

# 研究委員会報告

## 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り、当初の 5 年間のモデル事業の期間も含めると、昨年度末までに 556 技術について実証を行い、本年度で 12 年目を迎える。

この環境技術実証事業とは、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ものであり、実証試験の結果については、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。

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 26 年度は 9 つの分野（技術分野）について実施しており、うち「自然地域トイレし尿処理技術分野」、「閉鎖性海域における水環境改善技術分野」、「湖沼等水質浄化技術分野」および「有機性排水処理技術分野」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貫として、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、（公社）日本水環境学会の星川寛事務局長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させていただいているものである。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 4 年目にあたり、シンポジウム 1 日目：平成 26 年 9 月 8 日（月）（13：30～16：30）の日程にて、D 会場（滋賀県立大学 A7-102 教室）において行われた。

今年度も例年どおり各々の発表時間・質疑を 30 分と長くとりスタイルとし、環境省の事業全体にかかる説明も含め、3 時間の枠内で計 6 件の発表が行われた。

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たことは、環境技術実証事業の普及だけでなく、技術開発の推進のためにも大変ありがたいことである。

具体的な発表内容については、環境省からの事業に関

する総括的説明が 1 件、「有機性排水処理技術分野」で実証を実施された企業による発表が 3 件（株式会社四電技術コンサルタントの生地氏、株式会社大都技研の佐藤氏および株式会社サンユウの田中氏）と、今年度「有機性排水処理技術分野」および「湖沼等水質浄化技術分野」の実証機関である一般社団法人埼玉県環境検査研究協会（野口氏および山岸氏）から実証試験等を通じてまとめられた研究情報にかかる発表が技術分野ごとに各 1 件という内容であった。

環境技術実証事業については多くの方のご支援を得て着実に実績を積み重ねているものの、本事業には国際化への対応の他、発表・質疑でも指摘のあったとおり、実証により得られた効果および経済的利点の検証・向上等の課題もある。日本の環境技術の日本国内のみならず世界的な普及のため、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。その進捗状況については次回の水環境学会シンポジウムにおいてご確認いただければと思っている。

#### 【演題一覧】

「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」

環境省総合政策局総務課環境研究技術室 宮下康彦  
「工程別原単位を活用した有機性排水処理技術の評価について」

一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 野口裕司  
「傾斜土槽法」生物学的な水質浄化技術の新たな可能性を求めて」

株式会社四電技術コンサルタント 生地正人  
「グリーストラップの処理性能に対する期待値とその現状と対策について」

株式会社サンユウ 田中貴之  
「食品ロス削減国民運動への ETV 技術（有機性排水・油水分離技術）の展開と評価」

株式会社大都技研 佐藤秀雄  
「公園池における小型甲殻類・ワムシ類による植物プランクトン組成への影響」

一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 山岸知彦  
（環境省総合環境政策局 宮下康彦）

# 嫌気性微生物を用いた排水・廃棄物処理とエネルギー利用の最新研究動向

## 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のセッションでは、11件の研究発表が行われた。個別研究の概要を以下に紹介する。

(1) 嫌気性消化汚泥脱水ろ液処理へのアナモックスプロセスの適用 (その2) (株)タクマ 高木ら

嫌気性消化脱離液のアナモックス処理の実証実験について報告された。冬期1カ月間の性能評価において部分亜硝酸酸化を含めたアナモックスプロセス全体で平均860 mg/Lの窒素が平均81%まで安定的に除去された。

(2) 嫌気性アンモニア酸化反応における亜硝酸窒素の挙動に関する研究 (京都大 西村ら)

多段式アナモックスプロセスにおいて温室効果ガスとして派生する $N_2O$ の発生特性が評価された。 $N_2O$ の発生は4槽全てから認められ、特に流入口付近で活発であり、また前段部で発生した $N_2O$ のうちの一部は後段部で消費されることがわかった。

(3) 超高温条件でのトイレットペーパー水素発酵に及ぼす栄養塩の影響 (東北大 蔦ら)

65℃の超高温リアクターでトイレットペーパーの水素発酵の連続実験を実施した。炭素分以外の多量・微量栄養塩の条件が分解率や水素生成収率に影響を及ぼすことがわかった。栄養塩濃度を増大させた条件において1.43 mol- $H_2$ /mol-Hexoseの水素収率を達成した。

(4) パイロシーケンシングによるスタートアップから安定期における実機消化槽の微生物群集構造解析 (東北大 島田ら)

被災した嫌気性消化槽の消化汚泥からのスタートアップにおいて微生物群集構造の変遷が解析された。スタートから300日以上に渡ってモニタリングが行われた結果、スタートから安定期に至るまで群集構造が変化し、安定期の間は群集構造に大きな変化が生じないことが示された。

(5) 下水汚泥と刈草の混合嫌気性消化 (土木研 日高ら)

中温と高温条件において、超高温前処理を経た刈草と下水汚泥の混合消化特性が検討された。連続処理実験において、高温消化の条件でのみ、刈草の混合によるメタン生成量に対するポジティブな影響が認められた。

(6) 水田嫌気条件下における鉄と粘土鉱物によるイネへの放射性セシウム移行の抑制 (名古屋大 土屋ら)

鉄と粘度鉱物の添加が、水田土壌中のセシウムのイネへの移行に与える影響が検討された。両物質の添加はイ

ネ中のセシウム量減少に有意な影響を持ち、さらに添加時に塩化物を中和することでその影響は増大した。

(7) 低温域膜分離メタン発酵法を用いた下水処理の可能性評価 (東北大 渡邊ら)

膜分離メタン発酵による人工下水の処理において、低温域での処理性能が評価された。HRT12時間において、温度を15℃まで低下させても処理水のBOD、CODは良好な水準を維持できた。CODの10%は溶存メタンとして残留し、それが課題であった。

(8) ギ酸の流入がUASB保持汚泥性状に与える影響評価 (国環研 珠坪ら)

天然ゴム製造廃水処理に関連して、廃水中の高濃度ギ酸がUASBに及ぼす影響が検討された。その結果、高濃度のギ酸(2000 mg-COD/L)は処理性能には顕著な影響を及ぼさなかったが、グラニューールの微細化および沈降性の悪化をもたらした。

(9) グリーストラップ廃棄物中の油脂性状および有機物嫌気性発酵特性の多様性評価 (国環研 小林ら)

飲食店由来のグリーストラップ廃棄物の多様性が調査された。油脂分は多様性が大きく、融点・粘度・酸価は店舗毎の多様性が大きく、融点と粘度は油脂中の飽和脂肪酸濃度との相関があった。一方油脂以外の有機物の性状は店舗に依存せず、高いC/Nと少ない金属元素濃度が特徴的であった。

(10) 加圧浮上法と可逆流嫌気性バッフル反応器を組み合わせたパームオイル工場廃液の高速処理 (呉高専 谷川ら)

DAFと可逆流嫌気性バッフル反応器を用いたパームオイル工場廃液処理の実証実験が報告された。COD容積負荷8.2 kg/ $m^3$ /dの下で、85%のCOD除去率を達成し、DAFを導入することで嫌気性処理単独より高負荷運転が可能だった。

(11) ベトナムにおける天然ゴム製造工場廃水を対象とした処理システムの開発 (長岡技科大 渡利ら)

UASBとDHSからなるプロセスによるベトナムの天然ゴム製造廃水の連続処理実験を行った。UASBでは93%のメタン回収率が達成された。後段にDHSを設置することにより、CODは23 mg/Lまで除去でき、さらにUASBに処理水を返送して脱窒素することによりT-Nは65 mg/Lまで除去が可能であった。

(独国立環境研究所 小林拓朗)

# 最新の MS 技術から広がる環境分析の世界

## 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。最近では有機フッ素化合物 (PFCs) や医薬品・化粧品等のパーソナルケア製品 (PPCPs) による環境汚染が注目され、より多くの化学物質を極微量まで精度よく分析することが求められており、本委員会では GC/MS, LC/MS に加え、飛行時間型質量分析計 (TOF-MS) 等の最新技術の活用から、前処理技術の開発や精度管理、汚染機構の解明、データ解析手法なども視野に入れた研究活動を行っている。また、これらの活動で得られた成果の普及や関連情報の共有を目的に専用 Web サーバー (<http://ee-net.ne.jp/ms/>) を開設し、シンポジウム発表内容の公開、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 6 題およびポスター 14 題の発表があった。

#### (1) 口頭発表

山崎 (東京都) らは、東京都内湾の表層底質における DDT 類の分布状況を調査し、荒川の影響が明らかな 5 地点と、多摩川の影響が主と考えられる 2 地点に分類されることを示した。戸渡 (福岡市) らは、福岡市内の公共用水域および底質中 DDT 類を調査し、底質中には DDT 類より分解産物の DDE, DDD 類の方が高い濃度であることを確認した。中野 (大阪大院) らは、セルビアのドナウ川流域およびパンチェボ水路の底質中 PCB 異性体分析を行い、流域の同族体組成は 5 塩素化物が主要成分であったのに対し、水路では 6 塩素と 3 塩素に極大を持つ成分が混合し、排出源の差があることを示した。鈴木 (京都大院) らは、前駆体からの PFCs 生成能評価に用いる既往のペルオキソ二硫酸カリウム ( $K_2S_2O_8$ ) を用いた塩基性条件下における酸化分解法に対し、塩基性 pH と加温の条件を検討することで、PFCs 生成率が最大で 25.8 % 向上することを明らかにした。高梨 (鹿児島大院) らは、フェニトロチオン (MEP) など農薬の室内分解実験において既報の変化体の生成を確認し、さらに LC/ハイブリッド MS による測定で未知の変化体があることを明らかにした。中村 (アジレント・テクノ) らは、GC/MS を用い、固相マイクロ抽出 (SPME) 法、およびスターバー抽出 (SBSE) 法を検討し、VOC, カビ臭, SVOC (農薬類 135 成分) 等汚染物質の包括的分析が可能であることを示唆した。

#### (2) ポスター発表

釣 (奈良女大) らは、SPME/GC/MS により土壌由来

真菌 *P. paneum* からの揮発性代謝物のモニタリングを行うことで、生育温度および培地の影響を明らかにできることを示唆した。竹内 (奈良女大) らは、開発したカビ種の同定を行う多変量解析ソフトウェア “MVOC Finder” により、IMS スペクトルから 90 % 以上の正答率でカビ種を同定できることを報告した。竹峰 (環調研修所/大阪大院) らは、LC/MS/MS を用いたフェニトロチオンの分析法を検討し、移動相への酢酸アンモニウムの添加とキャピラリー電圧および脱溶媒ガス温度を上げることで感度が上昇することを示した。陳 (ジューエルサイエンス) らは、エチレンジアミン-N-プロピル基を持つ PSA カートリッジを用いて良好な回収率 (70 % ~ 120 %) で水中農薬を分析できることを示した。清水 (千葉県) らは、直鎖アルキルベンゼンスルホン酸 (LAS) の LC/MS 分析法で、リテンションギャップ用カラムを装着することで移動相溶媒由来のブランクピークと分離できることを示した。宮脇 (福岡県) らは、有害重金属類を含めた包括的スクリーニングの開発を目的とし、抽出に関する基礎的検討を行った。佐藤 (日本ウォーターズ) らは、新規項目を含めた 101 農薬の LC/MS/MS 直接注入一斉分析を試み、それぞれ独自のスペクトルデータによる網羅的スクリーニング分析の可能性を示した。木内 (産総研) らは、ファインバブル (FB) に分散したオリーブオイルの質量分析を実施し、不飽和脂肪酸およびテルペノイドは水道水と比べてより多く分散させることが示唆された。高沢 (中部大院) らは、芳香族アミン類の LC/MS/MS 分析法を用いて、染髪したヒトの尿からヘアカラー原液に含有される物質の 0.04 % ~ 0.16 % に当たるアミン類を検出したことを報告した。高野 (中部大院) らは、抗がん剤の病院内汚染評価に用いる拭き取りにセルロースろ紙とポリプロピレン不織布を用いる分析法を開発した。児玉 (中部大院) らは、防腐剤パラベン尿への代謝量を明らかにするため、尿中の抱合体等の分析条件検討を報告した。高浪 (大阪産大) らは、HILIC-MS/MS を用いた 4 種の抗インフルエンザウイルス薬の同時分析を検討し、高感度分析が可能な条件を示した。室谷 (中部大院) らは、震災瓦礫集積場周辺の道路粉じんを分析し、臭素系難燃剤や短鎖型塩化パラフィンを検出したことを報告した。西野 (東京都) らは、都内河川のうち、江戸川、中川、隅田川、荒川等の主要河川下流域で検出された HBCD が、一般的な工業用 HBCD の組成比を反映していることを報告した。

