

(13) 計算制御の高炉への導入

日本鋼管, 水江製鉄所

堀江 重榮・山本 倫久

○深谷 一夫・永野 嘉彦

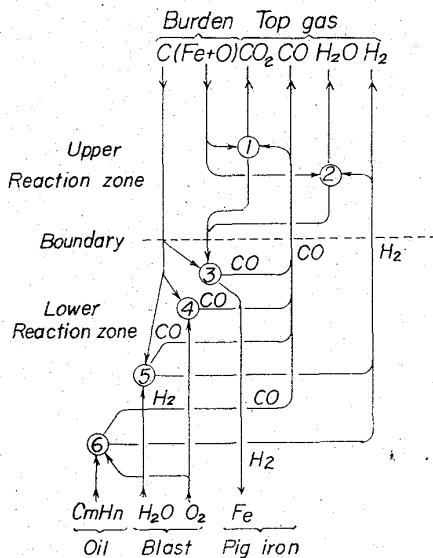
Introduction of Computer Control to the Blast Furnace.

Sigeyoshi HORIE, Tomohisa YAMAMOTO, Kazuo FUKAYA and Yoshihiko NAGANO.

1. 緒 言

高炉にコンピュータを設置し, 過去の技術の蓄積にもとづくぼう大な計算と, 外乱に対する迅速なる処置を行ない, 操業の安定化をはかり, さらに進んで最適化の方向にもつて行かならば, 高炉はより高い次元での操業管理が可能である。

このような高炉操業の標準化に対する試みは, すでに世界各国で注目しているが, 実際操業に適用している高炉はごくまれである。当所においては37年の高炉稼動以来, データーの集積と解析を行ない, 39 年秋より, on line による計算制御の操業試験を続けている。さらにより完全な数式モデルの完成と, それを用いた最適操業



- ① Indirect reduction
- ② Hydrogen reduction
- ③ Direct reduction
- ④ Combustion of coke
- ⑤ Water gas reaction
- ⑥ Heat cracking

Fig. 1. Schematic diagram for metallurgical reactions in blast furnace.

条件を求めるべく研究中であるが, 現在までに検討してきた考え方や数式モデルについて以下に報告する。

2. 基本的な考え方

現在試験中の数式モデルは高炉下部の熱精算を基礎としたものである。

まず炉内の冶金反応は Fig.1 に示したようにモデル化して考えることができる。すなわち直接還元, 水性ガス反応を行なう下部反応帯と間接還元, 水素還元を行なう上部反応帯に分離して考えることが可能である。この境界はソリューション・ロスを開始される線と考える。このためこの境界線の位置が多少変動しても, ソリューション・ロスののはじまる温度はほぼ一定と仮定すれば, 境界線を通過するガス, 装入物の温度はほぼ一定と考えることができる。

下部の熱収支はソリューション・ロス, 不純物の還元を含んだ装入物の溶解重油および湿分の分解, コークスの燃焼および炉壁損失を考慮すればよい。当所の場合, 送内温度一定および吹込重油量は送风量と比例制御させることを原則として, この比率は一定としている。以上

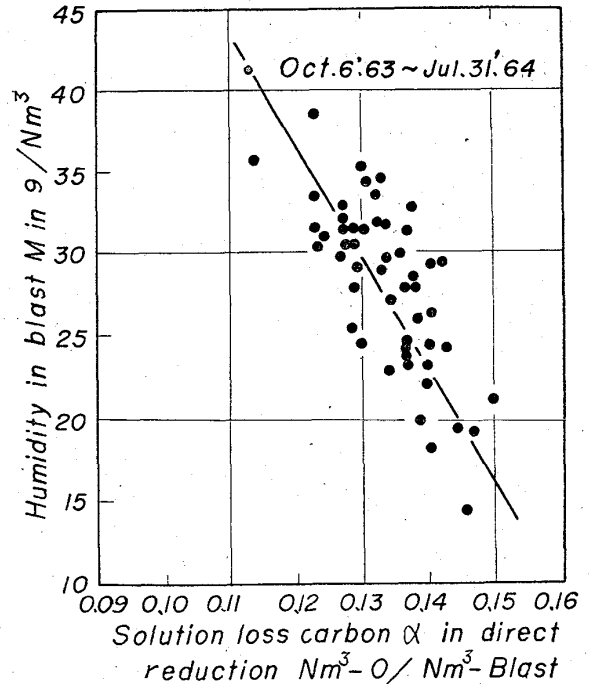


Fig. 2. Relation between humidity in blast and solution loss carbon.

