支える様々のエネルギーやそれらを生み出す物質は、138億年前とされる宇宙の誕生、その後の太陽や地球、そして生命の誕生を含む、時には偶然としか思えない自然の巧妙で精緻な営みの中で作られたものであることが最近の研究から分かってきています。それらのことを考えると、エネルギーや物質の生い立ちや、そこに潜む巧妙な自然のメカニズムなどを深く理解するとともに、それらを規範として、「質」と「量」の双方にすぐれた21世紀の安全なエネルギーの姿を追求することが求められているように思います。

エネルギー理工学研究所は、このようなエネルギーの在り方や生産・利用の仕方を自然の摂理や基本原理まで立ち返って研究し、次世代を担う新しいエネルギーの学理とそれを先導・実現する先端技術の創出を目指して1996年5月に設立されました。具体的には、エネルギーを生成・変換・利用の要素に分類し、それぞれを研究する3部門14研究分野と、各研究分野を有機的に結合して、プロジェクト研究や学術性の高い研究課題に挑戦する附属エネルギー複合研究センターを設置し、これまで多くの研究成果を生み出してきました。また、研究交流の国際化を積極的に進めるほか、産学官連携を通して研究成果を社会に還元するとともに、大学院エネルギー科学研究科の協力講座を担当し、最前線の研究環境の中で学生教育と研究者育成を行ってきました。

本研究所は、2011年から、研究所が目指すエネルギーの理念を「ゼロエミッションエネルギー」という言葉に込め、それを名称に持つ共同利用・共同研究拠点として、研究所の多様な資源を活用した幅広い学術分野との連携・協力とコミュニティ形成を推進してきました。この活動は、日本にとってエネルギーを深く考える機会になった東日本大震災と時を同じくして開始され、日本の復興・復旧と共に歩むことになりました。この間、本拠点の運営について皆様から多くのご支援とご協力を頂き、厚くお礼申し上げます。

21世紀の今日、科学研究は世界的にも大きな変革期にあり、これからの飛躍的發展には異なる分野の融合が不可欠とされています。これは、織物の美しい文様が異なった縦糸と横糸の交差から生まれるのに似ています。しかし、分野の融合は決して容易なことではなく、限られた研究所員だけで達成できるものではありません。絶えず新しい知識や人材を外部から取り入れ、そこでの活発な議論や活動を通して新しい考えを創出・実現して社会に送り出し、それが新たな価値を伴って研究所に戻ってくる、そのような“循環”の中ではじめて達成されると考えます。世界的にも、様々な概念や技術のイノベーションを取り入れたエネルギー研究が急速に進展する中、何を選択し、何をを目指すのか、研究所の真価が問われます。それを心に留めて、所員一同、既存の手法や概念にとらわれることなく知恵を積極的に出し合い、社会の大きな循環の中で議論を尽くして、21世紀にふさわしい新しいエネルギー理工学の基軸を築いていく所存です。皆様の一層のご支援とご協力を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



## CONTENTS

ご挨拶 .....	1
研究所の理念と目標 .....	3
組織図 .....	4
沿革 .....	5
研究部門の概要・教員紹介 .....	7
▶ エネルギー生成研究部門	
▶ エネルギー機能変換研究部門	
▶ エネルギー利用過程研究部門	
▶ 附属エネルギー複合機構研究センター	
非常勤教職員紹介 .....	20
附属エネルギー複合機構研究センターの概要 .....	21
附属エネルギー複合機構研究センターにおける プロジェクト研究体制 .....	23
プロジェクトの概要 .....	24
研究施設 .....	29
教育・社会活動 .....	33
国際交流 .....	35
データ .....	37

## 理 念

エネルギー理工学研究所は、「エネルギーの生成、変換、利用の高度化」に関する研究を行うとともに、全国の大学やその他の研究機関に所属する研究者の共同利用に供することを設置目的とし、人類文明の持続的発展に貢献します。この目的のため、エネルギー需要の増大とエネルギー資源の枯渇、および地球環境問題の深刻化に伴って生じているエネルギー問題の解決を目指した先導的研究を行います。とくに、社会的受容性の高い新規エネルギー源、ならびにエネルギー有効利用システムの実現を目指します。本研究所が有する多様な学術基盤を生かし、異なる研究領域を有機的に連携させることにより、挑戦的かつ独創的なエネルギー理工学の研究領域の開拓を進めます。

## 長期目標

本研究所は上記の理念に基づき、以下の長期目標を設定しています。

- (1) 社会の要請に応え、先進的かつ社会的受容性の高い基幹エネルギーシステムの構築と多様なエネルギー選択を可能とするシステムの実現を目指し、学際研究としてのエネルギー理工学に新たな展望を拓く。
- (2) 多様な学術基盤をもつ研究者の連携、および、基礎から応用に至る研究の発展により、世界的な先進エネルギー理工学研究拠点としての展開を図る。
- (3) 優れた設備群を整備・活用してエネルギー理工学における優秀な研究者と高度な専門能力を持つ人材を育成する。

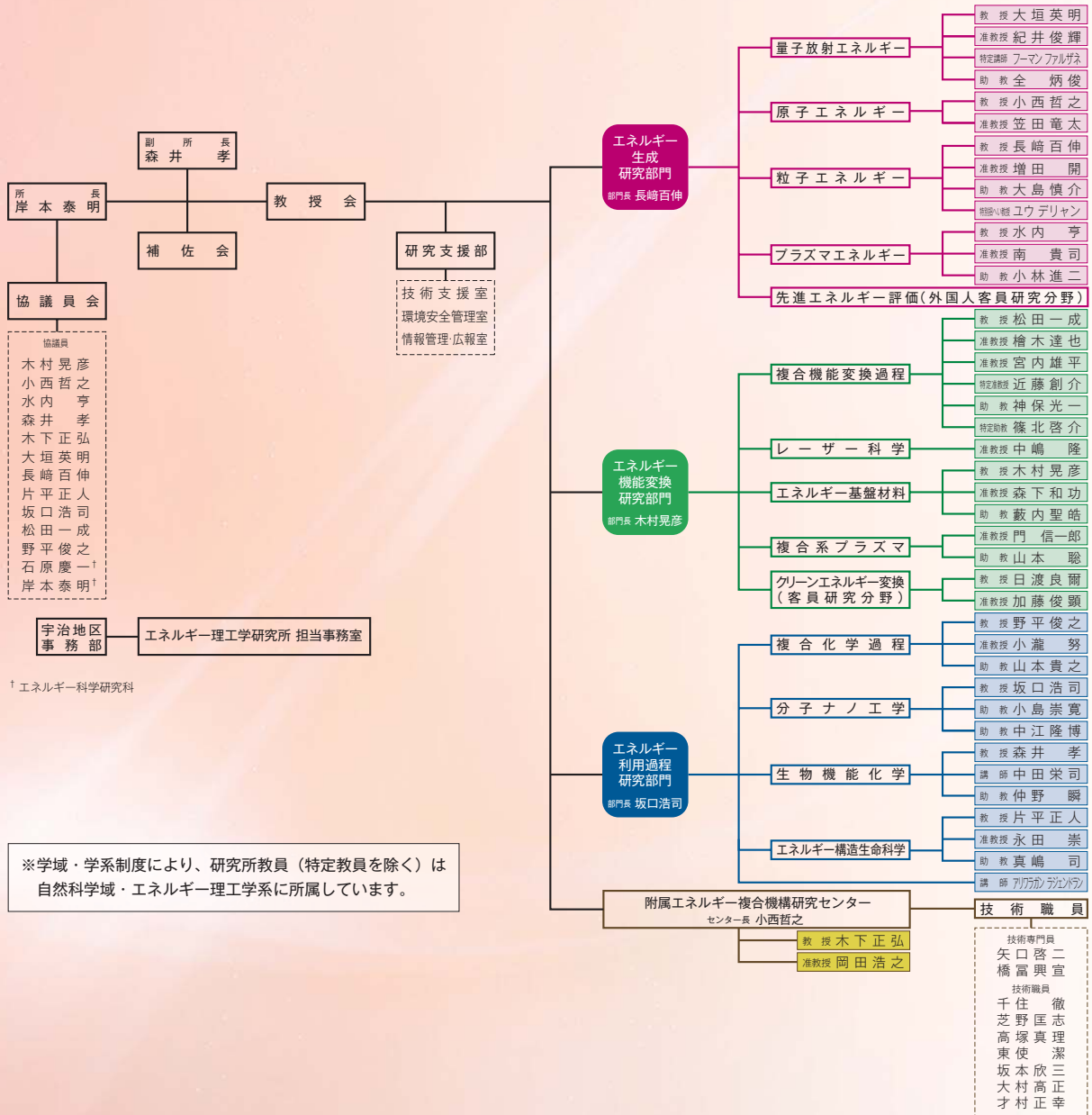
## 中期目標

長期目標の達成に向け、第3期中期目標（2016年度～2021年度）として以下の7項目を設け、研究・教育を進めています。

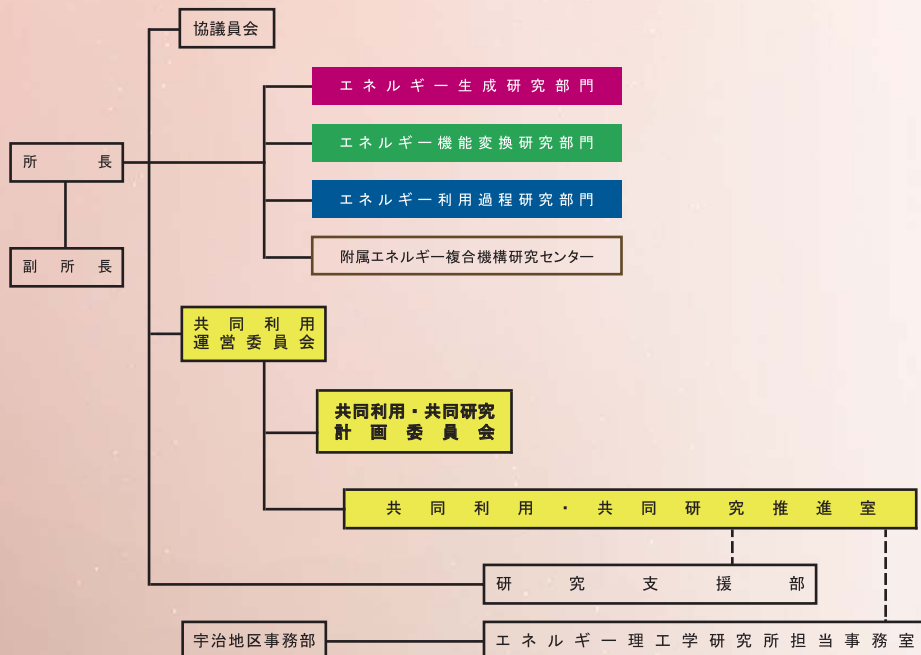
- (1) 研究所重点複合領域研究として、先進プラズマ・量子エネルギー複合領域研究、ならびにソフトエネルギー複合領域研究を推進し、先進エネルギー理工学としてのゼロエミッションエネルギーに関する学術基盤の構築・展開を図る。
- (2) 共同利用・共同研究拠点「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」活動、国際共同研究・国際連携活動の強化・推進を通じ、国内外の研究者・研究機関との連携を深め、地球規模のエネルギー問題に対応できる国際エネルギー理工学研究ネットワークのハブ機能を強化する。
- (3) ゼロエミッションエネルギー領域における指導的研究者・技術者等の人材を育成するとともに、学生等の教育を行う。
- (4) 研究成果の積極的な社会還元に努める。
- (5) 産官学連携活動を推進する。
- (6) 研究所の研究成果等をホームページ、公開講演会等を通じて広く社会に発信する。
- (7) これらの目標の達成のために、適切な研究所運営に努める。



# 組織図



## ゼロエミッションエネルギー研究拠点組織図



# 沿革



工学研究所



京都大学工学研究所創立10周年記念式典



原子エネルギー研究所



エネルギー理工学研究所発足記念式典

# Institute of Advanced Energy

ヘリオトロン核融合研究センター設立 ←

1975

1972

原子エネルギー研究所に改称 [8研究部門] ← 1971

1970 ▶ヘリオトロンD

1969 ▶原子炉安全解析実験装置室  
【南1号棟】

宇治キャンパスに移転 ← 1968

工学部附属超高温プラズマ研究施設設立 ← 1966

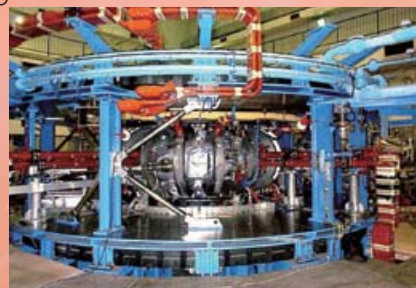
1965 ▶ヘリオトロンC

1960 ▶ヘリオトロンB

1959 ▶ヘリオトロンA

工学研究所 [5研究部門] ← 1941

中央実験所設立 ← 1914



ヘリオトロンJ

文部科学省認定（認定期間：2016年度～2021年度）共同利用・  
共同研究拠点「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」活動開始◀

2016

文部科学省認定（認定期間：2011年度～2015年度）共同利用・  
共同研究拠点「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」活動開始◀

2011

2010 ▶ NMR 装置群【南2号棟】

附属エネルギー複合機構研究センター改組◀

2006

国立大学法人京都大学設立◀

2004 ▶ 量子光・加速粒子総合工学研究棟【北2号棟】 DuET, KU-FEL  
▶ エネルギーナノサイエンス研究棟【北1号棟】

1999 ▶ ヘリオトロンJ【北4号棟】

附属エネルギー複合機構研究センター設立◀  
エネルギー理工学研究所発足◀

1996

1983 ▶ プラズマエネルギー直接変換実験棟【南3号棟】

1981 ▶ 高温液体伝熱流動実験室【南2号棟】

1980 ▶ ヘリオトロンE

1976

▶ ヘリオトロンDM

▶ マグネトプラズマ実験装置室【北1号棟】

# Energy



DuET



KU-FEL



NMR 装置群

## 部門紹介

### エネルギー生成研究部門

人類の生存基盤確保にとって最大の課題であるゼロエミッションエネルギーシステムの確立のために、社会的受容性の高い将来の基幹エネルギーシステムの基盤的研究と、多様な機能を持つエネルギー源の供給と応用技術に寄与する先進的な研究を推進しています。

### エネルギー機能変換研究部門

エネルギーの高効率機能変換と新機能創出を目的として、各種エネルギーと物質との相互作用機構の解明と利用、エネルギー機能変換過程の高効率化・高性能化、エネルギー機能材料の創製と応用等の研究を推進しています。

### エネルギー利用過程研究部門

ソフトエネルギーを利用する、そしてロス無く高効率なエネルギー・分子変換を達成する自然・生物に学ぶ革新的ものづくりの学理「創発材料」を実現することを目的とします。シリコン太陽電池の超大量生産を目指した電解技術、分子建築技術を用いる高効率クリーンエネルギー物質材料の開発、生体高分子による高効率物質変換とエネルギー利用、バイオマスやタンパク質の構造機能研究等の、ナノ・バイオ機能材料およびプロセスの研究を推進しています。

### 附属エネルギー複合機構研究センター

研究所の横断的研究の中核的施設として、プラズマ・核融合エネルギー指向の研究を中心に行う先進プラズマ・量子エネルギー研究推進部、ソフトエネルギー指向の研究を中心に行う光・エネルギーナノサイエンス研究推進部、および国際的な活動促進を中軸とする流動・開発連携研究を展開する国際流動・開発共同研究推進部を構成、先進エネルギー領域の共同研究を推進する研究基盤を提供しています。

## 部門の関わり合い

エネルギー理工学研究所は、「エネルギー生成研究部門」、「エネルギー機能変換研究部門」ならびに「エネルギー利用過程研究部門」の3部門からなり、エネルギーシステムにおける三つの切り口として、それぞれ、エネルギーの「生成」、「変換」および「利用」を取り上げています。各部門においては、本節以降に紹介するように、各々の視点から多種多様な特色ある研究を展開しています。また、人類の存続に不可欠な新しいエネルギーの開発や次世代のエネルギーシステムの実現に向けて、私たちが提案している「ゼロエミッションエネルギー」システムを構築するためには、これらの部門の垣根を越えた横断的・融合的な連携研究も不可欠となっています。

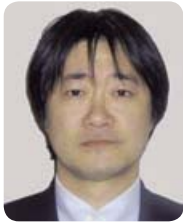
そこで研究所では、改組以来、附属エネルギー複合機構研究センターを中心として、所内共同研究制度を設け、部門横断的な課題研究を推進してきました。現在、これまでの重点複合領域研究を通じて、部門間・分野間の一層の強まりと新たな展開を見せ、「先進プラズマ・量子エネルギー研究」ならびに「ソフトエネルギー研究」をミッションとする2つの複合領域研究へと集約されています。このような重層的な研究の展開は、研究所の特長や総合力を向上させる大きな推進力となっており、他のエネルギー関連部局と際立った違いを持った研究所として位置付けられます。



## 量子放射エネルギー研究分野

エネルギー材料開発に貢献する高輝度電子ビームからの量子放射光源「自由電子レーザー」や、核セキュリティ技術としてのレーザーコンプトンガンマ線の発生と利用、クリーンエネルギー政策に関する研究、更には低品位炭及びバイオマスの高効率利用技術、また再生可能エネルギーの実装に関する国際共同研究を行っています。

### 新量子放射エネルギーの発生と利用



教授 大垣英明

本研究分野では、高エネルギー電子ビームを用いた新量子放射エネルギーの発生と利用の研究を行っています。代表的な新量子放射エネルギーである自由電子レーザー（Free Electron Laser：FEL）は、加速器からの高輝度電子ビームと光ビームとの相互作用を応用した波長可変かつ、大出力、高効率なコヒーレントなレーザーで、次世代の光源として期待され、西播磨ではX線領域のFEL施設が稼働開始しています。本研究分野では、宇治キャンパスに独自の中赤外領域の小型自由電子レーザー施設：KU-FELを完成させました。この施設は電子を40 MeVまで加速可能な直線加速器を使用し、2008年3月に波長12.4 μmでFEL発振を観測しました。更に2008年5月には波長13.6 μmでFEL飽和を達成しました。

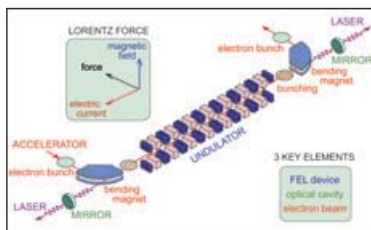


准教授 紀井俊輝

現在では、発振可能な波長を拡大して3.6~25 μmでのFELの利用が可能になっています。KU-FELが発振可能な中赤外領域は分子固有の振動準位が数多く存在し、「分子の指紋領域」とも呼ばれています。KU-FELの波長可変赤外レーザーを応用し、特定のフォノンモードを励起するといった光エネルギー材料研究を、共同利用等を通じて進めています。また、本分野では、安全安心な社会に貢献する核セキュリティ技術として、レーザーコンプトンガンマ線を用いて隠匿された同位体を検出する方法の開発研究を行うとともに、独自のパルク高温超電導を用いた短周期アンジュレータの開発や、新奇な光源として注目を集めているTHz領域の大出力自由電子レーザーの開発研究を行っています。

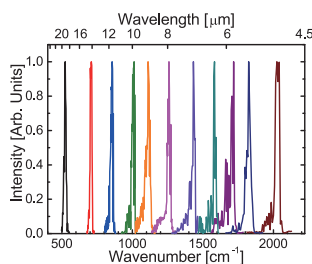


助教 全 炳俊



#### 自由電子レーザー発生概念図

高輝度な電子ビームをアンジュレータで蛇行させて、光のビームと重畳させると、両者の相互作用によって電子ビームはマイクロにバンチングして光を増幅し、コヒーレントなレーザーを発生することができます。



#### KU-FELの波長可変性

レーザー発生に使用する電子のエネルギーを20から36 MeVまで変化させる事により、レーザー波長を5から20 μmの間で自由に変えることが可能です。レーザーの波長幅は中心波長に対し3%（半値幅）程度です。

### アジアのメガシティにおける クリーンエネルギー開発の複合的益に関する評価



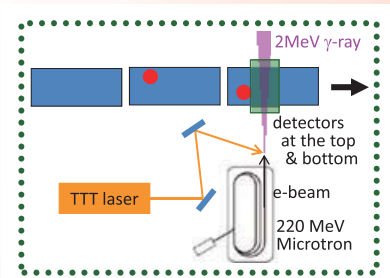
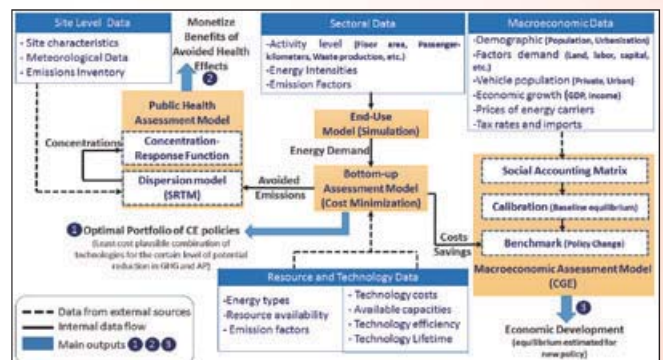
特定講師

フーマン ファルザネ

アジアにおいては、農村地域や地方都市の人々がより高い生活水準と物質的な豊かさを求めることでメガシティへの人口流入が増大しており、莫大なエネルギー消費の増加と、これによる環境影響、健康被害が起きることが予測されています。

本研究では、アジアのメガシティでのクリーンエネルギー政策が、エネルギー、環境、公衆衛生および経済からなる複合的益の達成に、どのように影響しているのかを明らかにする事を目的としています。

この目的のために、東京、ソウル、デリー、上海を対象に工学的および経済的な観点の統合モデリングフレームワークを開発しています。本プロジェクトは、京都大学の未踏科学ユニット（「学知創生ユニット」）および、科研費によりサポートされています。



