

特 別 講 演

特殊鋼製造上の 2, 3 の問題点*

山 本 真 之 助**

Some Problems on the Production of Special Steel.

Shinnosuke YAMAMOTO

私は特殊鋼を製造する立場から 2, 3 の問題点をお話ししたいと思います。

I. 特殊鋼の現況

わが国の特殊鋼生産高が西ドイツを抜いてアメリカ、ソ連に次いで世界第3位になったということは永らく特殊鋼製造に従事している者にとつて最も愉快なニュースです。厳密にいうならば、特殊鋼の定義が国々によつて異なり、アメリカではあまり special steel という言葉を使わず carbon steel, alloy steel, と stainless steel とに区別しているが、西ドイツ、フランスなどでは特殊鋼という表現が用いられています。しかし、日本ほど広く普通鋼と対比した普通名詞として慣用していないように見受けられます。したがつて、炭素鋼すなわち機械構造用炭素鋼などを含むいわゆる高級炭素鋼を除いて合金鋼だけでいうならば西ドイツと比べてどうなりましたかまだ完全に追越したことになるかも知れません。ステンレス鋼ではアメリカに次いで自由世界では第2位です。量において世界第3位か第4位でも、わが国の大飛躍であることには間違いありませんが、私は現場技術者として品質においてどうかという問題を考えてみる時、量の飛躍と果してバランスがとれているであろうかとはなはだ忸怩たるをえないのです。品質即製造技術について考えてみたいと思います。

産業構造調査会の特殊鋼小委員会の報告によると、特殊鋼業の構造上の問題点に関する技術面の項のなかに、需要家側からみた特殊鋼の品質上の問題点として4項目を挙げています。

(1) 全般的に 40~100mmφ のベースサイズより太物、大型物あるいは細物について外国品と比べて品質的に劣る傾向がある。例えば、太物あるいは大型物については高速度鋼のホブ材などは切削性、熱処理性において、外国品が秀れているという意見が相当ある。一方、細物については線材、線など1コイルの重量が小さく、

寸法精度が劣るし、価格も割高であるといわれている。

(2) 国産品は熱処理が劣るものがある、

(3) 寸法精度の向上をはかつてもらいたい。

(4) 二次加工品 (高速度鋼のドリルロッド、ゼンマイ材、その他引抜品、冷間加工品など) について品質、価格面で外国品の方が有利である (特に、工具鋼の二次加工品の輸入要請が多い)。

このような需要家の声に対して特殊鋼メーカー側からの意見として

(1) 需要家が外国品に魅力を感じるのは最近におけるわが国特殊鋼の品質向上を知らないからで、慢然と輸入品の方がよいと思つていのではないか。もし国産品と外国品を正確に品質比較すれば決して国産品は劣つていない。

(2) 外国品の方が熱処理性がよいといわれるが果して国産品に対して適切な条件下で熱処理しているかどうか疑問である。

(3) 欧米の需要家の特殊鋼購入規格はわが国のように厳格なものではなく、検査の種類もわが国ほど多くない。しかも、わが国の需要家が多量にも成分組成、砂疵、脱炭、強度、顕微鏡組織など個々の面を厳格におさえすぎる結果、コストが上昇するばかりでなく実際に使用してみると案外耐久力がないような結果を招いている場合もある。

(4) 需要家の設計技術者は厳格な規格を要求しているが購買担当者は価格の引き下げを要求するため、納入する特殊鋼が中途半端になることが多い。むしろ高級な品質の物、特殊な工夫をこらしたものに対しては適正な価格で購入し、それほどでないものには品質要求を楽にするなど実質的な購入方法をとつてもらいたい。

