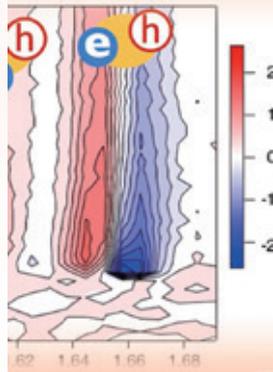


京都大学

エネルギー理工学研究所

Institute of Advanced Energy

Kyoto University



2018



<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、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（3研究分野を含む）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	24
附属エネルギー複合機構研究センターの概要	25
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	27
プロジェクトの概要	28
研究施設	33
教育・社会活動	37
国際交流	39
データ	41

研究所の理念と目標

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ことを設置目的とし、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とともに、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。

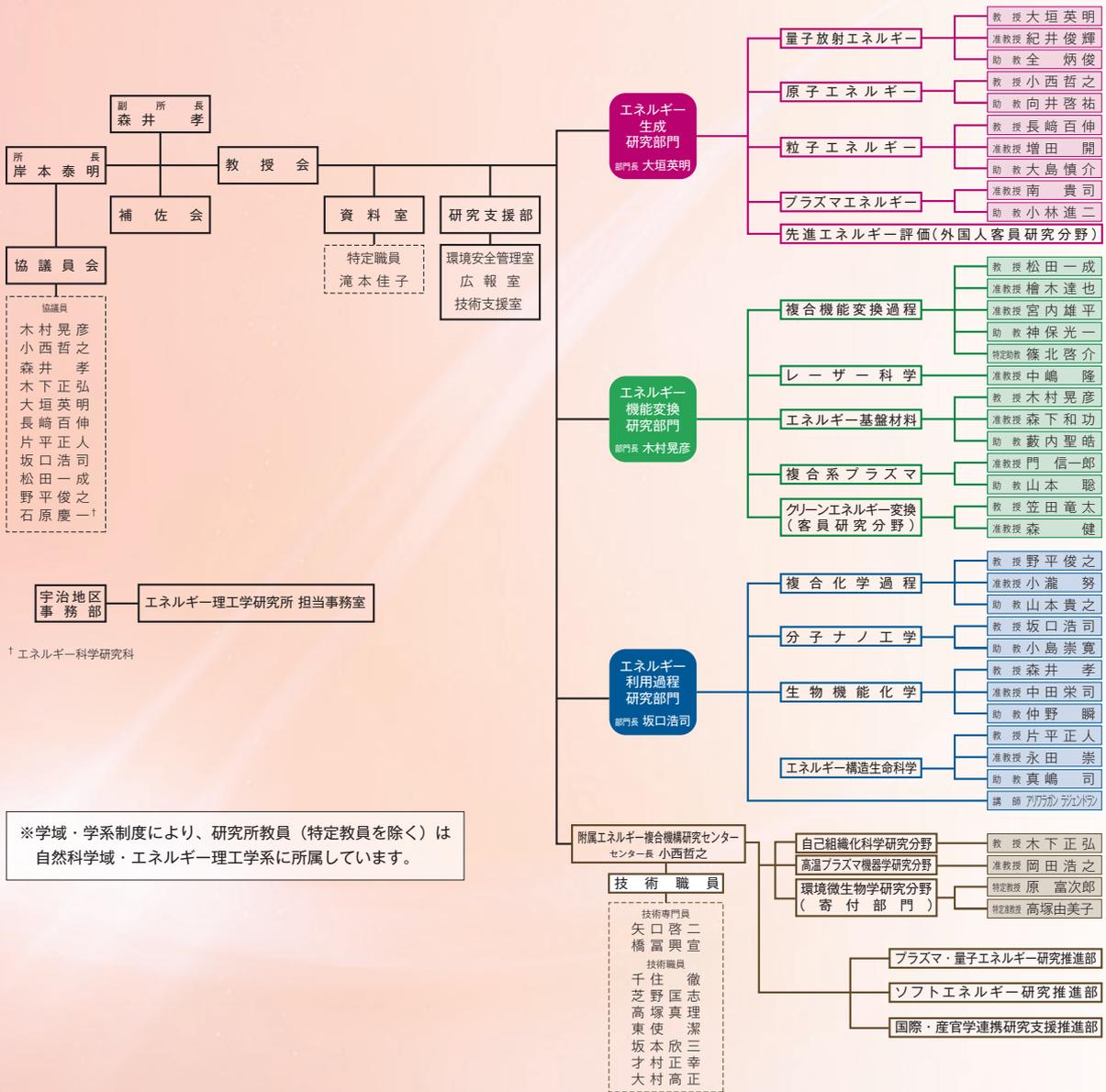
中期目標

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。

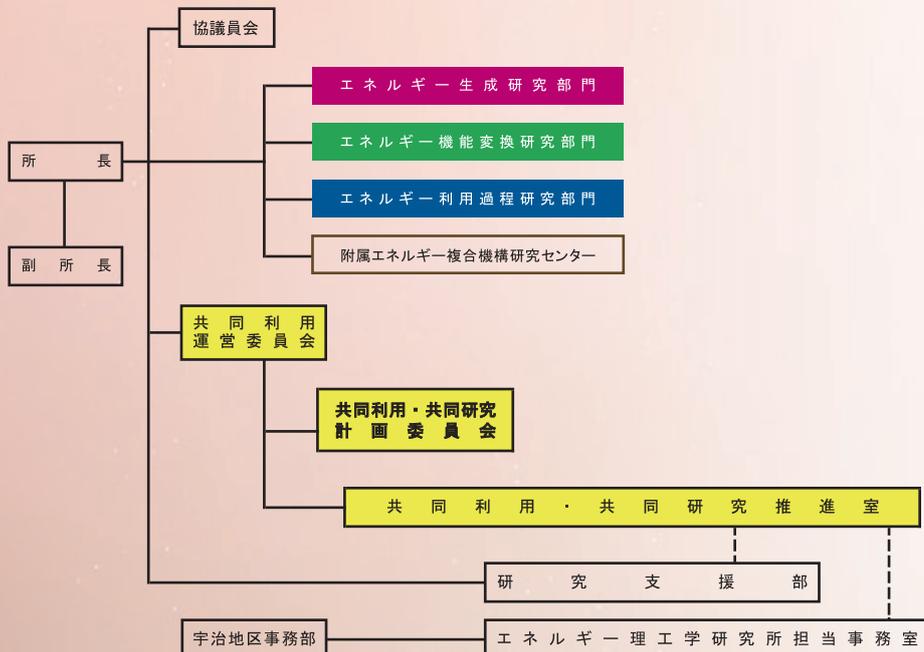
- (1) 研究所重点複合領域研究として、プラズマ・量子エネルギー複合領域研究、ならびにソフトエネルギー複合領域研究を推進し、ゼロエミッションエネルギーに関する学術基盤の構築・展開を図る。
- (2) 共同利用・共同研究拠点「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」活動、国際共同研究・国際連携活動の強化・推進を通じ、国内外の研究者・研究機関との連携を深め、地球規模のエネルギー問題に対応できる国際的なエネルギー理工学研究ネットワークのハブ機能を強化する。
- (3) ゼロエミッションエネルギー領域における指導的研究者・技術者等の人材を育成するとともに、学生等の教育を行う。
- (4) 研究成果の積極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、そしてロスな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

研究所の戦略的横断的研究の中核的施設として、大規模研究設備を用いた、所内外の共同研究をプロジェクト的に遂行するセンターです。プラズマ・核融合エネルギーを指向する研究を中心に行うプラズマ・量子エネルギー研究推進部、自然界のエネルギー変換に学び革新的な材料やシステムの創出を目指すソフトエネルギー研究推進部、および国際協力や産官学連携の推進を展開する国際・産官学連携研究支援推進部を構成し、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研究領域として、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です。

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。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、現在は「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、研究所の特長であるとともに、研究所の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、核管理・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、更には低品位炭およ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。



教授 大垣英明



准教授 紀井俊輝

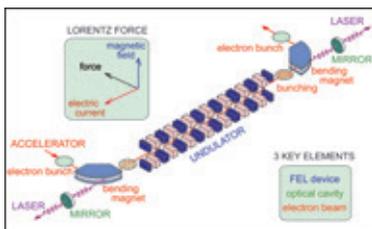


助教 全 炳俊

量子放射エネルギーの発生と利用

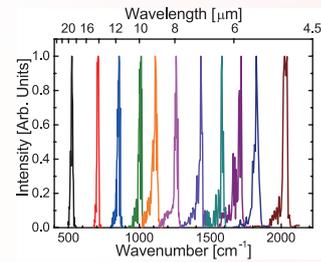
本研究分野では、高エネルギー電子ビームを用いた新量子放射エネルギーの発生と利用の研究を行っています。代表的な新量子放射エネルギーである自由電子レーザー（Free Electron Laser : FEL）は、加速器からの高輝度電子ビームと光ビームとの相互作用を応用した波長可変、かつ、大出力、高効率なコヒーレントなレーザーで、次世代の光源として期待され、西播磨ではX線領域のFEL 施設が稼働開始しています。本研究分野では、宇治キャンパスに独自の中赤外領域の小型自由電子レーザー施設：KU-FEL を完成させました。この施設は電子を40 MeV まで加速可能な直線加速器を使用し、2008年3月に波長12.4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

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、本研究分野では、安全安心な社会に貢献する核管理・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た同位体CTの開発研究等を行うとともに、独自のバルク高温超伝導体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 放射の開発研究を行っています。



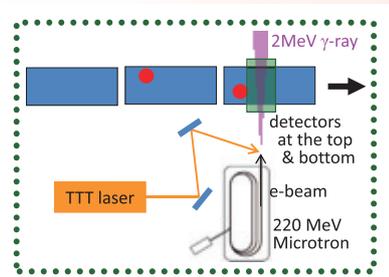
自由電子レーザー発生の概念図

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36MeV まで変化させることにより、レーザー波長を3.6から25 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1%（半値幅）程度です。



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。



教授 小西哲之



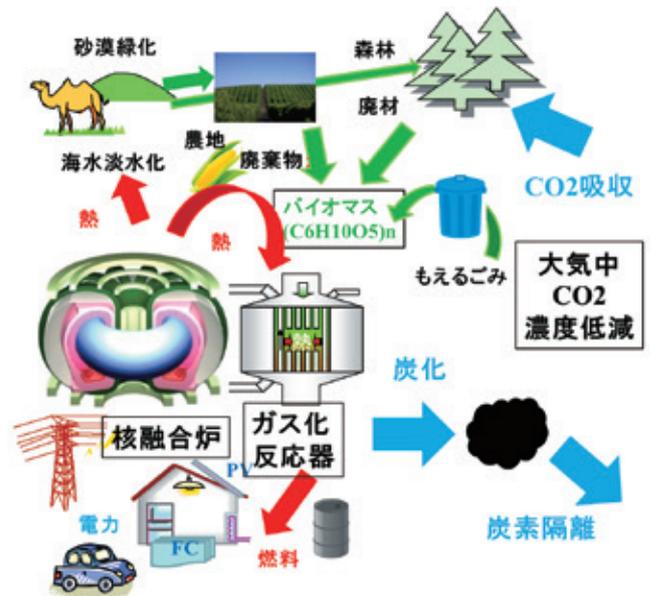
助教 向井啓祐

核融合エネルギーシステムの研究、開発、設計と評価

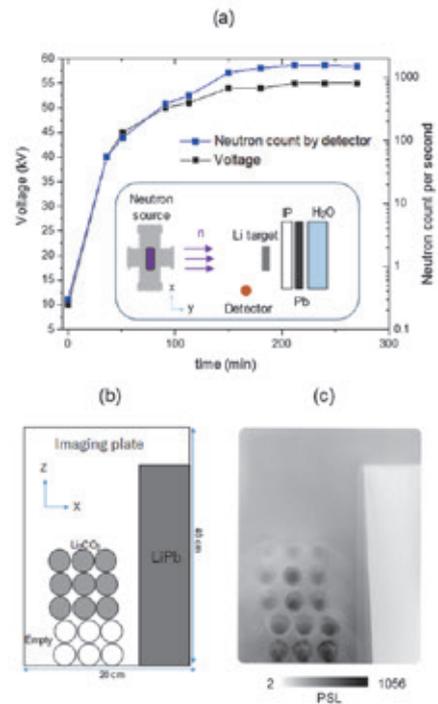
地球環境と人類の持続可能な発展の問題を世界規模で根本的に解決する未来のエネルギー源として、ゼロエミッションエネルギーシステムを研究しています。本研究分野では、先進的な核融合エネルギーシステムを設計、開発する一方、社会、環境との関係で総合的に評価しています。実際の核融合反応からビーム中性子を発生させる新しい方式を開発する一方、そのエネルギーを変換する先進ダイバータやブランケットのシステム・材料開発、燃料として用いるトリチウムの炉内での自給、また環境影響をゼロに近づけるための挙動の研究、エネルギー利用として、バイオマスからの水素や合成燃料の製造法、電力システム、そしてシステム設計や社会への影響評価など、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。

小型中性子源による核融合ブランケットの模擬試験

核融合炉のブランケットは、核融合反応で発生した中性子を有効に利用して、燃料を増殖しなければなりません。このために、世界で唯一のブランケットの材料・システムを統合した模擬体系での、中性子束の実験的な評価体系の構築を進めています。このために、当研究室で開発した中性子源を模擬体系中に組み込み、中性子をイメージングプレート (IP) で空間的に測定するという独創的なシステムで実験を行っています。



バイオマス核融合ハイブリッドの概念



中性子源、模擬体系とイメージングプレート (IP) による核融合ブランケットの実験

(a) 実験系と中性子発生、(b) リチウムを用いたターゲットと IP、(c) 得られた中性子像。

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。



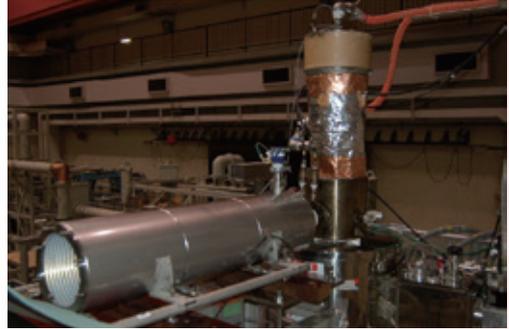
教授 長崎百伸



准教授 増田 開



助教 大島慎介

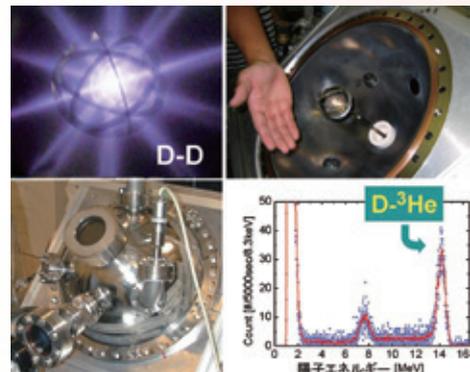


高パワーマイクロ波源「ジャイロトロン」

ガウス分布形状の70GHz500kW 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。

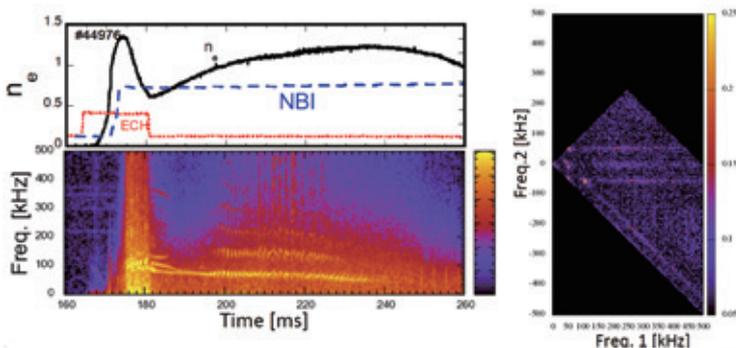
電磁波・粒子ビームによる 先進エネルギーの開発

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を進めています。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 $D-^3He$ 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。



