

# 令和3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—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)

### 新型コロナウイルス関係

COVID-19 の下水疫学の学術動向として、着目すべきは東京オリンピック・パラリンピック競技大会選手村で下水疫学調査が実装されたことである。COVID-19 に対する下水疫学の有効性が認識され始めてから1年以上が経過し、欧米諸国では国の支援のもと国内の大半の下水処理場を対象に高い人口カバー率で下水疫学調査を実施し、その結果を随時公表している国がある。下水処理場における長期にわたる調査の結果が蓄積されてきており、下水中の SARS-CoV-2 RNA 濃度と当該地域の感染者数の増減パターンは概ね合致することが海外だけでなく国内の複数の都市で実証されている。下水中の SARS-CoV-2 検出法の高度化に関する技術開発も国内外で精力的に進められている。国内では下水由来の感染リスク管理を目的として細胞培養に基づく下水中 SARS-CoV-2 の感染性評価手法、海外では比較的新しい定量 PCR 技術であるデジタル PCR の導入が進んでいる。

中国における博士学生の生活支援について調査した。博士課程学生が政府から給付金が支給され、さらに大学からの給付や TA・RA としての給与もあり、近年、博士課程学生の生活費収入は増加している。また、ポストドクは地方政府に人気があり、博士号を取得すれば、数年間の研究職として雇用(ポストドク)はほぼ保証されている。かつては、海外留学経験は採用や昇任への条件の一つであったが、教授・准教授の審査の流れから留学条件は削除され、結果として海外留学の人気は若干低下した。各省・地域は若手研究者に対する補助金・優遇政策(優秀な人材を招待する制度で研究費のみならず住宅補助などの生活支援)を設け、地域で働く優秀な人材を誘致する施策が実施されている。

## 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 —Society5.0 時代に向けた農学・環境学研究と新たな潮流—

竹山 春子 (早稲田大学理工学術院・教授)

農学分野のトレンドや研究動向を調査するに当たり、科研費データベースのキーワード分析から「ゲノム編集技術」、「機能性(植物分子生産)」、「スマート/精密農業」の3つの技術に着目して調査に取り組んでいる。「スマート/精密農業」:現代の農業の持続可能性について、気候変動(地球温暖化)への対策と環境負荷低減に対し、圃場環境の変化が作物に与える影響、作物と圃場環境との相互作用についての根本的なメカニズムを理解し、圃場環境システムと収量とをつなぐ精度の高いシミュレーションが不可欠となっている。一時はランニングコストの高さから衰退したかに思われた植物工場関連技術は、近年の気候変動による異常気象の多発、植物によるバイオ医薬品製造などの高付加価値物質生産への注目、都市部マーケットでの製品の浸透、LED光源の普及によるランニングコストの低下などの要因から、再び高い注目を集めている。

国内外で農学分野の大型研究プロジェクトが進められている。国内では、内閣府が進める NARO「ムーンショット型農林水産研究開発事業」(2020~2024年)として、2050年までに未利用の生物機能等のフル活用により、地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出するプロジェクトが推進されている。また、欧州では Horizon Europe におけるミッション「健康な土壌・食料」ワークプログラムがスタートするところである(2021年4月時点でプロジェクト提案公募中)。このプログラムでは、社会科学の要素を強力に加えているなど、自然科学系の科学的興味にもとづく研究を振興するだけのものではないことが明確化されている。

農学分野の博士後期課程学生の状況(国内)について文献調査を行った。最近10年間で、社会科学、理学、医・歯学分野などが1割以上も博士課程学生数を減らしている中、農学分野はほぼ維持されていた。また、博士後期課程学生の女性比率が36.3%と、理系分野の中では比較的高く維持されていた。農学分野の研究が食という切り口、社会貢献の期待から新たな学問も開拓されてきていることなどが影響しているのだろう。一方、博士後期課程進学の断念は、農学分野はまだ深掘りされていない魅力的な研究テーマ

## 令和3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)

をイメージ出来るものの、研究室環境のストレス、学位取得後の就職などの理由で、進学を断念していることが明らかになっている。研究室環境が好ましくないという問題に対しては、あらためて対応を考える必要があるだろう。学会等での更なる深掘り調査などを検討したい。

