

討 5

焼結機給鉱部での原料偏析に関する検討

川崎製鉄㈱ 水島製鉄所

中島一磨 西村博文

田中 周 (現・化学事業部)

技術研究本部 ○板谷 宏 深水勝義

1. 緒言

焼結層高さ方向の焼結鉱品質の均一化および歩留の向上には、層内熱履歴の均一化が必要である。この目的で2段装入技術も開発されている。^{1)~3)}一方、原料中のコークスは、Fig. 1 に示すように擬似粒子の細粒側に偏在しており、原料給鉱時の粒度偏析を利用すれば層厚方向のコークス含有率制御も可能となる。このためには、給鉱部で発生する擬似粒子の偏析現象を正確に把握しておく必要がある。

そこで、実機規模のモデル給鉱装置により、原料給鉱時に発生する偏析現象の基礎検討を行なうとともに、シュート形状による偏析状態の違いについて検討を行なった。以下に、本検討で得られた知見について報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置 実験装置の概略を Fig. 2 に示すが、大きさは水島第4焼結機の給鉱部を幅方向のみ1/5に縮小したもので、鉄板シュート、ベルトシュート等の種々のシュートを取り付けることができる。また、点火炉と風箱を有しており、給鉱部での原料堆積状態のまま焼結実験が可能である。

実験方法 実機原料を装入コンベアーから直接実験用ホッパーに採取し、鉄板、ベルト、ドラム、振動、スリットの5種類のシュートを使用して、パレット速度一定、原料層厚一定の条件下でパレット上に給鉱した。偏析現象の基礎的検討には鉄板シュートを使用し、シュートからの落下軌跡、落下流内の粒度偏析、パレット上原料層高さ方向の粒度偏析を調査した。その他のシュートではパレット上原料高さ方向の粒度偏析のみを調べた。

Table 1 に、鉄板シュートでの実験条件を示す。また、粒度は全て擬似粒子の調平均径である。

3. 実験結果と考察

3-1 鉄板シュートによる基礎検討

一般に、粉体が流動する際の粒度偏析は粗粒が篩網効果を持つために生ずると考えられており、三輪ら⁴⁾は隣接する粒径粒子の偏析の過程を次式で示した。

$$\log \left(\frac{\chi_0 l(n)}{\chi_0 l(n-1)} \right) = \log \left(\frac{\chi f(n)}{\chi f(n-1)} \right) - \alpha \cdot l \quad \dots (1)$$

ここで、 χ : 篩による粒度測定値

l : 篩分け長さ

α : 篩分け条件によって決まる粒度指数

Suffix. O : 網上の粉体

f : フィード

n : 篩成分の番号で大きいほど細粒

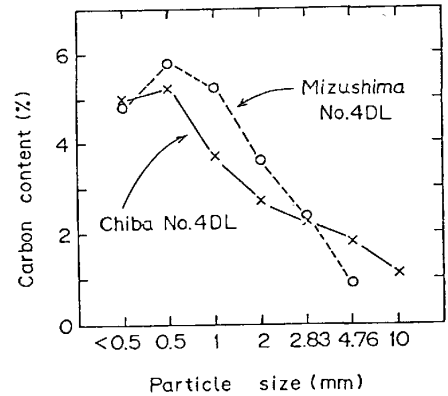


Fig.1 Relation between carbon content and particle size

- 1) Hopper : 3m³
- 2) Drum feeder : 1200Lx1300*
- 3) Sloping chute : 1200Wx2100L
Angle : 30~60°
- 4) Pallet : 700Hx1000Wx3500L
- 5) Ignition furnace : Slit type burner

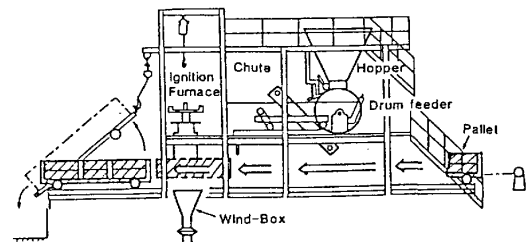


Fig.2 Schematic diagram of experimental apparatus

Table 1 Experimental condition

Gate opening (GL)	50, 80 mm
RPM of drum feeder (γ)	2.5, 4.0, 6.4 rpm
Sloping angle (θ)	33, 45, 55°
Sloping length (L)	300, 800, 1700 mm

