

# 上下水道の安全・安心・持続に貢献する 情報制御システム

Information and Control Systems Contributing to Reliable, Secure, and Sustainable Waterworks / Sewerage Systems

田所 秀之 安富 弘泰 山口 浩介  
Tadokoro Hideyuki Yasutomi Hiroyoshi Yamaguchi Kosuke  
鈴木 修 大塚 敏洋 水野 善弘  
Suzuki Osamu Otsuka Toshihiro Mizuno Yoshihiro

日立グループは、ライフラインの一翼を担う上下水道事業に貢献するため、これまで情報・制御技術をベースとした各種ソリューションや、それを支える監視制御システム、遠方監視制御システムなどの情報制御プラットフォームを提供してきた。プラットフォームに要求されるものとしては、災害時の事業継続にも配慮した信頼性、維持管理の時代に対応したシステムのスケラビリティや広域化、および的確な意思決定を可能にするための情報システム・制御システムにわたる情報のシームレス化などが挙げられる。これらを実現するために、スケラブルアーキテクチャ、中小規模向けシステムの広域化対応、さらにはIPリモートI/O、無線センサネットによる遠方監視制御システムの構築に取り組んでいる。

## 1. はじめに

上下水道は欠かせないライフラインとして、安全・安心な水環境の実現、生態系を含んだ水循環系としての配慮が求められる。一方で事業体の財政状況の窮迫、熟練した技術職員の減少といった課題がある。また、東日本大震災に見られるような大規模災害において、早期復旧・復興を可能とする事業継続性の面でも対策が必要である。

このような背景の中、情報制御システムにおいては、段階的な増設や更新、広域化への対応、事業継続にも配慮した信頼性の確保、さらには、運営効率の向上、災害対応のように、監視制御システムだけでなく情報系システムにもまたがる広範な情報利活用が求められる。

ここでは、上下水道の安全・安心・持続に貢献する監視制御システムとして、「AQUAMAX-AZ/SP」、「AQUAMAX-DW」、遠方監視制御システムの最近の取り組み、および、情報系と制御系の融合によりスマートシティの一翼を担う「インテリジェントウォーターシステム」について述べる。

## 2. 情報制御システムへのニーズと日立グループの取り組み

上下水道に求められるものとして、安全・安心な水環境の創出、循環型社会への貢献、環境負荷低減が、上下水道事業の運営基盤強化の施策として、広域化・統合化、運営の多様化、技術継承、情報公開・説明責任がそれぞれ挙げられる。

また、東日本大震災の教訓から、災害時における事業継続性に配慮した信頼性が基本的な要件として再認識されてきている。さらに、日立グループの提唱する「インテリジェントウォーターシステム」のコンセプトでは、水処理システムと情報制御システムを融合し、コミュニティの水循環を最適化することをめざしている。

これらのニーズに対応するため、日立グループの情報制御システム「AQUAMAXシリーズ」では、スケラブルアーキテクチャ、シームレス化、業務支援型HMI (Human Machine Interface) のコンセプトの下にシステムを提供してきた。その中から最近の取り組み例として、中大規模設備向けのAQUAMAX-AZ/SP、中小規模設備向けのAQUAMAX-DWについて次に述べる(図1参照)。

## 3. AQUAMAX-AZ/SPの取り組み

AQUAMAX-AZ/SPでは、スケラブルアーキテクチャ、セキュリティ対策機能、HMI機能を改良した。

### 3.1 スケラブルアーキテクチャ

上下水道設備の段階的な増設・更新・広域化に伴って、監視制御システムにおいてもスケラブルなシステムの拡張・更新・統合化を実現するために、分散サーバ構成とクライアント/サーバ構成を採用している(図2参照)。分散サーバ構成は、各設備に導入された監視制御システムのサーバを分散型のデータベースとして独立性を高めること

