

京都大学

エネルギー理工学研究所

Institute of
Advanced
Energy

Kyoto University



2025

ご挨拶

「ようやく時代が我々に追いついてきた」。不遜な態度であることを承知で敢えて言えば、我々、エネルギー理工学研究所はこのように考えています。遡ること14年、2011年に当研究所は文部科学大臣認定の共同利用・共同研究拠点事業を開始しました。拠点名は「ゼロエミッションエネルギー研究拠点」で、二酸化炭素等の有害物質の排出を極力抑えたエネルギーを研究するのがそのミッションです。今からは想像しにくいのですが、この拠点事業を開始した当時は、このミッションの意義・重要性について懐疑的な意見もかなりありました。本拠点事業は2011年度から2015年度の第一期、および2016年度から2021年度の第二期において、いずれも高い期末評価を獲得しました。当ミッションの意義・重要性が社会で広く認知され、当研究所がミッションの実現に向けて果たしてきた貢献が評価されたものと考えています。これを受け、現在は2022年度から2027年度の第三期の拠点事業を遂行中です。時代が追いついてはきましたが、時代に追いつかれずに常にその先を進むため、「ゼロエミッションエネルギー」をさらに進めた「カーボンネガティブ・エネルギー」を研究する「附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センター（ICaNS）」を2022年度に設立し、時代の先を行く研究を継続・進展させています。

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。研究所にはエネルギーの生成・変換・利用をそれぞれ冠した3つの部門に属する14の研究分野があります。これに加えて、上述の共同利用・共同研究拠点事業において共用に供される装置群を有し、拠点事業を支援する「附属エネルギー複合機構研究センター」と先述の ICaNS が研究所を構成しています。研究所ではその根幹を成すものとして、二つの重点複合領域研究を設定しています。一つは核融合の実現を目指す「プラズマ・量子エネルギー」、もう一つは生物のエネルギー利用原理と物質科学に基づいて高効率なエネルギー利用・変換を目指す「ソフトエネルギー」です。

教育面においては、本研究所の各研究分野は京都大学大学院エネルギー科学研究科の協力講座となっており、同研究科の修士、および博士課程の大学院生が相当数配属され、最先端の研究環境下で教育に当たっています。また、京都大学の全学共通科目の提供を通して学部教育にも貢献しています。さらに、2019年度からはエネルギー科学研究科とともに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」を遂行し、教育研究活動の場を国際的に広げています。

京都大学の自由の学風のもとに、時代の先を行く研究所として、野平俊之 副所長・センター長、松田一成 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。



所長 片平 正人

CONTENTS

ご挨拶	1
研究所の理念と目標	3
組織図	4
沿革	5
研究所の主な研究成果	7
研究部門の概要・教員紹介	9
・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	
附属エネルギー複合機構研究センターの概要	26
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	28
・附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センター	
附属カーボンネガティブ・エネルギー 研究センターの概要	31
プロジェクトの概要	32
研究施設	39
教育・社会活動	43
国際交流	45
データ	47
入学(大学院)について	49

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

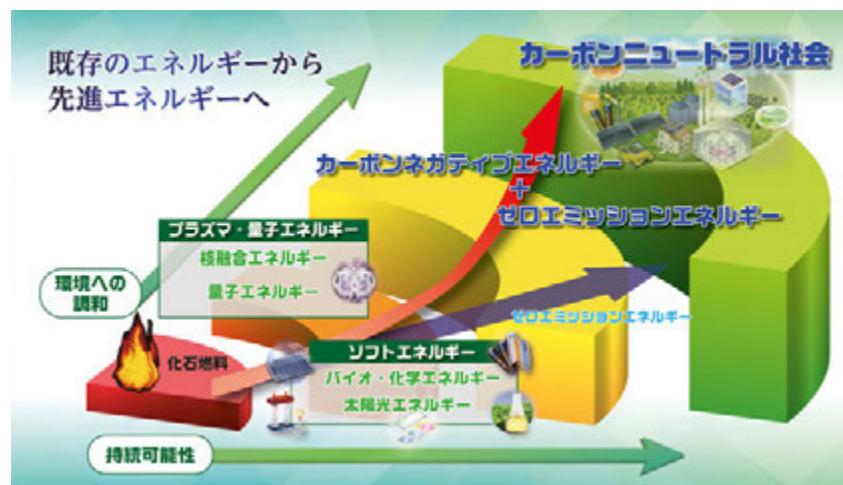
本研究所は上記の理念に基づき、以下の長期目標を設定しています。

- (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。

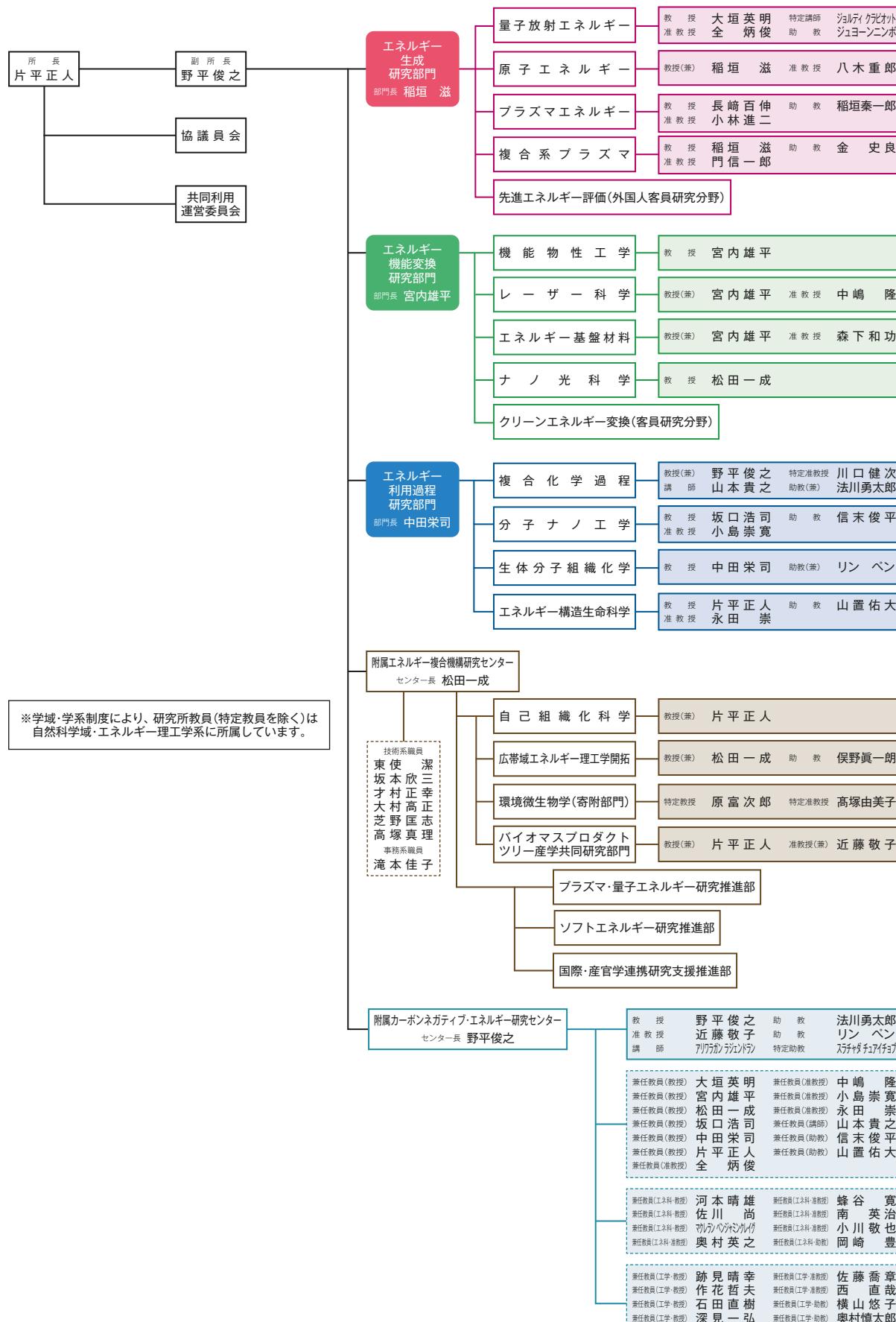
中期目標

長期目標の達成に向け、第4期中期目標(2022年度～2027年度)として以下の8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. 「カーボンネガティブ・エネルギー研究」による新たな学術基盤形成と、それを支える次世代人材育成のため、研究所や研究科での従来のエネルギー研究の枠を越えた異分野間連携研究を推進する。
5. 研究成果の積極的な社会還元に努める。
6. 産官学連携活動を推進する。
7. 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。
8. 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



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



カーボンネガティブ・エネルギー研究センター開所記念式典

Institute of Advanced Energy

ヘリオトロン核融合研究センター設立

Advanced Energy

原子エネルギー研究所に改称 [8研究部門]

1971

1972

1975

1970

▶ヘリオトロンD
▶原子炉安全解析実験装置室
【南1号棟】

1969

宇治キャンパスに移転

1966

1965

▶ヘリオトロンB

▶ヘリオトロンA

1960

▶ヘリオトロンC

1968

▶ヘリオトロンD

1971

▶ヘリオトロンE

1975

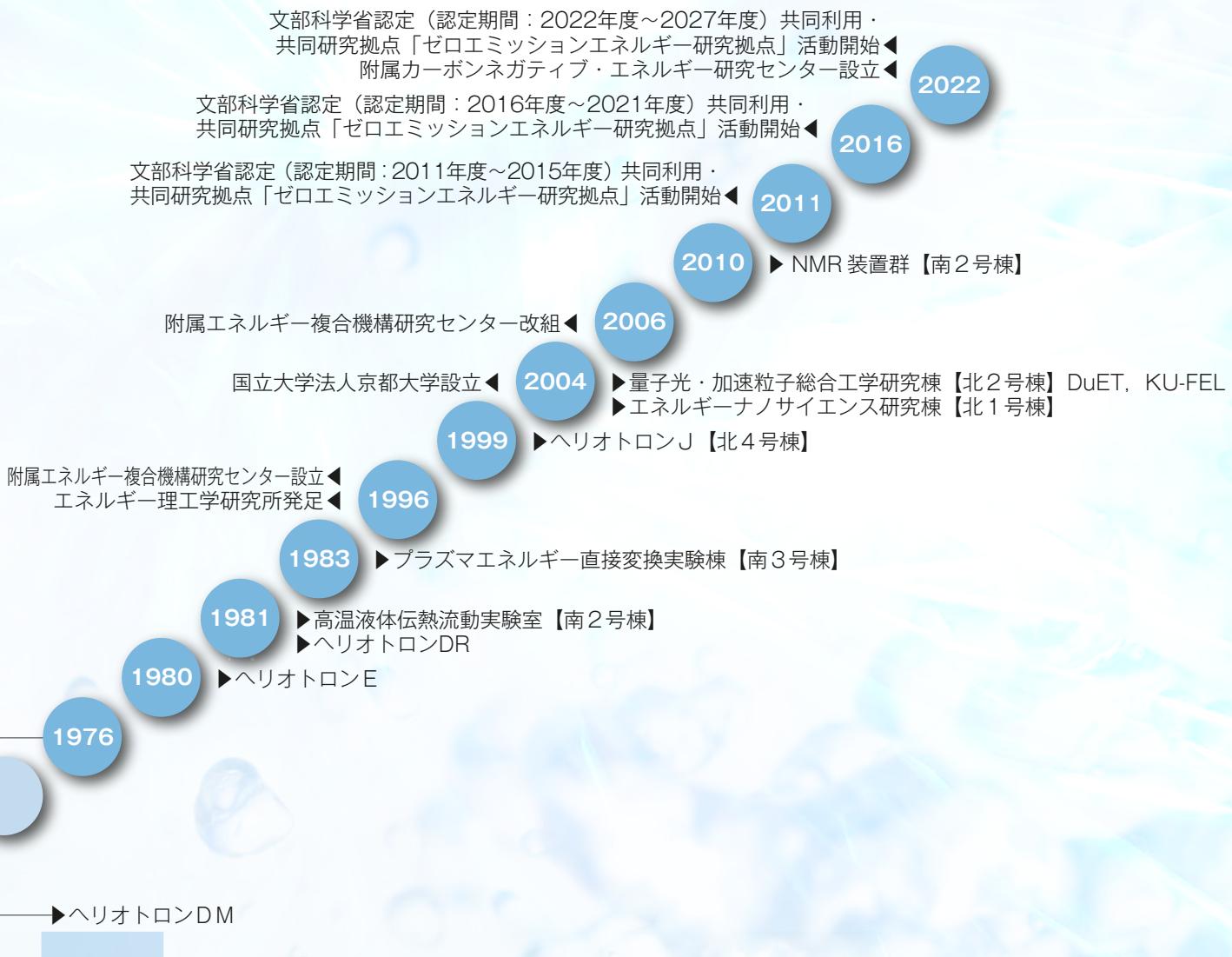
▶ヘリオトロンF

工学研究所 [5研究部門]

中央実験所設立

1941

1914



Energy



ヘリオトロンJ



KU-FEL



NMR 装置群

研究所の主な研究成果

炭素磁石の合成に成功：二面顔“ヤヌス型”グラフェンナノリボン —希少希土類金属フリーの軽量・低コスト炭素磁石で

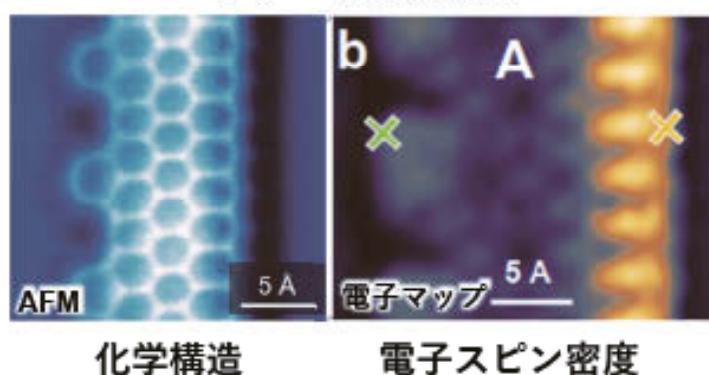
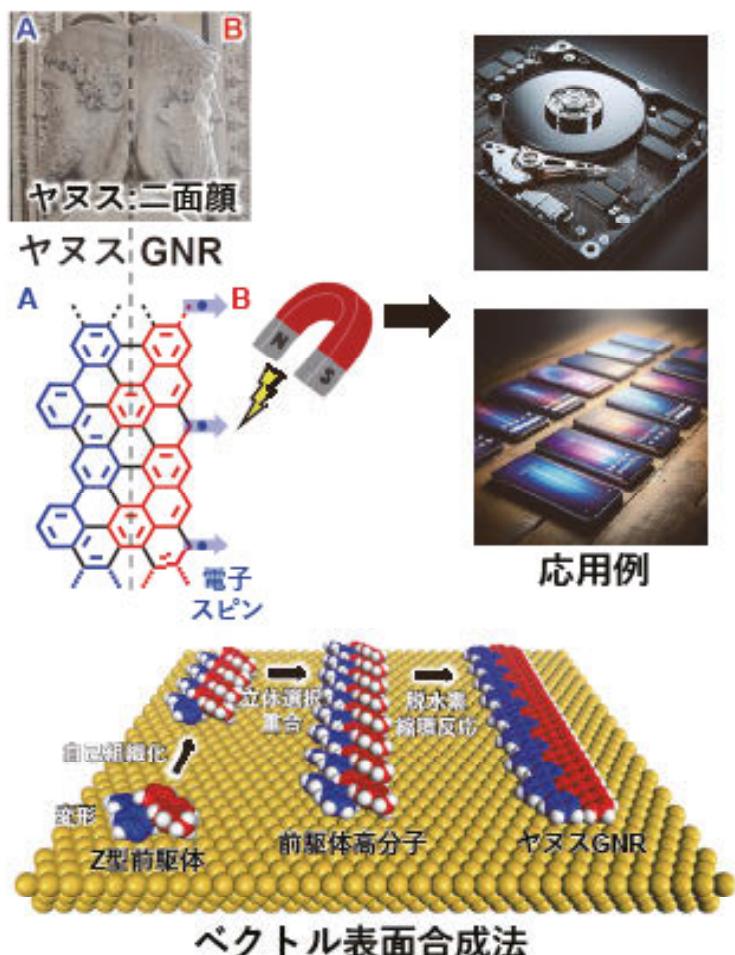
日本の元素戦略に光明—

エネルギー利用過程研究部門 分子ナノ工学研究分野
教授 坂口 浩司、准教授 小島 崇寛

現代のエレクトロニクスには高性能な磁石が不可欠ですが、従来の磁石は主に金属で作られており重量や希少金属使用による供給リスク等の問題があります。これに対して、炭素は軽量かつ安価であることから、炭素から成る磁石の研究が進められています。グラフェンナノリボン(GNR)はグラフェンを1次元状に切り出した炭素材料で、その端構造を設計することで電子・磁気特性を制御できる可能性があるため大きな注目を集めています。理論的には、端構造を非対称にし、その一方をジグザグ構造とすることで、強磁性を示すと予測されていました。従来の研究では、対称なジグザグ端を持つGNRが合成されましたが、理論通り反強磁性を示し、磁石としての性質は現れませんでした。一方、非対称ジグザグ端を持つGNRの合成は技術的に極めて困難であり、これまで成功例はありませんでした。

