

I²CNER

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR
CARBON-NEUTRAL ENERGY RESEARCH

九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

Grand Highway for
a Carbon-Neutral Energy Fueled World
Grand Highway for
a **Carbon-Neutral** Energy Fueled World



I²CNERとは

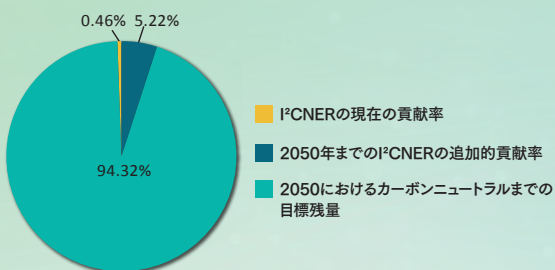
九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所(I²CNER:アイスナー)は、低炭素排出、経済効果の高いエネルギーシステムの構築やエネルギー効率の向上などに寄与する基礎研究に取り組んでいます。I²CNERが目指す研究の中には、固体酸化物形燃料電池(SOFC)、燃料電池における高分子膜、生体触媒を含む新規触媒の開発や、水素を燃料として安全に生産・貯蔵・利用するための技術があります。また、CO₂の回収や貯留技術、あるいはエネルギーの有効利用についても研究しています。さらに、研究者の連携や学際的研究(異分野融合)を通じて革新的な研究を促進するような、国際的かつ学術的環境を整えることも、I²CNERの重要なミッションです。

基礎研究からエネルギー技術、CO₂排出量削減まで

エネルギーへの「典型的な」貢献の事例:材料、プロセス、システム、そして社会経済分析

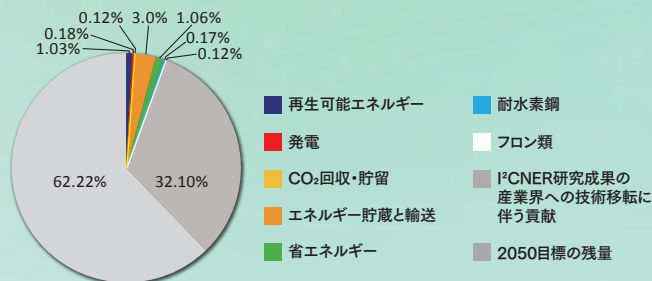
- ・従来のオーステナイト系鋼を凌駕する強度と水素相溶性を有する低コスト微細粒の実験用ステンレス合金を開発
- ・水素を利活用する部品の水素誘起割れメカニズムの解明において、水素加速塑性が介在する劣化について特定
- ・生化学と化学・構造生物学の融合研究により、バイオ触媒の新たな研究分野に強い影響を与え、実用的な燃料電池への応用を実証
- ・固体酸化物セルにおける複合酸化物表面の表面交換メカニズムを解明
- ・SOFCで一般的に使用されている酸化物の有害な化学的膨張の原因が、還元された陽イオン電荷の局在であることを発見
- ・燃料電池用のポリマーラップ型電極触媒を開発し、加湿した条件下において80°Cで50万サイクルに及ぶ高密度な出力を実現
- ・中間温度における水蒸気電解用に、最もプロトン伝導性の高い酸化物を開発
- ・有機発光素子の熱活性化遅延蛍光(TADF)メカニズムを明らかにし、並外れた高いレベルの輝度を実現。この手法を用いることにより、入射電流を光に変換する内部量子効率ほぼ100%を達成
- ・相変化熱伝達の物理を支配する基本的なメカニズムの解明に挑み、凝縮と蒸発の分野における何世紀にもわたる論点に答えを出し、相変化熱伝達の最も包括的な基礎的知見を発展させた
- ・疎水性塗膜における縮合劣化に関し、世界初となる基礎的解釈を発見
- ・CO₂溶解度が高く、膜厚50nm以下、透過率40,000GPU以上の自立型ポリシロキサン(ポリシル)ベースのCO₂分離用ナノ膜を開発
- ・制御された地震波を連続的に発生する信号源を用い、新しいCO₂モニタリング手法を開発。この新しいモニタリングシステムは、制御された地震信号を発生させることで、時間分解能と精度が高く、費用対効果も高い
- ・家庭における世帯主の知識、行動、嗜好、エネルギーシステムへの参加と社会的公平性の結果との関連性を定量的に分類。これらの成果には、二酸化炭素と粒子状物質による汚染の削減、新たな雇用機会の創出、エネルギーコストの削減とエネルギーアクセスの改善が含まれている

