安全で正確な運転管理のための上下水道分散処理システム

小林 和彦(こばやし かずひこ)　八代 一伸(やしろ かずのぶ)　宮腰 英二(みやこし えいじ)

1 まえがき

現代生活を支えるライフラインとして，上下水道が受け持つ使命は大きい。上水道は，水源の水質悪化に対する「安全でおいしい水の供給」と，水需要の増加，渇水に対する「安定供給」が重要な課題であり，下水道は，普及率の向上，放流水質の向上，都市化による浸水対策が重要な課題となっている。このような背景のもと，上下水道の処理施設は，複雑化，高度化，広域化され，より安全で正確な運転管理が求められている。

富士電機では，安全で正確な運転管理のためには，人間，制御システム，プロセスのコミュニケーションが重要な要素となるという観点に立ち，上下水道分散処理システムを提供している。以下にその概要を紹介する。

2 上下水道分散処理システムの特長

2.1 上下水道監視制御システムの要件

「安全で正確な運転管理」のために，監視制御システムは，確実な自動制御機能により安定運転を行いつつ，必要時，異常時には，オペレータと緊密なコミュニケーションを行い，的確な対応を行えるように支援することが必要であると考える。

さらに，上下水道設備に適応される監視制御システムは，24時間運転に対応した高信頼性と，大小さまざまな設備規模への適応を可能とした柔軟なシステム構成が要求される。上下水道監視制御システムの要件をまとめると次のようになる。

(1) 優れた監視操作性
(2) 高度な制御機能
(3) 高信頼性
(4) 柔軟なシステム構成

2.2 上下水道分散処理システムの特長

富士電機の上下水道分散処理システム FAINS（Fuji Aqua Information System）は，機能ごとにコンポーネントを垂直・水平分散する分散処理システム（DCS：Distributed Control System）構成とし，オペレータとの緊密なコミュニケーションを実現する高機能 HCI（Human Computer Interaction）を採用することで，上下水道監視制御システムに対する上記の要件を実現している。以下に FAINS の特長を記す。

(1) EIC 統合化制御システムと統一した HCI

電気（E），計装（I），コンピュータ（C）の各システム機器を統一した思想のもとで開発し，EIC 統合化制御システムとして，情報の透過性を高めている。

人間とシステムとのコミュニケーションを行う CRT オペレータステーションは，システム全体を統一した HCI として E，I，C 各システムからの情報を表示でき，またマルチメディア技術を取り込むことで，施設の状態や異常を迅速に分かりやすい形で提供する。また，ウィンドウ機能によりシンプルで分かりやすい監視操作を実現させている。

(2) 高度な制御機能

確実な自動制御を実現するため階層化された制御方式とし，コントローラやコンピュータに搭載された AI・ファジィ機能などにより，複雑な上下水道プラントの安定運転を行うためのアドバンスト制御や，運転支援ガイダンスを行う。

(3) 高信頼性システム

水平分散構成であるため，コントローラの設備ごとの分散配置，HCI の機能ごとの分散などのシステム的な信頼性が確保される。また，システムを構成する各コンポーネントも二重化が可能である。

(4) 柔軟なシステム構成

機能レベルごとに階層化された最適なコンポーネントを複数台配置でき，おのおののコンポーネントをネットワークで接続することにより，施設規模，要求機能に応じた最適なシステムを構成できる。

小林 和彦

昭和54年入社。下水道電気・計装システムの設計に従事。現在，社会システム事業本部公共システム事業部技術第二部課長補佐。

八代 一伸

昭和56年入社。上下水道プロセス用コンピュータシステムの応用ソフトウェア開発に従事。現在，システム本部水処理システム部課長補佐。

宮腰 英二

昭和59年入社。上下水道計装システムの設計，制御用コントローラの応用ソフトウェア設計に従事。現在，社会システム事業本部公共システム事業部システム技術部。

③ 分散処理システムの構成と機能

3.1 システム構成

図1 に FAINS の全体構成を示す。FAINS は大規模システムから中・小規模システムまで施設規模，要求機能に合わせたシステム構成をシリーズ化しており，制御，監視操作，情報処理，統合管理の機能を実現する各コンポーネントをネットワークで結合させた構成となっている。

