

が低下した。昭和 28 年 12 月～同 29 年 4 月迄の平均ヨークス比は 0.693 特に 29 年 4 月は 0.679 という低数値を示した。

(2) 出銑量が増大した。

昭和 28 年 12 月～同 29 年 4 月迄の平均出銑量 407 t (公称能力 350 t/day に対し、出銑率 116%)

特に 29 年 4 月は 431 t/day (出銑率 123%) の出銑量を示した。

(3) 銑鉄 t 当りの送風量を減少し、経済的操業を実行した。

昭和 28 年 12 月～同 29 年 4 月迄の平均送風量は 2.205 m<sup>3</sup>/pig t, 特に 29 年 4 月は 2.067 m<sup>3</sup>/pig t である。

(4) 第 4 表(表略、講演会場で掲示す)に見られる如き良品質の銑鉄が吹製された。

**(9) 高爐主原料の粒度と爐況との關係**

(On the Relation between the Size of Raw Materials for B. F. and Conditions of B. F.)

Koretaka Kodama, Lecturer, et alius.

八幡製鐵所 工博 城 博  
工 ○ 児 玉 惟 孝

**I. 緒 言**

主原料の 1 つである銑鉄石の粒度と爐況との關係を先

に<sup>1)</sup> 当所 3 t 試験高爐で研究し、粒度の影響は極めて顯著であり、細くなるほど爐況により影響を与えることを確認したが、5 mm を限度としそれ以下の場合については吟味していなかった。一方ヨークス粒度の爐況に及ぼす影響に関しては、その重要性が最近問題になりつつあるが、はつきりした研究実績が見当らない実情である。よつて主原料を各種粒度に篩分調整し、それぞれの粒度別の原料を適当に組合せて 3 t 試験高爐で使用し、上記の關係について不明の点をいろいろの角度から比較検討した。

**II. 研 究 経 過**

使用銑石としては不純物が少く篩別し易いバンクーバー銑を選び 20~10mm, 10~5mm, 5~3mm, 3mm 以下の 4 通りの粒度を準備した。またヨークスは当所製の冶金用普通ヨークスでこれも 50~30mm, 30~10mm, 25~10mm 及び 10~5mm の 4 種に種別した。かくて次の諸点より銑鉄石及びヨークスの粒度が爐況に及ぼす影響を検討した。

**(1) 操業実績**

比較のための操業実績としては銑鉄中の S 含有量が、0.07% 以下に収まり、かつ銑石装入量/ヨークス装入量が最大である時を操業実績から見て標準操業と見做すを適當と考え、これを第 1 表に掲げた。

第 1 表 熔銑爐操業に及ぼす銑石、ヨークスの粒度の影響

**(1) 銑石の粒度の影響 (ヨークスの平均粒度 21.3 mm)**

銑石の平均粒度 (mm)	ヨークスの平均粒度 (mm)	銑石量 (t)	銑トシ当り		出銑量 (kg/day)	銑滓生成量 (kg/day)	送 風			Si (%)	S (%)	爐 頂 ガ ス			
			ヨークス装入量 (t)	銑石装入量 (t)			量 (m <sup>3</sup> /min)	壓力 (gr/cm <sup>2</sup> )	溫度 (°C)			CO <sub>2</sub> (%)	CO (%)	溫度 (°C)	壓力 (gr/cm <sup>2</sup> )
11.1	21.3	0.80	2.16	1.71	3,756	3,264	18	176	500	1.32	0.047	3.8	33.2	399	2.4
6.5	"	1.07	1.52	1.63	4,924	4,382	"	179	"	1.54	0.043	6.0	31.8	404	4.1
3.9	"	0.98	1.87	1.82	4,317	4,252	"	208	"	1.51	0.068	4.2	32.9	458	7.6
1.4	"	0.89	2.14	1.89	3,409	3,281	"	202	"	2.05	0.050	4.1	33.6	436	2.4

**(2) 銑石の粒度の影響 (ヨークスの平均粒度 17.2 mm)**

6.5	17.2	1.48	1.19	1.78	7,014	4,756	18.0	215	500	1.29	0.066	6.7	30.9	183	3.9
3.9	"	1.18	1.52	1.79	4,345	4,054	14.5	212	"	1.60	0.088	6.0	31.5	313	2.5

