
焼結設備の計装制御システム

Instrumentation and Control System of Sinter Plants

三木 克之(Katsuyuki Miki) 運崎 秀明(Hideaki Unzaki) 崎村 博(Hiroshi Sakimura) 飯田 修(Osamu Iida) 高橋 博保(Hiroyasu Takahashi) 中島 一磨(Kazuma Nakajima)

要旨：

当社の焼結工場の制御情報システムは、最新のデジタル計装システム、集中方式プロセスコンピュータ、および製鉄所セントラルコンピュータにより、リフレッシュされた。それぞれの分担は、デジタル計装が焼結層内の風量や温度分布などの測定と DDC(Direct digital control)、プロセスコンピュータが操業最適化のためのプロセス制御とオペレータへの情報サービス、セントラルコンピュータが汎用的データベースによる生産および操業の管理、計画、解析である。これら 3 階層のシステムは昭和 57 年より水島、千葉と順次、稼動し操業コストの低減、操業管理レベルの向上に寄与している。なお、本システムは製鉄地区全体の情報システム再構築の一環である。

Synopsis：

In Kawasaki Steel Corp., the computer control system for sinter plants was revamped, using the latest distributed control system (DCS), centralized process computer system (P/C) and central computer systems (C/C) of the respective Works. DCS performs functions such as measuring wind velocity distribution and gas temperature distribution along the sinter strand, and also Direct Digital Control (DDC). P/C performs functions such as process control to optimize sinter plant operation, and information services to operators. C/C performs functions such as planning, managing, and data analysis of production and operation based on the general-purpose data base. This 3-layer hierarchical system was completed in 1982 at Mizushima Works and was later completed at Chiba Works. It has brought about saving of operational cost and enhancement of operational management level, and been constructed as a step to the reconstruction of the total ironmaking information system of the entire company.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

Instrumentation and Control System of Sinter Plants



三本 克之
Katsuyuki Miki
千葉製鉄所 設備技術
部電気計装技術室



運崎 秀明
Hideaki Unzaki
千葉製鉄所 設備技術
部電気計装技術室



崎村 博
Hiroshi Sakimura
千葉製鉄所 設備技術
部電気計装技術室 主
査(課長補)



飯田 修
Osamu Iida
水島製鉄所 電気計装
部電気計装技術室



高橋 博保
Hiroyasu Takahashi
千葉製鉄所 製鉄部製
鉄技術室 主査(課長)



中島 一磨
Kazuma Nakajima
水島製鉄所 製鉄部製
鉄技術室 主査(部長)

1 緒 言

当社の焼結工場の制御システムは、昭和40年代にプラント建設と同時に導入され、小改造を行いつつ長年にわたって、焼結工場の安定稼働に寄与してきた。しかし、近年の鉄鋼業を取り巻く厳しい環境は、焼結操業にも従来にまして省エネルギー、省力などの要請をもたらした。制御情報システムへの要求も増大する一方であり、従前のシステムでは対応が困難であった。そこで、水島は昭和57年に、千葉は昭和60年に制御情報システムを製鉄所のセントラルコンピュータの情報システムを含めて、全面的にリフレッシュを行った。これらのシステムでは製鉄地区での情報の一元管理、トータル制御、システム保守性向上をめざし、計装システムの機種統一、プロセスコンピュータの集中化およびセントラルコンピュータへの情報集中を図っている。本報告では、新しい計装制御システムの概要と特徴について述べる。

要旨

当社の焼結工場の制御情報システムは、最新のデジタル計装システム、集中方式プロセスコンピュータ、および製鉄所セントラルコンピュータにより、リフレッシュされた。それぞれの分担は、デジタル計装が焼結層内の風量や温度分布などの測定と DDC (Direct digital control)、プロセスコンピュータが操業最適化のためのプロセス制御とオペレータへの情報サービス、セントラルコンピュータが汎用的データベースによる生産および操業の管理、計画、解析である。これら3階層のシステムは昭和57年より水島、千葉と順次、稼働し操業コストの低減、操業管理レベルの向上に寄与している。なお、本システムは製鉄地区全体の情報システム再構築の一環である。

Synopsis:

In Kawasaki Steel Corp., the computer control system for sinter plants was revamped, using the latest distributed control system (DCS), centralized process computer system (P/C) and central computer systems (C/C) of the respective Works. DCS performs functions such as measuring wind velocity distribution and gas temperature distribution along the sinter strand, and also Direct Digital Control (DDC). P/C performs functions such as process control to optimize sinter plant operation, and information services to operators.

C/C performs functions such as planning, managing, and data analysis of production and operation based on the general-purpose data base. This 3-layer hierarchical system was completed in 1982 at Mizushima Works and was later completed at Chiba Works. It has brought about saving of operational cost and enhancement of operational management level, and been constructed as a step to the reconstruction of the total ironmaking information system of the entire company.

2 制御システムの構成

2.1 焼結プラントの特徴とシステムへの要求

焼結プラントは、混合された鉱石や副原料などの粉体原料にコークスを加えて焼き固め、高炉原料として供給するプラントである。原料ヤードより送られてくる原料を配合槽に装入し、設定された配合比になるように切出し、ミキサーで水分を添加し混合した後、給鉱槽に装入する。さらに給鉱槽より焼結機上に原料を切り出し、バレットを進行させ、点火炉で原料上部表面に点火、ブローで吸引することにより原料を焼き固める。生成した焼結鉱は高炉に輸送される。

一方、焼結プロセスは高炉の安定操業を図るために適切な成分、粒度、強度などの品質と、生産量を確保しなければならない。この

* 昭和61年1月31日原稿受付

ため、ニーズに応じたセンサーと制御モデルが必要であり、継続した開発がなされている。焼結原料の特性は成分、粒度など本質的に変動要因をもつ、このためプロセスデータを評価するには統計的手法を用いる必要がある。また原料を焼結させる過程が複雑なのでモデル開発は容易ではないが、オンラインで実用できる操業モデルを確立しなければならない。さらに、省エネルギーなどによるコスト最小化の要請と原料事情の変化や高炉操業側からの要求に対し操業方法も柔軟に追従していかなければならない。

以上のことから、制御情報システムには焼結プラントの安定操業のための各サブシステムの効果的な制御、プロセス情報のタイムリーな提供および要求される生産量、品質を確保しながらトータルコストを最小化することが要求される。さらに、データ解析に必要なデータベースの構築と解析ツールの提供も要求される。

2.2 システムの構築

上述の要求を満足させるためシステムをリフレッシュし、制御性の向上と操業管理機能の強化を狙った DCS (Distributed control system)、プロセス計算機 (P/C) システム、中央計算機 (C/C) システムからなる 3 階層のハイアラキシステムを導入した¹⁻⁴⁾。Fig. 1 に計算機機能分担の概念を示す。

