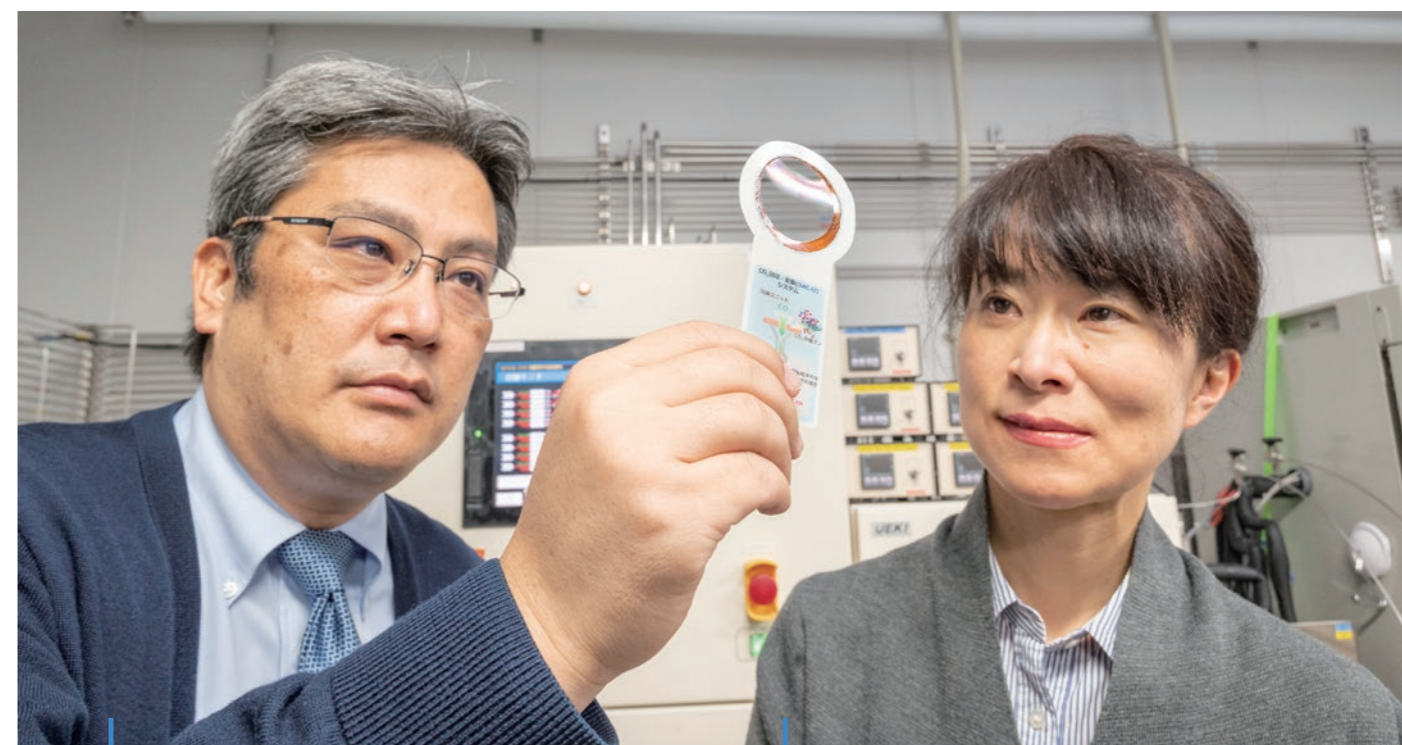


ビヨンド・ゼロ社会 実現に向けた CO₂循環システム

脱炭素社会の実現に向けた取組の1つとして、大気からのCO₂回収と化学変換、そして炭素資源の貯留などの技術が強く求められています。本学のカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所(I²CNER)の藤川茂紀教授らの研究グループは、他の研究機関や民間企業とも連携し、最先端ネガティブエミッション技術の確立と社会実装を目指しています。



藤川 茂紀 教授

1999年九州大学大学院工学研究科分子システム工学専攻博士課程修了(工学博士)。イェール大学留学などを経て、2011年、本学I²CNER准教授。2012~2020年、I²CNER部門長。2021年4月から現職。

