

〈第36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 下廃水I 処理・監視・制御

【座長】西村 文武 (京都大学大学院)

【副座長】高松 誠昇 (東芝インフラシステムズ株)



発表論文

- ① 機械学習による下水二次処理水中の全窒素濃度推定技術の開発
- ② AIの予測値を用いた自動曝気風量制御の特徴解析
- ③ AIを活用した下水処理場向け運転支援技術の実用化に向けた検討
- ④ AIによる流入量や管内貯留量の推定を用いたポンプ場運転操作ガイダンス
- ⑤ デジタルツインによる反応タンク風量制御

本セッションでは、「下廃水I 処理・監視・制御」をテーマに、①機械学習による下水二次処理水中の全窒素濃度推定技術の開発、②AIの予測値を用いた自動曝気風量制御の特徴解析、③AIを活用した下水処理場向け運転支援技術の実用化に向けた検討、④AIによる流入量や管内貯留量の推定を用いたポンプ場運転操作ガイダンス、⑤デジタルツインによる反応タンク風量制御、の5編の研究発表と質疑応答が行われた。

【論文】機械学習による下水二次処理水中の全窒素濃度推定技術の開発

三菱電機株 林 佳史, 吉田 航
植田 怜央, 今村 英二
木本 勲, 霜田 健太

下水処理場に設置された種々のセンサのデータを用いて、二次処理水 T-N 濃度を機械学習により推定する技術を開発した。推定した二次処理水 T-N 濃度を

指標とした省エネ型曝気風量制御において、窒素除去が安定していることが確認され有用性を示した。

Q：二次処理水 T-N 濃度をソフトセンシングした理由について教えてください。

A：本制御の中で T-N 濃度計が高額であるため、ソフトセンシングで代替させることを目標とした。

Q：ソフトセンシングにより二次処理水 T-N 濃度以外の指標を推定することも可能か。

A：今回は二次処理水 T-N 濃度に着目したが、他の指標をソフトセンシングすることはおそらく可能。

Q：処理水の NH₄-N 濃度は問題ない範囲か。

A：本制御は処理水の NH₄-N 濃度が 0~2 mg/L の範囲になるように曝気量を制御している。本実証の実測値として、凡そ 2 mg/L 以下であった。

【研究発表】AIの予測値を用いた自動曝気風量制御の特徴解析

安川オートメーション・ドライブ株 藤原 翔, 平林和也
日本下水道事業団 糸川浩紀, 山本明広

ランダムフォレスト法を用いて水処理の制御設定値を予測する「水処理制御支援技術」を開発し、既報にて、実験プラント（標準活性汚泥法）の曝気風量制御に適用可能と報告している。本報では、教師データ範囲外となるように流入水量の時間変動を与え曝気風量制御の挙動を解析した。

Q：未学習の条件として、今回は流入水量を指標としたが、DO 制御の追従性を確認することを目的にするならば、未学習の窒素濃度を指標として評価したほうが良いのではないか。

A：今回のパイロットプラントの構造上、流入水量を変化させることが容易であったが流入水の水質は変更が困難であったので、未学習の窒素濃度を指標とした評価は行えてない。

Q：未学習の窒素濃度を指標とした評価をするために、教師データを調整し、学習範囲を小さくする方法もある。

A：今後の取り組みに参考とする。

Q：教師データ範囲に、実験プラント修繕時の停止データが含まれ、AI 予測モデルに影響を与えた。悪影響になるデータを自動的に除外する方法を検討しているか。

A：自動的に除外する方法は今後の課題として検討中である。

Q：自動制御にAIを適用する場合、ランダムフォレストは適当な手法なのか。

A：教師データが整っている場合は、ランダムフォレストは有効に機能すると考えている。しかし、教師データ範囲外の未学習領域については、ランダムフォレストを含めAIは適用が難しい部分がある。

【研究発表】 AIを活用した下水処理場向け運転支援技術の実用化に向けた検討

(株)日立製作所 山野井一郎, 伊藤健太
小泉賢司, 田畑潤也
横井浩人

(公財)埼玉県下水道公社 吉川直聡, 石川智弘
齋藤朋之, 田中大輔

AIを活用した下水処理場向け運転支援技術を開発しており、荒川水循環センターでの有効性を検証し、一年間を通じ安定的な運転支援が行われた。

Q：硝化抑制運転から硝化促進運転に切替える時に、亜硝酸型硝化になることが予想され、最終沈殿池で汚泥流出することが懸念される。汚泥流出防止の対策を行ったか。

A：冬季のため亜硝酸態窒素が発生し、SS上昇する場面があった。予め下水処理場様から亜硝酸型硝化の運転方法を確認しており、汚泥流出を防止できた。

Q：年報など中長期なデータを活用した運転支援と推察する。短期的に変動する事象への対応は考慮されているか。

A：推察通り、年報など中長期なデータを活用している。短期的に変動する事象に対しては、例えばDO制御の場合、日報データ等を活用して水質変動への影響を考慮して適切なパターンを検討し、テンプレートを作成したうえで、日々の運転に適用した。

Q：AI活用による運転支援は、定常時運転には有効だが、非定常時運転には課題があると理解した。非定常時運転でも有効活用するため、今後の展望は。

A：さしあたっては、定常時から非定常時に移行しないようする運転支援技術の確立を目指していきたい。そのうえで、非定常時への対応も、知見を溜め今後実施していく。

【研究発表】 AIによる流入量や管内貯留量の推定を用いたポンプ場運転操作ガイダンス

(株)ウォーターエージェンシー 柏崎拓成, 湛 記先

AIを活用して流入流量や管内貯留量を推定し、流入渠水位、ポンプ井水位の予測する運転ガイダンスを開発し、降雨時であっても予測誤差が20cm以内となり、実用性が高いことを確認した。

Q：流入流量の推定において、説明変数に雨量、曜日、時間が挙げられていた。時間を説明変数にしている理由を確認したい。

A：時間は、1日を1,440分として扱い表現したものの。晴天時は流入量変化と時間との関係性が高いため、時間を説明変数にしている。

Q：流入量の推定に利用した雨量は、どのようなデータか？

A：現地に設置されている積算雨量計のデータを利用した。

Q：流入渠水位よりも、ポンプ井水位の予測精度が低くなっている。要因には、何が想定されるか。

A：ポンプ吐出量やゲート流量について、予測値と実吐出量に差異が生じているため、ポンプ井水位の予測精度が低下しているものと考察している。

【研究発表】 デジタルツインによる反応タンク風量制御

(株)明電舎 豊岡和宏, 宮原盛雄
東京都下水道局 岸本 長

反応タンク内に無酸素/好気兼用領域を設け、好気槽の一部を疑似嫌気兼用領域とした硝化脱窒プロセスにおいて、活性汚泥モデル(ASM: Activated Sludge Model)を活用して、反応タンク内の区画別の風量制御を行った結果、従来方式よりも、送風機電力量が7.2%削減し、窒素除去は8.9ポイント向上する成果を得た。

Q：ASM風量制御において、キャリブレーションはどの程度の頻度で実施するか。

A：MLSS計と反応タンク出口アンモニア計をモニタリングし、適宜キャリブレーションを行っている。頻度はMLSS計によるキャリブレーションは2日周期、アンモニア計によるキャリブレーションは6時間~1日周期で実施した。

Q：風量調節弁の開度制御において、ASMで都度計算し、ハンチングしないように制御しているのか。

A：風量調節弁の風量設定値のパターンテーブルを予め設定しており、都度計算は行っていない。

Q：「デジタルツイン」として、3D等でグラフィ

カルに表示し、オペレータがプロセス状態を把握しやすくする方法を検討しているか。

A：メタバース（仮想空間）やVR（仮想現実）など先進的な技術を、下水処理施設に取り入れることは、重要かつ有効だと考えている。今後検討したい。

Q：ASMのようなモデルベースの制御技術や、AIを用いた制御技術が、数多く提案されている中で、どの制御技術が優位なのかを判断できない。これらの制御技術の使い分けなど御意見があれば教えてください。