以上のように今回も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)



# 水処理の高度化と派生バイオマスリサイクルの コベネフィット型技法の推進方策

生物膜法研究委員会

環境問題は水大気土壌環境をはじめここ数年、原子力発電所の事故もあったことから、世の中の環境問題の流れは大きく変わってきたところである。

まず、①電力問題では、如何に省電力化を図るか、再生可能エネルギーの普及を如何に拡大するか、新方式火力発電方式の開発展開を如何に図るか、②除染問題では、放射能汚染物質を如何に効果的に除染するか、プリアンブルー不織布システムによる放射能吸着法を如何に展開するか、③水処理問題では、地震対策としてパイプラインの短い浄化槽などのオンサイト方式の高度化法の整備強化、AOSD システム導入による下水道などの電力削減高度処理システムを如何に展開するか、④環境リスク問題では、化学物質の生態環境リスク評価法としてのマイクロコズム法の国際標準化等を如何に図っていくか、⑤生態環境問題では、「いさはや新池」を開門することなく如何に淡水生態系を健全に再生して保全していくか、農業における化学肥料の仕様を如何に規制して有機堆肥に変換していくか、廃棄物燃焼に対して負圧方式を如何に整備展開するかなど、国際的な点を視野に入れた対応が要求されてきているところである。

このような幅広い観点に対して、環境低負荷資源循環技法が適用する上での現状と展望を話題提供討議することとした。

1) 「生態工学導入いさはや新池の灌漑用水による農作物の質的特性解析：(公財) 国際科学振興財団 神蔵雄生、(一財)茨城県薬剤師会検査センター 鈴木理恵等」では、いさはや新池の水質保全対策の検討を行った。農業用水として利用されている「いさはや新池」の表層水の Microcystin 濃度においては、農作物の摂食によるヒトへの影響は起こらないことが実証されたこと、灌漑利用される水域におけるアオコ発生抑制として、栄養塩類負荷低減に向けたバイオエコシステムの導入推進による水環境対策が今後必要とされることを明かした。

2) 「琵琶湖の環境生態の現状将来と浄化対策の取り組みの方向：滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 一瀬論・古田世子、龍谷大学院 岸本直之、東北大学院 西村修」では、琵琶湖における豊かな生態系の象徴でもある「タナゴやシジミ、タテボシ等の魚介類が生育しやすい湖岸環境づくり」を合言葉に、湖沼の沿岸帯においても「里湖(さとうみ)作り」を関係主体が積極的に推進していくことが、水質の浄化対策や沿岸帯における植物プランクトンの多様性を取り戻し、ひいては、水産魚介類の復活にもつながることを提案した。

3) 「生態系に及ぼす化学物質の環境リスク評価のためのマイクロコズムによる検証：(公財) 国際科学振興

財団 賀数邦彦・稲森隆平等)」では、化学物質の毒性評価は単一生物種試験が主であり、不十分だと考えられている点を踏まえ、マイクロコズム生態系のP(生産)、R(呼吸)に及ぼす影響から、生態リスク解析評価を日本化学工学会のLRI研究として行い、マイクロコズム試験結果に適生アセスメントファクターを掛けることで自然生態系に対する化学物質NOECを精度よく予測可能な化学物質管理ツールになることを明らかとした。

4) 「バイオマス派生残渣の新焼却負圧方式による処理技術の展開方策と国際化：(株)クスクス 前島孝」では、バイオマスの特性によっては焼却も重要な手法であることは今後とも変わらない事から、従来の加圧燃焼方式から環境配慮型の負圧燃焼方式に変換するパラダイムシフトが必要不可欠であることを明らかとした。

5) 「高度複合型石炭火力発電方式IGCCの技術開発と環境対策の展望：常磐共同火力(株)石橋喜孝・浅野哲司」では、地球温暖化防止のために、埋蔵量が豊富で安価な石炭を利用した火力発電を一定割合で維持し、電源のベストミックスを図ることが極めて重要であることを踏まえ、石炭ガス化複合発電(IGCC: Integrated Gasification Combined Cycle)について検討し、次世代の高効率石炭火力発電技術として、送電端効率60%以上が達成できるIGFC(燃料電池複合発電)を実現するためにも、IGCCの技術確立が必須となることを明らかとした。

6) 「デスポーザ排水処理システムの性能評価制度と今後の展望：(一財)茨城県薬剤師会 山崎宏史、(公社)日本下水道協会 友部秀久、(独)建築研究所 山海敏弘等」では、生ごみ処理や生ごみ再利用を取り巻く環境は急速に変化してきており、システムはその設置基数が年々増加することを踏まえ、本システムは、総合的な観点から環境保全に資するように、各システムからの排水のみならず、汚泥、回収ごみの再利用、温室効果ガス排出量削減等を考慮に入れた評価の実施の重要性を明らかとした。

7) 「水域の保全のための高度浄化と環境低負荷資源循環健全化対策の方向：(公財) 国際科学振興財団 稲森悠平・稲森隆平・陶村貴、(独)国立環境研究所 徐開欽」では、本シンポジウムの総括と展望として、水環境の再生のためには、バイオエコシステムにおいてエネルギーの省力化/新エネルギー化技術/派生汚泥等の有機堆肥化循環/化学物質の環境リスク評価等を一体として行う必要があることを明らかとした。

((公財) 国際科学振興財団 稲森悠平、  
(独)国立環境研究所 徐開欽)

# 小規模環境インフラ維持の課題と将来（その5）

## 身近な生活環境研究委員会

このテーマによるセッションは今回で5回目の開催となった。当初は、過疎化が進む地方の小規模インフラ、特に上水道の維持に関する報告が多かったが、最近是小規模排水処理に関する報告も増えている。今回セッションでは、下記7題の発表および山梨大学風間ふたば氏座長による総合討論により活発な討議が行われた。

### 1. 「高濁度原水対応の手引き」を用いた中小規模水道事業者支援

相澤貴子（水道技術研究センター）ほか

近年の水道原水の悪化への対策、特に中小規模水道事業者に対する支援として「高濁度原水への対応の手引き」を作成した。高濁度原水となった時の対策を示すばかりでなく、要点を集約したものを職場の壁等に掲示しやすい形にしたり、「手引き」を活用するための水道事業者対象のワークショップを開催するなど、人材不足により技術継承が困難ななかで、水道事業者自ら課題を解決する力を引き出す支援を目指している。

### 2. せっけん運動から小規模循環のまちづくりへ

～琵琶湖における市民事業の歩みと展望～

村上 悟（NPO 碧いびわ湖）

「碧いびわ湖」の活動は、「せっけん運動」をルーツとし、持続可能な循環型の地域コミュニティづくりを目指している。その事業の例として、住宅における雨水利用、太陽熱利用、薪ストーブ利用の実践が紹介された。ここでは雨の恵み、太陽の恵みを実感しながら子供たちが生活している。また、今後、社会生活の公益と地域住民の便益を両立しながら雨水利用や太陽熱利用等を普及していくための課題が示された。

### 3. 湖沼の水質保全のための生活排水対策の役割

—印旛沼を例として—

小倉久子（元）千葉県環境研究センター）ほか

湖沼の水質保全のためには生活排水対策が重要であるが、ここでは、下水道事業の推進がもはや期待できなくなった地域における生活排水対策はどうあるべきかについて印旛沼流域を例として論じられた。印旛沼は基本的にリン制限の湖沼であるため、浄化槽はリン除去型合併処理浄化槽でなくてはならないことがリン汚濁負荷量を算出したケーススタディのなかで示された。

### 4. 酪農・畜産・食品工場などの有機性汚水を省エネルギーに浄化処理する伏流式人工湿地ろ過システム

—仕組み、効果、設計、コストについて—

加藤邦彦（農研機構東北農業研究センター）ほか

伏流式人工湿地ろ過システムとは段々畑のようにろ材

を地下に配置し、汚水を流下させる仕組みの排水処理システムで、高濃度な排水が処理できる。曝気などのための電力を必要とせず、寒冷地にも応用できる。ろ材の目詰まりを防止する機能を重視し種々の工夫を行っている。敷地さえ確保できれば、海外にも展開できる技術として期待される。

### 5. し尿及び浄化槽汚泥の広域処理化に関する可能性評価

小川 浩（常葉大学社会環境学部）

近年、し尿処理施設ではくみ取りし尿の減少と浄化槽汚泥の増大の傾向があり、また、し尿処理施設の老朽化と機能低下等の問題等が生じている。そこで、将来人口およびし尿・浄化槽汚泥の収集予測を踏まえた既存処理施設を活用した広域処理化の妥当性について検討した。その結果、広域処理へ移行する方が、バキュームカーによる輸送形態にはかわりないが下水道と異なり管渠の敷設が不要なため、有効な方策であることが明らかとなった。

### 6. 小規模生活排水処理設備のバチルス化と次亜消毒混合液の脱臭資材としての利活用

—生活排水処理に加えて余剰汚泥を良質種菌として活用しバイオマス循環を計る—

青井 透（群馬工業高等専門学校環境都市工学科）

報告者は自宅の単独処理浄化槽をバチルス優占化して、合併処理試験を実施し良好な処理水質を得ている。また、農業集落排水処理施設で自然にバチルス優占化した曝気槽混合液を次亜塩素酸 Na 消毒してバチルス菌以外の大腸菌等を除去し、バチルス菌の脱臭作用を利用した畜産地域の脱臭剤として利活用する技術を報告した。

### 7. 小規模市町における持続可能な汚水処理

池本良子（金沢大学理工域環境デザイン学系）

人口5万人未満の市町村では下水道の普及率が48%と低く、集落排水処理事業や浄化槽に依存する割合が高い。また下水道施設においては規模の小さな処理施設ほど汚水処理原価が高い傾向にある。小規模市町村における持続可能な汚水処理システムを論じるうえでは、(1) 水循環システムとしての上下水道および放流河川の一体管理 (2) 一体的なバイオマス管理 (3) 地域の実情に応じた浄化槽整備、についての議論を深めることが重要である。

