

## 〈第33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 管理・制御 I

【座長】西村 文武（京都大学大学院）

【副座長】栗原 裕幸（メタウォーター㈱）



## 発表論文

- ① 画像処理型凝集センサによる凝集剤注入制御システムの実プロセスへの適用
- ② 急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度推定に関する検討
- ③ 雨天時放流負荷を低減する運転制御技術の適用性検証
- ④ 段階的高度処理を実現する多変数極値制御による下水処理プラントの最適運用
- ⑤ 畳み込みオートエンコーダを用いた下水処理施設の異常検知

本セッションでは、1件の論文と4件の研究発表の発表があった。

- ① 画像処理型凝集センサによる凝集剤注入制御システムの実プロセスへの適用
- ② 急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度推定に関する検討
- ③ 雨天時放流負荷を低減する運転制御技術の適用性検証
- ④ 段階的高度処理を実現する多変数極値制御による下水処理プラントの最適運用
- ⑤ 畳み込みオートエンコーダを用いた下水処理施設の異常検知

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】画像処理型凝集センサによる凝集剤注入制御システムの実プロセスへの適用

東芝インフラシステムズ㈱ 有村良一, 松代武士  
毛受 卓, 横山 雄

顕微鏡電気泳動法を応用し、原水の水質変動や凝集剤の過不足に伴うフロックの荷電状態の変化をリアルタイムで定量化する画像処理型凝集センサと、このセンサを用いた凝集剤注入率のフィードバック制御システムを開発した。実証により、従来方式のフィードフォワード制御と比較し、沈澱池出口濁度を同程度に維持しつつ4~8%のPACl注入率抑制効果を得た。また、フィードバック制御により、オペレータによる手動調整の負荷軽減につながる見込みを得た。

Q：FB制御では、調整すべきパラメータにどのようなものがあるのでしょうか？

A：設定は、目標値（SV）のみになります。

Q：処理水濁度と目標値との対比表のようなものはあるのでしょうか？

A：論文に記載していますが、目標値に対する処理水濁度の対比グラフを作成しています。

Q：調査期間中のろ過池出口濁度はどのような変動をしめしたのでしょうか？

A：調査期間中は、0.1度以下の濁度になっていることを確認しました。

Q：原水中のピコプランクトンが増加すると、ろ過濁度も上昇する可能性があると思いますが、FB制御でも対応できるとお考えでしょうか？

A：調査期間中に利根川でピコプランクトンの発生報告がなく、FB制御での確認は出来ていません。

Q：pHの設定はどのように行っていますか？

A：硫酸注入率で一定注入を行い、着水井において7.3程度になるように管理しています。

Q：着水井pHや混和水pH以外でフロックの荷電状態に大きく影響を与える要因はありますか？

A：流入する原水中粒子の荷電状態があります。実証実験では、年間を通して原水粒子のゼータ電位も測定しましたが、大きな変動はなく、結果としてpHの影響が大きく現れていました。

**【研究発表】急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度推定に関する検討**

東芝インフラシステムズ(株) 村山清一, 福田美意  
毛受 卓, 横山 雄  
金谷道昭, 黒川 太

急速ろ過方式の浄水場のろ過プロセスをモデル化し、ろ過水濁度を推定するモデルについて、ろ過方程式を基本モデルとして改良した。改良モデルでは、ろ層を複数に分割して、濁度除去の性能に関わるろ過係数 $\lambda$ をろ層ごとに変化させることでろ過水濁度推定精度を高めることができた。今後は、凝集沈澱処理水をろ過供給水とした場合への適用性の評価、損失水頭を推定するモデルの検討を進め、適切な凝集剤注入率の決定やろ過洗浄タイミングの決定を支援するアプリケーションへの適用を目指す。

Q：今回使用された基礎式以外に使用を検討された式はありますか？

A：今回の岩崎氏の式以外は見つけられませんでした。簡易的に精度が高められないかを目的に岩崎氏の式と比較しました。

Q：精度はどこまで上げる必要があるとお考えですか？

A：今回は層を分割しない1層と分割した5層と比較していますが、数式的には層を増やした検証も可能です。今回は実験条件に合わせて5層にしていますが、5層ぐらいで精度が高い結果を得られています。今後は、計算速度との関係にもよりますが、どこまで層を分割したらよいかを検証していきます。