* 昭和39年4月4日日本会第49回通常総会における渡辺三郎賞受賞記念特別講演

昭和39年6月5日受付

** 日立金属工業株式会社常務取締役

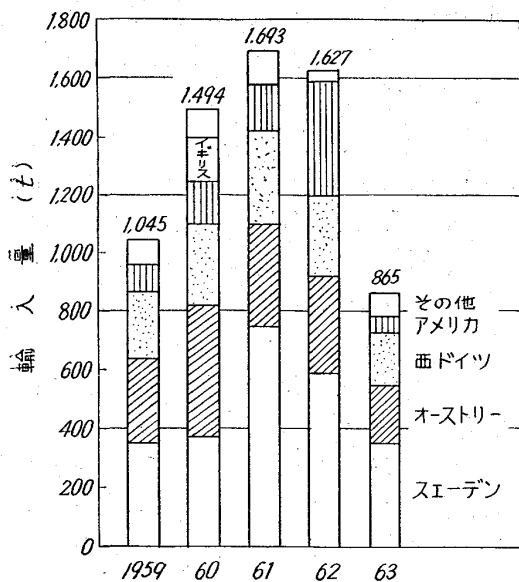
以上のようにユーザー、メーカー両者それぞれに意見やいい分があるけれども、概してわが国の特殊鋼の生産技術ならびに品質は近年著しく向上しつつあることは事実です。しかし、なお欧米の優秀品と比較した場合使用状態における性能を一層改善する面が残されているように思われます。特に鋼種的には高速度鋼、合金工具鋼、耐熱鋼などの高級特殊鋼、形状的には太物、大型物ないし細物の改善が必要であり、また二次加工品についても一層品質の向上を要するでしょう。

わが国の特殊鋼業がこうした技術的改善をはかるうえに当面必要と思われる点を列举すれば次の通りです。

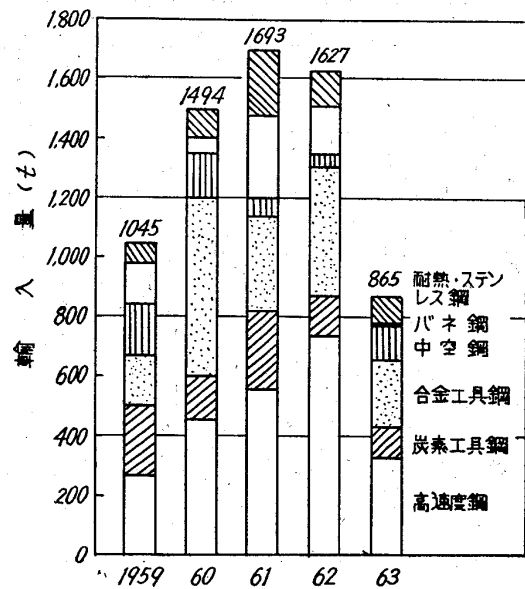
- (a) 優良な品質の原料(例えば原鉄類)の配合を増すことにより製品の耐久性、靱性などを向上させる。
 - (b) 鋼塊ソーキングの強化、専用分塊ミル、プレス、ハンマーなどの充実をはかり均質性の賦与、鍛錬比の増大を通じて太物、大型物の品質改善をはかる。
 - (c) 細物条鋼ミルの連続化をはかり、1コイル重量の増大、寸法精度の向上を期するとともにコストの引き下げを促進する。
 - (d) 熱処理、検査、加工設備などの付帯加工設備面の充実を進め、品質の改善に努力する。
 - (e) 需要家の協力をえて使用状態の研究を強化する。(加工度の向上とも関連を要する)
 - (f) 技術調査、アフターサービスの強化をはかる。
- この6項目の中で漸次その方向に進み解決しつつある

