要約版

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.16 (1984) No.1

水島焼結工場における自動化システム
Automation of Sintering Plants at Mizushima Works

瀬川　佑二郎(Yujiro Segawa)　飯田　　修(Osamu Iida)　芋谷　暢重(Nobushige Imotani)　児子　精祐(Seisuke Nigo)　小幡　昊志(Hiroshi Obata)　谷吉　修一(Shuichi Taniyoshi)

要旨：
水島製鉄所における製銑システムの一環として焼結工場のシステム化を行った。最新のコンピュータ技術，エレクトロニクス技術の利用とハイアラーキ構成により，情報の一元管理，分散制御，遠隔集中運転を中心としたシステムを実現した。情報の集中管理による焼結操業の管理レベルの向上と，分散化したディジタル制御システムとアドバンストコントロールによる制御精度の向上を図ることができた。また，大型機械の運転も含めた全面的 CRT オペレーションにより遠隔運転が可能となり，付帯設備を含めた運転室の統合と運転要員の効率化を実現した。

Synopsis：
Ironmaking Department of Mizushima Works has systemized the sintering plants into a part of the totalized ironmaking information system at the Works. New computer and electronic technologies and the hierarchical structure of computers have realized the system which has centralized the management of information, distributed control and remote control. The centralized management of information has made great progress in the management level of sintering operation, and the distributed digital control system has improved control accuracy. Furthermore, the CRT operation system, which allows remote control, has centralized the operation rooms of sintering machines and attached facilities and has decreased the number of workers.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

川崎製鉄技報
16(1984)1,1-7

水島焼結工場における自動化システム*1

瀬川 佑二郎*2　飯田 修*3　芋谷 暢重*4　児子 精祐*5　小幡 昊志*6　谷吉 修一*7

Automation of Sintering Plants at Mizushima Works

Yujiro Segawa, Osamu Iida, Nobushige Imotani, Seisuke Nigo, Hiroshi Obata, Shuichi Taniyoshi

要旨

水島製鉄所における製銑システムの一環として焼結工場のシステム化を行った。最新のコンピュータ技術，エレクトロニクス技術の利用とハイアラーキ構成により，情報の一元管理，分散制御，遠隔集中運転を中心としたシステムを実現した。情報の集中管理による焼結操業の管理レベルの向上と，分散化したディジタル制御システムとアドバンストコントロールによる制御精度の向上を図ることができた。また，大型機械の運転も含めた全面的CRTオペレーションにより遠隔運転が可能となり，付帯設備を含めた運転室の統合と運転要員の効率化を実現した。

Synopsis:

Ironmaking Department of Mizushima Works has systemized the sintering plants into a part of the totalized ironmaking information system at the Works.

New computer and electronic technologies and the hierarchical structure of computers have realized the system which has centralized the management of information, distributed control and remote control. The centralized management of information has made great progress in the management level of sintering operation, and the distributed digital control system has improved control accuracy. Furthermore, the CRT operation system, which allows remote control, has centralized the operation rooms of sintering machines and attached facilities and has decreased the number of workers.

1 緒　言

水島製鉄所において製銑部門のシステム化[1]を進めているが，このたびその一環として焼結工場のシステム化を行った。システム化を行うにあたり，コンピュータ技術，データ伝送技術，大規模データベースによる情報の集中一元管理，マイクロコンピュータによる分散制御，CRTオペレーションによる遠隔集中運転を実現した。遠隔集中運転では，8台のCRTを用いて2つの焼結工場と付帯する7設備の運転室を1ケ所に統合し運転要員の効率化を行った。以下この焼結の自動化システムについて報告する。

2 自動化システムの概要

製銑情報システムは，最近の製銑技術の進歩・エネルギー事情の変化等に対応するため，1978年より検討を開始し高炉システム・焼結システムそして原料ヤードシステムを順次完成させてきた。

焼結工場の自動化はこの焼結システムの一環として行い，情報の自動収集のみならずプロセス制御レベルの向上と遠隔集中運転を目的とした[2]。焼結システムは**Fig. 1**に示す階層構造をとっている。最上位のセントラルコンピュータは製銑トータルシステムのデータベースを持ち，下位システムからの情報を収集・蓄積し，原料配合や高炉操業などの計画と帳票類の作成を行う。また操業データにもとづく技術解析機能をもっている。中間に位置するプロセスコンピュータは最下位システムまたは端末CRTからのデータ収集と編集そして上位システムへの伝送といった情報の自動収集機能と下位制御装置に対するセットポイントコントロール機能を分担している。最下位の制御装置群は多数のマイクロコンピュータとそれらを結ぶデータウェイで構成され実際の計測・制御機能や，設備の運転機能を分担している。

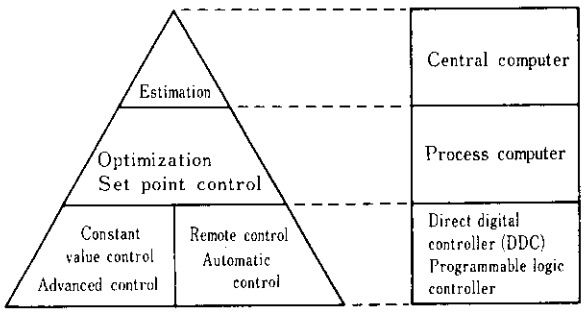


Fig. 1 Hierarchical structure of sinter system

Fig. 2は製銑システムの全体を示したものである。焼結システムはFig.1に示した機能階層構造に沿って構成してあり，マンマシンインターフェースとしてカラーCRTを全面的に採用している。特に計測制御のみならず，大型機械運転にもCRTオペレーションを採用した所に大きな特徴がある。

