
転炉の新計算機制御システム

New Computer Control System of the LD Plant

古茂田 敬一(Keiichi Komoda) 川崎 量一(Ryoichi Kawasaki) 塩川 信正(Nobumasa Shiokawa) 羽田 守幸(Moriyuki Haneda)

要旨：

千葉製鉄所では、1961年10月に転炉計算機制御の開発を開始して、これまでに種々の制御方法を確立してきている。1969年5月末計算制御の充実と拡張、操業方法の改善に伴うデータ処理の改良、システムとしての信頼性の向上など転炉計算機システムの完成を目的として新システムを導入、同年8月稼働を開始した。その内容は、(1)静的数式モデルによる終点制御、投込型検温子を利用した鋼浴温度制御、廃ガス分析を利用した鋼浴Cの制御などよりなる終点制御 (2)操業の標準化を目的とした、副原料自動投入、酸素流量とランス高さのパターン制御、還元剤投入量計算などの操業制御 (3)主原料装入配分の適正化を計かる主原料装入配分制御 (4)計算制御、操業指針、操業管理などの面から必要なデータを収集する各種のデータ処理、などで、将来の開発ならびに改造に余裕のあるシステム設計がなされている。

Synopsis：

Since the first attack was made on the task of developing a computer control system of LD-plant at Chiba Works in October 1961, a number of control methods have been developed and established to date. In May 1969, with an aim of completing computer control system for LD plant through improved dependability and advanced data processing as well as expanded scope of control, a new computer system was adopted to replace a conventional system, and it went into operation in August 1969. The new system keeps on operating satisfactorily. The main features of the new computer system are as follows: (1) End-point control (i)Static end-point control using mathematical models (ii)Bath temperature control using bomb thermocouple (iii)Bath carbon control using waste gas analyzers (2) Operational control aiming at standardization of operations (i)Split adding control of fluxes and coolants (ii)Program controls of oxygen flow rate and lance height (iii)Composition control after tapping (3) Charge control of raw materials aiming at optimization of operations (4) Data processing aiming at gathering operational data correctly for various controls

本文は次のページから閲覧できます。

転がりの新計算機制御システム

New Computer Control System of the LD Plant

古茂田 敬 一*

Keiichi Komoda

川崎 量 一**

Ryoichi Kawasaki

塩川 信 正***

Nobumasa Shiokawa

羽田 守 幸***

Moriyuki Haneda

Synopsis:

Since the first attack was made on the task of developing a computer control system of LD-plant at Chiba Works in October 1961, a number of control methods have been developed and established to date.

In May 1969, with an aim of completing computer control system for L D plant through improved dependability and advanced data processing as well as expanded scope of control, a new computer system was adopted to replace a conventional system, and it went into operation in August 1969.

The new system keeps on operating satisfactorily.

The main features of the new computer system are as follows:-

- (1) End-point control
 - (i) Static end-point control using mathematical models
 - (ii) Bath temperature control using bomb thermocouple
 - (iii) Bath carbon control using waste gas analyzers
- (2) Operational control aiming at standardization of operations
 - (i) Split adding control of fluxes and coolants
 - (ii) Program controls of oxygen flow rate and lance height
 - (iii) Composition control after tapping
- (3) Charge control of raw materials aiming at optimization of operations
- (4) Data processing aiming at gathering operational data correctly for various controls

1. 緒 言

転がりプロセスの計算機制御は、他の工業プロセスと比較してもかなり早期にその適用が開始されて、現在では操業に不可欠なものになりつつある。

従来の平電炉による製鋼法と異なり、純酸素上吹転がりという両期的な製鋼プロセスは、計算機制御の導入による生産性の向上、歩どまりの向上、品質の向上などの面からの期待効果がきわめて大きく、さらにプロセスそれ自身が新しい技術であるため、新技術の導入についてラインならびに制御担当者が積極的に取組む姿勢をとったことなど

* 千葉製鉄所製鋼部部长代理

** 千葉製鉄所計測課課長

*** 千葉製鉄所計測課掛長

が、転炉プロセスに対する計算制御の実用を促進してきたと思われる。

当社千葉製鉄所では1969年5月末、従来のTOSBAC-3315(東芝)による計算機システムに代わるものとして、DDP-516(山武ハネウェル)による新システムを導入し、同年8月の稼働開始と同時に上記の効果を十分発揮するとともに、省力化にも貢献している。

新システムは、旧システムと比較すると、計算制御の充実と拡張、データ処理の改良、システムとしての信頼性の向上の他に、操業の標準化、簡単な判断業務の代行、処理要求信号の自動発信、操業管理ならびに解析用データのテープ化などの新機能が付加されており他に先例がない程のシス

表1 転炉工場設備一覧

設備名称	仕様ならびに能力
転 炉	型式:非分離対称型 公称能力:150t/charge×3基 高:9.06m 径:6.66m
溶 鉄 設 備	混 鉄 炉:1500t×1基,1850t×1基 溶 鉄 秤 量 機:250t×2台
屑 鉄 設 備	ク レ ー ン:2基(積込),1基(積込・装入) スクラップ秤量機:80t×4台
副 原 料 設 備	地下バンカー:16台 炉上バンカー:9台/炉 ホッパ秤量機:4台/炉
合 金 鉄 設 備	炉上バンカー:2台/炉(秤量機は副原料設備と兼用) 専用秤量機:4台
廃 熱 ボ イ ラ	型 式:ラメント式強制循環ボイラ 蒸 気 発 生 量:50 t/charge (55kg/cm ² Gにて)
廃ガス処理設備	型 式:箆式コッドレル 排 風 機:1000kW×1基,1300kW×1基
酸 素 設 備	ホ ー ル ダ:70m ³ ×2基 (25kg/cm ² G) ラ ン ス:外径300mmφ,長さ17.7m,多孔ノズル
操 業	稼 働 時 間:2/3または3/3 吹 錬 時 間:平均17.1min/charge 酸 素 原 単 位:49.5Nm ³ /t 鋼 種 構 成:リムド鋼 63.5% セミキルド鋼 29.2% キルド鋼 7.3%

テムとなっている。

本稿では、転炉計算機制御システムの開発経過および新計算機システムについて述べる。

なお表1に転炉工場の設備一覧を示す。

2. 転炉計算機制御システム開発の経過

当社千葉製鉄所における転炉計算機制御システムの開発研究は、吹止温度、吹止Cを制御対象とする、いわゆる終点制御を目的として1961年10月から開始され、直ちに計測課を中心とするグループが、熱バランス、酸素バランスを基礎とした数式モデルの作成にとりかかった。

1962年4月、転炉2基の稼働を契機として、同年6月HOC-100(北辰)を転炉工場に設置して終点制御のオフライン・テストを実施した。約1年半の数式モデルの改良の結果、独自の方式による終点制御のための数式モデルを完成したので、1963年10月NEAC-2205(日本電気)を設置して終点制御計算をオンライン化し、これによって吹止温度、吹止Cの適中率は大幅に向上しかつ安定した。

その後3基目の転炉を増設したのを機会に、制御範囲を拡張し、あわせてデータ・ロガによるデータ処理をも包括する計算機制御システムの導入を計画して、1965年3月TOSBAC-3315(東芝)によるシステムを導入した。以後このシステムを利用して計算機制御の開発、データ処理方法の改良を試み、

