

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：岩田 久人

所属・職：愛媛大学沿岸環境科学研究センター・教授

区分：農学・環境学専門調査班 主任研究員

調査研究題目： 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-環境化学・毒性学分野における新たな潮流の解析

キーワード： 有機リン系難燃剤・環境汚染・有害性評価

本年度は、ヒトや野生生物の健康へ悪影響が懸念されている有機リン系難燃剤（OPFRs）を対象に、近年の研究動向を調査した。

OPFRs は、家具・織物・電子機器・ポリウレタンフォームなどの素材に添加され、火災時の延焼を遅らせる作用がある難燃剤である。これらは製品に化学的に結合されずに存在するため、その結果、大気中にはもちろん、室内塵・廃水・河川水・飲料水・食品、そして魚類や鳥類をはじめとする生物の体内、さらにヒトの母乳や胎盤、尿のサンプルからも検出されているのが現状である。

2018年に始まったパイロットスタディにより、Global Atmospheric Passive Sampling ネットワークを利用して世界の主要都市をカバーする五大地域における大気中の難燃剤レベルが測定された。調査の結果、OPFRs の総濃度は、PBDEs やビス（2-エチルヘキシル）テトラブロモフタレート（BEHTEBP）など他の難燃剤と比較して2桁から5桁も高いことが明らかになった。この事実は、OPFRs が大気を介して拡散し、その汚染が地球規模に及んでいる可能性が高いことを示している。

OPFRs に関する環境および生態系の汚染研究と比較して、生物影響の調査は限られている。62種類の難燃剤中、トリス（2-クロロエチル）ホスフェート（TCEP：CASNo. 115-96-8）は特に毒性が懸念される化合物として分類されている。TCEP は発がん性、生殖毒性、内分泌系への影響など、細胞レベルから個体レベルにわたる多くの有害影響が確認されている。ヒトの副腎皮質がん細胞（H295R）に TCEP を非毒性濃度で曝露すると、テストステロンと17β-エストラジオールの生成が促進され、ステロイド生成関連遺伝子（CYP11A1、CYP11B2、CYP19A1、HSD3β2）の発現が亢進する。また、雄のアメリカチョウゲンボウ成鳥に TCEP を含む餌を21日間与えた結果、血漿中の遊離トリヨードサイロニンと遊離サイロキシンが有意に増加した。ゼブラフィッシュの胚に対する高濃度 TCEP の影響としては、脊椎の変形、浮腫、発達の遅れが観察されている。

OPFRs が多くの環境試料・生体試料から検出されることを考慮すると、今後はより多様な動物モデルで包括的な毒性研究を実施する必要がある。特に、化学物質に対して高感受性である発生初期胚を用いて毒性を調査することが喫緊の課題である。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：舟川 晋也

所属・職：京都大学大学院地球環境学堂・教授

区分：農学・環境学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：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―国内外における環境農学およびその周辺分野に関する研究展開―

キーワード： 環境農学、発展途上国、研究動向

地球的課題としての農業に起因する環境負荷、例えば森林減少や温室効果ガスの放出、窒素の水圏への流出等を低減させる必要性が認識されるようになって久しいが、その目標に対する学術的取り組みは、その地域や国がおかれた自然条件、社会・経済的条件によって多様である。このような観点から本調査研究では、特に我が国と条件が大きく異なる途上国・第三世界における環境農学やその周辺分野における近年のトレンドや新たな研究領域、今後重要性を増すと思われる研究分野等の動向について、各国の研究機関・研究現場を訪問することによって情報収集を行った。令和5年度には、ベトナム、カンボジア、日本において調査研究を行った。

ベトナムにおいては、20世紀末における従来の社会主義経済からドイモイ政策への移行に伴い、商品経済への急速な移行と農業の商業化が顕著である。そしてこのような農業開発は森林伐開と化学肥料・農薬の多投を伴って展開された。また多量の化学肥料を投入するコーヒー・プランテーションの拡大による環境負荷の増大が懸念されている。これに対し、ベトナム政府は、森林についてはシンプルな（アカシア等の）植林から生物多様性などを重視した質的充実へ、農業生産については高付加価値化（バリューチェーン）をより重視するようになっており、大学や試験研究機関においてもこれらが重要な研究課題となっている。また環境的関心、経済的関心から、化学肥料を代替する有機資材の開発に積極的である。

カンボジアにおいては、昨年度の調査を追認する結果となっている。大学・大学院における高等教育の整備の必要性が強く意識されており、農学・環境学関連の大学院教育の充実が図られている。

日本においては、農林水産省がイニシアティブをとって有機農業の割合を高め、農業の環境負荷削減に努めている。この課題は経済的なメリットを得る困難さから、比較的企業の参入しにくい分野ではあったが、近年NPOや大学の研究者が主導する形で、実験的な試みがなされるようになってきた点は新しい潮流であろう。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：原田 尚美

所属・職：東京大学大気海洋研究所国際・地域連携研究センター・教授

区分：農学・環境学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：「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—市民が向上を望む海洋リテラシーについて」

キーワード：国連海洋科学の10年・誰一人取り残さない・海洋リテラシー

国連は2021～2030年を「国連海洋科学の10年(United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development)」と称してSDGNo.14「海の命を守ろう」の加速を促す取り組みを開始した。「国連海洋科学の10年」は、市民による科学の推進（シチズンサイエンス）や多様なステークホルダー間の連携・協働が強く期待されている。「誰ひとり取り残さない」を強く意識し、いつでも誰でも海洋について学べる、行動する際の指針となるルールブックが必要であると考え、一般向けの事典「海洋環境の事典」を出版することを決めた。調査研究担当者が所属する日本海洋学会と日本海洋政策学会の編集協力の元、朝倉書店から2025年の刊行を目指し、「国連海洋科学の10年」の7つの社会目標（「きれいな海」・「健全で回復力のある海（健全な海）」・「予測できる海」・「安全な海」・「生産的な海」・「万人に開かれた海（開かれた海）」・「夢のある魅力的な海（魅力的な海）」）について日本全国へ広く伝える1冊になることを目指している。事典のコンセプトである「国連海洋科学の10年」の7つの社会目標ごとに、知識を得たいと思う具体的なキーワードについて若者世代からシニア世代まで多様な年齢層の市民にアンケートを実施し、4人の若者と一緒に社会目標ごとにワークショップを開催し、アンケートの解析結果の内容を示しながら、手に取ってみたい事典作りを目指すこととした。本報告は、アンケート、ワークショップ等一連のプロセスについて解説したものである。

