

JST news

未来をひらく 科学技術

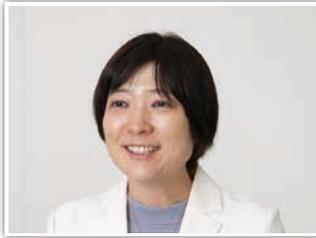
10
2024
OCTOBER



研究者と共にイノベーションを起こす
今注目の研究開発マネジメント人材とは



国産バイオジェット燃料の生産実現へ
産学連携で広げる微細藻類の可能性



03 | 特集1

研究者と共にイノベーションを起こす
今注目の研究開発マネジメント人材とは



08 | 特集2

国産バイオジェット燃料の生産実現へ
産学連携で広げる微細藻類の可能性

12 | 連載 イノベ見て歩き

〈第15回〉

営業車両で線路の異常を検知する
地方鉄道の保線作業省力化に貢献



14 | NEWS & TOPICS

▶ サイエンスアゴラ2024開催
完全実地開催でリアルな体験重視へ

▶ ナノバブルは気泡ではなく非ガス粒子
ほか

16 | さきがける科学人

植物の器官再生能力の謎に挑む
メカニズム解明から組織培養効率向上へ

奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科 特任准教授

池内 桃子



第6回輝く女性研究者賞(ジュン アシダ賞)表彰式開催のご案内



JSTは女性研究者の活躍推進の一環として、優れた女性研究者とその活躍を推進している機関を表彰する「輝く女性研究者賞(ジュン アシダ賞)」を運営しています。今年10月開催のサイエンスアゴラ2024(会場:日本科学未来館)では、第6回の受賞者発表&受賞者講演およびトークセッションを開催します。

トークセッションでは、前選考委員である筑波大学の柳沢正史教授、第2回受賞者の理化学研究所の坂井南美主任研究員、ファッションデザイナーの芦田多恵さんをお招きし、信じる道で自らの才能を輝かせること、また、それを応援することへの想いを語っていただきます。ぜひ会場で熱いメッセージに触れてください(無料)。なお、このトークセッションは、JSTダイバーシティ推進室と日本科学未来館の共同企画です。



<https://www.jst.go.jp/diversity/about/award/ceremony2024.html>

JSTは、シンクタンク機能、研究開発、産学連携、次世代人材育成、科学と社会との対話など、多岐にわたる事業を通じて、持続可能な開発目標(SDGs)の達成に積極的に貢献していきます。



▶ P.16



▶ P.15下



▶ P.15上



▶ P.8



▶ P.3



▶ P.3,8,15上



▶ P.8,16



▶ P.15上



▶ P.16



▶ P.3,14

- 編集長
上野 茂幸
科学技術振興機構(JST)広報課
- 制作
株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ
- 印刷・製本
文化堂印刷株式会社

高見 暁子 Takami Akiko

文部科学省 科学技術・学術政策局 人材政策課
人材政策推進室長

米澤 恵一郎 Yonezawa Keiichirou

九州工業大学 研究戦略URA・副理事
(社会実装本部、経営戦略室、若手工学アカデミー担当)
若手工学アカデミー代表幹事

特集 1

OVERVIEW

研究者と共にイノベーションを起こす 今注目の研究開発マネジメント人材とは

社会課題が複雑化し、研究開発による解決策も多様化する中、研究者と共にイノベーションを起こす役割を期待されているのが研究開発マネジメント人材である。研究者が研究活動に専念できる環境整備のみならず、研究プロジェクトの企画・マネジメントや研究成果の活用促進をはじめ、社会実装への貢献やますます多様化・高度化する課題への対応など、個々の専門性も生かして多様な役割を担う。研究者と両輪を成す研究開発マネジメント人材のニーズが大学や研究機関で高まる中、研究開発マネジメント人材の現状と今後の展望について、九州工業大学の米澤恵一郎研究戦略URA・副理事と文部科学省科学技術・学術政策局人材政策課の高見暁子人材政策推進室長に話を聞いた。

研究開発マネジメント人材の在り方 文部科学省にて今後の展望を議論

文部科学省は2023年12月に、科学技術・学術審議会人材委員会内にワーキング・グループ(WG)を立ち上げ、リサーチ・アドミニストレーター(URA)をはじめとした研究開発マネジメントを担う人材の業務・課題・今後の在り方を検討してきた。「WGを立ち上げた背景には、研究力強化やイノベーションの創出のために、URAをはじめとした研究開発マネジメント人材の実態把握を行い、今後の方策を検討する必要性がありました」と文部科学省科学技術・学術政策局人材政策課の高見暁子人材政策推進室長は語る。

研究開発マネジメント人材はURAのみならず、教員、研究者、事務職員、さまざまな専門職など、大学や研究機関における研究開発に従事する多様な人材を含む。文部科学省では約10年前より、URAの育成・確保に関わる施策を展開してきた。2013年には、URAスキル標準やURAの研修・教育プログラムが作成され、URAを育成するためのコンテンツ整備が

進められた。並行して、URAを育成・確保するシステムの整備事業や研究大学強化促進事業により、大学へのURAの配置が進んだ。

また、URAの質の向上のため、2019年以降はURAに関する認定スキームや研修カリキュラムなどの作成・運用が進められている。「これらの取り組みを背景に、URAの配置人数は13年度当初の300人規模から21年度の1600人規模まで増えました^(※)」と高見さんは振り返る。^(※)それまで別々に計上していたURAと産学官連携コーディネーターについてURAに一本化して計上するようになったため、人数の単純比較は適当でないことに注意が必要。

それでもなお、大学からは新規雇用時の人材確保が難しいとの声が多い。任期なしのポストが限られキャリアパス確立が難しい現状がある中、経営層のURAに対する認識改善の必要性がうかがえる。一方で、大学経営に参画させるなど、URAの職務を高く位置づけ効果的に機能させている大学も出てきており、そういった事例の周知も不可欠だ。国の研究開発事業では大規模プログラムがま

ずまず拡大しており、大学ではその獲得のため、自ら価値を生み出し、貢献できる人材が一層求められており、そういった人材を今後も安定的に育成することの意義は大きい。

JSTによる取り組み 人材育成と活躍推進のために

JSTも研究開発マネジメント人材の育成と活躍推進に取り組んでいる。その取り組みの一つとして「プログラスマネージャーの育成・活躍推進プログラム(PM研修)」がある。PM研修は、革新的な技術シーズの創出力の強化による産学官からなるオープンイノベーションやこれらの技術シーズを民間企業の迅速な事業化に結び付ける橋渡し機能の強化を目指し、2015年から実施しているものだ。

PM研修は二つのステージで構成され、第1ステージでは一般公募で選ばれた研修生約20人が基本的なスキルや知識を学び、メンターの助言を受けながら研究開発プログラムを構想する。第2ステージでは審査に通過した研修生が構想の深化に向けて

図1 プログラスマネージャーの育成・活躍推進プログラム(PM研修)

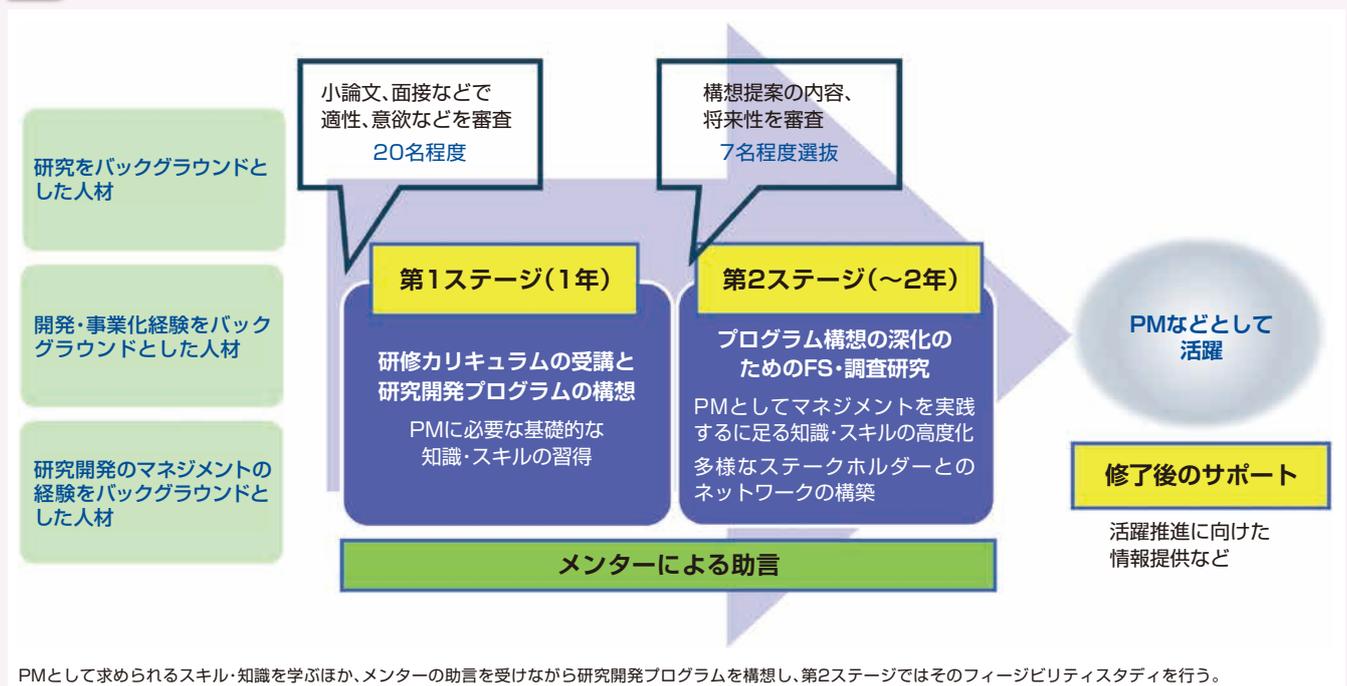


図2 PM研修修了生の活躍

PM研修での構想内容を発展させ、修了生が多様な活躍をしています！



岡田 祐二さん

旭化成
戦略推進部
マーケティング室
グループ長

研修での構想内容が、NEDO「先導研究プログラム」につながり研究開発責任者として推進。2023年より次の段階となるNEDOプロジェクトにも採用されパイロットプラント建設、実用化開発に向け展開中。



