

上下水道の電機・計装技術の動向

*片山 淳(かたやま じゅん)・*伊東 祐輝(いとう ゆうき)

① まえがき

日本の上下水道設備は、ここ10年間に著しい拡充をみた。昨今の公共投資の抑制で、その伸びが鈍ったとはいえ、福祉行政の重鎮として今後とも拡充が継続されよう。

最近の上下水道設備の特徴は、その高度化、自動化、合理化であり、土木技術、機械技術とともに、電機・計装のシステム技術の果たしている役割は非常に大きい。特に電機・計装の占める割合が非常に大きくなったことが、上下水道設備の姿を変えたことを物語っている。

上下水道設備といえども、その技術進歩は社会思想の変化とそれに伴うニーズの変化、及び電機・計装技術のシーズ側の進歩がうまく調和して展開されるもので、ここ数年はその調和が非常にうまく進んできたといえる。

しかしながら今日において、上下水道行政にも新しい変化がみられ、またマイクロコンピュータに代表される電子技術の急激な変化と相まって、この分野にも一つの転換期がきているように思われる。この機会に上下水道のシステム技術を展望することは意義のあることである。

本誌の「水のシステム技術」特集号も昭和49年から回を重ね4回目となるが、この間、富士電機は長い経験と蓄積されたシステム技術で数多くの実績をあげてきた。また、時代の要請、顧客の要求にこたえつつ技術動向を見極め、絶えず技術の研磨に精進している。本稿では、上下水道界の動向とこれに対する電機・計装システム技術の現状を展望する。

② 上下水道界の動向

日本の上下水道界の動きは、高度成長期に社会福祉行政がうまく一致し、建設拡充が展開してきた。しかし、低成長期に入り、ここでも量から質への転換が叫ばれ、建設の時代から維持管理の時代への転換がいわれている。

上水道は昭和55年に普及率91.5%を達成し、都市部ではほぼ完全普及に近づいた。建設、拡充、量の供給の時代が終わり、新しい指標が求められている。下水道は第5次5か年計画が推進中で、昭和56年に普及率33%まで到達し、今後大都市から地方都市へ拡散し、昭和60年には44%を目標に建設が進められている。こうした状況の中で、上下水道界の動向を展望してみる(表1参照)。

(1) 新水道システムの模索

量の供給に代わる新しい指標として、供給の安定、水質の安全、経営の健全など質を中心とする新しい指標が

模索されている。単一指標から多指標の同時追求の時代が始まり、おいしい水、強い水が追求される。

(2) 維持管理時代

量中心の建設時代から、出来上がった設備を効率的に運転する維持管理の時代に入った。このため、施設の安

表1 上下水道の技術動向

動 向	施 策	具 体 化
安 定 運 用	安定取水・給水	広域水道、ダム運用技術
	安全給水	水質監視の精密化
	ブロック化と配水調整	水運用管理、配水コントロール
	下水の高度処理	三次処理制御、酸素ばっ気制御
	水道情報管理	水道情報ネットワーク
	災害対策	地震時給水管理、水道防災、 雨水浸水対策、次亜塩素酸減菌制御、 渇水時公平給水
	設備更新	ノーダウンリプレイス
省エネルギー	漏水防止	配水コントロール、漏水検知法
	薬品節約	薬注制御の最適化
	エネルギー回収	小水力発電、廃熱回収、 消化ガス発電、メタン発酵制御
	省電力	ポンプ・ブロワ可変速制御、 焼却炉制御
公害防止	新エネルギー	太陽熱・太陽光発電の利用
	水質総量規制	有機汚濁計、水質モニタリング
	排ガス総量規制	焼却炉制御、排ガス計測
	微量汚染物質対策	微量水質計、毒物検知
	污泥処理	焼却炉制御、污泥集中管理
地方の時代	臭気対策	活性炭、オゾン脱臭
	定住圏対策	定住圏廃水処理システム
	適正技術	小規模監視システム(MICREX-M)、 回転円板法、酸化池法の制御
水道の新時代	新水道システム	
	おいしい水	味の計測、高度処理、 微量物質の計測
	安定供給	施設の耐災害性、管路更新
	国民皆水道	地方水道の整備、広域水道
	経営改善	維持管理の合理化、 メンテナンスフリー
	住民サービス	満足度の計測
水道の国際化 海外協力	河川水系の 水マネジメント	流域上下水道トータルシステム
		国際連合飲料水の供給と衛生の10年計画(1981~1990)

