

— 特 別 講 演 —

日本鋼管における転炉製鋼法の推移概況について*

木 下 恒 雄**

Trends and Present Situations of Converter Steelmaking
in Japan Steel & Tube Co., Ltd..

Tsuneo Kinoshita

は し が き

日本鋼管株式会社においては昭和13年以来、日本式トーマス製鋼法を採用していましたが、その後昭和28年に酸素富化操業に改良し、昭和33年にLD製鋼法を採用するにいたりまして、ここに東洋唯一の特殊な製鋼法としてのトーマス製鋼法が発展的解消するにいたつた訳であります。

幸いに私はトーマス製鋼法の操業以来、現場技師として転炉とともに、約20有余年の間、転炉の焰をにらみつけ、その生長を見守つて来ましたので、ここにその間の経験なり、所感の一端を述べさせて載きます。

I. 日本式トーマス製鋼法採用の由来

古い話ですが当時 outsider であつた良間会社の日本鋼管に高炉の建設が許可され、昭和11年から本格的な鉄鋼一貫作業に移行したのでありますが、当時の鉄鋼一貫工場における製鋼法の常識としては、八幡製鉄所で採用されていた active mixer と固定式平炉の合併法がオーソドックスな方法と考えられていたのであります。そこで私はこの製鋼法について八幡製鉄所において実習して来ることを命ぜられました。幸い八幡製鉄所の諸先輩の指導よろしきを得まして充分実習の目的を達成したのでありますが、active mixer は当時の日本鋼管の状況では不要であるという結論を得ました。

一方当時の技術顧問であられた今泉博士は、かねてからわが国にトーマス製鋼法を採用すべきであるという卓見をお持ちになつていました。その理由としては、

1. 日本の製鋼法の発展が外国依存の屑鉄法偏重によつていのでこれが是正策として、トーマス転炉法を採用すべきである。

2. わが国の平炉鉄のP分0.4%をトーマス鉄のP分1.8~2.0%に高める方法として、過燐酸原料に不向

きな低品位の燐鉱石を高炉に装入してトーマス鉄を製造する。(これを日本式トーマス製鋼法と称す)

3. トーマス鉄の燐分は、トーマス燐肥として回収してこれを過燐酸肥料の代用として使用すれば、農地の酸化性を防止できるとともに過燐酸製造用の硫酸をほかの重要工業に流用できるので一挙兩得である。

4. 平炉法および転炉法は、おのおの一長一短があつて、たとえば転炉は抗張力41 kg/cm²以下の低炭素鋼の製造を得意とするから、主としてこの分野を担当し、高級鋼材の生産を必要とする場合は、平炉または電気炉と合併作業を実施すべきである。

以上の意見に対しまして、当時の学界、経済界に相当強い異論がなきにしてもあらずでありましたが、当時の社長白石元二郎氏の英断によりトーマス製鋼法が採用されるにいたつたのであります。

II. 工場設備の変遷

トーマス製鋼法の採用が決定されるとともに機械設備一式ならびに技術をドイツより輸入しまして、昭和13年に稼働を開始したのでありますが、当時の工場設備配置の面影は現在のLD転炉工場にそのまま残つています。すなわち図-1. はトーマス工場当時の設備配置の一部を改造した現在のLD工場の設備配置図であります。

トーマス法採用当初は、月27,000tのトーマス鉄処理を目的として、20t転炉3基、これに伴う付帯設備一式をドイツに注文したものでありますが、その後3基の転炉は、5基に拡張され、さらに近年にいたつて、そのうち2基の転炉を撤去して、40tのLD転炉2基を設置しました。

混鉄炉は当初550t1基であつたものが、その後2基

* 昭和35年4月、本会東京大会にて香村賞受賞特別講演

** 日本鋼管株式会社川崎製鉄所副所長

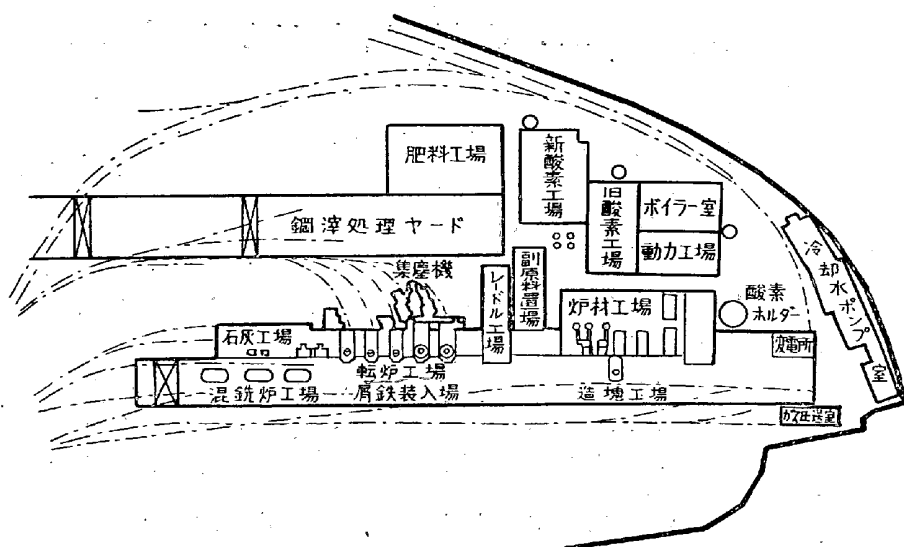


図-1. 転炉工場設備配置図

となり、現在は3基稼働中で、平炉、転炉共用としております。

造塊工場は、転炉を5基にした時に倍に延長しましてまた第2レードル工場は電気炉用でありましたが、電気炉(20t)は、爆撃により撤去したままになっています。炉材工場は、最初フレットミルおよびベルミル各1基でありましたが、転炉が5基になるとともにその内容を充実しまして、現在は余力が充分あるので、水江の転炉の築炉も併わせて実施している状態です。