#### レーザーコンプトンガンマ線を用いた隠匿された同位体の検知装置の概念図

小型加速器からの電子ビームと大出力レーザーを衝突させる事で、単色性の高いガンマ線を発生する事ができます。この単色ガンマ線は通常用いられるX線と比較して透過力が高く、また、同位体に特有の共鳴状態を観測する事ができます。この図は、この原理を利用してコンテナ等に隠匿された危険物を検知するために、現在開発を進めている装置の概念図です。

## 原子エネルギー研究分野

ゼロエミッションエネルギーシステムとして核融合を中心とする、エネルギー発生から利用までのシステム設計・開発と、社会・環境・持続可能性評価を行っています。

### 核融合エネルギーシステムの研究、開発、設計と評価

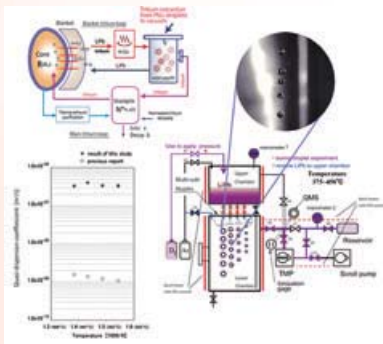


教授 小西哲之

地球環境と人類の持続可能な発展の問題を世界規模で根本的に解決する未来のエネルギー源として、核融合をはじめとするゼロエミッションエネルギーシステムを研究しています。本研究分野では、先進的な核融合エネルギーシステムを設計、開発する一方、社会、環境との関係で総合的に評価しています。実際の核融合反応から中性子を発生させる新しい方式を開発する一方、そのエネルギーを変換する先進ダイバータやブランケットのシステム・材料開発、燃料として用いるトリチウムの炉内での自給、また環境影響をゼロに近づけるための挙動の研究、エネルギー利用として、バイオマスからの水素や合成燃料の製造法、電力システム、そしてシステム設計や社会への影響評価など、革新的エネルギー技術としての核融合エネルギーの発生から利用、評価までの研究を幅広く行っています。核融合炉工学の研究チームとして世界でも最先端の研究を進め、国際協力の拠点となる一方、エネルギーと環境、サステナビリティの問題に取り組んでいます。

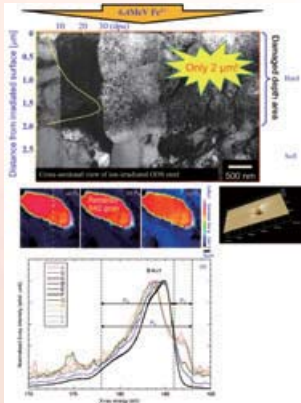
### 核融合エネルギーシステムの燃料自己充足性を確保する基盤技術開発

液体リチウム鉛を用いた先進高温ブランケット研究を進め、特に革新的なトリチウム回収システムの開発と実証研究において世界をリードしています。また、リチウム鉛と各種構造材料の共存性、伝熱性能などを含めた統合的な研究を進めています。



### 超微小試験法等の先端分析法による材料特性評価

革新的原子エネルギー材料・システムの実現を目指して、物質レベルからエネルギー戦略まで俯瞰したマルチスケール/マルチディシプリナリアプローチによる耐照射性・耐環境性材料の開発を進めています。このために、他のエネルギー材料の構造・物性評価にも応用可能な超微小試験法等の先端材料分析法の開発を進めています。



## 粒子エネルギー研究分野

荷電粒子と電磁界を制御し、高パワーマイクロ波装置、超小型核融合装置、高輝度電子銃、プラズマ揺動計測・解析手法を開発しています。

### 電磁波・粒子ビームによる先進エネルギーの開発



教授 長崎百伸

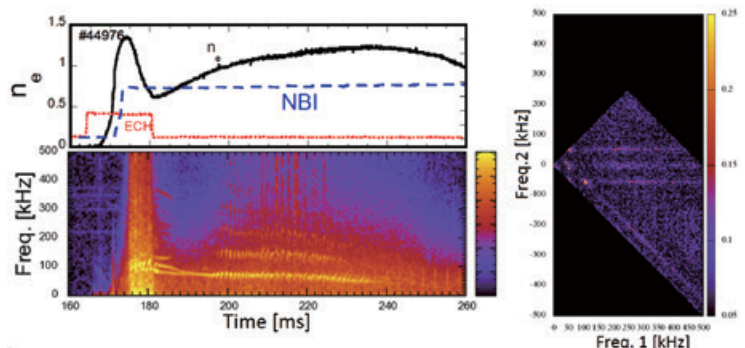
荷電粒子と電磁界の相互作用を高度・高精緻に制御することにより、21世紀の人類に計り知れない恩恵をもたらす先進科学技術の開発を進めています。究極のエネルギー源として期待されている核融合実験装置において、GHz周波数帯の波を利用した波動はプラズマを生成・加熱することに幅広く利用されています。高パワーマイクロ波源であるマグネトロンやジャイロトロンを用い、電子サイクロトロン共鳴加熱によるプラズマの生成・加熱・電流駆動、MHD不安定性の抑制を進めています。高温プラズマの閉じ込め特性はプラズマ中に存在する種々の揺動によって決定されるため、揺動の物理機構を理解することも重要な課題です。このため、高時空間分解能を有するマイクロ波や多チャンネル静電プローブなどを用いた高度なプラズマ計測装置の開発や揺動を解析するための手法の研究も進めています。また、コンパクトで制御性、安全性にも優れた中性子源・陽子源としてガン検査や爆薬・禁止薬物探知など様々な分野での応用が期待されている慣性静電閉じ込め核融合装置の高性能化と応用の研究や、将来の中性子を出さない先進D-<sup>3</sup>He核融合反応の実験、自由電子レーザーをはじめとする新しい機能、波長領域、強度の量子放射光源、その性能の鍵を握る高輝度電子銃のシミュレーション研究、新型電子銃の開発など、エネルギー粒子の発生と利用の研究を進めています。



准教授 増田 開



助教 大島慎介



### プラズマ中の多彩な揺動の計測と信号解析

高温プラズマ内部では様々な不安定が生じ、プラズマは輸送されます。kHzからMHzまでの広帯域の揺動を計測し様々なデータ解析手法を用いてその特性を解明・理解することが重要です。

## プラズマエネルギー研究分野

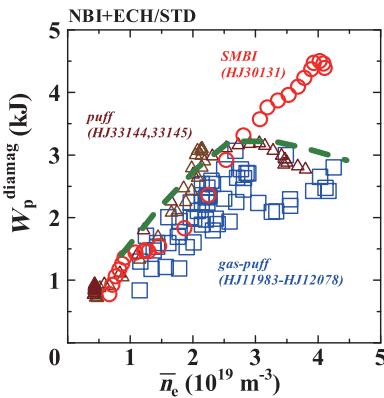
核融合炉開発をはじめとするプラズマエネルギー応用を拓くプラズマの生成・計測・制御に関する研究を行っています。

### 境界プラズマ制御による炉心プラズマの高性能化



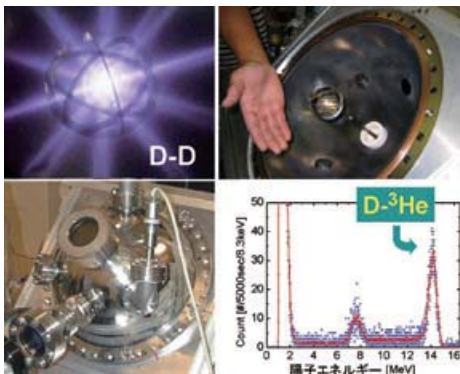
教授 水内 亨

核融合エネルギー実用化を目指す核融合炉をはじめ、プラズマのエネルギー応用の未来を拓く、超高温プラズマの生成・計測・制御に関する研究を行っています。より高い性能を持ったプラズマを得るためには、閉じ込め磁場制御やプラズマ加熱制御だけでなく、燃料ガス等の給排気制御、プラズマと材料との相互作用制御などが必要です。超高温プラズマと材料との間の領域に存在するプラズマ、すなわち境界プラズマが、上述のような制御に深く関わっています。この境界プラズマの物性の理解と制御法の開発、それらを通じたプラズマの高性能化を目指した研究を進めています。



#### ガス供給制御によるプラズマ領域拡大

プラズマへの燃料ガス供給法に新しい手法 (SMBI) を取り入れることで、従来到達が困難であった高い密度 ( $\bar{n}_e$ ) と蓄積エネルギー ( $W_0$ ) 領域へプラズマを拡張することができました。



#### 慣性静電閉じ込め核融合中性子/陽子源

メッシュ状陰極中心に重水素イオンを加速・集束して核融合反応を生じ、中性子を発生させます。また、 $D-^3He$  反応を利用すると、僅か数十kVの印加電圧で14.7MeVもの高エネルギーの陽子を発生させることもできます。



#### 高パワーマイクロ波源「ジャイロトロン」

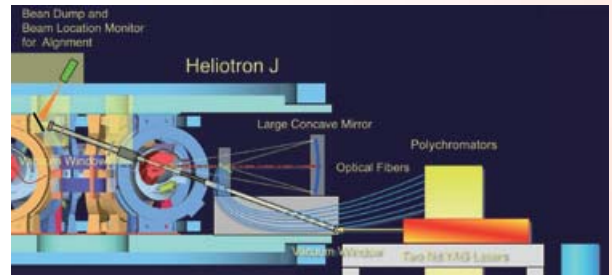
ガウス分布形状の70GHz-500kWマイクロ波ビームを出力し、電子サイクロトロン共鳴を用いて核融合プラズマの生成・加熱・電流駆動を行っています。

### Nd:YAG レーザートムソン散乱法による高温プラズマ分布計測



准教授 南 貴司

本研究では、Nd:YAG レーザートムソン散乱法をヘリオトロンJ装置に適用し、核融合プラズマ内部の分布が時間的に発展していく様子を計測します。プラズマ分布はスティッフネスがあって、外部パラメータによって形状がほぼ決まるものであると考えられてきた時もありますが、プラズマ分布の形状には豊かな多様性があることが最近明らかになってきました。また分布の形状を制御することで、プラズマ閉じ込め性能を改善することも可能なことがわかってきました。そこで、ヘリオトロンJ装置で生成されるプラズマ分布の時間発展を計測し、そのデータに基づいてプラズマ分布を能動的に制御し、優れたプラズマ閉じ込めを実現します。



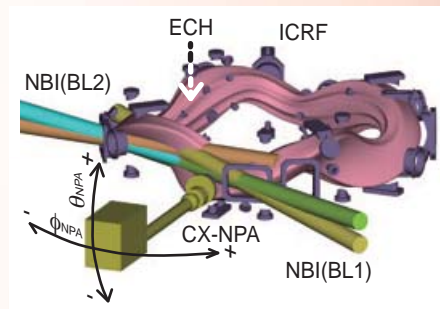
ヘリオトロンJ装置に取り付けるNd:YAGレーザートムソン散乱計測装置の概念図

### 中性粒子ビーム加熱を用いたプラズマの高性能化



助教 小林 進二

中性粒子ビーム加熱は、核融合を目指した高温・高密度プラズマを生成するために広く利用されています。本研究では単にプラズマを高温・高密度化するだけでなく、積極的にアクチュエータとして利用することで、プラズマの高性能化を目指した制御手法の開発、およびその物理機構の解明を推進しています。具体的にはプラズマ中にわずかに流れる電流や、プラズマの流れを積極的に中性粒子ビームで制御することで、より好ましいプラズマ閉じ込めの状態を作り上げることを試んでいます。また、プラズマの状態を高精度で計測する手法の開発にも取り組んでいます。



#### ヘリオトロンJ装置の中性粒子ビーム入射システム

ヘリオトロンJの中性粒子ビーム入射装置は正方向、逆方向2つのビームラインで構成され、最大入射電圧・入射パワーはそれぞれ3万ボルト・70万ワットです。

## 複合機能変換過程研究分野

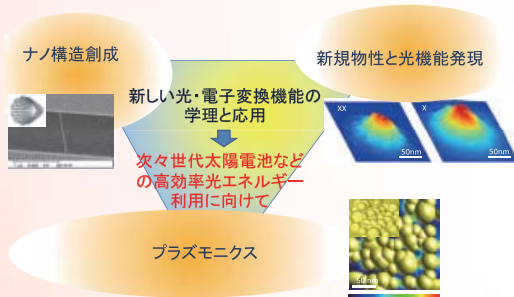
新しいナノ材料、先進エネルギー材料創成と、そこで発現する新規物性・機能性発現の学理の追求とその応用に関する研究を行っています。

### ナノサイエンスによる光機能発現と 高効率光エネルギー利用に向けた学理の追求と応用



教授 松田一成

現在、持続的な社会の実現に向け太陽光を含む光エネルギーの高効率利用が求められています。それらの要求に対して、ナノ材料・ナノ複合材料は高いポテンシャルを有しています。そこで、ナノサイエンスに基づく新たなナノ材料創成とその物理的性質（物性）の理解が必要です。そのために、ナノ材料（カーボンナノチューブやグラフェン、半導体・金属ナノ粒子、またその複合材料）で起こる物理的な量子過程（物性）についてレーザーを用いた先端光学手法を駆使して明らかにし、次々世代の高効率太陽電池などに向けた新しい光エネルギー利用のための高効率光・電変換の学理追求や新しい光機能性創出の研究を進めています。



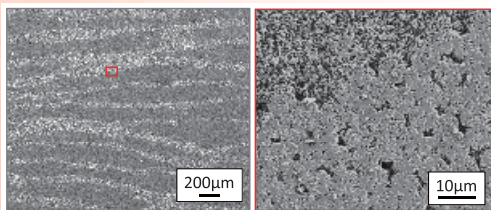
次々世代太陽電池などの高効率光エネルギー利用に向けたスキームナノサイエンスを基盤として新しい光・電変換機能の学理と応用研究を行います。特に、新しいナノ材料創成、それらの物性の理解、プラズモニクス技術を利用した新規光機能性の実現を目指します。

### 先進エネルギー用セラミックス材料の開発



准教授 檜木達也

ナノスケールでのプロセス制御により、核融合炉や先進核分裂炉等の次世代原子力材料や航空宇宙材料として期待されているSiC（炭化珪素）繊維強化SiC基複合材料（SiC/SiC 複合材料）を中心に、先進セラミックス等の材料開発を行っています。DuET や MUSTER 施設の先端研究設備を駆使し、材料の創製から照射環境を含む環境効果、強度や物理特性評価、接合・被覆技術開発等、実用化を念頭に、基礎から実用レベルまで一貫した研究開発を行っています。国内の研究機関だけでなく、アメリカ、イタリア、フランス、OECD等の研究機関とも共同で研究開発を行っています。



#### SiC 繊維強化高靱性多孔質セラミックス

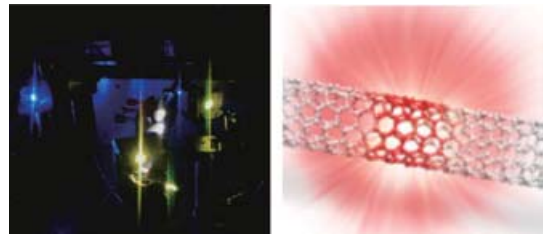
多孔質SiCをSiC繊維で強化することにより、従来に無い高い強度と靱性を持つ新しい多孔質材料です。全てSiCで構成され、優れた耐酸化性、耐食性を有します。

### ナノ物質の光物性解明と光機能応用



准教授 宮内雄平

ナノサイズの物質（ナノ物質）においては、顕著な量子効果によりマクロな物質には見られない特異な物性・機能が発現します。私たちは、極端的なナノ物質であるカーボンナノチューブやグラフェン、原子層半導体等の光物性・光機能に着目し、それらの解明と工学応用に関する研究を行っています。具体的には、単一ナノ物質レベルでの各種先端分光計測技術を駆使して、ナノ物質それ自体の光物性の解明、ナノ物質の複合化により誘起される創発物性の探索、さらにそれらを高効率光エネルギー変換素子や量子光源等の先端光機能デバイスに応用するための学理の開拓を進めています。



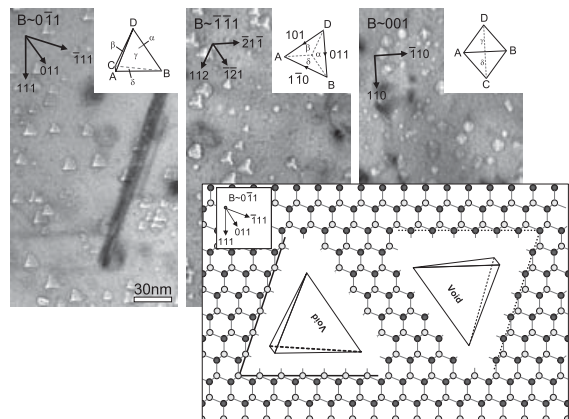
光学実験風景（左図）と発光するカーボンナノチューブの模式図（右図）先端分光計測技術と、物理化学的な物性制御技術を相補的に駆使して、ナノ物質の特異な物性の解明や、新奇物質機能の開拓を行っています。

### DuET で炭化珪素中に導入された格子欠陥の挙動



特定准教授 近藤創介

セラミックス（炭化珪素）の照射効果、特にナノサイズ欠陥の研究を行っています。炭化珪素は1000℃超でも室温強度が維持され、低放射化材料であるため原子力材料として期待されています。ほとんどの原子炉材では長期間の使用後に材料特性が変化（劣化）することが一般的ですが、これは中性子照射によって材料中に著しく非平衡に導入された格子欠陥が蓄積、あるいは選択的な場所で消滅することによります。私どもの研究で、炭化珪素では照射後もこの材料特性変化が小さいことがわかってきました。この照射損傷機構や、より過酷な照射条件でも安定性を維持できるのかをDuETとMUSTERの電子顕微鏡を用いて解明することを目指しています。



#### 様々な方向から見たSiC中のボイド

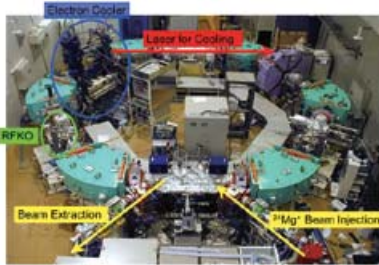
ボイドは照射によって材料中に形成された空格子点の集合体で、材料の膨張の原因となります。SiC中ではSiとC格子面に表面エネルギーの差があることに起因して、比表面積の大きな四面体ボイドが形成されることを見出しました。

## マグネシウムイオンビームのシンクロ・ペータートロン共鳴による水平方向の冷却



助教 神保光一

京都大学化学研究所先端ビームナノ科学センターとの共同研究により、Small Laser-equipped Storage Ring (S-LSR) において、マグネシウムイオン ( $^{24}\text{Mg}^+$ ) ビームのレーザー冷却実験に参加しています。写真で示すように、波長可変のUVレーザー光 (280nm) をS-LSRの直線部に導き、イオンと並走させてレーザー冷却するための  $3s^2S_{1/2} \rightarrow 3p^2P_{3/2}$  absorption-emission サイクルを構成しています。一様な、そしてパンチされたイオンビームの進行方向のレーザー冷却は既に達成しています。現在はシンクロ・ペータートロン共鳴による水平方向のレーザー冷却の実現に取り組んでいます。



### Small Laser-equipped Storage Ring (S-LSR)

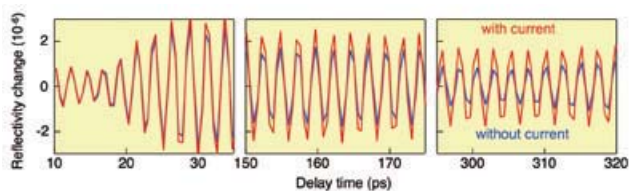
京都大学化学研究所先端ビームナノ科学センターのLSRは、周長22メートルで6重の対称性をもつ。

## 高周波音響フォノンの増幅



特定助教 篠北啓介

これまでドイツのマックスボルン研究所にて、音響フォノンの増幅をはじめとして固体における超高速現象についての研究を進めてきました。半導体超格子におけるサブテラヘルツ領域の高周波音響フォノンは波長がわずか数nmのため、半導体ナノ構造や生細胞のナノスケールの空間分解でのイメージングへの応用が期待されています。しかし、デバイス応用には高出力の音源が必要です。我々のグループは高出力音源の実現に向けて、電場印加で自由キャリアを加速し音響フォノンの誘導放出を達成することで、高周波音響フォノンの100%以上の増幅に成功しました。今後は当研究所において、こうした超高速分光手法とデバイス作成等を駆使し、スピン自由度と波数空間でのパレー自由度が結合した2次元物質における特異な量子状態の観測および光制御を通じて、パレースピノニクス基礎物理の解明およびデバイス応用を目指します。



### 電場印加による音響フォノン増幅

ポンプロープ分光法を用いたGaAs超格子の反射率変化の遅延時間依存性です。外場で電流を駆動することで(赤線)、電流が流れていないとき(青線)に比べて、音響フォノンに由来する410GHzの振動の振幅が増加します。

## レーザー科学研究分野

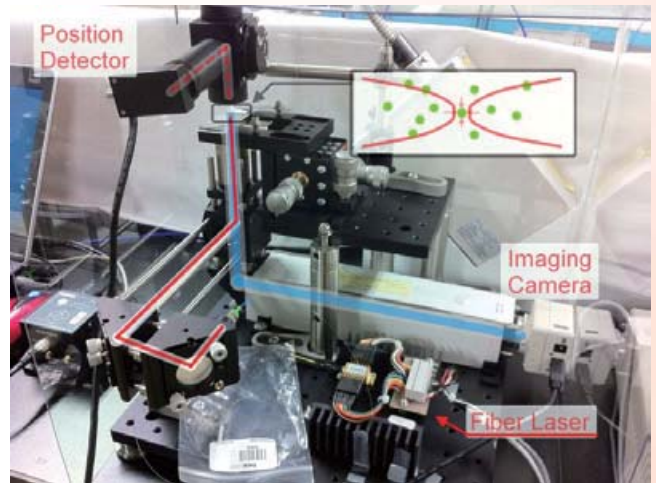
原子/分子、ナノ粒子、ナノ薄膜にレーザーを照射した際に起こる様々な物質応答を理論的および実験的に探索、解明し、さらにはそれらを制御、応用する研究を行っています。

