

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る。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 603 技術について実証を行っており、本年度で 14 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る。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 28 年度は 8 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 6 年目にあたり、シンポジウム 2 日目：平成 28 年 9 月 14 日（水）（09：00～12：00）の日程にて、E 会場（秋田県立大学秋田キャンパス E106 教室）において行われた。

今年度も例年どおり各々の発表および質疑の時間を 30 分ずつと長くとするスタイルとし、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。

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」環境省総合環境政策局総務課環境研究技術室 寺西 制】

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。

【「小規模事業場における環境技術の導入による経済効果」一般社団法人埼玉県環境研究検査協会 大塚 俊彦】

今年度の「有機性排水処理技術分野」の実証機関より、過去に実証試験した油分除去に関する技術について、維持管理費用削減効果等を検証することで、それら環境技術導入の有効性が示された。

【「自動車における性能表示不正に学ぶ水環境装置の性能表示と ETV」株式会社大都技研 佐藤 秀雄】

「有機性排水処理技術分野」で実証された自社技術「グリリス・エコ」の受注経験から、第三者による技術の実地性能評価が、技術のユーザーに利するという点について、自動車における性能表示不正の事例と比較して言及された。

【「閉鎖性海域におけるマグネシウム材料による低湿改善技術について」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」で実証された閉鎖性海域の底質改善剤（マグネシウム剤）である「クリアウォーター」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。

【「公園池におけるアオコ発生要因を踏まえた水質浄化技術の評価指標」埼玉県環境研究検査協会 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、これまでの実証試験の結果をもとに、閉鎖性水域の試験手法を考案し、水質浄化技術によるアオコ抑制と栄養塩類除去に関する浄化メカニズムが検証できることを示した。

【「環境技術実証事業による技術の普及と国際動向について」株式会社エックス都市研究所 乾 哲也】

今年度の本事業の実証運営機関より、ETV 事業に関する海外諸国の動向ならびに、平成 28 年度内に発行される予定の国際規格とそれに対する環境省の対応予定について説明された。

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。本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、実証により事業者が得られた効果をさらに発信していく必要性も感じられた。また環境技術の国際展開に興味を示す事業者との質疑もあり、発行予定の国際規格への対応等を着実に進める必要性も感じられた。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。

（環境省総合環境政策局 寺西 制）

嫌気性微生物処理の技術開発と実用化の最新動向

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名の講演者から最新の研究成果をご発表いただいた。膜分離嫌気性処理、アナモックス処理、汚泥・油脂廃棄物処理、事業場・産業排水処理、下水処理、坑廃水処理など多岐にわたる処理対象を扱う研究が紹介された。以下に個別の内容をまとめる。

(1) 中空糸型嫌気性膜分離法を用いた生ごみのメタン発酵の効率化 (東北大 程ら)

完全混合槽に中空糸膜分離ユニットを接続した嫌気性処理システムで生ごみのメタン発酵を行い、中温条件で99.6%のCOD除去率が達成された。メタンへの変換率は85%以上であった。

(2) 超高温膜分離可溶化槽による下水汚泥の高速減容化 (大阪府・環農水総研 吉田ら)

余剰汚泥嫌気性消化の前処理として70℃の膜分離嫌気性可溶化装置を導入した。35℃で実施した先行研究と比較して大幅に処理能力が向上し、VSやSSは50%以上減量化された。

(3) アナモックス反応器による窒素除去、亜酸化窒素発生特性に及ぼす温度の影響 (京都大 西村ら)

15℃～55℃の温度範囲でアナモックス反応器からの亜酸化窒素の生成特性を調査し、最も安定した35℃以外の条件では長期的には窒素除去能の減少と亜酸化窒素の生成量増大が確認された。

(4) 高濃度消化時の汚泥性状がメタンガス生成に与える影響の評価 (水ing 高橋ら)

前濃縮を行うことによる2倍程度高濃度の汚泥消化特性を調査し、濃縮有無によるメタン転換率の顕著な差異は認められなかった。濃縮にともなうメタン転換率減少を防止するために、溶解性成分の流出の抑止が有効であることが示唆された。

(5) 自己造粒型一槽式アナモックス法によるアンモニア系排水の処理性能 (東北大 紀ら)

亜硝酸酸化細菌とアナモックス細菌が共存するグラニユールを使った一槽式アナモックス反応槽の連続運転を実施し、2.0 kg-N m⁻³ d⁻¹の窒素負荷で87%程度の高い窒素除去率が達成された。

(6) パラトルイル酸の嫌気性処理 (住友重機エンバイロメント 知久ら)

化学系産業排水に含有されるパラトルイル酸の嫌気性分解特性を調査し、処理性能にORPが依存すること、1 kg-COD m⁻³ d⁻¹の低負荷では74%程度の除去率が維持さ

れることが明らかとなった。

(7) 簡便な高級脂肪酸検出センサーを用いた油脂高含有原料を処理するメタン発酵槽の運転管理方法の開発 (国環研 小林ら)

表面コーティングした水晶振動子センサーを開発し、サンプルのpH調整による高級脂肪酸の解離の促進により、メタン発酵液中に含有される高級脂肪酸の選択的かつ定量的な検出に成功した。分析のために要する時間は1時間程度で、より短時間での高級脂肪酸の測定の可能性が示された。

(8) 下水脱水汚泥の嫌気性消化および好気性消化の比較 (京都大 日高ら)

下水汚泥の嫌気性および好気性消化の処理特性および肥料効果について比較を行い、嫌気性よりも好気性の方が高いVS除去率が達成され、一方で肥料効果は嫌気性の方が優れていることが示された。

(9) 嫌気性バッフルリアクターを用いた事業系排水の前段処理およびその微生物群集構造 (長岡技科大 滝本ら)

事業場有機性排水を対象とした嫌気性バッフルリアクターを用いた処理特性を調査し、平均3300 mg L⁻¹程度の流入CODに対してHRT19時間の条件で80%の除去率が達成された。HRTの短縮は菌群におけるメタン生成菌の割合を減少させることが明らかになった。

(10) インドにおける下水処理UASBの処理性能および後段処理DHSのスタートアップ特性 (長岡技科大 野本ら)

インドにおける下水処理UASB+DHSシステムのスタートアップを含めた長期の性能評価を実施し、UASBは安定してCOD除去率30～40%を維持し、DHSは約9ヵ月間で定常状態に達し、流出水のCODが81～98 mg L⁻¹で安定した。

(11) 硫酸還元菌と農業廃棄物を活用した金属含有坑廃水処理技術について(“自然力活用型”坑廃水処理) (JOGMEC 濱井ら)

休廃止鉱山からの坑廃水中に含有される金属除去を目的として、もみがらや米ぬかを充填した硫酸塩還元細菌による金属の硫化物塩形成を行うプロセスを開発し、廃水中の硫酸イオンを使用して安定した金属硫化物の形成・除去が確認された。

((国研) 国立環境研究所 小林拓朗)

MS 技術を応用した環境リスク把握

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。最近ではネオニコチノイド系農薬や医薬品・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、代謝物等も含めた多くの化学物質の極微量かつ高精度な分析が求められ、従来型の GC/MS, LC/MS に加え、飛行時間型やフーリエ変換型質量分析計等の最新技術の活用から、前処理技術の開発、精度管理、汚染機構解明、データ解析手法等の研究活動を行っている。また、得られた成果の普及や関連情報の共有を目的に専用 Web サーバーを開設し (<http://ee-net.ne.jp/ms/>)、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、招待講演 1 題、口頭 5 題およびポスター 10 題の発表があった。

(1) 招待講演

頭士泰之 (産総研) らにより、「MS データベースを利用した網羅分析事例の紹介と環境リスク解析への展望」と題して、ご講演いただいた。化学物質の環境リスク学の進展には分析機器の発展が不可欠で、とくに MS 技術が果たした役割が大きく、問題の発見、発生源の同定、暴露解析、有害性評価、対策の有効性評価において活用されていることを示した。また、潜在的なリスクを把握するために、MS 技術を応用した網羅分析が役立つものとして研究発展が期待されており、その研究事例として東京湾への流入河川について、GC × GC-TOFMS を用いて対象物質をあらかじめ定めずに網羅的に半揮発性物質を分析 (ノンターゲット分析) した結果を報告した。デコンボリューション手法を用いてピークを分離、スペクトルライブラリ照合した結果、400 物質以上の化合物が照合できたが、同時にリスク評価が行われていない化合物があることを示した。

(2) 口頭発表

中野 (大阪大) らは、セルビアのドナウ川水系の底質、パンチェボ市内土壌、および Passive sampling による大気中の PCB, PFR, PAH を調査した。底質および土壌中の濃度レベルは、PAH > PCB > PFR (TPP) で、大気では Passive sampling での sampling rate を報告するとともに、PCB の同族体分布から二つの起源を推定した。鈴木 (京都大院) らは、国内で水揚げされた魚介類を対象に PFCs および PFCs 生成ポテンシャルの存在量を調査

し、PFCs と同程度以上の PFCs 生成ポテンシャルの存在量が確認されたことを報告した。林 (岐阜公衛研セ) らは、岐阜県内の河川水中ネオニコチノイド系農薬の調査を行い、時期によって濃度の変動があること、地域によって検出される種類に特徴があることを報告した。橋本 (鹿児島大院) らは、高分解能 LC/MS と高感度 LC/MS/MS を組み合わせることで、標準物質を用いずに河川水中からジノテフランの環境変化体の検出に成功した。環境変化体は、質量濃度でジノテフランの数十~千分の 1 程度と推定した。高沢 (中部大院) らは、ハロゲン化ビスフェノール A (BPA) 類の LC/MS/MS による分析法開発を行うとともに、下水処理水中の非意図的生成物の探索を行った結果、塩素消毒工程により 1-3 塩化物 BPA から 4 塩化物 BPA が生成する可能性を示した。

(3) ポスター発表

竹峰 (埼玉県) らは、臭素系難燃剤のヘキサブプロモシクロドデカン (HBCD) の環境動態に必要な大気から地表面への降下量を把握するため、年間を通じて大気降下物中の HBCD 調査を行い、季節により異性体比が異なることを明らかにした。白井 (中部大) らは、臭素系難燃剤の環境動態を検討するため、道路粉塵中の分析方法の開発と環境調査を実施した。荘司 (中部大院) らは、曝露量を把握するためにパソコン実習室内の空气中臭素系難燃剤の濃度を調査し、2,4,6-TBP を検出した。西野 (東京都) らは、HBCD の都内河川や東京湾等における水質試料や生物試料 (スズキ) を分析し、スズキ試料の結果から 2005 年から 2015 年にかけて低下傾向であることを明らかにした。谷口 (大阪産大) らは、熱分解 GC/MS を用いて難分解性有機物質である PFOS を熱分解した結果 C_2F_4 と SO_2 を同定した。高桑 (アジレント・テクノ) らは、加熱脱着を用いた GC/MS 分析により 4 種類の顔料を分析し、簡易的なスクリーニング法としての可能性を示した。高梨 (鹿児島大院) らは、未知環境変化体 (PTPWs) の異性体の構造推定手法として、新たにイオン移動度質量分析に着目し、その有効性を検討した。高倉 (中部大院) らは、極低濃度の海水中人工甘味料の高感度分析法の検討を行い、前処理条件を最適化した。中越 (兵庫県) らは、モノクロロ酢酸類の LC/MS/MS を用いた環境水質中の ppt レベルでの検出を目標とし、前処理方法の改善を行った。松村 (兵庫県) らは、PRTR 情報を活用した発生源と考えられる周辺地域での化学物質環境調査について報告した。