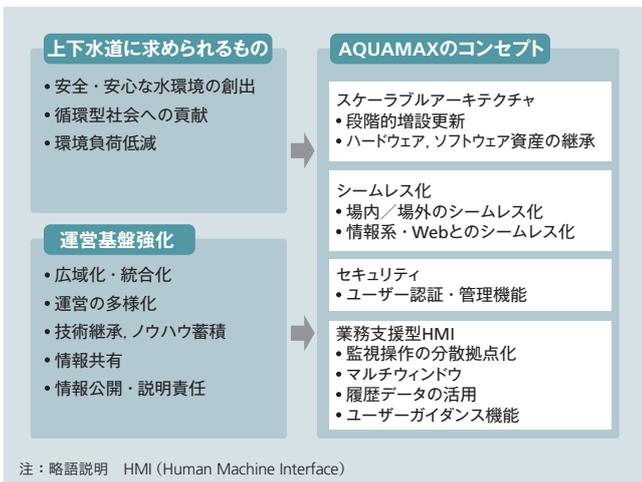


図1 「AQUAMAXシリーズ」のコンセプト

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，スケーラブルアーキテクチャ，シームレス化，セキュリティ，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。

で，システムの部分的な増設・更新に柔軟に対応可能なソフトウェア構成としたものである。また，クライアント/サーバ構成により，プラントデータやヒストリカルデータなどの各種データベースとHMI間の情報交換を通信で行い，機能のモジュール化を進めた。その通信方式を標準化しておくことで，クライアントやサーバの増設・更新時に新旧装置間の接続を容易にした。

さらに，広域に設置された監視制御システムどうしを，IP (Internet Protocol) ネットワークを使用して接続することで，互いのHMI部から他方のデータベースにアクセス

できる。そのため，複数の監視制御システムがあたかも一つのシステムであるかのようにシームレスな監視操作ができ，以下の効果が期待できる。

(1) TCO (Total Cost of Ownership) 削減

分散サーバ構成では，データベースはおのこの監視制御システムに構築されることから，システム導入計画当初は，統合化された最終システムの容量を考慮する必要がなくなる。各監視制御システムで必要な容量をそのつど構築し，統合化する時点でそれらを接続していけばよい。

また，各監視制御システムで構築したプラントデータやヒストリカルデータなどのデータは，接続された他システムから直接アクセスすることが可能であり，特別なエンジニアリングは不要である。したがって，監視制御システムの統合のための導入，増設費用を低減することができる。

(2) 障害の局所化

このアーキテクチャでは，各システムの機能の独立性を維持したままHMIで複数システムのデータをシームレスに扱うことを可能にした。一極集中型ではなく分散型のシステム構築となったことで，障害時においても広域ネットワークが健全であれば障害を受けた拠点以外の運転監視業務は継続可能である。このように障害時影響を局所化することで，災害などの異常時にも強いシステムを提供できる。