3 情報システム

焼結の情報システムは製銑総合情報システムの1つであり，

*1 昭和58年10月26日原稿受付
*2 水島製鉄所システム部制御技術室主査(課長補)
*3 水島製鉄所システム部制御技術室
*4 水島製鉄所システム部システム室主査(掛長)
*5 水島製鉄所製銑部製銑技術室主査(課長)
*6 水島製鉄所製銑部製銑技術室主査(部長補)
*7 水島製鉄所動力部動力技術室

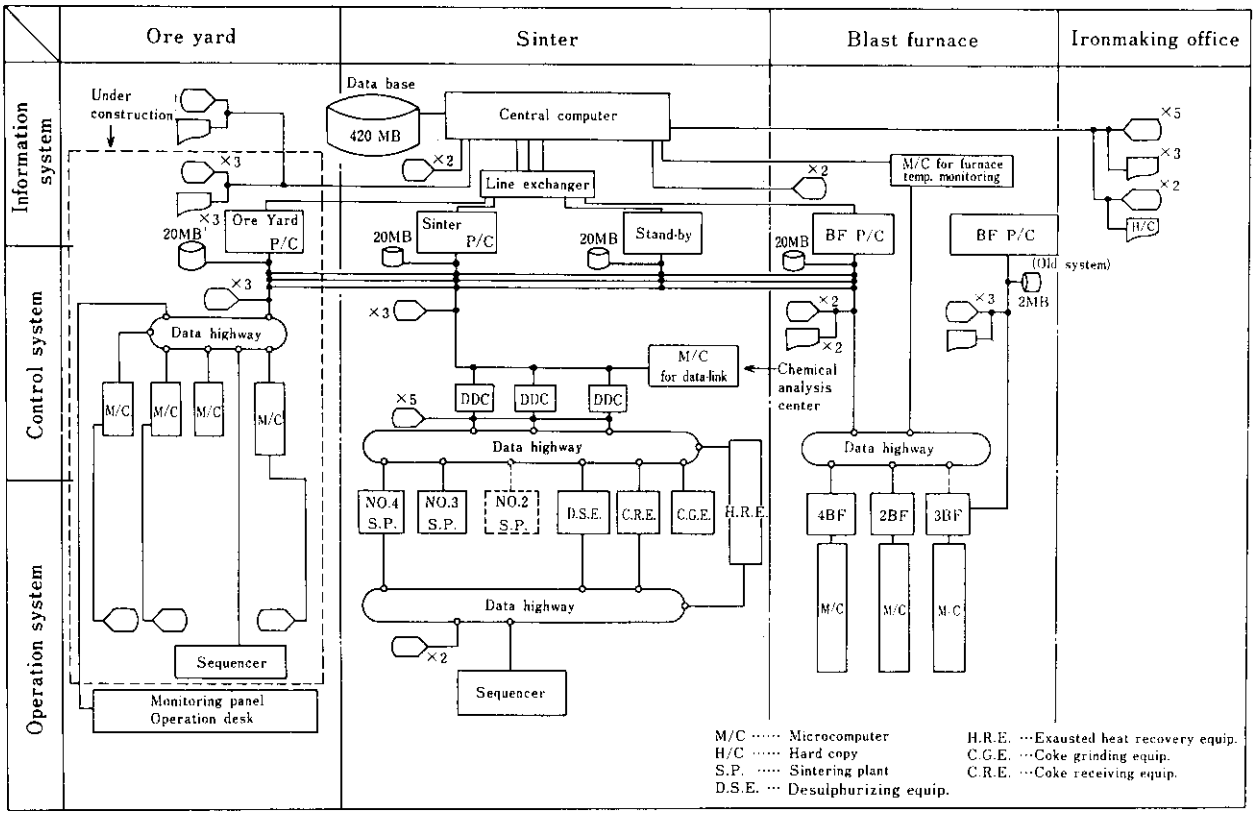


Fig. 2 Configuration of ironmaking information system

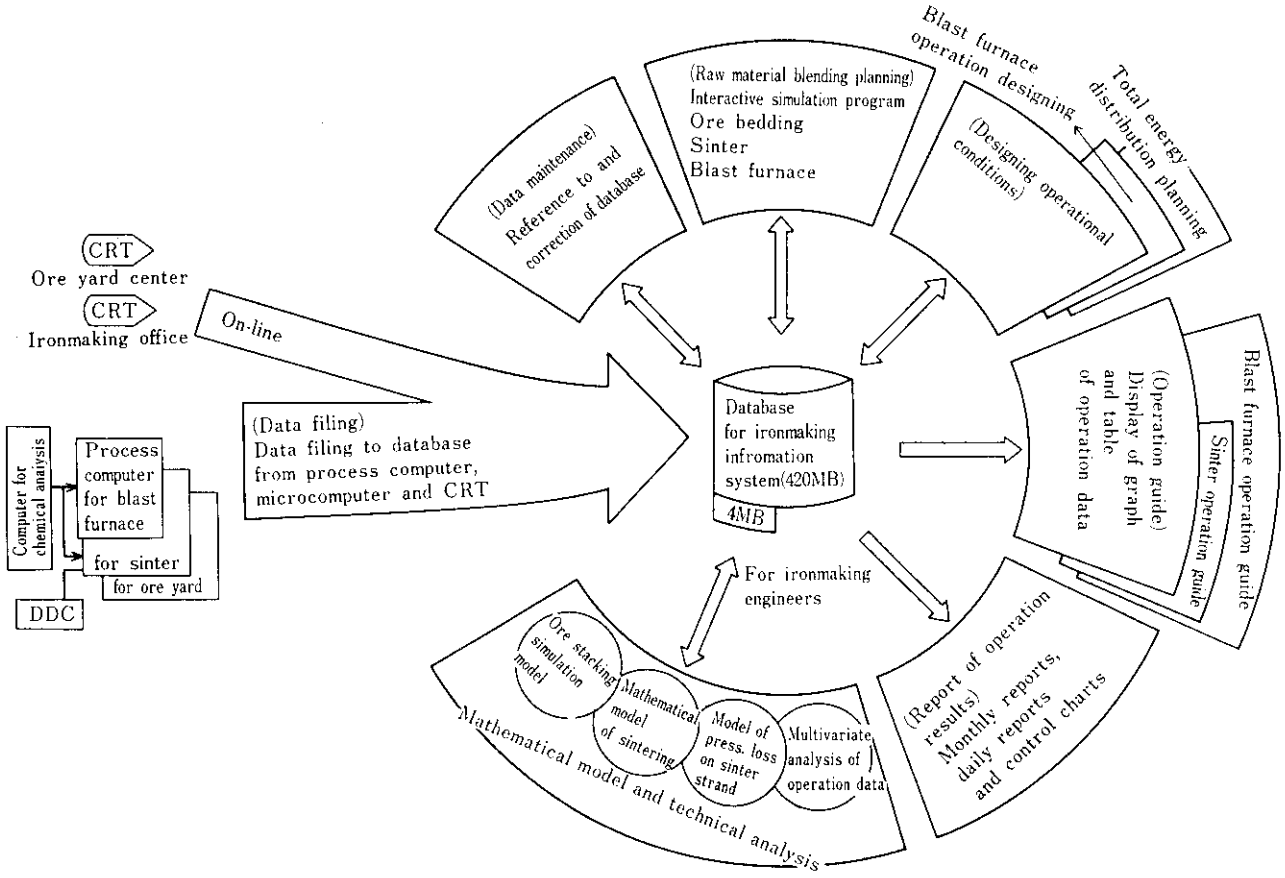


Fig. 3 Functional outline of ironmaking information system

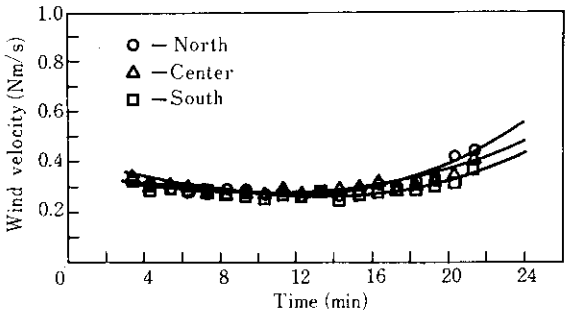
製鉄部門の情報の一元管理とそれにもとづく操業管理の強化・技術開発の強化を目的としている。

情報システムの機能を **Fig. 3** に示す。420 MB の大規模データベースとその情報収集機能を基本として次のような機能を持っている。

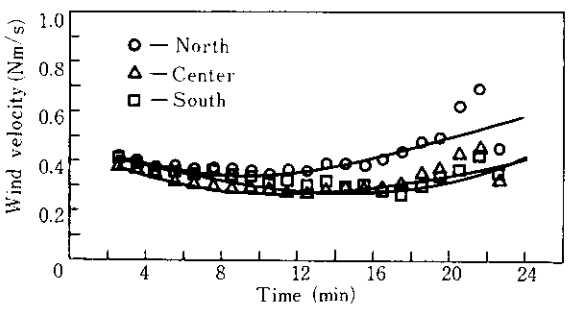