我々は、シンガポール国立大学(NUS)、カリフォルニア大学バークレー校(UCB)との国際共同研究チームとともに、非対称なZ型構造を持つ前駆体分子を設計・合成し、これを金属基板上で一方向に整列・重合させる新たな合成法を開発しました。これにより、非対称ジグザグ端型GNRの合成に世界で初めて成功しました。合成したGNRは、我々の理論予測通り、ジグザグ端に電子スピンが高密度で局在し、“炭素磁石”としての特性を示すことを実証しました。この非対称ジグザグ端型GNRは、ギリシャ神話に登場する二面の顔を持つ神“ヤヌス(Janus)”にちなみ、「Janus GNR (JGNR)」と命名しました。

本成果は、磁性材料研究に革新をもたらすとともに、今後さまざまな電子工学や機械工学分野への応用が期待されます。



高温度プラズマの維持を阻害する要因を特定 —熱雪崩輸送のダイナミクスを実験的に観測—

エネルギー生成研究部門 複合系プラズマ研究分野
助教 金 史良

磁場閉じ込め核融合は、プラズマを強力な磁場で閉じ込めて核融合反応を起こし、そのエネルギーを発電に利用することを目的に研究されています。核融合エネルギーを効率的に得るために、高温・高密度のプラズマを安定的に閉じ込めることが求められます。しかし、プラズマ内部では複雑な乱流が発生し、多様なスケールの輸送現象を引き起こして閉じ込め性能が低下してしまいます。特に、「熱雪崩輸送」と呼ばれる突発的かつ大域的に生じる輸送現象は、プラズマの温度上昇を妨げる要因として、以前から計算機シミュレーションなどで予測されてきました。

本研究では、この熱雪崩輸送が閉じ込め性能に及ぼす影響を、世界で初めて実験的に観測しました。量子科学技術研究開発機構が保有する JT-60U 装置で取得されたデータを精密に解析し、熱雪崩輸送の指標となる突発的揺動と、プラズマの温度変化の時空間発展を観測することができました。図1(a) は、突発的揺動が発生すると同時に熱雪崩輸送が起こり、プラズマの温度上昇が妨げられる様子が観測されます。一方で熱雪崩輸送が抑制される図1(b) のケースでは、温度上昇が続いて高性能な閉じ込め状態が維持されることが分かりました。さらに、熱雪崩輸送による熱エネルギーの放出量は、プラズマ温度から見積もる蓄積エネルギーの変化量に等しいことが分かり、この現象が高温閉じ込め状態の維持を妨げる重要な要因であることが、定量的にも示されました。

今回の成果は、将来の核融合炉を安定的に運転する上で、極めて重要な手がかりとなります。高温プラズマを持続させるには、熱雪崩輸送の発生を抑え、それをうまく制御することが鍵となることが分かりました。ただし、熱雪崩輸送が「どのタイミングで」「どの領域で」「何をきっかけに」発生するのかといった根本的なメカニズムについては、未解明の部分が多く残されています。今後の研究では、熱雪崩輸送の駆動機構に関する研究を推し進めて、核融合炉の実現に貢献していく所存です。

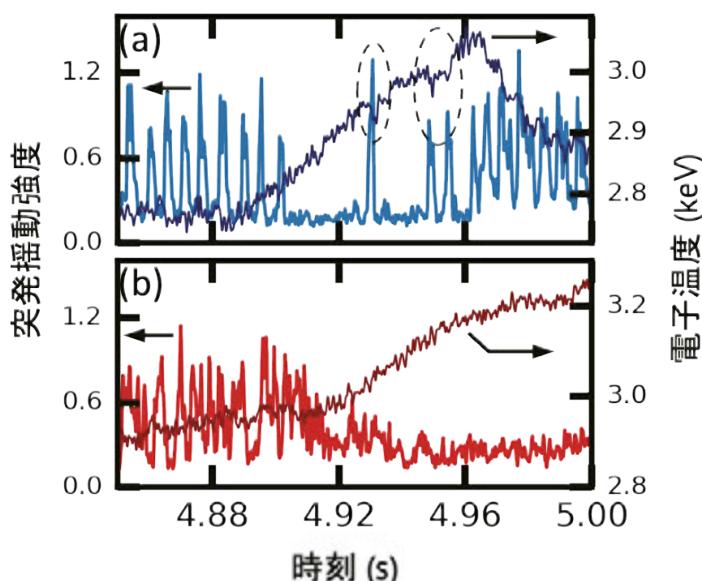


図1 突発揺動強度(熱雪崩輸送の発生の指標)と電子温度の時間発展。(a) 热雪崩輸送が活動的なケースと(b) 热雪崩輸送が抑制されるケース。

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つくりの学理「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で構成しています。センター附属研究分野として自己組織化科学研究分野、高温プラズマ機器学研究分野、広帯域エネルギー理工学開拓研究分野、寄附部門の環境微生物学研究分野、およびバイオマスプロダクトツリー産学共同研究部門があります。

カーボンネガティブ・エネルギー研究センター

2050年のカーボンニュートラルの実現のためには「ゼロエミッション」技術に加え、積極的に二酸化炭素固定化過程を導入して、新たなエネルギーシステムを作り上げることが必要です。本カーボンネガティブ・エネルギー研究センターでは、このような新しい二酸化炭素を固定化する技術を実現するための研究に取り組みます。また、現時点では比較的新しい概念の「カーボンネガティブ・エネルギー」について、京都大学工学研究科ならびにエネルギー科学研究科との連携のもとに、本研究センターでもカーボンネガティブ・エネルギー研究を推進する人材の育成に取り組みます。

量子放射エネルギー研究分野	11
原子エネルギー研究分野	12
プラズマエネルギー研究分野	13
複合系プラズマ研究分野	14
機能物性工学研究分野	15
レーザー科学研究分野	16
エネルギー基盤材料研究分野	17
ナノ光科学研究分野	18
複合化学過程研究分野	19
分子ナノ工学研究分野	20
生体分子組織化学研究分野	21
エネルギー構造生命科学研究分野	22
広帯域エネルギー理工学開拓研究分野	23
環境微生物学研究分野	24
バイオマスプロダクトツリー産学共同研究部門	25
附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センター	29

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。さらに2022年度より附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センターが新たに設置され、カーボンニュートラル社会の実現のための研究を、各研究部門の研究者が兼任して進めています。



量子放射エネルギー研究分野

エネルギー研究・開発に貢献する量子放射光源「中赤外自由電子レーザー（KU-FEL）」の高度化や、これを用いた光エネルギー材料研究、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、さらにはアセアン地区での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
全 炳俊



特定講師
ヨウテイケイピカトカイエ

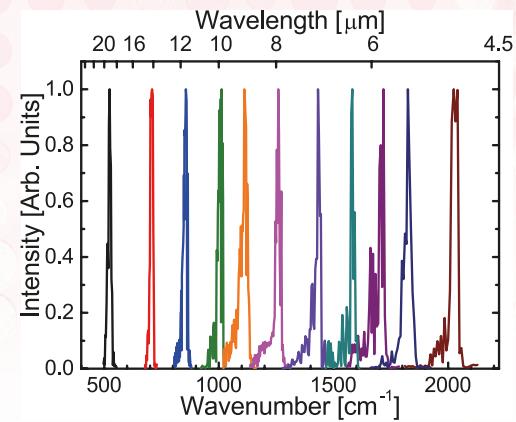


助教
ジュヨーンニンボ

量子放射エネルギーの発生と利用

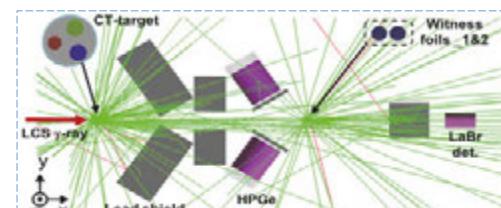
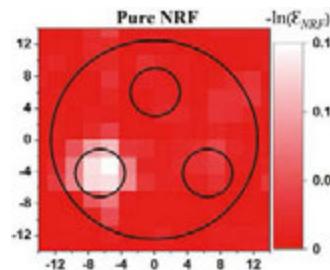
本研究分野では、高エネルギー電子ビームを用いた量子放射エネルギーの発生と利用の研究を行っています。このうち、自由電子レーザー（Free Electron Laser : FEL）は、加速器からの高輝度電子ビームと光ビームとの相互作用を応用した波長可変、かつ、大出力、高効率なレーザーで、世界中でX線レーザーの巨大な FEL 施設が稼働しています。本研究分野では、宇治キャンパスに独自の中赤外領域の小型自由電子レーザー施設：KU-FEL を開発しました。この施設は電子を40MeVまで加速可能な直線加速器を使用し、2008年3月に波長12.4μmで FEL 発振を観測しました。さらに2008年5月には波長13.6μm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、現在では、発振可能な波長を拡大して3.4～26μmでの FEL の利用が可能になっています。さらに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。

一方、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、新奇な光源として注目を集めている THz 放射源の開発研究を行っています。また、ASEAN 各国と再生可能エネルギーの実装に関する技術的・社会科学的な国際共同研究を行っています。



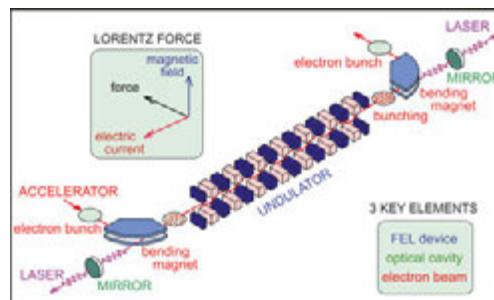
KU-FEL の波長可変性

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26μm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1～3%（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を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。



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ミクロにパンチングして光を增幅し、コヒーレントなレーザーを発生することができます。

原子エネルギー研究分野

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

核融合エネルギーシステムの研究、開発、設計と評価

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、サステイ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。

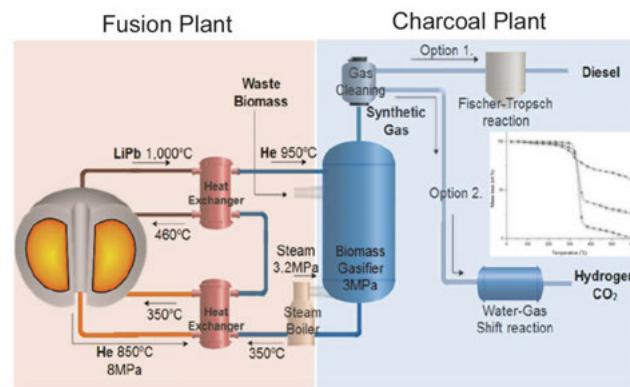


准教授

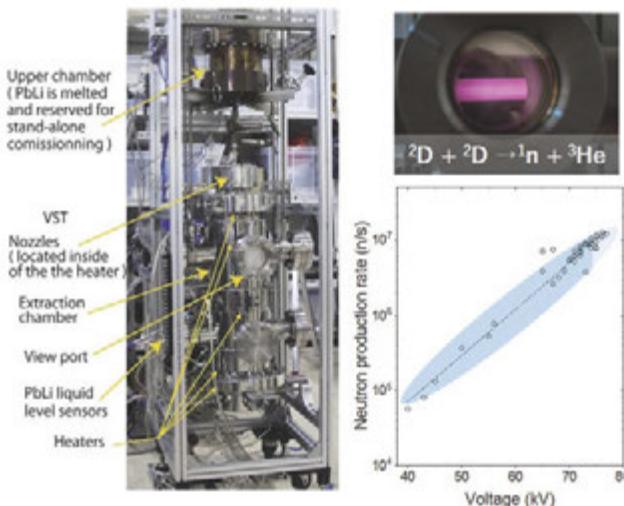
八木重郎

教授(兼)

稻垣 滋



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、動的ビーム分光、X線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



助教

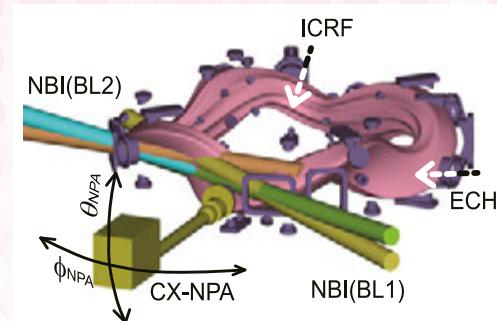
稻垣奏一郎

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ッ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。

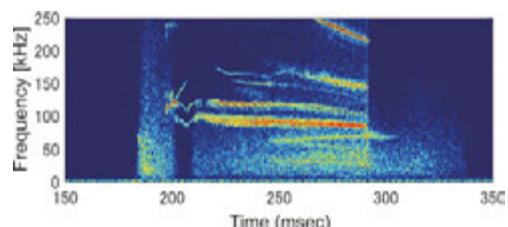
X線計測によるプラズマ構造とMHD不安定性の解析

高温プラズマから放射されるX線を用いて、プラズマの形状や内部構造を詳細に計測・解析する研究を行っています。プラズマの変形現象はMHD不安定性によって自発的に発生しますが、そのメカニズムを解明することは、プラズマを安定に維持し、閉じ込め性能を向上させる上で非常に重要です。特に、X線画像計測を活用したプラズマの三次元形状再構成手法の開発を進めており、三次元平衡との比較や揺動の空間構造の解析により、物理機構の理解や制御手法の確立に貢献することを目指しています。



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。



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。



複合系プラズマ研究分野

多くの構造が共存する複合系プラズマでは複雑な協同現象が現れます。核融合プラズマは典型的な複合系プラズマであり、協同的効果が次々と構造を誘起し、プラズマは絶えず流転します。核融合エネルギー生成を目指し、このプラズマ流転の法則を解明します。

多くの要素や構造が共存するプラズマでは複雑な協同現象が現れます。このようなプラズマを複合系プラズマ (complex plasma) と呼びます。プラズマは電子やイオンといった荷電粒子の集合体です。プラズマが大きなエネルギーを持っていると波やうねり、流れ、渦といったプラズマの協同運動が生まれます。このプラズマの運動に伴なって熱や荷電粒子が、混ざったり、偏在したりします。そしてその偏在からまた新たな新たなプラズマの運動が生まれ、とプラズマは絶えず流転していきます。このプラズマの“流転の法則”は、個別の荷電粒子の運動からは予測できないほど多様な時空間スケールのプラズマ運動をもたらします。

“核融合プラズマ”は複合系プラズマであり、非常に多様なダイナミズが現れます。核融合を実現するには、この複合系プラズマを理解しなくてはなりません。そのためにプラズマの“万物流転の法則”を解き明かそうとしています。法則の理解のためには“観測”が重要です。“観測”するためにはそこにプラズマを作りて計測する必要があります。本研究分野では、プラズマ核融合の実現を目指してプラズマ実験装置「ヘリオトロンJ」で、高エネルギー plasma を生成し、光や電磁波を用いて plasma を計測し、データを解析しています。理論やシミュレーションと協働して核融合のための“万物流転の法則”に迫ります。

プラズマの本性を光で探る

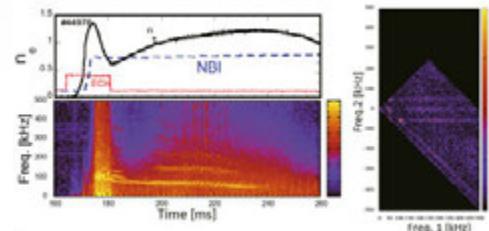
プラズマが発する光は密度、温度、イオン種、ゆらぎ、など多くの情報を有しており、プラズマの時間・空間的な振る舞いを調べるのに有効です。敵(プラズマ)を知り、己(計測法、データ解析手法)を知ることで、誰も見たことのないプラズマの本性を攻め取ることができると信じています。



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。

核融合プラズマの乱流輸送研究

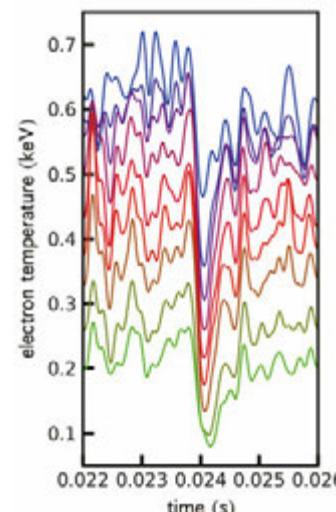
プラズマ中の粒子は決して平穏ではなく、粒子と波動が共鳴的相互作用をすることによって、つむじ風のようなゆらぎ(微視的乱流)が常に発生して輸送を増やしてしまっています。高温プラズマの高性能化には物理学的にも興味深い乱流渦の発生機構を解明し、抑制することが大きな課題と認識されており、プラズマ実験、データ解析、数値シミュレーションを用いてその解明を目指しています。



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。

乱流輸送は、突発的であったり大域的であったり、時間と空間の幅広いスケールで起こるため予測が困難です。我々は、超高速デジタイザを用いた電子サイクロトロン放射計測や先進データ解析を駆使し、広帯域のプラズマ乱流スペクトルを観測し、その物理的な性質を解明することを目指しています。



プラズマ中の突発的な輸送現象。自己組織化臨界によりプラズマ中に雪崩が起こり、熱が外に運ばれている。



教授

稲垣 滋



准教授

門信一郎



助教

金 史良



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利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。



