

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

### 農学・環境学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策 -バイオエコシステム研究の最先端とこれからの展開-

白須 賢 (理化学研究所・環境資源科学研究センター・グループディレクター)

バイオエコシステム研究のうち植物と微生物の相互作用研究分野におけるトレンドとしては、次の十項目に関する研究が挙げられる。1) 植物はどのようにして有益な微生物と関わりながらも、同時に病原菌を制御することができるのか。2) 気候変動などの非生物的ストレスは、植物と微生物の相互作用にどのように影響するのか。3) 基礎研究を新規作物育種にどう生かすのか。4) 微生物-微生物相互作用は植物-微生物相互作用にどのように影響するのか。5) 病原菌エフェクター認識による免疫シグナルは病原菌パターン認識による免疫を強化するのか。6) 非宿主抵抗性の分子機構はどのようなものか。7) 病害抵抗性タンパク質はどのように細胞死を活性化するか。8) 一部の病原体はなぜ多くの病原エフェクターを必要とするのか。9) 病原体はどのように新しい病原性を進化させるのか。10) 植物と微生物の相互作用は生態学的にどのような意味を持つのか。このトレンドの発展に期待したい。

新たな研究領域としては、細胞外小胞を介したRNAの細胞外輸送が注目されている。病原体側のRNA細胞外輸送、および宿主植物側の同様な輸送が報告されているが、その実態はいまだ未解明といえる。技術的にはライブイメージングや次世代シーケンサーを用いた解析が中心となっている。全体的には、ウイルスや細菌等の原核生物病原体の研究から、カビおよび卵菌等の真核生物病原体の研究が活発化している。これはゲノムシーケンス技術や形質転換技術の向上によるものと考えられる。さらに、大型真核生物である線虫、昆虫、寄生植物の分子生物学的研究が始まっている。しかしながら、依然として形質転換技術や培養技術に難があるため、このような基盤技術の向上が待たれる。また分野横断的・融合的な研究としては、ケミカルバイオロジーとの連携、機械学習を用いた画像解析が増加傾向にある。今後重要性が増すと思われる研究領域としては、ゲノム編集技術を用いた新規作物の作成やマイクロバイ

オームの活用による農業技術開発の研究があげられる。

### 農学・環境学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策 -水環境・水インフラ研究-

松井 佳彦 (北海道大学大学院工学研究院・教授)

学術雑誌 Water Research などを中心に 1995 年から 2019 年 6 月までに発表された論文から研究動向を調査した。水質キーワードから見ると、医薬品、マイクロプラスチック、消毒副生成物関連の論文が増加傾向にあった。最近の水質問題では有機フッ素化合物汚染が挙げられる。PFOS と PFOA をキーワードとした論文は 2010 年から増加していたが、まだ割合(数)としては多いとは言えなかった。しかし、米国水道協会の Water Quality Technology Conference では有機フッ素化合物関連のセッションが 4 つも設けられ、さらにそれら以外関連の発表があり大きな課題となっていることがわかった。ウイルス関連の論文の割合は常に高い。特に、COVID-19 のパンデミックを受けて Water Research では健康関連ウイルス、Environmental Science Technology 誌においても Environmental Transmission and Control of COVID-19 特集を企画している。

水分野における日本の研究力を知るために Water Research についても国別の論文の数の割合を算出し、日本の研究力の推移を検討した。米国と中国からの論文の割合が突出している。特に中国からの論文数は米国を抜き、今では 3 本に 1 本の論文が中国からの論文となっている。中国における環境工学専攻または環境科学専攻に所属の大学教員数は増加傾向にあるが、1 研究者あたりの論文生産性自体が上がっていることが要因と思われる。さらに、研究費が増加していることも確認された。他の先進諸国についても論文割合は増加または横ばい傾向であったが、日本からの論文割合には明らかな減少傾向が見られた。

### 農学・環境学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策 -Society5.0 時代に向けた農学・環境学研究と新たな潮流-

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

竹山 春子(早稲田大学理工学術院・教授)

