

技術報告

千葉焼結工場の新計装設備の機能と効果

三木克之*・高橋博保*・中村紅式部*・佐々木豊*

The New Instrumentation System of Chiba Sinterplant and Its Effect in Kawasaki Steel Corporation

Katsuyuki MIKI, Hiroyasu TAKAHASHI, Koshikibu NAKAMURA and Yutaka SASAKI

Synopsis:

An integrated systematization has been advanced as one of the means to cope with the recent development in ironmaking technology and energy demand/supply situations. This has been made possible because the processing capacity and safety in operation have been improved due to the advancement of the computer technology; the conventional analog control has been replaced by the overall digital control and just a single large-sized computer now allows the control of process computers which used to be installed independently in each factory.

In the systematization, the construction work is proceeding with a view to reaching such a final goal as the realization of the unified control of the whole process in ironmaking works by means of a large-sized computer. As the first step, the construction of a new instrumentation system for a sintering factory has been made. This paper describes its function and effect.

1. 緒 言

川崎製鉄千葉製鉄所製鉄部門においては、最近の製鉄技術の進歩とエネルギー事情¹⁾の変化等に柔軟に対応するための1手段としてシステム化を進めている。従来各工場の計装システムは各プロセスごとに独立して設置されており、相互のリンケージがなく、上位にある千葉製鉄所の大型ビジネス計算機との通信も旧式であつた。この方式ではトータルシステムの欠如、すなわちプロセス情報の分散や情報の局在化による利用度の低下をまねくなど種々の欠点があつた。一方、マイクロコンピュータを始めあらゆる面でコンピュータ技術の進歩は飛躍

的に向上し、これまでのアナログ機器のデジタル計装化をはじめ複数のプロセスコンピュータを1台のコンピュータで処理することが可能になつた。システム化に際しては、製鉄地区の全プロセスを大型コンピュータにより一元コントロールすることを最終目的に建設を進めているが、その端緒として焼結工場の新計装システムの建設を行い、各種センサーとマイクロコンピュータによるデジタル計装システムを完成した。以下にその機能と効果について報告する。

2. 千葉焼結工場の特徴およびシステム対応

2.1 千葉焼結工場の特徴

千葉製鉄所には本工場にある古い設備と西工場を中心とした最新鋭設備とが混在しており、いかに古い設備をリフレッシュしながら一貫製鉄所としての調和をはかるかが当社がかかえる一つの課題である。Table 1に稼働中の2基の焼結機設備仕様を示す。おのおのは別工場に位置し、No. 3 焼結機は古い設備との共存となる本工場に、No. 4 焼結機は新鋭化を進める西工場にと互いに独立で操業されている。下工程である高炉を始め、種々の付帯設備も独立に備えるなど分散状況にある。

2.2 システム対応

点在するプロセスを1台の大型コンピュータで一元

Table 1. Sinter machine specification.

	No. 3 Sinter	No. 4 Sinter
Type	Dwight lloyd	Dwight lloyd
Pallet area	203 m ²	210 m ²
Material	Iron ore (fine) Limestone Coke breeze Mill scale	Iron ore (fine) Limestone Coke breeze Mill scale
Sintering time	15 min	15 min
Productive	7 000t/ day	7 000t/ day
Starting	March, 1970	September, 1973

昭和 61 年 6 月 23 日受付 (Received June 23, 1986)

* 川崎製鉄(株)千葉製鉄所 (Chiba Works, Kawasaki Steel Corp., 1 Kawasaki-cho Chiba 260)

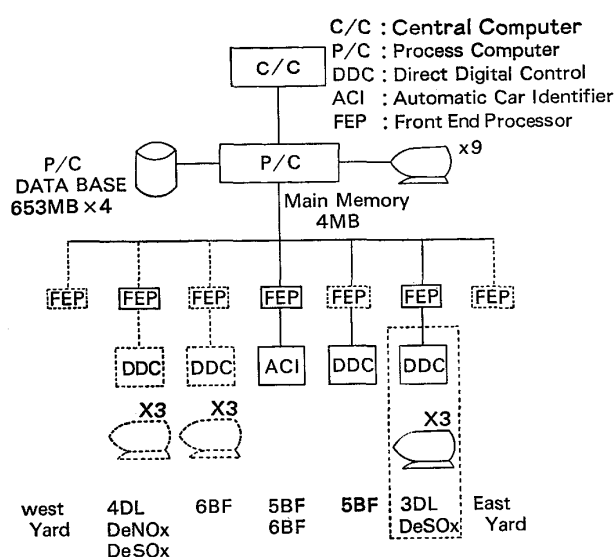


Fig. 1. Information system of Ironmaking Dept. at Chiba Works.