A：モデルベースの制御技術の得意なところ、AI制御技術の得意なところ、それぞれの特徴を加味し適用していくと想定している。

【論文】 特定酵素基質培地を用いた下水試料の大腸菌測定法の性能確認方法に関する考察

(国研) 土木研究所 山下洋正
(現 国土技術政策総合研究所)
(国研) 土木研究所 諏訪 守
国土技術政策総合研究所 松橋 学, 重村浩之

下水道法と水質汚濁防止法の基準が「大腸菌数 1 mLあたり 800 CFU 以下」に変更されるに伴い、大腸菌測定法の公定法を定める必要があり、特定酵素基質培地を用いて混積平板法の性能を確認した。回収率や繰り返し精度、市販培地の組成や希釈水の種類、大腸菌濃度の影響を検討した結果、現行基準で広く実施されている大腸菌群数の測定から大幅な増大はなく、導入において問題がないと考えられた。

Q：単一大腸菌の株か？

A：回収率試験は下水処理水試料をろ過滅菌して市販の大腸菌標準試料を添加しているため単一株と考える。繰り返し精度試験は実試料のため野生株である。

Q：同一の試験者によるサンプル測定か？

A：同一の試験機関で同一の試験者である。

Q：消毒の影響はあるか？

A：消毒前のサンプルを採水しているため影響はない。

Q：80 CFU 以下であれば 10 倍希釈せずに直接測定してもよいのか？

A：法令上に定める最小限の要請としては 10 倍希釈での測定であるが、加えて直接測定などを実施することは技術的な補完となる。

セッション A-2 下廃水Ⅱ 処理・監視・制御
【座長】 岡本誠一郎 (クリアウォーター OSAKA 株)
【副座長】 山野井一郎 (株) 日立製作所)



発表論文

- ① 特定酵素基質培地を用いた下水試料の大腸菌測定法の性能確認方法に関する考察
- ② 回転繊維ユニット RBC-OD 法による処理能力増強効果とその有機物除去機構
- ③ 微細藻類の培養・回収・エネルギー生産においてスポンジ担体を培養手法としたときの有効性の検討
- ④ 下水の高度処理水を利用したアユの養殖における臭気物質低減方法の評価

本セッションでは、下水・廃水の水処理、監視制御技術に関して、①特定酵素基質培地を用いた下水試料の大腸菌測定法の性能確認方法に関する考察、②回転繊維ユニット RBC-OD 法による処理能力増強効果とその有機物除去機構、③微細藻類の培養・回収・エネルギー生産においてスポンジ担体を培養手法としたときの有効性の検討、④下水の高度処理水を利用したアユの養殖における臭気物質低減方法の評価、の 4 編の研究発表と質疑応答が行われた。

【研究発表】 回転繊維ユニット RBC-OD 法による処理能力増強効果とその有機物除去機構

東芝インフラシステムズ(株) 胡 錦陽, 小原卓巳
柿沼建至
日本下水道事業団 高田祥暉, 糸川浩紀

回転繊維ユニット RBC を OD 槽の前段に設置する RBC-OD 法を下水処理場に設置した実規模の実証試験装置で実証試験を実施した。流入下水量を 2 倍とした負荷増強の通年試験において、処理水の平均 BOD は 3 mg/L と低濃度を維持できた。また、装置設置により OD 槽 1 池の運転を停止できたことから年間を通じての消費電力量原単位が 33.7% 削減された。

Q：メンテナンスで必要なことは？

A：生物膜が過剰になると性能が低下するため、常に一定量の微量空気を洗浄用に曝気している。

Q：コスト評価はしているか？

A：LCC を評価しているところ。今後、発表予定である。

【研究発表】 微細藻類の培養・回収・エネルギー生産においてスポンジ担体を培養手法としたときの有効性の検討

メタウォーター(株) 堀野太郎, 野口基治
鳥取大学 神宮一輝, 新田佳樹, 高部祐剛

下水を用いた微細藻類の新しい培養・回収方法として、スポンジ担体を用いた微細藻類と細菌の共生系による下水処理を提案し、最終沈殿池流出水を用いて、担体を添加した培養系と添加しない培養系を構築し、HRT を変更した場合の処理水質、および得られた藻類バイオマスのエネルギー生産ポテンシャルについて確認した。その結果、微細藻類の増殖が難しい短いHRT (約 1.1 日) の運転条件においても微細藻類を系内に維持し、窒素除去が可能であった。担体を添加することで、浮遊藻類の沈降性が向上し、エネルギー生産ポテンシャルが 2.5 倍に向上した。

Q：システム全体として何をめざしているか？

A：有機物を無機化して回収するところは従来の活性汚泥法と同様であるが、微細藻類で処理することで有価物とすることを考えている

Q：沈降性が向上した要因は？

A：微細藻類の種構成が影響していると考えている。担体に付着しやすい微細藻類が付着・剥離・浮遊して種構成を占めるようになったと推測している。

【論文】 下水の高度処理水を利用したアユの養殖における臭気物質低減方法の評価

東京大学大学院 尾方 瑛, ファムビエツ ズン
加藤裕之

高度処理水の陸上養殖への利用を目的として、オゾンとゼオライトを組み合わせた処理による臭気の改善状況を評価した。オゾンとゼオライトを用いた処理の結果、2,4,6-トリクロロアニソール、2-メチルイソボルネオール、ジェオスミンといったカビ臭物質の水中濃度が減少した。また、処理水で飼育したアユへのカビ臭物質蓄積量および 1,3,4,6,7,8-ヘキサヒドロ-4,6,6,7,8,8-ヘキサメチルシクロペンタ [g]-2-ベンゾピラン (HHCB) の蓄積量が低減することが確認された。

Q：オゾンとゼオライトの効果について

A：現在、それぞれの除去率を導出する取り組みをしている。

Q：アンモニアの毒性や臭素酸は問題にならないか？

A：ステップ流入式 A_2O 法でアンモニアはほぼ検出されない。また臭素酸についても検出されておらず、問題にはならないと考えている。

セッション A-3 未来プロジェクト

【座長】原田 英典 (京都大学)

【副座長】中村 高士 (メタウォーター(株))



発表論文

- 立場間摩擦の減少を目的とした匿名コミュニケーションの有効性について
- 「本物」に触れる機会を提供する選択型の小学校教育システム
- 2050 年を見据えた未来教育の提言

本セッションでは、当学会が主催する若手技術者・研究者のための人財育成プログラムである「未来プロジェクト TSUNAGU21 V」の活動成果報告と聴講者を交えたディスカッションが行われた。

今年度の未来プロジェクトでは、京都大学の原田先生 (プロジェクトディレクター) のもと、「『未来の教育を考える！』—多様性を育み、新たな価値を創造し続けられる社会を目指して—」をテーマに、様々な分野から集った若手技術者・研究者 (計 11 名) が、3つのグループに分かれてワークやディスカッションを行った。7月~10月までの短期間ではあったものの、参加者間で濃密な時間を共有し、深い議論が交わされた結果、各グループが独自の視点で「未来の教育方法」を取り纏めた。

セッションの冒頭では、(株)堀場アドバンスドテクノの室賀氏 (世話人代表) より、今年度の活動テーマおよび活動経過が紹介されたのち、3つのグループから発表がなされた。

【研究発表】立場間摩擦の減少を目的とした匿名コミュニケーションの有効性について



グループ A

メタウォーター(株)	宮崎のどか
三菱電機(株)	川井健太郎
(株)日吉	上森勇輝
(株)明電舎	堀本北斗
世話人兼ファシリテーター	
三菱電機(株)	田上浩大

A グループからは、掲題のテーマで発表があり、聴講者との間で以下のような質疑応答がなされた。

Q：アバター使うところに最先端を感じたし、AIファシリテーターがいると会議しやすそうだと思う。これは会社で使用することを想定していると思う。会社でいい発言した人がいたときには評価してフィードバックしていかないといけないと思うのだが、評価の仕組みについて議論をしていたら教えてほしい。

A：匿名のままでも評価できると考えている。匿名のXさんを評価したとして、本人に紐づいているので、そこで評価は可能である。仮にポイントをXさんにつけていて、後から確認できるのであれば問題ないと思う。

意見だしの部分が多い最初の会議にて匿名でできればよいと思っている。

匿名でも、我々が出したかった独創性を出すことは達成できる。ただし、評価時に匿名性がばれてしまうので、二回目以降は匿名性が薄れてしまうリスクはある。

Q：議論がヒートアップしたときなどに、「口調が荒いですよ」と提案してくれるシステムとのことだが、逆にヒートアップすることで、良い意見がでて全体で見たときによくなる時もある気がするのだが、そこについてはどう考えているか。

