

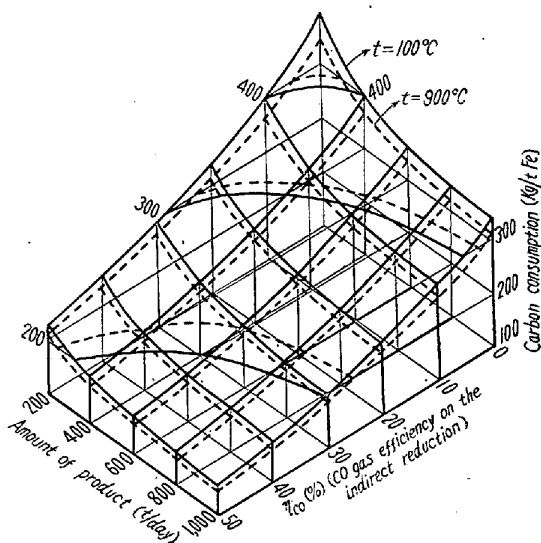


Fig. 1. Influence of the produce, η_{CO} and the oxygen temperature (t) on the carbon consumption of the typical blast furnace.

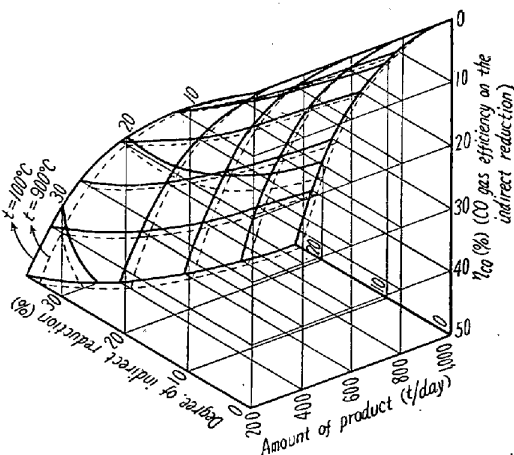


Fig. 2. Influence of the produce, and the oxygen temperature (t) on the degree of indirect reduction in the typical blast furnace.

さがってくる。換言すれば、 W が増加した場合、間接還元率が少なくて熱平衡を保ちうるものであり、同様に羽口より吹込まれる O_2 の顕熱が増加すると、 q が小さな値でこの系の熱平衡を保ちうる事がわかった。

VII. 結 言

以上熔鉱炉内の代表的な反応を標型化して考察し、所要炭素量におよぼす因子を熱平衡を用いて把握し、これらと間接還元率との関係も検討した。この考察に準じて実際の熔鉱炉のコークス比に関する検討をすすめる。

文 献

- 1) T. L. JOSEPH: Blast Furn. & Steel Plant, July, August (1947) p. 944~948

(13) 灘浜第 1 高炉の炉内還元に関する検討

(高炉のコークス比におよぼす因子についての検討—Ⅱ)

神戸製鋼所灘浜工場

杉沢 英男・松尾 英一・○小島 勢一

A Study of the Reduction in Nada-hama No. 1 Blast Furnace.

(Studies on the factor effective to coke ratio of a blast furnace—Ⅱ)

Hideo Sugisawa, Eiichi Matsuo and Seiichi Kojima

I. 緒 言

第 1 報で簡単な熔鉱炉の反応系を仮想して、所要炭素量におよぼす因子を量的にみいだしたが、本報ではこの考察に準じて実際の熔鉱炉のコークス比について検討した。実際の熔鉱炉では第 1 報の模型炉にふくまれない多種多様の因子が入って複雑になるが、これらは灘浜第 1 高炉 (全内容積 752m³, 昭和 34 年 1 月 16 日火入) の実績値を用いて処理し、コークス比におよぼす各種の因子について検討した。

II. 炉内ガス化炭素量

熔鉱炉内の炭素精算にもとずき、第 1 報に準じて炉内ガス化炭素量をもとめると次式が成立する。

$$C = \{V(0.225 + 0.00039x) + (3/4) \times (O_M - 0.0009((V\eta_{H_2}) + E)) / (1 + \eta_{CO}) \} \dots (1)$$

ここで

C : 炉内ガス化炭素量 (kg/t pig)

V : 羽口よりの衝風量 (Nm³/t pig)

y : 衝風中の水分 (g/Nm³)

O_M : 還元にて取除かれる酸化鉄の酸素量 (kg/t pig)

E : Si, Mn, P の還元に要する炭素量 (kg/t pig)

η_{CO} : CO ガスの間接還元への利用率

η_{H_2} : 衝風中水分々解で生じた H_2 のうち還元に利用される割合

である。

一方熔鉱炉の熱平衡を考える方法として、根本的には JOSEPH¹⁾の方法に準じておこなうが、炉内での水素による還元を計上し、これを出熱の項に入れ、炭素および CO ガスによる還元系と切離して計算した。このさい水素による還元は、各装入酸化鉄にたいしてその配合割合におうじて還元作用がおこなわれたと見做している。これらの方法を Table 1 にしめす。表中の右側に炉内ガス化炭素量に影響のすくない項目 $x=23$, $\eta_{H_2}=30\%$,

