

## — 論 文 —

## 酸性平爐酸化期における酸素の挙動について

中 川 義 隆\*

BEHAVIOR OF OXYGEN DURING OXIDIZING PERIOD  
IN THE ACID OPEN-HEARTH FURNACE PROCESS.

Yoshitaka Nakagawa

## Synopsis:

The behavior of oxygen during refining process is most important and fundamental reaction. Many investigations on the oxygen had been studied with the pure system, but investigation on the behavior of the oxygen during refining process of steel had not been studied.

The authors studied on the mechanism of operation of oxygen against the bath during oxidizing period in the acid open-hearth furnace process by the limestone method.

Most of oxygen (about 60~70%) operated for the bath through the oxidizing period were supplied from the additional ore and about 30% oxygen came from atmosphere in the furnace and then small quantity of it were supplied from the iron oxide in the slag.

Therefore it was possible to calculate the slag weight by compositions of slag at the above mentioned times and the amount of additional limestone, and to calculate the iron oxide weight from the slag weight and the concentration of iron oxide in the slag.

Effect of the oxygen from ore were influenced by  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  in the slag. If  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  increased its effect was rapid, and the oxygen from atmosphere was influenced strongly by physical conditions of the slag (for instance, thickness, disturbance of surface etc.) in comparison with chemical composition of it (for instance,  $\text{FeO}$  and  $\text{MnO}$  content,  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  etc.). The oxygen supplied from the iron oxide in the slag were influenced by the chemical slag conditions, the amount of additional limestone and the temperature.

Most of oxygen (about 75%) which had been sent into the bath were used for oxidation of carbon and about 20% and 3% of it were used for oxidation of silicon and manganese respectively.

The oxygen from the ore was calculated by the amount of the additional ore and its composition, and the oxygen from slag was calculated from variation of the iron oxide weight in the slags and so the remaining oxygen must have come from atmosphere.

The method of calculation of the iron oxide weight in the slag was as follows:

If the slag weight at melt-down, before addition of limestone and in the last stage of oxidizing period respectively was expressed by  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  and the  $\text{CaO}$  and  $\text{MnO}$  concentration in the slag at the abovementioned times expressed by  $X_{\text{CaO}}$ ,  $Y_{\text{CaO}}$ ,  $Z_{\text{CaO}}$ ,  $X_{\text{MnO}}$ ,  $Y_{\text{MnO}}$ , and  $Z_{\text{MnO}}$  respectively,

$$Y \cdot y_{\text{CaO}} + a = Z \cdot z_{\text{CaO}}$$

where  $a$  = amount of additional limestone.

But the absolute  $\text{MnO}$  content in the slag had no change through the period of limestone addition.

$$Y \cdot y_{\text{MnO}} = Z \cdot z_{\text{MnO}}$$

And then because the absolute  $\text{CaO}$  content in the slag at melt-down and before addition of limestone was equal,

$$X \cdot x_{\text{CaO}} = Y \cdot y_{\text{CaO}}$$

## I. 緒 言

精錬過程における酸素の挙動は精錬の基本反応でありこれを正確に把握する事の極めて重要な事は云うまでもない。然し従来製鋼過程の酸素に関する研究は主とし

て純粋系の場合を取扱つた実験室的なものが多く実際の炉内に於て酸素が如何なる挙動を示すかに就ての報告は内外を問わず比較的少ない<sup>1)</sup>。本邦に於ては塩基性平炉

\* K.K. 日本製鋼所室蘭製作所研究部

精鍊過程の酸素の挙動について守川, 下川, 田上氏等<sup>2)</sup>の報告があるが酸性平炉に関するものは殆んどない。依つて筆者は酸性平炉に於ける酸素の挙動について調べているが、茲にはその内酸化期(註 1) について得られた結果を簡単に取纏めて報告する。

## II. 調査要領

調査した酸性平炉はセミベンチューリー式 50t (実装入 70t) のもので熱源は発生炉ガスを用いている。炉床材料は殆んど純粋な  $\text{SiO}_2$  (銀砂) に極く少量の粘土を混じり材料装入前 2 時間前後焼付を行つている。

調査は 0.20~0.35% C, 0.25~0.35% Si, 0.30~0.40% Mn を含有する炭素鋼 10 墩溶解について行つた。

精鍊の方式は石灰法である。

## III. 結果の概要

酸化期に於て熔鋼中の C, Si, Mn, Cr 等は酸化せられて逐次減少し、酸素は遂に増加する。又鋼滓組成も鉄鉱石の投入、炉内雰囲気の影響によつて変化する。これらの変化に関与する酸素は鉄鉱石、雰囲気、熔落までに熔鋼中或いは鋼滓中に含まれていた酸化鉄の還元等によつて供給される。

従つてこれ等の因子よりこの期間鋼浴に作用した全酸素量を求めることが出来る。

### (1) 鋼浴に作用した酸素量

酸化期に鋼浴に作用した酸素は大別して

イ) 鋼浴中の各種元素 (例えば C, Si, Mn, Cr 等) の酸化

ロ) 鋼浴中の酸素の増加

ハ) 熔鉄自体の酸化

の 3 つの反応に消費される。この内前二者は鋼浴の化学分析結果より容易に算出し得る。第 3 項の反応は理論的には余り進行しないと考えられるが一応考慮に入れなければならない。然しこの量は単に鋼浴或いは鋼滓の分析結果よりは簡単に求められない。筆者は熔落と酸化末期における鋼滓中の酸化鉄の絶対量とを比較して第 3 項の反応の進行を明らかにした。

