

昭和十年一月二十五日發行

論 說

銻鑛爐原料としての平爐滓と銑鐵の磷分との關係

深 堀 佐 市*

ON THE RELATION BETWEEN OPEN HEARTH SLAG CHARGED IN BLAST FURNACE AND THE CONCENTRATION OF PHOSPHORUS IN PIG IRON PRODUCED.

By Saiti Fukaberi.

SYNOPSIS:—Consideration has been done to obtain the relation between open hearth slag charged in blast furnace and the concentration of phosphorus in pig iron produced. When pig iron, fresh from blast furnace, is at once consumed without rest in steel work, and open hearth slag then made is again at once sent back without rest to blast furnace, the % of phosphorus in pig iron produced arises gradually. Is there any limit in its arising? The author found the conclusion, primary, that, theoretically said, it arises boundlessly, but practically exist certain limit, and secondary that, utilizing open hearth slag in blast furnace, favorable point can be found in its utilization rate, at which open hearth slag is comparatively much used, without making the % of phosphorus in pig iron so high.

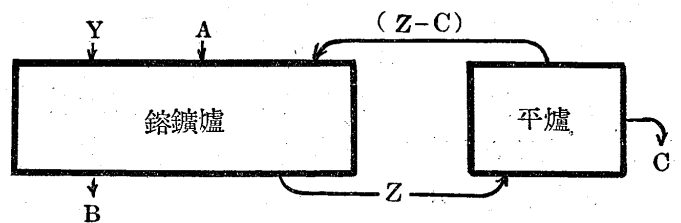
平爐滓には FeO が 10~20%、 CaO が 50%、 MnO が 5~15% もあるから、これを其儘棄て、しまふのは惜しい事だといふので銑鋼一貫作業の工場では、それを銻鑛爐に戻し、鐵分、滿俺分を回収すると同時に CaO はフラックスの代りに使用して居る。だから平爐滓は出来る丈全部回収して、銻鑛爐に戻した方が、理想的な一貫作業を行ふ事となるのであるが、併し此の場合一つの難點に當面しなければならなくなる。

夫は、一つの銻鑛爐で出来た銑鐵を、平爐で残りなく使用し、其際出来た平爐滓を又もや残りなく銻鑛爐に回収する事を繼續して行くときは、吹製される銑鐵の磷分が、段々高くなつて行く事である。實際問題としては「残りなく」といふ事は絶対に出来ない事であるから、方々に磷の逃げ場も出来て来るのであるが、併しそれでも徐々に顯著に此の現象は實際認められる所である。

しからば此の場合、銑鐵の磷%は限りなく高くなつて行くのであるか、どうか?

著者は、抽象的ではあるが、決して實際問題を離れる事なしに、此の問題を考察してみた。

今、一つの銻鑛爐で吹いた銑鐵を、残りなく直ちに平爐に装入し、斯くして出来た平爐滓を又直ちに餘りなく銻鑛爐に装入した場合に、磷に關して次の如き質量系が考へられる。



Y=銑鐵噸當り鑛石中の P^{kg} B=銑鐵噸當り鑛滓中の P^{kg}
 A=銑鐵噸當り骸炭中の P^{kg} Z=銑鐵每噸の P^{kg} C=銑鐵噸當り鋼塊中の P^{kg} (Z-C)=銑鐵噸當り平爐滓中の P^{kg}

問題を簡單にする爲に、此の質量系には時間の推移を考へない事にした。又平爐装入原料の約半たる屑鐵は、古き鋼より新らしき鋼への變形を被けるのみにして、含有磷%は不變と見ていゝから、磷に關する限り考慮より度外視する事にした。(此處で鑛石といふのは、銻鑛爐装入原料といふ意味なり)。

此の質量系のバランスを、銻鑛爐に就て取つてみる。銻

* 淺野造船所製

鑄爐に入るを+、出るを-として、其の代数和を取ると、

$$S = \{Y + A + (Z - C)\} - (Z + B) \\ = (Y + A) - (B + C)$$

此の S が零に等しくなれば、即ち

$$Y + A = B + C$$

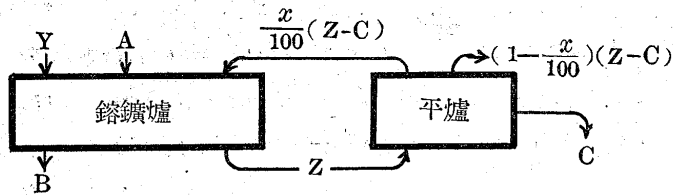
となれば、此の質量系には増減はない譯である。しかるに
実際には $A > B + C$ (後出)