(a) 現在と将来の寄与率



(a) I²CNERの現在の実績と今後の見通しを見積もった結果、日本の適切なエネルギーシステムに適用することで、必要とされるCO₂削減量の約0.46%、必要とされる70%削減量の5.22%を、それぞれ実現することが可能となる。

(b) 2050年のCO₂削減目標に向けた全体的な貢献度



(b) I²CNER研究成果の直接的な貢献に加えて、I²CNERの技術的な取り組みに連携した他機関における技術開発や導入により、2050年目標の32.10%をさらに占めることになると予想される(濃い灰色で表示)。

所長からのメッセージ

過去11年間、私は幸運にもI²CNERの成長を手助けする機会に恵まれてきました。I²CNERの強みの1つは、若手研究者を世界クラスの科学者に育てることにあると言えます。若手研究者の才能を認め、素晴らしく才能に満ちた研究者コミュニティへと有機的に成長するのを支援しています。世界中のエネルギーソリューションの進歩に貢献する一流の科学者を指導するだけでなく、優れた研究者が私たちのメンバーとして継続的に参加しています。

また、九州大学が強力に支援しているムーンショット型研究開事業の「ビヨンド・ゼロ」社会実現に向けたCO₂循環システムの研究開発プログラム」の開始から1年が経過しました。CO₂回収の研究チームは、CO₂透過性の高いナノ膜用の新しい高分子材料の開発に取り組んでおり、九州大学、熊本大学、鹿児島大学、大阪工業大学等と共同でいくつかの優れた材料候補を発見しました。さらに、東京大学と共同で行った大規模な分子動力学シミュレーションと第一原理計算により、ガス分子と膜表面の間の分子間相互作用が膜性能を決定する上で重要な役割を果たすことが初めて明らかになりました。また芸術工学研究院SDGsデザインユニットとの協働により、CO₂の直接回収技術が導入された未来社会を視覚化するためのデザインが提示されました。

私たちは、九州大学とイリノイ大学アーバナ・シャンペーン校(UIUC)との戦略的パートナーシップを、エネルギー科学や工学分野を超えて強化し続けています。UIUCとの合同シンポジウムでは、「ビヨンド・ゼロ」社会実現に向けた世界的なCO₂循環システムの研究開発についてまとめられました。また、双方の数学者間でのつながりを深め、数学的抽象化がどのようにアイデアを抽出し世界中の人々をつなぐことができるか。さらには、九州大学とUIUCが医学やデータサイエンスなどの幅広い分野で、21世紀のニーズを満たすために大学院教育をどのように再構成できるかについて、分野・大学を超えて活発な議論が展開されています。

I²CNERは今後も、すべての人にカーボンニュートラル・エネルギーの未来を保証する道を切り開きながら、WPIの使命を拡大し続けます。



カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所(I²CNER) 所長
ペトロス・ソフロニス

世界トップレベル 研究拠点プログラム(WPI)



* 背景

近年、優れた頭脳の獲得競争が激化してきている中で、我が国が科学技術の力で世界をリードしていくためには、優秀な人材のグローバルな流動の「環」の中に位置づけられ、世界中から人材が集まる開かれた研究拠点を創り、優れた研究成果を生み出していく必要があります。

2017年、5つのWPI拠点への10年間の支援期間の終了を受け文部科学省は、日本の研究環境の国際化やその他の改革を先導するため、新たに「WPIアカデミー」を設けました。

* プログラム概要

世界トップレベル研究拠点プログラムには、「世界最高レベルの研究水準」「国際的な研究環境の実現」「研究組織の改革」「融合領域の創出」の4つの柱があり、WPI拠点はこれらの実現に取り組めます。

● 中核となるクリティカル・マスを超える優れた研究者の集合

- ・日本の強い分野で研究機関内のトップレベル研究者を集結
- ・世界から第一線の研究者を招へい

● 国際水準の研究環境と生活環境

- ・拠点長の強力なリーダーシップ
- ・職務上使用する言語は事務部門も含め英語が基本
- ・厳格な評価システムと評価に基づく給与
- ・研究者が研究に専念できる環境を提供
- ・世界トップレベル研究拠点にふさわしい施設・設備環境
- ・住居や日常生活、子供の教育等の生活支援

