

- 3) 不破祐, 藤倉正国, 的場幸雄: 鉄と鋼, 46(1960) p. 235~237
- 4) E. T. TURKDOGAN, R. A. HANCOCK and S. I. HERLITZ: J. Iron & Steel Inst. (U.K.) 182 (1956) p. 274~277
- 5) F. NEUMANN and H. SCHENCK: Arch. Eisenhüttenw., 30 (1959), p. 477~483
- 6) C. WAGNER: "Thermodynamics of Alloys" (1952), p. 51
- 7) M. HANSEN: "Constitution of Binary Alloys" (1958), p. 349~351
- 8) M. HANSEN: "Constitution of Binary Alloys" (1958), p. 374~376
- 9) L. S. DARKEN: J. Amer. Chem. Soc., 72 (1950), p. 2909~2914

## 出鋼前溶鋼のガス含有量について\*

(溶鋼中のガス量におよぼす大気中水蒸気圧の影響—II)

阿 部 吉 彦\*\*

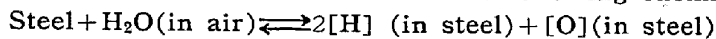
### On Gas Contents in Molten Steel Just before Tap.

(Influence of water-vapor pressure in air on gas contents in molten steel—II)

Yoshihiko ABE

#### Synopsis:

The molten steel in contact with air has the following chemical reaction:



$$K = [\text{H}]^2 \cdot [\text{O}] / P_{\text{H}_2\text{O}}$$

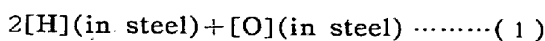
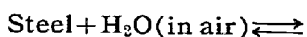
Therefore, if the distribution of each gas in the air-slag-steel phase will be constant, the relation between  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  in air and the gas contents in molten steel of steelmaking practice could explained only by the above equation. But the author presumed in this paper that the  $[\text{H}]^2 \cdot [\text{O}]$  value just before tap in steelmaking process with a basic electric arc furnace was not proportional to  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  in air, because the hydrogen and the oxygen in molten steel in the steelmaking practice were controlled by each of the following phenomena:

(1) As the movement of the hydrogen in the air-slag-steel phase was controlled by the velocity of diffusion in slag, which changed with CaO/SiO<sub>2</sub> ratio of and temperature of slag, the hydrogen content ( $[\text{H}]$ ) in molten steel in contact with molten slag will be effected by CaO/SiO<sub>2</sub> ratio of and the temperature of slag.

(2) As the molten steel and the molten slag were not in an ideal state, the ratio between the oxygen content ( $[\text{O}]$ ) in molten steel and the  $\Sigma(\text{FeO})$  content in molten slag would change with the component of steel, the CaO/SiO<sub>2</sub> ratio of slag and the bath temperature.

#### I. 結 言

溶鋼が大気中の H<sub>2</sub>O と直接反応する場合には



の反応式が成立して平衡恒数  $K$  は

$$K = [\text{H}]^2 \cdot [\text{O}] / P_{\text{H}_2\text{O}} \dots\dots\dots (2)$$

となるので, この場合には  $[\text{H}]^2 \cdot [\text{O}]$  値が大気中  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  と相関するとともに  $[\text{H}]$  と  $[\text{O}]$  とが溶鋼中で互いに溶解度を抑制し合うことも考えられる。

所で上記の関係は大気と溶鋼との間に溶滓が介在していても少なくとも平衡条件下では成立する筈であるが,

実際の溶解操業は時間的に制約されていて出鋼時でも大気—溶滓—溶鋼系内のガスが平衡状態に必ずしも達しているとは限らない。また平衡時の溶滓中水素量 ( $(\text{H})$ ) は大気と溶滓間に炉内雰囲気ガスが介在する溶解操業下でも大気中  $P_{\text{H}_2\text{O}}^{1/2}$  と相関するが, 滓の組成 (CaO/SiO<sub>2</sub>比) が異なると値もまた変ることを筆者はすでに前報<sup>1)</sup>で認めている。したがって出鋼時の溶鋼中ガス量と大気中  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  との関係の説明するためには操業過程での大気—溶滓—溶鋼系内のガス分配比の推移を調べて, 出鋼時の