的に制御管理することを目的にした製鉄情報システムは、Fig. 1 に示すシステム構成をとっている。焼結工場のシステム化（焼結システム）はこの第1ステップとして行い、情報の自動収集のみならずプロセスの制御レベルの向上をはかるため、Fig. 2 に示す3階層構造とした。最上位は千葉製鉄所のセントラルコンピューターで主に管理を行い、データはすべて伝送にてデータファイルに収集、蓄積後、空間的、時間的に広い観点から最適な操業計画を決定する。中間に位置するプロセスコンピューターは運転を主に行い、最下位システムからのリ

アルタイムデータを定周期サンプリングし、蓄積と編集後、与えられた操業計画のもとでプロセス、またはサブプロセスの効率的運転を行う。最下位のマイクロコンピュータは制御を主に行い、多数の制御ループから構成され、与えられた操業条件のもとでPID制御と一連のシーケンス制御を行う。このシステム化により両焼結工場のトータル管理と集中制御および相互監視の実現化をはかった。本報は、製鉄情報システムの第1ステップである焼結システムの下位階層で各種センサーとマイクロコンピュータより構成した焼結工場のデジタル計装システム（焼結計装システム）について報告する。

2.3 焼結計装システム概要

基本的に両焼結機の機能はおなじである。このため設備対応以外の制御機能とセンサー情報および測定ポイントなどは統一をはかった。また、最新鋭化をねらいセンサー増強を行った。Fig. 3 に設備フローを、Table 2 にその機能一覧を示す。制御項目12、測定項目8の計20項目である。特徴は、連続層厚測定用の超音波レベル計、非接触式配合原料測定用の赤外線水分計、パレット幅方向5分割測定可能な排鉱部監視装置、スキャナー式点火炉内原料表面温度分布測定装置などの制御用センサーの設備と、自動検定装置、ベルト焼損防止装置などの保全用センサーの設置である。さらに、風箱内温度、圧力、流量の測定センサーの増強とDDC (Direct Digital Control) マイクロコンピュータ (DDC マイコン) の導入により、操業情報の増加と精度向上をはかり、緻密な制御を可能とした。

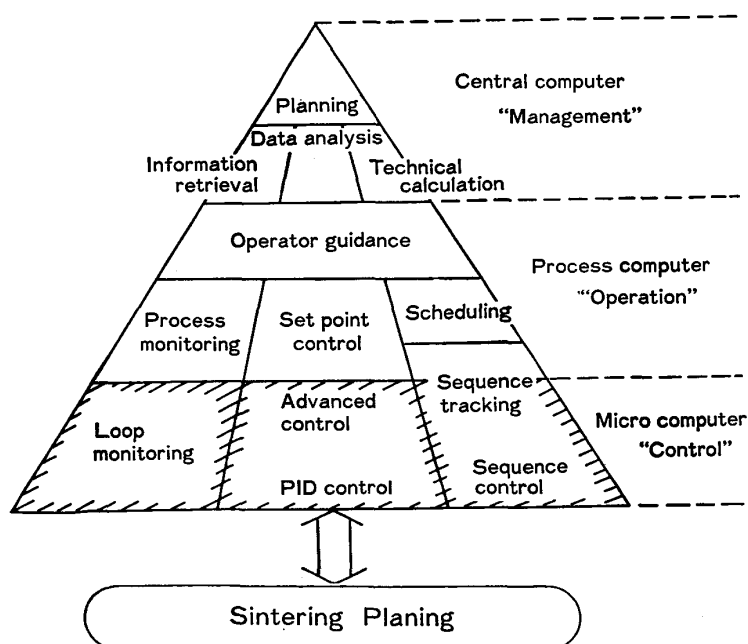


Fig. 2. Functional hierarchy of the iron-making computer system.

