

Re:ORDIST

Organization for Research and Development of Innovative Science and Technology

CONTENTS

研究拠点として、さらなる先をめざして ————— P.1
先端科学技術推進機構長 鶴田 浩章

Pick up research ————— P.2

INTERVIEW

カーボンニュートラル 実現の鍵となる

新たなケミカルリサイクル技術を追究

環境都市工学部 エネルギー・環境・化学工学科
教授 三宅 孝典

NEXT RESEARCHER ! ————— P.6

システム理工学部 数学科 准教授 上原 悠慎

Cross ————— P.9

「引き算の科学」が切り拓く 微生物菌叢の機能研究

化学生命工学部 生命・生物工学科 准教授 岡野 憲司
産学官連携コーディネーター
(先端科学技術推進機構担当) 異 俊二

研究員図鑑 ————— P.13

システム理工学部 機械工学科 准教授 佐藤 知広

研究拠点として、さらなる先をめざして

本年度より、先端科学技術推進機構の機構長を務めております、環境都市工学部の鶴田と申します。これまで4年間、副機構長を務めてまいりましたが、今後は機構長として棟安前機構長をはじめとするこれまでの機構長の方々のご努力を引き継ぎ、精一杯、務めさせていただきますので、よろしくお願いいたします。

さて本機構は、ご承知のとおり、学内外の研究者・機関との共同研究、プロジェクト研究、および多様な形態の産学官連携活動を行う全学組織であり、旧・工業技術研究所から半世紀を超える歴史を持ちます。文部科学省のプロジェクトだけを取り上げてみても、ハイテク・リサーチ・センター整備事業、学術フロンティア推進事業から始まり、産学連携推進事業、私立大学戦略的研究基盤形成支援事業を経て、私立大学研究ブランディング事業に至るまで多数のプロジェクトを実施してまいりました。これは、ひとえに関西大学の研究力の高さの表れであり、社会的にも高い評価を得ております。その他にも多数の公的資金も獲得しており、一般企業との共同研究も多数実施してまいりました。産学官連携活動の重要性が強調されるなか、このことは学是である「学の実化」を体現する関西大学の力というものを示していると思います。

また、その成果の発信も本機構の重要な役割の一つだと考えております。特に学内の理工系研究者の研究シーズと研究成果の公表を目的として、例年、「関西大学先端科学技術シンポジウム」を開催し、学内外の多くの方々にご参加いただいています。他にも、東京センターを利用した各種講演会や研究部門別発表会など、場所や時期を多様化することでより多くの方に、成果を知っていただくことを目指しています。この“Re:ORDIST”も情報発信のための重要なツールの一つです。年2回の発行ではありますが、皆様に目を通していただけることを目標として、ビジュアルな誌面作りに取り組んでまいりました。幸いにも、本機構研究員のユニークな研究内容をタイムリーにご紹介できているのではないかと考えております。

一方、本機構をとりまく環境は必ずしも順風満帆というわけではありません。本機構にとって大きな柱であった文部科学省のプロジェクトは、ブランディング事業の終了に伴い、先が見通せなくなってきております。これまで、これらのプロジェクトを通じて整備・維持されてきた研究施設・設備を今後どのように維持管理していくかという

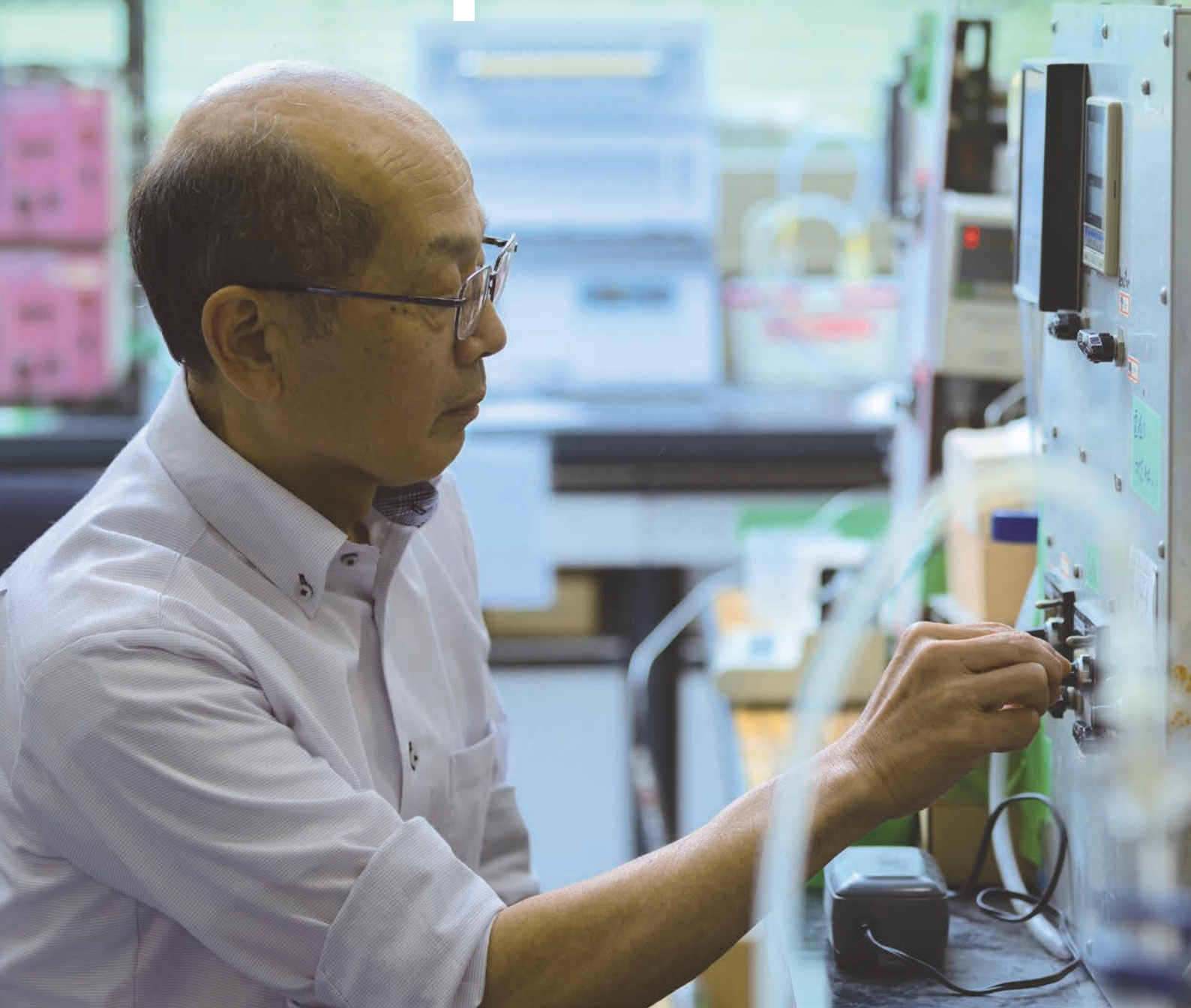
ことは、現在の喫緊の課題となっております。また、それに伴い様々な外部資金を獲得することもこれまで以上に重要となってきます。そのために本機構では研究会・研究グループを活用して支援を行うしくみを構築してまいりました。しかし、さらに強力に支援を推し進めるには、これまでの枠組みにとらわれない新たな仕組みを構築していくことも課題であると考えております。その一取組として、2023年4月より「戦略研究総合センター（2012年度開設）」は、本機構の研究員が実施する様々なプロジェクト研究を推進させるとともに、各研究における研究基盤を形成させるためのしくみづくりを戦略的に推進する目的で「戦略的研究推進センター」に名称を変更して事業内容を見直し、新たな活動を開始しています。

