

〈第30回環境システム計測制御学会 (EICA) 研究発表会〉

セッション報告

セッションA-1 浄水処理

【座長】樋口文彦 (川崎市上下水道局)

【副座長】花里善夫 (三菱電機株)



発表論文

- ① 水中のアルミニウム連続計測技術の開発
- ② ビッグデータ解析を適用した薬品注入ガイダンスシステム
- ③ 画像処理型凝集センサによる水質制御システム
- ④ 淀川へのセラミック膜ろ過技術の適用研究 (Ⅲ)

A-1 セッション：上水処理では、薬品注入制御に関するものが3件と、膜ろ過の既設更新適用性に関するものの計4件の発表があった。新しい薬品注入法や浄水プロセスに関するステップバイステップの開発成果の発表であり、実用化に向けた今後の展開に期待の持てるものであった。

【論文】水中のアルミニウム連続計測技術の開発

(株)日立製作所・東北大学大学院 三宮 豊

(株)日立製作所 横井浩人

東北大学大学院 齋藤泰洋, 松下洋介
青木秀之

降雨時の急激な原水水質変化にも対応可能な、凝集剤注入制御の要素技術として、混和池の水中アルミニウム濃度をエリオクロムシアンレド (ECR) 試薬を用いて連続バッチ式で計測する技術を確認した。表流水の水質変化時での凝集剤適正注入に適用し、その可能性を確認した。

Q1：アルミ濃度と吸光度の関係は 0.5 mg/L が検出上限とのことだが、発表の図だと上限付近で吸光度が飽和しているが問題ないか？

A1：残留アルミ濃度が 0.5 mg/L となる状況では、測定環境下のどんな高濁度にも対応できる条件なので大丈夫である。

Q2：凝集剤注入の制御フローはどのようなものか？

A2：発表で詳しい説明をしていなかった。混和池から採水し、測定した残留アルミ濃度で注入量のフィードバック制御をかけている。

Q3：アルカリ度が低くなった時の影響は？

A3：同時にアルカリ度も計測して制御しており、そちらでカバーするようにしている。

【研究発表】ビッグデータ解析を適用した薬品注入ガイダンスシステム

(株)安川電機 平林和也, 占部正敏, 大場正隆

凝集・滅菌などに使用する薬品の注入率について、システムより収集した計測データを用いてビッグデータ解析 (ランダムフォレスト) により構築したモデルでガイダンスを提供する手法を開発した。ガイダンスはクラウド環境にて提供した。本報告では、適用例の一つである中次亜塩素酸の注入に対するガイダンスを実プラントで実施した結果についての報告であった。

Q1：ランダムフォレストの決定木を作る時のデータの粒度はどの程度か？

A1：過去1年間のデータをベースに、次亜は5~10分、凝集剤は1~2時間単位でサンプリングした。

Q2：学習データの前処理として異常値などの取り扱いはどうしたか？

A2：上下限値を外れたものは不採用とした。今後、自動で異常値を除く仕組みを作りたい。

Q3：注入率の教師データとしてオペレータの運転操作としているが、必ずしもオペレータの運転操作が最適とは限らない。学習しても性能が向上しないのでは？

A3：オペレータの運転が最適ではない可能性もある。学習による性能向上は今後検討する。

【研究発表】画像処理型凝集センサによる水質制御システム

(株)東芝 有村良一, 黒川 太

毛受 卓

東芝インフラシステムズ株 横山 雄

浄水場の混和池におけるフロック凝集状態を、顕微鏡電気泳動法の画像処理にて数値化できるセンサを用いて凝集剤注入制御に適用した。今回の発表では、高濁度発生時における濁度上昇期を対象に、上昇パターンが異なる場合でも本センサによる凝集状態の把握と注入制御適用性を確認した。

Q1：流動電流計を用いた手法も以前発表されていたが、それと今回の違いは何か？

A1：電流計および画像方式の両方とも現在実施している。画像技術も一つのキー技術になるということで開発している。どちらが良いかは現在検討中である。

Q2：SV 値の決め方については、処理場毎に異なるのか？

A2：浄水場毎に設定する必要がある。滞留時間など、設置場所固有の影響を受けるので。また、今回はSV=0と設定したが、より注入量を削減しコスト低減を優先する目的であれば、マイナス値の設定もあり得る。

Q3：フロック粒子の数が多くなった場合、粒子同士の動きが制限され測定に影響があると思われるがどうか？

A3：今回測定した濁度 300 度ぐらいまでは、希釈などの前処理をせずに測定できているので大丈夫と考える。

【研究発表】 淀川へのセラミック膜ろ過技術の適用研究（Ⅲ）

メタウォーター(株) 村田直樹, 本山信行, 青木伸浩

現行施設で、老朽化を迎え更新が必要な設備（凝集沈殿+急速ろ過）とまだまだ継続稼働できる高度処理設備（オゾン+粒状活性炭）で構成されている浄水場で、更新する部分に膜ろ過を導入するための適用研究を実施した。セラミック膜ろ過適用による、高い膜ろ過流速の確保と膜ファウリング抑制を重点に、淀川原水にて適用可能性の評価を実施した。

Q1：通常の逆洗である程度ファウリング物質はとれるが、それが蓄積すると薬洗をやっていると思う。藻類などが蓄積していると思うが窒素などを計っているか？

A1：計っている。窒素はバイオポリマーと関係しているが、まだデータを解析していない。

Q2：従来の方法と比べて凝集剤の低減効果は？

A2：凝集の後で藻類が発生することがあるため、凝集剤は従来より多少多目に入れている。

Q3：硫酸バンドを無理やり使わなくても良いのではないか？

A3：硫酸バンドを使ったケースにおいて一番ファウリングが大きかった。しかし、コスト面を優先し硫酸バンドを採用した。PAC など他の凝集法も使えると思う。

セッション A-2 下 wastewater 処理 I

【座長】 橋本 征二 (立命館大学)

【副座長】 山内 進 (榊原アドバンステクノ)



発表論文

- ① MBR の消費電力低減を目的とした曝気風量制御
- ② 汚泥沈降モデルを用いた雨天時下水処理制御技術の成立性評価
- ③ 雨天時の下水処理場における指標微生物の制御に関する基礎検討
- ④ りん負荷量比例方式による凝集剤添加量の自動制御

本セッションでは下水・排水処理において自動制御や予測制御による省エネルギー化、および雨天時汚泥流出や指標微生物の低減など、現在抱えている課題を解決するために有用な、4 件の研究発表があった。論文①は MBR（膜分離活性汚泥法）の消費電力低減を目的とした膜洗浄予測モデルによる曝気風量制御、論文②は汚泥沈降モデルを用いた雨天時下水処理制御技術の成立性評価、論文③は雨天時の下水処理場における指標微生物の制御に関する基礎検討、論文④はりん負荷量比例方式による凝集剤添加量の自動制御。いずれも今後の実用化が期待できるものである。

【論文】 MBR の消費電力低減を目的とした曝気風量制御

(株)東芝 小原卓巳, 山中 理
東芝インフラシステムズ(株) 志宮篤政
(株)クボタ 永江信也, 都築佑子

MBR の膜ファウリング指標である膜差圧を予測モデルにより予測し、その予測値に基づき洗浄風量を制御する洗浄風量制御と、処理水のアンモニア性窒素濃度をオンライン計測し、その計測値に基づき補助散気量を制御する NH₄-N/DO 制御技術を開発し、実証試験を行った研究である。実証試験結果は、膜差圧の予測誤差の平均値が 0.6 kPa の予測精度、洗浄風量制御により平均 14.2% の風量削減効果を得るなど、実用性が大いに期待できる。