（千葉県環境研究センター 藤村葉子）



# 未知微生物の生理生態に迫る — 革新的機能解析技術の進展 —

ポピュレーションダイナミクス研究委員会

昨年度は、技術革新のめざましい次世代シーケンス解析技術による微生物群集構造解析に関するシンポジウムを開催した。廃水処理プロセスや水環境中での微生物の生理生態を理解するためには、微生物群集構造のみならず微生物の機能・代謝を同時に解析し、両者を合わせて議論する必要がある。近年の傾向として、群集構造の詳細は解明されたが、その機能については未だ推論の域を出ず、全体像の理解には至っていない研究が多く見られる。この理由として、環境中に存在する微生物のほとんどは難培養性で機能未知であること、さらに、例え機能既知であったとしても原位置 (*in situ*) における微生物の代謝活性を解析する技術が限定されていることに起因すると考えられる。

そこで本年度のシンポジウムでは、未知微生物の機能解析技術に焦点を絞り、新しい解析技術の開発やその応用研究を勢力的に遂行している5名の先生にご講演いただいた。以下に5件の招待講演内容をご紹介します。

まず、高野 淑識氏(海洋研究開発機構)からは、有機物分子の解析に基づいた地下生命圏で繰り広げられているメタンを中心とした炭素循環に大きな役割を担っている嫌気性メタン生成アーキアとそれを資化するメタン酸化アーキアの生理・生態の解明に関しての講演をいただいた。高野氏は、アーキアが有している特有のエーテル脂質に着目し、その構造解析や分子内同位体比等を切り口に、地球科学と生命科学を結びつけ地球炭素循環の解明、さらには生命の起源に迫る壮大な研究プロジェクトを紹介していただいた。アーキアの機能性分子(エーテル脂質など)と機能遺伝子の両方向からアプローチがなされることにより、未知であるアーキアの地下生命圏での生理・生態が解き明かされることが期待される。

次は、堀 智行氏(産業総合研究所)による次世代シーケンサーの適用による超高感度 rRNA - Stable Isotope Probing (SIP) 法の開発とそれを用いた微生物生態系機能の解析事例について講演いただいた。SIP法の感度は安定同位体 ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$  など) 標識された rRNA のスクリーニングおよび分取技術に依存する。堀氏は次世代シーケンサーを用いて、極めて僅かな量の同位体標識 rRNA を超高感度に検出する方法を確立し、その有用性を活性汚泥中の脂肪酸分解微生物の同定を行うことにより検証した。次世代シーケンサーを用いた超高感度 rRNA-SIP 法では、相対存在量が 1% にも満たない微生物群の rRNA が検出可能であり、これまで機能解析が困難であった存在比の小さい未培養微生物群の機能解明に極めて有効であることが証明された。希少微生物群の機能解析を可能とした本超高感度 rRNA-SIP 法の水環境試料への応用が期待される。

次は、石井 聡氏(北海道大学大学院工学研究院)から、窒素同位体分析、転写解析、微小電極による測定を駆使した部分硝化グラニュールからの  $\text{N}_2\text{O}$  発生メカニズム

の解明について講演いただいた。 $\text{N}_2\text{O}$  は強力な温室効果ガスであり、生物学的窒素除去プロセスからの排出抑制のためには  $\text{N}_2\text{O}$  の発生源の特定が必要不可欠である。 $\text{N}_2\text{O}$  は硝化の副産物 ( $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_2\text{OH} \rightarrow \text{NOH} \rightarrow \text{N}_2\text{O}$ ) または脱窒の中間生成物 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O}$ ) として生成される。後者の反応は、従属栄養性細菌およびアンモニア酸化細菌の両者が行うため、 $\text{N}_2\text{O}$  発生源の特定は複雑である。使用した機能解析技術は最先端とは言いがたいが、異なる解析技術を併用することにより、部分硝化グラニュールから放出される  $\text{N}_2\text{O}$  の 80% は従属性脱窒素細菌由来であったことを明らかにしている。この研究で示されるように、微生物の生理生態を理解するためには、群集構造、遺伝子発現、同位体分別、および *in situ* 微小電極測定など化学および分子生物学的解析技術を併用することが重要である。

次に、久保田健吾氏(東北大学大学院工学研究院)による NanoSIMS を用いた微生物同定および機能解析に関する講演をいただいた。NanoSIMS (二次元高分解能二次イオン質量分析装置) は高感度の元素マッピングおよび同位体比の測定が可能であり、約 10 年前から微生物生態研究に導入されている。久保田氏は、これまで用いられてきたハロゲン族元素の代わりに 0.8 nm サイズの超微金粒子をオリゴヌクレオチドに直接標識したプローブを用いて *in situ* hybridization (ISH) を行い、NanoSIMS 用いて微生物を同定する新しい方法を開発した。この方法の開発により、従来適用が困難であった土壌や海洋堆積物への適用が可能となった。また、プローブの細胞への浸透性も向上させることができた。今後は本法を実水環境サンプルに適用しその有用性を実証していただきたい。今後の研究の進展が大いに期待される講演であった。

最後に、青井謙輝氏(広島大学 ISSD)による「培養できない微生物の正体とは? どうしたら培養できるか?」と題した講演をいただいた。近年、分子生物学的技術の急速な発展により、微生物を培養しなくてもゲノムや転写解析等から、微生物の生理生態をある程度推定できるようになった。「環境中に存在する 99% 以上の微生物は分離培養できない」と教えられ、それを信じ培養を試みることもなく分子生態解析に流れる傾向にある。しかし、やはり基本は微生物を培養しその機能を実測することが重要であることは論を俟たない。今後の研究の進展が大いに注目される。

上記5件の招待講演から多くのことを学ぶことができ、大変満足のいくシンポジウムであった。自然環境や廃水処理プロセスの微生物生態系において物質変換の中核を担う微生物群の構造とその機能を把握することは容易ではない。しかし、徐々にブラックボックスの扉をこじ開けられるツールを手にはしている。今後の研究の進展が大いに期待される。

(北海道大学 岡部 聡)

# 金属のリスク評価の最新動向

## バイオアッセイによる安全性評価研究委員会

本年度は、「金属のリスク評価の最新動向」と題して6件の依頼講演（うち1件は急用のため誌上発表のみ）を実施し、活発な討論が行われた。金属類は水質特性によって化学形態が変化し、その有害性や環境中動態が大きく変化することが知られており、近年、国内外でそのリスク評価のあり方について議論が行われている。本セッションでは、重金属汚染の歴史や重金属耐性に関する研究紹介から、様々な化学形態を有するヒ素の環境動態や有害性、生物利用可能性を考慮した生態リスク評価、共存有機物や水質特性を考慮した生物リガンドモデル（Biotic Ligand Model: BLM）、計50種の金属のミジンコを用いた生態毒性評価、水銀やシアン化金属に関する話題提供など多岐にわたり、約20名程度の参加を得た。

環境中の重金属に対する耐性機構：青木康展（国環研）では、水銀やカドミウム（Cd）といった過去の重金属汚染とその後の歴史的経緯に始まり、昆虫の重金属耐性に関わるメタロチオネインと呼ばれるタンパクに着目し、Cdや銅（Cu）、亜鉛（Zn）などのセンテニクバエや、コカゲロウを用いた過去の研究成果が紹介された。とくに重金属に対する耐性が異なるコカゲロウ3種のメタロチオネインに似た性質を有するタンパク結合が重要である点は興味深く、議論が行われた。また、毒性発現メカニズムに不明な点が多いヒ素のうち、亜ヒ酸はG:CからT:Aへの突然変異を誘発し、その変異原性に酸化ストレスが関与することを示した最新の研究成果についても紹介があった。

農業環境を中心としたヒ素化合物の環境動態と作物吸収：馬場浩司（農環研）ほかでは、CODEX（食品基準を定める国際機関）により精米中の無機ヒ素の国際基準値が今年7月採択されたことを受け、米に含まれるヒ素化合物について、亜ヒ酸、ヒ酸、モノメチルアルソン酸、ジメチルアルシン酸の4種の分離分析手法の確立と、土壌からの吸収抑制技術（湛水時期の調整や吸着剤等の資料の利用、品種の違いなど）の検討を実施した結果が報告された。米は日本人の主食であり、海藻（ヒジキなど）や魚介類とならんで重要なヒ素化合物の摂取源となっており、新たな基準値導入は影響力も強く、茨城県神栖市の土壌・地下水汚染の事例などもあり、重要な課題であることが再確認された。

生物利用可能性を考慮した生態リスク評価の現状と事例：内藤航（産総研）では、国内での亜鉛の水質環境基準など金属の生態リスク評価における課題や、欧米での生態リスク評価の現状の紹介から、化学形態や水質特性によって変化する金属の生物利用可能性（Bioavailability）に着目し、その生態リスク評価への利用可能性や、実際の日本の河川に評価を実施した結

果が紹介された。DGT（Diffusive Gradients in Thin-Films: 薄膜拡散勾配）法というパッシブサンプラーを用いて、金属汚染の恐れのある5地点について、亜鉛と銅の生物利用可能性の補正の有無でのリスクの違いを種間感受性分布（Species Sensitivity Distribution: SSD）を使って評価した結果が示された。

Biotic Ligand Model のわが国における応用：加茂将史（産総研）では、金属のリスク予測を精緻化するモデルとして欧米で利用が進んでいるBLMの概要の説明に始まり、銅やメダカ、ミジンコ（*Daphnia galeata*）を用いた国内でのBLM開発、また上記のDGT法を用いた野外水での検証結果などが示された。BLMは生物体内のリガンドへの吸着量がどの程度になるかを共存有機物やpH、各種金属との競合を含めて数式モデル化したmechanistic modelと考えられる。実験室レベルではメダカやミジンコについて硬度を変えてモデル作成が可能だが、野外水についてはDGTと実際の化学形態（スペシエーション）との差が乖離するケースもあることが示され、今後のさらなる検討が期待される。

50種類の金属元素についてのミジンコ急性遊泳阻害試験および繁殖試験：岡本暁（国環研）ほかでは、レアメタルやレアアースを含む計50種について、OECDテストガイドラインNo.202に従ってオオミジンコ（*Daphnia magna*）を用いた急性遊泳阻害試験やカナダ環境省の試験法に従ってニセネコゼミジンコ（*Ceriodaphnia dubia*）を用いた繁殖試験を実施した結果が報告された。急性試験結果が過去の他の研究者の報告とほぼ同様であり、繁殖試験結果は急性遊泳阻害試験結果との相関が比較的強い一方で、一部の金属元素（Ni, In, Scなど）は急性慢性毒性比（ACR）が1000を上回るなど大きな乖離が認められ、電気陰性度や原子量、イオン半径などの指標との相関性は低いことがわかり、急性遊泳阻害試験から繁殖試験の結果を予測する際に十分な注意が必要であることが示された。

水銀会議およびシアン化金属のリスク評価について：有菌幸司（熊本県立大）は、演者の急務のため、水銀の環境中動態や有害影響、平成25年10月に熊本で開催された水銀会議の概要、シアン化合物の耐容一日摂取量（TDI）などに関する論文による誌上発表となった。

その後、全体討論では、国内での今後の金属の生態リスク評価の可能性や、BLMの適用可能性について活発な議論が行われた。最後に、最初の演者であり、国内の化学物質の環境リスク評価の第一人者である青木先生により全体総括が行われ、セッションを閉じた。