\* 昭和 35 年 10 月本会講演大会にて発表

\*\* 三菱鋼材株式会社大島製作所

[H] および [O] におよぼす諸因子の影響度を明らかにすることがまず肝要となる。

以上の主旨に基づいて本報では塩基性電気炉による中炭素鋼溶解操作を対象に出鋼時の溶鋼中ガス量と大気中  $P_{H_2O}$  との相関度が実際にはどの程度のものであるかを解析した。

## II. 溶滓—溶鋼間の水素量比

溶滓と溶鋼とが接触状態にあつて両者の量的関係が非平衡状態にあるなら、両者のガス量が平衡関係に落ち着くまで溶滓から溶鋼へ、または溶鋼から溶滓へとガスの移動を生ずる筈である。そこで塩基性高周波炉を使用して一定組成の溶滓—溶鋼系の場合の溶解時間（加熱温度：1800~1850°C）の経過に伴う (H) および [H] の推移を見ると Fig. 1 となる。

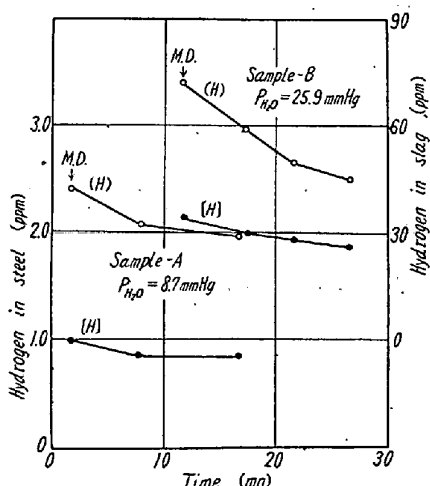


Fig. 1. Trends of the hydrogen in both molten steel and molten slag along with the discharge time.

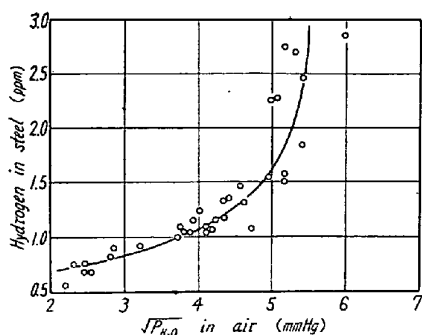


Fig. 2. Hydrogen content in molten steel as a function of  $P_{H_2O}^{1/2}$  in air (with a basic high-frequency furnace).

安定した状態に達し得ないことが判る。そこで今溶落後 10mn の [H] を分析して大気中  $P_{H_2O}^{1/2}$  との関係を求め

すなわちこの場合の溶鋼原料および造滓材はともに多量の水素または水分を含有していたので加熱が始まると同時に溶鋼および溶滓の各原料は  $H_2$  または  $H_2O$  を放出しながら含有水素量を

大気中  $P_{H_2O}$  との各平衡値まで下げてゆくが、図によると  $P_{H_2O}$  の低い sample-A では溶落後約 10mn 以内で溶滓および溶鋼ともにほとんど安定した水素含有量となるのに比し  $P_{H_2O}$  の高い sample-B では 15mn を経過した後もこの安定した状態に達し得ないことが判る。そこで今溶落後 10mn の [H] を分析して大気中  $P_{H_2O}^{1/2}$  との関係

と Fig. 2 となり、 $P_{H_2O}$  の低い領域（図では  $P_{H_2O} < 20$  mmHg）では両者の値が一応相関するが  $P_{H_2O}$  が高くなると（ $P_{H_2O} > 20$  mmHg）[H] が  $P_{H_2O}$  の低い領域での相関比に比べていちじるしく高い方にずれている。すなわち溶鋼が水素を放出して大気中  $P_{H_2O}$  との平衡値に近づく条件下では両者の量的関係が非平衡状態である限り、[H] が  $P_{H_2O}$  の増加に伴つて平衡値よりも高い量を示すことになる。

