

CROSS T&T

Comprehensive Research Organization for Science and Society

No.75

2023.10

Top Title 開学50年 筑波大学と地域社会

永田 恭介

鈴木 広道

小林 正美

川崎 卓郎

天野 隼太

つくばからの発信

黒田 信介

永田 純子

高橋 昂平

伊藤 優香

東海からの発信

鈴木 國弘

余語 覚文

【表紙写真】門のない「開かれた」新構想大学として開学した筑波大学。東大通りにシンボルゲートが設けられている

一般財団法人 総合科学研究機構

CROSS T&T 75 号 目次

Top Title (特集) 開学 50 年 筑波大学と地域社会

開学 50 周年筑波大学とつくば たゆまぬ挑戦を続ける世界水準の大学を目指して	永田 恭介 (筑波大学 学長)	1
水素燃料電池バスがゆく エッセンシャルワーカー向け PCR 検査の成果	鈴木 広道 (筑波大学医学部医療系)	4
筑波大学発 おもしろふしぎ理科実験工作隊 (前編)	小林 正美 (筑波大学物質工学系)	9
はたらく材料を中性子で観察 マクロな変形を生み出す原子レベルの構造変化を捉える	川崎 卓郎 (JAEA J-PARC センター)	13
筑波大生から地域社会へ 子どもたちへ広げる SDGs	天野 隼太 (筑波大学人文・文化学群比較文化学類)	17

Tsukuba (つくばからの発信)

宇宙ビジネス時代は来ているのか (その 1)	黒田 信介 (いばらきスペースサポートセンター)	23
シカはどこからやってきた? 100 年ぶり! 茨城県南西部に出現	永田 純子 (森林総合研究所 野生動物研究領域)	28
ゲノム解読から見えてきた緑藻の LGBT	高橋 昂平 (東京大学大学院理学系研究科)	33
二度と出会えない一期一空 ひこうき雲の教室	伊藤 優香 (CROSS 総合科学研究センター)	38

Tokai (東海からの発信)

J-PARC 建設の歴史と思い出 (その 3) 試練、復旧、また試練、そして未来へ	鈴木 國弘 (JAEA 広報部)	43
レーザー駆動中性子源による共鳴吸収分析 瞬間的に元素を透過識別する装置のコンパクト化	余語 覚文 (大阪大学レーザー科学研究所)	48

Today & Tomorrow (今日・あす)

25 周年迎える CROSS 組織変更とこれからの活動	村澤 通彦 (CROSS 法人事務局)	52
CROSS T&T index No.51~74	2015 年 10 月号以降のタイトルアーカイブス	54

〈CROSS ロード〉

CROSS2023 総合科学市民公開講座開催のお知らせ	42
Cross Release	
動物に寄生する新種「ツクバヤドリミドリムシ」の発見	20
地下のクモこそ、地上の生態系制御の「コア生物種」	21
香り立つ「木の酒」づくり 木質バイオマス変換新技術研究棟	22
標準理論の先へ〜 J-PARC ミュオン g-2 実験に期待	51
短歌 (松崎健一郎)	37
俳句 (山口 恭弘)	27

開学 50 周年 筑波大学とつくば たゆまぬ挑戦を続ける世界水準の大学を目指して

筑波大学 学長 永田 恭介

はじめに

本年 10 月 1 日に、筑波大学は開学 50 周年、創基 151 年を迎えました。我が国最古の高等教育機関の一つである「師範学校」から続く伝統をルーツに、世界に「開かれた大学」として産声をあげた本学は、建学の理念に「学際性」と「国際性」を掲げ、従来の大学制度にとらわれない「新構想大学」として、今日まで先導的な教育研究へのたゆまぬ改革と挑戦を続けてきました。

50 年前に述べられた建学の理念は、現在まさに大学に求められている内容です。これを基盤に進めてきた学際的な研究、産業と学問の連携、国際交流や留学生の受け入れなど、時代の要請を先取りした本学の取組は、現在、多くの高等教育機関において標準的なものとなっています。

開学 50 年という大きな節目を迎えた今、筑波大学はこの理念を誇りに思いつつ、「つくば」の地から、世界水準の大学を目指してたゆまぬ挑戦を続ける決意を新たにしています。本稿では、未来の社会に向けた本学の取組の方向性の一部を記載することで、読者の皆様と想いを共有したいと思えます。

50 年後を見据えた本学の使命

現代の国際社会には、気候変動や新たな感染症への対処、安全保障環境の変容、これらに伴う格差や分断の深刻化など、地球規模課題が山積しています。国内に目を向ければ、少子高齢化と労働人口の減少、東京への一極集中と地方の衰退、社会保障費の増大などイノベーションを生みにくくする課題があります。それ以上に、我が国は様々

な固定化された概念に縛られています。

課題に悩み、固定化された社会を速やかに再構築させていくことが必要です。その原動力の一つこそが大学です。大学改革の旗手として誕生した本学の真価が問われるものと考えています。未来の世界を希望溢れるものとするために、本学は恒久的な平和を希求し、学術・学芸により人類を幸福に導くことをこれからの重要な使命として掲げます。建学の理念の精神を継承し、更に発展させるとともに、他大学に先駆けて先導的な研究教育の不断の開発を行い、その果実により社会を変革することを目指します。

「未来構想大学」への挑戦

我が国の 18 歳人口はこれからも減少が続き、2050 年頃には 80 万人を割り込むと推計されています。この状況下で従来の入学者選抜を継続しては、入学者の質が低下し続けることになってしまいます。そうならないためには、人材の裾野を国内外に広げ、日本の教育では埋もれがちな「キラリと光る」人材を評価し、これらの者の能力をこれまで以上に高める教育を展開しなければなりません。

そのために本学は、学士課程の抜本的な入試改革を行います。筆記試験による学力の判定は大学入学共通テストに委ね、個別試験では論文やディベート、面接等を通じて、受験者の問題発見能力、批判力、論理的記述力、人間性等を見極めるシステムを導入したいと考えています。この選抜方式は外国人にも開放し、加えて秋学期入学の割合を増やすことで、入学定員の枠内で、外国人学生の比率を増加させていきます。入試改革には多様な

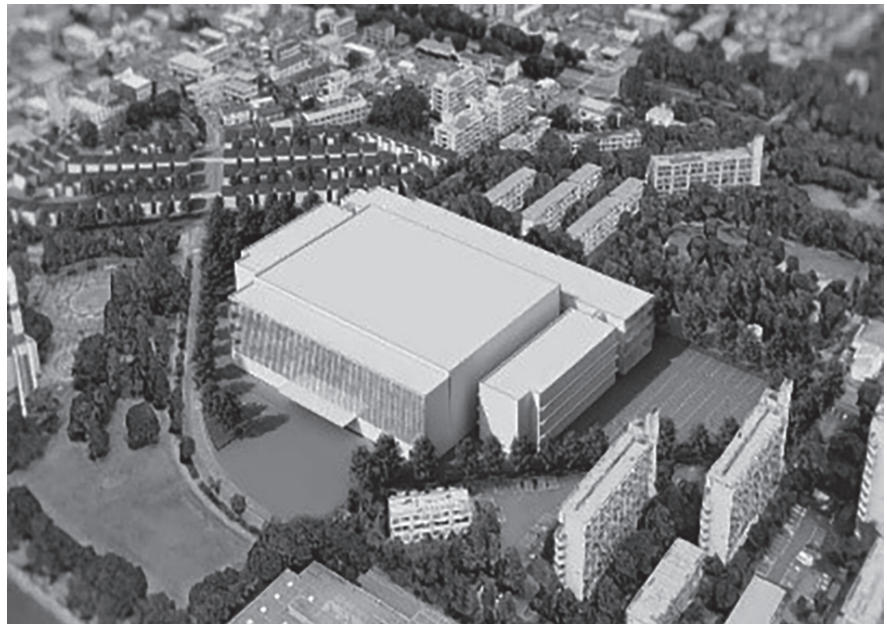
論点があり、実施までには長い時間を要しますが、速やかに検討を進め、可能なものから実施したいと考えています。

次に、未来のグローバル社会を牽引する人材を輩出するため、時代を先取りした教育課程改革を実行します。学生との対話と交流を重視したチュートリアル教育を導入し、学生の問題意識を学問的課題へと発展させることを支援します。並行して創造的な叡智や豊かな人間性の涵養等を目的とした専門科目群によるリベ

ラルアーツ教育を全学的に展開し、その上で先進的な専門教育を実施することで、学術的な思考を用いて課題解決に導ける高度専門人材を輩出していきます。

これらの改革をより効果的なものとするため、近い将来、学群の新入生は原則として一度は学生宿舎に入り、世界の多様な文化と価値観に触れ、豊かな自然に囲まれた施設で全寮制に近い学修を体験することを検討します。学住近接の利を活かしたチュートリアル教育を展開できるよう、計画中の学生宿舎のリニューアルに併せ、このエリアに大学債の一部を活用して「未来社会デザイン棟（仮称）」を建設することとしています。この施設には、学生のためのスペースに加え、産学共創、国際交流などのスペースを用意し、学生が産業界やグローバル社会と日常的につながる場を創出します。

このような改革を行う意義は、単に有為の人材を輩出することにとどまりません。入試を変え、教育を変えた本学で学問を修めた人材が未来社会を牽引することで、イノベーションを阻害する日本の慣習が変わり、個々の大学、企業などの個性が輝くことにつながるのではないかと思います。本学はたゆまぬ改革を通じ、その先端を走る「未来構想大学」を目指して挑戦を続けていきます。



つくば駅近くの大学職員宿舎跡地に大学債を活用して 2027 年竣工予定の研究施設「IMAGINE THE FUTURE. Forum」

社会とともにある世界水準の大学として

世界水準の大学として発展するためには、洋の東西、古今の知識が交錯し、未来のグローバル社会を形作る「知の十字路口」としてのキャンパスを実現しなければなりません。本学はこれからも「つくば」に根差し、地域の皆様とともにこの挑戦を進めていきたいと考えています。

筑波研究学園都市に立地する官民の研究機関には、世界トップクラスの研究者が多数存在しています。当該研究者を本学の教員として迎え、研究教育を強化します。また、真のニーズドリブン型開発研究を推進する「IMAGINE THE FUTURE. Forum」(ITF.F)を大学債を活用して建設し、当該施設に企業の R&D 部門を招聘して共同研究を行う Business to Academia (B2A) 研究所を設置し、研究成果の社会実装を強力に進めていきます。

本学のルーツである東京高等師範学校の校長であった嘉納治五郎先生は、今から 100 年以上前に、清国から留学生を受け入れ、我が国の高等教育を初めて世界に開きました。その精神を継承する本学にとっての地域は、つくばであり、世界であると考えています。本学では、大学の国際化を推進する独自プロジェクトとして「Campus-in-Campus」(CiC) 構想に取り組んでいます。協定



学生宿舎と同じエリアに整備する未来社会デザイン棟

以上の取組により、本学に国際性と多様性に溢れた包摂ある環境を創造することで、「つくば」の地で世界中の頭脳が混ざり合い、宇宙の始まりから生命、文化の創造・発展までの138億年にわたる歴史の全貌に関する進化と相転移の原理を探究し、その研究成果を土台として、閉塞感漂う社会を切り拓く新たな学問分野を創成していきます。

を締結した世界中の大学との間では、キャンパス機能を共有し、バリアフリーな形で、学生・教職員・研究者が自由に交流することが可能となっています。また、この取組に関連して、仏教研究、がん研究、海洋生物研究などの研究ユニットが協定先大学から本学に招聘されており、研究主催者は当該協定先大学と本学の両大学の研究者として、バリアフリーに研究活動を進めることができるようになっていきます。今後は、研究ユニットの招致にとどまらず、世界中の大学との間で頭脳が循環する研究教育交流を実現していきたいと考えています。

おわりに

本学は次の50年に向けてのスローガンを「DESIGN THE FUTURE, TOGETHER —ともに拓く未来—」と決めました。歴史への敬意と未来への期待を胸に、国境や組織の間に存在するあらゆる壁を越え、社会とのエンゲージメントを深めながら歩を進めます。学際的な協働による新たな学問分野の創成、未来社会を創造する卓越した研究成果、そしてこれらに裏付けられた未来を担う人材を生み出す教育を、ステークホルダーの皆様とともに進めていきたいと思えます。



永田 恭介 (ながた・きょうすけ)

▼生年月日 1953年10月14日▼専門分野 分子生物学▼所属学会 日本ウイルス学会、日本癌学会、日本生化学会、日本分子生物学会、日本薬学会▼研究テーマ ウイルスと真核細胞のゲノム/クロマチンの複製と転写の分子機構、ウイルスの増殖と病原性発現の分子機構、細胞周期制御と細胞がん化の分子機構▼学歴 1976年東京大学薬学部薬学科卒業、1981年東京大学薬学系研究科博士課程修了▼学位 薬学博士(1981年東京大学)▼職歴 1985年国立遺伝学研究所分子遺伝研究系・助手、1991年東京工業大学生命理工学部・助教授、1999年東京工業大学大学院生命理工学研究科・助教授、2001年筑波大学基礎医学系・教授、2011年筑波大学医学医療系教授、2012年筑波大学学長特別補佐、2013年筑波大学学長(現職)▼公職 中央教育審議会大学分科会会長(2015-)、中央教育審議会副会長(2017-)、国立大学協会会長(2019-)

水素燃料電池バスがゆく エッセンシャルワーカー向け PCR 検査の成果

筑波大学医学医療系臨床医学域感染症内科学 教授 鈴木 広道

筑波大学では、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において、水素燃料電池バスを基盤としたモバイルラボラトリーを開発した。本システムは、全自動遺伝子検査装置及び検査・通信システムにより、個々の携帯端末から簡便に依頼が可能で、最短約 40 分で結果を得ることができる。大人数に対して、各病原体に対する PCR 検査を実施することができ、複数病原体の同時測定も可能である。今回、COVID-19 に対するエッセンシャルワーカー向け PCR 検査に対して社会実装した成果について報告する。

1. 水素燃料電池バスを用いたモバイルラボラトリーの開発・特色

水素燃料電池バスを基盤とし、移動性と自立的電源供給機能及び検査性能をもち、短時間で大人数検査が可能な大型バス及び狭い場所でも検査可

能で機動性に優れたマイクロバスの計 2 台の車両による感染症検査モビリティを開発した(図 1、図 2、図 3)。

従来、水素燃料電池バスは、人の輸送手段としてのみ用いられていた。水素燃料電池バスの電力供給能力及び静穏性を最大限に生かし、感染症検

査モビリティとしての新しいサービスを創出した。本サービスは、携帯電話などの端末から依頼・結果受信が可能であり、更に、自律的電源供給に加え受電及び給電のいずれも可能であることを生かし、発電機能を活用した災害医療モビリティとしてのサービスを創出した。

水素燃料電池バスの追加開発について、日本で運行実績を有する FCV バスを開発・販売する唯一の企業であるトヨタ自動車株式会社の協力を得て実施した。商用 ZEV 基盤開発部や渉

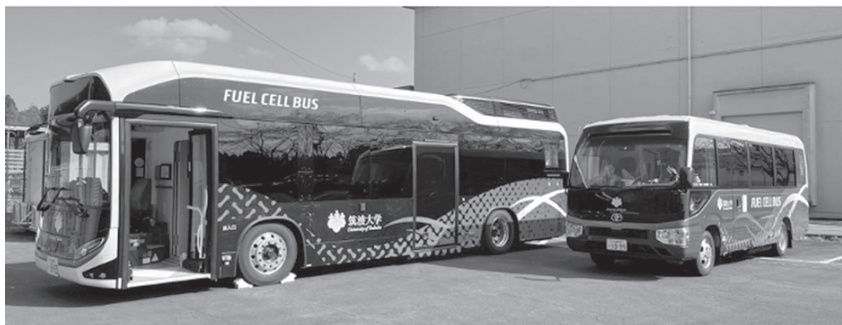


図 1-1 2 台の水素燃料電池バス。(左) 大型バス：量産型水素燃料電池バス (SORA)。(右) マイクロバス：既存のバス (コースター) を水素燃料電池型に改良することで実現



図 1-2 車両内の検査室の様子

外部を含め、複数の担当者が本研究計画の立案段階から参画し、車両開発から車両性能評価、実際に車両運行や緊急災害時対応の実証への協力を行うバス事業者に対するレクチャーを含めた包括的な協力体制を構築した。

本モビリティの特色（表1）として、医療用設備が必要とする電源品質及び電気容量に耐えうる設計、高温・低温下においても設備の稼働に支障がない熱設計であり、オペレーションの制約がある移動先で簡便に検査可能な自動検査機器搭載設計を行った。音圧レベルは60dB程度の静音性を保つ。

さらに、自律的電源供給に加え、外部との受給電能力を有する（図4）。受付システム及び検査システムを搭載し、携帯電話などの外部端末から予約し、検体受け取りから結果報告まで最短39分、最長でも1時間以内に結果受信が可能である（図5）。検査処理能力は、COVID-19 PCR検査において世界一である大型バス3,000件/日、マイクロバスで1,320件/日であり、80km離れた地点でも検査が可能である。また、水素燃料充填を行うことなく、1週間程度の連続した検査が可能であり、FCV/EVからの追加給電で、さらに延長が可能である。

2. 社会実装 つくば市成人式における迅速PCR検査

つくば市の要請により、成人式に水素燃料電池バスを派遣し、現地で検体受付場所を設け、ワクチン接種歴もしくは検査陰性証明がなく来訪した参加者に対して、迅速にPCR検査を実施し、社会実装の達成、行政連携の取り組みを行った。

具体的には、年末年始から全国的な感染者の急増を受け、2022年1月7日、茨城県は、成人式（式典）への出席者には、「ワクチン2回接種済み証明」もしくは「検査による陰性証明」を求めることが全ての市町村に要請された。同日、つくば市からの依頼を受け、安心・安全な成人式の開催をサポートするため、1月9日、10日に緊急で、水素燃料電池バスを式典会場に派遣した。県からの要請内容を知らずに式典会場に来た新成人も多く、両日で87名もの新成人にPCR検査を実施し、

迅速に陰性の検査結果を報告することで、安全に成人式への参加が可能となった。

3. 茨城県全域のエッセンシャルワーカーに対するPCR検査

茨城県からの要請を受け、臨時に設営された大規模検査場に対して、2022年2月1月～3月31日の期間において、水素燃料電池バス（大型バス、マイクロバス）を派遣し、茨城県全域のエッセンシャルワーカーを対象とし、濃厚接触者となった際の早期職場復帰のための向けPCR検査実施し、簡便なウェブ検査依頼、ドライブスルー

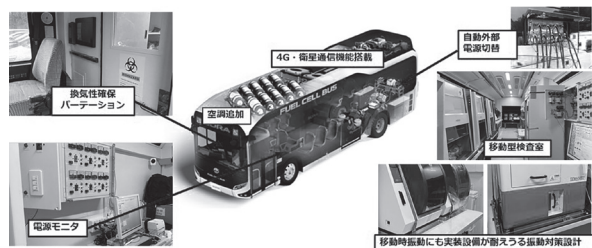
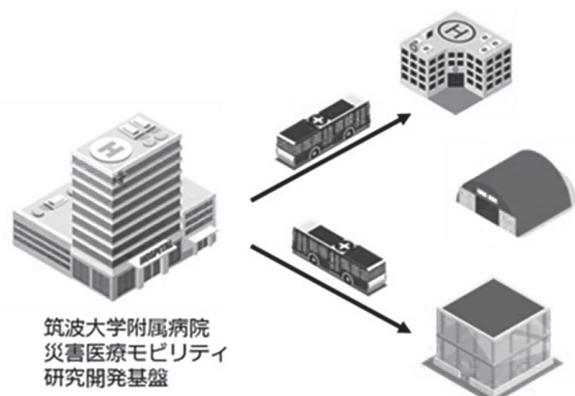


図2 広域範囲をカバーする感染症検査機能の確立

A. 感染症検体検査等医療用設備が必要とする電源品質及び電気容量に耐えうる設計
B. 高温・低温下においても設備の稼働に支障がない熱設計
C. オペレーションの制約がある移動先で簡便に検査可能な自動検査機器搭載設計
D. 水素燃料電池車の特性である静音性、排ガスの出ないクリーンな特性の維持設計
E. 移動時の振動にも実装設備が耐えうる振動対策設計
F. 車両内に有するエネルギーを建屋等へ電力供給可能な設計
G. 系統電力が利用可能な状況下では、外部からも受電可能な電力受給設計
H. 災害現場における必要に応じて柔軟に機能を変換できる可変性設計
I. 必要に応じて、ワクチンを速やかに輸送し、接種するための機能設計

検査、迅速な検査報告により、エッセンシャルワーカーの早期の職場復帰を担い、茨城県の社会活動維持に貢献した。検査の流れとして、ドライブスルー方式により、①検査対象者は、専門サイトから検査への申し込み、②予約した日時に検査会場へ来場、③検査会場での検査キットの受け取り、④検体を採取してスタッフへ提出し、⑤短時間で検査結果が届く流れを構築した。

2022年2月1日～28日に大型バスで検査した唾液1,395検体と、同年3月23日～28日にマイクロバスで検査した唾液179検体を、感染研リアルタイムRT-PCR検査法（以下感染研法）及び他方核酸増幅検査法と比較し、水素燃料電池

バスで陽性と判定された98検体の全てが、感染研法又は他法核酸増幅検査法で陽性と判定された。バスで陰性と判定された検体は、感染研法でも全て陰性であった。水素燃料電池バスでの感染症検査機能は検査センターと同等の検査精度をもつことが示された。

2022年2月24日には、臨時検査場で大型バス・マイクロバスの2台同時運用試験を実施し、大型バスでスクリーニング検査を行い、マイクロバスで陽性検体の確認検査を実施した。3月からの臨時検査場では、受付のための事務所設置に対する電源供給をEVで実施し、FCバスで検査を実施した。電源車（EV/FCV）との連携により複

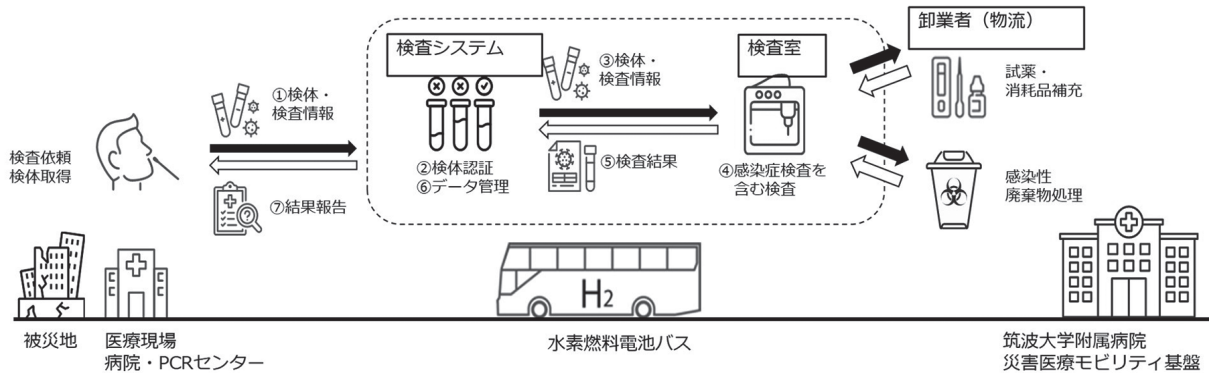


図3 医療モビリティとしての感染症検査フローの確立



図4 臨時検査場④において、電気自動車から給電を受ける様子④ 福祉避難所への電力供給の様子④

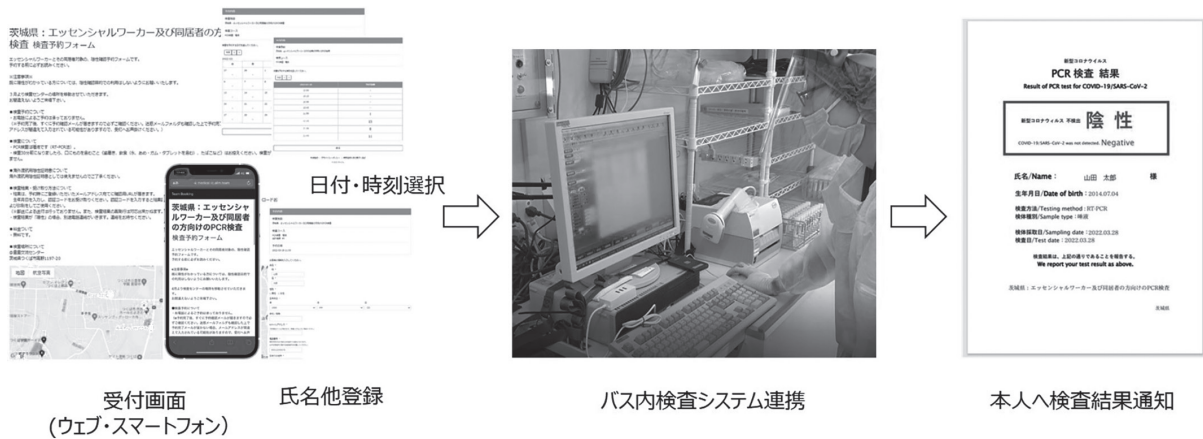


図5 水素燃料電池バスの感染症検査システムを用いた予約・受付・結果通知の概要

数避難所からの集約的検査が可能であることが示された。

2022年4月からは感染症検査モビリティの民間利用として、有償検査ラボ派遣サービスについて、協力機関として参画していた臨床検査を専業とする民間検査機関（つくば i-Laboratory）と、エッセンシャルワーカー及び同居者の方向けのPCR検査を継続し2023年3月31日まで実施し、1万6千名を超える方に対して迅速遺伝子検査を実施するとともに、冬季には臨時発熱外来としてインフルエンザPCR検査の同時検査を実施し、地域貢献を行った。

ドライブスルー方式により、検査対象者は、開発した感染症検査システムを用いて、検査への申し込みを行い、検査会場で検体を提出することで迅速な結果報告が得られている。スタッフの事務所は電気自動車で電源供給を行い、水素燃料電池バスが検査を担うことで、電源のない場所においても受付の運営から一貫して運営が可能となっている。

結語

水素燃料電池バスを用い、新型コロナウイルス対策に対し急変する環境下において、モビリティ



図6 水素燃料電池バスを用いた感染症検査モビリティの成人式における実際の様子



図7 実際の臨時検査場において2台同時運用の様子



図8 水素燃料電池バス及び電源車との連携による検査場で電源供給及び集約的検査の例



図9 臨時検査場において、大雪予報で水素ステーションでの水素充填ができなくなる事に備え、電気自動車から給電を受ける様子

を有する感染症検査室という新たな価値創造を飛躍的に実現するイノベーションを実現し、エッセンシャルワーカーに対する迅速なPCR検査など地域貢献を行った。本イノベーションにより、検体・検査情報についてセンターを介することなく、検体採取現場に水素燃料電池バスを派遣することで、迅速に結果報告を行うことが可能となり、感染症検査モビリティとしての新たな可能性を開拓する大きな役割を果たしている。



図10 臨時検査所（荳崎）でのPCR検査の様子



鈴木 広道（すずき・ひろみち）

筑波大学医学医療系臨床医学域感染症内科学 教授

筑波大学附属病院感染症科長 / つくば臨床検査教育・研究センター理事

2003年浜松医科大学卒 2014年筑波大学 大学院卒

迅速感染症検査の開発・臨床応用を主な研究テーマとしている。

筑波大学発 おもしろふしぎ理科実験工作隊 (前編)

筑波大学応用理工学類 物質工学域 小林 正美

筑波大に赴任して 30 年ほどになります。これまでに行ってきた出前実験について、今回と次回の 2 回に分けてご紹介します。

1. きっかけ：つくば出前レクチャー

平成 7 年 4 月に筑波大学に講師として赴任したときに、メールボックスに「つくば出前レクチャー講師募集」なるチラシが入っていました。みなさん講師になられているのだらうと思い、○をつけて事務の方にチラシをお渡ししたのがそもそものきっかけでした。学内で登録しているのはごく僅かだと知ったのは、数年後のこと（苦笑）。夏休み前後から、市内の小学校から出前の依頼があり、研究室の学生を連れて実験・工作を演示・指導しました。私は 20 歳になったときに、子供の頃からお世話になっている眼医者さんから「免許をとってはいけない」と釘を刺されていたので、車を持っている学生さんに小学校まで連れていってもらいました。つくば市内でも北条など大学から割と離れた小学校からの依頼がほとんどだったからです。1 学年 1 クラスの小学校も珍しくありま

せんでしたが、ある学年・クラスに絞って出前実験・工作が出来たので、今思えば逆に幸運でした。

2. つくば科学フェスティバル

翌平成 8 年（1996）に市の教育委員会から「つくば科学フェスティバル」の委員になってくださいとのお手紙が届きました。委員会に出席し、前年度の「つくば出前レクチャー」が原因だったことが分かり、「しまった！」と苦笑。つくば市に勤務するようになってまだ 1 年、千葉から常磐線と路線バスで通っているので、つくば市のことは分からないことばかり。「私で大丈夫なのか？」と心配になりました。

市内の研究所や小中高の先生方と共に企画を考えたのですが、どうせやるなら「つくば出前レクチャー」では出来ないようなことをやろうと思い、趣味でもある「ラジオの製作をやりたい」と提案しました。すると、学校関係の方から否定的な意見が出て、「ダメかな？」と諦めかけていたときに、委員長の高エネ研の方から「面白いからやってみましょう」との援護射撃をいただきました。感謝!!