アンケートの結果、10～20代で「国連海洋科学の10年」の認知度が高く、現状の海に関わることについておよそ3/4が「危機的な状態」と感じていることがわかった。海的环境について「危機的」と感じているものの、海への関心は低い、もしくは具体的な対応がイメージできていないと推察される。ワークショップの議論の結果は、一般の若者にとっての海は身近過ぎて重要であることを意識できていない、知らない人はいないが、詳しくは知らない存在であるということであった。誰もが関心を寄せる海洋環境の事典をどう作っていくかについて、海洋が身近な存在であることを意識させる、知る・関心を持つことのメリットと知らないことのデメリットを提示する、多様な分野の専門家が執筆していることを訴求する、コスト（時間や労力）をかけることなく、メリットを得ることができる形態にしていくなど、専門家の独りよがりを打破し、一般の人々の興味・関心に徹底的に寄り添うことが重要であると考えた。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：山平 寿智

所属・職：琉球大学熱帯生物圏研究センター・教授

区分：農学・環境学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：生物資源保全学分野に関する学術研究動向及び学術振興方策

キーワード：ゲノム，生物資源提供国，ABS，高校教育

近年の「ゲノム」編集技術の確立によって、農学研究のあり方が根本的に変わろうとしている。このような情勢の中、「生物資源保全学」における本邦の「ゲノム」研究が世界の中でどの位置・レベルにあるのかを正確に評価し、また世界の「ゲノム」研究がどこに向かおうとしているかを見極めることは、本分野の発展を左右する非常に重要な課題であると考えられる。本調査研究では、生物資源の代表的提供国であるインドネシアを対象に、これらの国で日本人が生物資源保全関連の研究を展開するために必要な手続きについて、現地訪問および関連研究者の招聘を通じて情報収集を行った。遺伝資源へのアクセスと利益分配（ABS）に関して、各国が独自に定められた法律を遵守しなければならない、その手続きが非常に複雑で煩雑であることが再認識された一方、工程の簡素化への配慮もなされていることがわかった。さらに、イタリア・フェラーラで開催された分子生物進化学会に参加し、*New frontiers in conservation genomics* (保全ゲノミクスの新たなフロンティア) というセッションを中心に「生物資源保全学」の世界の動向調査も行った。本セッションでは、49題にもものぼる研究発表が行われ、「ゲノム」を用いた野生生物の保全に関する実証的研究や理論研究、そしてそれらをベースにした保全のあり方についてのフレームワークの策定法などについて活発な議論がなされていた。概して、「ゲノム」の大規模データを利用した解析やシミュレーションに関する研究発表が目立ち、生物資源保全のツールとしてのゲノミクスの有用性を改めて認識した。また、陸水生態系の「生物資源保全学」の現場を探るべく、北米五大湖の生物資源保全に関する研究活動の視察と研究者（カナダ・レイクヘッド大学）の招聘を通じた情報収集も行った。

2017年に高校生物の教科書の改訂が行われ、「人間活動と生態系の保全」が「生物基礎」という新設科目で教えられるようになった。昨年度、指導要領の改訂に伴い教科書の改訂がなされたので、新しい教科書を精査して、生物資源ないしは生態系の保全とゲノム研究との関連性に関する記述の有無、およびその内容の調査を行った。その結果、改訂前の教科書同様、「ゲノム」という語はいずれの教科書にも頻出したが、「生態系の保全」に関連する章では「ゲノム」の語は全く掲載されていないことがわかった。「生物資源保全学」分野の研究で日本が世界をリードしていくためには、本分野における「ゲノム」研究の貢献について、高校教育レベルでも明確に言及されるべきであることを改めて提言したい。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：渡辺 正夫

所属・職：東北大学大学院生命科学研究科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 主任研究員

調査研究題目：農学・環境学に関する学術研究動向及び学術振興方策－遺伝育種科学（特に植物の生殖科学）とその周辺の境界領域における新たな潮流と展開－

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：新たな研究分野・トレンド、若手研究者養成、国際交流

農学分野における遺伝子レベルでの理解は、その発展型として品種改良である育種として社会に還元される。実際、育種に関連する学会から基礎的な研究を推進する学会などにおいても、学会・論文発表などで育種が語られることは多い。しかしながら、実際の育種は交雑が主流であり、遺伝子組換え、ゲノム編集などが実用化されている例は少ない。このいわゆる基礎研究と応用研究の「死の谷」が埋まらない一つの原因として、栽培されている作物の全ての系統、品種で遺伝子組換え、ゲノム編集が不可能であり、極端な場合、限られた数系統でのみ可能という場合もイネ科、マメ科、アブラナ科などで見られ、この点がネックとなっている。この点を改良するために、米国企業が二つの転写因子を用いることで、どのような遺伝的背景の系統、品種であっても形質転換できる仕組みが構築された。このことは、農学に限らず、環境学など広く関連領域において、植物を材料として、その遺伝的形質を変えることが必須である場合に、基礎から応用のいずれの場面でも利用される技術になり得る。このことから、我が国においても、この技術を汎用のものとして進めることが求められると考えた。また、こうした「コロンブスの卵」的な発想での科研費への申請が評価されることが期待された。

