

論 文

自熔性焼結鉱の熔鉱炉における操業実績について*

辻畑敬治**・井上 誠**・中村直人**・吉永博一**・安田弘路**

Operation with Self-Fluxing Sinter in the Blast Furnace.

Keizi Tuzihata, Makoto Inoue, Naoto Nakamura,

Masakazu Yoshinaga and Kōzi Yasuda

Synopsis:

The author performed a large-scale experimental operation of a blast furnace with self-fluxing sinter burden at No.2 Kukioka Blast Furnace during the period from June 1958 to March 1959. Investigation of variable problems such as effectiveness of lime-sinter, optimum blast furnace operation measures for lime-sinter and other various problems for use of lime-sinter, were performed by this experimental blast furnace operation.

So remarkable results were obtained as shown in the followings by 100% self-fluxing sinter burden:

(1) The author performed productivity test during the period of December, 1958 and February, 1959 respectively. Pig iron production of more than 1,200 ton per day was achieved during both periods. This production record corresponds to productivity factor of more than 1.4 ton per day per m³.

(2) Remarkable coke-ratio record of 518kg per ton pig iron was also achieved in November 1958. The reasons for these excellent results were investigated.

I. 緒 言

当社洞岡高炉において1昨年6月より石灰石配合自熔性焼結鉱について使用上の効果および問題点の調査、使用方法などを調査するために大規模な操業試験を行ない前回においてその一部を発表したが、現在この試験を終了したので、この概要について報告する。

II. 試 験 計 画

試験は洞岡第2高炉（全内容積 879.5m³、公称 700 t/d、火入昭和 31 年 10 月 5 日）を主体として行ない、石灰焼結鉱の使用割合を 33 年 6 月より漸次増加し、11 月以降は 100% に維持して石灰配合 10%, 5%, 0% の石灰焼結鉱の比較を行なうもので、試験は昨年 3 月を以って終了した。（Table 1 参照）

6 月より 10 月までは送風中湿度を 25 g/m³ に調湿したが 11 月以降は大気湿度のままとした。なお実績としては各月始めの切替に伴う影響を除くため休風、減圧時を除き各期末の 15 日間を採用した。

III. 試 験 実 績

試験期間における装入物の性状は Table 2~6 に示す

通りであり、高炉操業実績は Table 7~10 に示す通りである。

IV. 石灰焼結鉱多量使用による効果

(1) 生産性についての検討

Fig. 1 に洞岡第2高炉における石灰焼結鉱多量使用期間の生産性の推移を示している。

石灰焼結 100% 操業の特徴としてコークス比の低減、生産性の増大が予想されたが前者は 11 月に、後者については 12 月、2 月に試験を行なつておのおの 1,200 t/d 以上の成績を得た。これを炉容当りの出鉄量でみるといずれも 1.4 t/m³ 以上で内容積の有効使用度がいちじるしく高くなっていることを示している。

いわゆる安定した炉況において生産性の限界を知るべく試験を行なつたが、12 月の 10% 石灰焼結の場合熔鉄処理などの作業面で限界に達し（出鉄回数は 9 回/日に増加した）生産性の最高限度を探り得なかつたが、2 月の 5% 石灰配合焼結の場合は同程度であるにもかかわらず風圧が高まり（12 月 877 g/cm²、2 月 989 g/cm²）棚スリップが若干発生し、後述する鉱滓粘度の変動その他炉内の反応面から、操業速度はやや限界にきたとも感じ

* 昭和 34 年 4 月本会講演会にて発表

** 八幡製鉄株式会社八幡製鉄所 製鉄部

Table 1. The schedule of experimental operation by using self-fluxing sintered ore. (Unit: %)

Month	1958 6	7	8	9	10	11	12	1958 1	2	3
Lime stone in sinter	5	10	10	10	10	10	10	5	5	0
Sinter in ore burdens	40	40	60	80	80	100	100	100	100	100

Table 2. The size distribution of self-fluxing sinter. (Unit: %)

Month	Sintering plant		Blast furnace plant			
	10mm >	Mean size	mm -10	10~50	mm +50	Mean size
1958. 6	17	59	—	—	—	—
7	21	42	—	—	—	—
8	15	60	—	—	—	—
9	19	49	59	34	7	17
10	14	56	53	41	6	20
11	14	48	49	42	9	21
12	8	62	26	59	15	29
1959. 1	7	79	39	42	19	29
2	9	80	32	41	27	36
3	10	79	39	43	18	30

Table 3. The quality of sinter.

Month	T.Fe	S	Shutter test	CaO /SiO ₂	Degree of oxidation
	%	%	%		%
1958. 6	56.64	0.03	73	0.68	92.98
7	54.33	0.06	72	1.42	93.29
8	54.18	0.11	78	1.27	92.31
9	55.05	0.07	78	1.21	92.59
10	54.60	0.08	79	1.22	93.53
11	55.8	0.03	77	1.41	93.55
12	55.3	0.04	81	1.36	94.21
1959. 1	57.0	0.03	84	0.85	93.27
2	57.4	0.03	82	0.82	94.08
3	58.3	0.03	82	0.50	93.10

Table 4. Using raw material quantity kg /t pig.

Month	1958 6	7	8	9	10	11	12	1959 1	2	3
Kind										
Sinter	646	662	983	1354	1327	1569	1660	1604	1613	1582
Korean ore	161	176	191	178	161	0	0	0	0	0
Dungun washed	222	224	218	0	0	0	0	0	0	0
Dungun.	109	108	104	113	130	0	0	0	0	0
Goa	406	409	85	0	0	0	0	0	0	0
Others	34	34	33	32	30	0	0	0	0	0
Total	1578	1615	1615	1676	1648	1568	1660	1604	1613	1582
O.H.F slag	114	115	110	80	58	55	58	71	58	44
Line stone	119	139	119	76	94	0	1	122	119	191
Metallics	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0
Coke	645	650	628	624	593	518	548	571	563	591

Table 5. The size distribution in charging iron-ore.