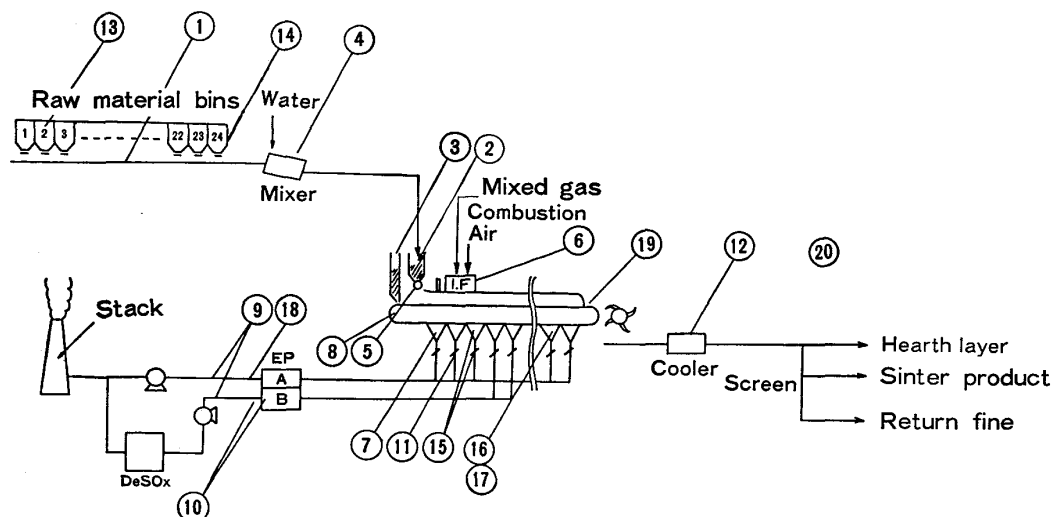


Fig. 3. Functions of the control system at No. 3 sintering plant.

Table 2. DDC function.

No.	Function	No.	Function
①	Raw material feed control	⑪	Opening control of wind box damper
②	Level control of surge hopper	⑫	Cooler bed height control
③	Level control of hearth layer hopper	⑬	Automatic calibration of weighers
④	Moisture control of raw material mix	⑭	Level sounding of return fine bins
⑤	Bed height control	⑮	Measurement of permeability of sinter bed
⑥	Temperature control of ignition apparatus	⑯	Measurement of wind boxes waste gas temperature
⑦	Waste gas pressure control of wind box under ignition apparatus	⑰	Measurement of waste gas flow distribution in the lengthwise direction of the strand
⑧	Strand speed control	⑱	Analysis of waste gas (CO, CO ₂ , O ₂ , N ₂)
⑨	Waste gas pressure control of main duct	⑲	Monitoring system of the bed at the discharge side of the strand
⑩	Waste gas temperature control of electrostatic precipitator	⑳	Automatic sampler of the product

3. 計装設備機能

3.1 秤量機のロードセル化

No. 3 焼結機の配合槽は新槽と旧槽より構成されている。旧槽はペレット工場の配合槽設備を改造して利用しているため、切り出し制御装置がメリック式（機械式）であつた。これは、機械部品が大小を合わせ 100 近くあり、測定精度および安全性が悪く、精度維持での負荷が大きかつた。一方、新槽に設置のロードセル式（電子式）切り出し制御装置は機械的な部品数も少なく、出力特性も安定しているなど精度維持が容易である。このためシステム化では DDC マイコンの足回りとなる秤量機を、多くの利点をもつロードセル式にすべて変更した。さらに、適宜遠隔で検定可能な自動検定装置を装備