3.2 監視制御システム向けセキュリティ機能

広域化や第三者委託などの運営の多様化に伴い，セキュ

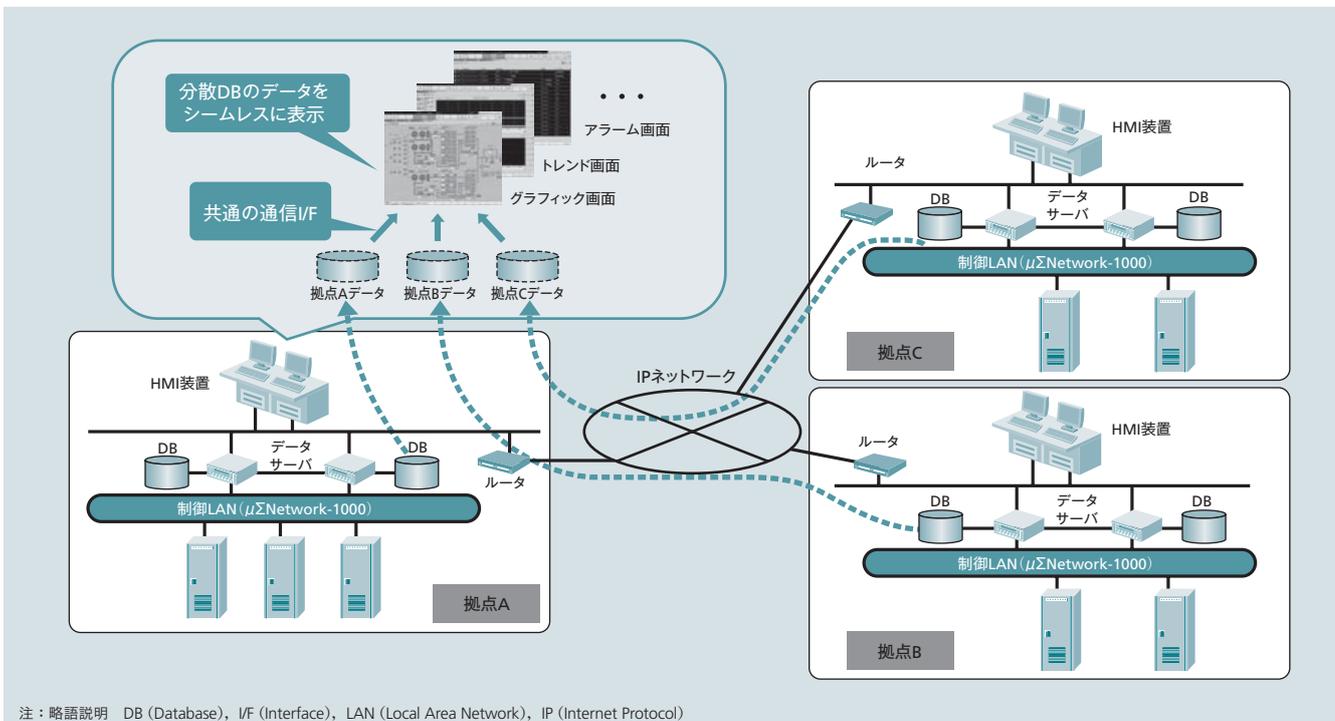


図2 AQUAMAX-AZ/SPのスケーラブルアーキテクチャ

分散サーバ構成とクライアント/サーバ構成によって，段階的な増設，更新，広域化に柔軟に対応できる。また，災害などによって一部拠点が停止した場合でも，他の拠点の監視操作は継続して可能である。



図3 | ワイド画面のレイアウト (AQUAMAX-AZ/SP)

メニューエリアでは、ツリーメニューを常時表示して表示履歴やお気に入り作成などのメニュー機能を強化した。ユーティリティエリアでは、メインエリアのグラフィック画面、メッセージ画面と協調した情報を表示し、ユーザー支援機能を強化した。

リティ管理機能が重要になっている。そのため、このシステムでは、セキュリティ対策の一手段としてユーザー認証機能と、運用ユーザーごとにプラントやデータの監視操作範囲、操作内容を制限することができるユーザー管理機能を実装した。

また、一時的にこれらの制限を解除することで、災害時など緊急時の監視操作にも柔軟に対応できる緊急ログイン機能を持たせた。この機能は特定のキー操作を行うことで管理者モードでのログインを可能としたものである。

### 3.3 視認性、操作性の継続的改良

グラフィックディスプレイのワイド化に伴い、ユーザーが認知する情報量が増大する傾向にある。そのため、ユーザーの認知的負荷を軽減する視認性、操作性を考慮した画面レイアウトの再構築を検討し、水平方向に拡大された画面表示エリアを、中央にメインエリア、左右に支援系エリアと使い分けたフレーム構成とした。

メインエリアには従来からのコンテンツを表示し、ユーザーが認知しやすい大きさにまとめた。また、トレンドグラフや系統図などは横長画面での表示を可能とした。左側のメニューエリアには、ツリーメニューを常時表示して画面選択などの操作をまとめるとともに、表示履歴やお気に入り作成などのメニュー機能の強化を図った。ユーティリティエリアには、メインエリアのグラフィック画面やメッセージ画面と協調して動作するサムネイル表示および故障ガイダンスなどの補助機能を準備し、ユーザー支援機能の強化を図った(図3参照)。