2.2.1 DCS

機能の強化、精度の向上を狙い、二重化された DDC (Direct digital control) マイコンとセンサーおよびアクチュエータにより構成される総合計装制御システム^{5,6)}である。P/C よりの設定値をもとにプロセス運転機能の基本である原料切出し制御などのマイナーループ制御やアドバンス制御を行うほか、排気温度、排気風量などのセンサー情報を基に焼結プロセスの即時的監視を行う。

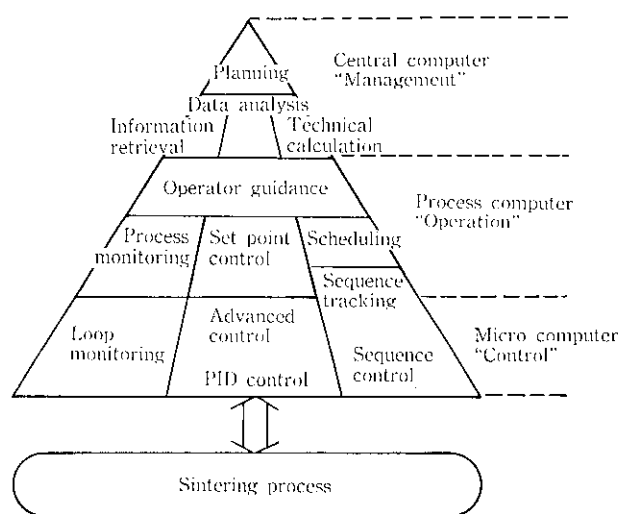


Fig. 1 Functional hierarchy of the ironmaking computer system

2.2.2 P/C システム

データの一元化、プログラムの標準化および保守性の向上を狙って P/C は集中化の方向にある。Fig. 2 および 3 にそれぞれ千葉製鉄所、水島製鉄所における焼結機計算機システムの構成を示す。集中化のレベルは千葉と水島で異なっており、千葉では C/C のみではなく P/C レベルでも製鉄地区情報を集中化している。水島では、均鉄、焼結、高炉の各種の設備ごとに集中化する方針をとっている。このシステムは、C/C で決定した操業計画のもとで焼結プラント全体の運転の効率化を行う。たとえば、原料配合設定などの

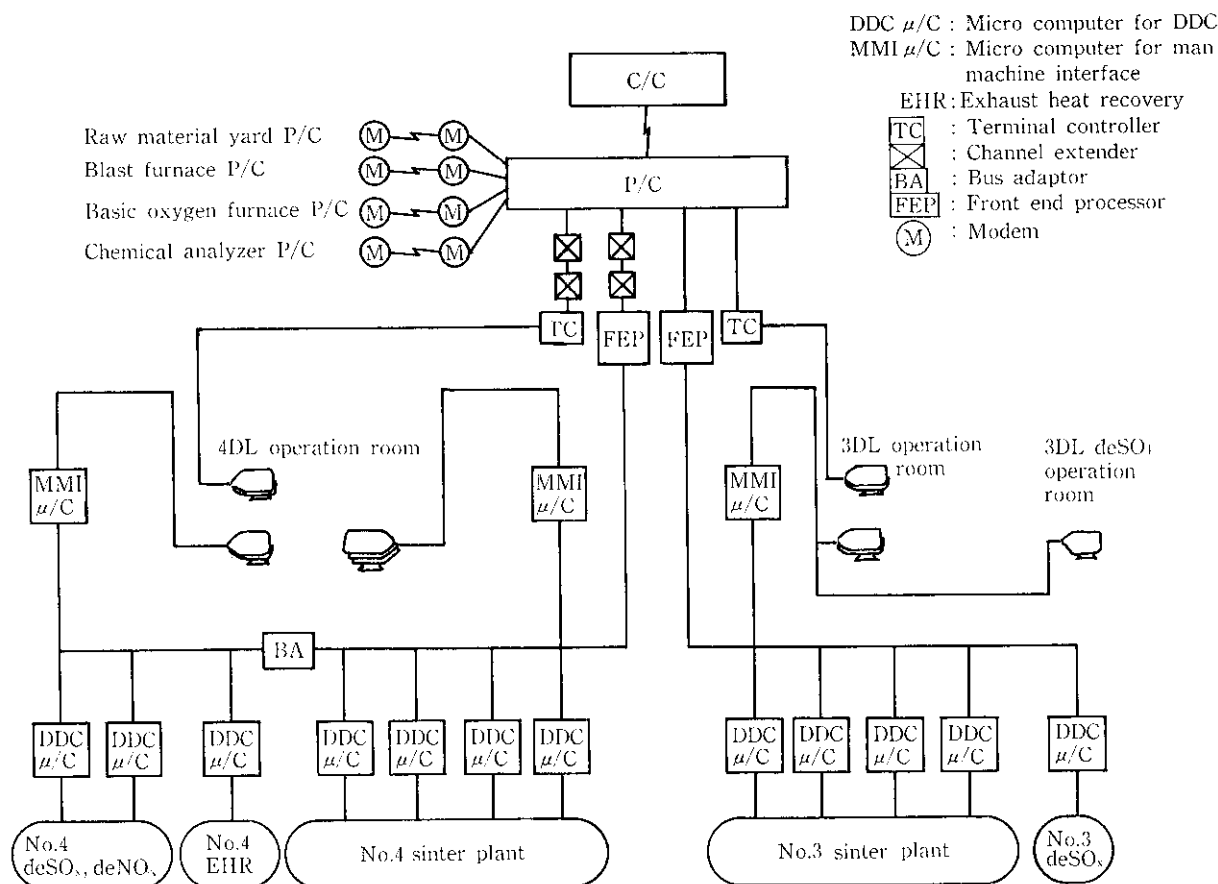


Fig. 2 New control system of sinter plant (Chiba Works)

