

下水処理場の制御

Control Systems for the Wastewater Treatment Plants

下水処理場の制御は、量と質の両面から成り立っている。その両者の制御がかみ合って、初めて合理的な運転結果が得られる。下水処理場は、大別して汚水処理プロセスと汚泥処理プロセスから構成されるが、両者共制御の省力化、合理化のニーズが高まっており、これらに応ずるものとして階層形制御システム、及び分散形制御システムの導入が図られている。これらの制御デバイスとしては拡張性の高い各種プログラマブル機器が、マンマシン用としては制御用計算機とCRTによる方式の導入が図られている。本稿では、その具体的事例を主体に新しい下水処理場の制御について述べる。

岩城秀夫* Iwaki Hideo
森 俊二* Mori Shunji
土屋直知* Tsuchiya Naonori
柏木雅彦* Kashiwagi Masahiko

1 緒 言

下水処理場を制御する場合、汚水処理では流入汚水及び雨水を安全に排除する水量面、並びに曝気槽内の生物反応を安定化し放流水質を均一に保つ水質面の両方を考慮する必要がある。汚泥処理においても、発生した汚泥を安定に処理する量の面と汚泥の質に応じて薬品注入量を制御するなどの質的な面がある。下水処理場の制御とは以上のような複雑な複合制御であり、これを実現する手段としての最近の動向は、(1)階層構成制御システム及び分散形制御システムの採用、(2)各種プログラマブル機器の採用、(3)マンマシンシステムへのCathode Ray Tube (以下、CRTと略す)の活用が挙げられよう。これらについて以下に詳述する。

2 最近の下水処理場制御システムの動向

汚水処理プロセスの制御では、各種省力化及び自動化が実現しつつあり、特に曝気槽を中心とした溶存酸素濃度(以下、DOと略す)一定制御、混合浮遊物濃度(以下、MLSSと略す)一定制御、及び余剰汚泥制御が実用化の段階に入っている¹⁾。汚泥処理プロセスの制御では機械シーケンスの自動化が主体に進められ、また薬品注入の自動化が進められている。更に、下水処理場全体あるいは中継ポンプ場、下水管渠を含めた下水道システム全体の流入下水量及び水質予測、並びにこれに基づく最適制御など、各種ソフトウェアの開発が進められている。今後ますますシステムトータルとしての最適化、安全性、及び経済性を追求した制御が推進される機運にある。

以上述べた最近の下水処理場のニーズを実現する制御システムの最近の動向について、主なものは次に述べるとおりである。

(1) 階層構成制御システム及び分散形制御システムの採用

図1に階層構成制御システムの各レベルを示す。単独制御レベル(以下、UCLと略す)とはモータコントロールセンタ、現場操作盤、検出端などから構成され、各機械単位、モータ単位の制御が行なわれる。マイナ制御レベル(以下、MCLと略す)とは上位からの設定値に基づく直接計算制御(DDC)、ループ制御、上位からの指令に基づく連動シーケンス制御などを実行する。総合制御レベル(以下、TCLと略す)とはプラント全体の最適制御、及び最適評価関数に基づくMCLへの指令値の算出、プロセスとのマンマシン対話などを実行するも