（徳島大学大学院 SAS 研究部 山本裕史）



# 生活関連化学物質に関する環境研究： 環境・生物試料の分析法と環境実態の解明

## 水環境と洗剤研究委員会

本委員会のシンポジウムでは、洗剤を中心として日常生活で触れる機会の多い化学物質を「生活関連化学物質」と定義し、主に環境研究の視点から情報交換することを目的としている。2004年以來、約10年に渡ってこのテーマについて扱っており、産学あるいは国際的な交流も含め活発な議論が交わされてきた。昨年は、アジア新興国・途上国の研究事例の報告から、近年経済発展の著しいアジア-太平洋地域の水環境における生活関連化学物質研究について情報共有することができた。今年度は、国内の研究動向を整理する意味で「生活関連化学物質に関する環境研究：環境・生物試料の分析法と環境実態の解明」と題し、今一度国内の環境研究について最新の知見について情報交換した。

まず、キーノートスピーチとして仲山さん（愛媛大）から糖質コルチコイドの環境水からの検出法開発と毒性についてご講演いただいた。仲山さんは、合成糖質コルチコイドについて、環境水の分析手法の開発、*in vitro* アッセイを用いた糖質コルチコイド活性の評価、*in vivo* 試験による毒性評価、活性寄与物質の同定、生物濃縮性評価など、包括的な研究を展開しており、近年徐々に着目されつつある物質群に関して本委員会でも情報共有するため招待講演をお願いした。下水処理放流水を対象とした調査では、対象物質のうちプロピオン酸クロバゾールが糖質コルチコイド活性に対して高い寄与割合を示すことが明らかとなった。また、コイのエロモナス菌感染に対する糖質コルチコイドの影響を評価し、水環境での検出レベルでは免疫抑制等の影響は小さいということが分かった。合成糖質コルチコイドは、抗炎症薬等として使用が増加・多様化しており、活性寄与物質の同定や複合的な影響などについて今後も調査が必要である。次に、土木研の小森さんより、活性汚泥を用いたLAS（直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩）の分解性に関してご報告いただいた。LASは使用開始から40年以上経過した界面活性剤であり、国内では年間約4.6万tが使用されている。下水処理場での除去率は99%以上と報告されているが、環境水で恒常的に検出されることもあり、本委員会でも設立当初から研究対象として議論されてきた。昨年水質環境基準値が設定されたことを受け、社会的関心が高まっている。活性汚泥を用いた分解性試験の結果、原水の水質に関わらず活性汚泥の投与により効率良くLASが除去された。また、アルキル鎖が短いほど速い分解速度を示した。続いて、ライオンの吉田さんか

らはLASの曝露評価を報告していただいた。河川水モニタリング結果と水系暴露解析モデルAIST-SHANELおよび化審法リスク評価ツールPRAS-NITEを用いて環境中濃度を予測した結果、いずれも予測無影響濃度を下回る結果となり、生態リスクは小さいということが明らかとなった。佐藤さん（愛媛大）からは、LC-MS/MSを用いた糖質コルチコイドの分析法開発と下水処理放流水のモニタリングについて報告された。下水処理放流水から6種の糖質コルチコイドが検出され、濃度の日内変動が観察された。土木研の真野さんからは、医薬品関連化学物質について都市河川の調査結果を紹介していただいた。その結果、河川における浄化残率に物質や季節による変動が観察された。また、MEC/PNEC比が1を超えるケースが認められたため、これらの物質の継続的なモニタリングと排出量の軽減策が必要と考えられる。医薬品類の研究については、中田さん（京大）からもバングラデシュにおける河川水モニタリングについて報告があった。その結果、35物質がいずれかの試料から検出され、バングラデシュにおける医薬品類、とくに抗生物質の使用とその水環境への放出が確認された。また、下水処理場での除去率は、概ね国内等で報告されている値と同程度であり、処理場は機能していることが推察されたが、下水道普及率の向上が課題と考えられる。最後に、田上さん（愛媛大）から、PPCPsの脳移行に関する調査について報告していただいた。PPCPsについては、多くのモニタリングで環境水や魚類可食部あるいは血液の濃度が測定され、毒性影響の標的組織の蓄積レベルに関する情報はほとんど無い。そのため、PPCPsの体内動態を把握することが重要であり、環境水と魚類の各組織における濃度分布の解明を試みた。その結果、物質によって環境水と魚体中濃度の傾向には大きな差があり、体内の濃度分布も大きく異なることが明らかとなった。

今回のシンポジウムでもメーカーからの報告や学生の発表もあり、異なる立場からの参加・発表を加えることで大変有意義なディスカッションの場になった。全体のディスカッションでは、生活関連化学物質について影響評価を想定した分析・モニタリングやマーカー物質等を用いた環境動態研究が重要という意見が出ており、本委員会でも今後の課題として取り上げていきたい。

（国立環境研究所 磯部友彦）



# 学校教育における“水”学習を考える —浄水場・下水処理場・水辺の体験学習—

水環境教育（WEE21）研究委員会

第15回シンポジウム「水に関する情報発信・啓発の課題とその解決策」において、小中学校の学習において不適切な教科書の記述や科学的な思考の必要性が議論された。そこで、学校教育の現状を認識することが必要と考え、昨年度は、水環境や水環境問題に関する小学校教科書（理科・社会）の記述内容を検討するワークショップを開催した。その成果の1つとして、教科書に取り上げられる頻度の高い「水」をめぐる、社会見学（浄水場、下水処理場、水利施設など）で専門家などが小学生に説明・指導する機会が多いことから、その指導法や補助教材、運営の現状と課題を共有して、WEE21による支援・共働のあり方を考える機会をつくることにした。

会場には常時20数名の参加を得た。また、午後は、発表者を含む15人の参加者とともに、午前のセッションで検討しきれなかった課題解決について議論を深めるワークショップを開いた。

## 1. 発表

依頼発表は社会科教育学の観点から1題、社会見学を受け入れる立場から1題、社会見学の運営や実体験を通しての事例報告を2題とした。

「小学校3・4年生における社会見学を通して子どもたちに身に付けたい力とは」（水山、京都教育大学）では、まず、評価の4観点（「関心・意欲・態度」「思考・判断・表現」「技能」「知識・理解）を視点とした教科書分析を経て、社会科が水環境学習に求めている知識を明らかにした。昨年度のWEE21のワークショップでは、教科書に取り上げられた用語や解説の確からしさを問題とした部分が多かったが、本発表により、「問い」に対する「答え」を通して、社会のあり方について考えさせることの意味を学んだ。

「上下水道事業の施設見学における受け入れ側の取り組みと課題」（根来、元京都市上下水道局水質管理センター）では、小学4年生の見学が5～7月に集中していることから、京都市では限られた職員で効果的な見学対応ができるように、DVD等の副教材を独自に作成したうえで学校教諭の事前研修を実施していることが報告された。また、教科書が求めている課題とは異なり、全国的には水需要が減少傾向にあること、浄水施設の無人化（遠隔管理）や委託化が進んでいることから、地域の浄水場が「働く人々」の職場としての見学が難しくなりつつある現状が報告された。

琵琶湖では水環境学習活動が盛んであり、その代表的なものに、30年以上の歴史があり、滋賀県内の子どもなら全員参加するフローティングスクールがある。その経験者で水環境研究に携わるようになった滋賀県立大学

の田辺氏より「湖上の学校『学習船うみのこ』における宿泊体験型教育で学んだこと」と題して、見学・体験学習の意義について発表願った。船上での学習プログラムが豊富で、教諭との連携が整っており、児童への意識啓発効果も高い。

「参加体験型の施設見学プログラムの可能性—ハノイ下水排水公社の試みから学ぶ—」（小川、千葉県環境研究センター）では、水環境教育の技術移転を目的とした事業に携わった経験をもとに、研修生が取り組んだ、下水処理場での参加体験型プログラムの実施報告がされた。安全配慮も念頭に、継続した学習活動として定着させられるかが、課題である。

以上4題の他、公募2件の発表があった。水「環境情報を分かりやすく伝達するための教育ツールの研究」（和泉ら、日水コン）と「水環境健全性指標の学校教育への活用に関する事例研究—遠賀川水系笹尾川を例として—」（清水ら、日水コン）であった。

## 2. ワークショップ

まず、参加者からワークショップに期待するものを集約し、「（立場による）ズレを考える」「公害・評価ができる指標の在り方」「協働的問題解決力と環境教育をどう結びつけるか」の3点についてグループに分かれて討議し、最後に発表をして問題意識の共有をした。

水道を事例にした「ズレ」では、内容が専門的で指導が難しいため、施設側に丸投げがされている。しかし、教員が教えてもらいたいことと職員が伝えたいことがズレるため、事前教育などによって是正する必要がある、そのためのシステムを用意されると良い。施設見学で問題解決型の質疑が成されることで環境教育としての成果も見込まれる。

「指標の在り方」では、健全性指標も例として、学年や水環境に対する意識の違いにより、指標から得られる理解も異なる。そのため、指標作りから子どもたちが関われないか、指標を用いた調査を学年間での共同作業とする提案などがされた。

「協働的問題解決力」では、PISA（国際学力到達度調査）を例に、答えのない問題に対して、個人ではなく、グループで解決できるようになる力が重視されている。

環境問題はすべての学問の知識や知恵を総動員しないと解決できない問題であることを考えると、多様な人が行き交うグループでの意見・作業調整や判断能力を身につけさせる教育機会に見学会などの体験学習が有効に使えるのではないかと。

（東北工業大学 山田一裕）

# 衛生学的水質指標のあるべき姿

## 水中の健康関連微生物

第17回水環境学会シンポジウムでは、水中の健康関連微生物委員会のセッションとして「衛生学的水質指標のあるべき姿」と題して、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、招待講演として2題、東京大学の片山浩之氏より「微生物リスク管理に向けた環境基準の課題」と題して、糞便汚染指標の選択、基準の運用の観点から諸外国の管理基準との比較ならびに基準の運用に関して、また国土交通省の白崎亮氏より「水の再利用に関する国際標準化の動き」と題して、下水の再利用における国の施策とその動向、および日本が幹事国として水再利用システムのISO/TC282の国際標準化に向けての取り組み活動や今後の情勢に関して講演が行われた。また昨年度同様に、一般公募により10題の研究発表が行われた。今年度も50名を越える聴講者が集まり、本テーマへの感心の高さが伺えた。以下に一般公募による研究発表の概要を示す。今年度は、水環境中の病原微生物、指標微生物の動態に関する研究(4題)、次世代シーケンサーを用いたノロウイルスならびに薬剤耐性遺伝子の検出に関する研究(2題)、PCR定量法に関する検出の課題等に関する研究(2題)、飲料水の細菌感染に伴うリスクの定量的評価に関する研究(1題)、微生物等濃度測定時の検出限界における濃度分布推定に関する研究(1題)の計10題の幅広い内容の研究発表が行われた。

1. PCR法と培養法の比較によるバクテリオファージMS2の存在形態の検討 (李善太氏(京大)ほか)  
PCR法と培養法の比較による凝集処理でのMS2の存在形態の検討を行った結果、凝集処理過程におけるMS2凝集耐の形成と、凝集剤による不活化効果も同時に寄与している可能性が考えられた。
2. ヒト由来糞便汚染のソーストラッキング指標としての嫌気性芽胞菌の可能性 (土岡宏彰氏(県広島大院)ほか)  
糞便試料中の嫌気性芽胞菌を同定し検討した結果、cpe遺伝子はヒト糞便由来株から特異的に検出され、嫌気性芽胞菌の従来の指標微生物としての意義に加え、ソーストラッキング指標として有効である可能性が示された。
3. 下水処理水の流入が都市小河川におけるふん便指標細菌に及ぼす影響 (木原浩助氏(宮崎大)ほか)  
河川中の大腸菌や大腸菌群は放流水中のTOC、TN等により下流域で増殖する可能性があるのに対して、腸球菌は増殖しないことから、ふん便指標細菌として適当である可能性が示された。
4. レクリエーションビーチの砂浜におけるふん便汚染の実態調査 (西山正晃氏(宮崎大)ほか)  
海水浴客の活動が集中するレクリエーションビーチ

