

feature article

# 上下水道の安全・安心を支える情報制御システム

Information and Control Systems Contributing to Safety and Security in Water and Sewage Works

田所 秀之 Hideyuki Tadokoro  
渡辺 忠雄 Tadao Watanabe

山口 浩介 Kosuke Yamaguchi  
三宅 吉宜 Yoshinobu Miyake

鈴木 修 Osamu Suzuki

上下水道は社会インフラとして量的な整備だけでなく、安全・安心・快適な水環境の提供といった質的な面での充実、さらには環境負荷への配慮が求められている。厳しい財政・経営環境の中で上下水道事業がこれらに応えるためには、いっそうの運営基盤強化が不可欠である。日立グループは、設備の運用計画、制御、維持管理のための各種ITソリューションを提供してこれら上下水道の課題解決に貢献しているが、その適用には運転管理情報の利活用が欠かせない。情報制御システム「AQUAMAXシリーズ」は、ITソリューションのプラットフォームとして、システムアーキテクチャ、インタフェースの両面から運営基盤強化に向けた運転管理情報の利活用を支援する。

## 1. はじめに

上下水道分野では、量的な面だけでなく安全・安心な水環境の実現といった質的な充実や、地球環境への配慮といった社会的要請を、財政難やベテラン職員の大量退職時代を迎える中で実現していかなければならない。このため上下水道事業者にはいっそうの運営基盤強化が求められている。

日立グループは、このような背景の中、上水道、下水道から成る水循環の各段階における上下水道事業者の課題を解決するITソリューションを提供している。これらのソリューションは、上下水道設備と、プロセスの運転管理をつかさどる情報制御システムとの連携があってこそ有効に機能するものである。また、事業者の運営基盤強化のために「広域・統合化」、「運営の多様化」、「技術継承」、「情報共有」、「説明責任」が求められるが、これらを実現するためにも情報制御システムの充実が欠かせない。

日立グループの情報制御システム「AQUAMAXシリーズ」は、基本となる監視制御機能だけでなく、安全・安心・快適な水環境を実現するITソリューションや運営基盤強化のためのプラットフォームとして機能強化を続けている。現在、対象とする設備やプロセスの規模によって、AQUAMAX-AZ/SPとAQUAMAX-DWをラインアップしている(図1参照)。なお、システム名のSP(Sustainable, Progressive)は「持続的成長」を、DW(Distributed, Wide Area)は「広域分散」を表している。

ここでは、上下水道の安全・安心を支える情報制御システムAQUAMAXシリーズのコンセプトと、AQUAMAX-

AZ/SP、AQUAMAX-DWのシステムアーキテクチャ、およびHMI(Human-machine Interface)機能について述べる。

## 2. AQUAMAXシリーズのコンセプト

AQUAMAXシステムは前述のニーズを考慮し、以下の課題に応えるために機能強化を進めている(図2参照)。

### (1) 広域化・統合化

これまでは単独のシステムとして水道設備や下水道設備などが個々に運用されていたが、最近では、それぞれの設備を統合化、集中管理し、効率向上を図る事業者が増えてきた。

厚生労働省「水道広域化検討の手引き」(2008年発行)では複数の事業者の管理や設備の一体化が示されている。また、国土交通省の推進する下水道の経営基盤強化策の一つとしても、維持管理の広域化・共同化が掲げられている。このようなことから、今後、複数の事業者間をまたがって運用を集中管理することが求められると考えられる。

### (2) 運営の多様化

民間委託や他事業者への委託といった多様な運営形態が実施、もしくは検討されてきている。

### (3) 技術継承、ノウハウ蓄積

ベテラン職員のノウハウを継承するため、これまで「暗黙知」であった運用ノウハウを「形式知」化するとともに、得られたノウハウを継続して蓄積することが「持続」のためにも欠かせない。