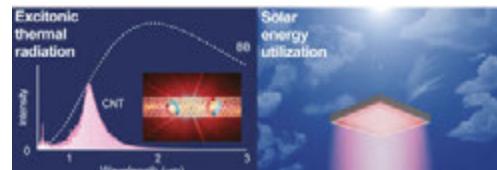
教授
宮内雄平

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利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利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(1000°C以上の高温のカーボンナノチューブにおける狭帯域熱励起子放射の発生)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利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

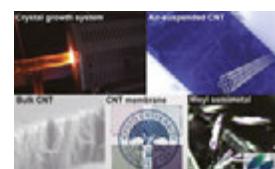
約1500 Kの半導体型カーボンナノチューブの狭帯域熱励起子放射スペクトル(左)とそれを応用した太陽光スペクトル変換のコンセプト(右)。

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は、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利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きます。

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。こ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。

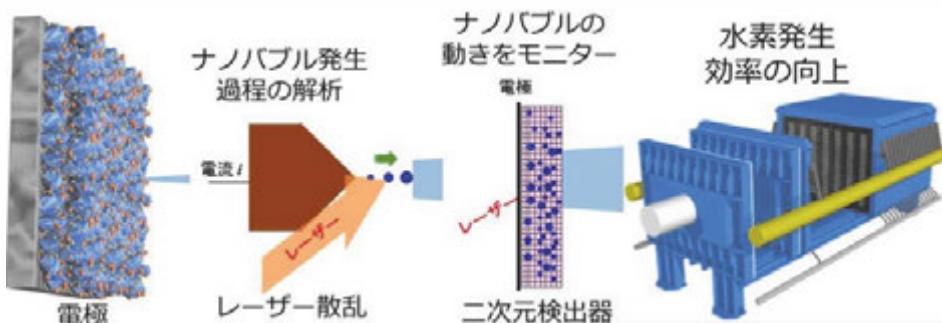
レーザーを用いたナノ材料の高速その場創成と各種ダイナミクスのその場分析

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。



准教授
中嶋 隆

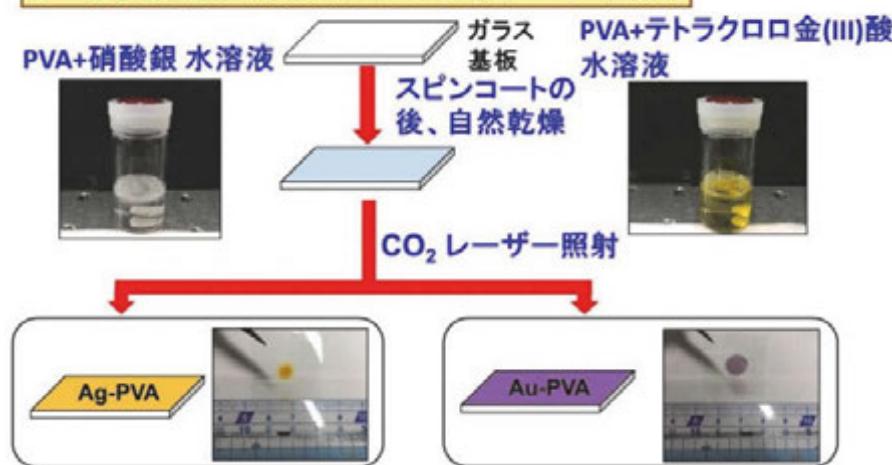
教授(兼)
宮内雄平



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。

マトリクス: PVA (ポリビニルアルコール)
ナノ粒子前駆体: 硝酸銀またはテトラクロロ金(III)酸



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。

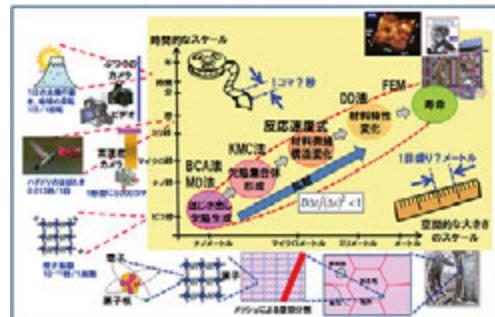


准教授
森下和功

教授(兼)
宮内雄平

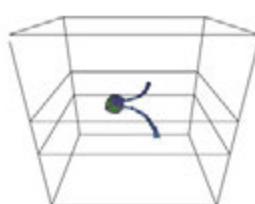
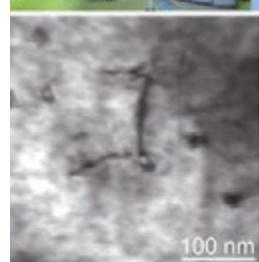
材料照射プロセスのマルチスケールモデリング

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、プ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、核融合炉プ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

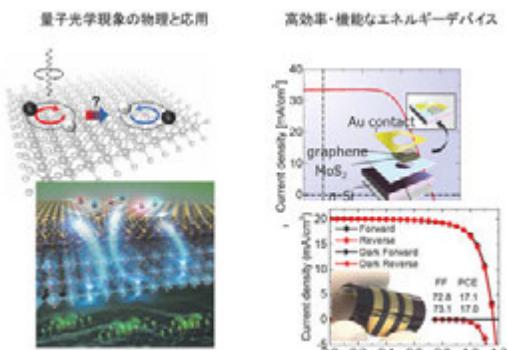
ナノサイエンスに立脚した光科学の学理追究とエネルギー応用を目的として、物性物理・物質科学・デバイス工学を基盤とした研究を進めています。

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

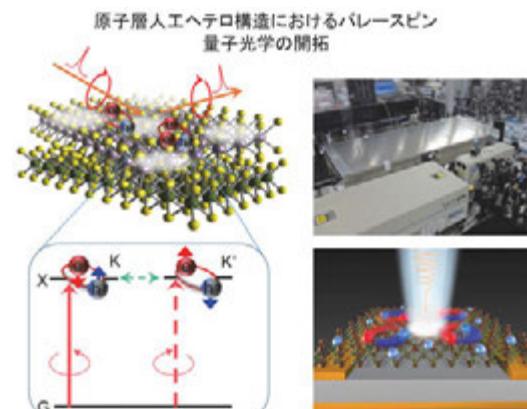
(左) わずか原子数層の厚みからなる原子層物質において、特異に発現するバレースピン分極した光励起状態。ならびに、原子数層からなる原子層物質を積み重ねてできる人工ヘテロ構造における光励起状態と光学現象の模式図。(右) 原子層物質やグラフェンなどのナノ物質の特徴を生かした太陽電池デバイス、有機無機ペロスカイトの界面制御によるフレキシブル太陽電池デバイス、などの例。

2) 原子層物質による新たなフォトニクスの開拓

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、急速に研究が進展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ト(MX_2 ; M=Mo, W, X=S, Se, Te)では、バレーとスピンが結合したバレー・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ニクス」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。



教授
松田一成



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、電気化学を基盤として、基礎から実用化まで見据えた革新的な研究を行っています。



講師
山本貴之



特定准教授
川口健次



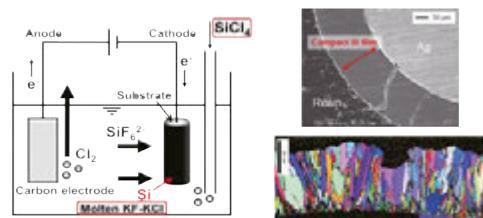
教授(兼)
野平俊之



助教(兼)
法川勇太郎

溶融塩電解を用いた 新しいシリコン太陽電池製造法の開発

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、今後も太陽電池大量普及の本命として期待されています。しかし、現在の結晶系シリコン太陽電池の生産には、工程数が多く、エネルギー消費が大きいという製造法の課題や、サプライチェーンが特定の国に依存している問題などがあります。我々は、シリコン太陽電池の新しい製造法として、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。従来法よりも低コストかつ低エネルギー消費で、結晶系シリコン太陽電池が製造できる可能性があります。

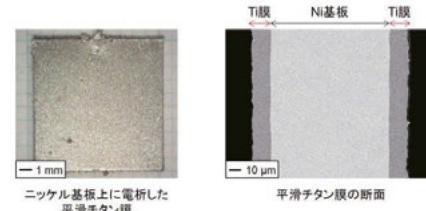


溶融塩電析による新しい太陽電池用結晶性シリコン膜製造法

溶融 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(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)。

溶融塩電解を用いた チタンめっき法の開発

チタンやチタン合金は、高い耐腐食性や耐熱性、比強度といった優れた特性を有し、航空機や化学プラント、スポーツ道具から生体インプラントなどに使われています。しかし、生産コストが高く、製鍊や加工が難しいことが、広範な利用の妨げとなっています。そこで、チタンやチタン合金の高耐食性や高強度等の特性を利用する方法として、基板の表面にチタンを製膜する手法もあり、大きな期待を集めています。現在我々は、複雑な形状の基板にでも均一にチタンを成膜できる方法として、溶融塩中のめっき法を開発しています。

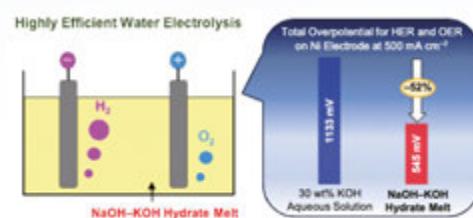


溶融 LiF-LiCl 中におけるチタン電気めっき

比較的の低温で使用可能かつ F^- を十分に含む LiF-LiCl 溶融塩中ににおいて、平滑なチタンのめっきが可能であることを見出しました。チタン膜の表面(左)、および断面(右)。

ハイドレートメルトを用いた 高効率水電解法の開発

再生可能エネルギーの余剰電力を水電解によりグリーン水素に変換し、貯蔵・輸送して、燃料電池や水素タービンで電気に戻す「水素エネルギーシステム」が期待されています。今後の再エネの本格導入に対応するためには、水電解のエネルギー効率の向上が重要です。我々は、一般的の水溶液と比べて水分量が著しく少ないと特徴とする、ハイドレートメルト電解液を用いた高効率な水電解法を開発しています。

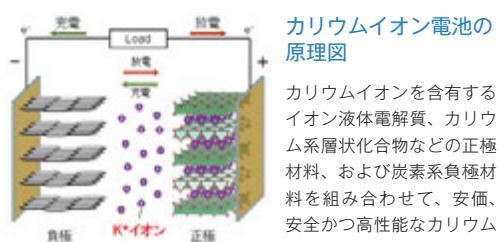


ハイドレートメルトを用いた高効率水電解法

我々は、NaOH-KOH 系ハイドレートメルトを用いた水電解において、従来の条件と比較してエネルギー効率を大幅に向上できるこことを示しました。

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。しかし、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て、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。

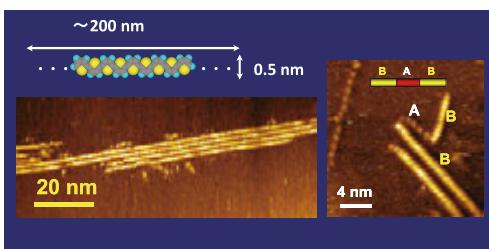


分子ナノ工学研究分野

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つくりの科学技術、ナノサイエンス・テクノロジーの研究を行っています。

分子ナノサイエンス・テクノロジーの研究

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“ものつくり”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。



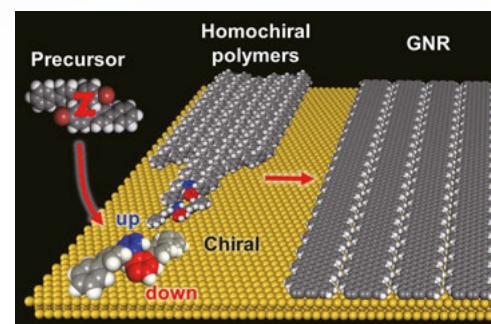
導電性高分子の1分子細線

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”的1分子細線。



極細炭素細線の高効率合成

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



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。



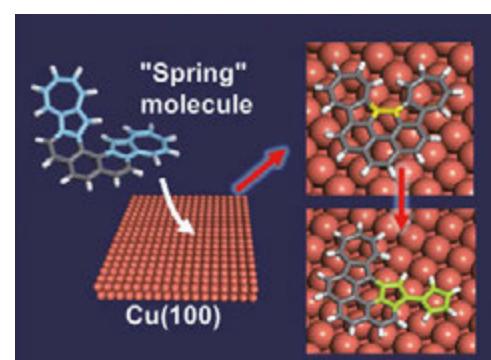
教授
坂口浩司



准教授
小島崇寛



助教
信末俊平



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パラレン骨格変換に成功した。



生体分子組織化学研究分野

タンパク質に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」で機能する酵素や核酸の精緻な組織体を、どのようにして機能を保って「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、酵素や核酸の組織体を活用し、クリーンで高効率なエネルギー利用ができる人工代謝経路の構築を目指しています。

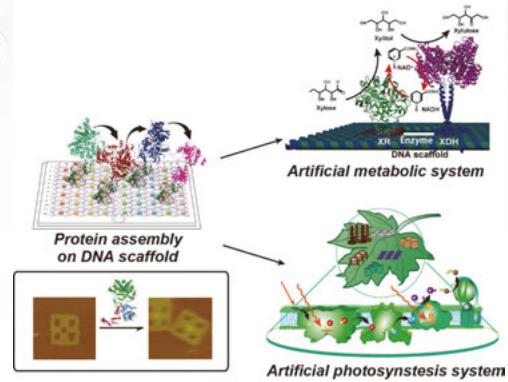


教授
中田栄司

助教(兼)
リン ペン

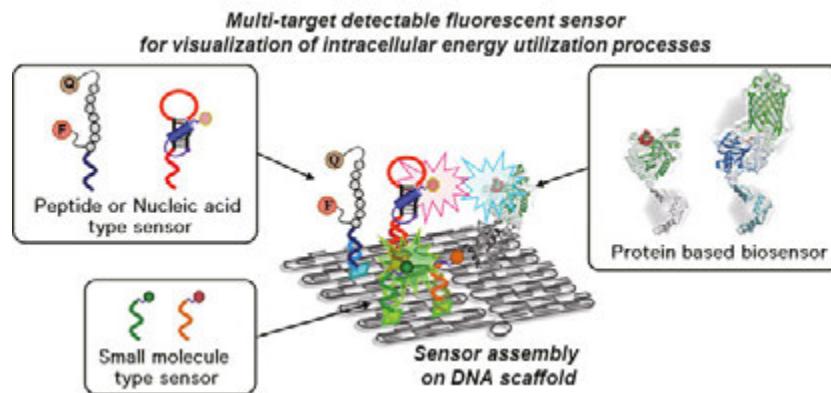
高効率なエネルギー利用を可能にする人工代謝経路の設計原理を確立する

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」、「代謝反応」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です。例えば、ナノメートルの精度で1分子ずつ配置した酵素の組織体を、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。



人工代謝経路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、タンパク質や核酸などの生体高分子がナノスケールの空間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、タンパク質・酵素や核酸などを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、細胞の外での人工代謝システムの実現を目指しています。特に、二酸化炭素を有効活用するための人工代謝システムに興味を持って進めています。



生物のエネルギー利用過程を可視化する細胞内蛍光センサーの創製

生物のエネルギー利用過程である代謝反応を可視化するための蛍光センサーを合成化学的または遺伝子工学的手法によって構築し、細胞内のエネルギー利用過程への理解を進めます。特に、異なる標的を検出するための複数種類のセンサーを足場に集積した多検体同時検出センサーを構築し、それらの相互関係に対する理解を深めます。

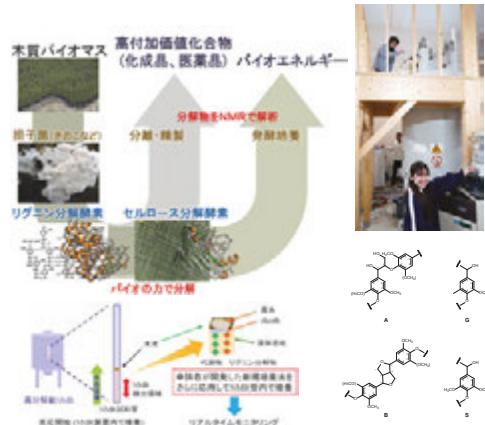


エネルギー構造生命科学研究分野

木質バイオマスの有効活用法の開発と病気に関連した生命現象の理解に関する研究を、構造生物学に立脚して行っています。

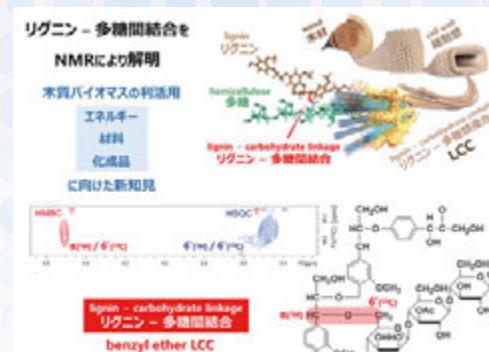
構造生物学に立脚した木質バイオマスの有効活用法の開発と病気に関連した生命現象の理解

