

鹽基性平爐に於ける硫黄の舉動に就いて (III)

(S バランス, 脱硫に関する諸因子の統計的考察及び總括)

(昭和 27 年 11 月本會講演大會にて發表)

村田 巖*・前田元三*・鶴野達二**・本間悦郎*

ON THE BEHAVIOR OF SULPHUR IN BASIC OPEN HEARTH FURNACES (III)

(Sulphur balance, statistical studies of several factors influencing desulphurization and the summary)

Iwao Murata, Genzo Maeda, Tatsuji Uno. Dr. Eng. and Etsuro Homma

Synopsis:

Out of the results obtained from report I and II (Tetsu-to-Hagané, Vol. 39, June 1953, 582-587; July 1953, 677~682,) a sulphur balance chart was made for each heat. The average of these charts are shown in table 1. The whole amount of slag was calculated by using the amount of lime in slag as the base of calculation. From sulphur balance charts the relation between the amount of sulphur brought into the furnace atmosphere by the fuel and the sulphur pickup of the molten phase from the furnace atmosphere was studied, and it became clear that in the present working conditions sulphur in oil becomes to influence the amount of sulphur in steel bath when it exceeds about 1%.

The whole amount of slag must be more than 20t, that is, about 10.0% of the molten steel so far as desulphurization was concerned.

Correlation coefficients between [S] scr. (assuming value of the amount of sulphur in scraps just before molten pig is charged) and several factors that seemed to influence this value and those between (S)/[S] and the basisty of slag, (FeO) and the fluidity of slag were calculated.

From the results of three reports the authors summarized the conditions and precautions to obtain good desulphurization in the basic open hearth furnace fired with oil and coke oven gas.

I. 緒 言

本報に於いては第一、第二報の結果より各熔解について行つた S バランスの結果を述べ脱硫に関する諸因子を統計的に考察し最後に總括として良好な脱硫を期する為の諸条件を列挙し報告する。

第 1 表に S バランスの結果を示す。表中の (其の一) は廃ガス中の SO₂ の定量を行わなかつた 35 熔解に就き計算せるもの、平均であり、(其の二) は SO₂ の定量を行つた 10 熔解に就いての平均である。従つて (其の一) のガス相よりの硫黄量は推定値であり第 11 欄の計より第 2~6 欄までの和を差し引いた値である。S バラ

第 1 表

(1)	熔相に入る硫黄量							製品中及び滓化硫黄量			(12)	(13)	
	(2) 屑 鐵	(3) 熔 銑	(4) 石 灰 及 灰 石	(5) 生 石 灰	(6) 鐵 鑛 石	(7) マン ン 鑛 ガ 石	(8) ガ ス 相 計	(9) 鋼	(10) 滓 化	(11) 計	燃料によ り爐内に 送り込ま れる硫黄 量	行方不 明硫黄 量	
其の一	kg/t%	0.359 37.3	0.177 18.4	0.022 2.2	0.052 5.4	0.014 1.5	0.338 35.2	0.962 100.0	0.45 47.3	0.507 52.7	0.962 100.0	1.79 —	— —
其の二	kg/t%	0.309 34.7	0.178 20.2	0.018 2.0	0.117 13.1	0.022 2.5	0.247 27.7	0.891 100.0	0.41 50.6	0.396 39.4	0.809 100.0	1.46 —	0.082 —

* 富士製鐵室蘭製鐵所, ** 富士製鐵廣畑製鐵所 工博

ンスを検討するに先立つて我々の行つた鋼滓量算出法に就いて述べる。

(1) 鋼滓量の算出

当炉の如く傾注式炉では排滓が屢々行われその正確な量を知るのは困難であり鋼滓総量は正確には算出し難い。最近の脱硫関係の論文⁷⁾に使用 CaO 量の 2 倍を鋼滓量とする事が報告されて居り我々も使用 CaO 量と鋼滓中の CaO% をもとに計算を行つた。当炉が傾注式であるのに対し上記の論文の対象になつたのは固定式であるので上述の方法をそのまま適用するのは不都合である。そこで我々は前装入の石灰石中の CaO 量より出発して排滓の時は排滓鋼滓中の CaO 分析値 (或いは排滓時に最も近い鋼滓試料の分析値) と排滓量 (目測) とより排出された CaO 量を順次差引き生石灰装入時は相当 CaO 量を加算し出鋼時の CaO 量を算出する。此の量と出鋼時の鋼滓中の CaO% とより出鋼時の鋼滓量を求めこれに排滓総量を加え鋼滓総量とした。猶、炉修用ドロマイトは一熔解当り平均 4t 使用すると見做しその中の 2t は熔落迄に残りの 2t は熔落より出鋼迄の間に鋼滓中に入るとし此等相当量の CaO をも加算した。