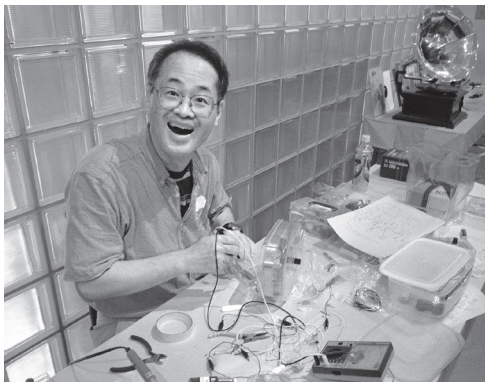


写真 1：大ラジオの修理風景と筆者

小林 正美（こばやし・まさみ）

昭和 34 年長野県小諸市生まれ。東京大学工学部合成化学科卒、同大学院工学系研究科修士・博士課程修了（工学博士）、学術振興会特別研究員（東大、オランダ・ライデン大学）、筑波大学物質工学系準研究員、東京大学工学部助手、筑波大学物質工学系講師、助教授、准教授。専門は「光合成の物理化学」と「葉緑素の医療への応用」。日本植物学会奨励賞および日本植物生理学会論文賞。趣味は、雑誌、天体観測、真空管 & Ge ラジオの製作、レコード鑑賞、スキー・スケート（アイス&ローラー）、軟式テニス。「筑波大学発 - おもしろふしぎ理科実験・工作隊 -」として、小・中・高校にて子供たちに遊ばれる。

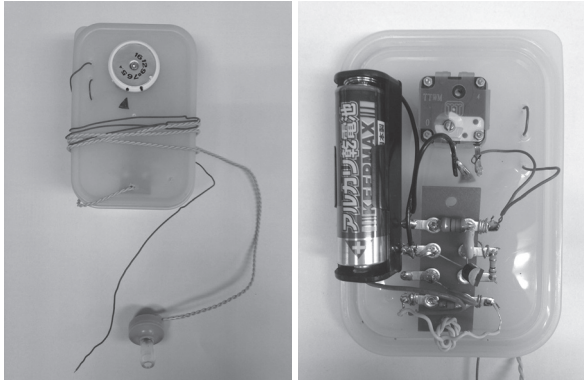


写真2：小ラジオ 全体（左）と内部（右）

「ラジオの製作」だけではつまらないので、昔の駄菓子屋を模した企画も一緒に走らせることに。蓋をあけてみると、「おもちゃの駄菓子屋」は保育園・幼稚園状態となり、会場の出口付近ということもあり、アリーナで疲れ果てたお母さま方の休憩所の様相も呈していました（笑）。

「ラジオの製作」は、お昼を挟んで午前2時間＋午後3時間で、食品用タッパーにエナメル線でループアンテナを巻く、割りと本格的なスピーカー式ラジオ（通称：大ラジオ）。24名/日の予約制にしました。午後2時を過ぎるとぼちぼち出来上がってくるのですが、半分ほどは鳴らずに私の修理テーブル（写真1）はてんやわんやに。修理している間は「おもちゃの駄菓子屋」で遊んで待ってもらいました。修理して音が出たときはほっとし、ラジオの音を聞いた子供の満面の笑みにとても癒されました。

回路はとても基本的なもので、特に低周波増幅回路は大学の電子回路の教科書でしかお目にかかれなような単純な一石トランス式ですが、結構大きい音が出るので、実際に音を聞いた方はとてもびっくりされます。教科書侮りがたし！単三電池2本で一日10時間鳴らしても3か月以上もつので、テスターで電流を測ってみたところ何と1mAを切っていた！ちなみに、LEDの標準電流は約10mA。そのため我が家では、他で使えなくなった単三電池をこのラジオで聞いて、聞こえなくなったら躊躇なく捨てることになりました（笑）。

ただ、2日間で48名しかラジオ作製できないため、市の教育委員会から「もっと人数を増やせ

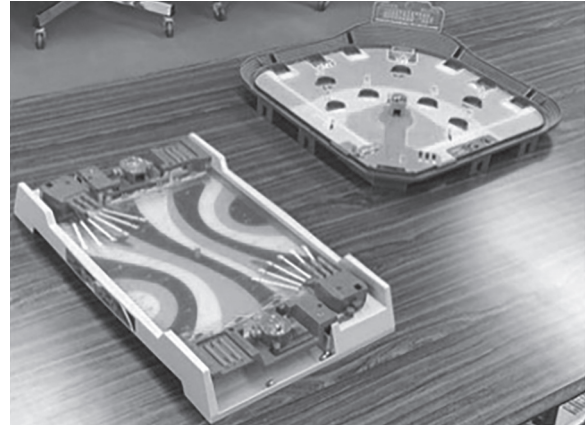


写真3：魚雷戦ゲーム（左）と野球ゲーム盤（右）

ないか」と注文され、翌年からは大ラジオを半分の24名とし、作製が午前または午後のみで済むイヤホン式ラジオ（通称：小ラジオ）（写真2）を48名にして、大小合わせ計72名が作製出来るようにしました。その翌年からは、前年に小ラジオを作製した人のみ大ラジオ予約出来るように工夫。大ラジオは小ラジオに上記の一石増幅回路とスピーカーを付けた仕様なので、大ラジオの成功率が格段に上昇しました（嬉）。

「おもちゃの駄菓子屋」コーナーには、昔懐かしいおもちゃ（野球ゲーム盤や魚雷戦ゲーム=写真3、けん玉、将棋など）を、ずらっと並べて自由に遊んでもらいました。大学生による実験の演示や豆クリップ工作コーナーも設けました。

中古レコードとレコードプレーヤーを置いて、自由にレコードを聞いてもらいました。1990年代後半は、CDやMDが全盛で、レコードを知らない子供が増えていたからです。レコードの聞き方を知らない子がほとんどで（予想通り!?!）、DJのようにレコードを手で回す子も多く、レコードはズタズタに。途中でレコード針まで飛んで、何処かにいってしまいました（泣）。それからは、帰宅途中に、土浦駅近くの古レコード店に寄っては100円値札の中古レコードを漁って備蓄。枚数が増えると、年毎に違うレコードになるように腐心。ビートルズ、アバ、ビージーズ、マイケル・ジャクソン、ワム！、松田聖子、中森明菜などのお気に入り、盤を替えてジャケットが異なるようにして毎年出品（写真4）（笑）。だいぶ経ってから、手回し蓄音機をやっと手に入れ、SPレコードも聞くことが出来るようになりました。



写真4：LPレコード

蓄音機（写真5）はラジオ修理テーブル奥に置いたので（写真1）、ラジオ製作が済んだ子供たちがゼンマイを回して鳴らします。なので、鳴らないラジオを修理しているときは、つらいときも（苦笑）。針が釘のように硬いので皆びっくり。普通のLPレコードなら一発で駄目になってしまう硬さです。SPレコードの硬さにも驚きます。でも、SPレコードは硬いけど脆いので、落とすとカキーンと割れてしまいます。実際に何枚もお釈迦に-----（泣）。SPレコードや針は、「無線と実験」の「あげますコーナー」や神保町の古レコード店に通って収集。なので財布はいつも寂しい限り。「おもちゃの駄菓子屋」コーナーは、かなり欲張った内容にしたため、前日はお昼前から夕方まで準備がかり、最終日の撤退はいつも最後で、大変ご迷惑をおかけしました。この場をお借りしてお詫び申し上げます。撤退後は近くの焼肉店で飲み放題・食べ放題の打ち上げをしたのですが、4万円以上かかり毎年大赤字（苦笑）。工面してくれた今は亡き妻に感謝するばかりです。

初期の頃は、昼食や補助員への図書券の配布もあり、材料費もそこそこ補助して下さったのでとてもやりやすかったのですが、ここ10年ほどは昼食も図書券もなくなり、材料費も雀の涙となり自己負担が激増しました。また、ラジオ部品の多く（例えばポリバリコンやセラミックイヤホン）が日本で製造されなくなり、入手も困難になりました。大ラジオの小型トランスも在庫切れのお店が多く、秋葉原に行ったときに店に1-2個あるかないものを見つけては漁っています。小ラジオのアンテナコイル代替のマイクロインダクタも、



写真5：手巻き蓄音機とラジオの歴史

取扱店が激減し難儀しています。日本製のラジオキットもあまり見当たらないので、日本ではラジオ少年・少女は今後あまり生まれえない気がします。今の中国はラジオキットが多く、羨ましい限りです。日本ではAM放送が今後減っていくので、原理が単純で製作し易いAMラジオの製作も衰退の一途を辿ることでしょう。ラジオ少年としては残念でなりません。

コロナのため2020年と2021年は中止で、2022年に復活しましたが一日限りで、今後は隔年開催との悲しいお知らせもありました。私は2024年度で定年なので、来年が最後です（淋）。

3. 出前実験・工作

「つくば出前レクチャー」を始めてしばらくすると、小学校だけでなく公民館などからお声がかかるようになり、レイクエコーと千葉の根郷公民館からは毎年お声がかかるようになりました。根郷公民館は佐倉駅から大分遠いため、今年の6月に旅立った妻に自動車を出してもらい、娘にも補助員になってもらい様々な実験・工作をしました（感謝）。どこから聞きつけたのか不明ですが、日本化学会からもお声がかかり、春休みに高校の先生対象の理科実験講座を何回かお引き受けしました。後日、そこでお会いした高校の先生方から出前を依頼され、東京、千葉、埼玉、群馬や栃木の高校にも出前実験に伺うようになりました。女子高のときは緊張しました（汗）。

前述のレイクエコーで何回か出前をするうちに、担当者の方から県の「生涯学習」の講師になってくれないかと1枚の紙をいただき、またもや不

用意にペンをとってしまいました(笑)。以後、茨城県全土から出前の申し込みが…。お陰で県内を色々見て回れることになりました。もしこのときペンを取っていなければ、自宅(我孫子)と大学を常磐線とバスで行き来するだけで、茨城のことを何も知らずに今を迎えていたことでしょう。

初めのころはお勉強的な内容の出前が多かったのですが、やっているうちに自分が子供の頃当たり前だったことが今の子供にとっては当たり前でないことが分かってきました。その主因が、様々なくだらなくおもちゃが置いてある駄菓子屋が消えてしまったことにあることに気づきました。実は、私が小学生だったころ、小学校から自宅までの約1 km(標高差約50 m)の間に、駄菓子屋が5軒もありました。ところが10年ほど前に帰省したときに、久しぶりに母校から実家まで歩いてみたら、何と1軒しか残っておらず絶句! 出前で小学生に聞いてみると、駄菓子屋が1軒もない子がかなりを占めることが判明。以後、私の出前は「駄菓子屋」に化していきました。

研究室の卒業生から、出前実験でよくやる「マジック・バタフライ」と「ティーバッグ・ロケット」が、「週刊少年サンデー」のマンガ「名探偵コナン」に出ているとの連絡がきたときはビックリしました。後者は今年の9/6発売41号なので、古書店かアマゾンで入手出来ると思います。ご興味ある方は是非ご覧になってください。

初期の出前実験で電池作りに傾倒していたとき、自動車の保温庫やPCに使われているペルチェ素子に興味を持ち、乾電池をつないでは熱冷を体感させたり、湯や水で電気が起きることを体感してもらいました。ペルチェ素子は高いので、性能は劣るが簡単に出来る方法に変更。銅線をバーナーで加熱し、先ず綺麗な銅色を見せた後、炎から出して空気酸化すると真っ黒になることを示します。生じた黒い鍍は酸化銅で半導体だから、簡易熱電池として機能します。ライターで炙ると300mVほどの起電力が生じてびっくり。ボイジャーなど太陽からはるか彼方で太陽光発電が出来ない人工衛星には「原子電池」が搭載されています。これが放射性物質を熱源とする「熱電池」であることを知ったのもこの頃。出前実験をする

ことで、今まで気付かなかったことに気付くことが出来ました。後編で詳細はお話しますが、私の出前ではときどき「宇宙」が顔を出します(笑)。

ちなみに、10円玉の表面も銅の酸化物(亜酸化銅)半導体ですが、酸化が不十分なため赤い。こちらは太陽電池の機能を有し、シャープペンの芯を当て、光を照射すると電気が起きます。ゲルマニウムラジオのダイオードの代わりにもなるので、サバイバルにも使える優れモノ。ゲルマニウムラジオや小ラジオに使用しているセラミックイヤホンでは駄目ですが、普通の(マグネティック)イヤホンを糸で結んでぶら下げれば、南北を指す。なので、ラジオとイヤホンはサバイバルに必須です! 私の研究室の一室には、天井からイヤホンがぶら下がり、南北を教えてくれています(笑)。ところで、ゲルマニウムダイオードには黒か赤の帯がありますが、これは光による逆起電力発生を抑制する役目も担っています。でも、そのことはあまり知られていないようです。光が当たるところで回路を作動させるときは、ほんのちょっとご用心ください。

電池と言えば、出前実験の初期の頃は二種の金属板からなる湿式電池を出前していました。このとき、負極としてアルミホイル、亜鉛板やマグネシウムリボンを多用。その頃、中心金属がマグネシウムではなく亜鉛の葉緑素を偶然見つけ、光合成の世界が大騒ぎとなりました! 学会発表で、先ずマグネシウムリボンと銅板と水道水で電子メロディーが鳴ることを示し、次にマグネシウムリボンを亜鉛に替えるとほとんど音がしないことを見せます。亜鉛葉緑素が発見された環境はpH3なる強酸性下なので、コップに酢やレモン汁を垂らして水を酸性にすると、忽ち鳴り出し、皆ビックリ(嬉)。海外の学会でも実演したところ拍手喝采で、夕食のときには「あの器具一式をくれ」と言われ、思わずあげてしまいました。このとき、テーブルの赤ワインでも機能することが分かりました。出前実験が研究の役に立つこともあるのだ、と感慨無量に! 実は、ここでも「宇宙」が出て来るのですが、紙面の都合で次回に回します。(次回につづく)

はたらく材料を中性子で観察 マクロな変形を生み出す原子レベルの構造変化を捉える

日本原子力研究開発機構 J-PARC センター 川崎 卓郎

材料がその機能を発揮するとき、材料の内部ではどのようなことが起きているのだろうか？ J-PARC 物質・生命科学実験施設の工学材料回折装置 TAKUMI（匠）では、材料がはたらく環境を再現し、中性子回折によって原子レベルの構造を調べることで、そのメカニズムを探る研究を行っている。

1. はじめに

私たちの身の回りには様々な材料、つまり特定の働きを持つことを目的に作り出された物質があふれている。例えば自動車や鉄道のなかの鉄鋼や、ビルや橋梁のコンクリートには、車両や建造物に加わる力に耐え、形を保つ働きがある。また、ものの温度や動きを検知するセンサーでは、熱や力、光を電気信号に変換する誘電体や半導体などが利用されている。

このような材料がはたらくとき、材料の内部ではどのようなことが起きているのだろうか？筆者は J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）[1] に設置された、材料研究のための中性子回折装置である工学材料回折装置 TAKUMI（匠）[2] を使って、装置グループメンバーやユーザーと共同で、

材料がその機能を発現する過程を観察し、新たな材料開発に活かすための研究に取り組んでいる。

2. 中性子を使った工学材料の研究

ここでは、力に耐えることを目的とした材料（構造材料）、特に金属構造材料を例として紹介する。材料の力に対する応答を調べるためには、引張・圧縮・曲げ試験といった、材料を変形させながら、そのために必要な力と変形の大きさを計測する試験が行われる。図1にステンレス鋼の引張試験の結果を示す。これは、図中に示した形状の試験片を引張試験装置を使って左右に引っ張った際の、変形量（ひずみ）と必要な力（応力）の関係を示している。変形の初期段階では、ひずみと応力は直線的な関係で変化する。この段階を弾性変形と呼び、大きく伸ばせば伸ばすほど、大きな

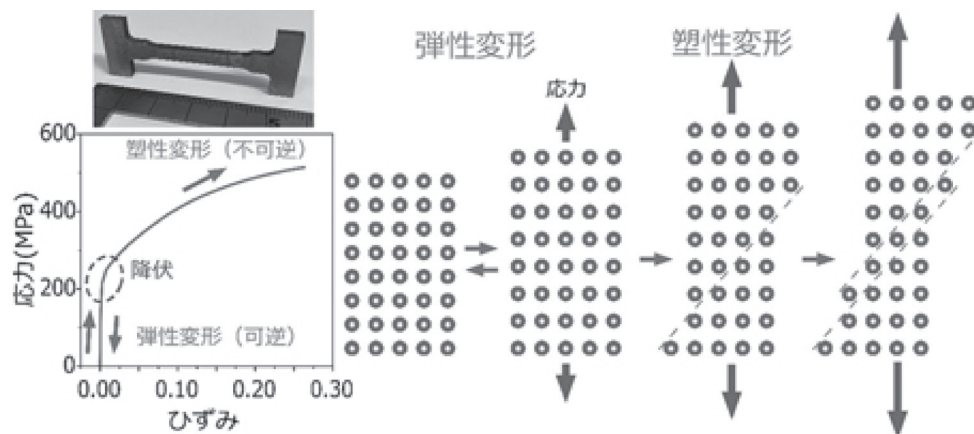


図1 ステンレス鋼の引張試験片と応力-ひずみ線図、変形の領域と原子レベルでの構造変化の関係

力が必要になる（バネやゴムを引っ張ることを想像するとよい）。弾性変形する材料中では、原子同士の間隔が与えられた応力によって引き伸ばされている。原子間距離の変化量はわずかであるが、多数の積み重なるの結果として試料全体が伸びる。また、弾性変形での原子間距離の変化は可逆的であり、応力が取り除かれると元に戻る。ひずみが一定の量に達すると応力は直線的な変化からずれて曲線を描く。この現象を降伏と呼び、ひずみの増加に対して必要な応力の増加は小さくなる。つまり、バネのような弾性的な伸び方から、水あめのようなズルズルした伸び方に変化する。降伏以降の領域を塑性変形と呼び、材料の内部では弾性変形とは異なる変化が起きている。金属の塑性変形にはいくつかの機構が知られているが、代表的な機構として原子配列がある面に沿ってずれる「すべり」がある。弾性変形とは異なり一般的に塑性変形は不可逆な変化であり、一度変形してしまうと応力を取り除いても元に戻ることはない。そのため構造物を製作する場合は、材料が実用環境において弾性変形領域を超えて変形することがないように設計されている。その一方で、塑性変形では材料をより大きく変形させることが可能であり、元に戻らないので、外力によって材料の形状を変えるプレス成型等で利用されている。

このように、マクロな変形は材料内部の原子

レベルでの変化によって引き起こされていることが知られているが、材料の種類や製造方法、変形のしかたによって状況が異なる。その材料が、なぜそのような強度を持ち、なぜそのように変形するのか？どれほどの力に耐え、どれほど変形させると破壊に至るのか？構造物を安全に使用したり、任意の形に加工したりするためには、変形メカニズムを詳しく把握することが不可欠である。このような要望に対して、中性子は強力なツールとなる。では、中性子をどのように使うのか？

中性子は、陽子と同程度の質量を持つ原子核を構成する粒子の一つであり、電荷を持たない。中性子は粒子であると同時に波の性質を持つため、物質中の原子同士の間隔と同程度の波長をもつ中性子を物質に入射すると、散乱した中性子の波同士が互いに干渉して回折現象を起こす。回折のしかたは中性子を散乱させた物質中の原子の種類や並び方（結晶構造）によって異なるので、回折した中性子の特徴を調べることで物質の結晶構造を知ることができる。さらに、中性子の回折図形（回折パターン）には、結晶構造に加えて、その物質の組織構造の情報も含まれている。ここでの「組織」とは、材料を構成する結晶粒の大きさや方向、結晶構造の乱れ（欠陥）といった、結晶構造よりも少し大きな $\text{nm} \sim \mu\text{m}$ 程度のスケールの構造を指している。結晶構造と組織、この二つの構造的

特徴が、試料が変形する過程でどのように変化するか？それを中性子によって明らかにする。

なお、X線や電子線も中性子と同様に回折現象を起こすが、中性子はこれらに比べると物質への透過能力が格段に高い。詳しくは述べないが、中性子を用いることで試料内部の状態を調べることができるため、このような材料の力学的特性の研究に極めて有利である。

3. 実験装置と測定例

続いて、研究に用いている実験装置について説明する。

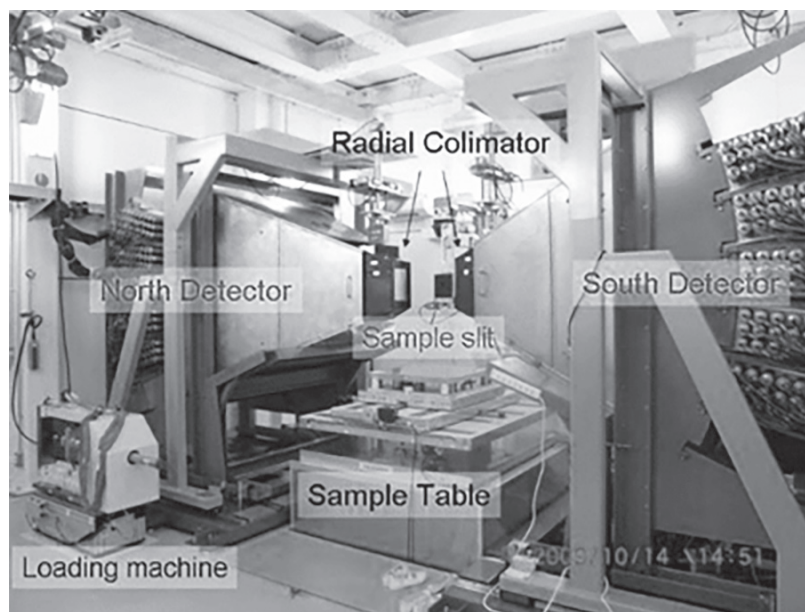


図2 J-PARC MLF BL19 に設置された工学材料回折装置 TAKUMI (匠) と引張試験装置の外観

J-PARC MLF では加速器によって光速の約 97% まで加速した陽子を水銀の標的に衝突させ、原子核を破碎することで中性子ビームを作り出している。現在、MLF では 21 台の中性子実験装置が稼働中であり、TAKUMI は材料研究に特化した装置として運用されている。TAKUMI の外観を図 2 に示すが、左右 1 対の中性子検出器の中央に広いステージを有している。このステージ上に引張試験装置や高温・低温機器などの材料が材料としてはたらく環境を再現するための機器を設置し、その状態で中性子ビームを照射して回折強度データを測定する。

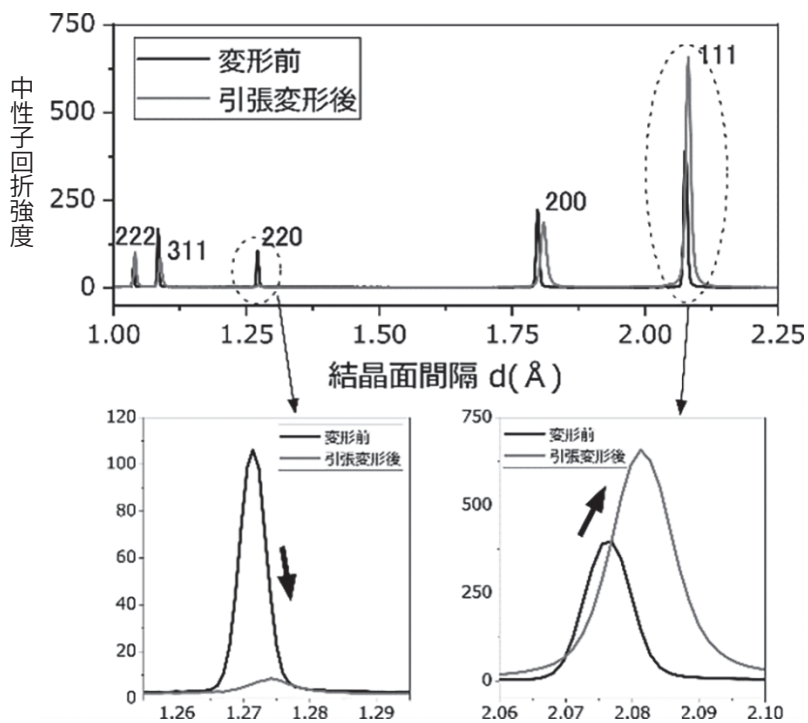


図 3 変形前と変形後のステンレス鋼の中性子回折パターン

図 3 は引張変形前後のステンレス鋼からの中性子回折パターンの一部を示したものである。回折パターンには試料の結晶構造に応じていくつかの回折ピークが現れるが、変形によってピークの大きさや形状が変化している様子が見て取れる。回折パターンの変化にはいくつかの種類があり、代表的には材料の変化と以下のように対応付けることができる。

- 1) 回折ピークシフト：回折ピークの位置は試料内部の結晶面間隔を反映している。弾性変形では応力によって結晶面間隔が変化するので、回折ピークシフトの量から試料内部の応力状態を評価できる。
- 2) 回折ピーク強度比の変化：結晶粒の方位の分布を反映する。金属に塑性変形が起きると結晶粒の方位が変化するので、降伏後の評価で重要となる。
- 3) 回折ピークの形状の変化：結晶中に存在する欠陥の量を反映する。塑性変形の進行によって結晶欠陥が増加し、それを反映してピーク幅が広がる。

このような材料内部のミクロな構造変化を示す回折パターンの変化とマクロな変化であるひずみや応力を対応付けることで、金属構造材料が外力

によって変形するメカニズムを明らかにすることができる。

4. 研究の例

ここでは TAKUMI を用いて行われている研究をいくつか紹介したい。

鉄鋼材料に関する研究

鉄をベースに異種金属や炭素を添加して作り出された合金である鉄鋼は、自動車をはじめとした輸送機器や機械等で幅広く利用されている基幹構造材料である。強度や延性等の特性向上を目指した新材料や新たな加工法の開発が活発に行われており、その評価は重要なテーマである。TAKUMI においても種々の鉄鋼の変形や熱処理過程の観察が行われているほか、高温熱処理と力学変形を組み合わせた鉄鋼の製造プロセスを模擬した環境を装置上に再現し、プロセスの進行にともなう構造変化を観察する取組がなされている。

[例えば 3]

マグネシウム合金に関する研究

マグネシウム合金は軽量かつ高強度であることから航空機や電子機器等の強度を担う材料とし

で活発に研究開発が行われている。TAKUMI でもマグネシウム合金の力学特性と構造の関係を調べる研究が行われており、最近、日本国内において開発された高強度マグネシウム合金である LPSO-Mg 合金の引張試験中その場中性子回折実験によって、マグネシウム合金の加工法の一つである高温押出が LPSO-Mg 合金の強度を大きく向上させるメカニズムを明らかにした。[例えば 4]

形状記憶合金に関する研究

形状記憶合金は変形してもある温度（変態点）以上に加熱すると元の形状に戻る。また変態点以上では、通常の金属よりもはるかに大きな可逆的な変形を示す。TAKUMI においても人工骨への応用が期待される合金の特性評価や、従来の合金とは異なる変形メカニズムを持つ合金の弾性挙動の解明が行われている。[例えば 5-6]

上で挙げた以外にも、製造過程や使用によって構造物内部に発生する負荷（残留応力）の評価や、強誘電体セラミックス等の機能性材料の評価など、多様な研究が行われている。その成果は論文として発表されており、MLF の web サイト [7] にリストが掲載されているので参考とされたい。

5. おわりに

このように、TAKUMI では金属構造材料を中心に、様々な環境に置かれた材料の構造を中性子回折によって評価し、特性への理解を深める研究が行われている。MLF には世界中から研究者が独自の試料を携えて訪れるので、多様な人々と材料に出会えることも装置担当者の醍醐味である。今

後も TAKUMI の性能を向上させつつ、人々のくらしを豊かにする材料の開発に役立つ研究に取り組みたい。

謝辞

本稿で掲載した中性子回折データは MLF 装置グループ課題 2021I0019 において測定した。

参考文献

- [1] MLF 公式 web サイト, <https://mlfinfo.jp/ja/>
- [2] MLF 公式 web サイト BL19 匠, <https://mlfinfo.jp/ja/bl19/>
- [3] JAEA プレスリリース「鑄鉄が強化されるメカニズムを高強度中性子ビームで解明」2020 年 8 月, <https://www.jaea.go.jp/02/press2020/p20082501/>
- [4] JAEA プレスリリース「日本が開発した高強度マグネシウム合金はなぜ強いのか」2023 年 8 月, <https://www.jaea.go.jp/02/press2023/p23081501/>
- [5] JAEA プレスリリース「柔らかくて硬い!? 生体骨に近い特性の金属材料を開発」2022 年 5 月, <https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p22051901/>
- [6] JAEA プレスリリース「4.3%を超える巨大弾性歪みを示す金属を開発」2022 年 10 月, <https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p22101301/>
- [7] MLF 公式 web サイト BL19 匠 研究成果一覧, [MLFhttps://mlfinfo.jp/ja/bl19/publications.html](https://mlfinfo.jp/ja/bl19/publications.html)



川崎 卓郎 (かわさき・たくろう)

日本原子力研究開発機構 原子力科学研究部門企画調整室 /J-PARC センター物質・生命科学ディビジョン中性子利用セクション 研究副主幹

1982 年生まれ。兵庫県神戸市出身。筑波大学第三学群工学基礎学類卒業、筑波大学数理物質科学研究科博士前期・後期課程修了、博士（工学）。日本原子力研究開発機構 J-PARC センター博士研究員、同研究員を経て現在に至る。専門は中性子回折・装置、回折結晶学、材料工学。趣味は装置いじり。