項目もあるし、また解決されない問題もあります。ここで国産品を不備として輸入されている状況を見ると第1図～第6図の通りです。

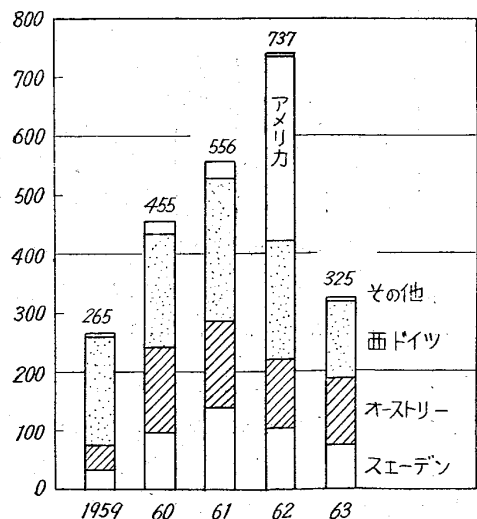
先日、日産自動車追浜の研究所の檜山さんにお目にかかり色々話の途中高速度鋼の性能の順序はスウェーデン、日本、アメリカ、イギリスで、ガス含有量を測定したところ、スウェーデン品は日本品より多く、日本品はアメリカ、イギリス品よりも多い。ガスの存在のしかたに問題があるので、日本刀のガスを調べてみたそうです。九州豊後高田(大分県)の古刀と第二次大戦中に日本刀鍛錬会の玉鋼で造った現代刀の二種類を測定したところ、「酸素ガスが0.07%と0.1%」でして、現在の一般のものと比較すると50倍以上になるわけですが、電子顕微



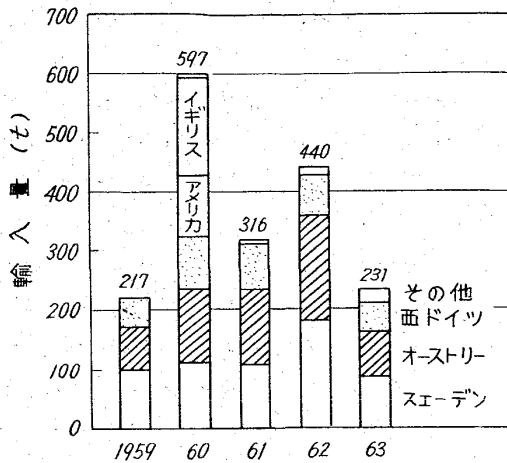
第1図 特殊鋼々材輸入先別輸入量
 (注) 1. 半成品、二次製品を除く
 2. 高速度鋼、合金工具鋼、炭素工具鋼、中空鋼、バネ鋼、耐熱・ステンレス鋼だけでその他の鋼種を除いた数字である。



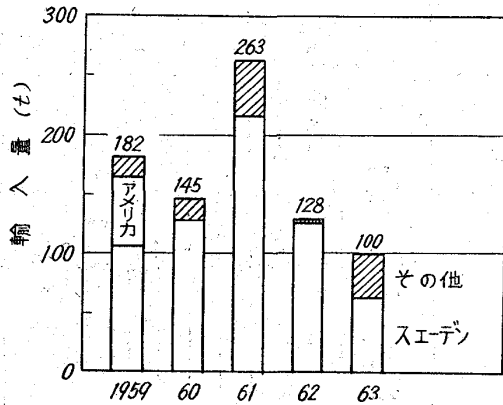
第2図 特殊鋼々材鋼種別輸入量
 (注) 半成品、二次製品を除く



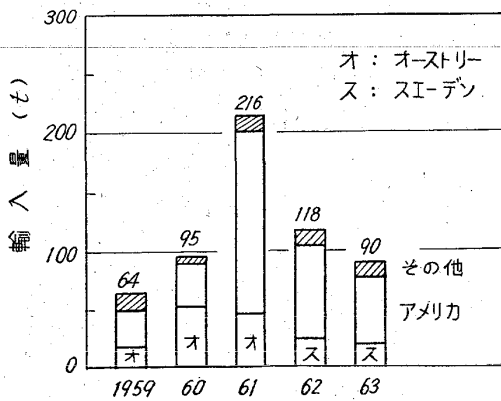
第3図 高速度鋼々材輸入先別輸入量
 (注) 半成品、二次製品を除く



第4図 合金工具鋼々材輸入先別輸入量
(注) 半成品, 二次製品を除く



第5図 炭素工具鋼々材輸入先別輸入量
(注) 半成品, 二次製品を除く



第6図 耐熱・ステンレス鋼々材輸入先別輸入量
(注) 半成品, 二次製品を除く

鏡で観察するとマトリックスには不純物が一つもなくて実にきれいであった。マイクロアナライザーで分析してみるとスラッグはほとんど Fe_3O_4 で細かく分布して分散効果を果しているのではないか。こんなに清浄な組織を見たことがない」というお話しでした。したがって、その酸素が多いことは説明がつくわけです。なお、

