

北海道大学 電子科学研究所 ナノテク DXセンター 教授

まつお やすたか 松尾 保孝 先生

今回の Interview は、北海道大学 電子科学研究所を訪ね、松尾保孝先生に微細加工技術と界面の材料開発のご研究についてお話を伺いました。

略 歴	1996年 3月	大阪大学 工学研究科 修士課程修了 (工学修士)
	2001年 3月	北海道大学 工学研究科 博士課程修了 (工学博士)
	2001年 4月 - 2003年 9月	科学技術振興機構 研究員
	2003年10月 - 2004年 3月	北海道大学 研究員
	2004年 4月 - 2004年 7月	日本学術振興会 特別研究員
	2004年 8月 - 2007年 3月	北海道大学 電子科学研究所 助手
	2007年 4月 - 2010年12月	北海道大学 電子科学研究所 助教
	2010年 1月 - 2018年 3月	北海道大学 電子科学研究所 准教授
	2018年 4月 - 現在	北海道大学 電子科学研究所 教授



「微細加工技術を用いてさまざまな材料の表面に小さい凹凸など微細な構造をつくりこみ特別な機能を発現する、といった界面の材料開発を研究しています。」

▶ 先生の現在のご研究について ご紹介ください。

微細加工技術を用いてさまざまな材料の表面に小さい凹凸など微細な構造をつくりこみ特別な機能を発現する、といった界面の材料開発を研究しています。例えば、千歳科学技術大学の平井先生とは、ゴムの表面に微細構造を転写して摩擦力を制御する機能を研究しています。これは、北海道などの雪国で起こる信号や建物の壁への着雪を防ぐために利用できます。今は形状を制御した表面デバイスの作製と新規分析チップへの応用に軸足を置いています。また、文部科学省の推進するマテリアル先端リサーチインフラ (ARIM) の一拠点として、北海道大学創成研究棟クリーンルームの共用装置を利用されるユーザーの支援を担当しています。

▶ 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。

もともとは、光化学分野で光と化学物質の相互作用について研究していました。私は関西の出身で、学生の時に光の研究が盛んな大阪大学の応用物理学科に入学しました。レーザーを使った光の研究に興味を持ち、今では恩師である増原宏先生の研究室で学ぶこととなりました。増原先生の下では、レーザー光を有機分子に当て中の電子がどのように動くかを研究し、その後、修士課程を修了したタイミングで一度企業に就職しました。改めてドクターに進みたいと増原先生に相談したところ、増原研で助手をされていた笹木敬司先生が北海道大学で新たに研究室を持たれるとのことで、「来てみないか」という話になりました。

それが、北海道に来たきっかけです。北海道のことは何も知らずに来たので苦労もありました。博士の入試の日、外が一面真っ白だったことは今でも覚えています。笹木研では顕微鏡下の微小な領域で分光分析を行う顕微分光法について研究しました。

博士課程を修了したタイミングで、電子科学研究所の居城邦治先生の研究室がちょうど計測・分析のできる人を探しておられ、私はポスドクで籍を置くことになりました。居城先生は、界面に生体分子を精密に並べることでより高機能を生み出す研究をされていました。親水基と疎水基を持つ両親媒性分子の特性を利用することで水の上に一層だけ膜 (単分子膜) が形成されていく現象を活用する研究です。私は生体分子を平坦なガラス基板に移して観察していましたが、並べ方や構造を工夫したり、電極をつけて分析できないかと考え、その時に半導体で使われる微細加工技術に出会いました。平坦ではなく凹凸のある基板にすることで生体分子の配列を制御するといったことに利用しました。当時、北海道大学にクリーンルームがなかったため、他の大学の研究室にお願いして微細構造を加工していただいていた。この時期に、分子を並べる研究から徐々に微細加工などを使って特別な界面をつくる研究に変わっていきました。