終点制御数式モデルの改良

副原料自動投入

鋼浴温度の測定とその制御

温度の自動読取方法

などを完成させた。

1967年6月計算機制御システムの充実について検討を続けた結果、

- (1) 演算速度ならびに記憶容量の面から、新しい制御方式の開発、システムの変更が不可能であること
- (2) 転炉の操業方法自体がこのシステムの導入時とはかなり変わってきているため、システム全体がプロセスに適合しない点が目立ってきたこと

などの理由から TOSBAC 3315 は他に転用することにし、DDP 516 (山武ハネウェル) による新システムの導入を決定した。

新システムは、

- (1) 鋼浴温度の制御および鋼浴Cの制御を加味した終点制御
- (2) 副原料自動投入、酸素流量とランス高さのパターン制御、還元剤投入量計算などの操業の標準化を目的とする操業制御
- (3) 転炉の主原料装入配分の適正化と良塊歩どまりの向上を計る主原料装入配分制御
- (4) 計算制御、操業指針、操業管理などの面から必要なデータを収集あるいは表示する各種のデータ処理

などであり、将来の開発ならびに改造に余裕のあるシステム構成がなされている。



写真 1 計算機本体

3. 新システムの概要

新システムの構成を図1に、各サブ・システム間のつながりを図2に、ハードウェアの概略仕様

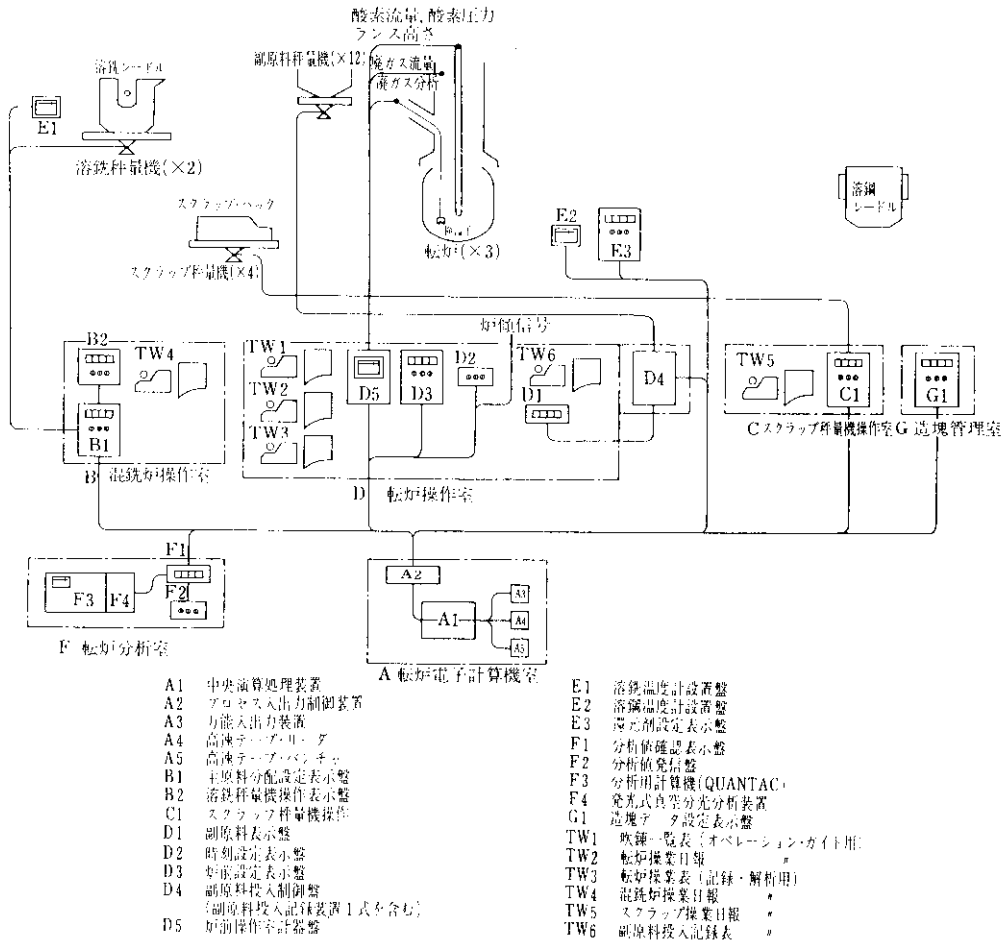


図 1 システムの構成

を表2に、計算機本体その他を写真1に示す。

本システムに対する転炉工場外からの入力情報は製鋼命令と溶銑事情であり、製鋼命令によって操業に対するスペックならびに目標値を決定し、溶銑事情によって主原料装入配分に対する溶銑配合率を指定する。ここでスペックとして扱われるものは、吹錬鋼種、命令成分、出鋼温度、吹錬型式（酸素流量、ランス高さの変更パターン）、副原料投入型式などで、目標値としては、吹止温度、吹止C、副原料投入量など（操業実績から補

正が施されている）がオペレータに表示される。

次に転炉の操業順に新システムの概要を記すと以下のとおりである。

- (1) 主原料の段取りは主原料装入配分指令に基づいて行なわれ、混銑が操作室とスクラップ秤量機操作室との間でリアルタイムで秤量実績を授受することによって、製鋼命令通りの主原料を転炉に装入することができ、かつ命令変更にも緩急自在な処置がとれるようになっている。

表2 ハードウェアの主な仕様

中央演算処理装置	型 式	DDP 516 Honeywell 製	
	処 理 方 式	2進並列	
	回 路	シリコン半導体集積回路	
	内部記憶装置	型 式	磁気コア
		サイクル・タイム	0.96 μ s
		語 長	16ビット+パリティ・ビット
	外部記憶装置	容 量	16,384語 (512語/セクタ×32セクタ)
		型 式	磁気ディスク
		平均アクセス・タイム	8.6 μ s
	演 算 速 度	語 長	16ビット+パリティ・ビット
容 量		163,840語	
転送速度		256語/レコード×4レコード/トラック×128トラック 64語/レコード×4レコード/トラック×128トラック 256語を1ブロックとして4msで転送する	
命 令	加 減 算	1.92 μ s	
	乗 算	5.28 μ s	
付 加 機 能	除 算	10.56 μ s	
	修 飾	インデックス修飾, 間接アドレス修飾	
プロセス入出力制御装置	種 類	72種類	
	優先割込		
入 力 信 号	リアルタイム・クロック		
	DMA回路		
出 力 信 号	割 込	96点	
	デジタル	768ビット	
印 字	アナログ	72点 (AD変換 0~±50mVDC → 符号+13ビット)	
	デジタル	564ビット (ワン・ショット) 480ビット (フリップ・フロップ)	
制 御	ステップング・モータ駆動	12台	
	アナログ	12点 (DA変換 10ビット→0~26mA DC)	
制 御	印 字	数字 (16), アルファベット (26), 記号 (25)	
	速 度	10字/秒	
制 御	型 式	8単位, 1吋幅, 10字/時	
	テーブ・パンチ	コード ASCII	
制 御	速 度	10字/秒	
	プログラマ	キー・ホード, テープ読取り, 印字, パンチ	
制 御	手 動	テープ読取り, 印字, パンチ	

