

# JST news

未来をひらく科学技術

**5** | 2023  
May



微細な凹凸を転写するナノインプリント  
まねができない技術力で偽造防止に貢献



イネ科作物ソルガムの新品種開発  
高バイオマス・高糖性化で低炭素社会へ



## 03 特集1

### 微細な凹凸を転写するナノインプリント まねができない技術力で偽造防止に貢献



## 08 特集2

### イネ科作物ソルガムの新品種開発 高バイオマス・高糖性化で低炭素社会へ

## 12 続・ムーンショット特別インタビュー 2050年を描く

後編 科学技術でこころの安らぎや活力を増大 精神的に豊かで躍動的な社会の実現へ

## 14 NEWS & TOPICS

- ≫ 過酸化水素を危険なく合成できる新触媒
- ≫ マダガスカル、コメ増収で農民の栄養改善

ほか

## 16 さきがける科学人

### 睡眠の研究は、私の“運命” なぜ夢を見るのか解き明かしたい

北海道大学 大学院理学研究院 講師  
東北大学 学際科学フロンティア研究所 客員准教授

常松 友美

## クフ王ピラミッドで「未知の空間」を186年ぶりに確認

ピラミッドの内部構造を突き止めるため、2015年にエジプトと日仏加による共同研究「ScanPyramids」が始まりました。4500年前に造られたクフ王のピラミッドの特徴的な石組み構造「シェブロン」の背後にある空間の計測を担当した名古屋大学の森島邦博准教授らは、23年3月、シェブロンから80センチメートル背後に約2×2×9メートルの空間があることを明らかにしました。この空間は16年に発見されたものですが、今回初めて数センチメートルという高精度での計測を実現し、空間の撮影にも成功しました。「ピラミッドの建造方法の解明などにつながる」と喜ぶ森島さん。この成果を支えたのは、JSTで支援したミュオントモグラフィ技術です。未知の空間が確認されたのは186年ぶりで、素粒子・ミュオンを駆使した「透視」技術の有効性が実証された形です。技術の詳細を紹介した2018年7月号のJSTnews特集「宇宙から降る素粒子でピラミッドや火山を透視」(<https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2018/201807/>)もぜひご覧ください。



研究成果展開事業 先端計測分析技術・機器開発プログラム  
「大型構造物を高速に透視するための原子核乾板要素技術の開発」(要素技術タイプ)  
「原子核乾板を用いた高精度宇宙線ラジオグラフィシステムの開発」(先端機器開発タイプ)  
戦略的創造研究推進事業 さきがけ「高度情報処理と素粒子計測の融合によるミュオントモグラフィ技術」

プレスリリース：<https://www.nagoya-u.ac.jp/researchinfo/result/2023/03/post-469.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.15上 ▶ P.15上 ▶ P.8,14下 ▶ P.3,14下 ▶ P.8,15上 ▶ P.8 ▶ P.3,16 ▶ P.3

- 編集長  
安孫子 満広  
科学技術振興機構(JST)広報課
- 制作  
株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ
- 印刷・製本  
株式会社丸井工文社



**松井 真二** Matsui Shinji

兵庫県立大学 名誉教授  
2014年～17年 A-STEP 研究責任者

**阿部 誠之** Abe Masayuki

旭化成株式会社 マーケティング&イノベーションセンター  
PEDプロジェクト プロジェクト長  
2014年～17年 A-STEP 企業責任者

特集

OVERVIEW

## 微細な凹凸を転写するナノインプリント まねができない技術力で偽造防止に貢献

小型化、高性能化が進む半導体の量産技術として期待されているナノインプリント技術。微細な凹凸パターンを持つ「型」を、基板に押しつけることでハンコのように転写できるのが魅力だ。兵庫県立大学の松井真二教授(当時)と旭化成は、10年以上に及ぶ共同研究で超高精細なパターンを転写できる円筒形の型の作成に成功した。この誰にもまねできない高い技術力の先に見えてきた市場は、世界の被害総額が年間500兆円にも上る偽造防止のソリューションだった。誰も予想しなかった展開を見せた技術開発の歩みについて聞いた。

## 初号機失敗でも信じて改良 3カ月後、円筒形の原版誕生

携帯電話をはじめとした身の回りの電子機器は、登場した頃に比べてどれも非常にコンパクトかつ高性能になっていることは疑いないだろう。その陰にあるのは、半導体の小型化、高集積化だ。わずか数ミリメートル四方ほどの広さのチップ上に、細い線で電子回路を作ること、小さくても複雑な処理が可能になっている。

波長の短い光で細い線を描き微細な回路を作る技術が急速に進む中、1995年に米プリンストン大学のステーブン・チョウ教授らが発表したのは、微細な回路図が書かれた「ハンコ」を使って基板に回路を転写するナノインプリント技術だ(図1)。光や熱に反応する素材をあらかじめ基板上に塗っておき「モールド」と呼ばれる凹凸で回路図を描いた型を基板上に押しつけるというもので、今では欠かすことのできない技術になっている。

「ナノインプリント技術を使えば、次世代の機能性フィルムが作れるかもしれない」と考え、2000年代初めから注目していたのは、旭化成マーケティング&イノベーションセンターの阿部誠之PEDプロジェクト長だ。当時、社内でも素材に手を加え、付加価値を生み出すことで競争優位に立つ、という戦略に重点が置かれ始めていたためだ。市場イメージは漠然としていたが、研究を進めたいと06年に応用物理学学会内で立ち上がったナノインプリント技術研究会に参加した。

この研究会を主導していた人こそ、後にチームメンバーとなる

兵庫県立大学の松井真二教授(当時)だった。松井さんは前職で電子ビーム描画装置の開発に携わり、大学に移ってからCRESTなどでナノインプリントの基礎研究に取り組んでいた第一線の研究者だ。「当時ナノインプリントはあまり知られていませんでしたが、重要な技術だと確信し、国内産業への普及を図るために、研究会を立ち上げました」と語る。

阿部さんが研究会に通い始めてから5年が経過した11年12月、阿部さんが所属する旭化成富士支社(静岡県富士市)では、ナノインプリントで転写用の原版であるモールドの作製が行われていた。露光装置から、直径10センチメートル、長さ7センチメートルの円筒形のローラーモールドを取り外す。露光に成功していれば、表面に微細なパターンが刻み込まれ、表面はCDの裏面のような構造色が輝くはずだ。

5億円を投じた露光プロセスの初号機は、完成までにゆうに1年をかけた。「後処理の溶液からモールドが引き上げられていく様子を開発メンバーで見守りました」と阿部さんは当時を振り返る。ところが出来上がったモールドには、虹色の輝きはなかった。「何かの間違いではない

か」と阿部さんは愕然としたものの、すぐに原因究明へ乗り出した。

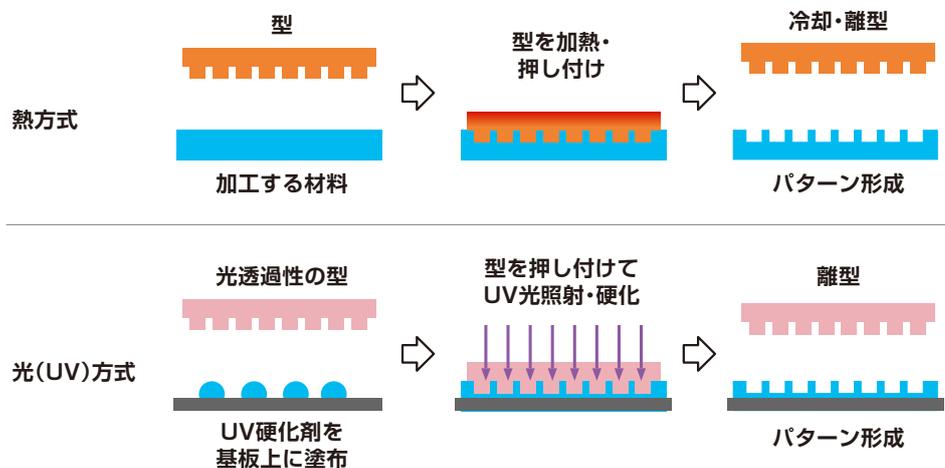
露光の工程で何が起きているかを目視では確認することはできないため、思いつく限りの問題点を挙げ、1つずつ丁寧に検証する日々が続いた。「電子ビームを改めて学び直し、必ずできると信じて作業改良を続けました」。3カ月後、ようやく阿部さんたちの苦労が実を結んだ。露光装置から取り外して現像用の液に浸すと、表面が見事に虹色に輝いた。従来よりも大きな面積に、より微細な線でズレなくパターンを転写できる、新しいローラーモールドの誕生だった。

