

# Science Academy of Tsukuba

# SAT

No. 42

February 2024

<https://www.science-academy.jp/>

つくばの明日はSATがつくる



▷対談 どうする「日本」 どうする「つくば」

▷SAT フォーラム 2023 「新半導体の魅力」

2014年ノーベル物理学賞を受賞した天野浩名古屋大学教授を迎えて

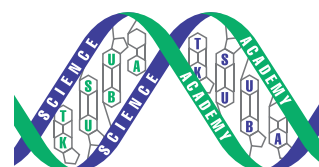
▷つくば賞その後-18: 「糖鎖研究の基盤ツールの開発から実用化に至るまでの一連の戦略的研究」

▷つくば研究情報: 一若手研究者、外国人研究者の活躍ー

「高阻害物耐性を目指したバイオガス活用型リアクターの開発」

「新規機能性発色団の新たな応用」

▷賛助会員最前線



つくばサイエンス・アカデミー  
SCIENCE ACADEMY of TSUKUBA

筑波大学長  
永田 恭介

対  
談

物質・材料研究機構理事長  
宝野 和博

司会（編集委員長）  
餌取 章男

# どうする「日本」 どうする「つくば」



日時：2023年9月11日 午後4時30分から5時30分

場所：つくば国際会議場 館長室

日本の将来は現在かなり厳しい状況にあるといえるでしょう。こうした実情を突破し、輝かしい未来を実現して行くために、“つくば”の果たすべき役割は極めて大きいと考えられます。

こうした役割を全うするために、つくばは何をなすべきか、どのように変わって行けばいいのかについて、長い間つくばにおける研究・教育の中核を担って来られた永田筑波大学長、宝野物質・材料研究機構理事長のお二人に率直に話し合っていました。



## 女性の能力を活かそう

**餌取** いま日本が抱えている問題はいろいろあると思いますが、教育や研究といった面からは何が考えられますか？

**永田** 教育ではいま一番問題なのは初中教育なんですね。なぜかという、ジェンダー・バランスが悪いということが決定的なんです。理工系、特に工学系の場合250人ぐらいのうち2人ぐらいしか女性の教授がいらないんです。人間の半分は女性なのにその半分の才能を活かしきれていないので、根本的に大損しているんです。そのもとになっているのが、小学校、中学校とPTAなんです。理工系というのは女性にとってもこんなに面白いんだ、というふうにはできてなくて、工学に興味をもってそちらに進む女の子が少ない。

医学部なんかは4割近く女性ですが、優秀な子がどんどん入っている。ところが工学部には来てくれない。これが日本が伸びない理由の一つだと思う。諸外国はこんなこと絶対ありません。

小中学校に工学部を卒業した先生が少ないんです。それに中学校の理科・数学の先生に女性が少ない。これが改善されれば、ずいぶん変わると思いますよ。

**餌取** でも小学校の先生って女性が多いんじゃないですか？

**永田** 文系はもちろんそうです。だけど数学の女性の先生って非常に少ないです。理工系が少ないってことです。それは研究所などにもおよんでいて、NIMS（物質・材料研究機構）などにもしわ寄せが行っているのではないですか？

**宝野** 外部から受ける評価のとき必ず言われるのがジェンダー・バランスですね。そのために女性比率を上げようと努力はしているのですが、いかんせん母集団に女性が少ないものですから。せっかく採用して育てても、そのうち大学にもっていかれてしまうこともあります。

**餌取** いま、NIMSでどのくらいの割合ですか？

**宝野** 定年制研究職における女性の比率は約10%です。ポスドクで16.5%、NIMSジュニア研究員として雇用している大学院生では25%と比率が高くなります。

**餌取** 一般的には大学院生の女性割合は30%って

言いませんか？

**永田** そうですね。ただ、そうした女子を育て切れていないという問題もあるんです。キャリアをうまく作ってあげられないというのと、実験系のハードな仕事のところは、女性のライフイベントの中でどう処していくかは結構厳しいからです。

**宝野** NIMSでも、アウトリーチに力を入れるなどして物質・材料分野に進んでくださる女性研究者を増やそうと努力はしていますが、なかなか実効はあがらない。固い材料はどうも敬遠されがちで……。

**永田** バイオや医学は100人中35人ぐらいが女性なんです。研究者のレベルの方はたくさんいらっしゃるのですが、ライフイベントを支援するとかしない限りは続かない。それで、大学に保育所も託児所も作って四六時中子供がそばに居られる環境を作り、妊娠したときにはエキストラにポスドクなどをつけ、一年間休んでいる間もテレワークだけで済むようにしていてもなかなか増えない。

要するに、社会全般を女性が活きるように変えない限りは変わりません。

## ドクターを増やして優遇しよう

**宝野** 日本の科学技術の競争力がここまで落ちた原因については、もっと大きな理由もあるように思いますね。

**永田** もちろんそうです。教育というポイントで…。

**宝野** 日本は圧倒的に博士課程の学生が少なく、また減少傾向であることが理由だと思います。

**永田** そうです。G20の国の中で博士課程の学生が減っているのは日本だけです。





宝野理事長

**宝野** その大きな理由は、博士課程の学生に対して給与を支給していなかったからです。諸外国であれば、博士課程で給与がもらえますから、就職して産業界に行くか、博士課程に進んで研究するかなどの選択ができます。しかし、日本では博士課程へ進むと生活支援が無いから、修士課程を修了して就職してしまい、研究職であっても企業ではドクターを持っていない方が多い。外国では企業であっても研究者と呼ばれる方はほとんど全てドクターを持っている。そういうことがこれまで長く続いてドクターの数が日本では減っている。

大学というところは教授や准教授が研究していると思われているかもしれませんが、実際には大学院の博士課程や修士課程の学生が第一線で研究しています。

その数が減るのは日本の科学競争力が落ちる大きな原因になる。

**餌取** 博士課程の学生を増やす方策はいかがですか？

**永田** いま、本学でも8割近くの学生に給与が出せるようになっているので、まずは経済的なサポートをすることです。

**宝野** NIMSでは連携大学院の学生にはNIMSジュニア研究員として給与を支払っています。それに、工学系だとドクターを取った学生が就職に困ることはまずないと思いますよ。問題は理学系で、ドクターを取った学生が、就職先を大学にこだわるところがある。

**永田** 大学院の教育の仕方にも問題がある。アカデミア以外に行く道がないみたいな教育してたらダメなんです。江崎先生だってIBMのときにノーベル賞に値するような研究をされていたし、カタリン・カリコさんだってmRNA（メッセンジャー RNA）の研究をされました。企業です。

**宝野** 私も博士課程を終えたときに、いろんなところに応募しています。どこにでも行く準備はできていたんですが、たまたま研究者を選んでしまったということで……。いま博士課程に進む方々がいろんな選択肢を持てば、就職に苦労することはないというのが、私の持論です。博士課程により多くの人が進んでくざると、日本の研究力が上がってくるんじゃないかと思っています。

**餌取** 社会システムとしてドクターの存在価値を広げていくことが大事だということですか？

**永田** そう思います。給与一つとっても、博士課程に行く価値がほとんどない。多くのシステムを変えないといけない。給与の問題を解決して、あとは大学の先生方がもう少し広い目で指導できるようになれば、優秀な子は多いので日本はきっとよくなります。

## 集合知を活かす仕組みを作ろう

**餌取** さて、そういった日本の現状をふまえて、つくばはこれまで研究学園都市として大きな成果をあげてきたんですが、今後果たす役割りについてはいかがでしょうか？

**永田** 私の認識は、この50年は理想とする姿にはまだ到達できていない50年だったと思うのです。世界水準の研究所ができて、それだけが狙いだったかと



いうと違うかなと思います。

新しい場所に来て、それぞれのスタイルを変えて、一生懸命努力された。産総研もとても変わりました。NIMSにしろ、理研やKEK（高エネルギー加速器研究機構）にしろそうです。ところがそれは時間をかければ日本中に散らばっていてもできることなんです。これからは集合知というか、いろんな人たちが寄ってたかって様々な問題を解かなければいけない。そこには未だ行き着いていないので、これから10年20年はそこに至るような努力をしないとイケない。同じ場所にいるという、それを本気で発揮しないと一緒になった意味がない。

**宝野** そうですね。つくばにはたくさん研究所がありますけど、その相乗効果は少ない。NIMSは筑波大学と連携大学院をやらせていただいて、NIMSの研究力への貢献は非常に大きいのですが、産総研などの相乗効果はあまりない。

**餌取** そのための仕組みは何か考えられますか？

**宝野** NIMSの定年制の研究職は約380名、比較的小さな組織ですよ。何かイノベーションを起こすためにはスタートアップが大事なのですが、NIMSだけでそれを行い、育てていくのは十分でない。例えばつくば全体としてスタートアップを支援するような仕組みが一つあれば、そのエコシステムに乗っていただけるのではないのでしょうか。

**永田** たしかに、アントレプレナーのセンターみたいなのが必要。そこに行けば、自分はこんなことができるんですよと言っていくだけで、あとはやってくれる。もちろん個人の努力は必要なんですけど、次はこういうことをやった方がいい、お金はこことここに相談しに行きますから、あなたも一緒に来て下さい、とか。そういうヘッドクォーターがあればいいわけですよ。それを専門にする人たちを育てて重用することがきわめて大切。こうしたシステムがあれば、大きなプロジェクトをうまく運べるでしょう。

ドイツとかアメリカの拠点は、そこを上手くやっていて、何十億という大きなお金を集めることができる。グルノーブルなんかとてもよくできてますよね。立派なコーディネーターが居る。

**宝野** あと一つ、スタートアップを支援するときに、スペースが必要なんですね。NIMSは実験スペースがかなり逼迫してしまっていて、確保するのが大変なん



永田学長

です。

**永田** 筑波大学ではIMAGINE THE FUTURE. FORUMという名で東京ドーム約1個分の大きな建物を作ることになっています。そこでは基礎研究ではなくて、応用から開発研究を行う場所にして、必ず企業と一緒に入っていただく場にしたいと考えています。

**宝野** われわれも大いに利用させていただこうと思っています。つくば市でもスタートアップ支援の整備を考えていただいているようで、期待しています。

**永田** スーパーシティ、スマートシティはいいキーワードになっています。つくば市は大いに努力すべきだし、実際にしてると思います。

## つくばに住もう

**餌取** ところで、つくば市といえば、つくばで働いている人が案外つくばに住んでいないんじゃないですか？

**宝野** つくばエクスプレスができてから都心から通う人が増えたと思いますが、ワークライフバランスと長時間通勤は矛盾しますから、できれば近隣に住んでいただきたい。NIMSの職員は7割がつくばに住んでおり、意外と多いんです。

本当に優秀な人材を集めるべき研究所としては、東京・大阪・京都といった大都市と比べてみると、つくばはやはりちょっと魅力に欠けるのかなって気がするんです。そういう意味ではブランド化も必要で、特に市の中心部で25年前に私が来た頃は意外と栄えていて楽しかったんですけど、いま寂しくなってしまう。でも、つくば市の人口増加率は日本一と聞いていますが、駅前の寂しさからはイメージが一致しませんね。

