

論 文

炭素—熱量的検討結果の高炉操業への応用*

(高炉における炭素および熱量的検討—II)

八塚健夫**・沢村 惇**・太田 奨***・福田隆博**

Application of Results Analyzed from Carbon and Heat Consumption.

(Studies on carbon and heat consumption in blast furnaces—II)

Takeo Yatsuzuka, Jun Sawamura,
Susumu Ōta and Takahiro Fukuda

Synopsis:

In first report (Tetsu-to-Hagané, Vol. 46 (1960), No.6 pp. 643~652), studies were made on carbon and heat consumption, and on the method of calculation of the heat required for various kinds of burdens.

To facilitate understanding on the carbon and heat consumption in blast furnaces as abovementioned, this report dealt with how to apply the results obtained from the first report to the actual furnace operation.

I. 緒 言

第1報では熔鉱炉における熱量的検討の基礎となる炭素消費、熱量消費、装入物所要熱量などについて論じたが、従来高炉における熱量計算は種々の方式がとられていることと、その計算が複雑なためにこれらの理論計算値を実際操業へ応用することは余り行なわれていなかった。

本報告では第1報で得られた諸結果を基礎として操業上必要と考えられるいろいろの関係式を誘導し、これらの関係式を実際上いかに応用するかについて実例をもつて示し、さらにコークス比の低下はいかなる要因によって左右されその影響度はどの程度であるか、また将来の問題点はどこにあるかなどについて若干の考察を行なった。

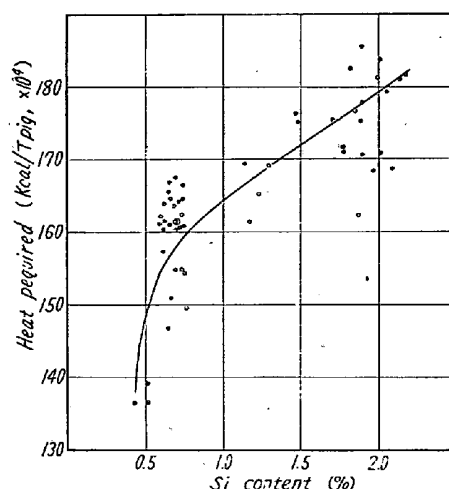
II. 銑鉄中 Si% の調整に必要な熱量について

平炉銑では意識的に銑鉄中 Si% の調整は行なわないが、鋳物銑では銑種により Si% が異なるため、目標銑種吹製のために鉍量調整と熱量調整により Si% の調整をはからなければならない。

また平炉銑から鋳物銑への鋳物銑から平炉銑への切替

の場合にも同様のことがいえる。

しかるに Si の還元度を高めるためには、炉全体の熱的レベルをあげねばならないが Si% と炉の熱レベルとの関係は簡単な熱量計算で決定することは困難である。ここでは第1報で求めた銑 t 当りの所要熱量と Si% の関係を求めてこれから Si% の調整に必要な熱量を求めた。



図中 required とあるは required の誤り
Fig. 1. Correlation between heat consumption and Si content

* 昭和34年4月本会講演大会にて発表
** 富士製鉄株式会社釜石製鉄所製銑課
*** 焼結課

Fig. 1 は鉄 t 当りの総所要熱量と Si% との関係を示したものであるが、この図から鉄鉄中 Si% を 1% 高めるためには 150,000 kcal/t-pig の熱量が必要であることがわかる。この値を当所では鉄種切替時などに使用しているが、非常に良好な結果を得ている。

またこの 150,000 kcal を送風温度に換算すると、鉄 t 当りの風量を 2,000m³ とすれば約 230°C となる。

III. 鉄種切替時の熱量計算について

Si% の調整に必要な熱量と装入物の所要熱量から鉄種切替の熱量計算を行なうことができる。その一例として 34 年 6 月 20 日に当所第 2 高炉で製鋼用鉄から鑄物用鉄に切替えた場合の実績を示すとつぎの Table 1 および Fig. 2 のごとくなる。Table 1 は切替時の鉍石の増減量と装入物の所要熱量の増減量を示したものである。Fig. 2 にはこの時の風温と Si% の変化を示した。

Fig. 2 から切替前の風温は 770°C Si% は 0.55% で安定していた。鑄物鉄切替後は Si 2.00% を目標とした。したがって Si 1.45% 上昇させればよいことにな