このため先づ第 1 に酸化期の各時期における鋼滓の重量を算出した。

即ち酸性平炉の石灰法による酸化期は前半主として鉄

鉱石のみを投入する鉄石期と後半石灰石のみを投入して鋼滓調整を行う石灰期との 2 期に大別される。

従つて石灰期において鋼滓中の (CaO) 濃度はその期間に投入せられる石灰石量によつて変化するので石灰期に投入した石灰石量とその投入前後における鋼滓中の (CaO) の濃度変化とより鋼滓重量を求める事が出来る。

然し実際の場合石灰期において鋼滓中の酸化鉄や ( $\text{SiO}_2$ ) が多少増減するため上の様に簡単に求められない事は明らかである。従つて次の如く計算した。

鋼滓重量の計算法

熔落の鋼滓重量 (CaO) の濃度を夫々  $X\text{kg}$ ,  $x\text{CaO}$

石灰期前の鋼滓重量 (CaO), (MnO) の濃度を夫々

$Y\text{kg}$ ,  $y\text{CaO}$ ,  $y\text{MnO}$

酸化末期の鋼滓重量 (CaO), (MnO) の濃度を夫々

$Z\text{kg}$ ,  $z\text{CaO}$ ,  $z\text{MnO}$

石灰期に投入した石灰石量を (CaO) に換算した重量を  $a\text{kg}$  とすると

$$Y \times y\text{CaO} + a = Z \times z\text{CaO} \dots \dots \dots (1)$$

然して石灰期において鋼滓中の (MnO) の絶対量は変化がないから

$$Y \times y\text{MnO} = Z \times z\text{MnO} \dots \dots \dots (2)$$

更に熔落時と石灰期前との鋼滓中の (CaO) の絶対量は変化しないので(註 2)

$$X \times x\text{CaO} = Y \times y\text{CaO} \dots \dots \dots (3)$$

(1) (2) 及び (3) 式により熔落時、石灰期前並びに酸化末期の鋼滓中の (CaO), (MnO) の分析結果と石灰期に投入した石灰石重量とから夫々の時期における鋼滓重量を算出し得る。従つて各時期の酸化鉄の絶対量は鋼滓の (FeO) 分析結果とこれら鋼滓重量とから容易に求められる。第 1 表に各時期における鋼滓中の酸化鉄の絶対量を示す。

即ち鋼滓中の酸化鉄の絶対量は鉄鉱石を投入しているにも拘らず酸化期を通じて大部分減少している。これは熔落より酸化末期までに熔鉄が殆んど酸化されず反つて熔落までに鋼滓中に含有せられていた酸化鉄が還元されている事を示して第 3 項の酸素は第 1 表より求められる。

以下この酸素量を慣習上  $\text{FeO}$ , 又その全量を  $\Sigma[\text{FeO}]$  と表示する。

### (2) 鋼浴に作用した酸素の供給

一般に鋼浴に作用する酸素は鉄鉱石、雰囲気更に前述

註 1. 酸性平爐精鍊に於て酸化期なる言葉が妥當であるか否か論議の餘地もあるがここでは熔落より差物前までの期間を酸化期と稱す。

註 2. 厳密にはこの間に投入せられた鉄鉱石中の (CaO) が増加している。本文ではこの値を考慮に入れて計算した結果を示した。

第1表 熔落、石灰期前及び酸化末期における鋼滓中の酸化鐵(註3)重量(kg)

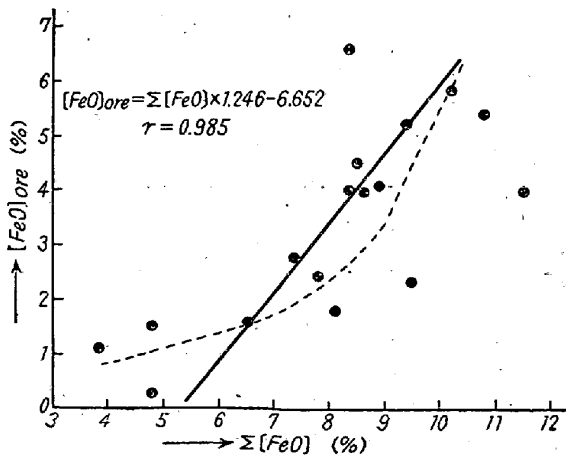
熔解番號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
熔落	1540	780	610	1060	900	1560	1300	2260	1150	1560	1100	820	590	960	990	620	1150
石灰期前	1100	790	620	900	790	2250	980	1620	1550	1740	1460	1430	660	1050	900	870	1040
酸化末期	840	680	630	710	600	930	860	990	1250	1010	990	880	590	830	720	670	730

の如く鋼滓が熔落までに含有した酸化鐵等によつて供給される。鉄鉱石は結果的に見て使用した全部が完全に鋼浴に作用すると考えられるがこの時の酸素は鉄鉱石の化学分析結果より容易に求められる。一方鋼滓よりの酸素は第1表より計算し得る。従つて雰囲気より供給せられたと考えられる酸素はこの期間に鋼浴に作用した全酸素量( $\sum[\text{FeO}]$ )より前二者によつて供給せられた酸素を控除した量に相当すると考えられる。