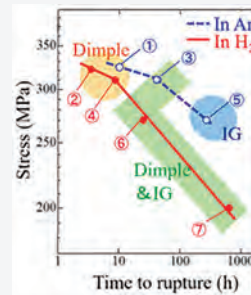
以上のような取り組みに対して政府から支援が行われ、原則10年間の支援期間を経て、世界トップレベル研究拠点到達したWPI拠点をさらに発展・強化させる新たな枠組み「WPIアカデミー」が、文部科学省により設けられました。

2020年4月、I²CNERはWPIプログラム委員会からWPI基準(“world premier” status)に到達したという評価を受け、WPIアカデミー拠点到達に採択されました。

研究ユニット

物質変換科学ユニット

本ユニットのゴールは、水素・水・二酸化炭素を利用するための表面・界面・微視組織に関する新しい科学を基にして、分子・ナノ材料と構造材料を開発することです。触媒材料の領域での私たちの目的は、生物と合成触媒を中心とした燃料とエネルギー製造のための生体機能を模倣した分子システムを開発することです。さらに、太陽エネルギーを利用しありふれた化学物質から燃料と付加価値のある材料の製造を探索します。構造材料の領域での研究は、水素利用技術のための材料のコスト、性能、安全性を最適化することができる基礎科学の開発に照準を合わせています。この研究は、水素脆化を抑制するために、触媒作用を有する表面の不活性化に関する基礎科学と工業的利用を関連させた研究も含んでいます。さらに、高温の水素環境を利用する技術のための金属材料の劣化に関して、機構解明を推し進めることを目標にしています。また、二酸化炭素排出量の削減に効果的な、エネルギーを大切に使うための高効率と耐久性を兼ね備えた次世代型トライボシステムの開発も見据えています。

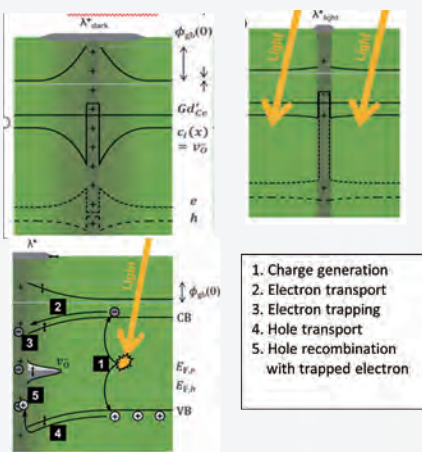


水素によるオーステナイト系ステンレス鋼SUS304のクリープ寿命の減少



水素のクリープ試験に使用する試験機

エネルギー変換科学ユニット



電位分布とキャリア濃度に対する光イオンの効果と影響のメカニズム

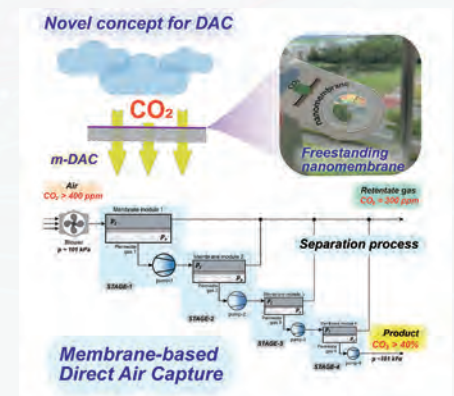
本ユニットの目標は、高効率、高速変換、および長寿命を特徴とする経済的に実現可能なエネルギーシステムの開発です。定置用の電力・燃料製造や移動体に役立つ電気・光化学変換、および、効率的な伝熱を可能にする熱エネルギー変換に焦点を当てています。電気化学的変換の場合、電気エネルギーと化学エネルギーの高い変換率を得るためには、電極触媒作用や固体中のイオンおよび電子輸送特性の基礎的な理解の進展が必要となります。光電気化学変換の目標は、物理的、化学的、生化学的観点から無機、有機、ハイブリッド材料を探索し、変換の潜在的な障害と原因を解明することによる、水分解、太陽エネルギーの利用、発光のための高性能システムの開発です。熱エネルギー変換の研究は、ナノスケールの熱輸送、相変化熱および物質輸送、作動流体の熱物理的特性