*公共事業部

全性、効率の向上を目指した整備、改造など、既設設備の見直しが行われる。設備の高度化、合理化、自動化を図り、維持管理しやすいもの、運転の安全なもの、メンテナンスフリーが追求される。

(3) 地方都市の上下水道整備

定住圏構想、地方の時代の提唱により、上下水道建設が大都市から地方都市へ拡散される。地方都市の設備には、大都市のそれとは異なる地域特性が重視され、個性化、適正化、経済性、保守性が図られ、多様化する傾向にある。各種の新処理技術が導入されつつある。

(4) 水質保全の強化

都市化の進展に伴う上水水源の汚染、トリハロメタンのような新有害物質の出現により、よりきめ細かい水質管理が要求される。一方、水質総量規制により下水処理場に厳しい規制が求められる。特に内湾、湖沼区域ではCOD、リン、窒素の規制が強められようとしている。これらのために、新しい水質計測法、広域的な水質管理体制の整備が要求される。

水の循環系、自然の循環システムと整合する上下水道システム、流域全体を考えた水マネジメントが求められる。

(5) 水資源の有効利用

水源開発が困難になり、水資源の有限が認識された。上下水道では、限られた水を有効に利用するために広域水道による用水供給、給配水の安定化、末端地域への給水が図られ、水道施設の有効利用による水の融通、水管理の一元化が推進された。用水確保と同時に、配給水の漏水防止も有効率90%を目標に対策が講じられつつある。

下水道では下水の再利用が図られ、工業用水、雑用水として利用されるケースが増えた。

(6) 省エネルギー

施設規模の大きい上下水道ともにエネルギー消費も大きいので、特にエネルギー対策が真剣に考えられている。上下水道とも電力節約の目玉として、ポンプ、ブロワの速度制御が積極的に導入されている。

上水、工業用水、農水における小水力発電は実用期に入った。

下水道では、汚泥消化によるメタンガス発電も実用試作を終え、数箇所ですべてプラント稼働し始めた。上下水道の広大な施設を利用したソーラー発電計画の検討が始められている。

(7) 災害対策

毎年繰り返される地震、台風、渇水など自然災害、人為災害に対し強い水道が提唱され、安全かつ安定した施設、運転が要求されている。

信頼性、バックアップ対策、修復の迅速性が重視されてきた。

(8) 設備更新

設備更新期は電機設備15～20年、計装設備10年といわれる。上下水道施設の中にも設備更新を迎えるものが出始めた。土木設備主体の上下水道設備にあって、大形の設備更新という概念は初めてのものであり、特に技術進歩の激しい電

機・計装設備の設備更新には新しい技法が考えられねばならない。

(9) 周辺設備の自動化

浄水場、処理場の自動化に次いで、その周辺設備であるポンプ場、汚泥処理設備の自動化が本格化し、同時に場外全施設の階層管理に発展した。また、汚泥焼却の排ガスによる大気汚染、汚泥処理の臭気対策、焼却炉の燃焼制御など水以外の新しい問題が生じた。

(10) 海外協力

国際連合飲料水供給10か年計画がスタートし、開発途上国への水道事業援助も軌道に乗り、事業が活発化してきた。先進国日本として、海外への技術指導、技術援助への積極的参加が求められている。

③ 電機・計装技術の動向

上下水道技術の中でも、電機・計装技術の変化は最も目覚ましいものである。マイクロエレクトロニクス技術、パワーエレクトロニクス技術は電機・計装技術を中心とするシステム技術を一新してしまった。計算機、伝送機器、計測機器、制御機器、電気機器の各々において、機種が多様化、性能向上、信頼性向上、コストパフォーマンスの向上によって新しいシーズを提供している。これらの新技術により選択の自由度が著しく増し、システム構築を容易にし、大規模から小規模までシステムの多様性を実現した。そのために設備、規模、地域特性に見合った適正システムを実現することができる。