若手研究者養成においては、近年、オープンキャンパス、webからの情報等、小中高時代に大学、研究所などでの先端的研究に触れる機会は増えている。一方で、博士課程に進学する学生は減少し続けている。その要因として、先端科学への表面的な接触はあるが、深い体験・経験に繋がっていないことが一つの要因としてみることができた。また、若手研究者から見た科研費などの支援を考えたとき、代表者、分担者という概念ではなく、Co-PI という文言が科研費の英文表記にあり、英語表記のような概念を科研費に導入できると、若手同士でフラットな研究費申請、共同研究の実施、ひいてはそれらに基づくプロモーションなどに連動するのではないかとという点が求められるとの意見があった。また、博士課程学生以前の支援が可能かという問題はあるが、学部時代に広く見聞を広め、交流ができるような予算的な支援を含めてあることが、国際交流にも発展できる可能性を指摘する声があった。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：杉本 幸裕

所属・職：神戸大学大学院農学研究科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：生物有機化学分野に関する学術研究動向

ーカロテノイドに由来する新規植物生理活性物質ー

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：アポカロテノイド、植物生理活性物質

カロテノイドに由来する新規植物生理活性物質に関する最新の研究情報を、文献調査に加えて、対面で開催された学会および講演会を通して収集した。また、海外の研究者を訪問してセミナーを実施し情報を交換した。得られた知見を従来報告されている知見と対照することで、当該学術分野における研究動向の把握に努めた。

カロテノイドの開裂に関わる植物の酵素は carotenoid cleavage dioxygenase (CCD) と呼ばれ、CCDファミリーは NCED (9-cis-epoxycarotenoid 11,12-dioxygenase)、CCD1, CCD4, CCD7, CCD8 および ZAS (zaxinone synthase) の6つのサブファミリーから成る。それぞれの酵素の基質となるカロテノイドの構造および開裂する結合位置により多様なアポカロテノイド分子が生成することから、また、アポカロテノイドの生理機能は未解明な点が多いことから、さらなる新規生理活性アポカロテノイドの発見が期待される。

植物の代謝研究の進展を支える *Nicotiana benthamiana* の一過的遺伝子発現系、微生物プラットフォーム、CRISPR/Cas9を使用したゲノム編集技術等が充実してきており、特定の生合成遺伝子を過剰発現あるいはノックアウトし代謝物の変化に基づいて機能を検証するというアプローチが盛んに取り入れられている。代謝物の解析には、高感度化により微量成分の分析精度が向上し続けている LC-MS/MS の貢献が大きい。代謝酵素の機能解析手段として、タンパク質の構立体構造予測プログラムである AlphaFold2 が認知を高めている。新たに見出した立体選択的に進行する反応に関わる酵素と基質の関係をシミュレーションした結果、生化学的知見が高精度に裏付ける結果が得られ、その優越性を実感した。アポカロテノイドに限らず AlphaFold2 が様々な生理活性物質の生合成反応の理解にますます活用されていくことが確信された。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：中村 嘉利

所属・職：徳島大学大学院社会産業理工学研究部・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目： 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—

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： バイオマス、バイオリファイナリー、リグノセルロース

食料と競合しない第2世代バイオマス（非可食植物性バイオマス）の総合的有効利用を目指したバイオリファイナリーシステムの開発は、新エネルギーと高分子マテリアルの需要増加に伴い注目を集めているが、実用化・産業化に耐え得るシステムはほとんど無い。その理由は化石資源由来と比較した際の、製造過程と製造費用の過大と製品自体の優劣にある。それゆえ、高品質製品製造利益創出型の省エネルギープロセスを構築することは、将来の日本のエネルギーバランスや機能性バイオマス由来化成品製造に寄与するだけでなく、化石資源の枯渇や地球温暖化問題の解決にも繋がる重要な研究課題である。非可食植物性バイオマス（リグノセルロース系バイオマス）は主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンの主要三成分が絡み合った構造をしているので、バイオマスの有効利用においてはそれぞれの成分を効率的に前処理操作（物理的、化学的、生物学的前処理等）によって分離した後、各成分に適合した燃料物質や化学品原料へ変換する方法が一般的である。セルロースはグルコースの重合体であるため、セルロースを酸や酵素を用いて加水分解した後、生成グルコースから種々の微生物や触媒を用いてエタノール、乳酸、5-HMF、レブリン酸等の有用物質の製造に関する研究が行われている。また、分離されたセルロースに疎水化剤や相溶化剤を添加することで樹脂と混練し、高強度樹脂を製造する研究も行われている。ヘミセルロースについてはキシロオリゴ糖やキシリトール原料としての機能性食品材料としての利用だけでなく、キシロース発酵酵母を用いたエタノール生産や触媒反応によるフルフラールへの変換が試みられている。リグニンについては、リグニンオリゴマーの形で樹脂原料や樹脂硬化剤、カーボンナノファイバー原料、さらに触媒によってフェノール、カテコール、アルデヒド等に低分子化するだけでなく、炭化水素燃料、バイオプラスチック、生物活性化合物等の高付加価値物質の前駆体や製品化の研究が行われている。バイオマスの有効利用にあたっては、物質とエネルギーの収支、生態や環境に与える影響、費用対効果等を十分考慮した利益創出型のバイオリファイナリーシステムの開発的研究が実用化のためには必須と思われる。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：平野 高司

所属・職：北海道大学大学院農学研究院・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「環境動態解析関連分野に関する学術研究動向－陸域生態系における物質循環研究の新たな潮流と展開－」

