

令和 6(2024)年度調査研究実績報告書

研究担当者名：木村 宏

所属・職：東京科学大学総合研究院・教授

区分：生物系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：後成遺伝学（エピジェネティクス）分野に関する学術研究動向及び学術振興方策

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：遺伝子発現、オミクス技術、国際動向

2024 年度に開催されたエピジェネティクスや遺伝子発現制御に関連する国内外の会議への参加や先端研究を行っている研究者を訪問により、最新の動向を調査した。

エピジェネティクスや遺伝子発現制御に関連した技術として、従来のクロマチン免疫沈降 (ChIP) や RNA-seq、ATAC、HiC などの技術に加えて、1 細胞で転写産物を網羅的に解析する技術である single cell RNA-seq (scRNA-seq) 法などが既に一般的となり、発生、分化、再生、老化、病態変化のメカニズム解明のために広く使用されている。しかしながら、1 細胞解析の規模は欧米と比較すると小さく、大規模解析のための予算な制約があると考えられる。一方、多数のオミクス情報について組織内における空間配置情報も含めた形で解析するための空間マルチオミクスについては、新規の技術開発が進んでいる。数年後には、これらの空間マルチオミクス技術も一般化して多くの研究に用いられると考えられるものの、欧米と比較すると動きは緩やかに見受けられる。

生細胞解析に関連する研究については、ゲノム可視化や転写産物の可視化に関する技術開発、あるいは蛍光 1 分子解析が盛んであった時期に比較すると、技術開発は落ち着きを見せている。培養細胞レベルからオルガノイドや生体のイメージングへと課題が移行してきているともいえる。一方、クライオ電子顕微鏡を用いた構造解析も進んでおり、多くのタンパク質やタンパク質-核酸複合体の構造が解かれ、遺伝子発現制御の分子機構の詳細が解明されてきている。クライオ電顕トモグラフィを用いた細胞内での構造解析が重要となっていることがうかがえるが、国内外ともに技術は発展途上である。この分野の技術開発は急速に進んでいることから、今後の研究の進展が期待できる一方、国内のクライオ電顕の整備は未だ十分でなく、欧米や中国から取り残される可能性が危惧される。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：大杉 美穂

所属・職：東京大学大学院理学系研究科・教授

区分：生物系科学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：「発生細胞生物学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策—哺乳類の発生研究を取り巻く学際的研究の動向と展開—」

主な調査方針：2. 科研費・特別研究員事業等に対する研究者からの意見聴取、研究現場の調査、分析

キーワード：研究トレンド、若手研究者養成、女性研究者支援、

哺乳類の受精・発生に関する発生細胞生物学分野は、その成果が哺乳動物家畜の繁殖やヒトの生殖補助医療といった、社会的な関心の高い分野へ応用展開されることが期待される基礎科学分野である。学会参加や研究者交流会への参加を通し、当該分野やその周辺分野における、国内外の研究トレンドや最新の実験手法の動向調査、最新実験機器の検証、大学院生や子育て世代を含む若手研究者、女性研究者からの意見聴取、研究現場の調査を行った。

生殖補助医療の現場において、胚の評価に用いる目的で行う、受精卵から胚盤胞に至る過程の継続的な撮像観察のためのタイムラプスインキュベータが普及してきた。これにより、発生過程で胚に生じた特徴的な変化と、移植後の着床、発生能を結びつけることが可能となり、新たな良好胚の選別基準が提案されている。特に 5～10 分間隔といった、従来に比べて高い時間解像度の胚発生観察データは、基礎研究者にとっても貴重なデータであり、今後は基礎研究で行われている、主にマウス胚についての詳細な細胞生物学的、分子生物学的研究により得られる知見と、ヒト胚の明視野像から得られる情報とをどのように結びつけ得るか、という点が当該領域研究の重要な方向性の 1 つだと考えられる。

科研費や特別研究員制度、特に RPD や RRA といった子育て世代の若手研究者に向けた制度の応募要領等は、頻繁に改善されている。しかしそうした重要な情報が、それを必要とする応募者層に届いておらず、そのために応募を諦めるなどの不利益が生じている例があることがわかった。情報を必要とする人＝情報にアクセスする時間的余裕がない人、である点を考慮した新たな周知方法の検討が求められる。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：佐竹 暁子

所属・職：九州大学大学院理学院・教授

区分：生物専門調査班 主任研究員

調査研究題目：統合生物学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：植物分子、アジア地域、生物リズム、生態系、国際交流

