

Fig. 3. Relation between T and  $\frac{d^2y}{dt^2}$

密接な関係があることを確認したが、更に数的に相関性を求めた。前述の如く炭素析出量と時間は2次曲線で表わされるので今後の計算を容易にするため、それを微分し、加速度を求めた。その結果を Table 1 に併記した。この炭素析出加速度( $\frac{d^2y}{dt^2}$ )と棚吊時間 (T) の関係を Table 1 の No.1~No.22 までの結果について Fig. 3 にプロットした。これを直線回帰してえられた式は(2)式の如くである。

$$T = -110.083 \log 10 \left( \frac{d^2y}{dt^2} \right) - 210.21 \dots (2)$$

但し、T: 棚吊時間 (mn)

$$\frac{d^2y}{dt^2}: \text{炭素析出加速度 (g/mn}^2\text{)}$$

この回帰曲線の分散分析表を Table 2 に示す。

Table 2. Variance analysis.

Factors	S	$\phi$	V	F <sub>0</sub>
R	56871.7	1	56871.7	266.172**
e	4273.3	20	213.665	—
T	61145	21	—	—

この表から明らかなように1%以下の危険率で相関性が認められ、(2)式で回帰出来る。

(3) 炭素析出加速度と鉱石中の FeO、および還元ガス中の CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 濃度との関係

Fig. 2 で明らかなように炭素の析出状況は赤鉄鉱系鉱石と磁鉄鉱系鉱石とは全く異なり、前者は後者に比べ炭素析出速度が可成り大きい。これは両者の還元性の相異により、一酸化炭素分解反応の触媒作用の程度が違って来るとと思われる。従つて鉱石中の FeO と炭素析出加速度の関係を調査した。また、還元ガス中の CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 濃度も炭素析出加速度と関係があるので同時に相関性を求めた。その結果鉱石中の FeO、還元ガス中の CO、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> 濃度と炭素析出加速度とはほぼ直線的な関係が得られたので、これらを重回帰分析してみた。得られた回帰式は(3)式の如くである。

$$\frac{d^2y}{dt^2} = 10^{-3} [-0.15101(\text{FeO}) + 0.33977(\text{CO})$$

$$-0.23296(\text{CO}_2) + 0.16615(\text{H}_2) - 4.9545] \dots (3)$$

但し、 $\frac{d^2y}{dt^2}$ : 炭素析出加速度 (g/mn<sup>2</sup>)

(FeO): 鉱石中の FeO%

(CO): 還元ガス中の CO%

(CO<sub>2</sub>): 還元ガス中の CO<sub>2</sub>%

(H<sub>2</sub>): 還元ガス中の H<sub>2</sub>%

(FeO)、(CO)、(CO<sub>2</sub>)、(H<sub>2</sub>) の偏回帰係数の有意性を統計量 t<sub>0</sub> で検定した結果、次に示すように (H<sub>2</sub>) を除けばいずれも危険率1%以下で有意性が認められた。

$$t_0(\text{FeO}) = -5.2467^{**}$$

$$t_0(\text{CO}) = 2.9894^{**}$$

$$t_0(\text{CO}_2) = -4.0656^{**}$$

$$t_0(\text{H}_2) = 1.5503$$

(3)式から明らかなように鉱石中の FeO が増すと即ち磁鉄鉱系鉱石に近くなると炭素析出加速度は小さくなり、また、還元ガス中の CO が増すと大きくなり、CO<sub>2</sub> が増すと小さくなる事が確認された。ただ還元ガス中の H<sub>2</sub> は触媒作用があるといわれているが、10%まで添加してもその影響は認められなかつた。

(4) 棚吊時間と ore/coke、粒度との関係

3~5mmの赤鉄鉱のゴア鉱石およびコークスを層状に充填し、その ore/coke を 2.5 から 3.5 まで変化させたが、ore/coke の上昇に伴わずかに棚吊時間は短くなるが、信頼性の得られる相関は認められなかつたので更に多くの鉱石にまた、鉱石の粒度を 3~5 から 20~25mmまで変化させた結果、粒度が小さいほど、棚吊時間は短縮される。しかし、これは実験装置を大型にしたため、諸条件が異なり、回帰式にまとめることが出来なかつた。

#### IV. 総 括

高炉の炭素析出による棚吊性を推察すべく、小型シャフト炉で実験を行い、炭素析出加速度を基礎として棚吊時間との関係を求め、(2)式および(3)式を得た。これらの式に諸条件を代入すれば棚吊性を推察することができる。実際の高炉では炭素析出の起る 300~650°C の間を装入物が通過する時間は当社の代表的な高炉について計算した結果約 49mn であり、それ以上の棚吊時間では棚吊りが生じにくいと思われる。

#### (5) 高炉模型による装入物分布試験

(高炉装入物分布の研究—I)

富士製鉄釜石製鉄所

土居の内孝・八塚 健夫

庄野 四朗・駒木 俊一

Distribution Test with a Blast Furnace Model. 12/3~12/5

(On the distribution of burden materials of the blast furnace—I)

Takashi DOINOCHI, Takeo YATSUZUKA

Shirō SHŌNO and Shunichi KOMAKI.

