「GENESEED system」監視制御システム

高城　正文（たき　まさふみ）　荒川　恒弘（あらかわ　つねひろ）　石橋　等（いしばし　ひとし）

1　まえがき

現在，上下水道事業では施設の老朽化に伴う「更新の時代」を迎えている。しかし，どの自治体も資金不足問題を抱えており，長期的な維持運営費用の削減や，資産のより有効な活用が重要になってきた。また，市町村合併や近郊市町村との施設共同・共有化の動きにより監視制御対象は広域化・大規模化し，監視制御システムも複雑化する傾向にある。

さらにパソコンや携帯電話の高性能・高機能化に伴い，電子機器の処理能力が近年急速に高まっており，メーカー間の開発競争激化に拍車をかけている。これに伴い中長期的に継続供給可能な電子部品が減少し，ライフサイクルは2～4年へと短命化してきている。

このような状況下でも，上下水道プラントにはこれまで以上に安全・安心・安定が求められている。

本稿では，以上の背景を踏まえて開発を行った「GENESEED」監視制御システム（**図1**）について紹介する。

図1　GENESEED監視制御システムの外観

2　開発コンセプト

2.1　安全・安心・安定の実現

GENESEEDの中核を担う本監視制御システムでは，何よりも信頼性に重点を置き開発を行った。

まず，システムの信頼性向上のためにハードウェアとしては，コアコンポーネントであるコントローラの耐環境性能を引き上げた。さらにネットワーク，HMI（Human Machine Interface）などのシステム構成機器についても冗長化を可能とし，多重故障時にもプラント停止に至らない高い信頼性を確保している。

ソフトウェアについては，富士電機が長年にわたり培ってきたノウハウを完成度の高い水処理のプログラムライブラリとして整備した。ライブラリは制御機能とGUI（Graphic User Interface）のパーツをモジュールとして一体にしたものである。この制御機能とGUIのモジュールは，それぞれが接続検証された信頼性の高いプログラムである。このライブラリを組み合わせてエンジニアリングを行うため，コントローラとHMIの接続試験時間を短縮でき，その時間をモジュール相互，コントローラ相互，電気設備や機械設備と監視制御システムの組合せ検証時間に充てることで，従来以上に質の高いシステムを提供できる。

また，本システムのエンジニアリング環境はプラントシミュレーション機能を有し，増設や設備変更においても信頼性の高いシステムを構築することができる。

2.2　永続的な変化への対応

自治体を取り巻く社会経済情勢は依然として厳しく，今まで日本の高度成長を支えてきた上下水道設備は逐次老朽化してきている。このため，従来は大規模な水処理プラントの更新事業を執行していた自治体でも，近年はプラントの延命を目的とした小規模な増改築や部分更新などが増加している。

また，熟練した運転員や保守技術者の大量退職期を迎える一方，市町村合併によるプラントの運転，維持管理などの日常業務の拡大は無視できない。散在する施設に対する監視や維持管理の広域化，ISO/TC224を見据えた水道事

高城　正文

上下水道設備の電気・計装・コンピュータの企画・設計・とりまとめ業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部マネージャー。

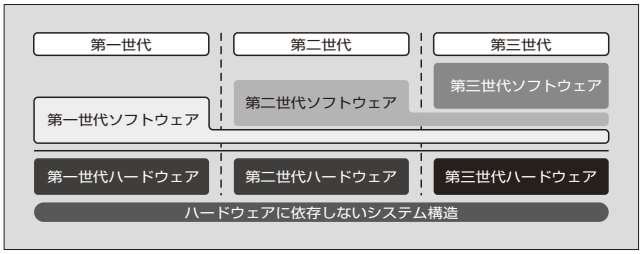
荒川　恒弘

上下水道電気・計装・監視設備の企画・設計業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部課長補佐。

石橋　等

上下水道設備の電気・計装・監視設備の設計および手配とりまとめ業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社環境システム本部水処理統括部GENESEED技術部。

図2　ソフトウェア資産の継承



業ガイドラインへの対応など，従来以上にきめ細かな業務指標への対応で管理項目が増大する傾向にある。今後，監視制御設備にはプラント運転だけでなく，維持管理業務や事業運営に至る情報を取り扱うなど，より高い柔軟性が求められてくると考えられる。