A：対面にて議論をぶつけ合うことで議論が活性化することがあるのは理解できる。会議のやり方

の一つ提案をしているので、その場合は従来通りやってもらうしかない（会社の方針を決める会議等）。目的に応じて会議のやり方を変えてもらえればと思う。

Q：匿名で全員が会議に参加する前提だが、匿名なら出たくない会議もある。それならば、各社員をAI化し、そのAI社員が議論すればいいと思う。会議もする。議事録も作る。AI同士が議論することで大きな責任を持たず、ガス抜きにもなる。そのようなシステムがあれば、是非使いたい。

A：どこまでAIに任せればクリエイティビティを失わないかは議論したが、頂いた意見を踏まえてシステムを再考したい。

【研究発表】「本物」に触れる機会を提供する選択型の小学校教育システム



グループ B

東芝インフラシステムズ(株)	飯川聖人
(株)日立製作所	久米啓太
東亜ディーケーケー(株)	曾我友太郎
(株)堀場アドバンスドテクノ	本多美早紀
世話人兼ファシリテーター	
(株)堀場アドバンスドテクノ	木下隆将

B グループからは、掲題のテーマで発表があり、聴講者との間で以下のような質疑応答がなされた。

Q：私（質問者）は大学でプログラミングを学んでいたが、小学校の時から触れておきたかった、と思うことがあった。皆さんは小学校の時にこんなことがしたかったというエピソードはありますか。

A：東京で育ち、虫取りが好きだったが、都内の公園ではできることに限りがあった。大学で北海道に行き大自然を見て、子供のころからここにいれればよかったと感じた。

C：幼少期に本物に触れる機会というのは非常にとても大事である。

C：感性が豊かであるため小学生がターゲットとされているが、何歳になってもトライできる環境が欲しい。極論、70歳くらいになっても興味があることを経験できる（学べる）場が欲しい。皆さんも、今自分のことだと思ってトライして欲しい。

A：ご提言の観点を含めて議論してきた。地域住民なども小学校などの施設に行き、共に体験できる環境にできれば尚良いと考えている。

考えている。

Q：現在の学区制に対する批判は2050年には小さくなり、地域での対面コミュニケーションが再度活発になるということか。

A：その通り。

C：その前提で、具体的な教育方法に踏み込んだ論文を作成していただけると嬉しい。

C：今までと違う対面コミュニケーションを求めて、60歳を超えて京都から長野に引っ越しをした。2050年には対面に価値を感じるようになっていくことだが、価値観を先取りしているのかもしれない。今回の発表において皆様がどのような顔で発表するのかを見ていた。未来PJにおいて（PJ開始当初の目的である）人財のネットワークがどのように構築されているのかを気にしていた。長く会わない期間を経ても、なお人財ネットワークが活きるためには、共通の経験が必要である。未来PJのような取り組みが適切であると思う。

教育とは、ベクトルの方向性としては二つ。「教え育む」と読むか「教わり育つ」と読むか。未来PJの発表を見ると議論が揺れながらも様々なコミュニケーションを通して「教わり育つ」経験ができていて良いと考える。未来プロジェクトの副題である「TSUNAGU」に込められた願いが体現されているように感じた。

【研究発表】2050年を見据えた未来教育の提言



グループC

メタウォーター(株)	市川 優
東芝インフラシステムズ(株)	前田桃子
(株)堀場アドバンスドテクノ	日置将登
世話人兼ファシリテーター	
メタウォーター(株)	唐鎌考寛

Cグループからは、掲題のテーマで発表があり、聴講者との間で以下のような質疑応答がなされた。

Q：アナログとデジタルの境界線があるのだろうか。グループ内で議論されたことはあるか。

A：議論は重ねたが、アナログとデジタルの中間点が見いだせず、将来はデジタル活用がベースになると考えた。どこにいても同じ教育（AR、VR）を受けるので、教育の現場でコミュニケーションを充実させよう、という主張である。

Q：デジタル技術が発展すると地域にとらわれない教育になると思われる。現在においても、(住民から)学区で区切られていることに対する反発・批判が出てきている。地域コミュニケーションに注目した議論の内容について教えてほしい。

A：未来ではVR、ARの活用が一般的となると予想しており、逆に地域における対面コミュニケーションの価値が高まると考えた。今は対面コミュニケーションが煩わしいと考えていたとしても、2050年には価値が出てくると

セッションB-1 汚泥 処理・管理

【座長】大下 和徹 (京都大学大学院)

【副座長】山内 進 (㈱堀場アドバンステクノ)



発表論文

- ① 下水汚泥焼却炉における付着物の発生可能性を考慮した剪定枝・刈草の補助燃料使用による温室効果ガス排出量削減効果
- ② 下水汚泥焼却炉の焼結物生成メカニズムの解明と金属含有薬剤の有効性に関する調査
- ③ 下水汚泥脱水促進に与える繊維状物質や加温方法の影響
- ④ 創エネルギー型脱水焼却システムのAIによる30日連続無操作運転達成報告
- ⑤ 脱水汚泥に含まれる化石炭素の調査とその挙動および影響推定

本セッションでは、「汚泥 処理・管理」をテーマに、①下水汚泥焼却炉における付着物の発生可能性を考慮した剪定枝・刈草の補助燃料使用による温室効果ガス排出量削減効果、②下水汚泥焼却炉の焼結物生成メカニズムの解明と金属含有薬剤の有効性に関する調査、③下水汚泥脱水促進に与える繊維状物質や加温方法の影響、④創エネルギー型脱水焼却システムのAIによる30日連続無操作運転達成報告、⑤脱水汚泥に含まれる化石炭素の調査とその挙動および影響推定の5編の研究発表と質疑応答が行われた。

【論文】下水汚泥焼却炉における付着物の発生可能性を考慮した剪定枝・刈草の補助燃料使用による温室効果ガス排出量削減効果

(国研) 土木研究所 宮本豊尚, 桜井健介
 京都大学大学院 高岡昌輝
 (国研) 土木研究所 阿部千雅

温室効果ガス排出削減に向け、下水汚泥焼却炉の補助燃料の転換が期待されている。本研究は、剪定枝及び刈草を補助燃料として使用する場合、必要とされる

補助燃料量を試算するほか、その際に付着物が発生する可能性についても評価した。あわせて、温室効果ガス排出量を試算し、事業実施の意義について検討した論文発表であった。月別の温室効果ガスの排出状況は、いずれの時期でも重油を用いた場合と比べて温室効果ガスの排出量が削減される結果となり、例えば8-9月の2カ月を定期点検に充てる条件を想定すると、年間での温室効果ガス排出削減量は約1,600 t-CO₂/年程度の試算となった。

Q：木質ペレットの方が付着物を発生し易いのか？
 また、影響するパラメータはカリウムか？リンか？

A：カリウム濃度3に対してリン濃度0.5の比率であったので、カリウムの影響が大きいと考えている。木質ペレットはカリウム濃度が低く、焼結し難くなっており、付着物発生しにくいと考えている。

Q：温室効果ガス排出量試算で、N₂Oの排出は含めているか？

A：今回の試算ではN₂Oは省いている。

Q：焼却施設のN₂Oは大きな割合を占めるので、N₂Oが上乘せになった場合に今回の試算結果にどれくらい影響するかを考慮した方が良い。ペレットを混合することで相対的にNの量が減ると考えられるのではないかと？

A：ご指摘通り。ただし燃え方(最高温度)のN₂Oへの発生影響も考慮する必要があると考える。

Q：実プラントでの検証が重要と考えるが、今後の予定はあるか？

A：現時点で予定は無いが、プラントメーカーなどの協力者があれば是非実施したい。

Q：剪定枝中に含まれる葉が多くなるとカリウムが増えると考えられるが、季節変動に考慮しているか？

A：季節変動は、刈草と剪定枝の混合割合のみを考慮したので、葉の考慮はしていない。

C：対象物がバイオマスであり、これらがカーボンニュートラルとして考えた場合、どこかで焼却している場合はカウントするところが変わるのみで全体で見ると収支は変わらない。例えば農業残渣や畜産廃棄物など、従来焼却してないものを利用することで更に効果が期待できる。

