

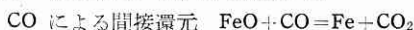
1 屯試験高炉における装入物の分布について

金 森 研 究 室

1. ま え が き

製鉄用の溶鉄炉（高炉）は、鉄鉱石の還元、鉱石中の脈石の分離、鉱滓および鉄鉄の溶融などの機能をもっているが、これらの機能が、炉内を上昇するガスと、降下する装入物（コークス・鉱石・石灰石）との相互作用によって実現されることに、その基本的特徴がある。すなわち、炉頂から装入された原料（荷）は、羽口から吹込まれた熱風によってコークスが燃焼するにつれて降下してゆくが、このさい、燃焼によって生成され炉頂へ上昇してゆくガスによって加熱され、還元され、さらには溶融されて鉄鉄と鉄滓とに分れて湯溜へ滴下する。

したがって、ガスと荷との間の熱的、化学的エネルギーの交換の良否は、最終生成物である鉄鉄の温度や成分を支配し、高炉の能率に決定的な影響をおよぼすことになる。たとえば、高炉内の還元には



の二つがあり、前者はわずかではあるが発熱反応であり、後者はいちじるしい吸熱反応である。もし CO ガスによる還元が十分行われず、炉の下部での直接還元の割合が大きくなれば、炉は冷え、燃料の消費量は大きくなり、しかも鉄鉄の品質は悪化する。

ガスと荷との熱的、化学的エネルギーの交換が十分に行われるためには

- (1) 固体装入物の粒度が一様で、かつ通気性を妨げない程度にできるだけ細かいこと。
- (2) 炉の水平断面における荷の分布が一様であること。
- (3) ガスが炉の同一水平断面上の各点を等しい速さで通過すること。

つまり荷とガスの分布が一様で、その接触が最大であることが望ましいことはいうまでもない。

しかし実際の操業条件では、このような条件をみたすことは、理論的にも、経済的にも不可能であって、荷とガスの分布は、多かれ少なかれ不均一になることは避けられない。

そこですべての高炉技術者は、それぞれの高炉の構造、原料事情および操業条件に適した分布を実現するよう努力しているというのが実情である。

一般には、ガスが炉壁に沿って上昇する傾向（周辺流）が強まることも、中心部を多く通ることも望ましくなく、周辺と中心との中間部をかなりの量のガスが通ることが望ましいとされており、これに適応した荷の分布を保証するように、装入装置・ストックラインの高さ・コークス、鉱石の装入順序などを調整するのが普通である。

当所の 1 屯試験高炉では、昨年第 1 次、第 2 次の操業を行ったが、このさい種々の事実は、多量の鉱石が十分還元されずに降下し（これを「生降り」という）、炉の下部で直接還元が行われていることを示し、この原因が、荷の分布不良にあるのではないかとみられた。

