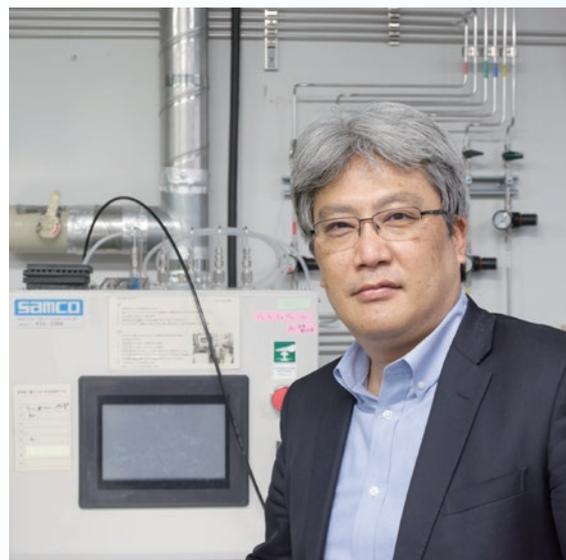


九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
(I²CNER:アイスナー) 教授ふじかわ しげのり
藤川 茂紀 先生

今回の Interview は、九州大学 伊都キャンパスを訪ね、藤川茂紀先生に
CO₂分離ナノ膜などのご研究についてお話を伺いました。

略 歴	1999年 3月	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)
	1999年 4月 - 2000年3月	Yale University Department of Chemistry (Andrew Hamilton Lab.) 博士研究員
	2012年 4月 - 2020年3月	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 部門長
	2011年11月 - 2021年3月	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 准教授、WPI 主任研究者
	2007年10月 - 現在	株式会社ナノメンブレン 取締役
	2021年 4月 - 現在	九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 教授 (主幹教授)
	2021年 4月 - 現在	九州大学 ネガティブエミッションテクノロジー研究センター センター長

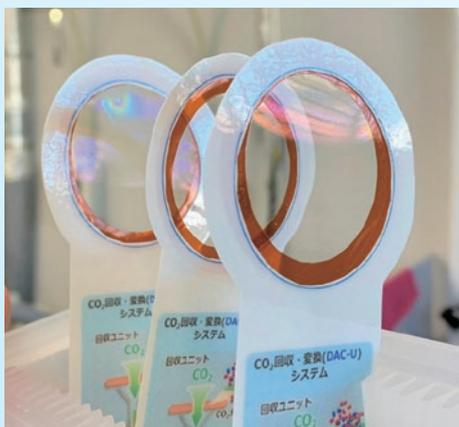


“私たちが研究対象としているのは、
自立している大面積の薄膜です。”

▶ 先生の現在のご研究について
ご紹介ください。

空気中から二酸化炭素 (CO₂) を回収する分離ナノ膜という非常に薄い薄膜をつくる研究をしています。また、色々な材料表面のナノサイズ構造を制御し、光とうまく相互作用させて、光を捕集するデバイスを大面積でつくっています。今、注目しているのは、貴金属ナノ粒子の局在型プラズモン共鳴と呼ばれる、ユニークな光応答性の研究です。これは、金や銀などのナノ粒子を基板上にできるだけ近づけてきれいに並べると、光が貴金属のナノ粒子に吸収されて、金属と金属の隙間にレンズのように集まる性質のことです。この性質を使って光を活用する研究をしています。

CO₂分離ナノ膜と表面ナノ構造の研究に共通するのは「薄膜」です。薄膜というのは、ある意味では、基板の表面部分だけ取り出したもの、そういう位置づけで研究しています。



自立性を持つ巨大ナノ膜
一膜厚:数百nm(100~300nm), 直径:数cm—
(九州大学 藤川研究室HPより)

薄膜といっても色々種類がありますが、私たちが研究対象としているのは、自立している大面積の薄膜です。厚みが10nmから100nm程度の薄膜ですが、平面のサイズが手で持てるくらい大きさで、膜を支える支持基盤などを必要としない、自立した薄膜をつくるというのが、他の薄膜研究との違いです。

