



「問い」を発掘する場

JT 生命誌研究館 年報 2022

Annual Reports 2022
JT Biohistory Research Hall

目 次

はじめに	館長 永田和宏	1
ようこそ JT 生命誌研究館へ！		2
I 総括報告		3
館長報告	永田和宏	4
顧問報告	吉田賢右	6
顧問報告	近藤寿人	7
名誉館長メッセージ	中村桂子	9
II. 表現セクター 活動報告		12
表現ディレクター		13
表現セクター		13
III. 研究セクター 活動報告		46
研究ディレクター		47
昆虫食性進化研究室		49
細胞・発生・進化研究室		63
系統進化研究室		76
形態形成研究室		92
IV. 発表		105
V. 事務セクター		118
VI. JT 生命誌研究館について		120



はじめに

館長 永田 和宏

1993年に、岡田節人先生を初代館長として創立されたJT生命誌研究館は、2023年に創立30周年の節目を迎えます。

JT生命誌研究館は、「生命論的世界観に基づく『科学的知』の創造と、その社会への還元」をミッションとして掲げ、研究セクター、表現セクター、事務セクターが一体となって活動を続けてまいりました。研究セクターでは4つの研究室が小さいながらもユニークな研究対象を用いて、アクティブな研究活動を続けております。さらに研究部門と共同して、一般社会へ発信していく表現セクターがあり、研究成果の発信とともに、科学的知の社会との共有をめざして、「季刊生命誌」の発行をはじめ、SNSを駆使した多彩な表現活動に取り組んでおります。それらを支える事務セクターの活動をベースに、この数年、研究セクター独自の取り組みも含め、社会への発信が目に見えて活発になってまいりました。

『科学的知』を社会に還元していくために、JT生命誌研究館では、「科学のコンサートホール」として、科学を、音楽や芸術を楽しむように楽しんでもいただくということを大切に考えてきました。それに加えて、来て、見て、楽しんでもいただくだけでなく、自ら問いを発することによって、積極的に科学に参加していただきたいという思いから、JT生命誌研究館が『問いを発掘する場』として来館者に意識していただきたいとも願っております。

科学は一方的に知識を伝えるものではなく、共に考えるというところにこそ、そのおもしろさがあり、意義があると考えております。そして科学的事実としてわかっていることに、素朴な疑問を持つところに、若い世代が真に科学に興味を持ってもらえる契機があると考えております。教科書などで勉強し、わかっていると思っていたコトのすぐ横に、こんなにもまだわかっていないことがあるのだと気づくことは、科学への興味と、科学をより勉強してみたいと思える契機として、もっとも大切なものであります。専門家も一般の方々も、共に考え、共に問うための場として、いっそう研究を、そして、その表現を充実させていきたいと考えております。

JT生命誌研究館では、この数年、大きく動きはじめております。個々の活動については本報告書で詳しく述べますが、従来の常設展示に加えて、企画展示を年に二度ほど関連するテーマを設定して開催しております。また、より広く一般の方々に興味を持っていただくための映画制作や、さらに食草園を社会に広めていくための活動など、社会における認知度をいっそう高めていくため、館員それぞれが積極的に取り組んでおります。

創立30周年を機に、JT生命誌研究館のより一層の飛躍・発展を目指し、館員一同、活動に邁進してまいります。

ようこそ JT 生命誌研究館へ！

JT 生命誌研究館は、大阪府高槻市にあります。1993 年の創立以来、「自然の一部である私たちが健全に生きてゆく礎は、自然を深く知ることにある」と考えて、小さな生きものにも愛おしく目を向け、一つ一つの生きものがどのように生まれ、ほかの生きものと関わり合いながら、それぞれの世代をつないでいるのかを探っています。



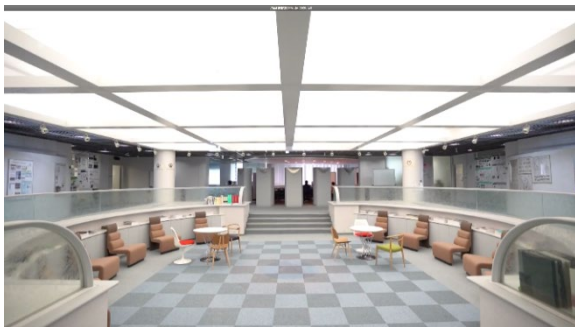
生命誌の階段（1F エントランス）

階段の 1 段が約 1 億年です。38 億年の生きものの歴史を足でたどり、永い時間を実感できます。生きものの 38 億年の歴史を多様性と共通性の 2 つの切り口からたどる展示です。



展示ホール（1F、2F）

展示ホールは、研究から見えてきた生きものの世界を楽しむ場です。正確に、楽しく表現した展示を通して「生きているってどういうこと？」を感じ、考え、語り合しましょう。そのための催しもあります。



実験室フロア（3F）

3 階にある実験室フロアでは、チョウ、クモ、コバチ、カエルなど生きものたちを見つめて、生きものが、どのように生まれてくるのか（個体発生）、どのように多様な生き方をするようになったのか（進化）、そして、生きもの同士がどのように関わり合っているのか（生態系）を探っています。



食草園（4F）

屋上には、小さな庭があります。チョウの成虫が蜜を吸う花と、幼虫が好んで葉を食べる植物（食草）を育てる「食草園」です。四季を通じて、さまざまな虫たちがここを訪れ、植物と昆虫の関わり合いのドラマを演じています。研究と日常をつなぐ生きた展示です。

I . 総 括 報 告

館長報告

館長 永田 和宏

JT 生命誌研究館では、2021 年度より 1 階の展示スペースで、企画展示をスタートさせた。何度も当館に足を運びたいと思ってもらえるよう、常設展示のほかに、年間企画としテーマを設定し、そのテーマに沿って、半年程度の展示期間を設けて種々の話題を提供し、展示や説明を行っている。

2021 年に開催した「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」は好評のうちに終了し、その活動を記録した同名の映画は、全国の映画館において上映された。

その動きを受けつつ、2023 年が JT 生命誌研究館創立 30 周年の記念の年であることを鑑み、2022 年、2023 年と 2 年を通した企画を練ることとし、近藤ディレクターを中心に、表現セクターによって、「生きものの時間」という年間テーマを設定し、4 つのパートにわけて 2 年、4 回の展示を行うことにした。「生まれるまでの時間」「生まれてからの時間」「生命誌の時間 1」「生命誌の時間 2」がそれである。2022 年は「生まれるまでの時間」「生まれてからの時間」を展示した。

この年間テーマと連動する形で、館長対談を企画し、これも年に二度行われている。そのうち一度は「生命誌から生命科学の明日を拓く」として公開で行った。第一回は 2020 年に、山中伸弥 iPS 研究所長（京都大学教授）と中村桂子生命誌研究館名誉館長をゲストとして、2021 年には大隅良典東京工業大学栄誉教授をゲストとして開催した。このシリーズの第三回目は 2022 年秋に昆虫写真家、今森光彦さんをゲストにお招きし、「昆虫 4 億年」と題して講演と対談を行った。いずれも YouTube を通して、全国の高等学校をはじめとする一般への公開を行っており、毎回多くの参加者を得ている。2022 年は特に、今森光彦氏の昆虫写真展を併設し、好評を博した。

この公開シンポジウムとは別に、同じく年間テーマに沿って、館長対談を行い、季刊「生命誌」に掲載している。2022 年には超弦理論で名高い素粒子物理学者、橋本幸士京都大学教授との対談「物理の時間・生命の時間」を行った。2023 年には京都法然院の梶田真章貫主との「仏教の時間・生命の時間」を予定している。

このように年間企画展示と対談シリーズに加え、レクチャーシリーズ「生命誌の日」が充実してきたことも特筆すべきトピックである。吉田ディレクターを中心に、研究セクターが積極的に関与し、当館内部の講師に、外部から招待した講師も加え、毎月一回公開で講演会を開催している。興味深い研究の最前線を、一般参加者にもわかりやすく講演をしてもらうことによって、質問も多く、活発な場として JT 生命誌研究館の新たな展開が顕在化している。

JT 生命誌研究館の大きな特色の一つに 4 階のオープンスペースに「Q食草園」を持っており、昆虫と植物との共生関係を実際に体験してもらうのに絶好の、人気の場となっている。2022 年には、この食草園を外部に広げる動きを活発化し、JT 生命誌研究館の食草園をモデルとして、和歌山県白浜町にあるアドベンチャーワールド、UR 都市機構による大阪駅周辺のいわゆる「うめきた外庭 SQUARE」に食草

園を造園・設置し、さらに兵庫県小野市の小野市役所にも設置することが決まった。

特にアドベンチャーワールドとは smile パートナースhip連携協定を締結し、互いに共創事業を展開することになった。また今後、小野市をモデルとして、全国の市町村に「食草園プロジェクト」の展開を模索しているが、食草園が全国規模で定着すれば、一般の人々にも蝶などの昆虫と植物がいかに共生をはかり、いかに多様な関係性を築いているかを、実地に体験してもらうことができ、これはSDGsの可視化としても大きな意味を持つものになると考えられる。

館内の動きとしては、BRH コンベンションを設けたことも特筆されるであろう。従来、幹部会、幹部連絡会として館運営がなされてきたが、すべての館員が集まって意志の疎通をはかるシステムが希薄であった。それを解消し、館員の意見が館運営に活かされるよう、3カ月に一度、全館員が集まって、さまざまな問題について意見交換をする場を設けた。指示に従って動くのではなく、全館員が自主的に、かつ積極的に館運営に関わっていただきたいという願いからである。

私が館長に就任して3年になるが、研究ディレクター、表現ディレクター、総務部長の協力のもと、JT生命誌研究館の活動がかなり大きく動き出そうとしているというのが実感である。2023年はいよいよ創立30周年の節目の年を迎える。5月に東京で、9月に高槻で30周年の記念事業を行う予定であるが、これを機にいっそうの飛躍を期待し、そのため館員一丸となって盛り上げてゆきたいと考えている。

館長という立場と重なりつつ、学術活動や対外活動も依然継続している。

日本医療研究開発機構（AMED）による大型プロジェクト、CREST/PRIME 研究の「プロテオスタシスの理解と革新的医療の創出」領域の研究開発総括（プログラムスーパーバイザー、PS）としての活動は既に4年目に入っている。CREST15 課題、PRIME（若手）30 課題がすべて決定し、2022 年からは、第1期に選定した15 課題のサイトビジットのため、全国の大学や研究機関へ直接出向いて進展について発表を聞き、アドバイスをを行った。

また科学研究費補助金学術変革領域では、「マルチファセット・プロテインズ」（代表、田口英樹）、「非ドメイン型バイオポリマー」（代表、中川真一）、「ケモユビキチン」（代表、佐伯泰）、「マルチמודオートファジー」（代表、小松雅明）の4領域で評価委員、総括班員を委嘱され、班会議や国際会議、評価会議などに参加するなどの活動を行った。

国際誌 Scientific Reports のエディターとして、常時論文の審査や採択の決定を行うほか、ロレアル・ユネスコ女性科学者奨励賞の生命科学部門の審査委員長としての活動も、20年近くになっている。多くの学会で特別講演、マイスターズレクチャーなどを行ったほか、7月には久しぶりに開催されたFASEB 会議に招待され、アイルランドで講演を行った。またコロナ禍で対面の国際会議ができないことから、Zoom による特別講演（ニューヨーク、シカゴ）を二度行った。

その他、大学、高等学校、各地の教育委員会や校長会での教育や研究に関する講演、また各地の自治体、地域団体などの主催による、「生き方や生命、生命科学の基礎」などに関する講演など、JT生命誌研究館を知っていただくため、館長としてできるだけお引き受けするようにしてきた。これからも体力の限界を考慮しつつ、可能な限り対応してゆきたい。

顧問報告

顧問 吉田 賢右

1. 研究進展について

当館の4研究室では、小動物を使用し発生、種の分化、生物間の相互作用の分子細胞生物学的研究を行ってきた。小動物はクモ、コバチ、チョウ、オサムシ、プラナリアなどで、大きな飼育施設は必要なく、また一般の人にも馴染みのある小動物で、開かれた展示スペースを持ち社会への発信を行う当館で行う研究には好適な生き物である。

これらの小動物は、生理現象の分子的な機構がシンプルであることが多く、その点でも当館のような小さな研究グループの研究に向いている。以前は、小さな動物から核酸（遺伝子）やタンパク質を分析可能な量だけ得ることは大変困難な作業であり、ショウジョウバエなどのモデル動物を中心に研究が進んできた。しかし、最近では、様々の微量実験キット、分析の高度化、特にゲノム解析の汎用と高度化、大量のデータの解析技術の発達などにより、野生種においても深く面白い研究ができるようになった。

小動物の中でも特に昆虫は、非常に多くの種に分化して高度の能力を発達させており、世代交代が早いため、種分化や遺伝学の研究に向いている。蘇研究室及び尾崎研究室では、その分子生理と種相互の関係の中で種分化が起きる過程を研究している。最近では、種の中の一部の集団が「ある植物を忌避するようになることで元の種との分離が進む」という可能性を分子生理学的に追跡するなど、示唆に富む研究が進行している。

「単純な卵からどのようにして複雑な成体ができていくのか」は、生物学の大問題である。クモの卵からの発生を研究する小田研究室では、胚発生の最初期から数千の遺伝子の時空間的な発現の追跡に成功しつつあり、昨年に引き続き、それらの相互作用のシーケンスとして発生を明らかにしようとしている。

生体のさまざまな器官や組織は、幹細胞が分化して形成される。その過程の詳細な理解は、重要な課題である。一般に幹細胞分化は、複雑な経路に多数の制御因子が複雑に絡んでくる現象であるが、再生能力の旺盛なプラナリアを扱う橋本研究室では、プラナリアでは再生にともない単純で直線的な幹細胞分化が起こっていることを見出した。

2. 社会への発信活動

当館のホームページに「顧問室の窓」というページを設け、様々なテーマについて、事実（データ）と論理と想像力で、つまり科学的に考えるとこういうことではないか、ということを描載してきた。科学的な思考とは、「過去現在起きていることを法則的に理解することによって、これからのことをできるだけ正しく予測しよう」ということである。2022年度は3編発表した。

顧問報告

顧問 近藤 寿人

1. 顧問としての活動

顧問の重要な役割の一つは、館員と館長の間の意思の疎通を円滑にすることであろう。2022 年からこれまで実施されていた、月毎の幹部会、隔週の幹部連絡会（いずれも室長・チーフレベルの参加）に加えて、四半期ごとに館員全員が集まり館運営のトピックスや計画について意見交換する場「BRH コンベンション」が開催されるようになり、館全体での情報や意志の共有を促す大きな効果があった。BRH コンベンションにおける館員からの提言を積極的に取り上げた。1 例を挙げる。館員自ら、あるいは外部から講師を招いて行う講演会を同時にインターネット配信したり、記録動画を YouTube 配信したりすることが頻繁になっている。その際に使用するデータの著作権に関する対処（講演データの著作権が講演者に帰属すること、講演者自身で使用するデータの著作権に関して対処することなど）を JT 生命誌研究館としてマニュアル化すべきという意見に対して、それを実施した。そのほか、吉田顧問と分担して各研究室の月例セミナーに参加するなど、各々の現場の諸課題を直接的に把握することに努めた。

2. 表現ディレクターとしての活動

2021 年より、表現セクターでは、「あるメッセージ性・ストーリー性を持ったテーマで企画展示を催し、そのテーマを中心とした季刊誌の作成と発行」という、新しい創作の流れのもとに活動を行っている。2021 年の企画展示「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」で実績を挙げたので、2022 年には、2023 年に計画されている創立 30 周年の諸行事をも勘案して、2 年がかりで「生きものの成り立ちと時間」という冠の連続企画展示を開催することとした。2022 年は、その第 1 弾として「生きものの時間 ～生まれるまでの時間～」を開催した。この企画展示に併せて、（発生生物学研究者であるディレクターとして）季刊誌ネット版で「発生生物学の静かな革命」という連載（季刊）を行っている。高校生、生物の研究の現場の姿に関心のある方、あるいは専門家にも、現代の発生生物学の課題と進展をお伝えしたい。

3. 実験の安全管理

実験動物管理者・遺伝子組換え実験安全主任者として、これらの実験の適正な管理と実施に努めた。当館では、実験動物の対象を、法令が定める「羊膜類（哺乳類・鳥類・爬虫類）」に限定することなく、すべての多細胞動物としている。館員は、自然界で採取した動物を実験に使う場合でも、可能な限り当館で飼育するなどして、自然界での採取数を少なくすることに努めている。

動物実験、遺伝子組換え実験に関する安全講習会では、法令の要点について解説して、適正な

実験の実施を徹底している。それとともに、実験研究者以外の館員に対しても、現代社会へのこれらの実験の関わりと意義についてセミナーを実施している。2022 年は、実験動物や、動物を対象とした遺伝子組換え実験の歴史を語った。

4. 学術活動

- ・ ナショナルバイオリソースプロジェクト「ニワトリ・ウズラ」の運営委員長を務めた。
- ・ JST さきがけプログラム「多細胞システムにおける細胞間相互作用とそのダイナミクス」のアドバイザーを務めた。
- ・ 科研費 新学術領域研究「性スペクトラム」の評価委員を務めた。
- ・ Development をはじめとする学術誌への投稿論文を査読した（11 件）。
- ・ 科学研究費補助金による実験研究を実施し、論文 3 報を刊行した。

名誉館長メッセージ

名誉館長 中村桂子

今年度も COVID-19 による行動の制限で、JT 生命誌研究館の建物に入ることのない一年でした。メールやホームページを通して実験研究とその発信が活発に行われている様子を知り、ホームページの「語り合う」のページでの「ちょっと一言」を書くことで、私なりに BRH の活動に参加できたことを嬉しく思っています。

昨年の報告書に、さまざまな分野の専門家からも生活者からも「生命誌」への関心の高まりを感じたと書きましたが、今年はそれをより強く感じました。

COVID-19、気候変動に加えてロシアのウクライナ侵攻に始まる戦争などがあり、「いのち」について考える必要を感じる人が増えたのでしょう。そこで、「いのちを大切に」というだけでなく、科学的にいのちを考えることに意味を見出すことになったのだと思います。生活者の中では明らかに、「人間は生きもの」ということを基本に社会を組み立てたいという意欲が強くなっています。一方、社会を動かしているリーダーたちは、相変わらず権力と経済力の拡大を求める動きをしています。とくにロシアが始めた戦争は、生命誌の立場からは、21 世紀の今起きるはずのないものです。

このギャップを埋めたいというのが、今年のテーマでした。

1. 科学を役立てる ～機械論から生命（誌）論へ

ここで思い出したのが、「科学は役に立たなければならない」という言葉です。日々聞かされてきた言葉ですが、その場合の役立つは「科学技術によって人間の欲望を満たし、利便性を高めるものを開発する」という意味です。もちろんその必要性を否定するものではありませんが、ここで考えたいのは少し違う「役に立つ」です。

ゲノム研究の結果、今地球上に暮らす 80 億人は、人類の中でもホモ・サピエンスと呼ばれる 1 種だけであり、20 万年ほど前にアフリカに暮らしていた少数の人の子孫であることが明らかにされました。もちろん、地球全体に広がった人類はそれぞれの自然環境の中で多様な文化をもち、生活を組み立ててきました。そこに差違があるのは当然ですから、これまでの歴史の中では表面上の違いが強調されてきました。しかし今や、ゲノム解析によって明らかにされたその底にある共通性にこそ目を向ける時です。昨年提案した「私たちの中の私」の中にある「私たち人類の中の私」という意識です。生命誌ではそれ以前に「私たち生きものの中の私」という意識を重視するということは、改めて指摘しておきます。

せっかく科学でこのような事実を明らかにしたのに、政治・経済を動かす人がそれを基本に行動するようにならなければ、科学は役に立っているとは言えません。「科学は役に立たなければならない」のです。

ここで考えました。これから科学を勉強する中学生・高校生にこの問題を投げかけてみようと。そこで『科学はこのままでいいのかな——進歩？ いえ、進化でしょ』という本を書きました。『『生きているってどういうことだろう』『どう生きるか』』ということを考える時、通常は哲学や文学の本を読んだり、宗教や倫理に答えを求めたりするでしょう。でも今、21世紀の初めには、理科の時間（科学）にそれを考えて欲しいのです」ということを伝えるために。

生きものはすべて DNA（ゲノム）をもつ細胞から成ることが明らかになり、地球上の生きものすべての歴史と関係が明確に見えてきた中で、生きものとしての人間はどのような存在であるかを知り、そこから生き方を考えることができるようになったのです。それは、現代社会がよしとする成長・拡大・進歩・利便性とは異なる価値観を示すものです。機械論から生命（誌）論への世界観の転換です。21 世紀の科学が示す「生きものとしての人間」を知ったうえで、生き方を考えるようになった時、近代科学兵器を用いた戦争をするという選択があり得るだろうかと考える必要があります。中学生・高校生と一緒にこのようなことを考える約束がいくつもできました。

2023 年度に行う具体的活動を楽しみにしています。今最も大事なのはこの世界観の転換だと思いますので。

2. 農耕と食べもの ～農業革命の見直し～

「いのち」への関心が高まらざるを得ない現状の中、食糧危機という問題が浮かび上がっています。農業の見直しの必要性が、多くの場で語られるようになりました。1) で述べた機械論から生命（誌）論への転換を考えると、人類の歴史の中で農耕が始まった時に、自然を支配する意識が生まれ、計量・貯蔵が可能な穀物生産によって社会にも支配構造が生まれたという事実が気になります。これは機械論に容易につながります。この時生命（誌）論で進んだらどのような農耕が行われただろう。興味深いテーマです。これを考えることが、今求められている農業の見直しにつながるでしょう。詳細は省きますが、世界中で土の重要性が指摘され、そこにある生きものたちの力を生かす農耕が注目され始めています。そこで、生命誌として農耕と食べもののあり方を考えています（著書欄参照）。これも来年度に答えを見つけないと思っています。

福島県喜多方市の小学校で行われてきた農業科は、農耕と食を重要課題と考える人を育てる方法だと思っているのですが、なかなか二例目が生まれずにきました。今年度、美唄市が喜多方市に学んで農業科副読本を作り活用していることを知り、美唄の市長・市農業科のメンバーと語り合っ、副読本づくりの手伝いをするにしました。美唄市での農と食教育の定着を願っています。

3. これからのために ― 子どもたちと若者たち

子どものこれからに期待しながら活動している人々からの生命誌への関心が強く、保育園、子ども会、児童演劇、紙芝居、子ども自然教育など、さまざまな方たちと関わったことが、今年とくに印象深く心に残っています。

また芸術、心理学や精神医学など人間について考えている分野の方とも、実りある話し合いができました。

更に今後への期待を持ったのは、国や自治体レベルでの政治家をめざす若い人、企業の中堅で活躍する人など、これまで生命誌とは無縁だった人たちの中に「初めて生きもののことを考えた」と言いながら生命誌に関心を示した人が少なからずいたことです。

生命誌という知を確立していく研究館活動を踏まえて、世界観の転換というところで「社会に役立つ」という意識を持ちながらの活動を少しずつ進めていきたいと思っています。

4. 2023年度初め

中村桂子コレクション全8巻の最終巻として、「生命誌研究館の誕生と展開 ― 奏でる」(仮題)を書きました。書籍になるのは2023年初めですが、分子生物学、生命科学を学んだうえで、どうしても生命誌という知を創りださずにはいられなかった経緯をまとめました。そこでJT生命誌研究館活動の中でさまざまな分野の大勢の方に学んだことを思い返すことができました。しかもその中にまだ活かせてないことがたくさんあることに気づきました。「季刊生命誌100号、101号」で「私の今いるところ、そしてこれから」というテーマをあげましたが、これを丁寧と考え続けることが今求められています。この活動は来年につながります。

ここにあげたさまざまな活動が、研究館での活動とつながり、生命誌という知が豊かなものになっていくことを願っています。

Ⅱ．表現セクター 活動報告



【表現セクターミッション】

多様な表現媒体を活用して“生命を知る”知を社会と共有する。

1. 表現ディレクター報告

表現ディレクター 近藤 寿人

表現セクターでは、創立 30 周年にあたる 2023 年に締めくくる、「生きものの成り立ちと時間」という全体のタイトルのもとでの 2 年がかりでの連続企画展示を実施する計画である。

2022 年は、その第 1 弾として「生きものの時間 ～生まれるまでの時間～」を開催し、そのコンテンツを盛り込んだ季

刊誌を刊行した。このテーマは、2023 年前半の「生きものの時間 ～生まれてからの時間～」へと展開する。

この企画展示の一環として、昆虫写真家である今森光彦氏の写真展「昆虫 4 億年」を 2 ヶ月半開催し、また一般の聴衆を招いて今森氏の講演会も開いた。

2. 活動報告

チーフ スタッフ

館内案内スタッフ

村田 英克	平川 美夏
齊藤 わか	星野 敬子
中井 彩香	奥井 かおり
渡辺 喜美子	藤原 正子
太田 見恵	山本 浩子

JT 生命誌研究館は、小さな生きものと向き合い、そこから生まれる「問い」から生きものの本質を探る研究を行い、それを表現することで皆に広げ、「生きもの」を知り、「生きている」を考えることを通して、私たち人間も自然の一部として「生きる」ことを考える活動を行なっている。

2022 年は、2023 年に JT 生命誌研究館が創立 30 周年を迎えるにあたり「生きものの時間」をテーマに、2 年にわたり「時間」を考える年のスタートとした。

JT 生命誌研究館のミッションにある「生命論的世界観」は、機械論では効率や一律の進歩を求めるが、生命論の立場は、時間が育む関係と多様性を生む進化こそが、生きものらしさであると考え。生きものは、生まれ、育ち、次の世代を残し、やがて死を迎える。そしてその日常では、太陽や地球の動きによる 1 日や 1 年、気候の変化やめぐる季節を感じ、多くの生きものたちと関わりながら生きている。生きものが生きることとは、時間そのものである。

表現セクターでは、季刊「生命誌」の発

行、連動する「企画展」を軸に「生きものの時間」を考える活動を行なった。上半期の季刊誌で「生まれるまでの時間」を特集し、夏から企画展示を行なった。また、昨年行った企画展示「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」の制作過程から生まれた同名の映画の全国上映を通して「食草園」の魅力を伝える機会と多くの共感をいただいた。さらに昆虫と植物の4億年の関わりを見つめ里山に蝶を呼ぶ写真家の今森光彦氏との催しと写真展を開催し、時間と食草園をつなぐ弾みができた。

「どこにもないから作りたくなった」と中村桂子名誉館長が語る「食草園」は、JT生命誌研究館の外にも広がりつつある。

新型コロナウイルスの影響は残るが、向き合い方を工夫する状況になり、オンライン、SNSなどの活用でつながりを作りながら、創立30周年にむけ、研究と表現と集いの場としてのJT生命誌研究館の魅力を発信していきたい。

2-1. 季刊生命誌「生きものの時間」

担当：齊藤 わか、星野 敬子、全スタッフ

季刊「生命誌」は、生命誌の発信の基盤として、開館当初から制作している機関紙である。生命誌の今を伝える年間テーマに基づいて編集しているが、2023年にJT生命誌研究館が、創立30年を迎えるにあたり、2022年-2023年の2年間のテーマとして「生きものの時間」をテーマとした。改めて「生きもの」の「生まれ」「生を営み」「続く」という特徴の本質である「時間」に注目し、自然が育む生きものを知る科学とそれを支える人間の思想を届ける表現の試みである。

記事の全文を掲載する WEB 版は年 4 回、記事のエッセンスをカード版の印刷物で表現するカードは、合併号として 2 回発行した。

季刊「生命誌」は、創刊 29 年を経て、WEB ページには 800 以上の記事の蓄積があり、最新号とともに豊かなアーカイブを再訪し、生命誌の時間を深めるしくみとなっている。

1. 季刊生命誌「生きものの時間」の構成

2022 年度はテーマである「生きものの時間」について、108・109 号で「生まれるまでの時間」と 110 号・111 号で「生まれてからの時間」を特集した。両親から受け継いだゲノムが刻む時間と、変化に富む地球環境の中で生きる時間という 2 つの切り口から生きものについて考えた。

「生まれるまでの時間」「生まれてからの時間」いずれも、前半の108号、110号では、特集の内容について生命誌のメッセージを伝え、最新の生命科学研究の話題を盛り込んだ総説記事であるパースペクティブを中心に、関連する季刊「生命誌」の過去の記事を紹介した。

次いで、後半の 109 号、111 号では、永田和宏館長が対話からテーマを深めるトーク及びシンポジウムと実際の研究現場に取材した 3 本の記事から構成するリサーチで、2 号を合わせて一体の特集となる構成とした。

「生まれるまでの時間」をテーマとした 108・109 号では、パースペクティブで、多細胞動物の卵や子宮の中で起こる、個体発生を取り上げた。またトークでは、永田和宏館長と物理学者の橋本幸士先生と対談を行い、物理の時間と生物の時間の考え方の違いについての語り合いを収録した。



リサーチでは、私たちの体には一つひとつの細胞の挙動、すなわち細胞の移動の軌跡や細胞の死さえも形として記憶されている。どんな種でもどんな人でも例外なく過ごしてきた、卵や母体に守られ尊重されながらゆっくり形を生み出す時間を伝えた。

「生まれてからの時間」をテーマとした110号・111号では、生きものの一生、ライブステージをパースペクティブで解説した。また永田和宏館長と写真家の今森光彦氏とのシンポジウムの記録を誌面にした。

リサーチでは、生物が個体発生を終えて環境の中で暮らす際に必要なしくみとして、細胞の時間である体内時計や脳のリズムを学習する時間、細胞の老化を取り上げた。

分子や細胞のレベルで見れば、多くの生物が複雑な方法で時を刻んでおり、なぜこのような緻密なしくみが進化したのかはまだ謎が多い。生きるという当たり前にも思える現象をさまざまな角度から表現し、同じ24時間周期でめぐる地球上に共にいるというメッセージを込めた。

WEBでは、制作に関わる記録動画も制作・公開し、多面的に記事を展開した。またWEB独自の記事として、発生生物学を牽引してきた近藤寿人顧問による「発生生物学の静かな革命」の連載を開始した。また、「生命誌からのお誘い (BRH WORKS)」のコーナーを設け、映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」上映に関する催しなどの案内、詠み句を募集した「生命誌かるた」な

ど、参加者・読者と共に作るコンテンツを充実させた。

また、季刊誌の全記事をPDF形式で公開し、印刷冊子として利用できるようにした。

今年、季刊誌カードの発行を全2回としたため、紙媒体の読者ニーズに応えると同時に、人気の紙工作はPDFダウンロード版ならではの大量で発行できた。



季刊「生命誌」カードの特長を活かした表現である紙工作は、カードの発行の2回に加え、WEB版のみ発行の号では展開図をダウンロードする形で、「近くて遠いトカゲのなかま」を年間のテーマとして年4回提供した。わたしたち哺乳類と近縁であるが、日常に触れることの少ない生きものである爬虫類、なかでも「トカゲ」に注目して、制作を通じて親しみを持ち、その生き方に触れることを目指し、トカゲの仲間の動きや形を手元で楽しむことができるクラフトを制作した。身近なニホンヤモリから、あまり間近に触れることの少ないエリマキトカゲ、絶滅したモササウルス、興味深い生態をもつカメレオンの4種のトカゲの仲間の多様性と歴史を伝えるシリーズとして来館者にも喜ばれ、SNSなどでも読者が見つかった作品をアップするなど好評を博した。



2. 2022 年「生きものの時間」全体の記事の構成

108 号「生まれるまでの時間」

パースペクティブ

ゲノムが刻む生きものの時間

(JT 生命誌研究館 表現セクター)

連 載

発生生物学の静かな革命 vol.1

近藤寿人 (JT 生命誌研究館顧問)

紙工作

ニホンヤモリ

ニュース

映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」報告

「生命誌かるた」第 3 弾募集



109 号「生まれるまでの時間」

トーク

物理の時間・生命の時間

橋本幸士×永田和宏

リサーチ

- ・ 緩やかに細胞の分化が進む哺乳類の初期発生

藤森俊彦 (基礎生物学研究所)

- ・ 体内時計と分節時計

－ 2 つの時計が刻むリズムの関係

八木田和弘 (京都府立医科大学)

- ・ 形づくりを支える柔軟な遺伝子発現

近藤武史 (京都大学)

連 載

発生生物学の静かな革命 vol.2

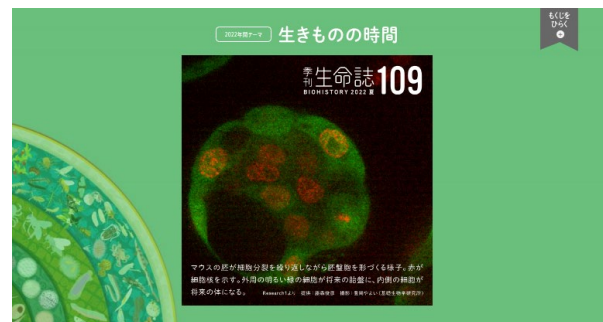
近藤寿人 (JT 生命誌研究館顧問)

紙工作

モササウルス

ニュース

企画展「生きものの時間」(第一期)



110号「生まれてからの時間」

パースペクティブ

個体が刻む一生の時間

JT 生命誌研究館 表現セクター

連載

発生生物学の静かな革命 vol.3

近藤寿人 (JT 生命誌研究館顧問)

紙工作

エリマキトカゲ

ニュース

映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」報告

「生命誌かるた」結果報告



111号「生まれてからの時間」

シンポジウム

昆虫4億年 今森光彦×永田和宏

リサーチ

- ・リズムに合わせてからだを動かすしくみ

田中真樹・岡田研一

- ・植物が刻む体内時計

遠藤求・久保田茜・高橋望

- ・細胞に見る老化のライフサイクル

成田匡志

連載

発生生物学の静かな革命 vol.4

近藤寿人 (JT 生命誌研究館顧問)

紙工作

パンサーカメレオン

ニュース

今年のラボの研究成果

アドベンチャーワールドとの共創 ほか



●カードの誌面 (110/111号)



表紙/紙工作



2-2. 企画展示「生きものの時間 - 生まれるまでの時間 - 」

担当:平川 美夏

JT 生命誌研究館の展示ホールは、資料展示を務めとする博物館とは違い、生命誌の表現の創造の場である。企画展示は、季刊「生命誌」テーマと連動し、同じ内容が形を変えることで、それぞれの役目をもつ表現として、多様な体験を提供することを目指している。

2022 年から 2023 年の 2 年間は、「生きものの時間」をテーマに季刊「生命誌」と企画展示を展開することと決まり、2022 年は特集の「生まれるまでの時間」「生まれてからの時間」のうち、「生まれるまでの時間」の展示を行なった。

1. 立体生命誌マンダラ

中心の受精卵が、多様な細胞になり、組織をつくり、器官がはたらき、個体となる。それぞれの階層でさまざまに姿を変えるゲノムの役割から、発生の時間を描いた生命誌マンダラは、生命誌のシンボルである 3 つの表現のうち、個の時間を描いている。これを「生きものの時間」展のシンボル展示として立体化した。

2. 体をつくる細胞はいくつ？

生まれるまでの時間で、最初は 1 つの細胞である受精卵としても、今の自分との関係は思い描きにくい。そこで、今の自分の細胞を計算し、その数字とともに顔出しパネルで記念撮影する展示である。何兆個という数は想像しにくい、その間に刻まれた時間が視覚化されている。

3. 形がだんできてくる、骨もだんできてくる

常設展示「骨と形」展から、6 種の脊椎動物の透明発生標本を比較配置し、ヘッケルのある動物の発生の過程は、その動物の進化の過程を繰り返す形で行われる」という反復説を考える展示をここに取り入れた。「生まれるまでの時間」を鑑賞することができる。

4. 季刊「生命誌」 ゲノムが刻む生きものの時間

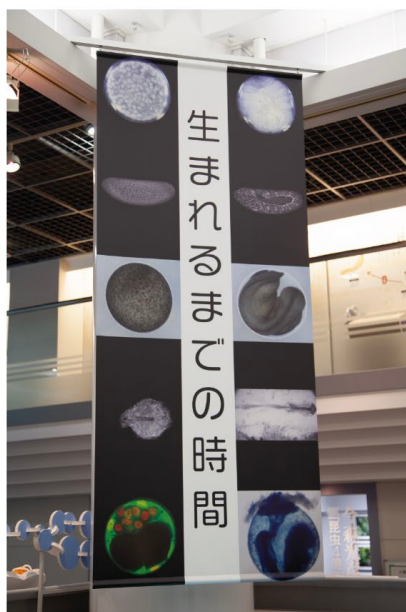
季刊生命誌 108 号パースペクティブ、109 号リサーチの記事から、ロールアップバナーを制作した。表面にヒトの発生の流れを示し、裏面に取材した研究記事の内容を相当する時期に合わせて配置した。目にする事のない卵や母親のお腹の中での出来事である「生まれるまでの時間」を実験動画で見ることができる。「百聞は一見にしかず」、思わぬものが見え発見があるかもしれない。

5. JT 生命誌研究館の研究から

「生まれるまでの時間」である発生学を研究する当館の研究室から、「細胞・発生・進化研究室」の小田研究員、「形態形成研究室」の橋本研究員の研究開設動画を放映している。橋本研究員の提供によるアツリカツメガエルの発生標本観察コーナーも併設している。

6. 発生と進化の時計

「骨と形」展から移設。展示は、個の一生の時間を経て、今後は進化の時間へと展開する。



- (左上) タイトルバナー
 (右上) 左から細胞パネル、発生標本展示、メインタイトルバナー
 (左下) 立体生命誌マンダラ、季刊誌バナー群
 (右下) 季刊誌バナー例、iPad による動画放映

クレジット

企画展示「生きものの時間」 第一期 生まれるまでの時間

<展示製作>

設計・デザイン・出力 株式会社トータルメディア開発研究所
イラスト・レイアウト 坂啓典（図工室）
生命誌マンダラ イラスト 中川学

<写真・映像提供>

藤森俊彦・豊岡やよい（基礎生物学研究所）
会場バナー & 「初期発生の時間」マウス胚写真
八木田和弘（京都府立医科大学）
「体節の時間」ガストロイド（人工胚）写真・映像
近藤武史（京都大学）
会場バナー & 「形づくりの時間」ショウジョウバエ胚写真
吉氷康矢
会場バナー & 「体節の時間」ニワトリ胚写真
近藤寿人（JT 生命誌研究館）
会場バナー & 「体節の時間」ニワトリ胚写真
橋本主税（JT 生命誌研究館）：
会場バナー アフリカツメガエル胚画像
小田広樹（JT 生命誌研究館）
会場バナー オオヒメグモ胚写真

<企画・製作>

JT 生命誌研究館
表現を通して生きものを考えるセクター
発生・細胞・進化研究室
形態形成研究室

2-3. Ω食草園

担当: 中井 彩香、展示ガイドスタッフ

4階の屋上にあるΩ食草園は、自然のチョウの訪れをまつ庭である。毎年さまざまな吸蜜植物と食草を植え、一年を通して来館者がチョウの生態と研究を知り楽しむことのできる場づくりを行ってきた。展示としては一般来館では窓ガラス越しにしか見ることはできないが、予約来館や催しの際は来館者も中に入ることができる。

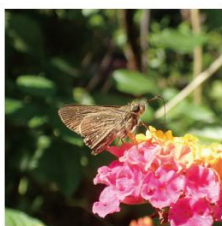
食草園にはミカンやアシタバなど、さまざまなチョウの幼虫が食べる食草だけでなく、ランタナやアザミ、ブットレアなどの蜜源植物を植えることで花の蜜を吸いにさまざまなチョウが訪れる、まさにチョウのレストランである。そうして訪れたチョウが卵を産み、幼虫が育ち、自然にくらす様子が観察できる。

1. 2022年に食草園に訪れた生きもの (Instagram「食草園の毎日」より)

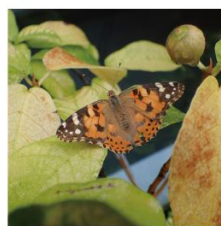
●今年訪れたチョウ（一部紹介）



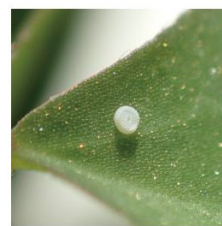
ツマグロヒョウモン



イチモンジセセリ



ヒメアカタテハ



ヤマトシジミ (卵)



