

## 環境省 環境技術実証事業で実証した水質浄化等技術

### 本部企画

環境技術実証事業（ETV 事業）は、環境技術の開発者でも利用者でもない第三者機関（実証機関）が、環境技術の環境保全効果、副次的な環境影響、その他を試験等に基づき客観的なデータとして示すことで先進的な環境技術の普及を促進するために平成 15 年度より実施している環境省の事業である。実証結果は環境技術実証事業ウェブサイト（<http://www.env.go.jp/policy/etv/>）にて公表しているものであり、昨年度末までに 642 技術について実証を行い、本年度で 17 年目を迎える。なお、「実証」については、一定の判断基準を設け、その基準との適合性を判定する「認証」とは異なるものである。

本事業は本年度より枠組みを大きく変更したが、平成 30 年度までは 7 つの技術分野および特定の対象技術分野を定めない「テーマ自由枠」を実施していた。そのうち「湖沼等水質浄化技術分野」、「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」、「有機性排水処理技術分野」および「自然地域トイレし尿処理技術分野」の 4 つの分野が水環境に関連していた。これらの分野における実績を広報していく一環として、事業実施に際してご指導をいただいている放送大学の岡田光正先生や山口大学の今井剛先生、公益社団法人日本水環境学会の星川寛事務局長（当時）をはじめとする各位のご厚意により、平成 23 年度の第 14 回日本水環境学会シンポジウムから本部企画としてのセッションを開催しているものである。本セッションは、大学や研究機関等での研究成果の発表が大半である他のセッションと比較して、本事業で実証されてきた技術を有している企業の方が発表の中心となっているところの特徴がある。

今年度は当該セッションとしては 9 年目にあたり、シンポジウム 1 日目：令和元年 9 月 5 日（木）（13：30～17：00）の日程にて、F 会場（北海学園大学工学部 3 号館 3B 教室）において行われた。

今年度は、それぞれの発表および質疑の時間を 35 分ずつとするスタイルとし、3 時間 30 分の枠内で計 6 件の発表が行われた。具体的な発表の演題と内容については順に以下のとおりであった。

【「良好な水環境の保全・創出に向けた環境技術実証事業の取組と今後の展開」環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室 辻川優祐】

本事業の経緯や概要、実績、今後の展望および課題等について総括的な説明を行った。

【「ベトナムでの環境省アジア水環境改善モデル実証試験を踏まえた環境技術実証事業 AOSD システムの戦略的展開」公益財団法人国際科学振興財団 稲森悠平】

流入負荷の変動に応じて、生物処理に必要な溶存酸素量を演算して、生物処理槽・活性汚泥槽のばっ気時間を調整する AOSD（Automatic Oxygen Supply Device）システムについて、ベトナムで取得した既存データを用いて、水質処理に関する実証を行った事例を報告した。

【「備長炭を使用した排水処理装置「新浄化装置」の長期モニタリング結果」正和電工株式会社 佐藤仁俊】

備長炭を担体として使用し、生活雑排水の処理効果が期待される「新浄化装置」について、実証結果（平成 24 年度実施）や実証後に行った長期水質モニタリングの結果を報告した。

【「グリスエコによる浄化槽の規模縮小と行政指導回避の成功事例報告（環境省 ETV 行政機関の対応変化の事例）」株式会社大都技研 佐藤秀雄】

グリスエコで前処理を行い、浄化槽への油分流入量を低減することで、ラーメン店の店舗に設置する浄化槽の規模を縮小することが可能となった事例や行政勧告を受けていた弁当製造工場がグリスエコを導入したことで行政からの指導や勧告を回避した事例を報告した。

【「湖沼池・汽水域の自然再生について」KSB バイオウォーター株式会社 泉寛】

果樹熟成物（主にパイナップルとパパイヤ）を原料とした KSB 浄化水溶液機能水（植物発酵酵素剤）の水質改善効果を検証するために、公園池において実施された試験の結果を報告した。

【「環境技術の評価における試験方法のアプローチについて」一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 岸田直裕】

今年度の「有機性排水処理技術区分」および「湖沼等水質浄化技術区分」の実証機関より、環境技術の評価する際に重要となる点や過去に行った試験の事例について報告した。

質疑・応答の際にはご来場いただいた方々と活発な議論が行われ、実証による事業者へのメリットを増やす必要性も感じられた。また、環境技術実証が平成 28 年 11 月に国際標準化されたことを踏まえ、国際規格を利用した国際展開等についての検討を進める必要も感じられた。引き続き、本事業の発展に努めていく所存であり、今後ともご支援賜れば幸いである。本事業の進捗状況については次回以降の日本水環境学会シンポジウムにおいても適宜報告していきたいと考えている。

（環境省環境研究技術室 辻川優祐）

# 今、地域の水環境行政を創造する

## 地域水環境行政研究委員会

### 1. はじめに

本セッションは、本部企画（戦略企画委員会）から地域水環境行政研究委員会に運営を引き継いだ。地域水環境行政研究委員会は2019年に発足した新たな研究委員会であり、全国環境研協議会に共催していただき今回のセッションを開催した。セッションでは、環境省の伊藤史雄氏による講演と、地域の行政機関および環境関連の研究機関などからの地域の水環境に関連する各種課題について発表があり、参加者全員で議論を深めた。

### 2. 講演、発表概要

#### 2.1 最近の水環境行政について 2019

（環境省・水環境課，伊藤史雄氏）

激甚な公害問題の発生を受け、排水規制や総量規制など公共用水域への汚濁負荷排出量の削減を中心とした施策が進められ、水質面の環境改善は大きく進んできたところである。他方、水生生物の保全等、水質面以外の要素に関する環境改善には未だ課題が残されており、近年では新たに底層溶存酸素量が環境基準に設定されるなどの動きもある。こうした最近の環境省における水環境行政の一部を紹介した。

#### 2.2 合併処理浄化槽短期集中転換を促進するための複合的な施策実施の試み

（埼玉県・環境部，田村和大氏）

埼玉県の生活排水処理は、下水道、浄化槽、農業集落排水等により整備されており、公共用水域の水質に与える影響が大きいのは単独処理浄化槽世帯から排出される未処理の生活排水である。本発表では、短期集中的に施策を実施し、合併処理浄化槽転換促進モデルの構築を目指した事業について紹介した。

#### 2.3 湖沼等における水質浄化技術の実証

（(一社)埼玉県環境検査研究協会，山岸知彦氏）

小規模な閉鎖性水域である公園池においても、近年、富栄養化が進行し、植物プランクトンの異常増殖による景観の劣化、アオコ発生、かび臭等の水質問題が発生している。環境技術実証事業の一環で、公園池内に設置した隔離水界を用いて浄化技術の実証試験を実施した。本発表では、公園池に設置した隔離水界を用いた実証の有効性について事例を紹介した。

#### 2.4 浅海域底泥からのリン溶出とDO消費に関する実験的検討

（東京都・環科研，石井裕一氏）

東京湾等の閉鎖性内湾で発生する赤潮の原因として底泥から溶出するリンの寄与が指摘されている。本発表では、底泥による酸素消費とリン溶出の抑制に係る基礎的

資料の集積を目的とし、東京湾における複数地点の底泥を用い、底層水中のDO消費と底泥からのリン溶出の律速因子について、室内実験の結果を紹介した。

#### 2.5 水文・水質モデルを用いた加古川流域における降雨時・平水時の窒素動態解析

（兵庫県・環研セ，古賀佑太郎氏）

栄養塩類の適正な管理方策に繋がる知見を得るために、陸域由来の栄養塩の影響が大きい播磨灘において、陸域（河川）からの窒素負荷を調査している。本発表では、平水時および降雨時の加古川流域における窒素負荷について、これまでに提案した水文・水質モデルによる再現性を評価した結果を紹介した。

#### 2.6 行政と連携したダイオキシン類のモニタリングーMLAP認証に基づく精度管理ー

（大阪府・環農水総研，伊藤耕二氏）

当研究所はダイオキシン類対策特別措置法の制定にあわせて新たに分析室や装置を導入し、特定計量証明事業者となっている。独法化や民間への業務委託により「測定機関」から「行政支援と研究」にその役割は変わってきた。本発表では、行政と連携してダイオキシン類のモニタリングに取り組む事例を紹介した。

#### 2.7 化学物質漏洩事故に対応した河川モニタリング用パッシブサンプラーの開発

（大阪府・環農水総研，野呂和嗣氏）

化学物質漏洩時の河川モニタリング手法として、パッシブサンプラーが提案されている。高親水性有機化合物に対してより長期間のサンプリングが可能となると見込まれる新規吸着剤を利用し、パッシブサンプラーの精度向上を検証する実験が進行中である。本発表では、この研究に関する最新の結果について報告した。

#### 2.8 山中湖の水生植物量と透明度の関係

（山梨県・衛環研，長谷川裕弥氏）

山中湖では、外来種のコカナダモの侵入により在来水生植物種が減少し、生物多様性の低下が懸念されていた。そのため、2014年から山中湖の北東部に位置する平野ワンドで水生植物の水平分布調査を毎年夏期に実施している。本発表では5年間の水生植物調査から得られた結果と透明度の関係について紹介した。

### 3. おわりに

次年度以降も、本研究委員会として、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。会員の皆様には、ぜひ、入会の検討をお願いしたい。

（埼玉県環境科学国際センター 見島伊織）

# 嫌気性バイオテクノロジーの技術開発と応用

## 嫌気性微生物処理研究委員会

9月5日午後に開催された日本水環境学会シンポジウム嫌気性微生物処理研究委員会のセッションでは、混合メタン発酵、発酵促進前処理、阻害物質分析法、汚泥消化、産業排水処理、嫌気性膜分離法、アナモックス処理等を中心として10件の研究話題提供があった。以下に個別話題の内容を紹介する。

### (1) 嫌気性 MBR 法による生ごみと下水汚泥の混合メタン発酵

李 燁媚 他 (東北大)

中空糸膜を使用した嫌気性 MBR により生ごみと下水汚泥の混合処理の高温連続実験を実施し、いずれの混合条件でも安定した発酵および膜ろ過性能が得られ、膜ろ過水への COD<sub>Cr</sub> 分の移行は 1% 前後であった。混合による相乗効果は汚泥が 25% の比率において最大であった。

### (2) マイクロ波を用いたメタン発酵におけるエネルギー回収システムの検討

戸蒔丈仁 他 (鳥取環境大)

余剰汚泥、OD 法汚泥、消化汚泥を対象としたマイクロ波前処理およびメタン発酵実験を行い、良好な場合 20~60% 程度のガス収率が得られた。しかしながら照射条件、時間とガス収率の間には明確な傾向が得られなかった。

### (3) 高油分原料を処理するメタン発酵施設における高級脂肪酸簡易分析法の条件検討

小林拓朗 他 (国環研)

嫌気性汚泥中の高級脂肪酸濃度のモニタリングを目的として、液液および固相抽出とソルバトクロミズムを利用した染色による簡易な分析法を構築し、実際の嫌気性汚泥を対象とした測定においても高い定量性を示した。

### (4) ABR-DHS システムを用いたインドネシア国における染色廃水処理プロセスの開発

渡利高大 他 (長岡技科大)

嫌気性バッフルリアクターと DHS を組み合わせたシステムによる模擬染色排水処理の連続実験を試みた。検討したシステムでは、排水の色度をトータルで半分程度除去可能であり、従来の脱色法と比較して薬品添加量を約 75% 削減できる可能性を示した。

### (5) 一槽式 anammox-HAP 融合プロセスによる低濃度アンモニアとリン含有排水の同時除去

郭 延 他 (東北大)

アンモニア含有排水の一槽式アナモックスプロセスにおいて、HAP 結晶との複合アナモックスグラニュールを形成させながら連続処理実験を行い、80% 以上の高い窒

素除去率と 30~70% のリン除去率を安定して維持することができた。

### (6) 下水処理プロセスへのアナモックス適用に関する基礎的研究—アナモックス汚泥添加の効果—

西村文武 他 (京大)