## 量産可能なR2R方式を開発 A-STEP採択で状況が好転

阿部さんはナノインプリント技術研究会への参加を皮切りに、実用化に向けた研究開発を進める中で、次第に産業界の役割を自覚し始めたという。「基礎的な実証研究も、最後には量産技術という課題にたどり着きます。そこを乗り越えるのは、私たち企業側の責務ではないか、と思い始めました」。

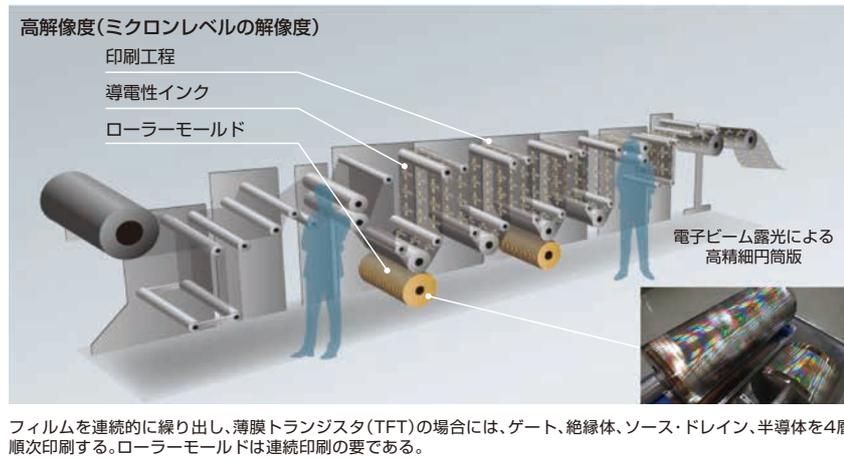
量産のポイントは「ロール・トゥー・ロール(R2R)」と呼ばれる転

図1 ナノインプリント技術



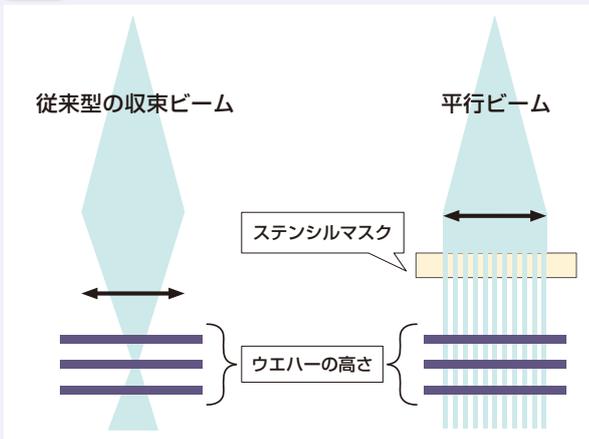
熱や光に反応するレジストを塗布した表面に、凹凸のあるモールドを押しつけて、パターンを形成する。熱方式は冷却の待ち時間や熱による変形などの課題があるため、半導体材料の加工では光方式が利用されることが多い。

図2 ロール・トゥー・ロール(R2R)量産プロセスのトータルイメージ



フィルムを連続的に繰り出し、薄膜トランジスタ(TFT)の場合には、ゲート、絶縁体、ソース・ドレイン、半導体を4層順次印刷する。ローラーモールドは連続印刷の要である。

図3 既存電子ビームと平行電子ビーム露光の特徴



写方式にある。1つのロールからフィルムがローラーを介して繰り出され、モールドで表面に微細な加工が施された上で、別のロールに巻き取られる(図2)。連続転写が量産を可能にするのだ。当時、曲面を描くロール表面に露光・描画することでモールドを製造する装置はなかった。

同じ操作をロールの回転方向にも軸方向にもズレなく繰り返す、回転ステージの精度の高さが装置開発と実用化の壁となっていたのだ。さらに技術的な困難さに加え、当時はビジネス的な見通しがはっきりしないため、社内では懐疑的な意見が多かった。

しかし、JSTのA-STEP採択が状況を好転させた。研究成果の社会還元を目指すプログラムで、技術シーズの実用化に向けた研究開発などを

大学や企業などで組織するチームに委託する形で支援している。阿部さんが頼ったのは、ナノインプリント技術研究会で会って以来、親交があった松井さんだ。全てのモノにデバイスを取り付け、ICTが暮らしに溶け込んだ「アンビエント社会」をつくと意気込む阿部さんに、松井さんは心を動かされたという。「ストーリー性があるし、将来性も感じ、メンバーとして参加することを決めました」と当時の

想いを振り返る。

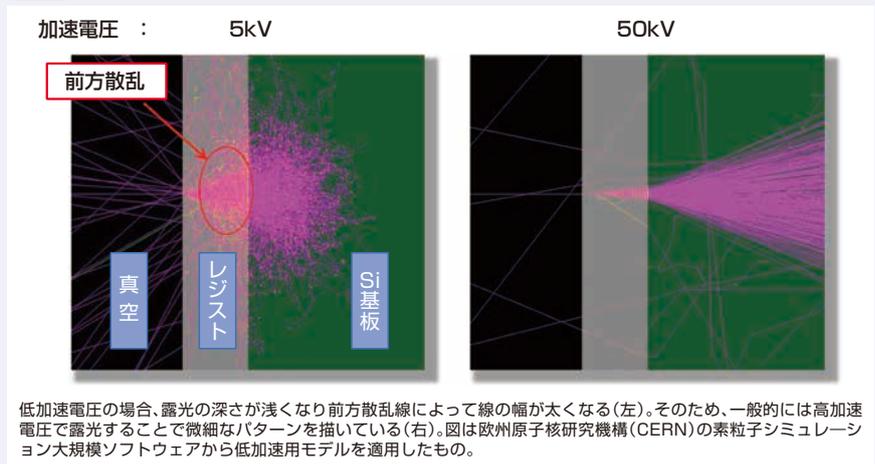
自社開発ではなく、A-STEPで大学との共同研究に舵を切ったことが、流れを大きく変えることになった。「大学の技術、資金面、さらに第三者の評価も加わり、会社からの理解も得やすくなりました。もし、採択されなかったらこの技術は生まれていないと思います」と阿部さんは語る。採択を受けた14年12月、技術シーズの実用化に向けた研究開発が始まった。

アンビエント社会を大きな目標として掲げ、これを実現するための研究開発の目標は、A4短辺相当の長さを持つロールへの高解像度露光技術の確立とした。当時は、ロールの長さは7センチメートル、解像度に相当するパターンサイズは150ナノ(10億分の1)メートルが限界だったが、ロールの長さが3倍の21センチメートル、パターンサイズ50ナノメートル以下という、実用化に耐え得る水準に引き上げる目標を掲げたのである。

### 高解像度実現の条件明らかに 国内外の展示会でニーズ発掘

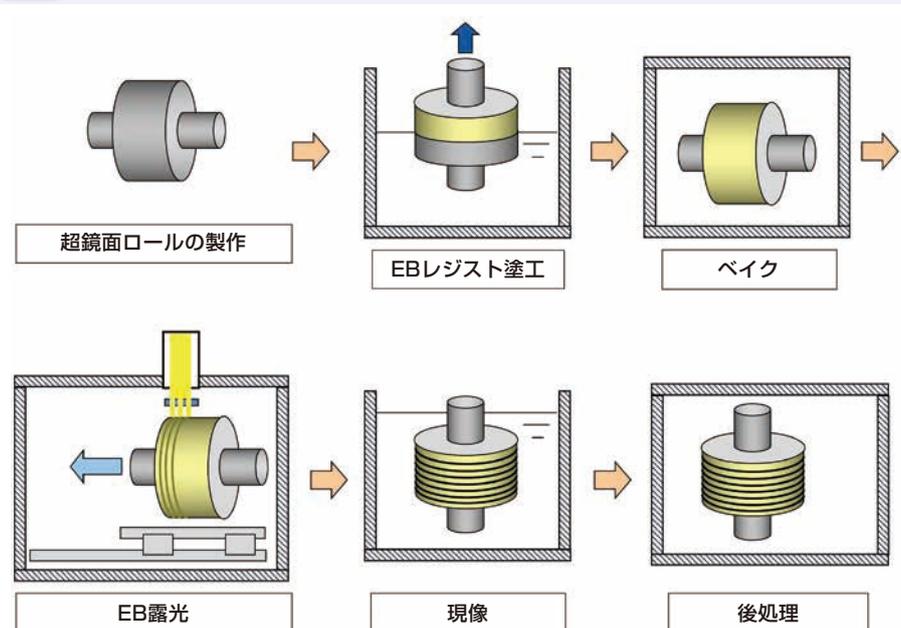
目標達成に向けた課題のうち露光技術に関する2点は、主に兵庫県立大学が受け持った。具体的には、50ナノメートル以下のパターンサイズを形成する露光基礎技術の確立と、高解像度露光を実現する最適なフォトレ