ツバメシジミ



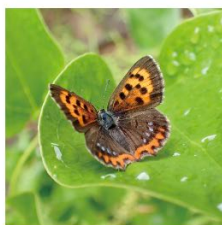
テングチョウ



アオスジアゲハ



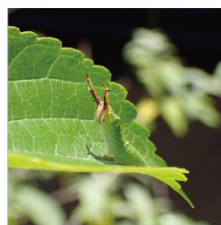
ナミアゲハ



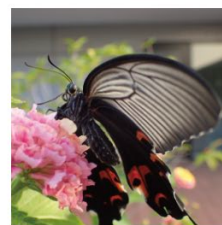
ベニシジミ



ルリシジミ



ゴマダラチョウ



クロアゲハ

●その他食草園に訪れた生きもの（一部紹介）



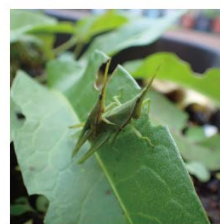
イラガ



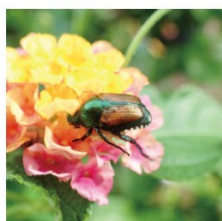
ハエトリグモ



ナミテントウ



オンブバッタ



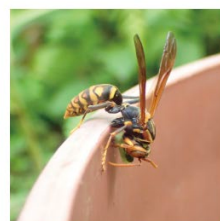
マメコガネ



ハグロハバチ



セスジスズメ



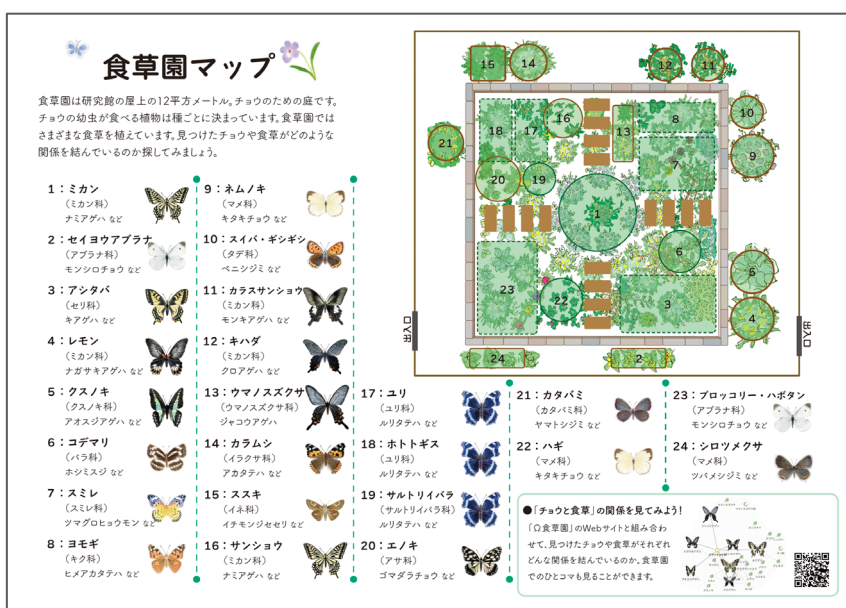
セグロアシナガバチ

週 2-3 回更新の頻度で更新している Instagram「食草園の毎日」のフォロワーについては、映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」の影響で、547 名（前年より 247 名増加）に増えた。

2. 食草園マップと出張食草園

映画「食草園が誘う 昆虫と植物のかけひきの妙」に合わせて生命誌研究館の食草園のマップを作成した。食草園の食草の配置とその植物と関係を築くチョウを一覧で示した。利用者は、食草園を見学する際の資料として活用できるだけなく、自宅で食草園を作る時の手引きとしても活用できる。

「食草園」特設サイトや Instagram「食草園の毎日」への導入も含めて、ご自宅でも楽しめるような資料としている。また、マップの作成だけでなく、食草園の植物を各映画館で展示する「出張食草園」の取り組みも同時に行い、映画館へ来館した方にも食草園を楽しんでいただくことができた。



食草園マップ

2-4. 展示ホールの生きもの

担当：齊藤 わか、平川 美夏

1. ナナフシ

展示ホールの奥で、ヤエヤマトガリナナフシを飼育している。従来、アマミナナフシの名称で展示をしていたが、再検証によりヤエヤマトガリナナフシであることが判明した。15年以上にわたって飼育を続けており、擬態や再生といった生存戦略を教えてくださいの生きものとして、来館者に親しまれている。

出張展示としても活用しており、コロナ感染拡大以後、手に載せる触れ合い体験は行っていないが、飼育ケースの中に枝葉を

多めに入れて、ケースの外から枝に扮したナナフシ探しを楽しんでもらうよう工夫している。

2022年は新作映画の上映会で展示・紹介する機会に恵まれ、多くの方に観賞いただくことができた。またアドベンチャーワールドでは出張展示に合わせて、解説パネルと共に長期にわたって飼育・展示を行っていただくことができ、人気を博している。

今後も外部の催しなどで積極的に活用していきたい。



キノシネマ天神での展示



アドベンチャーワールドでの展示

2. 肺魚

展示ホールの入口を入ってまず目に入る受付前の水槽では、脊椎動物の陸上進出を考える展示として肺魚を飼育している。

肺魚は現在では同じ肉鰭類のシーラカンズよりも四足動物との近縁も提唱されており、地球上にわずか6種が残る系統である。

オーストラリア肺魚（*Neoceratodus forsteri*）は、四足動物への過程を想像させる肉状のヒレをもつが、肺魚でありながら鰓で呼吸をしている。

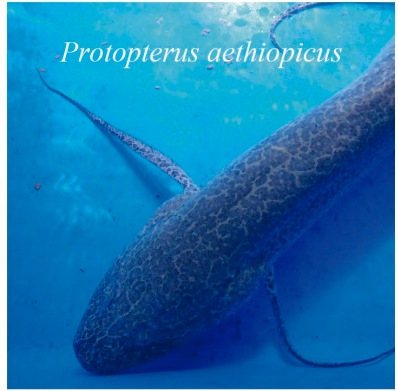
アフリカ肺魚（*Protopterus annectens*）は、

一対の肺をもち水面から口先を出して呼吸をする。ヒレは紐状で弱々しいが、左右交互に動かし歩行の起源のように見える。

これらの違いを見て、生きものの進化による多様な生き方を実感することができる。

以前展示をしていたアフリカ肺魚（*Protopterus aethiopicus*）が復帰したが、巨体のため水槽確保が難しいので、階段下のバックヤードで飼育している。

展示の当時を知っている来館者からは懐かしむ声もあり親しまれる存在である。



2-5. 展示案内プログラムについて

担当: 中井 彩香、展示ガイドスタッフ

JT 生命誌研究館は、生きものの展示と研究を通してすべての人が「生きている」ことについて考える場である。来館者が訪れる展示ホールには、大きく2つの意味を持つ。

1つめは、生命誌が、「あなた」の日常と重なることを実感する場である。生命科学研究が遠い場所の話ではなく日常のつながったところにあるということを実感してもらいたいと考えている。

そして2つめが、生きもの研究、生命科学の問いを発掘する場である。問いを発掘するためには“わかる”だけでなく“わからない”を理解する必要がある。展示ホールは「問う」ために必要な理解、“ここまでわかっている”を表現する場でもある。展示案内スタッフの語りにより、これらをより深く来館者に伝えることができると期待している。

1. 予約システムの導入

展示案内プログラムは、予約制で利用者には1-3ヶ月前までの予約をお願いしている。予約方法はこれまで電話予約のみであったが、対応時間が限られていたり、仮予約と本予約の2段階のステップをお願いするなど予約方法に複雑な点があった。また、予約情報の集計も手作業で担当者の作業も必要である。そこで予約の簡便化と担当者の作業の効率化を図るために、2022年6月より予約システム「STORES 予約」を導入し、Web 予約を開始した。

これにより、利用者は空き状況が24時間いつでも把握でき、いつでもどこでも予約が可能だけでなく、電話予約のような二度手間も必要としない。また、担当者にとっても入力情報が自動で入力管理されるため業務効率が上がった。「STORES 予約」にはアンケート機能やレビュー機能があり、利用者のニーズやコメントをより集めやすくなったため集計して今後の活動に活かす予定だ。ウェブ予約の利用が浸透していきよう、チラシの配布や電話予約の際に積極的に案内していく。

「STORES 予約」画面



実際にいただいたレビュー

2. ワークシートの導入

以前より、来館者から「展示の回り方がわからない」「小学生が楽しめるようにワークシートが欲しい」などの声があった。そこで、今年の9月に来館された小学生の団体様を皮切りにワークシート第一弾「細胞・DNAの巻」を、第二弾「進化の巻」を11月より配布した。対象年齢は、文字が読めるようになった小学生～中学生を想定して作成し、展示を見れば答えが抜き出せるくらいの難易度を意識した。予約団体の自由見学時や受付では配布している。

利用者からの感想としては、「子どもが楽しめた」、「展示をよりじっくり見ることができた」、「来館の記念になって良い」というご意見がありました。展示をみるきっかけや、来館したことを思い出してもらえるコンテンツになった。

また、展示案内スタッフからは、「自由見学の時の声かけがしやすい」、「子ども～シニアまで利用している」との声が上がった。想定しているよりも広くたくさんの方に楽しんでいただけた。



受付での配布の様子

ワークシートの内容（一部）

③企画展示「生まれるまでの時間」

あなたが生まれる前、ちいさな一つの細胞が、たくさん増えて、移動して、あなたのからだを作っていました。お母さんから生まれるまでの時間を考えてみましょう。

①あなたは、およそ_____個の細胞でできています。
☆タブレットを使って数えてみよう。

②巨大マンダラをくぐって、生きものをつくる細胞や組織などを探してみましょう。(見つけたら丸をつけよう)

受精卵

ミトコンドリア (細胞小器官)

筋肉細胞 (細胞)

神経組織 (組織)

心臓 (器官)

ヒト (個体)

●生まれるまでのかたち

骨ができる過程や形づくりを示す本物の発生標本です。ゼブラフィッシュやアフリカツメガエル、ニワトリ、ラットなど、6種の生きものの「生まれるまでの時間」を見比べてみましょう。

④細胞展

生きている一番小さな単位は「細胞」です。私たちのからだをつくる一つひとつの細胞の中で何が起きているのか、私たちの日常から、細胞の基本的なはたらきを見ていきましょう。

①細胞について
私たちのからだは _____ 種類の細胞でできています。

②あなたの日常から探ってみましょう
パネルをみながら、あなたの日常の中でいつどんな細胞がはたらいていたか書いてみましょう。

●何をしていた時？
→

●どんな細胞がはたらいていた？
→

●細胞の中で起こるできごと

部屋の真ん中にある白い器では、動き、変化し続ける細胞の細胞の中でどのようなことが起きているのかを「つくる・こわす・たもつ・まとめる」の切り口から紹介します。

3. ギャラリートークの再開

平日のみ行っている「展示案内プログラム」に加えて、11月より予約不要の展示案内「ギャラリートーク」を再開した。

毎週土曜日の13:30より約1時間、希望者に対して展示案内を行う。

希望者に合わせて自由に内容が組み立てられ、企画展示や食草園のご案内もできるので、家族連れや平日は来館が難しい学生さんなど、多くの方に参加していただけることを期待している。

ギャラリートークの看板



2-6. インターネットの活用と発信

担当：齊藤 わか、星野 敬子

1. JT 生命誌研究館ホームページ

ホームページは、JT 生命誌研究館のインターネット上での顔であり、研究発表や催しなどの最新のニュースを届けるとともに、館の開館時間、展示など来館者のための基本情報や、季刊「生命誌」を始め生命誌の今の活動と足跡とを広く発信している。

月2回、定期更新を行い、館員からのメッセージやメールマガジンを発行している。また、研究室からは、随時館員の手により、最新の話題が更新されることもあり、生命誌の現在を伝える場である。

●ホームページの運用

トップページには、新着情報やおすすめコンテンツを定期更新に合わせて掲載しているが、トップでお知らせしたいコンテンツが年々増えていることから、すっきりと見えるように改修するなど、生きた情報を届けることに力を入れている。例えば、新型コロナ以降、進めてきた催しのオンライン化であるが、ライブ配信中はホームページトップに直接配信ページへの移動先を示し、視聴者へのスムーズな案内を心がけた。

2022年は134万件のアクセスがあり、多くは検索による季刊誌の記事であるが、そこからJT生命誌研究館の活動に関心をもってもらえるよう工夫を重ねている。



●画像投稿システムの開設

2020年、コロナ禍によりBRHが臨時休館せざるを得ない中で、来館者や読者とのつながりを求めて画像投稿コーナーを試験的に始めた。好評をいただいたため、スマホからも気軽に画像投稿できるシステムを作成した。2022年は、映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」との相乗効果を狙って、身近なチョウと植物の写真を募った。これからも企画して、相互交流の場として活かしていきたい。

企画：チョウや植物の写真を撮って
投稿しよう！

会期：2022年8月9日～11月30日
投稿数：217



【投稿者の声（「みんなの広場」より）】

多数の方々がこの企画に眼を留められ・関心を持たれて・参加されたんだあと、JT 生命誌研究館の 30 年にわたる地道なご活動で、JT 生命誌研究館の企画に眼を向けられる方々の多さを実感すると同時に一つ一つの写真を撮影された方々が、何を見て・何に心が動いて・どれぐらいの時間をかけてどんなふうに撮られたかの（中略）多彩な価値観が感じられ楽しませて頂いています。

●「みんなの広場」の運用

「みんなの広場」は、JT 生命誌研究館が当初より大切にしてきたネット上の語り合いの場である。2022 年は、およそ 100 件の投稿があり、活発な意見交換が行われた。館員が自身の研究や日々取り組んでいること、考えていることを書く「研究館より」に対する投稿が最も多かった。研究の裏話や生物に接する日々の中での気づきなど、論文の内容だけではない情報が読者の共感と呼んだのだと考えている。また、他施設の研究者や、生物観察を趣味とする一般の方から、生物の飼育方法や生態、研究手法に関する質問も多く寄せられた。特にチョウの飼育方法に関しては同様の質問が多く寄せられたため、これらを「よくある質問」としてまとめ、多くの方にアクセスできるように活用したいと考えている。

●メールマガジンの発行

ホームページの更新日にあわせて、最新情報をお届けするメールマガジンを発行している。これまでメールマガジンの送付申し込みとカードの送付申し込みを別々に行っていたが、カードの無料送付申し込みと一緒にメールマガジンを申し込めるようにしたところ、新たに約 2500 件の読者を獲得することができ、配信数は約 7000 件と大幅にアップした。読者の反応も良好で、催しの申し込みや投稿募集などの企画では比較的早期に人数が集まるなど手応えを感じている。正確かつわかりやすい情報発信を続けていきたい。

2. ソーシャルメディア等による発信

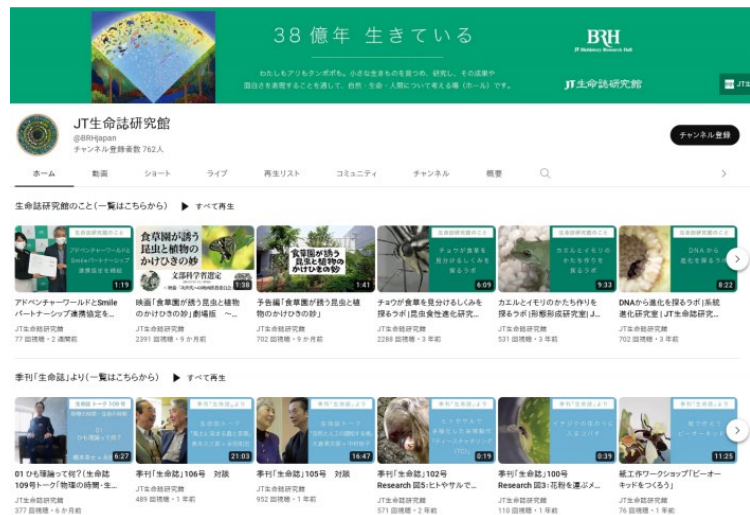
私たちの暮らしに身近なソーシャルメディア等を利用して親しみやすく研究活動を発信し、JT 生命誌研究館を身近なものとして関係を築くことを試みている。

●LINE

新規開設国内の利用者数が最大で、幅広い年代から支持される LINE の公式アカウント（@brh_official）を 2022 年 7 月に開設した。最新の研究活動をビジュアルバナーで伝え、来館時にもらえるプレゼントクーポンを配信して来館を促した。友だち登録数：523（2023/1/7 時点）

●YouTube の活用

催しの記録映像や生命誌の映像作品、季刊誌の取材映像や研究活動の動画など、YouTube サイトから配信を行っている。多岐に渡る動画を整理し、4つのカテゴリー別に、最新動画が一覧できるページを新たに制作した。一目で更新情報がわかるようになった。特に、催しの映像は、当日を見逃した方に好評を得ている。映像は貴重なアーカイブとして活用していきたい。



●ソーシャルメディアポリシーについて

上記の他、Facebook、Instagram など、対象や内容に応じて SNS を活用している。それらの各種 SNS のソーシャルメディアポリシーについて、SNS 側の修正など状況に応じた見直しを行なっている。最新の状況をホームページ上で一覧を閲覧できるようにした。

2-7. シンポジウム「昆虫 4 億年」・写真展「今森光彦の時間」の開催

担当：星野 敬子

未来世代に科学する心を育み、「問いを発掘する場」としての JT 生命誌研究館のメッセージを送るシンポジウム「生命誌から生命科学の明日を拓く」は今年第 3 回を迎え、写真家の今森光彦氏を招いて「昆虫 4 億年」をテーマに開催した。過去 2 年間は、新型コロナウイルスの影響により、オンライン開催に限定していたが、今年は観客数を 50 名として JT 生命誌研究館ホールでの開催が実現し、その様子をオンラインでライブ配信した。

さらに、シンポジウム当日から約 3 ヶ月にわたり、JT 生命誌研究館ホール展示室で昆虫写真展「今森光彦の時間-『昆虫 4 億年の旅』から-」を開催した。今年の企画展示「生きものの時間」に関連させ、昆虫が辿った 4 億年の歴史と、昆虫を見つめ続けた観察者の時間をテーマに展開した。



1. シンポジウム開催概要

タイトル 生命誌から生命科学の明日を拓くⅢ 「昆虫 4 億年」

日時 2022 年 9 月 17 日(土) 14:00~16:00

場所 JT 生命誌研究館・YouTube ライブ配信

出演 今森光彦氏（写真家）永田和宏（館長）

内容

1. 挨拶 永田和宏館長
2. 講演 今森光彦氏 「世界の昆虫・里山の昆虫」
3. 対談 今森光彦氏×永田和宏館長
「身近な自然・里山ーヒトと昆虫の営みの場」
4. 質問

外部広報

- ・ 全国の高等学校 180 校 オンライン視聴案内送付 8 月
- ・ 毎日新聞北摂版掲載 9 月 13 日
- ・ 読売新聞京都版掲載 9 月 16 日

参加

- ・ 当館ホール 約 50 名
- ・ オンライン視聴回数 約 400

感想

- 幸せな時間でした。今森さんの現地での体験談はやはりせめてくる！対談ではその解説をお二人で行なっていただけ、理解が深まりました。(会場)
- 生命「誌」という概念が少し感じられました。(会場)
- 昆虫や植物を実際に見てきた経験にもとづくお話はとても説得力があり勉強になりました。昆虫や植物の次の世代を残すための戦略のようなものにあらためて感心しました。(会場)
- 今森先生のお話はとても興味深く、ラフレシアの咲く瞬間のお話はドキドキワクワクしました。対談では里山のお話がおもしろく、自身の幼少期の体験がよみがえりました。(会場)
- 初めて視聴しました。JT 生命誌研究館の見学は関東からはなかなか遠くて出来ませんが、ウェブサイトと今回の様なイベントを拝見できるのは大変に嬉しいです。(オンライン)
- 昆虫は苦手ですが、お話を聴いているうちになんとかかわいいと思いました。もっと聴きたかったです。(オンライン)
- 今森さんが単に写真を撮るだけでなく植物、昆虫の生態をよく観察していることがよく分かるエピソードを聞けて楽しかった。(オンライン)

2. 写真展開催概要

昆虫の驚きに満ちた生きる術、他者との関わり合い、そして多様で美しい姿のもつ意味に思いを巡らせ、生命 38 億年の歴史について考える展示を開催した。

タイトル

今森光彦の時間
-『昆虫 4 億年の旅』から-

会 期

2022 年 9 月 17 日～12 月 4 日

場 所

JT 生命誌研究館
1F 展示ホール 小展示室

内 容

- ・ 写真作品 30 点
- ・ 標本作品 2 点展示
- ・ フィールドノートのパネル展示
- ・ 書籍閲覧

外部広報

- ・ 博物館等施設 150 ヶ所 ポスター掲示依頼 9 月
- ・ 読売新聞大阪版掲載 10 月 1 日



2-8. 記録映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」 ～JT 生命誌研究館の魅力を伝える～

担当：村田 英克

記録映画「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの妙」は、同名の企画展示にまつわる JT 生命誌研究館の約 1 年間の活動を映像で記録し、劇場映画としてまとめたものである（本作の内容と制作の経緯については『2021 年度版 JT 生命誌研究館年報 ―＜問い＞を発掘する場 ―』「Ⅱ. 表現セクター活動報告 (P. 17-47)」に詳細がある）。本章では、主に、本作の興行としての劇場上映と、それに関わる人々の協働を報告する。

映画の興行を成立させる要素としては、一般的には、出演、監督、製作、配給、宣伝、劇場、観客などが考えられる。もちろん社会的分業形態はその通りだが、それぞれの立場の人々が、作品を求心力とする協働によって、いかにプロジェクトを実現するかが「表現を通して生きものを考えるセクター」としては大切だと考えている。本作興行に向けた最初の一步として、当館は、制作のみでなく配給、宣伝の役割も担う立場から、封切り館となる東京の映画館（ポレポレ東中野）と、公開時期、宣伝、上映形態及び興行条件等について交渉し、2022 年 7 月 23 日（土）から始まる 1 週間の上映に向けて準備を進めた。

東京での興行成績は、その後、各地のミニシアターが上映作品の選定を行う際に、作品評価と併せて用いる重要な検討材料の一つとなる。劇場側と設定した 1 週間上映の来場者「数」の目標達成に向けた努力に加えて、来場者の期待に応える「質」を提供する工夫も欠かせない。劇場での映画鑑賞をきっかけに、「生命誌の世界」が、来場者の日常にも重なることを実感してもらう企画として、上映期間中、チョウの食草を揃えた＜ミニ・食草園

＞を劇場ロビーに設置し、日替わりで多様なゲストを招いて上映後イベントを行うなどを企画した。

映画館は、興行を通して、映画文化と社会をつなぐ現場である。とくにミニシアターと呼ばれる独立単館系の劇場は、小規模ながら、劇場ごとの裁量により、作品選定、番組編成を行うことで劇場ごとの独自性を打ち出し、地域の期待に応える経営を模索し、それぞれの都市ごとに集客のノウハウを蓄積しながら、映画文化を担う拠点として活動しており、全国を俯瞰すると、各地で多様な、個性的なミニシアターが営まれている。

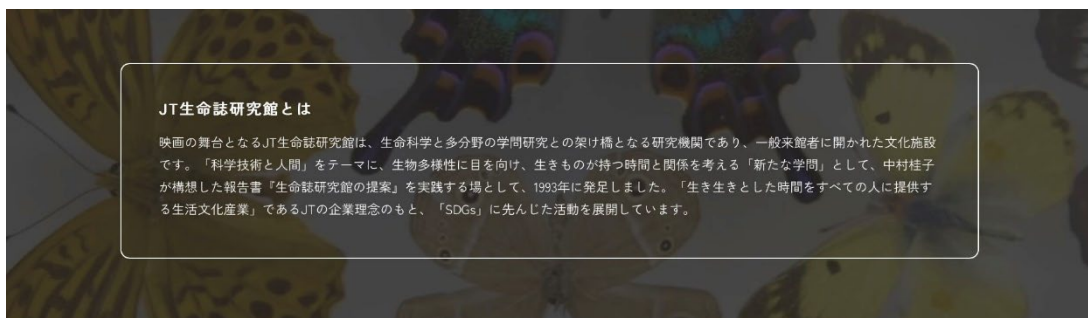
JT 生命誌研究館の活動を伝える内容の映画作品を各地のミニシアターに紹介する配給者の立場から、各劇場に対し、映画鑑賞に加え、「生命誌の世界」を伝える関連グッズの販売や、劇場毎の規模や個性に合わせた＜ミニ・食草園＞展示、関連トークやライブなどを企画し、それぞれの地域の要求に合致した場づくりを提案した。本作の 2022 年内の上映は、7 月 23 日（土）の東京の封切り公開から、宝塚での上映最終日の 12 月 1 日（木）までに、全国 18 拠点（23 会場）のスクリーンで、1,526 人の方々に鑑賞いただくことができた。東京、名古屋、福岡など遠方での映画鑑賞がきっかけで、わざわざ高槻まで足を運んでくださったという来館者もあり、とても感謝している。日々、映画文化を発信し続けるミニシアターは、ほんとうに劇場ごとに、あるいは立地する都市ごとに多様で、求められるものが異なるのだが、「自然・生命・人間の多様性」を謳う当館の活動理念への共感は共通しており、その理念を、各地の現場が求める実情に合致

する形に、都度、アレンジして行く、そこからまた新しい表現を学び、次の可能性を探る、

あっという間の1年であった。以下に、その経緯を報告する。

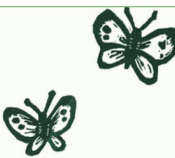
劇場公開に向けて約半年の間、封切り館となるポレポレ東中野にアドバイスを頂きながら、作品のプレスリリース、チラシ・ポスター、予告編、公式ホームページ、SNS、更に上映マスター（DCP）の作成を進めた。プレスリリースの原案作成の段階で、一番、難儀した

のが、「JTが、なぜ生命誌研究館を運営しているのかを、一般の方が納得するように書き下す」という劇場側からの要求であった。納得の得られる文言になるまで、客観的な視点で、何度も、何度も、ダメ出しをいただいたことに感謝している。



監督のメッセージと合わせ、外部識者による推薦の文章も掲載した。昆虫写真家の今森光彦さん、『新日本風土記』プロデューサーの伊藤純さん、詩人のぱく・きょんみさん、植物

観察家の鈴木純さん それぞれ個性的な切り口から、作品を語ってくださったことで、関心を寄せてくださる観客の幅が広がりとても感謝している。



コメント

..... comments

チョウの好きな花や幼虫が食べる植物を植えておくと母チョウが飛んできて卵を生んでくれます。こんなときは本当にうれしいですね。チョウの幼虫が決まった植物を食べていることを知るだけでも感動です。昆虫たちは、植物と関わり合って生きていますが、私たち人とも深いつながりがあります。

気が遠くなるような時間のなかで培われてきた奇跡の関係。そんなドラマを生命誌研究館では、楽しく学べます。地球の命は全部つながっているんですね！！

今森光彦（写真家）

私はチョウチョにあんまり興味のない人間です。小学生の頃、東京タワーで羽化する「モスラ」には興奮しましたが。でもこの映画は愉しかったです。小さな命がこんな風に生き抜いているのかという驚きとともに、登場する皆さんが実にたのしそうにうれしそうに、自分の愛するものについて語ってくれたからです。自分の大切なものを独り占めするのではなく、見ず知らずの他人とも分かち合うことに喜びを見いだせる人たち。子どもたちは見た後こう思うかもしれません。「チョウチョを好きになると、素敵な大人になれるよ！」。

伊藤 純（『新日本風土記』プロデューサー）

はっばと ちょうちょ
ちょうちょと ひと
ひとと ことり
ことりと むし
むしと つち
つちと あめ
あめと ひざし
ひざしと はっば

耳をすませば
みえてくる
世界がある
それは
わからなくても いい

ただそうある 世界に
すこーし 気づくことになることかもしれない

ばく きょんみ（詩人）

生まれたてのナナフシの赤ちゃんが踊ってる！ えっ、脚とれちゃったの？ エノキの葉っぱのとり帽子、ずいぶん可愛い虫こぶだなぁ。うわぁ！ ナミアゲハが脚をトントンして葉っぱの味を確かめてる！

毎日、地面にはいつくばって虫を探す中井さんも素敵だし、第一線の研究者の話も聞けるし、なんなんだこの映画は。おもしろじゃん！ いますぐ大阪・高槻にある生命誌研究館に行かなければ！！……あれ？ でも、映画に出てくる昆虫や植物は、街中で見られるものばかりだ。駅前のクスノキでアオスジアゲハ見つけられるかな。庭のニンジンにもキアゲハくるかしら？ そういえばあの公園にあったイヌビワ、あの花を開けたらコバチがいるってこと？

そう考えたらドキドキしてきたぞ。ばくだって、家の近くで昆虫と植物の関係を見つけられるかもしれない。もしかして新発見だってしちゃうかも！

鈴木 純（植物観察家）

生命誌研究館では、生きものを「科学」しています。科学で何かが「わかる」と、その周囲にもっと「わからないことがある」とわかります。私たちには、わからないことを抱えたまま、複雑な自然の中で「賢く生きる知恵」が必要なのです。

映画では「科学」だけでなく「能楽」も語られます。四季に恵まれた日本の風土に培われ、語り継がれる物語には、学びきれない豊かさが込められていると思うのです。

私たちが今、見ている蝶や草花の世界と、昔、万葉歌人が目にした自然との間に、さほど違いはないのではないか？ そして、自然に向かう私たち人の心も……そんなことを思いながら、この映画は、生きものについて考え、研究館で表現する者の等身大のメッセージを散りばめてつくりました。ご覧になる方々にとって、どこか面白いところがあることを願っています。

村田英克（本作監督）

本作の顔になるビジュアル・イメージを、山福朱実さんに、一枚の木版画で仕上げていただけたことは幸いであった。「宣伝美術」というお仕事のカテゴリーだが、これも一つの作品と受け止めている。細部の描写でなく、木版画の手法で、大まかに、しかし的確に、植

物や昆虫などモチーフの特徴を掴んで描かれた庭の様子と、頬杖をついて、虫や草を、飽くことなく眺め続ける少女は、「自分の中にある、身近な自然を慈しむ心に気づいて欲しい」という本作が伝えたいメッセージそのものとなっている。

いざな 食草園が誘う 昆虫と植物の かけひきの妙

2022年夏、
ポレポレ東中野にて公開決定！

ほか全国の劇場で順次公開予定。

永田 和宏 奥本 大三郎 中村 桂子 大倉 源次郎
JT生命誌研究館館員 ナミアゲハ アマミナナフシ
イヌビワ ほか

ギター音楽：末森 樹

監督・撮影・編集：村田 英克

聲音：百済 伸晃 撮影：中井 彩香・室園 純子
宣伝美術：山福 朱実

2022年 | 日本 | 73分 | HD | ドキュメンタリー | 日本語字幕 | 提供：JT生命誌研究館



東京の劇場公開を約1週間後に控えた7月14日に、本作が、映倫「次世代への映画推薦委員会」推薦作品に選定され、更にその翌日には、「文部科学省選定（青年向き）」の朗報を受けた。



ポレポレ東中野の1週間上映ではロビーに
 <ミニ・食草園>とナナフシを展示。
 期間中、映画鑑賞後にスタッフと歓談した。



上映後イベントは、出演者、監督によるトークに加え、ゲストにイモムシ画家の桃山鈴子さん、植物観察家の鈴木純さんを迎えてのトーク等を、日替わりで企画した。

本作ギター音楽の末森樹さんと美術（&ヴォーカル）の山福朱実さんによるライブでは、本作に寄せられた、ぱく・きょんみさんの詩を元に、今回、作曲した歌「わからなくてもいい」が披露された。



東京に続く、神奈川、京都、大阪、神戸、さらに中国、九州地方へと、上映する劇場の個性に併せて、上映イベントを企画、実施した。

「食草園」展示に加え、親子でチョウと触れ合う体験コーナーの運営や、ナナフシの観察が好評であった。

監督、出演者のトークでは、映画に登場する小鼓と謡の実演が、またオンライントークでは、研究館の食草園からのライブ中継などが好評であった。



上映劇場		上映期間	イベント	来場者
東京	ポレポレ東中野 *	7月23日～7月29日	連日上映後イベント	276人
神奈川	あつぎのえいがかん kiki	7月30日～8月12日		127人
	シネマアミーゴ	7月31日～8月6日		37人
	横浜シネ・マリン	8月20日～8月31日	舞台挨拶 8月21日、27日	170人
名古屋	シネマ・スコーレ	10月1日～10月7日	舞台挨拶 10月2日	44人
京都	京都シネマ	7月29日～8月4日	舞台挨拶 7月30日、31日	206人
大阪	シネ・ヌーヴォ X	8月13日～8月19日	舞台挨拶 8月13日	25人
	シネ・ヌーヴォ *	8月20日～8月26日	舞台挨拶 8月20日、26日	81人
兵庫	神戸映画資料館 *	8月5日～8月9日	蝶ふれあいイベント 8月7日、9日	74人
	宝塚シネ・ピピア *	11月25日～12月1日	舞台挨拶 11月26日、12月1日	70人
広島	横川シネマ	11月18日～11月24日		53人
山口	YCAM シネマ	10月19日～10月24日	トーク&ライブ 10月23日	45人
福岡	キノシネマ天神	8月5日～8月18日	舞台挨拶(オンライン) 8月5日、14日	82人
	東田シネマ vol.65	10月14日～11月5日	トーク&ライブ 10月14日、15日	169人
佐賀	シアター・シエマ	11月11日～11月17日		12人
大分	日田シネマテーク・リ ベルテ	11月7日～11月13日		9人
宮崎	宮崎キネマ館	9月23日～10月6日	オンライントーク 9月23日	34人
鹿児島	ガーデンズシネマ	8月28日	オンライントーク 8月28日	12人

*上映期間中劇場にミニ・食草園を設置

<各種媒体掲載> インタビュー

村田英克

◆YouTube◆

- ・「タケダ監督のドラゴンシネマナイト」 8月25日 (31分)
- ・「サブカルワンダーランド m307」 8月23日 (42分)
- ・「シネマコミュニケーター高橋裕之のハイシーン!」 8月19日 (11分)

◆Web site◆

- ・Tiroir du Kinéma ティロワ・デュ・キネマ「立ち止まる謙虚さが必要」
8月22日
- ・キネ坊主「身の周りをよく見ると分からないことだらけ」 8月18日
- ・神戸経済新聞「長田の神戸映画資料館で昆虫記録映画公開」 7月27日
- ・HugKum (小学館)「映画で昆虫と植物をじっくり味わう『食草園…』監督の思い」
7月20日
- ・ONLINE マガジン『装苑』(文化出版局)「見なれた蝶々と、どこにでも生えている草花たちの物語」 7月13日
- ・CityLife「-高槻市-JT 生命誌研究館の新作ドキュメンタリー映画を劇場で公開」 7月1日

◆新聞◆

- ・読売新聞 (2022年8月19日)「動植物目線 神秘の世界」
- ・神戸新聞 (2022年8月1日)「チョウと植物 生命のドラマを記録」
- ・京都新聞 (2022年7月28日)「庭と虫と人と 12平方メートルの物語」
- ・大阪日日新聞 (2022年6月12日)「館物語」JT 生命誌研究館

◆コミュニティFM◆

- ・エフエム宝塚「たからづか8丁目35番地」 11月23日
- ・FM ラヂオきしわだ「タケダ監督のドラゴンシネマナイト」 8月20日
- ・FMaiai「高橋裕之のレイトなシネマ感だよ」 8月14日

齊藤わか

◆新聞◆

- ・読売新聞 (2022年9月24日)「大阪ひと語り 生き物探究 魅力伝える」

社会に開かれた活動報告

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/1/2-9	一般 親子連れ	福岡市 科学館	映画鑑賞会 「生命誌を考えるシネマの時間」	597 人
2022/4/1-5/31	高校生	習志野 高校	「細胞展」映像 DVD の授業での活用	約 100 人
2022/4/26-6/15	高校生	女子学院 高校	「細胞展」映像 DVD の授業での活用	約 100 人
2022/5/3-4	一般 親子連れ	高槻城 公園	高槻 JAZZ ストリートへ生命誌ブース出展 (JT 大阪支社と共同)	1,000 人
2022/5/5	一般 家族連れ	中之島 バンクス	中之島リバーサイドフェスタへ 生命誌ブース出展 (JT 大阪支社と共同)	885 人
2022/4/26-5/8	一般 家族連れ	板橋区立 熱帯環境 植物園	バタフライガーデン～蝶が集まる草花～ 展に、アゲハ蝶のドラミング映像を提供	-
2022/5/5-12/29	学生	アルファ 医療福祉 専門学校	「細胞展」映像 DVD の講義での活用	約 100 人
2022/5/21	親子連れ	常滑 おやこ 劇場	講話「人形劇『トクン・トクン』と生命 誌」(村田)	18 家族 約 35 人
2022/6/11-7/10	一般 親子連れ	川口市 科学館	「たまご展～命をつつむカプセル」展示 協力(チョウの写真提供)	-
2022/6/11	留学生 親子連れ	亀岡市 国際交流 会館	亀岡グローバル・セッション講話「映画 『食草園』と生命誌の活動」(村田)	28 人
2022/6/17	一般	JT 生命誌 研究館	自然総研プログラム講話「生命誌研究館 の活動について」(村田)	19 人
2022/6/18	シニア	JT 生命誌 研究館	シニア自然大学校マイスター講座のため の映画上映、活動紹介等	43 人
2022/6/24	学生	和歌山県 白浜町	アワーズ動物学院での永田館長講演 「“学ぶ”には驚きと感動を、そして問 いを！」	約 50 人
2022/6/25	大学生	京都産業 大学	講義「サイエンスコミュニケーション」 (中井)	79 人
2022/6/25	親子連れ	富山 おやこ 劇場	講話「人形劇『トクン・トクン』と生命 誌」(村田)	20 家族 団員 5 人

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/7/10	親子連れ	葛西臨海水族館	ワークショップに紙工作「トビハゼ」提供	32 組 75 人
2022/7/16-18	一般 親子連れ	うめきた外庭スクエア	「食草園」紹介映像上映、チラシ配布（JT 大阪支社と共同）	チラシ提供 約 500 部
2022/7/24	一般 親子連れ	泉佐野市	「りんくうプレミアムアウトレット」で DVD 放映、紙工作キット配布	キット提供 100 部
2022/7/28-8/1	学生 一般	千葉工業大学	オープンキャンパスでの出張展示 「いのち愛づる館の物語」と「細胞展」映像の上映	約 400 人
2022/7/31	高槻市民	市内全戸 配布	高槻市広報誌『たかつき DAYS』8 月号・JT 生命誌研究館紹介掲載	16 万部
2022/8/4～9/14	大学生	京都産業大学	インターン受け入れ	1 人
2022/8/21	買い物客	豊中市庄内本通り商店街	商店街「夏祭り」に生命誌ブース出展（JT 大阪支社と共同）	993 人
2022/9/26～11/14	大学生	大阪医科薬科大学	医工薬三学連環科学機構「生命誌講義」（平川）	約 140 人
2022/9/27	全校児童 教員	亀岡市立千代川小学校	ワールド・フェスティバルに生命誌ブース（チョウと食草展示）出展と講話（村田）	300 人
2022/9/30	児童 教員	亀岡市立千代川小学校	6 年生授業「生きもののつながりの中の私たち」（村田）	3 クラス 約 100 人
2022/10/22	生徒 教員	高槻市立芝谷中学校	2 年生キャリア学習授業「企業からの依頼」（平川）	36 人
2022/10/26	一般読者 親子連れ	関西近畿エリア	観光雑誌『るるぶ・特別編集高槻市政 80 周年記念号』に JT 生命誌研究館紹介掲載	-
2022/11/3	一般	全国	公明新聞「地域の魅力を発信するコーナー」に JT 生命誌研究館紹介掲載	発行部数 800,000
2022/11/5	親子連れ	安満遺跡公園	たかつき産業フェスタ・生命誌ブース出展（紙工作「空飛ぶ生きもの」）ワークショップ	71 人

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/11/10-21	生徒 教員	京都府立 嵯峨野 高校	イベント「みやびサイエンスガーデン」 への生徒によるブース出展で出張生命誌 展示「いのち愛づる館の物語り」を活用	提供なし
2022/11/12	一般	大阪市 北区	うめきた外庭スクエアのイベントに出展 (紙工作・食草園・映画紹介)	240 組
2022/12/11	一般	和歌山県 アドベン チャーワ ールド	アドベンチャーワールド 締結式&トークセッション	おサイト 約 50 名 LIVE 視聴 270 件 最大 327 件 記録動画 視聴 8,988 件
2022/12/11～ 2023/5/31	一般	和歌山県 アドベン チャーワ ールド	アドベンチャーワールド出張展示 「食草園が誘う昆虫と植物のかけひきの 妙」	提供なし
2022/12/24-25	一般 親子連れ	グランキ ューブ大 阪（大阪 国際会議 場）	アート・イベント「キテミテ中之島 2022」にて映像 「生命誌版ゼロ弾きのゴーシュ」上映	55 人

