
上底吹き転炉の冶金特性

Metallurgical Characteristics of Combined-blown Converters

永井 潤(Jun Nagai) 山本 武美(Takemi Yamamoto) 山田 博右(Hirosuke Yamaga)
武 英雄(Hideo Take) 橘 林三(Rinso Tachibana) 大森 尚(Hisashi Ohmori) 中
西 恭二(Kyoji Nakanishi) 飯田 義治(Yoshiharu Iida)

要旨：

LD 転炉に不活性ガス攪拌を併用する LD-KG 法と、LD 転炉に酸素底吹きを併用し、生石灰粉の底吹きを行う K-BOP 法との 2 種類の上底吹き製鋼プロセスを開発し、その冶金特性を調査した。本報では、主として、当社水島製鉄所の 250t K-BOP 炉の冶金特性について、その概要を説明した。少量の底吹きガスによる鋼浴攪拌の強化により、LD 転炉で経験する鋼浴の過剰酸化が減少し、その結果、溶鋼歩留りと出鋼中の合金鉄歩留りが増加した。特に、生石灰インジェクションを伴う K-BOP 法は、脱磷、脱硫等の冶金反応操作のフレキシビリティが他の複合吹錬法より優れていることが判明した。

Synopsis：

Kawasaki Steel Corp. has developed two different types of combined-blown processes in basic oxygen steelmaking: a) inert gas-stirred LD (LD-KG) and b) oxygen bottom-blown LD with powdered lime injection (K-BOP). Resultant metallurgical characteristics are: (1) Stirring intensity of the steel bath is increased by a small amount of the bottom-blown gas, thereby markedly decreasing excessive oxidation of the steel bath as experienced in the conventional LD, and achieving higher yields of iron and added alloys at tapping. (2) The K-BOP, in particular, has a higher advantage in removing P, S etc. than any other combined-blown processes, because of the bottom injection of powdered lime.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

上底吹き転炉の冶金特性

Metallurgical Characteristics of Combined-blown Converters

永 井 潤*
Jun Nagai

山 本 武 美**
Takemi Yamamoto

山 田 博 右***
Hirosuke Yamada

武 英 雄****
Hideo Take

橘 林 三*****
Rinso Tachibana

大 森 尚*****
Hisashi Ohmori

中 西 恭 二*****
Kyoji Nakanishi

飯 田 義 治*****
Yoshiharu Iida

Synopsis:

Kawasaki Steel Corp. has developed two different types of combined-blown processes in basic oxygen steelmaking: a) inert gas-stirred LD (LD-KG) and b) oxygen bottom-blown LD with powdered lime injection (K-BOP). Resultant metallurgical characteristics are:

- (1) Stirring intensity of the steel bath is increased by a small amount of the bottom-blown gas, thereby markedly decreasing excessive oxidation of the steel bath as experienced in the conventional LD, and achieving higher yields of iron and added alloys at tapping.
- (2) The K-BOP, in particular, has a higher advantage in removing P, S, etc. than any other combined-blown processes, because of the bottom injection of powdered lime.

1. 緒 言

純酸素底吹き転炉 (Q-BOP等) においては、純酸素上吹き転炉 (LD) と比較して鋼浴攪拌力が著しく強いため、鋼浴とスラグの均一度が高く、上吹き転炉におけるスロッピングや鋼浴の過剰酸化が見られず、さらにスラグ中 (T-Fe) や鋼中酸素の低下、あるいは吹止 [Mn], [S] 分配比, [P] 分配比の上昇等が特徴的である¹⁾。

底吹き転炉のこのような利点を生かし、上吹き転炉の吹錬特性を改善し、フレキシビリティを

高める意図のもとに、上吹き転炉に底吹ガス吹込み機能を付加する複合吹錬法の開発が各所で進められている²⁻⁸⁾。

当社では複合吹錬法として、

- (1) 上吹き転炉々底より少流量 ($0.01 \sim 0.05 \text{ Nm}^3 / \text{min} \cdot \text{t}$) の不活性ガスを小径の単管より吹込む、LD-KG 法
 - (2) 炉底に設けた二重管羽口より大流量 ($0.7 \sim 1.3 \text{ Nm}^3 / \text{min} \cdot \text{t}$) の酸素と微粉生石灰のインジェクションを行う K-BOP 法
- を開発し、良好な成果を得ている。

本報では主に水島製鉄所第2製鋼工場の250t転

* 水島製鉄所製鋼部部长
*** 水島製鉄所製鋼部第1製鋼課課長
***** 水島製鉄所製鋼部第1製鋼課掛長
***** 技術研究所製鋼研究室主任研究員・工博
〔昭和56年12月21日原稿受付〕

** 水島製鉄所製鋼部第2製鋼課課長
**** 水島製鉄所製鋼部第2製鋼課掛長
***** 技術本部企画調整室主任 (課長)
***** 技術本部製鋼鋼材技術部部长・工博

炉で得られた K-BOP 炉の冶金特性について、その概要を述べる。

2. 上底吹き転炉設備

LD-KG 法は千葉 150t 転炉および水島 180t 転炉に適用され、複数個の小径単管を炉底に設置し、Ar または N_2 ガスを最大 $0.05Nm^3/min \cdot t$ 吹込むことが可能である。

