

# AI を活用した濁水処理設備における薬品の添加量自動調整システムの開発

西松建設(株) 正会員 ○辻岡 高志 西松建設(株) 正会員 山本 悟  
西松建設(株) 正会員 原 圭太 西松建設(株) 井上 洸也  
西松建設(株) 吉原 崇将

## 1. はじめに

山岳トンネル工事において、発生した汚濁水は濁水処理設備にて炭酸ガス等による中和処理と PAC（ポリ塩化アルミニウム）等の無機凝集剤と有機系高分子凝集剤による凝集処理が施され、濁度や pH といった環境影響項目の排水基準を満たしてから河川等へ放流される（図-1）。汚濁水の性状は地質の変化や切羽で実施中の工種によって刻一刻と変化するため、濁水処理設備の担当者は集水された汚濁水の処理状況を現地で定期的に見視点検し、フロックの形成状況（土粒子の凝集状況）や処理水槽での濁度や pH をもとに各種薬品の添加量を調整する必要がある。トンネルからの湧水は常時発生することが多く、休日でも濁水処理設備は稼働するため、担当者の拘束時間の短縮が課題とされる。

そこで筆者らは、近年その発展が目覚ましい AI を活用して、集水された汚濁水の性状に合わせて各種薬品の添加量の調整を自動化することで、濁水処理設備の担当者における拘束時間の短縮によって労働生産性を向上させるためのシステムを開発した。本稿では、本システムの概要と AI による判定手法、および稼働中のトンネル現場における検証結果と今後の改良点について報告する。

## 2. 山岳トンネル AI ソリューション

筆者らは、山岳トンネル工事における施工・品質、地山評価、安全・健康等の様々な課題を解決し、究極的には完全無人化施工を実現することを目標としている。そのために AI 活用技術の開発を進めており、それらの要素技術を取り纏めたものを山岳トンネル AI ソリューションと称している（図-2）。

例えば、施工・品質の分野では、重機制御や切羽作業の判定等の、自動化の要素技術となるような AI 活用技術の開発が考えられる。また、覆工コンクリート評価のように、広範囲を対象に観察作業を行う場合には、AI に代行させることで効率化が期待される。

