

	Oil	COG	Sinter	Metallic charge
(Charges in unit amount)	(±1 kg / t)	(±1 m ³ /t)	(±1%)	(±1 kg / t)
Changes in coke rate	4BF: ±1.07 5BF: ±1.62	±0.78	±1.3	±0.3
	Si in pig	Coke ash	Blast temp.	Blast moisture
(Charges in unit amount)	(±1%)	(±1%)	(±100°C)	(±1 g / m ³)
Changes in coke rate	±75	±10	±25	±0.74

装入鉱石粒度範囲を縮小し、平均粒度を低下させてコークス比低下を期待できるのは、炉内ガス分布の改善と鉱石表面積の増大に伴うガス還元率の上昇がその主因であるが、炉内通気性の改善に伴って送風温度上昇、送風湿分低下を図ることができることも考えられる。Table 2 表中の補正コークス比Aはこのような考慮に基づいて送風温度、送風湿分については補正を行なはなかつた場合のコース比である。この場合4, 5高炉ともに27 kg / t のコークス比低下という結果になった。

しかし燃料吹込を行なっている高炉では送風温度、送風湿分の取扱いはかなりの問題点を含んでおり、整粒前後の羽口前理論燃焼温度の比較からも、送風温度上昇、送風湿分低下をすべて鉱石整粒によるものと断定できないので、これらについても補正を行なつたのがTable 2 中の補正コークス比Bである。これによると4高炉で19 kg / t、5高炉で14 kg / t、ともに約3%のコークス比低下となつた。

このような大巾なコークス比低下は前述のように鉱石表面積増大、炉内ガス分布改善による結果であると考えられ、その効果はガス還元率や間接還元率などに表われてくる筈であろうが、これらの中間変数は燃料使用量や焼結鉱使用割合などによつても変動するので、操業結果から抽出することはできない。

(ii) 出 鉄 量

実績からは4, 5高炉とも9.6%の出鉄増となつた。コークス燃焼量一定という考えからは約3%の出鉄増が推定されるが、整粒による生産性向上はコークス比低下と送风量増加の二面の効果が考えられる。

過去の実績から風圧/風量におよぼす ore/coke の影響が知られているが、整粒前の操業結果からこの関係を図2, 3に示す。同図中に整粒後の結果を併せ示したが、これによると同一 ore/coke でも整粒後には風圧/風量は低下しており、さらに増風が可能であつたと思はれる。