(1) 原料計画機能
(2) 操業計画機能
(3) オペレーションガイド機能
(4) 帳票類作成機能
(5) 技術解析機能
(6) データメンテナンス機能

プロセスデータは下位システムであるプロセスコンピュータやマイクロコンピュータにより，定周期あるいは事象の発生ごとに自動的に収集される。また操業管理値などは製鉄事務所の CRT 端末より変更の都度入力される。**Fig. 4, 5** は操業管理やプロセス解析に用いられるセンサーの情報の利用例である。下位システムにより自動測定されたデータが一旦製鉄データベースに収集された後，同じデータベース内の操業データとともに CRT 表示される。Fig.4 は焼結機機長方向の風量分布測定結果で，**Photo 1** に示す風量分布測定装置[3] からの測定値を処理したものである。Fig.4(a) は正常な操業時の風量分布で，幅方向3点の風量分布が揃っているが，Fig.4(b) はむら焼け発生時の風量分布で，北側の風量分布が，中心，南側の風量分布と大きく違っていることがわかる。Fig.5 は焼結機の原料層の温度変化の測定例で，焼結層内に設置した熱電対を用いて測定した層内温度（ヒートパターン）である。このようにプロセスの測定データを図形化し，他の操業データとともにグラフィック表示することによりオペレータのプロセス状況把握を支援している。