【研究発表】 下水汚泥焼却炉の焼結物生成メカニズムの解明と金属含有薬剤の有効性に関する調査

東京都下水道サービス(株)	早坂政紀
東京都下水道サービス(株) (現 東京都水道局)	小橋 潤
(株)日水コン	村田道拓, 水上紗智 大谷恭平

近年、下水汚泥の焼却工程において焼却炉内や煙道・空気予熱器付近で生成する焼結物によるトラブルが発生している。本研究は、焼却炉の安定運転を実現するために、発生した焼結物の成分を分析するとともに、焼結物の発生メカニズムを解明し、リン含有率による焼結物生成への影響や焼結物生成を抑制する薬剤の有効性について検討した研究発表であった。今回の調査では、クリンカ、閉塞物ごとの焼結温度や P_2O_5 等の含有率の違い、薬剤添加による吸熱ピーク温度の変化を把握した。また、焼結物の生成抑制対策として、水酸化カルシウムが添加量に応じて効果を発揮することが示唆された。

Q：どの部分でどれくらいの量の焼結物が生成しているか？

A：焼却炉の運転条件や汚泥の性状により焼結物の大きさや量が大きく異なり、一概に言えない。

Q：ラトラ試験機による膠着試験で、元のサンプルを再加熱せず粉碎したのみの試験は行ったか？

A：今回の試験では行っていない。

Q：閉塞抑制指標値が1を超えていても付着がある要因として、アルミニウムの効果との関連性はあるか？

A：アルミニウムを加えた場合、融点上がる効果は得られなかった。カリウムが影響しているのではないかと推測している。

Q：マッピング画像について確認したい。

A：クリンカの粒子の二層構造になっている部分をピックアップして分析した。画像の黄色の部分がリンのマッピング像になっている。

Q：バインダーの成分はわかったが、その構造はわかったか？

A：過去にXRDによる解析でカリウムの化合物を確認した例があるが、今回の調査では詳細まで確認できていない。

C：閉塞抑制指標値の式で、温度の補正をかけた方が良いのでは？

A：指標値の式はリンおよびそれと結合する元素の理論的なモル比のみのため、温度や他金属の関係についても今後考慮したい。

C：アルミニウムは植物が溶解しにくく農業的には

使いにくいいため、焼却灰を農業用に利用する場合、凝集剤は鉄の方が望ましい。

【研究発表】 下水汚泥脱水促進に与える繊維状物質や加温方法の影響

京都大学大学院	堀之内慎吾, 大下和徹 本間亮介
メタウォーター(株)	蓮中勇也, 丹 雅史
京都大学大学院	高岡昌輝

日本における下水汚泥のマテリアルとしてのリサイクル率は2022年度で74%と高い傾向にあるが、下水汚泥中有機物のエネルギー利用率は約26%にとどまっている。その要因として、下水汚泥の高含水性と難脱水性があげられ、濃縮・脱水技術がより重要となっている。本研究は、下水汚泥の加温脱水における繊維状物の影響および加温対象の制限による影響を調査した研究発表であった。回収繊維や再生紙100%のトイレットペーパーを余剰濃縮汚泥に投入して加温脱水を行った場合、加温温度の上昇に伴い脱水ケーキの含水率の低下が確認された。また、繊維状物質による脱水促進には、繊維長が短いことが重要であることが示唆された。

Q：遠心分離した際に、上澄みのほうに繊維が分離していないか？

A：遠沈管に繊維の付着は認められなかったのですが、脱水ケーキ側に回収できていると考えている。

C：加温脱水技術はコロンプスの卵的な考え方であり注目している。

Q：加温対象を制限しない方が良いという結果か？

A：加温対象を制限せず、初沈汚泥と余剰汚泥を混合して加温の方が脱水性は良くなった。

Q：濃縮まで加温することで脱水効果が上がるか？

A：遠心分離しながら加温できる脱水機を使用した試験結果では、濃縮時の加温より脱水時の加温の方が影響していると考えている。

Q：加温、繊維、およびそれらの併用のうち、どれが含水率低減に寄与しているか？

A：今回は、加温脱水において繊維の影響を調査したものであり、双方重要である。

Q：加温の熱源やコストについてどう考えているか？

A：熱源やコストについては、今後の検討課題としている。

【研究発表】創エネルギー型脱水焼却システムの AI
による 30 日連続無操作運転達成報告
月島 JFE アクアソリューション(株) 矢澤伸弘, 山本 稔

少子高齢化による人口減少社会において、インフラ維持のための人材確保が喫緊の課題となっている。また、COP21 の「パリ協定」や政府の「2050 年カーボンニュートラル」宣言により、脱炭素社会の実現に向けた取り組みが本格化しており、下水道施設においても新技術の創出が求められている。本研究は、AI 技術を応用した自律制御システムを活用し、創エネルギー型脱水焼却システムを 30 日間、人の操作なしで安定運転を達成し、そこで得られた知見および導入効果についての研究発表であった。

Q：AI の教科書データとして、焼結したときなど好ましくない運転データも教え込んでいるか？

A：今回の検証では入っていない。

Q：安全性についての工夫はどうしているか？

A：安全値を保護回路で組み込んでいる。緊急停止工程の時間は、安全面と設備の特性を考慮してモードで選択するようにしている。

Q：焼却炉が一旦安定すると炉の状態変化が小さいが、どのような運転制御をしているか？

A：焼却炉の状態評価を AI で行っており、投入する汚泥の含水率を未来予測し、凝集剤添加率と高速ミキサーの軸トルク値を制御して炉の状態を変化させないように制御している。

Q：表題の創エネルギー型とはどういうことか？

A：排ガス熱交換器からの熱回収による発電システムを組み入れることにより、創エネルギー型自立制御システムが構成できる。

Q：脱水機と焼却炉までの滞留時間もしくは搬送時間が 5 から 7 時間とあったが、AI 制御の有効性から設定した時間か？

A：今回の実証現場の滞留時間での結果であり、各現場によって調整が必要と考えている。

Q：凝集フロック状態解析用のカメラの設置上で特に注意した点はあるか？

A：凝集攪拌槽のガラス窓にかなり接触させ、くもりなどが生じにくい設置環境とした。

Q：薬品添加で凝集フロックの間隙を見ているが、フロックの大きさなど他に参照する項目はあるか？

A：今回のシステムでは、フロックの間隙と高速ミキサーの軸トルク値の変化を見ている。

Q：含水率の制御は熱量を目標として行っているか？

A：焼却炉の今の状態温度を見て、最適と思われる含水率を未来予測し、濃縮・脱水機を制御して

いる。

Q：自動運転制御の最終的な発電量や蒸発量の目標値はどのように入力するのか？

A：基本設定値はオペレータが入力し、その制御内で自動運転するようになっている。

【研究発表】脱水汚泥に含まれる化石炭素の調査と
その挙動および影響推定

京都大学大学院	大下和徹
京都大学大学院	伸 宇飛
(現 パクテラ・テクノロジー・ジャパン(株))	
京都大学複合原子力科学研究所	福谷 哲
京都大学大学院	高岡昌輝

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は、下水処理過程で直接的に排出される CO₂ はすべて生物起源であると仮定し、2006 年の GHG インベントリに含めなかった。しかし、その後の研究で、下水には石油製品に由来すると考えられる化石炭素が相当量含まれていることが指摘されている。2019 年、IPCC は下水処理場における化石炭素の評価を推進するようガイダンスを改訂した。本研究は、日本全国の 28カ所の下水処理場から採取した脱水汚泥中化石炭素を液体シンチレーションカウンター法により調査し、その挙動や温室効果ガス排出量全体に与える影響を予測した研究発表であった。化石炭素割合の中央値は 12.8±6.40 %C であった。焼却経路で排出される化石炭素由来 CO₂ 量を全国レベルで試算した結果、汚泥処理由来で直接的に排出される GHG 排出量のうち 9.8% から 28.0% を占め、無視できないことが示された。

Q：リン、マグネシウム、カルシウムが相関があるのは、メタン発酵による MAP 等の結晶物が影響しているのではないか？

A：分解されずに消化汚泥の中に残るものとすればシリカも同じはずだが、相関は低かった。それ以外にも相関がみられないものもあり、要因はまだよく分かっていない。

Q：下水に流入する 12.8% は石炭あるいは石油の化石由来、残りはバイオマス由来の有機物で構成されているとの理解で良いか？

A：今回のデータは脱水汚泥中の炭素量であり、厳密には下水流入水の炭素量ではないが、流入水も同程度になると考えられる。

Q：カーボンニュートラルという考え方では、下水汚泥を 100% 処理しても 12.8% を差し引く必要があるということか？

A：その通り。これをどのように削減していくかは難しい問題であるが、化石由来のプラスチック製品等がバイオ由来に変わっていくことで、

2050年までには削減されていくと期待している。

C：今回の調査結果の数値が一人歩きしないために、下水処理場の地域性や処理方式など、より多くのサンプルでの調査が必要と考える。

A：今回の第1期調査では、北海道から九州まで全国的に28ヵ所の脱水汚泥をサンプルとした。処理方式にはOD法も含んでいる。現在、第2期調査で34ヵ所のサンプルの調査を実施中であり、今後、サンプルの前提条件を明確にした上でデータ数を増やしていく予定である。

