

JST news

未 来 を ひ ら く 科 学 技 術

特 集

さがける科学人
100回記念

2

February
2021



国立研究開発法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

研究成果

戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」

研究課題「計算機によって多様性を実現する社会に向けた超AI基盤に基づく空間視聴触覚技術の社会実装」

音を体感するOntennaでプログラミング教育



私たちの周りにあふれる音の情報。耳が聞こえない人にはさまざまな不便があります。

筑波大学の落合陽一准教授が率いる「xDiversity(クロス・ダイバーシティ)」の研究活動で、富士通の本多達也プロジェクトリーダーらが開発した「Ontenna(オンテナ)」は、音の大きさをリアルタイムで振動と光の強さに変換する機器です。髪の毛や襟元に挟んで使うクリップ型で、全国のろう学校

で音楽の授業や発話練習に活用されています。

このOntennaの動作を視覚的プログラミング言語ツール「Scratch(スクラッチ)」を使ってカスタマイズする、プログラミング教育環境の無償提供を2020年12月に始めました。「大きな音が鳴った時に3回振動する」など、知りたい音が自分の設定したパターンで体感できます。

ろう学校に限らず、広く小学校に向けて指導マニュアル、授業用スライド、ワークシートを提供し、Ontennaの貸し出しもできます。本多プロジェクトリーダーは「生活の困り事や社会課題に対し、ICTを活用して自ら解決したいと思うきっかけになってほしい」と

語っています。全ての子供にとって「音を感じる」新たな体験となるでしょう。



ろう学校の児童がワークシートに描いたアイデアと、Ontennaの動作を設定する様子
画像提供:富士通

教材のダウンロードや
Ontenna貸し出しの申し込み
<https://programming-ontenna.jp/>

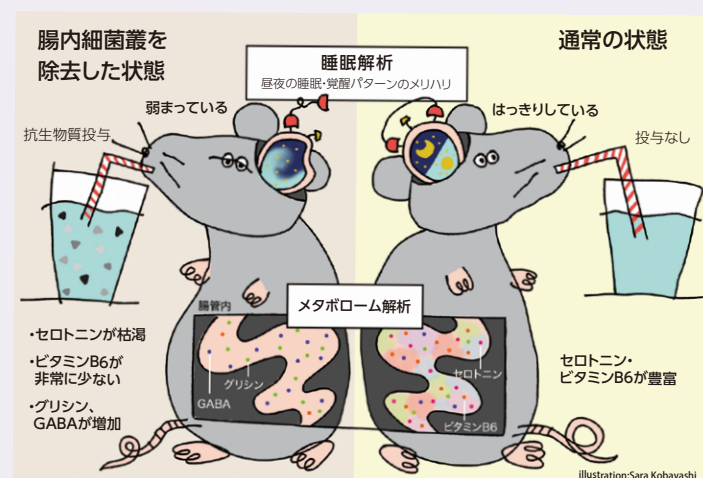


研究成果

戦略的創造研究推進事業ERATO

深津共生進化機構プロジェクト

腸内細菌叢がなくなると睡眠パターンが異常に



画像提供:筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構

日々の生活に欠かせない食事と睡眠。腸内環境と脳機能の相互作用も近年明らかになりつつあり、心身の健康を維持する役割に注目が集まっています。慶應義塾大学先端生命科学研究所の福田真嗣特任教授と筑波大学国際統合睡眠医科学研究機構の

わたって抗生物質を経口投与し腸内細菌叢を除去したマウスと、正常なマウスの睡眠・覚醒状態を、脳波や筋電図で解析しました。この結果、腸内細菌叢除去マウスは本来睡眠期であるはずの昼に活動が増え、逆に活動期であるはずの夜にも睡眠をとって

柳沢正史教授らは、腸内細菌叢が睡眠に及ぼす影響を調査し、腸内細菌叢を除去すると睡眠覚醒パターンに異常が生じることを見だしました。

研究では、まず4週間に

いて、昼夜のメリハリが弱まっていました。またノンレム睡眠とレム睡眠の切り替わりが多く、レム睡眠に特徴的な脳波成分の密度が減少するなど、睡眠の質が低下していることが示唆されました。