**永田** 大学の場合、教員1,800人、職員を入れると5,000人ぐらい。1人ずつ家族を持っても1万人で、学生が17,000人居て、全部合わせると4万数千人。この人たちが楽しく暮らせる場所にならなければいけないですね。私はその村長さんみたいなものです。そのために実現しなければいけないのは、科学が実装されるマチだというワクワク感で、早くエアカーを飛ばしてくれなんて思うんです。それにやっぱり、日々の生活が楽しいということが重要です。この町のすぐ外は、いわゆる里山になっているのでどこへ行っても楽しくて、子供を育てるにはベストのロケーション。問題は文化的な高揚感を得られる場所が少ないということ。文化的には二層あって、高い文化的要求と低い文化的な要素なんですけど、どちらも欠けている。高い方は劇場があるとか、アリーナがあって音楽やスポーツの祭典があるとか。低い方は飲み屋があるとかですよ。おいしいところはたくさんあるのにみんな郊外で、駅前にあるのはどこにでもあるような平凡な店ばかり。これではいけません。

**宝野** 中心部にほろ酔い横丁を作って、ズラーッと屋台やプレハブ建てて個人商店を優遇して営業させる。それから遅い時間までバスを走らせる。やはり公共交通機関で呑みに行けるような街じゃないと、魅力

ある街と思わないですよ。

**永田** 若い子たちにつくばはどうと聞いたら、異口同音に「最高っすよ」って言う。わからないことあったら、どこかの研究所が教えてくれるから。ただ、帰りに一杯飲もうと思って、どこにも飲む場所ないと言います。カルチェ・ラタンではありませんが、若い人たちは無駄話の中で、研究の話などもしながら生きていくんですよ。駅前の周辺がマンションばかりではやはり問題で、そういう施策はやめてもらいたい。

大学の場合、勉強したいときに1人ではなく、いつもディスカッション・ベースでできるのが楽しいという人も居る。オックスフォードもケンブリッジもプリンストンも、ハーバードだって基本ベースは寄宿生活の中で鍛えられていく。つくば市全体がそうなっていて欲しい。何か一つのコンプレックスがあって、そこで互いに切磋琢磨できるような環境が欲しい。

**宝野** 宿舎といえば、外国人研究者宿舎の二の宮ハウスがありますね。あれ一時つぶされかかったんですが、外国人が単に住むだけでなく、そこに住んでいる人たちがいろんな文化的交流ができるような環境があるんですね。しかし、予算が削減され、従来のようなサービスが提供できないと聞いています。日本の競争力が落ちて理由の一つに、国際化が未だ十分じゃないことがありますね。つくばもまだまだ国際化を進めていく必要がある。つくばの研究機関には元々ユニークな施設がありましたから、外国からいっぱい人が来ていた。ところが、今はもう国際的にはそれ以上の設備ができたものも増えて……。

**永田** より国際的にと言っても、限界が来てしまったものがありますね。他所の装置が新しくなって、簡便に使って何かやる程度にはいいよね、ぐらいになってしまうものがある。

## つくばの魅力を取り戻そう

**餌取** 日本の科学技術におけるつくばの影響力というのはいかがでしょう？

**永田** どうでしょう。よほど今から頑張らないと無くなってしまおうと思います。

**宝野** そうですね。私は何となく存在感が落ちてくるような気がしますね。

**永田** やはりつくばだから唯一できたよねという



成果を出さなければいけない。出ると思うんですよ。そのためには、大きな枠組みでみんなで本気になって話し合っ、ここまでやりたいからできたら参加して欲しいぐらいの腹づもりでやるしかない。大学だって、根本的に大学自体の存在意義が無くなるといけないので、全部が活きてくれないといけない。活かすためには機能を上げることですが、それには自分の大学だけうまくいけばいいなんて考え方ではどうしようもない。まさに正念場ですよ。

## SATを若返らせよう

**餌取** そうした取り組みに役立たせるためにSATのなすべき役割についてはいかがでしょうか？

**宝野** それは私もよく聞かれるんですけど、なかなか即答できない。つくばにることによってお互い相乗効果が現れないと意味がない。それでつくばサイエンス・アカデミーは、いろんな研究機関に所属している研究者を束ねる。あるいは、研究学園都市として今後もつくばがどう進んでいったらいいかについて研究者コミュニティとして発信して、つくば市にも考えていただくように持っていく。

**永田** 基本的に研究者の要望をまとめて発信できる場所になっていただくのが一番いいんですね。研究室を持ってこいとは言いません。それから、何か作ってくれとも言いませんが、つくばはこうなったらいいよねと……。SATは明らかに個人研究者の集団なので、その研究者たちが素直に科学がやれる。そういう場所としてつくばがどうなったらいいか、というのをうまく集約していただいて発信するのが重要だと思うんです。

それともう一つ。全体がだんだんお年を召した集団になっているんで、若い人にもっと場を開いて、面倒くさいかもしれませんが、言いたい放題言わせるようにしていけばどうでしょう。若い人たちを中心に入れて、そういう連中にいろいろやらせたらいいと思いますよ。

**宝野** 若い人に入ってくれて言っても、入ることのメリットがわからない。

**永田** 若い人向けには、すぐにイベントを開いてください。そうすれば我々も送り込みますから。たとえば、こういう人を招いてこんな面白いことをやるからと言ってくれれば、筑波大学から20～30人若い子

を出しますよ。そういう子の中から1人か2人ずつでも入れて行けば、10回もやれば相当数は集まります。その後は、彼らに実際の企画や運営をやらせましょう。



**宝野** 若い人を運営に参加させるのはグッドアイデアだと思います。ところで4万数千人の村長さん、永田学長にはぜひ、つくばに住んでいただきたい。

**永田** 私はずっとつくばに住んでいました。しかし、この職の2年目あたりに、体を壊しそうになってしまいました。毎日毎日東京とここを往復しなくては行けなくて、つくば住まいでは死んでしまうと思って両方の真ん中に住んだんですよ。

**宝野** 永田学長が筑波大学の帰りに一杯呑んで帰れるようになればいいですね。

**永田** それは絶対そうなればいいですね。

**宝野** 私はずっとつくばに住んでいます。25年ぐらいつくばの変化を見てきましたから、いまほんとに中心部が寂しくなっていて……。



餌取編集委員長（司会）

# SATフォーラム 2023

## — 新半導体の魅力 —

2023年7月6日(木)に、つくば国際会議場で開催  
2014年ノーベル物理学賞を受賞した天野浩名古屋大学教授を迎えて

2023年7月6日(木)、つくば国際会議場 Leo Esaki メインホールに於いて、2014年にノーベル物理学賞を受賞された天野浩名古屋大学教授をお迎えし、「SATフォーラム2023」を開催しました。中高生約180名を含む約420名のご参加をいただきました。

天野先生からは、「新半導体の魅力」と題し、半導体や青色LEDの発明にかかるお話はもちろんのこと、恩師の赤崎先生や江崎玲於奈SAT会長のお話、学生時代や若いころのエピソードなどを交えて、分かりやすくご講演いただきました。

### 江崎玲於奈会長のあいさつ(ビデオ)

つくばサイエンス・アカデミー会長の江崎でございます。本日は、たくさんの方々にご来場いただきまして、有難うございます。

本日のSATフォーラムは、名古屋大学教授の天野浩(あまのひろし)先生をお迎えし、ご講演を頂きます。天野先生は、赤崎勇(あかさきいさむ)先生、中村修二(なかむらしゅうじ)先生と共に「高輝度、省エネルギーの白色光源を可能とした高効率青色発光ダイオード」を発明したことにより、2014年ノーベル物理学賞を受賞されました。

天野先生におかれましては、お忙しい中、SATフォーラムにお越し頂きご講演賜りますことに、厚くお礼申し上げます。

サイエンスの分野で日本人のノーベル賞受賞者は25人おります。一番多いのが物理学で12人、天野先生はその物理学で受賞されております(化学で8人、生理学・医学で5人)。しかしそのうちの7人まではクオークやニュートリノ、中間子など高エネルギー物理学で、われわれの生活にはあまり関係ありません。しかし天野先生の研究成果は大いに役立つということを



図1 会場の様子

強調したいと思います。

ここで天野先生の経歴について簡単にご紹介させていただきます。天野先生は1960年、静岡県でお生まれになりました。名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程満了後、名城大学講師、助教授を経て2002年に名城大学理工学部教授になられましたが、2010年に名古屋大学教授にお戻りになり、2015年に名古屋大学未来材料・システム研究所未来エレクトロニクス集積研究センター長に就任され、現在に至っております。

天野先生は、これまで青色LEDのほか、もっと波長の短い紫外線のLEDを研究開発して、水や空気の殺菌用としてコロナ渦の時は、大変重宝されました。また、世界で最も波長の短い深紫外線を発する半導体レーザーの研究開発にも成功されています。

本日は、「新半導体の魅力」と題しまして、現在進められております高効率パワー半導体など新たな省エネルギーデバイスの創成に向けた研究などについてご講演を頂きます。限られた時間ではございますが、どうぞ宜しくお願いいたします。

### 天野浩先生の講演

皆様こんにちは。名古屋大学の天野です。

今日は「新しい半導体の魅力」ということで、お話をさせていただきます。高校生の皆さんも多いので、研究者はどんなことを生き甲斐にしているのか、どんな性格の人が研究者に向いているのか、といったこともお話ししたいと思います。



図2 天野先生

### 半導体とは —P型とN型で電気をスイッチ

昨今、マスコミで注目を集めている半導体、これの材料はシリコンです。その機能の基本になるのは、ダ



イオードです。P型の方に高い電圧、N型の方に低い電圧を加えると、電流が流れる。それを逆にすると流れない、というものです。これを応用してスイッチができます。

半導体の内部をどんどん細かくして集積度を上げると、スマホがもっと便利になるとか、面白いゲームができるとかの良い面とともに、ミサイルに入れると精度が上がるとか、そんなことにも使われてしまうのがこの半導体であります。

## 光る半導体 ー難しい青に挑戦したいー ーそして薄型ディスプレイを実現したいー

半導体のもう一つの機能、光ることを生涯追求されたのが私の恩師の故赤崎勇先生です。光るダイオード、LEDは、白熱電球と違って熱しくなくても光が出てきます。その発光色は材料によって決まっています。赤崎先生は松下電器（今のパナソニック）在職中にLEDと初めて出会われました。ここでは、赤にも緑にも光るガリウムリンという結晶を用いて、事業としては、大成功を収められました。ですが、この時に使用した技術は、すべて欧米の特許だったんですね。三原色のうち、残る青色はどうしても独自の技術で、日本の技術で商業化したいというお気持ちがありました。

1973年に青色LEDの研究を始められました。周期律表で上の方にある材料を使うと波長が短くなるので、リンの代わりに窒素を含む窒化ガリウムの研究を開始されました。P型を使わないMIS型でLEDがちゃんとでき、世界初のサンプル出荷までたどり着きました。大変すばらしい業績なんですけど、このMIS型はアメリカ企業の特許でした。赤崎先生としてはやはり、独自のLEDを作りたいというお気持ちが強かったんですが、当時の会社の上層部は、この材料は難しすぎる、青色LEDも難しすぎると判断され、残念ながらプロジェクトは終了になってしまいます。

そこで1981年に名古屋大学に移られました。その時にはもう、この窒化ガリウムをやってる人がいなくなって、もっと作りやすいセレン化亜鉛、或いは炭化ケイ素という材料を使って青色LEDを作る試みに、皆さんシフトされました。よく赤崎先生は、当時の心境を我

