

特 別 講 演

純酸素転炉について*

武 田 喜 三**

On the Oxygen Converter.

Kizo TAKEDA

I. は し が き

第二次大戦後、鉄鋼業への酸素の利用が広まり、多くの技術的革新が生み出されたが、その第一に純酸素転炉の出現をあげることができる。

Dr. Durrer の研究に基づき、オーストリアにおいて同国内の原料事情に適合した製鋼方式として、1949～1951年に Linz および Donawitz の両工場で工業化された純酸素転炉は急速な勢いで全世界に普及され、すでに相当な実績をあげていることは周知の通りである。

当社においても、昭和 27 年 (1952年) 頃より、わが国の屑鉄需給状況より推察して、従来の平炉法偏重を廃し、新たな製鋼方式としては酸素を利用する新しい転炉法を採用すべきことに着目し、昭和 29 年 (1954年) 3 月より横吹転炉法および純酸素 (上吹) 転炉法を対象として試験転炉による予備実験を実施し、その結果、昭和 31 年 (1956年) 10 月 15 日 50 t 純酸素転炉 2 基を主体とするわが国最初の純酸素転炉工場の建設に着手、昭和 32 年 (1957年) 9 月 17 日より操業を開始したが、さらに 60～130 t 純酸素転炉 5 基が増設され、現在では当社製鋼部門の重要な役割を果すまでにいたっている。

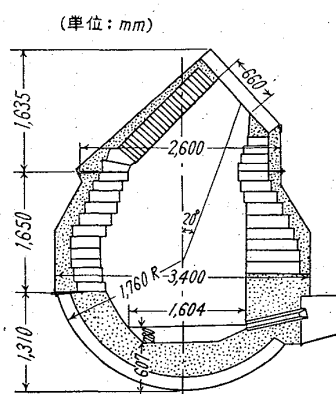
ここには、“純酸素転炉の操業” について主として当社における試験転炉および純酸素転炉工場の操業開始当時を主体としてその大要を述べる。

ここで、内容の一部についてはすでに本誌に発表されているが総括の意味で再録したこと、および紙面の都合上説明の不備な箇所もあることについてまずおことわり致したい。

II. 試験転炉による予備実験

1. 横吹試験転炉

横吹試験転炉は昭和 29 年 3 月 4 日より同年 10 月 9 日までの間に 261 回の吹錬を行なった。



ドロマイトスタフ
 不焼成クロマグ煉瓦

有効内容積: $9 \cdot 2 \text{ m}^3$ ($1 \cdot 84 \text{ m}^3 / \text{t}$)
 羽 口: 材料…クロマグ煉瓦、
 寸法… $50 \text{ mm } \phi \times 6 \text{ 本}$
 送 風: $28 \sim 35\% \text{ O}_2$ 富化空気使用

第 1 図 5 t 横吹試験転炉の断面図

試験に使用した試験転炉の断面図を第 1 図に示した。送風は $28 \sim 35\% \text{ O}_2$ 富化空気を使用した。

横吹試験転炉の実験の第 1 着眼は転炉の短い吹錬時間内にいかにすれば最も速やかに石灰を滓化させ脱磷反応を進行させ得るかにあつた。実験進行とともに、スケール、螢石の前装入と 30% 以上の O_2 富化空気を使用する方法を採用して脱炭と同時に脱磷を行なわせることができるようになり、その後、排滓法を併用して大体どのような成分の鋼も造り得るようになった。

しかし、横吹転炉法では鋼滓の T.Fe が高く ($25 \sim 35\%$, 平均 $27 \cdot 5\%$), 量も多い ($220 \text{ kg} / \text{t}$ 鋼) ので滓化損失が大きく、261 チャージで平均 $80 \cdot 4\%$ の製出鋼歩留しか得ることができなかつた。また、羽口および羽口

* 昭和 37 年 4 月本会第 47 回通常総会における服部賞受賞記念特別講演

** 八幡製鉄株式会社取締役計画部長 工博

上部はきわめて溶損が激しく、平均 14.5 回の寿命しかなくひんばんな補修を行なわなければならないのに、炉の構造上、羽口の補修はきわめてむずかしく、炉の稼働率、耐火物原単位のいずれの面よりみても実際の操業は困難と判断された。すなわち、歩留の低い点と炉の補修困難なことの二点で到底実用化は無理と推定され、純酸素（上吹）転炉の試験に移行した。

しかしながら、横吹転炉法によつて製造された鋼は予想されたよりも良く、成品中の [N] % は平均 0.0069 % であつたが、時効硬化性には平炉鋼との差は認められなかつた。若干 [P] が高く、また加工硬化する傾向があるため、同一 [C], [Mn] の平炉鋼に比して、引張強さは 3~4 kg/mm² 高いが、同一引張強さで比較すると伸びは 2% 良好で、[C], [Mn] を低めに出鋼すれば、およそ同一の機械的性質が得られると予想され、純酸素(上吹)転炉法への希望を高めることができた。

2. 純酸素（上吹）試験転炉

純酸素試験転炉は昭和29年12月16日吹錬開始し、昭和

31年4月30日に全部の試験を終了した。

この間に1327回におよぶ吹錬実験を行なつた。第2図に5t純酸素試験転炉の断面図を示した。純酸素試験転炉はオーストリアのDonawitz工場のプロフィールを参考とし、設備配置上、受銑、出鋼が同一側にあるので、炉口部をLinz工場のLinz式とし偏心型にした。

実験に当つては、吹錬実験のみならず、炉形および操業に関する模型実験も

有効内容積：4.8m³ (0.96m³/t)
羽 口：材料…銅製水冷
寸法…20~25mm
×1本

第2図 5t純酸素試験転炉の断面図

純酸素試験転炉の操業結果は以下に章を追つて述べる。ただし、純酸素転炉用耐火材料についても多くの試用試験を実施したが、紙面の都合上詳細は省略した。煉瓦の寿命、価格および鋼質への影響などを考慮にいれ

ば焼成ドロマイト煉瓦およびタール合成ドロマイト煉瓦の使用が経済的に有利と判断された。

3. 純酸素転炉内の浴の運動（模型実験による実験結果）

転炉では、平炉、電気炉で見られない特有の現象がある。その一つにスロッピングがあげられる。

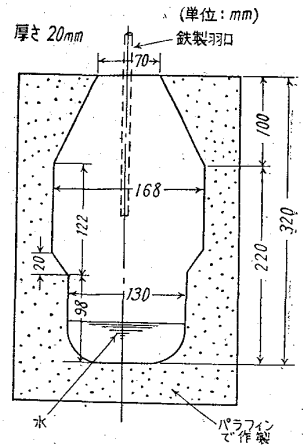
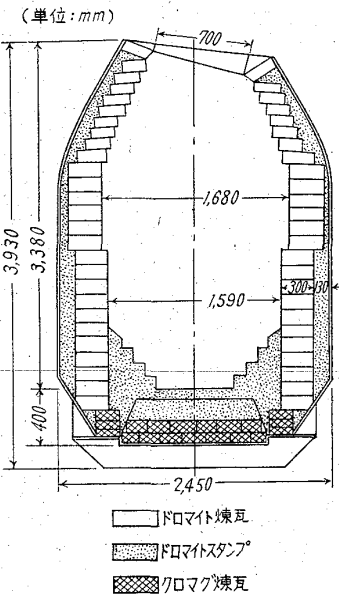
横吹試験転炉による実験を始めた当初はひつきりなしにスロッピングを起し非常に悩まされた。スロッピングが起ると第一に歩留が低下するとともに、焰による終点の判定が不可能となり、鋼滓成分も不定となつて一定成分の鋼が得られない。

底吹転炉の場合、この現象はむしろ純物理的なものと考えられ、模型を使用して多くの実験がなされている。したがつて、横吹転炉の場合も同様の現象と考え、試験転炉の1/15寸法の模型を使用する流体力学的な実験を行なつた結果、実際炉におけるスロッピングを起す条件を推測することができ、それを利用して横吹試験転炉では湯溜の形状を変え、一定限度以上の鋼浴深さを維持することによりスロッピングを防止できた。

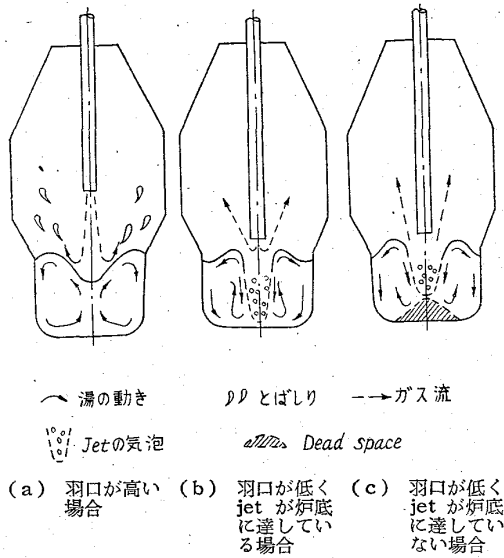
純酸素試験転炉においては、激しいスロッピングを生じてあまり著しい歩留低下は経験しなかつたが、別なもつと重要な意味で炉内における溶湯の運動を知ることが重要であることが徐々にわかつてきた。すなわち、O₂の使用条件を適当に選ぶことによつて、炉内における溶湯の運動を調整できるという事実で、そのためにはまず炉内の溶湯の運動を定量的に表現する必要があり、5t純酸素試験転炉の1/10寸法の模型炉を使用して模型実験を行なつた。

(i) 模型実験による炉内状況の観察—転炉内の溶湯の運動

第3図に示した寸法の模型炉に鋼浴の代わりに水を入れ、酸素の代わりに圧縮空気を吹き込んで水の動きを観察した。実験用の模型は両面ガラス張りの切断模型であるが、ガラス製の立体模型(1/10寸法の広口瓶)での実験でもほとんど類似の動き方を認めた。また、縮尺を変えたり、浴の液体を種々変えてディメンション解析的に検討した結果では、このような実験結果が実際の炉の鋼浴の動きを充分類推することが可能であるこ



第3図 切断型模型転炉



第4図 炉内の湯の動き

とが判明した。

第4図に炉浴内の動きを図示したが、羽口がかなり浴面より高い場合は(a)図のようになる。この場合は、羽口からの jet の下方にくぼみが発生し、そのくぼみの位置は終始不規則に振動するが、その振動の周期は炉の寸法が大きいほど、ゆるやかになり1~数秒の範囲で、しかも、始めのうちは比較的不規則に近い細かい振動または移動であるが、だんだんに大きくなってゆき、炉壁に液がぶつかって液がかなり上方に飛び散るようになる。これはスロッピングの大きな一原因であると考えられる。浴表面の湯はガス流と同方向に移動する。要するに、羽口の位置が高い場合は、浴の動きは不安定であつて、ひどい時には浴は振動運動を始めるようになり、液の飛沫も激しくなり、この状態がより激しくなると、炉頂から液が飛び出して来るようになる。