天野 麻穂さん

北海道大学大学院
医学研究院
特任准教授
HILO代表取締役

研修での構想内容を踏まえ、URAからベンチャーを起業し代表取締役として牽引。二つのNEDOプロジェクトにも採択され、研究開発型スタートアップの事業化を推進。

フィージビリティスタディ(FS)を行う(図1)。

九州工業大学(九工大)で研究開発マネジメント人材として活躍する米澤恵一朗研究戦略URA・副理事もPM研修修了生の一人だ。2024年4月、入職8年目の37歳で、副理事の肩書きが加わった。担当は、社会実装本部、経営戦略室、若手工学アカデミーの三つで、若手工学アカデミーの代表幹事も務める。米澤さんはURAとして九工大に着任して2年目の18年に、PM研修に参加した。「研究生活が長くスキルも知識もないことから、PM研修への応募を決めました。研究開発プログラムを自ら構想するという内容にも惹かれました」。

PM研修の第2ステージまで進んだ米澤さんだが、そこに至るまでは決して楽な道のりではなかった。第1ステージの中間報告会では構想した研究開発プログラムに対して、複数の有識者委員から手厳しい指摘を受けた。その後は彼らの元に足しげく通い、納得を得るまでに半年を要した。「この経験から構想の魅力的な見せ方を学びました。また、研究者がやりたいことを起点に社会のニーズをすりあわせていくことが重要だという気づきも得ました」。これらは現在の業務にも生きているという。PM研修では米澤さんの他にも研究開発マ

ネジメント人材として活躍している修了生を多数輩出している(図2)。

研究戦略URAとしての思い 研究者の知的好奇心と政策をつなぐ

米澤さんは千葉大学で有機半導体の物性物理学をテーマに博士号を取得した後に、分子科学研究所で日本学術振興会特別研究員PDとして1年間勤務した経歴を持つ。大学院時代にはすでに、研究者を支援する人材として大学に貢献する道を志していた。学部4年生の時に「大学は未来を支える技術と人材を創出する場所である。そんな大学を元気にすれば、国を元気にできる」と指導教官に言わ

れたことがきっかけだ。同時に、自らにサーバントリーダーとしての適性を見いだしていたという。博士号を取得したのは、支援する研究者と同じ視点を持つためだ。

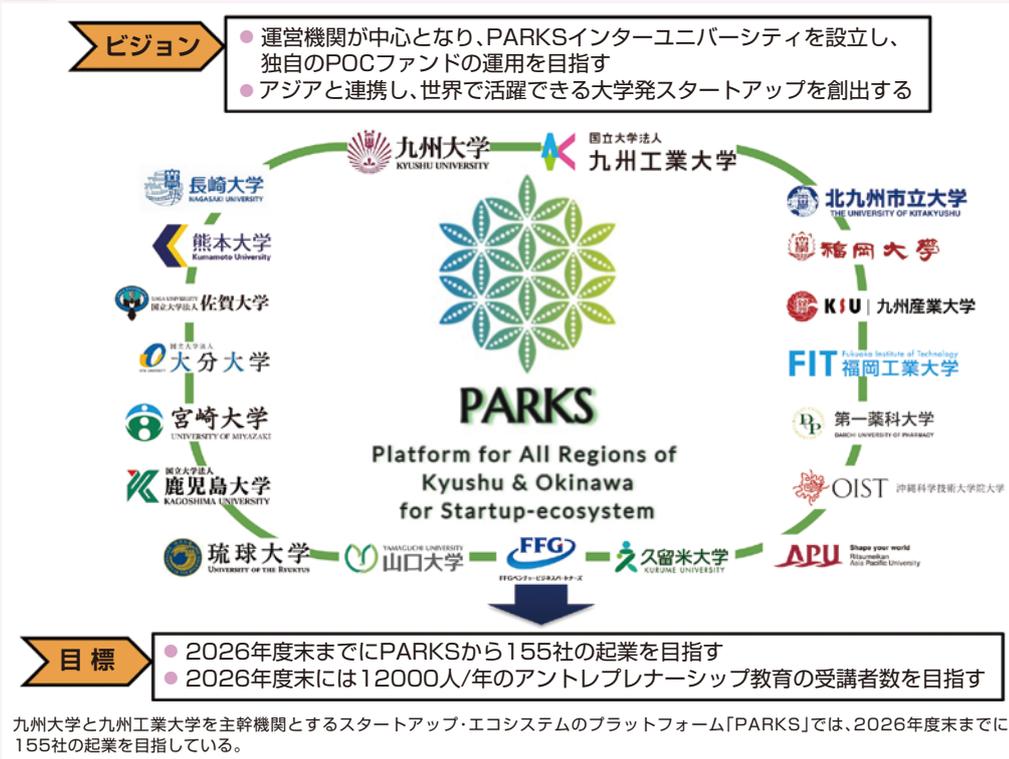
「研究者の苦労や喜びがわからなければ、価値観を共有できません。大学に貢献しようにも、それでは研究者との伴走すら難しいと考えました」。分子科学研究所での任期終了前に参加した懇親会で初めて出会った研究者から「URA」という職種の存在を教えてもらった。メインの肩書きは、九工大に入職した29歳の時から、研究戦略URAで変わりはない。研究戦略URAは、研究開発マネジメント人材として自ら仮説を立て、研究開発プログラムの構想づくりを担う。

「学術研究とは知的好奇心の探求活動です。他者から強制されるものではありません」と米澤さんは言う。他方、予算や人材などのリソース不足から、研究者が探究活動に思うように取り組めないこともある。「それらの制約を取り払い、研究者には好奇心の赴くままに探求活動に取り組んでもらう。それも、私の任務です」。そのため米澤さんは、競争的資金の応募申請への支援業務に力を入れている。「政策目的とのつなぎ役となって構想し、資金の獲得に向けて提供元の評価を受けられる内容に訴求力を高めるよう尽力する一方で、研究

図3 産官学プロジェクトを推進する活発な交流の場となっているGYMLABO



図4 「PARKS」が目指す姿



者の日頃の問題意識を把握することにも努めています」。

研究戦略URAとしての活躍 二つのプログラムでビジョン実現

米澤さんが研究戦略URAとして目指す成果の一つは、社会実装を得意とする九工大の特徴を生かして、学術シーズの社会実装を推進するイノベーション創出大学となることだ。まずは2023年4月にハード環境の整備について「地域中核・特色ある研

究大学の連携による産学官連携・共同研究の施設整備事業」の採択を受け、24年度内の完成を目指し戸畑キャンパス内に「九工大未来テラス」を目下建設中だ。施設整備の予算規模は約10億円である。この施設は、学術界で生み出されたアイデアの具現化や研究成果の社会実証、必要な法規制の整備などを担う戦略スタッフが集まる拠点になる。

さらに同キャンパスにはすでに「GYMLABO」という、産官学プロジェクトを推進する際にステーク

ホルダー間の交わりを活発化する目的で建てられた施設があり、米澤さんがディレクターを務める(図3)。これら両施設の有機的な連携を踏まえ、現在申請中である「地域中核・特色ある研究大学強化促進事業(J-PEAKS)」への採択を目指し、大学の強みや特色を核とする社会実装の加速化・レベルアップや研究活動の国際展開に必要なハード・ソフトの環境構築へさらにつなげていく構想だ。

九工大は、JSTを実施機関とする大学発新産業創出基金事業「スタートアップ・エコシステム共創プログラム」にも採択されている。これは大学発スタートアップの継続的な創出を支える、人材・知・資金が循環するエコシステムの形成を目指すものだ。九工大は九州大学と並ぶ主幹機関で、九州・沖縄の18大学・1民間企業で構築するプラットフォーム「PARKS(Platform for All Regions of Kyusyu & Okinawa for Startup-ecosystem)」を提案している(図4)。PARKSでは2026年度末までにスタートアップ155社の創出を目標に掲げる。

