

Table 3. Size distribution on sinter and ore burden.

D. L. sinter	+50 mm	50~35	35~25	25~20	20~15	15~10	10~5	-5	Arithmetrical mean size	k
		7.4%	8.9	10.9	7.1	9.7	13.7	34.4	8.0	19.5 mm
Sized ore(-30 mm)	+35 mm	35~30	30~25	25~15	15~10	10~7	7~5	-5	Arithmetrical mean size	k
	0.1%	0.7	5.3	50.6	26.2	11.8	1.3	4.0	16.3 mm	5.62 × 10 ³

1.2~1.4 となつた。すなわち、ペレットの粉は 1.2~1.4 乗で通気抵抗に影響するといえる。

3.3 他鉱石との比較

焼結鉱，-30 mm 精鉱とペレットの通気性を比較した。焼結鉱および -30 mm 精鉱のサンプルの粒度分布を Table 3 に示す。+5 mm に対する -5 mm の割合はそれぞれ 8.69%，4.16% であり，前述の方法で通気性指数を測定した結果を Fig. 4 に併記した。

この図より明らかなように，同じ粉率で比較すると，焼結鉱はペレットよりもかなり通気性がよく，精鉱とペレットはほぼ同程度であることがわかる。このことから -30 mm 精鉱と同程度の通気性をもたせるためには粉率は 5% 以下，また焼結鉱と同程度にするならば 3% 以下でなければならない。

4. 結 言

ペレットの粒度構成および粉率と通気性との関係を知る目的で輸入ペレットの通気性を測定した結果，次のことが明らかとなつた。

- (1) 従来のように平均粒度を算術平均で表わす場合，同一平均粒度のものでも，粒度分布図の中間粒度が多いほど（山が高いほど）通気性は良好となり，通気性に対しては算術平均で比較することには問題がある。
- (2) 小粒の割合が増加すると，通気性はわるくなる。
- (3) 他の装入物にもみられるように粉率が通気性におよぼす影響は大きく，粉率の 1.2~1.4 乗で作用する。
- (4) ペレットの通気性を他の鉱石と比較すると，焼結鉱に比較し，かなり劣るが -5 mm が 5% 程度のものであれば -30 mm 精鉱と大差なく，通気性からみて粉率は 5% 以下にする必要がある。

(30) 装入物性状の高炉操業におよぼす影響について

八幡製鉄，戸畑製造所

研野雄二・楯岡正毅・酒見哲蔵

Effect of Burden Preparation on the Blast Furnace Operation.

Dr. Yūji TOGINO, Masatake TATEOKA and Tetsuzō SAKEMI.

1. 緒 言

戸畑高炉では，鉱石粒度が従来 8~40 mm であつたが種々検討の結果，昭和39年10月より 8~30 mm に粒度を縮小した。これと同時に焼結鉱も 75 mm 以下に破碎を行なつた。この粒度変更のコークス比におよぼす影響を主に，推定と実績について検討したので報告する。実績の解析に当つては 8~40 mm の期間を昭和39年1月より9月までとし，8~30 mm の期間を昭和39年10月より40年6月までとして，戸畑1，2，3高炉について解析した。

2. 整粒効果の推定

2.1 精鉱粒度分布の推定

実績として (-)50 mm 精鉱，(-)40 mm 精鉱に関する粒度分布は判明している。(-)30 mm 精鉱の粒度分布については両者の累積粒度分布曲線にそつて推定することが可能である。この結果を Table 1 に示す。(-)30 mm の推定は実績と大差ない。

2.2 精鉱粒度と還元率の関係

粒度が小さくなると重量当りの反応面積が大きくなり，還元速度は上昇する。当所技研では，この関係が第(1)式で最も良く適合しうるとしている。

$$t = KD(1 - \sqrt[3]{1 - y}) \dots \dots \dots (1)$$

t: 還元時間 (hr)

K: 定数

D: 粒子径 (mm)

y: 還元率 (%/100)

Table 1. Size distribution of ore and sinter.

