

上下水道新デジタル制御システム

New Digital Control System for Managing Water and Wastewater Plants

上下水道監視制御システムは、プラントの規模に応じたシリーズ化、メニュー化を実現した“AQUAMAX-80”システムにより、多様化、高度化する制御システムにこたえ多くの実績を積んできた。その実績をもとに、最近のエレクトロニクスの著しい進歩、高機能マイクロプロセッサなどの出現、情報伝送技術の発展により、小規模ながら制御装置の二重化、伝送の二重化及び伝送のマスター化を実現したコンパクトな監視制御システムを提供するため、上下水道向け新デジタル制御システムを開発した。本システムは、徹底的にデジタル化及び自律分散化を追求するとともに、ユーザー参加のマンマシン性の向上を図ったソフトウェアを構築した。

藤田良成* Ryōsei Fujita
 渥美寿一郎* Juichirō Atsumi
 佐藤裕隆* Hirotaka Satō

1 緒言

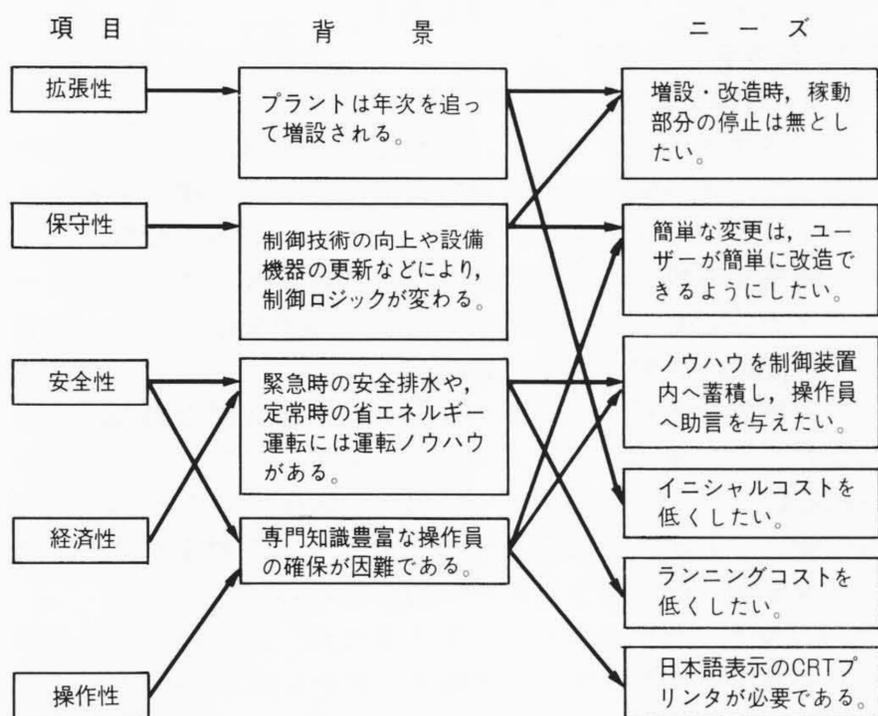
上下水道監視制御システムは、近年のデジタル技術の向上、エレクトロニクス化技術の進歩から、高信頼性、設備の自動化率の向上、マンマシン性の向上及び拡張性の向上をより追求したシステムへのニーズが高まっている。これらのニーズは、小規模システムでも同様であり、かつ設備規模にあったコンパクトで経済的なシステムを要求する。

これらを背景としたシステムを提供するため、上下水道向け新デジタル制御システムを開発したので、その内容と応用例について紹介する。

2 最近の上下水道システムのニーズと新監視制御システムの設計思想

最近の監視制御システムでは、拡張性、保守性、安全性、経済性、操作性が強く要求されており、各々は図1に示すようなニーズとなっている。

これらのニーズにこたえるための新デジタル制御システム



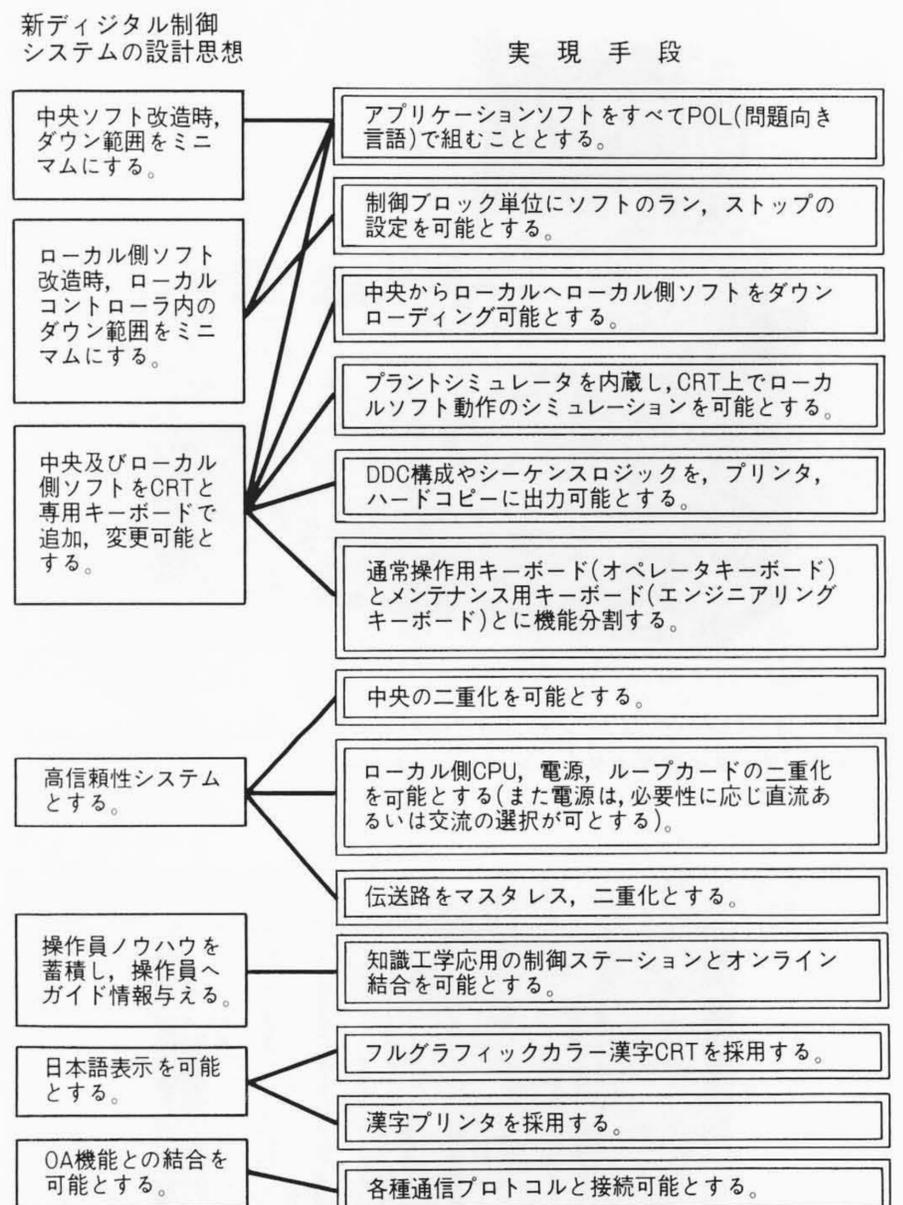
注：略語説明 CRT(Cathode Ray Tube)