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：熱帯泥炭林，温室効果気体，環境攪乱，フィールド観測

陸域生態系の環境機能（生態系サービス）の定量評価と、環境変動に対する環境機能の応答特性の解明（モデル化）は、陸域生態系における物質循環研究の主要な目的として位置づけることができる。温暖化が進行している現在、陸域生態系による二酸化炭素（CO₂）の吸収・固定を介した温暖化緩和に注目されることが多い。しかし、温暖化にともなう気候変動や開発などによる人為攪乱（土地利用変化など）によってCO₂などの温室効果気体（GHGs）の収支が変化し、陸域生態系の正味のGHGs吸収量が低下する、あるいはいくつかの陸域生態系がCO₂排出源に変わることが懸念されるようになった。脆弱であると考えられている生態系の一つは、赤道に沿って広く分布する熱帯泥炭地であり、21世紀におけるCO₂排出のホットスポットとして世界的な注目を集めている。

東南アジア島嶼部（インドネシア，マレーシア）に広く分布する熱帯泥炭地は、泥炭湿地林と共存して膨大な量の土壌炭素を泥炭として堆積してきた。しかし、プランテーションなどの農地開発にともなう森林伐採や排水の影響で泥炭地の乾燥化が進んだ結果、好気分解や火災による泥炭炭素の脆弱性が高まり、巨大な炭素（CO₂）排出源として地球温暖化に対する脅威として認識されるようになった。泥炭炭素を安定化させるため、安価な排出源対策（Nature-based Solutions）として、未攪乱の泥炭湿地林の保全や再湿地化を中心とした泥炭地の修復活動が始まりつつあるが、効果の定量評価のためには科学的根拠が不可欠である。そのような状況のもと、熱帯泥炭地において渦相関法やチャンバー法を用いたGHGs収支（フラックス）の連続観測（モニタリング）のネットワークが構築されてきた。フィールドデータが蓄積することで、泥炭地の保全・修復に貢献できると期待されている。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：三角 一浩

所属・職：鹿児島大学共同獣医学部・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：「獣医学関連分野に関する学術研究動向 ―畜産動物科学分野における研究の現状―」

キーワード：獣医学、畜産学、群管理、持続的畜産、生産獣医療

令和5年度の獣医学関連の学術研究動向調査では、獣医学と畜産学との境界領域である「動物の育種・飼養管理」及び「畜産経営と生産獣医療」に関わる研究動向を調査した。家畜の飼養管理効率化、飼料自給率向上、畜産公害低減等を考慮した持続型畜産、安定・安心に加えて高品質な畜産物供給のための農場経営について、獣医学と畜産学が協働する学会に参加し、調査を行った。

獣医学分野において、家畜を集団（群れ）として適正に飼養・管理することで疾病の発生・拡大を未然に防ぐことで畜産生産性を向上させるための「家畜の群れの健康（herd health）」という概念の下、家畜自体が健康に育つ体質の獲得・維持を目指す畜産学研究の必要性が示された。予防獣医学の観点からも、家畜の病原体感染に対する抵抗性を獲得・向上させる育種技術や、感染症に対する制御機能の強化を図る飼養管理技術の研究には期待が寄せられ、獣医学と畜産学の境界部分における連携研究が求められた。農水産業では、特に養豚界における抗菌薬の使用が最大であったことによる薬剤耐性（Antimicrobial Resistance：AMR）について、畜産界における更なる意識の向上が求められる一方で、AMR 関連の研究活動は高まっており、畜産学・獣医学関連学界においては AMR に関するグローバルアクションプランに則った行動計画が推進されていることが示唆された。

畜産物供給に関する研究動向では、国産飼料を基盤に立脚した生産への転換が喫緊の課題である中で、管理獣医師には、獣医学情報を入手し農場に提供するだけでなく、飼料設計にも関与して農場経営を支える等、畜産学の素養を兼ね備えることの重要性が指摘された。農家に寄り添った群管理や生産獣医療への変革が求められる時代で、大学教育では、畜産学と獣医学が連携した教育と人材養成が必要という考え方が示された。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：本橋 令子

所属・職：静岡大学大学院農学領域・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：環境農業学関連分野（グリーントランスフォーメーション施策に関連する研究分野）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：グリーントランスフォーメーション、ブルーカーボン、遺伝子組換え植物

光合成生物を材料とした、バイオエネルギー生産技術開発、二酸化炭素固定能力を利用した循環型物質生産技術、資源のリサイクルに注目した有用物質生産分野の研究における情報収集をおこなった。一時期発表が多かった油量作物の研究や植物、藻類の遺伝子組換えによるバイオディーゼルオイル生産、バイオエタノール生産研究報告はほとんどなくなり、環境や生態系との植物の相互作用などの研究が増加したと感じた。土壌微生物叢と植物の相互作用による収量増加や環境耐性付与効果などの研究が盛んに行われている印象を持ったし、現在、JSTでもALCA-NEXTで類似の研究分野への研究支援が行われている。ゲノム編集技術など遺伝子組換え技術やモデル植物以外の遺伝子組換え技術の開発に拡がりが見られ、産業への活用の将来性を垣間見ることができた。

また、今年度は最終年度であったため、長年、研究に利用した光合成能力を簡便に評価する方法を紹介のためのワークショップ開催や、陸上植物による二酸化炭素固定を行うという概念だけでなく、海草により二酸化炭素固定能力に注目し、東海地域のアマモの生息域減少を抑制するために、アマモの人工栽培方法の調査を行なった。今後、この調査研究を活かし、アマモの人工栽培による環境ストレス応答メカニズムを解明し、アマモ減少の問題解決に貢献する。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：黒田 清一郎

所属・職：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門・上級研究員

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：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 -Society 5.0 関連の技術革新のインパクトと基盤的研究の役割-

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：Society 5.0, AI, 地域環境工学、デジタルツイン

Society 5.0 を構成する要素技術は IoT (Internet of Things)、人工知能 (AI)、ロボットとなるが、それが目指すものはサイバー空間とフィジカル空間の高度融合である。その概念を具現化した技術としてデジタルツインを挙げることができる。