アナモックス汚泥をメインストリームの活性汚泥槽に投入した場合の処理性能の変化を連続実験で検証した。その結果、低 C/N 比の流入水を処理する場合にアナモックス汚泥の添加が脱窒槽の性能を向上させる可能性が示唆された。

### (7) 嫌気性処理による難分解性水系ポリマー含有廃水の処理特性評価

酒井優也 他 (長岡技科大)

UASB-DHS システムにおける難分解性水系ポリマーを含む排水処理の連続実験を実施し、ポリマー除去への寄与は UASB が大きく、また嫌気性微生物群集の馴致や滞留時間の増大による大きな除去率向上が認められた。

### (8) 余剰汚泥の長期的嫌気性および好気性消化特性

日高 平 他 (京大)

難分解性である OD 法の余剰汚泥を対象として、嫌気性および好気性消化における数百日に及ぶ長期的な消化特性を調査した。分解挙動は長期的にも一次反応式によく従い、嫌気性よりも好気性の方が有機分の分解は進行した。

### (9) 嫌気性 MBR を用いた DMF 含有排水のメタン発酵処理の効率化

孔 哲 他 (東北大)

N,N-ジメチルホルムアミドを含有する排水の嫌気性 MBR による処理は、同排水の好気性処理に由来する通性嫌気性細菌の添加によって向上することが明らかとなった。それらの細菌を槽内に継続的に保持することが、安定した処理性能の発揮に不可欠であった。

### (10) 討論：嫌気性 MBR と Anammox の組合せによる排水処理システムの革新

李 玉友 (東北大)

嫌気性 MBR およびアナモックスプロセスに係る近年の研究成果を総括し、嫌気性 MBR は実排水にも適用可能であるが、好気性と比較すると膜ろ過性能が低水準であること、アナモックスプロセスは広い温度範囲で高い処理能力を示すこと等を示した。

((国研) 国立環境研究所 小林拓朗)

# 環境リスク把握への MS 技術の活用

## 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 (<http://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13題の発表があった。

#### (1) 口頭発表

西野 (東京都環科研) らは、全国の5つの自治体と共同で、LC/QTOF-MS と GC-MS データベースシステムを活用した検出濃度に毒性情報を加味し、測定対象物質を選定した。対象物質は、詳細な分析方法を用いて主要河川で調査した結果、Clarithromycin (CAM) を含む4物質で予測無影響濃度 (PNEC) の超過と使用時期に応じた季節変化を報告した。竹峰 (埼玉県環科国セ) らは、地下水基準超過の頻度が高い硝酸および亜硝酸性窒素の発生原因解明のため、汚染源マーカーに、生活排水は人工甘味料、畜産系は動物性医薬品、農業系はネオニコチノイド系農薬を候補とした。周辺の土地利用状況を踏まえて考察し、農業廃水や生活雑排水の影響が疑われる事例を見いだした。矢内 (日鉄テクノ) らは、短鎖塩素化パラフィンの LC/MS 分析方法で、中鎖塩素化パラフィンとの分離の詳細な検討を行った。移動相やグラジエント条件を工夫し、中鎖との分離と感度の向上を達成した。八十島 (島津テクノ) らは、マイクロプラスチックへの化学物質吸着特性に着目し、多環芳香族炭化水素類と有機フッ素化合物の吸着実験を行った。化学物質の吸着量は、疎水性指標と分子量が大きく関係していることを報告した。内藤 (国土技術政策総研) らは、干潟造成や覆土利用時に問題となる陸上土からのヒ素溶出について、その挙動調査を行った。形態別ヒ素は HPLC-ICP-MS、全ヒ素は ICP-MS で定量、定量下限値は共に  $1 \mu\text{g L}^{-1}$  を達成した。嫌気・海水条件下での亜ヒ酸は、5日目を降より生成、川砂の方が黒土より溶出量が大きいなど、基礎的データを報告した。

#### (2) ポスター発表

小林 (国医食衛研) らは、水道水とその原水中農薬の効率的測定方法として標準品を必要としないターゲットスクリーニング法を検討し、176農薬のデータベースを構築した。これを用いて、実試料の測定をし、108試料から52農薬を検出し、簡便な手法として有用性を示した。大方 (大阪市・環科研セ) らは、大阪市内河川水を対象に、医薬品・生活関連物質、農薬などを LC/QTOF-MS で測定、AIQS-DB を活用して網羅的分析を実施した。対象491物質中120物質を検出、一部 PNEC を超過したことを報告した。長谷川 (名古屋市環科調セ) らは、都市

河川において、検出濃度と毒性情報から医薬品類33物質を選定し調査した。下水処理水の流入量の多い河川ほど検出濃度が高く、CAM など一部 PNEC の超過を報告した。長島 (静岡県・環衛科研) らは、頻発する災害時有害化学物質の流出による二次被害対応のため、スクリーニング法構築の検討を行った。既存の全自動同定・定量データベースシステムへの他機種への適応を検討、279物質のうち244物質が目標定量範囲内で、正確度が高いことを示した。新福 (鹿児島大院・理工) らは、水道水異臭味被害報告で、原因生物は特定されているが原因物質が特定されていない生ぐさ臭に着目し、水道原水や *Uroglena americana* 培養液に含まれる多種多様な物質の中から、候補物質 (分子式  $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}_3$ ) を提示した。吉識 (兵庫県・北播磨県民局) らは、調査事例がほとんどない 14-(R)-Hydroxy clarithromycin と CAM との同時分析法の開発を行い、ppt レベルでの検出を実現し、下水処理場の上流側に比べ下流側が高濃度であることを示した。堀切 (山口県・環保セ) らは、油流出事案での迅速な汚染源特定の一斉分析では判断し難い重油と軽油の判別ポイントとなる、クマリン分析のクリーンアップ法を検討し、迅速かつ確実な判別法を示した。八木 (神戸市環保研) らは、水道水や井戸水の健康被害発生時で、臭気等により汚水混入が疑われる場合の、人工甘味料やクレアチニンなどを指標物質とした迅速な確認分析法を報告した。浅見 (国保医科院) らは、水道原水の水質事故や化学物質事故など環境分析における早期異常検知は重要で、頻度の高い連続的な監視と、事故時には発生源 (使用量・保管量・廃棄量) 情報、質的解析の知見の重要性を明らかにした。中野 (大阪大・環安研管セ) らは、シーリング材中のポリ塩化ビフェニル含有判定について、4種類 (外観観察、官能試験、蛍光 X 線による含有元素分析、硝酸への溶解試験) の事前判定結果と、機器分析による測定結果を比較し、事前判定法の有効性を示した。小野 (大阪府環農水総研) らは、ポリ塩化ナフタレンとヘキサクロロブタジエンの廃棄物処分場進出水中の分析について、一塩素化物や、1,4-ジオキサンなどとの同時分析を検討し、問題点を明らかにした。松村 (兵庫県環研セ) らは、船舶用エンジン排出基準強化 (硫黄規制) 前の燃料を使用した船舶排ガスに含まれる有機汚染物質を分析し、Phenanthrene や 1-Nitropyrene を  $\text{ng L}^{-1}$  以下の濃度で検出した。高井 (アジレント・テクノ) らは、水中の ppt レベル微量有機汚染物質を、オンラインサンプル濃縮 (固相抽出) と同時高速極性切替 ESI モードで分析することにより、900  $\mu\text{L}$  の試料水で51種類の化合物定量を可能にした。

以上のように多様な発表演題が集まり、短い時間ながら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)

# 生物膜機能を応用した「いさはや新池」流域等の 環境再生保全のための国内外総合戦略

生物膜法研究委員会

本シンポジウムでは、国内外を含めて依然として富栄養化対策が重要なことを踏まえて、「いさはや新池」等を事例として、その適正な防止対策による環境保全再生に向けた取り組みについて、講演、意見交換を行った。

バイオエコシステムを導入した「いさはや新池」流域等の環境再生保全総合戦略：(公財)国際科学振興財団・NPO法人バイオエコ技術研究所 稲森悠平・稲森隆平、(公財)国際科学振興財団 類家翔、千葉県立中央博物館 林紀男では、湖沼・池沼流域の効果的環境再生保全対策の総括として、水質改善にかかる国、県の対策および新たな対策の技術は大きく分けて、1) 湖沼・池沼内での対策、2) 流域農地の対策、3) 流域対策(発生源対策も含む)、4) 派生バイオマス資源の利活用となる。このため、流域対策として確実なるバイオエコシステムの整備の強化が必要不可欠であり、高度処理浄化槽に限定した整備と同時に、下水処理、農業落排水処理、事業場系排水処理では電力削減高度処理ETV(環境省環境技術実証)の取得されたAOSD(Automatic Oxygen Supply Device)システム導入は重要である。更に、糸状藻類の繁茂を抑制した稚魚等の揺り籠の機能を発揮させ、水生動物との共存により適正な景観を保持した沈水植物群落の構築は極めて重要な位置づけにあることが示された。

アオコ産生ミクロキスチンの「いさはや新池」の堤防内外の分解特性から評価した環境リスク無害化戦略：(公財)国際科学振興財団 類家翔・稲森隆平・稲森悠平では、1) 「いさはや新池」および諫早湾の表層水・底質からミクロキスチン(以下、MC)はほぼ検出されず、検出時もWHO提唱値の $1 \mu\text{g L}^{-1}$ を大きく下回ったこと、2) 「いさはや新池」にはMC-LR分解能が存在することが明らかとなったこと、3) MC分解は微生物分解による可能性が極めて高いといえたこと、4) MC分解に関与する細菌群は実環境水中およびグルコース等の炭素源の存在で効果を発揮する可能性が示されたこと、5) 「いさはや新池」内でMCが生産されたとしても、堤防内外において分解菌の作用によりリスクは無害化されることが示された。

湖沼における濾過浄化機能を有する二枚貝イシガイの定着化による環境再生保全戦略：埼玉県環境科学国際センター 田中仁志、氷見市 西尾正輝、秋田県立大学 藤林恵、富山大学 田中大祐では、いさはや新池は新たに形成された湖沼のため、沈水植物との共存でのイシガイ、ドブガイなどの二枚貝の定着機能・藻類の濾過浄化効果・増殖化機能などの検討と同時に、これら二枚貝の生活史で重要なグロキジウム幼生体のヌマチチブ・ヨシノボリなどへの付着・増殖・稚貝化・剥離・底泥への沈下・底泥での増殖・成体化の条件解明等が必要であることが示された。

諫早湾干拓調整池における淡水二枚貝イケチヨウガイによる水環境改善戦略：長崎県環境保健研究センター 粕谷智之では、二枚貝による水質改善で最も重要なことは、二枚貝を水域から取り上げて(漁獲)、持続的に栄養を水域から陸域へと回収することであり、イケチヨウガイは調整

池内で成長可能であり、浄化能も確認されたことから、直接浄化対策の一つとして活用するほか、啓発的、シンボリックな活用方法(例えば淡水真珠の里親制度等)も考えられる。海産真珠と淡水真珠とでは、核の有無など生産手法が異なることから、よりよい真珠を得るためには技術的なノウハウを含めて淡水真珠生産の専門家の指導を受けることによる、さらなる取り組みは重要といえることが示された。