生物あるいは酵素の力を用いることで、木質バイオマスからバイオエネルギーと高付加価値物質を、効率的かつ有害物質を排出することなく獲得する方法の開発を行っています。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ています。また、病気に関連した核酸やタンパク質をヒト細胞に導入し、この細胞を生きたまま核磁気共鳴装置(NMR)に入れてスペクトル(インセルNMRスペクトル)を取得することで、病気に関連した生命現象を理解し、創薬に向けた基盤を獲得する研究も行っています。いずれの研究においても、分子・原子レベルの分解能での解析を行っています。



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。



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。



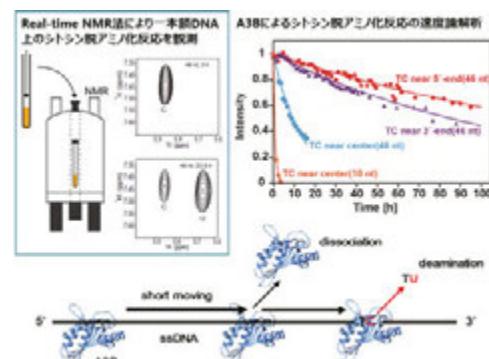
教授
片平正人



准教授
永田 崇

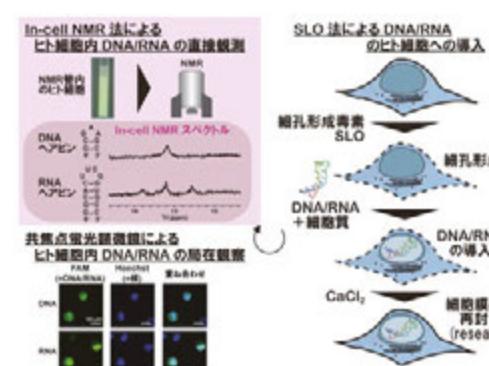


助教
山置佑大



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上を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ジ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。



広帯域エネルギー理工学開拓研究分野

幅広い時空間スケールでのエネルギーの新しい活用を目指しており、ナノスケール半導体で発現する特異な物性を利用した新たな光科学と量子技術に関する研究に取り組んでいます。



助教
俣野眞一郎



教授(兼)
松田一成

二次元半導体におけるナノ光科学と 量子技術への研究

次世代の社会基盤として必要とされる量子技術に向けて、新たな材料をベースにした量子システムと革新的なデバイス実現に向けた研究が盛んになっています。我々は、原子数層の極めて薄い新しい半導体である二次元半導体やそれを積層した人工ヘテロ構造を対象として、そこで特異的に発現する量子光学現象の探索とその物理の理解に関する研究を進めています。具体的には、異なる二次元半導体を積層することで生じる、モアレ格子に閉じ込められた電子と正孔対であるモアレ励起子を量子二準位系としてみなし、それを利用した新たな量子システムの確立と量子技術への応用を目指しています。

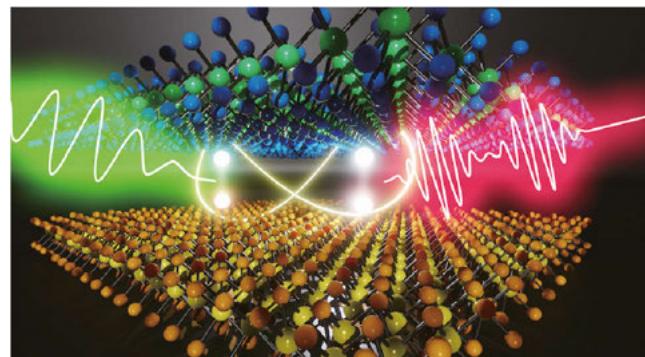


図1 二次元半導体でのモアレ励起子における量子コヒーレンスのイメージ。

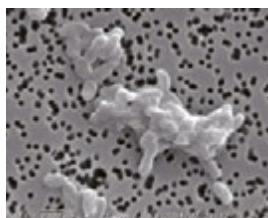


環境微生物学研究分野

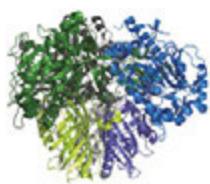
エネルギーと環境の問題は切っても切れない関係にあります。私たちは、今も多くを化石エネルギーに大きく依存しており、そこから排出される温室効果ガスにより、地球環境の調和が乱れることが懸念されています。また、これまで石化工エネルギーがもたらした文明の発展の影に残る環境汚染を修復するためには、多くのエネルギーを必要としています。われわれは、持続可能な社会を作り上げるための手段の一つとして、物質代謝においてエネルギー利用効率が非常に高い「酵素」を利用した実用的なアプリケーションの開発に取り組んでいます。

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

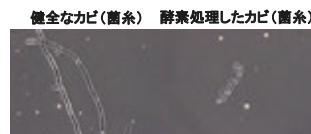
ポリ塩化ビフェニル類(PCBs)は、多様な塩素置換体を持った同族体からなる有機塩素化合物で、かつて夢の物質として讃えられ、さまざまな産業で利用されました。しかし、その化学的性質は難分解性かつ高残留性であり、ヒトへの内分泌擾乱作用も示すため、今では著名な環境汚染物質として世界的な廃絶が進められています。ビフェニルジオキシゲナーゼ(BDO)は芳香環水酸化酵素の一種で、PCBsの芳香環に対し分子状酸素の2つの酸素原子を水酸基の形でcis型に導入する反応(酸素添加反応)を触媒して芳香環の開裂を誘導し、PCBsを分解するきっかけを与えます。われわれは、特異性が異なる酸素添加反応を持った2種類のBDOによ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



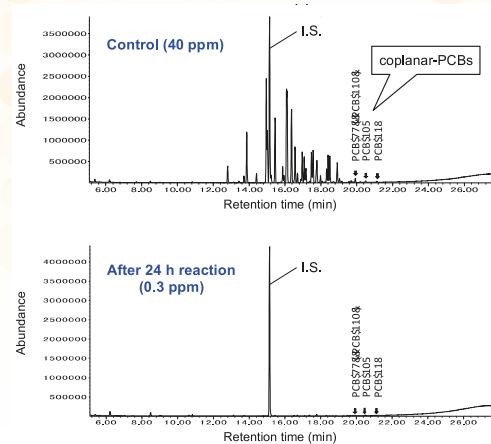
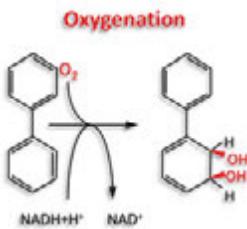
A. ビフェニルジオキシゲナーゼ(BDO)を生産する *Comamonas testosteroni* YAZ2株の電子顕微鏡像。本菌株はグラム陰性桿菌。顕微鏡の倍率は10,000倍。スケールバーは1μm。



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。



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)と較べて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。



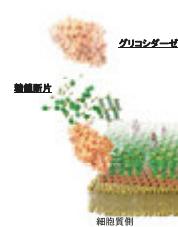
特定教授
原富次郎



特定准教授
高塚由美子

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ミ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、グリコシダーゼのミ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。

E. 植物伝染性被験菌 *Trichoderma viride* NBRC30546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50μm。



バイオマスプロダクトツリー産学共同研究部門

バイオマスの新しい変換プロセスの開発と持続的循環利用を目指した研究を行っています。

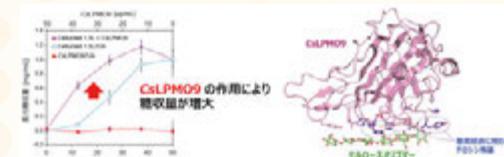
教授(兼)
片平正人

准教授(兼)
近藤敬子

バイオマスの微細構造の NMR 法による決定と酵素を用いた 利活用法の開発

京都大学と株式会社ダイセルは、自然と共生する循環型の低炭素社会の実現と新しい産業の創出に貢献する事を目指して共同研究を行ってきましたが、包括連携協定を2021年10月1日に締結しました。協定の期間は8年半で、2030年まで続きます。

エネルギー理工学研究所、生存圏研究所、化学研究所及びダイセル社の合同の「バイオマスプロダクトツリー産学共同研究部門」を、宇治キャンパス内に設置しました。エネルギー理工学研究所からは片平正人教授のグループが、「バイオマスの微細構造の NMR 法による決定と酵素を用いた利活用法の開発」という研究テーマで参画しています。生存圏研究所からは渡辺隆司教



セルラーゼと協同してセルロースの分解効率を飛躍的に高める酵素 LPMO の発見と動作機構の解明

(左) セルラーゼと LPMO との協同によるセルロースの分解効率の向上、(右) セルロースを切断する際の LPMO の分子構造。

授のグループ、化学研究所からは中村正治教授のグループ、ダイセル社からは後藤友尋博士のグループが参画しています。2025年度からは、農学研究科の上高原浩教授のグループ、人間環境学研究科の藤田健一教授のグループ及び成長戦略本部も参画しています。現在のメンバーは総勢23名です。



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

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。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お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基盤施設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]、②自由電子レーザー装置[KU-FEL]、③NMR 装置群、④マルチスケール材料評価研究基盤群[MUSTER]、⑤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」、「高温プラズマ機器学研究分野」、「広帯域エネルギー理工学開拓研究分野」、寄附部門の「環境微生物学研究分野」、および「バイオマスプロダクトツリーナー産学共同研究部門」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、国際会議やインナー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。同装置はトーラス半径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できます。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。
- ・ MUSTER では、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。
- ・ 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にすることにより、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。



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「ゼロエミッショング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。センター共同研究・萌芽研究を公募・採択することで、この活動を支援しています。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、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・招へいを行う。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。



附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センター

カーボンネガティブ技術を開発するために、再生可能エネルギーやバイオマス等を利用して二酸化炭素を有用物質へ変換する研究に取り組んでいます。



教授

野平俊之



准教授

近藤敬子



講師

アリラガンラジェンドラン

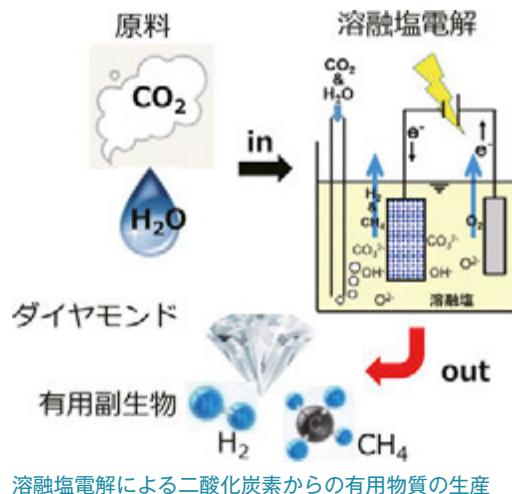


助教

法川勇太郎

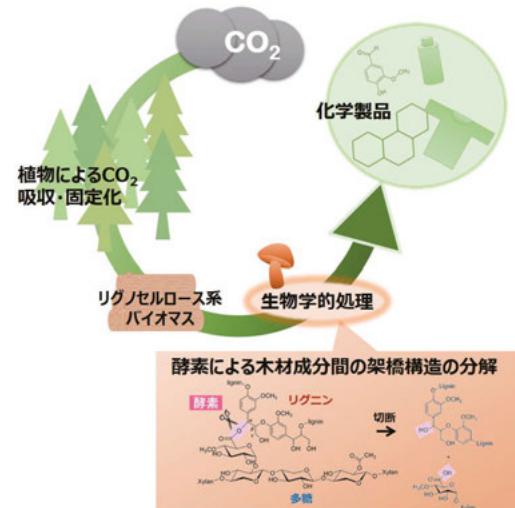
溶融塩電解を利用した二酸化炭素からの有用物質生産の研究

2050年のカーボンニュートラル社会実現に向け、二酸化炭素の有用物質への変換が期待されています。火力発電所や製鉄所から発生する二酸化炭素をすべて回収して有用物質へ変換すれば (Carbon dioxide Capture and Utilization-CCU)、カーボンニュートラルに大きく貢献します。さらに、大気中の二酸化炭素を回収して (Direct Air Capture-DAC)、有用物質に変換して固定化すれば、カーボンネガティブとなり、さらに意義深いと言えます。私達は、二酸化炭素を有用物質に変換する新しい方法として、溶融塩電解に着目しました。酸化物イオン(O^{2-})を含む溶融塩中に二酸化炭素を吹き込むと、炭酸イオン(CO_3^{2-})が生成します。これを陰極で還元すると各種の炭素が析出します。ここで、私達は、炭素の同素体の中でも特に付加価値の高いダイヤモンドを析出させることにチャレンジしています。温度、溶融塩の組成、電解電位などを変化させて、ダイヤモンドの析出に最適な条件を検討しています。これまでに、炭素の析出と同時に、水酸化物イオン(OH^-)からの水素発生を起こすことで、ダイヤモンドが析出することが分かっています。この OH^- は、 O^{2-} を含む溶融塩中に水を吹き込むことで生成するため、二酸化炭素と水のみを原料として、ダイヤモンドが合成できることになります。この際に、副生する物質は、アモルファスカーボン、水素ガス、炭化水素ガス（メタン等）などの有用物質と、無害な酸素ガスであり、有害物質を排出しないクリーンな電解方法としても期待できます。



生物学的処理による植物バイオマスからの物質生産の研究

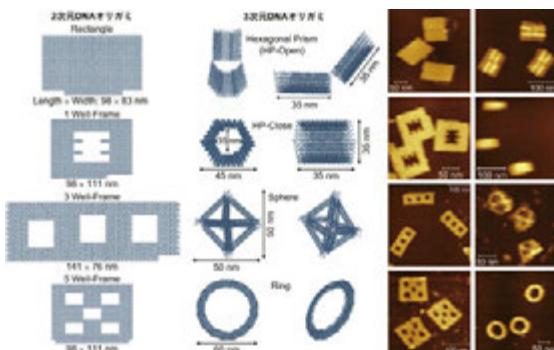
植物は環境中の二酸化炭素を吸収し、光合成によって有機物へと変換して蓄積します。これまでの社会は、化石資源を消費して生産された様々な化学物質を利用して成り立っていました。植物に蓄積された有機物から同等の化学物質を生産する技術が開発されれば、植物に取り込まれた炭素を化学製品として利用しながら長く固定化することが可能となり、カーボンネガティブの実現に繋がると考えられます。植物の中でも木材などのリグノセルロース系バイオマスは、食料需要と競合せず、化石資源に代わる芳香族化合物であるリグニンを含む有用な資源です。私達は木材を分解する微生物が生産する酵素に着目し、酵素がリグノセルロース系バイオマスに含まれる多糖やリグニンを分解していく機構を明らかにする研究を行っています。その上で、リグノセルロース系バイオマスの各成分を、酵素を使用した生物学的な手法によって分離、分解、改質する方法論の開発に取り組んでいます。これにより、植物を中心とした自然界の炭素循環システムの中に物質生産システムを組み込んだ循環型社会の構築に資することを目指しています。





バイオマス関連酵素を利用した連鎖反応を行うための安定したDNAナノ材料の開発

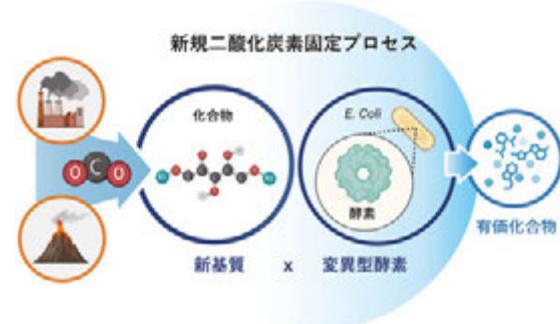
DNAオリガミは、一本鎖DNAをあらかじめ決められた形状に折りたたむことによってナノ材料を作製する技術であり、サブナノメートルの精度で複雑な2次元および3次元構造を作り出すことができます。しかし、これらの構造の広範な利用は、特に熱的、機械的、そして生化学的ストレスに対する安定性の問題によって妨げられています。これらの構造は、50~60°Cの低温でも壊れることがあり、またヌクレアーゼの作用下で分解されることがあります。このような課題に対処するために、私たちはDNAの切れ目をほぼ定量的につなぐ2つのライゲーション法を開発しました。ジメチルスルホキシドを用いた酵素的ライゲーションと、シアノゲンプロマイドを用いた酵素フリーな化学的ライゲーションです。これらの方法は、DNAオリガミの構造的安定性を大幅に向上させ、熱処理、電気泳動、ヌクレアーゼ消化、細胞ライセートに対する耐性を強化します。さらに、私たちは、これらのDNAナノ材料上にバイオマス関連酵素を精密に配置することによって、安定したDNAナノ材料を利用した酵素の取り扱いを探求しています。このアプローチは、酵素活性を向上させ、バイオマス転換をより効率的に行うための連鎖的酵素反応を可能にすることを目的としています。これらの進展は、DNAオリガミの安定性を向上させるとともに、酵素触媒、ドラッグデリバリー、バイオ分子センシング、ウイルス抑制などの新たな応用分野を開くものです。



