

Fig. 3. Relation between void volume in B.F. and fractional void volume at shaft.

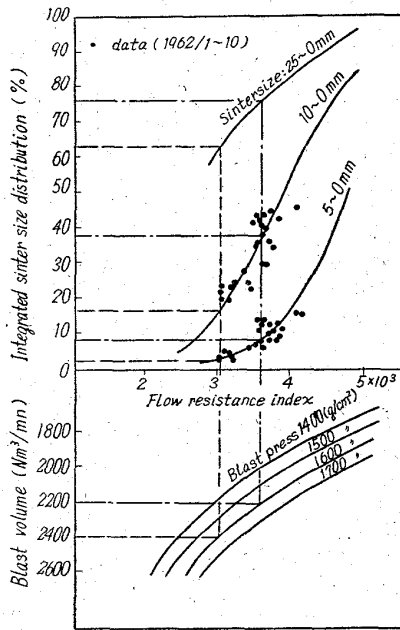


Fig. 4. Relation between flow resistance index and integrated sinter size distribution.

気抵抗指数に相当する焼結鉄の粒度分布を求めることが出来る。

今これらの関係を利用して室蘭第4高炉における風量、風圧、通気抵抗指数、焼結鉄粒度分布との関係を図示すると Fig. 4 のようになる。この図から流鉄比を2.0以下におさえるために必要な通気抵抗指数、3.0に相当する炉前焼結鉄粒度分布を求めてみると-5mm, 3%, -10mm, 15%, 10~25mm 47% 程度となることが分かる。

IV. 結 言

現在起きている室蘭第4高炉の流鉄現象は送風圧の過大と共に多くなる傾向にあるため、これらの関係について検討した結果、主に高炉々内の通気性の悪化に伴うレースウェイの形状によって大きく影響を受けることが考えられる。

したがって高炉々内の通気性を改善してレースウェイを充分発達させれば、流鉄を少なくすることが出来るものと考えられるので炉内の通気性に大きく影響している焼結鉄について通気性の改善が可能となるような粒度分布を求めてみた。その結果、炉前焼結鉄粒度、8~10mm以下を15%程度に止めなければならないことが明らか

になった。最近、大型高炉での流鉄現象が従来の中型高炉に比べて多くみられる傾向にあるが、これは羽口風量の不足によつて炉芯の占める割合が増大したことによる大型高炉であるがために出て来た問題点の一つであると考えられる。したがってこれを避けるためには、すでにソ連などでも行なわれているように炉前に焼結鉄の篩分け装置を設置し篩分けを厳密に行なつて細粒のものを出来るだけ少なくするのも一方法である。

669,162,283:669,162,263,23
(18) 鉄鉱石の還元速度式の高炉モデルへの適用 63208

八幡製鉄所 戸畑製造所 深川 弥二郎
" 技術研究所 重見 彰利
" 戸畑製造所 O阿部 幸弘

Investigation of Iron Ore Reduction Rate in Blast Furnace. 1292~1294
Yajiro FUKAGAWA, Akitoshi SHIGEMI and Yukihiko ABE.

I. 緒 言

鉄鉱石の還元速度に関する式として種々報告され実験的に確められているが、実際高炉への応用については、今後の課題となつているといつても過言ではない。高炉内での還元速度を定量的に把握することは、実際高炉においてシャフトの各部よりガスを採取しこの成分より推定しおこなうことも一部に報告されてはいるが、未だ高炉操業要因との結びつきを得るところ迄解析されているとは思われない。当所技研では鉄鉱石の還元速度について多くの実験に基づき次式を導いている。

次式を利用し、高炉をモデル化し、実際高炉内における還元速度の推定を行ない、更に還元速度に影響をおよぼす鉄鉱石の種類、bosh gas の濃度、鉄石粒度などについて、各種要因の影響を考察した。これらの考察より高炉々内の還元速度について、還元ガス中に含まれるCO₂ガスの還元抑制作用および炉内の各部における熱収支、ひいては熱交換式の導入による炉内温度分布の推定を行ない、高炉内の還元速度をより実際高炉に近いものとする必要のあることを理解した。