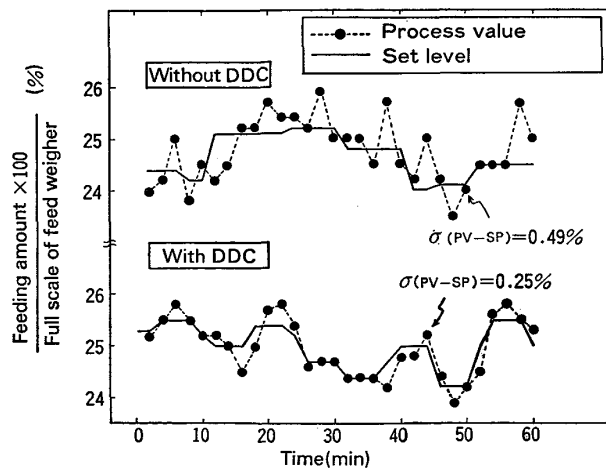


Fig. 4. Accuracy of constant feed weigher.

し、テストチェーンなどによる危険度の高い作業をなくした。メリック式よりロードセル式への置き換えは中山製鋼で報告されているが²⁾、Fig. 4 は秤量機のリフレッシュにとどまらず、DDC マイコンによるデジタル処理、および自動検定装置の精度維持をも含めた比較結果で、設定値 (SP) と実測値 (PV) との差が約 1/2 に半減した。さらに、現場作業がなくなったことにより保全負荷の軽減をはじめ、検定面で投資効果が現れてきている。

3.2 給鉱槽レベル制御

給鉱槽レベル制御系は、配合原料切り出しから給鉱槽原料切り出しまでを含め、焼結鉱品質に与える影響は大

である³⁾⁴⁾。さらに遅れ時間が大きいなど設備条件が複雑に影響する。たとえば No. 3 焼結機は、配合槽数 24、ミキサー数 2 基、配合槽と給鉱槽間のベルトコンベア数 14 と非常に輻輳した原料系を備えている。このため、制御面では以下の改善をはかった。

1) 原料切り出し量の異常防止…配合槽の定周期バイブレーションの実施、および CFW (Constant Feed Weigher) のロードセル荷重を利用によるたなづり検知の強化

2) 原料システムの遅れ時間処理…各配合槽とミキサー間および給鉱槽間の原料移動時間の実測 (10 数回にわたる地道な測定データ採り) をもとにした遅延時間処理。

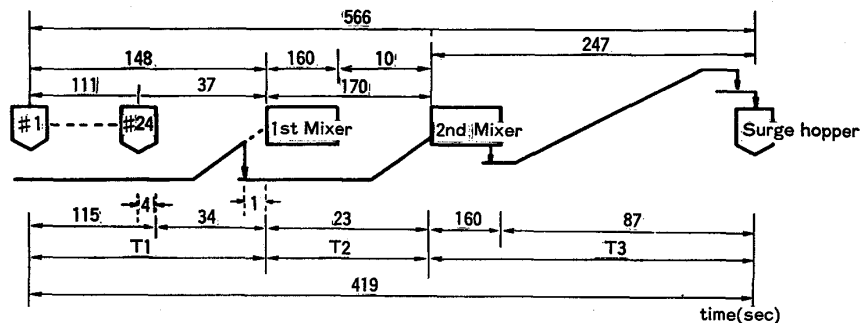


Fig. 5. Time chart of feed weigher to surge hopper.