A：試算では0.1時間、6分間隔で計算しています。最適な時間幅の検証は、まだ進められていません。

Q：シミュレータは、1時間単位で計算していたと思いますが？

A：シミュレーション結果は、1時間平均値となっています。計算は6分間隔で行っています。

Q：今回の試算結果で処理できる水量を導きだせたので、運用面では計算結果の水量になったら簡易放流を始めることになるのでしょうか？

A：その通りです。

Q：今回のモデルによる汚泥界面の推定結果と実際の最終沈澱池の汚泥界面高さとの比較を実施されているようでしたら教えてください。

A：推定結果と実測結果は、右肩上がりの線形的な関係になる傾向を見出しています。

Q：パラメータの算定は、いつの時点で行うことを想定されていますか？

A：適用する処理場で実験を行い、沈降速度の実験データから計算式を求めるのが良いですが、文献等の沈降速度式を用いて推定することもできると考えています。

Q：処理水量増加の時間を3時間で実施されていますが、今後、その時間を延ばすことは検討されていますか？実際の雨天ではどの程度の時間を想定すべきでしょうか？

A：今回は晴天時での初めての検証実験であり、3時間の短い条件で行いました。現在、生物反応槽での滞留時間を考えて、6時間以上まで延長して大丈夫か検討しています。

**【研究発表】雨天時放流負荷を低減する運転制御技術の適用性検証**

(株)日立製作所 西田佳記, 圓佛伊知朗  
京都大学大学院 井原 賢, 田中宏明

簡易処理放流に伴う雨天時放流負荷の低減に向け、下水処理場の施設能力を最大限活用する運転管理手法の構築を目的として、汚泥流出推定モデルを構築し、運転制御への適用を検討した。実験による検証の結果、雨天時採水調査における放流水濁度は、簡易処理放流により、発生前の0.6 NTUから最大5.6 NTUと大きく上昇した。また、冬季を対象に、汚泥流出推定モデルを用いたシミュレーションおよび実施にて、3時間と短いですが、SSに係る自主基準値6 mg/lを満足しつつ、冬季実績(3,600 m<sup>3</sup>/h)を上回る二次処理水量(3,800 m<sup>3</sup>/h)での運転が可能であることを確認した。

Q：汚泥沈降モデルを作成する際に、単位時間はどのくらいが望ましいでしょうか？

**【研究発表】段階的高度処理を実現する多変数極値制御による下水処理プラントの最適運用**

東芝インフラシステムズ(株) 大西祐太, 山中 理  
西室勇岐, 平岡由紀夫

複数の操作量を最適化する際に発生する干渉問題を解決する新たな極値制御手法を提案し、下水処理プラントの運用において、処理水質の改善に効果的な操作量である汚泥返送率および、反応槽内の嫌気/好気領域を同時に最適化する制御にその手法を適用し、提案手法の有効性をシミュレーションにて確認した。

Q：デザイナー信号を与えるのは、プロセスに外乱を与えることになるとは思いますが、どの程度の大きさの信号を与える必要がありますか？

A：返送率を例にすると、返送率は0.2~1%程度で運用していますので、そのスケールに対して1/100ぐらいの変動幅で変動させています。

Q：プロセスの応答を観測する際に、無駄時間や遅

れがある場合、どのように考慮していますか？

A：無駄時間を考慮した、ゆっくりした制御を対象にしています。動かす時間範囲としては、1日単位のゆっくりした動きで、デザイナー信号の周期を1~2日ぐらいで変動させています。

Q：効果は1日遅れで出てくるのでしょうか？

A：日単位の変動に即応するものでなく、1日単位で変動させた応答波形を見ながら修正していくことで、1日の動きは大きくないですが、日々修正していくことで、年間の水温変化等に追従することを目的にしています。

Q：複数の操作量をまとめて一つのポテンシャル関数を考えて、最適化を行うのは難しいでしょうか？

A：モデル化をする場合は、ご質問の通りのアプローチになると思います。今回の制御は、モデル化を行わずに実際の動きを見ながら操作量を決めています。モデルフリーが特徴になっています。

**【研究発表】 畳み込みオートエンコーダを用いた下水処理施設の異常検知**

(株)明電舎 高瀬信彰, 木村雄喜  
高倉正佳, 鮫島正一  
庭川 誠

広島市下水道局  
(現日本下水道事業団) 倉本喜文

広島市下水道局 南浦詳仁, 上原洋平

(株)NJS 増屋征訓, 竹田 功

川崎 達, 中橋達也

国土技術政策総合研究所 松橋 学

沈澱池における巡視作業の省力化に着目し、沈澱池にカメラを設置し、畳み込みオートエンコーダを用いた異常検知技術によって水質異常を検知する手法を提案し、実処理場での適応可能性について検証した。数値実験において、畳み込みオートエンコーダが水面画像を適切にモデリング可能であり、再現率90%で異常検知が可能であることを示し、提案手法の有効性を確認した。