Photo 2 は焼結層内のヒートウェーブをシミュレートした結果のグラフィック CRT 画面例で，焼結層の微少高さに対する物質，熱収支式を基本とした数式モデル[4] を使って計算したものである。このシミュレーションは CRT 端末を用いてその時の操業データをもとにして行うことができ，本システムの技術解析機能の代表的な利用例である。またこの操作は，製鉄事務所，現場運転室のいずれの CRT 端末からも行うことができる。



(a) A case of normal operation



(b) A case of irregular operation

Fig. 4 An example of measurment of wind velocity

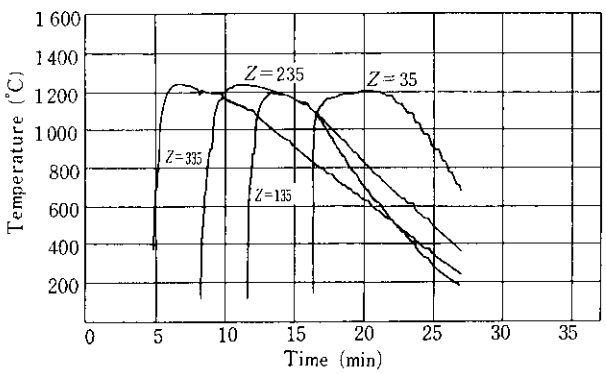


Fig. 5 An example of heat pattern (Z:Height of measuring point on sinter strand(mm))

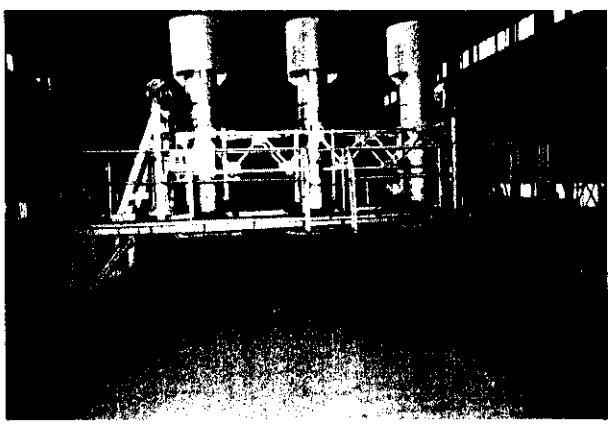


Photo 1 Continuous measuring equipment of gas flow on the sintering bed

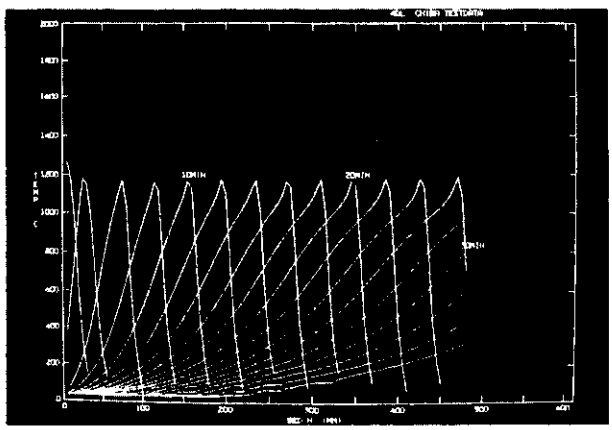


Photo 2 An example of CRT display of heat wave simulated with mathematical model

4　プロセス制御システム

プロセス制御システムは次項で述べる遠隔集中運転システムとともに自動化の中心的な役割を果しており，プロセスコンピュータとディジタル計装設備（DDC）とで構成している。

プロセスコンピュータは各種調節制御ループのセットポイントコントロールを行うとともに，プロセスの制御を最適にするための判断機能を分担する。またDDCからのプロセスデータを整理・加工して上位のセントラルコンピュータに伝送するデータ自動収集機能も有している。

DDCシステムはディジタル制御の特徴を生かしてアドバンストコントロールを行い，高度な制御ロジックを実現している[5]。**Fig. 6** にDDCの機能構成を示す。従来のアナログ計装システムでは実現できなかった原料のトラッキング，むだ時間補償（スミス補償），サンプル値PI制御方式，フィードフォワード制御，予測制御などの多くのアドバンストコントロールを実現することにより制御レベルを向上させている。**Fig. 7** はカット量制御におけるスミス補償の例である。操作量であるドラム回転数に対し検出されるカットオフ量の検出には約60秒の遅れがあるが，PID制御に対するスミス補償を行うことによりこの遅れを補償し制御性を向上させている。**Fig. 8** にカットオフ量の制御結果を示す。**Fig. 9, 10** は給鉱槽のレベル制御結果である。ホッパーからの切出し量の予測と，配合槽からの原料のトラッキングにより，レベルの変動を従来の±6％から±4％に減少させることができた。またパレット速度の変化に対しても良く追従していることがFig.10からもわかる。