3.1 計算機

計算機システムを中心とする集中管理・分散制御方式が定着するに伴って、そのハイアラキー構成が多彩になってきた。最上位には新形32ビットのスーパーミニコンピュータ(PFS-3000シリーズ)があり、管理機能を拡大した。上位計算機としては、多くの機種を持つ制御用ミニコンピュータ(PFU-1000シリーズ)があり、管理・制御を担当する。

下位層は、マルチループ制御用マイクロコンピュータ(MICREX-Wシステム)が連なり、4ループ単位の4, 8, 16, 32ループのシステム構成が可能である。制御用マイクロコンピュータは、最近のパーソナルコンピュータブームの影響を受けて、本体、CRTディスプレイ、フロッピーディスク、キーボード、プリンタを一体化したものがシステムに組み込まれるようになった。

制御用マイクロコンピュータは、分散による高信頼性の究極をねらうものとして、シングルループコントローラ(CC-F形)を出現し、階層構成の最下層を充足させた。

これら階層を構成する各々の計算機は、伝送網によって縦断的にも横断的にも連絡され、大規模システムから小規模システムまで、システムからスタンドアロン形まで多彩なシステム構成をすることができる。

スーパーミニコンピュータの登場で、水道経営システム、水道情報サービスシステム、水運用システム、広域水道シ

システムなどの大規模システムが容易に構築できる。

従来の浄水場管理、処理場管理、配水コントロール、水質監視システムは中規模システムとして単独システムを構成するか、上位システムと組んで階層システムを構成できる。

マルチループマイクロコンピュータシステムは、分散制御のローカル局として浄水プロセス、下水処理プロセスの各ユニットプロセスの制御を構成する。シングルループマイクロコンピュータ、パーソナルコンピュータは、その経済性から中小都市の小規模水道の電算化を可能にした。

複数の計算機でシステム構成するために、これら計算機と周辺機器をマトリックス状に結合するネットワーク(MAXシステム)がある。これにより、計算機間の負荷分割、機能分散が容易になり、周辺機器の共用使用が簡単になった。この方式は計算機の二重系、三重系の構成に使用され、マルチプロセッサ方式、信頼度対策としての負荷分割、バックアップ方式に広く使用されている。

3.2 伝送機器

多種類の計算機、計算機システムの階層構成、分散制御システムなど多数の計算機をコンポーネントとするシステムにおいては、計算機間の情報伝送が非常に重要な役割を果たす。伝送機器は、伝送容量、高速性、信頼性、経済性が追求され、その進歩は目を見張るものがある。最近は光応用技術の進歩により光ファイバによるデータ伝送が実用化され始めたし、マイクロコンピュータの応用により伝送機器のインテリジェント化が図られ、情報処理をしながらデータ伝送するものが多くなった。

無線による伝送も、従来の400MHz帯から2GHz帯の使用が開始され、800MHz帯のMCA方式も開始された。

計算機間の伝送には、システム規模によりミニコンピュータ階層の上位に大形データウェイ(MPCS)、下位マイクロコンピュータ間の伝送に小形データウェイ(DPCS)の2方式がある。

この2方式で縦方向、横方向の自由な伝送システムを構成できる。

テレメータ・テレコントロール装置としてマイクロコンピュータを使用した新形インテリジェントテレメータ(SASシリーズ)が開発された。また、日本電信電話公社の加入電話回線の利用開放に備えて、NR方式加入電話回線伝送装置が用意されている。

シーケンス制御が全盛の昨今、シーケンスの接点伝送をワイヤシェアリングで行う装置として場内伝送装置があり、ケーブルの配線節約に役立っている。

このような伝送機器の進歩により、上下水道の管理範囲も著しく拡張され、同時に新しい管理方式が生まれてきた。

データウェイ方式により、浄水場、処理場の分散制御方式が定着し、配線工事も著しく簡略化された。

インテリジェント化されたテレメータにより、場外監視制御は高度化され、広域水道、水運用システム、配水コントロール、ポンプ場無人化、下水幹線監視制御、中継ポン

プ場無人化などが推進された。

加入電話回線利用技術は、経済的な間欠監視に有効で、水質汚濁監視システム、水道検針自動化、町村小規模処理場群の群管理に適用が計画されている。無線テレメータ・テレコントロール監視は、大規模広域水道システムに利用され、地震や水害の災害時の配水管理の補助手段としても検討が進められている。

