

---

オアベッド成分変動の低減

Reduction of Fluctuation in Chemical Composition of Fine Ore Bed

早瀬 鉦一(Kouichi Hayase) 佐藤 幸男(Yukio Sato) 山名 紳一郎(Shin-ichiro Yamana) 原田 崇試(Takashi Harada) 福田 明正(Akimasa Fukuda)

---

要旨：

焼結用オアベッド鉦および焼結鉦の成分変動の現状を調査し、オアベッド両端部の再積付、特殊鉦石の二重ブレンディング、積付モデルを使つてのシュミレーション結果の応用等のベッド長手および断面方向の成分変動減少対策を実施した。これらの対策により、焼結鉦SiO<sub>2</sub>の標準偏差を従来の0.15～0.19から0.06～0.09%に減少できた。

---

Synopsis：

Experiments and studies have been made to estimate the present state of fluctuation in the chemical composition of the fine ore bed and sintered ore. Re-stacking of bed ends, pre-bedding of special ores and stacking model simulation have been executed to reduce the longitudinal and cross-sectional fluctuations of the fine ore bed. The standard deviation of SiO<sub>2</sub> of sintered ore has been reduced from 0.15～0.19 to 0.06～0.09%

(c)JFE Steel Corporation, 2003

|                   |
|-------------------|
| 本文は次のページから閲覧できます。 |
|-------------------|

# オアベッド成分変動の低減

## Reduction of Fluctuation in Chemical Composition of Fine Ore Bed

早瀬 鉦一\*  
Kouichi Hayase

佐藤 幸男\*\*  
Yukio Sato

山名 紳一郎\*\*\*  
Shin-ichiro Yamana

原田 崇試\*\*\*\*  
Takashi Harada

福田 明正\*\*\*\*\*  
Akimasa Fukuda

### Synopsis:

Experiments and studies have been made to estimate the present state of fluctuation in the chemical composition of the fine ore bed and sintered ore. Re-stacking of bed ends, pre-bedding of special ores and stacking model simulation have been executed to reduce the longitudinal and cross-sectional fluctuations of the fine ore bed. The standard deviation of  $\text{SiO}_2$  of sintered ore has been reduced from 0.15 ~ 0.19 to 0.06 ~ 0.09 %.

## 1. 緒 言

高炉操業、銑鉄品質の安定性にとって、主原料である焼結鉦の成分、品質の安定はその基本となるものである。また、焼結鉦の安定性は、主として焼結用主原料であるオアベッド鉦の安定性に依存している。オアベッド鉦の代表的成分として、 $\text{SiO}_2$  をとり上げ、その変動を減少するため、各種調査、実験を行い、対策を実施した結果、焼結鉦の  $\text{SiO}_2$  の標準偏差 ( $\sigma_{\text{SiO}_2}$ ) を 0.06 ~ 0.09 % に減少できた。以下、オアベッド鉦成分変動の低減対策の概略について報告する。

## 2. 焼結鉦の $\sigma_{\text{SiO}_2}$ の推移

焼結鉦は一般に Table 1 に示すような化学組成を有している。

この中で  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$  は焼結プロセスで添加する造滓剤によるものが主であり、また、 $\text{Total} \cdot \text{Fe}$  は造滓剤の量により変化する。そこで焼結プロセ

スへの影響が大きく、焼結の鉄鉦石主原料の成分とその変動を表わすことができる代表的化学成分として、 $\text{SiO}_2$  をとり上げ以下の検討を行った。

焼結鉦の成分変動は焼結鉦の  $\text{SiO}_2$  の標準偏差 ( $\sigma_{\text{SiO}_2}$ ) で表現できるが、成分変動防止対策は、焼結原料の主体であるオアベッド (Ore bed) 鉦に対して実施した。

