

# Science Academy of Tsukuba

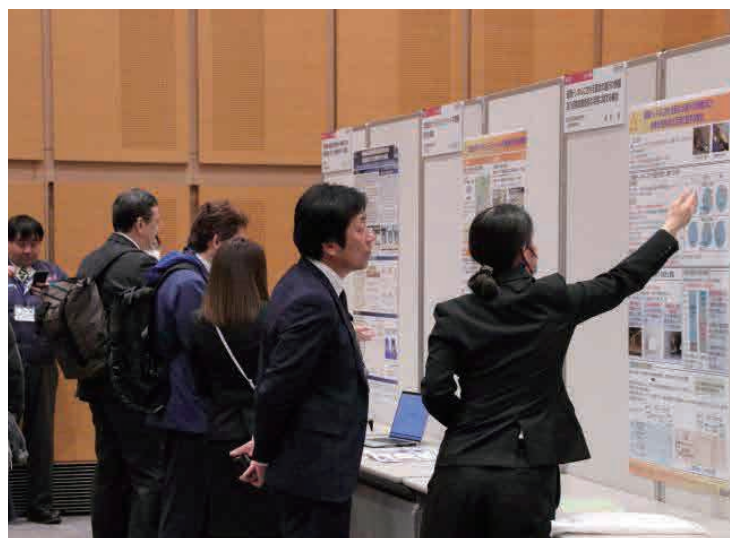
# SAT

No. **43**

August 2024

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

つくばの明日はSATがつくる



▷ 特別寄稿「白寿を迎え、わが人生を振り返る」

▷ 2023年度第20回江崎玲於奈賞・第34回つくば賞・第33回つくば奨励賞

▷ SATテクノロジー・ショーケース2024

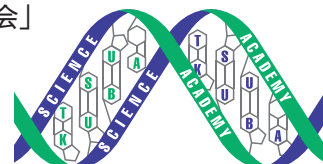
特別シンポジウムテーマ「カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーが導く未来社会」

▷ つくば賞その後-19 「『格子量子色力学に基づく核力の研究』その後」

▷ つくば研究情報 ―若手研究者の活躍―

「動物における“オスとメスが営む社会”から“メスだけで営む社会”への進化的移行」

▷ 賛助会員最前線



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

# 白寿を迎え、わが人生を振り返る

*Leo Esaki*  
Nobel Laureate in Physics 1973



私は、次第に稀になって来た大正生まれの人間です。大正デモクラシーが謳われ、その頃、経済活動が極めて活発であった大阪で生まれましたが、両親は私を「獅子のごとく勇敢なれ」と「玲於奈（レオナ）」と名付けました。レオはラテン語でライオンを意味し日本には無い名前ですが、国際化を見据えて、この名をわが子に与えた両親の見識は極めて進歩的であり大胆であったと言えるでしょう。私はこの名に恥じないよう何とか努めて来た次第です。

## 私が歩んだ道 壮年期までは研究者、熟年期は教育者

### 1. 幼児・少年・思春期（1925 - 1947）：大阪 → 京都 → 東京（22 年間）

- 大阪生まれ、京都にて小学校、中学（同志社）、高校（旧制三高）を終え
- 東京帝国大学理学部物理学科 1944 年 9 月入学、1947 年 9 月卒業
- 1945 年 8 月 15 日終戦を迎える



ピエロ姿で踊る  
6 歳、1931 年



1932 年（昭和 7 年）4 月、京都市左京区下鴨松ノ木町の自宅に京都大学の先生、学生たちが集まり、当時購入したばかりの蓄音器からのメロディーを楽しんだパーティーでした。前列中央 が 7 歳の私、その左が 33 歳の母、一人おいて右が 12 歳の兄、左端が 49 歳の父。



## 2. 青年期 (1947 - 1959) : 神戸 → 東京 (12 年間、研究)

- 神戸工業 (神戸) 1947 - 1956 真空管から半導体へと進展
- ソニー (東京) 1956 - 1959 エサキダイオード誕生 (1957)

## 3. 壮年期 (1960 - 1992) : ニューヨーク (在米 32 年間、研究)

- IBM Watson 研究所 (ニューヨーク) 1960 - 1992
- 日本学士院賞 (1965) 半導体超格子の提唱 (1969) とその先駆的研究
- ノーベル物理学賞 (1973) 文化勲章 (1974) 日本学士院会員 (1975)

## 4. 熟年期 (1992 - ) : つくば、首都圏 (現在までの 30 年間余り、教育)

- 筑波大学学長 1992 - 1998、教育改革国民会議座長 (2000)
- 芝浦工業大学学長 2000 - 2005 横浜薬科大学学長 2006 - 2022
- 現在、茨城県科学技術振興財団理事長  
つくばサイエンス・アカデミー会長 (アカデミー設立に貢献)
- 日本国際賞 (1998) 勲一等旭日大綬章 (1998)

1945 年 3 月 9 日、米空軍による夜間大空襲がありました。当時、東京帝国大学一年生であった私は、赤門近くの下宿から焼け出されました。この焼夷弾攻撃により、東京下町は全滅、罹災者百万、死者十万という未曾有の被害を受けました。私は幸い命に別状なく、大事な所持品は大学構内まで持ち出せましたが、もちろん、一睡も出来ませんでした。翌 10 日、朝食には炊き出しの握り飯一つを頬張っただけです。しかし朝 8 時、いつもと少しも変わらず 25 番教室で田中務教授は「物理実験第一」の講義を行いました。私は必死になってノートを取り、前夜の惨事から離れ、物理学の世界に没頭しました。

# PHYSICAL REVIEW

*A journal of experimental and theoretical physics established by E. L. Nichols in 1893*

SECOND SERIES, VOL. 109, No. 2

JANUARY 15, 1958

## New Phenomenon in Narrow Germanium $p$ - $n$ Junctions

LEO ESAKI

*Tokyo Tsushin Kogyo, Limited, Shinagawa, Tokyo, Japan*

(Received October 11, 1957)

IN the course of studying the internal field emission in very narrow germanium  $p$ - $n$  junctions, we have found an anomalous current-voltage characteristic in the forward direction, as illustrated in Fig. 1. In this  $p$ - $n$  junction, which was fabricated by alloying techniques, the acceptor concentration in the  $p$ -type side and the donor concentration in the  $n$ -type side are, respectively,  $1.6 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  and approximately  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ . The maximum of the curve was observed at  $0.035 \pm 0.005$  volt in every specimen. It was ascertained that the specimens were reproducibly produced and showed a general behavior relatively independent of temperature. In the range over 0.3 volt in the forward direction, the current-voltage curve could be fitted almost quantitatively by the well-known relation:  $I = I_s [\exp(qV/kT) - 1]$ . This junction diode is more conductive in the reverse direction than in the forward direction. In this respect it agrees with the rectification direction predicted by Wilson, Frenkel, and Joffe, and Nordheim 25 years ago.<sup>1</sup>

The energy diagram of Fig. 2 is proposed for the case

## LETTERS TO THE EDITOR

603

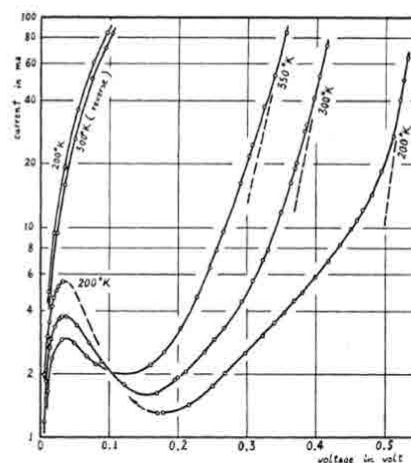


FIG. 1. Semilog plots of the measured current-voltage characteristic at 200°K, 300°K, and 350°K.

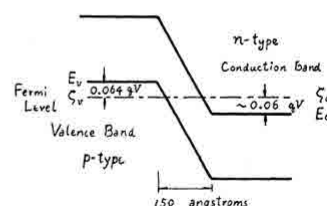


FIG. 2. Energy diagram of the  $p$ - $n$  junction at 300°K and no bias voltage.

エサキダイオード発見を最初に報じた米誌の記事

何があっても学ぶことに最大の価値を置けと私は教わったのです。まさに、東京帝国大学アカデミズムの存在を実感した時でありました。考えてみれば、私がノーベル賞受賞に価する研究成果を挙げられたのも、この教えに従ったからかもしれません。

1947年、私が東大を卒業した年、奇しくも米国のベル研究所で半導体トランジスタの発明が報告されました。この発明の重要性を認識した私は、直ちに半導体物理学の研究に取り掛かりました。この未踏の分野の探究で幸いにもいくつかの有意義な研究成果が生まれました。神戸工業における仕事です。そこで私を自由に研究させてくれた上司の有住徹弥博士に謝意を表さねばなりません。1956年5月、神戸工業が斜陽になったので研究を続けるため、私は東京通信工業（ソニーの前身）に移籍しました。そこにおいて、半導体 p-n 結合における量子論的トンネル効果を検証した末に誕生したのがエサキダイオードなのです。

誕生の経緯をたどってみましょう。まず、私は電子障壁の巾を 20 ナノメートル以下にまで極端に薄くしました。薄さの限界に挑戦したのです。そして、1957年7月、ついに世界で初めて量子論的トンネル電流の観測に成功したのです。しかも、そこに思いもかけず大きなサプライズ、負性抵抗を見出したのです。このダイオードの活用拡大に繋がる予想外な発見は私に大きな感動を与えました。このようなサプライズにこそ未知探究の素晴らしさがあるのだと歓喜したことは言うまでもありません。

エサキダイオードが世界の舞台で脚光を浴びたのは、1958年6月初めにブリュッセルで行われた固体物理学国際会議に於いてです。その時、トランジスタの発明者で、1956年ノーベル物理学賞受賞者ウィリアム・ショックレー博士は基調講演の中で、「本会議において、ゼナー（トンネル）効果に対し、これまでなされた中で最も美しい研究成果が、東京のレオ・エサキによって報告される。」と、私の仕事を絶賛してくれました。

このお陰で、私の講演会場は超満員となり、33歳の私は一挙に世界の主要な半導体研究者たちの注目の的になったのです。この業績により、ノーベル



ショックレー博士（48歳）夫妻と江崎（33歳）  
1958年6月 ベルギー、ブリュッセル 固体物理学  
国際会議会場にて



握手を交わし、弱冠 27 歳のカール 16 世グスタフ国王陛下より 48 歳のレオ・エサキが 1973 年ノーベル物理学賞を受賞する (1973 年 12 月 10 日午後 5 時頃)



物理学賞の栄に浴したのは1973年、1957年のエサキダイオード発見から16年後の事です。

1967年、私はIBMフェローに任命されましたので、これを機会に、長年温存していた自然の物質を超える性格を備えた人工超格子の研究という新しいプロジェクトに取り掛かりました。この私たちの先駆的研究は、世界中で関連する実験並びに理論研究を呼び起こすことになりました。そこでは負性抵抗、高い電子移動度、大きなスタルクシフト (Stark shifts)、テラヘルツ領域のブロッホ発振など、興味ある新しい現象を観測することができました。そして新しいデバイス、HEMT、共鳴トンネルダイオード、量子カスケードレーザなども生まれることになりました。

言うまでもなく、科学は自然界のルールを解明する体系的な知識であり、それを社会や企業の利益、医療の向上のために活用するノウハウが技術です。この科学と技術こそ近代文明を発展させた原動力であり、われわれの高度な生活の基盤をなしています。

