

製鉄所における総合計算機制御システム

Total Computer Control System in Iron & Steel Plants

最近の製鉄所の計算機制御システムは、製鉄プラントのトータルシステム化への動きが顕著である。また、これに加えて製鉄所のトータルエネルギー管理が重要な課題となってきた。

これらの動きは、大形制御用計算機の技術革新、データフリーウェイに代表される高速情報伝送技術の発達に負うところが多い。特にマイクロコンピュータの出現により、広域の製鉄プロセスへの分散形システムを適用することが可能となった。

従来、製鉄所のエネルギー管理は、補助的な機能のシステムが主であったが、省エネルギーを目標とする生産スケジュールの考えが採用されるに伴い、動的エネルギー管理システムをも含む総合計算機制御システムの導入が計画されつつある。

富樫伸行* *Togashi Nobuyuki*

臼井敏雄* *Usui Toshio*

諸岡泰雄** *Morooka Yasuo*

増田崇雄*** *Masuda Takao*

1 緒言

製鉄プロセスへの制御用計算機の導入は、産業界の中でも最も古い歴史をもつものであり、計算機制御システムの構成は計算機のハードウェア、ソフトウェア両面の進歩に左右されるところが大きい。しかし、これからの動向としては、プロセス制御と生産管理レベルの分離、あるいは生産管理用情報処理の集中化とプロセス制御を含む端末処理の分散化にあると言える。これらの動向は、計算機の技術革新によりいっそう加速されるであろう。特に、近年の大規模集積回路(LSI)などの進歩に見られるように制御用計算機の発展は著しく、主メモリサイズが1メガバイトにまで達するに至り、制御用計算機本来の特色である高信頼性、高速応性を生かして、生産管理用計算機としてその地位を築きつつある。

生産管理用情報の集中化に最も貢献している手段の一つとしては、データフリーウェイ(以下、DFWと略す)ネットワークがある。広大な製鉄プロセスには最適であり、プロセス制御レベルと生産管理レベルのシステムの分離を容易に行なわせるものである。また、プロセス制御の分散化にも容易に対応でき、システムの拡張性、保守性にも優れている。ネットワークシステムの実現には、マイクロコンピュータの出現が大きく寄与している。

マイクロコンピュータの出現は、プロセス制御システムの根幹をゆるがすものであり、あらゆるプロセスに適用され、その利用技術としては従来のワイヤードロジックのシステムに取って替わるほどにも発展した。

計算機制御システムの目的は、従来プロセスの制御、生産管理¹⁾が主であったが、近年製鉄所のエネルギー管理が重要な課題となりつつある。これは、石油ショック以来のエネルギー費の高騰と低経済成長下での鉄鋼生産に対応したものである。均熱炉あるいは加熱炉の省エネルギーシステムは、一つのプロセスに着目したものであるが、製鉄所全体プロセスでのエネルギー使用を最小、あるいは変動を最小にするようなエネルギー管理システムが計画されつつある。このシステムは、今まで述べてきた生産管理システム、プロセス制御システムをそれぞれ有機的に接続し、全プロセスのエネルギー収支を管理するものである。これは、従来の生産計画とは異なった次元での総合的な生産管理システムの第一歩であると言える。

2 プロセス制御への適用例

2.1 制御システムの動向

鉄鋼プロセスでの制御用計算機の適用は、従来の自動化に代表されるプロセスオートメーションの分野だけでなく、最近では生産管理、工程管理などのビジネスオートメーションの分野にまで拡大し、トータルシステムを構成しつつある。

プロセス制御の分野でもマイクロコンピュータの出現により、セットアップ制御、Direct Digital Control(以下、DDCと略す)のほか、直接電動力制御のできるコンパクトなプロセス入出力装置、シーケンス制御、操作デスクと計算機間のデータ伝送などにもマイクロコンピュータの適用が行なわれ、従来のハードワイヤードのシステムからソフトワイヤードなシステムに変わりつつある。これらのソフトワイヤードなシステムは、もちろん単独で設置されることもあるが、マイクロコンピュータ群やその上位の計算機群とのネットワークシステムを構成することが多く、各計算機間は高速情報伝送装置で結合されている。特に、DDCの範囲では機能の細分化、分散化が行なわれ、処理性の向上及びシステムダウンの範囲の縮小化のため、複数のマイクロコンピュータシステムに展開されつつある。

日立製作所でも、制御用計算機HIDIC 80、HIDIC 08及びHIDIC 08Sを採用したプロセス制御システムを、特に鉄鋼業の分野で数多く製作し納入しており、連続鑄造プロセス、圧延プロセス(分塊、熱間、冷間、形鋼、ビレット、鋼管など)、各種炉関係(高炉、焼結炉、転炉、均熱炉、加熱炉など)の制御に積極的に導入している。

2.2 機能分散形プロセス制御システム

鉄鋼プロセスでの計算機制御システムは、従来、1台の計算機で一つの工程のすべての制御を行なう集中制御方式が採用され、かなりの効果をもたらしたが、応答性の低下、ソフトウェア設計の困難さ、保守・拡張性の困難さ、信頼性の低下などの問題点があった。そのため、機能の分散を図り、マルチコンピュータ化による分散形計算機システムが実現した。このマルチコンピュータ化システムでは、ファイルの共用、リソースの共用及び高速記憶装置の共用が可能で、更に、高速情報伝送装置により散在する端末、プロセス入出力装置の共用ができ、