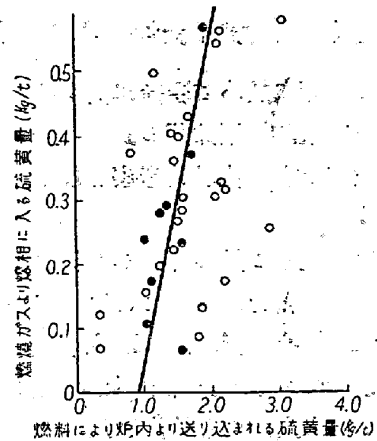
滓化硫黄量は出鋼時の鋼滓中の硫黄量と各排滓により排出される硫黄量の総和との和を総量とした。

本試験中に二回程鋼滓総量を実際に秤量しそれらの結果が 27.2t 及び 26.5t であつたのに対し上述の方法で算出せる計算値が夫々 26.2t 及び 27.7t であり此の計算法によるもさほど大なる誤差はない様に思われる。

(2) S バランス

S バランス (其の二) はガス中の硫黄量をも実測した出来得る限り完全なバランスである。行方不明の硫黄量 (13) は平均 0.082kg/t でありこれは全硫黄の約 10% に当り良好な結果とは云い難いのであるが硫黄総量の約 40% に相当する屑鉄中の硫黄量が正確に知り得ない事、及び廃ガス分析の誤差等により此の程度の誤差は止むを得ないと思われる。(其の一) と (其の二) のガス相よりの硫黄量 (7) を比較するに前者は 0.338kg/t であるのに対し後者は 0.247kg/t であり相当な差がある様に思われるが両者の燃料により炉内に送り込まれる硫黄量 (12) は前者は 1.79kg/t で後者は 1.46kg/t である。それ故ガス相よりの硫黄量も比率にすればそれぞれ $0.338 / 1.79 \times 100 = 18.8\%$ 及び $0.247 / 1.46 \times 100 = 16.9\%$ となり大差はなく (其の一) のガス相よりの推定硫黄量も可成り近似的なものと思われる。

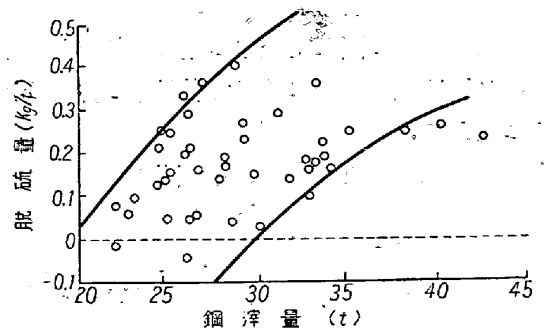
燃料中の硫黄量とガス相より熔相に入る硫黄量との関係を図示すると第 1 図の如くである。図中の・は S バラ



第 1 圖

ンス (其の二) よりの点である。最小二乗法により図に示す如き直線を引き横軸との交点を求めると約 1.0kg/t である。そこで C-gas により炉内に送り込まれる硫黄量を平均 0.25kg/t、一熔解当りの重油使用量を平均 15t 全出鋼量を 190t とすると上の値は約 0.9% S の重油を使用した場合に相当する。即ち約 0.9% S 以下の重油を使用すれば現在の作業条件の下では燃料による加硫は起らない事を示し前に得た結果 (第 1 報) と略々一致する。

次に鋼滓量と脱硫量との関係を検討した。脱硫量としてガス相よりの硫黄を除いた炉に入る硫黄量と製品中の硫黄量との差、即ち第 1 表の (2), (3), (4), (5) 及び (6) 欄と (9) 欄との差を取つた。両者の関係を図示すると第 2 図の如くであり点はばらつき判然たる傾向は窺



第 2 圖

われなかつた。これらの点のばらつきについて検討するため図に示す如く上限と下限の線を引各熔解につき排滓量、排滓回数及び (S)/[S] の値等を調べると上限附近の点は概して排滓量、同回数多く又 (S)/[S] の値が高く下限附近はその反対の傾向にある結果となつた。同図より脱硫能のよい鋼滓でもその量が少くとも 20t、即ち熔鋼の約 10% 以上なければならぬ事が推察される。