図4 電子ビーム露光における加速電圧と線幅の関係



低加速電圧の場合、露光の深さが浅くなり前方散乱線によって線の幅が太くなる(左)。そのため、一般的には高加速電圧で露光することで微細なパターンを描いている(右)。図は欧州原子核研究機構(CERN)の素粒子シミュレーション大規模ソフトウェアから低加速用モデルを適用したもの。

図5 電子ビームリソグラフィを用いるSRM作製のトータルプロセス



幅25センチメートル、表面粗さ2ナノメートルの超平滑表面に加工されたローラーへ、浸漬塗布で電子線レジストを塗り、予備焼成(ベイク)の後、平行電子ビームによる露光(EB露光)と現像、後処理を経てレジストパターンが出来上がる。このパターンを用いる後加工により、硬いモールド表面に微細パターンを形成する。

ジスト(感光樹脂)の確保である。核となるのは松井さんの研究成果である平行電子ビーム露光技術だ(図3)。一般的な電子ビーム露光は、対象物との間にレンズを挟んでビームを細く絞り、高解像度のパターンを描く。

これに対して平行電子ビーム露光は、対象物との間にパターンと同じ形の穴が空いたマスクを挟んでビームを当てることで、パターンを一気に描ける。大幅に効率は上がるが、平行電子ビームは加速電圧が低い

め、レジストを薄膜化しないとうまく露光できない(図4)。一方で、薄膜化すると電子ビームが基板に当たって後方散乱し、解像度は下がってしまう。「そこで、あえて反応性の低いレジストを採用し、後方散乱を抑える条件を突き止めました」と松井さんは説明する。50ナノメートルという高解像度実現への見通しが、そこで得られたという(図5、6)。

旭化成にとっては、A-STEPにより量産化の技術的なめどが立ったこ

とから、本腰を入れて確立した技術を基に事業を立ち上げなければならない。製品イメージは描けていたものの、それを誰が利用するのか、市場イメージは漠然としたままだった。ところが19年4月、旭化成の組織改革に伴い、阿部さんのチームは生産技術本部から新設のマーケティング&イノベーション本部(現マーケティング&イノベーションセンター)へ異動になった。

これまででは性能を上げることに注力し、誰もまねできないモールドも作り上げた。今度は、それを100億円規模の事業にするために、技術の提供価値を徹底して問われることになったのだ。阿部さんたちはサンプル提供が可能となった段階で国内外の展示会に積極的に出展し、提供価値を意識しながら来場者の声に耳を傾けることにした。市場イメージが徐々に像を結んでいく中、大きなヒントとなったのは、紙幣印刷関係者からの「偽札防止に利用したい」という声だった。

この声はやがて、アパレル市場におけるブランド品の偽造防止という

という声があった。

図7 Akliteia®の偽造防止ラベル



微細パターンを印刷したシートは、タグやシールなどに加工して使われる見込みだ。無色透明で軽量のため、バッグや財布などの製品のデザインを損なわない形で、真贋判定機能を組み込むことができる。

図6 量産化に対応した最新のローラーモールドと転写したパターン



最新の長さ21センチメートルのローラーモールドのデモ機(左)。従来の一筆書きによる電子線描画で作成すると100年かかると試算されていたが、約20時間で全幅・全周を露光できる。ナノメートルレベルの複雑なパターンや、100ナノメートル幅の細いラインも転写できる(右)。

図8 偽造防止ラベルを活用した流通ソリューション



個別の製品の流通を把握するRFIDを搭載することで、真贋判定に加えて個品ごとの詳細な管理・モニタリングが可能になる。旭化成では23年度中のサービス開始を目指している。

ニーズ発掘につながった。調べてみると、模倣品・海賊版による被害総額は世界で約500兆円に上るといふ。「例えば高級化粧品ユーザーを対象としたアンケートでは、偽造品購入をきっかけに、別ブランドに切り替えてしまう人が少なくないこともわかりました。さまざまな企業で販売機会の損失につながっている実態も明らかになりました」と阿部さんは語る。

### 防止対策、コストから投資へ「アンビエント社会」が目標

偽造防止には現在、QRコードのような二次元コードやホログラムなどの方法がある。「どんなに良い方法が出て、コード自体を複製できる限り、すぐに模倣されてしまっていたらごっこになっていました」と阿部さんは指摘する。A-STEPで確立した技術を基に微細なパターンを転写したラベルは複製が困難なため、競争優位に立てるといふ。

旭化成は金融などの基幹システム開発を手掛けるTIS社と手を組み、22年10月に偽造防止デジタルプラットフォーム「Akliteia®」を開始すると発表した。名前の由来は、本物を見極め、偽造品を排除する鍵を提供したいとの思いを込め、真実とい

う意味を持つ女神「<sup>アリテア</sup>Äletheia」に、鍵「<sup>キー</sup>Key」を組み合わせた。

偽造防止ラベル、真贋判定のための読み取り装置、結果を共有するためのプラットフォームを3点セットで顧客に提供し、利用料を得る仕組みだ。すでにいくつかのブランドでは試験的な利用も始まっている。意匠性を損ねない透明なラベルはブランド品とも相性が良く、希望に合わせてシールやタグへの加工も可能だ(図7)。またシールタイプのラベルは剥がすとパターンが崩れるため、使い回しの心配もない。

さらに偽造品の情報は、サプライチェーンで共有するため、偽造品が流通全体のどの段階で混入したか、被害実態の定量的な把握や可視化も可能になる(図8)。偽造品で阻害されていた販売機会を取り戻すきっかけにもなると期待されており、いずれ偽造品防止対策はコストから収益向上のための投資に変わる日も近いだろ

う。そしてブランドの流通を担う物流業界も重要な顧客だ。「競争が激化する中で、偽造防止ソリューションは付加価値になるはず。ゆくゆくは社会インフラにしていきたいですね」とその先を語る。

A-STEPで確かめられた成果は、もう1つある。それは、導電性のインクでナノレベルの解像度を持つ電極をフィルム上に印刷したデバイスの開発だ。これは阿部さんが2000年代初

頭から思い描いていたものだ。すでに偽造防止ソリューションの一環として、無線で自動識別ができるRFID用アンテナをフィルム上に搭載することにも成功している。偽造防止ラベルにRFIDタグの機能を加えることで、生鮮品の鮮度管理などへの活用も見込まれている。

こうした進化の過程の先に見据えるのは、最終目標であるアンビエント社会の実現だ。「ビジネスはもちろん、産業として取り組んでいきたいと思っています」と笑顔を見せる阿部さん。ナノインプリント技術が社会に欠かせない土台となる日が、すぐそこまで来ている。

(TEXT:茂木俊輔、PHOTO:石原秀樹)



プロジェクトを経て、ビジネスだけでなく産業を開拓する視点ももらえました。新しいシーズを捉えた産学連携が、これからの研究のカギになると思います。

## 佐塚 隆志 *Sazuka Takashi*

名古屋大学 生物機能開発利用研究センター 教授  
2017年より未来社会創造事業 研究開発代表者

イネ科の高バイオマス作物「ソルガム」は、食料と競合しないバイオマス資源として脚光を浴びている。名古屋大学生物機能開発利用研究センターの佐塚隆志教授は、ソルガムにおける雑種強勢について遺伝子レベルの原理を解明し、長らく困難とされていたゲノムデザインによる新品種創出を可能にした。この新しいアプローチにより開発した高バイオマス・高糖性の新品種は低炭素社会の実現への貢献が期待されており、また、それを目指した地域連携による新産業創出の取り組みにおける主力品種になりつつある。

特集

OVERVIEW

# イネ科作物ソルガムの新品種開発 高バイオマス・高糖性化で低炭素社会へ

## 経験と勘頼りだった育種プロセス ゲノム情報で論理的デザインに

植物は、光合成という優れた機能を有し、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を取り入れ、効率よく糖へ変換する。こうした植物の能力を最大限に生かし、バイオマス資源として産業利用できれば、低炭素社会の実現に大きく貢献できるはずである。その実現に向けてさまざまな研究開発が進む中、そのカギとなる技術開発の1つが、その原料に最適化した新品種の創出だ。近年、DNAシーケンス技術が急速に進歩し、これまで経験と勘に頼っていた育種プロセスは、「ゲノム情報による論理的なゲノムデザイン」が可能になると言われるように

なった(図1)。

エネルギー作物と呼ばれる植物において、この新しい育種手法を世界で最初に実施することで新品種を創出したのが、名古屋大学生物機能開発利用研究センターの佐塚隆志教授だ。2017年から未来社会創造事業本格研究「雑種強勢の原理解明によるバイオマス技術革新」で、高バイオマス・高糖性のソルガム新品種の育種デザイン・創出、さらに生み出されたバイオマスや糖からバイオ燃料やバイオ製品を作るバイオリファインリーの実現を目指している。