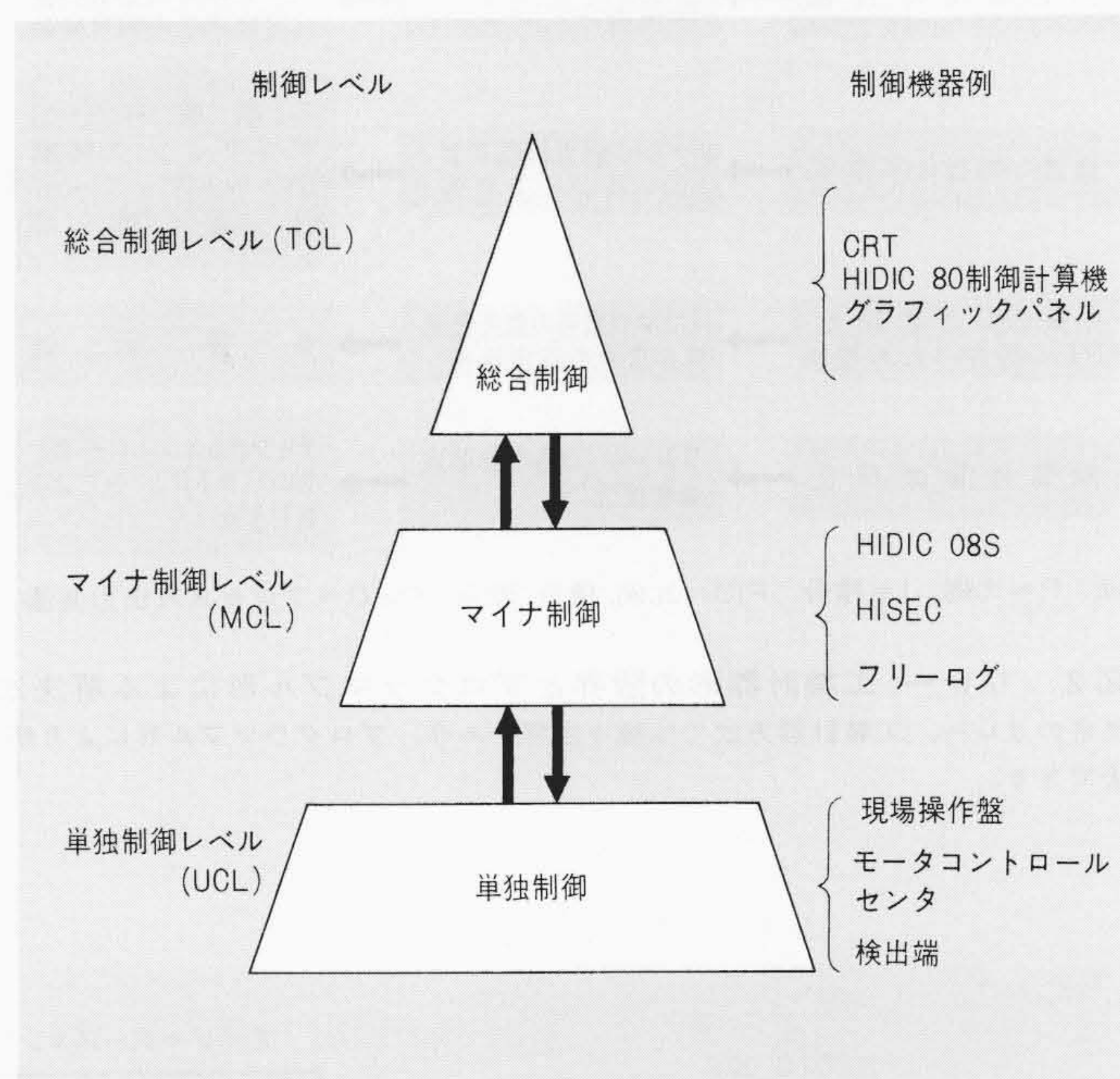


図1 階層構成制御システムの各レベル 制御に階層形を採用して、安全性、信頼性及びマンマシン性を高めている。

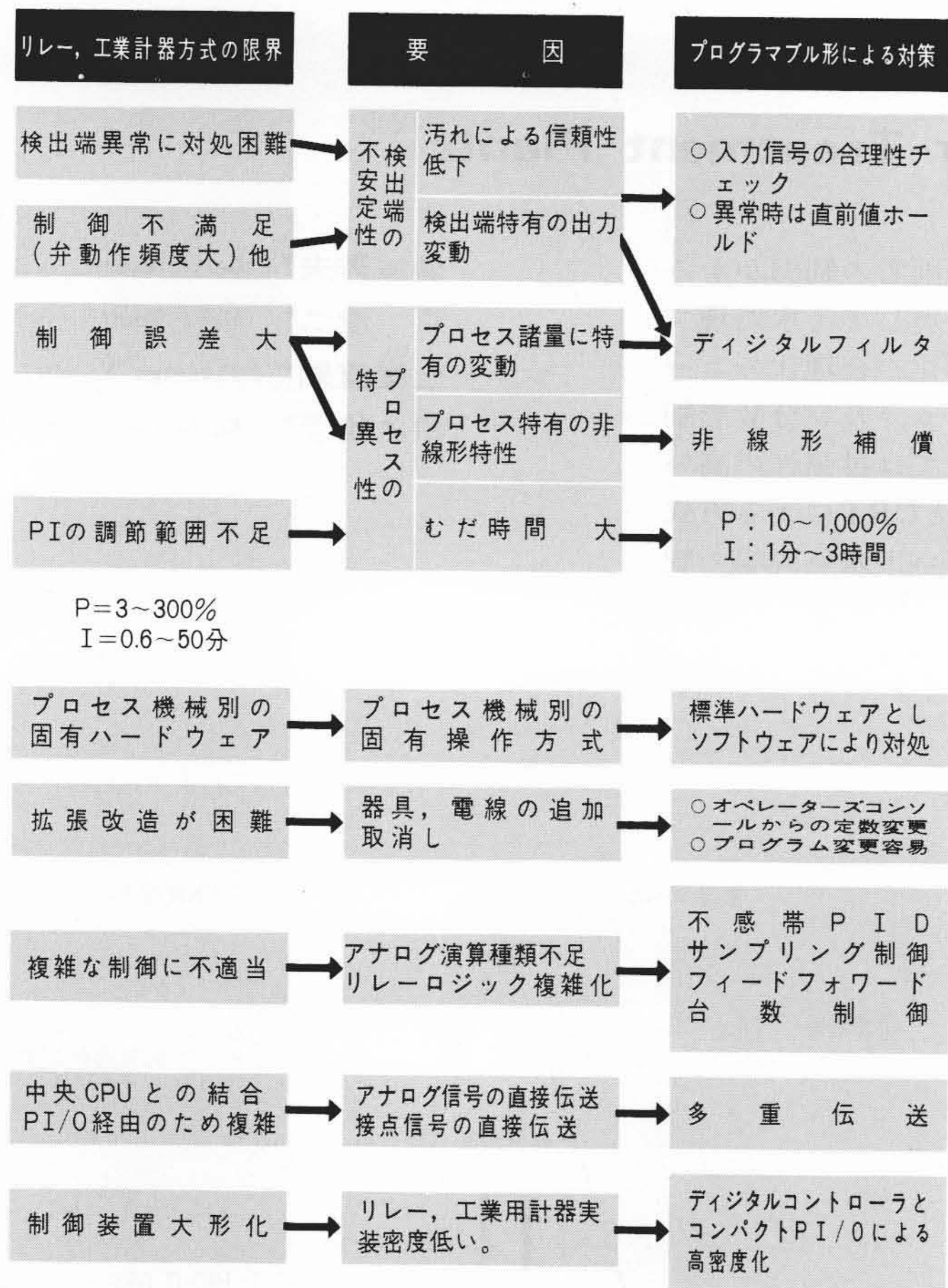
のである。

以上の階層構成制御システムは、上位側停止時でも下位側で運転継続できるなど、拡張性及び信頼性の高いものであるが、更に、最近のワンチップコントローラなど安価なインテリジェントコントローラの出現により分散形となってきた。これは、MCLの各機器を各機器単位、プロセス単位にユニット化し分散させるものであり、プラント全体の信頼性は大幅に向上する。

(2) プログラマブルな制御装置の採用

下水処理場は長期にわたって建設されるから、その制御システムも下水システム本体の改良、増強に順応して拡張できる融通性が要求される。このため各制御アルゴリズムの変更、制御定数の変更が頻繁なことが特徴である。これらに対処するため、従来のリレー、工業計器などのワイアードロジック

* 日立製作所大みか工場



注：P=比例 I=積分 PID=比例、積分、微分 PI/O=プロセス入出力装置

図2 リレー、工業計器形の限界とプログラマブル形による解決法
従来のリレー、工業計器方式では種々限界があり、プログラマブル形により解決できる。

表1 日立各種プログラマブル機器一覧表 小規模から大規模の各種プログラマブル機器を備へ各用途に適用している。

品 名	規 模		演算機能	制御機能	プログラム方式
	入 力	出 力			
フリーログ (リレー置換形)	20点	20点	ロジック+ タイマ	シーケンス制御	ピンボード
フリーログ (順序形)	工程 16点	20点	工程歩進+ タイマ	"	"
PLC (HISEC)	max. 1,024点	max. 1,024点	ロジック+ タイマ	"	プログラムキー 紙テープカセット
マイクロコントローラ HIDIC 08S	DI 1,024点 AI 410点	DO 1,024点 AO 60点	ロジック+ タイマ 各種演算	シーケンス制御 演算制御	"

注：PLC=プログラマブルロジックコントローラ、DI=接点入力、AI=アナログ入力、DO=接点出力、AO=アナログ出力

ハードウェアでは適応の可能性及びその速度の点で限界があり、これを解決するためにロジックのソフトウェア化が特にUCL及びMCLに強く浸透しており、プログラマブルな制御装置が採用されつつある。図2に従来のリレー、工業計器形の限界とプログラマブル機器による解決法を、表1に日立製作所の各種プログラマブル機器の一覧表を、図3にマイクロコントローラHIDIC 08Sの下水水質制御への応用例を示す。

(3) マンマシンシステムにおけるCRTの活用

プラントの大形化、監視制御の広域化に伴い、従来のグラフィックパネルなどによるマンマシンシステムでは種々の限界があり、それを打破するものとして制御用計算機とCRTによる高集約マンマシンシステムが導入される動向にある。この場合、重要度に応じて各種マンマシン媒体を選択し、制御対象プラントの規模、制御内容に最も合致したマンマシンシステムとすることが重要である。

