

CROSS T&T

Comprehensive Research Organization for Science and Society

No.72**2022.10****Thinking Theme 「食」を科学で調理する****山本（前田）万里****萩原 大祐****山田 悟史****渡辺 万里****つくばからの発信****岩崎 憲治****原田 彩佳****篠原 隆一郎****堀内 勇寿****田中 法生****佐伯 いく代****東海からの発信****梅垣 いづみ****小室 又洋****筑波研究学園専門学校発****大塚 由利子**

【表紙写真】東海村からひたちなか市にかけて晩秋の風物詩、イモ畑の収穫風景。丸干し用のサツマイモを収穫している＝照沼（東海村）提供

一般財団法人 総合科学研究機構

CROSS T&T 72 号 目次

Thinking Theme 特集：「食」を科学で調理する

セルフケア食のデザイン —自分の健康を維持するためにできること—	山本（前田）万里 （農研機構 食品研究部門）	1
発酵微生物「麹菌」を代替肉として食す 新しい食産業に向けた伝統食品からの取り組み	萩原 大祐 （筑波大学 生命環境系）	5
食味の秘密は界面にあり 量子ビームが読み解くナノスケールのレシピ	山田 悟史 （KEK 物質構造科学研究所）	11
家庭でもおいしくできる 干しいも研究最前線：原料いも貯蔵条件の最適化	渡辺 万里 （茨城県農業総合センター 園芸研究所）	16

Tsukuba（つくばからの発信）

創薬目指し、ゼロからつくばで 生体分子の構造解析と最新装置「クライオ電子顕微鏡」	岩崎 憲治 原田 彩佳 （筑波大学 TARA センター）	21
湖の温暖化は進行しているのか？ 水源 - 霞ヶ浦のモニタリングから	篠原 隆一郎 （国立環境研究所 地域環境保全領域）	25
「ポリネーターガーデン」とは？ 都市緑地の生物多様性を守る新たな環境創出を考える	堀内 勇寿 田中 法生 （国立科学博物館 筑波実験植物園）	29
山桜がもたらす恵み 茨城県桜川市の地域づくり	佐伯 いく代 （筑波大学 生命環境系）	33

Tokai（東海からの発信）

正負のミュオンで捉えた全固体リチウム 電池負極材料のリチウム移動現象	梅垣 いづみ （KEK 物質構造科学研究所）	37
---------------------------------------	---------------------------	----

<CROSS ロード>

加速器と原子炉、2つの中性子源をものづくりに役立てる 令和4年度中性子産業利用報告会	小室 又洋 （CROSS 中性子科学センター）	44
ゲイシャコーヒーを試飲 「サザ農園・新豆まつり」	水沢 多鶴子 （CROSS 編集委員）	20

Tutorial（学校法人 筑波研究学園） 発

赤ちゃんとの排泄コミュニケーション	大塚 由利子 （TIST こども未来学科）	46
-------------------	--------------------------	----

Press & Release（最近のプレスリリースから） 8 41

縦書きにクロス 49

「思い出の料理と綴る自分史 母が紡ぐ和の薬膳」 宮澤孝子
「首都圏の『綻び』 記者が出会った識者と考察」 長竹孝夫
短歌 死者を語る日 松崎健一郎

セルフケア食のデザイン

—自分の健康を維持するためにできること—

農研機構食品研究部門 エグゼクティブリサーチャー 山本（前田）万里

食品に機能性を表示できる制度として、現在、特定保健用食品（トクホ）、栄養機能食品、機能性表示食品がある。機能性表示食品制度は2015年4月から施行され、販売者自身が安全性と機能性について責任をもって明らかにし、その内容を消費者庁に事前に届け出る制度である。現在、生活様式が大きく変わってきていることから、今後は、個人の健康の見える化を適切な方法で行い、機能性表示農産物を活用した、個人に健康状態に適したセルフケア食品をレコメンドするような個別化システムを提案していくことが重要になる。SIP事業にて行っている個人の健康の見える化を行うための健常日本人1000名の健康調査とストレス、睡眠、食事との関係や機能性表示農産物の活用について紹介する。

1. はじめに

農林水産省の農林水産研究イノベーション戦略2022（2022年6月策定）の重点的研究政策には、個人の食事履歴や医療データを活用し、健康状況や体質等に応じた「おいしくて健康に良い食」を提案するサービスを実現、国内のみならず海外への展開を目指し、食事履歴や検索情報など、フィードバックで得られるデータを解析し、エビデンスとデータに基づく「食による健康」を実現するとある。また、みどりの食料システム戦略（2021年5月策定）では、栄養バランスに優れた日本型食生活の総合的推進として、個人ヘルスデータ、食品中含有成分の網羅解析データとの統合とデータ活用によるセルフケア食のデザイン技術の開発が必要と記載されている。

新型感染症の爆発的な流行により生活様式が急変し、内食、中食の需要が急増した。在宅勤務の急増など今までとは異なった環境下では、ストレスの増加、睡眠の不調、生活習慣病の増加などが懸念されており、健康を維持増進する食品の果たす役割が重要性を増している。今までは生活習慣病予防のための様々な機能性表示農産物が開発・

上市されてきた。さらに新たな機能性食品を生み出すために、我々は新たな研究として、内閣府SIP「スマートバイオ産業・農業基盤技術」の中で、「健康寿命の延伸を図る「食」を通じた新たな健康システムの確立」に取り組んでおり、健常人1000名の睡眠、自律神経、遺伝子、腸内マイクロバイオーーム、食習慣、血液等のデータから、健康な状態から少し体調を崩した「軽度不調」を評価する指標の開発や軽度不調が見える化して改善するセルフケア食の開発・提案を目指している。

2. 機能性食品の表示と課題

日本では、ヒトの口の中に入るものは食品と医薬品の二つに分類され、医薬品以外が食品とされる。日本では1984年から世界に先駆けて食品の機能性に関する文科省の特定研究がスタートしたことから、その成果を受けて世界で初めて食品の機能を表示できる制度として1991年から特定保健用食品制度（トクホ）が施行された。2001年から施行された「栄養機能食品」に続いて、2015年4月1日から機能性表示食品制度が、食品表示基準の中で施行された。

トクホは、個別の商品ごとに食品の有効性や安全性について審査を受け、表示について国の許可を受ける必要がある制度で、現在では1067品目が許可されている。2001年から施行された「栄養機能食品」は、栄養成分（ビタミン13種（ナイアシン、パントテン酸、ビオチン、ビタミンA、B₁、B₂、B₆、B₁₂、C、D、E、K、葉酸）、ミネラル6種（亜鉛、カルシウム、鉄、銅、マグネシウム、カリウム）、n-3系脂肪酸）の補給のために利用される食品で、一日当たりの摂取目安量に含まれる当該栄養成分量を、定められた上・下限値の範囲内におさめて注意喚起を行った上で、機能性を表示できる規格基準型の制度である。2015年から生鮮食品でも表示ができるようになった。

2015年4月1日から機能性表示食品制度が、食品表示基準の中で施行された。この制度では、一般加工食品やサプリメントの他、農林水産物（生鮮食品）も対象とされたこと、国ではなく事業者自身が安全性や機能性について責任を持つこと、届出制であり届け出られた情報は消費者庁のホームページで販売前に公開されること、農林水産物が対象、体の部位を言及できる、主観的指標で機能性のエビデンスを取得できるなど、世界的にも例のない制度である¹⁾。上市されている機能性表示食品の機能性のターゲットは、体脂肪、おなかの調子、血圧、血糖、目、目鼻の不快感、肌、筋肉、排尿、骨、睡眠、身体的疲労、精神的ストレス、認知機能、尿酸、肝臓、免疫機能、ミネラルの吸収などとなっている。2022年8月2日現在、

生鮮食品では150品目が届出・受理されている機能性表示食品市場は2021年度で約4000億円とされ、施行後7年でトクホ市場を追い抜く勢いとなった。薬に比べ極めてマイルドな効果を有する農林水産物や食事の健康の維持・増進効果を検証するための新たなヒト介入試験の方法の確立が必要と考えるられている。具体的には、健康から少し不調な状態である、「軽度不調」をセンシングするシステムを開発し、個人の不調を改善するセルフケア食の開発が重要となる。

3. 機能性弁当のヒト介入試験³⁾

以前のプロジェクトで複合食品の機能性検証として、科学的エビデンスの検証を行った農産物等を組み合わせて、機能性弁当のレシピを構成し、内臓脂肪面積が高め（100cm²以上）の被験者159人による、機能性農産物を使用した弁当のメタボリックシンドローム改善の有効性を検証した。被験食品は、機能性農産物を使用した「おかず」、「茶」（高カテキン「べにふうき」緑茶）及び「米飯」（50%大麦「キラリモチ」及び玄米）であり、4群に無作為に割り付け、3ヶ月間、平日の昼食時のみ摂取してもらった。

全ての弁当のエネルギーは約700 kcal、タンパク質は約28 g、脂質は19 g、炭水化物は約100 g、塩分2.3 g以下、機能性成分として、ポリフェノール0.8 g、食物繊維10.4 g、カロテノイド15 mgであった。

弁当を80%以上喫食した137人について統

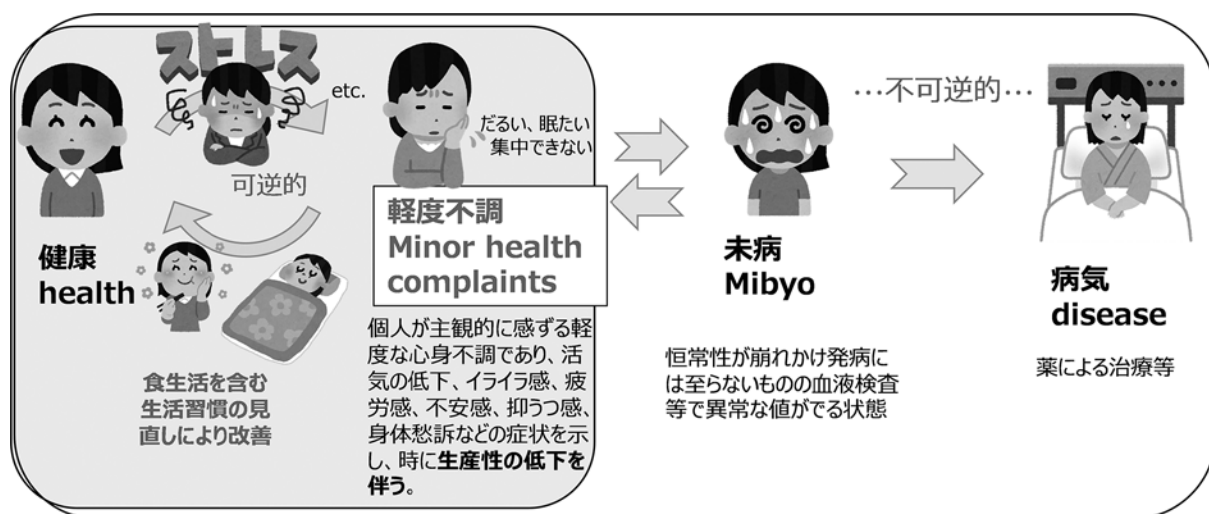


図1. 軽度不調とは



図 2. SIP2 での研究内容

計解析をすると、この介入試験に参加することによって、内臓脂肪面積が試験前と比べて、有意に 9.2 cm^2 減少した。内臓脂肪面積を減少させる効果の高い食品は、機能性米飯（50 % 大麦「キラリモチ」混合白飯及び玄米）であり、女性では平均 14.9 cm^2 減少した。このことから、食生活全体の変化と機能性農産物を使用した機能性弁当（NARO Style® 弁当）の連続摂取により、内臓脂肪面積の低減効果等が期待されることが明らかになった³⁾。食品を組みあわせて弁当（主食、主菜、副菜、嗜好飲料の組み合わせ）にして、疾病予防に役立てるという考え方はまさに、健康に良い食の提案につながる取り組みと考えられる。

4. 第2期 SIP での取組

我々の食によるヘルスケア産業創出コンソーシアムは、内閣府 SIP「スマートバイオ産業・農業基盤技術」の中で、健康の軽度不調を評価する方法や健康に良い軽度不調緩和食品の開発や軽度不調を緩和することで労働生産性を向上させることを目的に研究を推進している^{4,5)}。軽度不調の考え方を図1に示す。

軽度不調の評価指標を定めるために、全国の男女 1000 名（20～80 歳）に対し、夏季と冬季の2回、遺伝子、腸内マイクロバイオーム、メタボローム解析、血液検査、尿検査、自律神経、睡眠の質、食事摂取頻度調査、生活状態やストレス、睡眠などのアンケート調査などを2019年夏季から2020年冬季まで実施した。得られたデータを統合的に解析することで、軽度不調と関連のある指標（アンケート、腸内マイクロバイオーム、自律神経、睡眠、血液成分等）や軽度不調や仕事のパフォーマンスを向上させる食品成分などを明らかにしようとしている（図2）。解析結果から軽度不調を改善するセルフケア食のデザインも始まっている。前述の NARO Style 弁当を一部改良した NARO Style PLUS ミールが設計され上市された。

これらのデータは今後、創薬や診断薬開発に生かされると期待される。セルフケア食をデザインするためには、2つの情報、①ヒト個人の情報（健康状態、遺伝子、マイクロバイオーム、嗜好性、アレルギー等）、②食材情報（栄養成分、機能性成分、アレルゲン、味、香り、食感、賞味期限、

調理方法等)が必要である。これらの情報を収集、統合、解析を行うことで、健康に良い食を設計することが可能となる。統合したデータは2024年以降、制限公開する予定である。

5. おわりに

今後の機能性としては、超高齢化の中で健康寿命延伸に大きく寄与すると考えられるフレイル予防、認知機能改善、ストレス軽減、老化制御作用などの解明が期待されている。今回紹介したSIP2の事業では、健康人1000名の夏冬季の多大なヘルスデータが取得された。バイオ戦略2020にも記述されているように、今まで行われてきた研究や今後行われる研究のデータを連携、それを産業に活かしていくことが重要である。本研究で取得されたデータについては、研究終了後公開して産業利用してもらう仕組みを他のコンソーシアムと連携して構築している。広く食によるセルフケアに活かされ、健康寿命延伸に寄与することを期待する。

＊ 本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「スマートバイオ産業・農業基盤技術」(管理人：生研支援センター)によって実施された。

参考文献

- 1) Maeda-Yamamoto, M., Ohtani, T. (2018) Development of functional agricultural products utilizing the new health claim labeling system in Japan. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 82: 554-563.
- 2) 農林水産物の研究レビュー(届出様式作成例) URL: <https://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/sys-review/index.html> (2022.8.2に確認)
- 3) 山本(前田)万里他(2017), 機能性農産物を使用した機能性弁当の内臓脂肪等メタボリックシンドロームへの影響を検証するヒト介入ランダム化プラセボ対照比較試験. *日本食品科学工学会誌*, 64: 23-33.
- 4) Foods that could help address minor health complaints, *Nature Research Focal Point*; URL: <https://www.nature.com/articles/d42473-020-00385-5> (2022.8.2に確認)
- 5) 食を通じた健康システムの確立による健康寿命の延伸への貢献; URL: https://www.youtube.com/watch?v=X_990sJImCk (2022.8.2に確認)



山本(前田)万里(やまもと(まえだ)・まり)

1986年千葉大学園芸学研究科修士課程修了。同年農林水産省入省。農業研究センター、中国農業試験場研究員、野菜茶業研究所茶機能解析研究室長、食品総合研究所食品機能研究領域長、食農ビジネス推進センター長、ヘルスケア創出研究統括監を経て、2021年から現職。筑波大学協働大学院グローバル教育院教授。一般社団法人セルフケアフード協議会代表理事。1992年農学博士(九大)。日本茶インストラクター。機能性食品、抗アレルギー緑茶開発研究等に従事。

2018年から戦略的創造イノベーションプログラム(SIP2)の「食を通じた健康システムの確立による健康寿命の延伸への貢献」の研究代表者として、食による健康長寿社会の実現を目指した研究活動を展開。2002年日本食品科学工学会奨励賞、2013年内閣府産学官功労者農林水産大臣賞、2016年日本農芸化学会技術賞、2016年日本食品免疫学会産業賞、2018年日本農学賞(読売農学賞)等。

発酵微生物「麹菌」を代替肉として食す

新しい食産業に向けた伝統食品からの取り組み

筑波大学 生命環境系・微生物サステナビリティ研究センター 萩原 大祐

世界の人口増加に伴う食料危機や、環境配慮型の食料生産の必要性から、畜肉に代わる大豆を用いた代替肉食品（大豆肉）の開発が盛んだ。食生産における地球への負荷を今後も継続的に減らしていくためには、さらに踏み込んだ選択肢が必要なステージに差し掛かっている。そこで私たちは日本の伝統的な発酵微生物である麹菌に着目し、菌類タンパクを代替肉として利用することを目指して研究開発を進めている。麹菌の生育速度や栄養利用率は、既存の家畜や栽培作物に比べて圧倒的に優れており、未来社会における新たな食産業の立役者として麹菌は限りない魅力を秘めている。

1. 研究の背景

2050年には世界の人口が100億人に迫り、2020年から比べて約25%の増加が予想されている。この急激な人口増加に伴い、食料の必要量も当然増加する。特に、新興国などでは所得増加により食生活が変化し、肉類や乳製品の需要が伸びると予想されており、需給バランスが取れなくなる「タンパク質危機」が2030年までに訪れると危惧されている。牛肉1kgの生産には11kgの飼料と約20tの水を使用すると試算されており、畜産物の消費が伸びることは、穀物需要の増大および水資源の利用増に直結する。気候危機の観点からも、牛のゲップに含まれるメタンガスや糞尿の処理過程で発生する一酸化二窒素などの温室効果ガスの大量排出が、大きな問題として立ちはだかる。

これらの背景から、代替肉の開発が世界中で加速し、日本国内でも大豆由来の代替肉食品が数多く登場した。環境や健康に対して消費者の意識が向上し、植物性代替肉に注目が集まり始めた2020年を「代替肉元年」として、さらなる市場の拡大を狙える兆しが見えてきた。

それでは、植物性代替肉の普及がこのまま拡大すれば、来るタンパク質危機と環境危機を回避で

きるだろうか。あるレポートでは代替肉の市場規模は2030年まで毎年約20%伸びると予測している。世界的に大豆の需要がこれほどまで急激に高まれば、当然の帰結としてその価格が上昇し、普及が阻害されないだろうか。また、大豆の作付けを増やし生産量を確保するにしても、新たな農地を求めて森林破壊が進むことはないのだろうか。さらに、「環境志向」という仕掛けだけでは、環境問題に感度の高くない消費者へは届かず、消費者の裾野を広げる上で限界があるのではないのか。

このような顕在化しつつある課題を解決できないままの世界に、タンパク質危機や気候危機を回避する未来があると考えるのはあまりにも楽観的であろう。今必要とされているのは、より実効性が高く、即時性、波及性に優れた新たな代替肉の選択肢を用意することである。

2. 麹菌が代替肉素材として優れる理由

こうじ 麹菌は糸状菌と呼ばれる菌群に属しており、大きな括りで言えばキノコも糸状菌に属する。これらの菌は細胞が伸長して（糸状）成長するという構造的な特徴を有しており、納豆菌や乳酸菌などの単細胞のバクテリアとは異なる形状を示す。麹菌は、味噌、醤油、日本酒などの醸造に用いら

れ、和食の要となる味の形成に寄与してきた。したがって、日本人にとって非常に馴染みが深い伝統的な発酵微生物であり、日本を代表する微生物として“国菌”に認定されている。この麴菌が代替肉の素材として非常に優れ、環境志向の新食材として有望視される理由を以下に列記する。

①**培われた安心感**：発酵食品を通じて 1000 年以上の食経験があるため、多くの日本人は麴菌に対して安心感を抱く。近年では、塩麴や甘酒のブームもあり、麴（米などの穀物に麴菌を生やし、醸造などに利用される。酵素を多量に含む。）がより身近なものになり、麴菌そのものも受け入れやすい素地ができていると言える。実際に、発酵食品の製造に用いられる微生物であることから、麴菌は健康に良さそう、といったクリーンなイメージを持たれている。

②**確固たる安全性**：古くから醸造に使われてきた麴菌は、植え継がれる過程でより良い菌株が選抜されてきた。これにより有害な物質を生産する株は排除され、今に残る菌株は極めて安全な栽培品種だと言える。つまり麴菌は、日本人が野生の麴菌株を家畜化して和食文化を発展させてきた、その賜物ということになる。今世紀に入ると麴菌のゲノム解析がなされ、有害物質を生産できないことは遺伝子的にも確証が取れている。

③**驚異的な生育の速さ**：麴菌を育てるプロセスは、植物の栽培になぞらえると理解しやすい。すなわち、栄養を豊富に含む培地に、麴菌の“種”を植え、一定時間“栽培”し、時機を見て“収穫”する。培地や培養器の選択により変動するが、収穫までにかかる日数は 5 日ほどである。大豆の栽培では約 5 ヶ月、肉牛の出荷までの飼育には 2 年以上かかることを考えると、非常に短期間で培養→回収のサイクルを繰り返すことが可能である。

④**低環境負荷**：麴菌の生産は工場生産が基本となるため、広大な土地を必要とせず、培地に使用する栄養源と水、その他の動力エネルギーが基本的なインプットコストになる。これらの環境負荷は、他の食料生産に比べて非常に

低いレベルにある。また特筆すべきは、廃棄物の排出量が少ない点にある。畜産では膨大な糞尿が排出され、農業では肥料流出や非可食部の残渣の処理が大きな課題であるが、菌産（注：筆者の造語）においてはインプットエネルギーの多くを菌体バイオマスとして回収できる。

⑤**高い食適合性**：麴菌の細胞は糸状性に伸長し分岐するため、成長すると綿のように絡まり合った形態をとる（図 1）。したがって麴菌を培養した菌体の塊は天然の繊維構造を持ち、肉の繊維感を再現しやすいと予想される。風味に関しても、基本的にはクセの強い香りは無く、余分な添加物（マスキングなど）を必要とせず、以降の食加工の応用範囲が広いと言える。

⑥**優れた栄養特性**：タンパク質含量は乾燥重量に対して 30-50% ほどを示す。この値は大豆（33.8%）や牛肉（43.0~49.5%）＝注：日本食品成分表 2015 年版（七訂）より＝に匹敵するもので、代替タンパク質の素材として優れている。また、必須アミノ酸はもとよりタンパク質を構成するアミノ酸を全て含有する。コレステロールは含まれず脂質量は低く、食物繊維を豊富に含む。