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所日立研究所 *** 日立製作所機電事業本部

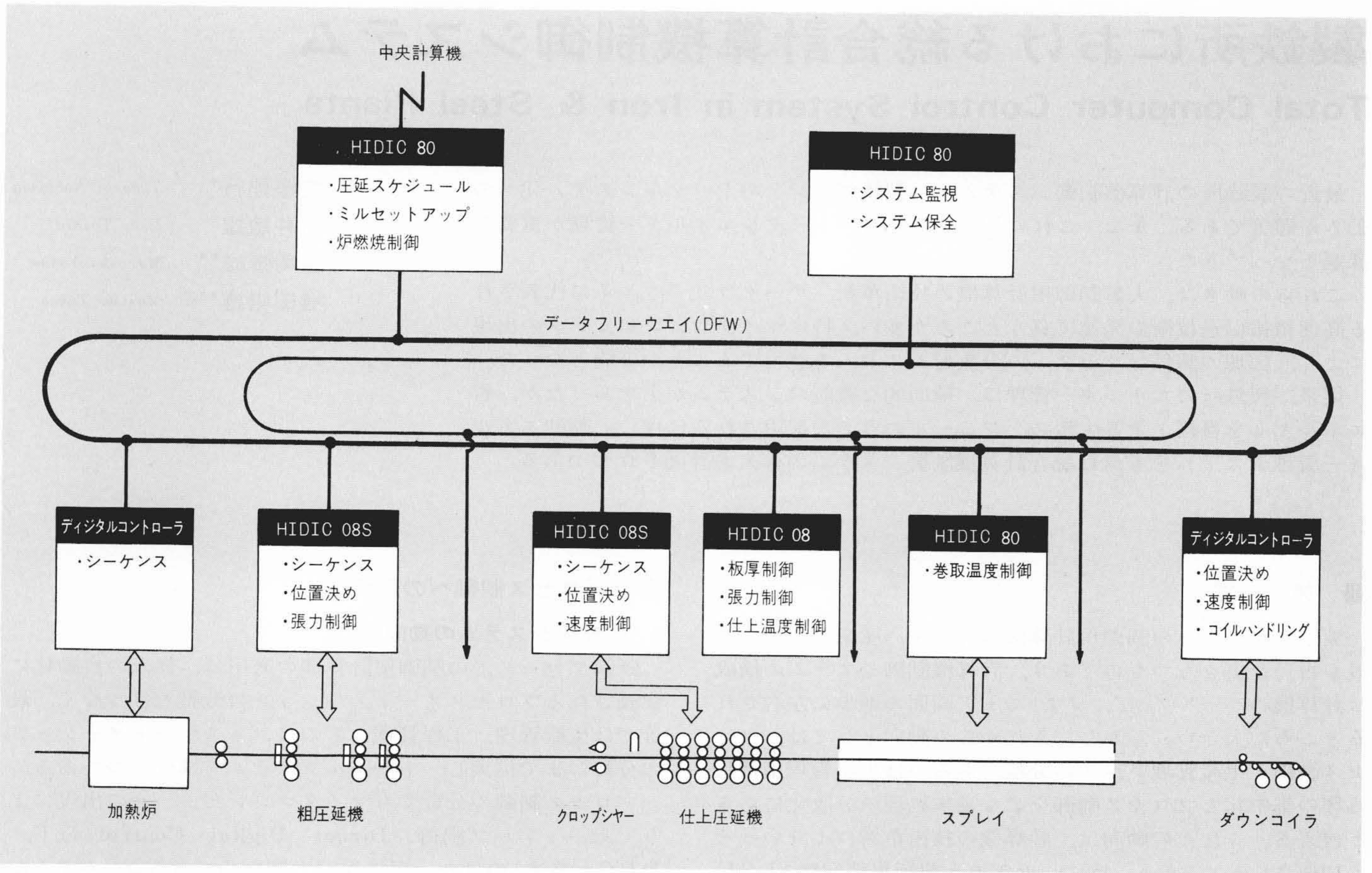
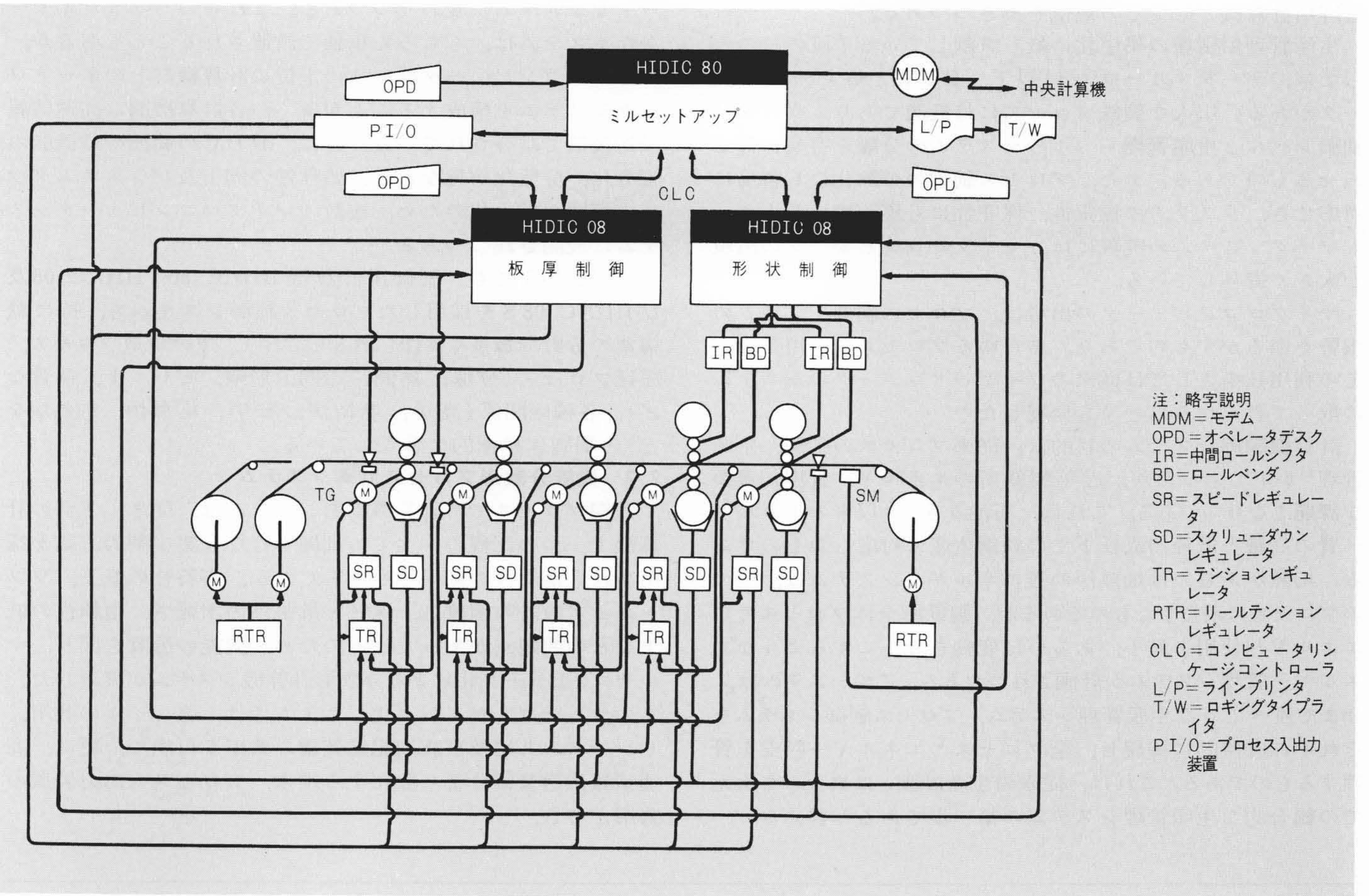