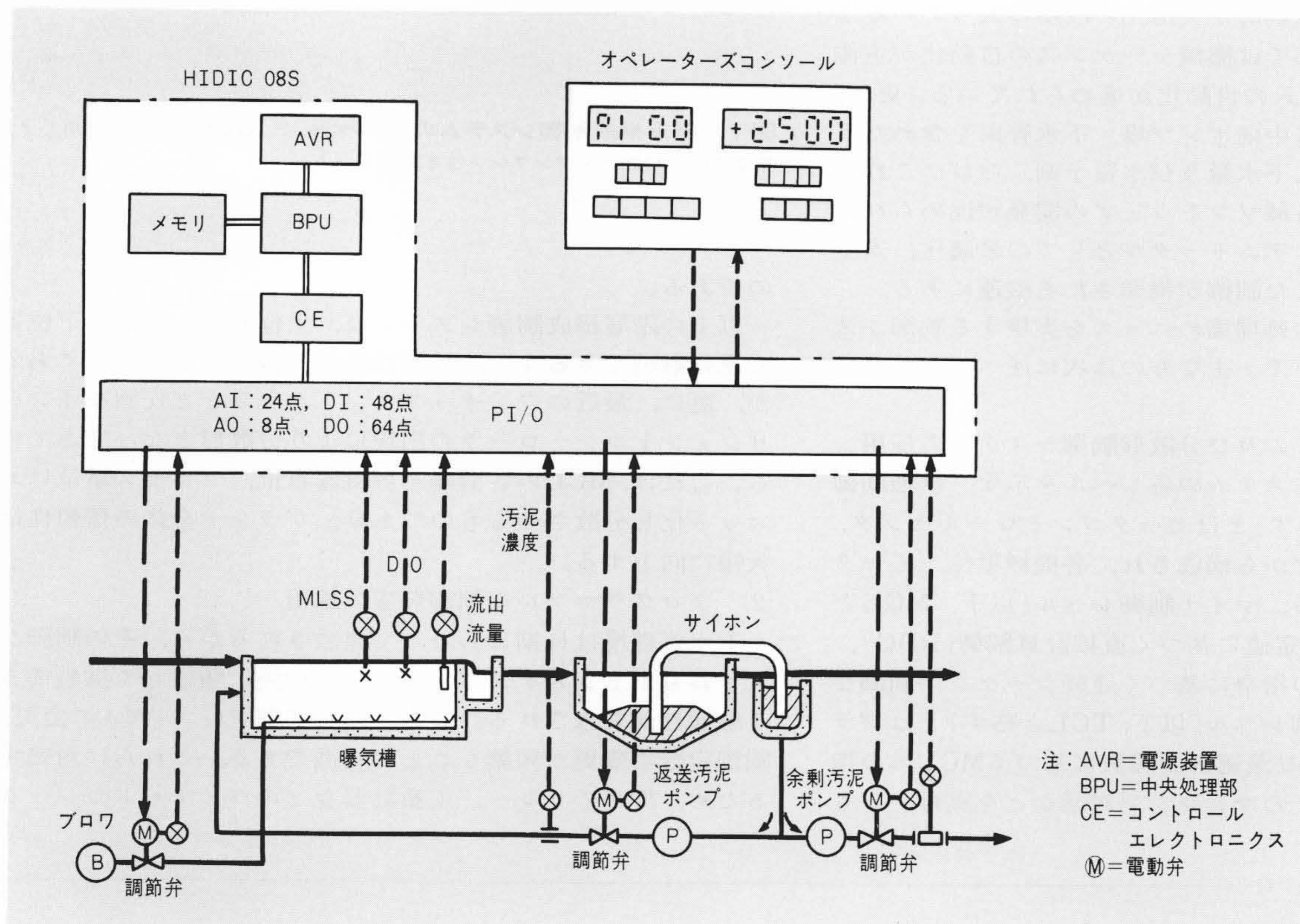


図3 マイクロコントローラ (HIDIC 08S) の水質制御への適用
マイクロコントローラによりDO、MLSS、汚泥制御を実施し、従来のアナログ形より優れた制御結果が得られる。