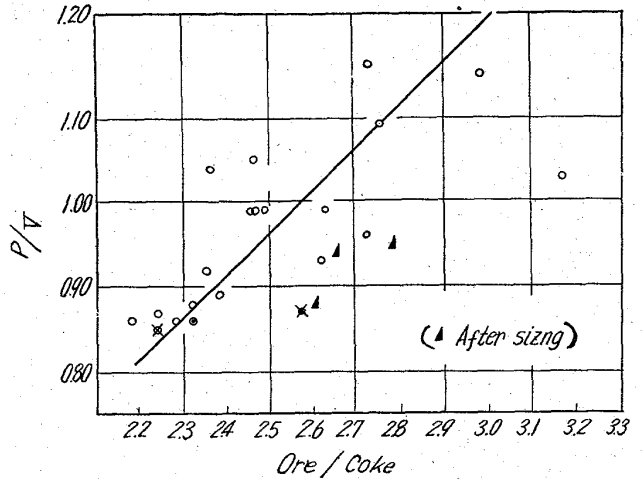
(iii) 炉 況

ガス分布改善、通気性向上により風圧/風量は大巾に低下し、棚スリップも減少して、炉況は安定した。

IV. 結 言

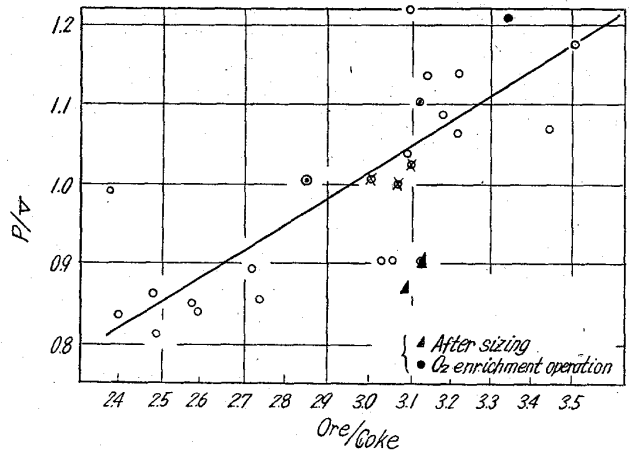
(i) 東田高炉において鉱石粒度を10~40mmより8~30mmに変更して操業した。

(ii) この粒度変更によりコークス比3%低下となつた。



(H4BF S. 37.8~S. 38.8)

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



(H. 5BF S. 37.8~S. 38.9 r=0.794**)

Fig. 3. Relation between ore/coke and blast pressure/blast volume.

(iii) 生産性は実績9.6%の上昇を示したが、風圧/風量などの検討によるとさらに増風が可能である。

iv) 風圧/風量は低下し、棚スリップも減少して、炉況は大巾に安定した。

669.162.24, 669.162.263.43

(17) 重装入の装入物分布およびガス流通分布に与える影響について

八幡製鉄所, 技術研究所 No. 64179
工博 児玉 惟孝・重見 彰利
斧 勝也・○彼島 秀雄

Effect of the Heavy Charge on Gas-Flow and Material Distribution in a Blast-Furnace Stack. pp1596~1599

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI, Katsuya ONO and Hideo KANOSHIMA.

I. 結 言

高炉への燃料吹込によつて ore/coke は飛躍的に増加

したが、ore/coke の増加に伴う装入物分布、炉内ガス流通分布の変化を模型装置を使用して検討し、重装入時での最適な装入物性状、装入方法を求めるための実験を行なった。

II. 実験装置および実験条件

(1) 実験装置

実験装置は当所洞岡第 2 高炉の 1/15 シャフト模型でその概略を Fig. 1 に示した。本装置は縦方向に半裁してガラス面として、装入物分布およびガス流通分布を視覚的に観察することができる。シャフト部には、24 個の圧力測定孔を備え、下部から装入物を一定速度で降下させるフィーダーを備えている。装入物としてはコークス、鉍石、焼結鉍を使用し、平均粒度、粒度構成が高炉使用粒度の 1/15 になるように篩分け使用した。

(2) 実験条件の検討

模型実験においては実験の組立てや結果の解析には相似論的規準に則した考え方が必要である。充填塔における通気性実験に関する次元解析の結果、静止層での圧力損失は Reynolds 数および Froude 数の冪積で示すこ

とができ、またホッパーからの炉内への装入物の落下に関しては、この他に装置の幾何的相似性が必要である。一方高炉のごとく巨大な設備の縮小模型実験においては、装入物粒度は必然的に小さくなり、この結果充填層が流動を開始する流速は小さく、静止層域で実験を行なうとすれば送風条件に制約を受けることとなる。以上の観点から簡単な仮定をもうけた計算の結果、常温の空気を流体として使用する場合、装入物の流動化速度が送風条件を制約し、密度の大きい装入物を使用せぬ限り、模型装置では大型高炉との流体力学的相似性は満足できない。したがって今回の実験では装置および装入物の幾何的相似性を重視し、送風条件はシャフト下部の装入物が流動化せぬ範囲にとどめ、実験要因および水準を次のように定めた。

コークス単位装入量 2.0kg/ch, 3.0kg/ch
 ore/coke 2.5, 3.5
 送風量 1.0Nm³/min, 1.5Nm³/min,
 2.0Nm³/min