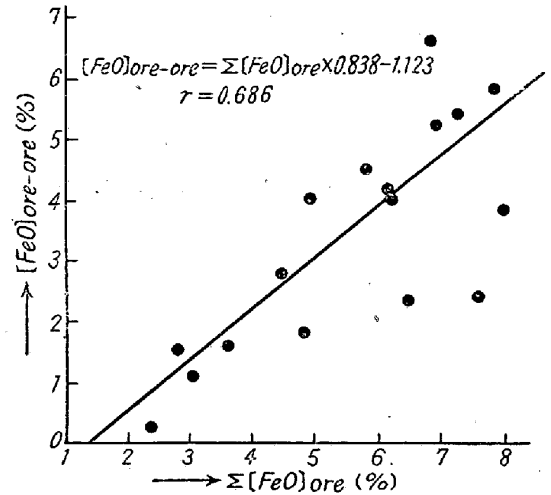
i) 鉄鉱石よりの供給

全酸化期を通じて使用された鉄鉱石は殆んど全部鋼浴に作用している。全酸化期及び鉱石期において鋼浴に作用した全酸素量と鉄鉱石より供給せられた酸素量(夫々 $[\text{FeO}]_{\text{ore}}$ 及び $[\text{FeO}]_{\text{ore-ore}}$ にて示す)との関係を第1図a及びbに示す。

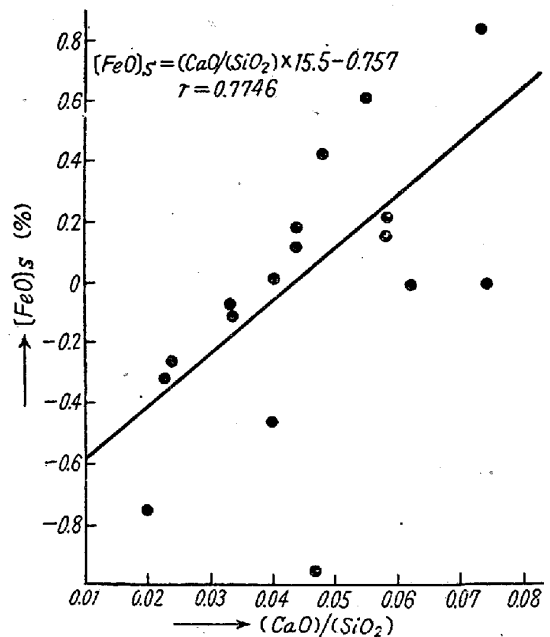
即ち鋼浴に作用した酸素の内30~70%程度が鉄鉱石によつて供給されている。更に第1表に明らかな如く鉱石期に於て鋼滓中の酸化鐵は減少している場合と増加している場合とがある。しかしその使用量と増減とは関連性がない。(図省略)従つて減少する場合は投入した鉄鉱石中の酸化鐵が全部消費され且つ熔落までに鋼滓中に含まれていた酸化鐵も減少している。又増加する場合は熔鉄自体が酸化することも考えられるが、むしろ投入した鉄鉱石が完全に消費されていないことを示すものと考えられるべきである。これらの相違は勿論鋼浴温度等の影響も大であるが鋼滓の(CaO)と(SiO<sub>2</sub>)との比を



第1圖 a 酸化期における $\sum[\text{FeO}]$ と $[\text{FeO}]_{\text{ore}}$ との關係



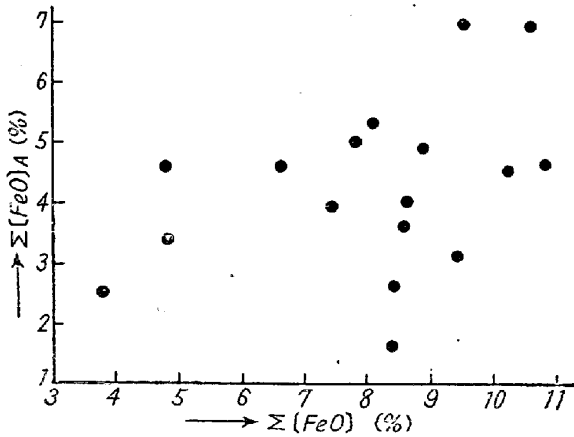
第1圖 b 鐵石期における $\sum[\text{FeO}]_{\text{ore}}$ と $[\text{FeO}]_{\text{ore-ore}}$ との關係



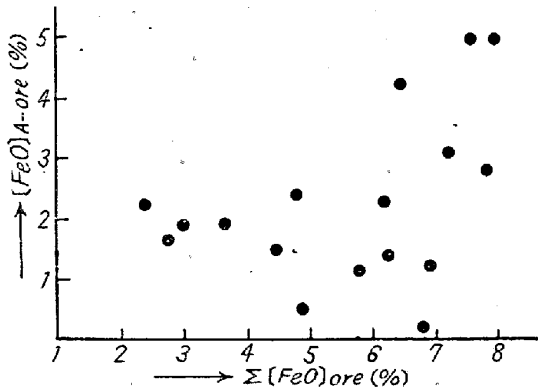
第2圖 鐵石期における $[\text{FeO}]_s$ と石灰期前 $(\text{CaO})/(\text{SiO}_2)$ との關係