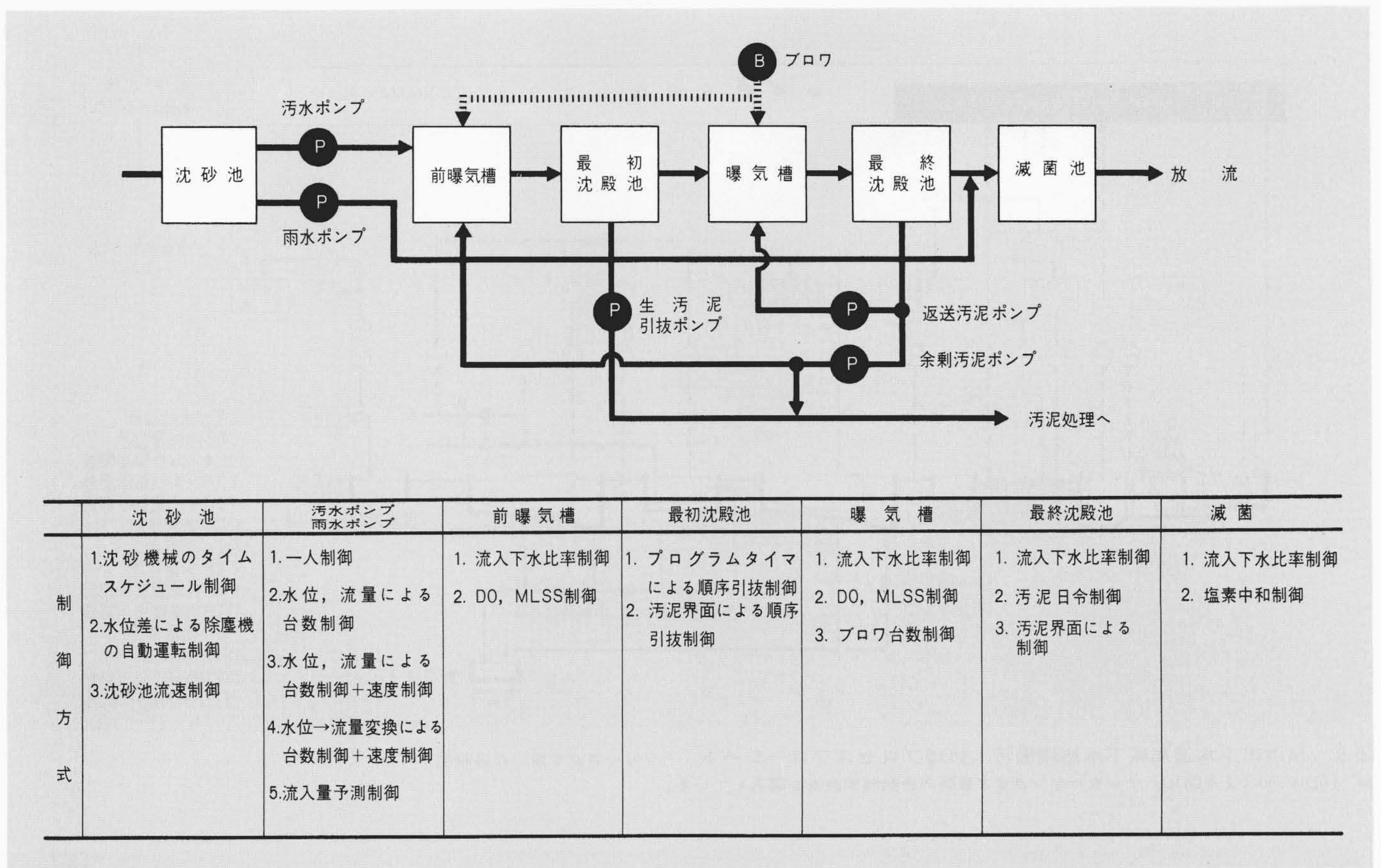


図4 汚水処理プロセスの制御 汚水処理プロセスの制御に当っては水量，水質，両面での制御を両立させることが必要である。

3 下水処理場プロセス制御とその具体例

下水処理場を大別すれば，汚水処理プロセスと汚泥処理プロセスとになるが，次にその制御方式及び最近の納入例について紹介する。

3.1 汚水処理プロセス制御

3.1.1 汚水処理プロセスの構成及び制御

汚水処理には，一般に活性汚泥プロセスが採用され，沈砂池，ポンプ設備，最初沈殿池，曝気槽，最終沈殿池，滅菌池などで構成される。

図4に汚水処理プロセスの制御方式を示す。

沈砂池では，いわゆる沈砂池機械の連動運転のほか，流入ゲート制御を行ない，流入量に応じ沈砂池の流速の最適化により沈砂効果を一定に保つよう図っている。

ポンプ設備は，流入量変動を吸収して処理効率を高く保つように汚水処理プロセスへの流入量を制御するために台数，及び速度制御が行なわれる。管渠及び処理プロセスの時間遅れを考慮し，晴天時の処理効率の最適化及び雨天時の安全を確保するため，流入下水量を予測し，これに基づいてポンプの最適運転を行なうフィードフォワード制御も実用化されつつある。

活性汚泥プロセスでは，DOによる曝気槽送風量制御，MLSSによる返送汚泥量制御，汚泥日令による余剰汚泥引抜制御などの高度な水質制御が数多く採用され，MCLで更にその最適設定値が，上位のTCLから与えられるようになった。

3.1.2 横浜市下水道局緑処理場制御システム

図5に横浜市下水道局緑下水処理場のフローシートを示す。

専用制御レベルでは，フリーログ(沈砂池機械のタイムスケジュール制御，最初沈殿池の生汚泥順序引抜制御)，静止セルビウスを用いた速度制御装置(汚水ポンプ)，自動台数制御装置(汚水ポンプ，滅菌機)などの最新の自動化制御装置が採用された。特に，汚水ポンプ制御には，アナロググループによる水位流量制御のほか，HIDIC 80制御用計算機によるポンプ揚水量最適化DDCを実施し，省力化，処理効率の向上に大きな貢献をしている。また中央監視制御システムは，“AQUAMAX-80A”を採用し，実装密度の向上による小形化と拡張性の向上を図り，CRTモニタ，ロギングとの併用により，マンマシン性の高い高集約監視制御システムとしている。

3.2 汚泥処理プロセス制御

3.2.1 汚泥処理プロセスの構成及び制御

汚泥処理プロセスは，下水処理プロセスより排出された汚泥を，濃縮，消化，洗浄，薬品注入による凝集，脱水，焼却などの過程を経て減量，安定化し，埋立投棄などに際し最終処分可能な形とするものである。

図6に汚泥処理プロセスの制御方式を示す。

汚泥処理プロセスの特徴は，多数の機器が各工程に存在し，互いに関連しあいながら運転するいわゆるシーケンス制御が多く，その間に薬品注入量制御などのループ制御から構成されるので，相互に矛盾がなく円滑な関連を保つこと，特にプロセスの中核をなす脱水機は，真空式，遠心式，加圧式など種類も多く，制御方式も異なっており運転開始後に運転，制御方式変更の必要度も高いので，プログラマブルな制御装置によりシステムの柔軟性，融通性，及び拡張性の高いものにすることが重要である。

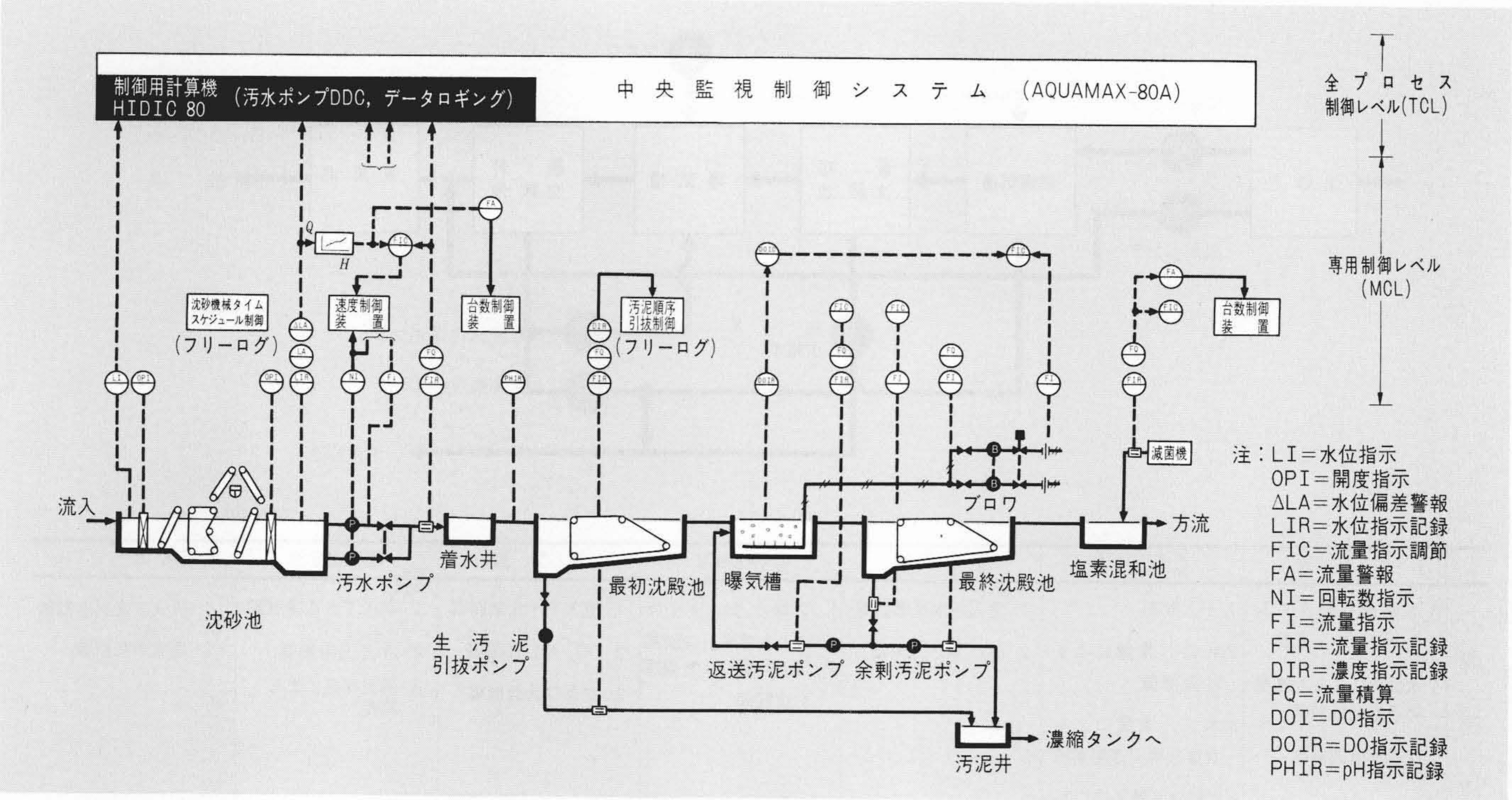


図5 横浜市下水道局緑下水処理場汚水処理プロセスフローシート フリーログを用いた各種制御, HIDIC 80によるDDC, データロギングなど最新の自動制御技術を導入している。

