

Re:ORDIST

Organization for Research and Development of Innovative Science and Technology



未来を変える、 新しい視点で SDGsを考える

特集1 ————— P.1

**有機と無機、双方の特長を
兼ね備えた脱炭素社会の
切り札、「シン・ゼオライト」**

環境都市工学部 エネルギー環境・化学工学科

教授 田中 俊輔

特集2 ————— P.7

**目に見えない「音」で
人や社会を豊かに
建築から福祉まで、
未来を支える立体音響**

環境都市工学部 建築学科

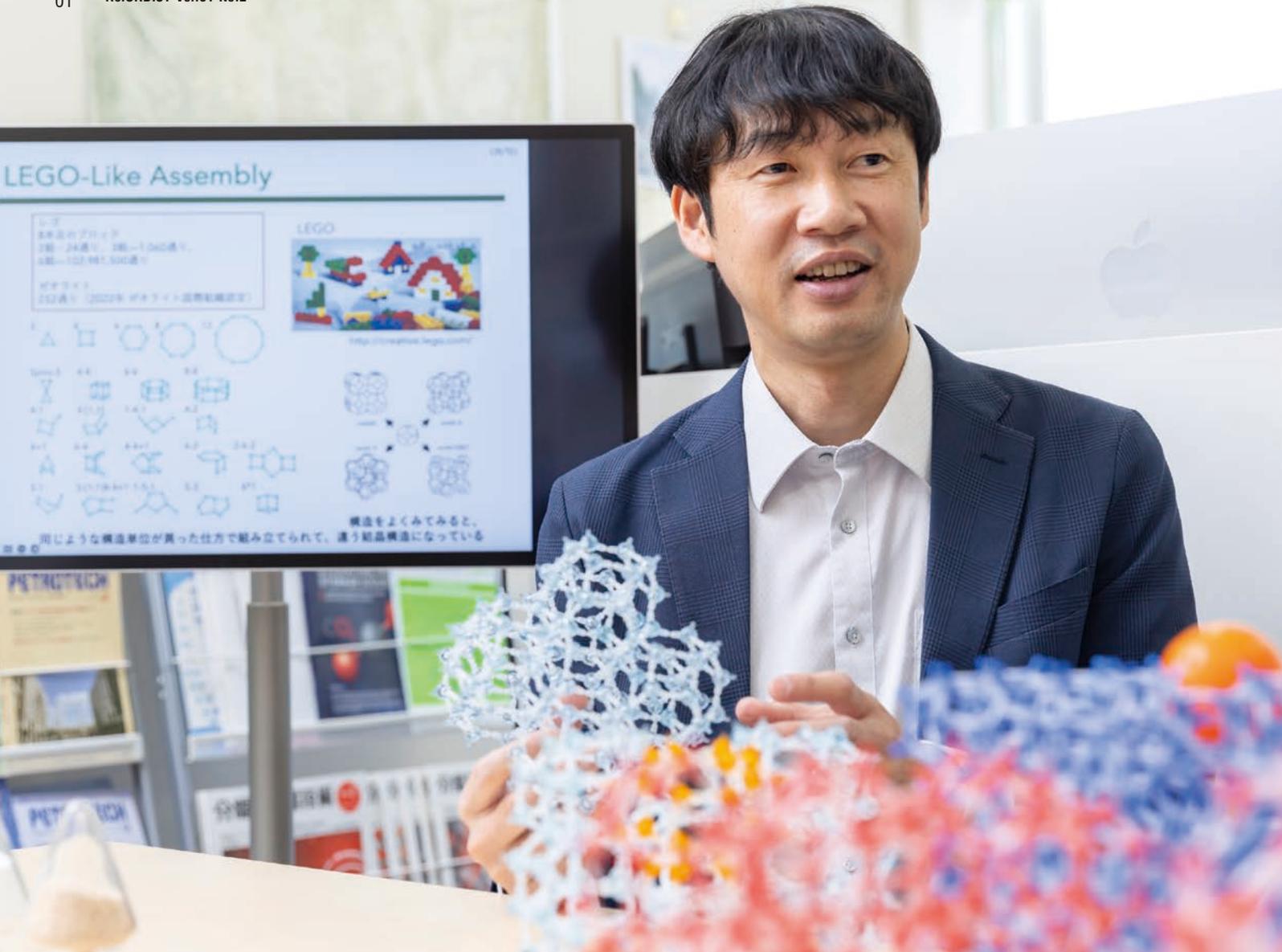
教授 豊田 政弘

Sabbatical体験記 ————— P.11

化学生命工学部 生命・生物工学科

教授 細見 亮太

- ・先端機構 News & Topics
- ・関西大学 科学技術振興会TOPICS



特集共通テーマ || 未来を変える、新しい視点で SDGs を考える

有機と無機、双方の特長を兼ね備えた 脱炭素社会の切り札、「シン・ゼオライト」

た な か しゅんすけ
環境都市工学部 エネルギー環境・化学工学科 教授 **田中 俊輔**

堅牢で社会実績のあるゼオライトは安価で安定性があり、長期間使用できる実用的な材料です。田中俊輔教授は、ゼオライトという物質が持つ、分子やイオンをふるい分けたり（分離・精製）、捕まえたり（貯蔵）、解き放ったり（徐放・放出）する働きに着目。さらに今までとは異なる新しい概念による研究を進めています。

ゼオライトへの材料設計と構造制御技術は、エネルギー効率の向上や環境負荷の低減に貢献し、SDGsの達成にも寄与すると期待されています。田中教授が取り組む研究に迫りました。

吸着材として活用され応用研究が進む「ゼオライト」

—ゼオライトとは、どのような物質なのでしょう。

天然のゼオライトは、ケイ素（Si）とアルミニウム（Al）と酸素（O）からなる鉱物で、地中深くの高温高圧の条件で結晶化してつくられたものです。1756年に発見されてから研究が始まり、人工的につくられるようになったのが1940年頃です。1950年を過ぎてから、商業利用されるようになりました。基本構造となる四面体が連結して組み上がっていて、そこにできる空間が分子を吸着する材料として活用されています。その種類は、天然ゼオライトと合わせて250以上です。



※現在、80種以上が確認されている天然ゼオライト。ゼオライト（沸石）は、加熱すると水が分離して沸騰したように見えるため、ギリシャ語の zeo（沸騰する）と lithos（石）を合わせて名付けられた。

—どういった場面で活用されているんですか。

最も多く使われているのは家庭用洗剤です。衣服に付着したマグネシウムやカルシウムなどを洗濯水の中で捕まえ、イオン交換によりナトリウムなどに変えることで水の硬度成分を除去し、洗剤の洗浄力を高めて泡立ちをよくしてくれるのです。ゼオライトは年間200万トン製造されていますが、そのうち約半分がビルダー（洗浄助剤）に利用されています。残りの4分の1ほどは、PSA（圧カスイング吸着）による酸素・窒素分離（空気分離）と石油精製触媒として使われています。シリカゲルのような吸湿材としても使われていますし、自動車の排ガスに含まれる有害物質（NOx など）を触媒反応により除去するためにも利用されています。

