

化と地上化を計り煙突は旧 G.W. 分を再活用した。主排風機駆動用の大型同期電動機は点検保守上より M.G. セットを止めシリコン整流器方式となつている。

5.5 クーラー返鉱系統

クーラーは土地有効利用のサーキュラー型で、以後の成品処理設備耐熱保護を考慮し、冷却ファン能力を十分取つた。返鉱はホットならびにコールドリターンの外主排風系統ならびに排鉱部収塵サイクロン発生ダストを全部集めるようにし、ダストのハンドリング除去と有効利用を計っている。

5.6 破碎篩分成品処理系統

クーラー以後ホッパーまでの処理設備は No. 1・2 D. L. とともに平行配列とし、篩、カッターは同一架台に設置し土地、建設費の有効利用と作業の機動性の徹底を計っている。カッターは焼結鉱の気孔性を加味し、ペレットサイズに対応する -40 mm 破碎机 2 台を並列配置し、破碎の強化と成品粒度の安定管理を考慮した。篩はホットスクリーンも含めて 4 回の分級とし、特に 4 次篩はホッパーと高炉鉱石槽中間に配置し、高炉装入鉱石として弊害の多い微粉除去の徹底を期している。

5.7 制御関係

運転関係については全系統の統括制御集中管理方式とし、また管理室とコントロールセンターの直結、相互信号通話装置の充実、集中故障表示器の設置等集中、安全、迅速、機動性の徹底を期しており、一方自動制御関係においては、特に原料配合、水分添加の時系列的適正制御、点火炉の焼結着火温度制御、焼結機の焼結速度制御等特に均一かつ良質な品質向上を重点にした制御装置機器計装を備えている。

6. 操 業 経 過

試焼の時点より良好なる焼結鉱を生産し、41年2月5日の稼働開始日は稼働率 100% という順調なスタートで操業を開始した。その後も高炉が 1 基改修中であることと、焼結機が予定を上廻る快調なる立上りのため、ホットラン後数カ月生産調整休止を余儀なくされ、逆に機体の熱ならしの立場からいかにこの休止を避けるかに努力を傾注するほどであつた。品質的には塩基度 1.3 でスタート、強度、粒度、気孔、FeO 等諸性状はめきわて良好で、特に塩基度等成分の変動は少なく初期の重点目標である均一で良好なる品質の生産を続けている。なお第一高炉改修後の広畑 3 基の高炉焼結鉱使用率は No. 2 D. L. の完成により 80% に達し、高炉の生産性向上に大きく寄与している。

7. 結 言

(1) 溶銑需要の増大ならびにペレット、塊鉱等鉱石需給の諸状勢の展望より有効火格子面積 150 m² の大型 D.L. 方式焼結機を建設した。

(2) 本体建屋は大型 H 型鋼を使用するなど工期の短縮と建設費の節減をはかり、工事着工以来 8 カ月の超短期工事で完成した。

(3) コンパクトかつ機動的設備配置、連絡通話設備の充実、全運転系統の連動化等により要員合理化の徹底と稼働率の向上を目し、生産性の増大を企っている。

(4) 配合原料添加水分制御、焼結速度制御等各種新鋭自動制御方式を開発し、特に品質向上をはかつてい

る。

(5) 焼結鉱の整粒強化をねらい、クラッシャーのほかにカッター 2 基、振動篩を 4 基設置した。

41 年 2 月 5 日ホットラン以後順調な操業を続けており、溶銑炉の生産性増大に大きく寄与している。

(36) 焼結鉱塩基度の変動について

富士製鉄、室蘭製鉄所

加瀬 恣・渡辺幸正・田口敏夫

○塚本 行・大竹信彦

On the Variation of Sinter Basicity.

Tsutomu KASE, Takamasa WATANABE,
Toshio TAGUCHI, Susumu TSUKAMOTO
and Nobuhiko ÔTAKE.