K-BOP 法は千葉 85t 転炉および水島 250t 転炉に適用されている。以下 250t K-BOP 炉の仕様について述べる。K-BOP 炉は炉底交換が可能で、1 炉代で 2 炉底を使用する操作を行っている。2 重管羽口の冷却保護ガスは原則としてプロパンを用いるが、他の不活性ガスの混合も可能である。

底吹き酸素量 (Q_B) は羽口本数と配列により制限され全酸素量 ($Q_T + Q_B$, ただし Q_T は上吹き酸素量) の 40% まで可能であるが、微粉生石灰が全量インジェクションできること、および (1) 式⁹⁾ にもとづく鋼浴の均一混合時間が十分短く、Q-BOP に近いことを条件として選定した。

$$\tau = 800 \dot{\epsilon}^{-0.4} N^{1/3}$$

$$= 800 (\dot{\epsilon}_T N_T^{0.833} + \dot{\epsilon}_B N_B^{0.833})^{-0.4} \dots (1)$$

τ は鋼浴の均一混合時間 (sec), $\dot{\epsilon}$ は浴の攪拌エネルギーの消散速度 (Watt/t-steel), N はノズル数であり、添字 T, B はそれぞれ上吹きと底吹きを示す。

すなわち、鋼浴の攪拌強度を表す均一混合時間と、全送酸素量を一定とした場合の底吹き酸素比 $Q_B / (Q_T + Q_B)$ との間には、Fig. 1 に示す関係があり、均一混合時間は底吹き酸素比が 30% 付近までは著しく短縮されるが、それ以上ではその効果は少なくなる。

LD-KG, K-BOP における底吹きガス量と鋼浴の均一混合時間の関係を他の複合吹錬法と比較して Fig. 2 に示す。各所で実施されている複合吹錬法は、

- (1) 不活性ガスを最大 $0.1Nm^3/min \cdot t$ 吹込む方法 (LD-KG, STBNK-CB, LD-OTB, LBE)
- (2) 酸素ガスを $0.07 \sim 1.0Nm^3/min \cdot t$ 吹込む方法 (LD-OB, LD-OTB)
- (3) $0.7 \sim 1.3Nm^3/min \cdot t$ の酸素と同時に微粉生石灰のインジェクションを行う方法 (K-BOP)

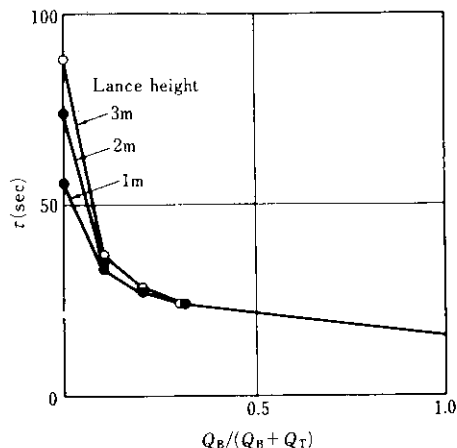


Fig. 1 Relation between time, τ , for perfect mixing of the bath and bottom blowing ratio (Q_T and Q_B indicate the top and bottom blowing rate of oxygen, respectively) of oxygen in 250t K-BOP

の 3 種類に分類される。なお Fig. 2 の底吹きガス量は酸素の場合 CO ガスの発生を考慮している。

3. 上底吹き転炉の冶金特性

3.1 上底吹き転炉々内反応の概要

上底吹き転炉は、底吹きガスによる鋼浴の攪拌力増大に応じて LD で経験する鋼浴の過剰酸化が減少し、K-BOP では Q-BOP に類似した冶金特性を示すことが判明した。以下に K-BOP, LD-KG における炉内反応の主要な特徴を述べる。

3.1.1 脱炭反応と鋼浴の酸化

脱炭反応の律速段階が、酸素供給律速から炭素拡散律速に移行する炭素濃度は、鋼浴攪拌強化にともない減少する。すなわち、LD では $0.8 \sim 1.0$ [%C] に対して、LD-KG では $0.6 \sim 0.9$ [%C], K-BOP では $0.35 \sim 0.55$ [%C], Q-BOP では $0.3 \sim 0.5$ [%C] である。また脱炭限も、LD の 0.025% に対して K-BOP は Q-BOP の 0.01% と同程度である。 0.05 [%C] で吹止めた場合の酸素原単位も、K-BOP は LD に対して $1.2Nm^3/t$ の削減が可能である¹⁰⁾。

Fig. 3 に、吹止め時の [C] と [O] の関係を示す。K-BOP の [O] は、 $P_{CO} = 1atm$ の平衡線よりも低く、Q-BOP よりわずかに [O] が高い程度であり、 0.05