いずれにしても、機構長や副機構長、運営委員会のメンバー、事務職員だけでこれらの課題を解決することができないのは明らかです。これらの解決のためには、本機構研究員の皆様、科学技術振興会の皆様や本機構に関連する皆様のご理解とご協力が不可欠であり、我々もより一層の努力をしておりますので、皆様にはこれまで以上のご支援をいただければ幸いです。



先端科学技術推進機構長 鶴田 浩章
TSURUTA Hiroaki

Pick up research



カーボンニュートラル実現の鍵となる 新たなケミカルリサイクル技術を追究

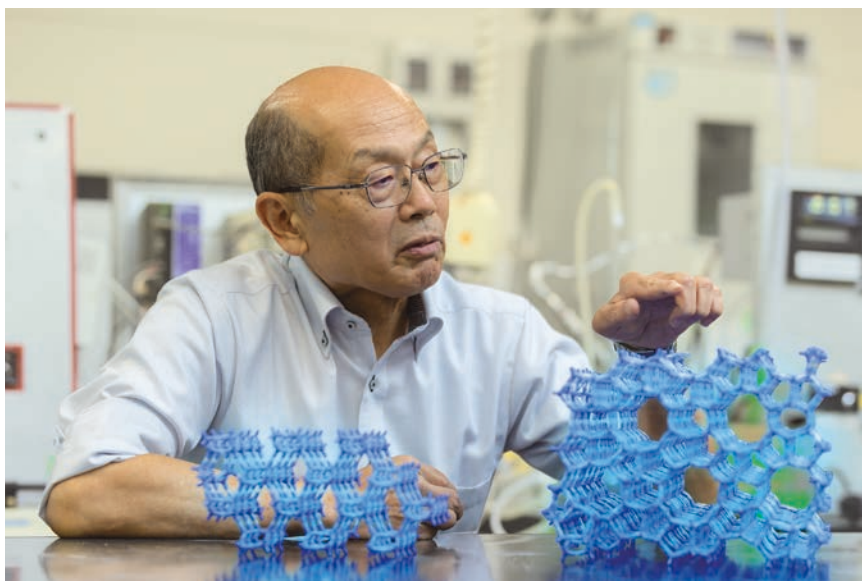
地球温暖化に歯止めをかける方策の一つとして、近年、使用済みプラスチックを新しいプラスチック製品を作るための原料として再利用するケミカルリサイクルが注目を集めています。一部で実用化されているとはいえ、普及には解決すべき課題が山積みのケミカルリサイクル。三宅孝典教授はさらに実用的・効率的にプラスチックを再生する「二段階プロセス」のリサイクル技術の創出を目指し、研究を進めています。

み や け た か の り
三宅 孝典

環境都市工学部
エネルギー環境・化学工学科 教授

— まず、プラスチックリサイクルの現状と課題についてお聞かせください。

プラスチックのリサイクルには、プラスチックの端材あるいは使用済プラスチックをそのまま利用するマテリアリサイクル、回収したプラスチックを燃焼させて熱や電気のエネルギーを回収するサーマルリサイクル、そして、化学的変換を伴うケミカルリサイクルがあります。日本では、サーマルリサイクルが主流ですが、燃焼により二酸化炭素を排出してしまうため、欧米ではプラスチックのリサイクルとは認められていません。マテリアリサイクルのできるプラスチックは、汚れていないものでないといけませんので、その量を増やすにはおのずと限界があります。



ゼオライトの細孔内で、プラスチックの熱分解で得られる原料を高付加価値化合物に変換

そこで近年、注目されているのが、プラスチックの化学結合切断を伴うケミカルリサイクルです。例えば、回収したペットボトルを加水分解によりもとのテレフタル酸とエチレングリコールに分解し、再度重合によりペットボトルやポリエステル繊維とする、あるいは、お刺身のトレイなどに使用されているポリスチレンを熱分解して約60%の収率で元のスチレンを回収し、それを再度重合するといったリサイクルがあります。

現状では、プラスチックのケミカルリサイクルは技術的に可能であり、いく

つかの商業化されたプロセスが存在します。これらのプロセスは、熱分解、触媒を使用する接触分解など、様々な方法を使用してプラスチックを分解し、モノマー単位（重合反応において重合体を構成する基本的な単位）に戻します。その後、これらのモノマーは新しいプラスチック製品の原料として使用されます。

— お話を伺うと、ケミカルリサイクルはカーボンニュートラルに寄与する「夢の新技术」のように思われます。

いえ、実際にはまだまだ解決しなければならない課題が山積しています。ケミカルリサイクルで難しい点の一つは、様々な材質、形態、汚染度のいわば

のは困難を極めます。

一方で、プラスチックのケミカルリサイクルは、カーボンニュートラルの視点から見ると非常に有望な方法で、プラスチックのケミカルリサイクルによって、新たなプラスチック製品を作る際の石油資源の使用量を削減できます。また、廃棄物の減少にも寄与し、廃棄物処理に伴う温室効果ガスの排出量を軽減することができます。

— ペットボトルのように、単一のプラスチックを使えば、ケミカルリサイクルがより容易に実現できるのではありませんか？

ペットボトルは石油を原料とした「ポリエステル（ポリエチレンテレフタレート）」という樹脂から作られます。軽くて丈夫なうえ加工しやすく、様々な飲料や調味料の容器として利用されています。しかし、ペットボトルが大量に廃棄されることが、次第に深刻な問題となっていました。特に家庭ごみのうち約6割は、ペットボトルをはじめとした多様な容器や包装です。こうした状況を受けて、家庭から出る容器包装のごみをリサイクルする「容器包装リサイクル法」が1995年に制定されました。この法律により、消費者には分別排出が、市町村には分別収集が求められ、ペットボトル製造業者はリサイクルを行うことが義務づけられました。日本では回収の起点となる消費者の分別協力があるからこそ諸外国に比べてはるかに高い90%台の回収率を維持することができるのです。

つまりペットボトルに関していえば、マテリアリサイクルのシステムが確立されている。そこに割って入るよりも、多少汚れていても、また種類が異なってもプラスチックの原料を生成できる可能性があるケミカルリサイクルの開発をターゲットにしました。

