

II 討 論

座 長

ただいま4人の講師よりそれぞれ貴重な研究結果のご発表がありました。内容別にみますと、(1) 転炉における脱炭・脱磷機構の問題、(2) 転炉鋼の材質の問題、(3) 高炭素鋼溶製にあつての作業性の問題に大別できると思います。これらの問題について、討論参加者の方々より、それぞれのご専門、ご経験から質問をしていただきます。

(1) 転炉における脱炭・脱磷機構について

松下幸雄君 (光島講師に対する質問)

脱磷につき Table 4 とか Fig. 4 (光島), Fig. 6 (光島) などによつてその化学平衡への到達速度を考えているが、当然この場合に同時進行反応として脱炭を考察する必要がある。このさい、鋼中の酸素の値と脱炭または脱磷との平衡関係からのずれ、またはかたよりの度合についてお伺いしたい。

たとえば、T.Kooz ら [Stahl u. Eisen: 81(1961) 1804, 1810] によると2t 上次試験転炉でトーマス銑の溶製を行ない Fig. 1, 2 または 3 のような結果を報告しているが、鋼中の酸素は炭素との平衡に対応する値よりも高く、一方において脱磷反応の平衡酸素量よりもかなり低い値を示している (参考資料: 鉄と鋼, 49 (1963) 12, 1827)。

なお試料採取法およびそれに対するご意見をお伺いしたい。

光島講師 (回答)

シングルスラグ法における試料採取は現場作業上、出鋼前の吹止めされた時点において炉外で一方所のみでサンプルを取り、サンプルの採取方法は普通平炉等の現場で行なつていものと同一スプーンでとつている。したがつて吹錬過程全期にわたつての脱磷平衡および脱炭反応の両者に対する鋼中酸素の偏倚は今回の調査範囲内では明らかでない。しかしLD法では一般に造滓速度が速いために脱磷反応は比較的吹錬初期から進行し、鋼滓中のO活量の増加とともに平衡値に近づく、この場合O活量は鋼滓の被酸化速度および脱炭速度のバランスによつて支配されると考えられ、LD法の場合、酸素ジェットによる鋼滓と鋼浴の攪拌現象にともなつて鋼滓表面からの酸素吸収が促進され、さらにジェット気流による溶鋼-ガス界面からの酸素吸収がおこなわれる結果、脱磷反応および脱炭反応に対する鋼中酸素の偏倚はないものとする。試料の採取は日常作業における金型鑄込法である。

脱磷平衡については鋼滓中の (FeO) との平衡式を用いているので鋼中の [O] に影響する試料の採集方法には

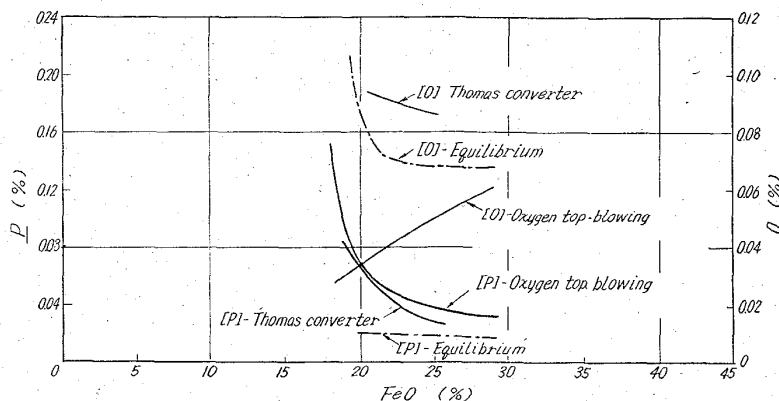


Fig. 1 Relation between [P], [O] and (FeO) in slag in various oxygen steelmaking methods.

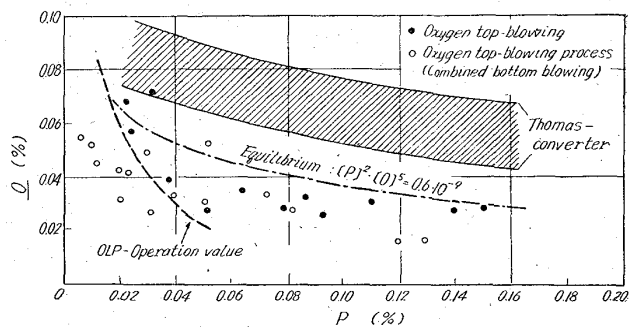


Fig. 2 Relation between [P] and [O] in LD process and Thomas converter

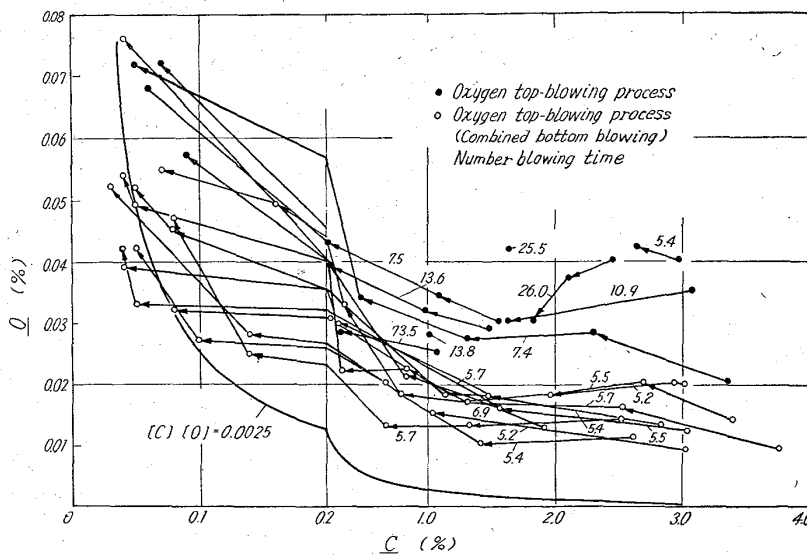


Fig. 3 Relation between [O] and [C] in oxygen top-blown process and its combination process with bottom blowing.

この影響はないものとする。

不破 祐 (板岡講師に対する質問)

研究室における平衡実験からも、従来の製鋼現場の報告からも、脱磷の条件としてはスラグの塩基度が大きく、酸化性で温度は低い方が望ましいということが結論されている。たとえば Fig. 4 は WINKLER と CHIPMAN の

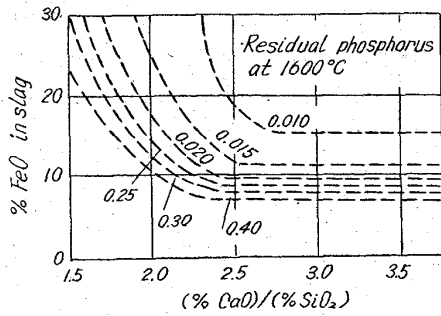


Fig. 4. Residual phosphorus at 1600°C. (Basic Open Hearth Steelmaking)

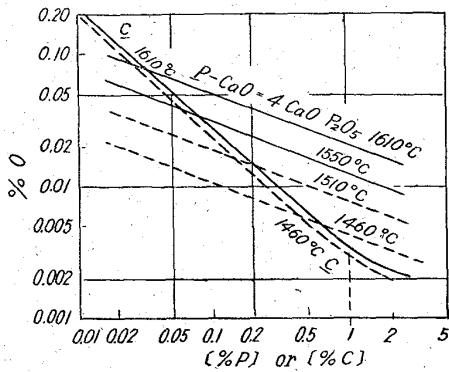


Fig. 5. Comparison of deoxidation power (S. BAN-YA and S. MATOBA)

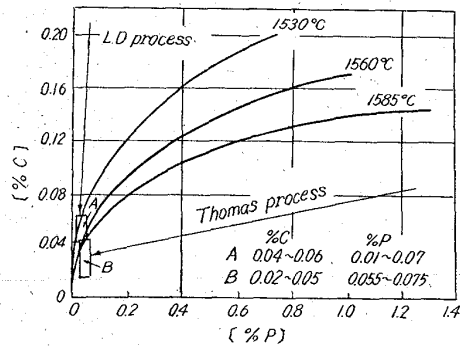


Fig. 6. Relation between [C] and [P] (S. BAN-YA and S. MATOBA)

データから算出された 1600°C における、スラグの塩基度と (FeO) 濃度と平衡する溶鋼中の磷濃度の関係を示すものであり、Fig. 5 は的場・万谷の溶鉄中の炭素・酸素・磷の間の平衡濃度の相互関係と、それにおよぼす温度の影響を示すものである。Fig. 6 は的場・万谷の測定結果に LD 法とトーマス法により溶製した鋼の製錬末期の濃度範囲を A, B で示したもので、矢印を付した直線部分は大体の方向を示したものである。