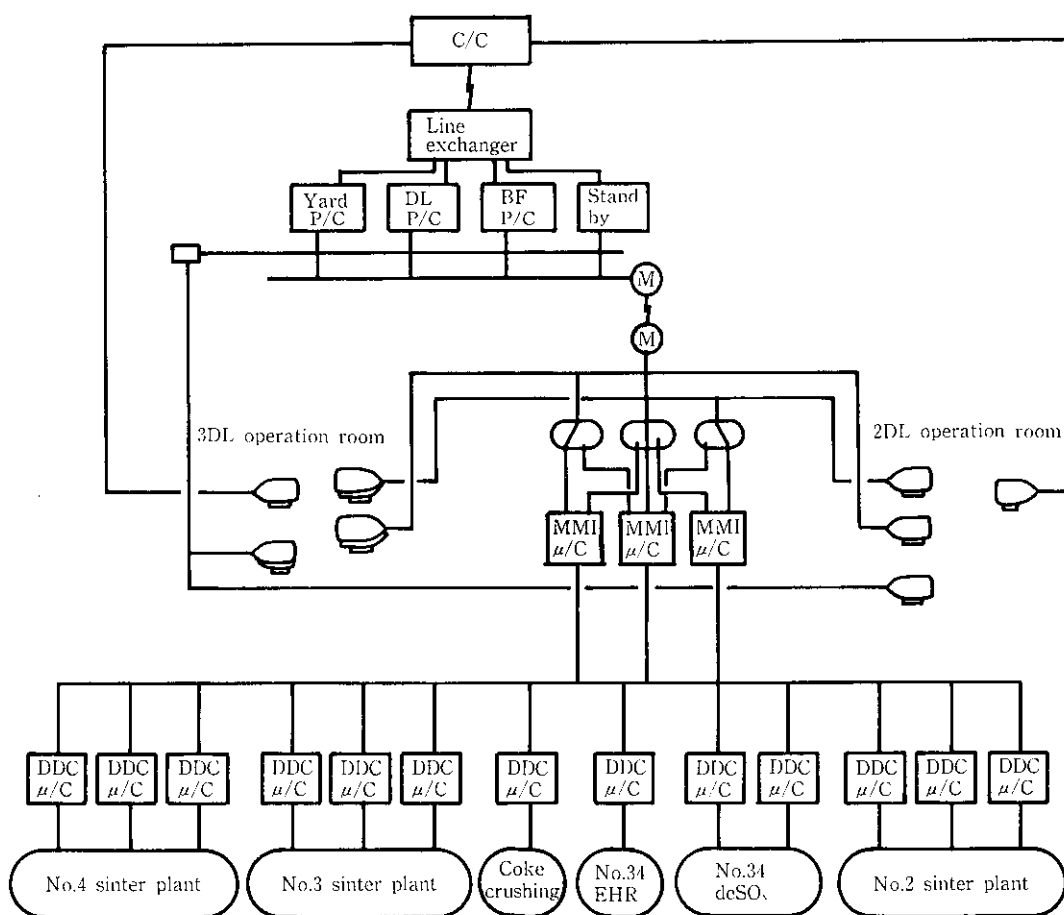


Fig. 3 New control system of sinter plant (Mizushima Works)

SPC (Set point control), 操業指数演算, 総合的な操業ガイドシステムなどである。

2.2.3 C/C システム

このシステムは, DCS と P/C システムのプロセス計装制御システムの上に位置し, 高速オンラインデータ回線でプロセスコンピュ

ータと接続され, プロセスコンピュータよりのデータをもとにデータベースを作成し, 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システムである。たとえば, 生産計画と原料状況にもとづく配合計画, 実績把握と予定実績の対比を目的とした帳票出力, 大量データを用いた統計解析などを行う。

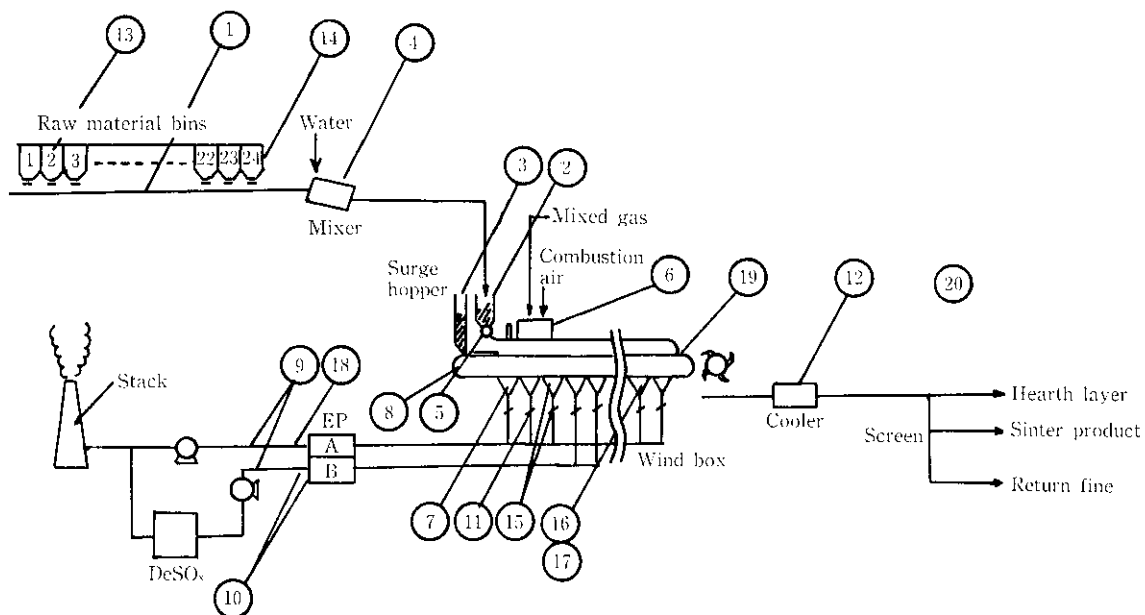


Fig. 4 Functions of the control system of No. 3 sintering plant at Chiba Works (①~⑳ of DDC functions are shown in Table 1)

3 焼結計装設備

3.1 焼結基本計装

Fig. 4 に全体の計装ポイントを、Table 1 にその機能を示す。焼結設備は大きく分けて4系統から成り立っている。以下に各系統の概要とおもな制御機能を述べる。

3.1.1 原料系統

配合槽の原料切出しより給鉦槽のレベル管理までで、この系の制御により焼結鉦の化学成分がほぼ決定される。

制御としては、原料切出し制御、添加水制御、給鉦槽レベル制御⁷⁾などがある。

(1) 原料切出し制御

総輸送量と各配合槽に設定された配合比をもとに、配合量を設定し定量切出し制御を行う。槽間の配合比設定変更の場合には、集合コンベア上での原料のトラッキングにより変更タイミングを槽ごとにずらし、混合原料のパラツキをなくしている。この制御で利用する総輸送量は、次に述べる給鉦槽レベル制御にて決定された量である。また、切り出した結果が給鉦レベル制御の入力値となり、両者は互いに密な関係にある。

(2) 給鉦槽レベル制御

Fig. 5 に制御系の構成を示す。この系は他の制御系にくらべ時間遅れの大きい系で外乱要因も多い。生産量の変化などにより槽のレベルが変動した場合、パレット速度と層厚より求めた給鉦槽の切出し変化量を原料切出し制御へフィードフォワードし、同時にロードセルにより検知したレベル変化量も原料切出し制御へフィードバックする。フィードフォワード制御は常時、フィードバック制御は原料の切出しから給鉦槽までの流れの遅延時間を制御周期としている。Fig. 6 は、DDC によるレベル制御の使用比較であるが、この制御の結果、従来のレベル制御より振れ幅が減少しているのが分かる。

Table 1 DDC functions (Chiba Works)