が普通であるから、勿論

$$Y + A > B + C$$

となつて、此の質量系には磷が段々蓄積される様になり、
従つて吹製される鉄鐵の磷分も段々高まつてゆく事になる

今鑄石、骸炭が與へられたるものであり、従つて其の中
に含まる、磷分も一定のものであるとすると、此の質量系
を平衡状態に保ち得る爲に加減出来るものは、鑄鑄爐に回
收すべき平爐滓の使用量である。即ち、此の質量系を平衡
に保つ爲の、平爐滓の使用率を全平爐滓の $x\%$ とすると、



$$Y + A + (x/100)(Z - C) = Z + B \dots (1)$$

といふ等式が成立する。實際に當つて、此の A, B, C と
いふ数は、大體常數として、數字を以て表される。

鉄鐵 1 噸より 920 kg の鋼が出来、鋼の磷分を 0.04%
とすれば

$$C = 920 \text{ kg} \times 0.04 \times (1/100) = 0.37 \text{ kg}$$

Coke ratio を 1 として、骸炭の灰分が 20%、灰中の
磷分を 0.4% とすれば

$$A = 1,000 \text{ kg} \times 20/100 \times 4/100 = 0.8 \text{ kg}$$

鑄滓量は鉄鐵の 70% とし、鑄滓の磷分を 0.01% とす
れば

$$B = 700 \text{ kg} \times 0.01 \times 1/100 = 0.07 \text{ kg}$$

更に、鉄鐵噸當りの鑄石 (60% Fe) を 1,700 kg 其の
鑄石中の磷分を y とすると

$$Y = 1,700 \text{ kg} \times y/100 = 17y$$

鉄鐵中の磷分を z とすると

$$Z = 1,000 \text{ kg} \times z/100 = 10z \text{ kg}$$

故に此等の數字を (1) 式に代入すれば

$$17y + 0.8 + x/100(10z - 0.37) = 10z + 0.07$$

$$10z(x - 100) - 0.37x + 1,700y + 73$$

$$= 0 \dots \dots \dots (2)$$

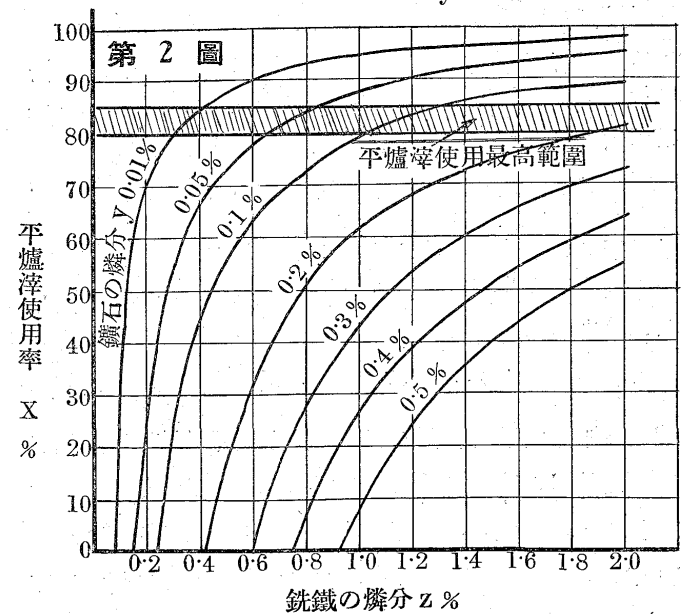
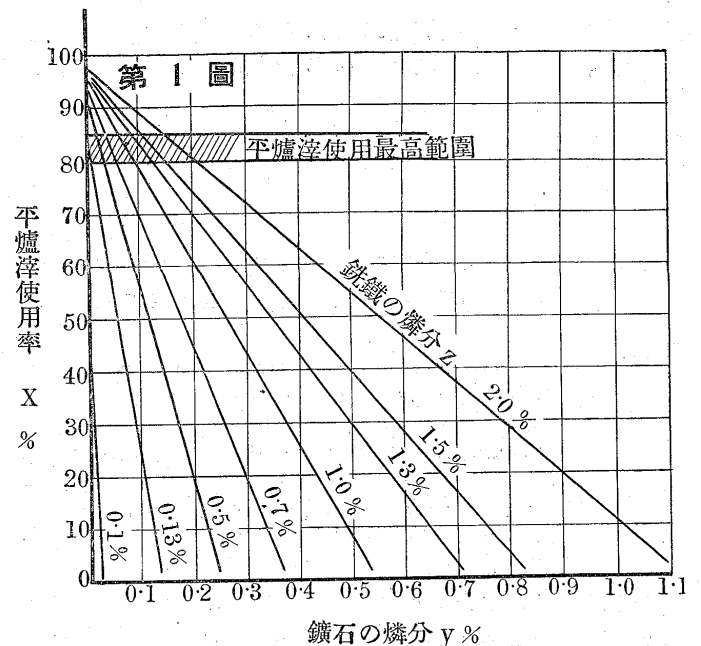
以下此の方程式を吟味してみる。