近年、生物学を中心とした研究分野においても、分野横断的な研究がますます求められている。本調査では、各国で新たに生まれつつある地球規模の研究動向を把握することを目的に、国際的な研究活動を調査し、最新の知見を収集した。

第13回 International Plant Molecular Biology 国際会議（オーストラリア）および PAG ASIA 2024（中国）に参加し、最新の生態学、植物分子生物学、ゲノミクス研究を調査した。PAG ASIA 2024 では中国の研究グループの発表が多く、高い研究水準が示された。ゲノム・トランスクリプトーム・エピゲノムなどのオミクスデータは蓄積されているものの、環境応答や進化に関する一般法則を導くには数理・情報解析の活用が不可欠であり、統計解析と演繹的アプローチの両面からの研究が求められる。今後、この分野の発展には、生物学と数理情報科学の両方の知識を持つ人材の発掘と育成が鍵となるだろう。

マレーシア森林研究所を訪問し、分子フェノロジーデータ（野外環境での網羅的遺伝子発現データ）や揮発性有機化合物（BVOC）データの取得可能性を調査した。また、インド・ミゾラム州で開催された時間生物学ワークショップにて講義を行い、現地の大学院生と交流した。今後、日本の研究機関が優秀なインドの大学院生に活躍の場を与えることは、日本の研究の発展にとっても大きな利点となると期待される。

本調査を通じて、(1) 国際的なメタ解析研究の加速と、世界規模のデータ収集におけるリーダーシップの重要性、(2) 生物科学と数理情報科学の融合による新たな研究展開の可能性、(3) アジア地域の研究環境と法規制の影響、ならびに国際的な人材確保の重要性に関する重要な知見が得られた。今後も、異分野融合的なアプローチを推進し、国際的な学術研究を強化する方策について調査を継続したい。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：上田 貴志

所属・職：大学共同利用機関法人自然科学研究機構基礎生物学研究所・教授

区分：生物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：植物分子および生理科学関連分野に関する学術研究動向

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX 化」に関する調査

キーワード：植物科学、細胞生物学、中国の研究動向

植物科学および関連領域に関する最新の動向を調査するため、国内外で開催された研究会に参加し、最新の研究動向を調査するとともに、関係研究者へのインタビューを行った。特に近年の発展が目覚ましい中国の植物細胞生物学研究について、南開大学、福建農林大学、浙江農林大学を訪問し、それぞれの大学の研究者と研究動向に関する意見交換を行うとともに、研究費制度や称号制度について話を伺った。称号制度については、称号取得が若手研究者の大きな目標となっており、研究活性を高めるのに役立っている反面、ハイインパクトの成果が出やすい流行りの分野に研究が集中するという弊害が生じているということであった。また、International Plant Molecular Biology (IPMB) Congress に参加し、植物分子生物学の最新の動向を調査した。米国、欧州、中国などの研究者と議論し、各国の現在の研究トレンドと今後の研究動向、公的研究資金制度の現状などについて意見交換を行った。国内では、複数の大学や研究機関を訪問し、情報科学と植物科学の融合や女性研究者を増加させるための取り組みなど、多岐にわたる内容について情報収集と意見交換を行った。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：秋山 修志

所属・職：大学共同利用機関法人自然科学研究機構分子科学研究所・教授

区分：生物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：生物物理学関連分野に関する学術研究動向

キーワード：タンパク質分子設計、時間タンパク質

関連学会でのシンポジウム発表やポスター発表において、AlphaFold2 (AF2) を駆使もしくは援用した研究が見受けられた。実験的に決定されたタンパク質の構造を AF2 の予測構造と比較して AF2 の性能を議論する研究、実験的に構造決定することが容易でないタンパク質の予測構造をもとにアミノ酸置換を導入して機能やメカニズムを検証する研究、対象タンパク質に新しい機能を付与することを目的とした分子設計に AF2 を利用する研究など、生物物理学だけでなく生化学や分子生物学などの分野にも広く浸透しつつある。

タンパク質分子の結晶構造が解明されてから既に 60 年以上が経過した今日、AF2 やクライオ電子顕微鏡の整備より蛋白質科学は大きな節目を迎えていると言っても過言ではない。結晶構造解析、クライオ電子顕微鏡、NMR などを用いて実験的にタンパク質分子の構造を決定することの意義や重要性が揺らぐことはないが、研究対象によっては、迅速に変異体の構造を野生型と比較することができるようになりつつある。それぞれの長所短所を踏まえたうえで、実験的な構造決定法と AF2 のどちらかもしくは両方を選択できるユーザー側としてのメリットは大きい。