Q：膜閉塞パラメータ k の設定方法は？

A：予測閉塞パラメータは、過去の実証データより

k=1 を使用している。制御目標の設定については通常は予測と同じにするが、制御動作調整のために意図的に k=1 から上下させて実験をした。

Q：風量削減効果を最大とする制御目標パラメータ k を最適化する方法は？

A：薬液洗浄頻度とのトレードオフの関係があり、現時点では最適化が難しい。

Q：膜差圧の予測は1日先までの差分で制御するのか、あるいはもう少し長期間の積分値により制御するのか？

A：今回の実証試験は、1日先までの差分値でPID制御を行った。

Q：パラメータを微調整するタイミングは日々行うのか、あるいは一定期間のデータ蓄積により行うのか？

A：運転開始時は過去のデータからパラメータを決める必要があるが、運用データが6ヶ月間程度蓄積されてくるとパラメータのチューニングが可能となる。

Q：風量の上限、下限の考え方は？ 制御がうまくいかなかったには上下限の範囲外の時？

A：風量の最小と最大を予め予測モデルで想定しておき、この範囲外に設定された場合にシステム上で無効とする方法を考えている。

【ノート】汚泥沈降モデルを用いた雨天時下水処理制御技術の成立性評価

(株)日立製作所 西田佳記, 圓佛伊智朗
京都大学大学院 田中景介, 松葉祐亮
愛媛大学大学院 山下尚之
京都大学大学院 田中宏明

下水処理場からの雨天時放流汚濁負荷を低減する方法として、既存施設を最大限活用した雨天時汚泥法がある。汚泥沈降モデルにより汚泥流出リスクを予測でき、開発制御ロジック適用により汚泥流出を抑制しつつ、生物処理量を最大限増加できること、さらには運転条件を調整することで、放流汚濁負荷の低減効果が増大することが示唆された研究である。

Q：返送汚泥量は変化したか？

A：従来は返送量一定での運転条件であったが、今回の制御試験では流入量比例制御で行った。返送比には上限値を設けて試算を行った。

Q：垂直方向での水面積負荷とはどのような考え方か？

A：考え方は水平方向と同じ。

Q：雨が長時間の場合に、汚泥性状が変化することでSV, SVIも変化していくが、どのタイミングで調整するのか？

A：SV, SVIの指標は制御指標として重要であり、手分析で運用されている場合は過去の雨天時のデータを参考としている、自動計測器がある場合は、その計測値で制御モデルのチューニングを行うことも考えられる。

【論文】雨天時の下水処理場における指標微生物の制御に関する基礎検討

京都大学大学院 松葉祐亮, 田中景介
(株)日立製作所 西田佳記, 圓佛伊智朗
愛媛大学大学院 山下尚之
京都大学大学院 田中宏明

合流式下水道や分流式下水道において、雨天時越流水の病原微生物除去が重要な課題となっている。また、設備更新費用の観点からも、既存施設を改造することなく、運転制御などのソフト面での対策が望まれる。実下水処理場において雨天時処理実態を調査するとともに、活性汚泥法を最大限に活用する運転制御を目指し、生物処理での指標微生物除去モデルを構築する研究である。研究の結果、雨天時下水処理において、最終沈殿池から越流する指標微生物濃度を概ね予測可能であることが示唆された。今後データを積み重ね、ディープラーニングなどを組み合わせることで、流入水の指標微生物濃度の予測精度向上が期待される。

Q：大腸菌の測定は採水後すぐに行っているか？

A：保冷付自動採水器で採水後、24時間以内には測定している。

Q：回分試験の結果で数時間経過後に大腸菌が減少しているのはなぜか？

A：活性汚泥が有機物を優先的に除去し、その後、微生物が除去されているのではないかと考えている。

Q：回分試験の0時間は、混合させて上澄みを取った直後か？

A：初沈越流水と返送汚泥を混合して曝気を開始した時点で採水を行った。

Q：前半の結論の流入水量が増えると大腸菌濃度が高くなるという結果と、後半の結論の結果が必ずしもそうならないとも考えられる。

A：今後の研究課題とする。

【研究発表】りん負荷量比例方式による凝集剤添加量の自動制御

(株)ウォーターエージェンシー 池畑将樹, 蔵田高大
紙谷侑樹, 湛 記先

OR (必要酸素量) 制御により流入負荷変動に対応した送風量の自動制御を実施している下水処理場で、硫酸バンド添加による化学的りん除去にOR制御を応

用し、間接的にりん負荷量比例方式とした凝集剤添加量の自動制御技術の研究である。長期的な運用によりOR 比例係数の自動調整機能が効果を増すと考えられる。

Q：従来の凝集剤定量添加に比べ凝集剤の削減効果はどうだったか？

A：最近のデータではおよそ10%の削減であった。

Q：アンモニア性窒素とりんの流入負荷に相関性があるのであれば、アンモニア計で制御することもできないか？ あえてOR 制御にした理由は？

A：OR 計算値はアンモニア性窒素濃度だけでなく、流入水量や反応槽での滞留時間を総合的に考慮してOR の計算値を使った。

Q：凝集剤の添加量が最適化された分、余剰凝集剤の残留効果がなくなっていると考えられるか？

A：そう考えられる。

セッション A-3 下廃水処理Ⅱ

【座長】松本 信幸（横浜市環境創造局）

【副座長】的場 雅啓（東芝インフラシステムズ株）



発表論文

- ① 従属脱窒と嫌気性アンモニア酸化を組み合わせた有機性排水の窒素除去
- ② 含油廃水の膜処理における透過流束の予測
- ③ 流入・流出水質データに基づく生物学的硝化反応の曝気制御

本セッションでは、3件の研究発表があった。① 従属脱窒と嫌気性アンモニア酸化を組み合わせた有機性排水の窒素除去、② 含油廃水の膜処理における透過流束の予測、③ 流入・流出水質データに基づく生物学的硝化反応の曝気制御と多岐にわたる発表であった。いずれの研究発表も、下廃水処理における計測制御を高度化していくために有用なテーマであり、今後の発展が期待される。

【研究発表】従属脱窒と嫌気性アンモニア酸化を組み合わせた有機性排水の窒素除去

水ing エンジニアリング株 松林未理, 楠本勝子
松田 健, 葛 甬生

C / N 比のバランスが悪く、有機物および窒素ともに高い合成廃水に対し、従属脱窒と嫌気性アンモニア酸化槽を組み合わせた処理試験を検討した。BOD を含む原水を用いて嫌気性アンモニア酸化を適用する際には、嫌気性アンモニア酸化の前段でBOD を除去することが一般的であるが、本試験では、前段で部分亜硝酸化処理水を従属脱窒槽に循環させ、原水中のBOD を利用した従属脱窒処理を行い、後段では、部分亜硝酸化処理水を用いた嫌気性アンモニア酸化処理を行った。これらの連続試験結果についての報告である。

Q：アンモニアと亜硝酸の比率はどのようにコントロールしているのか。

A：亜硝酸とアンモニアの比率を合わせる方法としては、アルカリ度の添加量で制御を行っている。

Q：有機物（BOD）の除去は最初の脱窒素槽で行われているのか。

A：BOD は脱窒素槽で概ね脱窒に消費されている。さらに亜硝酸化槽ではほぼ5 mg/L 以下となっている。

Q：BOD を先に除去する従来の方法と比べコスト面ではどのように評価しているか。

A：従来の方法に比べて、薬品添加量、水槽容積、電力コストが少なくなり、全体で40%以上のコスト削減となる。

Q：亜硝酸化槽へブロワにより空気を入れているが、風量は変化させて実験を行ったのか。

A：風量自体の調整は行っていない。

【研究発表】含油廃水の膜処理における透過流束の予測

水ing エンジニアリング株 鈴木祐喜, 小林琢也
加納一憲, 鈴木利宏

企業の生活活動等により排出される含油廃水を処理する有効な手段の一つである膜処理を使い、含油廃水の濃縮処理における透過流束の予測手法を確立することを目的として、実際の製缶工場から排出された含油廃液を用いた処理試験を実施し、含油廃水の濃縮処理における透過流束を決定するパラメータについて検討した。また、その結果を用いて透過流束を予測するモデル式の作成及び同式を用いた制御方法について検討した内容の報告である。

