

Table 2. Regression equations.

$L_s = -581.04 + 0.374 [\text{temp.}] + 52.00 [\text{CaO/SiO}_2]$ ,	$\sigma = 7.40$
$L_s = -637.45 + 0.393 [\text{temp.}] + 98.77 [\text{CaO+MgO}]/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ ,	$\sigma = 6.95$
$L_s = -536.57 + 0.379 [\text{temp.}] + 121.91 [\text{Excess base}]$ ,	$\sigma = 6.98$
$L_s = -593.10 + 0.368 [\text{temp.}] + 65.00 [\text{Bell's ratio}]$ ,	$\sigma = 7.13$
$L_s/f_s = -115.18 + 0.074 [\text{temp.}] + 12.59 [\text{CaO/SiO}_2]$ ,	$\sigma = 1.93$
$L_s/f_s = -128.89 + 0.079 [\text{temp.}] + 23.99 [(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)]$ ,	$\sigma = 1.82$
$L_s/f_s = -118.16 + 0.072 [\text{temp.}] + 15.90 [\text{Bell's ratio}]$ ,	$\sigma = 1.86$
$L_s/f_s = -104.35 + 0.075 [\text{temp.}] + 29.74 [\text{Excess base}]$ ,	$\sigma = 1.83$
$L_s = -209.65 + 0.405 [\text{temp.}] + 64.37 [\text{CaO/SiO}_2] - 0.294 [\text{Liquidus temp.}]$ ,	$\sigma = 7.40$
$L_s = -497.69 + 0.405 [\text{temp.}] + 101.87 [(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)] - 0.108 [\text{Liquidus temp.}]$ ,	$\sigma = 7.13$
$L_s = -272.11 + 0.391 [\text{temp.}] + 73.93 [\text{Bell's ratio}] - 0.250 [\text{Liquidus temp.}]$ ,	$\sigma = 7.20$
$L_s = -314.92 + 0.400 [\text{temp.}] + 129.22 [\text{Excess base}] - 0.173 [\text{Liquidus temp.}]$ ,	$\sigma = 7.10$

をはかり脱硫能を向上させる必要がある。この塩基度を上昇させる方法は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  および  $\text{SiO}_2$  のスラグ中含有量低下も同時に行なうことができ粘性を良好にする点でもある程度の効果を期待できる。しかし、塩基度、 $\text{CaO}$  および  $\text{MgO}$  の変動の限度に十分な注意を払わねばならぬことはいままでのない。

重回帰分析の結果、回帰式全体として成立し、なおかつ個々の要因の偏回帰係数も有意であった回帰式を選択すると Table 2 のようになる。

これらの式のうち、特性値が  $L_s/f_s$  である式は、活動度係数  $f_s$  の算出に際して問題があるので、 $L_s$  を特性値として用いた式のほうがより妥当であると考えられる。また、標準偏差の値から考察すると塩基度の表式方法としては  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{MgO}$  を含んだ式を用いたほうがよいということになる。これは  $\text{Al}_2\text{O}_3$  および  $\text{MgO}$  が塩基度に影響をおよぼしていることから説明される。

最後に得られた回帰式を用いて、銑鉄中の硫黄含有量を推定する式について考察する。装入硫黄量を  $S$  (t-pig)、ガスとして逃げる硫黄量を  $S'$  (t-pig) とすると

$$S = \frac{[S]}{100} + \frac{V(S)}{100} + S' \dots\dots\dots (a)$$

ここに  $V$  は銑鉄トンあたりのスラグ量であり、 $S'$  は小さいので省略すると、

$$[S] = \frac{100S}{(S)/[S]V + 1} = \frac{100S}{L_s \cdot V + 1} \dots\dots\dots (b)$$

を得る。試みに装入硫黄量  $4.07 \text{ kg/t-pig}$ 、スラグ比  $0.27$ 、 $\text{CaO/SiO}_2 = 1.2$  とすると  $[S] = 0.039\%$  となる。

IV. 結 言

千葉製鉄所第 3 高炉の最近 6 カ月の操業結果から硫黄の分配に関する検討を行なった結果、

- (1)  $S$  の分配比  $L_s$  および  $L_s/f_s$  に対する各要因の効果は従来の報文と一致し、Table 2 の回帰式を得た。
- (2) 銑滓中の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有量は  $S$  分配比に対して負の要因効果が強かった。
- (3)  $\text{FeO}$  の脱硫能に与える影響は大きくなかった。
- (4)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  のスラグの性質に与える影響は大きく、液相温度が負の要因効果を示したのもこれが多分に影響しているものと推察され、したがって脱硫能を左右する

