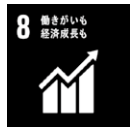


特 集 論 文

関連するSDGs



水処理用監視制御装置の技術と展望

The Technology, Present Status, and Future View of
Monitoring and Control System for Water Treatment長 塩 尚 之
Nagashio Naoyuki
大久保 章
Okubo Akira角 田 広 樹
Sumida Hiroki

概要

上下水道施設は、重要な社会インフラ設備であり、その時々の時勢に沿って種々の技術を取り入れながら技術発展してきた。その中で、当社は上下水道施設のコントロール機能を担う監視制御装置を開発、納入することで水処理施設の運営に寄与してきた。他方、昨今は人口減少に伴う事業収入の低下、設備の老朽化に伴う維持管理コストの増大など、多くの課題に直面している。これらの課題解決に向け、新たな技術開発・製品開発に取り組んでいる。本稿では、その概要について紹介する。

Synopsis

Water and sewage facilities are facing business challenges such as a decline in business income due to a declining population and an increase in maintenance costs due to aging equipment. To solve these business issues, we are working on new technology development and product development by grasping the needs of monitoring and control system. In this article, we will introduce the outline.

1. はじめに

1. 1 下水処理の変遷

下水処理は1914年に英国で標準活性汚泥法が実用化され、その後、多くの処理方法が試みられることで、改良・発展を遂げてきた。

日本では、1958年（昭和33年）制定の下水道法で「都市環境の改善を図り、もって都市の健全な発達と公衆衛生の向上に寄与する」とされ、1970年（昭和45年）の同法の改正に際しては、「都市の健全な発達および公衆衛生の向上に寄与し、あわせて公共用水域の水質の保全に資することを目的とする。」とし、水質保全の一項がその目的に加えられた。

続く2005年には、国土交通省より「下水道ビジョン2100」⁽¹⁾が取り纏められ、「循環の道」というリユース・リサイクルを念頭に入れた方針が示された。また、2014年には「新下水道ビジョン」⁽²⁾が示され、そこでは温室効果ガスの排出抑制や省エネルギー化に加え、再利用等「活用・再生」に転換するといった、総合的な汚水処理の構築を求めている。

さらに、2015年（平成27年）の下水道法改正では、浸水被害対策とともに、汚泥利用などの再生可能エネルギーの活用がうたわれた⁽³⁾。

このように、日本における下水処理は様々な法改正やビジョンの提示がなされながら今日に至っている。主だった法改正を表1に示す。

表1 下水道法改正概要⁽⁴⁾

改正年月	改正概要
平成8年6月	高度情報化社会に対応して、下水道管内部に光ファイバー等を敷設させることを可能とするとともに発生汚泥等について脱水、焼却、再生利用等による減量化努力を下水道管理者に義務付け。
平成11年7月	地方分権の推進を図るための関係法律の整備等に関する法律の成立に伴い、公共下水道に係る事業計画の認可の一部等を建設大臣から都道府県知事に委譲。
平成15年9月	施設の構造基準の明確化、合流式下水道の改善、計画放流水質等について規定。
平成17年6月	高度処理による閉鎖性水域の水質改善、広域的な雨水排除による推進対策の推進、下水道への有害物質または油の流入事故対策の推進（事故時の措置の義務付け）。 また、都市における浸水被害の頻発を受け、河川管理者、下水道管理者および地方公共団体が一体となった浸水被害対策を講ずるため、平成15年6月に特定都市河川浸水被害対策法が制定された。
平成27年5月	多発する浸水被害へのハード・ソフト総動員した対応、老朽化対策による機能の持続的確保、再生可能エネルギーの活用促進などを図るため、水防法・下水道法・日本下水道事業団法の一部改正が行われた。

加えて、2015年、従来の「水質」軸に加え、「エネルギー」、「時間」、「空間」といった3つの軸も考慮した四次元での流域別下水道整備総合計画（流総）の策定を求める『4次元流総』⁽⁵⁾の概念が国土交通省より示された。