なおこの溶解過程における溶滓—溶鋼間の水素量比の推移を Fig. 3 に見ると、溶落では (H) が非常に高い

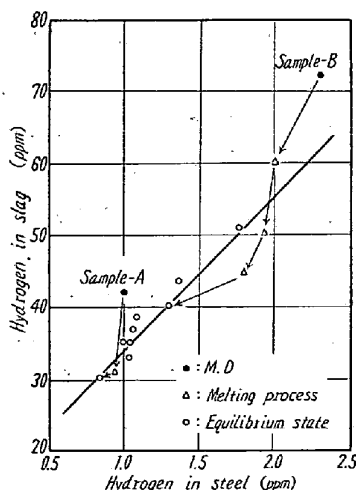


Fig. 3. Relation between the hydrogen content in molten steel and those in molten slag during melting process.

ので両者の水素量比 ((H)/[H]) は大きな値である。しかし時間の経過に伴う水素量の減少率は溶鋼より溶滓の方がはるかに大きいため (H)/[H] 比はしだいに小さくつて一時は平衡状態での比率以下となるが、最後には溶滓の水素放出が衰えて溶鋼の水素減少率の方が大きくなるために (H)/[H] 比も若干大きくなつて平衡状態に落ち着くことが判る。したがつて今この

現象より

- ① 大気中  $H_2O$ —溶滓中 (H)
- ② 溶滓中 (H)—溶鋼中 [H]

の 2 つの水素平衡系を比較すると、相互間の水素移動速度は①の場合の方が速いことになるので溶滓をはさんで大気と溶鋼とが水素の受授を行なうさいには溶滓—溶鋼間に移動速度の律速段階があることになる。

ここで溶滓—溶鋼間の水素移動現象を考えるに当つてはまず溶滓および溶鋼中個々における水素の拡散速度を比較して見る必要がある。しかし両者中での各拡散速度については今までに信頼し得る資料がないので代りに Si および S の溶滓および溶鉄各々の中における拡散恒数および活性化エネルギーを調べると<sup>2)~5)</sup>、溶滓中におけるこれら元素の拡散恒数は  $10^{-6} \sim 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$  で溶鉄中の値 ( $10^{-5} \sim 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$ ) に比べて 1 桁小さく、活性化エネルギーは 50 kcal 前後で溶鉄の場合に比べて 4~5 倍であることが判る。もちろん水素の場合にこの比率がそのまま適応されるとは限らないが、500°C の固相

内での水素の拡散恒数を見ると

- 鉄:  $6.4 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$  ( $\alpha$  鉄)<sup>6)</sup>
- $1.70 \times 10^{-4} \text{cm}^2/\text{s}$  ( $\gamma$  鉄)<sup>7)</sup>
- 石英:  $1.2 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{s}$ <sup>8)</sup>

で同様に酸化物質のものが金属質に比べて1桁小さくなっているの、溶滓—溶鋼間の水素移動現象においては溶滓中での水素拡散現象に注目しなければならないことになる。

ところで液相中では拡散恒数 ( $D$ ) と粘性恒数 ( $\eta$ ) とが一定温度条件下にある限り一般に

$$D \eta \gamma = \text{const}^{9)} \dots\dots\dots (3)$$

( $\gamma$ : 拡散粒子の半径)

の関係にあり、かつ粘性は温度の増加とともに急減することが知られている<sup>10)11)</sup>。そこで溶滓中での水素の拡散速度は溶滓の粘性に左右されることとなるが、粘性におよぼす溶滓組成の影響は一般に  $\text{CaO}$  および  $\text{SiO}_2$  量で示すことができるので<sup>11)~14)</sup>、結局溶滓の組成が溶解作業ごとに異なる塩基性電気炉操業時の大気—溶滓—溶鋼間の水素移動現象を調べるに当つては溶滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比および温度の影響も欠くことのできない要素となる。

