

## 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予算事業である。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 618 技術について実証を行っており、本年度で 15 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、平成 29 年度は 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」を実施しており、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するものとなっている。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に特徴がある。

今年度は当該セッションとしては 7 年目にあたり、シンポジウム 1 日目：平成 29 年 9 月 26 日（火）（13：30～17：00）の日程にて、E 会場（和歌山大学栄谷キャンパスシステム工学部 A 棟 A203 教室）において行われた。

今年度は、環境省および実証機関の発表および質疑の時間を 20 分、企業の発表および質疑の時間を 30 分と長くとするスタイルとし、3 時間 30 分の枠内で計 8 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 高松 達朗】

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。

【「原単位を用いた有機性排水対策技術の評価について」一般社団法人埼玉県環境研究検査協会 岸田 直裕】

今年度の「有機性排水処理技術分野」の実証機関より、有機性排水対策技術について、採水および水質分析に変わる手法として、原単位を用いた評価事例等について報告した。

【「新浄化装置」と「バイオトイレ」を活用した環境改善技術」正和電工株式会社 大黒 香那】

「有機性排水処理技術分野」で実証された自社技術「新浄化装置」とバイオトイレを同時に導入することにより水環境改善に大きく貢献することを紹介した。

【「30 ミクロンフィルターの厨房排水への応用」株式会社 大都技研 佐藤 秀雄】

「有機性排水処理技術分野」で実証された 30 ミクロンフィルターの厨房排水への応用について、その実証試験結果の報告がなされ、そこから効果的な適用方法についても言及された。

【「製鋼スラグ造粒物による藻類成長促進技術」日新製鋼株式会社 弘中 諭】

「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」で実証された、製鋼スラグ造粒物によるノリの成長効果等を紹介した。

【「底質改善分野におけるマグネシウム系材料の可能性」宇部マテリアルズ株式会社 田中 俊也】

「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」で実証された酸化マグネシウムの散布による底質改善技術と、今後のマグネシウム系材料の可能性等を紹介した。

【「試験場所の選定と評価方法」一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 山岸 知彦】

今年度の「湖沼等水質浄化技術分野」の実証機関より、実証対象技術を適正に実証するための試験場所の選定と評価方法について説明した。

質疑の際にはご来場いただいた方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、環境技術実証が昨年 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。それらの進捗状況については次回の日本水環境学会シンポジウムにおいて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 高松達朗）

# 紀の国、水の国—紀の国を育む水とその歴史・文化—

## 関西支部企画

日本水環境学会シンポジウムが和歌山で開催されるにあたり、まず考えましたことは、和歌山の魅力をお伝えしたい！ということでありました。と言いますのも和歌山というところは、津波や風水害についての勝手なイメージを持たれたり、あるいは、逆に、全国あるいは、関西の人口密集地からは少しアクセスが悪いせいもあって、一部の有名な観光地しかイメージできないという状況もあるかもしれません。しかし、実にこの和歌山の地は、高野山、熊野大社、那智の滝、熊野古道、と枚挙に暇がない風光明媚な場所でありますから、この魅力を参加の皆様にお伝えしたいと考えました。そこで、チラシ(図1)に示すような内容を構成してみました。順を追って紹介したいと思います。

まずは、古文書がご専門の和歌山大学の大橋直義准教授には、「紀州地域の“水”と物語」と題し、和歌山で見つかる古文書を紹介していただきながら、昔の人々の生活と水の関わりについてご紹介いただきました。様々な寺社が周りの川で囲まれるように立地することで、川自体が境界の意味を果たしているお話や、私たちは(少なくとも私は)、水というものはひたすら清らかなるものとのイメージを持ちがちですが、昔の人は川の向こうや水辺を魑魅魍魎の世界として怖がる文化も大きかったことなどが紹介されました。また、古い絵図のなかでも、用水を取り合う様子などがうかがえる内容が紹介されました。

2つめの講演では地学がご専門の和歌山大学の後誠介客員教授から「水と大地と南紀熊野ジオパーク」と題し、紀伊半島の地形と地質がどのように形成されたのか、また、その現れ方についてご講演いただきました。和歌山の地質は、プレートの潜り込みにより陸側に押しつけられた地層の上に、土砂が堆積し、また、そこに火山がで

きた、という主に3つの要素があるようですが、その土地が長い間の風化により美しい表情を見せる様子を示していただきました。また、その人間の手によっては絶対なし得ない特異な地形や、その間を縫う川や滝、水辺が地域の信仰、祭の形として現れていることについてもご説明いただきました。

後半のセッションでは、和歌山全体から紀の川に的を絞りました。3番目に、大阪府立大学の中桐貴生准教授より「紀の川水系における農業水利システムと農業用水利用が地域の水環境に果たす役割」と題しご講演いただきました。紀の川の流域は南北を山脈に挟まれた東西に長い形状を持ちますが、紀の川に沿って東西に長い水路を建設したことによって、水を滞留させ、水の余裕が少ない時期に水の有効活用する機能をもつことになり、流域内の農業生産を助けていることがよく分かりました。この流域内の営農が流域の水環境の基盤となっていることも説明いただきました。また、4番目には紀の川市役所の窪原拓馬様から「水生生物の重金属濃度からみた紀の川の水環境」と題しご講演いただき、水中の低濃度の重金属濃度を継続的に計測するよりは効率のと考えられる水生生物の重金属濃度を計測することにより、流域の環境監視が可能であることをご紹介いただきました。最後のご講演はシンポジウムの実行委員長でもある和歌山大学の井伊博行教授より、翌日のテクニカルツアーにつながる「紀の川の魅力」についてご講演いただきました。最後には、会場から回収しました質問票をすべて取り上げることができないほどに、活発な質疑もありました。

以上の報告には私の理解が間違っている点もあろうかと思えます。この報告をご覧になって興味を持たれた方はぜひこの「大地」和歌山にお運びいただければと思います。この企画を計画した当初は全国から来られる本学会員に和歌山を知ってもらいたいとの一念でありましたが、結局は私を始め関西の人間にとっても新しい発見の多いセッションでした。ご多忙中ご講演いただきました先生方にはこの場を借りて改めて御礼申し上げます。

(大阪大学 入江政安)

第20回水環境学会シンポジウム 支部企画セッション  
**紀の国、水の国—紀の国を育む水とその歴史・文化—**  
 日 時：2017年9月27日(水) 13:30~17:00  
 場 所：和歌山大学システム工学部A棟1階A101号室  
 参加費：無料・申込不要(このセッションと同日の特別講演会)以外の企画は有料です)  
 定 員：200名  
 (会場の混雑により、お入りにくい場合がございます)  
**プログラム**  
 13:30-13:35 趣旨説明 入江 政安 (大阪大学)  
 13:35-14:15 「紀州地域の“水”と物語」 大橋 直義 (和歌山大学教育学部准教授)  
 14:15-14:55 「水と大地と南紀熊野ジオパーク」 後 誠介 (和歌山大学法政学教育研究センター-客員教授)  
 15:10-15:40 「紀の川水系における農業水利システムと農業用水利用が地域の水環境に果たす役割」 中桐 貴生 (大阪府立大学生命環境科学部准教授)  
 15:40-16:00 「水生生物の重金属濃度からみた紀の川の水環境」 窪原 拓馬 (紀の川市役所)  
 16:00-16:20 「紀の川の魅力」 井伊 博行 (和歌山大学システム工学部教授 / シンポジウム実行委員長)  
 16:30-16:55 質疑・討議  
 16:55-17:00 閉会挨拶 関西支部部長 大久保 卓也 (滋賀県立大学)

図1 案内チラシ



図2 会場の様子

# 省エネ・低炭素化に資する嫌気性微生物処理技術

## 嫌気性微生物処理研究委員会

9月26日午後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、バイオマス混合嫌気性消化、アナモックス処理、産業排水処理、下水処理、膜分離・生物膜処理を扱う最近の研究成果が10名の講演者から紹介された。メタン発酵とアナモックス反応による窒素除去の内容が中心である。以下に個別の内容をまとめる。

### (1) バイオマス混合嫌気性消化污泥の菌叢解析

(土木研 山崎廉予, 對馬育夫, 重村浩之)

様々なバイオマス原料およびその混合嫌気性消化により形成される微生物叢を細菌・古細菌群それぞれ調査し、投入バイオマス種が多様になるほど微生物叢も多様になること、定着する微生物は種汚泥に強く依存しないことなどを明らかにした。

### (2) ラボスケール担体投入型嫌気性処理装置における運転条件と付着微生物群集構造の評価

(水ing(株) 高橋惇太, 飯倉智弘, 蒲池一将, 鈴木利宏)

担体投入型嫌気性処理装置による清涼飲料製造廃水の処理における、処理特性と付着微生物の評価を行った。容積負荷  $66 \text{ kg-COD m}^{-3} \text{ d}^{-1}$  までの  $35^\circ\text{C}$  での高負荷処理と低温での容積負荷  $14 \text{ kg-COD m}^{-3} \text{ d}^{-1}$  の下での安定処理が可能であること、*Methanosaeta* の担体への集積が処理性能に影響していることなどを示した。

### (3) 高温条件における紙類と生ごみの混合メタン発酵特性

(東北大 吳競, 覃宇, 朱愛軍, 北條俊昌, 李玉友)

高温メタン発酵において、紙類と生ごみの混合比率を紙比率  $0\sim 60\%$  -TS/TSの間で変化させながら HRT30日での連続実験を行い、各条件で VS 除去率  $80\%$  程度で安定して処理が可能であった。とくに炭水化物の除去率が  $90\%$  程度除去できた。

### (4) カチオン共存下における嫌気性生物膜の成長と崩壊モニタリング

(国環研 小林拓朗, 徐開欽)

Na と Ca の共存系における両濃度が嫌気性の生物膜に及ぼす影響を、微量質量センサー上での生物膜付着量モニタリングを用いて評価した。共存する Ca 濃度上昇は明確に生物膜の付着を促進するが、汚泥に対する Ca と Na の吸着競合が生じ、Na の増加によってその付着が抑制されることがわかった。

### (5) 嫌気性バッフルドリアクターを用いた天然ゴム産業廃水処理過程の温室効果ガス排出量の評価

(長岡技科大 惣中英章, 室佳史乃,

山口隆司, 幡本将史,

吳高専 木村善一郎, 国環研 珠坪一晃,

吳高専 谷川大輔)

嫌気性バッフルドリアクターと DHS リアクターからなるシステムで天然ゴム廃水を連続処理し、その過程の温室効果ガス排出量を調査した。十分な COD 除去等を

達成しつつ、温室効果ガス排出量は  $0.18 \text{ kg CO}_2 \text{ m}^{-3}$ -廃水となり、従来処理と比較して大幅な削減が可能であった。

### (6) 都市下水を処理する UASB 槽内に生息する原生動物群集の季節変動と処理水質との関連

(長岡技科大 平片悠河, 幡本将史, 山口隆司, 長岡工専 押木守, 荒木信夫)

都市下水を処理する UASB 槽内の原生動物群集と処理水質や季節との関係を 18S rRNA 遺伝子に基づき調査し、下水から流入する原生動物が UASB 槽内に存在すること、処理水質がよい時期・悪い時期にそれぞれ増加する指標生物となりうる原生動物種が存在することを示した。

### (7) アナモックス反応器の運転条件変更時における亜酸化窒素発生特性

(京都大 西村文武, 菅健太, 杜子昂, 日高平, 水野忠雄, 楠田育成)

不織布にアナモックス細菌を付着させた反応器の連続実験において、温度や還元性 S 濃度の変化が  $\text{N}_2\text{O}$  発生特性に及ぼす影響を評価し、上記の条件の変化が起きた直後に  $\text{NO}_2$  の発生が増大し、連続運転の継続に応じて減少していく挙動を明らかにした。

### (8) 一槽式アナモックスプロセスに及ぼす有機酸の影響

(東北大 郭延, 北條俊昌, 久保田健吾, 李玉友, 山東大 牛啓桂)

担体投入型一槽式アナモックスリアクターにおいて、メタン発酵液を想定した流入排水中の有機酸濃度の変化が処理性能に及ぼす影響を連続実験で調査した。COD/ $\text{NH}_4^+$  比  $0.4$  以下の場合には、高い全窒素除去率が達成できることを示した。

### (9) 部分循環式嫌気性ろ床を付加した下水処理の特性について

(土木研 岡安裕司, 重村浩之)

下水を処理する活性汚泥法における消費電力削減を目的として、前段に嫌気性ろ床法を設けたシステムの連続実験での評価を行った。嫌気性ろ床にはプラスチック流動担体が充填され、HRT は 4 時間であった。下水処理における嫌気性ろ床での COD, SS 除去が促進された結果、活性汚泥槽における安定的な処理と、汚泥発生量の  $1/7$  程度への削減が可能であった。

### (10) 嫌気性 MBR 法を用いた下水の直接メタン発酵処理

(東北大 紀佳淵, 鹿野滉平, 陳栄, 李玉友)

人工下水を使った嫌気性膜分離処理の連続実験において、流入負荷を増大させていく過程での膜ろ過の性能を評価した。 $25^\circ\text{C}$ , HRT8 時間においてもバイオガス生成倍率  $0.22 \text{ L/L}$  での処理が可能であるが、HRT12 時間以下では膜ファウリングの進行が早く、1 ヶ月程度で洗浄が必要となることがわかった。