生物膜活用鉄電解脱リン高度浄化槽によるBOD、N、P除去環境再生保全戦略：フジクリーン工業(株) 水野真一・田中一也・濱みずほ・市成剛では、 $\text{BOD}_{10} \text{ mg L}^{-1}$ 、 $\text{T-N}_{10} \text{ mg L}^{-1}$ 、 $\text{T-P}_{1} \text{ mg L}^{-1}$ 以下の高度処理浄化槽CRX II型は、省エネ基準に対して大幅な消費電力削減を達成した。更に、 $\text{BOD}_{20} \text{ mg L}^{-1}$ 、 $\text{T-N}_{20} \text{ mg L}^{-1}$ タイプに比べ、環境への負荷をBOD、T-Nでは1/2程度、T-Pでは1/5程度に低減でき、閉鎖性水域の富栄養化対策として非常に有効であることが検証された。同時に、CRX II型が目標水質を達成するためには、適切な維持管理体制の構築が必要不可欠といえる。これらのことから、いさはや新池をはじめとする閉鎖性水域では $\text{BOD}_{10} \text{ mg L}^{-1}$ 、 $\text{T-N}_{10} \text{ mg L}^{-1}$ 、 $\text{T-P}_{1} \text{ mg L}^{-1}$ 以下の高度処理浄化槽に限定した整備が必要不可欠といえることが示された。

生物膜活用凝集剤添加型脱リン高度浄化槽によるBOD、N、P除去環境再生保全戦略：(株)ダイキアキス 佐竹純一郎・高橋亘・新開耕介・赤木俊介・門屋尚紀では、高度処理浄化槽の技術開発を目途とした家庭用浄化槽において凝集剤ポンプ添加方式によって、BOD、SS、T-Nを $10 \text{ mg L}^{-1}$ 以下と同時にT-Pを安定的に $1 \text{ mg L}^{-1}$ 以下に除去可能となったことが明らかとなった。わが国をはじめ開発途上国を含め国際的な真の健全なる水環境創造のためにはBOD、N、P除去型高度処理浄化槽に限定した普及整備展開が閉鎖性水域の環境再生保全に必要な不可欠であることが示された。

流域環境管理の適正化方策によるアジア地域の水環境保全戦略：国立環境研究所 徐開欽・小林拓朗・胡勇では、湖沼流域に流入する都市污水处理、生態系修復、水質汚濁防止対策、窒素・リンの高度除去への取り組みは今後も一層努力しなければならず、水環境保全法規の整備、施策の実施とともに、水環境保全のための研究開発が積極的に進められ、水環境の顕著な改善がなされる必要がある。また、排水処理については、これまで下水処理場の整備は都市部が中心であったが、広大な農村地域の分散型排水処理技術・システムの開発・整備および保全再生の政策等の強化が必要不可欠といえる。とくに、湖沼の環境再生保全のための特筆すべき「いばらき霞ヶ浦宣言2018」に基づく日平均排水量 $10 \text{ m}^3$ 未満の小規模事業所対応条例化は、水質分析、事業所への窒素・リン除去維持管理等の補助体制の強化が必須であることが示された。((公財)国際科学振興財団・NPO法人バイオエコ技術研究所 稲森悠平・稲森隆平、(国研)国立環境研究所 徐開欽)

# 防災・減災から水環境を考える

## 身近な生活環境研究委員会

昨年度のシンポジウム「身近な自然を見る・観る・診る」では、官民学の協働が不可欠なことから、今後は他分野との関わりを深めながら「環境と健康」、「環境と防災」にも視点を置き、次回以降のテーマに掲げることが議論された。

シンポジウムが開催された2019年9月は北海道胆振東部地震の1年後にあたること、また近年は豪雨による災害が頻発するようになってきていることから、水害と北海道胆振東部地震をテーマとしたセッションを開催することとした。セッションでは公募による発表も含め6件の発表があり、発表の後に総合討論を行った。

### 1. 激化する豪雨災害と治水対策の課題

土屋十圀（中央大学理工学研究所）

西日本豪雨や関東北部豪雨の水害被災地で実施した調査の結果が紹介され、天井川となっている河川や、河道の樹林化が進行している河川で水害が発生していることが指摘された。また堤防の改修によって高潮被害を免れた事例や、内水貯留の必要性について具体例を示しながらインフラ整備・管理、リスク低減策の重要性についても述べられた。

### 2. 福岡市樋井川における分散型水管理に向けた取り組み

伊豫岡宏樹（福岡大学工学部）ほか

2009年7月の中国・九州北部豪雨によって被災した樋井川流域におけるあまみず社会（多様な主体による分散型で冗長性の高い、新しい水管理システム）の実現に向けた取り組みが紹介された。雨水貯留・浸透施設の設置から始まった同取り組みが徐々に発展し、雨水貯留・浸透等の流出抑制策の副次的効果にも目を向け、雨水活用による豊かな生活を包含したあまみず社会の概念を普及させる取り組みに発展している様子が詳細に述べられた。

### 3. 田んぼから広がる防災のおはなし

斎藤貴視（岩見沢市農政部）

岩見沢市は河川と山地に囲まれた地形であるため、しばしば出水被害が生じていた。しかし近年、岩見沢市では農家等による水田への雨水貯留（田んぼダム）の取り組みや、岩見沢市による農業用水利施設を用いた雨水貯留の取り組みが活発化しており、その取り組みの現状と課題、今後の展望について述べられた。将来的には、水田、排水路、排水機場やその他施設を統合的に監視するデータ駆動型の水管理システムを構築する構想があることが紹介された。

### 4. 地下水水質監視データの多変量解析

—主成分分析と教師あり分類器の対比—

谷口文紀（京都大学）ほか

多項目の環境水質データに潜む変化を人間が検出する

ことは困難であるため、多次元データを多変量解析することによって、その変化を検出しようとした結果について報告された。筆者らは4つの廃棄物処分場の浸出水と放流水を対象とした水質データを4つの異なる多変量解析法に供した結果、ランダムフォレストやディリクレ多項混合分布モデルは水質の特徴を把握でき、環境監視上注目すべき外れ値の検出にも有用だとした。

### 5. 北海道胆振東部地震で被災した安平町の水環境インフラにおける被災状況と復旧における課題

近藤直幸（安平町役場）ほか

安平町の2つの浄化センターの水処理施設における被害状況と復旧における課題が述べられた。両施設は自家発電での対応を余儀なくされたうえ、早来浄化センターでは管路破損箇所から大量の地下水流入が、安平浄化センターでは送気管の破損が共にあったが、両施設とも技術力と経験で水質悪化を回避した。知識継承や施設耐震化、停電時の発電用燃料の調達体制の確立、処理不能な事態に対応した即応BCPの作成などが課題とされた。

### 6. ブラックアウトの経験から学んだ危機管理の盲点

余湖典昭（北海学園大学工学部）

北海道胆振東部地震により発生したブラックアウトがインフラや市民生活に与えた影響が報告された。公共交通機関の停止、生活用品類の品切れのほか、電波中継局の予備電源消尽によるインターネット接続環境の喪失、人工呼吸器等の利用者の非常用電源確保の問題、高層住宅の脆弱性、浄水施設の遠隔計装装置のバックアップ電源の問題等も顕在化した。コンビニエンスストアでは簡易型レジの利用で営業を継続するなど、過去の経験を活かした事例もみられた。被災経験を活かし、停電時にも最低限の社会機能を維持するための方策を考える必要があるとされた。

### 【総合討論】

災害への向き合い方や教訓の活用をテーマとして総合討論を行った。災害に対する向き合い方の点からは、①水害の避難情報が住民の避難行動につながらないこと、②レベル3、4の避難勧告が頻繁に発せられることによる慣れへの懸念、③正常化バイアスの存在といった論点が提示された。教訓の活用については、過去の被災経験が活用されないことが課題であるとされた。一方、辛い経験を再びしたくないという思いを持ちつつも、忘れてしまう人々もいるのが実態であり、まちづくりは過去の教訓を活かして進めていかなければならないという意見もあった。

（埼玉県環境科学国際センター 柿本貴志）

# 複合微生物解析をルーツとして展開する水環境研究

## 微生物生態と水環境工学研究委員会

今年度は「複合微生物解析をルーツとして展開する水環境研究」と題して、5名の先生方にこれまでの研究から現在の研究に至るまでの流れ、さらには将来展望についてご講演いただきました。

早稲田大学の常田先生には、「生物膜法のエンジニアリング研究」と題してご講演いただきました。先生がこれまで行ってこられた様々な研究のうち、とくに微生物固定化技術に関連した一連の研究を紹介していただきました。個々の現象を個別に詳細に理解したら全体像に結び付けられるのか？という問いに対し、要素還元的な方法論から個々の解析をつなぎ合わせるアプローチへの展開についてお話しいただきました。

東京大学の栗栖先生には、「複合微生物系と複合有機物系の水環境工学」と題してご講演いただきました。溶存有機物のノンターゲットスクリーニング分析をOrbitrap質量分析計を用いて行い、処理工程でどのように溶存有機物の組成が変化していくかを追跡する、あるいは反応の前駆物質を推定し、どのように変化するかを推察する考え方をご紹介いただきました。また、環境中の微生物が実際に利用しているものは何か？という問いについてもお話しいただきました。

群馬大学の伊藤先生には、「ファインバブル法による微生物の行動科学」と題してご講演いただきました。バイオフィルムを研究するために、微生物の細胞外多糖類を減らすことができるか、すなわちEPSを作らないように培養することができるか、という問いから始まった研究は、まさに逆転の発想でした。伊藤先生オリジナルの、流れを生み出さずに酸素供給できるファインバブル発生

装置を用いた研究紹介は、まさに工学の課題解決のためのサイエンスという、非常にエキサイティングなお話をいただきました。

広島大学の金田一先生には、「*Brocadia sinica* 集積培養系に共存する従属栄養細菌の生態学的役割」と題してご講演いただきました。先生が得意とされるアナモックスプロセスにおいてアナモックス細菌が純粋培養できないという問いに対し、そこに共存している従属栄養細菌群に着目して行った研究をご紹介いただきました。メタゲノム解析とMAR-FISH法から、アナモックスプロセス内に存在する*Chloroflexi*がアナモックス由来の有機物を利用しているなど、反応槽内での炭素フローに着目したお話もいただきました。

産業技術総合研究所の藤谷先生には、「培養技術とゲノム解析で紐解く硝化菌の生理生態」と題してご講演いただきました。先生は硝化反応に着目し、とくに培養と分子生物学的アプローチによって得られる結果のギャップを埋めることを目的とした一連の研究についてご紹介いただきました。*Nitrospira*に代表される難培養微生物をセルソーターを用いて分離するプロセスや、純粋培養だけでなく共存している細菌も一緒に分離していくことの重要性についてお話しいただきました。

先生方の研究の着眼点や歴史を幅広くお話しいただいた本セッションは、複合微生物解析をルーツとして展開する水環境研究の広がりを知る、大変興味深いセッションとなりました。

(東北大学 久保田健吾)

# 水質環境基準 (指針) 値はバイオアッセイの結果から設定可能か？

## バイオアッセイによる安全性評価研究委員会

本年度は“水質環境基準 (指針) 値はバイオアッセイの結果から設定可能か？”と題して、日本水環境学会「学術賞」を授賞された愛媛大学の鏑迫典久教授をはじめ、それぞれ立場が異なる産官学の計6件の依頼講演を行った。以下にその概要を示す。

はじめに、鏑迫典久先生 (愛媛大) から「総論」として、生態毒性試験 (バイオアッセイ) には、生態系保全と化学物質管理の2通りの使われ方があることが紹介された。水質環境基準設定では主として国内種を用いて試験が実施されるものの、化学物質管理では国際的な化学物質の輸出入のために、優良試験所基準 (GLP) に基づいて決められた試験種・試験法で実施されている。一方、通常利用される魚類、ミジンコ、藻類を用いた試験のみでは、化学物質管理はできても生態系保全は難しいとの説明があった。また、化学物質管理の基となる慢性毒性値を急性毒性値を用いた急性慢性比から推定される手法が紹介され、例えば化学物質審査規制法ではその比をミジンコで10 (アミン類100)、魚類で100と設定されているが、いずれも100程度とすると90%の物質がその範囲内に入ってしまうという疑問点についても問題提起された。