に関連する熱および物質輸送現象の基本的な理解を追求することによって進められます。このようにして開発されたデバイスは、再生可能エネルギーの電力網への組み込みや水素エネルギーを含む新しいエネルギーソリューションへの道筋のために不可欠なものになります。

マルチスケール構造科学ユニット

本ユニットは、化石燃料中心の社会からカーボンニュートラル/カーボンフリー社会へ移行するにあたり、日本および世界が直面するスケールの異なるさまざまな課題を総合的に考え、解決することを目指しています。加えて、本ユニットはさまざまなCO₂排出削減技術やエネルギー効率化技術、およびその組み合わせ（エネルギーミックス、エネルギー技術ミックス）の研究、さらには技術の社会経済面を考慮した、政策、企業投資戦略等に関する示唆をもたらす研究も実施しています。

カーボンニュートラル社会への移行に貢献するため (i) ゼロエミッション、ネガティブエミッションに向けた膜分離によるCO₂回収技術の研究、(ii) 地球を利用したCO₂の貯留と管理、(iii) より省エネルギーな技術の開発、および (iv) 社会技術経済ならびに政策の分析を実施します。また私たちは、最適なエネルギー循環を実現するために、数学的手法も取り入れています。この機能により、最適化とエージェントベースのモデルを利用して、再生可能エネルギーと分散型エネルギーリソースを電力網に統合し、燃焼プロセスの効率と安全性を高め、エネルギー転換と社会的公平性の評価を認識する動的モデルを開発することが可能となります。



分離膜による大気からのCO₂直接回収

研究ハブ

国際科学連携ハブ

I²CNERの国際的なアイデンティティを維持し育成することを目的としています。確かな国際的経験を持つ専門家によって構成されるこのハブのメンバーは、3つの研究ユニットそれぞれのI²CNER研究者と共同研究を推進します。この国際科学連携ハブは3つの研究ユニットと相互に組織化されており、ユニットのテーマが複合的に関連しているため、研究所が学際的研究を国際的に促進するための効果的なハブとなります。

国際産学連携ハブ

3つの主要な研究ユニットはすべて、拡大成長を続ける産業界との交流を通じ、将来のI²CNERの科学的進展を実装可能な技術移転へと推移させることに貢献します。

国際産学連携ハブは、この高度な技術移転を確実なものにします。将来の国際産学連携ハブは、科学技術への投資のための政策指針を提供するだけでなく、社会的受容と社会的影響の問題にも対処します。I²CNERは、最先端のエネルギー科学とエネルギー分析の両方の強みを活かして、今後30年間の日本のエネルギー転換に対する重要な方向性と支援を提供し、社会および経済的混乱を最小限に抑えながら2050年の炭素削減目標の達成に貢献します。

附属研究センター

次世代冷媒物性評価研究センター (NEXT-RP)

NEXT-RPは、国際的な研究機関との協力を通じて、次世代冷媒の開発に焦点を当てています。より具体的には、ゼロODP(オゾン層破壊係数)および低GWP(地球温暖化係数)冷媒に関する高精度な冷媒物性評価、熱交換器の伝熱性能評価、冷凍空調サイクルの基本性能評価の基礎研究に取り組み、基礎知識と熱物性技術の開発を通じて、日本の冷凍空調産業が世界市場において競争力を高めることに貢献していきます。

三井化学カーボンニュートラル研究センター (MCI-CNRC)

MCI-CNRCでは、I²CNERが培ってきたグリーン水素、CO₂の回収、貯留、変換などカーボンニュートラル・カーボンネガティブを目指す世界最先端の知見と、三井化学が取り組んできた低環境負荷技術の社会実装を目指した開発・工業化に関する知見をベースに、共同研究を実施します。また、カーボンニュートラルの実現に必要な要素技術の研究を集中的かつ効率的に行うことで、これら技術の社会実装を加速させます。

研究イニシアティブ

エネルギー問題への応用数学

応用数学と工学の交点に位置する本テーマの研究には、当研究所のすべての研究領域とエネルギーに関する挑戦全体に影響を与える大きな可能性があります。I²CNERの応用数学への取り組みは、膨大な数のエネルギー経路を分析的、適合性や最適化といった様々な視点からエネルギーインフラに組み込むことを目的としています。現在はスマートグリッド、多孔質材料、計算物理学と生物数学の計算分野においてプロジェクトが進行中です。「デジタル岩石モデルを用いた弾性/水理特性の直接推定のためのパーシステントホモロジーと機械学習」、「所内開発のAIに基づいた機械学習/アルゴリズムによるフォトレジストポリマーの最適設計」、「分散Peer-to-Peer(P2P)型電力取引システム」などもその例です。2021年3月には、九州大学とイリノイ大学でアイデアを抽出し人々をつなぐ数学的抽象化の潜在能力に焦点を当てたワークショップ、「Mathematics Without Borders: Applied and Applicable」を主催しました。