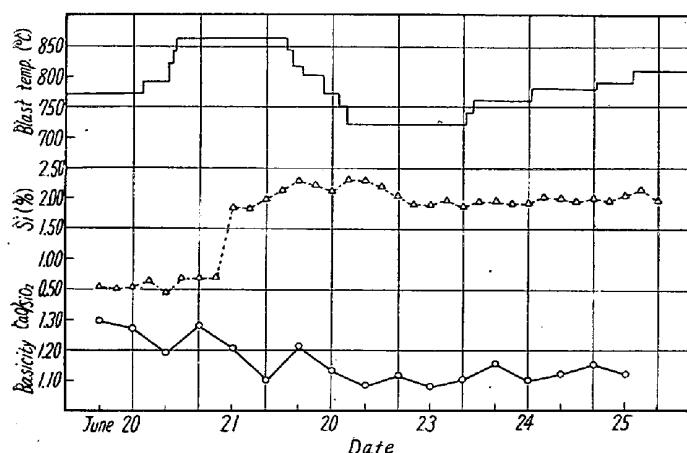


Fig. 2. Operation data showing the changing practice from basic pig to foundry pig.

Table 1. Heat calculation to change from basic iron to foundry iron.

Description	Burdens for basic pig (kg/charge)	Burdens for foundry pig (kg/charge)	Difference	Heat consumption (kcal/100kg burden)	Difference
Kamaishi ore	1,200	2,000	+800	66,400	-531,200
No.1 sinter ore	2,600	2,600	± 0		
No.2 sinter ore	3,000	2,500	-500	64,200	+321,000
Temangan	3,200	2,400	-800	64,000	+512,000
Dungun (A)	1,600	800	-800	64,800	+518,400
India	1,500	1,100	-400	67,900	+271,600
Larap	600	500	-100	63,700	+63,700
Lime-stone	1,500	800	-700	59,300	+415,100
Copper-slag		100	+100	47,800	-47,800
Total	15,200	12,800			+1,522,800

る。そのための熱量は

$$1.45 \times 150,000 = 217,500 (\text{kcal/t-pig}) \text{ である。}$$

鉍量調整により

$$1,522,800 / 7.5 = 203,000 (\text{kcal/t-pig})$$

だけ熱量を高めることができたから差

$$217,500 - 203,000 = 14,500 (\text{kcal/t-pig})$$

だけを風温で補なえばよい。この時の鉄 t 当りの風量は 1,900m³ であるから

$$14,500 / 1900 \times 0.33 = 23^\circ\text{C}$$

したがって切替後、安定した時の風温は 790~800°C になることが予想される。Fig. 2 から明らかなように切替前 Si の還元度を高めるため一時風温を高めたが安定した。24 日以降の送風温度はほぼ計算した風温に一致している。

IV. 所要風量の計算式について

操業計画をたてたり、熱風炉の標準化のためには所要風量を簡単に計算することが必要である。炭素精算で説明したように高炉に送風された空気は全部羽口先でコークスの燃焼に消費される。この羽口先で燃焼するコークスはコークス比によつて大きく変動する。しかし羽口先で燃える以外のコークス、すなわち鉄中に熔解する C および Si, Mn, P の還元用 C などは鉄種により若干は違うがほぼ一定である。この量は最近の実績から製鋼用鉄では 140.7 kg/t-pig、鑄物用鉄では 148.0 kg/t-pig でその平均値は 144.4 kg である。1 kg の C を燃焼するのに必要な空気は 4.436m³ であるからコークス中固定炭素を η とすれば鉄 t 当りの風量 M_1 は

$$M_1 = 4.436 \times \eta \times (C.R - 144.4 / \eta)$$

(ただし C. R: コークス消費量 kg/t-pig)

生産量を P (t/day) とすると 1 分間当りの風量 M_2 は

$$M_2 = 3.08 \times (P/1000) \times \eta (C.R - 144.4 / \eta)$$

となる。

V. 増減鉍に伴う送風温度の変化について

前に求めた装入物の所要熱量から 100kg の増減鉍を行なった場合の送風温度変化 (Δt) を求めることができる。

装入回数	S (charge/day)
コークス比	$C.R$ (kg /t-pig)
コークスペース	$C.B$ (kg /charge)
生産量	P (t/day)
風量	M_2 (m ³ /mn)
鉍石 100kg の所要熱量 Q_B (kcal/100kg burden)	
コークス中固定炭素 η	