— 先生はどのようなアプローチで、課題を克服する革新技术の実現を目指しておられるのですか？

回収されるプラスチックが混合物であるため、それをそのまま付加価値の

混ぜ物のプラスチックが回収されることです。また、あちこちに分散した状態で使用されたプラスチックをどう回収するかも課題です。前者では、例えば歯磨きの入った容器はラミネートチューブであり、単一のプラスチックでできているわけではありません。ポリエチレンやポリエステル等の複数のプラスチックが積層されてできています。また、薄いアルミニウムシートが入っていることもあります。この様な汚れや添加物を含んだプラスチックの混合物が回収されてきますので、これを限られた種類の付加価値の高い化合物に変換する



接触変換用小型反応装置

高い化合物に変換するのは困難と考えています。そこで、少しくらい汚れがあっても、また、添加物が入っていても、一旦熱分解して炭素数の少ない炭化水素に分解し、次に触媒を利用して有用な化合物に変換する二段階プロセスを想定しています。最初の過程は熱分解なので、分解温度や時間などで制御できます。そこで、この研究の一番ポイントとなるのは、得られた分解物を付加価値の高い化合物に変換する二段目の触媒の開発になります。

リサイクルで付加価値の高い炭化水素としては、エチレンやプロピレンなどのオレフィン類、また、ベンゼンやキシレンなどの芳香族化合物が挙げられます。これらを目的に、金属触媒の探索や酸触媒としてゼオライトを検討しています。ゼオライトは、多孔質な構造を持つ無機化合物です。これに触媒として高い活性を示す白金を担持し、より効率的な触媒を開発するための基礎研究を進めているところです。ゼオライトは特殊な構造を持つ無機化合物であり、その微細な孔構造によって分子を取り込むことができます。白金は触媒として働き、化学反応を促進する力があります。この二つの機能を使う

ことで、プラスチックを分解し、原料となる化合物に戻すことができます。

リサイクルプラントにおける具体的なプロセスとしては、まず廃棄物となったプラスチックを適切な処理によって粉碎し、それを熱分解し、次いで二段目の工程に悪影響を及ぼすものを除去します。そして残った混合物を、白金を担持したゼオライト触媒に導入します。触媒の作用により、混合物が付加価値の高い再利用可能な成分に変換されます。この「再利用可能な成分」まで戻することで、再びそれを使って製造したプラスチックの物理的な特性や化学的な安定性は、リサイクル前のプラスチックと同等になります。

実験室ではプラスチックを熱分解したモデル化合物を、白金を担持したゼオライト触媒に供給し、3～5時間かけて経過を観察し、求めている石油化学原料がどの程度の割合で生成するかを分析しています。白金担持率や原料の供給速度など、幾つかのパラメータを変えながら、根気よく実験を繰り返しています。

ただし、この技術には課題も存在します。触媒の使用やプラスチックの処理にはエネルギーが必要であり、その供給方法や負荷についても考慮する必要があります。また、ゼオライトと白金は高価な材料であり、その調達や再利用にもコストがかかります。たとえば白金ですが、ロシアのウクライナ侵攻や円安などの影響もあり、昨年より8%近く高騰しています。また、反応装置の設計や操作条件の最適化も重要な課題です。

さらに、基礎的な研究で有効な成果が得られた後も、この技術の実装

には産業規模での展開やインフラ整備が必要です。現在のプラスチックリサイクル施設や廃棄物処理施設とは異なる設備やプロセスとなるため、これらのインフラの整備をどのように進めるかも考えなければなりません。

—— 先生がケミカルリサイクルに知り組もうと思われたのはなぜですか。

一番の理由は「時代の要請」です。気候変動が深刻化し、地球温暖化を防ぐ科学技術が待望されています。私が所属する幾つかの学会でも、カーボンニュートラルに資する研究に本腰を入れようという機運がここ数年で非常に高まってきました。日本では原油の大半が、ガソリン、軽油、重油など燃料として消費されています。石油化学原料として用いられる原油は1割強程度です。この数字だけから見れば、プラスチックの再資源化よりも、ガソリンの消費を減らす技術開発の方がはるかに効果的、ということになります。しかし一旦生産されたプラスチックは半永久的に残り、蓄積されていきます。ご存じの通り、プラスチックによる海洋汚染は世界中で深刻な問題となっています。国連環境計画（UNEP）によると、2050年には海のプラスチックごみが魚の量を上回ると予想されています。これを防ぐには、できるだけプラスチックを新たに作らない、即ちリサイクルが必要なことは明白です。

そしてもう一つ、これは個人的なことですが、私自身が50年ほど前にケミカルリサイクル的なアイデアを思いついていたことも理由に挙げられます。1973年10月、中東の産油国が原油

Column

企業で研究員をしていた頃、かなりの量の論文や専門分野の文献を読み漁りました。定期的に図書館に通って気になる論文をコピーして読んでいました。積み上げたままのものも多くありましたが、時間が経って思い出して読んだものもありました。私の経験からいうと、「ひらめき」は、バックグラウンドがあるからこそ出てくるものです。読んだ文献が読んですぐ役立つなんてことはあまり記憶にないですね。それどころか、今に至るまで役立っていないものの方が圧倒的に多いでしょう（笑）。一見無駄なようですが、この「無駄」こそがバックグラウンドを形成するのだと私は思っています。ですから私は学生の皆さんにも「無駄をいっぱいしなさい」とよく話すんですよ。

大学に籍を置いてからは、研究、教育、あれやこれやで「無駄な時間」を作るのが難しくなって、しかも論文などもネットで簡単に検索・閲覧できるようになって、図書館を訪れる機会はめっきり少なくなりました。その代わり、というわけでもないのですが、出張の折などに乗り物の中で英語の推理小説を読んでいます。なぜ推理小説かというと、しばらく時間がたって読み始めても、既読部分とのつながりがすぐ頭に浮かぶんですね。「謎解き」という流れが一貫していますから。そうして読み進めていると知らない単語が出てくる。それが何度も出てくると、きっと重要な単語なのだと目星をつけて意味を考えてみる。辞書で調べてみる。これがまあ、私の唯一の趣味と言えるかもしれません。

価格を70%引き上げたことから、日本が「狂乱物価」といわれるようなインフレに見舞われました。沢山の人たちが買占めに走り、トイレトペーパーが店頭から消えるといった騒ぎもありました。当時高校生だった私は、「プラスチックは石油からできているのだから、プラスチックを石油に戻せばいいじゃないか」と思いついたのです。尤も当時は、プラスチックを石油（製品）に戻す技術も、そうした技術に対するニーズもありませんでした。無論その当時、「私がプラスチックから石油を作ってみせる」などと「大志」を抱いたわけではありませんが（笑）。物理、数学、化学といった理系の科目が好きだったので、何となく工学部を志望し、大学では石油化学の分野を専攻しました。卒業後、化学メーカーの石油化学部門で石油から得られるエチレンやプロピレンといった石油化学の基礎原料を効率よく使用するための基礎研究に携わり、その後、大学で20年以上、研究・教育を続けてきました。そして、これまでの研究者としての歩みを振り返り、集大成として高校時代の「原点」に思いを馳せて、ケミカルリサイクルに取り組んでみようと考えたわけです。

—— 企業ではどのような研究開発に携わっておられたのですか？

東洋曹達工業株式会社（現、東ソー株式会社）で18年間、ベンゼンから一段でフェノールを作る方法など、石油化学の基礎的な技術開発に取り組んでいました。ベンゼンからフェノールを作る方法としては、クメン法と呼ばれるものが一般的です。ベンゼンとプ