「プラットフォーム運営のために支給される補助金は数10億円規模。スタートアップの創出に向けた活動をすでに開始しています」。今後、ソフト環境の整備についてJ-PEAKSの事業採択を受けられれば、アイデアの具現化や研究成果の社会実証を担う博士研究員・博士学生の雇用を進める計画だ。イノベーション創出大学という九工大の将来ビジョンの実現を二つの研究開発プ

図5 2024年からJSTで実施するURA研修の概要

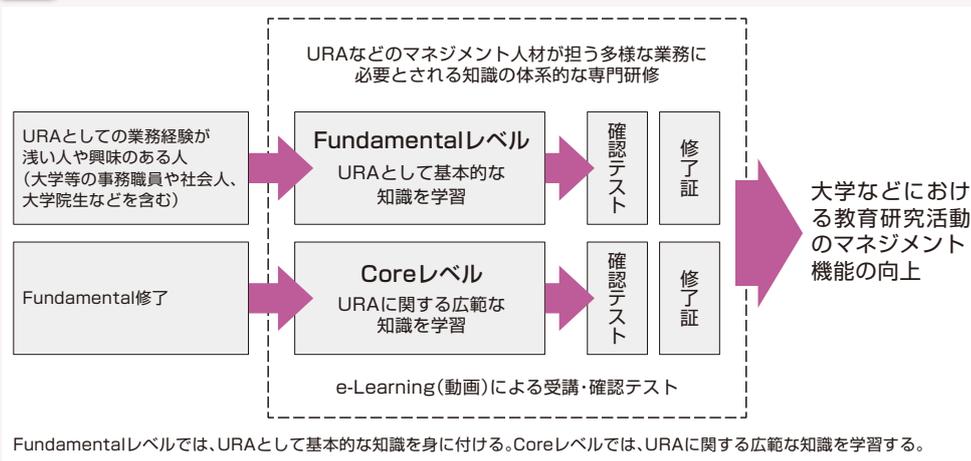


図6 URA研修とPM研修の一体的な運用・推進



プログラムが強力に後押しする。九工大には、米澤さんをはじめ研究戦略URAが5名在籍する。大学が将来ビジョンの実現に向けて大きな一歩を踏み出したのは、研究開発プログラムの構想づくりを担うこれらの人材が定着しているからだ。

副理事への就任で大学経営層との距離が縮まった自身の役割は、この価値を最大限発揮するために大学経営に寄与することだと米澤さんは認識している。若手工学アカデミー代表幹事として11人の幹事と共に、大学の経営に関する重要事項を審議する経営協議会にもオブザーバーとして出席する。「イノベーション創出大学を掲げた『10年ビジョン』の策定時には経営層から意見を求められ、その多くが採用されました。URAが年齢にかかわらず副理事として大学経営にまで携わる。その可能性を、私自身のキャリアが明確に示しています」と米澤さんは自負する。

JSTによる新たな展開 さらなる人材の充実に向けて

研究開発マネジメント人材をより充実させていくための取り組みが始まっている。2024年に、URAスキル認定機構が国の補助事業として実施してきた研修・認定のうち、研修がJSTに移管された。URA研修は、

URAとしての業務経験が浅い人や大学などの事務職員や社会人、大学院生を含む業務経験のない人も学べるよう基本的な知識の習得を目的としたFundamentalレベル、URAとして数年の業務経験がある人を対象とし、Fundamentalレベルの内容を理解していることを前提とした内容を扱うCoreレベルの二つのコースで構成している(図5)。動画によるオンライン研修のため、受講しやすいのが特徴だ。

URA研修のJSTへの移管に伴い、大学事務職員をはじめ、より多くの人に興味を持ってもらい、研究開発マネジメント人材の裾野の拡大を目指すため、2024年度から研修費用を無償とした。また、JSTではURA研修とPM研修の一体的な運用・推進をすすめている(図6)。

加えて、JSTでは23年度より新たな職種として研究開発マネジメント人材(研究開発マネジメント専門員)を採用・育成する人事制度を創設した。これまでのように研修を実施するだけでなく、JSTが自ら雇用して長期的に育成していく意欲的な取り組みだ。同制度のもと、JSTで培ったキャリアを日本全体の研究開発の場で生かせるよう、人材の流動性も重視している。

研究力向上やイノベーションの創出を研究者と共に担う研究開発マネジメント人材のニーズはますます高まっており、国の大型プロジェクトなど、さまざまな場で活躍することが期待される。米澤さんをはじめとする研究開発マネジメント人材から今後も目が離せない。

(TEXT:茂木俊輔、PHOTO:石原秀樹)



プログラムマネージャーの育成・活躍推進プログラム(PM研修)
▶ <https://www.jst.go.jp/innov-jinzai/program/pm/>



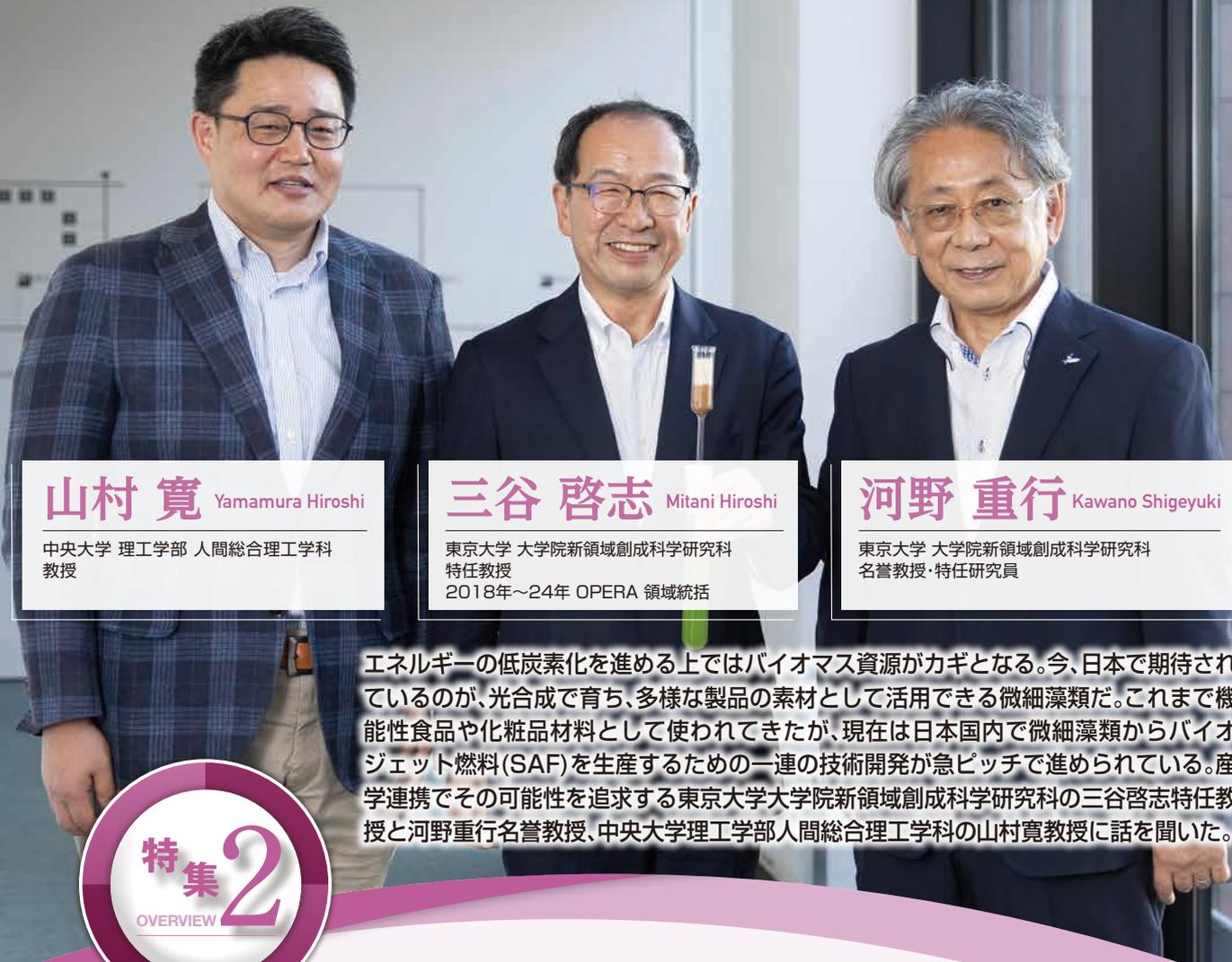
リサーチ・アドミニストレーター等のマネジメント人材の育成に係る研修(URA研修)
▶ <https://www.jst.go.jp/innov-jinzai/program/ura/index.html>



目利き人材育成研修
▶ <https://www.jst.go.jp/innov-jinzai/program/mekiki/index.html>



JSTの研究開発マネジメント人材制度について
(2025年度4月採用情報も間もなく公開)
▶ <https://www.jst.go.jp/personnel/3rd-div/rdm.html>