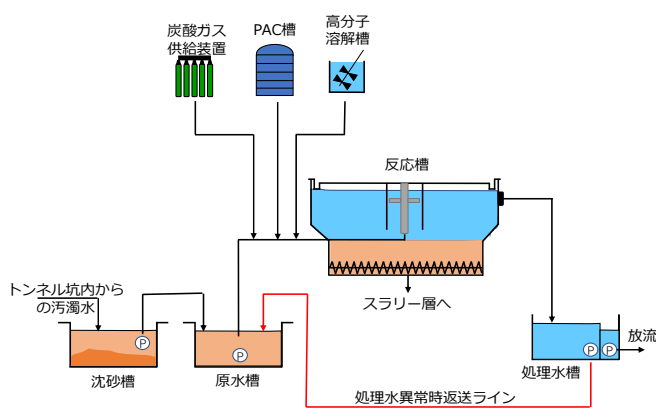


図-1 濁水処理フロー図

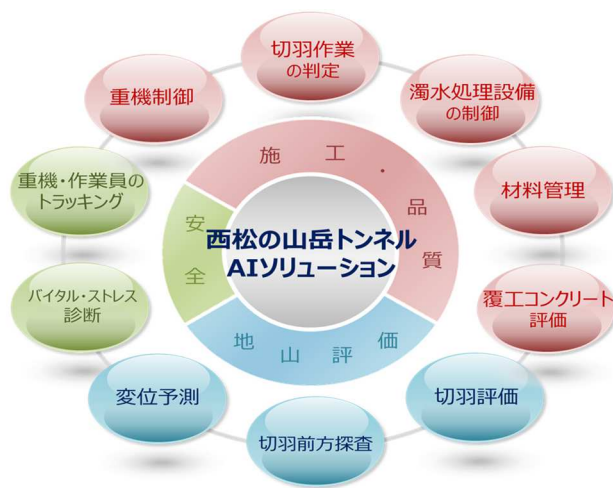


図-2 山岳トンネル AI ソリューション

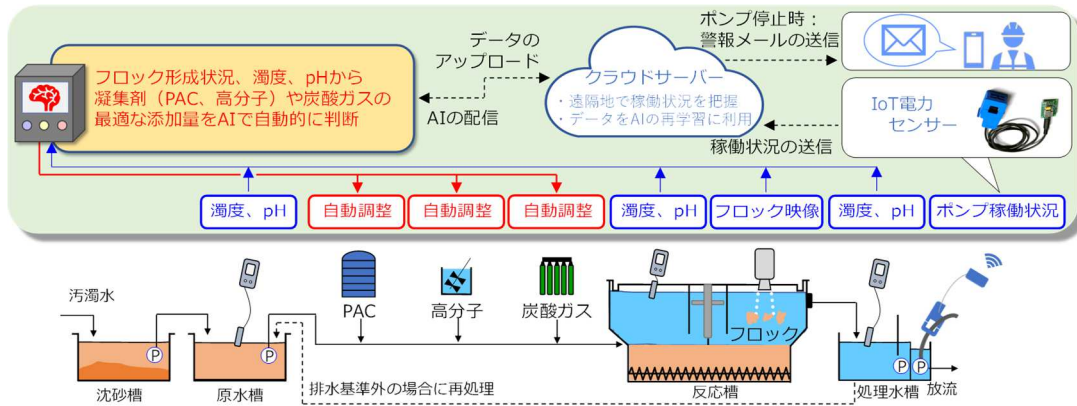
キーワード 濁水処理設備, AI, フロック, 自動化

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-2-1 西松建設株式会社 技術研究所 TEL03-3502-0247

### 3. AI 濁水処理設備管理システム

#### (1) システムの概要

AI 濁水処理設備管理システム（**図-3**）は、濁水処理設備内に配置される原水槽、処理水槽、反応槽から取得できる水質データ（濁度、pH）と、反応槽でのフロックの形成映像をもとに、発生した汚濁水に対する各種薬品（PAC、高分子凝集剤、炭酸ガス）の最適な添加量を AI で常に判断し続けて自動で添加することで、担当者の目視確認による拘束時間を短縮することができる。また、現場から突発的に大量の汚濁水が発生した場合においても、臨機応変に対応することができる。



**図-3** AI 濁水処理設備管理システムの概要図

#### (2) 処理映像撮影カメラ

各種水槽内の映像を取得するためにネットワークカメラを設置した。取得した映像データをAIの判定に活用するため、映像が鮮明で、解像度やフレームレートの数値が十分に大きいこと、ネットワーク接続が安定するよう、PoE給電方式であること、悪天候時においても撮影が安定することを選定条件とし、カメラを選定した（**図-4**）。



項目	仕様
ビデオ解像度	1920×1080ピクセル
フレームレート	50/60fps
電源	PoE給電
防水規格	IP66
動作温度	-30~55℃
寸法	φ132×260mm
重量	800g

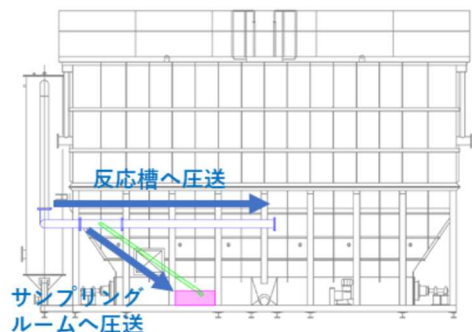
**図-4** 処理映像撮影カメラ

#### (3) フロック形成状況撮影設備（サンプリングルーム）

フロックの撮影条件を統一するために、サンプリングルーム（**図-5**）を設置した。設置位置は、フロックの形成に支障をきたすことがないように、汚濁水に各種薬品が添加され反応槽へ圧送される配管を分岐させ、分岐部から自然圧送される位置とした（**図-6**）。また、太陽光を除去するために周囲に遮光シートを設置するとともに、フロックの形状を確認するために、側方と下部に照明を設置した。



**図-5** サンプリングルーム設置状況



**図-6** サンプリングルームへの導水経路

#### (4) 水中ポンプ稼働監視

各水槽間で処理水を圧送するためのポンプによる稼働状況を常時監視するために、IoT電力センサー(図-7)を設置した。本センサーは、カレントトランスと無線装置が一体となった無給電・無線電力センサーであり、設備の稼働時に電線周囲に発生する漏れ磁束を利用して発電を行い、発生させた電気を使用してポンプの電流値や電圧等のデータを無線送信する。一方、設備の停止時には発電が行われないためデータの取得や送信が途切れ、一定時間を超えてデータ送信が確認されなかった場合やデータ送信が復旧した場合には、通知が関係者に送信される。