とすると 100kg の増鉍により 1 日の装入物が $S \times 100$ kg 増加することになる。そのための所要熱量は $Q_B \times S$ となる。この所要熱量を送風温度の上昇 Δt によつて補うとする。

1 日の送風量は $24 \times 60 \times M_2$ であるから、その持ち込む熱量は

$$24 \times 60 \times M_2 \times 0.33 \times \Delta t = 24 \times 60 \times 0.33 \times \Delta t \times 3.08 \\ \times \eta \times (P/1000) \times (C.R - 144.4/\eta) \\ = 1.464 \times \Delta t \times \eta \times P \times (C.R - 144.4/\eta) \text{ kcal}$$

である。一方

$$S = P \times C.R / C.B \text{ であらわされるから、} \\ (P \times C.R / C.B) \times Q_B = \\ 1.464 \times \Delta t \times \eta \times P \times (C.R - 144.4/\eta)$$

したがつて

$$\Delta t = Q_B \times C.R / 1.464 \times \eta \times (C.R - 144.4/\eta) \times C.B$$

となる。

この計算式は増減鉍や銑種切替時の熱量計算に非常に役立つ。

VI. 水蒸気吹込みの熱的検討

水蒸気吹込みに関する検討はいろいろと行なわれているが、ここでは炉内における水素の挙動と水蒸気吹込みの熱量を主にして検討を行なった。

(1) 炉内における水素の挙動について

調査対象にした期間は 33 年 12 月から 34 年 6 月までの 7 カ月間である。その結果を Table 2 に示す。

表のうち計算 $H_2\%$ というのは羽口から吹込んだ水蒸気が全然還元にあずからず、そのまま炉外に出たと仮定した場合の $H_2\%$ である。この結果から計算 $H_2\%$ と炉頂ガス分析からの $H_2\%$ の関係を図に示すと Fig. 3 のようになる。

これから衝風中に吹込まれた水蒸気が分解した結果、

Table 2. Comparison between $H_2\%$ from moisture in blast and $H_2\%$ in top gas.

Period	Furnace	$H_2\%$ from moisture in Blast*+0.6**	$H_2\%$ in top gas (analysis)
1959- Dec.	No. 2	2.1	1.4
	No. 1	1.1	1.7
1960- Jan.	No. 2	1.8	1.1
	No. 1	1.0	0.9
Feb.	No. 2	1.9	1.3
	No. 1	1.5	0.9
Mar.	No. 2	1.6	1.1
	No. 1	1.7	1.2
Apr.	No. 2	1.8	1.3
	No. 1	2.1	1.7
May	No. 2	1.9	1.4
	No. 2	2.1	1.4
Jun.	No. 1	2.1	2.1
	No. 2	1.8	1.9
	No. 2	2.3	1.9
	No. 1	2.0	1.9

* Assumed that H_2 from H_2O in blast passes unchanged through the furnace.

** $H_2\%$ from coke (= constant)

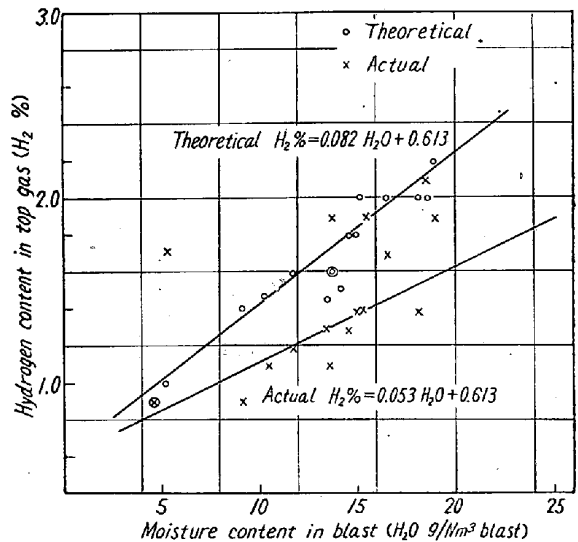


Fig. 3. Correlation between moisture contents in blast and H_2 contents in top gas.

