



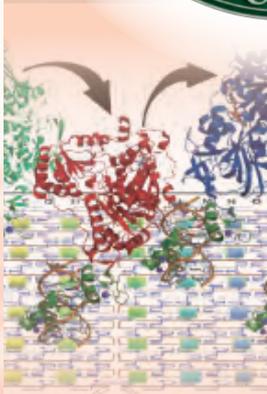
Crystal growth system



Bulk CNT



2021



京都大学

エネルギー理工学研究所

Institute of Advanced Energy

Kyoto University

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

ご挨拶



所長 森井 孝

エネルギー理工学研究所は、エネルギーの在り方を自然の摂理や原理まで立ち返って探究し、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年に設立されました。現在は、自然科学域・エネルギー理工学系に所属する教員らが、エネルギーの基本要素である生成・変換・利用をそれぞれ冠した3部門に属する14研究分野と、重点複合領域研究を支援する附属エネルギー複合機構研究センターの2研究分野で先端研究に取り組んでいます。その中でも「プラズマ・量子エネルギー」と「ソフトエネルギー」の二つを重点複合領域研究として、前者は太陽エネルギーを地上で生成する核融合の実現、後者は太陽エネルギーによって地球環境の中で生命圏を築いてきた生物のエネルギーの利用原理と物質科学の原理に基づいた高効率なエネルギー利用・変換を目指した特色ある研究を展開しています。さらに研究の国際化と研究成果の社会への還元を積極的に進めるとともに、大学院エネルギー科学研究科の協力講座として最前線の研究環境で学生を教育し、若手研究者を育成するとともに、全学共通教育にも貢献しています。

2016年度からは、第二期の活動となった文部科学大臣認定の共同利用・共同研究拠点事業「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」を通じて、ゼロエミッションエネルギー関連の研究者コミュニティへの貢献を進めてきました。また、本学附置研究所・センター群の連携を促進する「京都大学研究連携基盤」、先端研究設備を有効活用する「宇治地区設備サポート拠点」などにも参画し、学内他部局との連携事業を積極的に推進しています。エネルギー科学研究科とは、2019年度から文部科学省プロジェクト「国際先端エネルギー科学研究教育センター国際共同ラボの形成」を通じて教育研究活動の場を国際的に広げています。

我が国でも、2050年を期限とする脱炭素「温暖化ガス排出量を実質ゼロにする」の目標が設定され、カーボンニュートラルが世界的に社会の目標として掲げられています。温暖化ガス排出量を実質ゼロにするためには、エネルギーの生成、変換、利用過程において既存の技術を効果的に導入するだけでなく、多角的な視点から新しい学理、新しい技術の創出が必要です。カーボンニュートラル実現に向けて、そして感染症や自然災害などにも対応できる多様な新しいエネルギー技術の選択肢を提供するためにも、エネルギー理工学研究所が掲げてきた、ゼロエミッションエネルギーを指向する多岐にわたる研究が、ますます重要な役割を果たすようになってきました。

改組後の研究所発足から四半世紀を経て、京都大学の自由の学風のもとに、エネルギー理工学研究所独自の文化が芽生えようとしています。既存の学術分野の概念にとらわれることなく、新しいエネルギー理工学の学理を発出する研究所として、大垣英明副所長、片平正人附属エネルギー複合機構研究センター長をはじめ教職員全員で、研究活動とともに教育と国際・社会貢献に努めて参ります。皆様の一層のご支援をよろしくお願い申し上げます。

森井 孝



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	22
附属エネルギー複合機構研究センターの概要	23
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	25
プロジェクトの概要	26
研究施設	31
教育・社会活動	35
国際交流	37
データ	39
入学（大学院）について	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。

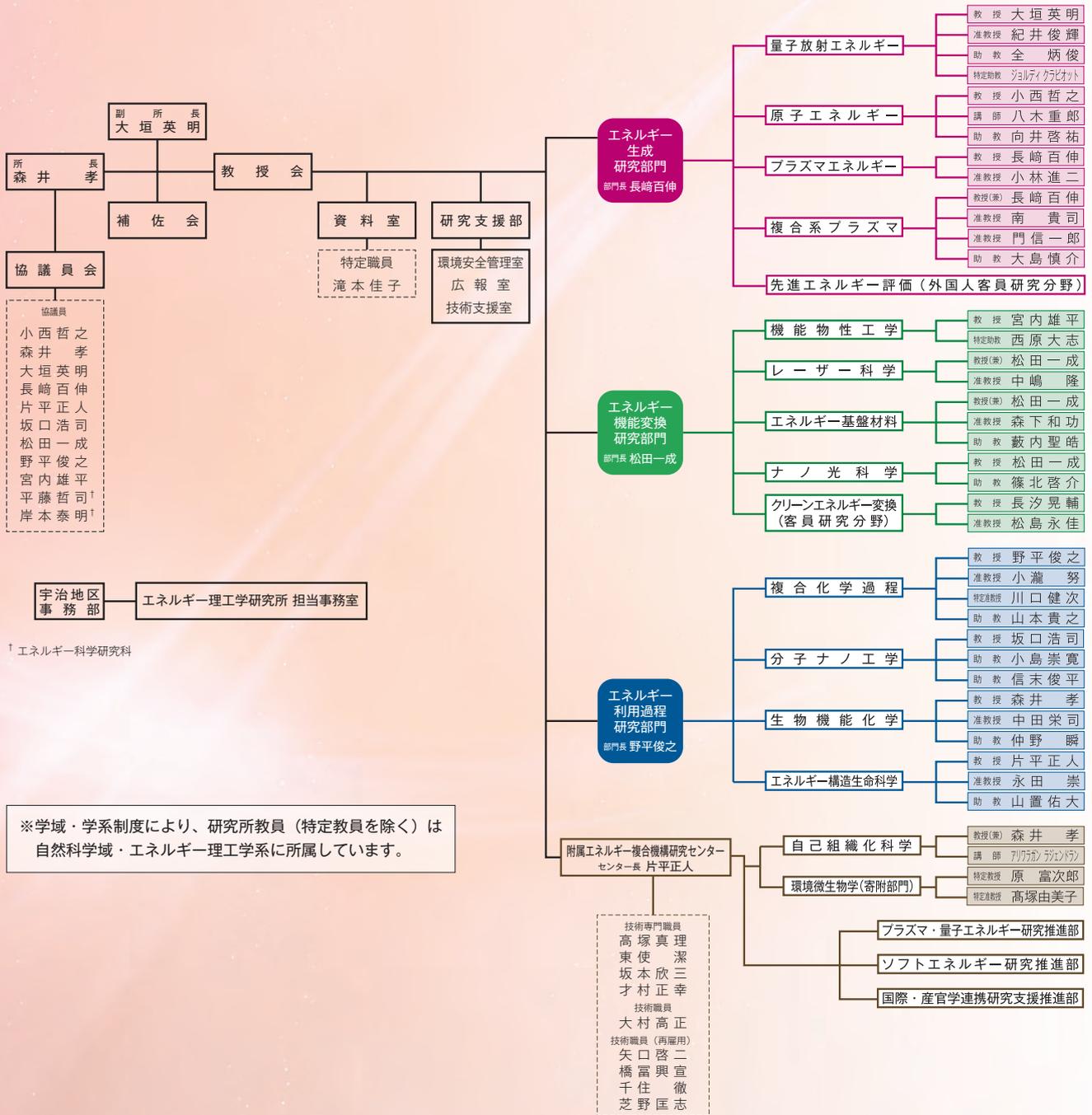
中期目標

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。

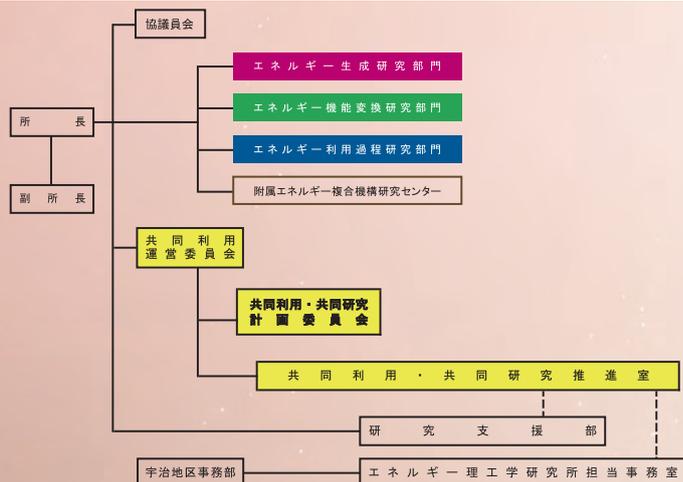
- (1) 研究所重点複合領域研究として、プラズマ・量子エネルギー複合領域研究、ならびにソフトエネルギー複合領域研究を推進し、ゼロエミッションエネルギーに関する学術基盤の構築・展開を図る。
- (2) 共同利用・共同研究拠点「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」活動、国際共同研究・国際連携活動の強化・推進を通じ、国内外の研究者・研究機関との連携を深め、地球規模のエネルギー問題に対応できる国際的なエネルギー理工学研究ネットワークのハブ機能を強化する。
- (3) ゼロエミッションエネルギー領域における指導的研究者・技術者等の人材を育成するとともに、学生等の教育を行う。
- (4) 研究成果の積極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

部門の関わり合い

エネルギー理工学研究所には、「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つの研究部門があります。各部門において、本節以降に紹介するように、エネルギーの「生成」、「変換」および「利用」の視点から、特色あるエネルギー理工学研究を展開しています。3つの研究部門での多種多様な研究は、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」システムの礎となるものです。

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。そのためエネルギー理工学研究所では、附属エネルギー複合機構研究センターを設置し、部門横断的な共同研究を重点複合領域研究として推進してきました。これまで部門間・分野間の共同研究は、重点複合領域研究として活発に展開されており、現在の部門横断的な共同研究は、「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」に大別される2つの複合領域研究へと集約されています。この重層的な研究の展開が、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います。

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、さらには再生可能エネルギーの実装に関する国際共同研究を ASEAN 各国と行っています。



教授 大垣英明



准教授 紀井俊輝



助教 全 炳俊

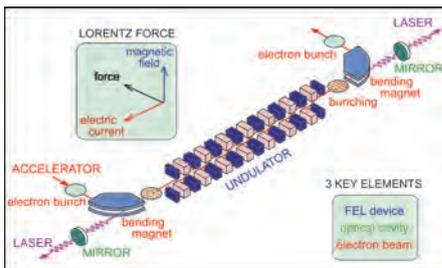


特定助教
ヨルディケビオットガイロ

量子放射エネルギーの発生と利用

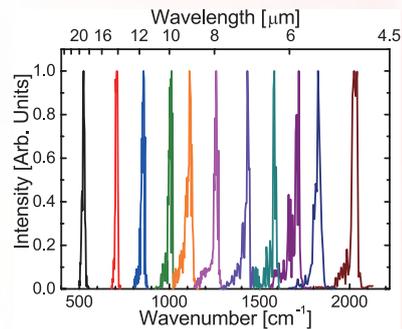
本研究分野では、高エネルギー電子ビームを用いた新量子放射エネルギーの発生と利用の研究を行っています。代表的な新量子放射エネルギーである自由電子レーザー（Free Electron Laser : FEL）は、加速器からの高輝度電子ビームと光ビームとの相互作用を応用した波長可変、かつ、大出力、高効率なコヒーレントなレーザーで、次世代の光源として期待され、西播磨ではX線領域のFEL施設が稼働開始しています。本研究分野では、宇治キャンパスに独自の中赤外領域の小型自由電子レーザー施設：KU-FELを完成させました。この施設は電子を40 MeVまで加速可能な直線加速器を使用し、2008年3月に波長 $12.4\mu\text{m}$ でFEL発振を観測しました。さらに2008年5月には波長 $13.6\mu\text{m}$ でFEL飽和を達成しました。その後の性能向上に向けた研究の結果、2020年3月には共振器型自由電子レーザーとして、世界最高の変換効率を達成するに至っています。

現在では、発振可能な波長を拡大して $3.4\sim 26\mu\text{m}$ 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。



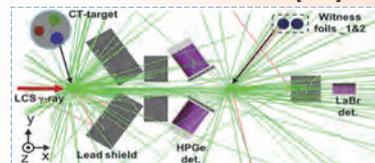
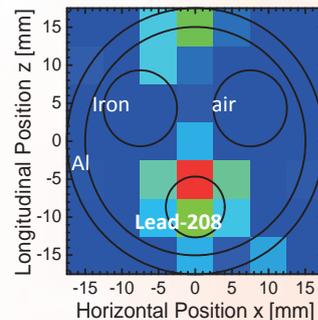
自由電子レーザー発生の概念図

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 3.4 から $26\mu\text{m}$ 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 $1\sim 3\%$ （半値幅）程度です。



レーザーコンプトンガンマ線を用いた同位体CT

電子蓄積リングの電子ビームと大出力レーザーを衝突させることで、単色性の高いガンマ線が発生することができます。これと原子核に固有の共鳴モードを利用して、通常のCTでは不可能な、同位体の分布がマッピングできる手法の開発を行っています。

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



講師 八木重郎



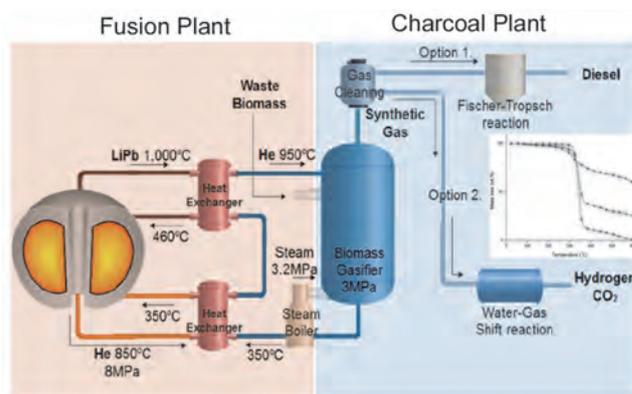
助教 向井啓祐

核融合エネルギーシステムの研究、開発、設計と評価

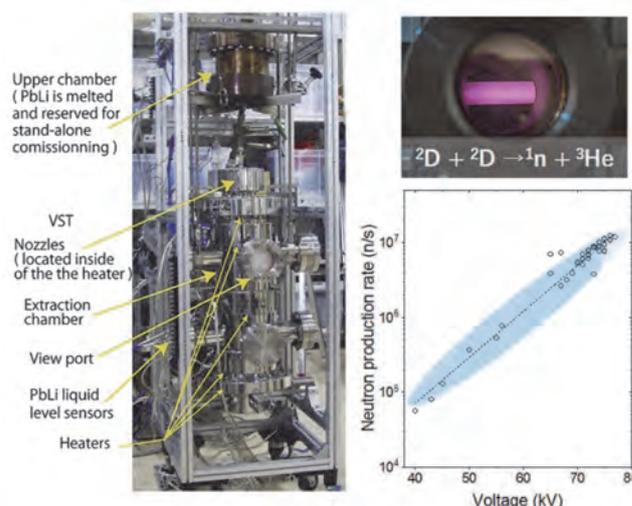
地球環境と人類の持続可能な発展の問題を世界規模で解決する未来のエネルギー源として、ゼロエミッションエネルギーシステムを研究しています。本研究分野では、先進的な核融合エネルギーシステムを設計、開発する一方、社会、環境との関係で総合的に評価しています。実際の核融合反応からビーム中性子を発生させる新しい方式を開発する一方、そのエネルギーを変換する先進ダイバータやブランケットのシステム・材料開発、燃料として用いるトリチウムの炉内での自給、また環境影響をゼロに近づけるための挙動の研究、エネルギー利用として、バイオマスからの水素や合成燃料の製造法、電力システム、そしてシステム設計や社会への影響評価など、核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