((国研) 国立環境研究所 小林拓朗)

# 環境汚染物質と MS 分析

## 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19題の発表があった。

#### (1) 口頭発表

西野 (東京都環科研) らは、東京湾の魚類や底質中の臭素系難燃剤ヘキサブromシクロドデカン (HBCD) を調査し、鳥類や底生生物のリスク評価を行い、影響は小さいことを明らかにした。鈴木 (元: 京都大, 現: 土木研) らは、沖縄県内の河川魚類中の有機フッ素化合物を調査し、泡消火剤に使用される *N*-ethylperfluorooctanesulfonamidoethanol が高濃度で検出されることから、消化過程でのペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) の生成を示唆した。堀井 (埼玉県環科国際セ) らは、埼玉県内河川水から7種の揮発性メチルシロキサン (VMS) を検出し、とくに下水放流水や生活雑排水の影響の強い河川では濃度が高く、環状5量体の割合が大きいことから、パーソナルケア製品の影響を示唆した。浅井 (㈱アイスティサイエンス) らは、オンライン SPE-GC システムを用いた水質分析を検討し、農薬類、カビ臭成分、クロロフェノール類 (誘導体化) について検水量・溶媒量の削減と前処理時間の大幅な短縮が可能であることを報告した。橋本 (鹿児島大・院) らは、ネオニコチノイド系農薬ジノテフランの照射サンプル中に含まれる未知環境変化体について、General fragmentation rules に基づいた解析を行い、構造を推定できたことを報告した。

#### (2) ポスター発表

加太 (奈良女大・院) らは、文化財損傷の原因となる真菌類について、AN3275 遺伝子ノックアウト株を用いて放出される揮発性代謝物を HS-SPME/GC/MS で解析し、AN3275 遺伝子がその後の生合成反応へ関与していることを示唆した。宮脇 (福岡県保環研) らは、約1000種の化学物質を登録した GC/MS データベース法を用いて国内5都市の河川水中有機化学物質のスクリーニング分析を実施し、可塑剤、ステロール類、PPCP などの実態を報告した。一方、長谷川 (名古屋市環科調セ) らは、LC/Q-TOF-MS を用い、同様にスクリーニング分析を実施し、医薬品類、合成原料などの実態を報告した。高沢 (中部大・院) らは、下水処理水および底質中水酸化 PCB の LC/MS/MS による分析検討を行い、抽出溶媒は酢酸エチルが最適であることや、カラムクリーンアップ時の注意点を示した。高倉 (中部大・院) らは、海水中の3種の人工甘味料の分析検討を行い、感度の低いスクラロースの分析条件を最適化した。竹峰 (埼玉県環科国際セ)

らは、水質試料中の6種の人工甘味料の分析条件を検討して最適化した。新福 (鹿児島大・院) らは、水試料中のアルデヒド類分析における誘導体化未反応物質のカートリッジカラムによる除去機構を推察し、 $\pi$ - $\pi$ 相互作用によることを示唆した。大塚 (埼玉県環科国際セ) らは、2013年から埼玉県内河川でネオニコチノイド系農薬を調査し、濃度は4年間同程度で、構成比には地域の特徴があることを明らかにした。林 (岐阜県公衛検セ) らは、岐阜県内の河川水および地下水中のネオニコチノイド系農薬を調査し、河川では時期により濃度変動があり、地下水では浅井戸からのみ検出されることを報告した。荘司 (中部大・院) らは、臭素化難燃剤の曝露量を把握するためパソコンの排気を調査し、2,4,6-Tribromophenol (2,4,6-TBP) が検出率81%であることや、製品による濃度差がないことを報告した。白井 (中部大・院) らは、名古屋市50地点の道路粉塵中の臭素化難燃剤を調査し、ゴミ処理工場付近で  $\alpha$ -HBCD と TBP の濃度が高いことを報告した。高岸 (中部大・院) らは、LC/MS による道路粉塵中の短鎖塩素化パラフィン調査のための前処理方法を最適化した。竹峰 (埼玉県環科国際セ) らは、PFOS や、ペルフルオロオクタン酸等の前駆物質の疑いのあるポリフルオロアルキル基を有するリン酸エステル類の一斉分析法を検討し、測定条件を最適化した。八木 (神戸市環保研) らは、大阪湾北部海域の2004~2016年の有機フッ素化合物濃度と組成の水平分布、深度分布、経年変化を調査し、製品転換の影響や、2011年以降の減少傾向を報告した。張野 (神戸女学院大) らは、船底防汚剤の有機スズ化合物汚染の現状を調査し、2004年と比較して環境中濃度は顕著に減少したが、いまだに貝類や魚試料で検出されることを報告した。堀井 (埼玉県環科国際セ) らは、これまで調査されてきた環状4~6量体 VMS 以外に、環状3~9および鎖状3~15量体の計20種類の VMS 同族体について、GC/MS 一斉分析法を検討して最適化した。中野 (大阪大・環安研管セ) らは、高速 GC/MS/MS を用いてセルビア環境試料や生体試料を調査し、生体試料中の PCB は日本等で報告された異性体組成と類似していることや、 $\beta$ -HCH, *p,p'*-DDE 等が迅速にモニタリングできることを報告した。先山 (大阪市環科研セ) らは、大阪市域の水環境中のダイオキシン類調査結果から、濃度はいまだに高い状況にあるが、水質・底質ともに減少傾向にあり、浄化対策や発生源対策の効果を示していることを示唆した。松村 (兵庫県環研セ) らは、確立したポリ塩化ナフタレン異性体分析法を用いて環境試料を分析し、見積もった TEQ がダイオキシン類の1%程度であることを報告した。

以上のように多数の発表演題が集まり、短い時間ながら活発な情報交換を行うことができた。

((公財) ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター  
松村千里)

# 有機性排水処理における自動制御システム導入による 高度処理電力削減 WIN-WIN 国際化

生物膜法研究委員会

「有機性排水処理における自動制御システム導入による高度処理電力削減 WIN-WIN 国際化」をテーマとしてシンポジウムを開催した。生物処理等の水処理において重要な位置付けとなっている自動制御を重点とした。有機性排水の生物処理法として、1914年活性汚泥法が見出され、その後、各種変法および生物膜法等が開発されてきたが、現在においては閉鎖性水域のアオコ、赤潮の異常増殖、いわゆる富栄養化を防止するために、窒素、リン等の栄養塩類の除去と同時に、地球温暖化対策の重要性を踏まえ、化石燃料に由来して生成される電力を活用する污水処理分野では、電力削減のための省エネ技法の導入が強く要求されるようになってきている。とくに、COP21の地球温暖化対策が途上国に義務付けられたことを踏まえると、これらの視点に立ったWIN-WIN技法普及を展開できるようにすることが必要不可欠といえる。このような点を踏まえると、電力削減と処理の高度化は最重要といえる。

生物処理における電力削減・高度処理のための自動制御の重要性－AOSDシステム導入を例とした解析評価－「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、（ALS）陶村貴等」では、AOSD（Automatic Oxygen Supply Device）：LDOをセンサーとして微生物の必要とする酸素を供給する高度処理省エネ技法を、環境省アジア水環境改善モデル事業における日水量15万m<sup>3</sup>、1.7万m<sup>3</sup>の下水処理場、1,000m<sup>3</sup>日<sup>-1</sup>の工業団地処理施設、500m<sup>3</sup>日<sup>-1</sup>の水産加工排水処理施設等のいずれでも成功し、ビジネス展開が加速化しつつあることが報告されたが、この技法を国土交通省、JICA、環境省等と連携して普及整備していくことは戦略的に重要といえる。

NADH風量制御を利用した嫌気無酸素好気法に関する処理の高度化「㈱九電工 福田貴子等」では、NADH風量制御を利用した嫌気無酸素好気法に関する実証実験結果について報告され、風量制御によるブロー消費電力量の削減、および硝化液循環率を従来の1/2以下に低減できることにより、省エネ性の向上も図れ、処理水量当たりの消費電力量は0.30 kWh m<sup>-3</sup>となることなどが明らかにされ、既存施設を活用した高度処理の推進に寄与していくことが示された。

アンモニア計を用いた硝化制御によるブロー風量削減効果の実証「日立製作所 西田佳記等」では、下水高度処理における水質安定化や消費電力低減のため、電極式アンモニア計（以下、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N計）を活用した硝化制御技術の水質安定化、風量削減効果が報告され、DO一定制御を対照系として実証試験を行い、処理水NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N濃度を平均0.33 mg-N L<sup>-1</sup>に制御しつつ、風量を16.9%削減できることが明らかにされた。

高効率固液分離技術と二点DO制御技術を用いた省エネ型水処理技術「前澤工業㈱ 綿引綾一郎等」では、高効率固液分離併用無終端水路式硝化脱窒法（高効率固液分離技術と二点DO制御技術の2つの要素技術の組合せ

により構成）の実証がなされ、既存施設を増設することなく、安定的な高度処理が可能ことが確認され、従来技術の嫌気無酸素好気法に比べて建設費、維持管理費とも削減可能で、とくに電力費は削減率40%と省エネ効果が高い技術であることが確認された。

A<sub>2</sub>O高度処理施設における凝集剤（PAC）注入量の削減による省コスト最適化「（公財）三重県下水道公社 森政美」では、好気槽末端でポリ塩化アルミニウム（PAC）を注入し凝集沈殿処理を行っているが、PAC注入量を削減することを目的として、放流水全リン濃度（T-P）の自主管理値を、法定基準値、過去5カ年の日平均値の年最大値および年平均値との差等を勘案し1.2 mg L<sup>-1</sup>と定め、PAC注入量等を説明変数としたT-P日平均値予測モデルを検討し、PAC注入量は従来比で半減となると同時に、T-P年平均値は0.6 mg L<sup>-1</sup>前後と安定した高度除去性能が得られ、汚泥処理量も削減できると評価された。

窒素／リンの効率的除去による環境再生のための高度処理浄化槽のシステム制御「フジクリーン工業㈱ 田畑洋輔、濱みずほ等」では、CRX II型浄化槽の処理対象人員5～10人で放流水質BOD：10 mg L<sup>-1</sup>以下、COD：15 mg L<sup>-1</sup>以下、SS：10 mg L<sup>-1</sup>以下、T-N：10 mg L<sup>-1</sup>以下、T-P：1 mg L<sup>-1</sup>での上市システムにおいて、当初のCRX型に比べて同性能でかつ電力削減率39%の達成で、ランニングコストが飛躍的に削減される、わが国の高度処理の主流としての普及タイプの重要性が示された。

なお、本シンポジウムで講演された中核技法等は表に示すとおりである。

水処理法における自動制御方式使用電力削減高度化技術

高度化システム制御項目	制 御 概 要
◎ AOSDシステム制御法	酸素の必要とされる量を、制御データ（水温、DO等）から算出して、ブローを自動制御することで、必要最小限の酸素量のみを供給する制御システム
◎ DO、ORP、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N等システム制御法	DO、ORP（酸化還元電位）、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N等の計測値を基に、ブロー風量を調整する制御システム
◎ NADHシステム制御法	活性汚泥微生物の呼吸反応に関係する補酵素NADHを指標として、送風量制御を行うもので、NADHを測定するセンサーと送風制御で構成される制御システム
◎ 間欠システム制御法	単純に、ブローをタイマー等により間欠的に運転する簡易制御システム
◎ AOシステム制御法／二点間DOシステム制御法	酸素の必要とされる量を、DO計を2カ所設置して酸素の消費量を自動演算して、酸素の濃度勾配を基に必要な酸素量を供給する制御システム
◎ 鉄電解脱リン省エネ高度処理制御法	富栄養化制限因子の窒素、リン等を鉄電解技法等を導入し、かつ省エネブローを活用して高度化する制御システム
◎ 凝集剤注入自動制御法	污水処理における脱リンの効率化を図る上で、凝集剤注入を自動制御で対応するシステム

活性汚泥法等の研究には温故知新が重要である。活性汚泥法が開発されて以来、微生物の種類と機能は変わることはない。変わったのは、有用微生物の定着できる担体、膜分離活性汚泥、生物脱リン／亜酸化窒素ガス対策高度処理等の、微生物の機能を最大限に発揮させる住み家創りである。このことから、栄養塩類の最適制御除去と健全生態系の簡易低コスト達成可能な自動制御を導入した技法が、これからの水処理技術のパラダイムシフトといえることが示されたといえる。

（（公財）国際科学振興財団 稲森悠平、稲森隆平、  
（国研）国立環境研究所 徐 開欽）

# あらためて身近な生活環境を考える

## 身近な生活環境研究委員会

身近な生活環境研究委員会（以下「研究委員会」）では、会則に謳う目的として「身近な生活環境に関わる問題を見直すために情報を交換し、調査研究をする」活動を行ってきた。これは、職種や立場の異なる者が情報交換することで、お互いの立場を理解しあい、水環境に関する問題の捉え方の幅を広げたい、また生活者としての視点も持って水環境を考えたい、という願いを基にしたものであった。対象を特定の水域や物質に絞らず、むしろ広く扱うスタンスは、研究委員会としてはユニークであるが、一方で発足から30年が経過し、法整備の進展や大きな災害の多発という外部環境の変化に加えて、メンバーの顔ぶれや意識も変化しており、「身近」や「生活環境」、あるいは「見直す」といった文言をどう捉えるべきか再考が必要、という意見も聞かれるようになった。今回は、基本的にはメンバー個人や研究グループで扱っているテーマを発表しつつ、今後は「身近な生活環境」にどう関わるべきか、またそこでの問題点を見出し解決策を探ることを目的とした。セッションでは最初に新矢将尚氏が趣旨を説明し、6件の発表と総合討論を行った。