の砂浜にて、大腸菌、大腸菌群、腸球菌をふん便指標細菌としてモニタリング調査を行った。その結果、wet sandとdry sandから長期間大腸菌群、腸球菌が検出され、とくにdry sandから高濃度で検出された。

5. ベトナム国ダナン市の雨期の水環境における糞便性微生物およびノロウイルスの実態調査 (友居洋暁氏(京大)ほか)  
ベトナム国ダナン市での環境水中の大腸菌、大腸菌群、ノロウイルスの実態把握を行い、ダナン市での水利用に応じたノロウイルス感染リスク評価を実施した。
6. 異なる測定限界における切断分布のベイズ推定の適用 (加藤毅氏(群馬大学)ほか)  
微生物濃度の観測値から濃度分布を決定する際の考え方、手法について数学モデルを用い検討した結果を示し、データ中の異なる検出限界で計測された際にも推定可能なベイズ推定法を開発した。
7. 次世代シーケンサーを用いた下水モニタリングと感染性胃腸炎サーベイランスによるノロウイルス流行状況の比較 (風間しのぶ氏(東北大)ほか)  
感染性胃腸炎調査にて実際のノロウイルス流行状況と次世代シーケンサーを用いた下水からの検出状況と比較検討した。下水中のノロウイルス濃度は、患者数がピークとなった週よりも遅れて下水中でピークになる傾向が確認された。
8. ノロウイルスGI, GII群を対象とした定量PCR法の比較 (真砂佳史氏(東北大)ほか)  
患者糞便ならびに流入下水を対象に、ノロウイルスGI, GIIの定量PCR法における、プライマー、プローブ種の違いによるPCR増幅効率を比較検討した。検出系間に有意差が認められたが、プライマー、プローブの非特異性や検出に用いる試薬の影響など他の要素も考慮する必要がある。
9. 飲料水起因のCampylobacter jejuni感染に伴う健康影響の定量化 (浅田安廣氏(京大)ほか)  
Campylobacter jejuniを対象微生物として、飲料水曝露による健康影響の推定を検討した。リスクシナリオを設定し、障害調整生存年数(DALYs)を指標に検討を行った。
10. 次世代シーケンサーを用いた、水環境における薬剤耐性遺伝子の大規模検出 (井原賢氏(京大)ほか)  
次世代シーケンサーを用いた下水放流水、放流河川水中から網羅的に薬剤耐性遺伝子の検出を試みた。その結果、放流水が河川水に対する排出源になっていることが示唆された。

(土木研究所 安井宣仁)



# 流域～湿地・沿岸域の動態・保全・再生

## 湿地・沿岸域研究委員会

「流域～湿地・沿岸域の動態・保全・再生」をテーマに合計9件の口頭発表が行われ活発な討議がなされた。齋藤ら（石巻専修大）は「東日本大震災後の干潟底質の泥化によるアサリ浮遊幼生の着底阻害」を発表し、製鋼スラグおよび津波堆積物の覆砂の効果についての検討結果を報告した。製鋼スラグもしくは津波堆積物を底質に加えた系においてアサリの着底率が高くなる傾向を示したことから、シルト分の減少と粗砂の割合の増加により、アサリ浮遊幼生の着底が促進された可能性を示唆した。

藤林ら（東北大）は底質に供給された有機物の分解過程を評価する指標の開発を目的として脂肪酸に注目し、「松島湾コアサンプルにおける脂肪酸組成を指標とした底質有機物の分解過程の評価」を発表した。高等植物に含まれる長鎖脂肪酸（LCFA）は、脂肪酸の中では難分解性であることから、分解が進行した底質ほど全脂肪酸に対するLCFAの含有率が大きく、分解過程を表す指標になると着想した。宮城県の松島湾の3地点でコアサンプルを採取し脂肪酸組成と炭素安定同位体比の測定を行った結果、堆積有機物の起源は主に陸上植物由来であったことが報告された。底質の分解過程を評価できる有効な指標が提案され、今後の展開が期待された。丸尾ら（東北大）は「広浦に生息する貝類が同化する脂肪酸の特徴」を発表し、同じ生息域に共存する二枚貝類における餌料源の競争関係に着目し、体内に同化している脂肪酸の特徴を報告した。生息域が同じ貝類の脂肪酸組成は二枚貝では類似した傾向を示したが、二枚貝と巻貝では異なることが示された。同化している脂肪酸組成を解析することで、餌料環境と干潟に生息する生物の多様性についての情報がさらに得られると期待される。

杉本ら（宇部工専）は、製鋼スラグによって岩礁性藻場生育基盤を試験的に造成し、製鋼スラグの藻場生育基盤材料としての効果を検証することを目的とし、「製鋼スラグによる岩礁性藻場生育基盤の造成と海藻遷移」について発表した。製鋼スラグを用いた岩礁性藻場生育基盤に出現する海藻種類数は経過時間とともに増加し、造成直後には移動性のアオサやシオミドロが優占し、一年後には大型海藻であるアカモクが優占するなどの遷移過程が示された。

Esteban R, 中井ら（広島大）は「Assessment of water quality in the coastal area of Santo Domingo, Dominican Republic using free satellite imagery」を発表した。ドミニカの首都サントドミンゴの沿岸部約40 km エリアの表

層海水のChl.a濃度と水温データ（2000～2013年）を入手し、衛星画像解析から関係性を検討した。その結果、Chl.a濃度との間に関係性が見られたことが示された。

村上ら（千葉工業大）は、千葉工業大学で行っている卒業研究準備実験で行っている「千葉ポートパークにおける水質・生物・健全性指標調査」について発表した。大学3年生によって水質調査、生物調査が行われ、ポートパーク内の人工海浜の健全性が評価された。その結果、日ごろの自然との触れ合いの大きさが評価結果に寄与すること等が示された。吾妻ら（千葉工業大）は、東日本大震災により津波が流入したことでアオコの発生が抑制されていた千葉県内のポート池を対象に調査を行い、「海浜公園池における生態系遷移と地域未利用資源を活用した環境修復」を発表した。2012年に準絶滅危惧種のカワツルモが繁茂したことなどが報告された。

川西ら（京都大）は「守山川河口部植生浄化池における多環芳香族炭化水素類の分布状況の把握および推定流入量の検討」を発表した。2～6環の縮合芳香環をもつ15物質を対象として、植生浄化池におけるPAHs挙動を検討した。その結果、底質において4～6環のPAHsが堆積し、2～3環のPAHsについては分解が起こっている可能性が示された。田中ら（京都大）は、琵琶湖南湖に近年侵入した外来植物に着目し、「外来植物オオバナミズキンバイの琵琶湖南湖への侵入と在来植物への影響調査」を発表した。2012年12月に赤野井湾にて15,507 m<sup>2</sup>であったが、2013年12月にかけて33,926 m<sup>2</sup>にまで増殖したことが報告された。拡大防止に向けた効果的な対策が求められる。

東日本大震災関連の調査、実験から、脂肪酸に着目した底質の分解過程を調査する指標の開発など多様な研究成果が発表された。また、製鋼スラグや貝殻の有効利用による環境改善に関する研究事例も見られた。淡水域では植生浄化池における微量化学物質の挙動調査、外来植物種の侵入と在来植物との関係の検討などの発表が行われた。湿地・沿岸域の動態については未解明な部分が多く、地道な調査の継続が重要である。また、近年の分析技術を駆使した動態調査手法の開発などにより、餌料環境と多様性の検討などの研究の進展が望まれる。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きました皆様に、ここに謝意を表します。

（京都大学 田中周平）

# 流域における物質循環の解明に向けた現状と課題 ～原単位と放射性物質に着目して～

## ノンポイント汚染研究委員会

本年度は標記タイトルにおいて、前半は原単位セッション、後半は放射性物質セッションとして、合計9件の発表と総合討論が行われた。

前半のセッションでは、市街地や農地からのノンポイント負荷対策のこれからの政策、それを支える研究の将来について議論された。とくに原単位のありかたについて行政、実務者、研究者それぞれの立場から現状と提言が述べられた。

(1) 土木研究所の岡本誠一郎氏より、流総計画における水質保全施策と面源負荷の算定について概説され、今後の負荷対策が論じられた。論点は多岐にわたるがとくに原単位を不確実性の把握も含めて信頼度を上げていくことの重要性が強調されていたように思える。

(2) パシフィックコンサルタンツの上原浩氏より、多くの調査に携われた経験に基づく知見として市街地汚濁負荷の調査事例と実態が紹介された。とくに原単位法と実測データでの面源負荷量算定では、その目的に応じた使い分けが重要とあった。この点は、引き続き井上氏の講演でも指摘された。また対策効果の評価がこれから重要性を増していくという提言が重要と思われた。

(3) 豊橋技科大の井上隆信氏より、農地林地の汚濁負荷が論じられた。原単位については計画によってガイドライン値が異なっていることが総括された。また例えば同じ畑地であっても農法等でかなり異なり、その考慮の重要性が指摘された。富栄養化との関連においては栄養塩の形態ごとの生物利用可能性を考慮することが重要であるという指摘がなされた。

(4) 国交省水管理・国土保全局の白崎亮氏より、流総計画の現状と方向性が概説された。とくに「流総大改革」が紹介され、流総計画が一定の成熟した段階を迎え、その新たな方向性として能動性（地域が考える水域の目標像を取り入れること）、機動性、融通性、効率性を重視したコンセプトが示された。

総合討論においては原単位の算定において、使う側（行政や市民）から求められている精度や信頼性がどういったものであるか、という点（研究者としては倍半分の精度であればノンポイント負荷の目標とする予測精度としては十分であろうという感覚と、その一方でポイントソースの精度と比較した見劣りの感覚）や、現況の把握と対策効果の評価とで視点が異なりうるという点が議論された。また妥当性の検証には収支的な検討が可能な視点を入れることが重要という指摘がなされた。議論においては精度もさることながら、不確実性がどうしても大きい

ということが避けられぬ現状であれば、適正な科学的プロセスを内包している過程であることが重要という認識が伏流していたように思う。

後半のセッションは、東日本地域における放射性物質の沈着を受けて様々な調査研究が進められているが、市街地は居住する人への影響が懸念される一方で十分知見が整理されていないことを踏まえ、市街地流域における放射性物質の動態や物質収支、それに関する課題などについて議論・整理することを目的とした。

(5) 広島大の尾崎則篤氏より、市街地における文献調査の結果について報告があった。路面の性状によって大きく減少率が異なること、動態モデルごとに予測結果が異なることなどが示された。

(6) 原子力機構の斎藤公明氏より、福島第一原発周辺における空間線量率の減少傾向から、森林等他の土地利用に比べて市街地や水域では線量率の減少が速いこと、またその速度に人間活動が重要な影響を与えることなどが紹介された。

(7) 原子力機構の吉村和也氏より、市街地において実施・計画されているモニタリング手法について紹介があった。宅地レベルや地域スケール、被覆要素ごとなど、対象に応じて様々な手法を組み合わせることが重要と考えられた。

(8) 東京大の村上道夫氏より、市街地が流域で卓越する千葉県大堀川における放射性セシウムの観測結果を踏まえ、晴天時よりも雨天時における放射性セシウム濃度（浮遊物質単位重量あたり）が高いことや、その主たるものが地表面堆積物由来であることなどが報告された。

