

研究委員会セッション報告

嫌気性生物反応における微生物解析技術の最前線

嫌気性微生物処理研究委員会

嫌気性微生物処理研究委員会では、『嫌気性生物反応における微生物解析技術の最前線』と題して、研究発表ならびに討議が催された。嫌気性生物反応は、長い利用の歴史があり、メタン発酵を中心とした家庭での燃料利用から、大規模水処理施設でのエネルギー回収、安定化活用まで、世界中で人々の暮らしや産業に活用されている。近年は、循環型社会の構築や脱炭素に向けた取り組みに対する社会的ニーズがさらに強まり、排水処理や廃棄物処理分野においても再び注目されてきている。研究においても基礎から応用まで現在も多様な取り組みがされてきている。その中で、分子生物学的解析技術は、微生物群集構造やその代謝特性の解明において強力なツールとして、現象解明には不可欠なものになりつつある。その飛躍的発展は、基礎的研究のみならず、応用研究、実証研究においても現象説明のエビデンスとして解析や解釈への信頼度向上に大きく寄与している。

今回は、微生物解析技術に焦点を合わせた討議が行える機会として、このシンポジウムを企画した。特別講演1件、一般講演6件の発表と質疑応答が行われた。産官学から、関係者、関心のある学生をはじめ、朝早くからの開催にもかかわらず多くの参加者を得て、活気に満ちた議論がなされた。

前回と同様に、特別講演には、日本水環境学会以外で関連分野の研究を精力的に発表・推進されている研究者を招聘することとした。学会関係者や当研究委員会所属の研究者・学生の方々に、多岐にわたる視座を取り入れた研究やそのアプローチ、さらには研究に対する考え方や思想について、触れていただく機会となることを目指したものである。企画テーマに関して造詣の深い研究者として、今回、広島大学大学院統合生命科学研究科 生物・生命科学分野 生物工学ユニットの教授である中島田豊先生を招聘した。中島田先生はJSPS科学研究費から、広島県産官学共同研究プロジェクト、JST CREST、未来社会創造事業に至るまで、基礎研究から実装化に向けた大型プロジェクトをこれまで数多く手がけられ、嫌気性生物反応をはじめとするバイオプロセス研究の第一人者として知られている研究者である。『嫌気消化菌叢は宝の山』という魅力的な題目を提案いただき、これまでの研究からの知見や経験の紹介、そして嫌気性生物反応に対する想いについても語っていただいた。生物工学、化学工学の分野にもかかわっている研究者の中には既知の仲

である方も居られた様子であったが、論文を通じて名前を把握しているという参加者もあった。中島田先生の講演ということで、これまでに当研究委員会での企画によく参加される方以外の方が、多く聴講されていたとの印象があった。

講演では、メタン発酵にかかる実装に向けた取り組みが数多く紹介された。アンモニア回収型メタン発酵では、アンモニア阻害を回避しつつ回収するプロセス概念の紹介と解説がなされた。最近では、カーボンニュートラルに向けて、アンモニアの燃料化を実用化する研究や取り組みが着目されてきている。その潮流にも取り入れられる研究としても、関心を集めていた。また耐塩メタン発酵については、海洋バイオマスの資源化・エネルギー化に寄与する技術として、その将来性についても注目を集めていた。バイオマス、有機性廃棄物に関しても、カーボンニュートラル、脱炭素社会構築の切り札のひとつとされている。またブルーカーボンが今後、炭素循環への寄与解明、温室効果ガス排出抑制への活用に向けて、注目されつつある。これらの分野にも関連する重要な先行研究として、今後広く参考にされる研究であるとの思いを抱いた。生物工学や化学工学に精通されている中島田先生ならではの実装化に向けた取り組みと、その現象説明・機構解明として、微生物解析技術を活用された内容紹介は、聴講者の期待に十分に応えていただいたものであり、講演後も多数の質疑応答がなされた。50分という講演時間がとても短く感じられた。

続いて、一般講演がなされた。全体の時間やプログラム編成上、発表申し込みから選定された6件による研究説明と質疑が行われた。前半を京都大学 日高 平先生、後半を神戸大学 吉田 弦先生の座長により、各々3件の発表がなされた。微生物解析や反応現象への影響など、今回のシンポジウムテーマである嫌気性生物反応の解析に関連した、幅広く多様な研究内容が紹介された。

最後に、全体を通じての総合討論がなされた。中島田先生からも積極的に討議に参加いただき、嫌気性生物反応の益々の期待が語られた。今後も、嫌気性生物反応に関連する幅広い分野からの研究者を招聘し、多角的視点からの研究紹介を継続する方針である。関係各位のご支援とご協力を引き続きお願いいたします。

(京都大学 西村文武)

MS 技術と環境微量化学物質

MS 技術研究委員会

1. 活動領域

本研究委員会は、質量分析（MS）を用いた環境中化学物質の微量分析技術の開発と活用を目的に活動している。得られた成果の普及や関連情報の共有を目的に Web サーバーを開設し（<https://ee-net.ne.jp/ms/>），発表内容の公開，メーリングリストによるリアルタイムな情報交換，電子シンポジウム（e-シンポ）の開催等を行っている。

2. 発表の概要

今回は、口頭 5 題およびポスター 6 題の発表があった。

(1) 口頭発表

大方（大阪市環科研セ）らは、自動同定・定量システムを搭載した LC-QTOFMS (AIQS-LC) のさらなる活用と普及を見据え、他の地方環境研究所に対して、データベースへの追加登録希望調査を行った。回答を取りまとめたところ、AIQS-LC 未収載の医薬品や、有機フッ素化合物のようなネガティブモード対象物質も挙げられた。今後、AIQS-LC のさらなる充実化が期待される。黒石（島津テクノリサーチ）らは、海洋生分解性プラスチックの 1つである Poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) (PHBH) を対象に生分解試験を行い、生分解度と分解生成物の定量値の関係性について確認した。その結果、3-Hydroxybutyric Acid (3-HB) のホモオリゴマーで相関が高い傾向が確認され、分解生成物の生成量と資化量・無機化量の増加パターンが同じであることが考えられた。今後、その他の種類の生分解性プラスチックでの知見集積を実施する。市原（大阪市環科研セ）らは、ジフェニルグアニジンに塩素を添加して生成する塩素化体 (DPG-Cl) を LC-QTOFMS および LC-MS/MS を用いて探索した。塩素の同位体の存在比 ($^{35}\text{Cl} \cdot ^{37}\text{Cl} = 3:1$) に基づき、 m/z が 2 違いの Precursor ペアについて Product ion scan を実施し、DPG-Cl 候補の 4 ペアの MRM が得られた。得られた MRM ペアに基づき環境試料を測定したところ、DPG-Cl の存在が示唆された。姉崎（北海道道総研）は、ポリ塩化ジベンゾフラン類 (PCDFs) の測定に影響を与えるポリ塩化ジフェニルエーテル (PBDEs) について底質試料を用いてその除去に関する検討を行った。前処理過程で、活性炭カラムに 25% ジクロロメタン／ヘキサンのフラクションにより両者を分離する方法が最適であったが、それでも完全にその影響を取り除くことができない場合があることを示した。松神（国環研）らは、LC-QTOFMS を活用したノンターゲット分析に対して有用な保持指標を普及させるため、アテネ大学の開発した UoA RTI Platform の保持指標変換法で算出可能な LC 保持指標について、114 種類の検討物質に対して、共通メソッド 1 種類と 7 種類のインハウスメソッドを用いて比較検討を行った。算出された LC 保持指標は、多くの化学種でメソッド間のばらつきが小さかったが、臭素系難

燃剤等ではばらつきが大きかった。物質の性状に応じた解決策の検討を期待する。

(2) ポスター発表

和田（福井県衛環研セ）らは、水生生物への影響が懸念される医薬品類について、LC-MS/MS を用いて福井県内の河川水および下水処理場の流入水と放流水における濃度実態把握調査を行った。河川水中濃度は、流域人口密度および河川流量と関係があることが確認された。また、河川水と下水処理場放流水に含まれる医薬品類の種類については、類似性が確認された。西野（東京都環科研）らは、LC-MS/MS を用いて公共用水域と下水処理場放流水の PPCPs 分析を行い、公共用水域では都市部で濃度が高い傾向がみられた。また、一部の PPCPs について下水処理場からの負荷量を算出し、計画処理人口と比較したところ、両者に強い相関がみられた。竹峰（埼玉県環科国セ）らは、LC-QTOFMS を用い、植物プランクトン等の微小生物に影響を及ぼすとされる溶存性有機窒素化合物のうち、30 物質を対象に固相カートリッジによる前処理法の基礎的検討を行った。海水では回収できない対象物質が多かったが、精製水と河川水では 23 物質が 50% 以上の回収率を示し、淡水試料への適用性を確認できた。高原（GL サイエンス）らは、有機フッ素化合物 (PFASs) 40 成分を対象として、複数のポリマー系陰イオン交換固相抽出カラムの基礎挙動を比較検証した。精製水と水道水を対象に添加回収試験を行ったところ、一部の中性 PFASs と水道水の PFBA で回収率が 70% を下回ったが、溶出前の洗浄溶媒を変更することで、一部の中性 PFASs の回収率を改善することができた。小林（国医食衛研）らは、PFOS・PFOA 分析時のモニターイオンの違いによる直鎖体と分岐異性体の感度比 (RRF) について、入手可能な分岐異性体の標準品を測定することで知見を得た。いずれのモニターイオンにもメリット・デメリットがあったことから、今後は複数機関によるバリデーション試験を行い、データを蓄積する必要がある。中野（大阪大環安研管セ）らは、HPLC を用いて 19 種類のキラル PCB の分離と同定のための迅速な方法を開発した。HPLC でキラル分取した各成分の旋光度を測定し、量子化学計算結果と一致することを確認した。2,4,5 位を置換した 4 種の異性体 (PCB95, PCB144, PCB149, PCB183) は $aR-(+)$ 配座を示し、残りの 15 種は $aR-(-)$ 配座を示した。GC/MS を用いた PCB キラル分離分析におけるエナンチオマーの同定に利用でき、PCB 代謝研究と RyR 研究などへ応用できることを示した。

今年は現地開催が実現し、ポスター発表も行うことができた。以上のように多様な研究分野から発表演題が集まり、また、質問や討議に関しても活発で有意義な情報交換を行うことができた。

（兵庫県環境研究センター 松村千里）

環境再生保全のための水循環および資源循環における高度化適正方策

生物膜法研究委員会

環境再生保全のための水循環および資源循環の高度化は、地球温暖化抑制、生物処理生態工学の高度化および生態環境リスクの低減化において極めて重要である。そのため、水質汚濁・富栄養化対策、汚泥減量化・資源化対策、省エネ・電力削減温室効果ガス抑制対策、温室効果ガスの水域での挙動評価、生態環境リスク低減化の両立する研究推進が求められる。本シンポジウムでは、環境再生保全のための適正な水循環・資源循環の高度化に資する研究・技術開発・地方行政取り組みの現状と方向性をテーマとして、国内外へ展開するまでの意見交換することを目途とする。

「水循環・資源循環の高度化による環境再生保全に資する研究・技術開発の現状と方向：NPOバイオエコ技術研究所 稲森隆平、(株)明電舎 打林真梨絵、NPOバイオエコ技術研究所 稲森悠平、(株)明電舎 鮫島正一、新井喜明、千葉工業大学 村上和仁、東北大学 西村修、李玉友」においては、環境再生保全のための水循環および資源循環の高度化は、地球温暖化抑制、生物処理生態工学の高度化および生態環境リスクの低減化において極めて重要な位置づけにあり、生物処理においては、下水道・浄化槽・農業集落排水・産業排水処理などの高度化・省エネ化および水循環を考慮した環境改善は必須な状況にあることが示された。また、有機性物質の処理にともない発生する汚泥などの減量化および有効利用と同時に温暖化対策に資する土壤などへの炭素貯留による資源循環は加速が必要である。放流水域の水質改善のためには水生植物などの緩衝帯浄化技法、刈り取り残渣の緑肥化等による農耕地への炭素貯留、同時に、生態環境リスク低減評価、水の安全性評価、遺伝子定量解析等も重要である。これらの研究から、水資源循環の高度化・健全化には環境問題を含め各分野のきめ細かな対策強化が国内外展開を踏まえて必要であることが示された。