(1) 大規模システム

大規模な浄水場や下水処理場の監視制御，上水道の配水区域や下水道の流域などの広域管理が可能なシステムである。

システム構成の中核となるコンポーネントは，プロセスコントローラ ICS-2500 と，CRT オペレータステーション IOS-2500H およびデータベースステーション IDS-2500H であり，これらを制御用 LAN の DPCS-F で結合している。

ICS，IOS および IDS は FAINS としてシステム的に一体化されており，プロセス制御から監視操作，情報処理，ファジィ応用高度制御までを実現できる。

(2) 中・小規模システム

上下水道のポンプ場や中・小規模の浄水場，処理場に適応するシステムで，プログラマブルコントローラ（MICREX-F）と中・小規模向け HCI を下位制御 LAN（P リンク，PE リンク）で組み合わせたコンパクトなシステムが用意されている。さらに，HCI は LOGACE シリーズとして規模，要求機能別に 3 機種が用意されている。

(3) その他のコンポーネント

このほかに下記のコンポーネントがあり，これらを組み合わせて設備の構成，規模や要求機能に応じた最適のシステムを構成できる。

(a) 上水道の配水池やポンプ場，下水道の中継ポンプ場など遠隔施設の監視制御を行うテレメータ・テレコントロール装置（SAS シリーズ）

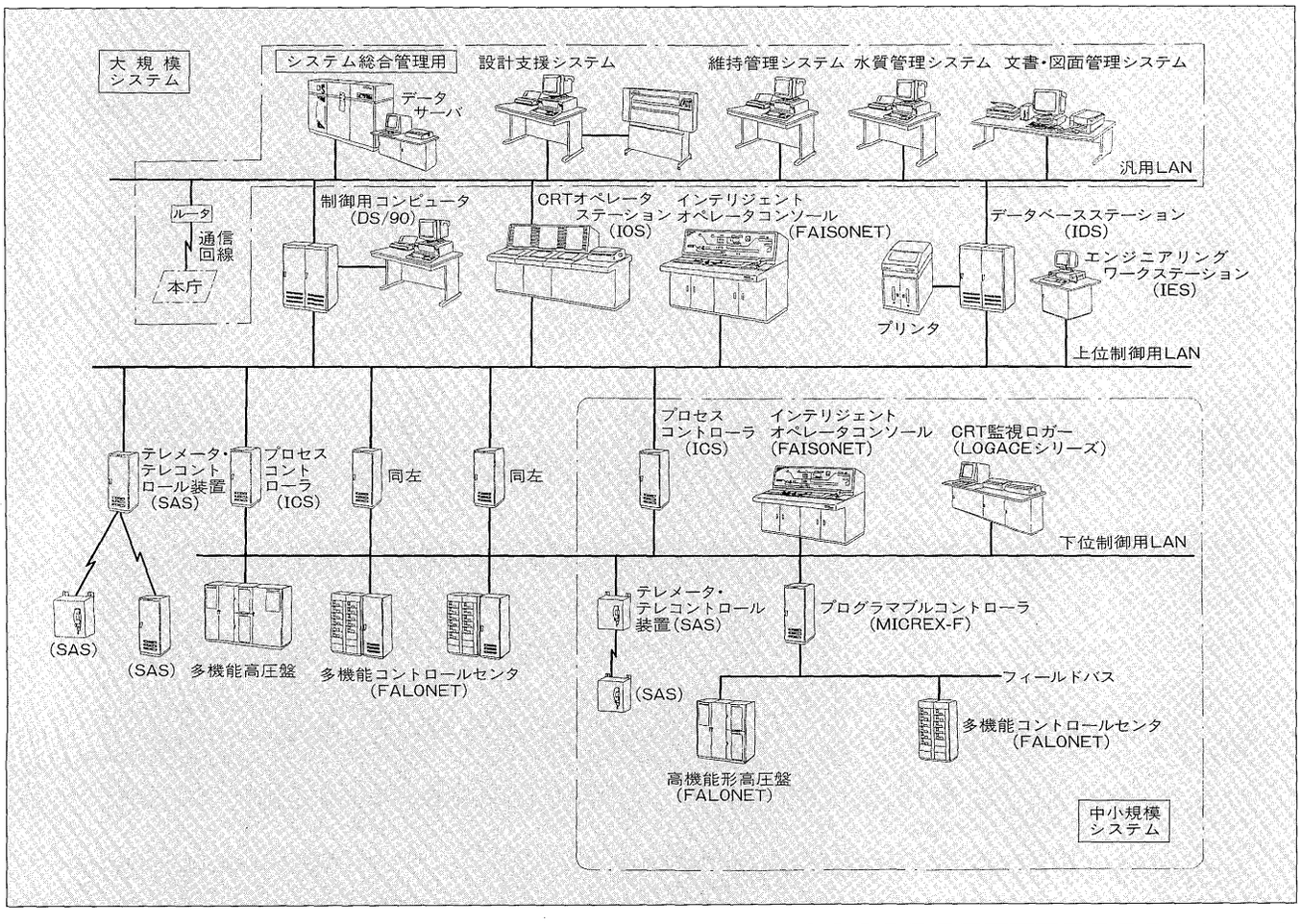
(b) 浄水場，処理場の全体一括監視を行うミニグラフィックパネル付インテリジェントオペレータコンソール（FAISONET）