Q：濃縮液は廃棄、または、回収するのか？

A：今回の主目的は産廃の減容化であったが、有価

油として回収したいというニーズもある。

今回の濃縮液を有価油として直接利用するためにはカロリーが足りなかったため、別途処理を検討した。

Q：含油廃水の油は動植物油系なのか？化学工場のように性質の異なる油でも処理は可能なのか？

A：今回対象としている製缶工場の廃水は、鉱物油系であるため融点が高い。

一方、動植物油系油の中には融点が常温以上であることもあり、その場合は常温での本法による処理は難しい。

【研究発表】 流入・流出水質データに基づく生物学的硝化反応の曝気制御

三菱電機(株) 吉田 航, 今村英二, 野田清治, 古川誠司

生物学的硝化反応では、硝化菌への酸素源としての空気曝気に多くのエネルギーを消費しており、過剰な曝気を抑制する制御技術が求められている。本報では、流入負荷変動への追従性向上のため、処理水窒素濃度を目標値としたフィードバック制御項と、流入窒素濃度に比例する制御項からなる制御アルゴリズムを活性汚泥モデルシミュレータ上で検証した内容の報告である。

Q：アンモニア計を流入部に設置しているが、流入部での計測は汚物の影響がでるのではないのか。

A：アンモニア計を流入側に設置すると確かに汚れが付着しやすいため、オペレータに定期的な洗浄を行ってもらうことが必要である。また、コストとの兼ね合いとなるため費用対効果について検討しなければならないが、洗浄機能付きのセンサを使用することも考えられる。

Q：処理場の系列毎には風量調節弁があるため風量を制御できと思うが、槽ごとに風量を変えることは難しいのではないのか？と思う。どのように考えているのか。

A：槽ごとに制御弁が設置されている処理場もあることから、制御弁がついているところでの適用を考えている。槽ごとに風量調節弁がついていない処理場では、風量削減効果とコストとの兼ね合いとはなるが、槽ごとに風量調節弁を追加してもらう必要がある。

Q：提案制御2において、Ka と Kp の重みに変化を持たせているが、論文で示されている以外の係数で試験されているのか？また、どの程度、Ka と Kp に差を付けると効果が出てくるのか。

A：係数の設定にあたっては、係数のパターンを網羅的に検討した上で、風量削減効果が得られる係数を選んでいく。

なお、係数については、処理水水質を一定に

保つための制御をしたい場合は、FB（フィードバック）の重みを大きくし、また、負荷変動の大きいところでは、流入側の重みを大きく設定するなど、現場の状況に応じて制御の仕方に合わせて組み合わせを組み替えていくことになる。

Q：今回の報告は晴天時における研究結果であるが、雨天時の急な流入変動がある場合も含めて検証されているのか？

A：雨天時については検証していないが、今後検証していくことを考えている。現場を使った実証を行う際には、晴天時だけでなく雨天時も実証することとなる。雨による希釈効果もあると思われるため、敏感に反応できるか現地で確かめていきたい。

Q：散気装置の散気効率に関係すると思うが、風量と散気効率を考慮しているか？

A：考慮していない。

セッション B-1 環境モニタリング

【座長】樋口 能士 (立命館大学)

【副座長】栗原 裕幸 (メタウォーター(株))



発表論文

- ① 酸化チタン (TiO₂) をコーティングしたセルフクリーニング pH 電極の開発とその光触媒活性
- ② 吉野川および淀川流域における水質と生態毒性の多変量解析
- ③ 蛍光分析による河川水質モニタリングに関する PARAFAC 解析の必要性の検討
- ④ 神奈川県内河川におけるフェニルピラゾール系殺虫剤とその分解物の残留実態調査

本セッションでは、1 件の論文、1 件のノート、2 件の研究発表があった。

- ① 酸化チタン (TiO₂) をコーティングしたセルフクリーニング pH 電極の開発とその光触媒活性

- ② 吉野川および淀川流域における水質と生態毒性の多変量解析
- ③ 蛍光分析による河川水質モニタリングに関する PARAFAC 解析の必要性の検討
- ④ 神奈川県内河川におけるフェニルピラゾール系殺虫剤とその分解物の残留実態調査
- それぞれ有用な研究発表で、今後の研究の発展が期待される。

【論文】酸化チタン (TiO₂) をコーティングしたセルフクリーニング pH 電極の開発とその光触媒活性

(株)堀場アドバンステクノ 西尾友志, 室賀樹興
三重大学大学院 橋本忠範, 石原 篤

pH 電極の汚染を光触媒効果によるセルフクリーニングで防止する技術を開発した。電極の酸化チタン (TiO₂) による被覆はゾル-ゲル法を用いて行い、光触媒効果を発揮させるために電極内に取り付けた LED で内部から UV 照射する構造を採用した。この電極を用いて実験室試験で光触媒効果を確認し、現場の実排水での長期試験でも防汚効果を確認している。

Q: ゾル-ゲル法での 1 回の浸漬で TiO₂ 層の厚みはどの程度になるのか?

A: およそ 10 nm。

Q: TiO₂ 層の厚みの大小は制御可能か?

A: 浸漬後の焼成等のプロセスに制約されてこの層厚になった。

Q: 光分解で pH が変わるようなものはないのか?

A: ハロゲン等があると pH 変化はあり得る。

その際は電極電流の調整による対応が考えられる。

Q: 他のイオン測定への応用は?

A: 500℃ で焼成しているのでガラス以外の電極への応用は難しい。

Q: ジャンクションは無くせないのか?

A: 挑戦している。

【ノート】吉野川および淀川流域における水質と生態毒性の多変量解析

岡山大学大学院 田村生弥
国立環境研究所 林 岳彦, 山本裕史
徳島大学大学院 西家早紀, 円山 萌, 光山真子
愛媛大学大学院 鑑迫典久

基本的には水質指標と魚類, ミジンコ, 藻類を用いた生態毒性指標との相関について、淀川, 吉野川の河川調査結果を対象に多変量解析を用いて考察した。主成分分析では 2 つの成分が抽出され、片方は総体的な化学物質による水質汚濁, もう 1 つは生態毒性に関係し、これら両者に相関がないことを示した。クラスター分

析では 4 つのグループに分類されたが、河川上流と下流がそれぞれ 1 つのグループに分類された。各グループに固有の汚濁特性は見られなかった。

Q: 河川毎に汚染源は異なるので、それらを一つにして主成分分析することは適切か?

A: 主成分分析で何らかの固有の汚染影響が見られればという試みで行った。

Q: 排水基準の 10 倍希釈で環境基準を設定するという考え方は日本でも適用可能か?

A: 1 級河川ではおよそ 10 倍希釈になっているが、支流ではかならずしもそうならない。

実際に今回の調査地点でも希釈がほとんど期待できない所もあった。

Q: BOD との相関が出なかった理由は?

A: 生態毒性が検出された地点が少なかったことが原因かも知れない。

【研究発表】蛍光分析による河川水質モニタリングに関する PARAFAC 解析の必要性の検討

埼玉県環境科学国際センター 池田和弘, 柿木貴志

蛍光分析を利用した水質汚濁監視手法の開発を目的に実験を実施した。三次元励起蛍光スペクトルに PARAFAC 解析を施す手法 (EEM-PARAFAC 法) で分離・定量された蛍光成分ピークを用いると、精度の高い BOD 予測式が導出された。しかし、その式で使用された蛍光成分を直接モニタリングした結果を用いると、BOD 予測式の精度は著しく低下した。その他の蛍光成分を追加使用することによる精度向上も困難であった。

Q: 分離・定量されたピークで目的外の物質による影響があったようだが、他のピーク値との引き算で影響を排除できないか?

