東京都立大学 総合研究推進機構NEWS

Miyacology CO×Lab

ミヤコロジー コラボ

都立大の
研究の
今を伝える

TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

Vol.3
Winter 2026



TMU Pioneers Interview 01

**電気と触媒が拓く、新たな化学の可能性―
水と酸素から過酸化水素を生み出す**

都市環境科学研究科 環境応用化学域 天野 史章 教授

TMU Pioneers Interview 02

**見えない光が拓く未来
―波長280nmまでの深紫外線を通す透明電極で
社会課題解決に挑む**

理学研究科 化学専攻 廣瀬 靖 教授

TMU Pioneers Interview 03

**超伝導と熱制御で未来を切り拓く
～偶然の発見から生まれた熱制御技術が描く、
次世代エネルギー社会への道筋～**

理学研究科 物理学専攻 水口 佳一 准教授

TMU Spotlight

**耳紋で犯罪捜査を変える
―指紋に続く新たな個人識別技術への挑戦**

システムデザイン研究科 情報科学域 西内 信之 教授

耳紋で犯罪捜査を変える―指紋に続く新たな個人識別技術への挑戦

インタビュー記事の全文はウェブでご覧いただけます。
東京都立大学 総合研究推進機構HP



押し付ける力で変わる耳紋

私が現在取り組んでいるのは、「耳紋データベース生成システム」の開発です。耳紋とは、人が壁やガラスに耳を押し付けた際に残る跡のことで、指紋と同様に個人を特定できる生体情報として、オランダやイギリス、スイス、ポーランドなどヨーロッパ諸国では実際に犯罪捜査で活用されています。

日本ではまだ馴染みがありませんが、実は海外では長い歴史があります。例えば、空き巣が隣の部屋に人がいるかどうかを確認するために壁や窓に耳を当てるといった行為で、犯罪現場に耳紋が残ることがあるのです。手袋をしていて指紋が採取できない場合でも、耳紋があれば重要な手がかりになります。

しかし従来の手法には大きな問題がありました。耳は柔らかい軟骨でできているため、押し付ける力の強さによって跡の形が大きく変化してしまうのです。犯罪現場に残された耳紋がどの程度の力で押し付けられたものかは分からないため、容疑者から採取した耳紋との照合が困難で、識別率のさらなる向上に向けた改善が必要でした。


従来の手で転写シートを耳に押し付けて耳紋を採取する装置（研究室で試作）

私のシステムでは高速度カメラとロードセル（荷重センサー）を組み合わせ、耳を押し付けている間の連続的な耳紋の変化を1秒間に125枚の画像として記録します。これにより、0.1ニュートンから目標値まで、あらゆる押し付け力レベルでの耳紋画像を一度の測定で取得できるのです。現場に残された耳紋がどの押し付け力で形成されたものであっても、データベース内の対応する押し付け力レベルの画像と照合できるため、識別精度の大幅な向上が期待されます。

技術的な核心は、耳紋採取用の透明なアクリルブロックを使った光学システムと、耳の押し付け力を同時に測定できるロードセルとの組み合わせにあります。台形断面の特殊なプリズムに下から光を照射し、耳が接触している部分だけが乱反射して光って見える仕組みです。接触していない部分は見えないため、耳紋の形状を正確に捉えることができます。この原理自体は指紋採取技術の応用ですが、耳紋用に大型化し、さらに耳の押し付け力と耳紋を同時に連続測定できる点が独自の技術です。

装置開発では多くの試行錯誤がありました。当初は水平に耳を押し付ける方式でしたが、使用者にとって強い力で押し付けることが困難なつらい姿勢だったのです。最終的に、立った状態で耳を押し付けられる自然な姿勢に変更し、使いやすさが大幅に向上しました。また、厚いアクリルブロックの製作や、光学系とセンサの精密な組み合わせなど、技術的課題の解決には約3年の開発期間を要しました。


アクリルブロックに耳を押し付けて耳紋を撮影

耳紋による個人識別が拓く新たな科学捜査

これらの技術が社会に実装されると、どのような変化が起こるかというと、まず犯罪捜査の精度向上が期待されます。

現在、日本の警察では指紋や顔のデータベースが構築されており、これらは犯罪捜査に大きく貢献していますが、耳紋システムも同様に、各警察関係機関に設置されることで、より幅広い生体情報による個人識別が可能になるでしょう。