Q：N個のオートエンコーダを用意していますが、N個のオートエンコーダはどのような学習の違いがあるのでしょうか？

A：学習期間中の学習データをランダムに抽出して学習させているので、入力画像がそれぞれ異なっています。

Q：オートエンコーダによる学習は、1度実施すれば大丈夫でしょうか？または、時々再学習をする必要があるのでしょうか？

A：理想的には1ヶ月に1回程度の再学習は必要と考えていますが、撮影状況が変わらなければ、基本的に何年でも使用できます。

Q：AIの学習に必要な推定背景画像の教師画像は簡単に準備できるのでしょうか？また、教師画像は何枚ぐらい必要でしょうか？

A：教師画像は、事前に1ヶ月程度カメラを稼働させて撮影したものを使用しています。また、教師画像は、1,000~10,000枚程度必要と考えています。

Q：正常に運転が行われたときの画像を使用するのはですか？

A：その通りです。異常時の画像でなく、正常時の画像があれば大丈夫です。

Q：異常時の画像があった場合は、取り除く必要があるのでしょうか？

A：本来なら取り除く必要がありますが、複数のオートエンコーダでバラバラに学習していますので、異常データがあっても正常状態を推定できるシステムになっています。

Q：個数や面積の定量データは、今後どのように活用される予定でしょうか？また、運転員の方々の目視点検の結果と感覚的に合っている結果が得られているのでしょうか？

A：定量データの活用は現在検討中になります。1ヶ月半の期間では異常状態が発生しませんでした。今年度も実証検証中なので、その中で運転員の方と異常状態を抽出して、運転操作AIへの取り込みを考えています。

Q：この処理を行うためのコンピュータは、どの程度の能力が必要ですか？

A：学習に関しては、ハイスペック機で行っています。現場のエッジコンピュータは、実証実験の中で検討をしているところです。

セッション A-2 管理・制御Ⅱ

【座長】清水 芳久 (京都大学大学院)

【副座長】小野 俊生 (東芝インフラシステムズ㈱)



発表論文

- ① AIを活用した下水流量の予測
- ② 水需要予測を用いる浄水場運転支援システムにおける緊急事態宣言発出の影響評価
- ③ 単槽型硝化脱窒プロセスにおける ICT・AIを活用した風量制御の性能及び特性
- ④ 単槽型硝化脱窒プロセスにおける ICT・AI制御による高度処理技術の長期実証

本セッションでは、4件の研究発表があった。①下水処理場の流入流量を予測するニューラルネットワークモデルの構築および精度の向上に関する手法の評価、②緊急事態宣言発出が水需要に及ぼす影響と、運転支援システムの水需要予測機能およびガイダンス立案機能の精度に及ぼす影響の評価、③反応タンクにおける統計的機械学習を用いた風量制御機能と自動チューニング機能に関する長期実証の結果報告、④単槽型硝化脱窒プロセスの処理性能の実証結果の報告と、いずれの研究発表も、管理・制御に関する問題解決に寄与するための有用なテーマであり、今後の研究の発展が期待される。

【研究発表】AIを活用した下水流量の予測

(株)ウォーターエージェンシー 柏崎拓成, 湛 記先

下水処理場では流入水量の変動に合わせた計画運転が益々重要になることから、ニューラルネットワーク(NN)を用いて、過去の施設の流入水量を学習して、数時間後の流入水量の予測を行う NN モデルの構築および精度の向上に関する手法を検証した。流入水量の予測結果は、LSTM (Long short-term memory) および CNN (Convolutional neural network) のいずれのモデルも MSE は 0.0013, MAPE も 3~6% という実用性のある精度が得られ、入力バイアス補正により MAPE を最大で 0.12% 低減する効果が得られた。これにより画像との組合せが容易であり、学習時の計

算量が少ない CNN が LSTM と同等精度を確保でき、更なる発展が見込める結果を得られた。

Q：降水量 12 mm/h のデータを学習していなかったために誤差が大きくなったという説明があったが、短時間で降雨強度の高い降水に対してどの程度の回数や時間を学習すべきか？

A：誤解を与えたかもしれないが、全ての降水の状態を学習していた中で、降水量 11 mm/h 以上のデータ量が全体の 0.15% しかなかった。そのため、それらの雨の動きや流量の動きについて多くのパターンを学習できなかったことで今回の結果に至った。

Q：この仕組みを制御に適用することが想定されるが、いつ頃の適用を目指しているのか？

A：具体的に計画を立てていないが、今回得られた知見を、自社が保有している水質自動システムに組み込まれている流量予測機能へ適用することを想定している。

Q：組み合わせて自動制御に使用するという事か？

A：その通りである。

Q：今回の対象処理場は分流式と考えるが、降水量の影響はどのような要素で出るのか？

A：分流式であっても流入してくる不明水があり、降水量の影響を受けることがある。今回の対象も不明水の影響を受ける処理場であり、課題の一つとなっていた。不明水が無ければ、定常状態として高い精度の予測が可能となると考える。