A: そのように複数のピーク情報を使う方法は考えられる。

Q: BOD ではなく、TOC でも良いのでは?

A: TOC の方がむしろ予測が容易と考えられるが、行政としては BOD 監視が要請されている。

Q: 論理的な解析よりも機械学習させた方が容易なのではないか?

A: 画像解析や AI の利用は今後検討の余地がある。

Q: PARAFAC 解析には本研究の調査値のみのデータが使用されたのか?

A: 解析の元データには県内全てのデータが使用されている。

Q: 紫外線による影響はどのように考えていますか?

A: 負荷源から河川へ流入する際に影響があると考

えられるが、今後検討していく。

Q：吸光度と比較した場合の蛍光分析の有用性は？

A：成分比較のためには蛍光分析は有効と考えている。

【研究発表】 神奈川県内河川におけるフェニルピラゾール系殺虫剤とその分解物の残留実態調査

(株)日吉 川寄悦子, 久保明日香, 中田俊芳
 関東学院大学 鎌田素之
 滋賀県立大学 須戸 幹

神奈川県内河川において、殺虫剤成分フィプロニル(FIP) 残留実態を、その分解成分やエチプロール(ETH) とともに調査した。水田地域では、FIP とその分解成分の合計濃度が、FIP (分解成分は合計しない) の水産動植物登録保留基準値を超過していた。水道水源では基準値を下回っており、都市河川ではFIP 分解成分は検出されなかった。ETH は農地で一時的に検出された。

Q：Fig. 4 で7/23の数値が低い理由は？

A：原因究明できていないが、雨等の影響ではないかと考えている。

Q：都市部でFIP 分解成分が検出されなかった理由は？

A：塩素処理で消滅していると考えているが、土壌などでの反応を経由していないからという理由も考えられる。検出されなかった理由を今後追及していく。

Q：分解／未分解の比率を求めるとどのような傾向が見られるか？

A：今後検討する。

Q：流域の農地面積を考えると河川毎の相違を説明できる？

A：今後検討する。

Q：分解成分も含めると基準を上回っているが、魚の死滅などの被害は？

A：そういう事例はないが、分解物も含めた基準に変更されるといふ動きもあり、今後も監視は必要と考える

セッションB-2 汚泥処理 I

【座長】 藤原 健史 (岡山大学大学院)

【副座長】 谷口 智彦 (月島機械(株))



発表論文

- ① 消化汚泥の脱水分離液を用いて培養した藻類の燃料化物としてのポテンシャルについて
- ② 水素添加による中温消化汚泥のバイオメタネーション特性に関する研究
- ③ 横浜市南部汚泥資源化センター下水汚泥燃料化施設の運転管理
- ④ 脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化に関する研究

本セッションでは、1 件の論文、1 件のノート、2 件の研究発表があった。①は消化汚泥の脱水分離液を用いて藻類を培養し燃料化物とした場合のポテンシャルに関する研究、②は消化タンクに水素を添加することでメタン濃度を高める研究、③は横浜市南部汚泥資源化センターの下水汚泥燃料化施設運営管理に関する発表、④は機内二液調質遠心脱水機と円環式気流乾燥機を組み合わせた脱水乾燥システムにより得られる下水汚泥の肥料化、燃料化に関する発表と多岐にわたる発表であった。

それぞれ有用な発表であり、今後の研究の発展が期待される。

【ノート】 消化汚泥の脱水分離液を用いて培養した藻類の燃料化物としてのポテンシャルについて

国立研究開発法人土木研究所

岡安祐司, 山崎廉予, 重村浩之

新下水道ビジョンでは、下水処理場での資源の集約・エネルギー拠点化・自立化が中期目標として示されている。本研究では、消化汚泥の脱水分離液を希釈した溶液を用いて、自然太陽光の下で藻類を培養し、その藻類を乾燥させて高位発熱量を測定することで燃料化物としてのポテンシャルを確認したものである。

Q：燃料化物としての藻類が得られるということであるが、得られた藻類中の炭素（C）はどこから得られたと考えているか？

A：定量的に示すのは難しいが、大部分は流入水由来であり、+αが大気からだと考えている。その割合の把握は今後検討してゆきたい。

Q：脱水分離液の希釈水として初沈流出水を嫌気処理して使用しているが、下水の二次処理水ではダメなのか？

A：以前の研究で下水処理水で実験をしたことがあるが、藻類培養に必要な栄養塩類などの基質が少なく効率が低かった。また下水流入水では、浮遊物質などが多すぎて適さない。

【論文】 水素添加による中温消化汚泥のバイオメタネーション特性に関する研究

京都大学大学院 李 忱忱, 大下和徹, 高岡昌輝
藤森 崇, 日下部武敏

欧州で注目されている“Power to Gas”の概念に基づき、余剰電力を用いた水の電気分解で得られた水素を嫌気性消化タンクに添加すれば、水素酸化型メタン生成によるバイオメタネーション反応が生じ、バイオガス中の二酸化炭素をメタンに転換することができる。

本研究は、消化汚泥への水素添加がバイオメタネーション特性へ与える影響を調査したものである。

Q：水素を作るのに電気を使用している。その電気をそのままエネルギーとして使うのと、メタンに変換してエネルギーとするのとどちらが良いと思うか？

A：電気は貯蔵が難しく、メタンは貯蔵が可能である。したがって、メタンに変換しておくほうが使いやすいと考えている。

Q：熱や圧力などを利用して消化ガスを精製してメタン濃度を高める方法もあるが、本法とどちらが優れていると考えるか？

A：本法のほうが安全性が高く、また安価であるため優れていると考えている。

【研究発表】 横浜市南部汚泥資源化センター下水汚泥燃料化施設の運営管理

横浜市 米ノ井智之, 原田俊文, 鈴木大士

横浜市では、地球温暖化対策および資源のさらなる有効利用を行うことを目的とし、汚泥処理プロセスに従来の焼却に加え燃料化を導入した。本報は、平成28年度からの施設の管理運営状況、および現状の課題について報告するものである。

Q：炭化と焼却で排ガスの水銀対策に差が出るのか？

A：あまり差はないと認識している。報告対象の炭化炉では水溶性ではない水銀が出ているため対策が必要と認識している。焼却炉でも排ガス処理の方式によっては水銀値が高い炉もあることから、対策を講じる予定である。

【研究発表】 脱水乾燥システムによる下水汚泥の肥料化、燃料化に関する研究

月島機械(株) 森田真由美, 高尾 大
サンエコサーマル(株) 本橋時男
日本下水道事業団 島田正夫
鹿沼市 福田哲也
(公)鹿沼市農業公社 石塚登志雄
国土技術政策総合研究所 矢本貴俊

近年、下水汚泥の利活用促進が国家的な施策として掲げられているが、脱水汚泥の外部委託処分の処理場も依然として多いのが現状であり、有効利用促進のためには低コストな設備の確立・導入が求められている。そこで、機内二液調質型遠心脱水機と円環式気流乾燥機を組み合わせ、多様な有効利用に対応できる脱水乾燥プロセスを開発したため、設備の性能検証結果、および乾燥汚泥の有効利用や導入効果について報告する。