GENESEED のマイグレーション（Migration：移行）コンセプトにより，本監視制御システムでは「構築した資産の有効活用」の実現を第一に考えている。すなわち，本監視制御システムでは，富士電機の従来システムである「FAINS システム」を継承するためのマイグレーション技術とコンポーネントを用意している。

一例として，HMI のシステム構成としてクライアントサーバ方式を採用し，サーバにより HMI 系と制御系の二つの階層にシステムを分離することで，将来の技術革新への対応と制御系の安定持続の実現を目指している。

すなわち，一般的には HMI 系は急速な IT 発展の影響で更新周期が短く，制御系は長期安定操業を目的とした緩やかな更新周期である。これら異なる更新周期と技術的な差異をサーバシステムで吸収することを思想としている。

このシステムアーキテクチャにより，段階的な増設に柔軟に対応しながら，システムの永続的な進化を実現する。

2.3　ライフサイクルコストの低減

従来の監視制御システムはハードウェアを更新するたびに，施設に対応した監視制御ソフトウェアも新規に構築していたため，ライフサイクルコストの低減が難しかった。

GENESEED 監視制御システムでは，ハードウェアに依存しないシステムを目標に開発を行い，ハードウェアの世代が変わっても，極力，お客様のソフトウェア資産を再構築して使用することを考慮している。将来，この監視制御システムを更新する場合，プラントや施設の変更が少なければ，従来のソフトウェア資産を有効に活用し，比較的少ない労力で新しいシステムへ移行できる。

このように，本監視制御システムでは，操作性や保守性の向上とライフサイクルコストの低減を実現している（**図2**）。

3　システムの概要

以下に，GENESEED 監視制御システムを構成するコンポーネントについて紹介する。

本監視制御システムを構成する装置の台数は OS（Operator Station）サーバが 4 台（冗長化の場合はペア数），OS クライアントが 12台/サーバ（ペア），AS（Automation System）コントローラが 30 台まで増設可能である。従来の FAINS システムと比べると，複数のサーバが利用でき，HMI である OS クライアントの台数が飛躍的に増えている。このため，将来，設備の増加にも十分対応できる柔軟なシステム構成となっている（**図3**）。

(1)　高性能コントローラ（AS コントローラ）

AS コントローラはイベント同期型の冗長化が可能な高信頼コントローラである。シングル専用タイプと冗長化タイプの 2 種類がある。冗長化タイプはホットスタンバイ方式を採用しており，I/O へのアクセスや割込み，制御演算など 2 台の AS コントローラ間で状態が異なるすべてのタイミングで同期を行う（**図4**）。

水処理プラントではプロセスの制御周期は 1 秒程度でも十分な性能であるが，より安全で安定なプラント運転のためには，今後，より高速な制御を必要とすることも考えられる。AS コントローラの冗長化技術は，コントローラのあらゆるタイミングでの等値化が保証されており，より高速な制御が求められる場合にも，信頼性が高いシステムを提供できる。

コントローラのシステム管理機能は強力であり，実際の運用においては少ないと思われるが，コントローラの動作中に I/O ステーションや I/O モジュールの追加，PROFIBUS-DP/PA 機器の追加作業が可能である。

また，冗長化 AS コントローラでは，稼動系コントローラに異常が発生した場合，待機系コントローラへの切換は 100 ms 以下（通常 30 ms 程度）と高速で行われる。このため，制御への影響がなく，情報・アラームの欠落もないため，プラントの安定稼動が実現できる。

さらに冗長化 AS コントローラでは，障害発生したモジュールは自動的に切り離され，CPU，I/O モジュールの交換が可能となる。CPU 交換後は稼動系の CPU から交換した CPU に対しプログラムや各種パラメータ，プロセス状態などが転送され，両コントローラの内部状態が自動的に等値化される。したがって，モジュールの交換は確実に速やかに行うことができ，保守作業は容易である。

(2)　リモート I/O（ET200M）

ET200M はフィールドネットワークである PROFIBUS-DP 経由で AS コントローラに接続されるプロセス入出力装置である。ET200M の入出力モジュールは種々のタイプがあり，自己診断機能付きのタイプを使用することで，プロセスの隅々まで診断可能なシステムを実現できる。