ここで塩基性電気炉操業時の還元期における ( $\text{H}$ ) および  $[\text{H}]$  の推移は Fig. 4 に見るとおり  $[\text{H}]$  では正常な酸化期を経て来た場合に例外なく増加の傾向をたどっている。しかし ( $\text{H}$ ) については酸化性滓が除去されて還元性滓が造滓材の新添加によつて生成されるため初期より中期にかけていちじるしく増加するが、その後は減少の傾向を示している。したがつて還元期では両者の水素量の差から見ても当然溶滓から溶鋼へ水素が移行していることになるので、還元期での  $[\text{H}]$  の増加速度 ( $d[\text{H}]/dt$ ) におよぼす諸因子の影響を調べると Fig. 5 の結果を得る。すなわち ( $\text{H}$ ) が大気中  $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$  の影響

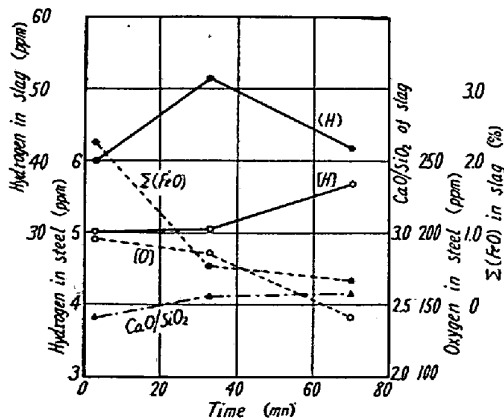
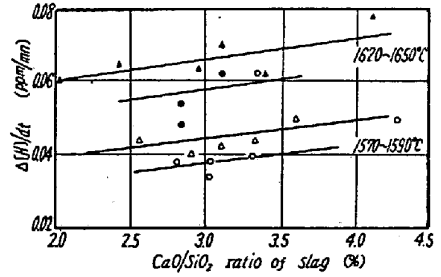


Fig. 4. Trends of both the hydrogen and the oxygen during period of reduction in steel-making process with a basic electric arc furnace.



Circles:  $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$  in air = 13~17 mmHg  
 Triangles: " = 22~25 mmHg

Fig. 5. Influences of temperature and  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  ratio of molten slag on the increase of hydrogen content in molten steel during period of reduction in steelmaking process with a basic electric arc furnace.

を受けることはすでに判つているので  $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$  がいちじるしく異なる条件下では  $d[\text{H}]/dt$  も当然差を生ずるが  $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$  が大体一定の条件下では滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比および温度で  $d[\text{H}]/dt$  を規定できることとなる。したがつて本操業下の出鋼時の  $[\text{H}]$  がもし大気中  $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$  と平衡関係に達していない場合には  $\text{P}_{\text{H}_2\text{O}}$  以外に溶滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比および温度も考慮して取扱うことが必要となる。

### III. 溶滓—溶鋼間の酸素量比

溶滓—溶鋼間の酸素の分配比は溶滓および溶鋼の組成がそれぞれ一定である系では温度の関数としてだけ取り扱うことができるが、塩基性電気炉操業時のように両者の組成がともに一定でない場合には決して温度だけで取り扱うことができない。すなわち中炭素鋼溶解時の還元期における  $\Sigma(\text{FeO})$  および  $[\text{O}]$  の推移の1例は Fig. 4 に見るとおり出鋼時に近づくほどともに減少しているが、出鋼時を対象に調べると  $\Sigma(\text{FeO})$  はとくに滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比の影響を受けていないが  $[\text{O}]$  は滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比が高くなるほど多くなっていることを Fig. 6 より知る。したがつて中炭素鋼溶解操業の出鋼時の  $\Sigma(\text{FeO})/[\text{O}]$  比を鋼浴温度の関数として求めると

$$\text{CaO}/\text{SiO}_2 \text{ 比} = 2.6 \text{ では} \\ \log \Sigma(\text{FeO})(\%)/[\text{O}](\%) = 20000/T - 8.51 \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{CaO}/\text{SiO}_2 \text{ 比} = 3.0 \sim 3.1 \text{ では} \\ \log \Sigma(\text{FeO})(\%)/[\text{O}](\%) = 20000/T - 8.81 \dots\dots\dots (5)$$

となつて滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比によつて若干酸素の分配比が異なることが判る。したがつて塩基性電気炉操業下の溶滓—溶鋼系は理想状態もしくはこれに類似の状態と見ることができないので、実際に両者の酸素量比を求める

