

# 転炉冶金特性に及ぼす上底吹条件の影響

樋口 善彦\*・田子 ユカリ\*

Effect of Top and Bottom Blowing Conditions on Metallurgical Characteristics in Converter

Yoshihiko HIGUCHI and Yukari TAGO

**Synopsis :** Experiments were carried out in  $2 \times 10^3$  kg converter in order to quantitatively evaluate the contributions of condition of top and bottom blowing to critical carbon content,  $C_p$  and (T.Fe) in slag.  $C_p$  decreased and (T.Fe) in slag increased as increasing the bottom stirring power and ratio of cavity depth to bath depth,  $L/Lo$ . Effect of  $L/Lo$  could not be explained by conventional indices such as ISCO, BOC and I because they did not take top blowing condition into consideration precisely. Newly defined index for carbon oxidation, ICO, was introduced to attain good correlation between operational conditions and (T.Fe) in slag.

$$ICO = 4.2 \times 10^3 \cdot (Q/W) \cdot (L/Lo)^{-0.4} \cdot \varepsilon^{-0.33} \cdot [C]^{-1}$$

**Key words:** steelmaking; combined blowing converter; stirring power.

## 1. 緒言

製鋼分野において転炉は溶銑から溶鋼を作る主たるプロセスであり、その脱炭特性についてはこれまでに多くの検討が行われている。転炉吹錬における溶鉄中酸素濃度やスラグ中酸化鉄濃度を整理するための冶金指標が提案されている<sup>1-3)</sup>。これらの指標によれば、上吹き条件を均一混合時間の一因子として考慮しており、底吹き攪拌力が大きくなるほど上吹き条件の影響は小さくなるとしている。特に甲斐ら<sup>2)</sup>は底吹きガス流量が全酸素流量の数%以上では上吹きの影響はごく小さいと報告している。最近、加藤ら<sup>3)</sup>は上吹きと底吹きの反応速度の差に着目して最適送酸パターン<sup>2)</sup>の検討を行っている。その結果、上吹きによる脱炭反応の容量係数が酸素供給速度と攪拌強度に依存することを見だし、その依存性を定量化する新しい冶金指標を提案している。これは、上吹き条件を均一混合時間に反映するだけでは冶金特性を表現するのに不十分であることを示すものである。ただし、加藤ら<sup>3)</sup>は上吹き条件として酸素供給速度を考慮しただけであり、ランス高さやノズル径などにより変化する上吹きジェット<sup>2)</sup>の吹付け強さをそれぞれについて検討していない。また、岸本ら<sup>10)</sup>は転炉反応モデルを構築し、上吹きジェットの<sup>2)</sup>の影響を考慮可能にしている。ただし、転炉方式別に実測値と対応するように計算パラメータを与えており、この因子に与える上吹き条件は明らかにされていない。以上から、上吹きジェットの吹付け強さを考慮した冶金指標は十分に確立されているとは言い難い。

そこで、本研究では転炉吹錬時の冶金特性を評価するた

めに、上底吹条件を変更して $2 \times 10^3$  kg規模の試験転炉で吹錬実験を行った。その実験結果に基づき、上吹きジェットの吹付け条件を考慮可能な冶金指標を提案した。

## 2. 実験方法

実験に用いた $2 \times 10^3$  kg試験転炉は内径1 mで、単管羽口からArガスを底吹きした(Fig. 1)。上吹きランスは単孔あるいは4孔ラバール型で、それぞれノズルの絞り部の内径を $9 \times 10^{-3}$ ,  $5 \times 10^{-3}$  m、ノズルの傾斜角を0, 10度とした。ランス高さは0.5~0.8 mの範囲で設定し、上吹き送酸速度 $Q$ は $8.3 \times 10^{-2}$  Nm<sup>3</sup>/sとした。底吹きガス流量は $6 \times 10^{-3}$ ~ $1.5 \times 10^{-2}$  Nm<sup>3</sup>/sとした。吹錬に用いた溶銑は大気炉で溶解後、転炉に注銑した。溶銑の組成をTable 1に示す。注銑後、生石灰、珪石を投入して吹錬を開始した。吹止め温度は1650~1700°C、スラグ量60 kg、塩基度3~4と

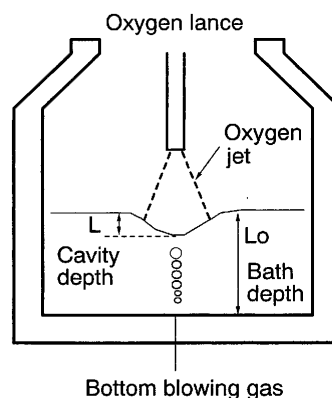


Fig. 1. Schematic view of experimental apparatus.