条件の一つと考えられる。

(5) (b)式を用いることによつて、銑鉄中硫黄含有量を推定できるほかいろいろの点で操業指針とすることができる。

文 献

- 1) V. GIDROYC et al.: J. Iron & Steel Inst., Jan. (1964), p. 11
- 2) 川合保治他: 日曾製鋼技報, 2 (1962), p. 64
- 3) B. F. GONCHAROV: Stal, Mar. (1960), p. 168
- 4) 児玉他: 鉄と鋼, 49 (1963) 13, p. 1869
- 5) E. F. OSBORN et al.: Proc. Blast Furn., (1953), p. 281
- 6) R. B. SNOW: Proc. Blast Furn., (1962), p. 125

669.162, 267.62: 669.046.584

(24) 脱硫におよぼす銑滓中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の影響について No. 64/86

住友金属工業, 小倉製鉄所  
綿井義雄・神田良雄・福島 貢・野見山寛  
Effect of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Content in Blast-furnace Slag on the Desulphurization.

Yoshio WATAI, Yoshio KANDA,  
Mitsugu FUKUSHIMA and Hiroshi NOMIYAMA.

I. 緒 言 pp1613~1615

塩基性操業時の高炉銑滓中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含有量については、一般に 15% 程度が最適とされ、これ以上増加すると銑滓流動性および銑鉄成分に悪影響をおよぼすといわれている。小倉高炉の銑滓中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含有量は 16~20% と、かなり高い範囲にあり、またその変動も大きい。これが炉内脱硫に悪影響をおよぼしていると考えられるため、No. 1 B. F. の実績を基にその影響を調査したのでその概要を報告する。

II. 小倉高炉銑滓中の  $\text{Al}_2\text{O}_3$

小倉高炉の銑滓中  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  は Fig. 1 に示すごとく、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  装入量は減少しているにも拘らず銑滓量の大巾な減少によつて  $\text{Al}_2\text{O}_3\%$  は上昇の傾向を示している。また

Table 1. Degree of desulphurization. (%)

I tem	1963. 12	1964. 1	1964. 2	1964. 3
Deg. of Desulphurization	91.6	90.8	89.2	89.3
S charged kg/p. t	4.31	4.15	4.07	4.19
S content in pig %	0.036	0.038	0.044	0.045
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> content in slag %	15.39	17.45	19.65	19.49
CaO/SiO <sub>2</sub> of slag	1.23	1.25	1.28	1.31
Slag volume kg/p. t	323	304	278	279

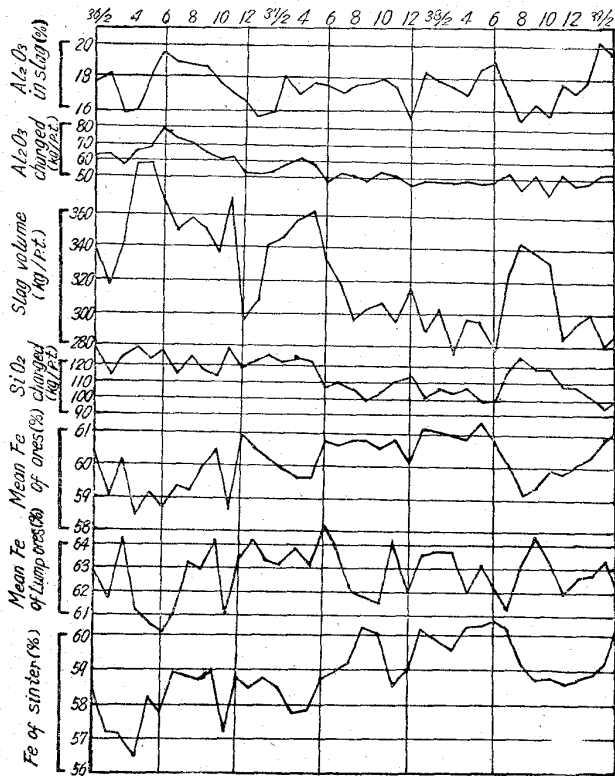


Fig. 1. Trend of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content in slag.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>% 上昇と共に Table 1 に示すごとく炉内脱硫率も悪化する傾向を示している。また、鉄滓量減少の原因としては、

- a. 装入 SiO<sub>2</sub> 量の減少
- b. 使用鉄石の品位の向上
- c. コークス比の低下

などが考えられる。

III. 要因解析結果

高炉炉内脱硫率に影響をおよぼすと考えられる要因をいろいろ選択して多量回帰分析を行なった結果、特に強く影響すると考えられる次の7要因を用いることとした。

1. 要 因

鉄中S% (y), 鉄中Si% (x<sub>1</sub>), 鉄中Mn% (x<sub>2</sub>), 溶鉄温度 (x<sub>3</sub>), 鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (x<sub>4</sub>), 鉄滓中S% (x<sub>5</sub>), CaO/SiO<sub>2</sub> (x<sub>6</sub>).