以上のように招待講演に加えて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)

アジア地域等の水環境改善研究強化とアフォーダブル技術導入 システム展開戦略

生物膜法研究委員会

アジア・太平洋地域には発展途上国が多数存在する。寒帯・温帯・熱帯地域のいずれでも、都市周辺の河川、湖沼などが、未処理の生活排水、産業排水などにより著しく汚染され、富栄養化現象の発生や有毒アオコの検出などの被害が出現し、水改善手法の導入を必須としている。

本シンポジウムでは、「ベトナムにおける水環境改善のための推進工法展開戦略：日本大学森田弘昭；下水道における経済的な管路の整備等による汚水対策の推進強化」、 「ベトナムホーチミンを発信拠点とするエネルギー削減高度化水環境改善方策：（公財）国際科学振興財団稲森隆平；AOSDシステムの電力削減高度処理汎用化の整備連携構築」、 「中国を発信拠点とする水環境改善のための生活排水対策の導入方策：国立環境研究所水落元之；環境再生のための高度生活排水対策のロードマップ」、 「中国における水環境の現状および農村污水处理システムの新たな展開：国立環境研究所徐開欽；現状の中国の污水处理の技術・評価制度の未成熟による環境汚濁の累進的加速状況の抜本的改善の必要性」、 「ソロモン諸島における環境配慮型トイレ普及のための土壌活用高度浄化導入環境再生保全方策：オリジナル設計山内比呂士；環境配慮型トイレ Taisei Soil System による環境再生保全の有効性」、 「ミャンマー国の染色工場からの排水による水質汚濁の改善と水環境保全方策：堀場製作所関口欽太；計測管理システムの充実化による環境モニタリングに基づく環境再生」、 「ベトナムにおける産業系の水産加工排水処理改善による環境再生保全方策：日吉今莊博史；PVA（ポリビニルアルコール）で製造した「クラゲール」導入による水産加工排水等の処理」、 「アジア地域の水環境保全事業の現状と持続可能な排水処理技術展開方策：日水コン西村秀士；AOSDシステム導入評価に基づく優位性の検証」、 「アジア水環境改善のための研究技術開発と持続可能な研究者の育成方策：北九州市立大学安井英斉；生成汚泥特性から原水濃度・原単位を数理的モデルで算出する革新的技法の確立化」の講演を踏まえて、意見交換、総合討論を行い、今後のビジネスモデル戦略の方向性が提言された。アジア水環境改善事業を推進する上での貴重な方向性・戦略をこれらの成果を踏まえて展望する。

水環境改善のためには、生活排水の汚濁負荷の削減、産業排水の処理対策の強化が必要である。発展途上国では、水環境関連の法令の不備、実施手続きに係る細則の欠如、関連省庁間の調整不足、情報の伝達・入手・共有の困難と不十分、人材や予算の不足等の課題を有している。

なお、いずれの国においても、汚濁負荷として大きな割合を占めるのは、わが国と同様に生活排水・産業排水である。水の使用形態、使用量、汚濁負荷原単位、電力事情、水域の環境容量、環境保全に対する国民意識の程度など、要因は異なるが、国情に適した水環境修復技術を整えるべきはいずれの国でも共通している。水環境の再生・保全のために下水道整備は当然のこと、浄化処理

水を還元できる流域の水涵養に効果を発揮する分散型浄化槽の維持管理体制構築を前提に展開すべきである。

浄化槽は、国の定めた性能評価が必須である。（一財）日本建築センターは、恒温短期評価試験を実施している。本試験は、実生活排水を用い、流入条件としての生物化学的酸素要求量（BOD） 200 mg L^{-1} 、総窒素（TN） 45 mg L^{-1} 、総リン（TP） 5 mg L^{-1} の標準濃度に調整し、試験温度を $13 \text{ }^{\circ}\text{C}$ または $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ に制御した恒温室で評価を行う。短期間で評価が可能であり、世界をリードする新規性、独創性、有用性ある評価方法であり、日中双方の同意に基づき、JICAによって中国環境科学研究院にも整備された。現場評価試験は、春、夏、秋、冬を通し1年をかけて標準流入条件に設定して行うもので、（一財）茨城県薬剤師会検査センターなどで評価がなされてきた。なお、現場評価試験は、熱帯地域の東南アジアでは四季変動がないことから、標準の流入負荷条件のもと、6ヵ月間程度の水質と汚泥特性を解析し目標性能を満足することで性能を達成したと評価可能といえる。

日本建築センター浄化槽技術委員会（委員長 稲森悠平）では、窒素・リン除去の高度化、汚泥減量化と汚泥処理、浄化槽の国際化、維持管理の高度化・効率化、省力化を目的としたIT（情報技術）の導入、省エネ、省コスト、省メンテナンス技術の極めて重要な課題を解決してきている。

国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）パリ協定が合意されたことで、発展途上国での温室効果ガス排出削減が必須となる。日本が提唱してきた二国間クレジット・メカニズム（Joint Crediting Mechanism：JCM）が温室効果ガス排出削減方策として大きく注目されてきている。

日本政府の成長戦略の国際展開の一環として、日本企業のアジア水ビジネス市場進出を支援する、環境省アジア水環境改善モデル事業が推進されている。この中で「ベトナムにおける排水処理の高度化・省コスト対応制御システムの普及事業」において実施されている、排水処理の有用微生物に必要酸素量のみ供給する電力削減高度処理省エネ新技法であるAOSD（Automatic Oxygen Supply Device：酸素供給自動制御）システムを、JCM等のがわが国の地球温暖化対策の切り札としてビジネスモデルに位置付け、アジア地域を発信源とする水環境修復技法の国際化が期待されている。

高度処理技術導入の遅れで湖沼・内湾などの閉鎖性水域の富栄養化を加速させたわが国の二の舞いを味わわせることのないように発展途上国の国情に合う水環境修復技術移転等に留意し、JICA、国土交通省、環境省等と連携し、水環境として守るべき重要な水資源である湖沼などを健全な状態に修復・保全して、アジア地域など、各国の子々孫々に継承することがわれわれの使命である。

（（公財）国際科学振興財団 稲森悠平 稲森隆平）

いま、身近な水環境へ排出されているもの —有害化学物質を中心に—

身近な生活環境研究委員会

水環境へ排出される物質には、水質汚濁防止法や化学物質排出把握管理促進法などによる規制の対象から外れているものも存在する。そうした物質の排出による汚染や生態系への影響も実際に発生しているが、そのような場合にも事故が起こって初めて対策が講じられることが少なくない。今回は、そうした事故の原因物質として、意図しない、もしくは過失によって排出された「ごみ」と「有害化学物質」に焦点を当て、5名の方に排出の現状と要因に関する調査や研究の事例をお話しいただきようをお願いした。最初に皆巳が趣旨説明を行い、座長は講演の前半2件と後半3件をそれぞれ風間真理氏（東京都環境局）と大島詔氏（大阪市環境科学研究所）に、また総合討論は山室真澄氏（東京大学）に務めていただいた。参加者は、演者や企画者も含めて33名（記名者数）であった。以下、講演や総合討論の内容を報告する。

1. 川から海へ～水環境をめぐる水辺のプラスチックごみ

金子 博

((一社) JEAN/NPO 法人パートナーシップオフィス)

プラスチックごみによる海洋汚染をはじめ水辺のごみ問題が進行する中、山形県酒田市を本拠に全国的な活動を展開する演者から、海洋ごみをめぐる現状やこれまでのNGO・NPOなどの対応をご紹介いただいた。海ごみの6割は陸起源であり、そのうちプラスチックごみが9割以上を占めていること、中でも微細化したマイクロプラスチックは、その深刻な実態を懸念する声が世界中で高まっていることなどが紹介され、これに対する研究活動などの遅れが指摘された。海洋基本法の基本計画に対する提案が一部は海岸漂着物処理推進法の規定として採り入れられるなどの成果も見られるが、今後は国内外との連携を強めたい、とのことであった。

2. 家庭に退蔵されている有害廃棄物の回収実験

松藤敏彦（北海道大学）

北海道旭川市で2012年9月から期間限定で行われた、家庭に退蔵された有害廃棄物の回収実験についてご紹介いただいた。持ち込みは950件にのぼり、内容も容器も様々で、中には戦前からの退蔵品や試薬・禁止農薬も含まれていた。処理に要した費用は624万円で、その40%が不明試薬の検査費であった。本格的な回収を行うには、行政職員の専門知識や施策の整合性、また費用負担が課題となる。問題点として、蛍光管やスプレー缶など過去にトピックとなったものは処理のシステムが作られるのに対し、それ以外のものが置き去りとなり退蔵を招く一因となっていることが指摘された。

3. 埼玉県内における水質事故の発生状況と原因物質の排出要因

柿本貴志（埼玉県環境科学国際センター）

埼玉県の公共用水域で過去3年間（2013～2015年）に発生した水質事故について、報告資料の整理・解析から明らかとなった特徴をご報告いただいた。年間の発生数は210～280件で、半数強が油流出であった。魚斃死、油

流出、着色水・濁水のいずれも「原因不明」が半数近く（もしくはそれ以上）を占め、調査方法を見直す必要性が示唆された。事故の件数が減らないことは行政への信頼低下や職員の負担増につながるなどの懸念が示され、現場での経験の蓄積・情報の共有が少ないことも問題として提起された。

4. 東北地方で問題になっている有害化学物質

寺崎正紀（岩手大学）

東北地方で最長の河川であり水利容量も最多である北上川の水質について、パラベン類（塩素化体を含む）による汚染の実態を中心にお話しいただいた。パラベン類の濃度は下水処理場の下流で高くなっており排出源と考えられること、芳香族炭化水素受容体（AhR）活性は上流域で春、下流域で冬に活性が高く、下水処理場に加えて製紙工場の影響も示唆された。AhR活性は積雪からも検出されていた。今後の課題として、毒性（急性・慢性）や水生生物への蓄積性に関する知見が必要とのことであった。

5. 製紙工場から排出される排水中のビスフェノールSの実態とその要因

小川 浩（常葉大学）

静岡県では1970年代に製紙工場からの未処理排水に起因するヘドロが田子の浦に堆積して大きな問題となったが、以後は排水水質の規制強化や、それに対応するための工場内処理により状況は徐々に改善されてきた。その処理水が排出されている岳南排水路（公共用下水とは別系統）での調査結果をご紹介いただいた。SSが非常に高く、また製紙工場の排水のみの水路ではビスフェノールS（BPS）濃度が高かった。BPSの分解技術に関する実験では、活性汚泥による分解では高負荷の場合はBODやDOへの影響で分解しにくくなること、紫外線による分解は太陽光に比べて効果的ではあるが時間を要すること、フェントン反応では1分で80%以上が分解されること、次亜塩素酸による分解では塩素化合物が生成するが、エストロゲン活性はBPSより低いことが示された。