#### I. 緒 言

高炉々頂における装入物分布は炉内の通気性並びに装

入物の降下状況を左右すると共に炉の能率、ひいては炉の経済性を左右するものである。しかるに、装入物分布特性は装入原料の性質、装入装置及び装入方法により異なり、中でも装入装置の構造による影響が大きいと思われるが、これが実際にどのような効果を持っているかを把握することは難しい問題である。本報では釜石 No.2 B.F. のスキップ式マッキー型装入装置に於る分布特性を検討するために模型装置を使用して試験を行なった。

II. 試験装置および方法

試験装置は Photo. 1 に示す如く釜石 No.2 B.F. (1,600 t/d) の模型(縮尺 1/10)をもちいた、装置の半割した面には装入物分布状態を観察出来るようにガラス板を設け、更にシャフト部には原料を上下可能なシリンダー方式を採用して装入物の降下状況を再現できるようにした。原料装入部には2台のスキップを設置して原料を交互に装入が行えるようにし、旋回ホッパーは任意の回転角度で原料装入ができるようにした。さらに装入物中のコークス量の水平分布を測定するためにシャフト内に同心のリングを設け各リング内に入った原料を化学分析して装入物中のコークス量を求めた。

試験用装入原料としてはコークス:3~9mm, 鉄鉱石(石灰石):1~6mm とし、装入量は ore/coke 比 2.3 を基準とし、コークスペースを 3.0kg とした。

III. 試験結果

装入原料が分配器からシュートして衝突板に当たり、さらに反撥してストック面に分布する時の原料の落下抛物線は分配器からシュートする抛物線と反撥後の抛物線とに分けて下方に斜に落下する2つの抛物線函数として表わされる。すなわち、Fig.1 に示す如く、原料が  $V_0$  の速度で分配器の角度  $\theta$  で投げられたとすると水平距離 ( $x$ ) と垂直距離 ( $y$ ) は次式で表わすことが出来る。

$$x = V_0 \cdot t \cdot \cos \theta \dots\dots\dots (1)$$

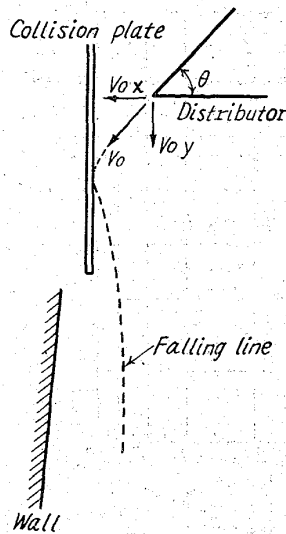


Fig. 1. Falling lines of the burdens from the distributor.

$$y = V_0 \cdot t \cdot \sin \theta + g \cdot t^2 / 2 \dots\dots\dots (2)$$

従つて、原料の落下抛物線方程式は上式より次式で表わされる。

$$y = \tan \theta \cdot x + g \cdot x^2 / (2V_0^2 + \cos^2 \theta) \dots\dots (3)$$

併しながら、この落下抛物線は分配器における各原料の摩擦係数および衝突板での反撥係数によつて異なり、試験用原料について測定した各原料の係数は下記の如くである。

原料名	粒度(mm)	摩擦係数	反撥係数
コークス	3~9	0.48	0.093
石灰石	1~6	0.57	0.059

本試験では落下速度に対する摩擦係数の複雑化から計算を簡易にするために各原料を分配器からシュートした時の衝突板で反撥する位置を測定し、抛物線方程式を計算した。公式(1)、(2)および(3)により各原料について求めた落下抛物線は下記の如くである。

原料名	分配器から衝突板迄	反撥後
コークス	$y = 11.8x + 0.08x^2$	$y = 13.29x + 8.88x^2$
鉄石	$y = 1.18x + 0.11x^2$	$y = 16.84x + 19.94x^2$