▶ ご研究を始められたきっかけと、
現在に至る経緯についてご紹介ください。

私は、九州大学で國武豊喜先生くにたけとよきにご指導いただき、有機化学的に分子を合成する研究を行ってきました。溶液の中に色々な分子をいれると集合体の構造をつくる、分子集合体と呼ばれる研究です。その一つのモデルとして、いわゆる界面活性剤と呼ばれる、親水基と疎水基の両方を持つ両親媒性分子と呼ばれるオタマジャクシのような分子構造があります。オタマジャクシをうまく分子設計して組み合わせると、細胞膜のように、ベシクルという厚みが分子二個分くらいしかない非常に薄い構造ができていきます。大学時代は、分子を勝手に動くようにしてベシクルを作製する研究をしていました。その後、界面や表面で分子をいかに制御して並べていくかを研究しているうちに、薄膜という分野にシフトしてきた、という感じです。

昔から大学教授になりたいと考えていたわけではありません。私が大学一年生の頃は、ちょうどバブル経済で景気が良かった。そのため、銀行や証券、商社といった業界に興味がありました。当時、化学系の学生のほとんどは大学院に行くのが当たり前で、卒業後は、化学系の会社へ就職していました。大学四年生のころに、そのレールに乗ることに疑問が湧き進路を悩んでいました。その時に、「大学院に行くのではなく、他の道を考えてい」と國武先生に相談したことがあります。

國武先生は、「大学院は、課題を見つけて、設定して、どう取り組んで、どう世の中にアピールするか、という方法論を訓練するところだ。化学系は、化学という素材を使うだけであって、その方法論は化学以外の分野でも使える話だから、大学院に行ったあと、将来好きな道に行ったらいいんじゃないか」とおっしゃいました。この助言に納得して、大学院進学を決め、そのままの流れで化学の道を進んできています。九州大学で博士課程を取得してから、有機合成化学を駆使して分子を精密に識別する分子認識化学で有名であったYale UniversityのAndrew Hamilton Lab.へ博士研究員として赴任しました。博士課程三年生の時の国際学会発表の時に、たまたま話しかけることができた先生で、運が良かったと思います。

米国で一年が経ったころ、國武先生が理化学研究所で新しいプロジェクトを始めるというので、声をかけてくださり、日本に戻ることになりました。当時の理化学研究所は、比較的物理系の人が多く、考え方の違いに刺激を受けました。表面や界面を研究する際、私たちは分子配列や構造を考えるのですが、物理分野の先生方は化学構造にこだわらず、分子より少し大きなナノサイズの領域で、ナノ構造が創り出す表面や界面の機能に注目されていました。理研での経験が、今の研究に影響を与えているのも事実です。

それから、2010年ごろに九州大学の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)でCO₂回収に関する研究者の公募がありました。私はその時、既に自立した大面積の薄い膜をつくる研究をしており、大学での研究にも魅力があったので、それに応募し、幸い採用していただきました。もちろん現在はCO₂を中心に研究を進めておりますが、CO₂の分離や削減のみを研究対象にしているというより、CO₂はあくまで

数ある分子の一つとして見ているという方がより適切かと思えます。薄膜を研究している中で「透過」というのは重要な機能です。ある分子は透過させて、他の分子は透過させない、という風に、透過という機能を精密に制御できると他の分野への波及も見えてきます。また、気体の分離というのはなかなか難しいテーマです。液体は表面張力があるため、マイクロメートルレベルの小さい穴があってもなかなか漏れません。一方で、ガスは簡単に小さな穴から漏れます。また、ガスは常温でも活発に動き回っているため、うまく選り分けるのはかなり難しい。学術的にも挑戦すべきテーマだと思い、まずはCO₂という分子に注目して薄膜で透過制御することから取り組んでいます。

▶ ご研究の今後のご展望について お聞かせ願います。

CO₂分離ナノ膜の研究は、内閣府のムーンプッシュ型研究開発制度の目標4「地球環境の再生」の一つとして進めています。ムーンプッシュ型研究開発事業は、2030年に社会実装の準備が完了し、徐々に普及が進み、2050年に社会実装完了を目指す事業です。私たちの取り組んでいるのは、空気中から分離膜を使ってCO₂を回収する装置と、CO₂を変換して使える物質に変える装置の二つを実現することです。使えるというのは、CO₂を変換して一酸化炭素(CO)、メタン(CH₄)、エチレン(C₂H₄)などの基礎化成品へ変換するという意味です。2030年までに、この二つの装置開発を完了して、2050年に向けて大量生産および社会実装していく段階まで進めるのが、このムーンプッシュ型研究開発事業の目指すところ。この事業の中で私はCO₂回収を担当し、CO₂変換は、九州大学の山内美穂先生や、北海道大学の清水研一先生が担当され、連携して研究を進めております。既に大気からのCO₂回収と、その回収したCO₂をCH₄やCOなどへの化学変換を実現しております。