「地球温暖化対策を踏まえた資源循環におけるバイオ炭の活用方策：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 須藤重人」においては、わが国において、農業分野の GHG 排出量は全セクターからの排出量のわずか 2%程度に過ぎないが、バイオ炭による土壤炭素貯留や BECCS (Bio-Energy with Carbon Dioxide Capture and Storage) 技術へのバイオマス資源供給等のネガティブエミッション導入のためには農業分野の排出削減がキーファクターとなることが示された。また、4 パーミルイニシアチブなどの概念を通じて、世界規模の農業生産のゼロエミッション化が求められている。これらを踏まえ、水田 CH₄、土壤炭素、施肥由来の N₂O 排出、バイオマス燃焼などの視点からの動向が解析された。同時に、今後の農業のあり方や農業由来 GHG の排出削減に向けた社会実装の方法などの国際展開を踏まえた重要性が示された。

「環境再生保全の開発評価に資する w/o ドロップレットを活用した微生物培養技術の開発：産業技術総合研究所 野田尚宏、(株) オンチップ・バイオテクノロジーズ 大

田悠里」においては、環境微生物における液体培養法をさらにハイスクープに高度化する手法の一つとして、最先端の w/o (water-in-oil) ドロップレットを用いて培養できることを明らかにした。また、内部で微生物が増殖したドロップレットを識別し、分取することに成功した。これらの最先端の研究から、本手法は生物処理プロセスの微生物の食物連鎖における役割および相互作用などの理解や生態系における捕食 - 被食 (食う食われるの関係) などの高度化に資することが期待されることが示された。

「水循環健全化のための AI を活用した下水処理運転支援技術による環境再生保全：(株) 明電舎 鮫島正一、木村雄喜」においては、下水処理場の運転操作を支援する AI 技術と実証検証について、熟練技術者の運転を高度に模擬することを目指し、過去 1 年以上、長期的な運転データ蓄積により、エネルギー効率がベストな運転の実現が期待できることを明らかにした。また、季節別運転についても 1 年以上の確認期間を経ることで AI による最適負荷削減・環境再生保全への運用を目指している。このように、適正運転の継承による最適処理の確保と同時に環境再生保全のための健全な水循環構築への貢献が示された。

「八ヶ岳地域でのオフグリッド住環境実現に向けた水循環健全化のための生物膜・RO 膜技法の導入及び生活状況の実証評価：U3 イノベーションズ合同会社 川島壮史、池田秀紀、(株) ダイキアクシス 門屋尚紀、NPO 法人バイオエコ技術研究所 稲森悠平、稻森隆平、茨城県薬剤師会検査センター 鈴木理恵」においては、脱炭素型の持続可能なライフスタイルを確立することを目指し、水循環健全化のための生物膜・RO 膜技法を導入したシステム構築を、ゼロカーボンパークの代表地域でもある八ヶ岳地域を対象に同システムの実証実験を進め、安全な水質確保を太陽光発電でおおむね達成できた。これらの研究から、脱カーボン社会の構築に向けたオフグリッドシステムの最先端の国内外展開の基盤が構築されたことが示された。

「環境再生保全を目途とした温暖化対策に資する埼玉県における取組：埼玉県環科国セ 木持謙、中外テクノス(株) 近藤貴志、早稲田大 柳原豊」においては、埼玉県における温暖化対策等に関連する施策の策定・実施や気候変動適応センターの設置・稼働等を通して、地球温暖化を含めた気候変動への適応策を中心に、地球温暖化に関連した調査研究とともに、緩和策および適応策を積極的に推進していることが報告された。水処理分野においても、エネルギー消費量や GHG 排出量の削減とともに、さらなる処理水質の高度化による安全・安心な水循環の確保に向けた新技術開発を進めると同時に、生態系で重要な魚類等の水生動物の生息環境の再生保全からの検討も進めていることが報告された。このような国内外展開における重要な地方自治体における取り組みが示された。(NPO 法人バイオエコ技術研究所 稲森悠平、稻森隆平、元国立環境研究所 徐開欽、千葉工業大学 村上和仁)

身近な生活環境に潜む危険の共有と将来に向けた 生活者としての対策と実践

身近な生活環境研究委員会

私たちは便利な文明社会を築き上げ、快適な生活を享受できているが、社会の持続性に疑惑が抱かれるような課題が提起されている。これまでも様々な危険が顕在化するたびに対応されてきたが、対症療法的なことも多かった。しかし事態は複雑で、俯瞰的な視点での調整が必要なこともある。そこで、私たちの身近に潜む危険について横断的に認識し、生活者の視点より、個人、地域、行政、企業レベルでの対策や実践について議論を深めるために、本セッションを開催した。

激甚化する豪雨と生活環境の災害リスク要因を考える
土屋十園（中央大・理工学研）

記録的短時間大雨により都市河川が急激に増水したことにより発生した水難事故と、その背景にあった都市内の雨水排除に係る課題が提示された。自治体の下水道部門と河川管理者が連携により、河川の急激な水位上昇により河川利用者が被害に遭わないような取り組みをすべきことなどが述べられた。また身近な水環境で想定されている被害を明らかにするために作られているハザードマップや河川重要水防箇所について、流域住民にわかりやすく情報発信することが重要であると述べられた。

令和4年台風第15号における静岡市の断水と対応に関する報告
杉村晃一（静岡市）

令和4年9月に静岡市を襲った台風15号により市内で水害が発生した。本発表では、水害により引き起こされた水道の断水状況と、災害対応の検討を目的として実施した市民向けアンケートの結果が述べられた。市民向けアンケートでは、災害時における市役所の情報発信は市民から「遅い」と評価されたが、市民が情報を入手する手段（年齢層を問わずテレビ）と市役所の情報発信手段（市HPとSNS、同報無線など）に食い違いがあったことがその一因として考えられたことなどが述べられた。

災害時における生活・水需要・水利用と被災後の健康
畠山典子（大阪公大院・看護）

東日本大震災時の被災自治体における保健師としての支援活動の経験も踏まえて、被災地における水の重要性や避難所における二次的被害の実態について報告された。断水時における避難所生活の課題のほか、乳児や要介護者がいる家庭や、高層住宅ならではの課題など、在宅避難に関する課題にも触れ、自身も被災する恐れがあることを直視し、災害時における飲料水・生活用水に関する事前の対策を進めるべきとされた。

井戸を見直す—身近な減災インフラが機能する条件とは—
遠藤崇浩（大阪公大院・現シス）

災害後の断水の備えとして関心が高まっている井戸活用の実態と課題として、東日本大震災の被災地である茨

城県神栖市の事例が報告された。神栖市では上水道が復旧するまでの間、市や自衛隊だけでなく民間井戸保有者による給水が行われたが、井戸を用いた応急給水は、公的給水に比べて迅速性や給水可能な範囲において優位性があった。また、発災後に一般開放された井戸の情報を被災者間で共有することが井戸の有効活用に重要であることが述べられた。

トイレから考える日本の自然の生産性低下と資源回収型の下水処理構想
生地正人（四電技術コンサルタント）

人間由来の有機性廃棄物は持続可能性の観点から生態系の物質循環に組み込むべきとの考え方から、資源回収型の下水処理法としての傾斜土槽法に関する特性について説明が行われた。また、傾斜土槽法を用いた浄化施設の試案や施設の運用方法案が示された。

生活者はプラスチックとどのように関わっているか（2023）

小寺正明（環境・国際研究会）、
原口公子（NPO 遠賀川流域住民の会）、
風間真理（東京湾の環境を良くする会）

マイクロプラスチック問題に関する発表者らの取り組みのうち、若者世代のプラスチックの使い方に関するアンケート調査結果、プラスチック使用量を減らした暮らしに関する情報を発信するために作成したHPの内容、福岡県筑豊平野を流れる遠賀川において実施したマイクロプラスチック調査の結果の3点について報告された。アンケート調査を通じて学生が情報を得ることにより、減プラスチックに意欲的になったことや、減プラスチック生活をしようにも、店頭に適当な商品がないという課題などが述べられた。

総合討論

総合討論では、主に災害に対する対応に関し、参加者自らの経験を含め、様々な課題が提起された。地域住民の避難所として使われる学校でも、学校管理者との意見の相違により発電機を設置できなかった例や、自治体の財政難のため、必要な防災投資（避難所へのエアコンや貯水槽整備、和式トイレの洋式への改築等）が行えないことなどが報告された。また都市は想定外の自然現象が起るとインフラに多重被害が発生することや、道路閉塞や液状化などにより物資の輸送にも影響が出ることも指摘された。このようなとき、足元の水資源である地下水は、水質や停電時の対応に課題があるものの、有力な生活用水確保の手段であると考えられた。災害発生時には多くの切実な課題が複雑に関係し合っていることが具体的に示され、白熱した議論となった。

（埼玉県環境科学国際センター 柿本貴志）

設立 35 年目の展開図

微生物生態と水環境工学研究委員会

今年度は「設立 35 年目の展開図」と題して、4 名の国内の大学や研究機関の先生方に最新の研究事例についてご講演いただくとともに、10 名の若手からベテランの研究者の方々にポスター発表いただきました。

産業技術総合研究所バイオメディカル研究部門の関口勇地先生には、「研究委員会の先人達から学んだことと、これからのは（嫌気性）微生物生態研究の可能性」と題してご講演いただきました。当研究委員会の設立メンバーである中村和憲氏（2022 年 8 月 5 日逝去）との職場での関わり合いの中で、中村氏が科学的好奇心と工学的意義のそれぞれを的確に捉えて微生物生態研究を推進していくことの重要性を説かれていたこと等をお話しいただきました。現在の取り組みとしてはヒトマイクロバイオームのリバーストランスレーションアプローチによる創薬研究を紹介いただき、水環境工学研究においても現場との関係を強くしていく必要性を示すものでした。

長岡技術科学大学大学院工学研究科の幡本将史先生には、「水処理生態系の制御は可能になったか」と題してご講演いただきました。膜分離活性汚泥法（MBR）でファウリングが発生しやすい実験条件にもかかわらずファウリングが抑制された実験系に着目し、ファウリングが抑制されるメカニズムを微生物生態学的観点からご説明いただきました。さらに、微生物の「存在量」と「活性」から水処理プロセスの性能を理解し向上させるための方策についてご議論いただきました。

東京大学大学院工学系研究科の飛野智宏先生には、「辺境・近境：廃水処理微生物制御をめぐる冒険」と題してご講演いただきました。生物学的廃水処理プロセスの管理はそれを司る微生物群集の管理であるとのお考えのもと、微生物保持条件、酸化還元雰囲気、水理学的条件以外の新たな制御変数を加えるための取り組み（活性汚泥内のクオラムセンシング、電場を介した水中微生物制御）をご紹介いただきました。

金沢大学大学院自然科学研究科の本多了先生には、「薬剤耐性（レジストーム）の旅～下水に乗ってどこへ行く～」と題してご講演いただきました。薬剤耐性（AMR）の蔓延防止には人・動物・環境の複合領域における One Health アプローチの重要性、とくに環境中の AMR の挙動・多様性に関する知見の乏しさをご指摘され、メタゲノム解析等を駆使して都市下水由来の AMR 動態を明らかにした研究事例をお示しいただきました。さらに、アジア太平洋地域における AMR 研究者のネットワーク構築と連携促進に関する取り組みをご紹介いただきました。

その後のポスター発表にて、金沢大学の Mardalisa さんは細胞外抗生物質耐性遺伝子が細胞内当該遺伝子よりも水処理プラントで残存し得ること、活性汚泥プロセス

に比べ MBR で抗生物質耐性遺伝子の存在量が小さくなることを発表されました。長岡技術科学大学の三輪徹さんのご発表では、MBR 前段に回転メッシュ担体を設置することで汚泥中の後生動物を増加させ、汚泥濾過性の改善および余剰汚泥が削減されることが示されました。東京大学の Patthranit Kunlasubpreedee さんは、交流電場の適用が汚泥フロックサイズの増大と汚泥沈降性の改善を促進すること、さらに微生物群集組成に影響を与えることを発表されました。湖沼復活研究所の森忠洋先生は、WAT-Weed TCOM（高温接触酸化法）における嫌気性微生物と好気性微生物それぞれの役割を発表されました。新潟薬科大学の井口晃徳先生は、新規な水酸化テトラメチルアンモニウム（TMAH）分解メタン生成古細菌 NY-STAYD 株のゲノム・トランスクリプトーム解析を実施して見出された TMAH 分解に関与する 2 つの遺伝子クラスターを発表されました。群馬大学の福島佑介さんの発表は、微細気泡水を用いて培養された微生物細胞がバイオフィルムを形成しにくくなる一方、塩素殺菌への感受性が高くなることを示唆するものでした。群馬大学の野田理音さんの発表では、微細気泡存在下において 5 種の微生物混合系によるバイオフィルム形成が抑制され得ることが示されました。産業技術総合研究所の青柳智さんは、SIP（Stable Isotope Probing）において rRNA の安定同位体標識レベルが微生物代謝の特性や活性の違いを反映すること、微生物生態系の動的な代謝フラックス解析へ向けた鍵になることを発表されました。産業技術総合研究所の富田駿さんは、活性汚泥由来 DNA 中に新規で多種多様な二次代謝産物合成遺伝子群の存在を明らかにし、非リボソーム型ペプチド合成酵素遺伝子の保有菌株の近縁種を用いて抗菌活性を実際に確認していました。東京農工大学の徐天祥さんは、単細胞タンパク質生産のためのメタン酸化細菌を水田根圈・土壤から集積培養し、Methylophilaceae 科細菌存在量とタンパク質含量との間に強い相関があることを発表されました。