つぎに、同図の(b), (c)のように、羽口の先端が浴面に接近した場合には、羽口からの jet が炉底に達する場合(b図)と、炉底に達しない場合(c図)とで若干様子が異なってくる。いずれにしても、湯の動きは激しく、浴の動きは振動的な変動は少なくなるが、(c)図のように jet が炉底に達しないときには多少振動的変動を起し、jet の先端が炉底に近づくほど安定してくる。したがつて、jet の先端が炉底に近づく方が安定した作業ができる。また、jet の先端が炉底から離れている場合には、(c)図に示すように、jet の直下に湯の動きの少ないいわゆる dead space ができ、実際の場合にも、脱炭などの反応が比較的進まない層ができる危険性がある。このような状況がひどくなつた場合には、炉底に脱炭の進まない溶湯が残り、炉を傾斜させると鋼浴上に残

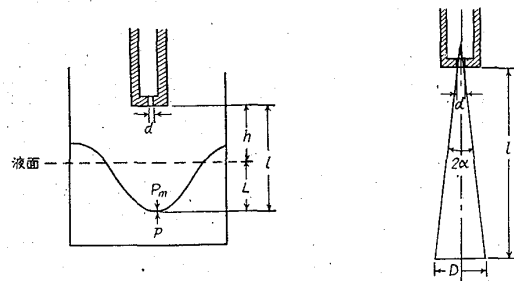
つた FeO 分の高い鋼滓と急激に反応して、猛烈に沸騰し危険である。また、羽口の形状も jet に旋回運動を与えるもの、二又あるいは三又のノズルなどが考えられたが、模型実験の結果では、jet が深くまで入らないきらいがあり、かえつて湯の均一な攪拌が行ない得ない欠点がある。その代り振動状の湯の運動が減少し、湯の動きが安定する利点もあるが、必ずしも得策とは限らないので一つ孔のノズルを有する羽口のみが使用された。

(ii) 作業条件に関する定量的検討

純酸素転炉の物理的作業条件として、装入量、酸素圧力、羽口の寸法および位置などがあげられるが、これらを決定するに際して考えなければならないことは、炉内で十分に、かつ均一に反応を進行させる必要がある。そのためには酸素の jet を炉底まで到達させる必要がある。同時に jet ができるだけ広い範囲にわたつて入ることも必要である。また、スロッピングを起さないような条件でなければならない。

(a) 酸素の jet が炉底に到達する条件

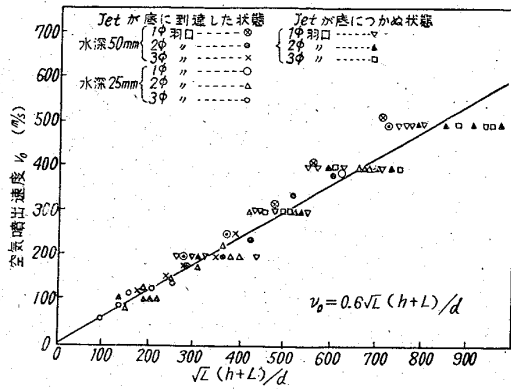
まず、第5図のモデルから羽口の大きさや、羽口の高さおよび湯の深さに対しての羽口での噴出速度をどのようにすれば、jet が希望の深さまで入つて行くかを、第6図のガスの自由噴射の理論を適用して考えて見る。



第5図 羽口と jet の侵入 第6図 ガスの自由噴射 深さとの関係図

ただし第5図において、

- d : 羽口の噴出口径 mm
- l : jet の先端からの羽口高さ mm
- L : jet の侵入深さ mm
- h : 液面からの羽口高さ mm
- P_m : jet の先端の液面に与える圧力 kg/m^2
- p : P_m に対抗する液の圧力 kg/m^2
- v_0 : 羽口での噴出速度 m/s
- v_1 : jet 先端での平均流速 m/s
- v_m : jet 先端での最大流速 m/s
- ρ_a : 空気の密度 $1.293 \text{ kg}/\text{Nm}^3$
- ρ_w : 水の密度 約 $1,000 \text{ kg}/\text{m}^3$
- g : 重力の加速度 $9.8 \text{ m}/\text{s}^2$



第 7 図 v_0 と $\sqrt{L}l/d$ との関係

また、第 6 図において、

$$D = 2l \tan \alpha + d \quad (\tan \alpha \text{ は自由噴射では } 0.214)$$

jet の侵入深さ (L) と羽口での噴出速度 (v_0) との関係は、理論的には

$$v_0 = \alpha \sqrt{L} l / d \quad (\alpha = \text{定数}) \quad \dots\dots (1)$$

として表わされる。(途中の誘導式は省略)

模型実験の結果は、第 7 図に示すように (1) 式の間係を証明している。

そこで、第 7 図の関係から定数 α を最小自乗法で求めると 0.6 となり、直線は

$$v_0 = 0.6 \sqrt{L} l / d = 0.6 \sqrt{L} (h + L) / d \quad \dots\dots (2)$$

で表わされる。

さらに実際作業の場合の定数を、5 t 試験転炉の作業条件をもとにして求めると、 $\alpha = 0.73$ が得られた。この定数 0.73 は実際作業から得られたものであるから、あらゆる要因を含んだものであつて、つぎの (3) 式が実用的な実験式で、 L を浴の深さとした時が、ほぼ jet の炉底に到達した条件ということになる。

$$v_0 = 0.73 \sqrt{L} (h + L) / d \quad \dots\dots (3)$$

また、羽口前の噴出圧力と湯面での噴射圧力との関係、すなわち、湯面での圧力計算式を求めると次式で表わされる。(誘導方法は省略)

$$P_m = \{13.2 d^2 p\} / (d + 0.428 h)^2 \quad \dots\dots (4)$$

ここで、 P_m は湯面での最大圧力 (kg/cm^2) を示す。

(b) スロッピング防止の条件

模型実験によつて観察すると、jet が炉底から離れている時に攪拌状況悪く液全体が不安定な動揺を始め、炉壁に突き当たると水の塊となつて炉頂を越えて噴出するようになる。これは現場におけるスロッピングとよく似ており、実際に発生した場合は、歩留が低下し作業に危険をとまらう。このスロッピングを防止するためには湯のはね上る高さが炉頂を越えないようにすべきで、模型実験によつて作業条件によるはね上り高さを調べた結果つ

ぎの関係がわかつた。すなわち

H : jet の先端からのはね上り高さ mm (第 8 図参照)

d : 噴出口径 mm

v : 噴出速度 m/s

l : jet の先端と羽口との距離 mm

とすれば、はね上り高さ H は大体 $d v \sqrt{T}$ に対して比例的關係にあり、最小自乗法で回帰直線を求め次式を得た。

$$H = 15.8 \times 10^{-3} d v \sqrt{T} \quad \dots\dots (5)$$

つぎに、5 t 試験転炉の作業条件から定数を求めたところ 5×10^{-3} となり次式が得られた。

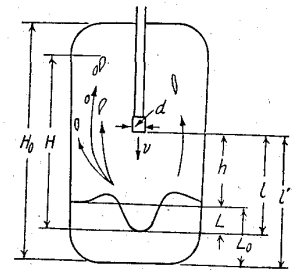
$$H = 5.0 \times 10^{-3} d v \sqrt{T} \quad \dots\dots (6)$$

この (6) 式は CO ガスによる沸騰をはじめすべての實際炉の要因を含む実験式であつて、実用的な関係式であり、はね上り高さ H が炉高を越えないように作業すればスロッピングを防止し得る。

(iii) 実験式に対する考察と適用効果

(a) O_2 の浸透深さについて (第 8 図参照)

純酸素転炉においては、鋼浴の深さを L_0 とするとき、 O_2 の浸透する深さ L に相当するだけの間で、溶鋼と溶滓との混合 (これは強力な攪拌に伴うものである)、すなわち、活潑な化学反応が行なわれており、 $L_0 - L$ の部分では単に緩徐な溶鋼の移動が見られるにすぎないこと (重液と軽液



第 8 図 炉内における羽口と飛沫のはね上り高さとの関係図

を使用した模型実験で確認) は重要な意義がある。少なくとも、 L は O_2 の使用条件を適当に選べば自由に変更できるから L/L_0 (O_2 の浸透度と称する) を自由に変更できるわけで、したがつて、これは炉内における化学反応になんらかの影響を与えずにおかないはずであり、事実、 L/L_0 は化学反応の進行にきわめて大きな影響を与えることを確認できた。

(b) (6) 式適用の効果 (スロッピング防止)

第 1 表に前述の (6) 式適用前後における操業成績の比較を示したが、明らかに適用後にスロッピング発生率の大巾な減少 ($42.6\% \rightarrow 4.9\%$) が見られた。

(c) スロッピングの化学的解釈

スロッピングの機構については、前述の純物理的解釈以外に、H. RELLERMAYER u. T. KOOTZ²⁾ の述べたよへに、吹錬中の沸騰の遅延に起因するという化学的解釈

第1表 (6)式適用前後における操業成績(実験Aは適用前, 実験Bは適用後である)

実験系列	実験期日	鋼錠番	吹錬数	吹錬中の噴出*			差物前**			最終鋼滓成分および量**			脱炭成績**		吹錬成績**	
				有(ch)	無(ch)	発生率(%)	C(%)	Mn(%)	T.Fe(%)	CaO SiO ₂ +P ₂ O ₅	P ₂ O ₅ (%)	Vol.(kg/t)	成品P(%)	脱炭率(%)	製出鋼歩留(%)	O ₂ 消費(Nm ³ /tpig)
A	昭30 1月~2月	331 ~393	61	26	35	42.6	0.07	0.20	20.7	3.47	3.75	165	0.025	91.8	88.6	57.6
B	昭30 4月~5月	434 ~513	80	4	76	4.9	0.05	0.23	16.68	3.51	4.20	149	0.029	90.7	90.4	54.3

(注) * 吹錬中の噴出(スロッピング)は吹錬続行が難しい程のものを生じたチャージ数で示す。吹錬になんら妨げのない小噴出も(6)式適用後では著しく減少し事実上なんらかの異常ない限りスロッピングは生じなくなった。
 ** 実験A, Bより Slag 塩基度 $CaO/(SiO_2+P_2O_5)$ が 3.0~4.0 なる範囲に入ったもの, Aにて 24ch., Bにて 23ch., についての平均, 実験Bでは故意に塩基度を变化した実験や, 溶銑中のP(%)を0.8%に上げて行つた実験を含むためこれを除外している。

もなされており, 吹錬中に, 温度その他の条件で, 屢々 [O]が[C]との平衡よりも著しく高くなる現象が起り, これがある原因で再び解消すると, [O]と[C]との爆発的反応に伴う激烈な沸騰を生じ, 内容物を噴出するにいたるとしている。実際, 試験転炉においても, C 3.0~1.0%の最も脱炭速度の早い時期に, スケールあるいは鉍石を投入すると爆発的沸騰を生じ, ほとんど例外なくスロッピングを起した。この事実は, H. RELLERMEYER などの意見も正しいことを証している。