1. 結 言

焼結鉱塩基度の変動については、いまさらここで繰返すまでもなく高炉操業に与える影響は、甚大なものがあり、その安定化をはかることは焼結工場にとつて重大なる任務である。しかるにその変動要因は、その複雑さのため従来十分あきらかにされておらず^{1)~3)}、したがつて適切なアクションを講ずることも容易でなかつた。そこでこのたび焼結鉱塩基度のバラツキについて総合的な調査を行ないかなりの成果をあげたので、ここに報告する。

2. 塩基度の変動要因

焼結鉱塩基度の変動要因の主たるものは Fig. 1 のようにまとめられ、これらをできるだけ細分して調査した。

3. 塩基度変動の推定

配合段階における塩基度のバラツキは次の 2 つにわけることができる。

{ 同一銘柄内の成分変動
{ 配合率のバラツキ

ところで配合原料中の SiO₂ % (x とする) は次式で表わされる。

$$x = \sum x_i p_i$$

x_i : 各原料鉱石の SiO₂ %

p_i : 各原料鉱石の配合率 (ただし $\sum p_i = 1$)

x_i, p_i はいずれもあるバラツキ $\sigma_{x_i}^2, \sigma_{p_i}^2$ をもつた確率変数であるので、x のバラツキ σ_x^2 は次のように表わされる⁴⁾。

$$\sigma_x^2 = \sum (p_i^2 \sigma_{x_i}^2 + x_i^2 \sigma_{p_i}^2)$$

同様に配合原料中の CaO % (y とする) は次のようになる。

$$\sigma_y^2 = \sum (p_i^2 \sigma_{y_i}^2 + y_i^2 \sigma_{p_i}^2)$$

ところで塩基度 z は y/x であり、そのバラツキ σ_z^2 は次式のとおりととなる⁴⁾。ただし x, y の母平均はそれぞれ μ_x, μ_y とする。

$$\sigma_z^2 = \left\{ \sigma_y^2 + (\mu_y/\mu_x)^2 \sigma_x^2 \right\} / \mu_x^2 \\ = (1/\sum x_i p_i)^2 \left\{ \sum (p_i^2 \sigma_{y_i}^2 + y_i^2 \sigma_{p_i}^2) \right. \\ \left. + (\sum y_i p_i / \sum x_i p_i)^2 \sum (p_i^2 \sigma_{x_i}^2 + x_i^2 \sigma_{p_i}^2) \right\}$$

ここで $\sum x_i p_i = \text{SiO}_2$, $\sum y_i p_i = \text{CaO}$ であり、 $\sum y_i p_i / \sum x_i p_i = \text{CaO/SiO}_2$ は塩基度でこれを B で表わすと上式は

Table 1. Effect of the variance of chem. compt. and proportion of R. M. on variation of sinter basicity.

Raw materials	Blending ratio of raw mixture (%)	Chemical analyses (%)		Component						Proportion	
				Variance				Coefficient of determination (%)		Square root of variance σ_p	Coefficient of determination (%)
				SiO ₂		CaO		SiO ₂	CaO		
		SiO ₂	CaO	σ_w^2	σ_b^2	σ_w^2	σ_b^2			SiO ₂	CaO
Marcona S-HG	9+9	4.15	0.95	0.067	0.075	0.006	0.005	6.3	0.2	0.136	1.0
Marcona S-LG	15	6.01	1.34	0.085	0.056	0.009	0.020	3.5	0.6	0.208	2.5
Santa Fe	10+10	6.07	1.25	0.131	0.447	0.009	0.023	49.1	1.3	0.144	2.5
Temangan	5	6.15	0.18	0.041	0.125	0.001	0.002	0.9	0	0.120	0.9
Goa MG	13	2.19	0.18	0.030	0.104	0.001	0.002	4.8	0.1	0.177	0.2
Pyrite cinder	5	12.44	0.46	1.140	3.502	0.006	0.015	24.0	0.1	0.120	3.5
Concentrate from O. H. slag	2	11.66	27.34	0.320	0.394	0.829	2.561	0.4	1.4	0.120	11.9
Mill scale	5	2.14	0.25	0.081	0.176	0.001	0.002	1.2	0	0.120	0.1
Flue dust	4	5.72	3.84	0.048	0.023	0.063	0.170	0.1	0.4	0.120	9.2
Iron sand	3	3.98	0.76	0.059	0.157	0.001	0.005	0.5	0	0.120	0.4
Lime stone	5+5	0.92	53.64	0.075	0.120	0.232	0.130	3.3	1.8	0.120	67.8
Total	100	4.86	6.78	0.0139	0.0343	0.0035	0.0042	94.1	5.9	—	100.0

