

産業におけるエレクトロニクス制御

Industrial Control by New Solid State Devices

産業用エレクトロニクスの各種制御は、省力化・省エネルギー化のニーズとともにますます高度化・自動化が図られている。制御装置も電磁リレー、半導体論理素子、アナログ演算素子を組み合わせた固定制御機器主体の時代から、ICリードオンリーメモリ、ICリードライトメモリなどによるプログラマブルな制御機器の時代に入りつつある。この論文では、これらプログラマブル制御機器の応用例を主体に、各種産業におけるエレクトロニクス制御について述べる。

岩城秀夫* *Hideo Iwaki*
 森俊二* *Shunji Mori*
 宇留賀英夫** *Hideo Uruga*
 熊谷富雄** *Tomio Kumagaya*
 本名孝男*** *Takao Honmei*

1 緒言

産業用制御装置の機能は、従来、電磁リレー、半導体論理素子などで実現しているシーケンス制御、及びアナログ調節計、アナログ演算素子などで実現している演算制御との二者に大別される。PLC (Programable Logic Controller) (“HISEC”, “DSC-5”など)は前者を、マイクロコントローラ (“MINIDIC-30”, “DSC-11”など)は後者の機能を行なうもので、これらの新しい制御機器の特長は、プログラマブルな点とデジタル化による高精度な制御性の良さにある。すなわち従来は、リレーなどの素子間を電線で接続し、必要な機能を得るのに対し、上記“HISEC”, “MINIDIC”などは必要な入・出力を取り込み、必要な機能をICリードオンリーメモリ(以下、IC-ROMと略す)、ピンボードなどにプログラムにして得るものである。従って、制御装置の計画、試験、運転などにおける業務が、ハード主体形からソフト主体形に移行され、この点において大きな利点を得られる。例えば、入・出力点数が分かれば詳細な仕様が決まらなくてもハードが製作できること、改造の場合ハードを変える必要がなく、プログラムだけを変更すればよいことなど、あらゆる面

での所要日数の低減が可能である。また、標準ハードウェアのため、予備品、テスト機材の共通化が可能であるなど、保守上の利点ももっている。更にこれらの機器は電磁接触器などと直接結合が可能であるなど、あるいは入・出力状態のランプ表示によるトラブルシュートが可能であるなど、従来の制御用電子計算機とは異なるコントローラとしての特長ももっている。以下、産業における制御システムのあり方とその具体例について順次記述する。

2 産業における制御システムのあり方

産業における制御システムは多種多様にわたり、その目的も個々の場合で異なるが、共通して必要な条件は安全性(信頼性)、最適性(経済性)、及び的確なマンマシンコミュニケーション(操作性)が挙げられる。これらを満足する制御システムとしては、図1に示す階層構成(ハイアラキー)システムが最も適している。レベル1のプログラマブル制御機器により、シーケンスあるいは比例・積分・微分(PID)などの単能制御を行ない、必要最小限度の情報を中央へ伝送し、データ

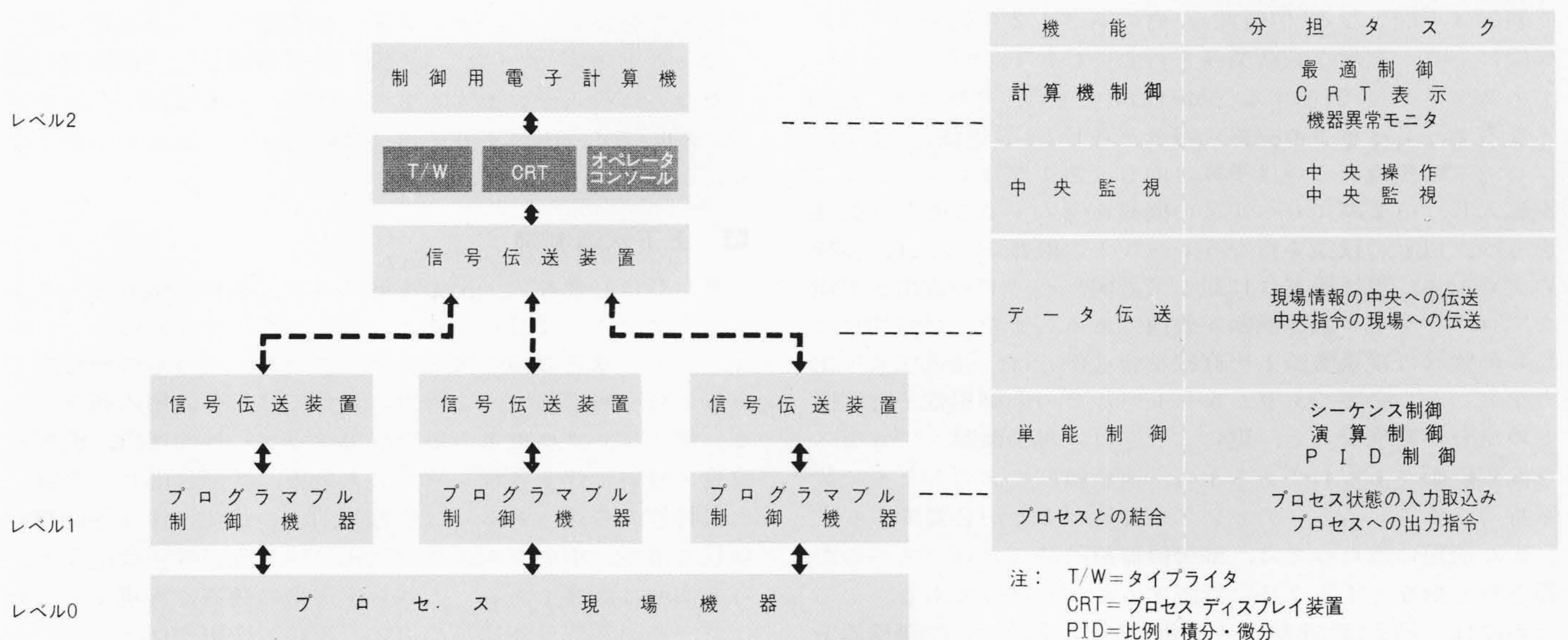


図1 標準制御システムブロック図 ハイアラキー構成により、信頼性・経済性・操作性が確保できる。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所習志野工場 *** 日立製作所那珂工場