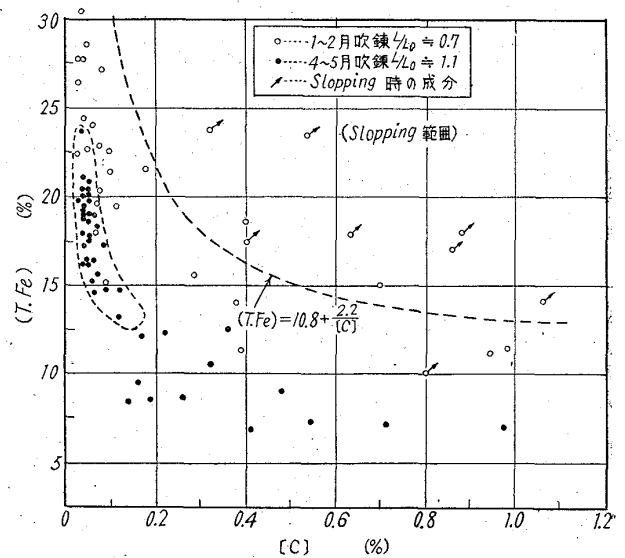
第1表に記した全吹錬についての [C]と(T.Fe)の関係を第9図に示す。1~2月の吹錬は, L/L_0 が小さく, 後述するように L/L_0 が小さいと(T.Fe)は高くなるから当然上記の化学的解釈も成立つわけである。また, 第9図より(7)式の関係にあればスロッピングの危険性大であることがわかる。

$$(T.Fe\%) \geq 10.8 + 2.2/[C\%] \dots\dots\dots(7)$$

(iv) 純酸素転炉における酸素の使用条件

第10図は羽口径が 22mm の場合の O₂ の浸透深さ L (mm), はね上り高さ H (mm) および O₂ の浴面における最大表面圧力 P_m (kg/mm²) との関係を示す。同じような図を羽口径に応じて数種作つておけば, 任意に所望の O₂ 使用条件を求めることができる。

求め方を簡単に記すと, まず, 製造鋼種, 指定単重, 造塊条件をもとに歩留, 炉熱を考慮して溶銑と屑鉄の装入量をきめる。続いて, 現在装着中の羽口の径について求めた上記関係図を取り出し, 鋼浴深さ L₀ は既知(炉回数を考慮に入れ別途計算できるようにしておく)であるから, L/L_0 を幾何にするかを考えると, 炉高 H₀を



第9図 純酸素転炉における [C]-(T.Fe) 関係とスロッピング範囲

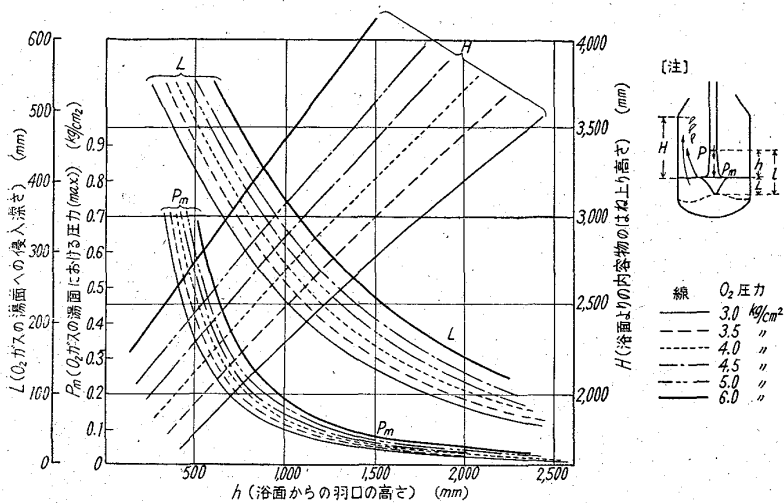
[注] 図中点線の範囲内はなお多くの点が重複するので簡略した

越えないようなHが求まる。したがって, Hがこれを越えぬよう, L/L_0 を指定の値となるようp (O₂の使用圧)とh (羽口と鋼浴面の距離)を選び出せる。

4. 純酸素試験転炉の吹錬反応

(i) 一般的な炉内反応

個々の反応については項目別に後述するが, 一応, 全体として炉内でどのように反応が進行しているかを第11図に示した。純酸素転炉では脱炭と同時に脱炭反応が行なわれるのが特徴であつて, これは鋼滓の生成速度が速いことを意味している。また, 注目すべきことは(詳細



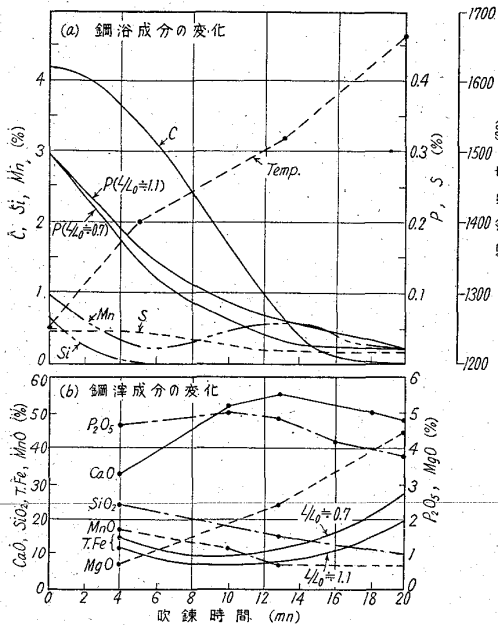
第10図 O₂の浸透度、はね上り高さおよび O₂の湯面における最大表面圧力の関係 (22mm φ 羽口使用の場合)

として one slag で作業したときに認められる Mn 隆起をあげることができる。第12図にトーマス転炉の場合と対比して示した。すなわち、トーマス転炉では [C] 0.05~0.03% で、純酸素転炉では [C] 0.90~0.40% でそれぞれ Mn 隆起が見られ、純酸素転炉では鋼滓の生成が速やかなことを示している。(第11図も参照)

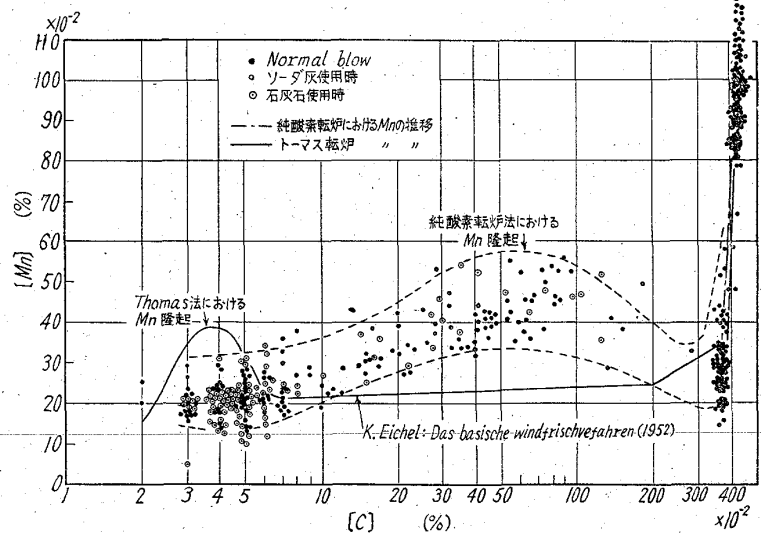
(ii) 脱 磷

純酸素試験転炉の吹錬実験を始めた当時、わが国で得られる 0.3~0.4% P という純酸素転炉にとって、やや高目の P を含有する銑鉄を用いて経済的に有利に低磷優良鋼を製造できるかということは最大の疑点であつた。

したがって脱磷試験の試験方法としては、種々操業条件を変え、普通平炉銑 (Si 0.6~0.9%, P 0.3~0.35%) を、あるいはとくに試験の目的で 20 t 電気



第11図 純酸素試験転炉における炉内の成分変化



第12図 純酸素転炉における Mn 隆起 (鋼番400~616, L/L₀=1.1, 中途排滓せず)

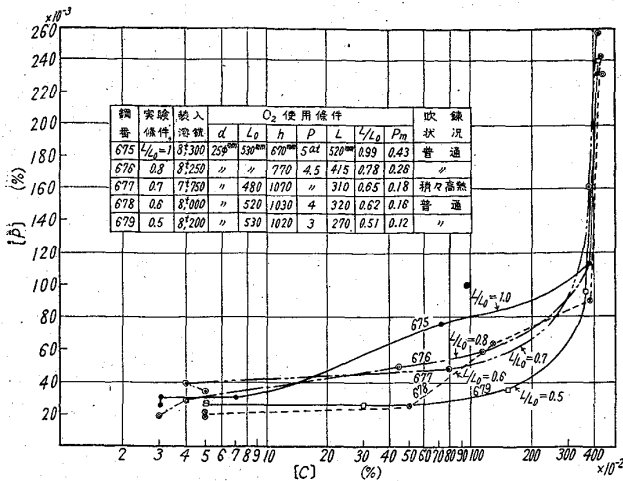
後述) 酸素の使用条件によつて脱磷速度に差のあることで、酸素の浸透度 L/L_0 を小さくすると、すなわち酸素をどちらかという低い圧力で、そつと吹きつけてやると比較的鋼滓中の T.Fe の増加も速やかで、脱炭反応の最も著しい時期にも T.Fe は 10% 以下にはならないために、P の下り方は速やかである。この場合 ($L/L_0=0.7$ するとき) には、Si 吹を終了した時期にはすでに 50% 以上の P が脱除され、[C] が 1% になったときには [P] が 0.05% 以下に、[C] が 0.5% 以下になったときには [P] は 0.03% 以下に下りほぼ脱磷限度に達している。

純酸素転炉法では鋼滓の生成速度が速いもう一つの例

炉で溶製された Si 0.2~1.0%, P 0.2~0.8% (C, Mn はほぼ一定) の溶銑を使用して吹錬を行ない操業成績を求めるとつた。

(a) 操業条件と脱磷反応の関係

one slag で一定成分の溶銑を使用する場合、トーマス転炉では石灰の滓化促進の目的で、スケール、鉄鉱石、螢石の添加はきわめて有効であるが、純酸素転炉の場合は鋼滓の生成速度が本質的に速く、一定量の添加は効果があるがそれ以上は効果が少なく、生成速度自体もほとんど O₂ の使用条件に左右された。第13図には O₂ 使用条件を変えた時の脱磷状況を示す。すなわち、O₂ の浸透度 L/L_0 の大なる時は鋼滓中の T.Fe は吹錬中いつ



第13図 O₂ 使用条件と脱P状況との関係
(極力他の条件を一定とし、L/L₀のみを変化した。
鋼番 675~679(炉回数57~61))