肥料工場は現在LD転炉の鋼滓処理場として使用しています。

酸素工場は戦後、始めに2,000m³/hの発生機を設置して、酸素富化操業を行ない、LD法採用とともに4,250m³/h設置しましたが、現在2,000m³/hの発生機は主として平炉用として使用しています。

そのほかの設備上の変遷としては、除塵器、冷却塔などの設置あるいは起重機の新設、建屋の補強などがありますが大きな変化はありません。

III. 炉体および煉瓦積の推移

1. トーマス転炉

トーマス転炉の裏付けは、焼苦灰と無水タールの混練物からなり、炉体の構造は、図-2. に示すとおりであります。

創業当時の問題点の一つとして、日本産ドロマイトのMgO%がドイツのものに比べて低いことが挙げられました。これについて日本産でもよいという説とまたこれにMgOを混ぜればよいという説がありましたが幸いに、満洲産のドロマイトのMgO%が高い(約40%)

士が現場に来られて、丁度現場に置いてあつたいわゆる「焼不良」と称するドロマイトを見つけられて、ドイツ人の見ている前で、そのドロマイトを私の足元にたたきつけて「何を管理しているのか」と叱られました。このことは今泉博士がいかにトーマス法を成功させるのに真剣であつたかを物語る一つの逸話であると思います。

2 LD転炉

LD転炉は、20t トーマス転炉の基礎をそのまま利用しましたので、なるべく大きな炉体を作るためにオーネ、トラニオン、リング(バンドのないもの)形式を炉体の外殻として採用しました。また炉底をクローズド、タイプにするか、取外し形式にするかについては議論の岐れ目がありますが、修理を簡単にするために、取外し形式を採用しました。

炉体煉瓦積方式の特徴としては

① 大きな焼成煉瓦を炉底に設置したこと。

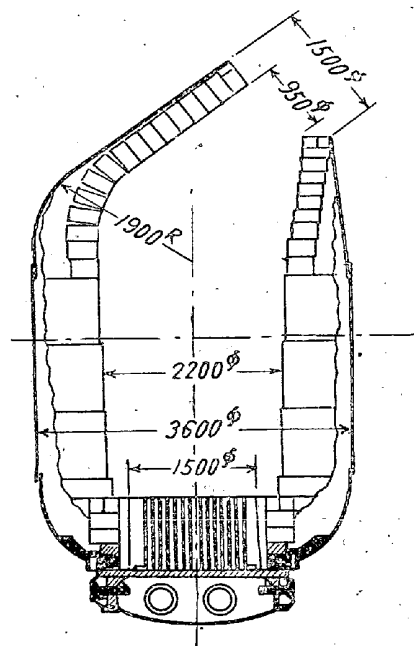
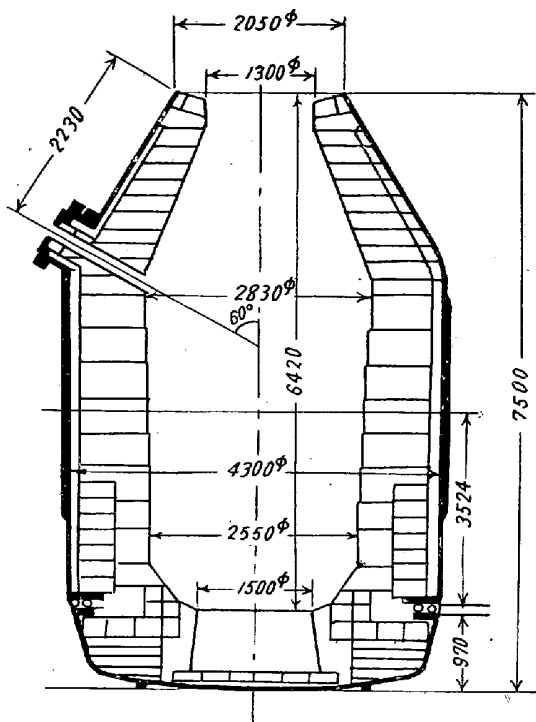


図-2. トーマス転炉の炉体構造



図—3. LD転炉の炉体構造

② マグネシヤ煉瓦を使用しないで最初からドロマイ
ト煉瓦を使用したこと。

の2点があります。創業当時はオーストリーのマグネシヤ煉瓦を使用することを盛んにすすめられましたが、私は日本産ドロマイトで充分耐るという確信を持っていました。これは1にトーマス転炉における長年の経験と、いかに純酸素製鋼といえども、ドロマイトの耐火性が耐えられないほどの高温精錬の必要性はないと考えたことなどによるものであります。また日本製のマグネシヤ煉瓦とドロマイト煉瓦とを使い分けして試験を行なつて見ましたがドロマイト煉瓦の方が遙かに良い結果を得ております。

最初はLD転炉の炉体命数の予想を固くふんで、150回程度としていましたが、いざ実際にやつて見ましたところ、予期に反して現在300~400回の命数を得ており満足すべき状態にあります。炉体の命数如何は製鋼能率に影響するところ大でありますから、これをできるだけ延ばすように努めなければなりません。炉体命数延長の一手段として、トーマス転炉操業当時マグネシヤをドロマイトに混ぜて使用することを研究しましたが、その当時はマグネシヤをただ単に物理的に混ぜただけでは駄目だという結論を得ました。これは現場での粗雑な研究であつたから成功しなかつたものと思われるので将来はこの方法について大いに研究の価値があるように思つています。