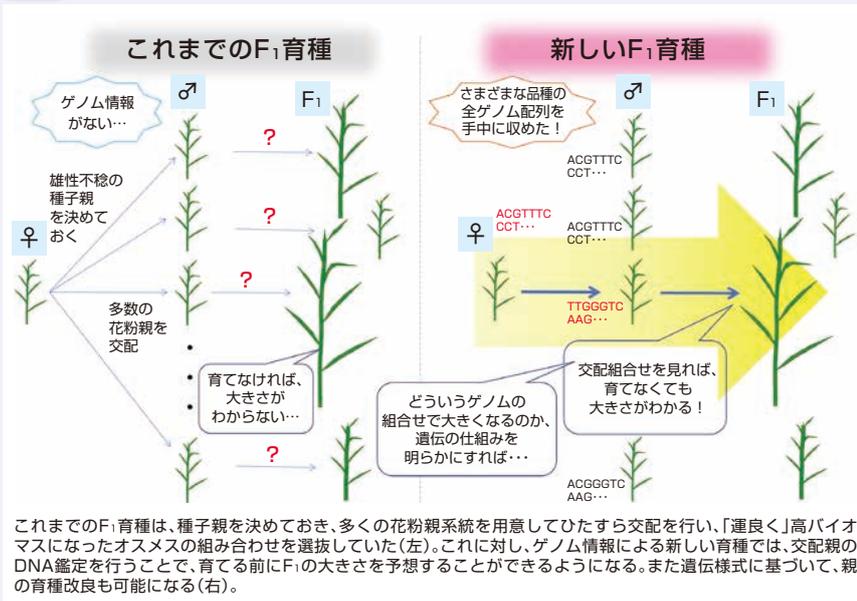
ソルガムは、アフリカ原産のイネ科の作物で、高バイオマス型、スイート型、子実型などの品種群が育成されてきた。高バイオマス型品種は数

カ月で草丈4メートル以上にもなり、日本では主に家畜飼料として全国で栽培が行われてきた。また、スイートソルガムは、日本ではアマキビと呼ばれ、サトウキビのように茎に糖液を蓄積する性質がある。ここで重要なポイントとなるのは、スイート型ソルガムはサトウキビと異なり、現在では食用としての利用が極めて少なく、産業利用にした場合でも食料との競合がないことである。

## 化石燃料に替わるエタノール 低コスト・高効率で発酵可能

佐塚さんが分子生物学の成果であるゲノム情報を社会や地球環境へ役立てたいと思ったのは、1993年

図1 ゲノム情報による育種プロセスと従来法の比較



に遡る。博士号を取得した佐塚さんは、創設されたばかりのかずさDNA研究所の研究者となった。この時代は、高速DNAシーケンサーの開発が加速化し、有用生物の全ゲノム配列をはじめ、ヒトの全ゲノム配列解読の競争が世界的に激化していった時期と重なる。初めはゲノム解読に携わっていた佐塚さんだったが、故・高浪満所長の勧めでポストゲノム研究に取り組むことになった。

「先生は卓越した先見の明がある方で、90年前半には現代のゲノムビッグデータ時代の到来を予見していました。さらにその後には、この増大するゲノム情報をどのように活用するかを考える時代がやって来る、とおっしゃっていました」と佐塚さんは振り返る。1つの遺伝子の機能解析で満足していたという若

き佐塚さんにとって、この教えは目の覚めるようなものだった。

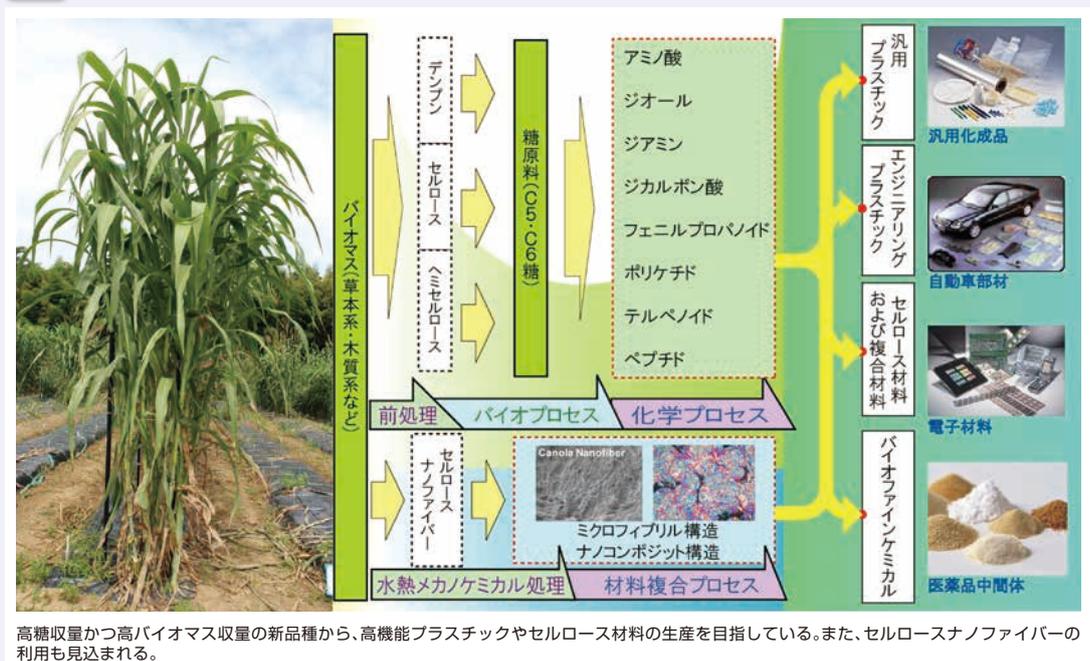
それ以来、単にゲノム情報を蓄積するだけでなく、膨大なゲノム情報をどのようにサイエンスへ役立てるか、その先にあるもっと大事なこと、すなわち人間社会や地球環境へ役立てる研究について、佐塚さんは考えを深めていった。そして03年頃、名古屋大学の松岡信教授(当時)からイ

ネ科作物の研究をやってみないか、と声がかかったことが大きな転機となり、現在の研究に至っている。

名古屋大学へ移籍した頃は、地球温暖化問題に関心が高まる中、化石燃料に替わる資源として、サトウキビやトウモロコシを原料とするバイオエタノール生産がブラジルや米国などで盛んになってきた時期と重なる。「さまざまな地球規模課題を解決するためには、これまでの多くの研究者が携わってきた食の課題だけでなく、ゲノム情報を利活用した新エネルギー産業の創出という課題も重要だと感じていました」と佐塚さんは語る。具体的には、バイオエタノールなどバイオ製品を効率よく生産できる非可食用の高バイオマス品種の育種創出がカギとなる。

そこで、佐塚さんが目を付けたのは、バイオマス収量がイネの5倍以上にもなる高バイオマス型ソルガムだった。熱帯地域でしか栽培できないサトウキビに対して、ソルガムは熱帯から温帯地域まで栽培可能という利点がある。生育速度も速く、播種から3カ月ほどで収穫できるため、地域によっては2回刈体系も可能だ。

図2 ソルガムのバイオリファイナリー利用



高糖収量かつ高バイオマス収量の新品種から、高機能プラスチックやセルロース材料の生産を目指している。また、セルロースナノファイバーの利用も見込まれる。

出典：文部科学省植物CO<sub>2</sub>資源化研究拠点ネットワーク(NC-CARP)プロジェクト資料より改変

一方、ソルガムには糖度がサトウキビと同等またはそれ以上のスイートソルガム品種群もあり、セルロースだけでなく、糖も原料として効率的な発酵を行うことができる。もしゲノム情報を駆使して、高バイオマスと高糖性を併せ持つ品種を創出できたら、この社会には変革が起き、地球規模課題の解決にも貢献できるかもしれない。

「このように、ソルガムは優れた形質を有することに加え、ゲノムデザインによる新しい育種にも有利な作物です」と佐塚さんは説明する。ソルガムゲノムは染色体20本から成る2倍体なのに対し、同じキビ亜科に属し糖料作物であるサトウキビは高次倍数体で、染色体数が100本から130本と言われ、染色体の区別が難しく、ゲノムサイズも大きい上に、メンデル遺伝に基づいた遺伝学も困難である。つまり、ソルガムは、サトウキビのモデル作物としても重要であり、またゲノム情報を利活用したバイオマスデザインが有利な作物になるだろうと、佐塚さんは見込んだ(図2)。