発生した H_2 は全部そのまま炉頂ガス中に出てくるのではなく、一部は炉内で還元にあずかっていることがわかる。実際に炉頂ガス中に出てくる H_2 の割合を求めると

$$0.0525/0.0819 = 0.641$$

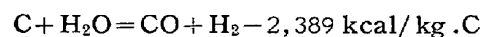
となり還元にあずかる H_2 は $1 - 0.641 = 0.359$

すなわち 35.9% が還元にあずかったことになる。

(2) 水蒸気吹込みの熱量的検討

つぎに水蒸気吹込みの熱量検討を行なつて見る。

衝風と一緒に吹込まれた水蒸気は羽口先でつぎの水性ガス反応を起す。



この結果、発生した H_2 は



なる反応を起すと考えられる。

今簡単のために $10\text{g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ blast の水蒸気添加の場合を考えて見る。

この期間の平均衝風量は $1,717\text{m}^3/\text{t-pig}$ であるから

$$1,717 \times 10 = 17,17 \text{ kg H}_2\text{O}/\text{t-pig}$$

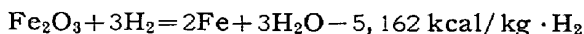
したがって水性ガス反応の結果消費される炭素は

$$12/18 \times 17,17 = 11,45 \text{ kg} \cdot \text{C}/\text{t-pig}$$

となる。また還元にあずかつた H_2 量は

$$17,17 \times 2/18 \times 0,359 = 0,685 \text{ kg}$$

の H_2 が還元に作用し



の反応を起す。

$10\text{g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ の水蒸気を吹込んで

$2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO} + 2,430 \text{ kcal/kg} \cdot \text{C}$ の結果、発熱する C が水性ガス反応により吸熱になるのであるから

$$(2,430 + 2,389) \times 11,45 = 55,178 \text{ kcal}$$

の吸熱となる。

一方水素還元が起る結果、直接還元が減り、ソリューション・ロスに使用される炭素

$$12 \times 0,685/2 = 4,110 \text{ kg}$$

が羽口で燃える。これらの諸熱量を精算して見ると

羽口先での発熱

$$2,430 \times 4,110 = 9,987 \text{ kcal}$$

ソリューション・ロスの減による発熱

$$3,240 \times 4,110 = 13,316 \text{ kcal}$$

水素還元の吸熱

$$-5,162 \times 0,685 = -3,536 \text{ kcal}$$

$$\text{合計} \quad 19,767 \text{ kcal}$$

熱量的な差は

$$55,178 - 19,767 = 35,411 \text{ kcal}$$

となり送風温度に換算して

$$35,411/1,717 \times 0,33 = 62,5^\circ\text{C}$$

(3) 炭素精算と熱量精算からの考察

炉頂ガス中 $\text{H}_2\%$ の検討から水蒸気添加により H_2 によるガス還元が進行し、そのためソリューション・ロスが約 $4\text{kg}/103 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 程度低下することがわかった。

つぎの Fig. 4 に炭素精算を行なった結果から衝風中湿分量と間接還元率、ソリューション・ロスの関係を求めた。

この図から $10\text{g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ の水蒸気により、約 8kg のソリューション・ロスが低下していることになる。これは水蒸気添加により水素還元のみならず CO による間接還元もより進行している結果となる。

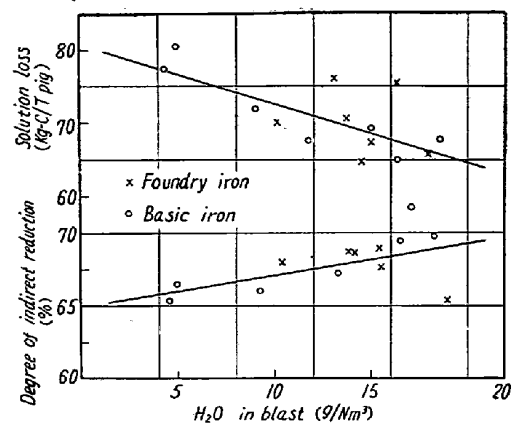


Fig. 4. Correlation between moisture content and degree of indirect reduction.