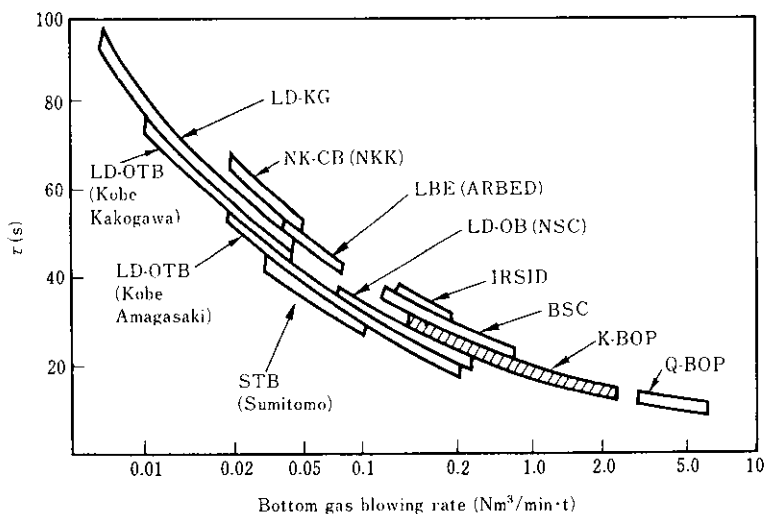


Fig. 2 Effect of bottom gas blowing rate on the mixing time of metal bath

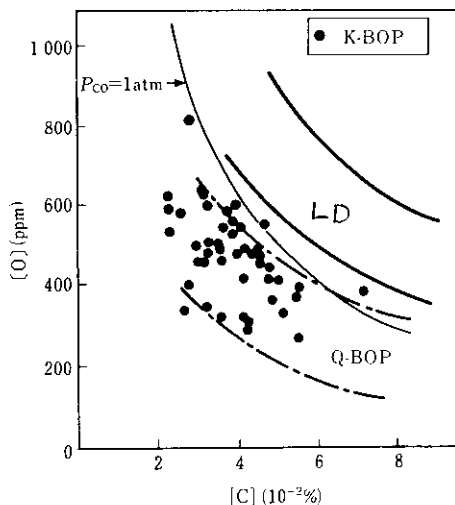


Fig. 3 Relation between [C] and [O] at blow end

$[\%C]$ で $P_{CO}=0.75\text{atm}$ の $[C]-[O]$ 平衡線にある。これは羽口冷却保護ガスの分解により、 P_{CO} が低下するためと考えられる。

吹錬中のスラグ中 (T.Fe) は鋼中酸素と同様な挙動を示し、吹止め時には、Fig. 4 に示す関係が得られる。すなわち、鋼浴攪拌力が強いほどスラグ中 (T.Fe) は低くなり、 $[C]$ の優先酸化の度合を示すパラメータ $ISCO^{11)}$ でよく説明できる。

このように、K-BOPでは極低炭素鋼を容易に溶製でき、しかも鋼中酸素濃度を上げることなく、

安定した品質を得ることが可能である。

3-1-2 スラグーメタル反応

Fig. 5 に吹止め時の $[C]$ と $[Mn]$ の関係を示す。LDより攪拌の強い転炉ほど吹止め $[Mn]$ は高い。K-BOPでは吹止め $[C]$ 0.04~0.08%でLDより $[Mn]$ が約0.07%高くなりFeMnの添加量を約1kg/t削減できるほか、低炭素鋼に対して従来の低炭素FeMnに代って安価な高炭素FeMnを使用で

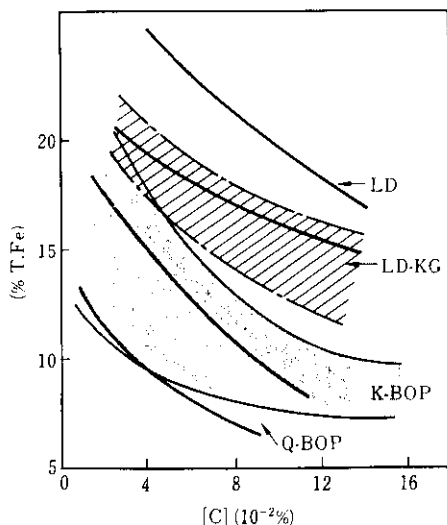


Fig. 4 Relation between (T.Fe) and [C] at blow end

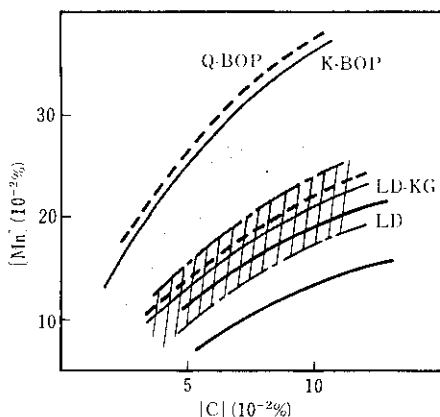
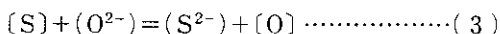


Fig. 5 Relation between [Mn] and [C] at blow end

きる利点がある。このように、攪拌の強化により [Mn] の収率が向上する理由は、スラグ中 (T.Fe) が低下し、かつ (2) 式の反応が平衡に近づくためである。



脱硫反応についても、(3) 式で推定されるように、鋼浴の酸化ポテンシャルが LD より低い K-BOP は脱硫能に優れ、Fig. 6 に示すようにほぼ Q-BOP と同等である。