IV. 吹錬作業の変遷と鋼質の改善

1. トーマス転炉操業と熔銑成分

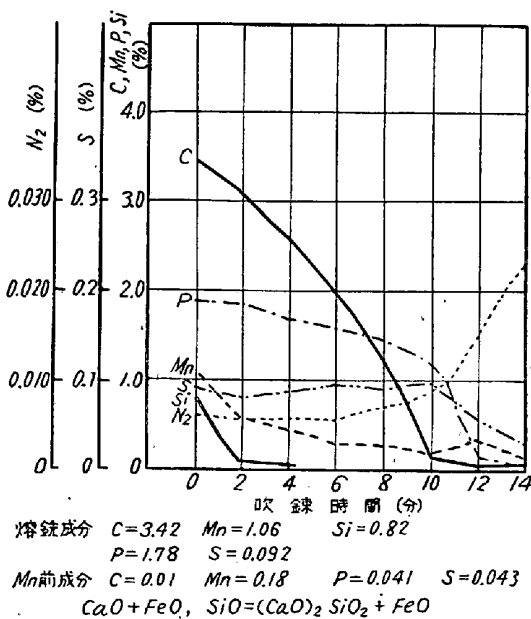
トーマス製鋼法を採用するに際して、念のため、ドイツの Demag, G.H.H., Krupp などの諸会社の冶金技術者の意見を求めたのでありますが、彼らの一致した意見は、「ドイツにおけるトーマス法の成功は低珪素のトーマス銑製造に負うところ大であるから、日本に採用して成功するには先ずドイツなみの成分の熔銑を得ることが必要である。特に Si は重要であつて、Si が 0.4% 以上の場合、煉瓦積の命数が低下するのみならず、噴出物が増加して出鋼歩留がいちじるしく低下して不利である。かかる場合は、むしろ平炉銑を製造して active mixer と平炉の合併法を採用すべきである」と称していました。すなわち具体的実例としては当時英国の Appleby においては低珪素銑の製造ができないので一時トーマス転炉を中止して、active mixer と傾注式平炉との合併法を行なつていたし、またさらにそのわれわれより少しさきに英国の Corby では G. H. H. の技術すなわち低珪素銑の製造とトーマス法の技術を輸入し現在にいたつています。かように低珪素銑を使用することがトーマス法を行なう前提条件となるのでありまして、表—1に示すようなドイツの各工場(A~E)におけると同程度の低珪素銑をわが社でも得られることを前提として発足したのであります。

しかしながら昭和13年操業開始した頃はすでに国際状況が悪化し、高炉の原料事情も悪くなつて参りまして、規格成分とおりの熔銑が得られず、表—1に示すSi 0.61%程度の熔銑を使用しました。

表—1. ドイツ(A~E)および日本鋼管のトーマス銑成分の実例。

工場別	炭 素	珪 素	マンガン	燐	硫 黄
A	2.90	0.21	1.13	2.00	0.052
B	3.50	0.35	1.20	1.85	0.060
C	3.65	0.28	1.25	1.95	0.055
D	3.00	0.57	0.85	1.65	0.065
E	3.00	0.20	1.30	2.70	0.040
N.K.K	3.48	0.61	1.03	2.07	0.066
〃	3.5~4.0	0.2~0.4	1.0~1.3	1.8~2.0	0.07

トーマス転炉の吹錬経過は、図—4に示すごとくで、熔銑の配合 100~150 kg/t、送風圧力 1.8~2.0 kg/cm²、送風量 400 m³/mn (理論値の1.2倍)、で吹錬時間は14分程度であります。吹錬途中熔の具合を見て冷却剤を入れますが鋼塊t当り25%の鋼滓と89%程度の良塊歩留が得られ熱効率40%となります。

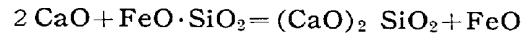


図—4. トーマス転炉吹錬経過

普通トーマス鋼の成分は、C 0.10% 以下、N 0.010~0.020%, P 0.040~0.090% 程度で、P の高いことは [O] を少なく保つのに役立つので P を 0.040% 程度まで下げるにとどめたわけです。吹錬過程で興味ある点は、C 0.01~0.02% に下つてから P が急激に下がるからこの時間以降は磷吹き（またはあと吹き）といい、それ以前を C 吹き（または前吹き）といいます。そのあと吹きで P を燃焼するときには酸素の不足を来たすので Mn が還元される現象 (Mn-buckel) を示す。しかしこれも長く吹き過ぎると酸素が増加するので P が 0.040% になる程度のところで吹き止めるのであります。なお Mn-buckel の現象を利用して Cr 鉱石を磷吹きの少し前に装入すれば同様に Cr は 40% 程度還元され、いわゆる Cr ベースシートバーの製造が可能となります。

2. 熔銑 Si の上昇と珪素吹き作業

さきに述べたごとく創業当初から熔銑の Si は比較的高かつたので、当時技術指導に来ていたドイツ人は、特に Si の高い熔銑を受け入れませんでした。われわれは国策という少し大げさですが、少なくとも会社経済の面からしてもかかる杓子定本の製置を遺憾として強く反対し、対策を練りましたが Dürer の Metallurgie des Eisen と Rister の Practical Steel Making を参考にして遂に「珪素吹」と称する吹錬法を提案するにいたりました。すなわち吹錬初期の滓は酸性であつて、温度が上昇して石灰が熔解し塩基性に移行する際に、滓はまだ流動性の低い状態にありましてつぎの反応が起り



この反応によつて遊離した FeO が装入物中の C に急激に作用して突沸現象を起し、歩留不良の一大原因となります。これは、Auswurf と称して約 1 t 以上の熔鋼の損失を来すこともあり実にすさまじいものであります。したがつてこれが対策として、トーマス銑の場合ばかりでなく、平炉銑を吹く場合でも Si 0.5% 以上のときは最初石灰を装入せずに吹いて C の燃焼開始とともに炉を倒して炉内の珪酸滓を排出してから吹き上げ石灰を装入して本格的な吹錬に移るようにしたわけであります。これが珪素吹きであつて、この除滓をやるのとやらないのとで数%の歩留の差を生じます。この珪素吹きの作業方法もその後銑鉄の Si% が上昇するにつれて、いろいろと改良されました。すなわち、