また、耳紋は成人になるとほとんど変化しないという特徴があります。指紋は怪我や職業による磨耗で変化することがありますが、耳は比較的保護されているため、長期間にわたって安定した個人識別が可能です。さらに、他の生体認証技術と組み合わせることで、犯罪の早期解決や再犯防止に寄与できると考えています。

安全で豊かな社会への架け橋

しかし、実用化には依然としていくつかの課題が残されています。とりわけ、装置の小型化とコストの抑制は、実運用へ近づくための重要な要件です。現在の試作機は研究レベルのもので、警察関係機関に実際に配備するには、より高精度かつ安価で扱いやすい装置への改良が必要です。企業との共同開発を通じて、メンテナンスしやすく現場で使いやすいシステムに発展させていきます。

今後は、ポーランドの大学との国際共同研究を通じて海外での実績を積み重ねるとともに、日本の警察関係機関との連携も模索していきます。また、企業との共同開発により、実用的なシステムへの発展を目指します。生体計測技術という私の専門分野を基盤に、人工知能や機械学習といった最新技術を組み合わせることで、社会の安全を向上させる研究を続けていきたいと考えています。

技術が社会に受け入れられるためには、単に高性能であるだけでは十分ではありません。使う人の立場に立って、本当に役立つシステムを作り上げること。そして、技術と社会の間に立って、両者を繋ぐ架け橋の役割を果たすこと。それが研究者としての私の使命だと感じています。

システムデザイン研究科
情報科学域
西内 信之 教授
NISHIUCHI Nobuyuki

横浜国立大学大学院にて博士（工学）取得。2020年より東京都立大学システムデザイン学部情報科学科教授、同大学院システムデザイン研究科情報科学域を兼担し、現在に至る。専門分野は生体計測、ヒューマンインタフェース、ユーザビリティ、ユーザエクスペリエンス、バイオメトリクス。



2025年度 東京都立大学が出展予定の展示会・イベントご案内
研究者自身がブース対応を行うイベントも！詳細が決まり次第、こちらのページを更新してお知らせします。
詳細はこちら

東京都立大学 総合研究推進機構NEWS Miyacology Co×Lab
第3号 2026年 Winter 2026年1月15日発行 企画・制作・発行:東京都立大学 総合研究推進機構

TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY 東京都立大学
© 2020 TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1
東京都立大学 南大沢キャンパス内 プロジェクト研究棟2階
TEL 042-677-2728 / FAX 042-677-5640
mail ragroup@jmj.tmu.ac.jp https://research-miyacology.tmu.ac.jp

TMU Pioneers Interview 01

電気と新たな水と酸

消毒・殺菌から半導体洗浄まで幅的に無害な水と酸素に分解される様々な分野で活用されています。製造は天然ガスなどの化石資源にの工程を経なければ過酸化水素ことなどが大きな課題となっていまめ、都市環境科学研究科の天野史可能エネルギーをもとにした電力術を開発。持続可能な形で化学品新たな道を切り拓いています。



クリーンな酸化剤「過酸化水素」、製造工程に残る課題とは?

私は、触媒を用いた化学反応の研究を行っています。触媒とは化学反応の速度を早める役割を持つ物質で、これを利用して社会に役立つ化学品を生み出すことが大きな研究テーマです。そしていま、特に力を入れているのが、再生可能エネルギーをもとに作られた電力を使って過酸化水素（H_2O_2）を製造する技術です。

過酸化水素は、水分子に酸素原子が1つ余分に結合した物質で、身近なところでは、オキシドール（消毒剤）として知られています。用途は非常に広く、医療現場での消毒・殺菌のほか、パルプや繊維の漂白、洗濯のシミ抜き、化学合成の酸化剤、廃水処理など、多方面で活用されています。近年では、ペットボトルや半導体の洗浄などにも用いられています。過酸化水素を使う大きな利点は、環境への負荷が極めて少ないこと。例えば、塩素系の消毒液では塩素の残留物が問題となることがありますが、過酸化水素はいずれ分解し、残るのは水と酸素だけです。