Month	10mm >	10~50	50mm <	Mean size
1958. 6	20	71	9	28
7	28	63	9	27
8	19	68	13	31
9	15	70	15	33
10	14	79	7	30
1958. 11 ~ 1959. 3	—	—	—	—

られた。この点 10% 石灰焼結使用時にはまだ余裕が見られ、ore/coke (焼結鉱中添加石灰分を零に補正した)

の面からも 12 月 = 2.851, 2 月 = 2.782 と同程度の出鉄量に対し 5% 時にはかなりの低下を示している。従ってコークス比などの原単位面においては 10% 石灰石配合の方が有利な訳で、これらの観点から石灰石(10%)配合焼結鉱の方が生産性には有利であることが判る。

9, 10, 11 月は生産計画に基き、出鉄量にやや制限を受けたため、ライス指数*は低下しているが出鉄量はそれでも増加の傾向にあり、焼結鉱使用の有利性を示してお

* 羽口先端より 6ft 幅の環状帯を考えて、この環状帯 1 ft² 当り 1 日に燃焼するコークス (固定炭素 86%) 量が 6300 lb の操業度を 100% として操業度を表せるもの (O.R. Rice) による。

Table 6. The quality of coke.

Month		Ash	Drum test		Moisture	Size analysis		Flue temp. °C
			+15mm	+50mm		+100mm	Mean size	
1958.	6	10.87%	93.09%	40.58%	1.50%	19.5%	79.5%	1175
	7	10.81	92.92	40.90	1.58	19.0	79.5	1157
	8	10.74	92.90	41.50	1.60	17.9	78.3	1151
	9	10.71	92.77	38.71	1.63	17.0	77.7	1182
	10	10.75	92.88	39.55	1.64	15.4	76.8	1179
	11	10.54	92.91	37.76	1.71	15.7	77.3	1193
	12	10.68	92.86	37.31	1.78	14.8	76.5	1190
1959.	1	10.81	92.81	35.59	1.74	14.0	75.6	1210
	2	10.99	92.59	33.72	1.64	13.4	76.1	1215
	3	10.81	92.80	34.33	1.73	14.3	76.1	1209

Table 7. Operation results of the blast furnace.

Month	1958									1959			
	3.	4.	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Lime stone in sinter %	0			5	10	10	10	10	10	10	5	5	0
Sinter in ore burden %	48			40	40	60	80	80	100	100	100	100	100
Pig iron product t/d	861			840	853	925	901	912	1003	1256	1028	1241	1102
Coke rate	632			645	650	628	624	593	518	548	571	563	591
Ore/coke	2.476			2.446	2.482	2.573	2.686	2.779	3.029	3.028	2.809	2.864	2.675
Smelting/coke	3.061			2.930	2.872	2.938	2.935	3.035	3.226	3.136	3.147	3.177	3.072
Slag ratio kg/t	474			440	442	482	477	465	367	412	447	435	491
Ore ratio kg/t	1.563			1.578	1.615	1.615	1.676	1.648	1.569	1.660	1.604	1.613	1.582
Blast Volume m ³ /mn	1191			1114	1163	1149	1112	1036	1.030	1410	1252	1390	1343
Blast pressure g/cm ²	848			930	1015	938	890	808	685	877	727	989	938
Blast temperature °C	786			825	819	835	795	825	880	806	869	888	853
Top gas temperature °C	190			199	213	207	216	198	207	223	204	213	216
Top gas CO/CO ₂	1.54			1.53	1.60	1.63	1.65	1.49	1.37	1.42	1.48	1.48	1.54
Hanging time/10 days	2.7			0.7	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.7
Flue dust kg/t	22			16	30	27	29	22	15	15	19	14	17
Total S kg/t	5.91			5.03	5.11	4.91	5.11	5.16	3.77	4.07	3.94	3.92	3.94
Total TiO ₂ kg/t	13.3			12.9	13.8	17.0	18.2	11.4	15.7	16.7	17.8	15.9	15.4
Iron sand kg/t	117			103	106	155	172	88	141	150	159	142	130

Table 8. The analysis of pig iron produced. (Unit: %)

Month	Lime stone in sinter	Sinter in ore burdens	C	Si	Mn	P	S	Cu
1958. 6	5	40	4.66	0.58	1.07	0.314	0.022	0.02
7	10	40	4.55	0.60	0.98	0.331	0.022	0.02
8	10	60	4.68	0.60	1.00	0.365	0.022	0.10
9	10	80	4.49	0.64	0.88	0.381	0.026	0.11
10	10	80	4.65	0.61	0.83	0.366	0.024	0.12
11	10	100	4.55	0.68	0.86	0.355	0.031	0.13
12	10	100	4.56	0.65	0.91	0.382	0.034	0.14
1959. 1	5	100	4.56	0.62	0.97	0.388	0.023	0.15
2	5	100	4.60	0.59	0.97	0.365	0.022	0.14
3	0	100	4.80	0.58	1.07	0.353	0.018	0.11

Table 9. The analysis of blast furnace slag produced.

Month	Lime stone in sinter	Sinter in ore burdens	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO/SiO ₂
1958. 6	5 %	40 %	30.36%	41.52%	18.51%	2.15 %	1.37
7	10	40	30.63	40.52	19.29	2.38	1.32
8	10	60	31.79	40.71	14.82	2.62	1.28
9	10	80	33.83	40.29	13.33	2.77	1.19
10	10	80	33.75	40.91	12.75	1.91	1.21
11	10	100	33.27	39.75	14.12	2.61	1.19
12	10	100	33.74	39.00	13.47	2.57	1.16
1959. 1	5	100	33.34	40.12	13.06	2.85	1.20
2	5	100	32.84	39.86	13.60	2.52	1.21
3	0	100	32.16	39.06	15.34	2.35	1.21

Table 10. Analysis of top gas.