ただいまご講演によっても、化学反応が急激に進み、温度が上昇し易い LD 法において、いかにこの三つの原理を適用させるかを工夫していただけることがわかつて、非常に興味深く感じた。

お話によると、製錬末期は平衡に近いようであり、したがって製錬末期に鋼溶の温度を上げたい場合、温度があがると復磷の怖れがあるので、復磷をさけてフェロシリコンによる昇熱という工夫をされている。

そして高炭素鋼の溶製の場合には、いろいろな特別な工夫が必要で、脱炭反応が非常に容易に進行するので、脱磷を優先的に進行させるために、CaO を早くとかしてスラグをつくる工夫や、ソフトブローにしてスラグの (FeO) 濃度を高くするとか、あるいはダブルスラグ法においては、後の二次吹錬のスラグを一部使って、すでに出来たスラグを、次の吹錬の一次吹錬に使うて開始する方法がとられている。

脱炭反応の機構は平炉における反応や、Larsen の実験や Darken の計算などから推測できる。すなわち溶鉄中の炭素と酸素が反応して CO を生成する系では、この化学反応が律速段階ではなくて、炭素が高い場合は CO を生成する反応面への酸素の供給速度、つまり酸素の拡散速度が反応速度を支配するものと考えられている。酸素による酸化と激しい攪拌が LD 法において脱炭反応を速かに進行させるものと考えられる。また脱炭反応の場合は反応生成物である CO が溶鋼に溶解度もなく、またスラグと反応しないと反応系外に除去できないというわけでもなく、容易に系外に逸出するから簡単であるが、脱磷の場合には溶鋼中の磷が P₂O₅ の形に酸化されても、P₂O₅ がスラグ中のフリーライム (free lime) と反応しない限り脱磷は進行しないわけである。

板岡講師のお話の中で、Table 2 (板岡) は高炭素鋼を吹錬される時に、“ソフトブロー”とか“ハードブロー”を使いわけておられるが、この場合なんらかの脱磷機構を想定の上で作業標準を作成していただけるものと考えられる。従来平炉の場合も同様であるが、酸素上吹転炉の場合も脱磷に関するデータを処理する場合フリーライム (free lime) とそれからスラグ中の (FeO) とかまたは (T.Fe) とかいうものを問題にしている。

BALAJIVA, QVARRELL と VAJRAGUPTA は Fig. 7 に示すように脱磷にはもつとも適当なスラグの (FeO) 濃度があるとしている。

作業標準を作成される場合に、吹錬初期の“ソフトブロー”は (FeO) の果たす役割が平炉の脱磷機構と異なるとお考えになつているためか、それとも CaO をとけやすくして早くスラグをつくるためのものか、あるいは測定が困難なため、溶鋼中の酸素濃度がわからないから

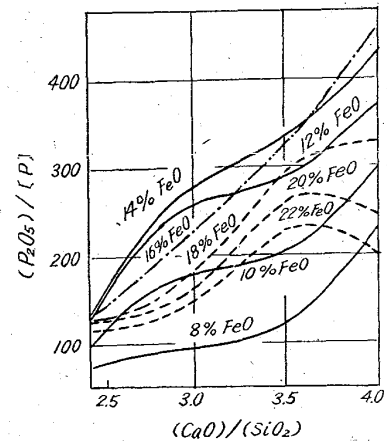
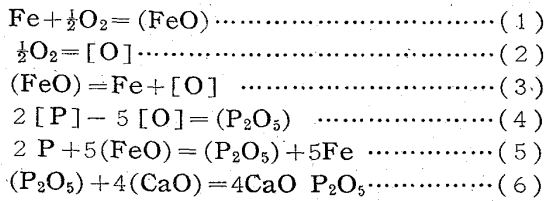


Fig. 7. Relation between (CaO)/SiO₂ and (P₂O₅)/[P]. (BALAJIVA, QVARRELL & VAJRAGUPTA)

スラグの (FeO) を問題にされているのかお尋ねしたい。あるいは次のどの段階が脱磷反応の律速段階とお考えになつて作業標準を作成されたか、脱炭機構と脱磷機構の相互関係についてお伺いしたい。



板岡講師 (回答)

脱磷の機構あるいはスラグの挙動が、平炉の場合の脱磷反応に比較してどう違っているかという問題、あるいは、いかなる吹錬方法が純酸素転炉の場合にもつとも脱磷効率をよくするかというような基本的な研究について

O_2 blowing velocity (m^3/min)	$F_H = F_S$
Impact O_2 press. on the bath	
Agitation of bath	$A_H > A_S$
(T.Fe) in slag	$(T.Fe)_H < (T.Fe)_S$
Decarbonization velocity (%/min)	$(dc/dt)_H > (dc/dt)_S$
Dephosphorization velocity (%/min)	$(dp/dt)_H < (dp/dt)_S$

Fig. 8. Effects blowing condition on decarburization and dephosphorization velocity.

は、私共としてむしろ、現在知りたいところである。したがつてこのご質問に対して明確な解答を出すにはいたっていないが、現在この点については私共として実験室的に、あるいは、現場的にいろいろ調査しているところである。したがつて、ここでは現在の現場データをもとにして脱炭速度と脱磷速度との関係について酸素の吹込条件の一部を要因として検討することによつて質問に対する解答にかえたい。

Fig. 8 について説明すると、今二つの吹込条件を考えた。この場合の単位時間当りの炉内への酸素の吹込量は両者の場合同じで酸素の吹込圧力を強くした場合と弱くした場合について考察する。酸素流量を一定として吹込圧力の強弱を得るための方法としては、ランスノズルの径あるいはランス高さを変化させる方法が考えられるがここではそのいずれかは別問題として、酸素の吹込圧力を強弱にし

た場合に常識的に考えてもまたいろいろな研究結果から推定しても、当然鋼浴攪拌程度というものは強い吹込によつて、大になつている。

したがつて当然 CO ガスの脱出も容易になるとともに、酸素の効率もよくなり脱炭速度は当然早くなる。一方スラグの (T. Fe) はソフトブローの方が多くなる。この場合に脱磷速度はどうなるかが問題である。すなわち一応スラグの (T. Fe) が大きいほど脱磷は早くなるとされているが、一方鋼浴の攪拌が大きければ大きいほど脱磷が大であると報告されている。このように考えてくると、脱磷反応は、この場合スラグ中の (T. Fe) と鋼浴攪拌程度の両者によつて左右される訳であり、結果的には、現在までに得られた現場的データから判断すると Fig. 8 においては、ソフトブローの方が脱磷速度が早いように私共は考える。すなわち脱磷速度と脱炭

	Blowing press.	Lance height	O_2 blowing velocity	Blowing method	Mean decarbonization velocity	Mean dephosphorization velocity
—	4kg/cm ²	1.2m	58Nm ³ /min	Soft blow	5.7×10^{-2} %/min	4.5×10^{-3} %/min
---	8kg/cm ²	1.2m	115Nm ³ /min	hard blow	15.1×10^{-2} %/min	5.7×10^{-3} %/min

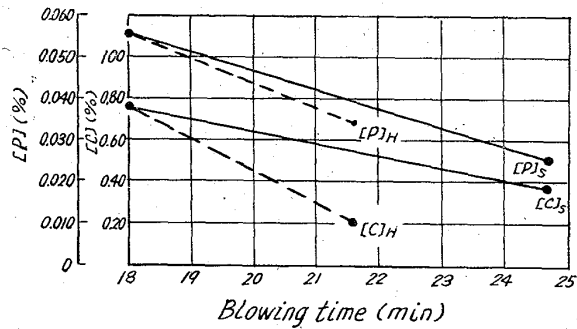


Fig. 9 Influence of blowing pressure on decarburization and dephosphorization.

	Blowing press.	Lance height	O_2 blowing velocity	Blowing method	Mean decarbonization velocity	Mean dephosphorization velocity
—	8kg/cm ²	2.0m	115Nm ³ /min	soft blow	10.9×10^{-2} %/min	8.2×10^{-3} %/min
---	6kg/cm ²	1.2m	85Nm ³ /min	hard blow	10.8×10^{-2} %/min	6.0×10^{-2} %/min

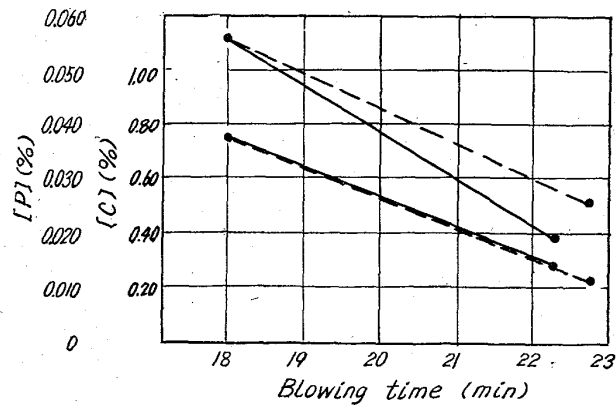


Fig. 10. Influence of Lance height on decarburization and dephosphorization.