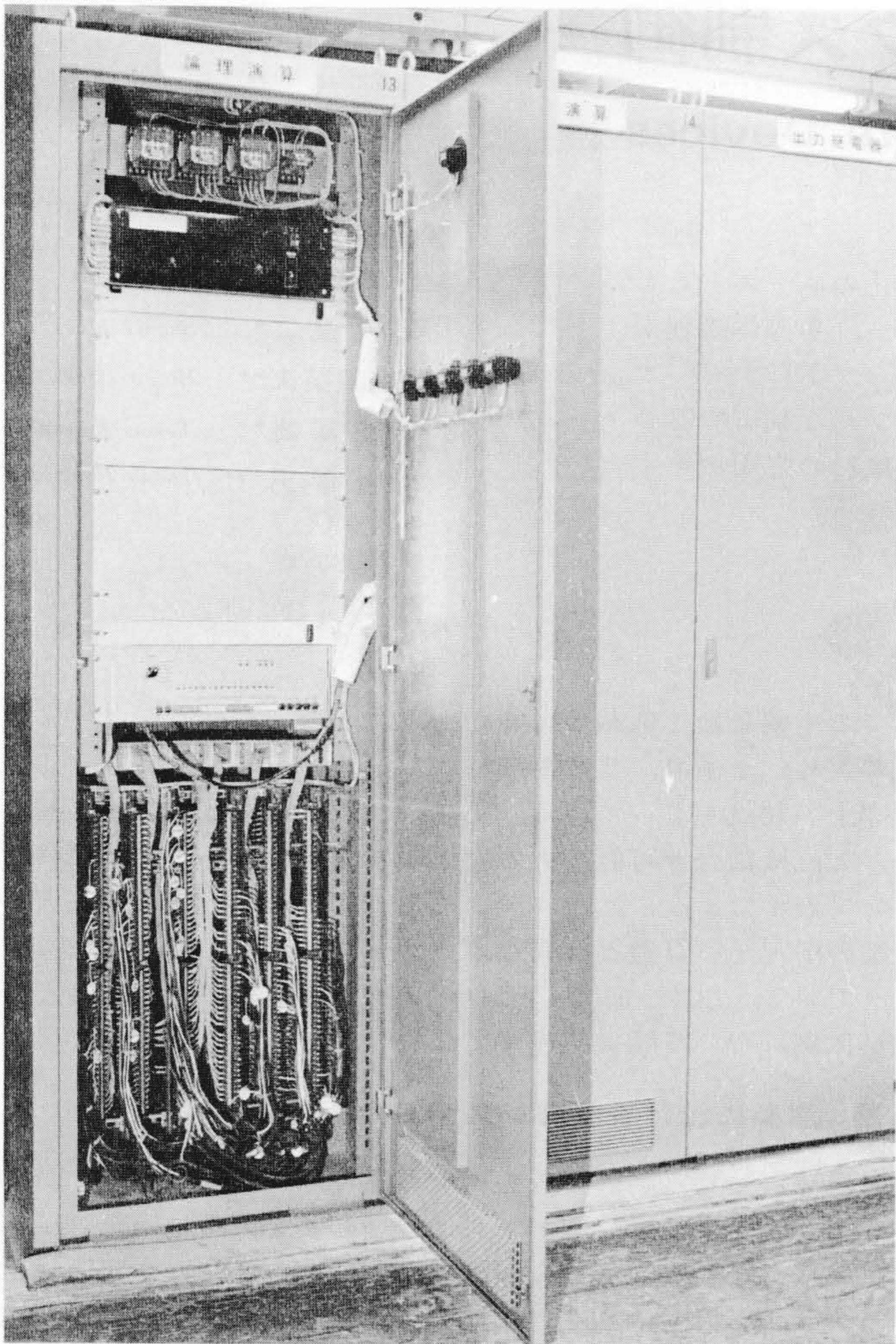


図2 “HISEC”を用いた総括シーケンス制御装置 “HISEC”により高信頼度の総括制御が可能である。

伝送量を最小限にする（経済性）とともに、ダウン時でも単能制御は可能となる（信頼性）。更にレベル2の制御用電子計算機により、高度な判断業務を行ないCRT（プロセスカラーディスプレイ）に表示する（操作性）とともに、プロセスが最適となるようレベル1の機器に指令を与える（最適性）。また、プロセスの規模あるいは予算に応じ、第1期はレベル1までを導入し、第2期にレベル2の機器を導入するなどの拡張性をもつ。以上の役割を行なうレベル1の機器としては、多種のプロセス、現場機器に対しても同一ハードの適用が可能なプログラマブル制御機器が最適である。また、必然的にこれらの機器は現場機器との直接結合（例えば、強電圧入・出力など）が、必要であり、またレベル2の制御用電子計算機との結合が容易なこと、更にこれらは、現場機器、プロセスを直接駆動するものであるから、高信頼度であるとともに故障時のトラブルシューティングが容易なことが必要である。

また適用に当たっては、制御機器故障時のプロセスへの影響を最も少なくするように計画することが必要である。このためには、例えば「連動」、「単独」モードを設け、制御機器故障時も単独運転ができるよう考慮するとともに、故障してもそれを検出し、現場機器は現状を維持する方法（No-down）、あるいは安全側に強制的に封じ込める方法（Fail-Safe）などがある。これらの方法には種々あるが、制御対象の内容により最適なものを選ぶ必要がある。

またトラブルシュートを容易にするため、専用チェッカによるモニタラン、パリティチェック、プログラム渋滞検出などを個々のプロセス制御内容に応じて採用する。

日立製作所の各種プログラマブルコントローラは、すべて以上の特長をもっており、以下、その応用を主体に最近の各種制御システムの具体例について述べる。

3 総括制御

3.1 総括制御へのPLCの応用

総括制御方式を採用する製造設備には、製鉄・セメント・空気輸送・木材チッププラントなどが挙げられるが、一般に数百台のモータ、電磁弁などが使用され、それぞれの運転条件が異なっており、また設備稼働後、あるいは増設に伴う運転方式の変更が迅速且つ容易な制御装置の適用を必要とされるが、“HISEC”、“HSC-500”、DSC-5、及び“FREELOG”を規模に応じ採用することが最適である。代表例として図2に“HISEC”による総括制御装置の外観を示す。

“HISEC”の適用例としてセメントの原料輸送、焼成設備でモータ60台、電磁弁240台を制御する場合、入力512点、出力384点、メモリ3K語となる。この場合、“HISEC”により制御盤が集約化され、外部配線の接続先も集約できるので、ケーブルの多心化が可能となり、据付工事を含めた試運転期間も短縮される。

DSC-5の適用例として図3に空気輸送制御装置ブロック図を、図4にシーケンスの見体例を示す。これらの設備は、生産量、出荷量、製品の配合方法など種々の要因により、図3の点線で示すような増設や、系統変更、撤去がしばしば行なわれる。これらの変更は、生産、出荷の影響を少なくするため、短期間で行なう必要があり、この場合、PLCの適用効果は大きなものがある。図5にリレー使用と、PLC使用の場合との改造工数の比較を示す。

3.2 総括制御へのマイクロコントローラの応用

マイクロコントローラは、総括制御においても応用範囲の広いものであるが、図6に秤量制御への応用を示す。複数の原料（飼料）を各設定された量だけ計量するもので、ロードセルなどで検出されたアナログ量をA/D変換し、目標値の近くになったとき炉（サイロ）への投入速度を落とし、目標値に達したならば投入を停止するものである。各種仕様は一組のデジタルスイッチによりメモリに収納され、変更が容易となる。

4 上下水道制御

PLCは必要な入・出力を取り込み、必要な機能をメモリにプログラムして得られるという可変性に特長がある。しかし、上・下水道設備の特殊性は、プロセスそのものが可変であるという点にあり、この点においてPLC適用の利点がある。例えば、プロセスの処理能力アップに伴う増設、機械の改良・変更に伴う各種シーケンス変更、季節に応じた水質・水量特性の変化、あるいは水質規制法の強化に伴う各種測定項目の追加、中央からの集中監視に伴う既設備の改造など、可変箇所は数多くある。これらを従来の装置に実現するためには、その都度、新器具の追加、配線の変更が伴うこととなり、そのため生ずる停電は公共性の面から大きな問題となりつつある。PLCによれば、プロセスが変われば必要な入・出力を接続し、プログラムを変更するだけでよい。“HISEC”の適用例として汚泥処理制御装置の外観を図7に示す。“HISEC”5台、メモリ容量11K語、入力1,232点、出力640点より成り、