2次元および3次元DNAナノ材料の模式図とそのAFM像

新規二酸化炭素固定プロセスによる二酸化炭素利用の促進

二酸化炭素固定反応は、無機炭素を有機化合物に変換するプロセスであり、生物圏の維持に重要な役割を果たしています。炭素固定反応を工学的に操作する技術を進歩させることは、エネルギーの持続可能性にとって不可欠です。私たちは、光合成による炭素固定の鍵となる酵素であるリブロース-1,5-ビスフォスフェートカルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(RuBisCO)に焦点を当て、RuBisCO変異体の基質特異性を拡大することで、二酸化炭素を価値ある化合物に変換する能力を向上させることを目指しています。私たちの研究では、超好熱性古細菌である *Thermomococcus kodakarensis* KOD1由来のTk-RuBisCOに注目しています。この酵素は、優れた耐熱性、高いカルボキシラーゼ活性、および高温下での高い特異性を示します。その高い構造安定性のため、Tk-RuBisCOは広範な変異導入が可能であり、新規な二酸化炭素固定経路の構築に最適な酵素です。新規な二酸化炭素固定反応の性能を評価するため、天然の基質であるリブロース-1,5-ビスリン酸(RuBP)とその他の代替基質の両方を用いた触媒活性を調査しました。その結果、より効率的な二酸化炭素変換のための遺伝子組み換え型RuBisCO変異体の開発実現性が示され、持続可能な炭素利用と、カーボンネガティブな未来への移行を支える産業応用の道筋が示されました。



新規二酸化炭素固定プロセスによる二酸化炭素利用の促進



助教
リン ペン



特定助教
スラチャダ チュアイチヨブ

講師(兼)
山本貴之



附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センターの概要

カーボンネガティブ・エネルギー研究センター概要

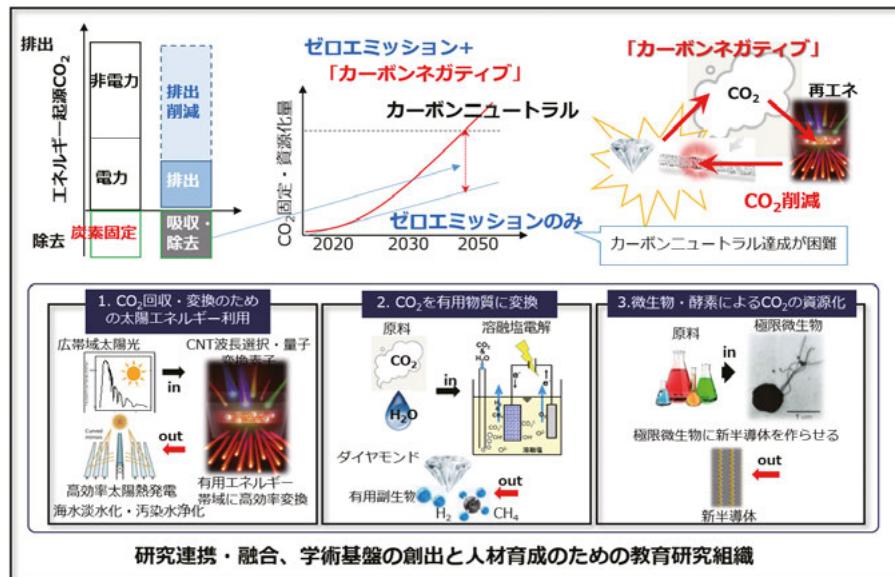
私たちの地球では、生物による炭素循環システムによって、二酸化炭素がいわば炭素通貨として利用されています。これまでは、この通貨である二酸化炭素の排出と吸収のバランスが保たれた状況を保っていましたが、産業革命後の急速な人類の活動により、二酸化炭素の排出と吸収のバランスが崩れて、排出過多になってしまっています。バランスが取れた状態、すなわちカーボンニュートラルな状態に戻すには、通常言われている「ゼロエミッション」技術だけでは、2050年のカーボンニュートラルは難しいと考えられ、より積極的な二酸化炭素固定化過程を導入して、新たなエネルギーシステムを作り上げることが必要です。附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センター（Integrated Research Center for Carbon Negative Science (ICaNS)）は、積極的に大気中の二酸化炭素を固定化し、有効利用する技術の開発を目指す「カーボンネガティブ・エネルギー」研究を推進する目的のために、2022年度に本研究所に設置されました。本研究センターでは、現時点では比較的新しい概念の「カーボンネガティブ・エネルギー」について、京都大学工学研究科ならびにエネルギー科学研究科との連携のもとに、研究および人材育成に取り組みます。

カーボンネガティブ・エネルギー研究センターの活動

京都大学内においてカーボンネガティブ・エネルギーに関する横断的・機動的な研究を進めるプラットフォームとして、エネルギー理工学研究所とエネルギー科学研究科、工学研究科の二研究科の連携体制からスタートし、2022年度に本センターを設置しました。2030年の温室効果ガス46%削減をベンチマークに、本センター内に3つのプロジェクトを設定し、研究を進めています。

プロジェクト研究では、CO₂原料の「波長選択・量子変換カーボンナノチューブ」開発、CO₂と水を原料とした「常圧・低エネルギーダイヤモンド電解合成」、さらに極限微生物を利用してCO₂から作る「グラフェンナノリボン半導体」や「高付加価値化商品」を開発します。これらの高度な異分野融合研究を推進・発展させ社会実装に繋げるためには、「カーボンネガティブの学術と社会実装を支える人材育成」が必要です。学内3部局・7専攻にまたがる教員がセンターに集結して多様な学術基盤を融合させつつ、最先端の研究設備を使用して研究教育を行います。これを足掛かりに、オール京大で今後もさらなる連携・新たな知見を導入し、「カーボンネガティブ」の新しい学術を進めます。

さらに、学外・国際連携を進め、2050年のカーボンニュートラル社会実現とその先を見据えた、社会イノベーションに資するカーボンネガティブ・エネルギー技術を創出しつつ、国際的なカーボンネガティブの視野を持つ人材育成に寄与します。このような学内の附置研究所と複数研究科の機動的連携体制による研究教育センターの形成は、共同利用・共同研究拠点基盤および大学の機能強化に直結するとともに、本センターでのCO₂を有用資源として活用する研究により、本学がイニシアティブを持った新しいパラダイム「カーボンネガティブ」を先導します。また社会的波及効果として、耕作放棄地での太陽光発電と再造林放棄地の木質バイオマスを組み合わせた炭化・機能化事業など、カーボンネガティブと地方創成を同時に達成することが期待されます。これらにより、新しい学術コミュニティ形成とともにグローバルなエネルギー・環境課題解決に新たな道筋をつけ、2050年のカーボンニュートラル社会実現を目指します。



研究連携・融合、学術基盤の創出と人材育成のための教育研究組織

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
第3期：2022年度～2027年度

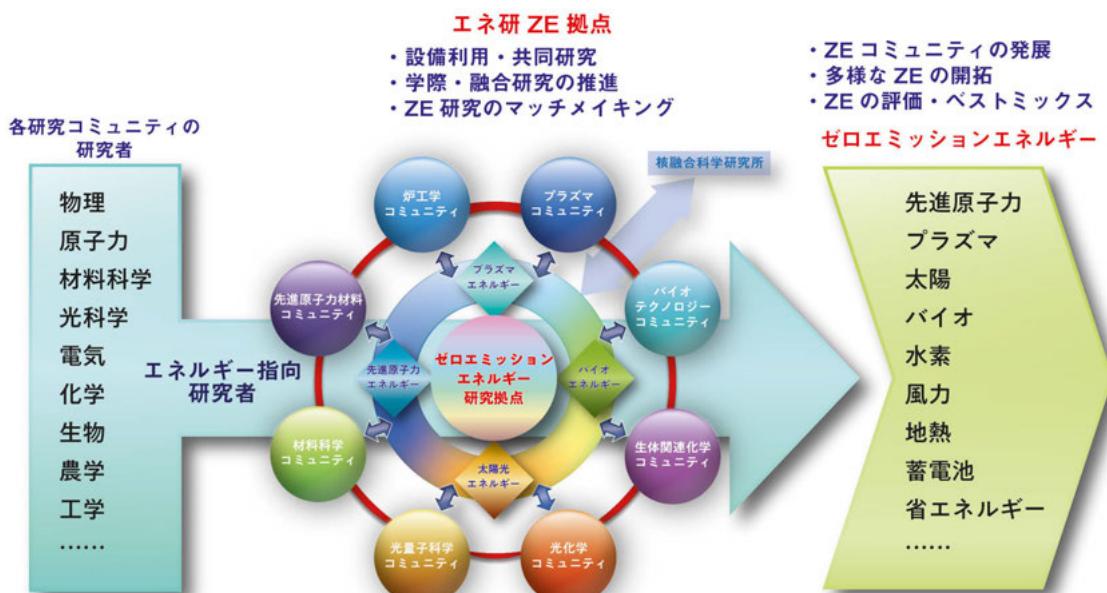
[概要] 本研究拠点は、温室効果ガスや有害物質を可能な限り排出せず、環境調和性の高い「ゼロエミッションエネルギー」の研究拠点として、多様なエネルギー分野の融合的基礎研究を主導し、学術研究の発展とそれを担う研究者の教育・養成を通じて、国際的な課題であるエネルギー・環境・資源問題の解決に取り組みます。この趣旨に沿って共同利用・共同研究課題を公募し、ゼロエミッションエネルギーを指向する既存分野間の融合的な研究を促進しています。なお、2024年度に行われた文部科学省の中間評価において、A評価を獲得しました。

[2024年度の主な活動]

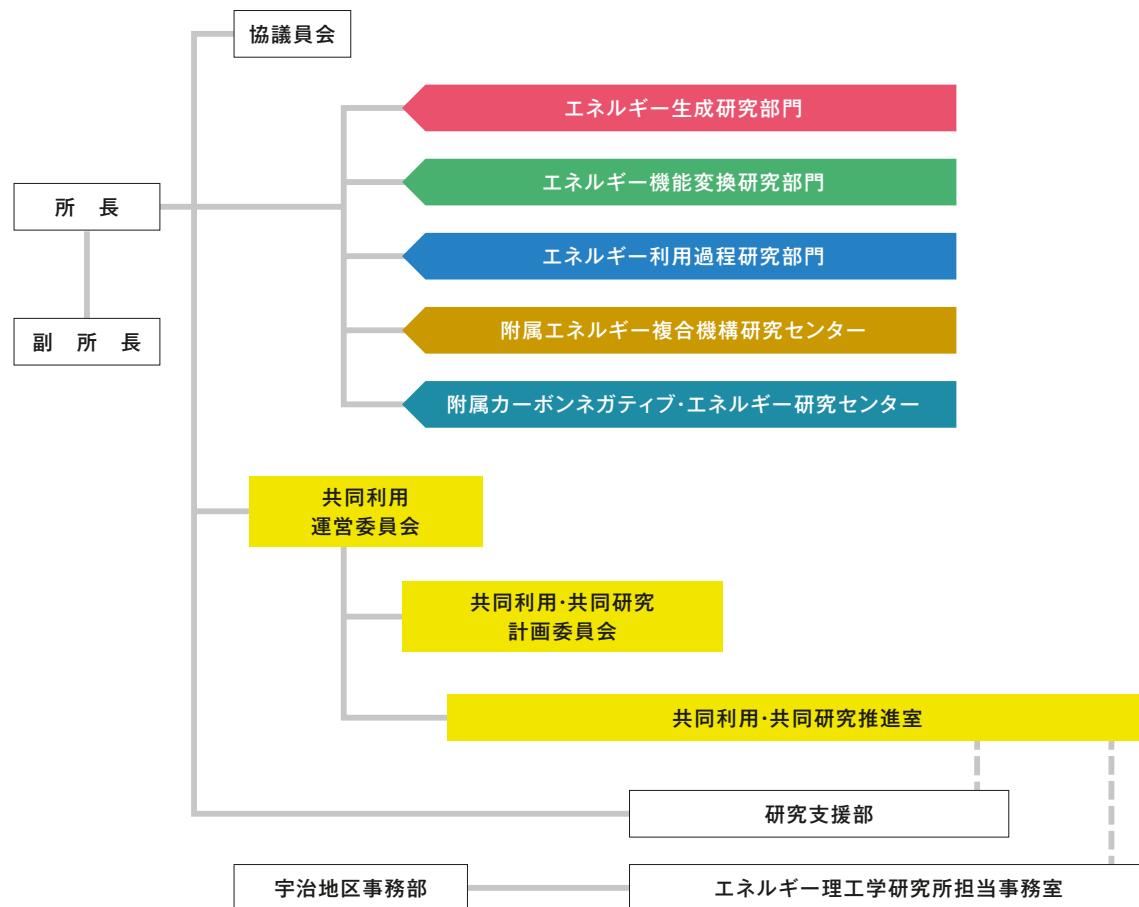
- ・ZE研究拠点 公募型共同利用・共同研究の実施：全82件、参加100機関318名
- ・ZE研究拠点 国際シンポジウム開催(2024年12月10日～13日、ハイブリッド開催)
“The 15th International Symposium of Advanced Energy Science”
– Toward the Realization of Advanced and Carbon Negative Energy –
参加者数：延べ約600名
- ・ゼロエミッションエネルギーネットワークを通じた情報発信
- ・その他、ZE研究に関するセミナー等の開催・支援

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

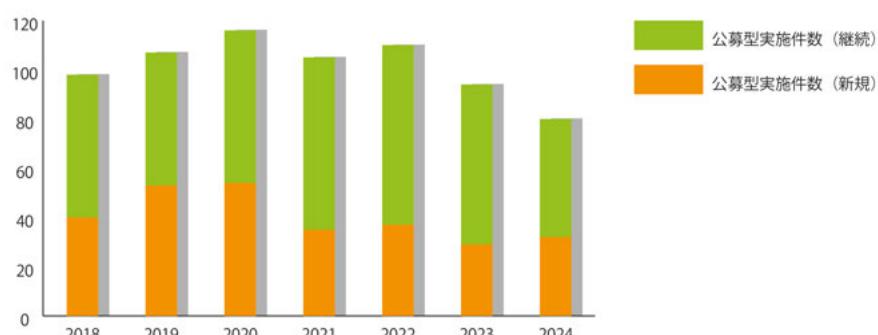


ゼロエミッションエネルギー研究拠点組織図



ゼロエミッションエネルギー研究拠点における公募型共同利用・共同研究の採択件数の推移

年度	採択状況				実施状況								
	公募型			うち国際共同研究	新規分			継続分			合計		
	応募件数	採択件数	採択率		公募型実施件数	研究テーマ設定型	国際共同研究	公募型実施件数	研究テーマ設定型	国際共同研究	公募型実施件数	研究テーマ設定型	
2018	98	98	100%	5	40	13	2	58	25	3	98	38	5
2019	107	107	100%	8	53	15	5	54	23	3	107	38	8
2020	118	116	98%	9	54	15	3	62	26	6	116	41	9
2021	105	105	100%	6	35	13	2	70	90	4	105	43	6
2022	110	110	100%	9	37	14	4	73	28	5	110	42	9
2023	94	94	100%	4	29	11	2	65	29	2	94	40	4
2024	82	82	100%	9	34	16	8	48	22	1	82	38	9



ゼロエミッションエネルギー研究拠点における共同研究論文数

年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
論文数	44	69	47	45	41	41

※エネルギー研究所の研究者が共著者ではないものを含む

ゼロエミッションエネルギー研究拠点活動における研究成果(2024年度)

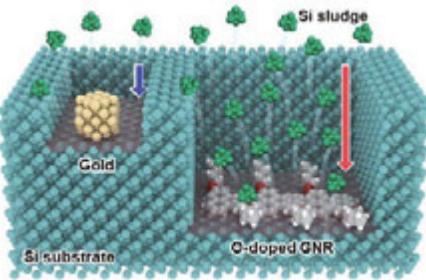
▶炭素細線を用いた貴金属を超える高性能シリコンプロセス触媒開発

機能性置換基を導入したグラフェンナノリボン(GNR)の表面合成は注目されているが、従来の超高真空中での熱活性金属表面による合成では、300~500°Cの高温により官能基が分解しやすく、合成が困難であった。

本研究では、液-固界面の電気二重層における強電界下で、非対称前駆体の酸化還元反応を利用することにより、室温で官能基を熱分解させることなく GNR を合成する革新的手法を開発した。その結果、強い電子供与性を有する GNR の合成に成功した。

合成された GNR は、シリコンのエッチングにおいて、従来の貴金属触媒を凌駕する高い触媒活性を示した。

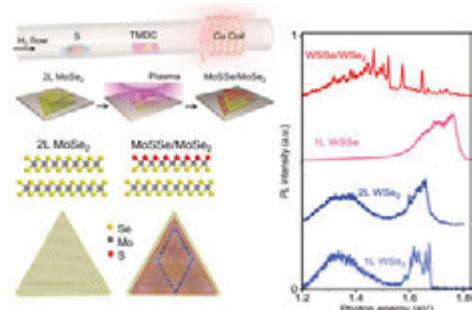
この技術は、様々なエッジ機能化 GNR の合成可能性を拡大するだけでなく、半導体製造プロセスの後工程(ダイシング)への応用が期待され、半導体製造技術の革新に貢献する可能性がある。



H. Sakaguchi, T. Kojima, Y. Cheng, S. Nobusue, K. Fukami, Nat. Commun., 15, 5972 (2024).

▶化学的に作製されたヤヌスヘテロ二層の半導体モアレ超格子構造の研究

クリーンなプロセスにより作製され、内蔵電場の特徴を有する遷移金属ダイカルコゲナイトのヤヌス単原子層は、モアレ超格子研究の有望な構成要素である。特に、ヤヌス遷移金属ダイカルコゲナイト単層膜は、原子置換によって従来の遷移金属ダイカルコゲナイト単層膜から化学的に変換することができ、格子不整合ヘテロ二層を直接形成することができる。しかしながら、これまでヤヌスヘテロ構造におけるモアレ超格子は、実験的にあまり研究されてこなかった。ここでは、化学的に作製されたヤヌスヘテロにおける半導体モアレ超格子の作製とその特性評価について報告している。MoSSe/MoSe₂(またはWS₂/WSe₂)ヤヌスヘテロは、MoSe₂(またはWSe₂)二層膜の最上層のSe原子をS原子で置換することにより、H₂プラズマ処理を用いて作製した。走査型透過電子顕微鏡観察の結果、カルコゲン置換に起因する格子不整合により、平均約14nmのモアレ周期が形成されていることがわかった。また、極低温発光分光からシャープな近赤外発光を示し、理論計算との比較からモアレポテンシャルに捕捉された励起子に起因することがわかった。このようにヤヌスをベースにしたヘテロ構造は、非ねじれヘテロ二層に対しても長周期モアレ系を提供し、閉じ込め電子や相関電子系の機能化の新たな研究舞台を提供している。

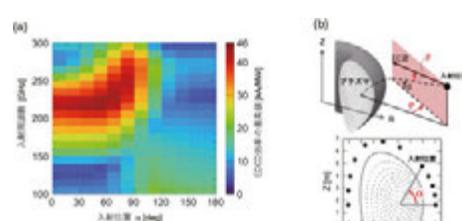


W. Zhang, Z. Liu, H. Nakajo, S. Aoki, H. Wang, Y. Wang, Y. Gao, M. Maruyama, T. Kawakami, Y. Makino, M. Kaneda, T. Chen, K. Aso, T. Ogawa, T. Endo, Y. Nakanishi, K. Watanabe, T. Taniguchi, Y. Oshima, Y. Yamada-Takamura, M. Koshino, S. Okada, K. Matsuda, T. Kato, Y. Miyata, Small Struct., 5, 2470022 (2024).