次に、山根雅之氏 (花王・石洗工) ほかより、「産業界 (日本石鹸洗剤工業会) の立場から」と題して、現状の水質環境基準 (指針) 値設定が代表種の最小の毒性値、根拠のない不確実係数に基づき設定されていることや化学物質以外の影響が十分に考慮されていないことなどの問題提起がなされた。また、毒性データが多く報告されている化学物質については幅広い生物種への影響を評価できる種の感受性分布解析 (SSD) を積極的に利用すべきとの提言があった。当該手法に基づいて算出されたHC5 (5% Hazardous Concentration) は、欧米や豪州などで水質環境基準設定や化学物質のリスク評価に広く利用されているほか、モデル生態系試験よりも高い感受性を示すことが示された。さらに、石洗工が実施する全国の多摩川や荒川、淀川などでの直鎖アルキルベンゼンスルホン酸 (LAS) やポリオキシエチレンアルキルエーテル (AE)、アルキルジメチルアミノオキシド (AO) 等のモニタリング調査と、SSDによって求めたHC5との比較では、大きなリスクは考えられないことなどが紹介された。

松本建氏 (日曹分析セ) からは「試験機関の立場から」と題して、試験実施の際の信頼性確保の仕組みであるGLPの組織や試験フローなど、その概要についての説明があった。また、農薬の生態影響評価についての日米欧の比較も紹介された。欧州では高次のリスク評価に利用されるメスコム試験をGLPに基づいて実施し、多種多様な生物の直接/間接的な影響について評価することや、統計的検出力をあらわすMDD (Minimum Detectable Difference, 最小可検差) による信頼性評価の重要性についても解説された。最後に、水質環境基準 (指針) 値については、信頼性の高い試験結果を利用すべきである

こと、その際には適切な統計解析手法を用いることの重要性についてもあわせて提言された。

休憩をはさんで後半の最初は萩原裕規氏 (滋賀県環科セ) から、「地方環境研の立場から～ゼブラフィッシュを用いたWET試験について～」と題して、生物を用いた水環境評価・管理手法や、その中で国環研と地環研のII型共同研究での2016～18年度「WET手法を用いた水環境調査のケーススタディ」および2019～21年度「生物応答を用いた各種水環境調査方法の比較検討」(いずれも代表は埼玉県環境国際セの田中仁志氏、国環研の山本裕史) についての紹介がなされた。滋賀県で実施した、環境基準物質である亜鉛やフッ素を用いたゼブラフィッシュの胚仔魚期短期毒性試験の結果についても紹介があった。

岩崎雄一氏 (産総研) からは、「野外調査から生態影響を探索する立場から」と題して、室内でのバイオアッセイ結果は水質環境基準 (指針) 値の導出に有用可能であるという意見を提示された一方で、同じ毒性データでも適用する不確実係数の違いや、どの毒性値を採用するかなどによって、予測無影響濃度が一意に決まらない課題を示された。その課題解決の一つの手法として、実際の水環境中の生物群集の応答を直接観察できる野外調査に有効性があることが説明され、事例とし休廃止鉱山周辺の河川を対象とした野外調査結果をもとに、その有効性が示された。また、金属の野外生態影響評価では底生動物を対象とした研究が多いことなどが紹介された。さらに、BODなど有機汚濁や川幅といった他の物理化学的要因の変化と亜鉛やLASなど水質環境基準超過状況に相関があることから、一律の排水規制などに拘らずに場や流域の特性を考慮したより多角的な視点で対策を実施することが重要であるとの提言がなされた。

最後に渡部春奈氏 (国環研) から、「単独物質から環境水を評価する立場から」と題して、フィールドで採取した河川水中のニッケルなどの金属の濃度測定値と、ニセネコゼミジンコを用いた繁殖試験結果との相関について紹介があった。44試料中20試料から、ニッケルが主要原因と考えられる繁殖影響が確認された一方で、ニッケルの測定濃度とニッケル単独の試験結果とは整合性が取れず、硬度などを加味したBLM (Biotic Ligand Model) の導入の有効性が示されたほか、溶解有機物質 (DOC) の影響によって緩和傾向が示されることから、水環境基準 (指針) については、生物・地点・対象物質および共存物質に応じた補正による設定が今後の課題であるとの意見も示された。

最後の総合討論では、今回にとどまらず、今後の産官学の意見交換の継続についての要望が出されたことから、またバイオアッセイ研究委員会でも、同様の機会を設けて情報交換ならびに討議が継続的にできればと考えている。

(国立環境研究所 山本裕史、  
(株) LSIメディエンス 新野竜大)

# 薬剤耐性菌による水環境汚染とその制御

## 水中の健康関連微生物研究委員会

第22回日本水環境学会シンポジウムでは、水中の健康関連微生物研究委員会のセッションとして「薬剤耐性菌による水環境汚染とその制御」と題し、招待講演および関連した一般研究発表を実施した。今年度は酪農学園大学の臼井優准教授による「動物由来薬剤耐性菌／耐性遺伝子と水圏環境の関連」と題した招待講演が行われ、畜産分野におけるワンヘルスの観点からの薬剤耐性問題に対する取り組みが紹介された。また例年と同様に一般公募による研究発表も行われ、今回は10件の発表があった。今年度も50名を超える聴講者が集まり、本テーマへの感心の高さがうかがえた。

以下に一般公募による研究発表の概要を示す。今年度は、10件中9件が水環境中の薬剤耐性細菌／薬剤耐性遺伝子に関する研究、残り1件が次世代シーケンサーを用いた下水処理場におけるRNAウイルスの検出に関する研究であった。

### 1. ハノイの水環境における薬剤耐性遺伝子汚染の実態 (春日郁朗氏 (日越大) ほか)

ハノイ市内では未処理下水が水環境中への薬剤耐性遺伝子の拡散に寄与していることが確認された。遺伝子の水平伝播に寄与するインテグロンの遺伝子水中濃度が複数の薬剤耐性遺伝子の水中濃度との間に正の相関が得られたことから、インテグロン遺伝子濃度は薬剤耐性遺伝子による汚染指標として有効であると考えられた。

### 2. 自然河川における大腸菌と腸球菌の薬剤耐性率の比較及び汚染源の推定 (鈴木祥広氏 (宮崎大) ほか)

自然河川の最上流域を対象として、河川水、河床堆積物、土壌、および野生動物のふん便を採取し、各試料から得られた菌株の薬剤耐性プロファイルを調査したところ、最上流域における薬剤耐性菌および中度耐性菌の汚染源は鳥類を含む野生動物であることを示唆する結果が得られた。

### 3. 東京都内の河川における薬剤耐性の傾向と薬剤耐性遺伝子の検出状況 (西川可穂子氏 (中央大) ほか)

東京都内の河川を中心に薬剤耐性細菌による汚染実態を評価したところ、すべての調査地点で薬剤耐性菌が検出され、検出された薬剤耐性遺伝子はβ-ラクタム、多剤耐性、フルオロキノロン、アミノグリコシド、マクロライド、リファンピシン、テトラサイクリン、グリコペプチドの順に多い結果となった。

### 4. 下水処理場流入水から検出された下痢原性大腸菌の薬剤耐性 (柳本恵太氏 (山梨大) ほか)

下水処理場への流入水から検出された下痢原性大腸菌の薬剤耐性プロファイルを調査したところ、患者由来下痢原性大腸菌のそれと傾向が類似していたことから、ヒトからの検出、収集が困難な下痢原性大腸菌の状況を推定する検体として流入水は有用であることが示された。

### 5. ショットガン・メタゲノム解析による下水処理プロセスにおける薬剤耐性遺伝子の消長

(本多了氏 (金沢大) ほか)

処理方式の異なる下水処理プロセスにおける薬剤耐性遺伝子の消長を網羅的に比較したところ、OD法により多剤耐性遺伝子の出現率が顕著に増加すること、およびA2O法とOD法の好気槽汚泥において薬剤排出や標的代謝代替に関する遺伝子の割合が増加するなどの知見が得られた。

### 6. 塩素消毒およびパルス電界印加技術による薬剤耐性菌とその耐性遺伝子の不活化効果の比較

(古川隼士氏 (北里大学) ほか)

多くの下水処理場で導入されている塩素消毒、パルス電界印加技術による薬剤耐性菌・薬剤耐性遺伝子の不活化効果について調査したところ、一部の薬剤耐性遺伝子は塩素処理後も検出されること、およびパルス電界印加技術を用いた消毒では効率的に薬剤耐性遺伝子を不活化可能であることが示された。

### 7. Genetic characteristics of ampicillin-resistant *E. coli* in wastewater treatment plants influent, effluent and Lake Biwa (Chih-Yu Ma氏 (京都大) ほか)

下水処理場由来サンプルおよび琵琶湖由来サンプルからアンピシリン耐性大腸菌を検出し、その遺伝的特徴を調査したところ、琵琶湖から検出されるアンピシリン耐性大腸菌は下水処理水由来のものだけではなく、野鳥・家畜由来のものも含まれるとの結果が得られた。

### 8. 都市下水のモニタリングによる薬剤耐性菌のまん延調査：病院排水との比較 (渡部徹氏 (山形大) ほか)

下水処理場流入下水をモニタリングすることで、市中にまん延している薬剤耐性菌を調査する方法の有効性を確かめることを試みた。その結果、病院排水からは検出されずに流入下水からのみ検出される薬剤耐性菌が存在するなど、モニタリング対象としての流入下水の有用性を示唆する結果が得られた。

### 9. カンボジアのトンレサップ湖で水上生活者が利用する飲料水源から単離した腸球菌の薬剤耐性とその遺伝的特徴 (西山正晃氏 (山形大) ほか)

カンボジア・トンレサップ湖の水上生活者が利用する飲料水源を対象として、腸球菌を用いたふん便汚染の実態調査を行ったところ、多剤耐性腸球菌が検出されるなど、汚染が進んでいることが確認された。

### 10. 次世代シーケンスを用いた下水処理場におけるRNAウイルスの網羅的モニタリング

(李善太氏 (土木研) ほか)

次世代シーケンスを用いることで、下水処理場由来サンプルから網羅的にRNAウイルス由来遺伝子を検出することを試みた。その結果、ヘルパンギーナや手足口病の患者数と原因ウイルスの検出割合が連動するなど、流入下水中に存在する感染症原因ウイルスの存在割合は、地域で流行している感染症の消長を反映していることが確認された。

(東北大学 佐野大輔)

# 流域から湿地・沿岸域の動態・保全・再生と亜寒帯の環境

湿地・沿岸域研究委員会

はじめに「地球温暖化・海洋酸性化が日本沿岸の海洋生態系や社会に及ぼす影響」と題して、北海道大学大学院地球環境科学研究院の藤井賢彦先生に特別講演をいただいた。講演では地球温暖化や海洋酸性化が海洋生態系や人間社会にどのような影響を及ぼし、またその悪影響を軽減・回避するためにはどのような対策が求められるのかを日本沿岸を例に紹介いただいた。その後、「流域から湿地・沿岸域の動態・保全・再生」についての口頭発表12件が行われ活発な討議がなされた。