意外と身近なところで活用されている過酸化水素

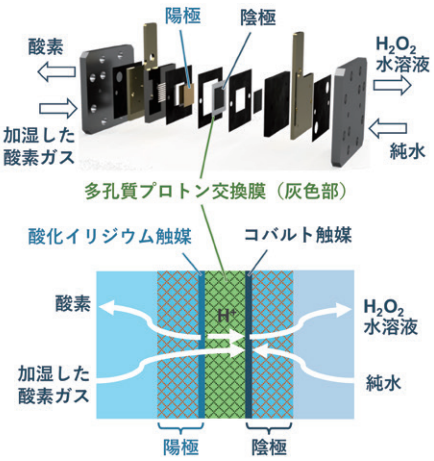
現在、工業的に広く用いられているのは「アントラキノン法」と呼ばれる製造方法。原料に水素ガスと酸素ガス、製造プロセスでは大量の有機溶媒を利用し、数多くの工程を経て過酸化水素を製造します。高純度の過酸化水素を高効率で得られる反面、製造過程でCO_2を排出する水素を使うこと、熱や動力を要する工程が数多く存在すること、大型のプラント設備を必要とすることなど、環境負荷や運用の面で様々な課題を抱えています。また、高濃度の過酸化水素は爆発の危険があるため、貯蔵や運搬には冷蔵が必須。製造にも運搬にもエネルギーがかかるため、基礎的な化学品としては高価格なのです。幅広い用途でニーズがあるものの、コスト面がネックとなって導入できない、という分野も少なくありません。

このような状況を踏まえ、より小規模な用途でエネルギー消費を抑えて、使いたい場所で過酸化水素を合成できる「オンサイト合成」技術を見据えた研究開発が望まれてきましたが、濃度や純度、安全性やエネルギー効率の観点で多くの課題があり、工業的に利用されるには至っていないのが現状です。

「触媒×多孔質プロトン交換膜」で、水と酸素から過酸化水素オンサイト合成を実現へ

私たちが開発したのは、電気化学反応を使い、複雑な工程を経なくても1段階で過酸化水素を作れる技術です。必要な電圧は約2ボルト。水と酸素から製造が可能で、大規模な設備は不要、再生可能エネルギー由来の電力を使って反応を進行させることができます。従来の電解合成法とは異なり、不純物のない過酸化水素水を製造できます。最近では5～10%の高濃度な過酸化水素水を製造することができるようになりました。市販のオキシドール濃度が3%であることを考えると、一般用途には十分な濃度です。

この技術で利用する電気化学セルは、「陽極ー多孔質プロトン交換膜ー陰極」で構成されています。陽極には加湿した酸素を供給し、陽極の酸化イリジウム触媒によって水蒸気（H_2O）は酸素とプロトン（水素イオン）、電子に分解されます。多孔質プロトン交換膜を通って陰極へと進んだ酸素とプロトンは、外部電源から供給された電子と陰極のコバルト触媒によって、過酸化水素に変化するのです。これらの化学反応は、それぞれの電極を構成している触媒材料によって駆動します。

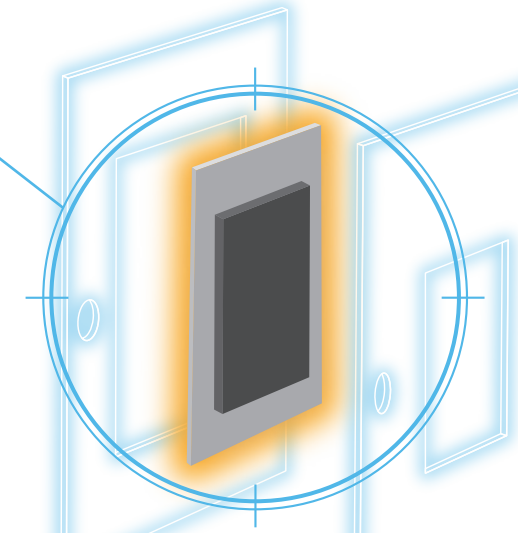


不純物を含まないH_2O_2水溶液を効率よく合成するために独自設計された電解反応装置

そして、本技術最大のポイントは、「多孔質プロトン交換膜」の開発にあります。これまでに開発されてきた「電気化学反応による過酸化水素合成技術」では、高濃度のイオンを含む電解質溶液、つまり液体を介してプロトンを移動させていました。しかし、電解質溶液が過酸化水素に混ざり、製品の純度が下がってしまうという課題がありました。そこで多くの研究者が「電解質溶液」を、固体の「プロトン交換膜」に置き換えるべく挑戦しました。しかし、水分子が少ない反応条件では、触媒

