

製鋼工場における品質管理及びその効果

栗山 俊治*・鈴木 武*

STATISTICAL QUALITY CONTROL AND ITS EFFECTS AT OPEN HEARTH SHOP

Shunji Kuriyama and Takeshi Suzuki

Since introduction of the statistical quality control into the Tsurumi Iron works, Nippon steel Tube Co. one and a half year had elapsed. In this report the authors make a brief survey of the past experience, especially with reference to the stage of introduction period.

Although many control charts had been actually used, most of them were what they call "analysing." Such was very natural in view of the present condition of our open hearth furnace engineering. Nevertheless, some good results were obtained such as the improvement of techniques and the saving of production cost.

In order to make the use of control charts more effective, it was imperative that there should be established more complete operation standard as quickly as possible. The major effort should thus be directed to the attainment of such aim.

I. 緒 言

わが國鐵鋼業界に品質管理が導入されてから、まだ2, 3年経過したに過ぎない。20 數年の歴史を持つてゐるアメリカにあつても、製鋼作業の品質管理はそれ程大きな進歩は示していないように見える。しかしながら、科學的な管理の要請は製鋼作業に關しても同じく強調されるべきであり、統計的品質管理が、根本思想において有力な武器であることは、いうまでもないところである。

私達が品質管理を始めてからわずかに1年半であるが、その当初には、果して効果を期待出来るかどうかについて、多少疑を持つたことは事實である。しかしながら時の經つにつれて、この疑が段々とうすらいで來た。そして新しい管理が是非必要であること、又やらなければならぬこと、やれば必ず効果があるというようなことがはつきりとして來た。こうした自信を得ただけでも大きい收穫であると思う。

II. 品質管理の導入及び経過

鶴見製鐵所の品質管理は、昭和26年4月品質管理委員會ができてから具體的に發足した。製鋼工場も、製銑、製鋳等の工場と共に同時に品質管理を始めた。

最初數人の職員がアメリカ規格「Z-1」及び簡單な理論の講習を受け、續いて課内の職員及び幹部工員の講習を行つた。先づ管理圖を普及するために、6月頃より段々と管理圖を書き始め、8月には一應の態勢が整つた。この當時は製鋼作業の品質管理のために、どのような特性値を選んで管理圖にすべきか、又その管理圖はどのような方式で書くべきか等については確信がなかつたので、これらについて充分な検討ができず、われわれより

々と管理圖を書き始め、8月には一應の態勢が整つた。この當時は製鋼作業の品質管理のために、どのような特性値を選んで管理圖にすべきか、又その管理圖はどのような方式で書くべきか等については確信がなかつたので、これらについて充分な検討ができず、われわれより

第1表 昭和26年現在作成していた管理圖

係	管理圖項目	管理圖種類	層別法	試料の大きさ(n)	管理圖作成者
原料	製出鋼歩留	X	組, 爐	1	原料現場
	1ch.當り裝入箱數	X	組, 爐	1	
	1ch.分原料詰込時間	X	組, 爐	1	
平爐	混銑爐成分(Si, S)	X, $\bar{X}-R$	組, 日	1, 3	平爐現場及事務所
	製鋼時間	X, $\bar{X}-R$	組, 爐	1	
	裝入時間	X	組, 爐	1	
	燃料原單位成品成分(C, Mn, P, S)	X, $\bar{X}-R$	組, 鋼種,	1, 4	
造塊	良塊歩留	X	組	1	造塊現場
	鑄屑殘塊量	X	組	1	
	鑄込溫度	X	組	1	
發生爐	P-ガス成分(CO)	X, $\bar{X}-R$	組, 日	1, 3	發生爐現場及事務所
	ガス發熱量	X, $\bar{X}-R$	組, 日	1, 3	

* 日本鋼管株式會社鶴見製鐵所

先に品質管理を實施していた八幡、富士兩社で書いていた管理圖を参考とした。又管理圖を書くために、新に測定記録を増すことなく、従來からとられているデータを一應對象とし、適當なものをできるだけ管理圖に見せることにした。

當時の管理圖の項目（品質特性）とその種類は第1表の如くである。

この表で判るように、現場の職長、組長級のものが、かなりの枚数を自分で書いている。この理由は品質管理を現場作業に早く取り入れるためであつた。このため、職長、組長が自分の日々の作業状態をよく把握し、自分の仕事を反省改良して行く上になりに役に立つたように思われる。即ち職長、組長の注意力、努力の大きく關係しているような項目については、段々と効果が擧つて來たように思われる。