### 雑種強勢の仕組みを解明 新品種「炎龍」が誕生

佐塚さんは、08年頃から農林水産省のプロジェクトなどで、本格的にソルガム研究へ乗り出した。その後の文部科学省の植物CO<sub>2</sub>資源化研究拠点ネットワーク(NC-CARP)プロジェクトでは、最終目標を高バイオマス、高糖性を兼ね備えた新品種を創出することを目標に研究を開始した。従来の品種開発では、花粉親と種子親とをランダムに組み合わせ、両親より優れた形質を生み出す雑種第一代(F<sub>1</sub>)を探し出す、選抜育種が行われていた。その結果、草丈約1メートルの両親の交配組み合わせから、草丈4メートルを超えるF<sub>1</sub>品種「天高」が見つかった(図3)。このような現象を雑種強勢と呼び、天高はその典型的な実例だったが、その遺伝学的メカニズムは

解明されていなかった。

そこで佐塚さんの研究グループは、天高を遺伝学モデル品種として位置付け、その後代(F<sub>2</sub>)集団を供試した遺伝解析を行い、草丈を制御する遺伝子座および遺伝子を精査していった。この解析は10年たった現在でも研究が続けられているが、F<sub>1</sub>が長大バイオマスの重要な要素となる長稈となるためには、6つの遺伝子の組み合わせが重要であることを最新モデルで明らかにしている。

天高の親品種は、もともと子実型であったため、倒れにくく種子を収穫しやすい短稈かつ早生に育種改良されており、劣性の6つの遺伝子の変異が利用されたと考えられる。「これに対し、F<sub>1</sub>品種創出における組み合わせ選抜の過程では、高バイオマスを得るため、逆にその劣性の短稈性が現れないよう、6つの遺伝子座が全てヘテロとなる両親の組み合わせが選抜されたと考えられます」と佐塚さんは説明する。

続いて、佐塚さんらはバイオリファイナリーに重要な搾汁液高糖性の遺伝子座も同定した。これらの遺伝子のゲノム情報を活用し、天高花粉親の高糖性改良育種を進め、ついに糖度の高い

新花粉親品種「74LH改0号」の創出につなげた。さらに、この花粉親と天高の種子親「MS79」と交配させることで、バイオリファイナリーに最適な高バイオマス・高糖性を併せ持つ新F<sub>1</sub>品種「炎龍」が誕生したのである(図4)。

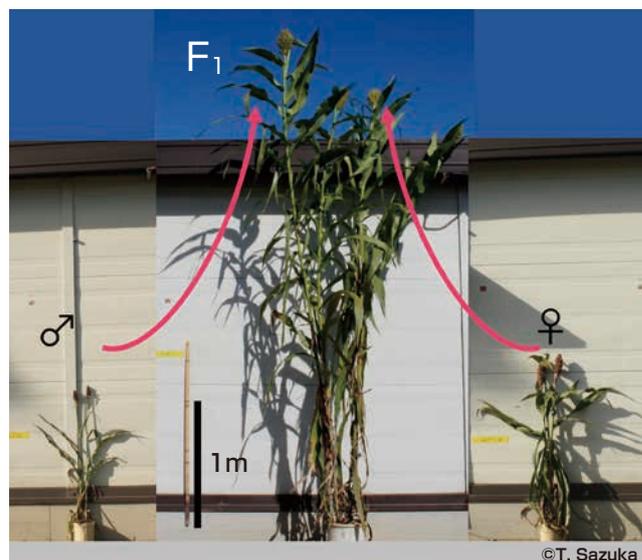
炎龍は温帯でサトウキビ並みの糖収量が見込めることから、サトウキビに匹敵する糖料作物、すなわち温帯のサトウキビとも言える作物となることが期待されており、エネルギー生産の地産地消に大きく貢献する。さらに、搾汁残渣は家畜飼料としての利用も期待されており、家畜を經由して堆肥を畑に戻すことができる。

この農畜連携により、大気中のCO<sub>2</sub>の炭素を糖やセルロースとして産業利用し、窒素、リン、カリウムの元素を土壌に戻すという、理想的な資源循環サイクルを形成することができる。また炎龍は、国内の休耕地、耕作放棄地などの未利用地でも作付け可能であることも、リアルな社会実装が期待されている要素である。「一連の研究では、ソルガム育種学の第一人者である信州大学の春日重光教授、イネ育種学の第一人者である名古屋大学の北野英己教授(当時)にご指導頂けたことが幸せでした」と佐塚さんは語った。

### 愛知県などでも実証試験開始 次世代育成も重要な課題

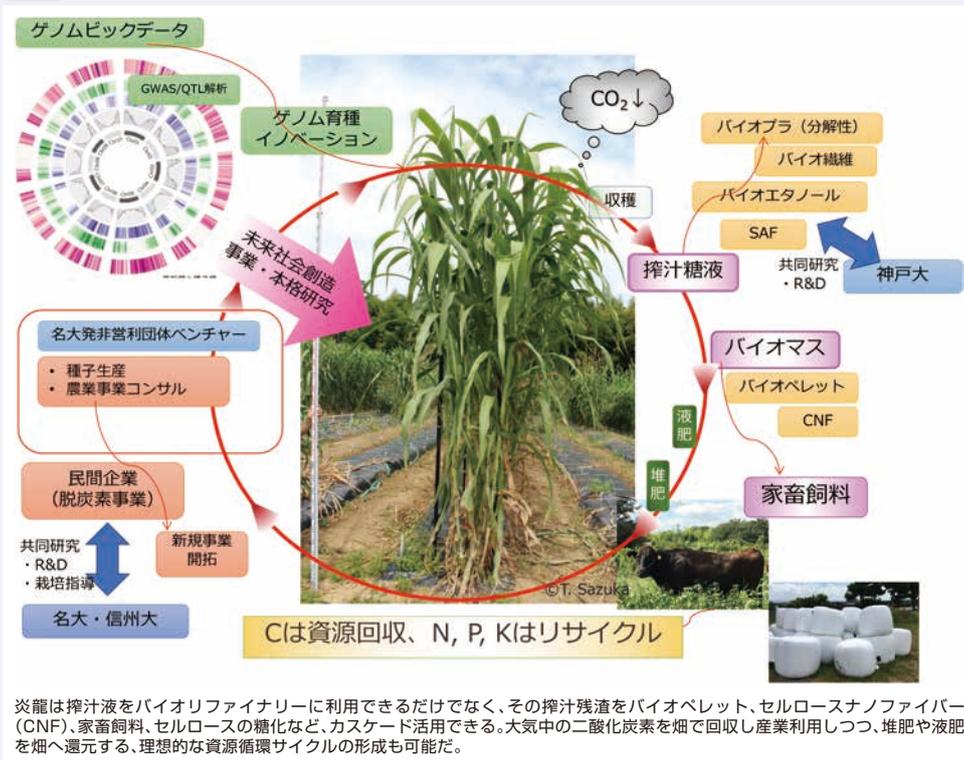
NC-CARPプロジェクトを引き継

図3 ソルガムの高バイオマス品種「天高」とその両親の草姿



天高の親(左右)は草丈が小さいが、雑種第一代(中央、F<sub>1</sub>)は極めて大きい。これは雑種強勢の典型である一方、その遺伝学的仕組みは不明だったため、高バイオマスF<sub>1</sub>品種の育種創出では、これまでは偶然的組み合わせを探索する方法に頼らざるを得なかった。

図4 「炎龍」の草姿と活用図



炎龍は搾汁液をバイオリファイナーリーに利用できるだけでなく、その搾汁残渣をバイオペレット、セルロースナノファイバー(CNF)、家畜飼料、セルロースの糖化など、カスケード活用できる。大気中の二酸化炭素を畑で回収し産業利用しつつ、堆肥や液肥を畑へ還元する、理想的な資源循環サイクルの形成も可能だ。

の価値を理解する次世代の若手研究者の育成も重要な課題だ。研究圃場では、1万以上の植物体が個別に識別管理され、その多くの個体はゲノムDNAの採取、解析が行われている。また開花期、稈長、搾汁液サンプリングなどの調査、大量サンプルの高速液体クロマトグラフィーによる糖分析、コンピューターを駆使したゲノム解析、遺伝解析など、この手の研究は知力、体力、突破力の総合力が勝負となる。

楽な研究はないが、楽しい研究はある。低炭素社会実現に技術革新を起こすといった明確な目標も、研究者のモチベーションを高める重要な要素の1つに違いない。

「研究室には志を共有する若手研究者、大学院生が全国から集まってきます。私も社会の期待に応えられる研究プロジェクトを推進していかなければいけません」と決意を口にする。佐塚さんの研究室では、研究成果を基に新品種が生み出される基礎から応用への一気通貫型研究が特徴で、その新品種が脱炭素社会構築の主役になる日を目指して、高い志を持つメンバーが歩み続けている。

(TEXT: 森部信次, PHOTO: 石原秀樹)

