

622,341.1-188:669.162.263  
 (7) 輸入ペレット使用試験結果

八幡製鉄所, 製鉄部

白石芳雄・光井 清・内平六男  
 浅井浩実・○水野葆祿

### Blast Furnace Practice with Inport Pellet up to 80% in Burden.

Yoshio SHIRAIISHI, Kiyoshi MITSUI,  
 Mutsuo UCHIHIRA, Hiromi ASAI  
 and Yasuyoshi MIZUNO.

#### 1. 緒 言

Processed ore として近年海外で高炉装入物中に主要な割合を占めつつあるペレットの有利性を検討するため、昭和39年3~5月にわたりサンプルペレット30,000トンを使用して八幡製鉄所東田第5高炉(製鋼鉄吹製, 炉床径6.2m, 内容積646m<sup>3</sup>, 羽口数12, 炉令8年)において操業試験を行なったので、その結果を報告する。

#### 2. 入荷ペレットの品質

##### 2.1 化学組成

本ペレットは日本鋼管鶴見製鉄所入荷のものりと、製造条件はほぼ同一で、焼成温度 1350°C, ベントナイト 23 lb/t, feed の -325 mesh 73.4% のものである。高炉々前における化学成分を Table 1 に示す。

成分のばらつきは T.Fe で  $\bar{R}=0.14\%$ ,  $\hat{\sigma}_w=0.294\%$ , SiO<sub>2</sub> で  $\bar{R}=0.03\%$ ,  $\hat{\sigma}_w=0.065\%$  であつた。

##### 2.2 物理的性質

ペレットの粒度構成を Table 2 に示す。その他物理的性状としては平均膨張率 15.1%, 還元前クラッシュテスト 188~230 kg, 還元後クラッシュテスト 32.3 kg であり、膨張率の高い点が操業上のトラブルを予想させた\*2。

参考のため装入銘柄ごとの粒度分布を Fig. 1 に示す。

ペレットは 60% までは焼結鉄と、それ以上は精鉄と代替したが、主原料の平均粒度は 23.8mm から 16.6mm まで低下した。

#### 3. 操 業 結 果

東田5高炉においては、従来焼結鉄配合割合 40% 程度で操業していたが、ペレット使用前に比較のため焼結鉄使用割合 60% とした。ペレットは 60% までは焼結鉄と使用期間では 20% を精鉄と代替した。各期間とも操業は順調に経過したが、60% 使用期間の後半には羽口溶損が相次ぎ、また流鉄現象が著しくなつた。なお焼

中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % を調整したにもかかわらずスラグ比が低下したためと思われる。

8月1日より約17日間にわたつて行なわれた Yampi ペレット装入による高炉操業試験についてみると次のようなことがいえる。すなわち、千葉ペレットと Yampi ペレットとの置換えが行なわれた予備試験段階では炉況調整のため出鉄量は試験前の基準操業に比しやや低下している。しかしながら Yampi ペレット 20% 配合になつてからは炉の熱効きが顕著となり、風圧も低下し、送風も若干ながら上向きとなつた。特に 30% 配合となつてからは基準操業期間も含めて出鉄量がまし燃料比は低下している。さらに試験終了期ではこの逆の傾向がみられ、高品位 Yampi ペレット使用による効果が明白に炉況に反映された。

一方両基準操業期間についての熱精算上では Table 9 に示すように、Yampi ペレット操業の方がソリューションロスがわずかに増加し、また直接還元率が増加している。しかしながら鉄鉄トン当り所要熱量はやや低目を示した。

#### 6. 総 括

今回の試験結果を要約すると次のごとくなる。

(1) 西オーストラリア産 Yampi 鉄石を使つて千葉製鉄所第1ペレット工場にてペレタイジング試験(7月20日より8月3日まで)と、また第1高炉で Yampi ペレット 30% 千葉ペレット 30% 合計 60% までの高炉操業試(8月1日より8月17日まで)をそれぞれ実施した。

(2) Yampi 鉄石は川鉄方式により優秀なペレットとすることができた。ただし従来の自社製ペレットにくらべて生産性はやや劣り使用熱量原単位は高いようである。

(3) 処理鉄石の同率配合による比較試験の結果、高品位の Yampi ペレットの効果が明白に現われ出鉄量が増大(+18 t/day)し燃料比の低下(-3 l-H. oil/t-pig)をもたらした。

Table 1. Chemical analysis of Marcona pellet (%).