### 水圏生産科学関連分野に関する学術研究動向－水圏生産科学の新たな潮流－

武田 重信（長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科・教授）

水圏生産科学は、水産関連の基礎から応用にまたがる多様な科学的新知見を生み出し、変革しつつある社会からのニーズにも答えてきた。近年、水圏生産科学においても「持続可能な開発」は重要なキーワードとなっており、その実現に資する新たな知見や革新的な技術の創出が、当該分野に強く期待されている。そのためには、水圏生産科学の新たな潮流の起点となり得る最新の研究トレンドを的確に把握し、それらを効果的に推進していくことが重要である。そこで本調査研究では、「持続可能な開発」を中心的なキーワードに据え、海洋に関わる多種多様な学問分野との学際連携も視野に入れながら、水圏生産科学の新たな潮流につながる国内外の学術研究の動向を調査した。

水圏生産科学に関連する英文の学術論文の発表数は、特に2000年以降で増加傾向が著しく、漁業に代わって、水産増養殖分野の伸びが継続している。キーワードとしては、マイクロプラスチックや気候変動、循環式陸上養殖システムなど、新たな研究の潮流を示すものも認められる。「持続可能な開発」との関連付けは、様々な研究分野において進展しており、環境科学と農学生命科学の関連分野においては、「持続可能な開発」に関わる文理連携型論文の割合が20%を超えるような状況になってきている。そのため、SDGsに加えて、生態系サービス、ブルーエコノミーなど、学際研究や分野横断的な議論の過程で生み出された新しい用語がキーワードとして頻度を増やしており、自然科学や工学の知見を経済やガバナンスに反映させる試みの進展が伺われる。

このように水圏生産科学関連分野は、漁業から水産増養殖へと研究分野の軸を移行させながら、気候変動とその対応策など、持続可能性に関わる文理融合研究を拡大させつつある。また、マイクロプラスチックなど国際的にも重要性を増している研究領域も確実に生まれつつある。このような流れを支える上で効果的な学術支援プログラムについて、継続的な検討が望まれる。

### 森林科学分野に関する学術研究動向－森林科学分野の新たな潮流と展開－

戸丸 信弘（名古屋大学大学院生命農学研究科・教授）

森林科学分野は、林政、風致・観光、教育、経営、造林、遺伝・育種、生理、植物生態、立地、防災・水文、利用、動物・昆虫、微生物、特用林産などの分野に区分される。このような多様な分野が含まれる森林科学分野における学術研究動向を明らかにするため、まず、国内学会大会における上記分野別の研究発表数と科研費採択数の傾向を把握し、次いで、国内外の最新の研究例や注目すべき研究例を調査した。

平成30年度の調査研究として、国内において森林科学分野の最も大きな学会である日本森林学会の大会における発表件数とその変動が調べられている。その際の調査対象期間は、122回大会（2011年）から130回大会（2019年）までの9年間であった。今回、131回大会（2020年）から133回大会（2022年）までの3年間のデータを加え、再度、同様の調査を実施した。122回大会（2011年）から131回大会（2020年）までの10年間の発表総数の平均に対し、オンライン大会となった132回大会（2021年）では発表数が10%以上減少し、コロナ禍の影響がみられた。前回の調査で明らかになった経営と造林分野の発表件数が多いことを再確認した。12年間に及ぶ長期の今回の調査では、さらに、経営、防災・水文、遺伝・育種、風致・観光分野で発表件数が増加傾向にあることが示された。

次に、科学研究費助成事業データベースを用いて森林科学分野における採択課題を再調査した。期間は科研費改

## 令和3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)

革後の2018年度から2022年度までの5年間とし、基盤Aでは中区分40「森林圏科学、水圏応用科学およびその関連分野」および基盤BとCでは小区分「森林科学関連」の採択課題を対象にした。前回の平成30年度の調査研究では、2013年度から2017年度の5年間における細目「森林科学」の基盤A、B、Cの採択課題の結果が得られているので、その結果と比較した。2018年度から2022年度までの5年間の基盤A、B、Cの採択課題総数は、2013年度から2017年度の5年間と比べると、基盤BとCで10%前後の増加、基盤Aではおおよそ半減していた。しかし、基盤Aでは、中区分64040「自然共生システム関連」で森林科学分野の課題が採択されているので、それらを含めればおおよそ同様の採択率であると考えられる。

今後ますます発展する分野として、航空レーザーやUAV画像・レーザー、衛星画像などを用いた森林情報のリモート取得技術や、取得した情報を人工知能(AI)で解析する手法・技術を開発する分野があり、近年、国内外において非常に活発に研究が行われている。これらの最先端技術を用いて得られる情報は、地形や植生の情報に加え、樹高、胸高直径、材積などの単木情報など多岐に及ぶ。これらの技術開発は、スマート林業や林業のデジタル化を進める上で不可欠である。また、これらの最先端の技術により、炭素吸収の観点から森林が固定している炭素量を推定するなど、森林・林業分野での利活用が期待されだけでなく、他の分野への波及効果も大きいと考えられる。