山村 寛 Yamamura Hiroshi

中央大学 理工学部 人間総合理工学科
教授

三谷 啓志 Mitani Hiroshi

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
特任教授
2018年~24年 OPERA 領域統括

河野 重行 Kawano Shigeyuki

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
名誉教授・特任研究員

エネルギーの低炭素化を進める上ではバイオマス資源がカギとなる。今、日本で期待されているのが、光合成で育ち、多様な製品の素材として活用できる微細藻類だ。これまで機能性食品や化粧品材料として使われてきたが、現在は日本国内で微細藻類からバイオジェット燃料(SAF)を生産するための一連の技術開発が急ピッチで進められている。産学連携でその可能性を追求する東京大学大学院新領域創成科学研究科の三谷啓志特任教授と河野重行名誉教授、中央大学理工学部人間総合理工学科の山村寛教授に話を聞いた。



国産バイオジェット燃料の生産実現へ 産学連携で広げる微細藻類の可能性

航空燃料の低炭素化の切り札 SAFの生産体制確立が急務

2024年、計画だった国際線の新規就航や増便が断念されたというニュースが報じられた。十分な航空燃料が国内で確保できないことが理由の一つだ。資源に乏しい日本ではエネルギーは輸入頼みだが、世界的なエネルギー争奪戦が激化する中、日本は円安もあって他国に買い負ける状況が続いている。航空燃料については、二酸化炭素(CO₂)排出量の削減も不可避の課題だ。航空燃料の低炭素化が急がれる中、切り札として注目されるのが「SAF(サステナブル アビエーション フューエル: 持続

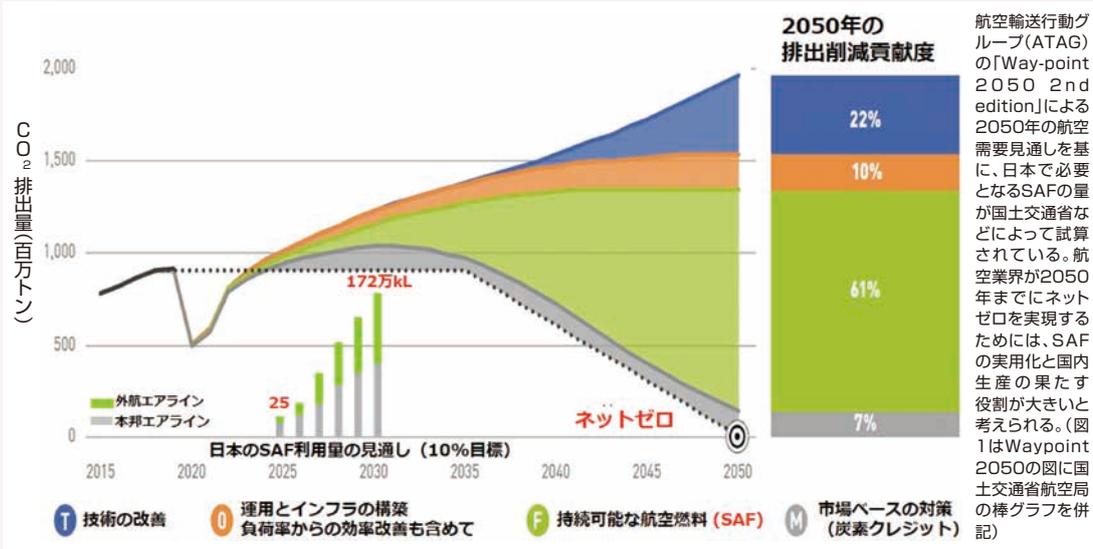
可能な航空燃料)」と呼ばれる、バイオマスや廃食油などからつくるバイオジェット燃料だ。

民間航空会社から成る国際航空運送協会(IATA)は、2021年の年次総会で「2050年までにCO₂排出量を正味ゼロにする」という新しい目標を承認し、その後22年には、各国政府によって構成される国際機関である国際民間航空機関(ICAO)が、50年までにCO₂の排出を実質ゼロにする長期目標を採択したことで事情は大きく変わった。日本でも30年時点で日本国内のエアラインによる燃料使用量の10パーセントをSAFに置き換えるとの目標を設定した。そのため、SAFの生産体制の確立は日本に

とって急務である。

日本でもSAFの商用化が少しずつ始まっている。経済産業省が示す日本のSAF利用の見通しは2030年に172万トン(図1)で、SAF供給目標としては19年度に国内で生産・供給されたジェット燃料の温暖化ガス排出量の5パーセント相当以上を提案している。これを実現するには飛躍的な生産量の拡大が求められる。JSTのOPERAで、14大学、4国立研究機関、24民間企業と共にこの難題に挑んできた東京大学大学院新領域創成科学研究科の三谷啓志特任教授と河野重行名誉教授は、SAFの生産体制を早急に構築するには、個々の企業の努力だけでは間に合わないと警鐘を鳴らす。

図1 航空業界のCO₂排出量と持続可能な航空燃料[SAF]への期待



「リファイナー」とは、例えば石油精製であれば、原油という一つの原料から石油を精製する過程でさまざまなものをつくり出す手法だ。原油からトータルで生産効率を上げる手法を「オイルリファイナー」という。これと同様にバイオマスからSAFだけではなく、より付加価値の高い

「リファイナー」で効率UP 機能性食品から飼料・燃料まで

現在、世界で流通するSAFはサトウキビやトウモロコシ由来のバイオエタノールが中心だが、日本はバイオマス資源も豊富とはいえず、廃食油などの脂質原料についても自国で賄うことが難しい。そこで、微細藻類を原料とした有用物質の生産とそれらを統合したバイオリファイナー・プロセスの創出を目指すこのプロジェクトでは、直近2年間、微細藻類からSAFを生産する研究開発を重点的に進めてきた。

微細藻類とは、ユーグレナやクロレラなどの5~50マイクロ(マイクロは100万分の1)メートルほどの小さな藻類のことだ。葉緑体を持っているため、太陽光と水、CO₂があれば光合成して有機物を生み出せる。また、面積当たりの収穫量が種子植物より桁違いに多いことから、有用なバイオマスとして注目を集めている。三谷さんは、プロジェクトの全体構想について「私たちは微細藻類で機能性食品や化粧品・衣料品素材から飼料・肥料、そして燃料までのリファイナーが可能だと考え、総合的に取り組んできました」と説明する(図2)。

機能性食品や化粧品材料も併せて製造することで全体の採算性を確保し、SAFの製造コスト低減につなげようというわけだ。プロジェクトではSAFの早期実現を目指し、微細藻類の育種から培養、回収、油の抽出、残渣の活用まで、幅広い技術開発を展開した。

テンサイの廃糖蜜を栄養源に 油含有率7割のクロレラ培養

そもそも微細藻類から油が取れるのか。これについて三谷さんは「植物油には、ゴマ油やナタネ油など多様な種類があります。藻類も光合成をする生物なので、油やでんぷんなど、植物がつくれるものは基本的につくれます」と説明する。藻類は環境に応じて、大気中のCO₂から生産する栄養素をでんぷん・油のいずれで貯めるか選択しており、これをうまくコントロールすると、油を多量に蓄積する株が育種できるという。

プロジェクト後半では、SAF製造のスケールアップを目標に掲げ

図2 バイオマスのリファイナー体系

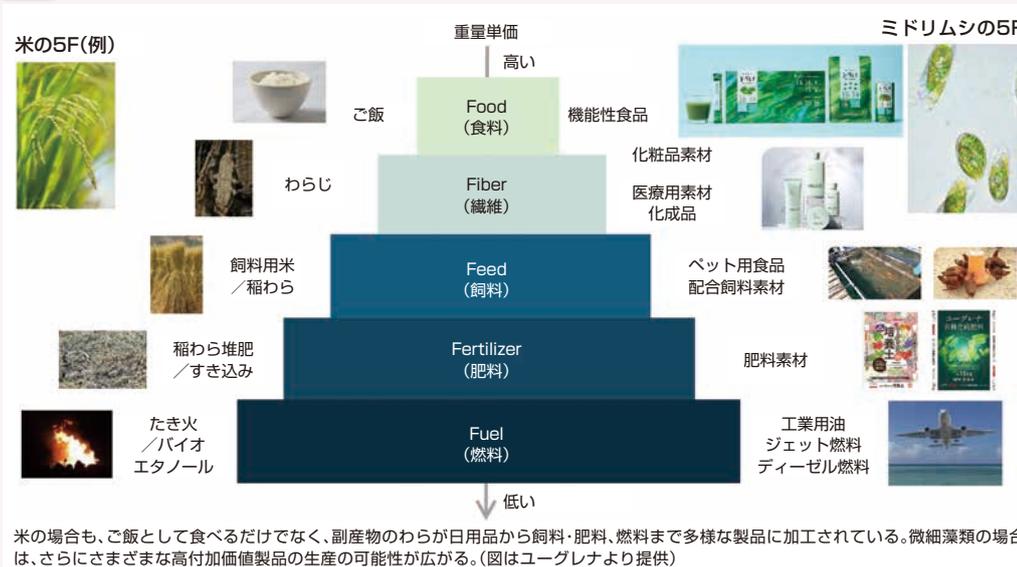
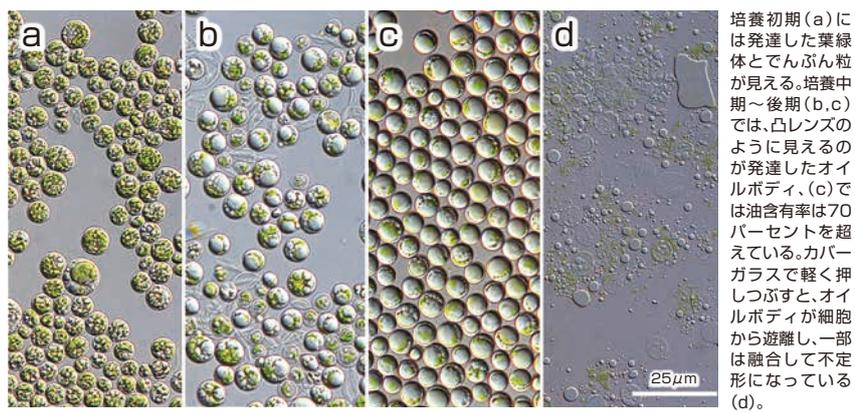


