

7. 濁水処理設備の自動管理システムの開発

濁水処理設備の全自動化に向けた取り組み

西松建設(株)	○ 辻岡 高志
西松建設(株)	山本 悟
西松建設(株)	井上 洸也
ジオマシンエンジニアリング(株)	塚田 純一
株sMedio	園田 香織
MODE, Inc.	佐藤 博晃

1. はじめに

山岳トンネル工事の排水においては環境影響項目として濁度及び pH が管理されており、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を濁水処理設備にて施し、濁度や pH といった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、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や放流槽での濁度や pH を基に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、濁水処理設備の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の拘束時間の短縮による労働生産性の向上を図った。

本稿では、開発したシステムの概要や、現場への

適用性の検討結果について述べる。

2. システムの概要

開発したシステム（図-2）は、濁水処理設備内に配置される原水槽、処理水槽、放流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基に、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。

各種水槽内の映像を取得するためにネットワー

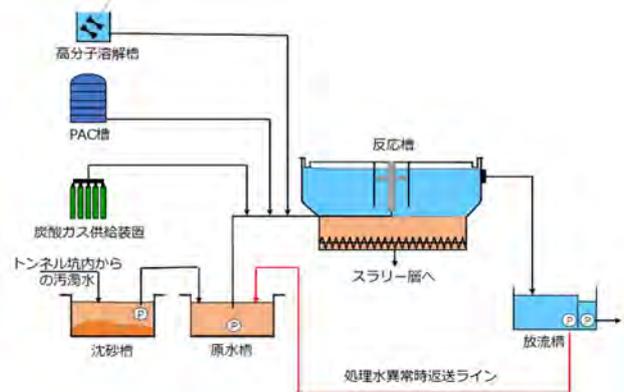


図-1 濁水処理フロー図

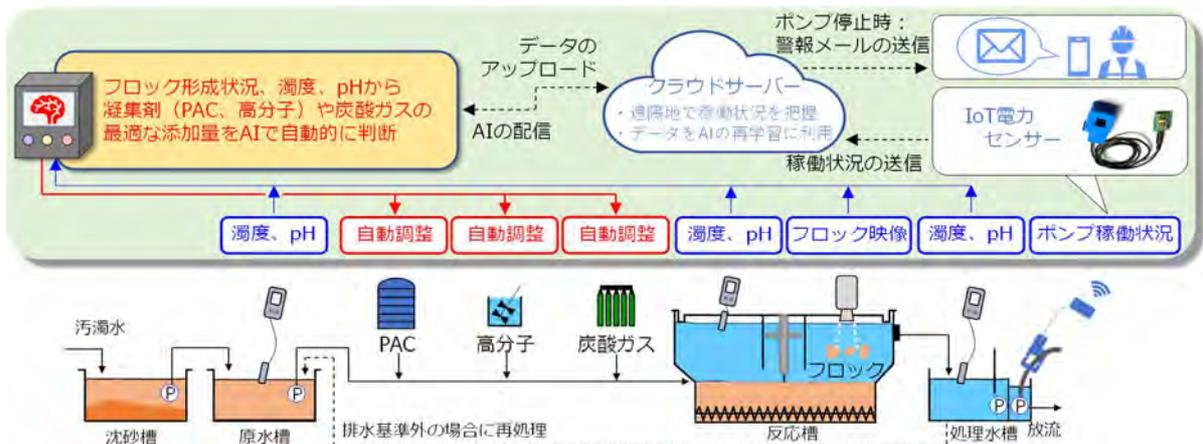


図-2 本システムの概要図

カメラ（図-3）を設置している。取得した映像データをAIの判定に活用するため、「映像が鮮明になるよう、映像の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」を選定条件とした。

また、各水槽間で処理水を圧送するためのポンプを対象にIoT電力センサー（図-4）を設置することで、ポンプの稼働状況を常時監視している。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ため、データの取得や送信が途切れる。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。

3. システムの特長

3.1 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軽減することができる。

3.2 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と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。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、調整精度の向上を行うことができる。

3.3 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-5、図-6）。

3.4 薬品注入ポンプの遠隔操作

従来ダイヤル式で添加量を調整していた薬品注入ポンプを制御することが可能であり、万が一AIによる自動調整ができないケースにも対応することができる。周波数と添加量の関係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、実測している基準となる周波数を決定する。さらにWeb上のシステム操作画面から遠隔で周波数を変