II. 還元速度式

鉄鉱石の還元速度方程式として次式を挙げる。

$$K \cdot (co) \cdot T \cdot e^{-4H/RT} \cdot t = D(1 - \sqrt[3]{1-y}) \dots \dots \dots (1)$$

- ここに
 K: 鉄石種によつて定る還元速度恒数
 (co): ガス中の(CO)濃度(少数表示)なれど(H₂)の補正項が確立されていないので(CO+H₂)濃度として取扱う。
 T: 反応温度 (°K)
 4H: 活性化エネルギー (cal)
 R: 気体定数 1.986 (cal/deg)
 t: 反応時間 (mn)
 D: 鉄石粒度
 y: 還元率 (少数表示)

III. 高炉モデルへの適用

1) 推定条件

① 高炉プロフィール

戸畑 No.1 BF を想定し羽口中心線を O として高さ 2m 毎に 12 コに区分する. 最上段⑫の top は羽口より 24m の高さとなり通常操業における装入線である.

② 炉内温度

実測の報告²⁾³⁾を参照し Fig. 1 に示す如く炉頂で 200°C, 羽口より 14m の位置にて 1000°C, 6m の位置にて 1,200°C, 羽口面にて 1600°C, それぞれの間は直線とする.

③ 石灰石の分解速度

羽口より 18m にて分解を開始し 14m の位置にて終了するものとする.

④ 基準操業条件 (Table 1.)

Table 1. composition of burden in normal period.

One charge	Coke	Sinter	Sized ore	Converter slag	Lime stone	Total
Weight (t)	10	18.1	9.8	0.18	0.12	38.2
Volume (m ³)	24.21	9.63	4.18	0.09	0.08	38.19

Table 2. Characteristics of charging materials.

	T. Fe	FeO	O _{Fe-O}	Slagging amount	Iron amount	Mean size	Void	Bulk density
Sinter	58.5	10.0	23.85	16.5	62.6	20.2	0.542	1.879
Sized ore	62.0	7.0	25.63	5.7	66.3	20.4	0.419	2.344
Converter slag	19.9	25.7	5.72	60.4	21.0	25.2	0.4	1.97
Limestone	—	—	—	56.3	—	26.0	0.5	1.53
Coke	—	—	—	9.0	—	52.6	0.781	0.413

装入物の特性値は Table 2 に示す.

送風量 2300Nm³/mn, 送風湿度 35g/Nm³ dry, 出銑量 2400t/d (カーボンバランスよりソリューションロス 84.2kg/t-pig)

⑤ 推定範囲

固体-ガス還元域を考え羽口より 6m 以上の域とする.

2) 計算方法

(1) 式にて $k=K \cdot (CO) \cdot T \cdot e^{-\Delta H/RT/D}$ とおき, $y=[O]_{re}/[O]$ とすれば, ある還元率を得るに必要な t mn 後における微小時間 Δt mn 内に還元される O_{Fe-O} 量, $\Delta[O]$ は次式で与えられる.

$$\Delta[O]=3 \cdot [O]_0 \cdot k(1-kt)^2 \cdot \Delta t \dots \dots \dots (2)$$

i) K および ΔH の値

当所技研にて測定されている 2 種の鉱石について計算する. ゴア $K=0.0575$ $\Delta H=14,100$ cal

インド $K=0.0007$ $\Delta H=6,060$ cal

ii) (CO)

$$(CO+H_2) = \frac{(CO)_1 + (CO)_2 + (CO)_3 + (CO)_4 + (H_2)_1 + (H_2)_2}{(CO)_1 + (CO)_2 + (CO)_3 + (CO)_4 + (H_2)_1 + (H_2)_2 + (H_2)_3 - ([O]_0 - [O]_d - \sum \Delta[O]_{re}) \times 22.4/16 + (H_2)_3 + (N_2) + (CO_2)_1}$$