1	Raw material feed control
2	Level control of surge hopper
3	Level control of hearth layer hopper
4	Moisture control of raw material mix
5	Bed height control
6	Temperature control of ignition apparatus
7	Waste gas pressure control of wind box under ignition apparatus
8	Strand speed control
9	Waste gas pressure control of main duct
10	Waste gas temperature control of electrostatic precipitator
11	Opening control of wind box damper
12	Cooler bed height control
13	Automatic calibration of weighers
14	Level sounding of return fine bins
15	Measurement permeability of sinter bed
16	Measurement of wind boxes waste gas temperature
17	Measurement of waste gas temperature under pallet in direction of the strand
18	Analysis of waste gas (CO, CO ₂ , O ₂ , N ₂)
19	Monitoring system of the bed at the discharge side of the strand
20	Automatic sampler of the product

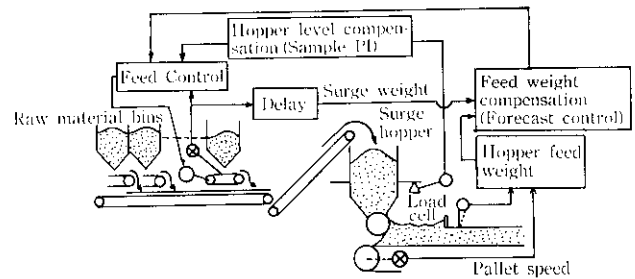


Fig. 5 Surge hopper level control (Mizushima Works)

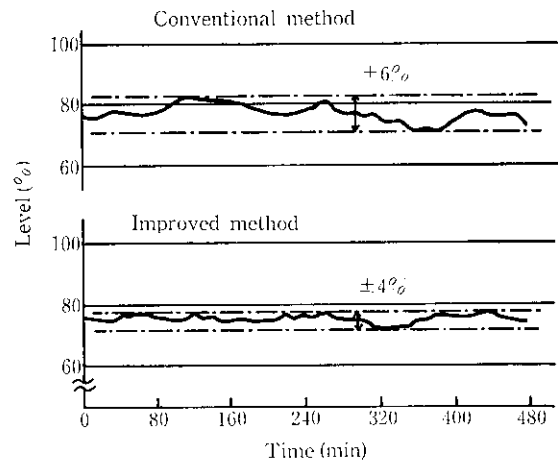


Fig. 6 Result of hopper level control (Mizushima Works)

3.1.2 焼結機本体

給鉦槽の混合原料切出しよりクーラ入側までであり、焼結機の速度および層厚の変更により、生産量およびシャット強度などを決定する。制御としては層厚レベル制御、点火炉燃焼制御、パレット速度制御などがある。

(1) 層厚レベル制御

Fig. 7 に制御系の構成を示す。給鉦槽より切り出された混合原料の表面を馴らし板で平坦にした後、超音波レベル計でグレートバーからの原料高さを連続測定し、この結果を給鉦槽の切出し制御にフィードバックする。このとき、給鉦槽と超音波レベル計との間の遅延時間の補正（スミス補償）を掛ける。給鉦槽の切出し制御の操作にはドラムフィーダによるものとメインゲイトによる2通りの方法がある。幅方向に設置した超音波レベル計の平均値を使用した全体のレベル制御はドラムフィーダで行い、幅方向

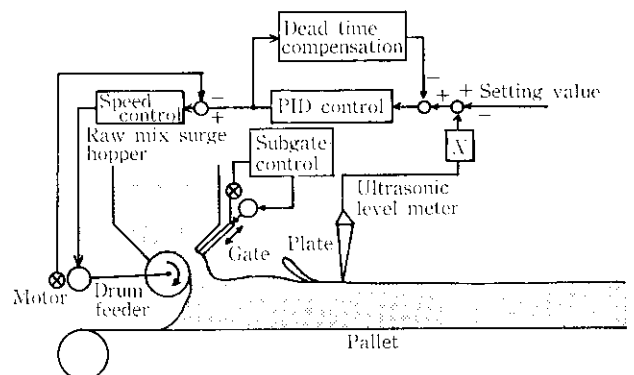


Fig. 7 Bed height control (Chiba Works)

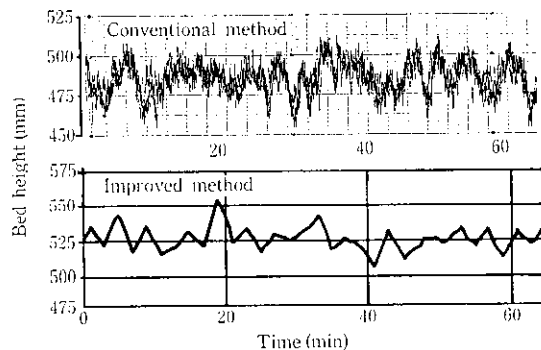


Fig. 8 Result of bed height control (Chiba Works)

の各々のレベル計を使用したパレット幅方向のレベル制御は幅方向に分散されたサブゲイトで制御する。Fig. 8 では、層厚測定値が従来 ± 30 mm だったものが、超音波レベル計の採用と層厚レベル制御のレベルアップにより、 ± 20 mm に減少したことが分る。

(2) 点火炉燃焼制御

従来の燃焼方式に比べはるかに省エネ化を図った点火炉を採用している。この燃焼制御は、放射温度計により焼結原料の表面温度を測定してMガス流量制御へフィードバックする。このとき、ガスとエアの比率制御はクロスリミットを掛けた制御を行い、酸素不足をなくすことにより安定性を高めている。

3.1.3 成品系統

クーラ本体より高炉の貯鉄槽入側までであるこの系の計測上のポイントは成品分析であり、この結果は先の原料系統および焼結機本体の制御系へ反映される。

制御としては、クーラの回転数制御だけである。歩留り計測用としては床敷鉄と返し鉄および成品用の秤量機が設置されている。その他は品質管理用で、成品の強度と粒度および成品中 FeO の自動分析装置が設置されている。

3.1.4 排ガス系統

焼結機本体のウインドボックスより煙突へ抜ける排ガス系統である。制御には、ウインドボックスのダンパー制御、主排風圧力制御などがある。さらに、この系では操作上重要な計測点が多い。圧力と風量は原料の通気性を知る上での重要なデータである。また、パレット進行方向のウインドレグ温度分布は、焼結機上の原料が現在どのような燃焼を行っているかをとらえるための重要なデータであり、特に排鉄側の温度は、焼結鉄の焼成点の位置をとらえるために無くてはならないデータである。このため、排鉄側のパレット直下に、焼成点をより正確にとらえるための温度計を短いピッチで設置している。

3.2 特殊センサー

3.2.1 赤外線水分計

焼結操作において、焼結原料の水分は非常に重要な測定項目であり、特に混合原料の水分値はパレット上の原料通気度を左右するため、正しく管理しなければならない。この原料水分を連続的に測定するために赤外線水分計を使用している。

赤外線水分計は、特定波長の赤外線が水分に吸収される性質を利用したものであり、原理的に測定対象の色や粒度の影響を受ける。しかし混合原料水分測定に使用している赤外線水分計は、測定に使用する赤外線の波長を最適に設定しており、配合する原料の性状が変化しても測定上特に問題はない。Fig. 9 に赤外線水分計を用い