Ⅲ. 研究セクター 活動報告

【研究セクターミッション】

ユニークなアプローチで、生命の本質に迫る発見をし、新たな知を創る。

研究ディレクター報告

研究ディレクター 吉田 賢右

「研究ディレクター」は、研究室の間の意見の取りまとめ、外部発信および研究実験に伴う様々な事務や作業などを調整し、承認する立場である。

1. 成果発表、外部研究費

2022年1月-12月に発表された論文数は、10報であった。オンライン化が急速に進んだ学会での発表も旺盛に行った。また、科学コミュニティに貢献するデータベースや一般市民も使える科学探索ソフトの公開なども実施した。

2022年度の競争的外部研究資金は、7件であった。

2. 外部発信

月1回の「生命誌の日」（第3土曜日）に講演会やオープンラボなどを実行してきた。

2022年度は、講演者を当館の研究者のみならず外部の研究者を招聘し、内容は小学生から専門家まで面白く聴ける工夫をした。

また、オープンラボとしては、研究室訪問を9回43名、実験観察の催しに40名、実験動物（アフリカツメガエル）観察に394名が参加されるなど旺盛に実施した。各研究室は、当館ホームページでもラボ日記、研究の進展、成果の解説、質問に対する回答など馴染みやすい発信を続けている。

3. 人材育成

2022年度は、提携している大阪大学大学院から派遣されている3名の大学院生の指導を実施している。当館の研究員は、他大学や高等学校で講義を実施しており、また高等学校の理科クラブの生徒に対する実験指導を含め、研究指導も実施している。

4. 研究事務管理

当館は、研究員8名、大学院生3名、研究補助員5名の小規模研究施設であるが、大きな研究施設とほぼ同じ形式の諸研究事務は必要であり、わずか数名の事務部門で適切に事務処理を実施している。

研究セクターとしては、事務部門での負担が大きく増えることがないよう、また、研究室メンバーが研究に集中できるよう環境の確保に努めてきた。

引き続き、事務業務の軽減、研究環境の改善を推進していきたい。

研究室紹介

「生きている」を支える基本は細胞です。私たちはそれを出発点に発生・進化・生態系という切り口で、チョウ、クモ、コバチ、カエルなど生きものたちの物語りを読み解いています。

卵（一つの細胞）からクモやカエルの形ができていく発生、昆虫の多様性や植物との共進化、チョウの食草選択など興味深いテーマがたくさんあります。

チョウが食草を見分けるしくみを探る

昆虫食性進化研究室

チョウは食草の選び方を生まれながらにして知っています。本能のしくみを分子の言葉で理解し、どのような変化が進化を引き起こしたのか解明します。



ハエとクモ、そしてヒトの祖先を知ろう

細胞・発生・進化研究室

私たちがモデル生物として開拓したオオヒメグモを中心に細胞や形作りの仕組みを調べ、昆虫や脊椎動物と比べることによって、動物多様化の根底に存在する基本原理を探ります。



DNA から進化を探る

系統進化研究室

化研究の原点は観察と比較です。分子レベルの比較、表現型の比較、そして分子から表現型に至る過程の比較を通して、進化・種分化のきっかけとメカニズムを探ります。



カエルとイモリのかたち作りを探る

形態形成研究室

脊椎動物の「かたち作りの進化」を、細胞増殖と分化そして組織移動の観点から、カエル・イモリ・プラナリアを用いて考えています。



チョウが食草を見分けるしくみを探る

昆虫食性進化研究室



アゲハチョウの食草選択と進化

チョウが食草を見分けるしくみを探る 昆虫食性進化研究室

室長 研究員 尾崎 克久
研究員 宇賀神 篤
研究補助員 廣寄 由利恵

1. 概要

昆虫と植物がどのように関わり合っているのか理解するため、両者の間を取り持つ植物化学物質に注目している。アゲハチョウのメス成虫は産卵する直前に植物の表面に前脚で触れ、産卵するか否かを“判断”している。前脚で活動する味覚神経に発現する受容体遺伝子の組み合わせは、産卵の判断がどのような神経活動によって行われているのかを理解する上で重要な手がかりとなる。味覚受容体遺伝子の発現位置情報の解析について報告する。幼虫にとっては、食草と認識して食べることと同様に、食べた植物が持つ防御物質を解毒できるかどうかも重要である。昆虫に対して毒性を示す化学物質に注目してアゲハチョウと植物の関係を俯瞰すると、新しい進化の歴史が見えてきた。機械学習を用いた毒性による植物の分類について報告する。

2. はじめに

「環境」という言葉を聞くと、気温や地形など非生物的なものをイメージする人が多いのではないだろうか。実際には、食う・食われる、病気になるなど、生物の生死には他の生物の存在が強く影響している場合が多い。単独で生存できる生命は存在せず、他の生物との関係こそが重要な環境要因である。それでは、生物同士がどのように関わり合いながら「生きている」のだろうか？この謎の一端を解き明かすために、アゲハチョウと食草の関係について、生態学・分子生物学・情報学など様々な角度から研究に取り組んでいる。

アゲハチョウの仲間は全て植食性で、基

本的に幼虫は特定の植物だけを餌として利用する。成虫は花の蜜を飲むので植物を食べることはないのだが、メス成虫は幼虫が食べられる葉を選んで産卵する。成虫にも幼虫にも植物が作る化学物質の存在は重要で、メス成虫は前脚にある化学感覚毛で植物を“味見”して産卵場所を選択し、幼虫は植物が作る防御物質（毒性化学物質）を解毒できるか否かが生存に強く影響する。これらのことから、植物化学物質をキーワードとして、昆虫と植物の関わり方を読み解くことができると考えている。

3. チョウの味覚型化学感覚子

チョウの雌成虫は、産卵の直前に植物の表面を前脚で叩く「ドラミング」と呼ばれる行動をする¹。ドラミングによって、植物が持つ化学物質を「味」として感じ取り、産卵場所として選択する。幼虫の移動能力は低いので、味音痴な母親が植物の選択を間違えた場合、孵化した幼虫の生存に重大な影響を与えることになる。味覚はアゲハチョウにとって、次世代の存続を左右する重要な役割を持つ機能なのだ。味覚に関わる遺伝子やその機能を明らかにすることができれば、昆虫と植物の関係について理解を深めることができるだろう。

味覚関連遺伝子として真っ先に名前が挙がるのは味覚受容体遺伝子 (gustatory receptor = GR) だろう。当研究室では、産卵刺激物質の一つであるシネフリンに対する

受容体としてナミアゲハ味覚受容体 1 号 (*Papilio xuthus Gr1: PxutGr1*) を同定している²。しかし、その他の産卵刺激物質の受容体は、RNA-seq によって候補となる遺伝子を複数検出しているが機能は未同定である。これらは前脚で発現しているのは間違いのないものの味覚感覚子で発現しているのかは不明であった。

ナミアゲハ (*Papilio xuthus*) の場合、先行研究から「メス成虫が前脚ふ節先端の味覚感覚子でミカン科植物由来の複数の化学物質 (産卵刺激物質) を受容し、食草か否かの識別をしている」ことが明らかとなっている³。その一方で、産卵刺激物質受容の分子機構については、2011 年にシネフリンの受容体遺伝子が同定されたのみで²、化学物質の組み合わせで「ミカンの葉の味」を認識する仕組みの理解には至っていない。

2021 年の解析から、ナミアゲハの約 50 個の味覚受容体遺伝子のうち、新たに前脚に選択的に発現する 14 遺伝子を同定している。機能解析のためのゲノム編集実験を開始した。ガイド RNA と Cas9 タンパク質を卵にインジェクションして得られる F0 は変異モザイクとなるので、当初はセオリー通り掛け合わせによる完全ノックアウト (KO) 個体の大量取得を目指した。

しかし、近交弱勢の影響で十分な KO 個体数を安定して得ることが難しかったため、方針転換を余儀なくされた。掛け合わせによる KO 個体での解析を断念し、可能な限

り変異導入率を高めた F0 での解析を目指すこととした。現在までに、前脚選択的な GR のうち 5 遺伝子について、F0 の全身 90% 以上に変異導入が可能となっている。チップレコーディング法による電気生理学的解析により、産卵刺激物質への応答性の変化の有無を検証中である。

先行研究から、前脚の味覚感覚子には少なくとも 3 タイプの異なる味神経細胞の存在が明らかとなっている³。ミカンの葉に含まれる産卵刺激物質の各成分は、それぞれ特定の味神経細胞によって受容される (シネフリン: type 1, 3; スタキドリン: type 1; カイロイノシトール: type 2; ナリルチン: type 2; 5-ヒドロキシ N ω メチルトリプタミン: type 1, 3)。したがって、個々の GR がどの神経細胞で発現するのかという位置情報、ひいては GR 同士の局在関係の情報は重要な手掛かりとなる。一般に昆虫の GR は発現量が極めて低く、発現可視化は困難とされてきたが、プロトコルを改良することで、2021 年時点で前脚選択的に発現する GR のうち約半数についてシグナルを得ることに成功した。

2022 年は、残りの発現量が特に低い遺伝子の発現可視化のため、更なるプロトコルの検討をし、ほぼすべての前脚選択的な GR について明瞭なシグナルを確認することができた (図 1)。

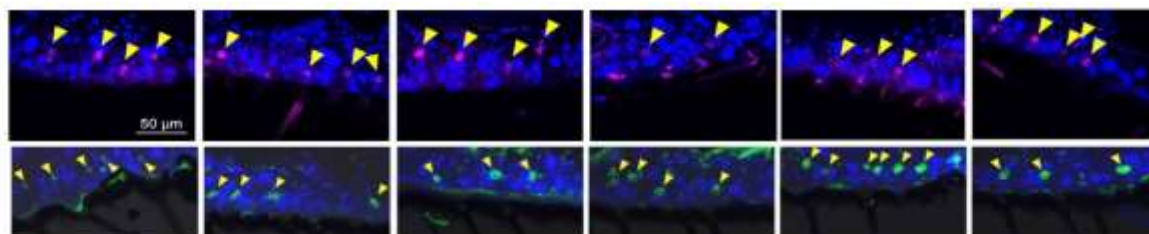


図 1. 前肢選択的 GR の前肢ふ節先端における発現の様子

下段が 2022 年に新たに発現可視化に成功したもの。上段左端が GR1。

他は未発表データにつき遺伝子名は省略

一部については GR1 との二重染色を実施した。ナミアゲハと極めて近縁でありながら食草としてセリ科植物を利用するキア

ゲハ(*P. machaon*)でも、それらと相同と考えられる GR 同士の局在関係はナミアゲハと同様であった (図 2)。

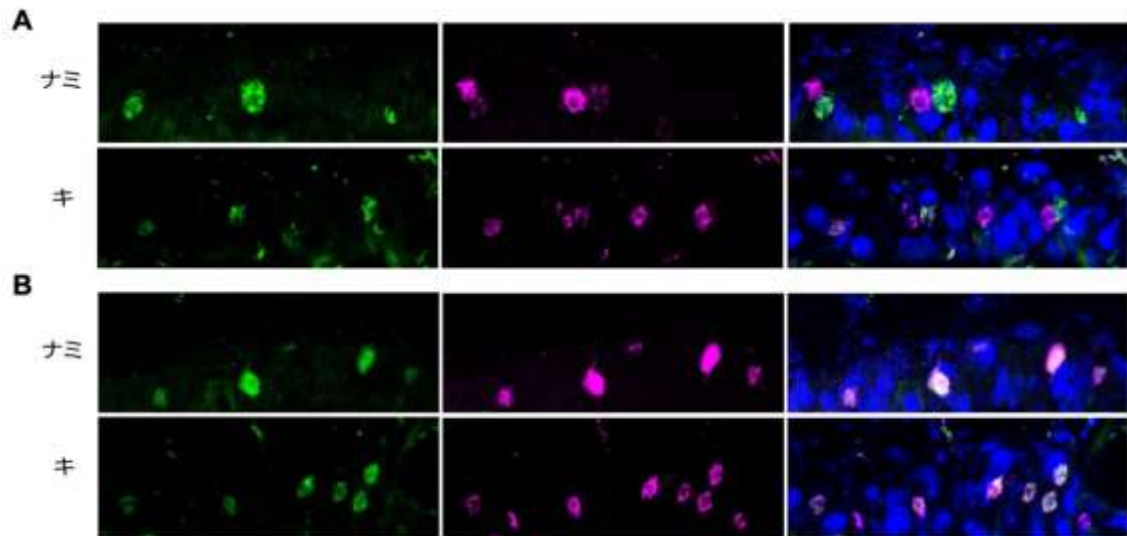


図 2. ナミアゲハとキアゲハの前肢ふ節先端における GR1 と他の GR の局在関係
隣り合う GR(A)と共局在する GR(B)とが存在する

異なる植物種を食草として認識するようになるためには、「食草である」ことの認識に寄与する GR 群において、味神経細胞における局在パターンは維持したまま対応するリガンドだけが変化することが必要なかもしれない。

メス成虫は、植物の葉に産卵する前に前脚を葉の表面に激しく叩きつける「ドラミング」をおこなう。一般的に、この行動が食草認識における最終かつ最重要過程と考えられており、当研究室においても前脚に着目して研究を実施してきた。しかし、チョウの行動を観察すると、ミカンの葉にドラミングの後、腹部を屈曲させ産卵管を葉に突き立てるものの、必ずしも卵の産み付けに至るとは限らないことがわかる。また、前脚の味覚感覚子で高発現する Odorant-Binding Protein (OBP) 遺伝子が、産卵管でも発現している⁴。これらのことから、最後に葉に触れる産卵管において、何らかの植物化学物質受容がなされている可能性を想定し、2022 年度から新たに研究を開始した。

産卵管の外被部分である papilla analis の腹側の縁 (産卵時に露出し葉に接触する) にのみ、左右それぞれ 10 本ずつの先端に孔の空いた飴色の感覚子が観察された (図 3)。形態的に前脚の味覚感覚子と酷似するものである。RNA-seq 解析およびリアルタイム PCR から、前脚とは異なる産卵管選択的な発現を示す OBP の存在も明らかとなった。

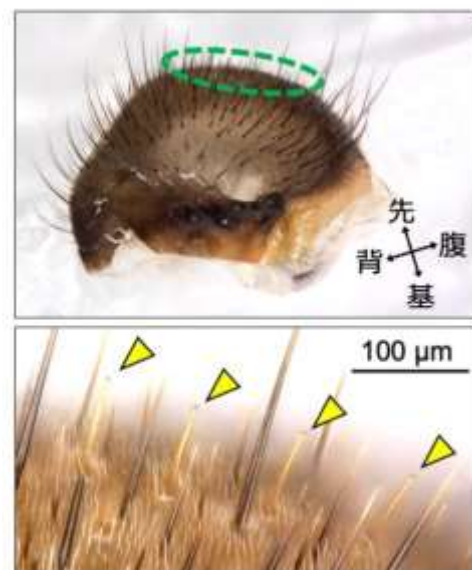


図 3. 産卵管(papilla analis)と腹側外縁部の拡大像
矢頭で示す飴色の感覚子が一列に並んでいる

4. 機械学習を用いた毒性化学物質を指標とする植物の分類

地球上で最も多様化した生き物は昆虫である。かつては、翅を獲得して高い移動能力を手に入れたことや、完全変態を獲得して幼虫と成虫が全く異なる形を得たことで空間を効率よく活用できるようになった事が多様化の要因と考えられていた。しかし、上記のような形質と昆虫の多様化に相関は見られず、現在では植食性という形質の獲得が多様化に大きな影響を与えたとされている⁵。鱗翅目昆虫（蝶と蛾の仲間）は昆虫の中でも種数が多いグループであるが、大多数が植食性という特徴がある。

昆虫の目（もく）の多くは約4億年前に出そろっているが、鱗翅目が地球上に誕生したのは約1億年前とされている。約6,500万年前、地表面が裸子植物から被子植物に

置き換わった時期に、被子植物が多様化するのと連動して鱗翅目昆虫が種数を増やしたとされている⁶。鱗翅目昆虫の多くが夜行性の蛾で、一部が昼行性に移行し、昼行性の一部が蝶になったと考えられている。

蝶の中でアゲハチョウ科に関しては、全ての種が植食性で基本的に決まった植物だけを食草として利用している。アゲハチョウ科で最も原始的とされるウラギンアゲハ属（*Baronia* 属）がマメ科のアカシア属を食草としてしていることから、共通祖先はマメ科食性だろうと考えられている⁷。ギフチョウを含むウマノスズクサ科食性が現れ、それを起点としてアオスジアゲハの仲間を含むクスノキ科食性、ナミアゲハやクロアゲハなど多様な種を含むミカン科食性、そして最終的にセリ科へと進出してキアゲハの仲間が誕生したと考えられていた（図4）。

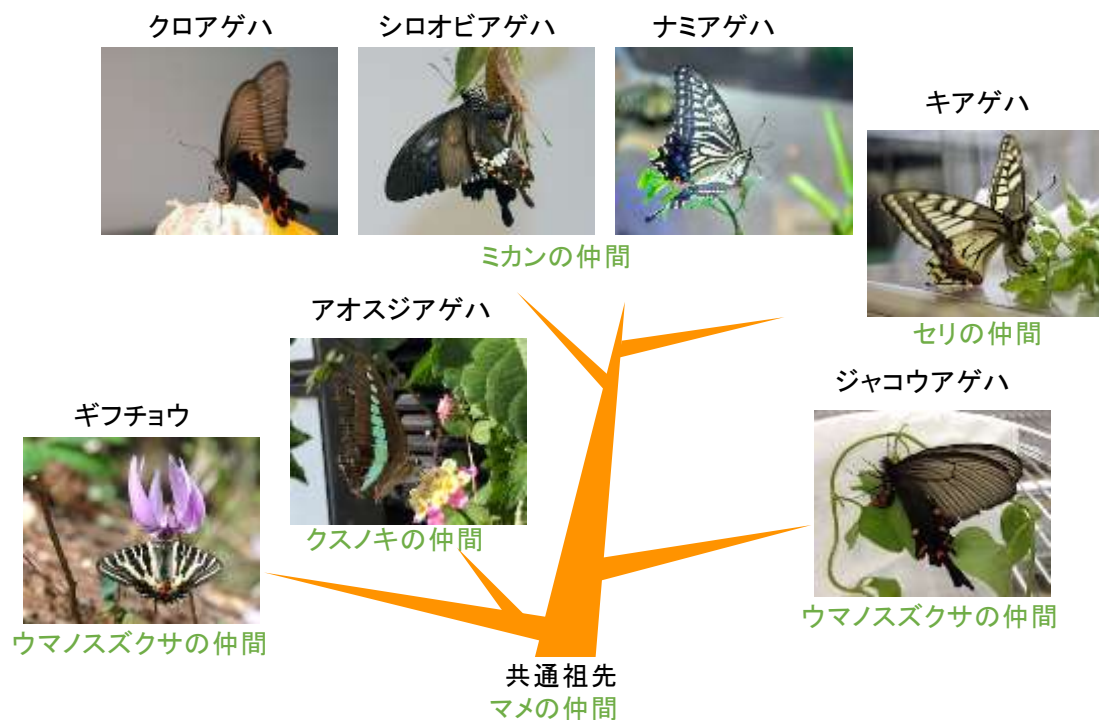


図 4. アゲハチョウの食性と系統樹（概略）

アゲハチョウの食草転換と種分化には相関が見られることから⁸、植物の変化を追いかけるかのようにアゲハチョウが種分化した共進化であると古くから考えられてきた。

それでは、アゲハチョウの仲間はなぜ、決まった植物だけを食べるのだろうか。植物は地中に根をはっているため、何かに食べられそうになった時に走って逃げることはできない。だからといって一方的に食われているのではない。植物は、光合成によって植物自身の成長に必要な成分はもちろんだが、自身の生命維持には必要ではない成分もいろいろ作っている。生存に必須ではない成分は「二次代謝物質」と呼ばれるが、その中には昆虫にとって毒になる成分もある。毒の種類は植物によって異なるため、昆虫は植物が作る毒を分解できる場合だけ食べることができるのだ。新しい毒を持った植物が誕生すると、それを克服できた昆虫は独占的に利用できる事になる。反対に、多種の植物を食べるためには、多種類の毒に対応できるよう多数の解毒機能を持つ必要があると予想されるが、幼虫の期間は短く移動能力が低いので、多くは使う事がないまま蛹になるため無駄になる。特定の植物だけを利用する場合には、用意する解毒機能が少数で済み、効率が良いと考えられ

ている。

実際にどのような毒物質があるのか把握するため、昨年度に何かの昆虫に対して毒性を示したという記述がある植物化学物質（以後「毒性化学物質」と呼ぶ）を文献から収集した結果、80科2,897種の植物から346種類の毒性化学物質が見つかり、植物の科毎にまとめて積み上げ棒グラフを作成することでマメ科・ミカン科・セリ科はフラノクマリン類を有することが共通の特徴となるのではないかと考察した。今年度は、このデータを用いて、教師なし機械学習(k-means 法)によるクラスタリングを行い、ヒートマップと組み合わせることで特徴を抽出した。

k-means 法では、予め最適なクラスター数を推定して解析する必要があるため、エルボー法(図5)と階層クラスタリング法(図6)で推測した。

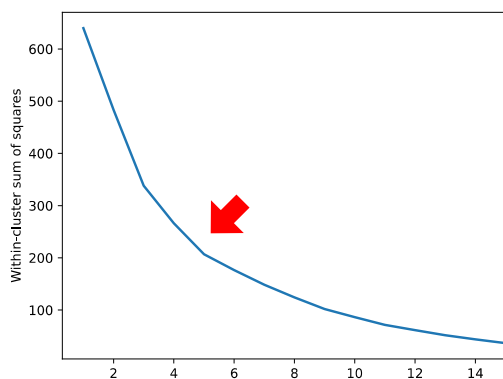


図5. エルボー法によるクラスター数推定
クラスター数5に角が見られる(赤い矢印)

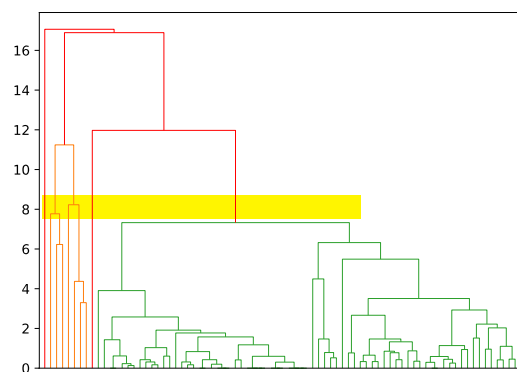


図6. 階層クラスタリング法によるクラスター数推定
階層の閾値から、クラスター数は5~7の範囲が最適であると推測される(黄色い四角)

エルボー法では、クラスター数 5 に小さな角が見られるが鋭角ではなく、その後も Within-cluster sum of squares の値の低下が見られた。階層クラスタリング法でも、階層の閾値を基準とするとクラスター数は明確ではなく、5~7 と推定された。二つの推定法を合わせて、クラスター数は 6 が最適ではないかと判断した。

クラスター数を 6 に設定して k-means 法によるクラスタリングを実施した結果、各毒性化学物質が鋭いピークを形成し強い特徴を示しており、プロットが近いながらも同じグループがまとまっている状態が観察され、クラスタリング（グループ分け）に有益な情報を含んでいることが示された（図 7）。

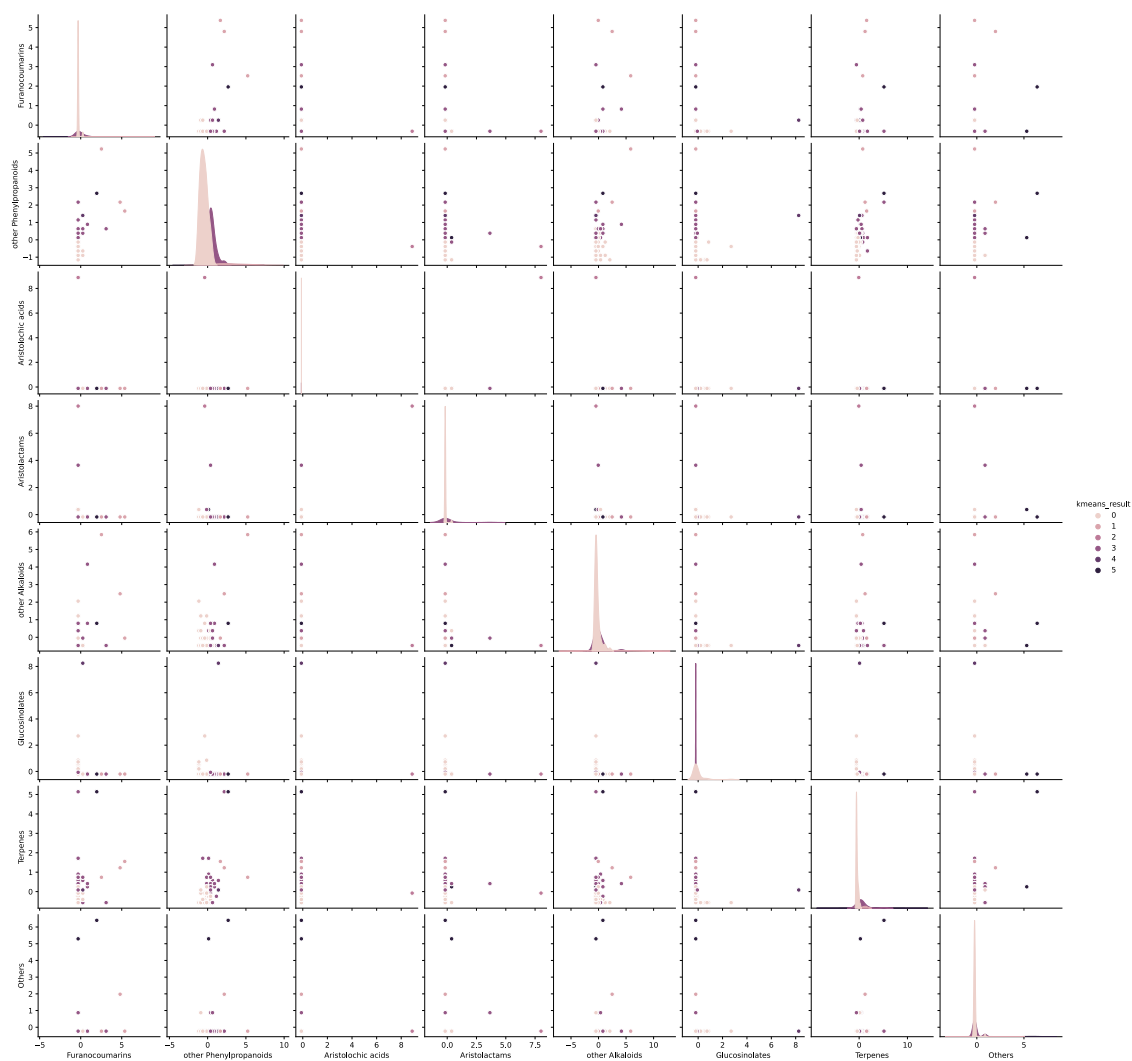


図 7. K-means 法によるクラスタリングに従ったペアプロット図

計算結果を一覧で見ると、ウマノスズクサ科とアブラナ科が独立したクラスターとなり、マメ科とミカン科とセリ科が同じクラスターに分類された（表 1）。機械学習によるクラスタリングでは、何を特徴としてグループ分けが行われたのか解りにくいという問題があるので、クラスタリングにヒートマップを加えて特徴量を解析した（図 8）。この結果では、植物の系統と毒性化学物質によるクラスタリングは一致しないことから、進化的な近さと毒性の類似性は無関係であることが解る。また、全体にヒートマップの色が暗いことから、植物が生産する毒性化学物質の種類は、クラスタリングのための特徴量が少ないと考えられる。その中で、ウマノスズクサ科はアリストロキア酸とアリストラクタムが強い特徴量を示し、独立したクラスターとなっている（図 8 赤下線）。また、アブラナ科は、カラシ油配糖体を強い特徴量として独立したクラスターとなっている（図 8 赤下線）。これらの結果は、古くから知られている知見と一致するため、今回の解析の信頼度が高いことを示していると考えられる。マメ科とミカン科とセリ科は、フラノクマリン類と、フラノクマリン類を除くフェニルプロパノイド類を共通の特徴として、一つのクラスターを形成していることが解った（図 8 赤四角）。以上の結果から、フラノクマリン類を含むフェニルプロパノイド類を防御物質として利用しているという点において、マメ科とミカン科とセリ科が類似していることが明らかになった。

この結果を踏まえて、昨年度示した積み上げ棒グラフにアゲハチョウ科の分子系統樹を組み合わせると、アゲハチョウ科の多様化には 2 種類ある可能性が見えてきた（図 9）。アゲハチョウ科に含まれる属の多くは、ウマノスズクサ科やクスノキ科を含むモクレン類を利用している。アゲハチョウ科 31 属のうち 80%を超える 26 属がモク

レン類に属する 4 科の植物に集中している。これに対して、アゲハ属（*Papilio* 属）の多くがミカン科植物を利用して種のレベルでの多様化が起きており、一部の種がセリ科に進出している。これらのことから、モクレン類植物で起きている属レベルでの多様化と、ミカン科・セリ科植物で起きている種レベルでの多様化は、別の仕組みである可能性が示唆される。また、ミカン科からセリ科への食草転換は、少なくとも 2 回独立に起きていることが知られている。アゲハチョウ科の共通祖先がマメ科を食草としていたと考えられていることから、アゲハチョウ科にとってはマメ科からミカン科、そしてミカン科からセリ科への食草転換は、共通祖先が獲得していた植物防御物質克服機構を流用可能であり、比較的容易だったのではないかと推測される。

昆虫学の中でも生態学的な分野は歴史が古く、アマチュアの愛好家も熱心に記録を残していることから、莫大な情報が蓄積されている学問分野であると言える。しかし、それらをデータとして十分に活用されているとは言いがたい面があることも否めない。今回示したように、蓄積された情報から新たな知識を抽出するという研究において、機械学習は極めて有力な解析手法であると考えられる。言い換えると、解析方法さえ知っていれば、公開されている文献やデータベースを利用して、誰でも機械学習を用いた大規模解析に挑戦できる。今回の結果が論文として公開された後に、解析手順とプログラミングについて、解説を加えつつラボのウェブページコンテンツとして作成する予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたり、伊丹市昆虫館・坂本昇様、角正美雪様から昆虫資料を提供して頂いた。多大な協力に感謝する。

表 1. 植物(科)のクラスター番号

植物 (科)	クラスター
スイレシ科	0
クスノキ科	3
パンレイシ科	3
モクレン科	3
ウマノスズクサ科	2
コショウ科	5
ドクダミ科	3
ヒガンバナ科	3
キジカクシ科	0
ラン科	0
イネ科	3
ショウガ科	3
メギ科	0
ケマンソウ亜科	0
アケビ科	0
ツツラフジ科	0
ケシ科	0
キンボウゲ科	3
ヤマモガシ科	0
グミ科	0
ペンケイソウ科	3
ユキノシタ科	0
マンサク科	0
ハマビシ科	0
トウダイグサ科	0
アマリコ	0
オトギリソウ科	0
ツゲモドキ科	0
マメ科	1
アサ科	0
クワ科	3
クロウメモドキ科	0
バラ科	3
イラクサ科	0
カバノキ科	0
ブナ科	0
ウリ科	0
ギョボク科	0
アブラナ科	4
パパイヤ科	0
フウチョウソウ科	0
ワサビノキ科	0
モクセイソウ科	0
ノウゼンハレン科	0
アオイ科	3
ウルシ科	0
センダン科	3
ミカン科	1
ムクロシ科	0
ミソハギ科	0
フトモモ科	3
ナデシコ科	0
ヤマゴボウ科	0
タデ科	3
ツリフネソウ科	0
ツツジ科	0
ツバキ科	0
キョウチクトウ科	3
リンドウ科	0
マチン科	0
アカネ科	3
ムラサキ科	0
ナス科	3
ヒルガオ科	3
キツネノマゴ科	3
ノウゼンカズラ科	0
シソ科	3
アゼナ科	0
ツノゴマ科	0
モクセイ科	0
オオバコ科	0
ゴマノハグサ科	0
クマツヅラ科	3
モチノキ科	0
キク科	5
セリ科	1
ウコギ科	0
レンブクソウ科	0
スイカズラ科	3
マツムシソウ科	0

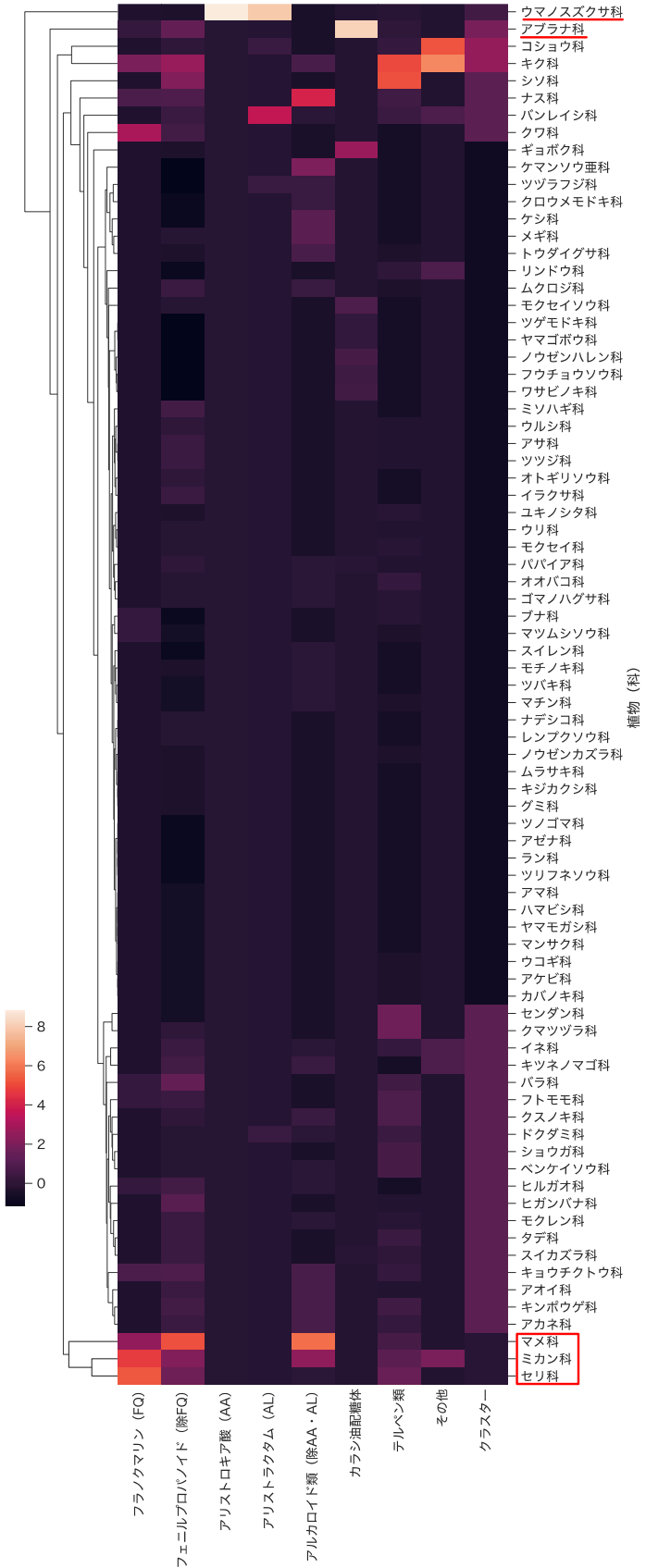


図 8. クラスタリングとヒートマップの組み合わせ図

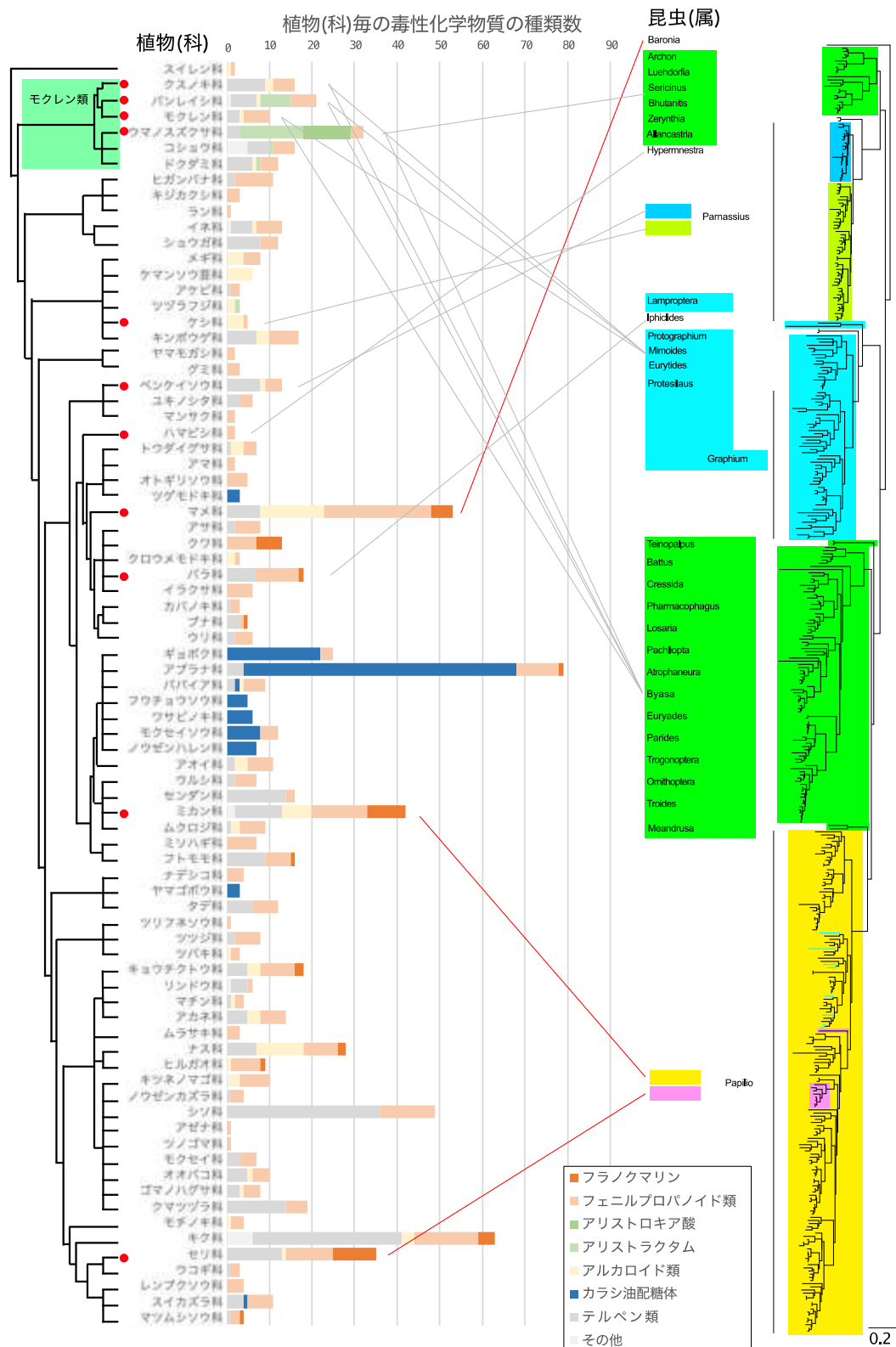


図 9. 毒性化学物質と被子植物・アゲハチョウ科の系統樹

左: APG4 に従った被子植物の系統樹⁹、中: 毒性化学物質の種類数、右: アゲハチョウ科の分子系統樹⁷、赤丸: アゲハチョウ科の食草

引用文献

1. ILSE, D. New Observations on Responses to Colours in Egg-laying Butterflies. *Nature* **140**, 544–545 (1937).
2. Ozaki, K. *et al.* A gustatory receptor involved in host plant recognition for oviposition of a swallowtail butterfly. *Nat Commun* **2**, 542 (2011).
3. Ryuda, M. *et al.* Gustatory Sensing Mechanism Coding for Multiple Oviposition Stimulants in the Swallowtail Butterfly, *Papilio xuthus*. *J Neurosci* **33**, 914–924 (2013).
4. Ugajin, A. & Ozaki, K. Coexpression of Three Odorant-Binding Protein Genes in the Foreleg Gustatory Sensilla of Swallowtail Butterfly Visualized by Multicolor FISH Analysis. *Frontiers Insect Sci* **1**, 696179 (2021).
5. Wiens, J. J., Lapoint, R. T. & Whiteman, N. K. Herbivory increases diversification across insect clades. *Nature Communications* **6**, 8370 (2015).
6. Kawahara, A. Y. *et al.* Phylogenomics reveals the evolutionary timing and pattern of butterflies and moths. *Proc National Acad Sci* **116**, 22657–22663 (2019).
7. Allio, R. *et al.* Genome-wide macroevolutionary signatures of key innovations in butterflies colonizing new host plants. *Nat Commun* **12**, 354 (2021).
8. Thompson, J. N. Evolutionary Genetics of Oviposition Preference in Swallowtail Butterflies. *Evolution* **42**, 1223 (1988).
9. Group, T. A. P. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot J Linn Soc* **181**, 1–20 (2016).