Q：合流式を対象とした場合、今までにない降水量で降った時には過去のデータから学習できないが、どのように対応するのか？

A：今後の課題として説明したが、過去のデータだけではなく、気象予測と組み合わせて学習する必要がある。そのために画像データとの組合せ可能な CNN を評価し、将来的に地理的な天候や気象等のデータを容易に取り込めるよう取り組んだ。

【研究発表】水需要予測を用いる浄水場運転支援システムにおける緊急事態宣言発出の影響評価

(株)日立製作所 安藤菜子, 湯川貴仁  
森 有一, 横井浩人  
小泉賢司

新型コロナウイルス感染拡大とそれに伴う緊急事態宣言発出が、戸田市内の水需要に及ぼす影響と、埼玉県戸田市の浄水場を対象とした運転支援システムの水需要予測機能およびガイダンス立案機能の精度に及ぼ

す影響を評価した。その結果として、感染拡大後の2020年10月の総配水量は、感染拡大前の2019年10月に比べて約5%増加し、時間別の水需要分布にも変化があった。しかし、これらの変化が及ぼす運転支援システムのガイダンス立案機能への影響は限定的であり、同程度の水需要変化であれば、十分な精度で配水管理ができる見通しを得た。

Q：今後、新たなウイルスの発生や緊急事態宣言などの影響で類似の状況が生じた場合、今回の知見を活用して水需要予測の精度を低下させずに維持することは可能か？

A：今回は1回日の緊急事態宣言の影響を評価したが、2,3回目の影響も評価したところ、精度は安定していた。よって今回の新型コロナウイルスのような状況であれば、概ね精度は確保できると考えている。ただし、機械学習期間に関しては今回の水需要変動であれば90日間の期間が適当であったが、長いスパンでの妥当性については、今後も調査しながらシステムの改善に努めることで類似の水需要の変化に対応できると考えている。

Q：今後は学習期間を調整することで、精度向上が可能と考えているのか？

A：はい。改善の一つのポイントとして、学習期間の調整を注視している。

Q：予測誤差率が低かった8~9月の期間のガイダンスの精度はどのような状況であったか？

A：データとして用意できておらず、正確な回答はできないが、さほど乱れることなく6~7月の精度で推移していたと記憶している。また、実際の運転員にヒアリングしたところ、「問題無くガイダンスに従って運転できるシステムである」と回答いただいた。

Q：さらに高いガイダンス精度を目指すならば、どのような点に改善の余地があるか？

A：運転員が知見に基づいて暗黙知として判断に利用している多くの条件を、AIを利用してより詳細に定式化することで予測精度が向上すると考える。そのためには運転支援システムが備えている条件学習機能の精度を高めていくことが必要である。

Q：日本ではロックダウンしなかったが、外国で同様の検証を実施した事例はあるか？

A：外国で同様の検証を実施していないが、今回の結論で得られた水需要の変化などは、同様に明確に表れると予測している。

**【研究発表】** 単槽型硝化脱窒プロセスにおけるICT・AIを活用した風量制御の性能及び特性

メタウォーター(株)	中 大輔, 高橋宏幸
日本下水道事業団	糸川浩紀
町田市下水道部	松井 穰
国土技術政策総合研究所	藤井都弥子

令和元年度下水道革新的技術実証事業に採択された「単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術」の要素技術である統合演算制御システムが有する風量制御機能について、1年3か月間の長期実証を実施した。実証研究期間を通して、風量制御機能は反応タンク中間のNO<sub>x</sub>-N濃度と末端のNH<sub>4</sub>-N濃度を制御目標値の近傍に維持し、適合率98%以上を達成した。また、自動チューニング機能の発動により、NO<sub>x</sub>-N目標値に対する計測値の標準偏差が、発動前の0.29 mg/Lから発動後の0.16 mg/Lに低減し、季節変動等に対応して風量制御性能を自動的に改善可能であることを確認した。

Q：統計的機械学習にてNO<sub>x</sub>-NとNH<sub>4</sub>-Nの水質を予測しているのか？

A：その通りである。統計的機械学習にて3時間先までの水質を予測したうえで、現在設定すべき風量を演算している。

Q：演算した必要風量から吐出圧力を演算する部分は、機械学習ではなく決定論的な手法を用いているのか？

A：その通りである。機械学習を使用しているのは必要風量演算の部分である。必要風量に分かると、圧損パラメータ、水頭圧、配管長さ等の情報から、機械学習を使用せずに吐出圧力を演算で求められる。