速度の相対的な関係が問題であり脱炭をおさえて脱磷を促進してやれば脱磷はよくなるわけである。あるいは、脱磷速度は一定の場合脱炭速度を遅くしてやれば、同一炭素量においても脱磷効果は良い訳である。これについて現場的に得られた2, 3のデータをプロットしたのが Fig. 9 および Fig. 10 である。Fig. 9 はランス高さを 1.2 m で一定とし吹錬後半の酸素圧力を 4 kg/cm^2 と 8 kg/cm^2 とし酸素ジェット鋼浴への透過率を変えた場合の脱炭、脱磷速度の差をみたものであるが、この結果からみて従来報告されているごとく透過率をまして鋼浴の攪拌をよくした場合 (8 kg/cm^2) に脱磷、脱炭は促進されるが、その促進度合は脱炭反応の方がはるかに大きいことが判る。Fig. 10 は酸素圧力を増すことにより酸素供給量を多くするとともにランス高さを上げて、ソフトブローを行なった場合と酸素供給量を少なくしてハードブローを行なった場合との比較であるが、脱炭速度は大差なく脱磷速度は前者の方が促進されていることが認められる。このような結果から考えて現在の吹錬技術レベルにおいては、高炭素鋼の吹錬に対してはソフトブローにより鋼浴への酸素ジェットの透過率を少なくして全吹込酸素量中、鋼滓へ移行せしめる割合を多くすることが脱磷に有効と考えられる。しかしこれらのデータはあくまで操業的に得られたものに過ぎず吹錬途中における脱磷反応速度の相対的変化は把握されていない。したがってこれらの点については吹錬反応の基本的問題として今後究明して行く必要がある。

(2) 転炉鋼の材質について

佐野幸吉 (中谷講師に対する質問)

地疵対策の根本は、地疵の本質あるいはその構造を明確にした上で、それに対応した適切な処置をとるということであると考え。地疵の成因あるいは生成過程については非常に多くの研究報告がなされているが、容易に明確にできない現状である。いま、一応地疵とは、肉眼で検出できる大きさを有するインクルージョンであると考え、このような肉眼的なものは、溶鋼が炉内にあるときはもちろん、取鍋内にある場合にも実在しないという実験結果がいくつか報告されている。またストークス法則から計算してもそのようなことが推察できる。そうだとすると、地疵は大部分が造塊時に溶鋼が鍋を出て鑄型に入る時、あるいは凝固過程に生成されるものと思われる。すなわち、耐火物とかスラグあるいは、注入の際溶鋼が空気に触れて生ずるオキサイドフィルムなどが溶鋼といつしよに鑄型内に入る場合と、溶鋼の凝固過程に起こる、濃縮、偏析、析出によつて介在物が地疵の大きさに凝集する場合がある。この両者の割合は場合によつて異なると思うが、いずれにしても多くの場合造塊条件によつて決まると考える。また地疵は、現在のごとき試験方法による限り、圧延条件によつてその値も変化すると思う。

中谷講師の報告によると、転炉で溶製された鋼材が、平炉はもちろん電気炉によるものよりも地疵の値が良好であると報告されたが、その場合の造塊条件、特に、鑄込温度、鋼塊大きさ、圧延比などが同じ場合と比較されたものとするとき、それは、転炉の溶鋼と平炉あるいは

電気炉の溶鋼との間にどのような性質の違いがあるために、そのような結果をもたらしたのかについてお伺いしたい。

中谷講師 (回答)

地疵の問題は確かに、造塊条件、圧延比その他種々の条件によつて異なるが、実際にその原因を追求することは、特に現場的にはなかなか困難である。今回の試験においても、転炉鋼と電気炉鋼とは製造所が異なっているため、造塊条件、特に注入作業、耐火物などは一定にはなっていない。したがって地疵におよぼす要因については、はつきりしたことはいえないが、今回の結果から考えられることは転炉材では鋼塊サイズが電気炉材のそれよりやや大きかつたために圧延比が少し大きくなつてることがその一因でもあろう。また精錬上の問題としては転炉の場合、良質な原料ばかりを使用し、精錬中に攪拌が充分に行なわれること、特にわれわれのところでは極端な低圧吹きをさせて攪拌が十分行なわれるような吹錬条件を採用しているのも電気炉でいう沸騰精錬が十分行なわれた結果になつていること、さらに、終点におけるスラグあるいは鋼浴の酸化度も、電気炉における酸化期末の値に比べるとむしろ低目になつていること、などを考えることができる。その他、出鋼の際に転炉では最後迄溶鋼とスラグを分離して取鍋に移すことができるので取鍋でのスラグの捲き込みが非常に少ないこともその一因であらうと考えられ、詳細な原因については今後の調査に待つ必要があるが、造塊条件を十分に管理すれば電気炉鋼と同等あるいはそれ以上の成績が得られるものと考えられる。

荒木 透 (中谷講師への質問)

一般にLD法製鋼はスクラップよりの不純金属元素の混入が少ないことと窒素量の低いことにより、市場屑を多く配合する同一主成分の電気炉鋼に比べて

1) 焼入性、焼戻性が低値である。

2) 同一熱処理の場合強度が低目に出て延性靱性が高目になる。

3) 塑性加工性が幾分勝れているが被削性については必ずしもいえない。等のことが一般的に理解されることがらであるが、そのデータを拝見したところ、なおその上マイクロ、マクロともにインクルージョンにおいて同等以上の好成績にあることがつけ加えられている。これには、エンドポイントの温度や溶鋼およびスラグの酸化度などの条件の品質管理が重要なファクターと考えられるがどうか。またオーステナイト結晶粒度とAl使用量との関係は、窒素含有量の多い電気炉鋼とかなりことなるはずと思われるが所見を伺いたい。

中谷講師 (回答)

インクルージョンについては実験室的には種々原因の追求も行なわれているが、現場的には電気炉材も転炉材も3~4t程度の鋼塊を下注法で造塊しており、詳細な原因の追求は困難である。今回の実績については、出鋼温度では電気炉材も転炉材も $1630\sim 1640^\circ\text{C}$ と大差はないが、転炉における精錬条件としてキャッチカーボン法を採用してCをできるだけ低下させないようにしたこと、脱磷のために極端なソフトブローを行なうことはさけて終点スラグ中の(FeO)を8~12%程度、終点鋼浴中

の酸素で 0.02~0.03% 程度に抑え得たことなどがその一つの原因であると考える。

また、Al の使用量とオーステナイト結晶粒度との関係であるが、Al 使用量については、電気炉鋼では N₂ 含有量が高いので割れ防止のために Ti 添加を行なっており、Al 添加量を減じている。また、その添加法についても転炉の場合には出鋼中に取鍋の中に Al 塊を投入しているが、電気炉の場合には出鋼終了後ケーシングにより鍋中に Al を突込む脱酸方法をとっている。このように Ti 添加の問題、あるいは添加方法の差などにより電気炉の方が転炉におけるよりも Al 使用量は少なくなっており結晶粒度との関係についても Ti の影響で電気炉材では sol. Al が低目でも細粒が得られている。しかし Ti の添加量が同一の場合には sol. Al 含有量と結晶粒度との関係は現場的には転炉鋼、電気炉鋼の間で差はないものと考えており、同一目標で管理を行なっている。

また焼入性については本文で報告したように成分を考慮すれば鋼質的には転炉鋼、電気炉鋼の間に全く差は見られないが、Ni, Cr などの不純合金元素の少ない転炉鋼は実用的にはやや低値を与え、これらの補いすることは容易である。

深尾雄二郎 (白井講師に対する質問)

清浄度について市販の同鋼種に比べて格段の成績を示した、と発表されたが、調査された転炉鋼の結晶粒度、地疵成績についても、もしあれば具体的数値をお伺いしたい。

当社の場合は電炉鋼で結晶粒度は 925°C × 6hr 程度の熱処理で 7.0~8.0

地疵成績は 個数 総長 最大長
20 15 (6)

これより良好なことを目標としている

白井講師 (回答)

清浄度については、調査結果の 1 例を Table 5 (白井) に示した。

地疵検査は JIS 法の段消り試料につき、肉眼および王水エッチングで行なった。この結果トップ側の品には、若干の地疵が検出されたが、ボトム側にはほとんど検出されなかつた。トップ側の地疵検出部位は大体 1 次パイプの分布区域と合致しており、これは当所の造塊過程と関連があると思われ、頭部切捨量の面でも検討を要すると考える。