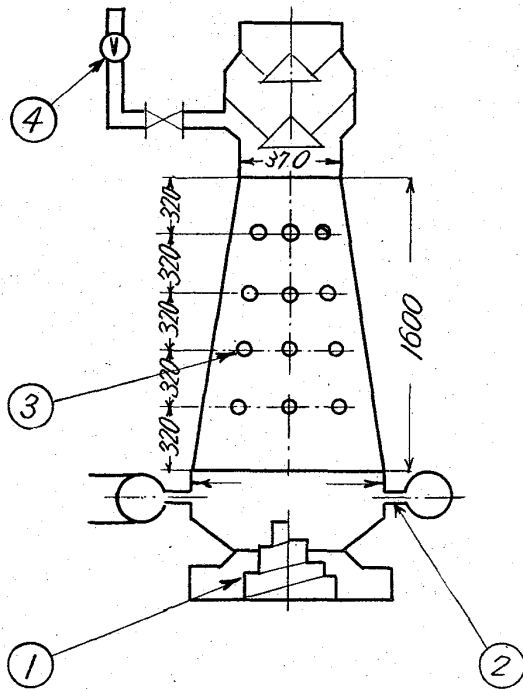
III. 装入物分布

(1) 実験方法

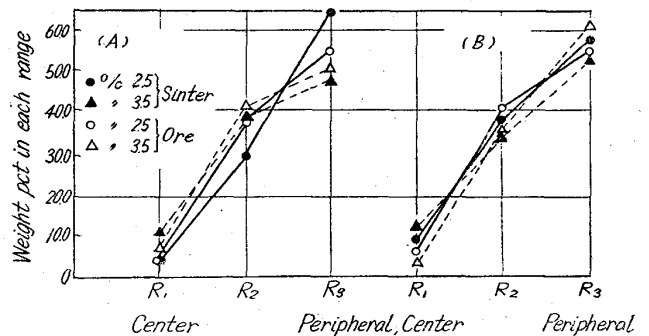
シャフト模型の装入線までコークスを装入した後、コークス、鉍石の順序で 1 回装入した後、シャフト下部からフィーダーによつて装入物を切りだし、装入物上端を装入線まで降下させる。これを繰返して装入物を入れかえた後、炉頂部に装入した 1 チャージ装入物を炉口断面で同心円状同一面積を有する採取具で R₁ (中心部), R₂ (中間部), R₃ (周辺部) に 3 分割して採取し解析に供した。

(2) 実験結果および考察

1mm 以下の細粒鉍の炉内分布を Fig. 2 に示したが、



① Spiral Feder ② 25φ×6 tuyeres
 ③ Measurement tap for furnace pressure ④ Flow meter
 Fig. 1. Model apparatus of blast furnace stack.



A: Coke base: 2kg B: Coke base: 3kg
 Fig. 2. Distribution of ore fines in each range of throat cross-section.

Table 1. Distribution of materials in the throat of the model.

Coke base kg/ch	Ore/ Coke	Range I (Cental part)			Range II (Intermediate part)			Range III (Peripheral part)		
		Coke weight %	Ore weight %	Ore/ Coke	Coke weight %	Ore weight %	Ore/ Coke	Coke weight %	Ore weight %	Ore/ Coke
3.0	3.5	27.31	16.98	2.18	32.08	40.15	4.39	40.66	42.87	3.91
3.0	2.5	30.12	14.62	1.21	32.23	41.60	3.25	37.65	43.78	2.60
2.0	3.5	28.65	15.00	1.83	32.93	42.21	4.48	38.42	42.79	3.98
2.0	2.5	31.44	14.21	1.13	31.63	43.13	3.29	36.93	42.67	2.99

これから粉鉱石の 50~60%が炉周辺部 R_3 に分布し、これは ore/coke, コークスペースの変化によつてあまり変化しない。 R_1, R_2, R_3 各領域の鉱石, コークスの粒度構成をしらべたが、明らかにコークス, 鉱石の大塊は炉中心部に偏析し、粉鉱石の大部分は炉周辺に落下するから、炉中心部の平均粒度は炉周辺に比し装入平均粒度の約 20%程度大きい。

また Table 1 に炉口断面各域での ore/coke の分布, および鉱石, コークスの分布状況を示したが、各領域での鉱石分布量は炉周辺 R_2, R_3 は中心部 R_1 に比し多く、 R_2, R_3 域の ore/coke は R_1 にくらべかなり大きくなる。ore/coke が同一の場合はコークスペースが少なくなると炉周辺の ore/coke は高くなり、またコークスペースが同じ場合は ore/coke が増加して、単位装入鉱石量が増加すると鉱石が炉の中心部に流入しやすくなることが認められた。