Month	Lime stone in sinter	Sinter in ore burdens	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄	CO/CO ₂	kcal/m ³
1958. 6	5%	40%	16.2%	24.8%	2.6%	0%	1.53	820
7	10	40	15.6	24.9	2.7	0	1.60	825
8	10	60	15.6	25.4	2.4	0	1.63	833
9	10	80	15.3	25.3	2.2	0	1.65	824
10	10	80	16.3	24.3	2.2	0	1.49	794
11	10	100	17.2	23.5	1.1	0	1.37	741
12	10	100	16.7	23.8	1.2	0	1.42	754
1959. 1	5	100	16.5	24.5	1.0	0	1.48	770
2	5	100	16.8	24.9	1.0	0	1.48	781
3	0	100	16.4	25.2	0.9	0	1.54	789

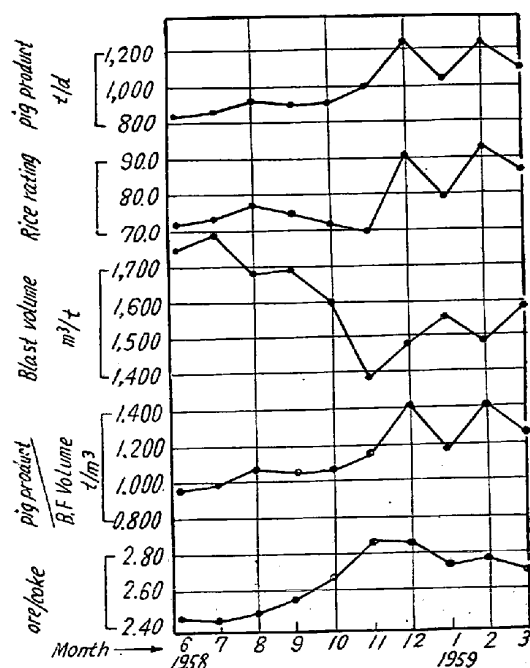


Fig. 1. The changing of productivity at Kukioka No.2 Blast Furnace.

り 12 月, 2 月には 90% を突破した値となつた。

ここで最近 (S. 33.6~12月) の各社の熔鉱炉実績から最も生産性の良い月を選んで Table 11 に示す。

Table 11. Comparison of productivity.

Blast Furnace No.	Productivity t/m ³	Coke rate	Rice rating	Month
A	1.074	689	97.70	1958. 6
B	1.004	638	71.70	" 12
C	1.072	553	60.98	" 12
D	1.064	637	88.93	" 11
E	0.987	596	85.55	" 12
Higashida No.3	1.202	630	78.14	" 10
Kukioka No.3	1.082	581	85.38	" 11
Kukioka No.2	1.428	548	90.80	" 12

A 社の a 高炉 97.7% を除外すれば, 洞岡第 2 高炉のライス指数は焼結鉱 100% 操業のため高い値を示している。またコークス比の面からも低コークス比にてかつライス指数高きことは, 装入コークスを有効に利用して

いる点において注目すべき実績である。ライス指数から見てもまだ生産性には余裕があるようで, 10% 配合時は前記問題点が解決されればさらに向上が期待される。

生産量増大ということは, 換言すれば出鉄量は一般に送風量に比例するから, 風圧が上昇することなく送風量が倍加できることを意味している。この風圧低下, すなわち通気度という点から洞岡第 2 高炉の各試験期間の比較を行なつた。

すなわち熔鉱炉をシリンダーと考え, ベルヌーイの定理を熔鉱炉内に適用した場合その圧力降下について W. O. Philbrook* は次式を与えている。

$$\Delta P = f \times G^2 / \rho \cdot g \times 6(1 - \epsilon) \cdot L / D \cdot \phi \cdot \epsilon^3 \dots (1)$$

ただし ΔP : 圧力損失 kg/m²

f : friction factor m/s

G : superficial mass velocity kg/m²·s

ρ : ガスの密度 kg/m³

g : 9.8m/s² 重力加速度

D : 装入物平均粒度 m

L : 充填層の高さ m

ϕ : 球係数

ϵ : 空隙率

この式より friction factor を求めて比較しようとするものである。

(1) より

$$f \cdot (1 - \epsilon / \epsilon^3) = \Delta P \cdot \rho \cdot g \cdot D \cdot \phi / 6G^2 \cdot L = F \dots (2)$$

ϵ が不明なので, この要因を含めた Friction factor を新たに F として各項目について

ΔP = 環状管前風圧 - 炉頂ガス圧力

G = 羽口水準上の内容積をその高にて除し, 平均断面積を求めてこれにて風量を除し, G とする。

L = 羽口水準より装入線までの高さとする。

$\phi = 1$ と仮定す。

* J. of Metals, (1954), Dec. p. 1396~1406.

Table 12. Change of resistance of permeability at Kukioka No.2 blast furnace.