次にメタボローム解析で腸管内の代謝物質を調べたところ、腸内細菌叢除去マウスでは特にアミノ酸代謝を助けるビタミンB6が減少し、精神を安定させる神経伝達物質セロトニンが枯渇していました。一方、抑制性神経伝達物質のグリシンとγアミノ酪酸(GABA)は増加しており、腸内細菌叢除去マウスの腸内代謝に大きな変化が認められました。

食を通じた生活習慣の改善による腸内環境の調整が良質な眠りに結びつく可能性が示唆されたことから、さらなる研究の進展が期待されます。

特集

さきがける科学人
100回記念

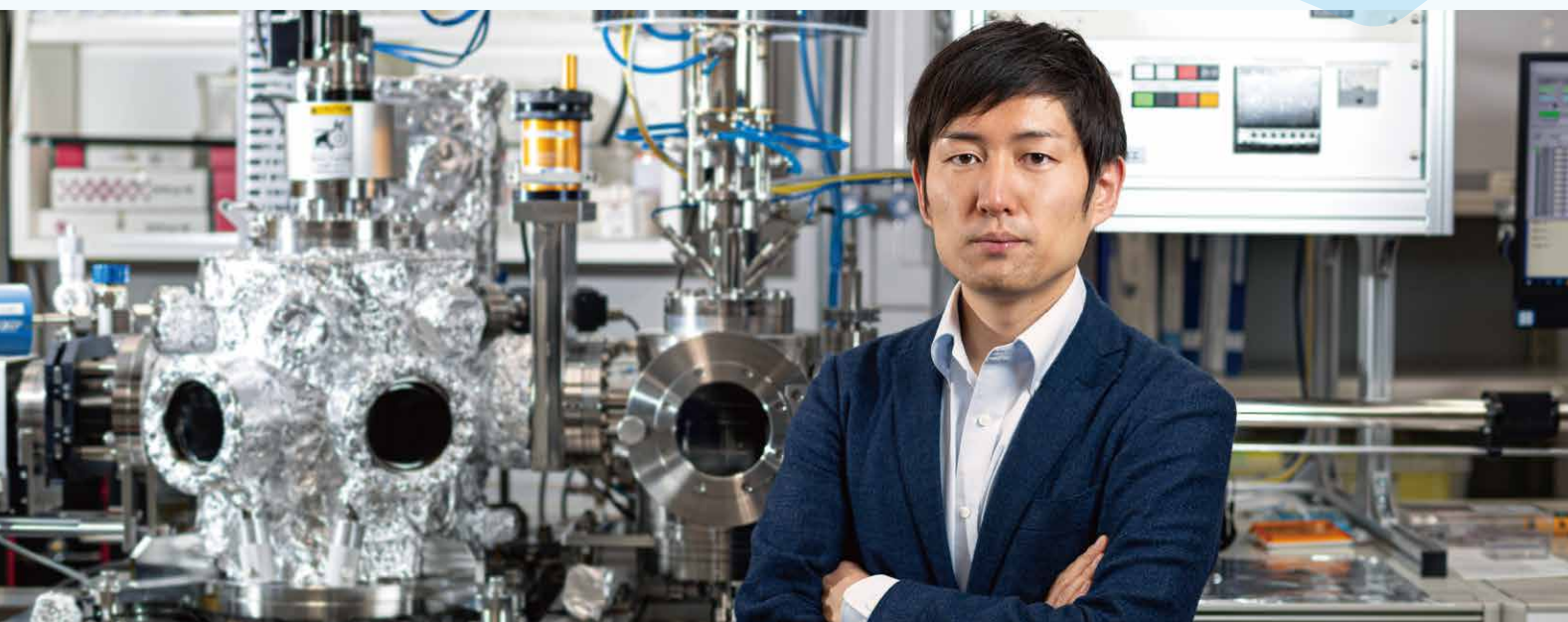
2012年5月号に連載を開始した「さきがける科学人」。若手研究者が果敢に挑む先進的な研究、新しい発想を生み出す秘けつ、研究者としての哲学など、研究者人生の歩みに迫り、未来の研究者の道しるべとなるべく回を重ねてきた。100回を記念して、連載初期に登場した2人のさきがける科学人の現在を紹介する。

