
高炉の貯鉱槽およびベルレス装入装置における焼結鉱粒度変動とその制御

Size Segregation of Sintered Iron Ore in the Charging System of a Bell-less Top Blast Furnace

福武 剛(Tsuyoshi Fukutake) 藤田 勉(Tsutomu Fujita) 田中 康雄(Yasuo Tanaka)

要旨：

当社千葉第 6 高炉の装入原料粒度の経時的变化を調べる目的で、焼結鉱貯鉱槽と、サージホッパー炉頂バンカ間の模型により粒度偏析を調査した。貯鉱槽内における粒子のフローパターン、滞留時間分布および粒度変動測定の結果、粒子は funnel flow を呈し、大きな粒度変動を生じることが判明した。貯鉱槽での粒度変動を低減させるために整流板を配置した。整流板形状の選択により、粒度変動が 1/2～1/3 に低減することがわかった。さらに、ベルレス装入高炉の炉頂バンカの経時的粒度変化を明らかにするため、炉頂バンカ内粒子の滞留時間分布と粒度変化の測定を行った。その結果、整流板、filling chute を各槽に組み合わせて用いれば、炉頂バンカ内の粒度変化を制御できることが判明した。

Synopsis：

Size segregation of sinter in one bins and bunkers of the bell-less charging system was studied by using a small scale model of Chiba No.6 blast furnace. Observations of flow patterns by means of coloured particles and measurements of retention time distribution by the use of tracer particles were made to understand the size segregation behavior. A funnel flow and a wide variation in the size of discharged particles were observed in each bin or bunker. In the case of the ore bin, a decrease in size segregation was aimed at and a flow control insert of an appropriate size and location was found effective in decreasing size fluctuation by 1/2 to 2/3. Control of the manner of the size variation of the sinter as it was discharged from the furnace top bunker was studied for better control on burden distribution at the furnace top. It was found that a wide variety of the manners of size variation could be achieved by a combined use of a flow control insert and a filling chute at both the surge hopper and the furnace top bunker.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

高炉の貯鉱槽およびベルレス装入装置における 焼結鉱粒度変動とその制御

Size Segregation of Sintered Iron Ore in the Charging System of a Bell-less Top Blast Furnace

福 武 剛*
Tsuyoshi Fukutake

藤 田 勉**
Tsutomu Fujita

田 中 康 雄***
Yasuo Tanaka

Synopsis:

Size segregation of sinter in ore bins and bunkers of the bell-less charging system was studied by using a small scale model of Chiba No. 6 blast furnace.

Observations of flow patterns by means of coloured particles and measurements of retention time distribution by the use of tracer particles were made to understand the size segregation behavior. A funnel flow and a wide variation in the size of discharged particles were observed in each bin or bunker.

In the case of the ore bin, a decrease in size segregation was aimed at and a flow control insert of an appropriate size and location was found effective in decreasing size fluctuation by 1/2 to 2/3.

Control of the manner of the size variation of the sinter as it was discharged from the furnace top bunker was studied for better control on burden distribution at the furnace top.

It was found that a wide variety of the manners of size variation could be achieved by a combined use of a flow control insert and a filling chute at both the surge hopper and the furnace top bunker.

1. 緒 言

一般に粒状物を貯槽に貯えた後排出するときに、排出粒度が経時的に変化することはよく知られていて、その発生の定性的な機構についてもすでに明らかにされている^{1~4)}。しかし、貯槽での粒度変動を定量的に予測する方法はまだ報告されていないようである。

ところで、製鉄原料である鉱石類は、原料装入装置によりコークスと交互に、間欠的に高炉に装入される。ベルレス装入装置を備えた当社千葉第6高炉の場合 (Fig. 1 参照) は、鉱石類は貯鉱槽

から計量ホッパーにいったん排出され、サージホッパーに集合して炉頂バンカーに至り、傾斜角を変えながら旋回する分配シュートにより、落下位置を半径方向に変化させながら高炉内に装入される。

鉱石類の大部分を占める焼結鉱は、粒度分布の幅が5~50mmと最も大きいので、槽通過時に粒度変動が大きくなりやすい。

まず貯鉱槽は、原料の生産と消費の一時的な不均衡を平準化する役割をもち、相当量の原料が常時貯留されている。貯鉱槽での排出時の粒度変動は、高炉への装入チャージごとの粒度変動を起こし、高炉内の局所的な異常や、ひいては全体の炉

* 水島製鉄所製鉄部製鉄技術室主任(課長)・工博

*** 千葉製鉄所企画部企画開発室

[昭和57年1月9日原稿受付]

** 千葉製鉄所企画部企画開発室主任(課長)

況悪化に結びつきやすいため、操業成績は悪くなる。焼結鉱の貯鉱槽は通常複数個設けられているが、各貯鉱槽における粒度変動の低減が高炉への装入チャージごとの粒度変動の低減に結びつく。

一方、サージホッパー、炉頂バンカーでは、装入のつど全部の原料が排出される。炉頂バンカーにおける排出時の経時的な粒度変化は、高炉内での原料の半径方向の粒度分布に影響を及ぼす。この粒度分布は、装入物の通気性分布、すなわち炉内のガス流分布に影響を及ぼすため、装入物分布制御の一環として、これを適正に制御する必要がある。

以上の考察から、高炉の貯槽を貯鉱槽とサージホッパー、炉頂バンカー系とに二分し、前者においては粒度変動を減少させる手段の開発を、また後者においては粒度の経時変化を制御するための適切な手段の発見を本研究の主目的とした。