① 高 Si の時は屑鉄を装入して C の燃焼を押えて Si の除去を促進する。

② 極く少量の石灰を装入して酸性滓中の CaO% を若干多くして Mn の燃焼を押える。

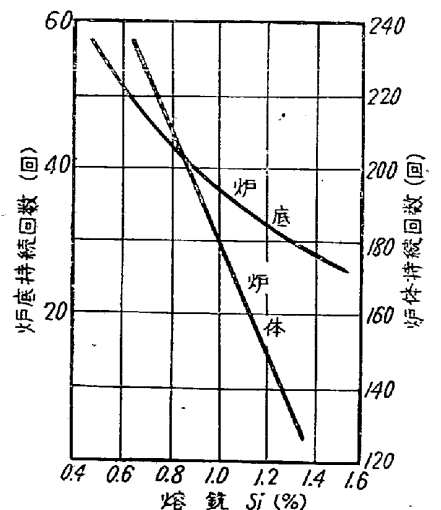
③ 熔銑の P% の低い時は珪素吹きの時に磷鉱石を入れてやると滓が酸性のために P が銑鉄中に還元され、あと吹きでふたたび滓中に戻り肥料（滓）中の P% が高くなる。

などであります。またこの珪素吹き作業はさらに後述すをごとく平炉銑吹き作業を可能にしたのであります。

3. 戦争末期における熔銑成分悪化と操業中止

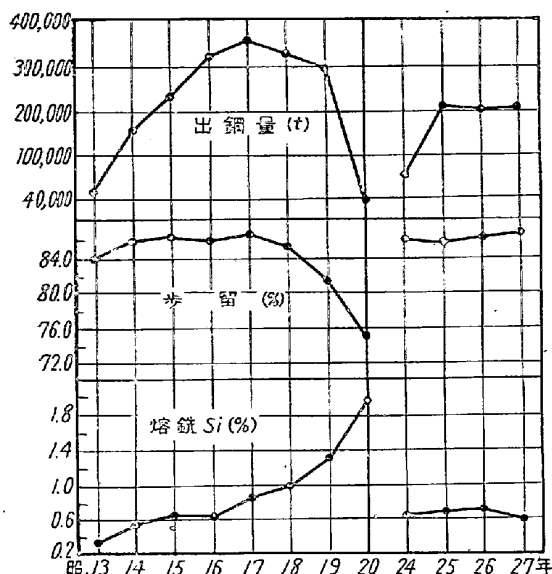
前述のように創業以来珪素吹き作業を実施して来ましたが、戦争が進むにつれて逐年、驚異的に銑鉄の Si が上昇して参りまして図—5 に示すように、昭和20年には Si 2.0% 程度にまで達したのであります。

かように異常な銑鉄 Si% の上昇に対してはいかに



図—5. 転炉炉体寿命におよぼす銑鉄 Si% の影響

珪素吹き作業を上手に行なつても歩留低下および炉体寿命の低下を防止できないのでありまして、歩留の低下状況は図—6 に示すごとく昭和 20 年には 75% 程度まで下りましたし、また吹体寿命に関しましては図—6 に示



図—6. 転炉鉄の Si, 歩留および出鉄量の推移

すどとき傾向となり極端に短い命数となりました。

また、さらに炉体修理は普通 60 時間程度でできるものが実に 1 週間を要しても疲労困憊のために完成しなかつたというような状態になりまして昭和 20 年 7 月頃に遂に終戦を待たずに、矢尽き刀折れてトーマス転炉の操業を中止したのであります。

4. 戦後におけるトーマス転炉操業の再開と欧洲におけるトーマス鋼改善の動向

戦後トーマス転炉操業が再開されたのは、昭和 24 年でありまして、その当時は戦後の影響から屑鉄安の鉄鉄高であつて、鉄鉄を主原料とする転炉にとつては不利な立場にあつたわけでありまして。この悪条件下でわれわれは経済的の面を考慮するとともにもう一つは平炉に太刀打ちするために鋼質の改善に力を入れました。経済的な面では、トーマス鉄の代りに平炉鉄を吹くことで再開しました。すなわち最初は、あり合せの平炉熔鉄を使用して転炉の稼働基数を徐々に増加して行き一応全基が揃つてから高炉でトーマス鉄を吹くようにしました。一方鋼質改善の問題であります、戦後われわれが操業を再開した頃、外国の文献がしだいに容易に入手できるようになつて来た時期でありまして、この時われわれが大いに感銘を受けたことはわれわれが終戦直前に矢尽き刀折れて遂に倒れた頃にトーマス法の先進国のドイツにおいては、すでに鋼質の改善に関する研究を実施していたこととあります。すなわち西欧においては第 2 次大戦後を契機として転炉鋼を、平炉鋼に代用させるために低 P, 低 N 鋼の製造に関する研究が着々と進められ成果を収めていたのであります。

トーマス転炉鋼の鋼質の特徴は C を下げやすいから低

炭素の鍛着性の良いスケルブ材としては平炉鋼よりも優れているし、また切削性も良いので、快削鋼を多量に出鋼しました。なおトーマス鋼は N および P % が高いから同一 C % の平炉鋼よりも抗張力が約 7 kg/cm^2 程度高いのが普通であります。