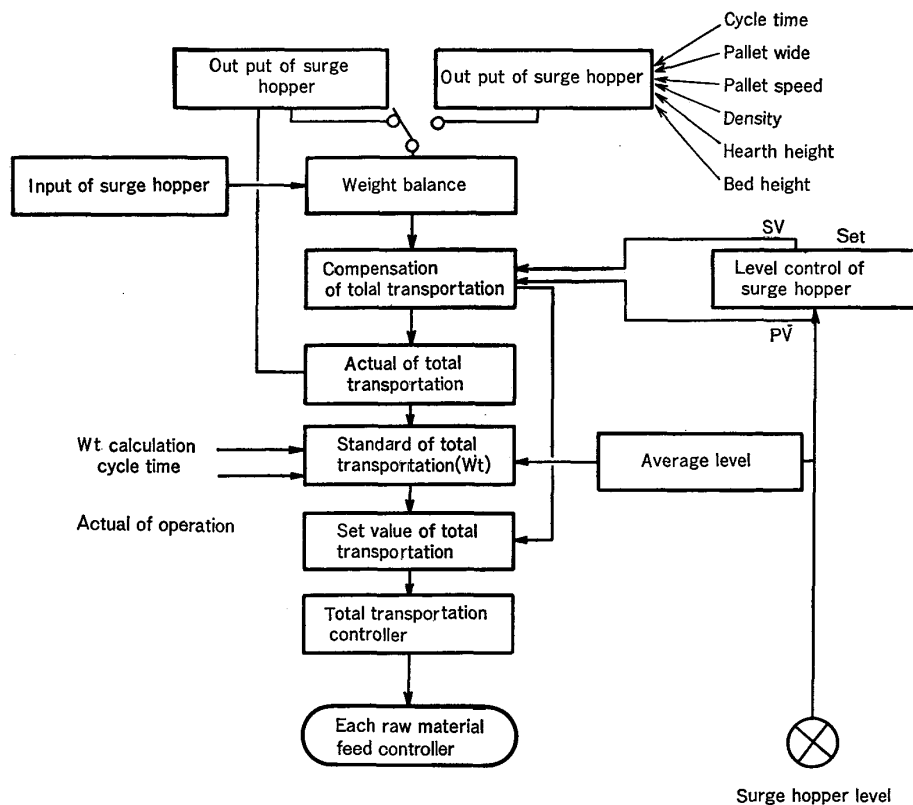


Fig. 6. Surge hopper level control.

Fig. 5 にこの実測のタイムチャートを示す。

3) 給鉱槽切り出し量の精度向上… a 層厚測定用に連続測定式の超音波レベル計を採用, b 層厚より給鉱槽の実際の切り出し量を求める際, 床敷鉱の層厚分補正を実施 c 混合原料の密度補正を実施

4) 原料系統の非常停止処理…原料系統を順序起動中に一斉停止 (緊急停止時) した場合でも, ベルトコンベア上の配合原料が停止前後で変化しないような自動起動シーケンス処理を実施

Fig. 6 に, 給鉱槽レベル制御の基本制御を示す。給鉱槽切出量演算を 2 系統設けた。これは, レベル制御上不可欠な実測データ (焼結機パレット速度, パレット上原料層厚, パレット上床敷層厚, 給鉱槽出側原料密度) の入力に困難となつた場合のバックアップで, 給鉱槽のレベル変化のみで演算が可能である。Fig. 7 は, 給鉱槽レベル制御の一例である。給鉱槽レベルの設定を強制的に $\pm 5\%$ 変化させたとき, 約 7 min で槽レベルが安

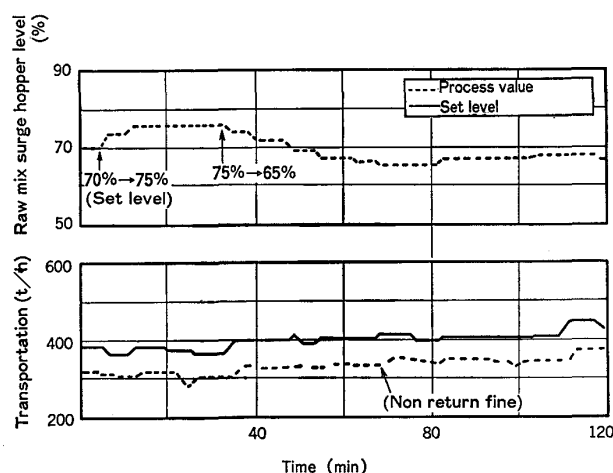


Fig. 7. Total transportation after changed of surge hopper level.