オーステナイト結晶粒度は、衝撃値向上の目的で細粒化を狙っている。供試鋼のオーステナイト粒度は C 0.55 鋼: 7.6, C 0.355 鋼: 5.9 でいずれも細粒組織を示し、C% の高い方が細粒化の傾向が大きいことが観察された。

(3) 高炭素鋼溶製にあつての作業性について

水井 清 (白井講師に対する質問)

溶銑の [P] とエンドポイントにおける [P] の関係において、ランス高さが 2,000 mm 2,300 mm と高くなると直線の傾斜がゆるやかになり溶銑の [P] が高くなつてもエンドポイントの [P] にはあまり影響を与えない結果を示している。(Fig. 9・(白井))

この特性はランス高さを高くする方法の長所であると述べられておるが、酸素圧力を下げてスラグの (FeO) を増大せしめるソフトブロー法でも同様の傾向が得られるのではないか。

ランス高さが高くなるにしたがつて傾斜がゆるやかになつていのは要するに、スラグ中の (FeO) の水準が順次高くなつていするためであつて、脱燐平衡において、(FeO) の増加によるスラグ量の増大、これにともなうスラグ中 (P₂O₅) の変化、(FeO) の増大による鋼溶 [P] 水準の低下、などによつて溶銑の [P] とエンドポイント [P] % の関係が変化するものと解釈される。

Fig. 9 (白井) においては 3,200 Nm³/hr の例が示されているが、さらに酸素圧力を下げた場合のソフトブローの例があれば、図中においていかなる関係を示すかご提示願いたい。

関連質問として、ランス高さを高くする方法と、酸素圧力を低くして (FeO) をコントロールする方法を比較して、

- 1) 炉の内容積の余裕 (m³/t) にもよるが、ランス高さを上げた場合スロッピングの増大による歩留低下、温度のバラツキなど作業上不利なことはないか。
- 2) ランス高さを上げた場合、復燐が減少する例について具体的数字をご提示願いたい。またその理由についてはどのように解釈されているかお尋ねしたい。

白井講師 (回答)

低圧吹きについては、15min からの 4kg/cm² 吹きの場合のほか、4kg/cm² 通し吹き、10min からの 3.2kg/cm² 吹き (2,900 Nm³/hr)、さらにランスを引上げての低圧吹きも行なっている。

圧力を下げてスラグ中の (FeO) を増大さすソフトブロー法もランスを引上げる方法とほぼ同様の傾向が得られている。ただしランス高さ 2.0 m ~ 3.3 m に相当する低圧吹きを行なう場合は、吹錬時間が 30~40% 延長するほか、反応ガス量の減少により鋼浴攪拌が少なく、スラグが膨れて炉口から溢れるようになり、当所の炉内容積の条件では作業が困難となる。これに対し、送酸量を変えずランスを引上げる方法は、スロッピングは増大するが、能率および作業性の面で当所の条件に適合していると考えている。

C 0.55% 鋼の操業実績を示す Table 2 (白井) において、ランス高さを引上げてスラグの酸化度を高めるに従い、製出鋼歩留が低下している。もちろんこの数字には、スロッピング滓および吹止滓排スラグ中の粒鉄損失の増大も含まれていると考える。

出鋼後の復燐の問題は板岡講師の報告でも扱われているが、当所の高炭素鋼の場合にも、復燐%, 吹止 [P], 吹止温度の間に同様の傾向が認められる。(復燐%—吹止 [P]: 逆相関, 復燐%—吹止温度: 正相関)。

倒炉後の炉内溶鋼の復燐傾向は、第 1, 第 2 サンプルの比較において、ランス引上法では ±0.002% で安定しているが、低圧吹きを強化した場合には、[P] の変動が大きく +0.010% におよぶこともある。これは鋼浴攪拌不足により、鋼浴成分が不均一であることも原因の一つと考えている。

若林一男君 (白井講師に対する質問)

各社ともそれぞれ異なつた制約条件のもとで、高炭素鋼溶製における、脱燐の問題を短期日で解決されておられることに対して、改めて敬意を表したい。

いかなる精錬方式においても、精錬のキーポイントはいかにして精錬に必要な熱を得、いかにして精錬に必要な適切なスラグを得るか、また、そのスラグとメタルをいかに攪拌し反応させるかということにかかっていると思う。この手段として、底吹転炉、平炉、電気炉、純酸素転炉などが発達してきたものと思う。

したがつて、高炭素鋼溶製における脱燐反応を検討する場合には、熱と攪拌という問題は一応容易であるから造滓ということを中心において考慮すべきであると思う。かかる見地より、当社においては、比較的炭素の高い鋼種の溶製には次のごとき方法を採用している。すなわち、溶銑の[P]が 0.200% 前後で、成品のPが 0.030% 以下、すなわち、 0.020% 以上が許容される場合は、問題なくシングルスラグ法を採用している。しかし、成品Pが 0.020% 以下の場合には、復燐と次のような理由によりダブルスラグ法を採用している。すなわち、確実に成品Pを 0.020% 以下にするためには、成品Pが 0.030% 以下の場合に比較して、シングルスラグ法ではより高塩基度高スラグ量になる。したがつて、成品P 0.020% 以下を要求される鋼種は同時に、ガス、介在物もより高度に要求されるので、精錬末期のより高塩基度、高スラグ量のシングルスラグ法よりもダブルスラグ法の方が良いのではないかと思っている。また、転炉のごとく、短時間で吹錬する場合には、滓化がうまくいかないの、石灰粒度を小さくするとか、螢石やスケールを多量に使用するとか、ソフトブローを行なうとかなどの工夫を高炭素鋼溶製の場合にはしているが、当社としては、将来LD-AC法のみならず、多孔ランスの有効利用をも併せ考え当社特許にあるように、低温度で溶融しやすい合成スラグの開発利用を計画している。この合成スラグの一つとして現在石灰製造原価と同程度で工業的に安価に製造できるカルシウムフェライトの製造法を確立したので、今後はこの利用により転炉における高炭素鋼溶製時の脱燐はさらに容易になると思う。なお、このカルシウムフェライトはSi源の少ない砂鉄溶鋼を原料とする転炉吹錬には最適の造滓材であると思う。

以上は八幡製鉄所の現状の説明であるが、次に白井講師のご講演についてであるが、尼崎製鉄所における操業法は非常に安定しているものと思う。Fig. 3 (白井)において、スラグ中の(T.Fe)はランスを上げるにつれて増加しているが、鋼浴[C]による制約はあまり受けずに、高炭素鋼領域においても、高い酸化度を維持しているとの説明がなされている。このことは十分理解できるが、ただ末期におけるソフトブローによつて、炉内における[C]に偏析を生ずるものと思うが、これが(T.Fe)の高いスラグとメタルの反応などを考えると、C適中率に影響があると思うが、この点についてお伺いしたい。

白井講師 (回答)

鋼浴の成分偏析について——吹止して倒炉するとき、フォーミングした滓が多量に自然排滓されるが、これと同時に、鋼浴はスラグと反応して激しいボイリングを起

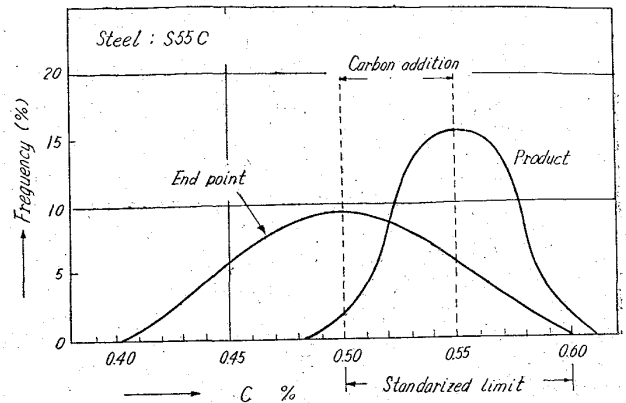


Fig. 11. Variation of [C]% at the end point and in product.