Month	Sinter in ore burdens	Blast volume Nm ³ /mn	Blast pressure g/cm ²	Blast temperature °C	Top gas pressure g/cm ²	Sinter		Mean size of burden mm
						CaO %	Mean size mm	
1958. 4	45.8%	1114	868	795	59	2.49	19	26
5	49.6	1135	866	732	58	—	19	24
6	40.9	1114	930	825	58	5.12	19	25
7	41.0	1163	1015	819	57	9.55	19	25
8	60.9	1149	938	835	62	9.42	19	24
9	80.7	1112	890	795	61	8.95	19	23
10	80.5	1036	808	825	59	8.66	20	22
11	100	1030	685	880	59	8.30	23	23
12	100	1410	877	806	58.9	8.58	25	27
1959. 1	100	1252	727	869	60.9	5.70	27	25
2	100	1390	989	888	61.5	5.58	30	30
3	100	1343	938	853	61.1	3.40	30	30

Month	Top gas			Slag CaO/SiO ₂	ΔP kg/m ²	L m	G kg/m ² ·s	F
	CO ₂ %	CO %	H ₂ %					
1958. 4	16.2	25.2	2.3	1.29	8.090	19.73	6.489	0.256
5	16.3	24.9	1.8	1.32	8.080	19.73	6.592	0.250
6	16.2	24.8	2.6	1.37	8.720	19.93	6.489	0.273
7	15.6	24.9	2.7	1.32	9.580	19.91	6.876	0.272
8	15.6	25.4	2.4	1.28	8.760	20.03	6.682	0.245
9	15.3	25.3	2.2	1.19	8.290	20.00	6.450	0.235
10	16.3	24.3	2.2	1.21	7.490	20.03	6.037	0.220
11	17.2	23.5	1.1	1.19	6.260	20.53	6.000	0.174
12	16.7	23.8	1.2	1.16	8.180	20.53	8.192	0.166
1959. 1	16.5	24.5	1.0	1.20	6.660	20.53	7.289	0.137
2	16.8	24.9	1.0	1.21	9.270	20.53	8.088	0.213
3	16.4	25.2	0.9	1.21	8.770	20.53	7.826	0.219



Fig. 2. The changing of resistance of permeability at Kukioka No.2 blast furnace.

この friction factor F は風の通り易さを示すもので炉内プロフィール、棚吊やスリップなどの各炉の特性のほかに装入物のボイドによる影響を含んでいる。Fig. 2より6月、7月は石灰焼結鉱の品質低下のため抵抗は大きい、その後は徐々に安定し、配合割合増加により F はと小さくなり、100% になつてからは極端な減少を見て、通風良好な状態を示している。

11月は初めての100% 操業のため、焼結鉱品質変動大きくまた塩基度のバラツキもあり、その後の12月、1月に若干劣っている。

2月については前述した通り、生産性にやや限界が見え、棚、スリップがわずかながら増加したことなどが影響しているものと考えられる。

焼結鉱単味装入により炉内分布が均一化され、炉内上部の固体状態における通風抵抗が減少することは当然推察されるが、特に石灰石配合焼結鉱の場合は鉱滓が事前に生成されており、したがって熔融帯以下において高塩基度の流動性の悪い鉱滓を生成する普通鉱石の場合に比して流動性が良好となり“風の通り易さ”が助長され、生産性の増大に貢献しているものと考えられる。

とし月別に比較計算を行なつた結果を Table 12, Fig. 2に示す。

この点について当所技術研究所にて行なつた実験結果を示すと

試験高炉において

10% Lime sinter 100%

10% Lime sinter 50% (ゴア鉱石 50%)

10% Lime sinter 0% (ゴア鉱石 100%)

の3種の操作を行ない、シャフト下部、炉腹、朝顔の各箇所から Slag 採取を行ないその特性を測定している。

(Fig. 3) Fig. 4 に示すごとく、

熔滓の粘性については焼結鉱が少なければ炉腹部分で一時粘性がいちじるしく高くなるが、100% 操作ではほぼ同じ粘性から出発しても途中における急上昇はなく、急勾配の谷を通過して下降するにしがたい、次第に良好になる。また Fig. 5 のように鉱滓の熔解温度についても同様な傾向を有し、石灰焼結 100% 操作では各部分において成分的移動は少く、しかも次第に低融点部に移動する。これらのデータは前述した“風の通り易さ”を助長し、生産性向上がなされた事実を裏付けするものであろう。

このことはさらに鉱滓塩基度、銑鉄中 Si% からも説明できる。すなわち同実験で 100% 操作では Fig. 6 のごとくその塩基度はほとんど変化せず、また Si% についても鉱滓中の SiO_2 からの還元は途中ではほとんど起らず最後にコークスの燃焼によつて増加している (Fig. 7)。すなわちこのことは高送風温度使用の可能性を示していることにもなり、熱風炉能力の限度まで棚などの心

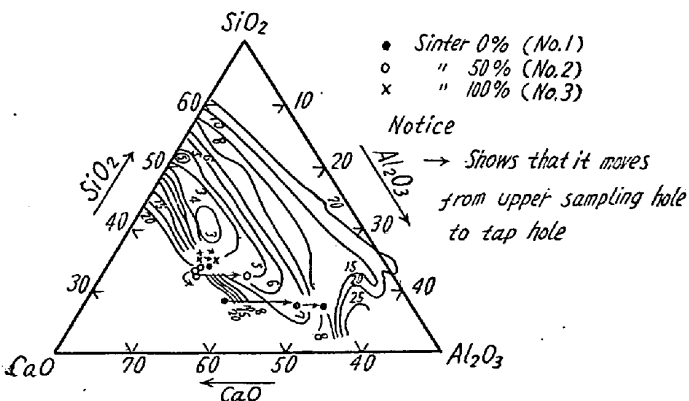


Fig. 4. Viscosity diagram of $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ slag (1500°C).

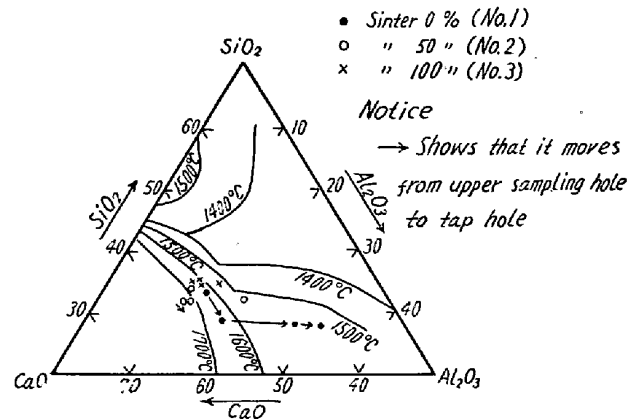


Fig. 5. Melting temperature of $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3$ slag.