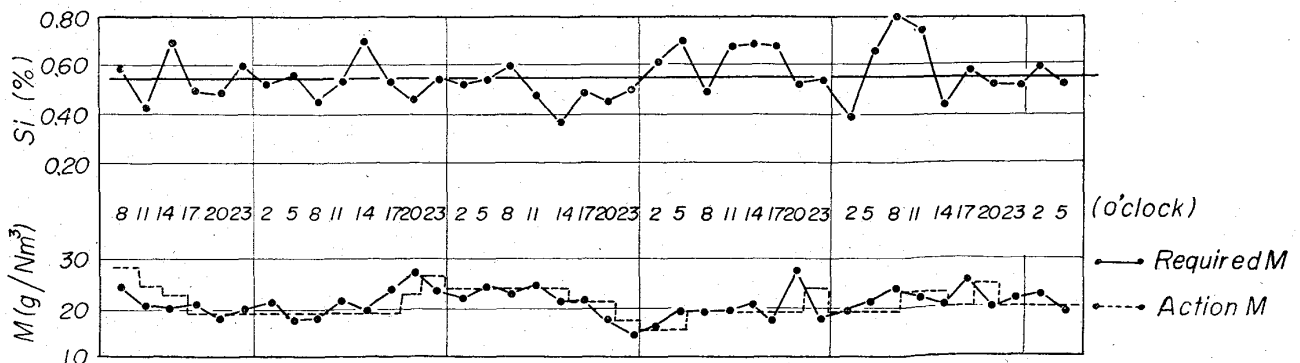


Fig. 3 Operation result controlled with computer.

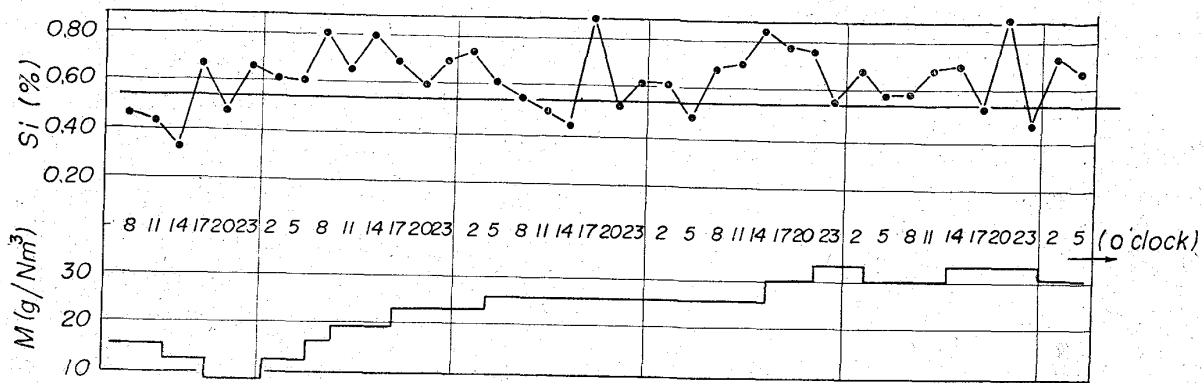


Fig. 4. Operation result at conventional operation.

の条件のもとに乾送風量単位当たりの下部の熱収支を計算した場合、変動する量はソリュション・ロス、装入物の溶解および湿分の分解のみとなる。ただし炉壁損失は時間当たり送風量の大きな変化がない限り変動は省略できるものと考えられる。

以上のような考え方から下部の熱収支を一定に保つならば、安定した炉況を維持することは可能である。

3. 数式モデル

前述したような条件下における下部反応帯の熱レベル Q_L は次のように表わすことができる。

$$Q_L = b_0 + b_1 \alpha + b_2 \delta + b_3 M \dots (1)$$

ただし、 $b_0 \sim b_3$: 係数

α : 直接還元量

δ : 溶解熱容量(鉱石から奪われる酸素量に比例)