—イオン交換はどうして起こるのでしょうか。

ゼオライトは、ケイ素（Si）とアルミニウム（Al）を含む小さな「四面体」のパーツが酸素を介してつながり、立体的な網目のような構造をしています。このとき、ケイ素の一部がアルミニウムに置き換わることで、構造の中に「マイナスの電気（負の電荷）」が生まれます。そのままだと不安定になるため、ゼオライトはまわりから「プラスの電気を持つイオン（カチオン）」を引き寄せてバランスを保とうとします。この性質によって、イオン交換の材料となり得るのです。福島原発事故の際には、放射性セシウムイオンの除去にも役立ちました。

簡便かつ低コストで機能性の高いゼオライトを開発

—ゼオライトに関し、田中先生はどのような研究に取り組まれているのでしょうか。

古くから工業化され、身の回りにあふれているのは無機物からなるゼオライトです。京都大学の北川進先生が、このゼオライトと同じような配列の結晶構造を金属イオンと有機物でつくり1999年に発表されました。この功績が認められ、2025年にノーベル化学賞を受賞されています。

北川先生が作られた材料は、多孔性の配位結合で組み上がっているため、PCP（Porous Coordination Polymer：多孔性配位高分子）と呼ばれ、海外ではその構成要素や構造の観点から

MOF（Metal-Organic Framework：金属有機構造体）という呼称が広く用いられています。

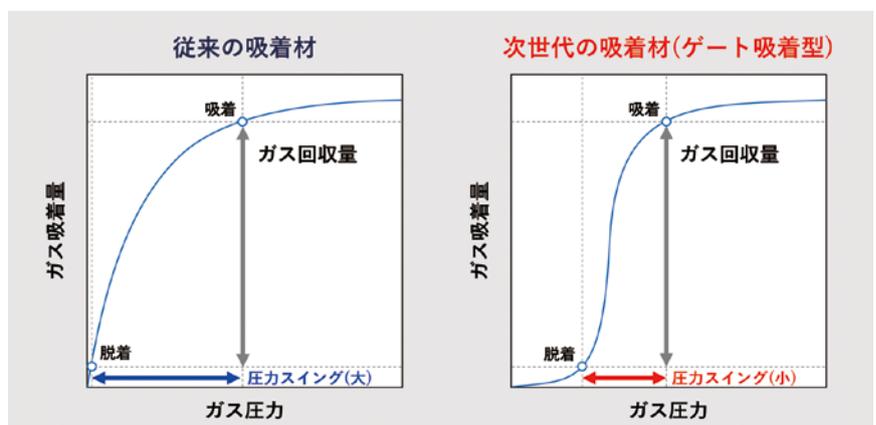
無機ゼオライトと一般的にMOFと呼ばれるものに、無機と有機の違いはあるものの、同じような結晶構造で共通項も多くあります。そこで我々は、既存の分類にとらわれることなく、その本質に立ち返り、「ゼオライト」という概念そのものを再定義する立場から研究を進めています。

他の研究者や先生からは、異論もあるかもしれませんが、新たな枠組みを提示することも研究の重要な役割ではないかと考えています。

一般的には無機ゼオライトの方が構造的に強く、耐熱性や水に対する安定性も高いのですが、逆に有機ゼオライトは柔らかく、構造を自由に変形できる特性があります。この特性によって一部の有機ゼオライトは分子を吸着すると膨らみ、それによってさらに吸着量を増やすことができるのです。

従来の吸着材は、CO₂など吸着させたいガスの圧力が上がっていくと吸着量が増え、やがて飽和に達しますが、MOFは、少し圧力を制御するだけで吸着も脱着も簡単に行い、しかもある圧力値で一気に吸着や脱着をしてくれます。一方で、材料コストや製造時の環境負荷が高く、合成プロセスが煩雑だという問題点も抱えています。

そこで我々の研究室では、壊れにくいナノ構造を持つ無機ゼオライトでありながら、ある一定以上の圧力になると選択的にガス分子を吸着するという、構造柔軟性を示すゼオライト（シン・



▲従来のゼオライトはCO₂の吸着量が単調に増加するため、回収時に非常に大きな圧カスイング（高エネルギー）を必要とする課題があったが、シン・ゼオライトはある圧力の閾値でCO₂の吸着量が一気に増加するため、わずかな圧力差を利用して多量のCO₂を分離・回収することが期待できる。

特集共通テーマ 未来を変える、新しい視点でSDGsを考える

ゼオライト)を開発しました。

—それがシン・ゼオライトというわけですね。製造時の環境負荷問題はいかがですか。

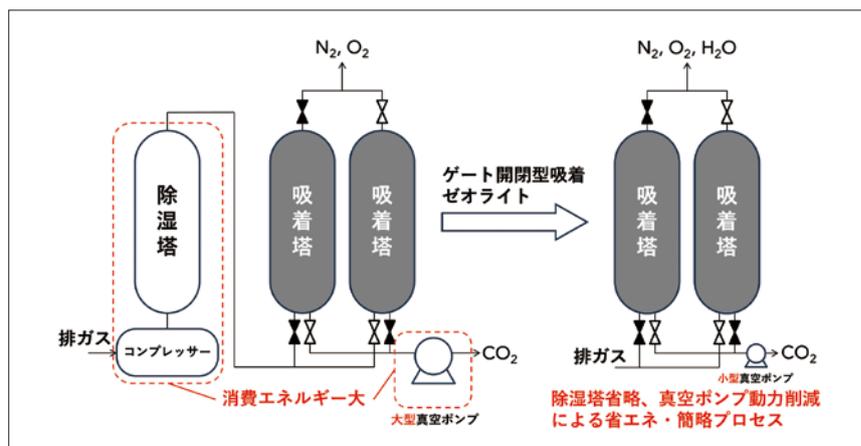
一般的なゼオライトの合成では、有機構造規定剤を使うのですが、高エネルギー・高コストで、環境負荷もかかってしまいます。それに対し水蒸気雰囲気下、すなわち鉱物ができそうな地中深くの圧力が高く水蒸気のある条件を真似て既存のゼオライトを処理することで、結晶構造を別の構造へと変化させ新たなゼオライトとして合成することができます。

ゼオライトは先述の通り、四面体がワンセットで連結していく、共通の構造を持っている材料なので、その四面体をいったん解体し、レゴブロックのように組み替えることもできるのです。その特性を活かし、簡便かつ低コストで合成することに注力して研究を進めています。

低コスト・省エネルギーで純度の高いCO₂の分離・回収

—開発されたシン・ゼオライトは、CO₂の回収にも役立つんですか？

排ガスに含まれるCO₂を分離・回収するには、大きく吸収法（物理吸収と化学吸収）、吸着法、膜分離法という3つの方法があります。物理吸収法



▲ CO₂の分離・回収システムに、ゲート開閉型吸着ゼオライト＝シン・ゼオライトを使えば、従来のゼオライトで必要だった除湿塔やコンプレッサーが不要になるうえ、真空ポンプの小型化も図れる。

は、圧力をかけて液体にCO₂を溶かし、圧力を下げることでCO₂を放出・回収する方法です。ただし、一度の操作で回収できるCO₂の量は少なく、何度も繰り返す必要があり、効率がいいとは言えません。

それに対して、化学反応を伴って、よりCO₂をたくさん溶かして吸収しようというのが化学吸収法です。火力発電所の隣に大きなプラントを建てるなど、実証研究が進められているところです。この方法では、CO₂と反応しやすい「アミン」という有機化合物を使ってCO₂を吸収します。アミンを含む吸収液は非常に高価であるうえ、CO₂を回収するには熱を加える必要があります。多くのエネルギーを消費します。