なお、これらのデータは現場内のネットワークを通じてクラウドに蓄積される。

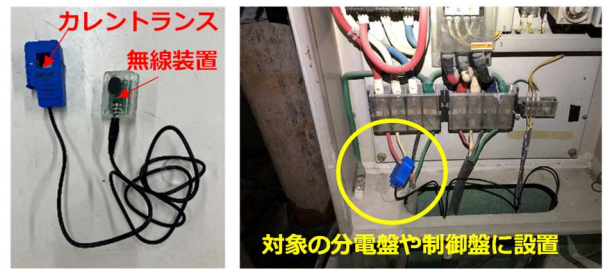


図-7 IoT 電力センサー

#### (5) AIの判定フロー

本システムの判定フローを図-8に示す。反応槽におけるフロックの形成映像と各種水槽の水質データをもとにして各種薬品の添加量を調整する。例えば、サンプリングルームへ処理水が流入してフロックの形成が確認できていて、放流槽の水質データが放流基準内であれば薬品の添加量は変更せずに処理を行い、フロックの形成が確認できなければ各薬品の添加量をAIが最適な量に調整する。また、サンプリングルームの映像に濁りが無く放流槽の水質データが放流基準内であれば、薬品を添加しないように調整する。

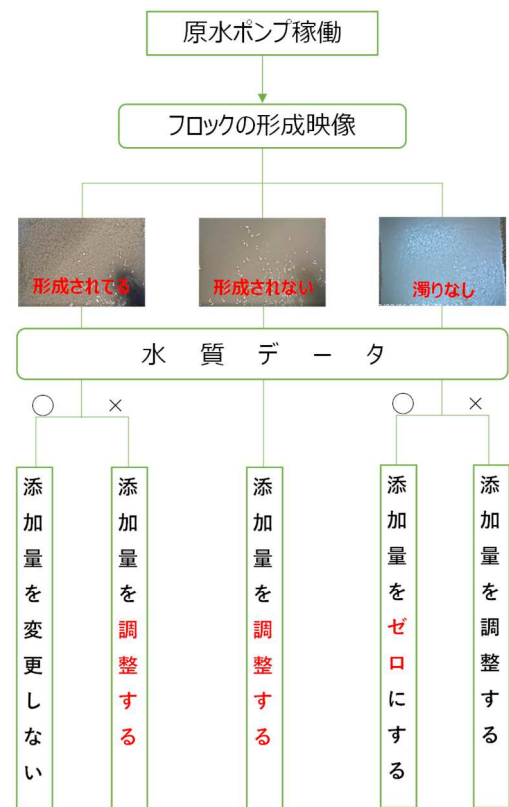


図-8 AI の判定フロー

### 4. システムの特長

#### (1) 濁水処理設備の自動化

原水槽、放流槽の水質データと反応槽におけるフロックの形成映像を教師データとして構築したAIを用いて、汚濁水の処理に最適な添加量を自動で調整することで、担当者の目視確認による拘束時間を短縮することができる。また、運用中にクラウドに保存されたデータを用いてAIの再学習を行うことで、調整精度の向上を図ることも可能である。

#### (2) 処理データの管理

原水槽、反応槽および放流槽に設置されたカメラ映像や、計測器で計測されているpHや濁度といった水質データ、各種薬品の添加量、日当たりの処理水量は現場ネットワークを通じてクラウドに自動保存される。

#### (3) 濁水処理設備の遠隔監視

原水槽、放流槽のカメラ映像と反応槽におけるフロックの形成状況、上記水槽の濁度とpH、水中ポンプの稼働状況等はWeb上で閲覧することができるため、週末や長期休暇等を含めた現場不在時においても、現場に行くことなく、濁水処理の状況を確認することができる(図-9、図-10)。

#### (4) 薬品注入ポンプの遠隔操作

従来は現場で薬品注入ポンプのダイヤルを調整して添加量を変更する必要があったが、ポンプをインバータで制御することで遠隔で添加量を調整できる。そのため、万が一AIによる自動調整ができない場合でもPCから遠隔で添加量を調整できるので、現場への移動時間が削減される。なお、インバータの周波数は現場で使用している薬品注入ポンプごとに異なるため、導入時にキャリブレーションが必要である。