筑波大生から地域社会へ 子どもたちへ広げる SDGs

筑波大学人文・文化学群比較文化学類 天野 隼太

障がい者スポーツを通じて、子どもたちに SDGs を広げるイベントを企画してきました。イベントでは、パラリンピックで採用されている「ボッチャ」や「ゴールボール（イベントでは簡易的なもの）」をプレーした後に、「障がいの有無に関係なく誰もが楽しめるスポーツ」を子どもたち自身で開発・実践してもらいます。スポーツを楽しむ健康になることは広い意味で SDGs のゴール 3「すべての人に健康と福祉を」の理解につながりますし、スポーツの開発・実践を通して障がいのある人の視点を少しでも実感することは、共生社会を構築していく上で重要なゴール 10「人や国の不平等をなくそう」の理解につながると考えています。運営するメンバーは筑波大学の学生 3 人。学生の「やってみたい」を応援する筑波大独自のプロジェクト「T-ACT（つくばアクションプロジェクト）」を利用して活動しています。2020 年からスタートし、現在まで、茨城県県南生涯学習センター（土浦市）で 4 回、吾妻東児童館（つくば市）で 2 回、そして吾妻西児童館（同）で 1 回の計 7 回実施しています。

イベントの詳細

はじめに、イベントの具体的な内容について紹介します。本イベントは、大きく分けて 3 つのプログラムで構成されています。まずは、先述した 2 つの障がい者スポーツ（ボッチャと簡易的なゴールボール）をプレーしてもらいます。ゴールボールでは、子どもたちがアイマスクを付け、目の見えない状態で行います。これは、競技そのものを知り楽しんでもらうだけでなく、「どのような障がいのある人のために開発されたスポーツな

のか」を考え理解してもらおうということが目的です。ボッチャであれば、上肢や下肢に重度の機能障がいのある人、ゴールボールであれば視覚に障がいのある人などのために考案されたスポーツであるということを子どもたちが考え、導き出すように誘導します。【写真 1】



写真 1

次に、2 つのスポーツで学んだ視点を元に、「障がいの有無に関係なく誰もが楽しめるスポーツ」を子どもたちに考え、実践してもらいます。ここで、その例として吾妻東児童館の子供たちが開発した「目隠しボッチャ」という競技を紹介します。これは、「目の見えない人でもボッチャができないだろうか」と考え開発されたものです。ボッチャは、2 チームに分かれて行います。ジャックボール（目標球）という白いボールに向けて、両チーム各 6 球を投げたり転がしたりします。最終的に、ジャックボールから近い位置にボール置いたチームが勝ちです。「目の見えない人に、ジャックボールの位置や距離をどう伝えるか」。2～6 年生の子どもたちが必死に考えます。「ジャックボール

の近くに立って拍手をし、音で位置を伝えたらどうか」「距離は歩数を使って伝えれば良いのではないか」——。約10分間話し合い、一つのスポーツを開発しました。

ここからが本番です。実際にプレーしてみます。「もっと右、もっと右!」「だいたい4歩くらい!」など、声を掛け合いながら進めていきます。ある男の子が投げたボールがジャックボールに見事的中すると、みんな大喜びで拍手を送っていました。参加した女の子からは「自分たちが作ったスポーツを学校でも紹介したい」という感想をもらいました。イベントを企画して良かったと思える瞬間でした。【写真2】



写真2

ただし、これで終わりではありません。スポーツを通して障がいのある人の視点を少しでも理解できたこと、そして誰もが楽しめるスポーツを開発したことは、SDGsの目標達成につながっているということを、最後のプログラムとして子どもたちに教えます。パワーポイントのスライドをプロジェクターに投影し、イラストやアニメーションを多用しながら分かりやすく伝えることを心掛けています。以上のプログラムを、小学3～6年生程度を対象に約1時間で行います。小学2年生以下の子や未就学児の参加希望があった際は、発達段階に合わせてプログラムの内容を多少変更して実施します。

イベントを開催して良かったこと

7回の開催を通して、多くの気づきや成果がありました。その一つ目が、何よりも、子どもたち

がスポーツを楽しんでくれたことです。イベント終了後、子どもたちからは「楽しかった」「学校でもやってみたい」などの声がよく上がります。この企画を立案するまでは、「SDGsをもっと身近に」と題して動画コンテンツを作成し、子どもたちに見てもらおう計画でした。しかし、意見を仰いだ大学の教員から「これでは子どもたちが飽きてしまうのではないか」「ワクワクしないのではないか」という指摘をいただき、急きょ体験型のイベントを通してSDGsを伝えるという方針にシフトしました。方針転換は大変でしたが、それにより、「次は何やるの?」と目を輝かせる姿や、学年や性別関係なく議論しながら一つのスポーツを作り上げていく子どもたちの姿に出会うことができたと思っています。

また、子どもたちが積極的にSDGsを学んでくれたことも、とても良かったと思っています。「SDGsってなんだっけ?」「ゴール3番ってなんのために設定されたんだろう?」と投げかけると、たくさん子どもたちが答えてくれます。中には、「学校で習ったよ」と自ら教えてくれる子もいます。一方的にただ教えるのではなく、双方向で進めることで、子どもたちが学校で学んだ知識を自分の言葉で説明する「アウトプットの場」になっていると感じます。保護者からは「子どもがSDGsについてこんなに知っているとは思わなかった」などの声がありました。

最後に3つ目として挙げるのは、地域のつながり創出に貢献できたということです。イベントを実施することで、大学生と地域の子供たち、その保護者とのつながりができます。また、県南生涯学習センターで開催する時は、ボランティアとして地域の高校生たちにも参加してもらうため、つながりの輪が広がります。子どもたちと接することで、私たち大学生にはない視点に気づかされることが多々あります。子どもたちにとっても、学校で学んだSDGsとスポーツを組み合わせるという視点は新鮮に映ると思いますし、一生懸命考える姿を見て、保護者がわが子の成長を実感する機会にもつながっていると思います。また、高校生たちからは「自分たちの方がSDGsについてよく知らなかった。子どもたちに

負けないように勉強する」という感想があり、良い刺激を受けていることが分かります。以上のように、イベントの開催が世代を超えた地域のつながりを創出し、お互いに刺激し合う環境になっているのではないかと考えています。

イベントで感じた課題

一方で課題もあります。障害者スポーツの実践を通して、ただ楽しむだけではなくSDGsとどのように関連づけて伝えるかが一番の課題でした。ただの遊びではなく、「そのスポーツ自体が対象とする障がいの種類は何なのか」「そのスポーツがあることで、障がいのある方がどのように楽しめるのか」などを子どもたちに分かってもらえなければ、イベント開催の意義がなくなってしまうと思ったからです。解決策をメンバー間で話し合い、子どもたちに理解してもらえよう、改善策を考えました。

それが子供たちの理解増進を目指した「要素カード」です。要素カードは、「目が見えない」「足が動かない」「耳が聞こえない」などの障害の種類であったり、「ボールを転がす」「サポートする人がいる」などのゲーム内での動作だったり、プレーしたスポーツを要素ごとに分解し、図式化したものです。これは、子どもたちにとって、その



写真3

スポーツが「どんな障がいの人たちを対象としたもの」で「どんな動作を組み合わせで作ったもの」なのかを理解する上で補助的役割を示すと考えています。また、新しいスポーツを開発する際も要素カードを使用し、整理しながら考えることができると思います。【写真3】

また、使用したスライドの内容も変更しました。当初は2つの構成（①SDGsそのものの説明、②イベントで実施した内容と関連するSDGsのゴールの説明）でしたが、新たに「今回の学びをどのように日常生活に生かしてほしいか」などを盛り込みました。理由として、②だけだと理解だけで終わってしまい、実践に生かせないと考えたからです。実際、イベント終了間際に、子どもたちがアイマスク（簡易的なゴールボールで使用したもの）の使用について「アイマスクつけて歩道でどこまで歩けるかゲームしてもいいか」と聞いてきました。その言葉を聞き、「障がいのある人たちの視点に立つ」という、イベントのテーマを教えきれず表面的なものになってしまったと痛感しました。そこで、「そういうゲームをしていたら、実際に目の見えない人はどう思うかな？」と聞くと「それは嫌だと思う」「目隠しすると歩きづらいことが分かったからこそ、次に目が見えない人がいたら補助したい」などの回答が返って来ました。このようなやり取りをしてこそ、イベント実施の価値があると感じます。よって「イベントが終わっても障がいのある人の視点を日々想像してほしい」というメッセージを、スライドに盛り込



写真4

むことにしました。すると、「目が見えないと字が書けないし、読めない。だから点字があるのか」と納得する子がいて、スライドを修正して良かったと思えましたし、このような思考を土台としてSDGsのゴール実現があると強く感じました。【写真4】

終わりに

今年の7月29日に県南生涯学習センター（土浦市）で行った第6回のイベントでは、これまででない新たな取り組みをしました。それはポッ

チャの球を、身近なもので代用する「リサイクルポッチャ」です。靴下に砂利を詰めてガムテープで巻いたものや、新聞紙を丸めてロープでまいたものなど、さまざまな種類の球を作ってポッチャをやってみました。イベント終了後に、子どもたちが学校や家庭ですぐ実践できるようにしたいと考えたからです。使い終わったものをリサイクルすることは、SDGsのゴール12「つくる責任つかう責任」の理解につながります。手作りの球だからこそ、重心が偏っていたり形がいびつだったりするので、難易度が上がります。そのため、子

Cross Release

■筑波大学（5月31日）

動物に寄生する新種

「ツクバヤドリミドリムシ」の発見

<https://www.tsukuba.ac.jp/journal/biology-environment/20230531141500.html>

筑波大学（つくば市）近郊の水田から採集したカイミジンコやヒメウズムシなど4種の動物の体内から鞭毛虫^{べんもうちゅう}を発見し、詳しく調べたところ、光合成をするミドリムシの仲間^{ミドリムシ}に属することが明らかになり、新種の生物であることも明らかとなり、*Euglenaformis parasitica*（和名：ツクバヤドリミドリムシ）と命名した。筑波大学生命環境系、中山剛准教授と青山学院中等部、加藤孝一朗教諭の研究成果による。

ミドリムシの仲間には、光合成をするものや細菌を捕食するものなど、さまざまな栄養様式のもの^{ミドリムシ}が知られており、動物に寄生するものも報告されている。しかし、それらの報告は古

いものに限られ、生態や分類に関する確実な情報は得られていなかった。

これらの4種の動物を飼育したところ、鞭毛虫は動物体内で急速に増殖する一方で、動物は数日以内に死亡することが認められた。このことから、鞭毛虫は寄生虫であるとみられた。形態を電子顕微鏡などで観察したところ、ミドリムシ類の特徴を持つこと、さらに4種の動物から単離した鞭毛虫のDNA比較により、これらは同種であることが示された。

系統解析の結果、この鞭毛虫は、光合成をするミドリムシの仲間^{ミドリムシ}に属すると判明した。この鞭毛虫が、動物寄生性への進化の過程で、光合成能を二次的に

失ったことを示している。また、これまで報告されていた寄生性ミドリムシ類との比較から、今回発見された生物が新種であることが明らかとなった。

ツクバヤドリミドリムシは、水田に多く見られるカイミジンコに対して極めて高い感染率（40%）を示す。このような寄生性生物の生態を解明することは、水田生態系の理解にも大きく貢献するものと期待される。

他方、ミドリムシは、食用やバイオ燃料として近年話題になる、動物でも植物でもないユーグレノゾアとよばれるグループに属する生物だ。光合成を行うもの、細菌など他の生物を食べるもの、水中の有機物を吸収するものなど、さまざまな栄養様式の種が知られている。その一つに、動物寄生性とされるミドリムシ類があり、オタマジャクシやケンミジンコ、ウズムシなどの淡水動物の体内から発見されている。しかし、これらの報告のほとんどは光学顕微鏡による観察のみに基づいた100年ほど前のもので、現在では生物の分類において必須であるDNA

どもたちが真剣に球を選び、特性に合わせて投げ
ていたのが印象的でした。「夏休みの自由研究の
テーマにしてみようかな」という声もありました。

今後も創意工夫をしながら、子どもたちがSDGs
をもっと身近に感じてもらえるような企画を進め
ていきたいと思います。



天野 隼太（あまの・はやた）

静岡県出身。2020年筑波大学人文・文化学群比較文化学類入学（現在4年次）。
「SDGsをもっと身近に」をキーワードに、1年次から活動を始める。茨城県県南
生涯学習センター主催の「Youth challenge PJ(ユースチャレンジプロジェクト)」
では、県南地域の高校生たちと地域課題解決に向けた活動にも取り組んでいる。

の情報も皆無だった。そのため、
これらの寄生性ミドリムシが本
当にミドリムシの仲間なのか、
その進化的起源はいかなるもの
なのか、どのような生態の生物

なのか、などは未解明なまま
だった。本研究により、これまで
不確かであった寄生性ミドリム
シの存在が確認されたかたちだ。

樹宏和准教授、馬場友希農研機
構上級研究員らが関わり、生
物多様性を網羅的に解明する
「DNAメタバーコーディング」技術
を応用し、50種のクモと約1000
種の餌生物が織りなす食物網の
構造とその動態の解明に挑んだ。

DNAメタバーコーディング
は、土壌や海水といった多数の
生物種のゲノムが含まれるサン
プルを分析し、そこに存在する
生物種の組成を解明するDNA
分析技術。他の生物を捕食する
生物の体内には、餌種のDNA
が含まれている。研究プロジェ
クトでは、早春から晩秋の草原
生態系を対象とした野外調査で
2000個体以上のクモを採集す
るとともに、その全個体につい
て餌種DNAをターゲットにし
た分析を実施した。

その結果、食物網の構造が季
節の移り変わりとともに劇的に
変化している様子を捉えるこ
とに成功した。検出された約
1000種の餌種の中には、植物
の葉を食べる昆虫や地下の有機
物を食べるトビムシ類、他の節
足動物を餌とする捕食者や寄生
者が含まれていた。こうした多

Cross Release

■京都大学（7月18日）

地下のクモこそ、地上の生態系制御の 「コア生物種」

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2023-07-18-0>

生態学の古典的な問いの一つ
に「世界はなぜ緑なのか？」が
ある。植食性昆虫たちが地球上
にあふれかえっているのに、な
ぜ植物は多くの生態系で食べ尽
くされていないのか？実はま
だ決定的な答えが出ていない重
要な問いだとされる。植食性昆
虫の捕食者が植食性昆虫の数を
抑えている、という説がある。
しかし、捕食者は餌生物よりも
遥かに少ないことが生態学の
「教科書的事実」ともみなされ
ている。京大大学生態学研究セ
ンターの元博士課程学生、鈴木

紗也華さんらは「世界はなぜ緑
なのか？」という問いに答えた
いと動機から研究を立ち上げ
た。野外で草や木の上にいる虫
たちを虫網でござりと採集す
ると、植食性昆虫に負けない数
のクモが採れることが多く、「生
態系ピラミッド」に全くなって
いないのに気づき、「地下生態
系の膨大な餌を食べて数を増や
したクモたちが、地上の植食性
昆虫の増加を制御している」と
いう仮説にたどり着き、それを
徹底的に証明しようとした。

研究には、同研究センター東

様な餌を捕食し、地上と地下の生態系間をつなぐ役割を果たしているクモを探索したところ、季節の変化とともに食う - 食われる関係のネットワーク内で中核に位置する種(「コア生物種」)が入れ替わっていることが明らかになった。

「こわい」存在とみなされが

ちなクモたちだが、実はクモたちのおかげで「緑の地球」が保たれているともいえる。生態系内でどのように物質が循環しているのか、生態系の機能と安定性に「コア生物種」がどのように寄与するのか、といった核心的な問いに答える基礎が構築されると期待される。

熱処理や薬剤処理なしに木材と水だけで発酵できることから、同研究所の森林資源化学研究領域、大塚祐一郎主任研究員(46)らは、木材から造る飲用アルコールの可能性に思い当たった。木の酒の製造技術について2018年に特許出願し21年に権利化している。これまでに複数の企業、団体から特許の使用申請を受けているという。

木の酒研究棟は、実証的な製造技術開発を加速化するとともに、民間への技術移転を推進するための研修などのへ活用も目的に開設した。

これまで人類は様々な酒類を生み出し消費してきたが、そのほとんどは穀物か果実の糖分を原料としており、木を直接発酵して酒を造った歴史はない。このため、「木の酒」を飲料とするためには、特に安全確認が必要となるそう。

原理的には樹種を問わずお酒にできるが、研究所ではスギ、シラカバ、サクラ(ソメイヨシノ、ヤマザクラ)、ミズナラ、クロモジの6樹種を原料に試験製造を行ってきた。食品安全性の面で、箸や楊枝などに使われた経験からアレルギー発症などのおそれのない樹種を選んだということだ。シラカバは白ワインのようなフルーティーな香り、ヤマザクラは華やかな香り、ミズナラはウイスキーを感じさせる芳醇な香り、クロモジは柑橘系の爽やかな香り、と樹種ごとに異なる風味が醸し出されるとの評価があるという。

(相澤冬樹 / NEWS つくば)

Cross Release

■森林総合研究所(8月9日)

香り立つ「木の酒」づくり

木質バイオマス変換新技術研究棟

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/news/2023/20230809ki-sake/index.html>

木からお酒をつくる一人類の歴史でもおそらく初めてという試みに挑んでいる森林総合研究所(つくば市)に、木の酒研究棟が誕生した。「木質バイオマス変換新技術研究棟」で、木造平屋建て約140m²施設内部には①木を1センチの木片に粗くチップ化し、②1ミリサイズの木粉状に粉碎、③さらに水と混ぜながら1マイクロメートル(100万分の1メートル)まで微粉碎し、④クリーム状となった木材を糖化・発酵タンクに投入してアルコール度数1-2%の「醸造酒」を作り、⑤さらに2回蒸留することによりアルコール度数30-40%の「蒸留酒」を得る - 5工程からなる装置を配置した。

①は木材のチップ化によく使われるチョッパーと呼ばれる装

置で、②は大豆など粒原料の粉碎に使われる粉碎機、④はバイオエタノールの製造などに以前から使われてきた装置の転用。これら既存技術を組み合わせる中で、③の「湿式ミリング処理」がキモとなった。

木材の細胞壁の厚さは一般に、2~4 μmと非常に薄く、この薄い細胞壁構造が密集して硬い木材を作り出している。この木材の細胞壁の厚さを砕く新しい前処理技術が「湿式ミリング処理」。ビーズミルと呼ばれる装置を応用して、木材を水中で高硬度のジルコニア製ビーズとの衝突により微粉碎する。これによって材質中のセルロースがほぐれて露出。セルロースは市販の酵素(セルラーゼ)によりブドウ糖に分解でき、ブドウ糖は微生物によって発酵する。

宇宙ビジネス時代は来ているのか (その1)

いばらきスペースサポートセンター 黒田 信介

宇宙開発や宇宙ビジネスについて一般読者向けに何か面白い記事をとという依頼があった。多くの読者や企業が宇宙開発や宇宙ビジネスに関心が高く、近年ニュースペースと言われる新興の宇宙ビジネス企業が次々と誕生していることも承知している。ところがその誰もが面白いという話はなかなか難しいことが分かってきた。あたりまえのことである。そこで、この宇宙開発という国家事業がどのようにしてニュースペースに引き継がれようとしているのか、いないのか、あるいはそれが今後も続くのかという切り口で、本稿ではまず宇宙開発利用の経緯を時代別に、そして筆者も驚く最新のニュースペースの一端と、隠れたリスク要素を紹介する。

1. 時代 – 宇宙開発利用の生い立ちと 宇宙ビジネスの開花期

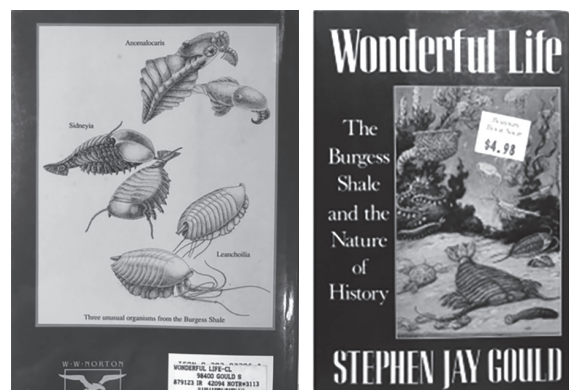
まず時代について語ることから始めたいが、その前に百花繚乱の宇宙ビジネスを定義しなければならない。平たく言えば、宇宙をネタにした商売となるが、宇宙から得られた宇宙空間や地球の情報、それら情報を取るための装置を宇宙に運び、宇宙空間を利用したサービスを持続的に提供するものとする。これで絞り込んだつもりが、宇宙から土地利用状況、農地の温暖化耐性を評価して保険額を決めるサービスから宇宙旅行、衛星の個人利用といったエンターテインメントまで含めると際限がない。

では、今はどういう時代かという答えはいくつもある。ただ宇宙開発に限れば答えは簡単で、宇宙ビジネスが開花期を迎えようとしている時代と言える。しかもあの地質時代のカンブリア爆発

のようなありとあらゆる宇宙ビジネスが生まれつつあり、その適用性、持続性、柔軟性が試されている時代にも見える。だが果たしてその見立ては正しいのだろうか。

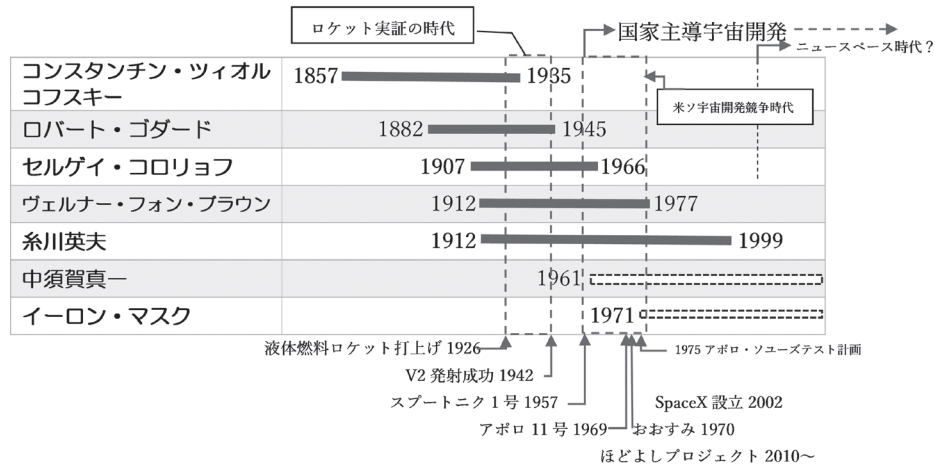
仮に今の時代を一つ言うなら、インターネットとコンピュータが融合し個人が世界とつながっている時代ということになる。繋がらない選択は個人にあるが、環境としてはそのようなものになってきた。かつてC & C (コンピュータ・アンド・コミュニケーション) のキャッチフレーズで、この時代の到来を NEC の小林宏治会長が 1977 年に提唱した。当時、ポケベル (pager) が絶滅直前で、まだ折りたたみ携帯もない時代、その NEC の移動通信事業部社員であった筆者には SF でしかなかった。小林会長の先見の明である。

先日の TV 番組によると、キューバではフリー Wi-Fi のある場所に人だかりができていたらしい。例えば洋上では、インターネットと無縁になり、接続は寄港地に着岸し、Wi-Fi 接続可能などところに行く必要がある。キューバでは長くイン



カンブリア爆発を紹介する Stephen J. Gould の著書 Wonderful Life の裏表紙を飾る、Anomalocaris ほか、奇妙な生物たち (左)

パイオニア達とその時代

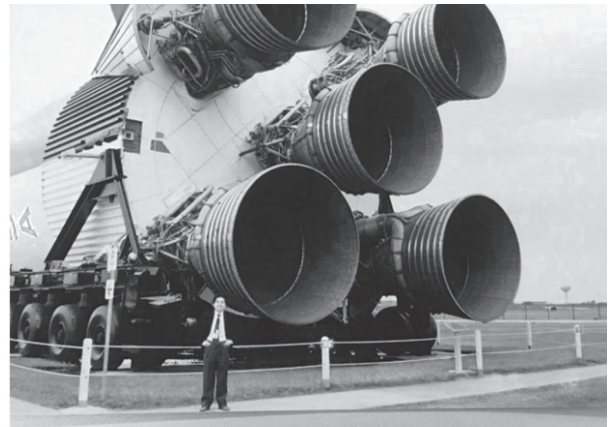
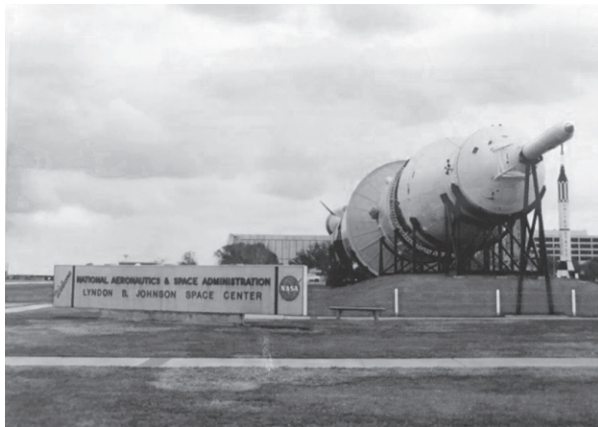


ターネット無縁だったところに、スマホという外来種が侵入し一気に外界とつながった。時代の象徴的現象が今起こっているのである。そしてこのインターネットが宇宙ビジネスと相性がよいのである。

さて宇宙開発は、ツォルコフスキーの宇宙飛行理論を実証しようとした天才的パイオニアたちの

時代を経て、ソ連と米国の競争時代が続いた。その結果として人工衛星が誕生し、人類の月面着陸が完了した。もしフォン・ブラウンがナチスドイツの下でV2を開発していなかったら、ロケット実証時代はもう少し長かったはずだ。

余談ながら、ヒューストンのジョンソン宇宙センター (JSC) のサターン5型ロケットを始め



JSCで雨ざらし時代のサターン5型ロケット 1997年12月筆者撮影



日本発の人工衛星「おおすみ」

「おおすみ」形状
 全長：1000mm
 最大直径：480mm
 質量：24kg
 (球形の第4段
 燃焼後)

「おおすみ」を打ち上げたL4S型-5号機の模型とランチャー いずれも国立科学博物館展示中、筆者撮影

て見た時、「これは現代のピラミッドだ」と思ったものだ。

サターン5型、言わずと知れたアポロ宇宙船を月に送ったフォン・ブラウンの最高傑作であり自身の夢を実現させたロケットであるが、見るたびにこの巨大ロケットシステムはもう作れないだろうと思ったのである。ところがサターン5型誕生から50年以上経ち再び月に人を送る大型ロケットが必要となり、民間企業も含めサターン5型相当の打ち上げシステムが出来つつある。ちなみに、長く雨ざらしだったJSCのサターン5型は、今は専用の大型展示棟に収められているらしく筆者らの時代は既に過去となった。

一方、敗戦国日本は、人工衛星打ち上げロケットに余計な誘導技術を持たせることなく重力ターンという、よく言えば独特の方式と多段式固体燃料ロケットにより苦勞して「おおすみ」を打ち上げた。アポロの月着陸の翌年である。

2. 宇宙ビジネスの誕生へーマイルストーンと潜在的リスク

昔話はこの辺にして、宇宙ビジネスの話をしななければならない。ただその詳細は、既に多くの報告があり、多様なビジネスプランの意義や実現性を限られた紙面で評価もできないことを言い訳に、例外を除き個々の紹介はしない。次の世代への話をしてみたい。

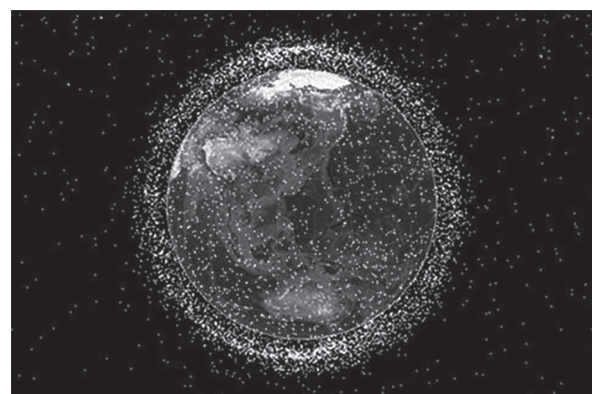
宇宙開発は宇宙という未知の環境への工学的挑戦であり信頼性追求の歴史でもある。ロケットという新しい運搬手段が軍事と表裏一体であることからおのずと国家主導大型プロジェクトという形が固定化され、民間企業が入り込む余地がなかった。そこに風穴を開けたのが東京大学の中須賀真一教授を中心に提唱された「ほどよしプロジェクト」で、文字通りほど良い信頼性、目的達成のための全体システムの最適化の重要性が提案され実証された。それにより宇宙開発利用のビジネス化という宇宙開発のパラダイムシフトが生じた。切り札になったのが小型衛星で、一気に宇宙開発利用が民間の手の届くところになった。小型衛星開発が先か、宇宙ビジネスが先かは別にして宇宙開発利用にビジネスの視点が導入されたこと

が画期的で、これが宇宙ビジネス時代の扉を開けたと筆者は考えている。

一方、宇宙ビジネスのモデルとして最も成立性が低いと筆者が勝手に考えていたものがスペースデブリ（宇宙ゴミ）に対するビジネスだった。自身のビジネスセンスの無さをさらけ出すことになるが、技術的な難易度とゴミ拾いに対するスポンサーの問題から、とてもビジネス化は難しいだろうと思い込んでいた。ところがこのデブリ問題をビジネスとして起業したのが株式会社アストロスケールである。

ついでながら、20年以上前、ヒューストンでNASAとの打ち合わせで、隣の大会議室で大きな会議が行われていた。気になって尋ねると、なんとデブリの会議であった。実はNASAはあまりやる気がないと思っていた。米国では特にデブリの監視に重点が置かれ、後のSSA（Space Situational Awareness、宇宙状況把握）となり日本に圧力が押し寄せることになる。面白いことに欧米のSSAには小惑星等の地球接近天体も含まれるが日本のSSAはなぜかデブリだけが対象である。これには日本の特異な何かが関係しているように思えるが、憂うべき問題は他にあり、それについては機会があればご紹介したい。