図1 監視制御システムへのニーズ 最近の監視制御システムは、マンマシン性の充実、設備拡張に応じたシステム拡張のニーズが多くなっている。

ムの設計思想と実現手段を図2に示す。

3 基本構成

以上のようなニーズにこたえる新デジタル制御システムの詳細を以下に述べる。



注：略語説明 OA(Office Automation), POL(Problem Oriented Language) CPU(Central Processing Unit)

図2 新デジタル制御システムの設計思想と実現手段 デジタル化技術を駆使し、各種機能をソフトウェア化することを基本とした。

* 日立製作所大みか工場

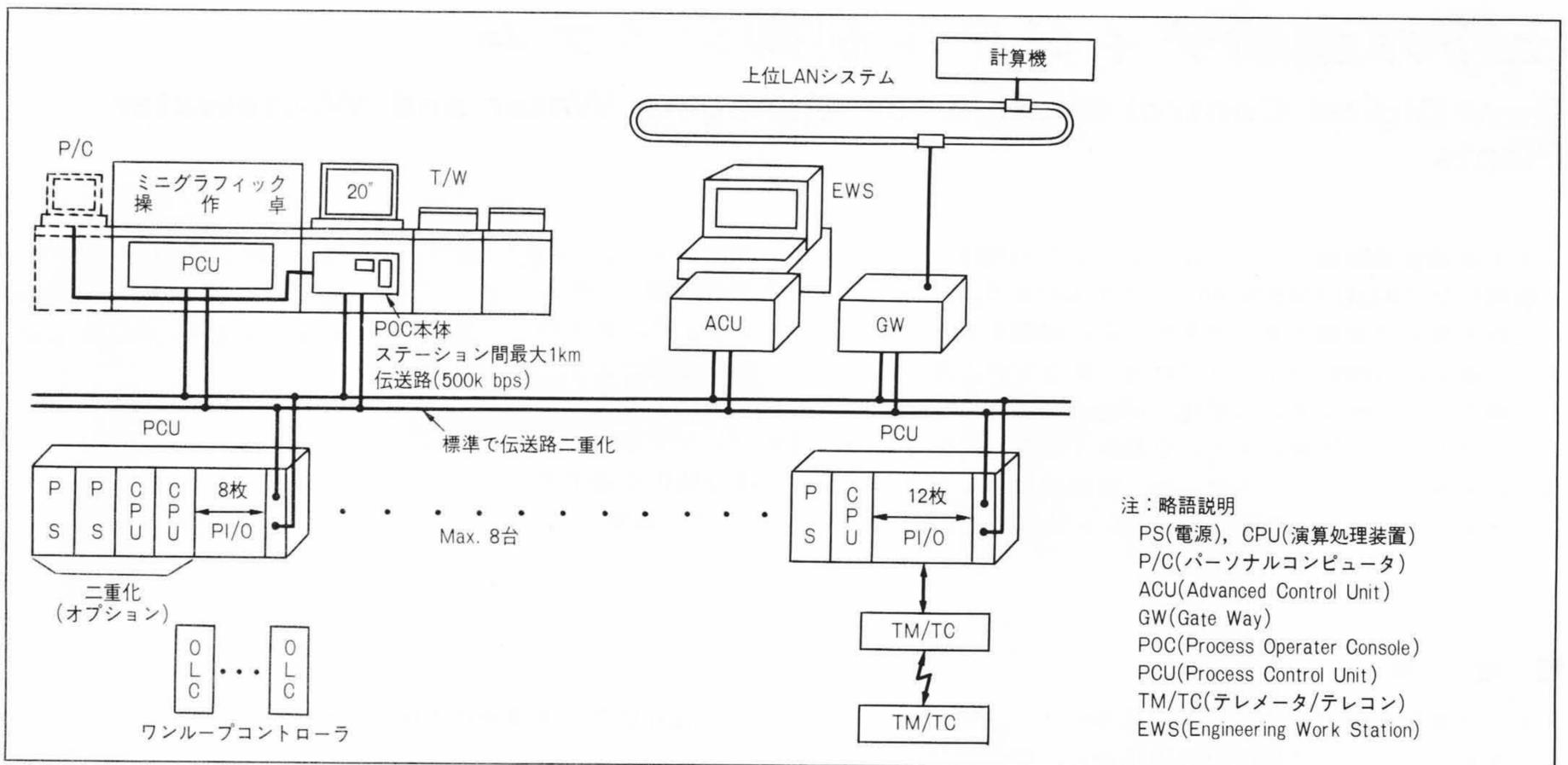


図3 基本システム構成図 ローカル電気室に分散設置されたPCUと、中央管理室のPOCとは二重系伝送路で結ばれる。



図4 オペレータコンソールデスク POCをデスク内に収納し、CRT、キーボード、タイプライタをコンパクトにまとめた。

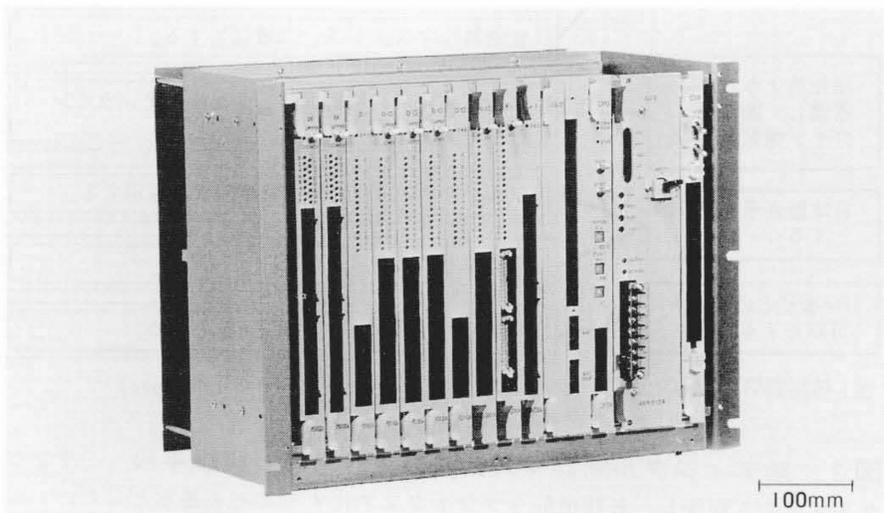


図5 PCU(プロセスコントロールユニット) 電源、CPU、PI/Oを1ユニットでまとめコンパクト化した。同一ユニット内で電源、CPUの二重化も可能である。

3.1 システム構成

図3に基本システム構成図を示す。中央にPOC(プロセスオペレータコンソール)を収納したデスク(図4参照)を設置し、CRT、タイプライタが接続される。ローカルにはPCU(プロセスコントロールユニット、図5参照)を設置し、この間を二重化された伝送路で接続する。ローカル制御はPCUで行ない、中央CRTでプラント監視を行なう監視・伝送・制御機能を独立させた自律分散システムとしている。下位PCUのソフト増設、改造はCRTで集中実施させ、プラント増設により入出力点数が増加したとき、伝送路にPCUを増設していくことにより設備拡張に対応できる。

表1に基本システムの仕様を示す。

3.2 システムの特長

3.2.1 自律分散アーキテクチャ

本システムの最大の特長は機能分散であり、個々の機能が独立して、他の機能に外乱を与えず動作し、自律できるシステムアーキテクチャを実現していることにある。分散システムを構築する場合、特に問題になるのは伝送システムのアーキテクチャである。今回開発したCV-Networkシステムの特長を下記に、説明を図6に示す。