Q：二液薬注で78～79%のケーキ含水率とのことだが、含水率が同じであれば一液の脱水ケーキでも乾燥できるのか？

A：二液薬注は付着性の低いケーキが得られるため用いている。一液でも付着性が低ければ乾燥できるので、脱水機の機種も含め、今後検証していくつもりである。

Q：導入効果の検討では含水率78～79%で検討している。もう少し含水率は下げられると説明があったが、含水率が低いほうが乾燥が楽になるのではないか？

A：含水率を下げるためには薬（ポリ鉄）代がかかってしまう。78～79%程度が経済的に最も良いと試算されている。

Q：サイクロンから出てくる乾燥物の温度は何度くらいか？

A：含水率10%程度まで乾燥させた場合で80～90℃くらい。貯留コンテナまでは冷却コンベアで搬送しているため、60℃くらいまで低下している。

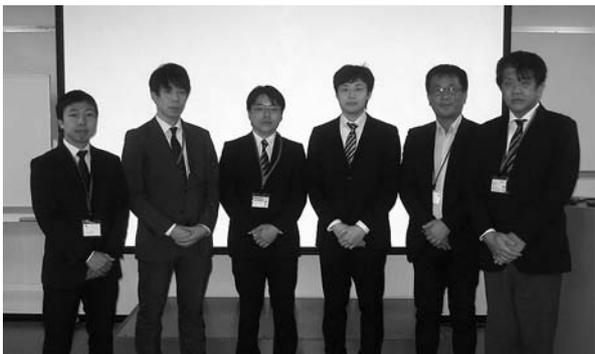
Q：乾燥物の含水率の調整は熱風温度を変えるとのことだが、熱風温度を変えたときの排ガス成分に差は出るか？

A：大きくは変わらない。

セッションB-3 汚泥処理Ⅱ

【座長】大下 和徹 (京都大学大学院)

【副座長】飛川 昌也 (㈱明電舎)



発表論文

- ① 汚泥脱水工程におけるポリマー注入量制御システムの開発
- ② 下水汚泥焼却炉スクラバー水からの場内循環水銀の除去実験について
- ③ 階段式汚泥焼却炉における水銀収支の報告
- ④ 微生物の体外分泌物とトルエンガス除去特性との関係

本セッションでは、4件の研究発表があった。

- ① 汚泥脱水工程におけるポリマー注入量制御システムの開発
- ② 下水汚泥焼却炉スクラバー水からの場内循環水銀の除去実験について
- ③ 階段式汚泥焼却炉における水銀収支の報告
- ④ 微生物の体外分泌物とトルエンガス除去特性との関係

それぞれ有用な研究発表で、今後の研究の発展が期待される。

【研究発表】汚泥脱水工程におけるポリマー注入量制御システムの開発

東京都下水道サービス(株) 松井駿祐, 巖 克弘
東京都下水道局 塩見 浩, 吉野竜平
月島機械(株) 国分 剛

汚泥性状等の変動に追従して自動で高分子凝集剤(以下ポリマー)注入量を最適値に変更するシステムの構築とその制御性他の評価を、東京都下水道局東部スラッジプラントの遠心脱水機を対象として実施した研究である。

汚泥脱水工程におけるポリマーの注入量制御は、運転員の経験が必要とされ、また、汚泥性状が急変する時は、迅速に追従して最適な注入量とすることが困難な状況下にある。

構築したシステムは、投入汚泥の汚泥濃度、脱水汚泥の含水率、脱水分離水のコロイド電荷量を計測する

制御システムであり、(1)電荷量一定制御方式、(2)含水率一定制御方式、(3)最低含水率探索制御方式を用いて検証された。

結果、(1)電荷量一定制御方式は、含水率が過渡に低下しないように注入量の制御を実施すれば制御は良好となり、(2)含水率一定制御方式は、ポリマー注入量の増減に含水率が追従する汚泥性状の場合は良好となった。一方、(3)最低含水率探索制御方式は、注入率の動作方向が正しく判断されないケースが多いため、適用は難しいと検証された。

今後は、本システムによる長期間運転を行い、従来の運転員による運用方法との差異を分析し、改善することでシステムの有用性が期待できる。

Q:構築した制御システムは、電荷量一定制御方式と含水率一定制御方式のハイブリッド制御であるが、含水率=75.5%での切替では低くないか?また、77%でも可能か?

A:検証時の含水率=75.5%はなるべく低い値として採用。通常は77%等での切替とする。

【研究発表】下水汚泥焼却炉スクラバー水からの場内循環水銀の除去実験について

豊中市上下水道局 中谷圭祐, 中野憲一, 檜原盛英

猪名川流域下水道原田処理場3系焼却炉の排ガスに含まれる水銀に関する実態調査と発生原因の推察結果の報告である。

平成30年4月に改正大気汚染防止法が施工され、焼却炉の排ガスに水銀の規制が加えられた。

現在は減少しているものの、施工前の平成26年~27年頃に3系焼却炉にて規制値相当の水銀が検出されていることから、検証が行われた。

流入下水や放流水での水銀の検出は無いことから、過去に流入した焼却炉スクラバー水の水銀が場内で循環・濃縮していることが推察されたため、水銀キレート樹脂カラム実験他の実態調査を行い、スクラバー水からの水溶性水銀除去の可能性が検討された。

結果、スクラバー水の水銀は水溶性水銀ではなく、そのほとんどが個体であったことが判明した。

排水処理においてスクラバー水に至るまでは集塵装置があり、ここで排ガス中に存在する灰のほとんどが除去されるが、集塵装置で除去された灰には、水銀はほとんど含まれていない。

よって、集塵装置を通過した微粉灰に水銀が含まれ、後ろの湿式スクラバーで微粉灰がスクラバー水に移行し水銀が集まったものと報告されている。

Q:キレート樹脂の構造が他の金属イオンも含めて吸着させるものであるため、他の陽イオンも吸着されるのではないか?

A:他の陽イオンも吸着されるが、酸で洗浄すれば、

水銀以外のものも確認できるため、水銀の測定は可能である。

【研究発表】 階段式汚泥焼却炉における水銀収支の調査報告

(株)タクマ 杉田大智, 水野孝昭
株丹直樹, 宍戸健一

京都大学大学院 程 英超, 大下和徹, 高岡昌輝

平成 30 年 4 月に「大気汚染防止法の一部を改正する法律」が施行され、水銀の大気排出規制に関する法令が追加された。

施行により、下水汚泥焼却炉も規制対象となることから、A 処理場で稼働中の階段炉汚泥焼却炉の水銀の排出状況や排出特性を検証した報告である。

検証方法として、階段炉における水銀の収支を明らかにするため、汚泥、排ガス、給排水、焼却灰の量とこれらの現地サンプリング（同一季節の異なる時期に 2 回実施）による成分分析にて濃度を把握し、その結果を報告している。

結果、脱水汚泥に含まれる水銀は、焼却灰にはほとんど移行せず、大半が排ガス処理設備の排水に、残りは排ガス側に移行していることが判明した。

この理由として水銀の沸点が 357℃で焼却炉の燃焼温度よりも低いことから焼却工程にて気体となり、下部より排出の主灰に移行しなかったと考えられ、一方、ボイラで冷却された排ガスが沸点以下となり、ボイラダスト等に含有され、排ガス処理設備の排水に移行したものと想定された。

なお、今回の調査結果より、排ガス中水銀濃度は概ね $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で大気汚染防止法の水銀規定値 ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) を十分下回っていることも検証された。

Q：今回の検証は、階段炉のみで流動炉は実施していないのか？

A：今回は階段炉のみ検証。A 処理場には階段炉もあるが、同じような結果となる見込み。

階段炉だから下がるという訳ではない。

【研究発表】 微生物の体外分泌物とトルエンガス除去特性との関係

立命館大学大学院 高橋知宏
立命館大学 樋口能士

トルエン分解菌が分泌する EPS（細胞外高分子物質）に着目し、気相と微生物相の間に存在する液膜中の EPS 組織とトルエンガスの微生物による

除去との関係について観察・把握するための実験報告である。

主要な VOC 化合物で悪臭物質でもあるトルエンの除去には生物脱臭法の適用が数多く試みられているが、

十分な処理速度が得られていない。

このため、既報の結果に基づきさらなる広範な増殖条件（単離菌と混合菌の比較、トルエンの注入方法等）で体外分泌物の生成特性を観察し、より多様な液膜組成で、微生物膜によるトルエンガス除去特性を検証した。