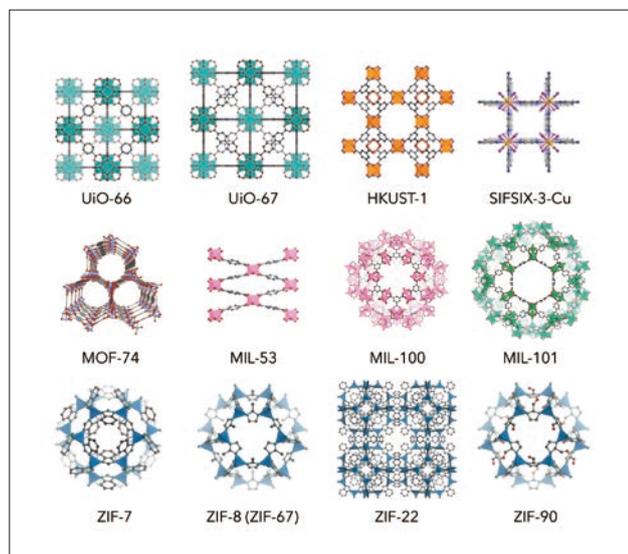
一方、膜を通過するものと通過しないものにふるい分ける膜分離法は、エネルギー消費を最小限に抑えられる方法です。しかし、回収されるCO₂の純度が十分に高くないため、合成メタンを製造するなどのCCU（二酸化炭素回収・利用）には不向きです。より高純度を求める場合には吸着法のほうが適しています。

今までの有機ゼオライトを使った吸着法は、これらの課題を克服できるものの、材料コストが高く、それが社会実装の壁になっています。シン・ゼオライトであれば石ころと同じ成分でできるので、材料コストを抑えることができるうえ、化学的に安定であることから、排ガス処理においても長期安定に使用できるという利点があります。

—非常に希望のもてる素材ですね。難点はないのでしょうか。

ゼオライトは本来、非常に吸湿性が高く、水分があるとCO₂をほとんど吸着しません。この点が研究での難点の1つでした。しかし、細孔構造を工夫することで、水分が共存していてもCO₂だけを選んで吸着できる可能性が示されつつあります。シン・ゼオライトは、従来必要とされてきた除湿工程そのものを簡素化できる可能性があります。

さらに、わずかな圧力変化だけでCO₂の吸脱着ができるので、大型の



▲ 比較的高い構造安定性を有するMOFの代表例。基本的に、高い原子価と電荷密度を持つ金属イオンほど、より安定性が高まるため、さまざまな組み合わせでの合成が試みられている。

コンプレッサーや真空ポンプも不要です。結果として、エネルギー消費が少なく、シンプルな構造の小型装置でのCO₂回収が実現でき、工場や焼却炉のすぐそばで効率的に排ガスを処理することが可能になります。

ゼオライトの実証研究を進めSDGsの達成に寄与したい

一田中先生の研究は、SDGsの目標13「気候変動に具体的な対策を」や目標7「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」にも貢献しますよね。

社会に役立てることを研究の一つの目標と考えるなら、SDGsに貢献できるような研究開発も必要だと考えています。とはいえ、実際の排ガスには、研究室では扱えないガスなども含まれているので、CO₂を吸着・脱着してくれるのかは、まだわかりません。大学の規模では、合成できるゼオライトの量には限りがあり、工業的に大量生産する場合に、研究室と同じ手法が通用するのか、同等の性能を持つものが見つかるのかも不明です。こうした課題を検証するために、現在は企業や国の研究機関と共同研究を進めています。

また、現在、研究しているゼオライトの応用先は化学産業に制限せず、エレクトロニクスや医療分野などへも広く展開したいと考えています。

一たとえばどんな展開が考えられるのでしょうか。

薬を必要な部位に、必要なタイミングで、必要な量だけ届けるDDS（ドラッグデリバリーシステム）への応用がその一つです。副作用のリスクを抑え、薬効を高められるよう、医薬には標的指向性や徐放性のある材料が求められてきました。ゼオライトは、その構造的な安定性や細孔の設計自由度の高さから、有力な薬物輸送担体の候補になり得ると考えています。

ゼオライトは体内に取り入れても排泄されるので、人には無害です。薬剤分子を効率よく取り込み、狙った部分で薬を放出するような制御機能を持たせようと設計しているところです。この取り組みは、SDGsの目標3「すべての人に健康と福祉を」の

達成にも寄与できます。ゼオライトの可能性は、まだまだ広がってけると確信しています。

斬新なアプローチを加えることでゼオライトの共有知発展に貢献

一田中先生が研究をされるうえで、心がけていらっしゃることは何ですか？

未知の対象に挑戦することを常に意識しながら、世界の誰もが成し得ていない学術的な発見をしたいと願って研究に取り組んでいます。

先人たちの成果、知見に触れて感動しながら、そこにはないアイデアを生み出し、仮説通りにいかない多くの結果を糧に、繰り返し試行錯誤しています。

たとえば構造を組み替えるゼオライトの合成法も昔から使われていた技術ですが、実際に試してみると、まだまだ簡略化することも可能です。一流誌に掲載されたインパクトの強い研究が主に参照されるため、最適化されていない合成方法が広く使われていることが少なくありません。工学の立場から見れば、そういった合成工程をもっとシンプルにできるんじゃないかと思うわけです。

工学に身を置く者の一人として、「役立つものを実用的につくる」という信念を持っていますので、既存の手法を

鵜呑みにするのではなく、斬新なアプローチでより良い課題解決を実現するのが理想ですね。

一先生が研究者として成し遂げたい最終的なゴールがあれば教えてください。

まずは興味のある研究を続けていきたいというのが大前提。「役立つものを実用的につくる」という信念のもと、面白いと思って始めた研究が社会実装までつながり、達成するというところまで関わりたいです。

研究活動は、知を紡ぐ作業です。いわば知の構造物をほかの方々がまた違う形の論文にし、共有知を広げていくことにも貢献できればと願っています。そうして得られた成果を世界に発信し、それがまた世界の他の誰かの研究を進める手がかりとなって人類の共有知を前進させることは大きなやりがいです。

もともと私は、建築学科に進みたかったんですよ。構造をデザインし、素材を組み立てて建築する仕事に憧れがあったわけです。現在手がけているゼオライトの合成も、ある意味ではナノサイズの建造物づくりです。夢が叶っているともいえるわけで、今後もゼオライトの研究を続けていきたいですね。



プロフィール

富山県出身。2007年関西大学へ着任。助教、准教授を経て、2019年より現職。専門はナノ材料化学、膜材料工学、分離工学。スポーツ好きで陸上ホッケー部で体育会系の学生生活を送るも、現在はもっぱら観戦側。休日には3児の父として奮闘中。

先端機構 News & Topics

第30回 関西大学 先端科学技術 シンポジウムを 開催しました。

「関西大学・大阪医科薬科大学 医工薬連環
科学教育研究機構 研究発表会」および
「関大メディカルポリマーシンポジウム」、
「カーボンニュートラル研究センター研究
講演会」を同時開催しました。

メインテーマ

「“Beyond SDGs” Well-being 社会のための科学技術」

【開催日】2026年1月22日(木)、23日(金)