### 地域環境工学および農村計画学分野に関する学術研究動向 —特に、水環境工学的視点からの地域・流域管理—

堀野 治彦(大阪府立大学大学院生命環境科学研究科・教授)

2015年に国連サミットで採択されたSDGsは、国際社会共通の課題として17目標を取り上げている。これらは今世紀の世界が抱える課題の包括的列挙であるが、農学や環境学は17目標の多くの部分に関与することは明かであろう。学術分野を中心とするいわゆる学界関係者だけでなく、行政従事者や何より住民自身がSDGsを比較的身近に

感じるようになりつつある中で、地域の課題を見据えて地球環境を考えることの重要性が認識されてきている。このことは地域環境工学関連での今後の研究動向に少なからぬ影響をもたらす。そこで昨年度に続き、SDGsに基軸をおいた学術や技術の進展、研究分野の動向について意識しながら、自然との共生・地域資源管理に関わる地域(水)環境の診断や課題への対処をベースとした研究の動向整理とともに、次代の人材育成に関わる学官の連携についても整理した。

具体的な調査項目は、①関連学会・国際会議等における水環境学的な地域・流域管理の研究課題、②関連学協会での流域水管理研究経緯・動向、③地方公共団体と大学との連携、④深層学習による流域水管理の展開、である。①では、PAWEES2021、農業農村工学会の本部及び支部発表会、水環境学会シンポジウムの発表課題を中心に整理したところ、いずれも例年通り地域的な水管理・水環境に直結する課題が多く見られ、分析技術としてはITCやビッグデータ処理を含めたAIシステムの導入やUAVによる地形情報収集が進められていた。②に関しては、JARUSの会誌や集いから、自然災害からの復興を意識した「自然災害と田園自然再生」について新たな活動の重要性が示され、復興におけるキーワードがレジリエンスであることが浮かび上がった。③の調査からは、若手の育成には事業現場経験者による大学等への出前授業や逆に自治体職員の大学への研修派遣などが有効との指摘がみられた。最後に④では、多量のデータを背景に水管理予測を行うには、ネットワークを介したクラウド上のフリーな外部GPUサービスでは学習時間の負荷により必ずしも実効性は高くなく、現行で中級レベル相当のGPU unitを搭載することが(当然かもしれないが)学習時間の削減に大きく寄与することが確認された。

### 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

## 令和3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)

産学を基礎とし、栄養学、繁殖・発生学、遺伝学、育種学、などの学問分野を統合する応用的科学分野である。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に加え、健康的、機能的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ていたが、近年家畜における大規模ゲノム情報が利用できるようになり、それら膨大なゲノム情報の解析が必須となり、バイオインフォマティクスと呼ばれるゲノム情報を利用する学問分野が重要な位置を占めるようになった。動物遺伝育種に携わる研究者はそれらを解析する技術の研鑽、あるいはそれら研究者との共同研究が必須となってきており、今後も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。

本年度の動向調査は昨年度に引き続き、新型コロナウイルスのパンデミックに伴い、Webを中心とした動向調査を実施した。具体的例として、Webで開催された2件の国際学会と2件の国内学会に参加し情報を収集した。また4名の国内外の研究者と研究動向について質問し、今後の展望についても議論した。今年度調査した研究分野は、量的遺伝学と集団ゲノミクスの融合、ゲノミクスとAIの活用、畜産学・畜産業の環境負荷に対する研究、流行伝染病に対する議論、日本におけるアニマルウェルフェアの在り方、熱帯環境下における畜産業の問題点や展望、についての情報を得た。我国においても畜産業の環境への負荷や温暖化問題は、国内外の学会において重要課題として取り上げられ、今後これらの研究潮流を注視していく必要性が感じられた。

### 食品科学分野に関する学術研究動向—食品成分による生体機能調節作用の分子メカニズムと解析法の最前線—

上原 万里子（東京農業大学・応用生物科学部・教授）

我が国では、食品の機能性表示制度が整えられ、現在に至るまで健康機能の表示が消費者庁より許可された保健機能食品として、「特定保健用食品(トクホ)」、「栄養機能食品」、