結果、単離菌よりも混合菌由来の体外分泌物の方が安定してトルエンガスが除去された。

また、トルエンガスを与えない期間を設けた場合、液膜中のタンパク濃度が極端に増加し、ガス除去阻害する傾向が見られたため、ガスを常時供給し、液膜が過剰なタンパク濃度となることを防止することが、トルエンガス除去を維持する上で有効と検証された。

Q：ガス除去が活発となる温度とするために液膜をウォーターバスに静置する時間はどれくらいか？

A：5～6 時間静置する。

セッション C-1 広域管理

【座長】 佐藤 圭輔 (立命館大学)

【副座長】 佐々木祐人 (東芝インフラシステムズ(株))



発表論文

- ① エリア漏水推定のための仮想エリア分割技術の開発
- ② 通信中の光ファイバー健全性確認システム
- ③ 機械学習を用いた余剰圧力削減のための末端圧力推定技術
- ④ 都市型水害リスク低減のためのリアルタイム予測

本セッションでは、4 件の研究発表があった。① 漏水管理技術の一つであるエリア漏水推定法の進展、② 光ファイバーの部分断線検知技術の向上、③ 管網解析を不要とした末端圧力推定手法の提案、④ 統計的モデル手法による都市型水位リスク低減の高精度予測、と多岐に亘る発表であった。いずれの研究発表も、広域管理における計測制御を高度化していくために有用なテーマであり、今後の発展が期待される。

【研究発表】 エリア漏水推定のための仮想エリア分割技術の開発

(株)日立製作所 石飛太一, 小熊基朗
足立進吾, 高橋信補

管網を分割したサブ仮想エリアごとに一つの圧力計を配置し、その圧力低下によってエリアごとの漏水量を推定するエリア漏水推定法において、従来は精度を確保する仮想エリア分割に手作業による多くの試行錯誤が必要であったものを、各圧力系が漏水推定可能な守備範囲を感度解析で決定し、仮想エリアを自動生成する手法を提案。実管網モデルを用いた机上評価では手作業での分割結果と同等以上の推定精度を得ることを確認した研究である。

Q: 供用中でも解析は可能か? 供用時の圧力低下が解析結果に影響しないか?

A: 基本的には供用中を想定した研究である。長期的に、平均をとって解析を行うため、一時的な変動は解析結果に影響しないものと考えている。

Q: 仮想エリアを細分化するようにさらに分割することは可能か?

A: さらに分割すること自体は可能。ただし、分割することによって圧力計の変動が他の圧力計に影響する可能性が大きくなり、仮想エリア分割が困難になるため、限界がある。

Q: 漏水調査コストはどれだけ削減できると考えているか?

A: 漏水がエリア内で局所的に多く存在する場合は、調査コストを低減できる余地は大きい一方で、多くのエリアに散在しているような状況であれば低減余地は比較的少ないと思われる。

Q: 漏水位置の特定はできないか? 圧力低下状況の測定ができるために可能のように思うが。

A: 漏水量が一定であり、かつその圧力低下が一定と考えた場合には位置の特定は可能と想定するが、実際のところは漏水量や圧力低下はまちまちであり、その点で漏水位置の特定までは困難である。

【研究発表】 通信中の光ファイバー健全性確認システム

東京下水道サービス(株) 片岡桂太郎, 深野 司
子安正博, 原品竜馬

下水道光ファイバーに遠制御やOAで利用されている心線のみならず断線が起る部分断線が発生した際はネットワーク上で迂回がかかるため断線検知が困難であったのに対して、市販の光スイッチを利用し、リアルタイムで心線部分断線を検知するシステムを開発、ポンプ所4か所間の光ファイバーケーブルを利用した

実環境での動作検証を行うこと、断線対応の迅速化とネットワークの強靭化を確認した研究である。

Q: 断線はどれくらいの頻度で起こるか? その発生原因は?

A: 年に1~2回、多くて3回程度発生する。他の工事によって誤って破損する例や、水が増水したときにその振動によって破損する例がある。

Q: 腐食や浸水による破損はないか?

A: 腐食は対策がされており問題はない、浸水もそれ自体が直接的に破損に至った例はない。

Q: 今回の研究はポンプ所の制御用の遠制御回線の断線検知を想定しているが、OA用や水位計用の検知に広げていくことは可能か? 技術的な困難やコストの制約はあるか?

A: 遠方監視はループになっているので2か所断線してしまうと監視が不可となってしまう一方で、情報ネットワークはスター型もしくは網目状で冗長化がはかられているため必要性は低いと考える。水位計用はローカル側での断線であることがほぼ確定しているため、この方法によって断線検知する必要性はないと考える。

Q: 情報ネットワークではどこが断線しているかを検知しているかを特定することは可能か?

A: 高速で切替がされるため困難である。

【研究発表】 機械学習を用いた余剰圧力削減のための末端圧力推定技術

東芝インフラシステムズ(株)

山原裕之, 松本 隼, 横川勝也
黒川 太, 横山 雄, 平岡由紀夫

余剰圧力を削減して配水を省エネルギー化するために末端圧力を推定する技術において、従来の管網解析シミュレーションによる圧力推定では、管網解析ではその入力情報の多さやリアルタイム情報が必要となることから、管網解析を実施せずに簡便に末端圧力を推定する手法を提案。吐出流量と吐出圧力などの限られた情報を、機械学習を用いて圧力推定モデルを生成し、某自治体の実データをもとに1 mAq以下の誤差で推定できることを確認した研究である。

Q: 将来的な余剰圧力の削減余地を検討するモデルにあたって、入力データが実績値を使用してシミュレートしているが、将来予測を行うための対策は?

A: 過去のデータの推定自体にも、導入を検討するお客様に対して過去これだけの削減余地があったことを伝えるコンサル的な役目での意味がある。また、現在の余剰圧力を推定して、ポンプ制御に活かしていくことはタイムラグが生じるが可能であると考えている。一方で、このモデルで

長期予測への対応は今後のスコープに入っていない。

Q：漏水のための圧力計をリアルタイムでサンプリングできたら末端圧力の推定精度は上がるか？

A：上がる可能性は十分にある。

Q：今回選定された9か所の圧力計はどのような基準で選ばれているか？

A：あらかじめ事業者の方が圧力を確保するために重要とした箇所が選定されている。

Q：推定手法において根平均二乗誤差のさらに平均をとっているが、1番リスクの高い値に注目する必要はないか？

A：注目する必要があると考えている。実際には今回紹介した評価以外にも、覆面データを何分割化したデータを使用することによって精度があがることを確認している。

Q：末端圧力を予想するために、実際に末端に圧力計を仕掛けてモニタリングし、ポンプ制御に活かすという方向性はどうか？

A：研究の方向性として、常時設置によるコストを削減するためにこのモデルを使用することを考えている。

【研究発表】都市型水害リスク低減のためのリアルタイム予測

(株)明電舎 吉本みどり, 木村雄喜

都市型災害リスクの低減を目的としたソフト対策の情報活用技術として、下水道管きょ内水位のリアルタイム監視やリアルタイム予測技術の開発が進められている背景において、降雨情報と管きょ内実測水位情報のみを入力情報とした統計モデル手法により高精度な予測が可能であることを示した研究である。

Q：統計的モデルを使用した手法はCNNを使用した手法に対してメッシュの入力を制限している理由は？

A：統計的モデルは2つか3つほどモデルを用意して、そのモデルに係数を付けて最適化するという手法をとっており、入力データが多いと収束しないためである。

Q：CNNでは局所的な降雨において統計的手法に比較して精度が低い、ネットワークを工夫するような検証はされているか？

A：ネットワークの検証はしているが、今回の計測地点では局所的な降雨が年10回ほどとサンプル数が少なく、AIで答えは出るもののいい学習がされない。

Q：経過時間を10分と設定したのはなぜか？大雨による避難誘導などを考えると30分や1時間のデータも重要では？

A：単純に予測先の時間が長いほど精度が下がる。今回は10分後で発表したが30分後、1時間後で出力することは問題ない。

セッションC-2 自然環境

【座長】高岡 昌輝 (京都大学大学院)