図-9 濁水処理設備遠隔監視用 Web ページ

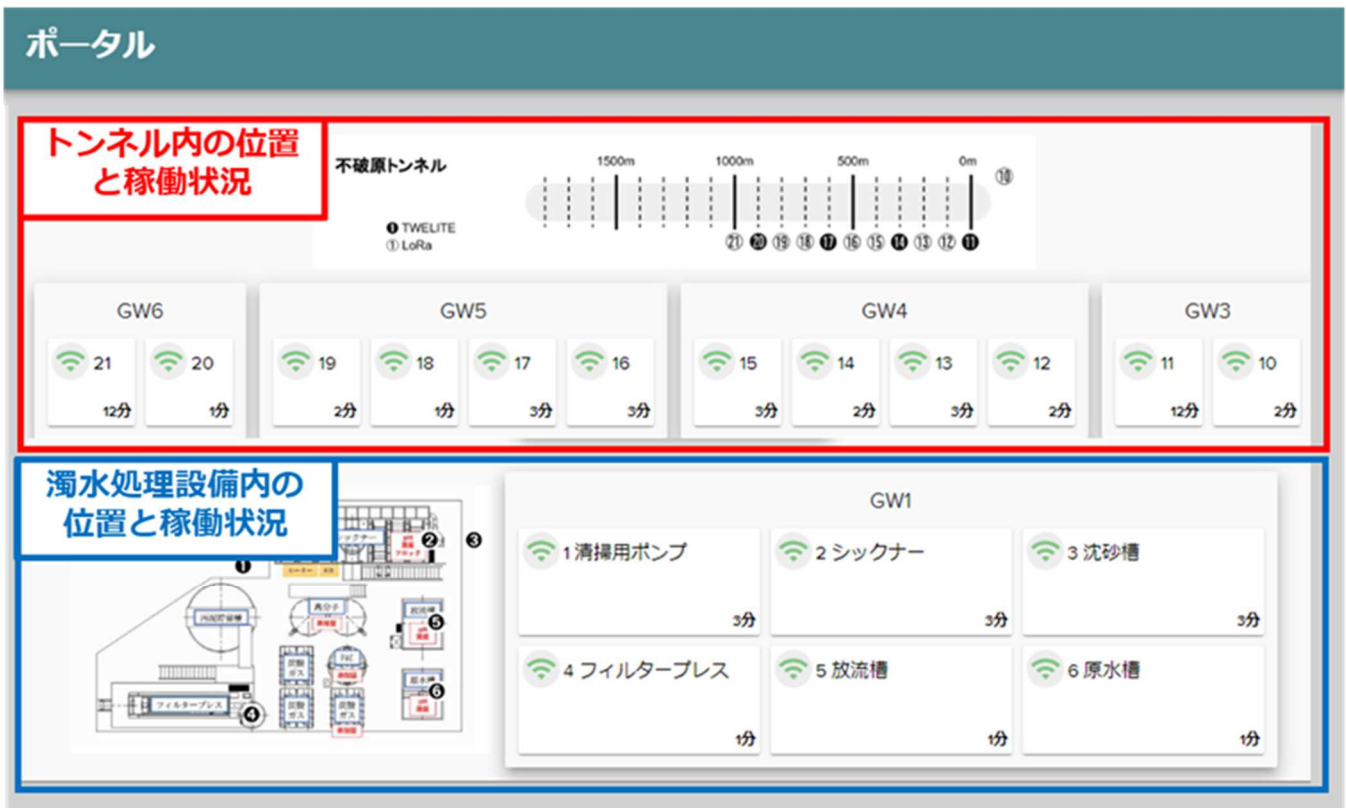


図-10 水中ポンプ監視用 Web ページ

## 5. 適用結果

### (1) 適用現場

弊社施工中のトンネル現場にて本システムの試行を行った。試行期間中は、トンネル掘削工及び覆工コンクリート工により発生する作業水と現場から発生する大量の湧水の処理を行った。現場には 150m<sup>3</sup>/h 級の濁水処理設備が設置されている。