こす。したがつて鋼浴試料の採取は、自然排滓が進み、鋼浴のボイリングが収まつた時点で行なうことにしている。

鋼浴成分の均質性については特別な調査を行なっていないが、倒炉後、時間をおいて分析試料を採取し、成分の変動状況を調査したことがあるが、

この結果では、第1サンプルから5min後の第2サンプルで、C: $0 \sim +0.01\%$, Mn: -0.02% , S: 0% , P: $\pm 0.002\%$ の変動が認められた。

Cの適中率について——Table 2 (白井)からもわかるごとく、吹止Cの目標を規格中央値より 0.05% 低目におき、吹止サンプル分析値の報告をカントバック室から受けて後、炉中合金添加を行ない、出鋼時に取鍋加炭して成分を調整する。Fig. 11はC: 0.55% 鋼の吹止および成品Cのバラツキを略図で示すが、出鋼時の成分調整により大体、中央値 $\pm 0.05\%$ のSC材の成分規格限界内に入っている。ただし、C規格値の中がさらに狭い鋼種に対しては、成分適中率の点からも、鋼浴成分の不均質性に関し、さらに検討する必要があると考える。

古茂田敬一 (光島講師に対する質問)

さきほどから各社におけるダブルスラグ法の講演がされているが、私共千葉製鉄所においては、高炭素鋼の溶製は行なっていないが、将来の実施に鑑み、炉内の[P]ないし[C]と脱炭、脱燐の関係、およびダブルスラグ法を行なつた場合についての若干の試験は行なっている。光島講師のお話によると、ダブルスラグ法の場合、一次排滓の時期は、可能な限り高炭素領域が行なうことが望ましくこの理由としては、第2次吹錬の温度を確保すること、また、脱燐が高炭素領域ではよく進行していることによるとのご説明であつた。一方当社150t転炉におけるダブルスラグ法の試験結果は次の通りである。Fig. 12は連続サンプリングによる炉内のPの変化を示すが、初期の脱燐の進行する時期はC: 脱炭量約 1.8% である。またFig. 13に示すようにフォーミングの初期に倒炉するのがもつとも排滓に効果的である。このフォーミングの初期とは、われわれの場合には、吹錬開始後8~10minに当りやはり脱炭量 1.8% に相当し、したがつて、もつとも効果的に一次排滓する時期はこの点であると考えられる。

神戸製鋼のダブルスラグ法における排滓時期は脱炭量が $0.7 \sim 0.9\%$ の時が適当であるとされているが、これ

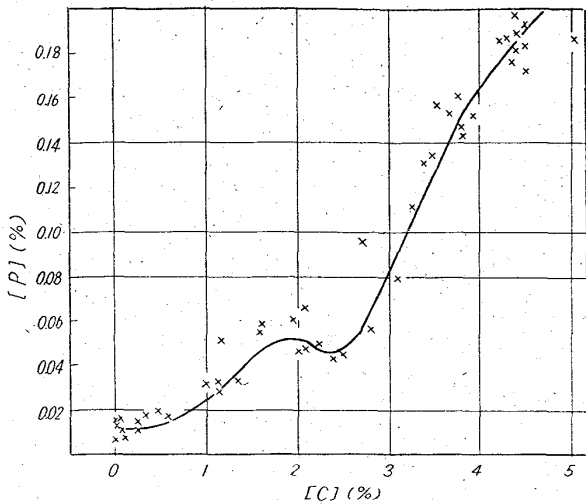


Fig. 12. The behaviour of [P] as referred to [C] in a 150 t converter.

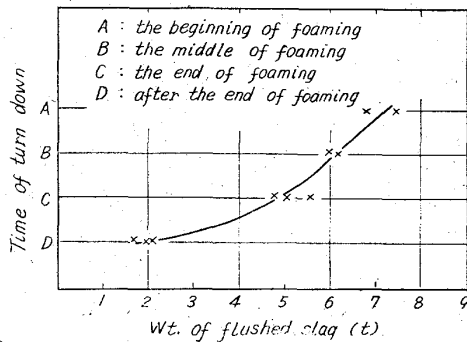


Fig. 13. Relation between weight of flushed slag and time of turn down.

はハードブローとソフトブローと違いであり、ソフトブローの場合は、脱磷の進む時期が Fig.12 においてCの高目につれると考えるが、この点に関して伺いたい。

光島講師 (回答)

一次吹錬、のもつとも効果的な吹止時期は、炉容、吹錬鋼種装入主副原料、吹錬方法によつて画一的には決定できない。当社ではダブルスラグ法で高炭素鋼の溶製を行なう場合一次吹錬はできるだけ高炭素域で吹錬を中止する方法を採っている。その理由としては一

- ①一次吹錬期における効果的な脱磷
- ②二次吹錬期の造滓時間の確保
- ③出鋼温度の確保

を期待するためである。また Fig.14 よりわかるごとく一次吹錬時の脱磷量は、脱炭量が 0.90% 以上の範囲では脱炭量の増加にともない脱磷量は期待するほど増加せず脱炭量が 0.70% 以下の範囲では脱炭量の増加とともに脱磷量も増加している。

以上のことより、ダブルスラグ法による高炭素鋼溶製の一次吹錬は、鋼中のCが 0.70~0.90% 燃焼し、その時の鋼浴温度が 1350°C~1390°C 付近で終了するのがもつとも効果的であると考えられる。

なお、この時期は吹錬開始より 7~9min 後に相当し

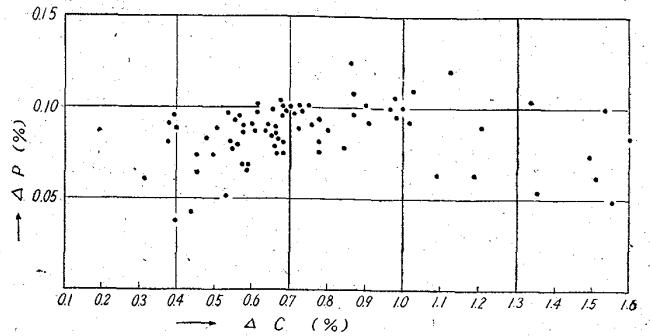


Fig. 14. Relation between ΔP and ΔP at end point in 1st blowing.

スラグのフォーミングも初期から中期に相当すると思われる。また排滓にあつては倒炉のスピードおよび排滓促進剤の投入時期が大きな影響を与えるようである。

山本全作 (光島講師に対する質問)

私どもの室蘭製鉄所転炉工場では、先程の川崎製鉄の場合と同様に、高炭素鋼は実際には溶製していない。現在は、極軟鋼が主体で、C:0.20% 程度の中炭素鋼を一部溶製しているが、将来の高炭素鋼の製造を考えて、種々検討を行なつているところである。4氏の講演はいずれも脱磷の問題について論及しておられるが、実際問題として規格成分に対して、出鋼成分をいかなる方法によつて適中させるかということは、実際作業上大きな問題になると考える。転炉は、特にシングルスラグ法においては、その作業過程からしても単純であり、冶金反応の基礎理論の適用も容易であると考えられるが、われわれ実際作業担当者としては、再現性が高く、しかも経済的な具体的方法の確立をまず必要とするものである。われわれの工場で、高炭素鋼製造上の反応面、成分変化、再現性を検討する目的で、原料条件の安定したオール溶銑で試験吹錬した実例を Fig.15 に示す。いま C:0.50% 前後についてみると、脱磷については問題ないが、同じ時間で吹止めてもCが相当ばらついている。Cが下るにつれてばらつきは減少傾向にあるが、Cの適中に関しては問題と考える。キャッチャーボン法によつて高炭素鋼をシングルスラグ法で作る場合、規格成分に対して吹止め目的Cを定め、それがどの程度の正確さで吹止時に得られるかが問題である。吹止めのCのバラツキの程度と、これを小さくするためにいかなる手段を持つて問題を解決されているか伺いたい。

光島講師 (回答)

転炉における吹錬終点の判定および目標炭素捕捉の成否が溶製鋼の鋼質、その他作業能率などに大きな影響を与えることは用知のとおりである。最近計算機の使用により相当の成果をあげておられるところもあるが、なお大半は従来の方法、すなわち使用酸素量、火焰状況、吹錬時間による終点の判定を行なつている。当社もまたその例外ではない。

当社における吹止め炭素量のばらつきは Fig.16 に示すとおりである。すなわち、要求された鋼種の規格下限値よりマイナス 0.04% C を吹止め目標炭素量とし、吹止C%が目標よりプラス側に 0.08% 以上の場合には再吹

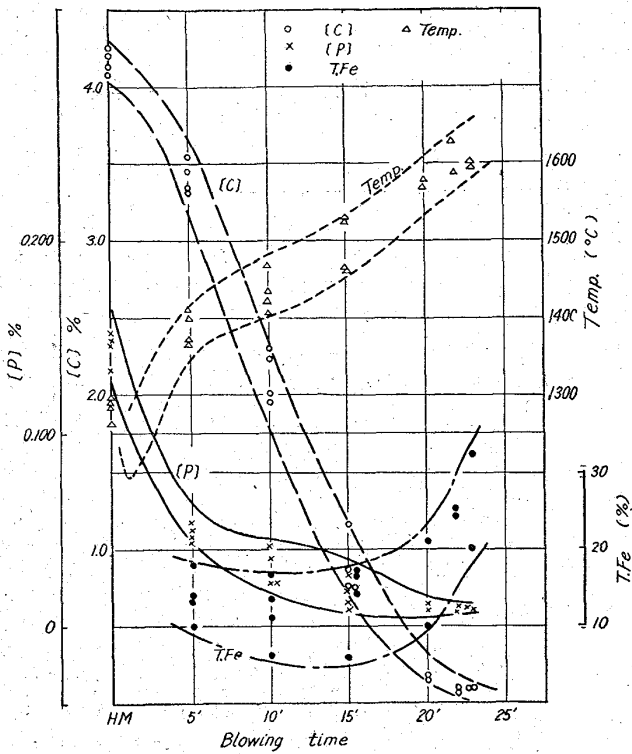


Fig. 15. Relation between bath conditions and blowing time.
 $O_2 = 12,000 \text{ Nm}^3/\text{hr}$, $PR = 100\%$