このデジタルツインの具体的な開発において重要なことはそのデジタルツインと呼ばれるものの実態は時系列的に変化する 3次元データ、いわゆる 4D データであり、その実現のために必要な要素技術としては

1. 外部変状および内部状態変化に関する 3次元データの繰り返し自動生成技術
2. 高頻度・高速シミュレーションあるいは生成 AI 等を援用したエミュレーションによるリアルタイムシミュレーションの実現
3. 4D データ情報共有のためのプラットフォーム構築技術

が考えられた。このためのプロトタイプとなるプログラム・モデルについて開発をおこなった。

この開発にあたっては、国内外の学会や研究者およびシンポジウム等で得た情報より、たとえば NeRF (Neural Radiance Fields 新視点画像生成技術)や生成 AI 等の技術を採用した。

またこれらの技術が農業農村工学、農業機械学および地域環境工学に関連して実用的な観点からも活用される分野として、ため池の改修工事や圃場整備の情報化施工および BIM/CIM とよばれる技術の導入に注目し、その社会受容性に関する企画セッションを農業農村工学会にて実施した。

セッションではこのようなデジタル情報化の実現に向けた技術的および社会的課題について議論が行われ、またそのような改修工事や圃場整備といった事業においてデジタル情報が活用され、特に 3次元データやその時系列変化に関する情報が得られた場合には、その後の農業水利施設の管理や防災面でも活用されることが確認された。

以上のことから Society 5.0 関連に関する技術に関する学術研究の進展は、実際の農業水利施設に関する技術に応用されることで社会的にも意義のあるものとなることが期待される。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：佐藤 宣子

所属・職：九州大学大学院農学研究院・教授

区分：農業・環境専門調査班 専門研究員

調査研究題目：森林科学関連分野に関する学術研究動向～森林環境保全と温暖化抑止関連研究の新たな潮流～

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：森林科学、温暖化対策、海外研究動向、炭素吸収源、炭素貯留

近年、温暖化傾向が顕著になる中で、森林の炭素吸収および炭素貯留・固定機能が注目され、森林保全や植林、木材利用が気候変動対策に位置づけられるようになってきている。森林科学の研究者だけが関与していた領域が、様々な研究分野からのアプローチが必要になってきていると思われる。そこで、本学術調査研究では、学会や研究会への参加、海外研究者からの情報収集を行うとともに、科研費データベースによる研究タイトル、キーワード、要旨検索で「森林」「温暖化」「炭素」を含む課題の動向を把握した。また、海外研究動向を把握するために Web of Science で、関連研究 (Forest, Global warming, CO2) のデータをダウンロードし、年度別集計と引用回数が多い論文をピックアップし、研究動向を調査した。

科研費での関連研究は 519 件あり、基盤 B が最も多く、基盤 C、基盤 A が次いでいる。若手研究では関連研究数が少なかった。年度別にみると 2000 年代後半の 5 年間に於いて 134 件と最も多く、それ以降減少傾向にあった。研究審査区分では、「森林科学関連」と「環境動態解析」等の農学・環境学区分が多かった。社会科学分野や理工系分野での研究も見られるが、森林科学研究者と他分野研究者との学際的な研究ではない場合も多くあった。

一方、Web of Science の関連論文数をみると、7,939 件（2024 年 1 月 10 日現在）2010 年代以降、特に 2016 年以降急増していた。7,939 件のうち被引用回数 10 回以上の論文が 1,315 論文、100 回以上の論文が 270 であった。270 の論文の内訳をみると、農林業および生態学関連だと思われる雑誌が 160 論文、自然科学全般のジャーナル掲載が 110 論文であった。

上記の研究動向調査より、農学系だけではなく工学系や社会科学を含めた幅広い分野を含めて森林と温暖化対策に関する学際研究の活性が望まれることを指摘した。加えて、ヨーロッパでは EU の環境・森林政策に国際共同研究の成果が反映されており、東アジア地域での共同研究の広がりが期待されることも指摘した。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：島田 昌之

所属・職：広島大学大学院統合生命科学研究科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：動物生産科学関連分野に関する学術研究動向～動物生産科学分野におけるスマート農業技術開発と普及の現状～

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：家畜繁殖技術，生殖細胞，遺伝資源保存，配偶子造成

動物性タンパク質は、健康な生活に必須であり、かつ経済発展に従って、動物性タンパク質の需要が増大することから、ニーズを満たす持続的な畜産物の供給は、切迫した課題である。そのため、従来からの方法論としては、動物を合理的に飼育し、効率的に繁殖させ、経済系質の高い個体を選別して生産することに貢献する学術研究が求められている。さらに、持続的な家畜生産のため、遺伝的多様性の維持も求められており、貴重な原種の遺伝資源保存として生殖細胞の凍結保存技術、多能性細胞からの生殖細胞（配偶子）形成技術の開発も行われ、日本は、これら、生殖細胞に関する基礎研究と技術開発で多数の分野を先導する研究を発表しているが、世界もキャッチアップしており、ホットな研究分野となっている。そこで、海外の最新状況を調査するため北米生殖生物学会（Society for the Study of Reproduction）に参加し、学術動向調査を行った。発表数が多かった分野は、卵巣機能、初期胚発生、精子形成と機能、男性避妊、胎盤機能の順で、これら5つのテーマが全体の過半数を占めていた。演題数は少なかったものの、環境因子に注目した研究もハイライトされていた。特に有機フッ素化合物（PFAs）と生殖機能の関係に注目した研究では、安全基準値以下のPFAsへの暴露にもかかわらず、精子や卵子のミトコンドリア機能が低下するデータをマウスやヒトで示していた。これら研究テーマの多様化や研究手法の進歩により、生殖科学の理解の解像度が著しく向上してきた。特に次世代シーケンシングと新たなイメージング技術は、これまで解明が困難だった生殖器官の役割や胚発生過程の詳細を解き明かし、繁殖学のブラックボックスを明らかにする必須ツールになりつつある。