求めると第2図に示す如く鋼滓の(CaO)/(SiO<sub>2</sub>)が0.045以下の場合には後者に、又それ以上では大体前者に該当する事が推定され鉄鉱石の効果は鋼滓の性質と強い関連

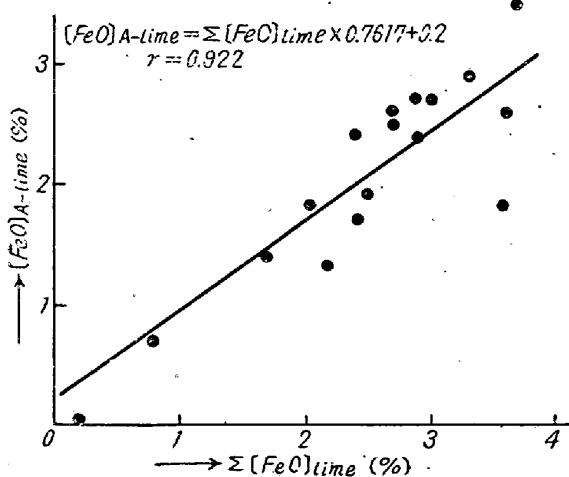
註3. 酸性平爐鋼滓の酸化鐵中Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は0~0.45%程度に過ぎないので總べて(FeO)の形で表わした。



第 3 圖 a 酸化期における  $\Sigma[FeO]$  と  $\Sigma[FeO]_A$  との関係



第 3 圖 b 鐵石期における  $\Sigma[FeO]_{ore}$  と  $[FeO]_{A-ore}$  との関係



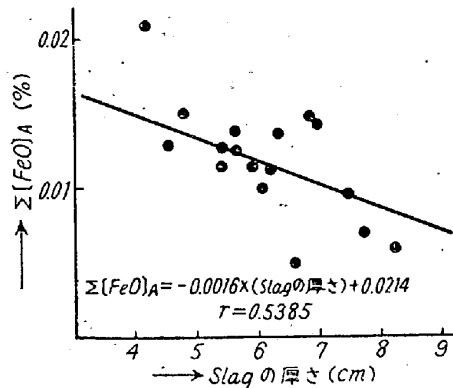
第 3 圖 c 石灰期における  $\Sigma[FeO]_{lime}$  と  $[FeO]_{A-lime}$  との関係

性のある事が判る。

ii) 雰囲気よりの供給

雰囲気より鋼浴に供給された酸素量 ( $[FeO]_A$  とする) と  $\Sigma[FeO]$  との関係は第 3 図 a, b 及び c に示す如く石灰期鋼浴に作用される酸素の中略々 75% 以上は雰囲気より供給されている事が判る。

炉内雰囲気中の酸素が鋼浴に作用するときの機構についてはは多くの研究や考察が<sup>3)</sup> 発表されているが何れにしても鋼滓を通して影響するものであり時間、鋼滓量、組織、面積、鋼滓中や鋼滓—鋼浴間或いは鋼浴中の酸素の拡散速度、その他鋼浴元素との反応速度等によつて、その作用量或いは速度が強い影響を受ける事が考えられる。先づ時間の影響については鉍石期、石灰期共に時間が長くなるに従つて雰囲気中よりの酸素は増加する傾向が認められるが余り明瞭でない。(図省略) 又鋼滓量が多くその厚さが大なる場合毎分当り雰囲気より供給される酸素 ( $[FeO]_a$  とす) は第 4 図の如く明らかに減少する(但しこの場合鋼滓の比重を 3.5 と仮定して鋼滓の厚さを計算した結果を示す)

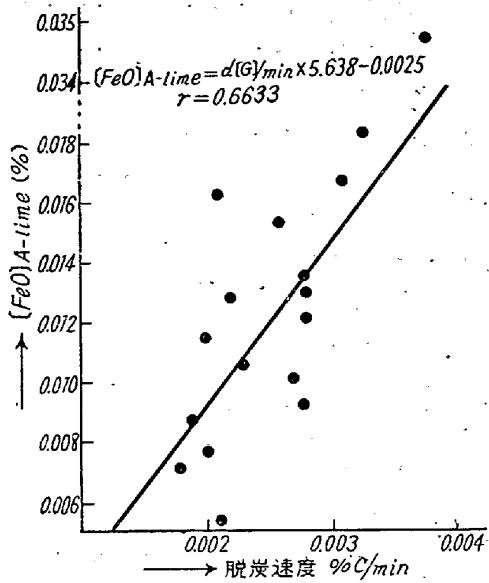


第 4 圖  $\Sigma[FeO]_a$  と酸化末期 slag の厚さとの関係

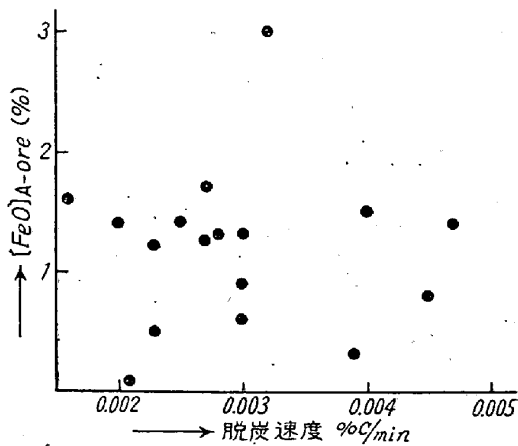
更に又鋼滓表面は脱炭反応によつて攪乱されていて、その表面積が常に変化していると同じ結果となる。脱炭速度の大なる場合はその表面の攪乱が甚だしく、小なる場合は表面がおだやかであると考えられる。 $[FeO]_a$  と脱炭速度とは石灰期において第 5 図 a の如く略々比例的関係を有することが認められるが鉍石期は鉍石投入等の操作があり表面の攪乱と脱炭速度とが比例的でないので第 5 図 b の如く両者間に明らかな相関性が認められないものと考えられる。