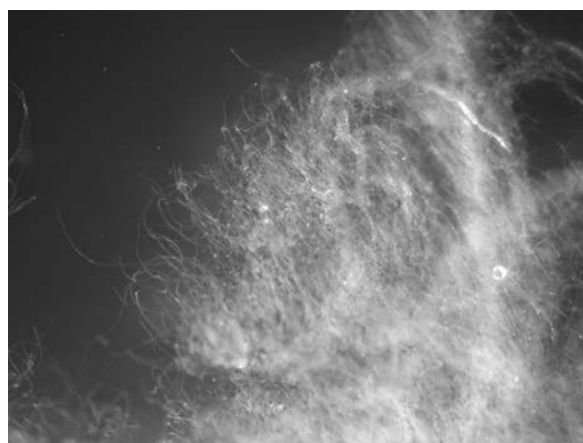


図 1 麴菌の糸状に伸長した細胞

3. 代替肉として麴菌の利用可能性の検討

私たちのグループでは、培養・回収した麴菌から肉様食品を目指して加工試験を行い、試食によりその特性を検討した。まず、培養回収した麴菌の菌体は、さながら湿った紙のような感触を示し

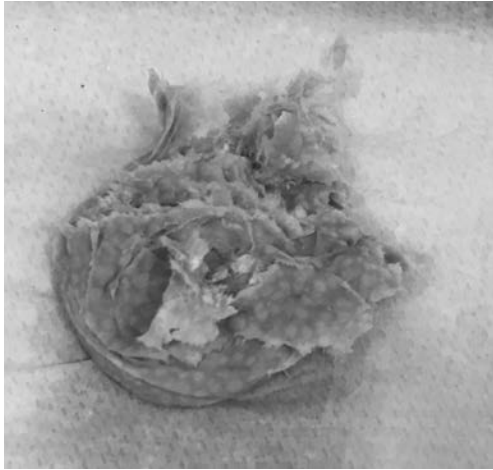


図2 回収した麴菌の菌体



図3 フライパンで焼いた麴肉

た(図2)。ここにつなぎ役の卵白を加えミキサーで混合する。これを成形し、スチームで固化させたのちに油を薄くひいたフライパンで焼成し、ハンバーグに似た食品(麴肉)を作成した(図3)。以下は、試食時の個人の感覚に基づく定性的な評価になる。

- ①食感は繊維感を強く感じることができる。口の中で噛み切る際に抵抗を感じ、場合によっては噛み切りづらいが、ペレット状の菌体塊で構成されているため適度にほぐれて飲み込める。
- ②麴菌に動物性の油脂成分は含まれないため、麴肉に肉汁に相当するものは存在しないが、肉塊を噛む際に保持されていた水分の^{しんしゅつ}滲出がある。口の中に広がる滲出液は、肉食品で感じるものとは少し違ったタイプのうま味を感じることができる。
- ③麴肉を焼くと、肉食品と同様に表面に焼き色がつく。メイラード反応による化学反応が起きていると推測され、適度な焦げの香ばしさを感じることができる。

以上のように、単純な加工を加えたのみだが、肉様食品の物性や食味をある程度再現できることがわかった。より手の込んだ加工により、麴菌素材の多様な食品としての応用可能性が広がると考えている。

4. 未利用食材を活用した麴菌の培養

食品として麴菌の利用価値が高いことを受けて、次に重要なポイントは、何を栄養分にして生

産するべきかである。原則として、麴菌の生育に必要なのは炭素源と窒素源、ミネラルであり、様々な素材を培地として使用することが可能だと言える。

そこで私たちがまず目をつけたのは、日本酒製造の副産物として出る酒粕である。現状では、排出される酒粕の全てが食利用されているわけではなく、未利用食材の有効利用という観点で利用可能性を検討した。酒粕には発酵に関わった酵母や麴の菌体成分が残り、栄養素を豊富に含んでおり、予想通り、酒粕を用いた培地で麴菌は旺盛に生育した。得られた菌体で麴肉の作成と試食を行なうと、クセのない味と、適度に芳醇な香りを含み、素直に美味しいと感じる素材が得られた。これはほんの一例であるが、未利用食材を麴菌によりアップサイクルして、価値を持つ食品を生産するのは、環境に調和した未来型の食品製造プロセスであると言える。

5. 麴菌培養食品の未来予想図

現時点で麴菌の培地や培養方法には開発の余地が多く残されているものの、我が国の発酵産業に蓄積された知見と高い技術をもってすれば、社会実装までそれほど時間はかからないと期待される。代替タンパク質としての麴菌のポテンシャルを見込んで多数の食品会社が参入し、魅力的な麴菌食品が市場に導入されることも期待できる。このシナリオがうまく進んだ先には、菌産が一つの新しい食産業として地位を得るほどに成長する未来を想像している。「菌産業」は、食品製造にお

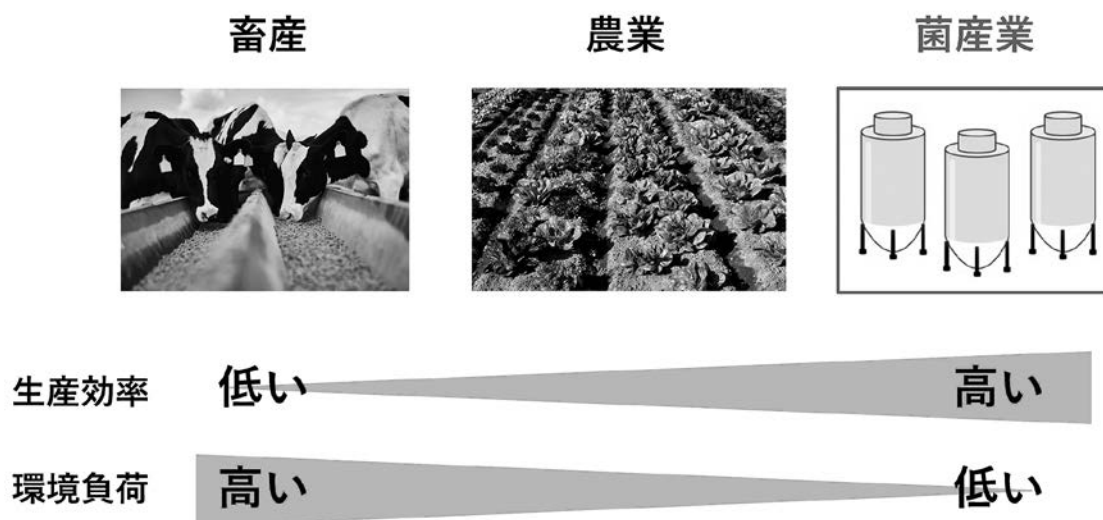


図4 菌産業と既存の産業の比較

ける生産効率が高く、地球環境への負荷も既存の産業に比べて段違いに低い（図4）。したがって 菌産業の拡大は、食料危機や気候危機を回避するために最も実効性の高い道筋であり、地球の存続

Press & Release

■農研機構 2022年8月29日

3D プリント食品で生きるキャベツの芯 機能性たっぷりの廃棄部位を利用した新素材

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nfri/154471.html

キャベツの芯を乾燥・粉碎して粒の大きさを調整すると、歯ごたえのあるペースト状の食品素材ができる。これを3Dフードプリンタで造形すると芯の栄養・機能性成分を摂取できるだけでなく、その硬さを新たな食感表現の手段として表現・活用できる―とカット野菜製造時に生じるフードロスの削減期待の研究が進んでいる。

キャベツの芯は、一玉の生重量の15%程度を占めるが、可食部である葉と比べて硬いために、多くの場合加工段階で切り離されて廃棄されている。日本食品標準成分表2020年版（八

訂）でも廃棄部位として位置づけられているほど。その一方で、キャベツの芯には、食物繊維に加えて、炭水化物、アミノ酸、ビタミンC、ビタミンU、リン、カリウム、カルシウムなどの栄養やクロロゲン酸、ケルセチン、グリコシドなどの機能性成分が含まれることが知られてる。

そこで研究では、次世代食品加工技術として注目される3Dプリント食品の製造を目指し、新たな利用方法を開発した。最初に、キャベツ芯から粒径1ミリメートル未満の乾燥粗粉末を調製し、吸水後の潰れやすさを調べたところ、芯の硬

さを活かした新素材となることを見出した。この粗粉末をペースト化してシリンジ（注射筒）の先端（ノズル内径8ミリメートル）から押し出すことで、粗い表面をもつ棒状の成形物を得ることができた。さらに、キャベツ葉由来の微粉末などの軟らかい素材との混合や加水量調整により、3Dフードプリンタで採用されている内径2ミリメートルのノズルを用いても、途中で切れることなく押出成形が可能であることがわかった。

野菜の微粉末を原料とする従来の3Dプリント食品は、いずれも柔らかいペースト状になりやすく、造形する食品の食感表現の幅が狭くなるという課題があった。カット野菜の製造時に発生するキャベツの芯やブロッコリーの茎といった硬すぎて廃棄されてきた食材の粉碎条件を

にとって踏み外せないステップになるはずだ。言うまでもなく、麴菌を基にした新しい食文化を創生する舞台に最もふさわしいのは日本であり、新たな価値をまとった“和食”として世界へ広がっていくだろう。人も地球もヘルシーな未来が到来する日を想像し胸を躍らせて、今日も開発を進めている。



萩原 大祐（はぎわら・だいすけ）

2006 年名古屋大学大学院生命農学研究科博士後期課程修了、博士（農学）。
2007 年東北大学未来科学技術共同研究センターにて日本学術振興会特別研究員 PD。
2010 年中央大学理工学部にて機構助教。
2011 年千葉大学真菌医学研究センターにて特任助教。
2017 年筑波大学生命環境系にて准教授。

謝辞

本解説は、農林水産省 イノベーション創出強化事業「麴菌による代替肉（麴肉）の美味しさと健康機能性を追求する」で実施している課題をもとに紹介しております。本研究の遂行にあたり多岐にわたるご支援を感謝いたします。

制御することで、3D プリント食品などの次世代食品に対して咀嚼感などの豊かな食感を付与することが可能になると期待される。今後、この粗粉末を用い

た次世代食品加工の幅を拡げつつ、カット野菜製造企業等と連携することでこの新素材の実用化を加速する予定という。（農研機構食品研究部門）

ス断面のようなむき出しの肉に対して用いられるが、生きた牛の体毛や皮を通して、皮下脂肪あるいはより深部にある霜降り肉のオレイン酸含有量を定量すること難しかった。

■産業技術総合研究所 2022 年 9 月 5 日

生きた牛のオレイン酸の含有量

MR スキャナーにより非破壊・非侵襲で計測

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2022/pr20220905/pr20220905.html

産業技術総合研究所（つくば市）地圏資源環境研究部門物理探査研究グループの中島善人上級主任研究員は、牛肉の風味を決めるとされるオレイン酸の含有量を、生きたまま計測できる手法の実験に成功した。ポータブルな磁気共鳴表面スキャナーを使って、肉用牛の脂質を生きたまま非破壊・非侵襲での計測を可能にした。

オレイン酸は、牛肉の風味や口溶けの良さに影響を与えるだけでなく、健康にも良いとされており、畜産業界では牛肉の付加価値を上げる物質のひとつとして注目されている。しかし今のところ、生きた牛のオレイン酸などの不飽和脂肪酸の含有量を非破壊・非侵襲で精度よく定量できる計測方法はない。例えば、近赤外分光法は枝肉のロー

実験はまず、牛脂をサンプルに用い、その質の定量的な判定を試みた。磁気共鳴実験を行ったところ、プロトン横緩和時間の長短が、牛脂中のオレイン酸などの不飽和脂肪酸の含有量と高い相関があることを発見した。磁気共鳴現象（MR）で平衡状態に戻ることを緩和といい、時間とともに横磁化（静磁場に対し直交した磁化）が減衰することを「横緩和」と呼ぶ。その指数関数的な減衰の時定数を横緩和時間（T2）という。

不飽和脂肪酸の含有量とプロトン横緩和時間の正の相関関係を牛脂について確認する実験と

なった。その結果、牛脂のプロトン横緩和時間からオレイン酸含有量を誤差 2.2% で推定できたという。

この発見を、別途開発中の磁気共鳴表面スキャナーで取得したデータ解析に適用することで、生きた肉用牛に対する不飽和脂肪酸の含有量を非破壊・非侵襲・原位置で計測できる道が開けた。片側開放型という特殊な設計の磁石のおかげで、生きた牛の体表から 1 ～ 3cm 程度の深部の脂肪の質を調べることができる。

オレイン酸などの不飽和脂肪酸は飽和脂肪酸にくらべて融点が高いことから着想された。地

圏資源環境を扱う研究部門では、地下油田評価などに磁気共鳴現象を利用し、石油分子の融点が高いほどプロトン横緩和時間が長いことを把握していた。この石油分子の磁気共鳴物性の特徴が牛脂にも成立することが確認できれば、牛脂のプロトン横緩和時間をオレイン酸などの不飽和脂肪酸の含有量に変換できるのだという。

この測定法を用いて、畜舎内で肉用牛の肥育過程を追跡すれば、オレイン酸含有量を効率よく仕上げるための給餌法の開発や最適な出荷時期の決定などに利用できるとしている。

らの支持が高かった。4 位「健康的な免疫を整えたいから」(36.3%)でも、女性の 50 代(51.0%)、60 代(51.0%)で特に割合が高く、6 位「美容のため」(14.5%)では女性 20 代(25.0%)、7 位「ダイエットのため」(9.8%)は女性 10 代(22.0%)の割合が高かった。

粒納豆とひきわり納豆のどちらが好きかを聞くと、「ひきわり派」は 17.1% (「ひきわり納豆」「どちらかというとひきわり納豆」の合計)。「どちらも好き」(24.0%)も約 4 人に 1 人となった。

全国消費者パネル調査によると、ひきわり納豆の消費(100 人当たり金額)は 2016 年度の 1,084 円から 2021 年は 1,845 円と、5 年間で 1.7 倍にも増加していることが示されている。

「ひきわり派」に、ひきわり納豆の製法や特徴について、どのくらい認知されているか、「納豆が好き」な人に聞いたところ、大豆をあらかじめ挽き割って皮をほぼ取り除き、その後発酵させて製造されていることを知っていたのは 14.4% と低かった。約 3 割は「発酵を終えた粒納豆を細かく刻んで作っている」との誤った認識を持っていることが明らかになった。

「大豆の皮が取り除かれている」ことを知っている人も 31.9% と約 3 割にとどまった。

「ひきわり納豆」にはビタミン K が「粒納豆」より約 1.5 倍(出典：日本食品標準成分表 2020 年版)多く含まれているが、その認知度は 22.3% と約 2 割にとどまった。

■タカノフーズ 2022 年 9 月 13 日

ひきわってから発酵している

「ひきわり納豆」全国調査報告 第 1 弾

<http://www.takanofoods.co.jp/>

納豆好きの人でも、「ひきわり納豆」は「発酵を終えた粒納豆を細かく刻んで作っている」と誤解している人が 30.4% おり、「ひきわり納豆は大豆をひきわってから発酵」していると知っていた人は 14.4% にとどまった。「おかめ納豆」のタカノフーズ(本社・小美玉市、高野成徳社長)は、人気上昇中の「ひきわり納豆」シリーズについて、全国の 10 代～60 代の男女合計 2400 人に、その製法や特徴についてどのように認知されているのかを調査した。

納豆全般については、「好き」(51.2%)、「どちらかというと好き」(21.0%)を合わせて 7 割以上の人が「納豆好き」と答

えた。このうち 16.2% が「毎日」、31.1% が「週に 4 回以上」、58.8% が「週に 2 回以上」納豆を食べており、まさに国民食。一方、「納豆は苦手」な人でも 20.4% (「ほぼ毎日」「週に 4 ～ 5 回程度」「週に 2 ～ 3 回程度」の合計)と約 2 割は週に 2 回以上納豆を食べていることが分かった。

納豆を食べる理由では、1 位は「おいしいから」(50.6%)、2 位「納豆が好きだから」(46.4%)に次いで、3 位に「納豆を食べれば栄養面で健康だと感じるから」(42.9%)が入った。納豆の栄養面での信頼度は、特に女性の 50 代(57.5%)、60 代(55.0%)か

「反射率法」は、半導体デバイス開発でも用いられてきた解析方法で、物質表面や界面のナノ構造を、製品を切断したりせずに調べることができる。山田准教授は、この方法を食品科学に応用している。食品の中に存在する界面——固体と液体、水と油、空気と食材など——のナノ構造から料理人の勘や経験を量子ビームで明らかにする。X線は元素を見分けて、それぞれの原子の位置や化学結合を分析することが得意だが、炭水化物や水など軽い元素で構成される物質を見分けるのは難しい。その点、中性子は水素をはじめとする軽元素の分析に向いている。同位体を区別できるため、試料の一部を同位体元素に入れ替えて性質を制御し、隠れていた食材の特性を明らかにすることも可能だ。さらに中性子は透過しやすいので食材の厚さに応じた分析ができる利点もある。今回はそのようなビームの特性を生かした中性子反射率法による成果を中心に解説頂いた。(CROSS T&T 編集委員会)

食味の秘密は界面にあり 量子ビームが読み解くナノスケールのレシピ

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 山田 悟史

1. 緒言

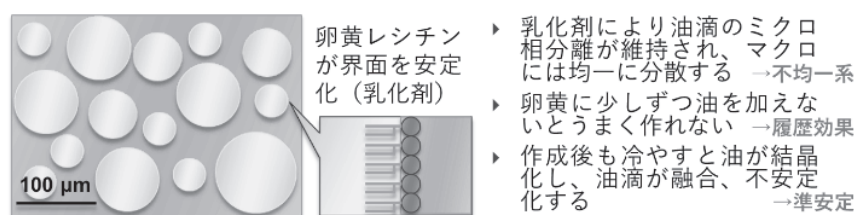
調理は人間固有の能力であると考えられている（ただし、サルが海水で芋を洗い、塩味をつける「芋洗い行動」が世代間で引き継がれることは報告されている [1]）。人間は、食品を加工することによって調理を行い、その技術は経験則により発展してきた。一方、今日ではその調理過程を科学によって理解することが可能である。具体的には、加水分解、乳化、ゲル化、結晶化、ガラス化など、その背景にある科学的現象は枚挙に暇がない。もちろん、数千年かけて積み重ねてきた経験則は、数多の教師データの学習により生まれたものであり、一筋縄では理解できない。しかし、中には正確とは言えないものもあり、科学による検証もまた重要であると言える（例えば「煮物は冷める時に味がしみる」と言われるが、本来は温度が高い方が熱拡散によって味は浸透しやすく [2]、煮崩れ防止などの観点も含んだ格言であると推測される）。また、調理過程の科学的な理解が加工食品の品質向上や、調理方法の開発にも繋がって

いる。

ただし、食品は構成要素が非常に多い超複雑系であり、それを支配するメカニズムもまた非常に複雑である。具体的な例として、マヨネーズの例を図1（次ページ）に示す。まず、マヨネーズは目視で観察可能なマクロスケールでは均一に見えるが、顕微鏡スケールでは数十～数百 μm 程度の油滴が水中に分散している、いわゆる水中油滴エマルションであり、ミクロ相分離した不均一系である。この際、卵黄に含まれるレシチンが乳化剤の役割を果たし、界面エネルギーを減少させることによって系を安定化させているが、作成の際に卵黄に少しずつ油を加えないとマクロに相分離してしまったり、作成後も冷やすと油が針状結晶を形成して隣接する油滴と融合し、不安定化したりと、様々な準安定系特有の現象を示す。

食品を科学的に理解しようとするにあたって、味はもちろんだが、食感や加工性の観点で言うとマクロスコピックな物性が重要な役割を果たす。そのため、食品に関する研究では味や香りの官能試験にとどまらず、粘弾性などの物性測定も行わ

例：マヨネーズ（水中油滴エマルジョン）



- ▶ 不均一性の評価：マイクロビームを用いたマッピング
- ▶ 元素選択：X線の吸収端を利用した分光
- ▶ 水素の識別：重水素化ラベリングを施し、中性子で評価
- ▶ 水和水：中性子準弾性散乱で緩和運動を観察
- ▶ 界面情報：中性子/高エネルギーX線反射率法で抽出

図1 量子ビームの食品への応用例（マヨネーズ）

れている。しかし、多成分で準安定、場合によっては不均一な系に対して、一側面だけを見ているのもその全容を理解することはできない。また、物性発現のメカニズムを理解するためには、マクロスコピックな現象のみならず、原子・分子スケールのミクロスコピックな構造を観察し、物性との相関を明らかにすることが大きな鍵となる。

そこで、筆者は共同研究者らと共に複数の量子ビームと手法を組み合わせることで情報を抽出し、その全容を明らかにするために「量子ビームを用いた食品科学（QBFS, Quantum Beam Food Science）」プロジェクトを立ち上げた [https://www2.kek.jp/imss/ciqus/project/theme/2020-11/]。例えば、幅広い構造階層性に対しては、分子とその集合体は回折や小角散乱で、組織構造はマイクロビームで調べることが有効であるし、X線の吸収端を用いることで元素選択的な評価も可能である。また、水の分布やダイナミクスは中性子による同位体置換法や非弾性散乱が有効であり、反射率法を用いれば表面・界面の情報のみを抽出することができる。実際、これまでも量子ビームを用いた食品科学は行われており、本プロジェクトメンバーは小角 / 高角散乱、X線吸収端微細構造、中性子準弾性散乱、中性子反射率法などを用いて以下のような研究を行ってきた。

- ✓ チョコレート中に含まれる油脂（ココアバター）について、工業的に有利な結晶型であるV型の成長が、温度変化のレートの最適化

やずり流動により促進されることがX線回折および中性子反射率により明らかになった。[3,4]

✓ 牛乳の主成分であるカゼインミセルの構造、およびそれを加工することによって得られるチーズが熟成される際にカゼインカルシウムペプチド、乳脂肪結晶といった要素が構造変化する様子をX線小角散乱により観察した [5]。