図1 分散形プロセス制御システムの一例 熱間圧延プロセスでのマルチコンピュータによる制御システムを示す。



注：略字説明
MDM=モデム
OPD=オペレータデスク
IR=中間ロールシフト
BD=ロールベンド
SR=スピードレギュレータ
SD=スクリーダウンレギュレータ
TR=テンションレギュレータ
RTR=リールテンションレギュレータ
CLC=コンピュータリンケージコントローラ
L/P=ラインプリンタ
T/W=ロギングタイプライタ
PI/O=プロセス入出力装置

図2 冷間圧延機計算制御システムの一例 機能分散形プロセス制御システムにおける構成例を示す。

- (1) システムの応答性が著しく向上すること。
- (2) システムダウンを局部的に抑え、重要度に応じて処理を他の計算機に振り替えられるため、システム全体としての信頼性が向上すること。
- (3) ファイル、リソースなどの共用により経済的なシステムが構成できること。

などの利点がある。図1に、熱間圧延工程に導入された代表的な分散形プロセス制御システムの一例を示す。このシステムでは、各サブ工程のDDC及びシーケンス制御計算機とセットアップ計算機、設備監視用計算機とDFWで結合されマルチコンピュータシステムを構成しており、仕上圧延機では、2台のマイクロコンピュータを圧延機の操作と圧延材に対する制御とに機能を分担させている。図2は冷間圧延機での一例を示すもので、2台のDDC計算機とセットアップ計算機とをComputer Linkage Controller (CLC)で結合し、その他の周辺装置はSerial signal Transmission Unit (STU)、BUSラインで結合している。プロセスデータは、メモリインタフェースを介して入出力される。

図3はマイクロコンピュータによるマルチシステムで、3台の計算機により10タンデム形鋼圧延機群の張力制御システムの一例である。高速処理性を確保するため、2台の計算機でデータ入力及び制御データの演算を行ない、他の1台で各圧延機群の速度制御量を決定している。

3 生産管理トータルシステムの適用例

3.1 製鋼、分塊トータルシステム

最近、対象範囲の拡大や制御精度の向上のため、取り扱う情報量がますます増えており、情報処理の重要性が強まっている。一方、プロセス制御の分野ではマイクロコンピュータのインパクトが大きく、制御は分散の方向に向かっている。すなわち、文字どおり「情報は集中、制御は分散」となりつつ

ある。ハードウェア的にもDFWの活用によって、要求に合ったシステム構成が作成できるようになった。DFWはその高速性と単純性なるがゆえに、応答性とシステムの柔軟性を失わずに情報と制御の分離を可能とする。