図3 空気輸送フローチャート及び制御装置
 空気輸送系においては種々の要因により、点線で示す増設や系統変更が行なわれる。

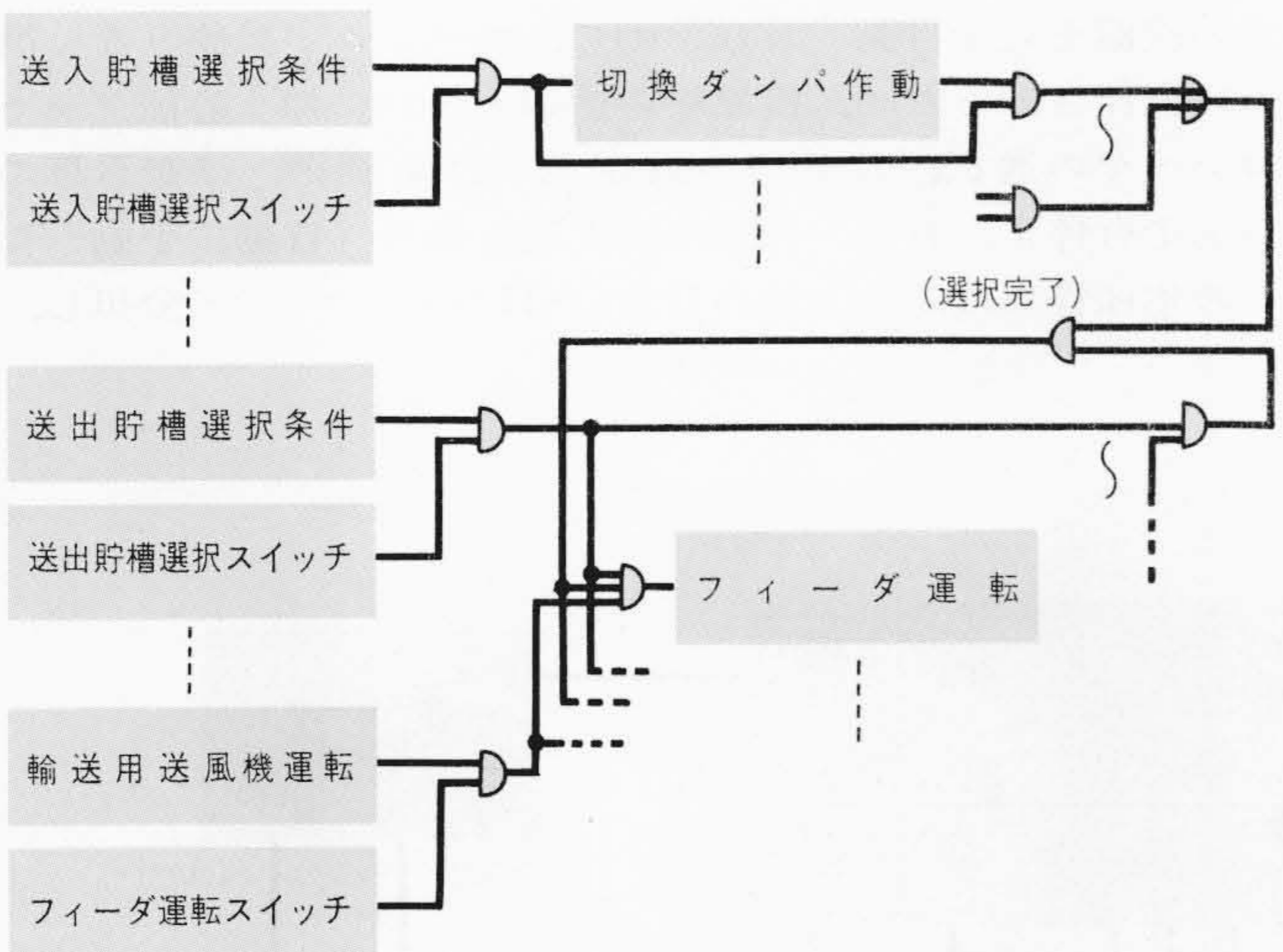
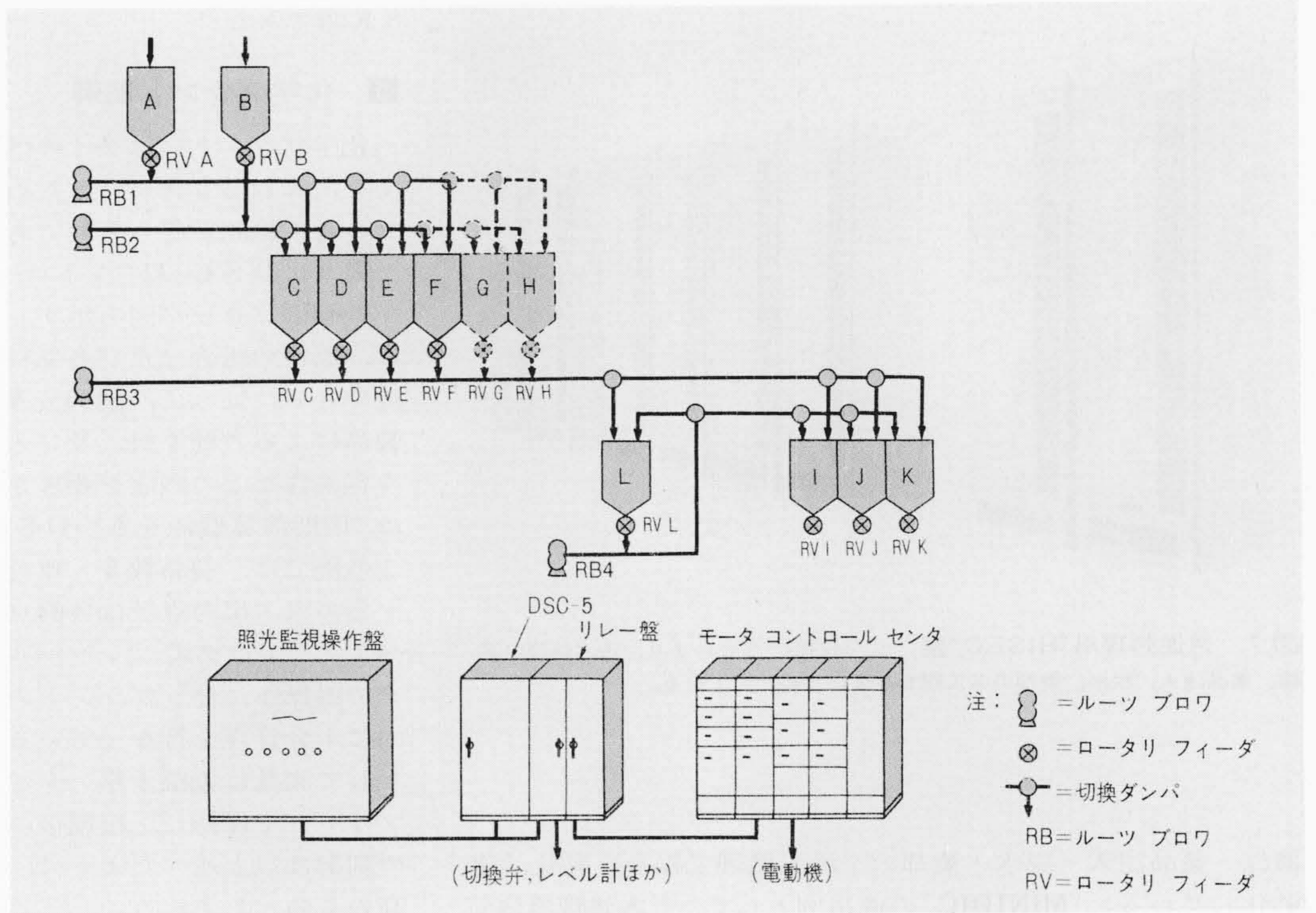