Q：統計的機械学習では水質の3時間先予測だけではなく、必要風量まで演算しているのか？

A：その通りである。

Q：自動チューニング機能は、予測が外れてきたら統計的機械学習のモデルを再学習しているのか？

A：自動チューニング機能は演算パラメータだけを変更している。

Q：変更する演算パラメータは決まっているのか？

A：その通りである。演算式自体は変えずに演算式内のパラメータのみを変更している。

Q：3時間先のNH<sub>4</sub>-N, NO<sub>x</sub>-Nの予測に基づいて必要風量を演算しているが、その方法にはモデル予測制御を用いているのか？

A：はい。風量演算にはモデル予測制御を用いている。

Q：1系には4水路あるが、4水路への分配はどのように制御されているのか？

A：4水路への分配は均等になるよう堰高で調整されていたが、堰高の変更は積極的に実施していない。水量分配はなりゆきであったが、均等分配できていた。

Q：流入水のNH<sub>4</sub>-N、BODの測定が無くても予測は可能なのか？

A：流入水のNH<sub>4</sub>-N、BODは予測に使用していない。

**【研究発表】単槽型硝化脱窒プロセスにおけるICT・AI制御による高度処理技術の長期実証**

メタウォーター(株)	初山祥太郎, 中村高士 鈴木重浩
日本下水道事業団	糸川浩紀
町田市下水道部	松井 稔
国土技術政策総合研究所	藤井都弥子

下水道革新的技術実証事業として、国土交通省国土技術政策総合研究所より「単槽型硝化脱窒プロセスのICT・AI制御による高度処理技術実証研究」の委託を受け、令和元年度に開始した実規模実証研究において、単槽型硝化脱窒プロセスの処理性能の長期実証を実施した。実証結果として、A2O法に比して短いHRTで同等の処理水質が得られることを確認した。また、消費電力はA2O法比で29%削減と試算されるとともに、保守点検項目が削減可能であることから維持管理性も向上すると考えられる。

Q：近年はAIが評価され、重宝されているが、この状況が進んでいくとリン除去に関与する異なる微生物に関する研究などが手薄にならないか？

A：今のところは下水の処理法で区分されるように、前段の嫌気ゾーンでリンを吐き出して、後段の好気ゾーンでリンを再吸収して余剰汚泥としてリンを除去するという方法に基づいてリンの除去プロセスを構築している。しかし、微生物については未解明な部分もあるので、基礎研究の情報収集等を行いながら研究を進めていきたいと考えている。

Q：長期間に渡る実証であり、良い結果が多く出せているが、この結果に至るまでの苦労や工夫点があれば教えていただきたい。

A：単槽型硝化脱窒プロセスは他の要素技術と連動して初めて完成できる技術であった。そのため反応タンク側とAI側の検討の連携が不可欠であるので、その連携を取りながら確実に実証

で成果を残すよう努力した。

Q：A2O法と比較して約3割の消費電力削減という素晴らしい成果が出ており、単槽型硝化脱窒プロセスの効果も大きいと考えるが、AI導入による効果はどのくらい寄与しているのか？

A：定量的な回答にならないが、実機を導入している町田市様からは「普段は水質担当係で必要風量を検討し、送風しているが、AIを導入することで確実に処理水質を担保できる風量を自動で算出できることは大きな寄与である」と聞いている。

Q：手間や人的エラーの削減という点でも貢献しているということか？

A：その通りである。

**セッションB-1 環境・エネルギー**

**【座長】藤原 健史 (岡山大学)**

**【副座長】豊岡 和宏 (榊明電舎)**



**発表論文**

- ① フィリピン・パンパンガ川流域におけるSWATモデル適用性の評価と検証
- ② し渣混焼ラインを用いた下水污泥焼却炉に対する草木バイオマス補燃料の供給可能性
- ③ 都市ごみ処理施設および一般廃棄物埋立処分場からの排水に含まれるマイクロプラスチックの排出特性
- ④ 成分分析及び示差熱分析から見た焼却炉施設の閉塞に関する一考察
- ⑤ 包括固定化担体を用いた嫌気性アンモニア酸化反応による下水二次処理水からの窒素除去

本セッションでは、「環境・エネルギー」をテーマに、①フィリピン・パンパンガ川流域におけるSWATモデル適用性の評価と検証、②し渣混焼ライ

ンを用いた下水汚泥焼却炉に対する草木バイオマス補助燃料の供給可能性, ③都市ごみ処理施設および一般廃棄物埋立処分場からの排水に含まれるマイクロプラスチックの排出特性, ④成分分析及び示差熱分析から見た焼却炉施設の閉塞に関する一考察, ⑤包括固定化担体を用いた嫌気性アンモニア酸化反応による下水二次処理水からの窒素除去, の5編の研究発表と質疑応答が行われた。

【ノート】 フィリピン・パンパンガ川流域における SWAT モデル適用性の評価と検証  
立命館大学 矢澤大志, 本田貴之

フィリピン・パンパンガ川流域への Soil & Water Assessment Tool モデルの適用と仮想の対照流域の設定により, 流域の水源涵養機能のポテンシャルを検証した。全球データと米国のデータベースを組み合わせてモデルを構築し, 月別日平均河川流量を計算した。流域内の森林拡大・回復シナリオ下では, 乾季の流量変化率(-5.0~0.4%)に比べて雨季の流量変化率(-9.2~0.0%)が大きくなり, 雨季の洪水緩和が期待できることが明らかとなった。今後水文モデルを用いて流域の持つポテンシャルや特性を評価し, 効果的な水資源管理の設計へ役立てていくことが望まれる。

Q: 地下水量は配慮しているか?