サイエンスの研究において、新しく得られた知識は如何に革新的なものであっても、論理的整合性をもって既存のものの上に加わりますので、サイエンスには「進歩」が内蔵されていることになります。これこそが発展を続ける科学文明の強い基盤です。芸術、音楽、文学などの文化においては「変貌」を遂げますが、必ずしも「進歩」はしません。我が国の研究者たちがこのサイエンスの「進歩」に、そしてそれを活用する「革新的技術」の樹立に大きく貢献することを望むところです。



1998年4月 勲一等旭日大綬章受章、  
妻の真佐子と



1992年(平成4年)5月1日、ニューヨークIBM T.J.ワトソン研究所で、私のために開催された送別会  
前列右から研究所長のジム・マッグローディー、家内、筆者(1973)、研究担当重役のジョン・アームストロング、私の研究を補佐したルロイ・チャン。ノーベル賞受賞者は後列右から次の7名、ニコラス・ブルームバーゲン(1981)、ウィリス・ラム(1955)、一人おいてチェンニン・ヤン(1957)、イーヴァー・ギエイヴァー(1973)、三人おいてジョージ・ベドノーズ(1987)、一人おいてハイニー・ローラー(1986)、クラウス・フォン・クリッツング(1985)。年号はノーベル物理学賞受賞の年。

2023年度

## 第20回江崎玲於奈賞・第34回つくば賞・第33回つくば奨励賞

茨城県科学技術振興財団では、国内の研究機関において、ナノサイエンスおよびナノテクノロジー、または量子効果が顕わに関わる物性分野の研究に携わり、世界的に評価を受ける顕著な研究業績を挙げた研究者に江崎玲於奈賞を授与しています。

また、茨城県内において科学・技術に関する研究に携わり、世界的に評価を受ける顕著な研究成果を収めた研究者、研究結果が実用化されるなどの成果を収めた研究者及び今後飛躍的な研究成果が期待できる若手研究者に、それぞれつくば賞、つくば奨励賞（実用化研究部門、若手研究者部門）を授与し、科学・技術の振興及び産業の活性化に寄与するとともに、「科学技術創造立県いばらき」を広く全国にPRしています。

江崎玲於奈賞には本賞（賞状）、副賞（協賛：関彰商事株式会社）と記念品、つくば賞には賞状、賞牌、副賞（協賛：茨城県）、つくば奨励賞の2部門（実用化研究部門と若手研究者部門）にはそれぞれ賞状、賞牌、副賞（協賛：つくば市）が授与されます。受賞者一覧を財団のWebページに掲載しています（本頁末尾にリンクを記載）。

2024年3月8日（金）、つくば国際会議場にて2023年度の江崎玲於奈賞・つくば賞・つくば奨励賞の授賞式が開催されました。受賞者の方々と財団理事・SAT副会長の丸山清明の他、協賛頂いている関彰商事（株）代表取締役社長 関正樹様、共催頂いている茨城県産業戦略部次長 久保三千雄様、つくば市長 五十嵐立青様にご出席頂き行われました。

上記各賞は、下記の方々に授与されました。

### ○第20回江崎玲於奈賞

国立研究開発法人 理化学研究所 創発物性科学研究センター センター長 …… 十倉好紀 氏  
国立研究開発法人 理化学研究所 創発物性科学研究センター  
電子マイクロコピー研究チーム チームリーダー …… 于 秀珍 氏  
「スピン渦結晶の直接観察とその物性の研究」

### ○第34回つくば賞

国立大学法人 筑波大学 生命環境系 教授 …… 江面 浩 氏  
「ゲノム編集技術を含む新たな育種技術の基盤構築と社会実装への展開」

### ○第33回つくば奨励賞(実用化研究部門)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター バイオ材料分野  
電気化学ナノバイオグループ 主任研究員 …… 今村 岳 氏  
嗅覚センサグループ 主任研究員 …… 南 皓輔 氏  
嗅覚センサグループ グループリーダー …… 吉川元起 氏  
「膜型表面応力センサ（MSS）を用いた嗅覚センサの総合的研究・開発と社会実装」

### ○第32回つくば奨励賞(若手研究者部門)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター  
スピンエネルギーグループ 上席グループリーダー …… 内田健一 氏  
「スピнкаロリトロニクスに関する基盤研究」

（関連リンク：茨城県科学技術振興財団 Web ページ）

江崎玲於奈賞・つくば賞受賞者紹介 <https://www.i-step.org/prize/award/>



## 第20回江崎玲於奈賞

### スピン渦結晶の直接観察とその物性の研究

理化学研究所 理事長特別補佐

東京大学卓越教授、特別荣誉教授

十倉好紀

理化学研究所 創発物性科学研究センター

チームリーダー 于 秀珍

電子スピンを利用するスピントロニクス技術は、高速・低消費電力のデータ処理が可能となるため、情報技術分野において注目されている。スピンの渦構造—スキルミオン—は、トポロジ数を持つ量子化された粒子として、極めて低い電流密度（磁壁に比べて数桁低い）で駆動可能など、次世代省エネルギーデバイス、大容量情報記憶媒体、あるいはニューロモフィックコンピューティング素子への応用が期待されている。

スキルミオンは、1960年代に核物理学において核子の粒子性を担保するモデルとして提唱され、1980年代に物性理論学において磁性体中の電子スピン配列が織りなす空間構造（テクスチャ）として、その存在が予言された。スキルミオンを構成するすべてのスピンを原点を中心に空間的にマップすると、ちょうど球の一表面を覆い、ベクトル場の渦を形成する（図1a）。スキルミオンは、その渦の「巻き付き数」と呼ばれる「トポロジカル不変量」を持つ構造と特徴づけられ、安定性を持つなど優れた特性を備えている。スキルミオン中の隣接するスピンが立体角を持つことから実空間のベリー位相及び創発磁場  $\mathbf{b}$  をもたらす。伝導電子がスキルミオンを通過すると、創発磁場のローレンツ力を受け偏向した結果、トポロジカルホール効果が現れる。その反作用を受け、スキルミオンは同時にホールモーションをする（図1b）。

2009年にドイツグループの中性子散乱研究によって、キラルの結晶構造を持つ磁性体 MnSi 中にスキルミオン格子の存在が初めて示唆された。2010年には、我々は、MnSi と同じ結晶構造を持つらせん磁性体



左より関正樹 関彰商事株式会社代表取締役社長、受賞者（十倉氏、于氏）、丸山清明 SAT 副会長

$\text{Fe}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{Si}$  中に、2011年には、FeGe 中に、スキルミオン格子（図1c-d）および単一スキルミオンの内部のトポロジカルなスピン配列をローレンツ電子顕微鏡観察により明らかにした。

磁性体中に観察されたスキルミオンの大きさは、通常、数〜数十ナノメートルである。スキルミオンがもたらす創発磁場  $\mathbf{b}$  はスキルミオンの面積  $A$  に反比例する（ $\mathbf{b} = -2\phi/A$ 、 $\phi$  は磁束量子）。例えば、 $10\text{ nm}^2$  のスキルミオンがなんと  $400\text{ T}$  の創発磁場をもたらす。実際、直径  $3\text{ nm}$  スキルミオンの格子状態がもたらした巨大なトポロジカルホール抵抗が観察されている（図1e）。

電流駆動スキルミオンのホール運動を検証するため、その場ローレンツ電子顕微鏡観察を行って、その結果は、図1fに示されている。電流値はある閾値  $j_c$ （臨界電流密度）より小さい時、スキルミオンは試料中の欠陥などによってピン止めされた状態で、試料中に静止している。電流を徐々にあげ、 $j_c$  を超えると、スキルミオンがピンから外れ、スピントランスポール効果により、ゆっくりとしたクリープ運動をする。さらに電流を大きくすると、電流の流れる方向と一定の角度（ホール角）を成しながら流動する（図1f, g）。系統的なローレンツ電顕観察より、 $j_c$  は電流パルス幅に強く依存することが明らかになった。パルス幅  $\Delta t$  の増加に伴って、 $j_c$  が減少することが分かった。

スキルミオンならびにその創発電磁物性の検証は、ナノ科学と将来のナノテクノロジーに重要な役割を果たすと思われる。

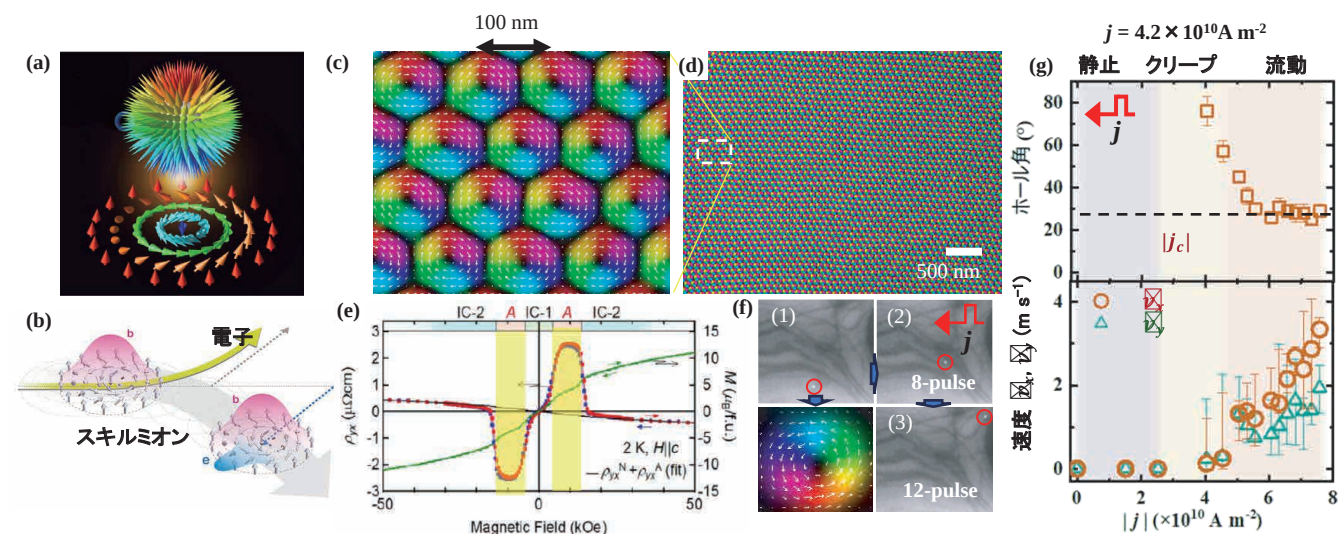


図1：a. スキルミオンの模式図。b. スキルミオンが生じるトポロジカルホール効果の模式図（Nat.Nano.8, 899, 2013）。c-d. 磁場中ローレンツ電子顕微鏡観察で得たスキルミオン結晶（d）とその拡大図（c）（Nat. Phys.14,832,2018）。e. トポロジカルホール抵抗の磁場依存性（Science 365, 914, 2019）。f-g. 電流駆動単一スキルミオン・ダイナミクスの観察結果（Nat. Commun.12, 6797, 2021）。

## 第34回つくば賞

### ゲノム編集技術を含む新たな育種技術の 基盤構築と社会実装への展開

筑波大学 生命環境系 教授 江面 浩

高品質・高機能な食料の持続的供給は、我々の生活の質（QOL）を支える重要な基盤となっている。食料の中でも果実は、様々な機能性成分を含んでいることから QOL の維持・向上にとって重要品目である。一方、果実発達は、高等植物が進化の過程で獲得した高度な適応戦略であるとともに農作物としても重要形質である。そのため、世界的にはトマトを果実発達研究のモデル植物として研究が展開されている。私は、トマトのナショナルバイオリソースプロジェクト（文科省）を立上げ、その代表としてトマトの研究基盤、特に世界最大規模の実験トマトの変異体集団（つくば発の世界一）の構築と利用を主導してきた。自らも構築した実験トマトの大規模変異体集団を活用し、果実の日持ち性、着果性、機能性などトマトの重要育種形質に関連する遺伝子の同定と形質発現の分子機構を明らかにしてきた。さらに、私は、それらの知見と最先端の品種改良技術として世界的に期待がかかるゲノム編集技術を融合することでヒトの血圧を下げる、ストレスを緩和する、睡眠の質を高める、肌の健康を守るなどに効果がある健康機能性成分であるガンマ-アミノ酪酸(GABA)を高蓄積するトマトを開発した。その成果は筑波大発ベンチャー企業が2021年から市販を開始している（写真）。世界的に広く活用されているゲノム編集技術である CRISPR/Cas9 を活用した一般流通食品としては世界一号の事例（つくば発の世界初）となった。また、大学発ベンチャー企業を設立してゲノム編集作物の社会実装の道を世界を先導して切り拓くなど、国内のみならず海外においても大きな反響を呼んでおり、今後の植物科学および農作物育種の発展に大きく貢献している。