Fig. 5 には熱量精算の結果から衝風中湿分量と総所要熱量の関係を示した。これから $10\text{g H}_2\text{O}$ により $36,000\text{kcal}/\text{t-pig}$ の熱量が余計に消費されていることになり送風温度に換算すると約 60°C となり計算から求めた $62,5^\circ\text{C}$ とほぼ近い値を示している。すなわち衝風中水蒸気量 $10\text{g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ により約 $60\sim 65^\circ\text{C}$ の送風温度上昇と考えればよい。

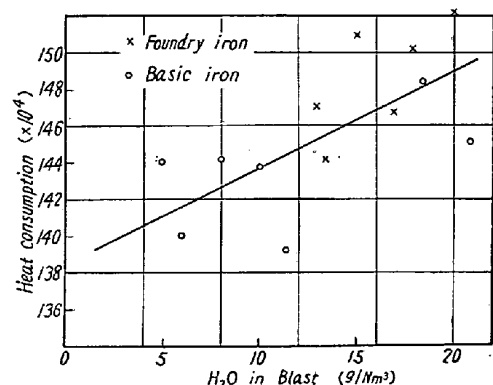


Fig. 5. Effect of moisture content on heat consumption.

VII. コークス比を支配する諸因子の検討

(1) コークス比を支配する諸因子についての考察
第1報で使用した記号に準じて考察をすすめて行く、

総入熱	$Q_t(\text{kcal}/\text{t-pig})$
衝風中 O_2 で燃える C の発熱量	$Q_1(\text{kcal}/\text{t-pig})$
酸化鉄の間接還元熱	Q_2 "
熱風頭熱	Q_3 "
コークス頭熱	Q_4 "
コークス中湿分頭熱	Q_5 "
装入物頭熱	Q_6 "
装入物中湿分頭熱	Q_7 "
送風中湿分頭熱	Q_8 "

鋅滓生成熱	Q_9 (kcal/t-pig)
冷却水顕熱	Q_{10} "
総出熱	$Q_{t'}$ "
Si, Mn, P の還元熱	$Q_{1'}$ "
ソリューション・ロスによる吸熱	$Q_{2'}$ "
石灰石の分解熱	$Q_{3'}$ "
熔銑の持ち去る顕熱	$Q_{4'}$ "
熔滓の持ち去る顕熱	$Q_{5'}$ "
送風中湿分の分解熱	$Q_{6'}$ "
炉頂ガス中水蒸気エンタルピー	$Q_{7'}$ "
炉頂ガス顕熱	$Q_{8'}$ "
ダスト顕熱	$Q_{9'}$ "
冷却水の持ち去る熱量	$Q_{10'}$ "
その他の放散熱	Q_R "
コークス比	$C.R$ (kg/t-pig)
コークス中固定炭素	η (%/100)
羽口先で衝風中 O_2 で燃える C	a (kg/t-pig)
a のうち還元で使用され CO_2 ま	
で酸化される C	a_1 "
羽口先で衝風中 H_2O で燃える C	b "
銑鉄中に溶解する C	c "
Si, Mn, P の還元で使用される C	d "
ソリューション・ロスとなる C	e "
ダスト中に入る C	l "
酸化鉄の間接還元熱	q_3 (kcal/1/12 mol)

$$C.R = (1/\eta)(a+b+c+d+e+l) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_t = \sum_{i=1}^{10} Q_i = a \times 2,430 + (a_1+e)q_3 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} = a \times 2,430 + (a_1+e)q_3 + Q_0 \dots\dots\dots (2)$$

$$(ただし Q_0 = Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10})$$

$$Q_{t'} = \sum_{i=1}^{10} Q_{i'} + Q_R \dots\dots\dots (3)$$

コークス比は (1) 式で示されるが、第 1 報で検討したごとく消費炭素の中で a が最も大きな部分を占めている。またコークス比は a の大、小如何により左右されているといつてよい。したがってコークス比を低下せしめるには a を小さくして行くことが問題となる。

一方第 (2) 式から見ると a は熱源として役割を果しているので a を低下せしめるには Q_t を小さくするか Q_0 を大きくしなければならない。この二つの面からコークス比を低下せしめるための方法について検討してみる。