「機能性表示食品」が、医薬品と一般食品(いわゆる健康食品を含む:これらの機能性の表示は不可)とは区別された形で販売されている。保健機能食品は、その科学的根拠が重要視され、特に「トクホ」については、ヒトでの効果を検証する臨床試験が必要とされるが、その機能の詳細、即ち、生体機能調節作用の分子メカニズムは必ずしも解明されていない。食品成分による健康機能や疾病予防効果は医薬品とは異なり、即効性ではなく、ある一定の期間を有するため、その分子メカニズムの解明が難しく、解明に向けた基礎研究は行われて来たものの、立ち遅れてもいた。しかし、近年、医学・薬学・分子生物学分野で構築された様々な解析方法が食品科学分野に応用され、食品成分による生体機能調節作用のメカニズムを分子レベルで理解できる基盤が醸成されている。

特に「オミクス」は、遺伝子情報が得られるゲノミクス研究よりトランスクリプトームの活用に至り、その後、プロテオミクス、メタボロミクス、メタゲノミクスなどにより、各種タンパク質・代謝産物の発現量や存在形態、腸内細菌叢の情報により、食品成分の生体調節作用を網羅的に解析することが可能で、最近では、オミクスの組合せにより詳細な情報が得られる「統合(マルチ)オミクス解析も活用され、食品成分による生体機能調節作用の分子メカニズムを多方面より明らかにする手法が進化している。また、蛍光・発光プローブの開発により、これらの情報を可視化出来る生体イメージング技術の開発も進んでいる。食品成分の生体内代謝産物の機能も重要視され、メタボリック・プロファイリング解析も活用されている。

更なる評価系として、正常細胞による機能成分の吸収機構を検証する小腸オルガノイドや発現異常が疾病に関与するといわれる miRNA を含む細胞外小胞であるエクソソームが新たなバイオマーカーとなり得る可能性も期待されている。

### 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）

環境学における学術研究は、社会問題の解決を目的としているものが多く、社会からの要請や実践的な成果の還元

## 令和3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)

を目指している事例が多い。特に近年、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、社会実装のアプローチを考える上で自然科学と人文社会科学の研究者が協働する必要性があり、加えて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。これまで、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きた。さらに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。

本調査では、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、最近の状況に関する情報収集を行った。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、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が、特に各学会が所掌する分野の教育に関する研究がそれら文理融合的研究を特徴付けていることがわかった。

現状、こうした文理融合的な学際研究へのファンディングは、国内外問わず、比較的トップダウン的な枠組みで組織化されていることが多い。これは、行政に近いファンディングエージェンシー (JST など) が、行政ニーズとしての社会問題を意識するためである。今後、基礎的で多様性の高い研究群から学際的な研究を生む枠組みを作る意味で、科学研究費補助金事業のようなボトムアップ的な研究提案の仕組みを充実させる必要があると考えられた。

### 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-

齋藤 幸恵 (東京大学大学院農学生命科学研究科・教授)

木質科学は、木造建材や構法に関連する研究および木材含有成分のリファイナリによる新素材の研究から、未利用植物や農業残渣など、リグノセルロース成分を主体とする植物のマテリアル・エネルギー利用まで多彩な分野に及ぶ。近年では加えて、化石資源由来の製品に代わり環境・経済・社会の諸課題への解決を目的とした研究を進展させるために、マーケティングや流通などの社会科学系を含む、農学・環境などの他分野との交流がとくに活性化しているように見受けられる。

今回、国際会議 2021 2nd ITaMSA (International Conference on Innovation in Technology and Management for Sustainable Agroindustry) について、学会参加者、テーマ、セッションに関する分析を行った。本学会の第1回は、アグロインダストリーの持続的発展を目的としてインドネシアで学産官により 2019 年に立ち上がったインドネシアのプラットフォームにより主催された。今回は、ボゴール農科大学農工学部農産工業専攻が実行委員会となり開催された。プロセステクノロジーや貯蔵、アグロインダストリアルモデルなどを含む、農学・環境、自然・社会科学を広くカバーする国際会議である。参加者の国籍はインドネシアに次いで、オーストラリア、米国、フランス、日本などが多い。隔年の開催で本大会が2回目という、比較的新しい国際会議である。今回の参加人数は 341 名で、7セッションに分かれて 69 件が発表された。テーマ別にキーワード分析したところ、材料 17 件・食品 6 件・環境 10 件・社会 42 件の 4 分野にほぼ分割された。地元の農産業を反映してココナッツ、オイルパーム空果房、搾汁成分の活用などのほか、バイオ系の包装材料、サプライチェーン、ライフサイクルアセスメント、農業残渣利用などをテーマとした研究が比較的多くみられた。包装材料については、昨今注目されている海洋プラスチック汚染の解決の手段として、化石資源由来プラスチックに代わるバイオ系素材の開発のための研究である。環境汚染についてはここ東南アジア地域でも、やはり高い関心が払われていることが感じられた。