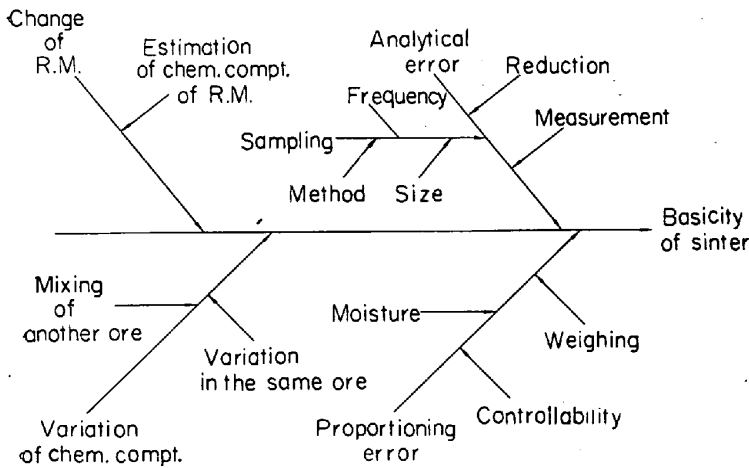


Fig. 1. Characteristic diagram of the variation of sinter basicity.

$$\sigma_z^2 = \{ \sum p_i^2 (\sigma_{y_i}^2 + B^2 \sigma_{x_i}^2) + \sum \sigma_{p_i}^2 (y_i^2 + B^2 x_i^2) \} / (\text{SiO}_2)^2$$

ここに得たバラツキの推定式において、カッコ内の第1項は原料成分のバラツキによるものであり、第2項は原料配合率のバラツキからくる塩基度の変動を示している。

4. 原料成分の変動

4.1 調査方法

原料フィーダーからきりだされる各原料鉱石を30 minごとに2~3 kgのペースで採取して4hr分を1コのサンプルとし、10日分60コの試料を調製し、Fe, SiO₂, CaOの3成分について分析した。

4.2 測定結果

各シフト(8 hr)内の変動 σ_w^2 、シフト間の変動 σ_b^2 を各鉱石別にもとめるとTable 1のとおりとなり、通常の塩基度管理における最小単位であるシフト間変動から塩基度の変動におよぼす各鉱石の寄与率(A)も次式によ

り算出し、Table 1に示した。

$$\text{寄与率 } A_i = \frac{B^2 \sigma_{x_i}^2 p_i^2 \text{ or } \sigma_{y_i}^2 p_i^2}{\sum (\sigma_{y_i}^2 + B^2 \sigma_{x_i}^2) p_i^2} \times 100 (\%)$$

この結果から、あるかざられた2, 3の鉱石に注目してバラツキを減少させるような対策を講ずれば、その効果がきわめて大きいことが推測される。

4.3 原料成分の変動による塩基度のバラツキ

Table 1より

$$\sigma_x^2 = 0.0343$$

$$\sigma_y^2 = 0.00421$$

そこで、3で得た推定式に上の結果を代入し、 $\sigma_{p_i}^2 = 0$ とすれば、原料成分の変動のみからくる塩基度のバラツキ $\sigma_{B.1}^2$ を得ることができる。

$$\sigma_{B.1}^2 = 0.00300 = (0.055)^2$$

5. 原料配合率の変動

原料配合はポイドメーターによる定率切出を行なっており、その変動要因としては、1)メリックの秤量精度、2)コントローラーの制御精度、および3)原料水分の変動が主たるものである。ところが、1)は月1回の衡器検定で秤量に対し1%という精度を十分に発揮しており、また生ずる誤差も長時間で漸増するものである。日常の塩基度変動に与える影響は大きくない。また3)については、石灰の水分変動が大きくきくのであるが、これは σ で0.2~0.3%であり、やはり影響度は小さい。そこで、ここでは2)のコントローラーの制御精度についてのみ考えることとする。