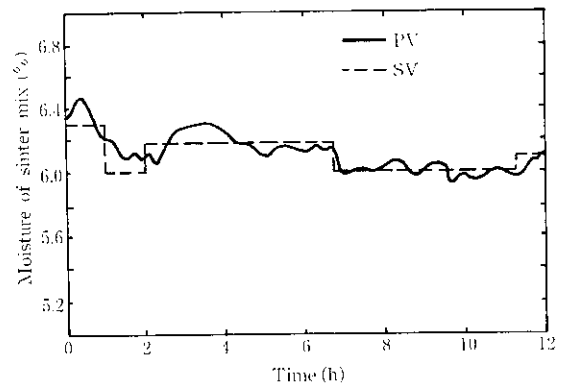


Fig. 9 Result of moisture control (Mizushima Works)

て行った混合原料水分の制御結果を示す。このような生産量の変動があっても、常に安定した水分値を維持して操作を行うことができる。また、赤外線水分計は石灰石の水分測定にも用いられており、その測定値を用いて、石灰切出し量の補正を行っている。

3.2.2 風量分布測定装置

Fig. 10 に焼結層内通過風量のパレット進行方向の分布を測定する装置⁹⁾を示す。この装置は、測定用の円筒を焼結層の表面上に置

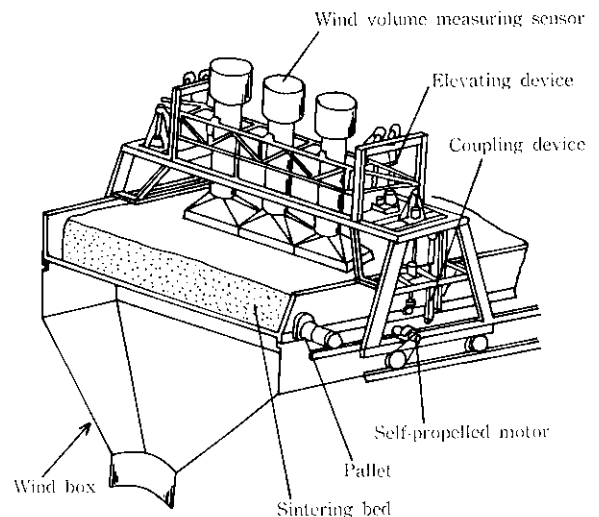


Fig. 10 Configuration of wind volume distribution measuring device (Mizushima Works)

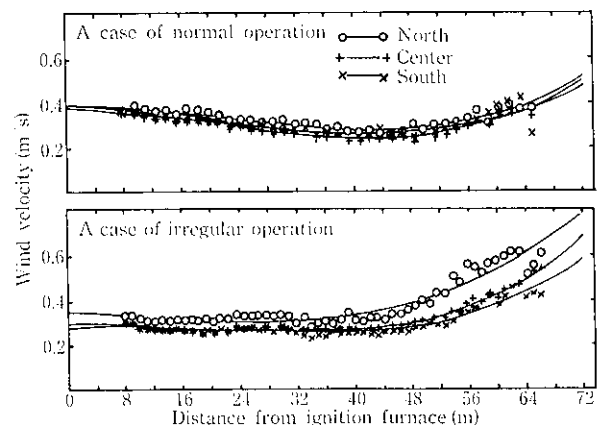


Fig. 11 Display of wind velocity distribution (Mizushima Works)

き、円筒内を通過する風量を熱線風速計を用いて測定するものである。測定用円筒が表面上に置かれた後、装置全体はパレットと結合されてパレットの動きと共に排鉱部まで移動する。移動中の風量を連続的に測定することによって風量分布を求めている。

測定データはリアルタイムで C/C によって処理され Fig. 11 に示す風量パターンの形で出力される。また同時に、そのパターンから数式モデルを用いて、焼結層内の赤熱帯の形状を推定している。

3.2.3 ヒートパターン測定装置

Fig. 12 に焼結層内の温度変化を測定するための装置⁹⁾を示す。この装置は、パレット上温度測定用の特殊グレートバーを取りつけ、そのグレートバーに設置されたシース熱電対で層内の温度を測定するものである。特殊グレートバーはパレットと共に移動するため、パレット側面に無線装置を設置し、熱電対からの温度信号を FM で地上に伝送する。熱電対は測定中、焼結層内に埋め込まれる形となり、排鉱時に機械的な衝撃を受けるため、排鉱前に熱電対をグレートバー内に引き込んで保護するための駆動装置が設けられている。

測定データは風量分布と同時にリアルタイムで、C/C によって処理され、Fig. 13 に示すヒートパターン表示が出力される。

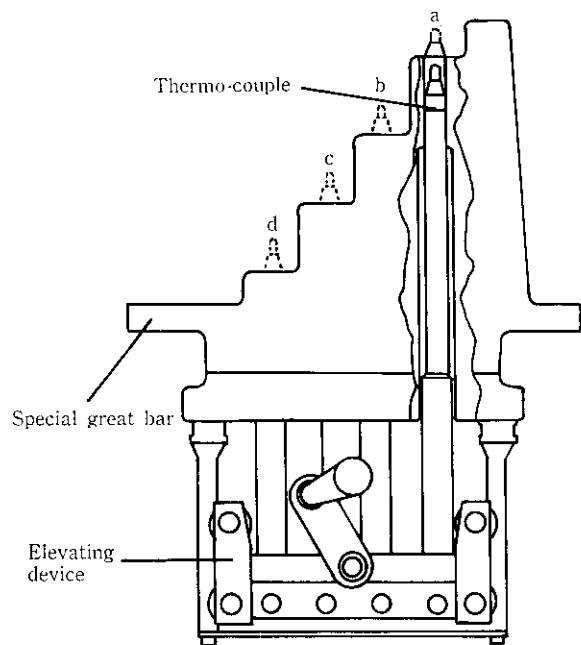


Fig. 12 Configuration of heat pattern sensor (Mizushima Works)

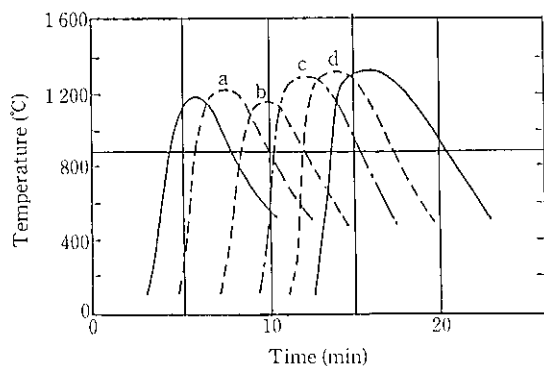


Fig. 13 Display of heat pattern (Mizushima Works)