- ✓ 小麦の主要タンパク質の一つであるグリアジンの水溶液および水和凝集体について、濃度変化に伴う集合構造の遷移をSAXSにより解析し、小麦粉生地 の物性改善を通じて食品品質の向上や加工性の改善への寄与が期待される結果が得られた [6]。
- ✓ X線小角 / 高角散乱とFT-IR測定を組み合わせることで餅の形成過程観察を行い、デンプン中のアミロペクチン分子が広がっていきネットワークを作る様子を観察することに成功した [7]。
- ✓ ほうれん草に大量にカルシウムが含まれているにもかかわらず、吸収される量がわずか5%しかないという現象に対し、溶解度が低いシュウ酸カルシウムとして存在していることが原因であることを明らかにした [8]。
- ✓ 干し芋の乾燥時間と熱力学特性および中性子準弾性散乱から評価できる水の運動性の相関を評価し、乾燥が進むほど水分子の結晶化が阻害され、干し芋がガラス化することを明らかにした [9]。

本稿では、特に筆者が専門とする中性子反射率法について、食品に関する結果を簡単に紹介する。

2. 固体界面におけるココアバターの結晶成長

チョコレートはココアバター結晶のマトリクス中にカカオマス、砂糖、乳脂肪などが閉じ込められた構造をしており、ココアバター結晶が体温に

より溶けることでそれらの香りや甘味、うまみなどが口の中で徐々に放出される。ただし、ココアバター結晶は6種類の異なる結晶多形を形成することが知られており、低融点のIII型やIV型と呼ばれるココアバター結晶の場合は指でつまんだだけで溶け始める上、口の中で一気に融解することで香りや甘味が強くなりすぎるという問題が生じる。一方、V型と呼ばれるココアバター結晶は融点が33度とチョコレートの用途に最も適した結晶型であるが、融点が高いということはより安定な結晶型ということの意味しており、不安定核ほど核形成速度が速いというオストワルトの段階則に従うと非常に作成しづらい結晶型となる。そこで、製菓メーカーは複雑な温度操作（テンパリング）やある種の油脂による種結晶を添加することにより、V型のココアバター結晶が形成されるよう製品管理を行っているが、V型のココアバ

ター結晶の形成メカニズムにはまだ不明な点が残されており、これを明らかにすることでより効率的なチョコレート作成が可能になると期待できる。

本研究では、表面効果によって結晶となる前のクラスター、さらには結晶核の形成が促進される不均一核生成について、特に温度操作を行う際に^{かくはん}攪拌によって生じるシアストレス（→CROSSワード）の效果に着目し、中性子反射率法による結晶成長の観察を行った。サンプルはシリコン基板の上にココアバターの融液を載せ、測定の前直前に4000 rpmの回転数で薄く延ばすことにより作成した。実験はJ-PARC MLFの中性子反射率計^{ソフィア}SOFIAを用いて行い、ココアバター結晶に由来するシグナルの観測を行った。ココアバターに限らず、結晶とは原子や分子がある繰り返し周期dで規則正しく配列した状態となっており、ココア

バター結晶の場合は多形によってdが変化する。中性子反射率法を用いると、基板への入射角 θ と中性子の波長 λ が特定の関係を満たす時に反射率が急激に上昇し（結晶の周期と中性子の反射→CROSSワード）、その強度が結晶成長と共に増加することから、結晶化の過程を観察することができる。特に低融点のIII型やIV型と、チョコレートに適したV型の繰り返し周期は大きく異なっていることから、これらを区別してその成長を捉えることができる。

図2はずりの影響を変えるために、4000 rpmに到達するまでの時間を変えて作成した試料について、ココアバター結晶由来のBraggピークが経時変化の様子を示している。結果

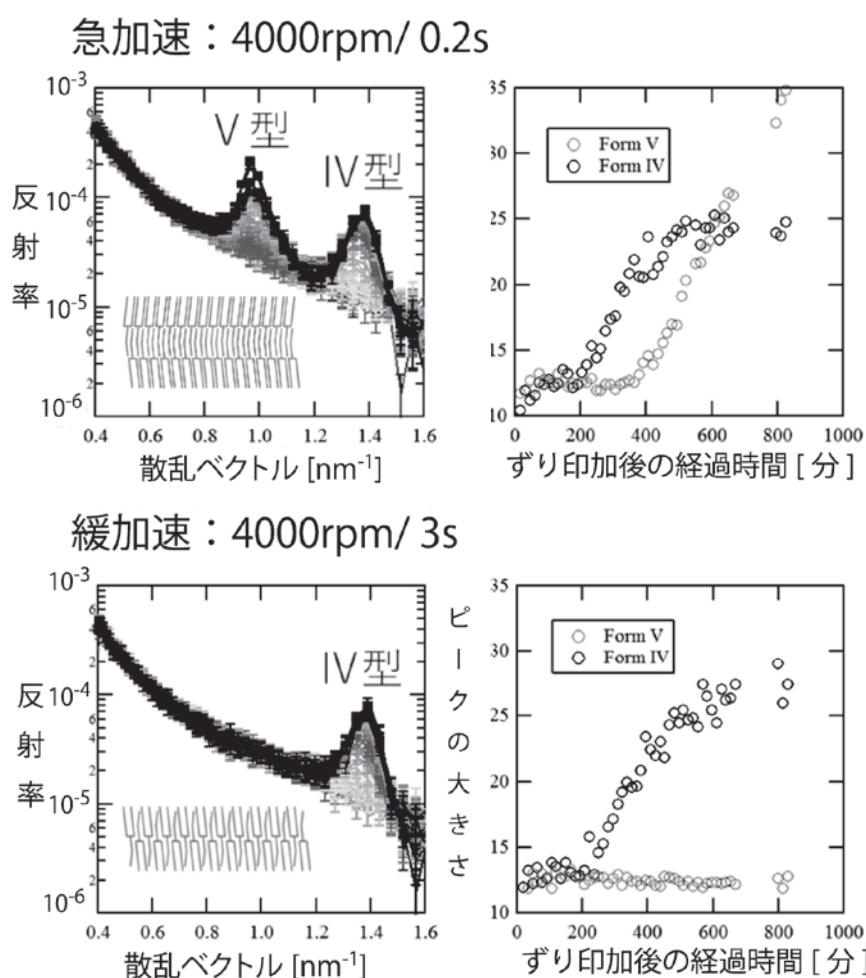


図2 加速度によるココアバターの結晶成長の差

は明瞭で、急加速してずりの影響を大きくした試料ではIV型と同時にV型が形成されたのに対し、加速が緩くずりの影響が小さい試料ではIV型しか形成されなかった。これは、固液界面におけるずりがV型の結晶成長を促進していることを示しており、テンパリングの過程で温度を均一化するために行っている攪拌によるずりが結晶成長において大きな役割を果たしていることを示している。

3. 気水界面におけるエタノールの界面偏析

異種の物質が接する表面・界面では、そこで生じる界面エネルギー損失を最小化するためにバルクとは異なる振る舞いを示すことが広く知られている。特に食品に関して関係が深い現象は「界面偏析」であり、例えば乳化剤のような両親媒性の分子は気水界面や油水界面に偏析し、疎水性の気相・油相と親水性の水相で生じる界面エネルギー損失を最小限に抑え、界面を安定化することができる。よって、乳化剤による界面安定化のメカニズムを理解するためには表面剰余量を評価する手法が強く求められるが、残念ながらこれを評価する手法は多くない。これに対し、中性子反射率は表面剰余量の評価が可能な数少ない手法であり、本稿ではエタノール水溶液の気水界面における表面偏析に関する研究結果 [10] を紹介する。

この実験では中性子を反射しない無反射水（屈折率が空気と等しい1となる水）を利用する。通常の水（原子核が陽子1個で構成される軽水素で出来た水）は中性子に対する屈折率が1よりわずかに大きい一方、重水（原子核が陽子1個と中性子1個で構成される重水素で出来た水）は屈折率が1よりわずかに小さい。この性質を

利用して適切な比率でこれらを混合すると水の屈折率が空気と等しくなり、中性子を照射しても反射が生じなくなる。同様の方法で、空気と屈折率が等しいエタノール水溶液を作成することができるのだが、この際にエタノール分子が空気との界面で偏析層を形成すると、空気と屈折率が異なる層が界面に形成されることになる。その結果、エ

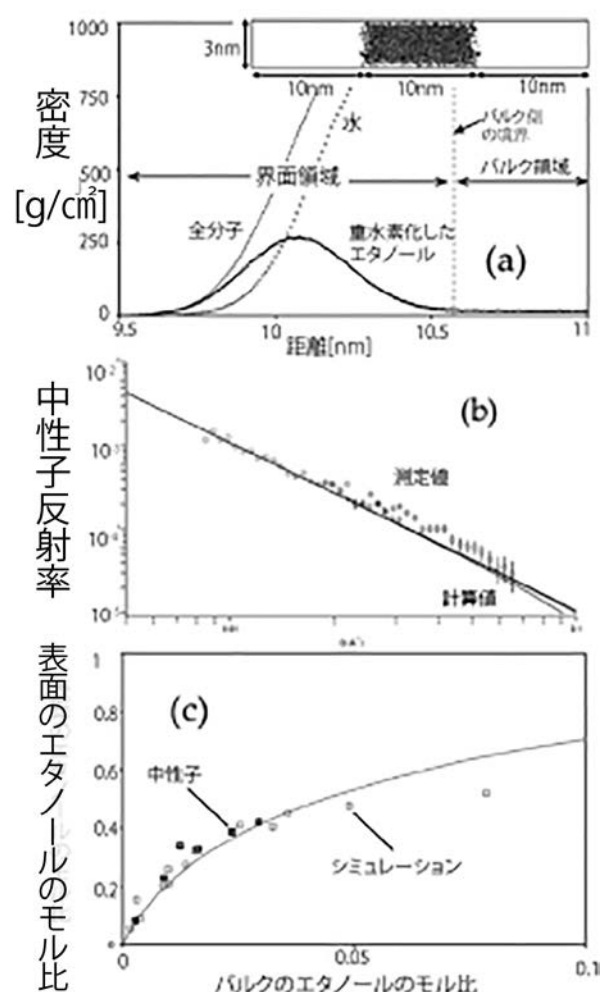


図3: エタノール水溶液の中性子反射率データ

Reproduced from Figures 2 and 3 in reference 10 with some modifications. (引用文献10のFig.2及び3を一部改変)

CROSS シアストレス (shear stress、せん断応力)

■ワード 平面に平行に力をかけたとき、単位面積当たりにかかる力の大きさ。せん断応力または摺り応力。

結晶の周期と中性子の反射

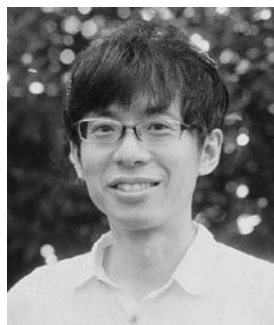
結晶格子面が間隔 d で多数並んでいるとき、各面で反射された中性子 (X線も同様) が干渉して強め合い、波の位相が一致した時に最も強くなる。強度最大となる時のビームと格子面間隔の関係をブラッグ条件と呼ぶ。式で表すと、基板への入射角 θ と中性子の波長 λ とするとき、 $2d \sin \theta = n \lambda$ (n は自然数) となる。

タノール分子の偏析量に応じて中性子が反射するため、この反射率を計測することによって表面剰余量を評価することができる。実際、この系では弱い界面活性を示すエタノール分子が気水界面に偏析することが多くの理論や計算機実験により示されており（図 3a）、中性子反射率でも偏析層に由来する反射が観測された（図 3b）。また、図 3c に示す通り実験・シミュレーション共にエタノール濃度の向上と共に表面剰余量は増加しており、その値も非常に良い一致を示していることから、シミュレーションの結果の正当性を検証することができたと言える。

以上の通り、本稿では中性子反射率法を用いた食品科学の研究例を紹介した。ただし、これらは確かに量子ビームを活用した研究ではあるが、残念ながら主に単一の量子ビームの手法に基づく研究にとどまっている。今後の研究ではこれをさらに深化させ、複数の量子ビーム・実験手法を用いて多面的に評価することを目指しており、軟 X 線の吸収分光による試料表面における組成分析などを組み合わせることにより、食品のような多成分系の評価に繋がっていきたいと考えている。

引用文献

1. M. Kawai, *Primates* **6**, 1-30 (1965).
2. 佐藤瑤子, *日本調理科学会誌* **47**, 119-125 (2014); **53**, 74-80 (2020).
3. L. Bayés-García et al., *CrystEngComm*, **15**, 302-314 (2013).
4. F. Nemoto et al., *JPS Conf. Proc.* **33**, 11077 (2021).
5. 那須田祐子ら, *食品科学工学会誌*, **67**, 186-192 (2020).
6. N. Sato et al., *J. Agric. Food. Chem.*, **63**, 8715-8721 (2015).
7. A. Nagasaki et al., *Food Science and Nutrition*, in press.
8. H. Abe, *Chem. Lett.* **43**, 1841 (2014).
9. H. Nakagawa et al., *Frontiers in Chemistry - Physical Chemistry and Chemical Physics*, **7**, 731 (2019).
10. A. E. Hyde et al., *J. Mol. Liq.* **290**, 111005 (2019).



山田 悟史 (やまだ・のりふみ)

最終学歴:

広島大学大学院生物圏科学研究科 博士 (学術)

職歴:

▽ 2005 年 4 月～09 年 5 月: 高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 中性子科学研究施設研究員 ▽ 09 年 6 月～09 年 8 月: 同特任助教 ▽ 09 年 9 月～21 年 3 月: 同助教 ▽ 21 年 4 月～ KEK 量子ビーム連携研究センター准教授

家庭でもおいしくできる 干しいも研究最前線：原料いも貯蔵条件の最適化

茨城県農業総合センター 園芸研究所 流通加工研究室室長 渡辺 万里

1. はじめに

茨城県の干しいもは、ひたちなか市・東海村・那珂市を中心に全県にわたって生産されており、全国生産量の約9割以上を占めている。

干しいもの令和3年度販売金額は91億円で、平成24年度の55億円から65%も伸びている品目である。これまでは、収量は少ないが干しいもの品質が良く仕上がる品種「泉13号」や収量が多い品種「タマユタカ」などを中心に、生産・加工がおこなわれていた。しかし、近年は干し上がりの色が黄金色で明るく食感がねっとりとしているサツマイモ品種の「べにはるか」が主流になり、干しいもの需要も増加してきている。

干しいもなど加工用原料いもとなる「べにはるか」は、10月から11月にかけて収穫される。その後、一般的にはキュアリング処理をせず、霜や雨風が直接当たらないよう農家の軒下で、コン

テナに入れた状態で、シートや古い毛布などをかけておく簡易な方法で軒下貯蔵することが多い。

軒下貯蔵で1か月から2か月程度貯蔵しながらサツマイモの糖度を高めた後、11月下旬頃に干しいも加工を開始して、翌年2月頃まで加工することが多いが、軒下貯蔵は温度や湿度の調節ができないため、原料いもはその時期の気温に大きな影響を受ける。暖冬な年は気温が下がらず、糖化が遅くなり、加工開始が遅れる傾向にある。逆に早い時期から霜が降りるような寒い年には、低温に弱い原料いもが低温障害で寒さの被害を受け、早い時期から腐敗することもある。

そこで、干しいも生産量を増やすために干しいも加工用原料いもの貯蔵に適した貯蔵庫を使用しキュアリング処理した原料いもの長期貯蔵性とそれらを加工した干しいもの品質について調査をしたので、紹介する。

キュアリング処理とは、温度30～35℃、湿

表1 原料いも貯蔵前処理区と貯蔵期間の違いが原料いもの腐敗率¹⁾に及ぼす影響

調査時期 ²⁾	貯蔵日数	キュアリ ング有	ダブルキュ アリング ³⁾	尾根切除	無処理
令和2年12月	38	0	—	0	0
令和3年 1月	78	0	—	0	0
2月	100	0	—	0	0
3月	129	0	—	0	0
4月	160	0	0	0	0
5月	197	0	0	0	0
6月	225	0	0	0	6.7
7月	252	0	0	0	6.7
8月	280	0	0	0	6.7
9月	317	0	0	0	6.7
10月	350	0	0	0	6.7
11月	379	60.0	10.0	10.0	26.7

1) 腐敗率(%) 腐敗個数/全個体数

2) 貯蔵期間は、収穫日(令和2年10月27日から調査日までの月数

3) 令和3年3月9日から試験区を設置

度 90 ～ 95 % RH で 100 時間程度貯蔵することにより、いもの表面のコルク化を促進して貯蔵性を高める処理方法のことである。ダブルキュアリング処理は、1 回目のキュアリング後 13℃で貯蔵し、再度キュアリング処理を行うこと。なお、この手法は茨城県が開発した特許技術である（特許 6705954 号）。

さいごに、家庭で出来る干しいものづくり方についても、紹介する。

2. キュアリング処理の効果

茨城県農業研究所において栽培した「べにはるか」（令和 2 年 10 月 27 日）原料いもを用いて、同年 10 月から翌年 11 月まで、キュアリング処理区、ダブルキュアリング処理区、尾根切除（サツマイモの両端を切断面が直径約 2 cm となるように切除すること）区、キュアリング無処理区（以下、無処理区）の原料いもを恒温恒湿貯蔵庫内（13℃、0 % RH 設定）で貯蔵した。

キュアリング処理をしなかった原料いもは翌年 6 月から腐敗がみられているが、その他のキュアリング処理をした試験区（キュアリング処理区、ダブルキュアリング区と尾根切除区）は、同年 10 月まで腐敗が抑えられることが分かった。ただし、翌年 11 月にはすべての区で腐敗を確認した（表 1）。

このことから、キュアリング処理を施し、13℃、0 % RH 貯蔵庫で原料いもを貯蔵することができれば、1 年間の貯蔵が可能なが分かった。

原料いもの貯蔵前処理の違いについては最も糖度が高い時期は様々であるが、収穫直後に加工した干しいもより、貯蔵した後に加

工した干しいもの方が、糖度が高いことが分かる。このことから、原料いもを貯蔵することができれば、農繁期にすべての加工ができなくても、農閑期に加工時期を分散することが可能になる（表 2）。

3. 長期貯蔵はいつまで可能？

13℃で貯蔵した原料いもは、蒸煮後、剥皮し、厚さ 8.5mm にスライスしたものを、恒温恒湿器

表 2 原料いも貯蔵前処理と貯蔵期間の違いが干しいも加工後の糖度（Brix%、水分 25%換算）に及ぼす影響

加工時期 ¹⁾	キュアリング	ダブルキュアリング ²⁾	尾根+キュア	無処理
令和2年11月	52.7	—	57.6	51.7
12月	—	—	—	—
令和3年 1月	56.3	—	54.5	60.7
2月	—	—	—	—
3月	57.5	56.1	59.0	58.0
4月	—	—	—	—
5月	52.0	55.2	59.2	60.2
6月	—	—	—	—
7月	52.5	64.7	59.0	54.0
8月	—	—	—	—
9月	52.3	61.7	62.5	57.1
10月	55.0	58.3	68.4	57.0
11月	41.1	63.3	67.4	61.3

1) 加工時期は、貯蔵前処理後に貯蔵した原料いもを使った干しいも加工の時期を示す（なお令和2年度の収穫日は令和2年10月27日）

2) 令和3年 3月9日から試験区を設置したため「—」は未調査

表 3 貯蔵前処理及び貯蔵期間の違いが干しいも加工後の官能評価に及ぼす影響

加工時期 ¹⁾	処理区	肉質 ²⁾	食感 ³⁾	甘み ⁴⁾	美味しさ ⁵⁾ (総合評価)
令和2年11月		-0.9	-1.2	-1.3	-0.5
令和3年 1月		0.3	0.1	0.2	0.6
3月		0.6	0.6	0.4	1.1
5月	キュアリング	0.2	0.2	0	0.5
7月		0.3	0.3	0.1	0.4
9月		0.1	-0.1	-0.2	0.3
10月		0.5	0.7	-0.2	-0.3
11月	キュアリング	0	-0.5	0.7	-0.2
	ダブル				
	キュアリング	0.6	1.3	0	-0.2
	尾根+キュア	0.4	0.6	-0.2	0
	無処理	0.1	-0.2	-0.6	-0.4

官能評価のパネラーは園芸研究所職員11名

1) 加工時期は、貯蔵前処理後に貯蔵した原料いもを使った干しいも加工の時期を示す。なお収穫日は令和2年10月27日。

2) 肉質：粉っぽい-2、やや粉っぽい-1、普通0、やや粘質1、粘質2

3) 食感：硬い-2、やや硬い-1、普通0、やや軟らかい1、軟らかい2

4) 甘み：弱い-2、やや弱い-1、普通0、やや強い1、強い2

5) 美味しさ（総合評価）：不味い-2、やや不味い-1、普通0、やや美味しい1、美味しい2

(10℃、0% RH)を用いて、突き刺し水分計で概ね22%を下回るまで乾燥させた。乾燥させた干しいもは、冷凍庫(−40℃)で冷凍保管し、数か月から約1年経過した後に解凍して、官能評価を行った。

収穫後キュアリング処理した原料いもは、翌年3月から7月までに加工した干しいもで、総合評価が高い。11月まで貯蔵したものは、他の処理区と比較して、肉質はやや粉っぽく、食感はやや硬め、甘みはやや弱く、美味しさの総合評価はやや不味い結果となった(表3)。

収穫の翌年11月に加工した干しいもは、収穫後キュアリング処理し同年11月に加工したものよりも総合評価が高い。中でも、ダブルキュアリング処理した干しいもは肉質と食感が高い(表3)。

このことから、キュアリング処理して13℃の冷蔵貯蔵で保管していた原料いもで加工した干しいもは、翌年3月から7月までに加工すれば、美味しい干しいもを作ることができ、翌年11月までに加工しても、収穫直後に加工したものより、美味しい干しいもに仕上がることが分かった。

4. 家庭で出来る干しいものづくり方

家庭で出来る干しいものづくり方を紹介する。干しいもは、サツマイモを蒸して、皮を剥いて、スライスした後、乾燥させれば完成するので、家庭で手軽にできる。自宅にある道具を使って、ぜひ試してもらいたい。

(1) 干しいもづくりに必要な道具

① 蒸し器

原料いもを蒸すのに使用する。蒸す時間が長い場合、水が十分に入るものが適している。2段、3段にして使えるものが良い(図1)。

② 小型ナイフまたは包丁

皮をむき、蒸し芋をスライスする際に使用する。干しいもの加工場では皮むきは竹べら、スライスピアノ線を張ったスライサーを用いるが、一般家庭では小型ナイフや包丁で代替できる(図2)。