## 4. AQUAMAX-DWの取り組み

AQUAMAX-DWは中小事業体向けに開発した製品であるが、広域化、第三者委託など、運営の多様化に対する

ニーズ、IPネットワークの急速な発展、グラフィックディスプレイのワイド化といったシーズに対応した機能拡張が求められるようになっている。以下に主な拡充機能について述べる。

### 4.1 広域化に伴う信頼性向上

市町村事業体の合併などに伴い、点在する上下水道施設を管理する際に、IPネットワークを活用した集中監視制御が一般化してきている。また、東日本大震災の教訓から、例えば下水処理施設では、いったん被災した際の復旧に時間を要するこれまでの集中処理に代わって分散処理が検討されるなど広域分散化が注目されていることから、IPネットワークを活用した集中監視制御が今後さらに増えてくるものと考えている。

しかし、IPネットワークを構成するルータ、スイッチングハブは汎用機器であるため、長期連続安定稼働が求められる監視制御システムにおいては信頼性のボトルネックとなっている。これに対し、あらかじめ設定済みのルータ、スイッチングハブなどを保守用品として準備しておき、故障時に交換してトラブルを回避することで現在は対応しているが、故障に気づくまでの情報欠損や、必ずしも情報機器に慣れていない職員による機器交換がシステム運用者の負担となっている。

このようなシステム運用者の負担軽減と安定稼働を図るため、通信ルートの自動/手動切り替え機能を設けたルータを含む制御LAN (Local Area Network) の2回線対応を図った(図4参照)。

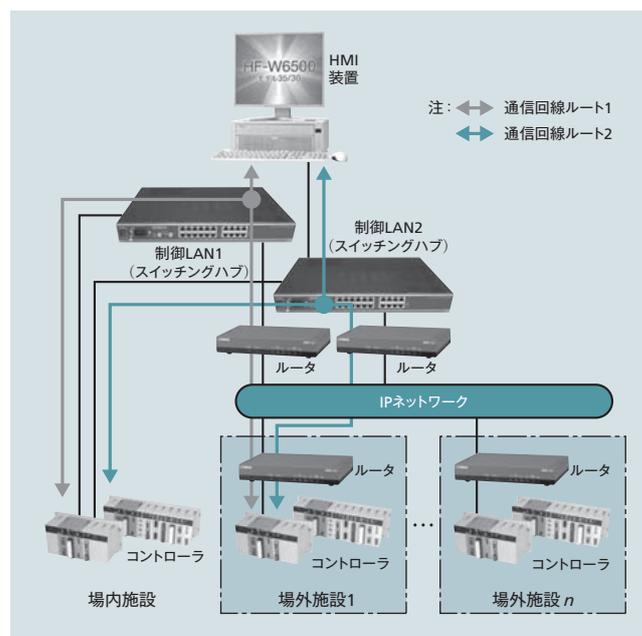


図4 | AQUAMAX-DWの信頼性向上対策

通信ルートの2回線化、通信ルートの自動/手動切り替え機能を設け、IPネットワーク機器故障に対する広域監視操作の信頼性向上を図った。

## 4.2 セキュリティ機能向上

近年、第三者委託など運用形態が多様化していく中、セキュリティ機能の強化を図った。例えば、システム管理者権限以外に運用ユーザー単位の監視操作権限とその範囲を設定できるようにした。特に、このシステムではユーザーによるメッセージ名称やメッセージ記録有無を自由に変更可能としているため、システム変更管理権限を明確にしておく必要があった。