III. 脱硫に関する諸因子の統計的考察

製鋼作業の各期に於いて脱硫に関する諸因子と熔鉄中の硫黄量或いは鐵滓、鋼滓間の硫黄の分配率との間の単相関及び偏相関を求め統計的考察を加えた。

(1) 装入期

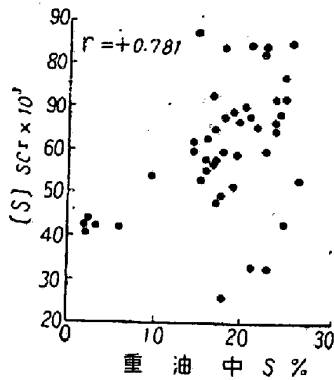
装入期には可成りの量の硫黄が燃料より鉄中に入り製品の硫黄含量に影響を及ぼすことは既に明らかにした処である。そこで熔銑装入前の装入物中の推定硫黄量 $[S]_{scr.}$ と幾つかの因子との間の相関関係を検討した。

但し $[S]_{scr.}$ は次式により算出した。

$$[S]_{scr.} = \frac{\text{熔落}[S] \times \text{全鋼量} - \text{熔銑}[S] \times \text{熔銑量}}{\text{屑鉄量}}$$

(イ) 重油中 S% と $[S]_{scr.}$ との間の相関

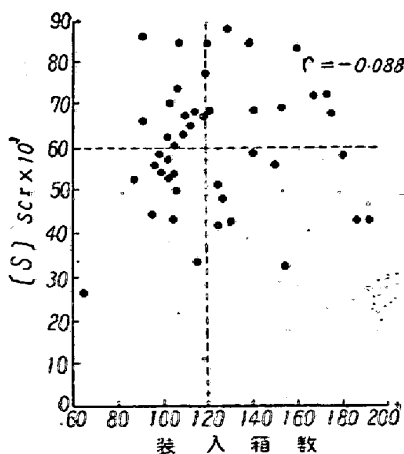
重油中 S% と $[S]_{scr.}$ との関係は第 3 図に示す如く



第 3 圖

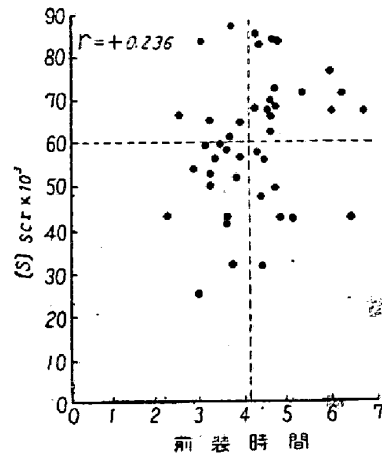
であり単相関係数を求めると $r = +0.781$ であり高度に有意であり両者の間に可成りの相関関係がある事が窺われる。これは既に詳細に述べた燃料中の硫黄の影響を示すものである。

(ロ) 装入箱数と $[S]_{scr.}$ との間の相関



第 4 圖

装入箱数は装入屑鉄の表面積の大きさを示すファクターとも考えられる故 $[S]_{scr.}$ との間の相関関係を検討した。両者の関係は第 4 図の如くであり単相関係数は $r = +0.088$ であつて相関関係は見出せなかつた。而して $[S]_{scr.}$ の値を最も支配する因子は重油中 S% と見做される故重油中 S% の影響を一定にした際の両者の偏相関係数を求めると 0.688 となり有意となる。



第 5 圖

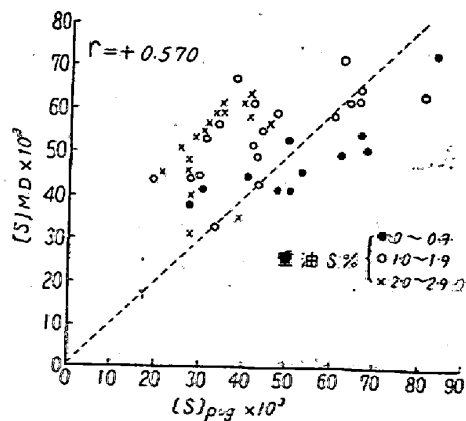
(ハ) 前装時間と $[S]_{scr.}$ との間の相関

前装時間と $[S]_{scr.}$ との関係は第 5 図の如くである。単相関係数を求めると $r = +0.236$ であり $\alpha = 0.10$ にて有意であり余り相関関係があるとは思われないが重油中 S% の影響を一定にした際の偏相関を求めると +0.370 となり $\alpha = 0.05$ にて有意となりいくらかの相関関係が認められる。