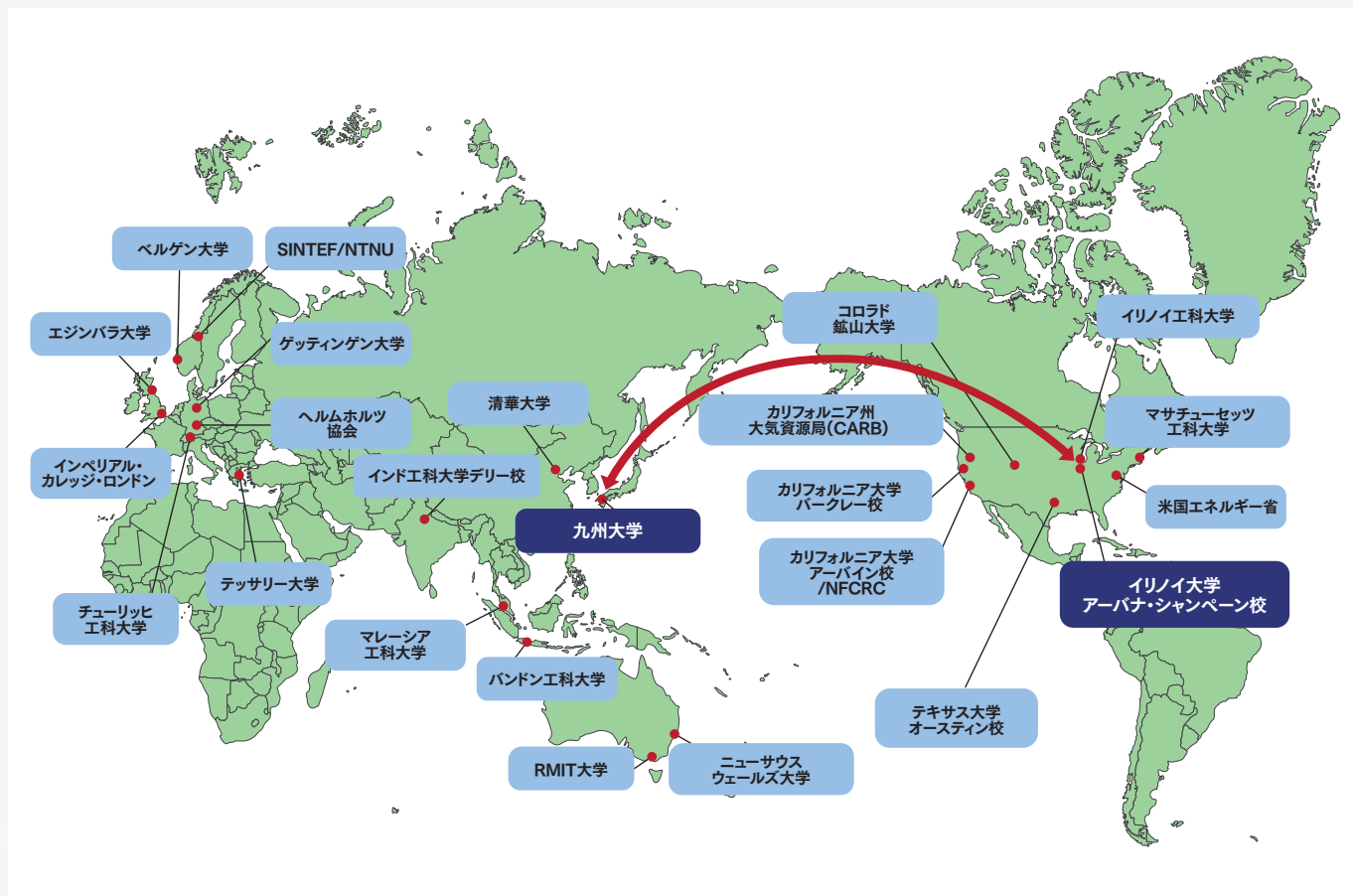
ネガティブエミッションテクノロジー研究センター (K-NETs)