【会場】関西大学千里山キャンパス100周年記念会館

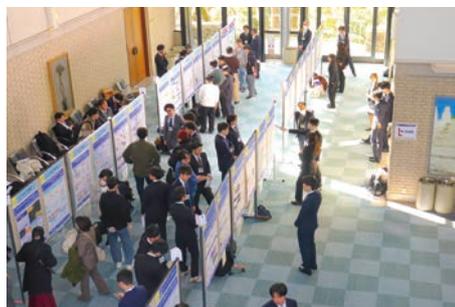
【参加者数】1,315名(2日間)

特別講演1件 招待講演12件 一般講演54件
ポスター発表93件

関西大学先端科学技術シンポジウムは、先端科学技術推進機構で取り組む研究の1年間の成果を取りまとめ、広く社会、企業、産業界に発表する場として毎年開催しています。

第30回の節目となる今回は「“Beyond SDGs” Well-being 社会のための科学技術」をメインテーマとし、2019年にノーベル化学賞を受賞された吉野 彰氏を迎え「2050年の世界をめざして」をテーマにご講演いただきました。

次回は、2027年1月下旬の開催を予定しています。



受賞者紹介

「世界で最も影響力のある研究者トップ2%」に 本機構より15名の研究者がランクインしました!

スタンフォード大学とエルゼビアが発表している世界のトップ2%の科学者を特定する包括的なリスト「標準化された引用指数に基づく科学者データベース」が更新・発表され、本機構から15名の研究者がランクインしました。

■「単年」(single recent year) の区分

システム理工学部
田實 佳郎 名誉教授
松島 恭治 教授
環境都市工学部
田中 俊輔 教授

化学生命工学部
岩崎 泰彦 教授
大洞 康嗣 教授
川崎 英也 教授
田村 裕 名誉教授

■「生涯」(career-long) の区分

システム理工学部
新宮原正三 名誉教授
田實 佳郎 名誉教授
松島 恭治 教授
環境都市工学部
田中 俊輔 教授

化学生命工学部
石川 正司 教授
岩崎 泰彦 教授
大洞 康嗣 教授
大矢 裕一 教授
川崎 英也 教授
幸塚 広光 教授
坂口 聡 教授
三田 文雄 教授
田村 裕 名誉教授
宮田 隆志 教授

講演会等 開催報告

第77回 B (生命・人間・ロボティクス) 研究部門別発表会 (2025年10月14日) テーマ：日本発創薬の最前線 ～新規モダリティへの挑戦～

【講演①】創薬プラットフォームの変遷と日本発創薬の適性

化学生命工学部 教授 住吉 孝明

創薬プラットフォームは、天然物に始まり、有機合成を基盤とする低分子化合物、抗体医薬品と主役が移り変わってきた。さらに、抗体-薬物複合体、核酸、細胞と新しいプラットフォームが登場してきた中で日本発の医薬品創出数は減少し、存在感が低下している。本講演では、日本の創薬はどこに向かうべきかを議論した。

【講演②】私のADC研究：Enhertu® から McADC に至るまで

Sparx Biotech Co. Ltd. in China
副社長 本田 雄氏

初めに第一三共(株)で従事されたEnhertu®を、その後中国に渡ってSparx Biotechで従事されたマクロファージをターゲットにしたMcADCについてご紹介いただき、これらのADCを開発した経緯についてご講演いただいた。



【講演③】新機軸創薬システムの明日を考える！

国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所
理事長特任補佐 近藤 裕郷氏

現在の日本の医薬品産業が直面している課題は多く、その課題解決に向けた新機軸の創薬プラットフォームの開発についてご紹介いただいた。さらに、現在の創薬研究開発はAIの時代へ大きくシフトしており、生成AIを駆使したデータサイエンスの高度化が凄まじい勢いで進展している。世界の潮流から見える日本の創薬研究の課題解決に向けた新たな創薬研究手法の開発が強く望まれている。本講演では、日本の医薬品産業が抱える課題を共有し、課題解決に必要な創薬プラットフォームのあるべき姿について議論した。



第78回 N (新物質・機能素子・生産技術) 研究部門別発表会 (2025年10月30日) テーマ：金属錯体の光機能化学の最前線

【講演①】金属錯体光化学の基礎と応用： ルテニウム錯体を中心に

化学生命工学部 教授 石田 斉

ルテニウム錯体は、その発光特性だけでなく、励起状態からのエネルギー・電子移動が注目されており、前者は一重項酸素発生による光線力学療法に利用され、後者は色素増感太陽電池や人工光合成研究に応用されている。このように、ルテニウム錯体を例に金属錯体の光化学の基礎について解説した。

【講演②】希土類を用いた発光錯体の最先端研究

北海道大学大学院工学研究院 応用化学部門
教授 長谷川 靖哉氏

現代の情報通信や医療、エネルギー分野は多くの光科学技術によって支えられている。将来の発展には新しい発光体の開発が重要であり、その候補として「希土類錯体」をベースとする発光錯体の最先端研究についてご講演いただいた。特に希土類錯体を強く光らせる工夫や、光センサーや波長変換材料、医療応用などへの最新の展開をご紹介いただいた。



第79回 N (新物質・機能素子・生産技術) 研究部門別発表会 (2026年1月29日) テーマ：異種材料の融合 ーハイブリッド材料の設計と応用

【講演①】機能性ポリシロキサン設計と応用

化学生命工学部 教授 宮田 隆志

ポリシロキサン含有高分子膜や光応答性ポリシロキサン、液晶性ポリシロキサンなどの機能性ポリシロキサンの分子設計と医療・環境応用に関する最新研究を紹介した。

【講演②】未来を化学で元気にするハイブリッド材料

京都大学大学院工学研究科 名誉教授 中條 善樹氏

有機物と無機物のそれぞれの特徴を複合的に活用した有機-無機ハイブリッド材料や、分子構造のレベルで有機高分子材料に種々の無機元素を組み込んだ元素ブロックのコンセプトに関して、その基礎研究と実用化研究を紹介していただいた。さらに、教員や学生に向けた貴重なメッセージも頂戴した。



N (新物質・機能素子・生産技術) 研究部門 外国語による特別講演会 (2025年8月25日)

[Bio-inspired zwitterionic membranes for advanced bio-separation applications]
Prof. Yung Chang
Department of Chemical Engineering,
Chung Yuan Christian University

N (新物質・機能素子・生産技術) 研究部門 外国語による特別講演会 (2025年10月9日)

[Plastic Waste Crisis: Gaps, Opportunities and Recent Case Studies]
Prof. Xiao 'Matthew' Hu
School of Materials Science and Engineering,
Nanyang Technological University

特集2 || 未来を変える、新しい視点でSDGsを考える

目に見えない「音」で人や社会を豊かに 建築から福祉まで、未来を支える立体音響

とよだ まさひろ
豊田 政弘
環境都市工学部 建築学科 教授

私たちは目を閉じて、耳だけで多くの情報を受け取ります。背後から近づく車の気配に気づき、床に落ちた小銭の方向を聞き分け、夜空に広がる花火を音で追う。

これは私たちが、音から瞬時に空間を把握し、無意識のうちに三次元の「音の地図」を描いているからです。

その人間の能力を工学的に再現し、まだ存在しない空間の響きを設計段階で体験できるようにする「立体音響シミュレータ」。この開発に挑むのが、豊田政弘教授です。

劇場やホールの設計から文化遺産の継承、そして福祉へ。音響科学はいかにして社会を豊かにするのか。その革新性と展望について伺いました。



耳と脳がつくる立体的な音世界の感覚

—まず、「立体音響」とはどのような仕組みなのでしょうか。

人には二つの耳がありますね。右側から音が鳴れば、右耳に先に届き、左耳にはわずかに遅れて到達します。脳はこのごく微細な時間差や音の強弱を瞬時に解析し、「音がどの方向から来たか」を計算しています。さらに、耳の複雑な凹凸がフィルターの役割を果たし、音を微妙に変化させることで、前後や上下の区別まで可能にしているのです。