図4 空気輸送シーケンスダイアグラム 空気輸送のシーケンスは、AND OR Timerなどで表わされ、ブール代数によりメモリにプログラムされる。

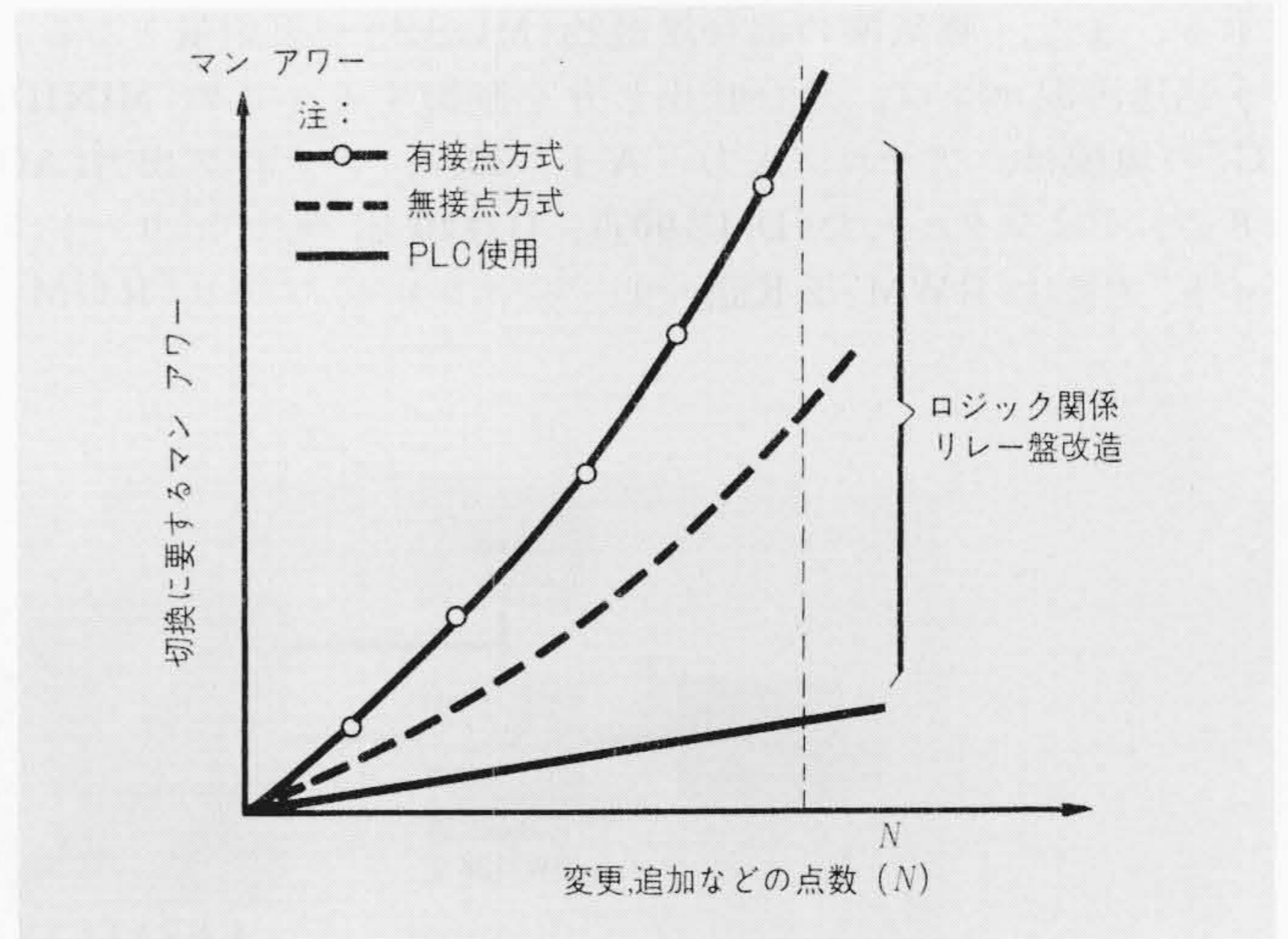
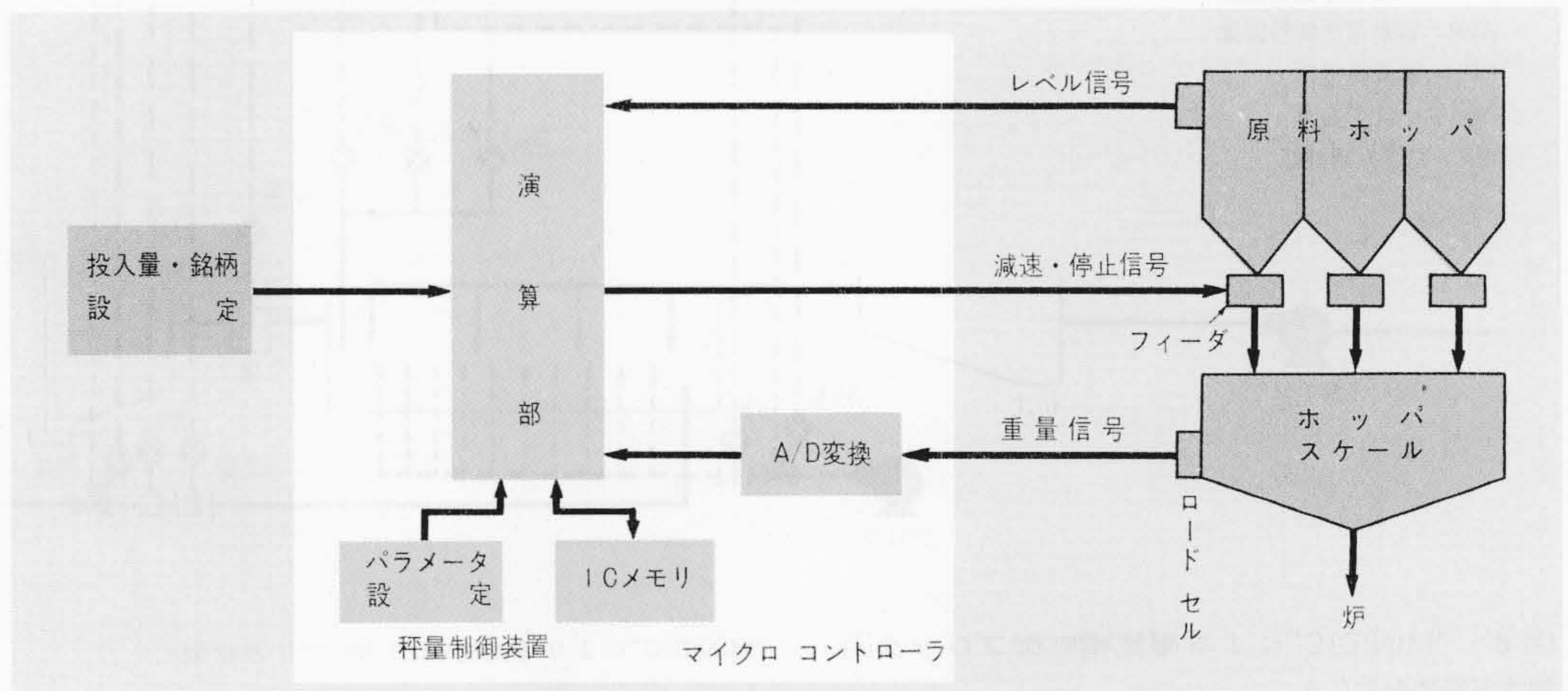


図5 改造、切換に要するマンアワー スタッドプログラム方式の制御装置は、改造、切換えに要するマンアワーが従来形の半分以下となる。

図6 秤量制御系統図
 秤量制御のうち、炉上制御の部分を示す。



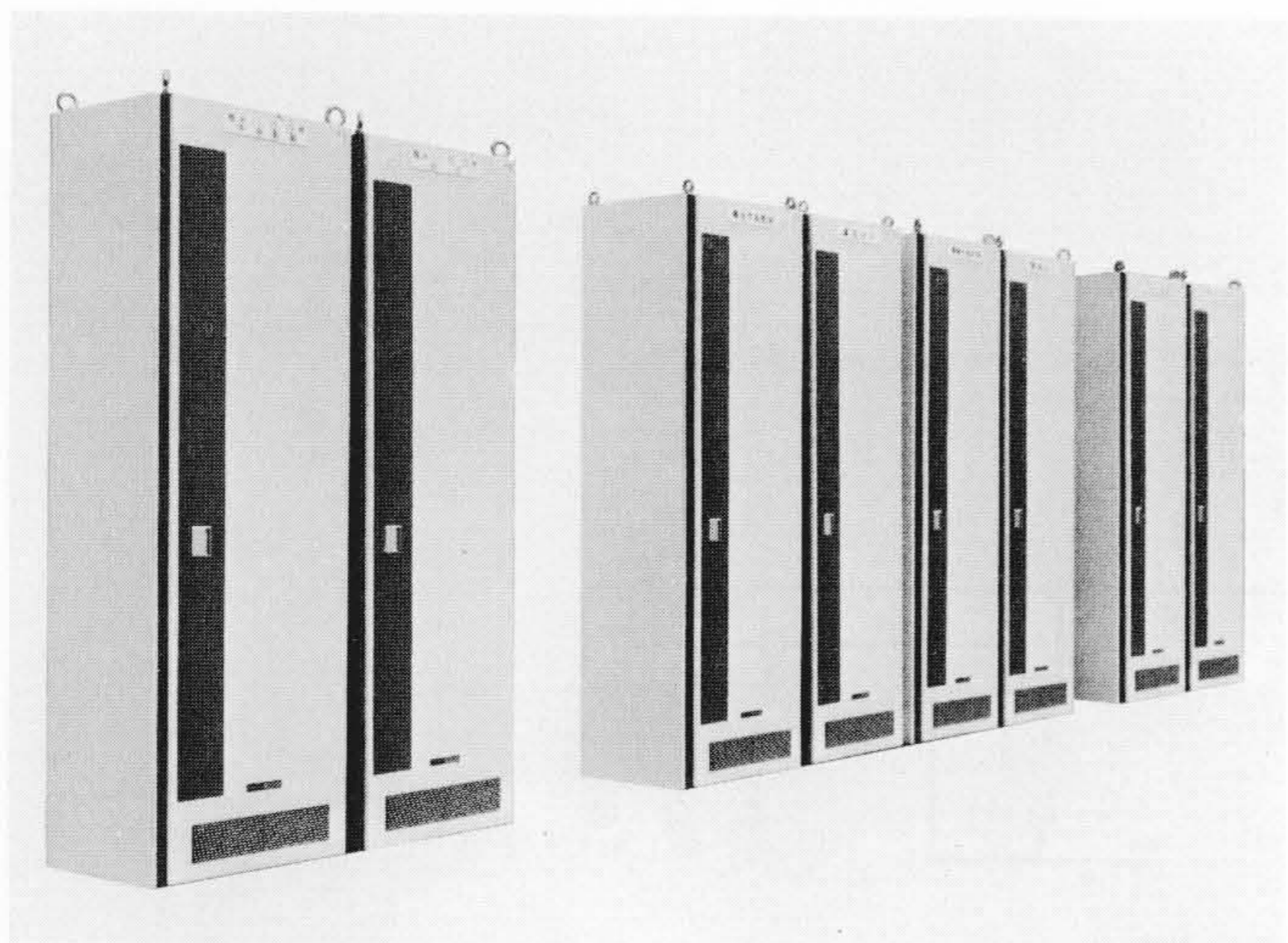


図7 汚泥処理用“HISEC”盤 “HISEC”5台により、汚泥処理の濃縮、薬品注入、脱水、焼却の各工程を高度に自動化している。

濃縮・薬品注入・脱水・焼却の全汚泥処理工程を自動化、連動化している。“MINIDIC”の適用例として、下水処理場曝気槽制御ブロック図を図8に示す。曝気槽の溶存酸素(DO)が一定となるようブロワ台数、及び吸込弁を制御し風量を制御する。また、曝気槽の混合浮遊物(MLSS)が規定量となるよう返送汚泥ポンプ、及び吐出し弁を制御する。この“MINIDIC”の規模は、アナログ入力(AI)30点、アナログ出力(AO)8点、デジタル入力(DI)90点、DO40点、メモリリードライトメモリ(RWM)2K語、リードオンリーメモリ(ROM)