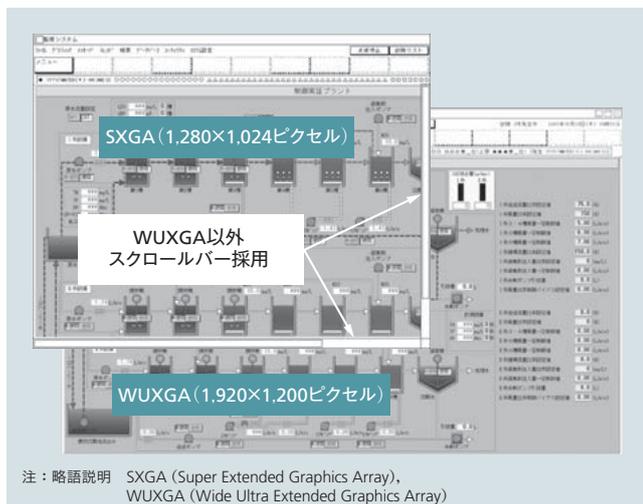


図5 | AQUAMAX-DWのワイド画面対応  
クライアント端末に画素数の異なるグラフィックディスプレイを採用した場合でも、スクロールバーによって対応可能とした。

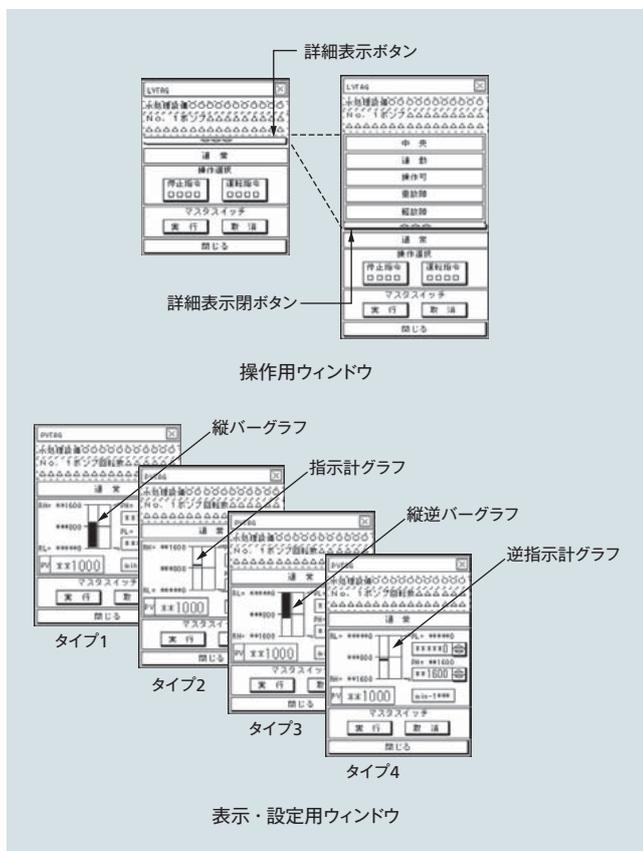


図6 | AQUAMAX-DWの設定・操作ウィンドウの例  
操作作用、表示・設定用ウィンドウのレポーターを充実させたことで、用途に応じたわかりやすいものを選択できる。

## 4.3 HMI機能の強化

近年のグラフィックディスプレイのワイド化に伴い、HMI機能の強化を図った。

(1) クライアント端末のグラフィックディスプレイには、機種によりWUXGA<sup>※</sup> (Wide Ultra Extended Graphics Array, 1,920×1,200ピクセル), SXGA<sup>※</sup> (Super Extended Graphics Array, 1,280×1,024ピクセル)などの画素数に違いがある。これを吸収するためのスクロールバーを採用し、表示画素数の違いによらず適用可能とした(図5参照)。  
(2) 機器操作・設定ウィンドウのレポーターを充実させ、使用目的に応じたわかりやすいものを選択できるようにした(図6参照)。

## 5. 遠方監視制御システムの新たな取り組み

運用の広域化、安全・安心な水環境の創出のためには、従来に増して場外系との監視制御情報のやり取りが重要になる。ここでは遠方監視制御システムの最近の取り組みについて述べる。