# 令和3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)

## 昆虫科学および植物保護関連分野に関する学術研究

### 動向-ポストコロナ時代に向けた研究動向-

仲井 まどか (東京農工大学大学院農学研究院・教授)

#### 新型コロナウイルス関係

2021年度は、昆虫科学と植物保護の周辺分野に関する国内外の最新の研究について出版傾向調査を行った。昆虫科学分野では、昆虫生理に関する分子機構に関する研究、飛行や歩行など行動学的な研究、昆虫の進化に関する研究、殺虫剤等防除に関する研究が主に出版された。また、モデル生物であるキイロシヨウジョウバエ以外に、人類の驚異である病気を媒介する蚊の生理メカニズムとその分子機構に関する研究も顕著にみられた。手法としては、次世代シーケンサーやゲノム編集技術に加えて、新型の顕微鏡技術や画像解析を用いて昆虫の形態を観察する研究が見られた。植物保護については、気候変動の生物多様性への影響、植物病理学や生理学(植物免疫、抵抗性、突然変異)に関する発見、伐採や火事など人為的な活動が環境に与える影響に関する研究があった。

2021年度にオンライン開催された昆虫学関係の学会に参加した。国際無脊椎動物病理学会では、世界的な越境性害虫の防除法やCOVID-19に対抗する技術としてバキュロウイルスを用いたタンパク質発現に関するシンポジウムが開催された。

COVID-19の研究活動に対する影響について、海外の研究者に聞き取り調査研究を行った。その結果、会議の参加や研究活動が制約された等の負の影響もあったが、自身の研究を見直す時間ができた等、正の影響を受けたとする回答も得られた。一方で、学生に対する影響については、すべての回答者から実験科学分野の停滞を懸念する意見が得られた。このことは、今後の科学研究の将来に大きな悪影響を及ぼし、将来の科学研究を支える次の世代の研究者層にボトルネックが生じる可能性が危惧される。

近年、普及しすでに定着しはじめたゲノム編集技術やバイオインフォマティクスに関する実験を試行した。また、発現ベクターを用いたタンパク質発現に関する最新技術を試行した。

## 食料農業経済関連分野に関する学術研究動向

### —食料経済学と境界領域の新たな潮流—

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、食料経済学及び境界領域の新たな潮流を明らかにすることである。本目的を達成するに当たっては、食料経済学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食農資源経済学会等を主な対象として、原著論文、大会シンポジウム及び個別口頭報告等のテーマならびに研究手法の変遷を調査分析し、研究動向を明らかにした。主な結果は次のとおりである。

1. 研究テーマについては、卸売市場流通及びその代替チャネルに関する研究、ならびにSDGsに関する研究が増加傾向にある。前者については、2020年6月の卸売市場法改正にともない、中央卸売市場の開設が許可制から認定制に変更され、市場内業者の取引先・取引方法の規制緩和が進んだことが背景にある。具体的には、卸売市場の公共性及び存立意義を問い直す研究、市場及び市場内事業者の流通機能、ならびにそれらと市場外の産地及び業務用需要者との垂直的調整に関する研究が増えつつある。一方、後者については、2021年5月に農林水産省が「みどりの食料システム戦略」を打ち出し、特に2050年までに、ゼロエミッションや有機農業の大幅拡大という高い目標を設定したことが背景にある。具体的には、環境保全型農産物、特に有機農産物に対する消費者研究が活発に行われ、農業の持続可能性を消費面から研究する動きが出てきている。なお、新型コロナウイルスの感染拡大については、その影響の把握や、ポストコロナ社会について模索する動きが続いている。

2. 研究手法については、消費者行動や環境評価の研究において、従来の表明選好法による推計をより精緻化する方向で、階層ベイズモデルやベスト・ワースト・スケールリングなどの手法が取り入れられるようになってきた。表明選好法については、回答バイアスを避ける一つの方法として、実験経済学の応用も試みられつつある。また、証拠に基づ

## 令和3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)

く政策立案 (EBPM) 研究においては、ランダムイズ (RCT) を中心とした研究が多いなか、回帰不連続デザインに関する研究が増えつつある。

### 水圏生命科学分野に関する学術研究動向：水圏生物の繁殖生理学・発生生物学とその養殖利用

吉崎 悟朗 (東京海洋大学学術研究院 海洋生物資源学部門・教授)