このように、下水道・下水処理の役割は大きくなっており、処理方法も、世の中のニーズに応える形で高度処理や汚泥の嫌気処理等多様化しているため、当社が手掛ける監視制御装置に対しても、より緻密な制御が求められてきている。

1. 2 上水処理の変遷

近代的な上水処理は、1829年に英国で開発された「緩速ろ過方法」の実用化に始まり、日本では1887年に横浜において本処理方法が初めて導入された。

その後、1896年に米国で「急速ろ過方法」が開発され、この方式が上水処理の主流となり現在に至っている。

20世紀後半になり、水源の富栄養化やトリハロメタン前駆物質の増加といった、従来の急速ろ過法などの固液分離技術では解決できない原水の水質汚染・劣化問題が顕著となってきた。これらを解決する目的で開発されたのが、「オゾン処理」、「活性炭吸着処理」、「生物処理」などの高度処理技術である。

さらに最近では、耐塩素性寄生虫であるクリスポスポリジウム対策として「膜ろ過方式」が開発さ

れ、適切な膜を選択することで除去対象成分をほぼ全て除去できるようになった。このように処理方法の開発は社会のニーズ変化や水質基準の変更とともに進められている。

水質基準は、1957年（昭和32年）年に制定された水道法に基づき、翌33年に定められ、1978年（昭和53年）には26項目の水質基準が決められた⁽⁶⁾。

水道法は、1992年（平成4年）に大改正が行われ、水質基準項目（46項目）、水質基準項目を補間する項目（39項目）と二つに分けられ、基準項目が全85項目と規制対象が大幅に増加した。

さらに2003年（平成15年）に、トリハロメタン以外の消毒副生成物の問題や、クリプトスポリジウム等の耐塩素性寄生虫の問題等を踏まえ、再び大改正が行われ、2021年（令和3年）現在では、水質基準（51項目）、水質管理目標設定項目（27項目）、農薬類（管理項目15項目）、要検討項目（46項目）の計139項目となっている⁽⁷⁾。

数度にわたる法改正もあり、処理方式の多様化や管理項目の増加により、監視制御装置にはより高度な機能が求められている。

このように厳しい水質基準もあり、日本は世界でも数少ない「水道水がそのまま飲める」国の一つとなっている⁽⁸⁾。

1. 3 水処理施設用監視制御装置の役割とその変遷

上水・下水処理施設は24時間365日連続で稼働し、水質を一定に維持する必要がある。処理施設における監視制御装置は、浄水場/処理場やポンプ場、配水/排水施設に点在するさまざまな機械や装置などを効率的に集中監視・制御を行うことであり、処理施設の状況をリアルタイムで把握し、オペレータによる遠隔制御操作や自動制御処理によって、処理設備の管理を行っている。

初期の監視制御装置は、機械/装置の集中監視と簡単な制御のみを行っていた。情報処理装置（コンピュータ）の高性能化に伴い、高度な制御の自動化や、施設の記録管理などの機能拡張のニーズが高まってきた。その実現には、情報処理機能の拡張や、画面表示などのマンマシンインターフェースが変化していった。

一方、監視制御装置は、各メーカーが独自に開発、発展を続けてきた経緯があり、異なるメーカー間の相互互換は基本的にできない状態であった。しかし、さらなる省力化のニーズが高まることで、通信インターフェースの標準化による、メーカーに依存しないシステム構築が望まれている。

2. 当社の監視制御装置開発の歴史

2. 1 コンピュータの適用

水処理設備の各種プラントやプロセスの発達と大型化に伴って、これらに関連した設備内容も高度化、複雑化したことにより、設備の運用管理業務に関しても、取扱う情報量が膨大化した。このため、人手では十分な対応ができなくなり、水処理施設に使用される監視制御装置には、コンピュータが積極的に導入されるようになった。