スピンで熱制御を究める 次世代の熱電変換に挑戦

磁気の源である電子のスピンと熱の相互変換現象の観測に世界に先駆けて成功してきたのが、物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究拠点の内田健一グループリーダーだ。次なる目標に、スピンを用いる熱エネルギー制御原理の解明を掲げ、扱いにくい熱を自在に操る技術の確立や次世代エネルギー変換材料の開発を目指す。

2013年8月号vol.16登場

うちだ けんいち
内田 健一
物質・材料研究機構
磁性・スピントロニクス材料研究拠点
スピンエネルギーグループ
グループリーダー
2012年～18年さきがけ研究者、
17年よりCREST研究代表者



熱スピン変換現象を発見 日本から新たな研究分野

スピンと熱を融合した新たな研究分野「スピнкаロリトロニクス」は、物質・材料研究機構の内田健一グループリーダーらによる数々のスピン物理現象の発見と解明で、飛躍的な発展を遂げた。「自分たちの研究がきっかけとなってスピнкаロリトロニクスが世界中で盛り上がり、研究が成熟していくさまを見られたのは幸運なことでした」と語る。内田さんは慶應義塾大学の卒業研究で、磁性体に温度差を付けて、磁気の流れであるスピン流を生成する「スピンゼーベック効果」を発見し、2008年に「Nature」に発表した。卒業研究が著名な雑誌に掲載されるのは、極めてまれなことだ。

スピン流の存在は理論的には知られていたものの、流れる距離が短い
ため観測が難しく、その生成・検出方法が確立してきたのは21世紀に入っ

てからのことだった。スピン流と熱の相互作用を確認できたことは、物理学の教科書に新たなページを加える画期的な成果といえる。世界から称賛を浴びる一方で、批判や疑問も届いた。「スピンゼーベック効果を証明するために、ひたすら実験を繰り返して、実験結果を地道に発表し続けました」。10年には電気を通さない絶縁体でもスピンゼーベック効果が生じることを見だし、絶縁体を用いた熱電変換技術の可能性を世界に示した。

16年に物質・材料研究機構のグループリーダーに着任した。「初めて自分の研究グループを率いることになり、独力で新たな研究を確立しようと決意しました」。そこで研究の旗印としたのが「スピンを用いて熱を自在に制御する」ことだった。スピンゼーベック効果の研究において熱はスピン流の駆動力であったが、逆にスピンで熱エネルギーを制御することもできるのではないか、というアイデアだ。熱

は身近に豊富に存在し、エネルギー源として注目されているが、光や電気と比較すると制御が難しい。しかしスピнкаロリトロニクスの発展は、スピン・熱・電気を相互変換する基礎物理や機能の発見に道を拓いた。

スピンを使うからこそ実現できる熱エネルギー制御技術の確立を目指し、スピンによって生じる多彩な熱電効果の観測を始めた。タイミング良く、ナノスケールでの熱制御を目標に掲げるCREST研究領域が立ち上がり、採択されたことも、内田さんの挑戦を後押しした。「研究者として大きな分岐点となりました」と振り返る。

熱流生成現象を直接観測 成功の秘けつは実験設計

「特にうまくいった実験は、18年に発表した『異方性磁気ペルチェ効果』の世界初の観測です」。これはニッケルなどの強磁性体中で、電流を曲げるだ

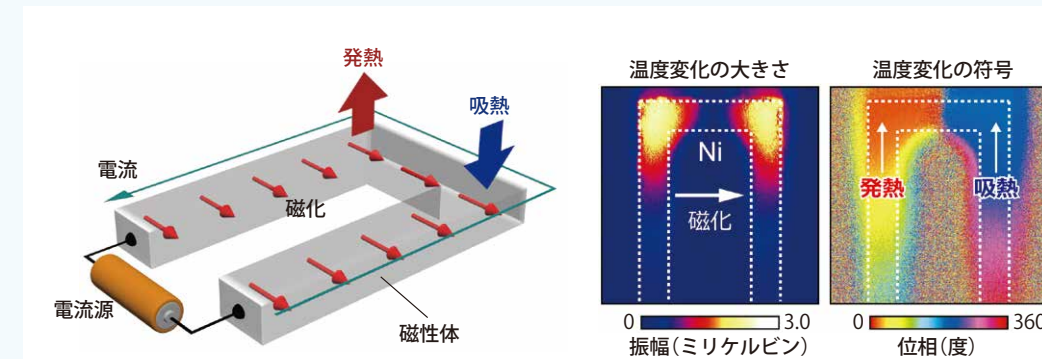


図1 コの字型磁性体における異方性磁気ペルチェ効果をロックインサーモグラフィ法で観測した。磁化と電流の相対角度の変化により、左角では発熱、右角では吸熱が生じていることがわかる。