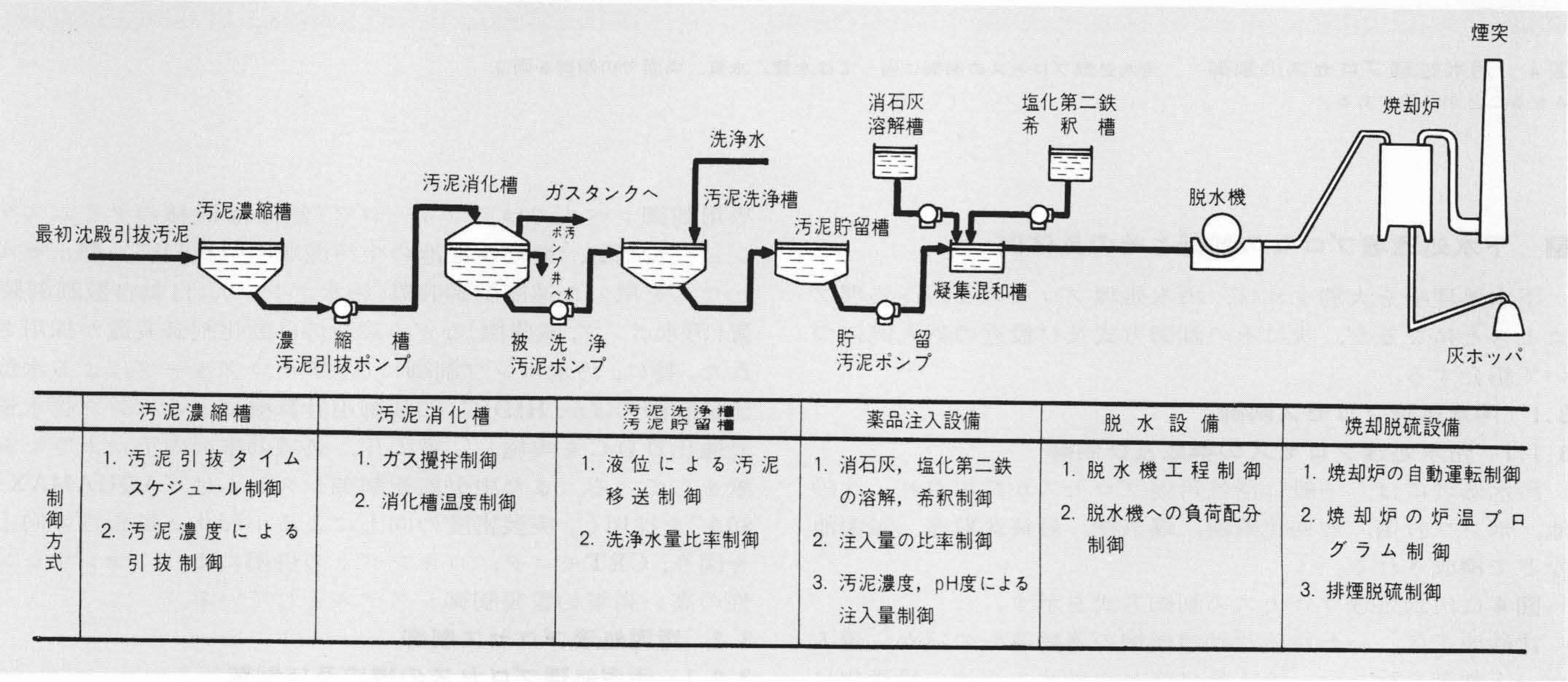


図6 汚泥処理プロセスの制御 機械の連動制御, 各種薬品注入量の制御などシーケンス制御とループ制御とが混在して, 全プロセス制御が構成される。

3.2.2 福岡市下水道局中部処理場制御システム

図7に福岡市下水道局中部下水処理場の汚泥処理プロセスのフローシートを示す。薬品注入までのシーケンス制御, 及び脱水機以降のシーケンス制御を, それぞれ一括して2台のHISEC 70にプログラマブルロジックコントローラより連動, 自動運転を行なっている。また, 脱水機1台ごとの連動シーケンス制御には, リレー置換型シーケンスコントローラはフリーログを1台ずつを採用しており, 上位のHISECは脱水機間の工程を管理する階層システムとし, 完全自動化を実施した。中央監視制御システムは, “AQUAMAX-80A”システムを

採用して小形化, 高集約化を実現した。

3.2.3 名古屋市下水道局宝神処理場制御システム

図8に名古屋市下水道局宝神処理場の汚泥処理プロセスフローシートを示す。

このシステムは, 人口56万人分の大規模処理場を制御するため, 中央監視には, 制御用計算機HIDIC 350を1セット, ライトペン付カラーディスプレイ(CRT)2台を中枢とし, 高集約化を図ったマンマシン性の高いシステムである。一方, シーケンス制御には, 濃縮, 薬品注入, 脱水及び焼却の全工程に対しHISEC 5台, 脱水機連動運転用としてフリーログ