3.2.4 排鉱部監視装置

この装置は、排鉱部に設置した ITV カメラで落下直前の焼結ベッド断面をとらえ、パレット幅方向に 5 分割した画像を作成する。この画像をもとに、各々の焼結層内の赤熱部分面積比 HZR (Heating zone ratio) を、1 秒ごとに装置内の演算器にて算出する。HZR は、12 段階に変更できる設定温度で輝度データを 2 値化して求める。測定データは 1 パレットごとにパレットカウンターと同時に P/C へ伝送されファイルへ格納される。データは時系列およびパレットごとの表示が可能である。

3.3 設備診断

これまでの計装設備は、そのほとんどがプロセスの制御および監視用であった。しかし、設備の老朽化、省力、予備品の合理化などにより、設備診断での計装技術のニーズが高まってきた。以下に、実施中の技術を述べる。

3.3.1 負荷電流による設備異常チェック

Fig. 14 はベルトコンベアの輸送量とその負荷電流の関係グラフである。正常時は両者の関係が一次式で表わされるが、いったんベルトコンベアのベルトが片寄せば、図のように同一重量であるにもかかわらず負荷電流が増加する。これを検知してベルト異常を発見する。他に、パレット駆動用モータの負荷電流によるパレット間の開き、およびパレット幅方向のたわみなどの検知が可能である。現在、負荷電流は DCS を経由して P/C へ入力され、判定処理が実施されている。

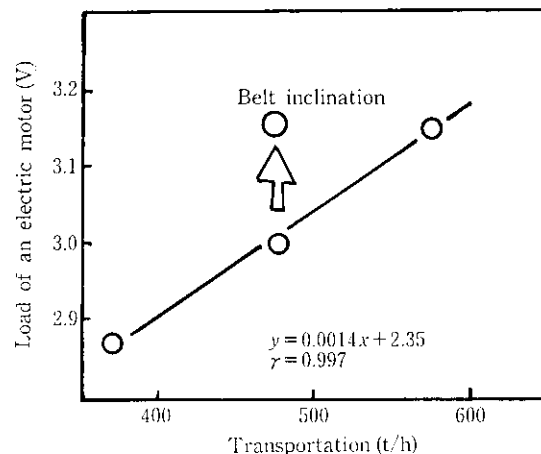


Fig. 14 Transportation and load of an electric motor (Chiba Works)

3.3.2 漏風測定

焼結機の排ガスは主排風機のブロワーにより、パレット、ウインドボックス、電気集塵機を経由して煙突から放散される。この間での漏風量は 30% を越えることもあり、漏風は歩留りの低下、成品品位の不均一、電力の増加など多くのデメリットを生じる。このため、漏風量を計測するため漏風箇所の前後を同一機種 of O_2 分析計で O_2 濃度を測定する設備を導入している。Fig. 15 は漏風量をパレット進行方向に測定した結果である。漏風の影響をほとんど受けないパレット直下のウインドボックスと、影響を受けるウインドレグとの間には 1.8% の O_2 濃度差がある。この差が漏風の影響によるもので、漏風率としては 16.8% である。

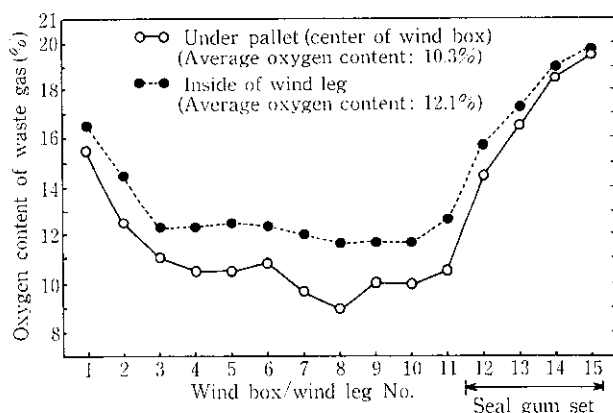


Fig. 15 Result of leak air measurement (Chiba Works)

4 プロセスコンピュータの機能

4.1 情報収集と操業情報提示

プロセス監視を行ううえでは、DCSより収集したプロセスデータをもとにして計算した指数によるプロセス評価が重要である。プロセスコンピュータで求めている指数としては、ベッド高さ方向にわたり焼結の完了した焼結機上での位置を示し、パレット速度を制御するのに重要な焼結完了点 *BTP* (Burn through point), 原料の通気監視に重要な通気抵抗指数 *JPU* (Japanese permeability unit) および *RP* (Resistance permeability) のほか、焼結機上原料の焼け状態を監視するためのむら焼け指数 *USI* (Ununiformed sinter index) などがある。以下に各指数の定義を示す。

$$BTP = f^{-1}(\max\{f(x)\}) \quad (1)$$

x : パレット進行方向の位置

f : パレット進行方向特定の3点の位置とそれらの点における温度によって決定される2次関数

$$JPU = \frac{A}{B} \times \left(\frac{C}{D}\right)^{0.6} \quad (2)$$

A : 排風量

B : 吸引面積

C : 原料層厚

D : 排風圧

$$RP = \frac{E}{F} \quad (3)$$

E : ウインドボックス圧力

F : ウインドボックス風量

$$USI = \left\{ \sum_{i=1}^n (T_A - T_i)^2 \right\}^{1/2} / nT_A \quad (4)$$

$$T_A = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

$T_i (i=1, 2, \dots, n)$: パレット幅方向の温度

また、焼結過程の確認用としてウインドボックスごとの風量を収集するほか、熱電対を組み込んだ特殊なパレットを取付け実験的に測定された焼結層内のヒートパターンデータを収集し、保熱指数、冷却指数、火炎前線速度 *FFS* (Flame front speed), 火炎後線速度 *FBS* (Flame behind speed) の計算後はファイルへの書き込みと、セントラルコンピュータへの伝送を行う。セントラルコンピュータではヒートパターンデータを実験用のデータベースに格納し、解析可

能なファイルとしている。また、DCSより *HZR* (3.2.4 参照) をパレットごとに収集し、パレットの特性を監視できるようにしている。そのほか、焼結原料の粒度の偏析防止対策として、配合槽レベルをあるレベル以上に保つ必要があり、このため、ヤードのプロセスコンピュータとリンクし配合槽のレベルとトリッパの位置を収集して、レベルと装入状態の監視を行っている。さらに、分析センタのプロセスコンピュータとリンクし成品の分析値を収集し、オペレータにガイダンスを与えている。

次に千葉における操業情報提供機能について述べる。オペレータが簡易的にプロセスデータの評価を行えるようにプロセスコンピュータでは、トレンド、プロファイル、ヒストグラム、散布図といった汎用の画面を用意した。これらは、データの Tag 名を入力するだけでグラフィカルな表示が可能である。Photo 1 にヒストグラムの例として排風圧力の分布を示す。また、総合的にプロセスモニタリングを行うために特殊画面も用意した。これにより、原料系統、焼結系統などの情報を一括して把握することができ、操業上非常に有効である。Photo 2 は配合槽状況の画面例である。この画面もオペレータに配合槽の状況を把握させるのに有効である。