Q：消化ガスに化石炭素は含まれているか？

A：消化ガスは、ほぼ100%バイオ由来炭素で構成されていると考えて良い。

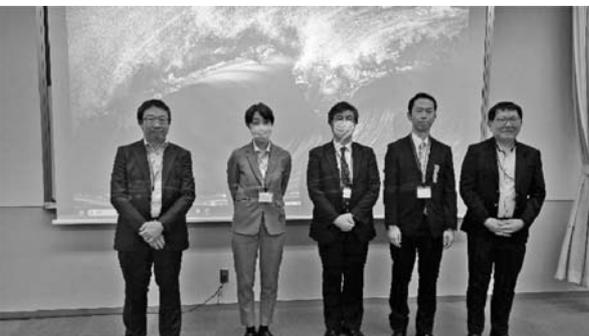
C：サンプルの情報として、下水処理場の規模情報を追加した方が良い。また、国立環境研究所が全国公共下水処理場のPRTR物質リストを作成している。PRTR物質はほぼ石油炭素由来であり今回の調査の参考になると考える。

A：第2期調査では規模別に分けて評価を行う予定。PRTRについても参照してみる。

セッションB-2 浄水I 処理・監視・制御

【座長】鎌田 素之（関東学院大学）

【副座長】豊岡 和宏（㈱明電舎）



発表論文

- ① 琵琶湖南湖の水道原水の臭気発生・終息因子の分析
- ② 浄水場における落下水流による塩素消失に関する一考察
- ③ 凝集剤注入率変化シミュレーションに基づくコスト適正化に関する検討

本セッションでは、「浄水I 処理・監視・制御」をテーマに、①琵琶湖南湖の水道原水の臭気発生・終息因子の分析、②浄水場における落下水流による塩素消失に関する一考察、③凝集剤注入率変化シミュレーションに基づくコスト適正化に関する検討、の3編の研究発表と質疑応答が行われた。

【ノート】琵琶湖南湖の水道原水の臭気発生・終息因子の分析

㈱日立製作所 隅倉みさき、宮川浩樹、福本千尋

琵琶湖南湖から取水するA浄水場の原水について、粉末活性炭注入運転に活用すべく、過去データを整理・分析し臭気（生ぐさ臭、カビ臭物質）の発生時期と終息時期を予測した。過去5年分の各臭気の発生期間と気象・水位等のデータを比較し、臭気の発生・終息への主な影響因子として水温、水位、放流流量、風速を選定して入力データとし、各臭気の発生・終息可能性を示す指標として発生指数を定義した。実データを用いて試算したところ、生ぐさ臭は5年間の5割以上で予測日数差1週間以内となる結果を得た。

Q：放流流量が少ない日が続くと臭気の発生が少ないのはなぜか。

A：巻上げによる臭気発生の減少、あるいは初期藻類量の減少が考えられる

Q：予測日数差の目標はどのくらいか。

A：1週間以内である。

Q：2-MIBが5月に高い傾向だが、代掻きの影響ではないか。代掻き前に田表面の藍藻類を測定するとよい。

A：承知した。

Q：本当に西の湖から琵琶湖に水が入ってきているのか。

A：南湖の複数の浄水場の水質データを見て確認する必要がある。

【研究発表】浄水場における落下水流による塩素消失に関する一考察

東芝インフラシステムズ㈱ 毛受 卓、鷹箸幸夫
横山 雄、金谷道昭

浄水場における高精度な残留塩素濃度予測モデルを用いた塩素注入最適化アプリケーションを開発した。物理・化学反応に基づくモデル構築では、着水井の前塩素注入点から混和池出口に至る間において上記モデルで説明できない塩素消失が確認されたため、残留塩素濃度の詳細データを入手してそのメカニズムを考察した。その結果、0.5mの落差がある着水井の越流堰から次の混和池に向かう越流堰において残留塩素濃度に0.29mg/Lの差があることが確認した。これは原水の落下時に巻き込まれた空気による放散現象である可能性が高いと考えられた。

Q：水温の影響はどうか。

A：10、15、20℃で検証したところ、顕著な影響はなかった。

Q：水量の影響はどうか。

- A：影響があると考えている。
 Q：堰の落差が変わることの影響はどうか。
 A：顕著であると思われる。
 Q：浄水場内で同様に落差により塩素が消費され得る場所はあるか。
 A：ないと思われる。これだけ落差がある場所は珍しい。

【研究発表】凝集剤注入率変化シミュレーションに基づくコスト適正化に関する検討
 東芝インフラシステムズ(株) 小熊 信, 有村良一
 横山 雄, 金谷道昭

浄水場における凝集剤注入では、熟練した運転管理者のノウハウに基づき作成した注入率表を用いて凝集剤注入率を決める運用が多いが、そこに記される原水濁度に幅があるため凝集剤の過不足が発生することが想定される。本論文ではこれを最小とする方法論について、処理水の濁度やコストも含めてシミュレーションで検討した。その結果、限定的な原水水質シナリオにおいて凝集剤注入率変化シミュレーションに基づく凝集剤注入率の設定は有効であり、コスト低減にもつながる見込みであるとの結果を得た。

- Q：安全を見て注入率は余裕をもって設定するとのことだが、どのように設定するのか。
 A：現場で運用している注入率表は試行錯誤で定めた準最適解と捉えると、そこから一定の範囲内でこのモデルを組み合わせて最適解を求める方法は有効と考える。
 Q：今回は濁度のみのシンプルなシナリオとのことだが、実運用ではpH、アルカリ度や色度などを含んで運用されている。今後そのようなシナリオ検討は予定されているか。
 A：予定している。別途開発中の水質予測モデルにおいて、そのような詳細シナリオでの精度向上を考えている。
 Q：PAC注入の場合は安定した凝集効果が得られると思うが、安全のため余裕を持った注入率とすると沈殿物が増えて汚泥が増える。この点はどう考えているか。
 A：今後、汚泥処分費などのコストを含めた検討をしていきたい。

セッションB-3 浄水Ⅱ 処理・監視・制御
【座長】藤原 健史 (岡山大学)
【副座長】上野 和博 (安川オートメーションドライブ(株))



発表論文

- ① 水道施設の統合監視支援システムの開発
- ② 急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度とろ過池損失水頭の同時推定に関する検討
- ③ ダイヤモンド電極を用いた残留塩素濃度モニター

本セッションでは、「浄水Ⅱ 処理・監視・制御」をテーマに、①水道施設の統合監視支援システムの開発、②急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度とろ過池損失水頭の同時推定に関する検討、③ダイヤモンド電極を用いた残留塩素濃度モニター、の3編について研究発表と質疑応答が行われた。

【研究発表】水道施設の統合監視支援システムの開発
 (株)日立製作所 中川香織, 小笠原直輝
 小泉賢司, 小熊基朗

複数施設・複数地域を一か所で監視制御する統合監視が今後増えると予想される。本研究では統合監視の現場における作業員特に管理者向けに、多数の水道施設の運用状況を容易に把握可能とする技術を開発した。本発表では、管理者が運用中リアルタイムに注視すべき現象を抽出し関連情報を出力する機能と、過去の運用状況を確認・評価するための情報を出力する機能について目的を達成した事を確認した。

- Q：模擬データとはどんなデータ？
 A：過去実データのパラメータから、その特徴・規則性は保つが、本当のデータとは時間等が異なるデータ。
 Q：浄水場に試した感想は？
 A：まだ構想段階である。出た意見としては、広く浅くは良い。だめだと解る前に予兆を教えてくれるとありがたい、等。

Q：操作からの時間遅れについてはどう処理しているのか？

A：操作ログから監視まで、データにもよるが、信号によるタイムラグはヒストグラムで分布化しておりそれにより効果の判断を行っている。

【研究発表】 急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度とろ過池損失水頭の同時推定に関する検討