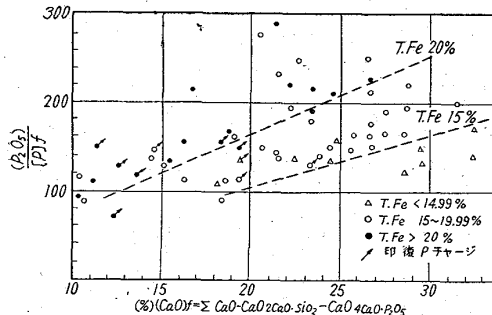
も低目(第11図参照)で、鋼滓の生成もおそいが、逆にL/L₀を小としsoft blowしたときは、T.Feも高目で鋼滓の生成も速く、脱燐も著しく早期に進む。

純酸素試験転炉の場合、L/L₀ ≤ 0.8~1.0ではflame dropになるまでに、またL/L₀ ≤ 0.5~0.6では[C] 0.50%以下で[P]は脱燐限度に達した。

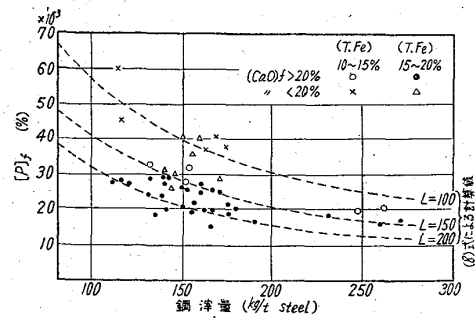
つぎに、最終鋼滓中のP₂O₅と成品鋼中のPの間におけるPの分配比(P₂O₅)/[P]_fをとると、酸素の浸透度L/L₀ ≤ 1.2なる場合には、ほとんど酸素の浸透度の大小による脱燐速度の変化には無関係に(P₂O₅)/[P]_fは出鋼温度、鋼滓中のT.Fe、遊離石灰および鋼滓中のP₂O₅に左右されることが実験データより認められた。これらのうち、遊離石灰(CaO)_fの(P₂O₅)/[P]_fに対する影響を第14図に示した。

装入P量をΣP(kg/t鋼)、鋼滓量S(kg/t鋼)とすれば、装入Pは鋼浴と鋼滓に分配されるから次式が成立する。

$$\Sigma P = \{ [P]_f \times (1000/100) \} + \{ (P_2O_5) \times (1/100) \times S \times 0.436 \}$$



(鋼番 334~457
ΣP = 3 kg/t 鋼, 鋼浴温度 1600~1720°C)
第14図 遊離石灰とPの分配の関係



(鋼番 = 334~457, ΣP = 3 kg ± 0.2 kg/t, 鋼浴温度 = 1650 ± 20°C (オプテカルパイロメーター))

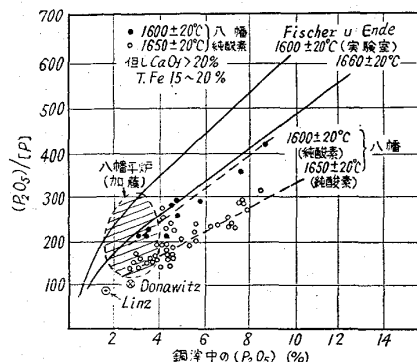
第15図 鋼滓量と成品 P (%) の関係

L = (P₂O₅)/[P]_fとおけば

$$[P]_f = \Sigma P / (10 + 0.00436 S \cdot L) \dots (8)$$

(8)式より、装入P、鋼滓量およびその条件における(P₂O₅)/[P]_fを知れば、成品[P]_fを計算できる。第15図は、ΣP = 3 kg ± 0.2 kg/tの場合について、(CaO)_fが>20%および<20%、T.Feが10~15%および15~20%なるときの鋼滓量と成品[P]_fの関係を示した。(CaO)_f>20%、(T.Fe)15~20%であればL = (P₂O₅)/[P]_fは150以上となり、鋼滓量150 kg/t前後では、[P] 0.030%以下となることがわかる。これらを総括すれば、純酸素試験転炉で得られた結果では、鋼滓中の(T.Fe)15~20%、(CaO)_f20~25%の場合の脱燐成績が最も実用的であると判断された。

前述(8)式を利用して装入P、鋼滓量より成品[P]_f(%)を計算するためには、(P₂O₅)/[P]_fと(P₂O₅)との関係を知る必要がある。Si 0.2~1.0%、P 0.2~0.8%の溶銑を使用し、鋼滓成分を上記の範囲に留めるよう操業した場合、(P₂O₅)/[P]_fと(P₂O₅)の関係は1600°C、1650°Cで第16図の関係³⁾になった。すなわち、FISCHER u. ENDE⁴⁾が実験室においてCaO製るつぼを用い、純Fe₂O₃-CaO系鋼滓と溶鉄の間のPの分配を



(純酸素転炉で得られた値をFISCHER u. ENDEの平衡値と対照して示す)
第16図 鋼滓中の(P₂O₅)%と(P₂O₅)/[P]の関係

求めて得た値を $(P_2O_5/P)_{Eq.}$ とし、純酸素試験転炉で $(T.Fe)$ 15~20%, $(CaO)_f > 20\%$ の場合に得た値を $(P_2O_5/P)_{Act.}$ とすれば、

$$(P_2O_5/P)_{Act.} = 0.715(P_2O_5/P)_{Eq.} \dots \dots \dots (9)$$

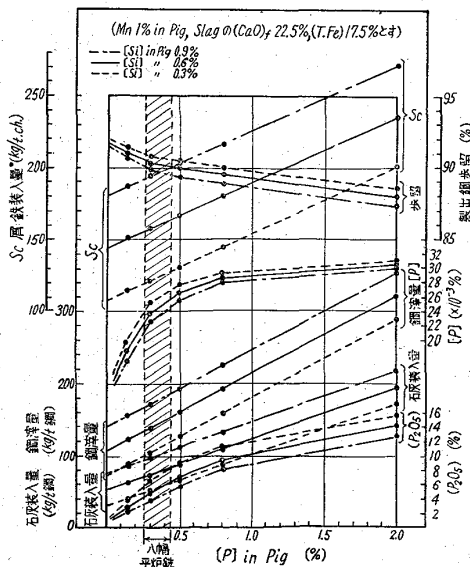
であった。FISCHER 等の鋼滓は $(CaO)_f > 30\%$, $(T.Fe) \approx 40\%$ に相当するから、上式の値はわずか18~20分間の転炉吹錬後の値としてみるとかなりよい値で、実際上の脱磷限度とみなされる。このように平衡値との関連が求められたことから、逆に鋼滓中の $(T.Fe)$ 17.5%, $(CaO)_f$ 22.5% となるよう石灰を投入し、溶銑中の $[P]$, $[Si]$ が変動したとき成品中の $[P]$ その他の操業成績がどうなるかを推算することはそう難しくない。

中途の誘導法を省略して結果だけを示すと第17図³⁾ のようである。

(b) 排滓法

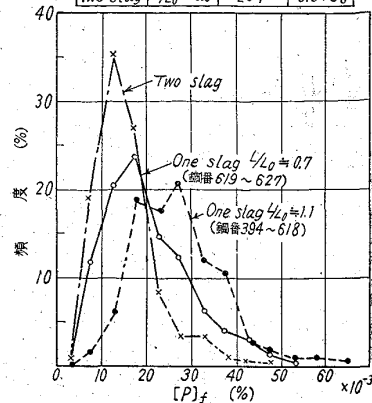
純酸素転炉では鋼滓の生成は速やかである。O₂ の使用法を誤らなければ Si 吹終了後、鋼滓の $CaO/SiO_2 \geq 2$, $(T.Fe)$ 13% 前後に達し、脱磷率は 50~60% に達する。第17図で明らかなように、溶銑中の $[P]$ が 0.5% までは鋼中の $[P]$ は溶銑中の $[P]$ の増加にしたがつて急速に増加する傾向があるから、途中で一旦排滓して系外に P の一部を排除する効果はきわめて大きい。

第18図³⁾ および第19図³⁾ に純酸素試験転炉における成品 P の頻度分布と脱磷曲線を two slag の場合と normal charge の場合を比較して示した。大型炉では two slag 法で $[P] < 0.010\%$ といった規格のものも製造しているし、また、低磷規格中、高炭素鋼を catch carbon して出鋼することも可能である。また、著しく



第17図 40 t 純酸素転炉における推定成績

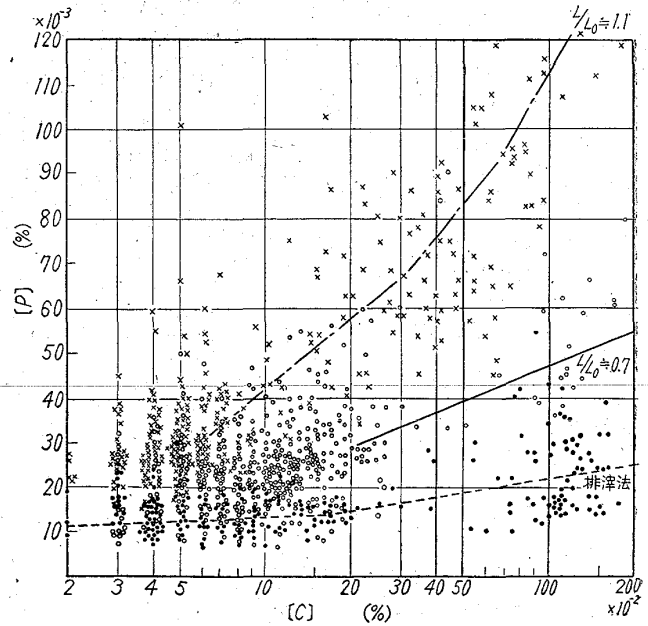
種別	O ₂ 条件	試料数	の平均
One slag	4/L ₀ = 1.1	279	0.029g
"	4/L ₀ = 0.7	749	0.021g
Two slag	4/L ₀ = 0.8	201	0.015g



(半吹錬非常出鋼, ソーダ灰試験チャージを除く全吹錬について)

第18図 成品の P (%) と操業条件

特号	鋼番	鋼滓	O ₂ 使用条件
x	394~618	One slag	4/L ₀ = 1~1.2
o	619~627	"	4/L ₀ = 0.6~0.8
●	700以降	Two slag	4/L ₀ = 0.8



(鉄中の P 分は 0.24~0.35% とする)

第19図 鋼浴中の [C] と [P] の関係

溶銑中の P, Si が高く、Slag 量の多くなりすぎる場合にも、この方法を利用して普通の場合と比較してそう操業成績を落さずに有利に作業することができる。

(iii) 脱硫

純酸素試験転炉において溶銑と差物前鋼浴中の $[S]$ の両者の分析値の揃った 638 チャージについて調べてみると、その頻度分布は第20図のようであつて、見掛上の脱硫率は 50% を超え、平炉におけるよりよい成績が得られた。そこで、その機構を明らかにする目的でとくに選