花火の「ヒュー…ドン」という音だけで空のどの辺りで開いたかがわかるのも、森の中で鳥のさえずりが頭上のあの辺りの枝から降ってくる、と感じられるのも、この「方向定位」という能力のおかげです。こうした高度な情報処理を応用し、人工的に音の発生源を作り出して、あたかもその場にいるかのような三次元的な音の広がりを実現する技術、それが立体音響です。

—普段は無意識に使っていますが、実はものすごい能力なんですね。

そうなんです。あまりに当たり前に使っているので意識しませんが、私たちは日常的に音だけで世界を立体的に把握しています。

ところが、CDや配信音源をイヤホンで聴くと、音が頭の中だけで鳴っているような、閉じた感覚になりませんか？一般的なスピーカーも、基本的には前方の2か所から音が出る構造なので、後ろや上から音が降ってくることはありません。実世界の豊かな音の広がり比べると、従来のオーディオ体験はどうしても平面的なのです。

だからこそ、前後・左右、そして上下を含む全方向から音に包まれる体験を再現する立体音響技術が求められてきました。実際のコンサート会場等では、例えば前方にギター、後方にドラム、斜めの位置からベースが聴こえてくるように、舞台上の音が客席のどこにいても自然に・均等に・豊かに聞こえるようにという目的で、建築形状・素材・天井反射板などがコントロールされています。そうした臨場感のある

音や自然な音の配置をどうすれば再現できるのか。私の研究は、そこから始まりました。臨場感のある音は脳や感情に良い刺激を与え、人の心を豊かにする効果も期待されています。

最小限のスピーカーでより豊かな音体験を実現

—その「包まれる音」を再現するには、どのような方法があるのでしょうか。

最も一般的なものは、空間の周囲や高さ方向に多数のスピーカーを配置する方法です。音を精密に出し分けることで物理的に音場をつくります。頭を動かしても音の位置が変わらず、複数人で同時に体験できることが利点ですが、設置には広い場所とコストがかかります。

このスピーカー配置型の中で代表的な技術が、「パニング」と「アンビソニックス」です。パニングは古くから使われてきた方法で、複数のスピーカーの音量バランスを調整することで、位置を表現します。たとえば、2台を「100対0」で鳴らせば片側から、「50対50」なら真ん中から聞こえます。この原理を空間全体に拡張し、空間をスピーカーで三角形の網目のように覆い、その間に音の像を結ばせる技術です。

一方、アンビソニックスは、これとは発想が異なります。パニングがスピーカー同士の連携で「点」をつなぐ技術だとすれば、アンビソニックスは、空間全体の音を「数式」を用いて記述し、それをスピーカー群で再構築して一つの音場を描き出します。計算は複雑になりますが、すべてのスピーカーを協調させるため、特定のスピーカーの位置に依存せず、より自然で滑らかな立体感を生み出すことができます。

—様々な手法がある中で、豊田先生の研究の特徴について教えてください。

できるだけ多くの人に豊かな音体験を提供できるよう、「最小限のスピーカー数で、最大限のリアリティの実現」を目指しているところです。

理想を言えば、スピーカーを20台、30台と並べれば音場はより精密になります。しかし一般家庭のリビングや学校の教室に、それだけの機材を導入するのは現実的ではありません。



そこで私たちは、限られた設備で、いかに効率良く立体的な音環境を提供できるかを追究しています。パニングとアンビソニックス、それぞれの再現精度の違いを調査し、長所・短所を把握した上で、目的に応じて最適な手法を組み合わせる。これは単なる技術改良にとどまりません。立体音響のコストを下げ、導入のハードルを下げることは、新たな産業応用や市場の創出にもつながります。今はまさに、精度と実用性のちょうど良いバランスを探っているところです。

設計段階で「未来の音」を聴き、まだ見ぬ響きを確認

—単にすでにある音を再現するだけでなく、まだ存在しない空間の響きを予測する研究にも取り組んでいるそうですね。

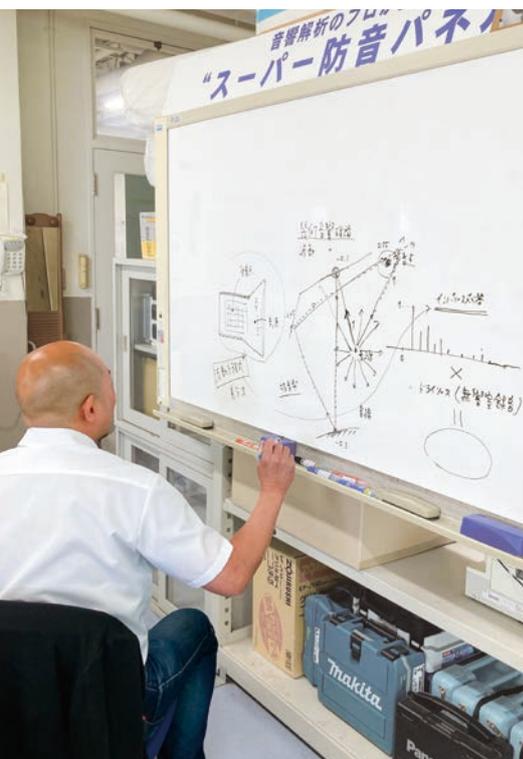
はい、そこが私たちの研究のもう一つの柱です。従来の立体音響技術は、実在するコンサートホールなどで録音した音を、別の場所で再現するものが中心でした。私たちは逆に、まだ存在しないホールの響きをコンピュータ上で予測し、体験できるようにしたいと考え、研究に取り組んでいます。

設計図ができた段階で、「この形状、この壁の材質なら客席でどう響くか」をシミュレーションし、実際に聴いて確認できる。これが立体音響シミュレータです。

—設計段階で建物の響きを体感できるとは、驚きです。

建築空間の響きは、形状や内装材、設計・施工の方法によってまるで別物になります。図面やCGを見れば、建物の形や色は視覚的に確認できますが、音の響きは完成してみないとわかりません。特にホールのような大空間では、音は広い周波数帯域であらゆる方向に放たれ、壁や天井で無数に反射を繰り返

特集2 未来を変える、新しい視点でSDGsを考える



返すため、その挙動を予測するのは至難の業です。

しかも建物が完成してから、「響きが悪い」と気付いても、修正はほぼ不可能です。音響の良し悪しは、ホールの価値を決定づける重要な要素。だからこそ、設計段階で「聴いて確認できる」ことの意義は大きいのです。その体験をもとに設計を見直し、より良いホールの建設に役立てていただく、そういったところで活用されることを期待しています。

速さと精度の両立へ理論を統合した新手法を確立

—それほど複雑な音の予測を、どのように実現しているのですか？

音のシミュレーションには、長年解決できないジレンマがありました。大きく二つの理論があり、その一つが「幾何音響理論」です。これは音を光のような「線」として捉え、壁に当たって跳ね返る経路を追跡する方法です。経路の長さから到達時間を、壁の材質から減衰を算出し、最終的に「インパルス応答」と呼ばれるデータにまとめま