国内の科研費データベースから農学分野の採択情報分析を行うと、近年増加している研究として大きく3つのキーワード「ゲノム編集技術」「機能性」「スマート/精密農業」が挙げられた。この日本の研究動向について、欧州の状況と広く比較するため、2月3日~7日にベルギーの欧州委員会研究イノベーション総局(DG RTD)、農業・農村開発総局(DG AGRI)、欧州研究プロジェクト Internet of Food and Farm 2020(IoF2020)、農業コンサルティングCKA社、ルーヴァン・カトリック大学バイオサイエンス部門、ELSI/RRI 部門などを訪問し、各担当者にインタビューを行った。「ゲノム編集技術」を用いた食資源について、日米とは異なり、欧州では2018年に遺伝子組み換えと同じ規制を適用すべきという裁判所の判断が出たこともあり、その取組みは一部に限られているようであった。「機能性」についても、人工肉の例を出して、総じて自然派食品を好む欧州の消費者からは選択されない可能性があるとの話であった。一方、「スマート/精密農業」については、農業従事者、テクノロジーサービスプロバイダー、ソフトウェア企業、アカデミアなど、すべての関係者を繋ぐ研究開発が欧州予算によって活発に取り組まれていた。特にアカデミアでは、センサ等からの一次情報を受け、モデルや統計などの解析によって次のアクションへと意思決定するアルゴリズムの研究を担っていた。またスマート農業は、農家の省力化のみならず、食に関するあらゆるステークホルダーの行動、知識、モノをデジタル化し、全体として大きな価値を生み出す流れ、農業のデジタルトランスフォーメーション(DX)へと発展していくだろうとのことだった。

欧州委員会 DG RTD/DG AGRI では、2021年から始まる次期フレームワークプログラム「Horizon Europe」におけるミッションエリア「健全な土壌と食料」における学術振興方策を伺った。欧州グリーンディール政策(EUとして2050年に、温室効果ガス排出が実質ゼロとなる「気候中立」達成という目標を掲げ、2030年に向けたEU気候目標の引き上げやそれに伴う関連規制の見直しなど行動計画を取りまとめたもの)を進める中、食のバリューチェーン全体で気候変動対策を加速させる「農場から食卓までの戦略(F

arm to Fork Strategy)」を打ち出すなど、炭素循環機能としての農業があらためて注目されており、健全な土壌による農業についての研究を強化しようとしているとのことであった(7年間で約10億ユーロの規模)。この欧州全体の戦略的なミッション志向研究の政策立案において、アカデミーを含む多くのステークホルダーと、健全な土壌研究は、どのようなキーチャレンジがあるのか、その社会的なインパクトは何かについて、約1年間を費やして、繰り返し対話する取組みは、日本とのカルチャーの違いを感じた。

上記以外に、国内で行われた Marine Biotechnology Conference 2019(2019年9月9日-13日、静岡県静岡市で開催)にて最近の海洋科学研究、技術開発動向調査も行った。Plenary lectureでは、グローバルな立ち位置での海洋研究の方向性や政策、海洋プラスチック問題、魚類ゲノム編集技術等の議論がなされた。その他に、21の多様なセッションでは、国内外からの研究者によって講演と討議が行われた。海洋科学研究は、海洋国家である日本にとって重点研究領域である。海洋を知る研究とそのための技術開発、そして環境保全を担保しながらいかに海洋からのイノベーションを促進し、SDGsに貢献するかは、研究者の努力にかかっているという現状が共有されていた。

### 農業工学分野に関する学術研究動向—農業環境・情報工学分野における研究トレンドとその方向性

荊木 康臣(山口大学大学院創成科学研究科・教授)

農業工学分野、特に、農業環境・情報工学分野においては、ここ数年の傾向であるが、スマート農業関連の研究が活発化している。特に、ICT、ロボティクスに加え、深層学習をはじめとした人工知能技術の農業生産への応用に関する研究も急激に増えている。Society5.0の実現をめざすという、アカデミアに対する社会的な要請に加え、オープンソースによる開発環境の充実や解析用ハードウェアの低価格化などが、この傾向をけん引していると考えられる。計算機資源の低コスト化は、人工知能応用研究だけでなく、リモートセンシングと連動した生態系広域空間情報解析

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

や CFD (数値流体力学) を用いた施設内環境シミュレーション、多視点画像を用いた SfM による植物群落・個体 3 次元形状解析など、特定の計算機資源がないと実行できなかった研究に関して、参入研究者のすそ野を広げることに寄与しており、今後、成果が期待される。

国際シンポジウムや国内学会の研究発表課題などから、当該分野における最近の研究のキーワードを列挙すると、スマート化、画像利用、人工知能、ディープラーニング(深層学習)・機械学習、ドローン(UAV)、3次元計測・モデル、植物工場、気候変動適応、収量予測、生育モデル等、ここ数年大きな変化はない。また、実際の現場で役立つ研究という観点では、地方公共団体の公設試験研究機関において、スマート農業に関する現場での応用を想定した研究・実証研究がなされ、成果が出てきている。

日本学術会議が策定したマスタープラン 2020 では、農業工学分野においては、「AI と統合情報を駆使したスマート・メガスケール植物工場ネットワークによる国際競争力のある農作物生産」、「持続可能な社会構築のための都市農業の実現に向けた研究拠点形成」などが、学術大型研究計画としてリスト化されている。これらは、当該分野において、今後の重要な研究テーマになると考えられる。