ぐ形で17年から未来社会創造事業が始まっている。現在の本格研究では、佐塚さんの名古屋大学を筆頭に、神戸大学、信州大学がワンチームを組み、高バイオマス・高糖性ソルガムのさらなる新品種の育種開発と共に、バイオリファイナーリーにおける発酵生産技術の開発などを推進している。また、これまでは雑種第1代でしか実現できない高バイオマス性であったが、6遺伝子に基づく画期的な育種理論を活用すれば、6遺伝子を集積した純系でも高バイオマス性を実現できることが、理論上推定されている。「現在はその実証研究にも取り組んでいます」と笑顔を見せる。

このプロジェクトでは、育種開発されたソルガム品種について、神戸大学の研究グループによるバイオマスの特性評価や、さまざまな微生物を用いた発酵への影響評価の研究が行われている。「ゲノム情報、含有成分、発酵評価などの社会実装に関連性の高い基礎的データをカタログ化することで、脱炭素産業を目指す企業の新規参入を促したいですね」と

佐塚さんは構想を語る。

社会実装に向けては、農業の現場における実証試験も欠かせない。プロジェクトから創出された品種を扱う名古屋大学発、非営利一般社団法人も創立され、種子の生産販売も始まっている。また「愛知県豊田市の農業委員会や地元企業などが協力して、新しい脱炭素農業としてのソルガム栽培が開始されています」と語る。今後、産業創生や社会実装を進めるには、種子生産者、栽培農家、流通事業者、化学企業などを結ぶ新規バリューチェーンの構築も必要となるだろう。

圃場での研究は、年に一度しか結果が出ないテーマも多く、スピードや効率のみが要求される現代の研究社会では取り残されがちであるが、こ



エネルギー作物の育種開発は、低炭素化社会実現など、地球環境改善につながる重要テーマです。ぜひ、若い世代に参画してもらえたらと願っています。

# 科学技術でこころの安らぎや活力を増大 精神的に豊かで躍動的な社会の実現へ

目標9「2050年までに、こころの安らぎや活力を増大することで、精神的に豊かで躍動的な社会を実現」について紹介する。このプログラムでは、「個々のこころの状態理解と状態遷移」および「個人間・集団のコミュニケーション等におけるこころのサポート」を実現する技術の創出と社会実装を目指す。プログラムディレクターの京都大学人と社会の未来研究院の熊谷誠慈准教授に、日本科学未来館科学コミュニケーションの大澤康太郎が聞いた。



おおさわ こうたろう  
**大澤 康太郎**  
日本科学未来館 科学コミュニケーション

## 自然科学と人文社会科学を融合 技術の開発で人々の幸福に貢献

**大澤** 熊谷先生は仏教研究者だとお聞きしました。

**熊谷** 私の実家がお寺で、私自身も現役の住職です。より深く仏教の勉強をしようと考えて、大学で仏教学を学びましたが、仏教の哲学・思想はとても広く、全然追いつきませんでした。自分が一部しか理解できていないと、実際にお寺で檀家さんに説法をするときに、きちんと「社会還元」ができません。それを克服するために、もっと理解を深めたいと研究を続け、今に至っています。

**大澤** そのような「社会還元」への想いが、目標9の設定にもつながっているのでしょうか。

**熊谷** 私のやりたいことの根本にあるのは、「contribution(貢献)」です。仏教に関わる人間の1人として、人々の幸せに貢献したい。でも、それはとても難しいことです。まず、私自身の修行が足りていません。また、さまざまなことを研究しその成果を基に政策提言などをしても、その効果や利益が実際に皆さんに届くのには時間がかかります。じゃあどうしたら、と考

えているときに出会ったのが、テクノロジーです。例えば「説法」は、伝える側のお坊さんにも習得に時間がかかりますし、お坊さん1人では、聞いてもらえる人の数にも限りがあります。

ところが、私たちが開発した「ブッダボット」というブッダの言葉を届けられる対話型人工知能を使えば、時間や距離の制約を超えて、多くの経典を短時間で学ぶことができ、それを多くの人に直接届けられることがわかりました。これは、人工知能の専門家と協力することで可能になったことです。目標9でも同様に、認知システムの研究者や心理学者、音楽家など、自然科学と人文社会科学の垣根を越えてさまざまな分野の専門家と協働し、異分野を融合した「総合知」に基づいて科学技術を開発することで、より多くの人々の幸福に貢献できるのではないかと考えています。

**大澤** この目標では「こころ」というのがキーワードだと思います。「こころ」とはどのようなものなのでしょうか？

**熊谷** 結論から言えば、「こころ」を誰もが納得する形で一元的に定義することは極めて困難です。「こころ」という言葉が指すものは多元的です。これまでは、例えば心理学では

「こころ」とはこういうもの、神経科学ではこう、哲学ではこう、といった形で学問分野ごとに部分的に解き明かしてきました。このプログラムでは、さまざまな研究成果を統合して「こころ」を理解していきます。脳内の分子レベルから神経のつながり、さらに人間関係や普遍的価値観まで、つまりミクロからマクロ、自然科学から人文社会科学まで、さまざまな尺度で「こころ」を捉え、客観と主観を結び付けることで生理現象と価値判断をつなぎ合わせていきます。

**大澤** なるほど。「こころ」を定義するのではなく、さまざまな角度から眺めて行くのですね。

**熊谷** 「こころ」を多角的に理解した上で、その状態を可視化したいと考えています。

## こころを遷移させる研究 幸福を増進させる技術の創成

**大澤** 「こころ」の理解は、どのように人々の幸福につながっていくのでしょうか。

**熊谷** 現代は便利で豊かな社会になりましたが、必ずしもみんなが幸せだと感じているわけではありませ

くまがい せいじ  
**熊谷 誠慈**

京都大学 人と社会の未来研究院 准教授  
2021年よりムーンショット型研究開発事業  
目標9 プログラムディレクター

ん。そこで、そもそも幸せとはどのような状態なのか、「こころ」を多角的に研究しながら「幸せ」を指標化し、科学に基づく「幸福増進指標」として提示したいと考えています。そしてその指標に基づいて幸福を増進させる幸福増進技術を開発することを目指します。そのような技術のためには、「こころ」の状態を知り、「こころ」が遷移するメカニズムを解明する研究も行わなくてはなりません。そして、開発された技術を社会に実装する研究も必要です。

**大澤** 具体的にはどのような研究・開発が行われるのでしょうか？

**熊谷** 目標9では、マウスやサルを対象とした研究から、ヒトを対象とした研究まで幅広く行うことで、こころのメカニズムを解明するとともに、こころを遷移させる技術の開発を進めていきます。一例を挙げると、「東洋の人間観と脳情報学で実現する安らぎと慈しみの境地」というプロジェクトでは「瞑想」を扱い、瞑想状態がどのようなものなのかを脳情

報学的に明らかにしていきます。座禅を組んで瞑想すると心がすっきりする人が多

いと言いますが、誰にでもできるわけではありません。そこで、瞑想の熟達者とそうでない人の脳波から、脳の状態がどのように違うのかを解明していき、瞑想を行わなくても熟達者のような状態に「こころ」を遷移させる技術の開発を目指しています。このほかにも、音楽などの芸術を扱うプロジェクトや、子どものこころにフォーカスしたプロジェクトなどがあります。これらのプロジェクトを通じ、福祉の向上、そして前向きに生きられる社会の実現に、科学技術をもって貢献していきます。

**大澤** 「こころの状態を遷移する技術」と聞くと、怖いと思う人もいるかもしれません。

**熊谷** 確かに、脳を操作して行動を操られるような状況を想像すると、

「私たち一般の人はどのような形で参加できますか？」

目標9へのご意見をぜひ聞かせてほしいです。全てのプロジェクトで皆さんと対話することを目指しています。

怖さを感じるかもしれませんね。まず考えたいことは、私たちはこれまでさまざまな方法で「こころ」を遷移させてきたということです。例えば、リラックスするために音楽を聴いた経験は皆さんにもあるのではないのでしょうか。こころの遷移方法として適切なものではないと思いますが、戦中には気持ちを高揚させるために軍歌が使われたこともありました。重要なのは、「こころの状態の遷移」はどのような目的ならよいのか、どのような方法ならよいのか、どこまでならよいのか、ということ国民の皆さんと社会の中で議論し、合意を得ながら進めていくことだと思います。この議論そのものが、社会実装を進める上で重要な課題となります。

