

## 講 演

### 近年における冶金方法の進歩\*

—特に酸素製鋼法の特性について—

オトウイン・クスコレカ

(by Otwin Cuscoleca)

わが敬愛なる紳士淑女各位ならびに日本鉄鋼協会々員諸君!!

なにか新しいこと、あるいは重要な問題を論ずるときに、資料として適確な数字を提供するのでなければ自分とおなじ技術者諸君の前に出るべきではない。というのが技術者の信条でなければならぬと存じます。しかるに本日、私はこの信条をすてて皆様の前に立ちましたが、これから申述べます私の自由な論旨は、過去数十年間の技術的進歩に関する単なる物語であり、かつまた、われわれが製鉄所における進歩をどうみているかということの一つの見方としてお聞き願いたいと存じます。私はまず第一に、日本鋼管株式会社に対しまして、私を日本へお招き下さったことに心から御礼を申し上げねばなりません。なおまた、私のよき友人であられる望月常務殿に対しましては、皆様の前で講演するようおすすめ頂きましたことを厚く御礼を申し上げねばなりません。

諸君!! われわれが技術進歩の歴史を概括的に観察いたしますと、この技術上の進歩は、特別の事情が人類をその方向に強制した時、たとえば戦争中とか、物資不足の場合とか、はげしい競争のある場合あるいは需要がことさら熾んな時などにとくに強く行われた事実を認めねばなりません。

競争の激烈な時あるいは需要が非常に多い時には、大抵の企業家はその生産が最も経済的に行われるように努力いたします。これら企業家は、生産増強を流れ作業の方法によりあるいは設備のいちじるしき増強または単一製品のできるだけ大量の生産等により達成するのであります。しかし艱難困窮の時には人間はいかにすれば、またいかなる方法によれば新しいものが造れか、あるいはまたその目的をいかにすれば達成することができるかについて考えるようになります。また、その場合、人々は従来知られておつた方法以外によい方法はないだろうかと考えはじめるものであります。戦争はすべての進歩の父なり、という古い諺があります。そしてそれには、ある意味でたしかに一派の真理がふくまれておると思いま

す。最近冶金学もまた新しき途を行くかのごとき徴候があるようであります。

われわれがいま、製鉄業者の製造方法について概括的な観察をいたします場合、第一に高炉からはじめねばなりません。最近百年間における高炉の進歩は、木炭からコークスに代る時に一大飛躍をいたしました。高炉自体も次第に大きな能力単位に発達しました。たとえばソビエトの日産 2,300 t 高炉が知られております。人々は高炉を鉄石から鉄鉄を造る一つの経済的道具として発達せしめ、また、その高炉については廃瓦斯の熱量を完全に利用するまでになつております。第一次欧州大戦当時のコークス欠乏が端緒となつて、コークスの不足な国々、たとえばノルウエー、スウェーデン、イタリおよびスイスでは電気低シャフト炉の発達が促進され、また、それを実地に利用するに到りましたが、日産鉄鉄 200 t におよぶほどの大単位の炉に発展しつつあります。最近では低シャフト炉において吹込空気の代りに酸素を用ゆる試験が好成績を挙げつつ実施されております。たとえば、アルピネ社自身 C.N.R.M. (国立中央冶金研究所 Centre National de Recherches Métallurgiques) の会員であり、この研究所はベルギーのリエージュ市に低シャフト炉を操業しております。アルピネ・モンタン社もコークスを使わずに鉄鉄を造る方法について試験を行い好成績を収めております。この外にも鉄鉄を造る方法として他に一連の試験があり、ここでは詳細に涉つて説述することはできませんが、これらの方法は皆様もたしかに御承知のことと思います。それらの製鉄法には最近いちじるしく皆の注意をひいているレン法やスツルツエルベルグ法およびルハツテイ法その他があります。