一人荒れ野を行くというふうに表示されています。

私は赤崎先生の研究室で、窒化ガリウムを用いた青色LEDの研究が行われていることを知り、これをぜひやりたいと思いました。当時使われていたディスプレイはブラウン管を使っていて、冬は暖房代わりになるほど電力が必要というものでした。もし自分が青色LEDを実現したら、今のテレビとか、PCのディスプレイのように、平面型の薄いディスプレイができるに違いないと思って、私はこの研究にのめり込むことになりました。

## 窒化ガリウムの結晶成長 ー失敗の連続 1500回ー ーでも自らの創意工夫でやることは楽しいー

青色LEDを実現するために最初に必要となる良い結晶を作ることが、当時は難しくて実現されていなかったで、そこから研究をスタートしました。

でも市販の結晶成長装置が無く、学生が自分で作らなさいということで、任されたのが本日来ていただいている1年先輩の小出さん（NIMS：物質・材料研究機構）でした。設計をして、部品は研究費で買ったり、協力企業から分けて貰ったりしました。加熱するための発振器は赤崎研の前の研究室の中古でした。多分20年ぐらい前のものを使わせてもらいました。こういったものを組み合わせて小出さんと一緒に作らせていただいた装置を用い、とにかく結晶づくりに没頭しました。

学部4年生と修士2年の3年間、一生懸命やりました。1500回以上実験しましたが、綺麗な結晶は一切できません。が、これが楽しくて楽しくてしょうがない。学生実験というのを学部時代にやりますが、助手の先生がプランを作って大体こうなるよと、時間内に終わるように作られています。その通りにやるとその通りの結果が出てくるという、なんの面白味もない実験でした。研究室に入ると全然違います。装置から自分たちで組み立てられるし、実験も自分で考えられる。こんな楽しい経験は今までありませんでした。こうして研究に没頭できました。

修士2年の8月に転機が訪れました。成果は出ていなかったんですが、赤崎先生から、「君はすごく実験頑張ってるからドクター（博士課程）に残りなさい。」



図3 青色LEDとの出会い



図4 自分で考えてやることの楽しさ

と勧められました。自分の年代の時には、日本人でドクターに上がる人はいなかったの、最初は不安があり、迷いました。しかし実験は楽しくてしょうがない、やってみるかという気持ちになったのが8月の終わり。ここでようやく吹っ切れました。ドクターに進学できたんで、やりたいことに熱中できる人生を選べたと思います。

## 窒化アルミバッファ層で成功！ —低温でやってしまったのが幸い—

修士課程も終盤の2月、薄く窒化アルミニウムを積むという実験を始めました。小出さんが窒化アルミニウム、私は窒化ガリウムの結晶成長をやっている、小出さんが積む窒化アルミの方が表面が綺麗だったんですね。私の積む窒化ガリウムは表面がガタガタで汚なかった。まず窒化アルミを薄く付けてみたら綺麗になるんじゃないかなと思ったんですけど、窒化ガリウムよりも高い温度で付けなければいけない。発振器は20年前の中古品です。温度がなかなか上がらない。

本当は一旦実験を中断して、発振器を直すべきですが、とにかく焦っていたので、まあいいやと低い温度でつけちゃいました。で、炉から取り出してみたら、あしまった、原料流し忘れたと思いました。表面が今まで見たこともないくらい綺麗で光沢があって、何もついていないように見えただけです。原料を流し忘れたと思っていろいろチェックしてみたんですが、あれ間違っていないよと。ひょっとしてと思って顕微鏡で見てみたら、表面が真っ平らな窒化ガリウムができていました。言葉にならないほど感動しました。赤崎先生の勧めで、大阪府大でエックス線回折装置を自作されていた伊藤進夫先生に測っていただいたところ、これは世界一綺麗な窒化ガリウムですねとお墨付きをいただきました。

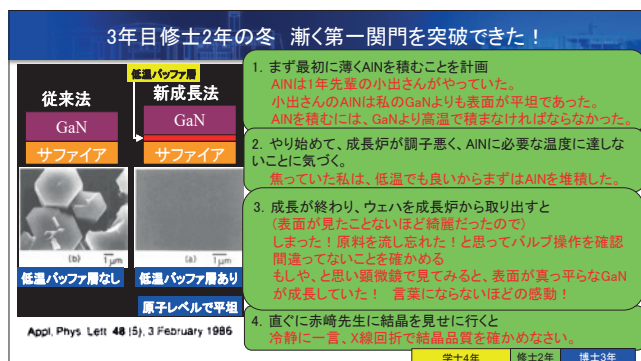


図5 1500回失敗の末の結晶成長成功

## できないと言われていたP型に挑戦

第一関門が突破できたので、無謀にも次にチャレンジしたのがP型の結晶です。当時窒化ガリウムは、P型ができない材料だと言われていました。P型にする

ために、価電子が1個足りない不純物をドーピングします。亜鉛をドーピングすると、価電子帯から電子をポツと引き寄せて、価電子帯に正孔を作ります。当時言われていたのは、この不純物をドーピングすると、窒素が抜けてプラスの電荷を持った欠陥が自動的にでき、これがプラスとマイナスで補償してP型ができないと言われていました。私若いので、そんなことあるかいと。皆さんは綺麗な結晶ができなかっただけでしょ。私は世界一綺麗な結晶ができたんだからP型できるわいと思ってやりました。が、残念ながら、さんざん実験してもP型はできませんでした。

当時の研究室の雰囲気としてはP型なんてできっこないから、従来の古いMIS型のLEDでも作って論文書けと。で、早く出て行けということですね。こういう雰囲気でした。だけど、当時ライバルだったセレン化亜鉛では、P型がどんどんできてきた時代です。すでに他の人がやった古いMIS型のLEDでは全くモチベーションを保つことができず、ストレスは最大でした。

その時の気持ち経験をぜひ若い人に伝えたいんですけど、「みずから掴んだ信念に従え」ということです。当時、世界で一番実験やってると思ってる自分が、根拠は全くないけどP型できるとなぜか感じていました。だけど、ドクターの時代さんざん実験やったにもかかわらず、P型にはなりません。何かまだ理解していないことがあるに違いない、これだと思道でなければやらないことも勇気だと思って、P型挑戦を続けました。結果、ドクターの3年間では必要とされた学術論文3本を書くことができず、満期退学です。だめドクターだったんですけど、ありがたいことに赤崎先生が助手として拾ってくださったおかげで、続けることができました。

助手になって1年目、初めて間違いに気が付きました。フィリップスさんという人が書いたテキストに、ガリウムリンという材料では亜鉛よりもマグネシウムの方が活性化しやすい、P型になりやすいということが書いてありました。これを読んでストレス完全に吹っ飛びました。世界初のP型ができるかも、このモチベーションは何よりも変えがたい。結晶は当時マスターだった鬼頭さんが作ってくれました。それに電子線照射処理をする装置が名大にはなくて豊田合成っていう共同研究先にあったんで、片道1時間、原付のス

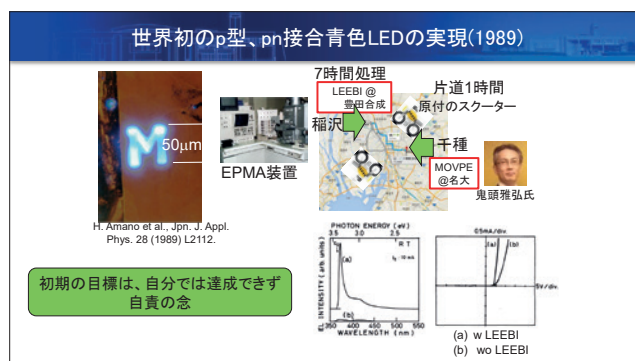


図6 P型について成功



クーターで行って、処理7時間です。戻ってきて合計9時間ですけども、当時はドクター取らなきゃっていう一心だったので、全然気にすることなく、ようやくP型とpn接合のLEDができました。これだということを確信することができるまで、辛抱強くじっと耐えることの大切さを学びました。青色LEDは実現できましたが、初期の目標のフラットパネルディスプレイには自分では到達できず、日亜化学の中村さんや豊田合成の方々、産業界の方々が、その道を開いてくださいました。

## 青色LEDのインパクト

LEDの省エネ効果は、アメリカのエネギー省の資料によると、2017年から2035年の18年間でアメリカでは2.3京ワットアワー、 $2.3 \times 10^{16}$ 乗、日本の総電力量の25年分ぐらいの省エネができます。金額では121兆円です。また、モンゴルの教育科学大臣が2015年に名大に来てくださって感謝の言葉をいただきました。モンゴルではゲルっていうテントを使って遊牧生活をするのが伝統的な生活でしたが、白熱電球は燃料をたくさん使うので1時間とか2時間しか使えず、夜真っ暗になってしまうため、遊牧生活を諦める若い人たちが多かった。ところがLED電球のおかげで、太陽電池でバッテリーを充電すれば夜も1日中明るい生活ができるので、遊牧生活に戻る人が出てきたと言ってくださいました。その次の年、2016年にあるご家族を訪問させていただいた時に、LED電球を実際に使っていたのを見て本当に感激しました。

## その後の挑戦

### (1) さらに短波長化と殺菌応用

今やっていることを少し紹介させていただきます。ガリウムの一部をアルミに変えて混ぜると波長が短くなります。これを利用した深紫外線LEDの研究開発を進めています。深紫外線を当てるとウイルスが増殖しなくなります。そのメカニズムは大体わかっていて、特にチミンで二量体ができることにより、コピーできなくなって不活化という状況になります。

水の殺菌に関しては、よく言われるレジオネラとか、枯草菌とかバクテリオファージに対しては、数秒の照射で、殺菌できるようになっています。津波とか地震等の災害が起きて飲み水が困るときは、例えば自然の釜とか或いはプールの水を、コンパクトな紫外線や深紫外線の殺菌装置を通すことによって、飲み水に変えることができます。

それから、コロナで大変重要だった空気感染を防ぐためのエアーカーテンのシステムを、流体の専門家や医学研究科の専門家と一緒に開発をして、名古屋大学の医学研究科に導入しました。

### (2) 電源の省エネ

およそすべての電化製品の中に電源回路というのがあります。交流電圧を変えるのは、変圧器があれば簡単ですが、直流電圧を変えるって結構難しいんですね。それもこの電源回路の中でできます。例えば、直流を交流にする仕組みは、四つのトランジスタをスイッチとして使って、オンオフすることで、電流の流れる方向を変えることにより行います。電気自動車では効率が高い交流モーターが使われます。直流モーターはさらにブラシっていうのを使ってすぐ摩耗してしまうという問題もあります。テスラの車は75kwhという大きなバッテリーが床にありますが、モーターは交流ですので、インバーターというスイッチ回路が使われます。こういうところで電気を使うと必ず損失は発生します。その他の例では、屋根に太陽光パネルをつけているご家庭で最終的に電気を使うまでには4分の1も損失があります。

そこで期待されているのが、この窒化ガリウムとか炭化ケイ素、将来はダイヤモンドとか酸化ガリウムという材料です。これは今使われてるシリコンに比べて10倍強いので、サイズを10分の1にしても同じ性能が出せる。サイズが10分の1になると損失が10分の1になるんです。これをぜひ社会実装をしようということで、今、我々のチームが取り組んでおります。2030年、LEDで7%省エネを実現しましたが、このトランジスタでもぜひ、15%の省エネを実現したいと思っています。EUの目標の13%よりも上を狙っています。