加えて、AIやIT技術の進歩がビッグデータの解析に新たな可能性をもたらしている。これらの技術進歩により、網羅的な解析がより手軽に行えるようになり、繁殖生物学の新たな領域を開拓する可能性が増えている。しかし、これらの進歩を最大限に活用するためには、解析手法に精通した研究者との協力が不可欠であると感じられた。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：高須賀 明典

所属・職：東京大学大学院農学生命科学研究科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：水圏生産科学関連分野に関する学術研究動向—水産・海洋科学に関する国際シンポジウムにおける研究トピックの動向—

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：水産・海洋科学、水圏生物科学、国際共同機構、シンポジウム、ホットトピック

水圏生産科学関連分野を含む様々な学術分野において、複数分野に跨る学際的研究が重視され、境界領域の開拓が進んでいる。同時に、それぞれの学術分野において、次世代を担う人材育成は最重要課題である。水産・海洋科学を事例として、国際共同機構と国内学会組織における研究・人材育成の動向を調査・比較することにより、国際動向に対する日本の動向を把握した上で、今後の展望を考察する。2023年度は、2022年11月に共同コンベンナーとして開催した国際シンポジウムの情報を整理した上で、水産・海洋科学に関する国際共同機構の年次会合や国内学会の情報を加味し、水産・海洋科学分野において、最近注目される研究トピック、あるいは、近未来に分野のブレークスルーを担うことが期待される研究トピック（ホットトピック）を抽出した。さらに、水産・海洋科学分野を包括する水産学一般（水圏生物科学）におけるホットトピックも調査した。

水産・海洋科学分野における動向として、国際共同研究に基づく大型プロジェクト、複数の生態系を跨る比較統合、メタ解析を中心とした統合的解析、大容量データに基づく解析からの成果が増加傾向にある。国際共同機構では、対象生態系の拡張、現象面からメカニズムへの重点化、数理モデル分野の急速な発展、社会経済分野他を取り込んでの境界領域の開拓が進んだ。

水産・海洋科学分野におけるホットトピックとして、以下の項目を抽出した。1)「海洋熱波」海洋熱波のような短期の極端現象が生態系に及ぼす影響が注目される。2)「海洋酸性化・脱酸素化」海洋生物への影響に関する研究が深化してきている。3)「黒潮大蛇行」水産資源に及ぼす影響に関する研究が求められている。4)「生態系ベースの資源管理」実際の施策には反映されていないが、この概念を背景とした研究は進行している。5)「環境DNA」生物の個体数推定に対しても技術開発が進んでいる。6)「古海洋学的手法」古海洋学的手法による水産資源変動の解析は劇的に進展した。

水産学一般（水圏生物科学）におけるホットトピックとして、以下の項目を抽出した。1)「未利用水産資源の有効利用」未利用資源の集積・流通、利用法の確立が急務である。2)「ゲノム育種」最近、成功例の報告が続くと共に、産業実用化が進んでいる。3)「陸上養殖」本格的に水産業の中核になってきた。4)「新規代替飼料」魚粉飼料に依存しない新規の養殖用飼料の開発が進められている。5)「ブルーカーボン」引き続き様々な研究プロジェクトや施策のキーワードとなることが想定

される。6)「プロテオーム解析」水産分野でも急速に取り込まれ、適用範囲を広げている。7)「ニトロプラスト」直近の話題として、海洋中の単細胞藻類が細胞の中に窒素を固定する細胞小器官をもつことが発見された。8)「アミノ酸プロファイルによる健康管理と未病対策」健常状態のアミノ酸プロファイルに近づける食生活で積極的に介入して健康寿命を延伸することが期待される。9)「エネルギー投入量の小さい貯蔵・保蔵方法の確立」例えば常温制菌システムを構築すること等の解決策がある。10)「水圏生物のバイオミネラリゼーションを利用した炭素固定技術」貝殻等の形成機構を利用して低エネルギーで炭素固定する技術を開発する等の話題がある。11)「水圏生物の二次代謝産物の生合成機構」従来、天然からは微量しか得られなかった水圏生物由来の有用化合物を実用化規模で入手する道が開かれた。12)「微細藻類によるバイオ燃料生産」最近の微細藻類に関する生物学、生化学、分子生物学的知見の拡充から、実用化の可能性が見えてきている。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：大橋 瑞江

所属・職：兵庫県立大学環境人間学部・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：森林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：対面開催、環境保全、デジタルツイン、分野融合、国際交流

本研究を遂行するにあたり、(1) 森林科学分野における国内外の動向調査、(2) 関連分野における動向調査、(3) 若手研究者の動向調査及び研究活動における課題の抽出、(4) 森林科学及び関連分野の研究活動における課題の抽出、の4つの項目について調査活動を実施した。

(1) については第135回日本森林学会への参加を報告する。ここでは、多様性保全、保健休養機能、森林放射能、デジタルツイン、樹木根の5つのセッションの企画があった。前者三つからは、人々の健康や健全な社会のための森林利用と環境保全についての研究が重視されていると考えられた。また、UAVデータ等を用いたデジタルツインの活用が期待されており、新たな研究分野として発展する可能性がある。樹木根のセッションは、地下部研究の難しさと重要性、発表データの貴重さを再認識させるものであった。学会では、企画シンポジウムも多く開催され、木質バイオマス、森林災害、農林業センサスデータについて研究動向の概観と、課題抽出への取り組みが認められた。

(2) については第58回根研究集会について報告する。根研究学会は、根の研究に関心を持つ研究者・学生・民間人等が、分野や立場を超えて交流することを目的としているが、本集会はコロナ禍以降の本格的な対面集会となったことから、従来にも増して盛んな交流が行われた。目立ったのは森林分野と作物分野の共同研究である。コロナによる隔離は、対面による研究交流の重要性と効果を再認識させるきっかけとなったのかもしれない。