### (4) 情報共有

運転管理部門、水質部門、経営管理部門など部門間を越

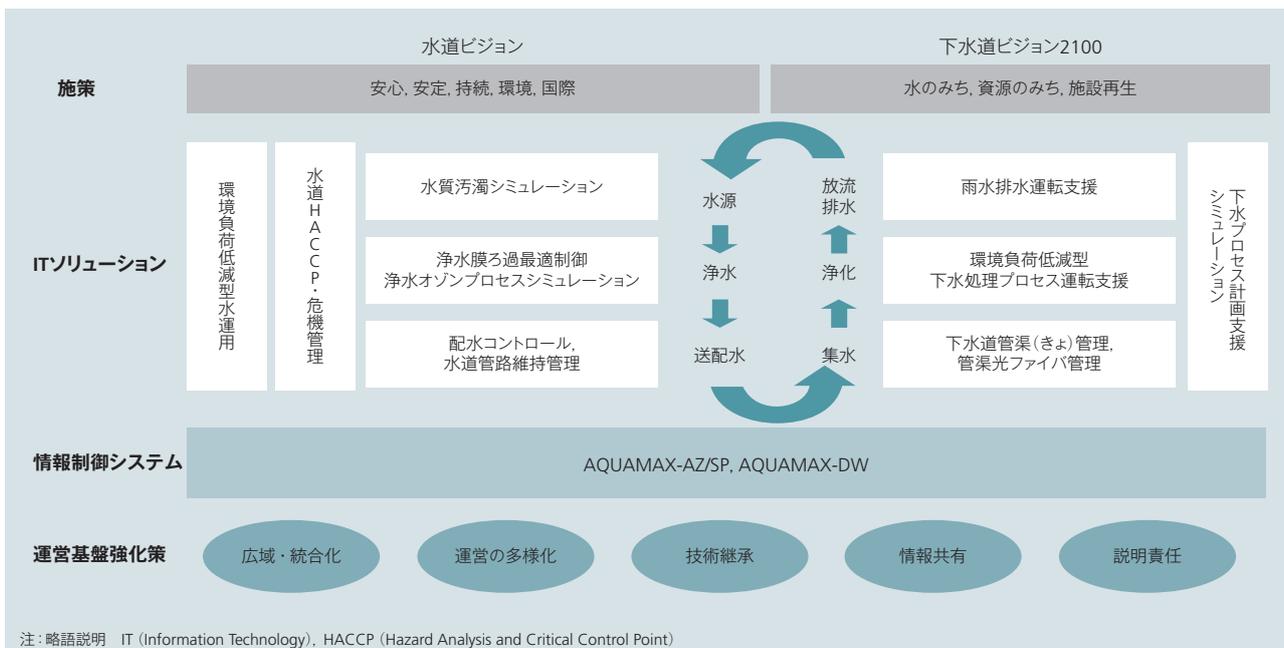


図1 上下水道ITソリューション、運営基盤強化策と情報制御システム

情報制御プラットフォーム上に、水循環の各段階における上下水道の課題を解決するソリューションを提供するプラットフォームとして、運営基盤強化策の具体化のため、情報制御システムは欠かすことができない。

えた情報共有が、事業の効率化だけでなく市民サービスレベル向上の面からも求められる。

(5) 情報公開，説明責任

上下水道は市民生活に欠かすことのできない社会インフラであり、適切な情報公開が説明責任を果たすために必要となる。

以上の課題を解決するために、AQUAMAXシリーズは、スケーラブルアーキテクチャ、シームレス化（場内系／場外系、情報系連携）、業務支援型HMIのコンセプトの下、システムを提供している。

3. 運営基盤の強化とAQUAMAX-AZ/SP

3.1 広域化・持続的成長を実現するシステムアーキテクチャ

(1) スケーラブルアーキテクチャ

上下水道事業の持続性に対応して、情報制御システムにおいては初期導入から段階的にシステム整備、増設を継続するとともに、部分的に更新が進められる。AQUAMAX-AZ/SPでは以下のアーキテクチャを採用し、TCO (Total Cost of Ownership) 低減を図る（図3参照）。

(a) 中央監視操作機能クライアントサーバ化

中央監視操作機能をHMIの入出力部分（HMIクライアント）と分散型POC（Process Operator's Console）サーバから成るクライアントサーバ構成とした。分散型POCサーバにHMIサーバ機能が搭載されており、これがHMIクライアントのサーバ機能として動作する。

前提OS（Operating System）はHMIクライアントがWindows<sup>※1</sup>、分散型POCサーバがLinux<sup>※2</sup>であるが、HMIサーバ機能とHMIクライアント間のインタフェースをOSバージョンやハードウェアに依存しない構成とした。これによりHMIクライアント増設更新時は、前提となるOSバージョンや、ハードウェアの改廃によらず、その時点で調達可能な機器で対応できる。