[A] z を constant K とすると

$$10K(x - 100) - 0.37x + 1,700y + 73 = 0$$

$$(10K - 0.37)x + 1,700y + (73 - 1,000K) = 0$$

となつて x と y の一次式になる。之を圖示すると、第 1
圖の如し。



第 1 圖から推定される事は

1. 鉄鐵の磷分 z が一定する様に鑄鑄爐を吹く場合には
鑄石の磷分 y の低いものを使用する程、平爐滓の使用率
 x は増加して来る。而して其の關係は直線的である。
2. 鉄鐵の磷分が高くなる程、 z 線は寝て来る。即ち低
磷鉄を吹いて居る場合には、鑄石の磷分を僅かに落す事に
依つて、平爐滓の使用率は激増出来るが、磷の高い鉄鐵を

吹くに従つて、鑛石の磷分を落しても、平爐滓の使用率は夫程増すわけには行かない。例へば 0.13% 磷の銻鐵を吹いて居るときには、鑛石の磷分を 0.1% 丈落す事に依つて、平爐滓の使用率を 65% も増加する事が出来るのであるが 1.3% 磷の銻鐵を吹く場合には、平爐滓の使用率を 13% しか増せない事になる。

3. だから高磷銻を吹く場合には、平爐滓を出来る丈多量に使用する爲に無理をして鑛石の磷分を落しても、其の努力は酬ひられる事が少いが、併し低磷銻を吹く場合には、鑛石の磷分を僅かに落す事に依つて、平爐滓を著しく多量に使用出来るといふ結論になる。

[B] y を constant K とすれば

$$10z(x-100) - 0.37x + (1,700K + 73) = 0$$

即ち x と z とは双曲線的關係を取る。之を圖示すれば第 2 圖の如し。

第 2 圖から次の事が推定される。

1. 或る一定磷の鑛石を使用した場合には、平爐滓使用率の増加に従つて、銻鐵の磷分も段々限りなく高くなつてゆく。

2. 併しそれも最初の程は、平爐滓の使用率の大きな増加に對して、銻鐵の磷分の増しは極めて僅かなものであるが、或る點を超すと逆に、平爐滓の僅かの増しに對して、銻鐵の磷分の高まりは甚だしいものになつて来る。つまり銻鐵の磷分が無駄に増加して来る事になる。

3. だから平爐滓使用率には、或る都合のよい範圍があつて、其の範圍の中では、銻鑛爐に多量の平爐滓を使用しつつ、而も出來た銻鐵の磷分は、其の割に低くて、平爐で樂に除磷出来る。

例へば此の便利な範圍は、第 2 圖から

鑛石の磷%	平爐滓使用範圍%	銻鐵の磷%
0.01	70~85	0.2 ~ 0.4
0.05	65~80	0.4 ~ 0.65
0.1	60~70	0.55 ~ 0.7