また LD-KG と LD では [S] 挙動に有意差はないので、K-BOP、Q-BOP では攪拌効果のほかに後述する微粉生石灰インジェクションによる寄与

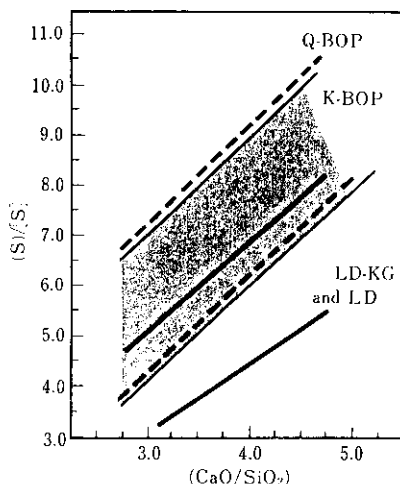


Fig. 6 Relation between sulphur partition and slag basicity

も大きいと考えられる。

次に、スラグ中 (T.Fe) と燐分配比の関係を Fig. 7 に示す。同一 (T.Fe) で比較すると、攪拌力の大きいほど燐分配比が高い。スラグーメタル間の温度差が小さくなることもその一因として考えられる。すなわち、K-BOP のスラグーメタル間の温度差は 10°C 以内で、LD の 20~40°C より小さい。他社の例では STB 法¹²⁾ で 40~70°C が 20~30°C に、NK-CB 法¹³⁾ で 10~30°C が -10~10°C になったことが報告されている。

一方、K-BOP は他の複合吹錬法にはない微粉生石灰インジェクション機能を有するため、従来の塊状生石灰を鋼浴面上に添加する方法より、脱燐、脱硫能に優れている。K-BOP による塊状生石灰添加法とインジェクション法の脱燐、脱硫に及ぼす影響を、それぞれ Fig. 8, 9 に示す。これは、微粉生石灰が鋼浴を浮上する際の反応や、スラグ内の CaO 滓化が速やかで、局所的不均一が生じにくいためと考えられる。

3-1-3 鋼浴中のガス成分

Fig. 10 に、吹止め時の [C] と [N] の関係を示す。K-BOP の [N] は LD 転炉より低く Q-BOP と同等であり、低炭素の低窒素鋼溶製に有利である。ただし、0.05 [%C] 以下では上吹きによる大気巻き込みと考えられる影響が見られる。

吹止め時の水素濃度は、底吹き羽口の冷却保護用プロパンガスから生ずる水素の影響により、LD 転炉と比較して 2~4ppm 高く、プロパン比 (底吹き酸素量に対するプロパンガス量の割合) が一定

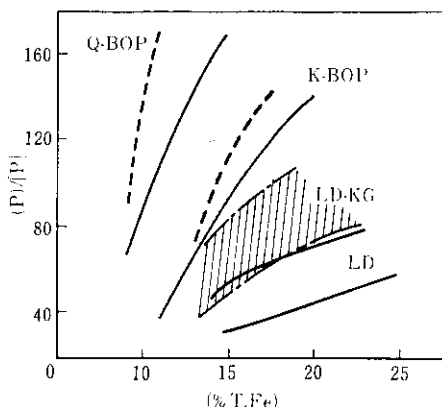


Fig. 7 Relation between phosphorus partition (T.Fe)

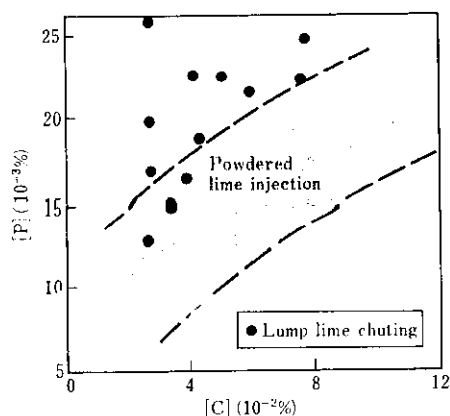


Fig. 8 Effect of powdered lime bottom injection on phosphorus content at blow end in K-BOP

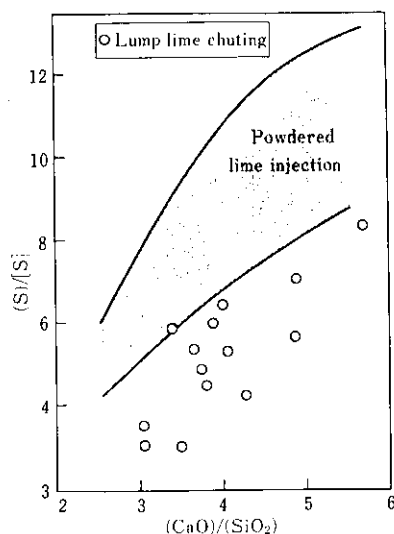


Fig. 9 Effect of powdered lime bottom injection on sulphur partition as a function of slag basicity in K-BOP

であれば、底吹き酸素量に依存せずほぼ同じ水素濃度になる (Fig. 11)。この現象は、鋼中水素濃度が、プロパンから持ちこまれる水素の絶対量ではなく、鋼浴内の CO と水素気泡中の水素分圧によって決定されることを示すものと考えられる。水素の低減法として、RH 脱ガス処理をしなくても、出鋼前に転炉内で Ar または N₂ ガスによる脱水素処理を行うことや、後述する低水素分圧吹錬を行う方法がある。さらに RH ガス処理材の場合は、LD 転炉鋼の脱ガス処理材との差がなくなり、鋼