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起し、中性子を発生させます。 $D-^3He$ 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。



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ず。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したプラズマエネルギー応用を開拓するプラズマの生成・計測・制御に関する研究を行っています。



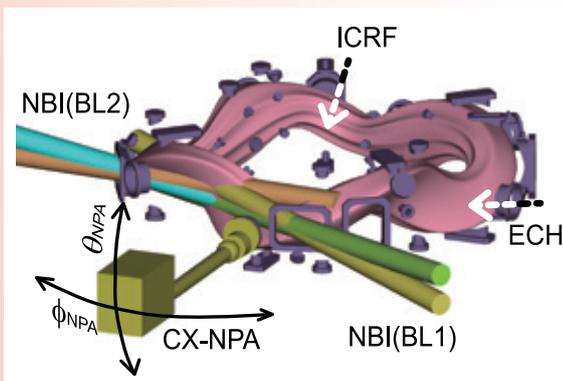
准教授 南 貴司



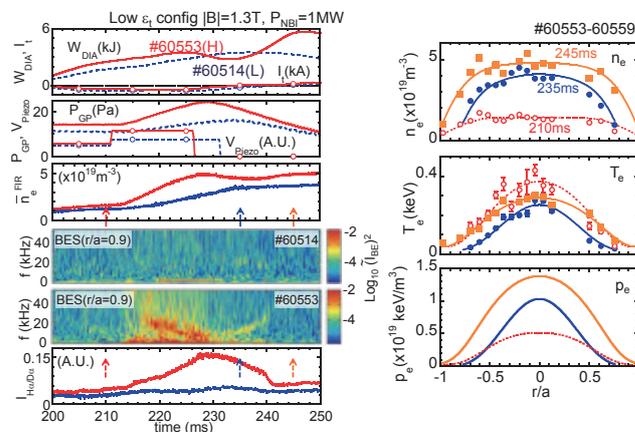
助教 小林進二

プラズマ生成・計測・制御手法の開発が拓くプラズマ高性能化

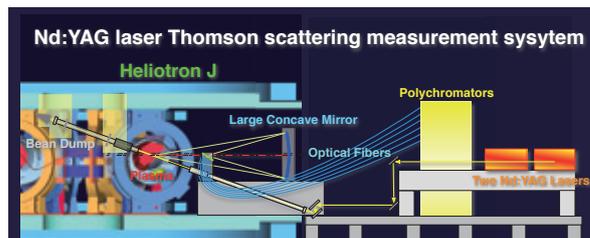
核融合エネルギー実用化を目指した核融合炉をはじめ、プラズマのエネルギー応用の未来を開拓する、超高温プラズマの生成・計測・制御に関する研究を行っています。より高い性能を持ったプラズマを得るためには、プラズマの熱・粒子・運動量の輸送を制御する必要があります。具体的にはプラズマを閉じ込める磁場配位の最適化、プラズマ加熱、燃料ガス等の給排気、およびプラズマを取り囲む容器壁材料との相互作用の制御等が必要です。高電圧・大電流イオン源を用いた中性粒子ビーム入射を用いた加熱研究において、プラズマを高温・高密度化するだけでなく、運動量・電流駆動を制御するアクチュエーターとして積極的に利用することで輸送を制御し、より好ましいプラズマ閉じ込めの状態を作り上げる手法を開発しています。加熱制御に加え新しい燃料ガス供給法を取り入れることで、プラズマの高密度化を目指した研究を進めています。高密度化にはプラズマと容器壁材料との間の領域、いわゆる境界プラズマが深く関わっており、境界プラズマの物性の理解を進めています。また、熱・粒子・運動量の輸送を理解するために、計測機器の開発を行っています。具体的にNd:YAG レーザートムソン散乱法、荷電交換再結合分光法、ビーム放射分光法等をヘリオトロンJ装置に適用し、プラズマの密度・温度・流速やそれらの揺らぎの時間的・空間的な分布の発展を計測しています。近年、プラズマの乱れた揺らぎ（乱流）と輸送との関連性に注目が集まっています。上述の加熱・粒子補給・境界プラズマの制御を複合的に捉え最適化することでプラズマ分布を制御し、閉じ込め性能が改善されることがわかってきており、乱流との関連性を実験的に明らかにする研究に取り組んでいます。



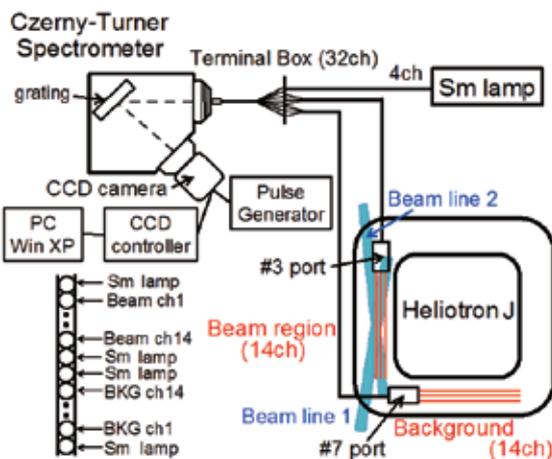
大電力イオン源を用いた中性粒子ビーム入射システム
中性粒子ビーム入射装置は2つのビームライン (BL1, BL2) で構成され、最大入射電圧・入射パワーはそれぞれ3万ボルト・70万ワットです。



新しいガス供給制御法の適用によるプラズマ運転領域拡大
プラズマへの燃料ガス供給法に新しい手法（高強度短パルスガスバフ法 HIGP）を取り入れることで、周辺部における高い密度勾配を持った高密度 H-mode プラズマの生成に成功し、運転領域を拡張することができました。



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



プラズマ中のイオン温度・フロー速度計測のための荷電交換再結合分光装置の概略図

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。



教授 松田一成



准教授 檜木達也



准教授 宮内雄平



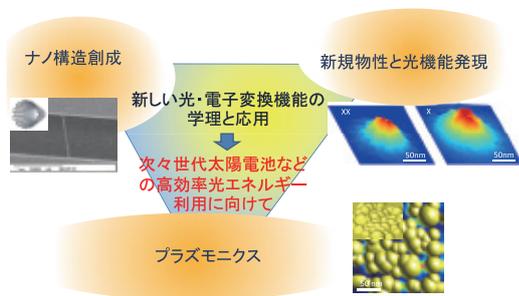
助教 神保光一



特定助教 篠北啓介

1) 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

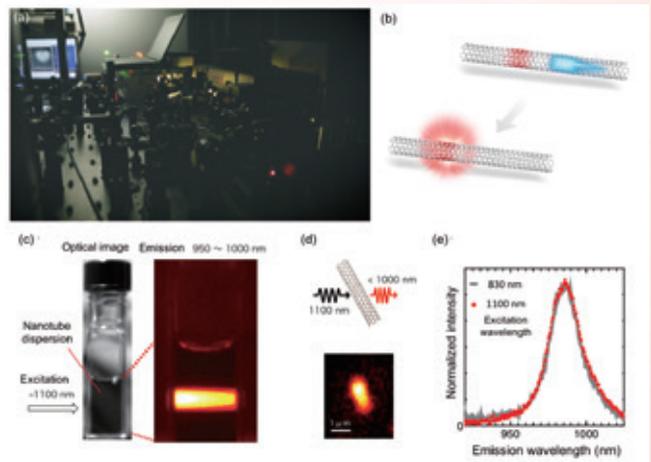
現在、持続的な社会の実現に向け太陽光を含む光エネルギーの高効率利用が求められています。それらの要求に対して、ナノ材料・ナノ複合材料は高いポテンシャルを有しています。そこで、ナノサイエンスに基づく新たなナノ材料創成とその物理的性質（物性）の理解が必要です。そのために、ナノ材料（カーボンナノチューブやグラフェン、半導体・金属ナノ粒子、またその複合材料）で起こる物理的な量子過程（物性）についてレーザーを用いた先端光学手法を駆使して明らかにし、次々世代の高効率太陽電池などに向けた新しい光エネルギー利用のための高効率光・電変換の学理追求や新しい光機能性創出の研究を進めています。



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。

2) ナノ物質の光物性解明と光機能応用

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、極限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、原子層半導体などの光物性・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、さらにそれらを効率の良い光電変換技術や、エネルギー消費のとても少ない情報処理技術、医療や生物学研究に役立つ新しい観察手法などの実現につなげていくための学理の開拓を進めています。

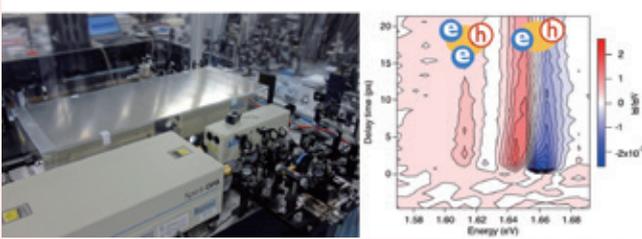


光学実験風景 (a)、人工的に局在状態を導入したカーボンナノチューブにおける励起子ダイナミクス制御の模式図 (b)、カーボンナノチューブのアンサンブル試料のアップコンバージョン発光画像 (c)、入射光と発光波長の関係 (d 上段)、単一ナノチューブの顕微発光画像 (d 下段)、(e) 単一カーボンナノチューブのストークス発光とアップコンバージョン発光スペクトルの比較。

3) 原子層物質における超高速現象の解明

炭素一層からなるグラフェンをはじめとする原子層物質は特異な量子状態を示すことから、従来の半導体では達成が困難な新規な機能性や応用が期待されています。我々はこれまで、スピン自由度と波数空間でのバレー自由度（バレー擬スピン）が結合した原子層物質である二次元遷移金属ダイカルコゲナイド（ MX_2 ; $M=Mo, W, X=S, Se, Te$ ）において、フェムト秒レーザーを用いた超高速分光手法を軸に実験的側面からの研究を進めてきました。具体的には、電子正孔対（励起子）や荷電励起子の超高速生成緩和メカニズムの解明に加えて、電界効果トランジスタ構造を用いて光学特性の制御を達成しました。現在は、二次元遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるバレー擬スピン現象の解明およびその制御を目指して研究を進めています。

複合機能変換過程研究分野

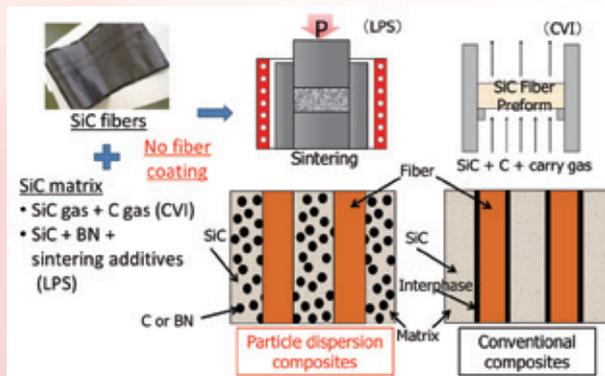


フェムト秒レーザーを用いた超高速分光実験装置（左図）と原子層物質の超高速キャリアダイナミクス（右図）

高繰り返しフェムト秒レーザーを基に構築した実験装置を駆使することで、数百フェムト秒の時間分解能で原子層物質からの微弱な光学応答を測定することができます。右図が実際に超高速分光システムを使って測定した二次元遷移金属ダイカルコゲナイド MoSe₂ の超高速光学応答です。電子 (e) と正孔 (h) からなる励起子と荷電励起子の生成および緩和ダイナミクス等のさまざまなダイナミクスを観測することができます。

4) 先進エネルギー用セラミックス材料の開発

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、従来にない優れた耐環境特性を持つ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、OECD 等の研究機関とも共同で研究開発を行っています。

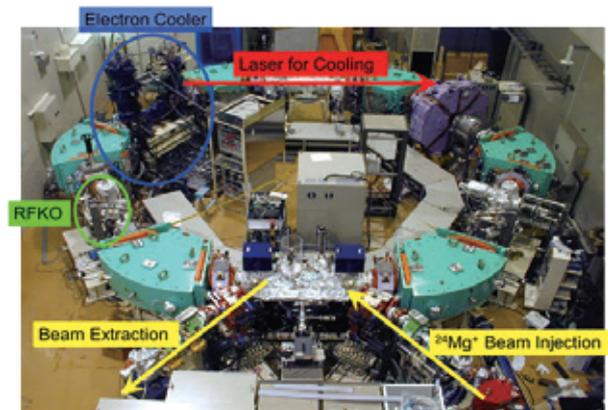


粒子分散 SiC 複合材料の開発

従来の SiC 複合材料は繊維と母材の間に界面相が必要でしたが、酸化等の耐環境特性の観点で弱点でした。マトリックスに SiC との結合の弱い粒子を添加することにより耐環境特性を大幅に改善した材料の開発を行い、実用化研究を進めています。

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

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 (²⁴Mg⁺) 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 3s²S_{1/2} → 3p²P_{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・ベ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 メーターで 6 重の対称性をもつ。

レーザー科学研究分野

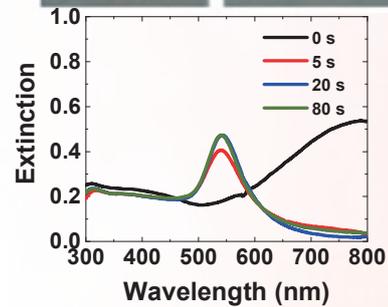
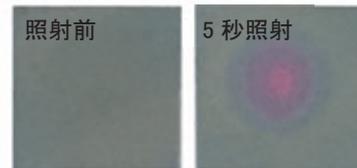
(レーザー) 光は、物質に接触することなくエネルギーを与えたり、または逆に物質の内部情報を読み取ることができます。このようなレーザーの特性を最大限に利用して、ナノ材料の創成や各種ダイナミクスの分析を含めた光応答の研究を行っています。