製鋼、分塊プロセスでのトータルシステムの適用例を図4に示す。中央計算機(ビジコン)との接続は、特別に速い応答性が要求されるわけでもないので依然として通信回線方式が使われている。ただし、伝送速度は増える一方の情報量に合わせ高速化しており、最近では48,000ボーに達することも珍しくない。

図4に示したシステムの特徴は次に述べるとおりである。

- (1) 応答性向上と中央計算機の負荷軽減のため、製鋼から分塊への情報伝達は通常中央計算機を経由せずに行なう。製鋼、分塊及びバックアップはマルチシステムを形成しており、情報の一致化、相手系からの保護、ダウン時の相手先変更など、技術的にも高度なものが要求される。
- (2) 情報処理システムとしてディスクファイルをもち、ファイルアクセス法、M/Tジャーナル、ファイルリカバーの機能も具備している。
- (3) 的確な機能分担と n 語の可変長データ伝送方式の採用により、DFWのループ占有率は3%以下で、システムの応答性には全く影響を与えていない。
- (4) プロセス制御レベルは、従来から制御用計算機が導入されているが、このシステムでは更に各工程間にあって、従来オフラインであった造塊、手入ライン、発送ヤードなどにも端末やマイクロコンピュータを導入し、一貫したオンライン化を実現した。
- (5) プロセス制御レベルも作業指示、実績収集、各種ロジック、セットポイントコントロールを制御用計算機で行ない、DDC、設備制御、プロセス信号処理などは下位のマイクロコンピュータやシーケンサで行なっている。