▶電子サイクロトロン波による高効率プラズマ電流駆動条件の探索

—広領域にわたる多変数入射パラメータ空間の探索による核融合炉応用への新展望—

核融合炉における電子サイクロトロン波(EC波)を用いた高効率なプラズマ電流駆動(CE)の可能性を示すため、入射位置・角度・周波数にわたる多変数パラメータ空間を精緻に探索し、網羅的な数値シミュレーション研究を行いました。その結果、低磁場側赤道面から上方入射にわたり広い範囲で高効率電流駆動の条件が存在すること、さらに高効率入射条件下での電流分布制御性も確保できることが示されました。また、本研究を通じて、プラズマ周辺での高調波共鳴吸収を回避するEC波の入射条件を適切に選定することで電流駆動効率が向上することも明らかになりました。これらの成果は、電流駆動効率に課題があるとされてきたEC波の核融合炉への応用に新たな展望を開くものといえます。



数値シミュレーションの結果。(a) EC波による電流駆動効率の最高値と(b)計算に用いた入射位置および入射角度の定義

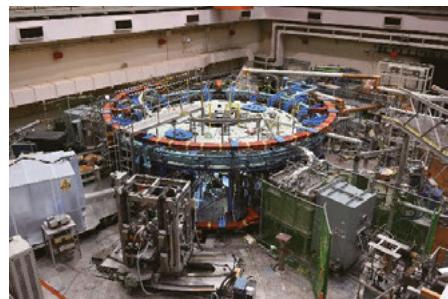
T. Seino, K. Yanagihara, H. Takahashi, K. Tobita, K. Nagasaki et al., Fusion Eng. Design 203114460, (2024).

基盤施設型共同研究 (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：2025年度～2027年度

[概要] 日本の核融合研究では、これまで成果をあげてきた双方向型共同研究をさらに展開し、6大学のセンター・研究所を対象として核融合科学研究所とともに基盤施設型共同研究を開始することになりました。磁場閉じ込め核融合炉を設計する際には様々な制限が課せられています。炉心プラズマには密度の限界、ベータ値の限界、アスペクト比の制限などがあります。プラズマ乱流の励起による温度分布の硬直化もモデレートなりミットと考えられます。これらの制限が無くなれば炉の設計の自由度は格段に向上し、最適化した経済性の高い炉の実現が期待されます。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 Heliotron J を主装置に、プラズマにあるリミットに着目し、リミットの科学を展開し、リミットを知り、理解、予測、制御することでリミットフリーなプラズマの達成を目指していきます。



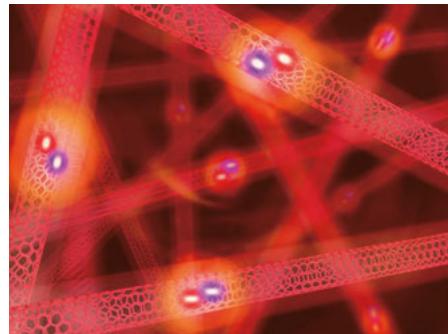
科学研究費助成事業・基盤研究 (S)

研究題目：エネルギー科学展開に向けた量子熱光物性の基盤構築

研究代表者：宮内雄平

研究期間：2024年度～2028年度

[概要] 私たちはこれまでに、カーボンナノチューブが高温の熱エネルギーを近赤外光に変換する特異な量子物性を持つことを見出し、それを太陽光や高温の熱から高効率に電気を作る熱光発電技術へと応用するための基礎研究を進めてきました。本プロジェクトでは、カーボンナノチューブや類縁ナノ物質の耐熱性における従来の限界を克服し、これまで未開拓であった超高温領域の量子熱光物性を解明することで、高温環境での動作を必要とする熱と光のエネルギー科学技術において、ナノ物質の量子物性を利活用するための学術基盤を整備します。



科学技術研究費助成事業・基盤研究 (S)

研究題目：ロボット技術支援によるモアレ量子プラットフォームの創生と応用

研究代表者：松田一成

研究期間：2025年度～2029年度

[概要] 本研究では、原子数層の極めて薄い二次元半導体を含む二次元物質を対象とし、ロボット技術とデーター科学の進展により可能となりつつある革新的な人工ヘテロ構造作製技術の構築を進めます。これに加え、二次元物質を重ねたヘテロ構造で生じるモアレ物理により新たなモアレ量子プラットフォームの学術を構築し、それを量子科学・技術へと橋渡しする研究潮流を生み出すことを目指しています。



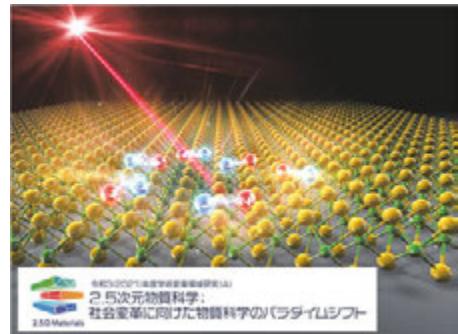
科学研究費助成事業・学術変革領域(A)

研究題目：2.5次元構造の分析技術開発(計画研究)

研究代表者：松田一成

研究期間：2021年度～2025年度

[概要] 学術変革領域(A)「2.5次元物質科学」(研究代表：吾郷浩樹)において、2.5次元物質で発現する特異な構造や電子状態の解明に資する分析手法や技術を開発し、2.5次元物質科学の学術の発展を支えることにあります。具体的には、我々が供する先端分析技術やそこから明らかとなる学術的知見を通して、集積化を含む物質創製や新奇物性、機能創出によるデバイス応用研究などを支援するとともに、「2.5次元物質科学」の基盤となる分析科学の学理を担います。



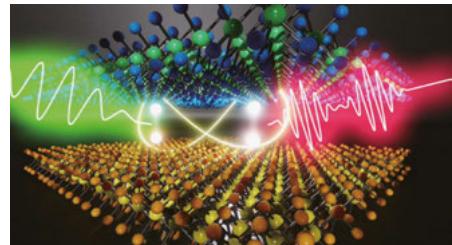
科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業(CREST)

研究題目：二次元半導体・ヘテロ構造の量子光プラットフォームの構築と応用

研究代表者：松田一成

研究期間：2024年度～2029年度

[概要] 我々は、ナノ物質半導体である二次元半導体での新たな光科学・技術の活路として、1) ワイドギャップ二次元半導体の欠陥で規定された単一量子二準位系、2) 遷移金属ダイカルコゲナイトのモアレ励起子での膨大な数の集積量子二準位系、の二つの量子システムを二次元半導体量子光プラットフォームと定義し学理構築とその応用を進めます。



「光・量子飛躍フラッギングシッププログラム」(Q-LEAP)

研究題目：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

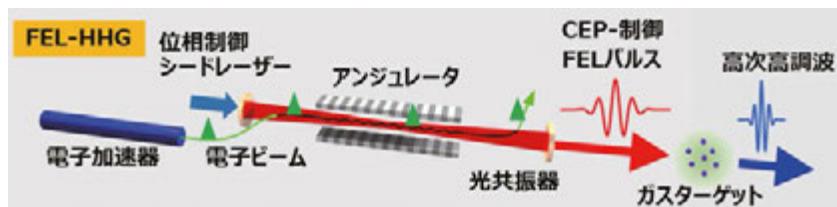
研究代表者：羽島良一(量子科学技術研究開発機構)

所内代表者：全炳俊

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、高平均出力が可能の特長をもち、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ことができます。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用いた 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 HHG laser

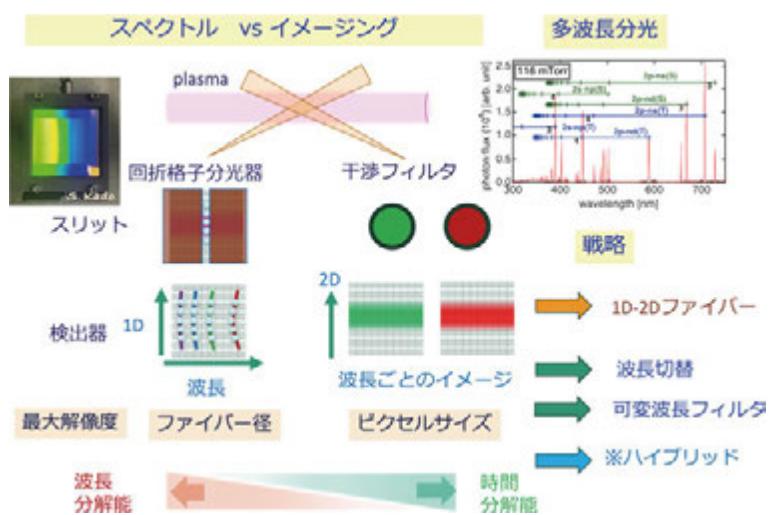
堀場製作所との共同研究 (HONMAMON (ほんまもん) 共創研究)

研究領域：フュージョンエネルギー確立を目指したプラズマ発光の可視化に関する研究

研究代表者：門 信一郎

研究期間：2024年度～2025年度(年次審査)

[概要] プラズマの分光診断は、発光スペクトルを分光器で計測することにより、混入元素の同定、励起起源であるプラズマの密度や温度の推定、スペクトル形状により温度、流れ、磁場や電場等多くの情報を得ることができます。その一方、分光診断は画像計測には向きでない、干渉フィルタで特定波長のみを選択するか、波長掃引により長時間かけて測定するにとどまるのが通例です。本研究では、可視から近赤外にかけた多波長の高速イメージングシステムを開発・導入し、固体水素燃料(ペレット)の供給効率や不純物のトレーシング、高エネルギー粒子の衝突により壁面に形成されるホットスポットの高速検出を目指します。



CO2 の有価物への変換(CCU)に関するコスモ石油(株)との共同研究

研究代表者：野平俊之

所内代表者：野平俊之、山本貴之、法川勇太郎

研究期間：2023年度～2025年度

[概要] 本共同研究では、CO2 を出発材料として、水素を使わずに炭素材等の有用物質へ変換する技術として、溶融塩電解法の研究開発を行う。さらに、コスモ石油製油所等から排出される CO2 にかかる当該技術の適用可能性の検討、及びその事業性について検証する。

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～2025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ナブルキャンパス活動を支援することを目的とする。

「非線形・非平衡プラズマ科学 研究ユニット」

代表者：石澤明宏（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量子プラズマ、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・協力を通じ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>

研究施設



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

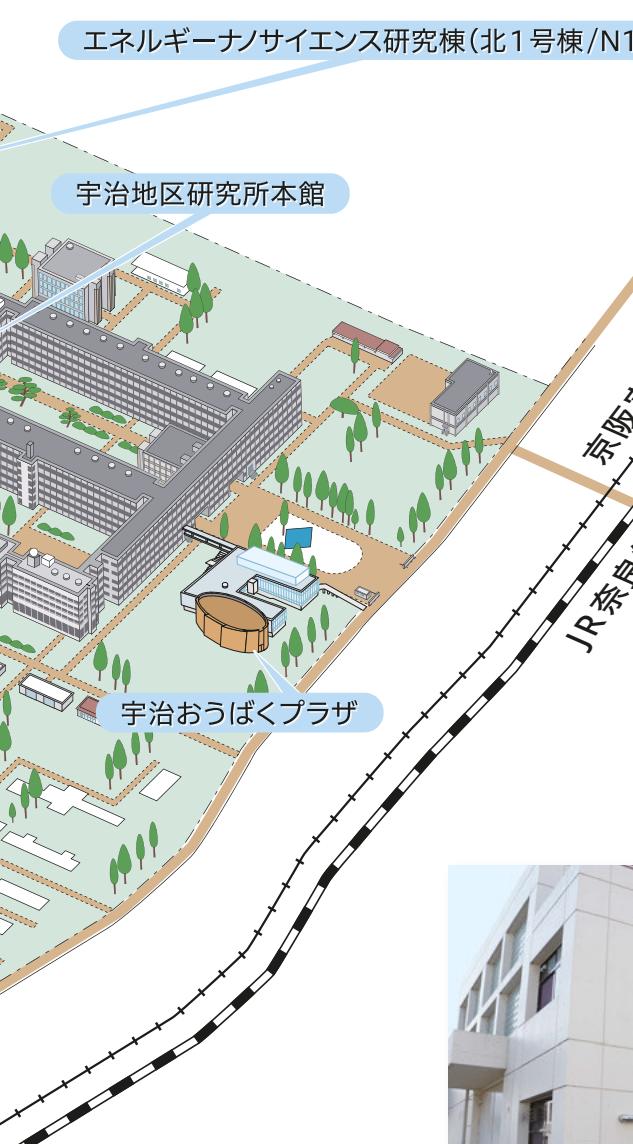
エネルギー理工学研究所では、宇治地区研究所本館をはじめとした研究施設で日々研究を行っています。



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



至中書島

至京都

京阪宇治線
JR奈良線



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)



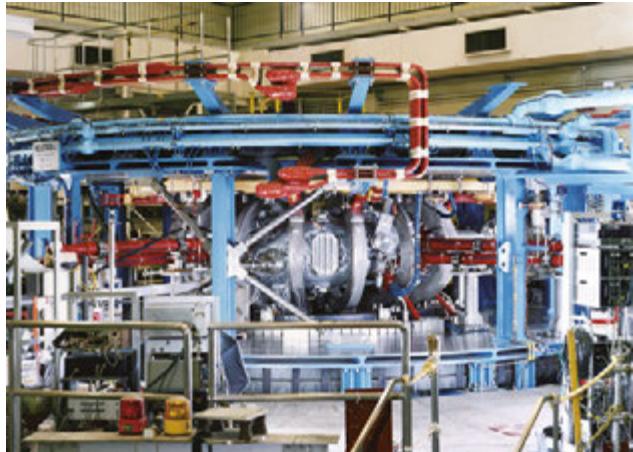
工作室

研究施設

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の最適化を目標に、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)

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。

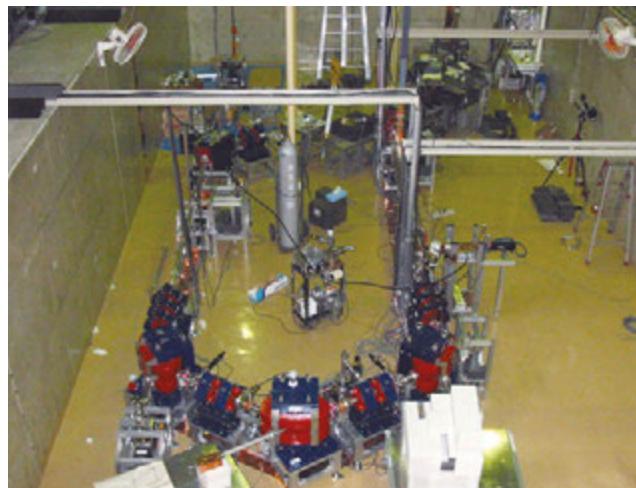


(南2号棟)

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(3.4~26μm)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)



(南1号棟)

マルチスケール材料評価基盤設備 (MUSTER)