(c) 電気設備を電子化し，多重伝送機能をもたせることで中央での詳細情報の監視，現場での制御ケーブル削減を実現する多機能高圧盤・コントロールセンタ（FALONET）

(d) シミュレーション演算，統計解析演算による浄水需要予測や汚水流入量予測，雨水浸水解析などの高度演算を行う制御用 UNIX〈注〉コンピュータ（DS/90）

〈注〉UNIX：UNIXシステムラボラトリーズ社が開発し，ライセンスしている。

図1 FAINS システムの構成



(e) 水質データ管理，管網計算，管路情報，台帳管理などの統合管理を行うクライアント・サーバシステム（DS/90，FMV，FMR）

(f) 最新の監視操作を行うマルチスクリーンおよびマルチメディアワークステーション（MEWS）

3.2 システムの機能階層

上下水道監視制御システムは，①現場操作レベル，②自動制御レベル，③総合制御レベル，④データ収集，⑤これらを統合するHCI，そして，⑥統合管理レベルの六つの階層で構成されている。これらの各階層の機能と，FAINSのコンポーネントの持つ機能の対応を以下に説明する。

(1) 現場操作レベル（ローカル制御機能）

現場機器操作，小規模な連動，自動制御における制御レベルであり，制御装置としてプログラマブルコントローラMICREX-Fを採用している。

(2) 自動制御レベル（プロセス制御機能）

流量制御，圧力制御などの計測制御やポンプ台数制御などの自動制御など，上下水道プロセス運用にかかわる制御レベルであり，制御装置としてEI統合プロセスコントローラICS-2500を採用している。

(3) 総合制御レベル（高度制御機能）

ファジィ技術応用の薬注制御・ポンプ制御など高度な制御演算を必要とする制御レベルであり，ICS-2500で実現する。また，UNIXコンピュータDS/90を採用することにより，需要予測，雨水流入予測などの大規模シミュレーション技術を応用した予測制御，最適制御などが実現できる。

(4) データ収集レベル（情報処理機能）

データの収集・加工・蓄積を行う機能である。トレンドデータや日・月報などの帳票データの作成・蓄積は本機能で行う。大規模システムでは統合データベースステーションIDS-2500Hが，中小規模システムではHCIシステムが本機能を兼ね備えている。