社会に開かれた活動報告

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/1/29	読者	オンライン	宇賀神 科学誌 DNA Research に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/2/21	読者	オンライン	尾崎 科学誌 DPI Insects に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/4/8	科学者	オンライン	宇賀神 東北大学の河田教授からの問い合わせに 対応	1
2022/4/18	読者	オンライン	尾崎 科学誌 DPI Insects に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/4/18	著者	オンライン	尾崎 科学誌 DNA Research に投稿された論文の 修正指示	1
2022/4/26	読者	オンライン	尾崎 科学誌 Entomological Science に 投稿された論文の査読完了	不特定 多数
2022/4/27	著者	オンライン	尾崎 科学誌 DNA Research に投稿された論文の 修正指示	1
2022/4/28	読者	オンライン	宇賀神 科学誌 DNA Research に投稿された論文 の査読完了	不特定 多数
2022/5/6	一般	オンライン	尾崎 「みんなの広場」での質問に対応	1
2022/5/17	一般	オンライン	尾崎 「みんなの広場」での質問に対応	1
2022/5/18	読者	オンライン	尾崎 科学誌 Insect Biochemistry and Molecular Biology に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/5/25	著者	オンライン	尾崎 科学誌 DNA Research に投稿された論文の 修正指示	1
2022/6/4	科学者 一般	BRH オンライン	シンポジウム開催：虫の会（拡張版）	BRH 来館 7 Zoom 22 YouTube 50 見逃し 配信視聴 362
2022/6/21	読者	オンライン	尾崎 科学誌 Life_The Excitement of Biology に投稿された論文の査読完了	不特定 多数
2022/7/16	一般	BRH オンライン	尾崎 イベント開催：昆虫と植物の関係を 調べよう データベースの使い方を体験	BRH 来館 30 YouTube Live 35
2022/7/28	読者	オンライン	尾崎 科学誌 DPI Insects に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/9/16	読者	オンライン	宇賀神 科学誌 DPI Insects に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/10/19	高校生	BRH	尾崎 追手門学院高校見学 館内講演・館内案内	36 名
2022/10/21	読者	オンライン	尾崎 科学誌 DPI Insects に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/10/21	読者	オンライン	尾崎 科学誌 DPI Animals に投稿された論文の 査読完了	不特定 多数
2022/10/27	著者	オンライン	尾崎 科学誌 DNA Research に投稿された論文の 修正指示	1

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/11/4	著者	オンライン	尾崎 科学誌 DNA Research に投稿された論文の 修正指示	1
2022/12/7	高校生	BRH	尾崎 愛媛県立松山南高等学校見学 館内講演	36 名
2022/12/26	読者	オンライン	宇賀神 科学誌 Science of the total environment に投稿された論文の査読 完了	不特定 多数
2022/12/27	編集者	オンライン	尾崎 科学誌 DNA Research の編集者会議に出席	20
2021/1/1 ～ 2021/12/31	一般	メール	尾崎 JT 生命誌研究館ウェブサイトお問合わせ フォーム等からの質問に回答	各 1 名 合計 18 回

ハエとクモ、そしてヒトの祖先を知ろう

細胞・発生・進化研究室



脊索動物と節足動物の共通祖先を理解する

ハエとクモ、そしてヒトの祖先を知ろう
細胞・発生・進化研究室

室長 主任研究員	小田 広樹
派遣研究員（さがけ）	秋山-小田康子
奨励研究員	藤原 基洋
研究補助員	野田 彰子
大阪大学大学院生	赤岩 孝憲
大阪大学大学院生	丹羽 将之

1. 概要

生き物のからだの形は多様であり、その多様性は特徴に基づいてグループに分類されてきた。節足動物はからだの軸全体にわたって体表に反復性をもつ、種が極めて豊富な動物グループである。しかし、同じグループの中であっても、からだの形ができる過程（プロセス）は多様にかつ大胆に進化してきたことが、オオヒメグモと昆虫の胚発生の仕組みを比較した私たちの研究から見えてきた。節足動物の胚発生のプロセスがどうして多様化できたのか、そして、その多様化が意味することとは？ 同様の問いは、細胞間接着分子の細胞外領域の構造についても言える。動物のからだの形作りに共通に重要な、細胞間接着を担う分子構造がどうして多様化できたのか？ それぞれの生き物にとって重要なプロセスや構造は生物種間で保存されると考えられがちであるが、必ずしもそうではない。

動物系統が多様に分岐してきたことを理解するための鍵がこれらの問いの中にあるのではないかと私たちは考え、研究を進めている。本年度の研究では、オオヒメグモ胚から得られる、細胞ごとの遺伝子発現量の数値データを元に、からだの反復パター

ンの形成プロセスを遺伝子網羅的で、定量的な方法論で解析できるようになった。同時に、細胞力学系と反応拡散系に基づく数理モデリングでクモ様の形態形成プロセスを部分的に再現するコンピュータ上のプラットフォームを構築した。そして、そこに進化プロセスを導入することで発生と進化の関係を探究する試みを始めている。細胞間接着分子の解析では、構造と機能を同時にかつ直接的に可視化し、解析するための新たな技術開発に取り組んだ。以下に本年度の研究の具体的な取り組み内容と進捗を研究背景と合わせて報告する。

2. 研究背景

地球上には多様な生物種が存在する。なかでも、動物は極めて多様な形態のからだを進化させてきた。動物のからだは「細胞」という基本単位の集合で構成され、発生という過程（プロセス）で細胞が様々な能力を発揮し、適切に振る舞うことでからだの形態を形作る。生きものの細胞にどんな性質や能力があつてそれほどまでの多様化が可能なのか、これは私たちの素朴な疑問である。

動物のからだを形作るプロセスは大きく分けて2つのタイプがある。ひとつは細胞の増え方を厳密に制御し、個体間で不変の系譜で細胞の運命を決めるタイプ（モザイク型）、もうひとつは細胞が柔軟に相互作用することで取るべき運命を細胞間で互いに調整しながら決めるタイプ（調節型）である。前者のタイプは一般に、からだを構成する細胞数が少なく、発生のスピードが速く、ゲノムが小さな動物種が多いことから、実験室での研究に利便性があり、発生の研究材料としてよく使われてきた。それに対して、後者のタイプは発生がゆっくりで、大きなゲノムを持つことが多く、特に無脊椎動物ではそのようなタイプの種は発生の研究材料に使うには難しさがあった。その中私たちは、胚発生を1日で終える汎用モデル生物キイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster*) と対比する目的で、胚発生に6日を要するオオヒメグモ (*Parasteatoda tepidariorum*) を新たなモデル生物として独自に開拓し(図1)¹、両者の間の胚発生の仕組みの違いを解明してきた²⁻⁵。

節足動物門の中でショウジョウバエは昆虫類、オオヒメグモは鋏角類に分類され、互いに系統的に離れている。共通祖先は5億年以上前に遡る。これまでの私たちの発見は、同じ節足動物としてハエとクモでは胚中期の形態や遺伝子発現に類似が見られながらも、その類似形質が築かれるまでの胚初期の発生プロセスは細胞・分子のレベルで大きく異なることを意味した。

動物進化の過程でなぜ、そしてどうやって、初期の発生プロセスが大きく変わったのか、変わったのか、

この問いに実験と理論の両面から取り組むことで動物の多様化と、ゲノム情報に関連づけられる細胞の性質・能力の関係を解明したいと考えている。

オオヒメグモはすでにゲノムが読まれ⁶、遺伝子配列情報が非昆虫節足動物の中でとりわけ充実している。それらのリソースを最大限活用した形で、オオヒメグモ胚のシングルセル（単細胞）レベルの遺伝子発現解析を強力に押し進めると共に、コンピュータ上にクモ胚を模擬した球形多細胞体プラットフォームを構築し、発生と進化のプロセスの数理モデリング解析に取り組んできた。

私たちは、節足動物胚初期の発生プロセスに加え、多細胞動物の形態形成を駆動する細胞間接着装置の主要成分であるクラシカルカドヘリンの細胞外領域の分子構造にも、動物系統間で大きな違いがあることを見出してきた⁷。ゲノムに基づく比較解析から、節足動物門内において分子長の大きい祖先型から遺伝子重複を経て、分子長の小さい派生型が誕生したと考えられた^{8,9}。

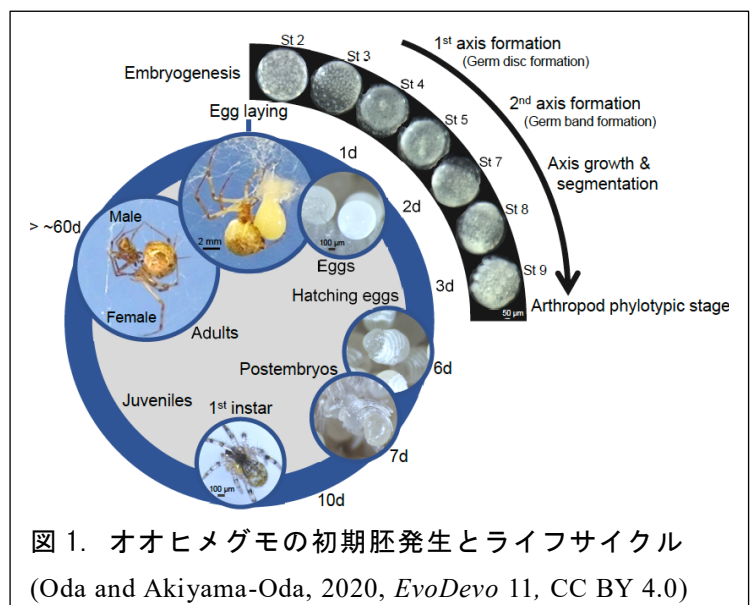


図 1. オオヒメグモの初期胚発生とライフサイクル (Oda and Akiyama-Oda, 2020, *EvoDevo* 11, CC BY 4.0)

脊椎動物へ向かった系統でも、左右相称動物として共通の祖先型から独立に分子長の小さい別の派生型クラシカルカドヘリンが誕生したことを示唆するデータが得られている⁸。これらのデータに基づいて私たちは、クラシカルカドヘリンが分子長の大きい状態を祖先状態として動物系統ごとに段階的に短縮化した分子進化モデルを提案してきた⁷。しかし、この提案は新たな問いを生んだ。なぜ形態形成に重要なクラシカルカドヘリンが多様な欠失を許容できたのか？ 分子長の異なる祖先型と派生型の間で接着のための構造的仕組みに違いがあるのか？ もし違いがあるならばどのような違いがあるのか？ そして、そのような違いが動物進化の過程で生じたことがクラシカルカドヘリンの分子機能や他の細胞システムに影響しなかったか？ これらの問いに取り組むべく、ショウジョウバエの祖先型カドヘリン（DNカドヘリン）と派生型カドヘリン（DEカドヘリン）の構造と機能を比較する解析を行なってきた^{10, 11}。

高速原子間力顕微鏡を用いた構造解析では、脊椎動物のクラシカルカドヘリンとは異なる構造的特徴が明らかになり、分子長の違いを反映した祖先型分子と派生型分子の構造的違いが可視化された（図2）¹¹。培養細胞やマイクロビーズを用いた集合実験では接着に関わる候補領域が特定され、接着の仕組みにおける祖先型と派生型の間の関係も部分的に明らかになった^{10, 11}。しかし、昆虫を含めて脊椎動物以外では、クラシカルカドヘリンが接着分子として働いている状態の分子構造を解析することができず、細胞間を繋ぐ分子と分子の接着界面がどのような構造基盤で実現している

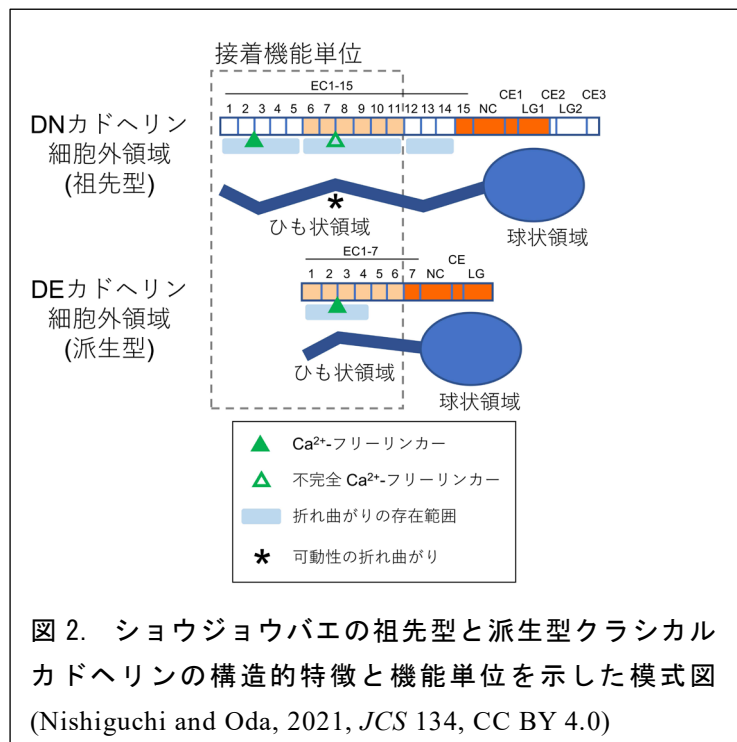


図2. ショウジョウバエの祖先型と派生型クラシカルカドヘリンの構造的特徴と機能単位を示した模式図 (Nishiguchi and Oda, 2021, JCS 134, CC BY 4.0)

のか不明のままである。昨年度に引き続き本年度もこの問題の克服に向けた取り組みを進めた。

3. 本年度の取り組みと進捗

(1) オオヒメグモ初期胚で働く系統特異的な、進化速度の速い GATA 様遺伝子フチナシの同定

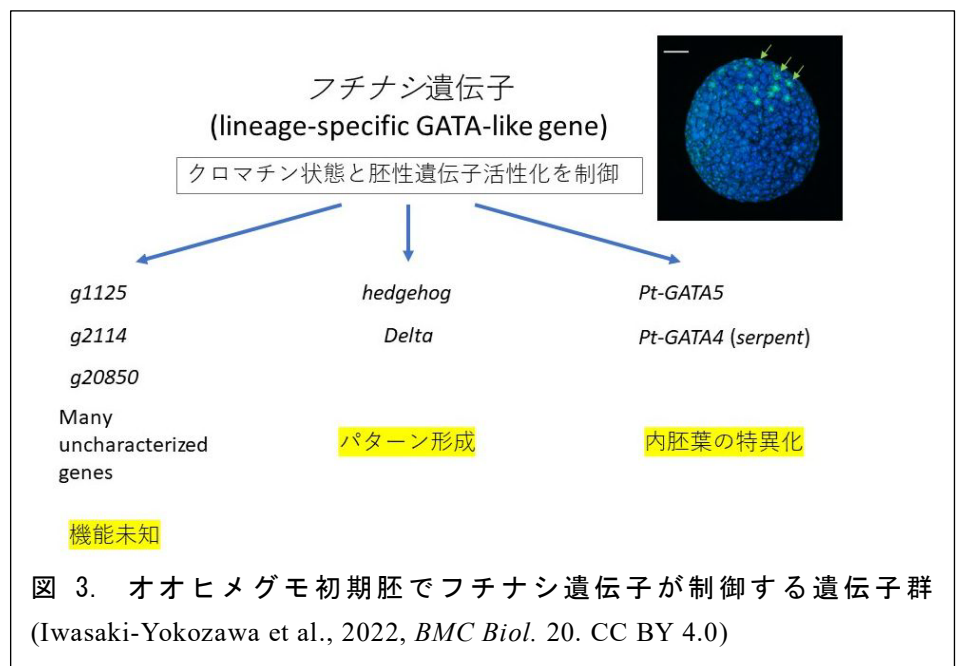
本年度、前奨励研究員の岩崎佐和博士が主導した研究の成果を学術誌に公表することができた¹²。この研究では、オオヒメグモ初期胚の異なる領域から単離した細胞の転写産物の比較解析とRNA干渉による機能スクリーニングによって新規遺伝子フチナシ (*fuchi nashi* [*fuchi*]) を同定した。フチナシはGATAタイプのZincフィンガードメインを2つ持つ転写因子をコードしているが、系統解析からクモ系統のゲノムでのみ検出され、クモ系統内で配列が高速に進化してきた遺伝子であることがわかった。フチナシ遺伝子は第一軸を形成している初期胚に

において、胚盤ではない細胞（非胚盤細胞）で発現し、内胚葉に発現が引き継がれる。私たちのデータは、フチナシ遺伝子の活性が内胚葉の特異化や体軸パターンの形成を促進する遺伝子の胚性発現開始に関わることを示唆した（図3）。

さらに、フチナシの制御下に多くの未知遺伝子（遺伝子

産物が特徴付けられていない遺伝子）が存在することも明らかになった。フチナシに強く制御される遺伝子のひとつ(*g1125*)は、オオヒメグモが属すコガネグモ上科以外で類似の配列が見つからない、2つの膜貫通領域をコードする遺伝子であった。これらの発見は、節足動物の胚期初期の発生プロセスが系統によって多様な進化的修飾を受ける仕組みを理解する糸口になると考えられる。

また、今回見出されたフチナシに制御される遺伝子の多くは、独立に行なった後期ステージ5のオオヒメグモ胚のシングルセル遺伝子発現解析¹³においても内胚葉細胞を特徴づける遺伝子としてリストアップされており、この事実はフチナシがオオヒメグモ胚の内胚葉形成において非常に重要な役割を果たしていることを強く示唆するものである。

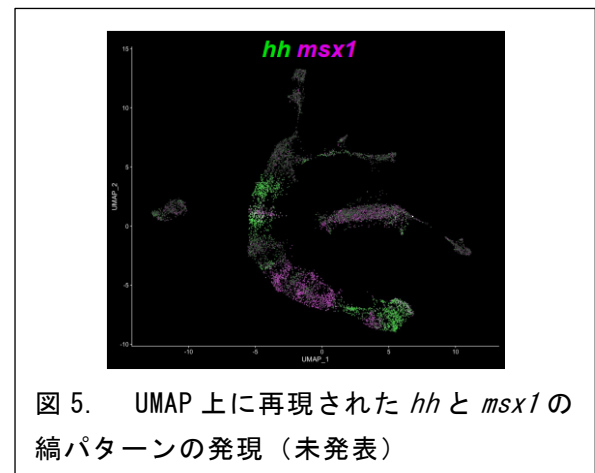
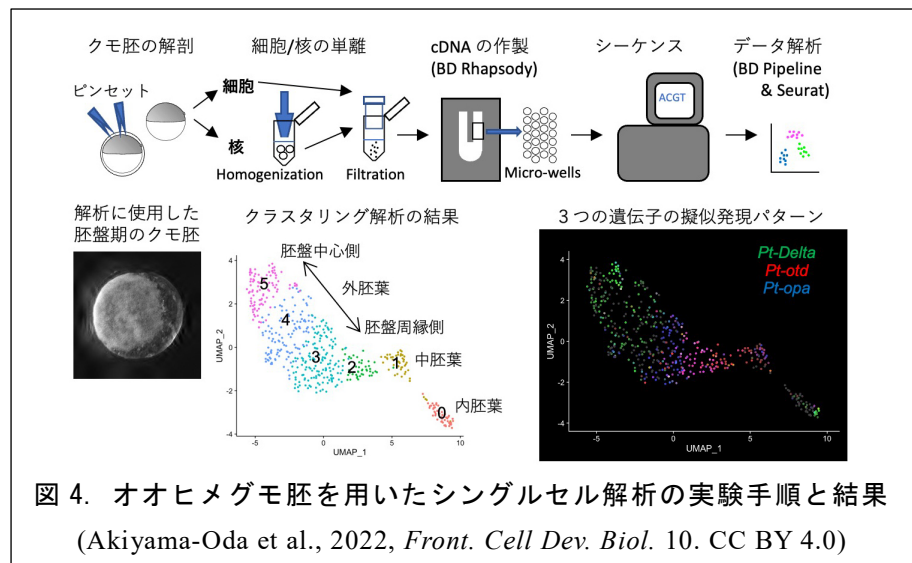


(2) シングル核RNA-seqによる縞パターン形成の解析

節足動物の胚では前後軸上に繰り返しの縞パターンの遺伝子発現が観察される。これは体節構造の基盤となるものだが、その形成方法は動物により異なっている。これまでの研究で、オオヒメグモ胚の縞パターン形成では平面に並んだ外胚葉細胞シートに異なるダイナミクスを示す3種類の波のような遺伝子発現が見られることを示したが、この時にはたらいっている分子のネットワークに関してはまだほとんど分かっていない。卵の最初の極性形成から3種類の波の動態による縞パターン形成までを実現する分子ネットワークを明らかにすることを目指し、ゲノム上にアノテートされた全遺伝子に対して胚を構成するひとつひとつの細胞における発現とその時間変化の解析を進めている。

本年度、縞パターン形成期前のステージ5後期の胚を用いてシングル細胞RNAシーケンシング(RNA-seq)およびシングル核RNA-seqを行なった結果を学術誌に報告した(図4)¹³。1回の実験あたり10または20個の胚を用いて再現性のある結果を得た。この解析で内胚葉、中胚葉、外胚葉に相当する細胞を区別できただけでなく、外胚葉の細胞集団において前後軸方向の極性を再構成することができた。

続いて、縞パターン形成期の胚を用いてシングル細胞RNA-seqおよびシングル核RNA-seqを行ったところ、どちらの実験でもステージ5後期胚の実験と同様にUMAP上に外・中・内胚葉のそれぞれの細胞集団と外胚葉の前後極性の形成が確認できた。さらに核のデータでは、*hh*と*msx1*遺伝子の縞パターンの発現が再現されることが分かった(図5)。再現されたパターンを1次元の軸上に展開する方法を開発し、これを利用して全遺伝子の軸上のパターンを取得した。この軸上のパターンの解析からゲノム上の約2万の遺伝子のうち数百程度が特異的な領域で発現することが分かってきており、現在この中から縞パターン形成にはたらく候補遺伝子を探索している。さらに、パターンの形成過程を明らかにするために、兄弟胚を胚盤期から縞パターン形成期にかけて2時間おきにサンプリングし、シングル核RNA-seqの時系列データの取得を進めている。



同時に、時間変化を解析するための方法も開発しているところである。これと合わせて、卵に最初の形態的な非対称性が現れる時期から胚盤期までのデータの取得も進行中であり、これらの解析によりオオヒメグモ胚のパターン形成過程の全貌が明らかとなり、その形成のメカニズムにも迫れると考えている。

(3) オオヒメグモ胚をモデルとした多細胞体パターン形成の数理解析

オオヒメグモを含む節足動物は分節化された体軸を共通して形成する。一方で、その初期胚発生過程は多様性に富んでいる。個々の種で分子発生学に基づいた解析が行われ、初期の胚発生を制御する具体的な仕組みは明らかにされてきた。しかし、その違いが進化の過程でどのように生じたのかを包括的に解析する手段は乏しい。

そこで、2020年度から数理を土台とした多細胞体上での遺伝子発現パターン形成の解析を可能とする数理モデルの構築を開始し、本年度2022年8月に国際科学雑誌にて発表した¹⁴。そこでは、オオヒメグモの初期胚をモデルとし、体軸形成までの形態形成をできる数理モデル(Cell vertex modelがベース)を構築した。胚の初期状態の設定として、胚になる領域と胚にならない領域の2つの細胞集団を置き、胚になる領域に対し体軸方向に対応する細胞極性を与えることで、オオヒメグモの体軸形成までの胚の形状変化の再現に成功した(図6)。

また、この多細胞体の数理モデル上で遺伝子パターンの形成を表現する反応拡散モデルを組み合わせることで、細胞の動きと遺伝子パターンを相互作用させる数理モデルへと拡張できている。現在は、多様な胚の形状変化を実現する細胞の動きとそれを制御する分子メカニズムを理解するために、構築した数理モデルを進化シミュレーションへと発展することに着手している。

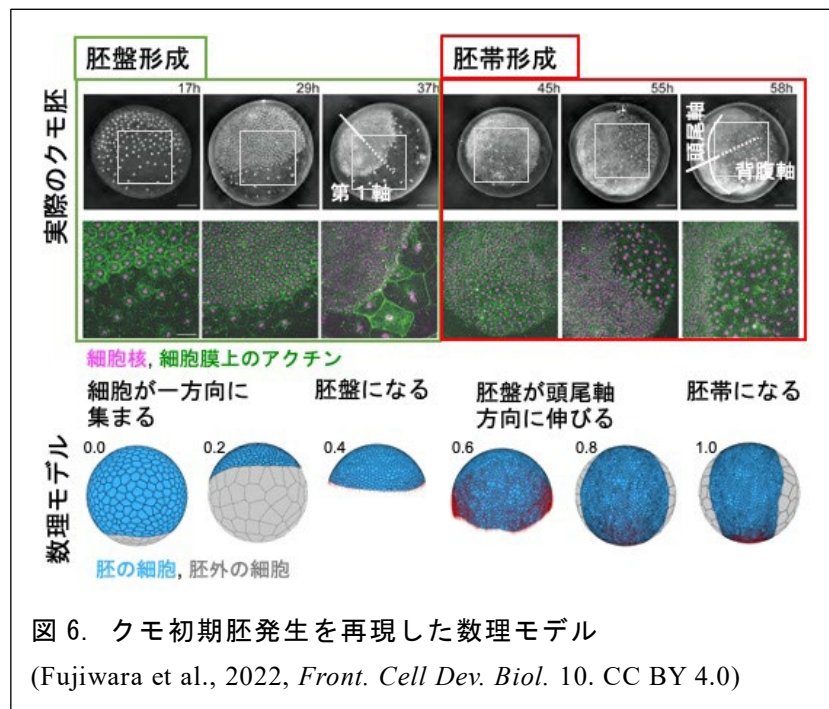


図 6. クモ初期胚発生を再現した数理モデル

(Fujiwara et al., 2022, *Front. Cell Dev. Biol.* 10. CC BY 4.0)

(4) オオヒメグモのデータベースの整備

私たちはオオヒメグモ及び関連する動物種で蓄積するデータや実験技術を世界中の誰もが研究や教育に便利に利用できるように、データベースを構築し、運営している(<https://www.brh2.jp/>)。本年度、このデータベースに主に2つの改良を行なった。ひとつめとして、私たちの研究室がこれまでに報告したデータセットへのアクセス情報を一覧にまとめたページを作成した(https://www.brh2.jp/List_of_Data.html)。ふたつめとして、シングル細胞RNA-seqおよびシングル核RNA-seqで得たデータや、そのほかのRNA-seqで得たゲノムワイドなデータを閲覧できる仕組みを作った(図7)。これらのデータは、公表した私たちの論文の補足情報として雑誌サイトから入手できたり、外部のデータベースやデータリポジトリサイトに登録していたりするが、それらは必ずしも利用しやすい形では提供されていない。

そのため、独自のデータベースの中で利用しやすい形に構成して公開している。今後、シングル細胞/シングル核解析のデータセットは膨大化していくことが見込まれる。

それらのデータについても、世界の利用者が便利に活用できるように工夫してデータベースに搭載していく予定である。

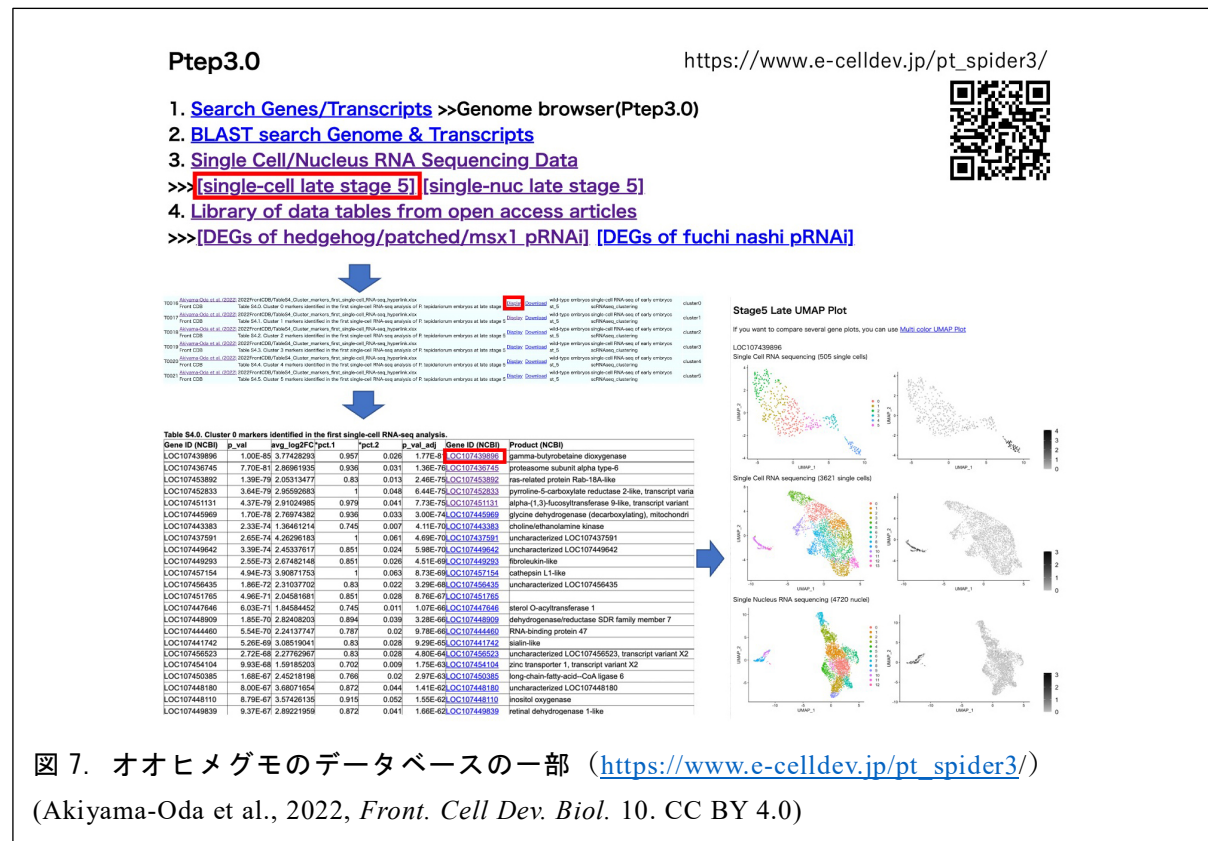


図 7. オオヒメグモのデータベースの一部 (https://www.e-celldev.jp/pt_spider3/) (Akiyama-Oda et al., 2022, *Front. Cell Dev. Biol.* 10. CC BY 4.0)

(5) DNAオリガミとビオチン-ストレプトアビジン系を用いたカドヘリンの構造と機能の解析

昨年度に引き続き、昆虫クラシカルカドヘリンが接着分子として機能している状態を顕微鏡下で直接観察できるようにするための実験系の確立に取り組んだ。カドヘリンが細胞膜に沿って横に並んで配列する状態を模擬する形でカドヘリン断片をナノサイズの足場に連結することを考えた。この足場としてDNAオリガミを利用する試みを、数年前から三重大大学の鈴木勇輝博士と生命創成探究センターの西口茂孝博士との共同研究で行なってきた。DNAオリガミは任意に形状をデザインでき、特定の部位のDNAを修

飾することで他の分子との連結も可能となる。ビオチンとストレプトアビジン (SA) の結合は非共有結合でありながら極めて強固であり、ナノテクノロジー分野で多用される。平板上にデザインしたDNAオリガミのひとつの側面に等間隔 (21.5 nmおき) に5個のビオチンを配置させ、SAを介してビオチン化したカドヘリン細胞外領域の断片を連結することを考えた。ビオチン化カドヘリン断片はC末側に付加したSNAPタグとベンジルグアニンビオチンの特異的反応を利用して作製した。SAビーズにビオチン化カドヘリン断片 (250nM) を混ぜて2,000回転/分で5分間高速微小振動を与えたところビーズが集合した。カドヘリン断片の添加な

しでは集合しなかった（図8）。この結果から、ビオチン化したDEカドヘリン細胞外領域断片は接着活性を保持していることが確認できた。一方、ビオチン修飾をもつDNAオリガミに過剰のSAを添加し、アガロースゲル電気泳動で切り出し精製することでDNAオリガミ-ビオチンSAを準備した。このDNAオリガミ-ビオチンSAをネガティブ染色して透過型電子顕微鏡で観察したところ、DNAオリガミのひとつの側面の5カ所にSAが結合している様子が観察された（図9）。

そこで、DNAオリガミ-ビオチンSAとビオチン化カドヘリン断片を混ぜた後にアガロース電気泳動をしたところ、両者の間の連結が確認された。現在、DNAオリガミ-ビオチンSAとビオチン化カドヘリン断片の混合物を電子顕微鏡と高速原子間力顕微鏡で観察し、解析を進めている。

4. 終わりに

シングル核解析で反復パターンがプロット上に再構成された際（図5）には驚いた。特別な技術的操作を加えたわけではない。クモが凄い、としか言いようがない。クモ胚にパターン形成を解析するモデルとして高いポテンシャルがあると信じたい。数値での解析力が問われる状況であるが、メンバー間の活発な議論と試行錯誤で解析の糸口を見出しつつある。

ストレプトアビジン (SA) ビーズ
+ ビオチン化DEカドヘリン細胞外領域 (250nM)



ストレプトアビジン (SA) ビーズのみ

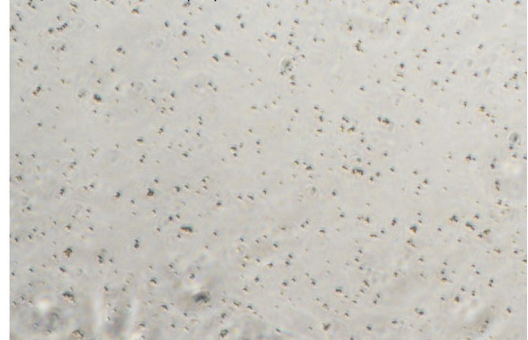


図 8. ビオチン化カドヘリンとストレプトアビジンビーズを用いた集合実験（未発表）

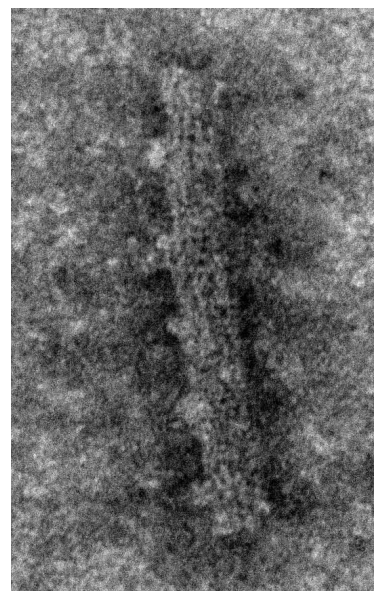


図 9. DNA オリガミ-ビオチン SA の電子顕微鏡像（未発表）

参考文献

- Oda, H., Akiyama-Oda, Y.(2020). The common house spider *Parasteatoda tepidariorum*. *Evodevo* 11, 6. <https://doi.org/10.1186/s13227-020-00152-z>
- Akiyama-Oda, Y., Oda, H.(2006). Axis specification in the spider embryo: *dpp* is required for radial-to-axial symmetry transformation and *sog* for ventral patterning. *Development* 133, 2347–57. <https://doi.org/10.1242/dev.02400>
- Akiyama-Oda, Y., Oda, H.(2010). Cell migration that orients the dorsoventral axis is coordinated with anteroposterior patterning mediated by Hedgehog signaling in the early spider embryo. *Development* 137, 1263–73. <https://doi.org/10.1242/dev.045625>
- Kanayama, M., Akiyama-Oda, Y., Nishimura, O., Tarui, H., Agata, K., Oda, H., 2011. Travelling and splitting of a wave of hedgehog expression involved in spider-head segmentation. *Nat Commun* 2, 500. <https://doi.org/10.1038/ncomms1510>
- Akiyama-Oda, Y., Oda, H.(2020). Hedgehog signaling controls segmentation dynamics and diversity via *msx1* in a spider embryo. *Sci Adv* 6. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba7261>
- Schwager, E.E. et al.(2017). The house spider genome reveals an ancient whole-genome duplication during arachnid evolution. *BMC Biol* 15, 62. <https://doi.org/10.1186/s12915-017-0399-x>
- Oda, H., Takeichi, M.(2011). Evolution: Structural and functional diversity of cadherin at the adherens junction. *J Cell Biol* 193, 1137–46. <https://doi.org/10.1083/jcb.201008173>
- Oda, H., Tagawa, K., Akiyama-Oda, Y.(2005). Diversification of epithelial adherens junctions with independent reductive changes in cadherin form: identification of potential molecular synapomorphies among bilaterians. *Evol Dev* 7, 376–89. <https://doi.org/10.1111/j.1525-142X.2005.05043.x>
- Sasaki, M., Akiyama-Oda, Y., Oda, H.(2017). Evolutionary origin of type IV classical cadherins in arthropods. *BMC Evol Biol* 17, 142. <https://doi.org/10.1186/s12862-017-0991-2>
- Nishiguchi, S., Yagi, A., Sakai, N., Oda, H.(2016). Divergence of structural strategies for homophilic E-cadherin binding among bilaterians. *J Cell Sci* 129, 3309–19. <https://doi.org/10.1242/jcs.189258>
- Nishiguchi, S., Oda, H.(2021). Structural variability and dynamics in the ectodomain of an ancestral-type classical cadherin revealed by AFM imaging. *J Cell Sci* 134, jcs258388. <https://doi.org/10.1242/jcs.258388>
- Iwasaki-Yokozawa S, Nanjo R, Akiyama-Oda Y, Oda H. (2022) Lineage-specific, fast-evolving GATA-like gene regulates zygotic gene activation to promote endoderm specification and pattern formation in the Theridiidae spider. *BMC Biology* 20:223. <https://doi.org/10.1186/s12915-022-01421-0>
- Akiyama-Oda Y, Akaiwa T, Oda H. (2022) Reconstruction of the Global Polarity of an Early Spider Embryo by Single-Cell and Single-Nucleus Transcriptome Analysis. *Front. Cell Dev. Biol.* 10: 933220. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.933220>
- Fujiwara M, Akiyama-Oda Y, Oda H. (2022) Virtual spherical-shaped multicellular platform for simulating the morphogenetic processes of spider-like body axis formation. *Front. Cell Dev. Biol.* 10: 932814. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.932814>

社会に開かれた活動報告

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/1/1 ～ 2022/12/31	世界の学術 研究者	学術雑誌	国際学術誌に発表した論文の本年度の 被引用数 (BRH 所属で発表した論文を google scholar citations で集計)	195 件
2022/1/1 ～ 2022/12/31	インターネ ット利用者	BRH Data Resources サイト	BRH ゲノム研究データベース (https://www.brh2.jp) 利用者, アクセス数	利用者数 日本: 372 海外: 376 総アクセ ス数 7240
2022/1/1 ～ 2022/12/31	インターネ ット利用者	BRH ホームペー ジ	細胞・発生・進化研究室ページ全体 https://www.brh.co.jp/research/lab04/ 同英語トップページ https://www.brh.co.jp/en/research/lab04/	View 数 16,060 英語:553
2022/1/1 ～ 2022/12/31	インターネ ット利用者	BRH ホーム ページ	小田(3)、秋山(3)、藤原(3) ラボ日記 ※カッコ内本年度の執筆数 https://www.brh.co.jp/salon/blog/?category=99&labo=3	過去執筆 分を含め た View 数 4,993
2022/1/1 ～ 2022/12/31	研究者 学術雑誌	研究者ネッ トワーク	小田 3 件、秋山 1 件 国際学術誌論文査読	計 4 件
2022/1/1 ～ 2022/12/31	研究者 財団	研究者ネッ トワーク	小田, 秋山 依頼グラント審査 海外 2 件、国内 1 件	計 3 件
2022/2/16 2022/11/11	大学院生	大阪大学	小田 学位審査 修士主査 0 件、修士副査 1 件、 博士副査 1 件	計 2 件
4/9, 5/14, 6/11, 7/2, 23 , 10/8, 11/5, 12/3	事前予約の 一般市民	BRH 小田ラボ	「気軽に研究室訪問」イベント	43 名
5/3/22	事前予約の 一般市民	大阪大学 豊中 キャンパス	いちよう祭出展	55 名
2022/4/12 ～ 2022/7/20	医学生	奈良県立 医科大学	秋山 学生実習(非常勤講師) 26 回 (一部オンライン)	120 名
5/1/22	インターネッ ト利用者	figshare (CC BY 4.0) Y. Akiyama- Oda	single-cell/nuc 解析のデータの公開 https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.5963571.v1	418 views 73 downloads (1/13/23)