触媒が拓く、化学の可能性——

素から過酸化水素を生み出す



広い用途を持つ過酸化水素。最終ため、便利な基礎化学品として、しかし、これまでの過酸化水素の依存。CO_2を多く排出し、多段階が作れないためにコストがかさむした。そうした課題を解決するた章教授は、水と酸素、そして再生だけで過酸化水素を製造できる技を製造できる社会の実現に向け、

都市環境科学研究科
環境応用化学域
天野 史章 教授
AMANO Fumiaki

京都大学 工学部 工業化学科卒業。同大学院 工学研究科 分子工学専攻修了。2006年4月より5年間、北海道大学触媒化学研究センターに勤めた後、2011年10月より北九州市立大学 国際環境工学部へ。講師と准教授を歴任し、2015年12月から2022年3月まで国立研究開発法人 科学技術振興機構の戦略的創造研究事業におけるさきがけ研究員を兼務する。2022年4月より現職。

がなかなかうまく機能しません。一方で触媒を純水に浸した場合では、十分な量の酸素が供給できないため、化学反応が進みません。プロトン交換膜と接した陰極の触媒層に十分な量の水と酸素ガスを共存させる必要があることは明らかでしたが、流体を供給できるのは表側の一方向のみであり、バランスよく液体と気体を同時に供給することは困難でした。

この課題を解決するために、陰極の表側と裏側の2方向から、それぞれ水と酸素ガスを供給するアイデアを思いつきました。しかし、通常のプロトン交換膜はプロトンのみを選択的に透過させることが求められており、気体は通過できません。そこで、従来の常識に反する形とはなりましたが、酸素が通過できるような「多孔質プロトン交換膜」を作ってみたのです。すると、陽極側から供給・発生した酸素が、孔を通じて効率よく陰極に移動するようになりました。加えて、合成された過酸化水素を素早く回収できるよう、陰極は常に水と接しています。こうして、従来の電気化学合成法よりも高効率で高純度の過酸化水素を安定して合成できるようになったのです。

この技術を用いれば、小型の装置でも過酸化水素を製造でき、必要な場所で必要な量をその場で生産することが可能になります。病院での消毒、水処理場での浄化、美容室や歯科医院での利用など、幅広い現場での応用が期待されます。不純物を含まない点は、ペットボトル洗浄や半導体洗浄といった高い清浄度が求められる分野でも大きな強みとなります。

触媒技術で切り拓く、カーボンニュートラルな化学工業

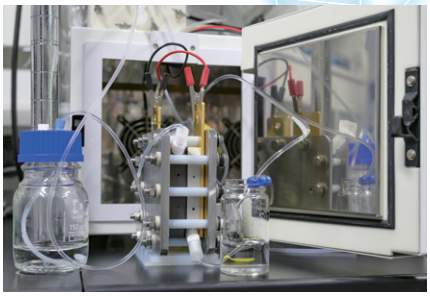
過酸化水素合成に関しては、今後は触媒性能をさらに高め、必要な電圧を現在の約2ボルトから理論的限界に近い1ボルト程度まで引き下げ、省エネルギー化を進めたいと考えています。

さらに注目しているのが、再生可能エネルギーの余剰電力の活用です。北海道や九州では、夏の昼間に太陽光発電の余剰電力が発生し、発電を停止せざるを得ない状況があります。この未利用電力を活用すれば、安価なエネルギーで過酸化水素を製造でき、例えば北海道における畜産分野の殺菌など、地域特有のニーズにも応えることができます。コストについては、大規模化学工業による低コスト製造との比較が必要ですが、高付加価値用途や特殊条件が求められる分野においては、すでに十分な競争力を持ち得ると考えています。

この技術は新規性が高く、成功が保証されているわけではありません。ですが、新しい挑戦に前向きな企業とともに新たな市場を開発し、独自のビジネスモデルを構築できれば、持続可能な社会の実現に向けて一歩前に進めるのではないかと考えています。ご興味のある担当者の方には、ぜひ一度、お話をさせていただければ幸いです。

また、同様の電気化学技術を使って、CO_2を炭素資源化する研究も進めています。今回紹介した技術では酸素に電子を与えて過酸化水素を合成していますが、CO_2に電子を与えることができれば、一酸化炭素やギ酸などの有用化学物質に変換することができます。特に一酸化炭素は、メタノール、プラスチック、燃料など、様々な化学品の原料となる、最も有用な炭素資源のひとつ。電気化学の力で「脱石油」社会の実現につながるものと期待しています。