M : 送風湿分

何れも送風単位流量当りで示す。

この Q_L を一定値に制御した場合炉況も安定し得ると考えた。しかしこの Q_L は直接測定できないので、(1)式は(2)式のごとく変形し、この式により Q_L 一定の場合、湿分(M)、直接還元量(α)および溶解量(δ)の関係を知ることができる。

$$M = C_0 + C_1 \alpha + C_2 \delta \dots (2)$$

ただし、 $C_0 \sim C_2$: 係数

炉況が安定した場合の溶銑の温度、成分はほぼ一定となると考えられ、また原料事情が比較的安定し、溶銑当たりの鉱滓量、石灰石所要量がほぼ一定の場合、装入物の溶解量は溶銑量に比例し、またその単位量当たりの所要熱量は一定と考えても大きな誤差はないはずである。

直接還元量(α)はもちろん炉頂ガス成分から計算されるが、溶銑量も装入実績からではなく、炉頂ガス成分から計算された。これにより秤量値および原料水分の変動の影響を除いた。この計算方式は鉱石の配合がほぼ一定の場合装入物中の鉄の酸化度は一定と考え、還元された酸素量に比例するものとした。すなわち炉頂ガス成分より間接還元および水素還元される酸素量および直接還元された酸素量を計算し両者を合計して求めている。

実際操業においては、この α と δ は強い相関関係にあり、装入物があまり変化がない場合はその一方で代用できる。すなわち(3)式をもつてしても制御は可能である。

$$M = C_0 + C_1 \alpha \dots (3)$$

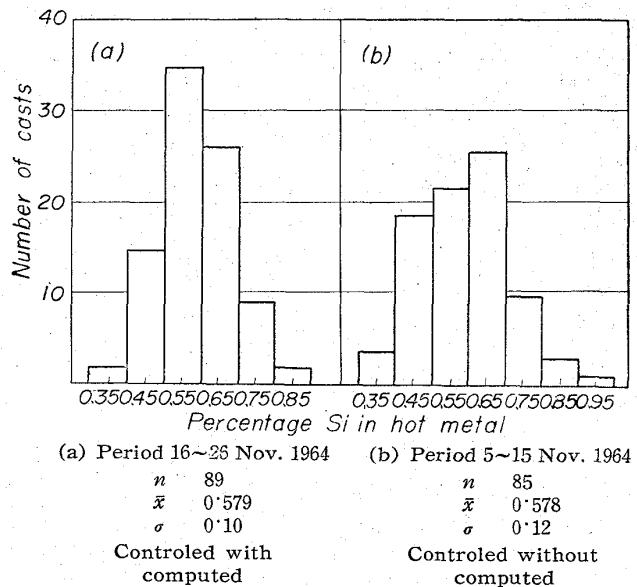


Fig. 5. Frequency distribution of Si content of hot metal.

係数 C_0, C_1 は過去において、熱レベル Q_L の安定していた時期すなわち、銑鉄中の Si% の安定していた時期の操業データを用いて、湿分(M)を特性値、直接還元量(α)を要因として回帰分析を行ない定めた。寄与率は0.5付近であった。 α と M の関係を Fig. 2 に示した。

4. 操業結果と考察

前記の数式モデルによる試験操業を当所第1高炉(内容積 1709m³)において実施した。現在のところ結果の評価すなわち炉況の安定化の判断は溶銑中の Si% の変動で行なう以外に考えられない。

結果の一例を Fig. 3 に溶銑中の Si% の実績値によつて炉熱のアクションを行なう従来方法の例を Fig. 4 に示した。また、これに対応する長期間の Si% のヒストグラムを Fig. 5 に示した。従来方法の操業と比較してかなり安定した結果が得られている。しかし長期間にわたる場合、適正湿分値(M)の決定に当たつて直接還元量(α)のみで制御した場合、Si の実績値に大波の変動が現われる。これを修正するためには、(3)式の定数項 C_0 を修正していたが、現在は実績 Si から自動修正を行なうべく数式モデルの改造を行なつた。将来は原料事情を

考慮して、あらかじめ定数項を修正するフィードバック方式をつけ加えることを検討している。

またこの研究の一環として装入物の安定化のために中性子による装入物の連続水分計の検討を行なっている。

なお、実際運用面では、炉頂ガス分析計の安定度および精度が問題となり、これより一層の向上が要求されている。

5. 結 言

日本鋼管水江第 1 高炉において

1) 炉頂ガス成分を主体とする操業中に連続的に入手可能な測定値によつて送風湿分値を決定し、この送風湿分値によつて炉内熱収支を制御する方式を開発した。

2) この方式は実際操業に適用されているが、さらに最適化の方向へ研究中である。

(14) 鉄鉱石の融点、濡れ性と焼結特性について

八幡製鉄所, 八幡製造所

深川弥二郎・川村 稔

○若山 昌三・梅津 善徳

Study on Relation between Melting Point, Wettability and Sinter Characteristic of Iron Ore.