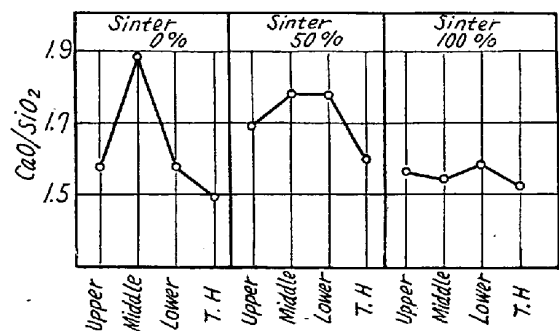


Fig. 6. Variation of slag basicity within the furnace and at the tap hole.

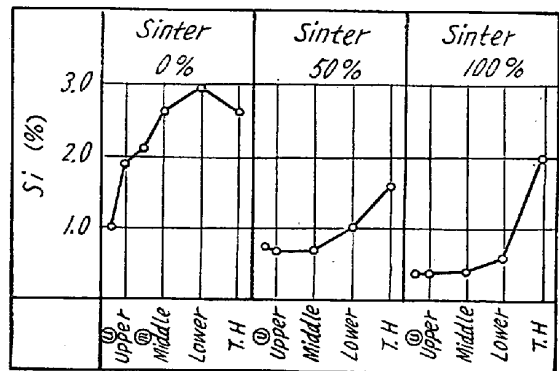


Fig. 7. Variation of Si content of pig iron within the furnace and at the tap hole.

配なく高送風温度が使用できると考えられる。

今後としては焼結鉱需給の問題、設備の問題、例えば風圧低下による送風温度上昇可能性からの熱風炉の能力その他作業面の問題などを解決してさらに研究を進めたい。

(2) コークス比についての検討

(i) 各試験期間コークス比の比較

各試験期間におけるコークス比は Fig. 8 に示している通りで、10% 石灰焼結鉱使用期間 7 月から 11 月まで

は焼結鉱使用割合の増加によつてコークス比が低下した。この期間の実績を焼結鉱使用割合と比較して見ると Fig. 9 に示すような曲線となる（この場合 80% 使用実績は 9 月の焼結鉱が不良であつたため 10 月の実績を採用した。また 100% 使用実績は 12 月の生産性を極端に増加させたので 11 月の実績を用い雑原料使用量を補正した）これらに見られるように焼結鉱使用量を増加した場合、コークス比は曲線状に低下し、60% 以上を使用する場合が有利であることが想像される。しかし各試験期間における焼結鉱の品質が必ずしも一様でなかつたことおよび普通焼結鉱、5% 石灰焼結鉱についても同様な試験を行なつていないことから、これについて今後さらに検討を要するものである。11 月以降の焼結鉱 100%

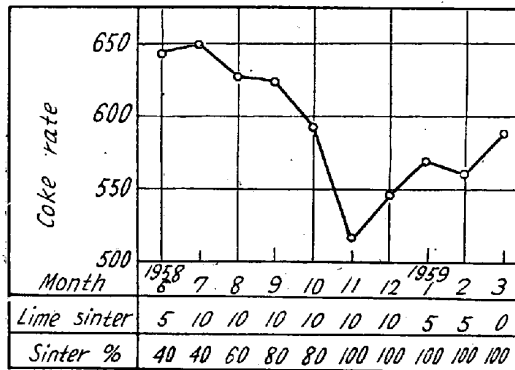


Fig. 8. Change of coke ratio during the term of using lime-sinter.

使用時における 10%, および 5% 石灰焼結鉱の比較では 5% 石灰焼結鉱使用の 1 月, 2 月のコークス比の方が高くなり, 0 % 石灰焼結を使用した 3 月ではさらに上昇した。

(ii) 熱精算に基づく検討

各試験期間の熱精算表, および各

熱量の比較図は Table 13 および Fig. 10 に示す通りになる。銑鉄 t 当りの所要熱量は当然コークス比と同様な変化を示しているが, 11 月においては約 120 万 kcal で 7 月の実績から見れば約 30 万 kcal 約 25% の熱量節約となつている。入熱としては羽口前での送風によるコークスの燃焼熱量が大きく低下しているがこれに伴ない t 当り送風量の減少から高送風温度を使用したものにもかかわらず熱風頭熱が減少していることが注目される。つぎに出熱について検討してみる。

a. ソリューションロス: 各試験期間におけるカー

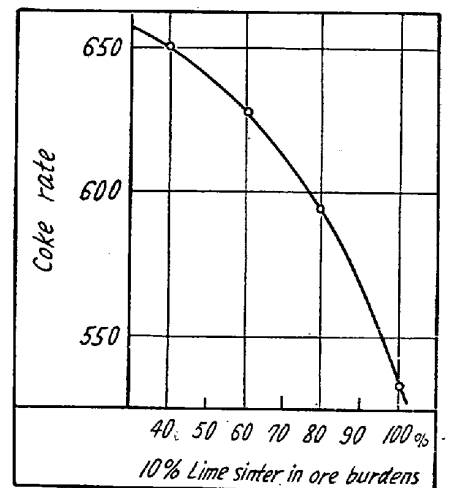


Fig. 9. Change of coke ratio vs. the amount of sinter used.

Table 13. Heat balance.