2. 1. 1 監視制御装置処理方式の変化

当社では1970年代よりミニコンを採用した監視制御装置の開発に取組み、データロギング、故障操作記録、力率改善用コンデンサ自動制御などの装置を製作した。

1980年代以降はマイコン型監視制御装置に移行し、上下水道設備監視制御用として、集中型システムおよびリモートPI/O（プロセスインプットアウトプット装置）を配し、伝送ネットワーク（SUMINETや光データウェイSUPERWAY）と結合した中央監視制御システムを開発し、発売した。

1990年代には、情報通信分野における技術の進歩により、監視制御システムの一層の高度化をもたらすとともに、マンマシンインターフェースの高機能化、支援系機能の充実、情報系システムとの連携など、より次元の高いシステムが求められるようになってきた。

この頃のコンピュータシステム構築において重要なキーワードとなった「ネオダマ（ネットワーク、オープンシステム、ダウンサイジング、マルチメディアの頭文字を組み合わせた造語）」に合わせ、当社の監視制御装置についてもマイクロプロセッサを機能単位に分割して処理を専門的に実行させることでダウンサイジングを行い、分散処理システム化を実施した。本システムを活用し、各機能ユニットが独立して分散処理を行いつつ、これらのユニットを信頼性の高いネットワークで結合して、ユニット間でデータや処理を連携することで、一つの監視制御システムとして機能する、分散処理方式を特長とする製品を展開した。

2. 1. 2 中央監視制御／コントローラー技術の導入

1990年代は、特に水処理分野の監視制御システムの大規模化が進む中で、当社は、前述の技術を駆使した大規模監視制御システムとして「AQUAMATE^(*)-6500」「AQUAMATE-6550」などの製品を開発し、発売した（図1）。



図1 AQUAMATE-6550

本製品の開発にあっては、自社開発コンピュータを監視制御システムに適用した。これは、自社製のコンピュータがなければ参入が困難な時代に対応したものである。これらのシステムでは中央監視制御装置（図2）、ローカルコントローラーに16/32ビットVMEボードコンピュータ、32ビットワークステーションを採用した。



図2 中央監視制御装置

「AQUAMATE-6550」は管理点数2万点の大規模システムであり、大規模水処理プラント運用をノンストップで支えるために、中央局側の信頼性を向上させるだけでなく、端末局側の高機能化を図り、端末局の2重化やI/Oボードを活線状態で挿抜できる機能などを組み込んだシステムである。

監視制御機能面では、上水ではニューラルネットワークを用いた水需要予測、下水では下水管渠の水理モデルによるモデル化を用いた雨水流入予測など、高度な運転制御技術への取組みを進めた。

2. 2 ネットワーク技術の導入

2000年代以降は、急速に発展したコンピュータ、ネットワークなどの情報通信技術が、社会インフラ監視分野へ本格的に浸透するようになった。

このような情勢を反映し、当社は水処理向け監視制御システムとして、中央監視制御装置にWindows^(*)2)を搭載した汎用PCを、端末局には汎用PLCを採用した大規模水処理監視制御システム「AQUAMATE-4500」を開発し、発売した（図3）。



図3 AQUAMATE-4500

「AQUAMATE-4500」は、従来から当社が培ってきた技術を駆使し、各端末局で自律分散制御を行いながら、中央では集中監視を行う機能分担処理を実施していることを特長としている。Windowsはリアルタイム性に特化したOSではないが、独自の基盤ソフトウェアを開発し、いかなる高負荷状態であっても表示応答速度1秒以内、制御出力時間1秒以内を保証するシステムとしている。また、中央監視室での監視業務だけでなく、セキュアなWEBブラウザを用いた遠隔監視、監視制御システムが収集／蓄積したデータを別の帳票用パソコンに取り込む機能など、水処理運用業務の利便性向上に貢献する機能を組み込んでいる。