東芝インフラシステムズ(株) 村山清一, 大澤 俊
山原裕之, 毛受 卓
横山 雄, 金谷道昭

本報では急速ろ過方式の浄水場のろ過池におけるろ過水濁度とろ過池損失水頭を推定するモデル構築について説明する。ろ過池では、流入水質や運転条件に応じて懸濁物質の捕捉量が変化し、その結果がろ過水濁度及びろ過池損失水頭に現れる。ろ層を複数に分割し、ろ層ごとに適切なろ過係数が異なると仮定し、各ろ層での懸濁物質の除去量を計算する。ろ層ごとのろ過係数はモデル内で演算可能で、各ろ層での懸濁物質の除去量からろ過水濁度及び損失水頭を算出する。モデルで算出したろ過水濁度と損失水頭の両方が実験データにて概ね再現できた事を確認した。

Q：濁度とろ過係数は共に変化するのか？

A：ろ過係数が決まれば濁度が計算できるよう現在開発中。

Q：運用ではトータルの損失水頭がある基準を超えれば洗浄判断として良いのか？

A：濁度 0.05 度以下の制約の中で、いかに洗浄頻度を延ばせるか、がポイントである。

Q：凝集剤をどのくらい入れられるか、後工程からフィードバックされるのか？

A：凝集沈殿処理のモデルも構築しているので、ろ過がどのくらい頑張れるか、からフィードバックできるシステムを目指している。

Q：全体がバランス良く濁度をキャッチできる事が理想。前段・中段・後段がコントロール出来ない構造において、分散させる事ができるのか？

A：入ってくる段階で決まるが、凝集剤が多いと濁度の上がり方が急になる。水質的にどれくらいまでかを示せれば負荷分散できるのでは、と考える。

【研究発表】 ダイヤモンド電極を用いた残留塩素濃度モニター

(株)堀場アドバンスドテクノ 丸山貴大, 亀子雄大
宮村和宏

食品加工工場などの現場において、衛生管理の国際的な手法である HACCP に基づいた管理が求められている。その中で食品の洗浄水中の残留塩素の濃度管理は重要である。現状は試験紙や比色法を用いた手作業による測定が一般的で、作業者による誤差や、記入ミス、作業工数など懸念は多い。一方、従来の連続測定が可能な装置は有機物が含まれる食品洗浄中の測定難度が高い。これらの問題を解消できるダイヤモンド電極を採用した世界初の残留塩素濃度モニターについて、実用上での有用性を確認した。

Q：ダイヤモンド残塩計の開発背景は？

A：食品業界ではこのような製品が無かった。又連続測定の需要が高かった。

Q：上下水施設で使えるのか？

A：処理水の汚れの除去次第による。

Q：これまで食品業界に連続測定が無かったのはなぜか？

A：手分析で十分であり、連続測定の必要性を感じていなかった。

Q：価格については？

A：食品向けは少し安めとなる。上下水施設の既存品と比べれば安価。

Q：有機物の影響の除去・変換時間、サイクルはどのくらいか？

A：それぞれ数秒レベル。

Q：それぞれマイナス・プラス・マイナス・プラスで動いている？

A：その通りです。測定の間隔でシーケンスが動いている。

セッションC-1 広領域 I 環境監視・制御

【座長】樋口 能士 (立命館大学)

【副座長】堀田 卓 (㈱日立製作所)



発表論文

- ① アンサンブルデータ同化を用いた原水濁度の予測精度向上に関する研究
- ② 給水栓を対象としたマイクロプラスチックの簡易分析法の開発
- ③ 給水栓から検出されるマイクロプラスチックの実態とその起源に関する基礎的検討
- ④ 滋賀県西の湖における水質の変動要因の分析とアオコ発生への影響
- ⑤ 下水ブルーカーボン放流管の役割 — 下水道ブルーカーボン構想の実現に向けて —

本セッションでは、「広領域 I 環境監視・制御」をテーマに、①アンサンブルデータ同化を用いた原水濁度の予測精度向上に関する研究、②給水栓を対象としたマイクロプラスチックの簡易分析法の開発、③給水栓から検出されるマイクロプラスチックの実態とその起源に関する基礎的検討、④滋賀県西の湖における水質の変動要因の分析とアオコ発生への影響、⑤下水ブルーカーボン放流管の役割 — 下水道ブルーカーボン構想の実現に向けて — の5編の研究発表と質疑応答が行われた。

【研究発表】 アンサンブルデータ同化を用いた原水濁度の予測精度向上に関する研究

(株) 日水コン 川口智也, 村田道拓, 濱谷義晃
岐阜大学 篠田成郎

アンサンブルカルマンフィルタ (EnKF) による原水濁度の実時間予測の研究を進めており、本研究では従来の摂動観測法 (PO 法) に加えて現在の主流である平方根フィルタ (SRF 法) を導入し、両者の予測精度を評価する研究発表であった。評価結果として、降雨完全予測条件下にて、SRF 法が優位であること

を確認し、また、降水短時間予報を用いた予測降雨条件下にて、SRF 法による濁度の予測性能は良好であることを明らかにした。

Q: 今回求めた L-Q パラメータは、河川のある地点における計算流量を使ったので、それが全体の α , β になると考えていいか。

A: 各メッシュから発生する日濁質輸送量の発生濁度のポテンシャルを各メッシュの降った流量から計算している。L-Q 式を適用しているのは各メッシュである。

Q: 標準的な α , β が見つかるわけではなく変数とを考えていいか。

A: 土地利用がモデルに組み込まれており、土地利用別の α , β がある。

Q: 現場の支援が目的とあるが、増えたり減ったりがどれくらい精度高くとれるのか。

A: 現状はオフラインでやっているのみだが、タイミングとしては合っていると考えているが、実際に現場の人とモデルが使えるかどうかはこれからになる。

Q: 最初から予測値と計算のずれが大きいと収束できないという話だが、収束できる用途はあるか。

A: 観測値に合わせこみにいくのも懸念があることから、取捨選択できるような形がよいと考えている。

【研究発表】 給水栓を対象としたマイクロプラスチックの簡易分析法の開発

(株) 日吉 永井勇真
関東学院大学大学院 伊藤尚輝
(株) 日吉 川喜悦子, 中村昌文
関東学院大学 鎌田素之

これまで水道水についてマイクロプラスチック (MPs) の知見が限られており、今回、MPs の存在実態やその起源を把握するために、蛍光染色法による給水栓に特化した簡便な分析方法開発した。安価で汎用性の高い装置で測定時間を大幅な削減ができることが確認された。

Q: 上部の方を粗いメッシュでやられているが、大きなものを除外することの影響はあるか。

A: 影響はあるが、今回対象としているのは 20~500 μm に限っている。

Q: 河川・湖沼でやるとするとどういった処理が使えるか？

A: 有機物の影響が大きく、分解・比重分離などの処理が必要になると考える。今回の特徴はソケットの内部だけで前処理ができるという利点であり、河川などに適応するのは難しいのでは

と考える。

Q：ネジに取り付けるシールテープ張られている影響はあるか。

A：プランクテストで影響が無いことを確認している。

Q：過酸化水素を使っておられるが、もっと短縮できる案はあるか。

A：過酸化水素による有機物の分解時間については検討しているところ。18時間でやっているが、6時間だと他の有機物も検出されており、18時間であれば検出されない。短縮のためにはもっと強い酸化剤を使うことも考えられる。

【研究発表】 給水栓から検出されるマイクロプラスチックの実態とその起源に関する基礎的検討

関東学院大学大学院	伊藤尚輝
(株)日吉	永井勇真, 川崎悦子
	中村昌文
関東学院大学	鎌田素之

新たに開発した水道水に特化したMPsの簡便な分析方法を用いて、水道水から検出されるMPsの実態とその起源についての分析結果の報告である。分析結果として、検出されたMPsの色や形状についての違いは判別できるが、その種類については正確に判別することは難しく、検出されたMPsの起源については明らかにできていない。今後、顕微FTIR等の分析機器と併用してMPsの起源について調査を進め、適切な対策について検討されることを期待する。