さらにHMIクライアントとしては、操作卓形状の専用POC、工業用PC、汎用PCいずれを採用することも可能であり、用途に応じて柔軟にシステムを構築できる。

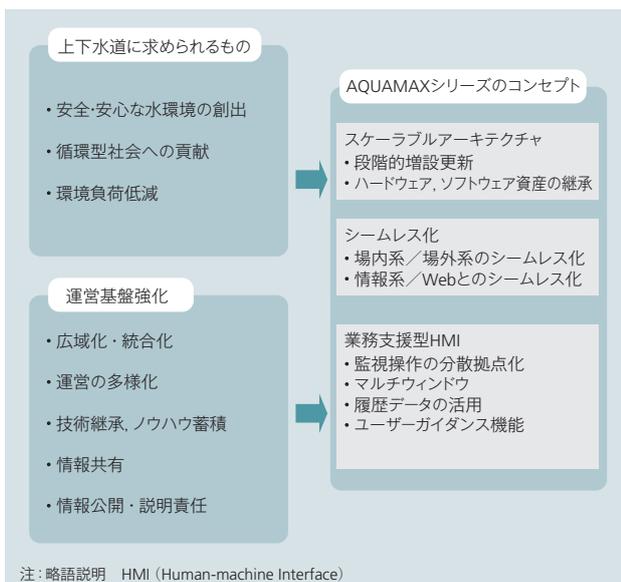


図2 AQUAMAXシリーズのコンセプト

上下水道に求められる社会的要請、事業運営強化策に対応して、「スケーラブルアーキテクチャ」、「シームレス化」、「業務支援型HMI」を基本コンセプトとして機能強化を図っている。

※1) Windows, SQL Server, Internet Explorerは、米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標である。

※2) Linuxは、Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。

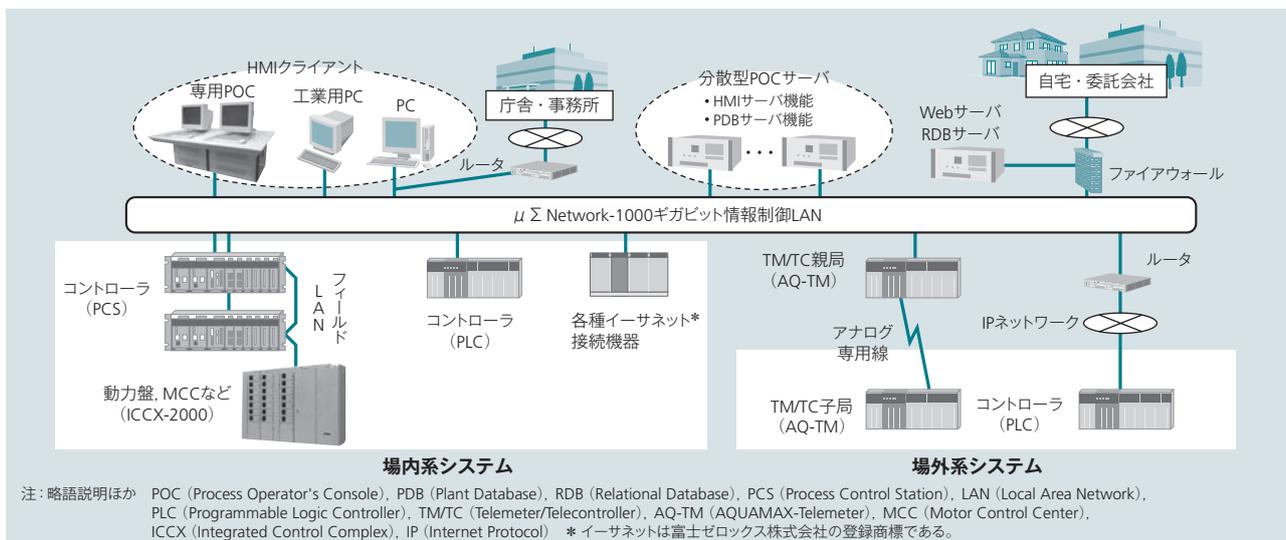


図3 上下水道の安全・安心、運営基盤強化に貢献するAQUAMAX-AZ/SP

AQUAMAX-AZ/SPは、スケラブルアーキテクチャ、シームレス化、業務支援型HMI機能で上下水道事業に貢献する。

(b) 分散型プラントデータベース

これまでは1か所に集中化していたプラントデータベース (PDB: Plant Database) サーバを、複数の分散型POCサーバに分散して設置可能とした。これによって、上下水道設備の増設更新の単位に合わせて、システム側では分散型POCサーバを増設更新することによってPDBサーバ機能を段階的に増設更新でき、「持続的成長」に対応したシステム整備が可能である。