(2) 精錬期

(イ) 熔落 $[S]_{M.D.}$ と 熔銑 $[S]_{pig}$ との間の相関

$[S]_{M.D.}$ と $[S]_{pig}$ との関係を図示すると第 6 図の如くであり単相関を求めると $r = +0.570$ となり可成りの



第 6 圖

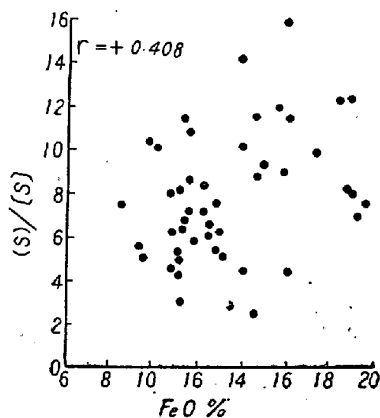
相関が認められる。又図中の各点を重油中 S% の範圍別に層別したが図より明らかな如く重油中 S% も $[S]_{M.D.}$ に影響を及ぼしている。然るに重油中 S% と $[S]_{M.D.}$ との間の単相関係数を求めると $r = -0.035$ であり相関関係は認められない。そこで $[S]_{pig}$ の影響を一定として偏相関を求めると $+0.456$ となり明かに相関ありと言える。即ち重油中 S% の $[S]_{M.D.}$ に及ぼす影響は $[S]_{pig}$ の影響に打ち消され単相関には現われて来ないものと見做す事が出来る。

(ロ) $(S)/[S]$ と塩基度との間の相関

$(S)/[S]$ と塩基度との関係は第 2 報第 5 図に示した如くであるが両者の単相関係数を求めると $r = +0.524$ であり高度に有意である。この事によつても塩基度が $(S)/[S]$ を、ひいては精錬期に於ける脱硫を支配する重要な因子である事が判る。

(ハ) $(S)/[S]$ と (FeO) との間の相関

$(S)/[S]$ と (FeO) との関係を図示すると第 7 図の如くであり単相関係数を求めると $r = +0.408$ となり両者



第 7 圖

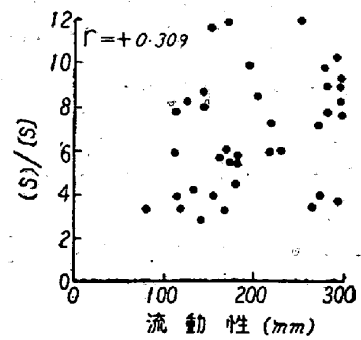
の間には正の相関関係が認められる。而して $(S)/[S]$ を最も支配する因子は塩基度である故塩基度の影響を一定にして両者の偏相関係数を求めた処 $r = +0.120$ となり相関関係は認められなくなる。併しその符号は正であり単相関と同様の傾向が窺われる。

(ニ) $(S)/[S]$ と鋼滓の流動性との間の相関

$(S)/[S]$ と鋼滓の流動性との関係を図示すると第 8 図の如くであり単相関係数は $r = +0.309$, $\alpha = 0.05$ にて有意であり相関関係が認められる。此処でも塩基度の影響を一定として偏相関係数を求めると $+0.324$ となり依然有意である。

(ホ) $(S)/[S]$ と (MnO) との間の相関

$(S)/[S]$ と (MnO) との間の単相関係数は $r = -0.215$ であり相関ありとは言えない。塩基度の影響を一定



第 8 圖

にした際の偏相関係数は -0.027 であり相関は全然なく (MnO) は $(S)/[S]$ には殆んど影響しない事が言える。

IV. 總 括

第 1, 第 2 及び本報にて得た種々の結論より塩基性平炉 (特に重油・C-gas 混焼式) 操業に於いて良好な脱硫を期す為の諸条件或いは諸注意を以下の如く列挙して見た。