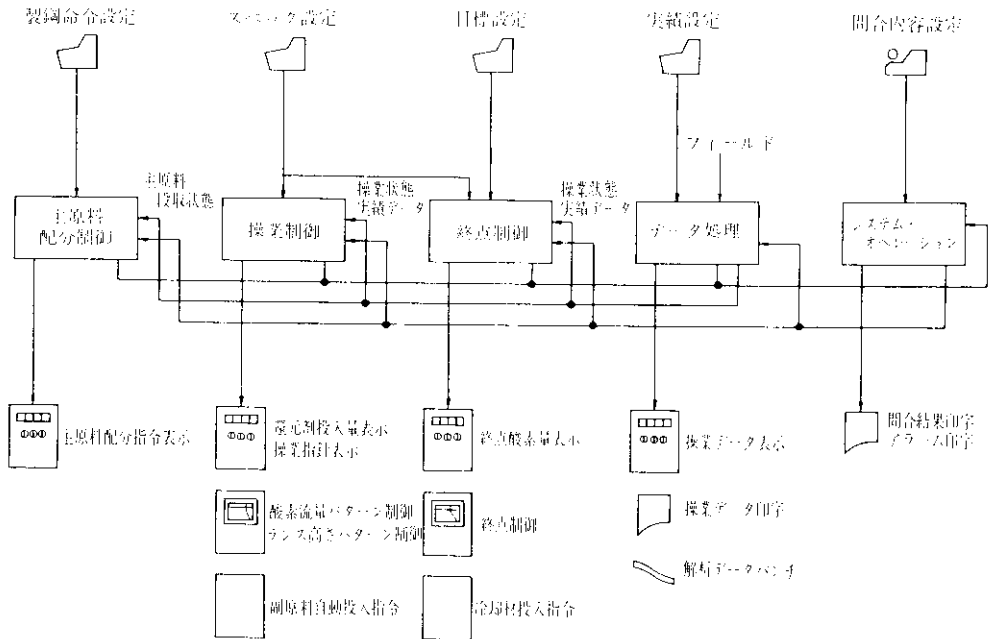


図 2 各サブ・システム間のつながり

- (2) 吹錬は、吹錬型式、副原料投入型式にしたがって行なわれ、それまでに得られたデータと目標値とを用いて、終点制御計算によって吹止酸素量、冷却材量（鉄鉱石量）を計算する。吹錬中における操業制御、終点制御に必要なタイミングは、経過時間の代わりにすべて吹錬酸素の積算値で決めているが、これは本システムの1つの特徴といえよう。
- (3) 出鋼段階になって溶鋼成分が判明すると、還元剤投入量計算が実行されて還元剤投入量を銘柄別に表示する。なお吹止—出鋼の間で採られる操作（サンプリング、測温、冷却、再吹錬など）は自動的に記録し、測温の都度測温値と出鋼温度を比較して出鋼の適否をランプ表示で行なっている。排滓終了で操業指針用の「吹錬一覧表」を印字する。
- (4) 溶鋼の注入が終わり、造塊観測員が造塊に関する実績データをインプットすると、操業指針用の「転炉操業日報」を出鋼順に印字する。また造塊成分がインプットされると

命令成分に対する合否の判定を行ない、記録、解析用の「転炉操業表」を印字して一連の仕事を終える。

本システムの管理プログラムは内部記憶容量16 K語に適したSMERT (Small Multi-programing Executive for Real Time—山武ハネウエル開発)を採用した。

このように、本システムは転炉の操業、転炉工場内の情報伝達およびデータ収集と解析を少人数で効率的に行なえるようシステムの構成がなされている。

4. 計算制御

4.1 終点制御

4.1.1 静的終点制御

吹止温度、吹止Cを制御する静的数式モデルは、転炉（厳密には鋼浴）を対象とする熱バランス、酸素バランスを基礎とする方程式によって比較的容易に求められる。しかし転炉のプロセスといえども他の工業プロセスと同様にプロセスのす

すべての段階が正確に理論的定量的な数式モデルによって記述される訳ではなく、プロセスから得られる種々のデータの有している意味を検討し、加らばに操業方法による特性値を把握して、実操業に使用できる程度の数式モデルとしなければならない。

転炉のプロセスはバッチ・プロセスであるから、吹錬が終了した時点では若干の仮定を設けることによってすべての熱バランス、酸素バランスを理論的に計算することは可能となるが、静的終点制御においては、吹錬終了以前に吹止酸素量と冷却材量を計算しなければならないので、理論的に計算できる部分も限定されてくる。

この観点から、熱バランス、酸素バランスより数式モデルを組立てる際に特に重要となるのは、あらかじめFeO生成に費される（と推定される）酸素量とそれによって発生する（と推定される）熱量とを、いかに定量的に把握するかである。すなわち、吹錬末期において直接脱炭反応にあずからない酸素量を ΔV 、 ΔV が鋼浴温度上昇のために与える熱量を ΔQ としたとき、おそくとも吹錬開始後 10min までに、この ΔQ と ΔV とを定量的に予測しなければならない。

この ΔQ と ΔV とをあらかじめ定量的に推定するための要因としては、

- 吹止 C、計算塩基度
- 主原料と副原料の量ならびに配合
- ランス高さ、酸素流量（圧力）
- ランス・ノズル形状、炉内形状、炉歴

などがあげられる。しかし、

- (1) 実際の操業にあっては、これらの要因変動による影響をできる限り小さくするような操業が漸次採られてきた
- (2) 要因の間に交絡があるものもある
- (3) 定常的に精度良く求められないデータもある

などのために、過去の実績データを用いて ΔQ と ΔV に個々に重回帰を施しても、精度の良い回帰式は求められない。

したがって、それよりは、実際の操業がそれら要因の変動をできるだけ小さくするように行なわれていることに着目すれば、 ΔQ と ΔV とを好ま

らびに操業方法の特性値としてとらえ、それらの間の相関がきわめて強いことが確かめられれば、その関係式とその一方を推定する推定式とを過去のデータより回帰式として求めることの方が得策である。

精度の良い結果を得るためには 1 炉代程度のデータ数を必要とするから回帰式自体は 1 炉代における回帰式となり、したがって各ヒートにそのまま適用すると許容できない残差を生ずる。しかしこの残差は、連続するヒート間では転炉プロセスの再現性によって回帰式の定数項に吸収されるため、前ヒートまでの情報によって回帰式の定数項を適時補正していくことにより、数式モデルの精度を向上維持させることは可能である。

以上の考え方によって、静的数式モデルの構成は、

(1) 理論式

(2) 統計的解析で得られた回帰式ならびに推定式

(3) 予測を行なう上から理論式と回帰式および推定式との差を計算する補正式

とからなっている。

表 3 入出力データ一覧表

記号	名 称	係 数		単 位
		小数点以下	小数点以下	
C_0	溶 鉄 C	3	—	$10^{-2}\%$
S_{10}	“ Si	3	—	“
Mn_0	“ Mn	3	—	“
P_0	“ P	3	—	$10^{-3}\%$
C_F	(目標) 吹止 C	2	1	$10^{-2}\%$
Mn_F	“ Mn	2	—	“
P_F	“ P	2	—	$10^{-3}\%$
W_{HM}	溶 鉄 重 量	3	1	t
W_{CM}	冷 鉄 重 量	2	1	“
W_{SC}	スクラップ重量	2	1	“
W_{LM}	(予定) 焼石灰投入量	2	2	“
W_{MS}	“ スケール “	1	3	“
W_{ST}	“ 石灰石 “	1	3	“
W_{OR}	“ 鉄鉱石 “	1	3	“
T_0	溶 鉄 温 度	4	—	$^{\circ}\text{C}$
T_F	(目標) 吹止温度	4	—	“
O_{2LA}	(目標) 吹錬酸素量	5	—	Nm^3
B	計算塩基度			