その米国NASAがある頃から民間利用に舵を切り始めた。不思議に思われるかもしれないが米国ではトップダウン、国のガバナンスの下で実施される。宇宙関連では欧米でよく見受けられる手



低軌道のデブリ静止画 JAXA

輝点で示された宇宙ゴミ。大きさは誇張されているが、位置や数はその当時でほぼ正確

法である。しかも彼らの決断と合理性は一日の長があり、あれよあれよという間に多くの宇宙企業が育ち、その決定打が SpaceX である。再利用ロケットを運用し、それまで NASA が実施してきた有人宇宙飛行をこともなげに成功させる、一躍時代の先端企業となった。さらに、2020 年代中頃までに小型衛星を約 12,000 機打ち上げ、文字通りインターネットのグローバルネットワークを提供するという、まさにゲームチェンジャーの出現である。2023 年 6 月 12 日時点で既に約 4,500 機が軌道上にある。

ここで注意しなければならないのは、宇宙ビジネスとはいえ、地上のビジネスと同様、製造責任が問われるということである。SDGs の目標 12 に該当する製造責任、利用責任である。残念ながらこれについては、国家主導時代からの製造責任の無さがニュースペースにも受け継がれ、今や顕在化している。宇宙ゴミ、スペースデブリの問題である。原発と同じ、人類にとっての負の遺産である。

3. ニュースペースの時代へ

ニュースペースが参入する時代になっても、大型宇宙開発プロジェクトは国家主導、国際協力の形でこれからも残る。逆説的に聞こえるかもしれないが、例えば、運用が始まったばかりのジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) は総額 1 兆円を超える国際宇宙科学プロジェクトである。仮にビジネス機会があればニュースペースがこの分野に参入する可能はあるわけで、JWST2 が半分の経費で打ち上げられれば、それはたいへん愉快なことである。その時はじめてニュースペースの時代と言っても良いかもしれない。

ニュースペースには大学で誕生した宇宙ベンチャーも少なくない。ちょうど本号が筑波大 50 周年記念ということで、筑波大発宇宙ベンチャーの代表として株式会社ワープスペースを紹介する。ワープスペースは衛星が取得する大量のデータを光通信により遅延なくやり取りするという新しい宇宙データ通信システムの構築を目指している。

また筑波大にはワープスペース起業の基盤となった学生主体の衛星開発を目的とする「結 (ゆ



スターリンク衛星 60 機分離前 地球を背景に 60 機の小型衛星が串刺しのように連なっている (Starlink HP より)



3D プリンタによる製造 円形部分が回転し、衛星格納部分と思われる部品が additive manufacturing (積層造形) により成型されていく。初号機は 3D プリンタ部品重量比約 85% 達成 (Relativity 社 HP より)

い) プロジェクト」があり現在もユニークな活動を展開している。また数は少ないが既存の異業種からの宇宙参入もある。

ニュースペースの筆頭は SpaceX になる。驚くべきは、その実行力とスピードだけでなく、SpaceX から派生して 3D プリンターによりロケットを量産する Relativity Space 社という企業も生み出した。同様に、Rocketlab 社は小型衛星用ロケットを展開する。ロケットが大量生産される時代が来ている。

※参照 米国 Relativity 社の URL: <https://www.relativityspace.com/factory>

先に火星に到達するのは民間有人宇宙船になるかもしれない。

一方、大量の小型衛星は天体観測への影響も懸念されている。多数の衛星を軌道上に配置して協調して機能させる (コンステレーションという) 発想は、低価格、短納期の小型衛星ならではのス

マートなビジネスではあるが、製造責任、環境保全とのバランスが不可欠であることは言うまでもない。

4. 持続可能な宇宙ビジネス時代のために ～ここまでのまとめとデブリビジネス

SpaceXに代わるゲームチェンジの決め手はデブリ除去ビジネスではないかと考えている。それにはデブリ除去に、より効果のあるビジネスプランが適用できるかである。国際的な法的制約も不可欠だろう。現状の宇宙ビジネスが短期的に成立しても、スペースデブリ問題の解決無くしてその持続性はない。地球周辺の宇宙環境そのものが危ういからである。

1957年以降人類は地球近傍の有限な宇宙空間も無限の宇宙だと勘違いしたか、そこまでの意識もなくゴミを捨て続けてきた。その増加速度に意

識が追い付かなかった。宇宙全体は何事もなく広大な空間のままなのに対し、地球周辺の衛星軌道周辺はゴミですっかり様変わりした。10cm以上で約36,500個、1-10cmで100万個といわれる宇宙ゴミのバリアで地球が覆われたようなもので、外敵の侵入防止には効果があるかもしれない。悪い冗談である。

最も持続可能な宇宙ビジネスのひとつがデブリ除去事業であるのは皮肉な結果である。ただこの国際的な一大事業にめどが立って初めてバラ色の市場予測に描かれる宇宙ビジネスの時代が訪れるのではないか。デブリ問題解決のめどが立つまでを第一期宇宙ビジネス時代と呼ぶとすれば、まさに今、奮闘中のプレーヤーたちのためにもこの時代は早く終わってほしいものである。そのあたりの取り組み等については次回ご紹介したい。



黒田 信介 (くろだ・しんすけ)

いばらき宇宙ビジネス専任コーディネータ

NEC、NEC America、Intel Japan 等を経て、ISS 国際宇宙ステーション・セントリフュージプロジェクト、JAXA 研究開発推進等に従事。工学修士。JAXA プラネタリーディフェンス検討チーム、宇宙から安全を考える会所属。スポーツニク世代。旧播州賀茂郡出身（兵庫県）。

(やまぐち やすひろ)
1955年静岡県生まれ、ひたちなか市在住。日本原子力研究所、総合科学研究所を経て現在は林住期。弓道、茶道、書道、仏道、俳句・川柳、郷土史などを学び楽しんでいる。

紫陽花や城址の碑に色を添う
的中の矢羽根を揺らす青嵐
五年ぶり噴水前の同窓生
峯雲や立山に立つ共白髪
百日紅揺れて白寿は大空へ
散りてなほ空に膨らむ百日紅
行く夏や子らを見送る駅の母
露天風呂父子の語らふ秋の空
嵐去り湯船に溢る虫の声
山の尾根リフトと進む赤とんぼ

俳句 山口恭弘
長くて暑い夏も終わり、待ちわびた秋になりました。この季節の変化も楽しみ味わう心の余裕を持ちましょう。

シカはどこからやってきた？ 100年ぶり！茨城県南西部に出現

森林総合研究所 野生動物研究領域 永田 純子

はじめに

ニホンジカ（以下、シカ）は全国で明治から昭和初期にかけて強力な狩猟圧が原因で個体数を激減させ、各地で生息地が分断され、地域的な絶滅がおこりました。ところが近年、シカの個体数と生息域が急速に拡大し、2018年には、国土の約7割をシカの分布地域が占めるまでに至っています（環境省 2021）。シカが高密度で生息している地域では、食害によって自然植生に被害が出ているほか（図1, 2）、土壌流出や農林業被害（図3）も大きな社会問題になっています。例えば、2019年度のシカによる農業被害は53億円に上っています。シカ問題は、もはや国家レベルの問題です。

茨城県では、近年までシカの生息が約100年

の間、確認されていませんでした。しかし、県内各所の縄文時代の遺跡からシカの遺物が出土している状況から、過去には広く分布していたと考えられます（Tsujino et al. 2010）。茨城県からシカがいなくなった理由の一つには、江戸時代に行われた、徳川幕府による御鹿狩（オシシガリ）と呼ばれたシカ狩が考えられます。害獣駆除と武芸奨励を目的として、8代吉宗、11代家斉、12代家慶によって計4回行われました（青木 2010）。何万人という勢子を使って、茨城や千葉など周辺地域から動物を追い立て、今の千葉県松戸市小金原にあった狩場に集めたとの記録があります。この御鹿狩で、シカは茨城県からほとんど姿を消してしまったようです。明治時代以降は大正時代（1920年ごろ）に常陸太田市と太子町での捕獲記録を最後に、確実な生息情報が得られていませ

んでした（茨城県生活環境部環境政策課 2016）。

ところが、2013年もしくは2014年に茨城県北の八溝山地域でシカの目撃が報告され始めました（竹内ほか 2019）。茨城、栃木、福島県境に位置する八溝山地域は栃木県東部のシカ分布域に近接していることから、この分布が東方向に延伸してきていると推測されています（竹内ほか 2019）。

茨城県南西部では2015年からシカの捕獲などが報告されはじめました。この地域の



図1 ニホンジカによる自然植生や農林業への被害
2004年の北海道洞爺湖中島の様子。高密度に生息していたシカの採食圧により、植生が壊滅状態に陥った

周囲にはシカの生息地が無いために、シカがどこから来たのか、どこを移動してきたのか、全く分からない状況でした。県南西部に現れたシカの由来や移動ルートを実科学的根拠から推察できれば、分布拡大のプロセスの理解につながり、関係する近隣県など自治体間の協力体制を促し、生息モニタリングの実施体制や防除体制などの構築に貢献できると期待できます。

そこで今回、2015～2019年に茨城県南西部で得られたシカについて個体情報を整理するとともに、ミトコンドリアDNA(→CROSSワード1)コントロール領域の塩基配列を解読し、周辺地域に生息するシカの塩基配列と比較することで、茨城県南西部に現れたシカの出自を推測しました。

シカはどこからきているか？ ～遺伝的モニタリングから探る～

動物の移動をモニタリングする方法で代表的なものにはGPSテレメトリー法による個体追跡調査があります。GPSを搭載した首輪を動物に装着できれば、かれらの行動を遠隔で、かつリアルタイムで追跡ができます(伊吾田 2016)。しかし、シカなどの大型哺乳類に装着するには大掛かりな生体捕獲が必要なうえ、GPS装置が高額なため、労力的にも費用的にも多くのコストがかかります。そのため、一度に多くの個体を追跡することには向いていません。一方、遺伝的手法を用いたモニタリングでは、動物の筋肉や糞さえ得られれば広い地域から同時に情報を得ることができます。その上、個体追跡調査よりも安価で簡単に個体群の遺伝的な繋がりを把握することが可能です。さらに、個体群が過去に経験した個体数の激減や個体間の血縁関係など、個体追跡調査では得ることのできない情報を得ることができます(永田 2016)。

茨城県南西部に現れたシカがどこから来たの

か？を突き止めるために、私たちは遺伝学的手法を選択しました。今回の研究では、県南西部で得られたシカ3個体(つくば市2個体、結城市1個体)(表1)からサンプルを収集し、筋肉片から抽出したDNAからミトコンドリアDNAのコントロール領域の塩基配列を解読しました。今回得られた塩基配列に加え、近隣のシカ生息地である栃木県那須矢板、栃木県日光、房総半島、関東山地の個体の塩基配列に加え、計416個体分のデータを用いて系統解析を行いました。

本研究で対象とした地域から得られたミトコン



図2 シカは樹木の樹皮食いもする。樹皮を一周剥がされた樹木はやがて枯死する



図3 シカによる水稲への被害

CROSS ロード

ミトコンドリア DNA

細胞内に多数存在する細胞内小器官、ミトコンドリアの中に含まれるDNA。母親からのみに遺伝情報が伝達(母性遺伝)され、一つの細胞内に多数存在し、コピー数が多いため、PCR増幅による遺伝情報取得が核DNAと比較して容易である。ただし、遺伝子の情報量は核DNAよりも少ない。

ドリア DNA コントロール領域のハプロタイプ(遺伝子型)は 14 タイプで、茨城県南西部の 3 個体は全てハプロタイプ 6TCG1 を保持していました(表 2、図 4)。このタイプは日光および関東山地のシカからも検出されました。コントロール領域には約 40 塩基を単位とするモチーフが連なるリピートモチーフ(→CROSS ワード 2)が存在することが知られています(Nagata et al. 1999; Hata et al. 2019)。今回の研究では、茨城県南西部の 3 個体すべてが TD-2 タイプを保持していることが明らかになりました(表 1)。ハプロタイプとリピートモチーフの組み合わせが 24 通りある中で、茨城県南西部の 3 個体と同じ組み合わせを持つ個体は、栃木県の日光地域でのみ確認されました(表 2)。栃木県那須矢板、栃木県日

光、茨城県南西部、房総半島、関東山地のシカの遺伝的差異についてペアワイズ F_{ST} 推定値および Exact test という手法に基づいて検討したところ、栃木県日光と茨城県南西部の間では遺伝的な違いは認められず、他の地域との間では集団の遺伝的特徴が異なることが明らかになりました。

茨城県南西部で得られたシカの年齢推定を、枯角もしくは下顎歯列の形状に従って行ったところ、3 個体いずれも 1 歳のオスと判定されました(表 1)。これら 3 個体がいずれも日光地域を源流とする鬼怒川水系の付近に出没したことも考慮すると、日光地域の若いオスジカが、性成熟に伴う出生地からの分散のため、河川敷や河川沿いに広がる緑地を利用して茨城県南西部まで移動したのではないかと推測しています。

表 1. 茨城県南西部におけるニホンジカの捕獲および交通事故の記録

年月日	出没地	個体番号	性別 (角の形状)	年齢 (判定方法)	状況
2015/11/17	つくば市六斗	IBK001	オス (1 尖角)	1 歳 (角の形状)	狩猟者の罠により捕獲された。住民情報によると、同年の春頃に少なくとも 2 頭のシカが同時に目撃され、大豆の芽を食べる様子等が観察されていた。
2016/9/16	つくば市真瀬	IBK002	オス (左角 2 尖, 右角 1 尖)	1 歳 (角の形状)	国道 354 号真瀬入口交差点付近で、車との交通事故により死亡した。
2019/5/13	結城市結城	IBK003	オス (成長途中の袋角)	1 歳 (歯の生え変わり状況)	空き店舗に侵入したところを捕獲された。

表 2. 本稿で取り扱ったニホンジカ生息地域で見られたミトコンドリア DNA コントロール領域ハプロタイプと遺伝的多様性

		ハプロタイプ (上) とリピートモチーフ (下)																																			
地域	コード	N	Ampl												Kmo2																						
			6TCG1 CN-1	6TCG2	6TCG3	6TCG4	6TCG5	7TCG1	Ampl CIB-1a	CIB-1b	Kmo1	CIB-2a	CIB-2b	CN-2	CN-3	CN-5	CN-9																				
			TD-1	TD-2	TD-11	TD-12	TD-20	TD-2	TD-2	TD-21	TD-2	TD-4	TD-22	TD-23	TD-24	TD-24	TD-3	TD-13	TD-14	TD-16	TD-17	TD-5	TD-7	TD-15	TD-8	TD-1											
茨城県南西部	ISW	3	3																																		
那須矢板	TNY	11				2			9																												
日光	TNK	41	26			1		2	1	1	10																										
房総半島	CBP	272											202	1	1	68																					
関東山地	KTS	89	36	2	2	1												18	2	1	2	2	16	3	1	2	1										
合計		416	36	29	2	2	1	0	3	0	2	0	10	0	1	0	10	0	202	0	1	0	68	0	18	2	1	2	2	0	16	3	0	1	2	0	1

CROSS
ロード

リピートモチーフ

ニホンジカのミトコンドリア DNA コントロール領域に存在する約 40 塩基を単位とした配列が繰り返している部分配列。ニホンジカでは地域集団間でリピート数やリピートの塩基配列に違いがあることが知られている。

なぜシカの個体数と分布域が拡大しているのか？

シカが個体数や分布地域が拡大している現象には、多くの要因が考えられ、それらが複合的に関わっていると推測されます。なかでも4つの項目が特に大きな影響を及ぼしていると考えられます。

まず1つ目に、戦後、長期的に維持されたメスジカの禁猟政策が挙げられます。長らくの保護により1980年代以降、個体数が増加に転じましたが、メスジカを狩猟獣に加える政策への転換に時間がかかってしまいました。2つ目にシカの繁殖力が非常に高いことが挙げられます。ほとんどの2歳以上のメスは毎年1頭の子供を産みます。生息条件が良ければ個体数はどんどん増えることとなります。3つ目に、狩猟者の減少が挙げられます。狩猟人口は昭和50年から約50%に減りました。しかも高齢化が急速に進んでおり、担い手不足が大きな問題です。4つ目に、中山間地域における過疎化によって、農林業が衰退し耕作放棄地が増加していることが挙げられます。この耕作放棄地は、結果的にシカにとって良い餌場を提供することになってしまっています。

現在のニホンジカの個体数は、過去10万年の中で最大規模となっていることが最新の遺伝解析手法 (Iijima et al. 2023) によって示されていま

す。人間活動がシカの動態に大きな影響を与えてきたようです。つまり、われわれ人間の様々な活動が、ニホンジカの減少や拡大を引き起こしてきたと言っても過言ではありません。

このまま増えていくとどうなるか？

～講ずべき対策とは

茨城県では、林業が盛んな県北エリアでのシカの個体数増加と分布域拡大が心配されています。というのは、シカはスギやヒノキの苗木を食べたり、木の皮を食べたりするからです。植えてもシカに食べられてしまうという食害のリスクが高まっていくと予想されます。今後は、シカの侵入を許さないような防除柵の設置が必要になるでしょう。県南西部では、河川周辺の緑地を介してシカの出没はこれからも起こると予測されますが、このエリアにはシカが定住できるような森林などの環境が少ないこともあり、急速に被害が多発する状況にはならないかもしれません。とはいえ、県南西部には、関東地方にお住まいの皆さんの「食」を支えている、路地野菜の大産地が広がっている上に、市街地も多くあるため、新たに起こる農業被害や交通事故などで生じる人的被害に備えることが必要です。本来の生息地ではない地域では、野生動物が市街地に出没した際に迅速に対応

できるような、シカ対策に不慣れな地域こそ、対策マニュアルの完備と周知が望まれます。

シカの分布が確認され始めた地域では、被害が激甚化してない今、先手の対策が重要です。シカは自治体の境界などは知る由もなく森林や河川敷などの緑地帯を使って分布を広げていると考えられます。私たちに

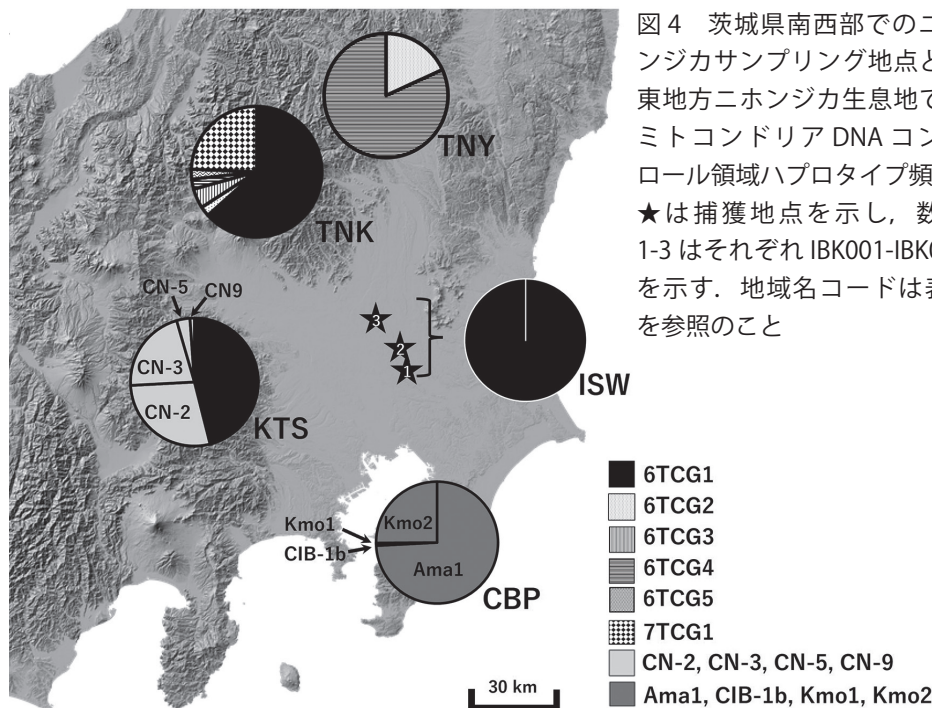


図4 茨城県南西部でのニホンジカサンプリング地点と関東地方ニホンジカ生息地でのミトコンドリアDNAコントロール領域ハプロタイプ頻度。★は捕獲地点を示し、数字1-3はそれぞれIBK001-IBK003を示す。地域名コードは表2を参照のこと

求められる重要な対策の一つは、関係する自治体が連携してモニタリング情報の共有を行ったり、そして保護管理をすすめたり、という、行政界の枠組みを超えた広域的な取り組み(梶 2014)です。もはや国家レベルのシカ問題。研究分野を超えた連携や、科学的情報に基づいた管理単位の構築も一層進めていく必要があります。

シカ問題は、日本の農林業の活力低下を引き起こしうる、大きな要因の一つになっています。都市部への人口集中が著しい現代。私たちの衣食住を支えている農林業がどのような困難を抱えているか、思いを巡らしている方々は少ないように感じます。解決はなかなか難しい問題ですが、多くの方々が身近な問題として興味を持ち、現状を知って頂きたいと思っています。

謝辞

本稿は、引用文献、永田ほか(2022)を改変したもので、ミュージアムパーク茨城県自然博物館の後藤優介氏、福島大学共生システム理工学研究科の兼子伸吾氏ならびに高木俊人氏、元大阪市立大学大学院医学研究科の原田正史氏との共同研究です。ここに改めて感謝申し上げます。

参考文献

- 青木更吉(2010)"小金原を歩く 将軍鹿狩りと水戸家鷹狩り". 崙書房, 流山, 237 pp.
- Hata, S., Okazaki, C., Konishi, S., Yoshioka, S., Kubota, M., Arai, K. and Mizoguchi, Y. (2019) Detection of genetic segregation in sika deer (*Cervus nippon*) by tandem repeat variations in the mitochondrial DNA D-loop region. *Journal of Forest Research* 24: 325-329.
- 茨城県生活環境部環境政策課(2016)"茨城における絶滅のおそれのある野生生物 動物編 2106年改訂版(茨城県版レッドデータブック)". 山三印刷株



永田 純子(ながた・じゅんこ)

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 企画部研究企画科ダイバーシティ推進室長(同研究所 野生動物研究領域 鳥獣生態研究室 主任研究員を併任)

東京理科大学基礎工学部生物工学科を卒業後、北海道大学大学院で博士(地球環境科学)を取得。ポストク時代はカリフォルニア大学バークレー校などで研究を実施。2003年に森林総合研究所に入所。

式会社, 水戸, 327 pp.

伊吾田宏正(2016)ラジオトラッキング技術."増補版 野生動物管理—理論と技術—"(羽山伸一, 三浦慎悟, 梶光一, 鈴木正嗣, 編), pp. 227-239. 文永堂出版, 東京.

Iijima, H., Nagata, J., Izuno, A., Uchiyama, K., Akashi, N., Fujiki, D. and Kuriyama, T. (2023) Current sika deer effective population size is near to reaching its historically highest level in the Japanese archipelago by release from hunting rather than climate change and top predator extinction. *The Holocene* 33: 718-727.

梶光一(2014)地域環境ガバナンスとしての野生動物管理."野生動物管理システム"(梶光一, 土屋俊幸, 編), pp. 18-30. 東京大学出版会, 東京.

環境省(2021)「全国のニホンジカ及びイノシシの個体数推定及び生息分布調査の結果について(令和2年度)」. (<http://www.env.go.jp/press/109239.html>) 2023年8月7日確認.

Nagata, J., Masuda, R., Tamate, H. B., Hamasaki, S., Ochiai, K., Asada, M., Tatsuzawa, S., Suda, K., Tado, H. and Yoshida, M. C. (1999) Two genetically distinct lineages of the sika deer, *Cervus nippon*, in Japanese islands: comparison of mitochondrial D-loop region sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 13: 511-519.

永田純子(2016)遺伝マーカーによる調査法."増補版 野生動物管理法—理論と技術—"(羽山伸一, 三浦慎悟, 梶光一, 鈴木正嗣, 編), pp. 241-258. 文栄堂出版, 東京.

永田純子, 後藤優介, 高木俊人, 兼子伸吾, 原田正史, (2022) 茨城県南西部に出没したニホンジカのミトコンドリアDNA 遺伝解析による出自の推定. *野生生物と社会* 10:63-73.

竹内正彦, 中村大輔, 藤本竜輔, 山崎晃司, 後藤優介(2019) 茨城県大子町八溝山地域におけるニホンジカの確認. 茨城県自然博物館研究報告: 17-23.

Tsujino, R., Ishimaru, E. and Yumoto, T. (2010) Distribution patterns of five mammals in the Jomon period, middle Edo period, and the present, in the Japanese Archipelago. *Mammal Study* 35: 179-189.

ゲノム解読から見えてきた緑藻の LGBT

東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻 特任研究員 高橋 昂平

湖沼の水を顕微鏡で覗いてみると、実に様々な生物が存在していることが分かります。その中でも、一際目立つ緑色の細胞を持つ単細胞のクラミドモナスや、多細胞のボルボックスを含む小さな緑藻のグループが「緑藻ボルボックス系列」です。本系列に属する緑藻は性別を持ち、しかも動物や陸上植物と遜色ない多様な性のあり方を示します。最近著者らは、神奈川県相模川水系産の緑藻ボルボックス系列の一種「プレオドリナ・スターリー」が3つの性別を持つことを発見しました。本稿では、本種における3つの性別の共存の発見に至るまでの経緯と、最新のゲノム解読で見えてきた、本種で起こった「性染色体革命」についての研究をご紹介します。

1. 真核生物の様々な性のあり方

真核生物の多様性を生み出す生命現象のひとつが「有性生殖」です。有性生殖は「オス」「メス」を始めとした性別間での交雑によって達成されますが、ある生物種における性のあり方は、進化の過程でどのように生じてきたのでしょうか。この疑問は、ダーウィンをはじめとして多くの進化生物学者の関心を惹きつけてきました。我々ヒトは、オスとメスが遺伝的に異なり、別の個体として存在します（雌雄異体種）。また、一個体がオス配偶子（精子）とメス配偶子（卵）の両方をつくり、一個体内で有性生殖を完遂できるバイセクシュアル個体が生じる種も存在します（雌雄同体種）。雌雄異体種と雌雄同体種は頻繁に転換して生じてきたと考えられています。さらに、陸上植物のパイヤや無脊椎動物のセンチウなどでは、オス、メス、バイセクシュアルの3つの性別が同時に共存しますが（トリオシー種）、トリオシー種は進化の過程で生じる一時的な中間状態ではなく、不安定であるとされてきました（図1）。

私は、真核生物の性のあり方の謎を解明するために、緑藻ボルボックス系列という緑藻のグルー

プを用いて研究を行っています。本グループは、単細胞性のクラミドモナスや多細胞性のボルボックスといった種から構成される緑藻の一群を指します。本グループでは、これまでにオスとメスを持つ種（ヘテロタリック種）とバイセクシュアル個体（株）のみが生じる種（ホモタリック種）が知られていました。これらヘテロタリック種とホモタリック種は遺伝的に近縁なため、両者を比較することで、真核生物の性のあり方の進化、転換の仕組みを探ることができるといわけです。また、本グループを含む藻類やキノコなどを含む菌類といった、染色体を一つずつで持つ生物は、性

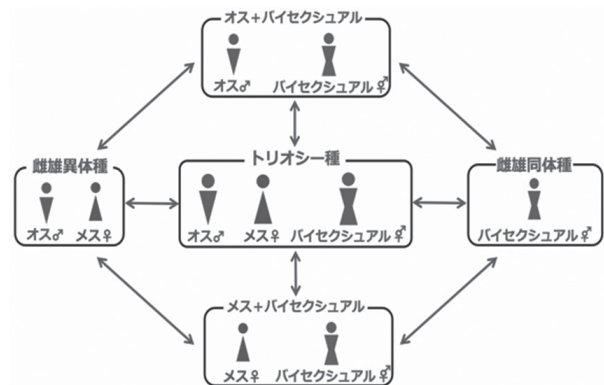


図1 真核生物の性のあり方とその転換

染色体をただ一つ持ちます。この性染色体中には、オスとメスで配列が異なり、オスとメスの一方のみが持つ遺伝子が含まれる領域（性決定領域）が存在します。つまり、ある個体（株）の性は、オスとメスのどちらの性決定領域を持つかで決まります。これまでの緑藻ボルボックス系列の複数種におけるゲノム解読により、これらの種が持つ性決定領域とそこに含まれる様々な遺伝子が明らかになってきました。本稿では、そんな緑藻ボルボックス系列の一種である、“プレオドリナ・スターリー”という種における、著者らの最新の研究成果について紹介します。

2. 緑藻プレオドリナ・スターリー

プレオドリナ・スターリー (*Pleodorina starrii*) は、2006年に神奈川県相模湖から採集され、当時東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻准教授であった野崎久義博士によって同定された、200 μm ほどの小さな緑藻で、長らくオスとメスのみが存在すると考えられていました。本種のオスでは、クラミドモナスで同定された性決定遺伝子 *MID* と起源を同じくする遺伝子 *OTOKOGI* (*PlestMID*) が同定されたので、*OTOKOGI* の有無で性別が決定する雌雄異株種とされていたのです (Nozaki et al. 2006 Curr. Biol.)。本種は基本的にはオス、メス共に無性生殖でクローン増殖しますが、環境変化により性が誘導されると、オスでは生殖細胞がすべてオス配偶子の集合体である精子束に分化したオス群体が生じ、メスではすべてメス配偶子に分化したメス群体が生じます。精子束は群体を飛び出してメス群体へと辿り着くと、分解して単一のオス配偶子となってメス群体内に侵入し、メス配偶子と接合して接合子を形成します。この接合子が減数分裂を経ることで、次世代の群体が生じます (図2)。

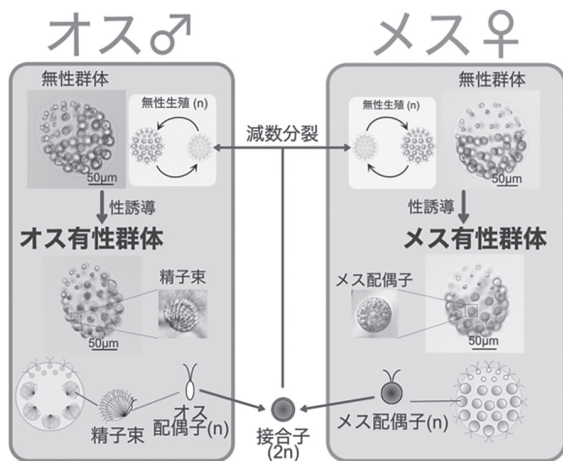


図2 これまで考えられていたプレオドリナ・スターリーの生活環 (Nozaki et al. 2006 J. Phycol.)