(9) 東京理科大の二瓶泰雄氏より、同じく大堀川流域における放射性セシウムの観測結果が報告された。地表面被覆条件の違いにより放射性セシウム濃度が大きく異なり、とくに屋根面において高いことが分かった。手賀沼の蓄積量を踏まえた物質収支についても報告がなされた。

総合討論においては、陸上における動態と水中の移行のリンクやモデル化についてコメントがなされた。例えば手賀沼流域では、陸上に堆積した放射性セシウムのほとんどが残存している一方で線量率は減少しているなど、一見矛盾する観測がなされている。深度方向に移行しているなど、いくつかの可能性を検討しながら原因を探り、モデル化に活かしていく必要性が指摘された。

(広島大学 尾崎則篤、  
滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 佐藤祐一)



# 健全な水環境と水循環の創造のための膜技術の展開

## 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12回目となった。昨年同様、2部構成とし、前半を通常のセッション、後半にはテーマを絞ったセッションとして、開催した。後半のセッションのタイトルは、「省エネにチャレンジする膜処理技術」とし、低動力の膜ろ過技術や実際に稼動するプラントにおける省エネルギーへの取り組み等を紹介した。なお、前半は6件、後半は5件の計11件の発表を行った。

### 1. 通常セッション（前半）

座長：浜本洋一（西原環境）

①「セルロース繊維多孔膜に固定したPd-Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>触媒とH<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>混合ガスマイクロバルを用いた水溶液中硝酸イオンの還元除去」中山紀夫（産総研）：水溶液中にある亜硝酸イオンに、マイクロバブル化したH<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>混合ガスを注入し、セルロース系多孔膜固定床に循環接触させることで、効率的に除去可能なことが報告された。その理由として、マイクロバブルの電位に起因する高い還元能力と気泡表面積の増大が起因することが示唆された。

②「半導体産業における膜を用いた水処理技術」志岐智（旭化成）：半導体製造過程における膜技術の稼動実例が報告された。優れたろ過性能と耐久性を要する膜が求められている現場の状況や、運転初期における微粒子管理に関する事例についても併せて報告された。

③「食品分野におけるMF・UF膜の適用事例について」石原裕久（クラレ）：食品分野における膜の適用例について、清酒製造および醤油製造等の食品分野を中心として報告を行った。

④「海水淡水化用使用済み膜の下水処理水再生への適用」谷田克義（神鋼環境）：海水淡水化で使用されたRO膜を、アルコール浸漬により改質し、下水処理水の再生用として適用した事例を報告した。運転差圧の低下と安定した水質の維持が可能となり、コストとしても安価となった。

⑤「セラミック膜を使った上水膜処理」我妻聖孝（明電舎）：セラミック膜を上水分野に適用する場合は、安定した運転には凝集剤（PAC）の注入が必須であることが報告された。凝集剤の注入を停止した場合、有機膜では安定運転が可能であったが、無機膜の場合は差圧が急上昇したため、表面電位の関係から荷電中和が必要であることが示唆された。

⑥「浄水処理におけるファウリングポテンシャルの評

価に関するアプローチ」貝谷吉英（水ing）：膜汚染の指標の一つであるファウリングポテンシャル（FP）とバイオポリマーの関係について報告された。膜の前処理の為の凝集条件の目安として、バイオポリマーをターゲットとした際は、FPを1.8以下にすることが望ましいと報告された。

### 2. 特別セッション「省エネにチャレンジする膜処理技術」

座長：木村克輝司（北大）

本セッションでは、一般的に高いエネルギーが必要といわれる膜処理技術ではあるが、技術の進歩とともに省エネルギー化が進んでいる現状を、実際に稼動中のプラントあるいは実証試験での検証結果等を実例にして紹介・報告を行った。

①「淀川におけるハイブリット膜ろ過システム適用に係る研究」前田成人（大阪市）：淀川原水へ膜ろ過システムを適用する際の、膜ろ過方式ごとの比較検討結果について報告された。現行の砂ろ過方式に比べて、膜ろ過方式は割高となり、維持管理費の低減化等の更なる検討が必要であることが報告された。

②「浸漬型MBRにおける新たな物理的洗浄方法のアプローチ」中村ジョン（ダイセン・メンブレン）：空気ばっき量低減による省エネ効果を狙い、担体投入による実証実験についての報告を行った。時間の経過とともに、担体旋回量の漸減減少が見られ、明確な効果が認められるには至らなかった。

③「省エネ型膜分離活性汚泥処理（MBR）システムの検討」森田優香子（クボタ）：AO型MBRシステムにおける省エネ化の検討についての報告を行った。従来型に比べて、良好なエネルギー削減効果が認められた。

④「膜分離活性汚泥-生物活性炭の組合せによるコークス廃水処理技術について」川岸朋樹（三菱レイヨン）：中国等で問題となっているコークス排水の処理を、膜処理技術+生物処理を用いることで、効果的に処理できる試験結果について報告された。

⑤「海淡・下水等再利用統合システム ウォータープ  
ラザ北九州の実証運転結果」関根康記（GWSTA/日立製作所インフラシステム社）：下水再生水と海水を混合した発電所向けの用水供給に関する3年間の実証運転結果とその結果に基づくケーススタディーに関する報告を行った。

（水ing株式会社 須田康司）

# 水環境に配慮した下水処理への紫外線技術の適用

## 紫外線を利用した水処理技術研究委員会

本シンポジウムでは「水環境に配慮した下水処理への紫外線技術の適用」と題し、国土交通省水管理・国土保全局下水道部の加藤流域管理官より基調講演をいただいた後、8件の口頭発表およびパネルディスカッションが行われ、下水処理における紫外線技術の適用について活発な議論がなされた。

### 1. 口頭発表

「基調講演～新下水道ビジョンにおける水環境政策について」加藤裕之（国土交通省）は、今年7月にまとめられた「新下水道ビジョン」について分かりやすく解説すると共に、持続的発展が可能な社会の構築に貢献するために下水道が果たすべき使命として、健全な水環境の創造の必要性、高度処理の推進等に関して最新情報を織り交ぜながら講演した。その中で紫外線消毒についても全国約190箇所にて導入されている現状や強化方策技術としての今後の導入等の話題が提供された。

「米国の下水処理場における塩素消毒から紫外線消毒への更新事例」岡本真由子（西原環境）からは、米国の大規模下水処理場（約13万 $\text{m}^3 \cdot \text{日}^{-1}$ ）での塩素消毒から紫外線消毒への更新事例について、両技術の性能例と共に放流先の生態系への影響やコスト比較した結果が報告された。紫外線処理は環境影響のみならず、安全面や脱塩素フローまで含んだ塩素処理とのコストの比較で塩素に比べて優位であるとの結論であった。

「異なる波長による大腸菌の不活化と光回復効果」高田園子（お茶女大）からは、2種類の株の大腸菌を用い連続発光する中圧水銀ランプを想定した、異なる波長での不活化効果と光回復効果についての検討した結果、菌株により不活化効果および光回復効果に違いがあるとの報告がなされた。

「無水銀光源UVによる下水処理水中大腸菌の不活化と光回復」石田晃啓（立命館大）は、無水銀光源であるエキシマランプを使って、下水処理水を対象とした大腸菌と大腸菌群の不活化効果、および波長の違い（222 nm, 282 nm）について検討した結果、大腸菌、大腸菌群共に光回復を考慮しても222 nmの方が282 nmよりも少ない紫外線量で不活化できることが確認されたと報告した。また、紫外線により受ける損傷に対する修復機能は、大腸菌よりも大腸菌群の方が高いとの報告もされた。

「高濁度下水に対する紫外線消毒における紫外線照射量の検討」朴耿洙（京都大）からは、濁度の高い下水に対する紫外線消毒において紫外線吸光度から紫外線照射量を求める場合、直線光のみの分光測定値より濁質により散乱する紫外線も測定できる積分球分光光度計を用いて測定した値をから求めた紫外線照射量の方が、生物線量計により推定される紫外線照射量に近い値を示すことを

明らかにすると共に、高濁度下水での紫外線照射量を推定するための補正式について検討した結果が述べられた。

「災害時の応急下水処理としての紫外線消毒の有効性評価」小熊久美子（東京大）からは、大規模災害時を想定した未処理下水の消毒効果について、紫外線と塩素とを比較した結果が報告された。紫外線処理の場合、前処理として凝集沈殿処理がない場合でも大腸菌群で4logの不活化が達成できたが、塩素では前処理としての凝集沈殿処理がない場合では消毒効果も無かった。以上より災害時の応急的な下水処理対策として紫外線消毒の有効性が示唆された。

「下水処理水を対象とした紫外線照射におけるノロウイルスの除去特性」安井宣仁（土木研）からは、ノロウイルス（NoV）に対する紫外線の処理効果の評価方法としてPCRを用いた場合について、大腸菌フェージMS2（MS2）とNoVとで比較検討を行った結果が報告された。その報告より、MS2に紫外線を照射した時の遺伝子の減少割合は、RT-PCRにおける増幅域を拡張することで、細胞培養法の結果に近くなる傾向が見られると共にNoVもMS2同様に増幅域を拡張することで、遺伝子減少割合が増加する傾向が見られた事から、下水処理水のNoVに対する紫外線の有効性は大きいと考えられた。

「下水マトリクスを考慮した紫外線/過酸化水素処理のモデル化」水野忠雄（京都大）からは、下水処理水中の難分解性化学物質に対して紫外線と過酸化水素を用いた促進酸化処理におけるHOラジカルの反応について、バラクロロ安息香酸を用いた分解実験の結果とモデル化による計算結果とを比較検討した結果が報告された。下水のマトリクスを考慮したモデル化で検討を行った計算結果と実験結果とでは概ね同程度の値が得られたため、良好な計算結果が得られたものと考えているが、実際には無効なHOラジカル反応も起こっているものと思われるため、今後はこの点について詳細な検討が必要であるとのまとめがなされた。

### 2. 「パネルディスカッション」

口頭発表終了後「パネルディスカッション」が行われ、国土交通省の加藤流域管理官、京都大学田中教授、日本紫外線水処理技術協会の伊藤会長、本研究委員会の委員長で立命館大学の神子教授、そして装置メーカーである岩崎電気の岩崎の5名が、官・学・民の立場を代表してそれぞれ意見を述べた。下水処理水への消毒技術としての紫外線への期待やそれに対応する装置の開発等、これからの環境・自然を考慮した生態系に優しい消毒技術について活発な議論が成された。

（岩崎電気 岩崎達行、立命館大・理工 神子直之）



# 実用化に向けた革新的水処理システム

## 産業排水の処理・回収技術研究委員会

本研究委員会は「実用化に向けた革新的水処理システム」をテーマに、2件の招待講演と7件の一般講演を行った。産業排水や上下水を対象とした、物理化学処理、膜処理、生物処理など幅広い技術について話題提供をいただいた。以下に講演の概要を報告する。

### 1. 招待講演

神戸大学大学院の松山先生より「膜を用いた水処理における神戸大学先端膜工学センターの取り組み」と題して、先端膜工学センターにおける研究活動をご紹介いただいた。2007年に神戸大学で設置された先端膜工学センターは膜分離技術に特化したわが国唯一の研究組織で、関連分野の研究を通して産業界と国際交流をリードしている。現在、50社以上の民間企業が会員になっており、その内容は膜素材の開発や膜処理システムの開発まで多岐に亘っている。講演では、微生物が付着しにくい膜にするための様々な表面改質技術や膜内部の構造最適化に関する最新の知見をご説明いただいた。また、FO膜（順浸透膜）の考え方や開発状況も紹介いただいた。