【総合討論】

総合討論では、演者の顔ぶれにも見られるとおりNPO・自治体・大学など様々な立場から見る“身近な水環境”を踏まえた議論に期待した。そして、家庭で抱えきれなくなったものが排出されることへの懸念やプラスチックゴミが有害という意識が少ないことへの危機感、水環境に限らず生活空間の全体で問題を扱う必要性などが指摘された。また、自治体に現場感がない、事業者のガードが堅い、自治体も学会も縦割りが問題といった苦言も呈されたほか、行政における人事異動の是非や打開策も議論となった。今後の展望としては、立場を超えた知識の整理と共通認識化、学会による人材育成リストの作成、地方行政と研究者との更なる連携、知事のイニシアチブなどを望む声があった。

（石川県立大学 皆巳幸也）

微生物生態と水環境工学の今と未来

微生物生態と水環境工学（旧ポピュレーションダイナミクス）研究委員会

本年度から研究委員会の名称をこれまでの「ポピュレーションダイナミクス研究委員会」から「微生物生態と水環境工学研究委員会」に改めた。名称変更後、初のシンポジウムとなった今回は、「微生物生態と水環境工学の今と未来」という研究委員会にとって重要な問いについて6名の先生にお話いただいた。

北里大学の清先生には、「水生植物根圏に形成される微生物群集の特殊性」と題して、水生植物を用いた水質浄化（植生浄化法）時に植物根圏に形成される微生物群に関連した話題をご提供いただいた。様々な裏話とともに、当時の学生が培養系にフェノールを添加し、さらにはその分解過程を測定していく、というきっかけから始まった、根圏微生物群による様々な物質の分解に関する研究の広がりについてご紹介いただいた。マイクロアレイを利用した発現解析など、そのメカニズム解明にも尽力しており、まさに微生物生態と水環境工学を融合させた研究であった。

秋田県立大学の宮田先生には、シンポジウム運営で忙しい中、「湖沼底層部環境の質的变化：マンガン酸化菌の培養を通して見えてきたこと」と題してご発表いただいた。マンガン酸化細菌が生成するメタロゲニウムを実験室で維持できるようにするための実験条件を確立し、さらにその実験条件をもとに、琵琶湖の底層部においてメタロゲニウムが観察されるようになった環境変化についての考察へと研究を進めていた。ナノシート構造を有するメタロゲニウムはマイナス電荷を帯びており、この特性を利用したレアメタルの回収にも取り組むなど、広がっていく研究分野に聞き手もワクワクさせられる内容であった。

宮崎大学の鈴木先生には、「イオン化飛行型質量分析計（MALDI-TOF MS）による水環境中の大腸菌群の迅速同定」についてご発表いただいた。本研究委員会が対象とする研究分野の1つには遺伝子解析が含まれるが、これを行わずMALDI-TOF MSによって迅速かつ安価に大腸菌群の同定を行う新しいアプローチについてご紹介いただいた。遺伝子解析結果と比較を行うなど基礎的なデータを十分に取られ技術を確立した後、様々な水環境中の大腸菌群の同定に本手法を適用した例をご紹介いただいた。また、砂浜における降雨（含水率）と大腸菌群の構成組成の関係性を示したデータは大変興味深く、まさに迅速・安価な技術の開発が可能にした大量のデータに基づく解析結果であった。

産業技術総合研究所の関口先生には、「ゲノムスケール計測技術による水環境系マイクロバイオームの理解とそ

れがもたらす工学的インパクト」と題してご発表いただいた。技術革新によって安価になったシーケンシングが、微生物生態解析に、そして水環境工学にどのようなインパクトをもたらすのか、これまでの16S rRNA 遺伝子による解析からゲノムスケールでの解析への展開、ポピュレーションゲノムの構築、そして嫌気性排水処理システムの理解へと、本研究委員会がこれから取り組んでいかなければならない研究内容について最新動向を交え、お話いただいた。

山梨大学の野田先生には、「バイオマスの循環を支えるシロアリの多重共生系」についてご発表いただいた。シロアリそのものは日本水環境学会会員にはなじみが薄いかもしれないが、その研究内容は我々の研究内容に通ずるものが多くあった。メタEST解析やシングルセルゲノム解析による原生動物の共生関係の解明を通して興味深かったのは、嫌気環境にも関わらず発生した水素などはメタンへ転換されず酢酸に還元され、取り込んだ炭素源をロスすることなくエネルギー源として回収できるシステム（共生系）ができていたことであった。そしてメタン生成古細菌はその環境において存在していないということである。排水処理微生物群集と関わっているとメタンへの転換の促進を考えるが、逆転の発想からそのヒントはシロアリが作り出す環境を知ることにもあるのではないかと感じた。

名古屋工業大学の吉田先生には、「固体炭素と微生物間の相互作用」と題してご発表いただいた。微生物燃料電池のアノードの材料として、炭素材料の1つであるグラフェンの表面積の大きさに着目され、疎水性材料であるグラフェンにいかにして微生物を保持させるか、という難題に対し、酸化グラフェンを微生物によって還元させると共に微生物も保持させるという大変興味深いアプローチをとっていた。微生物による酸化グラフェンの還元にもなってゲル状の複合体が形成されていく様子は、視覚的にもインパクトがあった。実際の排水処理にも適用しており、微生物生態学的アプローチによって水処理材料を作り出し、工学的に利用・評価するというまさに本研究委員会が目指す柱の1つを具体化したお話であった。

本研究委員会の研究分野にはまだまだこれから挑戦していく課題が多くあるということを再認識すると共に、一研究分野だけではなく、多くの研究分野が融合することによって、新しい結果が導き出せる時代に本格的に突入したということを感じたセッションであった。

（東北大学 久保田健吾）

バイオアッセイ再考

バイオアッセイによる安全性評価研究委員会

本年度は“バイオアッセイ再考”と題して、6名の「水環境」や「バイオアッセイを用いた安全性評価」研究における著名な先生方をお招きし、ご講演いただいた。これまでの水環境分野におけるバイオアッセイの活用について振り返るとともに、今後の展望について提言をいただいた。パネルディスカッションもあわせて実施し、聴講者とともにバイオアッセイを再考した。以下に概要を示す。

始めに、須藤隆一先生（生態工学研：水環境行政の視点から）より、環境省が2011年にとりまとめた「今後の水環境行政のあり方について」の中で示された生態系保全の具体的方策のひとつとして、「生物応答試験を利用した排水管理手法」の内容整理と、今後の展望について整理された。水生生物保全を目的とした水質環境基準に始まり、従来の物理的・化学的試験に加えて生物応答試験（＝バイオアッセイ）を導入する意義や海外の状況、国内の検討状況を順序立てて詳細にご説明いただいた。また、今後の法整備や導入に向けてのいくつかの提言がなされた。

二つめに、中野武先生（大阪大：国際連携・化学分析の観点から）より、ダイオキシン類測定のスクリーニング手法であるイムノアッセイの利用経緯とその課題について、国際的な動向を交えてお話された。2004年に開催されたeシンポ「迅速分析とバイオアッセイ」での成果の紹介があり、とくにダイオキシンやPCBなどの化学分析では、一つ一つの異性体や同族体を同定・定量していくことは非常に煩雑であり、総体として評価するバイオアッセイを化学分析と補完し合うことの重要性が示された。

三つめに、西村哲治先生（帝京平成大：ヒト健康・生体影響の観点から）より、バイオアッセイの利用が、ヒト健康分野では主に有益性評価の観点で、生態毒性については化審法などの事前審査だけでなく、多種多様な化学物質の総体評価としての事後評価として利用する利点について解説された。また、比較的容易で短時間・低経費・低労働力のインビトロバイオアッセイとしてアセチルコリンエステラーゼ活性阻害試験を例に挙げ、分子レベルから細胞、組織、個体レベルでの有害性をキーイベントで結びつけて検討する Adverse Outcome Pathway (AOP) の重要性についても紹介された。

四つめに、有菌幸司先生（熊本県大：*in silico*, *in vitro*, *in vivo*の観点から）より、メダカや線虫を用いた *in silico* (シミュレーション) 評価, *in vitro* (試験管内) 試験, *in*

vivo (生体を用いた) 試験を組み合わせた研究紹介がなされた。とくにメダカの女性ホルモン様作用の検出系として、ドッキングシミュレーション (*in silico*), DNA マイクロアレイや受容体結合アッセイ (*in vitro*), ビテロジェニン産生能 (*in vivo*) などを組み合わせた詳細な評価結果とその整合性についてお話いただいた。

五つめに、古米弘明先生（東京大：アカデミア・学会の観点から）より、化学分析を補完する役割としてのバイオアッセイの意義が示された。一方で、環境省（2015年11月）からの「生物応答を利用した排水管理手法の活用について」の内容に対し問題提起された日本経済団体連合会からの意見書（2016年1月）をアカデミアとして整理する必要性が示された。問題解決のために、アカデミアとして科学的知見をわかりやすく社会に情報発信すること、簡素化や簡略化、人材育成などが指摘された。また、本会の現学会長として、研究委員会に対する期待として、地方自治体の支援やアジア地区でのコンソーシアムの形成、英文学会誌 JWET へのレビュー論文の投稿等の提言もいただいた。

最後に、鎌迫典久先生（国環研：生態毒性試験標準化の観点から）より、国内では機器分析による評価の代替手法と生態系評価のための生態毒性試験がバイオアッセイとして利用されているものの、生体内反応がブラックボックスとして取り扱われる場合が多く、誤解が多いとの見解が示された。そのなかで、分子・細胞レベルでの Molecular initiating event と adverse outcome を key event として繋ぎ AOP を理解することで、ブラックボックスがシースルーになり得る例として、ミジンコにおける幼若ホルモンの検討が紹介された。また、生態毒性の標準化の必要性が提言され、国立環境研究所生態毒性標準化拠点やリファレンスラボラトリー機能の意義・役割について紹介された。

その後、環境省を中心とした排水バイオアッセイの検討状況（①化学物質管理・水生生物保全、②試験の標準化・簡易化）、AOPの意義・活用法、地方自治体の活性化、人材育成などについて、聴衆を交えた活発な総合討論が行われた。水環境分野でのバイオアッセイの果たす役割に関する期待の高さが改めて明らかになった。

（国立環境研究所 山本裕史、
LSI メディエンス 新野竜大）

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 (3)

水環境と洗剤研究委員会

本委員会では、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。今年も、生活関連化学物質に関する環境研究について情報交換することを目的としてセッションを開催した。招待講演では、昨年度から重要なトピックとして話題提供されているパッシブサンプラーを用いた水環境モニタリングについて最新の知見を紹介していただき、一般講演では委員を中心として研究の進捗状況などについて報告していただいた。