鋼の製造方法につきましてはまず最先にベセマー法とトーマス法を挙げたいと思います。ベセマー法は 50 年

\* 1956年5月24日、東京大学において日本鉄鋼協会のために講演

\*\* ウィンおよびレオーベン市オーストリア・アルピネ・モンタン会社技術担当取締役

前には世界の鋼生産にいちじるしく重要な役割を果たしたものであります。ところが今日ではこのベセマー法は実際には北米合衆国で利用されておるにすぎず、しかも多くは鋼の予備精錬に用いられております。トーマス製鋼法はとくに西欧諸国では重要な役目を演じておりますがこれはこれらの西欧諸国では高リン鉱石を処理せねばならぬからであります。トーマス法の実際操業には最近までほとんど変化はありませんでしたし、生産単位や能力も一チャージを40tにまで上げたのみであります。都合のよいコンバーターの形を作るため、および吹き込むものやできた鋼の中の窒素含有量を引下げのため、数十年に渉りいろいろな研究実験がなされてきましたが、この方法は最近数年間にとくにドイツやベルギー等でいちじるしく進歩いたしました。

冶金的プロセスに酸素を利用することは、経済的に作業する大容量の酸素発生装置の発達を当然その前提と致しました。酸素を富化した空気を用いてトーマス法で鋼を吹錬する最初の試験が1924年にドイツで行われました。1930年にはドイツのマクスヒュツテでこの試験が有望なものとして続けられました。横吹コンバーターおよび形を変えたコンバーターを用いての試験が種々新しき認識をもたらしました。

トーマス鋼の材質は平炉鋼にくらべて周知のとおり欠点を持つており、このためトーマス鋼は不況の時代には販売のむずかしいことが知られておりますので、以上の種々の試みはその鋼質の改善のためにも行われたものであります。

純粋の酸素で鋼を吹錬する実験をした最初の人はいオーパーハウゼンのレツプ氏かと存じます。同氏はコンバーターの底に水冷の銅製羽口をはめ込んで実験しました。しかしこれらの実験はいずれも終局において失敗しました。なぜかと申せば羽口を取付た底が発生する高熱にたえられなかつたからであります。のみならず企図した鋼質の改善は達成せられませんでした。今日では底吹コンバーターに用いる空気には酸素が約35%までしか富化することができないということが常識となつております。

リンデフレンケル式酸素発生装置が戦争中北米合衆国で、また、戦後は西ヨーロッパで発達し、段々大型のものが造られるようになりましたので、技術的に純粋な酸素を大規模に工業に利用する可能性が生じた次第であります。戦争中北米合衆国では酸素の吹込みあるいは酸素を燃焼瓦斯に混入することにより就中平炉の生産をあげること成功し、したがって新設備をなさずして米国製

鋼工場の能力を高めることができました。他方西ヨーロッパ、就中ドイツおよびベルギーでは、今日すでにトーマス製鋼工場の大部分は酸素発生装置を備えており、この作業方法によつて相当の成果を挙げました。トーマス鋼は窒素含有量の低下により改良せられて平炉鋼とトーマス鋼との間の材質の相違は少なくなり、かつまた、一方にはこれによつて少なくとも10パーセントの能力増強が達成されたのであります。しかして今日までに知られている製鋼法中トーマス法がおそらく一番速かな製鋼法であつたのであります。このトーマス製鋼工場は実際つきにくる庄延工場に連続的に必要な鋼塊を供給しておるのであります。

トーマス製鋼法のこの進歩についてはここに声を大にして申し上げておかねばなりません。

理由は西欧モンタニオン加盟国の年産鋼塊は約4500万t以上であり、その中トーマス鋼と平炉鋼とはほぼ同一割合であるからであります。さてさらにわれわれは他の試験、たとえば底吹コンバーターに酸素と水蒸気とを用いて作業をなし平炉鋼と同様に良質の鋼が作られた事実を取上げてみますと、トーマス製鋼業者は最近数年間にトーマス製鋼法をいちじるしく前進させたということが出来ます。

私は以上の事実をとくに強調したい訳を申しますと、新しい酸素製鋼法で作られた鋼（このことについては後で論じたいと思います）は、平炉鋼に比較して材質的に種々な長所を持つており、したがって従来知られておつたトーマス鋼対平炉鋼の材質の相違が、改善されたトーマス鋼と新しい酸素鋼との間にもまた存在するであろうからであります。