- (1) 極力低硫黄の屑鉄を使用する。
- (2) 圧縮屑はガス中の硫黄を最も吸収し易く注意すべきである。
- (3) 鉄鉱石, マンガン鉱石及び生石灰中の硫黄量も無視出来ない。
- (4) 熔鉄中の硫黄は最後迄決定的に響き高硫黄の熔鉄は平炉装入前に極力脱硫すべきである。
- (5) 重油中の硫黄は約 1.0% 以上では製品の $[S]$ に影響を及ぼす。燃料により最も加硫される時期は装入期である故当期中の重油使用量は少い方がよい。燃料中の硫黄の影響は過剰空気率を大きくする事により或程度少くする事が出来る。C-gas 中の硫黄量も時に $3g/m^3$ に及ぶ事もあり留意すべきである。
- (6) “山高”時は圧縮屑装入時と共に最もガス中の硫黄を吸収し易くその山の大きさを低く又その期間を出来る丈短くする様注意すべきである。
- (7) 装入時間は短い方がよいが大きな山高を避けその期間が短く且つ装入終了迄の時間が短い様に装入速度及び順序を調節すべきである。
- (8) 熔解期初期の排滓の時期は排滓により出来得る限り多量の SiO_2 と少量の CaO とを排出する様選ぶべきである。
- (9) 塩基度 (CaO/SiO_2) は少くとも 2.0 以上なければ脱硫は期待出来ず 2.5~3.5 の範囲が適切である。

(10) 鋼滓の流動性は鋼浴の〔S〕の変動に大いに関係があり極力流動性のよい鋼滓を作るべきである。

(11) 排滓はそれ自体のみによつては著しい効果は得られない。

(12) 鉄鉱石、追加熔銑による鋼浴の沸騰は概して脱硫には良い影響を及ぼす。

(13) フェロ・マンガン投入により多少の脱硫が行われる。

(14) 鋼滓総量は少くとも 20t、即ち熔鋼の約 10% 以上なければならない。

(15) 精錬期中ガス中の硫黄は直接鋼浴には影響を及ぼさないが鋼滓中に可成り入りその量は過剰空気率が大なる程減少する。

(16) 取鍋中での復硫は出鋼滓の塩基度が低い程起り易く殊に取鍋脱酸にフェロ・シリコンを使用する際は著しい。

V. 結 言

約 5 ヶ月に亘り富士製鉄室蘭製鉄所 150t 重油・C-gas

混焼式塩基性平炉に於ける炉内ガス及び熔相中の硫黄の挙動に就き種々検討を行い其の結果を 3 報に分けて報告した。終りに臨み本研究の遂行に当り種々御協力下された当所、研究課、製鋼課並びに検定課の方々に深甚の謝意を表す。猶本研究は著者の中、鶴野、本間両名が北海道大学工学部在職中に行つたものであり研究費の一部は文部省科学研究費よりの支弁によるものである。

(昭和 28 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) Robertson, Bacon & Jill: J. of Mets. Nov. 1951, p. 1031

正 誤 表

(本年 6 月號掲載本論文第 I 報中次の如く訂正す。)

頁	正	誤
583 (第 1 表)	燃料より熔相に入る硫黄量	燃料よりガス相に入る硫黄量

繼目無し鋼管の壓延作業に関する研究

(プラグミル用スタンゲンの強度について)

(昭和 28 年 4 月本會講演大會にて講演)

井 上 勝 郎*・山 田 嘉 昭**

SOME OBSERVATIONS ON THE WORKING LOAD OF MANDREL BAR OF PLUG MILL

(The Measurement of Working Stress Using Wire-Strain-Gage)

Katsuro Inouye and Yoshiaki Yamada

Synopsis:

When rolling seamless steel tubes by the use of Plug Rolling Mill, the authors measured both compression and bending forces acting upon Mandrel Bar of the mill, making use of Wire-Strain-Gage. Through various data collected from practical operation of rolling tubes of 83mm. O.D., 3.7mm. thickness, and 7,500mm. length, the following results have been obtained.

- (1) Compression force is, in many cases, more powerful than mandrel bar's buckling load of 1st order, and therefore it is necessary for us to be provided with guides.
- (2) Bending force is as powerful as compression force.
- (3) In one case of our experiments, the stress acting upon the bar has reached, at one time, 25kg/mm² max. In order to fight against such a high stress, it will be necessary for us to use materials of high yield point and regulate the tube temperature down to max. 300

* 日本特殊鋼管株式会社, ** 東京大學生産技術研究所