### 1. 身近な水環境とマイクロプラスチック

風間真理（東京都環境局）

マイクロプラスチック（MP）による海洋汚染は国連でも取り上げられ、広く認知されるようになってきた。講演ではMPの多くが元は「生活系ゴミ」であり、「身近な生活環境」における「暮らし方」の問題であることが指摘された。また、そうした観点を踏まえた啓発活動の内容や効果が紹介された。今後は、研究者・行政・民間・市民を繋げて情報を伝えていく役割を担っていきたい、とのことであった。

### 2. 身近な水環境への関心を高めるためのツールの開発

白岩慎隆（㈱日水コン）

環境省が策定した水環境健全性指標の普及と活用を目的に開発を進めているアプリが紹介された。環境学習の実践で蓄積された情報が活用されていないこと、将来は情報の一元管理・提供を目指すべきことが指摘され、入力や探索の画面が紹介された。今後の課題として、データベースの共通化や具体的な情報の収集、システム維持の運営体制やコストの調整などが提示された。アプリを企業が開発する目的についての質問には、社会貢献の一つと考えているとの回答があった。

### 3. 身近な生活環境からの視点による食の安全・安心への科学的アプローチ

新矢将尚（(地独)大阪健康安全基盤研究所）

世の関心が高まっている「食の安全・安心」のうち、「安心」は生活者の主観によるところが大きく定量的扱いは難しいという問題点が指摘された。「食の安心」を「食品に関する情報が信頼できる状態」と捉え、信頼性が担保できる科学的手法の例として、四重極 ICP-MS を用いた元素組成や同位体比の分析による米の産地判別法が国

内産と外国産の識別に有効なことが紹介された。信頼性に寄与する複数のパラメータの組み合わせ方が今後の検討課題として示された。

### 4. 子どもの「安全・安心」リテラシーを歪める「疑似」科学に教育はいかに立ち向かうか

古武家善成（神戸学院大）・山室真澄（東京大）

研究委員会の水環境科学リテラシー研究グループでは小中学校の教科書の記述を検討し、提言を行っている。講演では、環境・防災・生活などの分野における「安全・安心」に関する記述を取り上げた。東日本大震災と原発事故に関しては、制度として認められている「検定済み教科書の訂正」が行われなかった問題が提起された。一方、霞ヶ浦でのアサザを用いた水質「改善」について、ミスリードが懸念される図の善処を根気よく働きかけた結果、それが実現した成果も紹介された。結論として、教育に関わる専門家が教科書の質にさらなる関心を持つべきことが指摘された。

### 5. 身近な生活空間と生態系の自浄作用の利用について

生地正人（㈱四電技術コンサルタント）

最初に「家庭で行う資源循環」の例が初級・中級・上級に分類され、その中で「浄化」をとともなう中上級の手法が紹介された。傾斜土槽法を中心に、好気性浄化法に関する議論が行われた。電力供給が難しい場合（とくに海外）などは、傾斜土槽法をはじめとした浄化法が有効であり、その普及が期待されるという報告であった。

### 6. 残された単独処理浄化槽をどうするか？

小川 浩（常葉大）

単独処理浄化槽は2001年に新設は禁止されたが、いまだ732万人が使用している実態があり、公共下水道への接続や合併処理浄化槽への転換を促進すべきことが最初に指摘された。既設の単独処理浄化槽を改造した方法の実証試験の結果とコスト評価が紹介され、効果が期待されるとの報告であった。今後の課題として、実証試験の再現性を確認する必要性などが挙げられた。

### 【総合討論】

まず座長である筆者がセッションの目的を振り返り、講演の内容を基に研究委員会が扱う対象の抽出を試みた。その主体は「一般市民」（または「生活者」）であり、「子どもたち」を含めればすべての講演に共通すること、その視点が研究委員会では（意識せずとも）共有されてきたことが確認できた。また、身近なものを身近であると実感してもらう必要があり、それには教育の場が重要との意見もあった。生活者の現場における様々な環境問題を、ボトムアップの活動として扱う方向性が共通認識であることは今後も変わらないが、その時その時で核となる問題も必要、との指摘もあった。そのほか、企業や行政による事業でも生活者の視点が今まで以上に必要であるという認識も示された。

（石川県立大学 皆巳幸也）

# いますぐできる網羅解析

## 微生物生態と水環境工学研究委員会

社会の様々なところで得られる膨大な量のデータ（ビッグデータ）に価値を見いだして利用することが、すでに様々な分野において始まっていることは、多くの方が知るところであろう。本研究委員会が対象とする研究分野においても、様々な物質を網羅的に測定可能な技術が開発されるとともに、それをういた研究報告が多くなされ、ビッグデータ活用の波が押し寄せてきていることを感じる方も多いのではないだろうか。ビッグデータは持っていることが重要なのではなく、そこから何を見いだすか、それをどう生かすかが重要である。例えば次世代シーケンサーによって得られる膨大な量のシーケンスデータは、正しく適切に料理することで新たな知見の創出に繋がる一方、それができなければただのハードディスクの容量取りになってしまう。そこで今年度は、網羅的に得られる様々なデータにどのようにアプローチしていくのか、という問いに対し、「いますぐできる網羅解析」というテーマを設定した。様々な膨大なデータをどのように価値あるものに転換して新しい知見を得るのか、より具体的な解析手法を含めた最新の研究結果について4名の先生にお話しいただいた。

産業技術総合研究所の延先生には、「環境ゲノム解析による嫌気性廃水処理プロセス内未知微生物の実態解明」と題して、まず環境微生物群のメタゲノム解析方法についてステップバイステップでお話しいただいた。その後、メタゲノム解析から先生が構築されたゲノム情報を基にした古細菌の WSA2 に属する微生物と *Bacteroidetes* 門に属する微生物の新たな代謝についてご紹介いただいた。様々な手法を用いて得られる結果を検証しながらゲノムを構築し、またそこから特定の代謝についてタンパク質の構造にまで踏み込んだ議論を行うなど、バイオインフォマティクスだけでなく生化学に関する知識が要求される内容であった。様々なバイオプロセスや環境における微生物たちの振る舞いを理解する、という本研究委員会におけるミッションを達成するためには必要不可欠な内容を多く含んだご講演であった。

都城工業高等専門学校黒田先生には、「生物学的廃水処理汚泥を対象とした高解像度 16S rRNA 遺伝子解析」と題して、ご講演いただいた。環境微生物群衆構造解析においてもっとも基本的な情報を与えてくれる 16S rRNA 遺伝子アンプリコン解析について、プライマーの選択からデータベースの特性、そして次世代シーケンサーからのアウトプットデータをどのように扱うかななどを詳細に説明していただいた。今まで次世代シーケンサーによるアンプリコン解析を行ったことがなくとも、その解析プロセスがイメージできた方も多かったのではないだろうか。また実際の解析例の紹介においては、「unclassified とされたシーケンスに実は面白さがある」とのお言葉とともに、先生が解析されている *Archaea* の

あるグループに関してご紹介いただいた。黒田先生には、得られる膨大なデータを一括りにしてしまわず、1つ1つの中身をしっかりと見ていくことで、新たな知見の創出につながることを示していただいた。

東京大学の春日先生には、「溶存有機物分子組成の高分解能・精密質量分析による網羅的評価 - Chemical diversity と Microbial diversity との接点 -」と題して、ご講演いただいた。先生は水環境中における溶存有機物 DOM を、Orbitrap 質量分析計を用いて網羅的に検出され、その組成が河川水や地下水、下水処理水などで異なることを示すとともに、それがどのように生産されたか、また微生物群集との関わりはどのようになっているのかなどを明らかにするための様々な解析例をご紹介いただいた。DOM の生産には微生物が関わっていること、グルコースを用いて培養しただけで 5,000 種もの DOM が出てくること、またゲノムから見た代謝産物と DOM を比べてみるとわずか 30% 程しか同定できていないことなど、新しい視点を取り入れることで明らかになることの多さ（分かっていないということが明らかになるということも含めて）に驚かされたご講演であった。

東京大学の佐藤先生には、「下廃水処理プロセスのバクテリオファージ解析」と題して、これまで携わってこられたファージの研究について、ファージとは何ぞや、というところから廃水処理プロセスにおけるファージの振る舞いを解析していくプロセスについてお話しいただいた。廃水処理プロセスにおけるファージの大部分は未解明であり、先生は様々なアプローチやアイデアを用いることでその解明に取り組んでおられた。ファージの取り扱い方法や実験のコツなど、ファージ研究に取り組む上で、論文や本には書かれていない様々な情報をご提供いただいたご講演であった。

また、本セッションでは、久しぶりに公募によるポスター発表を実施した。合計 11 件の発表があり、紙面の都合上、ここでは 1つ1つの内容については割愛させていただくが、それぞれのポスターにおいて活発な議論が行われていた。

最後に群馬大学の伊藤先生に総括をしていただいた。今回のセッションは、「いますぐできる網羅解析」と題されて開催されたが、ご講演いただいた先生方の内容は先端的であり、「明日にも網羅解析を！」ということには、ならないかもしれない。一方で、このような場が新たなネットワークを構築する機会となり、研究を発展・展開させるきっかけになればいいのではないかと、というお言葉をいただいた。

いずれの先生方も膨大なデータの中に見られるサインを見逃さず、それをしっかりと解析していくことで新たな知見を発見し、世の中に発信しておられたのが印象的であった。（東北大学 久保田健吾）

# 生態毒性試験の標準化

## バイオアッセイによる安全性評価研究委員会

本年度は『生態毒性試験の標準化』と題して、国立環境研究所の生態毒性標準拠点が平成29年3～5月に実施した第1回生態影響試験チャレンジテストの参加機関を中心に2部構成にて合計13件の講演を行い、生態毒性試験運用の課題の一つである『標準化』について活発な議論を行った。以下に概要を示す。

はじめに、鎌迫典久先生（前国環研、現愛媛大）が、「第1回生態影響試験チャレンジテストの結果～排水の生物応答試験」と題して、模擬排水を使ったリングテストおよびラボ間の比較と試験法の比較を目的とした第1回生態影響試験チャレンジテストの概要（27試験機関がのべ83種の試験を実施した結果の概要等）について説明があった。国立環境研究所・環境省から公表された「生物応答を用いた排水試験法（検討案）」に記載される3種（ゼブラフィッシュ、ニセネコゼミジンコ、ムレミカヅキモ）の試験については、概ね同様の結果であったことなど、全体結果の概要についての報告があった。次に、阿部良子氏（国環研）より、「第1回生態影響試験チャレンジテスト（国立環境研究所の結果）」と題して、国立環境研究所生態毒性標準拠点および生態毒性研究室で実施した上記3種を含むToxkitの各種や急性試験、免疫アッセイや海産藻類、ヨコエビなど計17種の試験結果について報告された。

三木雅代氏（安評セ）からは「当施設のチャレンジテストの結果および結果の再現性に影響を及ぼすと考えられる要因について」と題し、公益財団法人食品農医薬品安全性評価センターで実施された3種の排水試験結果と国立環境研究所との比較結果と考察が発表された。勝又政和氏（浜ホト）からは「藻類発光阻害試験法の試験管理支援機能について」と題し、浜松ホトニクス(株)の開発した藻類遅延発光法を実施した5機関の比較や、通常ムレミカヅキモを用いた藻類生長阻害試験（OECD TG201に準拠した方法）との比較についての報告があった。さらに、増田遊子氏（愛研）からは「生物応答を利用した排水管理手法（WET試験）の取り組みについて」と題し、同社で実施したゼブラフィッシュとムレミカヅキモの2種の試験結果や参加意義についての紹介があった。安達竜太氏（化評研）からは「チャレンジテストの試験結果及び考察」と題し、3種の排水試験法記載の試験結果と、塩分の影響や藻類試験におけるクロロフィル蛍光測定と細胞数測定に関する考察が紹介された。山口直子氏（株LSIメディエンス）からは「第1回生態影響試験チャレンジテスト結果について」と題し、ゼブラフィッシュと藻類生長阻害試験および発光阻害試験の3種