Q：給湯器起源のMPs発生があるとのことだが、長い時間出しっぱなしにしたとして変化はあるか。

A：測定にあたり100 mLに固定したので、流量を出しっぱなしにした時の測定はしていない。

Q：500 μm以上のMPsがありそうだが、外から入ってくる可能性があるのでは。

A：500 μm以上は対象としていないので計っていない。外から入ってくる可能性は無いと考えている。

Q：蛇口の蛇腹ホースがついているものはそこが原因ではとも思うが、給水栓にそういったものが付いているかどうかは検討しているか。

A：蛇腹ホースは確認していて、高くなることを確認している。

Q：温度が高いから出てるのか、それとも材質から出ているのか。

A：この経路に関しては、水温を上げたことによりMPsの濃度が高くなったといえる。

Q：75℃のお湯を流した時と75℃と40℃を合わせた時で、結果としてマスバランスが合わない。そこから何か言えないか。温度だけではないのでは。温度を上げるのに流量が変わるからではないか。使い方によってMPsを出さないようにできるのでは。

A：ご指摘の通り。お湯の場合は流量が影響している。今後の検討と考えている。

【研究発表】 滋賀県西の湖における水質の変動要因の分析とアオコ発生への影響

立命館大学大学院	樫田健生
立命館大学	佐藤圭輔
(株)日吉	川上奈津子

滋賀県西の湖で水質汚濁問題への対応が求められており、西の湖流域の水質形成の特徴を捉えることを目的とし、水質の変動要因の分析結果とアオコ発生への影響についての報告である。近年においてアオコが発生しやすくなった理由については、2005年度に水草の刈り取りが行われたことで、底泥の巻き上げや鉛直混合の促進が影響している可能性、栄養塩類消費の競合関係にあった水草と藻類の関係が、藻類に有利な環境へと変化した可能性が指摘された。今後、水流改善や底泥改善によって、どのような効果が見込めるかの検討・評価に期待したい。

Q：2006年に水草の刈った影響でアオコが増えたということですが、2015年からすごく増えたということを知っている。10年くらいのタイムラグについて理由はいかがか。

A：2点考えられ、10年経過し、底質の濃度が上昇しアオコが発生するようになったと考えられることと、もう一点は、代掻きをやることで西の湖内部に外部からリンが入ってきたのではと考えられる。

Q：DOとORPの鉛直方向で計って欲しい。底層近くでORPが下がってDOが上がってリンが出てくると言われるともっと説得力がでてくると考える。

A：ORPは計っており、マイナスになっており還元状態が確認できている。DOも計っているが底層でやっとならぬくらい。少しでも酸素があつてリンが溶出するかは不明。

Q：西の湖全体で発生しているが、アオコが発生するほど滞留しないのでは。水収支が合わないのではとも思うのでその詳細な研究をしてほしい。

A：今後、水収支についても検討していきたい。

Q：2006年に水草を刈り取った理由は？

A：西の湖での真珠産業のためであり、母貝の餌となるプランクトンが出てこないため。
 Q：水草を戻すということになるのか？
 A：水草あった方が透明感もあったと聞いている。解決策については今後の検討となる。

【研究発表】 下水ブルーカーボン放流管の役割
 — 下水道ブルーカーボン構想の実現に向けて —
 月島 JFE アクアソリューション(株) 馬場 圭
 JFE エンジニアリング(株) 中園隼人
 月島 JFE アクアソリューション(株) 金森聖一, 中里卓治

「下水道ブルーカーボン構想」は、下水処理水の栄養塩を藻場に供給し、藻場の増殖を支援することで脱炭素に寄与する試みである。実現のために効率的な下水処理水の輸送、放流が必用であり、「下水ブルーカーボン放流管」の技術開発が求められており、本発表は、これまで導入されてきた下水放流管などの国内外の事例の紹介と放流管に求められる基本事項を定義し、既存技術との対比についての報告である。今後、構想の実現に向けて関係機関と連携し、下水道資源を活用した脱炭素化の実現に期待したい。

Q：汚泥に抗生物質などが入ってくると聞かぬが養殖への影響はあるか。
 A：現状は話題にはなっておらず、窒素・リンを流して欲しいという要求があるところ。
 Q：下水処理は最後に塩素処理するが、どうするか。
 A：どうするかは検討の一つ。養殖に悪影響を及ぼすので検討が必要であると考えている。
 Q：三位一体でやっておられていて、学は抗生物質についても研究してきているので考慮をする必要があると考える。
 A：そのとおり。
 Q：藻場は刈り取ることが前提か。きれいに更新できるような人工的な藻場を考えればいいのでは。
 A：藻が海底に固定することで効果が出るものであり、刈り取るとは考えていない。確かに海苔養殖は収穫する。
 Q：CO₂吸収量を測定する技術も検討課題とあったが、現時点で考えていることを教えて欲しい。
 A：月島グループはハード部分を検討しているところ。別のグループでモニタリング技術を検討しているところ。
 Q：バンクーバーの放流管を敷設中ということだがBCを想定しているのか。想定していないのであれば調査対象にした理由は何か。
 A：特に関係ない。放流管はそんなに事例がないという点で今回対象とした。

セッション C-2 広領域Ⅱ 廃棄物制御・活用
【座長】高岡 昌輝 (京都大学大学院)
【副座長】川口 佳彦 (榎掘場アドバンステクノ)



発表論文

- ① ガス状 VOC を処理する生物脱臭装置におけるバイオマス制御の試み
- ② 日本における木質バイオマス燃焼灰の二酸化炭素固定能に関する調査のための物理化学的性質
- ③ 生ごみ分別回収済の可燃ごみを炭化処理することによる温室効果ガスの排出削減効果
- ④ 国内の木質系バイオマス発電施設における燃焼灰発生量の推計と有効利用用途調査

本セッションでは、「広領域Ⅱ 廃棄物制御・活用」をテーマに、①ガス状 VOC を処理する生物脱臭装置におけるバイオマス制御の試み、②日本における木質バイオマス燃焼灰の二酸化炭素固定能に関する調査のための物理化学的性質、③生ごみ分別回収済の可燃ごみを炭化処理することによる温室効果ガスの排出削減効果、④国内の木質系バイオマス発電施設における燃焼灰発生量の推計と有効利用用途調査、の4編の研究発表と質疑応答が行われた。

【研究発表】 ガス状 VOC を処理する生物脱臭装置におけるバイオマス制御の試み
 立命館大学大学院 王 暁玉, 橋爪 志
 立命館大学 樋口能士

生物脱臭装置による VOC ガス (NEK, トルエン) において、充填塔に蓄積するバイオマスの制御技術として、UV ランプの適用および栄養供給の制御による効果検討した結果に関する発表であった。本研究の範囲においては、UV 照射によるバイオマス制御および VOC ガス除去率向上の効果は見られなかったが、栄養塩溶液濃度の制御がバイオマス制御に効果があったと報告している。運転環境の変化で最適条件が変化するため、多様な環境でも適用可能なバイオマス最適制

御技術の開発が期待される。

Q：オゾンの効果が影響ないとの結論だが、オゾンはそもそも効果がありそうだが量が不足していたと判断しているのか？

A：オゾン濃度は十分だったが、接触時間が不足していたと考察している。さらなる効果を期待するためにはオゾン水を噴霧するなど検討が必要である。

Q：RUN 1 の Phase 1 と 3 の条件は同じと思うが、結果に差が出た理由は？

A：Phase 1 の馴致期間中は通気抵抗が低い、Phase 3 では高くなったと考えている。

Q：トルエンよりも NEK の除去率が高くなった要因は？

A：トルエンは疎水性、NEK は比較的親水性であり、溶液に溶けやすい NEK の方が微生物に取り込まれやすいと考えている。

Q：模擬ガスを用いた吸着実験における入口濃度管理方法は？

A：入口濃度は大きく変動している。標準偏差で ± 10 ppm 程度変動している。

【研究発表】 日本における木質バイオマス燃焼灰の二酸化炭素固定能に関する調査のための物理化学的性質

京都大学大学院 中尾泰康, 池 美乃里, 塩田憲司
大下和徹, 高岡昌輝

木質バイオマス灰の元素組成、粒度、鉍物組成、理論二酸化炭素貯留容量 (TSC) を調査した結果に関する発表であった。本研究の結果、飛灰は主灰よりも有意に TSC が高く、循環流動床炉から発生する灰は他の炉形式よりも有意に TSC が高かったと報告している。炭素固定化技術のニーズは年々高まっており、燃焼灰の炭素固定材としての有効活用に寄与する研究結果として期待される。