そんな中、2003 (平成15) 年11月に、北海道大学の

創成科学研究棟が竣工し、クリーンルームが完成しました。クリーンルームには、電子線描画装置やサムコさんのCVD装置やドライエッチング装置など、微細加工を行うのに必要な装置が全て設置されました。最初は自分の研究に微細加工をどれだけ利用できるかはあまり意識していませんでした。装置が揃い加工や分析などできることが増える中で、微細加工技術を使っておられた北海道大学の他の先生方に教わりながら、自分の研究に活かし始めました。

2007 (平成19) 年に、北海道大学の創成科学研究機構が、文部科学省のナノテクノロジーネットワーク (現在はナノテクノロジープラットフォーム事業を経て、ARIMへ継承) と呼ばれる先端設備の共有化事業に参画するにあたり、私は、企業や大学の研究者へのデバイス作製の支援を担当することになりました。ちょうどクリーンルームの装置を使って微細加工などを始めかけていた時期だったため、本格的に微細加工や構造解析を手掛け、デバイス作製の支援をすることになりました。

ナノテク事業を担当しながら、自分の研究としては、下村政嗣先生らと一緒にバイオミメティクス (生体模倣技術) に取り組みました。

生物の持つ特異な構造や機能などから着想を得て、模倣し、新しい技術の開発に活かす分野です。蓮の葉の持つ撥水性や、ヤモリの足の裏が持つ吸着性がその代表例です。蓮の葉の表面には凹凸構造があり、水をはじきます。ヤモリは足の裏に何千もの微細な毛の構造によって分子間に働くファンデルワールス力を利用して、何もないツルツルな壁を上っていくこと



ができます。その物理化学的な特性に注目すると、やはり表面の微細な凹凸構造が効いているのです。微細加工技術で構造をつくり、表面のエネルギー状態を制御することで、水を弾く、くっつくという機能を再現することを、様々な材料を使って研究しています。

▶ALD装置は、どのようなきっかけで使われ始めたのでしょうか？

2011(平成23)年に、電子科学研究所に在籍しておられた三澤弘明先生がALD装置を導入されました。三澤先生は光化学の研究にALD装置が使えるのではないかと考えられ、私ももともと光化学でしたので、導入のサポートをさせていただきました。

その時サムコさんはALD装置を取り扱っていなかったため、フィンランドの老舗メーカーの装置を導入しました。三澤先生

は局在プラズモンを用いた人工光合成システムを実現する研究をされていました。局在プラズモンには光を一時的に集める機能があります。酸化チタン(TiO_2)などの酸化物半導体基板の上にプラズモン共鳴を示す金ナノ粒子を形成することで、光を用いて水を電気分離して、水素と酸素に分けることができます。当時は、酸化チタンの薄膜を扱うには、単結晶の基板しかありませんでした。単結晶基板では、費用もかかりますし、構造に合わせて薄膜をつくることは困難です。そこで、三澤先生は、酸化物半導体の構造を含めた研究を行うために、ALD装置の導入を決めました。 TiO_2 は他のナノテクネットワーク拠点のALD装置では成膜していない珍しい膜種でした。他機関では、主に SiO_2 、 Al_2O_3 、 HfO_2 などの成膜が多かったと記憶しています。

ALD装置を導入してからは、創成科学研究所棟で共有設備として利用できたため、幅広いユーザーさんが、装置を使いに来られました。レンズメーカーさんや光学機器メーカーさんから TiO_2 を誘電体多層膜に使いたいという要望がありました。高誘電体膜をつくるのに厚み300nm近い積層膜を成膜した例もあります。

▶サムコの装置をご導入いただいた理由やご感想をお聞かせください。

北海道大学では二台のサーマルALD装置を運用していて、他大学や企業から多くの研究者・技術者の方々が使いに来られていました。その理由の一つに、ユーザーの成膜材料の持ち込みを可能としていることがあります。そう謳っていると、多くのユーザーから問い合わせがあり、実施していくことで、成膜できる膜種が増えていきました。一方で、低温で成膜したいというユーザーからの要望があったので、サーマルではなくプラズマによるALDも検討しないといけな