の試験の実施結果が報告された。藻類遅延発光試験の経過の影響も検討されていた。

後半は3種の排水試験以外の生態毒性試験を用いたチャレンジテスト結果を中心に事例報告がなされた。隠塚俊満氏（瀬戸内水研）から「海産微細藻類および甲殻類を用いたWET試験の試み」と題し、塩分を人工海水で調整して海産藻類（キートセロスおよびスケルトネマ）や甲殻類（シオダマリミジンコ）試験を実施した結果が紹介された。松本健氏（株日曹分析セ）からは「第1回生態影響試験チャレンジテストの結果」として、ホソタマミジンコ急性遊泳阻害試験およびヨコエビ急性毒性試験の結果が報告された。秋葉央子氏（株イワキ）からは「第1回生態影響チャレンジテスト結果報告～ゼブラフィッシュの系統別結果比較～」と題し、ゼブラフィッシュの2系統（国立環境研究所のNIES-Rと米国のAB）についての結果比較や、成長や産卵数の比較結果などが紹介された。澤井淳氏（いであ株）からは「生態影響チャレンジテストの結果と考察」と題し、藻類生長阻害試験とゼブラフィッシュを用いた胚・仔魚期短期毒性試験結果が報告され、藻類培地濃度希釈方法や、同社試験結果と国立環境研究所試験結果との違いについての考察がなされた。楠井隆史先生（富山県大）からは「試験生物の飼育と海産生物の適用可能性」と題して、チャレンジテストの結果のほかに、藻類試験結果に影響を及ぼす培地生物や、ニセネコゼミジンコの飼育操作や維持管理、飼育水の選定などの注意点について、大学での経験に基づき提言いただいた。また、海産生物種の利用可能性についても提案いただいた。

最後に新野竜大氏（株LSIメディエンス）から「排水の生態影響試験の標準化」と題して、生態毒性試験とは何かから始まり、標準化や標準の定義、生態影響試験（標準）の標準化のために必要なものとして、精度と排水試験側にある複合的特性による予期せぬ結果を分けて考えるべきとの話があった。また、精度には、精度に関連している物理化学的要因（水質ほか試験条件）、生物要因（生物の状態）、人的要因など多くの要因があり、試験施設内標準化、試験施設間標準化、生物供給システムの確保などの重要性が示された。

バイオアッセイによる安全性評価研究委員会では、引き続き、国立環境研究所生態毒性標準拠点を中心とした生態影響試験チャレンジテストを学会活動の側面からサポートしていきたいと考えている。

（(国研)国立環境研究所 山本裕史、  
株LSIメディエンス 新野竜大）



# 土壤地下水汚染問題の最新動向

## 土壤地下水汚染研究委員会

土壤地下水汚染研究委員会セッション「土壤地下水汚染問題の最新動向」では10編の発表が行われた。

「廃棄物混じり粘性土の分別処理に関する施工事例」

(日野良太)

形質変更時要届出区域内で廃棄物混じりの基準不適合土壤の掘削除去を行う際の粘性土の分別処理に用いる土壤改良剤の評価を試験施工した事例が紹介された。中性、速効性の鋳物系の土壤改良剤を使用することで、35%のコスト減、1/3の工期短縮などの効果が示された。

「Mg系吸着材によるヒ素除去及び使用済吸着材の環境安定性について」

(杉田創)

マグネシウム系吸着材のヒ素除去性能及び使用済吸着材の環境安定性に及ぼす土壤の影響に関する室内試験により高いヒ素除去能を持つこと、及び両者とも環境安定性も非常に高いことが示された。

「バーミキュライトに対するセシウムの吸着挙動に及ぼす溶存有機物質の影響」

(相馬莉佐)

森林土壤から放射性セシウムの水系の流出原因を明らかにすることを目的に実施された室内試験結果が報告された。フミン酸は133Csと会合することによりバーミキュライトのフレイド・エッジへの吸着を低下させること、その結果、溶存有機物質が集水域から水系への放射性Csの流出の一因である可能性が示された。

「新規吸着剤を用いた自然由来セレン排水の処理技術の開発」

(隅倉光博)

溶解度が高く他の重金属類と比べて排水処理が難しいセレンに適した新規開発の吸着材に関する室内試験結果が報告された。ここでは、4価の亜セレン酸に加えて、6価のセレン酸に対する親和性の高い吸着材について、反応時間やpH依存性などの観点から検討がなされ、新たに開発した吸着材の非常に高い吸着性能が示された。

「模擬帯水層における油汚染の自然減衰」

(田中宏幸)

油に汚染された帯水層を再現した室内試験を実施して、主に生分解作用による低減効果に関して評価した結果が報告された。TPHの合計値の低減が確認されたケースでも、一部で構成率の上昇した画分の存在が明らかになり、生分解の進行により、より高分子の画分からの移行、相対的に遅い分解速度の影響などの要因が指摘された。

「原位置バイオレメディエーションを適用した帯水層における揮発性有機化合物の微生物分解速度」

(福永翔太)

実現場のデータを利用して揮発性有機化合物の微生物分解速度を算定した結果が報告された。ここでは、一次反応モデルを用いており、PCEなど還元的脱塩素化によ

り効果が既知の物質に加えて、嫌気的な分解が難しいと言われているDCMやベンゼンでも自然減衰の数倍から十倍程度の分解促進効果が得られていたことが示された。「クロロエチレン等の不飽和土壤中での吸着・拡散挙動の評価」

(小林剛)

PCEなどの不飽和帯土壤中での拡がりの予測モデルと室内実験結果を基に、新たな規制物質であるクロロエチレンの不飽和帯での挙動について検討した結果が報告された。PCEとクロロエチレンの物性の違いから、不飽和帯土壤中ではクロロエチレンのほうが汚染がより拡がりやすいことが示された。

「水素供与体となる生分解性樹脂の注入によるVOCs汚染地下水の長期的な浄化促進技術に関する検討」

(高畑陽)

原位置バイオレメディエーションで長期的に水素供与材を供給する徐放性資材として、ポリ乳酸にポリエチレンオキサレートと混合した樹脂を開発し、性能評価した結果が報告された。ここでは、水溶液の二次凝集を抑えた注入が可能で、油脂系材料と比べて帯水層深部に存在するVOCsの浄化に対応できることなどが示された。「粘性土におけるVOCを対象とした電気発熱法ハイブリッド土壤浄化技術」

(佐藤徹朗)

地盤に挿入した電極井に三相交流電気を印加し、土壤の中に電流を流すことにより発生するジュール熱で土壤を加熱する電気発熱法による各種汚染物質の浄化効果が報告された。PCE、TCE、cis-DCEに加えて、1,4-ジオキサンも定量下限値未満になったこと、実証実験ではcis-DCEの分解生成物であるクロロエチレンの濃度上昇は確認されなかったことが示された。

「塩素化エチレン類汚染に対するバイオオグメンテーション浄化事例」

(菊池毅)

嫌気性微生物により塩素化エチレン類を対象としたバイオオグメンテーションに関する実証試験結果が報告された。ここでは、実験開始から210日後にはPCE、TCE、cis-DCE、270日後にはVCが分析下限値未満にまで低下したこと、DHC菌16sr rDNAのコピー数が90日後に1万倍以上に増加したことが示された。

本セッションを前回実施したのは4年前の第16回であったが、その後も地下水環境基準や土壤汚染対策法の改正など大きな動きが続いている。そこで、これからも本シンポジウムを通して最新情報を発信していきたい。

(和歌山大学 江種伸之)

# 流域規模での化学物質管理：測定手法と影響評価

## 水環境と洗剤研究委員会

本研究委員会では、ここ数年のシンポジウムを通じて、洗剤を中心とした生活関連化学物質に着目し、主に環境研究の視点から産学あるいは国際的活動に関して情報交換してきた。今年のシンポジウムでは、使用されている化学物質そのものだけでなく、その前駆物質や分解物等も含めた管理の必要性について議論することを目的として、「流域規模での化学物質管理」と題したセッションを企画した。

まず、国立保健医療科学院の越後さんに、「変換過程を考慮した化学物質管理を目指して」というタイトルで基調講演をお願いした。これまでの化学物質管理のアプローチは、あくまで対象の化学物質そのもの（原体）のみに着目していたが、水処理過程や環境中で変換生成物が生じている可能性もあり、流域規模ではそれらの変換生成物も合わせた管理が必要という視点で進められる研究事例を紹介していただいた。事例としては、浄水処理におけるハロ酢酸等の生成、下水処理におけるペルフルオロアルキル酸の生成、河川環境におけるアルデヒドやN-ニトロソアミン類の生成等、前駆体や生成過程がある程度明確なものから原因物質の特定が必要なものまで様々な例を紹介していただき、この問題の複雑さを知ることができた。

続いて、研究委員会メンバーから今回のテーマに関するトピックや研究進捗について発表していただいた。土木研の小森さんからは、下水の生物処理の違いにおけるLAS除去率の差異について報告され、特に嫌気好気処理や散水ろ床法では、基準値を上回るLAS濃度が処理水中で検出される場合があることが報告された。京都大の雪岡さんからは、化粧品中に含有されるポリフルオロアルキリン酸エステル類の下水処理過程での挙動と負荷量原単位についての研究が紹介された。ここでは、di-fluoroalkyl phosphate esters (diPAP) が生物反応槽でPFOAに変換されること、また返送汚泥に含まれることで下水処理過程を循環する可能性があることが指摘された。同じく京都大の藤川さんからは、キャピラリー電気泳動によるPFOSおよびPFOAの分析において、pHや溶媒混合比がピーク分離に影響することが報告された。大阪市立大の遠藤さんからは、POCISやChemcatcherなどの水相パッシブサンプラーを用いたモニタリングについて、吸着速度やサンプリングレートの測定など、素材による対象物質の適正評価に関する研究を紹介していただいた。千葉工業大の斎藤さんは、洗顔料やハンドクリーム等の製品中のマイクロプラスチック含有量を調査し、製品によって含有量や大きさに差があることを報告した。同じく千葉工業大の亀田さんからは、河川水中のマイクロビーズおよびマイクロプラスチックのモニタリ

ングについて、新しい分析法の提案があった。メーカーからの報告として、ライオン㈱の吉田さんより、国内の家庭用洗剤の生態リスク評価、管理の現状について整理していただき、実態に即した評価方法の提案があった。産総研の林さんからは、化学物質管理に役立てるための有害性、リスク評価に関するデータベース(AIST-MeRAM)の紹介と、これを用いたリスク評価事例をご紹介いただいた。最後に、愛媛大の仲山さんから、環境曝露情報のデータベース(ChemTHEATRE)について現状の進捗を報告していただいた。

今回のセッションを通じて、化学物質の管理において、その物質の生産-使用-廃棄といったライフサイクルのみならず、上水道-環境-下水道といった化学物質の輸送媒体での挙動や、統計-調査-データベース化といった情報管理について、産官学の連携のもと進める必要があることも再認識された。

なお、今年是和歌山での開催ということで、研究委員会メンバーに加わっていただいている花王㈱のご厚意により、シンポジウム期間中に花王エコラボミュージアムの見学をさせていただいた(写真)。展示は、原材料、製造、輸送、使用、廃棄という製品のライフサイクルに沿って、それぞれ環境に配慮した取り組みが紹介されており、小学生の社会科見学等にも対応するとあって分かりやすい説明や展示だった。エコフレンドリーな製品開発や持続可能な産業活動のためにも、環境科学分野の研究者とメーカーや工業会との間でより積極的な交流を進める重要性を再認識した。

(国研) 国立環境研究所 磯部友彦、  
京都大学 中田典秀



写真 花王エコラボミュージアム見学会の様子

# 健康関連微生物制御の新技术・新展開

## 水中の健康関連微生物研究委員会

水中の健康関連微生物研究委員会は、第17回日本水環境学会シンポジウム以来3年ぶりに第20回日本水環境学会シンポジウムにて「健康関連微生物制御の新技术・新展開」と題したセッションを開催した。本セッション前半では、はじめに委員長の田中宏明氏（京都大学）によるセッションの趣旨説明ならびに研究委員会に関連する分野の最新の国内動向についての報告があった。また本研究委員会メンバーの佐野大輔氏（東北大学）ならびに真砂佳史氏（国連大学）から最近開催された関連分野の学術会議等である The 19th International Symposium on Health-Related Water Microbiology (WaterMicro 2017), Developing priorities for WHO activities on Antimicrobial Resistance and the Environment, Dresden Nexus Conference 2017 についての報告が行われ、今後の本研究委員会の研究分野での将来性や方向性に関して最新の情報が提供された。また、本年度のセッションにおいても例年通り、一般公募により10題の研究発表が行われた。40名を超える聴講者が集まり、本テーマへの関心の高さが伺えた。

一般公募による研究発表では、薬剤耐性大腸菌ならびに下水中のRNAウイルスのゲノム解析に関する研究(3題)、F特異RNAファージの不活化と感染価推定に関する研究(2題)、環境水中ならびに下水中での腸球菌やウイルスに関する研究(3題)、RO膜処理におけるウイルスの除去特性(1題)、水文水質データを利用した大腸菌数予測に関する研究(1題)の計10題の幅広い内容の研究発表が行われた。近年の測定技術の向上により本セッションでも次世代シーケンサーを用いた水中のメタゲノム解析に関する研究発表が数題あり、今後健康関連微生物