図3 従属栄養培養したクロレラの顕微鏡写真



培養初期(a)には発達した葉緑体とでんぷん粒が見える。培養中期～後期(b,c)では、凸レンズのように見えるのが発達したオイルボディ、(c)では油含有率は70パーセントを超えている。カバーガラスで軽く押しつぶすと、オイルボディが細胞から遊離し、一部は融合して不定形になっている(d)。

た。まず、国立環境研究所微生物系統保存施設(NIESコレクション)が中心になって集めた微細藻類3000株のライブラリーから選抜した株を基に、重イオンビーム照射やゲノム編集などのさまざまな手法で油の生産性の高い株の育種を行った。育種したクロレラ株を屋外の施設で大量培養したところ、クロレラ株の油生産量は2024年6月現在、バイオマス当たり油含量は66パーセント、油の生産性は培養液1リットル当たり1日0.59グラムとなり、微細藻類の屋外での独立栄養培養では世界1位となっている。

これらの株も用いて生産効率をさ

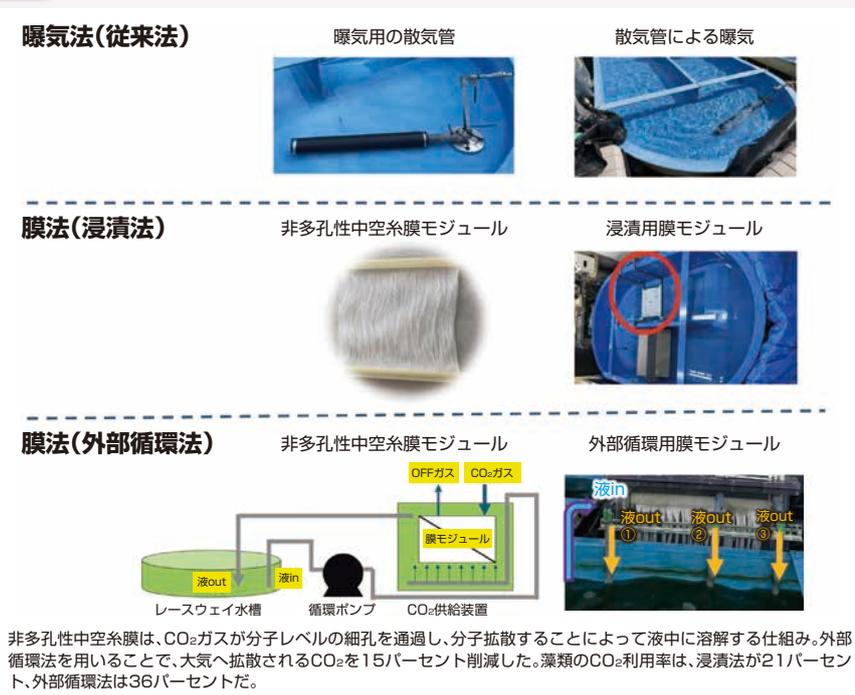
らに高めるため、河野さんは光合成で育てる独立栄養培養だけでなく、バイオマス起源の糖を添加して育てる従属栄養培養も検討した。この糖源として河野さんらが注目したのが「テンサイ」だ。砂糖の原料となる植物で、ビートあるいはサトウダイコンとも呼ばれ、国内では北海道でのみ栽培されている。その生産量は400万トンで、道内2位のジャガイモの2.4倍もの生産高を誇る。精糖工程では砂糖として結晶化されない糖蜜が出るため「この廃糖蜜(モラセス)をどうにか有効活用できないか」と河野さんは考えたという。

微細藻類が糖源として使える糖類

は主にブドウ糖と果糖で、砂糖の主成分であるショ糖をそのまま利用できる藻類は少なく、クロレラもショ糖は分解できない。そこで河野さんは、ショ糖を酸性水で加水分解して、得られたブドウ糖と果糖でクロレラを培養してみた。すると、市販の廃糖蜜に比べて収穫量が2倍以上に増えた。こうした糖源を加えた従属栄養培養では、クロレラの油含有率が70パーセントになることがある(図3)。含有量が多すぎるとクロレラが水に浮いてうまく藻体を回収できないので、細かな調節が重要だ。

また、イカダモは油含有率が少ないながら、培養液1リットルあたりバイオマスが286グラムにもなったという報告もあり、微細藻類の従属栄養培養のポテンシャルの高さが感じられる。河野さんは「SAF製造には、安定的に大量に培養できる従属栄養培養と低コストの独立栄養培養を組み合わせて進めることが現実的だと確認できました」と語る。テンサイは、生産性もCO₂吸収量も高い上に、精糖の過程で廃糖蜜は必ず出る。現在、ホクレン農業協同組合連合会および日本甜菜製糖と、テンサイの廃糖蜜を糖源とした微細藻類の従属栄養培養に関する共同研究を進めている。

図4 非多孔性中空糸膜によるCO₂の利用効率向上



「非多孔性中空糸膜」を開発 CO₂の拡散抑制でコスト減

独立栄養系での生産性向上や生産コストの削減を図るため、膜を使って光合成に必要なCO₂を、無駄なく水に溶かす技術開発に三菱ケミカルと共に取り組んでいるのが、中央大学理工学部人間総合理工学科の山村寛教授だ。藻類を屋外で培養する際には、大気から自然にCO₂を取り込むだけでは生産性が上がらないため、CO₂ボンベや工場の排ガスを用いてCO₂を水槽に溶解することが一般的である。しかし、山村さんを中心とした研究により、吹き込んだCO₂の80~95パーセントは吸収されず大気に戻っていることがわかった。

「これでは藻類の培養がカーボンニュートラルに貢献すると言えるか疑問になりますし、CO₂ポンプなどのコストも余分にかかってしまいます」と山村さんは語る。さらに2030年以降は、国内の石油化学プラントの稼働停止もあってCO₂の供給が減り、価格が上がると考えられる。CO₂の効率的な活用は、環境面・コスト面の双方にメリットがあるため、山村さんらはCO₂ガスをしっかり水に溶かし、大気に戻さずに無駄なく使い切る技術の開発に取り組んだ。

CO₂は水中に溶けにくい上、液体濃度が高いほど大気に拡散されやすくなる特徴がある。目標はこれらの物理法則を克服するモジュールや供給システムの開発だ。開発中、微細藻類の株の種類によって培養に適したCO₂濃度が異なることが明らかになり、CO₂量の制御も開発目標に加わった。その結果誕生したのが、細い繊維の集合体のような非多孔性中空糸膜だ。水槽にこの膜を沈めてポンプからCO₂の供給を行ったところ、大気への拡散が抑えられることを確認した。

具体的には、藻類が吸収したCO₂量が従来の約4倍に向上し、外部循環法の採用で最大で36パーセントまで吸収率を上げることができた(図4)。これだけで、微細藻類の生産量1トン当たり約30万円のコスト削減になると試算される。実際に工場排気ガスを使った屋外試験も実施しており、効果は実証済みである。現在では、さらにCO₂を大気中に逃がさずに無駄なく使うために、閉鎖系の培養装置の開発も進めている。

コンソーシアムで株を配布 飼料開発などでの活用に期待

燃料に適した微細藻類を効率良く培養する技術に加え、河野さんらは培養した藻類から油を効率的に抽出する研究も進めた。その結果、搾油やメタノールとメチルトert-ブチルエーテルを用いた抽出、ヘキサンを用いた抽出という三つの手法を確立

した。また、抽出した油の成分がSAFの原料となり得る品質であることが確認できた。OPERAのコンソーシアム内で、微細藻類に関する応用研究を希望する機関や企業に国立環境研究所が保有する株を2次配布する仕組みも構築。これにより、機能性食品や家畜用飼料、水産物用飼料の開発など、多様な成果につなげることができた。