(3) については、JSPS-LEADSNET 事業研究者交流会について報告する。この交流会は、国際的な研究活動の発展と、分野に囚われない研究者との交流や相互連携の強化を目的としている。研究者は研究時間に多くの労力を割いており、このような企画を行うことが不得手なので、若手研究者には新しい知己を得る良い機会になったと認められた。

(4) について、フィンランド森林資源研究所・Leena Finér 名誉教授の招へいを行ったことを報告する。教授は根研究集会で「Forest management and fine roots in changing climate」と題した講演を行った後、兵庫及びその隣接県の里山や人工林を視察し、関連研究室を訪問した。この招へいは、環境研究では日本を先んじてきた北欧の森林研究について深く知り、今後の日本の森林研究の方向性を考えるきっかけをもたらしたと考えられる。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：阪倉 良孝

所属・職：長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：水圏生命科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：持続可能性、再生可能エネルギー、養殖、AI・DX化

水圏生命科学分野の周辺領域研究の動向を調査すべく、日本水産学会春季大会および秋季大会、日本魚類学会大会等に参加し、海外の動向については、欧米、オセアニア、アジア、アフリカ等の研究者へのインタビューを通じて情報収集に努めた。国内の関連学会において、ブルーカーボンを反映した藻類の増養殖に関する研究発表やシンポジウムの開催が特徴的に思われた。また、農水省のかかげるみどりの食料システム戦略を反映してか、養殖分野では、持続可能な養殖に関わる技術開発にかかる研究に加えて、AIやDXによる省力化を目指した技術開発と社会実装とを視野に入れた大型プロジェクトの採択が見られた。これらは今後も注視する必要があるトピックと思われた。国外においても、持続可能な養殖の重要性はさらに高まっている様子で、欧米のように日本よりも大きな規模での生産施設を展開しようとしているところと、東南アジアやアフリカ諸国にはバイオフィロック等の既存の技術を洗練して安定した生産につなげようとする試みなどが見られた。

再生可能エネルギーと漁業および養殖業との協調について、洋上風力発電の先進国であるスコットランドの研究者との討議を行い、また着床型洋上風力発電を積極的に進めている台湾における洋上風力発電と漁業協調にかかるワークショップへ参加をした。スコットランドの場合は、漁業協調よりも付帯設備導入に伴う環境変化と生物影響への調査の力点が置かれているのに対し、台湾の方は環境変化はもちろんのこと漁業者との協調に対して大きな努力が割かれており、より我が国より、あるいはアジア寄りのアプローチであると思われた。これらの調査からは、単純に再生可能エネルギー施設と環境・漁業問題という側面ではなく、これらの施設から得られるエネルギーを具体的にどのように水産業へと還元するかという視点が重要視されており、水圏生命科学分野、特に養殖業関連の研究との連携は積極的に推進されるべきところであると思われた。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：櫻井 清一

所属・職：千葉大学大学院園芸学研究院・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：食料農業経済および農業構造関連分野に関する学術研究動向

—農業経済の多角化に関する研究動向—

キーワード：多角化、農村経済、政策評価、農村ツーリズム

農業経済の多角化に関する海外の研究を鳥瞰すると、先進国と開発途上国で分析傾向の違いが見られる。先進国を対象とした研究では、一次産品の価格低迷を背景に、高付加価値製品の製造やサービス部門への経営多角化を対象にした研究が多い。サービスへの多角化では、特に農村ツーリズム研究が近年盛んで、各地のケーススタディをふまえて理論化を試みる研究もある。また EU 諸国では様々な農村振興政策が導入されているため、政策評価の視点から多角化の実証分析を行う例も多い。分析手法の高度化・精緻化も進展しており、表明選好法を用いた分析や、かなり多くのサンプルを用いたマイクロ計量分析も行われている。

一方、開発途上国を対象とした多角化研究では、農村の経済発展に伴い農家が市場取引に必要とする貨幣の獲得手段として多角化に着目し、その意義や成果を考察する研究が多い。また営農部門の多角化を論じる場合、選択肢として畜産が重視される傾向にある。一部の国・地域では日本で実践された農村経済多角化の取り組みを導入する動きがあり、その経済成果を論じた論考もある。

日本国内を対象とした多角化研究において、古くは多角化という用語・概念を用いず、栽培・飼育作目の多角化に限定し、複合化という用語を用いて論じることが多かった。しかし 1990 年代以降は、農業関連ないし非農業部門を含めた多角化分析が進められている。個別経営体の多角化分析では、近年、都市ないし都市近郊農家を対象とした考察が多数公表され、消費者ニーズに応える新部門の経営成果や経営者能力に関する新たな知見が蓄積されている。また、経営体の集団や農村経済全体の多角化のプロセスを分析する例も多い。集落営農組織の多角化をめぐるケーススタディは多数蓄積されている。また、2000 年代に入り農村経済多角化を支援する政府事業が各種導入されたため、その政策評価を行う研究もみられる。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：柴田 銃江

所属・職：森林総合研究所森林植生研究領域・室長

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：森林科学分野に関する学術研究動向

キーワード：国際集会、国際共同研究、樹木繁殖、豊凶

森林科学分野のうち森林生態学の動向調査として、植物の豊凶に関する研究集会に参加し、情報収集した。豊凶、すなわち個体群内で同調して年変動する種子生産は、多年生植物の繁殖を特徴づける特性である。豊凶の研究を長年牽引してきたニュージーランドの Dave Kelly 博士の退官を記念する集会が、ポーランドの Bogdziewicz 博士、英国の Hackett-Pain 博士らの主催で、2023年6月にポーランドのポズナン市において開催された。集会のねらいは、この分野の人脈を強化するとともに、今後発展するテーマを見通すレビュー論文を共同執筆することだった。欧米、オセアニア、アジアで研究を進めてきた30名程度が集まり、各自が研究紹介する全体討議と少人数のグループ討議が繰り返された。気候変動影響への関心が高く、気候と豊凶との関係の種内・種間差などが注目されていた。森林の温暖化影響評価に向けて樹木の繁殖応答に関する情報の少なさが指摘される中、今後進展が望まれるテーマである。集会最終日には、レビュー論文のキーワードが選択された。集会後ほどなく論文原案が作成され、集会参加者全員でのブラッシュアップがインターネット上で繰り返された。原稿の作成は数ヶ月で完了し、現在審査中である。