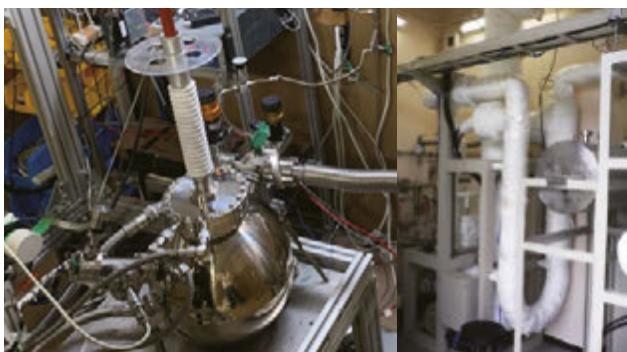
先進エネルギー材料を対象に、サブナノスケールから実用寸法のレベルまで連続的にマルチスケールで化学組成、構造組成、強度特性、環境特性等の評価を行うことが可能な研究施設で、FE-TEM, FE-SEM, FE-EPMA や高温X線回折装置等の先端装置が設置されています。



(北1号棟、北2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)

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)

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300MHzNMR、タンパク質精製装置、時間分解蛍光分光光度計などが稼働しています。



(本館化学機器室、生化学実験室)

教育・社会活動

エネルギー理工学研究所 国際シンポジウム

第15回エネルギー理工学研究所国際シンポジウムが、2024年12月10日(火)～13日(金)の四日間にわたり、共同利用・共同研究拠点との共催で開催されました。本シンポジウムは、「Toward the Realization of Advanced and Carbon Negative Energy」をテーマに、共同利用・共同研究拠点をハブとしたゼロエミッションエネルギー研究ネットワークにおける研究活動のさらなる推進を目的として行われました。今回のシンポジウムは、附属カーボンネガティブ・エネルギー研究センター（ICaNS）との共催で、例年よりも規模を拡大して行われました。また、オーラルセッションは遠方の参加者等に配慮してYouTubeでも同時配信を行いました。オーラルセッション参加者が250名、パラレルセミナー参加者が60名と、これまでの国際シンポジウム同様、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所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所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所）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、2023年度の本研究所の学生数は116名となり、中でも博士後期課程在学生数は、46名（内外国人29名）となっています。RF（リサーチフェロー）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、公開講演会、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29回エネルギー理工学研究所公開講演会が、2024年10月19日・20日に開催された「宇治キャンパス公開2024」に合わせて10月20日に、同キャンパスのきはだホールにて行われました。講演会では、野平俊之教授による「カーボンネガティブエミッションを目指して - CO₂からダイヤモンドを作る-」、門信一郎准教授による「オーロラと人工太陽の「光」を探る」の講演が行われました。115名の参加者が集まり、積極的な質疑応答がなされました。参加者のアンケートには「大学の先生の話が聞ける貴重な体験ができてよかったです。」といった感想が多く寄せられ、有意義な会となりました。



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。

全学共通科目

2025年度

担当科目	担当教員
先進エネルギー概論	大垣英明、野平俊之、松田一成、森下和成、永田崇
基礎物理化学要論	片平正人、永田崇、佐川尚(工エネ科)
基礎物理化学(量子論)	坂口浩司、中田栄司、松本一彦(工エネ科)
先進エネルギー変換	長崎百伸、八木重郎、小林進二、森下和功(以下工エネ科)川那辺洋、林潤、堀部直人、今谷勝次、木下勝之、澄川貴志、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、藤見俊夫(防災研)
人間の安全保障特論(大学院横断科目)	北島薰(農学)、内藤大輔(農学)、大垣英明、設楽成美(東南ア)
Essentials of Basic Physical Chemistry	Arivazhagan Rajendran
Basic Physical Chemistry (Thermodynamics)	Arivazhagan Rajendran
From Carbon Neutral to Carbon Negative	Arivazhagan Rajendran, Jordi Craviotocaballero, Benjamín McLellan (工エネ科)
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)、長崎百伸、小林進二
核融合とプラズマの科学	長崎百伸、稻垣滋、門信一郎、小林進二
量子ビームを使ってわかること (海外) 東南アジアの再生可能エネルギー開発	大垣英明、中嶋隆 大垣英明、尾形清一(工エネ科)

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	大塚電子(株)
総合研究大学院大学先端学術専攻分子科学コース	電源開発(株)
KTH Royal Institute of Technology博士後期課程(スウェーデン)	東海旅客鉄道(株)
ASML(オランダ)	東京ガス(株)
Chaozhou Three-Circle (Group) Co., Ltd.(中華人民共和国)	東京海上日動火災保険(株)
DMG森精機(株)	東日本電信電話(株) (NTT東日本)
JFEスチール(株)	日産自動車(株)
LONGi Green Energy Technology(中華人民共和国)	日東电工(株)
PwCコンサルティング合同会社	日本テラパック(株)
TIS(株)	日本電気(株)
(株)Donuts	富士フィルムビジネスイノベーション(株)
(株)IHI	富士通(株)
(株)JERA	本田技研工業(株)
(株)NTTデータグループ	
(株)キーエンス	
(株)クニエ	
(株)サンケイビル	
(株)テラスカイ	
(株)ディスク	
(株)ニイタカ	
(株)ビリビリ	
(株)リコー	
(株)王子ホールディングス	
(株)京都製作所	
(株)日立製作所	
ウエスタンデジタル合同会社	
カヤバ(株)	
サントリーホールディングス(株)	
シャープ(株)	
ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)	
トヨタ自動車(株)	
パナソニックインダストリー(株)	
パナソニック(株)	
ローム(株)	
王子製紙(株)	
関西電力(株)	
丸紅(株)	
京セラ(株)	
三井物産(株)	
三菱UFJリサーチ&コンサルティング(株)	
三菱重工業(株)	
出光興産(株)	
小林製薬(株)	
川崎重工業(株)	
太平洋セメント(株)	
博士後期課程	
京都大学エネルギー理工学研究所・助教	東北大学金属材料研究所・助教
京都大学エネルギー理工学研究所・研究員	東京薬科大学・助教
京都大学エネルギー理工学研究所・技術補佐員	福岡大学工学部電気工学科・助教
東京大学工学系研究科・研究員	京都大学大学院工学研究科・研究員
	(公財)高輝度光科学研究センター(JASRI)・ニュートラック研究員
	Institute of Neuroscience, Chinese Academy of Sciences研究員(中華人民共和国)
	MAX PLANCK INSTITUTE of Microstructure Physics研究員(ドイツ)
	(株)Nanofiber Quantum Technologies・開発職
	(株)住化分析センター・博士研究員
	スズキ(株)・研究員
	住友電気工業(株)・基幹職・主査
ポスドク	

エネルギー理工学研究所表彰 2024年度受賞者

研究 所 長 賞：小島崇寛

研究所貢献賞：高塚真里

学 生 賞：阪本知樹

WANG HAONAN

受賞

(学会賞など 2024年度)

受賞者氏名	賞等の名称	授与機関等の名称
全炳俊	高エネルギー加速器科学研究奨励会 西川賞	高エネルギー加速器科学研究奨励会
金史良	プラズマ核融合学会 学術奨励賞(伊藤早苗特別賞)	プラズマ・核融合学会
阪本知樹	Symposium Poster Award	The 15th International Symposium of Advanced Energy Science
Ju Yoon Hnin Bo	Outstanding Oral Presentation Award	16th Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES 2025)
茂木涉	Symposium Poster Award	The 15th International Symposium of Advanced Energy Science
川上未央子	Merit Award	Global Research Immersion Program for Young Scientists (Grips)
川上未央子	第9回フォトニクスワークショップ 学生優秀ポスター賞	応用物理学会フォトニクス分科会
小松原風汰	第3回超越分子システム 若手会員ポスター賞	学術変革領域研究(A)「超越分子システム」
Hou Zhengyang	2024年度第三回関西電気化学研究会	電気化学会関西支部
高橋諒旭	優秀プレゼンテーション賞 (第61回日本伝熱シンポジウム)	日本伝熱学会
高橋諒旭	若手奨励賞(Young Scientist Poster Award) および Nanoscale Horizons 賞	フーラン・ナノチューブ・グラフェン学会
Mashal Asif	日本バイオマテリアル学会関西ブロック第19回若手研究発表会 優秀演題賞(ポスター発表部門)	日本バイオマテリアル学会関西ブロック
Zhirui Liu	Excellent Poster Certificate	14th A3 Symposium of Emerging materials: Nanomaterials for Energy and Electronics
山本百菜子	第98回マテリアルズ・テラリング研究会 優秀賞	マテリアルズ・テラリング研究会
石尾吉史 山本貴之 眞鍋光毅 野平俊之	2025年電気化学会論文賞	電気化学会
川上未央子	若手奨励賞(Young Scientist Poster Award)	フーラン・ナノチューブ・グラフェン学会
川上未央子	Symposium Poster Award	The 15th International Symposium of Advanced Energy Science
劉知銳	Symposium Poster Award	The 15th International Symposium of Advanced Energy Science

年間行事

前期
後期

4月 入学式
7月 理工会主催ピアパーティ

10月 オープンキャンパス・公開講演会
12月 共同利用・共同研究拠点年会・学生研究発表会
3月 卒業式・修了式

国際交流

国際協定

締結年月日	協力先	国名
1995.9.29	イスコンシン大学 核融合技術研究所	アメリカ合衆国
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ダース大学 物理学科	オーストラリア
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	イ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 材料科学及び化学生工学科	イタリア
1999.5.7	東義大工校 産学協力センター	大韓民国
2000.7.24	東義大工校[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
2006.11.28	釜慶大學校工科大學 産業科学技術研究所	大韓民国
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所、工学研究所と共同締結)	タイ
2010.5.18	ニューヨーク・シティ大学エネルギー研究所(工学研究所、エネルギー科学研究所と共同締結)	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
2014.9.18	ブルネイ・ダルサーム大学 先端材料とエネルギーのセンター	ブルネイ
2014.10.6	国立ホリアルベイ物理原子力研究所	ルーマニア
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	核工業西南物理研究所・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
2022.6.8	アシュート大学	エジプト
2023.9.25	アインホーフェン工科大学 応用物理・科学教育学部	オランダ
2024.1.22	浙江大学 カーボンニュートラル研究所	中華人民共和国
2024.1.22	浙江工业大学 エネルギーと持続可能な発展研究所	中華人民共和国
2024.1.23	テナガナショナル大学 持続可能エネルギー研究所	マレーシア
2024.2.9	タイ原子力技術研究所	タイ
2024.2.28	ヨルダン大学 ハムディマンゴ科学研究センター	ヨルダン
2024.3.22	韓国核融合エネルギー研究所	大韓民国

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、平成18年以来、アジア地域との連携活動をエネルギー科学研究所と連携して推進しています。特にタイ王国のエネルギー・環境大学院とは、隔年で Sustainable Energy and Environment Conferenceを開催してきており、2024年度には12月にタイ王国トンブリにて SEE2024を開催しました。さらにタイ王国 Rajamangala University of Technology Thanyaburi 校とは平成13年からほぼ毎年 Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium (EMSES)を共同で開催してきており、2025年度は京都大学にて第18回 EMSES 国際会議を開催しました。この会議には、本研究所が協力してプラズマ研究を進めているタイ王国原子力庁 TINT からの参加も得ています。

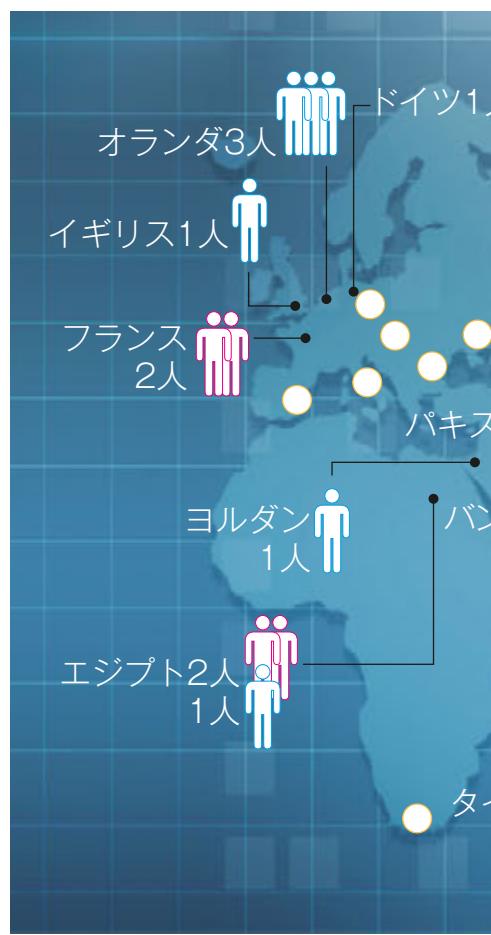
このような取組みはカウンターパートであるアジアの大学・研究機関をはじめ、我が国政府および UNESCO からも評価を頂き、2009年より UNESCO-COMPETENCE プログラムに参画するとともに、さらには2011年度より ODA-UNESCO 支援事業としてアセアンでのエネルギー科学教育事業を展開しました。さらに2017年には水・エネルギー・防災に関するユネスコウェア (WENDI) の認定を、ユネスコ本部より頂いて総合生存学館を

中心に国際的な活動を行っています。また、本研究所が中心となり ASEAN University Network (AUN) と京都大学の間の一般学術協定を締結し、若手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「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：繩田栄治 農学研究科教授)が採択され若手研究者招聘・派遣等を行ってきました。2015年度には東南アジア地域研究研究所(代表者：河野泰之)を中心にJST戦略的国際共同研究プログラム「日アセアン科学技術イノベーション共同研究拠点(JASTIP)」を提案・採択され、AUNとの国際共同研究プラットフォーム形成事業を進め、現在に至るまで活発に日アセアンの共同研究を行っています。更に2024年よりAUN及びJICAと協力して科学技術イノベーションコーディネーター育成事業を ASEAN 事務局の科学技術イノベーション委員会の公認のもと、ASEAN 基金による支援を得て開始しており、研究のみならず人材育成を含む活動を ASEAN 地区にて行っています。



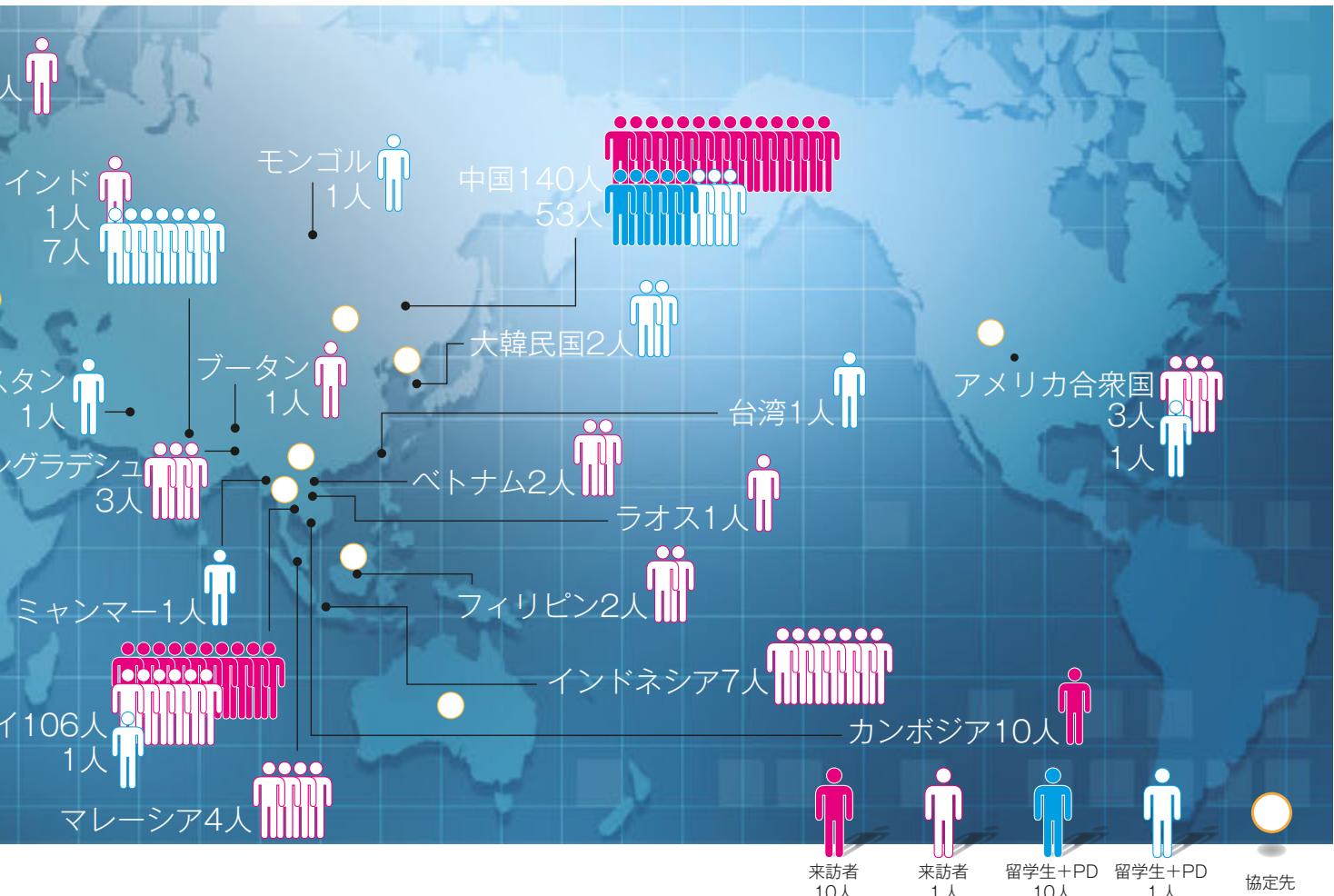
Group photo of Kick Off Symposium of STI Coordinator training program in Bangkok, Thailand (2025.3.3)

来訪者・留学生の数



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。

(2024年)



日一アセアン STI コーディネーター育成事業

研究題目：「Human Capacity Building for Science, Technology, and Innovation Coordination between ASEAN and Japan towards Grand Challenges」

研究代表者：大垣英明

研究期間：2024年12月～2026年12月

[概要] ASEAN 地域は2030年までに世界第4位の経済大国となることを目指していますが、気候変動、自然災害、エネルギー安全保障リスクなどの共通の課題が持続可能な経済成長に大きな脅威をもたらしており、この地域の長期的な持続可能な発展のためにはこれらの問題に対処することが不可欠です。このような課題に対して実効的な科学的解決策を導くためには、研究教育機関、政府省庁、地元住民や民間企業といったあらゆるステークホルダーが協働する事が必要に有ります。ところが現在、多様なステークホルダー間を調整できる人材は稀少であり、更にはその育成システムも存在していません。この現状に鑑み、ASEAN 大学ネットワーク(AUN)は、京都大学が主導する日本 ASEAN 科学技術イノベーションプラットフォーム(JASTIP) 及び AUN/SEED-Net と連携して、日本 ASEAN 統合基金(JAIF) の支援を受けて、持続可能な ASEAN と日本の科学技術イノベーション(STI) 連携プラットフォームの構築に着手しました。このプラットフォームは、日本と ASEAN の間の共同研究と教育協

力を継続的に推進する上で重要な役割を担う次世代の STI リーダーを育成することを目的としています。さらに、STI における組織的能力構築のための効果的なエコシステムの構築を目指しています。

Overall Goal of the JAIF Project

To establish a Sustainable Science, Technology, and Innovation (STI) Coordination Platform between Japan and ASEAN within the ASEAN University Network (AUN) in collaboration with JASTIP and AUN/SEED-Net.