3.3 センサ

情報処理、伝送技術が急速な進歩を示しているのに対し、情報源であるセンサの開発も努力が続けられている。

汎用計測器はソリッドステート化が一段と進み、精度0.2%級が普及した。

流量計は、電磁流量計、超音波流量計が更に改良が加えられて用途を拡大している。電磁流量計は、励磁方式の改良、取付構造の改良で性能が一段と向上した。また、最近ではマイクロコンピュータ内蔵のものも現れた。

超音波流量計は、小口径低流量範囲のものが加わり、小口径から大口径までシリーズ化された。また、開き流量計測、非満管路流量計測の応用が各方面で試みられ、下水放流ピットでの放流量計測や幹線非満管路の流量計測が可能となった。ポータブル超音波流量計も全口径にわたる計測が可能となり、末端配水状態のチェック、漏水チェック、場内用途別用水管理、流量計のバックアップなど各種用途を拡大し重宝がられている。

漏水検知については、各種努力が続けられているが、音波伝播による相関計測法が発表され、実用され始めた。水質センサに関しては、上水道では濁度、pH、残塩、アルカリ度のオンライン機種はほぼ安定した。最近ではトリハロメタンに見られる微量物質の計測が問題になってきた。

下水道では、DO計、MLSS計のオンライン計測器はほぼ定着した。総量規制にからんで、有機汚濁計(UV計)が開発され広く利用された。

下水水質の計測では汚れによる保守が最大の問題で、これを解決するために汚水からの排ガスのガス成分を計測し、マイクロコンピュータを応用し相関計算して水質を計測する方法が関心を持たれている。マイクロコンピュータの情報処理能力を計測器に応用できるので、メンテナンスフリーとして今後に期待がもたれている。ばっ気槽の排ガスO₂計測による呼吸速度計、酸化剤にオゾンガスを利用したCOD-O₃計はこのタイプのもので好評である。

新しい問題として、リン、窒素の総量規制の動きに対し、リン、窒素の自動分析計の開発が進められている。

上下水道の水質計の開発と同時に、水質検査室の自動化も今後の大きなテーマである。各産業でラボラトリーオートメーションが推進されているので、めどはつけやすいと思う。

最近の上下水道計測で特筆すべきものにガス分析計がある。従来、ガス分析は上下水道では余り必要とされなかったが、汚泥処理制御の高度化、大気汚染防止、メタンガス再利用、オゾン脱臭などに伴って、メタンガス、O₂、CO、

CO₂, NO_x, SO₂, オゾンなどのガス分析計が必要となってきた。

汚泥消化槽の管理, 汚泥焼却炉の燃焼制御, 大気汚染排ガス監視, オゾン脱臭・滅菌の排ガス監視, 管きょ内やマンホールでの作業者の安全管理などに利用される。

3.4 マンマシンインタフェース

マイクロエレクトロニクス技術の進歩により, マンマシンインタフェース機器が多彩になった。

一方, 維持管理の強化から運転の信頼性が求められる。これらの関係から多彩なマンマシンインタフェースが利用されるようになった。

CRT ディスプレイはマンマシンインタフェースの主役として, ハードウェア, ソフトウェアとも著しい進歩を見, 機能向上がめざましい。会話形画像作画, 画面移動, 画面拡大縮小など水道に適した表示法が開発されている。仮想キーボード, ライトペン, ジョイスティックなどにより, 確実, 迅速な運転操作, 監視が可能となった。

記録では, 漢字プリンタが登場し, 読みやすいデータ記録を安価に提供している。

音声用 LSI の実用化で, 音声合成, 音声認識が容易に実現される。音声入力装置, 音声出力装置として音声による指令入力, 音声による警報表示, 指令伝達として利用されるようになった。