トーマス製鋼業者の平炉鋼と同等の鋼を製造しようとする意図は、上にのべたベルギーやドイツで行われた酸素と蒸気を用いて炉底羽口から吹く試験等を取上げてみますとよく判ることと思ひます。しかし良質の鋼を作るには作業費は嵩む結果となりました。このためこの製造方法による製品は従来わずかに月産数千tにすぎませんでした。したがって客先はこの鋼にはいちじるしく高い代価を払わねばなりません。

つきに簡単に平炉製鋼法発展のあとを観察してみます時に、私はC.D. キング氏の立派な講演を参考とせらるるようおすすめいたします。その講演は1954年2月16日ニューヨークにおけるAIMEの席上、アメリカ合衆国における製鋼工場の進歩(Steelmaking Process—Some future Prospects)という標題の下になされたものであります。平炉の平均容量は年とともに増大しア

アメリカ合衆国では今日平均容量は 200 t 以上であります。単位容量 600 t におよぶ平炉がワイルトン製鋼所に設置せられ、その毎時能力は 36 t から 38 t にも達しております。しかしかかる大容量平炉の欠点は手に取るごとく明らかであります。すなわち建屋も大きく、起重機は大きな取鍋のため 300 t の揚載量のものを用意せねばなりません。そして庄延工場には 18 時間から 20 時間毎に一度に 600 t の鋼塊が送られます。昨年私が米国の冶金家と懇談する機会をえまして、長時間討議しましたところから察しますと、米国では過大な容量の平炉を使う方法を続けられないように思われました。私どもが過去 10 年間における平炉の発達をみますとたしかに多くの小さな部分は改善されておりますが、平炉製鋼法そのものは約 80 年前平炉が採用された時からほとんど変わっておりません、ある一つのことが世界中のすべての平炉業者の頭痛の種となつております。それはスクラップ不足の問題だけではなくスクラップ材質の問題であります。米国の冶金家はスクラップや鋼に銅の含有量が漸次増加しておる点を取上げて、平炉鋼の材質を悪化させないため、来年はスクラップ処理法になんらか画期的方途を講ぜねばならぬと注意を促しております。

最後に私は電気製鋼法にふれてみたいと思います。この電気製鋼法は種々な関係から単に良質鋼の製造のみならず、最近では多量生産鋼の製造にも用いられ好成績を収めております。電気製鋼法でも炉の単位容量は 200 t にもおよんでおります。電気製鋼法を多量生産鋼製造に用いる場合にはどこでも多量かつ安い電力のえられることが前提となつております。

最近になりまして従来よく知られていました製鋼法、すなわちベセマー法、トーマス法、平炉法および電気製鋼法に一つの新しい製鋼法、すなわち酸素製鋼法が加わつてきました。私どもはこの製鋼法をわれわれの言葉でプラスシュタル法 (Blasstahlverfahren) あるいは LD 法 (Linz-Donawitz 法) と名付けております。

この製法の発達には 15 年以上かかりました。これについてはまず第一にデューラー教授の名を挙げねばなりません。同教授は 1938 年に、ベルリン・シャロットテンブルグ工業大学の教授として小さな容器でこの実験をやられました。C.V. シュワルツ教授の名も同様申述べなければなりません。同教授はほとんど時をおなじくしてアーヘン工業大学でおなじような実験をなされました。しかしなかんずく酸素を製鉄製鋼のプロセスに利用しなければならぬと常に強調されたのはデューラー教授その人です。