本シンポジウムは昨年同様に対面開催となりました。当研究委員会の前身であるポピュレーションダイナミクス研究委員会の設立に関わった先人達の思いや姿勢を振り返りながらあらためて学びを得る機会となりました。また、設立以来 35 年現在の当研究委員会の展開図として、国内外で微生物生態・廃水処理研究分野を牽引する先生方から最新の知見が紹介され、つづくポスター発表では幅広い年代・分野の研究者を巻き込んだ活発な議論が行われたことで、微生物生態と水環境工学研究分野の過去から現在、そして未来を見据えるセッションとなりました。ご参加いただいた皆様に深く御礼申しあげます。（産業技術総合研究所 堀 知行、群馬大学 伊藤 司）

プラスチックおよびその由来物による環境リスク（評価の課題と展望）

バイオアッセイによる安全性評価研究委員会

本年度は、近年話題となっているプラスチックごみ（フィルムやゴム、繊維なども含む）ならびにその溶出物や変化物の水生生物等への影響やそれにともなうリスクについて、1件の基調講演と、5件の依頼講演を行った。

最初の基調講演は、化学物質やマイクロプラスチック（MP）の水生生物への影響評価についての国内の第一人者である鑑迫典久先生（愛媛大・農）に「マイクロプラスチック、マイクロカプセル、水溶性フィルム材料などの生態毒性評価の課題と展望」と題して講演いただいた。海洋（マイクロ）プラスチックの発生に関わる各種の用語や定義から環境リスクの概念について解説していただいた。また、内在化学物質はすでに化審法などの化学物質管理で評価済である一方で、物理的影響については対象生物の餌や消化管などのサイズに大きな影響を受けること、化学物質がプラスチックを媒介として摂取量が増えるベクター効果はかなり限定的であることなどを、メダカやミジンコを用いた実験結果に基づき解説いただいた。さらに、生分解性プラスチックについては、環境中での分解速度は必ずしも速くないため、溶解性成分だけでなく、不溶性低分子も含めて生態影響試験を実施すべきであるとの提案もあった。さらにマイクロカプセルについて、芯材の環境動態が大きく変化することに留意すべきであることも指摘された。最後に、「プラスチック類に対していたずらに嫌悪感を抱くのではなく、データギャップ等を埋めて、リサイクルも含め新たな付き合い方を模索することが必要」との提言があった。

次の「マイクロプラスチック研究に関する化学工業会の取り組み：LRI および MARI の活動紹介（日化協：森剛志氏）」では、Long-Range Research Initiative (LRI) で行われている MP のリスク管理に関する研究テーマおよび国際化学工業協議会の取り組みとして MARI (Microplastics Advanced Research and Innovation Initiative) の紹介があった。LRI では、米国や欧州とともに共同して長期のグローバルな化学物質の課題に取り組んでいること、MARI では、2022 年から独自のワークショップを開催していることなどが紹介された。

3題目の「東京湾におけるマイクロプラスチックの環境リスク評価の試行（産総研：内藤航氏ほか）」では、種の感受性分布（SSD）を用いた有害性評価の基準となる予測無影響濃度（PNEC）の算出方法について、ベイズモデルや Toxicity of Microplastics Explorer (ToMEx) を用いた手法が紹介された。また、東京湾でのプランクトンネットで採取した測定結果の未計測部分についてフィッティングすることで、MP の分布を推定し、東京湾における各地点でのスクリーニングレベルでのリスク評価の試行結果も紹介された。現在は、東京湾に流れ込むタイヤ摩耗粒子などの推定を行うなどのより信頼性の高いリスク評価に向けて研究が進められている。

4題目の「大阪湾をモデルケースにしたマイクロプラ

スチックの生態リスク評価（神戸大：堀江好文氏）」では、小型実習船を用いた海水中の MP 実態調査や、甲殻類・魚類を用いた食物連鎖における取り込みや排出に関する研究について紹介があった。実態調査ではサイズや素材に加えて、魚類の MP 摂取に色の選好性があるとの過去の成果に基づき、色についても詳細な報告がなされた。また、オオミジンコに摂取された MP はゼブラフィッシュに摂取されるものの、24 時間以内に概ね排出されることが報告された。

休憩を挟んで5題目の「海洋プラスチックを摂食した魚類の生態的情報等の調査：海産魚におけるマイクロプラスチック（MP）の取込・排泄と MP に吸着した有害化学物質の魚類消化管内における溶出（水産研究・教育機構：大久保信幸氏ほか）」では、海産魚のマダイやカタクチイワシを用いた MP 摂取量、消化管内滞留時間の測定結果と、MP に吸着した化学物質の消化管内における溶出量の推定に関する研究成果が紹介された。300ないし 800 μm などの MP では、いずれの魚種でも 90%以上がほぼ 1 日以内に排泄されることや、マダイ（有胃魚）でもマミチョグ（無胃魚）でも MP に吸着した多環芳香族炭化水素は 85~90% が溶出せずに残留していて、MP 媒介ではなく水中からの摂取がほとんどであるとの推計も示された。

6題目の「洗濯由来のマイクロファイバーの生態毒性評価（土木研：村田里美氏ほか）」では、実際に化学繊維布を洗濯することでマイクロファイバー (MFs) を調製し、それらを用いて藻類や魚類の影響評価を行った結果が報告された。まず、洗濯機を用いてポリエステルやナイロン製布で試料を作成し、その平均長や濃度を測定し、別途報告した下水中濃度測定結果との類似性も確認した。藻類（ムレミカヅキモ）については、流入下水最大濃度の 100 倍でも藻類の生長阻害を引き起こさないことが確認された。一方で、ポリエステル繊維は排出されやすいものの、流入下水最大濃度の 10 倍程度で魚類（メダカ）の腸内細菌叢の変化のほか、プリンスクレオチドの代謝の促進や成長阻害などが認められたとの報告があった。

最後の 7 題目の「タイヤ酸化防止剤由来の 6-PPD キノンの生態毒性評価（国環研：日置恭史郎氏）」では、米国北西部で遡上するギンザケの死亡の原因として同定されたタイヤの酸化防止剤 6-PPD の変化物である 6-PPD キノンが路面排水や道路塵埃をはじめ、河川水や大気粉塵さらにはヒトの尿など様々な媒体から検出されていることが紹介された。また、ギンザケやニジマスなどのサケ科の一部の魚類にのみ急性毒性を示すことがわかつてきたが、その原因は取り込みや代謝の第一相反応では説明できていないことも報告された。

最後に鑑迫先生から全体総括をいただき、セッションを閉じた。

（国立環境研究所 山本裕史、

（株）三菱ケミカルリサーチ 新野竜大）

土壤汚染対策法施行から20年、 土壤地下水汚染問題に対する最新研究動向

土壤地下水汚染研究委員会

今回は、11編の汚染物質の挙動や汚染実態、処理技術、リスクの評価やコミュニケーションに関する最新の研究成果について発表された。50人を超える多くの方々が来場し活発な議論が行われた。概要を以下に紹介する。

ご挨拶・趣旨説明 江種伸之（和歌山大学）

本研究委員会は、多様な有害物質による土壤や地下水の汚染機構の解明、適切な修復技術の開発やその評価を行いうことを目的としている。主な活動は、本会も主催団体の1つである「地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会（以下、研究集会）」の運営と、このシンポジウムセッション企画であり、活動を通じて研究者間の交流を推進してきた。2023年の研究集会は、本会が主幹団体として函館で開催し、早稲田大学の川辺先生に実行委員長を務めていただいた。当初は産業技術総合研究所の張銘先生に実行委員長を務めていただいたが、大変残念なことに昨年急逝されてしまいました。この場をお借りしてお悔やみとともにこの分野へのこれまでの多大な貢献に御礼を申し上げたい。土壤汚染対策法は施行から20年経過したが、多くの課題も明らかとなっており、この研究委員会の意義も大きい。研究集会や年会・シンポジウムにおいて、益々の皆様の参画を期待したい。

【汚染物質の挙動解明】

1. 一般廃棄物焼却灰の圧密変化と有害金属の浸出特性

原 淳子（産業技術総合研究所）ほか

最終処分場に搬入される廃棄物焼却灰は、一般土砂と異なり、雨水浸透によりアルカリ性溶液が浸出し透水性的低下を引き起こす。焼却灰の含有化学成分による焼却灰の密度変化や圧密浸出成分の影響について報告された。

2. 地下水位変動が汚染物質の移動現象に及ぼす影響の解明

土田恭平（産業技術総合研究所）ほか

汚染の浄化や帶水層への移行量の予測のために、汚染物質の挙動の理解が必要である。地下水位変動による水頭や土壤の透水性の変化が、汚染物質の移動にどのように影響するか、実験および数値解析の結果が報告された。

【浄化技術】

3. 塩素化工チレン類汚染サイトにおける電気発熱法とバイオレメディエーションを併用した浄化実証

高畠 陽（大成建設）ほか

バイオレメディエーションと電気発熱法とを併用した浄化技術の実証試験を行い、帶水層の温度管理を行いながら、難透水層から溶脱した塩素化工チレン類の脱塩素化状況について確認した結果について報告された。

4. VOC汚染サイトにおける原位置浄化工法の改良とサステナビリティ評価手法の適用

山崎祐二（竹中工務店）ほか

環境、社会、経済面の多指標より汚染土壤対策を評価するサステナブルなアプローチの考え方により、原位置浄化手法の評価を試みるとともに、今後のVOC汚染土壤対策に必要な観点について報告された。

5. Mg系吸着材によるAs(III)-F同時除去について

杉田 創（産業技術総合研究所）ほか

汚染水中のヒ素除去や汚染土壤中のAsの不溶化を目的にMg系吸着材のAs吸着性能や使用後の環境安定性等をこれまで検討してきた。本発表では、Mg系吸着材によるAs(III)-F同時除去についての検討結果が報告された。

6. 原位置浄化技術への再生可能エネルギー導入の可能性

江種伸之（和歌山大学）ほか

土壤地下水対策に再生可能エネルギーを取り入れる取り組みが注目されている。本発表では、岩手・青森県境不法投棄現場での原位置浄化について、太陽光発電を行った場合の効果について報告された。

7. PFAS汚染土壤・地下水の原位置土壤洗浄の適用可能性に関する検討

日野良太（大林組）ほか

土壤に吸着したPFASを地下水の流れを管理して地下水へ移行・回収することで地盤を浄化できる原位置土壤洗浄の適用可能性を検討した室内試験結果について報告された。

8. PFAS汚染地下水の揚水処理対策への粉末活性炭添着フィルターの適用に関する基礎検討

中島 誠（国際航業）ほか

高濃度PFAS汚染地下水の粉末活性炭添着フィルターを用いた浄化技術の確立のための基礎検討として、異なるpHでの吸着平衡試験や通水試験結果等が報告された。

9. プリーツフィルター・機能性粉体法を用いた沖縄の湧き水PFAS汚染浄化

山内 仁（流機エンジニアリング）ほか

環境省低コスト・低負荷型土壤汚染調査対策技術検討調査の対象技術に選定されたプリーツフィルターに粉末活性炭を添着させた、PFAS汚染地下水浄化装置の処理原理や室内試験結果や、沖縄での浄化経過が報告された。

10. 表層土壤汚染物質のリスク評価と持続可能性に向けた管理手法の検討

小林 剛（横浜国立大学）ほか

大気からの鉛沈着による表層土壤汚染状況を把握するとともに、掘削深度により残存する健康リスクと対策手法毎の環境・経済・社会への影響とを把握して、持続可能な表層土壤汚染地の管理手法の検討結果が報告された。