微細藻類の搾油残渣や抽出残渣の有効利用法では、残渣を可塑剤と混ぜた強固なバイオプラスチックや機能性ナノファイバー化成品を作る技術なども開発した。微細藻類からとれる油脂は、実はSAFだけでなく食用としてのポテンシャルも高い。現在、オリーブ油の価格が高騰していることから、食用としても活用が期待される。「クロレラ油の脂肪酸はパーム油とオリーブ油の中間の組成なので、クロレラ油をまずは食用とし、その廃食油からSAFをつくる道筋も考えられるでしょう」と河野さんは述べる。

三谷さんも「微細藻類産業のスケールアップは、下水や廃水の浄化や排ガスの処理への展開が期待されており、また、飼料などに向いたたんぱく質を生成する微細藻類に転換することも可能です」と利用例を示す。また、河野さんは「海藻のヒトエグサの

図5 スジアオノリの陸上養殖



2021年に理研食品は、近年国内主要産地での生産量が激減したスジアオノリやヒトエグサの陸上養殖施設を岩手県の陸前高田市に開設した。スジアオノリの製造販売はすでに始まっており、ヒトエグサも大いに期待されている。また、22年度の実績では屋外の季節変動に応じてタンクの肥料濃度・海水供給量・エアレーションをコントロールしながらスジアオノリを乾重量3.1トン生産できた。これはCO₂固定換算をすると1トンの炭素または3トンのCO₂を固定したことになる。

単細胞培養を種株とする海藻の陸上養殖の成功は日本の水産業に新風を吹き込むものです」と強調する(図5)。今後は非多孔性中空糸膜によるCO₂供給などの技術革新によってさらなる増産が望まれるが、そうした増産はCO₂削減に寄与するだけでなくブルーカーボン研究にも新たな視点を提供することになるだろう。

2024年3月にOPERAは終了したが、OPERAで築き上げたコミュニティの維持を目指し、三谷さんと河野さんらは新たに「光合成ものづくりコンソーシアム」を発足した。継続的かつ戦略的に研究開発を行い、実績を積み重ねることで、微細藻類の活用に向けた研究の裾野を広げていく考えだ。SAFの早期の実用化はもちろんのこと、微細藻類を有効活用する技術のさらなる開発が期待される。

(TEXT: 桜井裕子、PHOTO: 石原秀樹)



コンソーシアムでは横のつながりを生かし、積極的に新たな挑戦ができる雰囲気と環境をつくりたいと考えています。一つ課題を解決すれば、また次の課題が出てくるのが明らかな挑戦です。新たなプレーヤーの参入を大いに期待しています。

イノベ 見て歩き

連載：第15回

社会実装につながる研究開発現場を紹介する「イノベ見て歩き」。第15回は、地方鉄道における保線作業の省力化を目指し、営業車両に搭載した3次元加速度センサーを用いた線路の異常検知システム構築に取り組み、茨城大学工学部機械システム工学科の尾畠裕隆准教授を紹介する。

営業車両で線路の異常を検知する 地方鉄道の保線作業省力化に貢献

尾畠 裕隆

Ojima Hirota

茨城大学 工学部 機械システム工学科 准教授
2022年～23年 A-STEP研究代表者

ひたちなか海浜鉄道と協力 実験で0.01ミリの凹凸を検知

鉄道の安全性や信頼性を保つためには、日々の保線作業が欠かせない。新幹線では複数の点検車両が活躍しているが、2024年6月にはドクターイエローの引退が発表された。今後は、営業車に専用の機器を取り付け、営業運行をしながらデータを収集するとしている。これと同じように、茨城大学工学部機械システム工学科の尾畠裕隆准教授は、営業車に搭載した3次元加速度センサーから得たデータを活用して、線路の異常を検知する保線支援システムの開発に取り組んでいる。

日本有数の工業都市である日立市に位置する茨城大学日立キャンパスは、目の前に海が広がるJR日立駅から

車で約15分。産官学共同研究に力を入れており、2018年には研究・産官学連携機構を設置している。今回紹介する尾畠さんの研究も、鉄道関連の企業から同機構に持ち込まれた共同研究がきっかけだった。新幹線のように点検車両を持たない地方鉄道では、作業員が1日10キロメートルにも及ぶ徒歩巡視によって目視や打音で懸念箇所を見つけ、線路を補修している。しかし、熟練技能者の高齢化や人材不足、保線費用の増加に悩んでいる地方鉄道は少なくない。

こういった背景から、研究・産官学連携機構内で作業員の負担軽減を目指した基礎実験が始まった。協力を得たのは、県内の第三セクターであるひたちなか海浜鉄道。終点近くの国営ひたち海浜公園の観光需要から、第三セクターには珍しく公園

向けて、本格的な研究を始める際に声がかかったのが、尾畠さんだった。

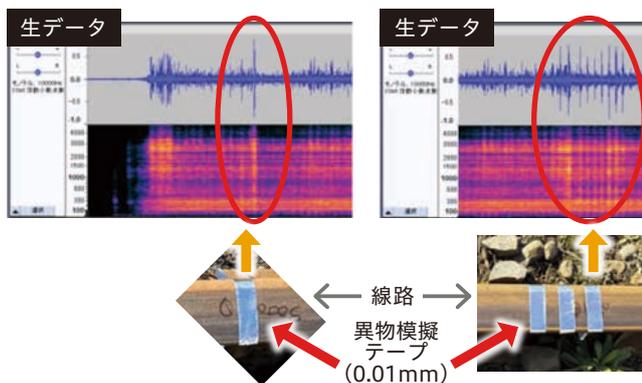
ものづくりを支える技術を継承 機械系が参加、ファンの学生も

情報通信や機械力学、画像処理を専門とする尾畠さんは以前、宇宙ロケット部品などを超精密加工している企業と共同で、切削加工における工具の異常検知システムを開発した経験があった。従来、工具の異常は現場で使用する技術者が音や振動の変化などから察知していた。摩耗が進んだ切削工具で加工を続けると、高価な工作物を損壊してしまう恐れがあるが、工具自体も高価なのでできる限り長く使いたい。その見極めができるベテラン技術者が減ってきていることもあり、工具の異常を自動で検知して現場をサポートする技術を開発できないかという依頼だったそうだ。

尾畠さんらは、切削に伴う音や振動、力などをセンサーで測定。工具が壊れる予兆となる異常信号をAIで検知できるシステムを導入し、工具の寿命を20～30パーセント伸ばすことに成功した。「工具の異常検知と保線支援では、同じシステムがそのまま使えるわけではありません。しかし、ものづくりを支える技術の継承という多くの現場で苦勞されている問題を、機械学習やその他の解析手法で数値化することでサポートしていく、

入口までの延伸計画が進んでおり、2030年の開業を予定している。実験では、同鉄道が所有するトロッキに搭載した加速度センサーで、0.01ミリメートル程度の線路面の凹凸を検知できることを確認した(図1)。実用化に

図1 ひたちなか海浜鉄道での基礎実験



加速度センサーを搭載したトロッキに、厚さ0.01ミリメートルの異物模擬テープを貼った線路を走行させた。前後・左右・上下方向の加速度の変化を解析処理することで、線路面の異常や走行状態の違いを明確化できることを確認した。

図2 データ収集装置のプロトタイプ



加速度センサー(右上)とデータ収集装置、車両位置を記録するGPS受信装置を一体化した装置を製作(下)。製作開始時はビデオカメラを搭載して車両位置の特定を試みたが、検討の末GPSに変更した。

というテーマは共通しています」。

こうした経験もあり、尾鷲さんらは2022年にA-STEPのトライアウトに応募し、採択された。研究メンバーには、さまざまな専門領域を持つ機械システム工学科の教授・准教授に加え、研究室に在籍する鉄道ファンの学生も参加。また、タッグを組んだひたちなか海浜鉄道も研究に前向きな姿勢だったという。「キックオフミーティングには、吉田千秋代表取締役社長にもオンラインで参加していただきました。何事にも前向きな方なので、今回の研究も快く受け入れていただけたのだと思います」と尾鷲さんは当時を振り返る。

座席下に収まる装置を製作 作業者の負担低減に手応え

研究開始後は、実際に営業車両に加速度センサーを搭載し、走行時のX軸、Y軸、Z軸の加速度信号をリアルタイムで計測した。それまでの実験結果から、線路面の傷に関してはZ軸方向の加速度が顕著に変化することが判明していた。そこでZ軸方向の加速度の時系列データを解析し、点検すべき区間がどこなのかを示すことで、徒歩巡視作業の省力化を図ることを目指した。実車搭載装置の開発では、実際に尾鷲さんと学生が営業車内で設置場所を検討し、座席下のスペースに納まるコンパクトなプロ

トタイプを設計・製作したという(図2)。

装置完成後は、実際に走行する車両に搭載し、一往復分の時系列データをメモリーカードに記録。それを回収してデータを解析した。線路の異常検知で難しいのは、鉄道路線には踏切や鉄橋、分岐ポイントなどの地形的な変化があることに

加えて、駅の進入・発車時やカーブなどで列車が加減速することだ。さらに、季節や天候による線路の変化もある。それらの影響がデータに加わるために、線路面の凹凸による加速度変化だけを異常として抽出するのが難しい。