ウッズホール海洋研究所で開催された Frontiers in Stem Cells and Regeneration と題するコースのうち、オンラインで一部のプログラムに参加した。参加者のほとんどは基礎生物学分野および基礎医学分野からであり、食糧生産関連分野からの参加は獣医学分野でわずかに認められるのみであった。一方、内容としては組織の再生や幹細胞の発生学など、動物生産、さらには水圏生命科学分野に应用可能な情報が多岐にわたって紹介されていた。従来、水産分野においてはこのような研究分野はあまり注目されてこなかったが、今後は基礎発生学と水産学、あるいは水圏生命科学分野の橋渡しの研究領域の開拓が必要であろう。また、オンラインで開催された Cryobiology の国際会議においては、動物生産に関わる多くの講演が見受けられた。その多くは卵子や精子の凍結保存関連のものであったが、注目すべき課題としては凍結生物学とナノテクノロジーの融合が挙げられる。金製のナノ粒子を細胞内に導入後にマイクロ波加熱を行うことで、細胞内の個々のナノ粒子が熱源として機能し、細胞内温度が均一に上昇するという結果が報告されていた。このような新しい境界領域 (生物学+凍結物理学+ナノテクノロジー) は水圏生命科学分野でも大いに注目すべきであろう。

一報、発生学、繁殖生理学分野のセミナーを企画し、各分野における最新動向の調査を進めた。二枚貝類の繁殖生理に関する研究は近年大きな進展を見せており、今後食糧生産に直結するような技術開発につながりうる情報が蓄積されていることが紹介された。また、昆虫の発生学は水圏生命科学分野では甲殻類の養殖技術に直ちに应用できそうな情報も多く含まれており、この分野との連携の重要

性も再認識した。哺乳類の繁殖生理学はマウスを中心に大変進んでいる研究分野であるが、魚介類の研究は親魚の成熟誘導が従来の研究の中心であり、受精の研究は立ち遅れている。今後は哺乳類の研究者とも共同でこれらの分野を盛り上げていくことも重要な課題であろう。

### 植物と異種生物との相互作用に関する学術研究動向

杉本 幸裕 (神戸大学大学院農学研究科・教授)

・学会発表にみる研究動向：植物生理活性天然物に関する先端の研究情報が交換される学会の一つである、植物化学調節学会に参加した大学院生3名それぞれに、興味を持った発表の内容についてレポートに取りまとめさせた。植物化学調節学会、農芸化学会、および、招待講演者として参加した 3rd International Congress on Strigolactones 等で自らも情報を収集し、動向の把握に努めた。いずれも Web 開催であり、特に国際会議は日本時間の夕方から深夜の開催となったため、十分に情報を収集したとは言い難いが、構造の多様性の大きい non-canonical と呼ばれるストリゴラクトン、さらには関連の化合物群である karrikin が、国際的にも植物科学分野の多くの研究者の関心を惹いていることが実感された。

・研究手法からみる学術動向：タンパク質立体構造予測プログラム AlphaFold2 は、公開されて間もなくから、アミノ酸の一次配列からタンパク質の立体構造を高精度に予測することを可能とすると評判であった。そこで、AlphaFold2 の作動条件を満足するワークステーションを導入し、carlactonic acid (CLA) を 4-deoxyorobanchol へ変換する機能を有するイネの Os900 と、CLA を 5-deoxystrigol へ変換する機能を有するワタの CYP722C を対象として酵素反応のシミュレーションを試みた。構造予測とドッキングシミュレーションの結果、Os900 と CYP722C とでは、酵素活性部位に結合している CLA 分子の配向がそれぞれ異なることが示され、この違いが 4-deoxyorobanchol と 5-deoxystrigol の C 環の立体配置の違いを生み出していると解析された。このタンパク質-リガンド結合予測を基に、酵素機能の改変や生合成酵素阻害剤の開発が期待される。従来、

## 令和3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)

X線結晶構造解析を中心に、技術的にも、経費的にも困難であったタンパク質の立体構造解析を可能とする身近な方法論が開発され、その信頼性を実感できたことから、今後、シグナル分子の立体選択的の生合成、受容体による立体認識等について知見が集積され、生物間相互作用の理解が大いに進展すると期待される。