山内 美穂 教授

2001年筑波大学大学院博士課程化学研究科化学専攻修了(理学博士)。本学大学院・理学研究院助教、北海道大学触媒化学研究センター准教授などを経て、2011年、本学I²CNER准教授。2017年から現職。

2050年までに温室効果
 ガスの排出量を実質ゼロに

日本政府は、成長戦略の柱として「経済と環境の好循環」を掲げ、2050年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロにする方針を表明しました。

これまでの地球温暖化対策は、温室効果ガスであるCO₂排出抑制(削減)を目的としており、このために、火力発電所などの大量にCO₂を排出する場所からのCO₂回収とその利用、あるいは回収したCO₂の地下貯留に関する研究が進められてきました。

温暖化の課題解決に、
 求められている
 ネガティブエミッション技術

しかし、その量が極めて膨大なため、CO₂の排出抑制だけでは、パリ協定で合意された地球温暖化の気温上昇1.5℃以下の目標を達成するのは事実上不可能と、世界のさまざまな科学コミュニティで試算されています。

この課題を解決するために期待されているのが、既に大気中に排出されているCO₂を直接回収(Direct Air Capture: DAC)、化学変換して利用、あるいは貯蔵する技術「ネガティブエミッションテクノロジー」です。

本学のカーボンニュートラル・エネルギー国際研究所でも、藤川教授を中心とした研究グループが、分離膜を用

いて大気中からCO₂を回収し化学変換を行い、炭素燃料製造まで連続・一貫して行う「分散型DAC-Uシステム」の開発に取り組んでいます。

コストがかかるという大きな課題が残されています。従ってこのDACを社会実装するためには、より低エネルギー・低コストの分離技術が求められています。

分離ナノ膜でCO₂を回収、 大規模設備が不要に

「分散型DAC-Uシステム」には、九州大学が持つ2つの最先端のテクノロジーが活用されています。

一つは、藤川教授らのチームが開発した分離膜を用いて大気からCO₂を回収する技術です。

大気中にあるCO₂を分離・回収するためには大量の空気を処理する必要があり、大規模な設備が必要と考えられてきました。欧米などではすでにベンチャー企業が吸収液や吸着材を利用して、大気からのCO₂回収に着手しています。しかしながら、この方法では、吸収・吸着したCO₂を再回収する際に、大きなエネルギーを必要とするため、



分離ナノ膜。膜の厚さわずか34nm

このような背景の中で注目したのが、膜による分離です。膜分離は、溶液吸収や吸着と違って、CO₂の再回収プロセスを必要とせず、装置も大幅に小型化できるため、大変有望な技術です。しかし、CO₂は0.31nm(ナノメートル)の極小の物質であり、分離対象となる窒素や酸素もこれに近いサイズです。これらを膜で正確にふるい分けするためには、わずかな隙間があってもガスが漏れるため、無欠陥な分離膜を作らなければなりません。さらに大気中のCO₂濃度は0.04%で非常に希薄で、それをエアフィルターのような分離膜で回収する技術は、世界で誰も実現できていませんでした。

藤川教授らのチームは、膜厚34nmという、コロナウイルスの約3分の1程度の薄さしかない膜であるにも関わらず、無欠陥で、世界に類を見ない圧倒的な選択透過量を誇るCO₂の分離ナノ膜の開発に成功しました。選択性をより向上させれば、CO₂濃度も40%以上、すなわち1000倍以上に濃縮可能ということもわかってきました。