比重を測つてみると 7.67 となつたそうです。豊後高田ですからどこの鋼を使つたかよく判りませんが、国東半島辺の砂鉄から精錬したものかも知れません。現代刀の原料が出雲の砂鉄からタタラで造つた玉鋼であることは私が証明致しますし、刀工もはつきりしております。しかしこれらは現在と製鋼法が全く異なりますから別に論ずるとして、外国品と国産品と性能その他を比較して国産品の方がよい成績を示している例は多くありますし、また逆の場合も多数あるわけです。よいこともあり、悪いこともあり、よい物もあり、悪い物もある、つまりバラツキが多い。このことが近代産業においては一番大敵です。バラツキを極力少なくして、 \bar{X} において外国品に優るのでなければいけない訳です。

II. 原 料

まづ第一に原料、第二に溶解精錬、第三に造塊作業、この3点について問題を提起したいと思います。

鋼塊ができて、それが肌のきれいな健全な鋼塊であれば後は機械屋の領分だからです。まづ原料はよい物がよいに決まっています。故俵先生はよい原料からでないといよい鋼はできないと講義されました。高温に溶解することは原料を悪くする機会を与えるようなもので、精錬とはいかに元の性質を悪くしないでとどめるかということです。一度溶解したものは溶解前のものとは異なるのです。このことは案外に間違われています。電気銑50%配合というのは電気銑そのものが50%なければならない訳で、リターンに入っている分は元の電気銑ではないのです。この意味からでも私は低温還元のもの欲しいと思います。良い原料とは何かと申しますと有害成分など不純物の少ないものことです。

私共の安来工場では私が参りました約30年前は角炉で木炭銑を造り加炭用に使用し、十神炉(とがみろ)と称するつづみ型の炉で熱源は電気で砂鉄と木炭粉とで海綿鉄を造つておりました。砂鉄は磁選したままのもので、炉中での還元率はよいのですが何としても20~30メッシュのもので常温まで冷却する手段が仲々面倒です。いろいろの手段を講じたのですが結局のところ、還元率90%には達しませんでした。ブリケットにもいろいろ試みましたがうまくゆきません。まして、これを単味で製鋼用に使いますと、真黒いノロが装入口から牛のよだれのように流れて仕事になりませんでした。もう一つ、ショットと称してエルー式電気炉で砂鉄、木炭を原料として銑鉄を造り、さらに同一炉で $C < 0.1\%$ とか $0.3 \sim 0.4\%$ までCを落して、これを流速のある水中に滴下しショットとしたものです。これは鋼製造原鉄として

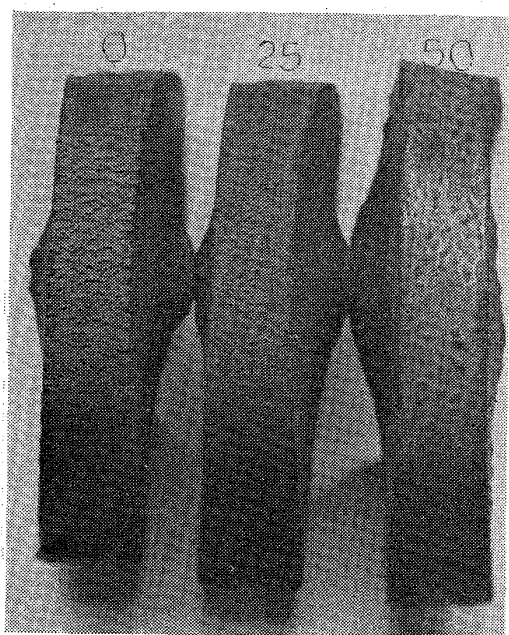
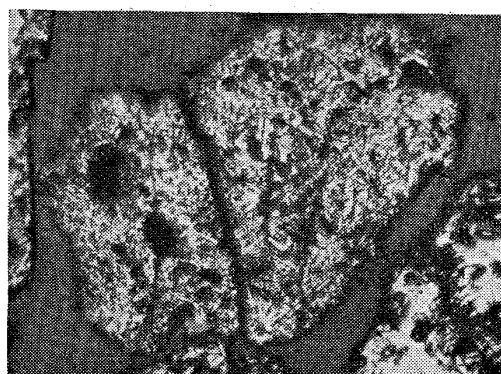
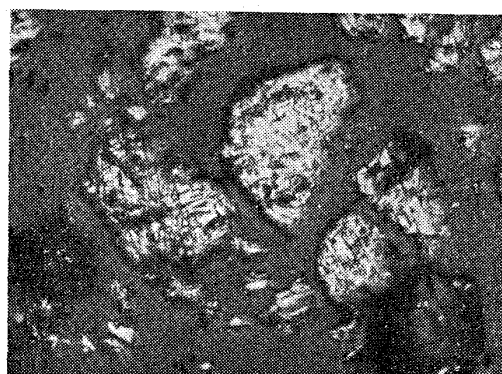