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
5/4/22	インターネット利用者	NCBI GEO	single-cell/nuc 解析のデータ の公開 (GSE201705)	
8/12/22	インターネット利用者	GitHub: M. Fujiwara	クモ胚モデルのプログラムコード (C++) の公開 (https://github.com/Motohiro-Fujiwara/spherical_vertexmodel_spider)	8 views 5 clones (1/13/23)
6/18/22	一般市民	BRH 及び YouTube	生命誌レクチャーの開催とライブ配信、講師 松井毅氏（東京工科大教授）皮膚のはたらきはどのように進化してきたのか？	現地参加者 39 名、 ライブ視聴者 59 名
4/15/22-6/30/22	一般市民	BRH ホームページ	生命誌レクチャーの開催告知と開催報告 (/event_lecture/detail/801)	2,464 views
6/8/22	インターネット利用者	figshare (CC BY 4.0) Hiroki Oda	投稿準備中論文 (Iwasaki-Yokozawa et al.) の補足動画データの公開： https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.5963661.v1	289 views, 36 downloads (1/13/23)
6/10/22	インターネット利用者	NCBI GEO	投稿準備中論文 (Iwasaki-Yokozawa et al.) の遺伝子発現解析データの公開 (GSE193511, GSE193650, GSE193870)	
6/12/22	インターネット利用者	bioRxiv	投稿準備中の論文の公開： Iwasaki-Yokozawa, Nanjo, Akiyama-Oda, Oda. Lineage-specific, fast-evolving GATA-like enge regualtes zygotic gene activation to promote endoderm specification and pattern formation in the Theridiidae spider	989 views, 199 pdf downlods (1/13/23)
7/25/22	高校教師 高校生	メール	生きものを材料とした数理解析のテーマに関する相談への対応（高校生課外活動）	1 件
7/27/22	一般市民	BRH ホームページ	Akiyama-Oda 論文紹介ページ作成 & 公開 (/research/lab04/report/detail/322) (/en/research/lab04/report/detail/318)	148 views 13 views (1/13/23)
8/17/22-9/1/22	一般市民	BRH ホームページ	Fujiwara 論文紹介ページ作成 & 公開 (/research/lab04/report/detail/323) (/en/research/lab04/report/detail/319)	127 views 7 views (1/13/23)

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
8/27/22	インターネット利用者	DDBJ/ENA/GenBank	投稿論文 (Iwasaki-Yokozawa et al.) で取得したハエトリグモ (<i>Hasarius adansoni</i>) トランスクリプトームアセンブリの配列 の公開 (GJQJ000000000)	
10/18/22	インターネット利用者	BRH ホーム ページ (日本語 サイト)	[最新論文] 逸脱して進化してきた ” 変 わりもの” 遺伝子がクモの初期卵で大事な役割を (/research/lab04/report/detail/326)	86 views (1/13/23)
10/18/22	インターネット利用者	BRH ホーム ページ (英語 サイト)	[Research] Discovery of a lineage- specific, fast-evolving gene that regulates early spider development	5 views (1/13/23)
2022/10/24	医学生	大阪医科 薬科大学	生命誌講義、講師担当	122 名
12/17/22	招待した外部 研究者	JT 生命誌 研究館	30 周年準備ミーティング	20 名

DNA から進化を探る

系統進化研究室



昆虫と植物の相互作用と進化・種分化、オサムシの後翅の退化的進化および節足動物の系統進化に関する研究

DNAから進化を探る
系統進化研究室

室長	主任研究員	蘇 智慧
研究補助員		佐々木 綾子
研究補助員		加藤 貴範
大阪大学大学院生		西岡 樹里

地球上には、数千万種の生物が存在していると推測されている。バクテリア、菌類、植物、動物、一見して何の関係もない生物たちだが、その起源を探ってみるとただ1つの共通祖先に辿り着く。これほど多種多様な生物がどのようにして共通祖先から進化・多様化してきたのだろうか。生物学の最も基本的なこの問題を理解するために、我々は時間軸における生物の進化過程と空間軸における生物間の相互作用に焦点を当てて研究を進めてきた。また、形態進化を理解するために、昆虫の翅の退化的進化機構の解明も行っている。

1 イチジク属植物を始めとする生物の相互作用と進化・種分化

はじめに

昆虫と被子植物はそれぞれ陸上で最も多様化した生物群で、その多様化は互いに相互適応的な関係を築くことによって促されてきた。その顕著な例がイチジク属植物 (*Ficus*; 以下、イチジク) とイチジクコバチ科 (*Agaonidae*; 以下、コバチ) との共生関係である。体長約 2 mm のコバチは、イチジクの唯一の送粉者 (花粉を運ぶ) である。

イチジクは、東南アジア・アフリカ・中

南米など熱帯を中心に約 750 種が分布している。日本はイチジクの分布域の北限にあたり、南西諸島を中心に 16 種が生育している。イチジクは花囊とよばれる袋状の閉じた花序をつけ、その内側に多数の花を咲かせる。コバチは、この花囊に入り花粉を媒介すると同時に花に産卵する。ふ化した幼虫は虫こぶ (昆虫が改変した植物の組織) の中で成長し、次世代のコバチが花囊内で羽化・交配する。その後、雄コバチは花囊中で生涯を終えるが、雌コバチは花粉を身につけて別の花囊へと移動することで次の受粉と産卵が成立する。このように、イチジクとコバチは、繁殖において互いに必須とする「絶対共生」関係を構築している。また、この絶対共生系は、種特異性が高く、その多くは「1 種対 1 種」、つまり 1 種のイチジクに 1 種のコバチのみが対応している。

このような種特異性の高い絶対共生系は、一見して進化の袋小路にあるようにも見えるが、イチジク属はクワ科で、750 種以上を誇る最大種数の属であり、陸上植物でも最も種多様性の高い属の 1 つである。同じクワ科に属する姉妹群の *Castilleae* 族はイチジク属とほぼ同様な分布域を有しているが、約 60 種しか含んでおらず、イチジク属

の種数の 10 分の 1 以下である (Moe et al., 2012)。イチジクとコバチの絶対共生こそがその種多様性に貢献しているのではないかと我々は考えている。生物の多様性は種分化の繰返しによって生じるので、イチジクとコバチ絶対共生における種分化機構の理解が最も重要な課題である。

また、イチジクと相利共生関係にある送粉コバチの他に、様々な動物がイチジクの果実や花嚢に依存して生活していることも知られている。そのため、イチジクが熱帯森のキーストン keystone であるとも指摘されている (Shanahan et al., 2001)。その中で昆虫類に限って言えば、送粉を担わないゴール形成者や送粉コバチの寄生者・嚙食者、寄生者の高次寄生者を含む「非送粉コバチ相」 (Bain et al., 2015) があり、また、送粉コバチのメスを捕食するクロツヤバエ (Okamoto et al., 2012) や、送粉コバチや非送粉コバチを捕食するアリ類もいる (Bain et al., 2014)。このように、イチジクは実に多くの昆虫類と相互作用「網」を形成している。しかし、この相互作用網に対する総合的理解があまり進んでいない。特に日本国内におけるイチジクと関連のある非送粉コバチとアリ類を調べた研究例は少ない。このような状況は、イチジクや送粉コバチ、その他の生物との相互作用によって形成される生態系の実態や進化・種分化機構への理解を妨げる。

以上に述べた背景のもとに、本研究は、格好な実験場である台湾・琉球列島に分布しているイチジクとそれに共生しているコバチを始めとする昆虫類を中心に、分子系統、集団遺伝、形態分類、遺伝子発現など多角的な側面から、イチジク属を中心とする共生関係の構築・維持機構と進化・種分化機構の解明を目指して複数の研究課題を実施している。ここでは 2022 年度に行った

研究テーマについて報告する。

1-1. イチジクとコバチの機能的共進化と種分化

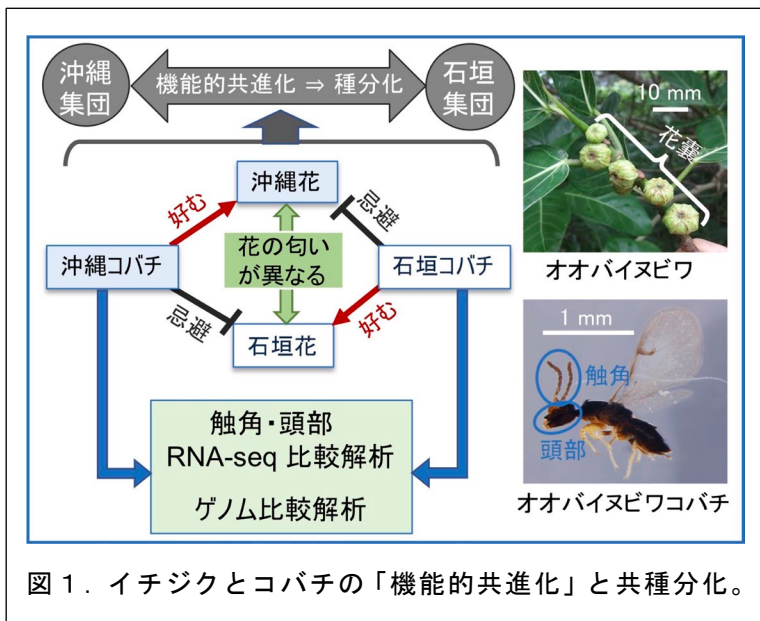
「はじめに」で述べたように、イチジクーコバチ絶対送粉共生系は種特異性が高く、共進化と共種分化のモデル系として多くの研究がなされてきた。しかし、これまでの研究から共進化と共種分化の強い証拠はあまり得られていない。

我々が台湾・琉球列島に分布するイチジク属の 1 種であるオオバインビワ *F. septica* とそのコバチ *Ceratosolen* sp. を調べたところ、台湾、石垣島と沖縄本島の間で植物の花の匂いの化学成分に違いがあることが判明した (岡本ら、未発表)。花の匂いはイチジクとコバチの種特異性を維持するための最も重要な要素であるため、コバチの寄主植物に対する識別機能も地域間で異なっている可能性があると考えられる。そこで、花の匂いに対するコバチの選好性テストを行った。その結果、石垣島コバチは石垣島植物の花の匂い、沖縄本島コバチは沖縄本島植物の花の匂いをそれぞれ好み、逆に互いに忌避することがわかった。今年度は統計解析において不足していたテストと、非寄主植物であるイヌビワの花の匂いをコントロールとするテストを追加し、結論をつけることができた。また、石垣コバチと沖縄コバチの花選好性の違いをもたらした花の匂い物質を特定するために、花の匂いに含まれる主要な物質および石垣花と沖縄花の間に含有量の異なる物質を用いて、コバチによる選好性テストを行った。その結果、両地域のコバチが明らかに異なる選好性を示す化学物質があることが判明した。本研究の結果から、寄主植物とコバチの間に互いに適応進化していることが示唆され、我々はこれをイチジクとコバチの「機能的

共進化」と呼ぶことにした。この共進化が進むことによって、石垣島と沖縄本島間で、植物もコバチも生殖隔離が生じ、共種分化が起きることが予想される（図1）。また、植物とコバチの集団遺伝解析を行ったところ、植物の方は石垣島と沖縄本島の間に僅かな遺伝的分化が検出されたが、コバチでは遺伝的分化が殆ど見られなかった。これはイチジクとコバチの「機能的共進化」が極めて最近に生じたことを示唆している。この共進化の分子的メカニズムまたは遺伝的基盤を解明するために、現在、沖縄本島、石垣島と台湾のコバチの触角と頭部の発現遺伝子の網羅的比較解析を行っている。昆虫の嗅覚機能に関わる遺伝子群を中心に、イチジクの花に対するコバチの識別機能の進化に関わる候補遺伝子（群）の特定を目指す。

1-2. ガジュマルコバチの系統進化と生物地理

ガジュマル *F. microcarpa* は日本に生育する3種の雌雄同株のイチジクのうちの1種で、東南アジアや中国大陆にも広く分布している。分布の北限は九州の屋久島である。我々の以前の研究（Azuma et al., 2010）から、八重山のガジュマルには2種の送粉コバチ（*Eupristina* spp.）がいる可能性が示唆されていた。しかし、それはサンプルの数と調査範囲が限られていたため、結論は出ていない。そこで、台湾から琉球列島の全分布域をカバーしたサンプルを採集し、分子系統解析と集団遺伝解析、さらに形態解析を行い、台湾—琉球列島に分布するガジュマルには3種（暫定的に Clade 1, Clade 2,



Clade 3 としている) の送粉コバチがいることを明らかにした（2021 年度の報告書参照）。2022 年度は大陸サンプルの追加解析と、データベースから取得した海南島（Hainan Is.）などの配列データ（Sun et al., 2011）を加えて、系統解析と分岐年代の推定を行った。その結果、Clade 3 は大陸を含め、広く分布していること、Clade 2 は海南島にも分布していること、Clade 1 は台湾—琉球列島固有の系統であることが判明した（図2）。また、これら3つの系統の分岐年代を推定し、それらの成立過程を考察した（図3）。

Clade 1 は台湾—琉球列島固有系統であることと、Clade 2 との分岐が約700万年前であることを考えると、Clade 1 は恐らく台湾が大陸から分岐することによって成立した系統であろう。その後、台湾から琉球列島へ北上して、屋久島まで分布拡大したと思われる。ミトコンドリア *cytB* 遺伝子のハプロタイプ解析の結果では、台湾の集団は最も遺伝的多様性が高く、北上していくにつれて集団の遺伝的多様性が減少していることも判明している（図4）。この結果も Clade 1 の成立過程を支持している。

Clade 2 については、海南島にもこのクレードに含まれる個体が検出されているが、大陸からは検出されていない。限られたサンプルによる可能性もあり、現時点では結

論できないが、台湾—琉球列島が成立してから、海南島を含めた大陸から侵入した系統であろう（図3）。現在は西表島まで分布を拡大している。

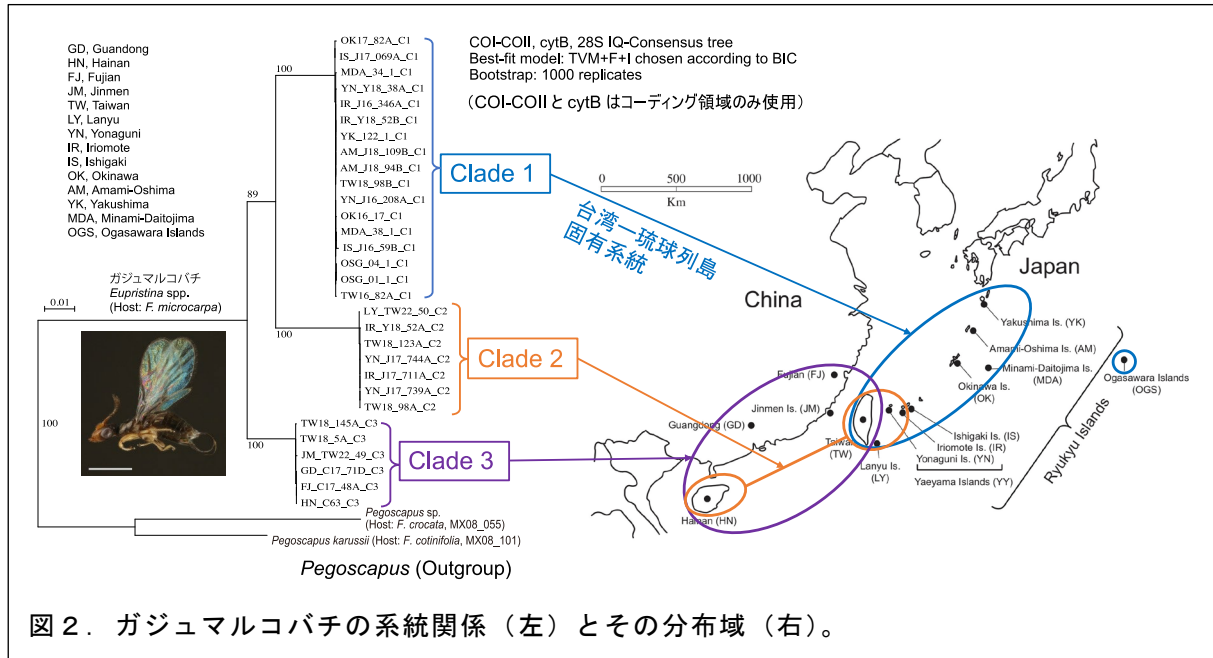


図2. ガジュマルコバチの系統関係（左）とその分布域（右）。

Clade 3 は海南島・中国大陸を始め北アフリカのチュニジアまで広く分布していることが判明した。特に台湾と大陸で全く同じ配列を有する個体も検出されているので、極めて最近に大陸から台湾に侵入してきたと思われる（図3）。

また、2021年度の報告書にも言及したが、これら3つのクレードの間で、触角にある感覚子の数に違いが観察された以外、形態的違いは見つかっていない。その感覚子数の相違が寄主植物の識別に関わっているかを解明するのは今後の課題ではあるが、台湾では3つの系統のコバチが同所的に生息しており、また植物の同一株から Clade 1 と Clade 2 のコバチが採集されているので、これらのコバチ

は寄主植物に対する識別機能に違いは生じていないだろう。

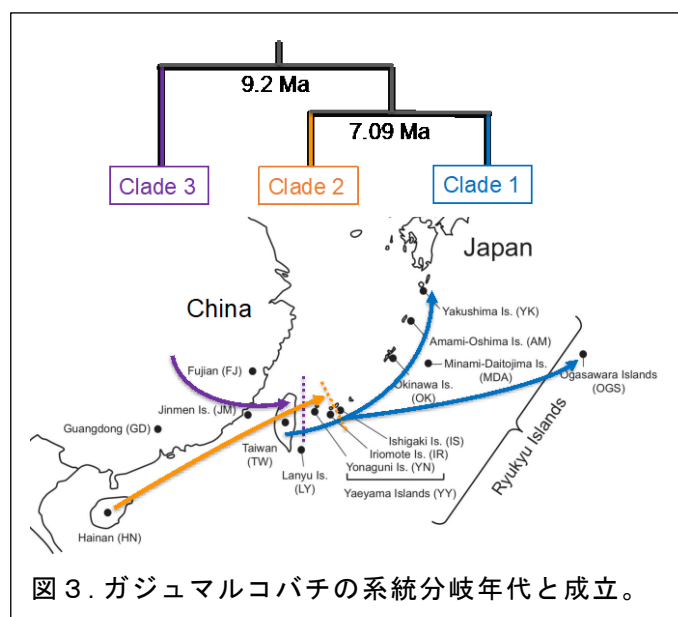


図3. ガジュマルコバチの系統分岐年代と成立。

おわりに

ここ数年間、台湾—琉球列島を「実験場」として、そこに分布するイチジクとそのコバチを材料にし、進化・種分化のプロセスとメカニズムの解明を行ってきた。2022 年度に、寄主転換と種特異性の再構築による種分化についての論文を

Communications Biology 誌に発表した。また、中

国大陸から台湾—琉球列島に分布するガジュマルに 3 つの Clade (3 種) の送粉コバチがいることを明らかにし、推定した分岐年代に基づいて成立過程を解明したのも今年度の研究成果の 1 つである。特筆すべきはオオバイヌビワとそのコバチの機能的共進化と種分化についての研究である。石垣島と沖縄本島のコバチの寄主植物の花の匂いに対する選好性が異なっていることに結論をつけただけでなく、その選好性の違いをもたらした花の匂い物質を特定したのは大きな成果であろう。現在、この機能的共進化・種分化の遺伝基盤と分子機構の解明を目指してコバチの頭部・触角 RNA-seq 解析とゲノム比較解析を進めている。また、この 3 年間計画しながら、新型コロナウイルスの影響によって実行できなかった台湾のコバチの行動実験と RNA-seq 解析のサンプリングが実施できたのも大きな前進である。

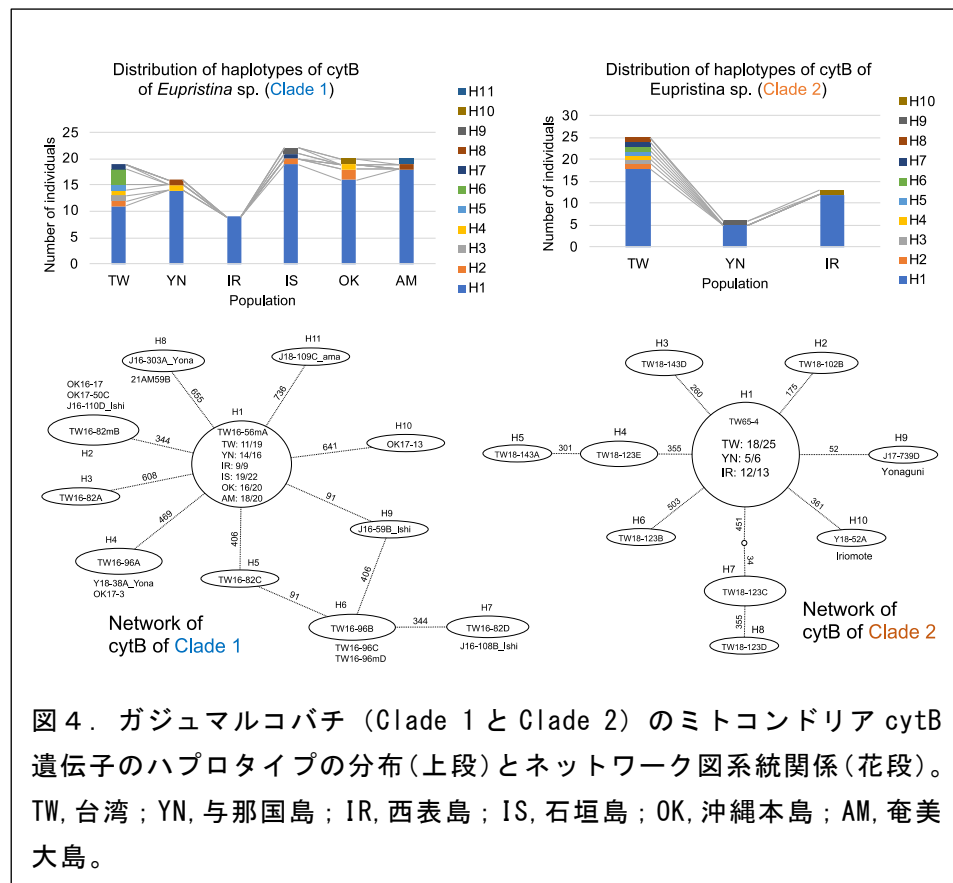


図 4. ガジュマルコバチ (Clade 1 と Clade 2) のミトコンドリア cytB 遺伝子のハプロタイプの分布 (上段) とネットワーク図系統関係 (花段)。TW, 台湾; YN, 与那国島; IR, 西表島; IS, 石垣島; OK, 沖縄本島; AM, 奄美大島。

2 植食性昆虫の非寄主植物の識別

はじめに

昆虫の約半数の種は植物を利用する植食性昆虫であり、そのほとんどは特定の植物 (寄主植物) のみを利用する。昆虫の寄主植物の見分け方は種によって異なるが、多くの鱗翅目の場合、幼虫は長距離移動が困難であるため、成虫が寄主植物を見分けることになる。メス成虫はまず、葉の香りや色、形などから寄主植物を見つけ、前脚に存在する味覚感覚子で植物表面の二次代謝物質を感知することで、寄主植物かどうかを判断し産卵を決める。その産卵を誘導した二次代謝物質のことを産卵刺激物質と呼ぶ。産卵刺激物質は、アゲハチョウ科・シロチョウ科・タテハチョウ科などで同定されている。また、産卵刺激物質は 1 種の寄

主植物に複数存在し、それらが組み合わさることによって産卵が誘発されることがわかっている。一方、非寄主植物に対してどのように識別しているのかはあまり理解できていない。ナミアゲハに対して非寄主植物であるコクサギに産卵を抑制する物質が存在していることが示唆されているものの(Nishida et al. 1990)、産卵抑制機能が非寄主植物に広く存在しているのか、またその場合、産卵抑制物質に対して昆虫がどのように応答しているのかは不明である。本研究はこれらの疑問の解明を目的とした。また、本研究は大阪大学大学院生 西岡樹里の研究テーマで、尾崎克久と宇賀神篤両博士の協力のもとで進めている。

材料と手法

本研究では、産卵行動について先行研究により明らかになっている事実が多いことに加え、材料が得やすいという理由から、ナミアゲハを対象生物とした。また、非寄主植物としてコクサギとウマノスズクサを使用し、コントロールとして寄主植物の温州ミカンを用いた。

上記3種の植物の葉をそれぞれメタノールに漬けて抽出液を作成した。その抽出液（単独または混合）をナミアゲハの味覚感

覚子（1本）に提示して、電気生理実験によって刺激応答を測定し、その応答パターンを比較した。

結果と考察

電気生理実験の結果、ミカン、コクサギ、ウマノスズクサの3種の葉の抽出液のどちらに対しても、ナミアゲハの味覚感覚子が応答することが判明した（図5）。これまで寄主植物であるミカンの葉の抽出液に対して前脚味覚感覚子が電気生理的な応答を示したことが明らかになっているが（Ryuda et al. 2011）、非寄主植物の葉の抽出液に対しても味覚感覚子が応答することが、本研究で初めて分かった。また、3種の植物に対する応答パターンが異なっていることも判明した（図5）。応答スパイクの数をみると、ミカンとウマノスズクサは0.5～0.6mVに、コクサギは0.3～0.4mVにスパイクが集中していた。これらの結果から、ナミアゲハは3種の植物の葉に対して異なる味として認識している可能性が示唆された。

今後は、ミカンと非寄主植物の混合液による電気生理実験を実施し、得られた結果は、ミカンや非寄主植物のみを提示した際の応答結果と比べてどのように変化するのかを明らかにする。また、非寄主植物の葉

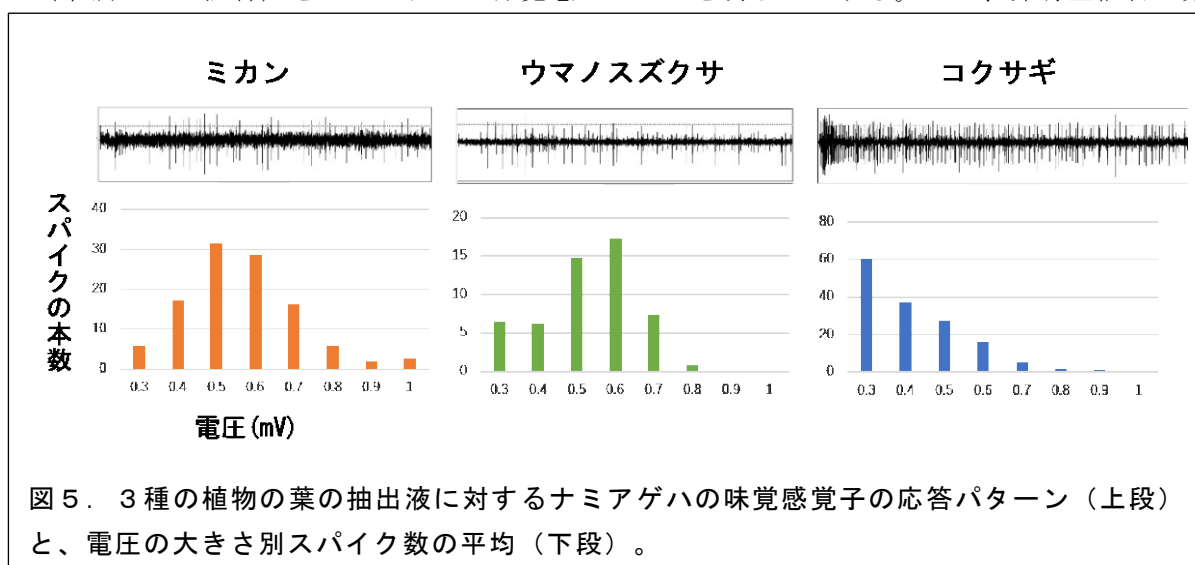


図5. 3種の植物の葉の抽出液に対するナミアゲハの味覚感覚子の応答パターン（上段）と、電圧の大きさ別スパイク数の平均（下段）。

の抽出液を用いて、産卵実験にてナミアゲハのメス成虫の産卵を抑制するかどうかとも明らかにする。最終的に電気生理と産卵実

験の結果を照らし合わせ、非寄主植物の産卵抑制応答について考察したい。

3 オサムシの後翅退化に関する研究

はじめに

生物の進化過程において、新しい機能・形態が獲得される一方、獲得形質の喪失も生じる。昆虫の進化過程では、翅の獲得が最重要な進化イベントではあるが、現生の昆虫類には翅が退化して飛翔機能を喪失したものが少なくない。この退化的進化を遺伝的・分子的に理解するのが本研究の目的

である。

オサムシ（亜科）は後翅退化によって飛翔機能を喪失した代表的な昆虫群である。我々のこれまでの研究により、オサムシの退化後翅の形態は分類群（系統）により異なり、正常な後翅をもち飛翔できるオサムシ群から系統的に離れるほど、その後翅の退化程度が大きく、最も離れているセダカオサムシ族は後翅が完全に消失していることが判明している（図6）。

つまり、オサムシの後翅退化は、遺伝的な要因によってそれぞれの分類群で独立的に生じた可能性が高い。従って、オサムシは生物の機能・形態の喪失を研究するための格好な材料である。本研究は正常な後翅を持つオサムシ群と後翅の退化形態が異なる代表的な分類群を用いて、後翅退化の発生過程の解明と、飛翔機能喪失の遺伝基盤と分子機構の進化の解明を目指している。

研究材料

本研究に用いたオサムシは、**①** 正常な後翅を持ち飛翔できるカタビロオサムシ、**②** 後翅が針状型に退化したヤコンオサムシ、**③** 後翅が均等萎縮型に退化したマイマイカブリ、**④** 後翅が消失したセダカオサムシ、**⑤** 後翅の退化が種内で異なるアカガネオサムシである（図7）。

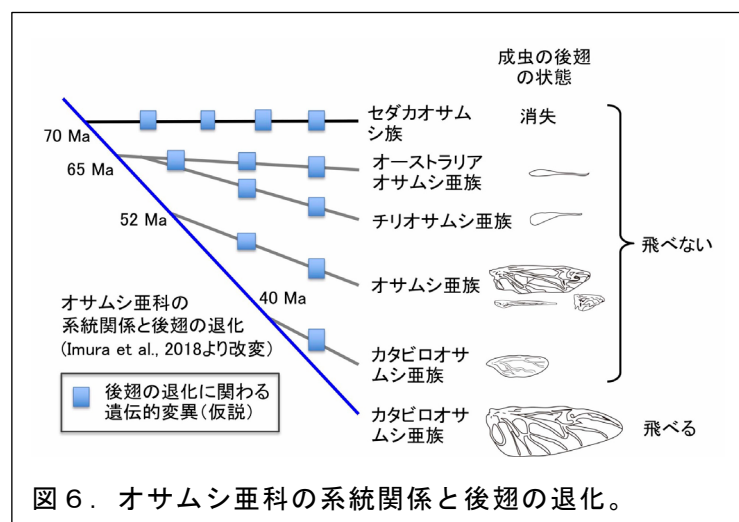


図6. オサムシ亜科の系統関係と後翅の退化。

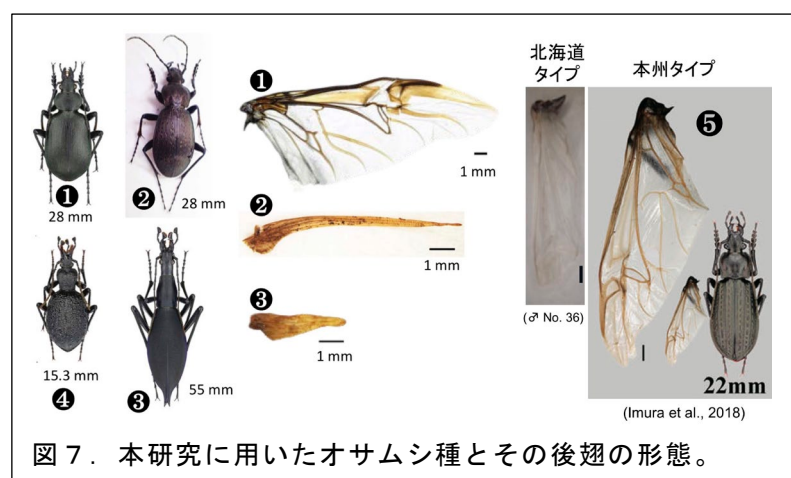


図7. 本研究に用いたオサムシ種とその後翅の形態。

結果と考察

オサムシの後翅退化の発生過程 2021 年度まで、クロカタビロオサムシ(①)、ヤコンオサムシ(②)とマイマイカブリ(③)の飼育に成功し、後翅の発生過程を観察することができた。今年度はさらにアカガネオサムシ(⑤)の北海道個体の採集(北海道在住の旭夢稀氏の協力による)と飼育に成功し、その後翅の発生過程を観察することができた。

これまでに観察した結果、前蛹期の後翅原基について、サイズと形態に明白な違いは観察されなかったが、クロカタビロオサムシの正常後翅原基は翅脈がより明確であるように見えた。また、退化後翅原基の中でマイマイカブリは最も翅脈が不明瞭であった(図8)。

一方、蛹期ではカタビロオサムシの後翅は発生の進行につれて、翅脈間の組織が形成され、膜の中で翅が発達するが、退化後翅は、蛹期0日目では翅組織が膜の中で一杯になっていたが、2日目では翅組織の退縮が観察された(図8)。その後、ヤコンオサムシとマイマイカブリはその退縮がどんどん進行し、特にマイマイカブリの後翅は

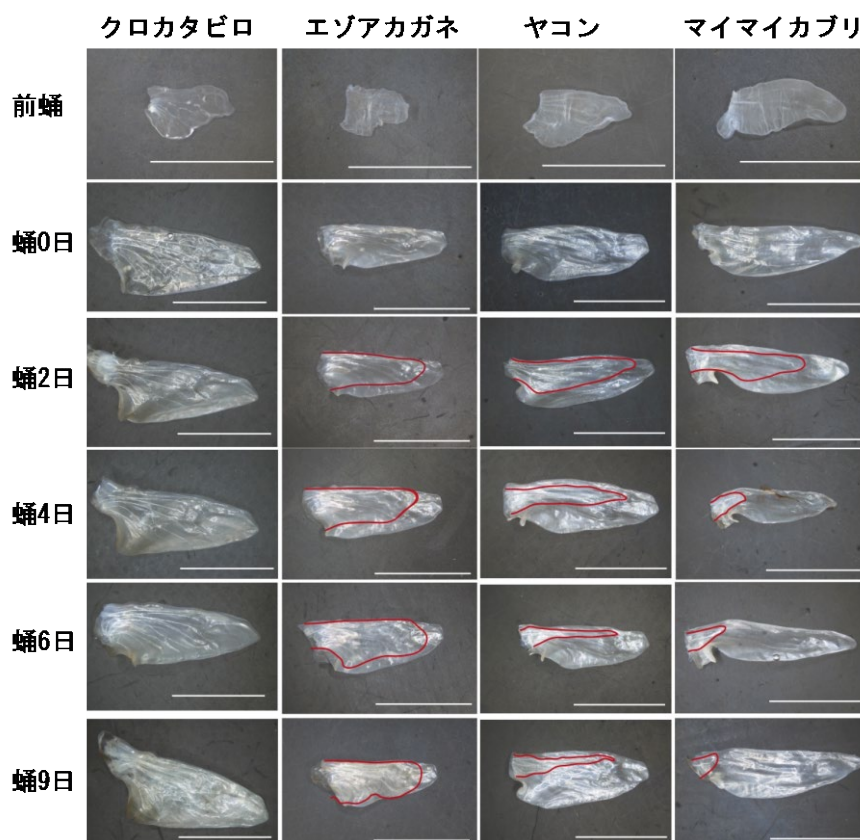


図8. 4種のオサムシの後翅の発生過程。赤い線の囲みは袋状の膜に包まれている退化後翅の位置を示す。クロカタビロは正常後翅。他3種は退化後翅。

退縮程度が激しく、4日目にはすでに痕跡のように縮まっていた(図8)。

ヤコンオサムシは羽化する前に後翅がすでに針状になっていることも確認された(2021年度報告書参照)。一方、アカガネオサムシ(今回は北海道タイプを使用、図8参照)は、蛹2日目に翅組織の退縮が観察されたが、その後、翅組織が形成され発達する様子も見えた(図8)。羽化後のアカガネオサムシの後翅を観察したところ、その後翅は翅前縁から半分程度の大きさで、翅脈と翅脈間の翅膜は正常にみえた。以上の観察結果から、後翅の退化は蛹期の発生過程において、後翅の組織が正常に形成できないだけでなく、アポトーシスによる

組織の退縮も関わっている可能性があると考えた。

RNA-seq 解析による発現変動遺伝子の探索と解析環境の構築 昆虫の翅形成に関わる遺伝子群のネットワークがショウジョウバエやハチなどの研究から提示されている (Abouheif and Wray, 2002; Brisson et al., 2010)。本研究は、研究材料に示したオサムシ種を用いて、後翅の発生過程における翅形成関連遺伝子群の発現量の変動を調べ、後翅の退化に関わる遺伝子群の特定を目指している。今年度は、新たにエゾアカガネオサムシのサンプルを加え、さらにクロカタビロオサムシとマイマイカブリについてもサンプルを追加した。RNA-seq 解析については、遺伝研のスパコンを利用しながら、研究室での解析環境を構築した。予備的な解析ではあるが、翅形成関連遺伝子群の発現量が蛹期の間に変化していることが明らかになった。エゾアカガネオサムシの蛹期における翅形成関連遺伝子群の発現量についてクラスタリングしたところ、大まかに

前蛹前期、蛹化後 0-2 日目、それ以外のクラスタに区別された (図 9)。そのアカガネオサムシの蛹期における翅形成過程の観察では、蛹期 2 日目とその以降の後翅の形態形成に違いが見られており、翅形成遺伝子群の発現量の変動が後翅退化の発生過程に関わっている可能性があると考えられる。

また、翅形成遺伝子群の中にオサムシ種間で異なる発現量変動を示す遺伝子が存在することも示唆された。オサムシの de novo アセンブリ結果から、翅形成関連遺伝子と相同する遺伝子の発現量の変動を調べた。その結果、オサムシ種間では変動の様相に

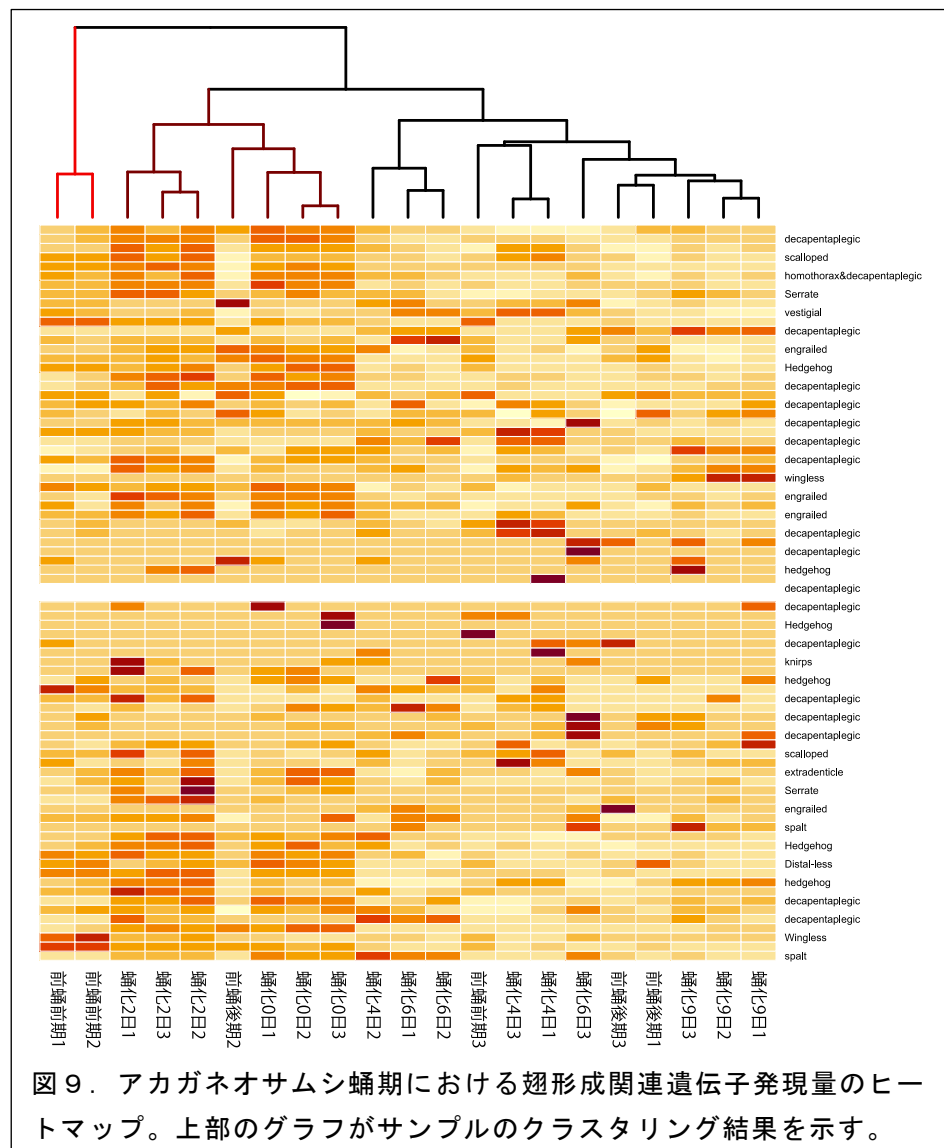


図 9. アカガネオサムシ蛹期における翅形成関連遺伝子発現量のヒートマップ。上部のグラフがサンプルのクラスタリング結果を示す。

差異が見られた。こうした発現量の変動の違いがオサムシの後翅退化過程の多様性に影響を与えている可能性も考えられる。

おわりに

進化過程における生物の機能・形態の喪失は昆虫に限ったことではないが、飼育可能で発生過程も観察できる材料はあまり多くない。オサムシはこれらの条件を満たしている貴重な材料である。これまでの研究結果から、オサムシの後翅退化は蛹期の発生過程で組織の形成が正常にできないことと、組織の退縮によって生