一方、プロセス制御において SPC を行う場合、オペレータが手動介入することが当然存在する。その場合は、プロセスコンピュータが標準ソフトとして有する画面を用いる。これは、プロセスデータと設定値など、プロセス制御に十分適した単一のプロセスデータに関する情報を表示する画面と、複数のプロセスデータに関する情

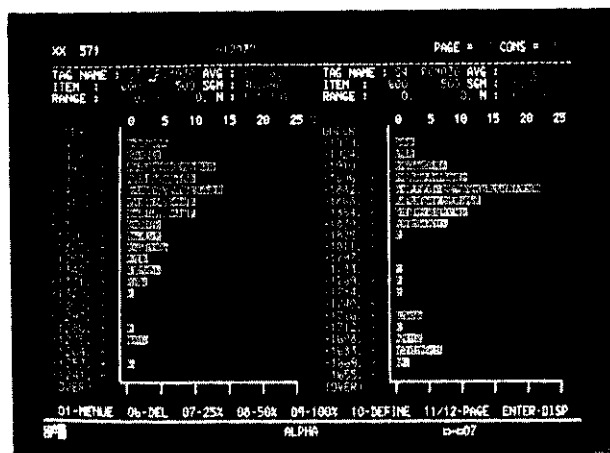


Photo 1 An example of histogram (Chiba Works)

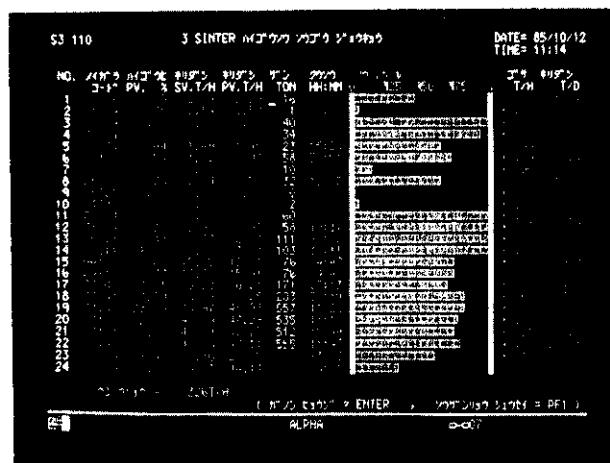


Photo 2 A screen of the blending hopper condition (Chiba Works)

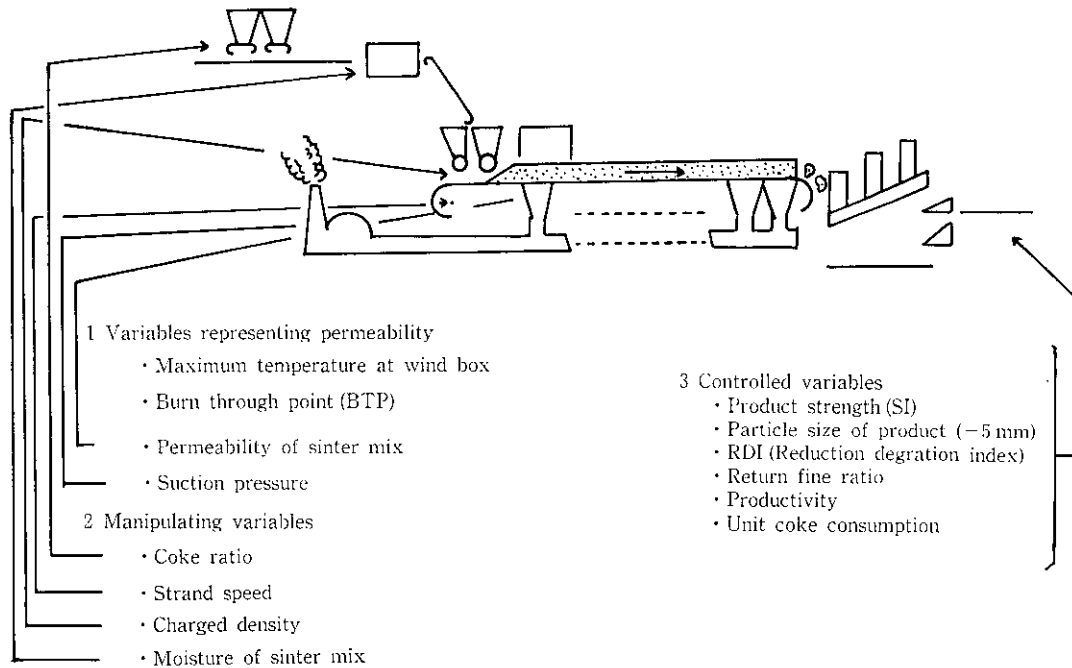


Fig. 16 Process data to be used for the OGS (Mizushima Works)

報を表示する画面の2種類である。さらに、使いやすさを考慮して特殊画面からの設定も可能とした。そのほかのオペレータサービスとして日報印字がある。これは速報として利用されるもので、操業が目標通りに行われたか否かの確認用であり、分類としては、総括操業日報、30分毎操業記録、品質日報、設定変更記録がある。また、当日の操業推移を報告書として出力することもでき、オペレータはこれを見て操業に反映することができる。

4.2 プロセス制御

焼結のP/Cのもう1つの重要な機能にプロセス制御がある。PID制御とフィードフォワードやスミス補償などのアドバンスト制御はDCSで十分実現可能であるが、操作要因が多種にわたる場合はP/Cが使用される。当社では、オペレーション・ガイド・システム^{10,11,12)}(OGS)と呼ばれるプロセス制御システムがあり、P/Cによって実現されている。

OGSは、焼結プロセス中の焼成過程の制御を行うものであり、焼結鉄の生産率および成品品質を目標値に保つとともに、コークス原単位などの生産コストが低下するように焼成過程を制御するシステムである。Fig. 16にOGSに使用するプロセスデータを示す。ここで、制御変数は生産率、成品品質およびコークス原単位であり、操作変数としてコークス配合比、パレット速度、装入密度およ