Photo. 1 は千葉製鉄所の粉鉦石ベッドであり、

Table 1 An example of chemical composition of sintered ore

| (wt : %)                |        |
|-------------------------|--------|
| T. Fe                   | 57.100 |
| Mn                      | 0.400  |
| $\text{SiO}_2$          | 5.490  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 1.930  |
| S                       | 0.010  |
| P                       | 0.100  |
| Cu                      | 0.003  |
| CaO                     | 10.380 |
| MgO                     | 1.590  |
| $\text{TiO}_2$          | 0.730  |
| Zn                      | 0.024  |

\* 千葉製鉄所製鉄部製鉄技術室主査(課長)

\*\*\* 水島製鉄所製鉄部製鉄技術室主査(掛長)

\*\*\*\*\* 水島製鉄所製鉄部原料処理課課長

(昭和56年8月28日原稿受付)

\*\* 千葉製鉄所製鉄部原料処理課掛長

\*\*\*\* 千葉製鉄所製鉄部原料処理課課長

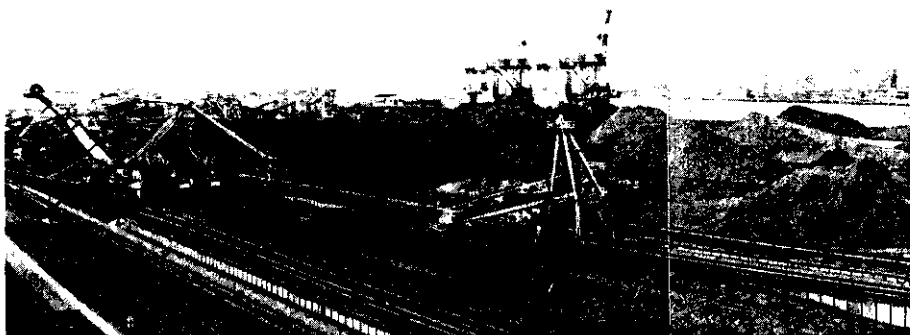


Photo. 1 General view of fine ore bed, reclaimer and stacker in Chiba Works

右側が積付 (Stacking) 中, 左側が払出 (Reclaiming) 中である。オアベッドには1パイル(Pile)約 50 000~100 000t が積付けられ持続日数は7~10 日間である。1パイルには約 20 種類の鉱石が、600~700 層に積付けられる。

払出しは Fig. 1 に示すごとく、ダブルホイール

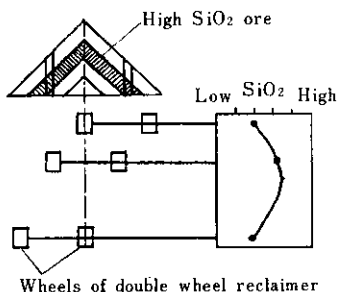


Fig. 1 Double wheel reclaiming and change of  $\text{SiO}_2$  in a cross-section of bed

リクレーマー (Double wheel reclaimer) により行なわれるので、鉱石の積付法によっては、ダブルホイールが一断面を往復する間にも、本質的な成分変動が起る可能性がある。

払出されたオアベッド鉱は焼結工場へベルトコンベヤー (Belt conveyor) で送られ焼結鉱となる。

焼結鉱のサンプリングは自動サンプラーにより行っており、千葉製鉄所では4時間内に16箇のインクリメントをサンプリングし、重合、縮分の後、分析し、4時間毎に1箇のデータを出している。水島製鉄所では2時間内に12箇のインクリメントをサンプリングし、2時間毎に1箇のデータを出している。標準偏差  $\sigma$  は千葉は4時間毎、水島は2時間毎のデータを1ベッド分 (千葉は約7日分、水島は約10日分) 用いて計算している。