一方、データ駆動型の構造予測法の開発に携わる研究者が、AF2 の登場を踏まえて次に何を目指すのかという点が議論の対象になっているようである。大阪大学蛋白質研究所が主催した IPR International Conference 2025 では、古賀教授などを中心にポスト AF2 についての議論がなされていた。構造予測が必ずしも容易でない構造多型や天然変性蛋白質を対象とするのか、タンパク質以外の生体高分子を含めた高次構造体を対象とするのか、細胞全体を対象とするのか、国内のコミュニティがどのような方向に舵を切るのか注視される。

令和 6(2024)年度調査研究実績報告書

研究担当者名：木村 洋子

所属・職：静岡大学農学部・教授

区分：生物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：生物科学分野に係る学術研究動向に関する調査研究

主な調査方針：3. 若手研究者の育成・キャリアパス、男女共同参画、オープンサイエンス等に関する動向調査

キーワード：Dual career 制度、ワークライフバランス、女性研究者

配偶者・パートナーがいる女性研究者は、配偶者も研究者であることが多い。2021 年に行われた「第五回 科学技術系専門職の男女共同参画実態調査 解析報告書」（男女共同参画協会連絡会）によると、女性研究者の配偶者の職は、「大学・研究機関等（研究技術職）」に従事する割合が最も高く、女性研究者の 34%を占める。

大学等の研究機関のポジションが限られている現状から、多くの研究者のペアは同じ場所で職を得ることが困難である。そこで家族のいる研究者は、ポジションをとるために、家族と離れて暮らす場合が多い。上記の調査で別居経験についての設問があるが、大学・高専等の機関では半数以上の女性研究者が別居の経験があると回答している。男性研究者の場合はその半分になっている。つまり、この問題は、配偶者に研究者が多い女性研究者にとってよく起こる問題である。

研究者夫婦の別居問題を解決する手段の一つとして、配偶者帯同雇用制度（Dual Career 制度）がある。大学が、研究者カップルの採用を一緒に工面することによって、研究職の継続、家庭との両立を支援する制度である。研究者のワーク・ライフ・バランスを実現する制度として、九州大学、名古屋大学、愛媛大学などいくつかの大学で制度が創設されている。

まだ数は少ないが、今後、このような制度が増え、さらに拡張されていき、例えば近隣の複数の大学・研究機関で連携して研究者夫婦と一緒に採用できることはできれば、別居問題が少しでも改善されるのではないかと思う。

今回の調査では、研究者支援の事業に詳しい三宅恵子（現城西大）博士に資料を頂き、現状を教えて頂いた。

令和 6(2024)年度調査研究実績報告書

研究担当者名：中島 欽一

所属・職：国立大学法人九州大学大学院医学研究院・教授

区分：生物系専門調査班 専門研究員

調査研究題目：神経科学分野に関する学術研究動向 ～神経系機能障害の原因解明および改善に向けた細胞分化やエピゲノム変化の観点からの研究調査～

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：新たな研究分野、老化、レトロトランスポゾン、精神・神経疾患

学術研究動向：神経科学分野に関する学術研究動向を、神経系機能障害の原因解明および改善に向けた細胞分化やエピゲノム変化の観点から研究しているものに着目して調査した。次世代シーケンサーの格段の進歩などもあり、精神・神経疾患に関しても、全ゲノム的な遺伝子発現やエピゲノム状態を探ることでその原因を明らかにし、治療法解明へとつなげようとする研究が主流となっている。個々の精神・神経疾患の原因は異なっている場合も多く、共通した発症プロセスなどを説明できる原因については特定できていない。しかし、PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) を用い、近年別領域でも注目を集めている「老化」あるいは「加齢」というキーワードと「神経疾患」をキーワードとして合わせてもつ発表論文数を検索すると、この 50 年で 50 倍以上に増加していることがわかった。これに一致するように、老化や加齢と神経疾患で共通する病態を明らかにすることにより、それらの改善法を開発しようとする研究も見られるようになっている。中でも老化脳や精神・神経疾患脳で共通して脳内炎症が見られる点は興味深く、その炎症を抑制することで、各病態を一様に改善させられる可能性が示されつつある。

調査研究活動・企画の報告：各学会や研究会に参加し、国内外の学術研究動向情報を収集した。内藤コンファレンスでは、この調査で着目されているエピジェネティクスに加え、新たに腸内細菌と神経疾患との関連を考慮する必要性を感じた。Neuro2024 では、基礎神経科学的ものだけでなく、神経変性疾患や精神・神経疾患、老化なども含めて多岐に渡った発表が行われたが、新たなトレンドとしては、ニューロンの形態などに加え行動解析などにも AI を取り入れた研究が多く見られるようになっている印象を受けた。また、日本分子生物学会年会では脳やエピゲノムに関するシンポジウムが多く開催され、やはりしばらくはこのトレンドは続きそうであると実感した。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：河野 礼子