26 年末頃から管理圖に對する反省が起つた。製鋼作業を管理するために、修正處置が管理圖から正確にとられるようにするには、作業標準が確立されていることが必要であるが、管理項目や、層別、管理圖の方式などが根本的に検討されなければならない。これには、製鋼作業の各種要因の検討が並行的に行われなければならない。26 年 8 月頃より、所内の講習會を通じて統計的手法が普及して、各種の検定解析が盛に行われるようになった。こういった検討を基礎として、管理圖の項目や方式は少しずつ變つていつた。この一環として、27 年 1 月より次のような製鋼作業の主要因間の關係を管理圖から解析するために、爐別に天井一代ごとに、 $n=4$ （チャージ）の \bar{X} 管理圖を 1 枚の用紙に並べて書き出した。

1. 製鋼時間、2. 裝入時間、3. 裝入始より入銑までの時間、4. 熔解時間（裝入終より熔落まで）、5. 精練時間、6. 熔落 C%，7. 時間當り重油使用量、8. 良塊廻數、9. 製出鋼量、10. 燃料原單位、11. T/hr.

27 年 3 月、品質管理委員會が、従來作業現場のみであつたものから全所に範圍が擴大された。

27 年 6 月、7 月に所の「品質管理強調月間」が實施された。この期間は特に教育、普及に努力し、班長以上の工員層に至るまで、品質管理の意義、考え方、管理圖の書き方、読み方などについて再教育し、その徹底を期した。

又この期間に管理項目、管理圖の方式の再検討を行った。現在作成中の管理圖は第 2 表の如くである。

第 1 表、第 2 表に見られる様に、個々の點の管理圖（ \bar{X} —管理圖）が多い。

第 2 表 現在作成している管理圖

係	管理圖項目	管理圖種類	層別法	試料の大きさ (n)	管理圖作成者
原料	1ch. 當り 屑鐵 裝入量	X	爐	1	原料現場
	1 箱當り 購入 屑重量	X	爐	1	
	適當り 材料 揚時間	X	爐	1	
	製出 鋼歩留 精度	X	爐	1	
, 平爐	製鋼 時間	X	爐	1	平爐現場
	裝入 時間	X	爐	1	
	燃料 原單位	X	爐	1	
	熔落 成分 (C, S)	X	爐	1	
	成品 成分 (S)	X	爐	1	
	石灰 全使用量	X	爐	1	
	鋼塊 格付合格率	X	爐	1	
	成品 成分 (C, Mn, P, S) 合格率	式的	材質	1	
造塊	良塊 廻數	X	組	1	造塊現場
	塊殘 塊量	X	組	1	
	鑄達 溫度	X	組型	1	
	鑄達 速度	X	組型	1	
運轉 苦灰	裝入 時間	X	組, 爐	1	運轉現場
	焙燒 時間	X	爐	1	苦灰現場
事務所	製鋼 時間	\bar{X}	爐	4	事務所
	裝入 時間	\bar{X}	爐	4	
	T/hr.	\bar{X}	爐	4	
	燃料 原單位	\bar{X}	爐	4	
	鋼塊 格付合格率	\bar{X}	爐	4	
	1箱當り 購入 屑重量	\bar{X}	爐	4	

これは當初品質管理を現場に早く取入れ、普及するため職長、組長級に自分で書かせるために、初めから \bar{X} —R 管理圖を書かせることは、計算が煩雜だという好ましくない先入感を抱かせる惧れがあつたためである。然しその後も \bar{X} —管理圖を中止していない。

中止しない別の理由は、製鋼作業は 1 チャージの熔製にかなりの時間を要するので、何チャージかの平均をとつて \bar{X} —R チャージにしたのでは、時間的に意味をなさなくなることと、平均値にしたのでは、各値の責任がハッキリしなくなるためである。又製鋼作業では、平均値を取つても、その群の中の變動は、決して偶然的なもののみとは考えられない。且つ、1 チャージ、1 チャージについて充分注意を拂つてあり、又そうすることが可能である。更にもう一つの理由は、現在書いている管理圖は、必ずしも嚴密な意味での修正處置を取ることを主眼としているわけではなく、いろいろな要因把握の手段として、利用されているものも多いのであるから、寧ろ \bar{X} —管理圖を有利と考えている。