Fig. 2 に千葉・水島両製鉄所の焼結鉱の  $\sigma_{\text{SiO}_2}$

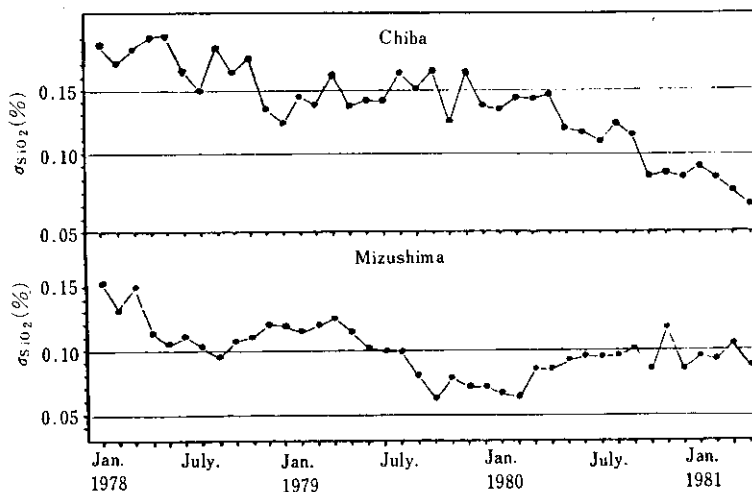


Fig. 2 Change of standard deviation of  $\text{SiO}_2$  ( $\sigma_{\text{SiO}_2}$ ) in sintered ore

の推移を示す。成分変動防止対策により、焼結鉱の  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  が減少した。

### 3. 成分変動の実態

オアベッドでの成分変動の実態および、オアベッドからダブルホイールリクレーマーで払い出された後、焼結工場から出るまでの成分変動の変化を調査した。

Fig. 3 のごとく、例えばベッドの6断面(A～F)につき各断面30箇のサンプリングを行い断面内および断面間の標準偏差を求めた。結果の一例を Table 2 に示す。断面間に比し断面内の変動が大きい。このことは断面内各層が均一に積付けられておらず、又これをダブルホイールで払い出すことに起因している。

オアベッドからの払出し後、焼結工場出口までの時間遅れを考慮した上、サンプリング調査を

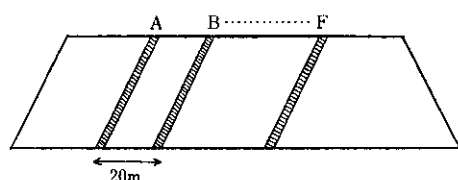


Fig. 3 Sampling of bedded ore from 6 cross-sections

Table 2 Examples of standard deviation of  $\text{SiO}_2$  ( $\sigma_{\text{SiO}_2}$ ) in ore bed

|                       | Chiba  | Mizushima |
|-----------------------|--------|-----------|
| Within cross-section  | 0.956% | 1.189%    |
| Between cross-section | 0.137% | 0.158%    |
| Total                 | 0.965% | 1.199%    |

行った。水島での一例を Fig. 4 に示す。ドラムミキサー (Drum mixer) で  $\sigma$  は減少しているが、給鉱ホッパーでの粒度偏析により、ドラムフィーダー (Drum feeder) 上での  $\sigma$  はやや増加している。

### 4. オアベッド成分変動の低減対策

まず、従来実施されてきた成分変動低減策について述べる。

オアベッドパイル横断面の各層厚は均一に積付けられる必要があるが、実際には鉄鉱石の種類により安息角、比重、粒度等が異なるので層厚分布が不均一になる。また積付け順序が不適正な場合は積付時の山裾への山崩れ又はリフレーミング時の断面での山崩れ現象が起こることがある。これらを防止し均一な層厚分布となるよう以下の様な対策をとっている。