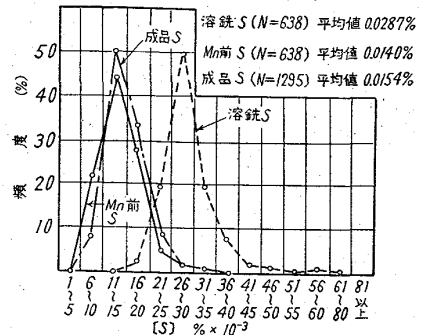
んだ 39 チャージについてSの分配およびSバランスを調べた。

試験転炉より得られたデータをもととしてSの分配値(S)/[S]を求め、これをGRANT-CHIPMAN⁵⁾のつぼによる実験値および当社の平炉のデータならびに米国の平炉のデータ(文献出所第21図参照)と対比させてみると第21図のごとくである。この図に明らかのようにGRANT-CHIPMANの標準線にほぼすべてのデータが乗り、純酸素試験転炉で得られた値はやや低目と見られることがわかる。図中○および◎印はそれぞれCHIPMANなどのつぼ実験および試験転炉のデータで1670°C以上の高熱の場合の値で、高熱では(S)/[S]はやや低目となる感がある。おそらく純酸素転炉での鋼浴温度は平炉より少なくとも30°C位高めとならざるを得ないから純酸素転炉での(S)/[S]は同一過剰塩基に対して平炉で得られる値と同一もしくはやや低目という第21図の関係をそう大きくはずれることはないと考えられる。

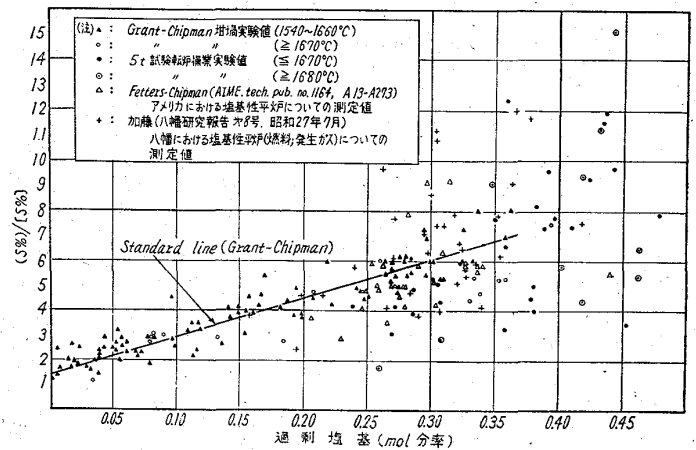
つぎに、Sバランスをとつてみるとその結果は第22図³⁾のようである。第22図に純酸素転炉と対比するために用いた平炉におけるSバランスは、輪西150t平炉⁶⁾におけるものである。第22図における平炉、純酸素転炉の両者のSバランス図をみて直ちに気付くように、平炉では燃焼ガスより全装入の27%におよぶSを溶融相に吸収するのに対し、純酸素転炉では燃焼ガスより持込まれるSがないばかりか、逆に全装入Sの40%におよぶSが溶融相よりガス相へ追出されていることを知った。

(iv) 鋼中の窒素

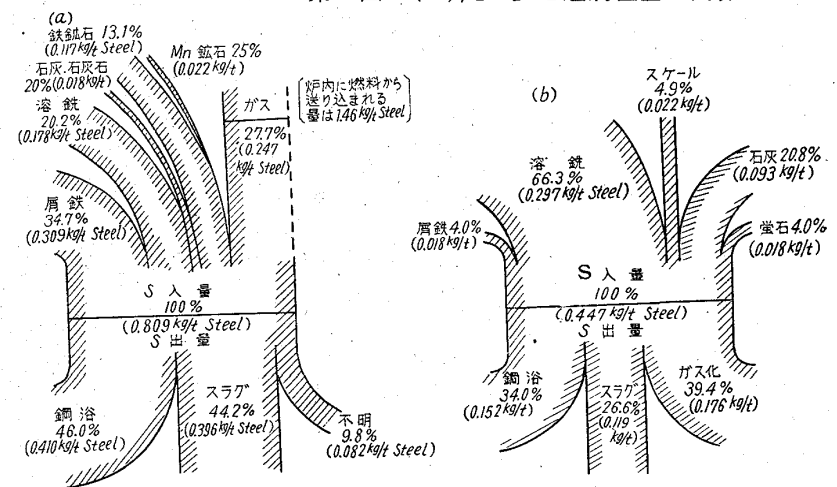
第23図³⁾に示すように純酸素転炉鋼浴中の[N]は主として吹錬に使用するO₂の純度および[C]によって左右される。[C]の高い時は激烈なcarbon boilが存在するので[N]は当然低いが、なお吹錬に使用するO₂の純度に左右される。また、flame back時(C=0.03%, flame dropはC=0.06~0.07%が普通)における[N]は、第2表と比較対照すれば明らかのように、93~99% O₂の場合 Sievertsの法則から計算した平衡値とほとんど同じ値を示すことを知った。flame dropの少し前[C]=1.0%位からCOガス発生は次第に緩慢となり、flame dropでは著しく緩慢に、flame back([C]≤0.03%)後は鋼浴中のC濃度が低くなって、O₂は主としてFeの酸化に消費され、炉の内圧は外気



第20図 純酸素試験転炉における[S]% 頻度分布



第21図 (S)/[S] と過剰塩基の関係



輪西150t平炉のSバランス図 (村田、前田、梶野)

5t 純酸素試験転炉におけるSバランス図

第22図 平炉と純酸素転炉とのSバランス比較

よりむしろ低くなり、炉外より空気が侵入するため次第に[N]が増加するのであつて、flame back時は丁度炉の内外圧が一致していると考えられる。

トーマス転炉では鋼浴中[N]が高く、出鋼中の[N]の増加は実用上問題にならないが、鋼浴中の[N]が低い平炉の場合には、BROWER and LARSEN⁷⁾が指摘しているように相当問題になるのであつて、純酸素転炉の場合も同様である。

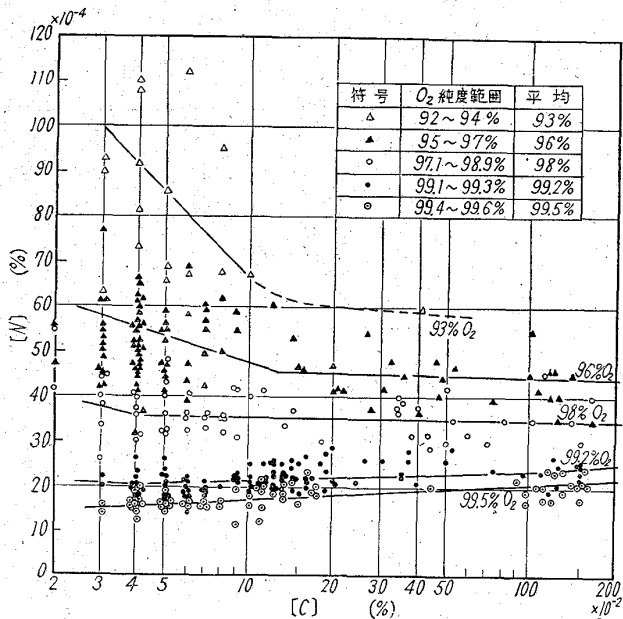
第2表 Sieverts の法則より計算した鋼中の [N]
(O₂ 純度による [N] の変化)

O ₂ ガスの純度 (%)		93	96	98	99	99.5
* O ₂ ガス中の不純分	Ar (%)	2	2	1.0~1.5	0.6~0.9	0.48
	N ₂ (%)	5	2	1.0~0.5	0.4~0.1	0.02
** O ₂ ガスの N ₂ 分圧, P _{N₂} (atm)		0.05	0.02	0.0075	0.0025	0.0002
*** 鋼中の[N]計算値, [N%]=0.044√P _{N₂}		0.0098	0.0062	0.0038	0.0022	0.00062

(注) * E. Karwart [St.u. Ei., 1951, Vol. 71, p. 709~715] による. Linde Fränkl 式 O₂ 発生機による O₂ ガス中の不純分.

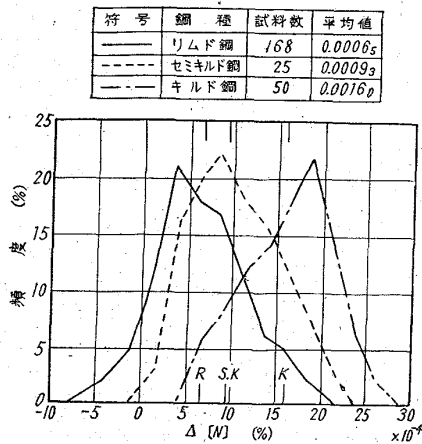
** E. Karwart の値の平均値をとる.

*** Sieverts の式 [N%]=k√P_{N₂} において, k=0.044(1600°C) とおく.



(Mn 前および吹錬中に採取せる試料)

第23図 吹錬中の [N] の変化と O₂ 純度の関係



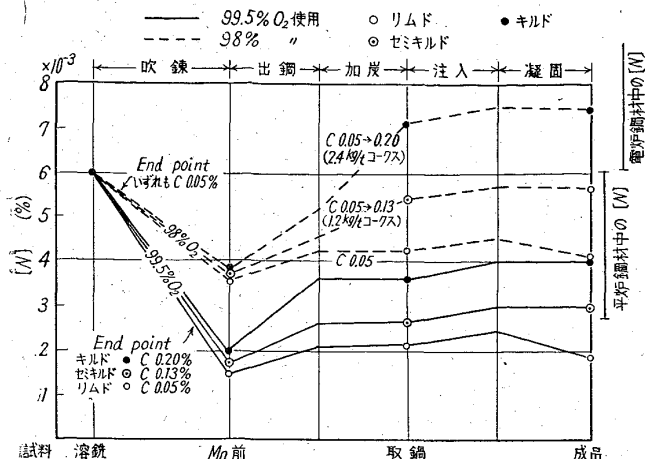
第24図 出鋼中の [N] 増加と脱炭形式の関係

LARSEN 等は出鋼時の溶鋼の流出状態, 落差を重視し, むしろ物理的な原因にその理由を求めている. 当社での

試験結果も同じく物理的な要因による差をも示したが, それよりも脱炭型式, 出鋼温度によつて顕著に差を生ずるという結果を得た. 第24図に脱炭型式と出鋼中の [N] 増加との関係を示した. コークス加炭を行なっていない 243 チャージについて調べた結果では, 脱炭型式によつて, リムド鋼のときは平均 0.00065%, セミキルド鋼のときは平均 0.00093%, キルド鋼のときは平均 0.0016% の [N] 増加を出鋼中に生じた. また, 湯熱の影響について調べた結果, 鋼浴温度が変化しても鋼浴中の [N] はほとんど増加しないが, 出鋼時の湯熱が高く, したがつて注入湯熱の高いチャージでは脱炭型式の如何にかかわらず, 標準より 20°C 高い毎に 0.00013% の [N] 増加を出鋼中に生じた.