物に関する知見や研究のさらなる発展が期待される。さらに昨今問題視されてきている薬剤耐性菌に関する水系汚染に関しても興味深い研究結果が報告された。

以下に発表された10題の研究題目を示す。研究発表の内容については第20回日本水環境学会シンポジウム講演集を参照していただきたい。

1. 琵琶湖南湖で検出される大腸菌の全ゲノム解析 (井原賢氏 (京都大学) ほか)
2. 全ゲノム解析を取り入れた河川水中の薬剤耐性大腸菌の実態解明 (五味良太氏 (京都大学) ほか)
3. 海浜ビーチにおける腸球菌の突発的増殖・減衰を支配する要因 (松脇知典氏 (宮崎大学) ほか)
4. 符号制限SVMと水文水質データを利用した大腸菌数予測への応用 (加藤毅氏 (群馬大学) ほか)
5. 雨天時下水処理場における指標微生物及びウイルスの流入実態 (田中景介氏 (京都大学) ほか)
6. 下水由来ss(+)RNAウイルスメタゲノム中の未知塩基配列の探索 (風間しのぶ氏 (お茶の水女子大学) ほか)
7. 下水および河川水中におけるF特異性大腸菌ファージの遺伝子群別解析 (堂山貴広氏 (山梨大学) ほか)
8. 琵琶湖南湖におけるF特異性RNAファージ各遺伝子群の遺伝子および感染価定量 (端昭彦氏 (東京大学) ほか)
9. オゾン処理におけるF特異RNAファージの遺伝型別の不活化 (朴東範氏 (京都大学) ほか)
10. ハノイ市において経年使用された家庭用RO膜のウイルス除去率評価 (鳥居将太郎氏 (東京大学) ほか) (国連大学 真砂佳史)

# 湿地・沿岸域の環境動態と生態系の理解に向けて

## 湿地・沿岸域研究委員会

「東京湾・三河湾を対象とした貧酸素・青潮研究について」というタイトルで横浜国立大の中村由行先生に特別講演をいただいた。その後、瀬戸内海、追波湾、琵琶湖などについての口頭発表7件が行われ活発な討議がなされた。

中村（横国大）は、環境省環境研究総合推進費の事業で平成26～28年度に実施した「人工構造物に囲まれた内湾の干潟・藻場生態系に対する貧酸素・青潮影響の軽減策の提案」に関する成果を報告した。従来、底層無酸素水中に含まれる硫化物が、物理的な湧昇後あるいは湧昇の過程で酸化されて硫黄粒子が生じ、青潮という着色現象が生じるものとされてきた点について、その機構を修正すべき重要な科学的知見が得られたことが報告された。中村らの現地調査により、湧昇以前に硫黄粒子は中・底層水中に高濃度に蓄積されていることが示唆された。また、濁度計を用いることで硫黄粒子が容易にリアルタイム計測できることが示された。青潮の原因物質である硫黄粒子濃度の代替指標として、濁度が有効であると示された。さらに、硫化物の溶出抑制には、鉄散布が有効であることも、実験的に示された。

中井ら（広島大）は「瀬戸内海における総量削減の実施に伴う基礎生産量の変化」について発表し、1981～2010年までの瀬戸内海の各湾灘の基礎生産量の計算結果から、栄養塩管理は湾灘毎で検討する必要があると考察した。丸山ら（新潟薬大）は2015年8月、2016年8月に宮城県東松島市で干潟底質、排水口試料とその近傍の底質試料を採取し、「多変量解析による津波浸食後の干潟底質中のシルトの起源」を検討した。丸尾ら（東北大）は13Lバケツにケイ砂と海水を入れ、珪藻あるいはヨシを混合した飼料を給餌し、「アサリとイソシジミの飼育実験による組織成分の比較」について発表した。従来、アサリは陸起源有機物を利用しにくいとされていたが、ヨシを同化している可能性があること、イソシジミにとって、珪藻を摂餌した方がエネルギー源確保のために有利であり、陸起源有機物をよく同化していることが報告された。餌競争の観点からみると、アサリとイソシジミは餌の食い分けて互いに成長していることが示唆された。

琵琶湖については4件の報告があった。古田ら（滋賀

県琵琶環科セ）は「養浜事業が琵琶湖沿岸の底質環境に与える影響について」を発表した。琵琶湖岸域の人工護岸化と沿岸生態系への影響について、人工湖岸化で劣化した生態的機能をどのような環境構造で再生できるかをテーマに進めた研究事例について紹介した。中村ら（滋賀県琵琶環科セ）は、止水飼育と循環飼育の成育環境を作り、3種類の植物プランクトンをシジミ稚貝に与える実験を行い、「シジミ稚貝の成育環境と餌環境の評価手法の検討」について発表した。その結果、初期生長には流れの緩やかな環境が好ましいこと、水温20℃はシジミの成長には低いこと、琵琶湖水に含まれている成分がシジミの成長に影響を与えていることなどが明らかとなった。高見ら（京都大）は琵琶湖南湖25地区における貴重植物調査の結果をもとに絶滅危惧種に段階を付けて得点化し、「琵琶湖南湖の抽水植物群落におけるオオバナミズキンバイの拡大予測に基づく貴重植物の優先保護区域の提案」を発表した。雄琴港、天神川、木の岡町、山下湾に貴重植物が多く存在し、とくに山下湾では2016年度にオオバナミズキンバイが面積を急激に拡大したため、重点的な管理が必要であることが示された。垣田ら（京都大）は、「下水処理場の各処理工程における粒径100 μm以上のマイクロプラスチックの存在実態調査」について発表した。2017年4月27日に凝集剤添加ステップ流入式多段硝化型脱窒法の下水処理場においてマイクロプラスチックの挙動調査を実施し、主に最初沈殿池で多くのマイクロプラスチックが沈殿していることを報告した。

9月27日午前には、紀の川大堰と河口部の自然再生現場を視察した。最初に紀の川大堰管理事務所ですばらしい説明を受けた後、直川わんどを視察し、その後、右岸干潟、最後に北島橋の浅瀬を訪問した。直川わんどでは、見事に多くの抽水植物が生育しており、多様な環境を保全することに成功している様子が説明された。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。本見学会では近畿地方整備局和歌山河川国道事務所のみなさまのご案内を受けた。さいごに、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。

（京都大学 田中周平）

# ノンポイント汚染研究の設計概念と手法

## ノンポイント汚染研究委員会

ノンポイント汚染研究はこれまで長きにわたって有用な知見を発信し続けており、環境保全を考える上で重要な位置を占めている。しかしながら、対象フィールド、対象物質ならびに時空間スケールの捉え方が多岐にわたっていることから、ノンポイント汚染対策を講ずるための統一的な見解を見出せていないのが現状である。研究手法は大まかに実測調査とモデリングに分けられるが、両手法におけるデータが適正に連動していないのも否定できない。本セッションでは、事例紹介から個々のノンポイント研究がどのように取り組まれ、どのような形でアウトプットされているかを把握しつつ、研究の設計概念と手法を共有することを目的とした。セッションは4件の事例紹介と総合討論の2部構成で行われた。後者ではノンポイント汚染研究を総括した基調講演に加え、先の4つの講演内容も踏まえた上で意見交換が行われた。

### 1. 灌漑様式が農地排出負荷の特性に与える影響

(櫻井伸治 (大阪府大) ほか)

琵琶湖西岸部の循環灌漑地区ならびに重力灌漑地区の排出負荷特性を比較した研究事例が紹介された。排出負荷は循環灌漑>重力灌漑の大小関係が明らかになり、さらに排出負荷の正確な定量には非灌漑期の降雨出水が重要であることも指摘された。ただし、今回得られた結果は各灌漑様式からの排出負荷を普遍的に評価したものではないため、さらなるデータの蓄積を行った上で統一的な見解を見出していくことが必要であるとの指摘があった。

### 2. 印旛沼流域における河川調査と流域モデルの検証

(上原浩 (パシフィックコンサルタンツ) ほか)

印旛沼の水質改善対策を講じるために、現状把握、水質悪化要因を把握し、対策を提案した際にその効能を予測する土地利用を考慮したモデリングが紹介された。湖沼等の水質悪化要因を特定するには、様々な現地調査データが必要であることが指摘された。面源負荷（とくに降雨負荷）に着目したモデルの検証によって、モデルの妥当性が認められ、それを用いて水質改善に関わる施策の立案につながるアウトプットを得ることができた。

### 3. 安定同位体比を用いたベトナム中部沿岸農業地域における地下水窒素汚染機構の解明

(前田守弘 (岡山大) ほか)

窒素の安定同位体比を用いたベトナム中部の地下水汚染機構の解明に向けた研究が発表された。その前段として窒素安定同位体比の定量評価に関わる前処理の時間短縮化について詳細な検証がなされ、簡便化が可能となった。これを利用した同位体比データから、対象地区の地下水汚染の要因は近傍の営農状況が大きく占めていることが示された。ノンポイント汚染を評価する新たな切り口が展開され、有用な評価手段になりうると考えられた。

### 4. 流域社会と湖内生態系におけるリンフローの把握

(佐藤祐一 (滋賀県・琵琶湖科研セ) ほか)

「健全な琵琶湖」のあり方を物質循環の観点から検討す

るため、現在の流域社会および湖内生態系におけるリンフローに着目して、統計データや食物連鎖モデル等を用いた予測結果が紹介された。その結果、流入したリンのうち生物利用可能なものは植物プランクトンに速い速度で利用されること、琵琶湖系外から持ち込まれたリンのほとんどは陸域に残留することが明らかとなるとともに、リン管理が物質フローに及ぼす影響の解明が課題であることが提起された。

### 5. 総合討論

#### 5-1. 基調講演 —ノンポイント汚染研究の課題と手法—

(井上隆信 (豊橋技術科学大学))

ノンポイント研究を実行するにあたり、課題の方向性と研究の位置づけならびに対象領域のスケールなどを総括した発表がなされた。ノンポイント汚染研究を設計する上で、まず結果の再現性の精度、データの解釈、研究の説得性（社会還元性）を予め考慮することが重要であることが指摘された。また、手法については現地調査では場所の選定、モデル研究ではパラメータの決定が重要であることが指摘された。近い将来、研究委員会として最重要課題を設定、共有することが肝要であると提言された。

#### 5-2. 意見交換

今回の意見交換では各研究事例の設計概念の洗い出しをしつつ、いかに研究委員会で設計概念と手法に関わる共通認識を持てるかが議論となった。その中でノンポイント汚染研究が捉える「健全な状況とは？」ならびに「社会コンセンサスをいかに形成すべきか？」の2点が大きな議案となった。単なるデータ取得に留まることだけでなく、それを咀嚼して関係者（行政や住民）に情報提供することが重要であることは認識されている。しかし、社会への発信については満足のいく成果が出ていないことが今回の議論で浮き彫りとなった。これまで水質改善の一辺倒で対策がなされてきたが、不漁、植物プランクトンの大量発生などの予期せぬ問題が新たに生じるなど、健全な状況を維持できず、環境評価の根本的な見直しが必要である。その答えの1つとして「物質をいかに循環させるか」に着目し、それを定量的に評価する指標を見出すモデリング、現場調査を組み立てる試みが重要であると提起された。一方、「健全なあり方」をいかにして的確に社会に伝播していくかについては、受益者（農家、住民、産業）の立場で理想が大きく異なること、結果ありきの先入観によって議論の方向性が定まらないことから、社会コンセンサスが醸成されるまでにはかなりの時間を要すると問題視された。また受益者が考える「健全な状況」は時代の流れや地域性によっても大きく変化する。したがって、ノンポイント汚染研究委員会が一丸となって研究、情報提供を継続していくことが必要であると再認識された。今回の議論は今後も継続的に行っていく必要があると思われる。（大阪府立大学 櫻井伸治）

# 膜の適用拡大に向けた最新技術動向

## 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今年で15回目となった。開催形式は、前後半の2部構成とし、膜の適用拡大に向けた最新技術動向というテーマで開催した。

前半は通常のセッション形式で、6件の口頭発表を行った。

前半の最後には、「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ついての発表もあり、活発な討論が行われた。

後半はパネルディスカッションとして、「海外膜処理技術再考／日本とのギャップを語る」というタイトルで、3名の方に御登壇いただいた。今後、広範囲に広がる膜技術のあり方・行く末について、多くの意見が交わされた。

### 1. 「膜の適用拡大に向けた最新技術動向」(前半)

座長：木村克輝(北大)

#### 1-1 「固体3次元励起スペクトル分析による非破壊膜ファウリング解析」 山村 寛(中央大学)

蛍光分光光度計に光ファイバプローブを装着し、液中で膜表面の固体EEM分析を実施することで、ろ過運転中に膜面に汚染物が蓄積する様子を連続的に観察した結果について、報告があった。

#### 1-2 「膜分離活性汚泥法(MBR)の効率化に向けて」 三好太郎(前澤工業(株))

B-MBR運転時の越流および分断状態に要する時間の比が、処理性能に及ぼす影響に関する検討結果の報告がされた。いずれの条件でも、BOD、T-N、T-Pのすべてに対して、優れた除去性が発揮された。

#### 1-3 「膜分離型排水回収システム」

岩見貴子(栗田工業(株))

超高速繊維ろ過および高流束MF膜を組み合わせた前処理の高流速化により、設置スペースは従来装置に比べ約60%の低減が可能であること、また、設備のコンパクト化により、工事日数の短縮、工事費・機器製作費が低減し、処理水量 $50 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ を想定した場合のインシヤルコスト試算において従来システムに比べ約30%のコストダウンが可能となったことなどが、報告された。

#### 1-4 「海水淡水化におけるRO膜ファウリング指標およびファウリング抑制前処理技術の開発」

林 益啓(水ing(株))