注) 溶鉄 Si の中にはスクラップ中の珪素スラブによる補正を含む。
すなわち珪素スラブ 1t あたり溶鉄 Si を $1 \times 10^{-2}\%$ を加算する。

以下に、理論式、回歸式、推定式、補正式について詳述する（記号は表3参照）。

(1) 理論式

(i) 熱バランス

熱バランスは25°Cを基準として kcal 単位で計算する。

入熱

Q_1 : 溶鉄顕熱

$$(181.65 \cdot T_o + 30,520) \cdot W_{HM}$$

Q_2 : $Fe_3C \rightarrow CO$ の反応熱

$$239.1 \cdot (C_o - A \cdot C_F) \cdot W_P$$

Q_3 : $Fe_3C \cdot CO_2$ の反応熱

$$0$$

Q_4 : $Fe_3Si \rightarrow Ca_2SiO_4$ の反応熱

$$784.9 \cdot Si_o \cdot W_P$$

Q_4' : $SiO_2 \cdot Ca_2SiO_4$ の反応熱

$$0.50 \times 10^4 \cdot (W_{LM} + W_{ST} + 4W_{MS} + 8.5W_{OR})$$

Q_5 : $Mn \rightarrow MnO$ の反応熱

$$167.9 \cdot (Mn_o - A \cdot M_{NF}) \cdot W_P$$

Q_6 : $Fe_3P \cdot Ca_4P_2O_9$ の反応熱

$$74.6 \cdot (P_o - A \cdot P_F) \cdot W_P$$

Q_7 : $Ti \rightarrow TiO_2$ の反応熱（溶鉄中の Ti は 0.12% とする）

$$5.67 \times 10^3 \cdot W_P$$

Q_8 : $Fe \rightarrow FeO$ の反応熱

Q_9 : $CO \rightarrow CO_2$ の反応熱，その他

出熱

Q_{10} : 溶鋼顕熱 (ΔV による鉄分の損失は、 ΔV の50%がそれに関与すると仮定する。)

$$(145.57 \cdot T_F + 84,770) \times (A \cdot W_P + W_{SC} + 0.568 \cdot W_{MS} + 0.191 \times W_{OR} - 2.99 \times 10^{-3} \cdot \Delta V)$$

Q_{11} : Ca_2SiO の顕熱

$$341 \cdot (T_F - 25) \cdot \{6.132 \times 10^{-4} \cdot Si_o \cdot W_P + 2.867 \times 10^{-2} \cdot (W_{LM} + W_{ST} + 4 \cdot W_{MS} + 8.5 \cdot W_{OR})\}$$

Q_{12} : MnO の顕熱

$$(0.0238 \cdot T_F - 0.481) \cdot (Mn_o - A \cdot M_{NF}) \cdot W_P$$

Q_{13} : $Ca_4P_2O_9$ の顕熱

$$0.0205 \cdot (T_F - 25) \cdot (P_o - A \cdot P_F) \cdot W_P$$

Q_{14} : TiO_2 の顕熱

$$0.444 \cdot (T_F - 25) \cdot W_P$$

Q_{15} : FeO の顕熱

$$276 \cdot (T_F - 25) \cdot (3.849 \times 10^{-3} \cdot \Delta V + 0.1993 \cdot W_{MS} + 0.5782 \cdot W_{OR})$$

Q_{16} : CaO の顕熱

$$382 \cdot (T_F - 25) \cdot [0.936 \cdot W_{LM} + 0.536 \cdot W_{ST} - \{3.993 \cdot Si_o + 0.362 \cdot (P_o - A \cdot P_F)\}] \cdot W_P \times 10^{-4} - (15.87 \cdot W_{OR} + 7.468 \cdot W_{MS}) \times 10^{-2}$$

Q_{17} : CO の顕熱（ガス温度は1450°Cとする。)

$$93.20 \cdot (C_o - A \cdot C_F) \cdot W_P$$

Q_{18} : CO_2 の顕熱（ガス温度は1450°Cとする。)

$$(178.4 \cdot W_{ST} + 14.4 \cdot W_{LM}) \times 10^3$$

Q_{19} : 石灰石の分解反応熱

$$(0.426 \cdot W_{ST} + 0.034 \cdot W_{LM}) \times 10^6$$

Q_{20} : スケールの分解反応熱

$$7.822 \times 10^3 \cdot W_{MS}$$

Q_{21} : 鉄鉱石の分解反応熱

$$0.602 \times 10^6 \cdot W_{OR}$$

以上から、 $\Delta Q = Q_8 + Q_9$ 、入熱 = 出熱とにおいて、

$$\Delta Q = \sum_{i=10}^{21} Q_i - \sum_{i=1}^7 Q_i = \alpha \cdot W_{OR} + \beta \cdot \Delta V + \gamma \dots \dots \dots (4-1)$$

ただし、

$$\alpha = 209.85 \cdot T_F + 571.13 \times 10^3$$

$$\beta = 0.6268 \cdot T_F - 280.19$$

$$\gamma = W_P \cdot T_F \cdot \{ (145.57 \cdot A + 0.4444)$$

$$+ 0.0566 \cdot Si_o + 0.0238 \cdot (Mn_o - A \cdot M_{NF})$$

$$+ 0.0067 \cdot (P_o - A \cdot P_F) \}$$

$$+ W_P \cdot \{ (84.77 \cdot A - 5.676) \times 10^3$$

$$- 175.9 \cdot (C_o - A \cdot C_F) - 786.3 \cdot Si_o$$

$$- 168.4 \cdot (Mn_o - A \cdot M_{NF})$$

$$- 74.8 \cdot (P_o - A \cdot P_F) \}$$

$$+ T_F \cdot \{ 145.57 \cdot W_{SC} + 148.30 \cdot W_{MS}$$

$$+ 357.33 \cdot W_{LM} + 214.53 \cdot W_{ST} \}$$

$$+ (84.77 \cdot W_{SC} + 808.73 \cdot W_{MS}$$

$$+ 34.22 \cdot W_{LM} + 594.04 \cdot W_{ST}) \times 10^3$$

$$- W_{HM} \cdot (181.65 \cdot T_o + 30,52 \times 10^3)$$

が得られる。

(ii) 酸素バランス

入酸素

O_2 : 吹錬酸素

$$\text{吹錬酸素積算パルス} : 25Nm^3/\text{パルス}$$

- V_{19} : 石灰石の分解反応によって発生する酸素
0
- V_{20} : スケールの分解反応によって発生する酸素
 $134.7 \cdot W_{MS}$
- V_{21} : 鉄鉱石の分解反応によって発生する酸素
 $102.1 \cdot W_{OR}$