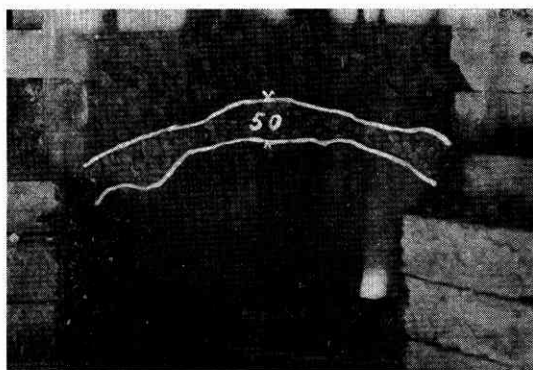


写真-1

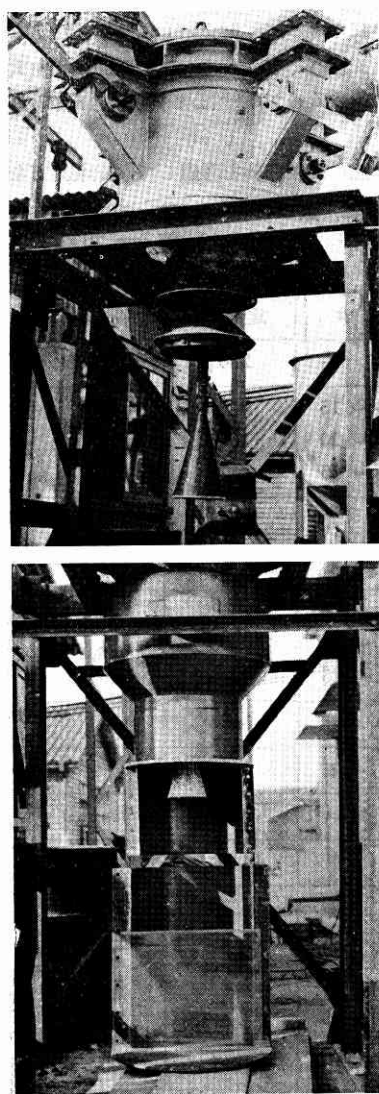
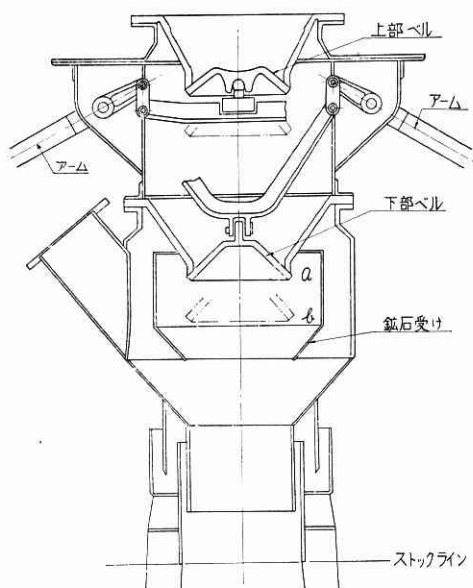
そこで昨年 9 月第 2 次炉を解体する前に、ストックライン付近の分布を調べたところ、写真-1 のように中心部の高い山形（convex）の分布形を示した。このような分布形では、ガスが壁際を通り抜ける傾向は極めて甚だしくなり、荷はこの部分を急速に降下するため還元不十分になることは避けられない。

もともと小型炉は、内容積に比べて表面積が大きくなるため、熱放散が大きく、炉が冷え易い傾向がある。したがって生降りは小型炉にはことに大きな影響を与えるのであり、これを防ぐことは炉の順調な操業には必要不可欠である。

よってこの原因をつきとめ、その対策をたてるために、装入物分布試験を行った。以下これについて述べる。

2. 試験装置

試験装置として縮尺模型を使うと、原料の粒度や装入方法などできるだけ実物に相似にせねばならず、困難を



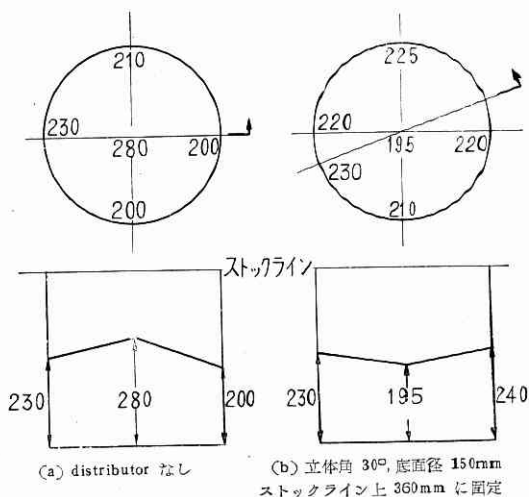
↑ 第 1 図
← 写真-2
ともなうので、
実際の装入装置
(第 1 図, 写真
-2) を使用し
たが, ストック
ライン付近の煉
瓦積の部分は鉄
板を加工して製
作した。荷を落
したとき, その
上面の形状を調
べるとともに,
内部の分布状態
を調べることが
できるように,
透明なプラスチ
ック製の分離板
を使用して垂直
断面を観測した。
(写真-3)
また, 鉄板製の
同心円の 3 個の
環状分離板を使
用して, 周辺部・
中間部・中心部
の装入物の分布
を定量的に調べ
た。

← 写真-3

3. 試験結果

(1) 第二次操業までの分布状態とその原因

まず第二次操業までの装入物分布状態を調べるため、装入バケットに 10~25 mm のコークス 20 kg を入れ、第 2 図の装置により装入し、ストックラインにおける分布形を調べてみた。第 2 図 A はその 1 例で、やはり中心部が高く周辺部の低い convex な分布を示している。



(a) distributor なし (b) 立体角 30°, 底直径 150mm
ストックライン上 360mm に固定

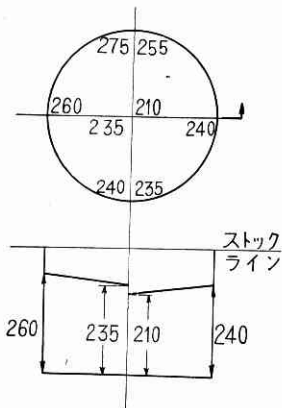
(註) 数字は底面からの高さ

第 2 図 条件, コークス 10~25 mm, 20 kg
ストックライン上 360 mm に固定

次に装入バケットにコークスと粒度 5~10 mm の鉬石および石灰石を入れて装入した場合、分布形がどうなるか、またこれらの装入順序を変えた場合どうなるかを調べてみた。この結果、コークス+鉬石の場合も、コークスだけの場合と同じ分布形をとるが、装入後のコークスと鉬石との混合状態は、バケットへの装入順序およびバケット内の分布状態によって変ることが分った。すなわち、バケットの下の方に鉬石類を入れ、その上にコークスを入れた場合には、ストックラインに装入した後、鉬石類は下の方に多く集まるが、バケットに入れる順序を逆にした場合には、炉内装入後コークスと鉬石は完全に混合する。