X-管理圖の限界値は通常Z-1のE₂を利用しては、特に正規型と非常に異なるような項目については、ヒストグラムから計算したり、或は25點位に小さく區切つて限界値を計算したり、X-R管理圖のRから標準偏差を推定したりする。又、第2種誤差が本來問題になつて來るが、關連する管理圖を参照することにより、かなり防ぎ得ると考えられるし、事實現在までこのような誤りはないようである。

他課と直接關連する問題は、26年11月よりモデル工場品質管理特別分科會で製鉄工場を中心に製鋼、検査が協力して作業、品質、歩留の向上に努力して來た。

27年7月より鋼塊及び鋼板品質改善特別分科會として、更に擴大強化し、高爐、平爐、壓延(厚板部門)について、総合的に鋼塊及び鋼板の經濟的品質の向上を目指して、全所的協力の下に努力している。

III. 統計的檢定法、解析法の利用

前述の如く、當課の職員は26年8月以降、所内外の講習會にて受講し、各種の檢定法、解析法を理解し、日常データの解析等に利用している。現在までかなりの數になつているが、最も多く使用されているものは相關分析法である。

以下解析を行つた2, 3の例を舉げてみると次の如くである。

(1) 原料關係

製鋼作業における原料の管理は

- (1) 裝入時間をできるだけ短かくすること。
- (2) 裝入量を正確にして、オーバーチャージを防ぐこと。
- (3) 裝入される屑鐵、熔銑の品位を出来るだけ均一にすること。

の3點を目的として、管理圖を書いているが、設備その他の關係でなかなか十分な管理ができない。前述の如く當課では、製出鋼歩留の管理圖を書いているが、この變動要因として、第3表の如き熔銑及び各種屑毎の歩留の推定値を求めた。

第3表 熔銑及各種屑の歩留推定値

	1級屑	2級屑	熔銑	1級プレス	2級プレス
歩留	95.5%	91.6%	86.2%	79.2%	70.1%

これは購入屑の價格決定などの基礎資料となつた。

(2) 平爐作業關係

(a) 平爐作業では各種能率の解析に、統計的な考え方

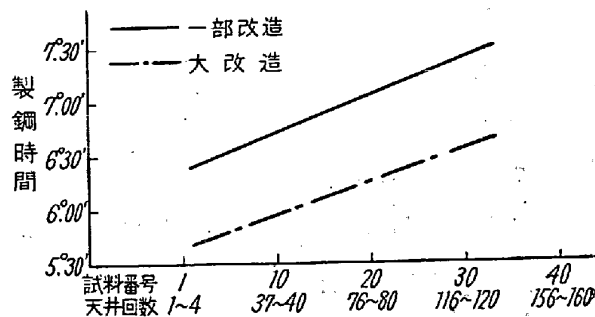
が利用されている。例えば、爐を改造した場合、従來は製鋼時間、燃料原單位などについて、單に平均値のみで改造の効果等を論じていたが、これ等の値が、天井その他爐體の損耗程度により變化することが分つていて、天井一代ごとに、天井回数によるこれら特性値の傾向線を求めて、これにより改造の良否の判定を下している。このように傾向線を求めることにより、爐の特性がはつきり出て來て、次の改造方針を決める上に大切な基礎となつている。

一例を舉げると、當所第5號平爐は27年1月、P-ガス爐から重油爐へ切替を行つたが、將來再度P-ガス使用への切替を考へて一部改造に止めた。次で27年5月、大修理時には重油專燒爐に改造した。

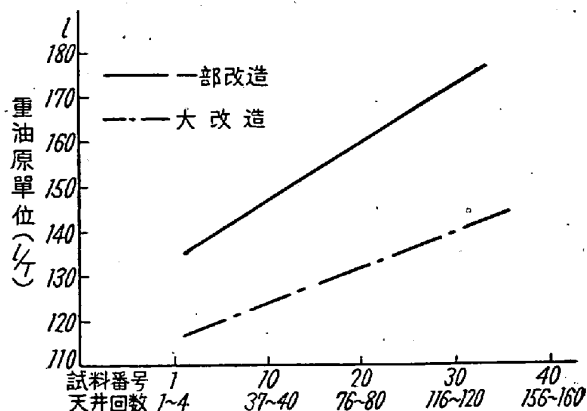
この兩時期の成績の比較は第4表の如くである。このhは、4チャージの平均で1點を打つているX-チャートのサンプルナンバーである。