(5) 統合HCIレベル（HCI機能）

機能階層ごとに配置された装置に対し，それらの装置が収集したデータをオペレータに統合的に情報提供し，オペレータの指令を各装置に伝送する機能レベルである。上下水道施設の監視制御の中心となる機能であり，後述するように多様な形態がある。

(6) 統合管理レベル（統合管理機能）

プロセスデータと，水質データなどの手入力データ，図面などのイメージデータ，設備・機器台帳などのデータを結合した統合データ管理機能である。コンピュータ，ワークステーション，パーソナルコンピュータ（パソコン）を汎用LANで接続したクライアント・サーバシステムとして構築する。この機能で採用するLANは，ISDN回線などを用いた遠距離間接続も容易で，システムを構成する各機器は，広域ネットワーク上に分散配置することが可能となり，災害に対する高信頼度化も図ることができる。各機能と安全で正確な運転管理を実現するための要素技術の対応を**表1**に示す。

表1　各機能と要素技術の対応

区分	機能レベル	要素技術	具体例	機種	
				大規模～中規模	中規模～小規模
管理	統合管理機能	◦クライアント・サーバシステム ◦汎用LAN ◦地図情報処理	◦施設管理 ◦運転支援 ◦設計・積算支援 ◦地図管理 ◦統計解析	UNIXコンピュータ (DS/90) ワークステーション (DS/90，FMR，FMV)	
	統合制御機能	◦シミュレーション ◦AI応用 ◦予測制御 ◦最適制御 ◦ガイダンス	◦水運用シミュレーション ◦需要予測 ◦雨水流入予測 ◦ポンプの効率運用 ◦水運用ガイダンス	UNIXコンピュータ (DS/90) プロセスコントローラ (ICS-2500)	－
監視操作	情報処理機能	◦二重化ディスク ◦統合データベース	◦日報作成 ◦月報作成 ◦運転時間積算 ◦故障記録	統合データベースステーション (IDS-2500H)	中小規模CRTロガー (LOGACE-200) (LOGACE-50) (LOGACE-mini)
	HCI機能	◦画像処理 ◦マルチメディア ◦大形スクリーン	◦CRT表示操作 ◦ITVウィンドウ表示 （大規模システム）	CRTオペレータステーション (IOS-2500H)	中小規模CRTロガー (LOGACE-200) (LOGACE-50) (LOGACE-mini)
制御	プロセス制御機能	◦プラント自動化 ◦フェイルセイフ ◦シーケンス制御 ◦PID制御 ◦ファジィ応用制御 ◦二重化	◦ポンプ台数制御 ◦汚泥引抜制御 ◦焼却炉立上げ制御 ◦沪過池連動制御 ◦薬品注入制御 ◦配水流量制御	プロセスコントローラ (ICS-2500)	ワンループコントローラ (CC-S)
	ローカル制御機能		◦沈砂池連動制御 ◦排泥池連動制御	－	プログラマブルコントローラ (MICREX-F)

4 大規模システム向けHCI

4.1 CRTオペレータステーション（IOS-2500H）

浄水場，処理場の全体監視システムなど大規模システムのオペレーションの主体となるCRTオペレータステーションは，以下の特長を持ち操作の確実性と安全性を高めている。

(1) 高解像度CRT

1,280×1,024（ドット）の高解像度CRTと4倍スクロール機能により，大規模なプラントでも1枚の画面に表示可能であり，設備の全体把握ができる。

(2) タッチパネルオペレーション

画面上のシンボルやスイッチを直接指で操作するタッチパネル方式により，デスク操作と違和感のない操作が行える。

(3) マルチウィンドウ表示

必要なときに詳細情報を提供する画面を，マルチウィンドウ画面として表示可能である。またプラント画面にITV画像を重ね合わせ表示することも可能で，CRT画面からズームなどのカメラ操作を行い，現場の状況をITVで確認しながらのオペレーションを行うことができる。

