

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(生物系科学専門調査班)

生物系科学分野に関する学術研究動向及び学術振興 方策 一特に植物科学における応用科学と基礎科 学の分化に伴う世界的傾向

塚谷 裕一(東京大学大学院理学系研究科・教授)

- ・ 日本国内の学会大会の活動について動向を確認していたが、新型コロナウイルスの感染拡大のため、やむなく中止ないし延期になったもの、オンライン開催になったもの等に別れた。オンライン形式になったものとしては、日本植物学会は積極的にオンライン開催のメリットを訴えたこと、オンライン開催のノウハウに明るい実行委員が支えたこと等から、過去最大数の参加者を実現した点、特筆に値する。日本発生物学会や日本植物形態学会のように、大会のあり方を大きく変更してオンライン開催としたところも多かった。オンライン開催に変更した場合でも、対応変更の問題に加え、そもそも感染拡大防止のための非常事態宣言下にあった地域では、学生が実験を停止せざるを得ず、新しいデータの取得ができない等、発表するだけの内容が作れない事例が多い、という事情から、一般発表枠の募集を諦めたケースもある。規模の大きな国際会議は、国際シロイヌナズナ会議のように、翌年に順延となったものが多い。
- ・ 予期せぬこととして、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、若手人材の確保に関して興味深い現象を観察した。それは中国における自国大学院生の囲い込みである。渡航制限のため海外留学の実現が困難となったことに対応し、中国はいち早く救済措置を発表した。すなわち、海外の有力大学の大学院に合格した学生については、自動的に、入試を免除して中国国内の大学院への進学を許可したというものである。これは長期的には海外修行のチャンスを減らすとは言え、海外進学を目指す「上澄み」の優秀な学生の意欲をキープし、将来の研究者層を確保する効果が見込まれる点、有効な政策であったと思われる。おそらくこれがないと、進学を諦め、アカデミアに残ることをやめた若者が多く出たのではないかと危惧される。これに関連して日本学術振興会では、特別研究員制度の方で、とくに海

外派遣制度に関連してさまざまな異例の措置をとることにより、すでに採用された特別研究員へさまざまなケアをできたことを、高く評価したいが、学振の域外での日本全体としてのサポートには、より広く充実したものがあっても良かったのではないと思われる。

「進化生物学分野に関する学術研究動向—新たな解析法によるゲノム-表現型進化研究の展開」

河村 正二(東京大学大学院新領域創成科学研究科・教授)

新型コロナウイルス感染症の広がりのため、参加を予定していた国際学会がすべて中止となったが、参加予定の国内学会の多くは通常の対面式からオンライン方式に切り替えて実施されたため、問題なく参加することができた。ゲノム、エピゲノム、プロテオームなどのビッグデータの時代を迎えて進化生物学は、類縁関係や集団移動史などの進化史解明の劇的な精密化が可能となり、適応的な形質に関わるゲノム領域の理論推定が格段に進んだ。しかし、生物の表現型の進化・多様性に関わる遺伝子レベルのメカニズムを理解するには、遺伝子発現制御系の仕組みと進化を理解することが重要である。学会・研究会等において表現型進化とゲノム進化を結びつける研究の動向に注目した。

7月に予定されていた日本霊長類学会大会は12月に延期されオンラインで行われた。チンパンジーiPS細胞を用いたダイレクトニューロスフェア形成培養による初期神経発生の再現、消化管Tuft細胞の機能解析に向けたマカク由来新規三次元培養系の構築、マカク属7種のゲノム解析による進化モデルの構築、ヒトとチンパンジーの選択的スプライシングの多様性解析とその脳内表現などの発表があり、霊長類の遺伝子発現制御系や表現型の進化に関する研究が進行していた。9月に沖縄で予定されていた日本進化学会は、学会長であった私自身が臨時大会長としてオンラインに切り替えて実施した。古人骨プロテオミクスに関する国際プレナリー講演、機能ゲノミクスからせまる進化学研究をテーマとした進化学夏の学校プログラム、表現型進化を制約する発生基盤に関する一般シンポジウム、感

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(生物系科学専門調査班)