持続可能な社会という共通の目標に向けて、長期的に挑戦を共にできる企業の皆様との出会いを楽しみにしています。不確実性があるからこそ挑戦する価値がある——その思いを胸に、研究を続けていきたいと考えています。



インタビュー記事の全文はウェブでご覧いただけます。
東京都立大学 総合研究推進機構HP

TMU Pioneers Interview 02

見えない光が拓く未来

―波長280nmまでの深紫外線を通す透明電極で社会課題解決に挑む

私たちの身の回りには、目に見えない光が数多く存在しています。理学研究科の廣瀬靖教授は、深紫外線という特殊な光を透過する透明電極を開発し、殺菌・浄化技術の効率化を目指しています。北海道の雄大な自然の中で育った廣瀬教授が、偶然の出会いから始めた研究は、今や社会の安全と健康を守る重要な技術として注目を集めています。

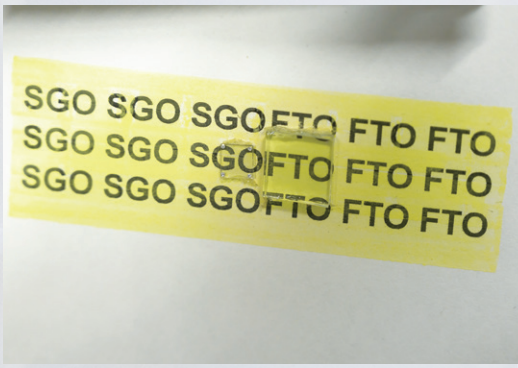
一通の電子メールからはじまった研究開発

私が現在取り組んでいるのは、「深紫外光透過型透明電極」の開発です。透明電極とは、その名の通り、光を透過しながら電気も流すことができる材料で、発光ダイオード（LED）やスマートフォンのタッチパネル、ディスプレイなど、私たちの身の回りで広く使われています。

しかし、従来の透明電極は人間の目で見える「可視光」しか通さず、紫外線や赤外線といった見えない光は吸収したり反射したりしてしまいます。特に、紫外線の中でも波長の短い深紫外線とよばれる光は、強力な殺菌効果を持つにもかかわらず、既存の電極材料では有効活用が困難でした。私はもともと、可視光や赤外線を透過する透明電極を研究していたのですが、私たちの論文を読んだ海外の研究者から、共同研究を申し入れる電子メールが届いたことをきっかけに、殺菌や水の浄化といった社会的ニーズの高い分野でこの技術が求められていることを知り、何か貢献できることはないかと考えるようになりました。

試行錯誤から生まれた材料設計の突破口

私が着目したのは、酸化スズという物質でした。この物質は透明電極の材料として古くから知られていて、市販されている太陽電池の電極にも使われていますが、深紫外線用の電極材料としてはほとんど研究されていませんでした。研究の最初の段階では、酸化スズ



右がこれまでの透明電極、左が新しく開発した透明電極

と同じ結晶構造を持ち、深紫外線を良く透過する酸化ゲルマニウムという別の材料を混ぜ合わせてみました。酸化ゲルマニウムは高温で揮発しやすいという問題がありましたが、試行錯誤を繰り返すことで得られた薄膜は、予想通り深紫外線を良く通すことがわかりました。ただし、透明電極として使うためには十分な導電性も必要です。

そこで技術の核心となったのが、タンタルという元素を添加して、電流の担い手である電子を増やす手法です。酸化スズを用いた透明電極では、導電性を高めるためにアンチモンという元素がよく使われていましたが、アンチモンの電子は、酸化スズ中の電子の通り道と同じp軌道という状態にあるため、両者が混ざり合うことで電子の流れを阻害してしまいます。一方、タンタルの電子は、d軌道という異なる種類の状態をとっています。d軌道はp軌道と混ざりにくいため、電子の流れを邪魔することなく導電性を向上させることができるのです。この理論的な背景に基づいてタンタルを選択したことで、深紫外線に対する透明性と導電性を両立することに成功しました。最近では、取り扱いが難しいゲルマニウムを用いない電極も開発しています。