核融合ブランケット関連研究

核融合炉のブランケットは、発生した中性子を有効に利用して、燃料を増殖し、それを効率的に回収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模擬体系での、中性子束の実験的な評価体型の構築を進めています。また、液体金属中に生成する核融合燃料トリチウムを効率的に取り出す「真空シーブトレイ」方式を開発し、本方式の技術的実現性に関する研究を行っているほか、核融合炉のトリチウム貯留量を大幅に軽減するためのトリチウム移送システムの開発、材料の腐食の抑制する液体金属中の不純物除去手法の開発などを行っています。



バイオマス核融合ハイブリッドの概念図



真空シーブトレイ実験装置（左）と小型中性子源の電圧－中性子発生率の関係（右）

プラズマ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、中性粒子ビーム入射装置といったプラズマ加熱・電流駆動システム、マイクロ波や動的ビーム分光などを用いたプラズマ計測・解析手法を開発しています。



教授 長崎百伸



准教授 小林進二

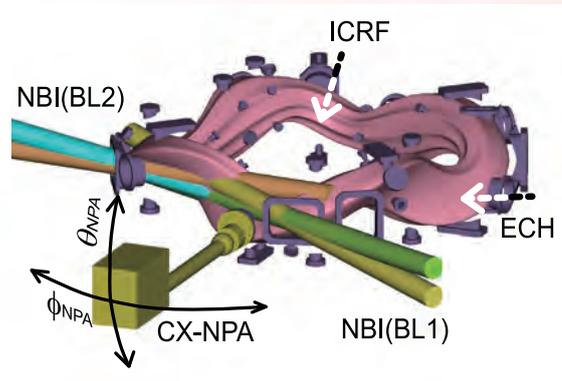
電磁波・粒子ビームによる先進エネルギーの開発

荷電粒子と電磁界の相互作用を高度・高精度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 周波数帯の電磁波を利用した波動および数万ボルトの大型イオン源を利用した中性粒子ビーム入射はプラズマを生成・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た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、また、中性粒子ビームを用いた高密度プラズマの生成・加熱を利用してプラズマの高温度化・高密度化を目指した研究を進めています。一方で、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、京都大学で創案された先進ヘリカル磁場閉じ込めプラズマ実験装置 Heliotron J における閉じ込め・輸送・MHD 安定性の最適化を目指し、高時空間分解能を有するマイクロ波を用いた電子サイクロトロン放射計測、反射計システムによるプラズマの分布・揺動の計測を行っています。動的ビーム分光を用いたプラズマ計測装置の開発も進めており、温度・密度・流速やそれらの揺動を計測する手法を研究しています。プラズマに吸収される加熱パワーの解析を始めプラズマの平衡や輸送解析を大型計算機を利用して数値計算を行うことで、プラズマの熱や粒子の閉じ込めを理解します。



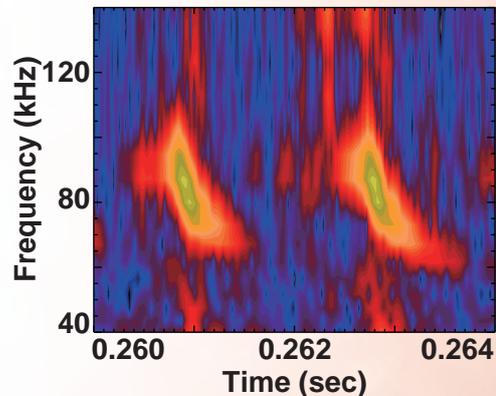
高パワーマイクロ波源「ジャイロトロン」

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。



大電力イオン源を用いた中性粒子ビーム入射と動的ビーム分光法による高度プラズマ計測

高電圧・大電流イオン源を用いた中性粒子ビーム入射によりプラズマを高温・高密度化します。加えてプラズマの流速・電流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。また、中性粒子ビームを利用した動的ビーム分光法でプラズマ中の密度・温度・流速やそれらの揺動を計測する機器の開発を行っており、プラズマの輸送の理解に役立てています。



不安定性制御・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不安定性を制御・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。それら不安定性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ものもあり、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。

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。



准教授 南 貴司



准教授 門信一郎



助教 大島慎介

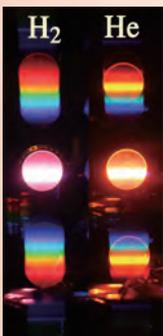
教授(兼) 長崎百伸

「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、波動や乱流の応答を観測し、データ分析し、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。

プラズマの本性を光で探る

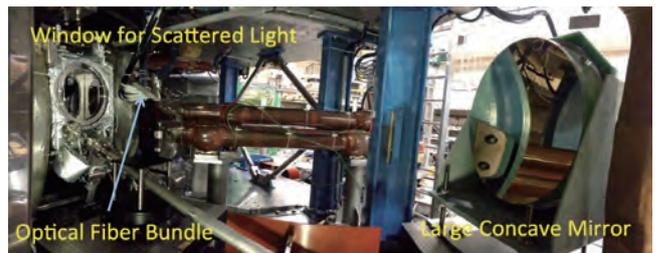
プラズマが発する光は密度、温度、イオン種、ゆらぎ、など多くの情報を有しており、プラズマの時間・空間的な振る舞いを調べるのに有効です。敵（プラズマ）を知り、己（計測法、データ解析手法）を知ること、誰も見たことのないプラズマの本性を攻め取ることができると信じています。



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。

最先端レーザー光学技術を利用して超高温プラズマの温度と密度を知る

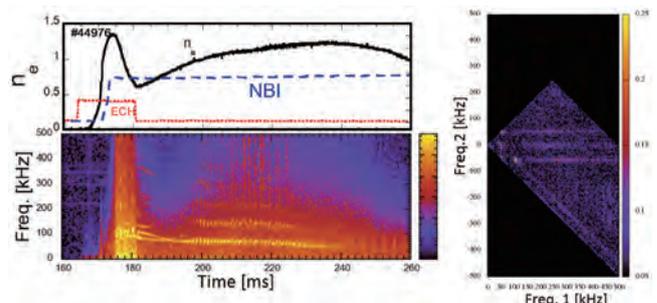
プラズマは超低温から超高温、超希薄密度から超高密度までのスケール空間に存在していますが、正確な密度と温度を知ることができれば、本性を特定することができます。最先端のレーザー光学技術を発展させ、1億度にもなる、いかなる計測機器も挿入不可能な超高温プラズマの本性を、あばきます。



Nd:YAG レーザートムソン散乱計測システム

スペクトル解析によるプラズマ乱流・輸送現象の解明

プラズマ中の粒子は決して平穏ではなく、粒子と波動が共鳴的相互作用をすることによって、つむじ風のようなゆらぎ（微視的乱流）が常に発生して輸送を増やしてしまっています。高温プラズマの高性能化には物理学的にも興味深い乱流渦の発生機構を解明し、抑制することが大きな課題と認識されており、プラズマ実験、データ解析、数値シミュレーションを用いてその解明を目指しています。



プラズマ中の多彩な揺動の計測と信号解析
様々なスペクトル解析手法を適用すると、乱流渦のサイズや周波数、複数の乱流の関連性などを特定することができます。

機能物性工学研究分野

持続可能なエネルギー社会実現に資する新しい太陽光・熱エネルギー高効率活用技術の創成を目指して、カーボンナノチューブをはじめとするナノスケール・量子物質の物性・機能とそのエネルギー応用に焦点を当てた研究を行っています。



教授 宮内雄平



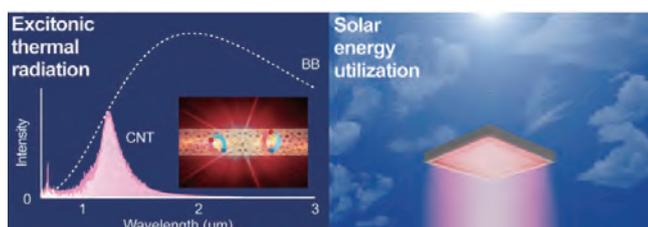
特定助教 西原大志

ナノスケール・量子物質の機能物性を基盤とするエネルギー理工学の開拓

持続可能なエネルギー社会の実現に資する新しい太陽光・熱エネルギー高効率活用技術の創成を目指して、カーボンナノチューブをはじめとするナノスケール物質や近年発見されたトポロジカル量子物質などの、量子力学的な効果が顕著に発現する物質系の物性・機能とそのエネルギー応用に焦点を当てた研究を行っています。これらの物質の特異な物性を根本原理に立ち戻って理解し、さらにそれを基礎として従来の物質・材料の限界を超える優れたエネルギー機能を引き出す学理を確立するために、物性物理学や物質合成に関する基礎科学から、熱・機械・電子・光工学とそれらに資する材料創成までを対象とした学際研究を推進しています。

1) カーボンナノチューブ量子熱光物性の高効率太陽エネルギー変換応用

多くの工学分野において、実装可能な機能の工学的限界は、利用可能な物質（材料）の特性（物性）によって制限されています。したがって、従来にない特異な物性を持つ新しい物質系の出現は、エネルギー分野を含む広範な科学・技術体系にイノベーションをもたらす可能性があります。そうしたイノベーションの種を見出すために新奇物性を追究する基礎研究を積み重ね、その成果を今後のエネルギー活用技術の発展につなげていくことは、物質科学に軸足を置くエネルギー理工学研究の重要な使命の1つです。そのような取り組みの一環として、当分野では、最近私たちがカーボンナノチューブにおいて見出した量子物性科学の成果を熱ふく射制御の工学に応用することで、革新的な太陽光量子スペクトル変換装置（広帯域→狭帯域スペクトル変換器）を実現し、それを高効率な太陽熱発電、太陽熱蒸気発生、太陽熱物質合成などの未来の太陽エネルギー活用技術へと展開することを目指した研究を進めています。



カーボンナノチューブの量子熱光物性とその応用

2) ナノ物質集積機能材料

カーボンナノチューブのようなナノスケール物質（ナノ物質）をマクロスケールの工学で利用するために集積すると、物質間の相互作用に由来する大きな物性の変化が生じます。したがって、ナノ物質単体の物性のみならず、ナノ物質を集積したマクロな物質システムにおいて初めて創発する物性と機能を徹底的に明らかにし、ナノ物質をビルディングブロックとしたマクロな人工物質・材料システムの設計・物性制御学理を確立することが重要です。当分野では、優れた光・熱・電子・機械特性等を有する単一構造ナノチューブ集積膜やナノチューブ複合材料などの、高機能・高付加価値ナノカーボン集積材料の創製に向けた研究に取り組んでいます。これらの研究は、高効率太陽エネルギー活用技術への応用をはじめ、高性能サーマルマネジメント材料や、自動車や航空機などの輸送機械の極限的な低燃費化をもたらす超高比強度材料の実現等をターゲットとしています。また、未だ高価な高機能ナノカーボン物質を地球規模でユビキタスに利用可能な低コスト材料へと展開していくために、合成に必要な原料・エネルギーの持続可能な確保に向けた技術開発までを含めた包括的な研究を進めています。

3) 量子物質を用いた非従来型赤外光電変換学理の開拓

最先端の物性科学の成果を、従来の物理的限界を超える高効率なエネルギー変換技術の実現につなげるため、新たな量子物質の作製方法や新奇な物性物理・物質機能を追究しています。そのための研究インフラとして、当分野では、各種量子物質の合成装置や、高性能ソーラシミュレータ、微小な試料に対して紫外から赤外までの広帯域で様々な分光計測（温度可変、時間領域、周波数領域、空間分解、偏光分解）や微小電流計測を行うことができる広帯域光物性計測設備の構築・整備を進めています。そうした設備を利用した研究の一環として、トポロジカル量子物質における非従来型機構に基づく赤外光電変換の研究を開始しています。最終的には、熱源（工業排熱、地熱、家庭排熱等）からの中赤外熱ふく射の高効率な直接光電変換技術につなげることを目指しています。



量子物質の合成と集積材料の創成

広帯域光物性計測設備



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。

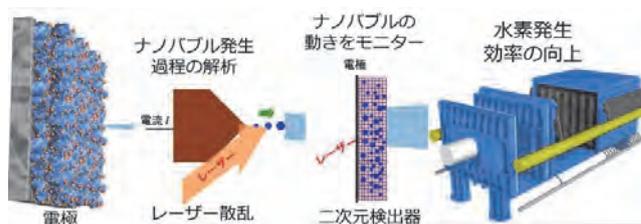


准教授 中嶋 隆

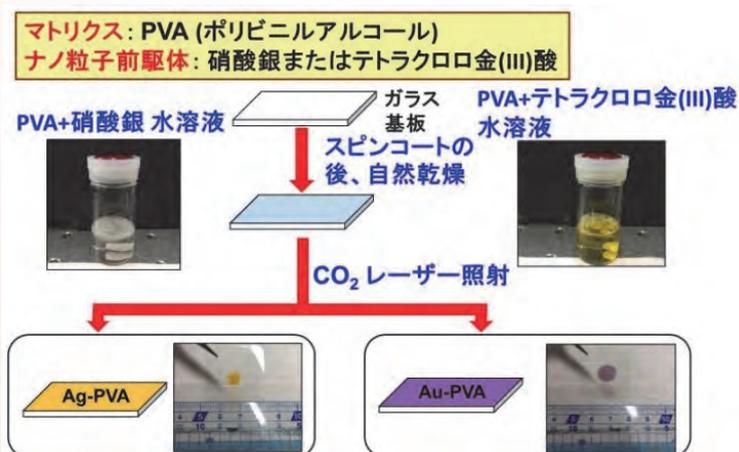
教授(兼) 松田一成

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

薄膜材料に積層化、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)を施すと、機械強度、電気特性、熱特性、光学特性などの改善、さらには新機能の付加が期待できます。我々は、様々な光学特性やモルフォロジーを持つナノ材料のレーザー創成や光学応用の研究を進めています。また、光学的手法を用いたナノサイズレベルの現象、特に電解ナノバブルの生成機構解明にも力を入れています。電解ナノバブルは余剰電気エネルギーを高効率に再利用できる形で貯蔵する手法として近年注目を集めている水素製造水電解の過程で生じるものであり、得られた知見は電極や基板材料、および細孔構造の設計指針に寄与します。



光学的手法による電解ナノバブルの生成機構解明
水電解プロセスにおいて電極近傍に発生するバブルをレーザー散乱によって時間および空間分解して検出し、その生成機構を解明する。



有機系ナノ複合膜のレーザー創成

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、膜内で金属ナノ粒子が生成してナノ複合膜化が起こる。用いるナノ粒子前駆体を替えることにより、さまざまな金属ナノ粒子を膜内創成できる。