A: 今回は考慮していない。ただ, フィリピンの水資源管理のなかで, 地下水の利用というシナリオは挙げられている。

Q: 日本の河川への適用は可能か?

A: 適用事例は多い。

Q: 国内の適用事例についてご紹介ください。

A: 関西では京都府の阿蘇海への流入河川で水質を含めた検討が実施されており, 関東での適用事例も多い。日本では水質のシミュレーションがメイン。

Q: 重要な観測項目は何か?

A: 定点で常時観測することが最も重要。海外では観測機器等の盗難事例も多く, 定点長期観測というのは一つのテーマとなっている。

【ノート】 し渣混焼ラインを用いた下水汚泥焼却炉に対する草木バイオマス補助燃料の供給可能性

国立研究開発法人 土木研究所 宮本豊尚, 谷藤溪詩  
大本 拓, 重村浩之

下水道事業におけるカーボンニュートラルの推進の一助として, 草木バイオマスの焼却炉補助燃料利用について検討している。本報では, 全国の処理場を対象としたアンケート調査によるし渣の混焼状況を把握するとともに, し渣破砕機及び既存の搬送コンベアを用いたバイオマス供給の可能性について, 複数のバイオマスを対象に検討を行った。適切に破砕した草木破砕物や木質チップであれば, し渣の混焼ラインを用いたバイオマス供給は実現可能性が高いと想定された。一方, 稲わらは供給可能エネルギー量等の観点から不適と考えられた。

Q: 草木バイオマスの自然に必要なカロリーは十分か?

A: 現状まだ十分でない。

Q: 自然燃焼実験の計画はあるか?

A: 実施での燃焼実験の計画はない。ラボスケールは複数あり。

Q: 草木バイオマスは性状にばらつきがあり, カロリー密度が低い。燃料貯蔵スペース, 搬送経路などについてどのように考えているか?

A: 天候等により正常は変わってくるが, 一般的なし渣ホッパーがあれば対応可能と考えられるが, すべての施設に適用可能というわけではない。

Q: 現在の補助燃料使用量に対して何割くらい置換が可能か?

A: 諸々の課題が解決されたとして, 概算で汚泥量に対して一割程度と考える。

【論文】 都市ごみ処理施設および一般廃棄物埋立処分場からの排水に含まれるマイクロプラスチックの排出特性

京都大学大学院 河合泰志, 大下和徹, 日下部武敏  
オルゼック・シルビア, 田中周平  
高岡昌輝, 藤原 拓

近年問題となっているマイクロプラスチック (MPs) について, 都市ごみ処理施設1か所, 一般廃棄物埋立処分場2か所の原水や処理水等に含まれる 100  $\mu\text{m}$ ~5 mm の MPs を調査した。各排水試料中 MPs 個数濃度は 0.032 個/ $\text{m}^3$ ~ $2.1 \times 10^6$  個/ $\text{m}^3$  の範囲にあり, 排水処理により 57~99.99% が除去されていた, MPs 排出削減には凝集沈殿では不十分で, 砂ろ過やキレート樹脂塔が有効であると考えられた。日本全国の都市ご

み処理施設、一般廃棄物埋立処分場からの排水経由での年間 MPs 排出インベントリは、一般廃棄物埋立処分場で  $1.0 \times 10^6 \sim 2.4 \times 10^6$  個/年、都市ごみ焼却施設で  $4.1 \times 10^7$  個/年と算出され、下水処理場からの処理水経由での年間 MPs 排出インベントリに比べて、1/1,000 から 1/100 程度小さく、現時点では影響は小さいと推測された。

Q：MPs はどのような製品から排出されるのか？

A：ポリ袋やプラスチック容器などが由来のポリエチレンが多い。

Q：焼却施設、埋め立て処分施設からの MPs の排出に関する重大性についてはどうか？

A：比較的大きなプラスチックが細分化していると考えられる。世界的にみると日本の排出量は少ないが、排出元はプラント配管および、プラットフォームや収集車の洗浄排水などが考えられる。メタン発酵排水は、紙ごみや厨芥類などに含まれ分離できなかつたものが考えられる。