出酸素

- V_2 : C→COの反応に使われる酸素
 $93.26 \times 10^{-3} \cdot (C_0 - A \cdot C_F) \cdot W_P$
- V_3 : C→CO₂の反応に使われる酸素
0
- V_4 : Si→SiO₂の反応に使われる酸素
 $79.74 \times 10^{-3} \cdot Si_0 \cdot W_P$
- V_5 : Mn→MnOの反応に使われる酸素
 $20.39 \times 10^{-3} \cdot (Mn_0 - A \cdot M_{NF}) \cdot W_P$
- V_6 : P→P₂O₅の反応に使われる酸素
 $9.041 \times 10^{-3} \cdot (P_0 - A \cdot P_F) \cdot W_P$
- V_7 : Ti→TiO₂の反応に使われる酸素
 $0.5612 \cdot W_P$
- V_8 : Fe→FeOの反応に使われる酸素
- V_9 : CO→CO₂などの反応に使われる酸素

以上から、 $\Delta V = V_8 + V_9$ 、入酸素=出酸素とおいて、

$$\Delta V = (O_2 + \sum_{i=19}^{21} V_i) - \sum_{i=2}^9 V_i$$

$$= O_2 + 102.1 \cdot W_{OR} + \delta \dots \dots \dots (4-2)$$

ただし、

$$\delta = 134.7 \cdot W_{MS}$$

$$- W_P \cdot \{ 93.26 \cdot (C_0 - A \cdot C_F)$$

$$+ 79.74 \cdot Si_0$$

$$+ 20.39 \cdot (Mn_0 - A \cdot M_{NF})$$

$$+ 9.041 \cdot (P_0 - A \cdot P_F) + 561.2 \} \times 10^{-3}$$

が得られる。ここで、(4-1)、(4-2)を導びくにあたって、 W_P ならびに A は

$$W_P = W_{HM} + W_{CM}$$

$$A = \frac{1 - (C_0 + Si_0 + Mn_0 + 0.1 \cdot P_0 + 12) \times 10^{-4}}{1 - (C_F + M_{NF} + 0.1 P_F) \times 10^{-4}}$$

である。

(2) 回帰式、推定式

(i) 回帰式

ΔQ と ΔV とはともにFeOの生成と密接な関係を

有し、前に述べた各要因の影響を同時に受けるものであることから、 ΔQ と ΔV とを個々に各要因によって回帰解析を行なっても精度の良い回帰式は得られない。そこで、(4-1)、(4-2)で表現される ΔQ と ΔV との相関をとれば、各要因による影響は相殺されて強い相関のあることが期待できる。実際に図3に示されるような

$$\Delta Q = a \cdot \Delta V + b \dots \dots \dots (4-3)$$

の強い相関があって、相関係数はつねに0.92~0.98であった。

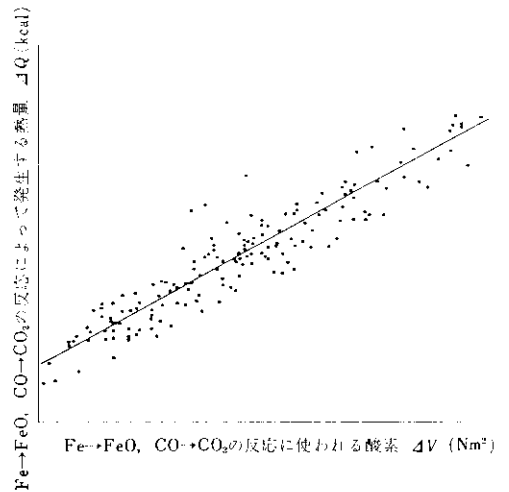


図3 ΔV と ΔQ との関係

(ii) 推定式

n ヒート目の ΔQ 、 ΔV を各々 ΔQ_n 、 ΔV_n と表わしたとき、

$$\Delta q_n = \Delta Q_{n+1} - \Delta Q_n$$

$$\Delta v_n = \Delta V_{n+1} - \Delta V_n$$

なる Δq_n と Δv_n の相関が(4-3)とまったく同等になることが確認できたので、定数項の補正という操作だけで ΔQ と ΔV とのいずれか一方をあらかじめ精度良く推定できれば、(4-1)、(4-2)を用いて終点制御は可能となる。

そこで、 ΔV の転炉内での挙動を考察すると、Fe→FeOの反応熱とCO→CO₂の反応熱とは酸素量を基にすればほぼ等しい値を示すので、 ΔV の推定誤りによる吹止温度への影響は少ないと考えることができる。この考え方と推定する際の要因の質を考慮した上で、 ΔV を推定する推定式をモ

デルに組み入れている。この ΔV の推定式は現場吹錬者の経験を基にしており、

$$\Delta V = f(W_{HM}, W_{CM}, W_{SC}, C_F, B) \quad \dots\dots\dots(4-4)$$

で表わされる。

しかしながら、この推定式の精度は今もって満足すべき水準に達しているとはいえない現状であり、今後の改良を期している。

(3) 補正式

(4-3), (4-4) は、ともに吹錬中のヒートの ΔQ と ΔV とをあらかじめ定量的に推定するためのものである。したがって未知要因の影響をできる限り小さくするような方法が採られなくては実操業に適用できないことになる。

現在では、未知要因の (4-3), (4-4) に及ぼす影響をすべて補正項に吸収させる方式を採用している。すなわち n 番目のヒートの吹止後において、(4-1), (4-2) によって ΔQ_n , ΔV_n を求め、補正式

$$k_n = \Delta Q_n - (a \cdot V_n + b) \quad \dots\dots\dots(4-5)$$

$$l_n = \Delta V_n - f(W_{HM}, W_{CM}, W_{SC}, C_F, B) \quad \dots\dots\dots(4-6)$$

にて k_n , l_n なる残差を求め、これらの値を次ヒートへの補正項の日安とする。したがって、オペレータは、(4-5), (4-6) で求められた k_n , l_n から自らの判断を加えて次ヒートの推定補正項 K_{n+1} , L_{n+1} を定め、次ヒートの、 ΔQ , ΔV の推定値を各々 $\Delta Q'_{n+1}$, $\Delta V'_{n+1}$ とすれば、

$$\Delta Q'_{n+1} = a \cdot \Delta V'_{n+1} + b + K_{n+1} \quad \dots\dots\dots(4-7)$$

$$\Delta V'_{n+1} = f(W_{HM}, W_{CM}, W_{SC}, C_F, B) + L_{n+1} \quad \dots\dots\dots(4-8)$$

として求めることができ、これらを各々(4-1), (4-2)の左辺に代入して吹止酸素量と冷却材量(鉄鉱石量)を求めることができる。

終点制御計算の時には、以上のべた帰式、推定式、理論式から O_2 と W_{OR} とを求め、吹止後に吹止温度と吹止成分が得られた時点で、理論式、補正式から補正項を求めて次ヒートの終点制御計算につなげてゆく方式を採用している。

4-1-2 動的終点制御

前節に記述した理論式にガウスの誤差伝播の法則を適用して、秤量機、計測機器、分析装置の測

定誤差を代入して計算誤差を推定したところ、 ΔV の推定誤差の標準偏差は 54 Nm^3 であり、その誤差の 95% 程度は溶銑 C の測定誤差に起因していた。さらに、推定式の帰解析では帰後の標準偏差はその値の数倍に及んでいる。

このように、静的終点制御ではその精度に限界があり、最近ではその精度向上のために、吹錬中になんらかの方法で終点を制御できる情報を得て終点を制御する動的終点制御が開発されつつある。