(1) 成分が平均成分と非常に異なる鉱石は、パイ

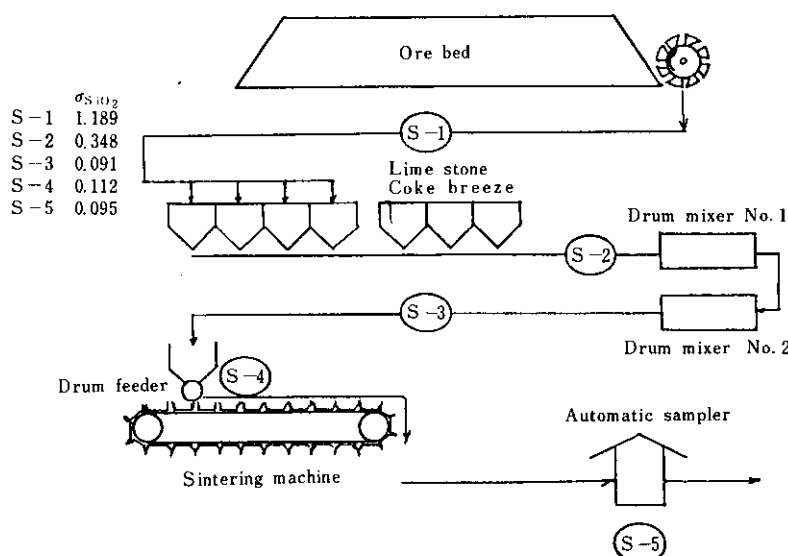


Fig. 4 Change of standard deviation ( $\sigma_{\text{SiO}_2}$ ) through sintering process

ル総積付量の20~80%にあたる中間部に積付ける。

- (2) 比重の大きい鉱石は山崩れ現象を防止するため1ロット当りの積付量、給鉱量を少な目にする。
- (3) 安息角の異なる直粉と発生粉を交互に薄く組合せて積付けることによりパイルの層面形状の均一化を図る。
- (4) 実績  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  の小さい積付例と同じになるよう、積付計画をたてる。

今回、更に成分変動を低減するため、以下の対策をとった。

#### 4.1 オアベッド両端部の再積付

オアベッド1パイル内の成分 ( $\text{SiO}_2$ ) 値の一例を Fig. 5 に示す。特にベッド両端部の成分変動が大きいので、ベッド両端部の鉱石すなわち各々全ベッドの約2.5% (60 000t に対し各1 500t) を次のベッドへ再積付することにした。その結果、Fig. 6 に示すごとく、従来法での  $\sigma_{\text{SiO}_2}=0.160\%$  に対し、ベッド両端部積付時には  $\sigma_{\text{SiO}_2}=0.126\%$  と改善された。

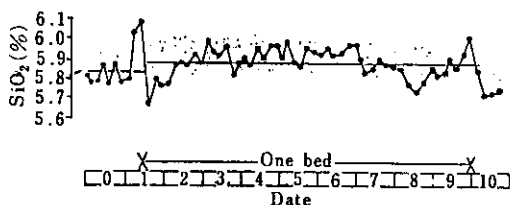


Fig. 5 An example of fluctuation of  $\text{SiO}_2$  in a fine ore bed

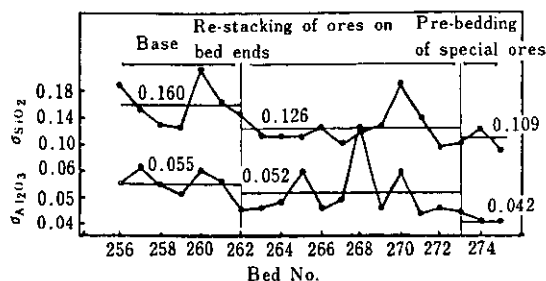


Fig. 6 Improvement of  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  and  $\sigma_{\text{Al}_2\text{O}_3}$  by re-stacking of ores on bed ends and pre-bedding of special ores

#### 4.2 特殊鉱石の2重ブレンディング

積付中の荷切れ、開始・終了点の不一致等によってもベッド長手方向の成分変動が起る。特に蛇紋岩、珪石、ミルスケール、鉄マンガン鉱石等の特殊鉱石は Table 3 に示すように、オアベッド鉱石の平均成分と著しく異なっており、その影響が大きい。層厚を薄くし、層数を増せば変動は防止出来るが能率が下がり実用的でない。そこで Fig. 7 のように特殊鉱石のみのベッドを別にしておき、これと普通鉄鉱石とで本ベッドを積付ける2重ブレンディング法を採用した。Table 4 に2重ブレンディング法の一例を示す。Fig. 6 のように、二重ブレンディング法により変動が更に低減できた。