ところが、相模湖を含む相模川水系における長年の採集の中で、形態はプレオドリナ・スターリーに非常によく似ているが、同一株内でオス群体とメス群体が生じて接合子を作るバイセクシュアルのプレオドリナ株が2株見出されたのです。これらのバイセクシュアル株は既知のプレオドリナ・スターリーと同種なのでしょうか。もし同種であるならば、プレオドリナ・スターリーにおいて3つの性別が共存することになり、藻類、菌類のグループでは初めての例となります。そこでまず、プレオドリナ・スターリーとバイセクシュアル株の形態・分子データの比較を行いました。

3. プレオドリナ・スターリーは3つの性別を持つ

形態・分子レベルの比較の結果、プレオドリナ・スターリーとバイセクシュアル株の間に差異は認められませんでした。では、2つの生物が同種であることを証明するにはどうすれば良いのでしょうか。現在用いられている種概念の一つではなく、複数の学説が存在します。その中で最も一般

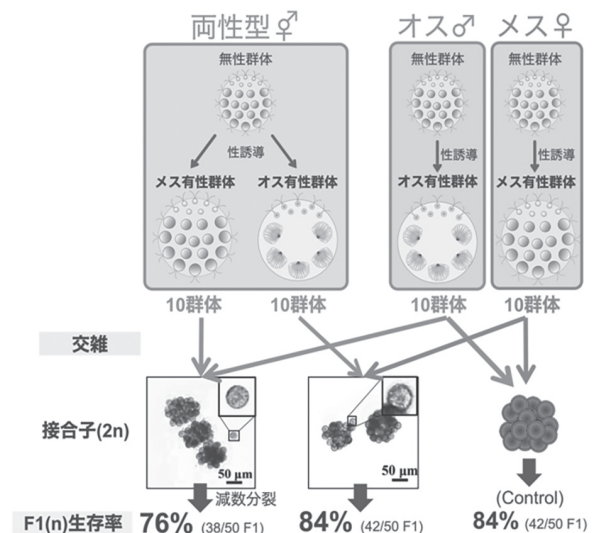


図3 バイセクシュアル株とプレオドリナ・スターリーの交雑実験概要 (Takahashi et al. 2021 Evolution)

的に用いられているのは“生物学的種概念”という考え方です。例えば、ウマとロバの交雑により生まれるラバは子孫を残すことができないので、両者は生物学的に別種とみなされます。生物学的種概念に当てはめて考えれば、既知のプレオドリナ・スターリーのオス・メスとバイセクシュアル株が交雑して正常な接合子を形成し、接合子から減数分裂を経た次世代の株を得ることができれば、バイセクシュアル株はプレオドリナ・スターリーであると結論できます。

実際に交雑実験を試みたところ、バイセクシュアル株はプレオドリナ・スターリーのオスとメスのどちらとも交雑して接合子を形成し、接合子から次世代の群体を得ることができました。さらに、次世代群体の生存率は、プレオドリナ・スターリーのオスとメスの交雑で得られたものとほぼ同一でした（図3）。したがって、バイセクシュアル株もプレオドリナ・スターリーであり、本種はオス、メス、バイセクシュアルの3つの性別を持つ緑藻であることが明らかになりました（Takahashi et al. 2021 Evolution）。

4. プレオドリナ・スターリーで起きた性染色体革命

では、プレオドリナ・スターリーにおいて3つの性別はどのように決定されるのでしょうか。遺

伝子解析の結果、バイセクシュアルも *OTOKOGI* 遺伝子を持つことがわかりました。また、交雑実験の結果から、プレオドリナ・スターリーのオスとメスはそれぞれオス性決定領域、メス性決定領域を含む性染色体を持つことが予想されました。さらに、バイセクシュアルはオスと同じオス性決定領域を持ちながら、性染色体とは独立に遺伝する、バイセクシュアル決定因子を常染色体に持つと考えられました（図4）。

本仮説を検証し、本種がどのような分子遺伝学的な基盤で進化したかを探るため、国立環境研究所等の研究者と共同研究を実施し、プレオドリナ・スターリーの3つの性別の全ゲノム情報を解読し、比較解析を行いました。その結果、オスとメスはそれぞれ約 185,000、137,000 塩基対の性決定領域を持つことがわかりました。一方、バイセクシュアルは交雑実験で予測された通り、オスとほぼ同一の性決定領域を持つことがわかりました。これまでの緑藻ボルボックス系列他種での研究により、本グループでは基本的にオス性決定領域中に *MID*、メス性決定領域中にメス配偶子で働く配偶子接着因子 *FUS1* という、オス、メスのみが持つ配偶子形成及び機能に重要な遺伝子が存在することが知られています。ところが、プレオドリナ・スターリーのオス性決定領域では *OTOKOGI* は3つの相同遺伝子となって存在し、

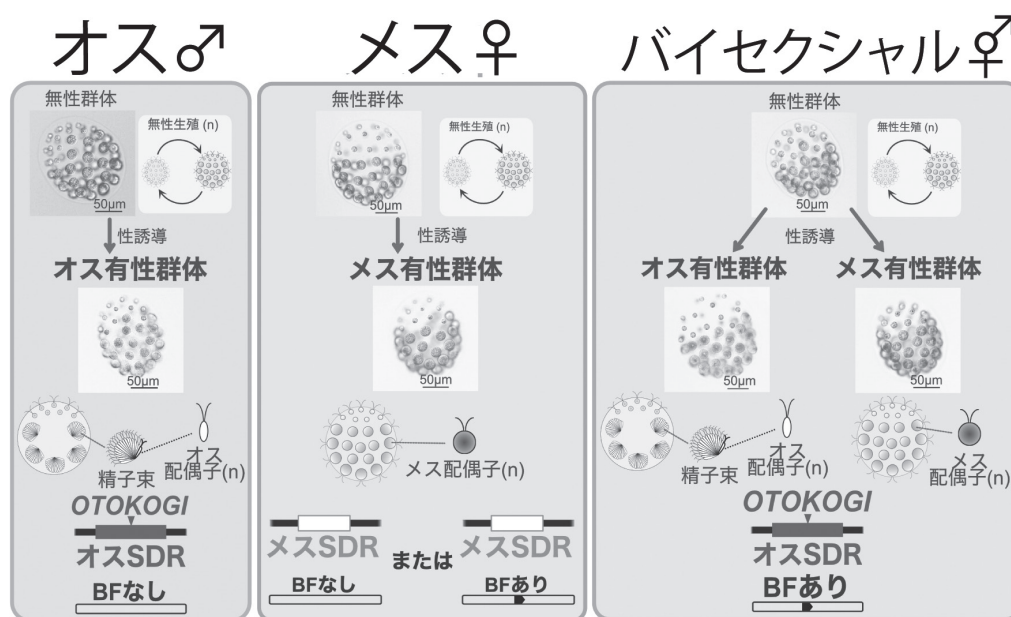


図4 交雑実験による遺伝学的解析で推測されたプレオドリナ・スターリーの3つの性別の遺伝子型。SDRはゲノム中の性決定領域、BFはバイセクシュアル決定因子を示す。（Takahashi et al. 2021 Evolution）

FUS1 はメス性決定領域中ではなく常染色体領域に存在し、3つの性別すべてが保持していました(図5)。プレオドリナ・スターリーにおけるこれらの遺伝子の特異な存在状態は、本種が祖先種の性染色体を構成する性決定領域の大規模な再編成—性染色体革命—の結果誕生したことを示唆します。さらに、*OTOKOGI* と *FUS1* の遺伝子発現解析を実施した結果、オスは *FUS1* を持つにもかかわらず発現が認められず、*FUS1* 遺伝子の発現が強く抑制されていることが分かりました。

一方、バイセクシュアルでは *OTOKOGI* はオス配偶子、*FUS1* はメス配偶子で限定的に発現の上昇が認められ、これら遺伝子のオスとバイセクシュアル間での発現様式の違いが浮き彫りになりました。これらの結果を総合すると、特に *FUS1* の常染色体領域への移動に代表される、「性染色体革命」によって生じた性決定領域中の遺伝子の大規模な再編成が、バイセクシュアルという3番目の性別を生み出した基盤であると考えられます。さらに、遺伝子発現解析で明らかになったオスとバイセクシュアルでの *OTOKOGI*, *FUS1* の発現様式の違いが、これらの異なる性別を成立させた要因であると考えられます(図6、Takahashi et al. 2023 Commun. Biol.)。

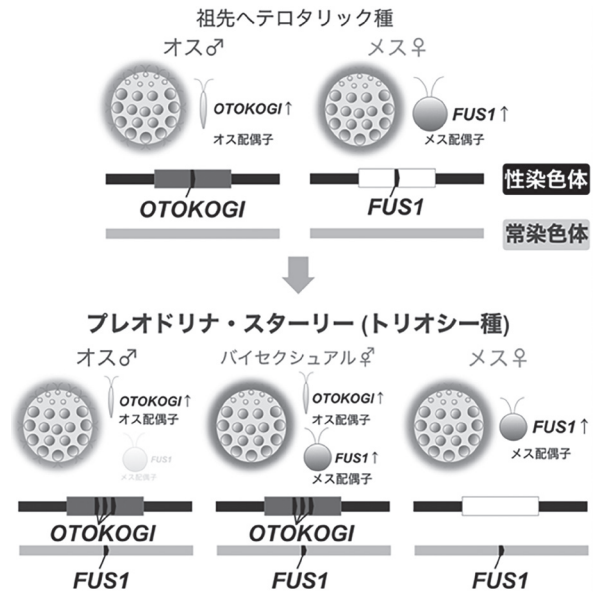


図6 プレオドリナ・スターリーで起きた「性染色体革命」の概要図。本種は、*OTOKOGI* 遺伝子の増加、*FUS1* 遺伝子の常染色体遺伝子化を伴う性染色体の大規模な再編成、「性染色体革命」によって3つの性別を持つように進化したと考えられる。さらに、これら遺伝子の発現制御メカニズムの違いが、オス、バイセクシュアルという異なる性別を生み出したことが示唆された。

5. 今後の展望

プレオドリナ・スターリーのオスとバイセクシュアル間で、*OTOKOGI*, *FUS1* の発現様式の違いがどのように生み出されるのかはまだ明らかに

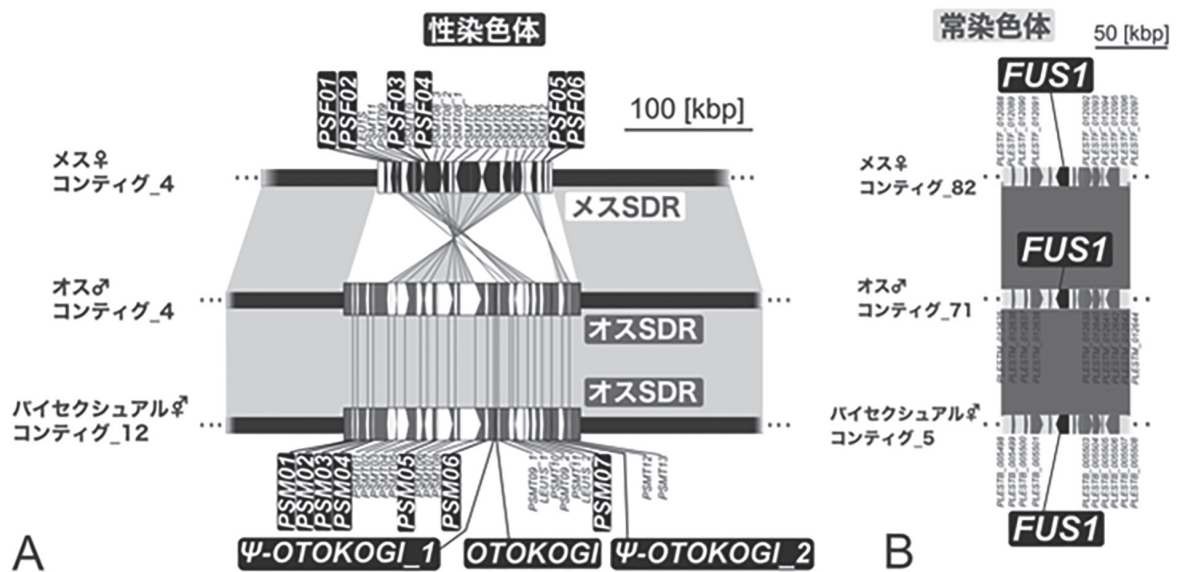


図5 プレオドリナ・スターリーの全ゲノム解読から明らかになった性決定領域 (SDR) と性関連遺伝子のゲノム上の分布。A. SDR とその周辺図。オス SDR では *OTOKOGI* 遺伝子が3つに増加し、メス SDR は *FUS1* 遺伝子を欠く。ψは偽遺伝子を指す。kbp は 1000 塩基対を表す。B. 常染色体上に存在する *FUS1*。(Takahashi et al. 2023 Commun. Biol.)

なっていません。また、交雑実験で予測された、バイセクシュアルが持つバイセクシュアル決定因子もゲノム解読のみでは実態を明らかにできていません。今後、さらなる解析を通じて本因子の実態を明らかにできれば、性染色体を一对ではなくただ一つのみ持つ生物で多様な性別が生み出されるメカニズムの理解に繋がると考えています。

著者らは最近、縁あって茨城県霞ヶ浦での採集も始めました。本研究で見出されたプレオドリナ・スターリーにおける3つの性別の共存は、相模川水系での長年のフィールド調査が実を結んだものなのです。霞ヶ浦においても粘り強い調査によって、



高橋 昂平 (たかはし・こうへい)

2023年3月東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻博士後期課程修了、博士(理学)。現在、東京大学大学院理学系研究科生物科学専攻発生細胞生物学研究室 特任研究員。専門は、藻類学、進化生物学、ゲノム生物学。

想像もしていなかったような面白い藻類を発見できるかもしれません。

本稿が、読者の皆様の身近にも暮らしているかもしれない小さな緑藻たちが魅せてくれる、多様な性の世界に想いを馳せるきっかけになって頂ければ幸いです。

【研究助成】

本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金(高橋昂平 21J10259; 野崎久義 20H03299; 豊岡博子 21K06294; 浜地貴志 20K06766)の支援を受けて行われました。

短歌 浮かぶうたかた

松崎 健一郎

おのれ生きて河をなせると思ひたきもあるいはそこに浮かぶうたかた
わが町のちひさな花火大会の間遠にあがる花火いとしも

中年の女のひとに電車の席ゆづられるほどわれの身の老い

きやうだいは他人のはじまりそれぞれに家庭もちたる子らにし思ふ
欲が強いひとらを見ればおのが身を動かすことも吝しむくあるなり

立秋

夜よの窓をあければすだく虫たちよ秋立てること知りてあるらし

*

一升瓶六本並べそれぞれを飲みくらべゆく夜々の楽しみ

死者たちはこちらの交はず言の葉を聞き耳立てて聴いてをるらし

小浜逸郎 令和五年(二〇二三)三月三十一日死去 七十五歳

葬式にいでて遺影をながめつつなほもその死の信じたきも

横浜の天気予報を見るたびに小浜逸郎の不在を思ふ

(まつぎぎ・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。

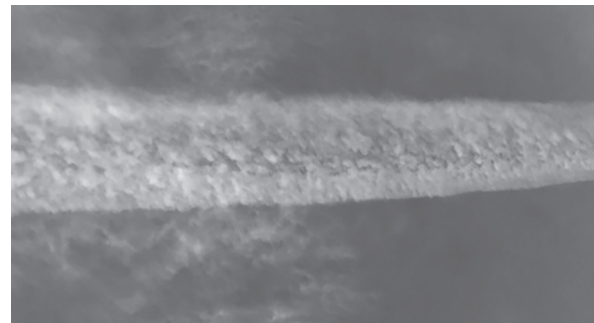
著書に『親鸞像』、『起源の物語』『常陸国風土記』、『吉本隆明異和』、『歌集に『仕事と日々』(茨城文学賞受賞)、『死者たちの時』(茨城県歌人協会賞受賞)ほか2冊がある。

二度と出会えない一期一空 ひこうき雲の教室

総合科学研究機構 総合科学センター 伊藤 優香



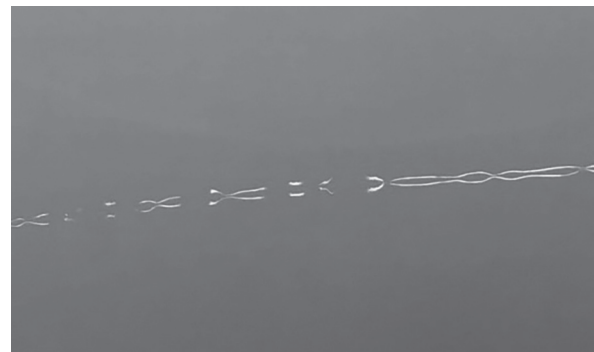
伸長型



膨脹型



消滅型



変形型

「ひこうき雲、見たことがある人？」

出張お天気教室で聞くと、こどもたち全員が手を挙げます。こんなにこどもたちに知られている雲は入道雲を超えてひこうき雲が一番ではないでしょうか。

私はひこうき雲の観測や実験をしながら、地域でお天気教室などを開催しています。気象予報士は現在1万人以上いますが、1万人もいれば色々な人がいるもので、天気図が好きな人もいれば虹やハロなどの大気光学現象が好きな人もいて、飛行機雲が好きな人もいます。

ひこうき雲は、飛行機から排出されるガスが大気中の水蒸気やチリとくっついて大きくなったも

のと言われています。動きがあるので目につきやすく、見つけると「あっ！」と小さい子は嬉しそうに教えてくれます。

すぐに消えるもの、広がってしばらく残るもの、伸びた雲が面白い形を作るもの、色々なひこうき雲が見られます。ひこうき雲が教えてくれるのは、わたしたちの手の届かない空の上のことです。風の向きや強弱、そして湿度など。すべての雲は一期一空。同じ雲とは二度と出会えません。雲は熱と水と空気が作り出す自然の芸術と言えます。

誰もが知っている雲だからこそ、ひこうき雲についてわかっていること、いないこと、実はたくさんあって語り尽くせません。

今日はひこうき雲の種類をいくつか紹介します。これは私が観測する上で分類し始めたのですが、消え方に名前をつけるだけで「もっと空を見ようと思った」と言ってくれる人が増えました。私はひこうき雲以外に関する知識はほとんどありませんが、野鳥の名前など詳しい人に教えてもらおうとつい外を探してみたくになります。ほんの少し知識を得ると、いつもの景色がワクワクしてきます。



イベントの様子（1）

ひこうき雲の消え方

- ① 伸長型：現れるとすぐに消えずに長く伸びるもの。残ったものはすぐに消えるか、幅広く広がって巻積雲となる。
- ② 膨張型：長く伸びたものが時間とともに幅広く広がったもの。このあとに雲の量が増えてくると半日～1日後に雨が降る。
- ③ 消滅型：現れてからすぐ消えるもの。長く伸びるものと比べて、大気中の水蒸気量が少ないと思われる。
- ④ 変形型：長く伸びたものが変形してらせん状のように見えるもの。2本や1本のものがある。すぐに消えるため、見たことがないと言う人が多い。

FM放送「サイエンス・エクスプレス」

つくばには約2万人の研究者がいると言われています。学術・研究都市としての筑波研究学園都市はつくば市全域を区域とし、多くの研究機関が立地しています。高校生の頃、なんとなく理系を進学した私にとって、つくばはいつか行かなくては、というどこか遠くの^{てんじく}天空のような地でした。

たくさんの魅力的な研究をしているたくさんの研究者がいます。アウトリーチに積極的な研究機関もあれば、あまりされていない機関もあります。また、SNSを用いて発信をしている有名研究者もいれば全くアウトリーチをしていないという方も多くいます。

現在、ラヂオつくば（つくばコミュニティ放送、84.2MHz）では毎週月曜日、22時からつくばや茨城県の研究者や専門家にお話を聞くという番組が放送されています。「サイエンス・エクスプレス」

通称サイエクといい、約2年前に放送が開始しました。実はこれは私が個人的に始めたものです。どの分野の研究者もみんな辿り着くべくして辿り着いた今があり、これから先の研究があるのだと、いつもお話を伺いながらつくばでの巡り合わせに胸が熱くなります。

「研究ってね、うまくいかないもんなんですよ」「こうなるだろうと予測してもそうはならない。だから面白い」

「世界中で今、自分だけがこのことを知っている。これを今から論文にして世界中に発表をする。胸が熱くなります」

研究者たちがたくさんの言葉をくれました。それはラヂオを聴いている中高生、そしてリスナーのための言葉であり、私をいつも励ましてくれます。

私のように個人でなにか一つのことを探求している人は世の中に少なからずいることと思います。そして今、なにか興味があることがあって、ソワソワしている人、そんな人たちの背中を押せるラヂオ番組であり、私自身もそうでありたいと思っています。

共同実験者くも M 先生

お金がない。これは現代社会を生きる多くの人の悩みでしょう。研究者も然り。イベントの開催もボランティアでやっている新しいことにチャレンジしていきません。

気象文化創造センターの「気象文化大賞」というものがあります。気象の理解を広げるための団体や個人の研究や活動を応援していただけるもの



イベントの様子 (2)

イベントの様子 (3)

です。過去には教育関係者や NPO 所属の方々などが受賞されていましたが、個人で受賞をいただきました。もちろん、それは私一人の力では無理でした。残念ながら、私は気象予報士の資格があるものの、実験の企画などに関する知識を持ち合わせていなかったからです。

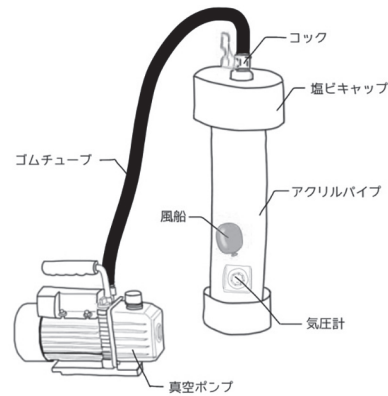
ラヂオつくばで放送している「サイエンス・エクスプレス」。放送初期に、他の団体とコラボ企画に参加しました。その中で science talks さんの YouTube で 24 時間放送をした「くも M 先生」と知り合いました。くも M 先生は奈良県で実験教室を運営している実験教室の先生です。Youtube や TikTok では数多くの実験動画を投稿し、多くの人の目を楽しませています。

くも M 先生に実験に関して共同実験者になっていただき、私の目指すひこうき雲プロジェクトが始動しました。

「空の上を再現しましょう」

気圧を下げ、気温を下げ、ひこうき雲に見立てた機体がヒュンと走ったら、こどもたちはワクワクするんじゃないか？ そんなこどもたちの笑顔を想像すると私自身がワクワクします。

まずは気圧を下げることから始めました。真空ポンプを使って、アクリルパイプ内の気圧を下げることができました。これにより、「真空実験」として空の上の空気の状態がどう違うか、という実験がいくつかできます。風船を中に入れ、気圧を下げていくとどんどん風船が大きくなっていき、やがて風船が割れるという実験はみんな盛り上がります。また、マシュマロを入れると、気圧を下げていくとどんどん膨らんでふわふわになる



真空実験装置

けど、取り出そうと気圧を戻すと今度はマシュマロもシワシワに小さくなってしまいます。予想外の結果に目を丸くする子どもたちの顔はとても素敵です。

そして、実験の次の目標は気温を下げること。身近なものを使って、気軽にできれば、という思いの下、氷やドライアイスなどを使って挑戦しました。しかし、がんばっても数度しか下がりませんでした。

どうやったらできるか？ どうやったら見ている人が楽しいと思えるか？ まだまだ模索中です。



イベントの様子 (4)



イベントの様子 (5)

「気象文化大賞」を受賞したことで、ひこうき雲についてももっともっと知りたい、知ってもらいたい、そんな思いを理解していただき仲間が増え、活動の幅が大きく広がりました。

「今までいろんな実験教室に参加したけど、今日が一番楽しかった」

この夏のイベント終わりに女の子が伝えに来てくれました。

レジンでひこうき雲のアクセサリ

数年前、一人でほそぼそと始めたお天気教室。空のお話をしたり、クイズをしたり、実験は2、3個くらいでした。それが今では倍の5、6個の実験をします。

子どもたちが「もっと見たい！」って言うようになったから。

「これ楽しい！」

「ずっと見ていたい」

そんな子どもたちの声を聞くと準備も大変だけど、とっても報われます。

今年の夏のお天気教室では90分も時間をいただけたので、樹脂材料のレジンでひこうき雲のアクセサリ作りを初めて行いました。小学1年生でも上手にできていました。女の子も男の子もすぐくセンスがよくて一人ひとり違った魅力があ



イベントの様子 (6)

り、みんな素敵でした。

気象予報士さんのお天気教室参加したな、飛行機雲のお話聞いたな、実験楽しかったな、という一日の思い出として、そんなことをこのレジンアクセサリーを見るたびに思い出してくれる宝物になったらうれしいです。

高校時代の実験、思い出の品

私は高校生のとき、JAMSTECのマリンサイエンススクールに参加しました。4泊くらい横須賀の研究所に泊まり、プールでダイビング体験をしたり、実験をしたり、BBQをしたり、研究者の方々の講義を聞いたり、とても楽しかったです。たくさんのお土産をいただきましたが、中でもずっと大切にしている思い出の品があります。気圧の実験で気圧調整できる部屋に入り、空のジャム瓶にテニスボールを入れると、常圧下では出し入れができないのに、高圧下では瓶の中にテニスボールが入り、常圧下にもどるとテニスボールはもう出すことができなくなるという実験を体感しました。その実験で持ち帰った瓶に入ったテニスボール。自分の部屋のそれを見るたび、私は何度も高校生の夏休みを思い出し、何度も実験や科学が好きな自分に気づきます。思い出の品はこれから先の人生で時として道標になるということを経験し

てきたので、私も自分の実験教室では大事にできるような思い出のものを持ち帰ってもらいたいと思っています。

お天気教室を体験したこどもたち、SNSを見て

くれている方々、私が動くことで少しずつ科学の波紋が広がっていくと嬉しいです。私はこれからもひこうき雲を見上げながら、実験に取り組んでいきます。



伊藤 優香 (いとう・ゆか)

総合科学研究機構総合科学研究員。ひこうき雲の観測と実験に取り組んでいる。「サイエンス・エクスプレス」MC、サイエンスコミュニケーター。気象予報士の資格を持ち、お天気の実験教室などを開催。第11回、12回、13回気象文化大賞を受賞。

CROSS
ロード

CROSS2023 総合科学市民公開講座

市民の水源 霞ヶ浦 現状と未来

日時：令和5年(2023)12月10日(日)午後1時15分～4時30分

会場：つくば市役所会議室203(本庁舎2階)



沼澤篤氏



宮下規氏



稲森悠平氏

つくば市民の生活用水は霞ヶ浦を水源にしています。その水源をさらにたどれば、多くが筑波山系に行き着き、「流域」を形成します。私たちの地域は、この湖の恩恵を受けて発展してきました。しかし、私たちは霞ヶ浦の過去、現在、未来について、理解が深いとは言えません。「彰往考来」とは中国の古典にある言葉で、徳川光圀が日本史編纂を行う「彰考館」の由来として用いました。私たちは今また、霞ヶ浦について総合的な理解を深め、未来に向けて英知を結集していきたいと考えます。

講演テーマと講師は次のとおり。

講演1「霞ヶ浦の現在と未来に向けて」沼澤篤氏(霞ヶ浦市民協会 研究顧問、理学博士)

講演2「那珂川、霞ヶ浦、利根川をつなぐ霞ヶ浦導水事業」宮下規氏(国土交通省関東地方整備局霞ヶ浦導水工事事務所所長)

講演3「バイオエコシステムを用いた霞ヶ浦流域の環境再生保全」稲森悠平氏(NPO法人バイオエコ技術研究所理事長、理学博士)

事前登録制(対象は中・高校生以上)

下記からお申し込みください。



メールアドレス：tsukuba@cross.or.jp

電話連絡先：029-219-5300

主催 一般財団法人 総合科学研究機構

共催 つくば市

後援 土浦市、かすみがうら市

J-PARC 建設の歴史と思い出

(その3) 試練、復旧、また試練、そして未来へ

日本原子力研究開発機構広報部 鈴木 國弘

施設利用運転を開始した J-PARC は順調に稼働を続けた。2010 年 1 月から、テレビの人気アニメ「サザエさん」のオープニングで、気球に乗ったサザエさんが空から J-PARC を眺めるシーンが放送されたが、実はこれには裏話がある…。テレビ局のスタッフが J-PARC を訪れ、私が物質・生命科学実験施設（以下 MLF）を案内している時、MLF 実験ホールにサザエさんのメロディが流れた。MLF の実験ハッチ扉は開閉の際に注意喚起のため音を流すのであるが、私がこっそり合図したらメロディを流すように関係者と示し合わせていたのである。思わぬ歓迎(?) にすっかり気を良くしたスタッフにより、J-PARC がオープニング映像に採用されたのである。