覚進化学の異分野協奏に関する一般シンポジウム(自身企画)、システム頑健性と進化可能性に関する一般シンポジウムなどオンライン下でも活発な報告と質疑が行われた。12月にオンラインで行われた日本分子生物学会では、分子進化人類学の新展開と題するワークショップを企画した。海外招待講演者によるデニソバ古人骨のエピゲノム解析から解剖学的特徴を推定する研究をはじめ、霊長類におけるグルタミン酸の味受容の進化、ヒト/非ヒト霊長類 iPSC 細胞のダイレクトニューロスフェア形成培養による初期神経発生の誘導、遺伝子改変マーマセットを用いた分子進化人類学へのアプローチといった機能進化・表現型進化に関する最新の話題提供と活発な質疑が行われた。また、感覚系遺伝子群の機能多様性進化に関する最新技術の適用を試行するため、様々な霊長類分類群に対する嗅覚受容体、味覚受容体、色覚オプシン、中立対照ゲノム領域のターゲットキャプチャーと大規模並列塩基配列解析を実施した。

分子生物学関連分野に関する学術研究動向—遺伝子発現の正確性を保証する分子機構とその生理機能—

稲田 利文(東北大学大学院薬学研究科・教授)

細胞内の異常タンパク質の蓄積は、様々な細胞機能障害を引き起こす。細胞の保持する品質管理機構は、異常な遺伝子産物を認識し排除することで遺伝子発現の正確性を保証する。近年、様々な品質管理機構の解明が急速に進み、タンパク質恒常性維持に極めて重要な役割を果たすことが明確になってきている。上記の状況をふまえ、本調査研究では、分子生物学分野、特に遺伝子発現制御機構とその正確性を保証する研究分野と、関連するタンパク質の正しい立体構造形成と維持に関する研究、各オルガネラへのタンパク質の輸送と膜透過、ヒートショックや小胞体ストレス等のストレス応答機構、さらに翻訳に共役した mRNA 分解機構等、に関する研究分野の動向調査を行った。コロナ感染拡大により各種学会研究会は中止または、オンライン開催となった。議論の深まりや参加者数などの問題が懸念されたが、実際には活発な議論もされ、学術動向調査もほ

ぼ目的を達することができた。当該分野における遺伝子発現制御とその生理機能の解明は、分野横断的・融合的な研究分野であり、最近益々重要性を増している。特に、超極低温電子顕微鏡(クライオ電顕)による構造解析と、リボソーム動態解析法が一般化しており、当該分野における日本の国際競争力維持には、これらの手法を国内で一般化することが必要である。欧米ではクライオ電顕の重要性が認識され基盤装置の整備も進んでいる。日本では対応可能な施設・クライオ電顕数や解析手法等の導入が立ち遅れていたが、各種研究助成制度によりハイエンド機種を全国的な導入が進んでおり、状況は改善されつつある。基礎研究のみでなく創薬研究への応用も今後ますます重要になると思われる。

発生遺伝学分野に関する学術研究動向—分子、細胞、個体、集団レベルおよび神経科学分野にまたがる学際的研究の調査—「外国人研究者を取り巻く研究環境について」

平田 たつみ(国立遺伝学研究所 教授)

近年、研究機関のグローバル化が重要課題となっている。とりわけ外国人教員数を増やすことは、研究者の多様性を増すために重要であるとされ、各研究機関でも力を入れているところである。実際、研究現場において日本語を母国語としない研究者数は増えていると思われる。しかしそのメインは大学院生等の若手であり、日本のアカデミアに定着してキャリアアップしてゆく研究者は多くない印象がある。そこで、日本で研究する外国人研究者のキャリアについて調査することにした。

科研費データベースから、2108-2020年度の採択課題(生命科学系区分)のうち英語による申請課題を拾い出して解析したところ、採択課題種目の大半は若手研究であり、基盤研究(A-C)はごく少数であった。研究代表者の半数は研究員であり、日本における外国人研究者の多くが研究キャリア初期段階にあることが示された。外国人研究者が日本のアカデミアに定着するのが困難な理由として競争的研究資金の獲得の難しさがよくあげられるが、科研費の採択

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(生物系科学専門調査班)

率からも、研究機関が目標とする数の外国人研究者をサポートするのが難しい現実が明らかとなった。

調査を行う過程で、外国人研究者は日本のアカデミアにおいて、言語そのものよりも、言語の問題に伴って生じる情報や知識不足に悩まされていることがわかってきた。実際、我々日本人研究者が「常識」として持っている情報の多くは、同僚や先輩との日々のコミュニケーションの中から何となく耳に入ってくる人が多い。外国人研究者はこの「何となく情報ルート」が圧倒的に小さいため、情報・知識の面でハンデを背負っていると思われる。