Q：試験に供したサンプル (70 種類) のうち、炭素固定化に適していればらつきが大きいと思うが、知見があれば教えて欲しい。

A：流動床灰が適していると考えますが、TSC は全てのアルカリ金属・土類金属が反応したと仮定しており、実際の試験結果を見てみないとわからない。今後の課題としている。

Q：木質バイオマスを焼却するときの炉の使い分けは。

A：規模によって使い分けている。大規模の場合は流動床炉、中規模は気泡式流動床炉や階段式ストーカ炉、さらに小規模の場合はガス化炉。

Q：設備のライフサイクルで比較した場合、流動床

炉が有利なのか。

A：今後の検討課題としている。

【研究発表】 生ごみ分別回収済の可燃ごみを炭化処理することによる温室効果ガスの排出削減効果

岡山大学 遠入野生, 藤原健史

真庭市を対象に、生ごみ分別回収に可燃ごみの炭化処理を組み合わせた場合の二酸化炭素排出量の削減効果について試算した結果の発表であった。炭化物はエネルギー源と炭素貯留源の両方の活用が可能であり、それぞれの特徴を生かした場合の排出量削減効果を比較した結果、処分場覆土材としての利用が最も排出量削減に寄与する結果であった。実用化に向けて、炭化物貯留技術、炭化物中重金属の対応、再利用による発電設備への影響などの評価検証が必要である。

Q：処分場覆土材としての利用の場合、廃棄物と見なすと pH や重金属イオンなどが課題とならないか？

A：覆土材としての利用は可能と判断されている。また北海道では融雪剤として利用されている。活用される自治体の判断もあると考えている。

Q：発電所燃料として活用する場合、燃料中のかいぶんやアルカリの影響があるのではないか？

A：発電所への影響は不明である。

Q：生ごみ分別によって燃料使用量を削減した自立運転が可能であり、CO₂排出量をさらに削減できるのではないか。

A：処理施設の運転 CO₂ は施設消費電力量だけで計算している。

Q：規模が大きくなると消費電力量も削減できると期待できるので、規模の関数を検討してほしい。

A：現在は処理場が分散しており処理効率が悪いが、1 か所に集約することで効率が上がる。さらに生ごみ回収によって収集による CO₂ 排出を削減できると期待している。

【論文】 国内の木質系バイオマス発電施設における燃焼灰発生量の推計と有効利用用途調査

京都大学大学院 池 美乃里
合同会社 CN リサーチ 川越裕之
京都大学大学院 高岡昌輝

木質系バイオマス燃焼灰の発生量と有効利用に関する調査結果についての発表であった。アンケート結果で得られた情報を元に統計解析を実施し、燃料の灰分に及ぼすパラメータを調査し、特定の燃料の種類、燃焼温度、炉の種類などの組合せによって、灰分対数平

均値に相関関係があることを示した。木質バイオマス燃焼灰の有効利用促進の障壁となる課題についての検討が進むことが期待される。

Q：ごみ焼却炉において、飛灰はダイオキシンの問題があるが、バイオマス発電においては安全なものを見なしているのか？

A：建築廃材を木質バイオマスと混焼している施設の場合は、重金属の含有量が高くなっていくため再利用できない場合もある。その観点からも飛灰は主灰よりも再利用の課題は多いと考える。

Q：灰のCO₂固定化が課題になると思うが、

A：木質系回分にはカルシウム分が多く含まれるのでCO₂固定能があると考えられる。既に既存施設において、灰が燃焼で生成したCO₂を吸着している可能性がある。

Q：CO₂固定化の制度設計が課題か？

A：灰によるCO₂固定の評価がどの程度得られるかが課題と考える。

Q：飛灰と主灰を処分場で処分する場合、特別管理廃棄物として処理されているのか？

A：おそらく特別管理廃棄物として処分されている。

断のための追加データ取得の優先順位付け方法、③急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度の予測精度向上に関する検討の3編の研究発表と質疑応答が行われた。

【研究発表】クローズ空間における制御システムセキュリティに関する一考察

メタウォーター(株) 中川拓巳, 梅木聖己, 潰田純也
高村忠克, 松田佳久

上下水道施設は、汎用OSやオープンなネットワークの採用、遠隔監視等実現のため外部接続等、制御システムを取り巻く環境が変化している。今回、外部接続されていない制御システムの社内設備に対して、IEC62443-2-1を参考にセキュリティ対策を行った経験を基に、クローズされた空間における制御システムのセキュリティ対策について報告する。

Q：クローズド空間だから安心という意見に対し、何も対策がされていないのと同じではないかという指摘があります。データ流出の可能性についてどう考えていますか？

A：データ活用時には通信やUSBデバイスなど多様な手段を想定していますが、パッチマネジメントが不十分な場合が多く、対策が必要です。

Q：制御システムが悪意ある第三者に操作されるリスクがあります。最近の取り組みは？

A：リモートワークでセキュリティサーバーに接続するように、監視制御システムでも同等の対策を進めています。

Q：今まで上下水道に関する重大な事例はありましたか？

A：国外では薬品の過剰注入事例がありますが、日本とは状況が異なります。外部接続時にはリスクがあります。

Q：システムが破られた際の対策は検討していますか？

A：現時点では未検討ですが、今後の課題として取り組みます。

【研究発表】水処理装置の状況判断のための追加データ取得の優先順位付け方法

栗田工業(株) 小塚 泉, 山本愛美, 大月孝之

水処理設備において流量計やpH計などオンライン計器の設置は最小兼に抑え、酸売り水の水質分析、目視確認を追加で行っている。これら追加取得する指標情報を診断の目的に応じて優先順位付けすることで効率的に現場譲許を把握する。今回、水処理設備の運転管理知識をベイジアンネットワークを利用した因果関係モデルとして表現し、診断目的に応じた追加指標情

セッションC-3 広領域Ⅲ 情報管理・制御

【座長】佐藤 圭輔 (立命館大学)

【副座長】中村 昌文 (㈱日吉)



発表論文

- ① クローズ空間における制御システムセキュリティに関する一考察
- ② 水処理装置の状況判断のための追加データ取得の優先順位付け方法
- ③ 急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度の予測精度向上に関する検討

本セッションでは、「広領域Ⅲ 情報管理・制御」をテーマに、①クローズ空間における制御システムセキュリティに関する一考察、②水処理装置の状況判

報の候補を優先付けする方法について報告する。

Q：使用シチュエーションをイメージしていますか？また、実際に使用されていますか？

A：現場の運転管理や統括を想定しています。社内向けの情報であり、お客様への提供は予定していません。現在、効果評価中です。

Q：RO膜を例にしていますが、全てのプロセスへの導入を考えていますか？

A：部品化を進め、共通要素が多いすべてのプロセスでの適用を目指しています。

Q：因果関係モデルはデータではなく知見から構築されていますか？確率要素はどう取得しますか？

A：ベイジアンネットワークは知見とデータを活用し、学習的要素でシステムが判断します。

Q：条件付き確率Pの値はどう決定されていますか？

A：現時点では標準分布を基に算出し、学習による調整も可能です。

Q：把握できていない要素は運用で改善できますか？

A：原因不明の濃度などを提示し、因果関係モデルに反映可能です。

【研究発表】急速ろ過プロセスにおけるろ過水濁度の予測精度向上に関する検討

東芝インフラシステムズ(株) 山原裕之, 村山清一
横山 雄, 金谷道昭

急速ろ過方式の浄水場の運転自動化、最適化に向け、ろ過水濁度を予測するモデルの構築を進めて、ろ過地の処理能力を正確に把握することで、適切な凝集剤注入量やろ過池洗浄のタイミングの決定を支援できると考えられる。この予測精度向上のため、物理化学モデルによる予測値を補正する処理を検討した結果について報告する。

Q：ろ過池の濁度を予測する意味は？

A：処理水質を維持しつつ、凝集剤のコストを削減するためです。

Q：凝集剤の添加量を最適化するには、どの程度の予測精度が必要ですか？

A：濁度の管理値0.05以下の誤差に収める必要があります。

Q：機械学習と物理モデルを補正值に用いる理由は？

A：補正に限定せず、両手法の有効性を見極めるためです。

Q：今回は、物理化学モデルより機械学習が優れていると考えてよいですか？

A：概ね正しいですが、表現が不十分な場合には物理化学モデルを組み合わせ検証を行うことを検討した。