## 最後に

研究者ってどんなものだったかをまとめてみます。まず、未来のビジョンが持てる。私の場合は、ディスプレイが未来のビジョンでした。次に熱中できる。実験を気が済むまでずっと、気が済まないんですけど、やり続ける。それから、最終的な解ではないと思ったことはやらないことも勇気だ、ということ学びました。ただこれは30年前の話。皆さんが将来こういった形で人生の岐路に立ったときに、どう判断されるかは皆さん次第であります。

私の場合は青色LEDに注力して、熱中して研究できたのでごく幸せでした。何か賞を取ろうとか、そんな気持ちでやったわけじゃなく、とにかく楽しいからやっただけなんです。未来はどうなるかなんて誰にもわからない。何が当たるかっていうのは、誰も予想がつかない。だから自分がワクワクする、或いは楽しいと思ったことからぜひ始めてください。半導体も含め、世の中には不思議で将来に役に立つかもしれないというような材料、物質がまだたくさんあります。そういうものに興味を持ったら、いろいろ調べていただくときっと楽しいことが見つかると思います。

Future is yours. Let's take the first step. ということで講演を締めたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

## トークセッション

SAT 総務委員長の板東義雄（NIMS 名誉フェロー）の進行のもと、天野先生と、名古屋大学大学院で先輩であった小出康夫先生（NIMS 次世代半導体センターグループリーダー、元理事）とで対談を行い、その後会場からの質問に対して回答と議論が行われました。

## 1500 回失敗しても楽しいのはなぜ？

**板東** 初めにお二方で、トークセッションをしていただき、そのあと皆さんからいただいた質問にお答えいいただきたいと思います。

**小出** 小出でございます。1500 回も実験を失敗し、でも楽しくてしょうがなかった、だから続けられたと言うことでしたが、それぐらい失敗しても心が折れず続けられていた本当のところは一体何なのかなと、もう一度そこを聞いてみたい。先生いかがですか。

**天野** やっぱり楽しかったから続けられたんですね。それまでは人がお膳立てしてくれた実験をすることが多かったので、結果が出た時はちょっと楽しいんだけどそれで終わってしまって面白くない、というのがありました。当時、小出先生がドクターで入ってきて、装置の設計からされているのを見て、その段階から自分たちでできるっていうのは本当に初めての経験で、こんなに楽しいことがあるのかって思いました。

## 偶然の産物？ ー低温バッファ層の成功ー

**小出** 低温バッファ層を敷いてやると、急にきれいな表面ができて、同時に結晶性も世界一になったと。それを学会で発表したときに、どういう印象だったでしょうか？

**天野** 名古屋大学で開催された応用物理学会で発表しました。その前のセッションが当時 SAW（表面弾性波）デバイスへの応用で非常に人気があった窒化アルミのセッションで、たくさんの方が会場に居たんですが、私の発表の時にスーッといなくなって、残ったのが、司会者と赤崎先生ともう 1 人どなたかと私だけだった、ということがありました。全然人気がなかったんです。

**板東** 窒化アルミのバッファ層でたまたま成功したというのは、偶然の発見、セレンディピティが引き金になっていると考えてもいいんでしょうか？

**天野** そうなんです、それまで 1500 回も一生懸命やっていたという経験があってからの話ですね。その時は本当に焦っていて、とにかく結果出さないとドクター取れないかな、とにかく実験しなきゃ、とやってみたという…。まあ、セレンディピティですね。

**板東** シリコンの半導体は今も新聞紙上を騒がし

ていますね。日本は遅れていて頑張らないといけない分野ですが、さらに先の、新しいパワー半導体の研究はより重要で、もっと力を入れていくべきだと思いますが、どうお考えでしょうか。

**天野** 市場の大きい順に、まずロジックがあり、メモリがあって、その下ぐらいにパワー半導体があるので、そんなに大きくはないですが、それでも世界で年間 2 兆円ぐらいになります。今の電源回路は、ロスが 4 分の 1 ぐらいとすごく大きい。火力発電では石油とか天然ガスを燃やしていますが、それはできるだけ減らして、地球に負荷のかからない再生可能エネルギーのような形で使える仕組みにしなきゃいけない。またうまく制御して、効率よく損失少なく使えるようにしなきゃいけないので、パワー半導体は、もっと重要性が増していくと思います。

## 会場からの質問と回答

### 青色はなぜ難しい？

**板東** 会場の皆さん方から 43 件の質問をいただいております。まず並木中等学校の方から。なぜ青色だけは発見されるのが遅かったのか、なぜ結晶にするのが難しかったのか、というご質問です。

**天野** 三原色があって、波長の長い方から赤色はガリウムヒ素、それにアルミをまぜたものにします。緑はガリウムリンが使われていました。青色が遅れた大きな理由は、作製温度と基板結晶の問題に起因する作りにくさです。融点が低い方が作りやすいのですが、ガリウムヒ素が一番低い。ガリウムリンは高温でリンが抜けてしまうので、圧力をかけないと結晶ができない。窒化ガリウムになると、すごく高い圧力が必要になってさらに作りにくくなります。ガリウムヒ素とかガリウムリンは、基板となる結晶が同じ材料でできたんですが、窒化ガリウムはすごい圧力、すごい温度が必要なので、基板結晶を作れず、当時は原子の配列が大きく違うサファイアを使わざるをえなかったため、欠陥がたくさん入って綺麗な結晶ができませんでした。

**板東** 次はつくばサイエンス高校の方から、今まで LED を作っていて特に驚いたことは何でしょうか、



図7 トークセッションと質疑応答



というご質問です。

**天野** 最初光ったのを見たときですね。その時は、紫外線と紫色の光が出てたんですけど、ものすごく感動しました。急いで赤崎先生に見てもらったら、どこで光ってんのって言われました。人間の目の感度は、年令とともに波長が短い方から長い方に移ります。当時20歳だった私は、紫外線でも見えたんですよ。その後頑張って青色で光るようにして何とか見ていただき、喜んでいただきました。

## 楽しい題材の見つけ方は？

### 一受身でなく自らいろんなことにチャレンジをー

**板東** 三つ目です。自分が楽しいと思える題材はどのように探すと良いと思っていますかというご質問です。

**天野** 高校では与えられたものを勉強しますね。大学でもそれはあるんですが、自由度が全然違います。大学では先生が教えてくれることのほかに、自分でやりたいことができる時期なんですね。いろんなことにアンテナを伸ばしてチャレンジしてみる。面白いと思ったことがあったらそれに熱中してみると、いろんなことを見つけられます。自分に合ってるものが見つかるので、ぜひ皆さんに経験していただきたいと思います。

**板東** 四つ目は企業の方から。未来を担う若手研究者にどう声掛けをし、モチベーションを上げ、夢を見てもらうべきか、何かヒントをとのことです。また、似た質問で、論文成果に繋がらない努力を博士課程で続けるのは非常に難しい。現代の若者にお勧めできることはありますかでしょうか。

**天野** ちょっと難しい。

**板東** 自分が好奇心を持って取り組みたい、いわゆるそういう研究が専念できると思うんですね。だとするとその好奇心だけで突っ走って、研究できる環境に今いるのかという、多分そういうことと、モチベーションが非常に関わってくると思いますが、その辺については？

**小出** 国研ですと、国策の国プロジェクトで、“ねばならない”ような研究もやりますが、半分は、自分の好奇心で好きなようにやれる環境があればいいですね。小さなことでもいいので、何か自分で考えて自分で失敗するという環境が、興味のある分野で与えられるというのは一つ重要だと思います。

## 細分化した専門だけでなく

### 大きなシステム思考・指向を

**板東** 五つ目の質問は、今の議論と関連しますが、大学は基礎研究を重視すべきか、実用化研究を重視す

べきか、とのことです。

**天野** 基礎と実用化という分け方はあるかもしれませんが、何かを実用化させるためには色々やらなければいけないことがあるので、企業と大学との研究の棲み分けは、非常に難しいですね。それぞれ得意なところをやればいいという気がします。

**板東** 先生は実用化促進のためにコンソーシアムを作って、集中的に研究を進めていこうとされています。その辺のところはいかがなんでしょうか。

**天野** 今は開発も早いスピードで変わりますし、どんどん新しい成果を出していくことが求められている状況ですね。日本では専門が細分化し過ぎていて、大きな目標に向かって皆が一緒にやろうということが、なかなかできなかったという点が、気になっています。

この間、ispaceという会社の袴田社長さんとお話する機会がありました。ロケットを飛ばして月着陸ギリギリのとこまでうまくいった会社です。名大のご出身ですが、修士課程ではアメリカの大学に移られました。日本の大学は一人の教授のテーマが狭いというのが理由です。日本にもロケットの専門家がいますが、システムにしてロケットを飛ばす人が当時はいなかった。なので、システムの人がたくさん居る、ロケットを飛ばせるアメリカの大学に行ったっておっしゃっていました。

**板東** 日本の教育は、それぞれの分野を深掘りして世界一の研究や開発をさせようという、専門家を育てるところに行きがちと感じます。いろんな先端技術をいかに組み合わせてシステム化するか、利用するかという、そこの考え方がそもそも日本人は弱いのか、それとも教育システムの中でそういうことが培われないのか、そこがこれから日本の技術開発の大きな問題だと思うんですが、その辺はいかがなんでしょうか。

**天野** コンソーシアムやって車用のインバーターを作っているのを見て、トランジスターの使われ方を知り、本当に勉強になりました。一連の分野があって、それぞれがうまく連結しないと最後にシステムはうまく動かない。細かい分野の専門家を育てるだけではなく、新しい研究スタイルにして、何か大きなシステムを考えるようなこともこれからの大学に必要ではないか。

**小出** 窒化ガリウムのいい結晶ができるのかというフェーズから、すでにLEDは世の中に社会実装され、次に省エネルギーパワー半導体へ応用するというフェーズになってくると、最後にシステムとしてでき上がったものを作る研究者集団と組んで、一連の大きなコンソーシアムとならないと、全体として次の大きなフェーズに行かないということですね。窒化ガリウムなり、新しい新半導体がそういうフェーズになってきているという印象だと思います。

**板東** 時間も来ましたのでこれでトークセッションと会場質疑を終わりたいと思います。両先生どうもありがとうございました。

## つくば賞その後-18

糖鎖研究の基盤ツールの開発から  
実用化に至るまでの一連の戦略的研究

産業技術総合研究所名誉リサーチャー 成松 久



## 1. はじめに一糖鎖とは

生体内の高分子は、DNA（遺伝子）→RNA→タンパク質の順に生合成されることはよく知られている。RNAからタンパク質が翻訳された後、タンパク質には、リン酸化、硫酸化、パルミトイル化、糖鎖付加、など種々の翻訳後修飾がおこり、やっと機能分子となる。この中で最も重要で複雑なのが糖鎖付加である。DNA、RNA、タンパク質は全て直線状配列の分子であるので理解しやすいが、タンパク質や脂質への糖鎖付加は、200種類以上の糖転移酵素と呼ばれる酵素群の共同作業によって担われる（図1）。

その構造は、直線状ではなく枝分かれをするし、二つの糖が結合する場合も $\alpha$ 結合と $\beta$ 結合があり、さらには糖の結合部位の違いにより、1→2、1→3、1→4、1→6結合、2→3、2→6、2→8結合など、構造が非常に多様性に富む。これらの糖鎖の結合を司るのは、糖転移酵素と総称される酵素群であり、酵素としての基質特異性は非常に高く、それぞれの異なる構造はそれぞれ特異的な酵素によって生合成されている。細胞が病的になると（例えば癌化すると）、細胞内の糖転移酵素の量や種類が変わり糖鎖構造が大きく変化する。