(1)式を、パレット上原料層の偏析過程に適用し、 α を偏析の程度を示す偏析指数とした。

Fig. 3(e)に示す方法で採取した原料の粒度分析値から層厚方向の $\log(X_{0L}(n)/X_{0L}(n-1))$ を求め、転動距離 $l(=(H-h)/\sin\theta)$ で最小2乗近似し、粒度が n と $n-1$ の偏析指数 α を求めた。この時の偏析指数 α と粒度との関係をFig. 4に示すが2.83 μ m以上の粗粒が篩の動きをして粒度偏析を生じていることがわかる。

Fig. 5に、粒径4.76 μ mと2.83 μ mを対象に求めた α と V_x, V_y (原料がパレット堆積層表面に到達した点での水平、および垂直速度成分)の関係を示す。なお、 V_x, V_y は原料の初速度とシュート角度から計算した。また、原料の初速度は、シュート角度と転動距離に大きく依存する(Fig. 6)。Fig. 5より明らかなように、 V_x は全層厚にわたって粒度偏析に影響を与え、 V_x が大きいと偏析も大きくなる。これに対し V_y は上層の偏析に影響を与え、 V_y の増大とともに偏析は著しく低下するが、中、下層にはほとんど影響しない。

このような速度成分の影響は、Fig. 7に示すように原料層表面に形成される不安定な堆積層の存在により説明できる。すなわち、 V_x が大きいと慣性力の大きな粗粒は、Fig. 7aに示すように不安定な堆積層の外側に分配されるため、堆積層が崩れたときに下層まで粗粒を分配すると考えられる。 V_y が大きい場合にはFig. 7bに示すように粗粒は堆積層の中に埋没するため、粗粒と細粒が混在した状態で堆積層が崩落し偏析が小さくなるものと考えられる。

一方、シュートからの落下流厚み方向での偏析が大きいとFig. 7cに示すように粗粒は斜面側に分配され原料層内の偏析は大きくなる。また、シュートからの落下流は常にFig. 7dに示すように変動しており、シュート先端と原料層表面間の距離が大きいとその振れ幅も大きくなり、 V_y を大きくすると同様の影響を与える。この影響は、Fig. 4のDLの大きさの影響として明確に表われている。

以上のように、パレット上原料の偏析には原料層表面に形成される不安定な堆積層の存在が大きな影響を及ぼして

- I) Investigation of
 1. Falling curve
 2. Segregation in falling flow
- II) Investigation of segregation on the pallet

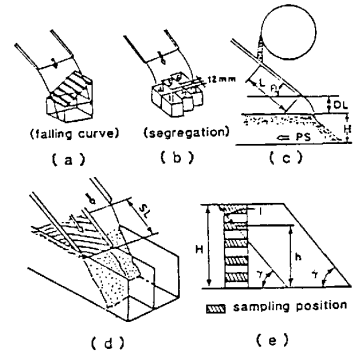


Fig.3 Experimental condition

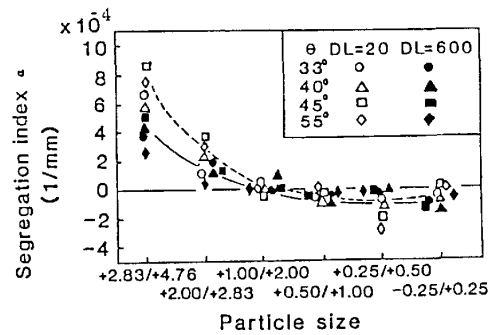


Fig.4 Relation between particle size and segregation index(α)in a sintering bed

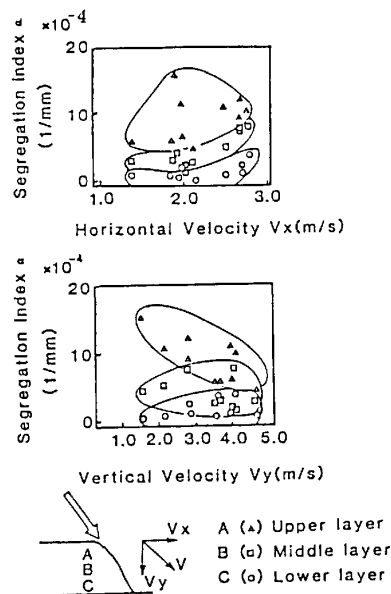


Fig.5 Influence of V_x and V_y on the segregation index (α)