つぎに第二次、戦争中ドナウイツ型の製鋼用銑を用い底吹きトーマスコンバーターで種々実験が行われました。すなわち一方には Si 含有量の低い銑鉄が、そして他方には P 含有量の低い銑鉄が実験されました。そしてこのような銑鉄は、従来の見解にしたがえば空気では到底吹くことができないとされておつたものであります。さてこの実験はハンボルンにあるアウグストチッセン製鉄所で行われましたが、またハーゲンダイゲンでも小規模に行われました。その結果、かかる種類の銑鉄を吹錬するためには熱量がわずか不足しておることと、吹込空気中の窒素という厄介物を減らさねばならぬということがわかりました。当時の実験の目的は H.G.W. アルピネモンタンのリンツに新たに建設さるべき製鋼工場に、いかなる製鋼工場方式が選定さるべきかを決定するにあつたのであります。戦争直後私どもはさらにこの実験を続行いたしました。なおまた、酸素を使用して Mn をスラグ中より回収する実験が行われ、そして誘導加熱コンバーターに関する計画が取扱われました。さらにドナウイツとリンツで、はじめて 2 t, 5 t, 10 t および 15 t の容量のコンバーターを使用して銑鉄浴の上へ酸素を吹付けの実地試験が実施されました。この実験は系統的に 3 年間続けて施行され、それによりえられた経験はあらゆる方面に正確に應用されました。これから一つの新しい製鋼方法、すなわち酸素製鋼法または LD-法と唱えられる方法が実作業に適応するまでに発達しました。この新製鋼法で作業する最初の大規模な工場が 1952 年 12 月および 1953 年の初めに操業を開始しました。

オーストリアは人口 6 百 50 万を有する小さな経済地域であり、たとえばスウェーデンとおなじように数百年來高級鋼を造つております。この鉄鋼生産の基盤は自国産の鉍石におかれてあります。他方オーストリアはコークス用炭も発生炉用炭も充分持たないのであります。最近になりましてオーストリアはその有する石油資源を自由に処分することができるようになりました。これに加えて使用しうるスクラップの量は極めて少いので、数十年來、とくに近年では主として北米合衆国から御承知のごとき高い価格でスクラップを購入せねばならなかつたのであります。ですから平炉製鋼法ではこの小さな経済地域の鋼塊生産を拡大することはできなかつたのであります。なぜかと申せばスクラップは、入手が難しいか、しからざれば非常に高い値段で買入れられねばなりませんので、できた鋼は到底値段の競争にたえぬであろうからであります。ゆえにオーストリア製鋼業はその鋼の生産可能高を最高年産 120 万 t に限定せねばならなかつたので

あります。

鋼塊生産の増加はいずれの時でもつぎの要求を満たさねばなりません。すなわちその鋼の材質はこれまでに生産された平炉鋼の材質と同等のものであるとの要求であります。酸素製鋼法採用後、オーストリアの鋼塊生産はいちじるしく増加することができました。すなわち、オーストリアの鋼塊生産高は1952年には105万tでありましたが1953年には1,283,000tに増加し、1954年には1,652,000tに、さらに1955年には1,822,000tに達しました。本年度には200万tを超え、明年にはさらに230万から240万tに増加するであります。そして酸素鋼の割合は平炉鋼の割合より高くなります。たとえばわがオーストリア国のごとき経済地域にとつて、この製鋼法のもついちじるしき経済的意義は上記の数字から明らかなるところであります。

昨年オーストリアでは約60万tの酸素鋼が作られました。本年は目下の処80万t、そして来年度は100万tにおよぶことでしょう。また、酸素鋼は多量生産鋼の用途とおなじくあらゆる目的に利用されます。この酸素鋼は薄板、厚板および中板、フープ、線材、型钢、レールおよび高級鋼の製造に用いられます。しかも広汎に涉つた試験結果が示すところによれば、酸素製鋼法では普通鋼および低合金の特殊鋼、たとえば肌焼鋼、熱処理用鋼および工具鋼等をも完全な材質に造ることができます。

他の製鋼業者はドナウイッおよびリンツで新しく採用された酸素製鋼法を懐疑的な眼でみておりました。しかし、その後、オーストリアにおける二工場の外に多くの新設酸素製鋼工場が加わり、また、目下建設中のものもあります。私どもの技術者はこれらの会社を助力援助しそして外国の製鋼工場の操業を成功せしめております。オーストリアに次いで、1954年の秋にはカナダのドミニオン・フアンドリーズ・アンド・スチール会社の酸素製鋼工場が操業を開始しました。同所ではこの酸素製鋼工場の製品および生産費についてすこぶる満足なる結果をえたので、2、3ヵ月後には現存していた平炉工場を閉鎖するほどでありました。1954年と55年の年の変わり目に第2番目の酸素製鋼工場としてデトロイトにあるマツクルース会社の工場が操業に入りました。同所では最初はコンバーターの中で予備精錬をしそれを大型電気炉で鋼にしようと考えておりました。ここで造られた鋼はほとんど自動車工業に利用されるものであります。本年初期にフランスのポンペイにある製鋼工場が操業開始するはずであり、同工場では磷の含有量の高い銑鉄を処理する予定であります。ドイツではいまのところ高級鋼