### バイオマス利用・リサイクル分野に関する学術研究動向—バイオマス利用・リサイクルの新たな潮流— 中村 嘉利(徳島大学大学院社会産業理工学研究部・教授)

化石資源枯渇問題や地球温暖化問題の解決方法の一つとして、食料と競合しない木質バイオマスからのバイオフェューエルやバイオケミカルの製造(バイオリファイナリー)が切望されている。しかしながら、木質バイオマスを原料とする場合(第二世代)には、糖質バイオマス(砂糖や廃糖蜜など)やデンプン質バイオマス(コーンなど)を用いる第一世代では必要としない前処理操作(セルロースをグルコースに効率よく加水分解するために、セルロース成分を覆っているリグニンの分解・除去技術)が必要である。また、近年、グルコースを出発原料としてスマートセル(高度に機能がデザインされ、有用機能が引き出された細胞)を用いた高機能性製品の製造がバイオエコノミー戦略として注目されており、それらは化石燃料代替製品や機能性材料開発のために国内外で益々重要となる研究課題である。本年度は木質バイオマスの有効利用のための第一段階である前処理操作に関する調査研究を行った。

前処理操作が環境保全型であり低コストかつ省エネルギー型でなければ、木質バイオマスからのバイオフェューエルやバイオケミカルの製造は研究段階の範疇から出ることとはできず、将来的に広範囲での実用化は期待できない。前処理としては、物理的処理(粉碎、電子線、ガンマ線など)、化学的処理(酸、アルカリ、オルガノソルブ、オゾン、水蒸気蒸煮、イオン液体、深共晶溶媒など)、物理化学的処理(水蒸気爆砕、マイクロ波水熱、亜臨界水など)や生物学的処理(白色腐朽菌など)の数多くの前処理が研究されているが、実用化のための目標(環境保全型であり低コスト

かつ省エネルギー型)が達成されるか否かについて検討されたものは残念ながらほとんど見当たらなかった。今後は目標が達成され得る前処理操作の開発のために、それぞれの前処理操作の最適化や併用処理に関する技術開発と実用性評価が当該研究分野における重要な課題であると考えられる。

### 農業環境工学および農業情報工学関連分野に関する学術研究動向—農業環境工学と他分野の境界領域における新たな潮流

平野 高司(北海道大学大学院農学研究院・教授)

関連する7学会(日本生物環境工学会、農業情報学会、生態工学会、農業食料工学会、日本農業気象学会、日本農作業学会および農業施設学会)の学術誌に掲載された過去10年分の論文数の推移を調査するとともに、日本農業気象学会の学術誌(Journal of Agricultural Meteorology)の過去77年分について論文を分類し、研究分野の変化傾向にと最近の動向(潮流)について解析した。

7学会の学会誌の論文掲載数には有意な減少傾向が認められ、会員数の減少、特に論文の主要な書き手である若手会員の減少が関係していると考えられた。また、オープンアクセスジャーナルを中心に、学会誌以外での論文発表の場が増加してきたことも挙げられる。発表の場が増えることは喜ばしいが、学会誌への投稿数の減少は学会の衰退、さらには日本における関連研究分野の衰退につながると危惧される。会員が学会誌へ投稿することのメリットを感じられるように学会誌を魅力あるものにする努力が必要である。そのためには、JCR登録(インパクトファクター獲得)などの国際誌としての位置づけが重要であろう。農業環境工学と他分野の境界領域における新たな潮流に関して、農業気象学を例に考えてみたい。農業気象学は気象学を研究手法の基礎とする学問領域であり、微気象学や作物の気象反応、地球環境問題などの気象学・気候学的な視点と、施設農業に代表される環境調節学としての視点がある。2244本の論文を調べたところ、現在の主流は作物気象・収量予測の関係で、35~40%のシェアを占めていた。



## 令和3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)

また、気候変動に関する論文も徐々に増加している。このような傾向は地球温暖化の顕在化にともなうものであり、作物気象・収量予測に分類された論文のほとんどは気候変動に関連したものである。気候変動のシミュレーション予測に基づき、主要作物の収量の将来予測を行うだけでなく、適地の移動、栽培方法の改良、品種改良などの適応策の効果の定量化を目指した研究も行われている。

### 獣医学関連分野に関する学術研究動向 一畜産獣医学分野における動物感染症制御研究の現状一

三角 一浩 (鹿児島大学大学院共同獣医学研究科・教授)

令和3年度の獣医学関連の学術研究動向調査として、獣医学・畜産学が関わる産業動物獣医学、動物衛生学、及び公衆衛生学分野における主要な感染症をとりあげ、病原体、疾病制御、及び疫学に係る最新研究の動向調査を行った。特に、高病原性鳥インフルエンザ、豚熱、牛伝染性リンパ腫について、研究を牽引する研究者への直接インタビュー等を通じて、高度な防疫技術や体制に貢献する研究の現状や将来への取組みを調査した。