## レーザー誘起超高速現象の理解と応用



准教授 中嶋 隆

ピコ秒、フェムト秒、アト秒の時間幅を持つ超短レーザーパルスを物質に照射すると、物質内の格子、核、電子の動きや緩和ダイナミクスを実時間で観測することができます。我々のグループでは、原子や分子、ナノ粒子、ナノ薄膜にレーザーを照射した際に起こる様々な超高速現象を、理論および実験の両側面から解明する研究を行っています。



### 光トラップ装置

サブミクロンの微小物質をレーザーで捕捉し、さまざまなダイナミクスをその場で観測します。

## エネルギー基盤材料研究分野

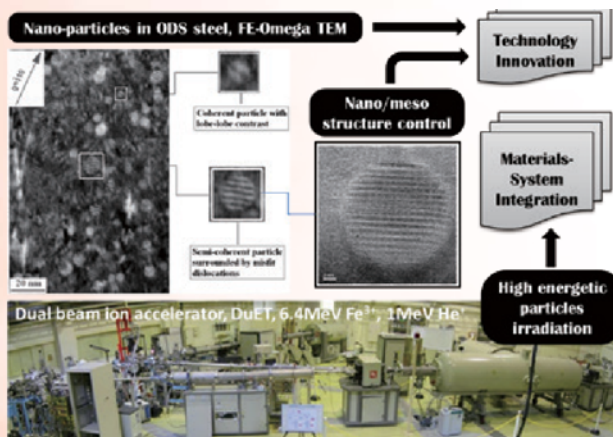
ナノ・メゾ組織制御による革新的な性能向上と機能発現を目指すエネルギー基盤構造材料の開発研究や、極限環境下における材料挙動予測のための材料・システム統合基礎研究を行っています。

### エネルギー材料の開発と保全に関わる材料・システム統合基礎研究



教授 木村晃彦

エネルギー材料の開発および保全に関する基礎研究を行っています。発電プラントの構造物の材料挙動予測を目的とする材料物性基礎研究、将来の高効率発電プラント用の高性能・高機能を有する酸化物分散強化 (ODS) 鋼の開発研究、および核融合炉ブランケット用に開発された低放射化フェライト鋼や原子炉用鉄鋼材料の性能評価研究を行っています。高分解能構造解析や化学分析の結果に基づき、ナノ・メゾ組織制御と格子欠陥制御により、材料の高性能化や新機能付与を目指しています。社会基盤材料として、産業を根底から支える革新的な構造材料の開発のための研究を国際・国内共同研究として実施しています。また、高エネルギー粒子線照射による材料表面における非平衡状態の創製や、損傷組織形成の機構解明のための材料・システム統合基礎研究を行っています。



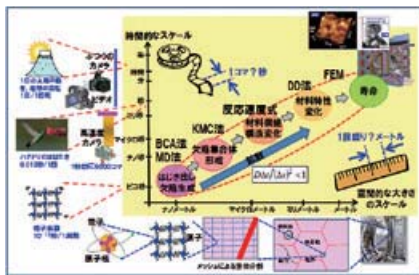
材料ナノテクノロジー開発研究と2重ビーム加速器 (DuET) 高分解能透過型電子顕微鏡で観察した場合の酸化物分散強化鋼の内部組織の一例を示しています。丸く見えるのはYとAlからなる酸化物粒子で、粒子のサイズや数密度、粒子界面構造が材料の性能を左右します。DuETは、二種類のイオンを同時に注入可能なイオン加速器です。

### 材料照射プロセスのマルチスケールモデリング



准教授 森下和功

地球環境にやさしいエネルギー源として、現在、核融合炉発電所の開発研究が国際協力によって行われています。とりわけ材料の問題は重要です。これは、放射線照射という過酷な環境にあっても丈夫であり続ける材料をいかに開発するか、材料の健全性に基づく核融合炉システムの安全をいかに確保するか、という問題です。このような問題を克服するには、既存の照射場 (核分裂炉やイオン加速器など) を使った材料照射データを整備するとともに、実際の核融合炉環境下での材料挙動を予測するための方法論が必要です。そこで、時間的にも空間的にもマルチスケールな現象である材料照射損傷プロセスを物理的に正しく理解し、その上でそれらを予測・制御するための方法論の開発を行っています。



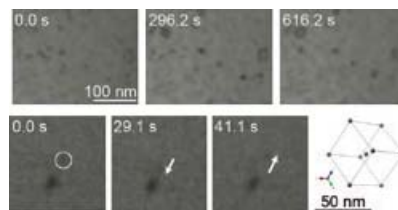
放射線照射による材料内の損傷プロセス 着目している時間・空間スケールごとに、照射損傷プロセスは多種多様な姿を見せます。このような現象を正しく理解するには、さまざまな数値シミュレーション手法や実験評価手法を相補的に活用する必要があります。

### 金属材料中の格子欠陥挙動の解明



助教 藪内聖皓

金属材料は原子が規則正しく立体的に配列した構造をしています。実際には規則的な配列が乱れた場所、「格子欠陥」と呼ばれる部分が多数存在しています。格子欠陥は金属材料の特性や組織発達に強く影響をおよぼすため、材料科学にとって不可欠な学術基盤と言えます。我々はDuETと呼ばれるイオン加速器を用いて材料中に多数の格子欠陥を効率的に導入し、その挙動をつぶさに観察することで格子欠陥挙動の解明に取り組んでいます。電子顕微鏡等の各種分析装置を用いた原子レベルの組織観察に加え、第一原理計算や分子動力学などの計算機シミュレーションも駆使しながら研究を進めています。



#### 鉄中における格子欠陥の一次元運動

イオン加速器を用いて鉄中に格子欠陥を導入し、欠陥集合体形成挙動に及ぼす添加元素の影響を調べています。これまでにMnが格子欠陥の一次元運動を顕著に阻害することを明らかにしています。

## 複合系プラズマ研究分野

プラズマは粒子性と波動性の二面性を持つ複雑系で、その物理機構の解明と応用を研究しています。

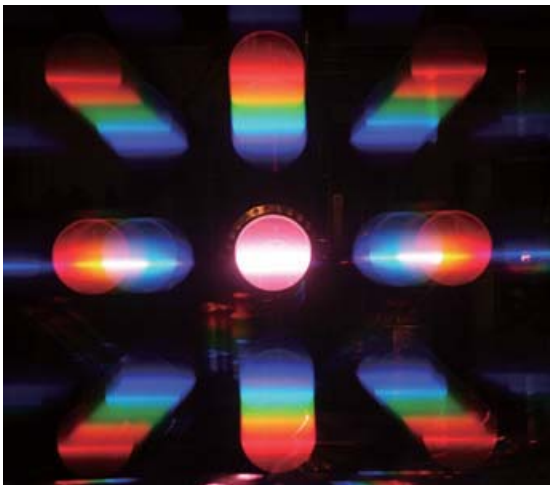
### プラズマの本性を光で探る



准教授 門信一郎

プラズマ診断（計測にもとづく物理研究）を主軸とした研究教育をおこなっています。プラズマが発する光は密度、温度、イオン種、ゆらぎ、など多くの情報を有しており、プラズマの時間・空間的な振る舞いを調べるのに有効です。敵（プラズマ）を知り、己（計測法、データ解析手法）を知ることで、誰も見たことのないプラズマの本性を攻め取ることができると信じています。

気体からプラズマに変化する電離過程、プラズマから気体に戻る再結合過程においては、特に発光が盛んです。前者はプラズマへの粒子供給に重要な役割を果たし、後者は壁際でプラズマを消失させる「壁にやさしい核融合」実現の要となります。



水素の赤は有名なバルマーα線

核融合ダイバータプラズマ模擬装置 MAP-II（東京大学と連携）の分光万華鏡デモ写真。液晶フィルタを利用して輝線スペクトル波長毎の撮像から、プラズマの温度や密度の2次元像を得る「スペクトラカメラ」を開発。

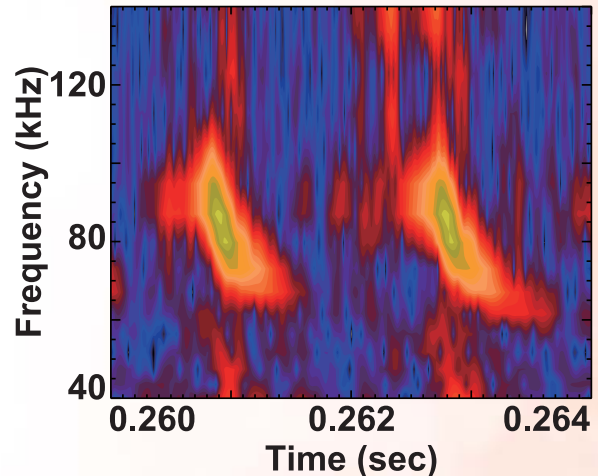
### 揺動抑制による磁場閉じ込めプラズマの高性能化



助教 山本 聡

エネルギー問題ならびに地球温暖化問題を解決する有効手段として、核融合発電の実現が挙げられます。私はその核融合発電実現に向けた高温プラズマの磁場閉じ込めに関して、ヘリカル型プラズマ実験装置ヘリオトロンJや大型計算機を用いて実験・数値解析により研究を進めており、特にその高温プラズマ中に現れる種々の揺れ（揺動）を抑制することでプラズマの高性能化を図ることを

研究目標としています。また、これら揺動の中にはプラズマの二面性である粒子と波動が共鳴的相互作用を起こす物理的に興味深い現象に起因したものもあり、それらの物理現象の解明を目指した研究も進めています。



粒子と波動の共鳴的相互作用

プラズマ中の電磁流体波である捻れアルヴェン波が同速度の高速イオンとの共鳴的相互作用により励起された実験結果。この揺動による高速イオン損失が将来の核融合炉で問題視されている。

## 複合化学過程研究分野

太陽光発電やバイオエネルギーなどの再生可能エネルギーを人類の主要な一次エネルギー源とするために、電気化学および生物化学を基盤として、基礎から実用化まで見据えた革新的研究を行っています。

### 溶融塩電解を用いた新しい太陽電池用シリコン製造法の開発



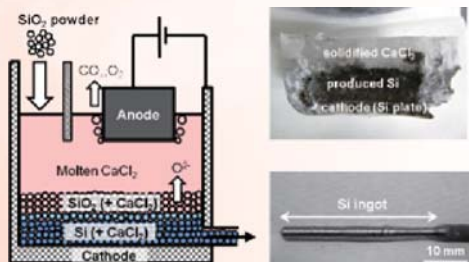
教授 野平俊之

結晶系シリコン太陽電池は、高効率、高耐久性、無害、豊富な資源量といった特長を有することから、現在最も普及している太陽電池であり、将来の大量普及に際しても主役として期待されています。結晶系シリコン太陽電池には、高純度のシリコン(99.9999%以上)が必要であり、現在は半導体用シリコンと同様の方法でも製造されています。しかし、この方法では大幅な低コスト化が難しく、新たな太陽電池級シリコン製造法の開発が求められています。我々は、シリコンからリンやホウ素などの不純物を除去することは大変困難である一方、シリコンの原料であるシリカ(SiO<sub>2</sub>)の段階であれば比較的簡単に除去することに注目し、高純度化したシリカをそのまま高純度シリコンへ還元する溶融塩電解法を研究しています。すでに原理確認を済ませており、現在は電解操作の連続化や純度の向上に取り組んでいます。また、現在の結晶系シリコン太陽電池は、大きな結晶の塊を100~200μm程度の厚さに切断して作製されていますが、カーフロス(切り代)が大きいう課題があり、また、その後のセル製造工程も複雑です。そこで、我々は、溶融塩電析法により、基板上にダイレクトに結晶性シリコン膜を製造する方法を研究しています。こちらも原理確認は済んでおり、現在はシリコン膜の品質向上やシリコン原料としてSiCl<sub>4</sub>を用いることに取り組んでいます。

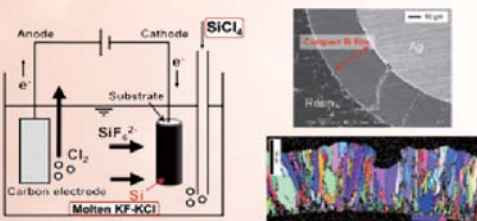


助教 山本貴之

溶融塩中でのシリカ電解還元による新シリコン製造法



我々は、溶融 CaCl<sub>2</sub>中で粉末 SiO<sub>2</sub>を電解還元することでシリコンを得る新しい方法を提案しました(左)。原理確認実験での電解還元後の様子(右上)。得られたシリコン粉末から浮遊帯溶融法により作製された結晶 Si 棒(右下)。



溶融塩電析による新しい太陽電池用結晶性シリコン膜製造法

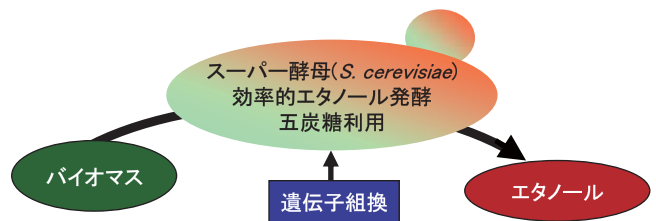
我々は、溶融 KF-KCl 中で SiCl<sub>4</sub>を原料として、電析により結晶性シリコン膜を得る新しい方法を提案しました(左)。Ag 線上に電析された結晶性シリコン膜の断面 SEM 写真(右上)。得られたシリコン膜の結晶性を示す EBSD 分析結果(右下)。

### バイオマスからのエネルギー物質高効率生産



准教授 小瀧 努

化石燃料枯渇あるいは地球温暖化などの環境問題等の地球規模の重大な問題を解決するの一つの方策として、バイオマスの更なる有効利用が望まれています。とりわけ、食料物質と競合しない非食物系バイオマスの効率的利用が必要です。エネルギー物質の中でも特に有用性の高いエタノールのバイオマスからの高効率生産を目指し、遺伝子操作やタンパク質工学などの先進的手法を用いて、バイオマスからのエネルギー物質の高効率生産システムの確立を目指しています。



バイオマスからのエタノール高効率生産の戦略

遺伝子組換技術により、元来エタノール生産能の高い酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) の発酵能をさらに高め、非食物系バイオマスからのエタノール高効率生産システムの構築を行っています。



# 分子ナノ工学研究分野

原子や分子を組み立て、高い機能や効率を持つエネルギー材料を作る究極の物づくりの科学技術、ナノサイエンス・テクノロジーの研究を行っています。

## 分子ナノサイエンス・テクノロジーの研究



教授 坂口浩司

原子や分子を積み木の様に組み立て、これまでにない機能や効率を持つ材料を作る究極の“ものづくり”の科学技術がナノサイエンス・ナノテクノロジーです。ナノテクノロジーを用いた新材料を用いれば、従来に無い高い効率を持つトランジスタ、太陽電池、蓄電デバイス、光触媒などが可能になり、エネルギー関連分野への大きな波及効果が期待されています。本研究分野では、ナノサイエンス・テクノロジーを使い、基板表面上で原料有機分子を反応させて組み立て、従来に無い新材料を開発します。また、開発した材料を使って、様々なデバイスを作成し、高効率エネルギー利用を目指した研究を行います。具体的には、本分野で開発された、光エネルギー変換に用いられる炭素から組み立てられた材料である“分子細線”を金属表面上に1分子レベルで組み上げる技術、“電気化学エピタキシャル重合”や“ラジカル重合型化学気相成長法”を用いて従来に無い分子細線材料を開発します。分子細線の原料に用いる有機分子や、特徴ある構造と機能を有する分子素子として機能する多環式芳香族炭化水素の合成法・機能創出を行います。更にこの技術を用いて作られた新材料による電界効果トランジスタ、太陽電池、蓄電素子、発光素子、触媒などのデバイス応用を行います。



助教 小島崇寛

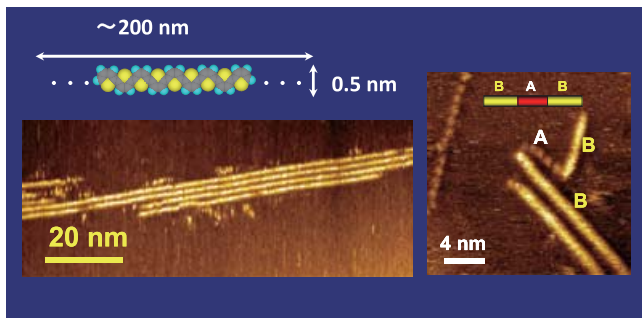
原子や分子を積み木の様に組み立て、これまでにない機能や効率を持つ材料を作る究極の“ものづくり”の科学技術がナノサイエンス・ナノテクノロジーです。ナノテクノロジーを用いた新材料を用いれば、従来に無い高い効率を持つトランジスタ、太陽電池、蓄電デバイス、光触媒などが可能になり、エネルギー関連分野への大きな波及効果が期待されています。本研究分野では、ナノサイエンス・テクノロジーを使い、基板表面上で原料有機分子を反応させて組み立て、従来に無い新材料を開発します。また、開発した材料を使って、様々なデバイスを作成し、高効率エネルギー利用を目指した研究を行います。具体的には、本分野で開発された、光エネルギー変換に用いられる炭素から組み立てられた材料である“分子細線”を金属表面上に1分子レベルで組み上げる技術、“電気化学エピタキシャル重合”や“ラジカル重合型化学気相成長法”を用いて従来に無い分子細線材料を開発します。分子細線の原料に用いる有機分子や、特徴ある構造と機能を有する分子素子として機能する多環式芳香族炭化水素の合成法・機能創出を行います。更にこの技術を用いて作られた新材料による電界効果トランジスタ、太陽電池、蓄電素子、発光素子、触媒などのデバイス応用を行います。



助教 中江隆博

原子や分子を積み木の様に組み立て、これまでにない機能や効率を持つ材料を作る究極の“ものづくり”の科学技術がナノサイエンス・ナノテクノロジーです。ナノテクノロジーを用いた新材料を用いれば、従来に無い高い効率を持つトランジスタ、太陽電池、蓄電デバイス、光触媒などが可能になり、エネルギー関連分野への大きな波及効果が期待されています。本研究分野では、ナノサイエンス・テクノロジーを使い、基板表面上で原料有機分子を反応させて組み立て、従来に無い新材料を開発します。また、開発した材料を使って、様々なデバイスを作成し、高効率エネルギー利用を目指した研究を行います。具体的には、本分野で開発された、光エネルギー変換に用いられる炭素から組み立てられた材料である“分子細線”を金属表面上に1分子レベルで組み上げる技術、“電気化学エピタキシャル重合”や“ラジカル重合型化学気相成長法”を用いて従来に無い分子細線材料を開発します。分子細線の原料に用いる有機分子や、特徴ある構造と機能を有する分子素子として機能する多環式芳香族炭化水素の合成法・機能創出を行います。更にこの技術を用いて作られた新材料による電界効果トランジスタ、太陽電池、蓄電素子、発光素子、触媒などのデバイス応用を行います。

原子や分子を積み木の様に組み立て、これまでにない機能や効率を持つ材料を作る究極の“ものづくり”の科学技術がナノサイエンス・ナノテクノロジーです。ナノテクノロジーを用いた新材料を用いれば、従来に無い高い効率を持つトランジスタ、太陽電池、蓄電デバイス、光触媒などが可能になり、エネルギー関連分野への大きな波及効果が期待されています。本研究分野では、ナノサイエンス・テクノロジーを使い、基板表面上で原料有機分子を反応させて組み立て、従来に無い新材料を開発します。また、開発した材料を使って、様々なデバイスを作成し、高効率エネルギー利用を目指した研究を行います。具体的には、本分野で開発された、光エネルギー変換に用いられる炭素から組み立てられた材料である“分子細線”を金属表面上に1分子レベルで組み上げる技術、“電気化学エピタキシャル重合”や“ラジカル重合型化学気相成長法”を用いて従来に無い分子細線材料を開発します。分子細線の原料に用いる有機分子や、特徴ある構造と機能を有する分子素子として機能する多環式芳香族炭化水素の合成法・機能創出を行います。更にこの技術を用いて作られた新材料による電界効果トランジスタ、太陽電池、蓄電素子、発光素子、触媒などのデバイス応用を行います。



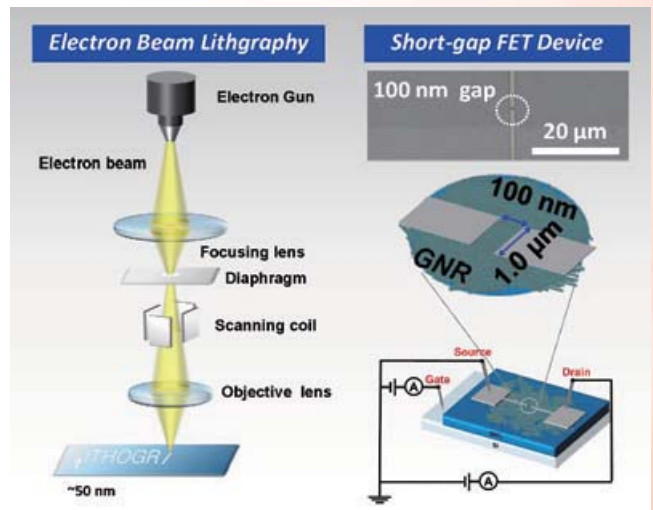
導電性高分子の1分子細線

開発した電気化学エピタキシャル重合により金属表面上に組み立てられた電気を流すプラスチック“導電性高分子”の1分子細線。



極細炭素細線の高効率合成

開発したラジカル重合型化学気相成長法によりボトムアップ表面合成した“極細”グラフェンナノリボン。



ナノ加工電極を用いた電子デバイス

電子線リソグラフィー加工ナノ電極を用いた電子デバイス。

## 生物機能化学研究分野

タンパク質や RNA に狙った機能を発揮させるにはどのように設計すればよいか、そして「細胞の中」で機能しているタンパク質や RNA の精緻な組織体を、どのようにして機能を保ったまま「細胞の外」で構築するかを研究しています。これらの研究を通じて、人工光合成や人工代謝系のようなクリーンで高効率なエネルギーの生産や利用ができるタンパク質・RNA 組織体の構築を目指しています。