#### 4.3 オアベッド長手方向の成分変動防止

Fig. 8 に示すように、ベッド長手方向の積付の不均一性によっても成分変動が起る。水島では積

Table 3 Comparison of chemical composition between average bedded ore and special ores (%)

|                         | Average of bedded ore | Normal ore (Hamersley) | Serpentine | Mill scale | Manganese ore | Silica stone |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|------------|------------|---------------|--------------|
| T. Fe                   | 60.2                  | 62.3                   | 5.5        | 72.8       | 22.1          | —            |
| Mn                      | 0.43                  | 0.05                   | 0.10       | 0.46       | 33.91         | —            |
| $\text{SiO}_2$          | 5.32                  | 4.46                   | 39.03      | 0.58       | 5.53          | 89.00        |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 1.74                  | 2.84                   | 1.10       | 0.22       | 5.57          | 5.73         |
| S                       | 0.044                 | 0.025                  | 0.007      | 0.034      | 0.005         | 0.012        |
| P                       | 0.097                 | 0.068                  | 0.006      | 0.011      | 0.044         | —            |
| Cu                      | 0.004                 | 0.002                  | —          | 0.039      | 0.011         | —            |
| CaO                     | 4.231                 | 0.07                   | 1.19       | 0.19       | 1.16          | 0.20         |
| MgO                     | 1.55                  | 0.04                   | 38.27      | 0.10       | 0.36          | —            |
| $\text{TiO}_2$          | 0.77                  | 0.12                   | 0.03       | 0.01       | 0.26          | —            |
| Zn                      | 0.026                 | 0.003                  | —          | 0.019      | 0.012         | —            |

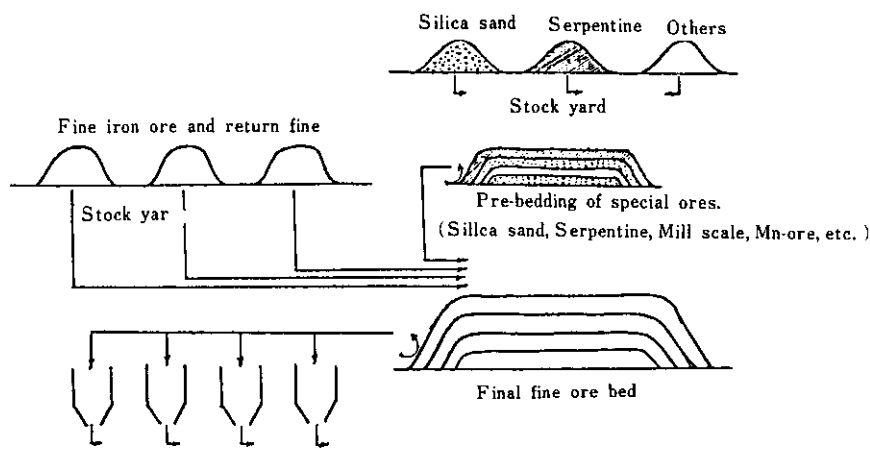


Fig. 7 Double blending of special ores

Table 4 An example for the double bedding of special ores

| Ore                          | Single bedded<br>normal ores | Pre-bedded<br>Special ores                        |
|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|
|                              | Normal ores<br>Return fines  | Silica sand<br>Serpentine<br>Mill scale<br>Mn-ore |
| Amount stacked (t/bed)       | 47 250                       | 9 750                                             |
| Number of lots (lots/bed)    | 51                           | 15                                                |
| Number of layers(layers/bed) | 550                          | 120                                               |
| Area                         | 30m × 153m                   |                                                   |