ロペンを触媒の存在下で反応させ、クメン（イソプロピルベンゼン）を生成します。クメンを酸素で酸化すると、クメンヒドロペルオキシドが生成される。クメンヒドロペルオキシドを希硫酸で分解すると、フェノールとアセトンが生成される。3段階法ですね。これを1段階で成し遂げることに成功したりもしました。かなり画期的な成果であったと思いますが、結果的にはその手法を生産現場にすぐさま導入しようということにはなりませんでした。触媒の寿命や生産設備への投資など様々な検討を経て、採算性の観点から導入は見送られました。

これは大学での研究活動でも言えることですが、特に私の行っているような基礎研究の分野では、画期的な成果が即、実用化されるとは限りません。ケミカルリサイクルにしても、その技術が普及するかどうかは広い意味での社会の在り方に左右されるはずです。しかしだからと言って、「我々は基礎研究をやっているのだから、実験室で成果を上げればそれでいい」ということにはなりません。社会に受容されやすい、導入が容易で、採算性が高く、環境に負荷をかけない技術を目指す姿勢は保ち続けなければと思っています。

—— 今後の展望についてお聞かせください。

これまでにお話ししてきたことと相反するようですが、私は、ケミカルリサイクルが本当に成り立つのかどうかも今一度考えてみる必要があると思っています。リサイクルと言えば聞こえはいいのですが、それがエネルギー的に

意味のあるものなのかどうか。この辺も含めて明らかにしていきたいですね。

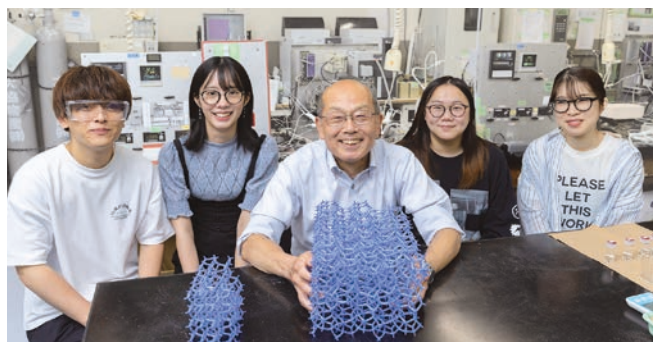
付け加えるなら、リサイクルを経済的に成り立たせるのは非常に難しいことです。たとえばプラスチックのケミカルリサイクルにしても、自治体は集めたプラスチックを、お金を払って業者に引き取ってもらいます。住民の皆さんは分別収集という手間を引き受けるだけでなく、間接的にリサイクルコストを負担しているわけです。経済的合理性だけを追究し続けて地球温暖化がこのまま進行すれば、経済以前に私たちの生命が脅かされることになります。とは言え、カーボンニュートラルを錦の御旗に、人々にいたずらに負担を強いるようなリサイクルシステムは定着しません。社会的負担をできるだけ抑えながら、環境負荷をより効率的に軽減する、その兼ね合いが大切だと思います。

ケミカルリサイクルは、石油化学や触媒化学の分野では多くの方が取り組まれています。世界で見れば欧米を中心に、すでに年間数万吨の生成物を得る小規模な装置は動き始めています。石油からポリエチレンなどのプラスチックを作る場合には、何十万吨と言うスケールですが、それだけの生成物が得られるプラスチックを一か所に集めるのは難しいと思います。従って、数万吨規模のスケールであってもコスト的に見合うコンパクトなプロセスを確立しなければならぬと考えています。

私たちの研究は、スタートして日が浅く、まだアピールできるような成果がある訳ではありませんが、カーボンニュートラルに少しでも貢献できるように学生と一緒に努力していくつもりです。

PROFILE 三宅 孝典 MIYAKE Takanori

日頃、教え子たちに「無駄をいっぱいしなさい」と説いておられる三宅先生に、「学生さんを指導していて、一番楽しいのはどんな時ですか」と伺ってみました。先生の答えは「学生が、実験で変わったデータを出してくれた時」「こんなことが起きました」と学生が、本来ありえないようなデータを持ってくるとワクワクする、と先生は言われます。「無論、間違い、失敗のケースが圧倒的に多いですよ。でも実験においては、失敗したデータも立派なデータ。失敗から『次はこうしよう』という展望が開けることもある。学生たちに、そんな姿勢を学び取ってもらえればうれしいですね」。



NEXT RESEARCHER!



上原 悠模
UEHARA Yuma
システム理工学部
数学科 准教授

急激な変化を遂げる時代の中で、 「時間」が語る統計理論・手法を開拓する

1 研究のテーマは何ですか？

株価や生体信号といった時間に依存する現象を、数学的に表現する1つの候補である確率過程、特に飛躍をもつものを対象とし、その統計理論を研究しています。加えて、実用的な確率過程のシミュレーション手法の研究および実装を行なっています。

2 今の研究テーマを研究するきっかけは何ですか？

計測機器やコンピュータの発展により、時間に依存する現象から膨大な時系列データを得ることができるようになり、長期間の観測だけでなく高頻度での観測が可能になりました。以前から金融商品の高頻度取引に興味があったため、高頻度時系列データから情報を得るための確率過程の統計理論の研究を始めました。

3 研究が進み成果が出たら、どのようなことが期待できますか？

昨今の急激な社会情勢の変化から、長期間の観測では古いデータの構造と新しいデータの構造が大いに異なることがあります。短いスパンであっても高頻度で観測されたデータから情報を得ることができる現在の研究テ

マが進むことにより、背後にある現象の各期間ごとの構造変化や、普遍的特徴を抽出できる新しい手法を得ることが期待されます。

4 現在の研究を進める上での課題は何ですか？

飛躍をもつ確率過程と一口に言ってもその確率的構造は様々であり、統計理論が未開拓のものも多くあります。また、理論的に正しいシミュレーション手法でも、コンピュータに実装した際の計算時間の遅さや近似精度の悪さが見受けられる点が課題です。

5 5年後の研究進捗目標を教えてください。

複数高頻度時系列間の関連性をより鮮明に捉える統計手法を構築したいと考えています。また、研究で得られた統計手法をプログラム言語のパッケージとして実装し、広く利用できる環境を構築したいと考えています。

6 関西大学に着任されたのはいつですか？

2020年4月です。

7 研究する上でのモットーは何ですか？

粘り強く考えること。



先端機構 News & Topics

第28回

関西大学 先端科学技術 シンポジウムを 開催します。

受賞者紹介



公益社団法人日本都市計画学会関西支部
2022年度関西まちづくり賞奨励賞受賞

環境都市工学部 木下 光 教授

研究テーマ 「CMR・ECI方式によるやぶ市民交流広場YB
ファブにおける開かれた計画・設計・施工・運営
のプロセスとそのまちづくり貢献」



地盤工学会 令和4年度地盤工学会関西支部賞
(社会貢献奨励賞) 受賞

社会安全学部 小山 倫史 教授、近藤 誠司 教授

研究テーマ 「福井市高須町における局所雨量観測データを用
いた土砂災害発生危険度の分析およびその住民
の早期警戒・避難に向けた利活用に関する検討」



地盤工学会 令和4年度地盤工学会関西支部賞
(地盤技術賞) 受賞

社会安全学部 小山 倫史 教授 他

研究テーマ 「土壌雨量指数を用いた国道における新たな異常
気象時事前通行規制の提案および検証」



一般社団法人日本熱処理技術協会
学術功績賞(林賞) 受賞

化学生命工学部 西本 明生 教授

研究テーマ 「プラズマ表面熱処理技術の研究開発」

メインテーマ

「AI時代の研究と教育」

【日時】 2024年1月25日(木)、26日(金)