海水淡水化RO膜のファウリング抑制前処理技術の開発を目的に、RO膜ファウリング指標の開発と、泡沫分離法を用いた前処理技術の検討を、海水を用いて、パイロットスケールで行った結果、 $> 1 \mu\text{m}$ 程度のTEP

(C-TEP)、EEM/Region IVが海水淡水化RO膜ファウリング指標となりうること、また、泡沫分離法は、従来法よりも簡素かつ安価で、有効にファウリングを抑制できる技術であることが報告された。

#### 1-5 「高透水性・高濁度対応膜モジュールを利用した膜ろ過技術紹介」 藪野洋平(株クラレ)

モジュールの洗浄性を高めるために、モジュール中心部より原水およびエア供給機能を持った「導水管構造」と、中空糸膜の端部を1本ずつ封止した「片端フリー構造」の2つの特長的構造を持つ点について報告された。物理洗浄時には、導水管より気液を噴出させる洗浄機能により、最も濁質成分が蓄積しやすい中空糸膜の根元部分を重点的に洗浄することが可能である点も示唆された。

#### 1-6 「膜分離技術の変遷と展望」

川崎睦男(造水促進センター)

1970年代から取り組まれた民間向けRO膜ろ過設備の納入を皮切りに、アセチルセルロース製のチューブラー膜の製造に係るエピソード等が報告された。モジュール構造に関しては、チューブラー型、中空糸膜型、スパイラル型、膜の種類では、MF、UF、NF、RO膜の製造に関する知見についても報告があった。

### 2. 「海外膜処理技術再考／日本とのギャップを語る」(後半)

座長：大熊那夫紀(造水促進センター)

#### 2-1 「サウジアラビアにおける三菱重工社の逆浸透膜(RO)法海水淡水化プラントについて」

岩橋英夫(三菱重工(株))

RO海水淡水化分野における世界情勢および国内企業の状況、海外進出の難しさなどについての報告がされた。

#### 2-2 「北米Canton市における大規模下水処理場向けMBR適用事例」 大井裕亮(株クボタ)

稼働すれば、米国で最大規模のMBR施設となるCanton下水処理場についての導入理由や工事の状況についての報告がされた。

#### 2-3 「セラミック膜ろ過技術の海外展開について」

山家勝裕(メタウォーター(株))

世界の水インフラ分野での本邦企業の立ち位置は、部品供給会社としての活躍が大部分という現状にあるが、インフラ輸出の実現に向けては本邦企業の現地化がキーワードとなることや、国内企業の創意工夫により、従来の部品供給を超えた海外展開を目指すことが、重要との報告がされた。

(水ing(株) 須田康司)

# 紫外線的水処理技術のミカタ

## 紫外線を利用した水処理技術研究委員会

紫外線を利用した水処理では目に見えない紫外線のエネルギー量やその効果を定量的に評価して適切にコントロールすることが重要である。本シンポジウムでは、紫外線処理の新しい用途や評価方法、つまり紫外線の見方を理解することで紫外線を味方にしようという趣旨で、「紫外線的水処理技術のミカタ」と題して口頭発表と総合討論を行った。口頭発表は有機物の酸化処理、UV-LEDおよびクリプトスポリジウム等対策と消毒について情報提供と最新技術の報告が行われた。また、総合討論では、冒頭に参加者が自由に登壇して短時間の発表を行うオープンプレゼンテーションを実施して情報共有と活発な討論を行った。

### 1. 有機物の酸化処理

「UV 促進酸化 (UV-AOP) の適用事例」出口憲一郎 (千代田工販株) は UV を使った各種促進酸化処理技術を概説し、国内外における適用事例を紹介した。とくに北米では浄水処理や排水の再生水処理において 1,4-ジオキサン対策や NDMA への配慮から  $H_2O_2$ /UV-AOP が急速に普及してきており、今後も市場規模の拡大が予測されると報告した。

「主波長 265 nm の UV-LED による医薬品類の除去評価」本間亮介 (京都大院) からは、UV-LED で主波長 265 nm の紫外線を照射した際の医薬品類の分解特性が報告された。ここでは反応速度が高い 13 種の医薬品類を選定して分解されやすい主骨格や置換基の特徴を推定し、同じ紫外線強度で各医薬品類を分解する場合、254 nm (低圧 UV) の方が 265 nm (LED) よりも効率的であったと結論づけた。

### 2. UV-LED

UV-LED を用いる場合の照度や素子性能の評価方法に関して 2 件の報告があった。「UV-LED 光源の配光分布が及ぼす光反応器内 UV 照度への影響」山越裕司 (株) 日本フォトサイエンス) は UV-LED 特有の特性である配光分布に着目して、全光束と配光分布から UV 照度を算出したところ、化学光量計によって求めた測定結果と概ね一致したと報告した。また、UV-LED の配光分布が光反応器内の UV 照度に与える影響を調べたところ、平均 UV 照度や消毒性能に配光分布が影響すること、反応器の形状や被照射液の透過率によって最適な配光分布があることなどを指摘した。

「紫外線を利用した水処理技術の最前線」小熊久美子 (東京大学) は UV-LED の水処理への展開として、緑膿菌などのヒト病原微生物の不活化特性を異なる波長の UV-LED を用いて調査した。その結果、線量当たりの不活化効率は 265 nm の LED が最も高かった。その一方で 3 log 不活化に要する消費電力 ( $E_{E,3}$ ) は 280 nm の LED が最も小さく、同 LED はエネルギー効率に優れていた

と報告した。ここで用いた  $E_{E,3}$  という指標は異なる光源間の性能の比較が容易で、LED 素子と不活化装置の性能を結びつける指標として有効であると紹介した。

### 3. クリプトスポリジウム等対策と消毒

「地表水への適用拡大に向けたクリプトスポリジウム等対策としての紫外線処理技術」栗原潮子 (水道技研セ) は、厚生労働科研費研究「地表水を対象とした浄水処理の濁度管理技術を補完する紫外線処理の適用に関する研究」の研究成果を報告。地表水を原水とする浄水場で現状のクリプトスポリジウム等対策指針に基づいた対策を実施するのが困難な場合でも、紫外線処理が導入できればリスク低減が可能になると指摘した。この場合、紫外線処理装置の流入水質条件は、現行の指針における水質要件と同等で差支えなく、設計に際しては濁度より紫外線透過率が重要であると結論づけた。

「紫外線量分布とクリプトスポリジウム不活化性能の関係」山下素史 (立命館大院、発表予定者神子の代理) は「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」で規定された紫外線量では、クリプトスポリジウムの不活化が十分に達成されない可能性が理論的にあると問題提起した。そのような誤解を回避すべく、紫外線照射装置における紫外線量分布と病原微生物不活化性能の関係について具体例を示して概説した。

「下水再生実証施設の UV 処理における病原微生物の除去性能推定方法の検討」田崎翔太 (京都大院) は下水再生水処理実証施設の UV 処理装置において病原微生物の除去性能を推定するため、MS2 フェージ等の指標微生物を添加する代わりに、下水中に存在する F-特異大腸菌フェージ (FPH) 等を用いることができないか検討した。その結果、FPH は指標性が高いことを確認し、二次処理水中に存在する FPH を用いて実証施設の UV 処理性能を推定できる可能性を示した。

### 4. 総合討論

口頭発表終了後、総合討論が行われた。冒頭のオープンプレゼンテーションでは山下 (立命館大院)、志賀 (メタウォーター株)、越智 (日機装技研株) がそれぞれ最新のトピックを紹介した。山下は黒カビに対する紫外線の不活化効果に関する基礎的検討を紹介して、不活化効果に波長依存性があることを述べた。志賀は UV-LED を用いた大容量流水式照射装置の性能特性を紹介した。越智は UV-LED 素子の高出力化に関する開発状況を紹介し、日進歩で性能が向上している UV-LED の今後の展望を報告した。

その後の総合討論でも、微生物の不活化波長感受性と UV-LED の波長別相対出力の関係やその評価手法などについて活発な議論が行われた。

(水 ing 株) 恩田建介)

# 水処理システムの革新に向けた取り組み

## 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7件の一般講演を行った。産業排水だけでなく上下水も対象とした、物理学的処理および生物学的処理の幅広い技術について講演発表をした。以下に各講演の概要を報告する。

### 1. 招待講演

まず、「バイオフィームに関する最新の研究動向：形成抑制から利用技術まで」と題して、東京農工大学の寺田先生にバイオフィームの制御と利用という観点から、排水処理におけるバイオフィーム関連の研究動向および研究成果について講演いただいた。具体的な制御技術としてはMBRのバイオフィウリング抑制技術について、具体的な利用技術としては部分硝化・Anammoxバイオフィームの生活排水処理への適用と、MABRを用いた省エネ型排水処理技術の紹介を行った。紹介技術はそれぞれ基礎的な段階から実用化に向けたスケールアップに至る段階にあり、技術の実用化および普及のためにはそれぞれ特有の課題解決が必要である。近年の顕微鏡技術や遺伝子解析技術は、解像度やスループット性が大幅に向上しており、解析技術を有効に利用して、課題解決のための機構解明と問題解決に向けた応用研究を加速化させることが重要である。

次に、アサヒ飲料株式の北川氏に「微量オゾン添加によるバルキング抑制技術の開発」と題して、工場の生産量増加に対応する好気性生物処理設備の能力増強を目的とした高負荷対応性の評価の結果について講演いただいた。好気処理設備の能力増強についてオゾン培養汚泥添加の検証を実施し、この結果に基づいてオゾン培養汚泥添加の実機導入に至った。現在の実機の運転条件は、オゾン注入量  $35 \text{ g-O}_3 \text{ m}^{-3}$ 、培養時間 24 時間である。当初目的とした増産後の排水負荷増に対して汚泥負荷は最大  $0.56 \text{ kg-BOD kg-VSS}^{-1} \text{ d}^{-1}$  の処理実績となり、排水処理設備能力の増強・改善を実現できた。排水負荷変動時には沈降性が不安定な状態になることもあることから、オゾン培養汚泥添加装置の運転条件について調整、評価を継続している。

### 2. 一般講演

広島大学の西嶋先生に「オゾンを用いた汚泥減容化処理へのウルトラファインバブルの適用」と題し講演いただいた。ウルトラファインバブル (UFB) と呼ばれる  $1 \mu\text{m}$  以下の気泡はフロックサイズと比較して十分小さく、気泡に内包されたオゾンが溶解を経ずに直接フロック内部に侵入し、フロック内部の細菌と反応することが期待される。オゾンによる汚泥減容化においてUFBを用いてオゾンを供給することの優位性について一定の評価がされた。

オルガノ株式の吉川氏には、「安定化酸化剤によるRO膜

のバイオフィウリング抑制 (純水系ROから回収系ROまで)」と題して、安定化次亜臭素酸を有効成分とする新しいスライムコントロール剤を排水回収用RO設備へ適用した事例を紹介いただいた。排水回収系ROのように従来のスライムコントロール剤では十分にバイオフィウリングを抑制できないシステムに対しても、安定化次亜臭素酸は良好な効果を発揮することを確認した。また添加濃度を調整することで、現場の目的 (洗浄または抑制) に応じた処理が可能であることも示唆された。

水ing株式の鈴木氏には、「含油廃水の膜による濃縮処理に関する検討」と題して、工場からの含油廃水を膜処理する処理設備を設計する際に重要となる透過流速を決定するパラメータについて検討した結果についてご講演いただいた。製缶工場から排出された含油廃液を用いた膜処理試験の結果より、同廃水の膜ろ過特性はゲル分極モデルを用いて整理でき、限界透過流速は循環流速、ヘキササン抽出物濃度および温度で説明できたことから、実際の処理設備においては、これらを事前試験で調査することで設計条件を決定することができる。

栗田工業株式の清水氏には、「無機排水処理における近年の取り組み」と題して、金属工場における酸洗排水に対して、高速凝集沈殿装置と重金属汚泥のケーキ含水率を低減する高密度汚泥法を組み合わせ両技術の特徴を生かした事例について紹介いただいた。既設の沈殿池が  $LV 1 \text{ m hr}^{-1}$  で運転しているのに対して高速凝集沈殿装置は  $LV 12 \text{ m hr}^{-1}$  での処理が確認でき、またケーキ含水率は既設の 72 % に対して 40% まで低減できた。鉄鋼系酸洗排水において本技術を適用した結果、省スペース化と汚泥減容を同時に実現できることが分かった。

株式会社村山氏には、「オゾン／電気分解による促進酸化処理」と題して講演いただいた。酸化力の強いOHラジカルを用いた促進酸化処理 (以下AOP) は、難分解性化学物質の分解除去などが可能であり、再生水処理の他、産業排水など広い領域で適用されている。OHラジカルを生成する新しい手法として、オゾンと電気分解を併用する方法について検討を行った。難分解性物質である1,4-ジオキサンの分解が進み、TOCが97%低減し、オゾンと電気分解の単なる併用以上のAOP処理効果が得られた。

いであ株式の澤井氏には、「日本版WET試験による排水管理の事例と課題」と題して講演いただいた。事業場排水の生物応答試験 (日本版WET試験) 結果の事例を示すとともに、米国において排水に毒性がみられた場合に行われる毒性原因物質の同定方法を紹介した。また、毒性原因物質の同定における課題とその解決のための取り組みを紹介した。