- (1) 各機能を遂行するインテリジェンスから見た場合、伝送路をデータフィールドと見なし、このデータフィールドには各機能に対するFC(機能コード)付きの伝送データを巡回させ、各機能ノードは、自己FCに合致したデータだけを本データフィールドから取り出す方式を採用している。
- (2) (1)のアーキテクチャを採用するため、従来のイベント駆動形の通信とは異なり、各機能ノードからFC付きのデータをブロードキャスト方式を採用している。
- (3) 自律分散の基本より、伝送系にはマスタステーションを存在させず、すべてのノードがマスタになれるようにトークンパッシング方式を採用している。各ノードは自分にトークンが回ってきたときに送信権が与えられる。
- (4) 伝送路は標準で二重化を構成しており、オンラインで各機能ノードを増設又は改造することが可能である。

表1 基本システム仕様 PCUのPI/Oは、高耐圧のデジタル入出力、絶縁形アナログ入出力をもつことにより直接プラントとリンケージが可能であり、光伝送を使えば耐ノイズ性が向上する。

項目	仕様		
中央コントローラ (POC)	本体	主メモリ	2Mバイト
		補助メモリ	28Mバイト
		リンケージ	RS232C(4チャンネル) セントロニクス(2チャンネル) GP-1B(1チャンネル)
	CRT	20in(14in)	7色
		フルグラフィック	640×480ドット
漢字JIS第1水準		40×24文字	
トレンド		8本	
T/W	文字種類 ANK228種, 漢字JIS第1水準 最大桁数 通常136桁・漢字90桁		
伝送 (二重化)	方式	同報通信(N:Nマスターレス)	
	速度	500kbps	
	ケーブル	メタル・光(シールド付きツイストペア・光ファイバ)	
	距離	Max.1km/ST間(メタル), Max.3km(光)	
	リンケージ	中央コントローラ	Max.: 2台
	コントローラ	Max.: 8台	
	上位システム用 (パーソナルコンピュータほか)	Max.: 3台	
ローカルコントローラ (CPU)	本体	RAM	32k語
		ROM	16k語
	PI/O	アナログ入力: DC1~5V絶縁形 アナログ出力: DC4~20mA絶縁形 デジタル入力: DC48V, DC100V, AC100V デジタル出力: DC48V, DC100V, AC200V パルス入力: DC48V, ループ入出力: AI DC1~5V, AO DC4~20mA(二重化可)	
		ワンループコントローラ	8台/カード 最大200m
		リンケージ (多重伝送)	STU
	テレメータ	スーパーロールシリーズ	
		RS232Cリンケージ	