【副座長】中村 高士 (メタウォーター(株))



発表論文

- ① 汽水湖阿蘇海における底質酸素消費速度の推定とリン収支の定量評価
- ② 琵琶湖北湖の底質から溶出する有機物量の推定およびその特性解析
- ③ デキシークレー中における鉛(II)イオンのアナターゼへの選択的収着現象

本セッションでは、① 汽水湖阿蘇海における底質酸素消費速度の推定とリン収支の定量評価、② 琵琶湖北湖の底質から溶出する有機物量の推定およびその特性解析、③ デキシークレー中における鉛(II)イオンのアナターゼへの選択的収着現象、という3件の発表があり、湖水底質からのリンや溶存有機物の溶出に関する調査・解析結果や、酸化チタンへの鉛の選択的収着という新たな現象に関する興味深い報告がなされた。

【論文】汽水湖阿蘇海における底質酸素消費速度の推定とリン収支の定量評価

立命館大学大学院 川口 衛, 森 颯人

立命館大学 佐藤圭輔

島根大学大学院 菅原庄吾

汽水湖の環境改善に向けた施設設計のために、汚染問題が表面化している阿蘇海を対象として、底質が湖水や物質収支に与える影響を、底質酸素消費量(SOD)とリンの溶出量に着目して分析し、底層水のTPが底質からの溶出の影響を受けていることを示した研究である。

Q：SODには化学的酸素消費と微生物学的酸素消費が含まれていると思うが、両方を考慮した上

で一次反応による評価がふさわしいと判断されたのか？

A：両反応を加味した上でパラメータフィッティングを実施し、一次反応により概ねSODの挙動を再現できると判断した。

Q：冬場に温度躍層が解消されるということだが、塩分躍層についてはどうであったのか？

A：塩分躍層は解消されず、また鉛直混合も起きない。

Q：底層で溶出したリンは表層まで到達すると考えられるのか？

A：溶出したリンの全てが表層へ到達するとは考えられない、湖水の塩分濃度が海水の約半分程度であることを考えると、表層におけるリン濃度は大なり小なり、底質からの溶出の影響は受けていると考えている。

Q：St. 10のサンプルのORPが低い理由は何か？

A：SODが高いことと、同地点の水深が深く、河川流入部および外海からの距離が離れているために酸素の流入が少ない（より底質の還元が進んでいる）環境であったためと考えられる。

Q：SODの測定に際して、初期DOを飽和に近い値まで上げてから減少量を測定して求められているが、底質の実態を反映したことになるのか？

A：今回実施したSOD測定は、採取地点で実際に起こっている反応を再現するわけではなく、あくまでもポテンシャルを評価している。このポテンシャルを評価する意味としては、実環境の改善事業などにおいて、曝気など底層DOを変化させるような施策設計に役立つと考えている。

Q：ORPが下がってからリンの溶出が起きるのか、それともリンまたは鉄分の溶出によってORPが低下したのか、どちらと考えるのか？

A：例えば、鉄の形態が3価から2価に還元し、溶出が生じることに伴うORPの減少や硫化水素の発生等還元物質の生成により、ORPが下がった水がリン酸鉄と反応することによる溶出のように、両方の可能性が考えられるが、本研究の中では詳細な検討は実施していない。

【ノート】琵琶湖北湖の底質から溶出する有機物量の推定およびその特性解析

京都大学大学院 沈 尚, 日下部武敏

橋本宗樹 (現 滋賀県), 清水芳久

琵琶湖北湖の底層溶存酸素濃度の違いが、底質から溶出する有機物の量や特性に与える影響を調査した。底質コアを用いた70日間の溶出試験の結果、易分解性有機物は貧酸素条件の方が好気条件よりも多く溶出

し、難分解性有機物は溶存酸素濃度による溶出量の違いが無いことを明らかにした研究である。

Q：カラム試験の際、サンプリング毎には試料水の減少分を補充されていないようであるが、測定結果への影響は無いのか？

A：サンプリング毎に減少分の試料水を補充していないので、サンプリング毎に補充する場合に比べて直上水濃度は高くなっている。底質からの溶出は濃度勾配によって引き起こされるので、直上水濃度が高くなると溶出量が減少し、結果として過小評価になっている可能性がある。

Q：カラム試験においては、18日経過後に、減少した試料相当の水を補充しているのか？

A：ご指摘のとおり、18日経過後に約1Lの水を補充した。

Q：底質直上水の置換操作の際は、直上水に対して曝気してからカラムへ投入したのか、それともカラムへ投入してから曝気を行ったのか？

A：事前に別容器で曝気してから置換操作を行った。

Q：元々長期平衡状態にあったと想定される底質を用いたカラム試験において、DOCが溶出し続ける理由・機構はどのように考えているのか？

A：実際の湖底では、底質からの溶出分と水中から底質へ粒子体有機物の流入が同時に発生して平衡状態になると考えられるが、今回のカラム試験は直上水を濾過しており、また遮光状態で実施したことから、一次生産が行われなくなり、溶出分の影響のみが観測されたと考えている。

Q：基本的には生物学的な反応に基づくDOMの溶出機構について考察されていると思うが、間隙水との交換性がDOCの溶出へ与える影響についてはどのように考えているか？

A：まず底質中の鉄(III)に吸着していた溶存態有機物(DOM)は、貧酸素状態で鉄が二価に還元されることで脱着して間隙水中に溶出する。その後、DOMは間隙水中から直上水へと濃度勾配によって移動すると考えている。

Q：底質からの溶出分が北湖全体の有機物量に占める割合はそれほど高くないものの、難分解性有機物として評価する場合は重要な指標となるということだが、難分解性有機物としての割合はどの程度なのか？

A：DOCに占める難分解性の割合が8割から9割程度と言われており、長期に亘って分解されず蓄積されていくことを考えると、その影響は無視できないと考えている。

【研究発表】 デキシークレー中における鉛（II）イオンのアナターゼへの選択的吸着現象

山口大学大学院 鈴木祐麻
山口大学 沖田美優
山口大学大学院 加古山怜, 新苗正和
宇部興産(株) 中田英喜, 藤井啓史
田坂行雄

土壌における重金属類の動態解明の一環として、土壌に含まれる二酸化チタンが鉛の吸着に及ぼす影響を調査し、デキシークレー中に含まれる二酸化チタンがアナターゼであり、鉛イオンのアナターゼへの吸着現象が起きることから、アナターゼが鉛の土壌中挙動に大きな影響を及ぼすことを明らかにした研究である。

Q：アナターゼの表面積の増減によって吸着量が増減するということが、それは線形の関係にあるということなのか？

A：厳密にはアナターゼの吸着サイトの量によって変わるが、アナターゼの吸着能力よりも吸着した鉛の量が少ない範囲であれば線形を示すと考える。ただし、吸着以外にもアナターゼの表面において鉛の沈殿も生じていると考えられ、その場合、見かけ上は吸着能力以上の鉛が除去されるような現象が観察される可能性がある。

Q：アメリカの土壌以外、例えば日本の土壌を用いた実験は行っているのか？

A：現状はアメリカの土壌以外では実施していない。

Q：今後の展開として、カドミウムやヒ素による吸着現象を調べる予定はあるか？

A：現在、カドミウムや水銀などのカチオン系金属イオンについても実験中であるが、アナターゼはカドミウムに対しても他の金属酸化物に比べ高い吸着能力を示す結果が出ている。

Q：デキシークレー中のアナターゼの結晶形状は均一なのか？形状の違いがあるとすれば吸着の状況が変わるのではないのか？

A：形状の違いは吸着状況に影響を及ぼすと考えているが、デキシークレー中のアナターゼについては結晶の欠陥を含めて不均一である可能性がある。従って、できるだけ結晶面が均一なアナターゼを作製した上で、まずは吸着のメカニズムを解明しようとしている。