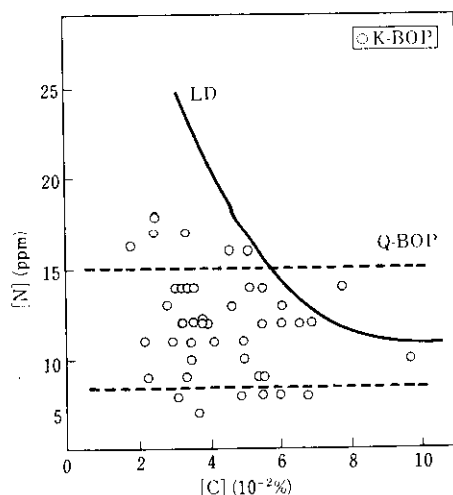


Fig. 10 Relation between [N] and [C] at blow end in K-BOP

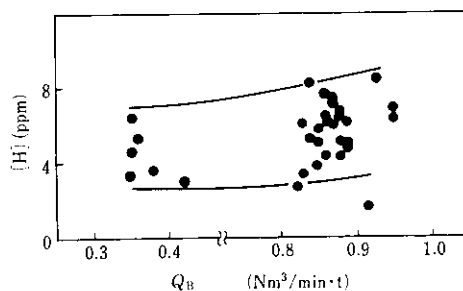


Fig. 11 Influence of bottom oxygen flow rate with constant propane ratio on hydrogen content at blow end in K-BOP

材品質上の支障はない。

3・2 スラグ中(T.Fe)の制御

K-BOP の脱燐能は LD 転炉より優れているが、他の複合吹錬と同様に、スラグ中 (T.Fe) が低い

ため、高温、高炭素域ではその優位性が減少する。Balajiva¹⁴⁾タイプの重回帰式で見かけの脱燐平衡を表わすと、K-BOP, LDについてそれぞれ(4)、(5)式が得られる。

$$\log \frac{(\%P_2O_5)}{[\%P]^2 (\%T.Fe)^5} = 0.07(\%CaO) + \frac{36941}{T} - 24.29 \quad (4)$$

$$\log \frac{(\%P_2O_5)}{[\%P]^2 (\%T.Fe)^5} = 0.076(\%CaO) + \frac{32507}{T} - 22.49 \quad (5)$$

この関係式を用いて、吹止め〔P〕を0.015%にする場合の、温度とスラグ中（T.Fe）の関係を求め、Fig. 12に示す。K-BOPでは、温度によらず、LDより低いスラグ中（T.Fe）で目標の〔P〕を得られる。また、両方とも、吹止め温度が上昇すれば、スラグ中（T.Fe）増加の操作、または生石灰の使用量を増加し高温基度スラグによる吹錬を行う必要がある。しかし、後者の方法は、スラグの滓化が不良となりやすく、塩基度増加に限界がある。

K-BOPにおけるスラグ中（T.Fe）制御因子は（6）式のごとく表わされるが、主な制御因子は、微粉生石灰インジェクション終了後の酸素底吹きに関連する第1項の Δt_{O_2} である。

$$(\%T.Fe) = a \cdot \Delta t_{O_2} + b W_{ore} + c \cdot \Delta t_{ore} + d \cdot \frac{1}{C_F}$$

$$+ e \cdot \tau + f \dots\dots\dots (6)$$

a, b, c, d, e, f : 定数

Δt_{O_2} : 吹錬末期底吹き酸素単独吹錬時間 (min)

W_{ore} : 鉬石添加量 (t)

Δt_{ore} : 鉬石添加から吹錬終了までの時間 (min)

C_F : 吹き止め〔C〕濃度 ($\times 10^{-2}\%$)

生石灰粉のインジェクションを終了した直後に上吹きを止め、底吹き酸素のみで吹錬すると、

Fig. 13のように、 Δt_{O_2} が長くなるにともないスラグ中（T.Fe）が各〔C〕レベルに応じて低下する。すなわち、生石灰粉をインジェクションしている間のスラグ中（T.Fe）は酸素吹きをみの時より高

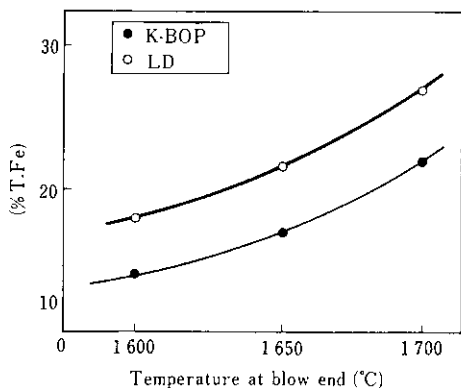


Fig. 12 Relation between (T.Fe) and bath temperature for the aimed [P] of at blow end