平成12年5月10日受付 平成12年6月21日受理 (Received on May 10, 2000; Accepted on June 21, 2000)

\* 住友金属工業(株)総合技術研究所 (Corporate Research & Development Laboratories, Sumitomo Metal Industries, Ltd., 16-1 Oaza-Sunayama Hasakimachi Kashima-gun Ibaraki-Ken 314-0255)

Table 1. Composition of pig iron (mass%).

C	Si	Mn	P	S
4.2	<0.05	0.3	0.02	0.01

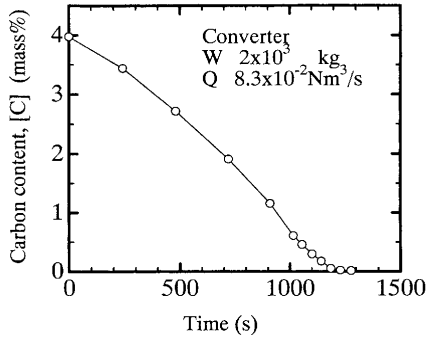


Fig. 2. Change in carbon content during oxygen blowing.

した。脱炭吹錬中にメタル，スラグ試料採取し，化学分析に供した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 脱炭酸素効率に及ぼす上底吹き条件の影響

試験転炉における吹錬中の脱炭濃度推移の一例を Fig. 2 に示す。この炭素濃度挙動から脱炭酸素効率  $\eta$  を(1)式で算出した。

$$\eta = (\Delta[C]/\Delta t) / \{100 \cdot (12/11.2) \cdot (Q/W)\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $\eta$ : 脱炭酸素効率、 $\Delta[C]$ : 溶鉄中炭素濃度変化 (mass%),  $\Delta t$ : 経過時間 (s)、 $Q$ : 上吹き酸素ガス流量 (Nm<sup>3</sup>·kg)、 $W$ : 溶鉄重量 (kg)、である。

得られた脱炭酸素効率  $\eta$  と炭素濃度 [C] との関係を図 3 に示す。脱炭酸素効率  $\eta$  が低下し始める炭素濃度 [C] はいずれの条件でも 0.6 mass% 以下であり、 $\eta$  が 1 から低下し始める炭素濃度を臨界炭素濃度  $C_p$  (mass%) とした。臨界炭素濃度以下の領域で、 $\eta$  と [C] はほぼ比例関係にあった。

#### 3.2 臨界炭素濃度に及ぼす上底吹条件の影響

前節で求めた臨界炭素濃度に及ぼす上底吹条件の影響を整理した。その際、上吹き条件の指標として凹み深さ  $L/Lo$  を、底吹き条件の指標として攪拌動力  $\varepsilon$  を用いた。それぞれの指標は(2)<sup>4)</sup>、(3)<sup>5)</sup>式から算出した。

$$V \cdot d \cdot \cos\theta = 1.24 \cdot L^{1/2} \cdot (L+h) \dots\dots\dots (2)$$

$$\varepsilon = 3.71 \times 10^2 \cdot (Q_B/W) \cdot T \cdot \ln(1 + \rho \cdot g \cdot Lo/P) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $V$ : ノズル出口ガス線流速 (m/s)、 $d$ : ノズル径 (mm)、 $\theta$ : ノズル傾斜角 (deg)、 $L$ : 凹み深さ (mm)、 $h$ : ランス高さ (mm)、 $Lo$ : 浴深さ (mm)、 $\varepsilon$ : 攪拌動力 (watt/kg)、 $Q_B$ : 底吹きガス流量 (Nm<sup>3</sup>/s)、 $T$ : 溶鉄温度 (K)、 $\rho$ : 溶鉄密度 (kg/m<sup>3</sup>)、