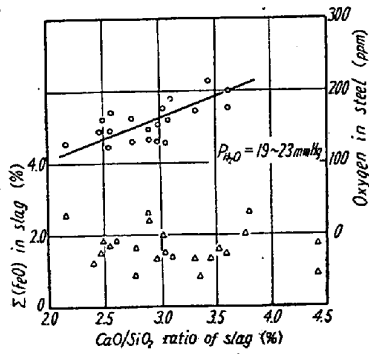


Fig. 6. Variations of both the oxygen content in molten steel and the  $\Sigma(\text{FeO})$  content in molten slag with  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  ratio of molten slag.

わちこの場合には

$$N_{\text{FeO}} = a_{\text{FeO}} = a_0 = 1 \quad \dots\dots\dots (6)$$

$N_{\text{FeO}}$ : 溶滓中  $\text{FeO}$  のモル分率

$a_{\text{FeO}}$ : 溶滓中  $\text{FeO}$  の活量

$a_0$ : 溶鉄中酸素の活量

となるので、一般に酸素を含む溶鉄と ( $\text{FeO}$ ) を含む溶滓とが接触平衡している場合の酸素分配式は

$$K(T) = a_0 / a_{\text{FeO}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

となる。この内  $a_0$  については含有酸素量が少ない場合には  $[\% \text{O}]$  と置くことができ<sup>15)</sup>、かつ操業下の溶鋼では溶鉄と異なつて  $[\text{C}]$ ,  $[\text{Si}]$ ,  $[\text{Mn}]$  などを含んでいるので (7) 式より

$$a_{\text{FeO}} = f_0^{(\text{Me})} [\% \text{O}] / [\% \text{O}]^* \quad \dots\dots\dots (8)$$

$f_0^{(\text{Me})}$ : 溶鉄中の含有元素によつて支配される酸素の活量係数

$[\% \text{O}]^*$ : 溶鉄中酸素の飽和濃度

が操業下の溶滓一溶鋼間に成立することとなる。そこで上式をさきの諸現象と対比させて見ると、操業下では (8) 式より得る  $a_{\text{FeO}}$  値は分析して得る  $N_{\text{FeO}}$  値と必ずしも一致しないことおよびこの両値の差は滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比と定量的に関係づけ得ることを推察できよう。

に当つては理想状態よりの偏差も考慮することが必要となる。

ここで溶滓一溶鋼間の酸素の分配平衡を考えるに当つては酸素で飽和された純溶鉄と純  $\text{FeO}$  溶滓とが平衡している系を想定して、これを理想的な基準状態と置くのが良い。すな

ここで上式中の  $[\% \text{O}]^*$  は CHIPMAN et al<sup>16)</sup> によつて

$$\log [\% \text{O}]^* = -6320/T + 2.734 \quad \dots\dots\dots (9)$$

として与えられているので溶鋼中の  $[\text{C}]$ ,  $[\text{Si}]$ ,  $[\text{Mn}]$  の影響を考慮して (8) 式より  $a_{\text{FeO}}$  を求め  $N_{\text{FeO}}$  との偏差を見ると Table 1 の結果を得る。すなわち  $a_{\text{FeO}}/N_{\text{FeO}}$  比は滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比が高くなるほど大きくなつているので、操業下の溶滓一溶鋼間の酸素分配平衡を考えるに当つては溶鋼中含有元素の影響以外に滓の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比も無視できないこととなる。

#### IV. 出鋼時の溶鋼中ガス量と大気中水蒸気量との関係

以上の結果より塩基性電気炉で溶解した出鋼時の溶鋼中ガス量は単純に (2) 式によつて規定できる平衡状態にあるとはいえず、まず  $[\text{H}]$  に対しては出鋼時といえど必ずしも溶滓一溶鋼間に水素の平衡状態が達成されていないので