注: 略語説明 T/W(タイプライタ), PI/O(プロセス入出力装置), RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), STU(光多重伝送路)

(5) 従来のイベント駆動形の伝送からブロードキャスト方式に切り換えたため、伝送オーバーヘッドが極小になり、各機能ノードの処理効率が大幅に向上している。

以上の特長をもつ制御装置を複数台のポンプに1対1で設置した場合、1台の制御装置がダウンしてそのポンプが運転できなくても、他のポンプ及びシステム全体から切り離しができ、上下水道プラントとして正常に稼働できる。また、ローカル設備増設時には、中央及び他の設備をノウダウンで増設することができる。

3.2.2 高信頼化システム

次に考えるべきは、個々の機能の高信頼性及びシステム全体の高信頼化である。特に、プラントを実際に制御するPCUに高い信頼性をもたせることが、制御システムにとって非常に重要である。

本システムはPCUの二重化を可能とした。これは単にPCUを2台設置するのではなく、CPU(演算処理装置)、AVR、一

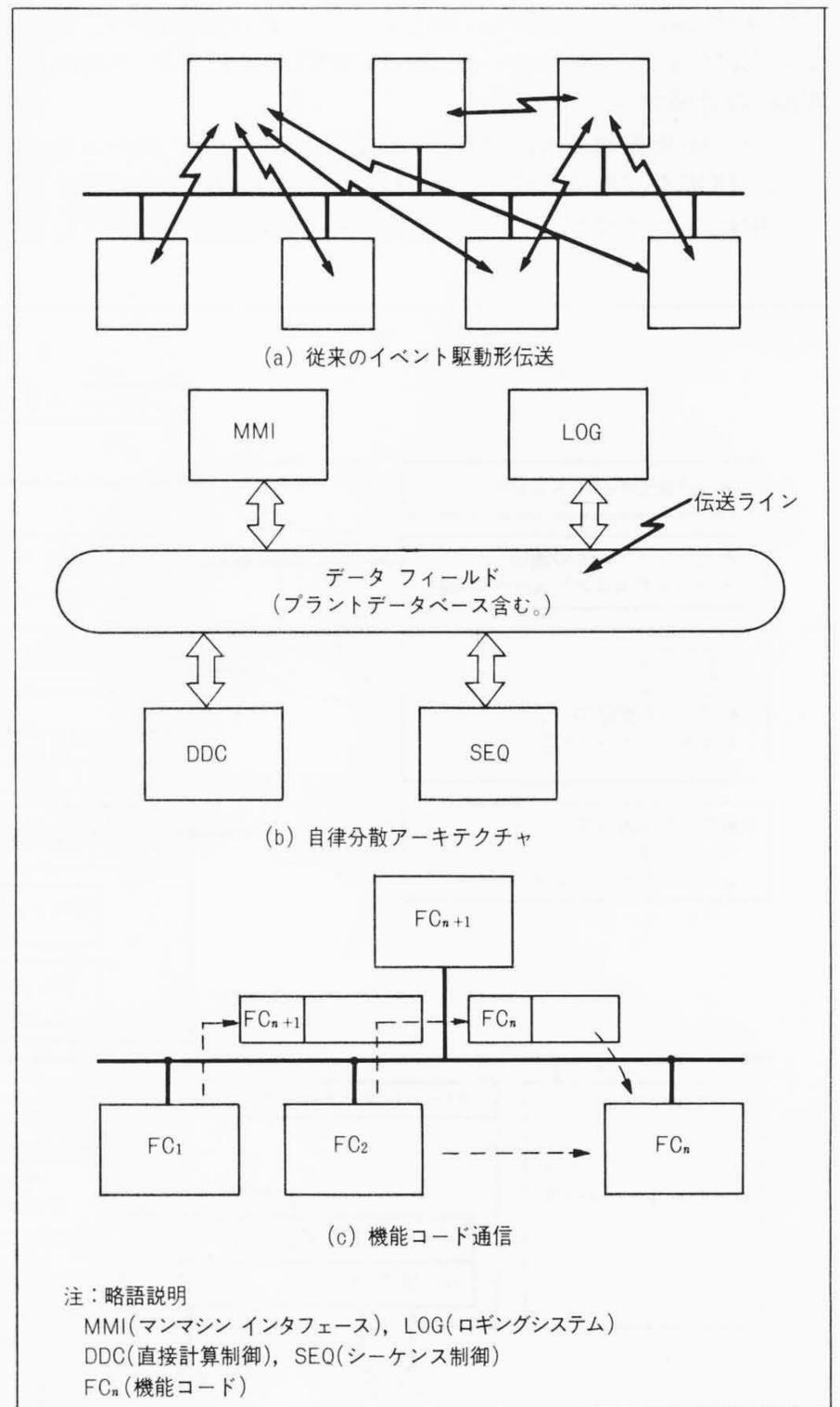


図6 自律分散アーキテクチャ説明図 伝送系アーキテクチャに機能コード通信方式を採用することにより、自律分散システムを実現した。

表2 高信頼化PCUのMTBF計算例 PCU1台のMDTを10時間、PCU各装置のMDTを5時間として計算した。

構成	系の信頼性ダイヤグラム	MTBF(h)
シングルPCU	CPU → PS → PI/O	3.3×10^4
PCU2台設置	<pre> CPU → PS → PI/O / / / / / / / / / / CPU → PS → PI/O </pre>	1.1×10^7
二重化PCU	<pre> CPU → PS → PI/O / / / / / / / / / CPU → PS → PI/O </pre>	4.3×10^7