### 高効率なエネルギー利用を可能にするタンパク質や RNA のテーラーメイド設計原理を確立する



教授 森井 孝

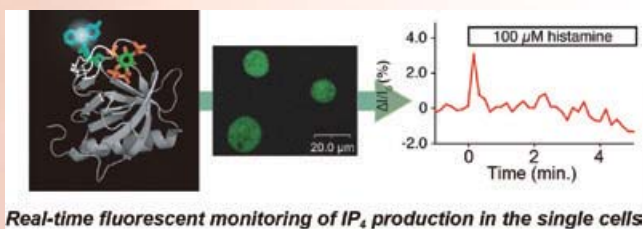
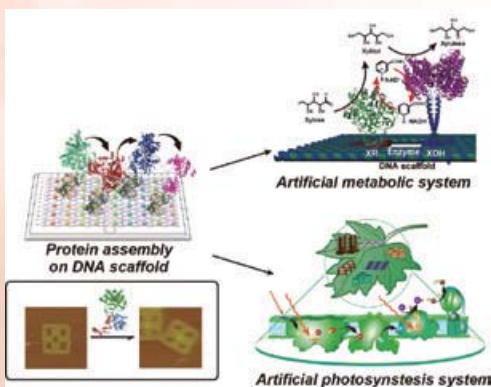


講師 中田 栄司



助教 仲野 瞬

生物は、太陽光エネルギーを利用した植物の光合成で生産される化学エネルギーを、タンパク質・核酸・酵素などの生体高分子が利用して、生命活動を維持しています。これらの生体高分子やその複合体は、常温・常圧・水の中という温和な条件で、物質変換・運動・センシングをはじめとする機能を発揮して、高効率に化学エネルギーを利用しています。「分子認識」、「触媒」、「ナノ構造形成」、「太陽光エネルギー変換」などの、生物のエネルギー利用原理をささげる機能を発揮する生体高分子を、細胞の外でも使えるように新たに創り出すことで、有効に化学エネルギーを活用するためのクリーンで高効率なエネルギー利用システムが実現するはず。最小限の大きさのタンパク質（ミニチュアタンパク質）やミニチュアタンパク質と RNA の複合体、そしてナノメートルの精度で配置されたタンパク質や RNA の組織体を、目的とする機能を発揮するように設計・構築して、生物に匹敵するエネルギー利用機能を発揮する方法論の確立を目指しています。



Real-time fluorescent monitoring of IP<sub>4</sub> production in the single cells

リセプタータンパク質を用いた細胞内蛍光センサーの創製  
天然のリセプタータンパク質を基本骨格として用いて、合成化学的または遺伝子工学的手法によって構築した、細胞内シグナル伝達分子に対する蛍光センサーによって、細胞内シグナル伝達システムを可視化し、シグナル伝達機能の理解を進めます。

## エネルギー構造生命科学研究分野

構造生物学に立脚したバイオマスおよびバイオ分子の活用を行い、

### 構造生物学に立脚したバイオマスの活用によるバイオリファイナリーの志向



教授 片平 正人

バイオマスおよびバイオ分子に関し、NMR法を用いた構造生物学的なアプローチにより、事象を原子レベルの分解能で理解する事を行っています。一例としてプリオン病を引き起こす蛋白質を機能性 RNA が捕捉するメカニズムを明らかにしました。新しい方法論の開発も行っており、抗 HIV 活性を有する酵素に関し、ウイルス DNA の塩基を改変・無意味化する反応を NMR を用いて実時間で追跡する手法の開発に成功しました。目下、非可食性木質バイオマスからエネルギーおよび各種化成品の原料となる有用物質を取り出す事を行っており、最終的には石油リファイナリーからバイオリファイナリーへのパラダイムシフトを見据えた研究を行っています。

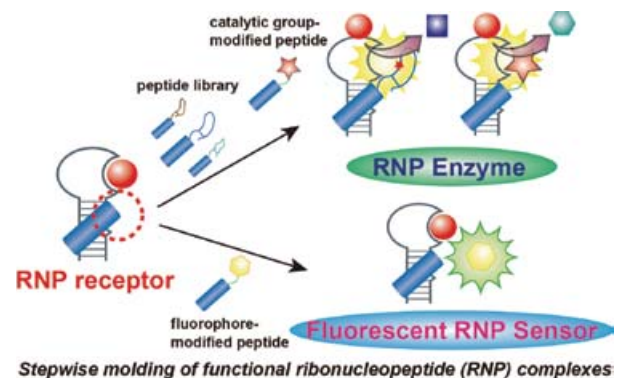


#### NMR法を用いて生物に学ぶバイオリファイナリー

担子菌が木質バイオマスを生分解するメカニズムを、NMR法によってナノレベルで解明し、木質バイオマスからエネルギーと化成品を取得する手法を確立する。

#### 人工光合成の実現に向けたタンパク質・酵素ナノ構造体による分子コンビナートの開発

細胞内では、タンパク質や RNA などの生体高分子がナノスケールの空間中で特徴的な組織体を形成して、物質変換やシグナル伝達などの機能を発揮しています。DNA ナノ構造体を足場として利用して、複数のタンパク質、酵素、RNA などを 1 分子ずつ狙った場所に配置した「分子スイッチボード」によって、多段階の化学反応が細胞内の代謝反応のように高効率に進行する「分子コンビナート」を構築しています。この技術をもとにして、細胞の外での人工代謝システムや人工光合成システムの実現を目指しています。



#### 機能性 RNA-ペプチド複合体の開発

ペプチドと RNA の複合体であるリボヌクレオペプチド (RNP) に、三次元構造をもとにした分子設計と進化学的手法を適用することで、標的とする分子に対する RNP リセプターが構築できます。さらに、RNP リセプターには新たな機能を付与する事が可能です。この段階的な RNP 機能化法によって、標的分子に狙った波長で応答する蛍光センサーや人工酵素を製作します。

バイオリファイナリーの確立を志向した研究を行っています。

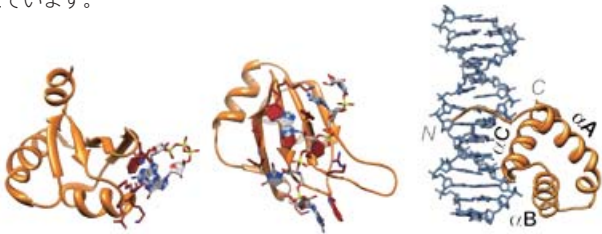
## バイオマス利用の分子基盤： 構造生命科学によるアプローチ



准教授 永田 崇

バイオマスからエネルギーや有用化合物を、環境に配慮した手段で生産するための分子基盤を構築することが目標です。現在、木質バイオマスを菌、酵素、触媒などで分解するためのツール開発と、分解物の構造変化の追跡に取り組んでいます。私たちはこれまで、高い空間・時間分解能を持つ構造生命科学の手法（NMR分光法、遺伝子工学など）を駆使して、病気やウイルス感染及び

治療に関わるタンパク質、機能的核酸及び低分子化合物が働く姿を、立体構造と分子運動の観点から研究して来ました。これらのノウハウを発展させ、バイオマスを利用する社会へ移行するための礎を築きたいと考えています。



### タンパク質：核酸複合体の NMR 構造

卵形成に関わる PARN が mRNA の 5' キャップに結合した姿（左）。幹細胞の全能性を維持する Musashi が mRNA の 3' 領域に結合した姿（中）。植物の光応答転写因子 GT-1 が標的 DNA に結合した姿（右）。

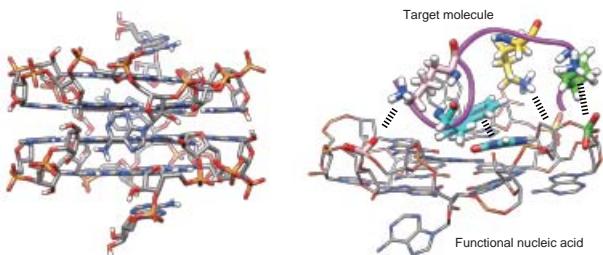
## 立体構造に基づくバイオ分子の活性機構の理解



助教 真嶋 司

生物はエネルギーを産出する反応に多様なバイオ分子を利用しています。これらのバイオ分子は固有の立体構造に折り畳まれることで、特異的な分子認識や触媒活性を実現しています。NMR 分光法と X 線結晶構造解析法は、バイオ分子を構成する原子の 1 つ 1 つの空間的な配置を明らかに出来る手法です。本手法によってエネルギーの産生に関わるバイオ分子、とりわけ木質バイオマスを

分解する微生物の酵素について、どのような形をもって、どのように働くのかを明らかにします。本研究で明らかにした知見に基づき、将来的にはより高い酵素活性を発揮するバイオ分子の創製を目指します。



### バイオ分子の分子認識

機能的核酸の立体構造（左）と、それが標的バイオ分子を認識して結合する様式（右）。いずれも NMR 分光法によって原子レベルの分解能で明らかにしました。

DNA ナノ構造体を利用して、連続的な酵素反応を効率的に進行させる酵素組織体を構築することにより、高効率なエネルギー変換反応を開拓します。

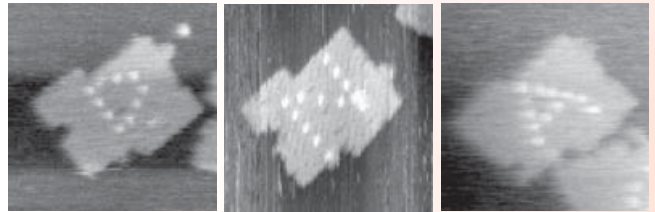
## DNA ナノテクノロジーによる高効率な エネルギー変換の実現



講師

アリワラン ラジェンドラン

DNA は単に遺伝情報を伝達するためだけではなく、ナノ材料の素材としても大変魅力のある分子です。DNA が持つ高い分子認識能と自己集合能を利用してボトムアップ的手法により構築できる DNA ナノ構造体は、ナノメートルの精度で形態を制御できることから非常に注目されています。私はこれまでに DNA オリガミ法により構築した DNA ナノ構造体を更に自己組織化させることで、マイクロメートルサイズの構造体を構築し、様々な生体分子の機能を評価するために利用してきました。現在は、DNA オリガミを足場として利用して複数の酵素を配置することにより、連続する酵素反応の効率を高めることで高効率なエネルギー変換システムの構築を目指し、研究を進めています。



### DNA オリガミ法を用いて構築された DNA ナノ構造体

DNA ナノ構造体上にそれぞれ「D」、「N」、「A」と表記された原子間力顕微鏡（AFM）画像 画像サイズ：200 × 200 nm

## センター附属研究分野

生命を支える種々の自己組織化過程や、高温プラズマの物性と閉じ込め加熱に関する研究を行っています。

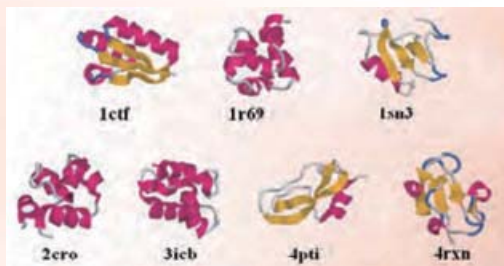
### 水と生体分子が織り成す生命現象の化学物理



教授 木下正弘

蛋白質の折り畳み、酵素-基質間に見られる分子認識、蛋白質の会合による高次構造形成など、生命を支える種々のプロセスに対し、「水の並進配置エントロピーの役割」を新機軸とした理論を展開しています。生体分子の立体構造を原子レベルで考慮し、水をも分子集団として扱う独自の統計熱力学理論の構築に特徴があります。主要課題は、蛋白質の折り畳みと圧力・熱・低温変性機構、

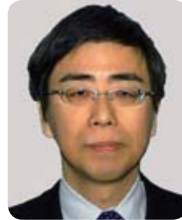
レセプターとリガンドの結合自由エネルギー計算、蛋白質立体構造予測法の構築、ATP およびプロトン駆動蛋白質の機能発現機構、天然変性蛋白質の分子認識機構などであり、最近では膜蛋白質 GPCR の構造安定性を高めるアミノ酸置換の高速予測法の開発とも取り組んでいます。これまで未解明であった種々の問題にチャレンジし、それらを統一的に解明することに成功しています。



#### 蛋白質立体構造予測のための自由エネルギー関数

独自の自由エネルギー関数を構築し、数千通りの立体構造の中から関数値を最低にするものとして天然構造を射当てるテストを133種類の蛋白質に対して実行し、ほぼ100%の成功率を収めました。無論、これは世界最高の成績です。

### 磁場とプラズマのハーモニー



准教授 岡田浩之

海水中の重水素とリチウムから生成する三重水素を燃料とする核融合発電は、エネルギー問題に対する一つの回答と考えられます。エネルギー資源が乏しい我が国にとって、核融合発電の実現は大きな価値があります。研究テーマは核融合を目指す高温プラズマの生成・閉じ込めです。中でも加熱および計測に重点を置いています。我々が対象としているヘリオトロンJプラズマはコイルとプラズマがねじりあう形状をしています。この3次元形状のプラズマ中での高速イオンの振る舞いや自発的に流れる電流などの研究を基礎に、より良い閉じ込め特性を探索しています。



#### ヘリオトロンJプラズマと加熱用アンテナ

接線ポートから見たヘリオトロンJで生成された水素プラズマ。プラズマ周辺の水素ガスが発光している。VHF帯の高周波でプラズマを加熱するためのループアンテナは、放電管壁に設置されている。

# 非常勤教職員紹介

## ▶エネルギー機能変換研究部門 クリーンエネルギー変換研究分野



客員教授

### 日渡良爾

量子科学技術研究開発機構  
六力所核融合研究所 核融合炉システム研究開発部  
主幹研究員

1999年東京大学大学院工学研究科博士課程  
中退、博士（科学）。

同年電力中央研究所に着任。現在、量子科学  
技術研究開発機構に所属。この間、東京都市大  
学准教授（併任）、東京大学新領域創成科学研  
究科准教授（客員）等を歴任。

次世代エネルギーシステムが研究対象。現在、  
核融合エネルギー実現を目指した原型炉設計合  
同特別チームのグループリーダーとして核融合  
炉概念検討を推進中。過去には、EV用交通シ  
ミュレーター「EV-OLYENTOR」を開発し経  
済産業省と共に日本全国のEV用充電インフラ  
設置モデルプランの制作や、発電技術の評価手  
法の開発を手がける。

## ▶エネルギー機能変換研究部門 クリーンエネルギー変換研究分野



客員准教授

### 加藤俊顕

東北大学大学院工学研究科  
准教授（電子工学専攻）

2007年東北大学大学院工学研究科（電子工  
学専攻）博士後期課程修了、博士（工学）。

同年、東北大学大学院工学研究科助教に着  
任。2013年に同講師、2016年に同准教授に  
昇任し現在に至る。

荷電粒子、および化学的活性種を多量に含む  
プラズマ状態を自在に制御することによる1次  
元・2次元原子層物質（カーボンナノチューブ、  
グラフェン、グラフェンナノリボン、遷移金属  
ダイカルコゲナイド）の原子レベルでの構造制  
御合成、光・電子物性制御、およびそれらを用  
いた革新的ナノエネルギーデバイス開発につい  
て研究を進めている。

## ▶エネルギー生成研究部門 量子放射エネルギー研究分野



非常勤講師

### 坂上和之

早稲田大学  
高等研究所  
准教授

2009年早稲田大学大学院理工学研究科（物  
理学及び応用物理学専攻）博士課程修了、博士  
（理学）。

同年、早稲田大学理工学術院総合研究所次  
席研究員に着任、2011年に早稲田大学理工学  
術院助教に着任。

2015年に早稲田大学高等研究所助教、  
2017年に准教授に昇任、現在に至る。

高度に制御された高品質電子線の生成・評価  
手法の確立およびその利用に関する研究を進め  
ている。特に高品質電子線の利用として、電子  
線から高輝度放射の研究、およびレーザーと電  
子線の相互作用に関心を持っている。

## ▶エネルギー機能変換研究部門 複合機能変換過程研究分野



非常勤講師

### 吾郷浩樹

九州大学  
グローバル  
イノベーションセンター  
教授

1997年京都大学大学院工学研究科分子工学  
専攻博士課程修了、博士（工学）。ケンブリッ  
ジ大学キャベンディッシュ研究所を経て、1999  
年から産業技術総合研究所（旧 物質研）研究  
員、2003年から九州大学先端物質化学研究所  
助教授、2016年から九州大学産学連携セン  
ター（現 グローバルイノベーションセンター）  
教授、現在に至る。

新しいナノマテリアルの設計・合成・評価を  
行うとともに、エレクトロニクスや新エネル  
ギーへの展開に取り組んでいる。特に、グラ  
フェンや遷移金属カルコゲナイドなどの二次元  
原子膜材料の開発、それらのトランジスタや太  
陽電池などへの応用研究を進めている。

## ▶エネルギー利用過程研究部門 生物機能化学研究分野



非常勤講師

### 梅野太輔

千葉大学大学院  
工学研究科  
准教授

1998年九州大学大学院工学系研究科（分子  
システム化学専攻）博士後期課程修了、博士  
（工学）。

1999年カリフォルニア工科大学に博士研究  
員として留学、2003年からワシントン大学病  
理学科のシニアフェローとなる。2005年に千  
葉大学大学院工学研究科共生応用化学専攻助教  
授に着任、現在に至る。

酵素の進化分子工学とオペロンドesign技術  
を用いた非天然化合物の組織的な創出、それら  
の生産量を高めるための代謝工学、そして、生  
合成経路を操るための発現誘導システムの開発  
と、その集積化について研究を進めている。

# 附属エネルギー複合機構研究センターの概要

研究所の共同研究プロジェクトを推進する共同研究センター

## 附属エネルギー複合機構研究センターの概要

附属エネルギー複合機構研究センターは、エネルギー理工学研究所における部門・分野横断的研究の中核的施設として、研究所改組当初から設置されている組織です。所内研究者が、所内多分野の研究者、あるいは所外の研究者と共同研究プロジェクトを推進する共同研究センターとして、先進エネルギー領域の分野連携共同研究を推進する基盤を提供しています。

## センターの目標

附属エネルギー複合機構研究センター（以下「センター」と略称）は、研究所固有の研究教育分野とは一線を画した、プロジェクト的性格のより強い共同研究を機動的かつ横断的に遂行できるよう設置されたもので、大型設備を充実・発展させるとともに、研究所が設定する「重点研究課題（プロジェクト）」や、各種研究プロジェクトに関わる共同研究を推進します。

エネルギー資源の枯渇問題、地球温暖化を始めとする地球規模の環境問題などの諸問題がますます顕在化し、正に、持続可能な社会のために人類が解決すべき喫緊の重要課題となっています。センターでは、これに対応すべく、「プラズマエネルギーに関する学理・技術の新領域開拓」および「ソフトエネルギー指向型先進的ナノバイオ機能材料創出」をミッションとする2つの複合研究領域に集中・特化させた研究を展開します。このため、センターが培ってきた研究基盤施設を最大限に活用するとともに、国内外の他研究機関との連携融合研究の一層強化を目指します。これらの研究プロジェクトを効果的に行うため、センターは、「先進プラズマ・量子エネルギー研究推進部」、「光・エネルギーナノサイエンス研究推進部」および「国際流動・開発共同研究推進部」からなる三研究推進部体制をとっています。主に前二推進部が研究所プロジェクトである複合研究領域の活動母体となり、「国際流動・開発共同研究推進部」では国際的な活動の中軸とする流動・開発連携を推進します。この推進部体制により、研究所が実施してきた各種設備整備はもとより、21世紀COEプログラム「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」ならびにGCOEプログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」での設備整備等を基盤とし、先端的・先導的共同研究を通じた先進エネルギー領域における中核となる人材や指導的人材の育成、また、核融合科学研究所との双方向型共同研究によるプラズマエネルギー研究の推進をはじめとした国内外の教育・研究機関との連携を深め、地球規模のエネルギー・環境問題に対応できるエネルギー理工学研究ネットワークの拠点形成を推進します。

## センターの活動内容

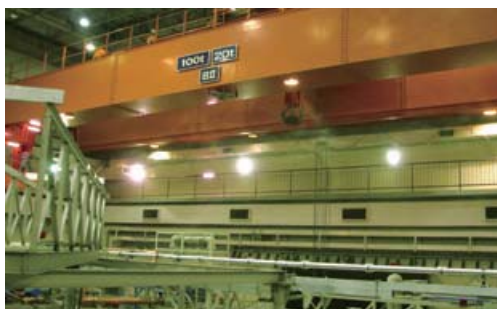
センターでは、プロジェクトで共同利用される大型研究機器をセンター共同研究装置として整備・拡充してきました。主なものとしては、①高度エネルギー機能変換実験装置 [Heliotron JおよびDuET]、②自由電子レーザー装置 [KU-FEL]、③ NMR 装置群、④マルチスケール材料評価研究基盤群 [MUSTER]、⑤超小型静電慣性核融合 (IEC) 装置、⑥触媒材料創製機能解析システムなどがあります。