関西大学先端科学技術推進機構では、本機構内で取り組む1年間の研究成果を取りまとめ、広く社会、企業、産業界に発信する場として、毎年シンポジウムを開催しています。

第28回目となる今回は「AI時代の研究と教育」をメインテーマとし、4年ぶりとなる対面形式により開催いたします。

特別講演をはじめ、招待講演や約100件にもおよぶポスターセッションも開催いたします。

シンポジウムの詳細については、12月上旬にウェブサイトにてお知らせします。多くの方のご参加を心よりお待ちしております。



日本バイオレオロジー学会 岡小天賞受賞

システム理工学部 関 眞佐子 教授

受賞理由 「バイオレオロジー分野での顕著な研究成果」



公益社団法人日本ビタミン学会
2023年度 日本ビタミン学会 学会賞受賞

化学生命工学部 老川 典夫 教授

研究テーマ 「含硫含セレンアミノ酸・ペプチド代謝に関連する
酵素の存在、特性、機能ならびに補酵素の役割に
関する研究」



一般社団法人日本接着学会 学術賞受賞

化学生命工学部 河村 暁文 准教授

研究テーマ 「界面化学的手法を利用した機能性ナノ材料の
設計と応用に関する研究」



ISSAT International Conference on
Reliability and Quality in Design
Best Paper Award 受賞

総合情報学部 井上 真二 教授 他

研究テーマ 「Optimal Maintenance Policy for Dangerous
Undetected Fault of E/E/PE Safety-Related
Systems」

講演会等 開催報告

第65回 I (情報・通信・電子) 研究部門による 研究部門別発表会 (2023年3月28日)

テーマ:「深層学習におけるデータオーギュメン
テーションの最新技術 —ロボティクス,
時系列データ, セマンティックセグメン
テーション—」

「深層学習のための Sim2Real によるデータ
セット自動生成手法とホームサービスロボット
への応用」

九州工業大学 教授 田向 権 氏

本講演では、深層学習
に必要となるデータセッ
ト自動生成手法が紹介さ
れました。併せて、自動
生成したデータセットを
評価する手法を紹介され、
どのようなデータセット
であれば学習がうまく進
むについても考察を示さ
れました。



「信号復元と予測のための少量データ学習」

同志社大学 教授 奥田 正浩 氏

信号復元や予測におけ
る少量データ学習につい
て議論されました。特に
多次元信号復元と時系列
予測を例に上げ、オーグ
メンテーション、敵対的
学習、ゼロショット学習
などの事例を概観すると
ともに、現在取り組んで
いる研究についても紹介
されました。



「セマンティックセグメンテーションへの 敵対的トレーニングの適用と歯科パノラマ X線写真からの石灰化領域検出に対する応用」

システム理工学部 教授 棟安 実治

医用画像解析に用いられるセマンティックセグメン
テーションに対して、敵対的サンプルを利用すること
で少量データ問題を解決する手段の一つを示し、動脈
硬化の指標である頸動脈石灰化を歯科パノラマX線写
真から検出する問題に適用し、有効性を示されました。

第66回 N (新物質・機能素子・生産技術) 研究 部門による研究部門別発表会 (2023年3月14日)

テーマ:「高分子の精密設計に基づいた機能性高
分子材料の開発」

「双性イオン構造を導入したポリエステル の設計」

化学生命工学部 准教授 河村 暁文

主鎖に三級アミノ基を有するポリエステルを前駆体
としている双性イオン構造を有するポリエステルの合
成法が紹介されました。得られたポリエステルは油を
はじくだけでなく、接着剤としても用いることができ
ることも示されました。

「刺激応答性高分子 ～環境分解とリサイ クル～」

群馬大学 准教授 橘 熊野 氏

バイオマス由来の化合
物であるフルフラールを
用いたポリエステルの合
成とその物性について紹
介されました。また、海
洋において分解されるポ
リエステルの新たな設計
として、海底の還元的環
境下において分解される
ジスルフィド結合を主鎖
に有するポリエステルも
紹介されました。



「双性イオンブロック共重合体濃厚溶液の ミクロ相分離」

大分大学 准教授 檜垣 勇次 氏

ポリカルボキシベタインとポリスルホベタイン
で構成される水溶性ブ
ロック共重合体の水中で
の自己会合挙動について
紹介されました。ポリカ
ルボキシベタインに選択
的に水が分配されること
によりポリマー濃度によ
って相分離構造が変更す
る現象も報告されました。



Cross

「引き算の科学」が切り拓く 微生物菌叢の機能研究

病を腸から克服する菌叢治療の新たな技術開発とは

おかの けんじ
岡野 憲司
化学生命工学部
生命・生物工学科
准教授



たつみ しゅんじ
巽 俊二
産学官連携
コーディネーター
(先端科学技術推進機構担当)



標的微生物のみを除去する “引き算”の手法で菌叢機能 の解明へ

巽：岡野先生は、微生物の体内で起こっている代謝反応の経路を人為的に改変することにより、有用な化学製品や燃料、医薬品の原料などを生産する技術の開発に取り組んでこられました。近年は、多様な微生物の集合体である「微生物菌叢」に着目し、菌の構成や機能を自在に変化させることによって、人間の腸内細菌叢を改変し健康促進に貢献できる技術の開発を進めておられます。この新たなテーマに取り組まれた背景を教えてください。

岡野：私たちの身の回りには肉眼では見えない微生物が多数存在しています。微生物の体内では酵素というタンパク質がさまざまな化学反応を起こすことで、アルコール飲料に使われるエタノールやうま味調味料の元になるアミノ酸など、人の役に立つものが生み出されています。これまでの研究ではこういった有用微生物を自然界から単離し産業応用を目指してきました。しかし、自然界をよく観察してみると、これら微生物は1種で存在していることはなく、複数の微生物が集まり、コミュニケーションをとりながら菌叢と呼ば

れる生態系を構築しています。微生物同士が相互作用しながら様々な代謝反応の経路がつくられる菌叢の働きに興味を持ち、研究の対象を1種類の菌から菌叢全体へと広げたいと考え、菌叢を改変する技術の開発に取り組み始めました。