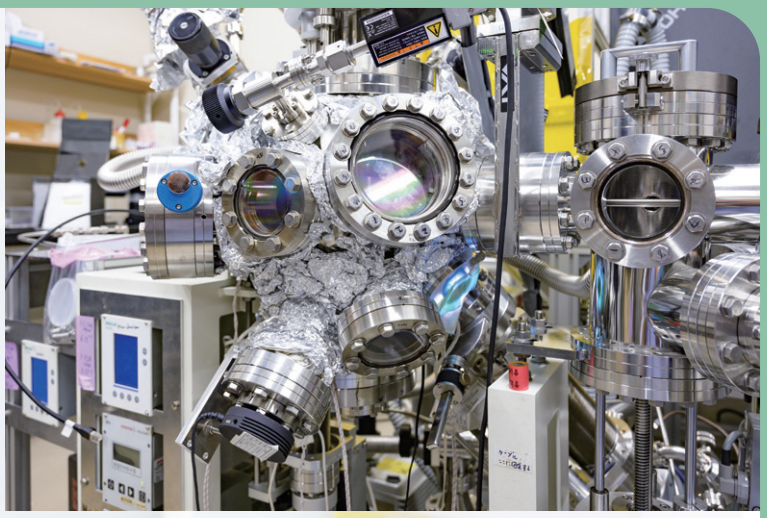
電極の作製方法も重要なポイントです。私たちは、酸化スズやタンタルを混合したペレットをレーザーで蒸発させ、基板上に堆積させる気相成長法とよばれるプロセスを使っています。電極の組成や厚みを原子レベルで精密に制御できるため、高品質な膜が合成できます。

社会実装への道筋

この技術の有望な応用分野の一つは、深紫外光源の効率向上です。現在、紫外線を用いた医療器具の殺菌や飲料水の浄化には水銀ランプが使われていますが、水銀の毒性や装置の大型化などの問題があります。深紫外線LEDは、これらの問題を解決する次世代技術として期待されていますが、効率がまだ十分ではありません。

LEDでは、ダイオード内部で発生した光を外部に取り出すときに電極を通る必要があります。従来の透明電極では深紫外線が吸収されてしまうため、せっかく作った光を外に取り出すことができず、効率を低下させてしまうのです。しかし、私たちの開発した透明電極なら、波長が280ナノメートルまでの深紫外線を効率良く透過させることができます。

この技術によって、手のひらサイズの小型殺菌装置や、バッテリー駆動のポータブル水浄化システムを高効率化し、衛生環境の良くない地域や医療現場、さらには家庭でも使えるような、身近で手軽な殺菌・浄化技術に貢献できればと期待しています。



透明電極を作るための装置。作業は真空状態で行われる。

基礎研究から社会貢献へ

現在の課題は、ウイルスや細菌を効率的に殺菌することができる、さらに波長の短い深紫外線への対応です。これまでの材料開発の延長で実現できるのか、全く新しい発想が必要になるのかわかりませんが、ぜひ実現したいと考えています。

私たちの研究対象は、透明電極だけではありません。異なる種類の結晶を交互に積み重ねて原子配列を制御した「人工超格子」や複数の陰イオン（アニオン）を含む複合アニオン化合物をはじめとして、天然には存在しない物質の探索や機能開拓に幅広く取り組んでいます。

研究の醍醐味は、予期しない発見にあります。黒鉛とダイヤモンドは、どちらも炭素からできていますが、結晶の構造や性質が全く異なります。同じように、良く知られた元素の組み合わせでも、作り方を工夫することで、思わぬ構造や機能を持つ物質ができることがあります。そうした物質の中に画期的な性質を持つ材料が隠れているかもしれません。材料化学には、宝探しのような面白さがあります。

産学連携への期待

私たちの得意分野は、新しい物質の合成やその機能の探索です。私たちが見つけた材料を実際に製品化して社会に役立てるには、企業の皆さんの協力が不可欠です。今回開発した透明電極は、実用的な材料である酸化スズを母材としていますが、製品化に必要な大面積の電極作製技術や製造コストについては、企業の皆さんと共同で検討していく必要があります。

また、私たちが予想しない思わぬ分野での応用のアイデアにも期待しています。現在、深紫外透明電極の応用先としては、光センサーやLEDが考えられていますが、全く違う発想の提案をいただけると、研究者として非常に刺激になります。

私たちの研究は、見えない光を通して未来を切り拓く挑戦です。基礎研究の積み重ねから生まれた技術が、やがて私たちの生活をより安全で健康的なものに変えていきます。将来的には、エネルギー問題や環境問題の解決に繋がるような材料を開発したい。そのために、今日も研究室で新たな材料の探索を続けています。