11. 福島県伊達市における空間線量率を用いた長期リスク評価と住民とのリスクコミュニケーション

藤長愛一郎（大阪産業大学）ほか

福島第一原子力発電所事故後、10年間に亘る伊達市での空間線量率測定と将来予測により長期被ばく線量を試算するとともに、住民インタビューにより、リスクコミュニケーションに必要な要素の検討結果が報告された。さいごに

今回は未規制物質PFASへの関心の高さがうかがえた。また土対法改正に向けた動きもあり、今後も議論を深めていきたい。次の研究集会は、来年6月に山形県で開催され、皆様の参画を期待したい。

（横浜国立大学 小林 剛）

水環境と薬剤耐性：ワンヘルスアプローチの現在地

水中の健康関連微生物研究委員会

昨年4月に水質環境基準における衛生指標微生物が大腸菌群数から大腸菌数に切り替わり、排水基準においても同様の検討が行われている。昨年度のシンポジウムでは、大腸菌の指標性や活用方法、大腸菌を補完する新たな指標微生物の導入等を中心に議論し、その中で、薬剤耐性菌・耐性遺伝子に対しても今後検討が必要であるとの意見も出された。そこで、今年度のシンポジウムのテーマを「水環境と薬剤耐性：ワンヘルスアプローチの現在地」と設定し、薬剤耐性に関する最新の研究成果を共有することを目的としたセッションを企画した。

4年ぶりの対面のみでの開催となったシンポジウムには、50名以上の参加があり、質問も多くなされる活発なセッションとなった。以下に各セッションの概要を発表題目および発表者名とともに示す。13件の発表のうち8件が薬剤耐性に関連するものであり、最新の研究成果が発表される場となった。

第1セッションでは、研究委員会委員長である片山浩之教授（東京大）による趣旨説明に続き、薬剤耐性に関する5件の研究発表が行われた。

①水環境における薬剤耐性菌の発生源と挙動解明の試み
～水環境中の薬剤耐性菌はどこからやってくるのか？～
清 和成（北里大）

②都市河川における薬剤耐性遺伝子叢の動態と雨天時下水越流水の影響
本多 了（金沢大）

③東北地方の一級河川から単離したESBL産生大腸菌の時空間分布
西山正晃（山形大）

④下水処理プロセスにおける大腸菌群の菌叢と薬剤耐性プロファイルの変化
津田康平（宮崎大）

⑤下水処理過程におけるファージを利用した薬剤耐性菌の制御手法の開発
李 善太（八戸高専）

①では、病院排水と下水処理場、河川水から得た分離株に対して薬剤感受性試験を実施し、河川水中の薬剤耐性菌の発生源として、下水以外の畜産排水等の影響を評価することの重要性が紹介された。②では、河川水中の薬剤耐性遺伝子の動態に雨天時越流水が強く影響していることが報告された。③では、東北地方の8つの河川における基質特異性拡張型βラクタマーゼ（ESBL）産生大腸菌の存在実態が調査されており、④でも下水処理場の流入水と処理水からESBL産生大腸菌を検出したことが報告された。⑤では、下水中の多剤耐性大腸菌の除去に大腸菌ファージの利用を試みた結果が示された。

第2セッションでは、薬剤耐性に関する発表3件を含む5件の研究発表が行われた。

- ⑥COPMAN法を用いた下水中薬剤耐性遺伝子の検出
黒板智博（AdvanSentinel）
- ⑦Prevalence and characteristics of extended spectrum beta-lactamase-producing *Escherichia coli* in sewage collected at manholes
Yu Tang（京都大）
- ⑧河岸のイネ科植物がビーチの細菌汚染源である可能性に関する調査研究
西村恵美（宮崎大／いであ）
- ⑨細菌・ウィルス・動物DNA濃縮手法としての中空系限外ろ過膜法およびシリジン式精密ろ過膜法の比較
高松由樹（富山県大）

- ⑩F特異RNAファージ野生株の表面特性および凝集膜ろ過処理への影響
安井 碧（京都大）

⑥では下水処理場でのESBL耐性遺伝子の存在実態と除去率、⑦ではマンホールから採取した下水からESBL耐性大腸菌の存在実態を調査した結果が報告された。⑧では、海岸漂着物における大腸菌群や腸球菌の汚染実態が調査され、薬剤耐性を有する大腸菌群の検出も報告された。⑨では、多種類の微生物遺伝子を濃縮・検出する際の反応効率等を詳細に検討した結果が紹介された。⑩では、大腸菌ファージ野生株の表面特性を測定し、凝集膜ろ過による除去率への影響を評価した結果が報告された。

第3セッションでは、下水疫学調査に関する3件の研究発表が行われた。

- ⑪病院トイレ排水中における新型コロナウイルスおよび他の病原ウイルスのモニタリング
平井聰一郎（山梨大）

- ⑫高感度ウイルス検出技術EPISENS-M法を用いた週定期調査による下水バンкиングの概念実証
北島正章（北海道大）

- ⑬新型コロナウイルス感染症の流行予測モデルの構築
飯塚勇仁（東北大）

⑪および⑫では、新型コロナウイルス感染症以外の感染症に対する下水疫学調査の有効性が評価されており、⑪では病院のトイレ排水、⑫では下水処理場流入水を対象に、新型コロナウイルスやインフルエンザウイルス等の呼吸器系ウイルスや、ノロウイルス等の腸管系ウイルスを長期間にわたって測定した結果が報告された。⑬では、症状等に関するキーワード検索データを組み入れることで、下水中の新型コロナウイルス濃度から感染者数を推定するモデルの予測精度が向上したことが報告された。

最後に、片山教授の進行により、水環境中の薬剤耐性研究の重要性や今後の方向性について参加者同士の意見交換を行った。

（山梨大学 原本英司）

湿地・沿岸域研究の最前線と大阪湾のいま

湿地・沿岸域研究委員会

本セッションは特別講演1題、一般発表8題の計9題の講演・発表が対面形式で行われた。聴講者数が最大で45名程度と盛況の中、活発な討議が進められた。

特別講演として、大阪府立環境農林水産総合研究所の相子伸之氏に「大阪府域における生物多様性とその保全」と題してご講演をいただいた。生物多様性の意味や保全する意義、さらには国内外の状況などを分かりやすくご紹介いただいた。さらに、大阪府における生物多様性の現状や、イタセンパラを対象とした先進的な取り組みなど、興味深い事例の紹介が続いた。本講演を通して、生物多様性に対する理解が深まったとともに、生物多様性保全に対する、湿地・沿岸域の重要性が再確認できたと感じている。

佐藤（千葉工大）らによる「マイクロコズムWET試験による谷津干潟におけるグリーンタイドの季節的影響の解析評価」では、腐敗したアオサが干潟生態系に与える影響を明らかにすることを目的としたマイクロコズムWET試験の結果が報告された。腐敗アオサ溶出液の添加によりマイクロコズム内の生物量が減少し、干潟生態系に負の影響を与える可能性を示した。

浅岡（広島大）らによる「嫌気性消化液タブレットを用いた藻類の増殖試験」では、貧栄養化によって生産性の低下した海域に対して、嫌気性消化液を原料としたタブレットによって栄養塩を供給することを目的とした研究が報告された。消化液タブレットから徐々に水中に栄養塩が供給されること、消化液タブレットの施用によりワカメなどの一次生産者の生産量が増加することが示された。

西田（有明高専）らによる「気仙沼湿地水と周辺河川水及び汽水域海水中的鉄濃度の関係性」では、東北地方太平洋沖地震によって形成された宮城県気仙沼市舞根湾の塩性湿地および周辺河川を対象とした鉄濃度モニタリングの結果が報告された。干満によって鉄濃度が変動することを示すとともに、鉄供給源となっている地点について考察した。

藤林（九州大）らによる「今津干潟に対する溶存態ケイ素負荷量と珪藻の群集構造の変化」では、福岡県今津干潟を対象として、陸域からの溶存態ケイ素の供給量の歴史的変遷が干潟の珪藻群集構造に与える影響について報告された。陸域でダムの運用が開始された年代を境に、溶存態ケイ素供給量が減少するとともに、珪藻の多様性が低下したことがコアサンプルを対象とした解析から示された。

坂口（千葉工大）らによる「二枚貝および巻貝におけるマイクロプラスチック摂食と水質浄化能に及ぼす影響」では、マイクロプラスチックの取り込みが貝類の水質浄化能に与える影響について検討した室内実験の結果が報告された。マイクロプラスチックを添加することでヤマトシジミの水質浄化能が低下することが示された。

下ヶ橋（駿啓大）らによる「黒瀬川から広湾に流入す

る微小粒子挙動の可視化」では、瀬戸内海を対象として、黒瀬川から流入するマイクロプラスチックの挙動をシミュレーションした結果が報告された。マイクロプラスチックの挙動を可視化することに成功し、今後はシミュレーションモデルを精緻化し、汚染のホットスポットの特定を目指すことが紹介された。

田中（京都大）らによる「日本海溝における底質柱状試料中の微小マイクロプラスチックの存在実態調査」では、日本海溝で採取した底質柱状試料におけるマイクロプラスチックの存在実態について報告された。試料からはポリプロピレン、ポリエチレンなどのマイクロプラスチックが多数検出され、水深約8,000mの海底にもマイクロプラスチックが存在していることが明らかとなった。

Li（京都大）らによる「Spreading of antibiotic resistance genes in surface seawater and plastics of the semi-enclosed Osaka bay」では、大阪湾を対象として、マイクロプラスチックと薬剤耐性遺伝子との関係を調べた調査結果が報告された。マイクロプラスチックがあることで、薬剤耐性遺伝子の拡散が促進される可能性を示した。

セッション後、大阪府立環境農林水産総合研究所生物多様性センターにおいて見学会を開催した。特別講演講師の相子氏にガイドをご担当いただき、センターの概要について映像資料を交えながら解説していただいた。センターは館内の水槽やポスター、敷地内のビオトープなど展示がたいへん充実している。例えば、館内の水槽ではイタセンパラをはじめとする大阪府内に生息するさまざまな魚類や水生生物が飼育されており、参加者は興味深い様子で観察していた。また、帰り際には特別講演でも紹介された淀川のワンド群を見学した。土手から見下ろすと、大規模なワンドがいくつも連続して存在しており、圧巻な風景であった（写真1）。特別講演では、淀川は純淡水魚類の生息数が全国第一位であることや、ワンドの生物多様性に果たす役割について説明があったが、広大なワンドを目の当たりにすると、さもありなんと思われる所以であった。特別講演の内容と連動した見学会となり、参加者にも好評であった。（九州大学 藤林 恵）



写真1 土手から眺める淀川のワンド群。本川は林の向こう側を流れている。

流域物質動態の解明につながるデータサイエンス

流域物質動態とノンポイントソース研究委員会

昨今、AIや機械学習などが流域物質動態の解析でも応用されつつある。本セッションでは、標記のタイトルでビッグデータ等を用いた物質動態に関する研究事例の紹介を行った。さらに従来のノンポイントソースからの負荷流出や流域の物質動態に関して得られたデータの活用・解釈手法についても議論した。

セッションは2部構成で行われた。前半では基調講演1件と一般発表2件の計3件、後半は一般発表4件であったが、うち1件は諸事情により誌上発表となった。さらに、委員間での研究情報共有を目的としたプロジェクト紹介も昨年同様に実施した。参加者は45名とコロナ前の活気が戻ってきたように思われた。

1. 【基調講演】沿岸生態系のデータサイエンスプロセスモデルの変遷と確率モデルの展望— (相馬明郎 (大阪公大院))

閉鎖性水域を対象とした数理モデリングに関する基調講演が行われた。環境問題に関する解析手法の変遷の解説があり、環境情報量の増大、PCリソースの進化により、膨大なデータを駆使して物質の環境動態が可能になったことが紹介された。これまで物理・化学過程のモーデリングが主流であったが、社会の注目度の変化とともに、生態系モデルが取り組まれるようになったこと、さらに、未知の挙動がデータサイエンスを用いた研究から予測され、また実証されたことが発表された。

2. 食物連鎖モデルを用いた播磨灘北部沿岸域・中央南部域の植物プランクトンの種別差による水質への影響評価 (古賀佑太郎 (兵庫県・環研セ) ほか)

瀬戸内海（播磨灘が主対象）での「豊かな海」の創造に向けた栄養塩類管理を念頭に、各種プランクトンがどの程度窒素を取り込むか、さらに窒素流入が増大した場合プランクトンから魚類を含む生態系にどのような影響があるかについて、食物連鎖モデルを用いた予測シミュレーションが紹介された。その結果、植物プランクトンの種類を考慮してパラメータ設定を行うことで、良好な再現性が得られること、植物プランクトン種によって生態系に与える影響が異なることが紹介された。