渡部ら（京都大）は2008～2017年まで研究グループで継続してきた琵琶湖における植生調査結果を整理し、さらに種の性質を反映して対象範囲の植生を評価するため、各植物種に評価点を設定し種に重みづけする方法を試みて「琵琶湖岸の針江地区、雄琴港地区における特定外来植物オオバナミズキンバイの在来植生に及ぼす影響評価」について発表した。その結果、今回適応した植生評価手法は、従来の手法よりも領域内の種の性質を反映していることが示唆された。古田ら（滋賀県・琵琶湖環科セ）は2018年8月、10月に琵琶湖マイアミ浜での二枚貝のモニタリング調査を行い、「琵琶湖沿岸の養浜事業が二枚貝に与える影響について」検討した。その結果、二枚貝の肥満度は養浜事業による影響に比べ季節による影響の方が高いことを推察した。近藤ら（京都大）は2018年9～12月に琵琶湖および大阪湾で採集した魚貝類を試料として、「琵琶湖・大阪湾における魚貝類の肛門径に着目した10 μm以上のマイクロプラスチックの存在実態」について発表した。その結果、イワシの消化管中のマイクロプラスチック（MPs）濃度と大阪湾の表層水中のMPs濃度と比較したところ、粒径が10～800 μmにかけて数千倍の濃縮がみられ、イワシの肛門径（600～700 μm）では10,700倍濃縮していたことを報告した。高橋ら（石巻専修大）は「沿岸工事後の後背の干潟底質中のシルト分の増減が移植アサリの生育に及ぼした影響」について発表した。2018年時における潮下帯の移植アサリの生育が悪化した一因として、工事後にシルト分が増加したため、間隙水中の溶存酸素濃度が低下したと推察した。大道ら（広島県環境保健協会）は「岩国市の干潟における短期的地形変化とアマモ場分布について」検討した。その結果、山口県岩国市地先の干潟は海風によって短期的地形変化を起こすが、アマモ場は0.5/100～0.9/100の勾配で0.425 mm > 粒子含量50%以上、含水率25%以上の場所に周年形成されていたことを報告した。山西ら（佐賀大）は「季節運転による処理水受水域内の底質環境に関する現地調査」について発表した。その結果、放流口を基点に季節運転の効果が示されるとともに、現地底泥に蓄積されたNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Nの水中への溶出が、水温増加や巻き上げによってさらに上昇する可能性を示唆した。

瀧ら（NPO水環境研）は「谷頭部における沖積層の水質浄化機能」について発表した。その結果、湿地帯の地

下水は弱い被圧状態にあり、湿地帯の湛水状態によって、沖積層を境に上下に移動することが確認された。浅岡ら（神戸大・内海域セ）は2014年11月、2015年2月、5月、8月に広島湾内の7地点において不攪乱柱状採泥器あるいは、エクマンバージ採泥器を用いて堆積物を採取して「広島湾表層堆積物の硫黄の化学形態」について発表した。その結果、表層堆積物における間隙水中の硫化物イオン濃度が検出限界（0.1 mg-SL<sup>-1</sup>）以下あるいは、濃度が低下した原因として、堆積物中でパイライトの形成や硫黄へと酸化されたためと示唆した。比嘉ら（横浜国大）は「東京湾における硫黄動態に着目した青潮に関する現地観測及び数値解析」について発表した。その結果、千葉波浪観測塔における表層、中層、底層のDOの実測値および計算値を比較したところ、底層のDOについてはその変動を含め概ね再現することができたと報告した。杉本ら（宇部高専）は「人工岩礁性藻場生育基盤造成による炭素吸収・固定量の推定」について発表した。その結果、岩礁性藻場生育基盤には着生した海藻による炭素吸収能および周辺に漂流することによる炭素固定能が確認されたことを報告した。高嶋ら（宇部高専）は「環境DNAによる海藻の遺伝子流動と集団遺伝構造の解析」について発表した。海藻の生育が確認できなかった地域における海藻が生育していない原因として、受精卵の無漂流が原因ではなく、生育環境による影響が大きいことを示唆した。有末ら（京都大）は2018年の9月～11月にかけて、ベトナム中部のフーロック川流域において水質調査と排水量の情報収集を行い、「東南アジア新興国の都市河川流域における全窒素・全リンの循環実態および主要な負荷経路の推定」について発表した。その結果、全窒素・全リンの排出源として、廃棄物処分場浸出水や未処理廃水の割合が高かったため、浸出水処理施設の効率化や下水管への接続率の向上が必要であると考察した。

9月6日午後には、約5万羽以上のマガンが毎年飛来し、ラムサール条約登録湿地にも指定されている宮島沼を管理・運営する宮島沼水鳥・湿地センターを訪問した。当日はセンターの加藤様から宮島沼の特徴や、歴史、環境などをレクチャーいただいた。このように湿地・沿岸域研究委員会では、現地を実際に訪れ、現地の方々に直接お話を伺う機会を大事にしている。最後に、御発表、御参加いただき活発な議論を展開していただいた皆様に謝意を表します。

（日本ミクニヤ株 徳岡誠人、京都大学 田中周平）



左写真：藤井先生による基調講演、右写真：宮島沼水鳥・湿地センターでの見学会

# 流域物質動態におけるノンポイントソース研究の意義

## 流域物質動態とノンポイントソース研究委員会

本研究委員会は、国内外のノンポイント汚染研究の課題の整理と研究の発展を目指して、1995年度より「ノンポイント汚染研究委員会」という名称で活動を行ってきた。一方、河川や湖沼、海域等の受水域では、依然として富栄養化が問題となる水域も存在するほか、有害物質による生態系への影響や、漁獲量減少の原因として貧栄養化が問題となる水域などがある。このような多様な問題とその要因を考察し、適切な対策を検討するためには、各種物質の発生のみならず、発生源からの流出や河川・地下水を通じた流達、受水域への流入など、流域全体における物質動態を詳細に把握する必要がある。

そこで2019年度より「流域物質動態とノンポイントソース研究委員会」に改称し、委員会活動を進めることとした。以上の経緯を踏まえ本セッションでは、従来のノンポイントソース（汚染）に関する研究に加えて、発生源から流出する物質の流域における動態や影響について議論を行った。セッションは6件の講演と総合討論の2部構成で行われた。

### 1. 【基調講演】川がつなぐ里と海—北海道東部・風蓮湖流域プロジェクトから示唆されること—

(長坂晶子(北海道総研・林試))

基調講演として、風蓮湖流域における水質や魚介類資源の環境変化と、それを取り巻く流域住民の自然認識について調査した事例が紹介された。流域では、酪農開発にともなう水質や底質の悪化により、1980年代半ばからシジミが減少したといわれている。点源負荷対策により効果も見え始めているが、一方で面源負荷については規制型のアプローチでは限界がある。漁業者と酪農者の対立構造を超えて水質・生態系の保全につなげていくため、地域資源に対する認識について聞き取り調査を行ったところ、生業が異なると自然観も違うことなどが明らかになった。関係者間の相互理解に向けて、上下流の情報交流・共有の必要性があると考えられた。

### 2. バックグラウンドとしての窒素湿性沈着負荷量と渓流水 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の位置づけ—窒素飽和か？沈着量の経年増加か？東シナ海・日本海側離島・高山を例として—

(海老瀬潜一(元・摂南大)ほか)

山地の窒素飽和現象が注目され、大気由来の沈着物負荷の影響が考えられることから、日本海側の離島や高山を中心として渓流水の NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度等を調査した事例が紹介された。日本の多くの山地河川において NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が現在も経年的に増加中であり窒素飽和が疑われること、また中国大陸からの長距離輸送の影響が示唆される結果となった。

### 3. 市街地雨水流出口と下水処理場に流入する疎水性有機汚染物質—発光細菌毒性試験による生活排水とノンポイント負荷の比較— (尾崎則篤(広島大院)ほか)

市街地由来の有機汚染物質とその影響について検討す

るため、雨天時流出水と下水処理場流入負荷の双方について、疎水性成分を対象とした生物検定による負荷評価を行った結果が紹介された。有機物抽出量で基準化した毒性単位で各試水の比較を行ったところ、雨水流出水よりも下水流入水のほうが高く、また懸濁態よりも溶存態が高い傾向がみられた。

### 4. 沿岸域における鉄と有機物の動態に関する研究

(藤井学(東京工大)ほか)

流域および沿岸域での鉄の動態と生物利用性を明らかにするため、志津川湾を対象として、陸域からの鉄の流出と湾内への供給、藻類の増殖などに関する調査を行った結果が紹介された。陸域からの溶存鉄供給は、外洋との海水交換と比較して少ないが、藻類群集の鉄摂取量の6割程度の値を示し、重要なソースであることが明らかになった。

### 5. 「物質循環の円滑さ」を指標とした新たな流入負荷管理の方向性 (佐藤祐一(滋賀県・琵琶研セ)ほか)

「物質循環が円滑であること」が水域の健全性につながるなどの認識のもと、物質循環の円滑さをあらわす指標を提案し、琵琶湖を対象としてモデル解析を行った結果が紹介された。「転換効率」と「生物バランス指標(=魚類/植プラバイオマス)」の間には正の相関があり、上位の生物に食べられやすい餌が多いことが「水がきれいでも魚が多い」環境に寄与すると考えられた。

### 6. ノンポイント汚染制御技術による流域・受水域の環境保全効果—事例にみる評価と課題—

(原田茂樹(宮城大))

重金属とセシウムを対象としたノンポイント汚染制御技術について、市街地雨水排除システム内での浸透工法と森林末端での透過性石積堰を対象として、効果を測定した事例が紹介された。それらは流出抑制のみならず資源循環の効果も生み出しうるが、受水域での効果については食物連鎖を通じた生物応答とその結果としての優占種挙動の影響を評価する必要性が提起された。

### 7. 総合討論

座長を務めた中島典之氏(東京大)より、流域物質動態研究に取り組む視座について3つの整理がなされた。すなわち、①「物質からスタート」：汚染物質の動態や排出削減に着眼するケースでノンポイント研究者に多い、②「対象水域からスタート」：水域の問題から入るケースで行政関係者に多い、③「評価軸からスタート」：評価指標を定義してから対象水域を選択するケースでシステム研究者に多い、である。会場からは、②や③の研究者らが①の研究者らに必要なデータを提案することの必要性や、研究成果をどのように活用、管理していきたいのかについて、広い関係者の合意が必要であることなどについて議論がなされた。

(琵琶湖環境科学研究センター 佐藤 祐一)

# インフラの質を上げる膜

## 膜を利用した水処理技術研究委員会

本研究委員会のシンポジウム参加は17回目、開催形式は、口頭発表、特別講演、パネルディスカッションの3部構成とした。口頭発表については、通常のセッション形式で、5件の口頭発表を行った。その後、特別講演については、「膜ろ過アーカイブ」として、これまでの膜ろ過技術の歴史にまつわる講演を開催した。最後に、パネルディスカッションとして、「インフラの質を上げる膜」というテーマで、3名の方に御登壇いただき、インフラの質への貢献という視点で、今後の膜処理に求められる役割と課題について、密度の濃い発表と闊達な議論が行われた。

### 1. 口頭発表 座長：木村克輝（北海道大）

#### 1-1 「塘路終末処理場膜分離活性汚泥法について」

篠塚洋之（標茶町役場）

標茶町塘路終末処理場に導入され約12年稼働している膜分離活性汚泥法設備の運転状況について報告がなされた。設備導入時の処理方式選定にあたっては地域住民の水質保全意識が高く、官主導ではなく住民参加型で進められたとの紹介があった。処理水質は良好であり、膜ユニットについても耐用年数を5年経過しているが、それほど大きな傷みはないことが報告された。

#### 1-2 「人口減少社会に対応するための水道のかたち～地域自立管理とオンサイト処理～」

牛島 健（北海道総研）

農山村地域において地域が自立的に水道を管理する形態（多くは水道法適用外）が存在する。このような地域自立管理型水道が人口減少社会に対応する水道管理形態のモデルになりうると考えて行った、実態調査についての報告がなされた。地域自立管理型水道におけるリスク管理の観点で、膜処理を採用した場合のオンサイトリスク管理体制についての紹介があった。

#### 1-3 「浄水場改築更新における膜処理選定とコンサルタントの役割について」 原 栄一（日水コン）

わが国の浄水場における膜処理施設の導入状況の紹介と、浄水場の改築更新における処理方式別の膜処理選定の動向について事例を踏まえた報告がなされた。また、PFI等の性能発注におけるコンサルタントの役割について、行政側参加の場合と民間側参加の場合に分け、紹介がなされた。