所属・職：慶應義塾大学文学部・教授

区分：生物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：自然人類学分野に関する学術研究動向 ―自然人類学の新たな潮流―

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX 化」に関する調査

キーワード：自然人類学、国際性、中国

自然人類学の対象となる人骨化石は日本では旧石器時代のものが最も古い部類であり、ヒト以外の霊長類化石も非常に限られている。一方、ユーラシア大陸では現生人類の進出も日本に比べれば早く、サピエンス以外の人類も存在し、また化石類人猿も発見されるなど、日本と比較すれば対象資料の種類も年代も幅が広い。研究の動向はそうした地元で利用可能な資料の性質によって左右される面があることは否めない。海外の資料を対象に研究する日本の自然人類学研究者が減少している印象があることから、国際的な研究動向を、本年は特に研究業績の増加が著しい中国に注目して調査し、将来的な課題について検討した。

他分野でも言われていることであるが、中国では研究業績をあげることへのプレッシャーが非常に大きいようである。そうした中、自然人類学の研究者たちは、自国の化石資料などについて、国際的な共同研究を積極的に推進していた。特に人類化石に関しては、年代測定や地質分析などの専門家を招いて大人数の国際研究グループになる例もあり、人類学研究の国際的なトレンドである大人数化の流れに乗っている印象を受けた。また、山東大学には数年前に最先端の人類学考古学研究室が新設され、施設も設備も非常に充実したラボで多くの大学院生が研究を進めていた。こうした人類学考古学の専門的な研究室が新規に設置されることは日本ではほぼ望めず、羨望すら感じた。さらに山東大学の王教授によれば、人類学考古学系の学位取得者の就職先も豊富にあるということであり、多くの若手研究者が輩出されている状況は日本とは真逆との印象を受けた。

12 月に開催された北京原人化石発見 95 周年記念シンポジウムには、多くの国から研究者が参加し、最新の研究成果を発表していた。研究内容としては、古代 DNA やその他の成分分析系のものが多く見られた。形態研究に関する発表もあったが、最先端 3 次元データを活用した研究例が大多数であった。ここでも研究の大人数化の傾向が認められ、日本の人類学研究者が自国の資料だけでなく海外の資料についてもっと研究に参画していく必要性や、自国の資料についても必要があれば海外のスペシャリストを引き入れて成果発信を進めていく必要性などを強く感じた。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：颯田 葉子

所属・職：総合研究大学院大学 統合進化科学研究センター・教授

区分：生物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：進化生物学関連、ゲノム生物学関連分野に係る学術研究動向に関する調査研究

主な調査方針：1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX 化」に関する調査

キーワード：バイオバンクデータ、古代 DNA、集団の歴史

本研究は海外で開催された 2 学会 (SMBE と ASHG) と国内開催の 1 学会 (遺伝学会) に参加して、専門分野および関連分野での「最新研究」についての事例を集めた。

海外で開催された 2 学会では各国のバイオバンクデータを駆使した表現形質と遺伝形質の関連を探る研究が目を引いた。また、古代 DNA を用いた研究では、ヒトのみならず、家畜等のヒトの生活に関わった動植物の集団の歴史とヒトとの関わりを明らかにした研究、あるいは冬眠などの動物に特異的な生理現象を司る遺伝因子・また関連する代謝を明らかにしようとする試みなど、幅広い分野でゲノム生物学が独自の発展を見せていた。一方、日本の国内に関しては本研究でカバーした学会が限られたものだったために、分野としての直接の比較は困難である。日本国内でもゲノムのデータを用いて、集団動態を明らかにして、種あるいは集団の歴史を復元しようとする研究等が見受けられた。一方、日本には、古代 DNA では日本国内の土壌の性質から出土した骨から高品質の DNA が採取できる可能性が低いというデメリットがある。海外で行われている古代 DNA を用いた集団解析に匹敵する規模で研究を行うためには、それなりのサンプル数が必要であり、国内産の古代 DNA を扱う集団遺伝学的研究は難しいと感じた。また、日本のバイオバンクデータは主に医学系の研究で使われている。今後は海外での事例と同様の日本のバイオバンクデータを活用した表現形質と遺伝形質との関連を探る研究が発表されている学会を選択して調査することが必要だと思った。今後さらに日本でのバイオバンクデータの利用が促進されることを期待する。