2. 貯槽における粒度変動の発生

貯槽における粒度変動発生の機構はおおよそ次のようである¹⁻⁴⁾。

貯槽の上部中央から粒状物を装入すると、円錐状の堆積が形成される。円錐の頂点に落下した粒状物は斜面上を流れて周辺部に達するがこの過程で槽の中央部に細粒が、外周部に粗粒が多く集まり、いわゆる粒度偏析が発生する。

通常の貯槽では、槽下部のしぼり部の傾斜角がゆるいため、排出時には、排出口上方の細粒がいわゆる funnel flow になってまず排出され、次に中間部、外周部の粒子が逆円錐状斜面を中央に向か

って移動し、混合・排出される。この移動のさいに、残りやすい細粒が最後に排出される。

このようにして排出時の粒度変動が発生するが、その大きさは主として装入物の粒度分布の幅と槽構造に依存する。

3. 実験方針

貯槽における粒度変動の抑制、または制御方法を見いだす目的で、Fig. 1 に示す千葉第6高炉の貯槽の模型を作成した。粒度変動の制御は堆積状態と流動状態の制御により実現されるので、模型実験では単に排出粒度の測定のみではなく、槽内の流動状態を明らかにするためにフローパターンの測定、トレーサー粒子による粒子滞留時間分布の測定を行った。

3.1 貯 鉱 槽

1回の装入・排出に伴う、貯槽内の原料の堆積レベル変動を小さくすると、排出時の粒度変動が小さくなることは一般に知られている。しかし、このような場合貯槽の全容量を限定して一部しか有効利用しないことになり好ましいことではない。そこで粒度変動の低減方法を検討するさい、貯鉱槽の有効容量をできるだけ減じない方法を検討の対象とした。

3.2 サージホッパー、炉頂バンカー系

これらの槽は1チャージに相当する原料を受け入れ、排出してそのつど空になる。この場合も排出時の経時的な粒度変化が起こる。

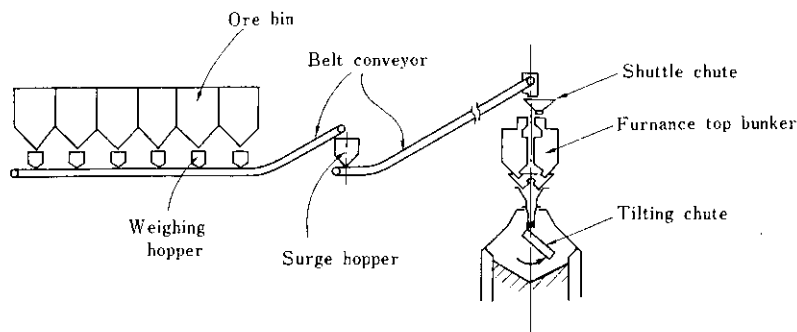


Fig. 1 Schema of charging bunkers of a bell-less top blast furnace

サージホッパーに一定の粒度分布をもつ焼結鉱を供給して以後の実験を進めた。サージホッパーに供給される焼結鉱の粒度は、貯鉱槽での粒度変動や、計量ホッパーでの経時的粒度変化により変わるが、多数の装入チャージを平均的にみればサージホッパー、炉頂バンカー系で系統的に発生する経時的粒度変化に対して無視できるからである。

炉頂バンカーから排出される焼結鉱に関しては粒度変化の大きさを必ずしも抑制するのではなく、粒度変化パターンを変えることにより装入物分布を制御する一手段を得ることを主眼として、整流板や filling chute を槽内に設置し、粒子の流動状態や堆積状態を変化させて実験した。

4. 貯鉱槽における粒度偏析と粒度変動

4.1 実験方法

4.1.1 実験装置

貯鉱槽内のフローパターンと粒度変動を調査するための実験装置を Fig. 2 に示す。実験装置は千葉第6高炉の1/16 模型である。特定の切断面を透明板とした切断模型により槽内を観察するという従来多用されている方法で生ずる余分な壁面（切断面）の影響をさけるために、実装置全体の模型

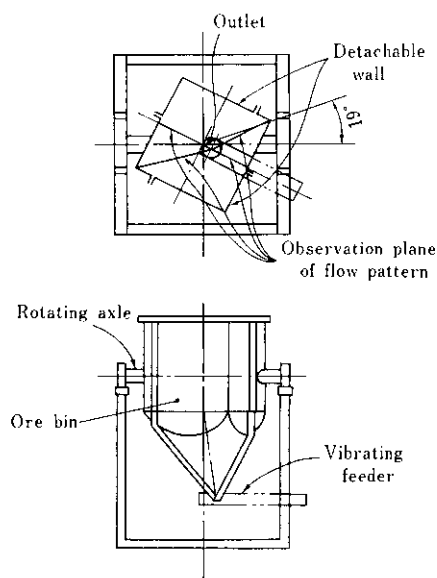


Fig. 2 An experimental model of an ore bin

を作成した。槽上部断面の中心と、槽下部排出口断面の中心とは同一鉛直線上になく偏心している。

槽内のフローパターンの観察を行うために、槽を傾動可能とし、外壁の一部を取り外し可能にした。また貯鉱槽での排出粒度変動の調査のために、フィーダー出口で排出粒子を一定量ごとに分割採取するため、排出口下部に流量調整可能なフィーダーを設けた。槽内粒子のフローパターンを変える手段として、槽内に直径の異なる整流板を、位置を可変にして設置した。