GABA 高蓄積トマトは、米国 USDA やフィリピン政府への申請も完了しており、これらの国での社会実装に期待が寄せられている。国内での社会実装には、届出が完了した系統を基に F1 品種を開



左より久保三千雄 茨城県産業技術部次長、  
受賞者、丸山清明 SAT 副会長

発し、食を通じた健康の維持・増進のための研究成果の還元として、前述のベンチャー企業を通し、家庭菜園向けに苗の提供をすることから開始した。実際の苗提供は2021年5月から開始した。この取り組みには、実際に5000件を超える一般市民から申し込みがあるなど、予想以上の反響があった。その結果、2021年9月には当該ゲノム編集トマトの青果の販売、2022年5月には加工食品の販売を開始した。2022年11月には当該ゲノム編集トマトへの機能性表示が消費者庁に認められ、2023年3月から一般量販店で販売を開始するなど着実に社会実装を展開している。我が国におけるこのゲノム編集 GABA 高蓄積トマトの社会実装は、世界のゲノム編集作物（食品）の開発と実用化を牽引する好事例となり、欧州各国やアジア諸国などのゲノム編集作物の利用ルール作りの動きを加速するなどゲノム編集作物の社会実装に向けて多大な影響を与えている。本研究は、我が国の研究力の低下が叫ばれる中、我が国の研究開発が世界を先導する好事例となっている。今後、“つくば”の地がゲノム編集技術を核に、世界の持続的食料生産を牽引するような拠点になって行くことを期待する。



CRISPR/Cas9 技術を使って開発した世界初のゲノム編集トマト、2021年5月12日に普及を開始



## 第33回つくば奨励賞（実用化研究部門）

### 膜型表面応力センサ（MSS）を用いた 嗅覚センサの総合的研究・開発と社会実装

物質・材料研究機構

高分子・バイオ材料研究センター バイオ材料分野

電気化学ナノバイオグループ 主任研究員

嗅覚センサグループ 主任研究員

嗅覚センサグループ グループリーダー

今村 岳  
南 皓輔  
吉川元超

嗅覚は、人間の五感の中で最もセンサ化が難しい感覚であり、これまでに実用レベルの嗅覚センサは実現してこなかった。その原因の一つに、ニオイの持つ複雑性が挙げられる。ニオイの元となる分子（ニオイ分子）は約 40 万種類と言われており、一つのニオイは、多くの場合、複数種類のニオイ分子が様々な濃度で混ざり構成されている。さらに、通常ニオイ分子は非常に低い濃度で存在していることから、検知が困難であることが多い。したがって、人間の嗅覚を模倣した嗅覚センサを実現するためには、多種多様なニオイ分子やそれらの組み合わせに対応できる化学的多様性を有し、かつ低濃度のニオイ分子を検知可能な高感度なセンサ素子が必要となる。

そのようなセンサ素子として有力視されているのが膜型表面応力センサ（Membrane-type Surface stress Sensor, MSS）である。MSS は、図 1（上部）に示すような小型のセンサ素子であり、円形の膜が 4 つの梁で吊られた構造をしている。中央の膜には感応膜と呼ばれる材料が塗布されており、この感応膜がニオイ分子を吸収することで膨張し、膜全体が変形する。このとき発生する応力を、梁に埋め込まれたピエゾ抵抗素子の抵抗値変化として読み取ることによってセンサの応答を得る（G. Yoshikawa et al., Nano Lett. 2011 11, 1044-1048）。MSS は非常に小型でありながら高感度を実現し、さらに様々な材料を感応膜として利用可能であることから、多様なニオイ分子に対応できる化学的多様性を有している。

上記の特徴から、MSS は嗅覚センサを実現するためのセンサプラットフォームとして注目されているが、MSS を用いた嗅覚センサ（MSS 嗅覚センサ）を実現するには、センサ素子そのものだけでなく、測定法やデータ解析といった様々な要素技術を開発し統合する必要がある。そこで我々は、MSS をセンサプラットフォームとして、嗅覚センサ実現に必要な技術の開発を行った。MSS 嗅覚センサの基礎的な研究として、MSS の構造最適化および理論モデルの構築を行った。これにより、MSS および感応膜形状の最適化を行うとともに、感応膜材料の示す粘弾性的性質に基づくセンサ応答の理論式を導出し、センサの動的挙動に影響を与える要因の解明を進めた。さらに、MSS 嗅覚センサのニオイ検知の要と言える感応膜について、ナノ材料や生体材料を含む幅広い材料開発に取り組み、高感度かつ多様な選択性を持つ



左より五十嵐立青つくば市長、  
受賞者（南氏、今村氏、吉川氏）、丸山清明 SAT 副会長

たセンシングを実現してきた。加えて、データ解析法の開発にも取り組み、データサイエンスと組み合わせることで、簡易な測定でのニオイ推定を実証した。

このような基礎研究により MSS 嗅覚センサの性能を総合的に向上させることに加えて、「使える嗅覚センサ」としての社会実装を目指し、産業界のニーズに基づいた実試料を用いた応用研究に取り組んだ。2015 年からは産学官連携の体制を構築し、医療や農業、食品、環境など様々な分野での実証的研究・開発を進めている。このような取り組みを進める一方で、研究者自らもこの技術の社会実装を積極的に進めていきたいという思いから、2022 年に NIMS 発ベンチャー企業「株式会社 Qception」を設立した。（図 1 下部）

こうした基礎から応用、社会実装までの総合的な取り組みを通じて、我々は、嗅覚センサというまだ確立されていない技術の実現に向けて日々取り組んでいる。技術的な課題を克服し、嗅覚センサの性能を向上させていく一方で、現状の嗅覚センサが産業界のどのような課題を解決できるかを見極めアプローチしていくことで嗅覚センサの社会実装を実現し、これらの取り組みを通じた学術的・産業的な価値の創造を目指している。



図 1. MSS の原理、および MSS 嗅覚センサのこれまでの研究開発概要。

## 第33回つくば奨励賞（若手研究者部門）

### スピнкаロリトロニクスに関する基盤研究

物質・材料研究機構

磁性・スピントロニクス材料研究センター

上席グループリーダー 内田健一



左より五十嵐立青つくば市長、  
受賞者、丸山清明 SAT 副会長

この度は第33回つくば奨励賞（若手研究者部門）を賜り、大変光栄に存じます。茨城県科学技術振興財団関係者の皆様、選考委員の先生方、ご推薦・ご指導いただいた先生方、そして共同研究者の皆様・グループメンバーに心より御礼を申し上げます。以下では受賞題目である「スピнкаロリトロニクスに関する基盤研究」について概要を述べさせていただきます。

スピнкаロリトロニクスは、スピントロニクスと熱電・熱輸送物性が融合することによって、この十数年の間に急速に発展してきた研究分野です。金属や半導体中の熱電効果は、ゼーベック効果・ペルチェ効果・トムソン効果の3つによって体系化されていますが、磁性体および磁性体を含む複合構造においては、磁気の源“スピン”の自由度によって多彩なエネルギー輸送・変換現象が発現します。21世紀に入ってからスピントロニクス分野において電子スピンの流れ「スピン流」を取り扱う研究が活性化し、その一環として2008年に私たちはスピンゼーベック効果と呼ばれる熱流からスピン流が生成される物理現象を発見しました。この現象の発見を契機に、スピнкаロリトロニクスは瞬く間に世界中で研究される学際領域へと成長し、現在でも毎年のように新しい磁気熱電効果（磁性体特有の熱電効果）や熱スピン効果（熱流とスピン流の変換現象）が見出されています。

初期のスピнкаロリトロニクス研究は、エネルギーハーベスティング技術や熱センサー技術への将来展開を念頭に置いて、スピンゼーベック効果を中心として熱流からスピンを媒介として電流を生成する現象（熱流を入力とする現象）に焦点が当てられてきました。一方、磁性体や磁性体を含む複合構造においては熱流を出力とした磁気熱電効果や熱スピン効果も多く存在し、従来の熱電効果だけでは実現できなかった様々な熱制御機能が発現します。これらの現象の多くは、存在は予測されていても未だ観測すらされていない、その振る舞いや機能性がよくわ

かっていないという点に着目し、物質・材料研究機構に着任して以降、「磁性材料やスピントロニクス技術を用いて熱エネルギーを制御する」ことを旗印として研究を展開してきました。熱流を出力とする磁気熱電効果や熱スピン効果を高精度に評価できる独自の熱計測・解析技術確立し、2018年以降、磁性体中で電流を曲げるだけで加熱・冷却できる熱電変換現象「異方性磁気ペルチェ効果」（図）、非線形熱電効果の一つである「磁気トムソン効果」、新機構の横型熱電変換「ゼーベック駆動横型熱電効果」の世界初の観測に成功するなど、スピнкаロリトロニクス分野に新たな方向性を提示することができました。

これまでの研究によりスピнкаロリトロニクスの発展に資する多くの実験成果を生み出すことができたと自負しておりますが、この分野をいつまでも基礎物理研究に留まらせていては更なる発展は望めないという問題意識を持っています。物質・材料科学やデバイス技術を発展させ、スピнкаロリトロニクスを真に応用を検討できる水準にまで引き上げることで、この分野の未来を提示するのが私たちの責務であるという決意で、現在 JST ERATO 内田磁性熱動体プロジェクトを推進しています（2022年10月～2028年3月）。ERATO グループリーダー6名のうち3名がつくば奨励賞の受賞者であり、改めて茨城県科学技術振興財団のご支援に感謝を申し上げますと共に、ご期待に沿えるようチーム一丸となって本研究を進めて参ります。

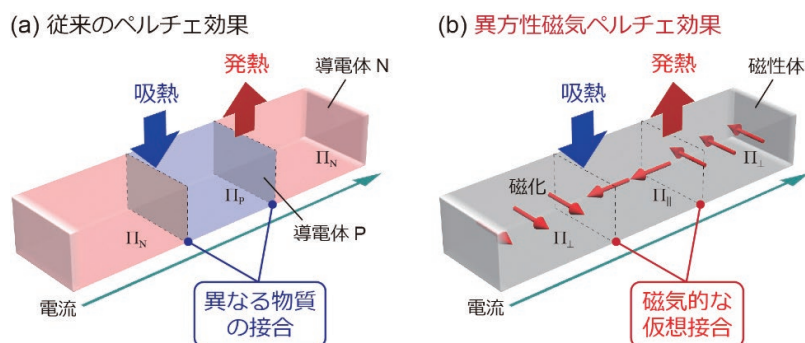


図 ペルチェ効果 (a) と異方性磁気ペルチェ効果 (b) の概念図



# SATテクノロジー・ショーケース2024

2024 年 1 月 25 日 (木) 開催

つくばサイエンス・アカデミー最大のイベントである SAT テクノロジー・ショーケース 2024 を 1 月 25 日 (木)、国際会議場にて開催し、ポスター発表、特別シンポジウムをはじめ、企画展示や共催機関広報展示、などが行われました。