雰囲気より鋼浴中への酸素の移動は従来より次の如く考えられている<sup>3)</sup>。

- 1) 雰囲気中の酸素が鋼滓表面上で鋼滓中の (FeO) を ( $Fe_2O_3$ ) 等の高級酸化物に酸化する。
- 2) 生じた酸化物は鋼滓中を拡散して鋼浴表面に於て Fe を酸化して  $FeO_3 + Fe \rightarrow 3(FeO)$  なる反応によつて鋼滓中の (FeO) の濃度を高め、鋼浴中への酸素の拡散を起す。従つて前述の如く攪乱の激しいものや鋼滓の薄い場合は勿論雰囲気中より酸素を多く供給される結果となる。一方これら酸素の担体となる鋼滓中の (FeO) と



第5圖 a 石灰期における  $[FeO]_{a-time}$  と脱炭速度との関係



第5圖 b 鐵石期における  $[FeO]_{a-ore}$  と脱炭速度との関係

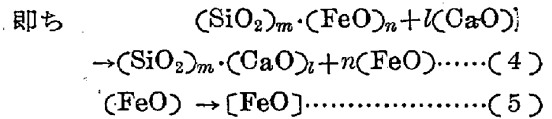
$[FeO]_a$  との関係性も考えられるが本調査の結果では余り明瞭なる関係が得られずその他の鋼滓成分例えば  $(MnO)$ ,  $(CaO)$ ,  $(SiO_2)$  等についても同様である。(図省略)

これらの結果を括約すると酸化期において雰囲気より鋼浴中に作用する酸素は鋼滓の物理的原因に強い影響を受け攪乱(表面積の増大及び鋼滓中の攪乱をとともう)の激しい場合や鋼滓の薄い場合にはその作用量が多い事を示している鋼滓の化学組成によつては余り影響を受けないか或いは受けるとしてもその程度が鋼滓の物理的現象による影響に比較して遙かに弱いものである事が推定される。

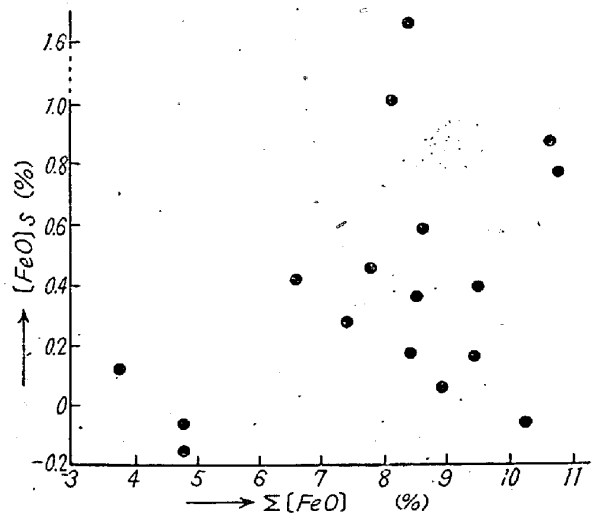
iii) 鋼滓中の酸化鉄よりの供給

酸性平炉石灰法による溶解精錬の特徴の一つとして酸化期後半即ち石灰期において石灰石を投入し鋼滓調整を

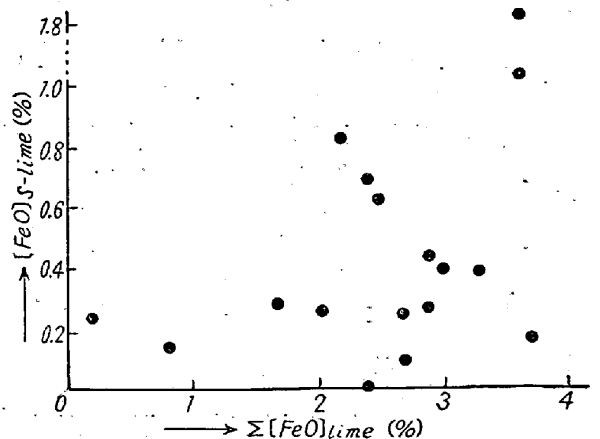
行い鋼滓中の  $(FeO)$  を鋼浴中に移動拡散せしむることが挙げられる。即ち  $(FeO)$  よりも強塩基性の氧化物たる  $(CaO)$  を鋼滓中に添加し  $(FeO)$  と結合せる  $(SiO_2)$  と結合せしめて遊離の  $(FeO)$  濃度を増加し鋼浴中の  $[FeO]$  濃度を増大する。