**【研究発表】成分分析及び示差熱分析から見た焼却炉施設の閉塞に関する一考察**

東京都下水道サービス(株) 島田誠一, 小泉僚平  
曾根啓一, 八島卓寛  
後藤麻希

近年、下水汚泥焼却プロセスにおいて、流動床式焼却炉内でクリンカが発生して流動不良を起こしたり、煙道において堆積物が固着して、閉塞する現象が発生したりしている。これらの現象は焼却炉の運転に支障をもたらす大きな課題となっている。今回、生成した焼却炉内クリンカ及び煙道閉塞物について熱的挙動を把握するため膠着度分析と熱重量・示差熱分析(TG/DTA)を実施して、それぞれの熔融温度を調べるとともに、固着粒子の表面成分分析(EPMA)を実施して成分の分布について調査を行ったところ、炉内と煙道の温度条件の違いや流動珪砂の有無の関与が大きく影響していること、焼却灰の吸熱反応が  $850 \sim 900^\circ\text{C}$  で閉塞現象が生じていたことおよび降雨時は土砂流入の影響で吸熱ピークが高温側に上昇することで閉塞を抑制すること、 $\text{P}_2\text{O}_5$  が閉塞に影響していることおよびりんの含有率が 40% を超えると高温焼却運転の継続は閉塞リスクが高まることが明らかとなった。

Q：降雨により結果が変わるのは、土砂流入の影響か？

A：そのとおり。

Q：降雨時は土砂が時間遅れで流入してくると思われるが、今回の採水タイミングと降雨の関係はどのように分析しているのか？

A：今回は焼却灰を使用しているためかなりの時間遅れがあるが、詳細は検証していない。

**【研究発表】包括固定化担体を用いた嫌気性アンモニア酸化反応による下水二次処理水からの窒素除去**

(株)日立製作所 木村裕哉, 宮前祥子  
吉川慎一

嫌気性アンモニア酸化反応を用いた窒素処理プロセスの適用排水は高濃度・高水温条件が多く、公共下水のような低濃度・低水温条件への適用例がほとんどない。そこで本研究では、包括固定担体を利用した安定的な窒素処理プロセスの構築を目的に、公共下水の二次処理水を用いて、パイロットスケール試験装置より窒素処理性能を評価した。特に嫌気性アンモニア酸化反応のためにアンモニアから一部亜硝酸のみを生成する必要があるため、担体を加熱する手法を取り入れた。この結果、生物制御や曝気風量制御、流入負荷の制御を施すことで、低濃度・低水温下において亜硝酸の安定性能と嫌気性アンモニア酸化の立上げを確認し、実用化の可能性を見出した。

Q：亜硝酸と硝酸を 1:1 でコントロールすることが重要だが、熱処理を行うタイミングについてはどうか？

A：1日に一回リアクター内の担体を数%引き抜き、1時間熱処理を行う。

Q：HRT の設定は？

A：1時間を目標としている。

Q：曝気風量の制御は？

A：亜硝酸化行程で濃度が 1:1 になっているかを確認し、曝気風量をアンモニアが多いようであれば増加、亜硝酸が多いようであれば減らす。

Q：今回は二次処理水を対象としたが、一次処理水へ適用する場合のフローについてはどう考えるか？

A：担体を無酸素槽に投入してアンモニア酸化を行う方法と、好気槽に投入して亜硝酸化の工程とアナモクスの工程を同時に行う方法が、一般的に検討されている。



## セッションB-2 分析・測定

【座長】鈴木 佑麻 (山口大学大学院)

【副座長】圓佛 伊智朗 (㈱日立製作所)



## 発表論文

- ① 車両走行型計測手法を用いた災害廃棄物の定量化技術の開発
- ② イオンクロマトグラフィーを用いた硫黄系臭気物質の分析に関する基礎的検討
- ③ UV-LED を装備したセルフクリーニング pH 電極の開発とそのフィールド試験

本セッションでは、特徴の異なる分析と測定に関する3件の発表があった。開発対象が災害廃棄物、臭気物質、および水質 (pH) に関わるものとなっており、それぞれが当学会会員の専門領域を端的に示す興味深いものであった。開発フェーズは、基礎～実フィールド検証と異なっているが、いずれも将来の実用化、社会実装が期待される技術である。

## 【ノート】車両走行型計測手法を用いた災害廃棄物の定量化技術の開発

(株)ウエスコ 吉川 慶  
岡山大学大学院 西山 哲, 藤原健史

本研究は、浸水発生時の痕跡調査によって、災害廃棄物排出量を予測するために被災地の災害を区分する手法、および災害廃棄物の暫定排出量を計測する手法を開発したものである。この手法では、車両にレーザスキャナやデジタルカメラを搭載し、走行しながら周辺の画像と3次元レーザ点群を取得する技術でデータを取得することができる。これにより、廃棄物の処理計画に基づいた処分を実施するための基本技術を提供可能としている。