写真1 高炭素鋼SK3における高温屈曲試験結果、左から全屑鉄系、海綿鉄25%、海綿鉄50%配合試料



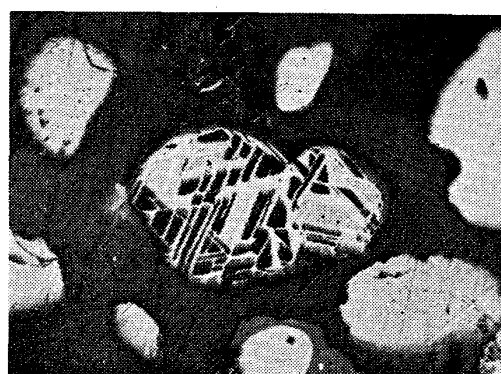
×120(1/1)

写真2 真砂々鉄未粉碎磁選精鉱 HCl 腐食
T.Fe 65.82%, TiO₂ 1.05%
歩留 88.7%



×120(1/1)

写真3 真砂々鉄-100メッシュ
磁選精鉱 HCl 腐食
T.Fe 68.30%, TiO₂ 0.25 %
歩留 81.7%



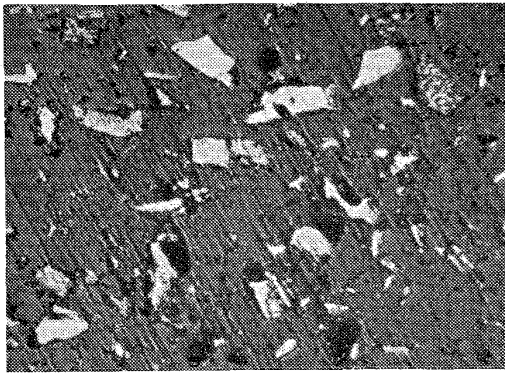
×120(1/1)

写真4 赤目砂鉄原鉱 HCl 腐食
T.Fe 51.06%, TiO₂ 5.34%

はルッペよりサイズが大きく、揃っていますから使えます。これもすぐ表面がさびるので、タンブラーにかけて使えば高周波炉などに装入するには都合のよいものでした。前述の海綿鉄単味の場合とショット単味で炭素鋼を製造してみると違った味わいができます。はなはだ非科学的な表現ですが、微妙な性質の相違を示します。古い鍛冶屋さんにはこれを見分けます。オールスクラップ製の鋼とオール砂鉄製の鋼とは、鍛冶屋の下手間でも3年もすれば判るといいます。ここに原料の相違をはつきりいうことができると思うのです。安来工場は近くの出雲伯耆地方によい砂鉄が採取できる幸運に恵まれておりますが、雲伯必らずしもよい砂鉄のみではなく、あの地方では砂鉄を真砂(まさ)と赤目(あこめ)の2種類に分けます。真砂は磁鉄鉱、赤目は赤鉄鉱と大まかに分類できますが、そもそも母岩が異なります。真砂々鉄の母岩は花崗岩類のような酸性岩であり、赤目のは安山岩、緑閃岩などの塩基性岩が多い。磁鉄鉱、チタン鉄鉱、赤鉄鉱の3成分系と単純には考えにくいものです。俵先生、長谷川先生以来、数多くの研究があり、その成分組成は明らかにされていますが、結晶組成については決定版はない