そこで、尾鷲さんらは取得したデータを時系列信号処理手法の一つである「HHT解析手法」を用いて分析。異常度の分類には「マハラノビス距離」が使えないか検討した。これは統計学で用いられる距離の尺度であり、多次元データの解析において異常値や外れ値の識別に有効である。踏切や列車の加減速の影響も含めて、日々の走行で得られるデータを蓄積・機械学習させることで、基準となる「正常データ」の範囲を確定し、この正常データと当日のデータを比較する

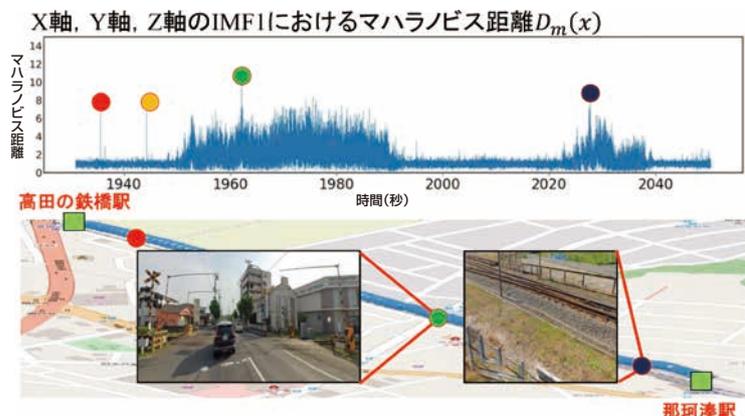
ことで、正常データから外れた距離、つまり「異常の程度」を数値化することができると考えたのだ(図3)。

「今回のプロジェクトを通じて、コンパクトなシステムで異常箇所と異常度を同時に特定し、点検すべき場所を示すことができると実証できました。今後、実車実験を継続的に行ってデータを積み重ね、解析方法もさらに検討していくことで、より精度の高い異常検知システムが実現できると考えています」と尾鷲さんは成果の手応えを語る。このシステムは運用やメンテナンスも容易なことから、実現すれば全国で40社を数える地方第三セクター鉄道をはじめ、地域の足として欠かせない鉄道の安全性や信頼性の確保に貢献することが期待される。

もちろん、最終的な線路の異常判断は現場での目視などによる確認が必要だ。「ですが、この支援システムで作業員の負担を軽減させることで、少しでも現場の方々のお助けになればと思います」と尾鷲さんは強調する。また、加速度センサーによる異常検知は、振動データが取れるものなら幅広く応用可能だ。今後は、工作機械をはじめ高速道路や橋梁の健全性評価への適応も検討している。さまざまなものづくりへの連携に向けて、尾鷲さんらの挑戦はまだ始まったばかりだ。

(TEXT: 森部信次, PHOTO: 石原秀樹)

図3 高田の鉄橋駅—那珂湊駅間での試験走行結果



解析の結果、マハラノビス距離が大きくなった箇所を丸で示している(上)。このうち、緑丸の箇所は踏切、紺色丸の箇所は線路の分岐ポイントがあり、線路のがたつきによりマハラノビス距離が大きくなった可能性がある。このように、さまざまな場合の走行データを蓄積・機械学習することで「正常データ」を確定させ、そこに新しいデータを重ねた際に異常なマハラノビス距離が示されたら、そこが要点検箇所となる。

完全実地開催でリアルな体験重視へ

幅広い話題で未来社会を描く場に

テーマは「サイエンスと共に未来へ ～Bound for the future with Science～」

「サイエンスアゴラ」は、科学技術を軸にあらゆる立場の人たちが参加し対話する日本最大級のオープンフォーラムです。19回目の開催となる今年は、コロナ禍で定着したオンライン併催を見直し、リアルな交流やライブ感のある体験を重視した完全実地開催としました。会場はテレコムセンタービルに加え、近隣の日本科学未来館とも連携し規模を拡大して実施します。メイン会場のテレコムセンタービルでは、来場者の好奇心を刺激し、出展者同士も新たなつながりが生まれるよう、同志社大学ハリス理化学研究所の樹太一氏ら有識者11名で構成するサイエンスアゴラ2024推進委員会がブースの配置を工夫し、注目プログラムを選出しました。

サイエンスアゴラ2024のテーマは「サイエンスと共に未来へ ～Bound for the future with Science～」。科学技術でひもとく恐竜がいた古生物の時代から、私たちがいる現在、そして実現しつつある未来へと、これまでの科学技術の成果とこれからの未来の可能性を探りながら、どのような未来社会を築いていきたいかを一緒に考える場を目指します。

VRで恐竜観察、ドローン操縦など特別プログラムを実施

サイエンスアゴラの「対話」を重視する姿勢に賛同いただいた機関の協力を得て、特別な体験ができるプログラムを実施します。福井県立大学恐竜学研究所が監修した恐竜学体験ブースでは、VR技術を活用し恐竜の骨格を大迫力で学ぶことができます。また、社会課題解決をテーマとしたドローンの操縦体験、遠隔で診療や治療をサポートする未来の医療技術体験、教育界の第一線で活躍する正頭英和氏による体験型ワークショップなどを通じ、専門的な知識や視点を取り入れながら、大人も子どもと一緒に楽しみながら学べます。

◆ 開催概要

日時：10月26日(土)～27日(日) 10:00～17:00

会場：テレコムセンタービル、日本科学未来館(東京・お台場 青海地区)

前夜祭：10月25日(金)(オンライン)※1プログラムのみ

参加費：無料(一部、材料費など実費がかかるプログラムがあります。)

来場予約：当日会場でも受け付けますが、混雑が予想されるため事前登録をおすすめします。なお、一部のプログラム参加には事前登録が必要です。

主催：科学技術振興機構(JST)

詳細は順次、サイエンスアゴラ2024 特設サイトにて公開



【サイエンスアゴラ2024特設サイト】
<https://scienceagora.jst.go.jp/2024>

◆ 特別体験プログラム

実施日時	プログラム	出展者	会場
10/26(土)	バーチャル技術で学んで楽しむ未来の恐竜学	福井県立大学恐竜学研究所、JST-RISTEX	テレコムセンタービル
10/27(日)	君もサイエンスヒーロー！科学の力でモンスター退治！	A-Co-Labo、ゼオンキッズ(日本ゼオン)、JST-RISTEX	
終日	宇宙からの挑戦状 ～powered by 名探偵コナンゼミ～	正頭英和、JST-RISTEX	
	移動型治療ユニットと5Gを利用した遠隔医療支援プロジェクト	東京女子医科大学、NTTドコモ、JST-RISTEX	日本科学未来館

◆ サイエンスアゴラ推進委員会が選んだ注目プログラム(全てテレコムセンタービルで実施)

実施日時	プログラム	出展者
10/26(土) 10/27(日) 終日	国際科学オリンピックワークショップを体験しよう！	日本科学オリンピック委員会
	さわって問い生む、探究トイ展。	明星大学情報学研究所附属 学習科学研究所
	今、起きている「食と科学」の新たな変化を語ろう！	経営支援NPOクラブ
	めぐる・つながる・ひろがる ～未知なる価値への冒険～	メルカリ R4D
	生き物に学ぶネイチャーテクノロジー	東京大学大学院農学研究所 香坂研究室
	みんなの声聞かせて！科学と共創する未来を作ろう！	日本科学振興協会(JAAS)
	ダリの“め”美術館 ～AIと私の未来を語る展～	立教大学 理学部 SCOLA
	都市型DAC-Uシステム(人工光合成)の描く未来	NEDO MSPJ 都市型DAC-Uシステム(人工光合成)
10/26(土) 13:30-15:00	ろう・難聴者と聴者でインクルーシブ防災を考えよう	片岡AMEDプロジェクトチーム
10/26(土) 15:30-17:00	ウイルスの謎に迫る！～研究最前線から共存する未来まで～	東京大学 医科学研究所 感染・免疫部門 システムウイルス学分野
10/27(日) 13:00-14:30	ダークマター研究の未来 君ならどう挑む？	高エネルギー加速器研究機構(KEK)



研究成果

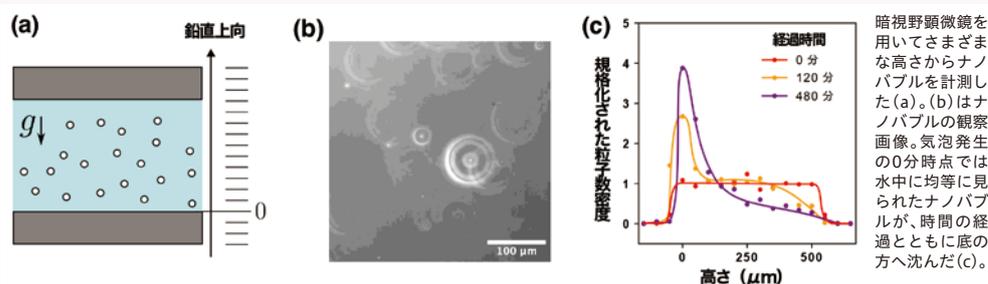
戦略的創造研究推進事業さきがけ

研究領域「複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学」
研究課題「マイクロ・ナノ界面系でのイオン流体科学の創出」