③ すだれと干し網

蒸した原料いもを干すときに使用する。一



図1 蒸し器でサツマイモを蒸す



図2 包丁

般家庭では、万能干し網やフードドライヤーといったものがあるのでこちらを代用してもよい(図3、4)。

(2) 家庭での自家消費するための干しいもづくりの手順と留意点は次のとおりである。

① 生いもの選び方と洗い方

原料いもは、干しいも加工向きで入手しやすい「べにはるか」がおすすめです。

原料いもは、紡錘形のものを選び、病虫被害のあるいもや腐っているいもを取り除く。

原料いもは、大・中・小および用途別(平干し用・丸干し用)に分別する。サイズの違いによって蒸し時間が変わってくる。また、原料いものサイズが大きいと乾燥しにくいいため、大きいサイズが平干し向き、小さいサイズが丸干しに向く。

② 蒸煮

多段式の蒸し器(セイロ)を使って蒸す。蒸し時間は、1～1.5時間程度である。ただし、原料いものサイズや糖化の度合いによって、蒸し時間を調節する。小さいいもや貯蔵期間



図3 干し網



図4 フードドライヤー

が長く糖化がかなり進んだいもは短めに、大きいいもや糖度は基準に達しているものの貯蔵期間の短い原料いもは長めにする。

でんぷんから麦芽糖を生成させるため、蒸す温度は β -アミラーゼの活性が高い50～70℃付近の温度を長く経過させ、徐々に温度を上げていく（例：1.5時間蒸す場合は、加熱1時間後に100℃付近になるようにする）。

十分に蒸しあがったかどうかは、まず蒸し時間で管理し、手の感触や、竹ぐしがスッと通るかどうかなどで最終判断する。

十分に蒸しあがったと判断した後15分程度追加で蒸らし時間を作る。これにより蒸しムラをなくす。

③ 剥皮（皮むき）・スライス

蒸したいもは、冷めるとむきににくくなるので、熱いうちに専用の鎌型刃や竹へらを使って皮をむく。

サツマイモの塊根の切り口からしみ出るミルク状の物質をヤラピンという。食品ではサツマイモにしか含まれない物質とされており、この液体は空気にふれると黒く変色する性質を持っている。刃物でむくときは、ヤラピンのしみ出るラインの内側までしっかりむくと干し上がりが明るい色になる。

蒸しいもを0.7～1.2cm幅に切断し、干し網の上に一枚ずつ並べる。干しいもの厚みは薄いほど早く仕上がり、厚みがあるほど時間がかかる。

丸干しの場合は、そのまま干し網の上に並べる。

④ 乾燥

乾燥方法は、機械乾燥（フードドライヤー）と天日乾燥等がある。機械乾燥は季節を選ばずに加工できるが、天日乾燥は春から秋までの気温と湿度が高い時期はカビが発生しやすくなるため、気温、湿度が低い冬場に加工することを勧める。

天日乾燥は、平干しの場合で4～7日を要するが、香りや色つやに優れている。

平干し、丸干しなど蒸しいもの形状や大きさによって異なるが、平干しの場合、天日乾燥は4～7日間、温風乾燥は7時間程度が目安になる。丸干しの場合は、天日乾燥で14～20日間程度が目安になる。

⑤ 仕上がった干しいものの保管方法

干しいもは十分に乾燥させれば出来上がりになる。

保管は、チャック付きの保存袋に空気を抜いて入れ冷凍庫で保管する。食べる分だけ少しずつ解凍するのがコツである。

冷凍庫での保管は、他の食品のにおい移りを防ぐためにしっかり袋を閉じることが大切である。

干しいもはサツマイモの栄養素を凝縮している

ため、普段の食事に手軽に取り入れることで、栄養バランスを高めることができる。日常の食生活で不足しがちな食物繊維を補うのに適しているの
で読者の皆さんも試していただきたい。

参考資料

- [1] 統計情報、農林水産省ホームページ
- [2] 干しいも事典、(一社)いも類振興会編集・発行
- [3] さつまいも事典、(一社)いも類振興会編集・

発行

- [4] 「干しいも加工マニュアル」茨城県農業総合センター園芸研究所



渡辺 万里(わたなべ・まり)
▽2016年4月から茨城県農業総合センター園芸研究所流通加工研究室にて農産加工、成分評価を担当
▽2021年4月より現職

CROSS ロード

ゲイシャコーヒーを試飲 「サザ農園・新豆まつり」

サザコーヒーの「サザ農園・新豆まつり」が6月24日、サザコーヒー(本社・ひたちなか市)で行われた。コロンビアで運営している農園から届いた2022年の新豆のお披露目会で、メイン会場は東京KITTE丸の内店だったが、ひたちなか本店で鈴木太郎代表の講演、コロンビア大使館職員の挨拶などのライブ中継が行われた。

時折豆を挽く音をマイクが拾うなか、コーヒーの木が整然と植えられた農園の映像が大型モニターに映し出される。細い枝に鈴なりのコーヒーの実には赤いのもあれば青いのもある。なるべく深い赤色に熟した実を選別するのだそう。同じ程度の赤みでも実の大きさはさまざま。

ゲイシャコーヒーのルーツとされるのは東アフリカに位置するエチオピアのゲイシャ村(名前の由来は諸説ある)。2004年、パナマのエスメラルダ農園で偶然に特別なおいしいコーヒーが発見されてから、「パナマ ゲイシャ」がコーヒー業界に旋風を巻き起こしている。

1969年創業のサザコーヒーは1997年にコロンビアに農園を買い、当地の生産者らと生産体制を構築し、品質向上に努めてきた。ゲイシャ品種



サザ農園の風景＝サザコーヒー提供

については2009年にパナマのエスメラルダ農園から導入したが、コロンビアを襲った「コーヒー葉さび病」で壊滅的な打撃を受けるなどした。それらを乗り越え、2021年の収穫で導入したゲイシャ品種の選抜と精製乾燥の精度が上がり、2022年コロンビアの農園で収穫できたコーヒーのなかでもゲイシャの仕上がりがとてもよく、花の香りが強くなったそう。

「新豆まつり」にはその貴重なゲイシャコーヒーが届いた。試飲させてもらおうと、「すべてのコーヒーの要素を持っている」ことが素人なりにも理解できる。オレンジの実か桃の花のような香りがあり、珈琲らしい香ばしさもある。香りが強いのに酸味や苦みが穏やかなのは、豆もよいがいれ方も上手なのだろう。

ということで、今回はおいしいコーヒーの淹れ方取材してきます。(CROSS T&T 編集委員・水沢多鶴子)

創薬目指し、ゼロからつくばで 生体分子の構造解析と最新装置「クライオ電子顕微鏡」

筑波大学・生存ダイナミクス研究センター 教授 岩崎憲治 助教 原田彩佳

「つくば」で始めた構造生物化学

私（岩崎）が筑波大学に赴任したのは、2018年の10月でした。その頃はまだ、前職の大阪大学と筑波大学の往復でした。研究室は私と秘書さんだけ。実験室は古い実験台があるのみ。ところが、ここから筑波大学、そして生存ダイナミクス研究センター（TARA センター）には非常に手厚いサポートを頂き、当時を知っている方には本当に驚嘆されるほどの設備になりました。そこでも目玉だったのが、2021年度に措置された、最新鋭のクライオ電子顕微鏡2台です（図）。ここまでの道のりをつくばという土地をからめてお話ししたいと思います。

2019年度になり、初めての学生が研究室に配属され、4人の学類生（他大学の学部生に相当する）がやってきました。もちろん皆4年生です。2018年度は当然授業をしていませんので、私のことを何も知らずにやってきたはずです。同じく助教さんが一人やってきました。宮崎直幸さんです（現在大塚製薬）。彼とは前職阪大時代からの長い付き合いですが、非常に優秀で、阪大から移管した膨大な備品を毎日のように梱包を解き、セットアップしてくれました。また、筑波大には加速電圧120kVの透過型電子顕微鏡とクライオホルダーを導入して頂きました。クライオ電子顕微鏡という専門を名乗りながら、最新鋭のクライ

オ電子顕微鏡をもたず、研究室をスタートしましたが、実はこれには「慣れっこ」でした。お隣のKEKには200kVのクライオ電子顕微鏡があるし、他大学の装置も借りることができます。それよりも構造生物（化学）をしっかりとここで立ち上げようと思いました。すぐお隣にある高エネルギー加速器研究機構（KEK）の放射光施設では、クライオ電子顕微鏡で解析できないような小さなタンパク質のX線結晶構造解析ができるので、私には格好の環境でした。

本気で創薬を目指して

さて、テーマです。あることがきっかけで、^{かつまくにくしゅ}「滑膜肉腫」（→CROSSワード）発症のメカニズムの解明をその先の創薬を目指して行うことにしました。「がん」は大きく3つに分かれます。肺がん、乳がん、胃がん、大腸がん等、上皮性の細胞から発生する「癌種」、非上皮性の細胞から発生する「肉腫」、3つめは造血器で発生するがんです（参考論文1）。この肉腫の中のさらに軟部肉腫の中の一つが滑膜肉腫です。希少がんに相当します。

このテーマを始めたきっかけは違うのですが、私はずっと希少疾患こそアカデミアで力を入れるべきだと思っていました。自分の研究の正当性を「なんとなく役に立つ、がんに効くかもしれない」という文言で主張するのではなく、しっかりその

CROSS

滑膜肉腫（Synovial sarcoma）

ワード

滑膜肉腫は皮下組織や筋肉などの軟部組織から発生する悪性軟部肉腫の一つ。発症頻度は少ないが、若年層を中心に発症し、しばしば遠隔転移をきたす、予後の悪い疾患とされる。発症場所としては四肢が多い。



筑波大学・生存ダイナミクス研究センターに設置された2台のクライオ電子顕微鏡（左がCRYO ARM 300 II、右がCRYO ARM 200）

メカニズムから理解し、具体的な創薬を目指そうと考えたのです。「なんとなく役に立つ」というのは、おそらくその対象となる疾患を遠いものとして考えているのか、もっと厳しい言い方をすれば予算や論文の審査を通すための口実程度に考えているのかもしれませんが。でも、病気の役に立つと言うときには、常に今その疾患で苦しんでいる患者さんのことを考えるべきです。基礎研究であっても、ベッドサイドを考えれば、「ただ面白い趣味的な研究」では済まされない覚悟ができると同時に、強いモチベーションを持ち、苦しくとも継続的な研究ができるでしょう。という理想に燃える一方で、そうすると、分子生物学、細胞生物学、基礎医学を総動員することが必要になるので、さあどうやって始めようかという自問自答が始まりました。

この時、国際テニュアトラック助教（将来的に筑波大にポジションを得ることを前提に海外の有名ラボで研究をする若手の助教）で私のラボに所属し、スタンフォード大にいた堀越直樹さんが随

分と助けてくれました。学生の指導もオンラインで米国西海岸からやる。時差も考えないようなこのオンライン体制に彼は不満を言うことなく、研究の土台を築いてくれました。

ラボを支える学生

手前味噌であり、自慢ではあるのですが、筑波大学の学生は優秀です。本当に驚きました。ウチのラボに来る学生さんは、やはり関東の人がほとんどです。化学類というところからやってきます。筑波大の中でもしのぎを削る忙しい学類なのですが、残念ながら「生物化学実験」についてはカリキュラムに組み込まれておらず、生物系の実験の経験無しにラボにやってきます。しかし、夏の院試が終わった後は、どんどんと実験を進めて卒業論文を提出できるまでになります。学生の優秀さ、真面目さのおかげで研究は私の想像を超えて進みました。よく言う指示待ち症候群とは反対の、自らアイデアを出すその姿勢と力には舌を巻きます。結果、当ラボが

始まって第二世代の学生が、先日研究会、そして学会で連続して賞を獲りました。

筑波大・つくば というところが武器に

今はこの第二世代の学生が築いた基礎を元に研究がさらに膨らみ、創薬も分子動力学計算や有機合成の専門の先生とタッグを組んで進めています。これが学内でできたのは筑波大によるところが大きいと思っています。それぞれの分野のスター研究者が学内におり、非常に協力的です。ライフサイエンス研究、創薬研究は多くの専門家が集まって進めることが肝要です。逆にそうしたチームでの研究推進は本気度の表れだと思っています。X線結晶構造解析では、地理的にお隣のKEKが協力的で単なるビームラインの共同利用という内容を遙かに超えたレベルでいつも助けて頂いています。研究会や装置の貸借など、やはりコロナ禍であっても地理的に近いことは交流が進みます。そして次に述べるクライオ電子顕微鏡の導入によって「つくば地区」が日本の一大構造解析拠点になりました。

クライオ電子顕微鏡がやってきた

透過型電子顕微鏡は通常、加速電圧 120kV、200kV、300kV の 3 種類が販売されており、この順にそのサイズが大きくなります。先に述べたように元々 KEK に共同利用で成果を挙げている加速電圧 200kV の Thermo Fisher Scientific 製クライオ電子顕微鏡がありました。

2021 年度に筑波大の当センターに 200kV と 300kV の国産のクライオ電子顕微鏡を設置し、「つくば地区」において大きなクライオ電子顕微鏡共同体ができあがりしました。これを Tsukuba cryo-EM Fleet (つくばクライオ電子顕微鏡船団)、略して TCEF と名付け、運用を開始しました。2022 年 3 月 16 日には施設のオープニングセレモニーを行い、NEWS つくばに取り上げて頂きましたが、実はこの日が初の施設共同利用の日だったのです。次の章からもう 1 人の著者原田 (2021 年 10 月より当研究室メンバー) がクライオ電子顕微鏡施設をご紹介します。

2 台のハイエンド国産クライオ電顕

クライオ電子顕微鏡が急速に普及したのは、クライオ電子顕微鏡画像を使った「単粒子解析法」がタンパク質の原子モデルを得る方法として認められ、なおかつ多くの成果を出すようになったからです。産学問わず世界的に普及していますが、特に製薬企業の注目度は高いものでした。わが国においても最新鋭のクライオ電子顕微鏡の追加導入整備が 2021 年度大規模に行われました。

筑波大学生存ダイナミクス研究センターでは、CRYO ARM™ 200 および CRYO ARM™ 300 II (JEOL) が AMED の BINDS 事業の一環として 2021 年 12 月に導入されました。これらのクライオ電子顕微鏡は日本電子株式会社 (JEOL) 製、つまり国産です。元々我が国は電子顕微鏡の開発に非常に強いことは世界が認めていたと思いますが、クライオ電子顕微鏡の開発に関しては、単粒子解析法への理解が不十分であったため、後塵を拝しました。しかし、JEOL 社製の CRYO-ARM は、理化学研究所の米倉功治博士によるサブ 1.2 オンゲストローム分解能の報告が世界トップの性能をもつことを証明しました (参考論文 2)。

世界中のライフサイエンス用クライオ電子顕微鏡はほとんど Thermo Fischer Scientific 社 (本社・米国) 製の中で、冷陰極電界放出型電子銃や静電シャッターなど最先端の機能を備えた本施設は、ひととき異彩を放っているでしょう。この施設の設置は民間企業の創薬支援を公に謳い、アカデミアと産業界双方の支援比率が同程度となるような運営を目的に導入されました。

支援とは高度で高価な機器や高い技術を保有する研究者や施設が、それを必要とする、そうした機器や技術があればさらに発展する他の研究者の研究をお手伝いすることです。大学のようなアカデミアだけでなく民間企業の研究も支援します。製薬会社の創薬を支援すれば、これまでになかった薬を作りだすことができるかもしれません。具体的には日本医療研究開発機構 (AMED) が行っている創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム (BINDS) という事業を通じて支援を行います。クライオ電子顕微鏡が医療分野、特に創薬に役に

立つことが分かり、多くの製薬企業の研究者の声を反映して、本事業を通じて当センターに設置されました。企業に対する支援は KEK がノウハウをたくさん蓄積しており、その助言を受けています。

一方で総合大学である筑波大学は研究だけでなく教育も得意とします。何より 4 年生から学生が最新のクライオ電子顕微鏡を触ることができるのは魅力的でしょう。クライオ電子顕微鏡の世界で今深刻な問題は「人不足」です。利用は増える一方で扱える若手がない。この問題を解消すべく本学の学生や、社会人ドクター、インターン、企業人など、様々な方を対象に教育、研究、技術指導を展開する予定です。特に 200 kV の CRYO-ARM™ 200 はクライオ電子顕微鏡について学習したり、新しい試みを行うのにうってつけです。

高度な施設や研究機関が集約するつくば地区において、今まで以上に構造解析の一大拠点として機能するよう、様々な機関と連携をとり、フレキシブルで開かれた運用をこころがけています。その望みは、先に述べた自身の研究と相まって、化学を基盤とした創薬の実現にあります。

参考論文

1. 「がん」はなぜできるのか そのメカニズムからゲノム医療まで (2018 年、国立がん研究センター研究所編 ブルーバックス、講談社)
2. Hydrogen properties and charges in a sub-1.2 Å resolution cryo-EM structure revealed by a cold field emission beam, bioRxiv, doi: <https://doi.org/10.1101/2021.12.21.473430>.



岩崎 憲治 (いわさき・けんじ)

博士 (理学) 筑波大学・生存ダイナミクス研究センター教授

1992 年京都大学理学部卒。1994 年に京都大学大学院修士課程を修了した後、大阪大学柳田敏雄研に所属し、松下電器中央研究所に学生身分として入所。1998 年に博士号を取得し、アメリカ国立衛生研究所にポスドクとして勤める。理化学研究所、大阪大学などを経て、2018 年 10 月より現職。滑膜肉腫治療のための創薬研究が中心テーマ。



原田 彩佳 (はらだ・あやか)

博士 (学術) 筑波大学生存ダイナミクス研究センター助教

2014 年 4 月 - 2016 年 3 月 日本学術振興会特別研究員 (DC2)。2016 年 9 月 総合研究大学院大学 博士後期課程修了。2016 年 10 月 - 2019 年 9 月 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 構造生物学研究センター研究員。2019 年 10 月 - 2021 年 8 月 慶應義塾大学薬学部助教。2021 年 10 月より現職。筑波大学クライオ電子顕微鏡施設の運営を行っている。

湖の温暖化は進行しているのか？

水源 - 霞ヶ浦のモニタリングから

国立環境研究所 地域環境保全領域 湖沼河川研究室 主任研究員 篠原隆一郎

はじめに

水は我々の生活に必要不可欠なものです。生活において我々が使っている水は、周囲の河川・湖沼・ダム貯水池等から取水され、我々が利用できるよう処理された上で、各家庭へと送られています。霞ヶ浦は面積 172km²、平均水深約 4m の湖沼で（図 1）、つくば市の水がめとして、飲料水を取水する水道原水、周辺の田畑に利用する農業用水、また漁業を通じた水産資源を得る場などに利用されています。

近年、我々は気候変動の影響を日々の生活の中で、あるいはニュースの中で実感しています。気候変動というと、我々の生活に直結する気温の上昇を考えがちですが、湖沼の環境も実は様々な側面で気候変動の影響を受けています。例えば、目に見える変化として、冬に結氷する湖ではその結氷の頻度が少なくなることが報告されています。また渇水も水環境問題に直結した、我々の生活にもかわる気候変動影響ですし、逆に雨の降り方の変化なども水環境問題にかかわってくる変化です。そのような気候変動による湖への影響は、その地理的な位置（例えば標高、気候帯〔温帯・亜寒帯・亜熱帯等〕）や湖の深さ（十分に深いか、浅い湖沼なのか）等によっても異なっていると考えられます。気候変動と水環境

問題は、密接にかかわっており、気候変動が現在進行形で進んでいく今、我々にとって安全で十分な水の確保は喫緊の課題と言えます。気候変動は、果たしてどのように、どの程度、湖・河川・ダム貯水池等の水温・水質・生態系に影響しているのか？ また、これからどのようにそれらが進んでいくのか？ これがまさに、我々が取り組んでいる一つのテーマです。

湖沼を研究している我々のグループは、霞ヶ浦における様々な環境変動を過去 45 年にわたってモニタリングしています。そのうちの一つに水温のモニタリングがあり、美浦村にある霞ヶ浦臨湖実験施設の沖合 150m の地点において、1992 年から現在まで 1 時間毎の水温データを取り続けています。それと同時に、風、湿度、気温などの気象データもモニタリングしながら湖沼環境を観

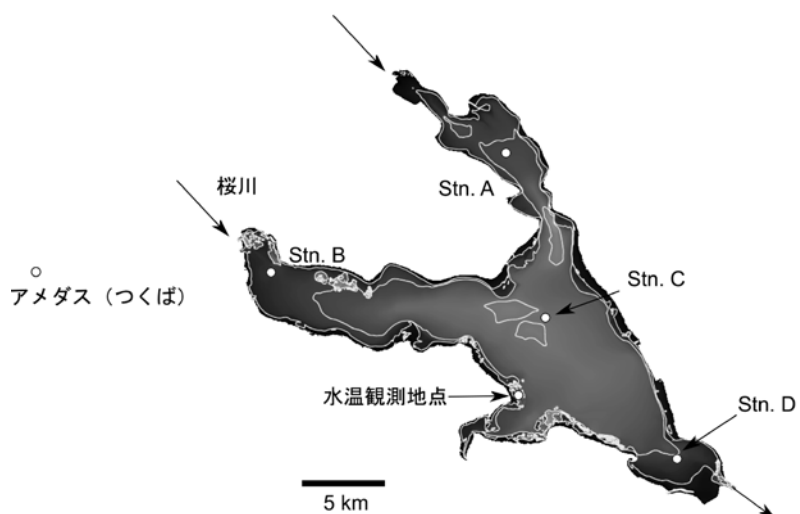


図 1. 霞ヶ浦の地図。水温や、気象観測地点および、我々の現地調査における光合成速度計測地点（Stn. A~D）を示した

測しています。今回は取得したデータを用いて近年の気候変動による、霞ヶ浦への影響の一端をご紹介します。

気候変動

霞ヶ浦の水温を紐解く前に、霞ヶ浦上空で観測された気象は長期間でどのように変化しているのでしょうか？最初に1992年から2019年までの長期変化をまとめてみます。気象項目として、我々が観測した気温の長期的な変化および、つくば館野のアメダスで観測された日射量（太陽からの日射）を示しました（気象庁アメダス 図2）。月別の気温の変化を見てみると、気温は徐々に増加してきています。気温に関しては6月、8月において徐々に上昇トレンドにあることが明らかになってきました。その増加率は、特に6月では $0.4^{\circ}\text{C}/10$ 年でした。