巽：人間にとって最も身近な菌叢が、今世間で注目を集めている腸内細菌叢ですね。

岡野：はい。私たち人間の腸には1000種類、100兆個もの微生物が存在しています。昨年「腸活」という言葉をよく耳にしますが、最近の研究では腸内細菌叢の微生物の構成は個人で大きく異なり、「どのような微生物群を保有するか」が私たちの健康状態に大きく関わることがわかってきました。腸内細菌と疾患の関係性に関する研究が盛んになるにつれて、次の課題として挙げられるようになったのが、微生物と疾患の因果関係を検証できる手法の開発でした。

巽：1000種類もの微生物の中から、疾患の発症にかかわる微生物を特定することは可能なのでしょうか？

岡野：残念ながら現在の技術では、膨大な数の微生物が集まる菌叢の中にどんな微生物がいるのかを調べることはできても、個別の微生物の機能を知ることはできません。そこで

私は、腸内細菌叢の中から狙った微生物のみを除去する技術を開発し、ある微生物のみがいなくなった人工的な菌叢を創ろうと研究を進めています。つまり、特定の微生物を除去することで疾患の発症が抑制されれば、「除去した微生物が疾患発症の原因だった」と結論づけることができるというわけです。

巽：まさに逆転の発想ですね。微生物の集合体の能力を変えることは、1匹の微生物の体内の代謝経路を書き換えるよりもはるかに大変なことでと想像されます。

岡野：おっしゃる通りで、膨大な数の微生物の中から1匹だけを嗅ぎ分けて完全に取り除くことは、1匹の微生物の代謝経路を改変することよりも格段に難しいんです。というのも、微生物は肉眼で見えない上に種類によって見た目が大きく異なるわけでもないの、目視で判断してピンセットでつまんで除去するといった物理的手法を用いることはできないからです。そこで私が着目したのが、微生物に感染するウイルスである「バクテリオファージ（以下ファージ）」です。インフルエンザウイルスが人だけに感染するのと同様に、微生物にもその微生物種にのみ感染するファージが存在します。ファージには標的の微生物を溶かす作用があり、ファージに感染した微生物は死滅してしまいます。そのため菌叢の中にある特定の微生物に感染するファージを添加すると、ファージの標的となる微生物だけが死滅するというわけです。

巽：なるほど、ファージの特性をうまく利用するわけですね。

岡野：ただ、ここで難しいのは、腸内の1000種類の微生物の個々の機能を調べようと思うと、1000種類のファージが必要になりますが、大半の微生物は標的とされるファージが見つからないということです。自然界に山ほどいるファージの中から狙った微生物に感染できるファージを一つひとつ探していくことは途方もない手間と時間を要することから現実的ではありません。そのため、私はファージを気長に探すのではなく、人工的に創る技術の開発に注力しています。

ファージを探すのではなく「ファージを創る」技術を追究

巽：「人工ファージ」を創る上で、ヒントとなる理論や考え方はあるのでしょうか？

岡野：ファージを含め、あらゆる生物の設計図はDNAに書き込まれています。そのため、狙った微生物に感染するようなファージのDNAをデザインすることで、人工的にファージを創ることはできるだろうと考えました。

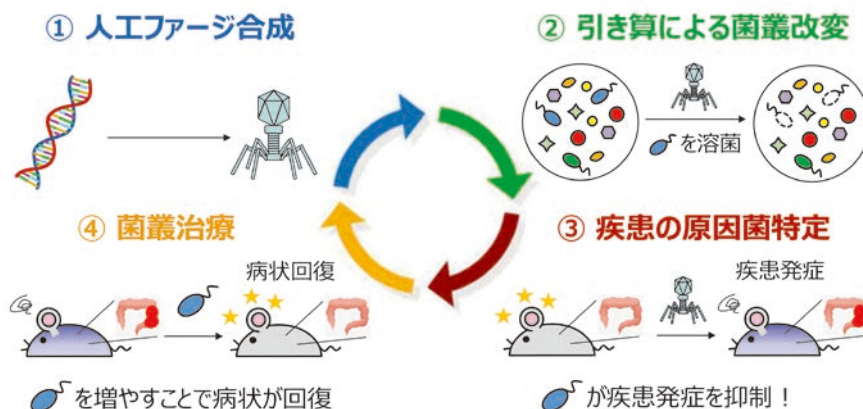
DNAをデザインする上で注目したのが、ファージが持つ性質です。ファージには特定の微生物に吸着し細胞内で増殖後にその微生物を「溶かす能力」を持つものと、それに加えて、微生物のゲノムに自分のゲノムを挿入し、しばらく「潜伏できる



力」を兼ね備えたものがあります。後者の潜伏性ファージは、微生物のDNAに紛れ込んで微生物の細胞分裂とともに自分のDNAを増やしていきます。このような潜伏できる性質を活かし、まずは菌叢全体を眺めて、微生物のDNAにファージのDNAが紛れ込んでいないかをくまなく調べます。そこでうまく発見できたものをファージの設計図として利用するのです。ただ、潜伏性ファージをそのまま創ってしまうと微生物を溶かす力が発揮されないので、発見した設計図から潜伏性に関連する遺伝子の部分だけを切り取ってつなぎ直すことが必要になります。これが人工ファージを創る上で基盤となる手法です。さまざまな要素技術を組み合わせて、人工合成できる技術を開発しているところが私の研究のオリジナリティと言えるでしょう。

巽：人工ファージを創る技術を開発することによって、どのような未来を実現したいと考えていますか？

岡野：人工ファージを創る技術が確立できれば、腸内細菌叢と疾病の関係性が一挙に明らかになり、この分野に一石を投じられるのではないかと考えています。まずはこの技術を使って、さまざまな疾患の原因となる微生物を特定し因果関係を証明したいと考えています。疾患の原因となる微生物が明らかになれば、その疾患を患っている患者さんに原因菌を溶かすファージを投与することで、疾患の治療を行うことも可能になるはずです。このような技術を開発することで、世の中に「菌叢治療」という新しい概念を提唱することが目標です。



異：菌叢治療では、具体的にどのようなゴールを目指しているのですか？

岡野：疾患の種類にかかわらず、菌叢治療のゴールは「健常者の正常な菌叢を復元する」ことにあります。これは、正常な菌叢と全く同じ組成に戻す技術さえあれば菌叢異常を原因とするどんな病気でも治るはずという考え方です。腸内細菌叢に存在するあらゆる微生物が増減することで生じる影響を解明し、各微生物の増減をコントロールすることで、どんな病気であっても正常な菌叢に戻すことができる菌叢治療を実現したいですね。

ファージを創る技術開発を起点にあらゆる分野に技術革新を起こす

異：腸内細菌叢に限らず、微生物菌叢は地球上の至るところに存在します。人工ファージを創る技術をあらゆる菌叢に適用し、微生物の構成を変化させることができれば、さらに新しい可能性が広がりそうですね。

岡野：ここまでは腸内細菌叢に限定した説明をしましたが、例えば土壌には巨大な微生物のコミュニティが存在し、植物の成長促進に重要な働きを担っています。この土壌菌叢から植物の病原菌を狙って減らしたい場合にもこの方法は活用でき、それによって作物の安定的な生産や増産にもつなげることができます。