分変動として現われているのがわかる。このため積付時の定量切出しの精度が重要でありその良い時と悪い時の例を Fig. 10 に示す。明らかに焼結

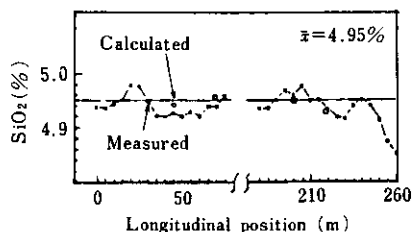


Fig. 9 Comparison of chemical composition between calculation and measurement

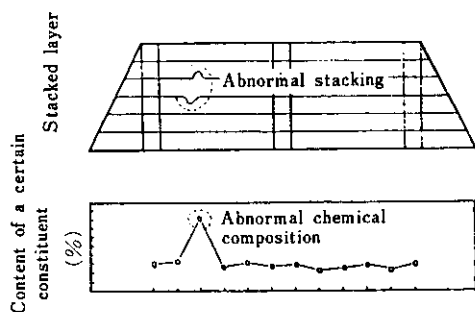
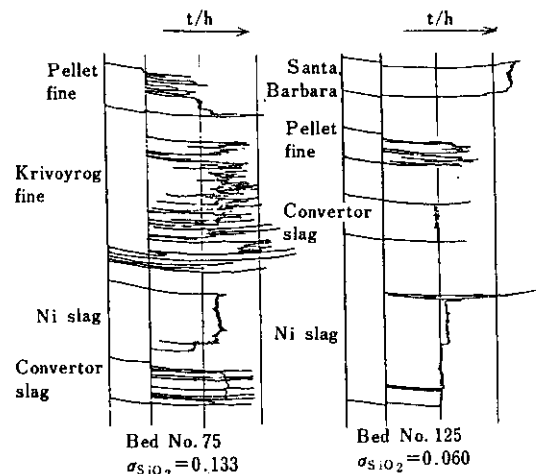


Fig. 8 Longitudinal fluctuation of chemical composition of bed

付量をメリックで測り実際のパイルの長手方向の成分変動を計算している。Fig. 9 に示すように、長手方向の積付量の変動が実際に計算どおり、成

Fig. 10 Effect of uniformity of stacking on  $\sigma_{SiO_2}$

鉱の  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  に影響が出ている。又長手方向の積付量変動を防止するため千葉では特殊鉱石について、ベッド途中で積付が終った場合、次回と同種鉱石の積付時その場所を記憶しておき同一地点から積付を再開している。

一層当りの積付量を小さくすることも改善策の一つである。積付能率を考慮し、特殊鉱石について一層当りの積付量を制限している。この効果を示したものが Fig. 11 である。

#### 4-4 オアベッド断面の成分変動防止

##### 4-4-1 ベッド断面調査

ベッドには約20種類の鉱石を約60回に分けて積付けているが、比重、安息角、粒度の差により層厚分布は均一にならない。Photo. 2 は実際に手堀りで、あるベッド断面を調査した結果であり、層厚分布の不均一さを示している。

##### 4-4-2 積付順序の見直し

ベッド断面の偏析を少なくするため原料性状を考慮した積付を実施している。例えば砂鉄、キャロルF、焼結返鉱、転炉滓等粘着性のない鉱石同志は積合せしない。また、ダスト等粘着性のある鉱石は特殊鉱石とは積合せしない。その一例が

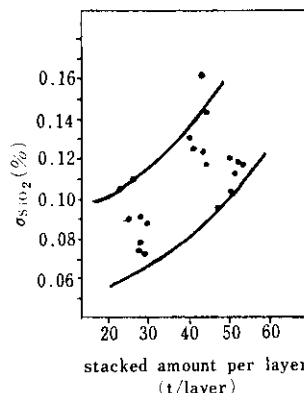


Fig. 11 Relation between  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  and stacked amount per layer