けで加熱や冷却ができる熱電変換現象だ。「ペルチェ効果」とは、金属や半導体に電流を流すと、その方向に沿って熱流が流れる現象をいう。従来、ペルチェ効果による温度変化は異なる2種類の物質を接合した界面のみで起こるとされてきたが、内田さんは、接合のない単一の物質でも、スピンの向きが異なる領域を作れば発熱と吸熱を制御できるという新しい熱制御機能を実証した(図1)。

「異方性磁気ペルチェ効果の存在は数十年前から予想されていましたが、現象を直接観測する手段がありませんでした」。内田さんの強力な武器は、ロックインサーモグラフィ法と呼ばれる熱計測技術だ(図2)。試料に電流などの周期的な信号を加え、電流に
応答して生じる温度変化を赤外線カメラで高感度に捉えて画像化する。内田さんはこの手法を用いて、スピン流から熱流をつくる「スピンペルチェ効果」や、温度差を付けた導電体に電流を流すと生じる吸熱・発熱が磁場に依存して変化する「磁気トムソン効果」の熱イ



図2 熱物性計測に欠かせないロックインサーモグラフィ。実験室には自作や特注の装置も多く並ぶ。

メージング計測にも世界で初めて成功している。

装置があれば必ず現象を測れるものではない。成功の秘けつは、内田さんの類いまれな実験設計のセンスだ。学生時代から実験に没頭してきた経験によって磨かれ、熱電・熱スピン変換現象の振る舞いに当たりをつけられるまでになった。「良い意味で心配性。ミスがないように何度も徹底的に実験設計や条件を確認します。予想していた物理現象を自分の目で確認できた瞬間が研究者としての醍醐味ですね」。

人との出会いが成果を最大化 アイデアの融合で新たな研究へ

「研究者になろうとは全く考えていなかった」と語る内田さん。博士課程を修了し、12年に東北大学の助教になった後も、研究者として独立していけるか不安だったという。「人よりも多く努力しなければ」と常に心掛け、「流行には飛びつかず、他人の研究の後追いはいらない」と、独自の研究を貫いてきた。「勉強と研究は全くの別物。学力と研究力は必ずしも比例しません」と強調する。「勉強はわかっていることを学ぶこと、研究は教科書を勉強してもわからない最先端を開拓していくことです。研究には困難や失敗が伴います。だからこそ研究を楽しむには、自分が本当にやりたいことを信じて突き進む意欲が大切です」。

多くの人との出会いがあったからこそ、今の成果を達成できたと実感している。さきがけ研究者との交流は現在も続き、多様なアイデアを得られる大きな財産になっているという。「研究は

1人ではできません」と、学生時代の指導教官だった齊藤英治教授(現東京大学)について振り返る。「熱でスピン流を生成できるのではないかという当時としては突飛な発想に、齊藤先生は真剣に向き合って議論し、助言を与えてくれました。独立した今、グループ員が効率良く最大限の成果を出せるように、リーダーとしての役割を果たしたい」と心構えを語る。

夢は「自分が成長させた研究分野が将来社会に役立つようになるまでを見届けること」。高い熱電・熱スピン変換効率を達成すれば、環境発電や熱流計測など省エネルギー化に役立つ技術の実現が期待できる。内田さんは、異分野の研究者や産業界がスピнкаロリトロニクス研究に参入しやすいように、学術誌や講演では計測方法を包み隠さず公開している。アイデアが融合して、これまでの延長線上にはない新たな研究が生まれることを期待しているからだ。そのためには「まだ眠っている現象をくまなく測り、未知の原理や材料を探索していきます」と、内田さんの言葉は強く、揺るぎない。