4.1.2 フローパターンの測定方法

粒子のフローパターンを追跡するために、槽内に焼結鉱粒子と着色した焼結鉱粒子を水平層状に交互に充填した後、排出フィーダーにより所定量排出した。排出後槽内上部空間に焼結鉱を充填し、上蓋を閉め槽を 90° 傾動し外壁の一部を取り外し、槽内の焼結鉱の一部を吸引除去し、観察したい断面を露出させてから粒子層形状を記録した。フローパターンは装入物の粒度、排出量を変え、整流板の有無、寸法、取付位置の異なる槽について記録した。

4.1.3 槽内滞留時間の測定方法

粒子の滞留時間分布を次のような方法で測定した。まず焼結鉱を槽内に充填する途中で適宜装入を中断、表面に印をつけたトレーサーを焼結鉱層の所定位置に挿入した。その後排出粒子を一定量ごとに採取し、この採取試料の中からトレーサーを分別する。トレーサーの滞留時間はそれまでに排出された粒子の合計量に見合うものと仮定し、槽満量に対する合計排出量の割合(%)で表示した。

4.1.4 粒度変動の測定方法

一定の粒度構成の原料を貯鉱槽に供給積付けするために、Fig. 3 に示す原料供給装置を用いた。焼結鉱の粒度分布の幅を4区分し、4個のホッパーに貯え各ホッパーからの切出し量を調整して切出し速度を所定の値にした。切出し速度は、ホッパー重量を連続的に測定するロードセルの記録値の時間変化に基づいて調整した。実験に用いた粒子の粒度構成は、実機原料とほぼ対応するように、

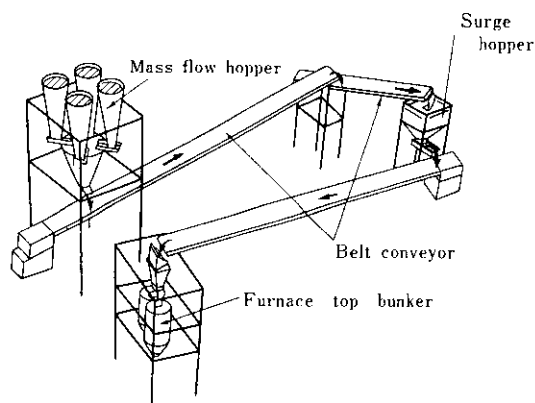


Fig. 3 Experimental apparatus for testing variation of particle size of sinter in the surge hopper and the furnace top bunker

Table 1 (A) に示すものとした。

装入物の粒度分布，装入速度，装入位置（槽中心または偏心），槽内残量，整流板の有無，寸法，取付位置を変えて粒度変動の測定を行った。排出速度は，実験中偏析に大きな影響を及ぼさないことがわかったので，以後の実験では実験変数としなかった。粒度変動は，排出した粒子を 3 kg ずつ分割採取し，それぞれの縮分サンプルをロータップふるい分け器で粒度分析し，その調和平均径の変化として求めた。再現性向上のために一定量切り出し，同量装入を 2 回繰り返す，ほぼ定常になった後 3，4 回目の測定値を解析に用いた。

4-2 槽内の流動状態

Fig. 4 に所定量排出後の槽内観察断面のトレー

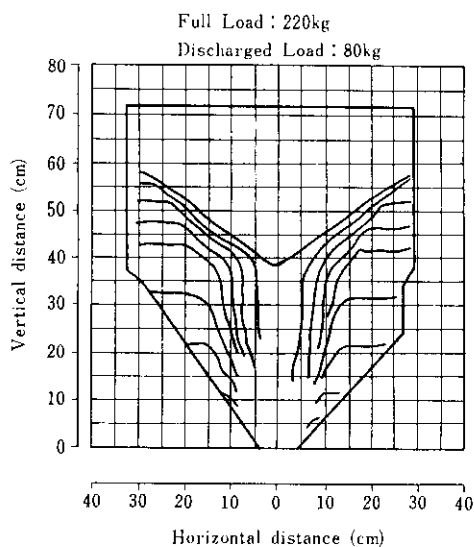


Fig. 4 A typical example of flow pattern of sinter in a model bin

サー層の形状を例示する。得られたフローパターンの特徴は次のとおりである。

- (1) 排出口の中心軸に対してほぼ対称である。
- (2) 表面近傍では，粒子層は焼結鉱層表面の傾斜角に近いが，それよりもやや大きい傾斜角を示し，中心部へ向け斜めに降下している。図示しないが粒子径が大きくなるとこの領域も広がる。

つぎに，中心の流動域を拡大するために，槽内に整流板を設けた。実験初期に整流板の中心線と槽上部断面の中心線とを一致させた場合，フローパターンは非対称となったため，前者を排出口断面の中心線に一致させたところ，フローパターン

Table 1 Particle size distribution of sinter used in experiments

(A) In the case of ore bin

Hopper No.	Particle size (mm)	Planned (%)	Measured (%)
1	0.30~0.42	0	11.4
	0.42~0.59	31	30.5
2	0.59~1	29	30.1
3	1~1.41	16	11.4
	1.41~2	12	10.2
4	2~2.8	7	4.0
	2.8~4	5	2.1
$\bar{D}_p$		(mm) 0.799	(mm) 0.664