CW	TFe	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	Mn	P	S	Cu
0.25	66.75	1.40	93.91	2.21	0.84	0.49	0.51	0.09	0.03	0.015	0.020	0.019

Table 2. Size distribution of Marcona pellet.

m/m	+25	25~15	15~10	10~5	-5	distribution of -5 m/m fines (mesh %)					Specific gravity
						+8	8~16	16~32	32~100	100~150	
%	0	15.4	74.6	8.2	1.8	22.9	24.6	7.8	14.4	30.3	2.17

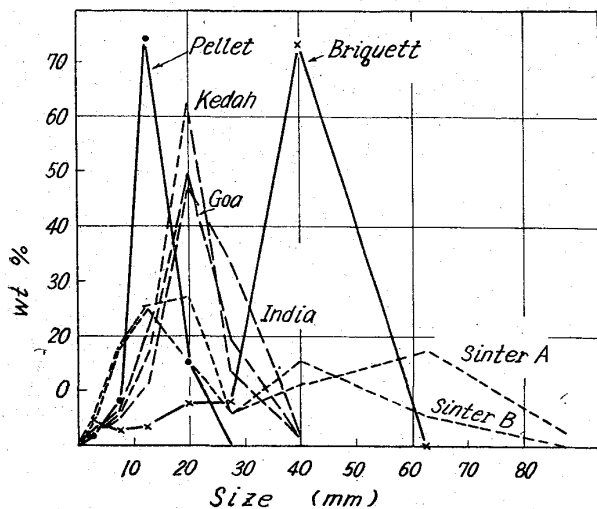


Fig. 1. Size distribution of charge.

結鉄 60%, ペレット 60% 使用の両期間中に増風試験を行ない、生産速度が上昇した場合の影響を検討した。Table 3 に操業結果を総括表示する。

増風試験では出鉄比  $1.45 \text{ t/d/m}^3$  で、出鉄比が上昇した場合にもペレットの使用は全く問題なかった。

4. 検 討

4.1 出鉄量

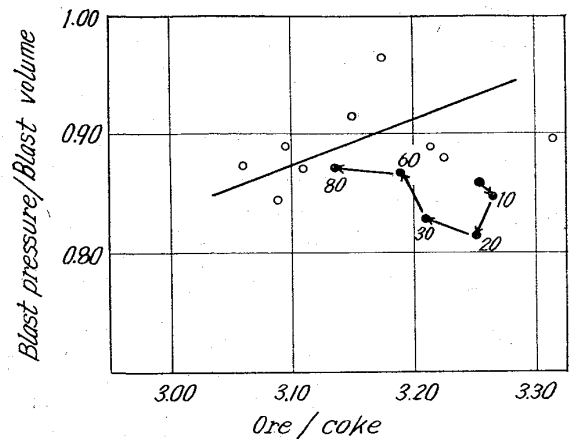


Fig. 2. Relation between blast pressure/blast volume and ore/coke.

生産性と関連をもつ風圧/風量と ore/coke の関係を Fig. 2 に示す。東田 5 高炉は炉体の老朽化、炉前作業面の制約等から常に最高の操業を続けてはならず、炉況面では余力をもっているので実績出鉄量を検討しても誤りが多い。このため炉内通気性を表示すると考えられている風圧/風量について見ると、全期間を通じて変化がなかった。しかしこれを ore/coke との関連においこみると、ペレット使用増に伴って ore/coke が低下したにも

Table 3. Operation results.