使いやすく分類された工具棚。内田さんの精緻な研究姿勢がうかがわれる。

光合成の力を生かした物作り 低炭素社会の実現を目指して

光合成を行う細菌の一種であるラン藻を利用して二酸化炭素からプラスチックの原料を作り出し、低炭素社会の実現に取り組んでいるのは明治大学農学部の小山内崇専任准教授だ。学生と共に数多くの論文を発表する他、企業との連携にも積極的に取り組むなど成果を出し続ける秘けつに迫る。

きっかけは偶然の重なり CO₂と水から作るコハク酸

プラスチックは便利な素材だが、海洋プラスチック汚染をはじめさまざまな環境問題を引き起こし、原料となる石油の枯渇も懸念されている。そのため、近年では環境負荷が小さいバイオプラスチックの研究が盛んだ。

従来のバイオプラスチックは、食用にもなる糖や油脂などの構造が似た物質を原料にして作られている。これに対し、最も単純な構造を持つ物質の1つであるCO₂をプラスチックの原料にしようと挑んでいるのは、明治大学農学部の小山内崇専任准教授だ。「今後人口が増えれば糖や油脂は食糧用途が優先されるようになるでしょう。大気中にあるCO₂と水からプラスチック原料を作ることができれば資源の問題も解決しますし、地球温暖化の原因となるCO₂も削減できます」と研究の狙いを語る。



図1 ラン藻は細菌の一種で、シアノバクテリアとも呼ばれる。温度と光が制御された「人工気象器」の中で培養する。

2013年11月号vol.19登場

おさない たかし
小山内 崇
明治大学 農学部 農芸化学科
専任准教授
2011年～14年さきがけ研究者、
13年よりALCA研究代表者

小山内さんは2011年からさきがけ研究者として、バイオプラスチック原料の1つであるポリヒドロキシ酪酸 (PHB) をラン藻内で作る研究に取り組んできた(図1、図2)。ラン藻は生成したPHBを細胞内に蓄積するので、工業的に利用するには細胞外に取り出す工程が必要だった。

そこで、ラン藻が生成した後に細胞外に自然に放出するような有用物質を探していたところ、13年にバイオプ

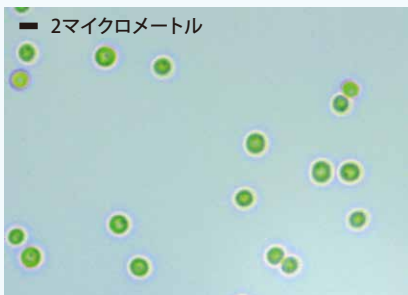
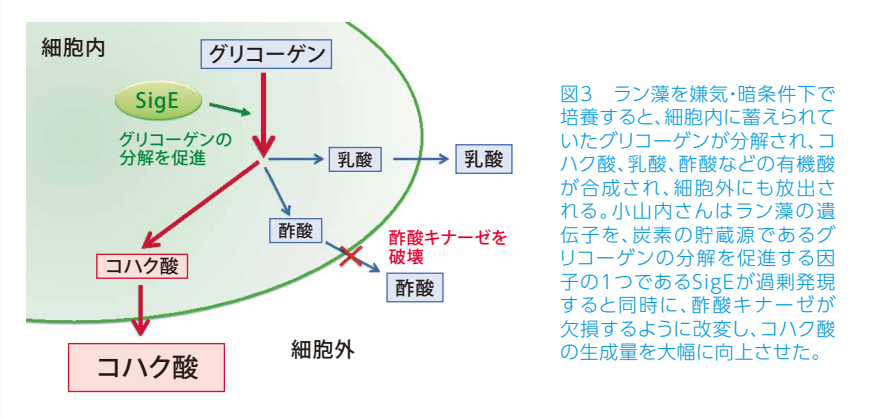


図2 小山内さんが研究で主に用いているシアネコシステリス。世界中で広く研究されているラン藻の1つで、球形の単細胞だ。

ラスチック原料となるコハク酸がラン藻から生成されることを小山内さんは発見した。「実はコハク酸を生成するラン藻は少ないのですが、偶然にも自分が研究していたラン藻はコハク酸を生成する種類でした。また当時使用していた分析機器で、たまたまコハク酸がとてもきれいに分離できたのです。コハク酸の生成を発見したのと同じ年に、ALCAで低炭素化技術に関する研究テーマに採択されました。研究を始めたきっかけは偶然の重なりとしか言えません」と小山内さんは当時を振り返る。