(CO)₁: 羽口前で発生する CO 量 (Nm³/h)

(CO)₂: Si, Mn, P の直接還元によつて発生する CO 量 (Nm³/h)

(CO)₃: O_{Fe-O} の直接還元によつて発生する CO 量 (Nm³/h)

(CO)₄: 還元ガス吹込みによる CO 量 (Nm³/h)

(H₂)₁: 送風中水分の還元によつて生ずる H₂ 量 (Nm³/h)

(H₂)₂: コークスから発生する H₂ 量 (Nm³/h)

(H₂)₃: 還元ガス吹込みによる H₂ 量 (Nm³/h)

(N₂): 送風空気よりくる N₂ 量 (Nm³/h)

(CO₂)₁: 石灰石の分解によつて発生する CO₂ 量 (Nm³/h)

[O]₀: O_{Fe-O} の装入量 (kg/h)

[O]_d: O_{Fe-O} の直接還元によつて還元された量 (kg/h)

$\sum \Delta[O]_{re}$: 各区分で還元された O_{Fe-O} 量の和
iii) Δt

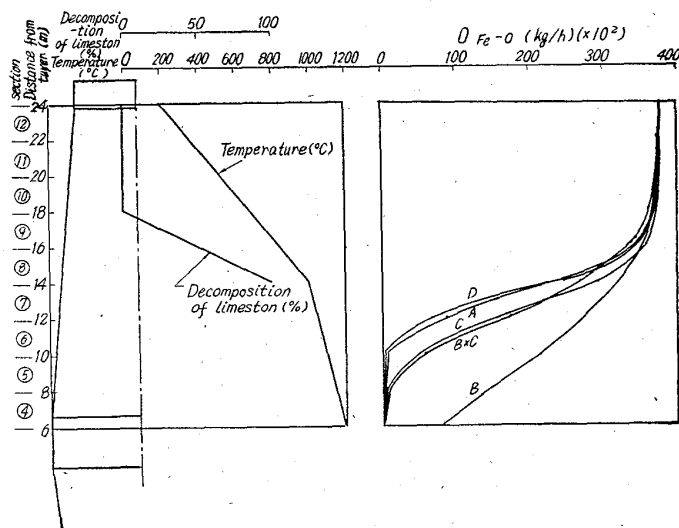


Fig. 1. Blast furnace model. Fig. 2. Reduction rate of iron ore in B.F.

各区分における炉内容積およびone chargeの volume より Table 3 の如く計算される.

3) 各種の計算結果

基準操業としてゴア並の還元性を持ち粒度 20mm で コークス比 550 kg に相当する鉱石量 (1 h 当りの O_{Fe-O} 装入量が 37,375 kg) の場合を想定し, 以下 Table 4 に示す如き 5 種の場合について計算した. 計算結果を Fig. 2 に示す.

Table 3. At in each section (calculated).

	⑫	⑪	⑩	⑨	⑧	⑦	⑥	⑤	④
Working volume Δt (mn)	72.30 20.3	83.37 23.4	91.16 25.7	99.35 27.8	107.83 30.2	116.73 32.9	125.97 35.2	135.51 38.0	145.18 41.0

Table 4. Conditions for some cases.