#### 1-4 「中空糸膜を利用した水処理の最新トピックス～MBRを中心として～」

小林真澄（三菱ケミカルアクア・ソリューションズ）

膜分離活性汚泥法（MBR）についての開発／導入の歴史の紹介と、近年のMBRの動向についての報告がなされた。公共下水向けとしては大型化の傾向にあり、中国、韓国においては、地下式の処理場が増えていくことが予想されている。また、産業排水向けとしては、再利用にとどまらず、液体を系外に排出しないZLD（Zero Liquid Discharge）の考え方も増えてきており、その対応としてMBRは欠かせない要素技術になっていることが報告された。

#### 1-5 「RO水を活用した散水装置による温室効果ガス削減」

中村 清（ダイセン・メンブレン・システムズ）

電力使用量削減を目的とした空冷式空調室外機への散水はCO<sub>2</sub>排出削減に関する有効な手段であるが、散水する水に含まれる陽イオン類が室外機アルミフィン上で析出することが問題となっている。本発表では、散水用水の前処理にRO膜を適用した実証試験の結果についての報告がなされた。RO水を用いることでスケールの析出が見られず、電力使用量の削減効果が確認された。

### 2. 特別講演「膜ろ過アーカイブ」

座長：木村克輝（北海道大）

#### 「私のMBR研究」

渡辺義公（中央大）

科学技術振興機構（JST）の戦略的基礎研究（CREST）における平成8-12年度の研究課題として、MBRの効率化開発に着手したことから、MBRの研究がスタートし、それからの研究概要と内容・取り組み、そしてハイブリッドMBRやbaffled MBRの開発、膜ファウリング機構解明に向けた取り組みの成果について、当時のエピソード等も踏まえ、紹介があった。

### 3. パネルディスカッション「インフラの質を上げる膜」

座長：山村 寛（中央大）

パネルディスカッションでは、加藤裕之様（東北大・未来科学技術共同研セ）、宮崎正信様（日本水道工業団体連合会）、三島浩二様（水みらい広島）の3名をパネリストとして迎え、「インフラの質を上げる膜」をテーマに、それぞれの視点での話題提供をいただくとともに、インフラの質とはそもそも何か、といった議論や、セッションや官民連携の導入における膜ろ過の役割や課題について、聴衆との議論が取り交わされた。

（メタウォーター株）大和 信大

# 表流水を原水とする浄水場への UV 適用 その意義と課題

## 紫外線を利用した水処理技術研究委員会

2019年5月に「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」(以降、対策指針)が改正され、地表水を原水とする浄水場(レベル4施設)においても適切なる過処理後に紫外線処理を設けることが認められた。今回の改正ではクリプトスポリジウム(以降、クリプト)の汚染のおそれが高いレベル4施設で紫外線処理が適用できるようになったものであり、その意義は大きい。

本シンポジウムでは改正された対策指針に対する理解を深め、その意義と課題を議論した。また紫外線処理に関する最新の研究について一般講演4件を行った。以下にその概要を記す。

### 1. 表流水を原水とする浄水場への UV 適用

#### 1-1 「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針の改正について」 林 誠 (厚生労働省水道課)

対策指針について、改正の背景、経緯および概要を概説した。今回の改正ではレベル4施設の予防対策として、ろ過後の水を処理するための紫外線処理設備を新たに位置づけた。さらに紫外線処理設備の技術的要件を「クリプト等を99.9%以上不活化できる紫外線処理設備」に変更した。

#### 1-2 「水道水の微生物リスク低減に向けた課題—水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針改正を中心に—」 島崎 大 (国立保健医療科学院)

厚生労働省「水道における微生物問題検討会」における対策指針改正に係る論点を紹介した。レベル4施設でろ過と紫外線処理を組み合わせることによって、ろ過水濁度を常時0.1度以下とする濁度管理と同等以上にクリプト等を除去・不活化できることを既往研究から説明した。また濁度管理は水道の微生物リスク制御に果たす役割が大きいことを解説し、おろそかにしてはならないと述べた。

#### 1-3 「JWRCの最近の取組み—水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針改正を受けて—」

高橋賢一郎 (水道技術研究センター)

対策指針の改正を受け、浄水処理における紫外線処理の普及のために水道技術研究センターが行っている2つの取組みを紹介した。

UV-ACEプロジェクトでは、地表水を対象とした紫外線処理設備の導入と維持管理上の留意事項等を整理して「紫外線処理設備導入及び維持管理の手引き(仮称)」を作成する。

また、紫外線照射装置技術審査基準は、紫外線処理設備の要件が変更されたことから改訂する。

#### 1-4 「急速ろ過法におけるクリプト対策の現状と今後」 萩原一穂 (水ingエンジニアリング)

レベル4施設のクリプト対策で最も重要なプロセスである急速ろ過法について、これまで行われてきた対策を概説するとともに今後の紫外線設備導入の方策について私見を述べた。今後のクリプト対策では、施設の敷地条

件、既存の設備、運用管理と費用等を考慮して、ろ過による濁度管理に紫外線処理を付加するかどうか検討する必要があると述べた。

#### 1-5 パネルディスカッション

「表流水を原水とする浄水場への UV 適用 その意義と課題」と題してパネルディスカッションを行った。現在、多くのレベル4施設は適切なる過水濁度管理によるクリプト対策がすでに行われているため、表流水を原水とする浄水場に紫外線処理が一気に導入されるとは考えにくい。一方で施設によっては現行の濁度管理に多大な労力をかけている場合もあり、一旦ろ過水濁度が0.1度を超過すると安全を確認するために多大な作業を行うことも考えられる。将来的に気候やクリプト等の汚染レベルの変動等も考慮して「もしも」に備えたマルチバリアとして紫外線処理が有効であるとまとめた。

### 2. 一般講演

#### 2-1 「水銀フリー紫外線光源を用いた医薬品類の分解評価」 高浪龍平 (大阪産業大)

使用量の多い18種類の医薬品を対象として紫外線による光分解実験を行い、光源による分解特性の違いを明らかにした。プラズマ発光型水銀フリー紫外線光源は低圧水銀ランプと比べて高い分解性を示し、この原因はランプの波長特性によるものであると報告した。

#### 2-2 「UV照射装置を構成する素材の反射特性に関する検討」 堤 力斗 (立命館大院)

UV照射装置の性能向上を目的として、紫外線の反射を期待できるPTFE、アルミおよびアルマイトの各素材を用いて反射効果を比較した。UV-LEDによる微生物の紫外線照射試験で殺菌効果を比較した結果、PTFEの反射効果が最大であった。

#### 2-3 「マイクロバブルと紫外線併用処理による緑膿菌不活化の性能検証および機構解明」

鞠 華 (お茶の水女子大院)

紫外線処理とマイクロバブルによる緑膿菌の殺菌効果を検証した。紫外線処理とマイクロバブルを併用した場合の不活化効果はそれぞれ単独処理した場合より高い効果を示し、相乗的な効果があったと報告した。

#### 2-4 「UV-LEDを用いた微生物の増殖抑制と増殖期における紫外線耐性の変化に関する検討」

Lian ZOU (立命館大院)

微生物は自然環境下で容易に増殖するため、消毒後に残存した微生物が再増殖し健康被害を及ぼす恐れがある。そこで、微生物が増殖できる条件において増殖を抑制する紫外線照射条件をUV-LEDを用いた大腸菌の不活化試験で検討した。その結果、増殖期の大腸菌は紫外線耐性が低下する可能性があると指摘した。

(水ing(株) 恩田建介)

# 海外事業を見据えた水処理

## 産業排水の処理・回収技術研究委員会

本研究委員会では、2件の招待講演と6件の一般講演を行った。産業排水処理に加え、今後、工業団地建設が活発化すると考えられる発展途上国における水質問題や海水淡水化技術も対象とする、非常に幅広いテーマについての講演発表を含むセッションとなった。以下に各講演の概要を報告する。

### 1. 招待講演

東京大学の片山先生に「ベトナムにおける水質問題と現状認識」と題して、ハノイに設立された日越大学赴任時の現地の方々との意見交換や実地の水問題の視察等を通じて得た知見を紹介していただいた。都市内氾濫発生時にセプティックタンク由来の汚染水が都市に到達し水系感染症発生リスクを増大させていることや、工場排水由来が疑われる魚の斃死をとまなう水質汚濁に対する現地政府の対応の事例などをご紹介いただいた。

Pentair Water Asia Pacific Pte.Ltdの糸川氏には「海外/国内の膜技術による水回収事例」と題して、Pentair製UF膜を活用した水回収およびエネルギー回収事例をご紹介いただいた。ナミビアにおける下水の飲用再利用をはじめ、電子産業における研磨排水や砂ろ過逆洗水などの高濃度無機排水、食品工場や電位産業工場からの工場排水、石油精製工場や油田に由来する含油排水ならびに随伴水からの水回収事例をご紹介いただいた。これらに加え、近年の試みとして、嫌気性MBRを活用した高濃度有機排水からの水およびエネルギー回収事例もご紹介いただいた。

### 2. 一般講演

ライオン(株)の清水氏には「コンプレックスによる界面活性剤含有排水の処理検討」と題し、生物処理における微生物への毒性が報告されている四級塩型カチオン活性剤(四級塩)のMBRによる処理を実施する際に、除去対象となる四級塩をコンプレックス化させることにより微生物への毒性低減ならびに膜ファウリングの発生速度低減を試みた検討の結果を発表していただいた。四級塩を直鎖アルキルベンゼンスルホン酸(LAS)とコンプレックス化させることで、微生物活性への障害を大幅に低減できたほか、MBR連続運転時の膜ファウリングの発生も軽微なものにとどまることが報告された。

水ingエンジニアリング(株)の松林氏には「嫌気性アンモニア酸化を適用した有機性排水のBODと窒素同時除去」と題し、前段でのBOD除去が必要となる排水に対して嫌気性アンモニア酸化処理を適用する際に、BODおよび窒素の同時除去を効率的に達成することのできる手法に関する検討結果をご報告いただいた。亜硝酸化槽前段に脱窒槽を設け、亜硝酸化槽からの汚泥循環を

行うことで、原水中に含まれるBODを利用した従属脱窒を活用することが可能となる。その結果として、嫌気性アンモニア酸化処理後に残存する硝酸性窒素濃度を低減することができ、最後段の脱窒工程で必要となるメタノール添加量を削減しつつ、亜硝酸化と嫌気性アンモニア酸化より構成されるシステム全体として良好なBOD、窒素同時除去を達成できたことが報告された。

栗田工業(株)の小松氏には「嫌気MBRによるグリセリン廃液処理とバイオガス回収」と題し、嫌気性MBRを用いた油脂加工工程から排出される高濃度グリセリン廃液(甘水)の処理ならびにエネルギー回収に関する検討結果をご報告いただいた。COD<sub>Cr</sub>槽負荷を変化させながら性能評価を行った結果、適切なCOD<sub>Cr</sub>槽負荷条件下においては98%以上のCOD<sub>Cr</sub>除去率を安定して達成できたこと、ならびに理論値と同等のバイオガス回収が可能であったことが報告された。

京都大学の藤川先生には「プルシアンブルーによる放射性セシウム処理の最適化-共存塩効果および高分子凝集剤選定法の検討」と題し、焼却灰等から放射性セシウムをシュウ酸で溶出させた後、プルシアンブルーで共沈させる工程において、シュウ酸抽出液中の共存塩が形成するフロックの沈降性に及ぼす影響に関する基礎検討の結果をご報告いただいた。プルシアンブルーの沈降性が共存イオンによって大きく異なること、ならびに抽出液中にリン酸が含まれている場合に沈降性が向上することが明らかとなった。