インタビュー記事の全文はウェブでご覧いただけます。
東京都立大学 総合研究推進機構HP



理学研究科 化学専攻
廣瀬 靖 教授
HIROSE Yasushi

東京大学大学院新領域創成科学研究科にて博士（科学）取得。神奈川科学技術アカデミー、東京大学大学院理学系研究科を経て、2022年より東京都立大学大学院理学研究科教授。専門分野は固体化学、薄膜工学。

TMU Pioneers Interview 03

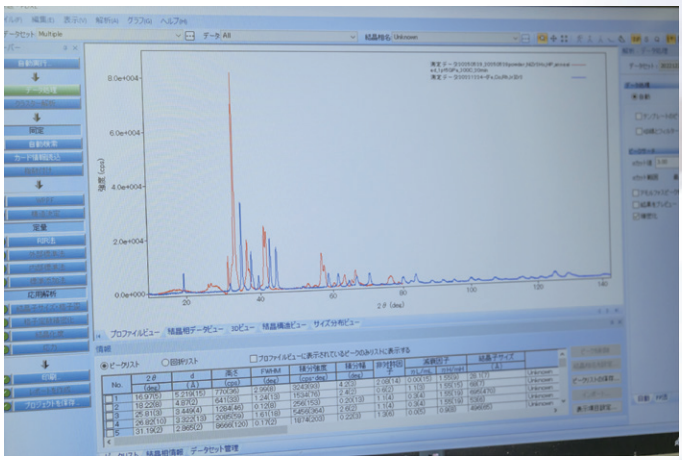
超伝導と熱制

～偶然の発見から生まれた熱制

理学研究科物理学専攻の水口佳一准教授は、超伝導体
偶然の発見から生まれた負の熱膨張現象の解明を通じて、温度変

偶然が導いた熱膨張研究の新天地

現在の私の主要研究テーマの一つである「負の熱膨張現象」の発見は、まさに偶然の産物でした。きっかけは、バングラデシュからの留学生が取り組んでいた「ハイエントロピー型超伝導体」の研究です。これは5元素以上を混合した新しいタイプの超伝導体で、当時世界中で注目されていた分野です。超伝導体データベースを活用して、コバルト-ジルコニウム系の物質を選択し、東北大学との共同研究で中性子実験を行いました。当初の目的は磁性の有無を調べることでしたが、予想に反して磁性は出現しませんでした。しかし、副次的に結晶構造の温度変化を調べていた際に、驚くべき現象を発見したのです。300Kから50Kまで温度を下げると、通常の物質とは逆に、特定の軸方向で巨大な負の熱膨張が起こることがわかりました。一般的に物質は冷却により収縮しますが、この物質は特定軸方向に膨張するのです。この発見は、偶然ではありますが、研究では「違和感を見過ごさない」ことを心がけているので、それがこの現象の発見につながったことは間違いありません。



変化はグラフに表れる。わずかな違和感を見逃さないことが大事（写真はイメージ）

独自技術による熱制御の革新

負の熱膨張現象の発見を出発点として、私たちは段階的に技術開発を進めました。最初に取り組んだのは、組成制御による熱膨張の調整でした。コバルト-ニッケル置換（$Co_{1-x}Ni_xZr_2$）により、負の熱膨張と正の熱膨張のバランス点を探索し、特定組成でゼロ熱膨張を実現することに成功したのです。これにより、温度変化に対して大きさがほとんど変わらない材料を作ることができると確信しました。この時点ではゼロ熱膨張は特定の結晶軸方向のみでしたが、最近では、数万気圧（10ギガパスカル）の条件下で、負の熱膨張は維持しながら正の熱膨張方向を抑制し、体積変化をほぼゼロにすることに成功しています。今後は、単一材料でゼロ熱膨張の実現を圧力の印加無しで目指していきます。これが実現すれば、超伝導デバイスの信頼性の向上を図ることができます。

そして、最近では熱流を制御する熱制御技術に超伝導を利用する新しい取り組みを行っています。「不揮発性を持った磁気熱スイッチ材料」と「熱ダイオード」という二つの画期的な技術の開発にも成功しています。磁気熱スイッチ材料は磁場を印加することで機械的接触無しに熱伝導率を大幅に変化させられる材料で、世界中で研究が進められています。相分離系超伝導体を使うことで、磁気熱スイッチを不揮発動作させることに世界で初めて成功しています。熱ダイオードは一方向のみに熱をよく通すという、熱制御に重要な新技術で、バルクスケールの超伝導体を利用した熱ダイオードとして、世界で初めての実験的観測に成功しました。これらの超伝導体を用いた新しい熱制御技術では、超伝導転移により熱伝導率が劇的に変化することを利用して熱の流れやすさや整流効果を得ています。