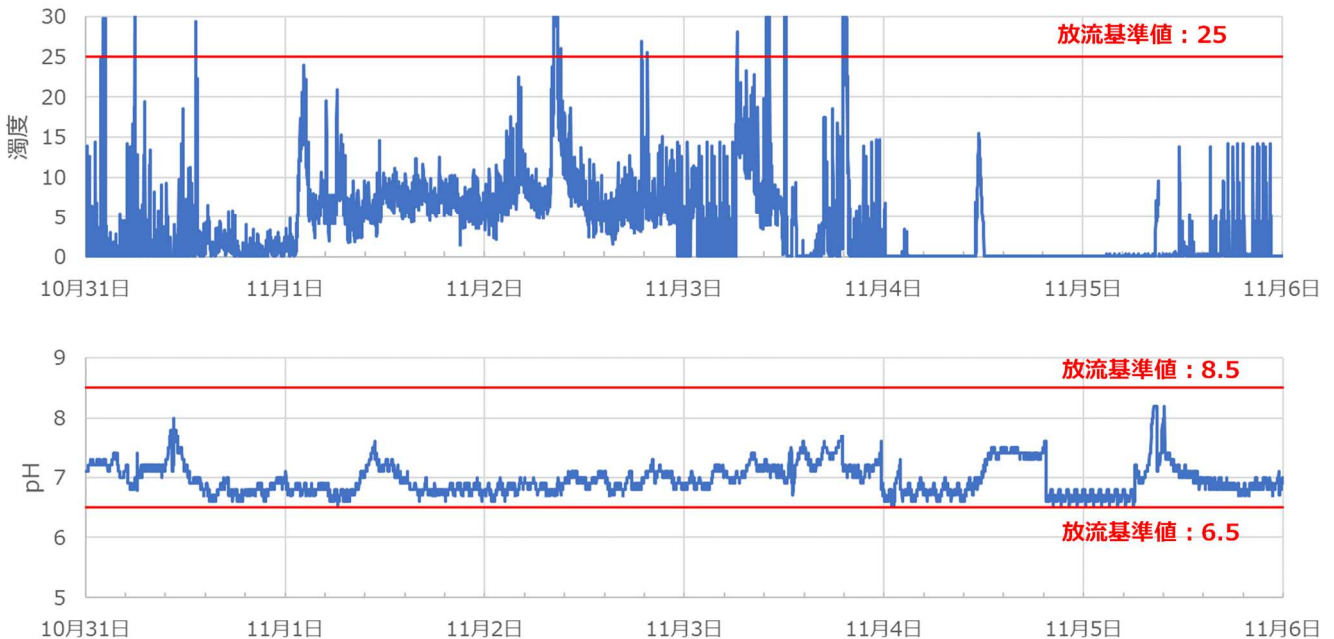
### (2) 適用結果

担当者の目視点検による従来の管理を行ったときの水質データ（**図-11**）と本システムを適用したときの水質データ（**図-12**）を示す。従来の管理方法では、急な水質変化や担当者の確認不足によって処理水の濁度が排水基準から外れたことで、処理水の再処理を実施している。一方、本システムでは汚濁水の急な水質変化に対しても AI が常時自動で最適な添加量に調整し、処理水の排水基準を満たすことで、再処理は一度も発生しなかった。

従来方法と本システムによる拘束時間の比較を**表-1**に示す。本システムによって処理状況の目視確認に要する管理時間がゼロとなり、高分子の作成や汚泥の加圧脱水作業に要する時間のみとなった。とくに、休日における管理時間はゼロとなった。本システムの導入により、1週間当たりの拘束時間が730分から266分となり、約64%削減することができた。

**表-1** 濁水処理設備拘束時間の比較

従来				本システム			
月	日	曜日	管理時間(分)	月	日	曜日	管理時間(分)
10	31	月	148	3	19	日	0
11	1	火	141	3	20	月	64
11	2	水	152	3	21	火	55
11	3	木	128	3	22	水	38
11	4	金	119	3	23	木	52
11	5	土	20	3	24	金	57
11	6	日	22	3	25	土	0
合計			730	合計			266