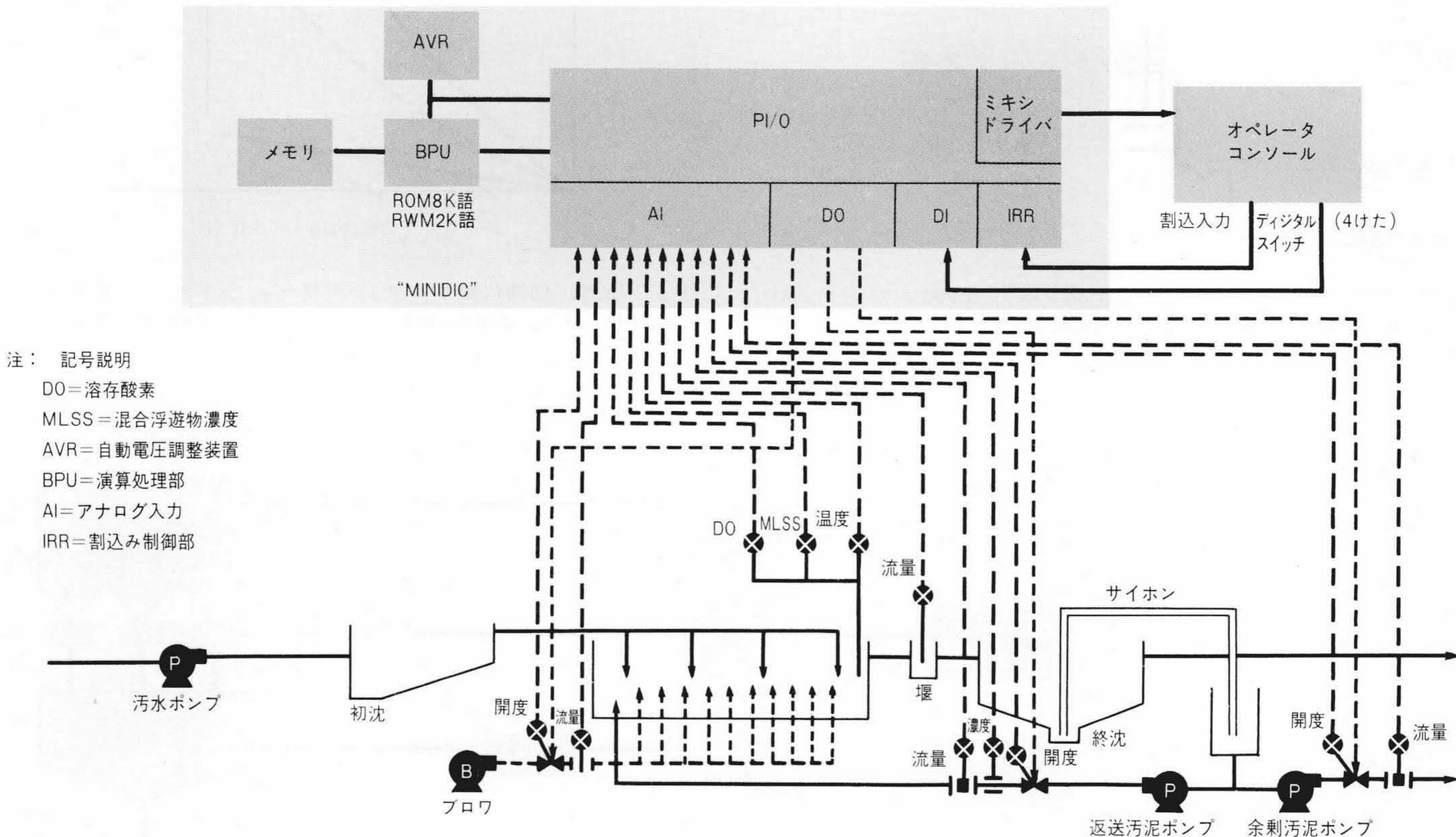
8K語である。

5 化学プラント制御

化学プラントには多くのバッチプロセスが含まれ、また高度な演算制御も含まれるため、PLCやマイクロコントローラの適用範囲が広い分野である。

図9にDSC-11コントローラによる配合バッチャプラントの制御ブロック図を示す。このようなバッチャプラントでは、原料の組合せ及び各原料の混合比の変更で多種製品を製造できる。従って、制御装置も計量・流量の制御、及び判定、製品による各種原料、及び入・出力の選択、各種設定値変更の容易性などの機能を要求される。この種の制御機器としては、四則演算機能をもつDSC-11コントローラが最適である。この例では、製品数5・原料数20で、コントローラとプラントとの入・出力点数は各64点あり、その他入・出力点数はすべてオペレータズコンソール部との関連に使用し、オペレータの誤操作に伴うプラントの異常が起らないよう、ソフト的に十分管理を行なっている。また、停電時のバックアップとして流量は電磁カウンタで、シーケンスの工程表示はキープリレーで保持し、復電後の再始動に備えている。システムの制御は以上述べたように、その信頼度、拡張性、操作性を高いものとしている。

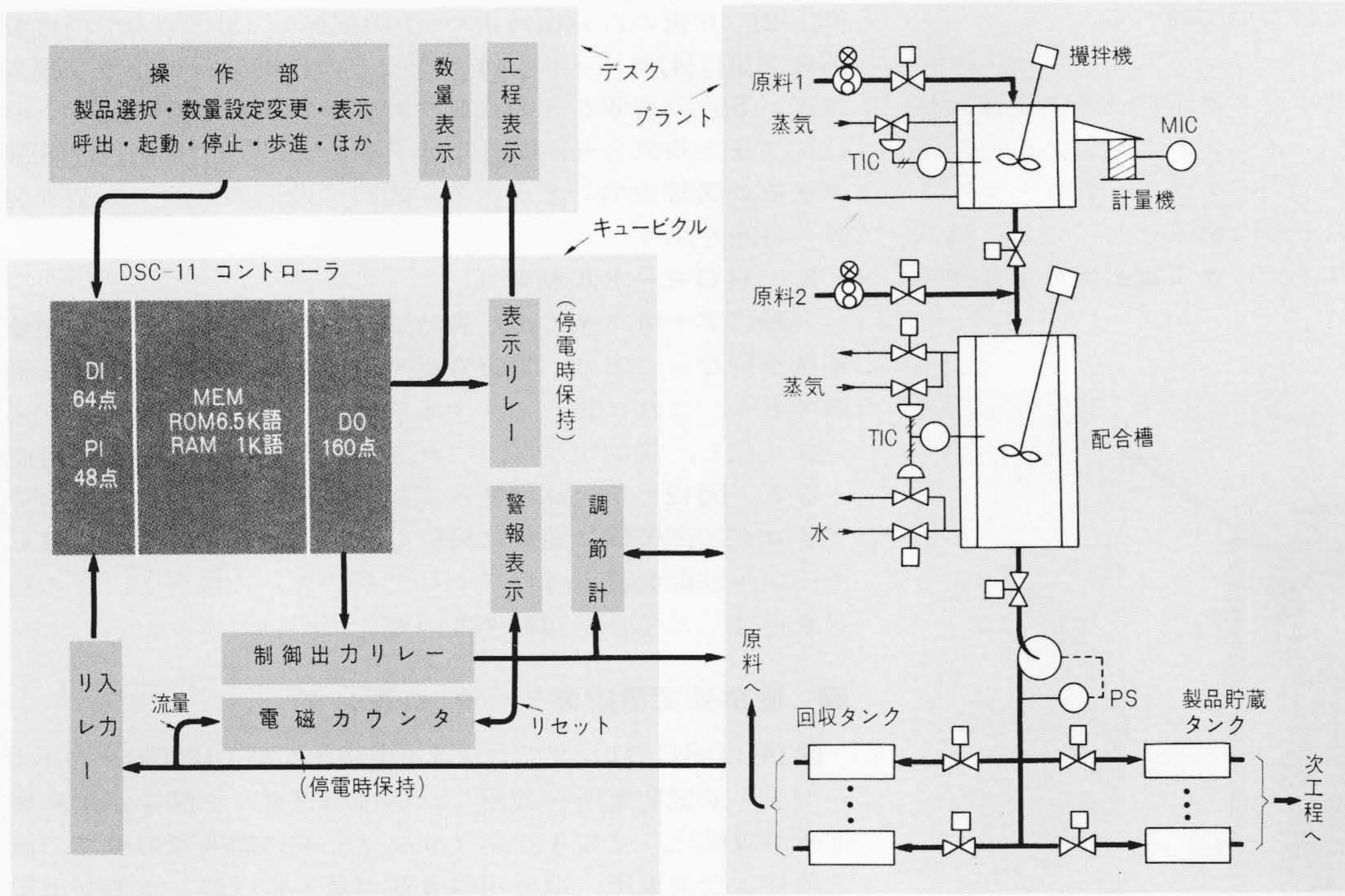
図10に原料配合をDSC-11コントローラと、DSC-5とのハイアラキシステムにより制御するブロック図を示す。多くの機器を完全自動、及び手動で、オペレータに誤りなく簡単に操作させるため、粗原料の選択とそれに伴う各種ゲートコンベヤの選択、計量機の設定及び計量制御、移動台車の自動走行停止、日報・月報作成、運転指令(自動、手動)などの生産管理機能は上位のDSC-11コントローラで分担し、