また、これらの装入物をシュートからバケットに入れるとき、バケットの一方側だけから投入するために装入物はバケット内の一方に片寄る。そのためそのまま炉内に装入すると、バケット内の不均一がそのまま炉内分布に反映することが明らかになった。

なおまた、当然のことであるが下部ベルの降下状態が、分布に大きな影響をもっていることが分った。下部ベルのアームはワイヤーで吊り、それを同時に引き上げるので、そのワイヤーの不对称はベルの降下を片寄せ、ストックラインにおける荷の分布を不均一にする (第 3 図)。



第3図 コークス 15~25 mm
20 kg プラスチック
分離板使用

なるのは、下部ペルを a 位置から b 位置に下げ、原料が炉内に入るときに、鉱石受けに当って中心部に集まり、そのまま炉の中心部に落下した後周辺に転って、ある安息角(約 20°)に落付くためであることが分った。

したがって、この分布形を変えて大型炉で採用されている V 型または W 型に近いものにするためには、炉頂装置を変えなければならぬが、このような大改造は建家の関係やその他の理由で困難なので、下部ペルの下に円錐状の distributor をとりつけて、中心部に落ちてゆく原料を周辺部に散らしてやることを考えた。

(2) distributor を取付けた場合の分布形

下部ペルに取付ける円錐状 distributor としては、上昇ガスの通路を狭めないために、底面の径ができるだけ小さいこと、装入物を入れすぎた場合に円錐が装入物面にぶつかる恐れを少なくし、またなるべく低温度にして耐久性をますために、その底面位置がなるべく高くなることが望ましい。

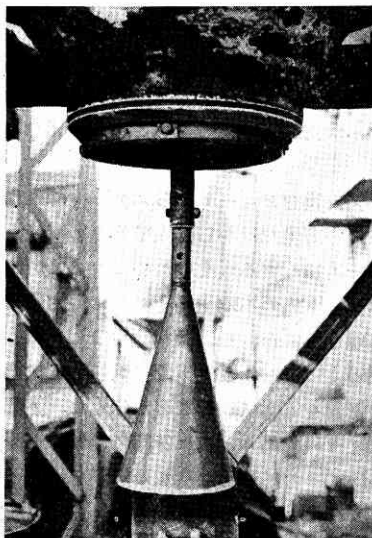


写真-4

これらの条件を満足するようなものを見出すため、立体角 20°, 25°, 30°; 底面の径 150 mm, 200 mm, 250 mm をいろいろ組合せたものを、写真-4 のように下部ペルにとりつけ、ストックラインからの距離を 360 mm から 610 mm までに変えて試験した、写

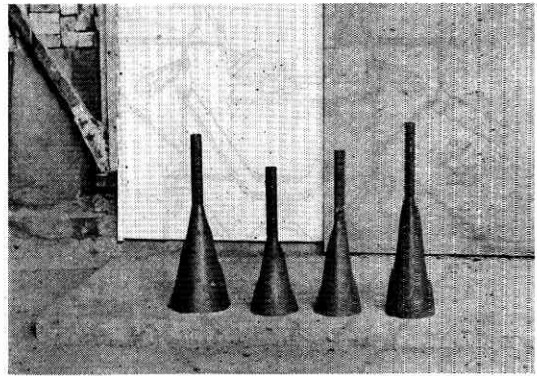


写真-5

真-5 は使用した distributor の一部である。

これらの試験でもっともよい成績を示したのは、立体角 30°, 底面の径 150 mm のものを、ストックラインから 360 mm 上に取付けた場合で、この場合の分布形は第 2 図 B の如く、完全に中心の低い concave で周辺部と中心部との高さの差は平均 30 mm であった。

また、円錐の位置を高くするためには、底面の径を大きくし、立体角を小さくしてゆけばよいことが知られた。

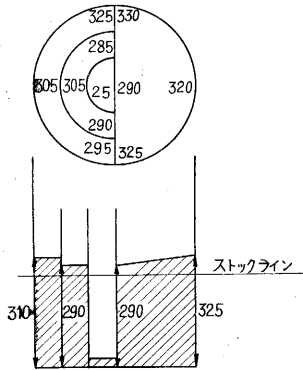
以上の結果と前述した条件とを考慮して、操業上安全

第1表 条件、鉄石 5~10 mm 10 kg
コークス 10~25 mm 20 kg
環状分離板使用

デ ー タ		重量 kg	%	
A	鉄石	2.6	30.95	
	コークス	10 ~ 15	2.0	23.8
		15 ~ 20	1.05	12.5
		20 ~ 25	2.75	32.73
	小 計	8.4	100	
B	鉄石	2.5	44.64	
	コークス	10 ~ 15	1.3	23.2
		15 ~ 20	0.65	11.6
		20 ~ 25	1.15	20.53
	小 計	5.6	100	
C	鉄石	0.054		
	コークス	0.044		
計		14		
D	鉄石	5.2	32.91	
	コークス	10 ~ 15	3.6	22.78
		15 ~ 20	2.7	17.09
		20 ~ 25	4.3	27.22
	計	15.8	100	