(B) In the case of surge hopper or furnace top bunker

Hopper No.	Particle size (mm)	Planned (%)	Measured (%)
1	0.30~0.42	0	3
	0.42~0.59	10	17
2	0.59~1	15	9
3	1~1.41	15	26
	1.41~2	20	26
4	2~2.8	25	14
	2.8~4	15	7
$\bar{D}_p$		(mm) 1.26	(mm) 0.995

はほぼ対称となったので、以後の実験はこの位置に定めた。この場合のフローパターンの例を Fig. 5 に示す。焼結鉱層表面は整流板のない場合とほぼ同様な逆円錐状となるが、流動領域が拡大する。Fig. 5 (a) で整流板上方の円筒部分では、トレーサー層間の鉛直距離は半径方向ではほとんど変わっていない。そして整流板上方で半径方向の粒子の移動が起こるのは、整流板の径を底辺とする直角三角形の斜辺の近傍である。

Fig. 6 は、整流板の有無による流動状態の違いを模式的に示したもので、整流板がない場合は極端に中心流が強くなり、これに対して整流板を設置すると中心部の流動域が広がり、かつ均一になる。

次に、Fig. 7 に貯鉱槽容量の53%相当の焼結鉱の排出、装入を繰り返したときの、粒子の滞留時間分布を示す。整流板がないときは、Fig. 7 (a) に示すように、中心部の長円形状の領域がまず排出され、徐々に周辺部の粒子が排出されていく。これに対して、整流板を設置すると Fig. 7 (b) に示すように、整流板周縁部を中心とするドーナツ状の領域がまず排出され、以後この領域からその周辺領域へと排出される領域が拡大する。

4.3 排出時の粒度変動と考察

1 回分の排出、装入量を貯鉱槽容量の53%相当とした場合の粒度変化について実験した結果を Fig. 8 に示す。以後異なった実験条件間の比較を

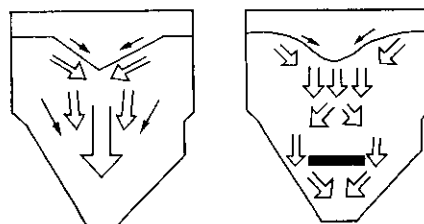
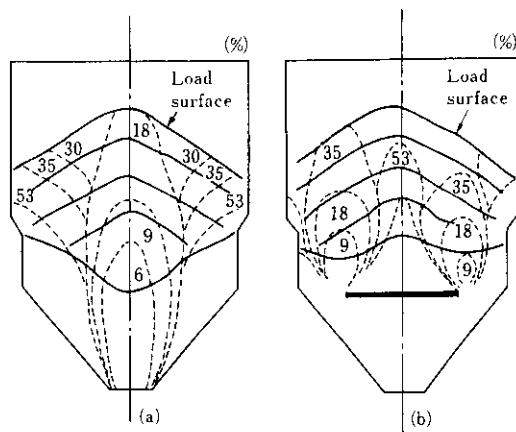


Fig. 6 Schematic material flow in bins with or without a flow control insert



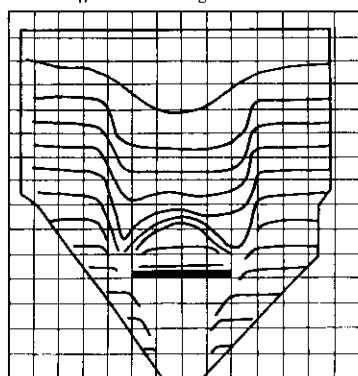
[Figures show contours of discharged region (100%:fully discharged)]

Fig. 7 Retention time distribution of particles in ore bins (a) without or (b) with a flow control insert

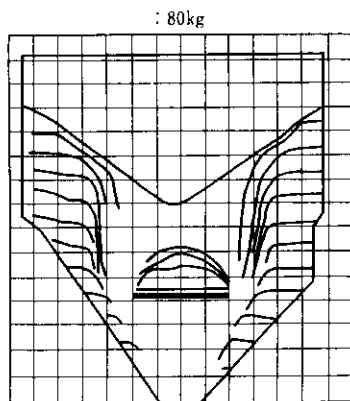
容易にするために、各時点のサンプルごとの粒度を平均粒度 D_{Pi} で、また各時点までの排出量を全排出量 (Fig. 8 の例では貯鉱槽容量の53%量) に

Full load : 220kg

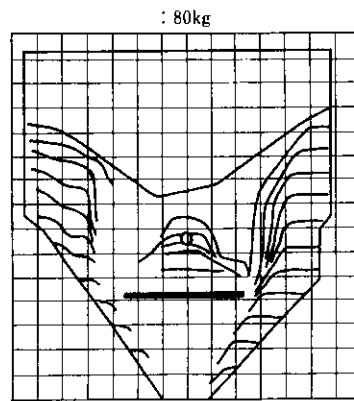
Discharged load : 20kg



(a)

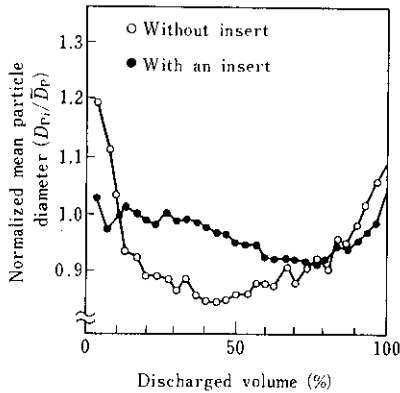


(b)