ナノバブルは気泡ではなく非ガス粒子 顕微鏡による計測で判明、洗浄技術の革新へ

直径1マイクロ(マイクロは100万分の1)メートル以下の微細な気泡「ナノバブル」は、優れた洗浄性能や生理活性効果を持つことから、工業・農業・水産業・医療などさまざまな産業分野での実用化が進んでいます。通常の気泡と異なり、水中に長時間持続して漂う特徴があるので、ナノバブルは気泡ではなく固体が液体の微粒子である可能性が指摘されていましたが、質量を計測できる機器が限定されており、その実態は明らかになっていませんでした。

九州工業大学大学院情報工学研究院の植松祐輝准教授らの研究グループは、長時間経過した溶液中に残ったナノバブルの粒径と質量密度を計測し、重力によって沈んでいく様子を暗視野顕微鏡で観測しました。その結果、水よりも重い気体は存在しないことから、ナノバブルは固体が液体で構成される非ガス粒子であることが明らかになりました。



暗視野顕微鏡を用いてさまざまな高さからナノバブルを計測した(a)。(b)はナノバブルの観察画像。気泡発生0分時点では水中に均等に見られたナノバブルが、時間の経過とともに底の方へ沈んだ(c)。

研究成果

戦略的創造研究推進事業ERATO

上田生体時間プロジェクト

徹夜後に起きる長く深い睡眠を解明 大脳皮質の抑制性神経が活性化されて誘発

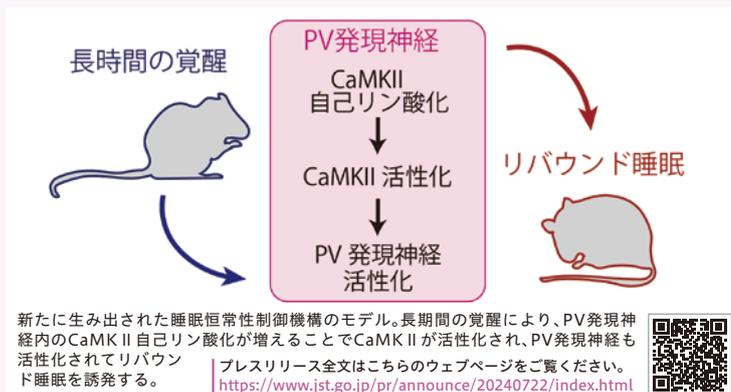
徹夜などで睡眠不足に陥ると強い眠気を感じ、その後の睡眠が普段よりも長く深いものとなる現象を「リバウンド睡眠」と言います。これは脳が覚醒時の活動履歴を記録し、その履歴に基づいて一定量の睡眠を確保しようとする睡眠恒常性が影響しているとされています。従来の研究では、リバウンド睡眠が起きる仕組みは十分に明らかにされていませんでした。

東京大学大学院医学系研究科の上田泰己教授と昆一弘博士研究員(現・米ジョンズホプキンス大学)らは、実験的に睡眠不足にしたマウスの脳内を解析。眠気がたまった状況では大脳皮質の抑制性神経であるバルブアルブミン(PV)発現神経が活性化され、リバウンド睡眠を誘発することを解明しました。

研究グループはまず初めに、PV発現神経の活動と睡眠恒常性の因果関係を調べました。十分な睡眠を取っているにもかかわらず同神経を活性化させるとリバウンド睡眠に類似した症状を示しました。一方で長時間覚醒し睡眠不足の状態であっても同神経を抑制させると定常時と同様の睡眠パターンになりま

した。このことから、リバウンド睡眠には覚醒履歴に対応したPV発現神経の活性化が関連することが判明しました。

さらに、PV発現神経の活性化を引き起こす分子メカニズムを調べたところ、睡眠制御に関連する同神経内のたんぱく質リン酸化酵素であるカルシウム/カルモジュリン依存症キナーゼⅡ(CaMKⅡ)が活性化されていました。それにより同神経も活性化され、リバウンド睡眠が起きるといった新たな睡眠恒常性制御機構が示唆されました。今回の成果を基に、今後眠気を定量的に記録し適切にコントロールできる手法の開発が進めば、睡眠という観点から心身共に健康な社会を築く一助となることが期待されます。



新たに生み出された睡眠恒常性制御機構のモデル。長時間の覚醒により、PV発現神経内のCaMKⅡ自己リン酸化が増えることでCaMKⅡが活性化され、PV発現神経も活性化されてリバウンド睡眠を誘発する。

プレスリリース全文はこちらのウェブページをご覧ください。
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20240722/index.html>



さきがける

科学人

vol.144

PROFILE

池内 桃子

Ikeuchi Momoko

奈良先端科学技術大学院大学
先端科学技術研究科
特任准教授

埼玉県出身。2012年東京大学大学院理学系研究科生物学専攻博士課程修了。博士(理学)。理化学研究所基礎科学特別研究員、新潟大学理学部准教授などを経て、22年より現職。同年より創発研究者。



素晴らしいメンバーと力を合わせ、切磋琢磨しながら研究を進めています。

植物の器官再生能力の謎に挑む
メカニズム解明から組織培養効率向上へ

Q1. 研究者の道を選んだ理由は？

A1. 仮説検証型の植物研究に魅力

子どもの頃から植物に興味があり、家族とハイキングに行くと高山植物を観察することが好きでした。その中で、次第に「まだ誰も知らないことを自らの手で明らかにしたい」という気持ちが芽生え、自然科学の研究者になりたいと思うようになりました。植物の花や葉の形がどのように決まるのかを追究したいと考えたのです。

今の専門分野を決めたのは、大学での学びを通して仮説検証型の研究に魅力を感じたからです。面白い現象や仮説があっても、それを検証できる技術やアプローチがなければ仮説を立てただけで終わってしまいます。モデル植物のシロイヌナズナを用いた分子遺伝学が華々しい成果を挙げていることに深く感銘を受け、生物学科の植物学コースへの進学を決めました。

植物は自ら動くことができず、動物に食べられたり、引き抜かれたりすることもある受動的な存在です。それにもかかわらず、地球上で大いに繁栄しているということは動物と

は異なる生存戦略を持っているからだといえます。植物が持つ独自の生存戦略を解き明かしていきたいです。

Q2. 研究で目指すものは？

A2. 細胞の分化運命を決定する因子を特定

植物には傷ついた組織を自己修復する「組織修復能力」や、傷口や単離細胞から新しい組織を作り出す「器官再生能力」があります。これらのメカニズムを解き明かすことが私の研究テーマです。創発の研究では、器官再生能力を制御する仕組みの解明に取り組んでいます。

植物の組織片を取り出して人工培養すると、根や葉などさまざまな器官に分化可能な細胞塊である「カルス」が形成されます。芽を生み出すかといったカルス細胞の分化運命を決定している因子を特定するために、シロイヌナズナの組織を培養して制御因子を解析したところ、遺伝子の働きを調整する転写制御因子となる役割を持つたんぱく質[WOX13]を発見しました。

また、WOX13を調整することで遺伝子工学に欠かせない組織培養の効率を飛躍的に向上できることもわかりました。今後は器官再生メカニズムの詳細を明らかにするとともに、他の植物でも同様の効果があるかも調べていきたいです。

Q3. 未来の研究者へメッセージを

A3. 幅広く学び、全力で挑戦して

大学院生時代には当初期待していたように研究を展開できず、博士号を取った頃は研究者としてキャリアを築いていけるのか不安でした。しかし、学生時代に「どうしたら課題を解決できるか」を徹底的に考え抜いた経験が今に生きていて感じます。また、博士研究員として新たに始めた研究プロジェクトには、背水の陣の覚悟を持って全力で取り組みました。その時のテーマが現在につながっています。

最近は専門教育が早期化している傾向がありますが、高校生や大学生の頃には自分が好きな分野を深く学ぶことに加えて、それ以外の分野もしっかりと学んでほしいと思います。幅広い教養や論理的思考力、英語は研究者には必須です。また、自身の研究成果や生み出した技術をどのように応用できるかを考えるためには、専門分野を超えた知識を持つことや社会で何が求められているのかを知ることが大切です。

植物の再生能力のように、いまだに原理が解き明かされていないことが自然界にはたくさんあります。新しい発見は地道な積み重ねの先にしかありません。ぜひ、自分だけの道を切り開き、多くの謎に挑戦してください。

(TEXT: 村上佳代)



イワタバコ科植物の葉を切断した後に、芽が再生している様子です。自然界には未解明の面白い再生応答をする植物が多く、驚きにあふれています。

Follow Your Passion!

リサイクル適性 (A)
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

JST news

October 2024

発行日/令和6年10月1日

編集発行/国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)総務部広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3サイエンスプラザ

電話/03-5214-8404 FAX/03-5214-8432

E-mail/jstnews@jst.go.jp JSTnews/https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/



最新号・バックナンバー