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。



准教授 森下和功

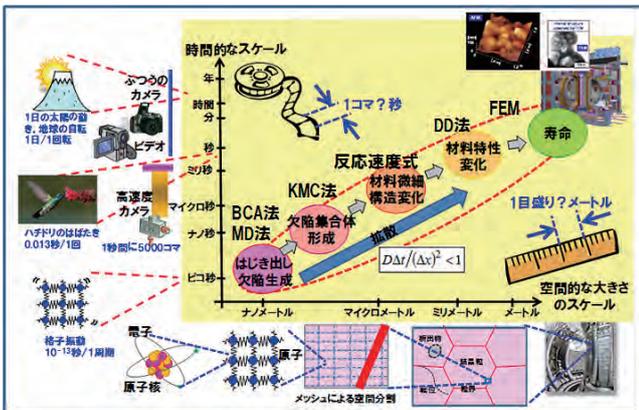


助教 藪内聖皓

教授(兼) 松田一成

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

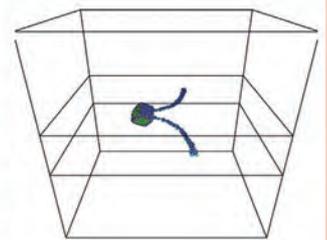
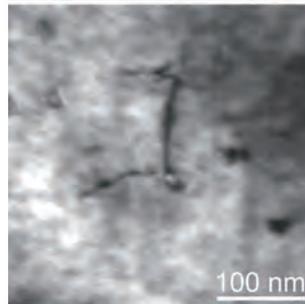
着目している時間・空間スケールごとに、照射損傷プロセスは多種多様な姿を見せます。このような現象を正しく理解するには、さまざまな数値シミュレーション手法や実験評価手法を相補的に活用することが必要です。

核融合炉材料に関する研究開発

次世代のエネルギー源として期待される核融合炉の実現に向け、ブランケットおよびダイバーターをターゲットとした材料の研究開発を行っています。核融合炉の実現のためには、プラズマの制御もさることながら、超高温のプラズマに耐えうるプラズマ対向材料の開発が必要不可欠です。プラズマ対向材料は、プラズマからの非常に高い熱流束と中性子等の粒子線照射という極限環境下においても、その健全性を保つことが求められます。特に中性子等の高エネルギー粒子線による材料劣化（照射脆化）は、核融合炉ブランケットの寿命に関わる重要な事象の一つで、炉設計や経済性を検討する上で高精度の劣化予測が求められます。残念ながら14MeVの核融合炉プラズマを利用した照射脆化の研究が世界的にも困難であるという背景から、我々はイオン加速 DuET を用いて照射脆化に関する研究を行っています。特に DuET は重イオン照射に加えて He イオンを同時に照射することが可能なため、より核融合炉環境に近い状況下での実験が可能となっています。我々は、様々な国内・国外のプロジェクトに参画し、核融合炉実現に向けた研究開発を進めています。

材料科学に関する基礎学理の探求

材料に起こる様々な事象や特性の変化には、材料中に含まれる格子欠陥が大きく寄与しています。イオン加速器は材料中に強制的に過飽和な格子欠陥を導入する手段として昔から注目されており、近年の材料科学の発展に大きく寄与してきました。我々は核融合炉材料にとどまらず、材料科学全てに共通する基礎学理を探求するため、イオン加速器を用いて、格子欠陥に関する様々な研究を行っています。また、そこで得られた知見に基づくナノ・メゾ組織制御により、材料の高性能化や新機能付与を目指しています。



イオン加速器を用いて材料中に導入した空孔集合体と転位との相互作用について、実験と計算機シミュレーションの比較。

ナノ光科学研究分野

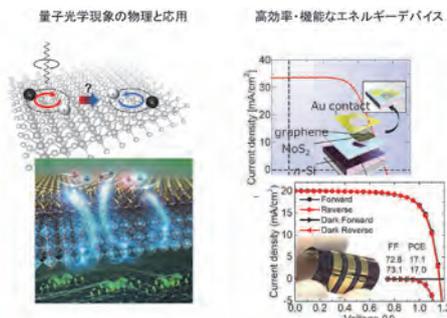
ナノサイエンスに立脚した光科学の学理追究とエネルギー応用を目的として、物性物理・物質科学・デバイス工学を基盤とした研究を進めています。



教授 松田一成

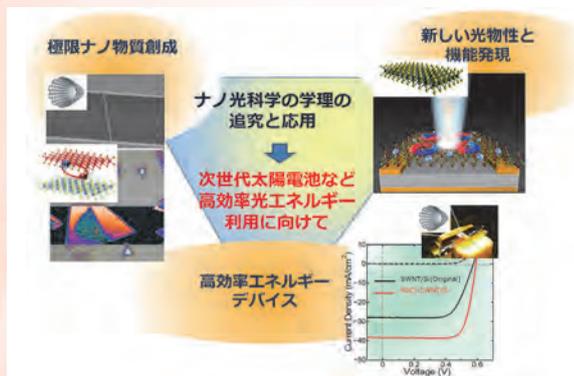


助教 篠北啓介



ナノサイエンスによる新しい光科学の開拓とエネルギー応用

我々は、「ナノサイエンスに立脚した新たな光科学の学理追究とエネルギー応用」を目的として、物性物理・物質科学・デバイス工学を基盤とし研究を進めています。従来の延長線上にはない「極限ナノ物質」、「量子光物性」、「デバイス機能」などの要素を取り入れ、極限ナノ物質で発現する特異な量子光学現象とその背景にある物理の理解を通して、高効率・機能な太陽電池の実現など新しい光科学・エネルギー科学の地平を目指し、次のような研究を行っています。



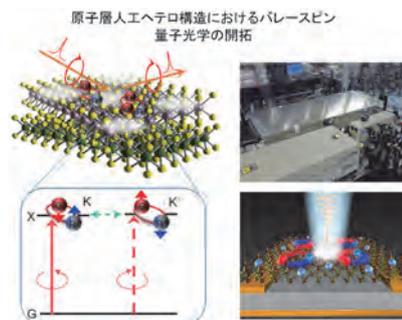
1) ナノ物質の光物性解明と光機能応用

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では見られない特異な電子・光物性や機能が発現します。我々は、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、原子層半導体などにおいて生じる光物性・機能などの光科学に着目し、それらの本質となる物理の解明と工学応用に関する研究を進めています。具体的には、原子層物質において各種の先端分光計測技術を駆使した量子光学現象の解明、異種の原子層物質を積み重ねてできる人工ナノ物質において誘起される創発物性の探索、さらには新たな光電変換技術を利用した太陽電池などのエネルギーデバイス実現につなげていくための学理の開拓を進めています。

ナノ物質における量子光学現象の物理とエネルギーデバイス応用（左）わずかに原子数層の厚みからなる原子層物質において、特異に発現するバレースピンの極化した光励起状態。ならびに、原子数層からなる原子層物質を積み重ねてできる人工ヘテロ構造における光励起状態と光学現象の模式図。（右）原子層物質やグラフェンなどのナノ物質の特徴を生かした太陽電池デバイス、有機無機ペロブスカイトの界面制御によるフレキシブル太陽電池デバイス、などの例。

2) 原子層物質による新たなフォトリクスの開拓

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。近年、急速に研究が進化した原子層物質である単層の二次元遷移金属ダイカルコゲナイド（MX₂; M=Mo, W, X=S, Se, Te）では、バレーとスピンの結合したバレースピンという新たな物理自由度（バレー擬スピン）が生じます。我々はこれまでの一連の研究を通して、バレースピンを一つの量子状態として見做して制御する新たな道筋を見出し、その量子状態制御を基礎とした「バレースピン量子光学」という新しい研究への視野を拓きました。これを契機とし、光科学と物質科学の接点にある「バレースピン量子光学」の学理を構築します。さらに、それを応用へと橋渡しした「バレースピン量子フォトリクス」という新しい研究へと昇華させることを目標としています。これに対して、フェムト秒レーザーを用いた超高速分光手法などを駆使したバレースピン自由度のコヒーレント量子制御、さらには、電界効果トランジスタなどのデバイスを用いた外部自由度によるバレースピン量子制御などの研究を推し進めています。



原子層物質とそのヘテロ構造におけるバレースピン量子光学の開拓（左）原子層人工ヘテロ構造の模式図とその中で生じるバレースピンの量子状態制御の概念図。（右）それらを実現するフェムト秒超高速分光の実験セットアップとデバイスを用いたバレースピン制御の模式図。

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



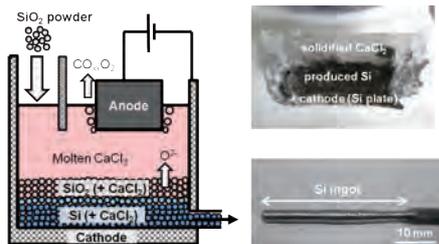
特定准教授 川口健次



助教 山本貴之

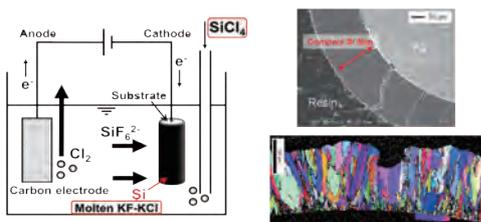
溶融塩電解を用いた新しい太陽電池用シリコン製造法の開発

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、将来の太陽電池大量普及の本命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、新たな太陽電池用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(SiO₂)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、我々は、結晶系シリコン太陽電池の新しい製造法として、融塩電析により、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も研究しています。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SiCl₄を用いることに取り組んでいます。



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 CaCl₂中で粉末 SiO₂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 SiCl₄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、タンパク質工学、イオン液体利用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。

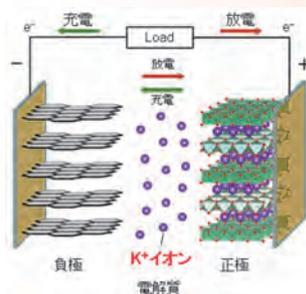


バイオマスからのエタノール高効率生産の戦略

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。

安全性の高いイオン液体電解質を用いた新規蓄電池の開発

太陽光や風力などの再生可能エネルギーは、天候によって発電量が大きく変化するため、大量導入すると電力の安定供給に問題が生じます。したがって、余剰電力を大型蓄電池に蓄えておくなどの方策が必要です。大型蓄電池の候補としては、現在広く普及しているリチウムイオン電池が挙げられますが、コバルトやリチウムなどの希少資源および可燃性・揮発性のある有機溶媒系電解液が用いられており、資源面・安全面の課題を解決する必要があります。そこで、我々は、ナトリウムやカリウムなどの豊富な資源を用い、電解質には難燃性・難揮発性で安全性の高いイオン液体を利用した新規蓄電池の開発を進めています。



カリウムイオン電池の原理図

カリウムイオンを含有するイオン液体電解質、カリウム系層状化合物などの正極材料、および炭素系負極材料を組み合わせ、安価、安全かつ高性能なカリウムイオン電池の構築を目指しています。

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



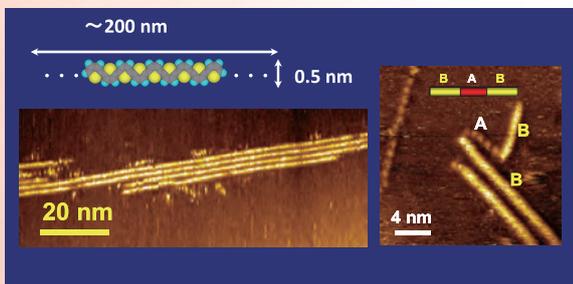
助教 小島崇寛



助教 信末俊平

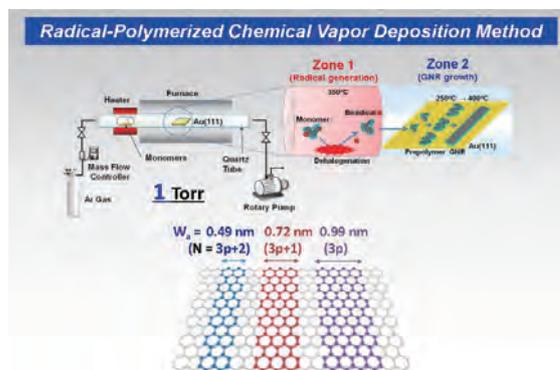
分子ナノサイエンス・テクノロジーの研究

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。



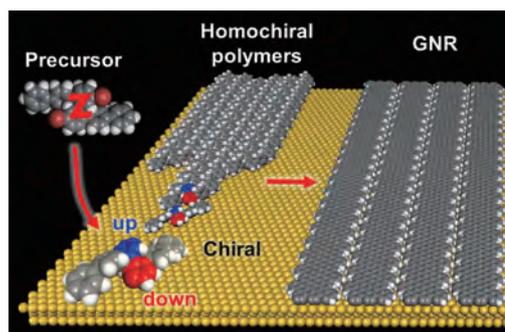
導電性高分子の1分子細線

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。



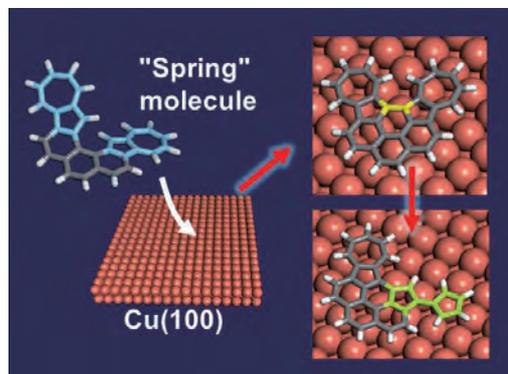
極細炭素細線の高效率合成

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。

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



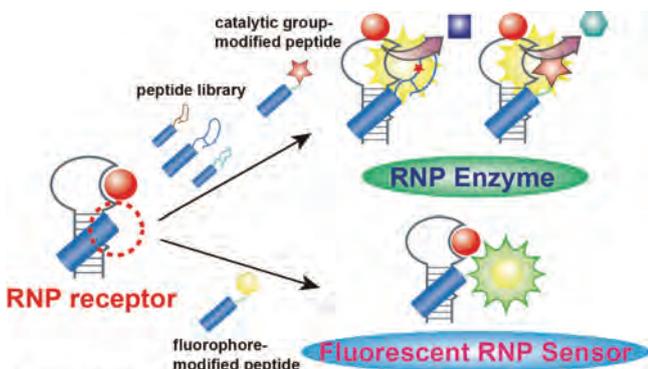
准教授 中田 栄司



助教 仲野 瞬

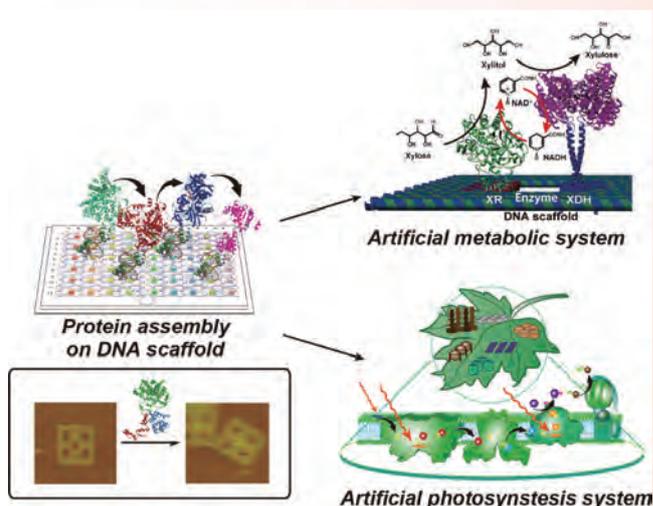
高効率なエネルギー利用を可能にするタンパク質やRNAのテーラーメイド設計原理を確立する

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。



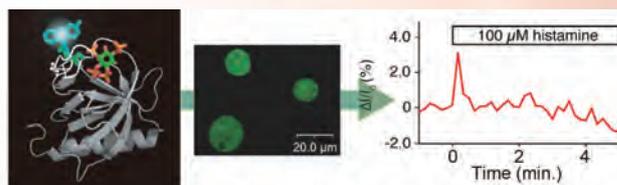
機能性RNA-ペプチド複合体の開発

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工学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。



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。



Real-time fluorescent monitoring of IP₃ 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、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