注: 略語説明ほか CPU(演算処理装置), PS(電源), MTBF(平均故障間隔)
並列系の故障率 $=\lambda^2/(2\lambda+1/MDT)$
ここに λ : 装置個々の故障率
MDT: 平均故障時間

部PI/O各装置レベルでの二重化であり、2台設置式の二重化より更に信頼性を高めている。表2にPCUのMTBF(平均故障間隔)の計算例を示す。

一方、中央監視設備でも、自律分散形アーキテクチャを生かし、POCを二重化するか、機器監視、発停機能のバックアップ用にミニグラフィックコントローラを設置することによ

り、監視システム全体の高信頼化を図った。

3.2.3 機能の高度化とメニュー化

システムの中で多様化されるニーズに対応するため、高度な機能を付加するとともに、メニュー化し最適なシステムを選択できるように考慮している。図7にシステム機能構成を示す。

DDC(直接計算制御)やシーケンス制御を行なうローカルコ

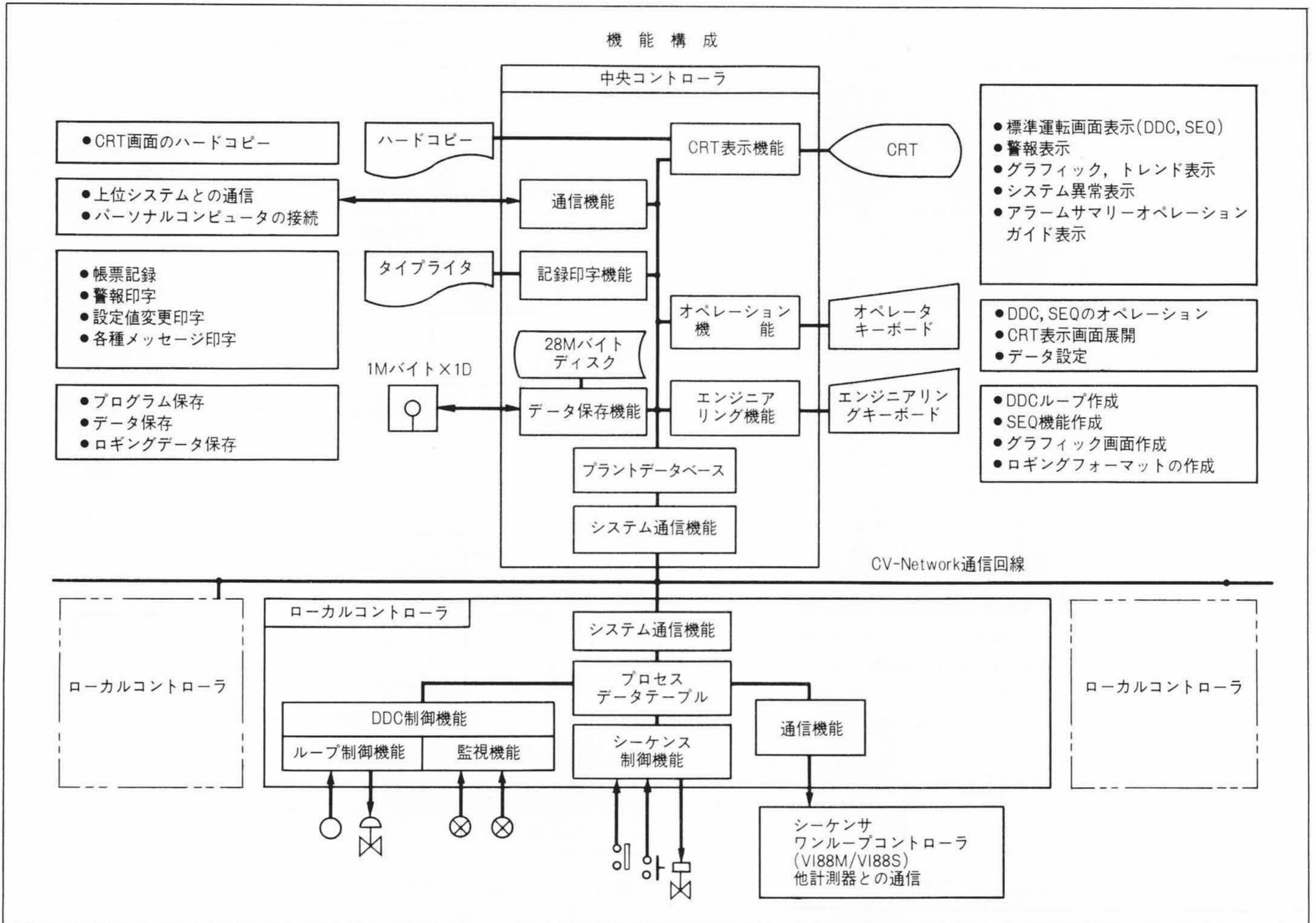


図7 システム機能構成 中央コントローラにマンマシン機能を、ローカルコントローラに制御機能をもち、自律分散システムを構成している。

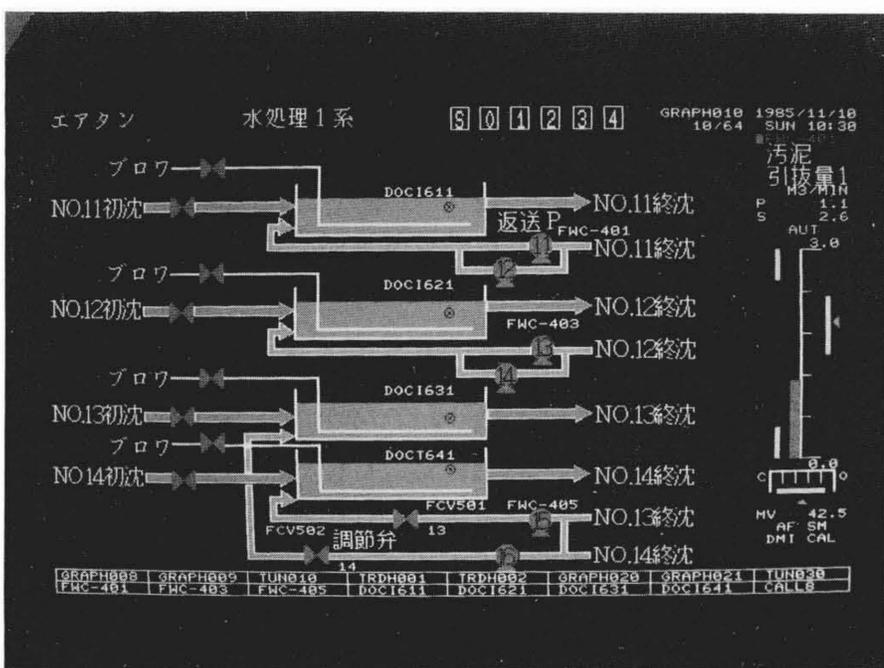