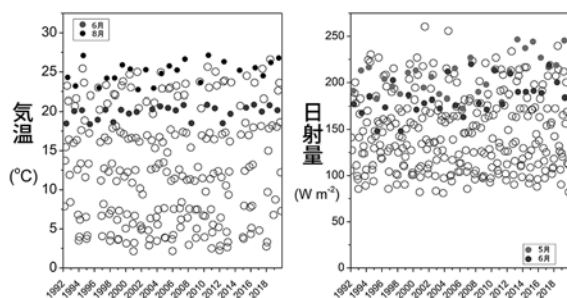


図2. 我々が霞ヶ浦で観測した気温および、つくば館野で観測された全日射量。●で示したデータは明瞭な長期的上昇を示した月を示す

また、特筆すべき変化は日射量の増加傾向です。月別のデータを見たところ、春季の日射量は徐々に増加傾向にあることが見て取れます。特に5月、6月の日射量の増加率は1992年から2019年までで約25%程度でした。

この日射量の変化の要因は様々考えられていますが、エアロゾルや、雲量が増加することによるものであると考えられます。実際、国立環境研究所で測定している粒子性浮遊物質、エアロゾルの濃度は、長期間の間に徐々に減少してきており、また5月、6月における日射量とエアロゾルの濃度を比較すると負の相関が得られます。これらの結果から、春の日射量の増加は、エアロゾルの減少と関連していることが推察されます。一方で風

速や、降水量などの変化はさほど大きく見られませんでした。

霞ヶ浦における水温の変化

観測された気象条件に、霞ヶ浦はどのように応答しているのでしょうか？気候変動による湖沼応答の研究を進める上で最も重要な測定項目は水温でしょう。図2に1992年から2019年まで観測された湖沼水温の変化を示しています。全体的に上昇している様子が見て取れますが、統計を取ってみると明瞭に上昇していると言える月は3月、5月、6月でした。その中でも5月は明瞭に上昇していることがわかってきました。一方で、水温の上昇は気温の上昇とは観測される時期が異なっており、また、5月における水温の上昇率は $0.7^{\circ}\text{C}/10$ 年、6月における水温の上昇率は $0.56^{\circ}\text{C}/10$ 年と、気温の6月における上昇率（ $0.4^{\circ}\text{C}/10$ 年）よりも高いこともわかってきました。この気温と水温に関する季節的な変化の違いや、上昇率の違いは、世界中の他の湖沼でも度々報告されており、実は気温の上昇に加えて、前章で言及した日射量の増加が水温の上昇にも強く影響している可能性を示しています。実際に、水温の増加に影響を与える因子について水面熱収支解析というものを実施したところ、日射量の増加は気温の増加よりも強く水温に影響を与えていることが明らかになりました。つまり、春における水温の上昇は、この時期における日射量の増加によるものであるという仮説を支持するものでした。

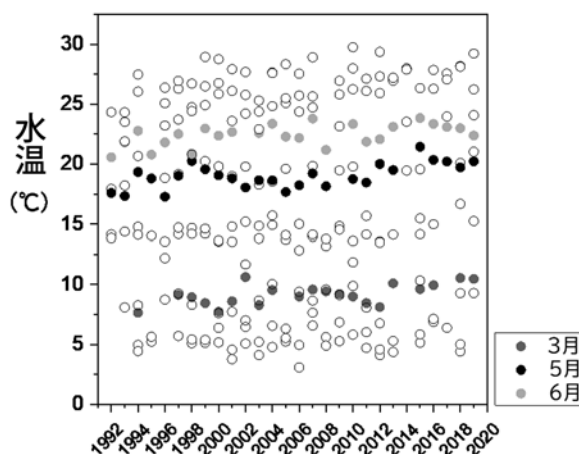


図3. 霞ヶ浦における月平均水温の観測結果

日射量の増加がもたらす湖沼の変化とは？ —植物プランクトンの光合成への影響

前章では気象の変化による物理的な変化(水温)を紹介しましたが、日射量が増加することによる生物への影響はどの程度あるのでしょうか？生物もやはり春以降に活動する傾向があるため、日射の変化や、水温の上昇などに影響を受けている可能性があります。そこで最初のステップとして植物プランクトンの光合成がどのように変化しうのかを明らかにします。これまでの研究で、霞ヶ浦では春に葉緑素の量〔クロロフィル a 量（葉緑素を抽出して計測した植物プランクトン量）〕が多いことがわかっており、春季の日射量増加によって、またそれに伴う水温の上昇によって、植物プランクトンの生長が活発化する可能性があると考えました。

光合成活性は、1 時間あたりにどの程度炭素を生産したか、という指標を用います。通常は、光量子束密度（光の強度）の上昇とともに光合成速度は上昇し、とある光量子束密度を超えると減少していく（強光障害）曲線を取ります（図 4）。この変化を数式（光—光合成曲線、P-I カーブ）で表すことで、光や温度、湖の栄養状態の変化などによる、植物プランクトンの光合成速度の変化を評価することが可能になります。我々の研究グループではその炭素生産量を霞ヶ浦の 4 地点で

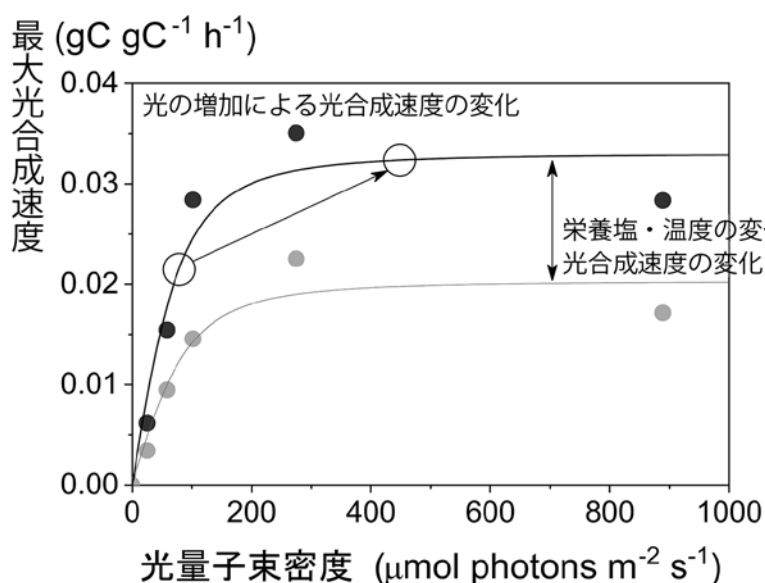


図 4. 霞ヶ浦で観測された光—光合成曲線の例

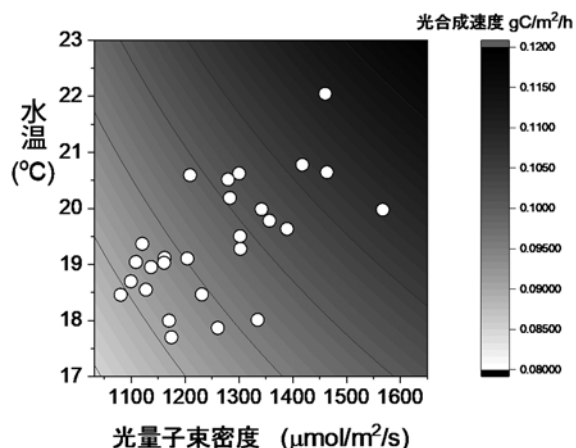


図 5. 1992 年～2019 年までに観測された水温と光量子束密度のプロットおよび、それに対する光合成速度の変化。

長期間計測し続けています（図 1）。

これらの変化を計算した結果、水温・日射量の上昇によって、光合成速度は約 13.2% の上昇が見込まれました。つまり、日射量は長期的に上昇しており、水温も増加させていますが、それらによる光合成速度の増加は 1992 年に対して 2019 年では 13.2% 程度ということです（図 5）。一方で、栄養塩などによる変動は、水温・日射量による光合成速度の影響より大きいことが明らかになってきました。

以上をまとめると、現在のところ日射量の増加に代表される、気候変動による植物プランクトンの光合成速度への影響は限定的で、むしろ、湖の

水質・栄養塩状態がより強く光合成速度には影響を与えていることが明らかになってきました。これは、富栄養湖である霞ヶ浦は、水質変動が極めて大きいため、水質の影響が強く出るものと推察されます。一方で、より安定した水質である貧栄養湖沼などではより強く日射量増加の影響があると推察されますが、そのような湖沼では、一般に、植物プランクトンの量自

体がさほど多くないため、気候変動の影響範囲がどの程度あるのかは今後更なる研究が必要になります。

まとめ

本稿では、霞ヶ浦でこれまで観測された気象の変化と、それによって変わる水温に代表される物理的な変化や、植物プランクトンの光合成速度に代表される生物への影響について取りまとめました。気候変動は今後進んでいくことが予想されていますし、それに伴って霞ヶ浦でも様々な変化が予想されます。例えば、2022年6月から7月にかけて、猛暑が襲いました。霞ヶ浦の水温にもその影響は見られ、7月の初旬としては観測史上初の31.4℃を記録し、8月の水温に匹敵するほど高水温となりました。また、8月には観測史上最高水温を記録し、益々湖の温暖化が進んでいることを感じる年になりました。現在のところ、我々は、春における日射量や水温の上昇について対象にしており、本年の夏の高水温に関する解析は

行っていません。5月の水温は20℃程度ですが、夏の水温はそれより10℃以上高いため、今後、どのような要因で高水温が形成されたのか、また、どの程度それが生態系に影響を与えたのかについて詳細に分析していく予定です。

湖の水面と湖底付近との温度差が大きくなると、水面から供給された酸素が湖底に供給されにくくなるために湖の酸欠状態が引き起こされ、底付近に棲む生物にも影響を与えます。本年観測された猛暑がどの程度生物に影響を与えたかはまだよくわかりませんが、気候変動研究は始まったばかりで、今後も詳細なデータの積み重ねが必要不可欠だと考えられます。本稿で取り上げたトピックは、気候変動研究の極々一部です。気候変動は全世界にわたる現象なので、今後も霞ヶ浦に限らず、日本全国規模でのモニタリングを行っていきたいと考えています。

[引用] 気象庁アメダス：<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>



篠原隆一郎（しのはら・りゅういちろう）

2010年 東京大学新領域創成科学研究科博士後期課程修了。博士（環境学）。2011年に国立環境研究所に入所。現在は地域環境保全領域・湖沼河川研究室に在籍し、主に霞ヶ浦を中心とした湖沼の研究を行っている。専門は応用生態工学分野、特に数値シミュレーションや、分析化学的な手法を用いた水中・泥の中に含まれる物質動態解析。また、近年では気候変動に伴う湖沼環境の影響評価を行っている。

「ポリネーターガーデン」とは？

都市緑地の生物多様性を守る新たな環境創出を考える

国立科学博物館筑波実験植物園 堀内 勇寿 田中 法生

ポリネーターガーデン (pollinator-garden) は減少傾向にある野生送粉者の保全を目的に、都市緑地を活用して創出される採餌場や生息地のことである。世界的に関心が高まりつつあるものの、その概念や背景等を含めて認知度は低い。しかし、都市緑地は都市生態系の重要な一部であり、断片化した生物の生息地をつなげ、本来生息した生物を保全するための環境となりうる。そのため、本稿ではポリネーターガーデンに関する概要や現状、植物園環境を用いた実例、課題等について報告する。(著者らによる筑波実験植物園内の花粉輸送ネットワークを解明した論文は「Arthropod-Plant Interactions」2022年3月22日に掲載された。)

1. ポリネーターガーデン創出の背景と目的

都市緑地の持つ多機能性には、都市の景観形成、微気象、特にヒートアイランド現象の緩和、人々の心身の保養などがあり、私たちの生活の中で重要な役割を果たしている。近年では、自然環境が有する多様な機能をインフラ整備に活用するグリーン・インフラストラクチャ (green infrastructure) が推進され、都市緑地の重要性は高まりつつある。公園等の都市緑地が人間活動により失われた自然環境の機能を代替的に担うことが期待されており、中でも、野生生物に優しい緑地の創出 (wildlife-friendly gardening) が推奨されている。実際に、数多くの報告から都市緑地が生物にとっての二次的・代替の生息場としての機能することが示されている。

近年、都市緑地を活用した実践的な保全例として、ポリネーターガーデンと呼ばれる野生送粉者の保全を目的に生息場や採餌場を創出する試みが海外を中心に盛んになりつつある [1]。こうした背景には、花粉媒介により植物の種子生産を担う野生送粉者 (ポリネーター) が世界的な減少傾向にあり、土地開発による土地利用の変化がこの減少の主要因となっていることがあげられる。野生

送粉者は生態系サービスの一つである送粉サービスをもたらすため、野生植物種の繁殖上に不可欠な存在であり、農業における授粉サービスとしても重要な役割を担っている。そのため、消失してしまった野生送粉者の採餌場や生息場を都市域に補完的に確保し、野生送粉者の生物多様性保全の推進とそれによってもたらされる送粉サービスの恩恵を持続させることがポリネーターガーデンの創出の目的となっている。

2. ポリネーターガーデンの現状

一般的に、ポリネーターガーデンは形態としてはビオトープに近いものであるが、野生送粉者を誘引するために蜜源や花粉源となる植物種を植栽する緑地スペースを指している。研究論文等においては、ポリネーターガーデン (pollinator-garden) という呼称以外にも、pollinator-friendly garden、wildlife-friendly gardening、habitat gardens 等の別の表記例が見られ、用語の統一等も含めたポリネーターガーデンの厳密な定義自体は今のところされていない。

ポリネーターガーデンはグリーン・インフラストラクチャとしての意味合いが強く、都市域の公園・道路沿いの一角・大学のキャンパス内・空き

地など従来は環境保全の意識が向かなかった場所を有効活用しているケースが見られる。少なくとも 2001 年頃までには都市緑地での送粉者の保全というコンセプトは存在しており [2]、それ以降にかけて関連する研究が盛んに行われるようになってきた [3]。歴史がまだ浅いため、ポリネーターガーデンの効果的な創出に関する科学的な技術指針は現状



図 1 筑波実験植物園の温帯資源植物区の様子。ポリネーターガーデンには一般的にこのような植栽がされることが多い

として存在していない。その一方で、野生送粉者の保全を目的とした研究は増え続けており、関心が高まりつつある状況になってきている。

ポリネーターガーデンの有効性についての検証や評価は発展途上の段階にあるが、都市域の緑地は想像以上に複雑であり、その景観的審美性や管理方法によって送粉者の誘引性が大きく変化することがメタ解析等により明らかになっている。ポリネーターガーデンが実際にどれほど送粉者の減少傾向の緩和や多様な送粉者の保全、および送粉サービスの保持に貢献できているかを証拠に基づいて評価し、適切な手法等を共有・普及していくことがポリネーターガーデンの将来的な発展に重要と考えられる。

3. 副次的なポリネーターガーデンの活用

植物園（生態園）を事例として

ポリネーターガーデンの果たす役割と効果への期待は高まっているものの、ポリネーターガーデンの創出のためだけに使用可能な土地は限られているのも実情である。しかし、野生送粉者の保全を主目的としていなくても、副次的にポリネーターガーデンに類似した機能を持ちうる場合もある。その一つに植物園があげられる。植物園は都市域に設置される植物多様性保全や環境教育の拠点地であり、来園者は生態展示として植栽された

多種多様な植物の開花の様子を観察できる。こうした特性から、植物園は一般的な都市緑地に比較して野生送粉者にとって蜜源や花粉源となる花資源が豊富である。以上のことから、植物園は副次的にポリネーターガーデンと同様な機能を持ちうると思われる。また、植物園では適切な管理が行き届いた二次的な自然環境を提供しているため、野生生物にとって生息しやすい環境を構築していると言える。加えて、植物園の重要な課題である送受粉の管理に野生送粉者を活用できれば、植物と送粉者の双方の保全にとって有効な手段となりうる。つまり、植物園とポリネーターガーデンは、送粉を介した表裏一体の共通する課題を有しているが、ポリネーターガーデンおよび植物園での客観的な植物 - 送粉者のモニタリング方法は確立されていない。

著者らは植物園における潜在的な機能を検証するための先駆的な試みとして、国立科学博物館筑波実験植物園を事例としてポリネーターガーデンとしての評価方法の模索を行った（図 1）[4]。本研究では対象とする送粉昆虫として、1）送粉に重要な種、2）豊富な存在量、3）ジェネラリスト訪花者（広範な植物種に訪花する性質をもつ）、4）異種花粉の運び手、5）高い移動性、6）トラップによる捕獲の容易さ、というモニタリングに適する特性を持つハナアブ類を用いた（図 2）。また、



図2 筑波実験植物園において見られるハナアブの仲間。花粉媒介の観点から有益な昆虫であり、ヒラタアブ亜科の仲間 (a-c) の幼虫はアブラムシを捕食するため、garden-friendly な昆虫とされる。
a. ホソヒラタアブ, b. ナガヒラタアブ, c. ナミホシヒラタアブ, d. ツマグロコシボソハナアブ, e. オオハナアブ, f. キゴシハナアブ

ハナアブ科ヒラタアブ亜科の種は幼虫がアブラムシの捕食者であり、成虫は送粉を行うことから garden-friendly な昆虫としても認知されている。そこで、筑波実験植物園内に生息するハナアブを捕獲し、体に付着する花粉の DNA 配列情報から植物種を同定する (DNA バーコーディング) ことで、園内の花粉輸送ネットワークや送粉パターンの解明を行った。

その結果、捕獲されたハナアブ類には植栽種と植物園外に生育する植物種の花粉が付着し、花粉に基づくハナアブ類の移動経路は筑波実験植物園の中心の開放域に集中した。つまり、ハナアブ類は植物園外から植物園内へと移動して採餌しており、植物園が野生送粉者を引き込むポリネーターガーデンとして副次的に機能することが示された。加えて、様々な環境が入り組んだ異質性の高い開放域でハナアブ類の移動距離が短くなったことから、景観構成要素が植物園での送粉管理およびポリネーターガーデンの効果的な創出の鍵となることが明らかとなったのだ。

科学的な意味合いで検証されている例はまだ少ないものの、まとまった量の花資源となる植物を植栽することで構築が可能という点でみれば、家庭や個人が趣味として行っている小規模な私的なガーデニングエリアも副次的にはポリネーター

ガーデンとして機能性を持ちうる。こうした潜在的なポリネーターガーデンが都市域に点在することは都市の中での野生送粉者の生息を支える基盤としての役割を果たすと考えられるため、詳細な調査とデータの蓄積が必要であろう。

4. 活用に向けた課題と今後の展望

ポリネーターガーデンの創出において野生送粉者の誘引に効果的な植物の選定は鍵となる要素であり、近年、有用な植物種に関する検証研究等が行われている [3]。これらの研究においては、主に観賞・園芸用の花卉類 (ornamentals plants/garden flower) や花の混植 (wildflower mixes) など、在来種と非在来種の植物を対象に検証が行われている。しかし、Johnson ら (2017) は、ポリネーターガーデンにおける非在来種の導入が、送粉者を介した在来植物の繁殖への悪影響を及ぼす可能性を指摘している [5]。例えば、非在来植物による在来植物の繁殖に必要な送粉者の奪取、非在来種由来の異種間花粉輸送による在来植物での受粉の阻害、在来種と非在来種間での交雑、非在来性植栽種の野外への脱出などが考えられる。野生送粉者の保全による悪影響が在来植物に及ばないようにするために、ポリネーターガーデンにおける植物種の選定と適切な管理は重要と

考えられる。

また、緑化の場面においても強く指摘されているように、在来種を使用する場合では地域性系統の活用により遺伝的に異なる集団の植栽を避けることが必要である。特にポリネーターガーデンの場合では、花粉が野生送粉者の採餌資源であるため、花粉輸送を介した遺伝的汚染を促進してしまう可能性もある。実際、ガーデニングに用いられる園芸品種と野生種間の交雑により、遺伝子汚染されているケースもある。その一方で、砂糖水を餌資源とした人工花により都市の昆虫を保全する害の少ない画期的かつ興味深い取り組み [6] もある。

その他の課題点として、ポリネーターガーデンの活用事例では調査対象が主にハチ類に大きく偏っている点である。必ずしもハチ類だけが送粉上重要な分類群であるわけではないため、野生送粉者の全体を保全することが生態系サービスの観点から重要と考えられる。そのため、対象とする野生送粉者の種類によって、どのようなポリネーターガーデンが必要なのかについても議論が必要である。以上の点から、周囲の環境へ悪影響及ぼす懸念事項については検討が必要である。しかし、技術的なガイドラインの構築等により保全手法の統一化が図れば、どんな人でも手軽に都市域の

生物多様性保全や生態系サービスの強化のための基盤構築を推進できると期待される。

引用文献

- [1] Cavender N, Smith P, Marfleet K (2019) BGCI Technical Review: The role of botanic gardens in urban greening and conserving urban biodiversity.
- [2] Corbet SA et al (2001) Native or exotic? Double or single? Evaluating plants for pollinator-friendly gardens. *Ann Bot* 87:219–232.
- [3] Majewska AA, Altizer S (2020) Planting gardens to support insect pollinators. *Conserv Biol* 34:15–25.
- [4] Horiuchi Y et al (2022) Generalist flower-visiting hoverflies as non-negligible actors in pollen transport network in a botanical garden : verification of a hoverfly pollen transport network using pollen DNA barcoding. *Arthropod Plant Interact* 16:171–181.
- [5] Johnson AL et al (2017) Considering the unintentional consequences of pollinator gardens for urban native plants: is the road to extinction paved with good intentions? *New Phytol* 215:1298–1305.
- [6] <http://www.matildeboelhhouwer.com/work/>



堀内 勇寿 (ほりうち・ゆうじゅ)

2021 年筑波大学生命環境科学研究科博士後期課程修了。博士（農学）。千葉県環境財団所属。国立科学博物館筑波実験植物園協力研究員。専門は保全生態学、送粉生態学、繁殖生態学。送粉の観点から生物多様性保全を推進するための研究を行っている。



田中 法生 (たなか・のりお)