(i) Q_t を小さくするには

入熱 Q_R を小さくするには出熱 $Q_{t'}$ を小さくすればよい。第 (3) 式から見るとつぎの方法が考えられる。

ソリューション・ロスを低下さす…間接還元を増進する。
石灰石の分解熱を低下さす…鋅滓量を低下させるか、
自溶性鋅石を使用する。

熔滓の顕熱を低下さす……鋅滓量、温度を低下させる。
熔銑の顕熱を低下さす……Si%を下げ、若目の湯を吹製する。

放散熱を低下さす……若目の湯を吹製する。出銑量を増大し銑 t 当りの放散熱を低下する。

送風中湿分を低下さす………低湿分操業を行なう。

(ii) Q_0 を大きくするには

熱風顕熱を大きくする………高送風温度を用いる。

(iii) a を低下させずコークス比を低下するには

η を大きくする………コークス灰分を低下させる。

b, e を小さくする…低湿分操業、間接還元を増加せしめる。

これらの主要なものについて実績と照合の上で、コークス比におよぼす影響とそれに伴う諸問題について検討をすすめる。

(2) コークス灰分のコークス比におよぼす影響

コークス灰分が 10% から 11% に増加した場合のコークス比の上昇を調べて見ると固定炭素が 1% だけ減少することになるから、平炉銑でコークス比が 600 kg のとき同量の固定炭素を供給するには $600 \times 90/89 = 606.7$ kg のコークスが必要となる。

コークス灰分 100 kg の滓化には 100 kg の石灰石が必要であるから 10% 灰分のコークス 600 kg では 60 kg の石灰石が必要である。11% 灰分のコークス 606.7 kg では 67 kg の石灰石が必要である。したがってこの石灰石増加分に必要な熱量は石灰石 100 kg の所要熱量を 60,000 kcal とすれば

$$60,000 \times 0.07 = 4,200 \text{ kcal}$$

コークス 1 kg の発熱量は

$$2,430 \times 0.89 = 2,163 \text{ kcal}$$

したがって石灰石の増加分に対しては $4,200/2,163 = 1.9$ kg のコークスが必要である。

したがってコークス灰分 1% の増加に対しては

$(606.7 - 600.0) + 1.9 = 8.6$ kg のコークスが必要となる。

さきに実績から検討した結果¹⁾ではコークス灰分 1% の増加により 16 kg 程度コークス比が上昇する結果となつていますが、これはコークス灰分の上昇に上り生産量に低下をきたし、このためコークス比が上昇したことなども含まれている。コークス灰分のコークス比への影響は

単独では上記の 8・6 kg 程度と思われる。

最近のコークス比の低下はコークス灰分の低下に負うところが多いが、これ以上コークス灰分を低下させることは困難であろうと考えられる。

(3) 鋳滓量のコークス比におよぼす影響

鋳滓量は多くの場合 Fe% と逆比例の関係にあるので当然コークス比に大きい影響を与えているが、今鋳滓量のみの影響につき検討してみると、鋳滓 100 kg の所要熱量は 30,000 kcal であるから鋳滓比 0・1 の上昇 (100 kg / t-pig の鋳滓) は $30,000/2,163=14$ kg のコークス比上昇に相当する。

実績についての検討²⁾では鋳滓比 0・1 の上昇は 16 kg となつていてから理論的に求めた結果とほぼ同じ値となつている。

鋳滓量は原料事情、脱硫、炉況などで左右されるが最近装入物中の S が非常に少なくなつたため鋳滓量を減らして操業できるようになつた。この最近の鋳滓量の減少がコークス比の低下に寄与したところは非常に大きい。

(4) 出鉄量のコークス比におよぼす影響

出鉄量とコークス比との関係を解析した結果はいろいろ発表されているが前に当所で解析した結果では出鉄量の増加するにつれてコークス比はしだいに低下する傾向を示したり。

出鉄量を P (t/day) とする時 (出鉄量 700~900 t/day の範囲で)

$$C.R.=1.757-2.57 \times 10^{-3}P+1.50 \times 10^{-6}P^2$$

なる式で表される。

実績から求めた出鉄量のコークス比への影響はほかの要因と交絡している恐れもある。

Fig. 6 は放散熱量 (kcal / t-pig) Q_R と出鉄量との関係を示したものであり、また Fig. 7 は総所要熱量 Q_t と出鉄量との関係を求めたものであるが、いずれも出鉄量の増加とともに減少の傾向を示している。