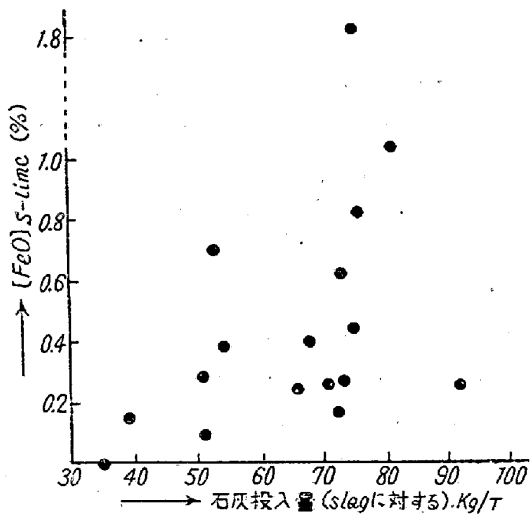
前述の如く熔落迄に鋼滓中に含有していた酸化鉄は酸化末期までに大部分その絶体量が減少して結果的に上記反応と単に温度上昇にともなら  $(FeO) \rightarrow [FeO]$  の促進による鋼浴への酸素の供給が行われている事が考えられる。第6圖 a に全酸化期に鋼滓中より鋼浴に供給された酸素量 ( $[FeO]_s$  として示す) と  $\Sigma[FeO]$ , 又第6圖 b に石灰期中に同様供給された酸素量と  $\Sigma[FeO]$  ( $\Sigma[FeO]_{time}$  として示す) との関係を示す。兩者共余り明瞭



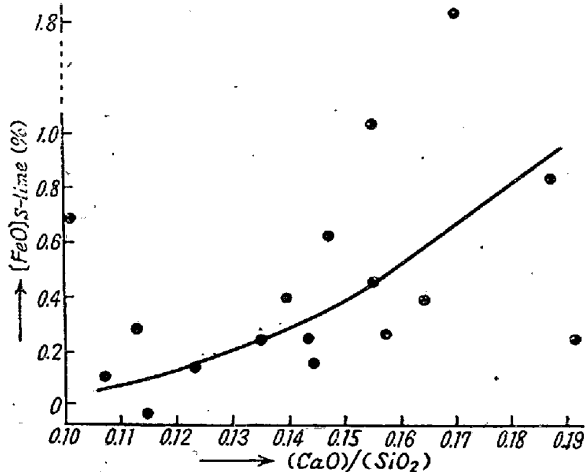
第6圖 a 酸化期における  $\Sigma[FeO]$  と  $[FeO]_s$  との関係



第6圖 b 石灰期における  $[\Sigma FeO]_{time}$  と  $[FeO]_{s-time}$  との関係



第7圖 a 石灰期における  $[FeO]_{s-time}$  と slag に対する石灰石投入量との關係



第7圖 b 石灰期における  $[FeO]_{s-time}$  と酸化末期  $(CaO)/(SiO_2)$  との關係

な關係は得られないが前者では  $\Sigma[FeO]$  の 5% 内外後者は  $\Sigma[FeO]_{time}$  の 15% 程度を占めている。

前述の如く石灰期においては石灰石の投入量に比例して  $[FeO]_s$  も増加すると考えられるが鋼滓量に対して石灰石投入量が大ききものは第7圖 a に示す如く大体  $[FeO]_s$  が大になる事が認められ、従つて酸化末期鋼滓中の  $(CaO)$  が  $(SiO_2)$  に比較して大なるにつれて第7圖 b に示す如く  $[FeO]_s$  が増大してこの期間における (4) 及び (5) 兩反応が進行し石灰石の投入量によつて  $[FeO]_s$  が強く影響される事が明らかである。