ET200M ではラックまたは入出力モジュール単位で冗長化でき，設備の重要度に応じて局所的に信頼性を高めることが可能である。

PROFIBUS-DP は伝送媒体としてシールド付きツイストペアケーブルを使用する。その伝送速度はケーブル長が 100 m 以内では 12 Mbits/s と高速であるが，ケーブル長に反比例して伝送速度は遅くなり，200 m では 1.5 Mbits/s

図 3　GENESEED 監視制御システムの構成

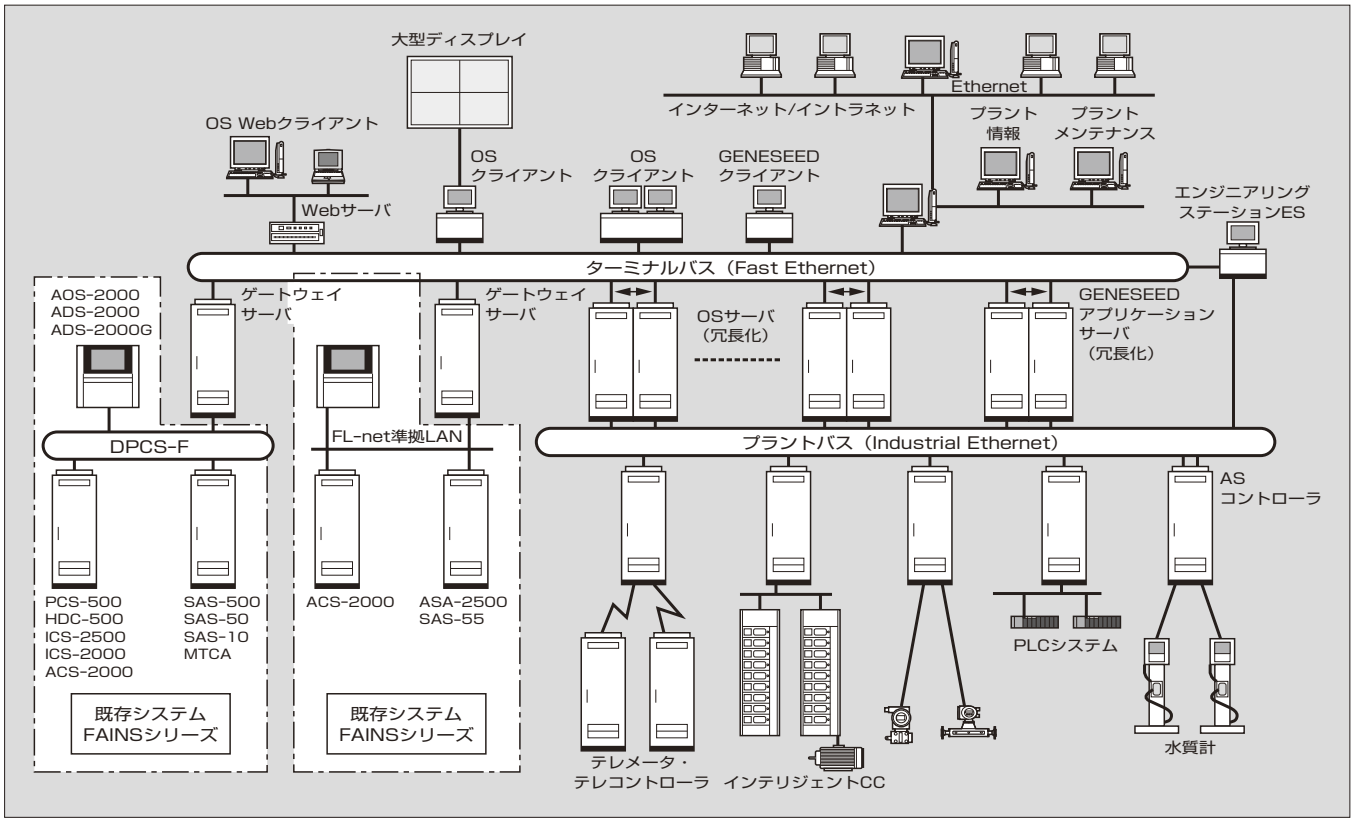
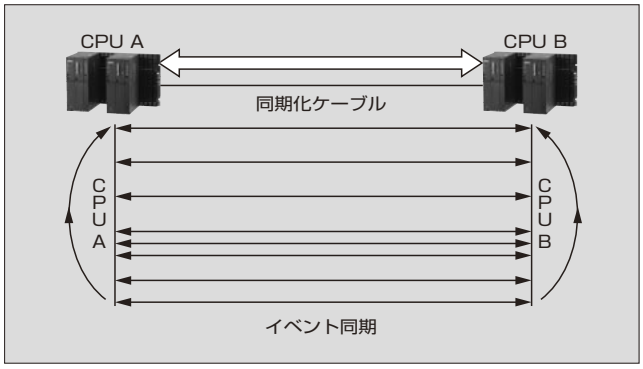