##### ① 溶滓一溶鋼間の水素移動速度

を考慮する必要がある、ついで  $[\text{O}]$  に対しては操業下の溶滓、溶鋼が理想状態にないので

##### ② 溶滓および溶鋼の組成の影響

を考慮する必要があることを知つた。すなわち出鋼時の中炭素鋼について見ると  $[\text{H}]$  と  $[\text{O}]$  とは Fig. 7 に見るとおり一定  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  下では量的に反比例関係にあつて (2) 式が表示しているのと同傾向の現象を示している。しかし溶鋼中のガス量として  $[\text{H}]^2 \cdot [\text{O}]$  をとつて大気中  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  との関係を決めると、平衡条件下では当然直線で示し得る両者の関係が Fig. 8 では  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  の増加とともに  $[\text{H}]^2 \cdot [\text{O}]$  値が飛躍的に大きくなつて全体として拋物線になつているので、操業下の溶鋼中ガス量と大気中  $P_{\text{H}_2\text{O}}$  との関係を定量的に解析するには上記2つの影響が不可欠な要素となつていることを再確認できる。

ここで溶滓一溶鋼間の水素の移動速度は溶滓中での水素の拡散速度で律速され、かつ溶滓中での拡散速度は滓

Table 1. The distribution of oxygen between molten steel and molten slag just before tap in steelmaking process with a basic electric arc furnace.

| Heat No. | Chemical composition (%) |      |      | [O] (%) | $\Sigma(\text{FeO})$ (%) | $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ of slag | [O]* (%) | Temperature (°C) | $a_{\text{FeO}}/N_{\text{FeO}}$ |
|----------|--------------------------|------|------|---------|--------------------------|-----------------------------------|----------|------------------|---------------------------------|
|          | C                        | Si   | Mn   |         |                          |                                   |          |                  |                                 |
| 1        | 0.52                     | 0.28 | 0.70 | 0.0125  | 2.44                     | 1.98                              | 0.221    | 1590             | 1.33                            |
| 2        | 0.49                     | 0.30 | 0.68 | 0.0122  | 1.76                     | 2.62                              | 0.244    | 1615             | 1.65                            |
| 3        | 0.44                     | 0.26 | 0.71 | 0.0178  | 2.44                     | 2.82                              | 0.239    | 1610             | 1.84                            |
| 4        | 0.49                     | 0.32 | 0.75 | 0.0135  | 1.94                     | 3.05                              | 0.189    | 1560             | 2.16                            |
| 5        | 0.43                     | 0.31 | 0.73 | 0.0205  | 1.29                     | 3.42                              | 0.252    | 1624             | 3.83                            |
| 6        | 0.56                     | 0.26 | 0.68 | 0.0196  | 1.22                     | 3.61                              | 0.216    | 1585             | 4.13                            |

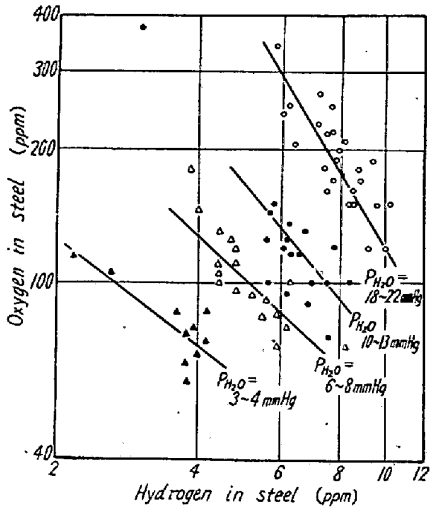


Fig. 7. Relation between the hydrogen content and the oxygen content in molten steel just before tap in steelmaking process with a basic electric arc furnace.

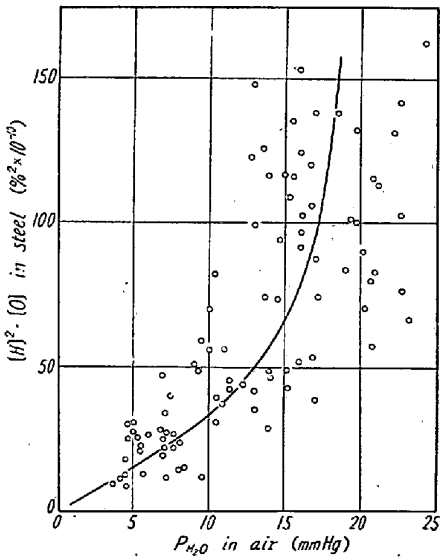


Fig. 8.  $[H]^2 \cdot [O]$  value as a function of  $P_{H_2O}$  in air just before tap in steelmaking process with a basic electric arc furnace.