千葉製鉄所においても、それらの制御について開発中であり、その現状を次に記す。

(1) 鋼浴温度の制御

鋼浴温度の制御は、投込型検温子を用いて吹錬中の鋼浴温度を測定する方法を採用している。

検温子を投入すべき時期は、吹錬酸素量が吹止前 $x \text{ Nm}^3$ になった時点と定めてオペレータがあらかじめ設定するが、この x の選定は吹止温度の予測と安定な測温結果を得るために重要である。

この制御は、吹錬酸素量があらかじめ定められた量になると、検温子を自動投入し、(当社で開発した投入装置を用いている) 鋼浴温度を決定して吹止温度を推定すると同時に目標吹止温度との比較も行ない、投入すべき冷却材量あるいは吹止酸素量の増加を帰式で算出してオペレータに指示し、吹止温度の適中を計っている。

(2) 鋼浴Cの制御

廃ガス分析から鋼浴Cを推定するための数式モデルが作成されていて、実操業でシュミレートしている段階であるが、現状では鋼浴Cの推定精度が実操業に適用できる程度に達していない。この理由は、廃ガスのサンプリング位置がコットレルの後であるために、分析値に時間おくれがあること、およびラップ操業によって他炉の廃ガスが混入することなどによるものと考えられる。

現在サンプリング位置をより好に近い位置に移す工事を完了し、実操業でのシュミレーションを再開している。

4-2 操業制御

計算制御の開発という観点からも、転炉操業の標準化によって今まで埋もれていたプロセスの特性が抽出される期待も大きい。

そこで、操業制御として転炉操業の標準化を計画し、副原料自動投入は1968年4月実用化に成功したが、還元剤投入量計算はオンライン・テスト中であり、酸素流量とランス高さのパターン制御は現在オンライン・テストの計画中である。その他、データ処理の範囲ではあるが、目標値の決定など各所で標準化を徹底させている。

これらのうち吹錬中にその実行が要求される制御については、転炉の吹錬過程が酸素の吹精とともに進行している点に着眼して、実行のタイミングは吹錬時間で規定せず、吹錬酸素量が吹止酸素量で標準化された量になった時点と定めており、この方法は、転炉操業の標準化、処理要求の自動化にきわめて有効である。

4・2・1 副原料自動投入

(1) 投入型式

転炉の操業において副原料を吹錬中に分割投入する場合副原料の投入の仕方によっては、脱S、脱Pの効果だけではなくスロッピングの発生、さらには終点制御の外乱が生じることがあるなど、その影響の及ぶところが大きいので、この投入方法が重要なオペレーションの1つとなっている。

従来は、オペレータが分割投入開始時期を指定し、投入間隔と分割投入量とを各々タイマと設定指針の手動設定によって定めて副原料の分割投入

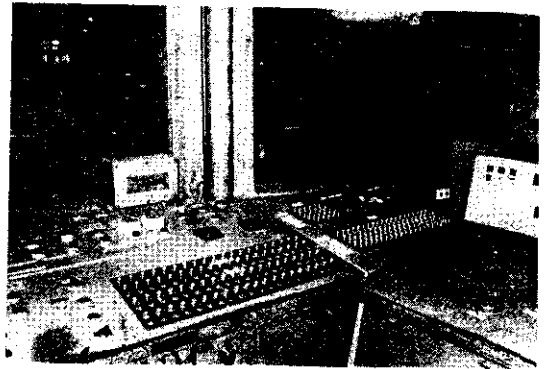


写真 2 副原料自動投入パターン表示盤

を行なってきたが、このような方法で吹錬の進行にあわせて副原料の投入を行なうためには、各ヒートで複雑な計算を行なってタイマの設定を行なわなければならないなど実情にそぐわない点があった。

そこで、原理的にいって望ましい副原料自動投入方法について検討し、

- 1) 脱S、脱Pを効果的に行なうこと
- 2) スロッピングの防止
- 3) ヒート間での吹錬状態の安定化

などの条件を充たす投入型式(表4参照)を作成した。

型式1が標準型、型式2は極低炭素鋼吹錬用、型式3が溶銑Siの低いヒート用、型式4は溶銑Siの高いヒート用、とその用途によって使いわけす

表 4 副原料自動投入型式

投入型式	投入開始	投入間隔	投入量決定	投入パターン																																																																																																										
				ステップ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																								
1	吹錬酸素量が吹止酸素量の38%になった時	吹錬酸素量の2.6%	$w_{i,j} = \frac{W_i - \sum_{k=1}^{j-1} w_{i,k}}{N_i - (j-1)}$ $w_{i,j}:$ 銘柄 <i>i</i> の第 <i>j</i> 回の分割投入量 $W_i:$ 銘柄 <i>i</i> の予定投入量 $N_i:$ 銘柄 <i>i</i> の全投入回数 たゞ、投入型式2では $W_{鉄石} =$ 予定投入量 $\approx 2000\text{kg}$	ステップ 焼石 灰 鉄 錳 石 石 灰 石 螢 石	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15													1	2	3	4	5																		1	2	3	4																			1	2	3	4																			1	2	3	4								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																
						1	2	3	4	5																																																																																																				
							1	2	3	4																																																																																																				
								1	2	3	4																																																																																																			
									1	2	3	4																																																																																																		
2	"	2.6%	として、残りの2000kgは吹止酸素量の2000Nm ³ 前に投入する	同																																																																																																										
3	35%	2.8%	同	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15													1	2	3	4	5																		1	2	3	4																			1	2	3	4																			1	2	3	4									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																
						1	2	3	4	5																																																																																																				
							1	2	3	4																																																																																																				
								1	2	3	4																																																																																																			
									1	2	3	4																																																																																																		
4	38%	2.4%	同	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18												1	2	3	4	5																		1	2	3	4	5																		1	2	3	4	5																		1	2	3	4							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																													
								1	2	3	4	5																																																																																																		
									1	2	3	4	5																																																																																																	
										1	2	3	4	5																																																																																																
											1	2	3	4																																																																																																

るようにしている。写真2に自動投入のパターン表示盤を示す。

(2) 自動投入のシーケンス

副原料の投入は、前投入と後投入とに大別される。前投入とは、前ヒートの排滓終了から吹錬開始直後までに副原料を一括投入するもので、吹錬開始時の計算塩基度、スラグの流動性などが各ヒートで一定であるよう、全投入量に対する一定の割合の焼石灰、螢石を投入する。このとき、各ヒートで後投入の温度調整用の冷却材量をバラツカせないようスケールの投入も同時に行なう。前投入は一括投入であることから投入型式は同一であり、シーケンスの簡略化から吹錬開始時に投入する場合のみを自動投入として扱う。

後投入とは、先に述べた条件を充たすために吹錬中に副原料を分割投入するものであり、焼石灰、螢石、鉄鉱石、石灰石を対象としている。

図4に副原料自動投入のシーケンスの一例を示す。

まず吹錬開始時にプログラム①を実行して、それまでに前投入が行なわれていなければ前投入を自動投入する。次にオペレータがプログラム②の実行を要求すると、静的終点制御による吹酸酸素量を用いて後投入開始時期と投入間隔とを計算し、各投入ステップの投入時期を決定する。このオペレーションは、吹錬酸素量が 2500Nm³ を超えない時点までは後者が優先される。