また、下水処理場では「メタン発酵菌叢」という微生物菌叢が生活排水を分解し、下水処理場はその過程で発生するメタンガスを燃料として活用しています。このメタン発酵菌叢の機能を改変することができれば、メタンガスの生成効率を改善するだけでなく、新たな有用物質の生産に利用することも考えられます。一つの技術開発を起点としてさまざまな分野に技術革新を起こしたい、そんな野心を持って研究開発に取り組んでいます。

異：お話を伺っていると、岡野先生は社会の課題や問題を捉える視野が非常に幅広いですね。このような研究を始められたきっかけは何だったのでしょうか？

岡野：小学生の頃、兄の影響で進学

塾に通い、難関私立中学合格を目指して勉強に励んでいました。でも塾の同級生の学力の高さを目の当たりにして挫折してしまいました。結局公立の中学校へ行くことになり、そこから勉強を一切やらなくなってしまったんです。“家から近い”というだけで神戸大学を選び、入学後も特にやりたいことはなかったんですが、3年生の時に受講した、のちの恩師となる近藤昭彦先生の微生物の授業がすごくおもしろかったんです。微生物の働きを活かして人の役に立つものをつくってみたいと直感的に思ったんですよ。そこから小学生以来、久しぶりに本気で勉強しようという意欲が湧いてきて、実際に近藤先生のもとで研究に取り組んでいるうちに研究が大好きになっていきました。

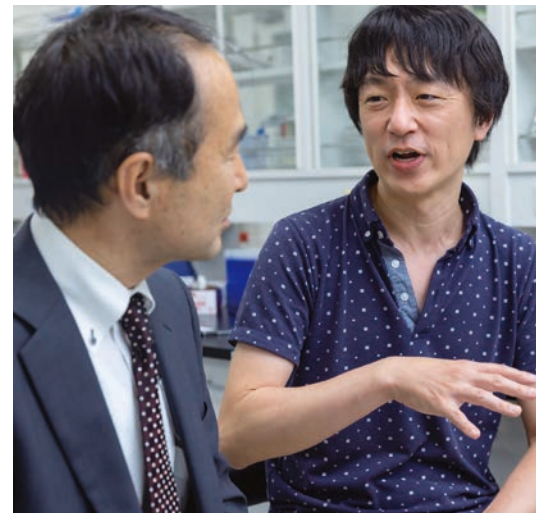
異：この研究のおもしろさや魅力はどこにありますか？

岡野：菌叢のおもしろいところは、微生物同士の相互作用が感じられるところですね。微生物は生き物なので人間の集団と同じなんです。AさんがいることでBさんは元気が出たり、はたまたその逆だったり。すんなりいうことを聞かない時も多々あって、セオリー通りに物事が運ばないところが逆に燃えてきますね(笑)。

異：持ち前の好奇心とバイタリティで、自分がやりたいこと、おもしろいと思うことに貪欲に取り組んでおられる岡野先生の存在は、学生たちにとって大きな刺激になるだろうと思います。そのチャレンジ精神はどのようにして養われたのですか？

岡野：私は日本の合成生物学のトップランナーである近藤先生のもとで研究に取り組み、近藤先生の研究に対する姿勢や周囲への影響力の強さを目の当たりにしてきました。そうした経験から、研究において自分のオリジナリティをいかに出していくかというところは人一倍悩み、またこだわってきました。そんな中、一つの転機となったのは、前職の大阪大学在任中に、国内の多様な未利用資源からリンを分離回収し、農業や工業に再利用するためのプロセスを開発するという、微生物を扱わない異分野の研究に取り組んだことで

す。最初は戸惑いもありましたが、結果的にそれによって分野の垣根を越えることに対する抵抗感がなくなり、チャレンジ精神が大いに身につきました。新しいことを始めるのは大変なことも多いですが、それ以上におもしろいという気持ちが常に優っていますね。



対談を終えて

どんな局面でも前向きに物事を捉える岡野先生の姿勢に感服しました。リンは肥料の重要な要素の一つで、生物にとって必要不可欠な資源です。しかし、リン鉱石は地球規模で枯渇し始めており、持続的な利用は地球的な課題となりつつあります。こうした課題の解決にあたって、有機廃棄物が貴重な資源になり得るという発想は今後ますます広がり、これらを分解・再資源化する微生物菌叢の機能はさらに重要性を増してくると思われます。そこに岡野先生のこれまでの経験が存分に活かされ、ブレイクスルーにつながる新たな展開が生まれてくるのではないかと希望を感じました。これから先生の研究がどのような広がりを見せていくのか、とても楽しみにしています。

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。

2023年度 総会・表彰式並びに第1回研究会を開催 5月27日(土)

2023年度の総会および表彰式は、今年は関西大学校友・父母会館2階会議室において開催し、45名の方にご出席いただきました。開会にあたり、西村会長ならびに今年度より先端科学技術推進機構長となられた環境都市工学部 鶴田浩章教授からご挨拶の後、2022年度事業報告および決算・監査報告、2023年度役員・事業計画・予算の各議事について意見交換し、全て承認されました。

総会終了後は表彰式が行われ、当会表彰規程により、2022年度各賞受賞者に対し、西村会長から表彰状・副賞が授与されました。

また、2023年度第1回研究会として、学の実化賞を受賞された総合情報学部 林 武文教授にご講演いただき、盛会のうちに終えることができました。



2022年度 学の実化賞受賞

課題

逆遠近錯視を利用した立体文字看板の制作

総合情報学部

教授 林 武文 氏

2023年度 第2回研究会を開催 6月24日(土)

今年度の第2回研究会は、「関西大学のカーボンニュートラルへの挑戦」をテーマとし、関西大学校友・父母会館2階会議室において開催し、暑い中、30名の方々にご出席いただきました。

西村会長ならびに先端科学技術推進機構長 鶴田浩章教授からご挨拶をいただいた後、関西大学カーボンニュートラル研究センター長 北原 聡教授（経済学部）によるセンターのご紹介と、同研究センター研究員の総合情報学部 中尾悠利子准教授および環境都市工学部 田中俊輔教授にご講演いただきました。各講演の後に行われた質疑応答では、参加者の皆様より積極的な質問があり、会場は大いに盛り上がりました。



中尾先生のご講演の様子



田中先生のご講演の様子

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！



研究員図鑑

—— 研究員による寄稿

私の研究テーマは銅合金系の新材料の研究です。銅合金を扱う実験系のテーマは、前職の企業での経験があったので取り組んでいます。この研究で期待できることは、簡単に言うと環境にやさしい機械部品を世に出すことができます。

会社員時代、先にそのテーマに携わっていた先輩が急にいなくなり、新入社員だった私にお鉢が回ってきました。もともと材料開発に興味があったので、それ以来試行錯誤しながら研究に取り組んでいます。

最初は鉛フリー銅合金といった環境配慮型の新材料の研究・開発から始まりました。機械部品に使われる銅合金には鉛が含まれるものもあり、その鉛以外の元素や化合物を使って従来の機械部品（主に軸受け）の性能を出す必要がありました。