(c)

Fig. 5 Flow patterns in a model ore bin with a disk insert of different size



The amount discharged (or charged) at one time is considered as 100%

Fig. 8 Variation of particle mean size with the progress of discharging

対する割合(%)で表示した。なお平均粒度としては、通気抵抗と関係づけられる調和平均粒径を用いた。ところで、貯鉱槽では粒度変化のパターンではなく粒度変動の程度が問題となるので、各時点の排出粒子の調和平均粒径 D_{Pi} の標準偏差 σ を、1回あたりの全排出粒子の平均粒径 $\bar{D}_P$ で除した変動係数 ($\sigma/\bar{D}_P$) により粒度変動を定量的に評価した。

整流板がないときは Fig. 8 に示すように排出開始後急速に粒度が減少し、その後ほぼ一定になり末期に増大する。粒子を槽の中央から積付けると中心部に細粒が偏析することと、Fig. 7 (a) に示す滞留時間分布とを合わせて考慮すると、この粒度変化パターンが理解できる。

一方、整流板を設置した Fig. 7 (b) の場合は、整流板周縁のドーナツ状領域において中心部の細粒と周辺部の粗粒とが混合・排出されるために、整流板のない場合に比べて粒度変動はゆるやかとなる。

変動係数に及ぼす実験条件の影響を調査したところ、次のようなことがわかった。

- (1) 整流板により、排出時の粒度変動の大幅な減少が可能になる。
- (2) 装入速度が大きくなるほど、粒度変動は大きくなる。これに対して、排出速度の粒度変動に及ぼす影響は小さい。
- (3) 積付け位置を水平方向に偏心させたとき、粒

度変化のパターンは変わるが変動係数はほとんど変わらない。

Fig. 9 に槽内の有効流動域を斜線で示した。フローパターンの実験結果から、有効流動域の半径を整流板が設置してある場合は整流板の半径に、また整流板がない場合は排出口の半径に、それぞれ一定値 d を加えた値として整理すると、 d の値は平均粒子径の20~30倍に相当した。

ここで、有効流動域の体積 V_e と1回当りの排出体積 (= 装入体積) V_0 との比を比有効体積 (V_e/V_0) と定め、これと排出粒度の変動係数との関係を Fig. 9 に示す。比有効体積は整流板の有無により偏っているが、両者のデータはほぼ同一の曲線により近似され、排出時の粒度変動が比有効体積により決まることがわかる。すなわち、特定の槽について整流板の寸法と取付位置を定め、1回の排出量 (V_0) を操業条件から定めると、そのときの排出時の粒度変動の大きさを推定できる。

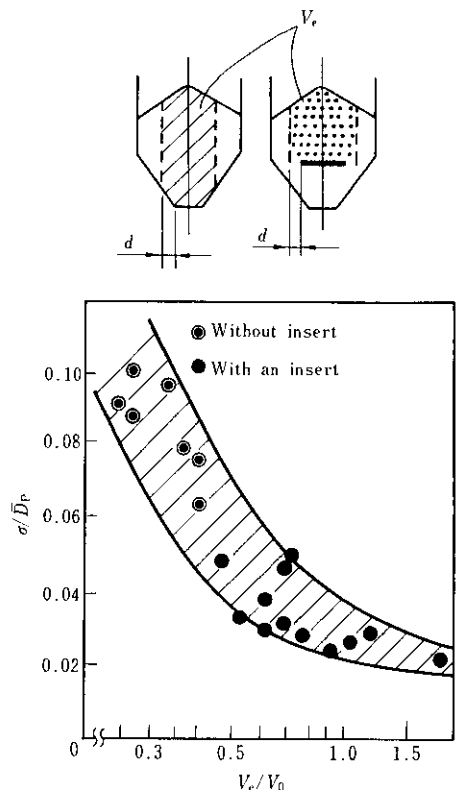


Fig. 9 Relation between coefficient of variation, $\sigma/\bar{D}_P$, and specific volume of flow region, V_e/V_0 , in ore bin

本実験結果から、貯鉛槽内焼結鉛のレベル変動がたとえば満槽時の100~70%のとき、Fig. 9に基づいて整流板を選択すると、整流板がない場合に比べて粒度変動を1/2~1/3に低減できるものと推定される。

5. サージホッパー、炉頂バンカー系における経時的粒度変化

5.1 実験装置と実験方法

サージホッパー、炉頂バンカー系における排出粒子の経時的な粒度変化を調査するために、Fig. 3の実験装置を用いた。装置は原料供給装置、サージホッパー、炉頂バンカーおよびこれらを結ぶコンベアから成っている。サージホッパーと炉頂バンカーは千葉第6高炉の1/10模型である。

原料供給装置からサージホッパーへの焼結鉛装入の途中、一定量装入ごとに装入を中断し、堆積表面形状を測定するとともに、貯鉛槽と同様な方法でトレーサ粒子を原料層内に挿入した。装入完了後焼結鉛を全量排出する。このとき、貯鉛槽での実験と同様な測定方法で、排出粒子の経時的粒度変化と粒子の滞留時間分布を測定した。また原料供給装置からサージホッパーへ装入・排出した焼結鉛を、炉頂バンカーに装入・排出した。このとき、上述のサージホッパーでの実験と同様な方法で炉頂バンカーでの堆積時の表面形状、排出粒度と粒子滞留時間分布を測定した。このときの実験条件をTable 2に示す。用いた焼結鉛の粒度構成は実機の1/10とした(Table 1(B)参照)。