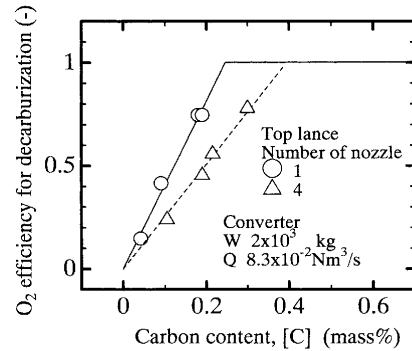


Fig. 3. Relation between O<sub>2</sub> efficiency for decarburization and carbon content.

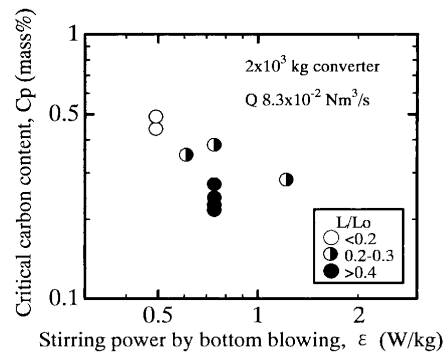


Fig. 4. Effect of stirring power and  $L/Lo$  on critical carbon content.

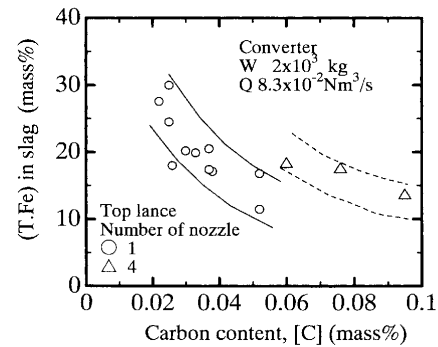


Fig. 5. Relation between (T.Fe) in slag and carbon content.

$g$ : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)、 $P$ : 大気圧力 (Pa) である。

臨界炭素濃度  $C_p$  と攪拌動力  $\varepsilon$  の関係を  $L/Lo$  別に Fig. 4 に示す。 $L/Lo$  が 0.2~0.3 の範囲で  $\varepsilon$  を増加させると、 $C_p$  は低下した。また、 $L/Lo$  が大きい場合には  $C_p$  は低値を示す傾向があった。

#### 3.3 スラグ中 T.Fe の挙動

吹錬中の炭素濃度とスラグ中 (T.Fe) の関係の一例を図 5 に示す。上吹き 4 孔のソフトブロー条件ではスラグ中 (T.Fe) が高く推移したのに対し、上吹き単孔のハードブロー条件では低く推移した。

Table 2. Index for refining in converter.

Index	$(Q/W) \cdot B1 \cdot \epsilon^{B2} \cdot [C]^{B3}$
ISCO	$(Q/W) \cdot \epsilon^{-0.4}$
BOC	$(Q/W) \cdot \epsilon^{-0.5} \cdot [C]^{-1}$
I	$(Q/W) \cdot (Q/W)^{-0.54} \cdot \epsilon^{-0.22} \cdot [C]^{-1}$
ICO	$(Q/W) \cdot (L/L_0)^{-0.4} \cdot \epsilon^{-0.33} \cdot [C]^{-1}$

## 4. 考察

### 4.1 冶金指標

これまでに、普通鋼転炉吹錬の冶金指標としてはISCO, BOC, Iがあり、主にスラグ中(LFe)との相関関係が報告されている。このうち、(4), (4')式で表されるISCOは中西ら<sup>1)</sup>が提案した最初の冶金指標であり、Q-BOPやLDなどの各形式の転炉に適用できるとされている。(5), (5')式で表されるBOCは甲斐ら<sup>2)</sup>が提案した指標であり、溶鉄中炭素濃度を考慮した点がISCOと異なる。また、加藤ら<sup>3)</sup>は脱炭酸素効率ηの逆数として(6)式で定義された指標Iを提案し、酸素上底吹き転炉の冶金特性を整理した。