自動運転機能として，自動起動，秤量器自動較正などがある。自動起動は焼結機の運転開始・停止時に配合槽14槽の各コンス

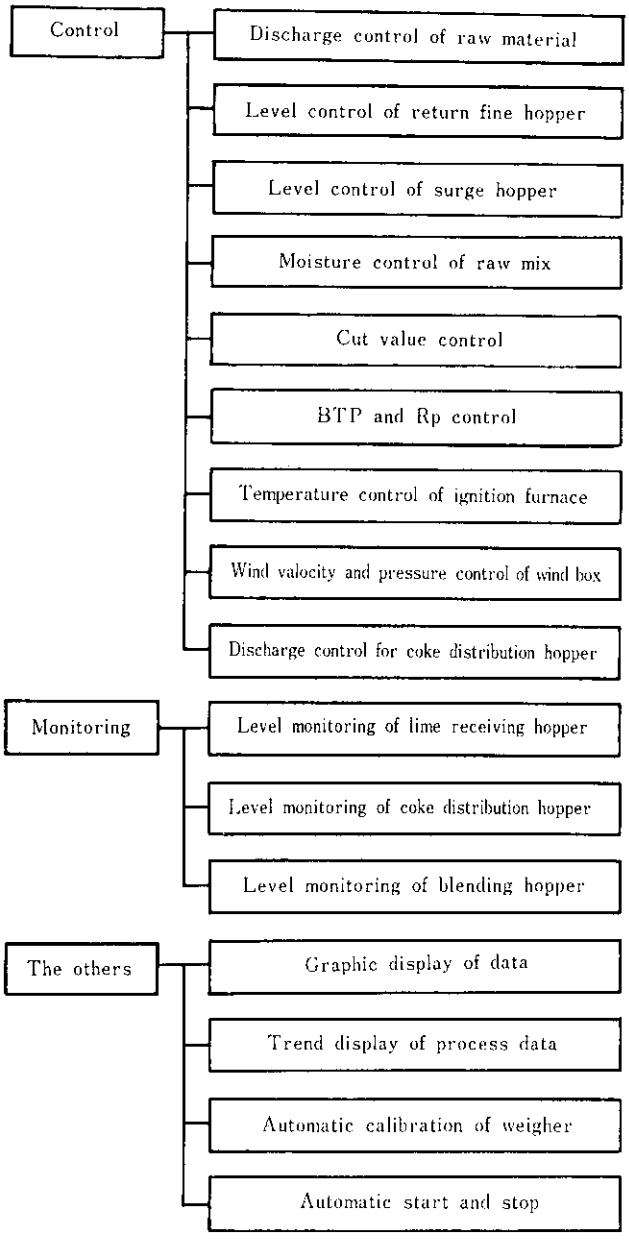


Fig. 6　Functions of DDC

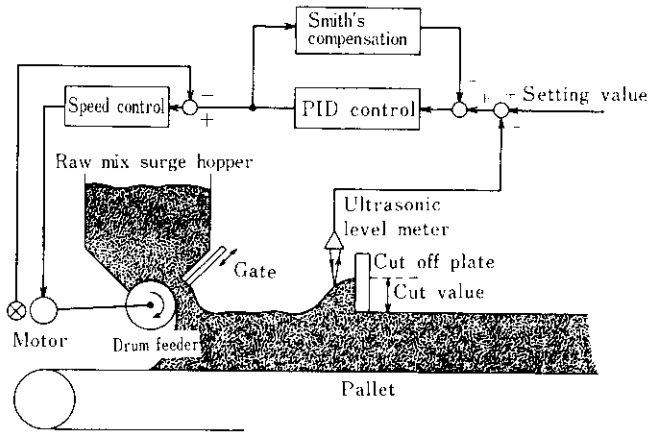


Fig. 7　Cut value control

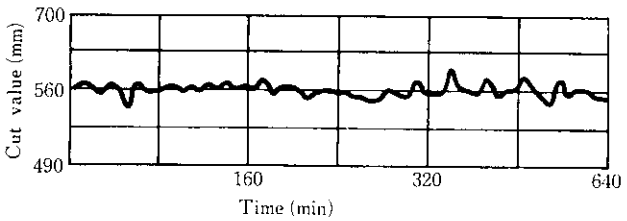


Fig. 8　Result of cut value control

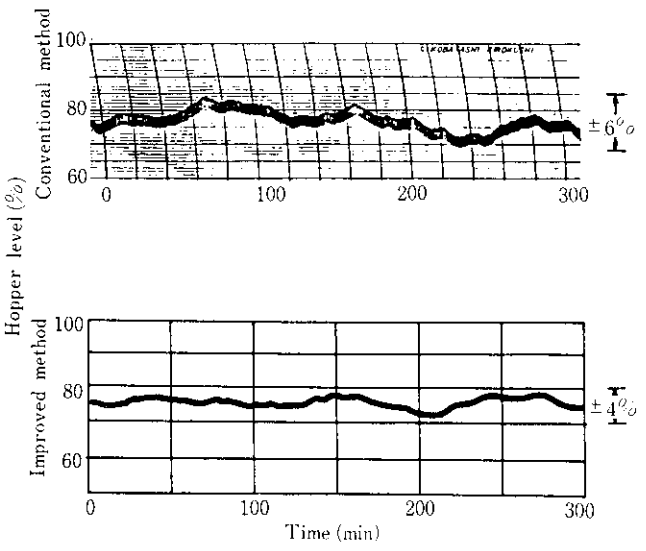


Fig. 9　Result of level control of raw mix surge hopper

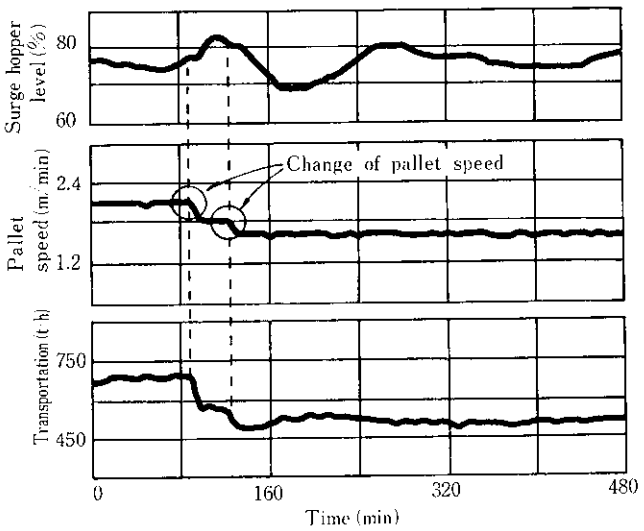


Fig. 10 Change of surge hopper level after change of pallet speed

タントフィーダーウェアー (CFW) に順次切り出し指令を出してベルトコンベア上の各原料の同期化を行ったり混合ミキサーへの注水を行ったりして，原料の流れにあわせて各制御ループをコントロールするもので，立ち上げ時の品質の安定化やオペレーターの負荷低減に効果をあげている。

秤量器の自動較正機能は，焼結工場内に設置している数十台の秤量器（ベルトウェア，コンスタントフィーダーウェア）の検査と較正を押釦1つで行うものである。秤量器への検錘のセットを行う機器のシーケンス制御，秤量値を自動的に読みとるデータ読みとり，較正値を求めるデータ処理で構成され，従来多くの工数を要していた較正作業が非常に容易になるとともに，較正頻度が多くなる事による計量精度の向上が得られた。

5　遠隔集中運転

4つの焼結工場はそれぞれ規模は違うもののほとんど同じ設備構成であり，各工場ごとに運転室を設置している。従来運転室には電気・計装設備のための運転・監視機器が，高さ2.5 m，幅10数 m にわたって設置されていた(**Photo 3** 参照)。オペレータはその前を行き来しながらプラントの監視運転を行っていた。今回の自動化に当っては，運転・監視の機器類をコンパクトにまとめ，1つの運転室に集中設置しオペレータの数を減らすことを計画した。また焼結工場に付随して排煙脱硫設備，コークス破砕設備，廃熱回収設備などが散在しているため，これらも焼結機と同じ運転室にまとめる事により一層の省力化を進めた(**Photo 4** 参照)。