**(3) ヨークスの粒度の影響 (銑石の平均粒度 6.5 mm)**

6.5	29.3	0.79	2.10	1.65	3,693	3,228	18	170	500	1.27	0.047	4.0	32.4	504	10.0
"	21.3	1.07	1.52	1.63	4,924	4,382	"	179	"	1.54	0.043	6.0	31.8	404	4.1
"	17.2	1.48	1.19	1.78	7,014	4,756	"	215	"	1.29	0.066	6.7	30.9	183	3.9
"	7.2				懸滞甚しく操業不能										

**(4) ヨークスの粒度の影響 (銑石の平均粒度 3.9 mm)**

3.9	29.3	0.68	2.48	1.68	3,549	3,984	18.0	167	500	1.40	0.099	3.2	33.2	512	4.8
"	21.3	0.98	1.87	1.82	4,317	4,252	"	208	"	1.51	0.068	4.2	32.9	458	7.6
"	17.3	1.18	1.52	1.79	4,345	4,054	14.5	212	"	1.60	0.088	6.0	31.5	313	2.5

(i) 鐵石粒度

コークスの平均粒度を 21.3mm 及び 17.2mm にそれぞれ一定にし、鉄鉄石の粒度のみを変えた時の結果は第1表の(1), (2)に示す通りで、後者の時が前者の場合よりも成績が良好であるが、いずれの場合も同様な傾向を辿っている。すなわち平均粒度6.5mmまでは従前と同じく粒度が細かいほど鉄鉄石装入量/コークス装入量は大きく、コークス比は小であるが、それ以下の粒度では送風圧力は増し、炉頂圧力は上昇し、炉頂ガス中のCO<sub>2</sub>含有量は減じて面白くない。平均粒度6.5mmの粒度範囲は10~5mmとしているので、以上の結果から見ても5mm以下の粉鉄鉄石の使用は炉況に悪い影響を与えると云い得る。

(ii) コークス粒度

今度は鉄鉄石の粒度としては最も能率がよいと考えられる平均粒度6.5mmと比較的に小さい平均粒度3.9mmの場合について、コークスの粒度を変えたが、その結果は第1表(3), (4)に見る如くである。前者の場合にはコークスの平均粒度17.2mmまでは粒度が小になるほど鉄鉄石装入量/コークス装入量は大となり、コークス比も低下して良好であるが、コークスの平均粒度が7.2mmになると送風圧力は非常に上昇し、懸滞の絶ゆることなく操業困難となった。他方後者の場合もコークスの平均粒度17.2mmの時、鉄鉄石装入量/コークス装入量、コークス比の点で最も良好であるが、この場合には鉄鉄石の粒度が小さいためか炉内通風抵抗が大きく送風量を標準の18 m<sup>3</sup>/min 送れずに14.5 m<sup>3</sup>/min に止まった。以上の結果からコークスの粒度も懸滞しない範囲内で可及的に小なる方がよいと思われる。

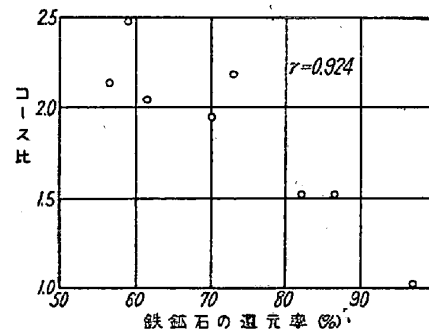
(2) ガス成分及び鉄鉄石の還元率

操業中に試験高炉のシャフト、炉腹及び朝顔部に7個の穴を穿ち、炉内の温度を測定し、又炉内ガス、鉄鉄石

料を採取して主原料粒度とこれらの測定結果との関係を究明した。試料採取位置をもう少し詳述すると、シャフト中央部の上下、炉腹部、朝顔部の4水準であり、各水準とも羽口上の炉壁近辺部、羽口と羽口との中央炉壁部、炉の中央部の3箇所(朝顔部のみは羽口上の炉壁近辺部を除く2箇所)で、そこから平均試料を採取した。

(i) 鉄鉄石の粒度

実験記録は省略するも、鉄鉄石粒度が小さくなるにつれてシャフト部における炉内ガス中のCO<sub>2</sub>含有量は増加する傾向が認められ、一方炉腹部、朝顔部におけるCO<sub>2</sub>含有量に対する鉄鉄石の粒度の影響は特に目立った現象はなく、むしろ使用コークスの平均粒度の如何によつて、CO<sub>2</sub>含有量は左右された。また鉄鉄石の還元率と鉄鉄石の粒度との関係では粒度が最も大きく響くところは炉腹部で、この部では粒度が細くなるほど鉄鉄石の還元率は高く、この還元率とコークス比との関係を求めると第1図のようになる。これに対してシャフト中央部では還