(北九州市立大学 寺嶋光春)



# システムとして評価することを考える

## システム解析研究委員会

### 1. はじめに

今回、システム解析研究委員会では、“システムとして水環境を評価する”ことを取り上げ、水環境分野における評価に取り組んでいる方々から講演をいただいた。

### 2. 講演概要

#### 2.1 下水処理施設における環境負荷の統合評価の意義 (埼玉県環境科学国際センター 見島伊織氏)

下水処理施設においては、処理水としてBODやCODに代表される有機物、窒素などの栄養塩の水環境への排出のほか、電力消費によるCO<sub>2</sub>や窒素除去過程でのN<sub>2</sub>Oなどの温室効果ガスの大気環境への排出が多いことが知られている。硝化抑制や硝化促進などの各条件において、温室効果ガス排出による地球温暖化、栄養塩の排出による富栄養化、NH<sub>4</sub>-N排出による生態毒性評価などを合わせて行うことが重要となる。これにより、環境影響を多面的かつ統合的に評価し、環境影響が最小となる条件を検討することが望まれる。

そこで、硝化抑制や硝化促進といった運転条件に変更があった下水処理場を対象として、地球温暖化や富栄養化への環境影響を算定して単一指標に落とし込み、それぞれの運転条件においてどのような環境影響があるかを比較検討した事例を紹介する。本報告で扱う手法は、LIME2（日本版被害算定型影響評価手法 ver.2）をもとに開発したものである。既存の手法では評価できなかったNH<sub>4</sub>-Nの生態毒性の被害係数について独自に求め、下水処理場の環境負荷が算定できるように一連の評価プロセスをパッケージ化している。

対象施設の環境負荷の統合評価した結果、硝化促進では富栄養化による寄与が最も大きいのにに対し、硝化抑制では生体毒性による影響が最も大きいことが分かった。両者の運転を比較すると、硝化抑制の場合に温室効果ガスの影響が小さく、また、富栄養化、生体毒性が大きかった。このように、地球規模の環境問題と地域性のある環境問題との間で明確なトレードオフ関係があった。全体としては、硝化促進による窒素除去、とくにNH<sub>4</sub>-Nの除去による生体毒性影響の削減が大きいことから、硝化促進の運転がより望ましいと考えられた。なお、本手法の最大のメリットは、わかりやすい指標で「コストに対する環境負荷削減の効果」を定量的に示すことができることである。本手法は拡張性が高く、たとえば消費電力や人件費などの実際の運転に要したコストを加えることも容易である。

#### 2.2 人口減少・過疎化地域の生活排水処理を複合的に考える (和歌山工業高等専門学校 靄巻峰夫氏)

わが国は全体として人口減少傾向が始まっているが、地方域では過疎化、高齢化とともに急速に進行している。このような地域では公共サービスの維持が行政にとって今後大きな課題となることが予想される。生活排水処理の分野でも同様であり、処理システムの見直しが必要となる。今回は、和歌山県田辺市を事例対象として生活排水処理について、可燃ごみ処理との連携とエネルギー回収導入による事業再構築の環境面、経済面からの評価について報告する。

対象となる地域での生活排水処理システム設計に向けて、事業再構築について検討した。検討した再構築内容は、①可燃ごみ処理との連携、②下水道事業への浄化槽導入、③技術予測による導入技術設定である。また、設計システムに対する評価において、①環境保全（循環型、低炭素社会構築）への評価、および②事業効率、地域経済への貢献の度合いを考慮した。

検討した内容（人口減少を考慮せず）は、現状（平成25年度のデータ）を反映させたCase-1、生活排水処理施設が計画通りに整備されたCase-2、可燃ごみ処理との連携でエネルギー回収を行うCase-3である。その結果、生活排水処理施設の整備が進めた場合においても主に浄化槽の機能向上を期待すればGHG排出量の増加を防ぐことができ、加えて、エネルギー回収で大幅な削減も可能となった。また、別途経費の検討では、全体として大きな削減が難しいことがわかった。浄化槽利用者については、市負担となる一般会計支出分の削減は可能であるが、料金等の住民負担分の増加があり、相殺される結果となっている。今回の報告では人口減少の著しい区域での今後の公共サービスの方向性を探るための研究の考え方と一部の結果を紹介した。産業基盤の脆弱な地方域では、単純な経費削減でも雇用機会の喪失を伴えば大きな問題であるのとらえて事業効率性と地域経済への貢献、さらに環境保全への貢献を同時に達成する事業モデルを模索している。今後は、生活排水処理施設整備について下水道クイックプロジェクト等を参考としたこれまでと相違した事業モデルの提案を予定している。

### 3. おわりに

今回のシンポジウムでは、“システムとして評価する”という本研究委員会の原点に立ち返りセッションを行った。今後、水環境分野におけるシステム解析の“勉強会”の開催を予定しつつ、運営を行う予定である。

(群馬工業高等専門学校 宮里直樹)

# 電気化学的技術の環境プロセスへの応用

## 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、公募1件を含め、計7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) 「電気化学分析による地下水中全砒素と亜砒酸の定量ーボルタンメトリ法の自動化」

藤川陽子（京都大）ほか  
地下水中の全砒素および亜砒酸分析のためのアノードイック・ストリッピング・ボルタンメトリ（ASV）法について、原理、注意点および野外自動測定における精度向上の対策等について報告された。ASV法は、作用極に金電極、対極に白金電極、参照極に銀・塩化銀電極が使用された。2価鉄は砒素の感度を低下させるが、前電解（ストリッピング）時に電位を往復させることで解消できた。電解にともなう亜砒酸の酸化はアスコルビン酸の添加で防止でき、硫黄分による電極ファウリングに対しては過マンガン酸カリウムの添加により活性化が可能であった。また、同じ作用極による砒素と亜砒酸の交互測定を止めることにより、6日間は感度が低下することなく安定した測定が可能であった。

### (2) 「セレンオキサニオン電極還元反応に対するビオロゲンメディエーター構造の影響」

今林慎一郎（芝浦工大）ほか  
メチルビオロゲン（ $MV^{2+}$ ）をメディエーターとするセレンオキサニオン（セレン酸、亜セレン酸）の電極還元において、各種ビオロゲン誘導体の亜セレン酸還元に対するメディエーターの可能性が報告された。作用極にGlassy Carbon電極、対極に白金黒線電極、参照極に銀・塩化銀電極を使用し、各ビオロゲン誘導体を用いた亜セレン酸のサイクリックボルタンメトリが行われた。電荷を持たない $C_3H_7$ 基を持つビオロゲンに比べ、 $COOH$ 基では触媒電流値が低下したものの、 $NH_2$ 基を持つ3種（AEV、AEEVおよびAPEV）ではいずれも触媒電流値は増加し、 $NH_3^+$ 基がプロトン供与体として作用している可能性が示された。

### (3) 「UV/電解次亜促進酸化処理法の開発」

岸本直之（龍谷大）ほか  
電解生成した次亜塩素酸を、紫外線（UV）により分解してOHラジカルとして利用するUV/電解次亜促進酸化法の処理特性等について報告された。UV/電解次亜促進酸化法は、次亜塩素酸やpH調整剤等の薬品負担を大幅に軽減できることが実用上のメリットとなる。pH3.0~9.0の条件で行われた1,4-ジオキサンの処理実験から、UVおよび電解単独では分解がほとんど認められなかったものの、UV/電解処理では継続的な分解が確認され、UV/電解次亜促進酸化法の実用可能性が示された。

### (4) 「電気化学的AOP法による抗生物質等の無害化」

稲垣嘉彦（早稲田大）ほか  
陽極に $SnO_2$ 、陰極として粒状活性炭または粒状Pt/Ti

を用いた電解装置による抗生物質の連続処理について総括的報告がなされた。HRT2.5~10 minの条件で、テトラサイクリン、エリスロマイシンおよびスルファメトキサゾールはそれぞれ効率よく分解され、大腸菌群への殺菌効果の低減が確認された。また、エネルギー消費量は既存の促進酸化処理法の1/10程度まで減少させることが可能であり、槽列モデルから構築した数学モデルにより処理性能を概ね評価できることが示された。

### (5) 「閉鎖性水域を対象とした堆積物微生物燃料電池による環境改善効果の評価」

窪田恵一（群馬大院）ほか  
格子状カーボンペーパーアノード、カーボンフェルトカソードおよび外部抵抗等から構成される堆積物微生物燃料電池SMFC（Sediment Microbial Fuel Cell）を用いた東京湾の底質改善効果が報告された。最大電力密度は夏場となる80日目まで最大となったが、その後の水温低下によるDO上昇とともに減少した。カソードを2倍に増設した系では最大電力密度が上昇したが、終了時の220日目では逆転した。底質の改善効果としては、ORPの上昇、間隙水中の栄養塩類および硫化水素の抑制効果が確認された。

### (6) 「鉄電解法による小規模排水処理施設のリン除去安定化」

見島伊織（埼玉県・環科国セ）ほか  
鉄電解法を用いたリン除去型浄化槽の処理性能やX線吸収微細構造（XAFS）測定による汚泥中の鉄の形態解析結果等が報告された。浄化槽50基以上の平均処理水 $PO_4-P$ は $1\text{ mg L}^{-1}$ 程度であり、鉄電解法によるリン除去効果が確認された。浄化槽3基から採取した好気汚泥のXAFS測定から、 $\alpha-FeOOH$ 、 $Fe_3O_4$ および $\alpha-Fe_2O_3$ 等の鉄酸化物が確認されたが、 $\alpha-FeOOH$ の割合が多い場合に良好な処理傾向にあり、鉄の形態解析がリン除去安定化の評価指標となり得ることが示唆された。

### (7) 「酸性河川水の中和処理における電解法の有効性」

小森正人（ヤマト・環技研）ほか  
炭素多孔質陽極、Pt/Ti棒陰極を用いた電解中和槽による酸性河川水の連続処理結果が報告された。電流値75~300 mA、滞留時間1.0 hの条件において、pH3程度の河川水を10分から1時間程度でpH8以上まで中和可能であった。また、極性を転換することにより、pH12程度の1 N NaOH水溶液を100 mA、60分でpH7程度にまで中和できた。多孔質炭素電極をステンレス板に替えた場合には中和処理は不可能であったことから、本電解中和法の有効性が示された。

### (8) 「総合討論」

座長：岸本直之（龍谷大）  
総合討論を行う時間が予定より少なくなってしまったものの、各発表に対して専門的な内容の質疑応答が行われた。

（株）ヤマト 小森正人

# 熱帯亜熱帯地域における水処理技術の特性と展望

## 熱帯・亜熱帯地域水環境研究委員会

熱帯・亜熱帯地域水環境研究委員会は、沖縄で開催された第16回日本水環境学会シンポジウム(2013年11月)での九州支部企画の盛り上がりを契機として、行政、企業、市民、研究者等の広範なステークホルダーによる連携と当該分野研究者間のネットワークの構築を通じて、熱帯・亜熱帯地域に関わる水環境研究の発展に貢献することを目的に活動している。本研究委員会の対象とする内容は、熱帯・亜熱帯地域の陸水環境、水処理技術、汚染土壌、バイオマス技術、海域環境等と幅広い。その中で、今回は「水処理技術」にテーマを絞ったセッションが企画され、基調講演1件、一般講演5件と総合討論が行われた。その概要を以下に報告する。

### 1. 基調講演：熱帯・亜熱帯における水処理技術の特性と展望 (治多伸介(愛媛大学))

熱帯・亜熱帯地域向けの水処理技術を発展させる重要性和、今後の研究・開発を行う際の留意点等が述べられた。すなわち、熱帯・亜熱帯地域向けの水処理技術に関する日本の研究・開発は、これまで主に発展途上国支援の側面が強かったが、沖縄県や、今後の温暖化進行が予想される日本国内への適用も視野に入れた展開が望まれることが説明された。また、今後の研究・開発を進める際には、高温環境、強い光強度、大雨ないし少雨といった、熱帯・亜熱帯の特徴的な環境が水処理技術に及ぼす影響に留意することの重要性が示された。そして、それらの好影響を十分に評価・活用するとともに、悪影響に対応できる水処理技術の研究・開発への期待が述べられた。

### 2. 水質・環境保全に向けたメタン発酵システムの南部ベトナムへの導入検討 (山岡賢(農研機構 農村工学研究部門) ほか)

ベトナム・ホーチミン市へのメタン発酵システムの導入効果が、消化液の液肥利用の観点から、実験・試算によって検討された。その結果、消化液の化学肥料の代替効果は、日本と同等のものを得ることが可能であり、さらに、消化液の輸送・散布については、日本よりも効率化できること等が示された。この効率化の理由の一つは、ベトナム・ホーチミン市では、1年間の農地での作付け回数が日本よりも多いことから、年間を通じて頻繁に液肥を活用できるためと考えられた。