このように、内外の注目を集め順調に運転を続けていた J-PARC だが、未曾有の試練に襲われる。東日本大震災である。

1. 東日本大震災の発生

11 年 3 月 11 日 14 時 46 分、宮城県沖を震源とするマグニチュード 9.0 の大地震が発生し、東



(写真 1) 落下した会議室の天井

海村で震度 6 弱を観測した。15 時 15 分には茨城県沖を震源とするマグニチュード 7.4 の地震も発生し、被害はさらに拡大した。

地震発生時、私は会議室で約 40 名の見学者に J-PARC の概要を説明していた。突然、今まで経験したことがないほど強く長時間の揺れが継続した。とっさに全員に机の下に隠れるように指示し、最後に私が隠れると同時に、会議室の天井が全て落下した（写真 1）。まさに間一髪であった。幸いけが人はいなかったが、部屋の状況から考えると奇跡的であったと思う。

当時 J-PARC はリニアックだけ運転していたが、地震後直ちに自動停止した。商用電源喪失により非常用ディーゼル発電機が自動起動して、他の装置も安全に停止した。負傷者や火災、放射線に関する問題もなかった。主要建物は岩盤まで多数の杭を設置しているため大きな被害はないように見えたが、道路は至る所で激しく陥没した（写真 2）。

2. 次々と明らかになる被害

J-PARC では、永宮正治センター長を中心に震



(写真 2) リニアック棟前の陥没した道路

災対策全体会議を随時開催して（写真3）、被災状況や情報を関係者で共有した。本格的な施設内部の点検や調査が開始されるにつれ、次々と深刻な被害が明らかになってきた。

リニアックトンネル内では、コンクリートのひび割れから地下水が漏水して床に10cm程たまり（写真4）、真空ポンプなどが水に浸かった。排水後に精密な測量をした結果、長さ約330mのトンネルの途中がV字に約25mm沈下していたことが確認され、機器の大規模な位置調整が必要なことが判明した。

3GeVシンクロトロンは、建物周辺に設置した大型変圧器が基礎沈下により傾き、大電力電源ケーブルや冷却水配管などの損傷が確認された（写真5）。50GeVシンクロトロンでもトンネルのひび割れによる漏水があったが、排水後に電磁石位置のズレを計測した結果、1台数十トンの電磁石が、震災前に比べて水平方向に約2cm、垂直方向に約7mmがずれたことが解り、約400台の電磁石全ての位置合わせ（アライメント）が必要になった。

MLFでは、水銀ターゲット台車が地震の揺れで約30cm移動してしまい、ベロー部が伸びたターゲットを交換することになった（写真6）。また実験ホールでは、鉄製の放射線遮蔽体（約530個、総重量約2,800トン）がずれたため、ひとつひとつ積み直す作業が必要になった（写真7）。ハドロン実験施設では数千トンのコンクリート製遮蔽体^{しゃへい}をいったん全て外して、機器の健全性や電磁石のアライメントを確認する作業や、ニュートリノ実験施設も、超伝導電磁石のアライメント（写真8）や、電磁ホーン^{しやへい}の健全性の確認、交



（写真4）リニアックトンネルの浸水状況



（写真3）震災対策全体会議、暖房が復旧せずコートを着て会議に参加

換作業が必要であった。

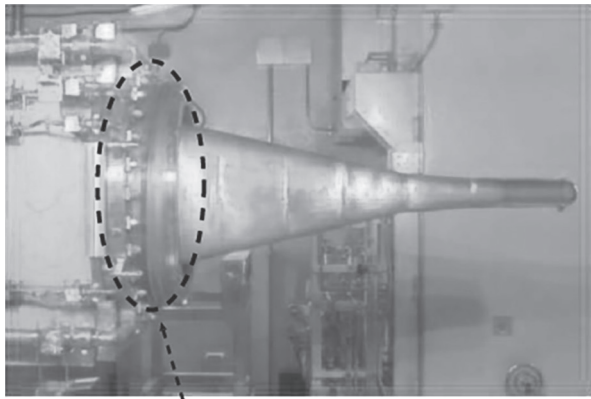
3. J-PARCの復旧に向けて

施設の被害を復旧するまで、J-PARCの運転や実験を中断せざるを得ない状況になったが、長期間の実験停止は多岐にわたる科学研究・技術の発展を停滞させるばかりでなく、各国と熾烈な競争を繰り広げている我が国の最先端科学研究の進展にも影響しかねない。そこで永宮センター長の指揮のもと、5月に復旧スケジュールが策定された（写真9）。しかしそれは、震災からわずか9か月後の12月までには施設を復旧してビーム試験を開始し、翌年1月から施設利用実験を再開するという、被害状況から考えるとあまりにも無茶な（過酷な）復旧スケジュールに思えた。

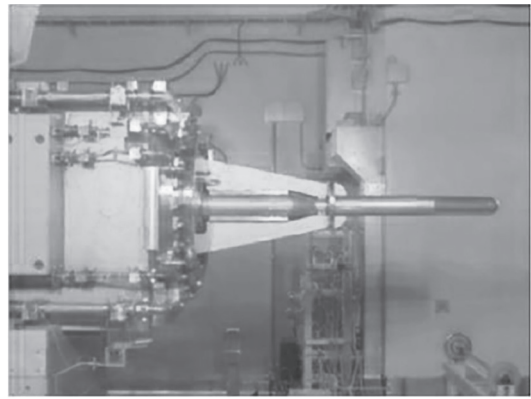
しかし、1日も早い復旧に向けて力を尽くすJ-PARC関係者から、私は彼らの研究者・技術者気質（魂）というものを感じた。彼らはできそうもないことを「やってみろ！」と言われると大い



（写真5）3GeVシンクロトロン変圧器等の沈下状況



地震で壊れた部分



新しいターゲットに交換

(写真6) MLF 水銀ターゲット交換

に発奮するのである（逆に簡単な事だけやっていれば良いと言われる方が辛い…?）。そして、建物や道路、インフラ設備などを修復する建設部関係者や、いわゆる事務方も含め、J-PARC 関係者全員が一丸となって復旧作業に取り掛かった（写真10）。

その姿はまるで、昔 NHK で放送されていた番組「プロジェクト X」を彷彿とさせるような、関係者の鬼気迫るような迫力を感じるのであり、次々と難題を克服して復旧への歩みを着実に進めていった。

広報を担当していた私も、現場の復旧作業状況を随時取りまとめてホームページなどで国内外への情報発信を続け、大臣、地方自治体の首長や議員、官公庁、大学、研究機関などの関係者、さらにプレス等の現状視察に積極的に対応し（写真11）、復旧への支援を要請するなど全力を尽くした。

その結果、計画通りに12月9日からビーム試

験が開始され（写真12）。そして12年1月末までに全施設の利用実験を再開したのである。大きな被害からわずか10か月での運転再開には、国内外、特に海外の研究機関から、賞賛と祝福の声が多数寄せられた。

これは、文部科学省はじめ、茨城県、東海村など関係機関、さらに実際に復旧作業にあられた各企業の皆様などの多大なご支援、ご協力の賜であると感謝するとともに、J-PARC の職員・関係者の施設復旧と運転再開に向けた熱意と努力の結果でもある。そしてこのような仕事に関わったことは、今でも私の仕事の、そして人生の誇りのひとつでもある。

4. 震災復旧後の J-PARC

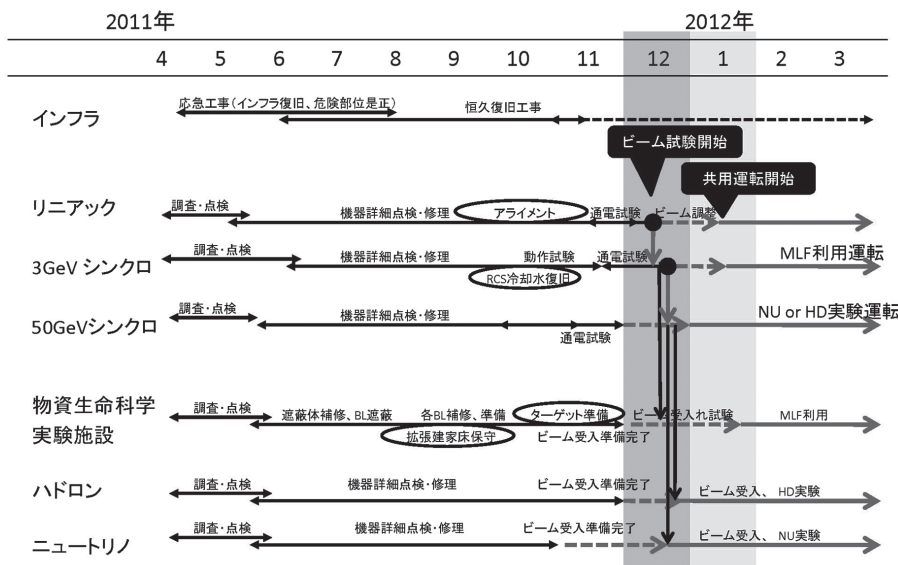
また、復旧作業中であっても施設運転再開に向けた取り組みは続けられた。11年3月、CROSS（一般財団法人総合科学研究機構）は、共用促進法に基づく特定中性子線施設（MLF）の利用促進



(写真7) MLF 遮蔽体積み直し作業



(写真8) ニュートリノ実験施設 超電導電磁石アライメント作業



(写真9) J-PARC 復旧スケジュール案 (2011年5月策定)

業務を行う機関として文科省より選定され、4月にJAEA、KEK、CROSSの間で利用促進業務を円滑に実施するための連携協力協定を締結した。

運転再開後、J-PARCは順調に稼働した。各実験施設の稼働率は90%を超え、13年3月には1パルスあたりの中性子数が当時の世界最大強度になり、国内外に対してJ-PARCの完全復活を強く印象付けた。

5. 再びJ-PARCを襲う試練

しかし、J-PARCは再び試練に襲われた。13年5月、KEKの施設であるハドロン実験施設で、陽子ビーム取出装置の誤作動により標的の一部が破損し、生成された放射性物質が実験ホール内に漏

る思いであった。

その後、J-PARCではKEK、JAEAを問わず復旧と信頼回復に向けて対応した。茨城県や東海村、近隣自治体への報告、東海村内での住民説明会を複数回に亘り実施した。事故再発防止に対応した施設の改修、J-PARC全体の安全体制も見直した。事故を教訓として一人ひとりが安全について考える機会とするため、毎年5月に「J-PARC安全の日」を設けるなど、再発防止と信頼回復に努めた。

その結果、安全であると評価を受けたMLFについて14年2月から運転を再開した。またハドロン実験施設についても、15年4月に国の施設検査を受け、問題の無いことが確認され、利用運転を再開することができたのである。

洩、放射線業務従事者が被曝し、さらに放射性物質を周辺環境(放射線管理区域外)に放出してしまう事故が発生した。自治体・国等の関係機関への通報連絡及び公表も遅れ、大きな問題になった。この事故の発生時、私はJ-PARCを離れJAEA広報部に異動していたが、J-PARCの着工以来築いてきた地域住民の方々との信頼や支援が失われていく様は、忸怩た



(写真10) 復旧に向け一致団結

6. 未来に向けて

運転再開後、MLF では順次出力を増強し、20 年 6 月には 1MW 相当となるビーム出力の連続運転に成功して、目標出力を達成した。ハドロン実験施設でもビーム強度を上げるとともに、実験施設に 3 本目の一次陽子ビームラインを追加し、23 年 3 月に国の施設検査を受けて合格した。

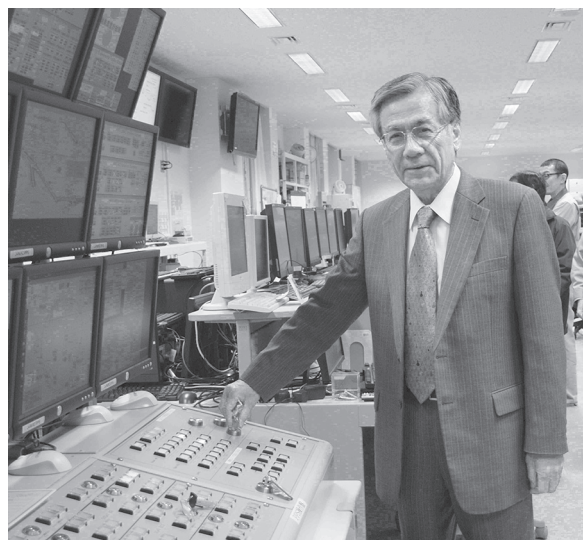
地域との信頼も回復され、20 年 8 月には東海村と KEK が「災害時における施設等の利用に関する協定」を締結し、さらなる日常的な連携を促進するきっかけとなることが期待されている。

広報の分野でも、J-PARC ニュースは 21 年 12 月に第 200 号を発行し、最新の情報提供を継続している。また子供たちを対象として科学の面白さを伝える、研究者による講演会「J-PARC ハローサイエンス」も毎月開催し、地元との交流を深めている。毎回 1,500 名を超える来場者がある J-PARC 施設公開は（新型コロナ感染拡大時にはオンライン開催であったが）多くの来場者に J-PARC の素晴らしさと感動を伝えて続けていくであろう。

J-PARC からは毎月の様に最新の研究成果がプレス発表などで発信されている。MLF と大型放射光施設「SPring-8」やスーパーコンピュータ「京^{けい}」など、共用促進法に基づく大型研究施設を連携させた研究は高い評価を得た。ミュオン実験施設では、小惑星探査機「はやぶさ 2」が地球に持ち帰った小惑星リュウグウの試料分析も開始された。ニュートリノ実験施設と、295km 離れた



(写真 11) 被害状況の視察と説明



(写真 12) リニアックビーム試験再開のスイッチを押す永宮正治 J-PARC センター長

岐阜県飛騨市のスーパーカミオカンデが連携した実験 (T2K 実験) では、さらなるノーベル賞級の研究成果も期待されている。

J-PARC は、これからも世界に開かれた最先端の研究施設として、物質・生命科学、素粒子・原子核物理など幅広い分野の研究を発展させ、宇宙・生命・物質等の起源の謎に迫っていくことであろう。私も応援を続けるとともに、今後の J-PARC の活躍に期待していただき、皆様のご支援、ご協力を心からお願いします。(おわり)

※本稿をまとめるにあたり、J-PARC センター広報セクションの皆様にご多大なるご協力をいただきました。心から感謝申し上げます。



鈴木 國弘 (すずき・くにひろ)

日本原子力研究開発機構
広報部 広報コーディネーター (プロフィールの詳細は 73 号に掲載)

レーザー駆動中性子源による共鳴吸収分析 瞬間的に元素を透過識別する装置のコンパクト化

大阪大学レーザー科学研究所 余語 覚文

1. はじめに

光は物質の構造や性質を探り、制御するツールとして、現代の科学と産業に欠かせないものとなっています。近年では、レーザー技術と加速器技術の発展と融合が、新たな展開を迎えつつあり、その1つに「レーザーイオン加速」があります。これは、図1のように、レーザーの光を極めて短い時間に圧縮し、狭い領域に集中して、薄い膜に当てることでイオンを高エネルギーに加速します。レーザーによって「ミクロン加速器」が実現していると言えます。

近年では、レーザーイオン加速で発生した陽子や重陽子といったイオンを、さらに別のターゲットに入射することで中性子を発生する「レーザー駆動中性子源 [1]」の開発が進められています。レーザー駆動中性子源は、線源の大きさやパルス幅など、原子炉や加速器など他の中性子源とは異なる性質を有しています。大阪大学レーザー科学研究所（大阪府吹田市）では、レーザー駆動中性子源の特徴を活かした応用展開を探求しています。今回は、中性子共鳴吸収分析と呼ばれる手法に挑戦したところ、2メートル程度のビームラインで物質の種類（同位体種）を瞬間的に特定する原理実証実験に成功しました [2]。

2. レーザー中性子源の概要

図1にレーザー駆動中性子源の概要を示します。実験は、大阪大学レーザー科学研究所に設置されたレーザー施設「LFEX」を使用しました。LFEXは核融合研究を目的として開発され、最大1キロジュールのエネルギーのレーザー光を、

10^{-12} 秒のパルス幅に圧縮して、数10ミクロンのサイズに集めることができます。すると、レーザーの集光強度は 10^{19} W/cm² に達します。このレーザー光を、重水素置換ポリスチレンと呼ばれる薄膜に当てます。すると、照射スポットは瞬間的にプラズマとなり、レーザーの強力な電磁相互作用によって、プラズマの電子が裏面へ向けて掃き出され、プラズマの周りを周回します（図1上）。この時、電子が染み出したシース Sheath：鞘）と呼ばれる荷電分離が発生します。シース電

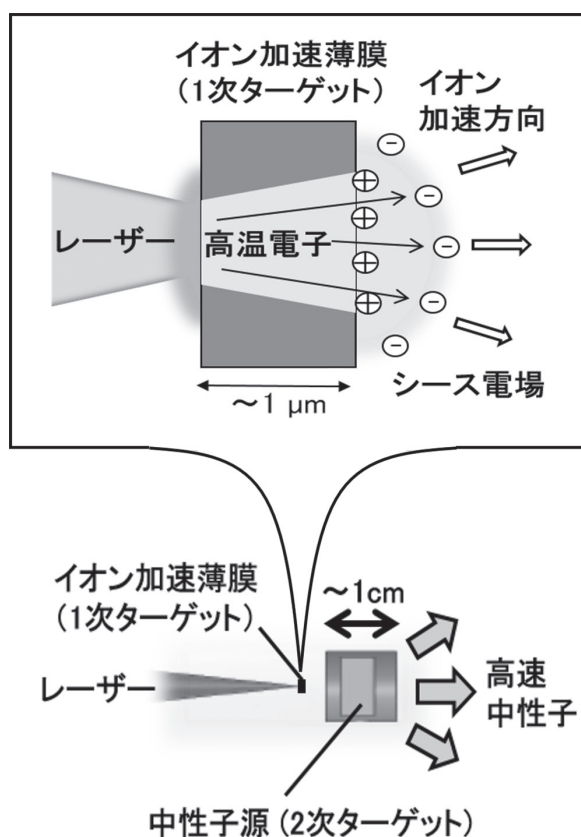


図1 (上) レーザーイオン加速および (下) レーザー中性子源の概要

場の強さは 1-10 MV/ μm に達します。この強烈な電場によって、瞬間的なイオン加速が可能となります。このような強い電場を加速器で発生すると、絶縁破壊が生じて装置が破損してしまいますが、レーザーイオン加速では、プラズマは最初から壊れているとも言え、レーザー照射毎に極小の薄膜のみを使い捨てにすることで、連続加速が可能となります。

本研究では、水素と重水素のイオン（陽子、重陽子）を最大エネルギーとして約 30 MeV まで加速しました。このイオンを直近に設置した 1cm 程度のベリリウム（2 次ターゲット、図 1 下）に入射することで、核反応から中性子を発生します。この時、イオンの運動エネルギーの一部が中性子に移行するため、発生する中性子も MeV オーダーのエネルギーを持ちます。

我々は、レーザー 1 ショットで発生した MeV オーダーの中性子の数が、レーザーの集光強度の 4 乗に比例して劇的に増加することを発見しました（図 2）。さらに、中性子数を飛躍的に増加させた結果、高い強度の中性子数 (10^{11} 中性子) を、1 回のレーザーショットで生成できることを確認しました。このような多量の中性子が生成できると、様々な応用が可能になります。その一例として、中性子共鳴吸収を用いた物質（元素）の非破壊測定を試験しました。

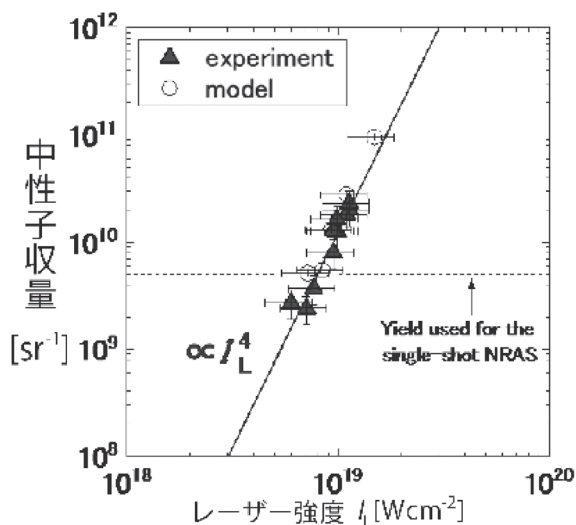


図 2 レーザーの集光強度と生成した中性子数の関係。直線はレーザー強度の 4 乗に比例する。

3. 中性子共鳴吸収分析への応用

物質には特定のエネルギーで中性子を吸収する性質（共鳴吸収）があり、このエネルギーは物質の種類に依存します。そのため、この共鳴吸収が起きたエネルギーから物質の種類を同定でき、共鳴の強さから試料中に含まれるその物質の量を知ることができます。中性子共鳴吸収分析は、J-PARC をはじめとした加速器中性子施設でも実施されています。

ここで問題となるのは、中性子のエネルギーです。中性子共鳴吸収は、数 eV 程度のエネルギーでよく起こるのですが、レーザー駆動中性子源からは MeV オーダーのエネルギーの中性子が発生するため、6 桁もエネルギーを減らす必要があります。中性子のエネルギーを減らすためには、減速材と呼ばれる物質を通過させるのですが、通過した後の中性子の時間幅が広がってしまいます。これでは、せっかく短い時間幅の MeV 中性子を発生した甲斐がありません。レーザー駆動中性子源の特徴を活かせないこととなります。

そこで我々は、図 3 に示すような小型の減速材（厚さ 3 cm の高密度ポリエチレン）をレーザー駆動中性子源に取り付けました。その結果、減速後の中性子の時間幅を短くすることに成功しました。シミュレーションによる解析から、エネルギーが 5 eV の中性子の時間幅は 100 ナノ秒 = 1000 万分の 1 秒程度となると評価されました。

中性子共鳴吸収を計測するための方法には、飛行時間法を用いました。飛行時間法では、中性子を一定の距離を飛行させて、その到着した時間から速さを計測します。徒競走に例えると、「よいドン」で様々な速さの中性子がスタートし、ゴールした時間から速さを算出することになります。スタート地点（減速材の出口）で中性子のパルス幅が短いほど、揃ってスタートを切ることになるので、飛行時間法に必要な距離を短くできるという利点があります。本研究では、わずか 1.8m の位置に検出器を設置しました。これは、一般的な加速器中性子施設の場合と比較して、10 分の 1 程度です。中性子の飛行経路上に、タンタル、銀、インジウムの板を設置し、透過してきた中性子の

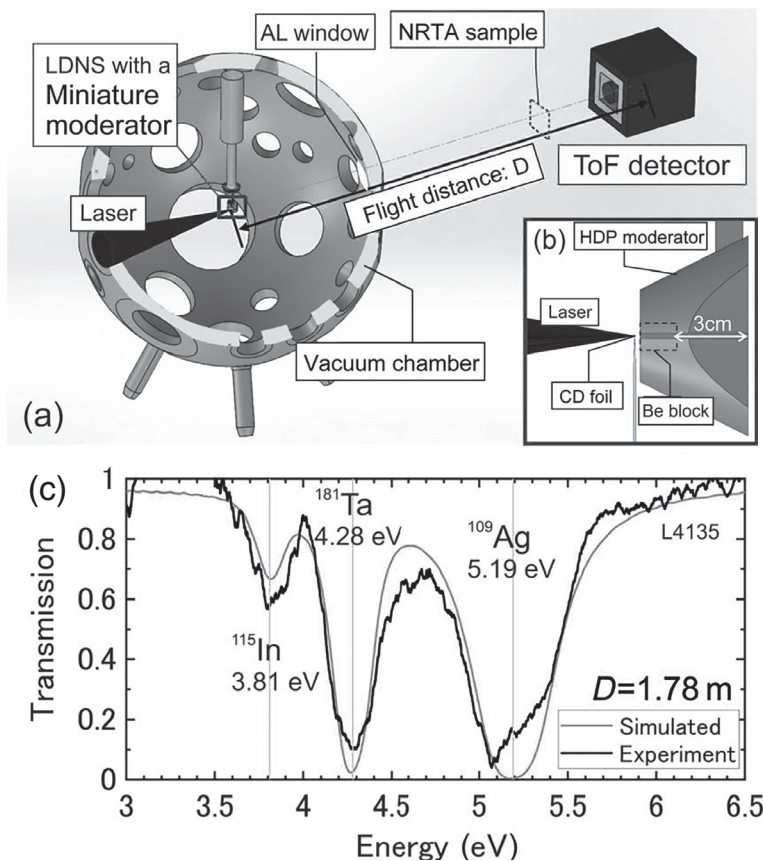


図3 (a) レーザー駆動中性子源による中性子共鳴吸収分析の実験装置概要。(b) 中性子源および減速材の概要。(c) レーザー1ショットで得られた中性子共鳴吸収スペクトル

エネルギーを計測した結果、3種類の金属それぞれに対応するエネルギーの中性子吸収が捉えられました(図3)。分析装置のエネルギー分解能は、2-3%であると評価されました。つまり、レーザー中性子源が未知の素材の元素識別とその量を測定可能であることを実証しました。

特筆すべきは、上記の共鳴吸収のデータが、レーザー1ショットで発生した、1パルスの中性子で計測できたことです。1パルスの時間幅は前述のとおり1000万分の1秒程度であるとする、今回得られた共鳴吸収データは、1000万分の1

秒の短い時間内の情報を反映していることになります。加速器によるこれまでの分析では、数時間にわたる計測時間が必要であるため、数時間の中で平均された情報しか得られなかったのに対し、本手法では、短い時間で発生する現象や、時間的に変化する様子を計測することにつながると言えます。

4. 今後の展望

現在取り組んでいるのは、中性子共鳴吸収の信号の構造から、測定対象の温度を評価する試みです。レーザー1ショットでの計測が可能になれば、動作中の工業製品の異常な温度上昇を捉えるなど、これまで不可能であった瞬間の計測が可能となります。特に、本研究成果で計測に成功したインジウムは、青色LEDやパワー半導体といった機器に使用されています。これらの機器の動作中に、インジウムの部分だけを選択的に計測することが可能になります。加えて、電気自動車等に使用される充電電池の異常昇温を検知することも可能になるかもしれません。現代文明に欠かせない様々な機器の性能向上や信頼性の向上に役立つ成果を目指しています。

参考文献

- 1) レビュー論文として Yogo et al., Eur. Phys. J. A 59, 191 (2023).
- 2) Yogo et al., Phys. Rev. X 13, 011011 (2023)



余語 覚文 (よご・あきふみ)

大阪大学レーザー科学研究所 教授。

2005年日本原子力研究開発機構関西西光科学研究所、2014年大阪大学レーザー科学研究所、2022年より次世代パワーレーザー SENJU モジュール開発プロジェクト。専門はパワーレーザーシステム、高強度レーザープラズマ相互作用。博士(工学)

標準理論の先にある新しい物理へ ～ J-PARC ミュオン g-2 実験に期待 (8月18日 KEK 記者サロン)

米国のフェルミ国立加速器研究所 (FNAL) から 8 月 10 日 (現地時間) に、ミュオン g-2 (異常磁気能率) の最新実験結果が発表された。高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 素粒子原子核研究所は、大強度用紙加速器施設 J-PARC を舞台に、フェルミ研とは全く独立したミュオン g-2 の精密測定を目指す国立共同実験の準備を進めている。KEK が 8 月 18 日に開いた記者サロンでは、フェルミ研の最新結果を紐解き、KEK の実験と連携した今後の展望の解説を聞いた。

2012 年にヒッグス粒子の発見により標準理論は完成された。今、研究者たちはその先を目指している。「ミュオン g-2 (ジー・マイナス・ツー) 実験」はそのプロジェクトの 1 つである。

ミュオンは素粒子の 1 種で、電子と同じ電荷と、スピン (自転) を持ち磁石の性質を示す。磁石としての強さは g 因子で表される。ミュオンではシンプルに考えれば 2 であるが、量子効果によってほんのわずかにずれている。これを異常磁気能率と呼び g-2 で表す。量子効果は標準理論に基づいて精密に計算可能で、最新の g-2 の理論値は 2020 年の発表されたホワイトペーパー (学術的に興味が集まっている研究分野の状況を総括・分析し、その現状と展望をまとめた論文) [1] に記述されている。

標準理論にはない新しい物理の効果があれば、g-2 の測定値は理論値からズレが生じる。g-2 は電子にもあるが、ミュオンは電子より 200 倍重いので、ズレを観測しやすい。

ミュオンは磁場中に置かれると、スピンの傾きに依りて歳差運動をする。磁場の強さと歳差運動の周期から g-2 を求めることができる。フェルミ研には直径 14 m、1.45 テスラの蓄積磁石が備えられている。研究者たちは、この中でミュオンを走らせることにより g-2 を測定した。この装置はもとはブルックヘブン国立研究所に設置されて g-2 実験を行っていたが、フェルミ研に移設され実験を継続していた。

ブルックヘブンで 1 回、フェルミ研で 3 回の実験が行われ、今回発表されたのは 2-3 回目の測定結果である。世界最高精度での測定で、理論値から「誤

差の 5.1 倍」ズレがあるという結果が得られた [2]。

今回のフェルミ研の結果は標準理論にはない効果が存在する可能性を示しているが、別の実験での検証が必要。8 月 10 日の発表では、フェルミ研の研究者から J-PARC の実験に期待を寄せるコメントが述べられた。