招待講演では、大阪市立大学の遠藤さんより「パッシブサンプリングによる水環境汚染評価法の確立に向けて」という演題でご講演いただいた。まずは、パッシブサンプリング技術について、その理論と仕組み、ハウジングの構造やサンプラーの素材、浸漬方法や前処理、適用例など基礎的な情報をご紹介いただいた。また、キネティックサンプリングと平衡型サンプリングについて、そのメリット/デメリットについてもご紹介いただき、パッシブサンプリングの適用可能性などを理解することができた。近年、水質モニタリングにパッシブサンプリングを適用した研究が進展しており、海外ではパッシブサンプリングに基づいたモニタリングを導入する動きもある。従来アプローチ、すなわち、現場で環境水を採取して濃度を測定する方法では、濃度変動を捉えることは困難であり、物質のフラックスや生態系への影響を評価する上での大きな不確実性に繋がっている。キネティックサンプリングでは期間中の平均濃度を、平衡型サンプリングでは環境水中汚染物質の生物蓄積性に関わる遊離溶存濃度を把握することができるため、将来的な応用範囲は非常に広いと考えられる。ただし、対象物質の物性とサンプラーの素材の性質によってサンプリングレートや平衡到達時間の詳細な検討が必要となるなど、モニタリング技術として発展途上の側面もある。講演では、海水中のPAHsや底質中のPCBsについて、異なる素材を用いて平衡到達時間を検討した結果についてご紹介いただき、とくに低～中疎水性の物質については適用性が高いことが示された。疎水性の高い物質についても、採取期間や採取法を工夫することで適用可能であり、今後技術的に成熟することで非常に有用なモニタリング手法となることが期待できる。

大阪府立環境農林水産総合研究所の矢吹さんからは、POCISによる河川水中の農薬モニタリング事例についてご報告いただいた。ここでは、PESフィルターにHLB樹脂を詰めたPOCISを用い、キネティックサンプリングを行い、グラブサンプリング(従来法)で測定した濃度と比較した。大和川支流でのモニタリングの結果、従来

法では非検出だった農薬がPOCISで検出でき、検出感度という点でもパッシブサンプリングのメリットが活かされる結果となっていた。続いて、岡山大学の田村さんから、藻類・魚類の生物応答を用いた最終処分場浸出水の毒性評価についてご発表いただいた。WETのアプローチを応用することで最終処分場浸出水の生態影響を包括的に評価する手法が開発されており、今後他の環境水への適用など幅広い活用が期待される内容だった。花王の佐々さん、ライオンの木島さんからは、いずれも界面活性剤の生態リスクに関する研究をご紹介いただいた。評価対象とされたトリエタノールアミン4級塩、アルファスルホ脂肪酸エステル塩、メチルエステルエトキシレートは、それぞれ陽イオン、陰イオン、非イオン界面活性剤として家庭用の洗剤や柔軟剤に含まれる成分であり、環境や生態リスク評価が求められている。ハザード評価、環境曝露評価、およびPEC/PNEC比を用いた生態リスク評価は、洗剤メーカー各社によって体系化され、膨大な情報が蓄積されている。今回の対象物質については、PEC/PNEC比は十分低値であり、生態リスクを懸念するレベルではないことが示された。愛媛大学の野見山さんからは、インドの表層水と魚類血漿のモニタリングから、魚類におけるPPCPs汚染の実態について紹介していただいた。PPCPsには多様な物理化学性を持つ化学物質が含まれており、環境水のpHによって血漿への移行割合が影響されることが明らかとなった。京都大学の中田さんからは、新しい化学物質の規制・管理方法を提案していただいた。排水や環境水のニトロソアミン生成能を測定することで有害物質の前駆体の存在量を評価し、従来の規制対象物質そのものの測定では捉えられないリスクを管理する手法として、活用が期待される。同じく京都大学の雪岡さんからは、化成品に含まれるリン酸系有機フッ素化合物 mono-PAP, di-PAP の含有量に関する研究を発表していただいた。これらのPAPsはPFCAsの前駆体となる可能性があることから、影響評価や製品中の使用実態の情報が求められている。最後に磯部から、これらの環境モニタリングや生態リスクの結果について、情報をデポジットするための公開データベース構築について紹介した。環境モニタリングは、多大なコストと労力を費やして実施されるが、データの二次利用はほとんどされない。そのため、環境モニタリング情報をデポジットするプラットフォームとしてChemTHEATREというデータベースを立ち上げて運用を開始した。

全体のまとめとして、引き続き環境分析と毒性評価の両面から包括的に影響やリスクを評価することが重要であるという共通の理解が得られた。

(国立環境研究所 磯部友彦, 京都大学 中田典秀)

湿地・湖沼・沿岸域の動態と保全，八郎潟のいま

湿地・沿岸域研究委員会

「八郎湖」についての口頭発表3件と「湿地・湖沼・沿岸域の動態と保全」についての口頭発表11件が行われ活発な討議がなされた。

山室（東京大）は「他の指定湖沼の状況から考える八郎湖の水質保全対策」と題して、宍道湖（汽水）における沈水植物繁茂前後の水質とアオコ、琵琶湖（淡水）における沈水植物とアオコの関係を整理し、八郎湖の現在の水質保全対策を考察した。岡野ら（秋田県立大）は「八郎湖沿岸における有毒アオコの消長特性」について発表し、2014年3月から2015年12月までの八郎湖の野村港での表層水の分析結果から、水温20度以下となる10月におけるアオコの発生は、八郎湖特有の現象であると考察した。藤林ら（秋田県大）は2016年6月以降毎月、八郎湖の湖心付近で魚類と底泥を採集し、「八郎湖の水生動物相と食物網の季節変化」を検討した。ワカサギ、ギンブナ、マゴイ、ウキゴリ、ヌマチチブ、ジュズカケハゼ、スズキが6月、7月ともに確認され、餌の炭素安定同位体分析から、懸濁物質と底泥のそれぞれを餌源としていることが示された。

村上ら（千葉工大）は2015年11月と12月に谷津干潟の付着珪藻と底生動物、水質を調査し、「谷津干潟（船溜り・三角干潟）における生物・水質・健全性調査」について発表した。底生動物、付着珪藻、水質から、谷津干潟は汚濁していると評価され、干潟版水環境健全性指標によっても健全性は高くないと評価された。

琵琶湖について3件の報告があった。古田ら（滋賀県琵琶湖科七）は「琵琶湖沿岸帯における底泥の評価について」を発表した。2013年と2014年の冬に琵琶湖北湖、南湖の計4地点で採泥を行い、底泥中の藻類細胞を観察した結果、人工的湖岸では酸化還元層が薄く、藍藻細胞が多く存在することを示した。鍋谷ら（京都大）は、2016年6月に琵琶湖南湖において、2種類のプランクトンネットを用いて28.9～35.0 m³の表層水を観察し、「琵琶湖南湖における100 μmプランクトンネットを用いたマイクロプラスチック調査」について発表した。全部で19種類、合計976個のマイクロプラスチックを観察し、漂流密度は平均2.51個 m⁻³であったこと等を報告した。高見ら（京都大）は2012～2015年度にかけて琵琶湖抽水植物群落55群落におけるオオバナミズキンバイの分布調査を行い、「琵琶湖岸の雄琴港、山下湾における地盤高と有義波高に基づいたオオバナミズキンバイのポテンシャルハビタットマップの作成」について発表した。各環境要因との関係を解析した結果、地盤高と有義波高が本種の生育地を制限する要因のひとつであると考察した。

坂巻ら（東北大）は、「炭素安定同位体比と脂肪酸組成

の分析に基づく志津川湾における粒状有機物動態の解析」について発表した。志津川湾における粒状有機物と主要な養殖生物であるカキの餌料の起源・組成の季節変動パターンを示した。田中ら（八戸高専）は、2014年5月から2015年12月にかけて計13回の水質調査を実施し、「遺伝子マーカーを用いた燕島海水浴場の糞便汚染調査」について発表した。とくに5月から7月にかけてウミネコによる汚染の可能性があることが示された。

中原ら（広島県環保協）は、「アサリ増殖のために開発した施肥材の効果について」を発表した。2015年5～11月に底泥表層のChl.aと間隙水中の溶存態窒素、溶存態リン等を分析した結果、アゼ板を設置した干潟に施肥材を散布することで、アサリの重量が増加する可能性が示された。鐘ヶ江ら（日本ミクニヤ）は、「漁場耕耘によるアサリ漁場改善技術」について発表した。長崎県諫早市の漁場で噴流式耕耘を実施し、ホトトギスガイ、アサリの生息状況の調査を行った結果、噴流式耕耘が有効であることが示された。藤井ら（米子高専）は、「中海米子湾浄化試験による底質環境の遷移に関する研究」について発表した。米子港における貧酸素改善事業の影響評価を行うために、水質、底質、生物を調査し、月に1～2回の耕耘を行うことで、耕耘前には15%程度あった強熱減量を半減する効果が示された。

山本ら（山口大）は、インドネシアのブンカリス島を対象に、干潟の泥炭のコアサンプリングを行い、「泥炭デブリの堆積によって発生した新規マングローブの底質特性」について発表した。その結果、新規に形成されたマングローブ林は泥炭によって形成された砂州の背後に成立しており、その内部に粘土を堆積していたと報告している。大道ら（広島県環保協）は、「岩国地先におけるアマモ場の回復事業について」を発表し、順応的管理の手法によるアマモ場の再生の取り組みとその評価について報告した。

9月14日午後には、八郎湖野外実験現場でアオコの発生状況を視察した。分厚い層になったアオコを目の当たりにし、改めて現場を見ることの大切さを実感した。その後、八郎湖の水管理を行っている南部排水機場を見学し、地下のポンプ施設などの説明を受けた。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。本見学会では秋田県立大の藤林先生のご案内を受けた。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新たな展開 ～受水域の視点から～

ノンポイント汚染研究委員会

ノンポイント負荷の研究が進展するにつれて、非正常性、不均一性といった特徴をめぐる現状と、それにとまなう問題が明るみになりつつある。しかし、ノンポイント研究分野と他分野（住民を含む）との間で、問題の認識が、どの程度、一致または乖離しているかについては、十分な整理や関連付けがなされていない。例えば、貧栄養化が問題となっている受水域では、ノンポイントの「負荷」は必ずしも「汚染」とは限らない。この齟齬を解消するには、受水域の問題とノンポイント負荷の因果関係を明確にすることが必要であり、本セッションの議題とした。セッションは7件の講演と総合討論の2部構成で行われた。後者では、受水域の問題意識と水質指標を関連付ける新たな定量的指標、さらにモデルへの活用について議論が交わされた。

1. 森林からのバックグラウンド流出負荷算定の意義や手法を考える (原田茂樹 (宮城大))

バックグラウンド流出負荷（シリカを中心に）の観測と算定、ならびにセシウムへの適用を行う上での留意点についての解説がなされた。算出には先行6日間降雨による単回帰が妥当であるとの紹介があった。さらに、懸濁態が多くを占めるセシウムに着目する際、空間線量を考慮するとともに、サンプリングには堰による捕捉が有効であるという提案もなされた。