$$ISCO = \{2Q/(2Q+Qd)\} \cdot Q \cdot (W/\tau)^{-1} \dots\dots\dots (4)$$

$$\tau \propto \epsilon^{-0.4} \dots\dots\dots (4')$$

$$BOC = Q \cdot (W/\tau)^{-1} \cdot [C]^{-1} \dots\dots\dots (5)$$

$$\tau \propto \epsilon^{-0.5} \dots\dots\dots (5')$$

$$I = \{(Q_T + Q_B)/W\} \cdot \{(Q_T/W)^{0.54} \cdot \epsilon^{0.22} + 0.26 \cdot \epsilon^{0.56}\}^{-1} \cdot [C]^{-1} \dots\dots\dots (6)$$

ここで、Qd: CO以外の分解生成ガス流量(Nm<sup>3</sup>/min), τ: 均一混合時間(s), Q<sub>T</sub>: 上吹き酸素流量(Nm<sup>3</sup>/s), Q<sub>B</sub>: 底吹き酸素流量(Nm<sup>3</sup>/s), である。

なお、(6)式右辺にみられる項0.26・ε<sup>0.56</sup>は原論文では酸素底吹きに対応する項であり、本論文で対象とする不活性ガス底吹き時にはこの項はゼロとなる。以上の各冶金指標値に含まれる均一混合時間を攪拌動力の関数で表して再整理し、比較した。その結果をTable 2に示す。各指標はいずれも(Q/W)・B1・ε<sup>B2</sup>・[C]<sup>B3</sup>の関数形を有しており、B1~B3はそれぞれ上吹き、底吹き、炭素濃度条件の影響の程度を表す指標・定数である。ISCOとBOCではB1が定数であるため、上吹き条件の影響が顕著な本実験結果を説明することができない。一方、IではB1として上吹き条件の項(Q/W)<sup>-0.54</sup>があるためランス条件が同一であれば上吹きジェット吹付け強さの影響を表せる可能性がある。加藤ら

は脱炭酸素効率が1.0の時のIは3.2になると報告している。したがって、上底吹き条件をI=3.2に代入することにより、臨界炭素濃度として計算C<sub>p</sub>を求めることができる。4孔ランスで上吹きし、底吹き流量Q<sub>B</sub>が6.7×10<sup>-3</sup>Nm<sup>3</sup>/sである実験の場合の計算C<sub>p</sub>は0.39 mass%となり実測値の0.39 mass%と一致した。しかし、単孔ランスで上吹きし、底吹き流量Q<sub>B</sub>を1×10<sup>-2</sup>Nm<sup>3</sup>/sとした場合の計算C<sub>p</sub>は0.34 mass%となり実測値の0.24 mass%よりも大きくなった。このように、ランスノズル形状の影響を受ける本実験結果を従来の冶金指標を用いて説明することはできなかった。

### 4.2 新たな冶金反応指標

上述したように、従来の冶金指標値では上吹き条件の影響を十分に考慮できないことが判明した。そこで、ここでは上吹き条件を考慮できる新しい冶金反応指標について検討を行う。脱炭酸素効率ηが1よりも低下する吹錬末期では、脱炭反応は鋼浴中の炭素の物質移動に律速されるため、脱炭速度K(s<sup>-1</sup>)は(7)式で、脱炭酸素効率ηは(8)式で表せる。

$$d[C]/dt = -K \cdot [C] \dots\dots\dots (7)$$

$$\eta = (0.112/12) \cdot W \cdot (-d[C]/dt)/Q \\ = (0.112/12) \cdot K \cdot [C]/(Q/W) \dots\dots\dots (8)$$

臨界炭素濃度C<sub>p</sub>(mass%)では脱炭酸素効率ηが1となるため、(8)式にη=1, [C]=C<sub>p</sub>を代入すると、脱炭速度定数Kは単位溶鉄重量あたりの送酸速度(Q/W)と臨界炭素濃度C<sub>p</sub>の比で(9)式の形で表すことができる。

$$K = (12/0.112) \cdot (Q/W)/C_p \dots\dots\dots (9)$$

以上のように臨界炭素濃度が脱炭速度定数を支配する重要な因子であることから、上底吹き条件がC<sub>p</sub>に及ぼす影響を定量化した。すなわち、C<sub>p</sub>∝ε<sup>C1</sup>・(L/L<sub>0</sub>)<sup>C2</sup>の関数形で表したときの係数C1, C2を最小自乗法を用いて定めた。その結果、C1, C2はそれぞれ-0.33, -0.40が得られた。これに基づき、ε<sup>-0.33</sup>・(L/L<sub>0</sub>)<sup>-0.40</sup>とC<sub>p</sub>との関係を整理した結果をFig. 6に示す。この図から両者はほぼ比例関係になることがわかる。