Table 2 Experimental conditions of surge hopper-furnace top bunker system

	Charging rate (kg/min)	Velocity of conveyor (m/min)	Discharging rate (kg/min)	Filling chute	Particle size
S.H.*	40	34.3	60	Applied	(B)**
	"	"	"	Not applied	"
F.T.B.*	60	46.8	84	Not applied	"

* S.H.: Surge hopper
F.T.B.: Furnace top bunker

** Shown in Table 1

5.2 実験結果と実操業結果との比較

5.2.1 炉頂バンカーにおける粒度変化

炉頂バンカーから排出した焼結鉛の粒度の経時変化について、模型と実機とを比較してFig. 10に示す。千葉第6高炉の場合、炉頂バンカーは2基(以下I側, II側で区別する)あり、後述のFig. 17のBで示されるように内部の原料通過位置にストーンボックスが設置されている。Fig. 10では、I側バンカーで初期装入原料の一部のみがストーンボックスに当たる場合をIで示し、ストーンボックスを内側に移動し、初期装入原料の大部分がストーンボックスに当たる場合をI'で示した。

実機では、炉頂部に設置したサンプリングコンベアにより、旋回シュートからの原料をスポット的に採取した。サンプル数は装入時のシュート旋回数に応じて12~13回であった。

実機と模型実験結果とを比較する場合、スケールの相違、上述のサンプリング方法の相違のほか、実機ではサージホッパーに供給する原料の粒度が時間的に一様とは限らないという問題がある。それにもかかわらず、Fig. 10に見られるように模型と実機の粒度変化はよく似ている。

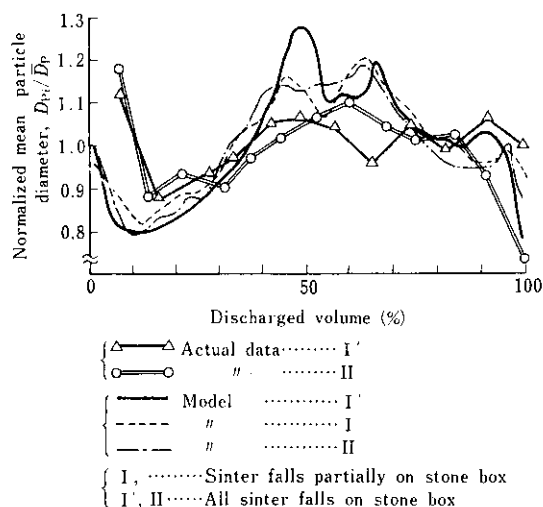


Fig. 10 Variation of particle size of sinter discharged from furnace top bunker

5・2・2 炉頂バンカーにおける粒度変化と高炉内ガス分布の関係

炉頂バンカーからの原料排出粒度の変化パターンは装入物分布に影響を及ぼすと考えられる。事実、既報⁵⁾に示されるように、操業時に I 側バンカーのストーンボックスの位置を内側に移動し落下流の大部分がストーンボックスに当たるようにしたとき、Fig. 11 に示すように炉内のガス分布が変化し、その結果として炉頂ガスの利用率は1.5%向上した。この変更に伴う粒度変化を模型実験で調査した結果が、Fig. 10 の細線から破線への変化として示されている。両者の間の差は小さいが、排出初期の粒度低下現象はストーンボックスを内側に移動した場合に大きく、II 側バンカーでの傾向によく似ている。

ストーンボックスの位置の変更に伴う、上述のガス分布と炉頂ガス利用率の変化には、旋回シュート傾動パターンの変更の効果が含まれている。しかし、ストーンボックスの位置変更前に実施した、高炉装入用分配シュートに関する種々の傾動パターン変更では実現できなかったレベルのガス分布とガス利用率の改善が、炉頂バンカーの経時的粒度変化パターンが変わったため実現できたことは、炉頂バンカーでの粒度変化が、ベルレス装入装置をもつ高炉での装入物分布に大きく影響することを示している。

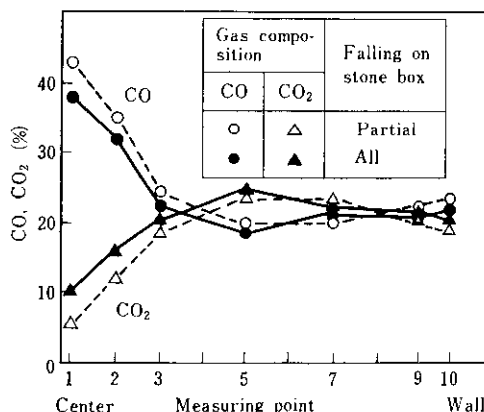


Fig. 11 Comparison of radial gas distribution in relation to the stone box position in furnace top bunker⁵⁾

5・3 粒度変化の発生とその制御方法

貯槽での粒度変動あるいは粒度変化は、原料装入時の堆積の形成状態と、排出時の槽内の流動状態に支配される。サージホッパーと炉頂バンカーのそれぞれに対して、上述の二つの支配要因に対して適切な手段を組み合わせることで、炉頂バンカーでの粒度変化パターンを変えることができる。

ここでは、粒度変化パターンに及ぼす種々の制御因子の影響を定性的に理解するために、制御手段を限定して実験を行った。実験に用いた制御手段の組合せを Table 3 に示す。