メタウォーター(株)の石川氏には「セラミック膜を用いた油田随伴水処理フィールド実証」と題し、国内油田における商用セラミックMF膜を用いた油田随伴水処理のフィールド実証の結果をご報告いただいた。長期運転実証を通じて安定した運転を持続することのできる運転条件を確立することができたと同時に、生産再開時や油井の酸洗浄時等の非定常時にも運転を継続できる条件ならびに膜透過性能の回復に効果的な薬品洗浄条件を見出すことができた。

(株)日立製作所の宮川氏には「高回収率海水淡水化システムとその応用」と題して下水を対象とした高回収率ROシステムの性能評価結果をご報告いただいた。下水を念頭に置いたベッセル構成を採用したところ、高回収率条件下においても膜ファウリングの発生を抑制でき、安定した長期運転ができる可能性が示唆された。また、今回検討されたベッセル構成においては、前段にショートベッセルを採用する必要が生じるものの、想定されるショートベッセルも製品としてラインナップされているものであり、特注品を使用することによるコストアップにはつながらない旨の説明もあった。

(前澤工業(株) 三好太郎)

# 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、招待講演1件および公募3件を含め、計8件の発表が行われた。それぞれの発表の概要は以下のようであった。

(1) 招待講演：電気化学的センサーの水環境研究への適用  
佐藤 久（北海道大）ほか

水環境分野において主に用いられている電気化学センサーの測定原理等について基礎的な解説が述べられた後、微小電極を中心に、その利点と欠点および研究事例等が報告された。微小電極はセンサー感応部が数 $\mu\text{m}$ であり、極小領域における水質測定が可能であるが、その作製には高度なスキルが求められる。生物膜内の $\text{NH}_4^+$ や $\text{NO}_2^-$ の酸化活性分布の解明、活性汚泥フロック中の $\text{O}_2$ 濃度分布が脱窒処理に与える影響、また抗体を付着させたバイオセンサーによる大腸菌O157の測定結果等が紹介された。

(2) 隔膜に多孔板を用いた電解法による温泉排水からのフッ素除去  
今井裕規（富山県大院）ほか

隔膜設置型電解槽を用いて、実源泉水の連続フッ素処理が行われた。陽極にPtメッキTi板、陰極にステンレス線、隔膜には1.2mm $\phi$ の孔が多数開けられた5mm厚のプラスチック板が用いられた。陰極槽での $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 生成にともなう共沈によりフッ素は除去され、16.7 $\text{mg-F}^- \text{L}^{-1}$ の源泉を約1.7Lの電解槽に7 $\text{mL min}^{-1}$ で流入させ、 $\text{Mg}^{2+}$ 濃度100 $\text{mg L}^{-1}$ 以上の条件で100mA以上の通電により、排水基準値(8 $\text{mg-F}^- \text{L}^{-1}$ )未満まで処理可能であった。

(3) 多孔質電極による選択的イオン吸着  
清原健司（産総研）ほか

細孔径、イオン径および印加電圧等をパラメータとし、分子動力学シミュレーションを用いて、多孔質電極の選択的イオン吸着性が検証された。電極としてはグラフェンシートを重ね合わせたもので平板（細孔径大）あるいはスリット状（細孔径小）、印加電圧は0Vあるいは1Vとした。カチオンは細孔に入る経路に水和の影響によるポテンシャル障壁があり、細孔径の制御によりイオン種を選択的に吸着できる可能性が示された。

(4) 電気脱イオン装置における電圧上昇トラブルの事例  
佐藤 伸（栗田工業）

純水製造装置に設置されている電気脱イオン装置(KCDI-UPz)の電圧上昇要因とその対策事例が報告された。運転条件は、処理水量25 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ 、電流値6Aであり、給水シリカ濃度が1200ppbとなったため電圧が上昇し、46日で約1.7倍の350Vとなった。前段のRO膜処理装置のRO膜を交換することにより給水シリカ濃度は200ppbにまで減少し、24日後には電圧を元の値にまで回復させることが可能であった。

(5) Design and application of Ti nano-electrode for Efficient Denitrification in Synthetic Groundwater

Wang Lele（早稲田大院）ほか

均一なナノチューブ状の細孔表面を有するTi電極(Tiナノ電極)をカソードとして用いる硝酸還元処理特性が報告された。Ti/Ptを陽極として用いた合成地下水の回分処理結果から、硝酸は還元処理され、一部が亜硝酸、アンモニアへ変化した。NaClを添加してアノード側での次亜塩素酸イオン生成を促すことにより、50 $\text{mg L}^{-1}$ の硝酸性窒素を約180分でほぼ完全に窒素ガスへと無害化処理することが可能であった。

(6) 堆積物微生物燃料電池を用いることで生じる底質内の変化  
窪田恵一（群馬大院）ほか

堆積物微生物燃料電池(SMFC)による閉鎖性水域底質の浄化機構を解明するため、霞ヶ浦の底質と湖水を用いた実験が行われた。SMFCの電流密度は約60日で最大の12 $\text{mA m}^{-2}$ となり、最大電力密度は約6 $\text{mW m}^{-2}$ であった。DOは底質表面下2mmで消費され、 $\text{NH}_4^+$ と $\text{NO}_3^-$ 濃度が表面付近で高く、アンモニア生成と硝化反応が促進されていることが示された。また、硫化物およびリン酸が広範囲に低減されることが分かった。

(7) 微生物燃料電池による排水浄化方法の開発

高岡大造（大阪電通大）ほか

縦型1槽式微生物燃料電池を用いて、酢酸および酪酸(1100 $\text{mgCOD L}^{-1}$ )の比較処理実験が行われた。電極にはカーボンフェルト、アノード集電にはステンレスパンチングメタル、カソード集電にはアルミ薄板、隔膜にはMF膜がそれぞれ使用された。すべての系でCODは同じように減少しており、酪酸は300時間以降で出力上昇が確認されたものの、酢酸では電気出力はほとんどなく、発電菌への移行の遅れが要因とされた。

(8) 微生物燃料電池を用いた窒素除去方法の開発

大谷優太郎（大阪電通大）ほか

2槽式微生物燃料電池を用いた脱窒バイオカソードの実験結果が報告された。電極にはカーボンフェルト、集電板にはステンレスパンチングメタル、隔膜にはNafion117が使用された。アノードに酢酸ナトリウム(1000 $\text{mgCOD L}^{-1}$ )、カソードには硝酸ナトリウム(100, 200および400 $\text{mg-N L}^{-1}$ )が投入され、硝酸態窒素濃度の違いにより最大電流密度に変化が観察されたものの、さらなる装置の最適化が必要であることが示された。

(9) 総合討論  
座長：岸本直之（龍谷大）

総合討論では、冒頭座長からセッション全体について簡単に総括された後、各研究発表内容に関して解決すべき課題等について議論が行われた。

(株式会社ヤマト 小森正人)

# 熱帯亜熱帯地域の多様な水質浄化技術

## 熱帯・亜熱帯地域水環境

本研究委員会の対象とするのは、熱帯亜熱帯地域の陸水環境、海域環境等と幅広い。今回は見出しのテーマでセッションが企画され、一般講演と総合討議が行われた。その概要を以下に報告する。

### 1. 熱帯亜熱帯地域を想定した排水処理汚泥の嫌気性消化技術の検討 (日高 平 (京都大学))

一般的な嫌気性消化反応の運転温度である中温 (30~37℃) もしくは高温 (50~55℃) に対して、下水汚泥を対象とした無加温消化が沖縄などで採用されている。下水混合汚泥を対象に、実験室規模の連続式嫌気性消化実験を行い、低温から高温条件下での消化特性の比較を試みた。その結果、25℃での嫌気性消化でも、0.5 kgVS(m<sup>3</sup> d)<sup>-1</sup>程度の負荷率で中温条件と同様のメタンガス発生率が得られた。下水道 (OD法)、農業集落排水施設 (浮遊生物処理) などで採取した汚泥の嫌気性消化特性を比較した。温暖な地域では貯留中の有機物分解によりメタンガス発生率低下の可能性が考えられた。嫌気性消化汚泥を周辺の農地などで液肥として活用できれば、排水処理が不要となり、地域内の資源循環にも貢献する。熱帯亜熱帯地域向けのエネルギー作物への適用や、太陽光による肥料としての改質が考えられた。

### 2. 熱帯亜熱帯地域における太陽光を利用した医薬品分解処理の可能性と発展性 (治多伸介 (愛媛大学) ほか)

溜池に流入する集落排水処理水 (以下、処理水) と溜池流出水の調査では、調査した医薬品の処理水からみた流出水の低下率はすべて80%以上であり、太陽光による分解作用と、降雨による希釈効果が濃度低下に寄与したと考えられた。処理水が流入するダムでの調査においても、医薬品の流入水から流出水への濃度低下が観察され、年間の流入・流出の医薬品負荷量計算では、流入に比べて流出の負荷量が低下している成分がほとんどであった。また、その傾向は医薬品の分解中間生成物についても同様であった。さらに、そのダムの上流部に位置する河川において、処理水の流入直後の地点と、その下流部を調査したところ、医薬品と分解中間生成物の濃度低下傾向は明確で、とくに夏に顕著であった。以上の結果から、医薬品の太陽光による分解は、溜池、ダム、河川といった様々な場所で生じていると考えられ、とくに太陽光の強度の強い熱帯亜熱帯地域では、その分解作用の活用が大きく期待ができると考えられた。

### 3. 亜熱帯地域における有機性廃棄物を原料とした高温L-乳酸発酵に関する基礎的研究 (西村文武 (京都大学) ほか)

亜熱帯地域は食糧生産効率が高く、バイオマスの供給地域としても注目されている。バレイショは、亜熱帯地域で多く栽培されており、でんぷん質が多く、生分解性プラスチックの原料となるL-乳酸への転換・活用が期待できる。バレイショ由来バイオマスの主成分である多糖の分解率と乳酸収率を向上させることを目的として、

糊化の効果と適切な植種液選択方法について検討した。その結果、バレイショ由来多糖で培養した植種液を添加した系の方が光学純度が高く、乳酸生成速度も大きいことが分かった。でんぷんは糊化しないとL-乳酸発酵できなかった。また、菌叢変化をみると、*B.coagulans* と *T.thermosaccharolyticum* が共存する反応系で処理されることが有効であることが分かった。

### 4. 北ベトナムの農村地域 (Ha Nam 省 Thanh Thuy 村) における生活排水処理の現状と課題 (TRAN Ngoc Hieu (愛媛大学) ほか)

北ベトナムの農村地域の生活排水処理の現状と課題が Ha Nam 省 Thanh Thuy 村を例として紹介された。Thanh Thuy 村での処理方式は、し尿については、1) 未処理、2) 1槽式、3) 2槽式、4) 腐敗槽がある。生活雑排水は全て未処理で放流されるが、1) 各家庭から直接放流される、2) 複数の家庭から集水管で集められる、の2方式が存在している。Thanh Thuy 村では、2009年から「新農村づくり国家プログラム」が展開され、この10年間で、し尿については水洗トイレと腐敗槽が急速に普及して普及率90%以上に達し、生活雑排水は集水管利用が主となった。そのため、Thanh Thuy 村および北ベトナム農村のさらなる環境改善のためには、設置された腐敗槽をより効果的に改良・改善する技術や、集水管で集められた生活雑排水を効率的に処理する技術の開発・導入が重要と考えられる。