第1図 爐腹部に於ける鉄鉄石の還元率とコークス比との関係

元率は8.3~15.8%の範囲に収まり、朝顔部では大部分が90%以上の還元率を示しており、鉄鉄石の粒度の影響は比較的に小である。これらの結果から見ると鉄鉄石は炉腹部までに充分還元されて置くことが望ましい。

第2表 爐腹部及び朝顔部ガス成分とコークス粒度の関係

(1) 鐵石の粒度 6.5mm

鐵石の平均粒度 (mm)	コークスの平均粒度 (mm)	爐腹部ガスCO <sub>2</sub> (%)			爐腹部ガスCO(%)			朝顔ガスCO <sub>2</sub> (%)		朝顔ガスCO(%)		備 考
		a	b	c	a	b	c	b	c	b	c	
6.5	29.3	1.0	0.6	14.2	33.6	36.0	24.8	0.6	11.2	36.2	30.8	a: 羽口上爐壁近邊部. b: 羽口中間爐壁近邊部. c: 爐の中心部.
	21.3	0.4	0.4	0	37.6	35.6	38.3	0	2.8	38.3	42.6	
	17.2	0.3	0.3	0.4	35.3	35.3	36.4	0.2	0.2	35.4	35.8	

(2) 鐵石の粒度 3.9mm

3.9	29.3	0.2	0.1	13.2	35.4	36.8	27.6	0	11.8	37.6	35.4	a, b, c は上記(1)と同じ.
	21.3	0.4	0	4.7	34.2	35.0	33.9	0.3	0	34.7	37.2	
	17.2	0.2	0.2	0.4	34.4	36.2	33.2	0	0.2	34.8	34.8	

## (ii) コークスの粒度

コークスの平均粒度と炉内ガスとの関係は第 2 表に一括した。これによるとコークスの粒度が大きくなるにつれて炉壁近辺部の  $\text{CO}_2$  含有量は小となるが、中央部では逆に多くなっている。これはコークスの粒度が大きくなると高炉下部の酸化帯が拡大するためではないかと思われる。鉄鉱石の還元率はコークスの粒度が細かいほど炉腹、朝顔部における還元が進み具合がよい。

## (3) 出鉄の成分及び温度、間接還元率

## (i) 鉄鉱石の粒度

鉄鉱石の平均粒度  $6.5\text{mm}$  以上の場合の鉄鉱石粒度の影響に関しては既報<sup>1)</sup>の通り、粒度が細かいほど出鉄成分としての Si は高く、S は低く、間接還元率は上昇することを確認している。今度は鉄鉱石の平均粒度  $6.5\text{mm}$  以下のところを試験した。この範囲内では前述の如く粒度が細くなるほど炉腹部における鉄鉱石の還元率は小になるが、これと平行して出鉄成分としての Si は減少し S は高くなり、間接還元率も悪くなることを認めた。出鉄温度の鉄鉱石の粒度による差異は特に目立つた現象は見受けられなかった。

## (ii) コークスの粒度

コークスの粒度は鉄鉱石の場合とは多少趣を異にし、間接還元率に与える影響は比較的の小で、寧ろ高炉下部の酸化帯に対する影響が大で、懸滞を起さないコークスの粒度範囲では粒度が細くなるほど酸化帯は小となり出鉄温度は上昇し炉頂温度は低下する。その結果出鉄の Si は増加し脱硫率が向上する傾向が、はつきり認められた。

## III. 考 察

(1) 八木氏<sup>2)</sup>によれば小型高炉と大型高炉の熱精算を比較すると炉が小さい場合には、炉壁及び冷却水より逃げる熱量の割合が非常に大きく、他の消費熱量は大きな差がないと言われている。従つて炉壁及び冷却水より逃げる熱量を大型高炉なりに補正すれば、そのコークス比は大型高炉に適用した場合に近い値となるであろう。

1例を示すと  $400\text{ t/day}$  の出鉄能力を有する高炉の鉄トン当り炉壁及び冷却水より逃げる熱量は  $153.08 \times 10^3\text{ Kcal/t Pig}$  であるが試験高炉でコークス  $17.2\text{mm}$ 、鉄石  $6.5\text{mm}$  の場合は  $1303 \times 10^3\text{ Kcal}$  でこの熱量の差をコークス量に換算すると  $0.507\text{ t/t Pig}$  である。従つてコークス比を訂正すると  $1.19$  が  $0.68$  となる。同様にコークスの粒度  $29.3\text{mm}$  の場合は  $0.87$ 、 $21.3\text{mm}$  の場合は  $0.75$  となる。