4 節足動物の系統進化

はじめに

節足動物は、現在鋏角亜門（クモ類）、多足亜門（ムカデ・ヤスデ類）、甲殻亜門（エビ・ミジンコ類）と六脚亜門（広義の昆虫類）の4亜門に分類され、地球上最も多様化した動物群で、種数において全動物種の8割以上を占めている。一方、節足動物の極端な多様化故に、多くの分類群が短期間で分岐したため、節足動物の系統関係は混乱を極め、これまでに多くの研究が行われてきたにもかかわらず、まだ不明なところが多い（Giribet and Edgecombe 2019）。しかし、節足動物の進化と多様化を理解するために、系統関係は最も重要な基礎情報である。我々はこれまでに複数の核ゲノムオーソログ遺伝子を用いて、六脚類、多足類と鰓脚類（甲殻亜門）の系統解析を行い、それらの系統進化上のいくつかの問題を解明した（Ishiwata et al. 2011; Miyazawa et al. 2014; Uozumi et al. 2021）。しかし、情報量の不足により解明できていない問題も残っていた。高次分類群間の系統解析では近年トランスクリプトーム配列データを用いる

ることが強く示唆された。今後は、組織や細胞レベルでの観察を行い、結論を付ける。また、後翅退化に関わる遺伝子群の特定については、研究室で解析環境が構築できたことで、今後のRNA-seq解析はより自由に行うことができることが期待される。翅形成関連遺伝子群、アポトーシス関連遺伝子群、昆虫変態のホルモン系関連遺伝子群、そして組織形成の構造遺伝子群など様々な関連遺伝子群の発現量変動を調べ、後翅退化に関わる遺伝子群の特定を目指したい。

のが主流となっているが、データセットによって異なる結果が示されるケースが報告されている（Fernández et al. 2018; Noah et al. 2020）。それはデータセットに含まれる配列データの偏りによると考えられる（Cheon et al. 2020）。現状ではこの問題の決定的な解決法がなく、異なるデータセットを構築し系統解析を行って検証するしか方法がない。本研究は節足動物門を網羅する代表的な分類群の種を用いて、公開された配列データを活用しながら、必要に応じて自らトランスクリプトーム配列を決定し、異なる複数のデータセットを構築して系統解析を行い、節足動物の高次分類群間の系統関係の解明を試みている。

結果と考察

系統解析のデータセット 最終的に系統解析に使用した生物種は、鋏角亜門8種（そのうちの1種であるカブトガニは中国と日本からそれぞれ1個体を使用）、多足亜門20種、甲殻亜門15種と六脚亜門19種で、外群5種を含めて合計67種であった。本研究でトランスクリプトーム配列を決定したのは鋏角亜門5種、多足亜門13種と甲殻亜門10種である。そのほかはデータベー

スに公開された配列データを利用した。

節足動物のゲノム配列から作成された 2 つの オーソログ 遺伝子 コアセット insecta_hmmer3_2 (1579 遺 伝 子 座) と arthropoda_hmmer3 (1013 遺 伝 子 座) を参考配列に HaMStR を用いて、本研究で得られた配列データのコーティング群 (CLC Genomics Workbench によるアセンブル) に

含まれるオーソログ遺伝子を検索し、各種からオーソログ遺伝子を得た (Ebersberger et al. 2009)。これらのオーソログ遺伝子を用いて、5 つのサンプルセットで系統解析のデータセットを作成した。各データセットのサンプル数、遺伝子数、アミノ酸サイト数とミッシングデータの割合は表 1 に示している。

表 1 節足動物の系統解析に用いたデータセット。

Datasets	Coresets for HaMStR	Sample sets	Super-matrices (Eliminated genes shorter than 100 aa)			
			Orthologs	Average missing (%)	Amino acids (aa)	Average missing (%)
Dataset A1	Coreset A (insecta_hmmer3_2)	Arthropods (62) + Outgroups (3)	1077	9.07	251310	10.75
Dataset A2		Arthropods (31) + Outgroups (2)	1233	7.85	318911	9.8
Dataset A3		Myriapods (20) + Outgroups (15)	1226	7.99	327013	10.66
Dataset A4		Myriapods (18)	1166	6.07	310673	11.54
Dataset A5		Pancrustaceans (33) + Outgroups (8)	1234	7.19	333717	9.84
Dataset B1	Coreset B (arthropoda_hmmer3)	Arthropods (62) + Outgroups (4)	751	7.51	187693	9.65
Dataset B2		Arthropods (30) + Outgroups (4)	837	6.39	241198	9.39
Dataset B3		Myriapods (20) + Outgroups (14)	830	6.91	239793	10.01
Dataset B4		Myriapods (18)	798	5.98	224473	10.79
Dataset B5		Pancrustaceans (34) + Outgroups (7)	841	5.84	251262	8.84

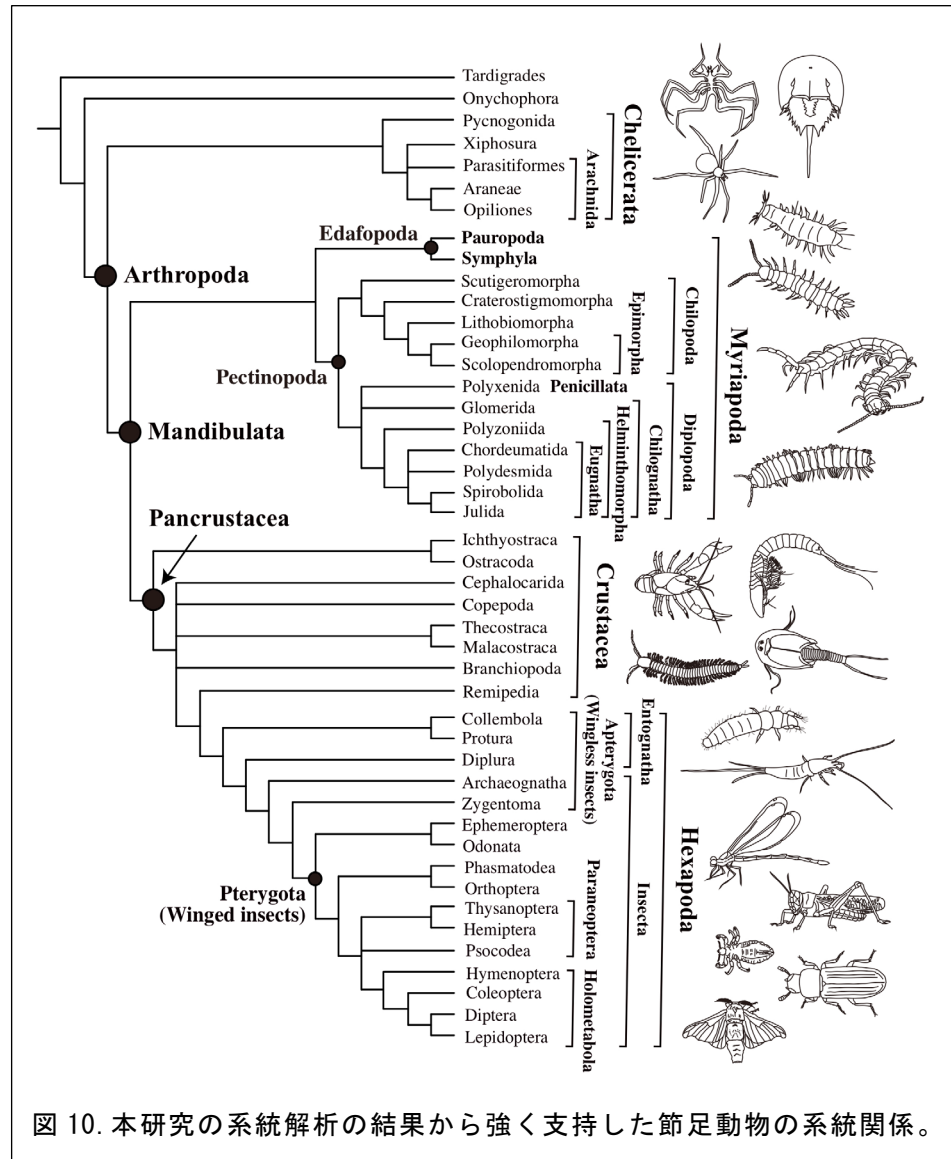
Datasets A1 and B1, all samples; Datasets A2 and B2, focus on phylogenetic analysis at subphylum level; Datasets A3 and B3, focus on Myriapoda; Datasets A4 and B5, focus on phylogenetic analysis among orders of two myriapod classes Chilopoda and Diplopoda; Datasets A5 and B5, focus on Pancrustacea.

節足動物の亜門レベルの系統関係 合計 10 個のデータセットを用いて、最尤法とベイズ法で系統解析を行った。全ての系統樹から強い支持が得られた節足動物の系統関係は図 10 にまとめた。鋏角亜門 (Chelicerata)、多足亜門 (Myriapoda)、大顎類 (Mandibulata)、汎甲殻類 (Pancrustacea) と六脚亜門 (Hexapoda) はそれぞれ単系統群であることが明らかになった。鋏角類のウミウモ綱 (Pycnogonida) が節足動物全体の外群に位置することも示唆されていたが、本研究の結果はその仮説を支持しない。一方、クモ綱 (Arachnida) の単系統性は強い支持が得られず、カブト

ガニ綱に対して側系統である可能性が示唆された。また、鋏角亜門と多足亜門が姉妹関係になる Myriochelata or Paradoxopoda 説が提唱されていたが、本研究の結果から全く支持されず、従来提唱された大顎類の単系統性が強く支持された。甲殻亜門は六脚亜門に対して側系統であり、両亜門が汎甲殻類を構成することも強く支持された。

多足亜門の系統関係 多足亜門はムカデ綱、ヤスデ綱、コムカデ綱とエダヒゲムシ綱の 4 綱に分類されている。これら 4 綱の系統関係については、これまでの研究からほぼあらゆる可能な系統仮説が提唱されて

おり、結論が得られていない。本研究はバランスが取れたサンプリングと、これまでの研究と比較して最も多い遺伝子座数とアミノ酸サイト数で構築した複数のデータセットを用いて系統解析を行った。その結果、ムカデ綱 (Chilopoda) とヤスデ綱 (Diplopoda)、コムカデ綱 (Symphyla) とエダヒゲムシ綱 (Pauropoda) がそれぞれ姉妹群になることが強く支持された (図 10)。ただ、この系統関係を



支持する形態的証拠が少ないのは一つの課題である。ムカデ綱とヤスデ綱の単系統性も強く支持され、ムカデ綱 5 目の系統関係も明らかになった。ヤスデ綱 16 目のうち、分類学的に最も遠い関係にあるフサヤスデ目 (Polyxenida) を含め 7 目が解析に使用されており、単系統性の信頼性は高い。目レベルの系統関係については、基本的にこれまでの知見と一致するが、一部のデータセットの解析結果から、タマヤスデ目 (Glomerid) とフサヤスデ目の姉妹関係が支持されたことだけはこれまでの知見とは異なる (図 10)。

汎甲殻類 (甲殻亜門+六脚亜門) の系統関係 近年の分子系統の研究によって、六脚類と甲殻類の近縁性が確認され、両群を汎甲殻類として分類された。また、甲殻類は側系統群であり、六脚類は単系統群であることも明らかになっている。本研究の結果もこれらのことを支持した。一方、六脚類に最も近縁な甲殻類については、現在主として 2 つの可能性が考えられている。それはムカデエビ (Remipedia) か、ムカデエビ+カシラエビ (Cephalocarida) である (Fernández et al. 2018; Giribet and

Edgecombe 2019; Noah et al. 2020)。本研究の結果からムカデエビとカシラエビの姉妹関係が示されず、ムカデエビが六脚類に最も近縁であることが強く支持された（図 12）。甲殻亜門の系統関係については、ムカデエビが六脚類に近縁であることと、貧甲殻上綱 (Oligostraca: Ichthyostraca+Ostracoda) が最初に分岐したことが明らかになったが、それ以外の系統関係は、支持が弱いものや、結果が矛盾しており、解明することができなかった（図 10）。

六脚類亜門の系統関係については、近年の研究によって比較的良く解明されている (Ishiwata et al. 2011; Sasaki et al. 2013; Bisof et al. 2014)。本研究の結果は基本的にこれまでの知見を支持しているが、arthropoda_hmmer3 コアセットから抽出したオーソログ遺伝子を用いて作成したデータセットの解析から、カメムシなどの準新翅類 (Paraneoptera) が単系統群であることが強く支持された。これは分子系統解析で

は初めての知見である。近年の研究から準新翅類は側系統群であり、完全変態類は準新翅類の一系統から発生したと広く認識されるようになっているが、本研究の結果によって、準新翅類の系統的位置または完全変態類の起源について、さらなる検証すべき課題として提示することができた。

おわりに

大規模配列データを用いた系統解析は、より信頼性の高い結果が期待される一方、データセットによって異なるまたは矛盾した結果が得られることがある。本研究の最大のポイントとしては、節足動物全体を網羅し、バランスが取れたサンプリングと、非常に多いデータ量を用いて系統解析を行ったことである。また、異なる遺伝子セットとサンプルセットから複数の系統解析データセットを用いて系統解析を行い、結果の検証ができたのも特筆すべきである。

引用文献

- Abouheif, E., Wray, G.A. (2002) Evolution of the gene network underlying wing polyphenism in ants. *Science* 297: 249-252.
- Azuma, H., Harrison, R.D., Nakamura, K., Su, Z.-H. (2010) Molecular phylogenies of figs and fig-pollinating wasps in the Ryukyu and Bonin (Ogasawara) islands, Japan. *Genes Genet. Syst.* 85: 177-192.
- Bain, A., Harrison, R.D., Schatz, B. (2014) How to be an ant on figs. *Acta Oecologica* 57: 97-108.
- Bain, A., Tzeng, H.-Y., Wu W.-J., Chou, L.-S. (2015) *Ficus* (Moraceae) and fig wasps (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Taiwan. *Botanical studies* 56:11.
- Brisson, J. A., Ishikawa, A., Miura, T. (2010) Wing development genes of the pea aphid and differential gene expression between winged and unwinged morphs. *Insect Mol. Biol.* 19: 63-73.
- Cheon, S., Zhang, J., Park, C. (2020) Is Phylotranscriptomics as Reliable as Phylogenomics? *Mol. Biol. Evol.* doi:10.1093/molbev/msaa181.
- Cook, J. M., Segar, S. T. (2010) Speciation in fig wasps. *Ecol. Entomol.* 35: 54-66.
- Cornille, A., Underhill, J.G., Gruaud, A., Hossaert-McKey, M., Johnson, S.D., Tolley, K.A., Kjellberg, F., von Noort, S., Proffitt, M. (2012) Floral volatiles, pollinator sharing and diversification in the fig-wasp mutualism: insights from *Ficus natalensis*, and its two wasp pollinators (South Africa). *Proc. R. Soc. B* 279: 1731-1739.
- Cruaud, A. et al. (2012) An extreme case of plant-insect codiversification: figs and fig-Pollinating wasps. *Syst. Biol.* 61: 1029-1047.
- Ebersberger, I., Strauss, S., von Haeseler, A., (2009) HaMStR: Profile hidden markov model based search for orthologs in ESTs. *BMC Evol Biol.* 9:157.
- Fernández, R., Edgecombe, G.D., Giribet, G. (2018) Phylogenomics illuminates the backbone of the Myriapoda Tree of Life and

- reconciles morphological and molecular phylogenies. *Sci. Rep.* 8:83.
- Giribet, G., Edgecombe, G.D. (2019) The Phylogeny and Evolutionary History of Arthropods. *Curr. Biol.* 29: R592–R602.
- Imura, Y., Tominaga, O., Su, Z.-H., Kashiwai, N., Okamoto, M., Osawa, S. (2018) Evolutionary history of carabid ground beetles with special reference to morphological variations of the hind-wings. *Proc. Jpn. Acad., Ser. B* 94: 360–371.
- Ishiwata, K., Sasaki, G., Ogawa, G., Miyata, T., Su, Z.-H. (2011) Phylogenetic relationships among insect orders based on three nuclear protein-coding gene sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 58: 169–180.
- Kusumi, J., Azuma, H., Tzeng, H.-Y., Chou, L.-S., Peng, Y.-Q., Nakamura, K., Su, Z.-H. (2012) Phylogenetic analyses suggest a hybrid origin of the figs (Moraceae: *Ficus*) that are endemic to the Ogasawara (Bonin) Islands, Japan. *Mol. Phylogenet. Evol.* 63: 168–179.
- Misof, B. et al. (2014) Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346: 763–767.
- Miyazawa, H., Ueda, C., Yahata, K., Su, Z.-H. (2014) Molecular phylogeny of Myriapoda provides insights into evolutionary patterns of the mode in post-embryonic development. *Scientific Reports* 4:4127.
- Nishida, R., Ohsugi, T., Fukami, H., Nakajima, S. (1990) Oviposition Deterrent of a Rutaceae-feeding Swallowtail Butterfly, *Papilio xuthus*, from a Non-host Rutaceous Plant, *Orixa japonica*. *Agric. Biol. Chem.* 54: 1265–1270.
- Noah, K.E., Hao, J., Li, L., Sun, X., Foley, B., Yang, Q., Xia, X. (2020) Major revisions in arthropod phylogeny through improved supermatrix, with support for two possible waves of land invasion by chelicerates. *Evol. Bioinform.* 16: 1–12.
- Moe, A.M., Clement, W. L., Weiblen, G.D. Rapid evolution of pollinator-mediated plant reproductive isolation. *in* R. S. Singh, J. Xu, and R. J. Kulathinal, eds. *Rapidly evolving genes and genetic systems*, Oxford Univ. Press, Oxford, U. K. (2012).
- Okamoto, T., Macgowan, I., Su, Z.-H. (2012) Predation on the pollinating fig wasp of *Ficus erecta* by larvae of *Silba* sp. (Diptera: Lonchaeidae). *Entomol. Sci.* 15: 288–293.
- Ryuda, M., Delphine, C.L., Yamada, A., Frédéric M.-P., Yoshikawa, H., Tanimura, T., Ozaki, K. (2013) Gustatory Sensing Mechanism Coding for Multiple Oviposition Stimulants in the Swallowtail Butterfly, *Papilio Xuthus*. *The Journal of Neuroscience* 33: 914–924.
- Sasaki, G., Ishiwata, K., Machida, R., Miyata, T., Su, Z.-H. (2013) Molecular phylogenetic analyses support the monophyly of Hexapoda and suggest the paraphyly of Entognatha. *BMC Evol. Biol.* 13:236.
- Shanahan, M., So, S., Compton, S., Corlett, R. (2001) Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. *Biol. Rev.* 76: 529–572.
- Su, Z.-H., Iino, H., Nakamura, K., Serrato, A., Oyama, K. (2008) Breakdown of the one-to-one rule in Mexican fig-wasp associations inferred by molecular phylogenetic analysis. *Symbiosis* 45: 73–81.
- Uozumi, T., Ishiwata, K., Grygier, M.J., Sanoamuang, L.-O., Su, Z.-H. (2021) Three nuclear protein-coding genes corroborate a recent phylogenomic model of the Branchiopoda (Crustacea) and provide estimates of the divergence times of the major branchiopodan taxa. *Genes Genet. Syst.* 96: 1–12.
- Wachi, N., Kusumi, J., Tzeng, H.-Y., Su, Z.-H. (2016) Genome-wide sequence data suggest the possibility of pollinator sharing by host shift in dioecious figs (Moraceae, *Ficus*). *Mol. Ecol.* 29: 5732–5746.
- Wang, G., Cannon, C.H., Chen, J. (2016) Pollinator sharing and gene flow among closely related sympatric dioecious fig taxa. *Proc. R. Soc. B* 283:20152963.
- Wang, G. et al. (2021) Genomic evidence of prevalent hybridization throughout the evolutionary history of the fig-wasp pollination mutualism. *Nat. Commun.* 12:718.

社会に開かれた活動報告

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/2/13	研究者		論文査読 BMC Biology	
2022/2/16	大学生	大阪大学	修論審査会	
2022/2/27	研究者		論文査読 Gene	
2022/3/5	研究者		論文査読 Journal of Plant Research	
2022/4/2	研究者		論文査読 Journal of Plant Research	
2022/4/16	一般	BRH	生命誌の日 研究員レクチャー 「種多様化の原動力の発見：イチジクコバチの場合」	来館者 25 名 オンライン視聴 24 名
2022/5/17	一般	BRH ホーム ページ	ラボ日記 「論文発表にあたっての感謝」	
2022/5/21	一般	BRH	生命誌の日 「実験・体験・ラボ見学」	参加者 約 40 名
2022/5/24 ～6/3	一般	BRH	質問回答 「イチジクとイチジクコバチについて」	3 名
2022/7/8	研究者		論文査読 Frontiers in Plant Science	
2022/7/28			論文査読 Molecular Ecology	
2022/9/1	一般	BRH ホーム ページ	ラボ日記 「久しぶりの本格的オサムシ採集」	
2022/9/21	大学生	大阪大学	学生 M1 研究中間発表会	
2022/12/1	一般	BRH ホーム ページ	ラボ日記 「マイマイカブリの地域系統の境界と新系統の発見」	
2022/12/2	シニア自然 大学校	BRH	館内講演ミニレクチャー 「イチジクとイチジクコバチの話」	参加者 20 名

カエルとイモリのかたち作りを探る

形態形成研究室



細胞周期の制御が及ぼす分化・未分化の切り替えに関する研究

カエルとイモリのかたち作りを探る
形態形成研究室

室長 主任研究員	橋本 主税
奨励研究員	佐藤 勇輝
派遣研究員（中央大学）	森山 侑輝
研究補助員	守 翔子
大阪大学大学院生	奈良崎 泉

本年度は、プラナリアの幹細胞を用いた
標題のテーマとともに、プラナリア特有の
現象である自切の研究と、両生類の原腸形
成に関わる領域の解析と脊索動物の原腸形
成機構についての研究を進めた。それぞ
れの背景も含めて今年度の進捗について以下
に報告する。

1. Cdh1によるプラナリア多能性幹細胞の 分化・未分化の制御

結果

扁形動物門に属するプラナリアは三胚葉・
三体軸・脳を持つ最も単純な左右相称動物で
あり、非常に高い再生能を示すことで知られ
ている。プラナリアは体内に多能性幹細胞を
維持しており、この幹細胞を適切に分化させ
ることで恒常的な組織更新および再生を実現
している。

1・細胞周期と細胞分化

プラナリアでは *cdh1* の発現によつての
み細胞周期が停止されるという非常にシン
プルな細胞周期制御機構が存在しており、
さらに、体内に存在する分裂細胞が幹細胞
だけであることから、幹細胞以外の細胞へ
の影響を排除して細胞周期と分化に関する

解析を行なうことが出来る。プラナリアに
おいて *cdh1* を RNAi し幹細胞で細胞周期を
停止できなくすると、幹細胞が劇的に増殖
する一方で分化細胞が減少し、組織更新や
再生ができなくなった。さらに、*cdh1* 機能
阻害個体では分化誘導シグナルとして報告
されている ERK が活性化されても幹細胞
が分化できなくなった。以上のことから、
細胞周期が G0 期で停止しないかぎり、分
化誘導シグナルが活性化されても応答でき
ないことが示された。この結果は 2022 年 2
月に *Developmental Biology* 誌に掲載された¹⁾。

2・幹細胞の移動と MTA

哺乳類でがん細胞の転移に関わっているとされる *Metastasis Tumor Antigen (MTA)* フ
ァミリーに属する遺伝子をプラナリアで機
能阻害を行なったところ、全身に均一に分
布していた幹細胞が樹状に密集して存在す
るようになり、幹細胞の分布が劇的に変化
することを見出した。さらに、*MTA* 機能阻
害個体で樹状に密集している幹細胞は分化
が抑制されている状態であることが示唆さ
れた。よって、樹状の密集領域から移動す
ることで幹細胞は分化すると考えられ、こ
の樹状領域は幹細胞ニッチである可能性が

示唆された。この結果は 2022 年 4 月に Development, Growth & Differentiation 誌に掲載された²⁾。

3・プラナリアの細胞周期

日本産プラナリアの *Dugesia japonica* のドラフトゲノム³⁾とヨーロッパ産プラナリアの *Schmidtea mediterranea* のゲノム⁴⁾で CDK を探索したところ、*cdk1*, *cdk2-like*, *cdk6-like* の 3 つを見出した。また cyclin を探索した結果、*cyclinB* と *cyclinD* のみの存在を確認した (図 1)。Cyclin が 2 つしか見つからなかったことから、プラナリアの細胞周期制御機構は一般的なモデル生物で提唱されているものとは異なると考えられる。分子系統樹から、CyclinA と CyclinB は大きく一つのクレードに属し、CyclinD と CyclinE も同じクレードに属することから、今回見出したプラナリアの CyclinB および CyclinD は、それぞれ CyclinA/B および CyclinD/E ファミリーの分子として機能しているのかもしれない。

cdh1 機能阻害個体での結果から、細胞周期が停止しないと幹細胞が分化できないことが示された。このため、特定の時期に細胞周期を停止させた場合に、幹細胞がどのような挙動を示すのかについて解析を試みた。まず G1 期で細胞周期が停止することが期待される *cyclinD* 機能阻害個体では、*piwiA* や S 期マーカーである *pcna* の発現が低下し、再生が起こらなくなる事を確認した (図 2)。この結果から、細胞周期が G1 期で停止してしまうと、幹細胞は幹細胞として維持されなくなってしまうことが示唆される。しかし、プラナリアには 2 種類の Cyclin しか存在が確認されず、どの Cyclin が細胞周期のどの時期に機能するのかわからないため結果の解釈には慎重を要する。

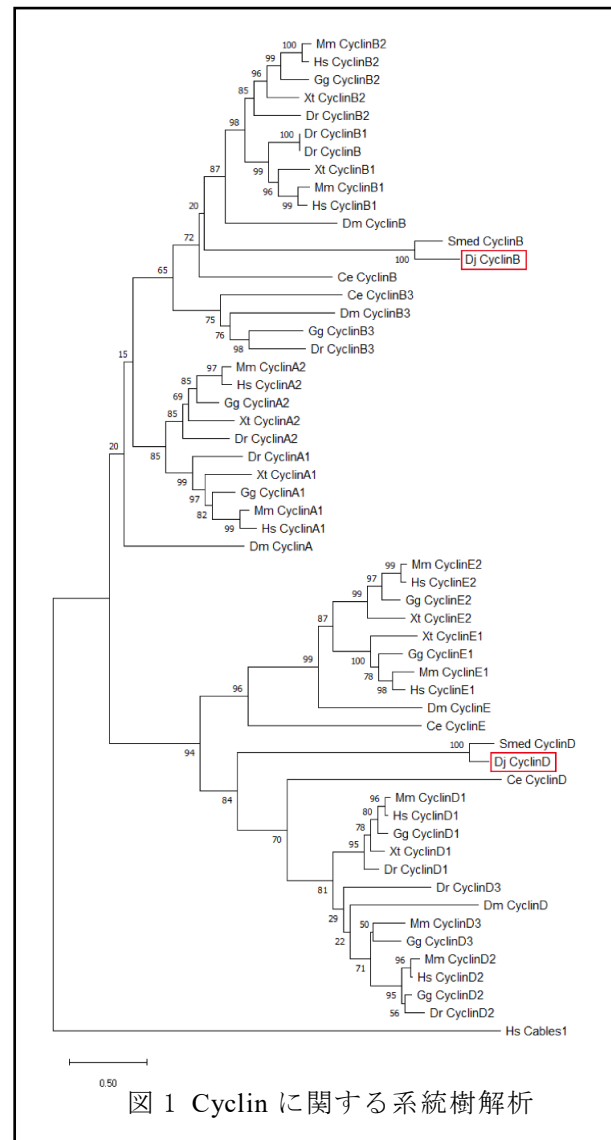


図 1 Cyclin に関する系統樹解析

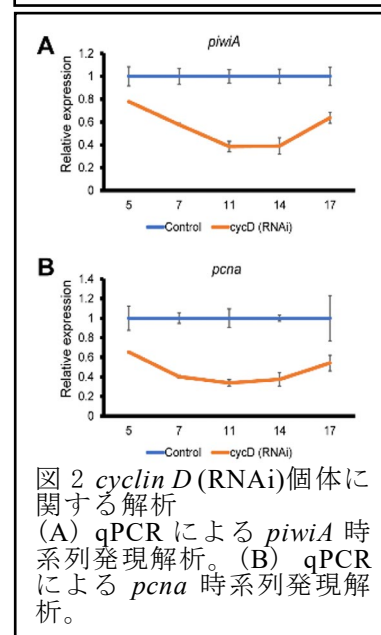
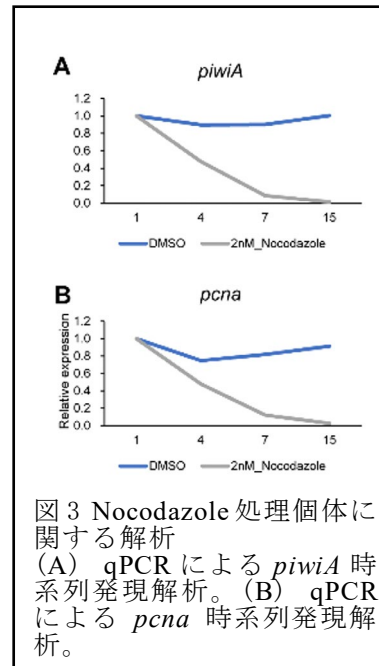


図 2 *cyclin D* (RNAi) 個体に関する解析
(A) qPCR による *piwiA* 時系列発現解析。(B) qPCR による *pcna* 時系列発現解析。

次に、M 期で停止することが期待される nocodazole 処理個体でも *piwiA* や *pcna* の発現が低下していた (図 3A, B)。M 期のマーカーである pH3 を染色し観察すると、nocodazole 処理個体では Day4 で pH3 陽性細胞の数が劇的に増えており、多くの幹細胞で細胞周期が M 期で停止していることが示唆される。一方で Day8 では pH3 陽性細胞は減少していた。G1 期や M 期で細胞周期を停止した幹細胞が分化したのか又は細胞死したのか、細胞周期が G1 期で停止した場合と M 期で停止した場合には幹細胞に与える影響の違いはあるのかといった点は今後の課題である。

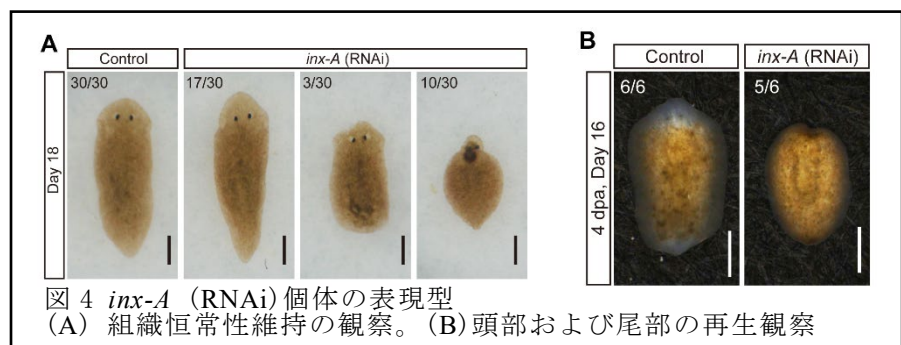


4・ギャップ結合と幹細胞の維持

MTA 機能阻害個体では無脊椎動物のギャップ結合を形成する *innexin-B* (*inx-B*) が高発現していることから、幹細胞におけるギャップ結合が幹細胞ニッチとの間で重要な役割を担っている可能性が示唆される。ギャップ結合と幹細胞ニッチの関係を解析するため、幹細胞で優位に発現しているとされる *innexin* 遺伝子である *inx-A* と *inx-B* に関して RNAi を行なった結果、*inx-A* 機

能阻害個体では組織恒常性が破綻する表現型が観察された。

inx-A 機能阻害個体では、Day17 において 30 匹中 17 匹が通常の外部形態を保っていたが、3 匹は表皮に穴が開き、10 匹は頭部が退縮するなど、組織恒常性に破綻が見られた (図 4A)。また、*inx-A* 機能阻害個体は切断しても再生芽が形成されず、再生自体も起こらなかった (図 4B)。



inx-A 機能阻害個体では Day7 では *piwiA* の発現が残っているものの、Day11 以降では *piwiA* の発現は劇的に減少していた (図 5)。また、Day5 では Control 個体で多くの M 期 (pH3 陽性) 細胞が観察されたが、*inx-A* 機能阻害個体では半数以下となっていた (図 6)。Day1 から Day4 にかけてエサに dsRNA を混ぜて与える Feeding RNAi 法を用いているため、Day5 の Control 個体において pH3 陽性細胞が多く観察されているのは、摂食後に幹細胞の分裂が促進される induced hyper proliferation によるものと考えられる⁵⁾。しかし、このような pH3 陽性細胞数の増加が *inx-A* 機能阻害個体では観察されなかった。我々は幹細胞ニッチが腸管に相当するのではないかと考えているが、ギャップ結合の遮断によって腸管との連絡が阻害され、結果として幹細胞が栄養を受け取ることができず induced hyper proliferation が起こらなかったと考えることもできる。

また、Day7 では *inx-A* 機能阻害個体は Control 個体と同様の pH3 陽性細胞数を保っていたが、Day11 以降では *inx-A* 機能阻害個体で pH3 陽性細胞は消失していた (図 6)。さらに、*piwiA* と *pcna* は Day5 で同様の発現量を示していたが、Day7 では *inx-A* 機能阻害個体で発現が有意に減少しており、Day11 以降ではさらに発現が低下していた (図 7A, B)。よって、*inx-A* 機能阻害個体では Day5 で幹細胞が Control 個体と同様に存在しているが、Day7 では S 期の幹細胞が減少し始めていることが示唆された。

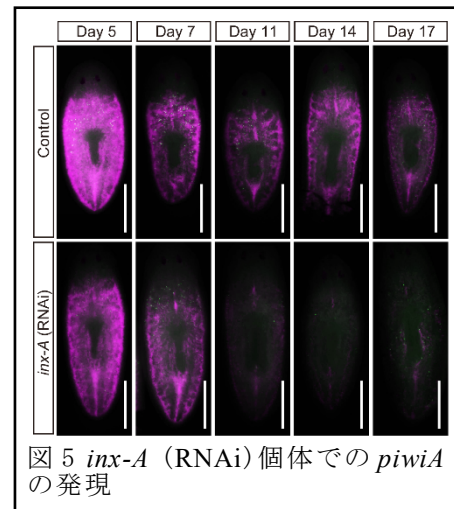


図 5 *inx-A* (RNAi) 個体での *piwiA* の発現

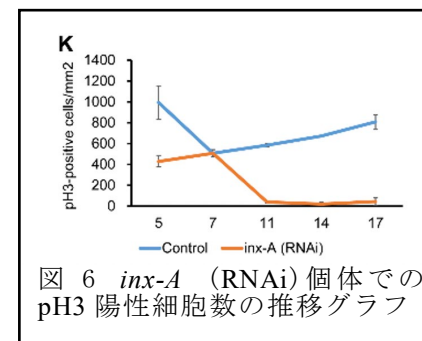


図 6 *inx-A* (RNAi) 個体での pH3 陽性細胞数の推移グラフ

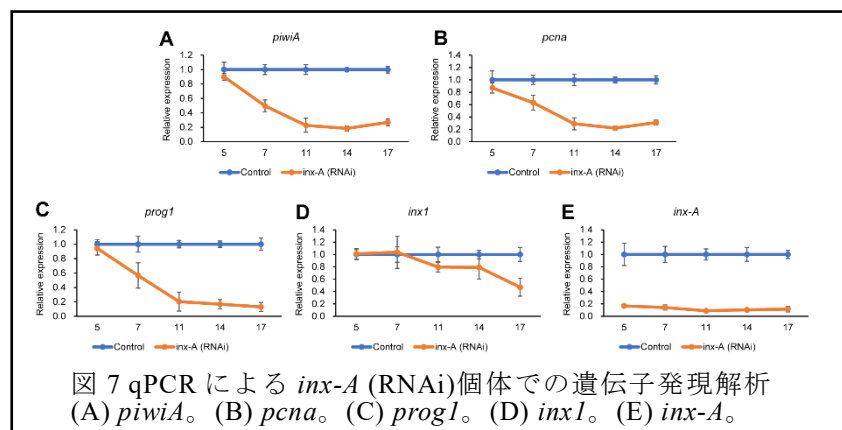


図 7 qPCR による *inx-A* (RNAi) 個体での遺伝子発現解析 (A) *piwiA*。 (B) *pcna*。 (C) *prog1*。 (D) *inx1*。 (E) *inx-A*。

また、上皮前駆細胞のマーカーである *prog1* も同様に Day7 から発現が低下しており、腸上皮細胞のマーカーである *inx1* は Day11 以降に徐々に発現が低下していた (図 7C, D)。これは幹細胞が消失したことによって新たな前駆細胞や分化細胞が供給できなくなったためだと考えられる。*inx-A* 機能阻害個体の FACS 解析では、S 期・G2 期・M 期の幹細胞が含まれる X1 分画は Day7 では低下していなかったが、Day11 以降には減少していた (図 8A, B)。一方で、G1 期の幹細胞と一部の分化細胞が含まれる X2 分画は Day7 から有意に減少していた (図 8A, C)。よって、*inx-A* 機能阻害個体では Day7 から G1 期の幹細胞が減少していき、最終的には幹細胞が消失することが示された。

脊椎動物では *connexin* によってギャップ結合が形成されており、無脊椎動物の *innexin* とはタンパク質構造が似ているもののアミノ酸配列に類似性は見られない。脊椎動物の *connexin* は 12 量体となって、直径 16~20 Å の孔を形成して細胞質を連結しているが、無脊椎動物では 16 量体となって直径 20~30 Å のギャップ結合を形成していることが明らかになっている。そのため無脊椎動物のギャップ結合ではより大きな分子も通過させられることが示されている⁶⁾。脊椎動物の多能性幹細胞においてもギャップ結合は形成されており、ES 細胞や iPS 細胞でも複数の *Connexin* が発現していることが知られている⁷⁾。興味深いことに、これらの *Connexin* を強制発現させると iPS 細胞を作