	+50 mm	~40	~35	~30	~25	~15	~10	~7	~5	(-)5	Mean size
(-)50 mm Sized ore	0.1%	3.9	5.0	10.5	14.6	43.9	10.2	6.9	0.8	3.6	22.0
(-)40 mm Sized ore	0	0.4	2.4	9.2	13.2	46.8	15.4	7.8	1.0	3.8	19.4
(-)30 mm Sized ore	0	0.1	0.7	5.3	50.6	26.2	11.8	1.3	4.0	4.0	16.3
(Blast furnace size)	+100	~75	~50	~35	~25	~10	~5		(-)5	Mean size	
Sinter	0.4%	2.9	4.8	8.7	9.7	35.4	30.3		7.8	21.3	
(-)75 mm crushed sinter			0	7.4	11.2	38.0	35.4		8.0	17.0	

Table 2. Effect of ore size on reducibility.

	Reduction rate (A)
(-)40 mm Sized ore	58.1%
(-)30 mm Sized ore	66.1

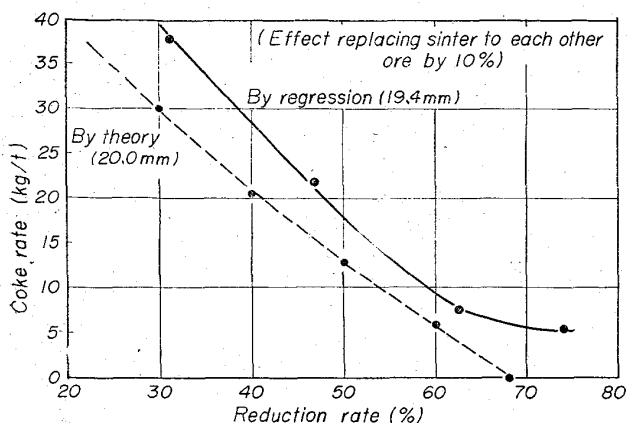


Fig. 1. Relation between coke rate and reduction rate of ore.

学振法に供せられる鉄石粒度は 20±1 mm である。ゆえにこれより小さな粒度で還元試験を実施すれば当然還元率 y は上昇する。銑鉄 t 当り使用する銘柄の還元率を加重平均で求め、平均還元率を 57.3% とする。この値を用いて (-)40 mm, (-)30 mm 精鉄の還元率を推定する。

$$t_0 = K' \times 20(1 - \sqrt[3]{1 - 0.573}) \dots\dots\dots (2)$$

$$t_0 = K' \times 19.4(1 - \sqrt[3]{1 - y_1}) \dots\dots\dots (3)$$

$$t_0 = K' \times 16.3(1 - \sqrt[3]{1 - y_2}) \dots\dots\dots (4)$$

(2)式と(3)(4)式の連立方程式で、y₁, y₂ を求めることができる。この結果を Table 2 に示す。

2.3 還元率とコークス比の関係

装入鉄石の還元性とコークス比の関係については、戸畑高炉の実際操業データの回帰分析の結果²⁾、および高炉内の鉄石の還元状況を計算によつて推定した結果と熱バランスの関係から求めたもの³⁾がある。Fig. 1 の実線は回帰によるもの、点線は理論計算によるものである。2 者の間には若干の差はあるが良く一致しているといえる。回帰によれば 60% 以上に還元率を向上させてもあまり効果がないとなつてはいるが、理論式によるものはほぼ直線的に効果があることを示している。装入物の平均還元率は粒度範囲を縮小し、平均粒径を低下すると Table 2 に示す値となり、理論式に適用する。回帰式の適用に当つても、Table 2 の還元率を用いておのおののコークス比低下を推定することが可能である。推定した結果を Table 3 に示す。

3. 操業結果の解析

鉄石粒度を変更した前後の操業成績を Table 4 に示す。

鉄石粒度を変更した前後におけるコークス比の効果を検討する時、コークス比のみ比較したのでは使用鉄石の被還元性による差も入ってくる。そのため同一の被還元性の鉄石を装入した場合でコークス比を比較する必要がある。装入した鉄石の被還元性の測定値を用いてその値を焼結鉄の被還元性の値を (1.00) とし、他鉄石を換算し被還元性指数 (銑鉄 t 当り) とする。この被還元性指

Table 3. Effect of ore size on coke rate.

Size alteration	by theory	by regression	
(-)40 mm → (-)30 mm	(-)25kg/t	(-)15kg/t	Δcoke rate × 4 (Sinter rate 60%)

Table 4. Operation data.