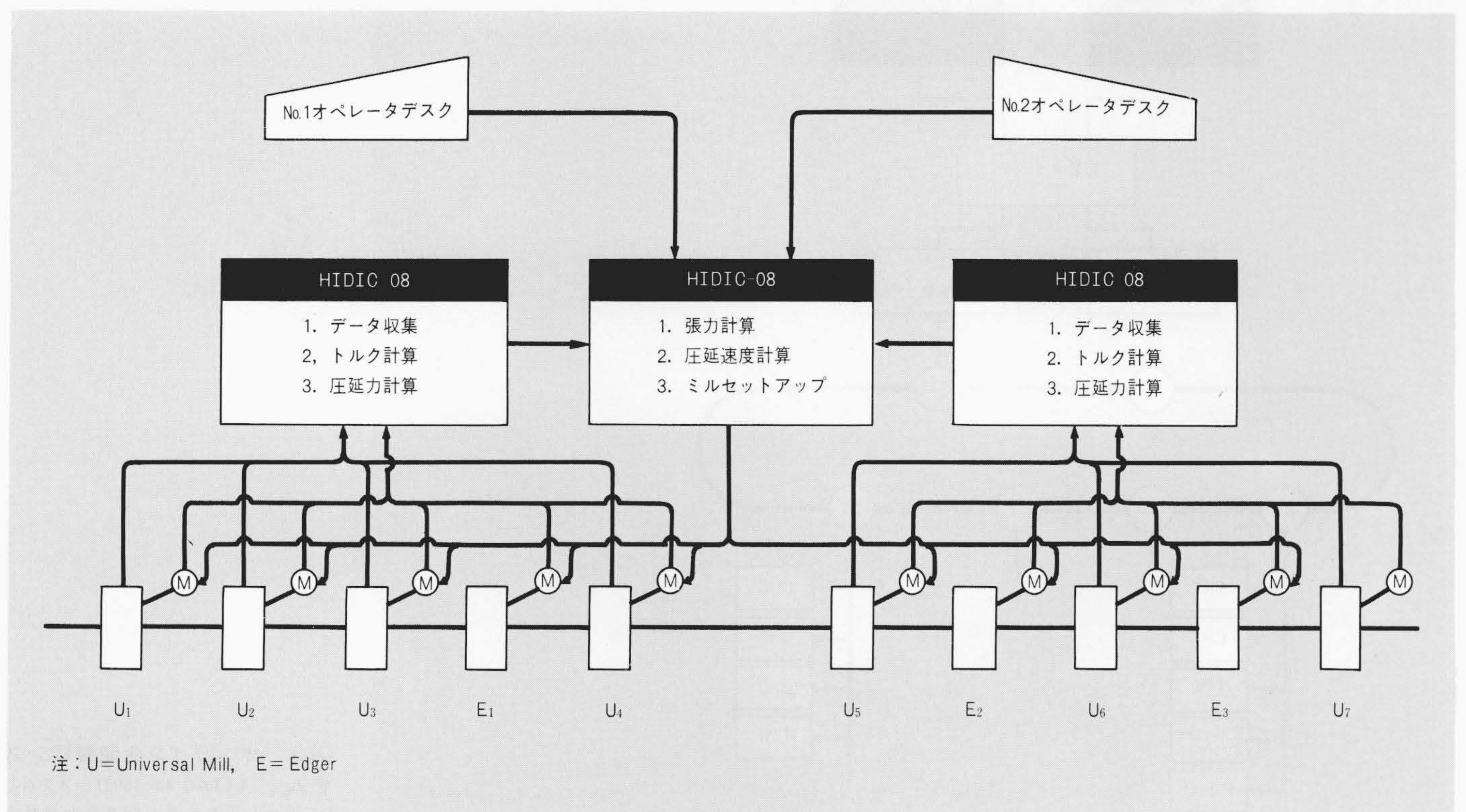


図3 マイクロコンピュータシステムの一例 形鋼圧延における張力制御システムの一例を示す。

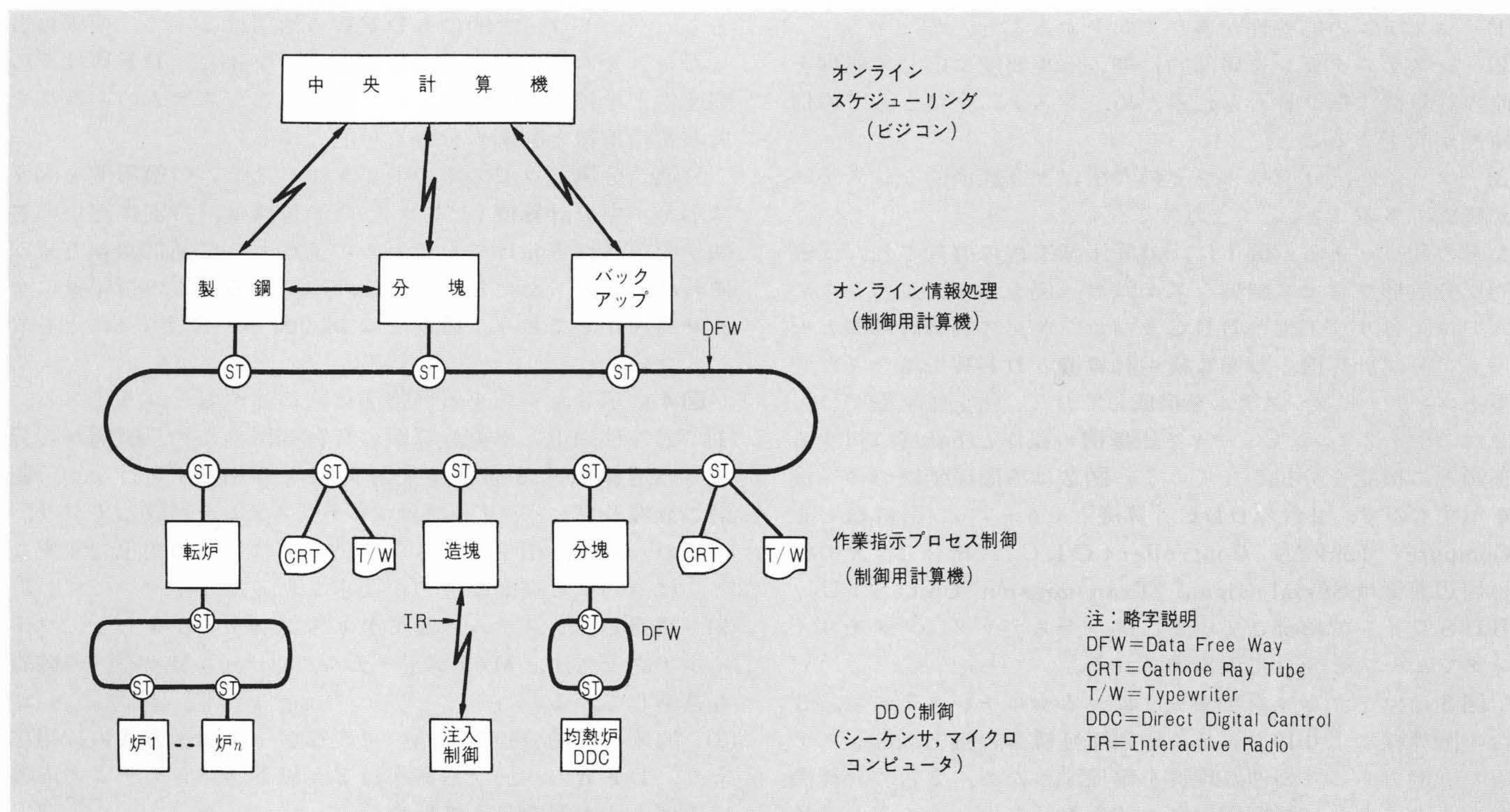


図4 製鋼，分塊トータルシステム適用例 通信回線とDFWを使い分けて，情報の集中と制御の分散を実現している。

3.2 オンライン生産管理システム

図5に製鉄所オンライン生産管理システムの一例を示す。このシステムの特徴は，図4のシステムとは異なりビジコンによるDFWネットワークシステムを構成している点である。

すなわち，ビジコンレベルからの分散システムの展開となっており，図4に示した制御用計算機レベルからの分散システムの展開とは逆方向であるが，本質的な相違はない。この二つのアプローチの差は，システムの規模，内容，既存システ