(2) 大型高炉に対する鉄石の適正平均粒度は還元性の面より考えると炉内滞留期間の比較的小さい試験高炉の炉腹部における還元率の最も良好な  $6.5\text{mm}$  より小でないことは当然考えられる。更らに通風抵抗の面からも制約を受けるので大型高炉の場合の鉄鉱石の最適粒度が  $6.5\text{mm}$  以上にあることは確かである。しかし米国のフォントナに於ける  $1,000\text{ t}$  溶鉱炉で鉄鉱石の平均粒度を  $12\text{mm}$  にして操業したところ非常に良好な成績を得たこと<sup>3)</sup>を併せ考えると、その適正平均粒度は  $6.5\sim 12\text{mm}$  の範囲にあると推定され、これは当試験高炉の適正粒度とあまり大きな差異はないようである。

(3) 衆知の如く高炉操業に於いて、その安定性を保持するには炉床部の温度を高温に保たねばならないので炉床部加熱の能率が高いことが望まれる。既述の如く炉腹部における鉄石の還元率及びコークスを燃焼した際の酸化帯の広さは共に炉床部の温度に大きな影響を及ぼす故、炉の能率を向上するためには鉄鉱石は炉腹部までに十分に還元する程度に粒度を細かくし、一方コークスも炉内懸滞現象を生じない範囲で小さく揃えて酸化帯を狭くし、炉床部に対する熱効率を上昇することが重要と思う。

## IV. 結 論

高炉操業改善の参考資料を得るために、主原料粒度と炉況との関係を  $3\text{ t}$  試験高炉で攻究し次の結論を得た。

(1) 鉄鉱石の平均粒度は  $6.5\text{mm}$  までは小さい方が操業能率が良く、それ以下では逆に低下する。

(2) 炉腹部に於ける鉄鉱石の還元率はコークス比に大きな影響を及ぼし、この還元率が大きいほどコークス比は低下する。

(3) コークスの粒度は懸滞せざる範囲において可及的に小さく且つ揃っているほどよく、その出鉄量、コークス比に及ぼす影響は非常に大きい。1例を示すと平均粒度  $6.5\text{mm}$  の鉄石を用いた場合、コークスの平均粒度を  $29.3\text{mm}$  とすると出鉄量は  $3,633\text{ kg/day}$ 、コークス比  $2.1$  であるが、コークスの平均粒度を  $17.2\text{mm}$  に下げると出鉄量は  $7,014\text{ kg/day}$ 、コークス比は  $1.19$  と甚しく向上する。

(4) コークスの粒度は平均粒度  $17.2\text{mm}$  までは、粒度が小さくなるにつれて酸化帯を狭くし、炉床温度を上昇せしめ操業能率によい結果を与える。

(5) 以上の結果を考察し、いろいろの観点から操業可能の範囲で主原料の粒度を極力細かくすることが高炉操業上能率的であると思われた。

参考文献

- 1) 鐵と鋼, 昭和28年春季講演大會大要 p. 285
- 2) 八木貞之助: 八幡製鐵所研究報告 Vol. 24 No. 1
- 3) W. C. Rueckel: Journal of Metals 1954 p. 509

追記 御指導と多大なる援助を忝うした當所製鐵部長和田龜吉氏並に終始熱心に本研究の遂行を助けて頂いた當所製鐵研究課高爐掛の人々に深謝する。

(10) 酸素吹込による熔銑の改良

(The Improvement in Properties of Molten Pig Iron by Oxygen Blowing)

Tomojiro Tottori, Lecturer, et alius.