准教授 中嶋 隆

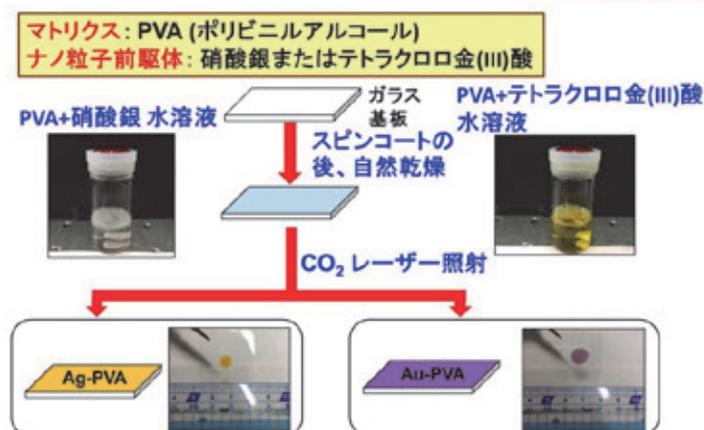
レーザーを用いたナノ材料の高速その場創成と各種ダイナミクスのその場分析

薄膜材料は様々な分野で活用されていますが、各種薄膜材料の積層化、あるいはナノ複合材料化（薄膜材料中へのナノ粒子の添加）により、機械強度、電気特性、熱特性、光学特性などの特性を改善したり、さらには新しい機能を付加することもできます。精密に積層化された平滑な薄膜は高い機能を有していますが、ナノ構造化ができれば新機能の発現も期待できます。また、ナノ複合薄膜も添加するナノ粒子の種類によって異なる機能が強化・発現されますが、薄膜材料内にナノ粒子を高い密度で均一分散させるには、薄膜材料の中でナノ粒子を生成させる「その場創成」と呼ばれる手法が適しています。レーザーを用いれば、上に述べたようなナノ構造化やナノ複合材料化を高速かつ簡便に実現することが可能です。創成した材料の特性を電子顕微鏡や原子間力顕微鏡、X線回折装置などの既存の分析装置で行いつつも、創成ダイナミクスをレーザーによってその場分析する手法の開発にも取り組んでいます。



金薄膜の高速ナノ構造化

出力6Wのレーザーを厚さ5nmの金薄膜に数秒間照射するとナノ構造化によって膜の色が紫色となり(上図)、それに伴いスペクトルも変化する(下図)。



有機系ナノ複合膜の高速その場創成

ナノ粒子前駆体を含んだ有機系薄膜に出力1Wのレーザーを約10秒間照射すると、膜中に金属ナノ粒子が生成してナノ複合膜化が起こります。

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。



教授 木村晃彦



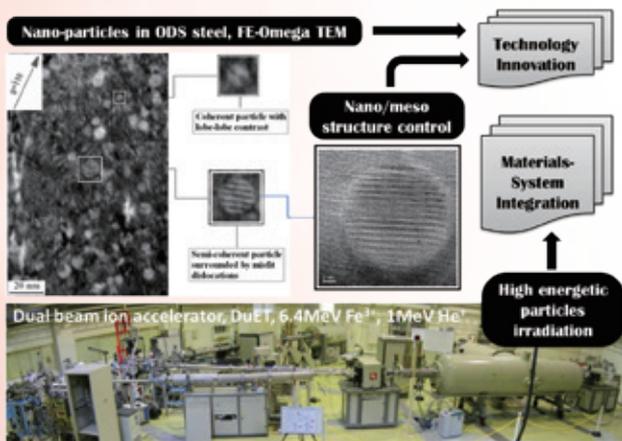
准教授 森下和功



助教 藪内聖皓

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

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。

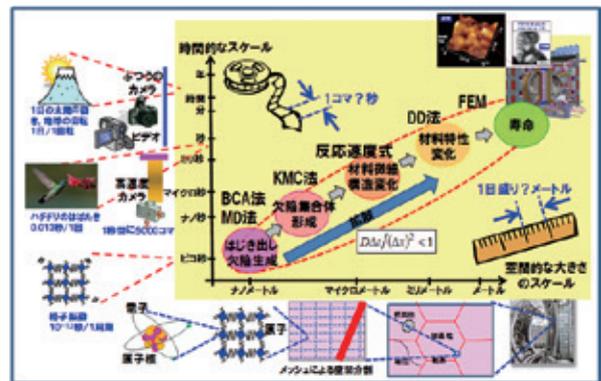


材料ナノテクノロジー開発研究と2重ビーム加速器 (DuET)

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

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。

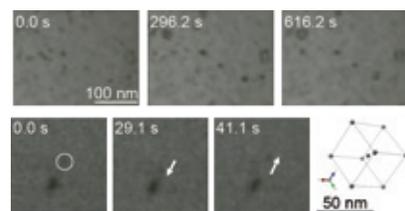


放射線照射による材料内の損傷プロセス

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ことが必要です。

金属材料中の格子欠陥挙動の解明

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

粒子集団および波動媒質の性質をあわせもち、様々なスケールの現象が複合的に支配する魅力的なプラズマの世界の解明、応用を目指します。



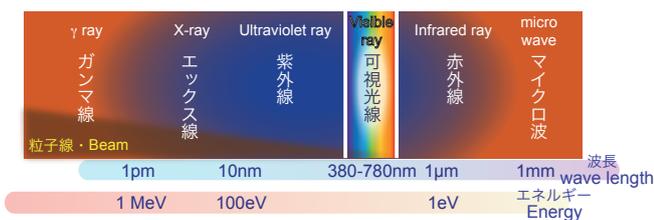
准教授 門信一郎



助教 山本 聡

「水素同位体の核融合反応により質量からエネルギーを取り出して発電に利用する」制御熱核融合は豊富な資源、小さな環境負荷、核拡散抵抗性などの観点で有用な将来のベースロード電源になり得ると考えています。その実現にはプラズマを磁場で高温高密度に閉じ込めるための研究が大きな役割を担っています。

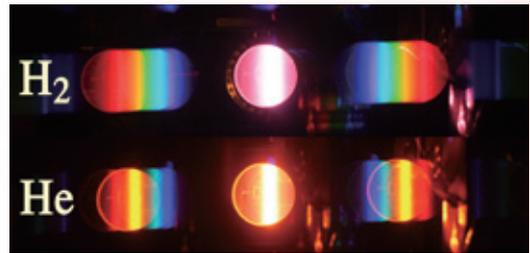
主に気体を電離させて生成される「プラズマ」は電子・イオンからなり集団運動をしている物質状態（物質第4の状態）で、宇宙の既知の物質のうち99%以上はこの状態にあります。プラズマの研究は、その粒子的な特徴が強く現れる側面においては個々の粒子のエネルギー分布や磁場中の軌道などがターゲットとなります。一方、流体としての性質が色濃く現れる側面では不安定性や乱流現象を見出すことがテーマとなります。本研究分野では、ヘリカル型プラズマ実験装置「ヘリオトロンJ」において、そのような複合的な側面をさまざまな計測によって可視化したり、シミュレーションで再現したりして解明します。さらには、磁場構造や加熱、粒子補給の諸条件を外部から積極的に変化させプラズマの粒子や光、波動の応答を観測し、制御することにより、プラズマの閉じ込め性能の向上を目指します。



光（電磁波）は加熱・制御・計測といったプラズマ研究の様々な場面で活躍し、本研究分野では、赤外線からX線までの広範囲にわたるプラズマからの電磁波放射計測により、複合系プラズマの物理機構解明を進めています。

プラズマの本性を光で探る

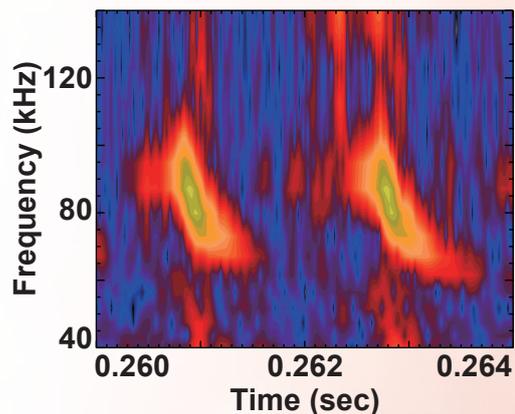
プラズマが発する光は密度、温度、イオン種、ゆらぎ、など多くの情報を有しており、プラズマの時間・空間的な振る舞いを調べるのに有効です。敵（プラズマ）を知り、己（計測法、データ解析手法）を知ることで、誰も見たことのないプラズマの本性を攻め取ることができると信じています。



元素や電離状態によってかわるプラズマのスペクトル像
簡易な分光フィルムを通して肉眼で観測しても水素プラズマ（H₂）とヘリウムプラズマ（He）とのスペクトルの違いがよくわかります。高感度・高分解能分光器により得られるプラズマの情報は膨大です。

揺動制御・抑制による磁場閉じ込めプラズマの高性能化

高温プラズマ中に現れる種々の揺れ（揺動）を制御・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。そ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も興味深い現象に起因したのもあり、それら物理現象の解明を目指した研究をプラズマ実験と数値シミュレーションにより進めています。



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ねじ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ことを示す実験結果。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ます。

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。



教授 野平俊之



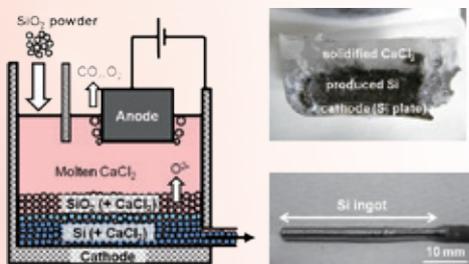
准教授 小瀧 努



助教 山本貴之

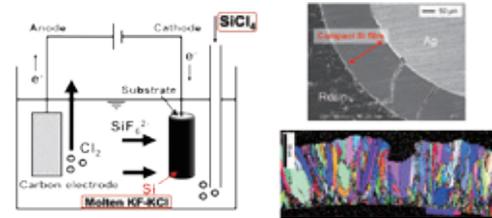
熔融塩電解を用いた新しい太陽電池用シリコン製造法の開発

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_2 ）の段階であれば比較的簡単に除去できることに注目し、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熔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100~200 μm 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）が大きめという課題があり、また、その後のセル製造工程も複雑です。そこで、我々は、熔融塩電析法により、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_4 を用いることに取り組んでいます。



熔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、熔融 CaCl_2 中で粉末 SiO_2 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）。

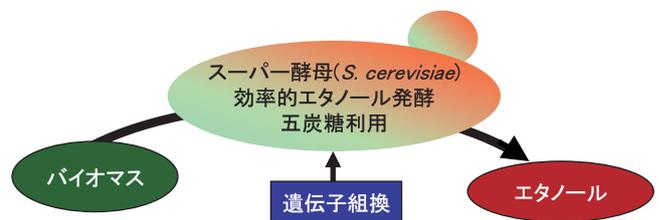


熔融塩電析による新しい太陽電池用結晶性シリコン膜製造法

我々は、熔融 KF-KCl 中で SiCl_4 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

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、食物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。



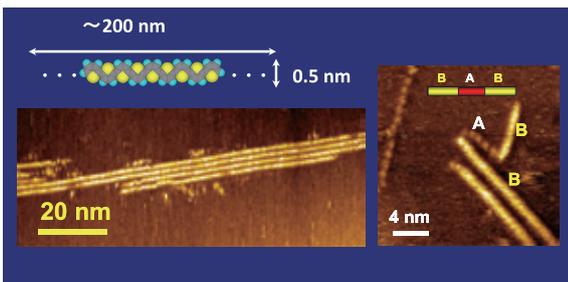
教授 坂口浩司



助教 小島崇寛

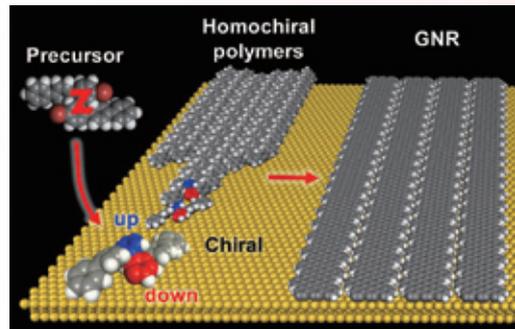
分子ナノサイエンス・テクノロジーの研究

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、本研究分野で開発された、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。

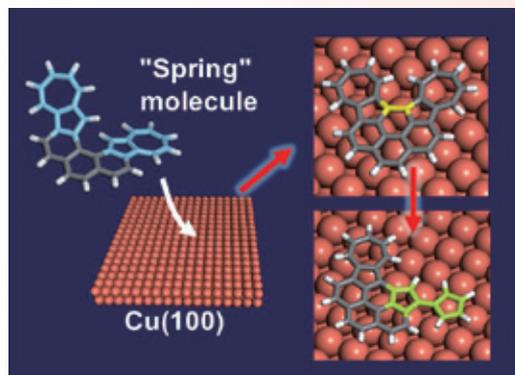


導電性高分子の1分子細線

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。



生物模倣した新触媒反応を用いる機能性炭素細線合成
設計したZ型前駆体のキラル変形、自己組織化、ホモキラル重合、脱水素縮環により GNR の合成に成功した。



金属表面で分子を曲げて骨格を変える新・有機合成法
設計したバネ型分子の歪みエネルギーを利用して超伝導などに用いられる機能性構造であるフルバレン骨格変換に成功した。



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。

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。



教授 森井 孝



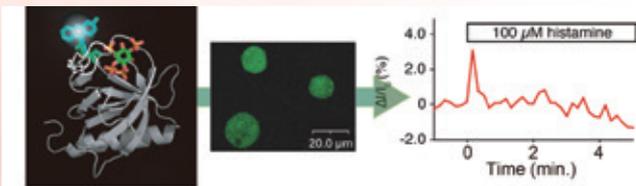
准教授 中田 栄司



助教 仲野 瞬

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

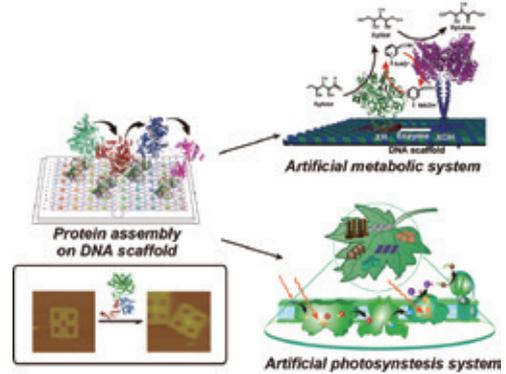
生物は、太陽光エネルギーを利用した植物の光合成で生産される化学エネルギーを、タンパク質・核酸・酵素などの生体高分子が利用して、生命活動を維持しています。これらの生体高分子やその複合体は、常温・常圧・水の中という温和な条件で、物質変換・運動・センシングをはじめとする機能を発揮して、高効率に化学エネルギーを利用しています。「分子認識」、「触媒」、「ナノ構造形成」、「太陽光エネルギー変換」などの、生物のエネルギー利用原理をささえる機能を発揮する生体高分子を、細胞の外でも使えるように新たに創り出すことで、有効に化学エネルギーを活用するためのクリーンで高効率なエネルギー利用システムが実現するはず。最小限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_3 production in the single cells