注：記号説明

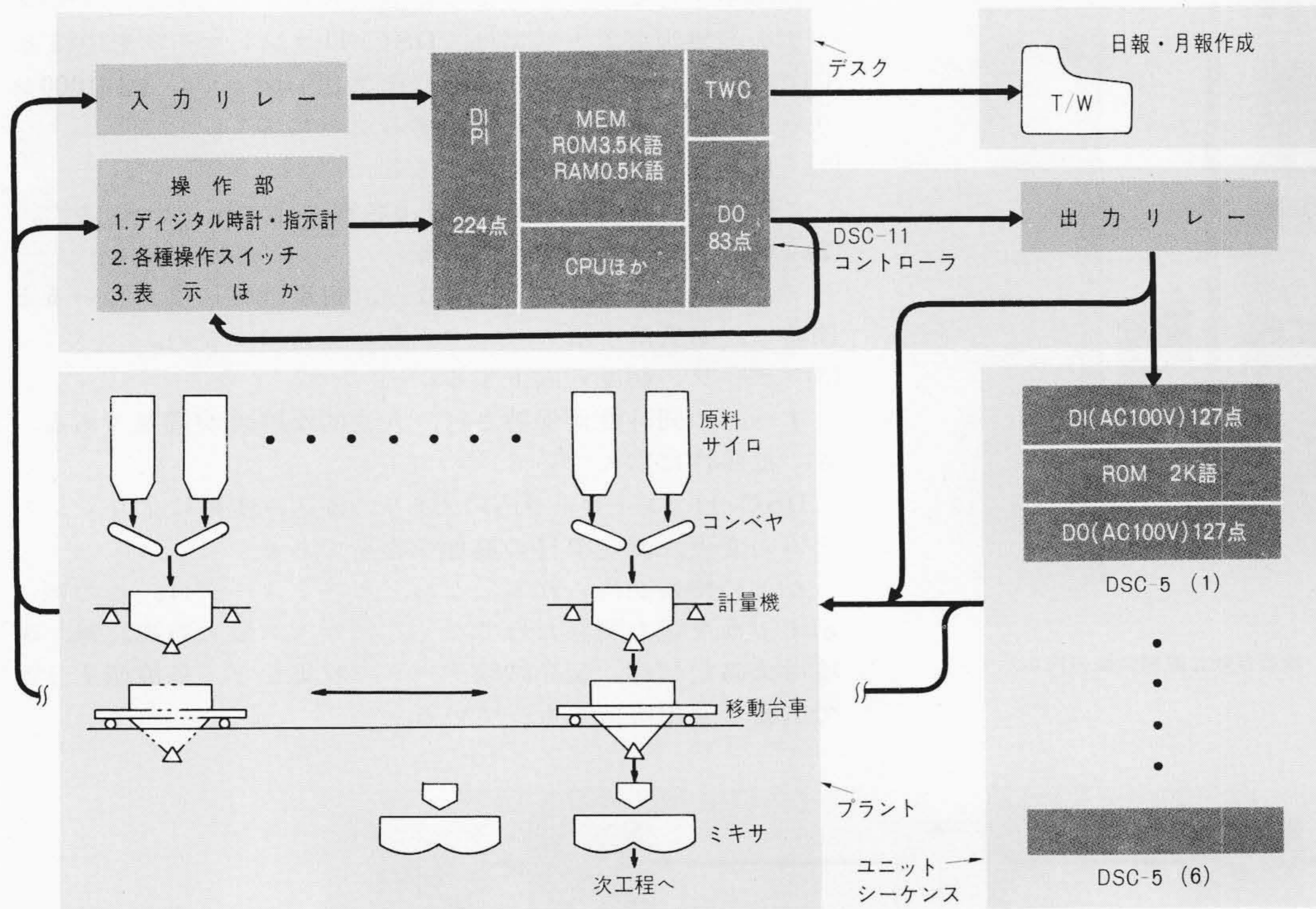
- DO=溶存酸素
- MLSS=混合浮遊物濃度
- AVR=自動電圧調整装置
- BPU=演算処理部
- AI=アナログ入力
- IRR=割込み制御部

図8 “MINIDIC”による曝気槽制御ブロック図 “MINIDIC”により曝気槽のDO, MLSS, 及び余剰汚泥制御を行なう。



注： ROM=リードオンリーメモリ
RAM=ランダムアクセスメモリ
DI=ディジタル入力
PI=パルス入力
MEM=メモリ
MIC=重量指示制御
TIC=温度指示制御
PS=プレッシャスイッチ

図9 配合バッチャ プラント制御ブロック図 DSC-11コントローラをシーケンス制御へ適用した場合の具体例を示す。



注： T/W=タイプライタ
TWC=タイプライタ制御部

図10 原料配合制御ブロック図 DSC-11コントローラとDSC-5とをハイアラークシステムに組み合わせて、シーケンス制御を行なった具体例のブロック図を示す。

原料サイロのゲート制御，コンベヤ制御，移動台車のインターロック，ミキサの始動・停止，排出ゲートの制御など機器単位のユニットシーケンスは下位のシーケンサで分担している。このようなハイアラークシステムにすることにより信頼性を高めることができる。

6 電動機制御

電動機制御は，従来アナログ制御素子を主体として行なっているが，これをマイクロコントローラ化することにより高精度化が期待できる。以下，電動機制御の代表例としてクレ

ーン制御とHCモートル制御とについて述べる。

6.1 クレーン制御

クレーン制御においては、サイリスタ応用技術と集積回路(IC)利用技術の向上により、メンテナンスフリーを目的としてアナログ演算の高速性とマイクロコントローラの高精度・高制御性の利点を組み合わせた構成としている。具体的な適用例としては、(1)サイリスタによる電動機の可変速制