(2) 場内系/場外系のシームレス化

維持管理の広域化実現のためには、浄水場や下水処理場などの場内の運転管理だけでなく、配水池やポンプ施設、複数の浄水場、処理場間を一元管理する必要がある。

そこで、制御LAN (Local Area Network) として場外系との広域ネットワーク接続に適したギガビットイーサネットの技術に、リアルタイム性、高信頼化機能を付加したμΣ Network-1000を採用し、場内系/場外系ネットワークのシームレス化を可能とした。

場外系のシステムとは、場外側のコントローラ (PLC: Programmable Logic Controller) のイーサネット接続機能により、ルータを介して接続し、場内系システムのコントローラ [PCS (Process Control Station), PLC] と同様に扱うことができ、場内系/場外系の一元管理が容易となる。また、システムの段階的整備に対応するため従来からのこの分野で用いられてきたテレメータ/テレコントローラ (TM/TC: Telemeter/Telecontroller) を接続することも可能である。

さらに地理的に離れた複数の情報制御システム間を広域IP (Internet Protocol) ネットワークによってシームレスに接続することによって、同一事業体内だけでなく、複数事業体間のシステム一元化も可能である。

(3) 分散環境での監視操作

広域化・統合化や業務委託などの進展により、組織形態、管理形態によっては、中央監視室から運転監視するだけでなく、庁舎や管理事務所、委託会社などの分散拠点からも中央監視室と同様に監視操作することが求められる可能性がある。例えば、昼間/夜間、平日/休日、定常/非定常時で柔軟に人員配備を変えるような運用形態の場合である。このようなニーズに対してはTS-Web機能でサポートする。すなわち中央監視室に、ターミナルサーバ (TS: Terminal Server) を設置し、HMIクライアントと同等な監視操作環境を、IPネットワークを介して接続した分散拠点のWebブラウザ上で実現可能とした。

3.2 運用ノウハウの形式知化・技術継承を支援するHMI

上下水道プラントの運転管理業務は、日々の業務を通して積み重ねた運転管理者のノウハウ (暗黙知) によるところが大きく、今後これらノウハウを形式知化し、技術資産として継承していくことが大量退職時代を迎えつつある上下水道事業の「持続」にとって重要である。AQUAMAX-AZ/SPでは、運用ノウハウをユーザーにて随時システムへ蓄積・登録し、これらを運転状況に合わせてタイムリーに活用する機能の強化を技術継承支援の一環として進めている。ここではこの中から、過去の類似運転データの活用 [HDB (Historical Database) トレンド], アラームオペレーション時のガイダンス (ヘルプ機能), 機器設定操作時のガイダンス (シンボルガイダンス機能) を代表例として紹介する。

(1) HDBトレンド

HDBは、1分周期でプラントの運転実績を蓄積している。このデータを活用しトレンドグラフとして表示する機

能がHDBトレンドである。この機能では、2種類のトレンドグラフを上下2段、または、重ね合わせて表示することができ、現在と過去の類似日のトレンドグラフを並べたり、重ね合わせたりして比較することで、類似の運転実績を参考にしながらの運転が可能となる（図4参照）。

## (2) ヘルプ機能

ヘルプ機能は、発生した警報への対処方法や、故障からの復帰手順などのガイダンス情報をオンラインで提供する機能である。故障が発生したときに、その故障メッセージを選択すると、ガイダンス情報が表示される。故障発生状