なお、単位溶鉄量あたりの送酸速度Q/Wの大小により炭素の物質移動が影響されない範囲では、(9)式よりC<sub>p</sub>はQ/Wに比例する。実験結果から比例定数を定め、上述の関係を利用すると臨界炭素濃度C<sub>p</sub>は最終的に(10)式で表せる。

$$C_p = 4.2 \times 10^3 \cdot (Q/W)(L/L_0)^{-0.4} \cdot \epsilon^{-0.33} \dots\dots\dots (10)$$

加藤らは冶金指標を脱炭酸素効率ηの逆数に比例する値として定義している。同様に、脱炭酸素効率η(=[C]/C<sub>p</sub>)の逆数を新しい冶金指標ICO (Index for Carbon Oxidation)として(11)式で定義した。

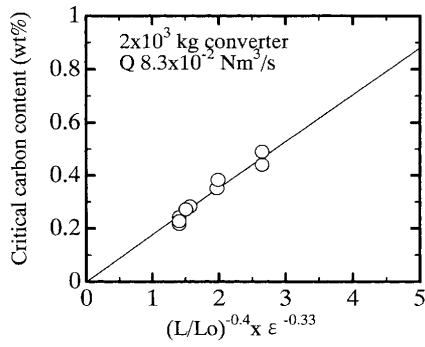


Fig. 6. Relation between critical carbon content and  $(L/L_o)^{-0.4} \cdot \epsilon^{-0.33}$ .

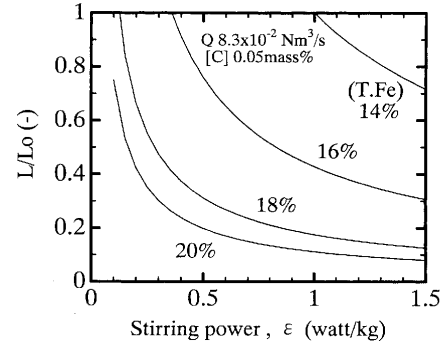


Fig. 9. Effect of stirring power and  $L/L_o$  on (T.Fe) in slag.

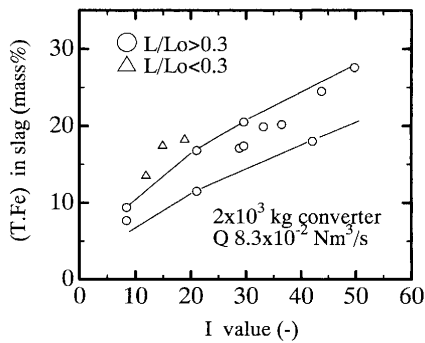


Fig. 7. Relation between (T.Fe) in slag and  $I$  value.

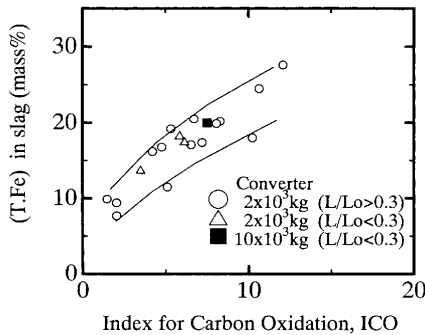


Fig. 8. Relation between (T.Fe) in slag and ICO value.

$$ICO = Cp/[C] = 4.2 \times 10^3 \cdot Q/W \cdot (L/L_o)^{-0.4} \cdot \epsilon^{-0.33} \cdot [C]^{-1} \dots (11)$$