(3) 鋼浴における酸素の舉動

以上鉄鉱石、雰囲氣或いは鋼滓等より鋼浴に供給される酸素について述べたが、斯る経路によつて鋼浴に供給された酸素は鋼浴に於て C, Si, Mn, Cr 等の酸化

や鋼浴自体内の酸素濃度を増加したり、又ある時期においては Fe を酸化したりする訳である。

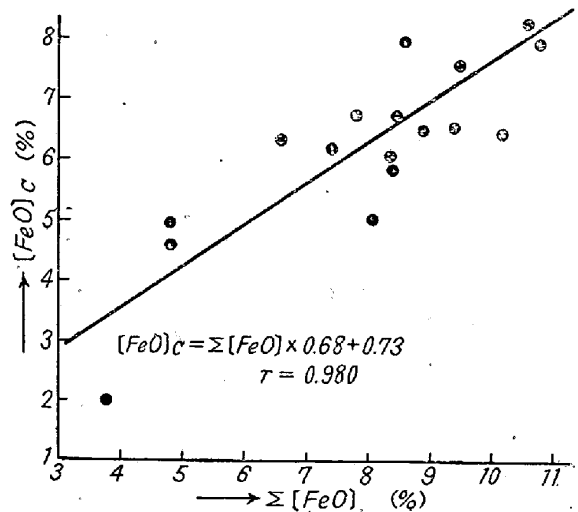
i) C の酸化

酸化期において C の酸化に要した酸素量 ( $[FeO]_c$  として示す) と  $\Sigma[FeO]$  との關係は第8圖 a, b, c に示す。

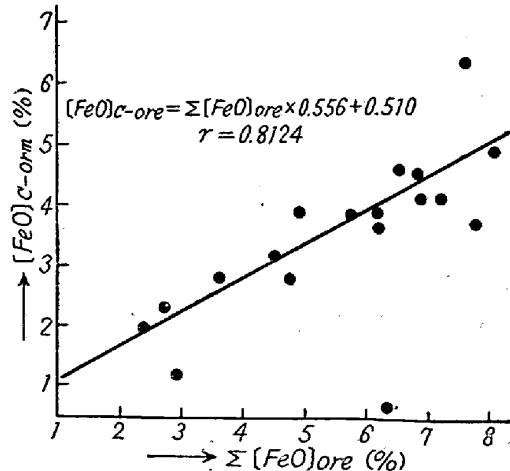
即ち鋼浴に作用した酸素量の内全酸化期においては約76% 鉍石期及び石灰期においては夫々約 65% 及び約 100% が C の酸化のために使用されている事が判る。特に鉍石期においては後述の如く Si, Mn 及び鋼浴中の酸素増加のために消費される酸素量が多い。

ii) Si, Mn の酸化

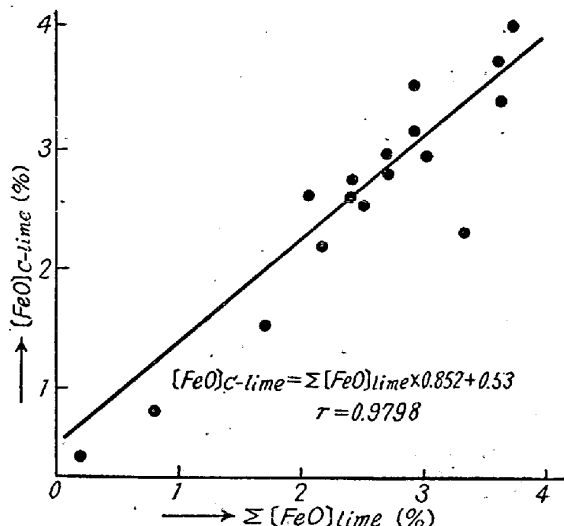
石灰法においては、石灰期に所謂「Siの戻り」が行われ見掛上 Si の酸化は行われず逆に炉床その他より還元される。鉍石期において Si の酸化に消費された酸素量とその期間鋼浴に作用した酸素量との關係は第9圖 a に



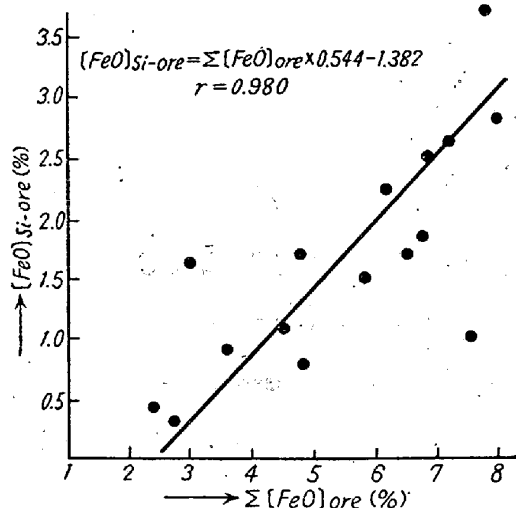
第8圖 a 酸化期における  $\Sigma[FeO]$  と  $[FeO]_c$  との關係



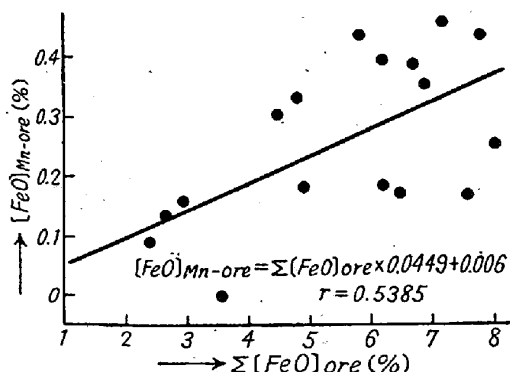
第8圖 b 鐵石期における  $\Sigma[FeO]_{ore}$  と  $[FeO]_{c-ore}$  との關係



第8圖 c 石灰期における  $\Sigma [FeO]_{lime}$  と  $[FeO]_{c-lime}$  との関係



第9圖 a 鐵石期における  $\Sigma [FeO]_{ore}$  と  $[FeO]_{si-ore}$  との関係



第9圖 b 鐵石期における  $\Sigma [FeO]_{ore}$  と  $[FeO]_{Mn-ore}$  との関係

示す如く酸素の大部分はCとSiの酸化に使用されている事が判る。一方Mnも石灰期に多少還元されている傾向が見られるが鉄石期における関係は第9図bの如くMnの酸化に消費される酸素量は僅少である。

iii) 鋼浴中の酸素の増加

鋼浴に作用する酸素は上述の如く各種元素の酸化に消費されると共に鋼浴中の酸素を増加する筈であるがその増加酸素量 (Herty 法によつて求めた結果) と  $\Sigma [FeO]$  とはあまり顕著な関係が認められなかつた。これは鋼浴中に増加する酸素量がその期間鋼浴に作用した全酸素量に比較して極めて僅少であるためと考えられる。