5.1 ポイドメーターの切出精度

各ポイドメーターの配合率設定値と実績値との偏差を各シフトごとに20日間にわたり調査したところ、切出量とそのバラツキの間にはFig. 2に示すような関係が得られた。

5.2 配合率変動による塩基度のバラツキ

Table 1に示す配合率を仮定し、Fig. 2からそれぞれ

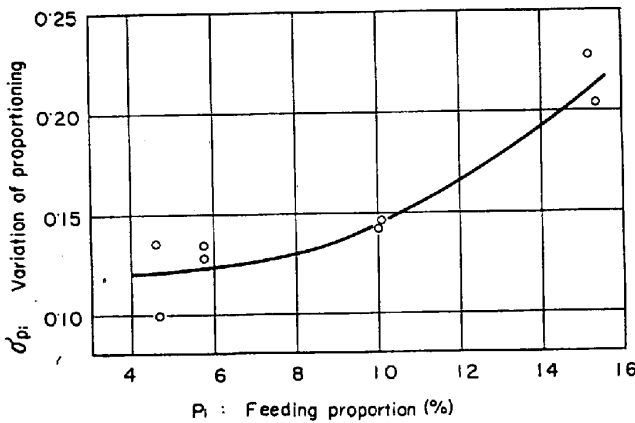


Fig. 2. Proportioning error.

の切出誤差を読み, 3. で得た推定式より, 配合率の変動のみによる塩基度のバラツキ $\sigma_{B.2}^2$ を求めると

$$\sigma_{B.2}^2 = 5.19 \times 10^{-4} = (0.023)^2$$

また配合率による変動を各鉱石にふりわけた寄与率 (B) を次式により求め Table 1 に示した.

$$\text{寄与率 } B_i = (y_i^2 + B^2 x_i^2) \sigma_{p_i}^2 / \sum (y_i^2 + B^2 x_i^2) \sigma_{p_i}^2$$

6. 分析誤差

6.1 調査方法

焼結鉱の化学分析は, 各シフト 8 個 (5 kg/hr) のインクリメントを合わせて 1 コのサンプルとし, 縮分して分析試料を調製し, 蛍光 X 線分析計 (Norelco 製オートロメーター) にかけている. そこで通常どおりの作業方法でインクリメントを採取し, それを個々に分析して, オートロメーターでの測定誤差, 縮分誤差, サンプリグ誤差をそれぞれ得た.

6.2 測定結果

それぞれの誤差を分離すると Table 2 のようになり, 次式によりトータルの分析誤差も示した.

$$\sigma_{SRM}^2 = \sigma_S^2/8 + \sigma_R^2 + \sigma_M^2$$

6.3 分析誤差による塩基度のバラツキ

分析誤差に基づく塩基度の変動 $\sigma_{B.3}^2$ は次式により得られる.

$$\sigma_{B.3}^2 = \sigma_{SRM}^2 \cdot CaO + B^2 \sigma_{SRM}^2 \cdot SiO_2 / (SiO_2)^2 = 0.00165 = (0.0406)^2$$

6.4 分析誤差の縮少

SiO₂, CaO それぞれの分析誤差を u, v とすれば, それからくる塩基度のバラツキは次式で表わされる.

$$\sigma_{B.3}^2 = (6.79 u^2 + 3.43 v^2) \times 10^{-2}$$

これを図示すると Fig. 3 のごとくなり, SiO₂ の誤差縮少が効果的であり, とくに Table 2 にみるとおりオートロメーターでの SiO₂ の測定誤差が大きききいている. しかし現状の装置そのままでは精度をあげるのは容易でなく, 分析誤差の縮少には繰返という方策を取らざるを得ない. そこでオートロメーターでの繰返測定回数およびサンプリグ回数の増加により塩基度の分析誤差減少を推定すると Fig. 3 のとおりとなり, 繰返測定が誤差の低下にいかにか効果があるかが解る.

7. 配合変更による変動

7.1 配合変更をしたときの塩基度のバラツキ

Table 2. Analytical error.