2020年、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、「ムーンショット型研究開発事業」において、ムーンショット目標4「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」の達成を目指す研究開発プロジェクトを、13件採択しました。

「“ビヨンド・ゼロ”社会実現に向けたCO₂循環システムの研究開発」(プロジェクトリーダー:藤川教授)は、地球環境再生を目指すムーンショット目標で採択された13件の研究開発プロジェクトの内の1つです。CO₂回収研究ユニットでは、革新的なナノ膜技術に基づいた圧倒的に高いCO₂透過性と選択性を持つ分離膜によるCO₂の回収技術を開発してきました。同時に、CO₂変換研究ユニットでは回収したCO₂を有用な炭素燃料に変換する技術の開発も進めています。これら2つのユニットを連結し、大気からのCO₂回収から炭素燃料製造までを連続・一貫して行う「Direct Air Capture and Utilization (DAC-U)システム」を構築します。このシステムは、2つの技術を任意につなぎ、小規模から大規模まで幅広い状況に適応させることが出来るという汎用性の高いところが特徴です。研究者たちはこの研究を通して、気候変動問題の解決と新しい未来社会の創出につながる革新的なDAC-Uシステムの開発を目指しています。

I²CNERの国際連携ネットワーク

I²CNERは、ミッション達成に向け、国際的に著名な研究所や大学、国内外の研究室などと連携体制を構築しています。これらの連携体制が、研究者や研究所同士の交流を促進し、研究者の連携や学際的研究(分野融合)の発展に寄与しています。