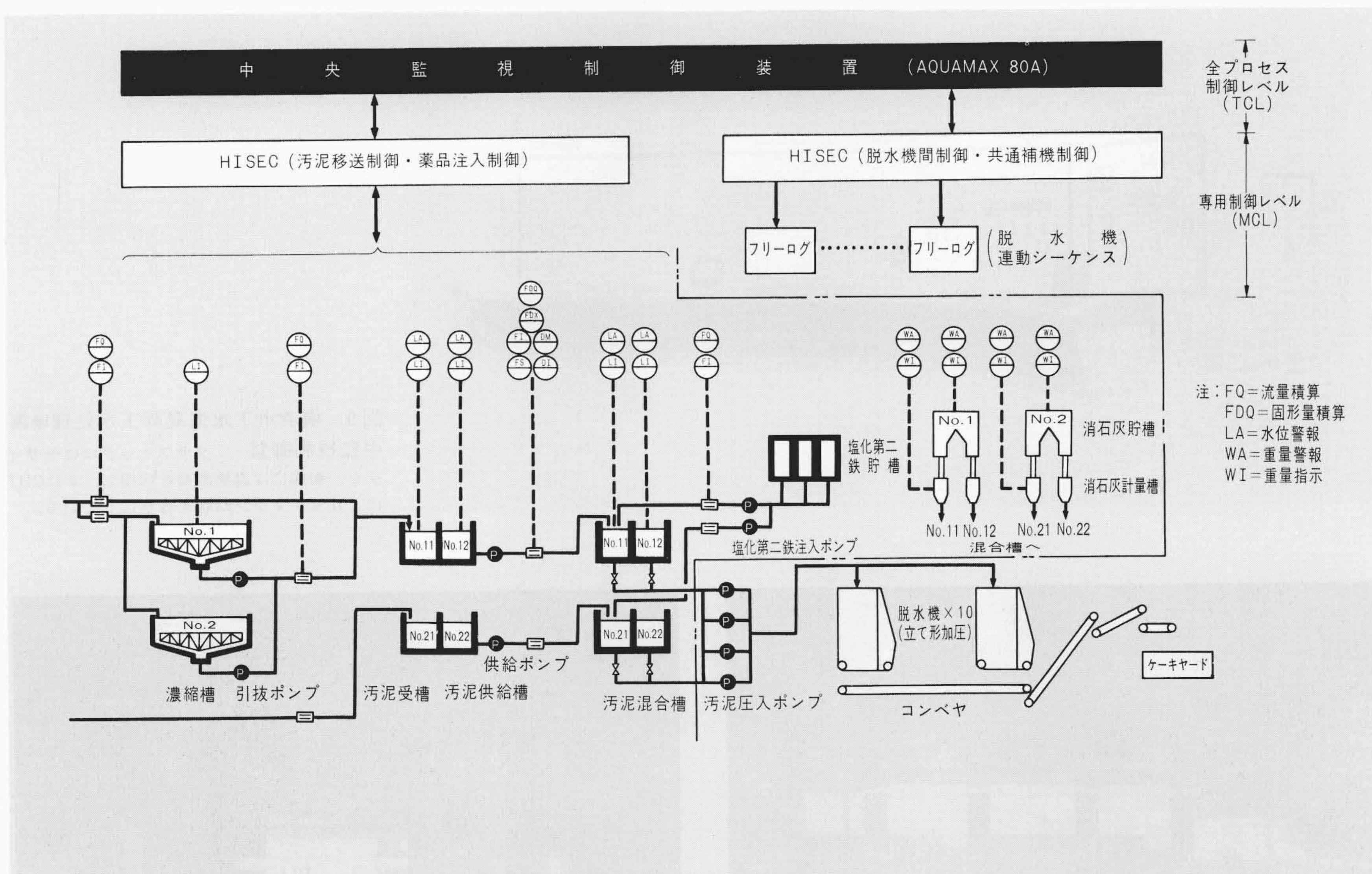


図7 福岡市下水道局中部下水処理場汚泥処理プロセスフローシート 汚泥処理工程にHISEC 70
2台、フリーログ10台を導入した階層形制御システムとなっている。

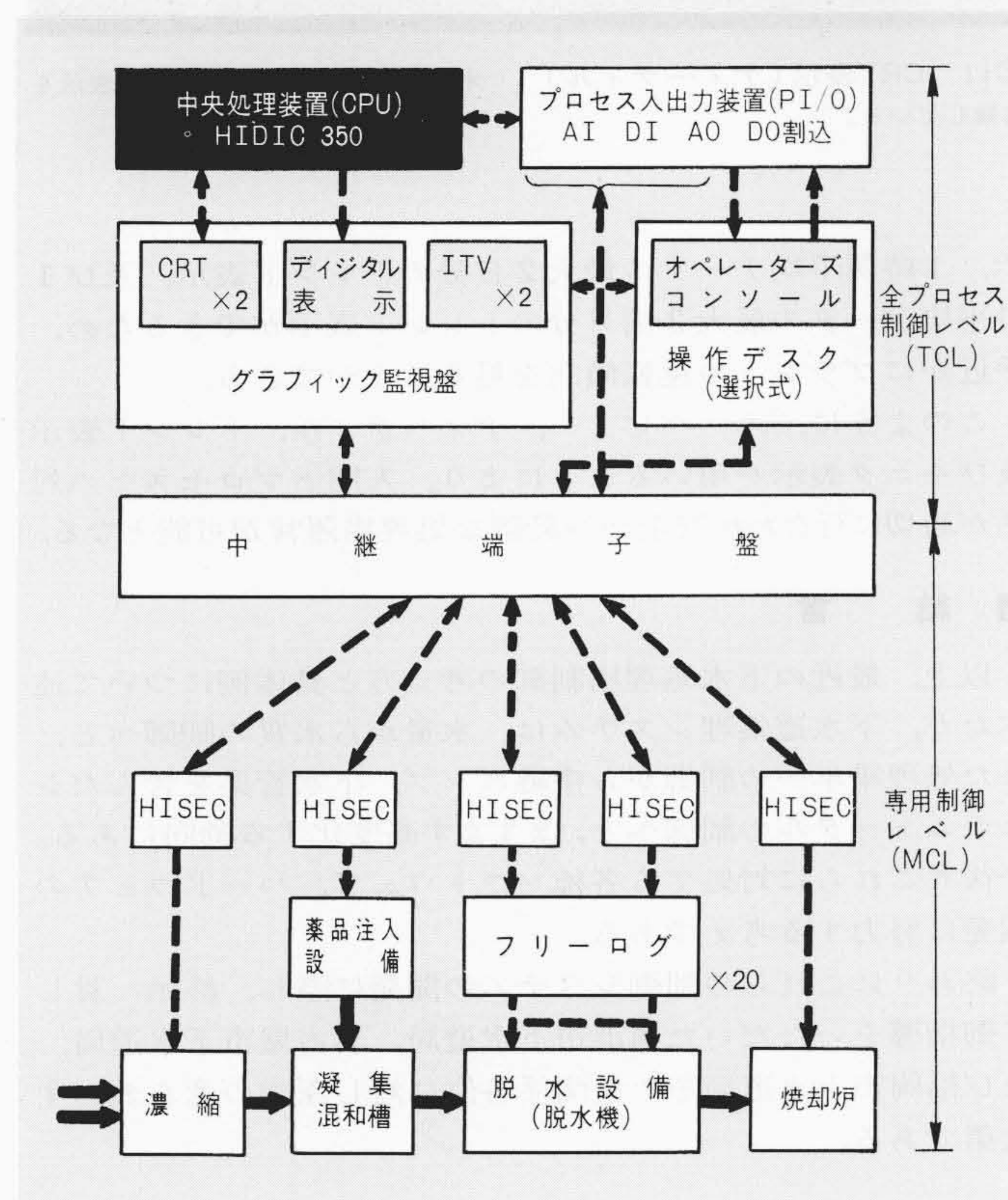


図8 名古屋市下水道局宝神下水処理場汚泥処理プロセスフローシート
中央監視にはCRT 2台による高度なものとし、シーケンス制御にはHISEC 5台
及びフリーログ20台を導入して、大規模な階層形制御システムを採用している。

20台を導入し、複雑な機械の操作の完全自動化を行ない、省力性、拡張性及び信頼性の高いシステムとなっている。

4 監視操作システム

4.1 監視操作システムの在り方

下水処理場における監視操作システムを支える機器は、グラフィックパネル、パネル計器、操作ディスク及びディスプレイ(CRT)、タイプライタなどの計算機入出力機器であり、これらの機器は互いにその特長を生かして活用されている。図9に代表例として横浜市下水道局緑処理場の中央監視盤を示す。

グラフィックパネルは居住空間に与える大らかさ、可視域の広さにより見学者や初級オペレータに対するプロセスの説明、訓練用の機能に特長を持っている。

一方、空間占有面積の割に情報量が希薄であり、プラントの運転傾向や補機系統を含めた詳細プラント状態までは表示しにくい。熟練したオペレータやエンジニアにとっては無用の長物となるおそれをもつ。

グラフィックパネルの欠点を補うためカラーグラフィック及びキャラクタディスプレイ(CRT)の採用が盛んになったが、ハードウェアが持つ大きな潜在機能にソフトウェアが追従できない傾向にあった。