Items	Period	1 B F		2 B F		3 B F	
		39. 1~9	39.10 ~40.6	39. 1~9	39.10 ~40.6	39. 1~9	39.10 ~40.6
Production (t/d)		2436	2563	2451	2552	3178	3465
Productivity (t/24h)		2498	2599	2534	2627	3259	3570
Dry coke rate (kg/t)		539	497	534	505	493	488
Oil rate (l/t)		21.9	34.6	19.4	33.9	29.0	32.9
Ore/coke	-	2.894	3.207	2.938	3.143	3.202	3.281
Sinter rate (%)		53.7	52.5	53.1	52.7	62.8	59.7
Blast volume (m ³ /min)		2479	2505	2489	2524	2914(33)*	3051(50)*
Blast pressure (g/cm ²)		1482	1494	1493	1518	1480	1623
Blast temperature (°C)		919	979	923	975	937	996
Blast humidity (g/m ³)		36.4	35.7	36.6	32.5	31.0	32.4
Slag volume (kg/t)		298	310	301	306	299	313
Slag basicity	-	1.28	1.32	1.29	1.31	1.32	1.32
Top gas analysis							
	CO (%)	24.4	23.2	24.1	23.5	24.2	24.5
	CO ₂ (%)	17.5	18.7	17.8	18.5	18.9	19.6
	H ₂ (%)	3.6	3.8	3.4	3.6	3.1	3.3
CO utilization rate (%)		40.6	43.3	41.3	43.0	42.9	43.4
Hanging (times/M)		7.0	15.6	3.0	5.4	0.3	12.4

* Oxygen enrichment (Nm³/min)

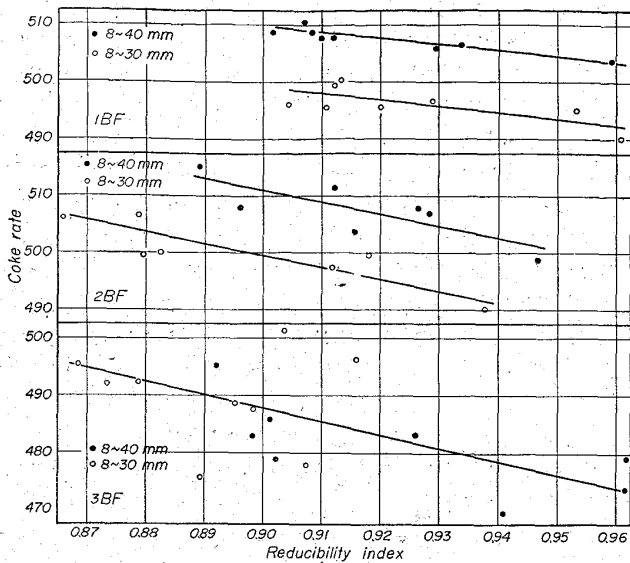


Fig. 2. Relation between reducibility index and coke rate.

Table 5. Correction coefficient of coke rate. (kg/t)

Variable		Correction coefficient (kg/t)
Ash in coke	+ 1%	+10
Oil rate	+ 1 l/t	-1.2
Blast temperature	+10°C	-1.6
Blast humidity	+ 1 g/m ³	+0.7

数とコークス比の関係から、粒度変更前後のコークス比の変化量を知ることができる。

3.1 補正コークス比と被還元性指数

銑鉄 t 当り月平均の被還元性指数を K とすれば

$$K = \frac{a_1 K_1 + a_2 K_2 \dots + a_n \cdot K_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \dots (5)$$

a_i : 鉱石使用量 (t/t pig)

K_i : 鉱石の被還元性指数

以上のようにして求めた被還元性指数と鉱石粒度を変更した前後のコークス比の比較をすると Fig. 2 のようになる。コークス比の補正は Table 5 に示す。

Fig. 2 から粒度変更前後のコークス比の低下は

1, 2BF 11kg/t

3BF 判然としない。

このようなコークス比低下は、装入鉱石粒度範囲を縮小し、平均粒度を低下させたため鉱石表面積が増大し、炉内ガス分布が改善された結果と考えられる。しかし3BFにおいては効果が判然としない。これは Fig. 3 に示すように、1, 2BF では平均粒度にしたがいガス利用率が向上しているが、3BF はその関係がえられないことに起因していると思われる。