## 2. つくば賞受賞に至る研究開発

## (1) つくば着任以前

米国NIHでの研究生活で、1986年に世界で最初の糖転移酵素の遺伝子クローニングに成功して、すぐに日本に帰国し、さらに5種類の糖転移酵素の発見をして遺伝子クローニングに成功した。2000年につくばの産総研に着任し、以下の三つのNEDOプロジェクト

ト、およびJST資金によるデータベース構築を進めた。

## (2) NEDO-Glycogene (GG) プロジェクト

3年間のGGプロジェクトではバイオインフォーマティクス (BI) 技術により全ての遺伝子データベースの中から新たに糖転移酵素らしき配列を探し出し、それらをクローニングして酵素活性を解析した。国際競争の結果、1986年の最初から数えて我々のチーム内で42種類の糖転移酵素を論文化、知財化した。国際競争に勝ちプロジェクトは大成功であった。この酵素遺伝子からリコンビナント酵素を作成し、様々な糖鎖構造を合成できるようになった。

## (3) Structural glycomics (SG) プロジェクト

その後、3年間のSGプロジェクトを実施した。糖鎖構造は、一次配列にとどまらず枝分かれする複雑な構造をとるため、当時、全く構造解析は不可能な状態であった。質量分析 (MS) 技術に重きをおき、糖鎖を糖タンパク質から切り離すことなく、糖ペプチドのまま解析する技術を開発した。GlycoRidge法と名付けられた新規技術は現在でも最先端で活躍している。また糖鎖と特異的に結合するタンパク質であるレクチンを並べて糖鎖を調べる「レクチンマイクロアレイ技術」も開発した。これは現在でも世界で最高感度を誇る技術である。

## (4) Medical Glycomics (MG) プロジェクト

MGプロジェクトは2006年から5年間続いた。開発した基盤技術を応用して、診断薬開発を目指した。患者数が多く、かつ診断することにより治療が可能な疾患を対象とした。まず、1) 患者の病変組織と非病変部との糖鎖変化をレクチンマイクロアレイにて解析する。2) 患者血清からそのレクチンに結合する糖タンパク質を分離する。3) それをMS技術により網羅的に同定する。4) BI技術にて診断薬に適した候補を絞り込む。

## (5) 糖鎖科学データベースの構築

上記3つのNEDOプロジェクトの結果、膨大な量の成果が得られた。これら糖鎖に関するデータベース (DB) を作成した。現在、この糖鎖科学に関するDBはACGGDBとして公開されている。

これらの成果を元に2011年に標題のタイトルにて「つくば賞」を頂くことができた。

## 3. つくば賞受賞後の実用化開発

## (1) 肝線維化診断薬M2BPGiの開発

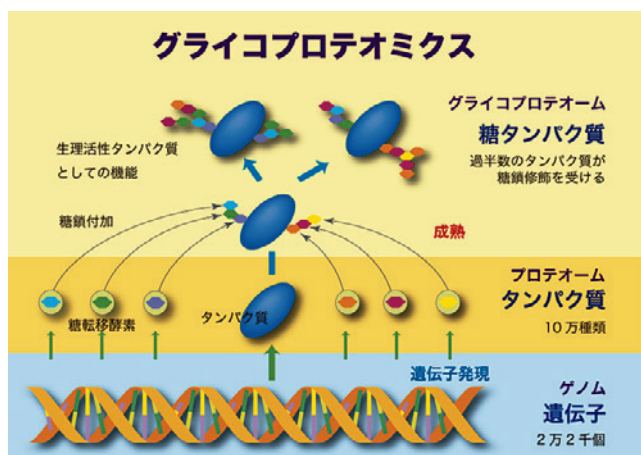


図1



登録知財の中から、実用化を目指す開発を開始した。最初の例は、M2BPGiと命名された肝線維化診断薬である。肝臓疾患はB型肝炎ウイルス（HBV）、C型肝炎ウイルス（HCV）の感染者が非常に多い。先進国では、ウイルス感染者数は少なくなってきた代わりに、メタボの代表的な疾患である脂肪肝が激増している。脂肪肝は放置して置くと慢性肝炎に至りさらには肝硬変そして肝臓癌にもなりかねない。一方、開発途上国では、HBV感染者がまだ非常に多くまさに国民病である。中国、インドなどでもその10%近くが感染していると言われているから世界で患者数の最も多い病気である。

ウイルス性、非ウイルス性に関わらず慢性肝炎が続くと、肝臓は次第に線維化し慢性肝炎から肝硬変、そして最後には肝臓癌に至る。かねてから肝炎診断に使われるALT、AST、 $\gamma$ -GTPは急性肝炎を診断する手段であり、慢性肝炎、肝硬変を定量的に診断できない。このように患者数が多くかつ最終的には肝硬変、肝臓癌の致死疾患に至る病気の進行度を、定量的に数値に表して診断することは、治療法を選別し、治療効果の判定、患者の予後を予知するためには極めて重要である。

レクチンマイクロアレイ法により、WFAという「藤の種」由来のレクチンを選別し、MSとBIにより、WFAに結合するMac2 binding protein (M2BP) を標的糖タンパク質として選別した。シスメックス診断薬会社の自動免疫測定装置HISCLに適応するよう診断キットを開発し、肝線維化診断薬をM2BPGiと命名した。最初の科学論文は2013年に発表した。このM2BPGiの臨床での有用性が次々と明らかになり、わずか2年の間に40報近くの科学論文が発表された。現在では臨床現場で慢性肝炎、肝硬変の保険診療に多用されている。肝炎に悩まされている方は、是非このM2BPGi検査を受けることをお勧めする。この数値が2.0以上ならば慢性肝炎が進んでおり、後に肝硬変に至り数年後には肝臓癌を発症する可能性が高い。

## (2) B型肝炎診断薬HBsAgGiの開発

HBVに関してもう一つの診断薬HBsAgGiを開発した。HBVに感染したB型肝炎の患者血清中にはかなり多量のウイルス粒子が流れている。ところがその99%以上は偽粒子であり、内部にウイルス遺伝子を持っていない。内部に遺伝子を持っており感染性のある本物のウイルス粒子（Dane粒子）は、血中のウイルス粒子のわずか0.1%以下なのである。多量の抜け殻のウイルスは、宿主の免疫反応から逃れるための隠れ蓑の役割を果たしている。現在の診断法は、この偽粒子の量を測定している。

Dane粒子の外被は、L、M、Sの3種類の糖タンパク質からなり、M糖タンパク質のO-グリカン糖鎖をもつ領域がDane粒子にとって必須であることが分かった。このO-グリカンをもつ糖ペプチドを、手持ちの糖転移酵素で合成して、それに対して抗体を作成した。この抗体を使うとDane粒子の存在を検出でき、治療後もまだ感染性のDane粒子が残っているか否かがわかる。現在、臨床応用に役立てるべく多くの臨床医に検証してもらっている。

## (3) 卵巣癌診断薬CPGiの開発

癌の診断薬は、治療に役立たなければならない。進

行癌を診断しても何の役にも立たない。現存する腫瘍マーカー（癌診断薬）は早期発見に役立たずまた偽陽性も多くて、臨床の有用性は少ない。癌診断には次の項目を必要とする。1) 治療可能な時期の早期発見：癌組織が血中に分泌する異常糖鎖構造を持つ糖タンパク質の検出、2) 癌の種類の特定、3) 画像診断では困難な癌の診断、4) 再発を予知する診断、などである。1) については、早期癌ともなればその分泌量はきわめて微量であり、極めて感度良くかつ特異的に検出しなければならない難しさがある。

卵巣癌は4種類に大別できるが、ほとんど進行癌の状態で見られるのが現状である。現在は、CA125と呼ばれる診断薬が4種全ての卵巣癌に使われている。4種類の一つ卵巣明細胞癌は、子宮内膜症患者の後遺症として発生することが多い。子宮内膜症は、若い世代からも発症してその患者数は極めて多く、その約1%から明細胞癌が発生すると言われている。CA125は卵巣明細胞癌の診断には全く役に立たないことが指摘されていた。

卵巣明細胞癌患者の癌組織と非癌組織を識別するレクチンとしてWFAが選別され、候補糖タンパク質のうちセルロプラスミン（CP）が最も感度良く検出された。卵巣癌細胞から血中に分泌されるCPは、おそらく血中の全CPの0.01%にも満たないであろう。それを検出するには、WFAレクチンの特異性を高める必要があり、かつ検出感度を100倍以上高める必要があることが想定された。これの克服のため、二つのアイデアを採用し、開発に成功し、卵巣明細胞癌の早期診断を可能にした。現在、CPGiと命名し、卵巣明細胞癌診断薬としての有効性を多数検体に於て検証中である。

## 4. 終わりに

つくばでは最初の10年間はNEDOプロジェクトの支援を受けて網羅的な糖鎖研究に必要な基盤技術の開発を行った。その結果が評価されて「つくば賞」を頂いた。基盤技術を用いることにより、実用化に向けた診断薬の開発に注力した。実際に、保険診療されるまでになれば研究が完成したものと満足できる。しかし実用化の研究開発は全て順調に進んだわけではない。あまりにも時間がかかりすぎた。所属組織では患者試料を手に入れることが非常に難しくなったためである。今後は、今までの登録知財をいかにして世の中の役にたつ実用化まで完成させるかに注力したい。

## 略歴

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| 1948      | 徳島県鳴門市生まれ           |
| 1974      | 慶應大学医学部卒業           |
| 1979      | 慶應大学医学部微生物学教室博士課程終了 |
| 1983-1986 | 米国NIH留学             |
| 1986-1991 | 慶應大学医学部 助手、講師、助教授   |
| 1991      | 創価大学教授              |
| 2000      | 工業技術院主任研究官          |
| 2002-2006 | 産総研糖鎖工学研究センター副センター長 |
| 2001-2020 | 筑波大学連携大学院教授         |
| 2006-2014 | 産総研糖鎖医学工学研究センター長    |
| 2007-2022 | 慶應大学医学部客員教授         |
| 2007-現在   | 上海交通大学顧問教授          |

# 高阻害物耐性を目指した バイオガス活用型リアクターの開発

国立環境研究所 地域環境保全領域 主任研究員 小野寺 崇



## 1. はじめに

水処理には微生物を活用したバイオリアクター技術が広く普及しています。生活排水などの有機物濃度が比較的低い排水では活性汚泥法などの好気処理が適用され、濃度が高い排水では嫌気処理が適用されています。嫌気処理とは、酸素などが存在しない環境下での処理のことです。その特長は、活性汚泥法のように曝気に伴うエネルギー消費が不要であること、余剰汚泥の発生量が少ないこと、そしてバイオガス（主成分はメタン）としてエネルギー回収が可能なことです。これまで、様々な嫌気処理リアクターが開発されてきましたが、好気処理と比較して処理性能が不安定であることが弱点といえます。本稿では、嫌気性バイオリアクターの弱点克服に向けて進めている私の研究開発に関してご紹介をいたします。