の製造工場であるポフマー・フェラインとグースシュタールウエルク・ウイツテンとが酸素製鋼工場建設中であり、後者は熱風キュボラと併用して操業するはずでありこの両製鋼工場に対しアルピネモンタン社は協力を与え操業開始まで手伝う予定であります。さらに建設中の酸素製鋼工場は、ブラジルのARBED、インドのRourkelsピツバーグのジョンズ・アンド・ラフリン・スチール、およびオランダのIjmuidenの諸会社であります。日本でもまた川崎市と八幡市との2カ所に酸素製鋼工場を建設しようと企図しておられます。

酸素製鋼法に関するドイツ鉄鋼協会の最初の討論会の席上、アウトサイダーとして討論に加わつたある著名な冶金家は“この新しき方法は平炉製鋼法の死である”といわれました。この討論の内容は後で“Stahl und Eisen”誌に発表されました。私はその当時すでにこの見解には反対せざるをえなかつたのであります。なぜかと申せばいずれの国でも、またどこでも、工業の発達に伴いますます多量に生ずるスクラップを処理するためには平炉を必要とするからであります。ですから平炉製鋼法は酸素製鋼法により一段と補足されたといふべきであります。およそ各会社または各国家が、本法の計画を考察する際には、まず第一に各の国の原料状況およびその国の価格状勢等にもとずき、他の製鋼方法と比較して酸素鋼の生産高の割合をきめてかかるべきでしょう。

私はここにLD法が平炉法やその他の製鋼法と比較して特長ある点をごく簡単にのべてさせていただきますと思います。酸素製鋼工場の設備費は平炉製鋼工場に比較して約60%位であります。酸素製鋼工場における製造費は平炉製鋼工場とくらべて約50%位であります。酸素製鋼法では最高25%のスクラップを要しますが、他の装入物によりスクラップ装入の割合を低減することができます。したがつてもし自国およびその近くではわずかのスクラップしか集められない場合にはこれは一つの特長であります。ですから酸素製鋼工場はその工場から出る自己のスクラップだけでやつてゆけるのであります。なお多くの場合、その工場から出る一級の良好なる自己のスクラップを自社の平炉工場に供給することができますから、これにより間接に平炉製鋼工場の能力を高めかつ鋼質を改善することもできるのであります。

現在世界のすべての製鋼業者が頭を悩ましておることではありますが、鋼を造る場合その鋼質に不同があつたりまた失敗することがしばしばあるのは、スクラップの材質が悪く、また、変動する処にその原因があるのだという事は周知のとおりであります。ところがこの心配は

酸素製鋼法にはないことがおわかりと思います。純粋の酸素を使用しますと酸素鋼の中の窒素含有量は平炉鋼の中のそれより低くなります。硫黄の含有量もまた平炉鋼の場合よりも酸素鋼の場合の方が低く保つことができます。酸素鋼の材質はとくに純度がよいため偏析が少いのであります。したがって冷間加工性、たとえば深絞り性や溶接性がとくによいのであります。

この酸素製鋼法により従来知れておるあらゆる製鋼法のいずれよりも勝る最高の能率の製鋼法がうち立られた訳であります。たとえばドナウツ製鋼工場ではもともと平均毎時 34 t だつたわずかな溶解能力を毎時 60 t に上げることができました。目下建設中の大容量のコンバーターでは毎時生産能力はずつと高くなることでしよう。したがってこの新しい製鋼法は最も速度の速い製鋼法でもあるのです。