2. 試 料

S38.11~39.3 の約 1200 tap より 80 tap を抽出した。

3. 解析結果

各要因と鉄中S%の関係を Fig. 2~5 に、多重回帰解析結果を Table 2 に示す。

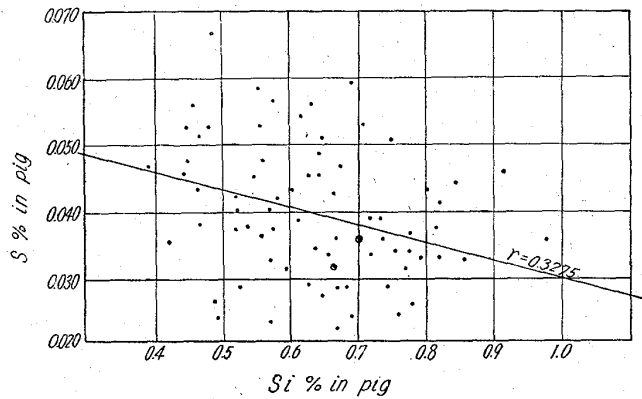


Fig. 2. Relation between [S]% and [Si]%. r = -0.3275

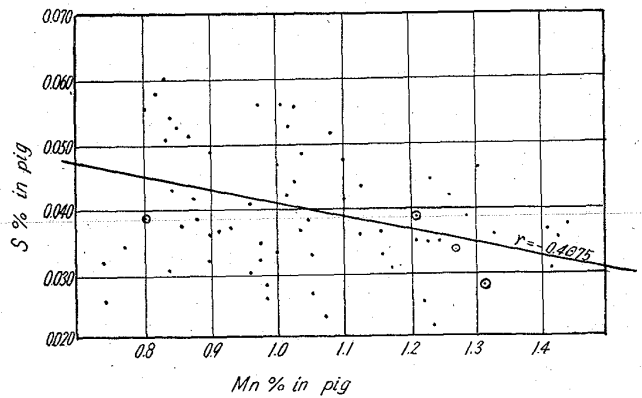


Fig. 3. Relation between [S]% and [Mn]%. r = -0.4275

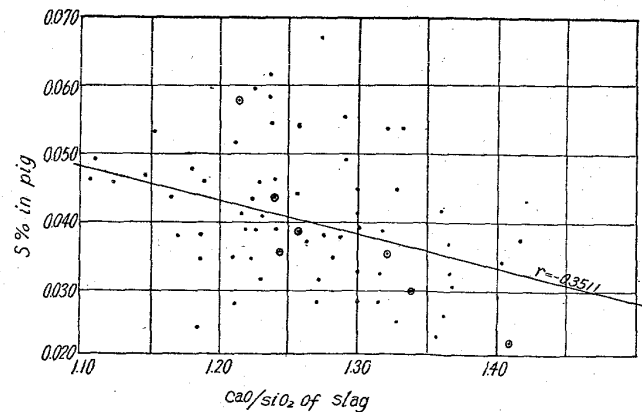


Fig. 4. Relation between [S] % and basicity of slag. r = -0.3511

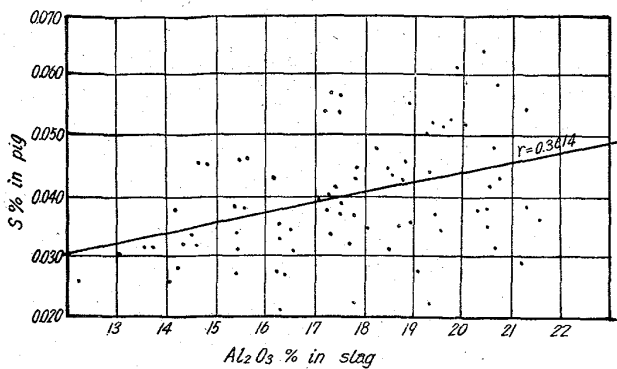


Fig. 5. Relation between [S] % and (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) %.