2. 弾力的で余裕のある面源負荷としての農業調査計画の必要性—淀川の移植後湯水、台風大出水、秋季高濃度の農薬流出モニタリング— (海老瀬潜一 (元摂南大) ほか)

淀川の本支川における長期間かつ高頻度の農薬の定時モニタリングの調査報告があった。期間中に生じたスーパー出水では、通常検出されることのない農薬が高濃度で検出されたとの報告があった。したがって、精度の高い年間流出負荷量や流出率の算定には、追加ないし臨時の調査を行うなど、大出水に対する柔軟な対応とデータの蓄積が必要であると指摘された。

3. 流域スケール水環境管理モデルの展開：窒素収支ネットワークモデルを用いたベトナム北部におけるケーススタディの紹介 (西田継 (山梨大))

ベトナム北部のダイ・ヌエ川流域における窒素収支ならびに窒素トレースの推定に関して、Material Flow Analysis (MFA) を用いたシミュレーション結果が紹介された。ハノイ市街地からの窒素負荷の影響が水田からの流出負荷に続いて大きいことが示された。今後は、現地観測データや他のモデル結果と比較して、パラメータの妥当性を検討するとのことであった。

4. 負荷の成分比が受水域の低次生物生産へ与える影響のモデル解析 (増田貴則 (鳥取大))

生食連鎖と微生物食物連鎖から構成された概念型モデルを用いた、流入負荷の量的・質的变化による生物生産や水質への影響についての研究が紹介された。リンの流入削減

によってプランクトン等のバイオマス合計量および水質は影響を強く受けるものの、メソ動物プランクトン量については、栄養塩の減少に連行しないといった結果が示された。

5. 栄養塩を増やせば魚は増えるのか？～栄養塩負荷が高次生態系に与える影響の簡易モデル解析～ (佐藤祐一 (滋賀県・琵琶湖研セ))

今後の栄養塩の増減が魚類等の高次生態系の資源量に与える影響を簡易な食物連鎖モデルによって、シナリオ分析を行った研究についての紹介があった。栄養塩類の増減を想定したケースにおいて、流入負荷の変化に最も敏感に反応したのは魚類バイオマスであったが、魚食性魚類が増加するケースもあり、栄養塩類の増加が望まない魚類の増加につながる可能性が示唆された。

6. 受水域の活用ビジョンと栄養塩管理の方向性～水質改善と水産資源回復と気候変動緩和の視点から～ (相馬明郎 (大阪市大))

「流入負荷」の「水質改善」、「生物の回復」ならびに「気候変動の緩和」への影響に対して、内湾複合生態系モデル、大型珪藻生態系モデル、ブルーカーボン生態系モデルを活用し、予測した事例について講演していただいた。流入負荷に対して、貧酸素化と有機汚濁の改善には削減、底生動物・ノリなど水産生物の回復には微増、気候変動緩和には増加が適していることが示唆された。

7. 降雨時栄養塩流入負荷の内湾水質への影響 (井上隆信 (豊橋技科大))

赤潮・貧酸素水塊の発生が顕著な渥美湾を対象に、降雨にともなう栄養塩流入負荷後の内湾の水質への影響についての実証的かつ数値的な検討が紹介された。調査、検証を通じて、降雨にともない、湾内における栄養塩の空間的挙動が変動することが示された。さらに、降雨によって河川から栄養塩類が供給され、植物プランクトンが増殖することが示唆された。

8. 総合討論

受水域で起こっている問題は、必ずしも水質だけでなく十分に解明されているとは言えないことが確認された。種々の水域におけるアジェンダをみると、水域のあり方は「健全な」または「豊かな」状態が望ましいという表現に留まっており、これを定量的に示す指標がない現状も浮き彫りとなった。この現状に対し、水質、生態、漁業（そして周辺住民）などの様々な観点から水の状態のあるべき姿を議論し、総合的な指標を提示ができるように、ノンポイント研究を行っていくことが必要であるとの結論に至った。また、総合的指標のモデルへの適用性については容易に解決できる課題ではない。既存の環境基準に則った指標のみで受水域のあり方を追求するのではなく、受水域を取り巻く各要素間の相互作用を正確に把握していくことも必要であると確認された。引き続き、調査によるデータ蓄積、それに基づくモデル開発が重要になろう。

(大阪府立大学 櫻井伸治)

東北の事例から見る水環境教育の実践のあり方と課題

水環境教育（WEE21）研究委員会

前々回、第17回シンポジウムでのWEE21セッションでは、「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－」と題し、専門家などによる社会見学での指導方法や補助教材、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作った。社会見学をはじめとして、児童生徒にとって水辺の体験学習がますます求められている。そのためには、教育機関と外部団体（環境NPOなど）との連携が重要である。

そこで今回は、小学生らによる、長年にわたる水環境調査・研究活動実績（東北支部・水すまし賞）が多い東北が会場となることから、豊かな水辺体験に基づく環境意識と行動力の向上を探ると共に、教育機関との連携のあり方を考えてみた。会場には常時20数名の参加を得た。

1. 発表

依頼発表は、水辺体験がもたらす水環境意識の形成に関して1題、東北の児童生徒による水環境調査・研究活動を表彰する立場から1題、水環境教育を実践する報告を2題、公募1題とした。

水辺に対する意識は各人の質的・量的な水辺体験の影響を受けていると考えられる。そこで、「水辺体験がその後の水環境意識形成に及ぼす影響」（大塚氏、東洋大）では、幼少期の水辺体験の量（接触機会）に着目し、水辺全般の関心の程度および近隣の水辺への意識に与える影響についてアンケート調査で評価した。5段階リッカート尺度の回答データについての主成分分析から、「屋外で過ごす割合と水辺関心度には正の相関」、「水辺全般への関心の低さが近隣水辺を不要と思う意識を助長する」ことを明らかにした。さらに、放課後の外遊びに対する保護者や学校の許諾、チャイムの有無などによる影響を探り、水環境意識を高める上で幼少期に水辺体験の量を増やすことがとくに重要であると結論づけた。

一方で、現在の児童生徒の親世代から水辺体験が不足しており、親任せだけでは水辺体験量を増やすことはできない。恵まれた自然環境を活かし、種々の自然体験学習・活動が東北で実践されている。そのような学習のうち、とくに優れた水環境保全活動・調査研究活動を東北支部では平成4年度から表彰してきた。同表彰活動に長年関わってきた矢野氏（東北工大）は、24年間で101校（うち小学校55校）の表彰実績とともに、「科学的な方法・見方・考え方に基づいた活動」とした審査基準の1つに不適合な案件への対応や、時間をかけた調査研究の活動報告（応募）が出尽くした感などの課題を挙げた。

すなわち、児童生徒による優れた調査研究活動を開拓していく上でも、学会員など専門家による持続的な助言や協力が求められていることを意味する。そこで、秋田の事例として、「大館自然の会の活動と環境教育」（伊藤氏）と題し、長木川流域での水源の森づくりや市民の森でのトンボ公園づくり（22年目）等を通じた水質・生

物調査活動、環境副読本の刊行と普及、環境学習支援などについて報告いただいた。長年にわたりすべての活動を市民と共に進め、水環境文化賞（平成25年度）も受賞した団体ではあるが、会員の高齢化や参加者の減少（地方の少子化）、専門的・科学的知識不足による活動のマンネリ化などの課題を抱えている。

一方、本会会員の橋本氏は夏井川流域の会の会長を務め、流域住民の上下流連携をめざして活動している。福島原発事故を受け、住民の関心も高く、流域一斉水質調査や通日調査の実践では科学的なデータの取扱や解釈を専門家として対応している。また、流域住民との懇談の場を設定して、水質改善を促すよう支援したり、河川観察や水質調査などを通じての上下流の小学校間での交流も進めている。

河川環境の改善には流域住民自身が自らの問題として主体的に行動することが重要と考えてはいるものの、活動の主体を担う人材はまだ不十分である。大塚氏の発表にも関連するが、次世代を担う子どもたちが気軽に川に親しむには、より身近に親しめる河川空間があると同時に、保護者の理解が必要であることを述べている。そのためには、安全が担保される場や機会の提供を続けて、保護者への理解を促すのが大切である。

以上4題の他、公募1件は、七戸川（青森県）で実践されているインターネット対応のwebマップアプリを用いた小学生による水環境調査活動についての報告であった（三上氏ら、元青森環境管理事務所）。小学生による水環境健全性指標調査データを、開発したアプリ、Google Mapを用いて誰もがインターネットで共有できるようにしたものである。今後、データの活用（表現方法）や更新、管理体制のあり方が検討され、学習教材・ツールとしての普及に期待したい。これは、水環境健全性指標による評価活動を市民に認知してもらい、定着させるためにも重要な課題である。

2. 総合討論

発表では、東北での活動報告から、市民活動による豊かな経験知に触れた。しかしながら、市民活動団体は高齢化や担い手不足、専門知識の不足に問題意識を持っている。一方、本会会員ら専門家は専門知を持っているものの、市民団体が有する経験知との融合が十分図れてこなかった。東北では支部による表彰制度がその接点を作り、専門家が持つツールや知識の活用が期待されていたところではあったが、十分ではない。学会員自らが市民活動の一員として関わっていくことも必要だろう。一部の団体には専門家が主力として活動して、専門レベルの高い活動も見受けられ、学会員が学ぶ場にもなり得る。さらに、教育機関や地域住民ともつながっている公民館が主体となって学会（専門家）と連携していけないか、問題解決に対して他学会（とくにニーズのある生物系）との連携のあり方、水生生物調査参加学校へのフォロー活動などが提案されるなど、専門家と市民活動とのつながり作りが議論された。（東北工業大学 山田一裕）

健全な水環境・水循環創造のための膜技術の展開／ 人口減少社会における膜の可能性

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14回目となった。開催形式は、広島大学の都留先生による特別講演を含む3部構成とした。都留先生には、「多様な水源に対応できる Robust RO/NF 膜の開発とその応用」と題して、Robust 膜の革新的な技術をご講演いただいた。後半の2つは、通常のセッション形式で、「膜の適用拡大に向けた最新技術動向」および「膜利用アーカイブ」と題して開催した。

なお、前半の講演件数は7件、後半は2件で、今後、広範囲に広がる膜技術のあり方・行く末について、活発な議論が行われた。

1. 「多様な水源に対応できる Robust RO/NF 膜の開発とその応用」

都留稔了（広島大学）

Robust 膜は、膜開発指針のパラダイムシフトをもたらす革新的なコンセプトである点と耐塩素性や耐熱性に着目した Robust 性についての講演をいただいた。

2. 「膜の適用拡大に向けた最新技術動向」(前半)

座長：森田優香子（クボタ）

2-1「膜ろ過処理による水系感染症ウイルスの除去」白崎伸隆（北海道大）：膜ろ過における水系感染症ウイルスの処理性の評価について報告があった。その結果、塩基度が高く硫酸を含まない PACI を用いた凝集-MF 膜処理により、pH 7 および 8 のいずれの凝集条件においても 4 log 以上の高い水系感染症ウイルスの除去率が得られることが明らかとなった。