図8 グラフィック デイテール画面 グラフィック画面によるプラントのアラーム状態監視を行なう。画面右の計器表示エリアで計器操作が可能である。

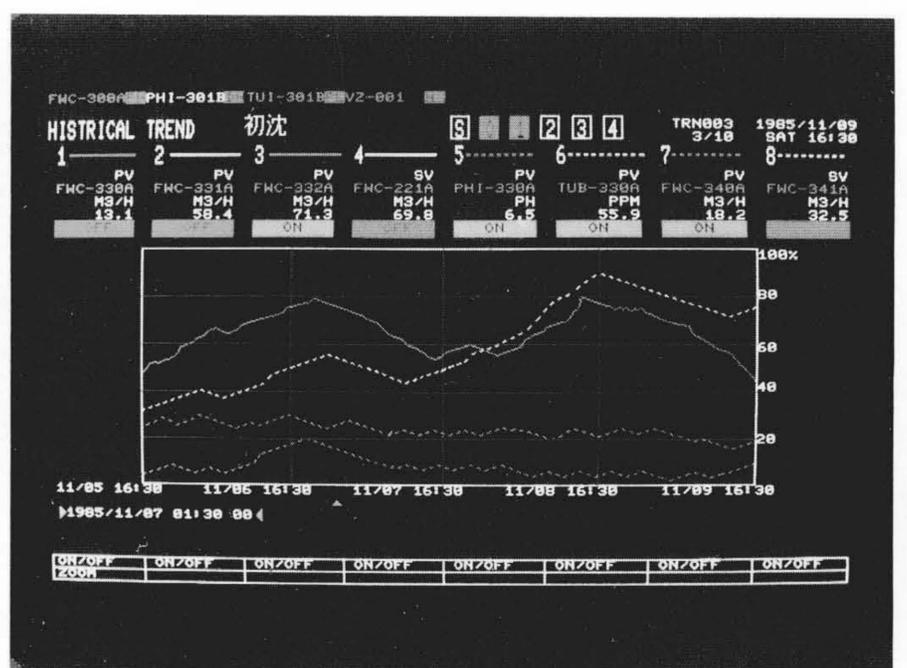


図9 トレンド画面 プラントデータをトレンドグラフとして表示する。

ントローラからのプラント情報は、CV-Networkを伝送路とし中央コントローラに伝送され、プラントデータベースを生成する。制御機能には各種メニューを用意し、必要に応じ最適なものを選択する。

プラントデータベースに蓄積、整理された情報は、CRT表示機能、記録印字機能により出力処理される。この各種マンマシン機能もメニュー化されており、必要なものを選択する。マンマシン インタフェースは、CRT、ワンタッチキー操作のオペレータキーボード及びタイプライタで構成され、オペレータのほしい情報をメニュー化されたオペレーション画面から提供する。オペレーション画面の例としてグラフィックディテール画面を図8に、トレンド画面を図9に示す。

ローカルコントローラ、中央コントローラのソフトウェアメンテナンスは、中央コントローラのエンジニアリング機能により実現され、設備の拡張変更が多い上下水道プラントでは重要な機能となる。一例として、タイプライタのフォーマットを変更するとき、このエンジニアリング機能により会話形式で変更ができる(図10参照)。