Q：アナターゼの等電点から判断すると、pHが低い領域では鉛カチオンが表面電位がプラスのアナターゼに吸着・吸着しているのか？

A：ご指摘の通りです。それほどアナターゼと鉛は錯体安定度定数が高いと思われる。

Q：大変興味深い現象である。是非モンモリロナイ

トでも同様の実験を行ってほしい。
A：今後の検討課題としたい。

C-3 環境エネルギー

【座長】 小浜 一好（月島機械(株)）

【副座長】 田所 秀之（㈱日立製作所）



発表内容

- ① 地域別クラスター分析による再生可能エネルギーの電力融通ポテンシャルの評価
- ② AIを利用した流入水量・水質予測に基づく下水処理場運転計画立案システム
- ③ 混和池におけるフラッシュミキサーの省エネ化
- ④ IoT導入による廃プラスチック収集運搬効率化策の評価

本セッションでは4件の発表があった。①地域別クラスター分析による再生可能エネルギーの電力融通ポテンシャルの評価、②AIを利用した流入水量・水質予測に基づく下水処理場運転計画立案システム、③混和池におけるフラッシュミキサーの省エネ化、④IoT導入による廃プラスチック収集運搬効率化策の評価と、環境、エネルギー分野に関して、その議論の範囲が、機械設備本体から地域・流域の問題まで多岐にわたる視点で議論がなされた。いずれも今後の進展が期待できる分野である。

【論文】 地域別クラスター分析による再生可能エネルギーの電力融通ポテンシャルの評価

立命館大学 福原大祐, 吉川直樹, 天野耕二

本発表は、時間帯別の家庭・業務部門の需要電力量や、再生可能エネルギーによる分散型発電の供給可能量に基づく電力需給バランスの推計結果より、複数のシナリオで、電力融通を想定したシミュレーションを行い、時間別地域メッシュ別クラスター分析を行った成果である。分析の結果、電力の需要地までの距離や電力需給バランスの組合せを考慮した送電網を構築することで、より送電損失を抑えながらも、再生可能エ

エネルギーによる分散型発電の余剰電力活用が可能であるとの知見を得ている。

Q：蓄電池容量をどういう考え方で仮定しているか？

A：蓄電池容量については、余剰電力発生量によって決めている。

Q：分散型電源の場合、春季にとくに電力が余剰となっているが、その理由は？

A：集中型の場合は、電力融通によって平準化される。いっぽうで分散型では、先に充電するため需給率が高く、余剰電力が発生しやすくなっている春季で、それが顕著になる。

Q：現在、九州では、太陽光発電量が過剰となる場合があり、太陽光を停止する方向であるが、本発表の考え方を適用すると停止不要となるか？

A：九州のケースは、蓄電、電力融通である程度可能と考えている。

Q：共通の蓄電池を持つことで蓄電池容量を削減することが可能、という考え方は分かるが、誰が設置するのか（誰が費用を負担するのか）？

A：以下の考え方があり、電力会社が設置するとは限らない。また、どれが良いとは一概にはいえない。

- ・送電会社が負担（送電網に設置）
- ・メッシュの中心に位置するインフラの所有者
- ・受益者負担

【研究発表】 AI を利用した流入水量・水質予測に基づく下水処理場運転計画立案システム

メタウォーター(株) 福嶋俊貴

下水処理場は、放流水質基準を守るだけでなく、「新下水道ビジョン」の施策でとりあげられているように、省エネ・創エネ、資源回収、水の再利用といった機能も期待されている。それら機能の発揮には、地域特性に応じた価値の最大化や複数の下水処理場の連携・統合管理が重要となる。以上の背景を踏まえて、本発表では、下水処理場を流域における健全な物質循環の拠点とすべく、AIを用いた流入予測を活用した運転計画立案システムを検討した研究成果を報告している。

Q：以前、同様な発想で、琵琶湖、淀川で、データ管理プラットフォームを作るという発表があったが、なかなかこれができていない。進めるためにはどうすれば良いか？データがクローズした環境で閉じていることが問題だと思う。

A：エネルギーフロー研究としてGAIA、流域管理でやっていた。中規模系では何とかできるが、大規模な流域ベースでは、なかなか難しい。実現

には、役割分担を明確にすることが重要と考えている。

Q：スタンドアロンで AI 活用を考えているとの事だが、リアルタイムシミュレータはどう実現するか？

A：時間単位の計画を作り、これを補正してゆくことで、リアルタイム用途につなげてゆきたいと考えている。

【研究発表】 混和池におけるフラッシュミキサーの省エネ化

メタウォーター(株) 久本祐資, 山口太秀
北見工業大学 海老江邦雄

本発表は、浄水処理における維持管理費を削減すべく、凝集沈殿プロセスで最も電力消費の多い急速攪拌の省エネを目的として、急速混和池底部に固定する静翼 (Radial Blade) と、従来より軽量で水面近くに設置する4枚の回転翼とからなるRB Mixing systemのフラッシュミキサーへの適用性を検討した研究成果である。発表では、バッチ試験、連続流実験プラントおよび実施における検証によって、RB式フラッシュミキサーが、既設攪拌機に対して同一の攪拌強度G値のもとで、同等の沈殿処理性能を維持しつつ、動力費50%以上の削減効果が得られた旨を報告した。

Q：槽を丸めたら、G値がさらに改善するのでは？

A：円周にすると伴廻りしてしまう。円筒形のほうが旋回流を活用できるので良い。

Q：プラントに求められる側面は多々有る。寿命、メンテナンス性、価格はどうか？

A：RBはメンテナンス不要。攪拌翼は従来品と同等の15年程度の寿命。またイニシャル価格は同等以下で、ランニングコストは大幅低減する。いっぽうで、下にブレードを設置するため、施工期間は、半日~1日増える。

Q：下にブレード設置されると洗浄がしにくくならぬか？

A：沈殿することが無いので問題無い。

【研究発表】 IoT 導入による廃プラスチック収集運搬効率化策の評価

立命館大学大学院 上鶴喜貴
立命館大学 橋本征二

本研究では、廃プラスチック排出量をモニタリングするセンサーを導入した、廃プラスチック収集運搬効率化策を、経済面、環境面から評価している。各事業所における廃プラスチックの排出状況をモニタリングして、複数の事業所で排出される廃プラスチックを同時に回収することで、収集運搬効率の向上を図るものである。本発表ではシミュレーションを評価を実施し、

収集運搬費用とCO₂排出量を削減できることを確認した成果を報告している。

Q：プラスチックの量50%、80%で検討しているが%を上げることによるコスト変動はあるか？

A：従来は定期回収であるところ、バッカー車、コンテナ容量を考慮したらどうなるかを課題としてやった。重量によってどう変わってくるかが今後の課題。

Q：廃棄物回収業務では、食品がリサイクル法の関係で課題となっている。また、季節変動があつて難しい。廃プラ以外、京都以外での活用はあるか？

A：今年度は京都のみで実施した。川崎市では食品も検討したが、将来の進展が見込めず、プラスチックで実施した。課題としてはあるので、現

実性含めて、今後検討してゆきたい。

共同研究者コメント：海外では路上に家電の回収ボックスもあるなど、多様な取組みがなされている。また、食品にも適用可能と考えている。

Q：センサーの精度はどうか、また、プラスチックにも色々なものがあり、容量と重量は一致しないのでは？

A：そこが課題と考えている。超音波を使っており、光を反射するものは精度の問題は無いが、超音波を吸収するものだと難しくなる。

共同研究者コメント：プラスチックは、かさが入りやすいので、事業者ごとに換算係数を決めることになる。換算係数の決め方も実証実験の目的のひとつであり、検討中。