2-2「MBR による一槽型アナモックス処理」金田一智規（広島大）：一槽型アナモックス MBR において槽内 DO と亜硝酸濃度を制御することで、AOB とアナモックス細菌の優占化が可能であることが報告された。

2-3「飲用再利用における逆浸透膜によるニトロソジメチルアミンの除去」藤岡貴浩（長崎大）：2次処理水を用いた場合、ファウリングにともなって NDMA 除去率が増加することが報告された。ただし、ファウリング層構成物質により NDMA 除去への影響は大幅に異なることも分かった。

2-4「災害時等仮設下水処理施設への適用に向けた単槽式 MBR のろ過性改良薬剤添加運転の検討」花本陽介（日立製作所）：小規模下水処理場における災害時の応急復旧処理や更新工事期間中の仮設処理に適用可能な単槽式 MBR についての実証検討結果の報告があった。ろ過性

改良薬剤添加により、供試汚泥のろ紙ろ過量は最大で約 2~3 倍に改善できること、ろ過性改良薬剤の補充添加率を、1 回あたり最適添加率の 10%、3 回/日とすることで、TMP の上昇を抑制することなどが報告された。

2-5「網羅的遺伝子発現解析 (RNA-seq) による活性汚泥の機能診断」佐藤由也（産総研）：重油分解では脱窒菌が中心的な役割を果たしており、それらの活性維持のために NO₃⁻ の供給が極めて重要であることが報告された。NH₃ から NO₃⁻ を生成する細菌群 (AOB, NOB) の存在量は全体の 1% にも満たないが、これらの働きが MBR の重油分解活性維持に必須であった。活性汚泥の機能診断技術として本解析技術が極めて有効であることが示された。

2-6「膜供給水のバイオポリマーの評価方法に関する一考察」貝谷吉英（水 ing）：海水の FP（ファウリングポテンシャル）発現において、100 kDa より大きい BP（バイオポリマー）が比較的影響力を持つものの、他の FP 発現因子、BP 以外の分子量領域に影響因子が存在すること、水道原水においても同様な現象が存在することが予想されるとの報告があった。

2-7「水位差利用による省エネ型膜ろ過水道システムの紹介」鮫島正一（膜分離技術振興協会）：比較的大規模の浄水場を対象とした、膜ろ過設備の省エネ技術について報告があった。省エネは、浄水量の大小には因らず、「膜の省エネ」から「膜による省エネ」へ発想を大きく転換すべきであるとの意見も示唆された。

3. 「膜利用アーカイブ」(後半)

座長：木村克輝（北海道大）

日本初の RO 膜の稼働から、膜ろ過がわが国に普及し、実に 45 年が経過している。膜ろ過普及の創生期を知る 2 名の講演者に、情報提供していただき、「膜利用アーカイブ」とのテーマにて、闊達な議論が行われた。

3-1「水処理における膜分離システム構成の歴史と展望」澤田繁樹（ウェルシー）：有機膜を中心とした膜ろ過普及の創生期から現在に至る経緯について、幅広い分野での膜の活用と言う視点で多くの示唆があった。

3-2「セラミック膜浄水技術について」米川均（メタウォーター）：セラミック膜の開発経緯とその設計に関して、技術的な側面から報告があった。膜内部の濁質閉塞メカニズム等の詳細な定義と、実験データ等により、これまでの開発の歴史が垣間見えた。

（水 ing 株式会社 須田康司）

UV-LED と紫外線技術の新展開

紫外線を利用した水処理技術研究委員会

水処理に使われる紫外線光源は、今までは水銀ランプが主に使われてきた。水俣条約を契機に水銀レス光源である UV-LED に注目が集まっているが、その開発状況についてはあまりよく知られていないのが実情である。そこで本シンポジウムにおいて「UV-LED と紫外線技術の新展開」と題し、UV-LED およびそれを光源として用いた水処理装置に対する現在の開発状況について、産学の立場からそれぞれ報告を行い、現状についての認識を新たにした。また最新の紫外線技術に関する発表を 5 件行うと共に、最後に総合討論を行った。

1. UV-LED 関連

「紫外発光ダイオード (UV-LED) を利用した水処理技術の研究動向と課題」小熊久美子 (東京大) は、紫外線を放射する紫外発光ダイオードに関する学術分野における研究動向を整理し、「水処理」かつ「紫外線」かつ「LED」を含む論文について概して増加傾向にあり、2015 年には過去最多の 58 論文が発表されたこと、また、装置評価の基礎となる紫外線量の測定方法について、UV-LED 装置でのプロトコルが統一されていない点、さらにレイアウトの自由度が高いという UV-LED の特性は、水銀ランプの置き換えではなく、UV-LED ならではの新規用途開拓の可能性等、現状と課題および将来展望について述べた。

「UV-LED を用いた入力電力あたりのウイルスに対する不活化効果」橋本翔太郎 (立命館大) からは、紫外線波長が変更可能な UV-LED を用い、波長ごとの大腸菌フェージ MS2 に対する不活化効果を調べた結果、入力電力あたりの不活化速度は 280 nm で最大の結果を示し、UV-LED による消毒は、大腸菌フェージ MS2 を用いた場合では、280 nm が最もエネルギー効率のよい波長であることが示された。

「UV-LED 光源を用いた流水式紫外線照射装置のシミュレーションによる微生物不活性化性能検討」山越裕司 (日本フォト) からは、微生物不活化の市場で現状の水銀ランプが UV-LED に置き換わる可能性について、UV-LED を用いた流水式紫外線照射装置による実験結果とシミュレーションを用いて比較検討を行った結果が報告された。

「深紫外線 LED を用いた水殺菌応用」渡邊真也 (日機装技研) からは、波長 285 nm を発光する深紫外 LED (DUV-LED) を光源として用いたリアクターで、DUV-LED の利用効率の向上についての検討を行った結果、DUV-LED の特徴を生かしたリアクター構造の設計と光波長の最適化を行うことで、従来の外照式リアクターに比べ効率がおおよそ 4 倍になったと報告がなされた。

「水道適用に向けた LED 紫外線照射装置の開発」五十嵐倫子 (水 ing) は、浄水場施設の平均水量が 500 m³ 日⁻¹ でクリプト対策が未実施の施設が 1,700 ヶ所以上あり、LED 紫外線照射装置の市場として有望であることを示すと共に、LED 紫外線照射装置の課題として、LED 素子

の性能向上と装置設計の最適化が必要との認識を示した。

2. 紫外線技術の最新情報

「サリチル酸法を用いた促進酸化由来のラジカル測定と定量について」高浪龍平 (大阪産大) からは、サリチル酸法を用いた紫外線、オゾン、過酸化水素を併用した促進酸化処理により、それぞれの反応で生成した分解副生成物とラジカルの発生についての比較を行った結果が報告された。

「真空紫外線によるウイルスの不活化速度に関する検討」中村知克 (立命館大) からは、真空紫外線である波長 147 nm の紫外線による大腸菌フェージ X174 の不活化効果に関する検討を行った結果より、真空紫外線による不活化は可能であること、他の波長の照射と同様に、一次反応的な減少であることが示されたが、H₂O による真空紫外線の吸収により過酸化水素やオゾンなどが生成し、それが影響している可能性もあることも考えられると報告がなされた。

「ATP を用いた迅速測定法とコロニー測定法における紫外線消毒の評価」山下素史 (立命館大) からは、紫外線の消毒効果の測定方法として、蛍光成分であるホタルルシフェラーゼを利用した簡易的な ATP の迅速測定法を検討した結果が報告され、評価は可能であるが、不活化状態であっても ATP を消費しながら生存している可能性と Log 蛍光残存率が肩を持たないという今後の課題が示された。

「螺旋流外照式紫外線照射装置による超低透過率水の消毒～MBR 処理畜産排水への適用～」出口憲一郎 (千代田工販) からは、廃水中の病原ウイルスの問題が表面化しつつある畜産廃水処理施設の廃水に対して紫外線照射を行い、紫外線透過率が極端に悪い水に対して、高い紫外線照射効率を得られる「螺旋流外照式紫外線照射装置」を用いることで、5 log 以上の不活化率が可能であることが報告された。

「流水式紫外線照射装置の性能評価において供試微生物を用いる際の問題点とその解決策」大瀧雅寛 (お茶女大/日本紫外線水処理技術協会 技術委員会) は、紫外線照射装置の性能を確認するために主に用いられている、紫外線耐性が既知である供試微生物を用いた生物線量計により求められる平均的 UV 照射量である RED (換算紫外線照射量) について、注意しなければならない問題を指摘しその解決策を提案した。

3. 「総合討論」

口頭発表終了後「総合討論」が行われた、本セッションで特集した UV-LED については会場から、「UV-LED は新しい市場の開拓がブレークスルーにつながるのでは」といった意見や「LED の特色を活かした用途・装置デザイン」の追求が必要では」といった意見が出されるなど、活発な議論がなされた。(岩崎電気(株) 岩崎達行)

低コスト・省エネルギー型の水処理技術

産業排水の処理・回収技術研究委員会

午前・午後の2部構成のセッションを行った。午前の部として2件の招待講演と6件の一般講演、午後の部として1件の招待講演と6件の一般講演を行った。以下に各講演の概要を報告する。

1. 午前の部：招待講演

まず、「水再利用の国際標準化動向」と題して、造水促進センターの大熊氏に講演していただいた。ISO/TC282「水の再利用」の専門委員会において、日本から①「健康リスクの評価」、②「再生水のグレード付け」、③「水の再利用のための処理技術評価方法」のガイドラインを提案し、現在、各国からのコメントを受け修正ガイドラインを策定中である。本規格の策定により、国内の優れた技術、製品が適切に評価され、海外で普及することが期待される。なお、他国から「工場における水効率管理システム」、「海水淡水化についての規格開発」の提案もあり、今後も国際標準化動向を注視していく必要がある。

次に、京都大学の山下先生に、「都市水循環系構築のための下水処理水の再利用技術」と題して、国のプロジェクト（CREST, B-DASH プロジェクト）で実施している下水処理水の再利用技術の構築と実証試験の状況について講演していただいた。下水処理水を、UF膜+UV処理することで従来法に比べて、エネルギー効率が良く、安定して高いウイルス除去率の結果を得た。1,000 m³ d⁻¹の実証事業を沖縄県糸満市浄化センターで実施しており、再生水を利用して農作物を栽培し確認試験も行う予定である。

2. 午前の部：一般講演

メタウォーター(株)の石川氏に、「セラミック膜による油田随伴水処理」と題してベンチスケールの膜ろ過装置を用い、フィールド実験を行った結果をご講演いただいた。逆洗、薬品洗浄の併用により、膜透水能を維持回復させ、長期間にわたる安定した膜ろ過処理ができることを実証した。

近畿大学の緒方先生に「ニッケル-コバルト複合水酸化物によるリン酸イオン吸着能に関する基礎研究」と題してご講演いただいた。焼成処理により、比表面積および表面水酸基量が増大し、リン酸イオンの吸着量が増大する。また、アルカリ性水溶液により、リン酸イオンの回収と水酸基の再生が可能であり、実用化が期待できる。