Period	3.4 ~3.22	3.24 ~3.31	4.2 ~4.5	4.7 ~4.17	4.21 ~5.1	5.3 ~5.5	5.7 ~5.11	3.17 ~18	4.23 ~24
Pellet ratio	0	10.4	19.9	31.0	60.6	79.8	80.8	0	60.3
Sinter ratio	60.4	51.0	47.7	31.1	0	0	0	60.3	0
Hot metal	869	897	867	805	823	903	820	963	926
Hot metal corrected	873	897	867	843	915	903	933	999	937
Coke rate	462	450	458	470	453	442	442	451	455
Coke rate corrected	466	454	467	480	455	446	434	—	—
Fuel ratio	66.8	67.0	70.5	67.0	61.8	58.6	51.6	67	77
Metallic ratio	32	25	29	31	31	30	29	30	30
Ore/coke	3.257	3.265	3.253	3.191	3.139	3.210	3.077	3.240	3.116
Ore rate	1.504	1.470	1.489	1.499	1.423	1.417	1.360	1.458	1.418
Blast volume	906	900	923	900	937	908	904	990	985
Blast pressure	776	763	751	780	811	752	812	855	894
Blast temperature	895	920	901	899	855	884	918	895	886
Humidity	6.8	7.5	12.3	11.5	10.4	9.8	11.9	5.4	10.2
Blast pressure/volume	0.857	0.848	0.814	0.867	0.866	0.828	0.898	0.864	0.908
Slag volume	338	313	304	297	241	219	200	—	—
Slag basicity	1.33	1.36	1.33	1.36	1.33	1.33	1.35	1.37	1.36
CoO+MeO/SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.996	1.012	0.998	1.046	1.004	1.049	1.076	1.013	1.043
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	16.45	16.38	16.21	15.56	15.83	14.05	13.78	16.38	14.82
Top gas pressure	30	31	29	25	28	17	16	30	31
Top gas temperature	229	231	249	235	237	243	241	219	258
Top gos CO <sub>2</sub>	15.6	16.0	16.6	17.0	16.6	17.2	17.6	15.3	17.3
"  CO	23.8	24.0	23.4	22.8	23.5	23.5	22.6	24.9	22.8
"  H <sub>2</sub>	4.9	4.4	5.0	5.5	4.3	3.8	4.7	4.3	4.8
[Si] content in metal	0.60	0.52	0.54	0.56	0.62	0.51	0.55	0.56	0.60
[S] content in metal	0.028	0.028	0.030	0.024	0.027	0.028	0.026	0.025	0.025
Hanging	0.05	0.13	0	0.27	0.36	0	0.60	0	0.50
Slip	0.26	0.25	0.50	0.82	0.91	0	0.20	0	0
min/day	3'	8'	0	9'	36'	0	91'	—	—
Hot metal in slag	0.9	1.1	1.5	2.0	2.3	1.7	2.5	1.9	4.8
Dust	41.6	43.6	36.3	46.8	58.2	24.3	51.9	—	—
S charged	3.63	3.74	3.84	3.90	3.72	3.62	3.54	—	—
TiO <sub>2</sub> charged	4.09	3.63	3.52	3.42	3.19	2.81	2.75	—	—

拘らず、風圧/風量は一定であつたため、同一の ore/coke では通気性が悪化している結果となつている。しかし ore/coke は低下しても主原料平均鉄分は上昇しているので、T.Fe/T.C の実績検討からはペレット 1% 使用により 0.04% の出鉄増が推定される。すなわちペレット使用によつても増風できる見通しはないがコークス比が 0.04% 程度低下できることが計算上推測されるのでコークス燃焼量一定として 0.04% 程度の出鉄増が得られるであろうという推定である。

4.2 コークス比

Table 3 中にコークス比を重油、荒銑、コークス灰分について補正した補正コークス比を示した。

前述のごとくペレット 1% 使用により 0.04% 程度のコークス比低下がみられる筈であるが、実績はかなりばらついて焼結鉄-ペレット代替期間ではコークス比の面では差がないと考えるのが妥当である。

精銑とペレットの代替効果については、80% 使用期間の実績と 60% 使用期間までの平均コークス比との比較からペレット 1% 使用によりコークス比 0.9 kg/t の減となつている。

これらのコークス比低下は造滓量低下による要因が最も大きいようで、CO ガス還元利用率、熱精算結果にもペレット使用による特定の傾向は見出せなかつた。

4.3 銑鉄および銑滓成分

銑中 Si, S については期間の短いこと、休風による影響もあつて断定できないが、変動は特に変りない。銑滓塩基度はペレットが焼結鉄に比べて成分的に安定しているためか、ばらつきは小さくなつている。

4.4 銑滓の脱硫能

脱硫関係のデータをとりまとめて Table 4 に示す。S バランスにみるごとく造滓量低下によつても銑滓の脱硫能は変化していない。これは銑滓量低下とともに (S)/[S] が上昇した結果で、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の低下による CaO+MgO/SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の上昇も影響している。これまで 5 高炉では (S)/[S] が CaO+MgO/SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と造滓量によつて決まることが明らかになつており、

$$(S)/[S] = -18.91 - 0.053(\text{slag volume}) + 74.22(\text{CaO} + \text{MgO}/\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3) \quad (n=41, r=0.692^2)$$

である。この式から推定される (S)/[S] を Table 4 に示したが、ペレット使用中も通常操業と大差ないと云

える。

4.5 流銑状況

装入 TiO<sub>2</sub> 量はペレット使用とともに減少したが、流銑は逆に増加した。Fig. 3 に造滓量と流銑の関係を過去のデータ (図中○印) と本試験中のデータ (図中●印) と合せて図示した。Fig. 3 ではよい相関がみられるが、さらに検討が必要と思われる。