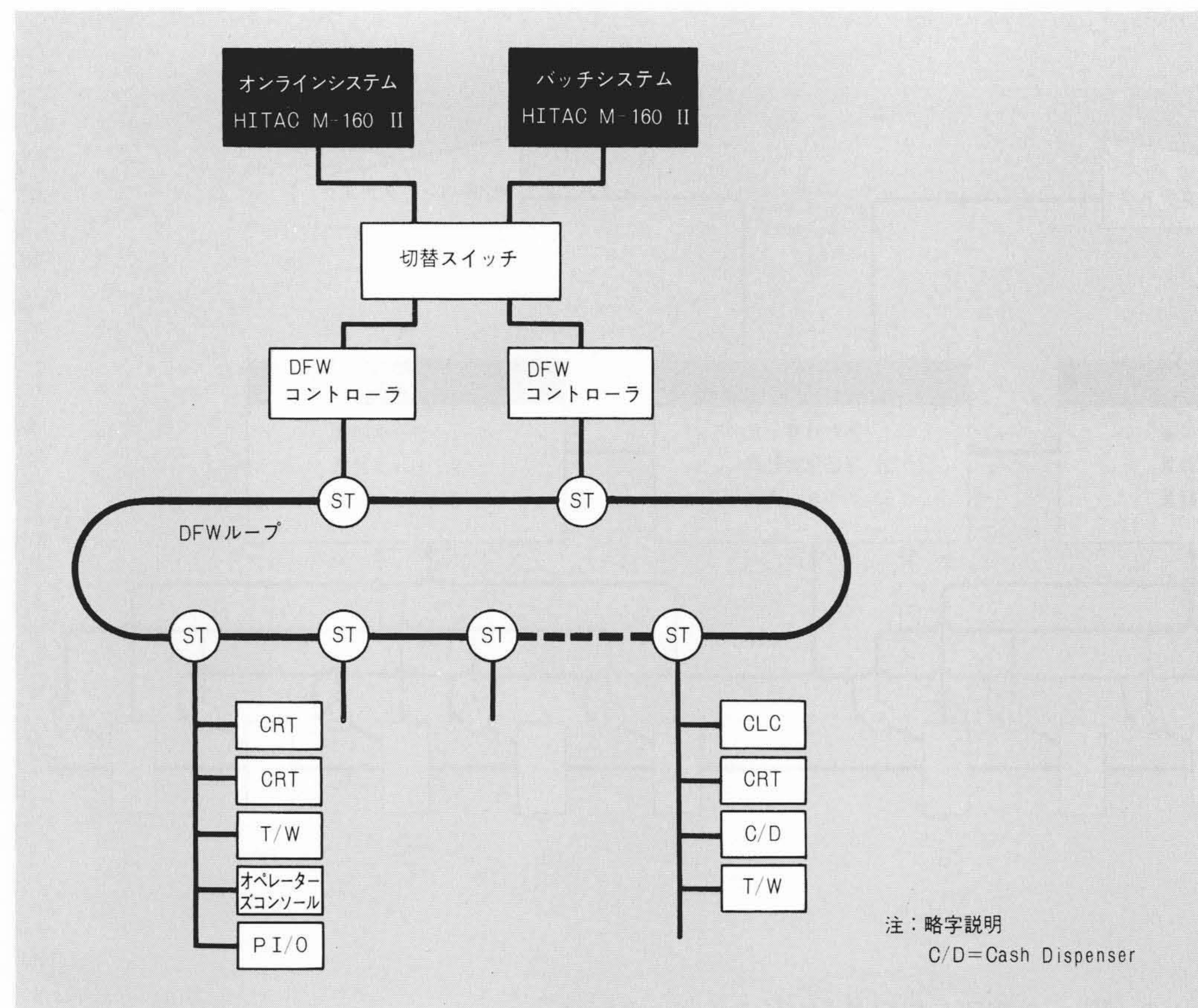


図5 オンライン生産管理システム HITAC M-160 IIシステムとDFWコントローラを組み合わせたオンライン生産管理システムを示す。

ムの構成などから生ずるものである。ただ、両システムともその実現に当たってはDFWの採用がかなめとなっている。このDFWのステーション(ST)は、マイクロコンピュータによりインテリジェント化されており、そのため、プロセス制御を含む端末処理を容易なものとしている。特にビジコンによる生産管理システムの場合には、プロセス独特の処理、あるいは端末機器のコード変換処理などをSTに分担させることにより、ビジコンの負荷軽減やシステムの柔軟性向上に役だたせている。特に最近の端末機器の進歩は目覚ましく、どのような機器もDFWネットワークシステムに組み込める点が今後のシステム評価の一つになるろう。

4 総合計算機制御システムの動向

4.1 エネルギー管理システム

鉄鋼業の技術進歩は、各工程での操業技術の確立とともに、省エネルギー対策、省力化対策が必然的な要素として進められてきた。特に各種エネルギーの価格は1973年秋以降の石油ショックを契機に製品価格へ重大な影響をもたらした。省エネルギー対策は設備、操業、運用など種々の面から技術改善、技術開発が行なわれている。

製鉄所のエネルギー管理は、電力、燃料、用水などすべてのエネルギーの需要調整だけでなく、製鉄所内各工場の生産状況、環境対策及び保安対策をも含めたエネルギーコントロールがなされなければならない。

このような観点から、トータルエネルギー管理システムの導入が行なわれ、

- (1) 各所に分散しているエネルギー設備の一元的管理による効率的運用
- (2) 自家発電設備の燃料最適配分による効率的運用

- (3) 多種の副生ガス燃料の配分調整及び供給の一元管理
- (4) 電力、動力系統及び機器の状態監視、並びに潮流計測などの集中監視
- (5) 電力、燃料、用水などの需要予測及び公害排出量予測と生産計画調整

などの技術開発が行なわれつつある。図6にトータルエネルギー管理システムの一例を示す。

従来のエネルギー管理は、エネルギー使用実績の統計、自家発電、買電の潮流制御など、受動的な管理が主体であった。最近はそうではなく、積極的に生産スケジュールにまで踏み込みエネルギー管理を行なうシステムが採用されつつある。その狙いとするところは、エネルギー原単位の向上とエネルギー変動の縮小化である。これは、外部から供給するエネルギーの最小化及び安定性を意味し、プロセスとしての一つの評価につながるものである。