費用対効果を常に意識 企業とWin-Winの関係に

ラン藻は光合成でCO₂と水から糖類のグリコーゲンを作り、細胞内に蓄積する。これを光合成ができない暗い



環境に置くと、細胞内のグリコーゲンを分解してエネルギーを作るが、副産物としてできた酢酸、乳酸やコハク酸は細胞外へ放出される。

小山内さんはラン藻の遺伝子を改変して、15年には放出されるコハク酸の量を従来の5倍となる1リットル中100ミリグラムに増加させることに成功し、20年には1グラム以上生成できるようになったという(図3)。「現在の世界最高記録とはいえ、実用化には50グラム以上の生産量が必要です。どんなに良い成果でも、費用対効果に見合わなければ企業は導入しません。実用化するには安価で大量生産できる、少量でも付加価値が高いといった強みが必要だと痛感しました」と小山内さんはコスト意識の重要性を強調する。

例えばバイオベンチャーのユーグレナ社(東京都港区)との連携では、16年12月にミドリムシの名でも知られるユーグレナからコハク酸が生成されることを発見し、20年10月には1.5グラムまで生成量を増やすことに成功した。加えて18年12月にはユーグレナからアミノ酸が得られる可能性を発見し、20年10月にはミドリムシの培養液を酸性にするとグルタミン酸やグルタミンが多く生成されることを突き止めた。

企業との連携を多く手掛ける小山内さんは、成果を出す秘けつをこう分析する。「企業とはWin-Winの関係でいることが大切です。できてよかったと自己満足で終わらず、互いに納得できる成果を出せているかを常に意識しています」。

学生自ら考え選ぶ研究課題 研究成果と自己実現を両立

企業との共同研究を実際に担うのは研究室に所属する学生たちだ。小山内さんの研究室では、6割から7割の学生が大学卒業後すぐに就職する。2年の研究期間で目に見える形で成果を出し、将来につなげるのに企業連携は良い学びの場だという。「実際の製品開発に携わり仕事への向き合い方やスピード感、製品に要求されるレベルを間近に感じた学生は意識も変わり、研究者としてだけでなく人として大きく成長します」と小山内さんはその効果を語る。

一方で大学院に進学を希望する学生には、早いうちから論文執筆に挑戦させている。ラン藻に限らず生物学の分野では研究に時間がかかるため、他分野と比較して論文を執筆する機会が少ない傾向にある。小山内さん自身も最初の論文がなかなか出せずに苦労した。「最初の論文を早く完成させると、研究を進める上で大切なことが学生にも見えるようになり、次のステップに進みやすくなります」と小山内さんは学生が成果を早く出すことの重要性を語る。

成果が出ないテーマには早めに見切りを付けることもある。テーマを変更する時には、学生の希望も聞きながら他にはどのような選択肢があるのかを伝え、学生自身に考えさせ選ばせるようにしている。テーマを変える過程も学生の成長の糧となるからだ。

「幸いなことに研究室の初期の学生たちが頑張って早いうちに論文を執筆してくれたので、今では学部生

だって論文を出せる、大学院生なら論文は書いて当たり前という雰囲気がある。うまく醸成できています」と活発な研究室の様子を語る。学生が研究成果を手にすると同時に、自己実現もし、人として成長できるよう小山内さんは日々心を砕いている。

長い研究生生活を見据え 人脈広げ目標高く

さきがけでは基礎研究に注力し同年代の研究者と切磋琢磨する中で、合宿形式の領域会議や成果報告会を活用して人脈を広げたことがALCAへの応募につながったという。応用や社会実装を意識したALCAでは、何度も厳しい中間審査を受けることで、自分の出した成果に満足することなく、常に一段高い目標を描きながら研究する習慣が身に付いたと語る。「採択がゴールではなく、採択された後にどれだけ自分を高められるかが大切です。研究レベルの向上はもちろんですが、自分から積極的に動くことで異分野の研究者や別の支援プログラムを紹介してもらえたこともありました。人脈も情報網も広げることができれば、次のステップにきつとつながります」と研究の幅を広げ発展させることを語る。