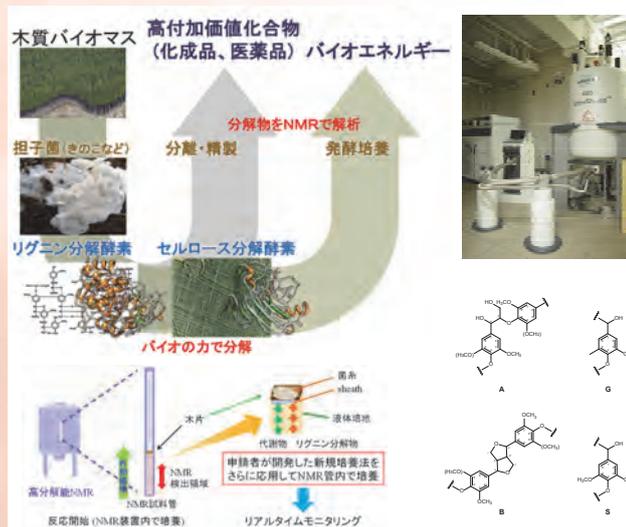
准教授 永田 崇



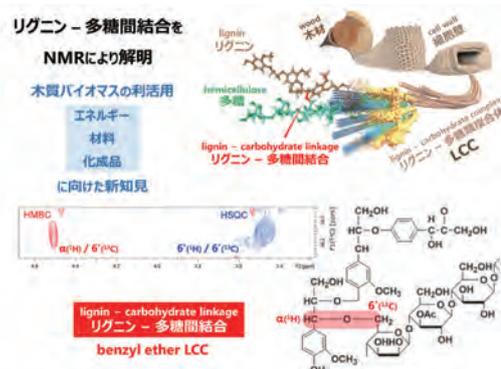
助教 山置 佑大

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

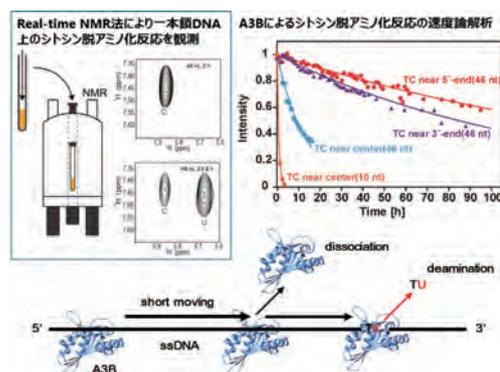
バイオマスおよびバイオ分子に関し、NMR法を用いた構造生物学的なアプローチにより、事象を原子レベルの分解能で理解することを行っています。一例としてプリオン病を引き起こす蛋白質を機能性RNAが捕捉するメカニズムを明らかにしました。新しい方法論の開発も行っており、抗HIV活性を有する酵素に関し、ウイルスDNAの塩基を改変・無意味化する反応をNMRを用いて実時間で追跡する手法の開発に成功しました。目下、非可食性木質バイオマスからエネルギーおよび各種化学製品の原料となる有用物質を取り出すことを行っており、最終的には石油リファイナリーからバイオリファイナリーへのパラダイムシフトを見据えた研究を行っていま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



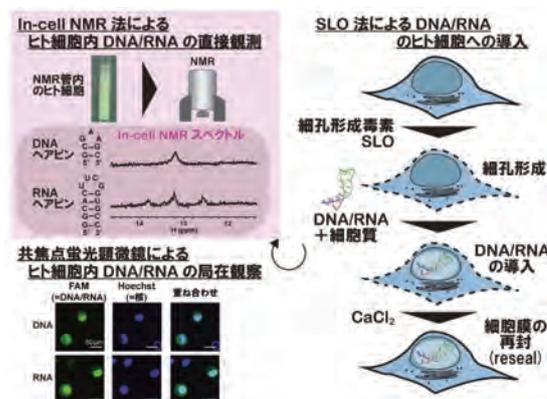
NMR法を用いて生物に学ぶバイオリファイナリー
担子菌が木質バイオマスを生分解するメカニズムをNMR法によってナノレベルで解明し、木質バイオマスからエネルギーと化学製品を取得する手法を確立する。



植物細胞壁中のリグニン-多糖間結合を初めて解明
我々は、リグニン-多糖間にベンジルエーテル結合が形成されていることの直接的な証拠を他核多次元NMR法により得た。



ヒトAPOBEC3Bの一本鎖DNA特異的シチジン脱アミノ化反応をリアルタイムNMRにより追跡
我々は、A3Bが一本鎖DNA上で短い距離移動すると解離するという性質を見出した。この性質のため、A3Bは短い一本鎖DNA上、より中心に近いシチシンほど効率よく見つけ出すことができる。



ヒト細胞内に導入したDNA/RNAのin-cell NMRによるシグナル観測
我々は、試験管内でヘアピン構造を形成するDNA及びRNAをヒト細胞に導入し、in-cell NMRによりシグナルを観測することに成功した。そして、これらの核酸がヒト細胞内においてもヘアピン構造を形成することを見出した。

自己組織化科学研究分野

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

教授(兼) 森井 孝

アリワガン ラジェンドラ

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

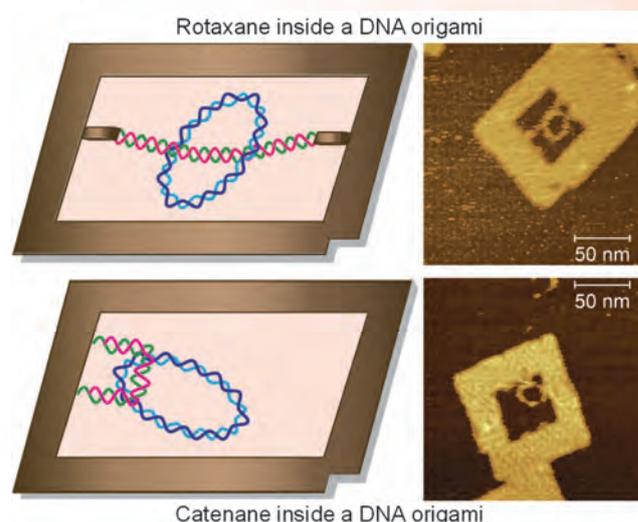
DNA は単に遺伝情報を伝達するためだけでなく、ナノ材料として大変魅力のある分子です。DNA が持つ高い分子認識能と自己集合能を利用してボトムアップ的手法により作製できるナノサイズの構造体が非常に注目されています。これまでに、DNA オリガミ法により作製したDNA ナノ構造体をさらに自己組織化させることで、マイクロメートルサイズの構造体を作製してきました。これらの構造体は、さまざまな生体分子と組み合わせることにより新しい機能性デバイスとしての利用が期待できます。

現在、同じエネルギー利用過程研究部門生物機能化学研究分野の森井 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、これまでに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みます。



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)

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。



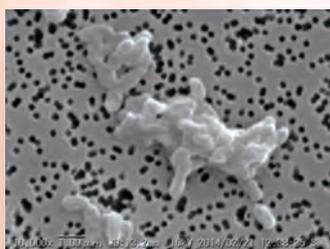
特定教授 原富次郎



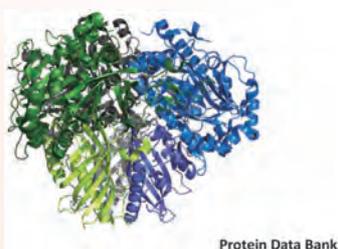
特定准教授 高塚由美子

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

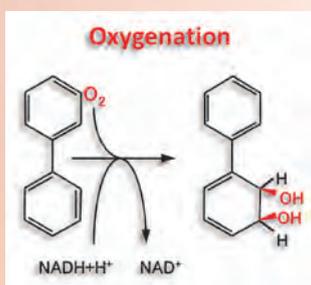
ポリ塩化ビフェニル類 (PCBs) は、多様な塩素置換体を持った同族体からなる有機塩素化合物で、かつて夢の物質として讃えられ、さまざまな産業で利用されました。しかし、その化学的性質は難分解性かつ高残留性であり、ヒトへの内分泌攪乱作用も示すため、今では著名な環境汚染物質として世界的な廃絶が進められています。ビフェニルジオキシゲナーゼ (BDO) は芳香環水酸化酵素の一種で、PCBsの芳香環に対し分子状酸素の2つの酸素原子を水酸基の形で cis 型に導入する反応 (酸素添加反応) を触媒して芳香環の開裂を誘導し、PCBsを分解するきっかけを与えます。われわれは、特異性が異なる酸素添加反応を持った2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 L⁻¹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反応を発展させるため、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。

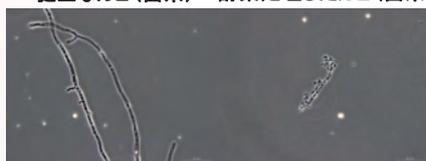


B. PCBsへの酸素添加反応を触媒するBDOの分子構造モデリング (PDBより引用)。

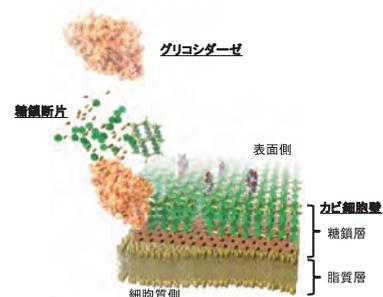


C. BDOがビフェニルへ酸素を添加し、一方の芳香環を水酸化する酵素反応。

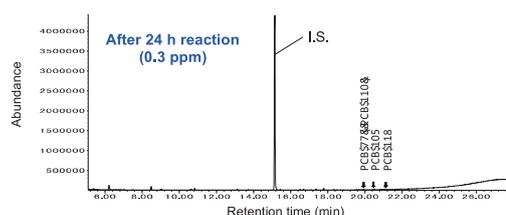
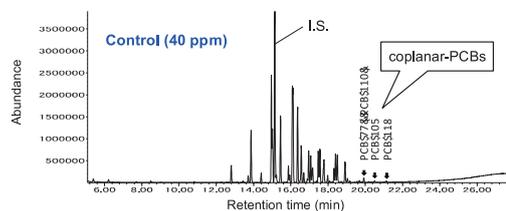
健全なカビ(菌糸) 酵素処理したカビ(菌糸)



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。



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。



D. 40 mg L⁻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 L⁻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囊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ペ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.)

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

長汐 晃輔

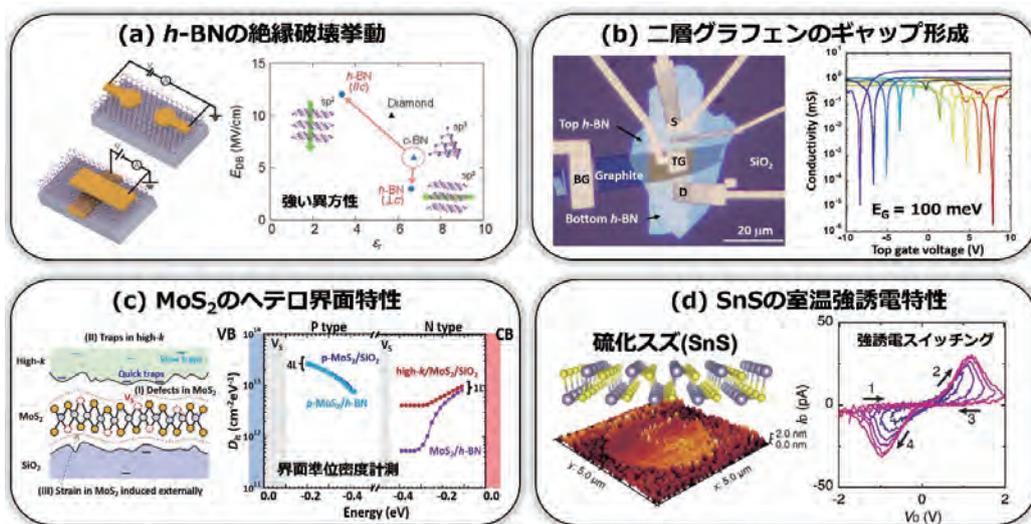
東京大学大学院工学系研究科
教授（マテリアル工学専攻）

2002年東京大学大学院工学研究科（マテリアル工学専攻）博士課程修了、博士（工学）。

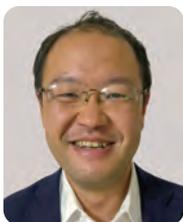
2003年、宇宙科学研究所助手に着任、2007年に東京大学工学系研究科講師に着任、2011年准教授、2020年教授、現在に至る。

グラフェンに代表される2次元材料の次世代エレクトロニクスの研究を進めている。グラフェンや2次元層状材料の特徴的な物性を理解し、その特性を引き出してデバイスに展開することを目指している。原子層物質である h -BN層状絶縁体や、 MoS_2 層状半導体等を複層化により、既存のヘテロエピ技術とは異なる分子間力による原子レベルで明確な界面を利用した機能発現・抽出を狙っている。

応用物理学会、the Materials Research Society (MRS)、the IEEE Electron Device Society (EDS) and the American Physics Society (APS) の会員である。



▶ 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

松島 永佳

北海道大学大学院工学研究院
准教授（材料科学部門）

2004年に京都大学大学院エネルギー科学研究科を修了し、博士を取得。2005年ドレスデン工科大学にフンボルト財団奨学生、2007年キール大学に海外特別研究員としてドイツ留学を経験し、2010年に山梨大学大学院医学工学総合研究部特任助教、2013年より北海道大学大学院工学研究院准教授に着任、現在に至る。

固体高分子形水電解や固体高分子形燃料電池など、脱炭素社会に必要な不可欠となる水素製造・利用技術開発に取り組み、現在は、これらの新たな応用研究として水素同位体分離を研究している。また“その場観察”にも着目し、高速プローブ顕微鏡や干渉顕微鏡を使った電極界面の解析も行っている。

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

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・核融合エネルギー指向の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。

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、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。

「ゼロエミッションエネルギー」研究の推進とともに、持続可能な人類の生存と発展のために、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研究推進部体制とし、「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」、および「国際・産官学連携研究支援推進部」があります。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、このテーマに対応した直属の2研究分野があります。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」、および 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・先導的共同研究をととし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。産学共同研究のため設置された寄附部門もセンターに所属しています。

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超小型核融合中性子源装置、⑥触媒材料創製機能解析システムなどがあります。

これら大型装置の運転維持もセンターの機能です。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「自己組織化科学研究分野」、および寄附部門の「環境微生物学研究分野」が研究を進めています。

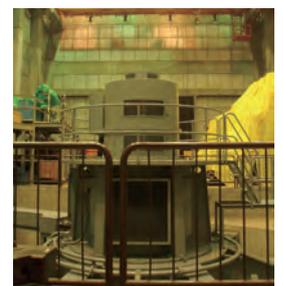
また、センターの果たすべき研究ネットワーク拠点機能として、異分野の研究者間の交流を図り、研究上の新しい着想の醸成効果や学際的な研究成果を挙げるため、各種の共同研究を企画・運営するとともに、談話会、シンポジウム、共同研究報告会、国際会議やインターンシップなどのプログラムを開催、あるいは支援しています。



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3.4~26 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、液体クロマトグラフィー・質量分析計と連結し超高感度検出器を装着した世界最高性能の800 MHz 装置及び2台の600 MHz 装置を含む計4台からなる装置群です。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、86社、276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実施する一方、センターではプラズマエネルギー、ソフトエネルギーの2分野で所内研究者の協力による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。

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・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