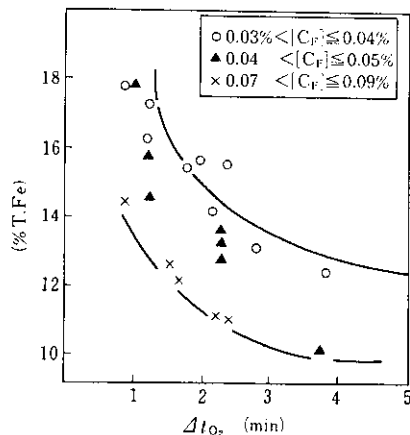


Fig. 13 Effect of oxygen bottom blowing time, Δt_{O_2} , without top blowing on (T.Fe) as a function of blow end carbon, $[C_F]$, in K-BOP

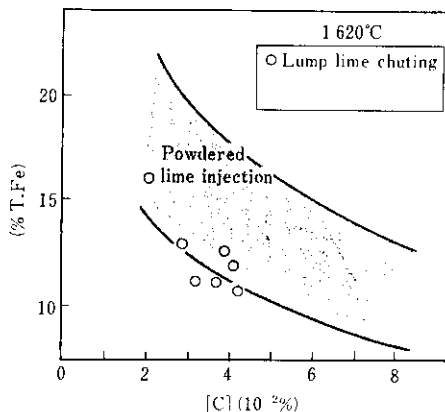


Fig. 14 Effect of powdered lime bottom injection on (% T.Fe) as a function of $[C]$ at blowend and in K-BOP

い。これは、生石灰が存在する時は羽口直上でCaフェライト融体¹⁵⁾が生成し酸化鉄の還元が遅れる現象に対応していると考えられる。

酸素上底吹き転炉の場合には、スラグ中（T.Fe）の生成する場所は鋼浴面上の上吹き酸素ジェット火点と、鋼浴内の炉底酸素吹き羽口直上との2箇所である。しかし、上吹きによるスラグ中（T.Fe）の制御は不安定である。一方、鋼浴の攪拌力が強いK-BOPでは、その影響は小さい。また、Fig. 14に示すように、K-BOPにおいて塊状生石灰の浴面添加をした場合のスラグ中（T.Fe）は、生石灰粉インジェクションより低いレベルとなることが観察される。したがって、生石灰粉インジェクシ

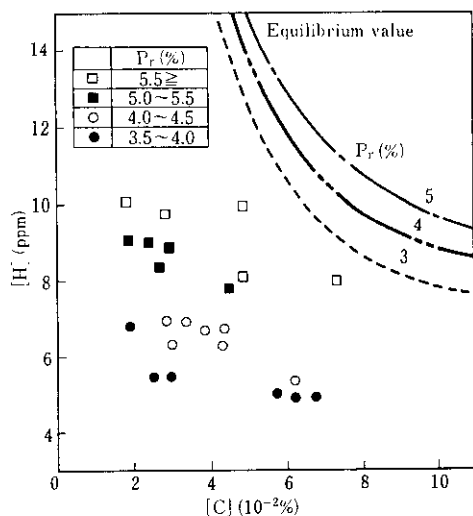


Fig. 15 Influence of [C] and propane ratio, P_r , on [H] at blow end in K-BOP

オンをともなう K-BOP 法は、他の生石灰インジェクションのない複合吹錬法よりスラグ中(T.Fe)制御範囲が広く、しかも制御が安定しており有利である。

3.3 鋼中水素の挙動

K-BOP における吹止め時の鋼中水素を低減するため、その挙動を調査した。プロパン比と鋼中水素の関係を Fig. 15 に示す。鋼中水素は、プロパン比が増すか、吹止め [C] が低下すると高くなることが判明した。ここで、脱炭反応による CO ガスの発生量を考慮した (7) 式の平衡水素分圧 P_{H_2} から (8) 式の平衡値を求め実測値を比較した。

$$P_{H_2} = \frac{4\gamma Q_{O_2}}{4\gamma Q_{O_2} + 2\eta_{O_2} Q_{O_2}} \quad \text{..... (7)}$$

γ : プロパン比

η_{O_2} : 底吹き酸素による脱炭酸素効率

Q_{O_2} : 底吹き酸素量

$$\log a_H^2/P_{H_2} = \frac{-1905}{T} - 1.591 \quad \text{..... (8)}$$

その結果、プロパン比の鋼中水素濃度への影響は傾向的に一致しているが、低炭素域で絶対値の偏差が大きかった。

そこで、以下に示す仮定により、反応速度論的解析を行った。

仮定: (1) プロパンが分解して発生する水素は、

すべて溶鋼に吸収される。

(2) 脱水素は、羽口直上で発生した CO 気泡により行われる。

溶鋼中水素濃度 [%H] と CO 気泡中水素分圧 P_{H_2} との平衡到達度を η で表わすと、

$$P_{H_2} = \eta \cdot \left[\frac{[\%H]}{K_H} \right]^2 \quad \text{..... (9)}$$

ただし、 K_H : 平衡定数 (%/atm^{1/2})

気泡が理想気体の挙動に従うとして、溶鋼中水素の物質収支をとれば、

$$\frac{d[\%H]}{dN} = \frac{-0.2P'_{H_2}}{(P'_0 - P'_{H_2})W} \quad \text{..... (10)}$$

P'_0 : 浴を離脱する瞬間の気泡圧力 (atm)

N : 発生 CO ガスの累積モル数

W : 溶鋼重量 (t)