サージホッパーの実験は、原料を中央部から装入した場合と、filling chute で原料流を2分して槽壁面から装入した場合とに分けて行った。

中央部装入の場合、サージホッパー排出粒子の粒度変化を Fig. 12 (a) で示し、このときの滞留時間分布を Fig. 13 に示す。Fig. 13 には、細粒と粗粒の堆積時の偏析状態も、模式的に示した。これから、排出量が30~50%のときに中央部の細粒が排出し、排出量が60~90%のときに壁側の粗粒が排出し、その結果 Fig. 12 (a) に示すような粒度変化が得られたことが理解できる。filling chute から装入した場合、サージホッパー排出粒子の粒度変化を Fig. 12 (b) で示した。

次に、炉頂バンカーでの装入時の粒度偏析状態は、サージホッパー排出時の粒度変化に影響され、Fig. 14 に示すようになる。このときの炉頂バンカーの粒度変化パターンは、Fig. 15 に示すとおりであり、サージホッパー単独の場合 (Fig. 12) より、偏析の度合はむしろ小さい。この原因は、Fig. 14 の堆積分布と滞留時間分布からわかるように、サージホッパーから排出する細粒、粗粒が、炉頂バンカーに層状に堆積し、その結果、排出時初期に細粒が多くなるほかは、細粒と粗粒が混合した後には排出されるためである。

炉頂バンカーに設置した整流板効果を強くすると、Fig. 16 に示すように粒度変化幅が大きくなり、かつサージホッパーでの粒度変化パターンに類似してくる。すなわち整流板を設置すると、装入時の粒度変化が、排出時に保存されるようになる。

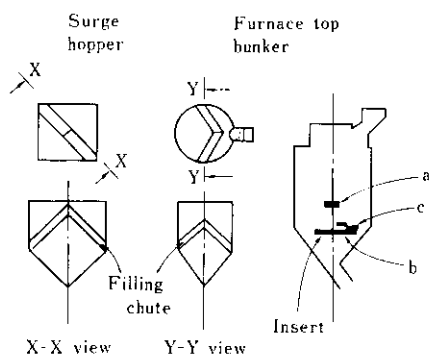
Table 3 Experimental conditions for charging size variation patterns of sinter in the surge hopper and the furnace top bunker

Case	Charged weight (kg)	S. H.* Filling chute	F. T. B.*	
			Filling chute	Insert
A	170	—	—	b
B	"	—	—	a
C	"	—	○	c
D	"	○	—	b
E	"	○	—	a
F	"	○	○	c

* S. H. : Surge hopper
F. T. B. : Furnace top bunker

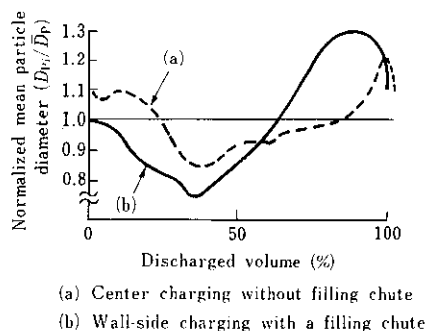
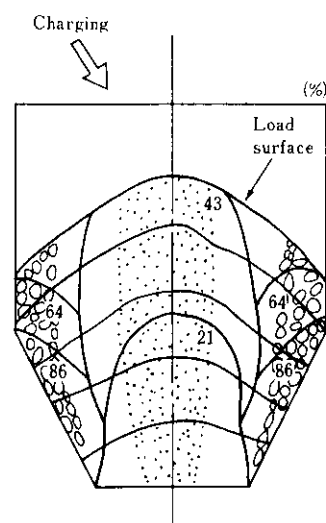
	Charging rate (kg/min)	Velocity of conveyor (m/min)	Discharging rate (kg/min)
Surge hopper	40	34.3	60
F. T. B.*	60	46.8	84

Insert	Size
a	80×300
b	φ240
c	160×200



炉頂バンカーでの排出時の粒度変化パターンを変えるために、filling chuteや整流板を組み合わせて実験を行ったときの、実験条件をTable 3に示し、このときの炉頂バンカーでの排出時の粒度変化を、一括してFig. 17に示す。

炉頂バンカーに整流板を設置したA、およびDの場合、炉頂バンカーでの排出時の粒度変化は、サージホッパーの粒度変化に類似している。炉頂バンカーのみにストーン・ボックスを設けた場合

**Fig. 12** Variation of particle size of sinter discharged from surge hopper

[Figures show contours of discharged region]
[100% : fully discharged]

Fig. 13 Retention time distribution of particles in surge hopper in correspondence with the case (a) of Fig. 12

は、Bで示すように、サージホッパーで起きた粒度変化が、炉頂バンカーでは減少している。炉頂バンカーのみに、filling chuteと整流板を設置した場合は、Cで示すように粒度変化は非常に小さく、排出初期での細粒部分が少なく、排出末期で細粒が多くなるほかは、ほぼ一定の粒度で排出する。サージホッパーにfilling chuteを、また炉頂バンカーにfilling chuteと整流板を設置した場合は、Fで示すように粒度変化は小さくなる。