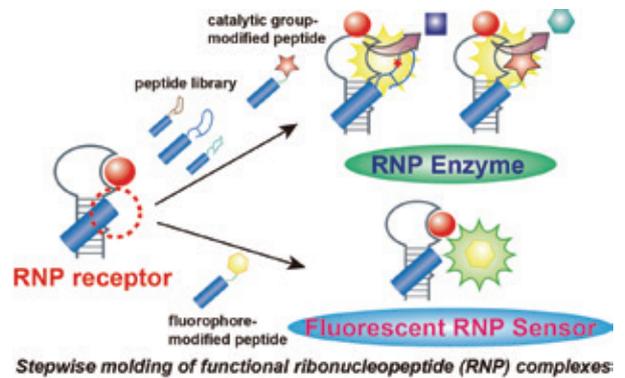
リセプタータンパク質を用いた細胞内蛍光センサーの創製

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。



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作製します。

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、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。



教授 片平正人



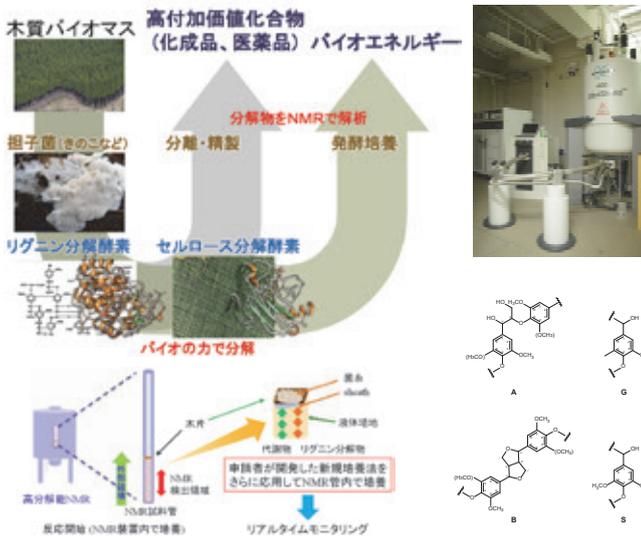
准教授 永田 崇



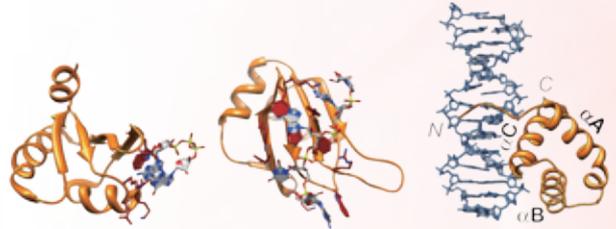
助教 真嶋 司

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

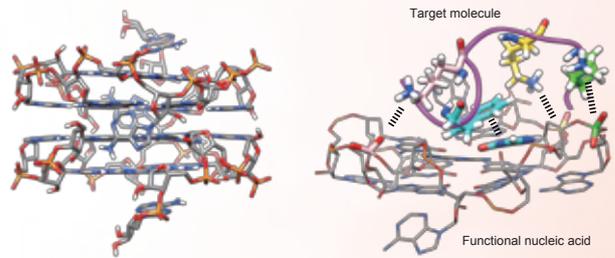
バイオマスおよびバイオ分子に関し、NMR法を用いた構造生物学的なアプローチにより、事象を原子レベルの分解能で理解することを行っています。一例としてプリオン病を引き起こす蛋白質を機能性RNAが捕捉するメカニズムを明らかにしました。新しい方法論の開発も行っており、抗HIV活性を有する酵素に関し、ウイルスDNAの塩基を改変・無意味化する反応をNMRを用いて実時間で追跡する手法の開発に成功しました。目下、非可食性木質バイオマスからエネルギーおよび各種化成品の原料となる有用物質を取り出すことを行っており、最終的には石油リファイナリーからバイオリファイナリーへのパラダイムシフトを見据えた研究を行っています。



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。



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)。



バイオ分子の分子認識
機能性核酸の立体構造(左)と、それが標的バイオ分子を認識して結合する様式(右)。

エネルギー利用過程研究部門

DNA ナノ構造体を利用して、位相を制御した超分子集合体を構築します。そのような集合体を利用することで、分子スイッチやモーターや論理素子などの機能性材料の構築を目指します。



講師

アリワラン ラジェンドラン

DNA ナノテクノロジーを駆使して機能性ナノ構造体を創造する

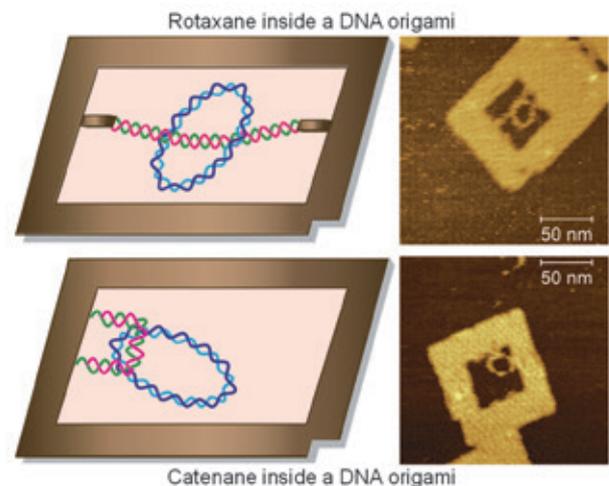
DNA は単に遺伝情報を伝達するためだけでなく、ナノ材料として大変魅力のある分子です。DNA が持つ高い分子認識能と自己集合能を利用してボトムアップ的手法により作製できるナノサイズの構造体が非常に注目されています。これまでに、DNA オリガミ法により作製した DNA ナノ構造体をさらに自己組織化させることで、マイクロメートルサイズの構造体を作製してきました。これらの構造体は、さまざまな生体分子と組み合わせることにより新しい機能性デバイスとしての利用が期待できます。

現在、同じエネルギー利用過程研究部門の生物機能化学研究分野 森井 孝 教授らと、韓国の Ewha Womans University の Youngjoo Kwon 教授らの研究グループと共同で、DNA ナノ構造体を利用して位相を制御した超分子集合体を構築し、その特徴を生かした機能性材料を構築することを目指した研究をおこなっています。これまでも位相を制御した構造体が、DNA や DNA ナノ構造体の自在な成形成能を利用して創られました。例えば、大環状の分子の穴を棒状の分子が貫通したロタキサン構造や2つ以上の大環状の分子の輪が絡み合ったカテナン構造なども DNA ナノ構造体を利用して作り出されてきました。しかしながら、これまでの研究は、ロタキサンやカテナン構造を作製することに注視しており、ロタキサンやカテナン構造の機能については、ほとんど注目されてきませんでした。

最近我々は、DNA ナノ構造体のフレーム内で、DNA を利用してカテナン構造やロタキサン構造を作製することに成功しました。このような構造体は、生体内で DNA の位相構造を変化させる酵素の機能評価に利用できると考えられます。DNA トポイソメラーゼは、位相の異なる DNA 構造体を変換する酵素で、生体内の様々な機能に関与していることが知られており、抗がん剤や抗生物質のターゲットとして注目されています。しかしながら、DNA トポイソメラーゼの阻害剤の作用機序は多様で、阻

害剤がどの過程をどのように阻害することができるのかを詳細に調べることが必要です。DNA ナノ構造体のフレーム内に構築したカテナン構造やロタキサン構造の DNA を DNA トポイソメラーゼの基質として利用すると、これまでは観測できなかった阻害剤の作用機序を評価することができると考えています。

現在、我々は DNA ナノ構造体上に構築したカテナン構造 DNA やロタキサン構造 DNA にトポイソメラーゼが作用する過程を、高速原子間力顕微鏡 (HS-AFM) を用いた1分子観測により、詳細に観察することを目指しています。そして阻害剤が、多段階の反応機構のどの過程に関与するのかを区別して観測することを目指します。その上で、より効果的な DNA トポイソメラーゼ阻害剤のスクリーニングに応用することに取り組めます。



DNA オリガミフレーム内に構築されたロタキサン構造 DNA (上) とカテナン構造 DNA (下) のイメージ図 (左) と AFM 画像 (右)

自己組織化科学研究分野

生体系における分子レベルの種々の自己組織化・構造形成過程を同じ理論的枠内で統一的に解明する研究と取り組んでいます。



教授 木下正弘

(1) 物質複合系の非線形挙動および高機能発現機構に関する研究

物質は、他の物質と接触しあって、あるいは互いに混じりあって初めて高い機能を発揮します。複数の異なる物質要素で構成された系を物質複合系と呼び、生体系・コロイド分散系・固液接触系などが該当します。物質複合系では、それを構成する各々の要素の挙動の重ね合わせでは到底表現できない、全く想像もつかない高度な挙動が発現し得ます。その研究は新たなテクノロジーの開拓や新機能性材料の開発に結び付きませんが、別々に進展し体系化されてきた複数の異分野の統合を必要とし、分野間の垣根を越えた共同研究体制を組んで初めて円滑に進めることができます。本研究分野では、固体物理学・電気化学・構造生物学などの専門家と協力し、金属-電解質水溶液界面の構造と性質、表面誘起相転移を利用したナノ空間内化学反応の劇的加速、RNA-蛋白質の認識機構、G蛋白質共役型受容体(GPCR)に代表される膜蛋白質の耐熱化をもたらしアミノ酸置換の理論的予測などと取り組んでいます。



(2) 生体系における自己組織化および秩序化過程の統一的理解

生体系における種々の自己組織化（蛋白質の折り畳みと高次構造形成など）や秩序化過程（複数のタイプの分子認識、ATP駆動蛋白質の機能発現の基本となるF-アクチン上のミオシンの一方方向移動やF₁-ATPase中のγ-サブユニットの一方方向回転など）に対し、共通して見られる温度および圧力依存性、共溶媒および塩の添加効果に着目し、それらを横断的・統一的に説明できる新しい理論体系の構築を進めています。水分子の並進移動に起因するエントロピー効果、なかでも生体分子-水分子間の多体相関からの寄与（例えば、自己組織化に伴う水分子間のエントロピックな相関の変化）を軸として、生命現象発現における水の役割を統計熱力学的に新しい切り口で明らかにします。独自に開発した積分方程式論と形態計測学的アプローチの統合型方法論が主な手段になっています。

高温プラズマ機器学研究分野

核融合炉心プラズマ生成を目指した、高温プラズマ研究のための加熱、制御、計測に関する物理探求、技術開発を行います。



准教授 岡田浩之

(1) 高温プラズマの高周波加熱

化石燃料に替わる新たな基盤エネルギー源が必要とされています。核融合発電はその一つで、実用化に向けた研究開発が続けられています。核融合の難しさは1億度を超えるプラズマの安定な閉じ込めの実現です。当研究所のヘリオトロンJは、トラス型磁場閉じ込め実験装置の一つです。ここではイオンの運動と共鳴するイオンサイクロトロン周波数帯(ICRF)加熱を行っています。水素イオンを加熱して、高速イオンを生成し、さらに閉じ込め磁場配位が可変であるヘリオトロンJの特性を利用して、磁場と生成された高速イオン閉じ込めとの関連を研究しています。



ICRF用アンテナ

(2) プラズマの高密度化研究

高温プラズマ中の粒子は留まることなく入れ替わっており、プラズマ粒子となる中性粒子を外部から供給する必要があります。通常はガスそのままプラズマへ供給しますが、プラズマ周辺部への粒子供給となり、効率がよくありません。水素の固体ペレットを利用すると、プラズマに侵入後は周囲に溶着雲を形成し、プラズマ内部に直接粒子を供給できます。ヘリオトロンJプラズマの温度、密度に最適化した速度、大きさのペレットを生成し、ガスガン方式でプラズマに入射し、効率の良い粒子供給を行い、高密度プラズマの生成・閉じ込めの研究を行っています。

環境微生物学研究分野

エネルギーと環境の問題は切っても切れない関係にあります。私たちは、今も多くを化石エネルギーに大きく依存しており、そこから排出される温室効果ガスにより、地球環境の調和が乱れることが懸念されています。また、これまで化石エネルギーがもたらした文明の発展の影に残る環境汚染を修復するためには、多くのエネルギーを必要としています。われわれは、持続可能な社会を作り上げるための手段の一つとして、物質代謝においてエネルギー利用効率が非常に高い「酵素」を利用した実用的なアプリケーションの開発に取り組んでいます。



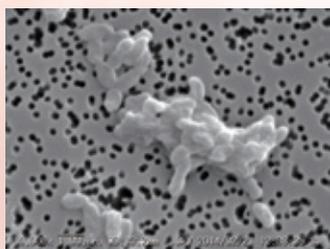
特定教授 原富次郎



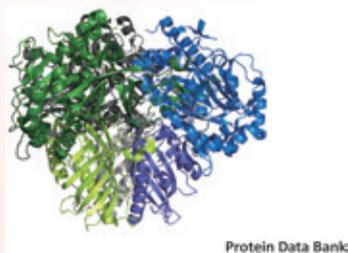
特定准教授 高塚由美子

先進的な環境修復に向け、酵素の酸化・還元反応を利用した最適なプロセスを確立する

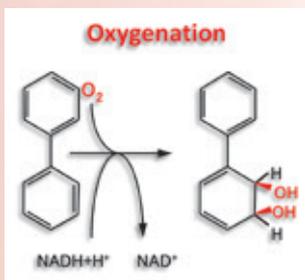
ポリ塩化ビフェニル類 (PCBs) は、多様な塩素置換体を持った同族体からなる有機塩素化合物で、かつて夢の物質として讃えられ、さまざまな産業で利用されました。しかし、その化学的性質は難分解性かつ高残留性であり、ヒトへの内分泌攪乱作用も示すため、今では著名な環境汚染物質として世界的な廃絶が進められています。ビフェニルジオキシゲナーゼ (BDO) は芳香環水酸化酵素の一種で、PCBs の芳香環に対し分子状酸素の2つの酸素原子を水酸基の形で cis 型に導入する反応 (酸素添加反応) を触媒して芳香環の開裂を誘導し、PCBs を分解するきっかけを与えます。われわれは、特異性が異なる酸素添加反応を持った2種類の BDO による複合的な酵素触媒製剤と、BDO の活性を高める酸素マイクロバブルを生成するバイオリクターを開発しました。その結果、これらの触媒とマイクロバブルの協調反応により、24 時間までに 40 mg/mL の産業用 PCBs を 99% 以上分解できる実用的なシステムの構築に成功しました。この複合的 BDO 反応を進展させるため、現在は PCBs を電子還元させるユニークな人工酵素の創生に挑戦しています。(図・A.B.C.D.)