### 5.1 IPリモートI/O

IP通信によって場外系設備を監視制御する際、IP通信機能を持たせたPLC (Programmable Logic Controller) を親局、子局両方に設置している。しかし、例えば配水系の水質、水圧情報や流域の計測データをリアルタイムに収集して高度な情報・制御ソリューションを実現しようとした場合、親局一子局間で授受する1局当たりのデータは少なく、子局側ではPI/O (Process Input/Output: プロセス入出力装置) の入出力機能のみでよい場合が多い。そこで、通常PLCのPI/Oとして使用しているリモートI/O装置にIP通信機能を持たせ、広域IPネットワークに接続可能にした装置をIPリモートI/Oとして製品化した(図7参照)。

このIPリモートI/Oは、親局に搭載したIPLINKモジュールとIP通信によって接続され、以下の特長を有している。

#### (1) イニシャルコスト低減

リモートI/O装置と同等であり、PLCなどを子局に設置する場合に比べて構成機器が少なく、かつ特別なソフトウェアが不要なためイニシャルコストを低減できる。このため従来よりも手軽に、必要な情報をリアルタイム収集できるようになる。

#### (2) 維持管理の手間を軽減

親局側で通信状況や広域に点在するIPリモートI/Oの状態を監視できるように配慮した。

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

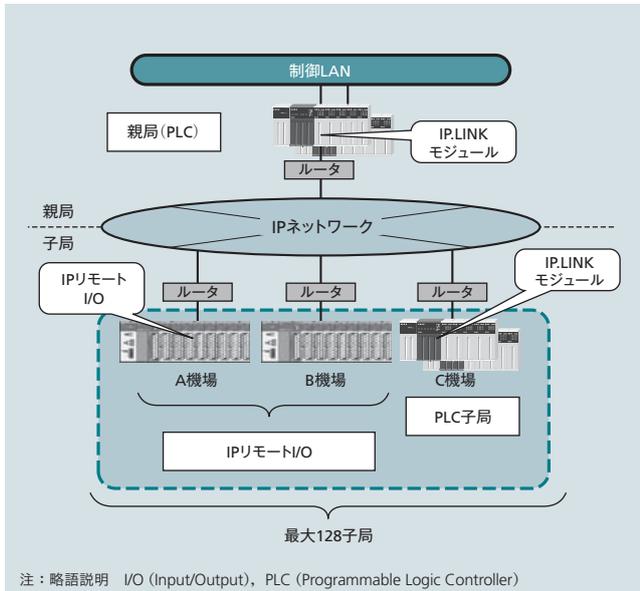


図7 | IPリモートI/O適用システムの構成例

親局1局当たり128子局を接続可能であり、入出力のみの局にIPリモートI/Oを用い、制御・演算機能を有する子局にPLCを用いて構成する。

### (3) 多数の子局に対応

親局に実装したIP.LINKモジュール1枚に対し、32子局を接続可能とした。IP.LINKモジュールを最大4枚実装することにより、親局1局に対し子局128局を接続することができる。

### (4) 多様なシステム構成をサポート

子局側に自動制御や回線切り替えなどの信号入出力以外の機能を持つ場合は、子局としてPLCを設置しなければならない。そこで、同一IPネットワーク上にPLC子局とIPリモートI/O子局が混在するシステム構成を可能とした。また、子局PLCの二重化、親局PLCの二重化もサポートした。

## 5.2 無線センサネットワークシステム「ZigNET」

計測データを収集する通信手段として、無線ネットワーク技術の進歩が著しいが、有線ネットワークによる計測エリアを拡充し、よりきめ細かな計測データ収集が可能な無線センサネットワークシステム「ZigNET」を製品化した(図8参照)。

このシステムは、通信規格としてIEEE802.15.4(近距離無線通信規格)に準拠し、データ受信装置である無線親局と計測・中継端末である無線子局から構成され、以下の特長を有している。