数値で区分すると、操業下の溶鋼中ガス量におよぼす大気中  $P_{H_2O}$  の影響度が定量的によく表示されることとなる。すなわちその結果を示した Fig. 9 では  $[H]^2 \cdot [O]$  値が  $P_{H_2O}$  の高い領域でいちじるしく高くなりかつ同一  $P_{H_2O}$  下の試料間で大きな差を生ずる現象が鋼浴温度および滓の  $CaO/SiO_2$  比の差でよく説明できるので、塩基性電気炉操業時のように溶滓および滓鋼の各組成が一定せずかつ溶滓—溶鋼間に水素移動を生じている条件下では溶鋼中ガス量と大気中  $P_{H_2O}$  との関係をも (2) 式にしたがつて一義的に求めるようなことはしないで、

の  $CaO/SiO_2$  比および温度で規定できる。一方溶滓—溶鋼間の酸素分配比におよぼす溶滓、溶鋼それぞれの組成の影響の内、溶鋼の組成は鋼種を一定にした場合には  $[O]$  におよぼす影響度をほとんど無視できる程度の差しかヒート間に生じていないことを Table 1 より認め得るので  $[O]$  を規定するには鋼浴温度および滓の  $CaO/SiO_2$  比を考慮するだけで充分となる。したがって操業下の  $[H]$  および  $[O]$  はともに鋼浴温度および滓の  $CaO/SiO_2$  比の影響を受けていると見ることができてさきの Fig. 8 中の各点を上記 2 因子の

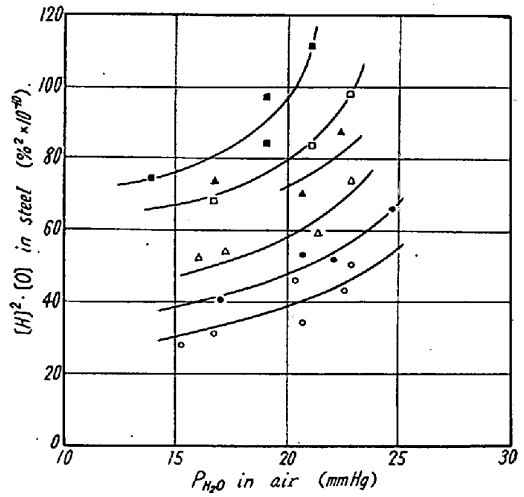
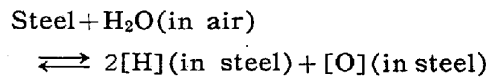


Fig. 9. Variations of  $[H]^2 \cdot [O]$  value with  $P_{H_2O}$  in air,  $CaO/SiO_2$  ratio of molten slag and bath temperature.

溶滓および溶鋼の理想条件よりの偏差も考慮してこの関係を速度論的に取り扱うのが妥当であることが判つた。

### V. 結 言

塩基性電気炉による中炭素鋼溶解作業を対象にして本報では出鋼時の溶鋼中ガス量と大気中  $P_{H_2O}$  との関係を調べた。その結果両者の関係は



の反応式より導き出せる平衡関係では定量的に説明することができなかつた。すなわち、

(1) 操業時には溶滓—溶鋼間の濃度差に基づいて溶滓より溶鋼へと水素の移動を生じているが、出鋼時といえどこの現象が続いているので  $[H]$  量を規定するには溶滓中水素の拡散速度を無視できない。

(2) 操業時における溶滓—溶鋼間の酸素分配関係では鋼種を一定にすると溶鋼組成の差は無視できるが、溶滓組成の差は  $CaO/SiO_2$  比で考慮しなければならない。