### 環境分野の社会ライセンスと社会受容性のモデリングに関する学術研究動向調査

土屋 範芳(東北大学大学院環境科学研究科・教授)

環境と開発との関わりについては、古くから社会コンフリクトを起す問題として認識されているが、最近では、国連が定めた開発目標 SDGs などの啓発活動により、環境問題と開発目標との調和ある発展が強く求められるようになってきている。持続可能な社会の構築という観点から、環境と開発にはどのような社会コンセンサスが必要か、またコンセンサスを実行するための社会的なライセンスとはなにかについての定量的議論が必要である。そのために、社会構造や、社会ネットワークをモデル化し、モデルの構成する要素間の相互作用などを解析して、社会全体が抱える矛盾やその解決方法などを与える学術の展開が望まれる

が、日本ではまだ十分な展開がはかられていない。

資源やエネルギー開発では、開発技術に加えて、環境影響評価、環境リスク、健康リスクなどのリスクマネジメント、さらに資源・エネルギー開発がその地域の社会受容性、利害関係がからむステーク・ホルダー同士の共生と競合、これにグローバル経済との関わりなどを多面的に解析して、自然共生社会、持続的社会的構築を図っていく必要がある。これは単純な技術分野の話題ではなく、社会科学と自然科学の融合と新たな学問分野の形成を必要としている。すなわち、数理科学、社会科学、政策学などを包含する学術分野の発達が望まれる。しかしながら、日本では、まだ学会自体もまだ十分に組織化していない。一方、アメリカ、ヨーロッパでは以下の学会が本分野をリードし、積極的な情報発信を進めている。

Computational Social Science (CSS) <https://computationalsocialscience.org/>

The Journal of Artificial Societies and Social Simulation

<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>

The European Social Simulation Association (ESSA)

<http://www.essa.eu.org/>

### 生物有機化学分野に関する学術研究動向—新薬開発研究再興への萌芽—

小鹿 一(名古屋大学大学院生命農学研究科・教授)

本調査研究では、疾病や食糧問題等の人類が直面しつつある課題に生物有機化学(特に天然物化学)が如何に貢献でき、またどのような方向性にあるのかを理解するため、関連の深い学術集会の発表論文や学術論文の傾向などについて、データベースを利用した解析を行った。

近年、高齢化が進む一方で新薬開発は低迷し、人口増加に対応した大規模農業による環境負荷が懸念される。こうした課題を克服する糸口として近年、共生微生物(腸内細菌を含む)が注目されるようになっており、その動向をデータベース等に基づき調査した。共生微生物をキーワードとする学術論文(英語で書かれた原著論文と総説)は、2019年に515報、2009年に207報、1999年に57報と10年間

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

で2.5倍、20年で9倍に増加した。また、腸内細菌をキーワードにした検索では、2019年に2211報、2009年に125報、1999年に15報と、こちらは10年間で18倍、20年で約150倍に増加している。このことから、この分野が国内外で現在、最も急速に発展しつつある分野の1つであることが窺える。この分野への生物有機化学・天然物化学の参画は未だに少ないものの、例えば、ヒト腸内細菌により食物成分が健康増進効果のある成分に変換される例、鼻腔内細菌が生産する多剤耐性を誘導しない抗生物質発見(Nature, 2016)、植物共生菌の耐虫性牧草の開発への応用など、顕著な成果もみられる。ちなみに、国家プロジェクトとして2020年からスタートする「ムーンショット事業」の6つの目標のうちの1つに微生物機能の利活用が盛り込まれており、微生物関連の研究は今後10年で大きく躍進するものと期待される。

### 遺伝育種科学・作物生産科学・園芸科学分野に関する学術研究動向 —ゲノム編集技術等の新たな育種技術(NPBT)による農作物開発に向けた農学研究の潮流—

齊藤 邦行(岡山大学大学院環境生命科学研究科・教授)

2019年2月に環境省より「ゲノム編集技術の利用により得られた生物であってカルタヘナ法に規定された「遺伝子組換え生物等」に該当しない生物の取扱いについて」が、2019年3月に厚生労働省より「ゲノム編集技術を利用して得られた食品等の食品衛生上の取扱いについて」が公表された。環境省の報告を受けて、文部科学省や経済産業省からそれぞれの取扱い方針が示された。農水省の取扱い方針について、2019年10月に情報提供の具体的な手続きが示された。厚生労働省も、2019年9月に「ゲノム編集技術応用食品及び添加物の食品衛生上の取扱要領」が示された。環境省の規程によると、まずゲノム編集を行うために宿主に外来遺伝子等が導入された生物か否かを判断する。次いで、外来遺伝子等を導入したゲノム編集生物であっても、最終的にヌルセグリガントであることが確認できれば、規制対象外と分類される。外来遺伝子等が残存しているか除