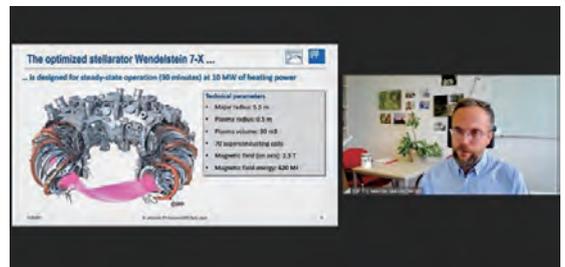
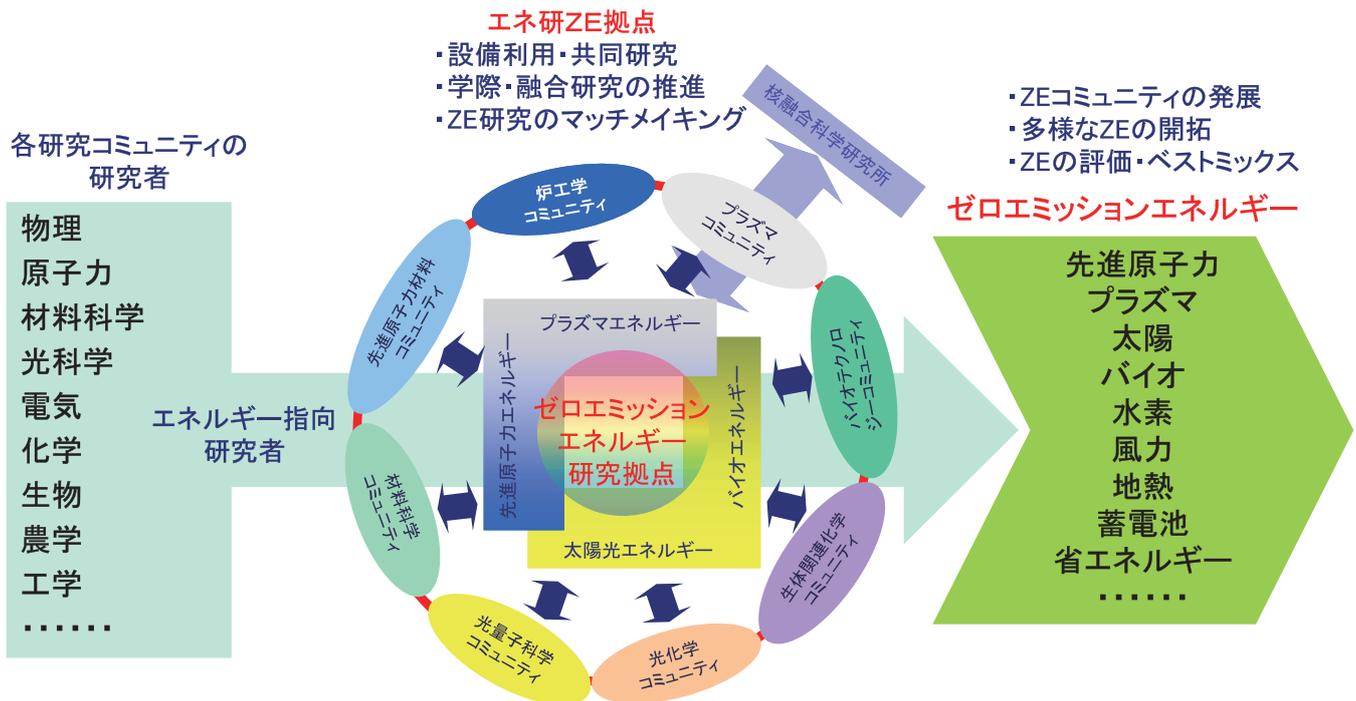
- ▶ 代表者：研究所長
- ▶ 研究期間：第1期：2011年度～2015年度
第2期：2016年度～2021年度

[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。なお、2018年度に行われた文部科学省の中間評価において、A評価を獲得しました。

[2020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116件、参加61機関610名
- ZE 研究拠点 国際シンポジウム開催 (2020年9月15日～9月16日、オンライン開催)
"The 11th International Symposium of Advanced Energy Science" - Research Activities on Zero-Emission Energy during the COVID-19 Peril -
参加者数：234名
- 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 (2021年3月9日 オンライン開催)
- 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

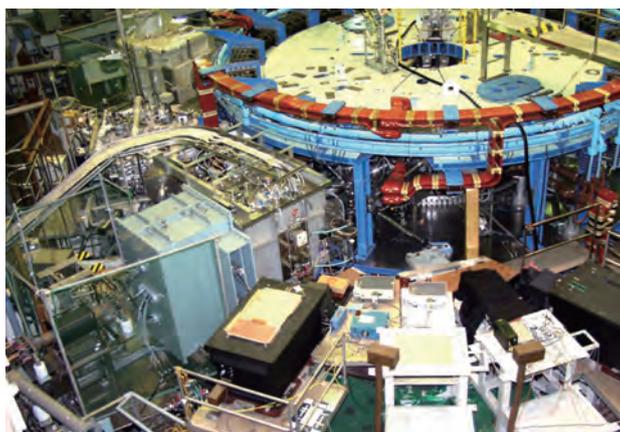


双方向型共同研究（自然科学研究機構 核融合科学研究所）

▶ 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、磁場閉じ込めプラズマ実験装置「ヘリオトロンJ」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。



科学技術研究費助成事業・基盤研究（S）

研究領域：理工系（総合理工）

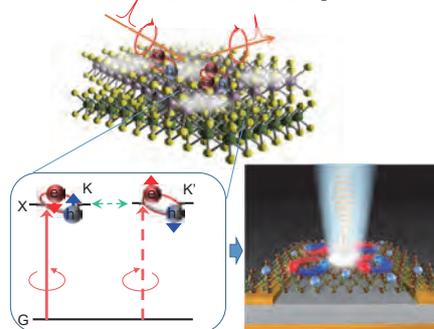
研究題目：原子層人工ヘテロ構造におけるバレースピ量子光学の開拓と応用

▶ 研究代表者：松田一成

▶ 研究期間：2020年度～2024年度

〔概要〕急速に研究が進展した新たな原子層物質では、バレーとスピが結合したバレースピという新たな物理自由度が生じます。我々は、これまでの一連の研究を通して、バレースピを一つの量子状態として見做して制御する新たな道筋を見出し、その量子状態制御を基礎とした「バレースピ量子光学」という新しい研究への視野を拓きました。これを契機とし光科学・物質科学の接点にある「バレースピ量子光学」の学理を構築します。さらに、それを応用へと橋渡しした「バレースピ量子フォトンクス」という新しい研究へと昇華させることを目的としています。

〔Development of Valley-spin Quantum Photonics in Artificial Hetero-structures〕



戦略的創造研究推進事業（CREST） 科学技術振興機構（JST）

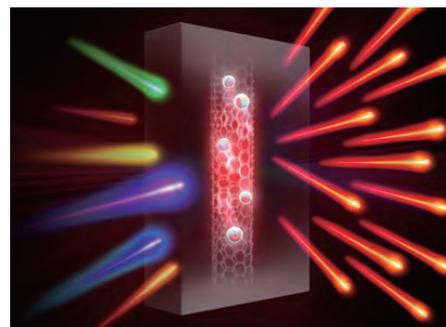
研究領域：ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出

研究題目：ナノ物質科学を基盤とするサーモエキシトニクスの創成

▶ 研究代表者：宮内雄平

▶ 研究期間：2018年度～2023年度

〔概要〕カーボンナノチューブにおいて最近観測・実証された熱による励起子（エキシトン）生成現象の物理を解明し、その応用ポテンシャルを明らかにします。同時に、ナノスケールでの熱制御技術を確認することで、太陽光発電のエネルギー変換効率を通常の理論限界を超えて引き上げる超高効率な熱光変換素子の実現をはじめとする、熱励起子現象の利活用に基づく新たな熱光科学技術体系「サーモエキシトニクス」の創出に挑みます。



Concept of thermo-excitonic photon energy conversion

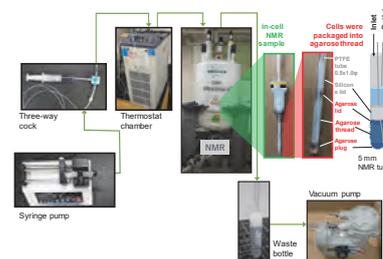
エイズ対策実用化研究事業 日本医療研究開発機構 (AMED)

研究開発課題名：HIV 複製と創薬研究を推進する革新的な構造生物学研究基盤の創成

研究題目：ヒト細胞における Pr55Gag in-cell NMR の基盤開発

- ▶ 分担者：片平 正人
- ▶ 研究期間：2019年度～2021年度

【概要】 HIV 粒子形成初期の構造基盤解明に焦点を当て、HIV 複製・変異性を構造ベースで理解する先駆的構造生物学の研究基盤を開拓し、エイズ対策の基礎・開発研究の新分野を切り開くことを目的とします。HIV の粒子形成を担う Pr55Gag タンパク質に関し、in-cell NMR 法 (図) によって、生きた細胞中における構造、相互作用及び機能発現機構を解明することを目指します。



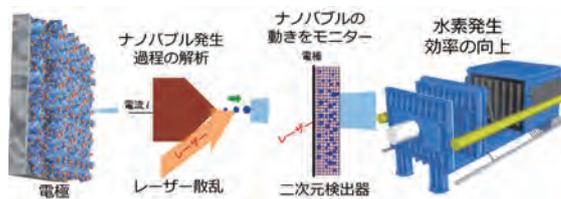
新産業創造新技術先導プログラム研究領域 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

研究開発課題：水素利用等先導研究開発事業・水電解水素製造技術高度化のための基板技術研究開発

研究題目：アルカリ水電解および固体高分子型水電解の高度化

- ▶ 所内代表者：中嶋 隆
- ▶ 研究期間：2018年度～2022年度

【概要】 地球温暖化抑制のために、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーが大量に導入されつつあります。余剰電力を有効活用するため、余剰電力で高効率かつ低コストな水電解を使って水素を製造すれば、必要に応じて水素ガスを電気エネルギーに再変換することが可能です。本プロジェクトでは、光学的手法を用いて水電解の過程で電極近傍に発生する水素ガスの生成プロセスを解明し、最適な電極、基板材料、および細孔構造の設計指針に寄与します。



高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業

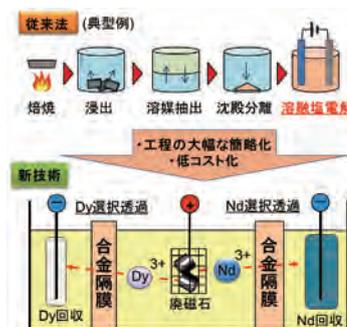
新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

研究開発課題：高効率製錬技術開発

研究題目：溶融塩を利用した濃縮系少量材料のリサイクル技術

- ▶ 分担者：野平 俊之
- ▶ 研究期間：2017年度～2022年度

【概要】 ネオジム磁石など特定の希土類元素が濃縮された廃棄物原料から、希土類元素の分離・回収を単一工程で行うとともに大幅な低コスト化が期待できるプロセスとして、溶融塩と合金隔膜を利用した希土類元素の直接回収技術を開発します。特定の希土類-遷移金属合金相が高速形成すること、形成した希土類-遷移金属合金を陽極極すると、希土類イオンのみが選択的に溶出することを利用して、今までにない革新的な希土類元素リサイクルプロセスの実現を目指します。



戦略的創造研究推進事業 (CREST) 科学技術振興機構 (JST)

研究領域「細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出」

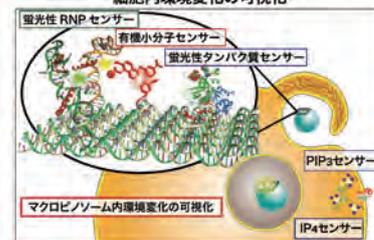
研究課題名：「細胞外微粒子の細胞内運命の解析と制御」

サブテーマ：「細胞内環境測定多元同時センサーの開発」

- ▶ 分担者：森井 孝
- ▶ 研究期間：2018年度～2023年度

【概要】 マクロピノサイトーシスは細胞外微粒子の細胞内取込の中心的役割を担う経路です。本研究では、細胞外からの微粒子が細胞にどのように取り込まれ、どのような運命をたどるのかを明らかにするために、DNA オリガミを足場とした多検体を同時に計測できるセンサーを構築します。微粒子の取込に伴う過渡的なサイトゾル内環境変化と微粒子周辺のマクロピノソーム内環境変化をリアルタイムに可視化・計測し、微粒子取込に関わるマクロピノサイトーシスをより詳細に理解します。

マクロピノサイトーシスによる微粒子取り込み過程における細胞内環境変化の可視化



日本学術振興会研究拠点形成事業 A. 先端拠点形成型

「磁場の多様性が拓く超高温プラズマダイナミクスと構造形成の国際研究拠点形成」“PLADyS” (JSPS)

▶ 研究代表者：長崎百伸

▶ 研究期間：2019年度～2023年度

〔概要〕多様な閉じ込め磁場中の超高温プラズマで見られる乱流状態からの構造形成や高エネルギー粒子ダイナミクスの役割を精密実験と理論・シミュレーション解析によって比較・考察することで、自然界に存在する構造形成を理解する鍵となる新たな学理を創出する国際研究拠点の形成を目指す事業です。京都大学を研究統括拠点機関として、マックスプランク・プラズマ物理研究所（ドイツ）、ウィスコンシン大学マディソン校（米国）、西南交通大学（中国）をそれぞれの国における拠点研究機関とした「超高温プラズマダイナミクスと構造形成に関する国際研究拠点コンソーシアム」の構築を目標としています。



e-ASIA 共同研究プログラム 科学技術振興機構 (JST)

研究領域：「代替エネルギー」分野

研究題目：サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリファイナリー

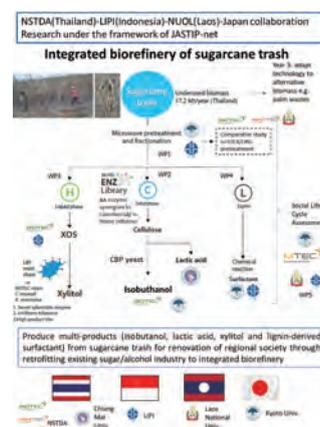
▶ 研究代表者：渡邊隆司（生存圏研究所）

▶ 所内責任者：大垣英明

▶ 研究期間：2019年度～2021年度

<https://www.jst.go.jp/pr/info/info1357/besshi1.html>

〔概要〕本研究は、サトウキビ廃棄物を原料として多様な有用化学品をつくることにより、既存の製糖工場やエタノール工場をバイオリファイナリー工場に再構築し、持続発展可能な地域社会の創成に貢献することを目的としています。具体的には、日本側チームは、バイオマスの精密構造解析を基に、有用化学品生産に適した変換プロセスを開発するとともに、全体プロセスのライフサイクルアセスメント (LCA) 解析を行います。タイ側チームは、高活性多糖分解酵素、合成生物学を用いた酵母のセルファクトリー構築、乳酸、イソブタノールの生産研究を行います。インドネシア側チームは、リグニンからの界面活性剤の合成、キシランからのキシリトール生産を研究します。ラオス側チームは、物理化学的前処理法やメタン発酵プロセスの開発を行います。



Project scheme of "Integrated Biorefinery of Sugarcane Trash"

光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) 科学技術振興機構 (JST)

自由電子レーザーで駆動する高繰り返しアト秒光源のための基礎基盤技術の研究

▶ 研究代表者：羽島良一（量子科学技術研究機構）

▶ 所内代表者：大垣英明

▶ 研究期間：2018年度～2027年度

<https://www.jst.go.jp/stpp/q-leap/index.html>

〔概要〕相対論的電子ビームを用いたレーザーである自由電子レーザー (FEL) は、波長可変、HHG laser

高平均出力が可能な特長をもち、超伝導加速器を用いると 1 keV 以上の高次高調波発生 (HHG) に適した中赤外のレーザーパルスを MHz の高い繰り返しで作る事ができます。そのため、中赤外 FEL で駆動する HHG は、既存の固体レーザーベースの HHG を補完する技術となり得ます。そこで本プロジェクトでは、既設の FEL 装置を利用して、中赤外の波長領域で数サイクルパルスの生成とこれを利用した HHG を行い、高繰り返し極短パルス光源 (10 MHz 以上) の実現に必要な基礎基盤技術を開拓します。