4.2 分散化、トータル化の動向

製鉄プロセスで分散化が最も盛んに叫ばれたのは、プロセス計装レベルである。この実現化にマイクロコンピュータの出現が影響を与えたことは言うまでもない。計装機器は、マイクロコンピュータの出現によりソフトウェア化され、柔軟性のある計装システムとして採用されている。

しかし、この傾向も最近になって、若干そのペースを落とし始めている。その原因として二つのことが考えられる。一つは、ソフトウェア化には際限がなく、総コストからみて最適構成を探すことは非常に難しく、厄介な作業であるという点である。もう一つの原因は、マイクロコンピュータ化された計装システムからのプロセスデータの収集は、思ったより困難であるということである。相手がコンピュータであるだけに余計な通信手順を必要とし、本来のデータベースの情報

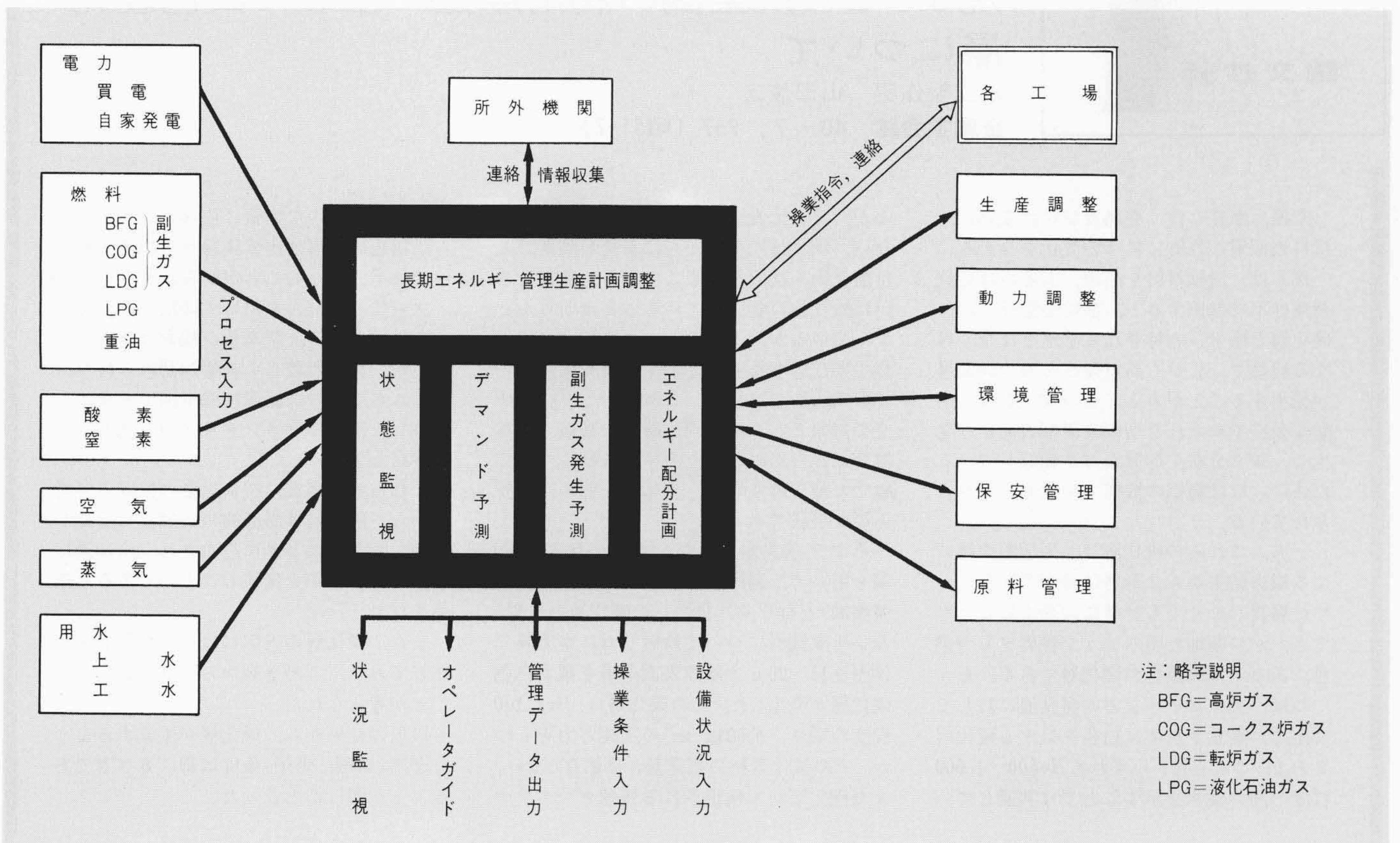


図6 エネルギー管理システムの一例 エネルギーセンターの運用管理機能を示す。

の流れを細くしているのが現状である。計装機器に例を取ったが、同様のことは電気機器についても言える。

最近の分散化の傾向としては、上述の反省に基づき、従来のワイヤードロジックの域をあまり出ない単にハードウェアをプログラム化した分散システムが採用されつつあり、保守の立場からは、あくまでもプロセス制御の単能機であることが必要である。これは逆に言えば、情報処理の中央への集中化にはかならない。このように情報処理レベルは、プロセス制御レベルとは完全に切り離された計算機システムに集中化される傾向にある。