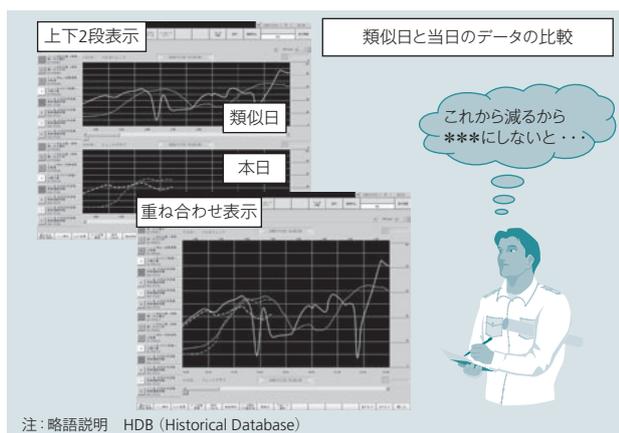


図4 HDBトレンド機能

1分間隔でのプラント運転実績データを活用し、2種類のトレンドグラフを上下2段、または重ね合わせて表示することができる。

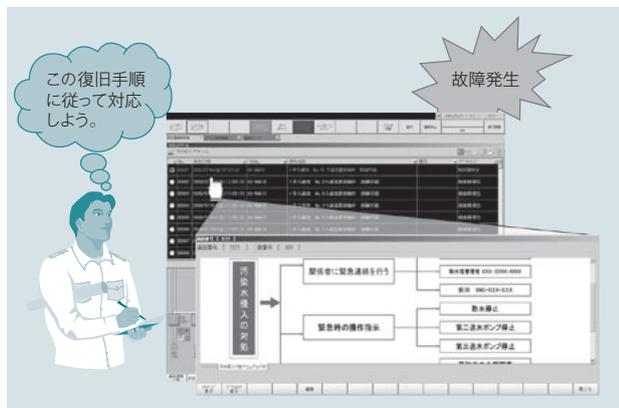


図5 ヘルプ機能

故障発生状況に応じたオンラインマニュアルとして、復旧対応を支援する。

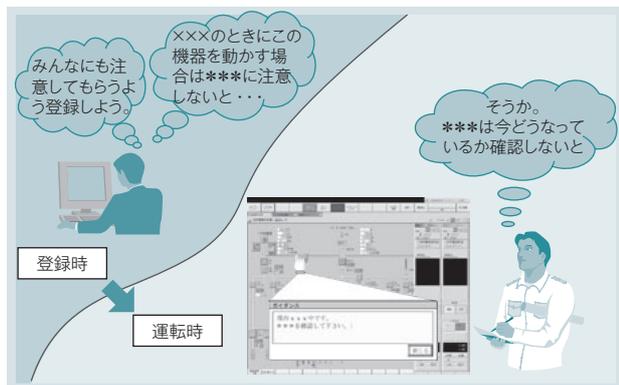


図6 シンボルガイダンス機能

画面上の該当機器シンボルを選択する際に、プラントの状況に応じた留意事項などを表示することで的確な操作を支援する。

況に応じたオンラインマニュアルとしてアラームオペレーションを支援する。

ガイダンス情報はユーザーが適宜に登録可能であり、文字情報だけでなく、PCで作成した文書も登録可能となっており、図表も活用した情報をタイムリーに提供することができる（図5参照）。

## (3) シンボルガイダンス機能

通常、機器の設定操作は、グラフィック画面上の該当機器シンボルをマウスなどのポインティングデバイスで選択して、機器操作や設定操作ウィンドウを表示することで実行される。シンボルガイダンス機能は、その際に、プラントの状況に応じた留意事項などをガイダンス情報として表示することにより、的確な設定操作を支援するものである。

ガイダンス情報はユーザーが適宜に登録可能で、メッセージ内容とその表示条件を複数個登録する（図6参照）。

## 3.3 業務系とのシームレスな接続

監視制御システムの情報は運転管理部門だけでなく、事業体内の関連部門（例えば計画部門、水質管理部門）との共有、あるいは関連する事業体間で共有することで相互の連携を強化し、事業効率の向上が図れる。また、監視制御システムの情報を住民にわかりやすい形に加工して発信することで事業体としての説明責任を果たすなど、さまざまなシーンでの利活用が期待できる。

しかし、監視制御システムには、プラントの運転実績（リアルタイム情報、時系列データ、集計情報、運転履歴など）がプラントデータベースとして蓄積されているが、リアルタイム性が求められる監視制御システム向けに特化された形態となっているため、ほかの業務系アプリケーションでは活用しにくい面がある。また、これらアプリケーションからのデータベースアクセス頻度によっては監視制御システムのレスポンス低下を引き起こす可能性もある。