Schematic drawing of MIR-FEL based attosecond

学際融合教育研究推進センターユニット

「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。

「非線形・非平衡プラズマ科学研究ユニット」

- ▶ 代表者：岸本泰明（エネルギー科学研究科・教授）
- ▶ 所内担当者：長崎百伸
- ▶ 研究期間：2020年度～2025年度

【概要】本ユニットは、京都大学における多様なプラズマ研究の歴史と実績を背景に、幅広い時空間スケールの非線形性や非平衡性に支配される核融合プラズマや光子プラズマ、基礎・応用プラズマや宇宙・天体プラズマにおいて懸案となっている諸現象を対象として、同様の過程が重要な役割を果たす物質科学や生命・生物科学、数理科学や情報・計算科学など、異分野の研究者との積極的な連携・協力を通して幅広い知識や知見を共有することにより、複雑性と多様性に満ちた「形のないものから形を創る（構造形成に関わる）」プラズマの学理と応用を分野横断的・俯瞰的に探究する研究活動を展開することを目的とする。これにより次世代を担う高性能・高機能なプラズマ創成の新しい研究のアプローチや方法論を開拓するとともに、それらを牽引する人材育成に貢献する。<http://plasma-fusion.energy.kyoto-u.ac.jp/UNIT/index.html>

「水・エネルギー・災害教育研究ユネスコチェアユニット」

- ▶ 代表者：竇馨（大学院総合生存学館・学館長）
- ▶ 所内担当者：大垣英明
- ▶ 研究期間：2018年度～2022年度



【概要】グローバル・リスクあるいは地球規模課題を解決することは人類共通のテーマであり、問題の所在の認知、世界的な取組の状況の把握、解決に向けた方策の模索が必要です。本研究ユニットはユネスコから公式に認定された「水・エネルギー・災害」に関するユネスコチェアが、学際的な大学院履修コースを設定し、関連部局の大学院生（修士課程、博士後期課程学生）が自主的・系統的に学ぶ場を提供することを通して、社会の諸問題を解決する視野をもった人材育成を支援するものです。<http://wendi.kyoto-u.ac.jp/index.html>

研究連携基盤 未踏科学研究ユニット

2015年度より開始された「研究連携基盤」が2020年度より第2期になり、4つのユニットのうち以下の2つのユニットに当研究所は参加しています。

「データサイエンスで切り拓く総合地域研究」

- ▶ 代表者：三重野文晴（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：2020年度～2024年度

【概要】本プログラムは京都大学の12の部局（東南アジア地域研究研究所、学術情報メディアセンター、情報学研究科、経済研究所、こころの未来研究センター、人文科学研究科、公共政策大学院、エネルギー理工学研究所、エネルギー科学研究科、医学研究科、農学研究科、フィールド科学教育研究センター）が、汎ディシプリンのな地域研究と情報学の融合を基盤として、それぞれの部局で深化してきた各ディシプリンのアプローチを参画させることによって、地域の全体像の再構築に近づくため新領域「データサイエンスを基盤とする総合地域研究」を確立し、展開します。



具体的には研究対象地域を日本や米州を含むアジア環太平洋地域とし、主な対象分野を該当地域における政治・経済・社会の設計に関わるシミュレーション、リスク評価、政策効果の評価とする。地域情報学と計量的な効果計測の組み合わせという観点を参画者全員が共有しながら、異なるディシプリンや異なる地域間のイシューについて俯瞰・比較を進めて研究を行います。

「持続可能社会創造ユニット」

- ▶ 代表者：小西哲之
- ▶ 研究期間：2020年度～2025年度

【概要】本プログラムは参加する京都大学の8部局（エネルギー理工学研究所、防災研究所、化学研究所、生存圏研究所、東南アジア地域研究研究所、経済研究所、地球環境学堂、学術情報メディアセンター）の異なる分野の研究者が協力してチームをつくり、環境、資源、災害、疾病、社会などの複雑に絡み合う問題に取り組んでいます。地球規模での生活圏基盤の構築と、物質エネルギーの生産利用循環の二つの視点を中心に、人類の生存のための概念を学際的な研究により創出し、持続可能な社会へ展開することを目指しています。

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)



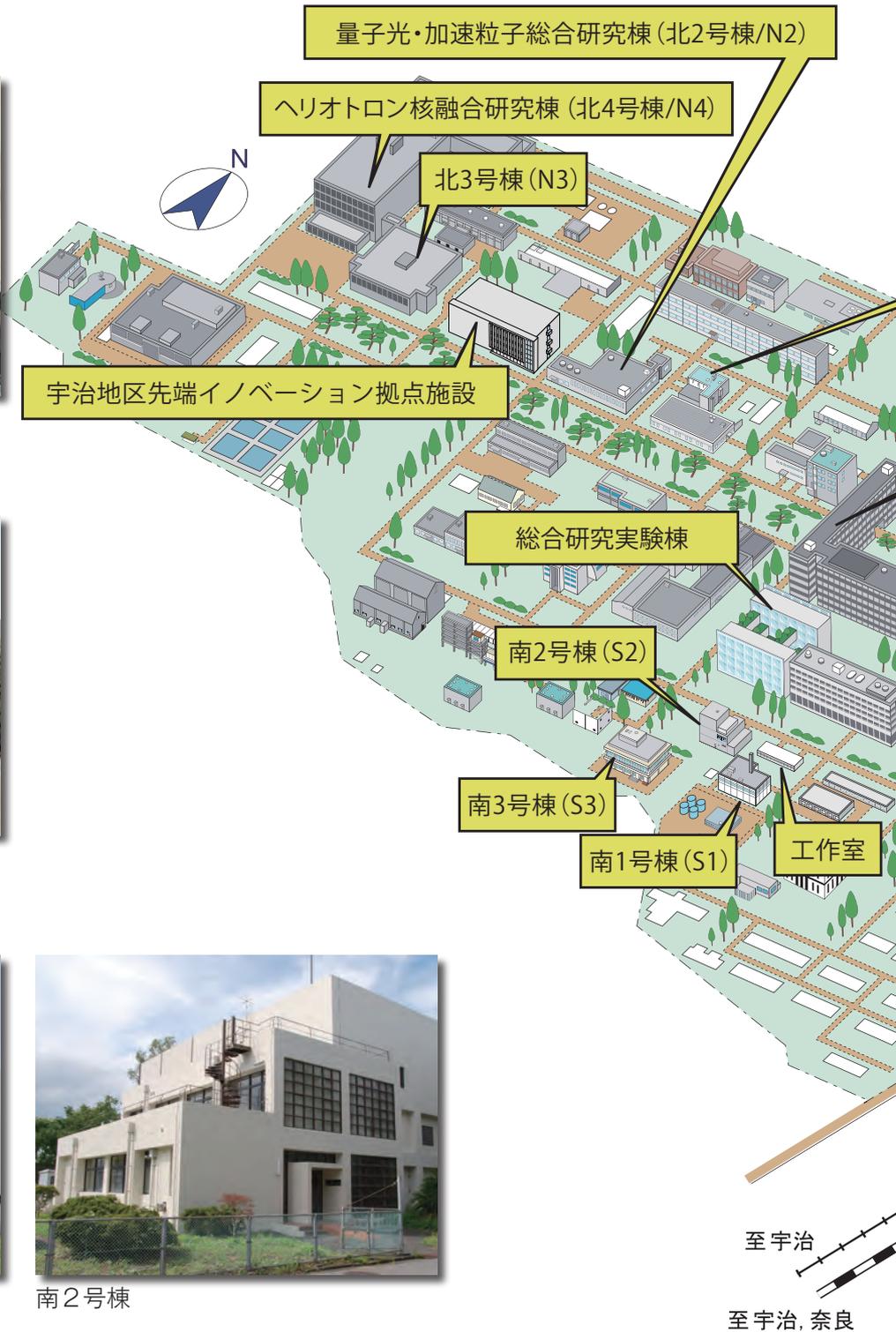
宇治地区研究所本館 (M棟)



南1号棟



南2号棟

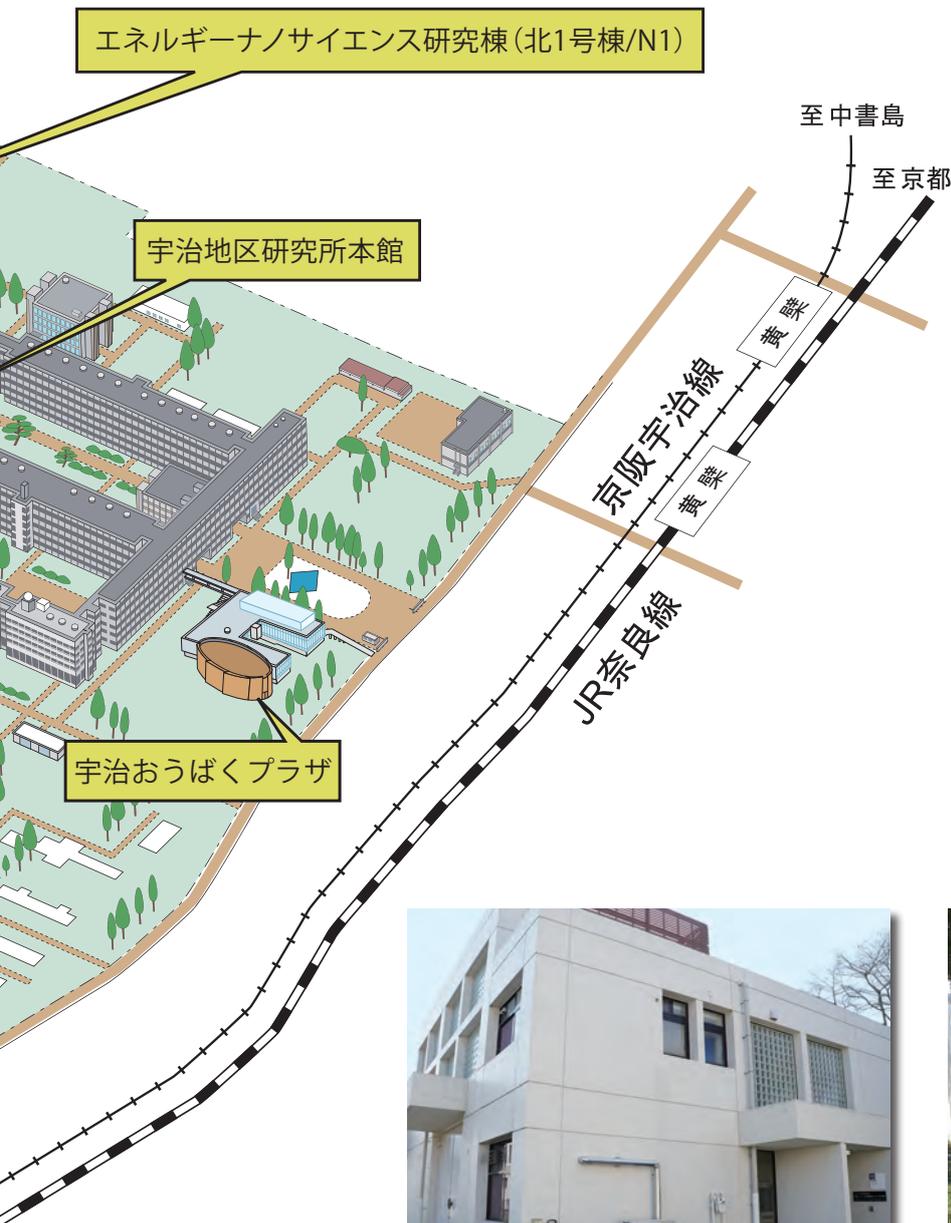




北4号棟 (ヘリオトロン核融合研究棟)



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



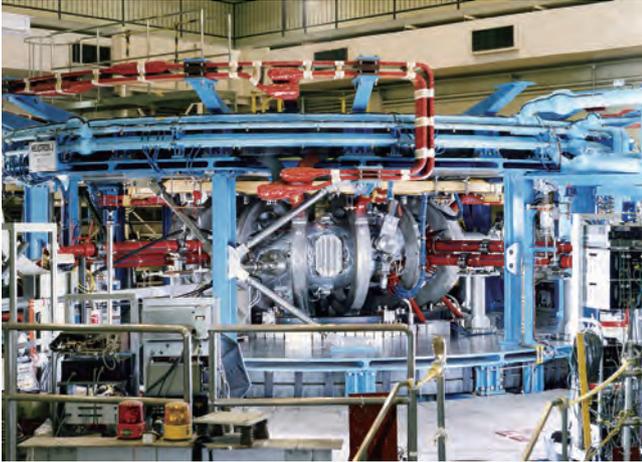
南3号棟 (プラズマエネルギー直接変換実験棟)



工作室

磁場閉じ込めプラズマ実験装置 Heliotron J

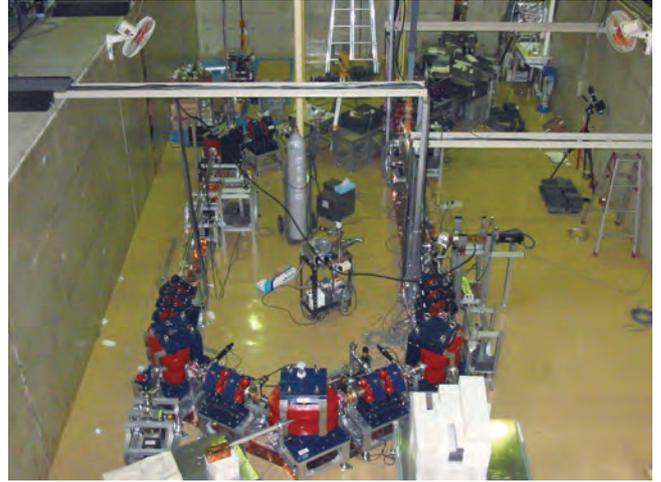
磁場閉じ込め核融合の実現とその高性能化を目指し、京都大学で創案された先進的磁場配位、ヘリカル軸ヘリオトロン最適化を目標に、2000年より本格的なプラズマ実験を開始し、その後も引き続き、加熱機器や計測機器の整備・高機能化を図り、研究所内はもとより、国内外の関連研究者との共同研究に供しています。



(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(3.4~26 μm)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、およびイオンビーム分光分析が可能です。



(北2号棟)

NMR 装置群 NMR

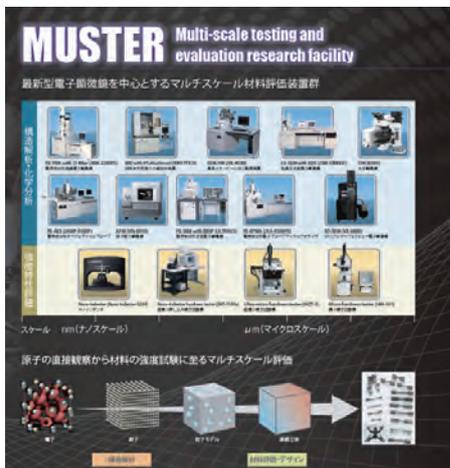
液体クロマトグラフィー・質量分析計と連結し超高感度検出器を装着した世界最高性能の800MHz装置及び2台の600MHz装置を含む計4台からなる装置群です。バイオマスおよびバイオ分子を活用したエネルギーと有用物質の取得法の開発を目指し、研究所内外に開放されています。