吹錬が進行して、第1ステップの投入時期の2パルス前になると、プログラム③を実行して分割投入量を決定しステッピング・モータにて秤量機制御盤に設定重量を発信するが、このとき前回の設定重量と投入量との比較も行なう。第1ステップ投入時期になると、プログラム⑤を実行し供給指令を発信した後アンサ・バックを待ち、秤量機制御盤はその供給指令を受けてアンサ・バックを返した後に投入パターンによって指定された銘柄に対してのみ秤量を行ない、定量に達するとゲートを開いて投入シュートから副原料を炉内に投入する。この間プログラム④はステッピング・モータの駆動を待って設定重量のチェックを行なう。

このようにして順次ステップを進行させて、副原料投入型式で指定された投入パターンによって

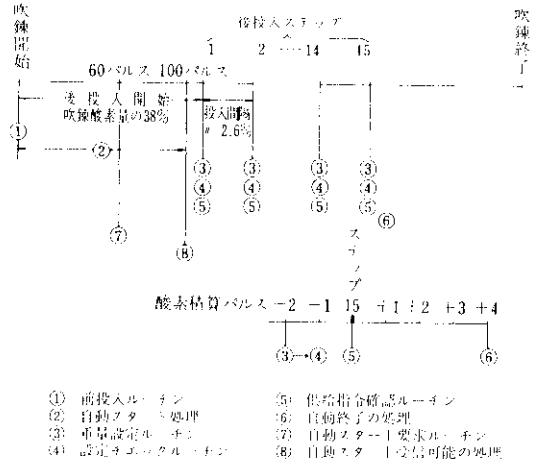


図4 副原料自動投入のシーケンス (投入型式1)

後投入を進めてゆく。

4.2.2 酸素流量とランス高さのパターン制御

この制御を行なう目的は、副原料自動投入を行なう目的とまったく同じであり、DDC (Direct Digital Control) 的機能を実現させるのが将来の課題の1つである。ここでは、それらのシーケンスは副原料自動投入の場合ときわめて類似しているので省略し、ランス高さのパターン制御について述べる。

図5にランス高さの自動設定装置を示す。

その仕様の概略は

設定信号：BCD3桁、10mm単位

設定範囲：500~4000mm

設定精度：5mm以下

不感帯：±(5~20mm)可変

出力信号：上昇信号、下降信号

であり、設定信号に対する偏差の検出には多摩川精機製の5相シンクロを利用している。

ランス高さの設定に際しては、その直接の制御量はランスの位置であることから、煉瓦の減りや装入量の変動による鋼浴面の位置を湯測時の鋼浴面を基準として計算する必要があって(もちろん毎ヒート湯測を行なうならばその必要はない)、このランス高さの補正值 ΔLH は

$$\Delta LH = (p \cdot q \cdot N) (W_M - W_{M0}) - \{r(N - N_0) - s(N^2 - N_0^2)\} \quad (\text{mm})$$

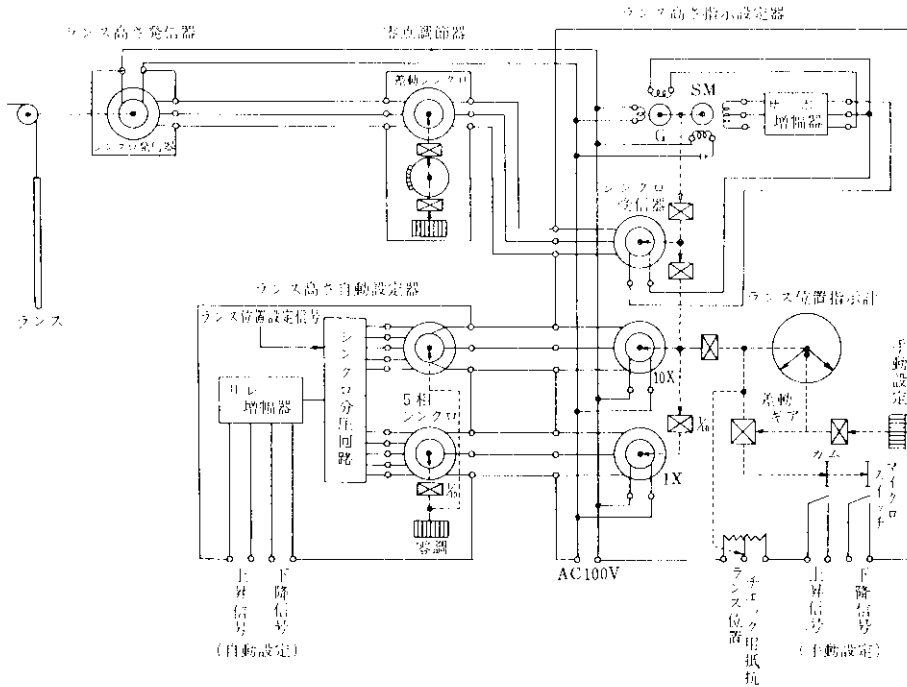


図 5 ランス高さ設定装置とその関連機器

ただし、

- N : 炉回数,
- N_0 : 湯測時の炉回数,
- W_w : 装入量,
- W_{M0} : 湯測時の装入量
- b, q, r, s : 正の定数

で与えられ、転炉の操業にとって無視できる値ではない。したがって、たとえその補正値が各ヒートごとに計算できたとしても、手でランス高さを設定する場合には設定変更の都度補正値を考慮しなければならないため、きわめて不便であり、操業の標準化には自動設定としなければならない。

4.2.3 還元剤投入量計算

この計算は、還元剤、コークスなど出鋼時の添加物の量を計算し、オペレータの要求によっても計算を実行するが吹止後溶鋼分析が得られると自動的に計算を開始して各炉側に設置した還元剤設定表示盤に計算結果を表示する。

この計算は重回帰式で構成されており、造塊分析をフィード・バックして各添加物の歩止の時系列的变化に順応させている。

4.3 主原料装入配分計算

この制御は、製出鋼歩止の時系列的変動を予測して良塊歩止向上のために装入配分の適正化を計ることを目的にしており、溶鉄事情に応じた処

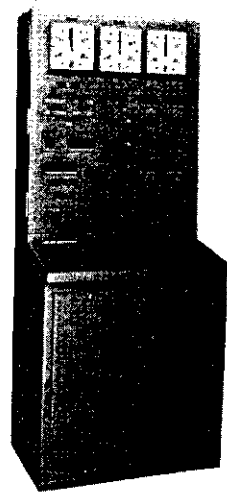


写真 3 主原料分配設定表示盤

理もできるようになってきている。将来は、溶銑の有効利用を目的として、混銑炉内のSiを予測することによって温度調整用の冷却材を使用しないで済ませるための計算式の付加を計画している。

このプログラムは、主原料装入配分計算、冷材積込量表示、溶銑払出量表示から成っており、相互の情報のやりとりが本システム中最も複雑にな

っている。なお、ここで冷材というのはスクラップと冷銑のことである。

(1) 主原料装入配分計算

写真3に示す主原料分配設定表示盤にて操作されるこの仕事は、整理番号をキイとして表5に示す設定値に基づいて冷材積込量、溶銑払出量の計算を行なうもので、その計算方法には次の2種がある(図6参照)。