A. ビフェニルジオキシゲナーゼ (BDO) を生産する *Comamonas testosteroni* YAZ2 株の電子顕微鏡像。本菌株はグラム陰性桿菌。顕微鏡の倍率は 10,000 倍。スケールバーは 1 μm 。



B. PCBs への酸素添加反応を触媒する BDO の分子構造モデリング (PDB より引用)。

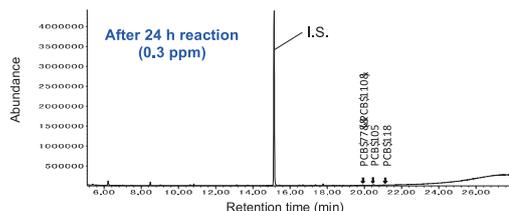
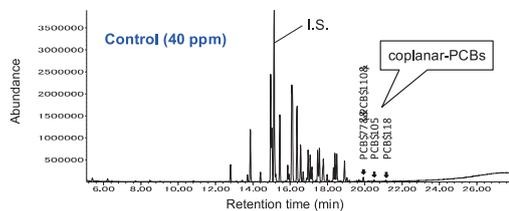


C. BDO がビフェニルへ酸素を添加し、一方の芳香環を水酸化する酵素反応。

健全なカビ(菌糸) 酵素処理したカビ(菌糸)



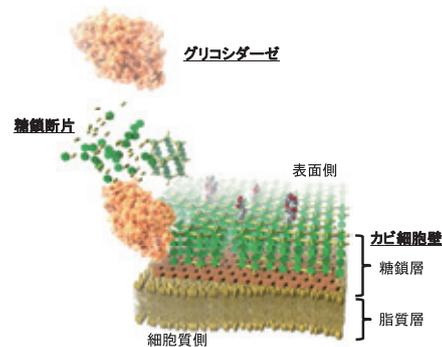
E. 植物伝染性被験菌 *Trichoderma viride* MAFF30546 株 (左: コントロール) を、酵素により処理した (右) 顕微鏡像。酵素反応条件は 30°C で 6 時間。ラクトフェノール・コットンブルーで染色した。顕微鏡の倍率は 400 倍。スケールバーは 50 μm 。



D. 40 mg mL⁻¹ の市販 PCBs と、複合酵素触媒を反応させた結果、24 時間以内にコントロール (上) と比べて 0.3 mg mL⁻¹ まで分解した (下)。PCBs の分析はガスクロマトグラフ四重極質量分析計で行った。

環境調和型の食糧生産に向け、酵素の加水分解・転移反応を利用した最適な植物病害防除プロセスを確立する

農栽培時に発生する病害の多くが子嚢菌や担子菌と呼ばれる「カビ」に起因します。カビは菌糸として生長し菌糸体となります。菌糸を構成する細胞の壁は、グルカンやキチン、マンナンが複雑な複合糖鎖構造をとっており、しなやかで強固な性状のマイクロフィブリルの形成に貢献しています。グリコシダーゼは糖鎖を加水分解する酵素です。われわれは、グリコシダーゼのマイクロフィブリルに対する加水分解反応を利用した、植物伝染性カビの防除法の開発に取り組んでいます。これまで「多様なグリコシダーゼを生産し、細胞外へ分泌する性質を持ったバシラス綱細菌 5 株で構成させた複合系細菌触媒が、99.3% と高い奏効性で、栽培トマトの葉面に発生するベスタロチオプシスを防除する。」という結果を示しました。グリコシダーゼは約 130 のファミリーに分類され、その触媒活性は大きくアノマー反転型やアノマー保持型、あるいはエキソ型やエンド型にも分かれるため、多様です。このような触媒活性の違いを複合的に上手く利用することによって、カビの細胞壁を効率良く壊すことができるのではないかと考えています。(図・E.F.)



F. グリコシダーゼがカビの細胞壁を消化する様子を表したイメージ。

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

笠田 竜太

東北大学金属材料研究所
教授

2001年京都大学大学院エネルギー科学研究科エネルギー変換科学専攻博士後期課程修了、博士（エネルギー科学）。

同年、京都大学エネルギー理工学研究所の助手に着任、2011年に准教授に昇任。2017年に東北大学金属材料研究所原子力材料工学研究部門の教授に着任、現在に至る。

核融合炉や先進原子炉のような次世代基幹エネルギー源への適用を目指し、耐極限環境材料の研究開発を進めている。この中で、高エネルギー粒子線照射を受けた材料について、超微小試験法を駆使した局所力学特性の解明や微細組織との相関解明について研究を進めている。

▶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

森 健

九州大学大学院工学研究院応用化学部門
准教授

2001年九州大学大学院工学系研究科（材料物性工学専攻）博士課程修了、博士（工学）。

同年、徳島大学工学部化学応用工学科助手に着任。

2005年、九州大学大学院工学研究科応用化学部門助教に着任、2013年准教授に昇任。

現在に至る。

化学による医学への貢献をモットーにして、化学修飾に基づく細胞機能の改変技術、酵素増感フローサイトメトリー、抗体のエフェクター機能を制御する中分子薬について研究している。

▶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、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

所内・所外のプロジェクト研究を推進する共同研究センター

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。所内研究者が他分野の研究者、所外の研究者と戦略的な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。

エネルギーの資源と地球規模の環境問題に対し「ゼロエミッションエネルギー」研究を推進してきた研究所ですが、持続可能な人類の生存と発展のために、大学における先進エネルギーの研究として、本研究所ではさらに進化した概念を追求しています。センターでは戦略的展開を見据えて、「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・特化した研究を展開します。このため、センターが培ってきた大型装置を中心とし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、また産官学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に3研究推進部体制をとっていますが、その性格を明らかにするため一部名称変更を行い、「プラズマ・量子エネルギー研究推進部」、「ソフトエネルギー研究推進部」ならびに「国際・産官学連携研究支援推進部」としました。主に前2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る一方、「国際・産官学連携研究支援推進部」では国内外の様々な連携協力活動を支援推進します。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や戦略的プロジェクトを実施します。また、これまで実施してきた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」の成果を踏まえ、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を行います。また、中核的プロジェクトである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、産官との連携を深め、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。さらにセンター附属研究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。

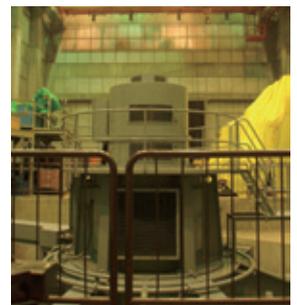
また、センターの果たすべき研究ネットワーク拠点機能として、異分野の研究者間の交流を図り、研究上の新しい着想の醸成効果や学際的な研究成果を挙げるため、各種の共同研究を企画・運営するとともに、談話会、シンポジウム、共同研究報告会、国際会議やインターンシップなどのプログラムを開催、あるいは支援しています。



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3.6~25 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86社、274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。

研究所プロジェクトの共同研究による推進



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、異分野融合の革新的分野を探索しています。また、国際協力、産官学連携のための様々なイベントを企画、支援しています。

2017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・産官学連携研究支援推進部	5
A2	プラズマ・量子エネルギー研究推進部	10
A3	ソフトエネルギー研究推進部	9
合計		24

2017年度 (2017.4-2018.3)

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

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。また周辺プラズマと材料研究の融合で新たな学術領域を目指す。

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。

ソフトエネルギー研究推進部

自然界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、光（太陽光やレーザー、テラヘルツ領域）、ナノ、バイオおよびそれらの融合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的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・産官学連携研究支援推進部

エネルギー理工学に関する先進的な国際共同研究を支援する。このために研究所の国際会議・シンポジウム・ワークショップ等を企画・開催・支援する。また、産官学連携の推進のために、外部資金等を獲得する活動等を支援する。さらに若手研究者育成のために、若手研究者・学生の海外派遣・招聘を行う。以上により、研究所の認知度を上げるとともに、国際共同研究の支援と国際的な人材の養成へ寄与し、研究成果の社会還元を目指す。

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。国際学会や国際イベントを主催・支援する。

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

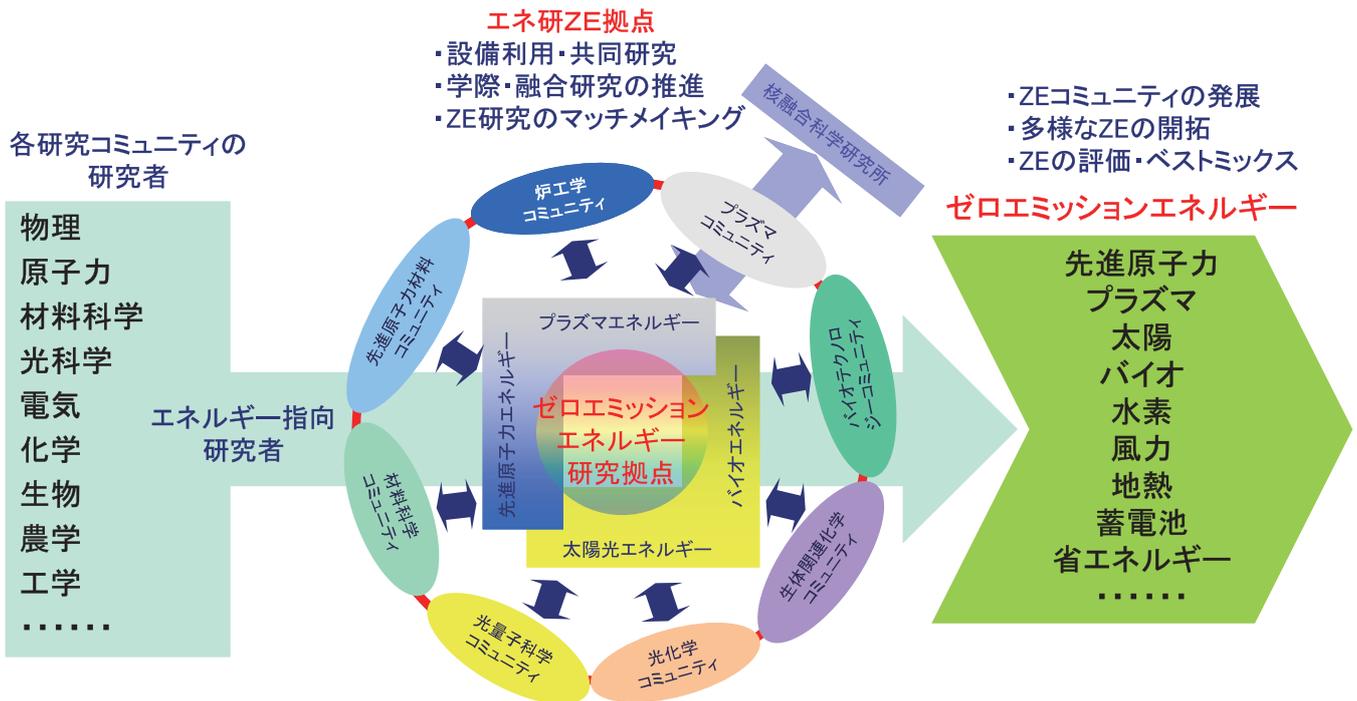
- ▶ 代表者：研究所長
- ▶ 研究期間：第1期：2011年度～2015年度
第2期：2016年度～2021年度

[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めます。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。

[2017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100件、参加42機関約270名
- ZE 研究拠点 国際シンポジウム開催 (2017年9月5日～9月7日) "The 8th International Symposium of Advanced Energy Science ~ Interdisciplinary Approach to 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 (2018年3月7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）

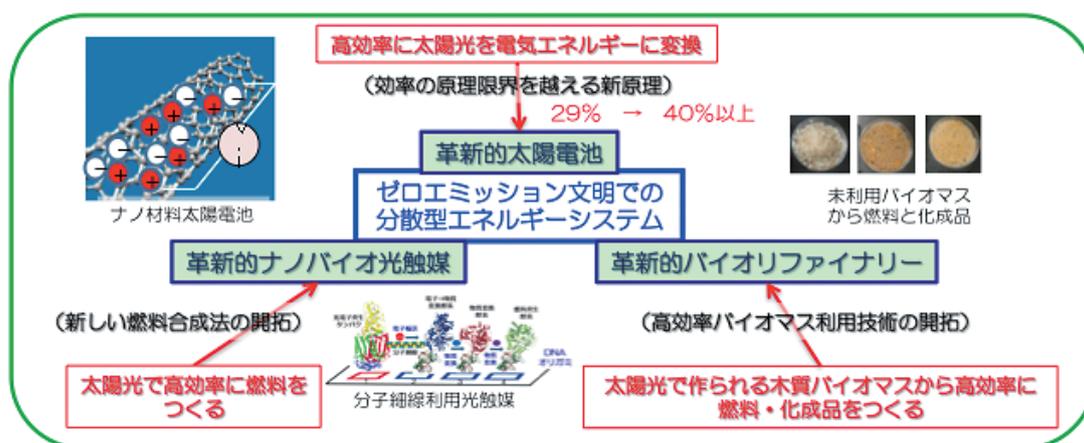
革新的高効率太陽光利用技術の開発 —ゼロエミッション文明への変革を加速する—

▶ 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を確認し、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。

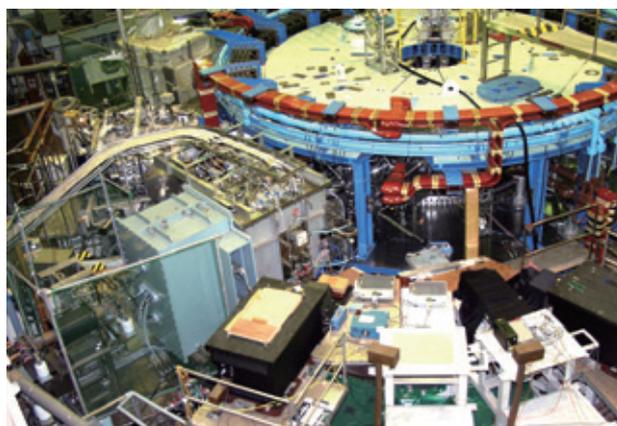


双方向型共同研究（自然科学研究機構 核融合科学研究所）

▶ 研究代表者：長崎百伸

▶ 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形の共同研究です。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 —アンダーワンループ型拠点連携による研究機能と人材育成の強化—

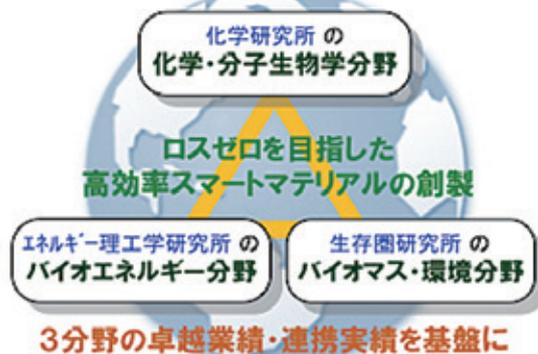
▶ 参加部局：化学研究所・エネルギー理工学研究所・生存圏研究所

▶ 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、アンダーワンループでの戦略的な連携・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カプログラム（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収率で変換し、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）