また、水分野での産官学の若手専門家グループでの活動経験を少しご紹介いたします。

## 2. メタン生成反応と阻害の影響

まず嫌気処理の特徴をみていきたいと思います。好気環境下では1種類の微生物が有機物を水と二酸化炭素にまで分解できるのに対して、嫌気環境下では複数の微生物による連続代謝によって分解が進みます。最終的には、酢酸利用性または水素利用性のメタン生成古細菌によってメタンと二酸化炭素に分解されます。そして、この嫌気分解プロセスでは、反応の最も遅い（律速）段階の微生物に影響されるため、直前の基質が蓄積する傾向があります。特にプロピオン酸や酢酸などの有機酸が蓄積してアルカリ度が枯渇されると、pHの低下によって微生物群集全体に決定的な悪影響を及ぼしてプロセス破綻を招くことになります。

このため、嫌気処理における阻害物への対応では、反応律速の段階や阻害物に対して脆弱な微生物への影響を考慮しながら、反応速度の低下による有機酸蓄積によるプロセス破綻に留意しなければなりません。一度プロセスが破綻すると、再び安定的な運転条件に戻すには、数カ月間の月日を要することにもなるため、嫌気性バイオリアクターの運転管理には細心の注意を払う必要があります。

## 3. 阻害回避可能なリアクターの検討

嫌気処理を阻害する物質は様々ありますが、本研究では硫化物やアンモニアによる阻害に着目しました。

これらの阻害物は有機物の嫌気分解の過程で生成されるものであり、潜在的に含む排水は数多くの種類があります。硫化物は排水中の硫酸塩が硫酸還元菌による還元反応によって生成されます。また、アンモニアは排水中のタンパク質が分解されて生成されます。そのため、これらの阻害物の影響を回避するためには、流入前に除去することができないため、有機物の嫌気分解が進行している際に除去することが必要です。このとき、阻害物は薬品添加などの物理化学的な方法で除去すると設備や運転コストが嵩むことになります。そのため、嫌気処理のメリットである運転コストが安価であることや省・創エネルギーであることを損なわないためには、嫌気処理のメリットを活かした阻害物除去法が必要だと考えました。

## 4. リアクター技術の実現化

硫化物やアンモニアはpHによってはガスとなるため、ガスストリッピングによる除去が可能となります。実際、高濃度有機性排水を嫌気処理する過程で発生するバイオガス（メタンなど）に硫化水素が含まれており、排水中の硫化物濃度が低下していることから、ガスストリッピング効果による除去効果が明らかになりました<sup>1)</sup>。そこで、硫化水素除去の効率化を目指しましたが、メタン生成反応とガスストリッピングの至適pHが異なっており、前者は中性付近であるのに対して、後者は硫化水素の場合には酸性であるため、単独槽のリアクターでメタン生成とガスストリッピングを同時に達成させるのは難題でした（図1a）。ちなみにアンモニアにおいてはガスストリッピングによる除去の至適pHがアルカリ性であるため、これもメタン生成反応と両立は困難です。反応槽を複数に連結することで、それぞれを至適pHに維持可能ですが、メタン生成槽（後段）で発生したバイオガスを、前処理槽（前段）に導入する方法では、装置や追加的な運転が必要になってしまいます。

そこで、理想的なリアクター構造として、前段と後段が“半連結”して、排水が混ざらずに至適pHを保ち、メタン生成槽で発生したバイオガスが前段槽へ無動力で供給されるコンセプトを考えました。さらに、このコンセプトを実現するために熟考して、液相分離構造（気体式液体仕切弁）のアイデアを捻り出しました（図1b）。

## 5. ラボスケールリアクターでの実験

このアイデアを具現化するため、ラボスケールの



リアクターを設計・作製しました (図1c)。このリアクターを用いて、相分離構造が実現することを確かめる<sup>2)</sup>とともに、人工排水を用いた連続運転試験を実施しました。この人工排水には高濃度の硫酸塩や硫化物を加えて運転を行い、ガスストリッピングによって阻害物が除去されることで、安定的なメタン生成反応を実現することに成功しました<sup>3) 4)</sup>。さらに、様々な排水種への適用を目指して、微生物の活性がほぼ失われるほどの超高濃度 (5000mg/L以上) の硫化物を含む排水にも適用しましたが、バイオガス中の硫化水素濃度が10%以上の高濃度にもかかわらず、有機性排水のメタン発酵が可能であることがわかってきました。今後、硫化物だけでなくアンモニア除去にも適用するとともに、実用化を目指して設計条件や運転条件を詰めていきたいと考えております。

## 6. 水分野における産官学の若手交流

私はつくばにポスドクとして勤務しながら、水分野の若手専門家のネットワーク組織で活動しておりました。これは2010年に発足したJapan-YWP (<http://www.japan-ywp.site/>) という組織であり、国際水協会 (IWA) の国内委員会の下部組織という位置づけでしたが、学会のメンバーに限定することなく、教育・研究機関、官公庁・自治体、民間企業に所属する、上下水道や水環境の水関連の若手が広く集まり、分野・職種間の交流を行うことを目的とした組織でした。

セミナーなどの情報交換では、他分野・他職種の方の話を聞いて幅広い知識を得られるだけでなく、当事者が普段感じている問題意識を直接聞くことができる機会でした。また、肩書や立場によらず (肩肘張らずに) 交流でき、水分野全体の視点での意見交換をしていました。さらに、セミナーの運営や発表でも「失敗できる場」であったため、経験値を積む場としても活用できました。会費無料でしたが、年に10件くらいのセミナーやイベントが開催され、仕事帰りの小規模なセミナーから、国際会議での若手向けのセッション、そして若手向け国際会議の主催などが行われました。

運営委員は2年1期で代替わりしていき、私は第4期 (2015、2016年) に共同代表に就任しました。組織運営では、運営資金の調達はどうするか、会員が参加しやすいセミナーとするにはどうしたら良いか、国内・国際イベントをどのように運営するのか、この先の時代を見据えてどんなイベントを企画すべきかなど、色々なことを考える必要がありましたが、運営委員のメンバーと協力しながら、主体的に取り組むことができたのは良い経験となりました。そして、水分野という大きな枠組みで、立場や職種を超えて、仲間と議論できたのは将来にもつながると考えております。

ここ数年は、コロナ禍のためにFace to Faceでの人に会う機会が激減してしまいましたが、フットワークを軽くして新たな出会いを求めることが、若手研究者にとっても大事になるのではないかと思います。

## 参考文献

- 1) Onodera et al., *J. Env. Sci. Heal. A*, 46, 1721-1731, 2011.
- 2) Wastewater treatment system and gas liquid partition valve, US Patent 10,407,329
- 3) Onodera et al., *Bioresource Technol. Rep.* 20, 101216, 2022.
- 4) Onodera et al., *Wat. Sci. Technol.*, 87 (9), 2223, 2023.

## 著者略歴

- 2008年 日本学術振興会特別研究員
- 2009年 長岡技術科学大学大学院工学研究科博士課程修了 博士 (工学)
- 2009年 米国ジョージア工科大学 客員研究員
- 2010年 国立環境研究所 NIESポスドクフェロー
- 2016年 国立環境研究所 主任研究員

## その他

水分野の産官学の若手組織であるJapan-YWPの元共同代表。優秀論文賞 (廣瀬賞) (日本水環境学会) など受賞。近著に「インド下水処理場生活1800日」(Web Japanese Books)。趣味は草野球。

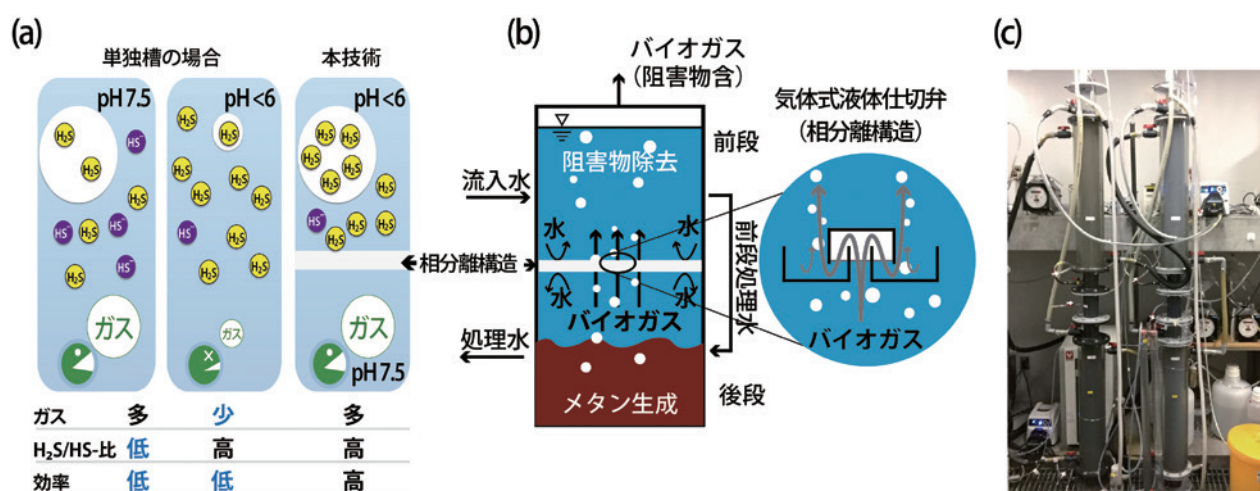


図1 (a) メタン生成とH<sub>2</sub>S除去に及ぼすpHの影響、(b) 新しいリアクターコンセプト、(c) 実験用リアクターの外観

# 新規機能性発色団の新たな応用

物質・材料研究機構 (NIMS) 光機能分子材料グループリーダー ジョナサン・ヒル



## 1. はじめに

有機発色団は、電磁スペクトルの紫外、可視、赤外波長域の光を強く吸収する、拡張 $\pi$ 電子構造を有する材料です。これらの化合物の光吸収特性や分子構造の複雑さは、重要な機能をもたらす可能性があります。例えば、機能性発色団であるポルフィリンは、太陽光エネルギーを収集するだけでなく、そのエネルギーを適切な反応中心に移動させ、化学的な形で捕捉するために自然界に存在しており、これもポルフィリン複合体によって達成されています。発色団は、分子構造やより大きな構造への組み込みに基づいて機能する可能性もあります。これも自然界では、その色ではなく遷移金属カチオンの電子構造を調節する能力に基づいて酸素を結合し、輸送するポルフィリン・ヘムによって例証されます。私の研究に関連するところでは、「機能性発色団」とは、自己組織化、有機触媒作用、半導体性、特異な蛍光特性などの分子特性がより高度な動作を示す、色鮮やかな材料を意味します。

## 2. 有機合成

材料の調製には有機合成が使用され、材料の構造要件に応じて既存の方法を使用したり、新しい技術を発見したりします。この優れた例は、ピラジナセン [1] (新規 N-ヘテロアセンを確立するために複数の直線状に縮合したピラジン単位で構成される; 図1a)、NiOx 型ポルフィリン [2] (ポルフィリンの外周部に、特有のスプロ結合縮合単位を含む、図1b)、およびフクソナレン [3] (色鮮やかなレゾルシナレン大環状分子、図1c) などである。これらの新しい種類の分子材料は私の研究室で独自に開発されたもので、顕著な特性を示します。一方では、ピラジナセンの合成を確立するには、古典的な反応の独特な組み合わせが必要でした。他方では、NiOxポルフィリンは分子内酸化的求核攻撃によって偶然に発見され、フクソナレンはX線結晶解析に基づいてのみ構造的に特徴付けることができました。