Kind of error		Component	
		SiO ₂	CaO
Measuring error	σ_M	0.144	0.048
Reducing error	σ_R	0	0.050
Sampling error	σ_S ($\sigma_S/\sqrt{8}$)	0	0.128 (0.045)
Total	σ_{SRM}	0.144	0.083

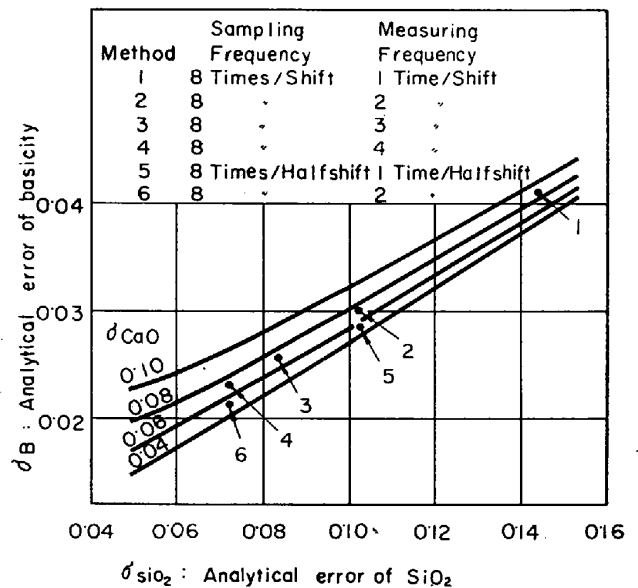


Fig. 3. Estimation of analytical error of basicity.

4. の原料成分変動調査をしたときには全鉱石の分析をしているので, この期間中の配合割合をもとに各シフトごとの塩基度の計算値 B_{cal} を求め, これより理論上のバラツキ $\sigma_{B.4}^2$ を得た. ただし原料の分析には測定誤差 $\sigma_{W.B}$ があるのでこれをさしひかねばならない.

$$\begin{aligned} \sigma_{B.4}^2 &= \sigma_{B(cal)}^2 - \sigma_{W.B}^2 / 2 \\ &= \sigma_{B(cal)}^2 - (\sigma_S^2 + B^2 \sigma_S^2) / 2 (SiO_2)^2 \\ &= 0.00483 = (0.00695)^2 \end{aligned}$$

一方, 4.3 で得た原料配合を一定にしているときの変動は 0.00300 であり, この差 0.00183 は配合変更に伴ない生ずる変動と考えられる.

7.2 原料成分の推定値と実績値の差からくる変動

原料成分は過去数船分の入荷分析値を利用しているが, 実際の値との間にはかなりのバイアスがあり, これが配合変更をするとバラツキとなつて現われてくる. このバイアスからくるバラツキは SiO₂, CaO それぞれ 0.0371, 0.0104 で, 塩基度になおすと $\sigma_{B.(Bias)}^2 = 0.00351$ となる.

7.3 石灰調整アクションの効果

7.2 で得たバラツキは配合変更をしたまま放置したときのものであり, 通常は管理基準に基づき石灰調整というバラツキを減少させるようなアクションを講じており, 7.1 で得た配合変更に伴ない生ずる変動が 7.2 で得

た値より小さいのは、その効果が現われているものと考えられる。

8. 結 言

以上、いろいろな方法で得た塩基度変動を要因別にまとめると、

- (1) 原料の成分変動 $\sigma_{B.1}^2=0.00300$
 - (2) 原料配合率の変動 $\sigma_{B.2}^2=0.00052$
 - (3) 配合変更 0.00183
 - (4) 石灰調整の効果 -0.00168
 - (5) 分析誤差 $\sigma_{T.3}^2=0.00165$
- 計 $\sigma_T^2=0.00532=(0.073)^2$

また効果的なアクションとしては、次のような方法があることがわかった。

- (1) 原料成分からくるバラツキは、とくにバラツキの大きい 2, 3 の鉱石に注目すれば効果的である。
- (2) 配合率の変動からくるバラツキは、石灰がきわめて大きい部分をしめている。
- (3) 使用する原料の平均成分が十分に把握できないと、配合変更により大きなバラツキを惹起する。
- (4) 分析誤差は、測定の繰返により著しく減少させることができる。