#### (1) ランニングコスト低減

システム運用において無線免許は不要で、通信費は発生しない。

#### (2) 長距離通信

他の近距離無線の場合、通信距離は100 m程度である

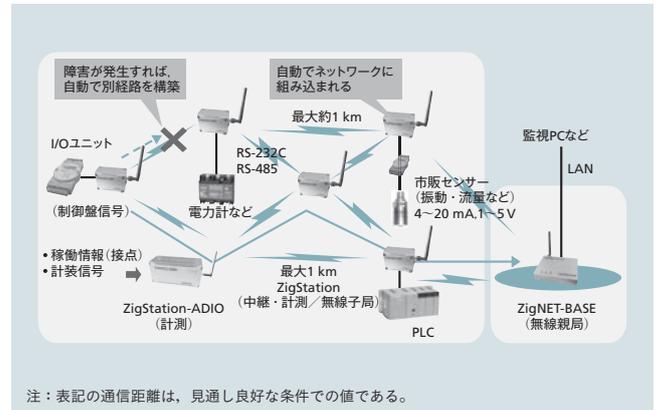


図8 | 無線センサネットワークシステム「ZigNET」

IEEE802.15.4に準拠した無線通信ネットワークで、きめ細かな計測データ収集が可能である。ステーション間最大約1 kmで網目状に設置することで、障害発生時の迂(う)回ができる。また、ステーションは自動でネットワークに組み込まれる。

が、このシステムは各端末間で約1 km(見通し)の通信が可能である。

#### (3) 自律的にネットワークを構築

各端末を網目状に設置することにより、最大10 kmエリアの無線網を構築でき、障害物を自動的に迂(う)回してデータ伝送が可能である。

#### (4) 配線工事削減

計測拠点とデータ集計拠点間の信号ケーブルなどの配線工事を大幅に削減可能である。

#### (5) 端末の移設、増設が容易

ワイヤレスであるため、一時的な計測や、計測箇所変更・追加などに柔軟に対応可能である。

#### (6) 豊富なインターフェース

設備・センサー信号の取り合いは、アナログ信号、接点信号のほか、RS-232C/485通信に対応している。無線親局はLANインターフェース経由でPCとの通信が可能である。

インフラ設備に求められる健全性の把握や災害発生時における早期復旧などに対し、このシステムはこれらの特長を生かして、一時的に計測点を導入するなど柔軟な対応が可能である。健全性の把握としては、老朽化した設備について、性能に関する計測データを集計する。また、災害時における早期復旧としては、ソーラー電源と組み合わせた仮設水位計データなどの集計をして迅速な対応を図っている。

## 6. 情報系と制御系の融合

日立グループはスマートシティのあるべき姿を、「ITを駆使することによって、エネルギーや資源などを効率よく使い、環境に配慮した都市」といった一般的なものとどまらず、そこに住む人の欲求や価値観をも満たすことができる街と考えている。それは、「地球環境への貢献」と「安

心・便利で豊かな都市生活」, すなわちエコとエクスペリエンス (経験価値: 実際に所有したり使ったりしたことで実感する価値や効用など) を調和させることである。そこでは社会としての全体最適, 効用最大化をめざすことが求められる。

上下水道はスマートシティの一翼を担うが, 他の都市基盤と相互に関連を持つため, 情報システム, 制御システムにおいてもセキュリティを確保しつつ関連システムと相互に接続されることが必要となってくる (図9参照)。

例えば, 上下水道施設を効率的 (スムーズ) に稼働させる技術としての制御技術や, 施設の維持管理者, 利用者, 生態系を含めたステークホルダーの効用最大化 (スマート化) をめざす情報技術を「インテリジェントウォーターシステム」のコンセプトの下で提供しているが, これらのシステムは他の都市基盤との双方向的な関連がある。例えば, 水道事業は日本全国のエネルギー消費の約0.9%を, 下水道は全国の温室効果ガス排出量の約0.5%を占めており, 上下水道はエネルギー消費型産業の側面を有している。その一方で, 水道においては導水, 送水系の落差を利用した小水力発電, 下水道においては汚泥消化ガス発電などの未利用エネルギーの活用も考えられ, エネルギー部門との密接な相互関係がある。両者間のスマート化とスムーズ化により全体最適化をめざすには, 「情報」と「制御」の両方の機能を持ったプラットフォームが必要となってくる。