4.6 ダスト状況

除塵器発生ガス灰量はペレット使用によつても変化はなかつたが粒度は減少する傾向がみられた。また清浄機作業については、ペレット使用増とともに高炉出口ガス灰濃度は上昇し、コットレルの集塵効率は低下して清浄ガスの清浄度は悪化した。

成分的には Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量が増加する傾向が除塵器および清浄機発生ガス灰とともに顕著であつた。これらの状況から銑石装入時にペレット中の微粉が未還元のまま荒ガスとともに排出されたものと推定される。

4.6 原料作業

ペレットは銑石槽への貨車卸し時にも、秤量切出し中にも発塵は障害とならない程度であつた。また切出しからスキップに至る系統中には傾斜 15° のベルトラインが

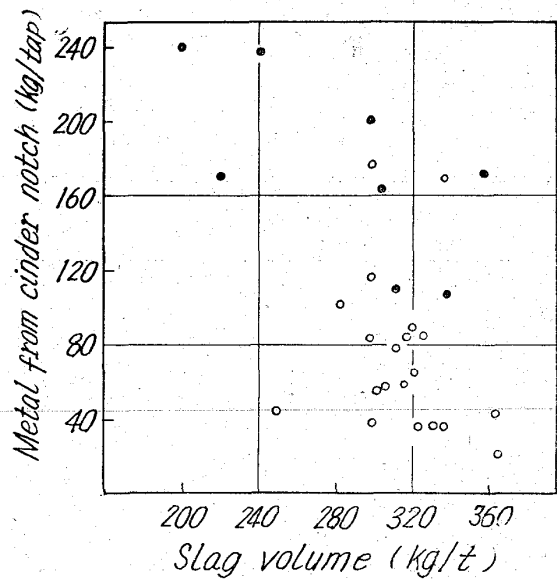


Fig. 3. Slag volume and metal in slag from cinder notch.

Table 4. Data for discussion of desulfidation in blast furnace.

Pellet ratio %	0	10	20	30	60	80	80
Charged S kg/t	3.63	3.74	3.84	3.90	3.72	3.62	3.54
S content in metal %	0.028	0.028	0.030	0.024	0.027	0.028	0.026
S content in slag %	0.796	0.904	0.936	0.933	1.199	1.145	1.334
(S)/[S]	28.4	32.3	31.2	38.9	44.4	40.9	51.3
CaO/SiO <sub>2</sub>	1.33	1.36	1.33	1.36	1.33	1.33	1.35
CaO+MgO/SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.996	1.012	0.998	1.046	1.004	1.049	1.076
Slag volume kg/t	338	313	304	297	241	219	200
Desulfidation ratio %	92.3	92.5	92.2	93.8	92.7	92.3	92.7
S into pig	7.7	7.5	7.8	6.2	7.3	7.7	7.3
S into slag	74.1	75.7	74.1	71.1	77.7	69.3	75.4
S into waste gas	18.2	16.8	18.1	22.7	15.0	23.0	17.3
Calculated (S)/[S]	37.1	39.6	39.1	43.0	42.8	46.3	50.4

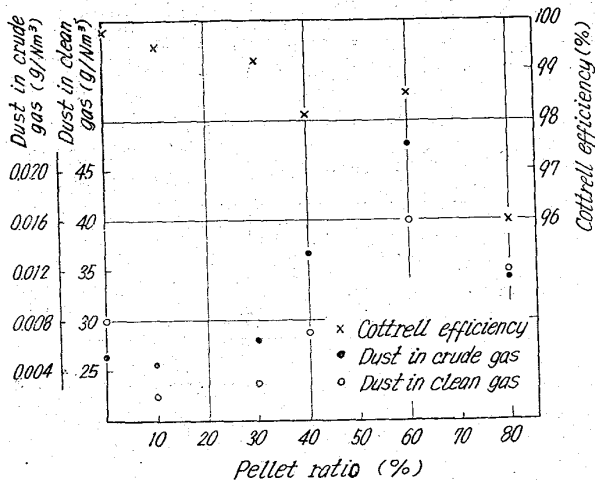


Fig. 4. Variation of dust containing in waste gas.