このような広範囲にわたる設備の遠隔集中運転を実現させるため，エレクトロニクス技術と制御技術により自動化をすすめるとともにマイクロコンピュータ，データハイウェイ，カラーCRT を最大限に採用して CRT のみによるオペレーションシステムを実現させた。今までにも DDC 導入に伴う CRT オペレーションの例は多いが，計装パネルを完全に排除して CRT のみでオペレーションする例は少なく，大型電気設備までも含めた完全な CRT オペレーションシステムの例はほとんどない。**Fig. 11** に CRT オペレーションシステムを示す。

全面的な CRT オペレーションに踏み切るために CRT オペレーションの欠点を十分に検討し，以下のような基本方針を設定した。

(1) CRT は CRT コントローラとともに2重化する。
(2) データウェイによるスピードの確保と2重化の容易なシステム構成をとる。
(3) 各制御ループごとの表示のみでなくプロセスのデータを一覧できるグラフィック画面を採用する。
(4) システム構成の工夫によりコストを下げる。

Photo 3 Conventional analogue measurement panel

Photo 4 CRT operation

全面的な CRT オペレーションの採用に当って第一に考慮したのは CRT の信頼性であった。現在マイクロコンピュータの実用化により制御の分散化がすすめられ制御装置としての信頼性は向上している。しかしながらマンマシンインターフェースとなる CRT には情報が集中化されており，その故障はシステムにとって致命的となる。CRT には情報が集中化されていることに特徴の1つがあるので，分散化して全体の信頼性を向上させることはできない。このためコントローラを含めて多重化を行い信頼性を向上させた。

しかし単純な多重化はコストを上昇させシステム全体の経済的効果を低下させるので，本システムではシステム構成上のいくつかの工夫を行い低コストで多重化を実現した。たとえば本システムでは複数の運転室を集中化する事により運転室内の複数の CRT (計装3台，電気設備2台) を集中設置するのでこの点に注目し電気設備，計装設備用のそれぞれの CRT 群およびコントローラをまったく同一に設計し，どの CRT からも任意