鍊, マイナス側に 0.06% の場合には鋼種変更を行なっている。Fig.16は最近ヒートの実績である。次に吹止め目標のバラツキの問題であるが、当社においては、高炭素域における鋼中の炭素量と使用酸素量の関係を検討するため途中吹止を行ない炭素量と使用酸素量の関係を求めた、その結果を Fig.17 に示す。図中脱炭量とは (装入 $C\% - \text{吹止 } C\%) \times \text{溶鋼量}$ を示し、酸素量とは脱炭のため消費される酸素の理論計算値である。

Fig.17からわかるように比較的近似した値を得ることができ、実際作業の有力な指針となつた。

また吹鍊にあたっては可能な限り条件を一定とするため吹鍊方法を一定にするとともに、装入主原料、特に屑鉄の管理を十分に行なっている。すなわち屑鉄の主体で

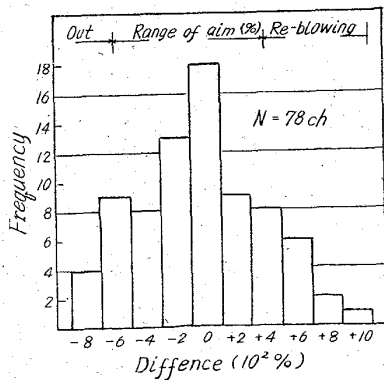


Fig. 16. Distribution of difference from target of Carbon

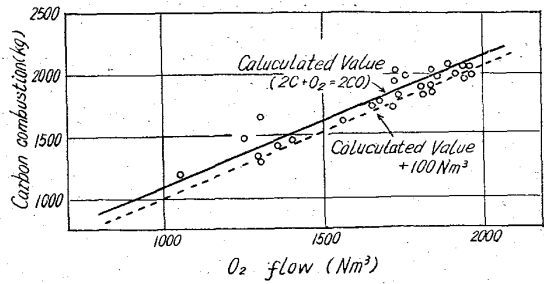


Fig. 17. Relation between carbon combustion weight in metal and O_2 flow.

ある圧延屑の成分(鋼種)が明確なものを使用することになっている。

以上の方法により吹止[C]のバラツキの減少をはかっている。

松永 昭 (板岡講師に対する質問)

L D法による高炭素鋼の製造について、今まで種々討議がなされたが、溶製上の問題は脱磷にしばられるように思う。脱磷について実際作業の面から質問したい。

鋼中の [P] 0.020% 以下が要求される場合、ダブルスラグ法を採用されているが、中間排滓はいつ頃実施しているか。脱磷反応より考えると、なるべく低温の間に早期に除滓をする方が有利のように考えられるが、私共の経験では、早期にフォーミイ (foamy) なスラグを作つて脱磷反応を進行させても、スラグの温度が低くて、実際作業の面で十分な排滓量を確保し難いことを経験している。排滓に相当長時間を要しておられるが、具体的にどのような作業を行なわれるかお伺いしたい。

シングルスラグ法の場合、溶銑 [P] や出鋼温度などの前提条件により幾通りもの作業規準を設けられているが、Fig. 1 (板岡)の比較図では、それらの間にあまり有意な差が認められないように見られる。実作業では、他の諸条件により脱磷に相当のバラツキがあるものだが、Fe-Si 昇熱法や加炭法の使い分けによりはつきりした差があるものかどうかお伺いしたい。

板岡講師 (回答)

1) 一次滓の作り方については、脱磷反応を有利に行なうため当工場においても早期脱磷を目的として Table 1 に示すような方法を採用している。これらの方法が採られる理由として

a) O_2 圧 7 kg/cm^2 、ランス高さ 3 m について

フォーミイ (foamy) な滓を生成し脱磷を促進させるためソフトブローを行なうがその方法としては早期造滓の達成、製鋼能率の向上を計るため酸素の元圧は変えないでランス高さを高くする方法をとっている。

b) 前チャージ残スラグの使用については、早期造滓を計る一方、滓への鉄損失を極力少なくするために行なっている。

2) 吹止時溶鋼成分、温度およびスラグ成分これらについては Table 2,3 に示す通りであり、その理由は

a) 温度 ($1,380 \sim 1,420^\circ\text{C}$)

早期に有効な脱磷を行なうためには脱磷平衡のみから見て低温の方が好ましく、かつ脱炭反応の進行を押えるためにも 1400°C 前後の温度が適当に考えられる。ま

Table 1. Operation standards of 1st blow in double slag method.

Fluxes (kg/ton)		Lance height	O ₂ press.
Burnt lime	40	3 m	7 kg/cm ²
Slag of former charge	40		
Scale	6		

Table.2 Chemical composition of bath at end point of 1st blowing

C	Si	Mn	P
2.0~3.0	0~0.03	tr~0.20	0.020~0.040

Table.3 Chemical composition of slag at end point fo 1st blowing

CaO	SiO ₂	T.Fe	MnO	MgO	P ₂ O ₅
42~52	10~15	15~25	4~7	2~3	2~3

1st end point temp. 1380~1420°C

Table 4. Comparison of ladle [P]% in various methods.

		\bar{X}	σ
1	Catch carbon (Non-heating up)	0.028	0.0034
	Coke addition (Non-teating up)	0.025	0.0038
2	Non-heating up (Coke addition)	0.025	0.0038
	Fe-Si heating up (Coke addition)	0.022	0.0027

たこれ以下の低温では foamy な滓の生成が不十分で脱磷も促進されず、かつ排滓作業も順調に行なわれない。

b. 鋼浴成分 (C : 2.5~3.0, Si : tr, P : 0.020~0.040)

脱炭程度がこれ以上進行しCの値が低下すると噴出現象がいちじるしくなり吹錬作業が困難となる。しかし一方 Si が残存する程度で吹錬を止めると脱磷反応上好ましくないので Si は大体トレースになる程度まで吹錬を行なう。

3. 除滓の方法

吹止め後スラグの1/3は自然排滓を行ないこの間 3~4min を要する。直ちに滓かき棒を防熱板の窓より炉内へ押入、スラグが炉外に出易いように炉を適宜傾け人力でかき出す。排滓時間は約 8min, 全排滓量は約 90 % である。

次に Fig. 3 (板岡)については一般的に終点 [P] が終点温度に影響されることを低炭素鋼について過去のデータをプロットした図である。一方, Fig. 11 (板岡)の比較図における [P] について加炭法と普通法との間に有意差があるか否かに関しては Table 4 に示すごとくで、チャージ数がそれぞれの場合について10チャージ程度であるため平均値のT検定によれば有意差は認められない。しかし普通法と昇熱法においては昇熱法によれ

ば特に終点温度が高い場合に [P] に関し有利になってくるので、実際操業上は特に高温を必要とする高炭素鋼吹錬の場合に採用している。また加炭法の採用は溶銑 [P] が特に高い場合に終点 [C] を十分低下せしめ脱磷を促進せしめているので、矢張り実際操業上これを区別して採用している。

小池伸吉 (板岡講師に対する質問)

板岡講師により発表された資料の中で Fig. 3 (板岡)は複磷について吹錬終点における鋼浴中[P]と鋼浴温度より考察されている。複磷は脱酸剤合金鉄の添加により鋼滓中の(3CaO·P₂O₅)などが不安定となり、ある程度分解され鋼浴中にPが戻ると考えられる。(もちろん添加脱酸剤合金鉄に含有されているPにより鋼浴中Pが上昇することも考えられるが僅少であろう。)この複磷については発表された鋼浴温度の影響はもちろんあると考えるが次の諸点について複磷に影響があるか否か、またあればその程度をご解答願いたい。

- 1) 脱酸剤, 合金鉄の炉中および取鍋投入量の投入量比率
- 2) 吹錬終点時における鋼滓塩基度および鋼滓中(MnO), (FeO) 含有量
- 3) 鋼滓中 (P) 含有量についてシングルスラグ法の場合とダブルスラグ法の場合との複磷率の相違
- 4) 出鋼前炉中への生石灰投入による鋼滓固体化の複磷率におよぼす影響
- 5) 炉体形状, 取鍋形状 (主として鋼浴, 鋼滓接触面積) の相違による複磷率の影響