しかしある程度以上に鉄出量を高めるとガス還元が悪化によりかえつてコークス比が上昇するとも考えられどこの辺に最適出鉄量があるかはさらに解析して行く必要がある。

(5) ソリューション・ロスのコークス比におよぼす影響

第 1 報でも述べたようにソリューション・ロスのコークス比におよぼす影響は非常に大きく、ソリューション・ロス 10 kg の増加は 56,700 kcal の熱量損失となる。すなわち

10 kg のソリューション・ロス反応の吸熱量

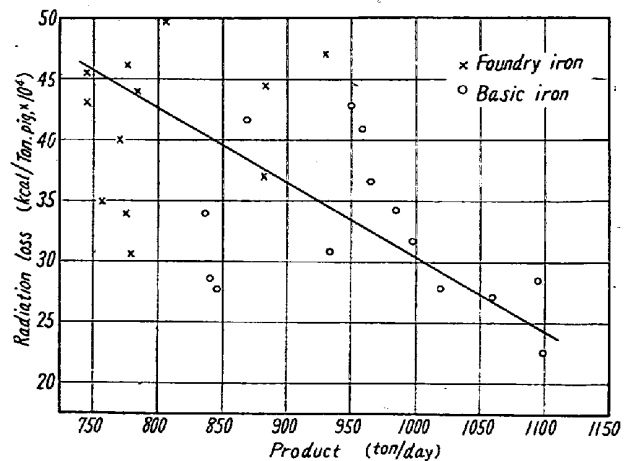


Fig. 6. Correlation between radiation loss and product.

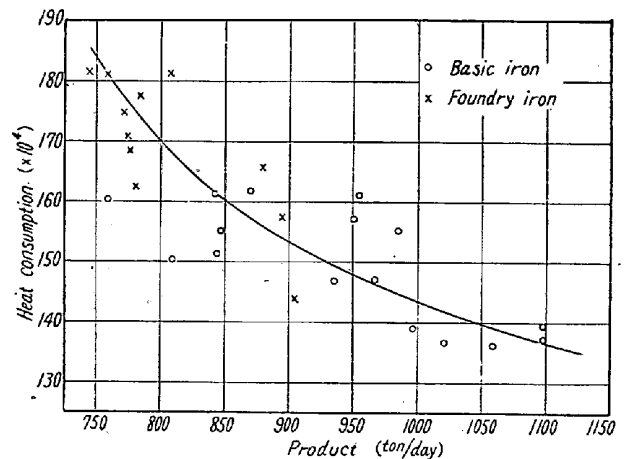


Fig. 7. Correlation between heat consumption and product.

$$3,240 \times 10 = 32,400 \text{ kcal}$$

10 kg の C が CO まで燃焼して出す発熱量

$$2,430 \times 10 = 24,300 \text{ kcal}$$

$$\text{計} \quad 56,700 \text{ kcal}$$

この値をコークス比に換算するとコークス灰分 11% として $56,700/2,163=26$ kg となる。

このようにコークス比に大きく影響するソリューション・ロスを低下するにはどうすればよいかという問題であるが、現在いろいろの方面から研究されているが、考えられる 2, 3 の点を挙げれば

(i) 石灰石の整粒と焼石灰石の装入: ソリューション・ロス反応は低温度 (600°C 以下) では起り得ない。もし石灰石の分解がシャフト上部ですみやかに起れば、この結果発生した CO_2 はソリューション・ロスは起し得ないわけである。しかし石灰石の粒度が大きくシャフト下部まで未分解のまま降下することになれば、ソリューション・ロス反応をおこし、炉熱をいちじるしく低下せしめることになる。

この場合のコークス比への影響は 10 kg のソリューション・ロスによりソリューション・ロスによる吸熱量は $3,240 \times 10 = 32,400 \text{ kcal}$ であるから $32,400/2,163 = 15 \text{ kg}$ コークスとなる。

したがって $11 + 15 = 26 \text{ kg}$ のコークス比の上昇となり、石灰石の整粒こそ重要な問題といわねばならない。

この場合、石灰石を焼石灰の形で装入すれば、ソリューション・ロスの危険もなく、石灰石の所要熱量も分解熱が不要となるため 100 kg 当りの所要熱量は 30,000 kcal 程度となり、熱量的に果たす役割は大きい。しかし焼石灰の形で装入することは強度の上で不可能でありこの点から石灰焼結の果たす役割は注目すべきである。