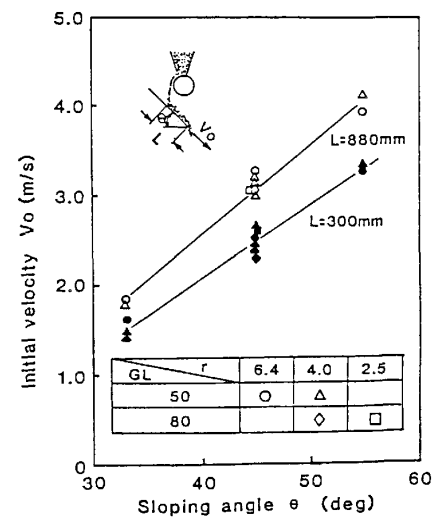


Fig.6 Influence of sloping angle on the initial velocity of falling material

おり、落下原料の速度成分、落下流厚み方向での偏析、原料の安定した供給等を調整することにより偏析を制御することが可能であると考えられる。

3-2 各種シュート形状と偏析現象

(1) ベルトシュート

Fig. 8 に、ベルトシュートの調査結果を示す。回転速度が大きくなるほど偏析は大きくなり、また角度 45° の方が偏析は大きい。さらに角度 45° で十回転の場合に最も偏析が大きくなる。

(2) ドラムシュート Fig. 9 に、ドラムシュートの調査結果を示す。偏析指数は、原料が全量ドラムから反発される 90° の時最も大きく、全量ドラムに当たらず落下する 0° の時最も小さい。また、特徴として、偏析のコントロール範囲が非常に広い点が挙げられる。

(3) スリットシュート Table 2 に、スリットシュートの調査結果を示す。鉄板シュートに比べ偏析指数が大きい。

Fig. 10 に、各形状のシュートの偏析指数の比較を示す。実験条件により偏析指数は相当変化するが、いずれのシュートでも原料の転動距離の寄与が大きいことがわかる。

また、Fig. 11 に、各シュートの偏析指数 α と V_x/V_y の関係を示すが、 V_x/V_y を大きくすることにより偏析を強化することが可能である。

3-3 焼結実験結果

Fig. 12 は、各種シュートで給鉱した場合の焼結実験結果で偏析指数の増大により生産率の向上、歩留の改善がなされている。

Table 2 Comparison of slit chute and sloping chute

Type of chute	Exp.No	1	2
Slit-chute		$\alpha = 8.39 \times 10^{-4}$	$\alpha = 7.13 \times 10^{-4}$
Sloping-chute		$\alpha = 4.88 \times 10^{-4}$	$\alpha = 5.66 \times 10^{-4}$

$\alpha =$ Segregation index α (1/mm)

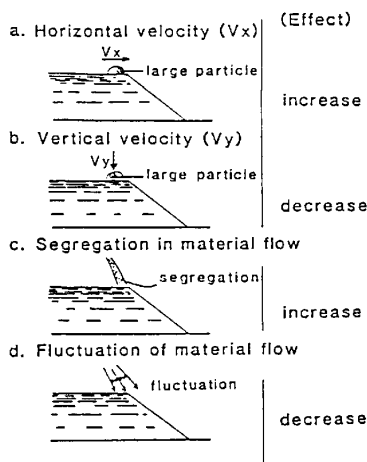


Fig.7 Factors which affect on the segregation index

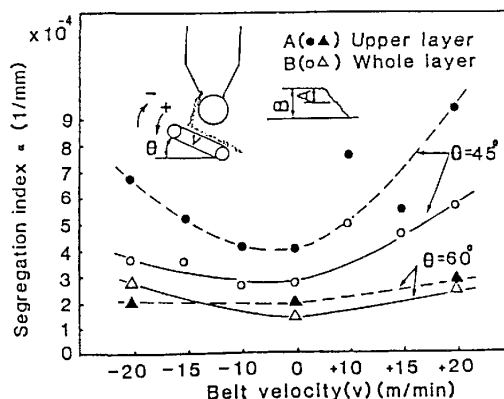


Fig.8 Influence of the belt-velocity on the segregation index

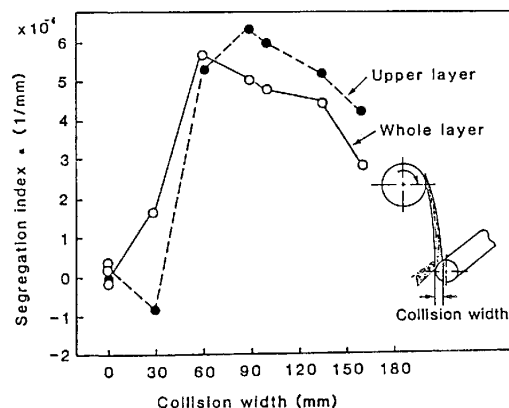


Fig.9 Influence of the collision width on the segregation index

Type of chute	Segregation index α (1/mm)				
	0	2	4	6	8
Sloping		○	○	○	○
Vibrating		○	○	○	○
Belt		○	○		
Slit				○	○
Drum			○	○	