2022年に導入していただいた当社ALD装置

“装置をカスタマイズして、サポートしてくれる会社を考えたとき、サムコさんしかない”

と考えていました。

新規にプラズマALD装置を導入するのに重要なコンセプトは何かと考えたとき、新規の有機金属原料を用いることができれば、よりユーザーのためになると思いました。しかし、いろいろな原料を使うと反応室にトラブルがあることは経験済みでした。そこで、反応室を交換できる装置があれば、成膜で反応室が汚れても、まるごと洗浄することで再利用できますし、長年使うことができると考えました。また、そのようなトラブルにどれだけ速く対応していただけるかが重要でした。ですが、反応室の交換や迅速なサポートのできるALD装置メーカーはそうありません。装置をカスタマイズして、サポートしてくれる会社を考えたとき、サムコさんしかない、とお声がけしたところ、それに応えてくれた形です。反応室の交換だけでなく、バブリングにより有機金属原料を気化させ導入する機能も追加していただきました。感謝しています。また、サムコさんのレスポンスの速さにも満足しています。

▶日頃のご研究において心がけておられることを聞かせていただけますか？

「興味の幅を広げる」ことを心がけています。振り返ると、光化学の研究から始まり、途中で生体材料系、再生医療、細胞などを研究し、今は微細加工技術と、様々な分野・研究者の方と関わってきました。異なる分野の研究に取り組む際、別の分野で得た知見や経験が活きたり、似た現象や共通点に気づけたりしました。一つの分野のみ探求する

“幅広い分野を横断するような研究もまた大切だと思います。”

ことも大切ですが、幅広い分野を横断するような研究もまた大切だと思います。学生達にもいろいろなことに興味を持つように助言しています。人生何が役に立つかはわからないですし、着想を得るきっかけが増えていきますので。また、分野横断的に研究していると、人のつながりも増えていきます。異なる学会の先生とつながりができたり、企業の方とつながったり、そういうことも大切だと思います。

▶休日はどのようにお過ごしでしょうか？

これといった趣味はないのですが、休日はいつも家族の料理を作っています。そんなすごい腕前ではないですが、子供の弁当や、揚げ物やグラタンなどの手間がかかる料理も自分が食べたいという理由で結構作ります。最初は、片付けの手順ができていないと妻に指摘されました。最近は、料理を作りながら、片付けの手順まで段取りを考えてますが、実験と相通じるものがあるなと思います。分量を決めて、手順を決めて、片付けまで決めて取り組むところが共通しています。知り合いの助教や秘書の女性らは「料理やお菓子作りは科学だ」と言っています。とはいえ、そこまで堅苦しく考えずに、のんびりと料理をすることが多いですね。

“サムコさんは研究者の力になるツールを与えてくれるメーカーだと考えています。”

▶最後にサムコに対して一言をお願いします。

三澤先生が退官されるときにこうおっしゃっていました。「研究を行うにあたってアイデアだけでは勝負できないこともある。アイデアを実現する武器が何か必要になる」。その武器とは、特殊な分析であったり、特殊な加工ができる装置であったり、いろいろ考えられますが、サムコさんは研究者の力になるツールを与えてくれるメーカーだと考えています。

私が学生の頃は、メーカーさんに製品のカスタマイズをお願いして、特別な装置をつくってもらっていました。ですが、時代が進むにつれて、装置も生産に向けて大型化したりして、カスタマイズをお願いできるメーカーさんが減ったように感じます。そんな中、今回のサムコさんのALD装置は、我々の要求を真摯に聞いていただいて、挑戦的なことにも取り組んでいただきました。おかげで、今まで成膜できなかった膜種を成膜できるようになりました。サムコさんには、これからも私たち含めユーザーサイドの要望を装置に反映していくという姿勢を続けていただければありがたいと思います。

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。