(イ) 鉍石の整粒と予備処理による化学組成の改善：間接還元は磁鉄鉍の場合困難であるので焙焼などにより磁鉄鉍を赤鉄鉍にかえること、また整粒によりガスとの接触を大きくせしめ熱交換とガス還元を促進することは重要であり焼結鉍の役割はこの面でも大きいといえる。

(ロ) ガス通過の問題：これは高炉におけるいろいろの研究の中で最も困難であり、また重要な問題である。

ガス通過は間接還元のみならず鉍石の予熱という面を大きく左右するので、炉況の改善、操業成績向上の点でさらに研究されねばならない。

(6) Si% のコークス比におよぼす影響

前述のごとく Si% を 1% 上昇せしめるには 150,000 kcal/t-pig の熱量が余計に消費されるから灰分 11% の時は $150,000/2,163 = 69 \text{ kg}$ のコークス比上昇に相当する。この関係はいろいろの鉄種の価格の合理的な評価を行なう場合にも参考となるものと考えられる。

(7) 衝風中湿分のコークス比におよぼす影響

水蒸気吹込操業は前述したように衝風中 $10 \text{ g H}_2\text{O}/\text{m}^3$ の水分の増加はコークス比にして約 20 kg の上昇に相当する。

したがって高湿分送風操業は熱量的にいつて不利といわざるを得ないが、大気中の湿分の変動を抑え炉況を安定させる意味で衝風中湿分を一定にする操業は考慮されてよい。

(8) 送風温度のコークス比におよぼす影響

第 1 報で示したごとく、高炉における供給熱量の中で送風温度の占める割合は 30% 前後におよび高送風温度操業は鉄鉄原価の低下の上で非常に大きい役割を果たしていると思われる。

送風温度のコークス比への影響を定量的に検討して見るとつぎのようになる。

鉄 t 当りの所要風量を $2,000 \text{ m}^3$ とすると 100°C の温度上昇による熱量供給は $0.33 \times 2,000 \times 100 = 66,000 \text{ kcal}$ でありコークス比に換算すれば $66,000/2,163 = 30 \text{ kg}$ のコークスに相当する。また実績からの検討では 100°C の送風温度上昇は 33 kg のコークス比の低下に相当しており両者ほぼ一致した値を示している³⁾。

高送風温度を可能ならしめるにはつぎのようなことが考えられる。

(イ) 原料の予備処理の強化：原料の予備処理が充分行なわれていないと、高送風温度を使用する時、棚吊りスリップなどの故障があり、充分送風温度を上げ得られない炉況となる。最近の原料の予備処理は非常に良好となり、最近の高送風温度操業の大きな因となつてゐる⁴⁾。

(ロ) 熱風炉の燃焼管理：熱風炉で最も効率よく燃焼させるような燃焼方法で熱風炉を操業することが必要であり、このためいろいろ検討した結果⁵⁾ 現在では第 1 高炉で月平均 850°C 前後、第 2 高炉で 800°C 前後の高送風温度を保つたことが可能であり、最近の大巾なコークス比低下の大きな原因となつてゐる。

VIII. 結 言

以上第 1 報、第 2 報にわたり高炉における炭素および熱量的検討を行なつたが、炭素および熱量の高炉における消費経過は高炉反応の最も重要なものの一つでありこれを理論と実際の両面から検討することにより、われわれの高炉操業法の理論的な意味が把握でき、これまでの実績から求めた諸結果を統一的に説明することができた。またこれらの方法で求められた諸結果を実際操業に逆に応用し検討すれば今後さらに一段の進歩を期待できるものと考えられる。(昭和 34 年 11 月寄稿)

文 献

- 1) 喜多川 武, 太田 奨, 穂坂有郎: 富士技報 6 (1957), No. 3, p. 275
- 2) 沢村 惇, 足立 孝, 穂坂有郎: 富士技報 7 (1958), No. 2, p. 157
- 3) 沢村 惇, 太田 奨: 富士技報, 6 (1957), No. 4 p. 367
- 4) 芹田 勇, 八塚健夫, 沢村 惇, 福田隆博: 鉄と鋼, 45 (1959), 9, p. 867
- 5) 高木 直, 沢村 惇, 太田 奨, 田中英雄: 富士技報, 7 (1958) No. 3 p. 266