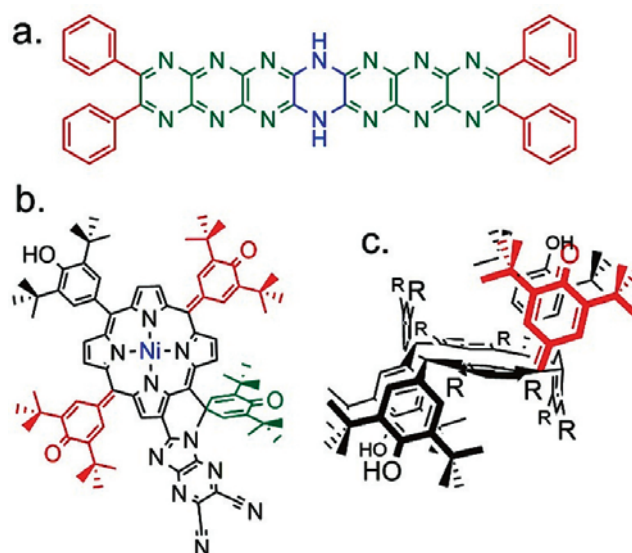


図1. 機能性発色団の複雑な分子構造:  
a) ピラジナセン (N14ヘプタセン)。  
b) NiOxポルフィリン。  
c) フクソナレン。

## 3. 新しい機能性発色団の性質

これらの新しい機能性発色団ファミリーはそれぞれ、その電子構造に関連する顕著な特性を示します。最大7個のピラジン環が直鎖状に縮環したピラジナセンが調製されており、ピラジン単位が付加されるごとに、電子吸収極大の浅色シフト (短波長シフト) とそれに対応する蛍光のシフトが生じます。最終的に7つの縮合環 (テトラデカアザ-ヘプタセン) では、蛍光が生物学的に透明性の高い近赤外波長域に現れ、これらの化合物はバイオイメージング用途に非常に有望な材料となります。

NiOxポルフィリンは偶然に合成されただけでなく、結晶の内部に大きな空隙を自発的に形成することが発見され (図2a)、センシング用途の材料として適しています。実際、ある誘導体は高湿度条件下でもアセトンと選択的に相互作用するため、特にNIMSで開発されたMSS (Membrane-type Surface stress Sensor/膜型表面応力センサー) マイクロメカニカルセンシング



システムも含め、市販の蒸気センサーのセンシング素子として直接応用することが可能になります。他の誘導体は異なる多孔性と分析対象物の選択性を示すため、NiOx ポルフィリンは現在、重要な蒸気センサー材料となっています (図2b)。

フクソナレンは、拡張パイ電子システムを備えた、ユニークな種類のレゾルシナレン発色団で、特殊な特性を示します。材料用途については、フクソナレンを溶液またはナノ粒子の形態にし、光照射すると活性一重項酸素を生成することがわかり、光線力学療法 (PDT) への応用が期待されます。実際、これらの化合物は、その発色団特性が PDT の効果的な実施のために最適化されていないにもかかわらず、HeLa細胞の細胞死を促進することが判明しました。

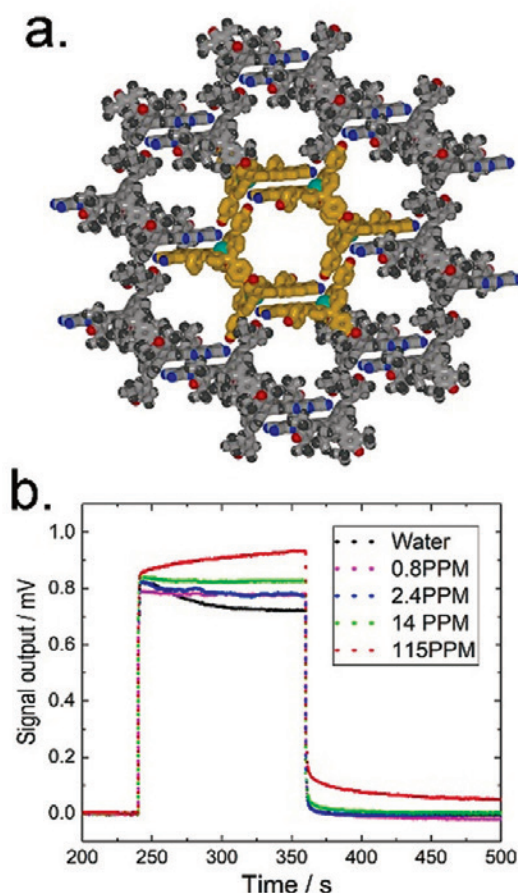


図2. 多孔質 NiOx ポルフィリンのセンシング活性。  
a) X線結晶構造。円筒状の空隙の存在がわかる。  
b) 高湿度条件下でのアセトンセンシング。100 万分の 1 (ppm) 未満の感度を実証されています。

#### 4. 最後に

新規な有機発色団システムの合成では、設計を1つの種類の分子に制限しないことが重要です。最終的な

用途が分子構造設計の指標であり、全体的な設計パラメータは、特定の活性を発揮する部位と、それらが特定の分子構造の範囲内でどのように相互作用するかを考慮に入れなければなりません。このテーマに関する数年間の研究を通じて、私はどの機能性発色団が重要なターゲットになりうるか直感的に理解できるようになり、研究室でその合成方法を模索することに毎日努めています。

#### 5. 日本での研究生活

私は20年以上日本に住み、研究者として働いてきました (大阪に1年、東京に2年、つくばに19年)。日本の科学機関には潤沢な資金が提供されており、非常に多様な研究分野が揃っています。私の場合、研究対象には有機材料が含まれますが、幸いなことに、これは日本における重要なテーマの1つであり、最も尊敬され、生産性の高い科学者が世界のこの分野に貢献しています。日本における科学への国民の関与も世界最高レベルにあり、日本での研究キャリアはやりがいのあるものとなっており、一般向けの科学的デモンストレーションは高く評価されています。たとえば、私は最近、分子どうしが原子スケールのトラックで距離を競う、いわゆる「ナノカーレース2」に参加しました。このイベントは24時間にも関わらず日本中から多くの観客を集めました。

私の日常生活の観点から見ると、日本は最も便利で技術的に進んだ場所であるだけでなく (例えば、公共交通機関は世界のどこにも負けない)、探索すべき独特の文化史や地理も持っています (京都や奈良、長野や北海道の山々など)。研究室でも他の場所でも、日本にはやるべきことが常にあります。

#### 参考文献

- (1) G. J. Richards, et al. *J. Am. Chem. Soc.* 141 (2019) 19570–19574.
- (2) M. K. Chahal, et al. *Mater. Chem. Front.* 7 (2023) 325–332.
- (3) C. Bloyet, et al. *J. Am. Chem. Soc.* 144 (2022) 10830–10843.

#### 略歴

- 1995年 ブルネル大学 (英国) 博士 (化学)
- 1997年 大阪工業技術研究所
- 1999年 イースト・アングリア大学 (英国)
- 2001年 カールスルーエ大学 (ドイツ)
- 2002年 JST-ERATO 相田ナノスペースプロジェクト (東大)
- 2004年 物質・材料研究機構若手国際研究センター、つくば市
- 2006年 物質・材料研究機構、つくば市

## 賛助会員最前線

### 1 ツジ電子株式会社

## エレクトロニクス技術と無期限メンテナンスで研究を下支え

弊社は、土浦市にあります。創業から46年経過しており、当初から特注品の電気・電子機器の設計製造を生業としています。つくばの研究機関、その他内外の加速器施設、放射光施設や、日立製作所などの民間企業の設備開発の部門からのご依頼が多いです。

特注品はお客様と打合わせをして仕様を詰めていきますが、決められた納期と予算で特注品を作るのは結構難しく、年度末に案件が集中したり実験スケジュールに間に合わせるご要求もあります。また予算に合わせてコストを抑えた設計が求められます。

電子機器の価格に比べると制御対象の実験装置は相当高価であることが多々あります。あるお客様がドイツ製の電子顕微鏡を使って実験していましたが、制御用高压電源部が何度か壊れたそうで、国内では修理が出来ず、都度ドイツのメーカーに修理依頼していました。その間半年くらい実験が止まります。その電源部の機能を模擬して作ってくれないかとの依頼をいただきました。壊れても弊社で直すことが出来ますが、今のところ順調に稼働しているとのことです。

特注品を作っているので当然の事ですが、創業時からの図面はすべて保存されています。また弊社製品にはメンテナンス終了の期限を設けておりません。部品の都合などで修理不可能なケースや大がかりな改造が必要になってしまうこともあります。ご希望であれば直せる限り直す、改造できる限り改造するというサービスを展開しております。

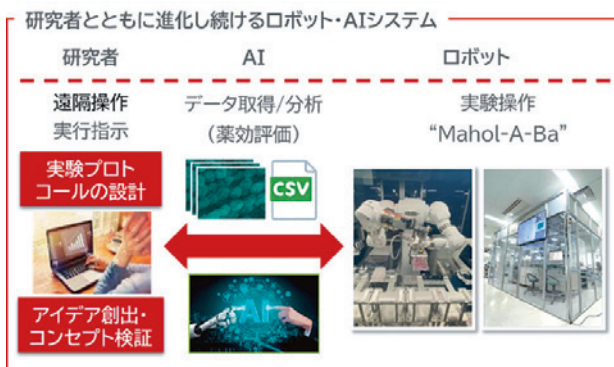


### 2 アステラス製薬株式会社

## iPS細胞創薬自動化の取り組み —Human×Robot×AIの融合—

弊社は医薬品メーカーとして、「変化する医療の最先端に立ち、科学の進歩を患者さんの『価値』に変える」をVISIONに掲げ、革新的なヘルスケアソリューションの創出を追求しています。その中で、オートメーションやAI画像解析技術を駆使し、新薬開発の成功率を向上させる取り組みを進めています。

細胞医療でも注目されている人工多能性幹細胞（iPS細胞）は、医薬品候補のin vitro薬理評価システムとしてのツールとしても有望です。しかし、iPS細胞の培養から薬理評価するまでのプロセスには、研究者の高い技術力や、長期培養、生細胞のリアルタイム且つ連続的な観察、多くの細胞事象の検出などの複雑なプロセスが求められます。そこで弊社は、創薬自動化プラットフォーム「Mahol-A-Ba」を開発しました。これは、双腕ロボット「Maholo」と、全自動細胞実験システム「Screening Station」で構成されています。「Maholo」は高度な実験技術を数値化してロボットの動作に反映させることで、複数プロセスのマルチサンプル処理を自動化します。「Screening Station」は複数の汎用機器を統合したシステムで、AI細胞画像解析技術により従来定性的なスコアでしか評価できなかった微細な変化を追跡し、定量化を可能にします。Mahol-A-Baは再現性の向上や高質な薬理評価、研究者のワークライフバランスの向上に貢献しています。また、遠隔地からリモートで実験や解析を行うことができるため、在宅や世界中の施設から研究を進めることも可能です。弊社はこのプラットフォームを活用して、研究者とロボット、AIが融合して創薬開発を進め、患者さんに良い薬を早く届けることを目指しています。





### 3 日本ハム株式会社

## 良質なたんぱく質の安定的な供給を目指して

ニッポンハムグループは、2030年に向けたビジョンとして「たんぱく質を、もっと自由に」を掲げ、持続可能な社会の実現に向けてサステナブル経営を実践しています。近年、グローバルな人口増加などによって将来的にたんぱく質の供給が不足すると予想されていますが、長期にわたって安定的にたんぱく質をお届けしていくために、様々な活動を行っています。