小規模処理場向けには、自社開発専用コントローラ「XC-1000」を活用した上下水道向けリモート監視システムを開発し納入した。コントローラは、公衆回線や専用回線を通じて各施設や広域に点在する無人のポンプ場まで、広範囲の監視を可能としている。「XC-1000」にはWEBサーバを搭載しており、遠隔からの監視を行うこともできる（図4）。



図4 リモート監視画面と「XC-1000」

3. 最新の監視制御技術

3.1 上下水道事業の課題

上下水道は、快適な生活環境・水環境の維持、安心安全な社会基盤の確保において、欠かすことのできない重要な社会インフラである。しかしながらその事業環境は、人口減少に伴う事業収入の低下、設

備の老朽化に伴う維持管理コストの増大など、多くの課題に直面している（図5）（図6）。

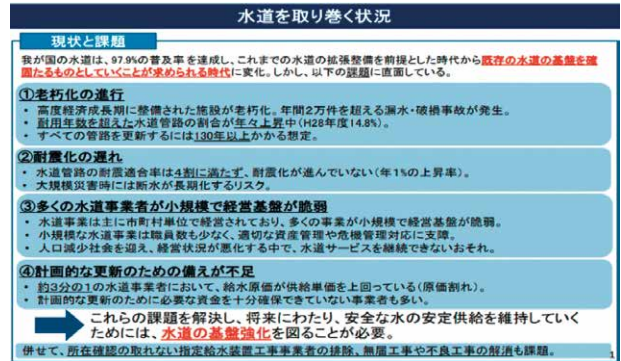


図5 水道事業の現状と課題
(出典:「水道を取り巻く状況」(厚生労働省)
(<https://www.mhlw.go.jp/content/000463052.pdf>))

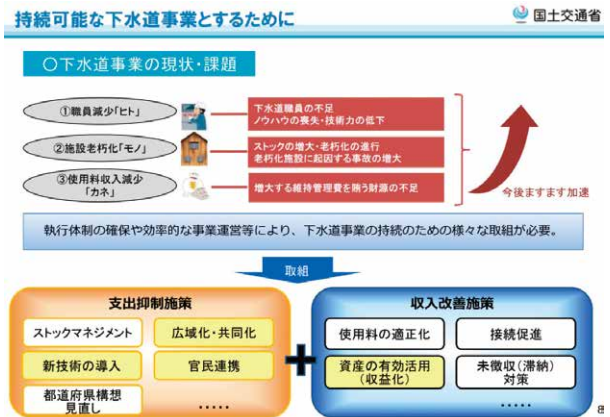


図6 下水道事業の現状と課題
(出典:「下水道事業の現状と課題—持続可能な下水道とするために—」(国土交通省)
(<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001313228.pdf>))

これら課題に対し、ライフラインとしての上下水道事業の持続可能性を確保するため、施設・維持管理の広域化・共同化、デジタル化による効率的な管理・運用の促進、計画的かつ効果的な施設更新など、さまざまな対策・変革が進められている。

このような中、水処理施設のデータを収集・蓄積・表示し、機器の運転制御を行う監視制御装置に対して以下のようなニーズがあると考えている。

- ・施設、維持管理の広域化
- ・維持管理の効率化、省人化
- ・省エネ、省コスト化

本章では、この3つの対応について記述する。

3. 2 「施設、維持管理の広域化」対応

全国の地方自治体において、スケールメリットを活かして効率的な管理を行うために、施設、維持管理の広域化・共同化が進められている。

広域化の実現には、複数の施設を、広域オープンネットワークを介して接続し、情報連携を行うこととなる。

そのためには、システムの柔軟性や拡張性だけでなく、取り扱う情報量が増大することに対する処理能力の向上や、それを取り扱う操作員の負担を軽減する以下の対策が求められている。