す。これに響きのない環境で録音した声や楽器演奏を掛け合わせると、その空間での聴こえ方を再現できるのです。計算がシンプルで高速に処理できる反面、低音域のような複雑な挙動を十分に再現できないという限界もあります。

もう一つは、音を空気の「波」として扱い、波動方程式を直接解く「波動音響理論」です。音が壁の裏側に回り込む「回折」まで扱えるので精度は高いのですが、計算に膨大な時間がかかります。もし1万人規模のホール全体の音響を、この方法だけで正確に解こうとすれば、最新のスーパーコンピュータでも数ヶ月単位の時間がかかってしまうのです。

—「速いけど精度に欠ける」か、「正確だけど時間がかかる」か。究極の選択ですね。

その通りです。しかも厄介なことに、人間の可聴域は、20Hzの低音から20kHzの高音まで非常に幅が広い。低音は波長が長く、障害物を回り込む性質が強い一方、高音は波長が短く光のように直進します。このように挙動が全く違うものを、一つの理論だけで解こうとするから無理が生じるのです。

そこで私たちは、この二つの理論を組み合わせせたハイブリッド手法の開発に取り組みました。回り込みやすい低周波数帯は精密な波動音響理論で、直進性が強い高周波数帯は高速な幾何音響理論で計算し分ける。そして最後に、二つの結果を統合するのです。この方法により、大規模なホールでも現実的な時間で高精度な音響予測が可能になり、設計現場で実用できる段階へと近づいています。

プロの演奏家も認めた本物に迫るリアリティ

—計算上の数値だけでなく、人間の感性による評価も行われているのでしょうか。

もちろんです。いくら計算上の予測が正しくても、それを立体音響システ

ムで再生し、人間の耳で聴いて「リアルだ」と感じられなければ意味がありません。

検証のため、実験室に6台のスピーカーを配置し、仮想的な演奏空間を構築しました。この際、限られた設備でも効率よく音場を再現するため、音の方向を明確にするパニングと、空間を包み込む響きをつくるアンビソニックス、それぞれの利点を組み合わせた手法を用いています。そこにプロの演奏家を招き、実際に演奏していただく実験を行いました。

演奏家というのは、ホールの響きを敏感に感じ取り、無意識のうちに演奏方法を微調整するものです。響きが豊かなら音を切り気味に、響きが少ないなら音を伸ばすように、と。そこで、シミュレータで様々なホールの響きを再現しながら弾いてもらったところ、「違和感はほとんどなく、普段通りに演奏できる」という評価をいただくことができました。この成果は、シミュレーションが「プロの演奏家の感性」にも応え得る水準に達しつつあることを示しています。

—ここまで成果が積み重なってきた一方で、残されている課題はありますか？

最も難しいのは、「響きの良さ」という主観的なものをどう評価するかです。現在、シミュレーションで多様なパターンの音を再現できますが、「どれが本当にリアルなのか」を厳密に判定するのは容易ではありません。たとえば騒音であれば「何dB下がった」と数値で表せます。しかし、音楽やホールの響きは好みや感性の世界です。私自身はロック畑の出身で、バンドサウンドにはこだわりがありますが、クラシックの理想の響きを私一人の耳で判断するのは難しいと感じています。

だからこそ、まずは既存のホールを対象に、シミュレーションで再現した音と実際にホールで測定した音を比較し、物理的な誤差を検証して計算モデルの精度を高めています。その上で、

ホール設計の専門家に聴いていただき、「こちらの響きの方がリアルに近い」といったフィードバックを得ながら改善を重ねているところです。数値的な正しさ、聴感上の心地よさ。この二つをどう結びつけ、客観的な評価指標として確立していくかが、これからの大きな挑戦です。

もちろん、少ないスピーカーゆえの再現精度の限界や、シミュレーションならではの制約があるのは事実です。とはいえ、すべてを完璧にするよりも、手法を最適に組み合わせることで、コストパフォーマンスを最大化し、多くの方が満足できる、実用性とリアルさのちょうどよい落としどころを見出すことの方が、社会実装においては重要だと考えています。

建築から福祉、エンタメへ音が拓く未知の体験

—このシミュレータは、建築設計以外にどのような分野で活用できるのでしょうか。

建築設計の支援はもちろんですが、視点を広げれば、健康や福祉、文化の面でも大きな可能性を秘めています。たとえば、高齢や病気で遠出が難しい方が、自宅にいながらにしてウィーンやベルリンの有名ホールの響きに包まれる体験ができたらどうでしょうか。良質な音体験は心を豊かにし、心身の健康（ウェルビーイング）を支える力になります。

また、老朽化で取り壊される歴史的な劇場やホールの音環境をデジタルアーカイブとして残し、後世に伝えることも可能です。建物はなくなっても、その空間の響きだけは永遠に残す。これは文化継承の新しい形と言えるでしょう。

—エンターテインメント分野でも、広がり期待できそうですね。

VRやメタバースとの相性は抜群です。バーチャル空間でのアバター同士の会話で、相手との距離や方向に応じて音がリアルに変化すれば、没入感は格段に上がります。ゲームの中で背後から忍び寄る敵の気配を感じたり、ライブ配信で客席を自由に移動して「最前列の迫力」と「2階席の広がり」を

聴き比べたり。スポーツ観戦なら、スタジアムのグラウンド中央に立って、全方向から観客の大歓声に包まれる。そんな選手にしか味わえない体験も可能になるでしょう。

音楽と建築の融合から感性を育み、社会の未来を築く

—豊田先生のこれまでの歩みも、今の研究に影響を与えているのでしょうか。

大いに関係していると思います。実は高校時代からずっとドラムを叩いていて、大学でもバンド活動に明け暮れていました。家を建てる時には思い切っただけ防音室をつくってしまったほどで、今でもそこで演奏を楽しんでいます。

一方で、学生時代はもともと建築家志望でした。ただ、設計デザインのセンスに限界を感じて悩んでいた時、音と建築を結びつける「建築音響学」と出会い、「これだ!」と思いました。演奏者としての感性と建築学の視点、この二つが重なり合ったことが、今の研究の原点になっています。

—今後の展望をお聞かせください。

将来的には、家庭で気軽に楽しめる立体音響システムを実現したいですね。手頃な価格で提供することで、この技術を誰もが当たり前を使うインフラのような存在にしたいと考えています。

さらに、壁や天井そのものを振動させて音を出すような、新しい音のあり

方にも挑戦してみたいです。スピーカーが見当たらないのに、空間全体から音が聴こえる。SFのようですが、決して不可能な話ではありません。

それと同時に、私は長年、騒音予測の研究にも取り組んできました。音は楽しさを生む反面、生活の質を左右するシビアな要素でもあります。たとえば、保育園の園庭や公園で遊ぶ子どもの元気な声を「騒音」にせず、地域と共存させていくこと。そのために、空気や光は通すけれど音だけは遮断するような技術が実現できれば、子どもの健やかな育ちと地域の平穏を両立できます。こうした音の制御もまた、福祉や都市の快適性につながる重要なテーマです。