本実験データを冶金指標  $I$  および ICO で整理した結果をそれぞれ Fig. 7, 8 に示す。  $I$  が同じであっても、上吹きランスが単孔 ( $L/L_o > 0.3$ ) か 4 孔 ( $L/L_o < 0.3$ ) かによりスラグ中 (T.Fe) 濃度は異なることがわかる。一方、ICO で整理した場合には ICO と (T.Fe) との間により相関がみられた。 Fig. 8 中には  $10 \times 10^3$  kg 試験転炉の結果も示したが、本実験結果と同様に整理可能であり、本指標は溶鋼量の異なる転炉に対しても適用可能であると考えられる。

なお、(9)式と(10)式から、脱炭速度定数  $K$  を表す実験式である(12)式が得られる。竹内ら<sup>6)</sup>、岸本ら<sup>7)</sup>は低炭素濃度域の  $K$  が  $\epsilon$  の 0.33~0.4 乗に比例すると報告しており、本報で得られた  $K$  の  $\epsilon$  依存性は従来の報告とほぼ一致するこ

とがわかる。

$$K = (12/0.112) \cdot (Q/W) Cp$$

$$= 2.6 \times 10^{-2} \cdot (L/L_o)^{0.4} \cdot \epsilon^{0.33} \dots (12)$$

また、副島ら<sup>8)</sup>は上下吹き転炉における吹錬パターンの適正化を進める過程で、 $L/L_o$  とスラグ中 (T.Fe) との関係を調査している。その結果、 $L/L_o$  の増加にともなってスラグ中 (T.Fe) は低下することを報告している。その報告値を一次回帰するとスラグ中 (T.Fe) が  $L/L_o$  の  $-0.38$  乗に比例するという結果が得られた。 Fig. 8 からスラグ中 (T.Fe) と ICO が近似的に比例関係にあると見なせば、スラグ中 (T.Fe) は  $L/L_o$  の  $-0.4$  乗に比例することになり、本報の結果は副島らの結果とも矛盾しない。

本報で定義した ICO を用いると、ある終点炭素濃度におけるスラグ中 (T.Fe) が上底吹条件の関数として表すことができる。 ICO とスラグ中 (T.Fe) の関係を Fig. 8 から読みとり、吹止め炭素濃度  $[C]$  0.05 mass% におけるスラグ中 (T.Fe) の等濃度曲線を求めた。その結果を Fig. 9 に示す。スラグ中 (T.Fe) 低減のために  $L/L_o$  や  $\epsilon$  の増加は有効ではあるが、条件によって  $L/L_o$  や  $\epsilon$  の寄与は変化することがわかる。

#### 4.3 従来の反応モデルとの比較

ここでは、本報で提案した反応モデルを既出の反応モデルと比較する。酸素供給を前提とした反応モデルは主に転炉吹錬中の成分挙動を対象としたものが報告されている。そのうち最も単純化されたモデルは謝ら<sup>9)</sup>のモデルである。そのモデルでは、バルクでの炭素濃度  $C$  (mass%)、反応帯における炭素濃度  $C^*$  (mass%)、反応帯とバルクとの間を溶鋼の循環流量  $q$  (kg/s) の関係を規定する(13)式を用いて転炉吹錬時の成分推移を計算している。一方、岸本ら<sup>10)</sup>は謝らのモデルを発展させ、反応帯における混合の程度を示すパラメータ  $i$  (kg/s)、火点での平衡炭素濃度  $C_e$  (mass%) を導入し、底吹き転炉と上底吹き転炉の攪拌力が CO 分圧に及ぼす影響を定量的に明らかにした。岸本ら<sup>10)</sup>のモデルでは(13)式に(14)式の拘束条件を付与している。両式から  $C^*$  を消去して脱炭速度定数  $K$  を求めると(15)式が得られる。

Table 3. Relation between  $q, i$  and  $K, C_p$ .