の設備の操作・監視を可能にしている。したがって特別のバックアップ機を設置する必要はなく，それぞれのCRT・CRTコントローラが相互バックアップする。

信頼性の他に数多くの検討を加えたのがCRT画面の構成である。CRT画面は従来のパネルに比して情報密度が高いとされているが，それは1つの画面内に限った場合で，多数の情報を一度に得ようとすれば，照光盤や計装パネルの方が有効である。しかしながら実際の操業場面では常時すべての情報が必要なのではなく，事象の発生したタイミングでその事象に合致した情報がいくつかのデータの組み合わせで必要となる。これらを考慮して作成した画面の例が**Photo 5, 6**である。Photo 5は点火炉のグラフィック画面で，プロセス全体を模式図で表し，設備の運転状態を一目でわかるようにするとともに，流量や温度を同時に数値で示し，定量的な把握が容易に行えるよう配慮した。Photo 6は焼結機の運転状況の表示画面で，グラフィック表示により運転・停止の他，故障状況も表示している。このグラフィック画面で従来の切替スイッチや押し釦スイッチ等で行っていた操作を対話方式でこのCRT画面とキーボードにより行う。キーボードからの入力は**Fig. 12**に示すようにキーボード入力表示ゾーンに表示される。現在実行している内容は機器動作指令出力ゾーンに表示され，時間的関係を持つ一連の操作が全体的に把握できる。さらにCRTオペレーションの信頼性を向上させるため，操作内容の入力後CRT画面で確認し，最終確認キーを押すことにより実際の機器運転が行われる。このCRTオペレーションにより，付帯工場を含めた焼結工場全体の運転要員21名を18名に減員し，4ケ班合計12名の省力化を行った。