表1 山陰産砂鉄の分析例

種別	前処理	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	P	S	Ig. loss
中倉(真砂)	水洗比重選鉱	59.00	24.72	64.45	8.40	2.24	1.54	2.34	0.05	0.089	1.27	0.258	0.064	0.009	1.75
焼畑(真砂)	同上	60.24	24.12	62.08	8.20	1.12	1.58	1.28	0.28	0.032	1.03	—	0.064	0.054	—
楮谷(赤目)	同上	52.07	19.55	52.71	14.50	2.68	0.94	4.98	0.34	0.100	5.32	0.369	0.095	0.026	1.07
雑家(赤目)	同上	50.56	18.48	51.08	14.90	1.60	1.74	3.38	0.05	0.090	6.00	—	0.026	0.036	—



×120(1/1)

写真5 赤目砂鉄 -100メッシュ精鉱
HCl 腐食
T.Fe 54.22%, TiO₂ 4.54%

ままです。しかし、使いやすい、使いにくいとは明瞭です。

昔タタラの時分から、赤目は鉄用と定まり、鋼用には真砂となつていますが、これを200メッシュ位に粉碎して磁選しますと、真砂は70% Fe位に富化されますが赤目は55%位にしかありません。したがって赤目は海綿鉄用には使えないこととなります。このことは砂鉄のみとは限りません。不純物の少ない磁鉄鉱は真砂とおなじことがいえますし、こうして磁鉄鉱を使った海綿鉄は真砂とほとんど同一の性質を示します。特殊鋼用には、殊に工具鋼は1万トン/月位ですから一社でこれを全部賄うとしても大した量ではありません。それこそ国内の小さな優良鉄山を開発すれば済むことで、まるで熱に浮かされたように砂鉄のみを考えなくてもよいと思うのです。砂鉄の実質をよく調べるのが肝心と思います。

III. 溶 解 精 錬

次に、わが国の電気炉メーカーで独自の設計でやつているところがあるでしょうか。アメリカと提携し、西ドイツと提携し、あるいはスウェーデンと提携し、かつそれを誇りとして宣伝しています。わが国にはわが国の原料事情がありますからそれにマッチした電気炉を考案して設計されるべきであると思います。

元来、溶解とか精錬とかいう技術にありましては、個人プレーに依存する面が多く、とくに高度の品質管理を要求されてしかるべき特殊鋼製造においては余りにも変動するファクターが多くあります。炉から出る焔により、あるいは炉内を眼鏡ごしにのぞいて炉内状況を判断し、炉内温度とかスラッグ状況とか、総合判断を下し、あるいはまたスプーンテストなどを加えています。その判断が製品の良否についても絶対的な結果をもたらすこととなります。勿論、専門的な勉強をし、専門的な高度の理論を研究し、かつその上に永い期間にわたっている

いろいろの体験を重ねた自信と信念に基づいた尊い技術であります。しかし余りにも多いファクターを綜合する手法は近代科学の粋を集合せしむるにしくはないと考えます。そこで、最近の計測技術の発達についてよく勉強して、これを取り入れ、駆使することです。まるで夢みないなことですが、実現されることを切望している問題を申し述べますと、まづ、欲しいものは湯の重量を炉内で測定する方法です。大したことはないようですが、これが勤にたよる始まりです。装入量が実買されていますから溶解ロスを計算すれば出てくる筈のものです。往々にしてこれによるミスは出るものです。

次に、各部温度の連続測定です。溶鋼もスラッグも炉内もそれぞれ測定できなければそれにこしたことはありませんがそのうち何組かでもよいと思います。これは精錬の根源になりますから渴望するものです。