Table 2. Results of multiple regression analysis.

	Coefficient of simple correlation	Coefficient of partial correlation
Si % in pig	-0.3275**	-0.3181*
Mn % "	-0.4075**	-0.4978**
Pig temp. °C	-0.2764*	-0.1519
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % in slag	0.3614**	0.5892**
S % in slag	-0.1107**	-0.1237*
CaO/SiO <sub>2</sub> of slag	-0.3511	-0.2595

Level of significance \*\*99%, \*95%

回帰式は次のごとくである。

$$y = 0.0672 - 0.0203x_1 - 0.0202x_2 + 0.023x_4 - 0.0274x_6$$

この計算結果より脱硫率を向上させるためにはつぎのごとき対策が必要となる。

- a. 鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % の低下
- b. 鉄中 Si % の上昇
- c. 鉄中 Mn % の上昇
- d. CaO/SiO<sub>2</sub> の上昇

#### IV. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の影響

前項の解析結果より明らかなごとく鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の増加は鉄中 S % に顕著な影響を与える。そこで鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ± 1% の変動による鉄中 S % の変動を抑えるために必要な他の要因の調整量を回帰式より求めると Table 3 のごとくなる。しかし、実際操業面より考えると Si % の上昇すなわち炉床温度を上昇させることは当然燃料比の上昇、出鉄量の低下を招く。また、炉床温度の上昇によつて装入 TiO<sub>2</sub> の還元が増加し出滓口への流鉄現象を助長すると考えられる。CaO/SiO<sub>2</sub> を上昇させると SiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 状態図より判ることごとく同一 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> % でも鉄滓の liquidus line が高くなりそれだけ高い炉床温度を必要とする。以上のごとく考えるとこれらの調整方法にはいずれも限度がある。一方これらの要因を [Si]=0.6%, [Mn]=0.8%, CaO/SiO<sub>2</sub>=1.30 という日常管理水

Table 3. Regulation of factors.

Factor	Regulation
Si % in pig	±0.11
Mn % in pig	±0.11
CaO/SiO <sub>2</sub>	±0.08

Table 4. Classification of ores.

Group	Example of ore
A	Nevada. Zewalloss. Eagle Mt.
B	Cuddalore. India. Dungun. Goa H. Temangan
C	Goa L. Redi Jorak. Chowgle M. Rourkela

準に合わせた場合の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の上限を求めると (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ≤ 16.2% すなわち 1% 程度の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の上昇は他の要因で補うとしても鉄滓中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量は 17% 以下に管理することが必要である。

#### V. 鉄石配合

現在当所に入荷している輸入鉄石および焼結鉄 (50% 配合) によつて鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 17% 以下に管理するために必要な鉄石配合は、次のごとくなる。いま、鉄石を Table 4 に例示するごとく、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub> 含有量を加味して、高珪酸鉄 (A)、低 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 鉄 (B)、高 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 鉄 (C) に分類する。

鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 17% にするための配合としては、A group 8~10%, B group 35~31%, C group 7~9% 程度が基準になる。

#### VI. 結言

鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含有量の増加による高炉操業への影響は

- a. 鉄滓流動性の悪化
- b. 流動性不良による鉄滓脱硫能力の低下
- c. 鉄滓の liquidus line 上昇に対処するための炉床温度の上昇

などが重なつてくるといわれているが、今回の調査によつても Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の上昇が脱硫率に顕著な悪影響をおよぼすことが確認された。なお、今回の調査結果を要約すると次のごとくである。

(1) 鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1% の上昇によつて、鉄中 S は 0.003% 上昇する。

(2) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1% の上昇を補うためには鉄中 SiO 11%, 鉄中 Mn 0.11% CaO/SiO<sub>2</sub> 0.08 の上昇のいずれかを必要とする。

(3) (2) 項の対策以外に、鉄滓中 Mg 0% の上昇珪石の使用による鉄滓量の増加などが考えられる。

(4) [Si]=0.6% [Mn]=0.8% CaO/SiO<sub>2</sub>=1.30 の普通操業を維持するためには、鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を上限 17% で管理する必要がある。

(5) 鉄滓中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を 17% 以下に管理するためには焼結配合 50% とすると、高珪酸鉄 8~10%, 低 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 鉄 35~31%, 高 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7~9% 程度の鉄石配合にする必要がある。

以上のごとくであるが、おのおのの対策を施す場合の高炉の生産性、経済性を考えて、更に検討を加えると共に、20% 以上の高 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 鉄滓による操業方法を確立させたい。