最終的には、脱炭酸素効率 (η_{O_2}) が関与する次式を得る。

$$\frac{d[\%H]}{89.3 Q_{O_2} \cdot \eta_{O_2} \cdot d\Delta t_{O_2}} = \frac{0.2[\%H]^2 \eta}{\{K_H^2 P'_0 - \eta[\%H]^2\}W} \quad \text{..... (11)}$$

吹止め [C] 0.04% の場合における吹錬過程の脱炭酸素効率を考慮して、本モデルにより、プロパン比 4%, 5%, 6% の場合の吹錬中水素を推定し Fig. 16 に示す。 $\eta = 0.5$ とすると、吹止め時の実測値とよく一致する。

このモデルにより、出鋼前に炉内で行う Ar または N₂ ガス による前述の脱水素処理の条件が求まり、効果をあげている。

一方、吹錬中底吹きガスの水素分圧を低下する水素低減法を、羽口冷却保護ガスのプロパンに N₂; CO₂ ガスを混合使用して検討した。Fig. 17 に示すように、いずれのガスを使用しても、吹止め水素

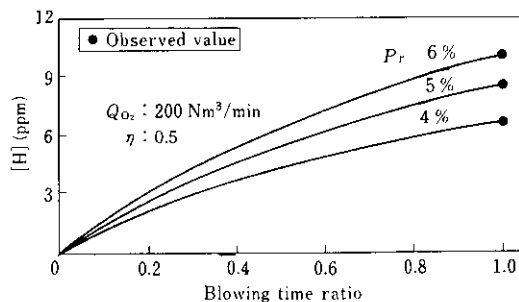


Fig. 16 Calculated effect of propane ratio on hydrogen absorption during blowing

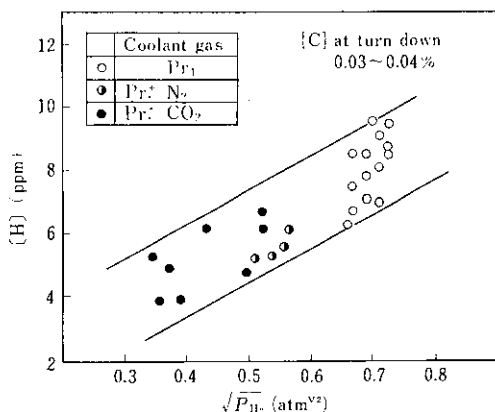


Fig. 17 Relation between [H] at turn down and partial pressure of H_2 with in bottom blown gas in K-BOP

濃度は、底吹きガス中の水素分圧の平方根に正比例する関係で統一的に説明可能であり、プロパンに Ar, N_2, CO_2 等の混合ガスを併用する水素分圧低減法は有効である。

3-4 K-BOP と溶銑予備処理プロセス

近年、製鋼プロセスのコスト低減をはかり、かつ、極低磷低硫鋼の需要増加にこたえるため、現在の転炉吹錬の炉内反応を機能分化して脱珪、脱磷、脱硫、脱炭反応を個々に行う溶銑予備処理プロセスの研究が活発に行われている。

溶銑予備処理をともなう製鋼プロセスとして、(1)脱珪脱硫処理後に転炉内で脱炭、脱磷を行う方法、(2)脱珪、脱硫および予備的脱磷の後に転炉内で脱炭および最終脱磷を行う方法、の二つが考えられる。この両者における K-BOP の有効性

を検討した。

LD 転炉や一般の複合吹錬炉では、低 Si の脱珪銑 (Si: 0.01~0.1%, P: 0.12~0.15%) の鋼浴面上に塊状生石灰を添付するとスラグの滓化に困難を生じるが、K-BOP では生石灰粉インジェクションにより、吹錬に支障なく、Table 1 に示す少量の石灰で吹錬できる。さらに、(2)法の石灰系フラックスを用いる溶銑の脱珪、脱磷を行った場合にはプロセス全部の合計で(1)法のスラグ少量吹錬より 5kg/t 以上の生石灰を節約できることが判明した。

またスラグ中に溶出するが体レンガ中の MgO の物質収支を脱珪銑の吹錬と通常吹錬について比較すると、溶銑 [Si] が低下すれば必要軽焼ドロマイトが減少することがわかる (Fig. 18 参照)。また K-BOP はスラグ中 (T.Fe) が LD 転炉より低い

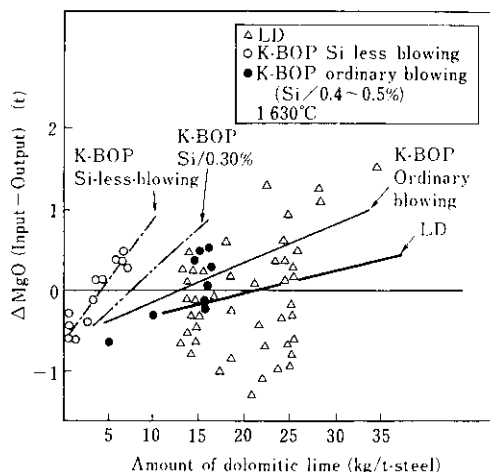


Fig. 18 Influence of burnt dolomitic lime addition on MgO balance

Table 1 An example of blowing performance of desiliconized hot metal in K-BOP

Hot metal (%)		C	Si	Mn	P	S	Temp.	H.R.
		4.65	0.07	0.36	0.137	0.018	1 240°C	96.5
	Flux material and oxygen consumption (K-BOP)				Lime (F/I)		10.6 kg/t	
					Dolomite		3.4 kg/t	
					Ore		27.8 kg/t	
					O ₂		45.7 Nm ³ /t	
At blow end	Metal(%)	C	Mn	P	S	Temp.		
		0.088	0.23	0.019	0.011	1 632°C		
	Slag (%)	T.Fe	CaO	SiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	MgO	S
		14.7	46.7	10.9	5.9	5.61	8.8	0.122