IV. シャフトにおけるガス流通分布

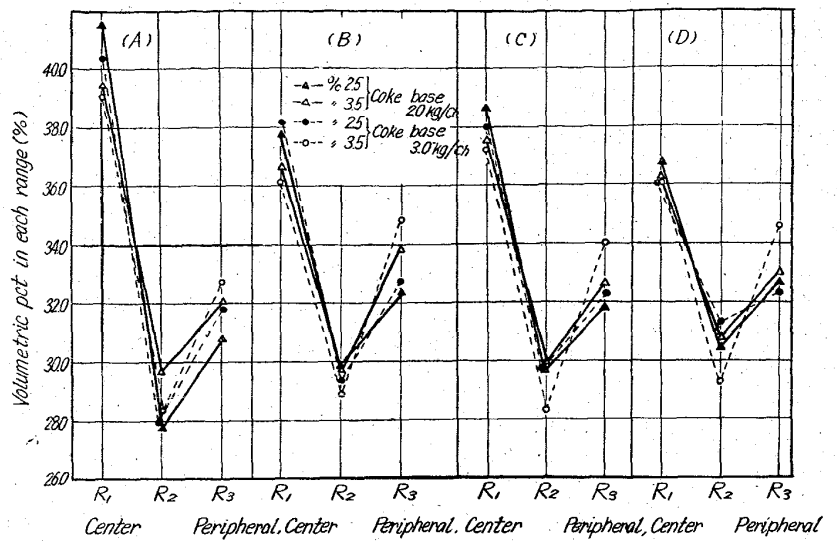
1. 炉内上昇ガスを追跡する方法

(i) 実験方法

シャフト模型を半裁ガラス面として、装入鉱石を Cu-Cl_2 水溶液に浸漬し適当に乾燥後装入し、 $1.0\text{Nm}^3/\text{min}$ の送風中に羽口環状管入口部で H_2S ガスを富化し、 $\text{H}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 \rightarrow 2\text{HCl} + \text{CuS}$ 反応にて鉱石を着色させ、この着色面が上昇する様子を比較して流通分布を定性的に調べた。

(ii) 実験結果および考察

ガラス面上の着色パターンを Fig. 3 に示した。図より定性的に次のことがいえる。すなわち ore/coke の上昇によつて周辺流が増加し、ore/coke が同一の場合はコークスペースが少ない方が炉中心部付近の等流量面が



(A) Ore, Blast Volume $1.0\text{Nm}^3/\text{min}$
 (B) Ore, Blast Volume $2.0\text{Nm}^3/\text{min}$
 (C) Sinter, Blast Volume $1.0\text{Nm}^3/\text{min}$
 (D) Sinter, Blast Volume $2.0\text{Nm}^3/\text{min}$

Fig. 4. How distribution in each range of throat cross-section.

広くならかな曲線となる。これはコークスペースが少ない場合、中心部での鉱石層がうすく、通気抵抗が減少するためと考えられる。

2. 炉口断面各部の流量測定による方法

(i) 実験方法

シャフト部でのガス流通分布について定性的に把握できたので半裁ガラス模型を円形シャフト模型に復元して炉口部に装入物分布実験の場合と同様に固心円状同一面積をもつ3断面に分割するフードを挿入し、各部分の流量を測定して流通分布を検討した。流量の測定には導管および流量計における抵抗を極力なくするよう配慮し、風車型風速計で流量計測を行なつた。