CRT利用ソフトウェアを整備し、オペレータ、運転管理者及びエンジニアへ有効な情報を提供し、安全かつ最適な処理場運営を行なうことが重要となる。

CRTはパターン表示など見やすい型で、しかも人間の手近かな場所で情報を提供できる。

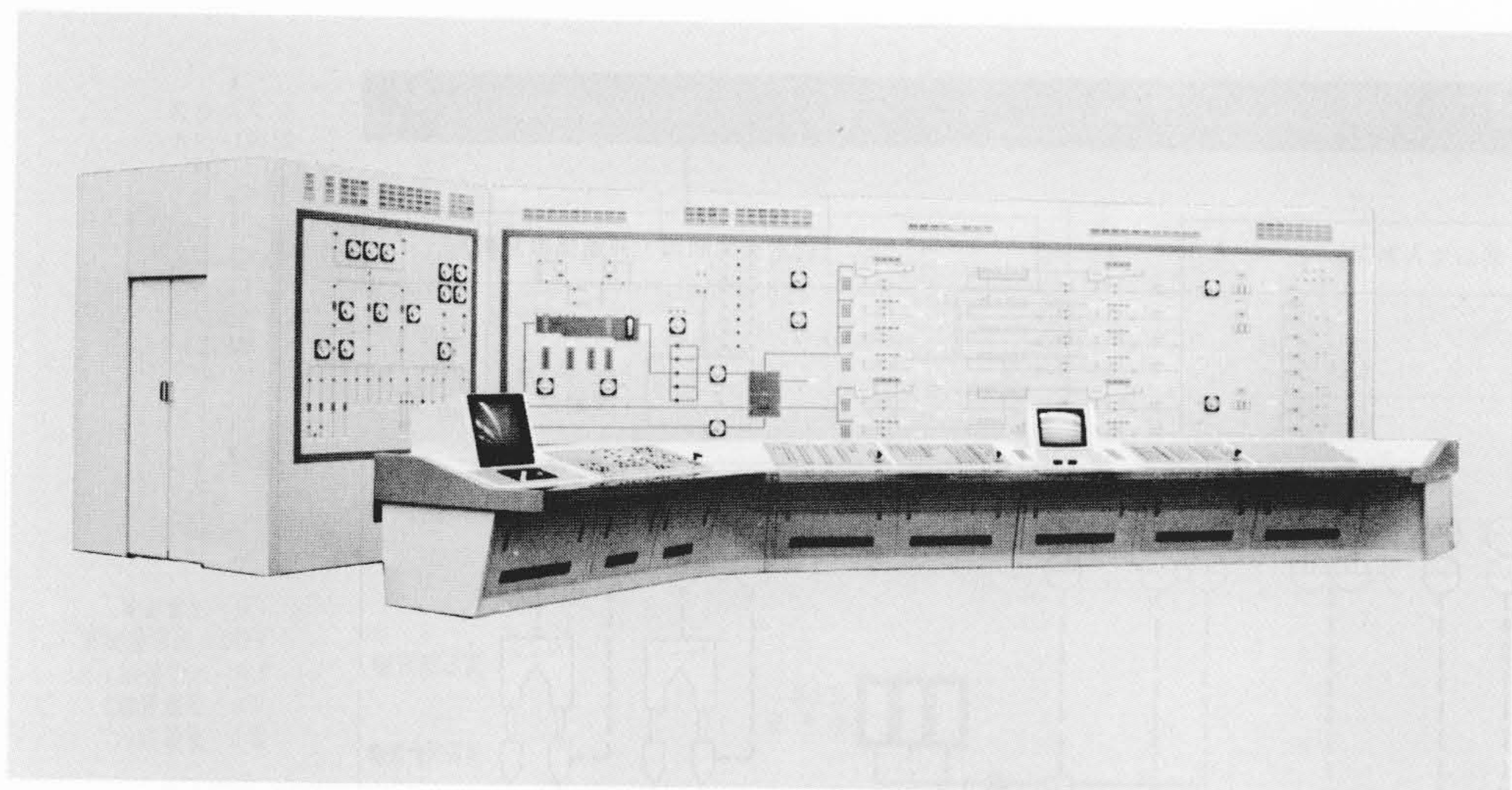


図9 横浜市下水道局緑下水処理場集中監視制御盤 グラフィックにはモザイクを、制御には選択制御を採用し、またCRTによりマンマシン対話を容易にしている。

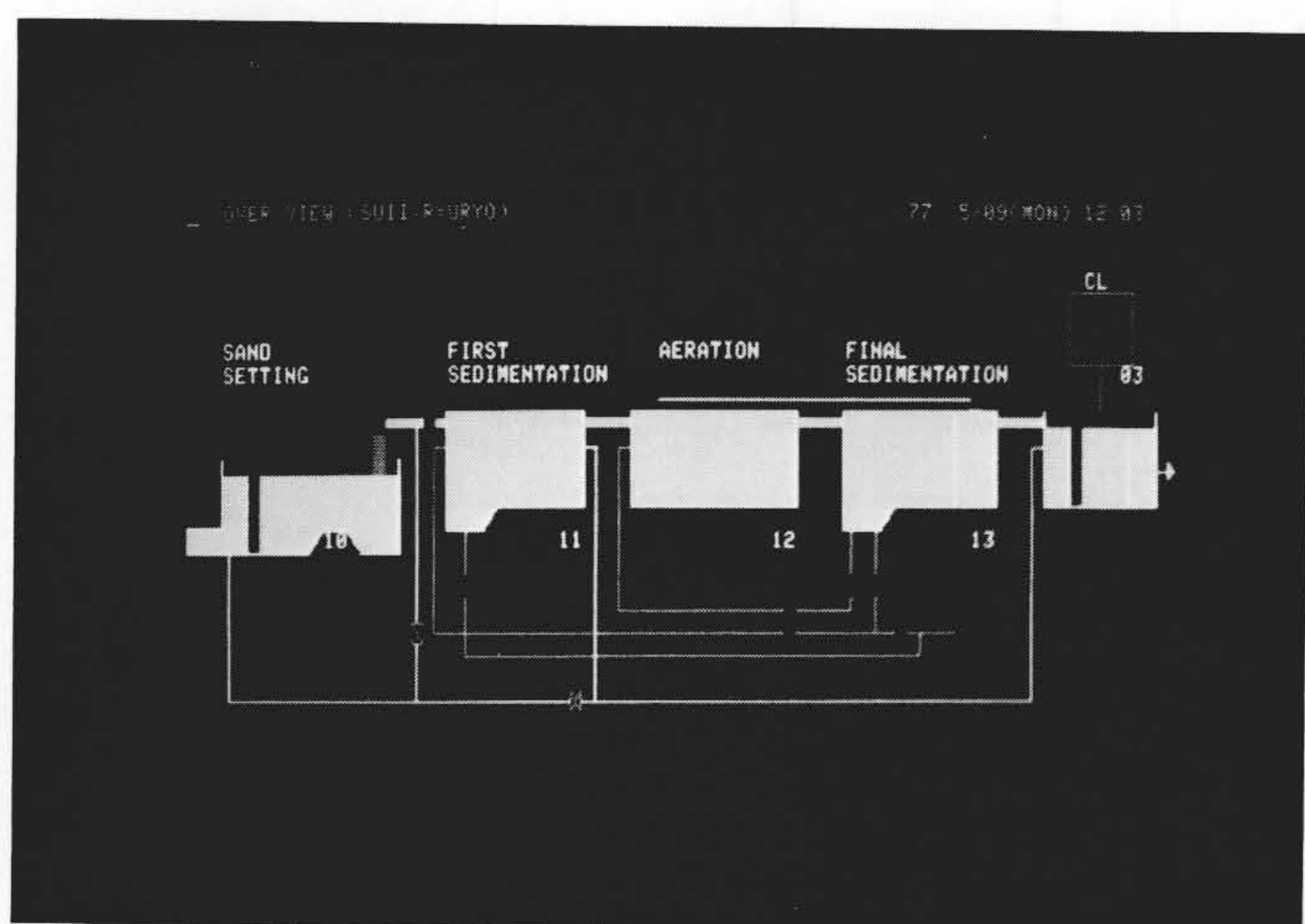


図10 CRT表示(オーバービュー) 本レベルにより、プラントの総括監視が可能である。

またオンライン計測値から各池での滞留時間、返送汚泥率、余剰汚泥率、汚泥日令などの間接変数演算及び放流水の溶解性、非溶解性有機物濃度の予測演算を行ない、その表示が可能であり、またこれらのデータのトレンド表示を行なうことができる。

一方、長時間監視性はグラフィックパネルが優れ、また計算機システムがシングル系の場合、計算機のシステムダウンで全系が表示不能となる。

このようなグラフィックパネルCRTの長所、短所を考慮し、グラフィックパネル及びアナログ計器を計算機システムのバックアップとしてとらえ、盤寸法の縮小化、計器員数の低減を図り監視機能の重点をCRTへ移行する傾向にある。

4.2 CRTの活用

図10、11に下水処理場向けCRT表示例を示す。

図10は、汚水処理プラントの全施設を概括的にグラフィック表示するもので、オーバービュー表示と呼んでいる。この表示は、機器故障、計測値異常、間接変数異常及び予測値異常で該当施設部分がフリッカする。