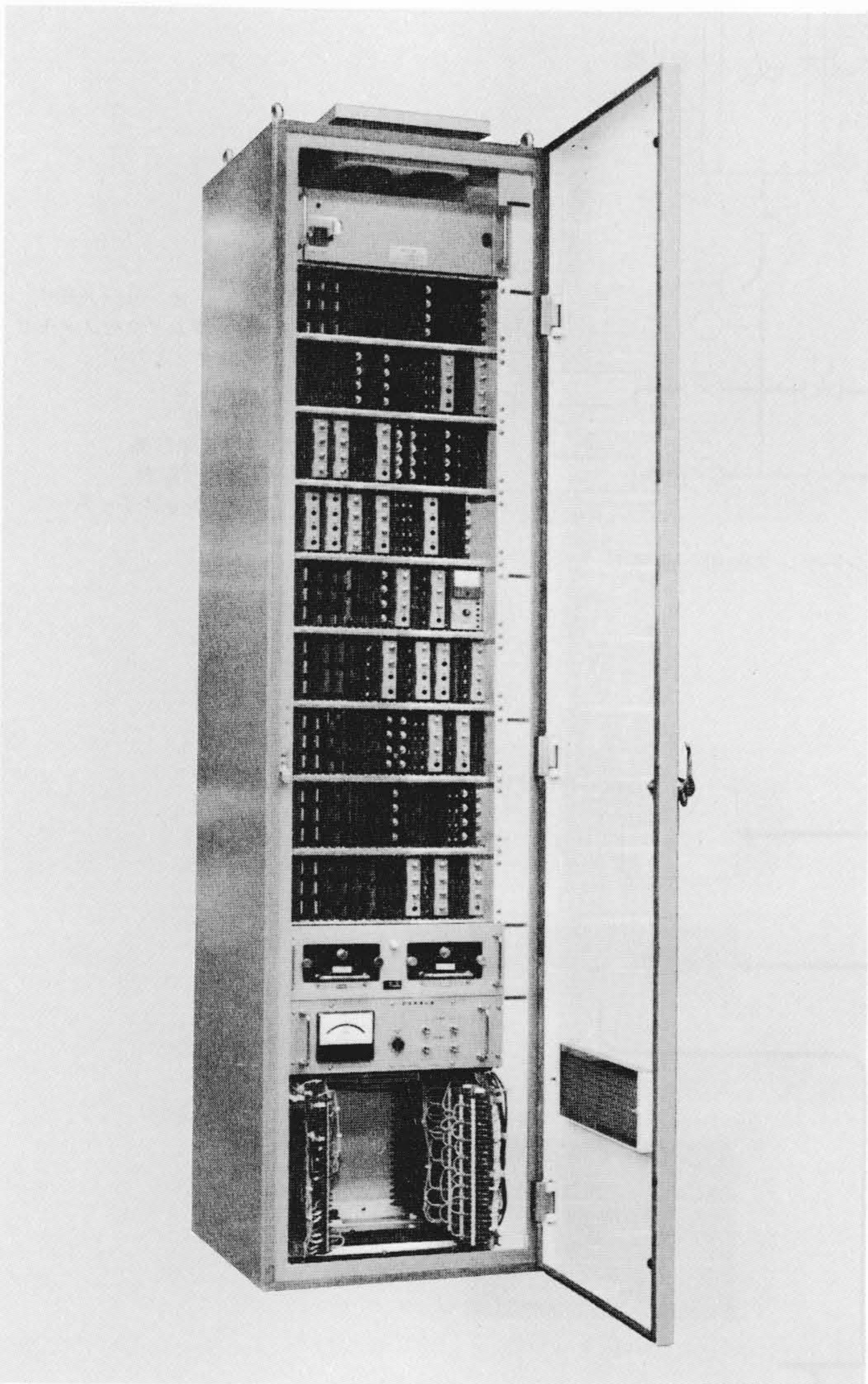


図11 最近のクレーン制御盤 横行自動位置制御盤の例を示す。

御、(2)つり荷の自動振れ止め(予測制御)、(3)バケットの自動開度調整、(4)ガントリクレーンなどの自動斜行補正及び揃速制御、(5)自動倉庫などの自動プログラム運転、(6)コンテナの位置認識と位置合せ、(7)地上~クレーン間の信号伝送、(8)制御装置の異常検出などがある。図11に最近のクレーン制御装置の外観を示す。

6.2 HCモートル制御

一般にアナログ系では、長時間にわたり速度などの一定値制御を行なうことは、電源変動や温度ドリフトなどにより困難である。これに対して、マイクロコントローラを用いデジタル化し、制御すれば、これを解決し高精度の制御が可能となる。図12に示す高精度速度制御装置はこの目的のもので、アナログ制御装置に並列に接続して使用される。図13にHCモートル制御装置単体(アナログ系のみ)の場合と、この装置を付加した場合の回転速度の変化について示す。

7 産業受変電設備データロギング

図14はDSC-11コントローラを中核としたJ1000形オートコーダを、受電変電所へ適用した場合のブロック図を示す。変電所の規模は、受電1バンク9フィーダの需要家の例で、測定項目は受電電流、取引用積算電力量、変圧器二次側交流電圧、電力、力率、フィーダ側積算電力量、及び時刻の合計17点である。記録内容は図13に示すように瞬時値、1時間ごとの積算値、6時間小計、24時間(1日)合計、負荷率(最大・最小平均)などについて定められたフォーマットで、自動的に演算印字を行なう。このように計測点数が100点以下の規模のデータ処理装置としては、DSC-11コントローラを中核としてハード、ソフトとともに標準化を図っているJ1000シリーズのオートコーダを適用することにより、

(1) 自動化・省力化が容易である。

この例では常時監視員を約1.5名省力化することができた。

(2) 経済的でコンパクトである。

ミニコンピュータなどと異なり、耐環境性に優れていると同時に、必要最小限のハード点数も非常に少ない。

(3) データの精度が向上する。

データの同時性が保持され、人為的な誤差が皆無である。

(4) 拡張性に富んでいる。

DSC-11コントローラ内のメモリの書込み変更により、システムの変更、測定項目の追加が容易である。

などの特長が得られる。なお、オートコーダは、この例に示すような電力関係だけでなく、プロセス量の監視記録、環境汚染測定記録、製品試験データの収集など、各種産業分野で広範な適用実績をもっている。