“Aqua Plasma®は表面を改質して親水化させるのに有効で、他の酸素プラズマやオゾン処理といった親水化処理法と比べ独自性が高いと思います。”

▶ Aqua Plasma® クリーナー AQ-500はどのようにご使用いただいていますか？

Aqua Plasma®は、CO₂分離ナノ膜の表面改質に使っています。薄膜になると分離膜の性能は、ほとんど表面の分子の性質で決まってくるため、分離膜の表面をどのような分子設計にするかが重要になります。基本的に、反応性の高い官能基がある方が、私たち化学者にとっては扱いやすいです。Aqua

Plasma®は表面を改質して親水化させるのに有効で、他の酸素プラズマやオゾン処理といった親水化処理法と比べ独自性が高いと思います。

私たちは、分離ナノ膜の気体透過性の高いポリジメチルシロキサン(PDMS)系の材料を使っています。このPDMSからなる分離膜表面は疎水性となりますが、CO₂選択性の高い材料というのは、親水性の材料のものが多くです。疎水性のPDMSにCO₂選択性の高い材料を載せるには、どうしても表面を改質しないとダメです。ところが、PDMSを酸素プラズマなどで処理すると、一般的には表面にSiO₂層ができると言われており、膜が緻密化して、気体透過性が劇的に悪化します。そのため、私たちがPDMS表面を親水化するために酸素プラズマを用いるときは、数秒という短い時間で、高周波の出力も10Wなどの低パワーで処理します。

Aqua Plasma®は、酸素プラズマに比べPDMS表面の緻密化が、少しマイルドになっているように感じます。また、私たちのつくるのは薄膜ですので、載せる材料も薄くないといけません。となると、分子レベルの厚みで制御されたCO₂選択性があるような材料を均一に塗ることが大事です。Aqua Plasma®で均一にPDMS表面を親水化処理できるので、活躍してもらっています。

▶ 日頃のご研究において心がけておられることをお聞かせください。

國武先生の研究室にいて、私の研究について細かい指示を受けたことはありませんでした。大筋について相談に乗っていただいたり、面倒を見ていただいたりしたことはもちろんありましたが、多くは自分が楽しいと思う研究をしていました。結局、自分が研究していて楽しいと思えることが重要だと考えています。最近は忙しくて、なかなか自分で実験する時間が取れないのですが、自分で考えて、自分で手を動かしているときが一番楽しいので、研究室の学生にも、そうあってほしいと思います。

また、ポストクや学生との関係も部下と上司ではなく、一緒に研究している仲間や共同研究者のつもりで接しています。私は、これまでの研究や方法論を学生たちに教えることができますし、学生たちは私にない視点や発想を持っていますので、私はそれを吸収していきたい、お互いに成長していけたら本当に良いと思っています。学生たちにとっては、20代中盤から後半というかけがえのない大事な時期を一緒に過ごすことになりやすいため、振り返ったときに



有意義であったと思えるようにしたいなと思っています。

最後に、國武先生の教えでもありますが、研究において具体論と抽象論のキャッチボールを心がけています。葉っぱだけを見て研究していたら、葉っぱの特徴を見つけることは時に難しい。視点を変えることで、葉っぱの特徴が見えてきます。具体から抽象へ行ったり、抽象から具体へ行ったりして研究することで、新しい見え方があると思います。

▶ 最後にサムコに対して一言をお願いします。

最初の出会いが、「半導体プロセス装置メーカーとしてのサムコさん」だったのですが、長く付き合っていると、半導体一本槍ではなく、広く材料科学の分野への装置をつくられているな、という印象です。私としては、半導体以外の分野への展開をさらに加速していただきたいと期待しています。分離ナノ膜は、社会実装を目指しているので、大量生産につなげたいと考えています。その時に、半導体のように枚葉処理の真空工程があると、どうしても時間がかかります。フィルムを流してその上に成膜するような連続処理ができると、とても魅力的です。何が魅力的かというと、連続処理で大量生産できれば、その材料を使ってまた新たな多くの実験ができます。材料研究や基礎研究においても大量につくれるということは、新しい挑戦に取り組む基礎となるため、重要なことです。真空装置とフィルムへの連続処理が両立するかはわかりませんが、サムコさんには、新しい分野に展開できるような装置の開発なども期待したいと思っています。

お忙しいところ貴重なお時間をいただき、ありがとうございました。

“研究において具体論と抽象論のキャッチボールを心がけています。”