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-3 ネットワークカメラ概要

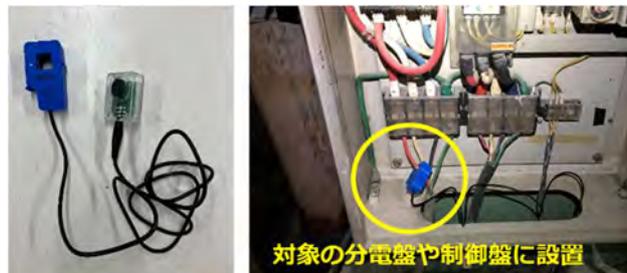


図-4 IoT電力センサー



図-5 濁水処理設備遠隔監視用 Web ページ



図-6 水中ポンプ監視用 Web ページ

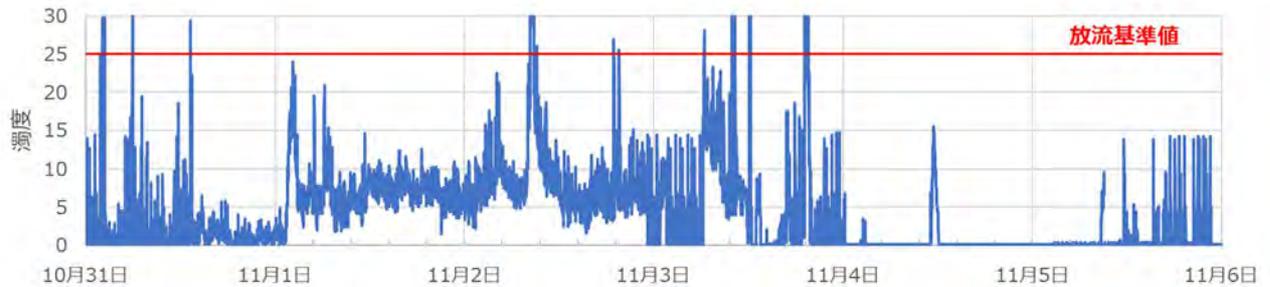
更することで、現場に行くことなく薬品の注入量を調整することが可能である。

4. 適用結果

従来の担当者の目視点検による管理を行った時の水質データ(図-7)と本システムを適用した時の水質データ(図-8)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のに対し、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することで、処理水の排水基準

を満たすことができた。

従来方法と本システムによる拘束時間を表-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。特に、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を730分から266分に削減することができた。

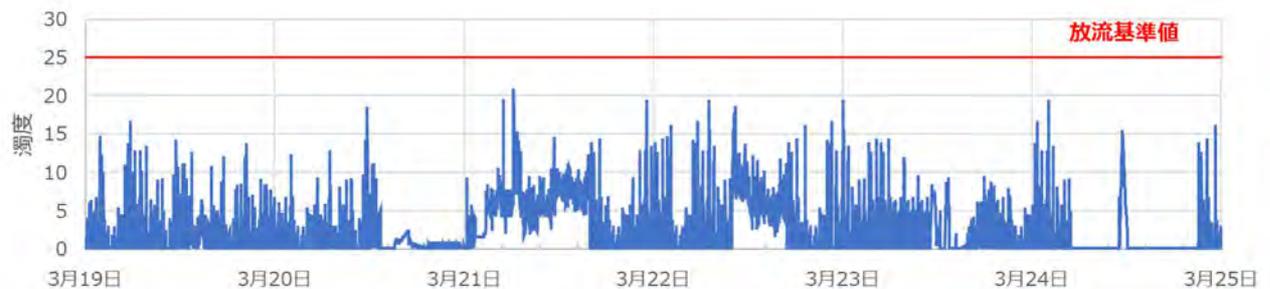


(a) 濁度

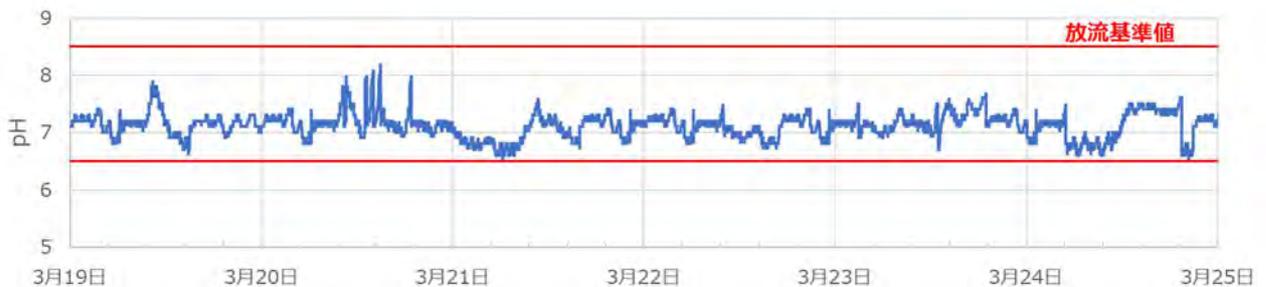


(b) pH

図-7 水質データ (従来の管理方法)



(a) 濁度



(b) pH

図-8 水質データ (本システムの管理方法)

5. 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基に、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。

謝辞：本試行は国土交通省の令和4年度「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の一環として「令和2-5年度窪川佐賀道路不破原トンネル工事」施工現場で行ったものであり、「官民研究開発投資拡大プログラム」の予算を活用しました。また、監督員、現場の皆様、協力業者をはじめとした多くの方々にご協力を賜りました。御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 山本悟・三井善孝・石垣純一・岡竜：濁水処理設備自動調整システムの開発（フェーズⅠ）、西松建設技報VOL.43
- 2) 辻岡高志・山本悟・原圭太・井上洗也・吉原崇将：濁水処理設備における薬液の添加量自動調整システムの開発、土木学会年次学術講演会，2023

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