(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, FE-SEM, FE-AES, FE-EPMA や高温X線回折装置、疲労試験機、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)

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)

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、等温滴定型カロリメータ、示差走査型カロリメータ、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。



(本館化学機器室ほか)

先進エネルギー変換試験装置

小型中性子源と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)

触媒材料創製機能解析システム

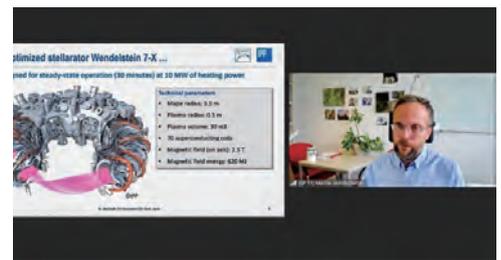
生体分子、有機分子、無機分子を用いたエネルギー材料の精製、組成・構造解析、機能評価を行うための装置群です。主な装置として300MHz NMR、タンパク質精製装置、遺伝子配列解析装置、時間分解蛍光分光光度計およびFE-SEMなどが稼働しています。

(本館化学機器室、本館生化学実験室ほか)



エネルギー理工学研究所 国際シンポジウム

第11回エネルギー理工学研究所国際シンポジウム (The 11th International Symposium of Advanced Energy Science) が、2020年9月15日 (火) ~16日 (水) の二日間に行われ、共同利用・共同研究拠点との共催でオンラインにて開催されました。今回のシンポジウムでは副題「Research Activities on Zero-Emission Energy during the COVID-19 Peril」のもと、コロナ禍においてもゼロエミッションエネルギー研究活動を推進させることを目的として行われました。今回はウェビナー参加者が234名、ポスターセッション参加者が当日コアタイムで194名、事前ディスカッションで181名でした。また、サテライトセミナー参加者が42名でした。この参加人数は、これまでの国際シンポジウムと比較しても遜色なく、非常に多くの研究者にご参加いただきました。



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、2020年度の本研究所の学生数は104人となり、中でも博士後期課程在籍生数は、33人 (内外国人23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所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るべく努めています。



公開講演会

第25回目となるエネルギー理工学研究所公開講演会は、2020年5月17日 (日) に京都大学宇治キャンパス 宇治おうばくプラザで開催される予定でしたが、新型コロナウイルス感染症拡大の状況を踏まえ、5月17日の開催を中止しました。このような状況下にあっても本研究所の活動を社会に伝えること、公開講演会の代替として、2020年11月13日 (金) にオンライン特別講演会を開催し、大垣英明教授 (エネルギー生成研究部門 量子放射エネルギー研究分野) に「エネルギーと生活満足度 (アセアン非電化地区での調査から)」と題した講演をしていただきました。総勢50名に参加いただき、講演終了後は活発な議論をいただきました。オンラインでも充実した講演会が開催できたことは、今後の研究所の広報活動に大きな可能性を生みましたが、従来通りの講演会方式で本研究所の活動を社会に伝えることの重要性も、改めて感じさせられました。なお、本講演会は京都大学 OCW にて公開されています。



全学共通科目

2021年度

担当科目	担当教員
先進エネルギー概論	森井 孝、小西哲之、坂口浩司、片平正人、野平俊之
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、長崎百伸、八木重郎、小林進二、森下和功 (以下エネ科) 石山拓二、川那辺洋、林 潤、今谷勝次、木下勝之、安部正高
自然現象と数学	長崎百伸
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	八木重郎 (代表者)、小西哲之、長崎百伸、小林進二
核融合とプラズマの科学	長崎百伸、南 貴司、門信一郎、小林進二
量子ビームを使ってわかること	大垣英明、中嶋 隆
エネルギー科学最前線 - プラズマと生命科学を中心に -	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	大垣英明、石原慶一 (エネ科)、手塚哲央 (エネ科)、尾形清一 (エネ科)

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
 沖縄科学技術大学院大学修士課程進学
 原子力規制庁
 奈良県庁
 (一財)化学物質評価研究機構
 (株)商船三井
 (株)IH
 (株)NTTデータ
 (株)キーエンス
 (株)デンソー
 (株)マンダム
 (株)リクルートホールディングス
 (株)レノバ
 (株)大同キャスティングス
 (株)東芝
 (株)日本総合研究所
 (株)日本電産
 (株)日立インダストリアルプロダクツ
 (株)豊田自動織機
 (株)堀場製作所
 (株)野村総合研究所
 JFEスチール(株)
 ダイキン工業(株)
 トヨタ自動車(株)
 パナソニック(株)
 マツダ(株)
 関西電力(株)
 京セラ(株)
 三菱重工業(株)
 三菱電機(株)
 住友商事(株)
 住友電気工業(株)
 昭和電工(株)
 川崎汽船(株)
 川崎重工業(株)

全日本空輸(株)
 朝日放送テレビ(株)
 東レ(株)
 東京エレクトロン(株)
 東芝エネルギーシステムズ(株)
 東芝デバイス&ストレージ(株)
 東日本旅客鉄道(株)
 東洋電機製造(株)
 凸版印刷(株)
 日立ジョンソンコントロールズ空調(株)
 日立化成(株)
 本田技研工業(株)
 野村證券(株)
 TIANMA (中華人民共和国)

▶ 博士後期課程

京都大学エネルギー理工学研究所・研究員
 日本保全学会・研究員
 日本学術振興会・特別研究員(PD)
 量子科学技術研究開発機構・博士研究員(PD)
 Univ. Malaysia Kelantan・Young Lecturer (マレーシア)
 Synchrotron Light Research Institute・Assistant Researcher (タイ)
 サンディスク(株)
 花王(株)

▶ ポスドク

京都大学エネルギー理工学研究所・助教
 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・協力研究員
 産業技術総合研究所・研究員
 量子科学研究開発機構・ポスドク
 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター・研究員
 Sun Yat-sen University・准教授 (中華人民共和国)
 King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT) 研究員(タイ)
 中国原子力研究所・研究員 (中華人民共和国)
 Paul Scherrer Institute・ポスドク(スイス)

エネルギー理工学研究所表彰 2020年度受賞者

研究奨励賞 安東航太
 学生賞 Zhang YAN, Adulsiriswad PANITH

受賞

(学会賞など 2020年度)

受賞者氏名	賞等の名称	授与機関等の名称
野平俊之	電気化学会フェロー	電気化学会
全炳俊	第15回(2021年)日本物理学会若手奨励賞	日本物理学会
向井啓祐	第17回日本原子力学会核融合工学会奨励賞	日本原子力学会
向井啓祐	吉川允二記念核融合エネルギー奨励賞	核融合エネルギーフォーラム
荻野靖之	2020年秋の大会学生ポスターセッション奨励賞	日本原子力学会
荻野靖之	第37回年会若手学会発表賞	プラズマ・核融合学会
的池遼太	2020年秋季大会(2020年9月) 領域2学生優秀発表賞	日本物理学会
Adulsiriswad Panith	2020年秋季大会(2020年9月) 領域2学生優秀発表賞	日本物理学会
Adulsiriswad Panith	AAPPS-DPP Poster Prize	4th Asia-Pacific Conference on Plasma Physics
岡佑旗	COMSOL Conference 2020優秀ポスター発表賞	計測エンジニアングシステム株式会社
孟憲鐸	第52回溶融塩化学討論会(オンライン) 溶融塩奨励賞	電気化学会溶融塩委員会
鶴木亮	関西電気化学奨励賞	電気化学会関西支部
大村涼	第3回日本原子力学会材料部会 Best Figure 賞	日本原子力学会材料部会

年間行事

前期 4月 入学式・院生会花見
 5月 公開講演会
 7月 理工会主催ビアパーティ

後期 10月 宇治キャンパス公開院生会ボウリング大会
 3月 卒業式

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 ヒ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	南オーストラリアプリンダース大学 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ー研究領域 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
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	国立ホリアアルベイ物理原子力研究所	ルーマニア
2014.12.3	蔚山国立科学技術大学	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
2019.1.8	マックス・プランク プラズマ物理研究所	ドイツ
2019.2.15	西南交通大学	中華人民共和国
2019.6.19	ラオス国立大学	ラオス人民民主共和国
2019.10.21	西南物理研究所・核融合科学センター	中華人民共和国
2019.10.30	華中科技大学・プラズマ物理国際共同研究所	中華人民共和国

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」で行って来た日タイ交流を軸に、2006年以来、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をエネルギー科学研究科と構築してきました。タイ王国のエネルギー・環境大学院とは、隔年で Sustainable Energy and Environment (SEE) Conference を開催しており、2021年度は10月にタイ王国チェンマイにて同会議を開催する予定です。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 (EMSSES) を共同で開催し、2021年度はタイ王国チェンマイにて第15回 EMSSES 国際会議を開催する予定です。

このような取り組みが評価され、2009年度より2011年まで UNESCO-COMPETENCE プログラムにおける再生可能エネルギーコース開発を UNESCO Jakarta と行うとともに、2011年度より2014年まで文科省 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ました。この活動から、2017年には総合生学館を中心に水・エネルギー・防災に関するユネスコウェア (WENDI) を設立し、ユネスコ本部より認定を頂きました。

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 JSPS 頭脳循環プログラム、さらには JST さくらサイエンス事業、学内 Wild and Wise 事業等による学生・研究者招聘・派遣を行ってきています。一方、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」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を進め、2020年9月から第2期が開始されています。さらに2019年度からは、JSPS 研究拠点形成事業-B、アジア・アフリカ学術基盤形成型にて「アジア新興国産天然資源を由来とする機能性物質創生のための高度分析研究拠点の形成」を化学研究所および大阪大学産業技術研究所と、また、JST の e-ASIA 共同研究プログラム「代替エネルギー（バイオエネルギー）」分野にて「サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリファイナリー（リーダー：渡邊隆司 生存圏研究所教授）」を進めています。



Group photo of EMSSES2018 in Uji Campus

(2020年)



※2020年度は新型コロナウイルスの影響で海外からの来訪者はなかった。

来訪者 10人 来訪者 1人 留学生+PD 10人 留学生+PD 1人 協定先

研究拠点形成事業 (B. アジア・アフリカ学術基盤形成型)

日本学術振興会 (JSPS)

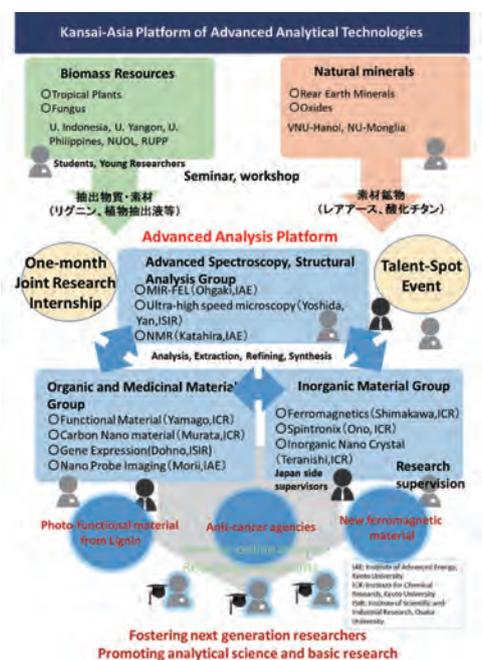
研究領域：地球資源工学およびエネルギー学関連

研究題目：アジア新興国産天然資源を由来とする機能性物質創生のための
高度分析研究拠点の形成

▶ 研究代表者：大垣英明

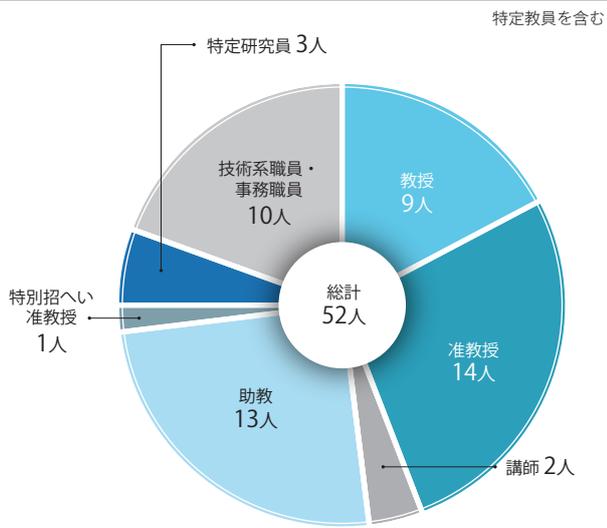
▶ 研究期間：2019年度～2021年度

[概要] アジア新興国に豊富な天然資源を高度利用するために、日本の高度分析技術を用いてアジア新興国に豊富な天然資源の高度利用を可能とする研究交流拠点の形成をエネルギー理工学研究所、化学研究所、大阪大学産業科学研究所の先端研究所が、中核的研究拠点となって目指します。本事業ではインドネシア、ミャンマー、モンゴル、フィリピン、ベトナム、カンボジア、ラオスを対象にそれぞれの国での分析技術向上と研究の振興を促します。



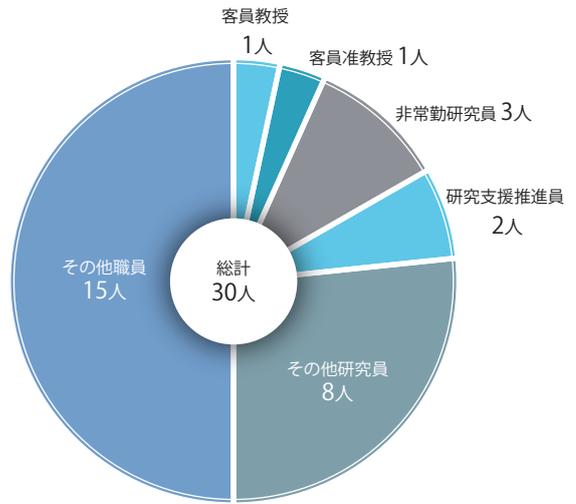
教職員数

2020年



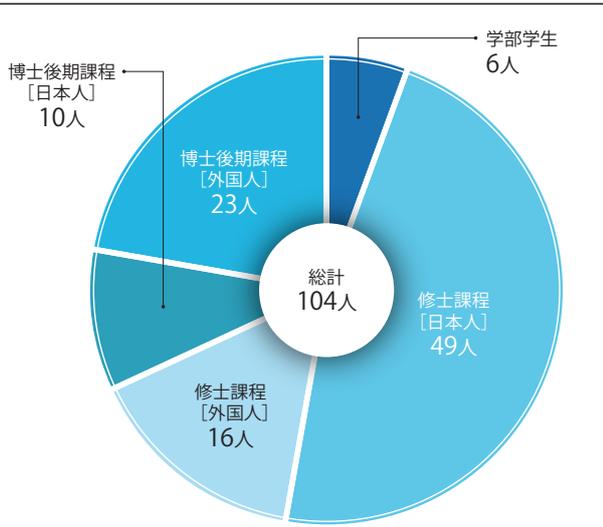
客員・非常勤教職員数

2020年



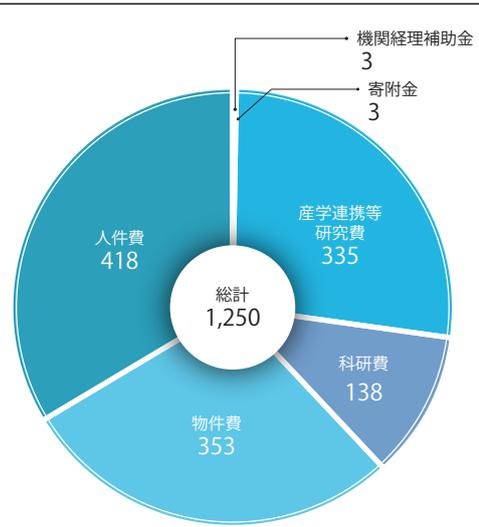
学生数

2020年5月

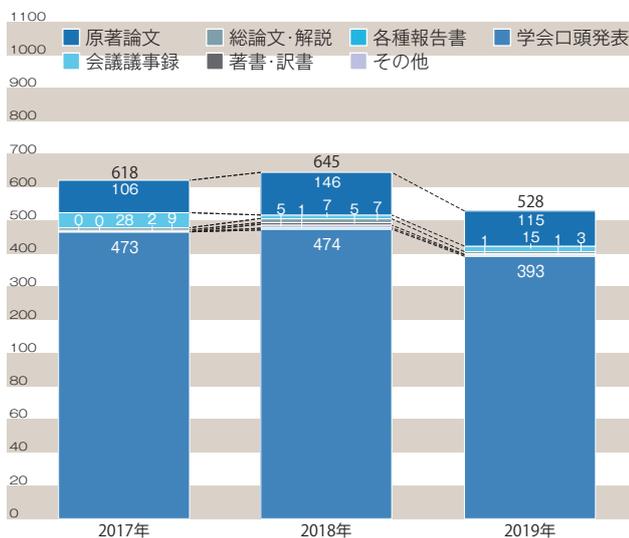


研究所予算 (決算額)