キルドおよびリムドの薄板材も大量に出鋼しましたが厚板材になると熔接の際、熱的な時効が促進される欠点がありまた強度の冷間加工に対しては脆性が現われます。

かようにトーマス鋼には長所も短所もありました。これが救済策として戦前には平炉または電法炉との合併法を実施しましたが、やはりトーマス鋼の進出には一定の限度がありました。したがつてこの対策として前述のごとく西欧においてはトーマス鋼の鋼質改善に、いち早く着手していたのでありまして、その概要を申し上げますと、先ず G.H.H. の Graef によつて HPN 鋼の製造が成功しました。これは低温吹錬による低 P, 低 N 鋼の製造法あります。

Huckingen の Bading によつては MA 鋼の製造が行なわれましたがこれは横吹きの特ーマス法でこの方法は昔のトロップナス転炉の原理を真似たものであります。

これと同様の趣旨で、August Thyssen では Kootz が Trommel Converter を作りましたし、米国でも同様な考え方で平炉鉄を対象とした Turbo Hearth が研究されました。

低窒素鋼を作るには送風中の N の分圧を低くすればよいので O_2 を送風中に富化すればよいことは誰しも考えたことでドイツでは戦前から Maximilian Hütte で O_2 富化法が行なわれていました。これは熱的な効果をねらい屑鉄を多く使えるようにしたものであつて、この方法から戦後、 O_2 富化の程度は理論的には 100% 富化が良い訳であります、炉底保護の見地から 40% 富化をもつて限度としています。

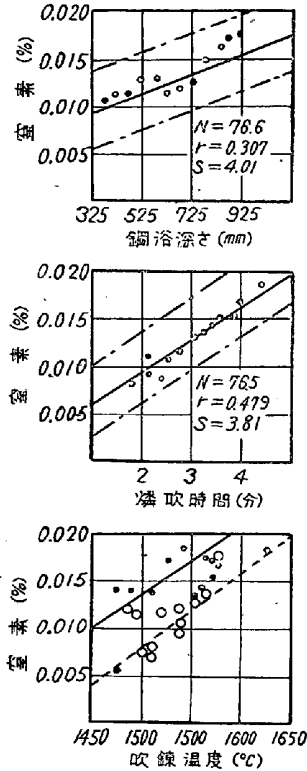
しかしこの壁を破つて Haspe の Kosmider は純酸素に水蒸気を混合する方法 (純 O_2 1.0 に対して水蒸気 1.5 が丁度熱的に普通の空気吹込みと同じになる) が実施され、そのほか Dortmund とベルギーの Ougree で純酸素に CO_2 ガスを混合して吹錬する方法も出現しました。

そのつぎに、LD 法が出現したのでありますが、これは Dürrer, Schwarz, Cuscoleca, Trenkler, および Rösner などによつて研究されオーストリーで発展したもので皆さん御承知のとおり非常に簡単な方法でありま

して、送風室口を炉体から離して水冷ランスで上から純酸素を吹きつける方法です。

そのほか 100% 酸素を使う方法としてスウェーデンの Kaldo 法（高磷銑を対称としたもの）あるいは G.H.H. の Graef による Rator 法が考案されたのであります。

西欧におけるかような状態に対して戦後昭和 24 年に操業再開したわれわれは大いに刺激されまして、トーマス鋼の鋼質改善に日夜努力を重ねたしでありましたが、前述したような先覚者の文献に負うところが非常に大きかつたのであります。すなわちわれわれは文献の内容を参考としていろいろな実験をやりましたが結局われわれの実験結果も彼らのいうとおりとなりまして鋼浴の深さ、吹錬時間および吹錬温度などの鋼中窒素量におよぼす影響は図一七に示すような関係になりました。



図一七. 吹錬時間、鋼浴深さ温度と窒素の関係

先ず第一に鋼浴深さについては 20 t 炉を 16 t 転炉として Sharrow Bath として操業を行なうようにしましたし、吹錬時間については鉄鉱石と石灰石を使用して短縮を計りまたさらに吹錬温度については温度管理を厳重にしてできるだけ低温吹錬をやる方針をとりまして図一七に示すように窒素を低くしました。

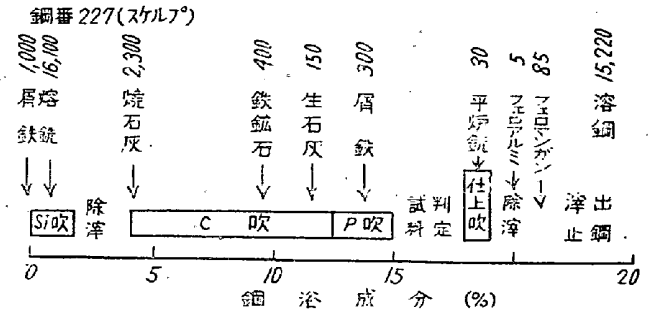
図一八が戦後われわれがとつた作業標準であります。

昭和 28 年酸素発生機の設立を行ない酸素富化操業を開始しましたがこれによつて熱的な余裕ができて、平炉銑を大量に使用できるようになりました。

酸素富化による平炉銑吹錬経過は図一九に示すごとくでありまして、熱的余裕ができたのでホタル石を使用することによつて Mn の高い低 P 鋼を製造することができるようになりました。