Month								(Unit: kcal)		
	1958 6	7	8	9	10	11	12	1959 1	2	3
Lime stone in sinter (%)	5	10	10	10	10	10	10	5	5	0
Sinter in ore burdens (%)	40	40	60	80	80	100	100	100	100	100
C burned to CO	981,034	995,505	939,867	946,354	898,699	777,193	838,819	872,252	833,580	891,713
Reduction of Fe	41,981	42,036	38,325	36,482	36,569	35,249	38,314	36,453	38,639	35,686
Heat in dry blast	471,698	475,146	457,409	438,474	432,061	398,526	393,970	441,693	431,355	448,506
Heat in moisture	18,048	18,195	17,499	16,776	16,531	3,620	3,784	3,491	3,997	3,614
Heat generated total	1,512,961	1,530,882	1,453,100	1,438,086	1,383,860	1,214,588	1,274,887	1,353,889	1,307,571	1,379,519
Direct reduction of Si, Mn, P	60,891	61,669	63,120	64,764	62,938	66,130	65,726	64,840	62,122	62,278
Solution loss	266,272	260,306	272,238	256,538	235,186	265,958	273,494	276,006	301,754	293,904
Calcination of lime stone	82,303	57,477	49,169	31,395	38,833	0	386	50,425	49,169	78,922
Carried out by pig iron	297,139	297,139	297,139	293,139	295,503	293,458	295,094	292,231	294,685	300,000
Carried out by blast furnace slag	198,000	198,900	216,900	214,650	209,250	165,150	185,400	202,050	195,750	220,950
Decomposition of ure in blast	69,924	71,007	66,985	67,449	64,046	13,150	14,697	12,840	14,387	13,459
Carried out by ure in top gas	94,530	69,348	58,768	26,497	29,431	27,263	36,105	44,162	58,480	24,307
Heat of dry top gas	163,189	175,653	161,774	168,115	146,845	130,834	147,522	144,958	147,083	158,285
Others	280,713	339,383	267,007	311,539	301,828	252,645	256,463	266,377	184,140	27,414

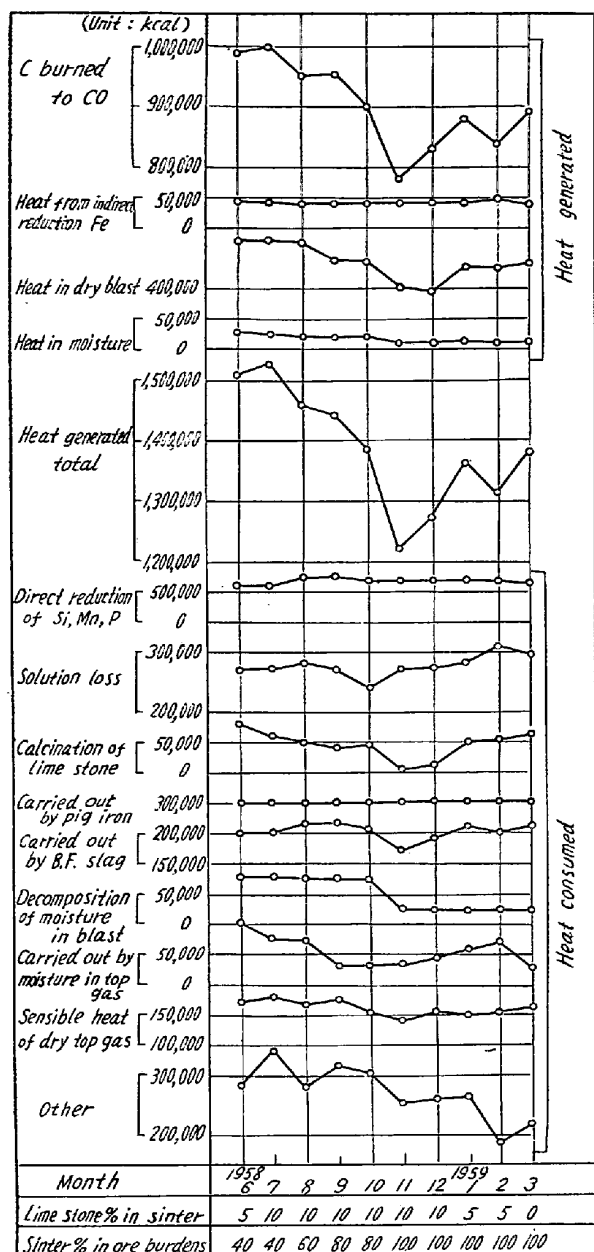


Fig. 10. The comparison of heat balance with Kukioka No. 2 blast furnace using self-fluxing sinter.

ボンバランスは Table 14 に示す通りであるが、今試験期間においてはソリューションロスによつて消費され

る熱量は、所要熱量の低下には影響していないといえる。

このことは石灰焼結鉱の炉内における被還元性が悪いことを意味するものではない。これはコークス比低下によつて炉内における還元ガスの量が減少したため

に、還元性が増加したにもかかわらず間接還元を受ける酸素の絶対量に大きな変化がなく、ソリューションロスが減少しなかったと考える方が妥当である。

Fig. 11 に見られるように炉頂ガスの量、および還元性を表す炉頂ガス CO/CO_2 によつてこのことが証明されるが、さらに当所技術研究所試験高炉で行なつた実験では、石灰焼結鉱の被還元性が普通鉱石（ゴア）より優れていることが示されている。

Fig. 12 は前記に Fig. 3 示す試験高炉の各サンプル採取口から取つた試料について、石灰焼結鉱使用割合とボッシュスラグ中の粒鉄の割合を示すもので、各段とも石灰焼結鉱を多量に使用した場合が粒鉄の生成量が増加しており、石灰焼結鉱の被還元性が良好であることを示すものである。