1. Nurturing the Next-generation Leader of STI Coordination, empowering them to play a pivotal role in consistently promoting collaborative research and cooperative education
2. Creating an Effective Ecosystem for Institution Capacity Building in STI Coordination

Grand Challenges between ASEAN and Japan
Climate Change, carbon neutrality, energy security, biodiversity, natural disaster, infectious diseases, economic disparity, conflict, cyber security, aging etc.

KYOTO UNIVERSITY

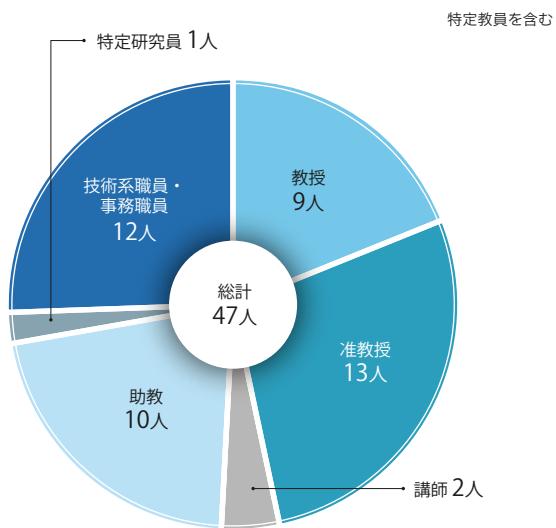
京大
Kyoto University

Goals of the Project

データ

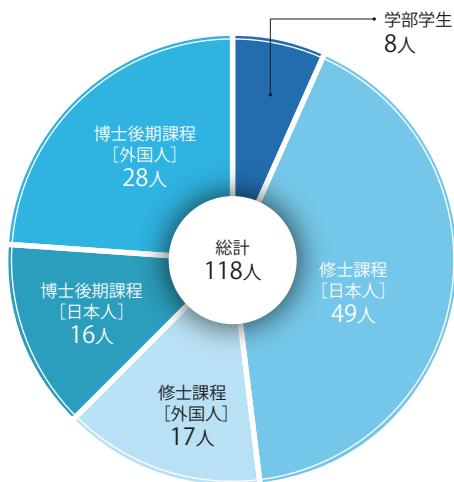
教職員数

2024年



学生数

2024年5月

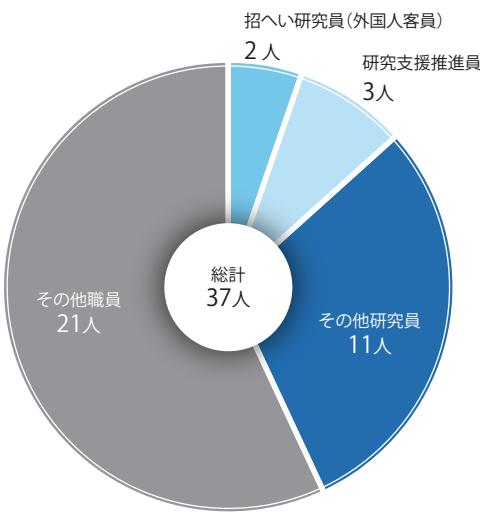


研究所発表件数の推移

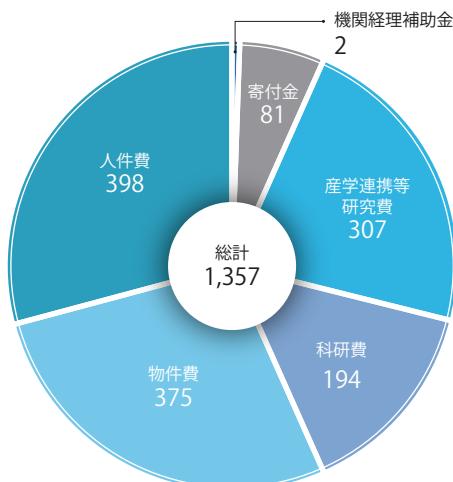


客員・非常勤教職員数

2024年



研究所予算 (決算額) 2023年度 [単位:百万円]



センター共同研究採択件数

カテゴリ	2024
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	3
A3:ソフトエネルギー研究推進部	4
合計	12

ZE 共同研究採択件数

カテゴリ	2024
(A)企画型共同研究	39
(B)提案型共同利用・共同研究	33
(C)共同利用	5
(D)研究集会	5
合計	82

主な補助金

年度	受入先	研究課題	代表者
2024	官民による若手研究者発掘支援事業費助成金(共同研究 P)	溶融塩チタン電気めっき技術実用化を目指した界面活性および電解条件の最適化	法川勇太郎

主な寄附金

年度	受入先	名称	研究者
2024	(公財)池谷科学技術振興財団	フッ化物・塩化物溶融塩中の酸化物イオン濃度が β タングステン電析に与える影響	法川勇太郎
	ダイソーエンジニアリング(株)	電極触媒研究のため	川口健次
	(一財)M K H	環境の保全	野平俊之
	(公財)京都大学教育研究振興財団	第16回エコエネルギーと材料に関する国際シンポジウム	大垣英明
	(公財)井上科学振興財団	第15回エネルギー理工学研究会国際シンポジウム	宮内雄平
	(公財)販部報公会	分子混雑環境下の核酸塩運動性解析	山脇佑大
	三井金属鉱業(株)	溶融塩中の炭素のグラフィト化の研究のため	野平俊之
	(公財)関西エネルギー・リサイクル科学研究振興財団	酸化酵素を用いたリグニン分解における膜分離バイオリアクターの活用	山脇佑大
	(公財)ヒロセ財団	効率的な生体分子検出用ドップラリバリーのための構造的に多様なDNA折り紙の合成	ARIVAZHAGAN Rajendran
	(公財)市村清新技術財団	水素社会の実現に向けた高性能光学式水素センサーの開発	中嶋 隆
	大垣英明(第16回エコエネルギーと材料に関する国際シンポジウム)	第16回エコエネルギーと材料に関する国際会議の実施に関する寄付	大垣英明

科学研究費助成事業

年度	種別	研究課題	代表者
2024	学術変革領域研究(A)	2.5次元構造の分析技術開発(計画研究)	松田一成
	学術変革領域研究(A)	物質共生が成立したヒト生細胞における相互作用の測定・解析手法の開発と応用(公募研究)	片平正人
	学術変革領域研究(A)	DNA-酵素ハイブリッド構造による酵素集積状態の構築(公募研究)	中田栄司
	基盤研究(S)	原子層人工ヘテロ構造におけるハーレースピン量子光学の開拓と応用	松田一成
	基盤研究(S)	エネルギー科学展開に向けた量子熱光物性の基盤構築	宮内雄平
	基盤研究(A)	液体亜鉛陰極を利用した太陽電池用シリコンの新製造法	野平俊之
	基盤研究(A)	外部アクチュエーターを用いた高エネルギー粒子励起MHD不安定性の制御	長崎百伸
	基盤研究(B)	包括的QoL評価法の確立・東南アジアの僻地電化における幸福度と不公平	Jordi Cravioto
	基盤研究(B)	電子の非対称型グラフェンナノリボンの表面合成技術の開発と応用	坂口浩司
	基盤研究(B)	共振器型自由電子レーザーの引き出し効率飛躍的向上に関する研究	全炳俊
	基盤研究(B)	熱励起子ボラリック状態の実現と熱放射制御原理の開拓	西原大志
	基盤研究(B)	代謝経路を内在する人小器官の創製と機能発現原理の確立	森井 孝
	基盤研究(B)	核酸の塩基対の閉開運動及びガンドとの相互作用の試験管内と生細胞中における違い	片平正人
	基盤研究(B)	2波長タグ付LCSガム線発生とそれを用いた複数位体NRF-CT同時測定に関する研究	大垣英明
	基盤研究(B)	アニオン輸送挙動解析に基づく炭素正極の高性能化を実現する電解液の開拓	山本貴之
	基盤研究(B)	電極表面のガス種依存濡れ性制御による電解効率の飛躍的向上	中嶋 隆
	基盤研究(B)	DNAナノリアクターを活用した効率的な二酸化炭素変換反応システムの構築	中田栄司
	基盤研究(B)	核酸の塩基対の閉開運動及びガンドとの相互作用の試験管内と生細胞中における違い(緑色)	片平正人
	基盤研究(B)	代謝経路を内在する人小器官の創製と機能発現原理の確立(緑色)	森井 孝
	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(緑色)	中田栄司
	基盤研究(C)	巨大強誘電性を志向した非対称エッジ型GNRの低温表面合成	小島宗寛
	基盤研究(C)	原子力構造物の健全性評価高度化に必要な材料挙動のあいまいさをいかに評価するか	森下和功
	基盤研究(C)	木質の多糖分解およびリグニン分解に関わる酸化還元酵素間の協調効果の解析	近藤敏子
	基盤研究(C)	HIVのヒト蛋白質分解機構を阻害するRNAアブスターの開発とその作用機序の解明	永田 崇
	基盤研究(C)	溶融塩電解プロセスにおける環境負荷低減を目指した新規電極材料に関する研究	川口健次
	基盤研究(C)	細胞内環境下におけるヒグマム修飾を含む核酸の構造ダイナミクス解析	山脇佑大
	基盤研究(C)	高塩素置換型ポリ塗化ビニル類の還元的脱塩素化を大気下で実現させる	高塚由美子
	基盤研究(C)	非平衡開放系における空孔集合体の形態変化メカニズムの解明	數内聖皓
	基盤研究(C)	リグニンと多糖を分離する酵素の実バイオマスに対する活性および構造機能相関の解析(期間延長)	近藤敏子
	若手研究	磁場閉じ込めブレイズにおける雪崩輸送の計測法の開発	金 史良
	若手研究	高温溶融塩中のチタン電析とチタン錯イオンの配位状態との関係解明	法川勇太郎
	若手研究	癌の成長を恒久的に遮断する、癌から癌に感染するワイルスベクターの開発	神庭圭佑
	若手研究	DNAナノテクノロジーを利用した細胞内の代謝酵素複合体の研究	Lin Peng
	挑戦的研究(開拓)	量子非平衡吸収体を用いた太陽光熱利用の原理的革新	室内雄平
	挑戦的研究(萌芽)	パレースピン制御とデバイス応用:パレートロニクスに向けた課題と挑戦	松田一成
	挑戦的研究(萌芽)	光合成による二酸化炭素固定化酵素の基質を拡張した分子コンピュータの構築	森井 孝
	挑戦的研究(萌芽)	DNA-タンパク質間相互作用を介したタンパク質ポリマーのプログラム合成(期間延長)	中田栄司
	特別研究員奨励費	カーボンナノチューブの量子熱光物性に基づく超高効率太陽光選択吸収体の実現	Wu Hengkai
	特別研究員奨励費	革新的エネルギー変換に向けた原子層人工ヘテロ構造の自発的光起電力に関する研究	朝田秀一
	特別研究員奨励費	精密熱ふく射スペクトル制御に向けた異種ナノ物質薄膜の多重構層技術の開拓	川上未央子
	特別研究員奨励費	新規太陽電池製造法のための液体亜鉛電極を用いた高結晶性シリコン膜の電析	茂木 涉
	特別研究員奨励費	液体金属と溶融塩を用いた電気化学的手法によるリチウム同位体濃縮技術の開発	伊藤 謙
	挑戦的研究(萌芽)	ヒト生細胞中における核酸の立体構造とダイナミクスの細胞周期依存性	片平正人
	研究活動スタート支援	Rational design of feruloyl esterase for efficient lignocellulosic biomass degradation	Apisan Phienluphon

受託研究

年度	委託者	研究課題	研究者
2024	科学技術振興機構(CREST)	二次元半導体・人工ヘテロ構造の量子光学現象解明とデバイス応用	松田一成
	科学技術振興機構(創発的研究支援)	半導体モレックス構造を用いた量子電磁力学の創生	篠北啓介
	科学技術振興機構(創発的研究支援)	ナノシステム制御による太陽光利用の技術革新	西原大志
	科学技術振興機構(さきがけ)	電解液の完全利用を目指した省資源型デバイスの開発	山本貴之
	科学技術振興機構	ハイドレートメルト電解液を用いた革新的・高効率クリーン水素製造法	野平俊之
	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
	新エネルギー・産業技術総合開発機構	部素材からのレアースーパー難精製技術開発事業	野平俊之
	新エネルギー・産業技術総合開発機構	燃料電池等利用の飛躍的拡大に向けた共通課題解決型産学官連携研究開発事業／水素利用等高度化先端技術開発／常温水電解の実用化基盤研究プラットフォームの構築	中嶋 隆
	日本医療研究開発機構	Gag前駆体Pr55Gag disordered 領域の構造生物学と創薬	片平正人
	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技術の研究」	大垣英明
	東北大学	「プロセスインフォマティクスによる成膜技術の探索」(令和6年度エネルギー対策特別会計委託事業「フルセラミックス炉心を目指した耐環境性3次元被膜技術の開発」)の一部	數内聖皓
	東京都公立大学	配向制御ナノチューブを基盤にした日米共同クリーンエネルギー技術開発	松田一成 宮内雄平
	福井大学	「MnNiSiに特化した計算機実験によるMnNiSiクラスター形成過程のモデル化」のうち、「計算によるMnNiSiクラスター形成過程のモデル化」	森下和功
	ASEAN University Network(AUN)	Human Capacity Building for Science, Technology, and Innovation Coordination between ASEAN and Japan towards Grand Challenges	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
2024	大学共同利用機関法人自然科学研究機構	2024年度双方向型共同研究	長崎百伸
	三谷化工(株)	農業・環境分野でのエネルギー利用の共同研究	野平俊之
	京都フュージョニアリング(株)	核融合炉内機器及び付属システムの開発研究	八木重郎
	三菱電機(株)	非開示	長崎百伸
	住友電気工業(株)	実用化を目指した溶融塩電解技術の条件検討	法川勇太郎
	(株) KRI	ナノ構造炭素材料の構造解析	坂口浩司
	日本風力開発(株)	洋上風力等再生エネルギーの水素関連技術動向とその連携の在り方に関する研究	野平俊之
	(株) 堀場製作所	HONMAMON 共創研究2024年度採択テーマ3多波長高速分光カメラの開発と輝線／連続帯混合イメージングへの適用	門信一郎
	(株) ダイセル	木材関連物質のNMR法による構造解析	片平正人
	(株) ダイセル	木材や農産物廃棄物などのハイオスマスの温化と変換(産学共同研究部門)	片平正人
	中部電力(株)	圧力容器の中性子照射硬化機構に関する研究	數内聖皓
	コスモ石油(株)	「溶融塩を用いた電解によるCO ₂ の有価物への固定化技術」に関する研究	野平俊之
	量子科学技術研究開発機構	固体増殖材による低放射性フェライト鋼の腐食と機械的強度への影響評価	八木重郎
	量子科学技術研究開発機構、琉球大学	原子衝突スケート損傷による材料ミクロ組織発達挙動への影響	森下和功

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。

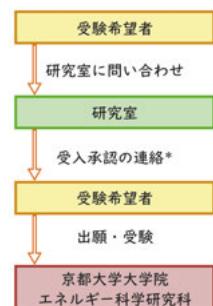
研究室に配属されるまでの動き

※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

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

入試情報・大学院入試説明会情報

<https://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

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