3. 流域における有機化合物のシリコモデルアプローチ～データマイニング、パラメータ予測、運命モデル (小松英司 (明治大))

多数の新規化学物質のリスク評価において多くの試験等が課せられ、マンパワーでは全く追いつかない現状から、ハイスクループットな化学物質管理が求められている。当該管理を行う際に必要となるデータサイエンス（測定技術、バイオインフォマティック、構造活性相関、数理モデルなど）の概要についての説明とともに、これらの技術を統合的に用いるために機械学習、汎用分散処理などの先端的な技術の取得ならびに体系化、そして、この分野に関わる人材の育成・確保が大切であるとの指摘がなされた。

4. 公表資料・データと自前調査の結合－酸性雨データと

溪流水質および社会・工業統計資料と大規模流域水質収支による原単位推定—（海老瀬潜一（元 摂南大））
物質の負荷流出過程に関する自前データと、他の研究事例や公表資料を統合的に解析した事例が紹介された。発表者が実施した長期間の調査と公表されている統計資料から、物質（ここでは、C1⁻）の原単位の推定ができるとの説明があった。また、環境省や全国環境研究所の資料から、流域への物質負荷量の推定が可能であるとの説明があった。総じて、既存の資料を駆使したデータマイニングはノンポイントソース研究において有用で、かつ新たな研究展開の可能性が示唆された。

5. 低頻度観測データから期間流出負荷量を推定するための水文諸量データ解析プロコトルの提案 (原田茂樹 (福島大))

低頻度（月一度程度）のサンプリングに基づく河川の流出負荷量の算定方法、先行降雨量と流量の関係式の成立可能性が述べられた。対象河川では指数型LQ式の係数bが1の近傍にあるため、『期間内総流出負荷量』が『期間平均流量』によって精度よく推定できる可能性が乱数発生によるセンシティビティテストにより示された。さらに期間平均流量を瞬間流量により代替できる潜在性も示された。他の河川負荷量推定精度は示されたプロトコルにより確認でき、サンプリング頻度の推奨値も検討できる。

6. 精密質量分析計を用いた河川水中溶存有機物の起源推定の試み (石井淑大 (国交省・国総研) ほか)

水道原水中には溶存有機物(DOM)が含まれており、有害なものも存在する。そのため、DOMの分布形態とその動態を把握することが必要である。浄水処理のモニタリングにおいてとくに注目すべきDOMを選定するために、高分解能な質量分析計によって網羅的にDOMを分析、またデータを解析した事例が紹介された。発生源(自然由来、人工由来)、除去率などの観点から、原水中に含まれる1,000～2,000種のDOMの中で、とくに注目すべきDOMが27種に絞られた解析事例が紹介された。

7. 人工衛星データと機械学習を用いた内湾湖沼表層のプラスチックパッチ検出ソフトの開発 (亀田豊 (千葉工業大) ほか)

光学衛星Sentinel-2のデータを用いて、湾内などの水域における大型プラスチックの集合体を、専門外の人間でも活用・検出できるソフトウェアの開発に関する報告と、大阪湾ならびに琵琶湖での当該ソフト適用事例がなされた。プラスチックの実地調査データがないため、精度評価を行うことはできなかったが、視覚的にプラスチックの存在を知ることができるために、排出量(源)の推定やプラスチック排出削減の施策を構築する一助になることが期待された。（誌上発表）

8. 委員からの研究プロジェクト紹介

各委員の研究プロジェクト（計5名）の紹介がなされた。お互いに研究内容の情報を共有できた。

（大阪公立大学 櫻井伸治）

シン・膜口力～膜の進化と新展開～

膜を利用した水処理技術研究委員会

セッション前半は膜メーカー4社から膜の進化に関する発表と、3件の膜の新展開に関する研究事例の紹介を行った。後半の初めは、特別講演／膜ろ過アーカイブ（中尾先生）、その後、膜を取り巻く環境の新展開に関する発表として、国土交通省および東京都よりご講演をいただいた。

1. 口頭発表①

座長：安中祐子（西原環境）

1-1 「シミュレーションによる膜面ファウリング状態把握および薬液洗浄でのMBRファウリング抑制技術」 宮川紗奈（東レ）

独自のMBRシミュレーションを活用して、通常は困難な膜のファウリング状態を把握できることを確認した。さらに、薬液洗浄回復性予測式を構築し、MBRシミュレーションで把握したファウリング状態に合わせ、薬液洗浄効果を予測したうえで薬洗条件が決定可能となった。

1-2 「高濁度対応膜モジュールを用いた膜ろ過技術」 宮川直樹（クラレ）

洗浄性を高めるために膜モジュール中心部より洗浄エアを供給できる「導水管構造」と、中空糸膜の端部を1本ずつ個別に封止した「片端フリー構造」の2つの特徴を持つ膜モジュールを開発した。本膜モジュールは濁度濃度400 mg L⁻¹での安定運転が可能であり、従来と比較し濁度耐性が約10倍向上した。

1-3 「水処理用膜の高性能化と非塩素系の膜洗浄薬剤」 五條 豊（旭化成）

独自のTIPS法によるPVDF膜の改良を行い、透水性能20~30%の向上を達成した。また、非塩素系の膜洗浄剤を開発し、従来の次亜塩素酸ナトリウムおよび酸による洗浄と同等の効果が得られることを確認した。

1-4 「ダイレクトナノ濾過とその応用」 桂 常敦（NXフィルトレーション）

スパイクル膜の弱点である高濁度原水への対応を目的に中空糸ナノ濾過膜を開発した。中空糸膜は濁質への許容度が相対的に高く、一定範囲の濁質である限りストレーナー程度の前処理で使用可能である。スパイクル型に比べコスト競争力を向上させる可能性を有している。

2. 口頭発表②

座長：須田康司（水 ing エンジ）

2-1 「残留塩素等のセンサー技術について」 川上雅之（オルガノ）

残留塩素濃度測定を例に、測定方式の違いによる水質

を自動測定する装置の運用と課題について検討を行った。計測技術の進歩により様々な環境で簡易に導入可能な水質計の開発が望まれる。

2-2 「嫌気性MBR法によるメタン発酵の効率化」

李 玉友（東北大院）

低濃度排水である都市下水を対象とした嫌気性MBRのパイロット実験を実施した。結果としてCOD除去率90%以上、BOD除去率95%以上、バイオガス発生量は0.1 L L⁻¹原水を得た。嫌気性MBRによる都市下水処理の可能性が示された。

2-3 「正浸透膜法を利用した有用物質の濃縮プロセスに関する検討」 松岡 淳（神戸大）

FO膜を用いた生物処理後の実排水からのアンモニア濃縮について検討を行った。FO膜においては透水性とアンモニア阻止性の間にトレードオフの関係が確認された。結果として、透水性の高い膜がアンモニア濃縮プロセスには有利であることが確認された。

3. 特別講演／膜ろ過アーカイブ

座長：大熊那夫紀（造水促進セ）

「膜ファウリング研究を振り返って」

中尾真一（工学院大・東京大）

49年間取り組んできた膜の研究のうち、膜ファウリングに関する内容に絞ってご紹介をいただいた。

4. 口頭発表③

座長：山村 寛（中央大）

4-1 「下水道における技術開発と上下水道一体化に向けて」 工藤 真（国交省・下水道部）

従来からのB-DASHおよび応用研究に加え、上下水道科学的研究費を創設し、上下水道一体となった技術開発を推進していく。膜技術については、分散型処理・個別給水、災害時の水処理・給水など、上下水道連動した課題解決に寄与する技術と考えられる。

4-2 「東京都下水道局における地球温暖化対策の取組」

宗吉 統（東京都・下水道）

東京都では下水道事業における温暖化防止計画として今年度、アースプラン2023を策定した。2030年カーボンハーフに向けて、徹底した省エネ、再生可能エネルギーの活用を継続して推進していく。2050年のゼロエミッションに向けたビジョンとしては、革新的技術の採用や下水道資源を活用した社会への貢献を描いている。

（メタウォーター（株） 大和信大）

紫外線を用いた水処理技術の最前線

紫外線を利用した水処理技術研究委員会

紫外線を用いた水処理技術は、浄水場におけるクリプトスピリジウム対策だけでなく、様々な場面で活用されている。小型化され小規模な浄水場や蛇口での消毒に用いられたり、下水処理場において塩素消毒の代替として使用されたりするほか、微量な有機物の除去にも活用されている。今回のシンポジウムでは、紫外線消毒の普及状況をまとめるとともに、単なる消毒に留まらない、紫外線を用いた水処理技術の最前線について、合計9件の発表が行われ活発なディスカッションが展開された。以下にその概要を記す。

1. 「紫外線を用いた水処理技術に関する総論」

大瀧雅寛（お茶の水女子大学）

紫外線による水処理では消毒目的が主なものだが、酸化剤との併用による促進酸化処理も海外での実用例が増えたなど、使用法の多様性が増している。紫外線用途における課題点を挙げつつ、今後どのような研究が必要になるのか考えた。

2. 「水道における紫外線照射装置の認定審査の概要及び装置の導入状況」 渡部太士（水道技術研究センター）

2007年、厚生労働省は水道水におけるクリプトスピリジウム等の耐塩素性病原性生物対策としての紫外線処理を位置づけ、2019年にはその適用となる原水を地表水まで拡大した。

水道技術研究センター（以降、「JWRC」）は紫外線照射装置の認定業務を行っており、その審査基準もこの適用拡大に対応した改訂を行った。この審査の概要を解説した。

また、JWRCは日本紫外線水処理技術協会（JUVA）の協力のもと、全国の紫外線処理装置の導入状況を調査しており、その最新の結果について発表した。加えて、ヒアリング調査した導入事例を紹介した。

3. 「下水処理場における紫外線消毒の活用」

出口憲一郎（千代田工販）

大腸菌群数は糞便汚染の指標として古くから用いられてきた水質項目であるが、より指標性に優れた大腸菌の簡便な培養技術が確立したことから、2004年4月に水道水質基準、2021年4月に生活環境項目環境基準がいずれも大腸菌に変更された。このため現在、排水基準についても見直しが求められており、大腸菌数 800 CFU mL^{-1} 以下を基準値案として2024年4月施行を目指した検討が進められている。そこで、大腸菌群から大腸菌への基準変更の観点から、下水処理における紫外線消毒の動向や課題および展望について紹介した。

4. 「小規模水施設におけるUV-LED消毒装置の多地点実証」 小熊久美子（東京大学）

UV-LEDを光源とする水の消毒について、実験室での基礎研究が盛んに行われる一方、実装が期待される現場での長期連続運転による実証的研究は極めて乏しい。小型、長寿命、無水銀、維持管理が容易などの特徴を踏まえれば、UV-LEDは遠隔地などに点在する小規模な水処理施設に適した技術と期待される。そこで、国内3ヵ所

の小規模水処理施設において1年超の長期にわたりUV-LED消毒装置を実証した。本研究により、小規模分散型の水消毒技術としてUV-LED処理の有効性が示された。複数の小規模水施設でUV-LED処理の実装に至った。

5. 「紫外線水処理装置の開発状況」

志賀淳一（メタウォーター）

LED光源を使用した上水道向けの紫外線水処理装置の開発状況について、その概要と事例を報告した。LED光源の装置は水銀代替技術として実用化はされつつあるが、先に述べたように大容量化が不十分な状況である。大容量の装置になるほど、使用するLEDの数が増えるため、LEDのコストが占める割合が大きくなることが理由の一つである。装置の大容量化のためには、さらなるLEDの高出力化や低コスト化が必要である。

6. 「紫外線処理を活用した有機物分解と純水精製」

山越裕司（日本フォトサイエンス）

水処理における紫外線処理は、微生物の不活化だけではなく、水中の溶存有機物分解が可能であることが知られている。いわゆる、促進酸化処理（AOP, Advanced Oxidation process）である。この技術が実際の水処理プラントで使用されるケースは少ない。しかしながら、すでに使用されている実例がある。ここでは、この実例について紹介した。

7. 「多剤耐性大腸菌の紫外線照射における不活化と光回復特性」 安井宣仁（近畿大学工業高等専門学校）

近年、開発および市場規模が拡大している深紫外LEDに着目し、下水より単離した多剤耐性大腸菌の深紫外LED照射における不活化と光回復特性を把握し、水処理への深紫外LED照射の適用可能性を検討するためのデータを提供することを目的に実験を行った。