次に、三菱電機(株)先端技術総合研究所の安永氏より「オゾン/紫外線併用処理による下水再生技術」と題して、ラジカル生成を最適化することで高度処理の性能を向上させる技術をご紹介いただいた。このプロセスの性能向上に役立つポイントの一つは、オゾンと紫外線の反応における副産物である酸化力の弱い $H_2O_2$ の生成度合いを引き下げることにある。下水の二次処理水である砂ろ過水を用いた実験によって、 $H_2O_2$ の残存はオゾン注入の不足に起因することが明らかにし、またラジカルスカベンジャー（液中の炭酸根）の影響についてもオゾン注入率を変化させた実験によって、その反応を整理した。これらの最適化検討から、砂ろ過水に含まれる難分解性有機物の酸化に必要なエネルギーを従来の半分以下にできると試算結果を示した。

### 2. 一般講演

宇都宮大学の酒井先生には「磁化活性汚泥法～磁気分離による生物学的水処理法の利点と実用化にむけた研究戦略」と題して、ご講演いただいた。磁化活性汚泥は活性汚泥フロックを磁気によって分離する点に特徴があり、汚泥濃度を高められ、固液分離トラブルが起こりにくく、運転が容易であるなどの特徴がある。現在、実用化を目指し、食品工場など各種排水を対象とした実証試験を進めている。

メタウォーター(株)の山崎氏には「オゾンによる汚泥減容化システムの効率化」と題して、ご講演いただいた。活性汚泥法における余剰汚泥をオゾンにより可溶

化するプロセスにおいて、蛍光顕微鏡を用いた LIVE/DEAD BacLight bacterial viability による生死判定法と効率的なオゾン供給の検討を行い、オゾン注入率 46～61 mgO<sub>3</sub>/gMLSS で生細胞割合は約 20% になることを明らかにした。

住友重機械エンバイロメント(株)の島倉氏には「凝集剤添加型活性汚泥システム（スミスラッジシステム）の適正運転」と題して、ご講演いただいた。活性汚泥法の最終沈殿池の代わりに表面積負荷 70～100 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d の凝集沈殿装置を運転し、高い表面積負荷で少ない凝集剤添加量でも処理水の SS 濃度を低く保てることを明らかにした。

水ing(株)の山川氏には「窒素除去を目的とした酸素活性汚泥法の高度処理化の検討」と題して、ご講演いただいた。滞留時間が短い酸素活性汚泥法を採用している全地下式下水処理場において、大規模な土木工事無しで窒素除去を可能にするため、担体利用酸素富化空気循環曝気法と脱窒ろ過法のパイロットプラント実験を実施し、T-N の放流水質を常に達成した。

(株)日立製作所の木村氏には「アナモックス反応を用いた好気脱窒システムの実証」と題して、ご講演いただいた。包括固定化した硝化担体とアナモックス担体を好気条件下の同一反応槽に保持し、硝化反応とアナモックス反応を同時に行う一槽型の脱窒プロセスにおいて、30 L のベンチスケール試験および 10 m<sup>3</sup> 規模のパイロットプラント試験を検討し、窒素排水の処理が安定的にできることを実証した。

オルガノ(株)村上氏は、「MBR法を用いた電子産業向け排水処理」と題して、難分解性物質である TMAH 含有排水の MBR の適用試験の結果を報告された。試験系を MBR と、比較対象系の生物処理（担体）-凝集沈殿-ろ過の処理プロセスとし、処理水 TOC を比較すると、試験系は 5 mg/L 以下で安定し、比較対象系は 10～80 mg/L と不安定であった。このとき比較対象系では低分子有機物が多く残留しており、難分解性有機物の処理方法として MBR が有力であることを実証した。

栗田工業(株)の小松氏は「電子排水回収への嫌気処理の適用」と題し、液晶排水に含まれている有機物を対象とした処理試験の結果を報告された。嫌気処理系と好気処理の比較系を運転し、処理水 TOC を比較すると、ともに良好な処理性能を得た。一方 SS 発生量を比較すると、嫌気処理系では約 40% を削減できた。さらに設備のフットプリント、凝集剤添加量も約 40% 削減することができ、嫌気系の優位性を示すことができた。

(北九州市大 安井英斉, (株)日立製作所 木村裕哉)

# アンケート調査によって人の意識を明らかにする解析手法

## システム解析研究委員会

### 1. はじめに

システム解析研究委員会として第2回目のシンポジウムでは、アンケートをキーワードに、人の意識を明らかにする手法を取り上げた。セッション開始に先立ち、栗栖委員長によって当委員会の設立経緯や今回の趣旨説明が行われた。今回のセッションでは、本委員会の栗栖委員長、および大塚副委員長、そして計量テキスト分析の分野で最先端の研究を行っている立命館大学の樋口耕一先生から、アンケート調査によって人の意識を明らかにする解析手法についてご紹介いただいた。

### 2. 人の意識を明らかにする解析手法

#### 2.1 オンラインアンケート法の概要

栗栖先生からは、オンラインアンケート法の概要および利用法、利点や欠点などについて、ご経験に基づき紹介いただいた。オンラインアンケート法は、研究者自身が設計したアンケート票を調査会社がウェブ上アンケートとしてデザインし、同調査会社にモニターとして登録者に回答を依頼するものである。同データ解析は研究者自身が行うものであり、利点としては、短期間での大規模調査が可能であること、希望した回答数が得られること、母集団の年齢や性別構成に準拠したサンプルが得られること、調査項目への関心の高い回答者のみが回答するバイアスを比較的避けられること、インタビュー形式に近い分岐型アンケート設計が容易であることについてご説明いただいた。その一方で、欠点としては、高齢層の回答が得にくいことが挙げられた。オンラインアンケート法が利用され始めた初期に、その傾向が顕著であり、現在も60歳以上の女性層からの回答が得づらい傾向が残っているとのことである。反対にPC利用に長けた回答者というバイアスもあるのではないかと指摘されているが、PCやスマートフォンの普及に伴い解消されつつある。一方で、調査目的や対象地域によってオンラインアンケート法の利用が難しいケースもあり、状況に応じた調査法の選定が重要となることが示された。

#### 2.2 KH Coderによる計量テキスト分析—アンケート自由回答の分析を中心に—

樋口先生からは、アンケートの自由回答（記述内容）データを対象とした計量テキスト分析に関する事例をご紹介いただいた。アンケートは、様々な分野で頻繁に利用されている重要な調査方法である。選択肢型の質問は、統計処理を行いやすい点で有用であるが、得られる情報に限りがあることが否めない。そこで、選択肢型の質問を使った分析と自由回答を通じたマイクロ・インタビューとの連携によって、アンケートの可能性が広がることが示された。

その中で、樋口先生らのご提案している計量テキスト分析という方法をご紹介いただいた。計量テキスト分析

は、社会学における内容分析の考え方を実践に活かせることが特徴である。また、この分析に必要なソフトウェア「KH Coder」を樋口先生らは開発しており、2001年よりフリーソフトウェアとして公開している。このソフトウェアを用いることで、共起ネットワークのようなテキストデータを対象とした統計解析（どんな語句が多く出現したのか、どの語とどの語がデータ中で結びついたのか）を容易に行うことができる。現在、KH Coderをもちいた論文および学会報告は合わせて700本を越えているとのことである。通常の選択肢型設問の分析と自由回答の計量テキスト分析とを組み合わせた分析事例について方法論を交えてご紹介いただき、最後に自由回答型の質問を利用するメリット、注意すべき点を示していただいた。

#### 2.3 アンケートデータに基づく住民のセグメンテーション

大塚先生からは、マーケットセグメンテーション（評価対象に対する選好が似た者同士に類型化する手法、マーケティングリサーチで広く利用。）の一般的手法であるクラスター分析および潜在クラス分析について、実際に住民のセグメンテーション（分割、細分化）を行った事例をもとに、その意義と手法における解析上の留意点が示された。

クラスター分析は、任意の指標に関する量的データをもとに、サンプル間の「距離」を算出し、サンプル間の類似度を評価する手法である。また、潜在クラス分析は、サンプル間の差異を異なるグループへの所属確率によって定義することでサンプルをクラスに割り当てる手法で、統計的にセグメント数が決定されるとともに、セグメント別に各評価変数の選択確率が得られる特徴がある。具体的な分析事例として、千葉県の柏市などの住民を対象に、近隣河川への意識や評価についてオンラインアンケート法によって得たデータを用いて階層型クラスター分析、潜在クラス分析によるセグメンテーションの例が示された。また、手法の選択についてはサンプル数の多寡や観測変数が量的であるか、カテゴリカルであるかといった制約があるなど、適用に関する留意すべき点が述べられた。

### 3. おわりに

今回、アンケートにより人の意識を明らかにする解析手法（意見を収集し、分析し、まとめて傾向をつかむ）について、三名の先生方から具体的に示していただいた。聴講者からはアンケートの作成方法や内容（選択肢の数や自由回答を設ける意義など）などについて、具体的な質問が多く出された。参加者は14名であったが、とても中身の濃い議論が活発に行われたことを報告する。本研究分野に対する関心の高さを再認識するシンポジウムであった。

（群馬工業高等専門学校環境都市工学科 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

2回目となる電気化学的技術研究委員会のシンポジウムは、公募2件を含め、計11件の発表および総合討論が行われた。その概要は以下のようであった。

### (1) 「Electrochemical treatment of trace endocrine disrupting chemicals」

Vo Huu Cong (早稲田大院) ほか  
陽極に粒状活性炭、陰極に Pt/Ti を用いた電解結果から、1 ~ 100  $\mu\text{g}/\text{l}$  のエストロン、17 $\beta$ -エストラジオールおよびエチニルエストラジオールに対して 93 ~ 98 % の高い処理効率が得られ、また共存物質の影響を受けないこと等が報告された。

### (2) 「Continuous removal of disinfection byproduct precursors by a combined electrochemical and adsorption process」

Lu Wei (早稲田大院) ほか  
陽極に SnO<sub>2</sub>、陰極に粒状 Pt/Ti または粒状活性炭を用いた電解結果から、OH ラジカルによると考えられるフミン酸の減少が報告された。また粒状活性炭陰極は、OH ラジカルの生成促進または吸着効果等により処理性能を向上させることが示唆された。

### (3) 「電気化学反応による有機性濃厚廃液中の医薬品の分解特性」

北菌弓佳 (神戸大院) ほか  
陽極に Ti/PtO<sub>2</sub>、陰極に Ti を用いた電解結果から、生乳中セファゾリン処理の最大電流効率および 70 % 低減に必要な電気量は電流値による大きな違いがないこと、高電流密度になるに従い、セファゾリン処理の優先性が向上すること等が報告された。

### (4) 「搾乳施設排水からの電気化学凝集法による動物用抗菌剤の分離除去」

井原一高 (神戸大院) ほか  
鉄電極を用いた電解凝集法による搾乳施設排水の処理結果から、テトラサイクリン系抗生物質は除去率が 70 % 以上と高いが、セファム系抗生物質は除去率が 5 % 以下であること、乳酸や低 pH 条件が除去率を低下させること等が報告された。

### (5) 「電解フローセルによる臭素酸・塩素酸の電解還元特性」

岸本直之 (龍谷大) ほか  
SUS304 メッシュ電極を用いた電解結果から、臭素酸・塩素酸共に無害なハロゲン化物イオンまで還元処理が可能であることが示された。また、高電流条件では水素生成により処理効率が低下し、電流効率の向上が今後の課題であることが報告された。