1998 年 東京都立大学理学研究科生物学専攻博士課程修了。博士（理学）。国立科学博物館植物研究部多様性解析・保全グループ研究主幹。同筑波実験植物園研究員を兼任。水生植物の系統分類、送粉機構の進化、分布拡散などを専門とし、植物園を拠点とした保全研究にも携わる。筑波実験植物園で開催される水草展では、研究成果の普及とともに、水生植物への興味を喚起する機会を提供している。

山桜がもたらす恵み

茨城県桜川市の地域づくり

筑波大学生命環境系 准教授 佐伯いく代



図1 桜川市高峯における山桜の景観。白くみえる樹木が山桜。(撮影・勝田翔)＝裏表紙にカラー写真

山桜の里 桜川市

茨城県桜川市は「西の吉野、東の桜川」と並び称されるほど、歴史的に山桜の名所として知られており、日本一の山桜の里を目指した地域づくりが進められています(図1)。山桜とは、ヤマザクラ(*Cerasus jamasakura* (Siebold ex Koidz.) H.Ohba)とカスミザクラ(*C. leveilleana* (Koehne) H.Ohba)を合わせた野生のサクラ類のことを指します(図2)。栽培品種であるソメイヨシ

ノ(*Cerasus* × *yedoensis* (Matsum.) Masam. et Suzuki 'Somei-yoshino')が普及する以前は、日本人にとって、山桜が最も身近なサクラでした。

山桜をシンボルとしたまちづくりを進めていくためには、山桜に対する地域の人々の意識を把握することが重要です。そこでわたしたちの研究グループでは、地域の人々が山桜からどのような価値を感じているのかについて、①山桜の名所として知られる桜川市磯部地区および平沢地区(地元集落)の住民、②2020年春に桜川市磯部稲村神



図2 ヤマザクラ（左）とカスミザクラ（撮影・勝田翔）



図3 桜川市磯部稲村神社におけるアンケート調査の様子（撮影・佐伯いく代）

社で開催された桜まつりの訪問者（主として桜川市外の住民）、③桜川市内の高校に通う生徒、を対象にアンケート調査を実施しました（図3）。

地域の人々が感じている山桜の価値

アンケート調査は、2020年4月から11月にかけて、地元集落の住民には郵送で（n=73; 回答率40%）、また桜まつりの訪問者（n=70）と高校生（n=178）には対面方式で実施しました。その結果、どのグループでも、桜川市の山桜の価値として、

「春の景観的価値」を最も重要だと認識していることが分かりました（図4）。さらに、この「春の景観的価値」が感じられやすい場所は、高峯、磯部稲村神社、雨引観音などの山桜の景観が美しいことで有名な地域に集中していました。また、GIS（地理情報システム）^{注1）}を用いた解析を行ったところ、山桜の価値がより強く感じられやすい場所は、クヌギやコナラといったナラ類が優占する森林や、地形の急峻な場所に集中するという結果が得られました。こうした場所は、山桜の生育しやすい環境条件ともよく一致しています。桜川市では、ナラ類と山桜が混在する里

山が広がっており、森林の伐採と利用の歴史を経て、攪乱^{かくらん}^{注2）}に強い山桜の森林景観が維持されてきました。山桜をシンボルとしたまちづくりには、こうした里山を今後も適切に保全し、多くの人が山桜の価値を感じられるような森づくりを進めることが重要と考えられます。

一方、アンケートを実施した3つのグループ間には、山桜の価値の感じ方にやや違いがあることも分かりました。例えば、生物多様性、教育、桜川らしさの象徴としての価値を感じられる場所

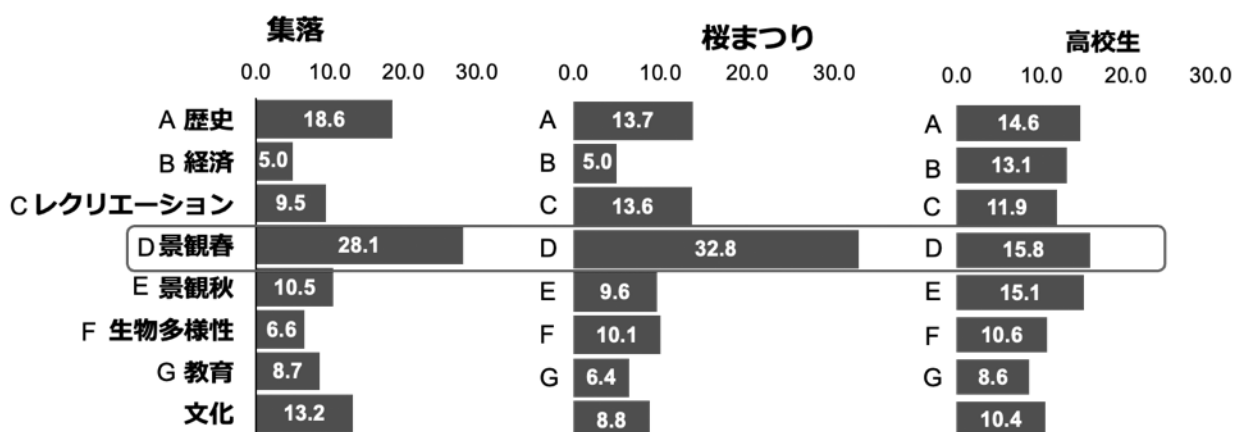


図4 アンケート調査「山桜が生育している桜川市の森林から得られる価値として考えられるものを、あなたにとっての重要度に応じて、0%～100%の値を割り当ててください（全ての項目を合計して100%になるように）」という問いへの回答結果の比較。左：地元集落の住民、中央：桜まつりの訪問者、右：桜川市内の高校に通う高校生。いずれも、8項目のうち「D 景観春（春の景観的価値）」を重視する傾向がみられる。

として、地元集落の住民は山桜の景観で有名な場所をあげる傾向がありましたが、桜まつりの訪問客では、筑波山系を中心とした広い地域に分散していました。また、高校生は、市街地にある観光資源に近い場所で価値を感じるという回答が多く得られました。これは、山桜の名所や春の景観の美しさに関する情報が、若い世代には十分に知られておらず、通学圏に近い場所に回答が偏在したものと考察されます。地域全体で森づくりに取り組むためには、環境教育などを通じた情報提供の在り方も検討する必要があります。

山桜を次世代にのこしていくために

本研究は、山桜という日本人にとってなじみ深い樹木について、地域の人々が実際にどのような価値を感じているかを明らかにするとともに、実際に山桜の価値が感じられやすい場所と環境要因との関係性について分析した初めての事例です。研究を主体的に実施してくれたのは、勝田翔（かつだかける）君という、当時、筑波大学の修士課程に在籍していた学生でした。彼は樹木や森林がとても好きな学生で、現在は日比谷アメニスという造園会社で活躍しています。勝田君はもともと、桜川市の森林を対象として、ヤマザクラやカスミザクラが生育しやすい環境条件を調査していました。その結果、桜川市では、地域の人々が里山として利用してきた森林に、両種の幼木が多く分布

していることがわかりました。ヤマザクラやカスミザクラは、高木が密に生育していない、明るい場所に更新しやすいという特徴をもっています。薪や建材、キノコの原木などとして、持続的に里山を利用してきたことが、森の中に明るい環境をたびたび生み出し、山桜の名所を支えてきたものと考えられます。

しかし、里山としての森林の利用は、化石燃料や化学肥料を利用する社会への転換によって衰退を余儀なくされました。私たちは、人と自然の共生の象徴である里山の理念を、新しいかたちで引き継いでいく必要があります。桜川市の山桜のような、美しく、魅力的なシンボル種があることは、人々の気持ちを森林に惹きつけ、自然に根差した地域づくりについて考えるきっかけを与えてくれます。たとえば、今回のアンケート調査では、人々が山桜から感じている価値として、春の景観的な美しさが多くの人々の間で重要だとされていました。このことから、春に山桜が美しく見えるような場所で、かつて行われていた里山的な森林管理作業を実施することは、山桜の保全を進める上で効果的だと考えられます。

桜川市では現在、地域の人々が中心となって、山桜の魅力を伝え、地域のシンボルとして守り育てる活動をされています。地域の方々が山桜から感じている価値「生態系サービス」を明らかにすることで、次世代にひきつぐべき山桜の価値を

みなさんと一緒に考えてゆけたらと思っています。研究を進めるにあたり、ご協力をいただいた桜川市ヤマザクラ課のみなさま、及びアンケート調査に快く協力していただいたみなさまに深く感謝申し上げます。

参考文献

Katsuda, K, Saeki I, Shoyama K, Kamijo T (2022) Local perception of ecosystem services provided by symbolic wild cherry blossoms: toward community-based management of traditional forest landscapes in Japan (シンボル種「山桜」がもたらす生態系サービスへの地域の人々の評価：コミュニティを主体とした我が国の伝統

的な森林景観の管理に向けて) *Ecosystems and People* 18(1): 275-288.

<https://doi.org/10.1080/26395916.2022.2065359>

注1) GIS (地理情報システム)

位置に関する情報を持ったデータ(空間データ)をコンピューター上で統合し、分析するための技術。

注2) 攪乱

台風や山火事、森林の伐採などによって比較的短い時間で顕著に自然生態系の様相が変化すること。



佐伯 いく代 (さえき・いくよ)

筑波大学生命環境系 准教授

愛知県生まれ、千葉県育ち。2014年より、筑波大学にて生物多様性の保全や人と自然との関わりに関する研究を進めている。2017年10月～2019年3月桜川市ヤマザクラ保全計画策定委員。

URL: http://www7b.biglobe.ne.jp/~rubra/Rubra_02_sub8_profile.html

正負のミュオンで捉えた全固体リチウム電池負極材料のリチウム移動現象

高エネルギー加速器研究機構 助教 梅垣いづみ

大強度陽子加速器施設 (J-PARC) 物質・生命科学実験施設 (MLF) が供する世界最高強度のミュオンビームでは、ミュオンスピン回転緩和 (μ SR、ミューエスアール) 法による物性研究が進展している。今回、KEK のグループは、次世代型のリチウムイオン電池の負極材料として有望なチタン酸リチウムを調べ、ミュオンスピン緩和の測定が電極材料内のイオンの拡散の評価に有効であることを示した。この材料は「スピネル型」と呼ばれる結晶構造をしていて、立方体ユニットの中に 8 つまたは 4 つの酸素原子に囲まれたチタンとリチウムが規則正しく並んでいる。充電時、リチウムイオンは電解質の中を通過して正極から負極にたどりつき、負極内で自分の「居場所」を見つけるために動き回る。このイオンの動きを「拡散」といい、拡散が早ければ電池は急速に充放電できる。電池の電圧と電流を測定することによってその電池における拡散を調べることができるが、材料そのものが発揮する能力を調べることはできなかった。この課題をミュオンが解決する。本研究を主導した KEK、梅垣いづみ助教が解説する。(CROSS T&T 編集委員会)

1. Li イオン電池とは？

近年、Li イオン電池は私たちの身の回りのさまざまなところに用いられている。スマートフォンやノートパソコンはもちろん、家電や自動車、航空機にまで搭載され、充電することで繰り返し使用できる二次電池の代表格である。Li イオン電池は、図 1 に模式的に示すように正極と負極が電解液に浸されている。正極には Li を含む酸化物、負極には黒鉛が用いられることが多い。充電の過程では、正極中の Li イオンが酸化物から脱離し、電解液の中を移動、負極の黒鉛の層間に挿入される。

2019 年にノーベル化学賞を受賞した [1]、ジョン・グッドイナフ John Goodenough 博士が最初に提案したコバルト酸リチウム (LiCoO_2) を正極材料 [2] とすると、正極では LiCoO_2 からいくつかの Li が脱離して、Li の一部が抜けた $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ になる。負極では、Li イオンが電極付近で電子を貰い受けて、グラファイトに入り、満

充電状態では C_6Li になる。Li が脱離する際に正極付近で発生する電子は、外部回路を通して、負極へ移動する。結果として、充電時は電流は負極から正極へ流れる (図 1)。電池使用時 (放電時) は逆の反応が起こる。したがって、Li が正負極で挿入・脱離がスムーズに行われることが、Li イオン電池の性能を決めると言える。

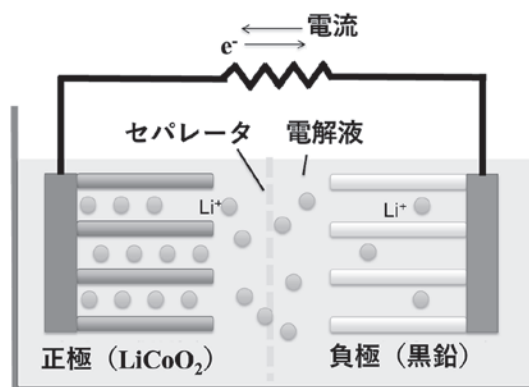


図 1. Li イオン電池の概念図。正極をコバルト酸リチウム (LiCoO_2)、負極を黒鉛としたとき。図は充電時 (外部回路では電流が負極から正極に流れる)。

2. Li イオンの拡散と分析手法

充電（または放電）をもう少し微視的に考えてみると、正極材料の表面から Li イオンが挿入され（あるいは引き抜かれ）て、中心に達するまでの移動、つまり拡散にかかる時間が、充電時間 t [秒] となる（図 2-a）。Li イオンの拡散の指標とされているのが自己拡散係数 $D_{Li} \text{ cm}^2/\text{s}$ （1 秒当たり $D_{Li} \text{ cm}^2$ ）であり、拡散現象による平均移動距離は、 $\langle x \rangle^2 = 2 D_{Li} t$ と表される。仮に、10 分で急速充電するために、粒径 $10 \mu\text{m}$ （マイクロメートル）の正極材料を使用すると、拡散のスピードは $10^{-11} \text{ cm}^2/\text{s}$ （秒速 1000 億分の 1 cm^2 ）より速くなくてはならない（図 2-b）。このように、材料中の Li イオンの自己拡散係数が、充放電速度と結びついている。

実際、Li イオンの運動（拡散）を調べることは、電池反応の根源的理解や新規電池材料の開発に欠かせない。その指標であるイオンの拡散係数は電池の性能を決めるうえで重要視されており、従来は電気化学的な測定で求められてきた。しかし、電気化学測定で得られる拡散係数は、材料の組成や電極サイズなどの測定条件に大きく依存するため、材料固有の拡散係数を得ることはできない。

材料固有の拡散係数を求める手法には、核磁気共鳴法（NMR）、中性子準弾性散乱、メスバウアー法などがある。NMR は電極材料としてよく使用されるマンガン・鉄・コバルト・ニッケル等の磁性元素を含む化合物中の拡散測定は不得手であ

る。中性子準弾性散乱は室温近傍での電池材料中の Li イオン拡散より速い領域に感度がある。メスバウアー法は鉄など測定可能な元素に限られ、適用範囲が狭いという問題がある。

本研究で用いたミュオンスピン回転緩和（ μSR ）法は Li イオン電池の Li イオン拡散に適した時間スケールを有する測定方法である。 μSR 法は磁性元素を含むあらゆる元素に対して適用することができ、Li イオンの拡散を捉えることができる。加えて、ミュオンの透過性を活かせば、電池の外側から照射して、動作中の電池内を非破壊で測定できるため、魅力的なプローブとなりうる。

3. 正負のミュオンによる μSR 法

ミュオン素粒子は最小の磁石（スピン 1/2）としての性質を有する。この磁石は磁場中では磁場を中心に首振り運動（歳差運動）することがよく知られている（図 2）。この歳差運動の角周波数の大きさは磁場の大きさに比例する。その比例係数は磁気回転比（ $\rightarrow$ クロスワード） γ と呼ばれ、ミュオンの磁気回転比は 135.53 MHz/T （ $= \gamma / 2\pi$ ）と大きい。そのため小さい磁場にも敏感である。ここで磁場は外部から与える印加磁場のみならず、物質中の原子が持つ核磁場や電子磁場を意味する。十ガウス程度の核磁場と、数十万ガウスの電子磁場では、ミュオンの歳差運動の速さが大きく異なるので、両者を区別して調べることができる。

ミュオンには正電荷を有する正ミュオン（ μ^+ ）

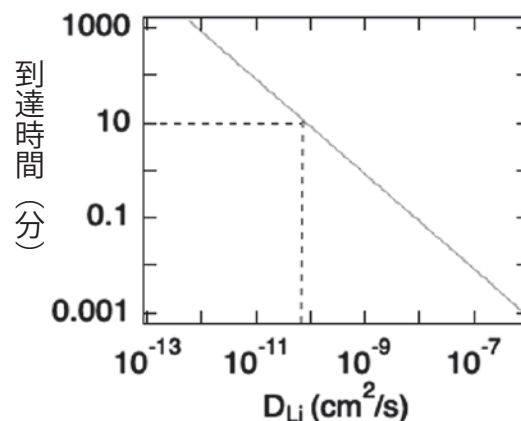
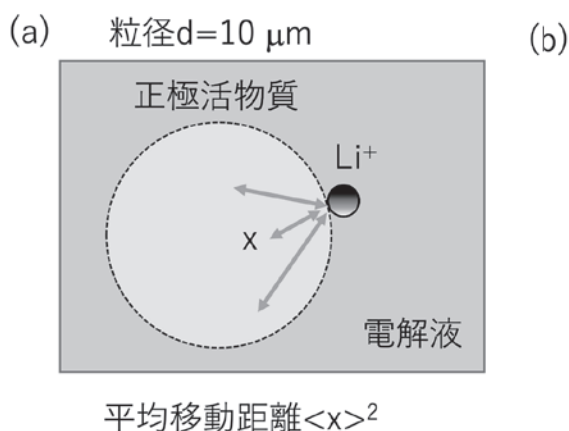


図 2. (a) 正極活物質（正極材料）の表面から Li イオンが挿入されて、中心に到達するまでの拡散、と (b) 到達時間と自己拡散係数 (D_{Li}) の相関関係。粒径 $10 \mu\text{m}$ の正極材料で 10 分以内に充電するには、 D_{Li} は $7 \times 10^{-11} (\text{cm}^2/\text{s})$ 以上である必要がある。 D_{Li} と電池の充電性能は密接に関係している

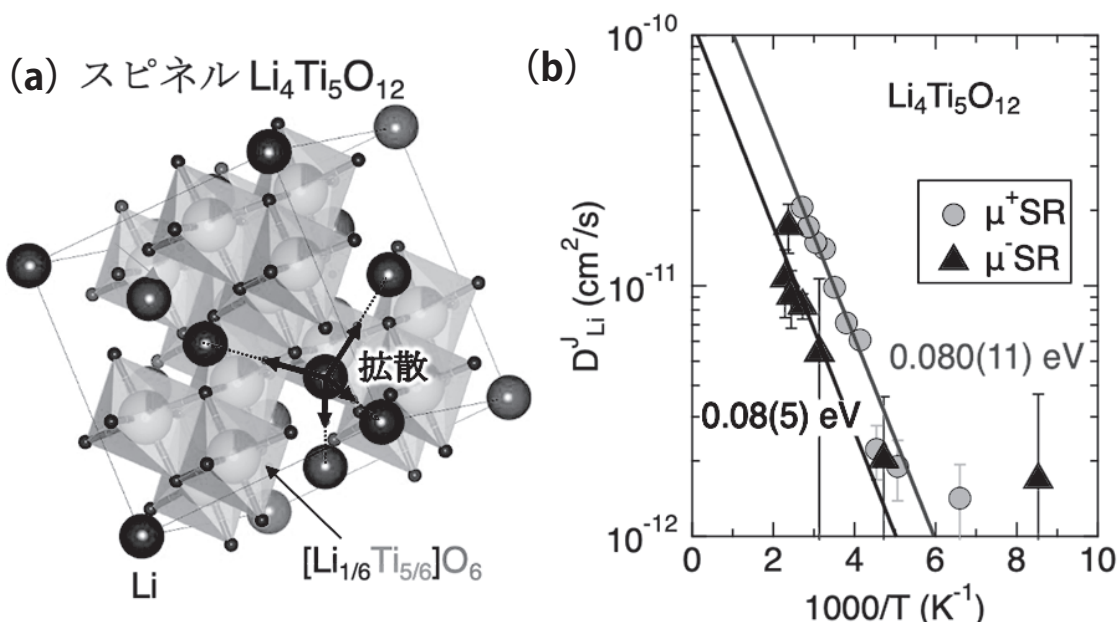


図 3. $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ の (a) 結晶構造と (b) 正負のミュオンの μSR で測定した自己拡散係数の温度依存性 (カラー版を裏表紙に掲載した)

と負電荷を有する負ミュオン (μ^-) がある。それぞれを用いた $\mu^+\text{SR}$ と $\mu^-\text{SR}$ は同じ原理だが、ミュオンの『状況』が異なる。 μ^+ は物質中で静電ポテンシャルが最も低い位置に停止して、その位置での磁場を感じて歳差運動をする。 μ^- は物質中で原子核に捕獲されて、その位置での磁場を感じて歳差運動する。この違いの意味するところは、 μ^- は温度によらず原子位置で静止しているが、 μ^+ は特に高温では静止しているとは限らない。実際、静電ポテンシャルの井戸が浅い金属中では、 μ^+ が拡散することはミュオンを扱う研究者の間ではよく知られている。

これまでの電池材料の $\mu^+\text{SR}$ 実験では Li イオンの拡散と思われる現象が観測されていたものの、Li より 1/63 も質量の軽い μ^+ が拡散するかもしれないとの懸念があった。そこで、 $\mu^-\text{SR}$ 法

も併用して、拡散種を特定することにした。

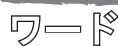
正負ミュオンによる μSR 法の実験と解析については、本誌第 67 号の杉山純博士の記事 [3] に詳しいので参照されたい。

4. 全固体 Li イオン電池の負極材料候補 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ の $\mu^+\text{SR}$ と $\mu^-\text{SR}$

Li イオン電池よりも安全で、より速い充電速度と高エネルギー密度化が可能、作動温度範囲が広いなどのメリットのある、全固体電池の開発が進められている。その負極材料候補である $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (図 3-a) 中の Li イオン拡散を調べた。 $\mu^+\text{SR}$ 測定と $\mu^-\text{SR}$ 測定を J-PARC MLF ミュオン実験施設 (MUSE) で各々行った。それぞれ温度 100-400 K の範囲でデータの取得したところ、 $\mu^+\text{SR}$ では十ガウス程度の核磁場の揺らぎが