今回は 3 年ぶりに対面で開催できました。またポスターセッションを除く全て、すなわち中ホールにて行われた講演等の様子を 유튜브 配信しました。ユーチューブとポスターセッション資料は昨年と同様約 1 ヶ月、2/28 まで SAT ホームページに掲示して閲覧可能としました。アブストラクトは従来どおり期限を定めず、掲示しております。

## 江崎玲於奈会長の開会挨拶

皆さんおはようございます。今日は朝早くから「SAT テクノロジー・ショーケース 2024」にご参加賜りましてありがとうございます。

テクノロジー・ショーケースは、このつくばサイエンス・アカデミーの重要なイベントの一つでございまして、筑波研究学園都市の研究機関のご協力をいただきながら、2002 年に第 1 回を開催しまして、今回で 23 回目になります。

昨年は、新型コロナの感染症対策をとりながらの開催でした。新型コロナも昨年の 5 月に 2 類から 5 類になり、世間の年末年始をみるとほぼ以前に戻った感がございます。このショーケースも、今回は 4 年ぶりに懇親会を開催するなど、コロナ前に戻したところですが、この 3 年間の経験を踏まえ、オンラインでの発信や会場の広さなどの良い部分はそのまま残しております。どうぞ、インデクシング、ポスターセッション、特別シンポジウム、それぞれのイベントを楽しんでいただければ幸いです。

つくばには約 2 万人の研究者がおりまして、注目すべき研究成果、つまり素晴らしいシーズを創り出しておりますが、このシーズを適確にニーズに結びつけるという事がこのショーケースの最大の課題です。つまりどのように研究成果を役立たせるか、いかにビジネス化を図るか、これらこそが大変重要な課題であることは言うまでもありません。このショーケースのもう一つの大きな目的は、研究成果を皆さんに知って頂きそれを評価して頂くことです。

本日は、研究機関を代表する「つくば発注目研究ポスター」4 件、一般ポスター 93 件と、合わせて 97 件のポスターの発表がございまして、

皆様にはこの後、1 分間のプレゼンテーションを聞いて頂き、評価して頂きます。すばらしい発表をされた方には、いろいろな賞を用意しておりますので、楽しみにして下さい。

午後には、国立環境研究所に企画いただいた、特別シンポジウム「カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーが導く未来社会」をテーマに、4 名の先生方にご講演をいただきます。その後、同研究所理事の森口祐一(もりぐちゆういち)様をモデレータに、同研究所室長南斎規介(なんさいけいすけ)様とご講演をされた 4 名の先生方で、「カーボンニュートラル及びサーキュラーエコノミー技術の社会実装の課題と主体間連携の役割」と題したパネル討論がございまして、

皆様には、最後までご参加いただけますようお願い申し上げます。

最後になりましたが、今回ご協力頂きました国立環境研究所の皆様と実行委員、関係者の皆様にお礼を申し上げて、開会のご挨拶と致します。



## ポスターセッション

以下に研究機関からの推薦によるつくば発注目研究ポスター発表、プレゼン賞を受賞した一般ポスター発表、それらの概要を示します。標題の後の(T-1)(P-1)等はポスター番号、氏名は代表発表者のみを記しています。詳細はSAT ホームページに掲載しているアブストラクトをご参照ください。

今回は久しぶりに懇親会も開催でき、なごやかな議論があちこちで見られました。

### つくば発注目研究ポスター発表

●「X 線 - 近赤外同時測定システムの開発とプラスチックの劣化分析への応用」(T-1) 新澤英之(産総研)  
我々は近赤外光と X 線という 2 つの異なる光をプラスチックに同時に照射して様々な構造の情報を得る今までにない分析装置を世界で初めて開発した。この装置をプラスチックの一種であるポリプロピレンに適用し、劣化前後での変化を測定したところ、ポリプロピレンを構成する高分子の鎖が熱によって構造変化し、最終的に硬く脆くなる仕組みを詳細に解明することに成功した。

●「データセンターを支える磁気記録デバイスの高記録密度化にむけた高周波ナノスピントロニクスデバイスの研究」(T-2) 首藤浩文(物材機構)  
スピントルク発振素子は、数 10 ナノメートルオーダーの微細なサイズ、直流電流を通电するだけで数 GHz ~ 数 10 GHz 帯の磁化発振が生じる、という非常にユニークな特性があり、次世代の磁気記録技術であるエネルギーアシスト磁気記録応用に向け研究されている。我々は、スピントルク発振素子の材料開発、素子開発、測定・解析を行うことのできる体制を有し、高機能化に向けた研究を行っている。

●「データ PNG 大量データをインターネットで高速に扱うためのファイルフォーマット」(T-3) 西岡芳晴(産総研)  
データ PNG とは、インターネット上で大量データを高速に扱うためのファイルフォーマットの総称である。特に地図情報、点群データで有効であり、仕様はウェブサイトで無償で公開されている。データ PNG では数値情報を色に変換して画像ファイルとして保持し、画像圧縮機能を利用してファイルサイズを縮小、高速転送を可能としている。また、ウェブブラウザでも扱いやすく、可視化やウェブアプリケーションでの利用に優れている。

●「IoT 生活家電を活用したフェーズフリー防災ソリューション研究開発」(T-4) 取出新吾(防災科研)  
日常的に使われているエアコン、冷蔵庫、空気清浄機などの IoT 生活家電を災害発生時等の情報収集手段として、また発話機能を用いて郵便番号単位等の小地域単位で情報発信する研究開発を行っている。防災専用の機器の導入なしにマーケットに流通している既存製品を活用することでフェーズフリーな防災の実現を目指す。

### 受賞一般ポスター発表

#### 【総合得点賞】

●「『出不精』を都市交通・健康・心理の分野からとことん考えてみる」(P-73) 池谷風馬(産総研)  
近年、健康寿命と外出頻度の関係に着目し、外出頻度

が少ない人(出不精)ほど健康リスクが上がるということが指摘されている。本研究では、アンケート調査より、出不精に関わる個人属性や地域特性を、様々な分野の観点から明らかにすることを試みた。複数の都市における 8,000 人以上を対象にした分析より、出不精とそうでない人では、外出に関する価値観やパーソナリティなど個人属性に関連する指標において、統計的に有意に違いがあることを示した。

#### 【ベスト産業実用化賞】

●「アルコール濃度推定による 日本酒製造工程のスマート化」(P-91) 石川卓(茨城県産業技術イノベーションセンター)  
職人の勘や経験に頼る工程が多い日本酒造り。その製造工程では、発酵状態をリアルタイムに把握することが困難であり、発酵状態の把握に時間や労力がかかるという課題がある。本研究では、アルコール発酵の副産物である二酸化炭素発生量からアルコール濃度を推定し、発酵状態を可視化する仕組みを構築した。これにより、客観的かつリアルタイムでの発酵管理、さらには品質の安定化につながることを期待される。

●「根圏土壌を加えたリン鉱石添加堆肥は化学肥料と同等にソルガム収量を増加させる」(P-87) Sarr Papa Saliou(サール・パパ・サリオウ)(国際農水研)  
サブサハラアフリカの小規模農家は土壌肥沃度の低下と市販の肥料が手に入らないために、十分な食料を得ることができていない。そこで、リン鉱石や作物残渣などの現地で入手可能な資源を用いて堆肥化する際に、リンを可溶化する微生物が豊富な根圏土壌を添加すると、堆肥に含まれる利用可能なリンおよびリン可溶化微生物量が増加し、市販の肥料と比較して収量を向上させることから、小規模農家が製造可能な有望な肥料代替品となる。

#### 【ベスト新分野開拓賞】

●「微生物間相互作用で叩き起こす！ 眠れる微生物バイオリソース」(P-32) 鈴木陸太(広島大)  
私たちの身の回りには至る所に微生物が存在しているが、そのうちの 99% の微生物は誰にも培養されたことがない。これらの微生物を培養するために必要な因子が何であるかという疑問に対し、微生物自身が因子となりうるという仮説を立て検証したところ、これまで培養できなかった微生物を培養することに成功した。しかし未だ多くの微生物は培養されず環境中で眠ったままとなっている。

●「利用者の見守り・安全機能を高めた 極小モビリティの開発」(P-80) 近藤美則(環境研)  
低炭素、高齢化社会への対応を目指し、マルチカテゴリ対応、利用者の見守り・安全機能を高めた極小モビリティを開発している。これは、利用者が若年の場合はキックスケータとして、高齢の場合はシニアカー等に変形してラストワンマイルを誰でも格好良く移動する、さらに汎用車椅子と連結して電動車椅子になる、もしくは汎用車椅子に後ろから連結して介護者による被介護者の車椅子移動を快適にする補助手段としての機能を持つものである。

#### 【ベスト・アイデア賞】

●「Cu 添加  $Mn_4N$  の Cu 磁気モーメントの反転と磁化補償の検討」(P-11) 旗手 蒼(筑波大)  
 $Mn_4N$  薄膜は垂直磁気異方性と小さな磁化を併せ持ち、電流駆動磁壁移動を利用したデバイスの候補材料として注目されている。 $Mn_4N$  系混晶が持つ、特定の組成で磁



化が極小値をとる磁化補償という特異な現象の利用により磁壁移動効率の爆発的向上が可能となる。今回、Cu を添加した  $Mn_{4-x}Cu_xN$  薄膜を作製し、磁化測定および磁気構造同定を行い、室温で Cu 添加量 (x) に対する磁化反転を確認した。磁化補償を示す可能性が高いと考えられる。

●「液晶性セルロース誘導体の構造色を活用した木材多糖由来の機能材料創出」(P-48)

宮城一真 (森林総研)

木材主要成分であるセルロースの水酸基を各種官能基で置換して得られるセルロース誘導体は、自発的に微細な規則構造を形成し、特定の波長の光を選択的に反射することで発色する特徴がある。このような原理で生じる色は構造色と呼ばれる。本研究では、セルロース誘導体の構造色特性を活かし、圧縮ひずみに応答して色が変わるひずみセンサーや、糖を検出して色が変わる自己検査キットといった機能材料創出に取り組んだ。

【ベスト異分野交流賞】

●「エピクテトスの教育論と 現代社会の環境政策アプローチ」(P-24)

鳥井優佑 (愛媛大)

私の研究は、昨今の世界がそして日本が直面している環境問題解決に向けて彼の教育論を駆使した政策アプローチの提案である。人間の権限の及ぶ範囲を権内、そして及ばない範囲のことを権外と位置づけており、国内での各々の立場からの指摘や国家間での政策の価値観の齟齬を彼の教育論的思考を駆使し考えるという行為はこれからの環境問題を紐解く一手を担う可能性を秘めているのではないかと考え研究している。

【若手特別賞】

●「マイクロフォンアレイを用いた生物音響自動観測システムの開発」(P-53)

岡本遼太郎 (国立環境研究所)

近年、IoT 技術や機械学習の普及とともに、音声を用いた生物の観測手法が発展しています。国立環境研究所では、気候変動が生物の活動に与える影響の評価や、生態系における音を介した生物、環境、人間の相互作用を明らかにするため、生物音響技術の開発を行っています。本発表では、安価で長期間の野外調査に利用可能なマイクロフォンアレイと、音源の混在に対して頑健な音声認識モデルの開発事例について紹介しました。

●「ゴミが詰まりやすい用水路に適用可能な 水田の水管理機器の開発」(P-59)

新村麻実 (農研機構)