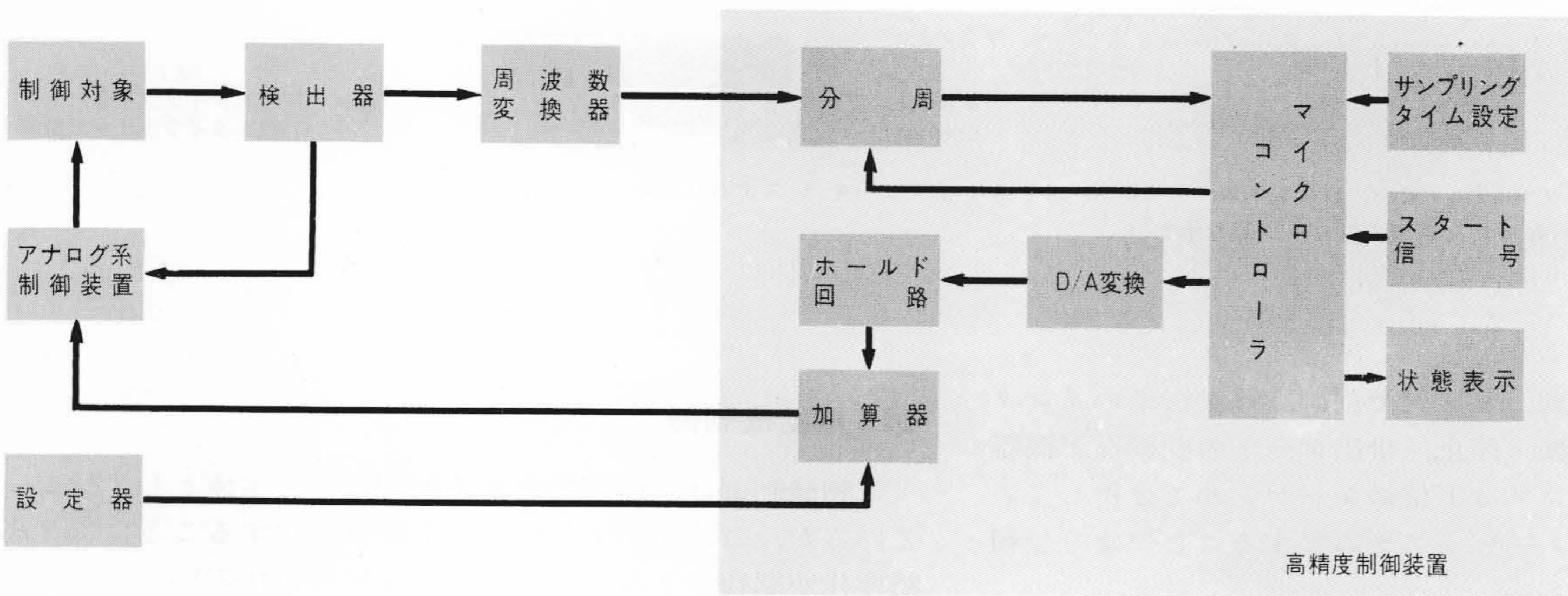
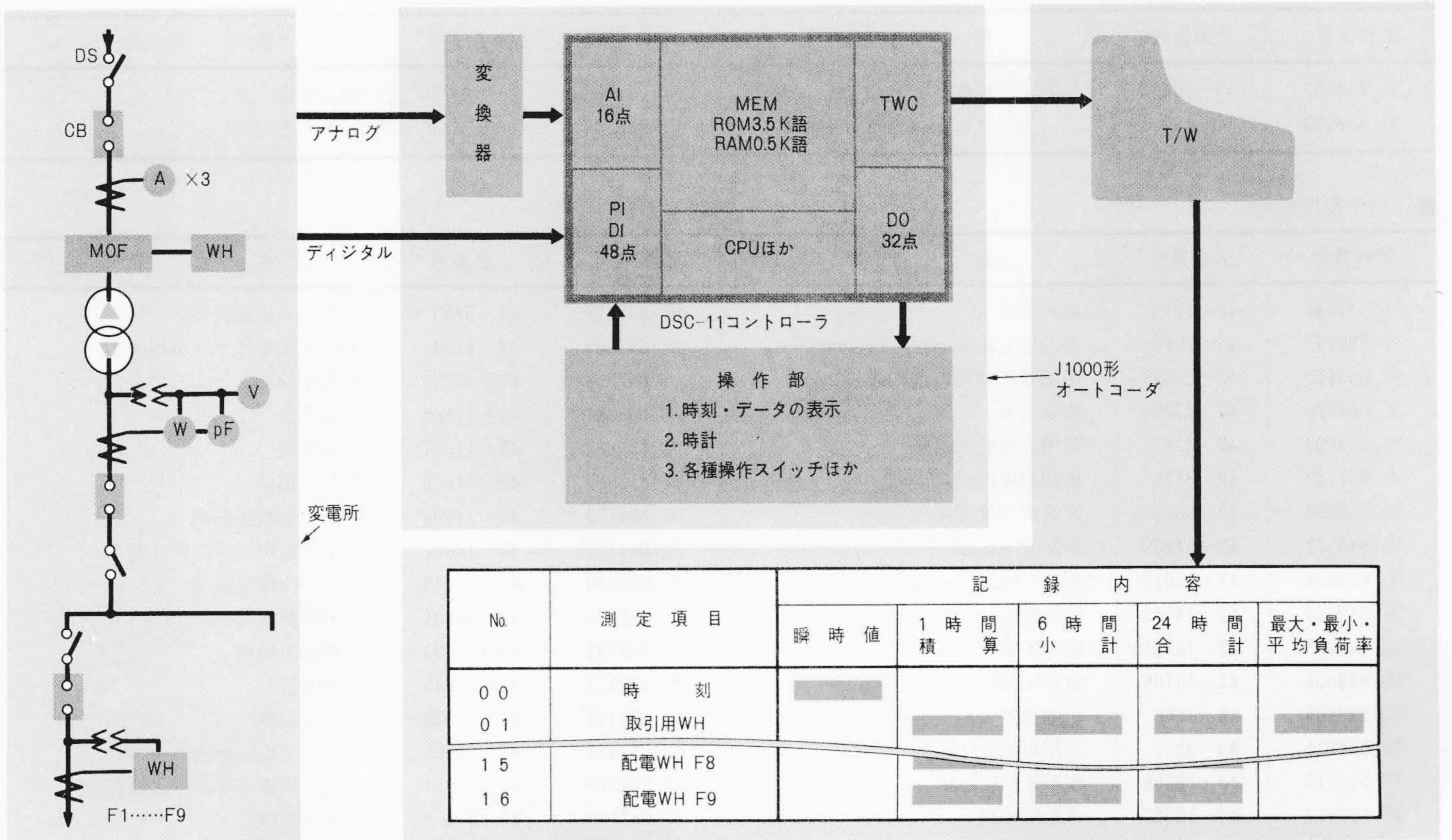
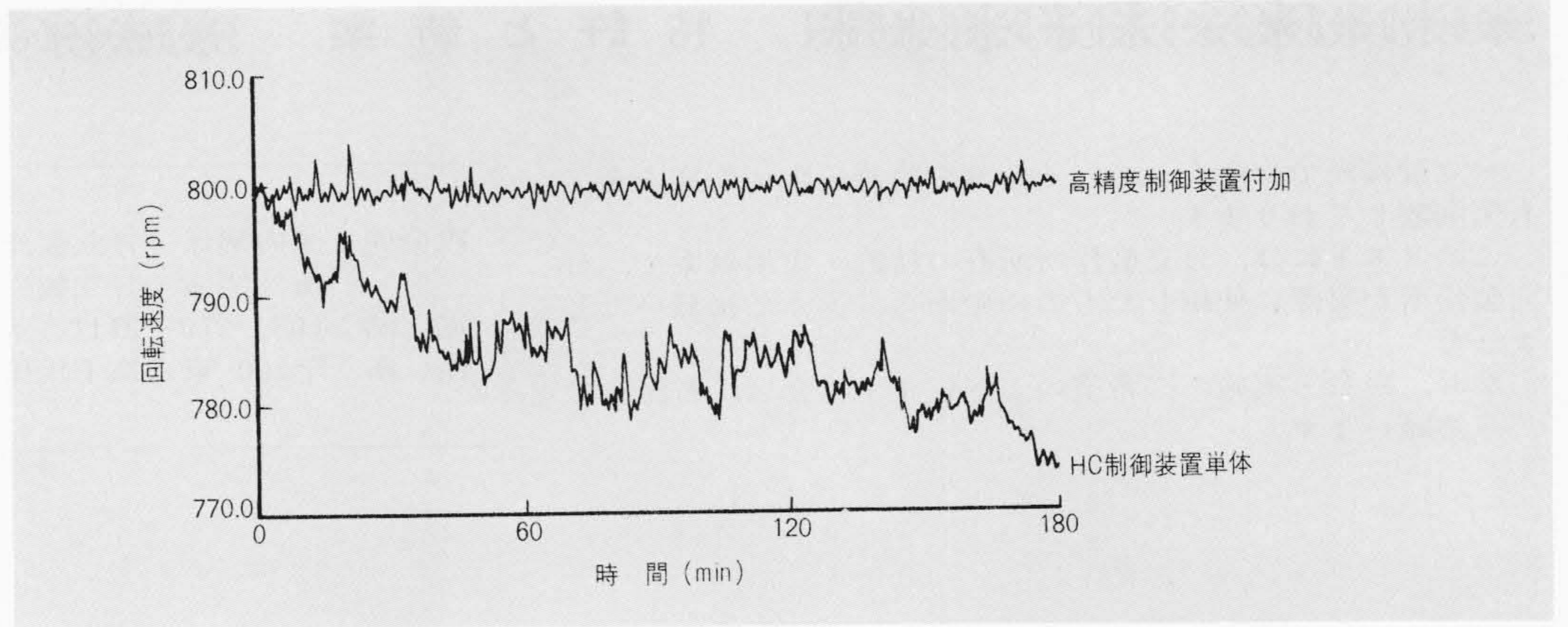


図12 高精度速度制御装置の構成図
従来のアナログ系制御装置にマイクロコントローラを主体とした、高精度制御装置を付加する。

図13 HCモートル制御の速度制御
使用モータは2.2kW, 負荷は定格負荷である。高精度制御装置の付加により, ドリフトが補正され高い速度, 一定制御結果が得られる。



注: DS=断路器 CB=しゃ断器 W=電力計 pF=力率計 WH=電力量計

図14 変電所データログブロック図 J1000オートコーダの自家用変電所へ適用した場合のブロック図を示す。

8 結 言

以上, 各種プログラマブル制御機器を主体に最近の産業における制御システムの具体例について述べた。これらの各システムに共通していることは, プログラマブルであるという利点によって従来のハードにまつわる労力から解放されているという特色をもっていることである。今後, 省力化・省エネルギー化のニーズとともにあらゆる産業界で制御の自動化・高度化の必要性が生ずるものと思われるが, 筆者らは以上述べた各種制御機器が有効な道具となるよう適用技術の向上, 及び新しい制御システムの開発に尽力したいと考えている。

終わりに, 各種制御システムの開発に当たり御指導をいただいた関係各位に対し, 深く謝意を表わす次第である。

参考文献

- (1) M. D. Mesarovic "Theory of Hierarchical Multilevel Systems" Academic Press (1970)
- (2) 地田ほか「下水道における計測および新制御システム」日立評論 57, 119 (昭50-2)
- (3) 鈴木修蔵「自家用受電設備用電力自動記録装置へのマイクロコンピュータの導入」OHM ('74/2) オーム社
- (4) 新井 健, 柏迫一民, 長谷川徳男「オートコーダとその応用」日立評論 55, 459 (昭48-5)
- (5) 野里一七「生産管理システムへの適用と構成」計装 (17-3) 工業技術社