- ・システムの柔軟性、拡張性向上
- ・システムのセキュリティ対策
- ・統合的な情報管理能力
- ・遠隔地からの監視・制御機能

当社の最新型監視制御装置「AQUAMATE-8000」は、フレキシブルな構成と拡張性を有しており、将来の広域化に対応し上記の対策を組み込んだシステムとなっている（図7）。

3. 3 「維持管理の効率化、省人化」対応

日本国内では、人口減少に伴い、設備の維持管理の効率化・省人化が求められている。このため、以下に示すような、デジタル化（DX化）によりAIを活用した自動制御や、設備の稼働データの分析による劣化診断等に基づいた計画的な設備保全、更新計画立案が求められる。

- ・AI技術等を活用した機器運転の自動化
- ・設備稼働データの分析、劣化診断
- ・データに基づいたアセットマネジメント
- ・技術継承

このような課題に対応するために、電気設備の設置環境を常時監視・把握することで、設置環境の改善から課題を解決する必要があると考える。そこで当社では、現場設備の設置環境を収集する複合環境センサーを製品化（図8）し、データ分析による劣化診断技術開発などに取組んでいる。



図8 複合環境センサー

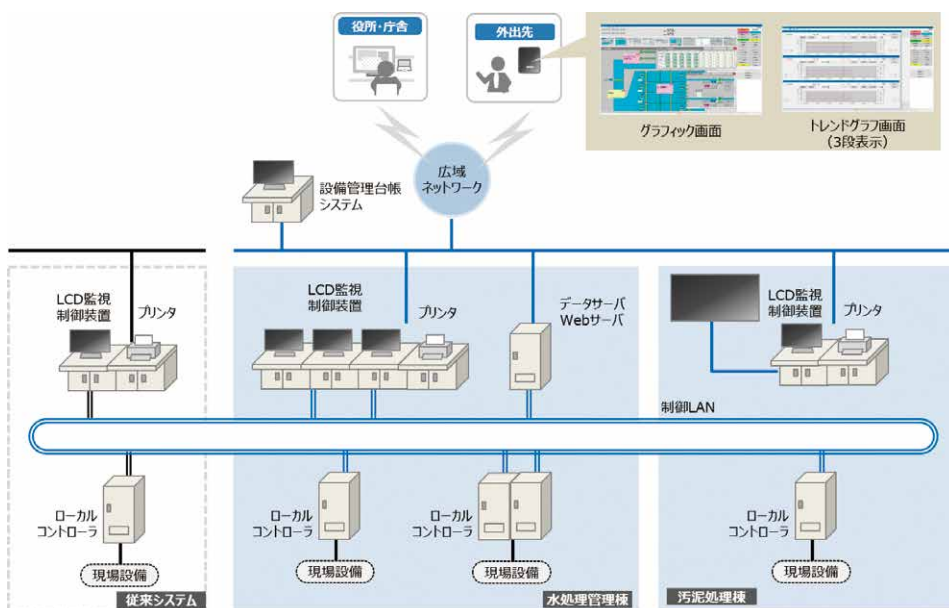


図7 AQUAMATE-8000のシステム構成

また、AI技術を活用した放流水質を予測する技術を開発し、運転管理の効率化に向けた取組みを実施している（図9）。

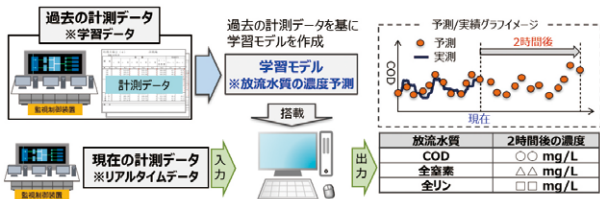


図9 AIを活用した放流水質予測技術の開発

3. 4 「省エネ、省コスト化」対応

昨今の環境意識の高まりから、水処理場には水質の安定だけでなく、サステナブルな運用が求められるようになってきている。このためには、維持管理に伴う電力使用量、薬品使用量等を削減することが必要である。そのため、効果的・効率的な機器運転となるよう、DX化を推進して機器の稼働状態を分析・評価し、機器運転に反映する以下の技術が求められる。