本研究では、異物の詰まりが生じにくい袋体を使った開閉機構を有する新たな ICT 水管理機器を開発し、開水路における水管理作業のさらなる省力化の実現を目指した。実験水路による止水試験では、異物混入時も従来の給水口に比べて袋体を用いた開閉機構の方が安定して止水可能であった。袋体を用いた ICT 水管理機器を用いて実証試験を行った結果、1 作期を通じて破損等のトラブルがなく一定の実用性を検証できた。

●「レクチンを利用した全自動糖鎖分析システムによる新たな糖タンパク質評価方法」(P-64)

布施谷清香 (産総研)

生体内でのタンパク質への糖 (糖鎖) の修飾は疾患の診断にも使われ、医薬品タンパク質への糖の修飾はその安定性、効能に影響を与えるため、糖の存在をモニタリングする事は重要である。産業界で広く利用されるために、本研究では、ビーズアレイ技術に応用した「全自動糖鎖プロファイリング装置」を開発した。このシステムにより、庫内のシンプルなロボット操縦によって、サン

プル反応から 1 時間程度でのデータ出力を可能にした。

【学生奨励賞】

●大学院生・大学生の部：「ゼブラフィッシュを用いた 遺伝性認知症 CADASIL の発症機構解析」(P-28)

加納永梧 (千葉大)

CADASIL は老化とともに症状が進行する遺伝性の血管性認知症であり、有効な治療法が存在しない。これまで作製されてきた CADASIL モデル動物は、重要な病態である記憶障害が模倣できないという課題があった。そこで、本研究ではゼブラフィッシュを用いた CADASIL モデル作製に取り組んだ。その結果、記憶障害を含む CADASIL 様症状を観察することができ、本モデルの有用性が示唆された。

●大学院生・大学生の部：「屋内高精度測位を実現する 可視光通信・測位システムに関する研究」(P-38)

大河原礼王 (筑波大)

広く普及している LED 照明とスマートフォンを活用した屋内測位システムを構築した。提案システムは、可視光通信を用いて LED から座標情報を送信し、カメラでそれを撮影・受信することで三次元位置を計測する。特定方向に光を拡散させるフィルタをカメラに装着し、遠方に存在する複数 LED との通信を同時に行えるようにすることで、センチメートルオーダーの高精度な測位が実現出来ることを、実験により明らかにした。

●高校生の部：「光干渉によるラップの膜厚測定 ～透過スペクトルから求める～」(P-1)

長ちひろ (並木中等)

従来、光干渉法で薄膜の厚さを求めるには反射スペクトルを測定する必要があった。本研究では、ポリエチレンフィルム単層膜とポリエチレン-ポリプロピレン 2 層膜の透過スペクトルを測定し、フーリエ変換を行い、それらの膜厚を求めた。また、透過率を考慮して理論計算を行った結果、実験結果に近い結果が得られた。これにより、学校にある紫外可視分光光度計で膜厚測定が簡易に行えるようになった。

【環境特別賞】

●「水素のマイナスイオンを電気で作る・運ぶ」(P-79)

飯村壮史 (物材機構)

水素の陰イオンであるヒドリドは、強い還元力を有し  $CO_2$  も還元するなどユニークな特性を持つ。最近、一部のセラミックス ( $REH_{3-2x}O_x$ ,  $RE$  = 希土類金属) が大量にヒドリドを取り込み、かつ、このヒドリドが室温で高速に伝導できることを発見した。さらに  $REH_{3-2x}O_x$  に水素吸蔵合金を製膜すると、電圧を駆動力に水素ガスからヒドリドを可逆的に作れることも分かってきた。今後はこれをヒドリドで  $CO_2$  を還元し有用分子へ変換する技術などに発展させたい。



# SAT テクノロジー・ショーケース：特別シンポジウム

## 「カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーが導く未来社会」

(企画：国立環境研究所)

気候変動問題と資源・廃棄物問題の解決に向けた技術的・社会的取組の現状と展望、課題解決にあたっての主体間の連携の役割について語るシンポジウムを開催した。芝浦工業大学の磐田朋子副学長、トヨタ自動車株式会社 CN 先行開発センター環境エンジニアリング部の山戸昌子部長、産業技術総合研究所ゼロエミッション国際共同研究センターの工藤祐揮副研究センター長、東京大学大学院工学系研究科技術経営戦略学専攻の村上進亮教授の4名にご講演いただいた後、国立環境研究所森口祐一理事をモデレーターに、講演者4名と国立環境研究所資源循環領域の南齋規介室長を加えた5名をパネリストとして「カーボンニュートラル及びサーキュラーエコノミー技術の社会実装の課題と主体間連携の役割」をテーマとしたパネル討論が行われた。



冒頭にご挨拶された  
国立環境研究所  
木本昌秀理事長

### 特 別 講 演

#### 「地域で取り組むカーボンニュートラル」

芝浦工業大学

副学長 磐田朋子

多様な人が暮らす社会において、それを包含する地域が脱炭素化に向けて具体的な取組を行う必要がある。また、無関心層の存在や、既存の再エネ・省エネ技術が社会に浸透していない現実を考慮し、地域において実行可能でかつ効果的な脱炭素策を打ち出すことが求められている。講演では、脱炭素先行地域の事例を交えつつ、意識啓発だけでなく、地域全体がカーボンニュートラル化に向けた具体的な取り組みを行う方法が紹介された。



#### 「カーボンニュートラルに挑む革新的技術」

産業技術総合研究所

ゼロエミッション国際共同研究センター

副研究センター長 工藤祐揮

人類の共通の課題であるカーボンニュートラルを実現するため、既存の技術の延長線上にない、革新的な技術が果たす役割に大きな期待が寄せられている。講演では、産業技術総合研究所が研究開発を行っている次世代太陽電池、人工光合成、水素／カーボンリサイクル、二酸化炭素除去技術といったカーボンニュートラルに資する革新的技術が紹介された。



#### 「カーボンニュートラルと資源循環へのチャレンジ」

トヨタ自動車株式会社 CN 先行開発センター

環境エンジニアリング部 部長 山戸昌子

サステナブル社会構築に向けて気候変動と資源枯渇が大きな課題となっている。講演では、自動車を具体例としてトヨタ自動車が行っている各国・地域の状況、資源、環境の多様性を踏まえたカーボンニュートラル及び資源循環への取組が紹介された。また、世界中のステークホルダーと一緒に取り組みを加速していくことの重要性が強調された。



#### 「サーキュラーエコノミーの社会実装と評価」

東京大学大学院工学系研究科

技術経営戦略学専攻 教授 村上進亮

サーキュラーエコノミーは目的ではなく、持続可能な社会を目指す上での手段であり、その評価が重要である。講演では、現在作成途上にある ISO 規格を始めとする様々な循環性評価についての社会実装の事例、特にリマン、リユース、サブスクといったビジネスモデルを用いたものの紹介がされた。





## パネー論

【モデレータ】 国立環境研究所理事

森口祐一（右写真上）

【パネリスト】 国立環境研究所資源循環領域 室長

南齋規介（右写真下）

第1部特別講演発表者 4名

第1部の講演者4名と南齋規介氏の計5名をパネリストに迎え、森口祐一氏をモデレータとして「カーボンニュートラル及びサーキュラーエコノミー技術の社会実装の課題と主体間連携の役割」を主題とするパネル討論が行われた。

イントロダクションでは、南齋室長からカーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーが直面する課題として、現在開発が進められている新たなカーボンニュートラル技術がうまく進展しなかった場合、別の技術を用いる又は社会変革によってカーボンニュートラルを達成していく方法を考えなければならないこと、また、高所得国と低所得国の資源利用の公平性の観点から低所得国で資源利用を回しつつカーボンニュートラルを達成するためには高所得国で資源利用をより削減していかなければならないということが挙げられた。

次に、モデレータから講演者4名のパネリストに「カーボンニュートラル及びサーキュラーエコノミーの社会実装の課題」について質問が投げかけられた。パネリストからは、カーボンニュートラル技術の社会実装が進まない背景として変化を求めない心理や導入費用がかかること、またサーキュラーエコノミーについては対策の方法がわかっていないということが課題として挙げられた。さらに、モデレータから「カーボンニュートラル及びサーキュラーエコノミーを達成するために必要な主体間連携は何か」という質問が投げかけら

れ、パネリストからは連携先と達成までの期限・数値目標・価値観を共有していくことや、主体となる人たちがカーボンニュートラル実現のために自ら行動したいと思えるようなしかけを作ること、製品情報のDX化によってリサイクルが進むなどといった情報連携が重要であることが紹介された。

最後に、モデレータから「若者へのメッセージ」とのリクエストがあった。パネリストからは、「新技術開発の他に、既存技術の普及などにもビジネスチャンスがたくさんある。起業などにもどんどん挑戦を」、「革新的技術のコスト削減にはまだ余地がある。実装に向け、柔軟な頭での発想に期待」、「気候変動問題はすべての人に関わる問題。世界に出て仲間を作り、さまざまな知見を得て日本に戻ってきてほしい」といったメッセージがあった。

当日は大学生から研究者まで非常に多くの方々にご参加いただき、最初から最後まで熱心に議論に耳を傾けていただいたことが印象的であった。



## SAT テクノロジー・ショーケース 2024 を振り返って

実行委員長 金山敏彦

今年のSAT テクノロジー・ショーケースでは4年ぶりに懇親会を催し、飲食を共にしながら対話を深める元のスタイルに戻ることができました。100件近いポスター発表に加えて、前回から始めた先進技術企業展にも7件の出展をいただきました。全体を通じて改めて感じたのが、このイベントならではのバラエティーの豊富さです。全ポスター発表がそれぞれ1分間で紹介されるインデクシングでは、眠くなる暇もないくらい様々な新鮮な発表が続く、頭が活性化される思いがしました。その中から選ばれたプレゼンテーション表彰の分野も、多岐にわたっています。表彰対象の紹介やポスター発表のアブストラクトは、SATのホームページに掲載していますので、ご一読いただければ幸いです。

今回の特別シンポジウムの主題は、カーボンニュートラルとそれを実現するために必須のサーキュラーエコノミーでした。国立環境研究所によるバランスの取れたメンバー選定と話題構成のお

かげで、この人類共通の最重要課題には、多くの分野の寄与が求められているとの感を深めました。誰もが重大な影響を受けると共に、あらゆる分野の方が貢献できる可能性があることを再認識した次第です。その社会実装には、全員が当事者であることを自覚して主体的に参画することが必要と語られていましたが、つくばはまさにこれを実行するのにふさわしい地域と言えるでしょう。

今回、残念だったのは、現地へ足を運んで参加いただいた方が数が、300人弱と昨年を下回り、500～600人前後で推移していたコロナ禍前には遠く及ばなかったことです。ネット経由での視聴回数500超を加えると、過去に勝る参加者数にはなりますが、テクノロジー・ショーケースの主眼は相互に刺激を受ける交流にあります。次回に向けて、ネット配信の利点は継続すると共に、これだけ多様な階層の参加者が一堂に会する魅力の発信を工夫していきたいと思っています。より多くの皆様のご参加を期待しています。

## つくば賞その後-19

「格子量子色力学に基づく  
核力の研究」その後

京都大学 基礎物理学研究所  
大阪大学 核物理研究センター  
理化学研究所 数理創造プログラム

所長 青木慎也 (左)  
准教授 石井理修 (中)  
ディレクター 初田哲男 (右)