令和 6(2024)年度調査研究実績報告書

研究担当者名：丹羽 隆介

所属・職：筑波大学生存ダイナミクス研究センター・教授

区分：生物系科学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：発生生物学、動物生理化学、生理学および行動学関連分野に関する学術研究

動向－「非」モデル生物を用いた新たな研究の潮流と展開－

キーワード：非モデル生物、遺伝学的研究手法、若手研究者支援

発生生物学や生理学は長年、線虫やショウジョウバエ、マウスなどの「モデル生物」を用いた研究によって発展してきた。しかし近年、高度なゲノム解析や質量分析、ゲノム編集技術の進展により、これまで研究が難しかった「非モデル生物」でも分子・細胞レベルの解析が可能となり、注目が高まっている。私は、非モデル生物の活用が生命科学にどのような革新をもたらすかを精査するとともに、それを支える科学界の支援体制についても調査した。

令和 6 年度には、国際学会 International Congress of Entomology 2024 で中国の研究者が非モデル昆虫を用いた基礎研究で先行している実態に触れ、日本の現状との比較を通じて多くの示唆を得た。また、国内では「ユニーク会」に参加し、デンキウナギやアホロートル、タツノオトシゴなど多様な生物を用いた研究者との交流を通じ、日本でも非モデル研究が盛んであることを実感した。一方で、RNA-seq の成果は豊富な反面、ゲノム編集や RNAi など遺伝学的手法の適用には困難が残ること、そして予算獲得の難しさが多くの研究者の共通課題であると認識した。非モデル生物研究に取り組むのは若手～中堅が多く、審査制度の側もこうした層に配慮すべきと考えるに至った。

さらに、文献調査を通じて非モデル生物が医学的にも重要な知見をもたらすことを学び、実験ではショウジョウバエ属やその寄生蜂 *Asobara* 属の飼育を試みた。モデル外の種は飼育が難しく、維持には高度なケアが求められると痛感した。このような経験を今後の研究者支援や制度設計に活かしていきたい。

令和 6 (2024) 年度調査研究実績報告書

研究担当者名：坂内 博子

所属・職：早稲田大学 理工学術院・教授

区分：生物系科学専門調査班

調査研究題目：神経生理学分野に関する学術研究動向

主な調査方針： 1. 専門分野やその周辺分野における「最新研究」「融合研究」「国際性」「AI・DX化」に関する調査

キーワード：脳画像解析、神経ネットワーク、人工タンパク質デザイン、AI

本調査研究では、神経生理学の分野を中心に国内外の最新の研究例、また情報科学や機械工学など他の分野との融合的な研究の動向調査を行った。人工知能(AI)との融合研究は生命科学に最も大きなインパクトを与える研究であったといえる。神経科学分野では、脳画像や脳波の解析、BMI、神経回路モデリングなどが、AIの導入によりデータ駆動型研究で大きく進展した。脳波やマルチモーダル脳画像解析(構造を見るためのsMRI+機能を表すfMRI)などヒト脳での計測データをディープラーニングやグラフニューラルネットワーク(GNN)を用いて解析し、脳のネットワーク構造を可視化して神経疾患に特徴的な脳ネットワークを見つけようとするトレンドが見られ、そのためのデータベースの整備がなされつつある。マウスを用いた基礎研究レベルでも、カルシウムイメージングなどで得られた神経活動パターンの解析にフィードバックに畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を活用した研究が見られ、AIの導入により機能的神経回路の特定や脳の状態の予測の精度が高待っている。今後は機械学習を利用したビッグデータ解析は生命科学研究において必須となり、機械学習を利用したデータ解析体制やデータベースの構築は重要なインフラとして整備する必要がでてくるのではないかと予測される。深層学習を応用した機能的な人工タンパク質のデザインは、2024年度の生命科学の融合研究の大きな潮流であった。ノーベル化学賞を受賞したDavid Bakerは、RF diffusionという深層学習を使い、神経細胞のアセチルコリン受容体を障害するヘビ毒を中和する人工タンパク質や人工的にデザインした酵素、タンパク質品質管理を制御するためのHsp70活性化タンパク質やがん免疫治療のターゲットである免疫受容体に結合するタンパク質を生み出した。これらの研究は、トライアンドエラーを膨大に繰り返しセレンディピティに恵まれなければ辿り着けなかった成果を少ない時間と労力で得られる可能性があり、今までの生命科学の研究のありかたを大きく変えるような大きな潮流と思われる。