Table 5 である。

##### 4-4-3 ベッド断面方向の成分変動の推定

理想的にベッドが積付けられても、積付順序によっては、ダブルホィールリクレーマーで払い出す際に、断面内の成分変動がおこる。そこで、安息角を一定と見なして、理想的積付—払出のモデル計算を行い成分推定を試みた。Fig. 12, 13 に千葉および水島における払出時の実測値とモデル計算値の対比を示す。SiO<sub>2</sub> の計算値のベッド断面内の変化の傾向は、実績値と大まかに対応している。

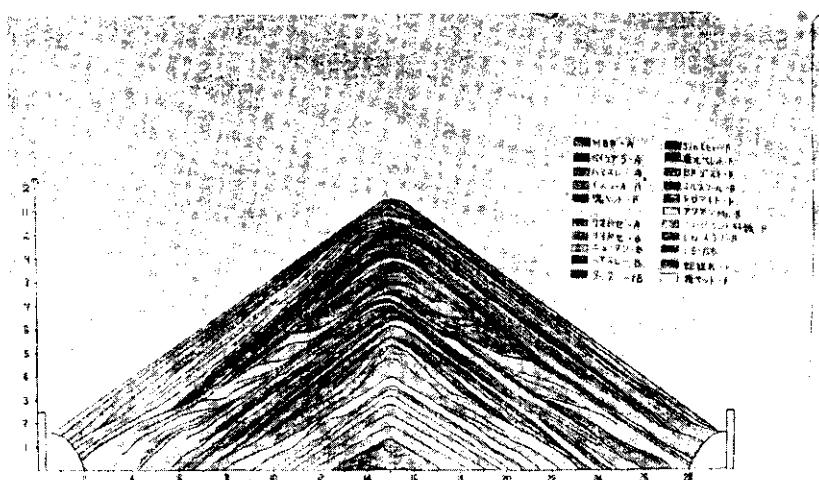
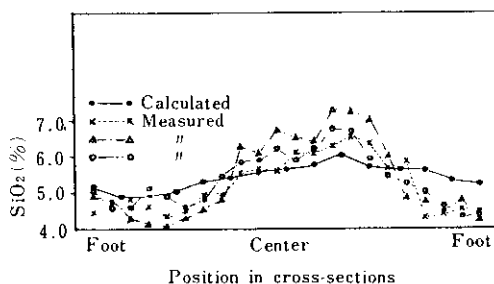
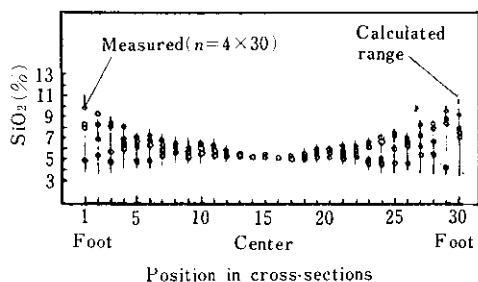