科学技術研究費助成事業・基盤研究 (S)

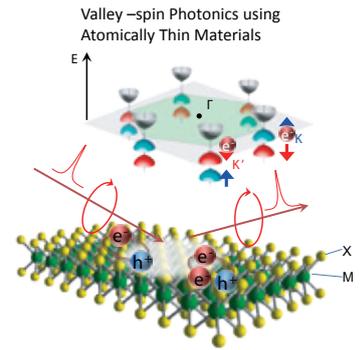
研究領域 理工系 (総理工)

研究題目: 原子層物質におけるバレースピノフォニクスの創生と応用

▶ 研究代表者: 松田一成

▶ 研究期間: 2016年度~2020年度

[概要] 遷移金属ダイカルコゲナイドなどの原子層物質を舞台に、バレースピノが関与した特異な量子光学現象の解明・光学技術を駆使したバレースピノ制御を目指します。さらに、原子層物質の特徴である室温での量子効果を利活用しながら、「原子層物質によるバレースピノフォニクス」という研究分野を開拓し、光科学・物質科学の発展に資します。



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」

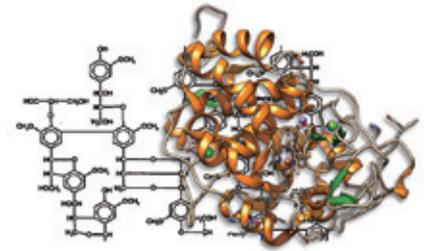
研究開発課題: 海洋微生物酵素群によるリグニン分解高度化と人工漆材料への展開

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~2019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」

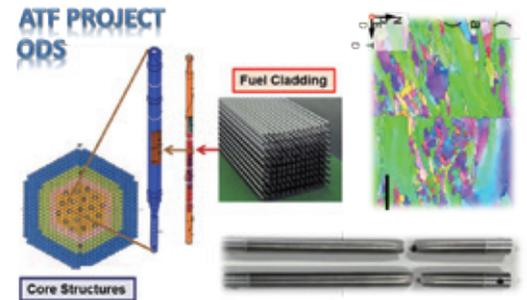
安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備

▶ 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え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ー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。



経済産業省 「戦略的基盤技術高度化支援事業」

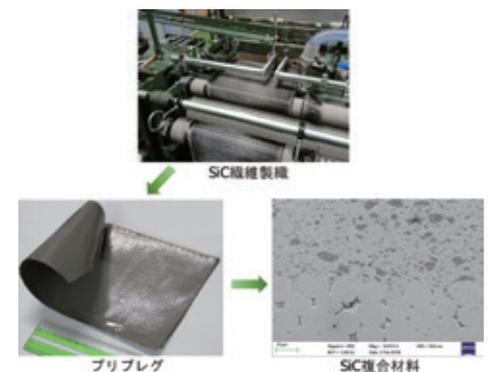
高効率航空機エンジン向け SiC/SiC 複合材料製造工法の開発

▶ 総括研究代表者 (PL): 丸井織物株式会社 宮本米蔵

▶ 副総括研究代表者 (SL): 檜木達也

▶ 研究期間: 2017年度~2019年度

[概要] 航空機エンジンの省エネルギー化のため、高温領域に使用する次世代の材料として軽量・高耐熱性を実現する SiC/SiC 複合材料の活用が有望視されています。従来の SiC/SiC 複合材料に比べ、高耐熱かつ低コスト材料を作製するために、織物技術、プリプレグ製造技術、プリプレグの形状付与技術、最終製品形状を見据えた製造プロセスおよび評価技術の開発を行うことで、国内エンジン部品製造シェアの拡大を図ります。



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つのユニットに当研究所は参加しています。



「学知創生ユニット」



- ▶ 代表者：原正一郎（地域研究統合情報センター 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15の部局・ユニット（地域研究統合情報センター、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、東南アジア地域研究研究所、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の研究をめざし、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：松浦純生（グローバル生存基盤展開ユニット長）
- ▶ 運営ディレクター：片平正人
- ▶ 研究期間：2014年度～2019年度

〔概要〕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。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イ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的構築を目指します。



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)



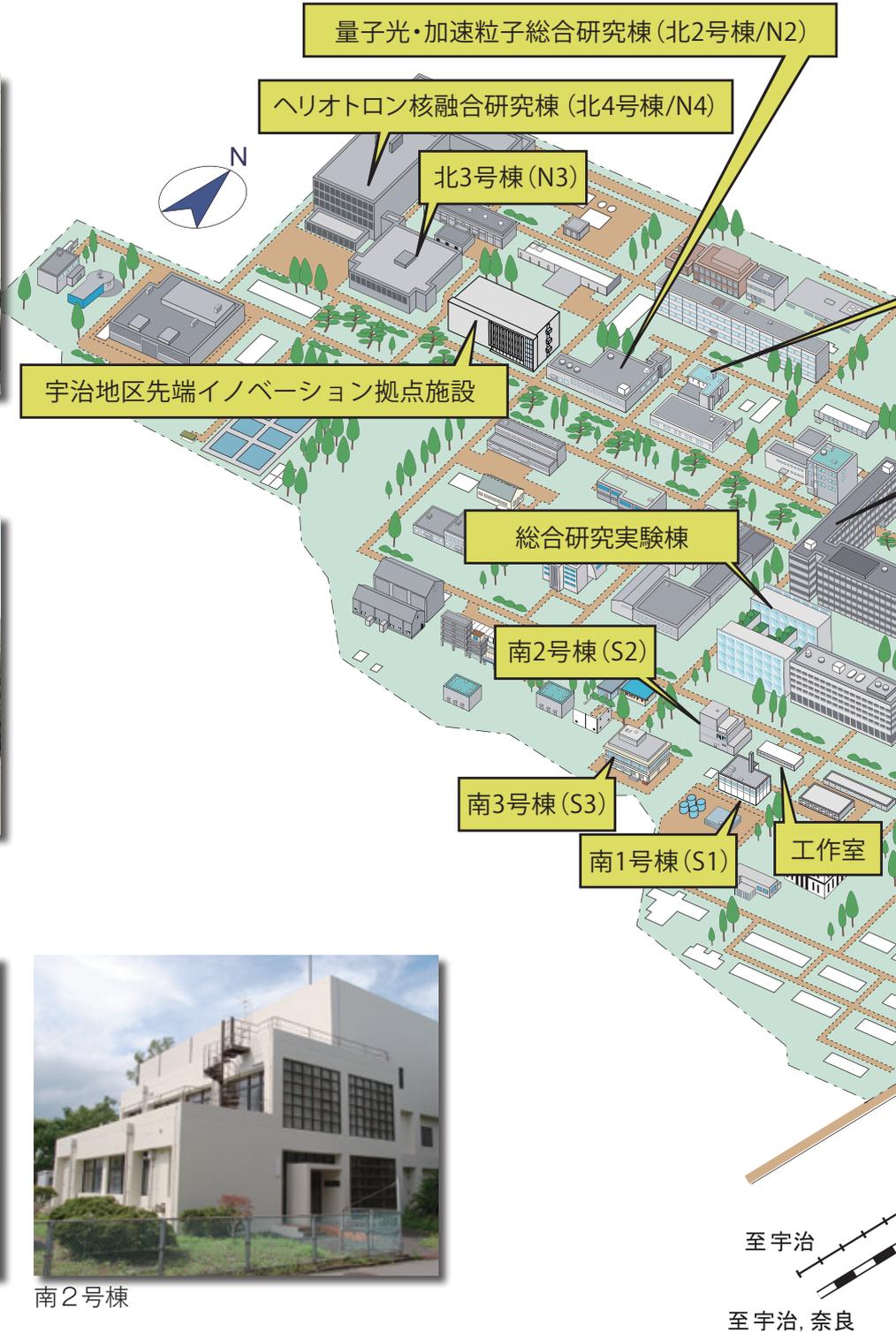
宇治地区研究所本館 (M棟)



南1号棟



南2号棟

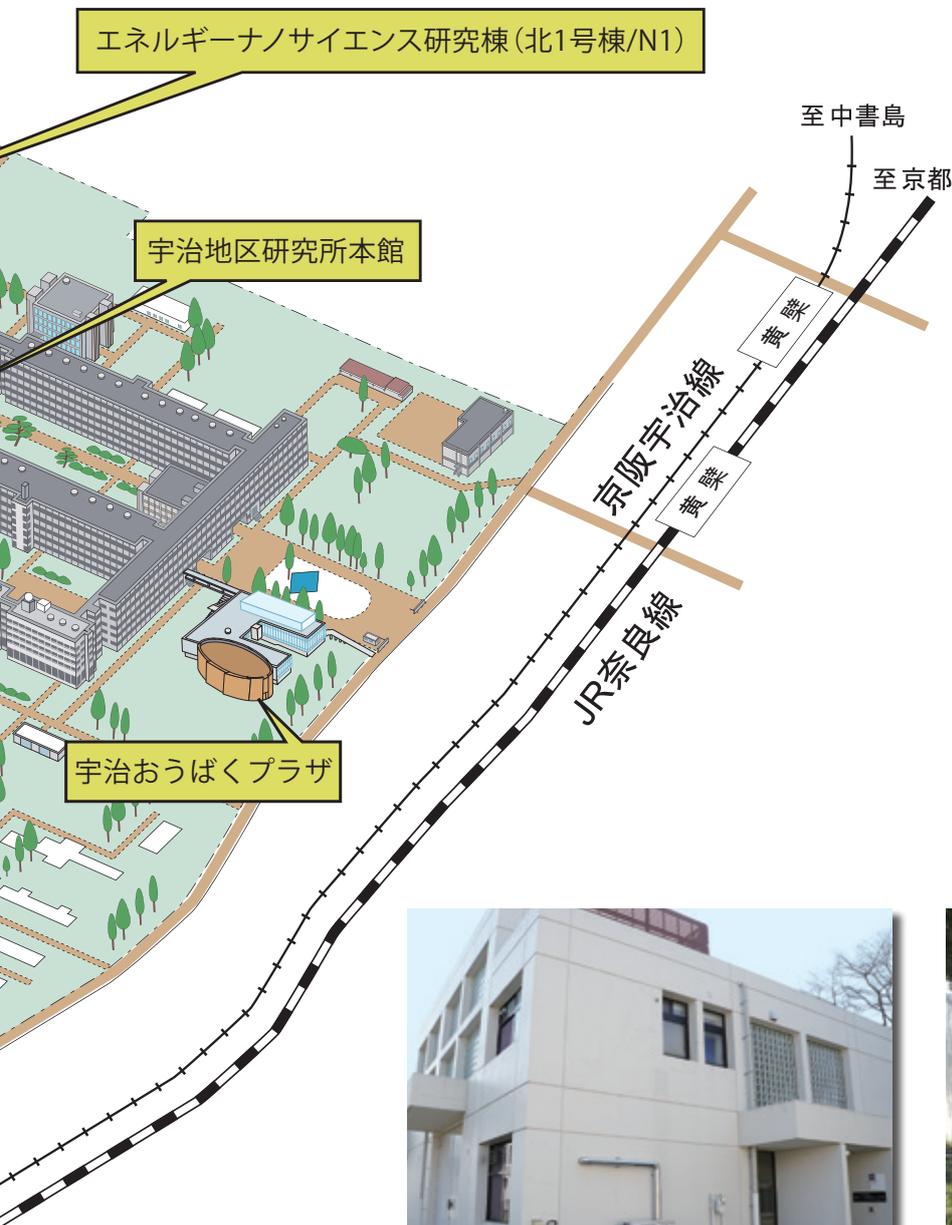




北4号棟（ヘリオトロン核融合研究棟）



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



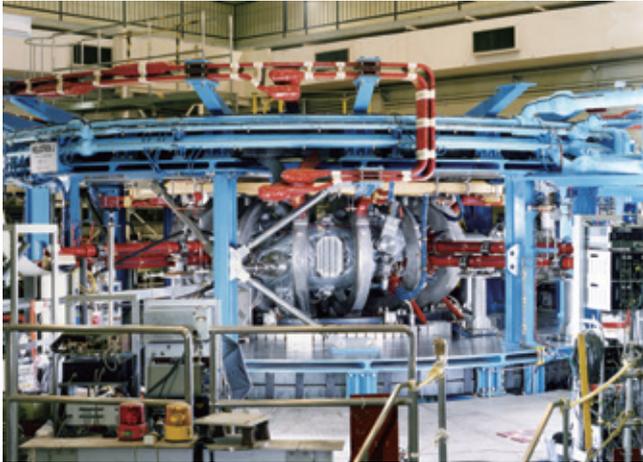
南3号棟（プラズマエネルギー直接変換実験棟）



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。

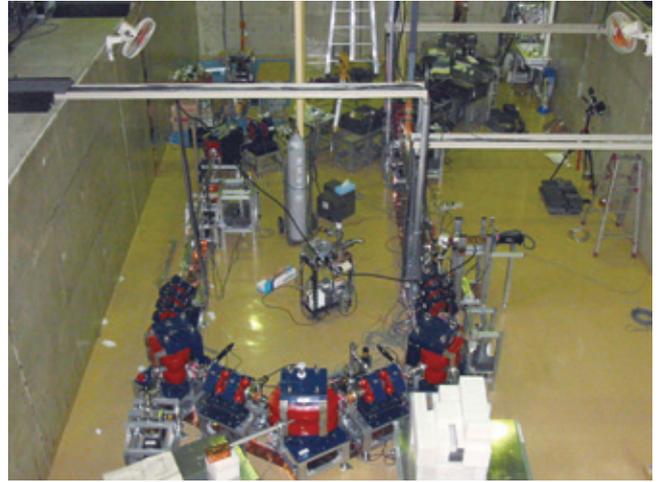


(北4号棟)

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(3.6~25 μ 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

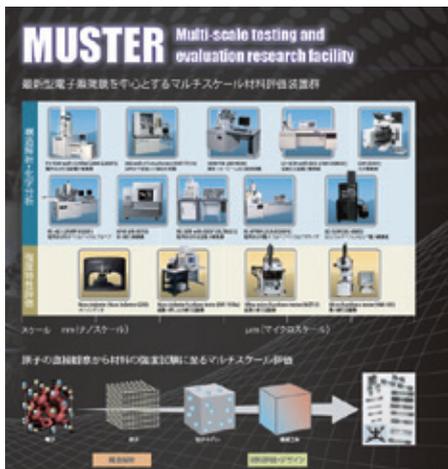
超高感度検出器を装着した600MHz装置3台他、計4台からなる装置群です。バイオマスおよびバイオフィンを活用したエネルギーと有用物質の取得法の開発を目指し、研究所内外に開放されています。



(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、ナノインデンター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、等温滴定型カロリメータ、示差走査型カロリメータ、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、本館化学機器室)