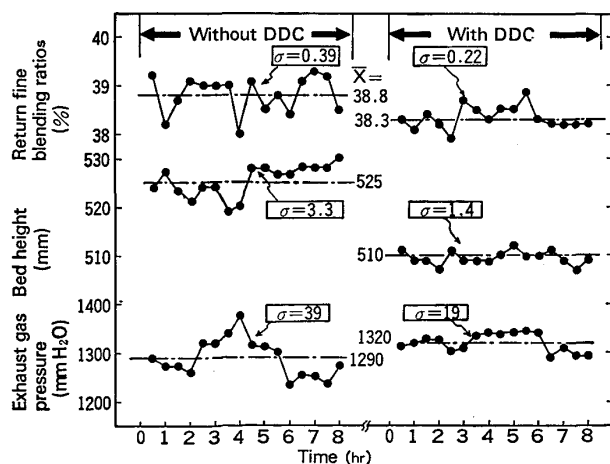


Fig. 8. Example of process fluctuation.

定しているのが分かる。これは, 最遠距離で切り出した原料が給鉱槽まで到達する時間に合致する。さらに, 通常操業ではほとんど考えられない 10% の変化に対しても, 約 22 min で安定するなど給鉱槽レベル制御性の良好さを示している。なお, Fig. 8 は, 給鉱槽レベル制御の操作量である総輸送量の変化度により決定される返鉱の配合比変動の結果である。制御系の安定により, DDC 化前後で, $\sigma=0.39$ が, $\sigma=0.22$ と 2/3 以下の変動幅となつている。

3.3 層厚レベル制御

原料系統に続く給鉱部回りの制御も, 本制御は給鉱槽レベル制御に続く制御で, パレット上原料の通気性さらには, 生産性にも影響を与える⁵⁾。Fig. 9 に層厚レベル制御の制御ブロックを示す。給鉱槽より切り出された混合原料の層厚レベル (パレットのグレートバー上原料層厚) をもとにドラムフィーダの回転数を変化させレベル制御を行つている⁶⁾。この際, 超音波レベル計で問題となる表面形状, および粒度分布については, 給鉱槽とレベル計間に表面を平坦にする鉄板を設置し解消した。ドラムフィーダには各レベル計に対応したサブのゲートが設置されており, 全体の平均層厚を維持しながらパレット幅方向の各部における層厚をさらに細かく制御させている。これは, ドラムフィーダの回転数制御がパレット幅方向全体の平均層厚を維持するだけのもので, 幅方向の不均一化の補正にはなんら寄与しないため, 平均層厚値よりの差分を各ゲートに割りあて, 幅方向の通気性を層厚変化により均一化するものである⁷⁾。さらに, 給鉱部の切り出し口と層厚レベル計間の遅れ時間補償をとり入れ, 制御性の向上をはかつた。Fig. 8 に層厚レベル制御の結果を示したが, 全体的なレベルは下がっているが, 平均レベルのばらつきが $\sigma=3.3$ より $\sigma=1.4$ と減少し良好な結果を得ている。

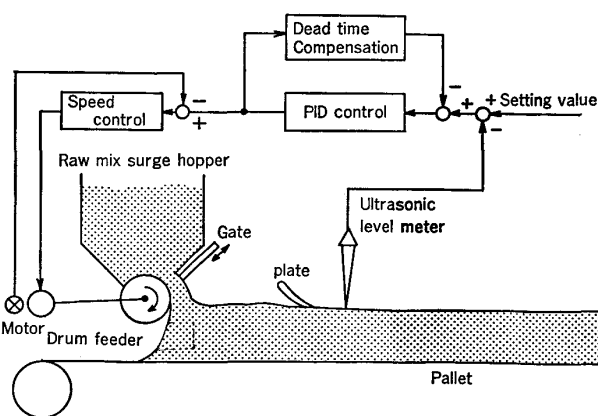


Fig. 9. Bed height control.

3.4 風箱センサー増強

パレット上原料層内の性状変化を連続的に把握することは操業上必要不可欠のものである。このため各社で

種々のセンサー開発，およびモデル開発が行われている^{8) 12)}．Fig. 10 はこのような目的により増設したセンサー群である．上図と下表が風箱番号で対応している．