J-PARC 物質・生命科学実験施設 (MLF) のミュオン H1 ビームラインにミュオン g-2 を測定する装置が建設されている。この装置には 2 つの特徴がある。1 つはミュオンビームの作り方である。J-PARC では陽子をミュオンターゲットに衝突させて π 中間子を生成、それが崩壊して生まれるミュオンを取り出している。出てきたミュオンは温度が高いが進行方向が定まっていないため、加速器の壁に衝突して検出器に入らないものが多い。そこで H1 ラインでは、ミュオンを一度冷やして加速空洞に導き、再加速することにより指向性の高いビームを作る。もう 1 つの特徴は装置の小型化である。J-PARC で建設されている蓄積磁石は直径 60cm でフェルミ研の装置の 1/20 の大きさである。小さな磁石を使うことにより均一な磁場を使うことができる。このような実験セッティングにより、高精度な測定を行うことが可能である。H1 ラインでは 2023 年にはミュオンの冷却・加速試験に成功。2028 年に測定開始を予定している。

[1] <https://www2.kek.jp/ipns/ja/post/2020/07/20200710/>

<https://arxiv.org/abs/2006.04822>

[2] <https://muon-g-2.fnal.gov/>

CROSS 組織変更とこれからの活動

総合科学研究機構 法人事務局長 村澤 通彦

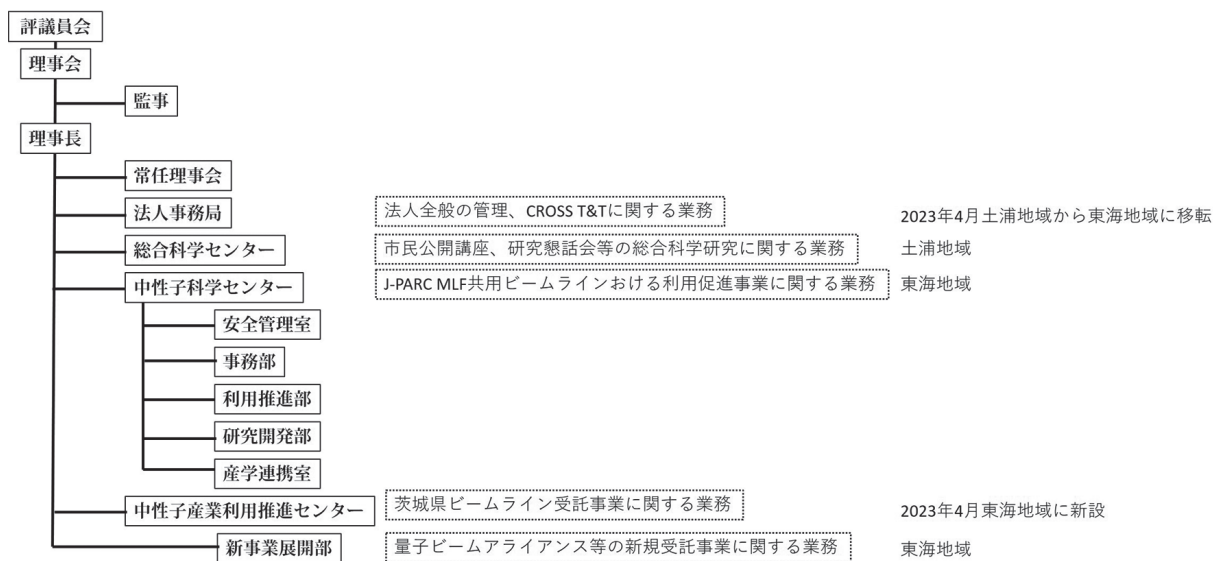
一般財団法人 総合科学研究機構（CROSS）は、1988年に設立された真空科学研究所から「産学共同」を設立理念とする研究事業を行う公益法人に改組し、その後1998年6月に現在の総合科学研究機構（CROSS）となりました。

CROSSの現事業は、つくば、東海地域を拠点として、国内外の研究・教育機関、民間企業、地域社会などと連携協力し、総合科学及び量子ビームの利用促進に関する事業を行い、文化及び先端的科学技術の発展に寄与することを目的としております。

つくば地区では、2011年4月に開設された「総合科学研究センター」が中心となり、研究者や技術者に対する「活動の場」の提供、「市民公開講座」の開催、出前授業の実施を行うとともに、一般向け科学情報誌「CROSS T&T」（T&Tは「つくば&東海」）を年3回出版して県内外の公共機関などに広く配布しております。この情報誌は、

1999年1月情報交流を目的として創刊した機関誌「CROSS 通信」に始まり、以降その名称を変更し、2023年10月発行の通算75号（25周年）まで継続しており、名実ともに地域の総合科学技術情報発信基地の役割を果たしております。

一方、東海地区では、2010年4月1日に「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」（共用促進法）に基づく「J-PARC 登録施設利用促進機関」の選定を受けるため、「東海事業センター（2016年4月に「中性子科学センター」へ名称変更）」を開設しました。2011年3月に文科省の選定を受け、同年4月1日から「J-PARC 登録施設利用促進機関の利用促進業務（利用者選定、利用支援）」を開始しました。現在でも、J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）において、実験課題の選定や研究者の実験支援などの業務を実施してきており、そこでの研究成果は、質・量ともに順調に拡大してきております。



総合科学研究機構の組織図（2023年9月現在）

また、新規事業としては、民間からの受託収入による「機能性高分子コンソーシアム運営支援業務、量子ビーム施設を使った人材育成と複数施設のワンストップ利用による産業価値創出を行う「量子ビーム分析アライアンス事務局業務」などの事業も順調に拡大してきております。

そして2023年度は、新たに茨城県の2本の中性子ビームライン（「生命物質構造解析装置（iBIX）」及び「材料構造解析装置（iMATERIA）」）の運転維持管理・利用者支援・先導研究、人材育成事業などの事業を茨城県から受託することになり、この4月に当該事業を実施する中性子産業利用推進センターを発足させました。

共用促進法に基づく利用促進業務（共用BLの利用者選定・利用支援）を担う「中性子科学センター」と茨城県の2本の中性子ビームラインの受託事業を担う「中性子産業利用推進センター」が、相互に協力することにより、より多くのユーザーの利用研究の推進、新規ユーザーの開拓を一体的に実施するなどの相乗効果が見込まれます。また、県内企業向けの人材育成事業では、量子線利用講座、量子線利用出前講座など様々なコースを企画しておりますので、県内企業の皆様には是非ご活用くださればと思います。

これらの変化に伴い、長い間、つくば地域を主たる事務所（土浦市）としておりましたが、東海地域の事業の拡大に対応するため、本年4月に主たる事務所を東海地域（東海村）に移転いたしました。一方、土浦事業所では、従来通り、研究者

や技術者に対する研究の場として、研究懇話会、市民公開講座などの活動を行ってまいります。また、本年12月10日つくば市役所会議室において、「市民の水源 霞ヶ浦 現状と未来」をテーマに総合科学市民公開講座を開催します。コロナ禍の影響により、4年振りの開催になりますが、身近のテーマですので、是非お出かけくだされば幸いです。

2022年度のMLFの利用者数は、コロナ禍前の2019年度に対して8割までに回復してきており、海外からの入国制限が緩和されたことにより来所する外国人研究者が前年度と比較して約5千人増加する状況になってきており、コロナ禍前の状態を取り戻しつつあります。また、コロナ禍の3年間で、MLFの検出器の大型化・高速化、試料環境の遠隔化・自動化等のDX（デジタルトランスフォーメーション）化が行われ、国内外のユーザーにとって効率的な実験研究ができる環境に整備されつつあります。

新型コロナウイルスの影響や社会環境の著しい変化により、世の中は大きく変わってきております。

これからも、社会の変化を敏に捉え、激変する社会環境に適応するとともに、東海地域とつくば地域が密に連携を取って、総合科学及び先端科学技術分野の発展並びに文化の向上に貢献して参りますので、引き続きご理解とご支援のほどよろしくお願いいたします。



村澤 通彦（むらさわ・みちひこ）

（一般財団法人）総合科学研究機構 業務担当理事兼法人事務局長
明治大学商学部卒業。1980年日本原子力研究所入所。本部業務部契約第2課長（J-PARC等の大型プロジェクト契約）、大強度陽子加速器施設開発センター業務GLを経て、2006年日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構が共同設置したJ-PARCセンター初代業務GL、業務Div長を歴任。J-PARCの建設から完成までの約7年間J-PARCの建設・運営業務に従事した。その後、敦賀事業本部副本部長兼業務管理部長を経て、2016年から総合科学研究機構に勤務し現在に至る。

CROSS T&T index No.51 ~ 74

総合化学研究機構の発行する「CROSS T&T」は今号で通巻 75 号となる。年 3 回の発行だから満 25 年到達の節目である。長い間、つくば、土浦の財団法人本部を発行所としてきたが、法人本部の移転に伴い前号から東海村に移している。「CROSS 通信」(1999 年 1 月発行～)に始まり、「CROSS つくば」(2000 年 4 月発行～)を経て「CROSS T&T」(2010 年 9 月発行～)にいたる書誌は土浦市の編集委員会事務局にアーカイブされている。創刊号から 50 号までのインディックスは「CROSS T&T」50 号(2015 年 6 月発行)に掲載しており、本号では 51 号(2015 年 10 月発行)以降 74 号(2023 年 7 月発行)までを収める。(編集委員長・相澤冬樹まとめ)

第 51 号 (2015 年 10 月号)

◆ Top Title (特集) 食品の秋・研究の秋▽問われる消費者の判断力 農産物の機能性解明と新機能性表示制度 山本(前田)万里(農研機構食品総合研究所)▽2016 年サミット in つくば 科学技術大臣会合開催に向けて 酒井幸宏(ピーターパン)▽「ストップ!魚離れ」に挑む 魚食の街めざす商工会議所の取り組みの軌跡 鈴木誉志男(ひたちなか商工会議所)▽糸を引かない納豆の開発について 酒井勝(茨城県成長産業振興協議会)◆つくばからの発信▽障害者の高等教育をつくばから世界へ 大越教夫(筑波技術大学)▽加速器が後押しする総合科学 山内正則(KEK)▽藻類バイオマス研究の新展開—100 年後の社会基盤となる次世代資源 井上勲(筑波大学)▽TaPt3 ナノ粒子の創成～カーボンニュートラル社会のためのエタノール燃料電池触媒 阿部英樹(NIMS)▽つくば市の街路樹におけるナミテントウの観察—野外卵塊群の分析から成虫斑紋型多型形成を考察する 木村滋(CROSS 特任研究員)▽ベンチャー企業における「ビジネスプラン」作成とそのイベントに関して 木村行雄(産総研 TIA 推進センター)▽ベンチャーエコシステムとつくばの課題 草房誠二郎(つくば市産業コーディネーター)▽「つくばで第九」10 周年の持つ意味 鶴田昭則(つくばで第九実行委員)◆ Thinking Theme 「科学とコミュニケーション」▽「スーパーグローバルハイスクール」指定から 1 年間を振り返って 横島義昭(茨城県立土浦第一高校)▽社会と研究機関を繋ぐ科学技術広報—実践例から見るその概要 岡田小枝子(KEK)▽科学とコミュニケーション—国立環境研究所の場合 広兼克憲(国立環境研地球環境研究センター)▽CROSS 東海の広報活動について 浅井利紀(CROSS 東海事業センター)◆ Today & Tomorrow (今日・明日)▽「J-PARC 登録施設利用促進機関」2 期目に向けて 箱田正雄(CROSS 事務局長)▽地方創生目指す水上空港ネットワーク構想—運航拠点としての霞ヶ浦 伊澤岬/轟朝幸(東日本復興水上空港ネットワーク研究会)▽流通を科学する 羽澄順二(CROSS 編集委員)▽「舞踊文化と地域性」舞踊の持つ多様性を活かすこと 萩谷京子(舞踊家)

第 52 号 (2016 年 2 月号)

◆ Top Title (特集) 震災 5 年目の春▽社会に伝える役割の認識震災後 地震研究は変わったか? 石田瑞穂(元・日本地震学会会長)▽常陸国古代の自然災害の推移 7-8 世紀 6 つの地震をめぐる 内山純子(CROSS 特任研究員)▽8 世紀末の南海トラフ大地震と最澄 保立道久(東京大学名誉教授)▽長く放射能と暮らす覚悟を 市民による放射能測定活動の 5 年 長坂慎一郎(CROSS 特任研究員)▽つながりを育む、つぶやきを拾う～東日本大震災、関東・東北豪雨の支援の現場から 徳田太郎(日本ファシリテーション協会)▽社会全体で備える教訓 新たに水防災意識社会の再構築に向けて 石井啓一(国土交通大臣)◆つくばからの発信▽角度を変えて何度も眺め直す 竣工成った研究棟に刀匠を迎える 長井寿(NIMS 構造材料研究拠点)、宮下正吉(筑波鍛刀場)▽大地を見る目を磨き、郷土をもっと好きになろう! 杉原薫(つくば市ジオパーク推進室)▽輸送安全の徹底と堅調な輸送人員に支えられ(首都圏新都市鉄道)▽活力に満ちたうるおいとやすらぎのまち 片庭正雄(つくばみらい市長)▽人の成長こそ日本の未来をつくる～神郡塾は学びの里山 青谷洋治(神郡塾塾長)◆ Today & Tomorrow (今日・明日)▽「期待」と「不安」の中で迎えた平成 28 年 西谷隆義(CROSS 理事長)▽いよいよ 3 月 1 日開院 土浦協同病院新病院は何を目指すか 家坂義人(茨城県厚生連土浦協同病院病院長)▽国体によるセーリング競技の発展～ヨットと私と霞ヶ浦 根本茂喜(茨城県セーリング連盟)▽「実物大零戦模型」を製作・展示 開館 5 年を迎えた予科練平和記念館 坪田匡弘(予科練平和記念館)▽プレインターンシップの提案～ものづくり実践教育システム構築のために 上野健治(CROSS 特任研究員)青木貞雄(同専任研究員)▽流通を科学する(2) 流通業再編の時代 羽澄順二(CROSS 編集委員)

第 53 号 (2016 年 6 月号)

◆ Top Title (特集) 近隣国に向かう国際感覚▽e-ASIA 共同研究プログラムの取り組み 瀧口道成 (科学技術振興機構) ▽外国人介護人材受け入れの新視点 新技能実習制度等関連 2 法案の成立を見越して 一木由史 (UG 開発マネジメント) ▽中国の流通産業近代化を共に歩む研修協定締結の時代とそれから 羽澄順二 (CROSS 編集委員) ▽近世の日本と世界への眼差し 地理学者、長久保赤水と山村才助 植田泰史 (CROSS 特任研究員) ◆つくばからの発信 ▽筑波山信仰~万葉歌人の愛した山 岩佐弘史 (筑波山神社) ▽大地を見る目を磨き、郷土をもっと好きになろう! 林春男 (防災科学技術研究所) ▽つくば市街路樹のトウカエデの観察-ナミテントウの個体群動態はどのように形成、維持されるのか 木村滋 (CROSS 特任研究員) ▽農研機構「市民講座」のご案内 渡邊朋也 (農研機構農業環境変動研究センター) ▽木材の香りをもたらしリラックス効果-生理指標を用いた再発見 池井晴美 (森林総合研究所) ◆ Today & Tomorrow (今日・明日) ▽知性、身体性、感性の育つ街を目指して体育・スポーツを通じた街づくり 阿江通良 (元・筑波大学) ▽天皇杯・皇后杯を目指して-『いきいき茨城ゆめ国体』まで 3 年 市村仁 (茨城県体育協会) ◆ Town Topics (街かどからの発信) ▽はばたくローカル鉄道「湊線」ひたち海浜公園への延伸も視野に 吉田千秋 (ひたちなか海浜鉄道) ▽競技力と指導力の向上を課題に 伝統文化である弓道界の現状 柴田猛 (日本弓道連盟) ▽常総地域へのアプローチ-市立博物館の地域史研究から 塩谷修 (土浦市立博物館)

第 54 号 (2016 年 10 月号)

◆ Top Title (特集) 地方創成と教育再生▽「チチカカ湖から来た」神話を裏付け DNA で追究するインカ帝国の起源 篠田謙一 (国立科学博物館) ▽常総創生へのみちしるべ 神達岳志 (常総市長) ▽五輪へ リトアニアとの交流計画 人口減少化社会とホストタウン 吉原英一 (坂東市長) ▽国際バカロレア教員養成に向けた取り組み 菊地かおり (筑波大学) ▽新しい学校を作る! 「人間力」を備えたグローバルリーダーの育成を掲げて 中庭陽子 (茨城県立並木中等教育学校) ▽「橘孝三郎と後藤兄弟」の展示を終わって 仲田昭一 (那珂市歴史民俗資料館) ◆つくばからの発信▽科学万博記念財団の新たな役割 エキスポセンター開館から 30 年を迎えて 田中敏 (つくば科学万博記念財団) ▽オリーブの夢 古里再生へのある試み 杉原洋子 (Tsukuba Olive Club) ▽理念は「すべての人に食べる喜びを!」食物アレルギーと向き合う支援活動を推進 山田良司 (ニッポンハム食の未来財団) ▽つくば地域において、都市ガス事業の発展・進化をめざす 中村光伸 (東京ガスつくば支社) ◆ TIST 発▽新大学制度への TIST の取り組み 実践的な職業教育を行う新たな高等教育機関 志賀宏 (法人事務局) ▽ネット社会における職業教育の取り組み~実践的な職業教育の現状と課題 水越武 (経営情報学科) ▽ものづくり現場で活躍する技術者の育成 勝村正巳 (電子機械工学科) ◆ Today & Tomorrow (今日・明日) ▽2020 の後に何をレガシーとして残せるか? 橘香織 (茨城県立医療大学保健医療学部) ▽茨城県・県内中性子利活用促進事業の現況 伊藤裕 (ひたちなかテクノセンター) ▽身近に見たカリスマ~セブンイレブン鈴木敏文氏の退任に思う 羽澄順二 (CROSS 編集委員)

第 55 号 (2017 年 2 月号)

◆ Thinking Theme (特集) つくば & 土浦の諸相▽境古河~つくば中央 IC 間 圏央道の開通により期待される効果について 伊與田弘樹 (常総国道事務所) ▽自然資源活用の地域振興への挑戦 筑波山地域ジオパーク・ジオサイトの整備・保全 高田正澄 (NPO 法人ネイチャークラブにいはり) ▽第 17 回世界湖沼会議の茨城県開催 茨城県生活環境部環境対策課 ▽「明るい豊かな社会」の実現に向けて 創立 60 周年の運動指針 石川一幸 (土浦青年会議所) ▽キラちゃんはどこへ向かう? 官民協働コミュニティバスの発着点 小林まゆみ (NPO 法人まちづくり活性化土浦) ▽第 20 回開催に臨む 土浦新能倶楽部の歴史と今後の展望 増山栄 (土浦新能倶楽部) ▽筑波山と土浦のガマの油 ガマの油のルーツと三人の兵助の関係は? 林正一 (筑波山がまの油売り口上研究会) ▽レンコン優良系統選抜の取り組み 今後の産地を支える“タネ”を探す 堀井学 (茨城県農業総合センター生物工学研究所) ◆つくばからの発信▽国産トリュフの栽培化に向けた研究の取り組み 河原孝行 (森林総合研究所) ▽つくば発ベンチャーの最新トレンド TCI での近況と今後の展望 斎田陽介 (つくば研究支援センター) ▽中性子ビームでみる永久磁石材料の内部磁気構造 上野哲朗 (NIMS 磁性・スピントロニクス材料研究拠点) ◆ TIST 発▽医療機関と連携した実践教育に向けて~病院実習から就職へ 横瀬和子 (医療情報学科) ▽「建築の修得」「土木の修得」 大野克典 (建築環境学科) ◆ 東海からの発信▽東海村のホッケー近況と発展に向けて 高橋忠織 (茨城ホッケー協会) ▽“科学”との新しい付き合い方を支援する 土屋智子 (NPO 法人 HSE リスク・シーキューブ) 松崎真吾 (東海村まちづくり推進課) ◆

Today & Tomorrow (今日・明日) ▽展覧会「牛久藩主とその時代～歴代藩主が遺したもの」を振りかえって 木本
拳周(牛久市教育委員会) ▽岩間と植芝盛平―合気道生誕の地を行く 浅田順(CROSS 編集委員) ▽プレインター
ンシップの提案(Ⅱ)ものづくり実践教育システム構築のための調査研究 上野健治(CROSS 特任研究員) 青木貞
雄(同専任研究員)

第56号(2017年6月号)

◆追悼 西谷隆義さん ▽弔辞 市川紀行(土浦一高第11回卒業生一望会)、糸澤將氏(霞ヶ浦高等学校) ▽柿崎明
人(TIST)、横溝英明(CROSS) ▽絶筆『愚禿釈親鸞の行実』からあとがきの一部 西谷隆義 ▽次代を展望し時代に
活きた愛すべきリーダー逝く 羽澄順二(CROSS 編集委員) ◆つくばからの発信 ▽世界の明日が見えるまちを目指
して～科学技術と情報による政策のイノベーション 五十嵐立青(つくば市長) ▽東京五輪 都市鉱山メダルまでの
道とこれから～携帯電話や小型家電からつくる金・銀・銅 原田幸明(NIMS) ▽「災害年表マップ」の公開 日本
全国で発生した約1600年分の災害事例を可視化 鈴木比奈子(防災科研) ▽生命を尊重する心育む「いのちの学習会」
福田佳奈子(いばらき腎臓財団) ▽学生が創る新しい祭りで地域交流へ!～盆LIVE 実行委員会の取り組み 奥田加
奈(岩手大学大学院) ◆Today & Tomorrow (今日・明日) ▽福島県の避難区域でイノシシと奮闘する人々～浪江町
有害鳥獣捕獲実施隊を事例に 奥田加奈(岩手大学大学院) ▽ゲノム編集でニワトリを品種改良～低アレルギー性卵
の生産へ道筋 大石勲(産業技術総合研究所) ▽世界発の放射光専用電子蓄積加速器SOR-RING「分析機器・科学機
器遺産2016」に選定される 佐藤滋(CROSS 企画委員) ▽創立40周年土浦市文化財愛護の会について 大塚博(土
浦市文化財愛護の会) ▽愛好家の拡大とホール利用の活性化が課題～館長に就任してほぼ1年。この1年とこれか
ら～ 池田由利子(東京労音ギター文化館) ◆TIST 発 ▽保育者養成校における「人間教育」の一考察―保育者の質
を高める表現教育 大森淳子(こども未来学科)

第57号(2017年10月号)

◆Thinking Theme (特集) 地域の多様な担い手 ▽針広混交林による水源の森づくり 筑波山の植樹活動から森を考
える 石村章子(NPO 法人地球の緑を育てる会) ▽永住の地、つくばでヤギを飼う 目先の地震には役に立つ 藤岡
玄一郎(山羊印本舗) ▽日々是盆栽～育て、作り、鑑賞する愉しみ 森隆宏(盆栽もり) ▽地域で生きるおしゃべり
会～肢体不自由児と重症心身障害児の家族の力 五十嵐純子(筑波大学病院「小児患者保護者のおしゃべり会」) ▽
まちづくりを通して見えたこと「老いることのない街」をホンモノに 水谷浩子(テクノパーク桜まちづくりを考
える会代表) ◆つくばからの発信 ▽つくばならではの理系人材育成～筑波大学GFESTの試み 尾嶋好美(筑波大学
GFEST) ▽品種改良で気候変動を緩和―農地からの温室効果ガス発生の一時的削減技術 安藤康雄、スバラオ G.V.
飛田哲(国際農林水産業研究センター) ▽「おいしさ」捉えるリモートセンシング技術 地球観測衛星の農業生産現
場への利用に向けて 原政直(ビジョンテック) ◆Today & Tomorrow (今日・明日) ▽実験補助業務をパッケージ
化 浅井康裕(BeeBeans Technologies) ▽橋や道路を非破壊検査するRANS インフラ・ものづくりの現場で中性子
利用を可能に 大竹淑恵(理化学研究所) ▽イエロープロテインの構造と光反応 水素原子942個中819個の位置を
同定 片岡幹雄(CROSS)

第58号(2018年2月号)

◆Top Title (特集) 特春を楽しむサイエンス ▽山の雪解け模様を楽しむファジーでルーズな集合体―国際雪形研究
会 納口恭明(Dr. ナダレンジャー) ▽趣味としての養蜂～ミツバチと遊ぶ 高野進(つくば養蜂研究会) ▽「ミツ
バチサミット2017」開催報告 前田太郎(ミツバチサミット事務局) ▽ナミテントウの繁殖戦略を垣間見る―色
彩多型形成のメカニズムを考える 木村滋(CROSS 特任研究員) ◆つくばからの発信 ▽筑波山観光の未来 観光の
取り組みと若手への引き継ぎ 蔵本剛(彩香の宿一望) ▽「集まり処 はずみ」のはなし～限界タウンに灯がともる
羽澄順二(CROSS 編集委員) ▽新しい地域メディア「NEWSつくば」始動 鈴木宏子(NEWSつくば) ◆Today &
Tomorrow (今日・明日) ▽曜変天目の数奇な運命と不思議 福嶋喜章(CROSS) ▽プレインターシップの提案(Ⅲ)
ものづくり実践教育システム構築のための調査研究 上野健治(CROSS 特任研究員) / 青木貞雄(同専任研究員) ▽
西谷隆義著『愚禿釈親鸞の行実―東国常陸の仏教事情』刊行を託された思い 阿見寺俊洋(一向山如来寺) ◆TIST
発 ▽童謡の今を考える～次世代につなぐ言語表現 倉田照子(こども未来学科) ▽保育現場のICT化に向けて―情報

第 59 号 (2018 年 6 月号)

◆ Thinking Theme (特集) 文系・理系のクロスするところ▽自動運転におけるドライバーの権限と責任 稲垣敏之 (筑波大学)▽移動プラネタリウム活動 10 年を振り返って 萩原俊夫 (つくばエキスポセンター)▽南方熊楠の魅力を探る―生誕 150 周年にちなんで 萩原博光 (国立科学博物館)▽「理系女子キャンプ」7 年 KEK における理系女子向けの滞在型企画について 野尻美保子 (KEK)◆つくばからの発信▽衝突実験が始まった Super KEKB 加速器 赤井和憲 (KEK 加速器研究施設)▽新しい液体材料の開発～光・電子機能性分子液体 中西尚志 (NIMS 国際ナノアーキテクトニクス材料研究センター)▽ゲノム編集技術の農業分野における利用― SIP 次世代農林創造技術における取組 廣瀬咲子 (農研機構生物機能利用研究部門)▽抗体活性をもつシルク素材の開発 組換えカイコによる“アフィニティーシルク” 佐藤充 / 小島桂 (農研機構生物機能利用研究部門)▽新しいまちの試みから学ぶもの『戸建住宅地管理論―自律共生型社会による』に寄せて 温井達也 (プレイスメイキング研究所)▽小田氏と忍性…鎌倉期筑波山麓の仏教 糸賀茂男 (常磐大学)▽イモは甕で炭で焼く 桃谷具久夫 (焼き芋分福蒔釜)◆Today & Tomorrow (今日・明日)▽センター長再任に当たって 齋藤直人 (J-PARC センター)▽中性子回折による残留応力測定技術の確立と産業利用の促進 日本中性子科学会第 15 回功績賞を受賞 林眞琴 (CROSS)▽昭和の石岡駅前と看板建築～中心市街地の活性化を目指して 今泉文彦 (石岡市長)◆TIST 発▽学生の意欲を刺激する授業展開の再考 保育者養成校における保育技術を活用した英語活動 富倉志保 (こども未来学科)

第 60 号 (2018 年 10 月号)

◆ Top Title (巻頭企画) CROSS の 20 年 & 機関誌 60 号▽巻頭言 CROSS20 周年と機関誌 60 号の発行に寄せて 横溝英明 (CROSS 理事長)▽「CROSS&T」60 号発行を振り返る 木村滋 (CROSS 編集委員)▽私にとっての総合科学 八木晃一 (CROSS 総合科学研究センター)▽新しい大学システム提案の経過 青木貞雄 (CROSS 専任研究員)▽「CROSS 俳壇」をふり返って 浅田順 (CROSS 編集委員)◆つくばからの発信▽農研機構がめざす「食と農のイノベーション」久間和生 (農研機構理事長)▽つくばにおける「まち育て事業」の展開 茂木貴志 (つくば都市交通センター理事長)▽放射光 40 年から学ぶこと 小杉信博 (KEK 物質構造科学研究所長)▽ミドリムシ由来の「痩せるホルモン」を分泌させる物質 (HTAP) の開発 芝上基成 (産総研バイオメディカル研究部門)▽ナミテントウ虫の観察の秘話 木村滋 (CROSS 特任研究員)◆Today & Tomorrow (今日・明日)▽農業再生の決定打となるか～ライスジュレに夢を託して 雑賀正光 (河内町長)▽「研究の空洞化」と「博士課程教育」 佐藤彰 (CROSS 特任研究員)◆東海からの発信▽日本の原子力人材育成と国際貢献 山下清信 (原子力人材育成ネットワーク)▽経営的視点から見た、会社の分析部門と J-PARC 野間敬 (CROSS)◆TIST 発▽子どもの遊びの現状と課題～保育者養成と伝承遊び 佐々木涼 (こども未来学科)

第 61 号 (2019 年 2 月号)