文 献

- 1) 斎藤, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 348
- 2) 尼崎製鉄: 第 24 回製鉄部会資料 (1964)
- 3) 川崎製鉄: 第 24 回製鉄部会資料 (1964)
- 4) 日科技連: 品質管理教程—II BC (1955)

(37) 石灰焼結鉱の性状におよぼす塩基度 SiO₂量および FeO 量の影響について

日本鋼管, 水江製鉄所

松本利夫・堀江重栄・八浪一温・○梶川脩二
Effect of Basicity Silica Content and FeO Content on Properties of Lime Sinter.

Toshio MATSUMOTO, Shigeyoshi HORIE,
Kazuharu YATSUNAMI and Shuji KAJIKAWA.

1. 緒 言

石灰焼結鉱の製造に関しては従来より広範な研究が行なわれており、これらの研究結果によると高塩基焼結鉱は一般的には性状が改善され生産性も向上されるといわれているが、ある塩基度範囲で (CaO/SiO₂=1.5 前後) 歩留および落下強度が低下することを指摘した報告が多い。しかし従来の研究は主として塩基度のみの影響を調べたものが多く、焼結鉱の組織に影響を与える化学組成をもあわせた試験が少なく、また将来の鉄鉱石のソースからみても高品位および赤鉄鉱系銘柄の占める比率が多くなることが予想されるので、本実験ではこれらの点を考慮して混合原料中の SiO₂ % および FeO % を種々変えて焼結性への影響を試験鍋を用いて調査したので報告する。

2. 試 験 方 法

2.1 試験装置

試験に使用した試験鍋および排風方法はつきに示すと

おりである。

使用試験鍋: 20 kg 200 mm φ × 350 mm

排風方法: 専用吸引ファン—1000 mm Aq., 10m³/min

2.2 試験計画

2.2.1 要因および割付け

要因として焼結鉱塩基度のほかに、焼結鉱中の SiO₂ % および混合原料中の FeO % をとり 3 元配置法 (繰返数 3 回) で割りつけした。本実験の因子および水準の内容はつきに示すとおりである。

因子	水準
A 焼結鉱塩基度	4 (0.8, 1.1, 1.4, 1.7)
B SiO ₂ %	3 (5.5, 6.5, 7.5%)
C 混合原料 FeO%	2 (8, 14%)

2.2.2 使用原料配合

国外(外地)鉱を除いてスケール 6%, 砂鉄 6%, 硫酸滓 6% を一定とし、塩基度については 7~19% 石灰石粉を配合して CaO/SiO₂ を 0.8~1.7 まで変えた。焼結鉱中の SiO₂ % および混合原料中の FeO % は国外鉱内の銘柄により調整した。

なお、国外鉱の銘柄としては、ブクワ、アカリ、セロイマン、ゴアレ、ラムコ、イーグル、ルモット、ケネディーレークを使用した。国外鉱については全量 5 mm 篩でふるい -5 mm を使用して粒度の均一化をはかり粒度の影響を少なくした。

2.2.3 試験条件

鍋 装 入 量	20 kg (湿量)
水 分	7.0%
コークス	5.0% (混合原料中)
返鉱使用割合	30% (新原料外枠)

2.2.4 調査項目

落下強度、焼結速度、生産率、還元後回転強度、被還元性および顕微鏡組織。なお被還元性は学振法に準じて行ない、これに用いた試料を還元回転強度の測定試料に供した。

3. 試験結果および考察

本試験により得られた各特性値の分散分析結果を Table 1 に示す。Fig. 1 に塩基度目標値と落下強度、焼

Table 1. Analysis of variance on sintering characteristics.

	Sintering speed	Shatter index	Productivity
A	* ^\	** \	** \
B	** ^	** /	-
C	** \	** /	-
A x B	-	**	**
B x C	-	-	-
A x C	-	-	-
A x B x C	-	-	-

Level of significance **1% *5%

A: CaO/SiO₂

B: SiO₂ Content

C: FeO% in raw material