脱炭剤投入による [N] 増加は, Fe-Mn, Fe-Si, Al などの [N] は比較的低く, 使用量も少ないので余り問題にならないが, 加炭剤中の N₂ は粉コークスの場合 0.85% と高く, 中, 高炭素鋼を作るときかなり多量に使用するため影響が大きく, [C] 0.1% ますごとに 0.001% 増加した. このため加炭法で軌条のような高炭素鋼を作ると 0.010% におよぶ [N] の鋼材を得た経験がある. したがつて高, 中炭素鋼を製造する場合は, 純酸素転炉による場合であつても, 平炉法のような catch carbon 法をとらなければ低 [N] 優良鋼は得難いことがわかる.

注入後の [N] 変化は取鍋分析値と現品試料との差で示すことができるはずであるが, 現品に偏析があるため実際には仲々明確に求め難い. ただ圧延中の鋼片および成品について鋼塊の頭部, 中央部, 底部各部相当部より試料を採取し, ごく少数試料について調査した限りでは, リムド鋼はリミングアクションによつて [N] が減少し, セミキルドおよびキルド鋼では僅かに凝固中に [N] が増加しているのが認められた.

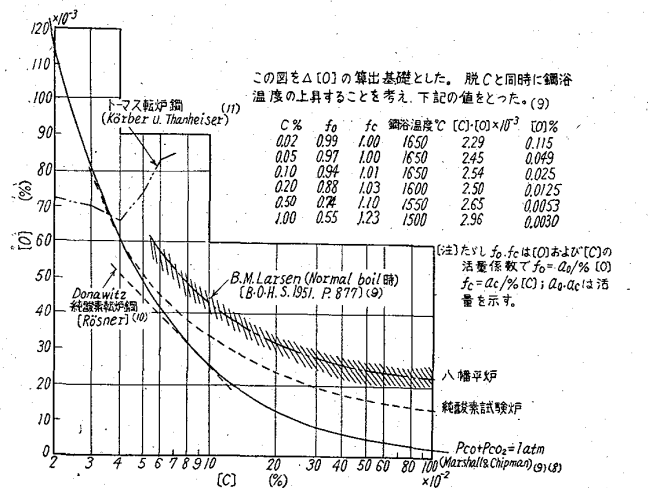


第25図 純酸素転炉における鋼中の[N]の変化

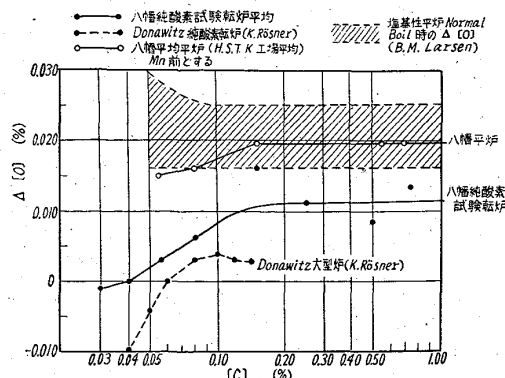
以上を総括して溶銑から成品となるまでの [N] の変化を図示すれば、第25図⁹⁾ のようである。第25図では99.5% O₂ を使用し catch carbon をして C 0.05, 0.13, 0.20% のリムド、セミキルドおよびキルド鋼を製造する場合と、98% O₂ を使用し C 0.05% で吹錬をやめ、爾後加炭法を併用して同上Cのリムド、セミキルドおよびキルド鋼を製造した場合とを例示した。純酸素転炉鋼材中の [N] は出鋼、加炭、注入、凝固中に空気中または加炭剤中より N₂ を吸収するため鋼浴中の [N] よりかなり高くなる。しかし、高純度の O₂ を使用し、catch carbon 法で吹錬すれば如何なる鋼種においても鋼材中の [N] を平炉鋼および電炉鋼のそれより低い範囲、すなわち、0.0020 (リムド) ~ 0.0040 (キルド) % に留めることができる。

(v) 鋼中の酸素

一般に鋼浴中の [C] と [O] は Fe-C-O 系にしたがつて推移することはよく知られている。MARSHALL-CHIPMANN⁸⁾ の P_{CO}+P_{CO₂}=1 at. の実験値 (第26図参

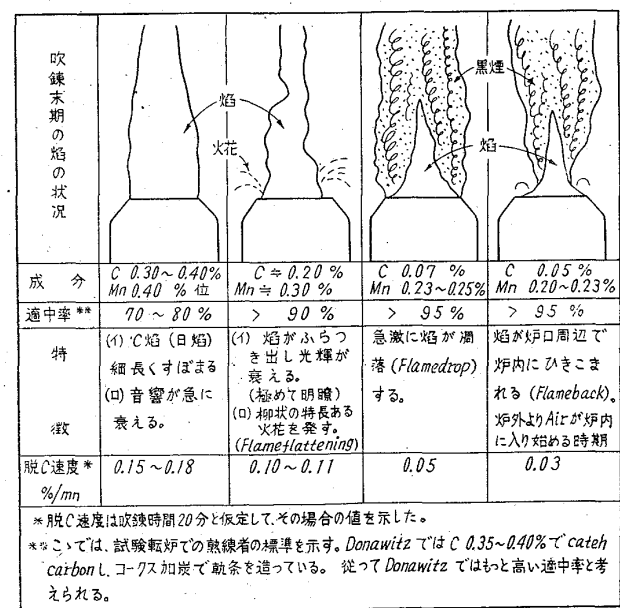


第26図 Fe-C-O 系における溶鋼中の [C] と [O] の平衡



第27図 溶鋼中の [C] と過剰酸素の関係

照) をもととし、純酸素転炉および平炉差物前における鋼浴中の各 [C] に対する [O] 分析値 [O]_{Act.} を求め、平衡値との差 Δ[O]=[O]_{Act.}-[O]_{Eq.} を図示すれば第27図の関係⁹⁾ になった。すなわち、試験転炉鋼浴中の Δ[O] は [C]>0.2% では 0.011% 位、[C]<0.10% では急速に平衡に近づき、[C]0.04% ではほとんど平衡値となる。また米国における平炉および当社の平炉の Δ[O] に比して試験転炉の場合が低い値を示している。このことは、同一 [C] の鋼浴に差物して鋼を作る場合は、明らかに平炉より少量の脱酸剤でよいはずで、これは大型炉でも事実そうなっている。したがって、比較的脱炭速度おそく flame の判定が容易な [C]<0.20% の範囲の鋼種では catch carbon 法で平炉鋼より脱酸生成物の少ない清浄な鋼を製造できる。なお、第28図には吹錬末期における焰の状況を 22mm φ 羽口、5kg/cm² O₂ 圧の場合について示した。吹錬末期には焰、音響、



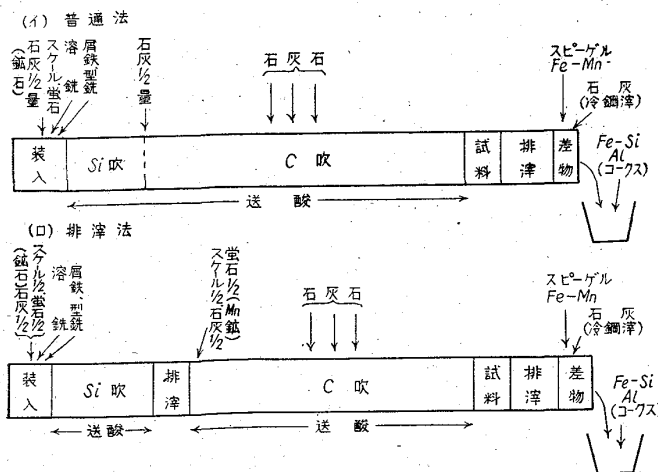
第28図 吹錬末期の焰の状況 (22mm φ, 羽口 5kg/cm² O₂ 使用とす)

火花などがきわめて明瞭な変化を見せ、しかもこの時期における脱炭速度は比較的緩やかになって割合に[C]を捕捉し易いことが窺える。

5. 純酸素転炉の標準作業

転炉作業では、例えば鋼浴温度の調節にしても、実際作業上とり得る手段は冷却剤の種類、量、投入時期の調整以外にないのに対し、鋼浴温度に変化を与える因子は、主なものだけでも、①溶銑の温度、成分(主にSi)、②炉体保有熱量、③吹錬の手順および速度、④冷却剤の種類、量、⑤出鋼予定鋼種、脱酸型式、⑥鑄鍋の保熱状態などを数え、これらを比較考慮の上、冷却剤の種類、量、投入時期を決め躊躇せず手を打たねばならないわけで、条件の急変を極力さけ、一定条件のもとに、与えられた“標準”を守って作業を行うことを根本とすべきである。

第29図に純酸素転炉における作業手順の大要を示した。普通法の場合、まず、屑鉄、溶銑、石灰装入(この場合、吹錬条件により、スケール、螢石などを同時に装入)後送酸し、C焔が現われてから追加石灰を入れる。追加石灰も4~5分後には滓化するから、フォトセルの記録を参考に鋼浴温度が上りすぎると判断されれば石灰石を必要量だけ分割投入する。かくて、焔の状況、ストップウォッチの読みなどより、所望の[C]%に達したと判断されたとき吹錬をやめ、試料採取、排滓を行ない、測熱後、スピーゲル、Fe-Mnを炉内に投入し、さらに石灰を所望量加え炉内に残留した鋼滓を抑え、鑄鍋に出鋼する(Fe-Si, Al, コークスなどはこのとき投入)という手順となる。排滓法では、Si吹後に「排滓」の工程が入るだけで普通法の場合とほとんど変わらないが、追加石灰とともにスケール、螢石を入れ、また、[Mn]を高めに推移させる目的で若干のMn 鉱を添加すること



第29図 純酸素転炉における標準の作業手順

もある。

6. 純酸素転炉法の経済性

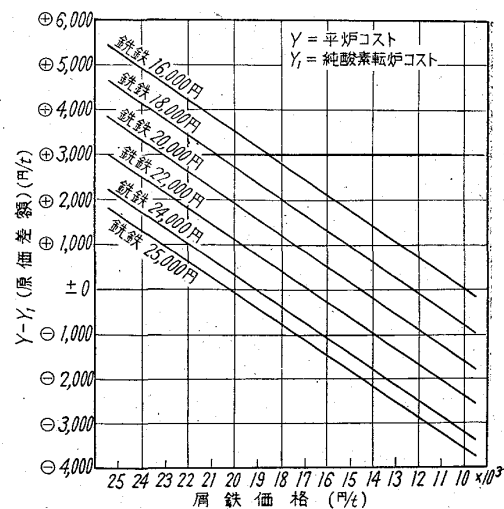
純酸素転炉法の経済性について、文献によれば、わが国より屑鉄価格の安い米国において計算された結果では純酸素転炉鋼は平炉鋼より平均t当り3~4ドル(1080~1440円)安く¹²⁾、とくに屑鉄価格の安定して安い西独でトーマス銑より割高な平炉銑を使用した場合でも純酸素転炉鋼が平炉鋼に比して7.5DM(645円)安い¹³⁾といわれている。