さてエネルギーの消費をみてみますと、酸素製鋼法は 1 t の鋼塊を造りますのに約 55 立方メートルの酸素を必要とすることを考えねばなりません。これは正に 50 キロワット時に相当します。たとえば電気炉ではコールドチャージの時には 750 キロワット時を要します。さらに考慮すべき点はこの酸素製鋼法は廃ガスの熱量を残るところなく利用することに成功した最初の製鋼法である点であります。他方トーマス製鋼法ではこの廃ガスは従来利用されずに空中に放出されており、また、平炉製鋼法でも廃ガスのわずか一部が利用されておるにすぎません。しむがつて造られた鋼塊 1 t につき回収可能なエネルギーを差引くと、実際のエネルギー消費量はトーマス製鋼法では 10 万 Kcal, 平炉法では 60 万~65 万 Kcal, 電気製鋼法では熔銑装入の場合 70 合万~85 万 Kcal で、コールドチャージの場合には 250 万 Kcal となります。これに反し、酸素製鋼法では余熱を正しく利用いたしますと、エネルギーが 1 t の鋼塊につき 3 万ないし 8 万 Kcal も余ります。以上の次第でエネルギーの余剰を期しうる一つの製鋼法が初めてえられた次第であります。

造られたる鋼塊 1 t 当りの耐火物の消費量を比較してみますと、平炉製鋼法では t 当り平均 35 kg, トーマス法では 10 kg から 20 kg の間ですが、酸素製鋼法におきましてはたとえばオーストリアでは鋼塊 1 t 当り 5 kg であります。

最後に一言申させて頂きたいことは、日本の鉄鋼界の指導者および技術者各位の格別の御思召により私は日本の四大製鋼工場をみせていただき、そしてこれらの各位と忌憚なく皆様の御心配や問題等を討議させて頂く機会を得させていただきましたことでもあります。私はこの酸

素製鋼法が日本の工業にはなほだ適当しておると確信を持つており、そしてこの酸素製鋼法御採用の際には、われわれが本法により達成したあらゆる特長を皆様も達成せらるるものと思います。日本の鉄鋼界が持つておられる心配は私どももまた持つておりました。この新製鋼法により皆様が現在造られておられる以上に多くの鋼を造ることができ、しかも材質的によりよき鋼を安く造ることができることと思います。この酸素製鋼法はまだ若いのであります。ですから本法はまだまだ進歩する余地とさらに発展する機会がありましょう。現に平炉法はすでに 80 年間存在しておりますのに、なお今日、多くの技術者は本法の改良にたえず携わつておるのであります。たとえばアルピネモンタン社は顕微的にこまかい混入物の入る原因やその鋼の圧延条件の確認の問題や、焰から直接分析を決定する問題や、さらには鉱石から直接鋼を製造する問題を取上げて研究しております。

現在世界で生産される鋼塊は約 2 億 5 千万 t であり、その中の約 200 万 t が酸素鋼であります。この数字からみますと酸素鋼の占める割合はきわめて少いものであります。しかし 1 年および 2 年の中にはその生産高はすでに 4 百万 t になるであります。そしてこの新しき製鋼法の世界の鋼生産に占むる割合は漸次増加するものと考えられます。今後われわれは日本の鉄鋼業者、なかんずく日本鋼管と相携えて共通の途を行くことを喜びとするものであります。鋼をより多く造り、それによりより多くの最終製品を造りうることは日本国にとり重要な問題でありましょう。日本国は非常に多くの人口をもつておりますが、この人口を生かすためには工業生産を拡大し以て輸出を増進する以外に方法はないと思います。

最後に私はこの日本に参り日本の工業を拝見させていただき、また皆様の製鋼工場で成功しておられること、とくにあらゆる困難を克服して進まれんとするすばらしく強き意思等に対し、私はいたく感嘆しておりますことを申し上げたいと思います。私はこの機会に日本の鉄鋼界に対し多幸なる将来をお祈りいたします。さらに日本で私に示された数々の御厚遇に対しましては日本を去るに当り心から御礼を申し上げます。皆様はその古き文化、芸術および生活観念をもつて全世界に豊かなる貢献をしておられます。私はこの日本の文化、芸術、情操等が日本の工業化の進歩にかかわらずいつまでも保存されることを切に望むものであります。

日本鉄鋼協会会員諸君の前で御話しのできましたことを日本鉄鋼協会に御礼申し上げますとともに、私はこの講演でなんら細目に涉り申述べることのできなかつた点につき重ねてお詫を申上げる次第であります。

(三菱商事技術顧問 鈴木泰次郎訳)