そこで、プラントデータベースを写像したプラント

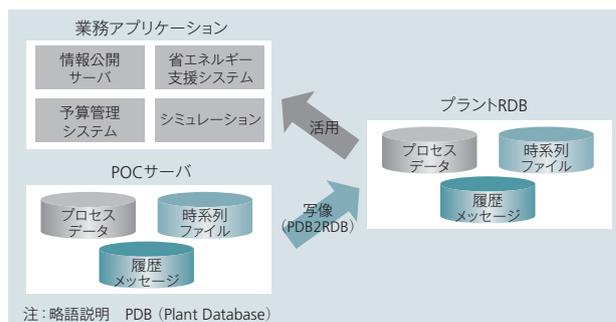


図7 業務系とのシームレスな接続

監視制御システムの情報をRDBの形式で逐次業務系に提供し、部門を超えた情報共有が可能となる。RDBへのプラントデータベースの写像はPDB2RDBサブシステムで実現している。

RDB (Relational Database) をSQL Server<sup>※1)</sup>上に構築し、各種業務アプリケーションからの参照を容易にするとともに監視制御系への負荷集中を回避できる構成とした。プラントRDBは、PDB2RDBというサブシステムが定周期で最新値に更新している(図7参照)。

#### 4. 市町村事業体広域化とAQUAMAX-DW

##### 4.1 市町村向けシステムに求められるもの

広域化は、単独ではスケールメリットが得られない比較的規模の小さな市町村事業体間の運転管理業務一体化策としても推進されると考えられる。

したがって、情報制御システムにおいては入出力点数1,000点規模以下においても広域に分散した監視制御システムを段階的に構築できることが求められる。特に、少人数の職員で対応することから、設備巡回先など中央監視室外での執務の機会も多く、分散拠点からの監視操作機能が求められる。

また、回線コストの関係上、広域ネットワークを構成する回線が必ずしも常時接続タイプではないことも考慮に入れておかなければならない。

##### 4.2 AQUAMAX-DWの機能

上記のニーズに応えるために、AQUAMAX-DWは以下の機能、特長を有している。

###### (1) システム構成

ローカル制御を受け持つPLCと中央監視操作の中核となるPOC間の通信処理はIPネットワーク上に構築した独自仕様の標準通信プロトコルによるものとし、第1段階でPLCだけを稼働させ、第2段階で中央監視機能を整備するという段階的な構築を可能とした。

また、巡回先など、遠隔からの監視操作に対応するため、Webサーバ機能を標準サポートしている。遠隔拠点側にディスプレイがSXGA(Super Extended Graphics Array)<sup>※3)</sup>対応で、Internet Explorer<sup>※1)</sup>に対応した端末を設置すれば、中央監視室同様の運転操作が可能である(図8参照)。

###### (2) HMI機能

画面構成は、上部にメニューバー、ショートカットボタン、故障速報欄、下部にファンクションボタン、中央の表示領域で構成されている(図9参照)。

メニューバーをクリックすることで、該当メニューバーに登録された機能呼び出す。ショートカットボタンに登録することで使用頻度の高い機能の検索時間を短縮できる。故障速報欄はプラントやシステム自体の故障発生/回