現在の日本の政策は、外国人研究者の受け入れ数を増やすことに注力されており、受け入れ後のサポートは極めて手薄な印象がある。多様な研究者が切磋琢磨する研究環境を本気で目指すのであれば、外国人研究者を日本のアカデミアに定着させて育てるといった観点からの支援が今後不可欠になるだろう。外国人研究者を過度に特別扱いするのではなく、日本のアカデミアの中で、その能力を生かして適材適所でうまく使ってゆくことが求められていると感じる。

神経科学一般関連分野に関する学術研究動向—特定 神経回路の操作と行動制御による機能解明— 山中 章弘(名古屋大学環境医学研究科・教授)

神経科学一般関連分野において、全体的な研究トレンドを調査し、今後の研究の方向性について検討を行った。

近年の神経科学分野では、特定神経活動の操作と、その結果表出する行動の評価によって因果関係を解析して、神経回路の動作原理を解明する研究が盛んに行われている。特に、光を用いて神経活動を操作する「光遺伝学」や、「化学物質」を用いて神経活動を長期間持続的に操作する化学遺伝学などを適用して、神経回路機能の同定を行う研究によって、摂食・飲水行動、性行動、睡眠覚醒などの生命維持機能に重要な本能行動を調節する脳視床下部神経回路の動作原理が次々に明らかにされてきている。これらの行動は、全ての神経回路が保存された丸ごとの個体でのみ発揮されるため、個体を用いた研究が必須であった。従来の

神経回路研究では、神経特異性や、神経活動操作の時空間制御に問題があり、特定の神経細胞だけを操作することができなかったために、研究が進んでいなかった。現在は、これらの研究がさらに高次な脳機能である記憶や感情といった神経回路に適用され始めている。これらの研究に用いられる最新の光遺伝学、化学遺伝学分子や技術を調査し、今後の研究開発の方向性や研究のトレンドについて検討を行った。光遺伝学や化学遺伝学を用いた研究には、神経科学だけでなく、生理学、生物物理学、分子生物学、生化学、薬理学、光工学、精神医学、内分泌学、情報科学など様々な研究分野の分野横断的な知識や技術が必要であり、多分野融合型の研究が展開されている。

日本神経科学学会(2020年7月29日-8月1日)は、オンライン開催となった。発表は事前に録画したファイルをアップロードしておき、開催期間中は何時でも何度でも視聴できる形式であった。これまでのリアルの学会だと、聞き逃すことや、聞きたい講演が同時間にあったりすると、片方しか聞けなかったりするデメリットがあったが、オンライン開催の場合には全て視聴できるし、不明点は何度でも繰り返し聞くことができる。視聴数ランキングなどが毎日更新されており、人気の講演などがわかりやすい形になっていた。また、質問は、チャット機能を用いて質疑が行われていたが、実際に会場での質疑応答ほどは盛り上がりには欠けていた。リアルの開催と比べて、子育て中の研究者や、業務のために数日勤務を離れることができない研究者のスポット参加が可能になったのはオンライン開催のメリットと思われる。また、オンライン開催なので、当然情報交換会もオンラインであるが、バーチャルイベントツールである Remo を使った情報交換会が開催された。これに参加して、神経科学分野における光遺伝学や化学遺伝学を用いた神経活動操作の新しい技術、研究について意見交換を行った。また、本年のコロナ禍における研究環境の変化・対策や、研究の進捗、キャリアパスにおける影響についても情報共有を行った。

ESRS Europe Sleep Research Society 2020(2020年9月22-25日)は、スペインのセビーリャでの開催を予定していたが、オンライン開催となった。事前録画したファイルをアップロードしておき、実際の時間にそれを再生し

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(生物系科学専門調査班)

て、質疑に関してはリアルタイムでのオンライン質疑形式をとっていた。リアルタイム質疑はその場で答えることができるのが良いが、時間が限られており一部の質問のみを座長が選んで発表者に質問する形式であった。睡眠覚醒調節に関わる神経回路についての研究の最新情報収集をおこなった。

NIPS Research Meeting 2020 「Synapse and System Plasticity of Learning and Memory」Web開催に参加して最新のシナプス研究、学習記憶研究の動向について調査を行った。最新の研究内容や、論文発表前の最新のシナプス研究や学習記憶研究に有用なツールの発表があった。演者に直接メールで連絡をとり、実際に最新ツールの提供を受けるなど今後の研究に有益な情報収集を行った。