センターでは、これらの共同研究装置を活用し、学内外の研究者間の有機的連携を積極的に進め、研究所の重点研究領域を中心に多数の世界的に優れた研究成果を挙げてきました。さらにセンター分野独自の研究として、蛋白質の折り畳みや高次構造形成、分子認識などのメカニズムを水の役割に重点を置いて解明しつつ、蛋白質立体構造予測法の開発や薬物設計の理論化などを進めています。

また、センターの果たすべき研究ネットワーク拠点機能として、異分野の研究者間の交流を図り、研究上の新しい着想の醸成効果や学際的な研究成果を挙げるため、各種の共同研究を企画・運営するとともに、センター主催の談話会、シンポジウム、共同研究報告会などを開催しています。



実験室送電線

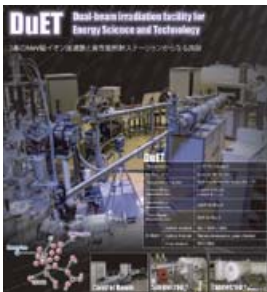


100トンクレーン



電動発電機

## 研究所基幹設備・機器



ここではセンターの主な大型装置を紹介します。これらは、センターが核となって推進しているプロジェクト研究に役立てるためのもので、それら設備・機器の充実もセンターの重要な役割です。

- Heliotron J は、京都大学で創案された先進磁場配位であるヘリカル軸ヘリオトロン配位の実験的最適化を目標とする高温プラズマ閉じ込め実験装置です。同装置はトラス半径1.2 m、最大磁場強度1.5 T です。磁気軸の立体化によって、良好な粒子閉じ込め特性と磁気井戸による電磁流体力学的安定化を効率的に両立させることが眼目です。本装置は、核融合科学研究所の双方向型共同研究における主要装置の一つでもあり、世界的にもユニークで、かつ新しいパラメータ領域のプラズマ閉じ込め特性の理解に貢献しています。
- DuET/MUSTER では、広範囲なエネルギーに及ぶ複数の粒子線を精緻な制御条件下で材料に同時照射し、多様な先端装置を活用して物質とエネルギー粒子線の相互作用を理解するための基礎的研究、ならびに非平衡物質・材料の創製や複合的新機能の付与を目指した革新的構造材料の開発研究を実施しています。また、ナノスケールでの構造解析・組成分析から実機構造材料の力学特性に及ぶマルチスケールでの評価手法を駆使し、単独スケール評価では果たせなかった産業技術イノベーション達成を加速する包括的な材料・システム統合研究を進めています。
- KU-FEL は、波長3.6~23 μm の中赤外領域でのコヒーレントで波長可変なレーザーを発振できる施設です。波長可変中赤外レーザーは、高効率太陽電池、バイオマスからの有用物質の質量分析や固体材料の格子選択励起などの基礎研究での利用を進めています。
- NMR 装置群は、超高感度クライオ検出器を装着した600 MHz 装置3台の他、合計4台からなる核磁気共鳴 (NMR) 装置群です。高い測定感度を生かして、バイオマスとバイオ分子の立体構造・動態を、原子レベルの分解能で解明しています。この情報に基づいて、バイオマスとバイオ分子を活用したエネルギーと有用物質の取得法の開発を進めています。
- エネルギー産業利用推進室では、先端研究施設共用産学連携活動として複合イオンビーム照射が可能な DuET、原子レベルから工学的・実用化レベルまでのマルチスケールレベルで解析・評価できる MUSTER 装置群、KU-FEL、NMR 装置群を産業界と共用することにより、エネルギー材料の新規開発などの産学連携研究を促進しています。これまでに、約85社、269件の課題による施設共用が実施され、多様な成果が得られています。

## 共同研究による研究所プロジェクトの推進



センターの重要な活動の一つとして、プロジェクト研究を円滑に推進するための共同研究があります。センター設置当初より、センター独自の活動として所内外の研究者へ向けた公募研究として行ってきました。2011年度からは、当研究所が共同利用・共同研究拠点「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」として文部科学省からの予算補助の下、全国の研究者を対象とした公募型共同研究を開始したことを受け、センター共同研究を、原則所内研究者を対象とする公募研究として再構成しました。これにより、所外研究者が代表となる拠点による共同研究との相補的役割を担い、先進エネルギー研究の促進を図っています。同時に、研究者間の交流を深めるため、談話会、セミナー、成果報告会などを実施しています。

2016年度の共同研究採択件数は下表のとおりです。これら、共同研究の年次報告は、別途、報告書としてまとめられています。

プロジェクトカテゴリー		採択件数
A1	国際流動・開発共同研究推進部	5
A2	先進プラズマ・量子エネルギー研究推進部	12
A3	光・エネルギーナノサイエンス研究推進部	8
合計		25

2016年度 (2016.4-2017.3)

# 附属エネルギー複合機構研究センターにおけるプロジェクト研究体制

## 先進プラズマ・量子エネルギー研究推進部

本研究推進部は、未来エネルギーシステム創出につながる挑戦的なプラズマエネルギー関連研究をとりあげ、これまでの研究成果を基盤に、プラズマエネルギー科学と先進エネルギー材料学の融合を目指した研究へと展開する。とくに、関連研究グループが培ってきたヘリオトロンJ、DuET、MUSTER、IECなどを中心とするハードおよびソフト面での特色を生かして、当該分野研究の一層の個性化ならびに高度化を通じてプラズマエネルギー技術の社会貢献を目指す。

先進プラズマエネルギー制御・応用研究領域	複合・複雑系（自律系を含む）プラズマの基礎的挙動の解明とその制御法の開発を目的とし、先進プラズマエネルギー生成の学理を実験的・理論的に探究する。また、プラズマエネルギー利用の高度化とその応用基盤形成を図る。
プラズマ・水素・材料融合研究領域	水素サイクルにおけるプラズマ反応プロセスの最適化とプラズマ・材料相互作用機構の解明を目的とし、エネルギーシステムの高効率・統合制御の高度化を図る。
エネルギー材料・量子システム統合研究領域	エネルギー材料の高機能・高性能化のためのナノ/メゾ組織制御および材料・システム統合工学の学術的基盤形成を目的とし、先進エネルギーシステムの実現に向けた革新的なエネルギー材料の開発研究を行う。

## 光・エネルギーナノサイエンス研究推進部

自然・生物で実現されている光合成、代謝、炭素循環など、自然エネルギー（数 eV 程度）を高効率、かつ、ロスなく電気や化学物質に変換・利用するエネルギー材料系に学び、サステナブルエネルギー社会を実現するために、新しいコンセプトに基づく革新的なエネルギー材料・システムの創出を目指す。このために、レーザー、ナノ、バイオなどの多岐の分野にわたる実験・理論研究を融合（創発）した新しい学際領域研究「ソフトエネルギー創発科学」を推進する。自由電子レーザー、NMR 装置、太陽電池研究設備、ナノバイオ材料計測装置群などを中心とする充実した設備により、次世代再生可能エネルギー材料・システムの構築に寄与する。

ナノバイオサイエンス研究領域	生体分子の組織化、分子認識、蛋白質立体構造と機能の関係の解明、太陽光利用型ナノバイオ素子などの高機能性ナノバイオ材料の開発、バイオマス活用法の開発など、生体分子の機能発現機構を分子レベルで理解・操作することによって、生物・生体分子が関与するエネルギーナノサイエンスの基礎から応用にまたがる重要課題に取り組む。
光量子科学研究領域	光エネルギー科学の飛躍的高度化を目的として、これまでにない機能を備えた光源の開発と、それを用いた物質制御や光反応ダイナミクスの研究を通して、光が本来秘めている未知の可能性を開拓する。
表面・界面科学研究領域	バルクとは異なる原子配列や性質を持つ表面や界面を用いて、エネルギー分野に関連する新規高機能性材料を創成するための基礎研究を行う。エネルギー応用が期待される多孔質半導体材料、分子細線材料、次世代有機太陽電池材料などの研究を行う。

## 国際流動・開発共同研究推進部

エネルギー理工学研究の国際的なネットワーク拠点化を推進する。国内外の関連機関との連携融合による学際的な先進エネルギー理工学共同研究を促進するとともに、先進エネルギーの実用化を目指す中核研究および先進エネルギー産学利用推進研究を実施する。産官学の関連機関との共同研究、連携協力、人的交流を推進するとともに、外部資金による開発研究事業を支援し、共同利用・共同研究実施のための人的基盤および施設基盤の形成を支援する。

国際共同・連携研究推進領域	海外の研究機関との連携を深め、地球規模のエネルギー問題に対応できるエネルギー理工学研究ネットワークの拠点機能を強化する活動を展開する。
国内共同・連携研究推進領域	国内の研究機関との連携を深め、国内におけるエネルギー理工学研究ネットワークの拠点機能を強化する活動および人材育成のための研究教育活動を展開する。
産官学共同研究推進領域	外部競争的資金による開発研究事業を支援し、共同利用・共同研究実施のための人的基盤および施設基盤の形成・拡充のための活動を展開する。
エネルギー産業利用推進室	産官学連携活動の一環として、エネルギー材料の新規開発などの産業利用を支援する事業を推進する。



# プロジェクトの概要

エネルギーの生成・変換・利用の高度化による環境調和型持続社会の構築を目指して、多くの先進的なエネルギー理工学研究を進めています。

## 共同利用・共同研究拠点 (文部科学省)



### ゼロエミッションエネルギー研究拠点

▶ 代表者：研究所長

▶ 研究期間：第1期：2011年度～2015年度

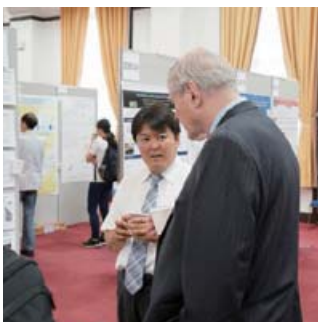
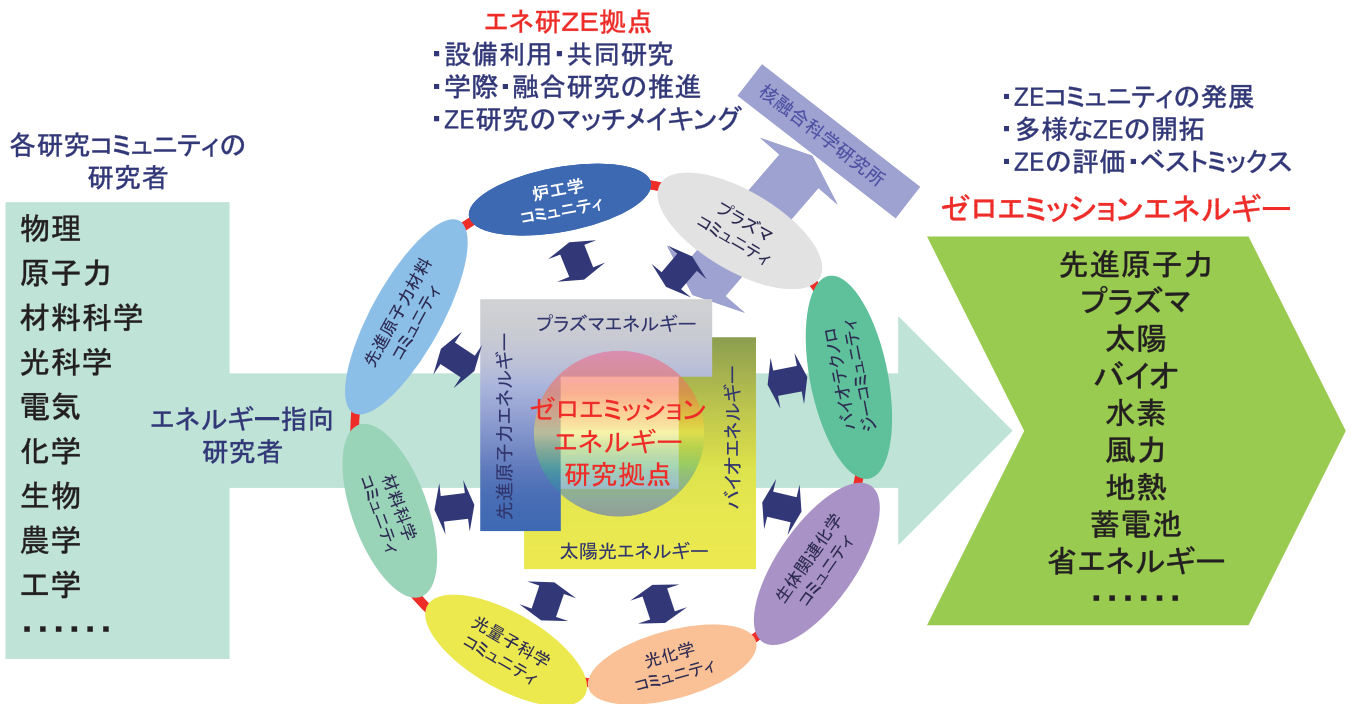
第2期：2016年度～2021年度

[概要] 本研究拠点は、温室効果ガスや有害物質を可能な限り排出せず、環境調和性の高いゼロエミッションエネルギーの研究拠点として多様なエネルギー分野の融合的基礎研究を主導し、学術研究の発展とそれを担う研究者の教育・養成を通じて、国際的な課題であるエネルギー・環境・資源問題の解決に取り組みます。この趣旨に沿って、共同利用・共同研究課題を公募し、ゼロエミッションエネルギーを指向する既存分野間の融合的な研究を促進しています。

[2016年度の主な活動]

- ZE 研究拠点 公募型共同利用・共同研究の実施：全92件、参加40機関170名
- ZE 研究拠点 国際シンポジウム開催（2016年9月5日～9月7日）  
“The 7th International Symposium of Advanced Energy Science”  
～ Frontiers of Zero-Emission Energy ～
- ゼロエミッションエネルギーネットワークを通じた情報発信
- ZE 研究拠点 共同利用・共同研究成果報告会開催（2017年3月6日）
- その他、ZE 研究に関するセミナー等の開催・支援

関連研究コミュニティの要請に基づいた、ゼロエミッションエネルギー(ZE)に関連する理工学の学術的発展と萌芽的研究領域の開拓  
大型特殊装置や最先端研究施設の共同利用、分野横断的な共同研究の推進  
国際的活動に向けた実践教育と人材養成の場を提供



## 文部科学省特別経費プロジェクト（文部科学省）

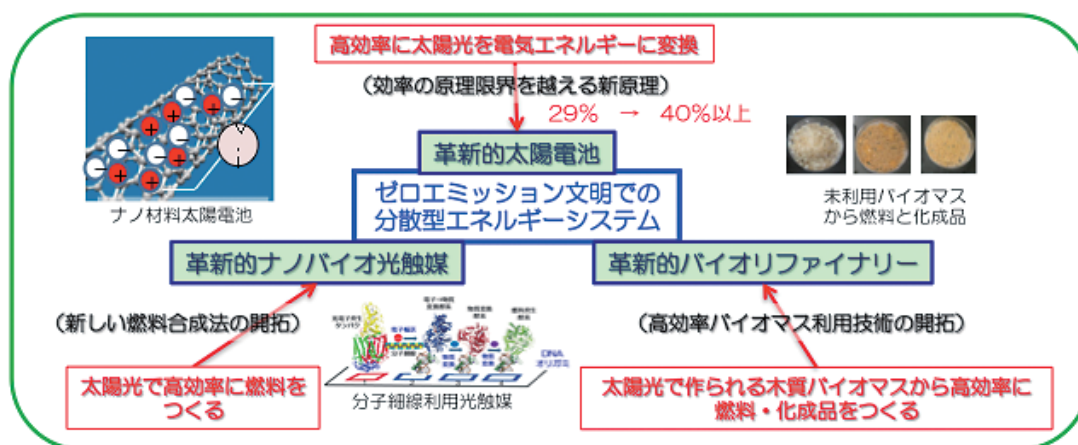
### 革新的高効率太陽光利用技術の開発 —ゼロエミッション文明への変革を加速する—

▶ 代表者：森井 孝

▶ 研究期間：2013年度～2018年度

〔概要〕ゼロエミッションのエネルギー変換利用学理を創出する化学、物理、工学にまたがる融合的エネルギー研究を行うプロジェクトです。革新的な太陽光エネルギー利用を実現するための基盤原理と要素技術の確立を目指します。分散型ゼロエミッションエネルギーシステムを支える太陽光エネルギー利用技術として、①既存の理論限界を超える高効率太陽電池、②太陽光利用による高効率物質変換、③高効率バイオリファイナリーに焦点を絞り、化学、物理、工学にまたがる融合的エネルギー研究を並行して推進することでシナジー効果を誘起し、太陽光エネルギー利用要素技術の創出を加速するとともに、人材育成を行っています。これらの活動を通して、研究所活動の新たな柱として太陽光エネルギー利用研究体制の確立を目指しています。

革新的な太陽光エネルギー利用学理を創出する化学、物理、工学にまたがる融合的基礎研究を行うプロジェクトです。既存の原理限界を超える高効率太陽電池、太陽光による燃料生産、高効率バイオリファイナリーを実現するための基盤原理と要素技術の確立し、ゼロエミッションエネルギーシステムへの移行を加速する技術を萌芽させます。

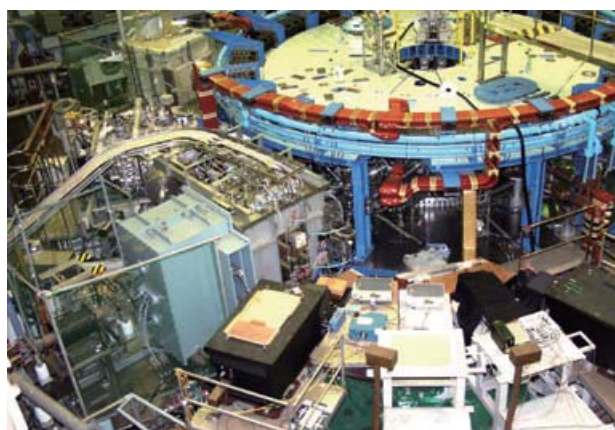


## 双方向型共同研究（自然科学研究機構 核融合科学研究所）

▶ 研究代表者：水内 亨

▶ 研究期間：2004年度～

〔概要〕日本の核融合研究において、大学の研究センターが有する研究環境ならびに研究のポテンシャルを生かし、その発展を図るため、2004年度から文部科学省の支援のもとで発足した、各センターと核融合科学研究所（NIFS）間相互、および他大学から各センターへの参加により行う共同研究です。本研究所附属エネルギー複合機構研究センターでは、プラズマ実験装置「ヘリオトロン」を主装置に、「磁場分布制御を活用したプラズマ構造形成制御とプラズマ輸送改善の研究」を分担しています。



## 文部科学省特別経費プロジェクト（文部科学省）

### グリーンイノベーションに資する高効率スマートマテリアルの創製研究 －アンダーワンルーフ型拠点連携による研究機能と人材育成の強化－

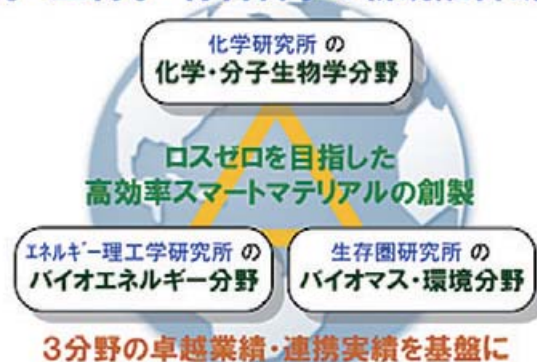
▶ 参加部局：化学研究所・エネルギー理工学研究所・生存圏研究所

▶ 研究期間：2015年度～2020年度

【概要】 共同利用・共同研究拠点の3研究所が、環境維持と持続可能社会構築を目指し、連携促進に有効な研究体制を築いて化学・生物・材料分野の戦略的融合研究を展開し、生物を参照規範として、物質・エネルギー生産・利用のロス削減によりグリーンイノベーションに資する革新機能材料を創製します。

事業関連分野で世界をリードする3研究所が、アンダーワンルーフでの戦略的な連携・融合により、生物を参照規範として、オンデマンドで物質やエネルギーの高効率生産・変換を行う革新的科学・技術基盤の確立を図り、向後を担う高効率スマートマテリアルを創製します。本事業の基本要素である「分子認識」、「超階層構造化」、「元素戦略と分子設計」について、特にその深化と連携を推進し、1) 完全選択性分離膜材料、2) 環境応答型力学材料、3) ナノ構造分子材料などのグリーンイノベーションに資する材料を鋭意創製し、その応用展開も行います。機動的な研究展開のため、「連携プラットフォーム」を設置し、若手の融合研究員を配して各要素の先端的知見の融合・一体化を実現するとともにその育成も行い、これらのシナジー効果も交えて生物系を凌駕する高機能・高効率素材の創出を目指します。

### 化学・生物学・材料科学の新規融合研究



## 国際科学技術共同研究推進事業 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

「低品位炭とバイオマスのタイ国におけるクリーンで効率的な利用法を目指した溶剤改質法の開発」

▶ 研究代表者：三浦孝一（エネルギー理工学研究所 特任教授）

▶ 研究期間：2013年度～2018年度

【概要】 本プロジェクトは、「溶剤改質法」という新たな技術によって、低品位炭、バイオマス廃棄物を低分子量成分に高効率で変換し、それを新規バイオ燃料、固体燃料、化学原料源、ならびに炭素材料源としてクリーンにかつ効率的に利用する技術の開発とタイ国での実用化を目指しています。さらに、その成果のアジア諸国への展開を目指しています。