膜によるCO₂回収は、大規模な設備も必要なく、場所を選びません。さまざまなサイズ・規模で導入可能であり、

どこでもCO₂を回収するという、「ユビキタスCO₂回収」とも言える、新しい発想のCO₂回収技術になることが期待されています。

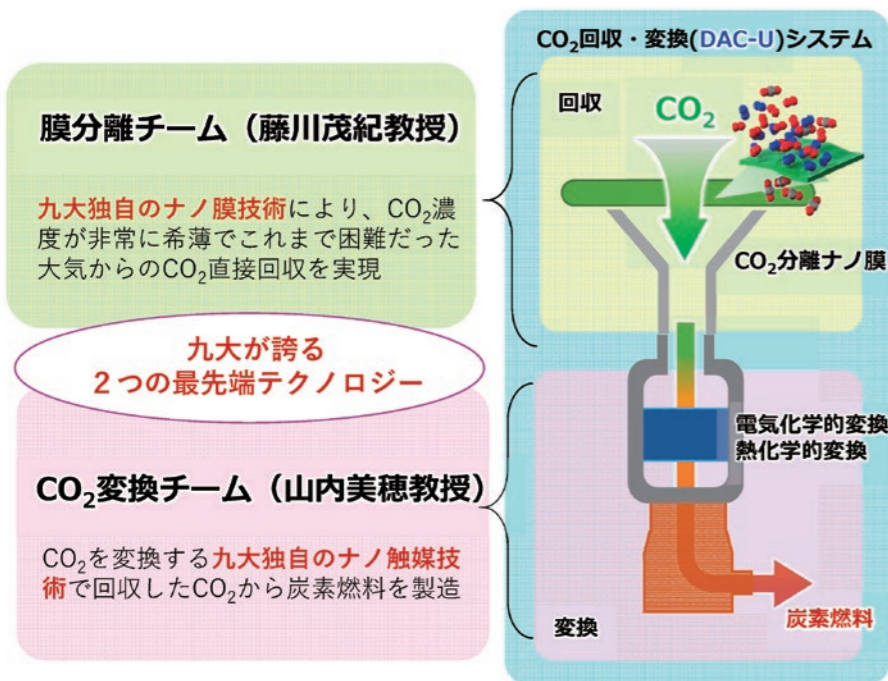
九大独自の触媒的変換技術で CO₂から物質を生み出す

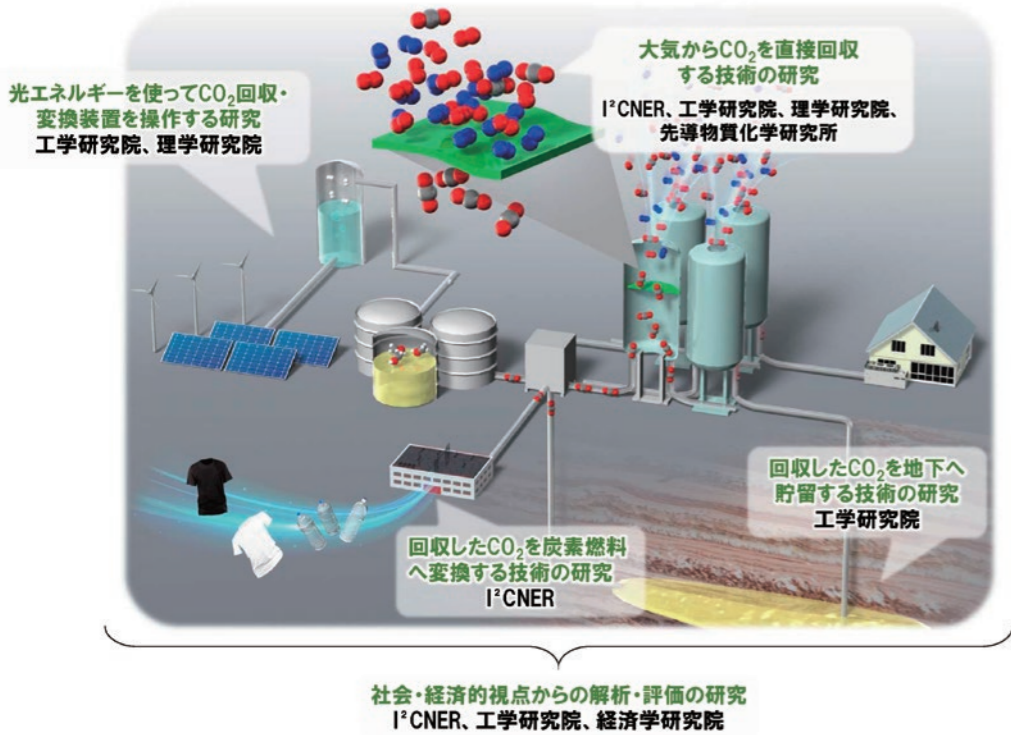
もう一つの最先端テクノロジーは、同研究所の山内美穂教授チームが持つ、CO₂から選択的に多様な物質を生み出す触媒的変換技術です。