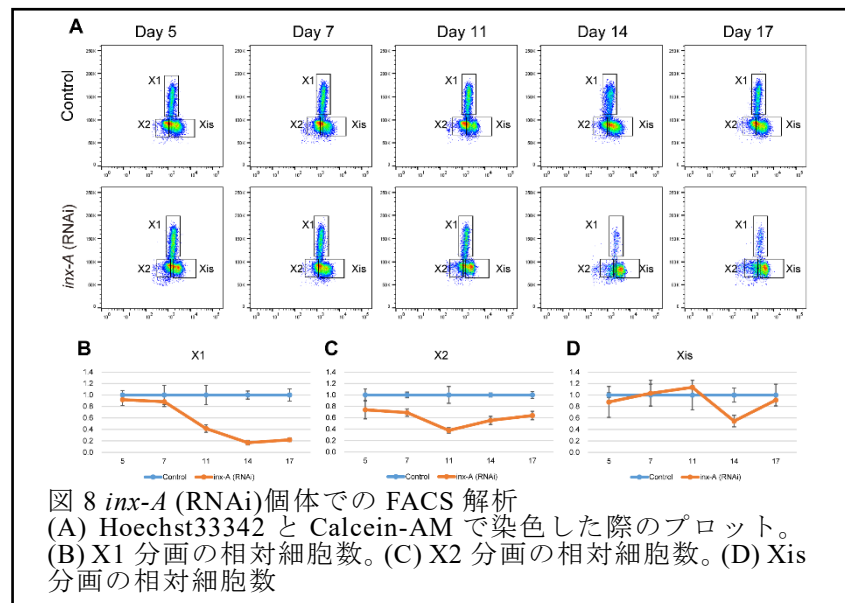


図 8 *inx-A* (RNAi) 個体での FACS 解析
(A) Hoechst33342 と Calcein-AM で染色した際のプロット。
(B) X1 分画の相対細胞数。(C) X2 分画の相対細胞数。(D) Xis 分画の相対細胞数

成する際のリプログラミング効率が上昇し、機能阻害するとリプログラミング効率が低下することが報告されていることから、ギャップ結合は幹細胞の多能性にも関わっている可能性が示唆される^{8,9)}。また、接着性をもった結合としても機能することが報告されている。実際に発生中の脳内では神経細胞と放射グリアがギャップ結合を利用して接着しており¹⁰⁾、造血幹細胞が骨髄の幹細胞ニッチに定着する際にもギャップ結合が利用されている¹¹⁾。*MTA* 機能阻害個体でも、幹細胞ニッチと考えられる樹状領域でクラスターを形成していた幹細胞は *inx-B* を高発現していたことから、プラナリアの幹細胞もギャップ結合を利用して樹状の幹細胞ニッチと結合している可能性が考えられる。

2. プラナリアにおける自切機構の解明

*S.med*を人為的に切断し、qPCR法により定期的に切断面での*hes1*遺伝子の発現量の変化を調べた結果、切断後3時間で発現は6倍まで上昇し、切断から18時間後には*hes1*の発現は切断直後の20倍にまで跳ね上がってピークを迎え、その後は徐々に下がっていくことがわかった。分化のマーカー遺伝子である*ndk1* (脳) や*eya* (眼) の発現は切断後12時間から上昇を始め、3日目で定常状態に達した。切断後3時間での発現量の急激な上昇から、*hes1*遺伝子の発現には新たな転写因子の発現を伴わず、また、*hes1*と入れ替わる形で分化マーカー遺伝子の発現が起こることから、切断の物理的刺激を再生過程に起こる遺伝子カスケードに伝達して再生を促す役割を転写因子である*hes1*は担っている可能性が示唆される。

in situ hybridizationにより*hes1*発現領域の特定を試みたが、多くの場合で発現らしいものが観察されない、または全体的な発現しか確認できなかった。特徴的な発現パターンが確認できる場合も、領域特異的に発現するわけではなく、個体ごとに発現場所が異なっていた。特に、自切が起こりやすい条件で飼育したプラナリアにおいては、特徴的な発現パターンを示す個体の割合が多く、咽頭周辺と尾部の先端に発現しているもの、咽頭の周辺に発現しているものなど、幅の広いバンド状の発現が確認される。

次に、人為的切断による再生と自切断片の再生の速度の違いを検証するため、眼が再生される時期の違いを観察した(図 9)。まず、*S.med* を人為的に切断し眼ができるまでの時間を調べたところ、切断後5日目ではまだ眼の存在を確認することができなかったが、6日目ではピンホールのように極めて小さな黒い点ができ、7日目には両眼の構造が確認で

きた。一方、自切による断片では、自切後4日目ではまだ眼を確認することができなかったが、5日目には小さな黒い点を確認することができた。7日目には両眼ができていた。これらのことから、人為的に切断した断片と自切による断片では眼ができる時間が異なっており、自切の場合の方が約1日早かったこととなる。これは、人為的な切断断片では、切った瞬間から再生の過程が起動するのに対し、自切では物理的切断の1日前には再生過程が始まっていることを示す。

人為的切断と自切による切断片で再生速度に違いがあるかについて、眼(*eya*)と脳(*ndk1*)の分化マーカー遺伝子の発現により確認した。人為的切断の瞬間を0日目(day0)とし、12時間(0.5日)ごとに断片を回収し、RNAを採取して各遺伝子の発現量を調べた。上述の通り、切断から0.5日目で*hes1*の発現がピークを迎え、その後は低下したのに対し、*eya*と*ndk*の発現は、切断後2日目で確認でき、3日目で発現が一気に上昇してプラトーに達した。今後は自切した断片を経時的に回収し、マーカー遺伝子の発現状況を解析することで、人為的切断と自切の間に時間的に優位な差があるかについて検討したい。

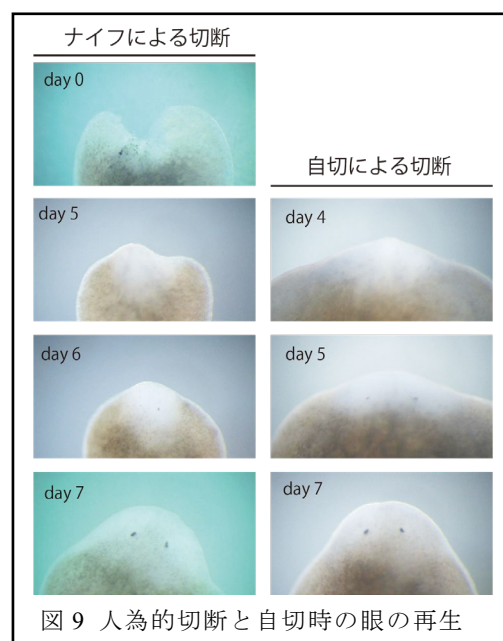


図9 人為的切断と自切時の眼の再生

*hes1*の発現パターンが一定せず移動しているように見えること、*hes1*の発現が再生の引き金になっている可能性があること、人為的な切断片より自切によって生じた断片の方の再生速度が速いことなどから、まず自切予定領域特異的に*hes1*の発現が起こり、*hes1*遺伝子の発現に伴う細胞分化が誘導され、プラナリア個体内に頭部と尾部が潜在的に形成されて、頭部と尾部の間の細胞の接着性が弱まることで結果として物理的な切断が起こる可能性を考えた(図10)。プラナリアは自力で体を切断し、その切断片を再生させることで自切が完了するとこれまで考えられてきたが、このモデルでは、切断と再生の順番が逆と考えている。

このモデルが正しければ、どの程度の分化が物理的切断に必要であるかはわからないが、少なくとも物理的切断が起こる(すなわち分化マーカー遺伝子の発現が始まる)9時間以上前には*hes1*の発現が局所的にみられることが予想される。その後、*hes1*の発現量の低下に伴って分化マーカー遺伝子の発現が上昇すると考えれば、自切の直前あるいは自切中や自切直後のプラナリアにおいて、物理的切断面では*hes1*の発現が消失していることが予想される。実際に、自切途中のプラナリアにおいて、*hes1*の発現は切断面周辺領域では高かったものの、切断中の領域では*hes1*の発現は見られなかった。また、自切直後のプラナリアでの*hes1*遺伝子の発現は分裂面では確認できず、同様の発現パターンを示すプラナリアが見られたことから、自切直前の個体ではないかと推測している(図11)。

今後は、切断途中や切断直後の個体や断片の分化マーカー遺伝子の発現パターンを確認する必要がある。また、切断直前の個体における*hes1*遺伝子の発現をin situ hybridizationやqPCR法を用いて解析する必要があるが、現状では、通常の飼育環境から自切が起こりやす

い環境へと移してから12時間以内に約3~4割程度の個体が自切する程度条件までしか詰められていない。qPCR解析から、*hes1*や分化マーカー遺伝子の発現量は数時間単位で大きく変化することがわかっているため、精度を高めるためのさらなる条件設定が必要と考えている。

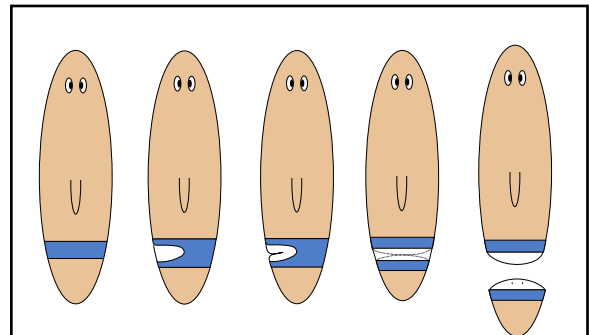


図10 自切のモデル

自切予定領域で*hes1*の発現が上昇し、*hes1*の発現開始後9時間程度で細胞分化のスイッチが入る。その後、*hes1*の発現と入れ替わる形で分化マーカー遺伝子の発現が上昇し、個体内で異所的に頭部と尾部が生じ、境界部分で互いの接着性が低下することで物理的な切断が起こる。*hes1*の発現を青色で示す。

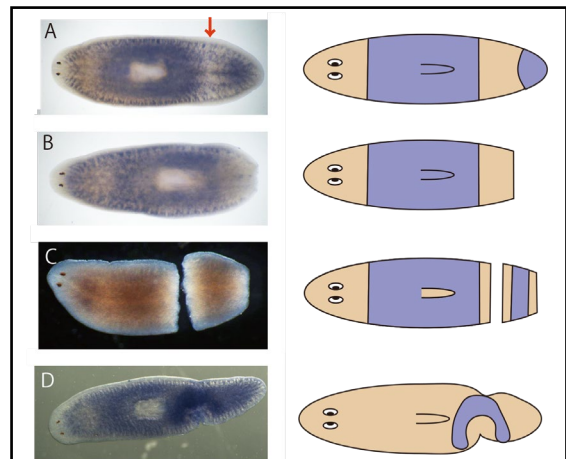


図11 自切直後の*hes1*遺伝子の発現パターン

(A)これから自切するであろう個体、(B)自切直後の個体、(C)自切直後の個体、(D)自切途中の個体。Aの矢印の場所で物理的切断が起こることが予想される。

3.原索動物に共通する原腸形成運動を考 える

私たちの研究から、両生類の初期原腸胚において背側構造形成に必要な領域は、予定神経と背側中胚葉を含む極めて狭い部分に限定できることが明らかとなった。その結果、一見して立体的に見える両生類の背側構造形成過程は、実は細胞移動によって平面が再配列されたのちに折り畳まれる過程であると考え

られ、羊膜類の原腸形成に似ていることが明らかとなった。この視点から原腸形成過程を脊索動物門の間で比較すると、我々が両生類で提唱している S&Z 運動により頭部構造が、その後に起こる収斂伸長運動によって体幹部が形成されるという普遍的な組織運動に落とし込めることが予想でき（図 12）、その結果は現在論文として投稿中である。

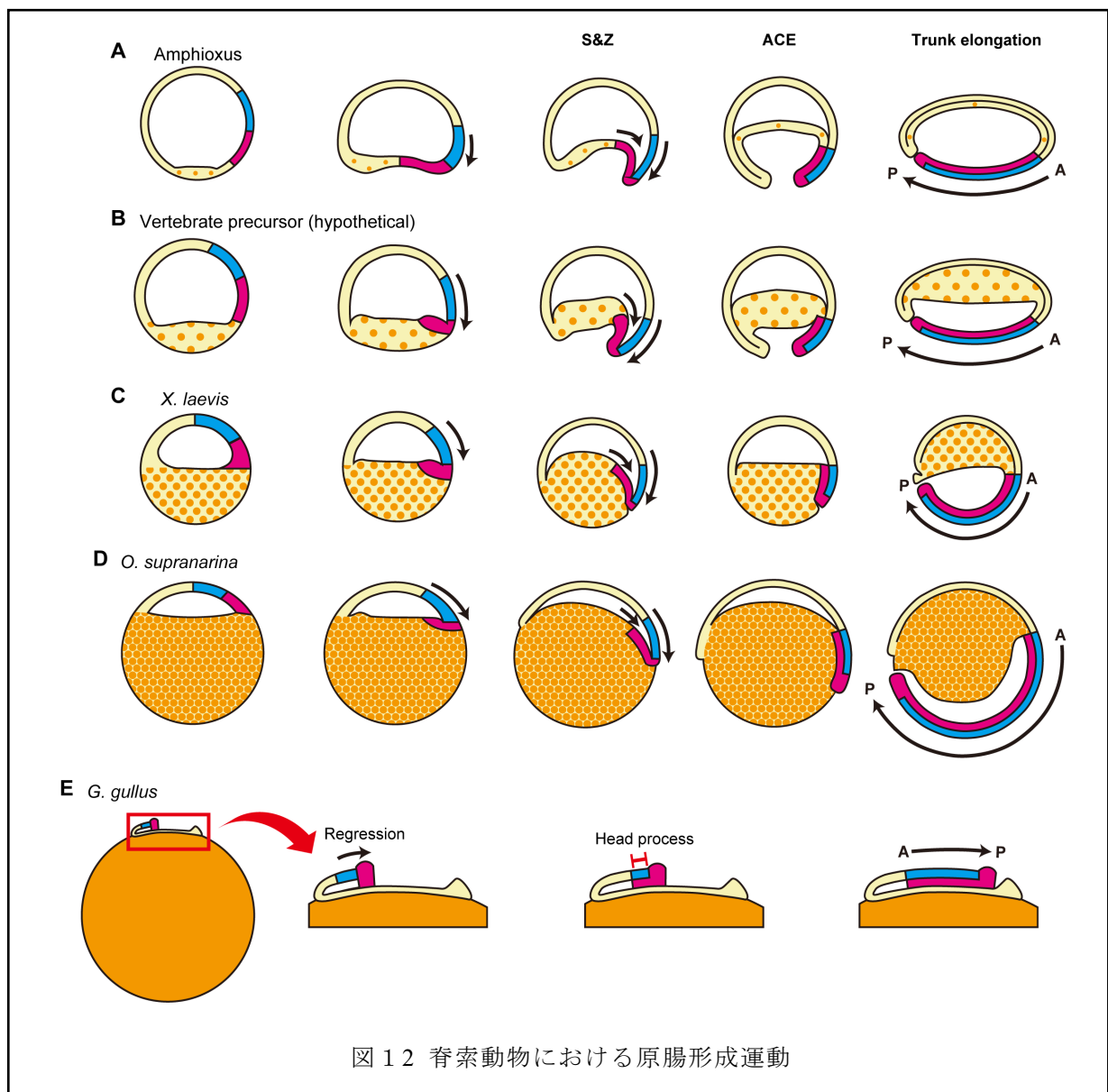


図 12 脊索動物における原腸形成運動

おわりに

プラナリアでは幹細胞のみが細胞分裂をすることや、細胞周期の制御機構が極めてシンプルなことで、細胞周期と細胞分化の関係性に関して期待通りの成果が得られて満足していたのだが、Cyclinが2種類しかなく、どのCyclinがどの時期にどのように働いているのかの情報が全く得られないことや、ほかの細胞で効果が認められている薬剤が全く効かないなど、細胞周期の制御機構があまりに単純すぎる故の理由で、次のステップに進むことが難しい状態となってきた。

腸管が全身に細かく張り巡らされていることや、幹細胞の移動を停止させた時の樹状パターンが腸管のパターンに似ていること、全身をくまなく走る樹状構造がプラナリアには他に見出せないことなどから、我々は腸管が幹細胞ニッチとして働いているのではないかと考えている。プラナリアは摂食後短時間で幹細胞の爆発的な増殖(induced hyper proliferation)が見られることから、腸管が吸収した栄養分を、たとえばATPなどの形でギャップジャンクションを介して直接幹細胞に供給している可能性も考えている。実際に、幹細胞のギャップ結合の形成を阻害した個体ではinduced hyper proliferationも起こらないことや、幹細胞の維持ができなくなることなどが示され我々の推測に矛盾しない結果は得られているが、直接的な証拠は得られておらず、幹細胞ニッチとギャップ結合の関係や、そもそも幹細胞ニッチの存在そのものが存在するのかについてもさらなる解析が必要であると考えている。

プラナリアの自切機構については、研究に用いるヨーロッパ産プラナリアの飼育に問題が生じて、一年の2/3を飼育環境の条件検討に費やしたが、偶然にも大きく育つ条件が発見され実験を再開できた。しかし、プラナリアが自切を引き起こすタイミングが全くつかめず、自切を誘導する条件も現状では全く理解できていないため、物理的な切断の前に起こっているはずの「自切に入る引き金」の研究に取り組めない状況である。*hes1*が自切とそれに伴う細胞の分化や再生現象に関わっていることは示されている上に、*hes1*の発現が移動しているように見えることなどから、脊椎動物の体節など他の動物の節（ふし）構造の形成の原型となる制御機構の存在が期待される。ただ、*hes1*の発現は咽頭前方部でも起こるが自切は咽頭より後方の尾部に近い領域でしか起こらないなどから、*hes1*の発現だけで自切の制御が行われているとは考えにくい。*hes1*の周期的な発現と個体を持つ位置情報などが相まった時に自切のスイッチが入るのだろう。

今年度は上半期に2報の論文が公開され、年末にも1本を投稿することができた。現在、innexinに関する論文を執筆中であり、得られた成果は着実に報告していけている。上述のように、今後の研究には克服すべき課題が多く存在しているが、ブレークスルーがあることを信じて今後も地道に挑戦を続けていきたい。

参考文献

- 1) Sato, Y., Umesono, Y., Kuroki, Y., Agata, K., & Hashimoto, C. (2022). Proliferation maintains the undifferentiated status of stem cells: The role of the planarian cell cycle regulator Cdh1. *Developmental biology*, 482, 55–66.
- 2) Sato, Y., Shibata, N., Hashimoto, C., & Agata, K. (2022). Migratory regulation by MTA homologous genes is essential for the uniform distribution of planarian adult pluripotent stem cells. *Development, growth & differentiation*, 64(3), 150–162.
- 3) An, Y., Kawaguchi, A., Zhao, C., Toyoda, A., Sharifi-Zarchi, A., Mousavi, S. A., Bagherzadeh, R., Inoue, T., Ogino, H., Fujiyama, A., Chitsaz, H., Baharvand, H., & Agata, K. (2018). Draft genome of *Dugesia japonica* provides insights into conserved regulatory elements of the brain restriction gene *nou-darake* in planarians. *Zoological letters*, 4, 24.
- 4) Robb, S. M., Gotting, K., Ross, E., & Sánchez Alvarado, A. (2015). SmedGD 2.0: The *Schmidtea mediterranea* genome database. *Genesis (New York, N.Y. : 2000)*, 53(8), 535–546.
- 5) Lee, H., Hikasa, K., Umesono, Y., Hayashi, T., Agata, K., & Shibata, N. (2022). Loss of *plac8* expression rapidly leads pluripotent stem cells to enter active state during planarian regeneration. *Development (Cambridge, England)*, 149(3), dev199449.
- 6) Skerrett, I. M., & Williams, J. B. (2017). A structural and functional comparison of gap junction channels composed of connexins and innexins. *Developmental neurobiology*, 77(5), 522–547.
- 7) Oyamada, M., Takebe, K., Endo, A., Hara, S., & Oyamada, Y. (2013). Connexin expression and gap-junctional intercellular communication in ES cells and iPS cells. *Frontiers in pharmacology*, 4, 85.
- 8) Ke, Q., Li, L., Cai, B., Liu, C., Yang, Y., Gao, Y., Huang, W., Yuan, X., Wang, T., Zhang, Q., Harris, A. L., Tao, L., & Xiang, A. P. (2013). Connexin 43 is involved in the generation of human-induced pluripotent stem cells. *Human molecular genetics*, 22(11), 2221–2233.
- 9) Ke, Q., Li, L., Yao, X., Lai, X., Cai, B., Chen, H., Chen, R., Zhai, Z., Huang, L., Li, K., Hu, A., Mao, F. F., Xiang, A. P., Tao, L., & Li, W. (2017). Enhanced generation of human induced pluripotent stem cells by ectopic expression of Connexin 45. *Scientific reports*, 7(1), 458.
- 10) Elias, L. A., Wang, D. D., & Kriegstein, A. R. (2007). Gap junction adhesion is necessary for radial migration in the neocortex. *Nature*, 448(7156), 901–907.
- 11) Gonzalez-Nieto, D., Li, L., Kohler, A., Ghiaur, G., Ishikawa, E., Sengupta, A., Madhu, M., Arnett, J. L., Santho, R. A., Dunn, S. K., Fishman, G. I., Gutstein, D. E., Civitelli, R., Barrio, L. C., Gunzer, M., & Cancelas, J. A. (2012). Connexin-43 in the osteogenic BM niche regulates its cellular composition and the bidirectional traffic of hematopoietic stem cells and progenitors. *Blood*, 119(22), 5144–5154.

社会に開かれた活動報告

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
通年 (土日祝)	来館者	BRH 水槽室	水槽室見学	394 名 (139 組)
2022/1/25	高校生	BRH	高校理科部との共同研究・研究指導	1 名
2022/4/30	来館者	BRH	ミニレクチャー「復活、形の哲学」	20 名
2022/4/30	予約来館者	BRH	発生標本作成	5 名
2022/6/25	高校 理科教員	BRH	京都府私立高校理科研究会・教員研修会	14 名
2022/7/18	高校教員 生徒	BRH	高校理科部との共同研究・研究指導	10 名
2022/7/20	阪大院生	大阪大学 理学部	生物科学特別講義	約 50 名
2022/7/27	高校教員	神奈川県 教育センター	神奈川県高等学校理科研究会・生物実験 実習	22 名
2022/8/10・ 27	高校教員 生徒	BRH	高校理科部との共同研究・研究指導	4 名
2022/8/6	来館者	BRH	ミニレクチャー「カエルの形づくり」	25 名
2022/8/6	予約来館者	BRH	発生標本作成	4 名
2022/9/23	高校教員 生徒	BRH	高校理科部との共同研究・研究指導	3 名
2022/10/15	予約来館者	BRH	発生標本作成	4 名
2022/10/15	来館者	BRH	生命誌の日・レクチャー 「細胞分裂と細胞分化」	39 名
2022/10/22	高校教員 生徒	JT 医薬総研 セミナーホール	「理科教育を考える会」	16 名
2022/11/2	高校教員 生徒	平安高校	高校理科部との共同研究・研究指導	10 名
2022/11/19	来館者	BRH	生命誌の日・遺伝研シンポジウム	52 名
2022/11/23	高校教員 生徒	BRH	高校理科部との共同研究・研究指導	3 名
2022/12/4	JASC 年会参 加者	JASC 年会・ オンライン	日本サイエンスコミュニケーション協会 (JASC) 第 11 回年会	多数

日程	対象者	場所	行事名・内容	定量実績
2022/12/7・16	高校教員 生徒	BRH	高校理科部との共同研究・研究指導	4名
2022/12/8	高校生	平安高校	理系生物選択生徒（高2）への探究授業	19名
2022/12/18	高校教員	KOBE ラボ polka	高校生物の「考える力を引き出す問題」 を作ってみよう	5名

IV. 発 表

発 表

1. 著書・共著・対談集など

永田和宏

- (2022) 『あの胸が岬のように遠かった 河野裕子との青春』新潮社
- (2022) 『高校生と考える新時代の争点 21 桐光学園大学訪問授業』左右社（共著）
- (2022) 『敷島の道に架ける橋—英語で伝えたい明治天皇百首』ハロルド・ライト著
中央公論新社（解説）
- (2022) 『科学と人生』中谷宇吉郎著 角川ソフィア文庫（解説）
- (2022) 『知の旅人たちとの巡り会い 岸本忠三対談集』
公益財団法人 千里ライフサイエンス振興財団（共著）
- (2022) 『1 日 1 篇 “人生を成功に導く” 365 人の言葉』PHP 編集部編 PHP 研究所（共著）

中村桂子

- (2022) 『老いを愛づる— 生命誌からのメッセージ』中公新書ラクレ
- (2022) 『科学はこのままでいいのかな——進歩？ いえ進化でしょ』ちくまQ ブックス
- (2022) 『人間が生きているってこういうことかしら？』
（対談：医師 内藤いずみ）ポプラ社
- (2022) 『50 代からの生き方のカタチ—妹たちへ—』
関西学院大学ジェネラティビティ研究センター編 ALSOS（共著）
- (2022) 『スポーツと遺伝子ドーピングを問う』
森岡正博・石井哲也・竹村瑞穂編著 晃洋書房（共著）
- (2022) 『1 日 1 篇 “人生を成功に導く” 365 人の言葉』PHP 編集部編 PHP 研究所（共著）

蘇智慧

- (2022) 『虫の進化と多様性【遺伝学の百科事典：13 遺伝と多様性】』
日本遺伝学会編集 丸善出版株式会社（共著）

2. 論文・総説

永田和宏

- 「小胞体プロテオスタシスの新常識 — 酸化反応の場としての小胞体から還元反応の場へ
（上垣日育、永田和宏、潮田亮）」『実験医学（増刊）』羊土社（2022. 8. 1）

吉田賢右

Chemical Conformation of the Essential Glutamate Site of the *c*-Ring within Thermophilic *Bacillus*
F₀F₁-ATP Synthase Determined by Solid-State NMR Based on its Isolated *c*-Ring Structure.
Todokoro Y, Kang SJ, Suzuki T, Ikegami T, Kainosho M, **Yoshida M**, Fujiwara T, Akutsu H. J
Am Chem Soc. 2022 Aug 10;144(31):14132-14139

近藤寿人

Yoshihi K, Iida H, Teramoto M, Ishii Y, Kato K, Kondoh H. (2022). Epiblast cells gather onto the anterior mesendoderm and initiate brain development without the direct involvement of the node in avian embryos: Insights from broad-field live imaging. *Front Cell Dev Biol.* 2022 10:1019845. doi: 10.3389/fcell.2022.1019845.

Kondoh H, Fujii M. Definitive Endoderm from EpiSC Aggregates in Matrigel. (2022). *Methods Mol Biol.* 2490:205-212. doi: 10.1007/978-1-0716-2281-0_15.

Yoshihi K, Kato K, Iida H, Teramoto M, Kawamura A, Watanabe Y, Nunome M, Nakano M, Matsuda Y, Sato Y, Mizuno H, Iwasato T, Ishii Y, Kondoh H. (2022). Live imaging of avian epiblast and anterior mesendoderm grafting reveals the complexity of cell dynamics during early brain development. *Development.* 149(6):dev199999. doi: 10.1242/dev.199999.

秋山-小田康子、小田広樹

Iwasaki-Yokozawa S, Nanjo R, **Akiyama-Oda Y, Oda H.** (2022) Lineage-specific, fast-evolving GATA-like gene regulates zygotic gene activation to promote endoderm specification and pattern formation in the Theridiidae spider. *BMC Biology* 20:223. <https://doi.org/10.1186/s12915-022-01421-0>

秋山-小田康子、赤岩孝憲、小田広樹

Akiyama-Oda Y, Akaiwa T, Oda H. (2022) Reconstruction of the Global Polarity of an Early Spider Embryo by Single-Cell and Single-Nucleus Transcriptome Analysis. *Front. Cell Dev. Biol.* 10: 933220. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.933220>

藤原基洋、秋山-小田康子、小田広樹

Fujiwara M, Akiyama-Oda Y, Oda H. (2022) Virtual spherical-shaped multicellular platform for simulating the morphogenetic processes of spider-like body axis formation. *Front. Cell Dev. Biol.* 10: 932814. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.932814>

藤原基洋

Fujiwara M, Imamura M, Matsushita K, Roszak P, Yamashino T, Hosokawa Y, Nakajima K, Fujimoto K, Miyashima S. (2022) Patterned proliferation orients tissue-wide stress to control root vascular symmetry in *Arabidopsis*. *Current Biology* 33, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.01.036>

蘇智慧

Su, Z.-H., Sasaki, A., Kusumi, J., Chou, P.-A., Tzeng, H.-Y., Li, H.-Q., Yu, H. (2022) Pollinator sharing, copollination, and speciation by host shifting among six closely related dioecious fig species. *Communications Biology* 5, 284.

Nishida, R., Howcroft, N.H., Tan, K.H., **Su, Z.-H.,** Ono, H. (2022) Floral synomone components of fruit fly-attracting orchids, *Bulbophyllum sinapis* and *B. hahlianum*, in Papua New Guinea. *Biochemical Systematics and Ecology* 105, 104481.

橋本主税

Sato Y., Umesono Y., Kuroki Y., Agata K., **Hashimoto C.** (2022) Proliferation maintains the undifferentiated status of stem cells: The role of the planarian cell cycle regulator Cdh1. *Developmental biology.* 482, 55–66

橋本主税

Sato Y., Shibata N., Hashimoto C., Agata K. (2022) Migratory regulation by MTA homologous genes is essential for the uniform distribution of planarian adult pluripotent stem cells. *Development, growth & differentiation*. 64(3), 150–162. <https://doi.org/10.1111/dgd.12773>

3. 評論・随筆

（1）新聞

永田和宏

- 「【交遊抄】科学版「七人の侍」」日本経済新聞（2022. 1. 8）
- 「”開かれた心” 科学と文学に共通 生命科学者で歌人・永田和宏さん「社会に役立つ」への偏り、心配」京都新聞（2022. 1. 23）
- 「【天眼】旧東海道から仮想現実を想う」京都新聞（2022. 2. 27）
- 「歌人・永田和宏さん『あの胸が岬のように遠かった』若き日の懊悩と愛の記憶」産経新聞（2022. 3. 27）
- 「歌人・永田和宏 妻との若き日々つづる『あの胸が岬のように遠かった』」日本経済新聞（2022. 4. 5）
- 「細胞の数に驚く～学びの基本（京都府亀岡市にて開催「亀岡生涯学習市民大学」での講演より）」日本講演新聞（2022. 4. 11）
- 「永田和宏さん、河野裕子さんとの日々つづる 亡き妻へささぐ 青春懺悔録『あの胸が岬のように遠かった』」京都新聞（2022. 4. 14）
- 「【著者に会いたい】若き日々たどり心に変化『あの胸が岬のように遠かった 河野裕子との青春』『歌集置行堀』歌人・細胞生物学者 永田和宏さん」朝日新聞（2022. 4. 16）
- 「【本よみうり堂】永田和宏さん『あの胸が岬のように遠かった』」読売新聞（2022. 5. 2）
- 「熱くかけがえのない青き春 『あの胸が岬のように遠かった』」毎日新聞（2022. 5. 7）
- 「【天眼】ジャーナリズムへの信頼とは」京都新聞（2022. 5. 8）
- 「歌人・永田和宏さん、河野裕子さんとの日々つづる 熱くて性急 亡き妻との青春 50 年前の記憶 赤裸々に 『あの胸が岬のように遠かった』」神戸新聞（2022. 5. 8）
- 「【BOOK】『あの胸が岬のように遠かった 河野裕子との青春』歌人 永田和宏さん 彼女の日記を読むことで、歌の切実さくっきり見えてきた」夕刊フジ（2022. 5. 14）
- 「新著の余録『あの胸が岬のように遠かった』妻と歩んだ青春の記」南日本新聞（2022. 5. 15）
- 「「弱きわれゆゑ」の自覚、斎藤茂吉生誕 140 年」しんぶん赤旗（2022. 5. 18）
- 「書評『あの胸が岬のように遠かった』」京都民報（2022. 5. 29）
- 「【土曜訪問】妻河野裕子さんとの回想録を刊行 永田和宏さん（歌人）ぶざままで誇らしい青春」中日新聞（2022. 6. 4）
- 「【シリーズ この人に聞きたい】彼女の一途さ残したかった/没後に見つかった日記からたどる/第 1 回 亡き妻 河野裕子との青春/歌人・細胞生物学者 永田和宏さん」しんぶん赤旗（2022. 6. 12）
- 「【シリーズ この人に聞きたい】模範解答と違う解き方考えよう/第 2 回 塾の先生が人生に深い影響/歌人・細胞生物学者 永田和宏さん」しんぶん赤旗（2022. 6. 19）
- 「【シリーズ この人に聞きたい】短歌に恋に、のめり込み/第 3 回 京大入学、後の妻に出会う/歌人・細胞生物学者 永田和宏さん」しんぶん赤旗（2022. 6. 26）

「【天眼】コロナから天然痘へ」京都新聞（2022. 7. 24）
 「【食の履歴書】 京都でキノコに夢中 家族と採取の思い出」日本農業新聞（2022. 8. 15）
 「歌人の夫婦愛 永田和宏と河野裕子 # 1 十三回忌の墓」京都新聞（2022. 8. 26）
 「歌人の故・河野裕子さんと夫の永田和宏さんの比翼歌碑、京都に建立」京都新聞
 （2022. 9. 10）
 「故河野裕子さんの歌碑 京都に 夫・永田さんとの相聞歌」熊本日日新聞（2022. 9. 13）
 「没後 12 年 故郷御船町に歌碑、顕彰会「歌人 河野裕子の存在感じて」」熊本日日新聞
 （2022. 9. 13）
 「歌人・河野裕子 輝き今も 十三回忌 回想記やシンポ、夫婦の歌碑」読売新聞
 （2022. 9. 17）
 「河野裕子さん十三回忌 思い出の地 刻む相聞歌」産経新聞（2022. 9. 18）
 河野裕子・永田和宏歌碑関連報道
 朝日新聞（2022. 9. 19）、朝日新聞（2022. 9. 21）、中日新聞（2022. 9. 23）、毎日新聞
 （2022. 9. 26）、宮崎日日新聞（2022. 10. 3）
 「【天眼】時間のスケールとノーベル賞」京都新聞（2022. 10. 9）
 「ノーベル賞受賞者を囲むフォーラム～次世代へのメッセージ～ 基調講演 「正解一つで
 はない」」読売新聞（2022. 11. 19）
 「「朝日記者サロン」報告」朝日新聞（2022. 11. 27）
 「【天眼】 学術会議を骨抜きにはならない」京都新聞（2022. 12. 25）

（2）雑誌他

永田和宏

「【PICK UP】『未来の科学者たちへ』大隅良典・永田和宏共著（書評）」『現代化学 3
 月号』東京化学同人（2022. 3）
 「楽浪」『「講演録 近畿総文芸部会記念講演」』滋賀県高等学校文化連盟（2022. 3. 1）
 「【全国文学館協議会二〇二一年度共同展示——「3. 11 文学館からのメッセージ」】
 死は「数」ではない」『日本近代文学館 月報』日本近代文学館（2022. 3. 15）
 「「あの胸」は、いま…… 永田和宏『あの胸が岬のように遠かった 河野裕子との青
 春』」『波 4 月号』新潮社（2022. 3. 27）
 「【ことばで寄り添う】 対談連載 第一回 がんを告知された人にどう寄り添うか：日本対
 がん協会会長垣添忠生先生」『kotoba』集英社（2022 年春号）
 「【学術の風景】 わが国最初の科学者は女性であった」『学術の動向 4 月号』日本学術
 協力財団（2022. 4）
 「田代裕先生と日本細胞生物学会」『財団の歩み』公益財団法人安田記念医学財団
 （2022. 4）
 「大嘗祭と湯川秀樹」『葵祭』賀茂御祖神社（2022. 4）
 「【人生後半に読みたい秀歌 第一回】ひと老いて何のいのりぞ」『一冊の本 4 月号』
 （2022. 4. 1）
 「【著者インタビュー】『あの胸が岬のように遠かった』 ふさわしかったかわからないが
 満足してくれていたとは思っている」『週刊サンデー毎日』毎日新聞社（2022. 4. 24）
 「京大名誉教授が語る妻との日々」『wotopi（ウートピ）Web』株式会社協和（2022. 4. 29）
 「鷗外没後 100 年—うた日記の鷗外」『図書』岩波書店（2022. 5）

「【人生後半に読みたい秀歌 第二回】ひと老いて何のいのりぞ」『一冊の本 4月号』朝日新聞出版 (2022. 5. 1)

「【シリーズ人間】亡き妻よ、僕は詠む。君とまた会うために一。」『週刊女性自身』光文社 (2022. 5. 17)

「【シリーズ 妻を想う人間力 この人を見よ】「永田和宏 歌人・細胞生物学者」『週刊大衆』双葉社 (2022. 5. 23)

「私の週間食卓日記」『週刊新潮』新潮社 (2022. 5. 26)

「【喪失の哀しみに寄り添う言葉の力 (第1回)】「日常の言葉では表せない深い思いを僕たちは歌でわかり合っていた」『家庭画報』世界文化社 (2022. 6)

「【人生後半に読みたい秀歌 第三回】八十年生きたら そりゃああなた」『一冊の本 4月号』朝日新聞出版 (2022. 6. 1)

「【今週の必読】青春の答えを探す、時間旅行『あの胸が岬のように遠かった 河野裕子との青春』永田和宏『週刊文春』文藝春秋社 (2022. 6. 2)

「【ことばで寄り添う】対談連載 第二回 永田和宏×小池真理子 (小説家)」『K kotoba』集英社 (2022. 6. 6)

「【とっておき私の京都】 (1) 上賀茂神社」『週刊新潮』新潮社 (2022. 6. 23)

「【とっておき私の京都】 (2) 十如寺」『週刊新潮』新潮社 (2022. 6. 30)

「【とっておき私の京都】 (3) 吉田山」『週刊新潮』新潮社 (2022. 7. 7)

「【とっておき私の京都】 (4) 法然院」『週刊新潮』新潮社 (2022. 7. 14)

「第15回 臨床ストレス応答学会大会開催報告」『BSSR Japan NEWS LETTER』日本臨床ストレス応答学会 (2022. 7. 15)

「【学術の風景】私のささやかな挑戦ー 短期間でも大学院生を海外に送り出す」『学術の動向 8月号』日本学術協力財団 (2022. 8. 1)

「短歌と細胞生物学。異なるふたつの分野を歩むひとは妻を偲ぶ」『サライ 9月』小学館号 (2022. 8. 10)

「連載対談「ことばで寄り添う」第3回小池光氏」『kotoba』集英社 (2022. 8. 20)

河野裕子・永田和宏歌碑関連報道『デイリー新潮』新潮社 (2022. 9. 22)

「【京を歩けば】 私の京都 (1) 法然院」『三洋化成ニュース』三洋化成工業 (2022. 11)

「永田和宏さんが浸るキノコ狩りの醍醐味」『週刊朝日』朝日新聞出版 (2022. 11. 25)

「【学術の風景】「啓発」の意味を取り違えていないか？」『学術の動向 12月号』日本学術協力財団 (2022. 12. 1)

「連載対談「ことばで寄り添う」第3回小池光氏」『kotoba』集英社 (2022. 12. 6)

吉田賢右

鼎談 安藤敏夫・吉田賢右・横山謙「リニアモーターの場合」「ロータリーモーターの場合」タンパク質動態研究所年報 (京都産業大学) Annual reports 3-31p, 2022 Nov

中村桂子

「食べものの平和一生命誌を生かした農耕文明を一」『神奈川大学評論 101』神奈川大学 (2022. 11)

秋山-小田康子

「体節空間パターンを生み出すしくみの多様性」『生体の科学 第73巻第4号』

医学書院 (2022. 8. 15)

藤原基洋

解説「器官の形に種を超えた共通性をもたらす物理」郷達明, 藤原基洋, 津川暁, 藤本仰一. 生物物理学会誌『生物物理』Vol. 62 No. 1 (通巻 359 号 2022. 3)

蘇智慧

「大澤省三先生のご逝去を悼む」『昆虫 DNA 研究会ニュースレター No. 37, 10-15.』
昆虫 DNA 研究 (2022. 9)

4. 学会などの発表

(1) 特別講演・シンポジウム講演等

永田和宏

日本結合組織学会 マイスターズレクチャー「熱ショックタンパク質からプロテオスタシスまで: Hsp47/Collagen と 35 年」 (2022. 6. 26 大阪)
日本細胞生物学会 AMED プロテオスタシス企画 シンポジウム 座長講演 「プロテオスタシスの理解と革新的医療の創出」 (2022. 6. 29 東京)
国際学会 FASEB 「The Protein Folding in the Cell Conference」講演
”Proteostasis in the ER—How does the oxidative ER get reductive force?” (2022. 7. 11 アイルランド)
小胞体ストレス研究会マイスターズレクチャー「分子シャペロンに助けられて」
(2022. 7. 31 京都)

宇賀神 篤, 尾崎 克久

ゲノム編集によるナミアゲハ味覚受容体遺伝子の機能解析
宇賀神 篤, 尾崎 克久
第 65 回日本応用動物昆虫学会大会 2022 年 3 月 21 日

尾崎 克久

ナミアゲハとキアゲハ間で保存された味覚受容体の機能は類似しない
第 45 回日本分子生物学会年会 2022 年 11 月 30 日

小田広樹

Iwasaki-Yokozawa, S., Nanjo, R., Akiyama-Oda, Y., Oda, H.
A lineage-specific GATA-like gene regulates zygotic gene activation to promote endoderm specification and pattern formation in the Theridiidae spider. 日本発生生物学会第 55 回大会 (2022. 5. 31-6. 1-3, 金沢)
岩崎-横沢佐和, 南條稜汰, 秋山-小田康子, 小田広樹
オオヒメグモにおいて、系統特異的な GATA 様遺伝子が胚性遺伝子活性化を制御し、内胚葉特異化とパターン形成を促進する. 日本動物学会第 93 回大会 (2022. 9. 10, 東京)

秋山-小田康子

Akaiwa, T., Oda, H., Akiyama-Oda, Y.