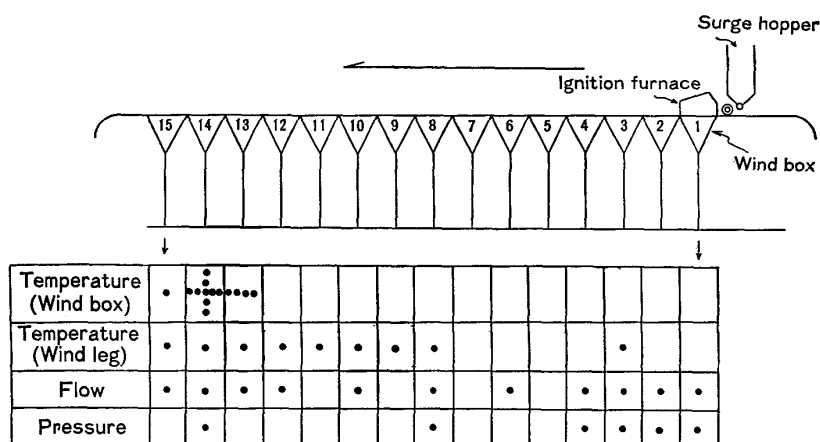


Fig. 10. Layout of measuring points of the strand.

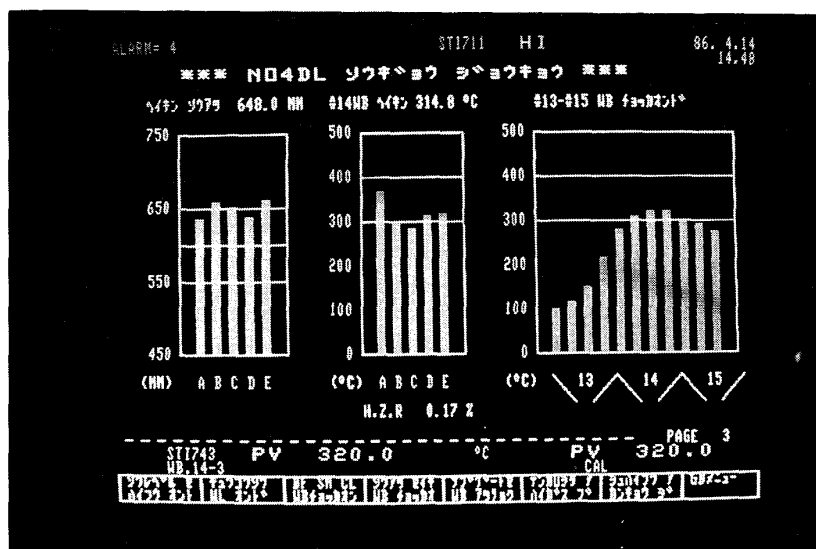


Photo. 1. Operation condition.

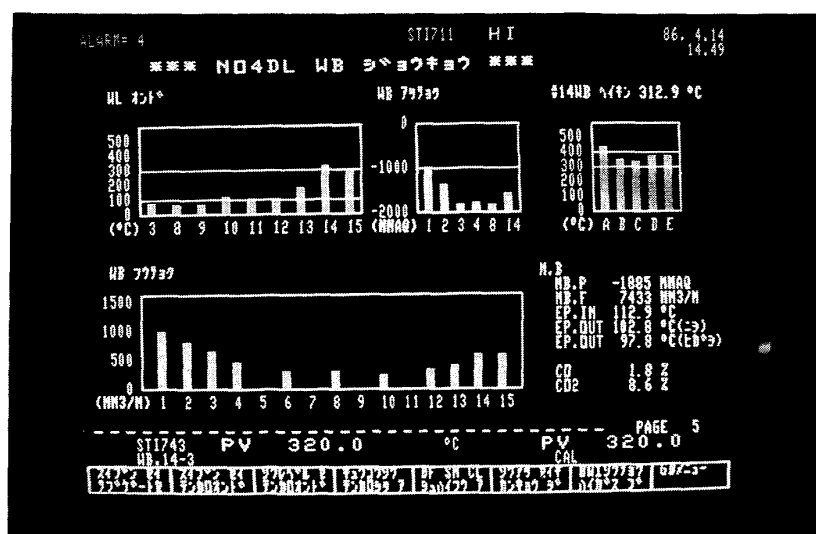


Photo. 2. Windo box data.

Table 3. Operational result at Chiba No. 3 sinter.