### (6) 「液体電極プラズマを用いた溶液中の有機物分解」

石田 猛 (日立・中研) ほか  
砂時計型石英流路を用いた液体電極プラズマによる処理結果から、有機色素 (青色 2 号, 赤色 106 号およびリ

ボフラビン) は瞬時の 100 % 分解が可能であるが、酢酸の分解率は低い (青色 2 号の約 1/10) こと等が報告された。

### (7) 「純 Ti の電流励起触媒効果によるメチレンブルーの分解の試み」

早川 裕之 (名古屋工業大院) ほか  
純 Ti 電極への通電による電流励起触媒効果を用いたメチレンブルー (MB) の分解実験から、実験に使用したすべての周波数において同程度の MB の分解が確認された。そのため、回路における損失が一番小さい 100Hz が MB の分解に適すると考察された。

### (8) 「一槽式微生物燃料電池における窒素処理特性」

渡邊智秀 (群馬大院) ほか  
硝化細菌生物膜が形成されたエアカソードを用いた一槽式微生物燃料電池において、硝化脱窒に伴う窒素除去が可能でアンモニア濃度とその速度が影響されること、電気的出力は損なわれないこと、およびカソードで未利用酸素を硝化で消費することにより電荷収率を向上させる可能性が報告された。

### (9) 「微生物燃料電池による有機性廃水の処理特性」

窪田恵一 (群馬大院) ほか  
Pt エアカソードを有する微生物燃料電池を用いた糖蜜廃水の連続処理結果から、COD 容積負荷の増大時にメタン生成により電荷収率が低下するものの、COD 除去率 79.8 %, 平均出力密度 0.54 W/m<sup>3</sup>, 電荷収率 11.6 % が達成されたことが報告された。

### (10) 「非白金触媒カソードを用いた微生物燃料電池の発電能力の評価」

松浦健成 (岐阜大) ほか  
微生物燃料電池のカソード触媒として ZrCNO (ジルコニウム炭窒酸化物) を用いる場合、カソードの作成条件を変えると、白金触媒と同じ条件でカソードを作成した場合に比べて、1.5 倍以上の電力密度 (0.54 W/m<sup>2</sup>) が達成されたことが報告された。

### (11) 「放射線照射で生成されるラジカルの有機フッ素化合物分解への影響と PFOS 電気分解過程の解明」

橋口亜由未 (京都大院) ほか  
ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) およびペルフルオロオクタン酸 (PFOA) への <sup>60</sup>Co のガンマ線照射実験から、PFOA はアルカリ溶液中での分解が確認されたものの PFOS は分解せず、電気分解による PFOS の除去は、Pt 電極の触媒作用が寄与している可能性が大きいことが報告された。

### (12) 「総合討論」

最後にセッション全体の総合討論があり、発表に対する質疑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・亜熱帯地域の水環境に係る研究動向と今後の展望

## 熱帯・亜熱帯地域水環境研究委員会

本委員会は、昨年度、沖縄で開催された第16回シンポジウムの九州支部企画を契機として、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平成26年3月に設けられ、今回が初めてのシンポジウムとなった。テーマを「熱帯・亜熱帯地域の水環境に係る研究動向と今後の展望」として、特別講演を含めた10件の発表および総合討論が行われた。その概要は、以下のものであった。

### 1. 趣旨説明・特別講演 座長：安元純（琉球大学）

#### (1) 趣旨説明

中野拓治委員長によって委員会の設立経緯と本セッションの趣旨説明が行われた。

#### (2) 特別講演：「沖縄の水環境の現状と課題」

はじめに、渡久山章氏（琉球大学名誉教授）より、米軍基地との関わりを含めて雨水・河川水・地下水等を取りあげながら、地球化学的視点からのアプローチを通じた沖縄の水環境の現状と課題をご紹介いただいた。続いて、宮城俊彦氏（元沖縄県衛生環境研究所、以下、元沖縄衛研という）によって、行政施策的視点からのアプローチを通じて、公共用水域生活環境保全・赤土等の流出・水環境の特異性・水質保全対策等を概括しながら、沖縄における水環境の現状と課題について報告された。

### 2. セッション（前半） 座長：中屋眞司（信州大学）

#### ① 琉球石灰岩分布地域地下水の硝化・脱窒メカニズムの解明： 聖川健斗（琉球大学）

沖縄本島南部地域を対象として、琉球石灰岩分布地域地下水中の硝化と脱窒の時間的な変動特性に係る報告がなされた。

#### ② 微生物相解析からみる琉球石灰岩帯水層の脱窒特性： 廣瀬美奈（トロピカルテクノプラス）ほか

沖縄本島南部地域琉球石灰岩帯水層を対象として、微生物相解析等による分子系統解析と脱窒関連遺伝子の検出・定量を試みるとともに、地下水中の脱窒の有無やその程度の推定に対する微生物相解析の有効性が示唆された。

#### ③ 琉球石灰岩帯水層における地下水流動解析に関する課題： 安元純（琉球大学）

沖縄本島南部地域を対象として、琉球石灰岩帯水層の地下水流動解析に係る課題を紹介するとともに、これらの課題を克服した地下水シミュレーションを進め

るための提案がなされた。

#### ④ 琉球石灰岩分布地域帯水層水質形成機構解明の試み： 中野拓治（琉球大学）ほか

沖縄本島南部米須地下ダム流域を対象として、現地観測データによる統計解析と流動解析等を通じて、琉球石灰岩分布帯水層の水質形成メカニズムについて考察が加えられ、琉球石灰岩分布帯水層の水質形成機構に係る報告がなされた。

### 3. セッション（後半） 座長：宮城俊彦（元沖縄衛研）

⑤ 琉球石灰岩地域の地下水と河川水における生活排水由来医薬品の濃度変動：治多伸介（愛媛大学）ほか  
琉球石灰岩分布地域の生活排水起因の医薬品や化粧品等のパーソナルケア用品（PPCPs）の汚染実態を踏まえ、PPCPs濃度の変動特性を明らかにする観点から、河川水中のPPCPs濃度の24時間変動とともに、地下水の降雨前後の濃度変化に係る報告がなされた。

#### ⑥ 琉球石灰岩帯水層の地下水の水質変動：

中屋眞司（信州大学）ほか  
沖縄本島南部米須地下ダム地域の地下水調査結果から、地下水中の高いCO<sub>2</sub>ガス濃度の下でCO<sub>2</sub>ガスが地下水に溶解しており、カルシウム・炭酸水素イオン形成反応が地下水の滞留時間とともに進行していることが報告された。

#### ⑦ 農業集落排水施設流入水量経年変化把握への状態空間モデルの適用：阿部真己（いであ株式会社）ほか

農業集落排水施設流入水量は、降雨による不明水増減の他に、流域人口増加等の外的な因子の経年変動の影響を受けることを踏まえ、状態空間モデルを用いた時系列データ解析により、流量変動に対する降雨の影響を柔軟に抽出できることが示唆された。

#### ⑧ 連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式農業集落排水施設BOD除去性能の影響因子と運転効率化：

李雨桐（琉球大学）  
連続流入間欠ばっ気活性汚泥方式のBOD除去性能の影響因子と運転効率化に向けた運転管理方法について、供用施設から得られた実測データ等を用いて検討・考察された成果が報告された。

口頭発表終了後「総合討論」が行われ、熱帯・亜熱帯地域の水環境に係る現状と課題を踏まえた今後の研究の進め方や展望について、活発な議論がなされた。

（琉球大学 中野拓治）

# 基準研究集會

## 基準研究有志

本セッションでは、基準研究集會と題し、とくに水質汚濁に係る環境基準を中心に、基準の設定に関する根拠と経緯、ならびに今後の課題について議論した。私自身が基準に強く興味をいだくようになったのは、原発事故以降の「基準値を超えた／超えない」「基準値が高すぎる／低すぎる」という意見を聞く割には、そもそも基準値の根拠はさほど知られていないのではないかと、という疑問からであった。その後、とくに、安全に関する基準について、永井孝志氏、小野恭子氏、岸本充生氏と共に「基準値のからくり—安全はこうして数字になった—」（講談社、2014年）を上梓する運びになったが、水環境に関する基準についても、もっと詳しく知りたい、と思うようになった。幸いなことに、1970年の水質環境基準の設定の実質的な立役者である坂本弘道氏、湖沼富栄養化に関わる環境基準設定の際の中央公害対策審議会水質部会生活環境基準専門委員会などの委員を務めた坂本充氏にインタビューする機会を得ることができた。各水質環境基準については、(社)日本水環境学会編集「日本の水環境行政 改訂版」（ぎょうせい、2009年）にまとめられているものの、基準設立に携わったご本人の迫力のあるお話を聞く機会を私だけにとどめておくのはあまりにももったいないと思い、このようなセッションを開催することにした。さらに、水質環境基準とは別であるが、水浴場における基準を中心に、病原性微生物リスク管理の観点から片山浩之氏に、2012～13年に追加されたノニルフェノールおよびLASの水質環境基準値について林岳彦氏に講演いただいた。会場には満席になるほど参加者が集まり、関心の高さを感じた。坂本弘道氏からは、経済企画庁主導によって2カ月半で基準が設立されたというエピソードを紹介いただいた。健康項目については、比較的たやすく、水道水質基準から主なものが選定され、値も同じものが導入されることに決まったのに対し、生活環境項目については、各省の合意形成に時間がかかったという当時の苦勞を伺うことができた。望ましい水環境像は、利用者によって異なるものである。最初の水質環境基準設立当時から、水

環境におけるトレードオフ問題への取り組みが不可欠であったことを感じた。

坂本充氏からは、湖沼富栄養化に係る環境基準について、検討の進め方から基準値の設定の仕方までを丁寧に説明いただいた。この中には、1960年代における坂本充氏自身の窒素やリンとクロロフィルaの相関を明らかにした研究成果に関する紹介もあった。窒素やリンの基準がすでに半世紀前の生態系状態を反映していること、現在では、地球温暖化に伴う深層の貧酸素化が進んでいることから、今後の富栄養化環境基準に係る課題について指摘があった。

片山浩之氏からは、米国などにおいて、水浴のリスクに関する10,000人規模での疫学調査から基準値が算出されたという事例を紹介いただいた。行政としてリスク管理の関心の高さがうかがえるが、この基準値は胃腸炎疾患の感染確率として3.6%、発病率として0.8%に相当する値という。さらに、値自体だけでなく、測定頻度や超過した場合の取り扱いといった基準の運用の仕方の違いについても解説があった。

林岳彦氏からは、ノニルフェノールとLASの環境基準値の根拠について紹介いただいた。個体群レベルでの保護を目的としており、演繹的手法で目標値が算定されるという導出手順についての解説と共に、分解生成物や異性体などの取り扱いについて、委員会などの議論が紹介された。

セッションの最後には、今後の環境基準のあり方を中心に総合討論が行われた。坂本弘道氏からは、水循環基本法の施行に触れつつ、新たな水質環境基準のあり方の可能性についてのコメントがあった。

本セッションは、今年度初めての試みであったが、参加者の高い関心のもと、示唆に富む講演と活発な議論があり、非常に充実したものだ。新たな基準が導入されたときにだけ議論するのではなく、常日頃から、基準について考えることの重要性を改めて強く認識した。今後も、活発な議論の場を設けていきたい。

(東京大学 村上道夫)