私たちが合成した遷移金属ジルコナイドは超伝導体として知られていました。また、不揮発磁気熱スイッチを観測したのは、実は市販のSn-Pbハンダです。よく知られた材料に新たな機能性を見出すことは、超伝導体の応用の可能性をさらに広げるものだと考えており、そのような新たな側面を自ら見出す研究は非常にやりがいがあります。私たちの材料開発研究では、結晶構造、元素置換や圧力条件の調整、さらには試料中の不純物や相分離状態など、工夫次第で幅広い特性制御が可能で、それも面白さの一つです。

幅広い応用分野への展開

私たちの負の熱膨張に関する技術は、例えば、超伝導デバイス自体の耐久性向上に貢献します。現在、超伝導接合を室温で作製して極低温で使用し、また停止時に室温に昇温されるため数百℃の熱サイクルを経験するため劣化が大きな問題になりえます。私たちの学生実験装置（超伝導接合による物性実験）も頻繁に壊れてしまった経験があります。しかし、熱膨張をほぼゼロにした超伝導体を使用すれば、このような問題を根本的に解決できます。

また、熱スイッチや熱ダイオードに関する技術については、低温環境での精密熱管理への応用が検討されています。量子コンピュータ分野では、極低温での熱回路制御が重要な技術となります。電気回路と統合した熱制御システムにより、量子ビットの安定動作に貢献できる可能性があります。現在の量子コンピュータは極低温環境で動作するため、精密な熱管理は不可欠な技術です。

今後の研究展開と産業連携への期待

現在、上記と異なる研究の発展方向として「水素化合物の超伝導研究」に注目しています。水素エネルギー分野での注目も背景にありますが、科学的には軽い水素の高い振動エネルギーが室温超伝導実現の鍵となる可能性があると言われています。実際、現在260K（-10℃）までの超伝導が達成されていますが、200万気圧という高圧条件が必要です。私たちの戦略は、まず圧力条件

御で未来を切り拓く

御技術が描く、次世代エネルギー社会への道筋～

の研究から始まり、現在では「超伝導体を用いた熱制御」という新領域を開拓しています。
化に対して極めて安定な新材料の開発と、熱の流れを自在に操る革新的技術の確立に挑んでいます。

インタビュー記事の全文は
ウェブでご覧いただけます。
東京都立大学 総合研究推進機構HP



を緩和して実用化への道筋をつけること、そして水素を新たな制御パラメータとして活用することです。室温超伝導が常圧下で達成されれば、超伝導体を用いた熱制御技術が室温近傍でも利用できるかもしれません。そうなると、現在の熱制御技術では達成できないような機能をデバイスに付与できる可能性があります。

企業との連携についても、今後積極的に進めたいと考えています。特に、新規分野開拓に取り組む志の高い企業との連携を期待しています。熱制御技術は全ての低温デバイスに応用可能な基盤技術であるため、一緒に可能性を探っていただける企業があれば理想的です。また、私たちの現時点での研究では超高純度金属（99.999%以上の5N純度）が実験材料として必要になるので、超高純度材料を提供していただける企業との協力関係を築ければ、研究の幅がさらに広がるでしょう。

研究に没頭していると、日常の風景が全て研究対象に見えてくることがあります。ガードレールが結晶構造に見えたり、雲が負の熱膨張のグラフに見えたりするほどですが、そこまで真剣に、情熱を傾けて取り組んでいる私たちの研究が、将来の超省エネ社会の実現に少しでも貢献できることを心から願っています。



理学研究科 物理学専攻

水口 佳一 准教授

MIZUGUCHI Yoshikazu

1983年生まれ、横浜市出身。2010年7月筑波大学大学院数理物質科学研究科物質材料工学専攻博士課程修了、博士（工学）取得。日本学術振興会特別研究員（DC2、PD）、物質・材料研究機構研究員を経て、2011年4月首都大学東京大学院理工学研究科電気電子工学専攻助教、2017年4月より現職。2018年4月～2021年3月および2023年4月～現在まで東京都立大学先導研究者。