### 個人・集団自らが望む姿 幸福あふれる社会の実現へ

**大澤** 目標9が目指す「精神的に豊かで躍動的な社会」について教えてください。

**熊谷** 全ての人々が生きがいを持って生活し、他者と思いやりのあるコミュニケーションを取り、個人・集団それぞれが自ら望む姿を実現できる社会であってほしいと考えています。現代社会に存在する、うつや孤独、対立など「こころ」にまつわるさまざまな事象に対して、時には最先端のテクノロジー、時には芸術、時には宗教などの伝統知を使って、自らがそれを望むのであれば、ネガティブな「こころ」の状態を抑制し、ポジティブな「こころ」の状態を増進することが可能になる社会を目指します。私たちの幸福感は十人十色ですから、それぞれが求める方向に「こころ」を動かすことをサポートできる技術や方法を創出することで、そのような社会を実現していきたいと考えています。



今水PM

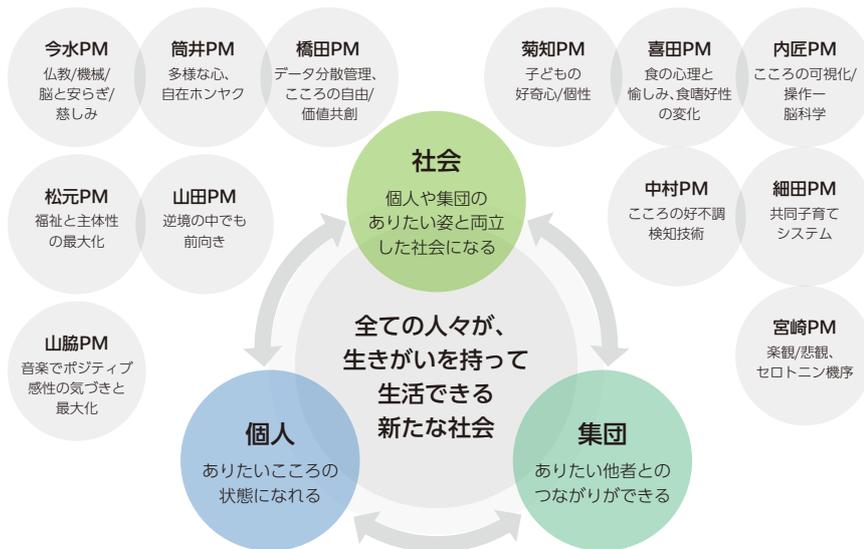
筒井PM

橋田PM

松元PM

山田PM

山脇PM



菊池PM

喜田PM

内匠PM

中村PM

細田PM

宮崎PM

## 研究成果

### 戦略的創造研究推進事業CREST

研究領域「新たな生産プロセス構築のための電子やイオン等の能動的制御による革新的反応技術の創出」

研究課題「電子貯蔵触媒技術による新プロセスの構築」

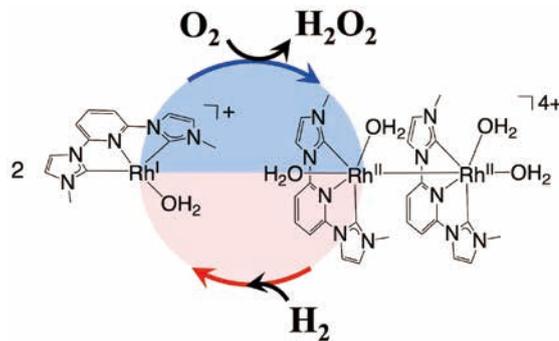
## 過酸化水素を危険なく合成できる新触媒 フラスコ1つでOK、世界最高の反応効率を確認

過酸化水素は、工業用酸化剤や漂白剤、半導体の洗浄など、私たちの身の回りで幅広く利用されています。化学工業では工場で大規模生産していますが、研究室で利用するような小規模単位で水素と酸素から過酸化水素を合成しようとすると、①爆発の危険性がない比率で両ガスを混合しても反応が進む②複雑な設備が必要ない③直接混合しても反応効率が高い、という3つの条件を同時に満たす触媒はありませんでした。

そこで、九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所の小江誠司主幹教授と三菱ガス化学の共同研究チームは、ロジウム錯体からなる新たな分子触媒を開発しました。自然界では水素を合成・分解するヒドロゲナーゼ酵素のように、温和な条件で過酸化水素を合成していることから着想を得て、触媒には電子求引性と電子供与性を併せ持った配位子を用いました。これにより、最初に水素から電子を引き抜くと、その電子を酸素の還元を利用し、最後に水から水素イオンを得て過酸化水素を作るといった一連の反応が、円滑に進むようになりました。

この触媒を用いると、爆発の危険性がほとんどない水素：酸素＝95：5の混合比率で、複雑な設備を使わない1つのフラスコ内の水系反応により、効率的に過酸化水素を合成できます。さらに触媒1分子で910個の過酸化水素分子を合成できた計算になり、これまでに報告された均一系触媒の中で世界最高の反応効率を示すことを確認しました。この成果は、天然酵素の機能を模倣することで新分子触媒を開発できたという学術的な価値だけでなく、次世代のエネルギーである水素を利用した新たな合成反応の基盤となるものです。

水素と酸素から過酸化水素を作る新しい反応サイクル



## 研究成果

### 戦略的創造研究推進事業CREST

研究課題「自己組織化トポロジカル有機マイクロ共振器の開発」

### 戦略的創造研究推進事業ACT-X

研究課題「細胞トラッキングのための生体適合性レーザー発振子の開発」

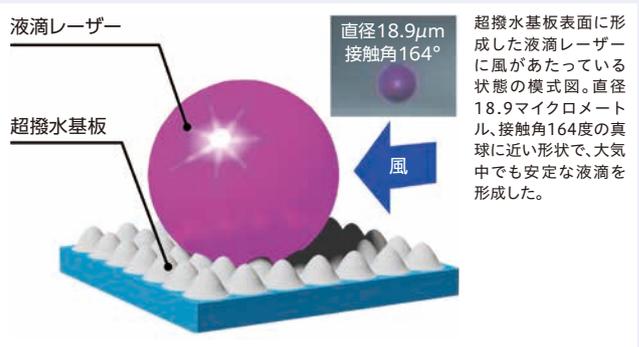
## 100%液体の微小なレーザー光源を開発 新たな柔らかい光デバイスの実現に期待

電気・光学分野では、変形すると機能を調整できる柔らかいデバイスが注目されていますが、その柔軟さには限界があります。そこで、究極に柔らかい素材として液体が有望視されています。レーザーを発生するデバイス全体を液体で作るために必須とされる、数マイクロ(100万分の1)メートルほどの完全な球体(真球)の液滴を作る試みも始まっています。しかし、基板上での作製や蒸発を防ぐことは難しく、大気中で安定に利用できる液滴を実現できていませんでした。

今回、筑波大学数理工学系の山本洋平教授、山岸洋助教授らは、100パーセント液体でできた微小なレーザー光源の開発に成功しました。具体的には、不揮発性のイオン液体で表面張力が大きなイミダゾール塩を、超撥水性表面を持つ基板上へ滴下しました。その際、液滴を極小にして落下速度を抑えることで接触角を大きくし、真球に近い液滴を生成できました。この液滴は、基板上でほぼ真球の形状を維持できる上に、大気中でも1カ月以上にわたって蒸発が検知できないほど安定しています。さらに、液滴のレーザー光源として

の機能を調べたところ、1平方センチメートル当たりおよそ1マイクロジュールという、最も優れた有機マイクロ球体固体レーザーと同等の閾値でレーザーを発振することがわかりました。

液体は形や位置が定まらないため、光デバイスとしての利用はこれまで限定的でした。しかし今回開発した手法により、安定な液体レーザーデバイスを構築できる上、変形や外部刺激応答性といった液体本来の性質を十分に発揮できます。これにより、新たな柔らかい光デバイスの実現につながると期待されます。



## マダガスカル、コメ増収で農民の栄養改善 量と質の両面から寄与 計量経済学で評価

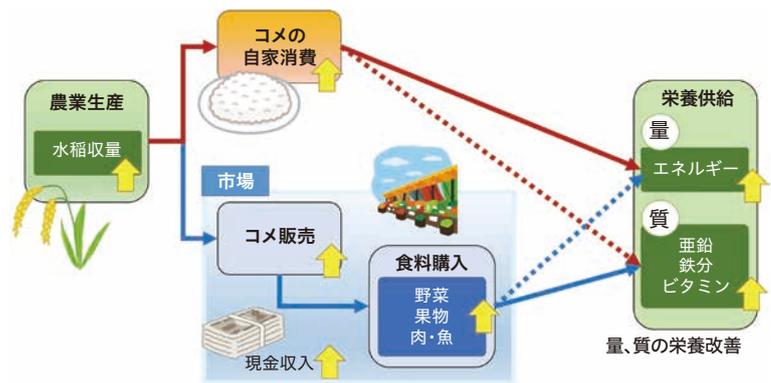
サハラ砂漠より南にあるサブサハラ・アフリカ地域は作物の生産性が極めて低く、人々の栄養不足が深刻です。中でも1人当たりのコメ消費量が日本の2倍以上を誇る稲作大国のマダガスカルは、国民の2人に1人が栄養不足という深刻な問題を抱えており、農家の貧困や不安定な稲作生産が栄養不足の一因である可能性が示唆されていました。