(ii) 実験結果および考察

装入鉱石として焼結鉱と生鉱石を使用し、流通分布の結果を Fig. 4 に示した。横軸には炉口断面における各領域 R_1 (中心部), R_2 (中間部), R_3 (周辺部) をとり、縦軸には全流量に対する、各域の流量 % を示した。これより ore/coke が増加すると、周辺流が増加していることが認められ、この傾向はコークスペースが高いほど大きくなり、全体として流通分布は均一化する傾向にある。また焼結鉱を使用した場合も生鉱石の場合と同様に ore/coke の増加によつて周辺流は増加し、中心流は減少しているが、生鉱石の場合に比して炉口断面各部の流量差は小さく、流通分布は均一化する方向に向う。ore/coke の増加, コークスペースの増加によつて周辺流が増加する原因については ore/coke の増加によつて単位装入鉱石が増加すると鉱石が炉中心部に流入することが装入物分布実験の結果認められ、また圧力損失を測定した結果、鉱石単位装入量が大いほど圧力降下が大い点からも炉中心部の通気性を劣化させるためであると考えられる。したがって鉱石

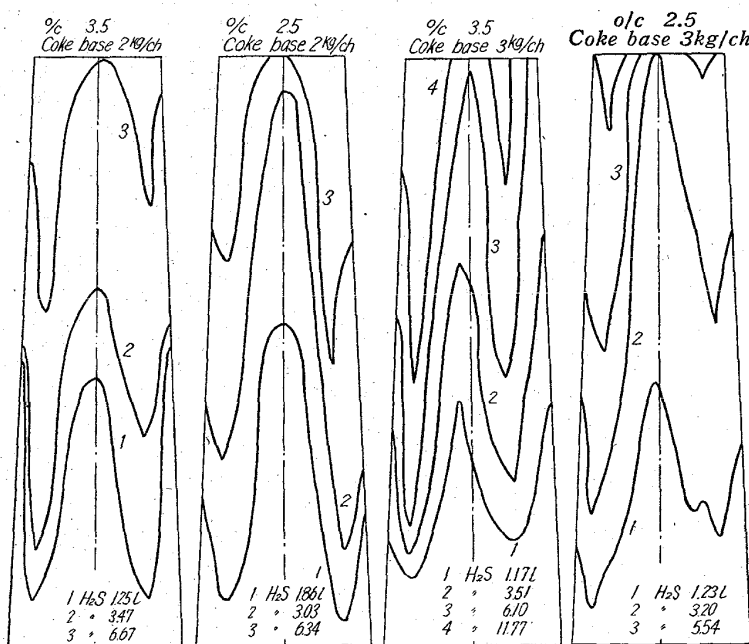


Fig. 3. Pattern of flow-distribution.

単位装入量の増加は鉄石還元面よりみれば好ましいと考えられるが、高炉操業上重装入に伴うシャフトでの圧力損失を減少させる必要のある場合、あるいはシャフト冷却板破損などのため、内部操業が望ましい場合にはコークスペースを減少させるか、適当なベースの鉄石ベース装入法は有効な方法である。

V. 結 言

当所洞岡第 2 高炉の 1/15 シャフト模型を使用して ore/coke の増加に伴う装入物分布、ガス流通分布の変化について検討した。その結果、

(1) 炉内に装入された粉鉄石の 50~60% は炉周辺部に分布し、これは ore/coke、コークスペースによつて大きな変化はない。

(2) 装入物粒度は炉周辺と中心部では約 0.45mm 程度異なりこれは装入平均粒度の約 20% に相当する。

(3) 炉内における ore/coke は炉周辺、中間部は中心部に比しかなり高く、コークスペースが減少すると、この差は大きくなることが認められ、単位装入鉄石量が増加すると鉄石が炉の中心部に流入することが判つた。

(4) ガラス面を利用したガス流通分布実験の結果、炉内流通分布は ore/coke の上昇によつて、周辺流が増加することが認められ、ore/coke が同一の場合はコークスペースの少ない方が炉中心部付近の等流量面はなだらかになり、炉中心部の流通性は良好となる。

(5) 流量測定による流通分布実験の結果、ore/coke が増すと全流量に対する周辺流の割合が増加し、ore/coke が同一の時はコークスペースの高いほど、周辺流は増加することが認められた。