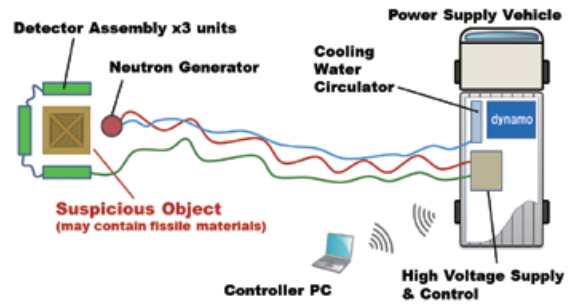
バンコクでのキックオフ会議参加者（2014年1月14日）

## 革新的ものづくり産業創出連携促進事業（プロジェクト委託型） 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

研究課題名：「ポータブル核分裂物質非破壊検知装置によるテロ対策インフラ強化」

- ▶ 研究代表者：増田 開
- ▶ 研究参加者：三澤 毅（原子炉実験所）、高橋佳之（原子炉実験所）、北村康則（原子炉実験所）ほか（共同研究他機関：ポニー工業㈱）
- ▶ 研究期間：2015年度～2017年度

【概要】本プロジェクトの目的は、テロに対する防備を劇的に高めて安全安心な社会の構築に貢献することにあります。そのため、核融合中性子の特長である単色性を利用した核分裂物質検知方法（京都大学の特許技術）と、ポニー工業の有する高性能中性子検出器を組み合わせ、従来技術の延長では極めて困難であったウラン検知が可能なポータブルの検知装置を開発します。2020年東京五輪までに実用化し、世界をリードする輸出産業へと発展させます。



開発するポータブル核分裂物質非破壊検知装置のイメージ

## 戦略的創造研究推進事業・ALCA（先端的低炭素化技術開発） 科学技術振興機構（JST）

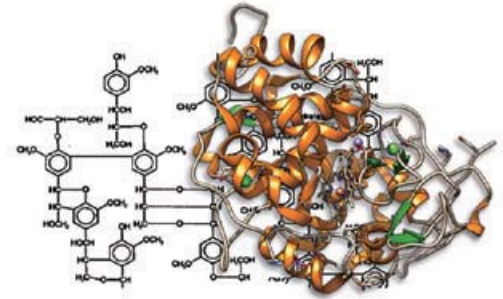
研究領域「ホワイトバイオテクノロジー」

研究開発課題：「海洋微生物酵素群によるリグニン分解高度化と人工漆材料への展開」

研究題目：「芳香族モノマー GHP/SHP 生産用高活性酵素の開発：NMR を用いた構造生物学的手法による酵素の高度化」

- ▶ 分担者：片平正人
- ▶ 研究期間：2015年度～2017年度

【概要】海洋微生物由来の酵素群を用いることで、木質バイオマス中のリグニンから、工業的に有用な物質 GHP/SHP を効率的に生産する手法を確立します。特に GHP/SHP 生産用酵素に関し、バイオインフォマティクスと NMR 法を用いた基質との相互作用・物質変換過程の解析に基づいた改変を施し、高い活性を有する酵素を創製します。

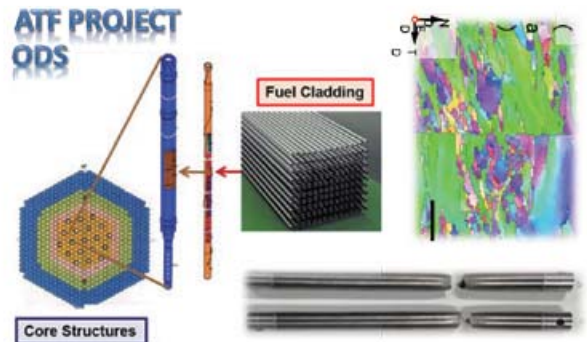


## 経済産業省「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業」

安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備

- ▶ 代表者：日本原子力研究開発機構
- ▶ 所内代表者：木村晃彦
- ▶ 研究期間：2015年度～2021年度

【概要】事故耐性燃料被覆管の開発研究。東京電力福島原発事故において問題となったジルカロイ燃料被覆管による水分分解反応を抑制するため、京都大学で開発されたスーパー ODS 鋼をベースとした FeCrAl-ODS 鋼をジルカロイ被覆管の代替として使用するための国内共同研究開発事業。JAEA、NFD、東芝、日立などとの国内共同研究。



## 経済産業省「戦略的基盤技術高度化支援事業」

究極の高均一性・高磁気特性・高生産性 Nd-Fe-B 焼結磁石の製造装置開発

- ▶ 代表者：佐川真人（エネルギー理工学研究所 特任教授）
- ▶ 研究期間：2016年度～2018年度

【概要】世界最強の永久磁石の開発研究。ハイブリッドカーや小型モータ用の高保磁力のネオジム磁石の用途が拡大しています。本事業では、需要拡大が急速化しているネオジム磁石（Nd-Fe-B）の高品質化と大量生産性の向上を目指します。高性能を発現させる金属組織学的因子の同定や効果的な微細組織形成に向けたナノ・メゾ制御技術開発研究を実施します。



## スマートエネルギーマネジメント研究ユニット

- ▶ 代表者：岡部寿男（学術情報メディアセンター・教授）
- ▶ 所内担当者：野平俊之
- ▶ 研究期間：2016年度～2021年度

【概要】本ユニットでは、本学工学研究科、エネルギー科学研究科、エネルギー理工学研究所、経済学研究科、情報学研究科、学術情報メディアセンターが培ってきたエネルギー科学・工学に関する多くの研究成果を深化、発展させるとともに、最新の情報通信ネットワーク技術、情報処理技術との融合を図ることによって、スマートエネルギーマネジメントに関する学際的研究開発を推進し、産官学連携による研究開発プロジェクトを実施、得られた研究成果を基に環境・エネルギー関連の学内外研究開発プロジェクトとの連携、さらには本学におけるエネルギーの効率的利用を推進するサステイナブルキャンパス活動を支援することを目的とします。



## 研究連携基盤 未踏科学研究ユニット

2015年度より「研究連携基盤」の中に「未踏科学研究ユニット」を設置、4つのプロジェクトが実施されており、うち2つのユニットプロジェクトに当研究所は参加しています。

「未踏科学研究ユニット」は広範で多様な専門分野を擁する本学研究所・センターの相互連携を強化し、外国人研究者を招聘してボトムアップ的な異分野融合による新学術分野創成を目指します。



### 「学知創生ユニット」



- ▶ 代表者：原 正一郎（東南アジア地域研究研究所 教授）
- ▶ 所内担当者：大垣英明
- ▶ 研究期間：2015年度～2019年度

【概要】本プログラムは京都大学の14の部局・ユニット（東南アジア地域研究研究所、医学研究科、農学研究科、エネルギー科学研究科、アジア・アフリカ地域研究研究科、人文科学研究科、エネルギー理工学研究所、経済研究所、学術情報メディアセンター、フィールド科学教育研究センター、こころの未来研究センター、総合博物館、附属図書館、人間の安全保障開発連携研究ユニット）が、情報科学と人文社会科学の境界領域分野であるデジタルヒューマニティーズに関する先端的研究をめざし、京都大学の学術資料を「学知」として高度利用に資する大規模知識データベースの開発と、この先端的データベースを活用した自然科学分野と人文社会科学研究のベストプラクティスを実施します。具体的な研究対象としては、東南アジア諸国において顕著な、人間の安全保障に関する諸問題を取りあげています。最終的には、クラウド環境に適応した学術ビッグデータの統合利用による人文社会科学と自然科学の融合学際研究の革新的な展開を目指しています。

### 「グローバル生存基盤展開ユニット」

- ▶ 代表者：梅澤俊明（グローバル生存基盤展開ユニット長）
- ▶ 所内担当者：長崎百伸
- ▶ 研究期間：2015年度～2019年度

【概要】グローバル生存基盤展開ユニットは、過去10年間にわたりサステナビリティ研究を実施してきた7部局による「生存基盤科学研究ユニット」の活動を継承・発展して、自然、人間社会、生命、物質の寿命を、グローバルで動的な視点から研究し、人類の生存基盤の学術の構築を目指します。

# 研究施設

エネルギー理工学研究所では、宇治地区研究所本館をはじめとした研究施設で日々研究を行っています。



北1号棟 (エネルギーナノサイエンス研究棟)



北2号棟 (量子光・加速粒子総合研究棟)



北3号棟



宇治地区研究所本館 (W棟)



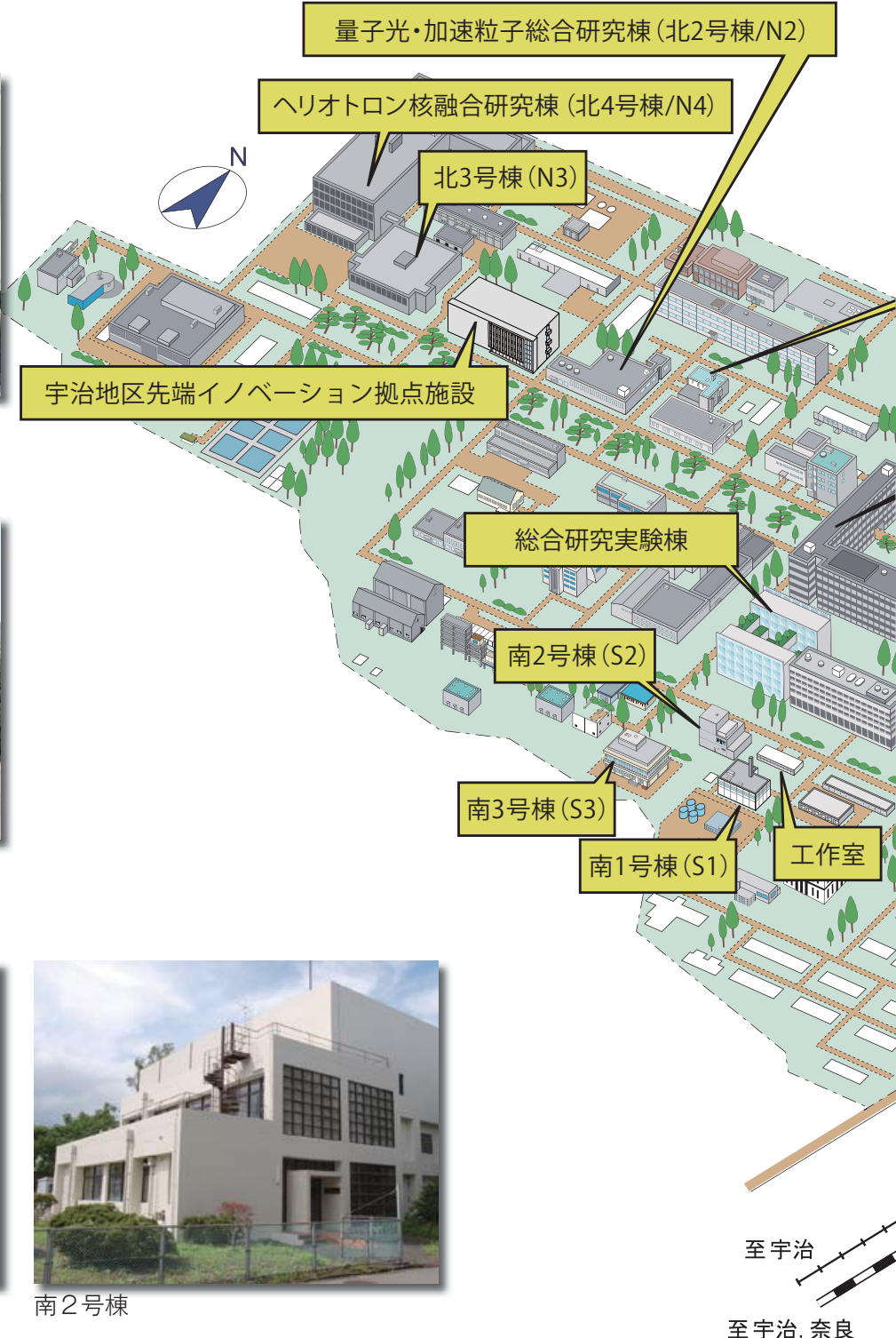
宇治地区研究所本館 (M棟)



南1号棟



南2号棟





北4号棟 (ヘリオトロン核融合研究棟)



宇治地区先端イノベーション拠点施設



総合研究実験棟



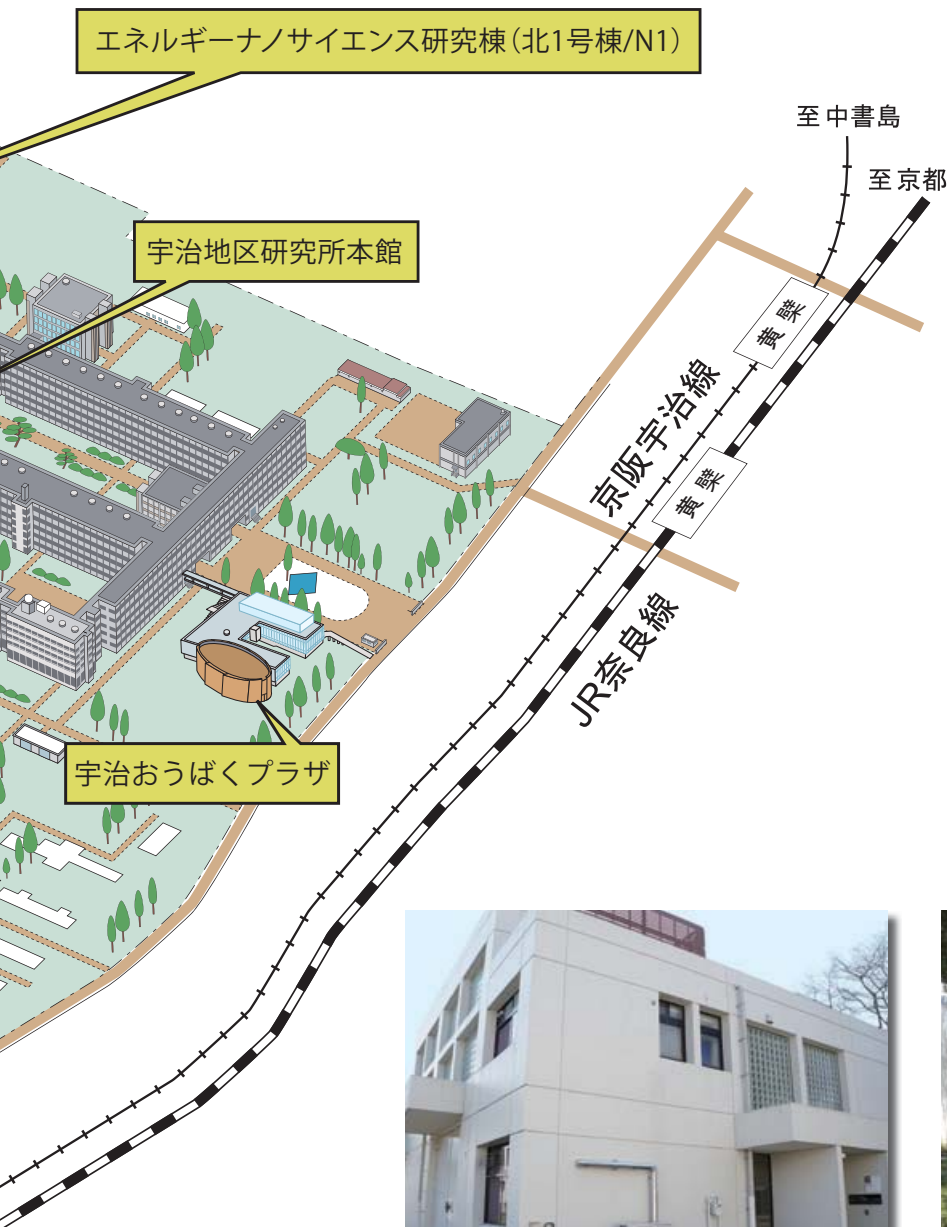
宇治おうばくプラザ



南3号棟 (プラズマエネルギー直接変換実験棟)

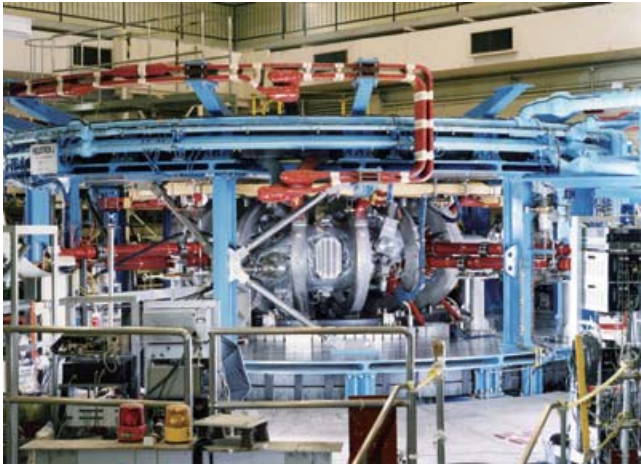


工作室



## 高度エネルギー機能変換実験装置／プラズマ実験装置 Heliotron J

磁場閉じ込め核融合の実現とその高性能化を目指し、京都大学で創案された先進的磁場配位、ヘリカル軸ヘリオトロン最適化を目標に、2000年より本格的なプラズマ実験を開始し、その後も引き続き、加熱機器や計測機器の整備・高機能化を図り、研究所内はもとより、全国の関連研究者との共同研究に供しています。

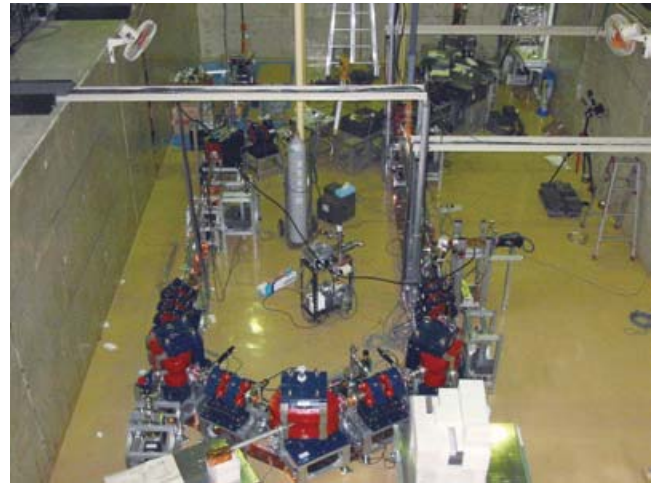


(北4号棟)

## 自由電子レーザー施設

KU-FEL

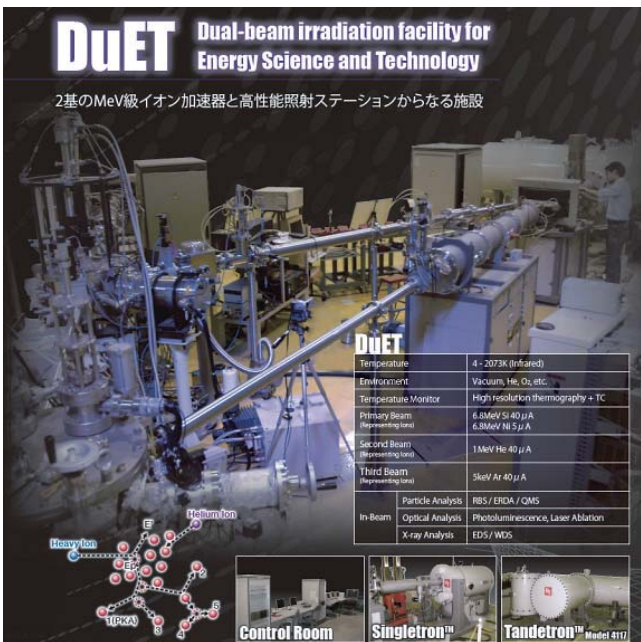
高速で運動する電子ビームと放射光との相互作用を利用した中赤外領域(3.6~23 $\mu$ m)の波長可変レーザーで、分子振動の波長選択性などを利用した最先端のエネルギー材料研究を、共同研究等を通じて行っています。



(北2号棟)

## 高度エネルギー機能変換実験装置／材料実験装置 DuET

加速したイオンビームを多様な環境下で材料に照射する装置です。2基の加速器から異なるイオンを同時に照射し、材料への欠陥導入や組織・化学組成の調整、およびインビーム分光分析が可能です。



(北2号棟)

## NMR 装置群

NMR

超高感度検出器を装着した600MHz装置3台他、計4台からなる装置群です。バイオマスおよびバイオフィ分子を活用したエネルギーと有用物質の取得法の開発を目指し、研究所内外に開放されています。

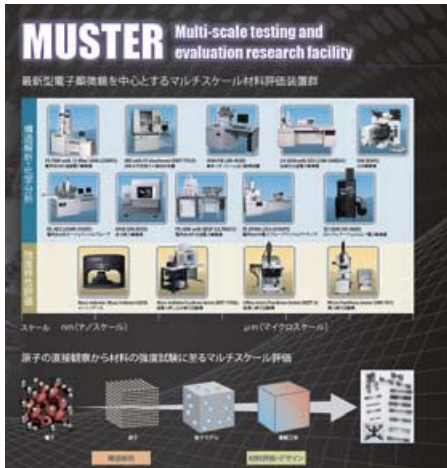


(南2号棟)



## マルチスケール材料評価基盤設備 MUSTER

先進エネルギー材料を対象に、サブナノスケールから実用寸法のレベルまで連続的にマルチスケールで化学組成、構造組成、強度特性、環境特性等の評価を行うことが可能な研究施設で、TEM, FE-TEM, SEM, FE-SEM, FE-AES, FE-EPMA や高温X線回折装置、疲労試験機、計測化高速衝撃試験機、高温引張試験機、ナノインデント等の先端装置が設置されています。



(北1号棟、北2号棟)

## エネルギーナノサイエンス研究装置群

ナノからマクロまでの様々な構造を有するエネルギー機能性材料・バイオナノマテリアルの構造と機能を解析する装置群で、走査プローブ顕微鏡、原子間力顕微鏡、蛍光顕微鏡、円二色性スペクトル測定装置、紫外可視分光光度計、蛍光分光光度計、MALDI-TOF 質量分析装置、ESI 質量分析装置、大気中光電子分光装置、ICP 発光分光分析装置、等温滴定型カロリーメータ、示差走査型カロリーメータ、エシエル分光器、フーリエ変換赤外分光光度計などから構成されています。