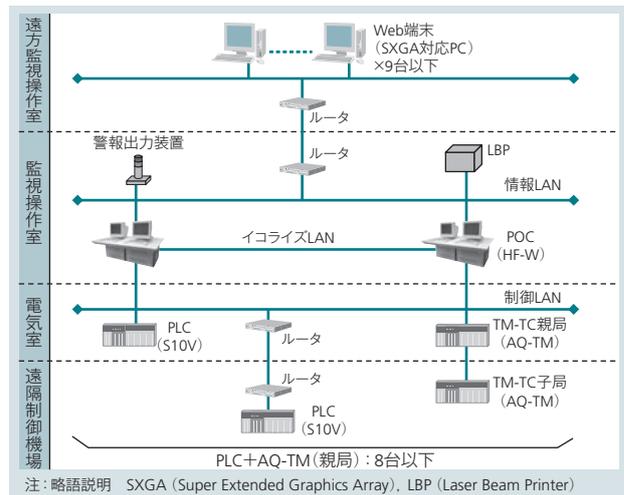


図8 AQUAMAX-DWシステム構成

広域に分散している設備を、移動先から集中監視操作することも可能である。

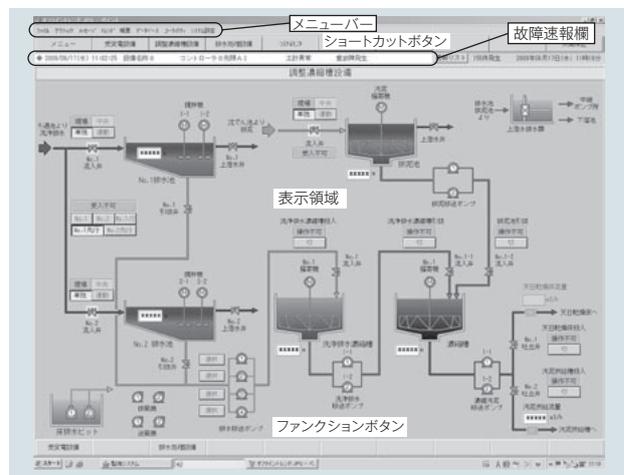


図9 HMI機能

プラント画面例を示す。上部のメニューバー、ショートカットボタン、故障速報欄、下部のファンクションボタン欄は他画面でも共通となる。

復状態を表示する領域である。

特長的なHMI機能は次のとおりである。

(a) トレンド機能：高速(1秒周期40日分)、中速(1分周期400日分)、低速(1時間周期10年分)の3種類のデータ収集周期から構成している。高速周期は圧力変動など変動が激しい計測項目および制御調整用、中速周期は水位・水質などの計測項目および制御調整用、低速周期は帳票データ用として活用できる。これらのデータは、トレンド登録の有無に関係なく常時収集しており、後日必要となった過去データをトレンド表示可能である(図10参照)。

(b) フリー帳票機能：帳票フォーマットの項目部分を個々のユーザーが自由に登録できる機能である。日報・月報・年報をそれぞれ50枚まで作成可能である(図11参照)。

(c) 故障メッセージ登録機能：故障名称・故障区分・故障種別によるメッセージ出力の可否や信号名称がユーザーによって登録変更可能となっている。このためシス

※3) SXGAは、米国International Business Machines Corporationの登録商標である。

テム導入後に上下水道設備の運用管理形態に合わせたアラームオペレーションが可能である(図12参照)。

(d) 欠損データ自動収集機能：中央監視—PLC間の回線が常時接続でない場合、中央監視室が夜間、休日などで無人の場合を想定した機能である。すなわち無人運転期間に中央監視機能がダウンした場合や、回線非接続時においても、PLC側に最大1週間分の計測データを蓄積しておき、復旧時に欠損データを自動復旧させる機能を有する。