毎年開催してきた光操作研究会は、新型コロナウイルスの影響により、2020年度の開催は行わず、2021年度に開催することになった。日本実験動物学会、日本睡眠学会大会も2020年度の開催が中止となるなど当初調査予定していた学会の開催が中止、延期、縮小されるなどが相次いでおり、研究者が実際に会って情報交換する機会の多くが失われた。一方で、オンラインでの開催の新しい試みによる新しい情報交換の様式についても模索が続いており、今後のポストコロナ時代における新しい学会発表の形が作られつつある。

細胞生物学、発生生物学分野に関する学術研究動向—分子と個体を繋ぐ学問分野の新たな潮流と展開— 千原 崇裕 (広島大学大学院統合生命科学研究科・教授)

近年の生命科学技術の進展により細胞生物学と発生生物学の垣根は低くなっており、「個体・組織レベルでの詳細な一細胞解析」といった、高解像度の発生生物学研究も行われるようになった。このような研究動向を踏まえ、本調査研究では細胞生物学分野、発生生物学分野を中心に、「分子と個体を繋ぐ研究」の潮流を調査した。

関連学会の発表演題を調査した結果、一細胞レベルでの遺伝子発現解析 (single-cell RNA-seq: scRNA-seq) を用いた演題の増加が目立つ。特に発生生物学分野において、

個体由来の各一細胞の性質を詳細に解析できる scRNA-seq のインパクトは大きい。次にゲノム編集技術、特に CRISPR/Cas9 法を用いた細胞・個体のゲノム操作を行った研究の増加が顕著である。現在、CRISPR/Cas9 法を用いた内在遺伝子改変は微生物から霊長類にいたるまで多くの生物種で成功しており、特にモデル生物におけるハードルは低い。更には、組織・細胞種特異的ゲノム編集、エピゲノム編集、CRISPR/Cas9 法を用いたゲノムワイドスクリーニングなど、研究者の創意工夫によって様々な解析に用いられている。

上記の2つの技術発展・普及によって、今後更に「分子の性質・性状を個体レベルで解析する」研究が増加すると予想される。既に科学技術政策をベースとしたトップダウン型研究 (科学技術振興機構 JST や日本医療研究開発機構 AMED からの研究費) では「分子から個体までをシームレスに研究する」領域設定も増えている。科研費の性質 (ボトムアップ型研究、研究費サイズ、研究期間など) は、JST・AMED のそれとは異なるものの、進展目覚ましい研究分野に関しては継続的に調査を続け、研究者が応募しやすい研究区分を検討していくことが必要であろう。

細胞生物学関連分野に関する学術研究動向—細胞生物学と生理学の強固な結合による生命科学研究の展開

古瀬 幹夫 (生理学研究所・教授)

高次の生命現象である体のはたらきを解明する生理学分野の研究に、細胞生物学者がその専門性を活かして参加することによって重要な貢献ができるのではないかとこの考えから、具体的にどのようなトピックが対象となりうるかを検討した。国内の生理学系学会に参加して調査した結果、生理学の中心的課題である感覚受容に関わる膜輸送体の局在化のしくみの解明には細胞生物学の専門性が活かせることがわかった。また、細胞生物学者が医学分野である皮膚科学に進出した結果、皮膚の角化のメカニズムを詳細が明らかになった最新の研究から、細胞生物学の基礎研究者が切り込むことで医学の重要な課題を解決できる余地がまだまだいくつもあることが示唆された。一方、生理学

令和2年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(生物系科学専門調査班)

の基本概念の一つである膜電位は、細胞によって生み出されるにもかかわらず、細胞そのものの機能にどのような影響を持つかについてはほとんど研究されておらず、今後の細胞生物学が取り扱うべきトピックとなりうる。

このような細胞生物学と生理学を結びつきを考えるにあたり、その接点に気づくには両方の分野の知識が必要となる。しかし、大学の教育カリキュラムを様々な学部で調べたところ、理学部において系統だった生理学の講義があまり行われていないことがわかった。理学部における生理学教育の可能性について大学教授にセミナーを兼ねて聞き取りを行った結果、1名の理学系学部の教授は、理学部でも生理学の体系的な教育が必要であることを痛感して、そのような講義を開始したところであり、もう1名の医学部基礎講座の教授は、医学部の基礎講座における研究に理学部出身者に参入してもらうためにも、学生時代の生理学教育を望むとのことであった。このようなコメントからも、理学部の生物学教育において体系的な生理学の講義が求められていると考える。調査した様々な教科書の中では、「キャンベルの生物学」(Urry ら著、池内や訳)が優れていた。