(北1号棟)

## 触媒材料創製機能解析システム

生体分子、有機分子、無機分子を用いたエネルギー材料の精製、組成・構造解析、機能評価を行うための装置群です。主な装置として600 MHz および300MHzNMR、タンパク質精製装置、遺伝子配列解析装置、時間分解蛍光分光光度計、FE-SEM およびソーラーシミュレーターなどが稼働しています。



(北1号棟)

## プラズマエネルギー直接変換実験装置

核融合炉内機器として液体金属概念の応用による革新的な高熱負荷ダイバータと増殖ブランケットの性能評価を目的に、30kV-6A (水素) のイオンビームの調整を行っています。



(南3号棟)

## 先進エネルギー変換試験装置

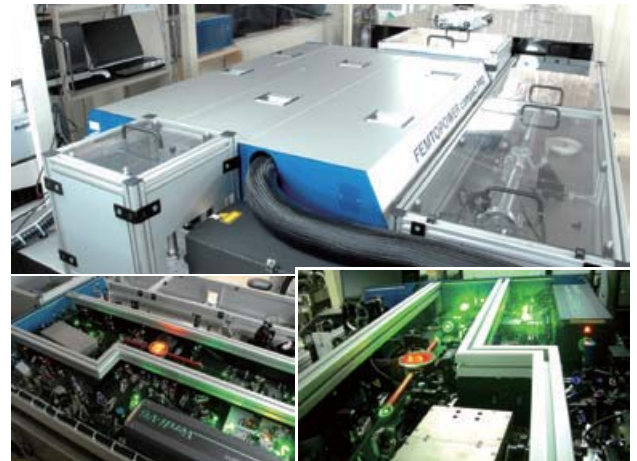
水素イオンビームと950℃のLiPb 液体金属ループを用いて先進熱媒体・材料を用い、高熱粒子負荷条件でのエネルギー物質相互作用の研究と、核融合炉ブランケットやダイバータ、熱交換器など極限条件のエネルギー変換装置の開発を行います。



(南1号棟)

## CEP 安定化超短パルス高強度レーザー装置

フェムト秒 ( $10^{-15}$ s) からアト秒 ( $10^{-18}$ s) の時間域で、位相の安定した高強度光パルスが発生できる Ti:sapphire レーザーです。極限時間・高強度電磁場域において光と物質との新しい相互作用現象を探索・解明し、次代の科学技術基盤の開拓を目指しています。



(宇治地区本館)

## 教育・社会活動

本研究所は21世紀のエネルギー問題解決にむけて国際的な視野を持った専門家を養成すべく、大学院生の教育に力を注いでいます。

### エネルギー理工学研究所 国際シンポジウム

エネルギー理工学研究所では、第7回国際先進エネルギー科学シンポジウムを文部科学省の共同利用・共同研究拠点との共催で、また、今年度は大学院エネルギー科学研究科の「エネルギー科学教育に関する国際ワークショップ」と合同で、京都大学吉田キャンパス百周年記念ホールおよび宇治キャンパスにて2016年9月5日（月）から3日間に渡り開催しました。本シンポジウムは「Frontiers of Zero Emission Energy」をテーマに、国内外の中核的な研究者による先進エネルギー研究開発の最新成果や各国のエネルギー戦略について核融合、原子力、レーザー、材料、バイオマスなど様々な分野の研究成果13件の講演がありました。

シンポジウムには国内外から328名という多くの方に参加していただき、また、それぞれの分野に分かれたパラレルセミナーでさらに専門的な議論が深められました。

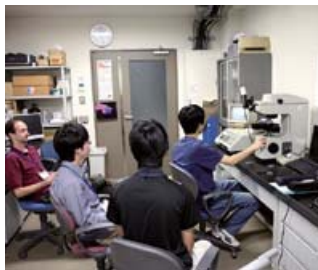


### 教育活動

1996年度に京都大学大学院エネルギー科学研究科と同時に発足した本研究所の各研究分野は、協力講座として同研究科の大学院生の教育に参画しています。本研究所の学生数は増加傾向にあるとともに、外国人学生の割合が高いという特徴から、国際的に開かれた研究所となりつつあります。本研究所が所有・整備する先端装置、そして先端研究に従事する研究者層の厚さに、他の教育機関にはない魅力を感じる大学院生が多いことも特徴です。

大学院進学志望者には、エネルギー科学研究科と協力して説明会を実施し、受け入れ方針や選抜方法等の周知をしています。大学院（エネルギー科学研究科）説明会を研究所公開講演会と同時に開催し、多くの方々にお知らせするよう努めています。これらにより、2016年度の本研究所の学生数は96人となり、中でも博士後期課程在学学生数は、32人（内外国人21人）となっています。RA（リサーチアシスタント）制度を活用して、大学院生の国内外研究機関との交流機会を増やすと共に、国内外における研究集会等での発表を積極的に奨励しています。国際性涵養の観点から多くの大学院生が国際学会への参加・発表を経験しており、本研究所の教育活動に重要な役割を果たしています。また、卒業後の進路分野の拡大に努めており、就職先に国内外の先端的研究機関が多いことも特徴的です。

一般市民を対象とした活動としては、公開講座、キャンパス公開などでの施設公開を行っています。また見学等を随時受け付けており、インターネットで最新情報を提供しています。イノベーション創出事業や人材育成事業等にも尽力しており、産官学の交流や連携シンポジウム等の推進、民間企業との共同研究や受託研究の積極的導入、企業への技術指導・産官学の連携協力体制の整備など、知的財産の普及と実用化にも努めています。これらの成果を広範な分野で生かし、国際貢献の推進を目指し、これまでの国際協力体制を強化すべく努めています。



### 公開講演会

今年で第21回目となるエネルギー理工学研究所公開講演会は、エネルギー理工学研究所創立二十周年記念行事が5月に開催されたことを受け、キャンパス公開に合わせて、2016年10月23日（日）に京都大学宇治キャンパス 宇治おうぼくプラザ きはだホールで開催されました。今回は「みどき! きぎどき! いまどき エネルギー」をテーマとし、研究所の活動をわかりやすく紹介しました。紀井俊輝准教授による「加速器を作る、加速器を使う」、木村晃彦教授による「エネルギー基盤材料の研究開発」、片平正人教授による「ライフィノベーションとグリーンイノベーションの交差点 - 博士号取得・大学教員への道筋と研究室における日々の活動の紹介と共に -」の講演がありました。総勢84名に参加いただき、各講演に対して多くの質問が出されました。講演の後、同時開催されたキャンパス公開においてポスター展示やオープンラボを開催し、多くの方に参加して頂きました。本研究所の活動を社会に伝えることの必要性を改めて感じさせられた講演会となりました。



## 全学共通科目

2017年度

担当科目	担当教員
先進エネルギー概論	森井 孝、坂口浩司、片平正人、野平俊之、小西哲之
基礎物理化学要論	片平正人、永田 崇、佐川 尚 (エネ科)
基礎物理化学 (量子論)	森井 孝、坂口浩司、萩原理加 (エネ科)
先進エネルギー変換	小西哲之、木村晃彦、長崎百伸、増田 開、森下和功、笠田竜太
自然現象と数学	長崎百伸
物理学基礎論 A	宮内雄平
統合科学：エネルギーを取り巻く環境	大垣英明、浅野耕太 (人環)
Essentials of Basic Physical Chemistry	Arivazhagan Rajendran
Basic Physical Chemistry (Thermodynamics)	Arivazhagan Rajendran
Basic Physical Chemistry (Quantum Theory)	Arivazhagan Rajendran
Chemistry of Sustainable Energy	Arivazhagan Rajendran

### (ILASセミナー)

担当科目	担当教員
先進核融合エネルギーセミナー	増田 開 (代表者)、小西哲之、長崎百伸、笠田竜太
核融合とプラズマの科学	水内 亨、長崎百伸、岡田浩之、南 貴司、門信一郎
量子ビームを使ってわかること	大垣英明、中嶋 隆
原子炉・核融合炉の安全を支える材料科学	檜木達也、森下和功
信頼性工学と科学技術の信頼性	森下和功
エネルギーを基礎とした先端科学の展望 - プラズマと生命科学と中心に -	岸本泰明 (エネ科)、森井 孝、片平正人
(海外) 東南アジアの再生可能エネルギー開発	手塚哲央 (エネ科)、石原慶一 (エネ科)、飛奈裕美 (学際融合)、大垣英明

## 学生・ポスドクの進路

(過去3年)

### ▶ 修士課程

京都大学大学院エネルギー科学研究科博士後期課程進学  
 京都大学大学院工学研究科博士後期課程進学  
 経済産業省 特許庁  
 厚生労働省  
 文部科学省  
 JFE スチール(株)  
 JX 日鉱日石金属(株)  
 NTT コムウェア(株)  
 (株) IHI  
 (株) エヌ・ティ・ティ・データ  
 (株) デンソー  
 (株) トヨタ  
 (株) モリタ製作所  
 (株) 三井住友銀行  
 (株) 総合キャリアグループ  
 (株) 村田製作所  
 (株) 大紀アルミニウム工業所  
 (株) 島津製作所  
 (株) 東芝  
 (株) 東陽テクニカ  
 (株) 日本ウェルテックソリューション  
 (株) 松本電機製作所  
 アイリス・オーヤマ(株)  
 サンスター(株)  
 サントリーホールディングス(株)  
 シャープ (株)  
 トヨタ自動車(株)  
 ナビタイムジャパン(株)  
 パナソニック(株)  
 マツダ(株)  
 旭化成(株)  
 関西電力(株)  
 京セラ(株)  
 阪急電鉄(株)  
 三菱自動車工業(株)  
 三菱重工業(株)  
 三菱電機(株)

住友商事(株)  
 出光興産(株)  
 新日鐵住金(株)  
 森永乳業(株)  
 川崎重工業(株)  
 大阪ガス(株)  
 東京ガス(株)  
 東燃ゼネラル石油(株)  
 凸版印刷(株)  
 日揮(株)  
 日産自動車(株)  
 日立造船(株)

### ▶ 博士後期課程

京都大学エネルギー理工学研究所・研究員  
 名古屋大学・研究員  
 熊本大学・研究員  
 筑波大学・研究員  
 量子科学技術研究開発機構・博士研究員  
 日本学術振興会・特別研究員  
 理化学研究所・リサーチアソシエイト  
 Assuit 大学・講師  
 西南物理研究所・助教  
 COHAUSZ & FLORACK (ドイツ)  
 (株) 日本高周波銅業  
 (株) とめ研究所  
 (株) ニコン  
 古河電気工業(株)  
 積水化学工業(株)

### ▶ ポスドク

京都大学エネルギー理工学研究所・特定助教  
 京都大学エネルギー理工学研究所・特定研究員  
 立命館大学・助教  
 核融合科学研究所・COE 研究員  
 甲南大学先端生命工学研究所・研究員  
 日本原子力研究開発機構・研究員  
 北京科技大学・講師

## 年間行事

前期	4月	入学式・院生会花見	後期	10月	宇治キャンパス公開
	5月	公開講演会		院生会ボウリング大会	
	7月	理工会主催ビアパーティ		3月	卒業式

## エネルギー理工学研究所表彰 2016年度受賞者

研究所長賞 中嶋 隆、中田栄司、中江隆博、小島崇寛  
 研究所貢献賞 大島慎介、林 慶知、杉山大志、坂根海志  
 学生賞 片所優宇美

## 受賞

(学会賞など)

年度	受賞者氏名	賞等の名称	授与機関等の名称
2016	中江隆博	日本化学会第96春季年会 (2016) 優秀講演賞 (産業)	日本化学会
	宮内雄平	平成28年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞	文部科学省
	中田栄司	第5回新化学技術研究奨励賞	新化学技術推進協会 (JACI)
	阮 小勇 中筋俊樹 森下和功	日本保全学会第13回学術講演会 第8回「学生セッション」優秀賞	日本保全学会
	武田秀太郎	学生ポスター賞	第29回 Symposium on Fusion Technology (SOFT)
	中田栄司	第10回バイオ関連化学シンポジウム講演賞	日本化学会生体機能関連化学部会バイオテクノロジー部会
	張 哲先	第8回日本原子力学会材料部会奨励賞	日本原子力学会
	長谷川勇介	第50回若手奨励賞	フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会
	木村晃彦	日本金属学会第14回功労賞	日本金属学会
	張 哲先	Best Presentation Award	The China-Japan Symposium on Materials for Advanced Energy Systems and Fission and Fusion Engineering, Organization Committee
	Tan Dezhi	Best presentation award	The 8th annual Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference
	山善佑大	Outstanding Poster Award	The 43rd International Symposium on Nucleic Acids Chemistry
	中田栄司	2016年度化学・生物素材研究開発奨励賞	バイオインダストリー協会
	中筋俊樹 阮 小勇 森下和功	材料照射研究会 優秀ポスター発表賞	材料照射研究会組織委員会
	阮 小勇 中筋俊樹 森下和功	材料照射研究会 優秀ポスター発表賞	材料照射研究会組織委員会
万里	第54回日本生物物理学会学生発表賞	日本生物物理学会	
Shaotang Song	SSSN-Kansai Young Researcher Award	The Surface Science Society of Japan	
万里	The Best Student Oral/Poster Award	7th Asia Pacific NMR Symposium	
奥平早紀	第51回若手奨励賞	フラーレン・ナノチューブ・グラフェン学会	
森井 孝	日本化学会第34回学術賞	日本化学会	
阮 小勇 中筋俊樹 森下和功	日本原子力学会計算科学技術部会学生優秀講演賞	日本原子力学会	

## 入学 (大学院) について

本研究所で大学院生として研究を行うには  
 ①目標の研究分野が属する「京都大学大学院エネルギー科学研究科」のいずれかの専攻を選択して受験  
 ②試験に合格して入学  
 ③目標の研究分野に配属される  
 という3つの過程が必要です。研究科の詳しい入学情報は、京都大学大学院エネルギー科学研究科ホームページ内「入試案内」または京都大学ホームページ内入試情報をご覧ください。

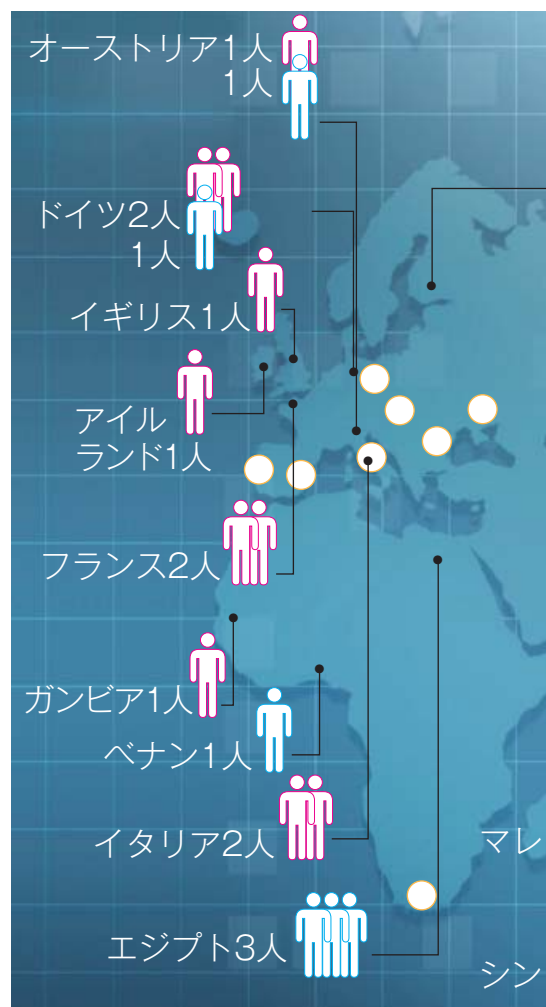
# 国際交流

海外の多くの研究機関と研究交流協定を締結し、研究交流や国際シンポジウムの開催など、活発な研究交流を進めています。

## 国際協定

締結年月日	協力先	国名
1995.9.29	ウィスコンシン大学 核融合技術研究所	アメリカ合衆国
1995.10.3	イリノイ大学 核融合研究所	アメリカ合衆国
1995.10.6	ロシア科学センター クルチャトフ研究所	ロシア
1995.11.6	核工業西南物理研究院	中華人民共和国
1996.6.3	科学アカデミー高エネルギー物理研究所	中華人民共和国
1996.6.4	核工業原子能研究院	中華人民共和国
1996.11.19	カリフォルニア大学ローレンスバークレー国立研究所 ビーム物理学研究センター	アメリカ合衆国
1996.11.20	スタンフォード大学ハンセン実験物理研究所 自由電子レーザーセンター	アメリカ合衆国
1996.12.12	南オーストラリアフリントダース大学 物理学科	オーストラリア
1997.3.10	北京科技大学 材料失効研究所	中華人民共和国
1997.8.10	オーストラリア国立大学 プラズマ研究所	オーストラリア
1998.2.6	ウィスコンシン大学マディソン校 トルサトロン/ステラレータ研究センター	アメリカ合衆国
1998.5.11	ウクライナ国立ハリコフ研究所	ウクライナ
1998.8.1	トリノ工科大学 材料科学及び化学工学科	イタリア
1999.5.7	東義大学校 産学協力センター	大韓民国
2000.7.24	東義大学校 [工科大学]	大韓民国
2000.9.10	基礎科学支援研究所	大韓民国
2001.1.9	シドニー大学 物理学研究科	オーストラリア
2001.1.25	スロヴァキア工業大学 [電子工学・情報工学科]	スロヴァキア共和国
2001.2.5	ラジャマンガラ工科大学	タイ
2001.5.16	スペイン国立 CIEMAT 研究所	スペイン
2001.7.24	エアランゲン・ニュルンベルク大学 [工学部材料科学科]	ドイツ
2006.4.6	韓国国立核融合研究センター	大韓民国
2006.11.28	釜慶大学校工科大学 産業科学技術研究所	大韓民国
2009.2.20	ローレンス・リバモア国立研究所 グローバルセキュリティ研究領域 原子力エネルギー材料部門	アメリカ合衆国
2009.10.19	エネルギー環境合同大学院大学 (エネルギー科学研究科、工学研究科と共同締結)	タイ
2010.5.18	ニューヨーク・シティ大学エネルギー研究所 (工学研究科、エネルギー科学研究科と共同締結)	アメリカ合衆国
2012.4.12	ベトナム国家大学ハノイ校 ナノテクノロジーとエネルギー研究センター	ベトナム
2012.6.28	アウェイロ大学	ポルトガル
2013.1.23	韓国科学技術院 核融合プラズマ輸送研究センター	大韓民国
2013.3.20	韓国原子力研究所核物質部	大韓民国
2013.10.29	東義大学 IT デバイス総合研究所 蔚山テクノパーク原子核センター	大韓民国
2014.9.18	ブルネイ・ダルサラーム大学 先端材料とエネルギーのセンター	ブルネイ
2014.10.6	国立ホリアフルベイ物理原子力研究所	ルーマニア
2014.12.1	ネルソンマンデラメトロポリタン大学	南アフリカ共和国
2014.12.3	蔚山国立科学技術大学、 核融合プラズマ安定性・閉じ込め研究センター	大韓民国
2016.6.15	インドネシア国立原子力機関 (BATAN) — 先端材料科学技術センター	インドネシア
2016.7.7	カリフォルニア大学サンタバーバラ校	アメリカ
2016.7.28	国際原子力エネルギー機関	オーストラリア

## 来訪者・留学生の数



## 日アセアン交流

▶ 所内代表者：大垣英明

エネルギー理工学研究所では、21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」で行ってきた日タイ交流を軸に、2006年以來、アジア地域でより一層の協調と連携を図るための国際的な研究者ネットワークである、SEE Forum (Sustainable Energy and Environment Forum, <http://seeforum.net/>) 活動を推進しています。2016年度は、2016年12月にSEE Forum 会議をタイ王国にて開催し、アジア地区の大学・研究機関と活発な交流を行なってきております。更にタイ王国 Rajamangala University of Technology Thanyaburi 校とは2001年からほぼ毎年 Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES) を共同で開催し、2016年12月にはタイ王国ドントニにて第13回 EMSES 国際会議を開催し、タイ王国のみならず地域の若手に対するエネルギー研究の発展に貢献しています。