図 4　高性能コントローラ（冗長化タイプ）



になる。しかしながら，伝送速度を制限することで，ツイストペアケーブルでも AS コントローラと ET200M の間を最大 1 km まで離して設置することが可能である。

ET200M と AS コントローラの接続に光変換器と光ケーブルを使用することで，PROFIBUS-DP 伝送路の耐ノイズ性を高め，AS コントローラと ET200M の間を最大 15 km まで延長できる。このため，光ケーブルが布設可能な場合には，ET200M を利用してテレメータ・テレコントローラなしで，広域の監視制御を行うことが可能である。

(3)　HMI

HMI はプラントコンピュータにより構成されるクライアントサーバシステムである。OS サーバは冗長化されており高い信頼性を実現する。監視制御規模に応じて，サーバを増設できるスケーラブルなシステムであり，柔軟な構築・拡張が可能である。

OS クライアントはセキュリティ管理機能を有し，操作にはログオンが必要である。ログオンするユーザーに応じたセキュリティレベルを設定することで，運転員，保守員など個々に操作権限を変更することができる。

また，OS クライアントのハードウェアとして最大 4 系統の RGB（Red, Green, Blue）信号を出力する仕様が選択でき，マルチモニタや外部のプロジェクタなどに出力することができる。これにより詳細なプラント情報を提供でき，複数の運転員によるプラント情報の共有化が行える。

(4)　帳票サーバ

帳票サーバは長期保守が可能なアーキテクチャであり，監視操作用サーバと同様に冗長化することで高い信頼性を実現する。また，帳票サーバは監視操作用サーバと同一の筐体（きょうたい）（盤）に収納が可能である。

この帳票サーバの帳票機能は，富士電機の上下水道プラントでの経験を踏まえ，一般的な運転管理業務に必要十分な帳票機能を標準化しており，帳票データの保存期間は日報 2 か月，月報 1 年間，年報 2 年間を標準としている。

(5)　アプリケーションサーバ

アプリケーションサーバは帳票サーバ同様に長期保守が可能なアーキテクチャである。実行する高度アプリケーションの一例を以下に記す。

(a)　水需要予測機能：過去の実績に基づき天候データを用いて配水量の予測を行う。

(b)　配水計画機能：最新の最適化手法により配水ポンプの最適運転パターンを計画する。

(c)　薬品注入制御機能：ファジィ理論に基づく薬品注入

表1　プラントバスの仕様

	電気（メタル）	光
伝送速度	100 Mbits/s	100 Mbits/s
トポロジー	リング/二重リング	リング/二重リング
局間距離	ESM間：最大100 m	OSM間：最大3 km
総延長距離	5 km以下	150 km以下

率演算を行う。

また，このアプリケーションサーバを利用して，プラント情報やメンテナンス情報を管理するデータベースサーバとして事業所内の事務系LANと接続することができる。これにより，運転係だけでなく，水質係，保全係など複数の部門間でプラント運転情報や維持管理情報の有効利用や情報共有化が可能となる。

(6)　高信頼制御LAN（プラントバス）

プラントバスはIEEE802.3に基づくIndustrial Ethernetであり，メタルケーブル，光ケーブルともに100 Mbits/sの高速通信が可能である。トポロジー（形態）はバス型，リング型，二重リング型から選択できる。このため，施設の配置状況やネットワークケーブル布設ルート状況，設備の重要度などさまざまな現場の状況に応じて最適なネットワークを構築できる。