国際農林水産業研究センターの辻本泰弘プロジェクトリーダーと東京大学農学生命科学研究科の櫻井武司教授らの研究グループは、農業生産が農家の所得や栄養に及ぼす影響を調査しました。2018～20年までの3年間、マダガスカルの農村地域600家計を対象に、水稻生産量や現金収入、販売・購入などの消費行動に関するモニタリングを行い、計量経済学的手法を用いて水稻の収量が栄養供給に与える影響などを分析しました。その結果、水稻の生産性が向上すると農家のコメ消費量が増加するだけでなく、コメの販売で得られる現金収入が増えることで、栄養価の高い野菜や果物、肉・魚の購入量も増加

し、量と質の両面から栄養改善に貢献することが明らかになりました。

これまでサブサハラ・アフリカの農村地域における主食作物の生産性向上が農家の栄養供給に及ぼす影響を評価した事例は限られていました。水稻の生産性向上に向けた技術介入を行うことで、消費や市場の活性化とともに購買行動の多様性が生まれ、貧困農家における栄養状態の改善が、SDGsの目標2「飢餓をゼロに」に貢献することが望めます。

農業生産から農家の栄養供給への影響経路



経路(赤矢印):コメの生産性向上がコメの自家消費量を増加させ、主に「量」的栄養改善に貢献します。経路(青矢印):コメの生産性向上が市場販売・現金収入を増加させ、他の栄養価の高い食品を市場で購入することで、主に「質」的栄養改善に貢献します。矢印(黄矢印):量が向上したことを表します。実際の矢印は大きく貢献した経路、破線の矢印は副次的に貢献した経路です。

## マイクロプラスチックによる健康被害を検証 高脂肪食下での経口摂取が異常を誘発

マイクロプラスチック(MP)とは、直径5ミリメートル以下の微細なプラスチック粒子の総称です。自然に分解されず海流や大気中を漂っているため、環境汚染が拡大しています。近年では健康面に対する影響も懸念されていますが、毒性学の側面からの生物学的評価は不十分であるため、健康被害の発現メカニズムは明らかにされていませんでした。

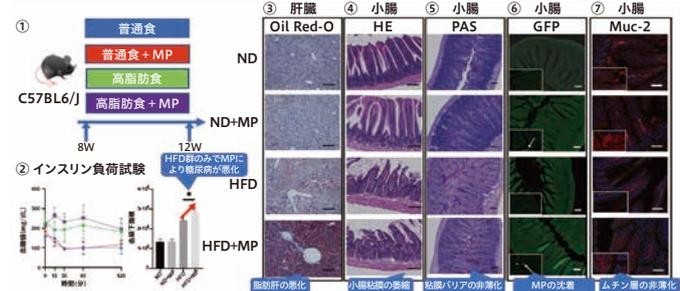
京都大学大学院地球環境学堂の高野裕久教授らの研究グループは、脂肪摂取量の増加により小腸のバリア機能が弱まり、細菌などの有害物質が体内に侵入してしまう「リーキーガット症候群」に焦点を当て、MPの影響発現メカニズムを検証しました。研究では野生型マウスを4群に分け、「普通食のみ」「普通食+MP」「高脂肪食のみ」「高脂肪食+MP」をそれぞれ4週間投与し、代謝障害の項目を評価しました。その結果、高脂肪食のみのマウスは普通食のみと比べて小腸の透過性が高く、粘液を分泌する杯細胞数が低くなっており、さらに高脂肪食+MPでは普通食+MPよりも血糖値、血清脂質濃度、非アルコール性脂肪肝疾患活動性

スコアが高くなっていったことが確認されました。また高脂肪食+MPでは、高脂肪食のみと比べて小腸の炎症細胞が多く、抗炎症細胞が少数だったこともわかりました。

以上の結果から、リーキーガット症候群が高脂肪食によって引き起こされたことや、MPが腸粘膜に沈着したことで炎症が起り、栄養吸収が変化した可能性が示唆されました。今回の研究は、高脂肪食条件下での代謝障害を医学的対策だけで改善するのではなく、環境面を見直し、MPの経口摂取量を減らす必要があることを世界で初めて指摘したものです。

高脂肪食とMP投与マウスの血糖値と代謝機能の変化

高脂肪食とMPの同時投与により糖尿病、脂肪肝、リーキーガット症候群は悪化する



ND(普通食のみ)、ND+MP(普通食+MP)、HFD(高脂肪食のみ)、HFD+MP(高脂肪食+MP)の4群を設定した実験の結果、高脂肪食+MP投与のマウスは高脂肪のみ投与マウスと比較して、血糖値や脂肪肝の悪化、小腸粘膜の萎縮が確認された。

# さきがける 科学人

vol.127

常松 友美 Tsunematsu Tomomi

北海道大学 大学院理学研究院 講師  
東北大学 学際科学フロンティア研究所 客員准教授

### Profile

鳥取県出身。2011年総合研究大学院大学生命科学研究科生理科学専攻修了。博士(理学)。英ストラスクライド大学研究員、東北大学助教などを経て、23年より現職。18年～21年さきがけ研究者、20年より創発研究者。



出身地である鳥取県は、冬の味覚の王様「カニ」の消費量日本一。「蟹取県」に改名!?

## Q1. 脳研究者の道へ進むきっかけは？

### A1. 脳に支配されている自身の存在 テレビ番組が人生の転機に

9歳の時に、「脳と心」を特集したテレビ番組を見て強い衝撃を受けました。考えることもスポーツができるのも、夢を見るのも脳があるからなのだと思い、自身の行動を支配する脳に興味を持ち、研究者になりたいと思うようになりました。勉強一辺倒な子どもだったと思われるかもしれませんが、9歳から18歳まで飛び込み競技に打ち込み、全国大会にも出場しました。怖くて痛かったのが楽しい思い出は多くはないのですが、きれいに入水できると水に迎え入れられている感覚になれるのが快感でした。

睡眠を研究しようと決めたのは小学生の時です。夢を見るのが好きでしたが、その理由や睡眠そのものが解明されておらず、自分で研究しようと思ったからです。中学ではお笑い芸人や宇宙飛行士を目指したこともありましたが、高校の生物の先生のおかげで初心を思い出し、脳の研究者を志して大学に進学しました。



マウスに画像を見せる装置。睡眠中に同じ画像の夢を見ているかを調べます。

## Q2. どんな研究をされていますか？

### A2. 世界初マウスのPGO波を発見 夢と記憶の関係について探求中

大学4年の時にスライスパッチクランプ法という手法を用いて、欠損すると睡眠障害をもたらす「オレキシン神経」の活動電位を自分で取ることができたときは感動しました。また、レム睡眠中に脳幹で発生する脳波の一種である「PGO波」を、世界で初めてマウスの脳で見つけることにも成功しました。PGO波の研究は1950～60年頃から盛んに行われ、猫やラットの脳では見つかっていましたが、遺伝子操作が可能なマウスには存在しないと考えられていました。そのPGO波が見つかったことをきっかけに、マウスも夢を見ていることを証明したいと思うようになりました。

最終目標は、夢を見る生理的な意義の解明です。マウスの夢見を証明できれば、将来的にはヒトにも応用できるのではないかと考えています。夢は脳のどこかに保管されている自身の記憶を基に作られていると思って

います。夢を見る目的は記憶を消去するためなのか、増強するためなのか、関連付けるためなのかまだわかっていません。夢で遠い昔の記憶がよみがえることもあります。思い出すということは、そこに電気信号が伝わり、脳が活性化されているということなので、今後は夢と記憶の関係についても調べていきたいです。

## Q3. 常松さんにとって研究者とは？

### A3. 知的好奇心を追求できる 好きを買ける幸せな職業

研究者は任期や労働時間などの問題がありますが、自分が知りたいと思ったことを納得がいくまで追求できる幸せな職業です。私は夢の研究をすることが運命だったと思っています。今となっては、睡眠の研究者以外の職に就いている自分の姿は想像できません。

5年後にはマウスの夢見を証明し、10年後にはそのメカニズムを解明することで、なぜ夢を見るのかという難題の解決に少しでも近づいていきたいですね。楽しい夢を見る人にはポジティブ思考が多いようです。空を飛んで楽しい、推しのアイドルに会えてうれしい…そんな夢をたくさん見る私は、この先も「夢を見るメカニズムを解明する」という自身の夢をずっと追いつけていきます。

(TEXT: JST広報課 小倉一恵)

# 睡眠の研究は、私の“運命” なぜ夢を見るのか解き明かしたい