図11は、ディーテイル表示と呼んでおり、同図では曝気槽回りのプラント詳細とDO値低下をアラームしている。

また図11のディーテイル表示されたアナログ表示点を選択することにより、瞬時値データの最大2時間分のトレンド表

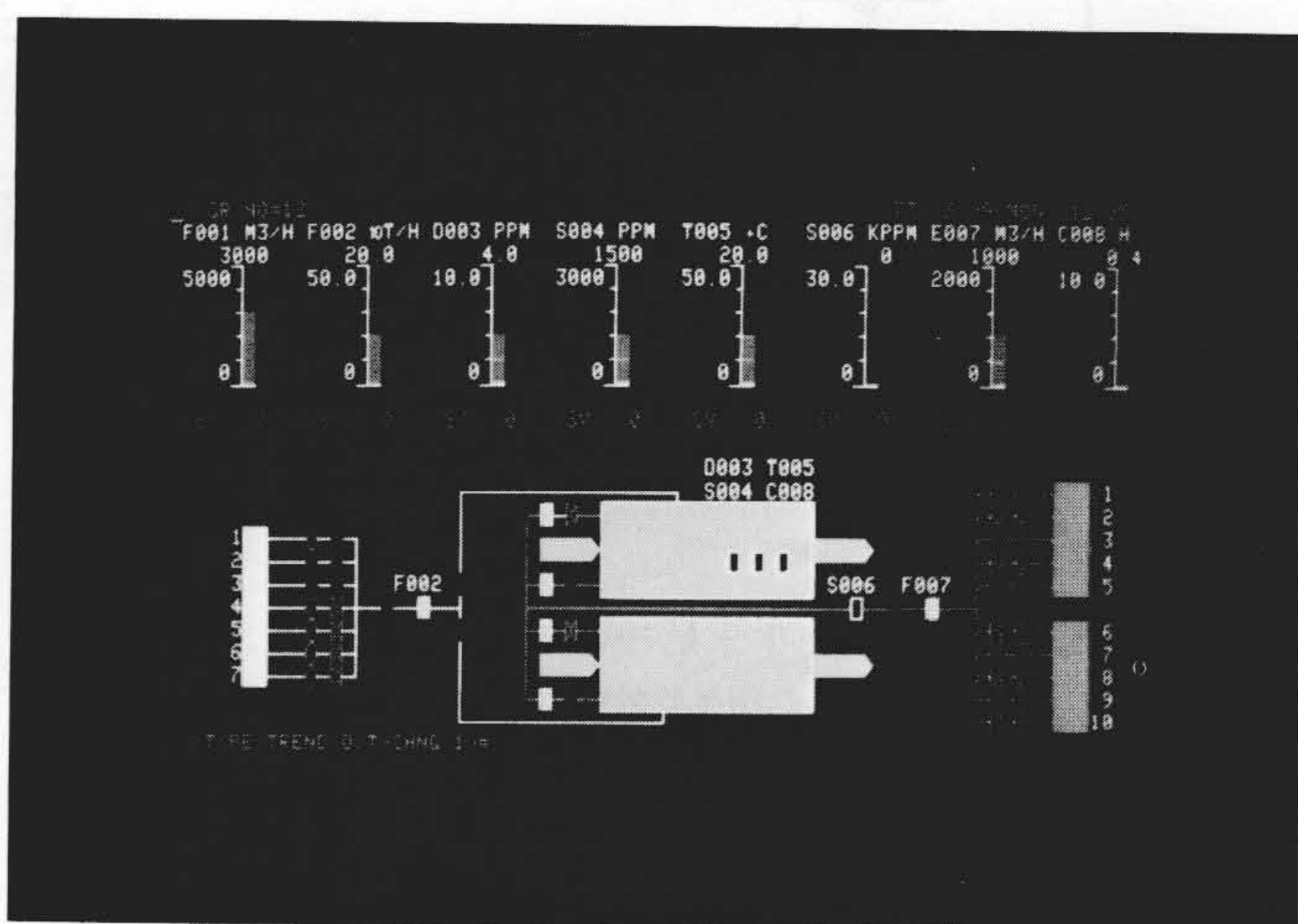


図11 CRT表示(ディーテイル) オーバビュー中の一部の詳細表示を実現している。

示、1時間平均データの最大2日分のトレンド表示、及び1日平均データの最大2箇月分のトレンド表示ができるため、手近かにプラントの運転傾向を見ることができる。

このように、オーバービュー、ディーテイル、トレンド表示及びモニタ表示を用いることにより、人間とプロセスとの対話が適切に行なわれ安全かつ最適な処理場運営が可能となる。

5 結 言

以上、最近の下水処理場制御の考え方と具体例について述べたが、下水道処理システムは、水量から水質の制御へと、また処理場単一の制御から中継ポンプ、下水管渠を含んだシステムトータルの制御へと、ますます高度化する動向にある。今後共これらに対処する各種ソフトウェア、ハードウェアの開発に努力する考えである。

終わりにこれらの制御システムの開発に際し、終始一貫して御指導をいただいた横浜市下水道局、名古屋市下水道局、及び福岡市下水道局その他関係各位に対し深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 加藤, 大音, 柏木ほか1名: 下水道における計算機制御システム, 日立評論, 58, 475 (昭51-6)