め、必要軽焼ドロマイト量が少ない。

一方、転炉で溶銑の予備脱磷を行う場合にも、K-BOPはQ-BOP同様に、低P銑($[\%P]=0.01\%$)を20kg/tの生石灰原単位(0.2~0.3%[Si]の場合)で容易に吹錬できる。

4. 上底吹き転炉の評価

LD-KG, K-BOPとLDの操業データを比較してTable 2に示す。LD-KG, K-BOPとも、鋼浴の攪拌程度に応じた鋼浴酸化レベルに相應するメリットが見られるが、K-BOPではこのほかに脱硫材の削減、排ガス回収増加のメリットが加わっている。

Table 2 Metallurgical advantages of K-BOP and LD-KG over LD in blowing low carbon killed steel

Item	LD-KG	K-BOP
Steel yield (%)	+0.15	+1.0
[%Mn] at blow end	+0.03	+0.07
Lime + Dolomitic lime (kg/t)	-2	-5
Aluminum addition (kg/t)	-0.05	-0.2
Gas recovery (M cal/t)	-	36

K-BOPの耐火物コストは、ボトムの損耗がLDより大きいので、わずかに増加する。しかし、ボトム損耗は、各種操業要因の寄与が明らかになり、稼動当初に較べ改善されてきている。

上底吹き転炉の採用にあたっては、それぞれの脱磷特性から、高炭素鋼主体の工場では攪拌力の小さいLD-KG法が、低炭素鋼主体の工場では、K-BOP法が効果的に機能すると考えられる。

またK-BOPにおける生石灰粉の底吹きの有効性が、酸素の上底吹き条件を同一として生石灰粉を上吹き酸素ランスよりインジェクションする実験により明らかになった。

さらに、欧米諸国で期待されている、上底吹き転炉によるスクラップ比の増大の可能性に関して、K-BOPは炉内でのCOガス燃焼制御が容易であり、しかも攪拌力増加によるスクラップ溶解能の向上と、生石灰粉インジェクションによる脱磷制御用酸化鉄添加量減少とが期待できるので、LDよりスクラップ比を増加できる。

5. 結 言

当社が開発した上底吹き転炉であるLD-KG法、K-BOP法の概要とその冶金特性を明らかにし、それぞれ当初に期待したとおりの効果をあげていることを確認した。

すなわち、底吹きガスによる鋼浴の攪拌力強化に応じて、LDで経験する鋼浴の過剰酸化が減少し、鉄歩留りや出鋼時の合金鉄歩留りが上昇する。

特に、生石灰粉底吹き機能を有するK-BOPは、他の複合吹錬と比較して、よりフレキシビリティに富むことが判明した。

参 考 文 献

- 1) 中西, 三本木: 鉄と鋼, **65** (1979) 1, 138-147
- 2) 三枝, 今井, 千野, 塚本, 朝徳, 木中: 鉄と鋼, **66** (1980) 4, S236
- 3) 甲斐, 中川, 平居, 村上, 中島, 荒木: 鉄と鋼, **66** (1980) 4, S235
- 4) 平原, 丸川, 山崎, 姉崎, 戸崎, 平田: 鉄と鋼, **65** (1979) 11, S677
- 5) 喜多村, 小山, 伊東, 広瀬, 松井, 三木: 鉄と鋼, **66** (1980) 4, S225
- 6) 橋, 豊田, 田口, 長谷川, 河井, 山田: 鉄と鋼, **67** (1981) 4, S8
- 7) R. Baker, A. Normanton, G. Spenceley and R. Atkinson: Ironmaking and Steelmaking, **7** (1980) 5, 227-238
- 8) H. Jacobs, A. Marlot, F. Anselin, M. Dutrieux, J. Claes, P. Dauby and P. Nilles: Stahl u. Eisen, **100** (1980), 1056-1060
- 9) 加藤, 中西, 斉藤, 野崎, 鈴木, 江見: 鉄と鋼, **66** (1980) 11, S881
- 10) 江本, 大森, 柴山, 鈴木, 飯田: 鉄と鋼, **66** (1980) 11, S879
- 11) 太田, 三枝, 永井, 数土, 中西, 野崎, 内村: 川崎製鉄技報, **12** (1980) 2, 1-11
- 12) 日本鉄鋼協会共同研究会: 第80回製鋼部会 (1981年10月)
住友金属(株)(私信)

- 13) 日本鉄鋼協会共同研究会：第80回製鋼部会（1981年10月）
日本鋼管（株）（私信）
- 14) K.Balajiva and P.Vajragupta：JISI, 155（1946）1, 563-567
- 15) 坪田、野崎、江見：鉄と鋼, 67（1981）12, S938