去されたことが確認できないものについては、従来通り遺伝子組換え生物としての規制を受けることになる。カルタヘナ法の「遺伝子組換え生物等」に該当しないゲノム編集生物を、規制を受けずに使用等する者は、その使用等に先立ち主務大臣の属する官庁に対して、その生物の特徴および生物多様性影響が生じる可能性の考察結果などについて情報提供を行うことが求められている。

ゲノム編集食品等の食品衛生法における取扱いについて方針が示され、ヌルセグリガントであることが証明されていないゲノム編集食品などについては規制対象として法に基づく安全性審査(遺伝子組換え食品としての審査)が必要とされる。ヌルセグリガントのゲノム編集食品等はカルタヘナ法と同様に規制対象外と分類され、機能的遺伝子も挿入される場合は規制対象となる点においてカルタヘナ法と同様である。外来DNA断片を導入して標的とするDNA配列に1~数塩基の塩基置換を導入する技術による生物は、食品衛生法上の組換えDNA技術に該当せず、最終的製品で評価することとなった。厚生労働省も当該ゲノム編集食品について任意であるものの届出を求めている。

現状では「遺伝子組換え生物等」に該当しないゲノム編集生物を規制を受けずに使用する場合、官庁に対して情報提供を行わなくてはならない点、ゲノム編集が従来育種技術を用いたかを判別できないことから、現時点でゲノム編集を応用したことの義務表示は不可能であるが適切な任意表示としている点からみて、ゲノム編集技術の社会実装に向けては、ステークホルダーに対するゲノム編集技術応用生物のリスクコミュニケーションをさらに進める必要がある。

### 応用分子細胞生物学・動物生命科学分野に関する学術研究動向-実験動物を用いた(エピ)ジェネティクスによるゲノム情報発現制御研究の新たな展開-

谷本 啓司(筑波大学生命環境系・教授)

ゲノム編集では、実用化・効率化に向けた技術開発がさらに進み、使い勝手を考慮した新たな酵素の探索も進んでいる。塩基編集も効率向上のための改良が進むが、同時にo

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

ff-target 効果も大きくなり、未だ決定的な技術とはなっていない。ゲノム・塩基編集技術研究の一方で、その利用範囲についての議論も進んでおり、関連学会の大会では、パネル討論が熱心に行われている。農学分野は、食料開発(一種の育種)に対してこれら技術を使用する立場にあり、一部では、成果物を社会に浸透させるための地ながらも進んでいるようだ。日本は、カルタヘナ議定書を批准しない米国の product 主義に追随し、欠損型ゲノム編集生物を遺伝子組換え体として扱わないとした。ある研究者の「EU(米国とは違い、process 主義をとる)では、70%の人間が GMO foods を unnatural と感じる。We have responsibility because we scientist know what is going on」という、関連研究会議での発言が印象的であった。

農学・環境班でおこなった秋の研修会では、和牛の成り立ち(起源・伝播)に関するレクチャーを受け、食糧生産の背景には、地域ごとの事情(地形・風土・文化など)が存在し、それらを全て飲み込んだ上で、人類はその安定供給の体制を整えてきたことを学んだ。一方、農業に経済原理を導入する過程で、地域差をあまり考慮しなくても良い品種改良や、流通を効率化するための品種改良が行われた結果、食糧の個性が失われつつある現状にも気づかされた。これは、食文化の継承という意味では問題でもある。立ち返って、商業主義のみのためにゲノム編集を使用するのか、その必要はあるのか、何を失うのか等、冷静な議論が行われていることを望みたい。

古くからの農業には、地域環境に適応した生物のエピゲノム変化が、ソフトな育種として存在した一面もあったのではなかろうか。環境刺激がいかにしてエピゲノム形成や、それによる遺伝子転写を制御するのか、その分子メカニズムの理解は、地域環境に適応した品種を護るうえでも、価値があるのかもしれない。また、実験動物学を支えてきた周辺技術に関して、ゲノム編集による代替技術を用いることで「3R」を目指す動きが見えてきた。盛んになって欲しい研究分野である。

**水圏生産科学関連分野に関する学術研究動向—水圏生産科学を取り巻く学際研究の新たな展開—**

武田 重信(長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科・教授)