従来システムトータル化としては、生産命令管理の一元化という観点からみた考え方が強かった。しかし、最近のシステムトータル化は、プロセスデータの観点からみた考え方が採用されつつある。現在及び将来の鉄鋼業は、過去にみられたような発展は望むべくもなく、生産効率の向上が至上命令である。その意味で鉄の一片、1 cmでもむだにはできず、成品品質に対する認識は1 cm以下という厳しい思考の上に立て行なうことが必要である。このための製鋼工程から圧延最終工程までに至るプロセスデータの詳細な把握が、トータルシステムの重要な業務となりつつある。

4.3 今後の総合計算機制御システム

現在の計算機制御システムをハードウェア面で支えているのは、既に述べたとおり大形制御用計算機、DFW及びマイクロコンピュータの三つである。この三つの役割は将来も変わらないであろうが、形態としては、マルチコンピュータからマルチプロセッサシステムへ、またDFWは光通信手段によるより一層の高速化の実現と、またそれによるファイルの共用の実現へ、マイクロコンピュータは表面的には更にワイ

ヤード化(単能機化)された分散化トータルシステムへの計画がなされつつある。

制御システムを構成するソフトウェアは、従来プロセス制御レベル、あるいは生産管理レベルなど各レベルに散在していたが、今後は中央の計算機システムに集中化され、保守、拡張の容易なシステムとなろう。

機能の面からは、トータルプロセスを管理する各機能の一元化、例えばトラッキング機能、データ収集機能、エネルギー管理機能など共通的なものを1箇所に集めて統一した管理を行なうことである。これらの考えは、マルチコンピュータあるいはマルチプロセッサにより容易に実現でき、トータルシステムをよりシンプルなアーキテクチャにするものである。

5 結 言

鉄鋼プロセスでの計算機制御システムは、最近の技術動向、特にハードウェアの進歩により多様化することが予想される。しかし、機能の面から見ると製鉄所トータルとして一元化の方向にあり、また生産管理も鉄を作るというハード的な面からエネルギー管理というソフトウェア的な面に移行しつつある。また、品質管理も全プロセスのプロセスデータを基に管理する一元化の方向にある。

終わりに、計算機制御システムの開発に当たり多くの御指導、御助言をいただいた鉄鋼メーカー各社の関係各位に対し謝意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 久保、小坂：鉄鋼プラントにおける計算機制御システム、日立評論、58、445 (昭51-6)

論文抄録

焼なました炭素鋼の潤滑摩擦で生じた白色硬化層について

日立製作所 山田俊宏

金属学会誌 40-7, 757 (昭51-7)

摩擦、摩耗に伴う発熱及び塑性変形は、材料表面層の性質に種々の変化を与える。

例えば、鉄鋼材料を高速、あるいは高負荷条件下で摩擦すると、摩耗硬化層(以下、硬化層と略す)と称される基地とは全く異なる組織で、しかも高い硬さをもつ異常層が発生することがある。この硬化層は、過酷な条件でなされた切削や研削表面にも発生し、硬さ分布、形態などが類似しているために、ほぼ類似の機構で生成すると考えられている。

一方、これらの硬化層は、光学顕微鏡による観察結果から2形態に分類される。一つは腐食しなくても容易に識別することができ、かつ基地と明りょうな境界をもつ黒色、あるいは灰黒色の硬化層である。もう一つは、ナイトールなどの腐食液に対して安定で、腐食されずに白色を呈する硬化層である。これらは、いずれもHv800~1,000程度の高い硬さを示すことでは共通してい

るが、その生成機構は必ずしも明らかではない。例えば、前者からは多量の酸素、又は酸化物が検出されることから、酸素あるいは酸化物に起因していることは明らかとなっているが、これらがどのような過程を経て硬化層となるかなどの因果関係については明らかではない。これに対して、本研究で対象とした白色硬化層は、観察される機会が多いために、その生成機構について論じた報告は多いが、やはり不明の点が多いのが現状である。

そこで、炭素量の異なる(0.22~0.88%C)鋼を用いて、過酷条件下の潤滑摩擦(2種冷凍機油)を行ない、発生した硬化層の性質、及び生成機構について検討した。本実験では厚さ15~20 μ でほぼ表面全域を覆う白色硬化層が発生した。この硬化層は、Hv1,100程度の硬さ、約60kg/mm²の圧縮応力をもつが、その値は素材の炭素量には依存しない。また硬化層から検出される残留オーステナ

イト量も素材の炭素量に依存しないことから、白色硬化層は固体状態からの焼入れだけでは生成しないことが明らかとなった。

次いで、XMAを用いて硬化層の組成を調査したところ、窒素及び酸素は認められないが、炭素の著しい凝集が認められた。

これら炭素の供給源は潤滑油であって、凝集した炭素はセメントライト(Fe₃C)として存在している。

これらの諸事実、特に炭素の拡散の容易さから、硬化層は局部的に熔融した部分が接触が断たれたときに急冷され、冷却過程でマルテンサイト変態したものであると結論された。

また、硬化層の内部には多数のき裂が存在しており、このき裂から破壊が進行することが考えられた。

以上の結果から、硬化層が生成するような摩擦(切削、研削)条件は避けるべきであることが明らかとなった。