び混合原料水分を持つ。

OGSの基本機能のフローをFig. 17に示す。

このフローの各ステップの内容は以下のとおりである。

(a) プロセス判定

主排風圧力やBTPなどのプロセスの状態を良く表わすデータをそれぞれの基準値と比較し、プロセス状態を判定する。

(b) 生産率と品質の判定

生産率やジャッタ強度などの品質データをそれぞれの基準値と比較し、生産率と品質が満足されているかどうかの判定を行う。制御変数とその設定値の偏差チェックに相当する。

(c) 通気判定

(a)で行ったプロセスデータの判定結果を用いて焼結操業上最も重要な指標であるパレット全体の通気の判定を行う。ただしここで現在の状態だけを判定するのではなく、将来的に通気がどの方向へ変化するかまで考慮した判定を行っている。そのために次の予測式を用いる。

$$y_i(s) = \sum_{k=1}^l a_{ki} y_i(s-k) + \sum_{k=1}^m b_k x(s-k) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$y_i(s)$: データ*i*の予測値

y_1 : 主排風圧力

y_2 : ウインドボックス最高温度

y_3 : BTP

$y_i(s-k)$: データ*i*の時系列データ

$x(s-k)$: RPの時系列データ

a_{ki} : データ*i*に関する係数 ($k=1, 2, \dots, l$)

b_k : x に関する係数 ($k=1, 2, \dots, m$)

s : 時刻

i : データ区分

l : 回帰式の次数

m : 回帰式の次数

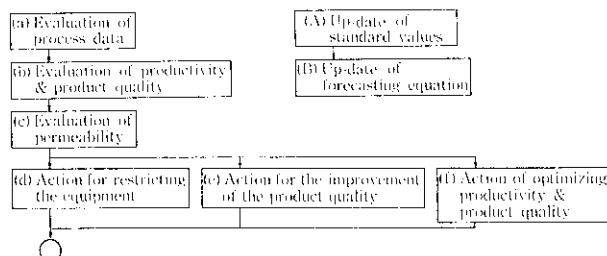


Fig. 17 Flow of the basic functions of the OGS (Mizushima Works)

予測式は自己回帰モデルを用いてプロセスを同定することによって求めている。

[Three dimensional table for optimum action]

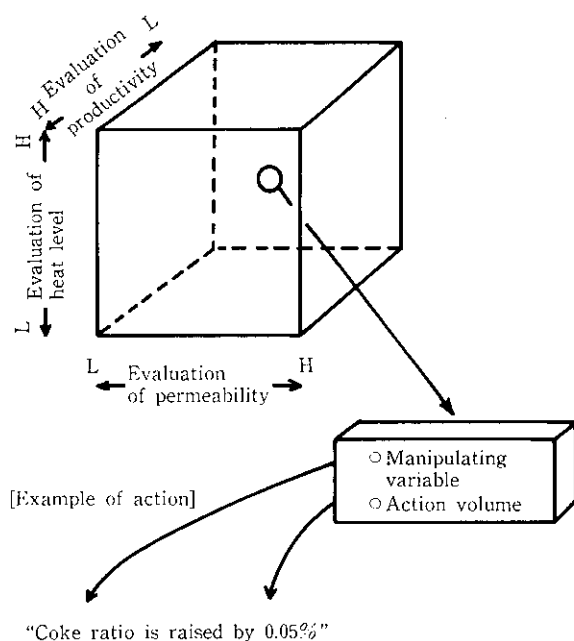


Fig. 18 Action for optimizing the productivity and product quality (Mizushima Works)

(d)~(f) アクション

(d)(e) はそれぞれ、プロセスが設備破損を招くような状態になった場合と成品品質が極端に悪化した場合に取られる緊急避難的なアクションであり、(a)(b)の結果から判定される。

(f) は生産率を目標に一致させ、品質を最適に保ち、かつコークス原単位を下げるためのアクションであり、このロジックが OGS の中心機能となる。このロジックでは、(a)(b)(c) で得られた生産率、返鉱発生比の判定結果を使用した熱レベルおよび通気の判定結果を用いて、Fig. 18 に示す 3 次元マトリクスによって、コークス配合比、パレット速度、装入密度、混合原料水分

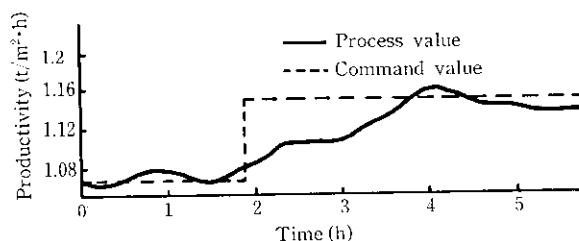


Fig. 19 Response to change in productivity (Mizushima Works)

の操作変数とその操作量を決めている。

なお、OGS は、(a)~(f) の基本機能以外に、判定で使用する基準値や予測式をプロセスの状態に応じて、最適な値に自動的にメンテナンスする機能を有している。

OGS の機能は、P/C に構成されているものであるが、そこで決定された操作量を用いてセットポイント・コントロールが行われ、プロセスはオペレータの手を全く介さずに自動制御される。Fig. 19 に OGS による生産率変更の例を示す。

現在では、焼結機の全稼働の 80% 以上が OGS を用いた自動操作で行われており、オペレータは生産目標を設定するだけで、パレット速度の操作やコークス配合比の決定などはすべて P/C が行ってくれる。

5 結 言

近年実施した当社の焼結設備の計装制御システムのリフレッシュについて述べてきた。その中で、DCS では安定した原料供給制御と焼結過程の把握のためのセンサー開発について、また P/C では操業最適化のための、オペレータに対する種々の情報をもとに処理した操業予測とガイダンスについて重点的に報告した。これらの制御情報システムは、焼結操業の省エネルギー、省力はもとより操業管理レベルの向上に大きく寄与している。今後はさらに、制御情報システムのレベルアップを図り、焼結設備単独の最適化だけでなく、高炉との緻密な協調化などにより製鉄工程のトータルメリットの追求を志向していきたい。

参 考 文 献

- 1) 加藤 明, 富田貞雄, 運崎秀明, 秋山 守, 崎村 博: 鉄と鋼, 71 (1985) 4, S 34
- 2) 宮崎容治, 松田正臣, 谷吉修一, 田村輝男: 鉄と鋼, 69 (1983) 4, S 70
- 3) 瀬川佑二郎, 飯田 修, 茅谷暢重, 児子精祐: 川崎製鉄技報, 16 (1984) 1, 1-7
- 4) 瀬川佑二郎, 安本俊治, 谷吉修一: 計装, 26 (1983) 6, 37-43
- 5) 三木克之, 高橋博保, 渡辺 実: 鉄と鋼, 71 (1985) 4, S 36
- 6) 飯田 修, 瀬川佑二郎, 深川卓美, 中島一磨: 鉄と鋼, 69 (1983) 4, S 69
- 7) 瀬川佑二郎, 深川卓美: 計装, 26 (1983) 2, 68-71
- 8) 新田昭二, 中島一磨, 田中 周, 飯田 修: 鉄と鋼, 69 (1983) 4, S 46
- 9) 岩村忠昭, 崎村 博, 田宮徳士, 瀬川佑二郎: 川崎製鉄技報, 13 (1981) 4, 129-141
- 10) 佐々木 晃, 梶谷暢重, 岡部俠児, 老山大輔, 竹原亜生: 鉄と鋼, 69 (1983) 4, S 68
- 11) 佐々木 豊, 渡辺 実, 老山大輔, 国分春生: 鉄と鋼, 70 (1984) 4, S 25
- 12) 中島一磨, 天野初文, 飯田 修, 井山俊司: 鉄と鋼, 70 (1984) 4, S 32