豊かな資源と可能性をもった食料生産の場である海洋は、海洋環境の劣化、生物多様性の減少、沿岸域の経済の低迷などのローカルな問題に加えて、地球規模での気候変化、漁業資源をめぐる国際競争のようなグローバルな問題も抱えており、海洋の保全と資源の持続可能な利用を両立するための取組みや、それらの活動を産業・経済振興に結び付けるブルーエコノミーの創出が強く求められている。こうした問題を統合的に理解した上で、水産分野における価値観や考え方を転換していくためには、水圏生産科学を取り巻く異分野との融合に基づく学際的な学術研究を重点的に支援し、発展させていくことが重要である。そこで本調査研究では、水圏生産科学を取り巻く学際的研究トレンドに関する国内外の学術研究動向を解析し、今後重要性を増すと思われる研究分野について検討した。

水圏生産科学に関する研究論文は、世界的には年別発表数が2000年以降に著しく増加しており、研究の主流を占める漁業だけでなく、水産経営経済、水産増殖や水産政策分野の研究論文も数多く発表されるようになってきている。これは自然科学・応用科学としての水産科学に加え、経済学や政治学、法学、国際関係学などとの学際研究が隆盛になっていることを示唆している。一方、国内における和文の研究論文は、地域的な問題を取り扱う論文が中心であり、「震災」や「放射性または放射能」といったキーワードも近年特徴的にみられる。国内外で共通して増加傾向が見られる重要なキーワードとしては、持続可能性(sustainability)が挙げられる。このキーワードは漁業だけでなく、水産政策や水産経営経済の分野における論文でも出現頻度が高い。これまで新学術領域研究などで水圏生産科学と社会科学との連携研究が先導的に進められてきたが、海洋と漁業および人間社会の持続可能性に主眼を置いた学際・融合研究のさらなる推進が、水圏生産科学の発展にとって極めて重要になると考えられる。

**森林科学分野に関する学術研究動向—森林遺伝学と**

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

### その関連分野における新たな潮流と展開―

戸丸 信弘 (名古屋大学大学院生命農学研究科・教授)

林木の遺伝研究には大きく2つの目的があり、1つは、造林樹種の遺伝的改良を行い、持続的な木材生産性を高めることである。もう1つは、天然林の遺伝的管理であり、そのためには生態的・進化的な観点から天然林の遺伝的変異を明らかにする必要がある。特に近年では急速な温暖化に対する林木の適応に関する懸念から、適応的変異や生態的に重要な量的形質の遺伝的基盤を解明する研究が奨励されてきた。林木の長い世代時間、大きなゲノムサイズ、高いヘテロ接合性などは、その遺伝研究の発展の妨げになってきた。しかし、次世代シーケンサーの登場とバイオインフォマティクスの発展によって、林木の遺伝研究を取り巻く状況も大きく変化し、非モデル植物である林木でもゲノム研究が容易に実施可能となってきた。

林木のゲノムプロジェクトが、ヤマナラシ属やマツ属など主要7属を中心に行われ、わが国ではスギ属のスギで行われてきた。樹木では、これまでに少なくとも52種で全ゲノムシーケンスが行われ、参照ゲノム配列が公表されている。また、GBSやRADseqなどのゲノム縮約解読法やトランスクリプトーム解析により、参照ゲノムなしに、373種以上でゲノム解析が行われてきている。また、上記8属を中心としたゲノム解析により、EST、ユニゾン、SNPマーカー、そして高密度連鎖地図などのゲノムリソースも整備されてきており、マイクロアレイやRNA-seqを用いたトランスクリプトームプロファイリング、さらに、ゲノムワイドなQTLマッピングやアソシエーション研究も行われている。一部の樹種の天然林を対象とした集団ゲノミクス研究も行われており、適応的変異や自然選択も検出されている。それらの研究では、RADseqなどのゲノム縮約解読法が用いられており、全ゲノムシーケンスが一般的になるまでの過渡期を支える手法であると考えられる。林木のゲノム研究は、モデル植物や作物のゲノム研究と比べてまだ途上にあるが、次世代シーケンサーとその関連技術の発達に後押しされ、今後、さらなる発展が期待される。

### 地域環境工学および農村計画学関連分野に関する学術研究動向―農業・農村環境における地域資源管理―

堀野 治彦 (大阪府立大学大学院生命環境科学研究科・教授)

地域環境工学および農村計画学関連分野では、純粋な科学面だけではなく実学的、応用科学的側面からの学術研究の展開が、自然・生活環境と農業生産の両立を見据えながらなされてきている。今年度は、特に「農業・農村環境における地域資源管理」に着目し、生産を主としながらも副次的に(あるいはより大きな位置づけで)地域資源となり得る財に関わる研究に着目して、当該専門分野の取り組みを整理し主となる動向を分析した。なお、一般に認識されている地域資源は端的に言えば地域特有の産業資源を指し、いわゆる地域ブランドとして差別化を支えることになる。一方、ここで扱う地域資源の概念は農業セクターで先行し必ずしも社会的認知を得られているわけではないが、農林水産省によれば、農地、農業用排水システム、多様な農村域生態系、農村景観などを含み、食料の安定供給の確保や多面的機能の発揮に不可欠な社会共通資本と見なすものを指す。