### 3. 亜熱帯地域の農業集落排水施設における水量負荷の実態と影響要因 (李雨桐(鹿児島大学大学院連合) ほか)

沖縄県と本土の現地施設で調査が実施され、沖縄県での無降水日の流入水量は、日水道水量よりも、やや小さい傾向があることが明らかとされた。その原因は管路周辺の畑・果樹地での漏水と推定された。施設への日流入水量は、日水道水量と月別平均降雨量を説明変数とした重回帰式で精度よく予測できた。また、1日の時間流入水量の変動幅は、管路延長が長く、処理区面積が大きいほど小さくなりやすいこと等が明らかとされた。

### 4. 亜熱帯地域の農業集落排水施設運転効率化の試み(連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式を事例として) (中野拓治(琉球大学) ほか)

現地調査の結果から、亜熱帯地域の農業集落排水施設では、水温が高くなりやすく、それによって、温帯地域よりも高い有機物(BOD)、窒素除去性能が得られることが示された。また、実証実験施設においては、ばっ気槽内MLSS濃度・水理学的滞留時間を設計・管理諸元(81,000 mg h L<sup>-1</sup>)付近で運転管理することで、BOD除去率90%以上を確保しつつ、約3割程度の電力使用量の低減を図れた実績が報告された。さらに、実証実験施設での有機物と窒素除去プロセスを再現できる数値モデルの構築状況も紹介された。

### 5. アナモックス反応器の長期処理特性に及ぼす温度影響 (杜子昂(京都大学) ほか)

本研究では、初期温度を35℃にして、アナモックス反応(嫌気性アンモニア酸化反応)で安定した窒素除去を達成した後、15、25、35、45、55℃に水温を再設定した5基の実験槽を利用し、約500日にわたる室内実験が行われた。その結果、45℃以上では、アナモックス細菌の定着が損なわれ、アナモックス反応は回復なく喪失した。一方、35℃以下では、水温が低いほど窒素除去率は低下したが、アナモックス細菌の定着は損なわれなかった。このことから、低温でも微生物保持量を増大させる工夫などでアナモックス反応を維持できる可能性等が示された。

### 6. 温暖な地域での下水汚泥の嫌気性消化特性解析 (日高平(京都大学) ほか)

下水汚泥の嫌気性消化は、汚泥減容化のみならずエネルギー回収手段として注目されている。本研究では、一般的な中温条件よりも低温となる無加温嫌気性消化の適用可能性が報告された。下水道統計(平成25年度)を用いて、有機物負荷率が比較的低い消化槽について、温度とバイオガス発生率との関係が検討された。その結果、無加温の場合を含めてバイオガス発生率に有意差は無かった。無加温嫌気性消化を行っている処理場でのヒアリングでは、温暖地域への立地や、消化日数が十分に確保されていることが導入経緯であること等が分かった。これらより、施設条件によっては、加温削減をすることでエネルギー回収効率の向上が達成できる施設があること等が指摘された。

### 7. 総合討論

汚泥からのエネルギー回収も含め、熱帯・亜熱帯地域向けの水処理技術に関する技術革新への期待が大きく高まっていること等が確認された。また、その技術革新に繋がる研究発表や議論の場としての、本研究委員会の重要性や発展性が示された。

(愛媛大学 治多伸介)

# 農産業に関わる水・バイオマス利用技術の新たな展開

## 農産業に関わる水・バイオマス循環技術研究委員会

農産業に関わる水・バイオマス循環技術研究委員会は、食料－水－エネルギーの連環の重要性を踏まえ、食料生産の場である農産業地域の環境負荷が最小となる水管理システムを構築すべく発足した。本セッションでは和歌山という地域性を意識し、漁業関連の依頼講演3件と、「ウメ」に関連する依頼講演2件をもとに、研究者・技術者・実務者間での議論を展開した。

水産物利用学・水圏生物学から考える循環型社会

(足立亨介氏, 高知大学)

水産物利用学の例としてかまぼこ製造を紹介された。かまぼこづくりでは、原料の魚重量に対して一般に予想されるより低く50%未満の収率(かまぼこ重量)となるそうである。かまぼこづくりでは、魚体処理工程で皮、内臓、骨などが除かれる。これらはミールと呼ばれ、飼料目的に安価な価格で引き取られるそうであるが、コラーゲンなど有用成分を含むことから付加価値の高い資源化の方向性が指摘された。一方で、抽出などの工程から生じる残渣の処理・利用に目を向ける必要性も質疑で議論された。水晒し工程では大量の真水が必要とされ、廃水が生じる。廃水・廃棄物処理に関しては日本水環境学会所属の研究者の得意とするところである。異分野の製造工程に案外我々の技術・知見が生かされる部分があるのではないかと期待させられる講演であった。

畜水産飼料における水回収資源の利用

～原料化へのハードル～ (高桑史明氏, 近畿大学)

食品加工残渣など回収資源の畜水産飼料化に向けた課題について、飼料価格および組成の面から説明がなされた。飼料価格は、畜産用で60円/kg程度、養殖用で150～200円/kg程度であり、粗利益率の点から回収資源の利用可能性は養殖用にあると指摘された。養殖用飼料の組成は40～50%がタンパク質であり、安価にタンパク質を供給できること、粗タンパク質%あたりのコストで1,000円(大豆粕程度)を下回ってくる必要があることが解説された。なお、保存性の面から水分を10%以下にするコスト(50～70円/kg程度)に気をつける必要がある。養殖用飼料の主成分である魚粉の供給が逼迫しており回収資源の需要は確実に増加するそうだ。バイオマス利活用を目指す聴衆にとって勇気付けられる、何より明確な方向性が示される講演であった。

下水処理水の価値向上への挑戦

～「下水処理水で培養した微細藻類による漁業飼料生産」の研究で感じたこと～ (山村寛氏, 中央大学)

「資源を利用してもらおうための視点が大事だ」、「技術開発は上流から下流まで面倒を見る」、「みんなが幸せになるための仕組み構築を目指す」など、講演者の心意気に胸すくわれる、そんな講演であった。「なぜ下水処理水を利用するのか?」、「なぜ藻類を経由する漁業飼料生産なのか?」、そして「商品開発(漁業飼料)においてもっとも大事な視点は何か?」など、講演者の生い立ちさえも

オーバーラップさせた大変納得いく説明がなされた。国内外の社会情勢を踏まえると、現行システムにおける下水道の未来は決して明るいとは言い難い。しかし、視点を転ずること、そして、本気でそうなる(そうすると)と思うこと、の大事さを改めて感じた研究者・技術者も多かったはずである。

微生物による使用済みウメ調味液の有効活用技術

(中村允氏, 和歌山県工業技術センター)

冒頭、和歌山県工業技術センターの紹介があった。和歌山県という特性を踏まえ「研究者自身がビジネスモデルを考える」という当該センターの姿勢は見習うべきと感じた。梅干しは和歌山の名産品であり、梅干し製造過程でウメ調味液が排出される。現状では産業廃棄物として処分されるが、資源として活用することで有価物生産による収益と産廃処分費の削減を同時に実現できる。ウメ調味液は、ある程度の年間排出量(2万t年<sup>-1</sup>)があり、排出の年間変動が小さいため資源化に適している。紹介のあった研究では、ウメ調味液を油脂酵母の培地として利用し、微生物油脂の生産を目指している。有用酵母の探索、油脂生産量と油脂組成、廃水処理としてのTOC除去率などの報告がなされた。有名な土地から有用な微生物を単離し、その「地名」を付けてブランド化するというアイデアも面白く、地域に根ざした研究が楽しく学べる講演であった。

梅調味液を利用した水田雑草管理

(林恭弘氏, 和歌山県農業試験場)

除草剤を使用しない水田雑草管理技術として米ぬか除草がある。米ぬか除草では糖分による土壌表層の還元状態生成がポイントであることから、米ぬか代替として梅調味液の利用を提案された。梅調味液の施用に当たっては、水稻生育阻害のほか、流出した場合の周辺環境への影響も懸念されるが、そのあたりを配慮した施用方法が報告された。平成23年度の0.4ha施用を皮切りに、現在17haまで梅調味液利用が広がっているそうである。廃棄物だった資源の利用拡大手法に興味を持たれるが、今回のポイントもブランド化であった。熱心な民間業者(精米販売)による農商工等連携促進法の活用が功を奏したようである。バイオマス利用の展開について大変参考になる講演であった。

総合討議では、技術的な内容から体系的な内容まで幅広く議論された。セッションの話題を主に水産関連と回収資源利用にフォーカスしたことから、講演者間の議論も含めて密度の濃い情報提供および討議が実施された。さらに、回収資源利用における抵抗感の払拭に関する対応など研究委員会で対応すべき課題も提案された。今後も研究者・技術者・実務者間の連携につながる仕掛けを継続していきたい。

(同志社大学 赤尾聡史, 京都大学 日高 平)

# 将来の水環境の変化と水供給の課題

## 将来の水環境変化に対応した水供給システム研究委員会

将来の水道水源をとりまく環境は、気候変動や人口減少などの自然・社会現象によって、大きな変化を受けることが予想される。また、浄水施設の老朽化により、原水水質の変化に処理が対応できるかどうかも懸念される場所である。こうした課題について研究者と実務者が連携して議論を行う場として、平成29年4月に本研究委員会は新設された。同年7月には、キックオフワークショップ「溶存有機物をめぐる最新の知見と高度浄水処理技術の展開」を開催し、大学・研究機関および水道事業体からの報告をもとに活発な議論を行った。

本シンポジウムでは、研究委員会委員長の滝沢教授（東京大）より趣旨説明、続いて4名の研究者から溶存有機物と水道システムの関わりについての報告、3名の関西地域の水道事業体の方々から浄水処理での取り組みや課題についての報告があった。最後に、これらを受けて総合討論を行った。

### 1. 前半（座長：浅田安廣・京都大）

- (1) 湖沼における溶存有機物の研究－国環研20年のあゆみ 今井章雄（国環研）は、これまで国環研で行ってきた溶存有機物に関する5つの研究プロジェクトについて報告した。当初は溶存有機物自体の研究（起源・特性評価、水道水源への影響、湖沼内の物質収支等）から始まり、今後は湖沼の微生物食物連鎖の中の1要素としての研究へと変遷していくとの展望について紹介した。
- (2) 社会環境変化が水源水質に及ぼす影響と浄水処理の課題 滝沢智（東京大）は、林業の衰退や人口減少による森林の荒廃や気候変動による水源水質の変化の可能性について報告した。とくに、森林地域では中小規模の水道事業体が多く、また、粉末活性炭処理の価格の上昇やその投入への手間等もあることから、簡易な高度浄水プロセスの必要性について述べるとともに、いくつかの新しい水処理技術を紹介した。
- (3) 浄水中の有機物が引き起こす給配水システムにおける微生物再増殖問題 大河内由美子（麻布大）は、現在の浄水中の同化可能性有機炭素は給配水過程で再増殖を容易に引き起こすレベルで存在していること、貯水槽水道では、残留塩素濃度が局所的に低下することで微生物が顕著に再増殖することを報告した。再増殖する微生物には、レジオネラ属菌等の病原微生物やそのリザーバーのアメーバも含まれていることを紹介した。
- (4) NOM から生成する消毒副生成物とその健康リスク

伊藤禎彦（京都大）は、消毒副生成物に関する現在の認識として、塩素処理後の水道水による健康影響はすべてではないが実在していると考えられており、飲用以外の曝露経路も考慮する必要がある可能性について紹介した。また、消毒副生成物による健康影響のうち、個別の規制物質の寄与率は低く、消毒副生成物全体としての毒性の把握の必要性、関連する国内外の研究動向を報告した。

### 2. 後半（座長：小熊久美子・東京大）

- (5) 浄水処理対応困難物質の対応について 宮田雅典ら（大阪市水道局）は、利根川水系での水質事故を受けて設定された浄水処理対応困難物質を対象に、浄水プロセスでの処理性を報告した。粉末活性炭処理の場合、生成能として80%以上処理されたのは、ホルムアルデヒド前駆物質では7種のうち2種、クロロホルム前駆物質では6種のうち4種であったが、いずれもオゾン処理と粒状活性炭（GAC）処理の組み合わせで80%以上処理されることを紹介した。
- (6) オゾン・活性炭処理における課題の変遷 井上裕彦（大阪広域水道）は、臭素酸の基準化にともないオゾン管理の方法について検討を重ね、現在は臭素酸生成抑制と有機物酸化等を両立する方法を確立、運転していることを報告した。近年は、GACの劣化速度が速くなっており、塩素水洗浄の有無、オゾン注入率の変化の観点から原因調査したが、いずれも因果関係が認められなかったこと、現在は、購入GACの性状変化についても検証していることを紹介した。
- (7) 環境変化への対応を目的とした浄水処理に関する調査 須原敏樹ら（阪神水道）は、集中豪雨時の原水濁度の急上昇に対し、再凝集剤注入率の確保により対応可能であること、再生炭の上向流流動層式活性炭処理への適用への実用化は可能であることを報告した。大阪市水道局と共同開発しているハイブリッド膜ろ過システムについて、水質面、維持管理面、施設面から、施設更新を進める上で有用なシステムであることを紹介した。

### 3. 総合討論（座長：伊藤禎彦・京都大）

総合討論では、水道水源の水質の変化、活性炭の品質の変化、国内での疫学調査等について議論を行った。また、今後、水道事業体の職員数が減少した場合の水質管理のあり方について、演者からコメントをいただいた。

（京都大学 小坂浩司）