◆シリーズ「つくば & 東海の科学遺産」第 1 回▽新物質創製のためのインフラ装置～3 万トン高圧プレス機 神田久生 (NIMS)◆Thinking Theme (特集) スマート社会への実装▽リモートセンシングと地球観測 環境変動や自然災害を見据える技術 中山公彦 (元・宇宙航空研究開発機構)▽Society 5.0 を筑波学園都市で実現する 自動運転車による移動革命「CASE 社会」 大澤義明 (筑波大学)▽農業機械を中心とするスマート農業 マルチロボットが拓くロードマップ 八谷満 (農研機構農業技術革新工学研究センター)◆つくばからの発信▽南極から踏み出した一歩 地球気候変動を解き明かす「エアロゾル観測」 木名瀬健 (気象研究所)▽激甚化する自然災害への対応と高精度測位社会に向けて 川崎茂信 (国土地理院)◆Today & Tomorrow (今日・明日)▽取手市における「創造郊外」の実践 アートプロジェクトが紡ぐ創造的関係資本 羽原康恵 (取手アートプロジェクトオフィス)▽「肉食女犯」親鸞の妻 玉日廟 (笠間市稲田) について 松崎健一郎 (歌人)▽完成間近の大型超電導核融合実験装置 JT-60SA <前編>核融合とは何か? 鎌田裕 (量研機構那珂核融合研究所)◆東海からの発信▽重水素サイエンスの発展を目指して その現状と MLF 利用者懇談会研究分科会の活動 佐治木弘尚 (岐阜薬科大学)▽CROSS ユーザー実験準備室で電気災害を防ぐ～電気保安のポイント 平松英之 / 大内啓一 / 桐山幸治 (CROSS)◆TIST 発▽領域「言葉」における絵本の読み聞かせ～保育者を目指す学生の絵本選びから考える 富倉志保 (こども未来学科)

第 62 号 (2019 年 6 月号)

◆ Thinking Theme (特集)「令和」教育の立ち位置▽つくば市が目指す新しい教育の方向について 門脇厚司 (つくば市教育長)▽外国人らに学び直しの機会 常総市に来春、県内初の夜間中学開校 北島重司 (CROSS 編集委員)▽海外に門戸を開き自主運営 つくば Science Edge 10 年間の歩み 宮本宏 (茨城県科学技術振興財団)▽「人間力」を備えたグローバルリーダー育成 新学習指導要領と並木中等 SSH 事業 粉川雄一郎 (茨城県立並木中等教育学校)▽農業機械を中心とするスマート農業 マルチロボットが拓くロードマップ 馬場充 (茨城大学)◆つくばからの発信▽シリーズ「つくば&東海の科学遺産」② 130 年ぶりのキログラムの定義改定 藤井賢一 (産総研計量標準総合センター)▽生息確認してからでは遅すぎる 茨城県におけるイノシシ対策について 仲谷淳 (農研機構)◆東海からの発信▽隠れた新粒子を探せ! J-PARC MLF でステライルニュートリノ探索実験 丸山和純 (KEK)▽宇宙線と加速器で大量生成中~ミュオン科学超入門 河村成肇 (KEK)◆ Today & Tomorrow (今日・明日)▽完成間近の大型超電導核融合実験装置 JT-60SA <後編>建設・実験のロードマップ 鎌田裕 (量研機構那珂核融合研究所)▽追悼 高良和武先生を偲んで 雨宮慶幸 (東京大学)▽高良和武先生の思い出 柿崎明人 (TIST)◆ TIST 発▽幼児の「能動性」に着目した保育内容「環境」へ繋がる領域について 早川礎子 (こども未来学科)▽非認知能力を高める乳幼児の保育室~保育士養成の視点から 宮崎なつみ (こども未来学科)

第 63 号 (2019 年 10 月号)

◆ Thinking Theme (特集)「術語」から伝えるサイエンス▽エレクトロクロミック 部分的に透明にできる遮光窓 ガラス 樋口昌芳 (NIMS 高分子・バイオ材料研究センター)▽PM2.5 つくば市における野焼きの影響調査 茶谷聡 (国立環境研究所)▽農作物語彙体系 フードチェーンのデータ連携を支援する 竹崎あかね (農研機構)▽ International Baccalaureate 日本の国際化と国際バカロレアに関する考え方 シェイニー・クロフォード (つくばインターナショナルスクール)◆つくばからの発信▽捕食性ナミtentウの野外観察と江戸小喃 ウメアブラムシ ナミtentウの食物連鎖について考える 木村滋 (CROSS 特任研究員)▽シリーズ「つくば&東海の科学遺産」③ 陽子シンクロトン加速器のこれまで 佐藤皓 (KEK)◆東海からの発信▽中性子で材料内部の残留応力を観る 鈴木裕士 (日本原子力研究開発機構)▽世のため人のためのミュオン素粒子 杉山純 (CROSS)▽CROSS ユーザー実験準備室で電気災害を防ぐ【続報】電気保安のさらなるポイント 平松英之 / 大内啓一 / 桐山幸治 (CROSS)▽サツマイモの自然栽培 タンザニアでほしいもづくりに至るまで 照沼勝浩 (照沼勝一商店)◆ TIST 発▽乳幼児の言葉の発達を促す英語活動を目指す保育者養成 英語に対する意識を変化させる要因分析 富倉志保 (こども未来学科)▽スマートフォンが及ぼす学生への脅威について~学生の情報リテラシーの分析 福田翔平 (こども未来学科)

第 64 号 (2020 年 2 月号)

◆ Thinking Theme (特集)発見と考察▽「日立鉱」承認まで 日本最古の鉱床から見つかった茨城県初産の新鉱物 栗林貴弘 (東北大学大学院)▽老化を誘発するエネルギー欠乏の仕組み グリシン摂取が緩和に有効かもしれない 林純一 (筑波大学 TARA センター)▽電子誘電性と結合した格子励起 松浦直人 (CEOSS)▽人と自然とのつながりを取り戻す 筑波山の水脈を守る 今西友起 / 茅根紀子 (筑波山の水脈を守る会)◆東海からの発信▽シリーズ「つくば&東海の科学遺産」④ JRR-4 の BNCT 研究 中村剛実 (日本原子力研究開発機構)▽中性子実験を成功させるための Tips: ノイズ調査~中性子実験用二軸引張試験機を例として~ 大内啓一、桐山幸治、張朔源、林田洋寿、鈴木淳市 (CROSS)◆つくばからの発信▽エネルギーを巡る諸問題 グレタさんの訴えに耳を傾けたい 樋口登 (元産総研)▽スタートアップ都市へ変える拠点 つくばスタートアップパークがオープン 毛塚幹人 (つくば市副市長)◆ Today & Tomorrow (今日・明日)▽つくば霞ヶ浦りんりんロードを活用した地方創生の取組 松本和記 (茨城県地域振興課サイクリング担当)▽茨城から広がる園芸療法~ IHT の活動を通して~ 毛利ユカ (いばらき園芸療法研究会)◆ TIST 発▽教職課程改正後の指導内容に関する一考察「教育原理」と「教育方法論」の内容分析を通して 森寄正幸 (こども未来学科)

第 65・66 合併号 (2020 年 10 月号) ※コロナ禍による緊急対応

◆つくばからの発信▽<シリーズ「つくば&東海の科学遺産」第 5 回>つくばエキスポセンタープラネタリウムの歩

み 佐藤大亮 (つくば科学万博記念財団) ▽論文詩—科学コミュニケーションツール 多田満 (国立環境研生物・生態系環境研究センター) ◆Thinking Theme (特集) with コロナの新時代▽新型コロナウイルス対策と出口戦略—医師、地元つくばの衆議院議員として— 国光あやの (衆議院議員) ▽ウイルスの遺伝情報に秘められた機能 新型コロナとRNA 安定性 川田健太郎 (東京大学アイソトープ総合センター) ▽世界のあしたをひらく人材を 模索続く with コロナ時代の学校教育 森田充 (つくば市教育長) ▽「集まり処 はずみ」のはなし⑥新型コロナによる営業自粛の行方 羽澄順二 (CROSS 編集委員) ◆東海からの発信▽究極の加速器ニュートリノ振動実験 ハイパーカミオカンデとJ-PARCで解き明かす物質創成の謎 石田卓 (J-PARC センター) ▽存在が疑われていた氷の発見—積層不整のない氷 Ic — 小松一生 (東京大学大学院) ▽J-PARC MLF ディビジョン長退任にあたり 金谷利治 (J-PARC センター) ▽中性子科学センター長就任に当たって 柴山充弘 (CROSS) ◆Today & Tomorrow (今日・明日) ▽環境指標生物からの警告 茨城県の地衣類の現状 吉武和治郎 (茨城県環境アドバイザー) ▽学び直しに5か国20人 常総市の夜間中学開校 北島重司 (CROSS 編集委員) ▽『土浦からの便り』その後 特攻から75年目の記憶 松岡義和 (北海道北見市在住) ◆TIST 発▽理事長就任に当たって 佐久芳夫 (筑波研究学園) ▽玩具と色彩象徴に関する一考察 早川礎子 (こども未来科) ▽保育士養成校でのピアノ教授法の一考察 関義夫 (こども未来科) ▽発達障害への理解を深める授業実践 佐々木涼 (こども未来科) ▽領域「言葉」における絵本の読み聞かせ 富倉志保 (こども未来科)

第67号 (2021年2月号)

◆巻頭言 2021 ▽ニューノーマル下での新たな船出 横溝英明 (CROSS 理事長) ◆Top Title (巻頭企画) 10代からのサイエンス▽備長炭を利用したグルコース電池 清水亮祐 (県立並木中等教育学校) ▽私たちのキャリアパス・プロジェクト 渡邊蒼介 (県立つくば工科高校) ▽ケフェウス座δ星のスペクトル変化 浅野誠吾 / 岩城勇悟 (県立土浦第三高校) ▽ナガミヒナゲシのアレロケミカルを追う 科学部生物班 (茗溪学園高校) ◆つくばからの発信▽<シリーズ「つくば&東海の科学遺産」第6回>伝える地質標本館、体感する日本列島 森田澄人 (産総研地質標本館) ▽細菌と糸状菌の知られざる共生関係を発見 竹下典男 (筑波大学生命環境系) ▽自家和合性のウメ新品種「麗和」と「和郷」 八重垣英明 (農研機構果樹茶業研究部門) ▽つくば市 周辺市街地の夜明け 吉岡誠生 (つくば市周辺市街地振興室) ◆東海からの発信▽追悼・小柴昌俊先生 大山雄一 (J-PARC センター) ▽3.11 東日本大震災から10年目 相澤一也 (J-PARC センター) ▽正と負のミュオン素粒子で解き明かすイオンの動き 杉山純 (CROSS) ▽水素社会の実現にむけて 日比政昭 (CROSS) ▽CROSSにおける産業廃棄物管理の取り組み 佐原雅恵 (CROSS) ▽〈ひと・ヒト・人〉 J-PARC MLF ディビジョン長就任挨拶 大友季哉 (KEK 物構研 / J-PARC センター) ◆TIST 発▽TISTの新しい船出~コロナ禍の中で~野口孝之 (筑波研究学園専門中学校長) ▽これまでとこれからのオンライン授業 福田翔平 (こども未来科)

第68号 (2021年6月号)

◆Thinking Theme (特集) 充電中土次世代電池の現在地▽全固体リチウム電池用大容量シリコン負極の開発 太田鳴海 (NIMS エネルギー・環境材料研究拠点) ▽フッ化物イオン導電性固体電解質のイオン伝導メカニズムの解明 森一広 (京都大学複合原子力科学研究所) ▽ミュオンによる LIB 電極に析出した金属リチウムの検知 梅垣いづみ (豊田中央研究所) ◆つくばからの発信▽<シリーズ「つくば&東海の科学遺産」第8回>実験用回流水槽を用いたヒトの泳ぎのメカニズム解明 高木英樹 (筑波大学体育系) ▽つくば中心市街地のまちづくりへの挑戦 小林遼平 (つくばまちなかデザイン) ▽ボール紙で作る橋コンテストの紹介 尾崎悠太 / 大河内恵子 / 新海将大 (国土技術政策総合研究所) ◆東海からの発信▽緒方洪庵が残した「開かずの薬瓶」日本薬文化を繋ぐ文理融合の最前線 高橋京子 (大阪大学総合学術博物館) ▽中性子寿命の謎、解明に向けた新実験 三島賢二 (KEK) ▽J-PARC MLF で採択される課題申請書 社本真一 (CROSS) ▽“手の幅”開けてみよう~コロナ禍における部屋の換気効果調査~桐山幸治 / 野間敬 (CROSS) 〈ひと・ヒト・人〉小林 隆 (J-PARC センター)、齊藤直人 (KEK 素粒子原子核研究所) ◆TIST 発▽運動遊びにおける「動きの多様化」~保育者を目指す学生対象の意識調査からみえる課題~ 皆川龍吾 / 唐澤優江 (こども未来科)

第69号 (2021年10月号)

◆Top Title (巻頭企画) 特集: 50年目のKEK ▽巻頭言 KEK 創立50周年を迎えて 山内正則 (KEK 機構長) ▽とて
CROSS T&T No. 75

つもなく大きな実験施設 国立科学博物館企画展「加速器」の紹介 菊谷英司 (KEK IR 推進室) ▽コロナ禍で変わったアウトリーチ活動と教育支援活動 引野肇 (KEK 広報室長) ▽関係者のネットワークに向けて KEK ゆかりの会の創設 竹内大二 (KEK ゆかりの会) ◆つくばからの発信▽シリーズ「つくば&東海の科学遺産」第8回>高層気象台の百年 鈴木健司 (高層気象台観測第一課) ▽なぜ筑波は国際研究交流の中心となったか 國谷実 (CROSS 特任研究員) ▽土木建設現場における自律施工化へ向けた取り組み 橋本毅 (土木研究所先端技術チーム) ▽一周忌にしのぶ 根本健一さんの世界 一般公開できなかった講演の記録 相澤冬樹 (CROSS 編集委員) ▽首都圏を視野に/変わるラジオ 北島重司 (Lucky FM 茨城放送) ◆東海からの発信▽MLF でスピントロニクス研究に挑戦 社本真一 (CROSS) / 家田淳一 (JAEA 先端基礎研究センター) ▽MLF で Society5.0 を考える 実験装置 BL02 における IoT 機器開発 富永大輝 / 山田武 (CROSS) ◆Today & Tomorrow (今日・明日) ▽インターンシップの在り方と課題 リモートワーク時代における自動車産業を例に 上野健治 (CROSS 特任研究員) / 青木貞雄 (同専任研究員) ▽緊急提案: 人文社会系博士の増加 佐藤彰 (CROSS 特任研究員) <ひと・ヒト・人> ベンチャー支援 30 年の蓄積を活用 箕輪浩徳 (つくば研究支援センター社長) ◆TIST 発▽インドネシアでの日本教育体験記 井上未晴 (こども未来学科)

第70号 (2022年2月号)

◆Top Title (巻頭企画) 10代からのサイエンスII ▽力学系からの結び目理論研究〜トポロジーとの出会い〜 山口サラ (茨城工専電気・電子系) ▽絡み目を判別するための新関数の発見 結び目理論の研究とその応用 カモンパット インタウォン (茨城工専情報系) ▽マイクロプラスチック 発生源を探れ!〜プラスチック劣化の過程を知る〜 菅原莉実 / 根本彩耶 / 龍崎創平 (茨城工専化学・生物・環境系) ▽先生、人工イクラがスイスイ泳いでいます! ゲル粒子の自発的運動の解明 沢島博之 (県立日立北高) ▽アプリ名は「わかるって」〜音声認識を用いた医療用カルテの作成〜 柴沼纏 (県立並木中等教育学校) ◆つくばからの発信▽つくばを若者が躍動するまちにーRPG型まちあるきイベントの開催ー及川浩輝 (つくばクエスト) ▽「メタボ」病態の根柢を目指す 治療標的となる代謝産物センサー分子の発見 関谷元博 (筑波大学医学医療系) ◆Today & Tomorrow (今日・明日) ▽天然鉱物に注目した除染〜福島・飯館村での取り組み〜 山田裕久 (CROSS) / 武田良彦 / 北澤英明 (NIMS) ▽茨城ロボットのこれから オールスター戦開催、そして新B1リーグ 西村大介 (茨城ロボット・スポーツエンターテインメント) ◆東海からの発信▽中性子で材料深部を照らし出す 鉄筋コンクリートの非破壊分析 奥野功一 (安藤ハザマ技術研究所) ▽量子ビーム分析アライアンスの結成 コンソーシアム第2弾 産学施設連携の新たな枠組み 宮崎司 (CROSS) ▽見え始めたガラスコーティング膜の特異な界面構造〜偏極中性子反射率法による非破壊精密分析〜 阿久津和宏 (CROSS) ▽実験用消耗品管理へのQRコードの適用〜利用支援の効率化に関する取り組み〜 大内啓一 / 桐山幸治 (CROSS) ▽化学薬品管理の電子化とその情報活用〜DX化による化学薬品管理業務の変化〜 佐原雅恵 / 阿久津和宏 / 上田実咲 / 桐山幸治 / 鈴木淳市 (CROSS) ◆TIST 発▽幼児教育専攻学生へのキャリア形成支援〜職業レディネステスト追調査を通して〜 秋葉純 (こども未来学科) ▽共生社会の実現に向けて〜ヤングケアラーに寄り添うために〜 栗山智子 (こども未来学科)

第71号 (2022年7月号)

◆Top Title (巻頭企画) 特集: 水素社会? 脱炭素社会? ▽世界初 AMRR による水素の液化に成功 実用的な磁気冷凍法による水素液化コスト削減に道 神谷宏治ほか5名 (NIMS エネルギー・環境材料研究拠点) ▽高圧水素用金属材料評価手法の国際規格化 燃料電池自動車の普及拡大に向けて 飯島高志 (産総研ゼロエミッション国際共同研究センター) ▽超音波式水素濃度モニターの開発ー水素社会の実現に向けてー 荒邦章 / 平林勝 (JAEA 大洗研究所) ▽農地の炭素量増加による相乗効果 作物増収・温暖化緩和・窒素投入量の節減 飯泉仁之直 / 和穎朗太 (農研機構農業環境研究部門) ◆つくばからの発信▽降水量の将来変化予測の不確実性低減 塩竈秀夫 (国立環境研地球システム領域) ▽鎌倉街道の13km 土浦・つくば周辺の道すじをたどる 比毛君男 (土浦市上高津貝塚ふるさと歴史の広場) ▽つくば福来る風の香りをあなたへ 異なる価値観、アイデアを共有できる場 堀下恭平 (しびっくばわー) ◆東海からの発信▽東海村が仕掛ける自治体DX〜とうかい“まるごと”デジタル化構想〜 佐藤洋輔 (東海村地域戦略課) ▽DNAを使った超均一ゲルの開発 材料の性質を自在に操って医用応用を目指す 柴山充弘 (CROSS) ▽J-PARC MLF の研究活動を「見える化」する研究成果・課題情報の集約、発信 五十嵐美穂 (CROSS) ◆TIST 発▽玩具にみる日本の五色と韓国の五方色ー東アジアの伝統色彩文化の象徴化ー 早川礎子 (こども未来学科)

第 72 号 (2022 年 11 月号)

◆ Thinking Theme (特集)「食」を科学で調理する▽セルフケア食のデザインー自分の健康を維持するためにできることー 山本(前田)万里(農研機構食品研究部門)▽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)▽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)▽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)◆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)▽湖の温暖化は進行しているのか? 水源一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)▽「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)▽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)◆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)◆TIST 発▽赤ちゃんとの排泄コミュニケーション 大塚由利子(こども未来学科)

第 73 号 (2023 年 3 月号)

◆東海からの発信▽J-PARC 建設の歴史と思い出(その1) 建設着手まで激動の3年間 鈴木國弘(JAEA 広報部)▽小惑星リュウグウの石を分析する 素粒子ミュオンを用いた装置開発から実験成功まで 大澤崇人(JAEA 東海研究開発センター)▽量子ビーム分析アライアンス本格運用開始 三田一樹(CROSS 新事業展開部)▽岩石材料のひずみを中性子で測る 地下の応力状態における力学的特性 阿部淳(CROSS)▽実験機器を安全に取り扱おう~ CROSS で使用する実験機器の電気保安~ 野尻雄幸/大内啓一/桐山幸治(CROSS)▽〈ひと・ヒト・人〉ISMS の次期会長就任について 杉山純(CROSS)◆Today & Tomorrow (今日・明日)▽新たな挑戦 アグリサイエンスバレー事業~2023年春、道の駅「常総」開業に際して~ 神達岳志(常総市長)▽土壌微生物の多様性を高める! 農耕地に炭素を貯留する「耕さない農業」 小松崎将一(茨城大学農学部)▽水素製造に向けて HTTR 再加速 高温ガス炉が実現するグリーンイノベーション 坂場成昭(JAEA 高温ガス炉プロジェクト推進室)◆つくばからの発信▽電源や充電器になる有機熱電素子~60℃程度の熱源があれば利用できる~ 向田雅一(産総研/材料研究部門)◆TIST 発▽民話を用いたケーススタディ授業ー保育士養成課程における発達障害への理解を深めるー 佐々木涼(こども未来学科)

第 74 号 (2023 年 7 月号)

◆ Top Title (特集)生き物たちと環境▽赤外線で見つけた驚異の仕組み 小杉真貴子(NINS 基礎生物学研究所)▽身近にいた新種の微細藻類 淡水性の単細胞性緑藻類メダカモのゲノム解析 加藤翔一(東京理科大学) / 松永幸大(東京大学大学院)▽温暖化に負けないイネ品種を開発する 高温気象年にコメの品質低下 坂井真(農研機構生物系特定産業技術研究支援センター)▽姿消す冬季の小鳥が心配 土浦・穴塚で見られる野鳥の変遷 及川ひろみ(穴塚歴史と自然の会)▽夏の高温と小雨が助長? 茨城県内のナラ枯れの現状と対応について 鈴木孝典(茨城県林業技術センター)▽湖のギャング、ナマズを美味しく 行方バーガーの開発と販売活動 平野敬子(行方市商工会)◆つくばからの発信▽含水鉱物と衝突・破壊の記憶 小惑星「リュウグウ」から持ち帰った石(講演録) 中村智樹(東北大学大学院)▽徹底した再利用のために X線と近赤外線を使ったプラスチックの劣化分析 新澤英之(産総研機能化学研究部門)◆Today & Tomorrow (今日・明日)▽「月産月消」の実現へ 月の水と資源活用を目的とした探査計画 鹿山雅裕(東京大学大学院)▽理想を追い求めた染色家たちの村作り 石山修(水海道染色村きぬの染代表)◆東海からの発信▽J-PARC 建設の歴史と思い出(その2) 施設完成に向けて 鈴木國弘(JAEA 広報部)▽持続可能な脱炭素化への道 カーボンリサイクルエネルギー研究センター始動 田中光太郎(茨城大学カーボンリサイクルエネルギー研究センター)▽職場巡視で事故の芽を摘む~安全のための取り組み~ 桐山幸治(CROSS)

※所属先は執筆当時のもの。【略称】CROSS(総合科学研究機構中性子科学センター)、TIST(学校法人筑波研究学園)、KEK(高エネルギー加速器研究機構)、NIMS(物質・材料研究機構)、JAEA(日本原子力研究開発機構)

CROSSの動き

法人事務局

2023（令和5）年5月～8月

5月10日 令和4年度事業報告及び決算について監事監査を受けた。

15日 第2回常任理事会を5月15日に開催し、第1回理事会資料について審議した。

22日 総合科学研究センター第1回企画委員会において、今年度の市民公開講座及び研究懇話会の開催等について議論した。

23日 第1回理事会を開催し、令和4年度の事業報告、収支決算、公益目的支出計画実施報告書、従たる事務所の住所変更、定時評議員会の招集等について議論し、会計実地検査対応、制定（改定）済み規程等、令和5年度事業執行状況等について報告を行った。

6月5日 第2回CROSS T&T編集委員会を開催し、T&T74号の発行、75号編集状況等について議論した。

9日 第1回評議員会開催し、令和4年度収支決算審議、令和4年度事業報告、会計実地検査対応、令和5年度事業執行状況等について審議した。

9日 第3回常任理事会を開催し、学術研究機関の名称変更等（住所変更、指定範囲の変更）に伴う変更届及び機関の指定に関する申請、総合科学研究センター市民公開講座について審議した。

13日 共用法第19条に基づく令和4年度分についての事業報告、決算報告等を行った。

19日 令和4年度公益目的支出計画実施報告書をWeb提出した。

21日 令和5年度科学研究費助成事業（研究代

表者分）について、中性子科学センターは5件（申請13件）の交付決定通知があった。

30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10日 「CROSS T&T 74号（特集：生き物たちと環境）」を発行し、CROSS会員、図書館・公共機関・高等学校等へ配布した。

18日 総合科学研究センター第2回企画委員会を開催し、令和5年度の市民公開講座（12/10開催）の準備状況、講演者、講演内容、そのほか研究懇話会の進め方、その他の活動状況等について議論した。

19日 日本学術振興会及び文部科学省共催の令和5年度科学研究費助成事業等説明会（Web）に出席した。

19日～21日 令和4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。

24日 総合科学センター第1回研究懇話会をオンラインで開催した。内容は、橋本浩行総合科学研究員が「分光イメージングに関する企業での研究開発と絶滅危惧種キンランの保護・研究」、藤田大介総合科学研究員が「2Dマテリアル創成における表面エネルギーの重要な役割」というテーマで講演され、参加者19名と活発な議論が行われた。

8月2日 第3回CROSS T&T編集委員会を開催し、T&T75号の編集進捗状況、76号以降の予定等を議論した。

24日 第4回常任理事会を開催し、役員損害賠償責任保険契約の締結、理事長表彰、テニユアトラック制度について審議し、また輸出管理、研究インテグリティの対応、業務執行理事からの状況報告等について報告した。

25日 第2回理事会（みなし決議）を開催し、役員損害賠償責任保険契約の締結について審議した。

J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）に関する活動

2023（令和5）5月1日以降

2023年5月15日～19日及び6月27日～7月1日 京都大学工学研究科石井浩介さん（D2）が、CROSS 中性子科学センター研究生として、重水素化合物合成の実習を行い、自身の中性子反射率実験に使用する重水素化イオン液体の合成法の共同開発を行った。

6月26日 2023年度中性子実験技術基礎講習会（レベル1講習会）共同でオンライン開催した。参加者数：109名

7月3日 中性子科学センター事務部に渡部宏美が着任した。

13日～14日 「令和5年度 中性子産業利用報告会」を共同で秋葉原コンベンションホールとオンラインのハイブリッドで開催した。13日は、産業利用と施設の現状、産学連携活動、宇宙科学に関する報告と、東京大学一杉太郎教授による特別講演「機械学習・ロボット・研究者が協働するデジタル大型共用施設」があった。14日は、茨城大学小泉智教授による特別講演「これからの中性子産業利用、小角散乱の視点で考える」と、高分子・生体材料、カーボンニュートラル、金属材料に関する報告があった。ポスターセッションでは70枚のポスターが展示され、熱心な議論が交わされた。パネルディスカッションでは、「小型中性子源の取組みと大型施設との協奏」をテーマに活発な議論が行われた。二日間を通して多くの交流があり、施設側と産業界との協働の場となった。参加者数：現地225名、Web114名

20日 「【事前講習会@オンライン開催】第8回 放射光・中性子の連携利用に向けた合同研修会『粉末回折測定研修会』」を共同で開催した。参加者数：54名

24日～28日 東海大学の原竜弥さん（B4）が「中性子・X線反射率法によるアモルファスGeS₂への銀のフォトドーピングの研究」をテーマにCROSS研究生として実習を行った。

26日 プレス発表「イオン周りの水分子は水素結合を素早く組み替えていた—水和物結晶中の水分子の運動を中性子で観測—」を行った。大阪大学、神戸大学、総合科学研究機構、京都大学、J-PARCセンターの連名。

8月3日 「【事前講習会@オンライン開催】第9回 放射光・中性子の連携利用に向けた合同研修会『小角散乱測定研修会』」を共同でオンライン開催した。参加者：73名

8日 J-PARCセンターと合同で「中性子課題審査部会/利用研究課題審査委員会」をいばらき量子ビーム研究センターとオンラインのハイブリッドで開催した。2023B期には共用ビームラインに124件の一般利用課題（短期）の申請があり、これらの課題の採否について審議が行われた。

29日 AP秋葉原（東京）でJ-PARCセンターと合同で「選定委員会・MLF施設利用委員会」を開催した。選定委員会では8月8日の利用研究課題審査委員会の審議結果が報告され、すべて承認された。共用ビームラインの一般課題に申請された124件のうち、94件の一般利用課題（短期）（新利用者支援課題5件を含む）及び1件の一般利用課題（1年）が採択された。

8月31日～9月1日 「令和5年度 中性子イメージング研究会」を共同で新橋ビジネスフォーラムとオンライン配信のハイブリッド開催した。参加者数：のべ202名（1日目：現地28名、Web82名 2日目：現地28名、Web64名）

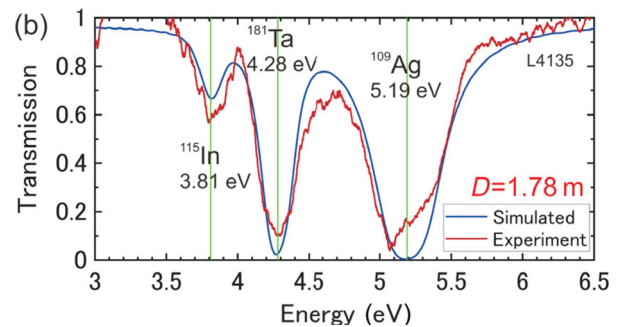


PCR 検査が可能な水素燃料電池バスを用いた感染症検査モビリティの内部 (本文 4 ページ)

色彩図録



科学イベントで空の上の気圧を再現する実験 (本文 37 ページ)



レーザー駆動中性子源による中性子共鳴吸の実験。レーザー 1 ショットで得られた中性子共鳴吸収スペクトル (本文 47 ページ)

CROSS T&T — 第 75 号 —



令和 5 年 (2023) 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
 〒319-1106 那珂郡東海村白方 162-1
 いばらき量子ビーム研究センター内
 TEL.029-219-5300 (代)

【編集委員会事務局】
 〒300-0811 土浦市上高津 1601
 筑波研究学園専門学校内
 TEL.029-826-6251

<https://www.cross.or.jp/tsukuba/reference/cross-tt>

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.75
 2023.10