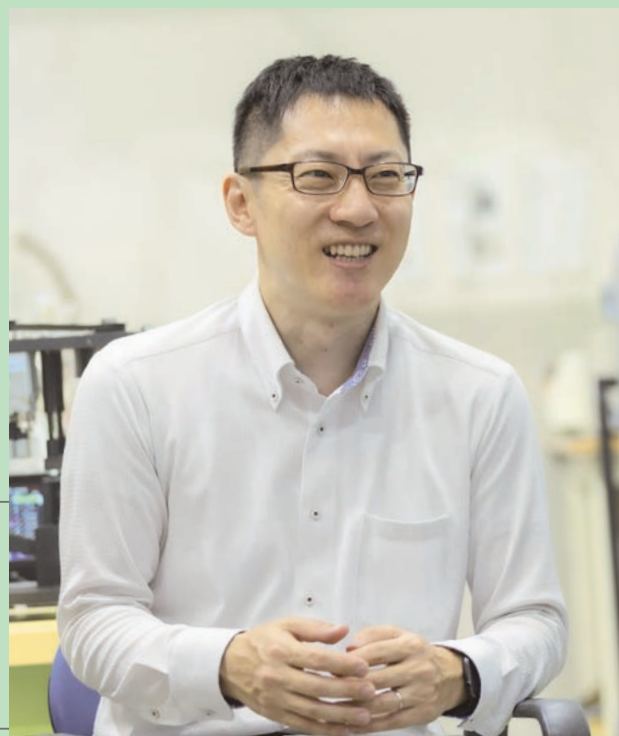
鉛は部品としての性能だけではなく、製造時にも良い影響を及ぼしていたので、「作るとき」と「使うとき」の両方で鉛の代わりの材料を探すことに苦労しました。

2000年代後半から研究が始まり、化学・物質工学科の丸山徹先生らとご一緒に成分開発をさせて頂き、硫化物分散青銅合金の開発ができました。今では、当初の casting 材料だけではなく、製法の異なる焼結材料としても活用の幅を広げようという研究をしています。

さらにそこから派生して、硫化物の特徴を活かしたような材料（例えば、より低摩擦・低摩耗な材料や熱を電気に変換するような熱電変換材料）や銅合金と樹脂を混合した材料の研究も進めています。後者の材料は樹脂用の3Dプリンターで造形をすることができるものもあり、簡単に複雑な形状を作製できるメリットがあります。

作りやすさ、使いやすさを追求した材料開発。
環境にも配慮した、
より良い性能を持つ材料を求めて。

さらに樹脂と金属の混合物から、樹脂だけを取り除くと、複雑形状をした金属のみの材料を作製できます。いわゆる金属用の3Dプリンターよりも安価に部品を製造できる可能性があるので、このような研究に取り組んでいます。



佐藤 知広 SATO Tomohiro
システム理工学部 機械工学科 准教授

今まで使ってきた材料は、古くからの実績があり、ものづくり（作るとき）の場面でも使用の場面（使うとき）でも非常に理にかなった役割を果たしています。環境負荷の問題でその材料の使用ができなくなる場合、代替材料を探しますが、作る際と使う際で同時にその代替の役割を果たす材料を見つけることは困難です。ですので、作りやすさ、使いやすさを意識した材料開発が課題です。このあたりの話がプロフィールに書いた尊敬する人物の話に繋がります。昔の人はってか知らずか、便利な素材を自然から見出し使っていたことに驚かされます。

今後の目標は、今までの作り方でできるだけ同じプロセスでより良い性能を発揮する材料を見つけることです。

Profile

● 関西大学に着任されたのはいつですか？

2015年4月です。

● 研究する上でのモットーは何ですか？

研究の面白いところを見つける。最初は難しい、分からない研究でも地道に続けていくと面白さに気づくポイントがあるので、そこまでは進んでみます。

● 研究者としての夢、自分自身に期待することは？

少しでも多くの新材料を世に出すことです。自分自身に期待はあまりしませんが、チャンスが来た時に乗り遅れないための準備・段取りをしっかりとしておくことに気を付けています。

● どんな子供時代でしたか？

友達と外(公園や道端、草原/昭和の話です)でも内(自宅や友達の家でゲームをしたりマンガを読んだり)でもよく遊んでいました。

特に意識したわけではないですが、結果的に就学・就職ともに大阪府内で完結しています。ですので、知らず知らずのうちに大阪の地理や歴史に詳しくなってきました。学生の頃からよく梅田の街中をうろろしていたので、いまでも梅田の地下街(通称:梅田ダンジョン)は難なく移動できます。

他にも外を歩くことが好きで、日常でも旅行でもよく歩きます。最近では、健康維持にもつながっています。

冒頭にも書いたように「特に意識したわけではない」にも関わらず、関西大学に入学し、博士課程に進み、前職の企業に勤務し、現職になっています。志望するおおまかな方向性はあるものの、その時々偶然的な出会いや成り行きで現在に至っていると思います。ありきたりな言葉ですが、一期一会でここまで来たと思います。

● どんな学生時代でしたか？

中学時代はみんなでワイワイ+部活(サッカー)に熱中、高校時代はおとなしめでした。

● 研究者を目指したきっかけは？

中高生のときから理系の研究にあこがれをもっていたので。

● 好きな書籍は？

「ダ・ヴィンチ・コード」などで有名なダン・ブラウンさんの著書全般です。

● その書籍が好きな理由は？

現実のモチーフを上手くストーリーに組み込んでわくわくする内容にしている点です。

● 尊敬する人物は？

材料に関する技術を継承してきた人々、奈良時代の鑄造技術や近代の金属加工技術などに携わった人々。

● なぜその人物を尊敬する？

その人々と会うことはできませんが、科学的な背景が無く、現在よりできることは少ないにも関わらず、その時代時代の技術があり、進歩しながら継承されている点に感心し、携わった人々を尊敬します。

● 日課にしていることは？

徒歩などゆるく体をうごかすこと。最近はスマートウォッチに支配されているかもしれません。



Editor's note

本号のPick up research では、三宅先生の研究を紹介しました。地球温暖化を防ぐ環境技術として、「カーボンニュートラル」が注目されていますが、廃プラスチック処理にケミカルリサイクルが中心的役割を果たすことを知ることができ、勉強になりました。実用化して世の中に役立つ成果となることを期待しています。

NEXT RESEARCHER!では上原先生に語っていただきました。数理統計学でよりの確に情報を得る研究をされ、こちらも成果が楽しみです。Crossでは岡野先生に「引き算の科学」が切り拓く微生物菌叢の機能研究」の経緯と今後について、異コーディネーターと対談していただきました。腸内細菌叢中の悪玉菌だけを「人工ファージ」で効率的に除去する、画期的な技術になりそうです。研究員図鑑では、佐藤先生にご登場いただきました。硫化物に着目して新たな青銅合金を開発され、優れた新規材料が開発されるのが楽しみです。

引き続き皆さまへの価値ある情報の提供を目指していきますので、じっくりお読みいただき、感想などをお寄せください。今後ともRe:ORDISTをよろしくお願いいたします。(TS)

Re:ORDIST

Vol.49 No.1

2023

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177号

2023年9月14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

TEL：06-6368-1178

E-mail：sentan@ml.kandai.jp

Web：www.kansai-u.ac.jp/ordist