(i) 普通計算

命令装入量に対して、鋼種、铸型、溶銑率、歩止指数による補正を行なって装入量を決定し、それから冷材積込量と溶銑払出量を計算する。

(ii) 特殊計算

この計算は、溶銑を基にした目標銑配合率と最大冷材積込量の制限内で、冷銑最大、溶銑最小の

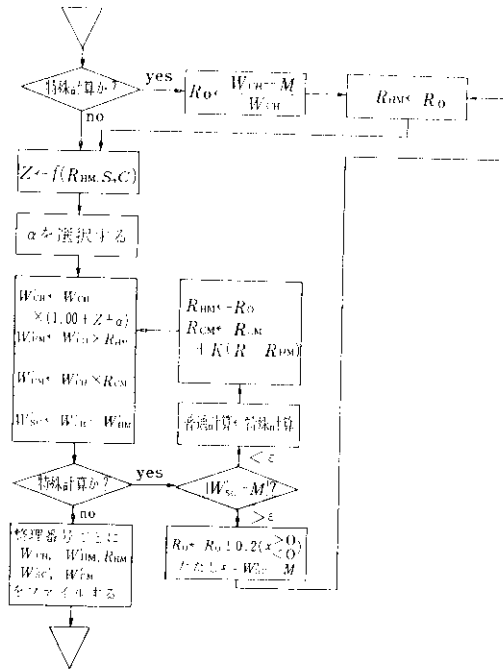


図6 主原料装入配分計算のフロー・チャート

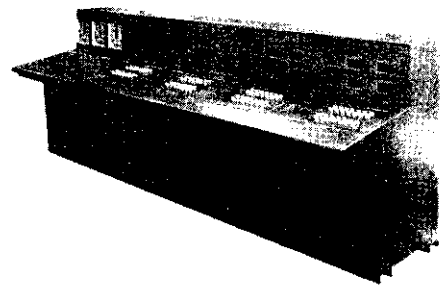


写真4 スクラップ秤量機操作表示盤

表5 主原料装入配分制御で用いられるデータ

種類	名称	記号	備考
設定値	鋼種コード	S	
"	命令装入量	W _{CM}	
"	溶銑率	R _{HM}	
"	目標銑配合率	R	特殊計算の時に用いる。70, 72, 73, 74%
"	冷銑率	R _{CM}	
"	铸型コード	C	
"	歩止指数	α	
選択表示値	装入量	W _{CM}	
"	溶銑払出量	W _{HM}	
"	冷材積込量	W _{SC}	冷材+スクラップ+冷銑
"	冷銑積込量	W _{CM}	
"	溶銑率		
定数	最大冷材積込量	M	スクラップ・シートの容量から定める。
"	冷銑の溶銑代替率	K	
計算値	仮溶銑率	R ₀	
"	補正値	Z	S, R _{HM} , Cの関数である。

配合を定めた上、適正な装入量を決定する機能を有する。

(2) 冷材積込量表示

冷材の積込みを開始する時には、オペレータは冷材積込みの質的ならびに量的の操作指針を得るため、写真4に示すスクラップ秤量機操作表示盤で整理番号を設定して冷材積込量表示を要求する。この結果として、盤上に材料規格、冷材積込量、冷銑積込量を表示するが、この要求に誤りがあれば整理番号不良、配分指令未発信などの警報を発する。

(3) 溶銑払出量表示

混銑炉操作室にて溶銑の払出しを

行なり時、溶銹秤量機操作表示盤に整理番号を指定して溶銹払出量表示を要求する。このプログラムは、この時対応する冷材の積込みが完了しているかどうかをチェックして、装入量に対する補正を行なって溶銹払出量に前回秤量した空鍋重量を加えた、いわゆるグロスを表示する。またこの要求が誤ったものであれば、上の(2)と同様な警報を発する。

4.4 計算制御の効果

計算制御の効果を実績で示すと次のようになる。

(1) 静的終点制御の最近の実績は、再吹錬・冷却率が 25%、温度適中率が 80% (適中範囲は、 ± 5 deg の鋼種が 90%、 ± 10 deg の鋼種が 10% の鋼種構成である) である。

(2) 副原料自動投入の実績としては、従来の投入方法と自動投入とを同一炉代にて交互に行なって投入方法による差を調査した結果を示すと、

- (i) 脱 S 率で 3% アップ
- (ii) スロッピング評点 (5 点法評価) で 0.25 アップ
- (iii) 再吹錬・冷却率で約 10% ダウン
- (iv) 目標吹止温度と吹止温度との差の標準偏差で約 2.0 deg アップ

で、いずれも自動投入の方が良好であった。

(3) 主原料装入配分の制御は本システムの稼動と同時にオンラインとしたが、その結果装入配分に対する 1 つの尺度が与えられたことになって、1969 年 11 月歩止の時系列的変動と簡単な推定式を用いて実操業に適用したところ、0.1% 程度の良塊歩どまりの向上が期待されている。

5. データ処理

転炉工場のデータ処理は、他のプロセスと同様に操業管理上必要なデータをできるだけ自動的にリアルタイムで正しく収集処理することであるが、操業管理上ならびに後日のデータ解析のためばかりでなく、計算制御の精度向上のためにもシステムとして疎かにできない機能である。

幸いにも、データ処理については今までの実績があったためにシステム設計後の仕様変更が少な

く、システムの短期稼動に貢献した。

本システムのデータ処理の特徴を列挙すると、

(1) オペレータの誤操作を是認する

各処理内のシーケンスの転移状態を詳細にメモし、またデータの上下限チェックを行なうことによって論理的に誤りの検出を行なう。

(2) 採取データの訂正禁止

ロギングしたデータは、原則として訂正できないようにする。しかしながら性質上訂正せざるを得ないデータについては訂正の余地は残す。ただし、訂正されたデータにはその旨の印をつけてそれを区別する。

(3) ログ・シートの性質を明確にする

ログ・シートについては作表後の活用を十分検討して、操業指針用と記録、解析用とをはっきり分離する。

(4) 処理要求信号の発信の自動化

(5) 判断業務を行なう

温度の自動読取、出鋼温度適中判定、再吹錬と冷却原因の判別、吹止から出鋼までにとられたオペレーションの記録、分析適中の判定など、従来観測員とオペレータに頼っていた業務をシステムが代行する。

(6) 紙テープのアウトプット

などであり、省力化に大きく貢献している。

6. 結 言

以上、千葉製鉄所の転炉計算機制御システムの開発経過、新システムの概要、計算制御、データ処理について述べた。

当所では、データ処理を含むシステムとして、1965 年 3 月実用段階に到達し、さらに 1969 年 8 月終点制御の開発、操業の標準化の実施、データ処理の改良によって、計算機制御システムとしての機能を十分に発揮して、現在では転炉工場に不可欠なものになっている。

新システムは、旧システムとのリブレースという条件下で機器の搬入後大幅な遅れをみずに、3 カ月間で稼動に入ることができた。これは、ラインの強力なバックアップ、メーカー担当者をまじえた計画段階での綿密な準備と検討、全購入機器を

接続しての工場調整などの総合的な結果であり、今後の計算機制御システムの建設に有益な経験を得たと考えている。

おわりに、これまで計算機制御の開発にご協力

ご指導していただいた関係各位、ならびに新システムの建設に努力していただいた山武ハネウェル株式会社の担当者各位に、厚く感謝する次第である。