Case		A	B	C	B×C	D
Factor	K	Like goa	Like india	Like goa	Like india	Like goa
	D	20mm	20mm	30mm	10mm	20mm
	(CO)	Normal	Normal	Normal	Normal	Gas injection

IV. 考 察

(1) 鉱石種の影響

装入物の被還元性が、ゴア並のように非常に良好な場合とインド並のように良好でない場合の還元速度の差を見たが、還元開始温度は大体同様であるが、900~1100°Cの間における還元の差は非常に大きく、後者の場合羽口より6mの位置においてなお相当量の未還元酸化鉄を残し、実際操業下では bosh 部の熱バランスを明らかに崩壊すると想像される。

(2) 鉱石粒度の影響

ゴア鉱石について平均粒度 20mm と 30mm との差は、800°C 近くより現われ 1000~1100°C の間で O_{Fe-O} の残量が約 5.000 kg の差を生じているが以後羽口より6mの位置に達する頃までにはほとんどその差は僅少となる。一方インド鉱石について 20mm と 10mm の差を見たがゴア鉱石の 30mm の場合とインド鉱石10mm の場合の還元速度が大体同等となる。即ち鉱石の処理に際してその粒度目標をゴアを 30mm とするならばインドは 10mm を目標とすべきことを示している。

(3) 還元ガス濃度の影響

Bosh gas 中の還元ガス濃度を Table 5 に示す程度富化した場合の影響を見たが (1) 式より理解される如く、シャフト部において、CO₂ ガスによる還元抑制作用は考慮されていない。この為と推定されるが、(CO+H₂) ガス濃度差による還元速度差は非常に小さい。この事実は現在羽口より種々燃料を吹込み bosh gas 還元濃度を富化することにより効果をあげていることから考えて、そのメリットが単に (CO+H₂) の濃度上昇にあるのではなく CO₂ ガスの希釈に大きなメリットがあるのではないかと推定される。

Table 5. Composition of bosh gas.

%	CO	H ₂	CO+H ₂	N ₂
Gas injection perod	37.1	6.6	43.7	56.3
Normal perioP	33.5	3.4	36.9	63.1

V. 結 言

実験的に求められた鉄鉱石の還元速度式を実際高炉をモデル化して適用し計算より求めた結果、炉内温度一定という条件下では、鉱石の還元速度恒数の差によつて

大きく様相が異なり、鉱石粒度差による程度を把握し、(CO+H₂) 濃度差によつては、CO₂ の抑制作用を考えねば実際と合致しないことを理解したが、コークス比の推定、実際操業への応用については、更に熱交換、熱収支の解析を待つて結論せねばならない。

文 献

- 1) 児玉, 重見, 東: 製鉄研究第 237 号 (1961) 12, p. 3521~3536
- 2) GERHARD HEYNERT, etc: Stahl & Eisen 80 (1960) 23, Juni p. 856
- 3) B. I. キタエフ: 高炉物理・化学的基礎と最新の実際製鉄

669.162.266.42:669.162, 266.2
622.349.42:669.295

(19) 溶鉱炉における高 TiO₂ 装入物使用試験 63209

八幡製鉄

工博 辻畑敬治・白石芳雄・工博 児玉惟孝
嶋田正利・内平六男・重見彰利・○彼島秀雄
Blast Furnace Operation under TiO₂-
bearing Iron Ore Charging. 1294~1296

Dr. Keiji TSUJIHATA, Yoshio SHIRAIISHI,
Dr. Koretaka KODAMA, Masatoshi SHIMADA,
Mutsuo UCHIHIRA, Akitoshi SHIGEMI
and Hideo KANOSHIMA.

I. 緒 言

高炉に砂鉄などの含 TiO₂ 鉱石を多量に使用すると、流銑、銑滓羽口の溶損などの問題を生じ、順調な高炉操業を妨げるので、現状では TiO₂ 装入量には限度があり、操業速度が比較的速い場合、銑鉄 t あたり 8 kg 以下である。当社の試験高炉を使用して高 TiO₂ 操業時の炉内現象を研究した結果、TiO₂ 装入量が増加すると炉内に部分的に Ti 含有量の高い流動性の悪い銑鉄を生じ、この銑鉄は出銑の際にも十分炉外に流出せず炉内に残留し有効貯銑量を減少させることをみとめた。この対策として炉床に鉄鉱石などの酸化剤を吹込み Ti の滓化を促進することは砂鉄などの含 Ti 鉱石の処理法として