

## 〈第33回環境システム計測制御学会 (EICA) 研究発表会〉

## 奨励賞受賞論文と講評

環境システム計測制御学会 選考委員長

田子靖章

(EICA 幹事長/メタウォーター(株))

環境システム計測制御学会では令和3年10月29日(金)、第33回環境システム計測制御学会 (EICA) 研究発表会を開催した。同研究発表会では、「技術分野の将来の貢献を奨励することを目的とし、本会が主催する講演会・シンポジウム等の研究発表会において優れた内容の研究発表を行った者」に対して奨励賞を授与しており、令和3年10月7日に開かれた選考委員会にて奨励賞として選考された以下の5件に同賞を授与したのでここに報告する。

## ■奨励賞

- ・「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」  
有村 良一, 松代 武士, 毛受 卓, 横山 雄 (東芝インフラシステムズ(株))
- ・「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」  
大西 祐太, 山中 理, 西室 勇岐, 平岡 由紀夫 (東芝インフラシステムズ(株))
- ・「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」  
安藤 菜子, 湯川 貴仁, 森 有一, 横井 浩人, 小泉 賢司 (株)日立製作所)
- ・「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」  
中 大輔, 高橋 宏幸 (メタウォーター(株)), 糸川 浩紀 (日本下水道事業団),  
松井 穰 (町田市), 藤井 都弥子 (国土交通省)
- ・「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」  
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 (京都大学大学院)

今回選考対象となった論文は、査読論文3編、研究発表8編、ノート2編、一般論文4編の合計17編で、その中から当該学術、技術分野の将来の貢献に期待できるものという評価を得た論文5編を奨励賞受賞論文として選定した。

論文は当学会の特徴である「上下水道」に関わる計測・制御・運用に関わるテーマから、「環境モニタリング」、「自然環境」、「エネルギー」、「ICT・AI・IoT」、「技術継承」、「バイオマス」、「廃棄物 (マイクロプラスチック)」といった幅広いテーマが寄せられた。以下に今回の奨励賞受賞論文についての講評を紹介する。

有村良一らによる「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」は、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 (可視化) する画像処理型凝集センサと、本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ものである。本システムでは凝集

剤注入後のフロックの荷電状態を画像処理により移動速度として数値化し、この移動速度を制御量として、移動速度の目標値 (SV) に対して凝集剤注入率をFB制御する。実証試験において、従来の原水濁度に応じた凝集剤注入率の設定方式と比較して、沈澱池出口濁度を同等に維持した状態で凝集剤注入率を4~8%抑制できることを確認した。また、処理水質の状況に応じてオペレータが都度、手動補正を調整している現場と比較して、本システムは原水濁度やアルカリ度およびpHの変動に対応して注入率を制御できるため、オペレータの負担軽減に寄与できるシステムとなる見込みを得た。将来的には季節や水質変動に対してSVを自動調整するなど更なるオペレータの負荷軽減や習熟度に依存しないシステム開発にも期待したい。

大西祐太らによる「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」は、下水処理プラント運用においてポンプやブロワなどの複数の操作量を同時に動かしながら、水質改善や運用

コストの低減を図る最適制御を立案し、その効果をシミュレーションで検証したものである。最適手法としては、探索型のリアルタイム最適制御として知られる極値制御手法を採用し、複数の操作量を同時に最適化する場合に考慮すべき干渉の問題に対処することができる新たな手法が提案された。シミュレーションは嫌気区画の容積比と汚泥返送率の2つとし、総コストが最小となる時の操作量の最適値を予め求めて行われた。シミュレーションの結果によると、従来手法と比較して操作量の容積比および返送率が互いに干渉せずに、それぞれが最適値の方向へ収束する様子が確認された。一方で、最適値に収束するまでの時間が従来手法と比較して長いなどの課題が判明した。下水処理プラントの総コストを最小化する制御手法として本アプローチは興味深いため、今後は収束性の改善と実プラントでの実証など発展を期待したい。

安藤菜子らによる「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」は、運転員の負担軽減を目的として、実績データの機械学習と水需要予測に基づいて運転計画を立案し、機器の操作ガイダンスを提示する開発中の運転支援システムを用いて、新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言による在宅勤務増など、需要者の生活パターンの急激な変化が、取水・配水業務の運転支援ガイダンス精度にどの程度の影響を及ぼすか評価したものである。研究の結果、緊急事態宣言発出/解除のタイミングで本運転支援システムからのガイダンス精度は一時的に悪化したが、解除して約60日後には緊急事態宣言発出前の精度相当まで改善し、精度への影響は限定的であったことが確認されたとのことであった。将来的には学習データの追従に留まらず、緊急事態宣言期間中の水需要予測変化に対して適切な運転支援ガイダンスが出力されるような発展が望まれる。今後の研究を期待したい。

中大輔らによる「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」は、令和元年度下水道革新的技術実証事業「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」として、1年3か月の実証における風量制御性能と自動チューニング機能による風量制御性能の改善について報告されたものである。本技術は、ICT・AIを用いて負荷変動に対応してリアルタイムに反応タンク中間の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する為の必要風量を演算・制御する風量制御機能と、季節等に依存する風量演算の演算パラメータを自動的に調整する自動チューニング機能を有した

統合演算制御システムである。実証の結果、制御目標値への適合率は98%以上となり、また目標値と計測値の乖離が発生した場合には行われるAIによるパラメータ自動チューニング機能についても標準偏差が低減され、制御性能改善が確認された。本研究により年間を通じて季節や流入量変動に対する制御追従が確認されたため、単槽型硝化脱窒プロセスとの組み合わせによる高度処理化について今後の発展を期待したい。

河合泰志らによる「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」は、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、日本における都市ごみ処理施設および一般廃棄物施設からの排水に含まれるMPsの排出特性を調査したものである。調査対象施設は都市ごみ処理施設1か所、一般廃棄物埋立処分場2か所と限定的ではあるが、各施設から排出される排水(原水、処理水)中のMPsの個数濃度、種類、各施設が有する排水処理プロセスでの除去挙動が明らかにされた。各排水試料中MPs個数濃度は0.032個/m<sup>3</sup>~2.1×10<sup>6</sup>個/m<sup>3</sup>の範囲にあり、排水処理により57~99.99%が除去されていたが、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ことが示唆された。また、本研究で得られたデータを用いて排水経路での排出原単位や日本全国の都市ごみ処理施設、埋立処分場由来の排水経路での年間MPs排出インベントリを概算および推測しており、これらの施設の影響が見積もられた。この結果、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路での年間MPs排出インベントリは、一般廃棄物埋立処分場で1.0×10<sup>6</sup>~2.4×10<sup>6</sup>個/年、都市ごみ焼却施設で4.1×10<sup>7</sup>個/年と算出され、下水処理場からの処理水経路での年間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るとの結論であった。全国には様々な処理形式やプロセス、排出先を採用している埋立処分場や都市ごみ処理施設があり、今回の調査は限定されたものではあるが、データに基づいて排出原単位やインベントリが求められたことは非常に有用であると考えられる。今後さらに複数の施設での調査が行われ、MPs排出削減に必要な処理プロセス比較や対策が進むことに期待したい。

最後に、いずれの論文についても、研究の継続と更なる発展、実用化に向けた現場レベルの改善などを期待すると同時に、今後の環境システム計測制御分野での更なる発展につなげて頂けるように期待するものである。



有村良一氏 (東芝インフラシステムズ(株))



大西祐太氏 (東芝インフラシステムズ(株))



安藤菜子氏 (株)日立製作所)



中 大輔氏 (メタウォーター(株))



河合泰志氏 (京都大学大学院)