2009年にパンデミックとなった新型インフルエンザウイルスはブタ由来のウイルスを起源としたが、このような動物と人との間を行き交う疾病(人獣共通感染症)がヒト社会に与える影響や損害は、世界的な人流が早まり活発化するに伴って甚大さを増している。PubMedで検索できる国際的な学術論文において、獣医学が関わる論文数が漸増している中で、人獣共通感染症(zoonosis)に関する論文数は2009年から2020年の間に7.25倍と急増しており、獣医学分野における全学術論文の6.7%を占めた。2019年からパンデミックが続いているCOVID-19も、家畜をはじめ多くの動物種に感染するコロナウイルス感染症での一つであり、動物から発した人獣共通感染症という側面を持っている。持続するパンデミックの影響を受けて研究ニーズが高まり、今後も更に関連論文が増えていくことが容易に予想できる。ヒト社会での流行に合わせて、人獣共通感染症の病原体、伝搬経路、疫学、病態治療と予防に関する研究が求められ、その中で獣医学研究が果たす役割は大きくな

っている。

一方、野生動物と飼育動物との間、あるいは飼育動物の間を行き交う感染症では、感染拡大が動物経済に与える損害は大きい。人獣共通感染症でもある高病原性鳥インフルエンザは、越冬のため飛来する野鳥から家禽へと感染が拡がることから、野鳥におけるウイルス監視研究が盛んに行われている。野生イノシシから養豚農場へ拡がる豚熱も制御が極めて難しく、我が国が豚熱清浄国として再び認可を得るために、ワクチンの使用法や開発等、克服しなければならない深刻な課題解決に取り組んでいる。牛伝染性リンパ腫は、ウイルス保持個体のうち発症個体は1%以下と治療対象ではないが、近年、肉用牛では無症状個体が食肉検査において陽性病変が確認されることで食用とされないことによる農家損害が大きく、新たな感染予防法や治療法につながる研究成果が出てきている。

### 環境農業学関連分野(バイオエコノミー分野)に関する学術研究動向—新規学術研究分野である植物材料を用いたバイオエコノミー分野に関する学術研究動向調査—

本橋 令子 (静岡大学 学術院 農学領域・教授)

バイオエコノミー分野は審査区分表に記載のない専門分野であるが、これからの社会に重要な研究分野である。バイオエコノミー社会は生物資源を用いた循環型の物質生産系が基盤であり、その実現のためには化石燃料依存型物質生産からの早期脱却が重要となる。その中において、植物を原料、あるいは生産の場とした物質生産は中核であり、農学・環境学の担う役割は非常に大きい。しかしながら、日本はEU諸国に比べると大きくバイオエコノミーという価値観の浸透が遅れている。2009年には、OECD(経済協力開発機構)が脱炭素社会での経済活動としてバイオエコノミーを提唱し、2015年には、脱炭素社会の構築に関するパリ協定に各国が賛同し、国連が持続可能な発展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)を掲げた。2020年11月16日から20日までGlobal Bioeconomy Summit 2020が開催され、危機的な脅威に直面している地球環境の現状

## 令和3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、科学の進歩が可能にした様々な機会、さらには新型コロナウイルス感染症の世界的な大流行がもたらした甚大な影響を踏まえて、バイオエコノミーへの移行の必要性を訴える共同声明を発表した。

本調査研究では、我が国においてバイオエコノミーに寄与する技術開発や研究の動向を調査した。そこで、比較的应用研究報告が多い日本植物バイオテクノロジー学会(旧日本植物細胞分子生物学会)と日本生物工学会における年会でのバイオエコノミーに関する研究報告について2017年度から5年間調べた。日本植物バイオテクノロジー学会では2017年度の年会のシンポジウムで「バイオエコノミー」というワードを含む発表があり、2018年度も1件、2019年度は0件、2020年度はコロナにより年会中止、2021年度「植物バイオテクノロジーが牽引するバイオエコノミー社会の実現」というシンポジウムの開催し、11人が講演し、講演タイトルに「バイオエコノミー」というワードを含む演題は6演題あった。同様に日本生物工学会においても調査したところ、2018年度にシンポジウムで「バイオエコノミー」というワードを含む発表があり、2019年度は3件、2020年度は1件、2021年度は3件と着実に発表数が増加しており、我が国においてバイオエコノミーに寄与する技術開発や研究の重要性が認識され始めたことがわかった。