(4) 操作・設定ウィンドウ表示

機器操作や制御目標の設定時には，操作ウィンドウが必要情報とともに表示されるため，間違いのない操作ができる。

図2 大規模システム向けHCIの構成

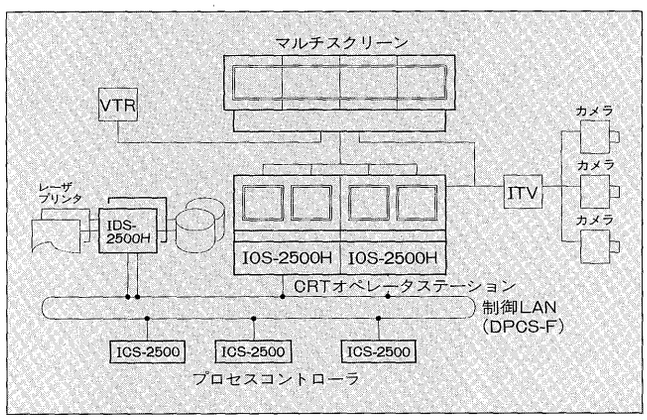
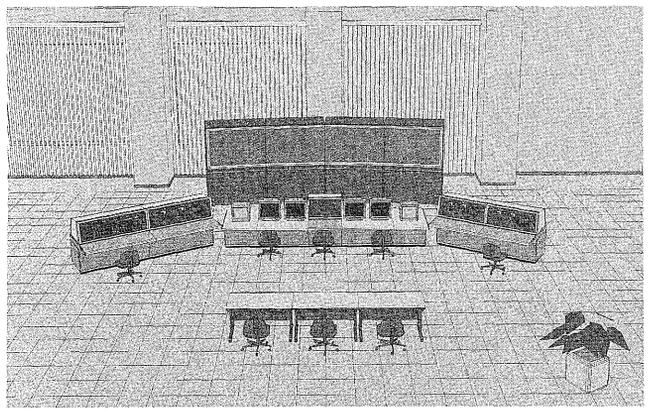


図3 マルチスクリーンを採用した監視室イメージ



4.2 マルチスクリーン

必要となる情報量がきわめて多い大規模浄水場，処理場や広域管理システムにおいては，CRT，ITV，各種ワークステーションなどの機器が多数設置されている。このようなシステムでは，高解像度CRTに対応した1,280×1,024（ドット），70インチ，3～4面のマルチスクリーンを導入することによって，以下の利点が得られるようになる。

(1) 監視のしやすさ

画面の大形化によって，椅子に座ったままのリラックスした姿勢で監視作業を行える。

(2) 複数情報の同時提供

CRT，ITV，ビデオなどの情報を同時に表示でき，目的の情報を得るための移動が不要となる。

(3) 情報の共有化

監視室で監視操作を行う全員が，同時に同じ情報を得ることができ，情報の共有化が図れる。

図2に大規模システム向けHCIの構成を，**図3**に監視室イメージを示す。

5 中・小規模システム向けHCI

LOGACEシリーズは富士電機の中・小規模上下水道の監視制御向けのHCIシステムである。機能的には大規模システムと同等であり，シンプルな構成と標準化機能で，コストパフォーマンスの高いシステムを構成できる。