Q：開発技術の有効性については理解できた。適用性向上に向けての課題は何か？

A：廃棄物発生原単位は、排出量推定への影響が大きいので精査していきたい。また、データ処理速度の向上も必要と考えており、処理アルゴリズムの改良などを試行したい。

Q：浸水レベルと廃棄物排出量との関係は、ある程度検証されているか？

A：実際の災害時の検証を進めたいが、まずは第一ステップとして模擬的な廃棄物での評価を進めている段階である。

C：この技術で取得できるデータによって、減災のための改善策の検討や提案などにつながれると、より適用が広がるとの期待がある。

Q：災害廃棄物の実測データを蓄積することで、都市インフラ整備状況や各種施策の再評価につなげていくことを考えている。

【ノート】イオンクロマトグラフィーを用いた硫黄系臭気物質の分析に関する基礎的検討  
立命館大学大学院 嵯峨根麻美子, 杉山典隆  
立命館大学 樋口能士

本研究では、代表的な硫黄系臭気物質であるメチルメルカプタンと硫化水素の公定法 (GC-FPD；炎光光度検出器付きガスクロマトグラフ) よりも汎用的なイオンクロマトグラフ (IC) 装置で同時計測する際の技術的課題を検討している。ここでは、水酸化カリウム含有過酸化水素水を気体試料捕集液に用いて、検量線の直線性や気体試料からの2物質の回収率を複数の分析条件で比較した。さらに、水産廃棄物由来模擬臭気中の2物質の測定値をICとGC-FPDで比較を試みている。その結果、実施したIC分析では測定値のばらつきが大きく、捕集液 pH の管理などが課題であるなど、適用性向上に向けた新たな知見を得ることができた。

Q：硫黄系臭気物質は、今回対象としたもの以外に2種類ある。分析業務上は同時測定が普通であるが、他の2種類 (硫化メチル、二硫化メチル) への適用性はどうか？

A：適切な捕集液が異なると考えられるため、同じ手法での4種類同時測定は難しく、今後の検討課題と捉えている。

Q：本手法での臭気物質の回収率は70%程度となっているが、30%ロスの原因や内訳はどうなっているか？

A：対象物質の溶解度が低いことが捕集ロスの主たる要因と考えている。捕集液のpHによる影響が大きいことなどを把握しており、この辺りの条件適正化を今後検討したい。

Q：捕集液は繰り返し使用することが可能なのか？

A：基本的には、都度新しい液を使用することを考えている。

Q：公定法にするための今後の課題として、どのようなものを考えているか？

A：4種類の硫黄系臭気物質の同時測定やさらなる定量下限の低減などが主たる課題と認識している。

**【研究発表】UV-LEDを装備したセルフクリーニングpH電極の開発とそのフィールド試験**

(株)堀場アドバンスドテクノ 西尾友志, 高味拓永  
三重大学大学院 橋本忠範, 石原 篤

本研究では、酸化チタン (TiO<sub>2</sub>) をコーティングした支持管内部に小型 UV-LED を装備した自己洗浄機能を有する pH 電極を開発している。比較電極には、メンテナンス負荷低減が期待できる非水溶性のゲルを用い、KCl 溶液の補充を不要とした。微生物処理槽とし尿処理場にてフィールド試験を実施し、微生物処理槽では手作業による洗浄を行わずに3ヶ月間清潔に保たれること、し尿処理場において1か月浸漬試験で電極が清潔に保たれ pH7 における変動は約 0.03 pH であることなどを確認できた。これにより、一定期間においてメンテナンスフリー化を実現したとしている。

Q：光触媒の効果は、溶存酸素 (DO) 依存性がある

と推測されるが、例えば嫌気条件でも所定の効果は発揮されるか？

A：嫌気条件での試験は未だであるが、嫌気条件下でも活性酸素の発生があるので、ある程度の効果は期待できると考えている。

Q：この技術は pH 計以外のセンサーにも適用が可能であるか？

A：可能であると考えている。ユーザーからの要望が多いのは酸化還元電位 (ORP) 計であり、これらへの適用を検討していきたい。

Q：UV-LED が追加されることでの消費電力増加はどの程度か？

A：UV-LED で約 100 mA ほど電力消費する。ただし、従来の洗浄機構よりも電力消費は少なくなっており、光量の適正化でさらに低減できると考えている。

Q：センサ部のガラスの質によっては、光量の吸収が大きくなると考えられるが、どんなガラスを使用しているか？

A：SiO<sub>2</sub>を70~80%含有するガラスを使用している。8割以上の光が透過しており、実用的には問題ないレベルである。