4. 通気性について

鉱石粒度の変更による高炉の通気性の改善については当所技研で充填塔を使用して行なった粒度と圧力損失との関係を確認した上で、粒度変更を行なった。実績の解析に当たって高炉の通気性を風圧/風量で表示する。過去の実績から風圧/風量への ore/coke の影響が知られて

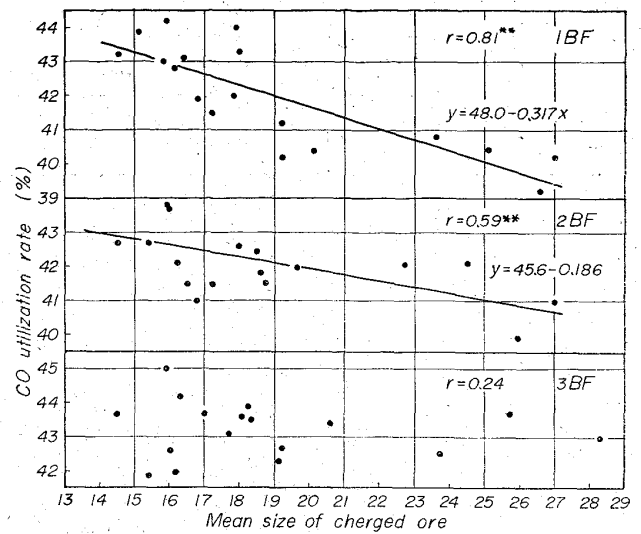


Fig. 3. Relation between ore size and CO gas utilization.

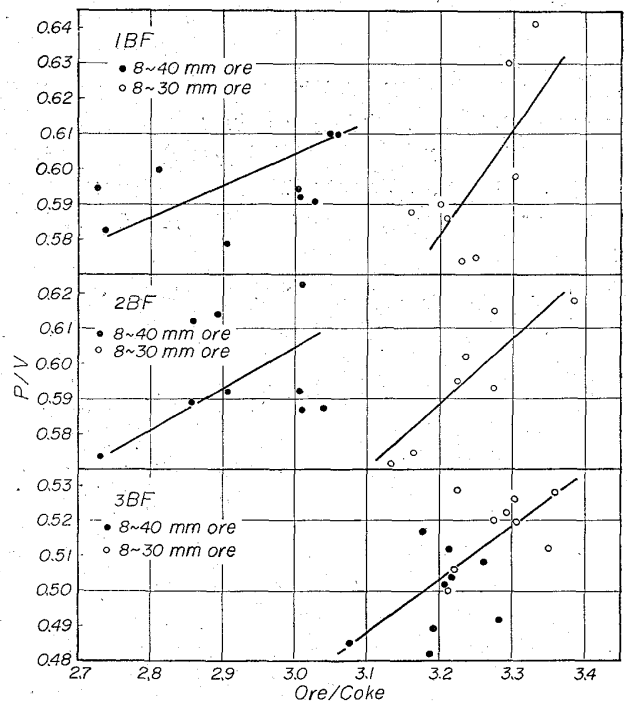


Fig. 4. Relation between ore/coke and pressure/volume.

Table 6. Decrease of coke rate blast temperature and humidity.

BF	Blast temperature		Blast humidity	
	Temperature (°C)	Decrease of coke rate	Humidity	Decrease of coke rate
1BF	(+)60	(-)9.6	(-)0.7	(-)0.5
2BF	(+)52	(-)8.3	(-)4.1	(-)2.9
3BF	(+)59	(-)9.5	(+)1.4	(+)1.0

いるので Fig. 4 に示す。

1,2BF では粒度変更前後で著しく ore/coke が変化しているため、同一 ore/coke での比較はできないが、明らかに通気性は改善されていると思われる。風圧/風量を従来のレベルに維持しながら ore/coke が上昇できたのであるから、送風温度上昇、送風湿度低下も粒度減少の効果と考えられる。それらの効果を Table 6 に示す。

3BF は 1,2BF とは異なつた傾向を示しているがこれは 3BF が羽口数も多く、また炉口径も大きいなどプロフィールの相違により炉内分布が異なつているためと考えられる。