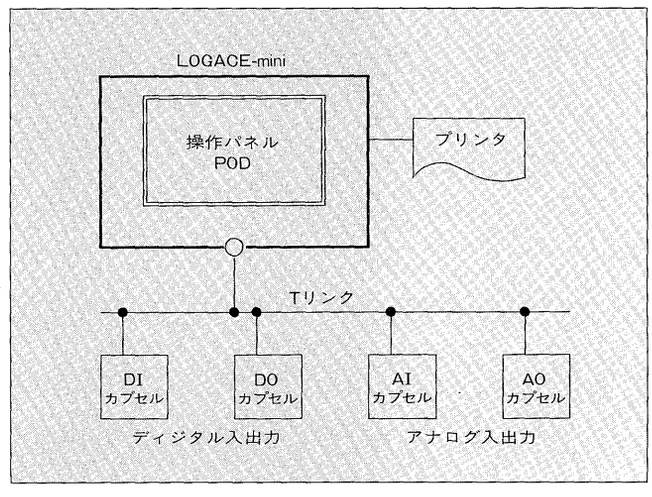
以下にLOGACEシリーズを紹介する。

5.1 極小規模システム向けHCI（LOGACE-mini）

小規模なポンプ場などに適用するロガー単独システムであり，現場監視操作盤などのインテリジェント化（表示灯なし，計器なし，スイッチレス化）が図れる。システム構成を**図4**に示す。

従来の現場操作盤でのスイッチや表示灯の配置の制約を一掃し，豊富な表示操作機能と高速レスポンス性能により

図4 LOGACE-miniの構成



安全で正確な運転管理を実現できる。

5.2 小規模システム向けHCI（LOGACE-50）

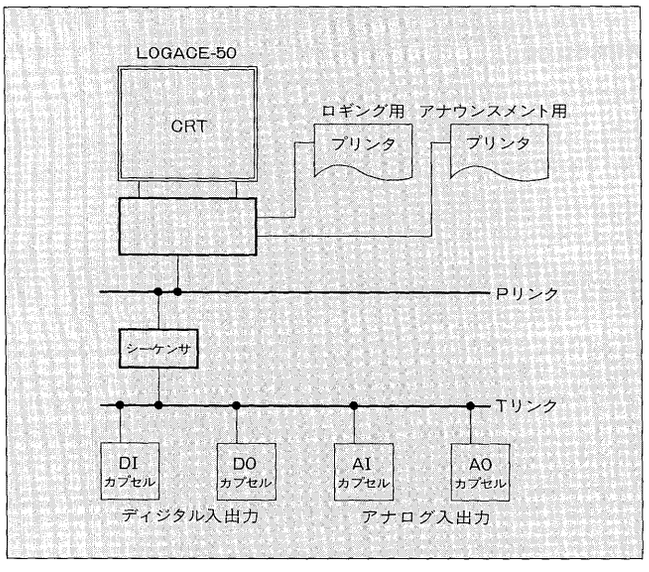
主として取水場，配水池，ポンプ場に適用するシステムであり，パソコン1台とシーケンサの組合せを基本とし，ロガーとCRT監視の両機能を備えている。安全性，正確性を重視したオンライン専用機であり，電話回線と接続した遠隔集中監視システムも構築できる。システム構成を**図5**に示す。

5.3 中規模システム向けHCI（LOGACE-200）

小規模な浄水場，処理場，大規模ポンプ場などに適用するシステムである。LOGACE-50に比べ，以下の機能が充実している。システム構成を**図6**に示す。

(1) 高解像度CRTの採用

図5 LOGACE-50の構成



(2) タッチオペレーションによる機器操作

(3) 汎用LANを使用したパソコン連携機能

6 プロセス制御機器

上下水道分散処理システムに適用するプロセス制御機器として，制御用コントローラ，テレメータ・テレコントロール装置，これらを統合する制御用LANについて紹介する。

6.1 プロセスコントローラ（ICS-2500）

プロセスコントローラはEIフリージェネレーション機能を採用し，ループ制御と高速シーケンス制御の実行比率を用途に応じて自由に設定することが可能である。また，高度化する制御に対応したファジィ制御，二重化による高信頼度化も実現できる。

6.2 プログラマブルコントローラ（MICREX-F）

プラントの小規模な各種自動・連動制御を実行するシーケンサである。必要に応じて水平分散，二重化をとり，安全性を高めることができる。処理点数，処理内容に対応し，シリーズ化された機種（MICREX-F120S，F150S，F250）がある。