純酸素転炉法が経済的に有利な第1の理由は工場建設費の安いことで、酸素工場、収塵装置を入れても、同じ年産能力の平炉の60~70%¹⁴⁾と見做されている。第2に生産能率が高く、操業費(燃料、炉材、副材料、修繕、労務)が相当安い。主原料費は銑鉄と屑鉄の価格差によるから、ただちに断定できないが、良塊歩留は装入鉄分(主原料+酸化鉄のFe分+合金鉄のFe分)に対する%で表わすと平均して90%位の値が得られるからそう不利でないと考えられる。

つぎに、純酸素試験転炉の操業結果から推定した50t転炉と、大型平炉工場の当時の実績より銑鉄および屑鉄価格の変動による平炉法と純酸素転炉法の原価の差額を計算(この場合、作業費、副材料費、副産物回収費は作業成績ならびに屑鉄および銑鉄価格の変動にかかわらず、計算を簡略にするためそれぞれ一定とする)して図示すれば第30図のようである。これより両法の製造原価の見合う直線として次式を得た。

$$y = 1.15x - 8,493$$

ただし、x, y はそれぞれ銑鉄および屑鉄の単価を示す。



第30図 銑鉄および屑鉄価格の変動による平炉鋼、純酸素転炉鋼の原価比較

この場合、当時の実績よりつぎの諸数値を採用した。

	平炉法	純酸素転炉
① 銑鉄配合率	56.8%	90.0%
② 良塊 / 主原料歩留	93.5%	89.1%
③ 銑鉄使用量	607.9 kg / t	1,011 kg / t
④ 屑鉄使用量	461.8 kg / t	112 kg / t
⑤ 作業費 + 副材料費	6,200円 / t	3,380円 / t
⑥ 副産物控除	640円 / t	791円 / t
⑦ 鋼種	同一鋼種を対象とした	

なお、第31図は平炉法と純酸素転炉法の原価の比較を総括して図示したもので、同図 (a) は銑鉄および屑鉄価格の変動による平炉鋼と純酸素転炉鋼の限界費用線 (図中 AB 線) を、(b) は平炉鋼と純酸素転炉鋼の原価の等しい場合における銑鉄価格と屑鉄価格の比率を示したものである。例えば、銑鉄価格が 18,000 円の場合、屑鉄価格が銑鉄価格の 68% になるまでは純酸素転炉法が有利であることを意味している。

第31図によれば、わが国の屑鉄価格から見て、純酸素

転炉法の方が試験操業成績をも考え合せて、かなり有利と断定されたので、後述の大型純酸素転炉の建設に踏み切ることとなつたわけである。また、後述の大型転炉の実際操業によつても、純酸素転炉法の有利性が認められ、現状の屑鉄価格からみて、上述の推算が成立つことになる。

なお、純酸素転炉法のその後の研究により、適用鋼種も逐年拡大されつつあり、わが国の将来の屑鉄事情より見ても、高溶銑配合の可能な、しかも配合許容範囲の広い純酸素転炉法が主体となり得ると考えられた。

III. 純酸素転炉工場の操業

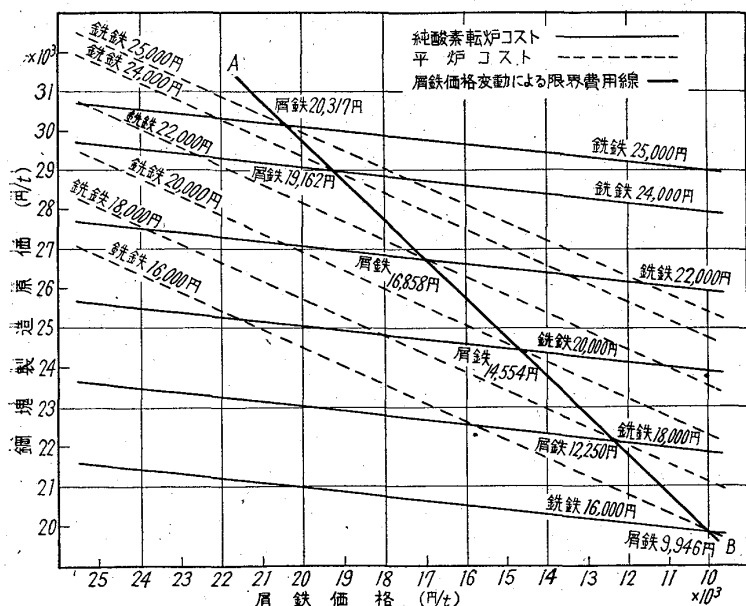
1. 当社洞岡純酸素転炉工場の建設と操業概要¹⁵⁾¹⁶⁾

前述のごとく、5t 純酸素試験転炉の吹錬実験の結果から、純酸素転炉法の実用化の見通しが得られたので、急速にこの方法の採用が決まり、昭和31年10月15日より、当社洞岡電気炉工場内に 50t 純酸素転炉 2基を有する純酸素転炉工場の建設に着手、昭和32年9月17日操業を開始した。

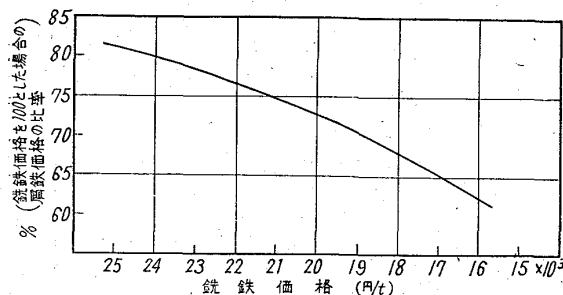
当初の製鋼能力は転炉 2基の内、常時 1基稼働として月産 37,500t を予定していたが、操業開始後の稼働状況は順調に推移し、短期間に当初の予定能力の線に到達することが容易であると判断され、昭和33年初頭においてすでに若干の設備改造によつて工程能力のバランスをとれば、少なくとも月産 50,000t 以上の生産が可能であると考えられるにいたり、操業と併行して年に 1~2 回の大修繕期間の利用によつて漸進的に能力の増加を図つた。

工場配置としては、作業の流れを互に交叉しないように諸設備の配置に考慮を払つた。また鋼塊、鋼滓などの輸送はすべて自動車輸送とし、生産率化を図つた。転炉は純国産で、鉄皮の径 4.8m、高さ 7.5m、全溶接構造で、炉体は直接鉄皮に取付けられたトラニオン軸により支持される。注入方式としては、生産鋼種の大部分がストリップ材であるため、操業当初は下注台車注入を採用したが、その後出鋼回数も著しく増大し、鋼塊品質の向上とあいまつて上注台車注入に転換した。転炉炉口より生ずる焰から熱を回収し、同時に廃ガスを冷却し酸素製鋼特有の赤いヒュームを取除くため、Wagner 社の方式による廃熱ボイラーと収塵装置を取付けた。

昭和32年9月17日 1号転炉の操業開始より、常時 2基整備、1基稼働の態勢で操業を続け、昭和37年3月末までに 46,025 チャージを出鋼、約 261 万 t の鋼塊を生産



(a) 銑鉄および屑鉄価格変動による平炉鋼、純酸素転炉鋼の限界費用線



(b) 平炉鋼と純酸素転炉鋼の原価の等しい場合における銑鉄価格と屑鉄価格比率

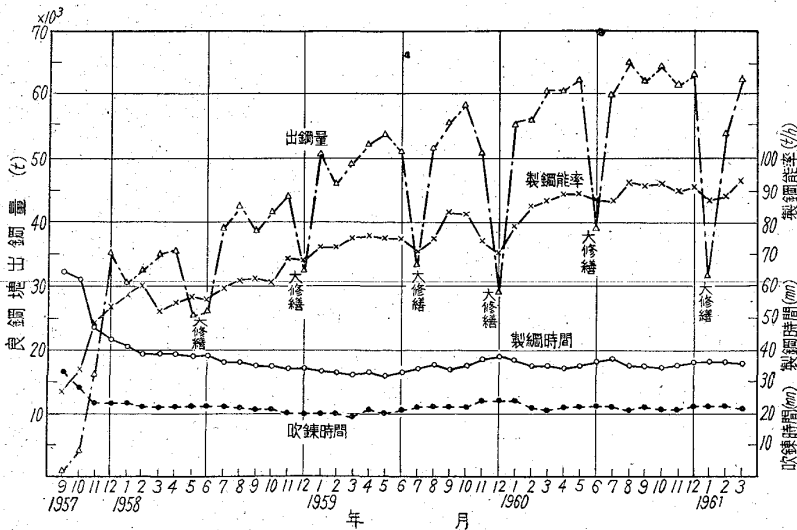
第31図 純酸素転炉と平炉の製造原価の比較

第 3 表 わが国における純酸素転炉稼働および建設計画一覧

(昭和37年4月現在)

会 社	工 場	昭 32 年	33	34	35	36
八 幡 製 鉄	岡 戸 畑 (No. 1) 戸 畑 (No. 2) 塚 塚	9月 50 t × 2			9月 60 t × 2 10月 70 t × 1	
日 本 鋼 管	川 崎 水 江		1月 42 t × 1 2月 42 t × 1		3月 60 t × 1 4月 60 t × 1	
富 士 製 鉄	広 畑 室 蘭				11月 60 t × 2	7月 70 t × 2
川 崎 製 鉄 住 友 鋼 管 神 戸 製 鉄 尼 崎 製 鉄 東 海 製 鉄 大 北 製 鉄 日 本 鋼 管 日 東 製 鉄 日 曹 製 鉄	千 葉 倉 戸 小 神 戸 崎 神 尼 屋 屋 名 名 戸 八 々 大 富 山				9月 30 t × 2 10月 5 t × 1	6月 40 t × 2 11月 60 t × 2 7月 5 t × 1
合 計 [基]		2	2	2	8	7

注：表中 () 内は建設または計画中



第32図 操業開始以来の主要作業成績推移

した。この間の主要作業成績の推移を第32図に示した。

溶銑は普通平炉銑より若干 P, Si が低い、混銑炉通過後で大体つぎのような成分を示している。

- C 4.30~4.50%, P 0.220~0.280%
- Mn 0.80~1.20%, S 0.025~0.040%
- Si 0.50~0.70%

製造鋼種は主として極軟リムド鋼で、戸畑ストリップ工場向けのホットコイル、冷延薄板、ブリキ、亜鉛鉄板が大部分であるが、アルミキルド高級仕上鋼板も需要に応じて生産している。その他の鋼種としては、溶接芯