あるが、ペレットのみを切出してこぼれることはなかった。秤量切出し誤差はペレット粒度が均一なためか極めて作業誤差が小さかった。

### 5. 総 括

東田 5 高炉においてマルコナペレット 80% 使用までの操業試験を行ない次の結果を確認した。

1) 焼結鉱およびペレット 60% 使用時に増風試験を行ない、出鉄比  $1.45 \text{ t/d/m}^3$  まではペレット 60% の使用が可能であり、焼結鉱とペレットの効果は同一であることが確認された。大型高炉で使用の場合は、その熱間強度についての検討が必要と思われる。

2) 生産性、コークス比両面でペレットは焼結鉱と同等の効果を持ち、精鉱 (8~30mm) との代替ではペレット 1% につき  $0.9 \text{ kg/t}$  のコークス比低下をみた。

3) ペレット使用に伴って造滓量は低下したが、鉄鉄成分変動は変化なく、鉄滓成分は安定した。脱硫面でも  $\text{CaO} + \text{MgO}/\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  の上昇も手伝って、鉄滓量  $200 \text{ kg/t}$  までは問題なかった。

4) 作業面では滓口流鉄が増加していく傾向がみられた。原料作業では秤量誤差が小さくなり、こぼれの状況は他の鉄石と変りなかつた。

5) 除塵器発生ガス灰量には大きな変化がなかつたが清浄機に持去られるダストは増加し、コットレルの集塵効率は低下して、ガス清浄度は悪化した。これはペレットの微細粉が未還元のまま排出されたことによるものと推定される。

### 文 献

- 1) 鉄と鋼, 50, No. 11, p. 1896
- 2) 第22回製鉄部会, 八幡製鉄所資料

622.785; 66.042.95

## (8) 焼結性におよぼす通気度および負圧の影響

尼崎製鉄, 技術開発研究部

○前川 昌大・高月 輝夫

### Influences of the Permeability and the Suction on Sintering Characteristics.

Masahiro MAEKAWA and Teruo TAKATSUKI.

#### 1. 緒 言

鉄鉱石の焼結性におよぼす負圧、通気度の影響に関するこれまでの研究<sup>1)~8)</sup>によると、負圧を高めたり、通気性を改善して焼結層を通過する空気量を増せば、コークス燃焼速度が増し、flame front speed が増大して、生産速度、強度が増大することが示されている。しかし極度に負圧、通気度を高めて、空気流量を増せば、加熱時間が短くなり、また排気ガスにより熱量が急速に奪われるために、焼結層の温度は低下して、鉄石粒子の塊成化状態が悪化して、成品歩留、生産速度および強度の低下を招くものと考えられる。すなわち、混合原料の性状に基き、適正負圧と、それに関連する適正な通気度が存在する。そこで、著者らは、一定の化学組成と粒度分布の混合原料を選び、水分量の調整により、点火前通気度をいろいろに変えて焼結実験を行ない、諸特性におよぼす負圧と通気度との影響を検討した。

#### 2. 試 料

試料の配合割合は次のとおりであつた。Goa 鉄石 45.3%, 山宝鉄石 23.4%, 返鉄 31.3%, 上記混合原料 100 に対して、石灰石 10 を添加した。コークス量は石灰石を含む混合原料 100 に対して 4% であつた。混合原料の化学組成と粒度分布は Table 1 に示すとおりであつた。

#### 3. 実験結果および考察

混合原料を層厚一定 (30cm) として、15kg の試験鍋に装入し、点火前の負圧を 500, 700, 900, 1000 mmWG に設定して焼結した結果を次に示す。

##### 3.1 焼結時間と落下強度

G. SCHWABE ら<sup>9)</sup>は Kiruna, Venezuela などの粉鉄石をいろいろの条件下で焼結した結果、返鉄を添加して通気度を高めると、そのために、焼結時間は短くなり、焼結鉄の強度は直線的に低下することを示している。

著者らの実験により得られた焼結時間と shatter strength との関係は、Fig. 1 のとおり、直線関係ではなく、shatter strength を最大にする適正な焼結時間があつた。この適正時間は負圧の差により異なり、負圧が低いほど長く、負圧が高いほど短い。またこの適正時間と点火前通気度との関係を Fig. 5(b) によりみると、いづれの負圧の場合も約 35 JPU になつていた。

いま、Fig. 1 と Fig. 5(a)(b) とを対比して考察すると、適正時間よりも長い焼結時間の範囲内では、焼結層の通気度が低く、空気量が不足するので、コークス燃焼状態が不良であり、焼結層の温度は低くなつている。そのために焼結時間が長いにもかかわらず、鉄石粒子の塊成化が不完全になり、shatter strength は低値を示す。他方、適正時間よりも短い範囲内では、通気度が