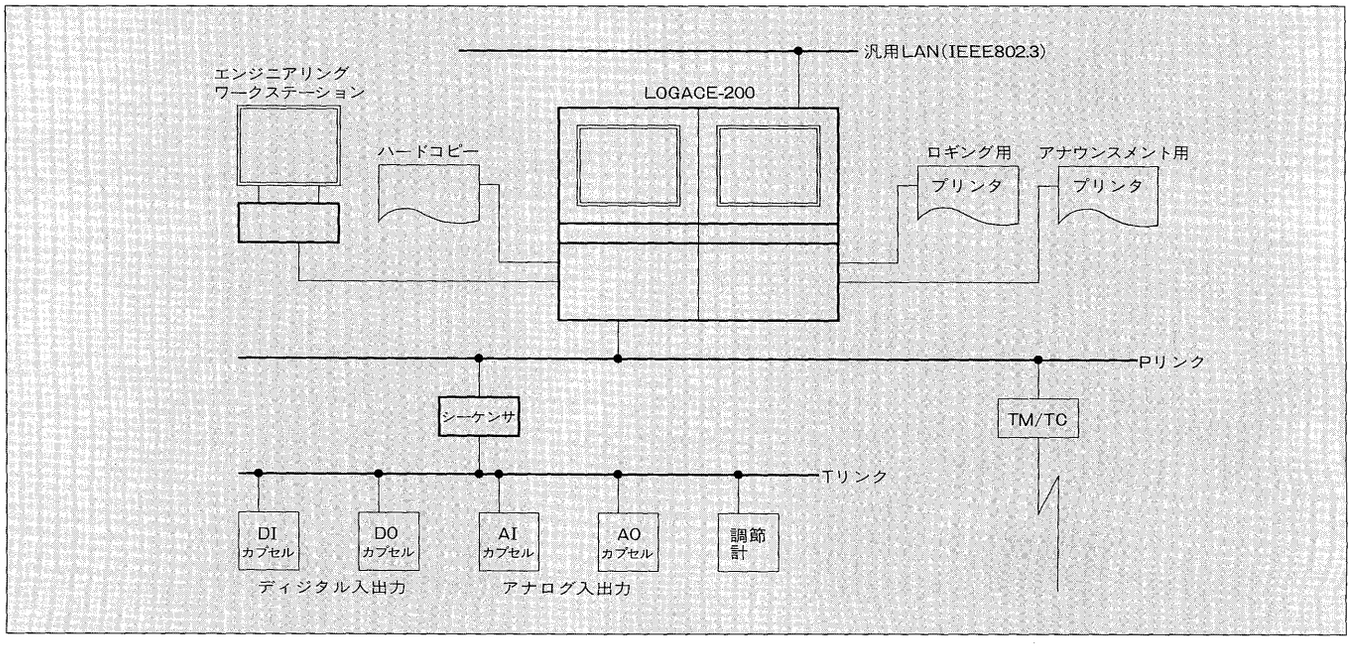
6.3 テレメータ・テレコントロール装置

テレメータ・テレコントロール装置（TM/TC）は，点在するポンプ場や配水池を遠方で監視制御する装置である。

(1) 中・大規模システム向けTM/TC（SAS-2500）

中・大規模監視制御システムの親局や子局に適用される装置で最大32局の子局との接続が可能である。また，TM/TC装置としての通信機能のほかに，シーケンス演算，数値演算機能，上位制御用LAN通信機能を備えてお

図6 LOGACE-200の構成



り，コストパフォーマンスの高いシステムを構築できる。

(2) 中・小規模システム向けTM/TC（MTCA，SAS-50）

MTCAはコンパクトさを重視した通信制御モジュールである。プログラマブルコントローラ（MICREX-Fシリーズ）と接続することにより，制御機能も実現できるフレキシビリティに富んだ中・小規模システム向けTM/TCである。