(株)東芝の堀川氏には、「凝集物可視化による凝集状態の定量評価」と題してご講演いただいた。画像処理により凝集物の状態を評価し、背景、ゲル、濁質の3成分に分離し、面積比（濁質の面積/凝集物の面積）と原水濁度、凝集剤添加量の相関を確認した。

(株)日立製作所の和田氏に、「高温洗浄水再生に適用するオゾン処理の特性評価」と題して、産業プラントの機器洗浄に利用されることの多い高温洗浄水を対象として、微量有機物をオゾン処理し、再利用する省水・省エネルギーシステムを検討した結果をご講演いただいた。

ライオン(株)の西川氏に「洗剤工場における製造工程排

水のリサイクル技術の開発」と題してご講演いただいた。設備洗浄水、ボイラー用水として再利用することで、リサイクル率は約40%、年間節水量は約6万m³が見込まれた。

オルガノ(株)の瀧口氏に「凝集膜ろ過による高濃度懸濁物質含有原水の処理技術開発」と題して新潟市水道局阿賀野川浄水場において、台風時の河川水に対する凝集膜ろ過（UF中空糸膜）の検討を行った結果をご講演いただいた。

3. 午後の部：招待講演

「微細藻類ユーグレナを活用したバイオリファイナリーの可能性について」と題して、関連分野で注目されている藻類を活用したバイオ燃料の可能性について(株)ユーグレナの鈴木氏にご講演いただいた。藻類は、食品としての産業利用が進んでいるが、一部の種類では、ワックスエステルを細胞内に蓄積することから、ジェット機燃料への利用も期待されている。今後、微細藻類の燃料化の実用化に向けて、大規模な生産技術の確立が必要とされている。

4. 午後の部：一般講演

住友重機械エンバイロメント(株)の三井氏に「高濃度有機排水処理の運転コスト削減に関する検討」と題し、食品工場排水に含まれる油脂を余剰汚泥懸濁物質に吸着させる検討結果をご講演いただいた。

秋田大学の東大野氏には「回転円すいによる周囲環境の熱および溶存酸素の同時制御と消費動力」と題して、養液の溶存酸素濃度と周囲の気温の同時制御が求められる植物工場での応用についてご講演いただいた。

(株)トーエネックの近田氏には、「酸素供給型DHS (Down-flow Hanging Sponge) リアクターによる食品工場排水の連続処理」と題してご講演いただいた。高濃度（90%程度）酸素を導入することで高負荷運転へ対応できるように改良したリアクターでは、チオウバエの発生は認められず、汚泥生成量も少ない優れた結果を得られた。

秋田大学の遠藤氏には、「フェライトモーションコントロールを用いたゼロ・エミッション排水処理技術」と題して、磁性体酸化鉄粒子を交流電源と接続した電磁石で振動させ、細胞の破碎・可溶化を図る技術についてご講演いただいた。

栗田工業(株)の田中氏には「低コスト化に向けた革新的な曝気槽の開発～規格型タワータンクの性能確認～」と題して、初期コスト低減・納期の短縮を目指した高水位の規格型タワータンクの開発についてご講演いただいた。

水ing(株)の飯倉氏には「低温条件における低濃度有機性廃水の担体投入型嫌気性処理」と題して前段に酸発酵槽を設けた担体投入型嫌気性流動床の水温が異なる3条件で評価した結果をご講演いただいた。

(北九州市大 寺嶋光春)

水環境分野のモデリング —モデルの意義を考える—

システム解析研究委員会

1. はじめに

現在、集水域や河川、湖沼を対象として水環境や流域の解析、物質の挙動を示すモデルは数多く存在している。それは、時間的・空間的に調査の実施（モニタリング）が難しく、経済的・作業的な理由から実施が困難であるという理由が多いように思われる。そこでシステム解析研究委員会では、昨年度のシンポジウムから、この”モデル”をテーマとしたセッションを開催している。今回のセッションでは、“モデルの意義について”と題し、2名の講師よりご講演をいただいた。

2. 路面負荷流出予測のためのモデル構築と評価 ～最初のアプローチから次への進展～

琵琶湖淀川水質保全機構水質浄化研究所の和田桂子副所長からは、閉鎖性水域の水質保全を目的とした市街地汚濁負荷に関する道路排水に着目した研究を基にモデル構築と研究展開についてご講演いただいた。以下、ご講演内容を要約する。

琵琶湖の水質保全を推進するため、集水域の急速な都市化による道路からの汚濁負荷量や削減対策の評価が重要と考えたことが研究のきっかけである。流出汚濁負荷予測において、時間的変化を適切に捉えた量と質の面から定量化することが必要でありモデル構築を試みた。モデルは対象とする地域の調査データを用いることが望ましいため、主要幹線道路での調査や実験を実施し、負荷流出の実態と対策のための技術手法を検討した。

実際の調査で得た水質濃度測定と流量観測から計算した負荷量を実測値、構築モデルから算出した累加流出負荷量を計算値として比較検討した。しかし、有機物の形態別では同じ調査地点であっても初期流出区間で全く異なる挙動をとったことから、この原因究明が次の研究展開へとつながっていった。このような疑問の探究は、さらなる問題解決を深めるとともに、新たな研究課題へのアプローチを考えるきっかけとなる。流出挙動や負荷量予測、対策効果の評価等を行う際に用いられる手法の一つがモデルであるが、モデル構築が最終目的ではない。次の出発点に向けた一つのステップであり、それらを活かすためには、多様な分野の研究者間で議論や意見を交わしながら研究を進めることが重要かつ必要であると考える。

3. 湖沼や沿岸海域の水質・生態系モデル化について

横浜国立大学の中村由行教授からは、これまで実施されたモデル化研究の具体例を紹介していただきながら、モデルに関する総括的な問題意識、基本的事項についてご講演いただいた。以下、ご講演内容を示す。

水環境や物質循環を対象とするモデル解析において、その一つに特定の湖沼や海域、流域における栄養塩収支などの包括的な物質循環を表現するモデルがある。他方で、底泥の酸素消費速度など、包括的なモデルの一つの過程と考えられる素過程を対象としたモデル化も重要なモデル開発である。

包括的モデルには、現象理解のための学術的な用途、事業による環境影響を評価する用途、様々な環境施策比較評価などの行政支援用途などがある。素過程モデルの場合も学術的用途など多義にわたる。モデル化は、現象の解明だけではなく、水環境の修復事業の予測評価など、応用分野にも適用できる。モデル化で重要なことは、有能なモデルであれば、当初考えられた現象だけではなく、より広範な現象に対しても深い洞察を与えられることである。そして、素過程に近い研究ほど深い洞察につながりやすいことが一般的である。

また、水環境要素や変化過程の選択における基準と判断の適否、現象再現性の尺度など、開発や運用にかかる一定の方法や基準がないことが課題とされている。しかし、全ての用途に十分に働く汎用的な尺度が存在するわけではない。モデルの限界などを明示し、解析の結果を提示しなければならない。また、数理モデルの進展は計測技術やモニタリング技術の発展と質のよいデータの蓄積に負うところが大きい。モデルの開発者や使用者は、現地をよく知ることが必要である。

4. おわりに

今回のセッションでは、水環境分野における“モデル”そのものに着目した。モデルについての議論が深まり、そのあり方や意義を深く理解できたシンポジウムであったように思う。最後に、セッションへの参加者は19名であり、今回も中身の濃い議論が行われたことを報告する。
(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、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「工業電解用電極と環境・水処理分野における展開」

加藤昌明（デノラ・ベルメック）ほか
工業電解用電極の用途、種類および事例等について、不溶性陽極である寸法安定性電極 DSE® (Dimensionally Stable Electrode) を中心に講演が行われた。塩素発生用としてはクロルアルカリ製造（食塩電解）が、酸素発生用としては銅箔製造がそれぞれ事例紹介された。次に、環境・水処理分野での適用例として、DSE、機能水用電極、BDD 電極および二酸化鉛電極等が紹介され、電解による有価物回収技術（硫酸および水酸化ナトリウム）、COD 低減技術およびオゾン生成方法等についての説明がなされた。

(2) 「電気脱イオン装置の水流れ方向における弱イオンの除去特性」

佐藤 伸（栗田工業）
電極間のイオン交換膜の間にイオン交換樹脂が充填された「電気脱イオン装置」について、二酸化ケイ素 (SiO₂) の除去特性が報告された。2.5, 5 および 10A の異なる電流値における濃度変化から、HSiO₃⁻へのイオン化、電気移動および濃度拡散による逆移動の3つの因子がそれぞれ物質移動に作用していることが分かった。また、数学モデルは実験結果を良好に再現しており、弱イオンの移動解析が可能であることが示された。

(3) 「イオン半導体関連技術を基盤とする各種溶液等の環境負荷低減効果への寄与」

田村健治（首都大・産技高専品川）ほか
ランタノイド系酸化物を添加した高分子半導体であるイオン半導体を用いた環境負荷低減技術に関する包括的な実践例が報告された。イオン半導体は、各種溶媒あるいは雰囲気に対して、①強力な還元作用を発現させ、②粘度や表面張力を低下させることが報告されており、二次電池の充放電特性の向上、バッテリーの再生、食料品の鮮度保持および食用油や燃料の劣化防止等に関しての効果が報告された。

(4) 「炭電極を用いた電気分解による水質浄化実験—交番電圧を用いた回路を組み入れた場合—」

岡本強一（日本大・理工）ほか
炭粉末を圧縮・焼成した炭素板を陶器製容器に入れたものを電極として用い、植物肥料希釈水（0.01%）の電気分解による浄化実験結果が報告された。実験は、定電圧操作で極性転換を行う場合（交番電圧、1回/30分）と行わない場合（定電圧）で、15 および 20 V の条件で行われた。T-N の除去結果から、交番電圧を組み入れた回路では定電圧に比べ浄化性能は約 20%劣るものの、pH は酸性化せず安定していることが確認された。

(5) 「電解水素と酸素を用いた地下水連続脱窒処理」

牧野侑太郎（早稲田大）ほか
2 mm 径のガラスビーズを充填した模擬滞水層を用いて、SPE 膜電極の水電解により生成した水素と酸素を注入することによる合成地下水（硝酸性窒素 15 mg-N L⁻¹）の長期（約 1000 日間）連続脱窒処理結果が報告された。異なる流速および気体注入量に対して、亜硝酸が残留することなく、長期的な脱窒処理の安定性が示された。また、数学モデルにより、定常状態水質および条件変化への応答が概ね再現され、その妥当性が確認された。

(6) 「電解酸化セルを用いた着色废水处理における効率向上」

荻野 茜（神戸大院農）ほか
Pt/Ti メッシュを陽極および陰極として 1 mm 間隔で交互に 9 枚配置した電解脱色槽の省エネルギー化が検討された。アゾ染料 AO7 (Acid Orange 7) の回分処理結果から、高濃度域（色度 480-160）では、電解質の種類、濃度によらず電流効率が電流密度の上昇と共に低下したが、全電力消費の 70% 以上を占める低濃度域（色度 160-40）において、電解質を NaCl とし、その濃度を増加させることで、電流効率を改善できることが示された。