## 1. 受賞研究に関して

まず最初に受賞研究に関して簡単に解説します。核子（陽子や中性子の総称）に働く「核力」のおかげで原子核（核子の複合体）はバラバラにならずに存在できます。1935年に湯川秀樹博士は当時未発見であった $\pi$ 中間子を導入しその交換力としてこの核力の起源を説明し、1949年にノーベル賞（物理学）を日本人として初めて受賞しました。その後の実験により、核力はより複雑な構造を持つことが明らかになりました。一方で、核子や中間子などは素粒子（基本的粒子）ではなくクォークと呼ばれる素粒子が複数集まって作られる複合粒子であることが分かり、量子色力学(QCD)がクォークの運動を支配する力学であることも確立したのですが、QCDの強い量子効果と非線形性のため、「核力の複雑な振る舞いをQCDで説明する」ということが未解決問題として残りました。我々は、非摂動的効果を取り入れた格子QCDという手法と我々が独自に提案した核力ポテンシャルの定義を組み合わせ、世界で初めて核力ポテンシャルを数値シミュレーションで計算し、遠距離での湯川理論の引力のみならず、近距離の斥力を定性的に再現しました（論文1；図1）。一方、我々の提案は、格子QCDで当時主流であった方法とは異なっていたため、以下の論争が起きました。

## 2. 有限体積法とポテンシャル法の対立？

当時、核子間相互作用を計算する方法で主流となっていたのは、有限体積法と呼ばれる方法で、2つの核子を有限の箱に入れてそのエネルギーを計算し、そのエネルギーでの散乱位相差を求めるものです。一方、我々が提唱した方法はポテンシャル法と呼ばれ、二核子の波動関数からポテンシャルを再構築し、それを使って散乱位相差を計算するものです。その結果は有限体積法で求めた散乱位相差と一致するはずですが、「2つの計算方法によって結果が異なるのでは」という報告が他のグループからなされました。

## 2-1. 束縛するのかないのか？

自然界の陽子と中性子は重陽子という束縛状態を作ります。核力のうち $\pi$ 中間子の交換による寄与が重陽子を束縛させると考えられるので、「もし $\pi$ 中間子の質量が自然界の値である約140 MeVより重かったら重陽子は束縛するのか？」という疑問が湧きます。一方、格子QCDの数値計算では $\pi$

中間子が重い方が計算が楽になるため、我々の核力ポテンシャルの計算を含めて、当時の多くの計算は自然界より重い $\pi$ 中間子で行われていました。我々の核力ポテンシャルからは「 $\pi$ 中間子の質量を重くすると重陽子は束縛しない」と結論されました。これは、「 $\pi$ 中間子が重いと到達距離が短くなるため引力が弱くなるだろう」という直感と一致します。一方、直接法の計算結果はバラバラだったのですが、核力ポテンシャルの計算が成功した直後から「 $\pi$ 中間子が重くなると重陽子はより強く束縛する」という結果が複数のグループから報告されたため、「どちらが正しいのか？」という論争が巻き起こりました。有限体積法を用いているのは世界に3グループありましたが、ポテンシャル法を用いているのは我々だけという多勢に無勢のため、「ポテンシャル法には未知の系統誤差があるのでは？」という漠然とした意見がありました。

## 2-2. 問題解決へ向けて

この状況はポテンシャル法にとって好ましいものではなかったのですが、有限体積法の3つのグループとも「束縛する」という結果は同じでも束縛エネルギーの値はかなり異なっていました。「これは何かあるぞ。」と考えた我々は、2つの方法の違いを正確に理解すべく、共同研究者の入谷匠博士研究員を中心に自分達で有限体積法の計算をも実行して2つの方法の結果を比較する研究を始めました。その結果、計算の設定を変えると、有限体積法では計算結果が変わるが、ポテンシャル法

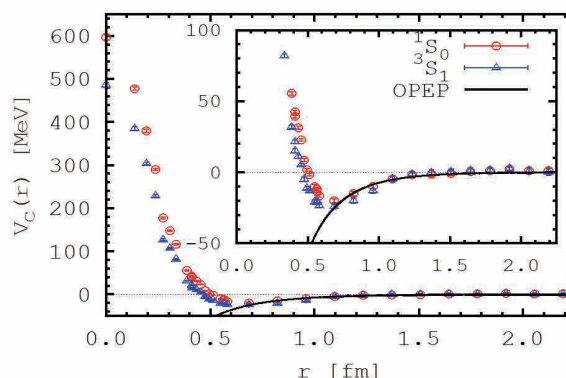


図1：核力ポテンシャル。横軸が核子間の距離 ( $\text{fm}=10^{-15} \text{ m}$ )、縦軸はポテンシャルの値 ( $\text{MeV}=10^6 \text{ eV}$ )。赤丸は陽子間（中性子間）、青三角は陽子中性子間のポテンシャル。黒の実線は湯川理論の予言。論文1より引用。



では変わらない、ということ突き止めました。特に、ある設定では、有限体積法、ポテンシャル法のどちらでも「束縛しない。」という結果が得られました（論文2）。

### 2-3. 偽プラトー

なぜ有限体積法でこのような設定依存性が現れたのでしょうか？

問題を簡単化して説明します。有限体積法で二核子のエネルギーは相関関数と呼ばれる離散的なデータから決定されます。これは指数関数的に減衰する時間  $t$  の関数でその減衰割合がエネルギーに相当します。相関関数は複数の指数関数の和になっているため、 $t$  を大きくすることで一番小さな（基底状態の）エネルギーを求めます。残念ながら実際のシミュレーションでは統計誤差のために十分に大きな  $t$  は取れません。そこで、 $t=na$  と  $t=(n+1)a$  の相関関数の比の対数である「有効エネルギー」を導入します。（ここで定数  $a$  は離散的な時間刻みです。）そして、プラトーと呼ばれる有効エネルギーが  $t$  によらない領域をなるべく小さな  $t$  で探し、その一定となった値を基底状態のエネルギーとします。

当時の有限体積法では、なるべく小さな  $t$  で有効質量のプラトーが表れるように設定を変えて計算をし、二核子のエネルギーを決めていました。複数の指数関数の和の中で基底状態の寄与を大きくする「最適化」設定を探したのです。ところが、その意図に反して基底状態と他のエネルギー状態の2つの寄与が相殺し「偽プラトー」が現れることがあります。図2の例では、 $t=20a$  あたりで青四角のデータが間違えた有効エネルギーのプラトーを示しています。当時の有限体積法では小さな  $t$  でこのような偽プラトーを見ていたため、束縛エネルギーを過大評価していたのです。

我々は、この偽プラトーの問題を指摘し、実際の計算でもそれが起こっている例を示したのですが、有限体積法を使っていた3つの研究グループは「一般的にはその可能性はあるかもしれないが我々の計算は大丈夫だ」と主張し、なかなか受け入れてくれませんでした。その後、これらとは異なる研究グループが有限体積法でより注意深い計算を行い、「重い  $\pi$  中間子では重陽子は束縛しな

い。」という結論を得ました。そして、2022年頃までにはポテンシャル法の結果が正しいことが世界的な共通認識になりました。

### 3. その後の発展と将来

紆余曲折はありましたが、この論争は提案時の予想をはるかに越えてポテンシャル法の有効性を明らかにしました。また、ポテンシャル法は有限体積法と対立するものではなく、2つの異なった方法があることで相互チェックが可能になり、結果の信頼性が増すこともわかりました。もしポテンシャル法が無ければ「重い  $\pi$  中間子で重陽子は束縛する」という間違った結果が信じられ、核力研究の進展を阻害したかもしれません。現在では、ポテンシャル法は核子だけでなく他のハドロンにも応用され、新しい束縛状態の予言や未知の相互作用の決定などがなされています。

今後は、ポテンシャル法と有限体積法がそれぞれの長所を生かして信頼できる計算を行い、理論的な予言を実験で確かめる、逆に新しい実験結果を理論的に解釈する、といった理論と実験の協働が進み、QCDによるハドロン理解が飛躍的に向上すると考えられます。実際、CERNのLHCb実験で2022年に発見されたクォーク4個から成る「純粋テトラクォーク」 $T_{cc}$ が、2つの中間子（D中間子とD\*中間子）の緩い束縛状態であるということが、ポテンシャル法を用いた我々の解析で明らかになり（論文3；図3）、いわゆるエキゾチックハドロン理論研究と実験研究がまさに活況を呈しています。理化学研究所のスパコン「富岳」を用いた、現実の  $\pi$  中間子質量でのポテンシャル法を用いたハドロン間相互作用の研究も現在進行中であり、今後さらに多くの新しい知見が得られるかもしれません。

論文1. N. Ishii, S. Aoki and T. Hatsuda, Phys. Rev. Lett. **99** (2007) 022001.

論文2. T. Iritani *et al.* [HAL QCD Collaboration], JHEP **1610** (2016)101.

論文3. Y. Lyu, S. Aoki, T. Doi, T. Hatsuda, Y. Ikeda and J. Meng, Phys. Rev. Lett. **131** (2023) 161901. [https://www.riken.jp/press/2023/20231020\\_3/index.html](https://www.riken.jp/press/2023/20231020_3/index.html)

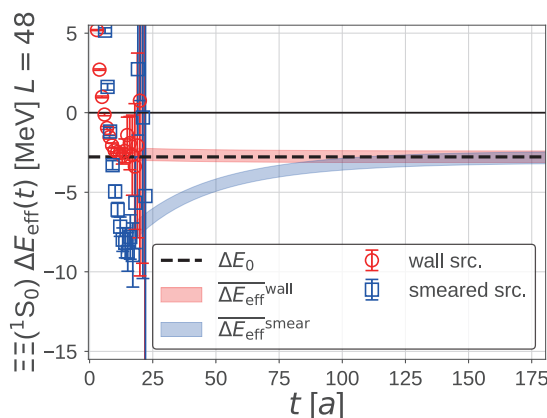


図2. 2つの設定の有効エネルギー。値が異なったプラトーが小さな時間  $t$  で出現するが、 $t$  を大きくすると正しい値に収束する。論文2より引用。

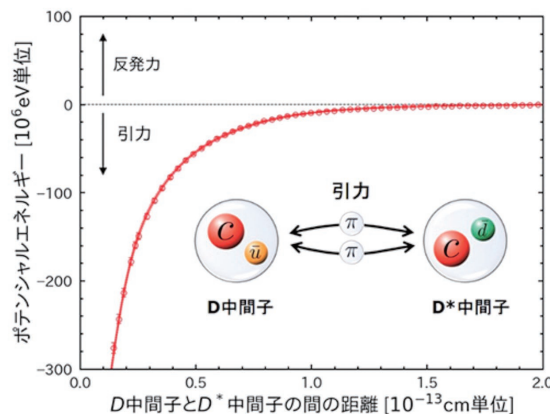


図3 格子 QCD により得られた D 中間子と D\* 中間子の間のポテンシャル。全領域で引力のため、「純粋テトラクォーク」 $T_{cc}$  が形成されると予想されている。論文3のプレスリリースより引用。

## つくば研究情報 ー若手研究者の活躍ー

動物における“オスとメスが営む社会”から  
“メスだけで営む社会”への進化的移行

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

植物防疫研究部門 主任研究員 矢代敏久

## 1. はじめに

人間を含め多くの動物（昆虫や魚などを含む動物界に属する生物）の社会は、オスとメスの協力によって営まれています。また、昆虫などの様々な動物では、メスが単独で子を作る単為生殖の能力を進化させることが可能です。では、オスとメスが協力して社会を営む動物において、メスが単為生殖能力を獲得できる場合でも、社会は常にオスを必要とするのでしょうか？本稿では、私がこれまで行ってきたシロアリの生態についての研究の中で明らかになった、“オスとメスが営む社会”から“メスだけで営む社会”への進化的移行に関して、ご紹介いたします。

また、若手の研究環境についての意見を求められており、少しだけ私見を述べさせていただきます。

## 2. 動物の社会について

「社会」という言葉は様々な意味で使われますが、生物学（特に社会生物学）においては“協力的に組織された同種のグループ”という定義が一般的です。社会では同じ種の個体たちが協力しており、異なる種の個体間で協力している場合には「社会」ではなく「相利共生」という言葉が使われます。