すなわち、原料の落下状態は各原料によつて異なり、衝突板での反撥後の抛物線は鉄石よりコークスが炉中心側に幾分寄つて落下し、ストックラインが深くなるに従つてその傾向が大きくなる事がわかる。

ストックラインを変えた時の装入物分布状態をPhoto. 2に示す。これはストックラインが0.5~2.5mの装入時であり、いずれもM型分布状態である。さらに各ストックラインの深度による原料中のコークス量の水平分布をFig. 2に示すが、やはりストックラインを深くするに従つて炉中心側のコークス量が多くなるために通気性が良好になることが認められる。

一方、高炉の ore/coke は普通操業時(平炉用鉄吹製)で2.5~2.8であるが、重油その他の燃料吹込操業によりコークス比の低下と共に著しく上がり、超重装入状態となる。そのような状態での装入物分布を検討するためにコークスペースを一定にして ore/coke 比が高く

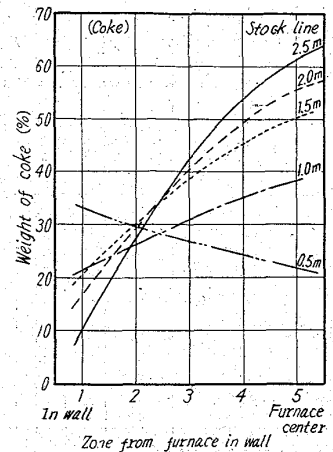


Fig. 2. Effect of stockline height on horizontal distribution of coke in the burden stack.

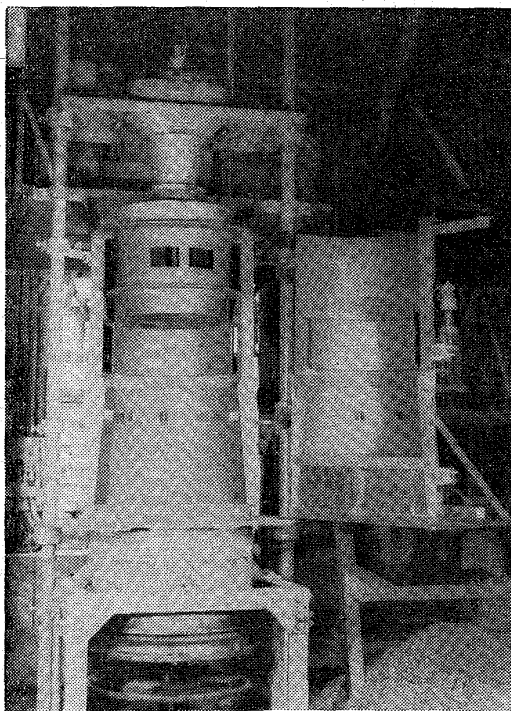
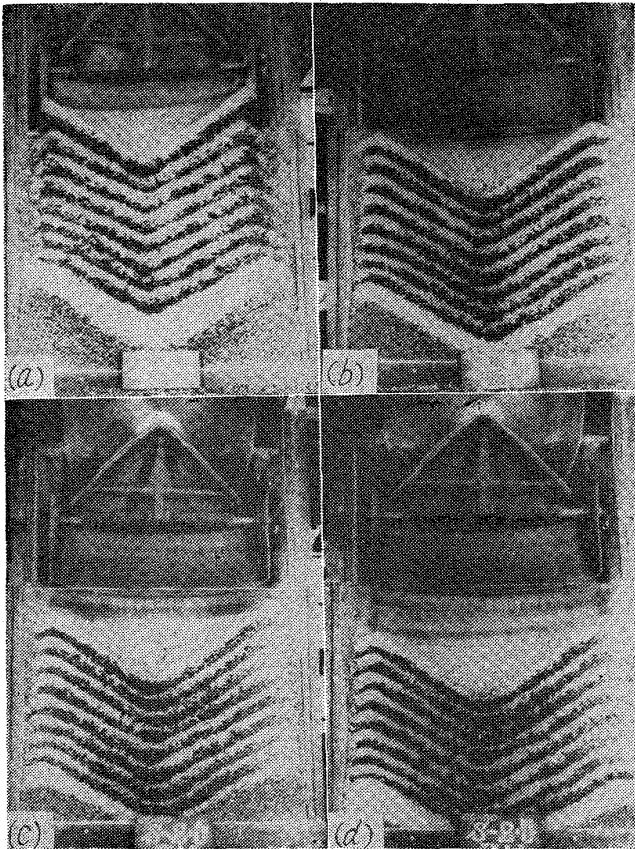


Photo. 1. Test apparatus.