5. 結 言

戸畑高炉工場では昭和39年10月より鉄石粒度を従来の8~40mm から8~30mm へ変更した。また同時に焼結鉄も75mm 以下に破碎して操業した。これらの効果につき理論式、回帰式にて推定したものと実績とを比較検討し、次の結果を得た。

- 1) 鉄石粒度を小さくした結果、ガス還元率が上昇して鉄石の被還元性が向上し、約 11kg/t のコークス比低下がえられた。
- 2) 通気性が改善され、同一 ore/coke のもとでは風圧/風量は低下した。そのため送風温度上昇、送風湿度低下が可能となり、さらに約 10kg/t のコークス比低下が可能となつた。

文 献

- 1) 和田, 他: 鉄と鋼, 47 (1961) 11, p. 1617
- 2) 兎玉, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1763
- 3) 本田, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1292

622, 341.1-188: 669, 162, 228, 3

(31) マルコナペレット使用試験について

富士製鉄, 室蘭製鉄所

米沢 泰三・永井 忠弘
野崎 充・鈴木 清策

Blast Furnace Practice with Marcona Pellet up to 60% in Burden.

Taizō YONEZAWA, Tadaniro NAGAI,
Mitsuru NOZAKI and Seisaku SUZUKI.

Table 1. Chemical analysis of Marcona pellet and sinter.

Chemical analysis	T·Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	P	S	Cu	Slag	Lime
Pellet	66.30	2.15	3.04	0.53	0.55	0.89	0.03	0.025	0.009	0.018	6.6	3.7
Sinter	61.80	13.18	3.93	1.87	4.60	1.62	0.27	0.086	0.007	0.024	11.2	-1.6

Table 2. Size distribution of Marcona pellet.

m/m	+15	15~12	12~9	9~6	-6	mean	
Not screened	2.5%	14.5	46.0	26.5	10.5	9.5m/m	
m/m	+15	15~10	10~7	7~5	5~3	-3	mean
Screened	1.5%	74.5	18.9	2.3	1.1	1.7	11.5m/m

1. 結 言

ペレットの高炉操業におよぼす影響については、すでに各社の操業試験から、種々の検討が行なわれている。当所においても昭和40年2月と3月に入荷した約20,000 tのマルコナペレットについて、第2高炉(内容積1249 m³, 羽口数19)で、自溶性焼結鉄との置換で約60%の配合試験を実施し、その影響についての検討を行なつたので報告する。

なお、第2高炉は高圧操業を実施しており、本試験は比較的低下鉄時におけるものである。

2. マルコナペレットの性状

Table 1 および 2 にマルコナペレットの性状と焼結鉄のそれを示す。学振法による被還元率は77.5%で、膨張率は4.48%であつた。本ペレットが従来のものより性質が若干向上しているのは、焼成方法の変更(重油バーナーの本数を増す)によつて、最高温度保持時間を若干延ばしたことにより、ベッド下層部の温度が上昇し、焼成が以前より良くなる行なわれるようになったためと思はれる。

3. 試 験 方 法

3.1 置換方法

置換率(ペレット/焼結鉄)は、ペレットと焼結鉄の鉄滓量および所要石灰石の差から生ずる所要コークスの差を考慮して決定し、両原料の還元性の差異による所要熱量は風温で補なうことにした。置換率の計算方式を次に示す。

鉄石を置換して行く場合のコークス比の変化を ΔCR とすると

$$\Delta CR = \alpha_1 \Delta SR + \alpha_2 \Delta LR + \dots + \beta_1 \Delta X_1 + \beta_2 \Delta X_2 \dots \dots \dots (1)$$

ただし, SR, LR : 鉄滓比および石灰石比

α_1, α_2 : 鉄滓および石灰石のコークス当量

X_1, X_2 : 焼結鉄およびペレットの配合比

β_1, β_2 : 焼結鉄およびペレットの被還元性等のコークス当量

ここで, $\beta_1 \Delta X_1 + \beta_2 \Delta X_2 = 0$ とすれば

$$\Delta CR = \alpha_1 \Delta SR + \alpha_2 \Delta LR \dots \dots \dots (3)$$

この(3)式について、基準時の操業条件(CR_0, SR_0, LR_0)および焼結鉄とペレットの造鉄量(P_1, P_2), 鉄滓量(S_1, S_2), 石灰石所要量(L_1, L_2)を考慮すれば、置