Photo. 2 An example of cross sectional study of fine ore bed

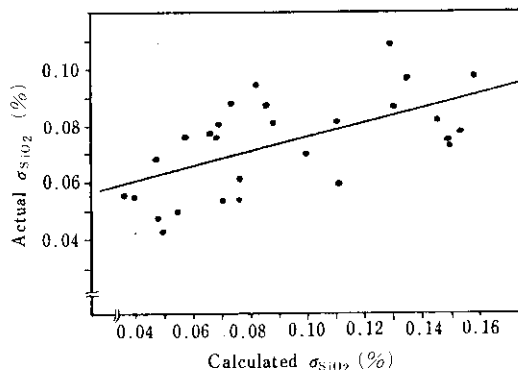
Table 5 An example of stacking schedule

| Sort of ore   | Order and amount of stacking |          |    |          |    |       |    |          |    |           |
|---------------|------------------------------|----------|----|----------|----|-------|----|----------|----|-----------|
|               | 1                            |          | 2  |          | 3  |       | 4  |          | 5  |           |
| Hamersley     | 9                            | 1 000(t) | 16 | 1 000(t) |    | (t)   | 39 | 1 100(t) | 51 | 1 100 (t) |
| Mt. Newman    | 12                           | 500      | 25 | 1 000    |    |       |    |          | 57 | 1 100     |
| Iscor         |                              |          | 18 | 1 000    |    |       | 41 | 1 000    |    |           |
| Rio Doce      | 4                            | 1 200    |    |          | 34 | 1 200 | 44 | 1 200    |    |           |
| Goa           |                              |          | 14 | 1 000    |    |       |    |          |    |           |
| Goa-F         |                              |          | 23 | 900      | 28 | 900   |    |          |    |           |
|               |                              |          |    |          | 37 | 900   |    |          |    |           |
| Carol-F       | 5                            | 1 250    | 17 | 1 200    | 33 | 1 300 | 42 | 1 300    | 52 | 1 200     |
|               | 10                           | 1 300    | 26 | 1 300    |    |       |    |          |    |           |
| MBR-F         | 7                            | 700      |    |          |    |       |    |          | 56 | 900       |
| Tasu-PF       |                              |          |    |          |    |       | 49 | 1 100    |    |           |
| Re-stacking   | 2                            | 1 500    |    |          |    |       |    |          | 53 | 1 500     |
| LD slag conc. | 6                            | 1 000    |    |          | 32 | 1 000 |    |          |    |           |
| LD slag       | 8                            | 1 000    |    |          | 36 | 1 000 |    |          | 54 | 1 000     |
| Return-PSC    | 3                            | 1 000    |    |          |    |       |    |          |    |           |
| Return        | 1                            | 1 300    | 15 | 1 300    | 29 | 1 300 | 45 | 1 400    | 50 | 1 200     |
|               | 13                           | 1 000    | 19 | 1 200    | 38 | 1 300 |    |          |    |           |
| Mill scale    |                              |          | 22 | 1 100    |    |       | 48 | 1 000    |    |           |
| R. Pellet-F   |                              |          |    |          | 30 | 500   |    |          |    |           |
| Iron sand     | 11                           | 1 000    | 24 | 1 000    | 35 | 1 000 | 40 | 1 000    |    |           |
| Serpentine    |                              |          | 21 | 300      |    |       | 47 | 350      |    |           |
| BF dust       |                              |          |    |          | 27 | 500   | 43 | 600      |    |           |
| L-Bed fine    |                              |          | 20 | 1 300    | 31 | 1 200 | 46 | 1 300    | 55 | 1 200     |
| Total (t)     | 60 000                       |          |    |          |    |       |    |          |    |           |

Fig. 12 Calculated and measured  $\text{SiO}_2$  amount in cross-sections of bed pileFig. 13 Fluctuation of  $\text{SiO}_2$  amount in cross-sections by insufficient mixing of double wheels

従って、ベッドの積付計画を作るに際し、前もって  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  が小さくなるような積付順序を計算し選択している。

Fig. 14 は計算によるベッド断面の  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  とベッド毎の  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  の実績値の関係を示している。

Fig. 14 Comparison of actual  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  of sinterd ore with calculated  $\sigma_{\text{SiO}_2}$  in ore bed



## 5. 結 言

焼結用オアベッド鉍の成分変動を減少させることは、焼結鉍さらには高炉の品質安定、操業安定の基本となるものである。

オアベッド鉍の代表的成分として、 $\text{SiO}_2$  をと

り上げその変動を減少させた。その主な改善策として、オアベッド両端部再積付、特殊銘柄の2重ブレンディングを行い、また、積付モデルシミュレーション結果を応用してベッドの長手方向の変動とベッド断面方向の変動の減少をはかった。その結果、焼結鉍の $\text{SiO}_2$ の標準偏差( $\sigma_{\text{SiO}_2}$ )を0.06~0.09%に改善出来た。