動物の社会は“オスとメスが営む社会”（以下「両性社会」と書きます）と“メスだけで営む社会”（以下「メス社会」と書きます）の2つに大別できます。私が研究しているシロアリ（名前に“アリ”と付きますがゴキブリに近い昆虫で、分類学上はアリとは異なるグループに属します）は、コロニーと呼ばれる集団をつくり、そこでは王と女王（基本的に繁殖のみを行います）が、オスとメスの働きアリ（育児、巣の建設、採餌などを行い、自らは繁殖を行いません）及び、オスとメスの兵アリ（巣の防衛などを行い、自らは繁殖を行いません）と、両性社会を営んでいます。人間の場合も、社会全体を見た場合に明らかに男女が協力しており、両性社会を営んでいると言えます。一方で、シロアリと同じように社会を持つ昆虫であるアリやハチのコロニーでは、女王とメスの働きアリもしくは働きバチによって社会が営まれており、オスは繁殖期にのみ現れ交尾後すぐ死んでしまいます。つまり、アリやハチはメス社会を営んでいると言え

ます。これまでは、動物が両性社会とメス社会のどちらを営むかは、動物の分類群ごとに決まっていたと考えられてきました（例えば、全てのシロアリは両性社会を営み、全てのアリはメス社会を営む、というように考えられてきました）。

## 3. オスを失ったシロアリの発見

日本には20種以上のシロアリが棲息していますが、その中でもナカジマシロアリという種のシロアリに着目しました。ナカジマシロアリは主に岬や離島といった比較的アクセスしにくい環境に棲息し、繁殖に関する生態がこれまで詳しく調べられていませんでした。そこでまず、全国各地のナカジマシロアリの個体群（ある地域に住む同種の個体の集団）からコロニーを採集し、コロニーの構成員の組成を調べたところ、四国と九州で採集したコロニーにはメスしかいないということがわかりました（図1a）。一方で、本州や南西諸島などのその他の個体群のコロニーでは、一般的なシロアリの場合と同様に、約半数の個体がオスであることがわかりました。野外のコロニーから採集した女王の受精囊（メスがオスとの交尾で得られた精子を蓄えておく器官）の中に貯蔵されている精子の有無を調べたところ、オスとメスのいる個体群（本州や南西諸島などの個体群）の女王の受精囊の中には大量の精子が蓄えられている一方で、メスしかいない個体群（四国と九州の個体群）の女王の受精囊の中には精子は見られませんでした。

室内実験によって、メスしかいない個体群（四国と九州の個体群）の未受精卵の孵化率は、オスとメスのいる個体群（本州や南西諸島などの個体群）の未受精卵の孵化率よりはるかに高く、オスとメスのいる個体群（本州や南西諸島などの個体群）の受精卵の孵化率とは大差ないことも確認しました。これらの結果から、四国と九州のナカジマシロアリはメスしかおらず単為生殖のみで繁殖していることが判明し（図1b）、シロアリでは初めてとなる単為生殖個体群の発見となりました。さらに、本来は両性社会を営んでいるはずのシロアリの一部の個体群でオスが失われていることから、両性社会からメス社会への進化的移行が生じ得ることが世界で初めて明らかになりました。つまり、オスとメスが協力して営む社会にとって、



オスは場合によっては居なくても良い存在であることが明らかになりました。また、この社会の進化的移行において、ナカジマシロアリがオスを失う以前から持っていた生態などに関する複数の特徴が有利に働いた可能性も示唆されました<sup>1)</sup>。

#### 4. メスによる失われたオスの社会的役割の肩代わり

シロアリは雄ヘテロ (XX メス -XY オス) 型の性決定を行います。ナカジマシロアリの単為生殖個体群と有性生殖個体群の染色体の観察とゲノムワイドな SNP (一塩基多型) 解析を行った結果、有性生殖個体群の個体では常染色体の大部分が X 染色体か Y 染色体にリンクしている (つまり、大部分の染色体が実質的に X 染色体もしくは Y 染色体となる) ため、X 染色体と Y 染色体を持つオス個体では常に遺伝的ヘテロ接合性が保たれることが明らかになりました。シロアリのコロニーでは近親交配が頻繁に行われますが、コロニーにとって近親交配による個体の遺伝的ヘテロ接合性の喪失は不利益となるため、その回避はオスの重要な役割だと考えられます。さらに、染色体の観察とゲノムワイドな SNP 解析などから、単為生殖個体群は染色体数の異なる種内系統の間で交雑が生じた結果として減数分裂ができなくなったことを起源としており、異なる 2 つの系統のゲノムを受け継いでいる単為生殖個体群のメスは有性生殖個体群のオスよりもさらに高い遺伝的ヘテロ接合性を持つことが明らかになりました。したがって、単為生殖個体群では社会において本来はオスが担っていた重要な役割 (コロニー内での遺伝的ヘテロ接合性の喪失を回避すること) をメスが肩代わりでき、このことが両性社会からメス社会への進化的移行を後押しした可能性が示唆されました<sup>2)</sup>。

実は、動物の社会におけるオスの存在意義とは何なのか、今の所あまりよくわかっていません。上記のナカジマシロアリの一連の研究によって、これまでは不可能だった同種の動物における両性社会とメス社会の比較が可能になりました。今後の研究によって、動物の社会におけるオスの存在意義に関する我々の理解が進むことが期待できます。

#### 5. 若手の研究環境について

最後に、若手の研究環境に関する私見を少しだけ述べさせていただきます。研究者にとって、頭の回転が速く体力も熱意もある若手のうちにどれだけ集中して研究に取り組めるかは、その後の研究や人生にも関わる非常に重要なことだと思います。私は数年前にようやく研究者として定職に就くことができました。それまでは、「来年はもう研究ができないかもしれない」という危機感を常に感じながら、研究を行っていました。しかしながら一方で、私の場合は、なかなか定職に就けなかつ

たことが幸いして、研究以外の業務からはほぼ解放された状況で研究に集中でき、このことが研究成果に繋がったとも感じています。これは、研究しやすい環境を与えていただいた恩師の救いの手があったからこそなので、私自身はあまり偉そうなことは言えませんし、お世話になった方々にはいくら感謝してもしきれませんが、ともかく、幸運にももっと若くして定職に就けた同年代の研究者よりも、私は研究に集中できる状況にあったのではないかと考えています (ただし、家族には苦勞をかけました)。研究者として定職に就いてからは、以前に海外の大学を経験したということもあり、日本の研究者は若手のうちから研究以外に求められることがあまりに多いということを日々実感しています。研究者は研究はできても万能ではありません。餅は餅屋と言われるように、様々な分野のプロがもっとしっかりと研究者をサポートする体制を整えることで、多くの若手が今以上に研究に集中できるようになり、それは研究者自身にとっても社会全体にとっても有益なことだと思います。

#### 参考文献

- 1) Yashiro et al. BMC Biol. 16 (2018) 96
- 2) Yashiro et al. PNAS 118 (2021) e2009533118

#### 著者略歴

- 2011 年 岡山大学大学院環境学研究科博士後期課程修了 博士(学術)
- 2012 年 京都大学大学院農学研究科 研究員、特定研究員
- 2017 年 シドニー大学生命環境科学部 日本学術振興会海外特別研究員
- 2019 年 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター 研究員
- 2021 年 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構植物防疫研究部門 研究員
- 2022 年 同部門 主任研究員

#### 受賞

個体群生態学会奨励賞 (2022)、日本動物行動学会賞 (2023)、科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞 (2024) など。

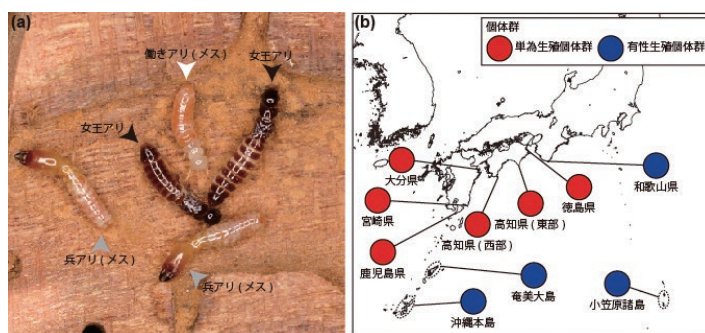


図1 (a) ナカジマシロアリのメスしかいない単為生殖個体群のコロニー内の様子。

(b) ナカジマシロアリの単為生殖個体群と有性生殖個体群の分布。

## 賛助会員最前線

### (1) 理想科学工業株式会社

#### パッケージングのワークフローを変革するインクジェットプリントユニット「Integlide」のご紹介

当社は、プリント関連機器と消耗品の開発・製造・販売を行っている会社で、つくば市に開発拠点があります。主力製品は、デジタル孔版印刷機「RISOGRAPH」、高速インクジェットプリンター「ORPHIS」です。ORPHISで採用しているライン型インクジェット（以下：IJ）は、IJヘッドを複数個並べ印刷媒体幅に構成したユニットで、このユニットの下を用紙が通過する事で、A4 毎分 165 ページの高速印刷を行っています。

この度、ORPHISで培ってきたライン型 IJ 技術をパッケージ印刷向けに改変し、IJ プリントユニット「Integlide」を開発しました。Integlide は、310mm 幅でオンデマンドフルカラー印刷を可能とします。従来のパッケージ印刷で使用されているフレキシ印刷、マーキング印字、シールラベル貼付などの複数の印刷工程を 1 つに集約することで、お客様の作業効率を向上させます。また、小ロット印刷の内製化が可能となることから、無駄な在庫がなくなり経費削減に貢献します。さらに、パッケージデザインの自由度が高まり、パッケージの価値を向上させることができます。Integlide の活用により、様々な利用シーンに対応するパッケージ用プリントシステムの構築が容易となります。2024 年末の販売開始を目標に準備を進めております。

IJ プリントユニット「Integlide」の提供を通じて、パッケージングのワークフローを変革していきます。



### (2) ペンギンシステム株式会社

#### 研究者向けオーダーメイドソフトウェア開発に特化して40年超

弊社はつくば市千現に所在するソフトウェア開発企業です。40 年以上にわたって「研究者のためのオーダーメイド」に特化してコツコツと「いっぴんもの」を作りつづけてきました。「作りつづける」というと十年一日のように同じものを作る語感に聞こえるかもしれませんが、最先端の研究をしているつくばの研究者からのオーダーがほとんどですので、常に最新の取組に対して、最新の技術で応える、その連続となっています。

昨今は生成 AI の利用も進み、ローコード・ノーコードということで利用者によって簡単なシステムであれば組めるようになってきました。そういったご時世でも、最先端の研究における機器制御、シミュレーション、大規模データの科学演算、用途特化人工知能 (AI) の開発、常に更新されるネットワーク攻撃に対応したセキュリティを担保したシステム開発、などの領域でオーダーメイドソフトウェアのニーズは変わらずにあります。これまでとは少し違う形ではありますがニーズは逆に増えている、のかもしれません。

最近多いニーズとしてもう一つあるのが、システムの保守です。開発したシステムは放っておいてもズッと使える、という時代ではもうありません。OS、クラウド、認証、セキュリティ脅威、ライブラリ更新などに対応して、前と変わらず使い続けられるように保つニーズです。増大するこのニーズにも当社は応え続け、これからも「研究者のためのソフトウェア」をテーマに進んでまいります。





### (3) 浜松ホトニクス株式会社

#### 光技術により健康・長寿社会の実現に貢献

弊社は「光を使いこなす技術を開発して社会に役立てる」会社です。高性能のセンサや光源などのデバイス、さらに用途に応じたシステムアップによって、暮らしに身近な製品から最先端の学術研究を支える計測装置まで幅広い分野に展開しています。