	$q$ (kg/s)	$i$ (kg/s)	$K$ (1/s)	$C_p$ (mass%)
LD-KGC	400	133	0.020	0.27
K-BOP	750	167	0.027	0.20
Q-BOP	1000	200	0.033	0.16

$$W \cdot dC/dt = q \cdot (C^* - C) \dots (13)$$

$$q \cdot (C - C^*) = i \cdot (C^* - C_e) \dots (14)$$

$$K = 1/[W \cdot \{(1/q) + (1/i)\}] \dots (15)$$

$q$ と $i$ を(15)式に代入すると脱炭速度定数 $K$ が、それを(9)式に代入すると臨界炭素濃度 $C_p$ が求まる。岸本らが定めた $q, i$ の値を元に $K, C_p$ を算出するとTable 3の通りとなる。また、(15)式より岸本らは脱炭速度定数を $q$ と $i$ の逆数の和で表していることがわかる。一方、本報で与えた関係式(12)式では、上底吹き条件を表す両因子の積の形で脱炭速度定数を与えていることになり、この点が岸本らのモデルと相違する。

#### 4.4 反応モデルによる冶金指標の評価

前述の冶金指標は主に脱炭速度を評価しており、溶鉄中の酸素あるいはスラグを直接評価してはいない。そのため、スラグメタル間の酸素の移行を考慮した反応モデルによる評価が重要となる。岸本ら<sup>10)</sup>は反応帯、バルク、スラグメタル界面の間の酸素の移行を考慮した酸素の物質収支式(16)式と拘束条件(17)式を提案し、さらに(18)、(19)式を連立してスラグ中(T.Fe)の推移を算出している。本報でも岸本らと同様の方法でスラグ中(T.Fe)を算出した。

$$W \cdot dO/dt = -q \cdot (O - O^*) + J \cdot (O^{**} - O) \dots (16)$$

$$q \cdot (O - O^*) = i \cdot (O^* - O_e) \dots (17)$$

$$(Ws/100) \cdot \{dC_{FeO}/dt\} = N_{FeO} - (C_{FeO}/100) \cdot dWs/dt + (71.9/16) \cdot (1/100) \cdot J \cdot (O - O^{**}) \dots (18)$$

$$N_{FeO} = (71.9/11.2) \cdot Q + (71.9/16) \cdot (i/100) \cdot (O^* - O_e) - (71.9/12) \cdot (i/100) \cdot (C^* - C_e) \dots (19)$$

ここで、 $O$ : バルク中酸素濃度(mass%),  $O^*$ : 反応帯での酸素濃度(mass%),  $O_e$ : 火点での平衡酸素濃度(mass%),  $O^{**}$ : スラグ中FeOと平衡する酸素濃度(mass%),  $J$ : スラグメタル間の酸素の物質移動速度を決定する因子(kg/s),  $Ws$ : スラグ質量(kg),  $C_{FeO}$ : スラグ中FeO濃度(mass%),  $N_{FeO}$ : 反応帯におけるFeO生成速度(kg/s), である。

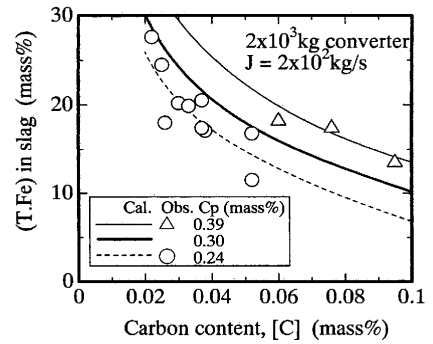


Fig. 10. Relation between (T.Fe) in slag and carbon content.

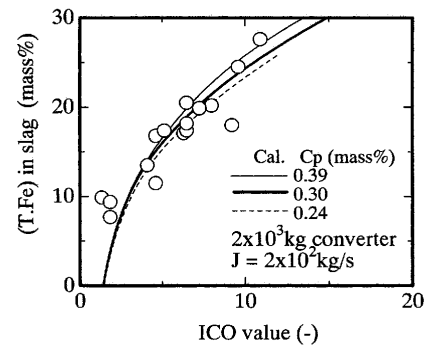


Fig. 11. Relation between (T.Fe) in slag and ICO value.