但し、鑛石の磷分が之以上に増加するときには、此の便利な範圍は段々認められなくなつてゆく。

4. だから又實際の作業に於ては、出来る事なら裝入原料の平均磷%が 0.1% 以下なる配合をして、此の便利な彎曲點を作り、此の點で作業するのが、平爐滓使用の見地から見て、經濟となる。

さて、此處に最も注意すべき事がある。それは、平爐の

現場の事情から、平爐滓は其の 100% を蒐集出来ないといふ事である。平爐滓を直接鋼滓鍋に受けて居る工場でも若くは一應ノロ壺に落し、それを拾ひ上げて居る工場にしても、其の何割かは失はれて行く筈である。

當淺野造船所製鐵部では、從來一應ノロ壺に落したものを拾ひ上げて居るのであるが、此の場合に其の最大蒐集率は 80% 精々 85% で、残りは現場の芥、煉瓦屑と一緒にやつて棄てられるか、又は鑄屑に附着してパイレン場に振り落されるものである。故に實際問題としては、平爐滓の 80~85% が 100% として考へらるべきであるから、此の 80~85% を銻鑛爐副原料としての平爐滓使用最高範圍として、第 1 圖、第 2 圖の中に書込んだ。

斯く考へると、平爐滓を full に使用すれば、理論的には第 2 圖推論 1. に於けるが如く、銻鐵の磷分は限りなく増大して行くのであるが、實際には或る limit が存在するといふ事が出来る。其の limit は、第 2 圖に於て y 線と平爐使用最高範圍線との交點に相當する譯である。例へば 0.01% P の鑛石を吹いた場合には、出來た銻鐵の磷の limit は 0.3~0.4% であり、0.05% P の鑛石では、0.6~0.8% P, 0.1% P の鑛石では 1.0~1.3% P, 0.2% P の鑛石では 2.0%~2.5% の limit となつて、其以上に昇る事はない。

此の推論の結果を銻鑛爐の實際の例に依つて調べて見やう。淺野造船所では、其の 170 噸銻鑛爐で、昭和 8 年 12 月及び昭和 9 年 1 月、平爐が銻鑛爐の銻鐵を殆んど full に使用しつつ、出來た平爐滓を殆んど full (つまり 80~85% に) 裝入した事があつた。其の時の裝入物の配合は

甲 鑛石	0.025	1,000 kg	硫酸 滓	痕跡	100 kg
乙 鑛石	0.3	1,800	飯 滓	0.03	500
燒 結 鐵	痕跡	1,500	スケール	0.03	500
裝入原料の平均磷 0.1%					

此の時の結果は、銻鐵の磷は 1.0% までは樂に上昇し、最高 1.1% まで達したが、夫以上昇る事はなかつた。

之を第 2 圖の推定から行くと、前出の様に、鑛石の磷分 0.1% では、銻鐵の磷%の最高は 1.0~1.3% となつて、よく實際操業の結果と一致して居る。

以上述べ來つた平衡方程式は、理想的に行はれた場合であつて、實際には此の方程式を亂す數多の因子が混入して来る。其の主なるものとしては、

1. 平爐で直ちに使用されずにストックになつた銻鐵は

銑鐵の磷%の上昇を遅らせる方に働き、

2. 平爐で使用した鑛石、及び

3. 平爐で追加されたストック中の冷銑は、銑鐵の磷%の上昇を速める方に働く。

最後に、平爐滓を鑄鑛爐に装入した場合に、吹製される銑鐵の磷%を調整するのに、實際問題として二つの方法が考へられる。

A. 絶えず一定使用率の平爐滓を装入して、一定磷分の銑鐵を吹く方法。

例へば装入原料の平均磷%が0.1%であるものを使つて絶えず0.8% 磷の銑鐵を吹きたいときには、第2圖から平爐滓を絶えず全平爐滓の73% 内外装入すればよい。平爐滓の最大蒐集率を80% とすれば、これは平爐から集まつて來た滓の $(73/80) \times 100 = 90\%$ になるから、絶えず10% の滓を棄てるとよい事になる。