**図-11** 水質データ（従来の管理方法）

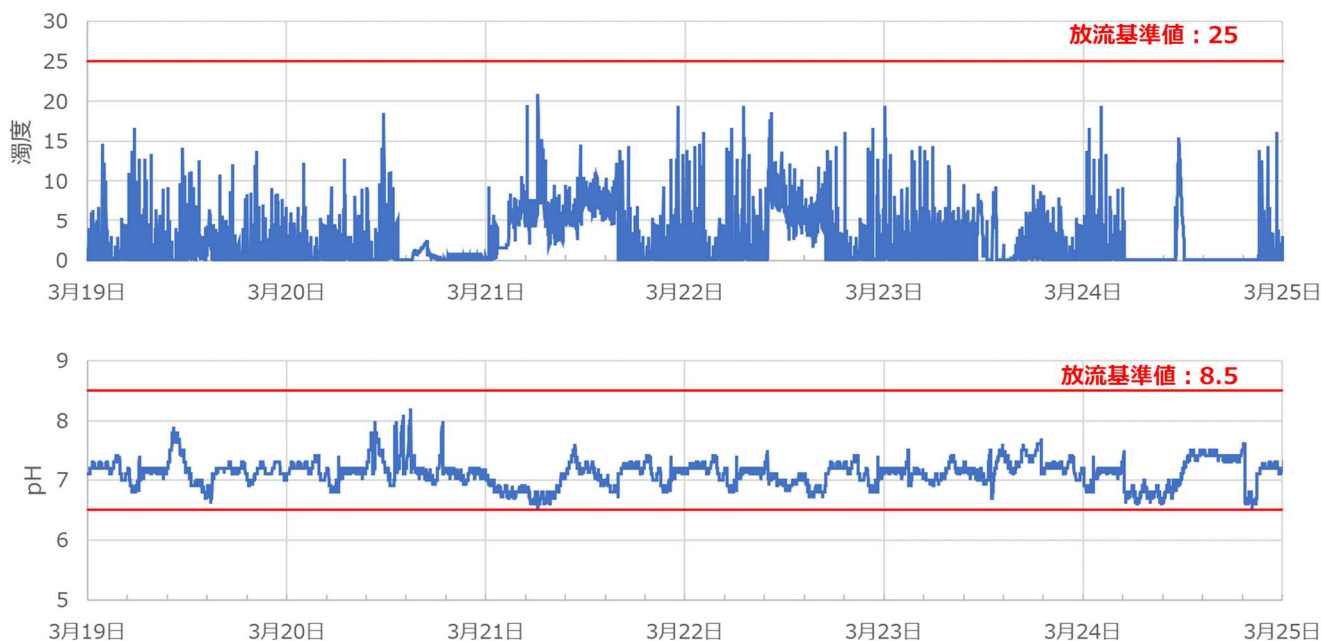


図-12 水質データ (本システムの管理方法)

### (3) 課題

#### a) サンプルルームの清掃

長期間使用するとサンプルルーム内にフロックが堆積し、処理状況の映像を撮影することができなくなってしまいます。そのため、1週間に1回のサンプルルーム清掃作業を行う必要がある。反応後のサンプルルームへ清水を自動給水させフロックを排出する装置を検討する。

#### b) 分岐配管設置のための揚重作業

本システムは稼働中の濁水処理設備に対しても後付けで設置することは可能であるが、サンプルルームへの分岐配管を設置するために、処理水槽内の水抜きや配管を設置するための揚重作業が発生する。フロックの形成状況を安定して撮影を行うためにはサンプルルームは必要であり、より簡易な方法を検討中である。

#### c) 現場ごとのAI構築教師データの取得

汚濁水の処理を行うために必要な薬品量は、地質の性状やコンクリートに触れているかで大きく異なる。そのため、一つの現場で構築したAIを他の現場へ転用することが困難であるという課題が挙げられる。本システムを多くの現場に導入し、様々な条件の教師データをストックすることで、現場条件が変わった場合でも対応できるようにする予定である。

### 6. まとめ

本稿では、濁水処理設備を対象とした労働生産性を向上させるためのシステムについて述べた。濁水処理設備内の各種水槽から得られる水質データと反応槽で撮影したフロックの形成映像をもとに、各種薬品の添加量を自動で調整・添加するAI活用システムを開発し、現場への適用を行った。その結果、本システムは汚濁水の急な水質変化にも対応でき、常時自動で最適な薬品添加を行うことで担当者の拘束時間を削減できることを確認した。今後は、濁水処理設備を設置する現場での運用を積み重ね、より汎用的なシステムの構築を目指すとともに、薬品の作成や残数管理の自動化等に取り組み、濁水処理設備の全自動化を目指す。