8. 「下水の飲用再利用に対する促進酸化処理：殺菌と化学物質分解」 藤岡貴浩（長崎大学）

下水を高度に再生して水道水源として活用する飲用再利用では、再生水の化学的および微生物学的安全性を同時に保証するため、過酸化水素添加と紫外線照射を組み合わせた促進酸化処理が高度下水処理の最終工程として必ず導入されている。本発表では、その半定量的リスク管理と異なる波長の紫外線を用いるメリット・デメリットを解説するとともに、発表者が試みている新しい手法の結果を報告した。

9. 「調光制御機能を有する紫外線照射装置におけるUVランプ交換時期検討」

小林伸次（東芝インフラシステムズ）

UV照射装置の調光制御による紫外線維持率の変化を工場内試験で実測検証した結果と合わせて、実機場で運用した状況例について報告した。調光制御によりランプ入力を下げると、電力の省エネの効果だけでなく紫外線維持率の低下も抑制されランプの交換周期も伸びることを報告した。

（メタウォーター 志賀淳一）

持続可能な社会に向けた水処理・資源回収技術

産業排水の処理・回収技術研究委員会

本研究委員会では、持続可能な社会の実現に貢献する技術開発事例の紹介を中心に、2件の招待講演と8件の一般講演を行った。以下に各講演の概要を紹介する。

1. 招待講演

大阪ガス（株）の坪田氏には、「e-methane 製造技術の開発－バイオメタネーションを中心に－」と題して、熱エネルギー分野での脱炭素化の課題に対応する、CO₂とグリーン水素等を原料としてe-methaneを製造するメタネーション技術について紹介いただいた。下水汚泥消化槽に外部から水素供給してバイオガス中のCO₂をe-methane化するバイオメタネーションの取り組み（国土交通省下水道応用研究）やバイオプラスチックのメタン発酵など、将来の実装に向けた精力的な活動事例を紹介いただいた。

中央大学の山村氏には、「持続可能な微細藻類培養に向けた藻回収、CO₂供給、培地再利用技術」と題して、ユーグレナを用いたプロジェクトを中心に、背景、適用技術、現状の課題について紹介いただいた。CO₂削減、資源活用として微細藻類由来のバイオマス燃料が注目されているが、2030年、さらにその先の実用化を見据えて長期的な視点で研究に取り組まれており、中空糸膜を用いた培養液からの藻類分離のコスト低減、ユーグレナ培地中に含まれる増殖阻害成分の化学構造特定結果、ガス透過膜を用いたCO₂供給効率の改善について解説いただいた。

2. 一般講演

広島大学の後藤氏には、「塩基性高分子ゲル固定化亜硝酸菌による部分硝化反応の促進」と題して、イオン性高分子であるDMAPAAとDMAPAA-Qから合成した多孔質ゲル担体を用いた硝化菌の固定化培養法をご紹介いただいた。3級アミンおよび4級アミンを有するイオン性高分子ゲルを担体として用いることで、AOB（アンモニア酸化細菌）に対してNOB（亜硝酸酸化細菌）の増殖を抑制し、部分硝化を達成できた。

水 ing（株）の高橋氏には、「嫌気性アンモニア酸化法を用いた実機浸出水処理の紹介」と題して、管理型産業廃棄物処分場にて2018年から稼働中の2槽型嫌気性アンモニア酸化プロセスについて、施設概要と処理経過を紹介いただいた。平均NH₄-N濃度107 mgN L⁻¹ (36~203 mgN L⁻¹)と一般的に制御が難しいとされる低濃度の原水に対し、最低21℃と至適域より低い水温条件にもなる中で3年以上にわたり、良好な処理を維持できた。

東芝インフラシステムズ（株）の出氏には、「凝集速度を指標とした攪拌状態の定量評価（IV）」と題して、開発中の管型凝集装置の設計に有効な攪拌指標として提案した、装置内のせん断速度の時間積分値であらわされる“攪拌力”的有効性について紹介いただいた。実際の基板製造排水に対してジャーテストで求めた凝集に必要な攪拌力を基に、CFD解析により管型凝集装置で必要な回転数

を求める。その回転数で管型凝集および固液分離からなる通水試験を行ったところ、清澄な処理水が得られたことから、攪拌力が管型凝集装置の攪拌指標として有効であることが示された。

（株）日立プラントサービスの八幡氏には、「AIを活用した水処理設備の異常予兆監視システム」と題して、膜分離活性汚泥処理の重要指標である膜間差圧を対象とした、AIによる異常予兆監視について紹介いただいた。本システムでは、ホーリング理論を用いた閾値判定に熟練者判定を組み合わせることで、誤報率を12.4%から4%に改善し、正解率96.5%，失報率0%，事前検知時間7.0時間に相当する性能を得ることができた。

栗田工業（株）の落合氏には、「最新の水リサイクル技術」と題して、自社で開発した有機ファウリング防止剤の効果について紹介いただいた。排水回収システムで広く活用されている逆浸透膜装置（RO）の安定稼働を阻害する要因として、有機物ファウリングは約50%を占める。電子産業プロセス工場排水に対し、凝集ろ過処理の後、本防止剤を添加してROを運転したところ、0.7 m d⁻¹のFluxで安定運転することができた。

住友重機械工業（株）の清川氏には、「嫌気排水処理からのエネルギー・物質回収技術」と題して、メタン発酵処理水を対象に、燃料電池を応用した技術による硫化水素の除去について紹介いただいた。メタン発酵処理水中の硫化水素が直接電極と反応して電力出力が得られ、供給した硫化水素濃度に応じて出力の増加が確認された。長期試験では硫化水素の硫黄結晶への変換が確認され、発電とともに硫黄回収の可能性が見出された。

（株）オルガノの若山氏には、「OARO法による排水中の硫酸アンモニウム濃縮回収システム」について紹介いただいた。OARO (Osmotically Assisted Reverse Osmosis)法とは、逆浸透膜の2次側にも1次側と同程度の濃度の溶液を通水し、1次側と2次側の浸透圧差を小さく抑えることで、従来の逆浸透膜法では困難であった有価物の高濃度濃縮が可能な膜濃縮法である。安定稼働の課題はシリカによるスケール生成であったが、実証プラントにおいて、UF膜とNF膜での前処理によりシリカスケールを抑制しながら、硫酸アンモニウム濃度を25%まで濃縮することができた。

メタウォーター（株）の堀野氏には、「スポンジ担体を用いた下水由来微細藻類の培養・回収手法とエネルギー生産に関する検討」について紹介いただいた。下水で微細藻類を培養してバイオ燃料に転換する研究が進められているが、プロセスのコスト高が課題となっている。培養槽にスポンジ担体を投入することで、短いHRTでも微細藻類を系内に維持できることに加え、浮遊している微細藻類の沈降性も向上することが確認された。本結果より、エネルギー生産性が担体なしの場合より2.5倍に高まることが示唆された。

（栗田工業（株） 小松和也）

環境エンジニアリングにおける電気化学的技術

電気化学的技術研究委員会

電気化学的技術研究委員会のシンポジウムでは、特別講演1件、その他7件の計8件の発表が行われた。公募は1件であり、それぞれの概要は以下のようであった。

(1) 特別講演：ビオロゲン共存下の亜セレン酸電極還元反応とセレン除去・回収への展開

今林慎一郎（芝浦工大・工）

ビオロゲン (V^{2+}) をメディエーターとする亜セレン酸の電極還元について、そのメカニズムと応用の可能性が総括的に論じられた。電解処理では、作用極にグラッシャーカーボンまたはカーボンフェルト、対極に白金黒線、参照極に Ag/AgCl (飽和 KCl) が使用された。数種のビオロゲン誘導体がメディエーターとなり得るが、メチルビオロゲン (MV^{2+}) とリン酸緩衝液を用いた回分操作では、亜セレン酸濃度 1.0, 10 mmol dm⁻³ で除去率・回収率共に 95~100% となった。連続操作でも同等の除去率が得られたが、流速の増大とともにセルからの流出により回収率は低下した。硫酸ナトリウム溶液を用いた場合でも、亜セレン酸の自己緩衝作用により、pH 上昇による不活性な SeO_3^{2-} の生成が抑制され、電解処理が可能であった。

(2) オゾンと電解を組み合わせた促進酸化法によるジクロフェナクの無機化特性

井関正博（東邦大・理）ほか

医薬品のジクロフェナクを対象に、電解酸化法や電解ペルオキソソ法に対するオゾン併用の効果が検証された。ジクロフェナク濃度 100 mg L⁻¹ の 0.1 M NaClO₄ 溶液 1 L を 300 min 回分処理した結果、電解ペルオキソソ法はオゾンなしでも無機化速度が速く、オゾン併用の効果は見られなかつたが、陽極 BDD (陰極 Pt, GC) の電解酸化法に対しては、オゾン曝気により最終的な無機化率が最も高くなつた。

(3) ペルフルオロオクタン酸の多孔性錯体結晶による吸着とその後の電解酸化による濃縮分解

井関正博（東邦大・理）ほか

ペルフルオロオクタン酸 (PFOA) の電気分解を目的として、多孔性錯体結晶の吸着剤 ZIF-8 または UiO-66 を用いた濃縮効果が検討された。PFOA 溶液 100 mg L⁻¹, Na₂SO₄ 電解質 5 mM, 陽極 BDD, 陰極 Pt, 電流密度 40 mA cm⁻² の条件で回分処理した結果、ZIF-8 は 90% 以上、UiO-66 は 60% 以上の吸着が可能であり、PFOA の分解が確認されたが、吸着剤の分解にもエネルギーが消費されていることが分かった。

(4) 高濃度有機廃液からの抗生物質除去のための電気化学凝集における鉄溶出手法の検討

鈴木崇矢（神戸大院・農）ほか

プレート状鉄電極を用いたオキシテトラサイクリン (OTC) の電気化学凝集において、鉄イオンの電極からの拡散方法が検討された。実廃水を希釀して調製された OTC 溶液 0.2 mM を循環しながら、電極間への返送方向

を変えて回分処理した結果、液面上部より下向きに返送する方法は、溶液内部で水平方向に返送する方法よりも除去率が低下し、拡散方向または溶存酸素の影響が示唆された。

(5) 堆積物微生物燃料電池における多種イオンの挙動に関する研究

松木昌也（福岡県・保環研）ほか

堆積物微生物燃料電池における間隙水および直上水のイオンの挙動が調べられた。実湖沼底質を用いて 148 日間実験した結果、電極反応による H⁺ の供給と消費により、pH は間隙水で低下し、直上水で上昇した。これにより、間隙水では Fe (金属) イオンの溶出と平衡関係に起因する HCO₃⁻ イオンの減少が生じ、電荷の偏りを補完するようにその他のイオンが移動したことが示唆された。

(6) 底質性状の違いによる堆積物微生物燃料電池の諸性能への影響について

窪田恵一（群馬大院・理工）ほか

底質性状が堆積物微生物燃料電池 (SMFC) の性能に与える影響を評価するため、二種類の底質を用いて SMFC の性能評価が行われた。窒素と鉄が多い底質で電位の上昇が早かつたが、より有機物の多かつた底質で長期の発電性能は高かった。SMFC の適用により DOC や DTN の減少が生じたが、易分解性成分が多い底質でその効果が高かつた。底質によって SMFC 適用時の窒素除去に寄与する微生物が大きく異なることが示唆された。

(7) 一体型電極モジュールの構成条件が窒素処理と発電性能へ及ぼす影響

渡邊智秀（群馬大院・理工）ほか

アノードとエアカソードがセパレータを介して重ねられた一体型電極モジュールから成る微生物燃料電池の窒素処理能および発電性能が検証された。アノードが事前に馴致されない場合の電力密度はほぼゼロとなり、事前馴致の有効性が示された。セパレータの開口率 20% では有機物の移動抵抗が減少して電力密度が最大となった。また、エアカソードの酸素透過能に相当する硝化速度が得られた。

(8) レジオネラ属菌を指標とした温浴施設循環式ろ過器の電解オゾン水による消毒方法の検討

小森正人（ヤマト・環技研）ほか

スーパー銭湯の循環式ろ過器に対して、レジオネラ属菌を指標とした電解オゾン水による消毒方法が検証された。ろ過器に対して、濃度 0.8~1.0 mg L⁻¹ の電解オゾン水をろ過器容量分、逆洗前に毎日供給したところ、浴槽水および逆洗水のレジオネラ属菌が継続して不検出となつた。

(9) 総合討論

座長：榎原豊（早稲田大院）

座長から、主な発表内容の課題等に関して登壇者へのヒアリングが行われ、まとめとして、電気化学的技術の課題や今後の方向性等が述べられた。

（株式会社ヤマト 小森正人）

島しょ域における水環境の現状・課題と対応

熱帯・亜熱帯地域水環境研究委員会

「島しょ域における水環境の現状・課題と対応」をテーマとするセッションを企画し、一般講演2題（第1部）、企画講演3題（第2部）による調査研究成果が紹介された。これらの研究事例を踏まえた多角的な観点からの総合討議が行われた。その概要を以下に報告する。