の 2 つの事柄を認めたので、出鋼時の溶鋼中ガス量と大気中  $P_{H_2O}$  との関係を求めるには鋼浴温度および滓の  $CaO/SiO_2$  比の影響度も加えなければならないことが判つた。

最後に、本研究遂行にあたりいろいろ御助言や御激励下さつた常務取締役志村清次郎博士、検査部長内山道良博士に厚く御礼を申し上げるとともに、本研究に協力下

さつた深川製鋼所製鋼部および大島製作所電磁気材料部の各位に対し深く謝意を表するしだいです。

(昭和 35 年 11 月寄稿)

### 文 献

- 1) 阿部吉彦: 鉄と鋼, 47 (1961), 5, 693
- 2) R. E. GRACE & G. DERGE: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 212 (1958), 331
- 3) H. TOWERS, M. PARRIS & J. CHIPMAN: J. Metals, 5 (1953), 1455
- 4) H. TOWERS & J. CHIPMAN: J. Metals, 9 (1957), 769
- 5) 斎藤恒三, 川合保治: 日本金属会誌, 17 (1953) 434
- 6) C. J. SMITHELLS & C. E. RANSLEY: Proc. Roy. Soc., 150 (1935), 172
- 7) H. BENNECK & G. KLOTZBACH: Stahl u. Eisen, 61 (1941), 597
- 8) R. M. BARRER: "Diffusion in and through Solids" (1941)
- 9) 戸田盛和: "液体構造論" (1947)
- 10) 斎藤恒三, 川合保治: 鉄と鋼, 38 (1952), 81
- 11) 三本木貢治, 大谷正康: 鉄と鋼, 44 (1958), 779
- 12) E. E. HOFMANN: Stahl u. Eisen, 79 (1959), 846
- 13) E. T. TURKDOGAN & J. CHIPMAN: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 173 (1953), 217
- 14) J. O'M. BOCKRIS, J. D. MACKENZIE & J. A. KITCHNER: Trans. Faraday Soc., 51 (1955), 1734
- 15) M. G. FONTANA & J. CHIPMAN: Trans. Amer. Soc. Metals, 24 (1936), 313
- 16) C. R. TAYLOR & J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 154 (1943), 228

## 砂疵構成成分の認定について\*

(鋼中非金属介在物, とくに砂疵に関する研究—I)

高尾善一郎\*\*・下瀬 高明\*\*・成田 貴一\*\*・宮本 醇\*\*\*

### Identification of Nonmetallic Inclusions Causing Sand Marks.

(Studies on nonmetallic inclusions, especially sand marks in steel—I)

Zenichiro TAKAO, Takaaki SIMOSE,  
Kiichi NARITA and Atsushi MIYAMOTO

#### Synopsis:

It is one of the problems unsolved for a long time in steel making to make a sound ingot preventing the occurrence of sand marks which are a defect in forged or rolled steels.

First of all, the nature of sand marks, namely their type, their distribution and their constituent, should be known in order to solve the problem and then the "origin" of the sand marks would be really grasped in consequence.

The authors, therefore, studied the type and the constituent of sand marks in various kinds of forged or rolled steels by optical microscopy, etching test, electron-diffraction reflection method and chemical analysis. It was recognized that there was a close relation between the type of sand marks observed by optical microscopy and its constituents, and moreover between the conditions of austenite-grain refining as well as deoxidation and the type of sand marks.

#### I. 緒 言

現在の製鋼法をもつてすれば非金属介在物の存在しない鋼をつくることは不可能であり, 鋼中の非金属介在物は便宜上これを (1) 微視的介在物と (2) 巨視的介在物とに大別することができる。非金属介在物とは精錬ならびに造塊過程中に生じた内生的化合物と, 耐火材の侵

食などにより鋼浴中に混入分散した外来的化合物, ならびに両者の相互反応によつて生じた化合物のことであり, 微視的介在物とはこれらの化合物のうち光学顕微鏡的大きさまたはそれ以下の大きさのものをいう。このよ

\* 昭和34年11月本会講演大会にて発表

\*\* 株式会社神戸製鋼所中央研究所 工博

\*\*\* 株式会社神戸製鋼所中央研究