3.5 ソフトウェア

計算機システムの大形化, 多様化, 高度化に伴って, ソフトウェアの重要性が急上昇した。

多量のデータを高速に処理ができ, しかも保守が容易に行えるソフトウェア体系としてプロセスデータ処理パッケージ (PDS) が体系化された。これにより, データベースソフトウェアの処理向上が図られ, CRT 画面処理や各種報告書印字処理が大幅に改善された。

上下水道ソフトウェアは各種開発され, 実績に伴ってますます精練されて監視・制御の高度化に寄与している。最近, 設計時のシミュレーションによるプラント解析や運転シミュレーションなど, シミュレーション技術が重要性を増している。これらのソフトウェアは, ソフトウェアパッケージとして汎用化し, 各種上下水道設備に広く利用されている。水路の定常・非定常流計算, 配水調整, 雨水浸水排除, 汚泥焼却炉の焼却状態, 港湾, 河川の汚濁拡散シミュレーション, ポンプ群の省エネルギー運転, 送配水系統の事故時の水撃減少解析などがある。

ソフトウェアの重要性の増加に伴って, ソフトウェア作成の生産性, 信頼性の向上が問題となり, そのためにソフトウェア開発環境支援システムが稼動している。

制御アルゴリズムとしては, 近代制御理論に基づく最適制御手法, オブザーバによる状態推定, オートチューニング方式による制御パラメータの最適設定, ファジィ推論による人間味のあるプロセス制御など新しい制御手法が広域水道制御, 配水コントロール, 浄水場制御, ポンプ制御や

幹線集中制御, 雨水浸水防止制御, 処理場制御, 中継ポンプ場制御, 汚泥脱水制御, 汚泥焼却制御など上下水道にも適用されている。

3.6 電気技術

電気技術は, パワーエレクトロニクス, 新材料技術の進歩によって, 高信頼性, 保守性, 安全性, 環境性, 縮小性, 省エネルギーが図られている。

SF₆ ガス絶縁開閉装置, モールド変圧器は既に一般化している。SF₆ ガス絶縁開閉装置は, コンポーネント, 制御回路を含めて更に徹底した縮小化が進められ, ミニ F パックとして開発が進められている。これにより上下水道設備の受配水設備の縮小化, 高信頼度化が図られた。

電力変換装置としては, パワートランジスタによる VVVF インバータ (FRENIC-2000), サイリスタインバータ (STANIC) がポンプ, プロワの速度制御に広く利用されている。

太陽熱, 太陽光利用技術も上下水道の広大な敷地利用を考えて検討が進められている。

3.7 エンジニアリング技術

上下水道の電気・計装システムは, 設計・製作から納入・運転までフルターンキー方式で納入される。昨今のようにシステムが大規模化, 高度化してくると, 単に設計, 製作技術のほかこれらを含めてエンジニアリング技術の重要度が増してきた。

電機・計装・計算機を含めた全体システムの工程管理, 総合システム試験, 電気・計装工事, 土木, 機械との現地調整, 安全衛生, 保守体制, 全体取りまとめなどがエンジニアリング技術として次第に体系化されつつある。従来は, 裏方として泥くさい仕事であったけれども, 実はシステム稼動には最も大切な部門であり, システムの優劣を決める重要な存在となってきた。

④ あとがき

上下水道技術は, 時代思想を反映して変遷し, 種々のニーズを提起している。一方, 電機・計装技術は, マイクロエレクトロニクス, パワーエレクトロニクスに代表される電子技術を基に急速な進歩を示し, 上下水道のニーズによく追従してきた。富士電機は, その優れた電機技術, 計装技術と豊富な経験により蓄積されたシステム技術によって顧客の信頼と要望にこたえてきた。これからも, その新しい電気・計装技術を通して水道界にお役に立ちたいと願っている。水のシステム技術特集号を発刊するにあたり, 水道界各位に誌上を借りて厚く御礼を申し上げるとともに, 改めて今後の御指導, 御支援をお願いする次第である。



＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。