板岡講師 (回答)

純酸素転炉の出鋼時前後における複磷要因については本年4月の鉄鋼協会講演大会において発表したが、その報告において示した諸データに基づいて質問にお答えする。データは C 0.10~0.50%, P 0.010~0.040% キルド鋼約 100 チャージをとり特性値は復磷 % = 取鍋内 [P] % - 終点 [P] % とした。調査方法は IBM 7070 による重回帰分析によつた。解析結果より求めた復磷に関する計算式は Table 5 に示す通りである。すなわちこの式から次のことが判る。

1) 脱酸合金剤は復磷について有意であり、炉内 Fe-Mn は 0.0011%/100kg 程度、鍋内 Fe-Mn は 0.0008%/100kg 程度の復磷がそれぞれ認められるが、この値には投入後の時間が影響を有し、特に炉内 Fe-Mn による復磷程度は投入してから出鋼までの時間が長ければ上記の値より大きくなり、鍋内 Fe-Mn との差は大になると考えられる。Table 5 の場合の Fe-Mn 投入から出鋼までの時間はきわめて短い。

2) 塩基度 (CaO/SiO₂) および(T.Fe)は復磷を防止する傾向を、(P₂O₅)は復磷を促進する傾向をおのおの有しており、(MnO)の影響は明らかでない、(T.Fe)と塩基度の復磷防止能力を比較すると、塩基度 CaO/SiO₂ = 1.0 あげると(T.Fe)を 2% 上昇させるのとが相当しており塩基度 1.0 あげることにより約 0.0011% P 程度復磷量が減少する。

3) 鋼滓中の(P₂O₅)は他の鋼滓成分より復磷に対し強く影響しその程度は 0.001%/ (1% P₂O₅) である。またダブルスラグ法ではその最終鋼滓中の(P₂O₅)は、Table

Table 5 Factors analyses on rephosphorization
Data : killed steel
Characteristic value : rephosphorization
= ladle [P]% - end point [P]%
Calculation : multiple regression analyses
with IBM 7070

	Factors	Variables	Rephosphorization percents
Ferro-alloy	Fe-Mn (in furnace)	100 kg/ch	0.0011
	Fe-Mn (in ladle)	100 kg/ch	0.0008
Slag	Basicity (CaO/SiO ₂)	1 %	-0.0011
	T.Fe	1 %	-0.0006
	P ₂ O ₅	1 %	0.001
N.B	Slag-hardening lime	Without excessive rephosphorization	
	Shape of furnace and ladle	With little effect	

Rephosphorization formula.

$$\begin{aligned} &\text{Rephosphorization percents } (\times 10^3) \\ &= -78.20 + 5.738 \times 10^{-1} \times \text{Hot metal [P]\%} - \\ &1.346 \times 10^{-3} \times \text{burnt lime kg} - 3.878 \times 10^{-3} \times \text{Fe} \\ &\text{ore kg} + 2.012 \times 10^{-4} \times \text{Fluorspar kg} + 2.566 \times \\ &\text{end point [C]\%} - 5.436 \times 10^{-2} \times \text{end point [P]} \\ &\text{\%} + 6.356 \times 10^{-2} \times \text{end point temp.} + 3.092 \times \\ &10^{-1} \times \text{end point O}_2 \text{ press. kg/cm}^2 + 1.131 \times \\ &10^{-2} \times \text{Fe-Mn (infurnace) kg} + 8.291 \times 10^{-3} \times \\ &\text{Fe-Mn (in ladle) kg} - 6.865 \times 10^{-1} \times \text{Campaign} \\ &\text{coefficient}^* + 6.802 \times 10^{-2} \times \text{Al (in ladle) kg} + \\ &1.121 \times (\text{P}_2\text{O}_5) \% - 5.822 \times 10^{-1} \times (\text{T.Fe}) \% - \\ &1.121 \times \text{CaO/SiO}_2 \end{aligned}$$

* Campaign

1~100 : 1, 101~200 : 2

201~300 : 3, 301~ : 4

Table 6. (P₂O₅) in slag at end point and Rephosphorization in single slag and double slag method.

	(P ₂ O ₅) %	Slag weight	Rephosphorization
Single slag	2.5~2.7	5.5~5.7 t	0.003 ~0.004%
Double slag	0.3~0.5	5.0~5.5 t	None

6のごとくシングルスラグ法の最終鋼滓に比べてかなり低くスラグ中 P₂O₅ からの復燐はないと予想されるが、事実操作データからもダブルスラグ法の場合は復燐傾向は認められない。

4) 滓硬化石灰使用の有無による復燐状況について組織的な調査を行なっていないので、定量的には明らかでないが、経験的に硬化石灰を使用することにより復燐程度の極端な変動を防止することが可能である。

5) 炉体形状の影響についてはまず炉令が古くなるにつれてスラグの (FeO) が減少する傾向が、従来より当

工場においては認められている。したがってこの点よりすれば炉令が古くなるにつれて復燐も増加するはずであるが、重回帰分析の結果では全く逆の傾向を示しておりその理由は明らかでない。いずれにしても実際作業上はそれ程影響は大きくないものと考えられ取鍋形状の影響についても同様ではないかと考える。

(以下は紙上発言)

光島講師 (板岡講師に対する質問)

LD法は製鋼時間が非常に短いにもかかわらず、塩基性平炉法と同等あるいは、それ以下の低燐鋼を製造することが可能であり、とくに高炭素鋼においても、その可能性が実証されているが、高炭素鋼溶製の場合、目標炭素量の捕捉点で、すでに脱燐が完了し、しかも造塊条件によつて鋼浴温度を確保する必要がある、したがって早期の脱燐に対しては、鋼浴温度の低いこと、早期造滓および鋼浴とスラグの攪拌が十分行なわれることなどが有効と考えられるが、反面、鋼浴とスラグの攪拌を大きくすることは酸素圧および酸素流量を大にすることであり、結果的に鋼浴温度が上昇することによつて脱炭速度の方が速くなり、他面、脱燐にも不利である。そこで前述の条件を満足させるためには鋼浴とスラグの攪拌に重点をおいたハードブロー法がよいか、あるいは酸化性の高いスラグをつくるソフトブロー法がよいか、そのいずれに優位性を認められるか。

板岡講師 (回答)

鋼浴と鋼滓の攪拌を大きくすることにより他の精錬条件 (温度, (T.Fe), 鋼滓量など) が一定であれば、鋼滓による精錬反応すなわち脱燐, 脱マンガンなどの反応が促進されることは当然であつて、すでにこれらの関係については加藤りなどによつて報告されている。

一方、攪拌を強くすることは鋼浴の脱炭反応を促進し [C]-[O] の関係が平衡値に近づき鋼滓中の (T.Fe) が減少することが知られている (1962年のLD国際会議で当社より報告)。このように攪拌を強くすることは脱燐に対して相反する2つの効果を示すわけで、ハードブローとソフトブローの優位性を比較することは、この攪拌強さの脱燐に対する正負の効果を比較することに他ならない。

ここで、この比較を高炭素と低炭素の分野にわけて行なつてみる。すなわち攪拌による脱燐促進の効果は高炭素、低炭素いずれの場合も大きな差異はないが、(T.Fe) との関係は鋼浴の [C] によつて大きな差異を生ずる。まず高炭素分野においては攪拌強さの (T.Fe) に対する影響は非常に大きく、ハードブローとソフトブローの (T.Fe) の値には大きな差が認められる。このため脱燐反応における (T.Fe) の効果の差が攪拌のそれを上まわり、ソフトブローが脱燐に対しては優位性を占めるといえる。

1例 (Table 7) として当工場のダブルスラグの実績を示すと [P]0.180% 程度の溶鉄からスタートし第1期を極端なソフトブロー (ランス高さを2倍以上にし酸素吹込圧力を低下する) を行なつた場合、第1期終点では [C] 2.50% 程度で (T.Fe) 15~20% となり、[P]は 0.030% 以下にまで低下している。これを普通のハード

Table 7. Comparison between soft blow and hard blow.