調査のアプローチは大別すると次の2種である。

- 1) 国内外の当該専門分野関連学会への参加あるいは資料収集を通じて、最新の研究課題や報告例が伸びているサブテーマの動向を探る。
- 2) 当該分野での研究成果・知見を社会還元することを積極的に進めるには、国や地方自治体との連携(官学連携)も重要となることから、公益性があり官の関与が可能な農村域周辺の地域環境研究や地域資源管理に関わる研究課題について整理する。また、実地例を視察する。

これらの調査の結果、最近では地域資源に通じる新たなキーワードとして生態系サービスが目立ってきているが、その多くは農業・農村の多面的機能と本質的に類似していることが確認された。また、地域における水・土地環境が生産や生態系に与える影響及び望ましい資源管理、それ以前に地域固有の環境や資源の精緻な定量評価などの研究事例が進展してきている。今回調査した様々な課題を、大

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

胆に区分すると、①地域診断や事象のメカニズムに関わる科学的評価研究、②測量や各種センシングの新規開発など技術的研究、③望ましい地域資源管理の社会実装に向けた実学的あるいは社会科学的研究の3タイプであると考えられる。

### 動物生産科学関連分野に関する学術研究動向

#### —動物生産科学における新たな潮流—

万年 英之(神戸大学大学院農学研究科・教授)

動物生産科学(全般概要):動物生産科学とは、従来の畜産学を基礎とし、栄養学、繁殖・発生学、遺伝学、育種学、などの細目的な学問分野を統合する応用的科学分野である。人類の利益のため、育種、繁殖、飼養、畜産物加工、畜産経営・経済に関する部門からなっている。

近年の動物生産学では、より高価値を付加する生産物の開発(例:脂肪交雑や脂肪酸組成、機能的食品の価値を有する畜産物の加開発)に加え、健康的(例:動物の体内脂肪の減少、抗生物質を使用しない動物生産)、機能的(例:プロバイオティクス)な生産物の開発を目的とするような研究が進んでいる。

動物遺伝育種学分野:動物遺伝育種学は大きく、育種学と遺伝学に分かれ、これまで育種学では集団遺伝学に基づく統計的解析、遺伝学は分子遺伝学に基づくゲノム解析に関する研究が主である。近年、家畜における全ゲノム解析が可能になり、それら膨大なゲノム情報に基づく解析が必須となってきた。その結果、バイオインフォマティクスと呼ばれるビックデータを扱う分野が必要となってきた。その結果、バイオインフォマティクス分野では、ゲノム構造解析、形質に対する責任遺伝子の同定、ゲノム選抜、mRNA やタンパク質の発現解析、系統解析など様々な分析手法が考案されるようになってきている。よって今後は共同研究を含むバランスの取れた研究推進体制の構築が迫られている。

本年度の具体的な動向調査として、4学会・研究集会に参加し情報を収集した。主として調査した研究分野としては、家畜のゲノム選抜、ゲノム編集、遺伝疾患遺伝子、経済形質遺伝子の同定と利用、エピジェネティクス、動物法

遺伝学、免疫遺伝学、家畜動物における次世代シーケンシングの展開、遺伝的多様性解析、機能ゲノミクス、マイクロバイオームなどの解析手法の新たな展開が認められた。特にどのテーマにおいても、全ゲノムシーケンスを基本とする研究が主流になりつつあり、ゲノムビックデータの利用・解析法が注目されていた。

### 環境学関連分野における学術研究動向 —学際融合的研究の最近の潮流—

大手 信人(京都大学大学院情報学研究科・教授)

環境学の学術研究の多くは、問題解決的なコンテキストを内包していて、社会的な要請や意義付けを背景としている事例がほとんどである。このことは、問題解決を目指す以上、本来的に研究成果の実社会への還元や、方法論の実装などの活動が、研究の一連の流れとして求められることを意味している。とりわけ、近年、気候変動に起因する地球規模、地域規模の環境問題への対処、解決に向けた研究プロジェクトのあり方として、上記のような自然科学と人文社会科学の研究者が協働するだけでなく、問題に関与する市民、行政、メディアなどの研究者以外の人々のプロジェクトへの参加の必要性が指摘されている。従来、自然科学と人文社会科学を融合する研究は学際的研究と呼ばれているが、上記のように問題の関与者の参画までを企図する研究のことは超学際的研究(Transdisciplinary research)と呼ばれている。