イリノイ大学アーバナ・シャンペン校との連携



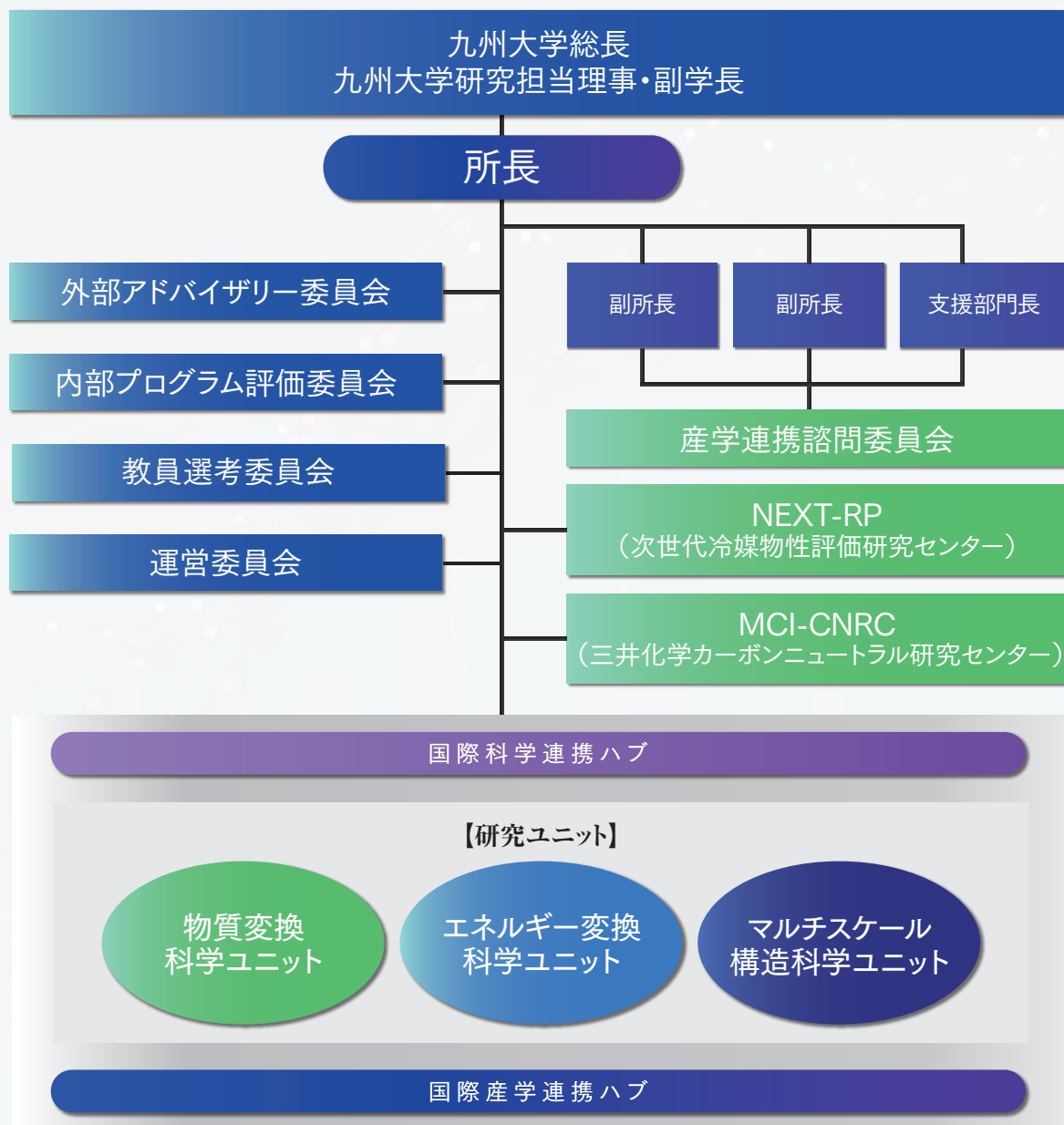
九州大学

- ・水素分野における研究とテクノロジーの世界的リーダー
- ・水素/物質相互作用研究のための世界最高の設備と資金を有する研究室
- ・地域、県、国のエネルギー関係者との模範的な連携と関与

I ILLINOIS

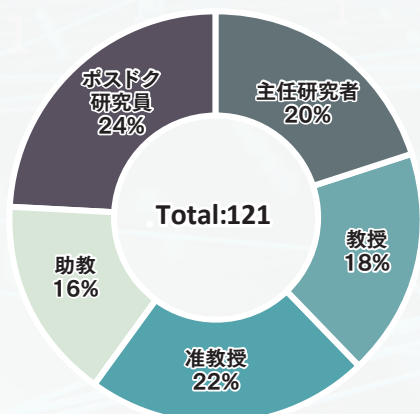
- ・過去40年間におよぶ水素脆化と材料の分野における研究への多大な貢献
- ・国立研究所や産業界との卓越した研究ネットワーク
- ・伝統的なリーダーシップと強い影響力



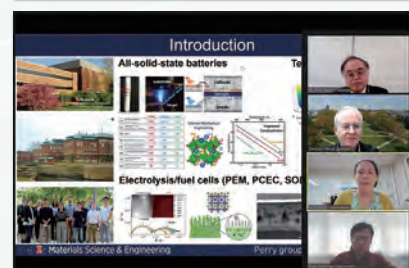
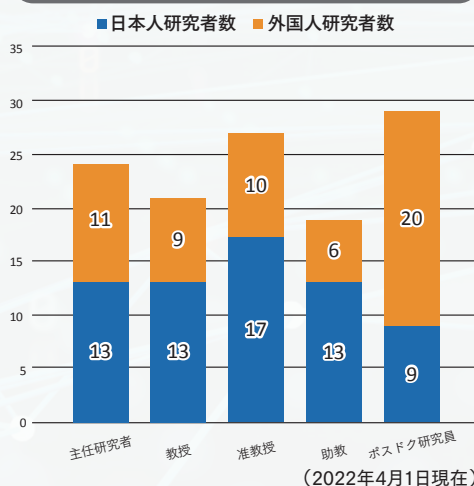