に操作しうる distributor として、立体角 20°、底面の径 200 mm のものを採用した。

次にこの distributor を使用して、先に述べた分離板で、中心部・中間部・周辺部の三つの部分に分けて、コークスの粒度の違いによる分布状態と、鉬石の分布の割合を調べた。



第 4 図

のが転ってゆくことが分った。

コークスの粒度による分布の相異は、5~10 mm・10 mm 前後・10~15 mm・15~20・10~25 mm の 5 種類について試験したが、前二者はほとんど平らになるか、少し convex な分布をし、後三者は concave の分布をした。

次に、これに 5~10 mm の鉬石を使用し、コークス 20 kg、鉬石 10 kg の割合で装入した。分布の傾向はコークスだけの場合と大体同じで、鉬石は中間部にやや多い状態ではらまかれた。

この場合、分離板を装入を終えた後差し込んで、定量的な考察をする予定であったが、容易に差し込むことができず、止むを得ず最初から設置しておき、そこへ荷を落してやった。その代表例は第 1 表および第 4 図のよう

一方、他の試験によってもっとも望ましい粒度は、コークス 10~20 mm、鉬石および石灰石 5~10 mm と指摘されたが、この試験結果によって前述の distributor は、これらの粒度の原料を使っても望ましい分布形を与えることが分った。

以上の試験結果を参考にして、第 5 図のような下部ベルと円錐を一体にしたものを製作して、第三次操業に使用した。

操業の前に実際の炉について分布試験を行ったが、やはり concave の分布形（中心と周辺の差平均 20 mm）を示した。

ただ下部ベルのアームの捲揚が不均一になると、ストックラインにおける分布も不対称になる。

操業に当っては、まず下部ベルが正確に垂直に上下するように設置し、操業中には、常に左右のアームが均一に動くように注意する必要がある。

4. あとがき

実際に、送風を行ってコークスを燃焼し、ガスが上昇し、荷が降下している場合には、静止状態の場合とは分布形が変わるといわれている。したがって、下部ベル改造後に行った第 3 次操業中の分布形も、必ずしもこの実験のときと同じではなかったと考えられる。

しかし第 3 次操業のさい、シャフト中段で採取した炉内ガス分析値（第 2 表）によれば、CO₂ は周辺と中間部では 1~2 % でほとんど等しく、中心部は 5 % 以上である。このことは、中心部でガス流速が遅く、周辺部と中間部では速いことを示しているが、同時に、周辺部と中間部との差がないことは、かなり多量のガスが中間部を通ることを物語っており、少なくとも異常な周辺流・中心流の発達がさげられたとみてよい。

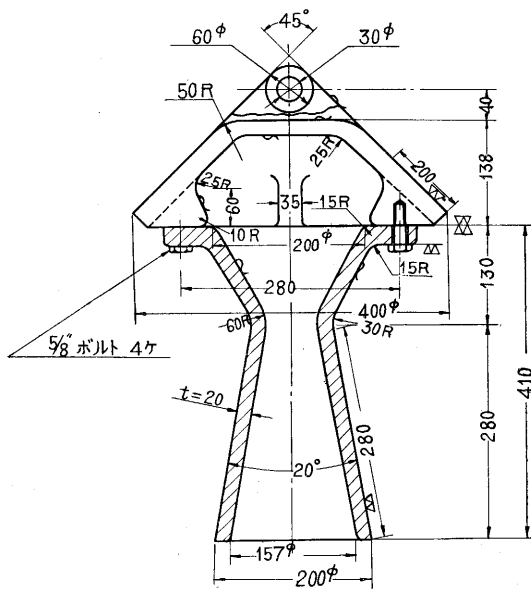
第 2 表 炉内ガス分析

		CO	CO ₂	O ₂	圧力 mmAg	温度 °C
a	中心部	28.3	5.2	0.5		
	周辺部	28.1	1.8	0.3		
b	中心部	28.0	7.8	0.2	225	
	中間部	34.3	1.0	0.2	225	
	周辺部	33.1	1.4	0.1	235	1260

実際第 3 次操業では、生降りはまったく認められず、間接還元率も約 50 % で、炉況は終始好調を続けた。

このことは、装入物の粒度を細かく揃えたこととともに、装入物の分布の改善によるところが大きかったと思われる。

(1956. 10. 23)



第 5 図