(7) 「電気化学的手法と石灰の併用による酸性河川水の中和処理」

浅野恭平（前橋工科大院）ほか
陽極に円筒形活性炭成型体、陰極に Pt/Ti 棒を用いた電解中和槽による酸性河川水（pH3 程度）の処理条件が検討された。また、石灰や焼却灰による中和処理への電解中和の併用効果について報告された。200 mA では、滞留時間（HRT）0.5 h 以上で中和が確認され、0.25 h 以下では確認されなかったものの、400 mA では、HRT0.125 h の条件下でも中和が確認された。また、電解中和併用により、石灰や焼却灰の添加量を低減できることが確認された。

(8) 「東京湾を対象とした堆積物微生物燃料電池の現地環境への適用の試み」

窪田恵一（群馬大院）ほか
底質改善を目的として、堆積物微生物燃料電池 SMFC (Sediment Microbial Fuel Cell) の東京湾における実証試験が行われた。SMFC は、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ており、運転開始 5 日目で電流値 5 mA 以上となり、約 140 日間の間、5~20 mA 程度で発電が維持された。また、底質の改善効果としては、ORP の改善、硫化水素およびリン酸の抑制効果が確認されたものの、酸素消費速度や強熱減量に優位な違いは見られなかった。

(9) 「総合討論」

座長：榊原 豊（早稲田大院）
各発表の質疑応答により、総合討論を行う時間がなくなったため、座長の榊原委員長による終わりの挨拶に替えられた。
(株式会社ヤマト 小森正人)

熱帯・亜熱帯地域の水環境の現状・課題 (主として陸水の視点から)

熱帯・亜熱帯地域の水環境研究委員会

本研究委員会は平成26年3月に設けられ、今回は節目の3回目で、26名が参加した。テーマを「熱帯・亜熱帯地域の水環境の現状・課題（主として陸水の視点から）」として、6件の発表および全体討議が行われた。その概要は、以下のとおりである。

1. 一般発表

(1) 「地下水窒素処理の長期試験を通じた硝酸性窒素除去と運転管理」 大山盛嗣（琉球大学）ほか
沖縄本島南部地域の花卉栽培ハウス内に小型実証試験装置を設置し、特殊硫黄資材による地下ダム農業用水中の硝酸性窒素の浄化効果運転管理方法について検討・考察を行った結果、特殊浄化材を用いて硝酸性窒素を安定して除去できることが明らかになった。

(2) 「農業集落排水施設流入水における不明水の動態」 李雨桐（鹿児島大学大学院連合農学）ほか
和歌山県にある稼働中の農業集落排水施設を対象として、流入水の変動特性と不明水の動態について調査を行った。一人当たり日流入水量には、週間変動があること、お盆と年末・年始の帰省等による日流入水量増加イベントが確認された。また、降雨にともなう不明水量について、降水パターンによって到達・影響時間が変化していることが確認された。

(3) 「農業集落排水施設における運転管理効率化に向けた試み」 阿部真己（いであ国土環境研究所）ほか
流量データの人為的な変動成分の抽出のため、複数の農業集落排水施設の時間流量データを用いて状態空間モデルで成分分解した。その結果、人間活動にともなう流量データの変動特性は複数の施設で同様の気温との応答特性がみられたため、一般化できる可能性が高まった。

(4) 「鹿児島県与論島地下水の水質組成分布と影響要因」 中野拓治（琉球大学）ほか
琉球石灰岩分布域である与論島において、地下水水質の組成分布とその影響要因について考察した。その結果、地域の地下水は、海塩と石灰岩溶解の自然現象や農地排水・畜産排水等の社会経済活動によって水質形成が図られていることが示唆された。

(5) 「農業集落排水処理水が流入する沖縄の農村河川における生活由来医薬品の浄化作用」

治多伸介（愛媛大学院）ほか
近年、新たな環境汚染物質として、生活排水由来の医薬品等のパーソナルケア用品（PPCPs）が注目され、さらに分解中間生成物（TPs）も汚染に関与していることが明らかになった。沖縄島の河川における調査では、夏期には大きなPPCPs浄化作用が期待できる一方で、冬期には、その作用は大幅に低下することが分かった。冬期の集落排水処理水のPPCPs濃度を低く保つことが重要と考えられる。

(6) 「沖縄島河川における高濃度溶存態ウランの供給機構」 宮城俊彦（元沖縄県衛生環境研究所）
公共用水域水質の要監視項目の1つであるウランについて、望月らは沖縄島の河川水について報告している。沖縄島南部の河川は総じて高く、報得川・国場川では水質基準を超えていた。湧水の調査および室内実験の結果から、ウランは $\text{Ca}^{2+} \cdot \text{CO}_3^{2-}$ と錯形成して泥灰岩から供給されたと考えられる。

2. 全体討議

研究委員会発足から3年になることから、「研究委員会活動の評価および今後の方向性」について全体討議を行った。最初に中野幹事長（琉球大学）から、これまでの研究委員会活動に関わる成果を共有するために、年会、シンポジウムでの発表および学会誌の論文の一覧について報告があった。今後の方向性について、温暖化にともなう自然環境の異変等に直面するなかで熱帯亜熱帯の水環境に係る研究の重要性は高まっており、研究内容の検証および再定義を行い、関係者で認識の共有を図る必要との提言があった。参加者から研究委員会の活動について内容が理解しづらいとの意見があり、意見交換を通して、今後の熱帯亜熱帯水環境研究について、定義とターゲットを明らかにして、関係者で認識の共有を図りつつ、調査研究の内容・成果がより活用されるよう取り組むことが重要ではないかとまとめられた。議論を踏まえて今後の方向性については、次の3年間、いくつかのテーマを準備して会員および関係者に周知を図り、熱帯亜熱帯水環境研究に係る情報共有と研究者ネットワークの拡大等を通じて、研究委員会活動の活性化と当該研究分野の研究発展に繋げていくこととなった。

（元沖縄県衛生環境研究所 宮城俊彦）

農産業に関わる水・バイオマス利用の現状と課題

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昨年度発足した。本セッションでは、基調講演1件、依頼講演4件および実務者からの話題提供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。

下水処理水の農業利用における現状と今後の発展性

(治多伸介氏, 愛媛大学)

下水処理水の再利用の歴史が「世界の動き」と「日本の動き」を軸に紹介され、その上で、下水処理水利用における3つの課題を挙げられた。1つ目は処理水利用の安全性への懸念に対する丁寧な対応、2つ目は処理水を利用することによる付加価値の創造、3つ目は水田における処理水利用である。3つ目に関して、これまでの国外のガイドラインは主に畑向けであったが近年はアジアをはじめとする国々から水田への利用技術の確立が求められているという指摘は、報告や論文だけを見ていると気付かない視点だと感じた。世界の水利用における約7割は農業用水であり、淡水の需要増加を踏まえると下水処理水に対する期待は大きい。世界は当然として日本においても処理水再利用が重要な研究課題となることを実感できる講演であった。

下水処理水灌漑による飼料用米栽培で目指す都市と農村の資源循環

(渡部徹氏, 山形大学)

「なぜ飼料米なのか」という疑問に対して、下水処理水での水稲栽培では窒素過多により倒伏しやすく、高タンパク質含有率で食味が悪くなる課題があるものの、飼料用米は茎が硬いため倒伏のおそれが少なく、タンパク質含有率の高さは高栄養として好ましいことが説明された。処理水利用に関わる技術開発について、水田模型を使った実験から下水処理場に設置された水田での野外実験まで、本講演で経過報告された。さらには、自治体や農業協同組合(JA)との連携やマスコミを通じた広報など、社会を変えていく研究活動の一端が紹介された。興味深い情報の提供に留まらず、社会実装を前提とすべき環境研究の進め方まで学べる講演であった。

家畜排せつ物に由来する水・バイオマスの処理と利用について

(和木美代子氏, 農研機構・畜産部門)

家畜排せつ物が国内で発生する産業廃棄物の2割を占めており、生体重量は人間の半分以下であるものの排せつ物量は3割増しと多く、家畜排せつ物処理が重要であることが示された。利用方法として、メタン発酵は消化液利用の観点から狭い範囲での耕畜連携が重要であること、畜産業における飼料費は経営コスト4-7割と高いため食品残渣に由来する飼料を利用するエコフィードの導入が進められていることなどが紹介された。家畜排せつ物は環境保全上無視できない存在であり、循環利用していくことが肝要である。人間を対象とする下水道の枠組

みのみでの水環境保全は、家畜排せつ物の存在量を考慮すると不可能であり、話者のユニークなイラストと相まって「家畜」を強く印象付けられる講演であった。流域でのリン管理の必要性－滋賀県を例に－

(永禮英明氏, 岡山大学)

石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)のデータを用いた2015年ベースの日本国内のフロー推定で、我々の体を通り排出されるリン量は輸入量の37%であることが示された。滋賀県を例としたリンのフローの解析では、県外からの持ち込み量の59%が農地に残存し、降雨時の汚濁負荷になる原因とされた。リン回収に向けたポイントとして、①農業生産、②排水処理、③食品加工・流通が挙げられた。リンのみを対象とした制度・技術の普及は経済的な理由から困難であるため、農産業廃棄物のもつ多面的価値を統合的な取り組みで消費しつづけることで、安定した食料供給と持続可能な発展につなげる必要があるとされた。食料確保は安全保障の1つであり、その枠組みの中で環境と持続性を論じていく時代になったことを印象付けられる講演であった。

八郎湖流域の水環境－特にリンの動態に着目して－

(早川敦氏, 秋田県立大学)

干拓地など特徴的な地理を有する八郎湖のリン動態について解説がなされた。干拓地からの農業排水路を通じたリン負荷は、八郎湖全体の負荷の約半分を占め、影響の大きさが伺えた。八郎湖に及ぼすリン負荷の大部分は農業と生活系からであろうと早計してしまう前半であったが、八郎湖のリン負荷の話題は意外な展開を示す。八郎湖に流入する河川中のリン濃度は上流部から高く、自然由来のリン負荷が高い。秋田県の西部がかつて海であり、八郎湖の流域は海成堆積岩が主体であること、旧海岸線を境に渓流水のリン濃度が異なること、が説明された。実は干拓地内に驚きの高濃度リン地下水湧水地があるなど無視し得ない自然由来のリン負荷が存在し、富栄養化に対して地域性を考慮することの必要性、つまり、画一的な富栄養化対策を採ることへの警鐘となる講演であった。

総合討議では、肥料として下水汚泥リサイクルが進められる岩見沢市の事例と八郎湖干拓地で有機農業を実践している営農家の事例を紹介した。岩見沢市では、市が汚泥の運搬および散布まで負担する仕組みづくりに成功の秘訣があると解説された。環境負荷低減を目的とする有機農業の実践では、除草機のフレームや暗渠掘の機械を自作していることなど、一筋縄ではいかない難しさを垣間見た。セッション全体として、水・バイオマス循環の最前線で活躍される研究者や実務者による情報提供および議論を実施できた。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, 水ing(株) 蒲池一将, 京都大学 日高 平)