溶鋼の成分については分光分析法による迅速分析が可能となつておりますし、分析範囲もどんどん拡大されておりますので私ども旧人は全くおどろくばかりです。大いに感謝しております。国産の器械で十分ですが、スラッグの組成まで完全に分析できておりませんのでこの完成を待望するものです。

その他に炉が大きくなりますと、攪拌の問題があります。成分組成の均一性とかスラッグの厚さの問題とか炉前での人間の力と汗と熟練を必要とし、年期を入れないと正確にはつかみにくいデータが科学的に出て、それを電子計算機にかけると総合判定が明確になり、これに対するアクションも正しく、迅速にとれるというものです。こうなれば均一性については期して待つべしということになりましょう。こういうことをいろいろとり入れた電気炉メーカーが日本にできることを望む次第です。

IV. 造 塊

次に造塊のことを申し述べますと、まづ鋼塊の具備すべき条件としては

- (1) 表面平滑で凹凸や亀裂がなく、また清浄で酸化被膜がないこと。
- (2) 形状寸法が以後の加工に対して都合よいこと。
- (3) 切捨て部分が極力少なく歩留がよいこと。
- (4) 内部欠陥、つまり非金属介在物、有害成分、ガスなどの少ないこと。
- (5) 鑄型との反応がないこと。

などありますが、この造塊法がこれまた解明すべき多数のファクターをもつています。造塊法について研究すべき点としては、取鍋の寸法と形状、裏張り耐火物の改善、特にノズルストッパーの研究、鑄型の材質と形状、

押湯の大きさと形状、定盤の材質と厚さ、鑄型および定盤の塗布剤、注入速度と温度、取鍋ないし鑄型内の脱酸法、ホットトップの実施、衣造塊法、などがあります。

最近は下注ぎ法も多く用いられておりますが、私は下注ぎ法は邪道であると教えられました。その理由としては(1)下注ぎ法では最も温度の低下した湯が押湯に用いられることとなる。(2)湯道の耐火物によつて湯が汚染される。(3)上注ぎ法と比べて偏析が大きい。(4)湯道で凝固した湯の処理に手間がかかる。などが挙げられます。しかし上から注入すればスプラッシュはさげられないことですので、ノズルを長くして鑄型内に入れ、定盤の近くまで持つて行つて、湯面上昇に伴つて取鍋を引き上げて行けばスプラッシュはなくなる筈だというので、ノズルの長いのを造りいろいろと取付け方法などを試みましたが、どうもランニングにはなりませんでした。とにかくこのような方法が一つのプログラミングに入つた話を聞きません。それぞれに苦勞しておられるに相違ないのです。

造塊と関連して溶解法がいろいろ取上げられて、工夫されております。すなわち真空、中性、または還元性ガスの雰囲気を使うことです。これについては省略いたします。

連続鑄造法も造塊法の研究の一つとみてよいと思いますが、この連続法で思い出すことは昭和7年頃、現在の

私共日立金属の深川工場で連鑄の実験をしていたことであります。今日用いられている水冷式銅鑄型でなく、水冷した2本のロールの間に注湯して出てきた50mm×200mm位の断面のスラブを再加熱することなしに圧延して帯鋼にするパイロット・プラントでした。これは後に大阪で企業化したのですが戦争が始まつて中止となつてしまいました。

ともあれ、造塊法については鋼塊表面肌の研究はずい分ありますが、内部欠陥のない健全な鋼塊を造る研究が比較的少ないと思います。これこそ、最新の計測技術を駆使して行われねばならないと考えます。もちろん、鋼塊中の合金成分の偏析やその存在のしかたなど重要ですが、樹枝状組織のつくり方など簡単でしかも確実な手段を見出したいものです。

要するに私の申し上げたいことは高遠な理論と共に現場実務に移すことのできるような研究がわが国では足りないという点でして、これが品質的に国内ユーザーの信頼を受けていない根本原因ではないかと思ひます。

忽然と新しい技術が生れて来ることはないし、また特別な設備と機械を使うことだけが技術の発達ではないと思ひます。そこにある技術を基礎としてこれを解析、工夫し合理化をはかつてこそ技術の発達があり、またそれにより大きな収穫があるのです。