第1部（座長：中野拓治（琉球大学））

1. 島しょ・亜熱帯地域の沖縄における除湿水の有効活用とその展望（泉水 仁（琉球大学）ほか）

島しょ・亜熱帯地域である沖縄では、エアコンや除湿機がほぼ年中稼働しているが、そこから発生する除湿機排水（以下、「除湿水」）は「不潔」というイメージから廃棄されている。発表者らは除湿水の有効活用の可能性に着目し、水質・水量調査を通年で行った。その結果、沖縄において除湿水は、水道水に比べて著しく不純物量が少なく、精製した場合は蒸留水と同等以上の水質が得られることと、除湿水量は「ゼオライト式」に比べて「コンプレッサー式」が通年で優位であることが分かり、「隠れた水資源」として有用であることを見出した。除湿精製水は、蒸留水の代替として、琉球大学の科学実験等において活用されている。現在は中学・高校等の教育現場の経済的負担軽減と環境意識向上を目的に、簡易除湿水精製装置の導入・検証を実施中である。

2. 沖縄県における地下水・土壤汚染

（宮城俊彦（元沖縄県衛生環境研究所））

沖縄県および那覇市は水質汚濁防止法の規定に基づき、地下水の水質の常時監視を行っている。令和3年度の継続監視調査では、8地点中6地点で環境基準値を超えていた。沖縄県内の土壤の一部は粒子のサイズが小さいため、土壤汚染に係る環境基準の基準値を超過する事例が見られる。米軍施設返還跡地においてはいくつかの土壤等の環境汚染事例が見つかっている。復帰後の大規模な公共工事等による赤土等の流出は、沖縄県内で大きな社会問題となった。そのことに対応するため、沖縄県は平成6年に「沖縄県赤土等流出防止条例」を制定した。その後、「沖縄県赤土等流出防止対策基本計画」、「沖縄県赤土等流出防止対策行動計画」を策定し、種々の対策等を講じてきた。その結果、令和3年度の赤土等の流出量は平成5年度の5割以下まで削減された。

第2部（座長：宮城俊彦（元沖縄県衛生環境研究所））

3. 島しょ域における耕種農地からの窒素流出機序とその制御（中西康博（東京農業大学））

南西諸島に属するいくつかの島々を対象に実施された既往研究の成果をもとに、農畜産業（主に農地）に由来する活性窒素の流出メカニズムを、地形・地質的特徴、気象的特徴、ならびに農畜産業の特徴に照らして整理し、

またその制御法を論考した。南西諸島における農畜産業由来活性窒素の環境流出は、地形や気象などの自然条件とともに、農畜産業そのものの特徴的な構造や方式が大きく関与する。活性窒素の流出を抑制するには、第1に主要作物である栄養繁殖型作物の施肥効率を向上させること、第2に肉用牛が排せつするふん尿を徹底的に農地循環利用するためのシステムを構築することである。これらの対策が学究的提案に終始することなく的確に社会実装されるまで、産・官・民・学が一体となり努力を継続させることが重要である。

4. 島しょ域における水環境の現状・課題とサンゴ礁生態系保全（与論島を事例として）

（中野拓治（琉球大学）ほか）

与論島のサンゴの衰退には、海水温の上昇によるストレスに加え、土地利用変化にともなう地下水涵養量の減少や陸域の栄養塩の流出と礁池内での滞留、土砂流出と堆積によるサンゴ定着基盤の喪失、潮流速の低下・滞留と海水交換の減少、陸水pHの低下にともなう海水の酸性化等の関与が明らかになった。サトウキビ栽培の施肥窒素量を慣行の3割減としても、収量と品質には影響しないため、1960年代後半の窒素負荷水準（周辺海域の窒素濃度を75~80 μg L⁻¹以下）にすることで、サンゴへのストレスの軽減が可能である。礁池内での潮流速の改善と海水交換の促進を図り、流入栄養塩の滞留と土砂の堆積等による影響を少なくすることでサンゴの再生・回復につなげることが重要であり、サンゴ礁の生息環境のモニタリングを通じた包括的な対応策を講じることが求められる。

5. 与論島におけるサンゴ礁を取り巻く水環境改善への取り組み

（池田香菜（NPO 法人海の再生ネットワークよろん）ほか）

2017年～2020年、与論島は環境省の「サンゴ礁生態系保全行動計画2016-2020」のモデル地域に選定された。陸域に由来する赤土等の土砂・栄養塩等の対策の推進を図るため、環境省・与論町・地元住民・学識経験者と連携し、サンゴ礁生態系保全に向けた調査研究を行ってきた。調査から、大量の土砂が陸域から流出していることや、施肥した肥料がサトウキビ等の作物に吸収しきれず、地下水および表流水を通して海域へ窒素やリンなどの成分が流出していることが分かった。この結果を踏まえ、2023年から施行された与論町第六次総合振興計画にモデル事業の結果の一部が反映され、与論町はこれに沿ってヨロンの海再生事業の推進を進めているが、とくに陸域モニタリングについては現状手を付けられていない。今後、包括的なサンゴ礁保全対策を進めていくにあたり、更なる調査研究が求められる。

（元沖縄県衛生環境研究所 宮城俊彦）

農業・農産業の持続可能性に貢献する水環境研究とは

農産業に関する水・バイオマス循環技術研究委員会

本セッションでは、持続可能な施設園芸、農村地域での処理水・汚泥の有効利用、持続可能な農業と資源循環、昆虫の飼料化と水畜産業の持続可能性の4つのトピックを取り扱った。

カスケード型資源循環システムによる持続可能な施設園芸を目指して (藤原 拓氏, 京都大学)

施設園芸栽培の課題（重油代、人件費、農薬代などのコスト）や施設園芸の持続可能性についての解説があり、欧米で進む脱化石燃料だけでなく、クラウドを利用した作物の生理生体情報（光合成、蒸散、収穫時期など）の見える化や、カーボンニュートラル、農業廃棄物や養液培養排液活用と余剰窒素の回収などによる窒素循環、循環経済を念頭においたGreen transformation (GX) with IoP (Internet of Plants) プロジェクトの紹介があった。カスケード型資源循環システムによる農業地域の環境保全と価値創出の両立について、商品作物でないクリーニングクロップによる硝酸態窒素除去によって湛水時の水質汚濁の防止と温室効果ガス（亜酸化窒素）の排出抑制と、収穫されたクリーニングクロップからL-乳酸を回収できることが紹介された。カスケード型培養液システムでは、回転円板型促進酸化装置による殺菌と培養液循環の高効率化、排液利用による大型海藻類や微細藻類の培養と有用資源の回収技術の確立、さらに作物の養分吸収の見える化とそれに基づく肥培管理技術の開発により、今後クラウド上でさらなる営農支援が可能となる。

農村地域における処理水・汚泥利用の発展性と今後の研究の重要性 (治多伸介氏, 愛媛大学)

農業政策関連の近年の重要な動向としては、農林水産省による「みどりの食料システム戦略」の策定などがあり、輸入に頼っている窒素(N), リン(P), カリウム(K)などを補うため、国産肥料資源としての農業集落排水処理施設処理水（集落排水処理水）や汚泥の有効利用が望まれている。また、現場では、より高い安心・安全感のある処理水や汚泥利用に関する研究開発が求められており、医薬品類およびパーソナルケア製品(PPCPs)やマイクロプラスチック(MP)といった新興汚染物質についても、科学的な根拠を元にリスクを的確に評価し、その低減手法についても検討を進めておくことが重要である。集落排水処理水の研究事例では、水稻に対しては、窒素栄養過多にならない程度に窒素除去が行われている処理水であれば無希釀利用が可能であり、PPCPsやMPの悪影響も現時点では観察されていない。また、全国的に顕在化しつつある水田の硫黄や、畑地のホウ素の欠乏対策としても、処理水利用が有効であることが示された。本研究委員会で扱っている研究内容は、現在の農村地域のニーズに即した重要かつ必須なものであり、集落排水処理水や汚泥は単なる代替資源としてではなく、今後の食料安定供給・自給率向上などを支える農業の恒常的な基本資源としてより安全・安心、安価で容易に利用でき

る技術の開発、研究の推進が期待される。

持続可能な農業とこれからの資源循環

(林 岳氏, 農林水産政策研究所)

近年、農業分野でもSDGsが浸透し、農業経営者も農業生産活動から生じる環境問題や社会問題への対応が求められている。戦後は、食料と資材の供給が農業の役割であり、農業の機械化、土地改良、化学肥料や農薬の使用が進んできた。その後、余剰食料の発生、公害の深刻化などにより、1990年代以降は社会全体で環境と経済両立の本格化が進み、多くの産業では持続可能な発展の柱となる経済、環境、社会の中でも経済をベースに環境、社会の順で両立させる価値観の包含が進んできた。一方で、他産業に比べて、農業では経済をベースにしつつも、農業の多面的機能の概念から環境と一部の社会が先行、それに続く形で他の社会の価値観が包含されたことにより、農業はいち早く社会面に対して広範囲に適応してきたと言える。しかし、現在では、農村地域の高齢化、過疎化、後継者不足が深刻化し、機械化やスマート農業では補えないほど労働者不足が加速、COVID-19やウクライナ情勢による資材高騰などの予測困難な社会情勢と災害リスクなどが農業大規模化の妨げとなっている。今後、持続的な農業のためには、リスク回避として地域完結型の小さな資源循環の輪も準備し、グローバルな資源循環とあわせてローカルな資源循環を上手く活用することが肝要となる。

昆虫の飼料化利用と水畜産業の持続可能性

(瀬山智博氏, 大阪府立環境農林水産総合研究所)

近年、世界的な食料不足が深刻化している。今後30年で、世界人口が急激に増加することにより、さらに食料が不足し、2050年には150~160%の食料増産が必要になる見込みである。一方で、わが国では人口減少が進んでおり、世界的にみても食料輸出の市場として相対的に小さくなることで、より人口の多い地域への食料輸出が優先され、食料の輸入が難しくなる可能性があり、新規の国産食料の生産が必要となっている。FAOの報告書Edible insects — Future prospects for food and feed security (2013)では、生育の過程で温室効果ガスの排出量が他の家畜より少なく環境負荷が小さいとされる昆虫の食用・飼料利用の可能性を指摘している。文化的・心理的に直接食用に用いるのにはハードルが高いものの、飼料化利用については大きく期待できるため、当研究所では、食品残渣などを食べて成長できるアメリカミズアブから作った飼料でマダイ、ヒラメ等の養殖試験により、十分に利用可能であることを実証した。その他にも、アメリカミズアブ飼育の高度化にも取り組んでおり、産卵量、生産量を予測・把握できる技術の開発にも成功している。今後は、昆虫の飼料化利用のための法整備や生産コスト削減、消費者や実需者の理解の醸成などを進めていく必要がある。

(岡山大学 橋口亜由未)

水圈を巡るホットな話題と汽水域

汽水域研究委員会

表題のセッションを2023年9月21日午前に開催し、7件の講演が行われた。

「阿蘇海流域における水環境の現状と今後」では年3回行われた水質の平面分布、および各地点での鉛直分布が紹介された。水中のリンは懸濁態が多いことについて、何に吸着しているかによって貧酸素化した時の溶出量が変わるとの質問があり、有機態が多いと回答された。温暖化が進むことで冬季の成層が解消されるかについては不明で、今後、注視する必要があるとのことだった。また阿蘇海のような汽水域では、鉛直混合は出水ではなく風によって起こるのではないかとの意見があった。

「堆積物中のマイクロプラスチック分別を目的とした基礎実験」では、比重差を利用して浮上したマイクロプラスチックを目視等によって分別する従来法では手間がかかることで研究が進んでいないとして、遠心力を用いた比重分離法によってマイクロプラスチックを分取する試みが紹介された。実験ではマイクロプラスチックとして直径1~3 mm、密度0.9~1.4 g cm⁻³の球体が使われ、密度が1.14 g cm⁻³のナイロンを境に、軽い物質の回収を想定したオーバーフロー側にマイクロプラスチックが分別された。これに対し、現実のマイクロプラスチックには様々な形状があることから、異なる形状でも実験すべきとの指摘があった。また吐出部の径や圧力の調整などにより様々な選別が可能になるかもしれないとの期待が寄せられた。