Yajirō FUKAGAWA, Minoru KAWAMURA,
Shōzō WAKAYAMA and Yoshinori UMEZU.

1. 緒 言

鉄鉱石の焼結生産性および焼結鉄強度 (以下焼結特性

値とよぶ) に与える諸要因の効果については、従来多くの研究がなされて来たが焼結実操業において、各種鉄鉱石銘柄の定量的な位置づけをした例はあまりない。著者らはまず、3 カ月間にわたる洞岡 DL 焼結工場の操業実績を統計解析して、焼結特性値と鉄鉱石銘柄との重回帰式を得て該式が実操業結果をよく説明することを確認した。

次に銘柄効果に関しては、焼結生産性を支配する要因として確立されているのは原料粒度だけであるというのが実情である。ところで著者らは顕微鏡組織観察などの経験から、焼結鉄の結合様式としてスラグ結合が優位に

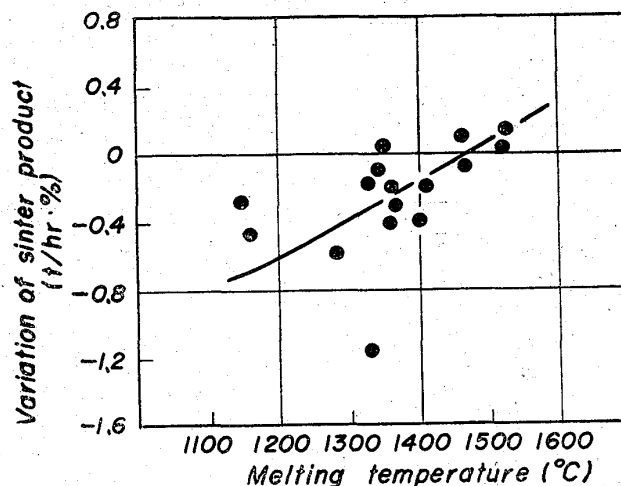


Fig. 1. Relation between melting temperature of iron ore fine and its productivity on sintering. (Without particle size effect)

Table 1. Result of multiple regression analysis.

	Regression line of productivity		Regression line of strength	
	Regression coeff. (t/hr)	Corrected coeff. (t/hr)	Regression coeff. (%)	Corrected coeff. (%)
Lime stone(+1%)	+5.44	+5.61	+0.13	+0.12
Sri Medan //	+0.49	+0.15	-0.00	+0.03
Africa //	+0.19	+0.06	+0.10	+0.17
Romeral //	-0.04	-0.09	+0.05	+0.05
Sand Iron //	-0.23	+0.10	+0.44	+0.19
Segamat //	+0.10	-0.20	+0.02	+0.05
Sibuguey //	-0.48	-0.41	+0.12	+0.13
Dungun //	-0.09	-0.43	+0.01	+0.04
Brazil //	-0.23	-0.31	-0.09	-0.09
Ipoh //	+0.09	-0.21	-0.11	-0.09
Goa //	+0.14	+0.06	-0.02	-0.01
India //	+0.15	-0.14	+0.04	+0.07
Kedah //	-1.18	-1.21	+0.00	+0.00
Wabuska //	-0.29	-0.11	-0.07	-0.08
Dha Sala //	-0.23	-0.59	+0.07	+0.10
Korea //	-0.37	-0.45	+0.12	+0.13
Cha'ah //	-0.31	-0.25	+0.21	+0.21
Scale //	-1.77	-1.81	-0.22	-0.23
Conc'ed OH slag //	-1.43	-1.52	+0.38	+0.39
Constant	128.1		76.32	
Multiple corr. coeffi.	0.91		0.75	
Coeffi. of determination	82.8%		56.2	