### 5. 沖縄における農業集落排水処理水の農地利用に向けた取組み (中野拓治 (琉球大学) ほか)

全国7施設 (連続流入間欠ばっ気活性汚泥法) の処理水を対象に灌漑利用からみた「国際標準化機構 (ISO)」ガイドラインの基準達成状況を検討したところ、通常の運転管理によって処理水BODはカテゴリーCの処理性能を満足していた。沖縄はばっ気槽の水温が年間を通じて20℃以上であり、処理水BODはカテゴリーBの水準を達成できる場合が多く、ばっ気強度を高めたり時間を長めにすることでカテゴリーAの水準にすることは可能である。処理水は、作物根の栄養吸収阻害を含めて作物生育に悪影響を与える可能性は低く、作物生育に必要な栄養塩類 (窒素・リン・カリウム) やホウ素等が含まれており、減肥を通じた肥料の節約や生育効果の向上に繋がる可能性があることから、これらの元素の積極的な活用が重要と考えられる。処理水中の残留成分の濃度や作物への影響は、実際のデータを丁寧に収集し、結果を踏まえた水質管理基準の策定やリスク評価等のシステムの構築が重要である。

### 6. 総合討議

熱帯亜熱帯地域の水質浄化技術の現状・課題について発表および活発な意見交換が行われ、それらを通じて本研究委員会の重要性や発展性が示された。

(元沖縄県衛生環境研究所 宮城俊彦)

# 農産業に関わる水・バイオマス利用の持続性を考える

## 農産業に関わる水・バイオマス循環技術研究委員会

本セッションは、水・バイオマス利用の持続性を進める上で欠かせない「理念」に関する基調講演1件、「評価」に関する依頼講演1件、水・バイオマス利用の「システム」に関する依頼講演2件からなる。

### 資源回収型サニテーションと農業

(船水尚行氏、室蘭工業大学)

どのような技術を開発するか、開発する技術のゴールはどこにあるか、などカギとなる技術の着想法を学ぶことができた。ともすると、我々は今の延長線上に技術を語ることが多い。しかし、あるべき、あるいは、作りたい社会が先にあって、適応するビジネスモデルを創造し、そこに必要な技術をパズルのピースのようにはめ込んでいく、そういう着想法の紹介であった。講演者は、開発途上国の農業を持続的にするべく、し尿や雑排水が資産となる仕組みをデザインし、衛生問題も同時に解決する研究プロジェクトを紹介した。サニテーションと地域の生業を結び付けた新たな価値連鎖（バリューチェーン）の提案である。各家庭はサニテーション設備の導入に資金が必要となるが、施設導入により増加する所得をベースに借入れを行う。一方、地元ファシリテート組織（FO）を用意し、FOが金融（マイクロファイナンス）を担い各家庭に設備導入を進める。このような社会の実現性、たとえば導入設備の価格やFO成立条件を報告した。その他、雑排水の農業利用で問題となる洗剤（LAS）やナトリウムへの対応、尿中に存在する医薬品の農作物移行に関する話題とその対応、糞便中の回虫卵の環境残存性と対処方法などについて科学的な知見の紹介もなされた。人口減少下の地域経済と経済発展の方策—研究開発投資に着目して—

(國光洋二氏、農業・食品産業技術総合研究機構)

一般に経済成長は、人口増加率と技術進歩による生産性向上率の和で規定される。わが国では人口がすでに減少し始め、人口減少率も地域により大きく異なる状況において、技術進歩を担う研究開発投資が経済成長や地域格差にどのような影響を及ぼすか、その評価方法を含めて講演された。ここでは、研究開発投資を内生化した空間応用一般均衡（DS-CGE）モデルにより定量化を試みた。地域ごとの影響を評価するため、2011年の9地域間産業連関表を用いて空間モデルとした。技術の進歩は全要素生産性により表現され、全要素生産性に影響を与える要因として知識資本、公共インフラ、規模拡大および人的資本を考慮した。なお、研究の着想は、国民経済計算（SNS）の基準改定であり、研究開発投資が原材料から将来の成長への投資（総固定資本形成：投資）へと移行したことによるようだ。分析の結果、民間研究開発投資に支えられて、1人当たりの国内総生産（GDP）は今後増加が見込めるものの、GDPそのものは2030年をピークに減少すると示された。また、将来の技術進歩は地域間格差を助長する結果ともなった。

### 地域ぐるみで支える地域自律管理型の農村水インフラ

(牛島健氏、北海道立総合研究機構)

北海道では、非常に小さな規模の水道が道内水道事業数の91%をカバーしている。しかし、その実態は必ずしも自治体で把握されているわけではない。今後、人口減少が顕在化し、水道の種類や管理主体も変化（規模が縮小化）していく中で、地域の人が管理してきた水道である地域自律型水道（主に水道法上の「その他の水道」）の自立支援は重要となる。講演者は、北海道内の地域自律型水道の実態調査を実施し、記憶に依存する施設維持に資する情報の継承（世代交代）などの課題を指摘した。さらに、見えてきた課題をもとに、追加コストを必要としない地域自律型水道の維持管理支援体制を考案し、北海道富良野市で実践している活動を紹介された。たとえば、水道施設維持に欠かせない水道管路網図の作成は地元高校の科学部と協働し、GISを用いた水道アセット情報の整備が地元（高校）で行えること、整備された情報が自治体と共有できることを示した。また、支援体制を構築するには既存のネットワークである農業従事者のネットワークや地元高校の卒業生ネットワークが有効であることを指摘した。講演後、支援体制の範囲（圏域）について議論が交わされた。

### バイオガスプラントを用いた乳牛ふん尿の循環利用

(中山博敬氏、寒地土木研究所)

北海道の農産物出荷額のうち乳用牛は38%を占める。酪農家1戸当たりの乳牛飼養頭数（平均値）は134頭であり、毎日約8トンのふん尿が排出される計算となることから、乳牛ふん尿への対処は重要な課題である。乳牛ふん尿の処理方法は飼育方法によって異なるが、堆肥化処理、好気性発酵処理、あるいは嫌気性発酵処理がなされ、最終的には肥料として圃場に散布される。嫌気性発酵処理について、生成するバイオガスから得られる電力はFIT制度の買取対象となることから、近年注目を集めている。道内では7基の集中型（大型）プラントが存在する。講演者は、発電の際に得られる熱の有効利用について話題を展開し、北海道鹿追町のプラントにおける熱利用状況と夏季の余剰熱について説明された。また、鹿追町にて実施されている夏季の余剰熱を利用したチョウザメ養殖を紹介された。講演後、カリウムを多く含む乳牛ふん尿からの消化液の利用方法・注意点、北海道別海町における乳牛の飼養頭数制限（条例）の紹介、集中型プラントの経営状況に関する情報など、乳牛ふん尿とその利用を取り巻く状況の共有化が図られた。

総合討議では、「時間軸」に着目した将来のビジネスモデルやシステムの有様について問題提起がなされ、議論が大いに盛り上がった。今後も水・バイオマスの循環利用を進める思想と技術の蓄積を継続していきたい。

(同志社大学 赤尾聡史)

# 塩分が変化し成層しやすい汽水域をどうするか～課題と展望

汽水域研究委員会

表題のセッションを、2019年9月5日午前・午後を通じて開催した。

はじめに三上英敏氏（北海道・環科研セ）による招待講演「北海道の汽水湖」において、北海道の汽水湖の全体的な水質傾向と網走湖の長期的環境変化を紹介いただいた。北海道にはオホーツク沿岸と太平洋岸東部に多数の汽水湖がある。それらの特徴としてCODが腐植物質の影響を大きく受けており、海水との混合が小さい湖沼ほど高濃度になることが解説された。部分循環湖である網走湖では高塩分層は常に嫌氣的で、硫化水素・アンモニア・リン濃度すべてが近年、増加傾向にある。好気層では二枚貝ヤマトシジミが漁獲され、その繁殖のためにはアオコが発生しない程度に高塩分水が流入するのが望ましいが、そうなると高塩分層の嫌気化が強くなるというジレンマの中で、適切な管理が求められていることが説明された。

続いて汽水域の物理・化学的特性に関して6件の講演が行われた。塩分成層に関する講演が3件行われ、塩分に影響する要因として人工構造物と水位差が検討された。水位差に影響する要因である潮位、降水量、風のうち、潮位はある程度予測可能だが、風の予測は不確定要素が多い。このため、汽水域における塩分の将来予測には一定の限度があることが理解された。

冒頭の網走湖では海水の流入が増えることで貧酸素化が激化していたが、一方で海水は酸素を豊富に含むことから、水質改善につながる可能性もある。その効果をSODを指標に実験で確認する試みが紹介され、汽水域では硫化水素による酸素消費も考慮する必要があることが報告された。その硫化水素の現場での値を報告した例は少ないが、原因のひとつに精度管理がある。これについて、とくに標準溶液の調製法に留意すべきことが紹介された。汽水域では硫酸還元菌の有機物分解が優位でメタン生成菌の活動が阻害されると考えられてきたが、中海の湖水でメタンが硫化水素と同所的に発生していることが報告された。

午後のセッションでは、汽水域の生物に関わる報告が4件行われた。汽水域は河口に位置することから栄養塩が集積し、植物プランクトンが増殖しやすい。一方で懸濁物食であるヤマトシジミによる捕食効果や、アマモやそれに付着する微細藻類との栄養塩を巡る競争により、栄養塩濃度が高くても植物プランクトンが低濃度で抑制される場合がある。またアオコの発生には栄養塩だけでなく塩分の影響が大きいことが紹介された。アマモ群落は北海道の多くの汽水湖に広がっており、枯死草体が湖岸に打ち上げられているが問題視されていない。これに対し宍道湖では近年になって水草が大量に繁茂するよう

になり、同所的に発生する糸状底生藻類と合わせて、ヤマトシジミへの悪影響が懸念されていることが報告された。水草の大量繁茂は淡水湖沼の琵琶湖南湖でも発生し、二枚貝漁業が壊滅状態になっている。なぜ維管束植物群落の繁茂が北海道の汽水湖では全く問題視されていないかは、さらなる検討を要する課題である。汽水域は浸透圧調節能力がない生物はすめないため、自然状態で種多様性が最も少ない水域である。その上、陸域からの多種多様な化学物質が集積する位置にあり、人間による攪乱に非常に脆弱な水域であることが、ネオニコチノイド系殺虫剤が宍道湖生態系に与えた影響を例に報告された。

総合討論では、長期的な塩水侵入予測は難しいとしても、メソ数値予報モデルGPV（MSM）の数日程度の子報値を用いれば、気象予報データと天文潮水位データを用いて3日間程度の短いスケールの塩水侵入を予測できる可能性があるとの意見が出された。それが可能になれば、貧酸素化や青潮などで被害を受ける漁業者に対して、有益な情報を提供できる。海水交換については、溶存酸素の改善に加えて水中リン濃度が低下していた点に着目し、鉄やマンガンなどにリンが共沈・沈殿して水質が改善する可能性に着目した意見が出された。どのような条件でどのように海水を導入すれば溶存酸素の増加やリン濃度の減少につながるかを数値化することで、水質保全の観点からの海水導入のマニュアル化が期待される。また硫化水素測定に関わる標準物質について、演者の開発した方法を商品化することで広く普及すべきとの要望が寄せられた。

今回のシンポジウムで取り上げられた汽水域はすべて湖沼であった。その汽水湖について、塩分成層が生じるのが自然であるとの認識が周知されていない点について議論された。日本では一般に汽水域とは認識されていないが、内湾では比較的浅い海域、たとえば有明海などでも塩分成層により貧酸素化することがある。塩分が成層するということは海水よりも薄い汽水が存在していることを示すことから、日本においては一部の内湾は広義の汽水域に当たる。実際、海外ではエスチュアリーは汽水域とみなされているが、大陸のエスチュアリーは地理的スケールでは日本の内湾に匹敵するものも多い。

このようなエスチュアリーや河川汽水域も含めて、汽水域の特徴や世界各国の汽水域の実態などを紹介した、汽水域に関する総合的な一般書を研究会でまとめて出版してはどうかとの意見も出された。貧酸素化、青潮、アオコ、水草の異常繁茂など様々な問題を抱える汽水域をそれぞれの地域で持続的に維持管理する上で、そのような書籍の出版は意義があると思われる。

（東京大学 山室 真澄）