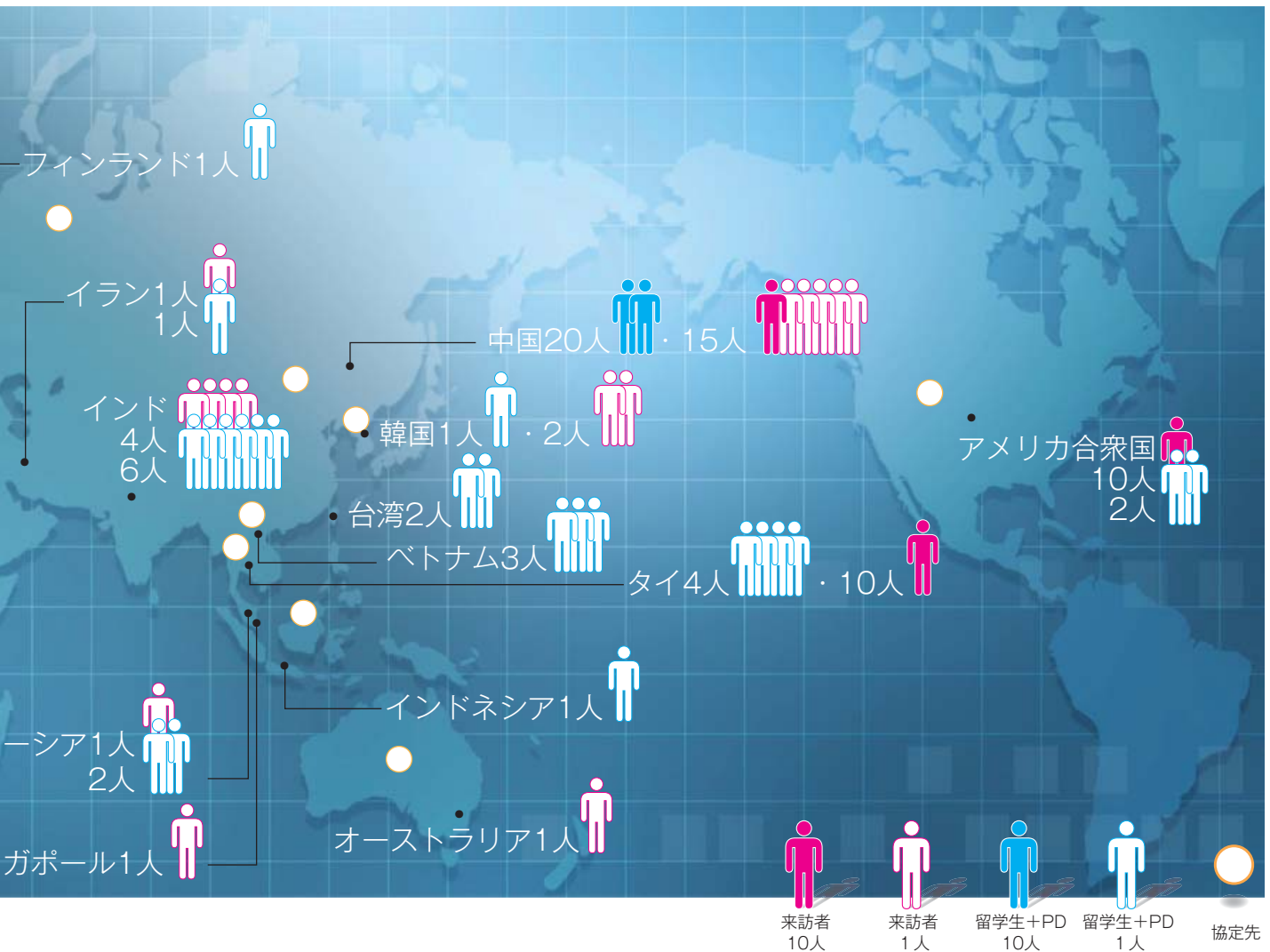
こうした取り組みが評価を高め、SEE Forum を活用した研究協力および人材育成協力に関する要請は、カウンターパートであるアジアの大学・研究機関をはじめ、我が国政府および UNESCO から多人数頂くところとなっており、2009年度より UNESCO-COMPETENCE プログラムに参画するとともに、更には2011年度より2014年度まで ODA-UNESCO 支援事業としてヴェトナム、ラオス、カンボジア、ミャンマーでのエネルギー科学教育事業を展開しました。

また、ASEAN University Network (AUN) と本研究所との連携から、大学間一般学術協定に発展した協力関係に基づき、学生や研究者の人材交流や国際共同研究等のプロジェクトを進め、2012年度から2016年度まで大学の世界展開力事業の「人間の安全保障」開発を目指した日アセアン双方向人材育成プログラムの構築 (責任者 縄田栄治農学研究科教授) をエネルギー科学研究科等と協力し、国際教育活動への寄与を行ってきています。更に、シンガポール国立大学との間でのスーパージョン万次郎プログラム及び頭脳循環プログラムによる若手研究者招聘・派遣を行ってきています。更に2015年度には JST 戦略的国際共同研究プログラムに東南アジア研究所を中心に提案した「日アセアン科学技術イノベーション共同研究拠点」が採択され、ASEAN との国際共同研究プラットフォーム形成事業におけるエネルギー・環境分野での拠点活動を開始しました。



「日アセアン科学技術イノベーション共同研究拠点」のWP2キックオフワークショップの集合写真 (2016. 2. 29 NSTDA, Thailand)

(2016年)



## 二国間交流事業共同研究「極短パルス電子ビームによる CSR および自由電子レーザーに関する研究」

▶ 所内代表者：大垣英明

▶ 研究期間：2016年4月1日～2018年12月31日

【概要】

本共同研究事業は、高輝度の電子ビームを用いたコヒーレント放射源の開発を、日本と中国が、それぞれの得意とする分野を持ち寄り行うもので、中国側が主に理論的アプローチを、日本側が実験的アプローチを担当します。

日本側代表の京都大学エネルギー理工学研究所では、中赤外自由電子レーザー (MIR-FEL) 装置、KU-FEL が稼働しており、ps 以下のバンチ長の電子ビームを発生させ、FEL を発振させて共同利用に提供しています。また、この高度化のために光陰極高周波電子銃 (PC-RFgun) の開発を、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の加速支援事業において行ってきており、2015年度よりビーム発生実験とこれを用いた THz 帯 FEL 増幅器の開発を目標に研究を行っています。一方、東北大学の研究グループでは、独自設計の ITC-RFgun とよぶ独立2空洞型の熱陰極高周波電子銃を開発し、加速管中での速度圧縮法を用いた短バンチ電子ビームの発生を行っており、アンジュレータからの THz 域のコヒーレントな超放射 (Superradiant) 生成を試みています。これら日本側研究グループは中国科学技術大学

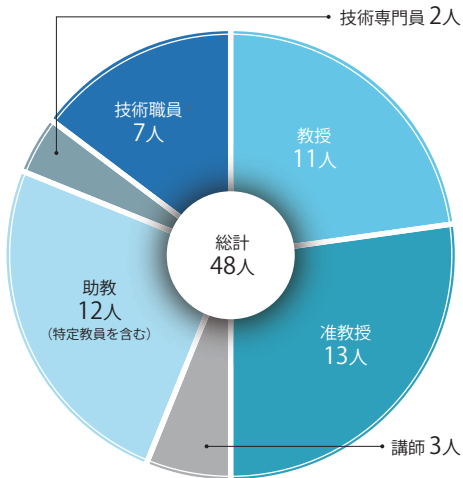
(中国科技大) の National Synchrotron Radiation Laboratory および北京大学の研究者と協力して、①短パルス電子ビームの発生を行います。中国側研究者は日本において得られた実験結果の理論解析を行い、短バンチビームの発生のための研究を行います。さらに、日本側では、これらの極短バンチビームやプリバンチビームをアンジュレータに導き、② THz 領域のコヒーレント放射の発生とその観測を行います。中国側研究者はこの THz 放射の強度やスペクトルに関する理論的研究を行い、これまで明確な表式が得られていない THz 超放射現象についての正確な記述を行うとともにシミュレーションコードの開発を行います。



2016年12月22-23日 中国科学技術大学にて開催された「Workshop on THz FEL」

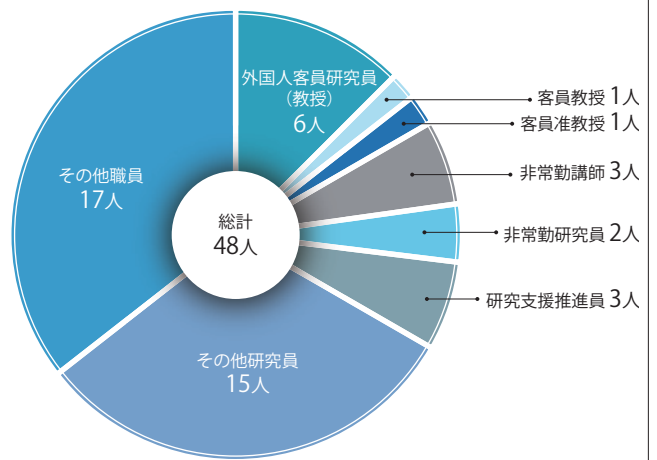
## 教職員数

2016年



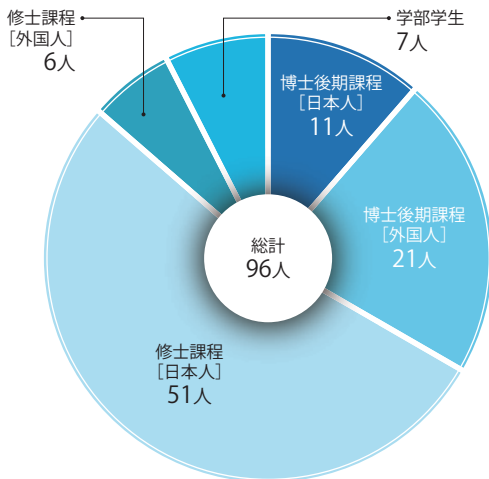
## 客員・非常勤教職員数

2016年



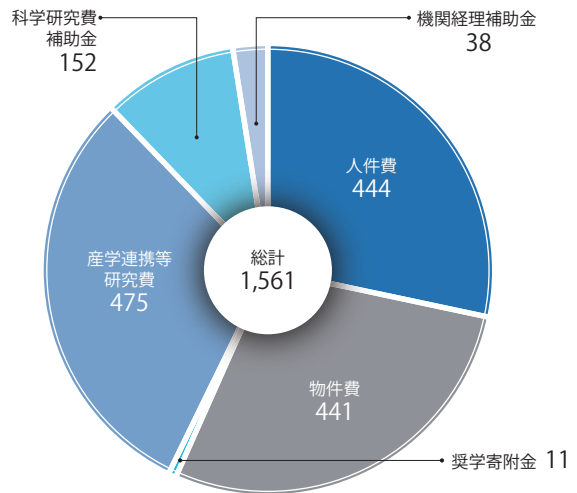
## 学生数

2016年5月

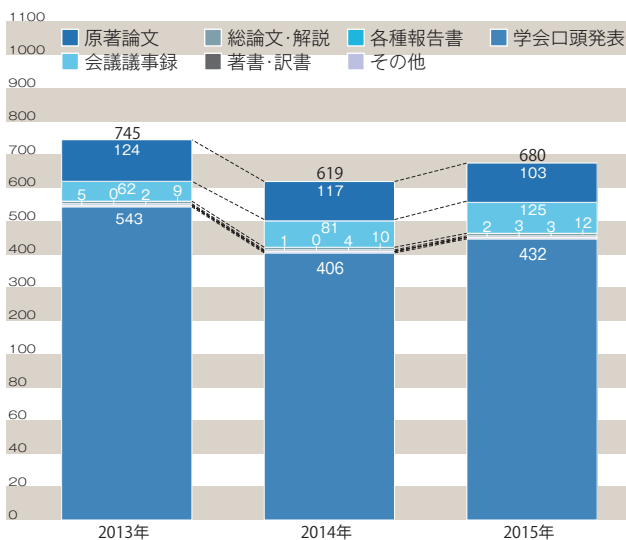


## 研究所予算 (決算額)

2015年度 [単位: 百万円]



## 研究所発表件数の推移



## センター共同研究採択件数

カテゴリー	2016
A1: 国際流動・開発共同研究推進部	5
A2: 先進プラズマ・量子エネルギー研究推進部	12
A3: 光・エネルギーナノサイエンス研究推進部	8
合計	25

## ZE 共同研究採択件数

カテゴリー	2016
(A) 企画型共同研究	33
(B) 提案型共同利用・共同研究	47
(C) 共同利用	11
(D) 研究集会	1
合計	92

## 特別経費

年度	受入先	研究課題	代表者
2016	研究拠点形成費等補助金(博士課程教育リーディングプログラム)	京都大学大学院思修館	大垣英明(代表・総合生存学館・川井 秀一)
	エグゼクティブ・リーダーシップ・プログラム(ELPs)研究費	京都大学思修館	小西哲之
	公益財団法人京都高度技術研究所 科学技術振興機構	究極の高均一性・高磁気特性・高生産性 Nd-Fe-B 焼結磁石の製造装置開発	木村晃彦
	科学技術振興機構	日 ASEAN 科学技術イノベーション共同研究拠点-持続可能開発研究の推進-	大垣英明
	国際協力機構	低品位炭とバイオマスのタイ国におけるグリーンで効率的な利用法を目指した溶剤改質法の開発	三浦孝一
		低品位炭とバイオマスのタイ国におけるグリーンで効率的な利用法を目指した溶剤改質法の開発プロジェクト	三浦孝一

## 科学研究費助成事業

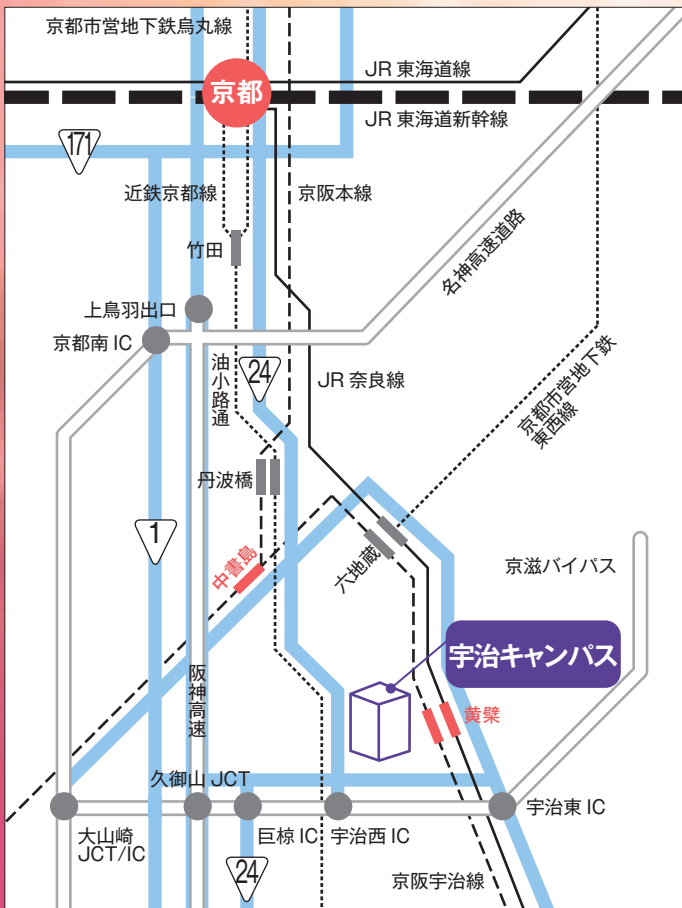
年度	種別	研究課題	代表者
2016	新学術領域研究(研究領域提案型)	細胞内外で活性を切り替える機能的核酸の創製	真嶋 司
	新学術領域研究(研究領域提案型)	表面重合した新規ナノ炭素細線の分子レベル電子計測	坂口浩司
	新学術領域研究(研究領域提案型)	選択標識による宿主とウイルスの蛋白質間相互作用の構造基盤の解明とその阻害剤の探索	片平正人
	新学術領域研究(研究領域提案型)	活性酸素種による翻訳後修飾を検出する蛍光バイオセンサー	森井 孝
	新学術領域研究(研究領域提案型)	DNA 変換酵素のスライディングと共役した酵素活性機構の動的構造基盤の解明	永田 崇
	新学術領域研究(研究領域提案型)	RNA アプタマー・スイッチング素子・蛋白質のスライディングの動作原理の解明と活用	片平正人
	新学術領域研究(研究領域提案型)	原子層人工ヘテロ構造における新規光物性と光学応用	松田一成
	新学術領域研究(研究領域提案型)	偏光分解分光イメージングによる原子層局所形態・光物性相関の研究	宮内雄平
	新学術領域研究(研究領域提案型)	表面分子アーキテクト技術を用いる新規グラフェン細線の合成	坂口浩司
	基礎研究(S)	原子層物質におけるパレースピンフォトリソの創生と応用	松田一成
	基礎研究(A)	タンパク質単分子配置による分子コンビナート構築原理の確立	森井 孝
	基礎研究(A)	シリカ直接電解還元と液体合金カソードを用いた高生産性太陽電池用シリコン製造法	野平俊之
	基礎研究(B)	NRF を利用した同位体3D イメージングに関する基礎研究	大垣英明
	基礎研究(C)	ウイルスによるヒト抗ウイルス酵素の作用阻害機構の解明と創薬に向けた分子基盤の構築	永田 崇
	基礎研究(C)	ビーム放射分光イメージング開発に基づくHモード遷移前駆振動における乱流揺動の研究	小林進二
	基礎研究(C)	Assessing the multiple benefits of clean energy policies in Asian mega-cities	Hooman Farzaneh
	基礎研究(C)	近赤外領域の分光法を用いた核融合プラズマ診断法の新展開	門信一郎
	基礎研究(C)	プリオンの異常化を抑制する四重鎖核酸の分子設計と抑制メカニズムの解明	真嶋 司
	挑戦的萌芽研究	遷移金属ダイカルコゲナイドにおける光誘起パレ-分極の制御に関する研究	宮内雄平
	挑戦的萌芽研究	光電場によって構造制御された高分子超薄膜の創製	中嶋 隆
	挑戦的萌芽研究	遷移金属ダイカルコゲナイドの新規光電変換機能とその応用	松田一成
	挑戦的萌芽研究	高温溶融塩電解を利用した常圧ダイヤモンド合成	野平俊之
	挑戦的萌芽研究	メソヘテロナノコンポジット化による原型炉級耐照射性銅合金の創製	笠田竜太
	挑戦的萌芽研究	可搬小型中性子源による低線量率ががん治療	小西哲之
	挑戦的萌芽研究	表面バズル化反応を用いる炭素ナノベルトの創成	坂口浩司
	挑戦的萌芽研究	ベクトルポテンシャルと電子ボルテックスビームとの相互作用の探索	紀井俊輝
	挑戦的萌芽研究	細胞の外と内とで蛋白質捕捉活性がオプからオンに切り替わる機能的 RNA の創製	片平正人
	若手研究(A)	超短パルス電子ビームを用いた新奇 THz 自由電子レーザー発生手法の研究	全 炳俊
	若手研究(A)	極限ナノ物質の複合化による新奇創発量子物性の誘起とその応用	宮内雄平
	若手研究(A)	DNA ナノリアクターで構築する高効率な人工光合成システム	中田栄司
	若手研究(B)	転写抑制とテロメア長短縮に寄与する TLS 蛋白質-非コード核酸相互作用の解析	近藤敬子
	若手研究(B)	非対称エッジ修飾グラフェンナノリボンの精密合成	中江隆博
	若手研究(B)	Development of new method or screening anti cancer drugs that target to poisoimerases by using DNA origami	Arivazhagan Rajendran
	若手研究(B)	強度因子の異なる欠陥が混在する組織における材料強度評価モデルの構築	藪内聖皓
	特別研究員奨励費	原子層ヘテロ構造の光科学と太陽電池応用	松田一成
	特別研究員奨励費	RNA 基質結合場に非天然型活性中心を導入する新しい酵素作製原理の開発	田村友樹
	特別研究員奨励費	モデル規範形適応制御の過度応答性改善に関する研究とその核融合炉制御への応用	武田秀太郎

## 受託研究

年度	委託者	研究課題	研究者
2016	新エネルギー・産業技術総合開発機構	ポータブル核分裂物質非破壊検知装置によるテロ対策インフラ強化	増田 開
	科学技術振興機構	平成28年度「日本・アジア青少年サイエンス交流事業(さくらサイエンスプラン)」	大垣英明
	科学技術振興機構	溶融塩電解還元および化学還元を利用した高純度シリコン材料の創製	野平俊之
	科学技術振興機構	溶融塩中における電解還元・化学還元を用いたガラス固化体からの LLLFP 回収プロセスの開発(1)	野平俊之
	科学技術振興機構	NMR による植物包括精密構造分析法の開発	片平正人
	科学技術振興機構	芳香族モノマー GHP/SHP 生産用高活性酵素の開発:NMR を用いた構造生物学的的手法による酵素の高度化	片平正人
	日本学術振興会	極短パルス電子ビームによる CSR 及び自由電子レーザーに関する研究	大垣英明
	量子科学技術研究開発機構	電子サイクロトロン周波数帯ミリ波の非吸収パワーの評価方法に関する検討	長崎百伸
	日本原子力研究開発機構	改良ステンレス鋼製燃料被覆管の製造・加工・品質検査技術に係る基礎試験及び基礎データ整備	木村晃彦
	原子力環境整備促進・資金管理センター	炭素鋼の脆化予測モデルの構築	森下和功
	電力中央研究所	陽極におけるヨウ素・臭素発生挙動把握と回収方法検討	野平俊之
	北海道大学	超高温用 ODS フェライト鋼被覆管の開発・製造	木村晃彦
	(株)アドバンテス	電子銃周辺空間電荷効果計算	増田 開

## 民間等共同研究

年度	共同研究機関	研究課題	代表者
2016	核融合科学研究所	双方向型共同研究	水内 亨
	住友電気工業(株)	溶融塩を利用した金属電析に関する共同研究	野平俊之
	量子科学技術研究開発機構	原型炉の初期装荷トリチウム調達シナリオの検討	小西哲之・笠田竜太
	量子科学技術研究開発機構	SiC 材料のリチウム鉛共存性評価に関する研究	小西哲之・笠田竜太
	量子科学技術研究開発機構	SiC/SiC 複合材料の照射下強度予測のための SiC の動的照射特性評価	榎木達也
	量子科学技術研究開発機構	超微小試験による低放射化フェライト鋼の延性劣化評価	笠田竜太・小西哲之
	量子科学技術研究開発機構	二重イオンビーム照射法による低放射化フェライト鋼溶接部の核融合模擬環境下照射硬化データベースの構築	木村晃彦・藪内聖皓
	(株)京都マテリアルズ	社会インフラの長寿命化に資するさびの構造解明	木村晃彦
	電源開発(株)	石炭の低温酸化メカニズム解明に関する研究	大垣英明

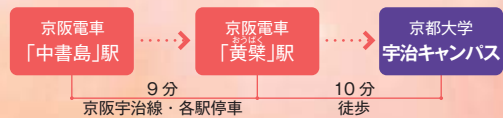


▶ ACCESS

① JR利用の場合



② 京阪電車利用の場合



▶ INFORMATION(お問い合わせ)



京都大学エネルギー理工学研究所  
Institute of Advanced Energy, Kyoto University

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄  
TEL.0774-38-3400 FAX.0774-38-3411  
e-mail:office@iae.kyoto-u.ac.jp