光技術を使って健康・長寿社会の実現に貢献するため、PET(Positron Emission Tomography: 陽電子放出断層画像装置)技術の研究に取り組んでいます。PETは認知症やがんの早期診断などに有効な技術ですが、このたび脳機能解明に向けて体動補正機能付き頭部用PET装置(HIAS-29000)の薬事承認を取得しました。本PETにより、静止状態を保つことが困難な被検者の脳の状態を高精度に計測することが可能となり、認知症や精神疾患の早期発見や病態解明に向けた新たな視点での研究の加速が期待されます。同時に、新しく得られる知見を基に開発を進める画像診断法は、医師の診断精度の向上や治療薬の開発促進などへの貢献が期待されます。また、生命と健康を支える重要な役割を担っている細胞内小器官であるミトコンドリアを対象とした、世界初のミトコンドリア機能計測用のPETプローブの開発にも成功しています。この当社オリジナルのPETプローブを用いた生体機能研究を進めるとともに、PETによる薬物評価試験を受託試験として実施しています。



### (4) 大鵬薬品工業株式会社

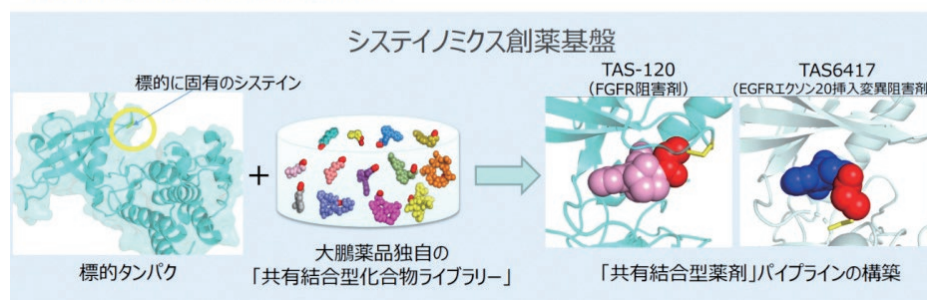
#### 革新的抗がん剤を生み出す創薬エンジン“システイノミクス”の深化

大鵬薬品では、創薬を通じて患者さんの、かけがえのない「いつもを、いつまでも」続くように革新的な医薬品を届けたいと願っています。弊社の研究拠点であるつくば研究所では新たな薬を生み出す源泉となる創薬エンジンとしてシステイノミクスの技術を磨いてきました。本技術の特徴は、治療標的となるタンパク質のシステイン残基に化合物を共有結合させることにより強力に選択的な薬剤を作り出すことが可能になることです。つくば研究所では、この技術を用いて日米欧にて承認を取得し胆道癌における個別化医療の選択肢となっているFGFR阻害剤のリトゴビを創製しました。また、米国FDAから画期的治療薬指定を受けたEGFRエクソン20挿入変異阻害であるZipalertinibもシステイノミクス技術を適用したものです。他にも複数の本技術を用いた治験薬が臨床試験段階に進んでおり患者さんの健康に貢献できることを期待しています。本研究所における今後の展開は、第一に、現在の技術をシステイン以外のアミノ酸へ発展させる拡張型システイノミクスを目指しています。日本のアカデミアとの連携を実施しており既存技術の深化に取り組んでいます。第二に、新規モダリティ多様化を目指して創薬を進めています。バイオロ

ジクスにおける創薬も従来の強みがいける領域やシナジーが見込まれる領域を探索し展開しています。こうしたサイエンスやテクノロジーの先鋭化によって、これまで解けなかった医療ニーズに応える医薬品を次々に創りだしていきたいと考えています。

#### システイノミクス創薬

高い標的選択性を有する共有結合型薬剤を、多様な標的（アンドラッグブル標的を含む）に対して、連続的に生み出す創薬基盤



## その他

### 1. 2023 年度 SAT 活動報告

#### ■主催事業

| 開催日        | 開催内容                              | 開催場所等            |
|------------|-----------------------------------|------------------|
| 4月28日(金)   | 2023年度第1回総務委員会                    | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 6月16日(金)   | 2023年度第2回総務委員会                    | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 6月28日(水)   | テクノロジー・ショーケース2024第1回実行委員会         | つくば国際会議場         |
| 7月6日(木)    | SATフォーラム2023                      | つくば国際会議場         |
| 7月27日(木)   | 江崎玲於奈賞検討委員会                       | オンライン            |
| 8月9日(水)    | つくば賞予備審査会                         | つくば国際会議場         |
| 8月25日(金)   | 2023年度第3回総務委員会                    | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 8月28日(月)   | 第18回研究情報交換会                       | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 10月17日(火)  | 第1回サイエンス・シニアサロンin Tsukuba         | つくば国際会議場         |
| 10月20日(金)  | 2023年度第4回総務委員会                    | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 11月7日(火)   | テクノロジー・ショーケース2024第2回実行委員会         | つくば国際会議場         |
| 11月20日(月)  | 江崎玲於奈賞・つくば賞委員会                    | オンライン            |
| 11月23日(木祝) | 第16回つくばスタイル交流会                    | つくば国際会議場         |
| 12月22日(金)  | 2023年度第5回総務委員会                    | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 1月25日(木)   | テクノロジー・ショーケース2024                 | つくば国際会議場         |
| 2月16日(金)   | 2023年度第6回総務委員会                    | つくば国際会議場(ハイブリッド) |
| 2月20日(火)   | 会誌第42号発行                          | —                |
| 2月27日(火)   | 第9回サイエンス・カフェ                      | つくば国際会議場         |
| 3月8日(金)    | 江崎玲於奈賞、つくば賞、つくば奨励賞<br>授賞式・受賞記念講演会 | つくば国際会議場         |
| 3月12日(火)   | 第2回サイエンス・シニアサロンin Tsukuba         | つくば国際会議場         |
| 3月19日(火)   | テクノロジー・ショーケース2024第3回実行委員会         | オンライン            |

#### ■共催事業

つくば科学・技術産業イニシアティブ  
第169回 4月24日(月)～第178回 3月18日(月)まで 10回開催

### 2. 役員リスト

#### ◆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  
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

久野美和子

小玉喜三郎

佐藤 一彦

城石 俊彦

関 正夫

寶 馨太

瀧口 太

寺門 一義

内藤 学

永田 恭介

中津 欣也

中原 徹

中村 道治

沼尻 博

林 純一

板東 義雄

藤田 光一

宝野 和博

松浦 浩生

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  
電気通信大学客員研究員 / 内閣府地域活性化伝道師  
元国立研究開発法人産業技術総合研究所特別顧問  
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  
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  
関彰商事株式会社代表取締役会長  
国立研究開発法人防災科学技術研究所理事長  
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  
株式会社常陽銀行特別顧問  
茨城県商工会議所連合会会長  
筑波大学長  
株式会社日立製作所研究開発グループ主管研究長  
公益財団法人つくば科学万博記念財団理事長  
国立研究開発法人科学技術振興機構名誉理事長  
沼尻産業株式会社会長  
筑波大学名誉教授  
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  
国立研究開発法人土木研究所理事長  
国立研究開発法人物質・材料研究機構理事長  
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)



### 3. 賛助会員リスト（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  
家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

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  
ソフトイーサ株式会社

#### た

大鵬薬品工業株式会社研究本部  
大陽日酸株式会社つくば研究所  
高橋興業株式会社  
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

（54 企業・団体 2024 年 5 月 8 日現在）

#### 編集委員

- 餌取章男/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
- 藤村高徳/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

本年 3 月に江崎会長が白寿を迎え、これまでの人生を振り返る寄稿を掲載しました。エサキダイオード発明に至る流れや背景、その頃の周辺状況などがよくわかりますので、お楽しみいただければと思います。最近では街中や屋内でもマスクを着用しない方が増えてきて、SAT の活動も通常に近くなってきました。1 月に開催したテクノロジー・ショーケースでは久しぶりに懇親会を開催でき、なごやかな議論があちこちで見られました。つくば発注目研究ポスター発表と、プレゼン賞受賞発表の要約を昨年度より本会誌に掲載しており、また全ての発表のアブストラクトをホームページに掲載しておりますので、ご参照いただければ幸いです。（渡辺記）

# Contents No.43 August 2024

|    |                                                                                                                                                                                                              |                      |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 2  | 特別寄稿 「白寿を迎え、わが人生を振り返る」                                                                                                                                                                                       | SAT会長 江崎玲於奈          |
| 6  | 2023年度江崎玲於奈賞・つくば賞・つくば奨励賞                                                                                                                                                                                     |                      |
|    | ●第20回江崎玲於奈賞<br>「スピントロニクス材料の直接観察とその物性の研究」<br>理化学研究所 理事長特別補佐、創発物性科学研究センター センター長<br>東京大学 卓越教授・特別栄誉教授<br>理化学研究所 創発物性科学研究センター 電子マイクロコピー研究チーム チームリーダー                                                              | 十倉好紀<br>于 秀珍         |
|    | ●第34回つくば賞<br>「ゲノム編集技術を含む新たな育種技術の基盤構築と社会実装への展開」<br>筑波大学 生命環境系 教授                                                                                                                                              | 江面 浩                 |
|    | ●第33回つくば奨励賞（実用化研究部門）<br>「膜型表面応力センサ（MSS）を用いた嗅覚センサの総合的研究・開発と社会実装」<br>物質・材料研究機構 高分子・バイオ材料研究センター<br>バイオ材料分野 電気化学ナノバイオグループ 主任研究員<br>同機構 同分野 嗅覚センサグループ 主任研究員<br>同機構 同分野 嗅覚センサグループ グループリーダー                         | 今村 岳<br>南 皓輔<br>吉川元起 |
|    | ●第33回つくば奨励賞（若手研究者部門）<br>「スピントロニクスに関する基盤研究」<br>物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター<br>スピントロニクスグループ 上席グループリーダー                                                                                                       | 内田健一                 |
| 11 | SATテクノロジー・ショーケース2024<br>会長挨拶/ポスターセッション/特別シンポジウム/全体総括<br>(特別シンポジウムテーマ:「カーボンニュートラルとサーキュラーエコノミーが導く未来社会」)                                                                                                        |                      |
| 16 | つくば賞その後－19 「『格子量子色力学に基づく核力の研究』その後」<br>京都大学 基礎物理学研究所 所長<br>大阪大学 核物理研究センター 准教授<br>理化学研究所 数理創造プログラム ディレクター                                                                                                      | 青木慎也<br>石井理修<br>初田哲男 |
| 18 | つくば研究情報 －若手研究者の活躍－<br>「動物における“オスとメスが営む社会”から“メスだけで営む社会”への進化的移行」<br>農業・食品産業技術総合研究機構 植物防疫研究部門 主任研究員                                                                                                             | 矢代敏久                 |
| 20 | 賛助会員最前線<br>理想科学工業株式会社 「パッケージングのワークフローを変革するインクジェットプリントユニット『Integlide』のご紹介」<br>ペンギンシステム株式会社 「研究者向けオーダーメイドソフトウェア開発に特化して40年超」<br>浜松ホトニクス株式会社 「光技術により健康・長寿社会の実現に貢献」<br>大鵬薬品株式会社 「革新的抗がん剤を生み出す創薬エンジン“システイノミクス”の深化」 |                      |
| 22 | その他 SAT活動報告、役員リスト、賛助会員リスト                                                                                                                                                                                    |                      |

## 表紙写真説明：

上左：第20回江崎玲於奈賞受賞式

上右：SATテクノロジー・ショーケース2024 ポスター発表会場風景

下左：SATテクノロジー・ショーケース2024 パネル討論

下右：SATテクノロジー・ショーケース2024 優秀ポスター賞受賞者

**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8月

発行人：江崎玲於奈

編集人：餌取章男