山内教授は、これまでにCO₂を変換する独自の触媒ナノ粒子の開発に成功しており、CO₂からメタン、アルコール、エチレンなど、工業的な材料から燃料に至るまで作る技術を開発しています。この技術を使って、藤川教授のチームの空気中から回収・濃縮したCO₂を、電気化学的な方法で一酸化炭素、あるいは直接CO₂からグリーン燃料をつくる触媒とデバイスの開発に取り組んでいます。

■DAC-U (Direct Air Capture - Utilization)システム

CO₂の回収(膜分離)から変換(炭素燃料製造)までを連続・一貫して行うシステム





ネガティブエミッションテクノロジー研究センターでは、研究センター教員のほか、I²CNERや他の部局教員が一体となって運営。さらに国内外の大学・研究機関との連携も積極的に図る。

基礎研究ならびに社会実装のための研究拠点 ネガティブエミッション テクノロジー研究センター

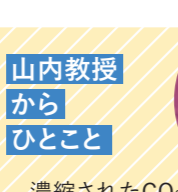
「ネガティブエミッションテクノロジー研究センター」は、地球温暖化問題やエネルギー問題に深く関係している二酸化炭素（CO₂）の循環に関する基礎研究ならびに社会実装に向けた応用展開を図る研究推進拠点です。内閣府が主導するムーンショット目標でもある「2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」をさらに推し進めて、温室効果ガスのネガティブエミッションシステム、すなわち大気からのCO₂回収と、回収したCO₂を変換・貯蔵する基本技術、またそれらプロセスのエネルギー源となる光を操作する技術、社会・経済的視点からのシステム全体の解析・評価、そしてそれらを支える基礎学理の確立を目標としています。

府が主導するムーンショット目標でもある「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」をさらに推し進めて、温室効果ガスのネガティブエミッションシステム、すなわち大気からのCO₂回収と、回収したCO₂を変換・貯蔵する基本技術、またそれらプロセスのエネルギー源となる光を操作する技術、社会・経済的視点からのシステム全体の解析・評価、そしてそれらを支える基礎学理の確立を目標としています。



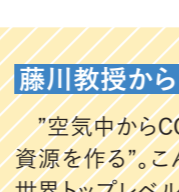
チャップマン
准教授から
ひとこと

本プロジェクトで開発するDAC-Uシステムの社会・経済工学的な観点からの評価と設計を担当します。ネガティブエミッション技術がどのように社会に貢献ができるのかが最も気になるところで、楽しみでもあります。ムーンショットチームとともにCO₂を減らしながら、人々の生活の改善の両立を目指して頑張りたいと思います。



山内教授
から
ひとこと

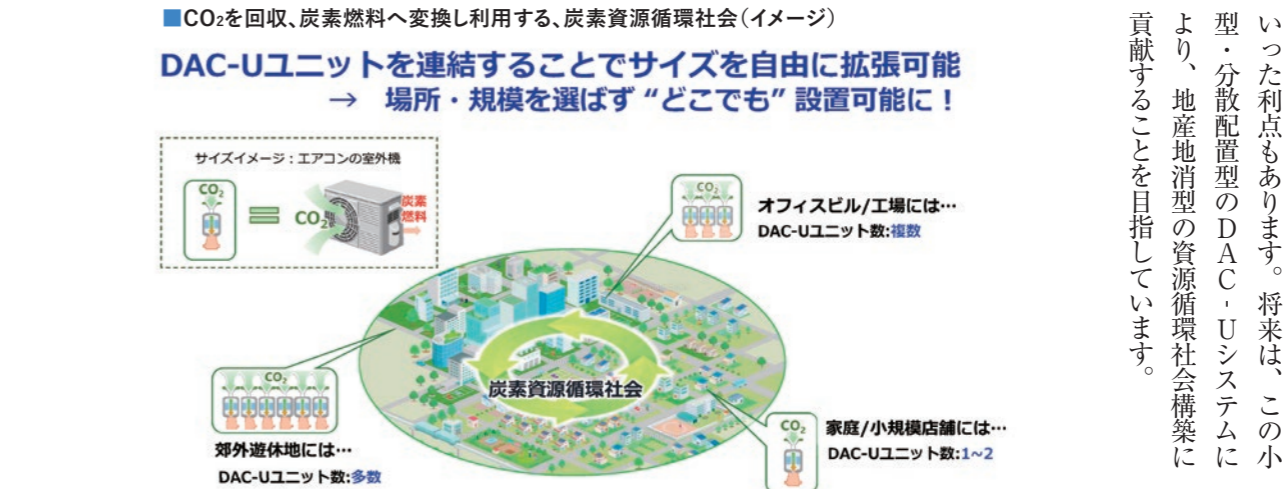
濃縮されたCO₂がスから燃料を作るのが我々のミッションです。CO₂ガスには窒素や酸素が混ざっています。反応性の高い酸素ではなく安定なCO₂を効率よく燃料に変換するなんてまさにムーンショット！難しい課題ですがメンバーと協力して目的を達成したいと思います。