(e) 掲示板機能(オプション)：引き継ぎ、申し送り事項

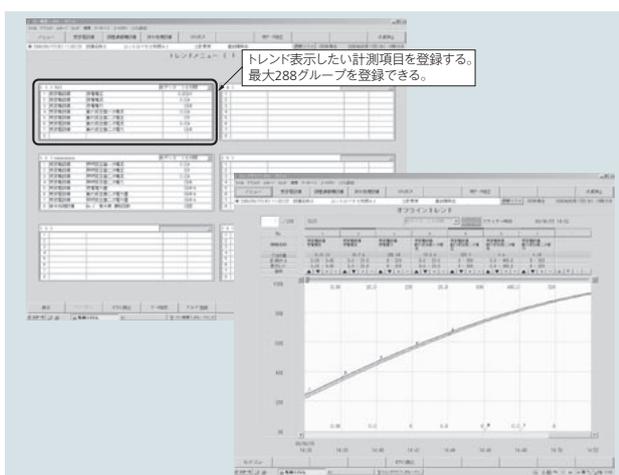


図10 トレンド登録画面とオフライントレンド表示例

常時1秒周期データを収集し、表示組み合わせが可能な柔軟性のあるトレンドグラフが特徴である。

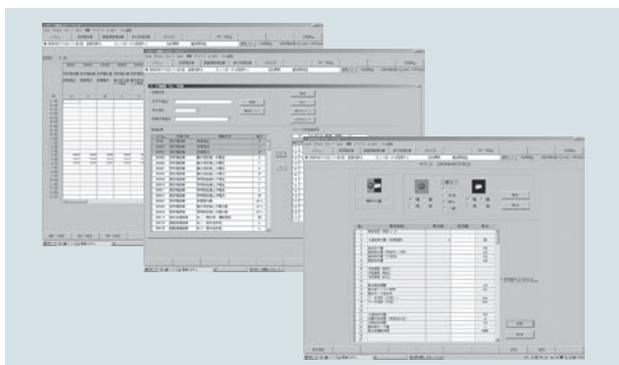


図11 フリー帳票、手入力画面例

項目順序を容易に変更可登録できるフリー帳票、手入力機能をサポートする。

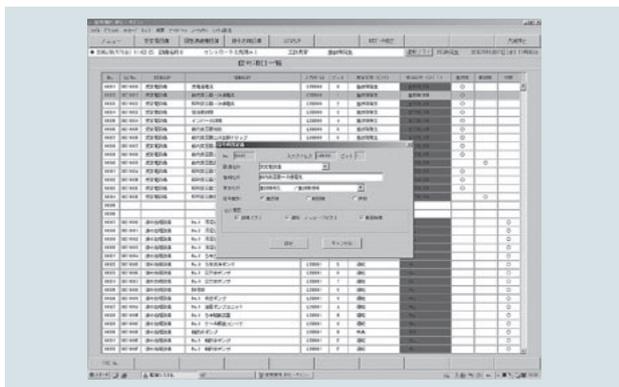


図12 故障メッセージ登録機能例

変更対象の情報名称を選択し、故障名称変更、故障レベル、出力区分を容易に変更できる。

(点検時期、故障状態、運用ノウハウなど)を掲示板のように伝言として残すことが可能である。

## 5. おわりに

ここでは、上下水道の安全・安心を支える情報制御システムAQUAMAXシリーズのコンセプトと、AQUAMAX-AZ/SP、AQUAMAX-DWのシステムアーキテクチャ、およびHMI機能について述べた。

日立グループは、今後とも、安全・安心・快適な水環境を実現し、かつ上下水道事業体の運営基盤強化に貢献するITソリューションを提供していく。そのためのプラットフォームとしてのAQUAMAXシリーズの機能強化と使いやすさの追求を継続していく所存である。

### 参考文献など

- 1) 田所, 外: 上下水道の持続的成長を支える情報制御システム, 日立評論, 89, 8, 604~609 (2007.8)
- 2) 田所, 外: 上下水道情報制御ソリューション—安心・安全・快適な水環境と経営基盤強化に向けて—, 日立評論, 90, 8, 668~673 (2008.8)
- 3) 厚生労働省健康局水道課: 水道広域化検討の手引き, <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kouikika/index.html>
- 4) 水道ビジョン—世界のトップランナーを目指してチャレンジ続ける水道—, <http://www.jwwa.or.jp/vision/index.html>
- 5) 国土交通省: 下水道, <http://www.mlit.go.jp/crd/sewage/index.html>
- 6) 国土交通省: 下水道ビジョン2100 下水道から「循環のみち」へ100年の計, [http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040902\\_2\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/04/040902_2_.html)
- 7) 電気学会公共施設技術委員会: 公共施設運用における民間活用の動向とシステム, 電気学会技術報告, 電気学会 (2006.10)

### 執筆者紹介



#### 田所 秀之

1982年日立製作所入社、情報制御システム事業部 社会制御システム設計部 所属  
現在、上下水監視制御システムの開発に従事  
技術士(情報工学、総合技術監理)  
計測自動制御学会会員、電気学会産業応用部門公共施設技術委員会副委員長



#### 山口 浩介

1989年日立製作所入社、情報制御システム事業部 社会制御システム設計部 所属  
現在、上下水監視制御システムの開発に従事



#### 鈴木 修

1989年日立製作所入社、情報制御システム事業部 社会制御システム設計部 所属  
現在、上下水監視制御システムの開発に従事



#### 渡辺 忠雄

1994年日立製作所入社、情報制御システム事業部 社会制御システム設計部 所属  
現在、上下水監視制御システムの開発に従事



#### 三宅 吉宜

1999年日立製作所入社、電機グループ 社会・産業システム事業部 電機システム統括部 所属  
現在、上下水道システムのエンジニアリング業務に従事