	'84/ Apr. ~ May (without DDC)	'84/ Aug. ~ Sep. (with DDC)
Productivity (t/h · m ²)	1.05	1.32
Standard eviation		
σ SiO ₂ (%)	0.11	0.10
σ CaO (%)	0.23	0.17
σ SI (%)	1.24	0.65
Coke consumption (kg/t)	46.8	44.3

たとえば排鉱側風箱ではパレット進行方向のグレートバー直下に、おのおの1m間隔で温度計を9本並べ、BTP (Burn Through Point) の測定精度向上をはかつた。また、パレット幅方向の測定温度は、幅方向のむらやけ検知用に利用しており、漏風の影響をさけるためこれもグレートバー直下に設置している。さらに、各風箱の流量測定は、焼結機全体の風箱内風量分布の把握と、パレット上原料層内の通気度測定のためのものである。なお、このように作成され収集された風箱データはすべて上位のプロセスコンピューターへ伝送され、操業情況監視および、予測モデルなどに利用される。Photo. 1, Photo. 2 に上位プロセスコンピューターによる風箱センサーの操業情報画面の例を示す。

3.5 操業効果

制御用センサーと保全用センサーおよび DDC マイコンの導入により、制御性と測定精度の改善がはかられた。Table 3 はデジタル計装システム化による DDC マイコン導入前後の操業比較である。操業計画の変更によりシステム化後増産基調となつているにもかかわらず、SiO₂, CaO, SI などの焼結鉱品質の変動が低減し、コークス原単位も 2.5 kg/t-s の低減がはかれた。さらに、制御においては、先に述べた種々の効果をえている。

4. 結 言

製鉄情報システムの第1ステップである焼結工場のデジタル計装システム化が、1983年6月より約2年間の

建設を終わり、1985年4月より順調に稼働している。建設では DDC マイコンによるシステム化とともにセンサーの増強および、制御性の向上をはかつた。この結果、計測面においては、以下の確認ができた。

1) 秤量機の制御性が、設定値と測定値の差でみて約1/2 になつた (σ (PV-SV)=0.49% が、0.25%)。

2) 返鉱配合比においても、弱冠のばらつきの低減がみられた。

3) 層厚レベルの測定上のばらつきは、平均層厚が下がっているにもかかわらず、1/2 強の低減を得た (σ =3.3 mm が、1.4 mm)。

4) 主排風機の圧力変動も同様に、1/2 強の変動の低減を得た (σ =39 mm H₂O が、19 mm H₂O)。

さらに、操業面では、生産がデジタル計装システム化後増産基調であるにもかかわらず、システム稼働以前のコークス原単位が 2.5 kg/t-s 低減するなどの顕著な効果を得た。

文 献

- 1) 杉田 清: 鉄と鋼, 71 (1985), p. 301
- 2) 日本鉄鋼協会共同研究会: 計測部会第 35 回秤量分科会資料
- 3) 佐藤 駿, 川口尊三, 喜多村建治, 高田耕三: 鉄と鋼, 71 (1985), A 189
- 4) 神坂栄治, 相馬英明, 和島正巳: 鉄と鋼, 69 (1983), S 713
- 5) 磯崎成一, 菅原欣一, 野坂庸二: 鉄と鋼, 66 (1980), S 87
- 6) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第 61 回製鉄部会 (1982 年 10 月) (株)神戸製鋼所 (私信)
- 7) 斎藤元治, 奥田康介, 今田邦弘: 鉄と鋼, 71 (1985), S 29
- 8) 新田昭二, 中島一磨, 田中 周: 鉄と鋼, 67 (1981), S 696
- 9) 国分春生, 佐々木晃, 渡辺 実: 鉄と鋼, 68 (1982), S 730
- 10) 中島一磨, 安本俊治, 児玉琢磨: 鉄と鋼, 69 (1983), S 718
- 11) 渋谷悌二, 丹羽康夫, 中尾亜男: 鉄と鋼, 67 (1981), S 102
- 12) 堀田裕久, 谷中秀臣, 山本亮二: 鉄と鋼, 71 (1985), S 35