「機械学習を用いた低空航空写真からの干渉環境分類についての研究」ではUAV（いわゆるドローン）による低空航空写真を用いて、干渉の物理環境を面的に評価する手法が紹介された。UAVが撮影した画像からオルソ画像を作成し、粒度分析を行った地点や画像から堆積環境を識別できる部分を教師画像とした。機械学習としてGoogleNet畠み込みニューラルネットワークを転移学習し、既存ネットワークの出力層のみの重みを教師画像に対して再学習し分類を行ったところ、概ね現場の底質環境を反映した分類結果が得られた。明暗やレンズによる収差の影響による誤分類については、画像のオーバーラップ部分を検討することで改良できるのではとの意見があった。

「過去3回行った斐伊川負荷量調査から考える今後必要な調査・解析方法の提言」では1983年7月1日~1984年6月30日、2001年9月1日~2002年8月31日、2010年7月1日~2011年6月30日の3回、斐伊川流入河川で毎日採水した水質と流量から求められた負荷量が紹介

された。比流量と比負荷量との回帰式を求めたところ、洪水などにより比流量が大きい時の比負荷量が回帰式より大きく高めの値だった。回帰式では測定数が多い平常時の影響が大きくなるため、より正確な回帰式を求めるために、梅雨末期や台風通過時のような多量の降水をともなうと考えられる時期に、1時間に1回程度採水を行う集中的な調査を行うことが提案された。

「ペルオキソ二硫酸カリウム分解法を用いる河川水中懸濁態リンの定量」では、試料に砂などの無機鉱物が多く含まれる場合、従来法では無機リン化合物の一部を溶解できず、結果が過小評価になると紹介された。また、従来法の改良法が紹介され、懸濁態リンの濃度が従来法の2倍程度高い結果が得られたものもあった。測りたいものが正しく測れているか、それぞれの分析手法を見直す必要がある。

「斐伊川におけるメタンの挙動」では、メタンの化学的特性を利用してその発生源を特定する過程が紹介された。斐伊川の河川水中からほぼ一年を通してメタンが検出され、さらには河川の左岸部、中央部、右岸部を比較した結果、右岸側のメタン濃度が高かった。斐伊川の地形をみると右岸側に「鯰の尾」と呼ばれる伏流水を集めるための工法が施されていることがわかり、メタンの由来は伏流水ではないかと紹介された。

「テドラー・バッジを用いるメタン生成の最適条件の検討」では、汽水・海水域において、硫酸還元とメタン生成が同時に起こる要因について紹介があった。発表では、メタン生成に及ぼす基質（酢酸）濃度の影響、メタン生成に及ぼす最適pHに関する実験結果が紹介された。さらに、これらの実験結果を用いて硫酸イオンがメタン生成菌に及ぼす影響の結果が紹介された。室内実験の結果と中海の湖底堆積物の状況を考え合わせると、硫化水素の生成にともない硫酸イオン濃度がある一定濃度まで低下したこと、さらには硫酸イオン濃度の低下にともないメタン生成菌に対する阻害が弱まったため、硫化水素とメタン生成が同時に起こったとの考察であった。

今回はまさに「ホット」な話題が紹介されたことから各講演内ですべての質問に対応できなかったため、総合討論は各講演への残りの質問と回答に終始した。会場には常時20名以上が参加し、汽水域研究委員会以外の会員からも質問が相次ぎ、関心の高さがうかがわれた。

また今回は登壇者のうち4名が学生で、汽水域に関心をもつ若手層の広がりが感じられた。

（東京大学 山室真澄）

地域からの発信～持続可能な水環境づくり～

地域水環境行政研究委員会／共催：全国環境研協議会

1. はじめに

地域水環境行政研究委員会は2019年に発足した比較的若い研究委員会であり、昨年度に引き続き、全国環境研協議会に共催いただき今回のセッションを開催した。セッションでは、2023年度「地域水環境行政研究委員会優秀論文賞」の受賞者を代表して公益財団法人東京都環境公社東京都環境科学研究所の石井裕一氏にご講演いただいた。また、大阪市立環境科学センターの中尾賢志氏による招待講演がなされた。その他に8件の研究発表が行われた。

2. 講演・発表の概要

2.1 外来付着珪藻 *Cymbella janischii* の多摩川水系での分布と季節消長

(東京都・環科研、石井裕一氏)

外来付着珪藻 *Cymbella janischii* の侵入や更なる分布拡大の防止に資する知見集積を目的として、多摩川水系において実施された当該種の分布状況と季節消長に関する調査結果が紹介された。

2.2 地域におけるマイクロプラスチック研究の役割 (大阪市・環科研セ、中尾賢志氏)

地環研が地域において実施したマイクロプラスチック研究の成果、それらの成果が地域において果たしてきた役割について紹介された。

2.3 大阪府のダイオキシン類常時監視データを活用した発生源解析、経年変化

(大阪府・環農水研、井戸優人氏)

今後の環境調査・保全計画に資する知見集積を目的とし、大阪府内河川流域ごとのダイオキシン類発生源解析を実施した結果が紹介された。

2.4 水源地の持続可能性と受益者の Well-being の関係性～早明浦ダムを例にして～

(いであ、幸福智氏)

水源地域の環境が受益者である給水区域の住民の Well-being に影響を与えるとの仮説に基づき、これを検証するため実施されたアンケート調査およびその分析結果が紹介された。

2.5 ローカル SDGs の策定とその学術的評価～滋賀県・琵琶湖の取組を例に～

(滋賀県・琵琶湖環科研セ、佐藤祐一氏)

琵琶湖版SDGs「マザーレイクゴールズ（MLGs : Mother Lake Goals）」の学術的評価の特徴および地域版SDGs（ローカルSDGs）の策定とその学術的評価の意義に関する考察が紹介された。

2.6 北海道沿岸域における表面海水pHの長期傾向について

(北海道総研・工環地研、山口高志氏)

北海道沿岸域の海洋酸性化の把握のため、公共用水域データを用いた表面海水pHの長期傾向を評価した結果が紹介された。

2.7 日本各地の水環境中有機物の分解特性にみられる共通性について

(兵庫県・環研セ、鈴木元治氏)

海域・湖沼における環境水中有機物の分解特性から、生分解性有機物濃度を推定し得るモニタリング指標を検討した結果が紹介された。

2.8 簡便な水質シミュレーションを用いた牛久沼水質の保全・改善対策

(茨城県・霞ヶ浦環科セ、長濱祐美氏)

行政担当者による水質保全対策の効果の評価が随時可能となることを目指し、牛久沼を対象とした簡便な水質シミュレーションモデルを構築し、施策の効果を評価した結果が紹介された。

2.9 蛍光分析による有機汚濁発生源の解析手法の開発

(埼玉県・環科国セ、池田和弘氏)

生活排水に特徴的な蛍光成分を短波長・高波長領域からそれぞれ探索し、生活排水とりわけ未処理生活雑排水の河川への混入検知への利用可能性を検討した結果が報告された。

2.10 沿岸海域を対象にした地方環境研との共同研究

(国環研、牧秀明氏)

国環研と地環研との共同研究で実施された海水温の長期変動の評価、水塊構造の把握、非環境基準項目の補助的測定に関する結果が紹介された。

3. おわりに

本研究委員会では、本セッションにおける優れた研究発表を称賛し、その実績を周知するために「地域水環境行政研究委員会優秀発表賞」の表彰制度を設けている。今年度の受賞は滋賀県琵琶湖環境科学センターの佐藤祐一氏および茨城県霞ヶ浦環境科学センターの長濱祐美氏による発表となった。受賞の詳細は本研究委員会HPに掲載している（<https://jswe-local.org>）。

次年度以降も、産官学を交え、地域の水環境の諸問題に対応する有益な情報交換の場を継続する予定である。また、優秀発表賞および優秀論文賞の表彰も継続予定である。会員の皆様には、ぜひ、入会の検討およびセッションでの発表をお願いしたい。

(埼玉県環境科学国際センター 見島伊織)

マイクロプラスチック研究の最前線

マイクロプラスチック研究委員会

「マイクロプラスチック研究の最前線」と題して、最新のマイクロプラスチック（以下 MP）の動態や分析手法に関する話題を6席提供した。當時30名前後の参加があり、会員各位のMP問題への高い関心がうかがわれた。以下に各席の概要を紹介する（敬称略）。

1. 大型浄化槽の通日調査による生活排水由来の纖維状マイクロプラスチックの排出実態の検討

（鈴木裕識／岐阜大・工）

生活排水由来で水環境に排出されるMPsとして負荷の大きい纖維状MPsの挙動解明のために生活排水のみを処理し、試料として十分な量の流入汚水を確保できる大型浄化槽で通日調査により、纖維状MPsの排出実態や除去挙動を検討した。流入汚水および処理水中の纖維状MPsの時間変動、浄化槽による纖維状MPsと粒子状MPsの除去率を明らかにしたのと同時に、纖維状MPsの長さ別の除去実態を明らかにした。

2. 重信川流域における微細マイクロプラスチックの分布と動態

（片岡智哉／愛媛大院・理工）

本研究では重信川流域を対象に、本川、支川において河川水中のSMP濃度を計測し、ネットサンプリングにもとづくLMP濃度と比較することで、河川流域におけるSMPの分布と動態について考察した。重信川流域においては、河川水1L当たりに平均で2個含まれており、質量に換算すると、0.014mgであった。これはLMP濃度よりも2桁大きく、河川におけるSMP濃度評価が重要であることが示唆された。

3. 都市河川におけるマイクロプラスチックサンプリングのばらつきと精度

（田中 衛／東京理科大・理工）

河川水中MPsを対象に、現場観測が抱える測定誤差を定量的に評価することを試みた。とくに、数密度観測時の誤差に焦点をあてた統計解析を行い、誤差を一定程度以下に抑えるためのプラスチック観測方法の標準化を目指した。千葉県内の河川の測定データをもとに、回帰式にもとづき精度 p の経験的予測式を構築した。国内河川の平均的な数密度($m=3$ 個 m^{-3})を仮定すると、2サンプル($N=2$)であっても平均は誤差±30%程度($p\sim 0.3$)以内に収まることが示唆された。

4. 余剰汚泥からの生分解性プラスチック生成に関する基礎的検討

（長崎 真／国総研）

生分解性プラスチックの原料であるポリヒドロキシアルカン酸(PHA)の下水余剰汚泥による生産ポテンシャル

ルを把握するため、日本全国の下水処理場から採取した様々な処理方式の余剰汚泥試料を対象にポリヒドロキシアルカン酸生産実験および賦存量の試算を行った。PHA生産能力試験の結果をもとに、国内の下水汚泥の年間発生量当たりに換算した賦存量を簡易的に試算した結果、約97,000tと試算され、2019年度における国内の生分解性プラスチック出荷量と比較すると下水道資源としてのPHA生産ポテンシャルは高いことを示した。

5. 各種海洋マイクロプラスチックモデルの作製と特性解析

（中谷久之／長崎大院・工）

海洋MPsのモデル作製を目指し、自然下に存在している劣化開始因子の検討、海洋MPの回収、結晶性・非晶性といった各プラスチックに特有な構造を踏まえた劣化開始種のマトリックス中の拡散挙動、そして各イオン種および各種劣化機構を踏まえた実試料の分光・形態解析を行った結果をもとに、プラスチックの新規促進劣化法開発を行った。その結果、自然下で発生するMPsと形状、サイズおよび劣化度の点で同一なモデルMPsを作製することに成功した。

6. ファイバー状マイクロプラスチックの補足を志向したガラスビーズ・粉碎ガラスファイバ複合フィルタの作製と解析

（町田慎悟／東京理科大・先進工）

サンプル水から濾過によってMPsを回収するにあたって、フィルタ由来のプラスチックの混入が定性分析の障害となる。本研究では、ファイバー状のMPsの回収を想定したガラスビーズ・粉碎ガラスファイバ複合フィルタの作製を行った。1.5gのガラスビーズ（平均粒径77μm）と0.15gのガラスファイバクロスを混合し、焼結(680°C, 2.5時間)させることで、10μm程度の気孔を持つガラスフィルタの作製が可能になることを示した。

7. おわりに

本セッションでは、とくに主題を定めず、MPに関する研究をひろく募る形としている。参加した研究者が分野の違う研究に触れたことで、総合討議において、多様な観点からMPsの課題や分析手法の気づきや発想が喚起され、MP研究の新たな方向性・広がりを示唆する議論につながった。今後も、本研究委員会では、今後も分野を問わず、幅広くMP研究の知見を共有できるような場を提供していきたい。

（東洋大学 大塚佳臣）