B. 平爐滓を full (80%) に使用して、銑鐵の磷が或る一定の所まで上つたとき、平爐滓の使用を中止し、鑄鑛爐の中の平爐滓が全部一掃されて、新らしく低磷銑が出始めたら、其の低磷銑を使つて製鋼したときに出来る低磷平爐滓から、鑄鑛爐は再び平爐滓を full に使用し始める。これを繰返す。

此の場合、A の例と同じやうに0.1% 磷の鑛石を使用して、最高0.8% 磷の銑鐵を吹くときに、棄てなければならぬ平爐滓の量を次の如く計算する。

銑鐵噸當り鑛石から鑄鑛爐に入る磷

$$1,700 \text{ kg} \times 0.1/100 = 1.7 \text{ kg}$$

銑鐵噸當り骸炭から入る磷 0.8 kg(前出)

$$\text{/合計 } 2.5 \text{ kg}$$

此の2.5 kg が基になつて、其のうちの80%(最大蒐集率)が平爐を廻つて或る一定時間の後に、又鑄鑛爐に加はり、斯くの如く何週期かして、銑鐵中の磷分が最高0.8% になるまで続けられるのである。(連続的な鑄鑛爐の作業を、考察を簡単にする爲に、代表的なもの、週期的作業として取扱つたが、結果には誤りはない。又鑛滓に逃げる磷、鋼塊に逃げる磷は、少ないので無視して考へた)。

0.8% 磷の銑鐵1噸中の磷量は

$$1,000 \text{ kg} \times 0.8 \times 1/100 = 8 \text{ kg}$$

だから $2.5 \text{ kg} = a$ (初項)、 $0.8 = r$ (公比)、

$$8 \text{ kg} = S$$
(總和)、 $n = \text{週期}$ 、とすれば、

第一週期の後に鑄鑛爐に入る磷量は、 $a + ar = a(1+r)$

第二週期の後には、 $a + (a+ar)r = a(1+r+r^2)$

かくて第n週期の後には $a(1+r+r^2+\dots+r^n)$

$$= a(1-r^{n+1})/(1-r) = S$$

而るに $a = 2.5 \text{ kg}$, $r = 0.8$, $S = 8 \text{ kg}$ であるから

$$2.5 \times (1-0.8^{n+1})/(1-0.8) = 8$$

之を解くと $n = 3.6$

即ち、平爐滓を full に使用し始めてから3.6週期にして、豫定の0.8% 磷の銑鐵に到達する。

ところが一週期は、

出銑から平爐に装入する迄	2 時間
それから出鋼まで	5
それを滓壺から拾ひ上げるまで	6
鑄鑛爐へ運搬	1
鑄鑛爐の travelling time	13 / 計 27 時間

故に3.6週期は $27 \text{ 時間} \times 3.6 = 97 \text{ 時間}$ になる。

鑄鑛爐の travelling time は13時間であるが、或物を鑄鑛爐から全部一掃する爲には24時間かゝるものとする、97時間平爐滓を full に使つて、24時間棄てる事になるから、結局滓を棄てる%は、

$$24/(97+24) \times 100 = 20\%$$

さて上の二方法を比較するとBの方法では、平爐から來た滓の20% を棄てなければならず、又銑鐵の磷分も絶えず低磷から0.8% 磷までの間を振動して居るのであるがAの方法では、平爐滓の廢物は10% で済み、且つ常に磷分が一定して居るので、平爐滓の使用率から見てAの方法はBの方法より優れて居ると云はなければならぬ。

結論:—

1. 鑄鑛爐で吹いた銑鐵を全部直ちに製鋼に用ひ、出來た平爐滓を全部又直ちに鑄鑛爐に戻すときには、銑鐵の磷分は、理論的には、段々限りなく上昇して行くが、併し實際には必ず一定の limit を持つて居て、其以上に昇る事はない。

2. 低磷銑を吹く場合には、平爐滓を出来る丈多量に使用する爲に、装入原料の磷分を落とす事は、有效なる事であるが、高磷銑の場合には、無駄である。

3. 磷分0.1% 以下の装入原料を使用して鑄鑛爐を吹く場合には、平爐滓を比較的多量に使用しながら、しかも其の割合に銑鐵の磷分は高くないといふ、平爐滓使用率の便利な point がある。原料の平均磷分が0.1% 以上になると、此の經濟的な point は認められなくなる。