5% 石灰焼結鉱 100% 使用の2月において生産性を上げて操業したが、10% 石灰焼結鉱で同様な条件で操

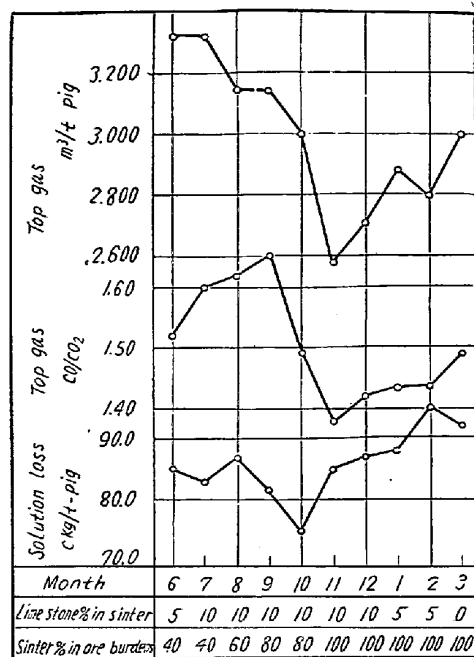


Fig. 11. Top gas volume, CO/CO_2 of top gas and solution loss.

Table 14. Carbon balance of each experimental period.

		(Unit: kg/t)									
Month		1958 6	7	8	9	10	11	12	1959 1	1	3
Total from coke gasified in furnace		518.4	522.9	503.1	501.2	473.4	413.0	435.1	454.2	447.0	467.5
Gasified at tuyers	C Consumed by O_2	393.2	399.0	376.7	379.3	360.2	311.5	330.4	349.6	334.1	357.4
	C Consumed by H_2O	30.1	30.6	28.9	29.1	27.6	5.7	6.3	5.5	6.2	
Gasifiers above tuyeres	Directly reduction.	10.3	10.4	10.8	11.1	10.7	11.1	11.3	11.2	10.6	
	Solution loss.	84.8	82.9	86.7	81.7	74.9	84.7	87.1	87.9	96.1	93.6

業した 12 月に比較して、大中にソリューションズが増加していることは、完全自溶性焼結鉄の有意性を示すものと考えられるが、これについてさらに検討する必要がある。

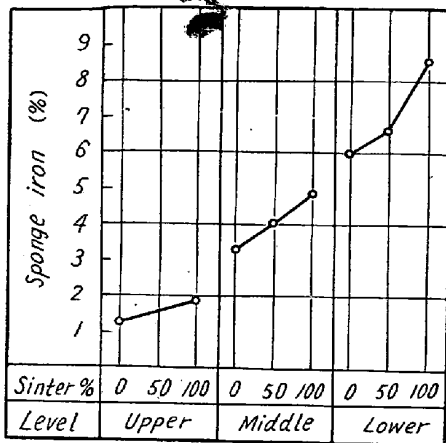


Fig. 12. The sponge iron % at each sampling hole.

b. 石灰石燬

焼熱量: 11月, 12月の 10% 石灰焼結鉄 100%使用時は石灰石の添加量はほとんど0であるため, 5月の実績からみると約8万 kcal の節約になつている。しかしながらこの熱量だけではコークス比の低下を説明することはできない。

c. 熔滓の持去る熱量: 焼結鉄 100% 使用時の造滓量は一般に低下し特に 11 月では t 当り 367 kg で非常に減少している。これは焼結鉄増量とともに鉄鉱石, 平炉滓, 石灰石, コークスの使用量を減少したためで, 特に 11 月は雑原料を使用したために大巾な低下を示した。この他石灰焼結多量使用によつて低塩基度で操業できるがこれによつて造滓量が減少することも考えられる。低塩基度で操業できる理由は, 石灰焼結鉄の脱硫性が特に良好であるためではなく, 装入 S 量が焼結鉄多量使用によつて減少するためであると考える方が妥当である。これは Fig. 13 に示す

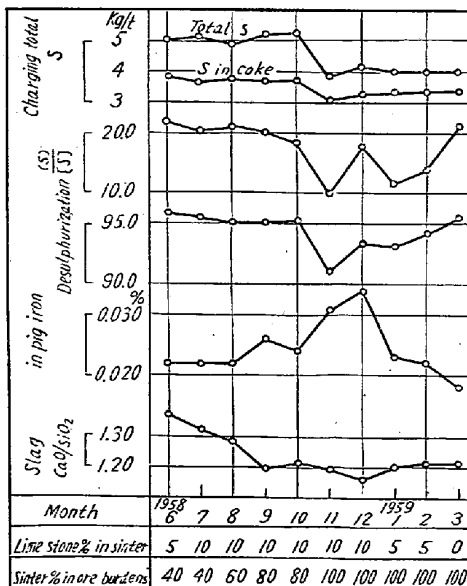


Fig. 13. Charging total S and desulphurization %.

図表によつて判断することができる。

造滓量の減少により節約される熱量は今回の試験ではかなり大きな割合を示すものである。

d. 送風中水分の分解熱量: 6月から10月までの期

間は送風中の水分を 25g/m^3 に調湿し, 11月以降の 100% 使用期間は大気湿度で操業した。この期間の水分量は $5\sim 6\text{g/m}^3$ でこの差による分解熱量の差は約 5 万 kcal となつていて, 出熱中に占める割合は石灰石の燬焼量よりも大となつている。送風中の水分から来る H_2 が還元に

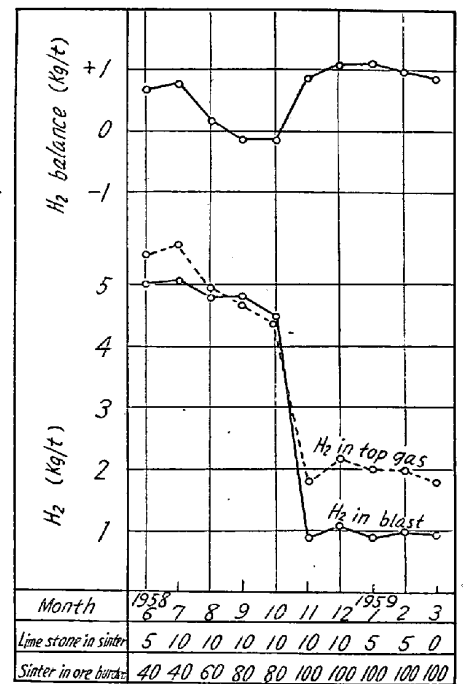


Fig. 14. H_2 in top gas and blast.