(16), (17)式から $O^*$ を消去し、(15)式を利用すると(20)式が得られる。炭素の場合と同様に $q$ と $i$ のそれぞれを規定する必要はなく、脱炭速度定数 $K$ を与えれば計算が可能である。したがって、実際の計算では(12)式から求めた脱炭速度定数 $K$ を与え、 $q$ と $i$ そのものについては考慮しなかった。

$$dO/dt = -K \cdot (O - O_e) + J \cdot (O^{**} - O) \dots (20)$$

スラグメタル間の酸素の物質移動速度を決定する因子である $J$ をパラメータとして、種々変更して溶鉄中炭素濃度とスラグ中(T.Fe)の関係を計算した。その結果、実績値とよい対応を示したのは $J$ が $2 \times 10^2$  kg/sの場合であった。この $J$ の値を用いた計算結果を実験値とともにFig.10に示す。今回定めた $J$ の値は岸本らが $5 \times 10^3$  kg規模の不活性ガス底吹き転炉実験から得た $6.7 \times 10^2$  kg/sよりも小さい。この違いは、炉形状、溶鉄量およびスラグメタル間の攪拌力の差に起因すると考えられるが詳細は今後の検討課題である。Fig.10と同様の計算を3種類の $C_p$ 条件で実施し、得られた計算値からICOと(T.Fe)の関係を求めた。その結果をFig.11に曲線で示す。臨界炭素濃度 $C_p$ が変化してもICOと(T.Fe)の関係はほとんど変化しないことがわかる。したがって、今回のような弱攪拌型転炉においてICOが有効な冶金指標となることが予想される。

## 5. 結言

2t規模の試験転炉において弱攪拌型上底吹転炉を対象に上底吹条件が冶金反応特性に及ぼす影響を調査した。その結果、底吹ガス攪拌力の影響のみならず、上吹きガスジェットの影響も大きいことが判明した。そこで、この上底吹条件の影響を定量化し、臨界炭素濃度および脱炭速度定数を与える実験式を求めた。これに基づき、新しい冶金指標ICOを次式で定義した。

$$ICO = 4.2 \times 10^3 \cdot (Q/W) \cdot (L/Lo)^{-0.4} \cdot \epsilon^{-0.33} \cdot [C]^{-1}$$

弱攪拌型転炉においてこのICOを用いると従来の指標よりも精度よくスラグ中(T.Fe)が整理可能であることがわかった。また、スラグメタル間の酸素の移動速度 $J$  (kg/s)を考慮した反応モデルを用いて溶鉄中炭素濃度とスラグ中(T.Fe)の関係を計算した結果、 $J$ が $2 \times 10^2$  kg/sの場合に実験結果とよい一致を示した。反応モデルの計算結果からICOとスラグ中(T.Fe)の関係を求めたところ、広範な条件にお

いてICOとスラグ中(T.Fe)はよい対応を示すことが確認された。

## 文 献

- 1) K.Nakanishi, Y.Kato, K.Suzuki and J.Katsuki: *Tetsu-to-Hagané*, **64** (1978), S169.
- 2) T.Kai, K.Okohira, M.Hirai, S.Murakami and N.Sato: *Tetsu-to-Hagané*, **68** (1982), 1946.
- 3) Y.Kato, Y.Takahashi, T.Sakuraya, T.Fujii and S.Omiya: *Tetsu-to-Hagané*, **76** (1990), 560.
- 4) 荒木泰治: 京都大学工学部博士論文, (1976).
- 5) M.Sano and K.Mori: *Tetsu-to-Hagané*, **68** (1982), 2451.
- 6) S.Takeuchi, Y.Kato, H.Okuda, H.Take and S.Yamada: *Tetsu-to-Hagané*, **70** (1984), A184.
- 7) Y.Kishimoto, Y.Kato, T.Sakuraya, T.Fujii, H.Osanai, S.Omiya and H.Take: *Tetsu-to-Hagané*, **75** (1990), 1924.
- 8) T.Soejima, H.Matsui, S. Nakajima, H.Yamana, I.Hoshikawa and H.Takezoe: *Tetsu-to-Hagané*, **73** (1987), S160.
- 9) Y.Hsieh, Y.Watanabe, S.Asai and I.Muchi: *Tetsu-to-Hagané*, **69** (1983), 596.
- 10) Y.Kishimoto, Y.Kato, T.Sakuraya and T.Fujii: *Tetsu-to-Hagané*, **75** (1989), 1300.