CROSS

磁気回転比



歳差運動の角周波数は磁場と磁気回転比の積なので、磁気回転比が大きいということは、同じ大きさの磁場を感じてもその歳差運動の周波数が大きいということである。ある決まった時間の中で回転を観測するとき、周波数が小さくて、周期がその時間よりも長いと、ひとつの回転として見るのすら難しい。ある決まった時間の中で 1 つ以上の回転を観測すれば (周波数が大きい時)、回転の周波数を求められる。つまりどんなに小さい磁場でも、磁気回転比が大きければ磁場を精度よく捉えることができる。NMR に用いられる最大の磁気回転比は 42.6 MHz/T (水素 1H) で、ミュオンの磁気回転比 135.53 MHz/T がいかに大きく、ミュオンが内部磁場に敏感なことを表している。

温度上昇に伴い増すことを意味する、磁場揺動速度 ν の上昇が捉えられた (図 3-b)。これは Li イオンの拡散により Li の持つ核磁場の揺らぎに由来すると考えられる。ミュオンが静止している μ -SR においても、内部磁場の ν は 200 K 以上で温度上昇とともに増大する様子が捉えられた (図 3-b)。すなわち μ -SR でも、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 中の Li イオン拡散を検出した。 μ -SR で求めた ν の熱活性化エネルギーは μ^+ -SR 測定で得られた値と同程度であり、 μ^+ -SR と μ -SR でいずれも Li イオンの拡散に由来する内部磁場の揺らぎを捉えた。2つの結果の微妙な差異は、 μ^+ -SR 測定において μ^+ が Li^+ と協働的に拡散することを示唆するのかもしれない。

また、Li イオンの自己拡散係数 D_{Li} は室温において $8(2) \times 10^{-12} \text{ cm}^2/\text{s}$ と求められた (図 3-b)。これは従来の報告値と矛盾しないが、温度依存性が小さいことが明らかとなり、本物質が負極材料として非常に優れている材料であることを示した。

5. まとめ

正負の2種類のミュオンを併用する統合的な μ SR により、Li イオン電池材料内での Li イオンの拡散現象を捉えることができた。 μ SR 法によるミュオン拡散検出について課題はあるものの、電池材料の性能理解や評価に有用であることを確かめることができた。

さらに多くの電池材料中の Li イオン拡散を μ SR により調べることが可能であると予想される。今後、電池材料そのものだけでなく、電池動作環境下の μ SR によるオペランド測定に発展し、

さらなる高効率電池に向けた研究や新しい材料開発に貢献できるものと期待される。

【謝辞】

本研究において、実験は J-PARC MLF ミュオン実験施設 (MUSE) の実験エリア D1 と S1 で実施いたしました (実験課題番号: 2020MI21, 2020A0078, 2020B0322)。J-PARC MLF MUSE の運営に携わるすべてのスタッフからは多大な支援を受けましたことに感謝致します。本原稿は、論文 [4] をもとに加筆修正したものです。一部科研費「基盤研究 (B): 18-21 年度」(JP18H01863)、「挑戦的研究 (萌芽): 20-22 年度」(JP20K21149) による成果です。

【参考文献】

- [1] <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/summary/>
- [2] Mizushima, K.; Jones, P.C.; Wiseman, P.J.; Goodenough, J.B. (1980). "LixCoO2 (0<x<1): A new cathode material for batteries of high energy density". *Materials Research Bulletin* 15 (6): 783-789.
- [3] 杉山純「正と負のミュオン素粒子で解き明かすイオンの動き」CROSS T&T No.67 43-46 (2021).
- [4] I. Umegaki et al., "Negative muon spin rotation and relaxation study on battery anode material", *The Journal of Physical Chemistry C*, 126, 25, 10506-10514 (2022).



梅垣 いづみ (うめがき・いづみ)

高エネルギー加速器研究機構・助教

1983 年神奈川県横浜市生まれ。2012 年に東京工業大学 理工学研究科 物性物理学専攻 博士過程修了。同 4 月より (株) 豊田中央研究所、勤務。ミュオンビームを活用した、リチウムイオン電池の正負極材料中のリチウムイオン拡散の研究に従事。2014 年から負ミュオンを用いた元素分析による、リチウムイオン電池内のリチウム非破壊検出手法確立に従事。2018 年より 2 年間、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の共同研究研究員として、J-PARC に滞在。2021 年 8 月より、現職。MLF ミュオン科学実験施設 (MUSE) の実験エリア D2 の装置責任者を務める。

■農研機構 2022年9月2日

気候変動再現の環境で栽培ロボット働く スパコンとも連動する人工気象室の運用

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/rcait/154498.html

作物を栽培する環境を再現できる人工気象室「栽培環境エミュレーター」に、ロボット計測装置を導入した「ロボティクス人工気象室」が農研機構（つくば市観音台）で運用を開始した。スーパーコンピューター「紫峰」と連動した研究基盤として開発され、気候変動に伴う高温多湿などの環境において、収穫時期、収量、品質など作物の性能がどう変化するか、精密な推定を可能にする。

研究室内に野外の環境を人工的に模擬することを「エミュレート」という。作物の栽培環境を精密に再現できる「栽培環境エミュレーター」の開発は2019年度から始まり、農業情報研究センターの研究室に、内寸で幅172cm×奥行き172cm×高さ185cmのボックスが4基設置された。高機能タイプ2基、標準タイプ2基があり、温度は高機能では5℃から35℃、標準では15℃から32℃の間で制御する。

湿度や二酸化炭素濃度のほか、LED光源により光量や紫外域を含む波長の調整もできるようになっている。風水害の再現はできないが、干ばつなど世界各国で顕著になっている気候変動の動態を、きめ細かなデータ制御によって再現する。

このエミュレーター内に置か

れるのが、作物の大きさや色などの形質を連続で取得できる「ロボット計測装置」。水やりや液肥の循環装置などを備え、複数のカメラで作物を連続撮影する装置だ。2種の装置を組み合わせることで、人工気象室を開閉することなく、時間を追って取得された画像とセンシング情報を解析し、作物形質を連続的に計測できるという。

気候変動に伴う作物生産の不安定化に対して、作物の性能（収穫時期、収量、品質等）を明らかにする農業技術が求められている。これまで、これらの技術開発は野外での栽培試験を前提としていたが、主要な作物の多くは年に一度しか栽培試験ができない。様々な栽培環境に作物が反応し、形質を変化させる作物環境応答を明らかにするためには多くの場所と長い時間が必要だった。

栽培環境エミュレーターではイチゴや葉物野菜などのほか、

コメやコムギ、ダイズなどの穀物の栽培も想定しているが、コメの場合だと年に3回の作付け～収穫ができるといい、野外環境に比べ格段に早く、多くのデータを集めることができる。

「ロボティクス人工気象室」は、農研機構のもつスーパーコンピューター「紫峰」とネットワーク接続している。高速ネットワークを介し、解析プラットフォームヘリアルタイムで転送することにより、得られた作物環境応答データを利用した深層学習（AI解析）による形質解析ができる。イチゴ苗の連続撮影から、着果を見分け、その生育具合や大きさなどが日照時間とどう関連づけられるかなどを、AIが解析する。

さらに、「農研機構統合DB」に含まれる病害虫、気象、遺伝資源、ゲノム情報など、様々な農業データを用いた複合的な解析が可能となり、外部機関の施設等からもこれらの解析を遠隔で行える。民間企業、大学、公設試験研究機関、JA、産地等の外部機関からもこれらの解析を遠隔で行うことができるため、外部機関との共同研究のための基盤として利用できる。

■国立環境研究所 2022年8月31日

温室効果ガス排出量を個々に可視化 Webアプリとしてリリース

<https://www.nies.go.jp/whatsnew/20220831/20220831.html>

国立環境研究所（つくば市）資源循環領域とコード・フォー・ジャパン（東京都文京区）らの研究開発チームは、カーボン

フットプリント（モノやサービスの消費によって直接・間接的に生じる温室効果ガス排出量）を可視化するプラットフォーム

を共同開発した。一人ひとりが自らの生活スタイルとカーボンフットプリントとの関係を知り、定量的な診断結果に基づいて具体的な脱炭素アクションを選ぶことができるという。Webアプリとしてリリースしたほか、プラットフォームの活用に向けて、オープンソースソフトウェアの無料公開もしている。

コード・フォー・ジャパンがリリースしたWebアプリは「じぶんごとプラネット」(<https://jibungoto-planet.jp>)。このアプリでは、移動・住居・食・モノとサービスに関する約10個の簡単な質問に答えることで、誰でも無料で自分の生活スタイルから生じるカーボンフットプリントと自分に合った脱炭素アクションを知ることができる。

国立環境研の調べでは、一般的な暮らしによって発生する温室効果ガスの量は、日本のカーボンフットプリント全体の約6割を占める。このため、モノを買う、使う、捨てる、食べる、移動する、電気を使うといった毎日の生活や、住んでいる街、住居、車のあり方をライフステージの節目で考えると、それぞれの市民にしかできない脱炭素アクションの選択肢があることになる。

自分のカーボンフットプリントを診断できるツールは海外では多く公開されているが、日本を対象として定量的なエビデンス(科学的根拠)に基づく選択肢を提案するツールはこれまで公開されていなかった。国立環境研では「脱炭素型ライフスタ

イルの選択肢」データベースを公開するなど、都市別のカーボンフットプリントデータの公開に取り組んできたが、こうした国や都市の平均値では、一人ひとりの多様なライフスタイル

の違いを捉えられなかった。

そこで、取り組まれたのが、日本のライフスタイルや特徴に合ったカーボンフットプリントの可視化。今回のプラットフォームでは、国立環境研究所のカーボンフットプリントに関する研究成果を活用し、移動・住居・食・モノとサービスに関する簡単な設問への回答からユーザー個人のカーボンフットプリントを算出する。日本のライフスタイルの特徴に合った設問および消費量や排出原単位データを用いているため、より精度の高いカーボンフットプリントを算出することができるという。

ユーザーごとに算出された



カーボンフットプリント量に基づき、それぞれに合った脱炭素アクションの選択肢をカーボンフットプリントの削減量とともに提案してくれる。

今回開発されたプラットフォームは、営利目的での利用も含めて許諾される「MIT ライセンス」によりソースコードを公開・提供される。企業や行政機関などは、このソースコードを活用し、脱炭素型ライフスタイルを後押しするためのカスタマイズされたツールを開発・公開することができる。

▽ソースコードの公開URL

<https://github.com/codeforjapan/JibungotoPlanet-backend>

■しびっくばわー 2022年9月8日

スタートアップのための3週間 12月8日から TSW2022

<https://civicpower.jp/info/180/>

しびっくばわー(つくば市天久保、堀下恭平社長)は、12月8日から21日の3週間にわたって開催する「TSUKUBA STARTUP WEEEEK 2022」(TSW2022)の運営に携わり、つくばの起業家やスタートアッ

プなどの挑戦者たちとともに開催を盛り上げていく。

ディープテックは、大学や研究機関などで長期間にわたり開発されてきた技術—深いところに(ディープ)眠っている技術(テック)—を基盤に、AI(人

工知能)やバイオテクノロジー、二次電池などの分野で社会の大きな課題を解決するために取り組む事業。同社は「今までの殻を打ち破り、潜在力を開放する」という点で、筑波研究学園都市を有するつくばへの期待は計り知れないとしている。

2022年3月に行われた国家戦略特別区域諮問会議(議長・岸田文雄首相)において、つくば市を「スーパーシティ型国家戦略特別区域」として区域指定することも決定され、スタートアップシティつくばへの注目はより一層高まっている。

昨年開催したTSW2021では、5日間で8つのプログラムに1200人以上の参加者があった。今年はさらにパワーアップし、3週間でさまざまなプログラムを実施する。

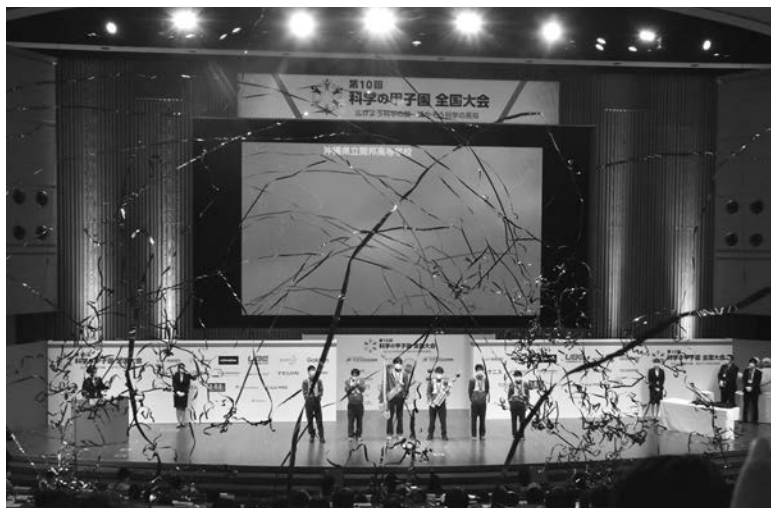
「つくばスタートアップツアー Winter 2022」は16日午後1時から開催。ライフサイエンスをテーマに、民間企業研究所、大学・国立研究機関のラボ訪問を予定している。

さらに同日午後4時30分からは、日本最大級のイノベーションセンターCIC Tokyo(ケンブリッジ・イノベーション・センター東京)による成長プログラムとのコラボイベントを開催。同センターは茨城・つくばから世界市場に進出するライフサイエンス分野のベンチャー企業の成長を後押ししている。独自の先端技術を持つ企業や、次世代を拓く若手のピッチ、そして、ラボ発社会実装を実現するライフサイエンスエコシステム

の未来について、ディスカッションを行う。

20日には、eスポーツ、仮想空間、アミューズメント施設で使えるスタートアップの最先端技術を紹介する。eスポーツに必須なゼロ遅延を実現する技

術をはじめ、仮想空間をより現実近づけるための映像・音・触感にかかる最先端技術、さらにはアミューズメント施設を未来空間にするためのアイデアや技術…世の中の最先端技術など多くのアイデアを集める。



■茨城県ほか 2022年8月2日

科学の甲子園全国大会 3年先まで茨城県で継続開催決定

<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20220802/index.html>

全国の高校生たちが都道府県を代表して科学の思考力・技能をチームで競う「科学の甲子園全国大会」(主催:科学技術振興機構)は、2023年度(第13回)と24年度(第14回)の2年間、引き続き茨城県で開催することが決定した。

同大会は、2020年度(第10回)から22年度(第12回)までの間、茨城県での開催が決定していたが、新型コロナウイルス感染症の影響により、第10回大会は内容を簡素化した開催となり、第11回大会は茨城県での開催を見送り、各都道府県会場で実施する分散開催となって

た。

このような状況を踏まえ、連携自治体である茨城県、県教育委員会、つくば市と科学技術振興機構(JST)は連携期間を2年間延長し、茨城県での開催を決めた。第13回は24年3月15日～18日、第14回は25年3月21日～24日、共につくば国際会議場(つくば市竹園)での開催が予定されている。

なお、22年度の第12回大会は3月17日から3月20日まで、つくば国際会議場およびつくばカピオで開催する。

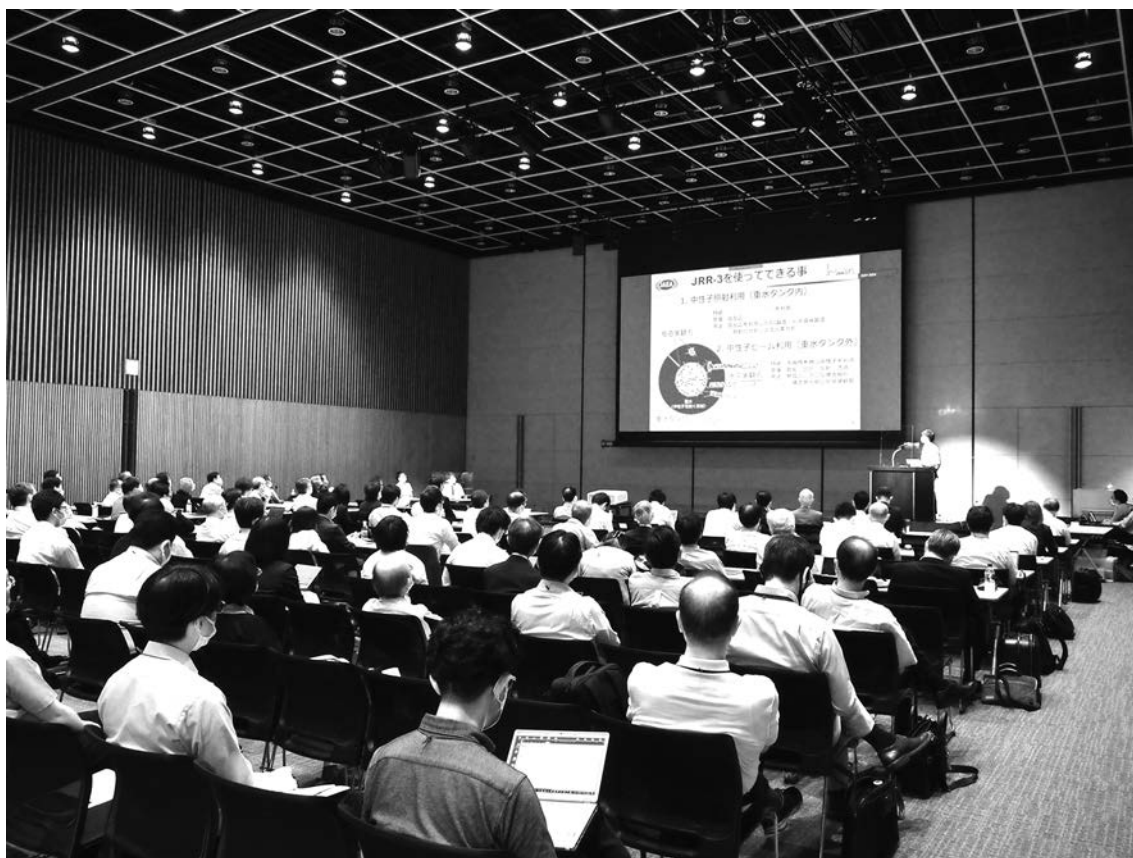
加速器と原子炉、2つの中性子源をものづくりに役立てる 令和4年度中性子産業利用報告会

CROSS 中性子科学センター・中性子産業利用推進協議会 小室 又洋

令和4年（2022年）度中性子産業利用報告会は、7月14日の午後及び15日に、秋葉原コンベンションホールで3年ぶりに現地開催された。J-PARC センター、日本原子力研究開発機構（JAEA）、茨城県、総合科学研究機構（CROSS）中性子科学センター、中性子産業利用推進協議会の5機関が主催。今年度から、JAEA が東海村に保有する研究用原子炉 JRR-3 が加わる形で、前年までの「J-PARC MLF 産業利用報告会」から「中性子産業利用報告会」に名称が変更された。現地及びオンラインのハイブリッドで開催され、現地

参加者 141 名、Web 参加者 159 名の合計 300 名が参加した。

J-PARC 物質生命科学実験施設（通称 MLF）では、光速の 97.12% まで加速した陽子を炭素、水銀の標的に衝突させることで、それぞれミュオン、中性子のビームを作り出し、21 台の中性子実験装置、4 台のミュオン実験装置に供給している。MLF は産業への貢献を重視しており、2011 年から中性子の産業利用を広げるための会合を毎年開催してきた。2016 年度より、J-PARC MLF 全体として「J-PARC 産業利用報告会」が開催され、



3年ぶりに秋葉原で開催された報告会はアクリル衝立越しの講演となった。オンライン参加者への配信も行われた

産業界が J-PARC MLF の産業利用、ならびにそれに向けた学術利用の状況を把握する総合的な会合となった。今年度は「中性子産業利用報告会」として新たにスタートすることになった。

研究用原子炉である JRR-3 (Japan Research Reactor-3) は国産初の原子炉であり、国内最大級の研究用原子炉である。熱出力 20MW, 炉心では 1 秒間に 1 平方センチメートルあたり最大 3×10^{14} 個の中性子が生成する。2011 年の震災以降、新規制基準への対応として運転を停止していた。新規制基準に基づき、耐震強化工事などを進め、2021 年 2 月 26 日に運転を再開し、2021 年 7 月 12 日には施設供用運転を開始した。原子炉建屋や隣接するビームホールには原子力機構や大学の実験装置が約三十台あり、中性子を用いた実験を行っている。産業分野の研究も多く、半導体素材、自動車のエンジン、建築物のコンクリート、機能性食品など、さまざまな分野で活用されていることから、今年度から中性子産業利用報告会の主催団体に加わることになった。

この報告会は（中性子・ミュオンで何が分かるのか、どう使えるのか知りたい）という産業界の研究者の要望に応えることを目指した。中性子・ミュオンで「何が見えるか」「何に使えるか」に焦点を絞り、産業界の「見たいもの」とのマッチングを図ることに重点を置き、下記の方針に沿ってプログラムが編成された。

- ①産業界から、利用の現状、施設に何を望むのか、必要な技術とは何かを示す。
- ②施設から、提供できる技術とその限界を示す。
- ③共同研究グループから、MLF、JRR-3 で始動し

た共同研究の成果を示す。

- ④カーボンニュートラル、DX など、社会から求められている課題解決への取り組み、貢献について紹介する。

各セッションでは電池、創薬、電子機器等さまざまな分野の研究者が、中性子及びミュオンを用いた最近の成果の発表を行った。

報告会 1 日目は小林隆 J-PARC センター長の開会挨拶後、寺門成真文部科学省科学技術・学術総括官の挨拶をいただいた。セッション 1（施設報告と産業利用の現状）では、J-PARC センターの大友季哉氏より J-PARC MLF の現状と J-JOIN（中性子・ミュオン利用ポータルサイト）の活動について報告があった。

J-JOIN は、研究用原子炉 JRR-3 の中性子、大強度陽子加速器 J-PARC MLF の中性子、ミュオンを使って、実験、試験を行いたい方へ利用を案内するサイトである。JRR-3 の運転再開に合わせ、中性子利用者からの利用窓口一本化の要請に応える形で開設された。J-JOIN では、実験内容、装置担当者とコンタクト、利用申請や実験の日程等についての相談に応じている。

JAEA の武田全康氏は J-PARC MLF と双璧をなす国内唯一の大型定常中性子源である研究用原子炉 JRR-3 の紹介と、これまで行われてきた産業利用の実例に加え、昨年度と今年度の利用状況について報告した。産業利用課題の実施数は運転停止前と同水準に戻ってきており、成果占有利用も伸長している。MLF との連携の下での JRR-3 における産業利用が期待されている。