働くか否かは種々議論される問題であるが, 今回の試験期間における炉頂ガス中の H_2 量と送風中水分から来る H_2 量とは Fig. 14 に示すようになる。

焼結 100% 使用期間では装入物中に化合水を含んでいないため, 炉頂で発生する H_2 は少ないと考えられるが, 図表で見られるように送風中から来る H_2 と炉頂ガス中の H_2 が高く出ていることから送風中の H_2 はほとんど還元にあずかつていないものと思われる。

送風中の水分増加の効果として考えられていることと H_2 による還元のみではなく, 通風性の改善に役立つと考えられているが, もし通風性に問題がなければ送風中の水分を増加することは熱量的には大きな (一) となるようである。

e. その他: その他の熱量としては, 焼結鉄使用量増加によつて装入物水分が減少し, この頭, 潜熱の減少によりかなりの熱量節約となつていること, およびコークス比の低下によつて発生ガス量が減少し, 炉頂ガスの持去る熱量が減少した。また炉壁損失は出鉄量の増加した 11 月以降においてかなり減少している。

V. 焼結鉄の経済的使用法について

一定の焼結鉄供給量に対して, その使用割合を各高炉均等にまたは集中的に何れかの高炉に使用することのどちらが工場の能率を高めるか, 否かについて当工場における場合の検討を若干試みた。

検討法としては, 昭和 33 年 8 月より同 10 月までは

洞岡第3高炉の焼結鉍使用割合は45%であり、かつ当工場は、焼結鉍の使用を均等にすればほぼ同割合を示すため、その期間の実績と焼結鉍高配合試験に先だつ均等使用時の昭和32年度の同高炉の実績と比較検討し、その結果を全高炉に適用した。比較検討にあつては、特異期間は削除し、コークス灰分、雑原料使用量、焼結鉍使用割合、送風温度、鉍石平均鉄分の操業条件はそれぞれ補正し、向上率は鉍石破碎、節分焼結鉍の石灰添加、品質などの向上とみなした。その比較は Fig. 15 のようである。

出鉄量

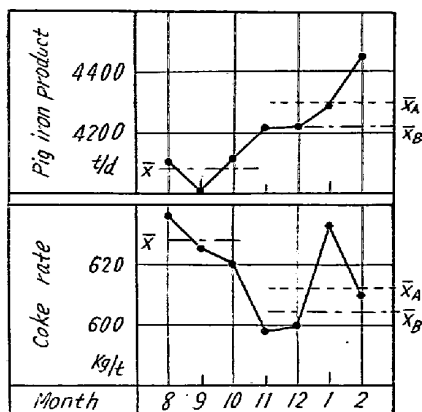


Fig. 15. Trends of pig iron production and coke ratio during 7 months.

その比較は Fig. 15 のようである。

昭和32年度と昭和33年8月～10月の洞岡第3高炉の実績を比較すると、補正した操業条件によれば出鉄量の差はなく、昭和33年11月～34年2月までの期間を全高炉均等に使用したと推定すれば4,215 t/dである。一方集中使用実績は4,297 t/d、約2%の出鉄量の増加となつていようである。

コークス比

同様に補正し均等に使用したと推定すれば、コークス比は603 kg/tで集中使用実績は601 kg/tであり、約1%のコークス比上昇となつていようである。

以上は操業条件の補正法にかなり検討の要があり、一面からの推定に過ぎず、比較期間の出鉄量、コークス比の変動を考えれば有意な差があるとは断定できない。均等使用時に比し集中使用時は棚、スリップ回数は増加の傾向にあり、この問題については、鉍石処理により解決すべきであろう。また集中使用高炉は焼結鉍使用の特性により熱風炉の能力大なるものを選び、熔鉄処理能力の強化を計ること。さらに自溶性焼結鉍の製造技術の検討により成品原価を切下げることなどの点で、今後さらに検討を重ねる所存である。(昭和35年1月寄稿)

含チタンスラグー溶鉄間の還元反応と酸化チタンの挙動*

森 一 美**

Reduction Reactions between Molten Slags Containing Titanium-Oxide and Pig Iron and the Behavior of Titanium-Oxide.

Kazumi Mori

Synopsis:

The author studied the reduction of titanium and silicon from the slags of the system $\text{CaO-SiO}_2\text{-TiO}_2$ (TiO_2 15, 25, 35%; CaO/SiO_2 0.5~1.3) into carbon-saturated iron in a graphite crucible at 1550°C. The duration of each study was 75 minutes during which metal and slag samples were taken at 10 or 15 minutes intervals. $K_{\text{Ti,Si}} = \{[\text{Ti}](\text{Si})\} / \{(\text{Ti})[\text{Si}]\}$ was determined from the analyses. It was found that a certain time had elapsed before the quasi-equilibrium state was attained, when $K_{\text{Ti,Si}}$ reached a constant value. This constant $K_{\text{Ti,Si}}$ is termed the index number of the quasi-equilibrium state.

The influence of slag compositions upon the contents of titanium and silicon in the iron at the same time of reduction was somewhat complicated, except that the titanium was increased with the increase of titania in the slag and the silicon was decreased with increase of CaO/SiO_2 . On the contrary, it was presumed that the relationship between the index number $K_{\text{Ti,Si}}$ and slag compositions was definitely established.

* 昭和34年4月本会講演会にて発表 ** 茨城大学工学部金属工学教室