藤川教授からひとこと

「空気中からCO₂を集めて、様々な炭素資源を作る」。こんなに夢のあるテーマを世界トップレベルの研究者と一緒にやることは、なんて自分は幸運な人間なのだろうと思います。空気中からのCO₂回収とその利用は、ドイツの科学者フリッツ・ハーバー博士が発見した「ハーバーボッシュ法」の21世紀版といえるかもしれませんが、この壮大なテーマの実現は、(正直に言うと)「月よりも遠い」道のりでもあります。一緒に研究を進める研究者やスタッフとともに歩み、そして「月から全員無事で帰ってくる」よう、夢の実現に向けて一歩ずつでも前進していければと思います。

この非常に高いCO₂の透過量を持つ分離膜とCO₂を変換する技術を連結し、空気中のCO₂回収から炭素燃料製造まで一貫して行う「DAC-Uシステム」を開発する試みは、2020年8月25日に内閣府が主導する「ムーンショット型研究開発事業」という大型研究プロジェクトに採択されました。我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にはない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進する新たな国家プロジェクトです。この研究プロジェクトでは、九州大学を代表機関として国内外の研究機関・企業と協働し、DAC-Uを支える基礎学理の解明とその技術の実用化に関する研究開発が進められています。



また、研究をより組織的に進めるために、2021年4月1日、藤川教授をセンター長とする「ネガティブエミッションテクノロジー研究センター」が立ち上がりました。このセンターには、大気中からCO₂の直接回収、回収CO₂の化学変換、回収CO₂の地下貯留、さらに、それを行うために必要なエネルギー光の創出・操作、そしてこれらシステムの社会・経済工学的な観点からの評価と設計という5つの柱があります。CO₂に関する技術開発以外にも、重要なポイントとして「社会的・経済的にも意味を成すこと」です。CO₂回収・変換においても、必ずエネルギーを利用するため、再生可能エネルギーである「光」の活用は欠かすことができません。九州大学は光科学に関して世界トップレベルの研究を推進しており、本センターでは「光」を自在に操って、より効率的なエネルギー利用というものを考えています。また開発する技術が社会・経済面からの観点から、意味を成すかどうかという視点も極めて重要です。この分野においても、同研究所のアンドロリュウチャップマン准教授ら高度な分析技術を有する

より組織的に 研究を進めるため 新たなセンターを設置

研究者が揃っています。具体的には開発される技術がどのように社会実装されていくか、また実装されるものが真に有効なものとなるのかをしっかりと分析する必要があります。このためには複雑な技術的・社会的要因を考慮し、システム全体として総合的に分析する、非常に高度な社会学・経済学解析が必要です。九州大学には、いずれの分野においても世界トップレベルの研究者が在籍しています。そうした九州大学の英知を結集するとともに、国内外の大学・研究機関の協力を得ながら、最先端のCO₂ネガティブエミッション技術の確立を目指しています。

【ムーンショットとは】

語源は、米国のアポロ計画におけるジョン・F・ケネディ大統領の「1960年代が終わる前に月面に人類を着陸させ、無事に地球に帰還させる」という言葉といわれている。現在は、未来社会を展望し、困難ではあるが、実現すれば大きなインパクトをもたらす壮大な目標や挑戦を意味する言葉として使われている。内閣府は、2018年に日本における破壊的イノベーション創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発を最長で10年間支援する「ムーンショット型研究開発制度」を創設。