人員構成

研究者構成



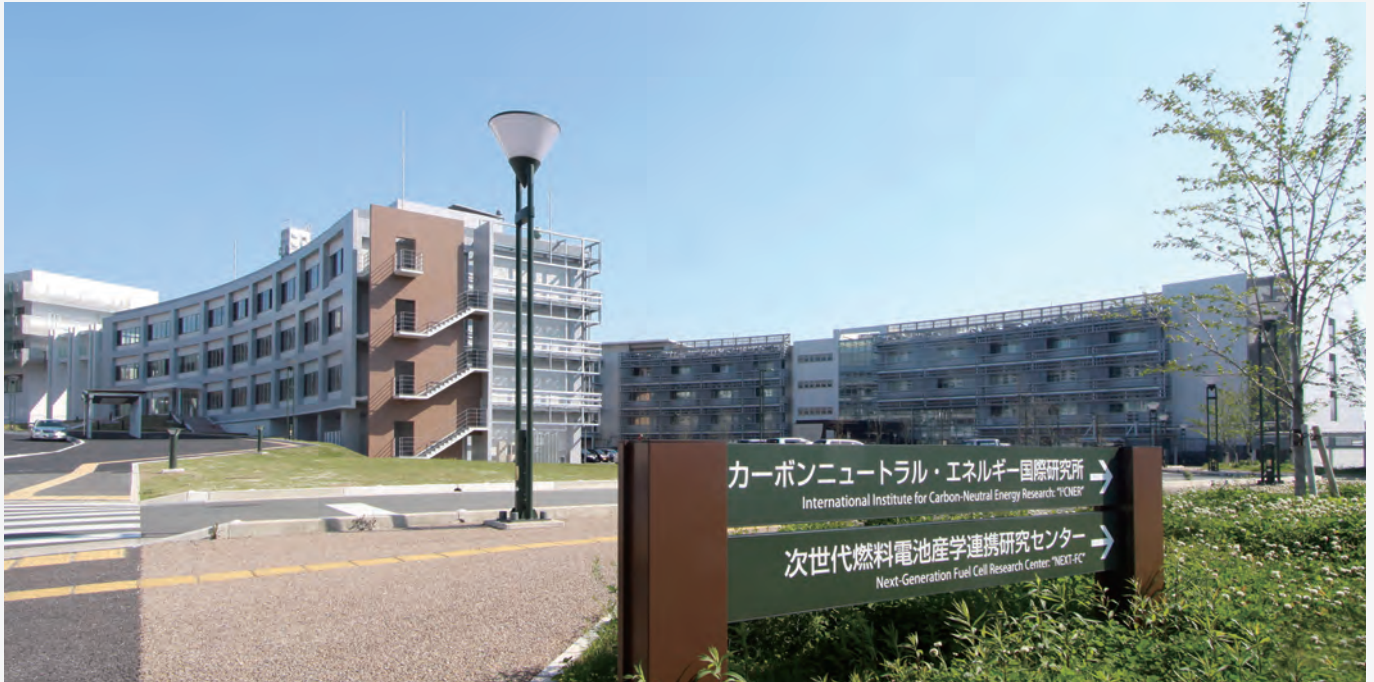
日本人／外国人研究者人数比較



I²CNER研究棟

九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所(I²CNER)が世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)の拠点として設立されて3年後、2013年1月にI²CNER第1研究棟が伊都キャンパスに完成しました。I²CNER設立以来、国内外からの研究者数が大幅に増加し、世界トップレベル研究拠点にふさわしい質の高い研究環境を維持するためにより広いスペースが必要となったことから、2015年2月に、4階建て・総面積5,000㎡のI²CNER第2研究棟が竣工しました。

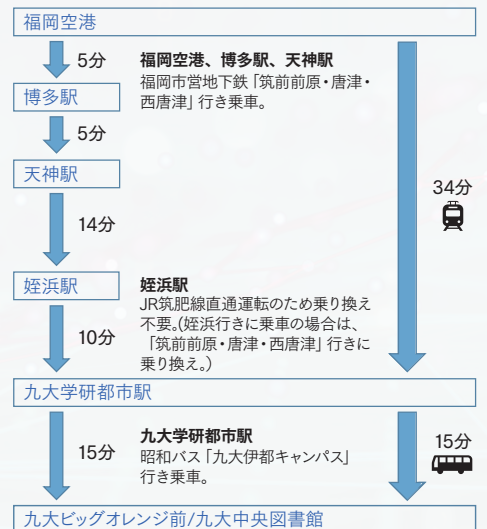
カーボンニュートラルな社会を構築するというI²CNERのミッションとビジョンに忠実に基づき、I²CNER第2研究棟は持続可能性、調和、環境への影響に配慮したデザインがなされています。



左: I²CNER第2研究棟、右: I²CNER第1研究棟



Access Map



Contact us

九州大学
カーボンニュートラル・エネルギー
国際研究所 (I²CNER)
〒819-0395 福岡市西区元岡744
Phone: 092-802-6935
Fax: 092-802-6939
E-mail: iq-kenkyu@jimu.kyushu-u.ac.jp