(6) 焼結鉄を使用した場合も生鉄石の場合と同様の傾向を示すが、生鉄石に比し、周辺流と中心流の流量差は小さく、全体として流通分布は均一化してくる。

(7) 以上総合すると、炉内のガス流通分布は装入物分布によつて大きな影響を受け、ore/coke の増加、あるいはコークスペースの増加によつて、単位装入鉄石量が増加すると炉中心部に鉄石が流入しやすくなり、全流量に対する周辺流の割合が増加し、装入物層の圧力損失も増加することが認められた。この傾向は還元面より見れば好ましいと考えられるが、増風などの操業上、重装入に伴う圧力損失あるいは冷却板破損などの問題で炉内通気性を改善するには、コークスペースを減少させるか、あるいは適当なベースの鉄石ベース装入法が有効な方法である。

669.162.227

(18) 室蘭第 3 高炉の高圧操業について

富士製鉄、室蘭製鉄所 No. 64180
山田 竜男・竹川 利夫
永井 忠弘・野崎 充

High Top-Pressure Operation of Muroran No. 3 Blast Furnace. pp. 1599-1601

Tatsuo YAMADA, Toshio TAKEKAWA,
Tadahiro NAGAI and Mitsuru NOZAKI.

I. 緒 言

室蘭第 3 高炉は昭和 38 年 1 月 10 日火入れしたが、そ

の後の操業は高圧操業の実施によつて、きわめて高い生産性を示している。ここに火入れ後約 1 年間の操業実績と、その間高圧操業の効果を調査するために行なつたいろいろの試験の結果について報告する。

II. 火入れ後の操業経過

Fig. 1 に火入れ後約 1 年間の操業実績を示す。火入れ当時は市況悪く生産を抑制していた。4~5 月は生産を抑制したまま高圧操業に移りコークス比の低下をはかり、6 月から漸次増産態勢に入つた。11 月以降完全にフル操業に入り、出鉄比 1.7 以上 (2070 t/day) を記録している。さらにコークス比の低下をはかるため、9 月から重油吹込みを開始した。昭和 39 年に入つてからも、前年に引き続いて同様な高い生産性を示しており、コークス比は 450 kg/t 程度まで低下している。

III. いろいろの高圧試験

高圧操業のコークス比および生産性に対する効果を調査するため、4 次に行なつたいろいろの高圧操業試験を行なつた。これらの結果を Table. 1 に示す。

(1) 第 1 次および第 2 次試験

高圧操業によりコークス比が低下するかどうかを低い操業率 (第 1 次) および高い操業率 (第 2 次) のおのおの場合について調査した。この試験により、炉頂圧を高めると低い操業率においてはコークス比はかなり低下するが、高い操業率においてはその低下の度合いが小さくなること、同時に高圧操業によれば、高い操業率においても安定した操業が保証されることが判明した。

(2) 第 3 次テスト

室蘭第 3 高炉の生産性の限界を追求するため、11 月に高出鉄試験を行なつた。試験は最初炉頂圧力 0.5 kg/cm² で開始したが、増風とともに若干の棚つりを生じてきたので最終的には 0.7 kg/cm² に上げた。これによつて高炉操業上何らの障害もなく出鉄比 2.0 の壁を破り、11 月 11 日には 2.02, 17 日には 2.05 を記録した。この試験から、炉前作業で若干の改造を行なうならば、常時 2,500 t/day の出鉄も可能であることがわかつた。

(3) 第 4 次試験

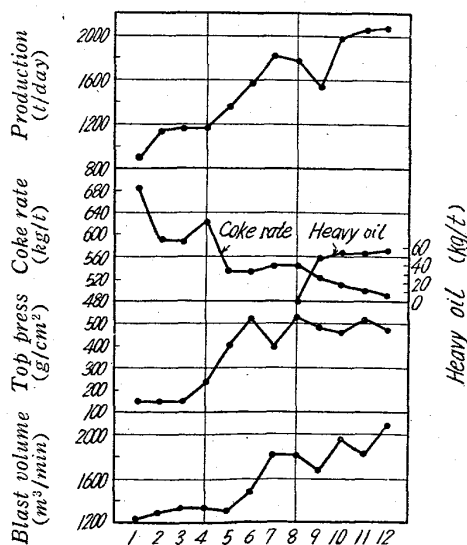


Fig. 1. The operation results of Muroran No. 3BF in 1963.