4. 實際に平爐滓を使用する場合には、絶えず一定率丈棄てながら進む方法と、銑鐵の燐分が一定%に達する迄 full に使用し、其處で一日間全然使用を中止するといふ方法がある。平爐滓の利用率から云つて、前者は後者に優

れて居る。

最後に、此の小論文に御校閲並びに發表の御許可を賜つた末兼要重役、大村正篤重役に厚く御禮申上ます。(以上)

木炭銑の性質に就て

(日本鐵鋼協會第 12 回講演大會講演)

宮下格之助*

ON THE PROPERTIES OF COLD BLAST CHARCOAL PIG IRON.

By Kakunosuke Miyashita.

SYNOPSIS:—It is a well-known fact that cold blast charcoal pig iron has the far more superior qualities than that of coke pig iron, but is not yet clear that causes. The author studied the relation between the strength and the melting conditions, and finally determined the nitrogen content in the above test pieces.

The nitrogen obtained from these test pieces are, in cold blast charcoal pig 0.0008~0.0010%, in hot blast charcoal pig 0.0012~0.0020%, in electric arc furnace iron 0.0015~0.0035%, in coke pig 0.0017~0.0025%. The strength of cast iron is almost inverse proportional to the nitrogen content in the materials.

From these facts, the author concludes that the small contents of the nitrogen in cold blast charcoal pig iron is one of the main causes giving rise to its superior qualities.

I. 緒言

木炭銑が骸炭銑よりも性質の優れてをることは一般に知られてをるが未だ研究は不充分で原因¹⁾も明にされてゐない。

木炭銑にても冷風低壓のもののみが斷然優れた性質を有して熱風又は電氣爐製のものは骸炭銑と餘り差のないことが實際作業上より知られた事實である。

今迄木炭銑の研究材料として使用されてゐるのは電氣爐又は熱風高壓製のものと及びこれらの再熔解を行へるものであつて肝心なる冷風銑はあまり使用されてゐない。是迄木炭銑の優れた原因の明にされなかつた所以であると考へらる。

一般に鑄鐵の熔解溫度、存在する瓦斯の黒鉛化に及ぶ影響については多くの研究が行はれたが鑄鐵の性質に極めて影響の大なる材料の熱的履歴即ち鑄鐵の狀態及びその後の鑄解の歴史の黒鉛化に及ぶ影響については殆ど研究されて

ゐない。従つて今迄の研究結果では複雑な作業上の諸現象が十分に説明出來ず却つて逆の結果の表はれることが少なくない。

筆者は多數の木炭銑及び骸炭銑を使用して熔解溫度、熱的履歴、不純物等によつて如何に鑄鐵の諸性質が變化するかを測定して木炭銑の合理的熔解方法を見出さんとした。

II. 各種銑鐵の強さ及び熔解溫度の影響

各種の銑鐵(第1表)に冷風木炭銑を主材料とし反射爐にて熔解せる A、又は骸炭銑を材料とした B を配合し坩堝爐にて壓縮空氣の量を調節して 1,300°C, 1,400°C, 1,500°C にて熔解し珪素鐵を加へ全部同様な化學成分となし 25mm 角及び 25mm 徑、300mm 長さの乾燥砂型に同一溫度より鑄込み抗張力、横折抗力、衝擊抗力を測定し且つ顯微鏡組織を比較した。坩堝は黒鉛製 10 番でアルミナの裏付を施し溫度の測定は Foster optical pyrometer を使用した。試験片は第1圖の如くした、但し横折試験は衝擊試験片の半分を用ひ 80mm スパンとし相對的の強さを求めた。

實驗結果は第2表~第7表に示した、表中横折抗力は2回(第2~5表)又は4回(第6~7表)の平均值である

* 戸畑鑄物株式會社

1) Johnson: Found. Trade. J. 21, 1919.

Shaw: Foundry 49, 1921, p. 759.

Oberhoffer u. Piwowarsky: St. u. E. 1927, S. 524.

Eckmann, Jordan, Jominy: Foundry: 54, 1926, p. 506.