Table 1. Heat balance (Unit: kcal/t pig)

	Terms	General method.	Condition applied
Heat in pot	Carbon burned to CO	2,430 V (0.225 - 0.00028 x)	531.101 V
	Reduction of Fe by CO (f(M): Reduction heat of all Fe by CO)	f(M) × (1 - 8) (Vη _{H₂}) / (9,000 O _M)	f(M) × (1 - 0.00621 V) / O _M
	Heat in dry blast (t: temperature °C) (C _{P1} : Specific heat of dry air at t°C (kcal/Nm ³ °C))	V(1 - 0.00124 x) t C _{P1}	0.97148 V t C _{P1}
	Heat in moisture (C _{P2} : Specific heat of water at t°C (kcal/kg °C))	x V t C _{P2} / 1,000	0.023 V t C _{P2}
Heat out of	Direct reduction of Si, Mn, P	{ (5300 Si% + 1,270 Mn% + 3,600 P%) × 10 3,200 {3(O _M - 0.009) (Vη _{H₂}) / 4 - Cη _{co} } }	37,586 3,200 {3(O _M - 0.00621 V) - Cη _{co} }
	Solution loss		
	Reduction of Fe by H ₂ (f(H): Reduction heat of all Fe by H ₂)	f(H) × 8 x Vη _{H₂} / (9,000 O _M)	0.00621 f(H) V / O _M
	Calcination of lime stone (L: CO ₂ (kg/t) from L. S.)	1,000 × L	1,000 × L
	Carried out by pig iron	300 × 1,000	300,000
	Decomposition of moisture in blast	2,350 × 0.00067 x V	36,2135
	Carried out by slag, moisture in top gas others	S	S

銑鉄中 Si=0.40%, Mn=0.80%, P=0.180% を用いた値を記した。

Table 1 の入熱=出熱と置いて V に関してまとめ、t = 700°C, 800°C, 900°C の各場合についてもとめたのが次式である。式中 C にふした小数字は衝風温度 °C をしめす。

C₇₀₀=

$$\frac{111.94 + 1.496 O_M + 0.311 L + 0.000311 (S - f(M))}{1 + 1.995 \eta_{co}}$$

C₈₀₀=

$$\frac{106.90 + 1.462 O_M + 0.298 L + 0.000298 (S - f(M))}{1 + 1.947 \eta_{co}}$$

C₉₀₀=

$$\frac{102.10 + 1.427 O_M + 0.281 L + 0.000281 (S - f(M))}{1 + 1.902 \eta_{co}}$$

.....(2)

(2) 式は第 1 報の (3) 式に相当し、装入配合、η_{co}、S によつてさだまる炉内ガス化炭素量を衝風温度別にしめしている。

III. 灘浜第 1 高炉での適用

(2) 式を灘浜第 1 高炉の実績値を用いて具体化する。

昭和 34 年 10 月~35 年 2 月の装入配合は

Fe ₂ O ₃ としての Fe	555 kg / t pig
Fe ₃ O ₄ " Fe	312 "
FeO " Fe	27 "

Metallic としての Fe 45 kg / t pig

で、O_M=363 kg t pig となり、使用石灰石量は 80 kg / t pig で、L=35 kg / t pig である。熱損失 S に関して第 1 報に準じて解析し、灘浜第 1 高炉の実績では次の値がおおよそ一定して計上されている。

炉頂ガス持去り熱 12 × 10⁴ kcal / t pig

熔滓の持去り熱 16 × 10⁴ kcal / t pig

冷却水、炉壁その他の熱損失 2 × 10⁵ kcal / mn

したがつて出銑量を W t/day とおき S を W の関数で表わし、これらの数値を (2) 式に入れ次式をえた。

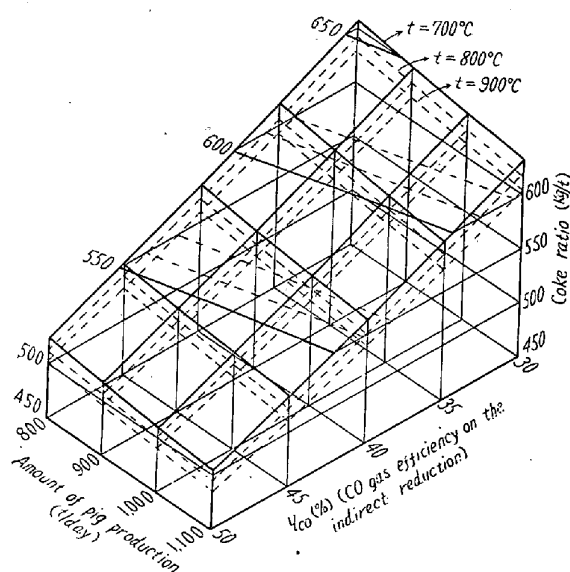
$$\left. \begin{aligned} C_{700} &= (743.60 + 8,708/W) / (1 + 1.995 \eta_{co}) \\ C_{800} &= (722.52 + 8,344/W) / (1 + 1.947 \eta_{co}) \\ C_{900} &= (700.17 + 7,868/W) / (1 + 1.902 \eta_{co}) \end{aligned} \right\} (3)$$