プラントバスの仕様を**表1**に示す。

プラントバスを構成する機器は冗長化機能を持つ専用のスイッチングハブ（OSM，ESM）を使用しており，バス構成より信頼性の高いリング構成のLANを構築できる。

(7)　高信頼情報LAN（ターミナルバス）

ターミナルバスはOSサーバとOSクライアント，アプリケーションサーバなどを接続するHMI系の中核LANである。ターミナルバスはEthernetベースのLANであるが，プラントバス同様，専用のスイッチングハブ（OSM，ESM）を使用することで，バス型より信頼性の高いリング型LANの構築も可能である。

(8)　光および電気スイッチングハブ（OSM，ESM）

OSMおよびESMはプラントバス，ターミナルバスに各コンポーネントを接続するスイッチングハブである。

一般的なLANではネットワーク管理専用の装置でネットワークを監視する。このOSMおよびESMでは自己診断アラームのデジタル出力端子を持っており，内部回路に異常が発生した場合に外部に通報できるため，前述のようなネットワーク監視専用の装置が不要である。

リング型LANの場合，OSMおよびESMによるネットワーク異常時の切換時間は30 ms以内と高速であり，プラントの監視制御機能への影響はない。

(9)　エンジニアリングステーション（ES）

ESはソフトウェアの設計，製作や画面作製，各種システム定義などに用い，オンラインモニタ機能によってリアルタイムでコントローラの動作状況を確認できる。

ESは同一システムを構成する各装置（OSクライアント，OSサーバ，コントローラ）のエンジニアリング情報を管理している。ASコントローラやOSサーバ，OSクライアントなどの装置へのプログラムや各種定義データのローディングは，このESで遠隔から行うことができる。

ESではプラントシミュレータ機能を搭載することができ，ASコントローラやOSサーバなどの実機がない状態でも，制御機能や監視操作画面のASコントローラ単体の試験を行うことができる。このため，設備の改造，増設の際に該当部分のソフトウェアを運転中の実コントローラを使用することなく十分な単体機能試験を行うことで，これに続く実機検証までに高いソフトウェア品質を確保しておくことが可能である。

(10)　ゲートウェイサーバ（GWサーバ）

富士電機の制御LANであるDPCS-F，JIS規格であるFL-netおよび富士電機が独自に拡張したFL-net準拠LANをプラントバスに接続するGWサーバである。

このGWサーバにより，富士電機の監視制御システム「FAINSシステム」との統合を行うことが可能である。すなわち，既設システムに対する増設，あるいは部分的更新に際し，本GWサーバを使用することで，両者のデータ交換が行える。さらには，最新のHMI環境で既存システムの運転操作を実現することが可能である。

(11)　リンクデバイス

富士電機のプロセッサ間リンクであるPリンク，PEリンクは「MICREX-SX」や「MICREX-F」などのPLC（Programmable Logic Controller）との接続に用いられる。ASコントローラとPリンク，PEリンクの機器との接続にはP/PEリンク用リンクデバイスを用意している。

また，富士電機のFAINSシステムでは，コントローラとそのプロセス入出力ユニットのI/O間リンクであるTリンクを用いている。これら既存のTリンクに接続された機器を有効に利用するため，ASコントローラにはTリンク用リンクデバイスを用意している。

これらのリンクデバイスを利用することで，既設PLC盤，コントロールセンタ，現場盤などを残したままで中央のコントローラ部分のみを部分更新することが可能となる。

4　あとがき

「GENESEED system」の核となる監視制御システムの開発コンセプトと概要について紹介した。

富士電機では今後も安全・安心・安定かつライフサイクルコストに配慮したGENESEEDコンセプトを守りながら，「GENESEED system」「GENESEED solution」「GENESEED service」の，トータルソリューションの提案を行っていく所存である。

参考文献

(1)　酒井敏ほか．新情報制御システム「MICREX-NX」．富士時報．vol.77, no.6, 2004, p.404-408.

e-Front runners

＊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。