—音を通して、社会課題にもアプローチできるんですね。

ええ。音は人の心身に強く影響します。だからこそ、研究成果を社会に還元できる余地は大きいのです。まだ見ぬ未来の音環境を予測し、それを体験として共有できる。これこそが、立体音響シミュレータの最大の価値です。その技術は、人々の感性を育むと同時に、産業や地域の未来を支える力にもなるはず。これからも、誰もが豊かな音体験を享受できる未来を思い描きながら、研究を続けていきたいと思っています。



プロフィール

2011年4月より本学建築学科に着任。専門は建築音響工学、なかでも音響数値解析と騒音制御を得意とする。小中学校時代はバレーボールとバスケットボールに熱中。高校時代に軽音楽部に所属し、バンド活動をスタート。大学進学後は作曲なども手掛けるようになった。しかし、いまだに楽譜は一切読めない。車とバイクも愛してやまないが、残念ながら今はただの足となっている。

sabbatical experiences

sabbatical
体験記

sabbatical experiences



能力を誰かのために活かす場所 シドニーでの挑戦と学び

ほそみ りょうた
細見 亮太

化学生命工学部 生命・生物工学科 教授

脂質代謝から探るMS症状改善への道

2024年3月から2025年3月までの1年間、私は関西大学の学術研究員制度を利用し、オーストラリア・シドニーにあるWestern Sydney UniversityのNICM Health Research Instituteに滞在し、Edwin Lim先生とGenevieve Steiner-Lim先生のもとで研究活動を行いました。今回の留学先は、私が取り組んでいる研究テーマのひとつである「水産物由来成分がもつ健康機能の解明」に関連する研究環境を求めて選びました。私たちの研究室では、細胞や実験動物を対象とし

た研究しか実施できておらず、次のステップとしてヒトを対象とした研究に携わりたいと考えたためです。学術研究員期間中は、多発性硬化症（MS）患者を対象とした症状緩和効果に関する、プロバイオティクスのランダム化二重盲検プラセボ対照並行群間比較試験に参画し、試験で得られた血液試料中の脂質関連代謝物質の質量分析計を用いた定量解析に取り組みました。

MSは中枢神経系の慢性炎症性・神経変性疾患であり、患者によって症状はさまざまですが、感覚障害、運動や歩行の障害、視力障害などが比較的よ

く見られます。世界では約230万人がMSを患っており、その原因はまだ完全には明らかになっていませんが、神経細胞の軸索を覆うミエリンが障害を受けることが共通して見られています。ミエリンは主に脂質から構成されているため、血清中の長鎖脂肪酸組成の変化がMSと相関していることが報告されています。多くの疫学研究においては、飽和長鎖脂肪酸を多く含む食事はMSと負の相関があり、一方で、高度不飽和脂肪酸を多く含む食事はMSの発症リスクを低下させ、症状を改善する可能性が示唆されています。そこで、プ

ロバイオティクスの摂取によるMS症状の緩和と相関する脂質関連代謝マーカーを探索するため、ガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用いて血清中の長鎖脂肪酸を網羅的に定量する方法を確立し、この方法を用いてサンプル中の代謝物の定量を試みました。

分析技術そのものは日本である程度立ち上げていたため、大きな問題はないと考えていましたが、実際には英語でのコミュニケーションや研究体制の違いにより、実験の立ち上げに想定以上の時間を要しました。GC-MS分析に必要な前処理であるメチルエステル化を水存在下で反応可能な条件の検討を行い、さらにGC-MSの測定条件についても検討を重ねました。その結果、計37種類の長鎖脂肪酸を同時に定量可能な方法を確立することに成功しました。加えて、それぞれの脂肪酸の検出限界値・定量限界値、および定量可能な濃度範囲を決定しました。確立した方法を用いて、本臨床試験で得られた血清試料の分析を実施し、検出された22種類の長鎖脂肪酸の濃度を定量しました。

試行錯誤と失敗を重ねながらも、最終的には予定していたデータを収集できたことは、最低限の成果であったと感じています。現時点では実験群の情報が未開示のため、結果の解釈は今後に委ねられますが、収集したデータが研究の進展につながることを期待しています。

私がシドニーを選んだ理由

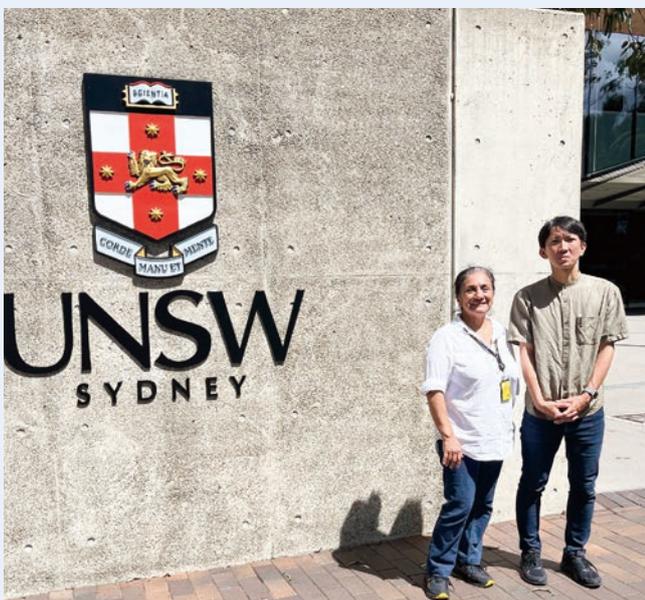
家族とともに渡航することを考えていたため、治安や教育環境（日本人学校があること）が整っている国として、まずオーストラリアが思い浮かび、最終的にオーストラリアを選びました。オーストラリアの3つの都市（シドニー、メルボルン、パース）の中で、自分がやりたいことができる研究環境を探していたところ、共同研究者の知り合いであった Macquarie University の Edwin Lim 先生（現 Jena University Hospital）と面談する機会がありました。面談後に私の履歴書を送ったところ、「君の研究には臨床研究が足りていない。もしよければ、うちに来ないか」と連絡をいただきました。Edwin 先生に詳細を尋ねると、「自身の臨床研究チームに脂質分析ができる研究者を加えたいと考えていて、それは君のキャリアアップにも貢献できると考えたからだ」と伺いました。当初は、学術研究員期間中に新たな研究内容や実験技術を習得したいと考えていましたが、自分の能力を他の研究者のために役立てたいという思いが強まりました。そのため、当初の計画を変更し、Edwin 先生が研究員として所属し、脂質分析に必要な機器が整っていたシドニーの Western Sydney University の NICM Health Research Institute で研究に取り組むことを決めました。



シドニーでの生活

私は妻と子ども2人とともにシドニーへ渡航しました。渡航直前に内見もしないままアパートを契約したところ、エアコンも付いておらず、下の住人のベース音が一月中響き、大雨の際には激しく雨漏りする部屋でした。こんな家でも、家賃は日本の3~4倍でした。1年間の生活でしたが、いろんな経験ができて、今となっては、それも非常に良い思い出です。