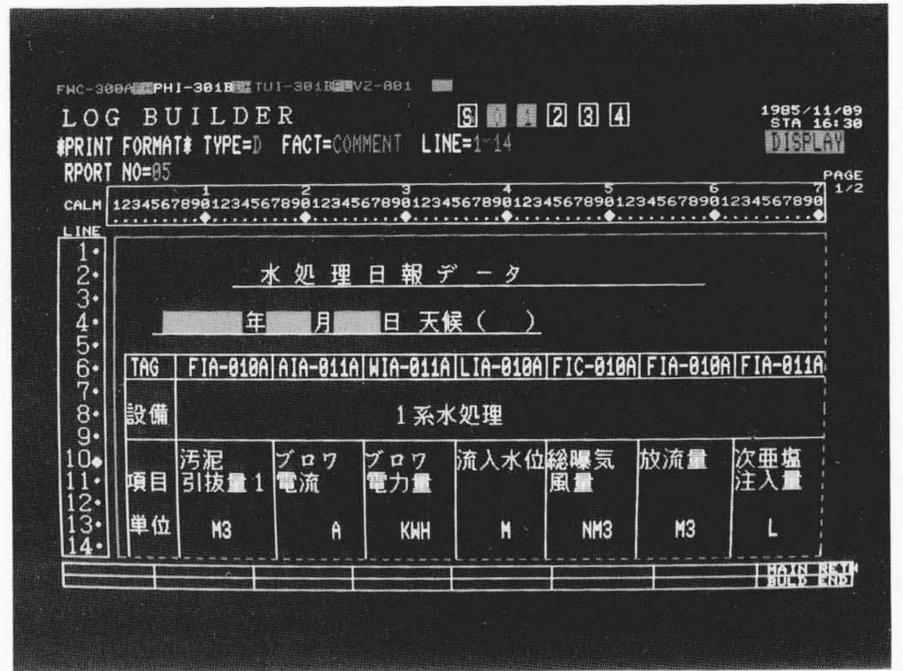


図10 タイプライタフォーマット変更画面 タイプライタのフォーマットを、CRT画面上から会話形に変更できる。

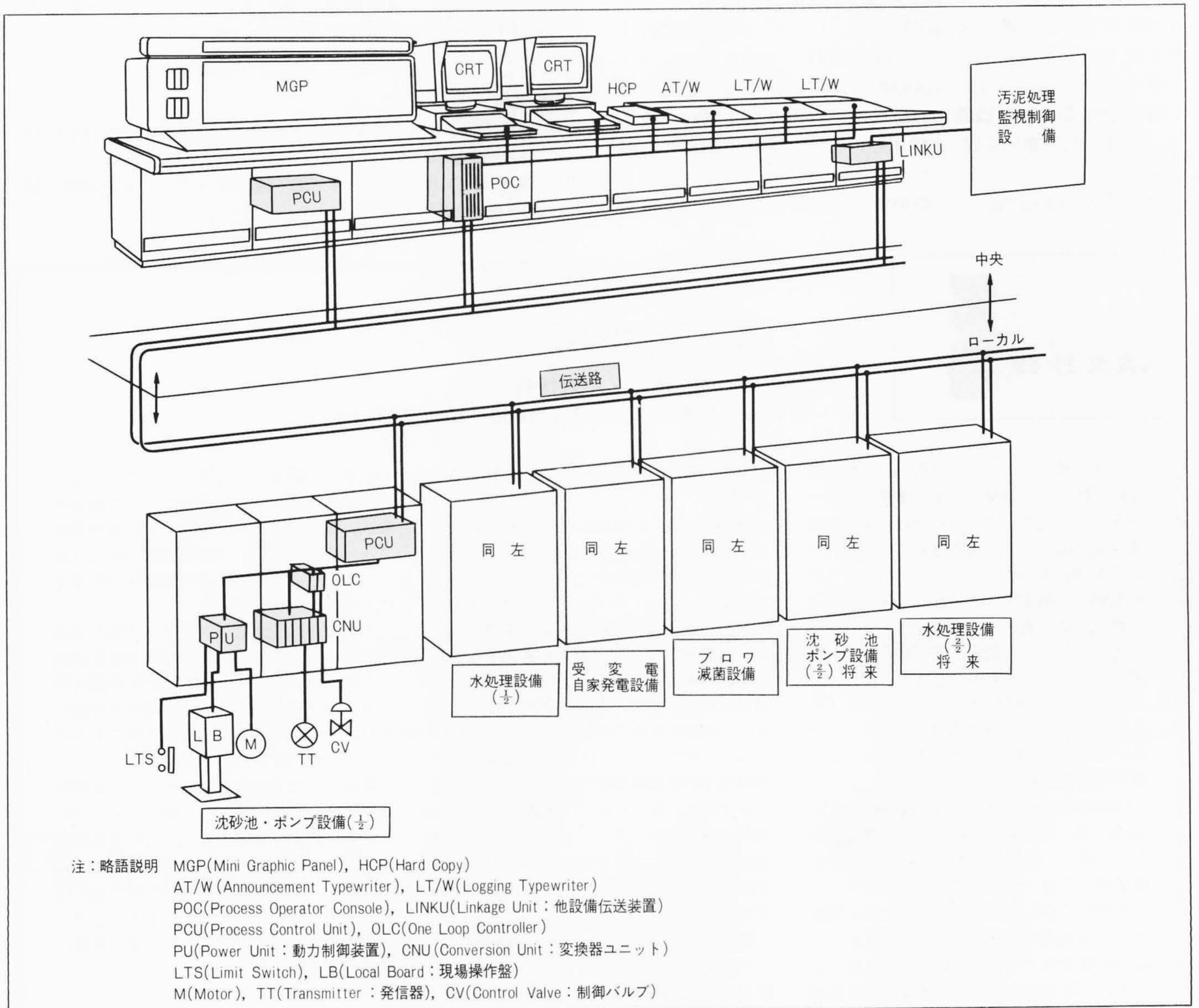


図11 下水処理場システム構成例 設備規模4万t/d(分流式標準活性汚泥法)で当初1/2設備で運転開始するプラントのシステム構成を示す。ローカルは設備ごとに分散設置される。

4 適用例

図11に中規模下水処理場への適用例を示す。本処理場は当初2万t/d、最終4万t/dの規模をもち、中央操作室に監視制御設備、ローカル電気室に受変電設備ほか各設備の制御装置、現場に現場操作盤、発信器などが設置される。