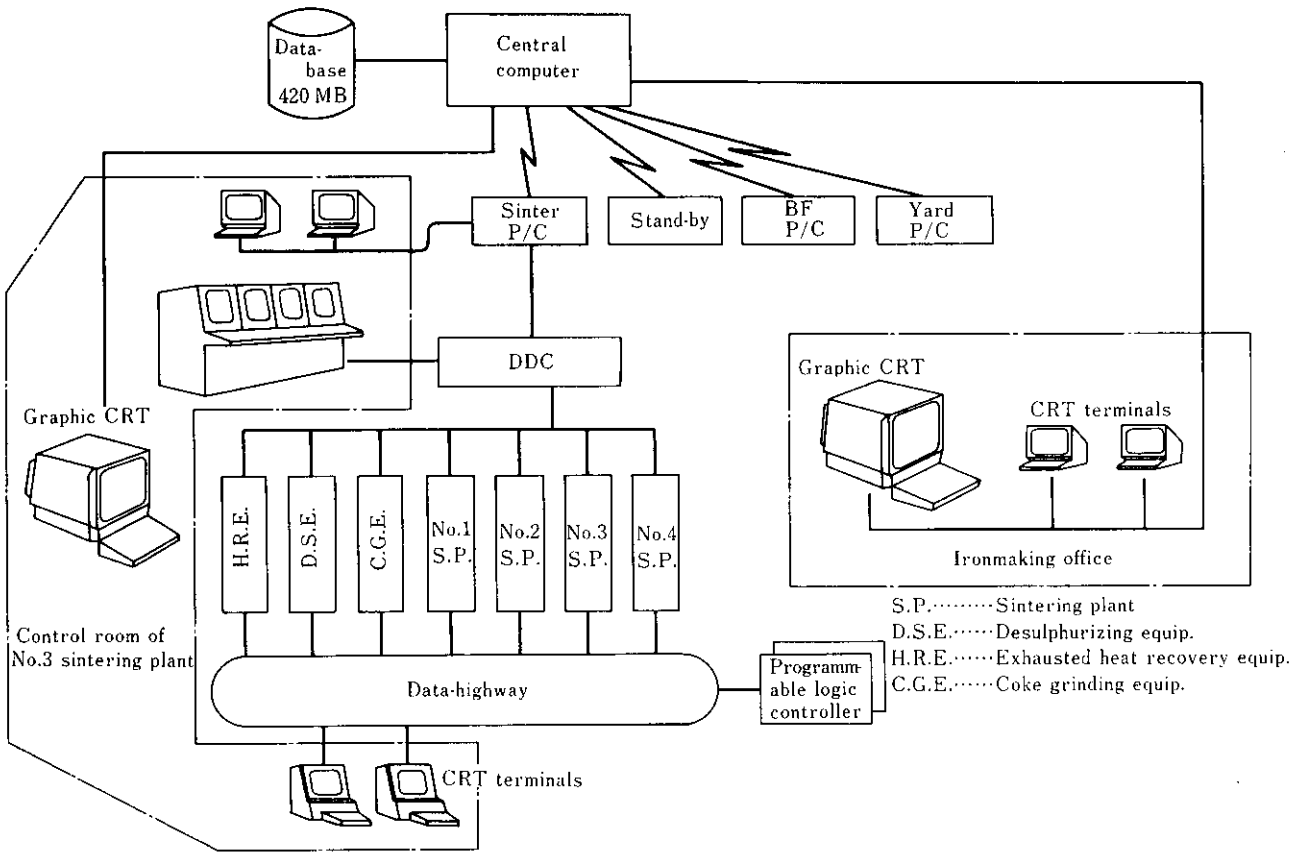


Fig. 11　System configuration of CRT operation

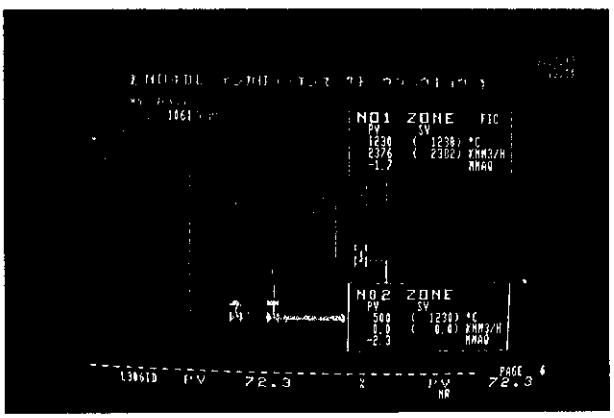


Photo 5　An example of graphic display

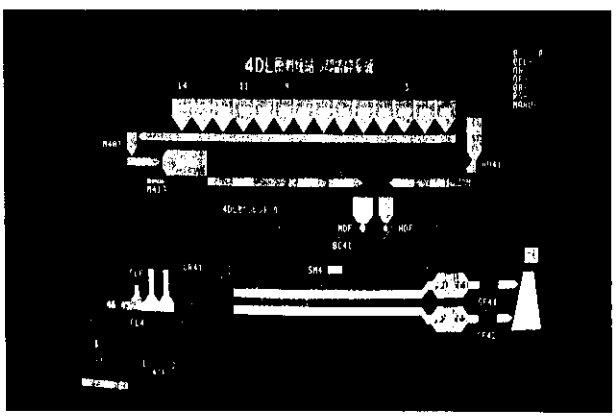


Photo 6　An example of display of operating condition

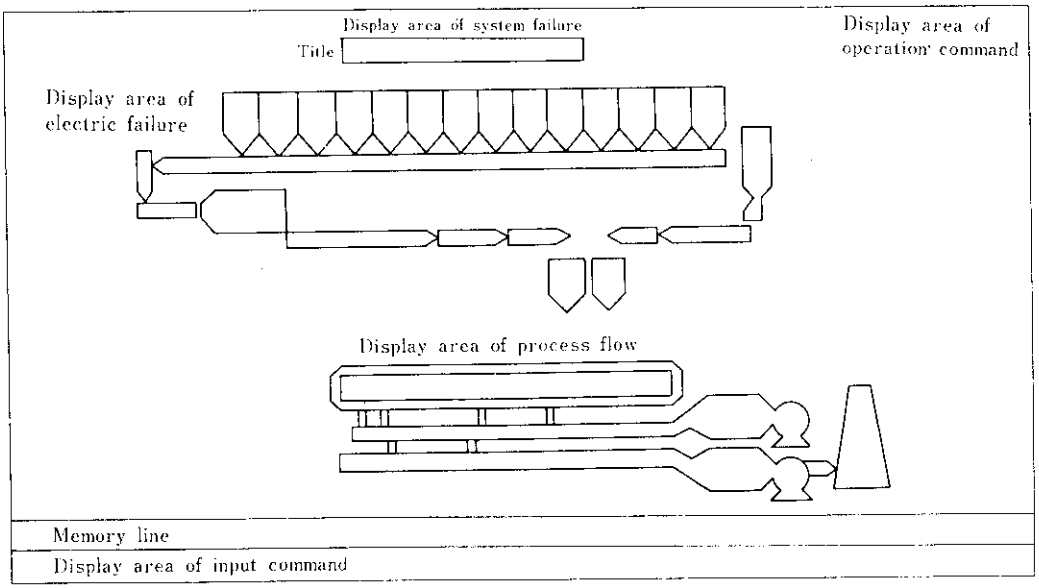


Fig. 12 An example of CRT display

6 結　言

焼結工場の自動化を行うにあたり，最上位のセントラルコンピュータから最下位のマイクロコンピュータまでのコンピュータを階層的に配置することと各階層ごとのCRTオペレーションにより，少人数のオペレータによる効率的な運転と管理レベルの高い安定した操業管理を実現する事ができた。

今回の自動化により各階層ごとに高度なインテリジェンスを持つシステムが構築されその効果をあげているが，今後はさらにこのシステムと高度なセンサー類を用いた利用技術の開発に力を注いでいく予定である。

参 考 文 献

1) 山田ら：「水島製鉄所における第Ⅰ期製鉄システム」，川崎製鉄技報，**13** (1981) 4，118-128
2) 瀬川ら：「焼結工場の集中管理におけるCRTオペレーション」，計装，**26** (1983) 5，37-43
3) 岩村ら：「製鉄工程における計装技術」，川崎製鉄技報，13(1981) 4，129-141
4) 児子ら：「焼結数式モデルによる焼結操業改善の考察」，鉄と鋼，68 (1982) 15，118-125
5) 瀬川ら：「焼結工場におけるアドバンストコントロール」計装，26 (1983) 2，68-71