小室 又洋（こむろ・またひろ）

1984 年東北大学大学院工学研究科博士前期課程（金属材料工学専攻）修了。同年、株式会社日立製作所入社。主に磁性材料の研究開発に従事。現在（一財）総合科学研究機構サイエンスコーディネータ。博士（工学）。

赤ちゃんとの排泄コミュニケーション

筑波研究学園専門学校 こども未来学科 大塚 由利子

1. お尻に寄り添う育児～はじめに

「赤ちゃんの排泄は紙おむつにまかせておけばいい」私は、そうすることが世間の感覚に照らしても当たり前だと思っていました。しかし、SNS等の情報で布おむつという方法もあれば、おむつなし育児という選択肢があることを知りました。図書館で本を借りるのと同時に、さらにインターネットで自分に必要な情報を集めました。私のハートにたくさん、いいね！が貯まり、布おむつを使うことと排泄コミュニケーション（おむつなし育児）を、やってみるに至りました。

私には、3人の子どもがいます。上の2人は当たり前のように紙おむつを使って育児をしましたが、3人目の子で、お尻に寄り添う育児をしています。赤ちゃんの排泄をケアすることは、手間がかかるし大変なこともあります。しかし、それ以上に「もう二度と訪れない赤ちゃん時期に、本当にやって良かった」と心の底から思うのです。

2. 少しずつ身体のことを知っていく ～排泄コミュニケーション

排泄コミュニケーションは、おむつの外で排泄できる経験をつくり、「出すことって気持ちいいね」という、快い気持ちに寄り添い、喜び、それらの体験を積み重ねる一、そうしたコミュニケーションです。おむつを使わないことはありません。実際には、おむつを使わないと、寝具や衣服が濡れたり汚れたりして不快になってしまいます。なので、布おむつや紙おむつを使いながら、排泄サインを汲み取り、適宜、おむつを外して排泄のお手伝いをしていきます。

Elimination Communication（排泄コミュニケーション）を略してEC、おむつなし育児とも呼ばれます。どちらも、おむつ外しを目的とした早期トイレトレーニングではありません。ケアされる側は、少しずつ自分の身体のことを知っていくことができます。そんな、素晴らしい学習要素があります。

3. 良かったと実感～布おむつを使ってみる

長男・長女を保育園に預けて、私自身、幼稚園教諭や保育士として働いた期間があります。それらの期間に出会った排泄用品は、すべて紙おむつでした。それだけ、紙おむつが現代社会に浸透しており、さらに、布おむつユーザーがいても、ごく少数であることが伺えます。

雨が降ったら、傘をさします。現代の社会では、それと同じくらいの強い結びつきが、赤ちゃんとおむつにはあると思います。しかし、レインウェアだって雨をしのげます。ありました！おむつ界のレインウェア。それは、布おむつ。

第3子の排泄ケアのメインを布おむつにしました。布おむつなんて、面倒くさい！大変！！と感じる以前に第1子・第2子の育児期は「紙おむつを使うのが当たり前。出産準備品に紙おむつはマスト」という感覚でしたので、逆に昔から使われてきた布おむつはどんな利点があるのか、確かめてみたい気持ちが大きく膨らみました。

しかし、意気込みは十分でしたが、出産後は上の子たちの子育て生活に赤ちゃんが加わり、自分の体力がままならず、初めて布おむつを使う勇気が出ませんでした。そんな時に夫から「布おむつ、使わないの？」と言。「そうだよねえ、使って

みるか!」と布おむつを引っ張り出し、おむつカバーを広げて畳んだ輪おむつを置き、次男のお股にそっと当てマジックテープをそっと留めます。布おむつは、小さい身体を優しく包み込んでくれました。

布おむつを使ってみて、紙おむつよりも良かったと実感したことが3つありました。1つ目は、ケアする側のアンテナ感度が鋭くなることです。おしっこしたかな? と指を入れて確かめ、濡れていればすぐ交換して、いつも乾いた快適な空間を用意してあげられます。2つ目は、おむつが家庭内で循環されていくことです。ゴミを出さないことは、ゴミの日に捨てそびれてのガッカリもあります。もちろん、私たちにも地球にもいいことです。3つ目は、布おむつは対応力があることです。それは、低月齢時には1枚。量が増えてきたら、男の子の場合、前部分を多く折る。それでも対応できない尿量になると2枚重ねて使えばいいのです。私の一番のお気に入り、ふんどうスタイルです。

4. 赤ちゃんの排泄力!!

～次男との排泄コミュニケーション～

赤ちゃんは、サポートがあれば、おむつの外でおしっこやうんちができます。

どんな風に排泄させる? それは、授乳の前後、眠る前、寝起き…まずは、お世話のタイミングに合わせて、おむつをはずすことにしました。適当な容器、洗面所、トイレでも、赤ちゃんを後ろから抱いて捧げます。初めて次男が「ショー」と、おしっこをしたときには、「す、すごい!!」「でたあぁ!おしっこがオマルに出たよ。みて!!」と家族に呼びかけ、みんなで「すごい!! すごいねぇ」と感動し喜び合いました。

赤ちゃんが、オマルでおしっこをする…、2児を育てた私も初めての体験でした。長女は弟の頭を撫でて感心し、ほめたたえます。うんちも出ます。小さなおしりから響き渡るうんち音は軽快! 愉快!! 大爆笑!! 長男は跳ね上がって大喜びです。私はキャッチしたおしっこやうんちを、毎回まじまじと観察してしまいます。「おしっこは透明に近い色。匂いなし!」健康チェックもしっかりと

できます。おむつを外すたびに、「どれどれ、今度はどうかな? 出るかな? 出るかな〜?」と、オマルに捧げるのが習慣になりどんどん楽しみになっていました。

自然と言葉があふれる“排泄コミュニケーション”。「すごい」「出た出た」「気持ちいいねぇ」「天才!!」「出ないかな? 出ないねぇ」など、たくさん声をかけています。家族間でも、たくさん会話が生まれました。無言で赤ちゃんのお世話だとか、なんて声をかけたら??などの世界から縁の遠い世界です。これが“排泄コミュニケーション”なんだなぁ。と肌で感じるすることができます。

5. 泣き声に対する感じ方が変わる

～赤ちゃんからのサイン

生後1ヶ月を過ぎ2ヶ月にさしかかる頃です。次男は、おむつにおしっこをすると「ウェーン」と、力いっぱいので泣くようになりました。自分に何かが起きたと知らせてくれている…おしっこをする感覚って、ちょっと怖かったりするのかな? そんなふうに考えながら、私はおむつを交換していました。排泄の間隔が短いので、そのたびに泣かれてしまうのはちょっと大変。いや、疲れます…。家事が進まず「誰かおむつ替えて～」と、よく子どもたちをお願いしていました。

とある夏の夕方、肌着とおむつ1枚の次男を抱いて近所を歩きました。声をかけてくれたご近所さんが、布おむつユーザーでした。布おむつの話に花が咲き、私がおしっこのたびに泣かれることをこぼすと「すごーい!おしっこが出たことを教えてくれるんですね!! 私の娘は教えてくれませんでしたよ」とお話ししてくれました。

…??? 出たことを教えてくれている?! お、教えている??? なんてこと!? なんて愛しいのでしょう!! 疲れている場合ではありません。それから、次男の泣き声に対する感じ方が180度変わりました。盛り上がる、排泄ケア。オシッコシヨシヨンコミュニケーション!

新生児期から生後5ヶ月頃までは、おむつを開けて容器に捧げるたびに、おしっこやうんちが出ていました。おしっこやうんちを少しずつ、たくさんの回数を出します。おむつにおしっこが

出ていても、また出ることも。まだ体が小さいので、頻回に少量ずつ。時間で言ったら 10 ～ 15 分間隔です。

赤ちゃんは目まぐるしい速度で発達しています。お母さんの胎内から外へ出てから、少しずつ少しずつ、感じたことを理解していきます。音が聞こえる。光を感じる。目が見えるようになる。においを感じる。味わう。触れられていることを知る。抱かれる感覚が心地よく感じる。不快なこと、してほしいことを泣いて知らせる。その連続から、自分の手や足をバタバタ動かしてみる。赤ちゃんは、毎日、毎時間、毎秒が発見の連続です。自分の五感を目一杯使って、身体の動かし方を獲得し、外からの刺激に反応を受けて、全力で生きています。次男は、私の排泄ケアに全力でこたえてくれました。

6. 紙と布との使い分け～ペースをつかむ

日中は布おむつ、夜間は睡眠時間確保のため紙おむつを使いました。しかし、夜間授乳の前後におまるに捧げると、大きい方も小さい方も面白いほど出してくれます。なので、紙おむつが濡れないこともしばしば。おまるに出たものはトイレに流して、おまるを水で濯いでおしまいなので、あまり手間と感じません。あるいは、私が次男の排泄～夜間バージョン～をむしろ、面白がっていたので手間と感じなかったのかもしれません。

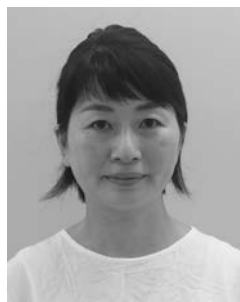
起床時に紙おむつが空っぽのときは、午前中の排泄で使います。疲れた時や家事をしている間に受け止めてもらって助けてもらいました。そんな紙おむつの使い方でしたが、夜間の排泄や授乳ペースをつかみ、紙おむつに排泄しないことが分かり、次男の3ヶ月頃には、在宅時は排泄ケアをしながら、布おむつを使うスタイルが定着しました。

7. 保育士目指す学生たちにも伝えたい ～おわりに

次男との排泄コミュニケーションは、今も継続中です。現在（本稿執筆時）、次男は1歳1ヶ月ですが、月齢・発達によって排泄状況に変化があります。排泄コミュニケーションは、幼子の発達

や気持ちを理解する素晴らしい育児法です。この育児法が広まり、理解され、多くの気づきや感動、楽しさ、内なる赤ちゃんの発達力を、一人でも多くの方に共有してもらえたら幸いです。

育児にはこうでなくてはならないということはないこと、育児の楽しさを、これから保育士を目指す学生たちに伝えていきたいと考えています。



大塚 由利子（おおつか・ゆりこ）

大阪芸術大学短期大学部通信教育部保育学科卒業。筑波研究学園専門学校幼児保育学科卒業。

幼稚園教諭と保育士としての経験を活かし、筑波研究学園専門学校こども未来学科に勤務。

縦書きにクロス

宮澤孝子「思い出の料理と綴る自分史 母が紡ぐ和の薬膳」(パレード、2021年)

著者は日立市生まれ、料理教室を主宰して多くの生徒を教えている。幼いころの自然豊かな茨城の田舎暮らし

が、今の薬膳料理家としての原点になっているという。33歳でうつを発症、45歳で東日本大震災をきっかけに起業し薬膳料理家へ。自身の半生を振り返り、薬膳料理家になるまでの苦悩と、思い出の料理を綴った。

第1部は著者の自分史で、家族との絆が余すことなくつづられていく。郷土と共に歩む女性の貴重な証言であ

短歌 死者を語る日

若いときの鋭さ清さ美しさ写真のなかは彼も彼女も思想とか文学とかを語る者語らぬ者もなつかしい友

才能が乏しと言はれたるひとのその才能は若き日のもの
若いひとは着るものことば歩きかたみなわかかし世をば背負ひて
将棋でもボクシングでも敗れたる者にはいつも遠い一勝

こちらから思ふのみなり親しきも親しくなきも帰らざる死者
お彼岸に墓参りするほんの少しだけではあれど死者を語る日

歌手逝きてそのヒット曲歌ひつつファン見送りぬ歌手はよきかな
冬の夜の懐中電灯照らしたり闇の暗さとわが行く道を

一年生は重い大きなランドセル人生のごと背負ひてゆくも

松崎健一郎 (まつざき・けんいちろう)

1947年茨城県生まれ。東北大学文学部卒業。水戸市在住。

著書に『親鸞像』、『起源の物語』『常陸国風土記』、『吉本隆明異和』、歌集に『仕事と日々』(茨城文学賞受賞)、『死者たちの時』(茨城県歌人協会賞受賞)ほか2冊がある。茨城民俗学会理事。

る。第2部では、思い出の料理の作り方が美しい写真と共に紹介される。食材はスーパーでも手に入れることができそうな普通のものだが、いずれも薬膳としての効能がある。著者のように畑で採れたての野菜を使い愛情を込めて作れば効果は倍増しそうだ。

本書は「料理本のアカデミー賞」と言われているグルマン世界料理本大賞2022ナチュラル・フード部門を受賞。現代茨城の食文化を紹介していることが世界的に認められた。(四六判、並製、152ページ)



長竹孝夫「首都圏の『綻び』」記者が出会った識者と考察(あけび書房、2022年)

中日新聞・東京新聞を退職して4年。記者生活を茨城・水戸でスタートさせた筆者の取材活動の記録。以下の記述は筆者による。

福島原発事故と足尾銅山鉍毒事件の共通性を筆者の独自取材と識者でひもといた。一方30年以内に70%の確率とされる首都直下地震の課題は深刻。3・11の教訓として大西隆さん(元日本学芸会会長)は首都機能バックアップ

論を提言。一方、藤井敏嗣さん(東京大学名誉教授)は、富士山噴火の首都圏への影響を指摘した。

2025年問題への対応は欠かせない。子どもの貧困、高齢者や介護、医療や健康のほか、老朽インフラや大被害など首都圏を巡る諸課題について、識者らと考察した。内外で急激に広がるドローンについて研究第一人者の野波健蔵さん(千葉大名誉教授)が未来はどうなるか予測した。AIの広がりや画期的で働き方も大きく変わる。

そして国際的事象として「言葉の政治家」ワイツゼッカー(元ドイツ大統領)来日の足跡を振り返った。政治家の言葉と「平和」のテーマにも言及した。一方で杉原千畝の「命のビザ」について元リトアニア大使の重枝豊英さんが独自の見解など述べた。

国際的な安全保障上の緊張が高まってきた。本書はメディアの在り方も問うた。かつて「抵抗の新聞人」として名を残した桐生悠々の言策で締めくくった。「試みに街頭に出て、民衆の言うところを聞け、彼等は殆ど上げて今日の新聞紙を無用視しつつあるのではないか」(四六判、182ページ)

CROSSの動き

法人事務局

2022（令和4）年5月～8月

令和4年（2022年）

5月1日 同日付で八木晃一総合科学研究センター長が就任した。

16日 令和3年度事業及び決算について監事による監査が行われた。

17日 第2回常任理事会をオンライン開催し、5月23日の第1回理事会資料について審議した。

23日 第1回理事会をオンライン開催し、令和3年度の事業報告、収支決算、公益目的支出計画実施報告に関すること、定時評議員会の招集に関すること、任期満了に伴う評議員候補者・理事候補者・監事候補者の推薦等について審議した。

6月2日 第2回CROSS T&T編集委員会をハイブリッド開催し、第71号の発行や第72号の編集等について協議した。

9日 定時評議員会をオンライン開催し、令和3年度収支決算、任期満了に伴う評議員・理事・監事選任、令和3年度事業報告等について審議した。

9日 第2回理事会をオンライン開催し、理事長選任、役付き理事選定及び業務分掌、常勤理事等の報酬額、理事長職務代理者等について審議した。

17日 共用法第19条に基づく令和3年度分についての事業報告、決算報告等を行った。

17日 令和3年度公益目的支出計画実施報告をWebにより、茨城県に提出した。

23日 共用法第22条に基づく役員選任届出を行った。

24日 総合科学研究センター第2回運営会議を

オンライン開催し、今年度CROSS研究員の状況、今年度の研究懇話会、市民公開講座の進め方、その他の活動等について議論した。

28日 総合科学研究センター第1回企画委員会をTIST会議室で開催し、今年度の市民公開講座、研究懇話会の進め方、CROSS研究員の状況、その他の活動状況等について議論した。

29日 科学研究費助成事業間接経費執行実績報告書を日本学術振興会にWeb提出した。

7月7日 「CROSS T&T」第71号（特集：水素社会？脱炭素社会？）を発行し、CROSS会員、図書館・公共機関・高等学校等へ配布した。

8月3日～5日 令和3年度の利用促進交付金の額の確定調査が3日間にわたり、中性子科学センターで開催された。

4日 臨時運営会議をオンライン開催し、2件の研究助成申請書について、薬品の取り扱い、間接費の取り扱いを含め議論した。

4日 第3回CROSS T&T編集委員会をオンライン開催し、第72号の編集状況等について協議した。

12日 筑波研究学園都市交流協議会（筑協）のサイエンスQ事業にCROSS特任研究員を2名推薦した。

CROSS 中性子科学センターの動き

J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）に関する活動
（2022年5月10日以降の動き）

5月10日 電池材料研究会を共同でオンライン開催した。参加者数：80名

13日 プレス発表「超越コーティング；防汚・抗菌効果を示す高機能保護膜」を実施（東京大学、CROSSの連名）。

15日 プレス発表「小さな原子の磁気をもっと小さな原子核の磁気と比べて測定するー強い磁石の開発に役立つ簡便で正確な『原子の磁気』の新測定法の開発ー」を実施（JAEA、茨城大学、J-PARC センター、CROSS、米国オークリッジ国立研究所の連名）。

20日 第77回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ / 第2回放射光・中性子連携利用研究会 / 第1回量子ビームを用いた構造材料研究会を、JASRI、SPRUC と共同でオンライン開催した。参加者数：137名

6月28日～30日 研究生の受け入れ：「中性子反射率実験で実施した時分割測定データの処理方法と、反射率解析ソフト『Motofit』によるデータ解析方法を修得したい」との動機から、東京大学大学院の横山裕大さん（工学系研究科修士課程1年）がCROSS 中性子科学センター研究生として実習を行った。

7月1日 プレス発表「令和4年度中性子産業利用報告会」の開催について（取材案内）」を実施した（J-PARC センター、JAEA、茨城県、CROSS、IUSNA の連名）。

7日 プレス発表「正負のミュオンで捉えた全固体リチウム電池負極材料のリチウム移動現象」を実施した（KEK、J-PARC センター、CROSS、茨城大学、大阪大学、国際基督教大学の連名）。（37 ページ参照）

14日～15日 令和4年度 中性子産業利用報告会を秋葉原コンベンションホール（東京）とオンラインで、J-PARC センター、JRR-3、茨城県、IUSNA と共同でハイブリッド開催した。参加者数：300名（44 ページ参照）

27日 CBI 研究機構量子構造生命科学研究所と中性子産業利用推進協議会生物・生体材料研究会の合同シンポジウム「生体分子の動的挙動解析への挑戦 試料調製から解析までⅢ」を、CBI 研究機構量子構造生命科学研究所、IUSNA と共同でオンライン開催した。参加者数：72名

8月8日～9月8日 2022年度初級者向けZ-Code 講習会を、J-PARC センター、茨城大学、IUSNA と共同でオンデマンド開催した。

8月28日～9月2日 SSE workshop 2022 11th International Workshop on Sample Environment at Scattering Facilities をラフォーレ那須において共同開催した。

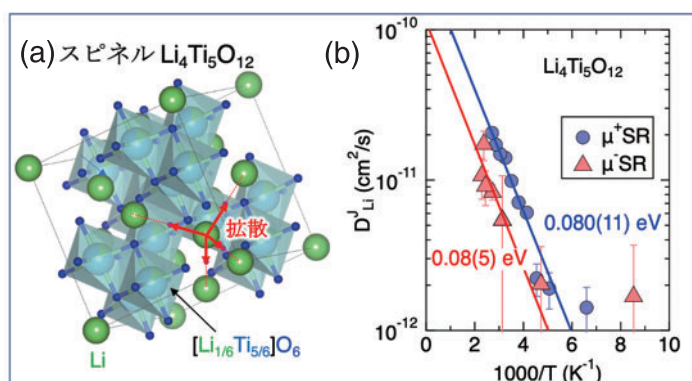
編 / 集 / 後 / 記

創刊の初心に立ち戻れば、「CROSS T&T」は論文誌ではないはずーと軌道修正を図っているものの、執筆をお願いした寄稿者の大半は論文世界の方々だから、応じていただくのは容易でない。原稿のやり取りが二度三度に渡って、迷惑をかけた。直近2回は2月末、6月末に予定していた発行日がそれぞれ3月頭、7月頭にずれ込んでしまった。これらの責はもっぱら編集サイドの不手際にある▼寄稿者には、論文色を薄め科学読み物を仕立てるつもりで、とお願いしているのだが、長年の習慣で「はじめに」から書き始め「まとめ」で終わる構成からの脱却に苦心されている。数式や化学式はもとより、謝辞を入れるのも論文のスタイルだから、できるだけ止めてほしいとお願いしているのだが、なかなか切り捨てられないところである▼それならいっそ、論文色が希薄な特集テーマから入ってみようと、今号は「食」をメインに取り上げてみたのだが、どうだろう。秋号だけに食欲と強引に結びつけたわけである。農研機構や県の農業研究センターはもとより、KEKの物性研究でも食品が素材になっていたり、興味深い▼資料集めに直近のプレスリリースを読み漁ると、実に多様な食材を相手に、研究という名の料理方法が示されていたので、こちらも含めて紹介させていただいた。編集という名の調理にはやっぱり下ごしらえが大事だと痛感した次第。（CROSS T&T 編集委員会委員長・相澤冬樹）

色いろ

見せます

【記事 33 ページ参照】桜川市高峯における山桜の景観。
白くみえる樹木が山桜。(撮影・勝田翔)



【記事 39 ページ参照】

全固体リチウムイオン電池の負極材料の候補になっている $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ の (左) 結晶構造と (右) 正負のミュオンの μSR で測定した自己拡散係数の温度依存性

CROSS T&T — 第 72 号 —



令和 4 年 (2022) 10 月 31 日
一般財団法人総合科学研究機構
理事長 横溝 英明
〒300-0811 茨城県土浦市上高津 1601
TIST 2 号館
TEL.029-826-6251
FAX.029-826-6216
E-mail:tsukuba@cross.or.jp
URL : <http://www.cross.or.jp>

CROSS T&T 編集委員会

委員長 相澤 冬樹

委員 北島 重司/久保 稔

松下 博充/水澤多鶴子

印刷所 松枝印刷株式会社

〒303-0034 常総市水海道天満町 2438

TEL : 0297(23)2333 FAX : 0297(23)5865

No.72

2022.10