富士製鐵 K. K. 釜石製鐵所 理博 青木猪三雄  
工 〇鳥取友治郎

I. 緒言

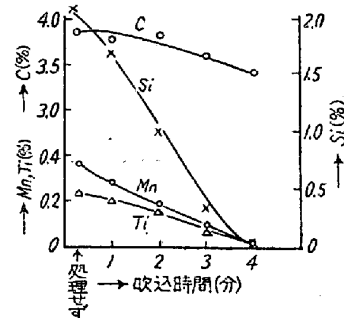
製鋼作業における酸素の利用は最近では、ほとんど普通の操業に用いられているが、鑄鉄分野においてはほとんど利用されていない。僅かに最近ソ連ではキューボラーの熔湯の一部を転炉に入れ酸素吹込を行い適当な C, Si 量にしたものを用いて C, Si の低い優良な鑄物を得たと報告されているが<sup>1)</sup> 正確なところは不明である。鑄鉄への酸素利用が行われなかつた原因は鑄鉄への酸素の悪影響<sup>2)3)</sup> が余りに多く論議されているためではなからうかと考える。しかし以下のべる実験により熔銑への適量の O<sub>2</sub> 吹込は鑄鉄の組成並びに性質を變じ、所要の C, Si 量になすことができるのみならず、性質を著しく改良し現在までノデュラー鑄鉄用として利用でき得なかつたような不良といわれる原料をも、ノデュラー鑄鉄用原料として利用できることが確められたので、これら結果についてのべる。

II. O<sub>2</sub> 吹込による組成及び性質變化

(1) 組成變化

熔銑への O<sub>2</sub> 吹込による脱 Si, 脱 Mn, 脱 C 等について製業作業方面で広く研究されているが、鑄鉄分野に利用する場合の O<sub>2</sub> 吹込量及び時間等の關係を調べるために予備実験として、クリプトル炉を用いて黒鉛ルツボ(2番)で C 3.83%, Si 2.05%, Mn 0.36%, P 0.122%, S 0.012%, Cr 0.030%, Ti 0.230% なる組成の鉄鉄を 1.2 kg 溶解し約 1300°C にて炉よりルツボを取り出し約 15 l/min の割合にて内径 9mmφ のシリカチューブにて 1, 2, 3, 4 分の O<sub>2</sub> 吹込を行い、各時

間毎に約 50 gr 熔銑を採取し分析試料とした。これらの分析値と時間の關係は、第1図に示すごとくで Si, Mn, Ti は O<sub>2</sub> 吹込により著しく減少し Cr も同様である。C は幾分減少している。P, S は殆んど變化が認められない。熔銑の温度は O<sub>2</sub> 吹込により著しく上昇し沸騰現象が見られる。



第1圖 O<sub>2</sub> 吹込時間(分)と C, Si, Mn, Ti 含量の關係

(2) O<sub>2</sub> 吹込後の保持時間と熔銑のガス含量

O<sub>2</sub> 吹込後の保持時間の影響を調べるために、前述と同様 1.2 kg の熔銑に対し 3 分間の O<sub>2</sub> 吹込を行い除滓し 1, 5, 10, 15, 20 分の各時間保持後 Si, Mn 量を補うために Fe-Si (75%), 及び Fe-Mn (70%) 合金を Si として約 1.4%, Mn として約 0.2% 添加し 20 mmφ の乾燥砂型に鑄造し、化学分析及びガス分析を行つた結果は第1表のごとくである。

第1表 O<sub>2</sub> 吹込後の保持時間(分)と化学組成

保持時間	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	O <sub>2</sub> *
処理せず	3.99	2.35	0.36	0.120	0.014	0.037	0.120	0.00782 <sub>g</sub>
1分	3.88	1.37	0.27	0.117	0.024	0.027	0.047	0.01279 <sub>g</sub>
5分	3.79	1.39	0.27	0.114	0.027	0.023	0.041	0.01326 <sub>g</sub>
10分	3.62	1.61	0.28	0.115	0.023	0.027	0.047	0.01375 <sub>g</sub>
15分	3.60	1.20	0.32	0.114	0.021	0.021	0.035	0.01000 <sub>g</sub>
20分	3.54	1.49	0.26	0.100	0.020	0.021	0.035	0.00731 <sub>g</sub>

\* 眞空熔融法による。

Si, Mn 量はそれぞれ 1.20~1.61%, 0.26~0.32% の範囲にあり、C, Ti は保持時間と共に減少の傾向を示す。O<sub>2</sub> 含量は O<sub>2</sub> 吹込後保持時間の短いものは吹込処理を行わないものより幾分高いが、保持時間 15 分以上では減じ始め、20 分のものでは処理しないものより低い値を示し、O<sub>2</sub> 吹込による酸素の増加は殆んどない。処理しないものと 20 分保持したものととの機械的性質をみると、処理しないものは抗張力 13 kg/mm<sup>2</sup>, 伸び 1.0% であるが、吹込後 20 分保持せるものは抗張力 17 kg/mm<sup>2</sup>, 伸び 1.5% となり、機械的性質優れ組織も均一な小片状黒鉛を示している。