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、南1号棟、本館化学機器室、本館生化学実験室)



核融合炉内機器実験装置

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と中性子源の開発を行っています。



(南3号棟)

先進エネルギー変換試験装置

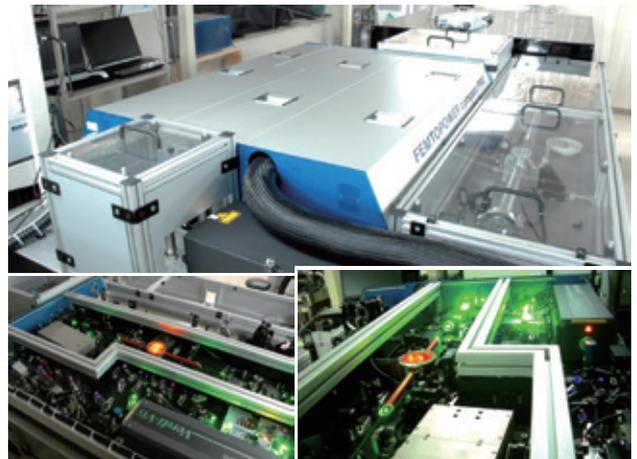
小型中性子源と950°CのLiPb 液体金属ループを用いて先進熱媒体・材料を用い、高熱粒子負荷条件でのエネルギー物質相互作用の研究と、核融合炉ブランケットやダイバータ、熱交換器など極限条件のエネルギー変換装置の開発を行います。



(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を発生できる 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8回エネルギー理工学研究所国際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、京都大学宇治キャンパスにて2017年9月5日(火)から3日間に渡り開催しました。本シンポジウムは「Interdisciplinary Approach to 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、太陽光、バイオマスなど様々な分野の研究成果17件の講演がありました。また、99件のポスター発表がありました。シンポジウムには国内外から342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、2017年度の本研究所の学生数は92人となり、中でも博士後期課程在学学生数は、33人(内外国人22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ともに、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

22回目となるエネルギー理工学研究所公開講演会は、2017年5月13日(土)に、京都大学宇治キャンパス 宇治おうばくプラザ きはだホールで開催されました。今回は「エネルギーのひみみつ ~未来を支えるゼロエミッションエネルギー~」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。全 炳俊助教による「エネルギーのひみみつを照らす強力な光：自由電子レーザー」、岡田浩之准教授による「プラズマからエネルギー」、小瀧 努准教授による「バイオマスエネルギーを知っていますか?」、中江隆博助教による「金の表面を使い“発電する”炭素リボンを組立てる」の講演がありました。総勢112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、ポスター展示や進路相談会、産業利用相談会、施設見学会を開催し、多くの方に参加していただきました。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

2018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 (以下エネ科) 石山拓二、川那辺洋、林潤、星出敏彦、今谷勝次、木下勝之
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
核融合とプラズマの科学	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学	楢木達也、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を中心に -	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	新日鐵住金(株)
京都大学大学院工学研究科博士後期課程進学	森永乳業(株)
経済産業省 特許庁	川崎重工業(株)
(株)デンソー	大阪ガス(株)
(株)島津製作所	東京ガス(株)
(株)IHII	東京海上日動火災保険(株)
(株)エヌ・ティ・ティ・データ	東燃ゼネラル石油(株)
(株)カネカ	凸版印刷(株)
(株)クラレ	日産自動車(株)
(株)シマノ	日立オートモティブシステム(株)
(株)ジーエス・ユアサ コーポレーション	
(株)デンソー	
(株)トヨタ	
(株)モリタ製作所	
(株)総合キャリアグループ	
(株)日本ウェルテックソリューション	
(株)日本経済新聞社	
(株)日立製作所	
(株)豊田自動織機	
(株)野村総合研究所	
N T Tコムウェア(株)	
アイリス・オーヤマ(株)	
カルソニックカンセイ(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)	
ダイキン工業(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)	
パナホーム(株)	
ブラザー工業(株)	
マツダ(株)	
古河電気工業(株)	
江崎グリコ(株)	
阪急電鉄(株)	
三井物産(株)	
三菱重工業(株)	
三菱電機(株)	
住友ゴム工業(株)	
住友重機械工業(株)	
住友商事(株)	
松本電機製作所	

▶ 博士後期課程

京都大学大学院総合生存学館・特任助教	
京都大学エネルギー理工学研究所・研究員	
京都大学エネルギー理工学研究所・教務補佐員	
筑波大学・研究員	
名古屋大学・研究員	
立命館大学・研究員	
産業技術総合研究所・研究職員	
University of Nevada, Las Vegas・研究員 (アメリカ)	
Indiana University School of Medicine・研究員 (アメリカ)	
Chiang Mai University (タイ)	
COHAUSZ & FLORACK (ドイツ)	
Synergy-Plus co. ltd (タイ)	
(株)とめ研究所	
(株)ニコン	
(株)日本高周波銅業	
古河電気工業(株)	
積水化学工業(株)	
日本アイ・ビー・エム(株)・研究員	

▶ ポスドク

北京科技大学・講師 (中華人民共和国)	
立命館大学・助教	
首都大学東京・特任助教	
Dong Eui Institute of Technology・Assistant Professor (大韓民国)	
京都大学エネルギー理工学研究所・研究員	
核融合科学研究所・研究員	
日本原子力研究開発機構・研究員	
理化学研究所・研究員	
Carnegie Mellon University・研究員 (アメリカ)	
The University of New Mexico・研究員 (アメリカ)	

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ー		3月	卒業式

エネルギー理工学研究所表彰 2017年度受賞者

学 生 賞 Nguyen Minh Thang
万 里

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
2017	中江隆博	Symposium award of International Congress on Pure and Applied Chemistry	Institute Kimia Malaysia & Cambodian Chemical Society
	Xiaoyong Ruan	ICAPP2017 Best Student Presentation Award	International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP2017)
	Nguyen Minh Thang	日本化学会 第97春季年会 (2017) 学生講演賞	日本化学会
	Xiaoyong Ruan	Honorable Mention (Ph.D. Category) in the Rudy Scavuzzo Student Paper Symposium and 25th Annual Student Paper Competition	ASME (American Society of Mechanical Engineers), Pressure Vessels & Piping Conference (ASME PVP 2017)
	法川勇太郎	第77回マテリアルズ・テラリンク研究会 ポスター賞	マテリアルズ・テラリング研究会
	村吉範彦	第9回「学生セッション」最優秀賞	日本保全学会 第14回学術講演会
	阮 小勇	日本原子力学会 第十三回日本原子力学会関西支部賞 奨励賞	日本原子力学会関西支部 第13回若手研究者による研究発表会
	村吉範彦	日本原子力学会2017年秋の大会 学生ポスターセッションアイデア賞	日本原子力学会 2017年秋の大会
	片所優宇美	日本原子力学会2017年秋の大会 学生連絡会 ポスターセッション優秀賞	日本原子力学会
	山下大樹	日本原子力学会2017年秋の大会 部会賞優秀講演賞	日本原子力学会
	青山慧伍	第50回関西電気化学サマースクール 口頭発表賞	関西電気化学サマースクール実行委員会
	法川勇太郎	2017年度第3回関西電気化学研究会 奨励賞	関西電気化学研究会
	日高浩司	2017年度第3回関西電気化学研究会 奨励賞	関西電気化学研究会
	山岡隆央	第28回光物性研究会奨励賞	光物性研究会
	Nam Hoseok (南 昊錫)	KEI International Paper & Idea Competition アイデア部門入賞	Korea Environment Institute
中筋俊樹	材料照射研究会優秀ポスター発表賞	材料照射研究会 (ゼロエミッションエネルギー研究拠点研究会)	
吉田将也	Student award at 19th US-Japan Work-shop in Fusion Neutron Sources for Nuclear Assay and Ultimate Applications	5th US-Japan workshop on fusion Neutron Source for Nuclear Assay and Alternate Application. Organizing committee	

入学 (大学院) について

エネルギー理工学研究所 (エネ研) で学ぶには

エネルギー理工学研究所では、「次世代先進エネルギー」を目的とする物理、化学、生物学、工学などにまたがる幅広い学問分野における研究を展開し、獨創性を持ち国際的に活躍できる人材の育成・輩出を目指した教育を行っています。エネ研で学ぶには、協力講座として連携している大学院エネルギー科学研究科に入学する方法と研究生として在籍する方法があります。エネ研には、学生を受け入れる12の研究室があり、物理・化学・生物・工学にわたる多岐の専門分野を網羅する教員が揃っています。

● 大学院エネルギー科学研究科に進学希望の方へ

エネ研は、大学院エネルギー科学研究科の協力講座として連携し、大学院生 (修士課程、博士後期課程) を受け入れて研究指導を行っています。エネ研で修士、博士後期課程に進学を希望される方は、希望する協力講座をご確認の上、エネルギー科学研究科を受験してください。エネルギー科学研究科のホームページ (<http://www.energy.kyoto-u.ac.jp/jp/admission/>) では、入試情報のほか、入試説明会などの開催情報をご案内しています。詳しくはそちらをご参照ください。

● 研究生として在籍を希望される方へ

エネ研では大学院生とは別に、「研究生」としてエネ研の研究室に在籍し、研究活動を行うことができます。研究生を志望される方は、指導を希望する教員と連絡を取り、受け入れの内諾を得てください。その後、所定の手続きを経て研究生となります。なお、研究生に学位等は与えられません。詳細は、エネ研事務へお問い合わせください。

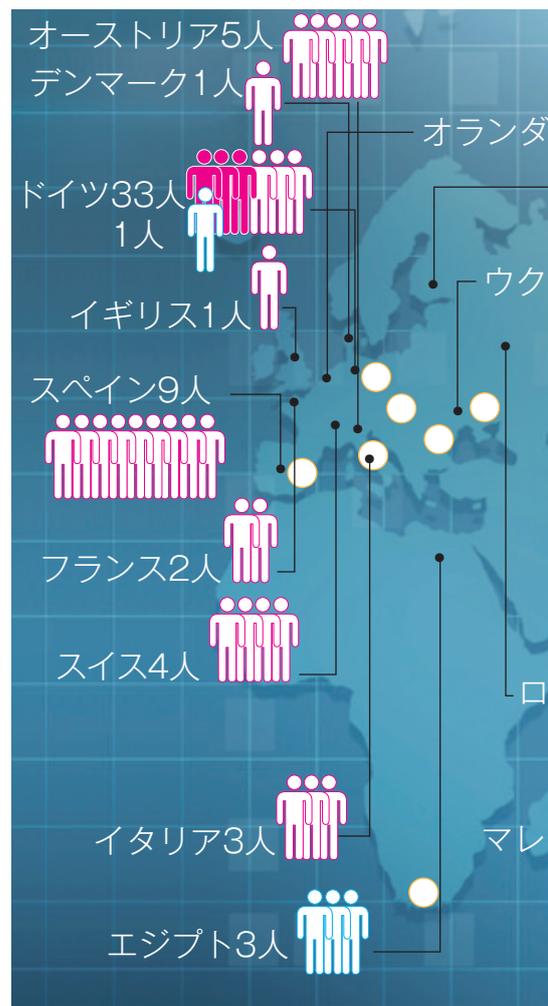
国際交流

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	東義大校 産学協力センター	大韓民国
2000.7.24	東義大校 [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
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) 活動を推進しています。2018年度は6月にGrand Renewable Energy 2018にて特別セッションを企画するとともに、11月にSEE conferenceをタイ王国にて開催を予定しており、アジア地区の大学・研究機関と活発な交流を行っています。さらにタイ王国 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、2018年4月には宇治キャンパスにて香川高等専門学校との共催で第14回EMSES2018国際会議を開催します。

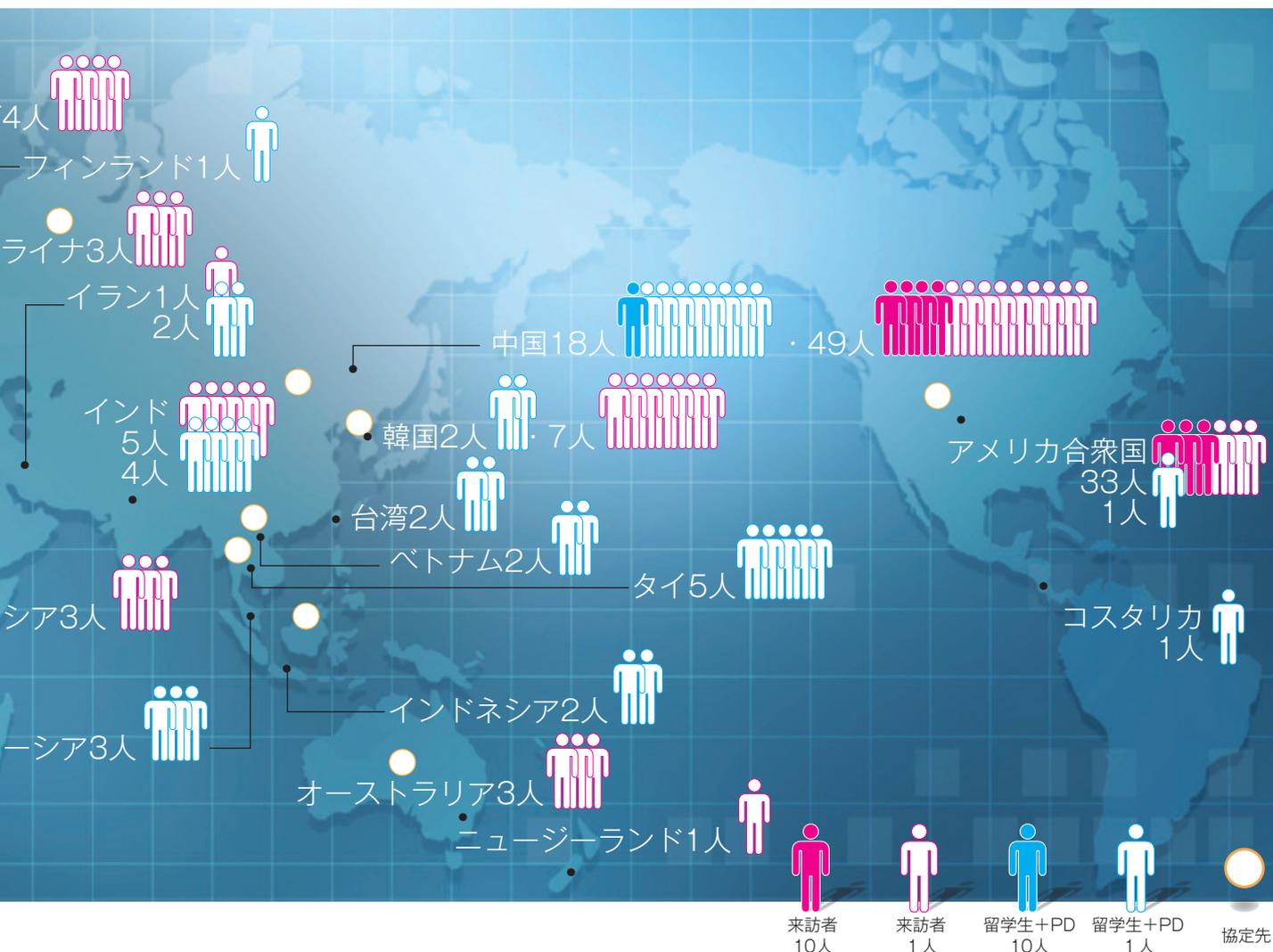
このような取り組みが評価され、SEE Forumを活用した研究協力および人材育成協力に関する要請は、カウンターパートであるアジアの大学・研究機関をはじめ、我が国政府およびUNESCOからも頂き、2009年度よりUNESCO-COMPETENCEプログラムに参画するとともに、さらには2011年度よりODA-UNESCO支援事業としてベトナム、ラオス、カンボジア、ミャンマーでのエネルギー科学教育事業を展開し、2017年には水・エネルギー・防災に関するユネス