本年度、こうした環境学に関わる学際的・超学際的研究の活性度を把握することを目的として、いくつかの理系環境科学関連学会に参加し、社会科学的な要素を含む研究の件数や課題の種類について情報収集を行った。対象として、国内では水文・水資源学会、日本地球惑星科学連合(Japan Geoscience Union, JpGU)、海外ではアメリカ地球物理学連合(American Geophysical Union, AGU)を選んだ。学会の規模としては、参加者数が1オーダーずつ異なるサンプルであるが、いずれも地球科学・環境科学の関連分野を含む学会である。

日米で、環境問題に直接関わる地球科学のコミュニティで、

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

社会科学との融合によって行われている研究は、件数で見ると全体の5~7%で、まだまだそのウエイトは低いといわざるをえない。社会のニーズに対して、理系の研究コミュニティの社会科学との協働に関する意識と必要性が、今後十分に認識されていくかどうかについて、注意を払って行く必要があると考えられる。

### 木質科学分野に関する学術研究動向 -バイオマス材料科学の展開-

斎藤 幸恵 (東京大学大学院農学生命科学研究科・教授)

木質は、木材およびリグニンとセルロースを主成分とした植物細胞からなる植物バイオマスを指す。木材は再生産可能な天然資源のひとつとして社会経済に関わっており、例えば、製材、合板、集成材、パーティクルボード、木製パレット、紙、繊維、レーヨン、アセテートなどの固体原料を提供する。木材とその加工品は炭素を貯蔵しており、昨今は大気中への二酸化炭素排出量削減の観点からも重要視されている。木質科学分野は、組織構造・培養、材質、物性、強度、乾燥、製材・機械加工、居住性・感性、木質構造、木質材料、接着・化学加工、紙パルプ・セルロース・ヘミセルロース、リグニン、抽出成分・微量成分、保存、きのこ、熱分解エネルギー変換、環境・資源、林産教育・技術移転、国産材流通普及、バイオリファイナリ、文化財、など約20の分野から成る。このうち組織構造・培養、強度、木質構造、紙パルプ・セルロース・ヘミセルロース、リグニン、抽出成分・微量成分、保存で発表件数が比較的多い。科研費制度改革以降、最近2年(2018、2019年度)の木質科学分野における科研費採択課題について調査した。組織構造・培養、成分の化学加工、保存の分野での採択が多かった。基盤(B)と基盤(C)ではほとんど同じ傾向がみられた。日本木材学会での分野ごとの発表件数と比べると、科研費の採択率は分野間にややばらつきがあった。

日本の国土は7割が森林であり、現在の森林は戦後造林された人工林を中心に本格的な利用期を迎えており、豊富な森林資源を循環利用することが重要な課題となっている。加えて、2018年頃よりマイクロプラスチック等による

海洋汚染の問題が浮上した。これを背景として、従来あまり木質が使われてこなかった分野や化石由来プラスチックへの代替利用、高付加価値化につながる新素材の発見が進められている。木質のマテリアル利用に向けては、セルロースナノファイバーや改質リグニン等を筆頭に、国際基準化や製品化等に向けた研究が進められている。同時に木質のマテリアル利用に向けて、熱効率の高い固形燃料の製造、植物種に固有の問題である燃焼残渣の問題解決に向けた研究がおこなわれている。

### 昆虫科学関連分野に関する学術研究動向 -応用昆虫学の発展と基礎生物学への貢献

仲井 まどか (東京農工大学大学院農学研究院・教授)

昆虫科学および応用昆虫学について最近の研究動向調査を行なった。まず、2019年に学術雑誌に掲載された昆虫科学、植物保護関係の学術論文の内容から特筆すべきトピックを検索した。果樹の重要害虫コドリングの全ゲノム解析、昆虫と植物、昆虫の共生細菌等、生物間相互作用に関する研究、チョウ目昆虫の進化に関する研究などが注目すべきものだった。次に、2019年8月にスペインで開催された国際無脊椎動物病理学会・国際生物防除機構合同大会に参加し学術動向を調査した。総合シンポジウムのトピックは、天敵微生物に対する昆虫の抵抗性発達であった。国内学会としては、2020年3月に予定されていた日本応用動物昆虫学会大会に参加して調査する予定であったが、新型コロナウイルス感染拡大の影響で中止になった。同学会大会の最近のトピックは、農業害虫の防除に関する研究、特に総合的有害生物管理(IPM)や持続可能な農業生産を目指す天敵を用いた生物的防除、昆虫の生産するフェロモンに関する研究や昆虫生理学、昆虫と植物や微生物等の生物間相互作用等である。近年、昆虫科学分野に限らず農学および生命科学分野では、次世代シーケンスを用いた網羅的遺伝子解析とゲノム編集技術を取り入れて、生命現象の解明やタンパク質の機能解析を行う研究が多く行われている。ゲノム科学の分野で日本の科学技術を牽引する国立遺伝研究所を訪ねて実際の研究成果について研究者に概要を聞き