吹錬過程としてはトーマス法と最終的な LD 法の間を行なっていることは興味ある点であります。

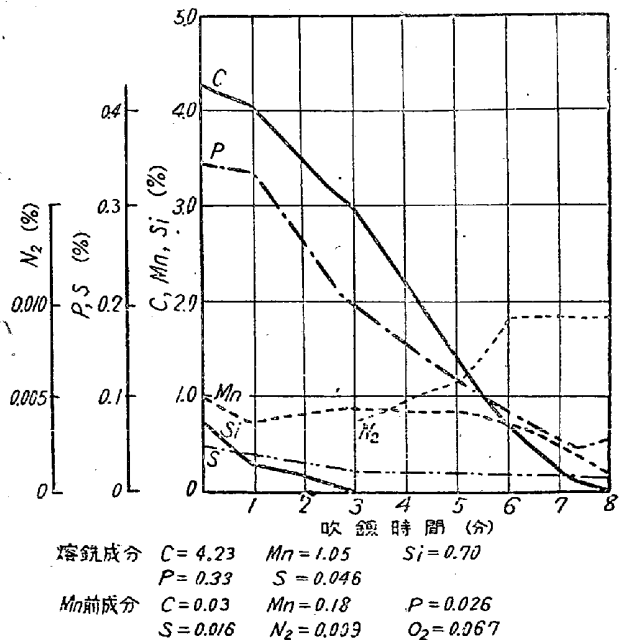
酸素富化による平炉銑吹錬によつて生産された鋼塊 t 数は約 92 万 t でトーマス転炉でかように大量の平炉銑を処理したのは世界にその類を見ないでありましょう。



鋼浴成分 (%)	C	Si	Mn	P	S	O ₂	N ₂
トマス溶鉄	3.68	1.03	1.32	2.095	0.052	—	—
Mn 前	0.02	tr	0.18	0.041	0.014	0.093	0.010
素鋼	0.07	"	0.37	0.056	0.014	0.063	0.010

鋼滓成分 (%)	SiO ₂	TiO ₂	MnO	CaO	TiFe	FeO	Fe ₂ O ₃	MgO	Free CaO	Free CaO
Mn 前	7.89	15.34	5.36	48.38	12.76	10.75	6.13	2.35	16.95	15.48

図一八. トーマス銑吹錬の作業標準と鋼浴および鋼滓成分の変化の代表例



溶鉄成分 C=4.23 Mn=1.05 Si=0.70
P=0.33 S=0.046
Mn前成分 C=0.03 Mn=0.18 P=0.026
S=0.016 N₂=0.009 O₂=0.067

図一九. 酸素富化による平炉銑吹錬経過

しかしながら酸素富化による平炉銑吹錬によつて得られる鋼の鋼質にも一つの限度がありまして、当時の鋼塊サイズは 1 t の小鋼塊でかつ下注ぎ法によつて造塊していることと、しかも 20 t の小型炉であることからある程度的高温精錬を必要としたので N を徹底的に下げることができなかつたのであります。

したがつて P および N の点で完全に平炉鋼に匹敵するところまでにはいたらなかつたので、温度を上げて P も N も高くないといわれていた LD 法に非常な魅力を感じ、その早期採用の必要性を痛感したしであり

ます。

6. 上吹き法の予備実験

話は少し前後しますが、昭和 26 年 7 月に私は戦後のヨーロッパにおけるトーマス転炉法の発展についての視察を行なうために洋行しました。この当時のヨーロッパは酸素富化によるトーマス法の発展と上吹き法に関する研究が進んでいると考えられていた時期であります。しかしながら実際にヨーロッパへ行つて調査して見ますと上吹き法はすでに研究段階を終りそろそろ建設段階に入ろうとしていた時期でありまして、G.H.H. のブレー氏に会いましたら彼は上吹き法を日本鋼管で採用したら日本鋼管の株を買おうと欲していた位に上吹き法の優位性を認めていたのであります。

またこの時に DÜRRER 博士にもお会いしたところ、上吹き法の採用について大いに賛成し、彼は転炉法の実際の発見者は日本人であるといっていました。(Bessemer より 300 年前に日本で Bessemer と同じことを行なっていた旨 Voyage and Travel (1669 年) s. 160, (London) という本に記載されている。)

かような訳で私も上吹き法に対する従来の信念をさらにかためまして帰国後、昭和 27 年に上吹き法の予備実験を行なつたのであります。

この実験を行なうとともに LD 法をできるだけ早く採用しようといろいろ努力したのであります。日本鋼管としては第 1 段階として底吹き酸素富化操作を行なうことに決定しました。しかしその間に実験した LD 法に関する 1~2 のデータをここにごひろうして見ます。

(1) 普通法

表—2 に予備実験の結果を示しましたがこれは昭和 27 年 20 t の鋳鍋にドロマイト煉瓦をライニングして炉体のかわりとして実験したものです。この実験結果から得られたことは上吹き法の優秀性が認められたこととドロマイト煉瓦を使用することについての確信を得たことの 2 点であります。この実験は LD 法採用に対する社内の PR 用にやつたものでありまして私としては大いに LD 法採用を早くから唱導していたのであります。しかし Linz および Donawitz では熔銑の P が 0.400% 程度でも吹錬できるとは称していましたが実際には彼らは非

常に低 P の熔銑を使用して上吹き実験をしていたことから考えて私は一抹の不安を持っていました。これに関しましては私は冶金屋の常識として、平炉でも古くは Höschke 法があつたごとく Double slag 法でやればよいと考えました。しかしなお念のためつぎに示すごとき実験を行なつて LD 法再開に備えたのであります。

(2) 石灰吹込法

トーマス法の改良法にフランスのペラン法があります。私はこの原理を応用して LD 法と組合せて強制脱 P ができるはずだと考えましてつぎのような実験を昭和 31 年に行ないました。

使用容器は LD 法の実験と同様に 20 t 鋳鍋にドロマイトのライニングを行ない、装入原料として、熔銑 5 t 石灰 160 kg、ホタル石 20 kg を前装入と蓋をして、上から 3/4~1" φ のランスを突込んで酸素圧力 6~8 kg/cm² として酸素と一緒につぎの成分の粉末を吹込んで見ました。すなわち

粉の焼石灰: 3, ホタル石: 1, スケール: 1

の割合で 85 kg 入れました。この実験の場合はさきの実験と異なり、熔銑を鋼にするまで吹きませんでした。滓は非常にフォーミング状となりまして、表—3 に示すごとく滓の塩基度 (=CaO/SiO₂) あるいはまた遊離石灰分が低いにもかかわらず P は驚異的に除去されました。これは現在の ARBED の LD-AC 法または IRSID の OLP 法に相当するものでありますが当時私は、これは当然 LD 製鋼法の一部をなすものと考えたものでありますからあえて法的の処置をとらずに放置したものであります。