Reconstruction of the segmented body pattern by single-cell and single-nucleus RNA-seq of spider embryos. 第3回日仏発生生物学会 (2022. 11. 9, ストラスブール、フランス)

秋山-小田康子

オオヒメグモ胚のシングルセル解析：パターンの再構成が意味すること. 第45回日本分子生物学会・ピペットマン50周年記念フォーラム「シングルセル解析の最前線～情報の付加価値を求めて」 (2022. 11. 30, 横浜)

藤原基洋

Fujiwara, M., Akiyama-Oda, Y., Oda, H. Virtual multicellular platform for simulating evolvable morphogenetic processes for body axis formation in spider embryos. 日本発生生物学会第55回大会 (2022. 5. 31-6. 1-3, 金沢)

藤原基洋

スイカの縞パターン形成を、器官成長を導入した細胞ベースの数理モデルで再現する. 日本植物形態学会第34回大会 (2022. 9. 16, 京都)

Fujiwara M., Imamura M., Matsushita K., Hosokawa Y., Nakajima K., Fujimoto K., Miyashima S. Cell proliferation patterned by HAN/cytokinin circuit mechanically elaborates root vascular symmetry. 日本植物学会第86回大会 (2022. 9. 17-19, 京都)

赤岩孝憲

Akaiwa, T., Oda, H., Akiyama-Oda, Y. Single-nucleus RNA sequencing of segmented embryos can reconstruct the spatial periodic stripes of gene expression in the spider *Parasteatoda tepidariorum*. 日本発生生物学会第55回大会 (2022. 5. 31-6. 1-3, 金沢)

蘇智慧

呉恵子、星野朱音、有本晃一、曾喜育、蘇智慧

「台湾から琉球列島にかけて分布するガジュマルコバチの系統・集団遺伝解析」
第66回日本応用動物昆虫学会オンライン大会、2022年3月20日～3月22日。

蘇智慧、佐々木綾子、南紘彰

「トランスクリプトーム配列データによる節足動物の高次分類群間の系統解析」
日本進化学会第24回大会（沼津）、2022年8月4日～8月7日。

橋本主税

Yuki Sato, Yoshihiko Umesono, Yoshihito Kuroki, Kiyokazu Agata, Chikara Hashimoto,
“Proliferation maintains the undifferentiated status of stem cells: the role of the planarian cell cycle regulator Cdh1.” 日本発生生物学会第55回大会 (2022. 5. 31 金沢)

薄井芳奈、橋本主税

「考えよう教科書の中の事実とモデル」日本サイエンスコミュニケーション協会、第12回年会 (2022. 12. 4, オンライン) 参加者投票によりベストプレゼン賞受賞

5. 講演・講義・シンポジウム

(1) 講演

永田和宏

日米ヘルス研究会 講演「ことばのカーコロナ的非日常を生きる」
(2022. 1. 21 ニューヨーク、オンライン)
「続・湯川博士の贈り物」 (2022. 1. 23、2022. 5. 22 オンライン)
「役に立つ研究・役に立たない研究」および池上彰氏との対談 東京大学定量生命科学研究
所 倫理セミナー (2022. 1. 26 オンライン)
大阪府高齢者大学校 講演会「コロナ禍から見えてきた言葉と科学の大切さ」
(2022. 6. 15 大阪)
クオリア経営者塾 スピーチ「コロナ的非日常の日常 ― 科学と文学から」
(2022. 6. 21 京都)
アワーズ動物学院 JT 生命誌研究館永田館長特別講演「「学ぶ」には驚きと感動を、そし
て問いを！」 (2022. 6. 24 和歌山)
BRH 月例セミナー「細胞の〈なか〉の話 (1) ― 酸化的小胞体で還元反応が起こる〈わ
け〉」 (2022. 8. 4 大阪 (館内))
たかつき市民環境大学 講演会「細胞の不思議」 (2022. 8. 18 大阪 (館内))
土屋文明記念第一回文学講座 講演会「言葉の力」 (2022. 9. 18 群馬)
京都大学 ELP(Executive Leaders Program) 見学会 講演「知へのリスペクト」
(2022. 9. 24 大阪 (館内))
福岡市科学館 矢原館長と対談 (2022. 9. 27 大阪 (館内))
大阪自由大学講演会「言葉のちから」 (2022. 9. 28 大阪)
NHK 学園高等学校 60 周年記念講演「知の体力―学ぶとはどういうことか」 (2022. 10. 13
東京)
NHK 学園鼎談 (2022. 10. 20 オンライン)
日本科学者会議講演会「学問における批判性 ― 学術会議任命拒否問題」
(2022. 10. 29 京都)
朝日新聞トークイベント「喪の旅」 (2022. 11. 5 大阪)
鳥居薬品新入社員研究会講演 (2022. 11. 17 オンライン)
中城ふみ子賞表彰式・鼎談 (2022. 11. 25 北海道)
高槻市立小中校長研修会 講演「子どもたちに“知の体力”を育む」 (2022. 12. 6 大阪)
南紀白浜アドベンチャーワールド中尾副園長対談 (2022. 12. 11 和歌山)

橋本主税

研究員レクチャー「復活、形の哲学」 (2022. 4. 30 BRH)
京都府私立中高理科教員研修会 (2022. 6. 25 BRH)
神奈川県高等学校教科研究会・理科部会・生物実験実習委員会・研修会
(2022. 7. 27 神奈川)
研究員レクチャー「カエルの形づくり」 (2022. 8. 6 BRH)
京都と大阪の理科教員及び生徒による「理科教育を考える会」 (2022. 10. 22 BRH)

研究員レクチャー「細胞分裂と細胞分化」(2022. 10. 15 BRH)
「『考える力を引き出す問題』を作ってみよう」
(2022. 12. 18 兵庫県高校生物教員のつどい「KOBЕ 金曜 EveLobo」)

(2) 講義

永田和宏

龍谷大学新入生ゼミ (2022. 5. 11 京都)
大阪医科薬科大学 生命誌講義「タンパク質の一生」(2022. 10. 3 大阪)
京都芸術大学 京都学講義 (2022. 7. 6 京都)

吉田賢右

大阪大学 医学部 生化学講義「細胞呼吸と ATP 合成」(2022. 12. 1 大阪)
大阪医科薬科大学 生命誌講義「細胞呼吸と ATP 合成」(2022. 10. 17 大阪)

橋本主税

大阪大学大学院 生物科学特論 (2022. 7. 20 大阪)
龍谷大学附属平安高校 探究授業 (2022. 12. 8 京都)

秋山-小田康子

大阪医科薬科大学 生命誌講義「動物の発生の違いを考える：縞パターンの形成」
(2022. 10. 24 大阪)

(3) シンポジウム

永田和宏

医工薬連携科学教育シンポジウム 特別講演「細胞における危機管理 ― 危機と個人と社会」(2022. 1. 29 大阪)
北大阪ミュージアムネットワーク シンポジウム基調講演「コロナ禍における文化と日常」
(2022. 9. 3 大阪)
河野裕子記念シンポジウム (2022. 9. 10 京都)
「生命誌の日」シンポジウム「昆虫 4 億年」写真家今森光彦氏と対談
(2022. 9. 17 大阪 (館内))
ノーベル賞受賞者を囲むフォーラム「次世代へのメッセージ」講演 (2022. 11. 3 東京)
関西私大助成シンポジウム 講演「学習と学問：大学教育とは」(2022. 12. 3 オンライン)

橋本主税

BRH・国立遺伝研共同企画シンポジウム「ねずみの時間・日本人の時間」(2022, 11, 19 BRH)

(4) その他

永田和宏

歌会始 (2022. 1. 18)

6. テレビ・ラジオ出演

(1) テレビ

永田和宏

「BS1 スペシャルほんたうに俺でよかったのか」NHK BS1

(2022. 2. 25、3. 10、5. 3、12. 26)

「ドキュメンタリードラマ あの胸が岬のように遠かった」NHK 4K、BS プレミアム

(2022. 3. 30、6. 6、10. 30)

7. 学会活動、社会貢献活動等

永田和宏

盛岡大学客員教授

日本医療研究開発機構 (AMED) CREST/PRIME 研究「プロテオスタシス」研究統括 (プログラムスーパーバイザー)

文部科学省 科学研究費助成金 新学術領域研究「ケモテクノロジーが拓くユビキチンフロンティア」外部評価委員・総括班員

文部科学省 科学研究費助成金 新学術領域研究「マルチモードオートファジー：多彩な経路と選択性が織り成す自己分解系の理解」外部評価委員・総括班員

文部科学省 科学研究費補助金 学術変革領域研究 (A) 「マルチファセットプロテインズ」外部評価委員・総括班員

文部科学省 科学研究費補助金 学術変革領域研究 (A) 「非ドメイン型バイオポリマーの生物学」外部評価委員・総括班員

ロレアル - ユネスコ女性科学者日本奨励賞審査委員長

安田記念医学財団 理事

大隅基礎科学創成財団 評議員

Scientific Reports, Editor

日本細胞生物学会 名誉会員 (元学会長)

日本生化学会 評議員

日本結合組織学会 評議員

日本臨床ストレス応答学会 アドバイザー

京都府立嵯峨野高等学校「スーパーサイエンスハイスクール」運営委員会委員長

高槻高等学校「スーパーサイエンスハイスクール」運営委員会委員

人間文化研究機構 運営委員会委員

自然文化研究機構 運営委員会委員

たかつき能楽を楽しむ会 顧問

湯川秀樹旧宅の保存と活用を願う市民の会 顧問

吉田 賢右

大阪大学 医学部 非常勤講師

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域「マルチファセットプロテインズ」

アドバイザー
大隅基礎科学創成財団 審査委員長
日本タンパク質科学会 名誉会員
東京都総合医学研究所 外部評価委員

近藤寿人

ナショナルバイオリソースプロジェクト「ニワトリ・ウズラ」運営委員長
JST さきがけプログラム「多細胞システムにおける細胞間相互作用とそのダイナミクス」
領域アドバイザー
科研費 新学術領域研究「性スペクトラム」評価委員
Developmental Biology, Editorial Board
Genes to Cells, Associate Editor

尾崎 克久

科学誌 DNA Research 編集委員

小田広樹

大阪医科薬科大学 生物安全管理委員会外部委員

秋山-小田康子

奈良県立医科大学 基礎生物学実習 非常講師

8. 外部資金獲得状況

永田和宏

科学研究費補助金・基盤研究 A
課題名：小胞体における活性酸素除去に関わる新たな分子機構の解明、
研究代表者：永田和宏、取得年度：2018-2022 年
武田科学振興財団・特定研究助成[I]
課題名：膜輸送を介したオルガネラ恒常性維持と細胞機能制御、共同研究者：永田和宏
(研究代表者：遠藤斗志也)、取得年度：2019-2022 年

近藤寿人

科学研究費補助金 基盤 C (代表) 2021 年度～2023 年度
課題名：頭部形成を制御する転写因子 OTX2 の、エピブラストでの新しい機能の解明

宇賀神篤

科学研究費補助金 基盤研究 C (代表) 2022 年-2024 年
チョウの食草選択的産卵行動における「食草品質検査器官」としての産卵管の役割の
解明

小田広樹

科学研究費補助金 基盤 C 一般(分担) 2020 年度～2022 年度

シングルセル解析による体節形成の多様性を統合する分子基盤の解明

科学研究費補助金 基盤 C 一般(代表) 2022 年度～2024 年度

昆虫系統を特徴づける細胞間接着構造の解明と機能分子デザインへの応用

秋山-小田康子

戦略的創造研究推進事業、個人型研究（さががけ）2020 年 11 月～2024 年 3 月

縞パターン形成の多様性を生み出すネットワーク

科学研究費補助金 基盤 C 一般(代表) 2020 年度～2022 年度

シングルセル解析による体節形成の多様性を統合する分子基盤の解明

V. 事務セクター

【事務セクターミッション】

会社の持続的成長のため、経営と現場、ステークホルダーをつなぎ、事業を支える



わたくしたちは、経営と事業、研究部門・表現部門を強力にサポートする事務の専門的集団です。
事務セクターの業務は、館運営・コンプライアンスの推進・従業員教育・総務業務・経理業務・秘書業務・受付業務等、多岐にわたっており、それぞれの業務において適正な取り組み、安定したサービスの提供、従業員サービスの向上に努めております。

また、宣伝・広報・イベント開催等の活動の支援と協力を積極的におこなっています。

是非、お越しください。
ご来館
お待ちしております！！



VI. JT 生命誌研究館について

JT 生命誌研究館 概要等
来館者実績・グッズ販売実績
SDGs への貢献

JT 生命誌研究館 概要等

【設立経緯 沿革】

1980 年	総合研究開発機構 NIRA の下河辺理事長（元国土庁事務次官）が三菱化成生命科学研究所の中村桂子氏に「科学技術と人間」をテーマにした報告書を 5 年間でまとめるよう依頼。
1987 年 7 月	中村氏が「生命誌研究館の提案」を掲げた報告書を NIRA へ提出し、これを現実に作りたいと訴える。 下河辺理事長が JT の長岡社長と水野繁氏を紹介。
1990 年 6 月	生命誌研究館の設立が決定 ＜決定理由＞ JT は NIRA の提案に基づき検討した結果、JT の企業理念「生き生きとした時間をすべての人に提供する生活文化産業」に合致し、企業としての社会文化活動の実践としても適切であると判断し、高槻市に建設を決定。 ＜高槻市に設立した理由＞ 資産の有効活用のため、旧高槻工場の跡地に医薬総合研究所を建設するにあたり、併設することとした。また、この地区は京大、阪大をはじめとする大学や国立研究所、博物館も多く、開かれた活動を目指すため適切であると判断し、文化・学術都市を指向する高槻市の意向と街の活性化につながるという地域の声も受けて設立を決定した。
1991 年	生命誌研究館設立準備室設置（東京・虎ノ門）
1993 年 4 月	株式会社生命誌研究館を設立 ＜株式会社とした理由＞ 新しい試みである生命誌研究館の自由な活動を担保するため、財団ではなく株式会社とした。
1993 年 11 月	生命誌研究館開館 ＜生命誌研究館紹介＞ 生命科学と多分野の学問研究との架け橋となる研究機関であり、一般来館者に開かれた文化施設でもある。
1997 年 7 月	JT 生命誌研究館に館名変更

【JT 生命誌研究館 ミッション】

生命論的世界観に基づく「科学的知」の創造と、その社会への還元

＜解説＞

JT 生命誌研究館：JT Biohistory Research Hall

人間も含めてのさまざまな生きものたちの「生きている」様子を見つめ、そこから「どう生きるか」を探す新しい知が「生命誌」“Biohistory”です。私たち人間を含む生きものの長い長い歴史物語でもあります。

地球上の生きものたちは 38 億年前の海に存在した細胞を祖先とし、時間をかけて進化し、多様化してきた仲間です。すべての生きものが細胞の中に、それぞれが 38 億年をどのように生きてきたかの歴史をしるすゲノム DNA を持っています。ゲノム DNA は、壮大な生命の歴史アーカイブです。その歴史物語を読み解き、美しく表現することで、生きものの魅力を皆で分かち合い、生きることについて考えていく場が「研究館」“Research Hall”です。

生命論的世界観

人間だけが特別の生物なのではなく、細菌（バクテリア）や植物、動物を含めて、多くの生き物の一つ、自然の一部であることを基本的な考え方とするのが、JT 生命誌研究館の持つ「生命論的世界観」であります。その上に立って、自然を知り、自然を壊すことなく、しかも他の生物とヒトとの違いを認識するところから、いかに自然のなかで人間独自の社会、生き方を培っていくのか、その大切さを模索してまいります。

科学的知の創造と、その社会への還元

発生、進化、生態系に的を絞った 4 つの研究室と、サイエンスの知の喜びを一般社会に還元しようとする表現部門が一体となりユニークな活動をしている小さな集団ではありますが、「科学的知」の創造をいつまでも大切にしていこうと、その成果等を社会へ発信し、共有し続けていくことが JT 生命誌研究館の使命であると考えています。

【会社概要】

社名 館名	株式会社生命誌研究館（Biohistory Research Hall） JT 生命誌研究館
代表取締役社長	小泉光臣
所在地	大阪府高槻市紫町 1-1
HP	https://www.brh.co.jp/
設立	1993 年 4 月設立、同年 11 月開館
資本金	1 千万円（日本たばこ産業株式会社の全額出資）
事業内容	日本たばこ産業株式会社から、JT 生命誌研究館の運営を受託 JT グループの企業文化活動として生きものを通じて自然・生命・人間について考える機会を提供 ・生命科学に関する基礎研究 ・児童、学生、社会人を対象とした生命科学の体験講座 ・生命科学の最新の研究成果の展示 ・研究者と一般の方とコミュニケーション活動（研究員レクチャー、オープンラボ等） ・生命科学に関するアカデミアシンポジウムの開催 ・その他情報発信活動（ホームページ、SNS、季刊誌の発行、映像制作・上映、オリジナルグッズの制作・販売） ・外部の文化拠点での出張展示及びワークショップ、講演

従業員数	34 名（2022 年 12 月現在）	
役員	代表取締役社長 代表取締役 取締役 取締役館長 監査役	小泉光臣 妹川久人 廣渡清栄 永田和宏 加藤信也
歴代館長	1993/10～ 2002/ 4～ 2020/ 4～	岡田節人 中村桂子 永田和宏

【事業・活動内容】

1. 研究部門 ～ユニークなアプローチで、生命の本質に迫る発見をし、新たな知を創る～

生命の基本単位は細胞です。JT 生命誌研究館では、小さな動物の細胞を出発点に「進化、発生、生態系」という切り口で生命誌を読み解く基礎研究をおこなっています。

また、研究成果を国内外の専門雑誌、学会で発表しています。その他、シンポジウム、オープンラボの主催、高等学校の科学・理科クラブへの研究指導等、アウトリーチ活動をおこなっています。

< 研究室の紹介 >

(1) 昆虫食性進化研究室 ～チョウが食草を見分けるしくみを探る～

チョウは食草の選び方を生まれながらにして知っています。本能のしくみを分子の言葉で理解し、どの様な変化が進化を引き起こしたのか解明します。

(2) 系統進化研究室 ～DNA から進化を探る～

進化研究の原点は観察と比較です。分子レベルの比較、表現型の比較、そして分子から表現型に至る過程の比較を通して、進化・種分化のきっかけとメカニズムを探ります。

(3) 細胞・発生・進化研究室 ～ハエとクモ、そしてヒトの祖先を知ろう～

私たちがモデル生物として開拓したオオヒメグモを中心に細胞や形作りの仕組みを調べ、昆虫や脊椎動物と比べることによって、動物多様化の根底に存在する基本原理を探ります。

(4) 形態形成研究室 ～カエルとイモリのかたち作りを探る～

脊椎動物の「かたち作りの進化」を、細胞増殖と分化そして組織移動の観点から、カエル・イモリ・プラナリアを用いて考えています。

2. 表現部門 ～多様な表現媒体を活用して“生命を知る”知を社会と共有する～

私たちは、研究を論文発表だけで終わらせず、美しく表現し、楽しんでいただきたいと思います。そのため、研究内容を様々な媒体がもつ特徴を活かしわかりやすく発信しています。科学も、音楽や絵画のように人の心に伝わるものでなければ社会に入りこむことはで

きません。そのために、スタッフ一人一人が考え、議論し、ものづくりのプロと協力して独自で美しい「作品」をつくるという姿勢で「表現を通して生きものを考える」という挑戦をしています。これにより、生きものを基本に置く、こころ豊かな社会づくりにつなげたいと考えています。

3. JT 生命誌研究館の一般公開

1F、2F の展示ホールを入館無料で公開（自由に見学）しています。館内の展示・映像作品から、生きもの研究が物語る生命誌の世界をじっくりお楽しみいただけます。また、スタッフによる展示ガイドもおこなっています（ご利用には事前予約等条件があります）。

開館時間 毎週火曜～日曜日 10：00～16：30

休館日 毎週月曜日、年末年始（12月29日～翌年の1月4日）

4. 書籍・オリジナルグッズの制作・販売

生命誌に関する書籍、グッズを制作し、館内グッズコーナーで販売しています。

5. 研究成果等の発信

- ・ 国内外の専門雑誌、学会でのシンポジウム・ワークショップ
- ・ 季刊誌、カード式刊行物、ホームページ、SNS
- ・ 科学を物語として伝える展示（常設展示、企画展示）
- ・ 科学と芸術を融合したオリジナル作品（映画・音楽朗読劇等）の上映・上演

6. イベントの開催

研究を身近に感じていただくことを目的として参加型のイベントを開催しています。また、実験講習会、ワークショップ、クイズラリー等のイベントを開催しています。

<研究員レクチャー>

研究員が、自身の研究分野と研究成果について来館者に説明するとともに、研究の魅力について語るイベントです。昨今はオンラインを併用し、ほぼ毎月実施しています。

<オープンラボ>

「実験室フロア」での実験、生きものの観察、研究員との語り合いを通じて研究を身近に感じていただく体験型のイベントです。

<サマースクール>

研究員の指導を受けながら、参加者がグループ毎に与えられた課題を2日間かけて取り組みます。実験やディスカッションを通じて「研究の仕事」を体験いただくイベントです。※新型コロナウイルス感染拡大防止のため、2020年より休止中。

<シンポジウム>

研究員がゲストを迎え、特定のテーマについて講演、トークを行います。一般向け、アカデミア向け等があり、ほぼ毎年実施しています。

7. 研究指導 大学院生の受け入れ

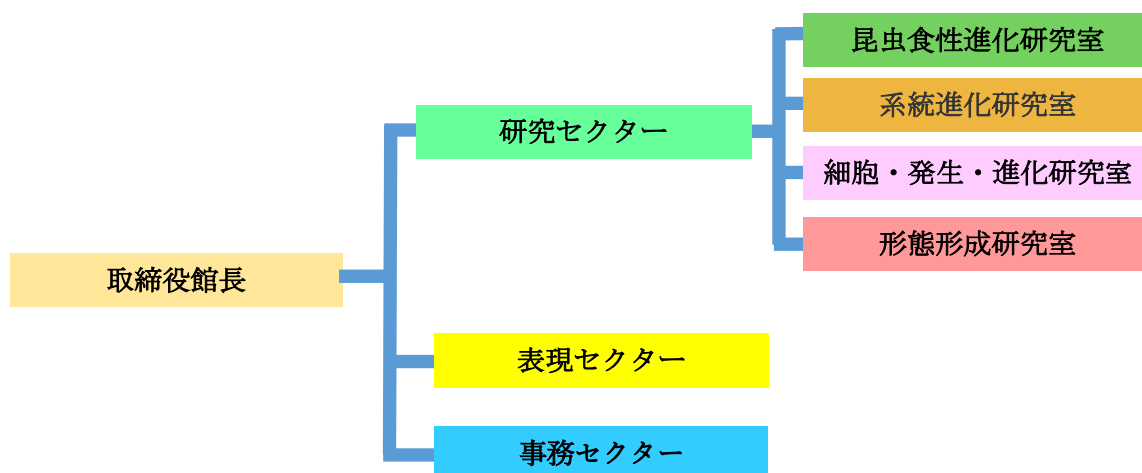
JT 生命誌研究館は大阪大学大学院理学研究科生物科学専攻の連携講座として大学院生を受け入れています。大学院生の指導は、大学の招聘教員である当館の研究員が行います。

この他に、教育機関への教材提供及び高等学校の科学クラブの指導協力も行っています。

8. 対外イベントへの出展

- ・ 高槻市、大阪市、豊中市等大阪府内の地域イベントに参加（出展）
- ・ 博物館等公共文化施設、教育機関での出張展示、ワークショップ（大阪府外を含む）

【組織図】

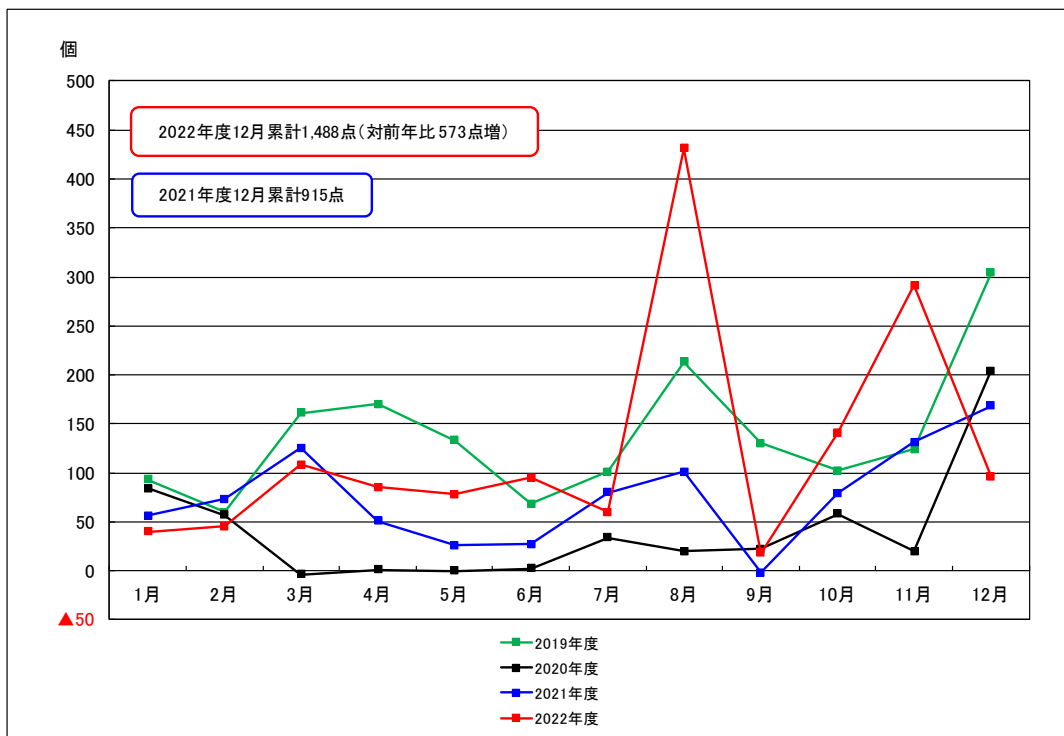


【従業員数（2022 年 12 月現在）】

研究セクター	13 名	JST(科学技術振興機構) 出向者 1 名を含む
表現セクター	11 名	館内案内スタッフ 5 名を含む
事務セクター	10 名	受付スタッフ 4 名を含む
計	34 名	

※上記従業員のほか、大阪大学大学院の院生が研究をおこなっています。

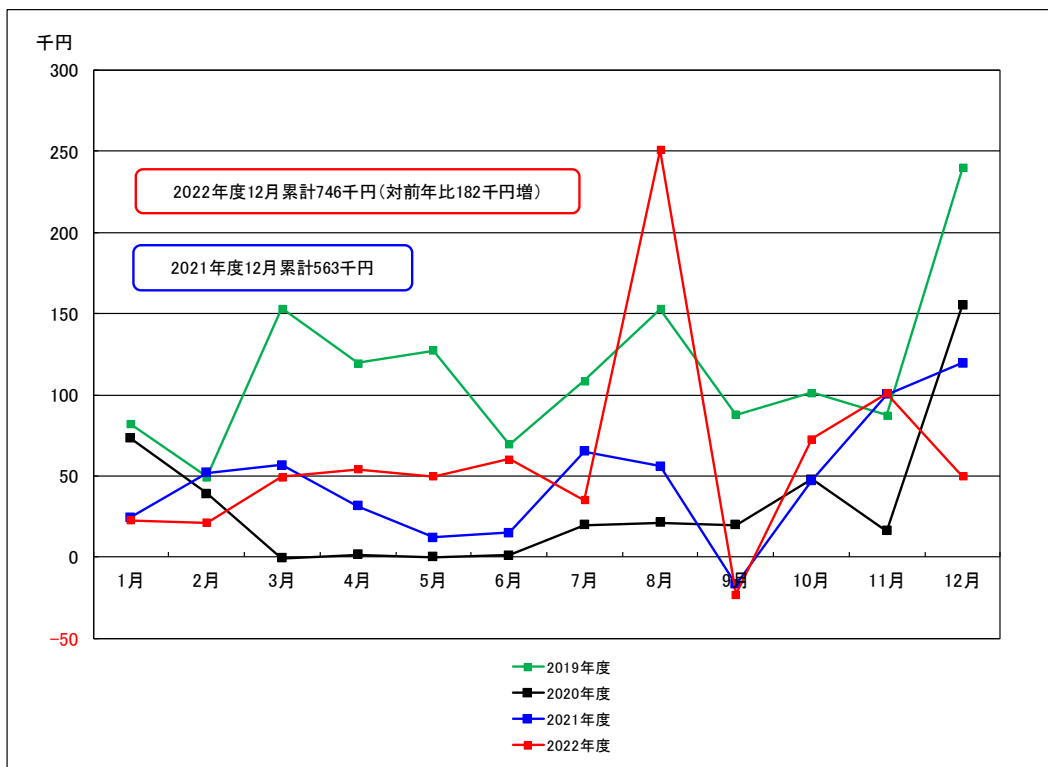
■グッズ・書籍の販売数量



(個)

区 分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年度計
2019年度	93	60	161	170	133	68	101	213	130	102	124	304	1,659
2020年度	84	57	▲4	1	0	2	34	20	22	58	20	204	498
2021年度	56	73	125	51	26	27	80	101	▲2	79	131	168	915
2022年度	40	45	108	85	78	95	60	431	18	141	291	96	1,488

■グッズ・書籍の売上金額



(千円)

区 分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年度計
2019年度	82	50	153	120	127	70	109	153	88	101	87	240	1,379
2020年度	73	39	-1	2	0	1	20	21	20	48	16	155	395
2021年度	25	52	57	31	12	15	65	56	-17	47	100	119	563
2022年度	23	21	49	54	50	60	35	251	-23	73	101	50	746

※販売数量・売上金額のマイナス値は取引先からの返品による。

JT 生命誌研究館の SDGs への貢献

JT 生命誌研究館は、1993 年の設立以来一貫して、生物種の多様性の重要性と、それに立脚した社会の持続可能性について訴えてきました。「SDGs」は 2015 年 9 月に国連で採択され、社会課題解決へ向けた世界共通目標になりましたが、それに先んじた活動です。

これまでの活動をさらに発展させることによって、今後も「SDGs」の広がりに対して貢献してまいります。

生物多様性の大切さ

地球上の生物は全て、約 38 億年前に生まれた共通祖先の末裔です。また、どの生物も細胞内にある DNA で命を繋いできました。

生物は 38 億年の時間を掛けて、一千万種近くと推定されるまでに多様化しました。

「ヒト」は他の生物と同様に本来は「自然の一部にすぎない存在」なのですが、科学技術を高度に発達させたことにより、自分たちが「特別の存在」であると考えようになりました。

豊かな地球は生物の多様性により保たれています。しかし、この多様性は生物の繋がり of 絶妙なバランスの上に成り立っており、バランスが崩れ一旦破壊されると元に戻すことは難しいと言われています。

「ヒト」は有史以来、自然と共に生活を営み地球に対して大きな負荷を掛けることはありませんでしたが、科学技術を利用した近年の爆発的な拡大を続ける経済活動に伴う過度な負荷により、生物の多様性が急速に失われてきています。「ヒト」の活動により地球は今まさに危機に瀕しているのです。

社会全体が生物の多様性についてその重さを認識し、行動を変えれば危機を脱する可能性があります。

JT 生命誌研究館には、生物の「共通性」と「多様性」に関する展示物が豊富にあるだけでなく、様々なコンテンツ(設備・映像・図書・スタッフによる館内案内・イベント等)も有します。更に、生物の「共通性」と「多様性」について他にはないユニークな視点から、また分かり易く説明をすることができる研究者が在籍していますので、生命科学を扱う研究者の間では一目置かれる存在です。

このように JT 生命誌研究館は「ヒト」が「特別の存在」ではないことに気付くための、そして生物の多様性の大切さ・かけがえのなさについて考えるための契機を提供することができる場所であると自負しております。



陸の豊かさも守ろう

海に生まれ陸にも広まったとされる生命体は、38 億年の年月をかけて、一千万種を超えるといわれる多様な生物種に発展してきました。このようにして生まれた生物種の多様性によって、(1)生物種の住み分け、(2)生物種間の共生、(3)生物種間のバランスの取れた食物連鎖——これらが安定して営まれるようになり、各々の生物種を繁栄させてきました。生物全体の生存戦略の成果といえます。

JT 生命誌研究館は、設立時より時代を先取りして、この生物種の多様性の重要性、さらにその中でヒトの在り方について、学術的な基盤をもとに社会の洞察を促す活動を展開してきました。当館では、常設展示の場で、初期の生命体から、さまざまな生き物が生み出されてきた地球上の歴史を、標本やパネルを用いて具体的に示すとともに、館内案内スタッフによる「巡回ツアー」で一つ一つの展示の意義を説明しています。また、生き物の多様性に関わる最新の研究を調査・発掘して、その現状を平易な表現で社会と共有する活動を、積極的に行っています。さらに、生物種の住み分けや共生など、生物の多様性の重要性を実感させるコンテンツについて、特別企画展を開催、映像を制作して上映、季刊誌やホームページ上での定期的な掲載などを行っています。

当館の4つの研究室では、生物の多様性を生み出してきた進化についての研究を進めています。「昆虫食性進化研究室」では、チョウが種ごとに幼虫の食草を変えて住み分けるために、それぞれの母チョウが卵を産みつけるべき植物を瞬時に見分ける、鋭敏な感覚機構の進化を研究しています。「系統進化研究室」では、イチジク属の種ごとに異なった寄生バチに花粉を運ばせるという共生関係が、どのように進化してきたのかを研究しています。「細胞・発生・進化研究室」では、クモと昆虫の発生の仕組みの違いを、ゲノムの変化の観点から研究しています。クモは、海から上陸した節足動物の祖先の一つであるカブトガニに近縁であり、海から上陸したばかりの節足動物から、どのようにして多様な昆虫が進化していったのかを示す研究です。「形態形成研究室」では、両生類を中心に脊椎動物種ごとの発生の仕組みを比較しています。脊椎動物が海から陸へと生活圏を変えるに伴って卵から親に発生する基本的なプロセスは維持しながらどこを変化させてきたのかを研究しています。これらの、生物が多様化する由来を明らかにする研究の成果は、専門誌に発表するだけでなく、ホームページ上で平易に解説し、一般社会人向けの講演を行い、さらに以下に示す様々な方法で、社会に浸透させています。

近代以降のヒト社会の大きな変化によって、ヒトが生物の共生の破壊者になりかねない今、当館が発するメッセージは、SDGs の目標の一つである「陸の豊かさも守ろう」についての科学的な根拠となっています。また、当館も一員である JT グループの使命を記した「JT グループミッション」は、『私たち JT グループの使命。それは、自然・社会・人間の多様性に価値を認めお客様に信頼される「JT ならではのブランド」を生み出し、育て、高め続けていくこと。』を掲げており、多様性に価値を認めることを前提としています。上述した生物の多様性の大切さが示すことは、自然・社会・人間も多様性を持つことの大切さを示す根拠にもなっています。



海の豊かさを守ろう

生命体は海に生まれ、植物、動物の順で陸に上がってきましたが、陸上の生物はなお海の豊かさに、そしてまた海も陸上の生き物の営みに、相互に依存しあっています。その結果、(1)生物種の住み分け、(2)生物種間の共生、(3)生物種間のバランスの取れた食物連鎖は、海と陸とを繋いだ地球規模のスケールで行われています。豊かな森林と生物相を源とする川によって海の生物資源が栄えています。

地上を覆う森林がCO₂を吸収する（グリーンカーボン）とともに、海洋の豊富なプランクトンや藻類もCO₂を吸収する（ブルーカーボン）ことによって地球の温暖化が抑制されています。ブルーカーボンを効率よく生み出すのは、サンゴ礁など多様な動物と植物が共生する海の世界である一方、地球の温暖化はその共生社会を容赦なく破壊します。

JT 生命誌研究館がさまざまなメディアを用いて発信している科学的な情報は、上で述べた、海の生き物の多様性の維持の重要性にも向けられています。



質の高い教育をみんなに

JT 生命誌研究館の表現セクターおよび研究セクターは、最先端の科学を基礎として、生物の多様性に関わる様々な課題について、いろいろな切り口から掘り下げ、それらの現状について社会に発信しています。季刊誌やホームページでのわかりやすく噛み砕いた解説のほか、さまざまな「質の高い教育をみんなに」を与える活動を行っています。

先に述べた「巡回ツアー」の参加者の多くは、「社会人学級」の一環として、来館された方々です。また、大学・高等学校・中学校からの「学外学習」として来館されたグループに対しては、館長・顧問・研究員がそれぞれのレベルに応じた講演を行うとともに、研究の場としての当館を紹介しています。また、様々な参加者を対象とした対外講演を定期的開催して、当館が関わる諸分野の現状について解説しています。特に若い世代に向けては、サマースクールやオープンラボなどの形で、科学の現場を体験する機会を提供しています。



住み続けられるまちづくりを

JT 生命誌研究館は、国内外の関係機関(博物館、研究機関、教育機関、行政、地域、企業等)が主催する様々な文化活動やイベントへ、できる限りの機会を捉えて積極的に参加しています。パネル展示・映像上映・出張講演等を行い生物の多様性の重要性についての理解を広め洞察を促すことにより地域貢献しています。また、当館4階のルーフガーデンに設置した「Ω食草園」は、生物の共生という学術的なメッセージを持った植生区画を都市空間に導入した実例として注目され、高槻市の知名度およびイメージ向上の一翼を担っています。



産業と技術革新の基盤をつくろう

全世界が合意した 2030 年までに達成すべき SDGs による未来像と現状の間に大きなギャップがあり、このギャップを埋めるためには社会の在り方を変えるイノベーション創出が不可欠です。産業界における科学研究の促進や社会インフラの構築においても「持続可能性」は優先課題であり、JT 生命誌研究館は、この課題解決に向けての基礎研究を行っています。



パートナーシップで目標を達成しよう

JT 生命誌研究館は、設立以来、国内外の関係機関と連携し「生物種の多様性に立脚した持続可能社会の構築」の重要性を唱えてきています。また、一貫したメッセージを学術研究の国際的な公開や、ホームページ国際版によって発信することでグローバルなレベルでの様々な施策に規範を与えています。

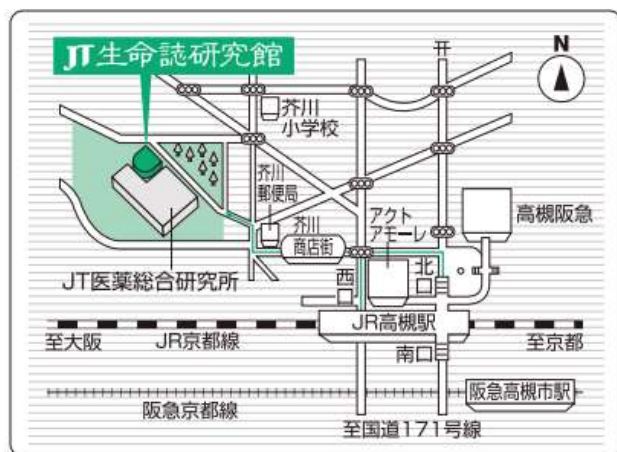
人間は自然の一部であり、地球 38 億年のいのちのつながりを経て存在し、多様性豊かな自然の中で生かされています。全ての人を取り残さず、SDGs が目指す持続可能な社会の実現に貢献するため、JT 生命誌研究館は下記の活動に取り組んでいます。



JT生命誌研究館

〒569-1125 大阪府高槻市紫町 1-1
Tel: 072-681-9750 (代表) www.brh.co.jp

開館時間 10:00-16:30 入館無料
休館日 毎週月曜日
年末年始(12月29日-翌年の1月4日)
臨時休館/休館はホームページで
ご確認ください。
交通 JR 京都線高槻駅より徒歩 10 分
阪急京都線高槻市駅より徒歩 18 分



「問い」を発掘する場
JT 生命誌研究館 年報 2022 年度版

発行日 2023 年 05 月 10 日