SAS-50は，伝送部とPIO部を一体化したTM/TCである。モジュール単位のビルディングアップ方式により，増設・改造が容易である。

6.4 制御用LAN

階層化，分散化したシステムを構築する場合，各装置が性能を発揮するためには，ネットワークが重要な位置づけとなる。以下に富士電機の制御用LANについて紹介する。

(1) 上位制御用LAN（DPCS-F）

伝送速度10Mビット/秒で，ブロードキャスト通信機能，メッセージ通信機能をもつ上位制御装置間のLANである。伝送路は光ファイバケーブルも利用でき，ノイズに強いLANを構築できる。この伝送路は二重化，閉ループ構成となっており，ループバック機能により伝送路の断線時にも正常通信を続けることができる。

(2) 下位制御用LAN（Pリンク，PEリンク）

伝送速度5Mビット/秒で，DPCS-Fと同様，ブロードキャスト通信機能，メッセージ通信機能をもつ，下位制御装置間のLANである。伝送路には光コンバータを接続することにより光ファイバケーブルも利用できる。

(3) フィールドLAN（Tリンク）

伝送速度500kビット/秒で，ポーリング・セレクティング方式で制御装置とI/O間の伝送制御を行う。

7 あとがき

本稿では，運転管理に不可欠なプロセス制御，HCIを中心に述べた。ますます高度化する上下水道分散処理システムにおいて，求められる機能，性能を追求し，今以上の「安全で正確な運転管理」を実現する上下水道統合管理システムを実用化させていかなければならない。上下水道関係各位のご指導・ご協力をお願いする次第である。

参考文献

(1) 塚本弘和ほか：高度化をめざす上下水道管理システム，富士時報，Vol.65，No.6，p.389-394（1992）

(2) 生駒雅一：新世代の統合化制御システムMICREX-IX，富士時報，Vol.66，No.9，p.522-530（1993）

技術論文社外公表一覧

標題	所属	氏名	発表機関	
電気集塵機によるサブミクロン粒子の集塵特性	技術企画統括部 富士総合サービス 富士電機総合研究所 電力事業本部	新貝 和照 高橋 武男 宮本 昌広 久保田 強	電気設備学会論文誌，No.2（1995）	電気設備学会
誘導加熱式電縫管溶接機	鈴鹿工場	中村 清和	工業加熱，**32**，2（1995）	日本工業炉協会
高温ガス炉ヘリウムガスタービンプラント開発の動向	富士電機ガスタービン研究所 富士・川重原子力推進本部 原子力事業部 富士・川重原子力推進本部	河田 修 大橋 一孝 高田 英治 早川 均	FAPIG，No.139（1995）	第一原子力産業グループ
散乱スペクトル分析による水質測定	富士電機総合研究所	西方 聡	水環境学会誌，**18**，3（1995）	水環境学会
電子デバイス 5.2.3 その他の電子デバイス (1)単一磁束量子	富士電機総合研究所	木村 浩	原子寸法デバイス調査研究報告書III，（1995-3）	日本電子工業振興協会
YAGレーザ特集(c)応用5：マーカー	東京工場	折笠 親一	レーザ協会誌，No.4（1995）	レーザ協会
水道の水運用制御	富士電機総合研究所	黒谷 憲一	計測と制御，**38**，4（1995）	計測自動制御学会
産業用ワークステーションとその応用「DS/90 7000シリーズ産業用ワークステーション」	技術開発室	岡 楯彦	計測技術，No.4（1995）	日本工業出版
FAライン向け検査装置	東京工場	折笠 親一	計測技術，No.5（1995）	日本工業出版
最新インバータ・ガイド FRENIC 5000 G9S/P9S	神戸工場	三木 広志	省力と自動化，No.5（1995）	オーム社
利用が広がるデータキャリア	富士テクノサーベイ	中村 雄有	バーコード，No.5（1995）	日本工業出版
Numerical Simulation of Static and Dynamic Characteristics of Dual-Gate Metal Oxide Semiconductor Thyristor	富士電機総合研究所 〃	岩室 憲幸 関 康和	Japanese Journal of Applied Physics，**34**，Part 2（1995）	応用物理学会

＊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。