コチェアの認定をユネスコ本部より頂きました。また、ASEAN University Network (AUN)と京都大学の間の一般学術協定に基づき、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年度大学の世界展開力事業に採択の「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)へ発展し、教育活動への寄与や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、および頭脳循環プログラムによる若手研究者招聘・派遣を行っています。2015年度にはJSTの戦略的国際共同研究プログラムに東南アジア地域研究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」に採択され、ASEANとの国際共同研究プラットフォーム形成事業を進めています。



「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)

(2017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には、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して、FEL を発振させ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-RF-gun）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 と呼ぶ独立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

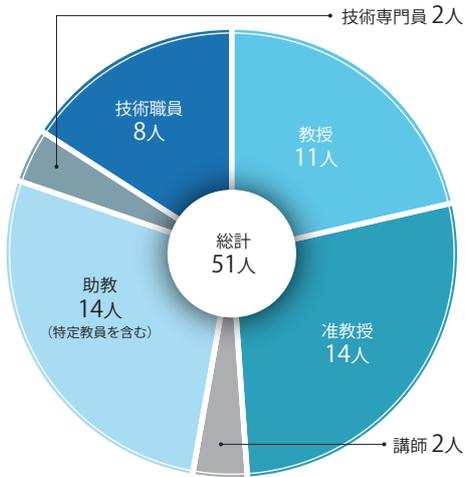
技大）の National Synchrotron Radiation Laboratory(NSRL) および北京大学の研究者と協力して、①短パルス電子ビームの発生を行います。中国側研究者は日本において得られた実験結果の理論解析を行い、短バンチビームの発生のための研究を行います。さらに、日本側ではこれらの極短バンチビームやプリバンチビームをアンジュレータに導き、② THz 領域のコヒーレント放射の発生とその観測を行います。中国側研究者はこの THz 放射の強度やスペクトルに関する理論的研究を行い、これまで明確な表式が得られていない THz 超放射現象についての正確な記述を行うとともに、シミュ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



2017年9月19-203東北大学にて開催された「2nd International workshop on CSR and free electron lasers from ultra short bunch electron beam」

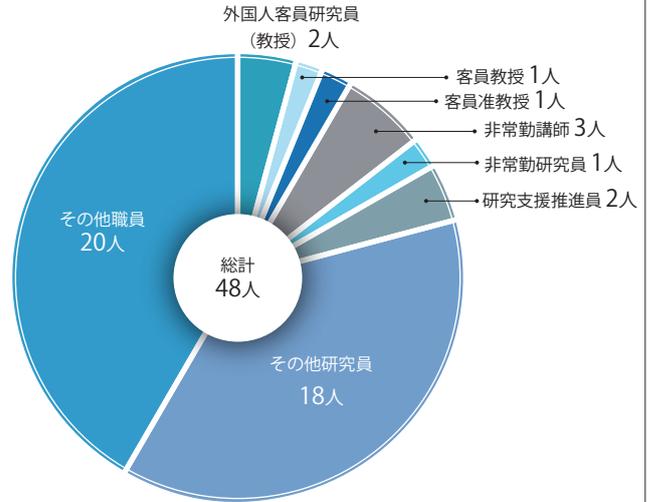
教職員数

2017年



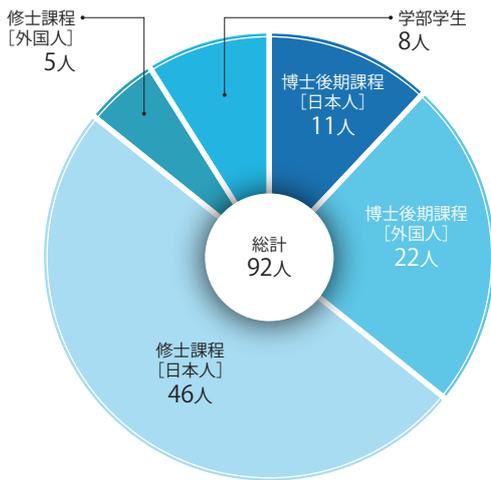
客員・非常勤教職員数

2017年



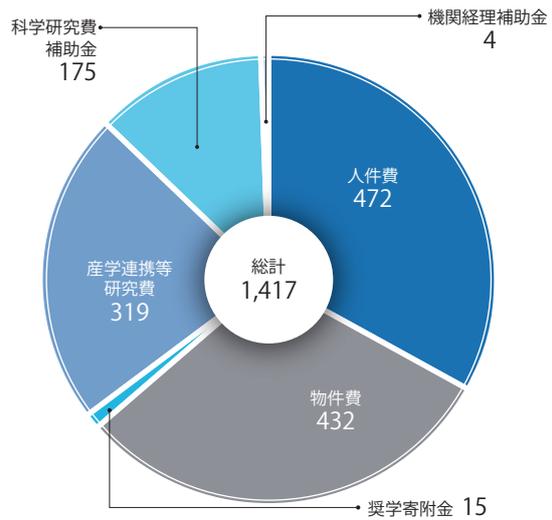
学生数

2017年5月

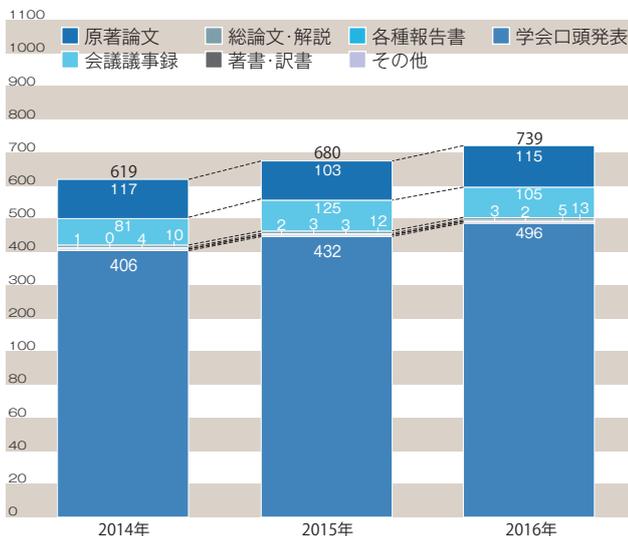


研究所予算(決算額)

2016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	2017
A1: 国際・産官学連携研究支援推進部	5
A2: プラズマ・量子エネルギー研究推進部	10
A3: ソフトエネルギー研究推進部	9
合計	24

ZE 共同研究採択件数

カテゴリー	2017
(A) 企画型共同研究	36
(B) 提案型共同利用・共同研究	52
(C) 共同利用	11
(D) 研究集会	1
合計	100

補助金

年度	受入先	研究課題	代表者
2017	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)
	中小企業経営支援等対策費補助金	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
	中小企業経営支援等対策費補助金	高効率航空機エンジン向け SiC/SiC 複合材料製造工法の開発	檜木達也
	京都大学教育研究振興財団	京都大学エネルギー理工学研究所 第8回国際シンポジウム	水内 亨
	京都府MICE開催支援助成金	京都大学エネルギー理工学研究所 第8回国際シンポジウム	野平俊之
	京都府MICE開催支援助成金	第21回国際ステラレーターヘリオトロンワークショップ開催のため	長崎百伸
京都府MICE開催支援助成金	第21回国際ステラレーターヘリオトロンワークショップ開催のため	長崎百伸	

科学研究費助成事業

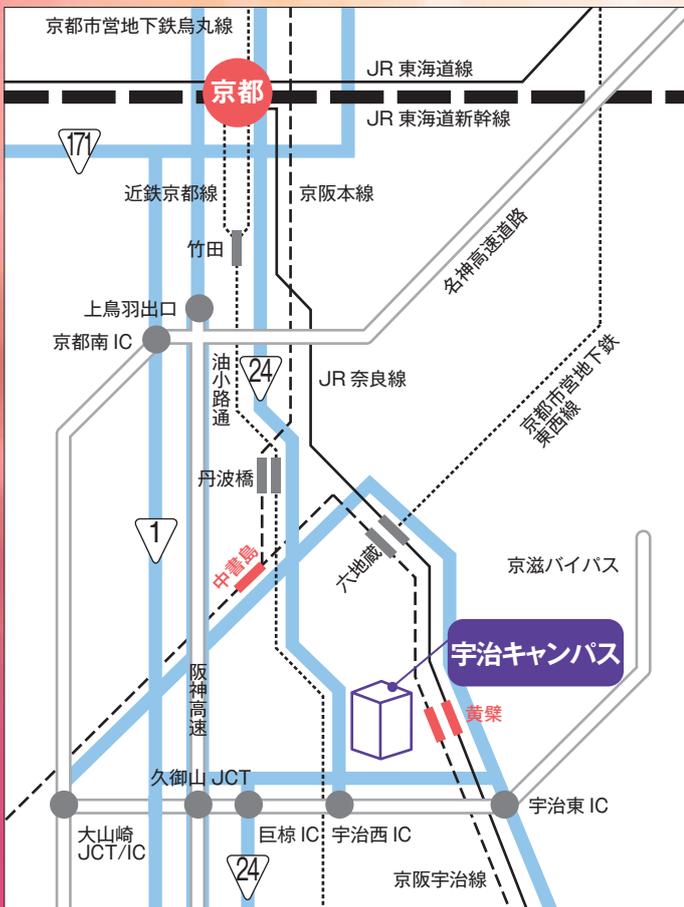
年度	種別	研究課題	代表者
2017	新学術領域研究(研究領域提案型)	RNA アプタマー・スイッチング素子・蛋白質のスライディングの動作原理の解明と活用	片平正人
	新学術領域研究(研究領域提案型)	原子層人工ヘテロ構造における新規光物性と光学応用	松田一成
	新学術領域研究(研究領域提案型)	偏光分解分光イメージングによる原子層局所形態・光物性相関の研究	宮内雄平
	新学術領域研究(研究領域提案型)	表面分子アーキテクト技術を用いる新規グラフェン細線の合成	坂口浩司
	新学術領域研究(研究領域提案型)	表面重合した新規ナノ炭素細線の分子レベル電子計測	坂口浩司
	新学術領域研究(研究領域提案型)	分子コンビナートによる非天然化合物合成システムの創製	中田栄司
	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)	機能性核酸の細胞内動的構造解析と DNA 変換酵素のスライディングの活用	永田 崇
	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)	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(A)	新材料 MgB ₂ と超伝導電流流体解析による新型アンジュレタ精密磁場制御法の確立	紀井俊輝
	基礎研究(A)	人工代謝経路を内包するナノ空間「複合触媒コンパートメント」の創出	坂井 孝
	基礎研究(B)	自己組織化ナノ炭素細線間反応による細孔炭素物質の合成と機能	坂口浩司
	基礎研究(B)	BNCT 薬物動態評価のための小型/超小型中性子源による B-10定量分析法の開発	増田 開
	基礎研究(B)	膜蛋白質を耐熱化させるアミノ酸置換の理論的予測法の確立	木下正弘
	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 郎
	基礎研究(C)	癌・幹細胞増殖維持に関わる翻訳抑制複合体の形成原理と創薬に向けた分子基盤の構築	永田 崇
	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スピ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フからオンに切り替わる機能性 RNA の創製	片平正人
	挑戦的萌芽研究	遷移金属ダイカルクゲナイド超薄膜におけるバレー分極緩和メカニズムの解明	宮内雄平
	挑戦的萌芽研究	トリプレットリビート病の鍵を握る RNA 凝集体の直接観察と検出法の開発	森井 孝
	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(A)	炭化ケイ素の照射欠陥-高温水腐食相関解明とその防食の実証	近藤創介
	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	山内隆博
	若手研究(B)	Development of new method of screening anti cancer drugs that target to poisonsomes 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	藪内聖祐
	若手研究(B)	革新的酸素還元触媒を指向した 2D 炭素材料の精密合成	小島崇寛
	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)	細胞内外で活性をスイッチする機能性核酸の In-cell NMR 法を用いた創製	山置佑大
	若手研究(B)	HIV の Vif タンパク質による宿主細胞を利用したヒト抗ウイルス因子排斥機構の解明	神庭圭佑
	研究活動スタート支援	原子層物質におけるパレースピン分極の物理的完全解明と制御	篠田啓介
	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	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
2017	新エネルギー・産業技術総合開発機構	戦略的基礎技術高度化支援事業(プロジェクト委託型)/世界に先駆けた次世代インフラの構築の実現に資する技術/ボ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29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	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
	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	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	片平正人
	科学技術振興機構	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	三浦孝一
	科学技術振興機構	原子層ヘテロ構造の光物性・機能開拓	宮内雄平
	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	プランケットシステムのトリチウム透過量評価	小西哲之
	日本原子力研究開発機構	改良ステンレス鋼被覆管の製造・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
	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
	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
	国際協力機構	地球規模課題対応国際科学技術プログラム(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	三浦孝一
	国際協力機構	JICA イノベーションアジア事業(第1パッチ)	片平正人
	(株)アドバンテスト	電子銃周辺空間電荷効果計算	増田 開
	Asia-Pacific Network for Global Change Research(APN)	Multiple Benefits Assessment of the Low Emission Development Strategies in Asia Pacific Cities	Hooman Farzaneh
	SCK CEN (Studiecentrum voor Kernenergie/Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, Belgium, the Coordinator)	Innovative cladding materials for advanced accident-tolerant energy systems— IL TROVATORE	小西哲之

民間等共同研究

年度	共同研究機関	研究課題	代表者
2017	核融合科学研究所	双方向型共同研究	水内 亨
	量子科学技術研究開発機構	原型炉における電子サイクロトロン電流駆動効率の改善と入射システムの検討	長崎百伸
	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
	住友電気工業(株)	溶融塩を利用した高融点材料の電解に関する共同研究	野平俊之
	中部電力(株)	内面内張材の腐食に及ぼす照射影響に関する研究	木村晃彦
	(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
東レエンジニアリング(株)	小型中性子ビーム減の開発	小西哲之	



▶ 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