監視制御は、詳細監視制御用に20inフルグラフィックCRTを2台もち、プロセス画面からプラントの状態監視や機器発停、制御ループへの制御目標値の設定を行なう。また、処理場全体の状況把握のため、ミニグラフィックパネルデスクを置き、主要機器の状態監視や機器発停を行なえるようにし、監視制御のバックアップを図り信頼性の高い設備としている。

CRTにはカラーハードコピーが接続され、プラント状態の履歴を残し、解析や検討資料に有効活用できる。

また、CRT画面はプロセス画面のほかに20分のオンライントレンド、数日間のヒストリカルトレンド画面をもち、制御状態の確認や1日の経時変動の検証に威力を発揮する。トレンド項目もオペレータが簡単に設定できるので、より使いやすくなっている。

故障履歴用にAT/W (Announcement Typewriter)、日報・月報作成用にLT/W (Logging Typewriter)を置き、だれもが分かりやすい漢字仮名印字とし、LT/Wは用紙印刷の手間を省くフリーフォーマット、印字項目の増減もオペレータが簡単にできるようにし、設備拡張に柔軟に対応できる。

汚泥処理監視制御設備との伝送用に専用コントローラを置き、STU(光多重伝送路)を採用したことにより工事費の低減を図った。

ローカル制御設備は、設備単位に分割分散設置とし危険分

散を図った。機器の単独運転は、動力回路と制御回路をコンパクトにまとめた動力制御ユニットと、現場操作盤で実施し、連動運転はプロセスコントローラ内ソフトロジックとし、コントローラ定検などの停止時でも最低限度の機器運転を確保しながら補助リレー盤を排除した。アナログ信号は、変換器ユニットで統一信号に変換し、コントローラへ入力している。コントローラからの制御出力は、ワンループコントローラ、変換器ユニットを経由してコントロールバルブへ出力している。ワンループコントローラは、簡単なPID(比例・積分・微分)機能をもたせ、プロセスコントローラ停止時のバックアップ自動制御を行なっている。これにより、コントローラ停止時でもプロセスは現状制御の維持が可能となり、オペレータの大幅な負荷軽減を実現している。

5 結 言

上下水道向け新デジタル制御システムは、最近の上下水道設備からくるニーズに対応したものであり、デジタル化の利点を十分に生かしたコンパクトな自律分散形システムである。今後ますます多様化、複雑化していく上下水道プラントの運転管理の合理化に役立ててゆきたい。本システムを開発するに当たり、多数関係各位の御協力をいただいた。ここに深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 岩城, 外: 日立上下水道監視制御システム“**AQUAMAX-80**”シリーズ, 日立評論, **59**, 667~672(昭52-8)
- 2) 佐藤, 外: 最近の上下水道監視制御システム, 日立評論, **62**, 599~604(昭55-8)

論文抄録

光・電子集積回路

日立製作所 中村道治・中野博行

テレビジョン学会誌 39—11, 1055~1058 (昭60-11)

現在の光通信システムに用いられている光送信機や光受信機は、半導体発光素子や受光素子などの光素子とその周辺電子回路及び光学部品により構成されている。このような個別部品形光デバイスを用いるものを光通信の第1世代とすれば、来るべき第2世代では、光デバイスのいっそうの高機能化、小形化、経済化、高信頼化が大きな課題になる。この要求にこたえるために、個々の部品の集積化という概念を導入することは、これまでのSi半導体の単体トランジスタからIC、LSIへの発展形態を見ると必然的な方向と思われる。

OEIC(Optoelectronic Integrated Circuits: 光・電子集積回路)は、この発想に基づくもので、従来、分離していた光素子と電子素子を同一半導体基板上にモノリシック集積化するものである。現在、光半導体素子には高効率な発光・受光特性をもつGaAsやInPなどが用いられている。幸いなことに、これらの化合物半導体は電子移動度が大きく、高速動作が可能なトランジス

タなどの電子素子を同一基板上に作る事ができる。

OEIC化による利点は幾つか考えられるが、そのひとつに高速化がある。すなわち、個別素子を組み合わせたハイブリッド形式の場合、マウントやボンディングワイヤなどがもつ寄生容量や寄生インダクタンスにより、高速信号波形は大きく劣化するが、光素子と電子素子をモノリシック集積化し、寄生リアクタンスを大幅に低減することにより、高速応答が可能となる。また、OEICでは、リソグラフィ技術により μm オーダの精度での平面配線が可能のため、ハイブリッド形式のものに比べて光素子の高速化設計の自由度が大きい。例えば、レーザ共振器長を短くして光子寿命を小さくし、緩和振動周波数を大きくすることにより変調帯域を拡大できる。

筆者らは、レーザ、レーザ駆動回路、モニタ用ホトダイオード及びモニタ回路を集積化したGaAs系OEICを試作した。このOEICは、レーザを半絶縁性基板の溝内へ沈

め込ませた構造、反応性イオンガスによるドライエッチング法を用いたレーザ端面の形成、多重量子井戸構造レーザ、差動電流スイッチ形式のレーザ駆動回路が特徴であり、2Gビット/秒の高速変調動作が確認されている。

このほか、受光器とプリアンプなどを集積化した受信側のOEICも活発に検討が進められている。また、InP系OEICの報告例も多いが、GaAs系に比べて研究開始時期が遅れ、特に電子素子の技術が未熟であるため、大規模化はされていない。

将来は、光導波路、光スイッチ、光合波器、識別再生回路などを含めてモノリシック集積化することにより、波長多重用光中継器の1チップOEIC化も可能と考えられる。近年、OEICの研究は各所で精力的に行なわれている。実用化に至るまでには多くの技術課題を抱えているが、今後の発展が期待される。