	Lance height	O ₂ blowing press.	N.B	Bath and slag analysis		
				C	P	T.Fe
Soft blow	3.0 m	7.0	1st end point (double slag)	Ab. 2.50	0.020~0.040	15~25
Hard blow	1.2 m	7.0	Sampled during blow (single slag)	Ab. 2.50	0.070~0.100	10 under

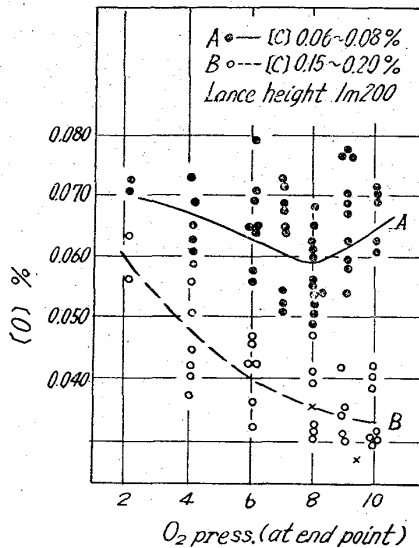


Fig. 18. Influence of end point O₂ pressure and end point [C] on [O] % in bath.

ブローで行なつた場合、第1期終点に相当するC範囲では(T.Fe)は10%以下であり[P]は0.070~0.100%程度である。この差は[C]0.2%以上ではソフトブローの優位性が認められる。一方、いわゆる低炭素分野([C]<0.10%)においてはFig.18より判るごとく[C]-[O]の平衡からすでにベースとなる[O]すなわち(T.Fe)が高い上に低圧による(T.Fe)上昇の割合が小さいので、ソフトブローとハードブローの間に脱磷対する効果の差はそれ程認められず、当工場でも低炭素鋼に対しては目標PによつてO₂圧力を変えることは行なつていない。

文 献

1) 加藤 健: 「LD転炉における脱磷の促進」

国際LD技術会議資料(東京)1962年11月

中谷講師(白井講師に対する質問)

従来転炉における脱磷と吹錬条件との関連については多くの研究が行なわれており、いわゆるソフトブローが脱磷に有効であるが、その場合極端な低圧吹きを行なうよりも、酸素流量は下げないでランス高さを高くした方が有利であることが認められている。これは一つには鋼浴の攪拌に対する影響によるものと考えられる。今回報告された吹錬条件は、通常の操業に比べかなり極端なソフトブローとなつていようと思われ、これはまた、スラグ中の(T.Fe)がC0.40%以上の高炭素領域において、22~26%と平炉における場合よりも高くなつていようからもうかがわれる。そこでこのような吹錬条

件の下で、果して鋼浴全体が均一な組成になつていようかどうか、特に炉容が大きくなつた場合に問題となるのではないかと想像されるがこの点はどのように考えられるか。またスラグ中のT.Feが高いために鋼浴もある程度過酸化の状態となつていようことが考えられるが、この点での鋼質におよぼす影響はどのように考えておられるか伺いたい。

白井講師(回答)

鋼浴の成分偏析については、すでに述べた。

過酸化と鋼質については、鋼浴中の酸素を普通吹錬の場合と比較したことはないが、鋼浴の表面吹きを強化していようので、スラグと鋼浴の酸素分配は、平衡からかなりずれていようと思ふ。吹止試料の採取は倒炉時の鋼浴ポイリングが収まつた時点で行なうので、高炭素領域で鋼浴中の酸素が特に高いとは思ふない。これは出鋼前の炉内投入Fe-Mnの歩留が、C0.20%の鋼種で約80%であるのに対し、この鋼種では約65%の歩留であることからも推定される。

したがつて、鋼質への影響は考えていない。

白井講師(中谷講師に対する質問)

脱磷率を支配する因子として、終点[C]および出鋼温度について相関関係を求められていようが、これらは確かに大きく影響する因子だと思ふ。しかし、統計的に求められた回帰式から、成品[P]を0.030%以下に抑えるための条件として、溶銑[P]0.200%以下であればよいと、そのまま導き出されるのは無理ではないか。回帰式は、ある巾のばらつきがあるものの中心値についての関係式なので、中心値だけについて論ずるのは無理で、当然ばらつきの巾を考慮しなければならないと思ふ。この点につき伺いたい。

中谷講師(回答)

お説の通り回帰式の利用には当然バラツキを考慮する必要がある。今回提出した相関関係も脱磷率に影響する要因のうち、終点[C]と出鋼温度だけを取り上げていようが、その他の要因についてもさらに解析を進める必要があると思ふ。また今回の解析では、現状でもつともCの高い範囲で、しかも出鋼温度が一番高い場合の条件についてその限界を求めたものであり、溶銑成分が0.200%P程度までは吹錬が可能だと思ふており、最悪の条件が重なつた場合には成品Pが目標を外れることも考えられる。しかし実際にはそのようなことはきわめて稀であり、現在までの試験溶解の範囲では、ほとんど問題になつていない。

板岡講師(中谷講師に対する質問)

シングルスラグ法において終点[P]をさげるために

Table 8 An example of rephosphorization.
(Sumitomo Kokura Works)

	C	Si	Mn	P	S
Hot metal	4.28	0.65	—	0.190	0.044
End point	0.42	—	0.25	0.011	0.016
Ladle	0.48	0.25	0.76	0.021	0.016

Table 9 Effect of end point [P]% and Fe ore consumption on rephosphorization.

$y_1 = a - 5.436 \times [P]$	at 1650°C (1)
$y_2 = b - 3.878 \times 10^{-6} \times x$	at 1650°C (2)
y_1 and y_2 : rephosphorization percents		
[P]	: end point [P]%	
x	: Fe ore consumption (kg)	

螢石を大量に (20 kg/t) 使用しておられるが、われわれの工場では多量に螢石を使用すると炉体耐火物および鑄鋼煉瓦の寿命が下記のごとく短くなるとともに増加がみられたが貴工場においてはかような傾向は認められないか。

螢石原単位	4.0 kg/t	5.0 kg/t
鑄鋼原単位	3.4	4.0
ドロマイト原単位	6.9	7.5

また報文中 Table 3 (中谷)に見られるごとく貴工場においては、終点 [P] を 0.011% まで下げて十分な脱磷を達成しておられる。一方われわれの工場における解析によれば終点 [P] が低くなればなる程 Table 9 (1)式に示すごとく復磷程度が大きくなる傾向にあり、またこの復磷をできるだけ少なくするために統計的解析により装入鉄鉱石使用量に下限 (500 kg) を設けて管理している。(Table 9 (2)式参照)。貴工場においては目標終点 [P] の目標値はいくらにしているか、また復磷を防止するためにとっている措置はどうか。

中谷講師 (回答)

当所では生石灰の早期滓化と脱磷の安定を目標として高炭素鋼吹錬の場合螢石を多量に使用しているが、スロッピングは確かに普通材に比べて大きくなる。ただしスロッピングについては螢石の投入方法、あるいは吹錬圧力の調節などによつて減少させることも可能で、出鋼歩

留も当初の 90.2% に比し、その後は 91.6% 程度の実績を得ている。

また、炉体耐火物および鑄鋼耐火物の寿命におよぼす影響については、1 炉代当りの出鋼回数が少ないので直接の影響は見られず、出鋼後の炉内観察では特に問題となることはないようである。

鋼種構成の変化により最近次第に螢石の平均使用量が増加してきているが、炉体煉瓦原単位および取鍋煉瓦原単位の推移は次に示す通りで、螢石使用量の増加にもかかわらずむしろ低下しており、螢石の影響はあまり認められない。

螢石原単位 (kg/t)	1.9	2.2	3.3
炉体煉瓦原単位 (kg/t)	6.5	6.2	5.5
取鍋煉瓦原単位 (kg/t)	3.6	3.5	3.2

次に復磷の問題については、種々の要因が考えられ、当然スラグ中の (P_2O_5) が高い場合に復磷が大きくなることが考えられる。そこで復磷防止のためには作業管理を十分に行なつて、出鋼に巻き込まれて流出するスラグを少なくすること、取鍋に生石灰を添加して取鍋に入つたスラグをチルすることを考えているほか、特に吹錬作業で規制していることはない。

終点の [P] は 0.020% 以下を目標にしている。

座 長

お聞きのように、LD 転炉による高炭素鋼の製造も、日なお浅く、それにもかかわらず、各社とも非常な進歩を遂げていることが分かり、大変心強く存じます。やはり、操業歴史も浅く、結論的な議論ができる段階ではありませんが、諸外国の例をみて、わが国としての高炭素鋼の分野に関する技術は相当進んできておりまた進みつつあると考えます。いづれにしても、現段階の技術はまだ初歩的段階であり、今日この討論にご参加の各位の大きなご支援がぜひ必要であると思います。

以上で、パネル討論会を終わりたいと存じます。

(附)

本討論会の開催に当つては、日本LD委員会と十分な連絡を取つて、準備を進めると共に報告書取まとめに際して、同委員会の承認を得て討論会講演および討論経過を全文掲載することにした。また今回のパネル討論会の推進および取まとめには雀部高雄、池田義孝(編集委員)、水井清、山鹿素雄(日本鋼管)、小舞忠信(鉄鋼協会)の諸氏の尽力によるところが大であつたことを附記します。