- ・DX化推進による機器稼働状態の分析
- ・省コスト運転に向けたプランニング、運転支援
- ・新たなセンサー等を活用した効率的な自動制御

当社では、維持管理コストの低減に向けた取組みを行い、アンモニアセンサーを活用した硝化制御システムを開発し、納入を開始した（図10）。

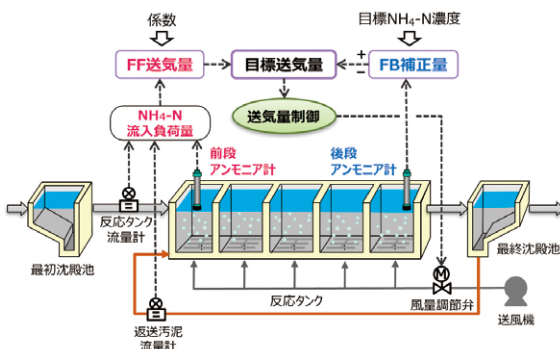


図10 アンモニアセンサーを用いた硝化制御

4. まとめ

当社の監視制御装置について、その開発の歴史と最新の技術について述べた。

水処理システムは、SDGsの目標6「安全な水とトイレを世界中に」に関連しており、今後、ますますその重要性が高まると考えている。

現在、世界中で「省エネ・温暖化防止」が叫ばれる中、その一方で「より高度な水質基準の遵守・安全な水」の要求が高まっている。

このように一般的にはトレードオフの関係にある命題を満足するには、処理プロセスの改良とともに、そのプロセスを支える監視制御システムの高度化が不可欠である。

今後、この分野で半世紀にわたり培った当社の技術蓄積が大いに役立つものと考え、技術開発を続けていく所存である。

参考文献

- (1) 下水道ビジョン2100：国土交通省 下水道政策研究委員会 報告書 2009年7月(参照：2022/5/25) https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040902_2/02.pdf
- (2) 新下水道ビジョン：国土交通省 下水道政策研究委員会 報告書 2014年7月(参照：2022/5/25) <https://www.mlit.go.jp/common/001051257.pdf>
- (3) 下水熱管理マニュアル：国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部 2015年7月(参照：2022/5/25) <http://www.mlit.go.jp/common/001097915.pdf>
- (4) 国土交通省HPより作成(参照日：2022/5/25) https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/mizukokudo_sewerage_tk_000247.html
- (5) 4次元流総：国土交通省水管理・国土保全局下水道部 2015年9月(参照：2022/5/25) <http://www.mlit.go.jp/common/001105132.pdf>
- (6) 山村尊房：水道法水質基準改正の背景、公衆衛生研究, Vol.42, No.4, 504-510, 1993
- (7) 厚生労働省HPより(参照：2022/5/25) <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html#01>
- (8) 国土交通省HP (第7章：水資源に関する国際的な取組み p107)(参照：2022/5/25) <https://www.mlit.go.jp/common/001257609.pdf>
- (9) 日新電機 創立100周年記念論文 監視制御システム技術のあゆみ <https://nissin.jp/technical/technicalreport/pdf/2017-146/2017-146-04.pdf>

- (※1) 「AQUAMATE」は、日新電機株の登録商標です。
- (※2) マイクロソフト Windowsは、マイクロソフト グループの企業の商標です。

執筆者紹介



長塩 尚之 Nagashio Naoyuki

電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部 参与
博士(工学)



角田 広樹 Sumida Hiroki

電力・環境システム事業本部
ソリューションシステム事業部
システム開発部長



大久保 章 Okubo Akira

電力・環境システム事業本部
システムエンジニアリング部
ソリューション技術部 グループ長