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

議論した。また、ゲノム編集技術については実際にゲノム編集の実験手法を行なった。若手研究者育成は、重要な課題であるが、「理科離れ」も社会的に指摘されている。日本の子供たちは、昆虫を通して生き物の面白さを実感し、それが原体験となって生物学に興味を持つことがある。そのため、「こどもと昆虫」についても調査を行った。最後に、フランスの昆虫科学研究所に客員教授として招聘されたので、フランスの科学研究環境についても調査を行った。

### 食料農業経済関連分野に関する学術研究動向

#### 一 食料経済学と農業経済学の新たな潮流一

前田 幸嗣 (九州大学大学院農学研究院・教授)

本調査研究の目的は、食料農業経済関連分野における学術研究動向について調査分析を行い、食料経済学及び農業経済学の新たな潮流を明らかにすることである。この目的を達成するに当たっては、食料経済学と農業経済学それぞれの分野の代表的な学術団体である日本フードシステム学会及び日本農業経済学会の大会を主な対象として、第一に、シンポジウムのテーマの変遷を調査分析し、学術団体としての研究動向を明らかにした。また、第二に、個別口頭報告及び個別ポスター報告のテーマの変遷を調査分析し、個々の研究者の研究動向を明らかにした。さらに、昨今、大学の学部あるいは学科において組織再編が行われている状況を鑑み、第三に、それらの再編が所属教員の研究動向に与える影響について、聞き取り調査を行った。主な結果は次のとおりである。

1. 日本フードシステム学会大会のシンポジウムでは、従来、消費者と食料チェーンの川下に位置する食品小売業及び外食産業、川中に位置する食品製造業及び食品卸売業、ならびに川上に位置する農水産業の特に垂直的な相互関係をテーマにすることが多かったが、最近ではフードデザートや健康寿命延伸の問題など、テーマが食料経済学と栄養学の境界領域に広がりを見せている。

2. 日本農業経済学会大会のシンポジウムでは、農業経済学の特性上、農業問題に関する政策課題をテーマにする傾向が強いことには変わりはないが、従来は学会員である研究

者間で論議することが多かったのに対し、最近では政府(農林水産省)との連携のもと、非会員である行政官を座長及び報告者に迎え、論議を深める傾向にある。研究の実践意識がより高まってきているのではないと思われる。

3. 個別口頭報告及び個別ポスター報告については、上記の両学会に共通して、研究テーマが広がる傾向にある。食料経済学においては、高齢者用食や介護食といった高齢社会の食料問題に関するテーマが、また農業経済学においては、国内的には地場流通や6次産業化の問題、国際的には農産物輸出やインバンドの問題などに関するテーマが多くなりつつある。

4. 大学の学部あるいは学科における組織再編は、所属教員の研究動向に大きな影響を与えていない。

### 水圏生命科学分野に係る学術研究動向に関する調査研究：水産無脊椎動物学とゲノム編集を用いた育種の潮流と展開

吉崎 悟朗 (東京海洋大学学術研究院・教授)

水圏生産科学分野における国内外の最新の研究動向や注目すべき研究例などの動向調査を行った。今年度は、特に担当者の専門外である水産無脊椎動物の養殖方法(特に、単性養殖、バイオテクノロジーを駆使した育種技法)に関する最新研究事例について集中的に調査を行ったと同時に、近年その展開が目覚ましい水産生物のゲノム編集技術に関しての情報収集を行った。

甲殻類、特にエビ類はその成長に大きな性差があり、甲殻類養殖の効率化を目指した単性集団の作出法の開発は重要な研究課題である。最近、ZW型の性決定様式をとるエビにおいて、オス化において重要な役割を果たす insulin-like androgenic gland hormone (IAG) 産生を操作することで作出した性転換メス(ZZメス)を親エビに用いて種苗生産を行うことで、その次世代を全オス集団化することが可能になっていることが明らかとなった。これらの技術は今までに数種の遺伝的に離れたエビ類で再現されている実験系であり、将来的には同様の手法で日本産のクルマエビの性操作も可能になると期待される。

## 令和元年度学術研究動向等に関する調査研究 報告概要(農学・環境学専門調査班)

魚類のゲノム編集技術に関しては、マダイやトラフグのミオスタチン遺伝子をCRISPR/Cas9システムのよりノックアウトすると、得られた個体は、肉厚になり体重が対象個体の1.2倍程度になることが報告されている。これらのゲノム改変魚類を消費者が受け入れるかという点も今後の大きな課題になるであろう。