以上述べたように、サージホッパーや炉頂バンカーに、filling chuteや整流板を設置すると、炉頂

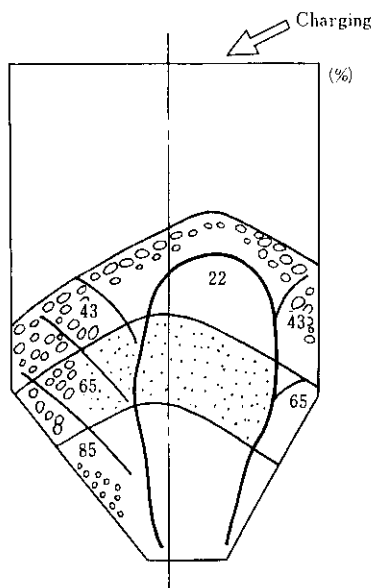


Fig. 14 Retention time distribution of particles in furnace top bunker

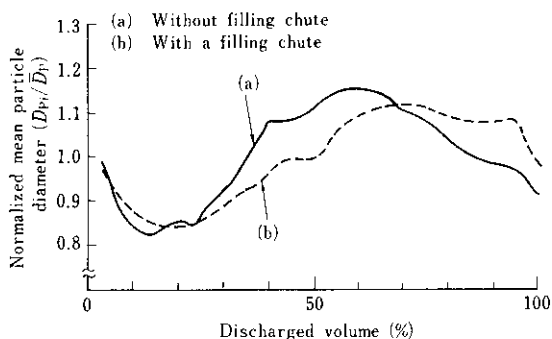


Fig. 15 Variation of particle size of sinter discharged from furnace top bunker by using a filling chute in surge hopper

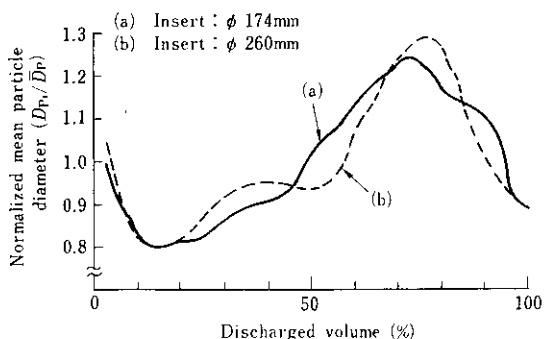


Fig. 16 Variation of particle size of sinter discharged from furnace top bunker by changing the insert size

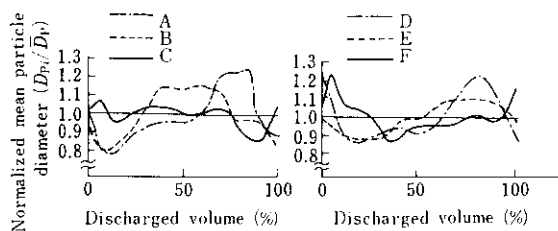
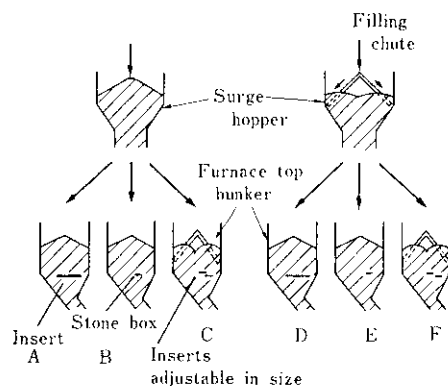


Fig. 17 Variation of particle size of sinter discharged from furnace top bunker with control insert

バンカー排出時の粒度変化が変わる。filling chuteや整流板に可動機構を設けると、炉頂バンカー排出時の粒度変化を広範囲に制御できる。

このような粒度変化制御を取り入れることで、より適正な装入物分布を得ることが期待される。

6. 総 括

高炉の焼結鉱貯鉱槽で起こる粒度変動を減少させる方法を見出すため模型実験を行った。その結果、

- (1) 槽内の流れは funnel flow であり、流出口上部の限られた領域を通して粒子が排出される。
 - (2) 槽内に整流板を設けると、整流板の半径にほぼ相当する高さ以上の領域で、粒子はほぼ均一に降下する。
 - (3) 整流板の設置により粒度変動を大幅に抑制できる。
 - (4) 有効流動域の体積と1回当たりの排出量との比は、粒子の変動係数と強い相関があり、ほぼ一つの曲線で近似できる。
- などがわかった。

次に、千葉第6高炉のサージホッパー、炉頂バンカーの模型実験を行い、炉頂バンカーから排出される焼結鉄の粒度変化状態を調査した。実機と模型での、炉頂バンカー排出時の粒度変化の測定値は、ほぼ一致した。槽内での粒子の堆積時のプロフィールと、排出時の滞留時間分布の測定から、各槽の粒度変化の発生機構を明らかにした。模型

実験から、filling chute、あるいは整流板をサージホッパー、または炉頂バンカーに組み合わせて設置することにより、炉頂バンカー排出時の粒度変化を、変えられることを明らかにした。これにより、高炉へ装入する焼結鉄の粒度変化を制御することが可能となり、より精密で適正な装入物分布制御が実現するものと期待される。

参 考 文 献

- 1) J. R. Johanson and W. K. Kleysteuber : Chem. Eng. Progress, **62** (1966) 11, 79—83
- 2) J. F. Van Denburg and W. C. Baur : Chemical Engineering, **71** (1964) 9, 135—142
- 3) H. Matthée : Powder Technology, **1** (1967/68), 265—271
- 4) J. R. Johanson and H. Colijn : Iron Steel Eng. **41** (1964) 10, 85—104
- 5) 奥村、河合、丸島、高橋、栗原：鉄と鋼, **66** (1980) 13, 176—185