今後の目標を聞くと「定年が70歳なので、いかに飽きずに長く研究を続けられるかが大事」と話す小山内さん。自分自身を飽きっぽい性格だと分析するが、同時に「人が面白いと思わないことに面白さを見いだせるのが研究者。面白いものを見つける目は持っていると思いますし、常にアンテナを張りたい」と語る。

研究の足跡を見ても、生物の代謝メカニズムに軸足を置きつつ、基礎から応用まで興味のある分野へ多彩なアプローチで進んできたことがよくわかる。今興味を持っているのは「生物と化学の融合」と話す小山内さん。ラン藻が生成できる有用な物質はまだあるはずと嬉しそうに語る、小山内さんの低炭素社会実現への挑戦に注目したい。

vol.100

Terasawa Hiroko
寺澤 洋子筑波大学 図書館情報メディア系
准教授

Profile

埼玉県出身。2002年 電気通信大学大学院
電気通信学研究科修士課程修了。10年 米
国スタンフォード大学音楽学科博士課程修了。
Ph.D. (Music)。筑波大学TARAセンター研
究員、東京藝術大学非常勤講師、筑波大学図書館
情報メディア系助教、JSTさきがけ研究者を
経て、20年より現職。

自分の気持ちを聴いて



Q1. 研究テーマを選んだきっかけは？

A1. 高3の時に新聞記事を読んで

子供の頃からピアノと合唱を習い、音への興味はもちろん、周波数や音階といった音響学に関わる用語にも親しみがありません。音楽が音響学かで進路に迷っていた高校3年生の時、新聞の日曜版でIRCAM(フランス国立音響音楽研究所)のことを知りました。世界中から研究者が集い、音の作り方や伝わり方の研究をしているという記事を読み、「いつかそこに行きたい!」と夢を抱いたのです。音響学を学べる研究室のある電気通信大学に進学し、フランスへの交換留学を目指しました。学部4年生でENST(フランス国立高等電気通信学校)へ留学し、IRCAMとの共同研究に参加することになり、あっという間に夢がかなってしまいました。やりたいという気持ちは実現につながりますね。この時の音のモデル化やシミュレーション、



環境音を採取している様子

心理評価というテーマが縁となり、スタンフォード大学の博士課程に進学することになりました。

Q2. 研究者を目指す人へのメッセージ

A2. 楽しいと感じることをやってみて

自分自身は音響学にこだわってききましたが、大学生までは視点の変化も必要です。自分の感情に素直に、楽しいと感じることをたくさんやってみてください。始めてみないと挫折さえできません。

フランス留学の際、大学院生たちが奨学金を受けながら研究生活をとて楽しんでいたのが印象的でした。高校卒業後は奨学制度で学びキャリアを積んだ母からは「修士までは学費を出す」と言われました。学費、生活費の支給も魅力でスタンフォード大学の博士課程へ進学しました。カリフォルニアの明るい太陽の下、楽しく充実した研究生活でした。研究が進み、学会の賞や奨学金で数百ドル、数千ドルをいただくたびに手応えと自信を感じ、研究者のキャリアをつないでこられたと思います。日本でも、大学院生が小さな成功体験を積み重ねて自信をつけられる仕組みが増えるといいですね。

Q3. 研究と人生の今後は？

A3. 友情を大切に、新たな夢を

さきがけ研究者の時に産し、子育てのため海外に行きにくくなりましたが、海外の研究者を大学に受け入れて交流を深めています。スタンフォード大学で同窓だったリウ・イーウェン教授を長期滞在で受け入れたのがきっかけで、現在の日本-台湾の研究交流につながりました。友情は全てのベースですね。

休日は子供のアレルギー対策でシーツの洗濯と掃除機かけから始まるのですが、庭づくりが趣味でバラを植えたりして楽しんでいます。研究者になりたい一心ですと自転車操業でしたが、任期なし雇用に移行し子供も小学生になり、ようやく落ち着いて研究できる状況になってきました。ここからは、少し時間を取って今後のいろいろなキャリアの可能性、新しい夢を探してみたいと思っています。



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。



P8



P4



P4,6



P6



P6



P8

編集 長：安孫子満広
科学技術振興機構(JST)広報課
制作：株式会社伝創社
印刷・製本：株式会社丸井工文社

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。

R70
古紙パルプ配合率70%再生紙を使用

JSTnews
February 2021

発行日/令和3年2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