銑鉄 t 当り炉内ガス化炭素量とコークス比の関係については、炭素精算の内容を検討して出せるが、灘浜第 1 高炉の場合、装入原料の管理と順調な操業の持続によりきわめて信頼度の高い相関の実績値をしめし、その回帰方程式は C.R. (kg / t) = 5C / 4 - 10 となる。この関係を (3) 式に適用し第 1 報と同様の方法で図示すると、Fig. 1 となり、コークス比と出銑量および η_{co} の関係が送風温度別に曲面上の一点として座標がきまつてくる。

つぎに間接還元率について見ると、出銑量および η_{co} に対する間接還元率の変化の傾向は、第 1 報の模型炉の場合と同様であるが、模型炉にくらべ炉体熱損失のしめる割合が小さいため、W の増加による間接還元率の低下割

Table 2. The size distribution in charging material and operation results of Nadahama No. 1 blast furnace

Month	1959 3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1960 1
The size distribution in charging iron-ore											
6mm>	7.7	6.0	4.0	5.0	6.2	6.1	10.2	6.0	4.6	4.6	4.8
6-10	4.5	3.9	4.3	5.3	6.6	7.7	8.3	8.7	6.5	9.4	11.6
10-25	52.9	50.7	54.5	48.6	52.0	54.1	51.2	68.0	73.1	81.8	79.9
25-50	34.9	39.4	37.2	41.1	35.2	30.3	30.3	17.3	15.8	4.3	3.7
50mm<	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean	22.94	24.14	23.95	24.49	23.01	21.63	20.97	19.54	20.43	18.57	18.53
The screen size											
Upper	55mm		44mm			44mm			35mm		30mm
Lower	8mm		8mm			10mm			10mm		10mm
Sinter in ore burden%	59.9	51.3	46.9	43.4	49.9	50.6	52.5	53.1	53.5	54.5	55.0
η_{co} (%)	36.7	38.3	41.5	42.2	43.0	43.3	43.2	43.6	44.0	42.9	42.1
Gas product m ³ /mn	1162	1193	1178	1252	1264	1293	1304	1367	1399	1408	1448
Coke ratio kg/t pig	635	624	601	590	572	564	564	560	548	549	543

Fig. 1. Relation between η_{co} , amount of pig production, blast temperature (t) and coke ratio with the Nadahama No.1 blast furnace.

合はきわめて小さいことがわかった。

IV. η_{co} に関する検討

以上の考察の結果、熔鋳炉コークス比を低下せしめるには装入配合一定の場合、出鉄量の増加と η_{co} の上昇をはかることにあることがわかったので、風量の増加可能とガス還元におよぼす原料条件、操業指針について灘浜第1高炉の実績について検討した結果を要約すると

(1) 装入酸化鉄の形態として、酸化度の高いものほど η_{co} は増大する。

(2) 石灰焼結、とくに成品強度が保持された石灰焼結は η_{co} の増大に効果があり、石灰配合割合が 13% までは配合割合が増加するほど、 η_{co} は上昇している。

(3) 装入鋳石の粒度が小で、整粒度があがるほど、 η_{co} は増大する。この点に関して灘浜工場では昭和34年

操業開始以来、装入物の整粒にとくに努力し、生鋳石の篩分け寸法を改善して整粒鋳の粒度範囲を漸次縮めた結果 Table 2 に示すごとく、粒度の集中化が向上して平均粒度が小となり、 η_{co} の増大に寄与したと考えられる。

(4) 装入コークスの粒度に関しては、粒度が小なるほど η_{co} はやや低下するようであるが、この点については今後さらに検討を要すると思われる。

以上の各項目の改善と管理をすすめた結果、棚吊りやスリップを見ることなく、 $\eta_{co}=42\sim44\%$ を維持しつつ1分間当りのガス発生量の増大（羽口前コークスの時間当り燃焼量の増大）が可能となり、昭和35年4月には有効内容積 1m³ 当り出鉄量 1.39 t, C. R. 518 kg/t を記録し、現在も順調に操業を続けている。

V. 結 言

以上第1報、第2報にわたり、熔鋳炉コークス比におよぼす因子を把握し、灘浜第1高炉の実績にもとずいて検討した結果、装入物の条件より出鉄量とコークス比の目標もおよそ見当づけられ、また日常の操業にこれらを応用しうる手段を見出し得るようになった。

文 献

- 1) T. L. JOSEPH: Blast Furn. & Steel Plant. July, August (1947) p. 944~948