日本ハム株式会社中央研究所は、グループの中核研究機関として、たんぱく質の安定調達と供給に貢献するため、「畜産の生産性の向上」と「新たなたんぱく質の選択肢の創出」の両面から研究を推進しています。

PIG LABO®は、AIやIoTの活用により養豚農場における人手不足解消や効率化を支援するシステムです。将来的には養豚のあらゆるステージをトータルでサポートするシステムの構築を目指していますが、現在は母豚の発情を判定する機能について、テスト販売を行っています。本機能は検証試験において、発情確認作業量を大幅に削減できることが確認され、受胎成績においても熟練飼育作業員の成績を上回る結果を残しています。

また、畜産では供給しきれないほどの需要の増加に対応するため、麩や細胞性食品（培養肉）など、代替たんぱく質の研究を推進しています。様々な課題がありますが、安定的でサステナブルな生産方法確立し、社会実装することを目指しています。



### 4 戸田建設株式会社

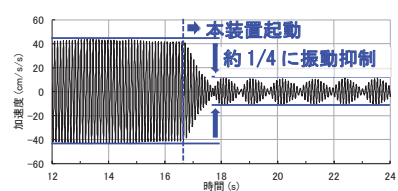
## 快適な居住空間の提供

当社は1881年の創業以来、その地域で暮らす人々の生活を支える建物やインフラを提供し、安全で快適な社会基盤づくりに貢献しています。筑波技術研究所では社会変化を見越して、お客さまへの価値ある技術の提供を目指しており、地震や台風による災害を防ぐ安心・安全に関する技術や、脱炭素社会の実現に向けた省エネルギー・CO<sub>2</sub>削減に関する技術、施工の安全性・施工効率・作業環境の改善のための機械化・自動化技術などの様々な研究開発を行っています。

これらの研究開発の中で、オフィスなどの居住空間において、人の歩行や車両の通行によって発生する不快な振動を解消するための超薄型の床用制振装置を新たに開発しました。オフィスなどにおいて、人の歩行や屋外の車両通行などによる不快な振動が日常的に発生する場合がありますが、こうした不快な振動を抑制する技術として、アクチュエータで錘（おもり）を電氣的（アクティブ）に制御し、不快な振動を打ち消すAMD（アクティブ・マス・ダンパー）と呼ばれる制振装置が用いられます。しかし、従来のAMDは高さが70cm程度と大きく、その効果が最も発揮される床の中央に設置しようとするとう空間の使用性を損ねてしまうという課題がありました。そのため、当社独自の工夫を加えることで、従来よりも大幅な薄型化（高さ約6.5cm）を実現したものです。起振器によって床を加振する性能確認実験では、本装置を用いることで床の振動を約1/4に抑制することができました。大幅な薄型化を実現した本装置は、新築・既存建物問わず、様々な用途の建物に適用可能です。当社は本装置の適用を進め、お客さまに快適な居住空間を提供します。



(a) 薄型 AMD の外観



(b) 性能確認実験結果

## その他

## つくばサイエンス・アカデミー役員一覧 (2023年7月現在)

## ◆会長

江崎玲於奈 一般財団法人茨城県科学技術振興財団理事長 / つくば国際会議場館長

## ◆副会長

岡田 雅年 国立研究開発法人物質・材料研究機構名誉顧問

丸山 清明 元国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構理事

## ◆運営会議委員

足立 伸一 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構理事

五十嵐立青 つくば市長

石田 瑞穂 国立研究開発法人防災科学技術研究所客員研究員 / 静岡大学客員教授

石村 和彦 国立研究開発法人産業技術総合研究所理事長

餌取 章男 京都先端科学大学特任教授 / 科学ジャーナリスト

大井川和彦 茨城県知事

太田 敏子 筑波大学名誉教授 / 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 JAXA 客員委嘱

太田 寛行 茨城大学長

小原 春彦 国立研究開発法人産業技術総合研究所上級執行役員兼つくばセンター所長

貝沼 圭二 公益社団法人大日本農会名誉会員

門脇 光一 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構理事

金山 敏彦 国立研究開発法人産業技術総合研究所特別顧問

岸 輝雄 東京大学名誉教授 / 国立研究開発法人物質・材料研究機構名誉理事長

木本 昌秀 国立研究開発法人国立環境研究所理事長

久間 和生 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構理事長

久野美和子 電気通信大学客員教授 / 内閣府地域活性化伝道師

小玉喜三郎 元国立研究開発法人産業技術総合研究所特別顧問

佐藤 一彦 国立研究開発法人産業技術総合研究所材料・化学領域領域長補佐

城石 俊彦 国立研究開発法人理化学研究所バイオリソース研究センター長

関 正夫 関彰商事株式会社代表取締役会長

寶 馨 国立研究開発法人防災科学技術研究所理事長

寺門 一義 株式会社常陽銀行特別顧問

寺田 弘慈 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構理事・筑波宇宙センター所長

内藤 学 茨城県商工会議所連合会会長

永田 恭介 筑波大学長

中津 欣也 株式会社日立製作所研究開発グループ主管研究長

中原 徹 公益財団法人つくば科学万博記念財団理事長

中村 道治 国立研究開発法人科学技術振興機構名誉理事長

沼尻 博 沼尻産業株式会社会長

林 純一 筑波大学名誉教授

板東 義雄 国立研究開発法人物質・材料研究機構名誉フェロー / ウーロンゴン大学名誉教授

藤田 光一 国立研究開発法人土木研究所理事長

宝野 和博 国立研究開発法人物質・材料研究機構理事長

松浦 浩生 一般財団法人茨城県科学技術振興財団専務理事

計 37 名 (五十音順)



## つくばサイエンス・アカデミー賛助会員一覧（五十音順）

**あ** アステラス製薬株式会社つくば研究センター  
 荒川化学工業株式会社筑波研究所  
 冢田化学薬品株式会社筑波支店  
 育良精機株式会社  
 株式会社池田理化  
 一般社団法人茨城県経営者協会  
 茨城県信用組合  
 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構筑波宇宙センター  
 株式会社S・Labo  
 一般財団法人エンジニアリング協会  
 オリエンタル技研工業株式会社

**か** 国立研究開発法人科学技術振興機構  
 カゴメ株式会社イノベーション本部  
 株式会社カスミ  
 キッコーマン株式会社研究開発本部  
 株式会社クラレつくば研究センター  
 株式会社クレフ  
 公益財団法人国際科学振興財団

**さ** 株式会社JTB 茨城南支店  
 株式会社常陽銀行  
 株式会社常陽産業研究所  
 関彰商事株式会社  
 ソフトイサー株式会社

**た** 大鵬薬品工業株式会社研究本部（つくばエリア）  
 太陽日酸株式会社つくば事業所  
 高橋興業株式会社  
 田中貴金属工業株式会社筑波事業所  
 株式会社つくばエッサ  
 公益財団法人つくば科学万博記念財団  
 一般社団法人つくば観光コンベンション協会  
 株式会社筑波銀行  
 株式会社つくば研究支援センター  
 つくば国際会議場  
 つくば市  
 つくば市商工会  
 ツジ電子株式会社  
 テスコ株式会社  
 東京化成工業株式会社  
 東京警備保障株式会社  
 戸田建設株式会社技術研究所

**な** 日京テクノス株式会社  
 日清製粉株式会社つくば穀物科学研究所  
 日本エクシード株式会社  
 日本製鉄株式会社  
 日本電子株式会社  
 日本ハム株式会社中央研究所

**は** 浜松ホトニクス株式会社中央研究所筑波研究センター  
 株式会社日立製作所研究開発グループ  
 国立研究開発法人物質・材料研究機構  
 ペンギンシステム株式会社  
 国立研究開発法人防災科学技術研究所  
 ホテル日航つくば/ホテルJALシティつくば

**ま** 水戸商工会議所

**や** 公益財団法人山田科学振興財団

**ら** 理想科学工業株式会社理想開発センター  
 株式会社レゾナック

（56企業・団体）  
 2024年1月1日現在

## 編集委員

■ 飼取 章男/つくばサイエンス・アカデミー総務委員(編集委員長)  
 ■ 荒平正緒美/国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構  
 ■ 五藤 大輔/国立研究開発法人国立環境研究所  
 ■ 白幡 直人/国立研究開発法人物質・材料研究機構  
 ■ 平澤 誠一/国立研究開発法人産業技術総合研究所  
 ■ 藤村 高穂/アステラス製薬株式会社

## SAT編集事務局

■ 板東 義雄/つくばサイエンス・アカデミー総務委員長  
 ■ 大越 勝男/つくばサイエンス・アカデミー事務局長  
 ■ 渡辺 正信/つくばサイエンス・アカデミーコーディネータ

## 編集後記

今年度の5月にCOVID-19（コロナ）が第5類となりましたが、その後順調に沈静化してきており、SATの行事も通常に戻りつつあります。SATフォーラムは、青色LEDの発明で2014年にノーベル賞を受賞された天野浩名古屋大学教授を迎え、久しぶりに開催できました。

また対談も再開でき、特に今回は筑波大学長と物質材料研究機構理事長にご快諾いただいて興味深いお話を伺うことができました。まだ復活途上の行事の再興と、新たな行事の企画を進めていきたいと思います。

（渡辺記）

# Contents No. 42 February 2024

- 2 ○対談  
どうする「日本」 どうする「つくば」  
筑波大学長 永田 恭介  
物質・材料研究機構理事長 宝野 和博  
〈司会〉編集委員長 餌取 章男
- 8 ○SATフォーラム2023 「新半導体の魅力」  
2014年ノーベル物理学賞を受賞した天野浩名古屋大学教授を迎えて
- 14 ○つくば賞その後-18 「糖鎖研究の基盤ツールの開発から実用化に至るまでの一連の戦略的研究」  
産業技術総合研究所名誉リサーチャー 成松 久
- 16 ○つくば研究情報 ー若手研究者、外国人研究者の活躍ー  
「高阻害物耐性を目指したバイオガス活用型リアクターの開発」  
国立環境研究所 地域環境保全領域 主任研究員 小野寺 崇  
「新規機能性発色団の新たな応用」  
物質・材料研究機構 (NIMS) 光機能分子材料グループリーダー ジョナサン・ヒル
- 20 ○賛助会員最前線  
ツジ電子株式会社 「エレクトロニクス技術と無期限メンテナンスで研究を下支え」  
アステラス製薬株式会社 「iPS細胞創薬自動化の取り組み ーHuman×Robot×AIの融合ー」  
日本ハム株式会社 「良質なたんぱく質の安定的な供給を目指して」  
戸田建設株式会社 「快適な居住空間の提供」
- 22 ○その他  
つくばサイエンス・アカデミー役員一覧  
賛助会員一覧

表紙写真説明：

上左：SATフォーラム会場の様子

上右：SATフォーラム講師 天野教授

下：対談者 左：永田恭介 筑波大学長

右：宝野和博 NIMS理事長

中：餌取章男 SAT編集委員長 (司会)

# SAT Science Academy of Tsukuba

つくばサイエンス・アカデミー®  
発行：(一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー

事務局

<https://www.science-academy.jp/>

■ (一財)茨城県科学技術振興財団つくばサイエンス・アカデミー

〒305-0032 つくば市竹園2-20-3 つくば国際会議場内

TEL:029-861-1206 FAX:029-861-1209 Email:academy@epochal.or.jp

発行日：2024年2月

発行人：江崎玲於奈

編集人：餌取章男