2019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	2020
A1: 国際・産官学連携研究支援推進部	0
A2: プラズマ・量子エネルギー研究推進部	2
A3: ソフトエネルギー研究推進部	3
合計	5

ZE 共同研究採択件数

カテゴリー	2020
(A) 企画型共同研究	41
(B) 提案型共同利用・共同研究	59
(C) 共同利用	14
(D) 研究集会	2
合計	116

主な補助金

年度	受入先	研究課題	代表者
2020	国立大学改革強化推進補助金	ICT を利用したハイブリッド型による国内外フィールドワーク・実習教材の開発	大垣英明

主な寄附金

年度	受入先	名称	研究者
2020	(株)竹中工務店	環境微生物学研究部門	原富次郎
	東洋ガラス(株)	環境微生物学研究部門	原富次郎
	(公財) 平和中島財団	東南アジアの非電化農村コミュニティにおける電化による性別改善に関する研究	CRAVIOTO Caballero Jordi
	(公財) 京都大学教育研究振興財団	DNA オリガミを利用して構築するケミレジスタセンサーの開発	Arivazhagan Rajendran
	(公財) 関西エネルギー・リサイク ル科学研究振興財団	パルスレーザーを用いたリチウムセラミックス微小球製造手法の開発	向井啓祐
	(株)日立製作所	核融合研究に対する研究助成	長崎百伸

科学研究費助成事業

年度	種別	研究課題	代表者
2020	新学術領域研究(研究領域提案型)	酵素間距離を制御する分子コンビナートを用いた非天然化合物合成システムの創製	中田栄司
	基盤研究 (S)	原子層物質におけるパレースピンフォトリニクスの創生と応用	松田一成
	基盤研究 (S)	原子層人工ヘテロ構造におけるパレースピン量子光学の開拓と応用	松田一成
	基盤研究 (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
	基盤研究 (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ータ精密磁場制御法の確立	紀井俊輝
	基盤研究 (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	森井 孝
	基盤研究 (B)	量子物質を用いた非従来型赤外光電変換学理の開拓	宮内雄平
	基盤研究 (B)	DNA ナノ構造体の階層的自己組織化による高効率な酵素連続反応場の構築	中田栄司
	基盤研究 (B)	神経変性疾患に関連した反復配列 RNA 分子の反復回数に依存した液液相分離の構造基盤	片正人
	基盤研究 (B)	高密度プラズマ輸送解析に向けた電子バースト回線放射計測に関する研究	長崎百伸
	基盤研究 (B)	低放射化 ODS 鋼における耐照射脆性のナノ・メソ組織定量化モデルの構築	木村晃彦
	基盤研究 (B)	LCS-NRF による同位体3D イメージング法の基盤確立	大垣英明
	基盤研究 (B)	先進ヘリカル配位のベータ効果が対称性と熱・乱流輸送に与える影響の実験的検証	小林進二
	基盤研究 (C)	乱流の非線形性を介した同位体効果発現機構の実験的検証	大島慎介
	基盤研究 (C)	マイクロからマクロまで総動員して老朽化設備の破損リスクを管理する方法	森下和功
	基盤研究 (C)	リグニンと多糖を分離する酵素のメバリオスに対する活性および構造機能相関の解析	近藤敬子
	基盤研究 (C)	核酸とペプチドツールを用いたアルツハイマー病関連複合体の形成原理の解明	永田 崇
	基盤研究 (C)	電磁場制御による核融合プラズマの内部輸送障壁形成手法の新展開	南 貴司
	基盤研究 (C)	癌・幹細胞増殖性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
	若手研究	核融合プラケットの中性子輸送と燃料生産性の実験評価	向井啓祐
	若手研究	カリウムイオンを電荷担体とする新規イオン液体電解質の開発	山本貴之
	若手研究	生成物解離を制御した RNA-ペプチド複合体リセター酵素の創製	仲野 瞬
	若手研究	Comparative studies of culturally-based characterisation of energy services	CRAVIOTO Caballero Jordi
	若手研究	二次元遷移金属ダイカルコゲナイドにおけるパレースピン分極の緩和とモデルの構築と制御	篠北啓介
	若手研究	格子欠陥の熱拡散に及ぼす磁壁の影響	藪内聖皓
	若手研究	熱光エネルギーの高度利用に向けたカーボンナノチューブの熱放射特性の完全解明	西原大志
	若手研究	機能性材料への応用を志向した非対称グラフェンナノリボンの創出	信末俊平
	若手研究	In-cell NMR 法を用いたヒト生細胞内核酸の構造安定性および相互作用の評価	山置佑大
	若手研究	テロメアの伸長抑制に関わる TLS 蛋白質による四重鎖核酸認識の構造基盤解明	近藤敬子
	挑戦的研究(萌芽)	嫌気的自然環境で起こる有機汚染物質の脱塩素化反応を好気条件下で実現させる	高塚由美子
	挑戦的研究(萌芽)	高次元データ科学による原子層物質のパレースピン制御	松田一成
	挑戦的研究(萌芽)	同一 RNA 分子によるプリオン蛋白質と A β 蛋白質の無毒化及び三者間のクロストーク	片正人
	挑戦的研究(萌芽)	電子的異方性を有するグラフェンナノリボンの開拓と巨大誘電性	坂口浩司
	挑戦的研究(萌芽)	A β 受容体であるプリオン蛋白質を RNA で阻害することによる抗アルツハイマー病効果	片正人
	特別研究員奨励費	金属ナノのより広範な利用を目的とした新規電解めっき法に関する研究	法川勇太郎
	特別研究員奨励費	溶融フッ化物電解と合金隔膜を用いた希土類金属の高精度・高速分離プロセスの構築	華 航

受託研究

年度	委託者	研究課題	研究者
2020	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
	科学技術振興機構	ナノ物質科学を基盤とするサーモエレクトロニクスの創成	宮内雄平
	科学技術振興機構	細胞内環境測定多元同時センサーの開発	森井 孝
	科学技術振興機構	サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリアファイナリー	大垣英明
	科学技術振興機構	サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリアファイナリー	片正人
	科学技術振興機構	サトウキビ収穫廃棄物の統合バイオリアファイナリー	小龍 努
	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一 持続可能開発研究の推進一	大垣英明
	科学技術振興機構	7-1. 材料特性評価を通じた極限環境下での材料挙動の理解	檜木達也
	新エネルギー・産業技術総合開発機構	水素利用等先導研究開発事業/水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発/アルカリ水電解及び固 体高分子形水電解の高度化	中嶋 隆
	新エネルギー・産業技術総合開発機構	高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業	野平俊之
	日本医療研究開発機構	HIV 複製と創薬研究を推進する革新的な構造生物学研究基盤の創成	片正人
	日本医療研究開発機構	新メソッドによる薬用エンジンの品質評価を軸とした伝統的栽培法数値化と効率的生産法の開発 (AMED 原資)	原富次郎
	日本医療研究開発機構	新メソッドによる薬用エンジンの品質評価を軸とした伝統的栽培法数値化と効率的生産法の開発 (企業原資)	原富次郎
	日本医療研究開発機構	中分子アゴニスト創薬のロジカルデザイン~ OX40 アゴニスト開発を実施例として~	永田 崇
	国際協力機構	JICA 研修員受入	野平俊之
	東京大学	「先端レーザーイノベーション拠点「次世代アト秒レーザー光源と先端計測技術の開発」部門」「自由電子レー ザーで駆動する高繰り返しアト秒光源のための基礎基盤技術の研究」	大垣英明

民間等共同研究

年度	共同研究機関	研究課題	代表者
2020	大学共同利用機関法人自然科学研究機構	2020年度双方向型共同研究	長崎百伸
	核融合科学研究所	高遠応答原型炉燃料サイクルとプロトンポンプフロントエンド	小西哲之
	核融合科学研究所	耐照射性および再結晶遅延性能の向上のためのタンガステン合金の開発	藪内聖皓
	量子科学技術研究開発機構	核融合中性子照射場の理論的定量化に関する研究	森下和功
	京都フュージョンリアリング(株)	核融合炉内機器及び付属システムの開発研究	小西哲之
	中部電力(株)	圧力容器監視試験片のサイズ効果に関する研究	藪内聖皓
	長瀬産業(株)	インフラ鋼構造物に生成するさびの構造解明	藪内聖皓
	住友電気工業(株)	溶融塩を用いた高付加価値材料の電解技術に関する共同研究	野平俊之
	日本中性子光学(株)	加速器用計測装置の開発・評価	大垣英明
	原子力安全システム研究所	原子炉容器鋼の照射ミクロ組織変化への Ni 影響の検討	藪内聖皓
	住友電気工業(株)	200°C以下の融点を有する溶融塩を用いた高付加価値材料のめっき技術に関する共同研究	野平俊之
	日立造船(株)	電子線エミッタの高性能化に関する研究	大垣英明
	(株) KRI	ナノ構造炭素材料の構造解析	坂口浩司
	(株)原子力安全システム研究所	低合金鋼の照射ミクロ組織変化への Mn 影響の検討 (その2)	藪内聖皓
	長瀬産業(株)	インフラ鋼構造物に生成するさびの構造解明	藪内聖皓

入学（大学院）について

エネ研における大学院生受け入れについて

エネ研には学生を受け入れる12の研究室があり、「次世代エネルギー」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、独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（留学生を含む）。

エネ研の研究室への配属を希望される方は、京都大学大学院エネルギー科学研究科（エネルギー基礎科学専攻・エネルギー変換科学専攻・エネルギー応用科学専攻）の大学院入試に合格していただく必要があります。3研究部門（※）の各研究分野の教授（准教授）が受入教員となり、研究指導を行います。エネ研での博士課程（国内学生・留学生）・修士課程（留学生）に進学を希望する場合は、志望分野の選択に関して、大学院受験の願書を出す前に希望する研究室の教授（准教授）に連絡をお取りいただき、研究方向の妥当性等について十分な指導を受けてください。出願に際しては、教授（准教授）の承諾を得ていただくことが必須になっています。

エネ研での修士課程（国内学生）に進学を希望する場合は、志望分野の選択に関して、大学院受験の願書を出す前に希望する研究室の教授（准教授）に連絡をお取りいただき、相談や見学を行うことを推奨します。

研究室に配属されるまでの動き

※博士課程（国内学生・留学生）・修士（留学生）

1. 希望する研究室を決める。
2. 希望する研究室の教授（准教授）に連絡を取り、受け入れ可能か問い合わせる。必要に応じて面談などを行う。
3. 受入承認について研究室から連絡が来る。
4. 京都大学大学院エネルギー科学研究科に出願し、入学試験を受験する。

* 修士（留学生）は、受入承認が必要でない場合もあります。詳しくはエネルギー科学研究科入試情報をご確認ください。



※修士（国内学生）

1. 希望する研究室を決める。
2. 研究室や入試に関して大学院エネルギー科学研究科のホームページ、入試説明会、エネ研各研究室のホームページなどから情報を収集する。
3. 希望する研究室の教授（准教授）に連絡を取り、相談や見学を行う。（推奨）
4. 京都大学大学院エネルギー科学研究科に出願し、入学試験を受験する。



出願方法や入試の日程は京都大学大学院エネルギー科学研究科にお問い合わせください。

京都大学大学院エネルギー科学研究科ホームページ

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

入試情報・大学院入試説明会情報

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

〈出願・入試に関する問い合わせ〉

京都大学大学院エネルギー科学研究科 教務掛

TEL : 075-753-9212 (直通)

E-mail : energykyoumu@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

エネ研における研究生受け入れについて

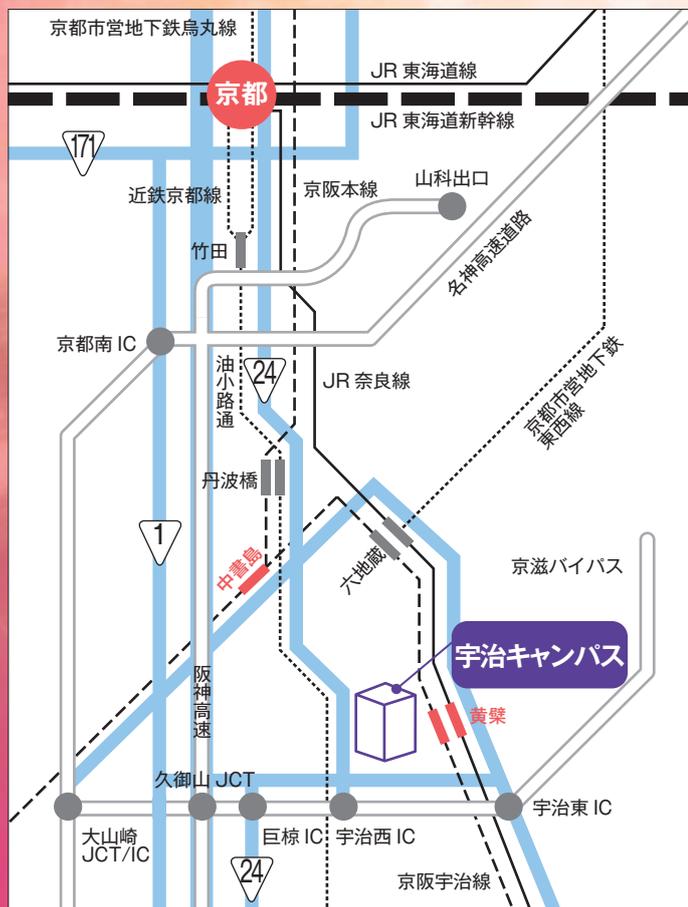
エネ研では大学院生とは別に、「研究生」としてエネ研の研究室に在籍し、研究活動を行うことができます。研究生を志望される方は、指導を希望する教員と連絡を取り、受け入れの内諾を得てください。その後、所定の手続きを経て研究生となります。なお、研究生に学位等は与えられません。詳細は、エネ研事務室へお問い合わせください。

〈研究生に関する問い合わせ〉

京都大学エネルギー理工学研究所 担当事務室

TEL : 0774-38-3400 (直通)

E-mail : office@iae.kyoto-u.ac.jp



▶ 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