7. 当社における LD 製鋼法の採用と操業成績の推移
川崎製鉄所の LD 転炉の設備は前述したとおりであります。昭和 33 年 1 月に操業を開始しました。

創業当初の特色を列挙しますと

① 社内で特別の銑鉄を製造しないでありあわせの P 0.300~0.400% の平炉銑を吹錬したこと。

② 炉体は日本産のドロマイト、ライニングを行ないマグネシアを使わなかつたこと。

などであります。

かような方法で LD 炉の稼働を開始するとともに一方

表—2. 上 吹 き 法 の 予 備 実 験 結 果

成分%	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	O ₂	N ₂
熔 銑	4.14	1.07	1.19	0.383	0.069	0.17	0.15	—	—
珪 素 吹	4.04	0.37	0.56	0.356	0.059	0.17	0.14	—	—
マンガン前	0.03	tr	0.13	0.034	0.027	0.19	0.07	0.061	0.003
造 塊	0.08	〃	0.30	0.031	0.023	—	—	0.033	0.002

表—3 石灰吹込による上吹き法予備実験結果

例. 1 熔銑および滓の成分変化

	C	Mn	P	S	Si	CaO	SiO ₂	T.P ₂ O ₅	MnO	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃
0	4.52	1.19	0.351	0.051	1.68							
1	3.78	0.38	0.119	0.045	tr	31.97	24.76	3.33	15.73	11.11	12.00	2.56
2	—	—	—	—	—	27.76	18.68	3.49	9.98	22.06	24.28	4.56
3	3.13	0.33	0.076	0.042	tr	26.29	18.26	3.27	6.49	26.08	27.59	6.63

例. 2 熔銑および滓の成分変化

	送酸時間	C	Si	Mn	P	S
0	—	4.55	0.94	1.11	0.319	0.040
8	6'	3.90	0.09	0.23	0.103	0.032
9		4.03	tr	0.20	0.103	0.030

	SiO ₂	T.P ₂ O ₅	T.Fe	FeO
1	4.55	0.46	1.36	0.92
8	24.44	3.16	18.92	22.86
9	24.54	3.42	18.27	23.13

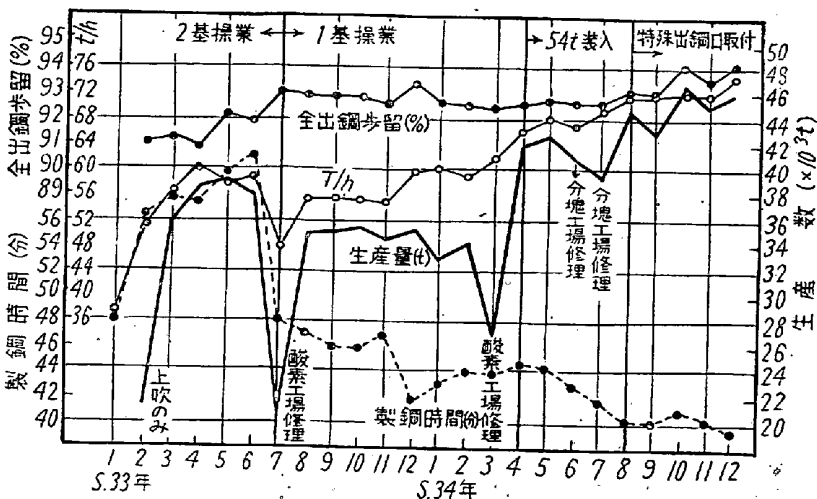
	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	Free CaO	
				1	2
1	0.92	0.27	84.77	78.82	75.68
8	1.64	9.77	26.12	—159	23.61
9	1.54	9.77	26.41	—1.76	23.83

ではトーマス転炉で平炉銑を吹錬しつつ合計の生産量を落さずに円滑に作業の移行を行なうことができました。

最初のLD転炉の予定は 35,000 t/M の生産量でありましたが、その後 50,000 t/M までに生産量が上昇したのも特色の一つであります。その間の操業成績の推移状況は図—10に示すとおりであります。

すなわち、

- ① 炉体に出鋼口をとりつけたこと。
- ② 炉体の内容積が 32m³ で比較的小いにもかかわらず



図—10. 純酸素転炉稼働後の生産状況の推移

ず 42 t 装入を 54 t 装入に増装入したこと。

などにより図—10に示すごとくその製鋼能率 (t/h) はしだいに上り生産量も上昇する満足な結果を得ているしだいであります。

8. LD製鋼法採用による鋼質改善

LD法が採用されてからその製造鋼種の範囲はトーマス法時代に比べて大巾に拡大されるとともに、その鋼質についても平炉鋼に優るとも劣らざる成績を収めておりましてさらに特殊鋼の分野にも進出しつつあります。しかしかようなLD鋼の進出に対する難点は JIS そのほかの規格に平炉鋼でなければならぬと限定されている鋼種があることぐらいであります。

LD鋼の優秀性の実例を示すと先ず図—11のごとく鋼中の O₂ および N% がきわめて低く O₂ については図から解るように平炉鋼よりもハミルトンの平衡曲線に近接しています。

また磨棒鋼および中炭素キルド鋼 (C=0.30%) の吹錬も行なっていますが表—4 に示すごとく良好な鋼の成分および機械的性質を示しています。

さらに厚板材の熔製試験も行ないましたが図—12に示すごとく従来のトーマス鋼の欠点であつた、衝撃値および脆性はともに良好な値を示し、現在その規格化をロイドに申請中であります。