線、線材、リムド管材、セミキルド鋼などもすでに製造した。

なお、第33図に操業開始以来の炉持続回数成績の推移を示した。

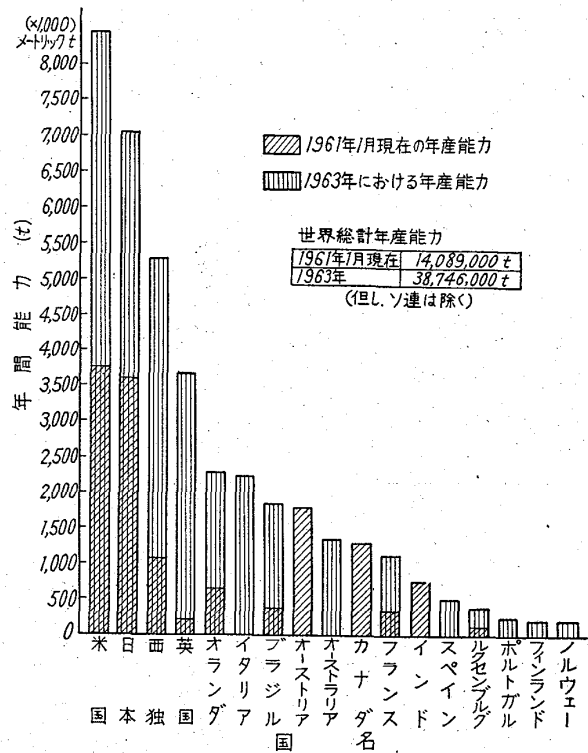
2. 内外国における純酸素転炉の発達

第3表にわが国における純酸素転炉の稼働および建設計画の最近における状況を表示したが、現在稼働中のものでも 23 基、さらに昭和39年までに 11 基の建設または計画中のものがあり、当社洞岡純酸素転炉工場の稼働当時に比し著しい普及ぶりを示している。これは、純酸素転炉法が、元來能率のかつ経済的に優れた能力をもつ転炉法で平炉銑を使用し、あまり屑鉄に依存す

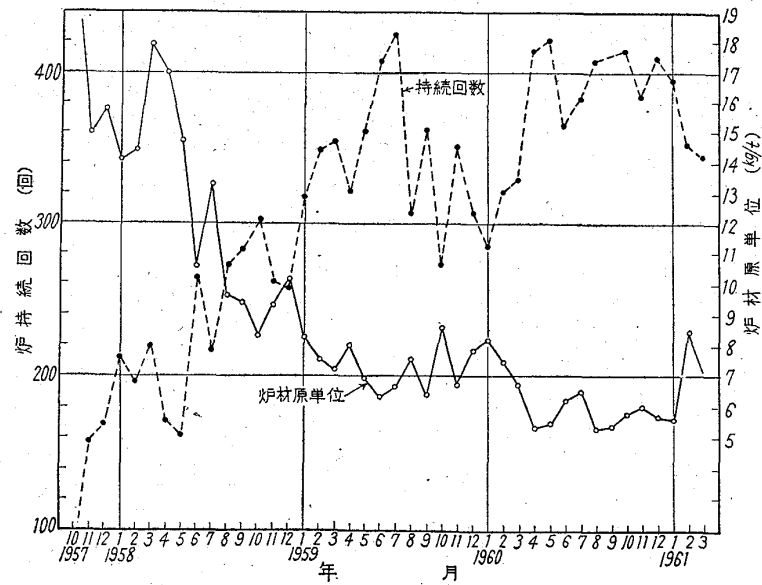
ることなく、しかも、平炉鋼に匹敵する鋼が生産できるという特質に所以していると考えられる。

他方、世界における純酸素転炉の発達の状況を最近の資料より調査した結果は第34図のごとくで、1963年には総計約 3,874 万 t の生産能力となる。また、国別にみると、米国、カナダ、英国、イタリア、日本のような従来平炉鋼を主として生産していた諸国あるいは豊富な資源を有しながら製鉄業が発展の緒についたばかりのブラジル、印度などの国々でも採用されつつある点は注目に値する。なお、最近の傾向としては漸次炉容が大型化しつ

37		38		39		合計[基]
3月	130 t × 2		(130 t × 2)		(130 t × 1)	2 3 2 (3)
5月	(130 t × 2)					1 1 1 1
12月	(10 t × 1)	4月 (120 t × 2) 5月 (35 t × 1)		4月 (70 t × 2)		2 2 (2) (1) (1) (2) 1 1
2 (3)		(5)		(3)		23 (11)



第34図 世界における純酸素転炉の現状 (1961年および1963年における国別年産能力比較)



第33図 転炉持続回数および炉材原単位の推移

つあり、米国の Great Lakes Steel Corp. における 300 t 炉はその最たるものである。

一方、ドイツの Gussstahlwerk Witten AG や Bochumer Verein などでは、純酸素転炉法によつて、直接特殊鋼を造ることが行われており、また、フランスやベルギーなどでは純酸素転炉法によるトーマス銑（中欧では原料的にみて平炉銑よりトーマス銑が経済的である）吹錬の新しい方法として、いわゆる LD-AC 法、

OLP法と呼ばれる相互に類似したもので、石灰粉をランスを通して 15~18 kg/cm² の圧力で O₂ とともに吹込み吹錬する方法などが採用されており、純酸素転炉法の利用範囲は益々拡大されて行きつつあり、今後の発展に期待すべきものがある。

3. 純酸素転炉法の将来性

たまたま、国連 ECE（欧州経済委員会）事務局より、「諸製鋼法の比較」と題して1961年3月に興味ある資料を発表しているが、そのうち、各種製鋼法の設備投資および製造原価の比較がなされており、純酸素転炉法の将来性にも関係があるので一言触れてみたいと考える。第4表は同資料より各種製鋼法の設備投資および製造原価を低燐銑を使用した平炉を 100 とした%で比較表示したものである。同表によると、設備投資のみでは、冷材装入の電気炉が最も安く、ついで各種純酸素転炉となつているが、製造原価で比較すると各種純酸素転炉が最も有利な製鋼法であると予測され、同資料の結論としても将来の製鋼法の盛衰を推測して、すべての新しい製鋼工場で、各種純酸素転炉と電気炉だけが建設されるであろうとむすんでいる。

IV. む す び

第 4 表 各種製鋼法の設備投資および製造原価の比較 (低磷銑を使用する平炉法を 100 とした%で表示)

項 目	製 鋼 法	ベ ッ セ マ 1 炉	トーマス転炉			純酸素転炉			平 炉		電 気 炉				
			富 化 空 気	O ₂ H ₂ O	O ₂ CO ₂	O L P L D - A C ポ ン ペ イ	カ ル ド	L D	低 磷 銑	高 磷 銑	冷 材 装 入	溶 材 装 入		予 備 精 錬 用	
												直接溶銑		予備精錬用	
												低磷銑	高磷銑	低磷銑	高磷銑
設 備 投 資	製鋼工場のみ ③	46	42	46	50	54	63	50	100	125	75	58	63	50	58
	銑鉄・コークス・酸素および蒸気などの生産設備並びに発電所に対する投資①	138	131	148	158	106	103	108	100	102	71	130	131	137	140
	③ + ①	98	92	102	111	83	86	83	100	112	72	99	101	99	104
	採炭業・天然ガス採取輸送・鉄鉱石採掘処理および耐火材工業に対する投資②	106	99	108	108	76	76	77	100	106	12	83	84	82	83
	投資合計 (③+①+②)	113	96	106	109	79	80	79	100	108	36	89	91	88	92
製 造 原 価	A 装入鉄の原価	129	102	105	105	92	90	101	100	91	72	105	95	96	87
	鋼の総原価	112	91	97	99	86	86	92	100	99	85	101	94	99	94
	B 装入鉄の原価	106	106	107	108	101	99	103	100	101	99	105	105	95	96
	鋼の総原価	95	97	99	100	94	94	93	100	106	106	100	102	98	101

(出所) 1961年3月、国連ECE事務局作成資料より集録

(注) ① 平炉・純酸素転炉・溶材装入電気炉は溶銑70%+屑鉄30%と仮定。

② 冷材装入電気炉は全装入物が屑鉄。

③ 製造原価の欄のうち A:スクラップおよび銑鉄の価格は実際価格
B:スクラップおよび銑鉄の価格は各方法を通じて同一 } の場合を示す。

以上、当社の純酸素試験転炉の操業成績を中心として、さらに純酸素転炉工場の操業ならびに国内外の現状まで触れたが、同法の優秀性と相俟つて、炉容の大型化、出鋼々種の拡大、特殊鋼の吹錬ならびに排熱ボイラー、収塵設備の改善または排ガス利用の実用化など、なお解決すべき幾多の問題が残されており、わが国の原料事情に最も適した製鋼方式として今後さらに進歩改良を加え発展させて行くべきであると思考される。

文 献

- 1) 瀬川 清, 前原 繁, 島田道彦, 石橋政衛: 鉄と鋼, 44 (1958) 9, p. 1056~1058
- 2) H. RELLERMEYER u. T. KOOTZ: Stahl u. Eisen 74 (1954), p. 381~395
- 3) 前原 繁, 森田重明, 広瀬 豊: 鉄と鋼, 44 (1958) 9, p. 1058~1063
- 4) W. A. FISCHER u. H. vom ENDE: Stahl u. Eisen 72 (1952), p. 1398~1408
- 5) Basic Open Hearth Steelmaking (1951), p. 742
- 6) 村田 巖, 前田元三, 鶴野達二, 本間悦郎: 鉄と鋼, 39 (1953) 9, p. 954~958
- 7) T. E. BROWER, J. W. BAIN and B. M. LARSEN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 188 (1950), p. 851~861
- 8) S. MARSHALL and J. CHIPMANN: Trans. Am. Soc. Metals, 30 (1942), p. 695~746
- 9) Basic Open Hearth Steelmaking (1951), p. 655 および p. 880
- 10) O. CUSCOLECA u. K. RÖSNER: 仏銑業会にて発表資料 (1955, 6) "Aktuelle Probleme des Oxygenstahlverfahrens"
- 11) F. KÖRBER u. G. THANHEISER: Mitt. Kais-Wilh-Inst. Eisenforschung, 14 (1932), p. 205~219
- 12) 土居 襄: 鉄と鋼, 42 (1956) 4, p. 355
- 13) E. KREBS u. R. GÖRGEN: Stahl u. Eisen 73 (1953), p. 1081~1094
- 14) O. CUSCOLECA u. K. RÖSNER: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 192 (1959), p. 147~153
- 15) 内山辰丙, 前原 繁: 鉄と鋼, 44 (1958) 12, p. 1347~1354
- 16) 内山辰丙, 前原 繁: 製鉄研究, No. 226 (1959) 3, p. 2318~2330