IV. 結果の概括

以上酸性平炉において石灰法によつて精錬を行つた際鋼浴に作用する酸素の挙動について 2, 3 の調査結果を述べたがこれを括約すると。

イ) 鋼浴に作用する酸素の最大供給源は勿論鉄鉱石、炉内雰囲気中の酸素である。石灰石によつて鋼滓中の酸化鉄を鋼浴に移動せしめた酸素量はその他の原因 (例えば温度上昇等) によつて鋼滓より移動した酸素の量を加えても全酸素量の5%内外で極めて僅少である。又その反応が一番盛んであると考えられる石灰期中においてすらこの期間に作用した全酸素量の15%程度である。

ロ) 鉄鉱石には全酸化期を通じて大体完全に消費されているが鉄石期においては鋼滓中のCaOの濃度が高い程完全である。

ハ) 雰囲気より供給される酸素は鋼滓を通じて鋼浴に作用するが鋼滓の化学組織よりも物理的条件によつて強く左右され鋼滓の攪拌状況の激しい場合、鋼滓量の少ない場合にその量や速度が大である。

ニ) 鋼滓が熔落までに含有していた酸化鉄よりの酸素は (茲では温度との関連性を一応除外した) 石灰期における石灰石の使用量に比例している。一般に鋼滓組成との関係が強い様であり鋼滓中の(CaO)濃度が(SiO<sub>2</sub>)に比して大である事がこの量を増大せしめる。これは(CaO)の高い場合鋼滓中の(FeO)の活動濃度が増大するためと考えられる。

ホ) 酸化期中鋼浴に作用する酸素の大部分はCの酸化に消費され残りの大部分はSi次でMnの酸化に消費され鋼浴中に酸素として含まれる量は全作用酸素量に比較して極めて少ない。

ヘ) 酸化期における酸素の供給源と消費源の量的関係を平均値を以て示せば第2表の如くなる。

V. 結 言

以上酸性平炉の精錬過程において鋼浴に作用する酸素量について述べたが資料数の不足、取扱いの不備等によつて猶今後種々検討すべき余地もあり且つ独断的推論を

第 2 表 酸化期における酸素の挙動 (平均値)

		全酸化期	礫石期	石灰期
供給	鐵礫石より	41.8%	60.3%	
	雰圍氣より	52.8%	39.7%	79.7%
	鋼滓より	4.7%		16.7%
	SiO <sub>2</sub> 等の戻りより計	99.3%	100.0%	100.0%
消費	Cの酸化	76.4%	64.8%	99.3%
	Siの酸化	20.0%	29.7%	
	Mnの酸化	3.1%	4.6%	
	Slagの酸化		0.5%	
	鋼浴酸素の増加計	0.5%	0.3%	0.7%
		100.0%	99.9%	100.0%

下した点も多々あるが大方の御批判御教示を賜われれば幸いである。

終りに本研究の発表を許可せられたる株式会社日本製鋼所室蘭製作所々長取締役皆川孝光氏、御指導を賜った同所技師長泉谷彌一氏並びに細部にわたり御指導御教示下された同所研究部第3課長前川静彌博士、製鋼部熔鋼工場長館野万吉氏、亦試料採取その他種々御援助を戴いた熔鋼工場守川平四郎氏に深く感謝する。

(昭和 29 年 5 月 寄稿)

文 献

- 1) G. R. Fitterer 等はこの種の研究を行つている様である。
- 2) 守川, 下川, 田上: 日本鐵鋼協會昭和 27 年春季講演大會講演。
- 3) 柴田: 日本金屬學會誌, 6 (1942), 109.

## 炭素鋼壓延材の高温酸化に関する研究 (II)

(焼減り量並びに高温酸化及びスケール・オフの深さの関係)

(昭和 27 年本会第 43 回講演大会にて講演)

佐々木茂式\*

### STUDIES ON OXIDATION OF THE CARBON STEEL FOR ROLLING AT HIGH TEMPERATURE (II)

(Scaling Loss and Relation between Scaling and the Scale-off Depth)

Shigeichi Sasaki

#### Synopsis:

This report treated of the results of studying the formula of calculating the scaling loss of rolled carbon steel based on the oxidation degree, on the correlation among shapes, size and the scaling loss of rolled steel and on the scale-off depth of steel surface due to oxidation at high temperature in the case of several degrees of heating temperature and heating rate.

A formula was set up, by which the scaling loss could be calculated by applying an empirical formula showing the relation between temperature and oxidation degree mentioned in the previous report. The relation between the scaling loss and the shape and size of heated steel could be expressed in a simple formula.

The formula of  $y = A \cdot t^B$ ,  $B < 0$  was set up by which the approximate value of oxidation degree ( $y$ , g/cm<sup>2</sup>) could be calculated by applying it to several degrees of heating temperature and heating rate ( $t$ , °C/min), if the temperature of extracting ingots and the time of keeping it in the furnace were known. The formula  $D = 1/(f-1) \times y/7.8$  was obtained, by which the scale-off depth ( $D$ , cm) due to oxidation at high temperature in the furnace could be calculated, and the correlation between the oxidation degree, the heating temperature, the heating rate and the scale-off depth was made clear. Then some consideration was given to the relation between the sca-

\* 日本鋼管 K.K. 川崎製鐵所, 技術研究所