この集会は、国籍やキャリア、ジェンダーが異なる者が気兼ねなく意見交換できるように、少人数での討議だけでなく、食事や焚き火を囲んだ会話も楽しめるようなプログラムになっていた。このようなフレンドリーな集会のおかげでレビュー論文の国際共同執筆が短期間で実現し、研究方向性の共通認識を持てたことは、今後の国際共同研究を促進させる上で意義深い。しかし一方で、現在の日本においては研究費確保が難しくなる上に円安が進み、国際集会への参加や海外での調査研究が困難になっている。日本の科学研究が国際的水準を維持するためには、海外での研究活動を支える事業の拡充を図ることが必要と考える。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：高野 義孝

所属・職：京都大学大学院農学研究科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目：植物保護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：最新研究、将来的方向性、AlphaFold2

現在、世界的には毎年10～15%の作物が病原体による感染症によって喪失しており、これは約8億人分の食糧に相当する。したがって、この病原体から作物を効果的に保護する技術を開発するためには、植物保護科学が大きな役割を果たすことは言うまでもない。本調査研究においては、この植物保護科学関連分野の中の、特に植物—微生物間相互作用研究の最新の学術研究動向を掴むために、関連する国内外の学会に参加し、その発表から情報を収集するとともに、この分野をリードする研究者にインタビューを実施することで、論文化されている内容だけではなく、今後、論文化されていく内容、あるいは将来の方向性などについても調査を実施した。まず、2023年7月16日から20日に米国のロードアイランドで開催された第19回国際分子植物・微生物相互作用学会（2023 IS-MPMI Congress）に出席し、調査を実施した。本国際学会には植物—微生物間相互作用研究分野をリードする著名な研究者が多く出席するため、当該調査を実施するための最適な学術集会である。まず、抵抗性品種の作成において非常に大きな役割を果たしており、NLRと総称される分子については、近年、クライオ電子顕微鏡法により、その構造的特徴が明らかにされたが、さらに構造学的研究が急速に進展していることが判明し、NLR分子に対する構造学的アプローチは今後も注視すべき領域と思われる。一方で、多くの発表において、AlphaFold2の活用が報告されており、植物病原微生物の分泌型病原性因子（エフェクターと総称）に対するAlphaFold2による網羅的な解析は大きな威力を発揮していた。AlphaFold2をはじめ、立体構造予測プログラムのさらなる進化を想定するならば、予測プログラムに基づく構造予測とそれに基づくウェット解析というアプローチも、今後、さらに重要性が増していくことが強く予想される。また、微生物の中には植物に病気を起こすものだけではなく、植物との相互作用において互いに利益を得るような微生物（共生微生物）も存在する。この寄生者と共生者の境界が従来考えられているよりも、曖昧であることが近年の研究により明らかになってきており、こういった問題へのアプローチもさらに加速していこうという印象をもった。2024年の3月に参加した日本植物病理学会大会においても、大筋においてはこのような動向は見取れたが、本領域における立体構造学的研究に関してはさらに国内で加速していくべきと実感した。

令和5（2023）年度調査研究実績報告書

研究担当者名：西山 千春

所属・職：東京理科大学先進工学部生命システム工学科・教授

区分：農学・環境学専門調査班 専門研究員

調査研究題目： 応用生物化学分野及び食品科学分野に関する学術研究動向—免疫応答制御機構の新たな潮流と展開—

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：若手研究者育成

近年、博士課程進学者が少なく、PD、助教といった若手研究者枠の募集に応募がない、適任者が見つからないといった事例が多いと感じており、科学立国としての日本の将来を案じている。企業の就職活動時期が年々早まり、学部生や修士大学院生が十分に研究を経験する前に民間企業への就職を意識せざるを得ない状況にあることが要因ではないかと考えているが、若手研究者の待遇が学生達の目に魅力的に映るような工夫が大学には必要なのかも知れない。PD や助教の給与・厚生を飛躍的に向上させ、時限を外すといった取り組みが有効ではないだろうか。企業人とアカデミア研究者の両方を経験した者として、それぞれの立場に利点があることを理解しつつ、大学教員には研究費獲得の厳しさや成果発表の責任がありながらも、自らの関心事に自由な発想を展開し、その提案に付き合ってくれるスタッフや学生達と共通の目標を目指して時間を共有することの楽しみが勝ると日々感じている。少なくとも、学生時代には、就職活動に翻弄されることなく、じっくり研究に取り組める時間の確保を願う。

所属する複数の学会では、若手研究者・女性研究者の比率を上げることを急務としており、学生会員や卒業後間もない会員の参加費・年会費優遇、評議員の資格緩和、ダイバーシティに関するアンケート調査やシンポジウム企画などが進められている。

本年度は、本調査題目の研究分野が所属する日本農芸化学会が100周年を迎え、記念式典や学会の歴史に関わる講演など様々な催しが企画された。食品系をはじめとした企業との結びつきが強い本学会の特徴が反映されるイベントも多く、盛況であった。一方、企業からの演題発表件数は年々減る傾向にある。積極的に企業研究の成果発表がなされることにより、学会が一層活気付くことはもとより、学生達が社会人となった後も学会に参加し続けられる風土となることを強く願っている。