日立グループは, これらを実現するため, 情報制御ハブおよびアダプタによって機器や設備, 制御システムと情報システムの有機的な結合をめざしており, エコシティプロジェクトなどを通じて実装を進めている。これらを通じて, 上下水道もスマートシティにおける一つのセグメントとして有機的な結合を図るべく検討を始めている。

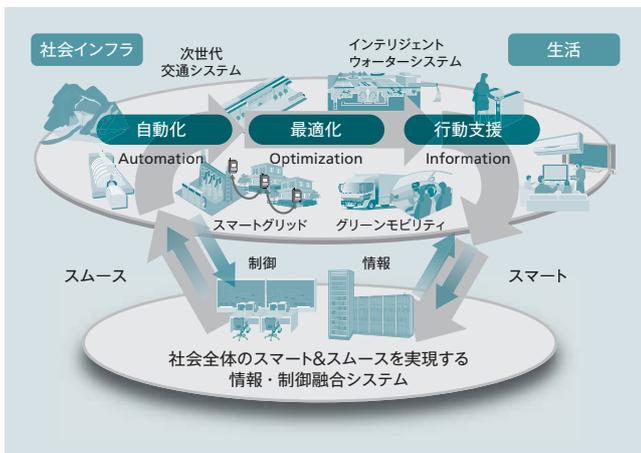


図9 | スマートシティを支える情報・制御融合システム

スマートシティでは, 相互に関連のある都市基盤間を情報システム・制御システムを融合したプラットフォームで相互接続することにより, 都市全体のスマートでスムーズな全体最適化をめざす。「インテリジェントウォーターシステム」はその中の一翼を担うものである。

## 7. おわりに

ここでは, 上下水道の安全・安心・持続に貢献する監視制御システムとして, 「AQUAMAX-AZ/SP」, 「AQUAMAX-DW」, 遠方監視制御システムの最近の取り組み, および, 情報系と制御系の融合によりスマートシティの一翼を担う「インテリジェントウォーターシステム」について述べた。

日立グループは, 安全・安心・快適な水環境を実現するトータルソリューションを提供してグローバルに貢献しており, このための「神経系」を統御する情報制御システムの開発と提供を今後も継続していく所存である。

### 参考文献

- 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・快適な水環境と運営基盤強化に向けて—, 日立評論, 90, 8, 668~673 (2008.8)
- 3) 田所, 外: 上下水道の安全・安心を支える情報制御システム, 日立評論, 91, 8, 638~643 (2009.8)
- 4) スマートな次世代都市を支えるエネルギーマネジメント, uVALUE Report 2010 No.22, 日立製作所情報・通信システム社

### 執筆者紹介



#### 田所 秀之

1982年日立製作所入社, 情報制御システム社 社会制御システム設計部 所属  
現在, 上下水道向け監視制御システムの開発設計に従事  
技術士(情報工学), 総合技術監理, 上下水道)  
電気学会会員, 計測自動制御学会会員



#### 安富 弘泰

1991年日立製作所入社, 情報制御システム社 社会制御システム設計部 所属  
現在, 上下水道向け監視制御システムの開発設計に従事



#### 山口 浩介

1989年日立製作所入社, 情報制御システム社 社会制御システム設計部 所属  
現在, 上下水道向け監視制御システムの開発設計に従事



#### 鈴木 修

1989年日立製作所入社, 情報制御システム社 社会制御システム設計部 所属  
現在, 上下水道向け監視制御システムの開発設計に従事



#### 大塚 敏洋

2006年株式会社日立プラントテクノロジー入社, 社会・産業システム事業本部 電機・制御技術本部 電機制御システム部 所属  
現在, プラント向け監視制御システムの開発設計に従事



#### 水野 善弘

1991年日立製作所入社, 情報制御システム社 事業戦略部 所属  
現在, スマートシティ向けシステム基盤の企画・開発に従事