Stockline : (a) 0.5m, (b) 1.5m, (c) 2.0m, (d) 2.5m  
 Photo. 2. Distributions of burdens on different stocklines under normal charging conditions.

なつた場合と鉄石ベースを一定にして ore/coke 比が高くなつた場合について試験を行つたが、いずれの場合でも ore/coke 比が高くなると炉中心部に塊鉄の分布が多くなり、炉壁側特に、山の位置では粉鉄が多く分布して鉄石層の厚みが増すために炉中心部は通気性がよく炉壁に近い山の部分では通気性が低下すると推察される。

以上の他に原料粒度を変化させた場合および装入量を変化させた場合の装入物分布についても検討を行つた。

669, 162, 241, 669, 162, 215.2  
 (6) 実際高炉における装入物分布の調査

62186  
 (高炉装入物分布の研究—Ⅱ)

富士製鉄釜石製鉄所

1215~1217  
 土居の内孝・八塚 健夫  
 庄野 四朗・駒木 俊一

On a Distribution of Burden Materials in Blast Furnace Practice.

(On the distribution of burden materials of the blast furnace—Ⅱ)

Takashi DOINOCHI, Takeo YATSUZUKA,  
 Shirō SHŌNO and Shunichi KOMAKI.

I. 緒 言

第 1 報では模型装置を使用してスキップ式マッキー型

装入装置を有する釜石 No.2 B.F. の装入物分布特性を検討した。本報では実際高炉におけるステラー型および衝突板を有するマッキー型装入装置による分布特性を比較検討するために炉頂装入装置の調査結果および実物大の装置により分配器からの原料の落下状態を求め、釜石 No.2 B.F. の吹入れ填充時の測定結果と結びつけて分布特性を考察した。

II. 試 験 結 果

実際高炉で使用する装入原料は種々の粒度組成からなりたち焼結鉄の如く比較的球状化のものと南方系の粘性鉄物では分配器からシュートするときの落下速度が異なり、衝突板での反撓のしかたも変つて来る。従つて実際高炉の各ストックラインにおける装入比\* の変化を求める場合、各原料別に計算することは複雑であるので本試験では原料としてコークス粒度：30~100mm、鉄鉄石（インド鉄およびゴア鉄）：5~60mm について原料を実物大装置の分配器からシュートさせて衝突板での反撓位置を各々測定し、釜石 No.1 B.F. および No.2 B.F. について原料の落下抛物線および装入比を求めた。

(1) 分配器からの原料の落下状態

装入装置は Fig. 1 に示す如く釜石 No.1 B.F. はステラー型であり、No.2 B.F. は衝突板を有するマッキー型であつて各々異つた装入装置を有している。

分配器から原料をシュートした時分配器の先端から衝突板での反撓位置は下記の如くである。但し、No.1 B.F. の場合、鉄鉄石の反撓位置は装入装置の調査結果である。

原料名	No.1 B.F.	No.2 B.F.
コークス	690mm	990mm
鉄鉄石	860mm	1150mm

次に第 1 報の公式(1), (2)および(3)より落下抛物線を求めると下記の如くである。

分配器から衝突板迄、コークス:

$$\text{No. 1 B.F.} \quad y = 0.92x + 0.005x^2$$

$$\text{No. 2 B.F.} \quad y = 1.19x + 0.01x^2$$

分配器から衝突板迄、鉄鉄石:

$$\text{No. 1 B.F.} \quad y = 0.92x + 0.010x^2$$

$$\text{No. 2 B.F.} \quad y = 1.19x + 0.015x^2$$

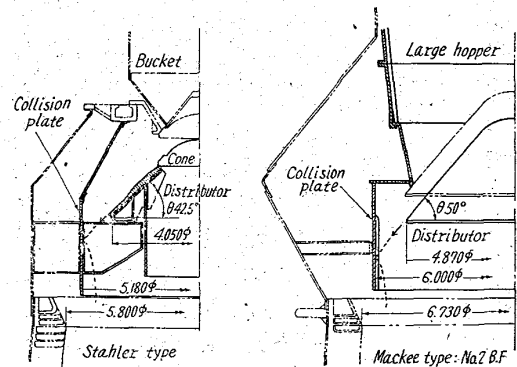


Fig. 1. Charging apparatus of the top at Kamaishi No. 1 and No. 2 B.F.

\* 装入物頂点間距離を炉頂径で割つた値を装入比とす。