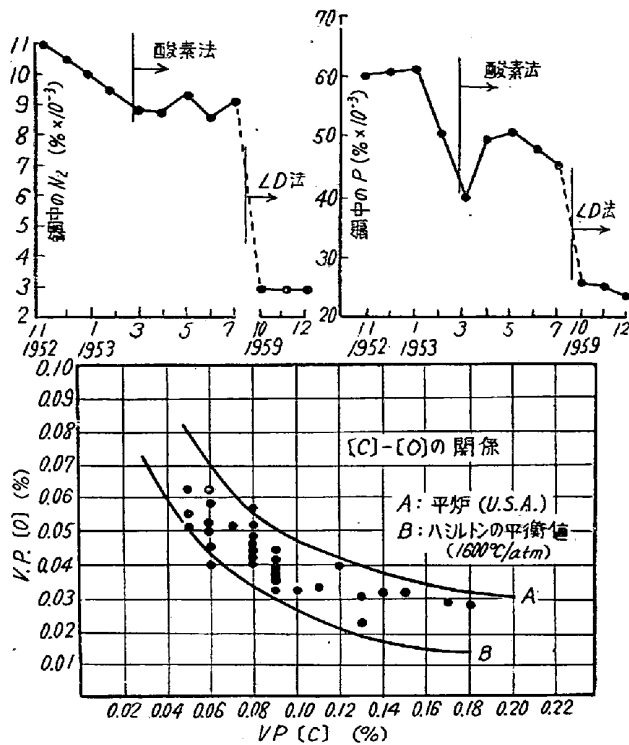
かようにトーマス鋼時代のわれわれの悩みであつた鋼質の諸問題もLD法によつて一挙に解決されたのであります。

所 感

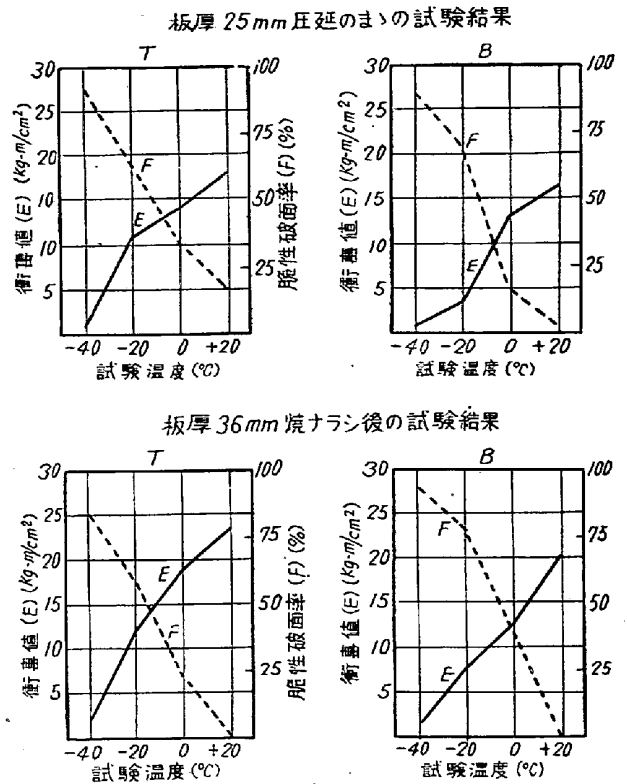
私は以前米誌が米国の転炉のことを *Step child* と評し、これを今後見直して育成すべきであると書いてあるのを見たことがあります。

一方西欧においては必ずしも *step child* 的な取扱は受けていなかったものでありまして、その一番弱点とする脆性の改良に努力を集中して数多くの新製鋼法を生み出したのであります。これら西欧の技術者の一群に対しまして私は心から敬意を表するものであります。

日本鋼管はそれらの新製鋼法の中で一番の *prosperous child* とも考えられるLD法を採



図—11. トーマス法とLD法の鋼中ガス含有量の比較



図—12. LD鋼の厚板材についての確性試験結果

表—4. LD鋼の磨棒鋼および中炭素キルド鋼についての試験結果

使用熔銑成分						
材 質	C	Si	Mn	P	S	Cu
MR—2	4.39~4.70	0.53~0.79	1.01~1.09	0.313~0.343	0.029~0.044	0.09~0.10
MR—3	4.34~4.43	0.64~0.77	1.02~1.10	0.260~0.339	0.032~0.039	0.08~0.09

鋼 成 分								
材 質	Vor Probe %			Gieb Probe %				
	C	Mn	P	C	Mn	P	S	Si
MR-2 (転)	0.12	0.23	0.020	0.15	0.36	0.023	0.018	tr
MR-2 (平)	0.14	0.47	0.010	0.14	0.47	0.010	0.020	tr
中炭素キルド鋼	0.157	0.266	0.032	0.296	0.535	0.035	0.016	0.21

機械的性質							
試 料	製造法別	降 伏 点 kg/mm ²	引張り強さ	伸 び %	ブリネル硬度	備 考	
素 材	転 平	28.0	40.0	35.3	102	13mm φ	
	炉 炉	28.0	38.9	34.5	104	13 "	
引 抜 材	転 平	—	54.5	12.1	131	10.3 "	
	炉 炉	—	55.8	11.4	134	10.3 "	
中炭素キルド鋼	転 平	37.8	54.3	24.7	—	—	

用することにより従来のトーマス法の弱点を一挙に解決致しまして、製造鋼種の巾を拡げ、かつまたその生産性を活用し平炉ならびに電気炉と堂々たる太刀打が可能となつたことを確信しています。

かようにLD法は製鋼界の発展に資するのみならず、さらに日本の製鋼界に新しい局面を展開せしめることを信じて疑わないしだいであります。

(昭和 35 年 6 月寄稿)