● L = 1700mm
○ L = 880mm

Fig.10 Comparison of segregation index for various chute

4. 実機でのベルトシュート
と鉄板シュートの比較

実験は、水島第3焼結工場で行った。第3焼結工場は、現在ベルトシュートを使用しており、鉄板シュートの実験はベルト上に1000mm×4100mmの鉄板を乗せて行なった。両シュートとも、シュート角度(θ)、転動距離(L)は、それぞれ45°と400mmである。

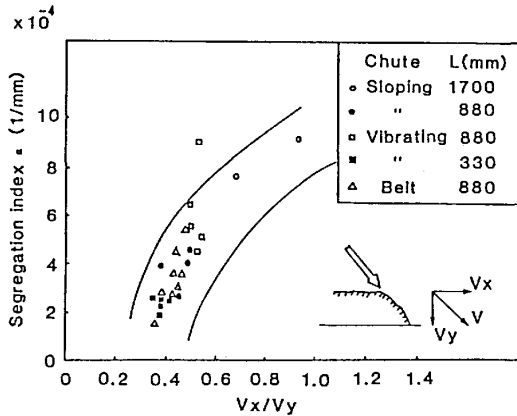


Fig.11 Effect of V_x/V_y on the segregation index

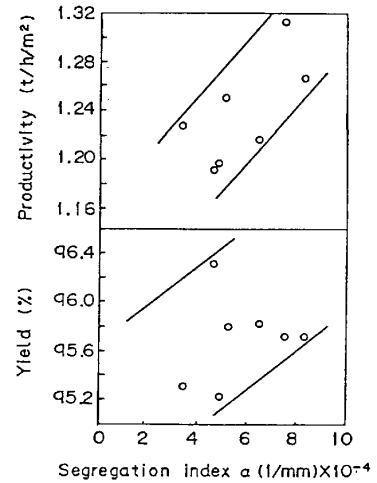


Fig.12 Influence of the segregation on the sintering

Table 3に、操業比較を示す。

ベルトシュートに比べ、鉄板シュートの場合は通気性が改善され、鍋歩留、冷間強度の向上、-5mm%の低下が認められる。

Fig. 13に、パレット上原料の擬似粒度の偏析状況を示すが、鉄板シュートの方がより偏析が強化されており、その結果、層内の充填密度が低下し通気性が改善されたものと考えられる。また、コークスも鉄板シュートの方が偏析が大きく、上層部により多く存在している。このことにより上層部の熱履歴が改善されて歩留が向上したものと考えられる。

5. 結言

焼結機給鉱部で生じる偏析現象を実験的に検討し、以下の知見を得た。

- 1) 焼結層厚方向の粒度偏析は2.83mm以上の粗粒がその主体であり、粒度偏析の程度は V_x/V_y で整理される。また、偏析促進には V_x の増大と V_y の減少が効果的である。
- 2) パレット上での粒度偏析強化により、焼結性は改善される。

参考文献

- 1) H. Wendeborn : Stahl und Eisen, 71(1951)NOV. P212
- 2) 山根, 灰谷 : 鉄と鋼, Vol 52(1966)P1336
- 3) 石川, 菅原他 : 鉄と鋼, Vol 65(1979), S518
- 4) 三輪 : 粉体工学研究会, NO. 26(1960)

Table 3 Operation result

	Belt	Sloping
Permeability (Jpu)	28.4	29.7
B.T.P (%)	53.0	41.4
Density (t/m ³)	1.837	1.808
Productivity (t/h/m ²)	1.334	1.301
Yield (%)	70.7	74.3
Return fine (%)	36.7	30.3
SI (%)	91.5	92.3
-5mm (%)	5.7	5.6

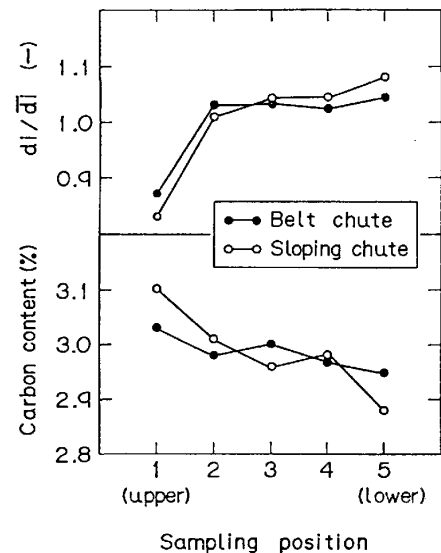


Fig.13 Segregation of the particle size and carbon content in a sintering bed