オーストラリア滞在中に最も印象に残ったことのひとつは、スーパーマーケットにおける生鮮食品の充実ぶりです。私は主に Woolworths や Coles といった大手チェーンを利用していますが、どの店舗も広々とした売り場に、新鮮な果物や野菜、精肉、鮮魚が豊富に並び、その量と質の高さに毎回驚かされました。青果コーナーには、多民族国家らしく日本ではあまり見かけない種類の野菜や果物が並んでおり、品ぞろえの多様さを強く実感しました。特に、オーストラリア産のバナナやブルーベリーは鮮度が際立っており、滞在中しばしば購入した印象深い食品でした。また、オーガニック認証を受けた農産物も広く取り扱われており、健康志向や環境意識の高い消費者に対応する姿勢が見て取れました。精肉売り場では、グラスフェッド（牧草飼育）やオーガニック認証の牛肉・ラム肉が明確に区分されており、消費者が自らの価値観やライフスタイルに合わせて商品を選べる工夫がされていました。さらに、一部の店舗ではドライエージング庫を備えており、肉の質へのこだわり。



The University of New South Walesにおいて、液体クロマトグラフィー質量分析計の使用方法について Sonia Bustamante 氏からご指導いただいた。

Sabbatical 体験記

オーストラリアに持って行って 役立つアイテム

子供の学用品（オーストラリアに子供の学用品はあまり売ってなかった）

オーストラリアになくて 困ったアイテム

日本製のラップ（オーストラリアのラップは質が低い）



わりと食文化の成熟度を感じさせました。魚介類については、冷凍での販売が多いと思っていましたが、実際には氷の上に並べられた白身魚やサーモンなどの鮮魚も販売されており、驚きました。また、シドニーにはアジア系の食材店に加え、日本食材専門店もあり、日本産の米や調味料、菓子類なども容易に入手できたため、日常生活において食の面で不自由を感じることはほとんどありませんでした。

他に驚いたこととしては、都市部であっても自然公園や野生動物がすぐ身近に存在していたことです。シドニー中心街を少し離れるだけで自然に触れられる場所があり、近所をランニングしていた際にカンガルーと出会うこともありました。オーストラリアの人たちは自然を排除するのではなく、野生生物と同じ空間を共有しようと工夫し

ており、自然と共生する姿勢が生活の随所に感じられました。これは日本ではなかなか体験できないことであり、日常の中で自然の豊かさを実感できる環境は大変新鮮でした。

オーストラリアの人たちは他者に非常に親切で、心に余裕があるという印象を受けました。困っていると自然に声をかけてくれる場面が多く、互いに助け合う文化が根付いていると感じました。特に印象に残っているのは、私たち家族がシドニーに到着した際、Edwin 先生がご多忙の中空港まで迎えに来てくださり、その後の部屋の引き渡しや銀行口座の開設、日本人の友人の紹介など、生活の立ち上げに必要なことをすべて手伝ってくださったことです。

このような文化に触れることは、研究以外にも学ぶべきことが多くあり、人としての視野を広げる貴重な経験になったと感じています。

多様な出会いが導いた新たな目標

研究者の目標として本質は外れているかもしれませんが、直近の目標は、海外の研究者と共同研究できる研究者になることです。これまでは日本以外で研究や生活をした経験がなく、英語

にも強い苦手意識があったため、学術研究員になることも多くの先生に背中を押されてようやく踏み出せたほどで、海外との共同研究を意識したことはありませんでした。しかし、多様な国籍の研究者と出会い、それぞれの独自の発想や論理展開に触れることで、大きな刺激を受けました。日本人にはない柔軟な視点や研究の進め方に驚かされ、研究の幅広さと可能性を実感しました。自分の得意とする実験技術をさらに磨き、英語力も大幅に向上させることで、海外の研究者と対等に議論し、協働できる研究者を目指したいと考えています。

関西大学科学技術振興会 TOPICS

関西大学科学技術振興会は、先端科学技術推進機構と本会会員の発展・向上を目的とし、関西大学における研究活動とその成果を広く産業界に紹介し、新産業創出などの科学技術の発展に寄与しています。

■ 創立60周年記念 大阪・関西万博見学会および記念式典 (2025年度 第3回研究会) 8月5日(火)

関西大学科学技術振興会は、今年度、創立60周年を迎えたことを記念し、大阪・関西万博「大阪ヘルスケアパビリオン」内「リボンチャレンジ」への関西大学の出展初日に合わせた記念見学会を開催しました。当日は猛暑にも拘わらず、39名の会員の皆様にご参加いただきました。関西大学に関わる新たな技術に触れることのできる見学会となり、楽しいひと時となりました。

また、第2部として、アートホテル大阪ベイタワーにて「創立60周年記念式典」も開催し、総勢44名の方々にご参加いただきました。

式典では、会長の西村哲郎氏からの開催挨拶の後、関西大学 高橋智幸学長をはじめ、先端科学技術推進機構長の鶴田浩章先生から祝辞を頂きました。また、特別ゲストとしてご参加いただいた青山学院大学教授、大阪・関西万博シグネチャーパビリオン「いのち動的平衡館」プロデューサーの福岡伸一先生からも祝辞を頂戴しました。

これもひとえに会員の皆様方、関西大学の先生方のご支援・ご尽力があつてのことと存じます。



■ 2025年度第4回研究会を開催 11月29日(土)

2025年度の第4回研究会は、秋晴れの中、関西大学千里山キャンパス校友・父母会館2階会議室にて開催し、30名の方々にご参加いただきました。環境都市工学部 楠見晴重特別任命教授より、2024年度学の実化賞受賞記念講演として「京都盆地の地下水適正利用と保全に向けた技術に関する一連の研究」ならびに、システム理工学部長 梶川嘉延教授より、2026年4月から新設されるグリーンエレクトロニクス工学科のご紹介をいただきました。

楠見特別任命教授による研究は、現在まで脈々と受け継がれた古都京都の地下水の大切さとその保全に向けたものであり、また、新学科 グリーンエレクトロニクス工学科もこれからの社会に必須と言える学科であり、参加者の皆様は興味深く耳を傾けておられました。



環境都市工学部 楠見 晴重 特別任命教授



システム理工学部長 梶川 嘉延 教授

関西大学科学技術振興会の詳細はホームページに掲載中です！ぜひアクセスしてください！ ▶▶▶





Editor's note

本号では、社会実装が期待される環境技術の開発に携わられている、田中俊輔先生と豊田政弘先生の研究に着目して特集を組みました。1つ目の特集では、2025年のノーベル化学賞受賞のニュースでも印象深いMOF研究、特に低コストかつ省エネルギーでの二酸化炭素吸着を可能にした本学オリジナルの「シン・ゼオライト」について、田中先生に語っていただきました。2つ目の特集では、三次元的な音の広がりや研究する、立体音響技術について、豊田先生に語っていただきました。音楽鑑賞などの良質な音体験の実現のみならず、騒音の予測についても研究されており、重要な環境技術となることが期待されます。また、sabbatical体験記では、細見亮太先生にオーストラリアでの研究生生活を紹介していただきました。細見先生の専門である脂質分析に試行錯誤されるとともに、シドニーでの生活、オーストラリアの文化についても記載されています。今後のご活躍が楽しみです。

引き続き皆様への価値ある情報提供を目指していきますので、お読みいただいた感想・意見をお寄せください。今後ともRe:ORDISTをよろしくお願いたします。(TS)

Re:ORDIST

Vol.51 No.2

2026

関西大学先端科学技術推進機構
先端機構ニュース 通巻第182号

2026年3月18日発行

発行者：関西大学先端科学技術推進機構

大阪府吹田市山手町3-3-35

E-mail: sentan@ml.kandai.jp

Web: www.kansai-u.ac.jp/ordist