第4表 一部改造重油爐と重油專燒爐の成績比較

	期 間	蓄熱回数	製鋼時間	燃料原單位	h	備 考
一部改造	27.1.13 ~3.6	137~276	6°57'+ 2.08'h	155.6'+ 1.28'h	-16~ +16	突當一部修理迄
大改造	27.6.18 ~7.28	1~116	6°07'+ 1.78'h	128.0'+ 0.81'h	-14~ +14	



第1圖 爐體改造前後の製鋼時間比較圖

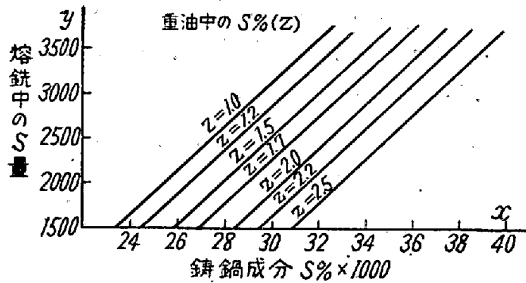


第2圖 爐體改造前後の重油原單位比較圖

これを圖示したものが第1, 2圖である。

(b) 重油購入規格の決定の際、次の方法によつた。27年7月重油の統制撤廢されるに當り、當社としての重油の購入規格を決定する必要が起つたので、重油の性状と製鋼作業との關係をいろいろ統計的解析を行つて調査し、この結果を基礎として、他事業所の要求條件を調整して、本社で重油の購入規格を決定した。

この時行つた解析の1例として、重油のS含有量の規格については、重油中のS%, 熔銑中のS量, 石灰の使用量などと、鑄鋼成分のS%との關係につき、重相關分析を行つた。この結果は第5表及び第3圖の如くである。なお、この場合石灰使用量は50~58kg/Tの範圍にあるので一定と考えた。



第3圖 重油中のS%, 熔銑中のS量と鑄鋼成分との關係

第5表 重相關分析表

		係數	有意水準
重相關	x, y に対する z の	0.395	1%
	y, z に対する x の	0.469	1%
	z, x に対する y の	0.417	1%
偏相關	z を固定した時, xy の	0.300	1%
	x を固定した時, yz の	0.166	5%
	y を固定した時, zx の	0.285	1%

x: 鑄鋼成分 S% (×100)

y: 熔銑中の S 量 (熔銑配合率×熔銑中の S 量)
(35~50%×50~80)

z: 重油中の S%(1.0%-2.5%)

回歸式は、 $x=0.004y+5.02z+12.37$

となり、重油中の S%は 1.70% 以下を購入規格とすることとなつた。

IV. 品質管理によつて得た効果

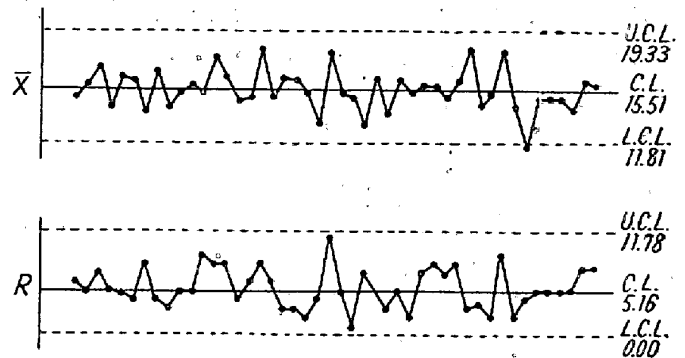
統計的品質管理を實施して以來、これによつていろいろの點で、改善されて來た所が多い。このことは統計的檢定法、解析法及び管理圖を通じて、一般的に、技術的思考方に統計的思考方が加えられ、作業そのものが次第に安定する方向に向つてゐることが、いろいろの効果と

なつて現われるのであつて、單純に一つの方法のみによつて擧げた効果を示すことはむづかしい。又製鋼作業は複雑な要因の組合せからなつてゐるので、効果の一つ一つを全て數字的に表現することもむづかしい。

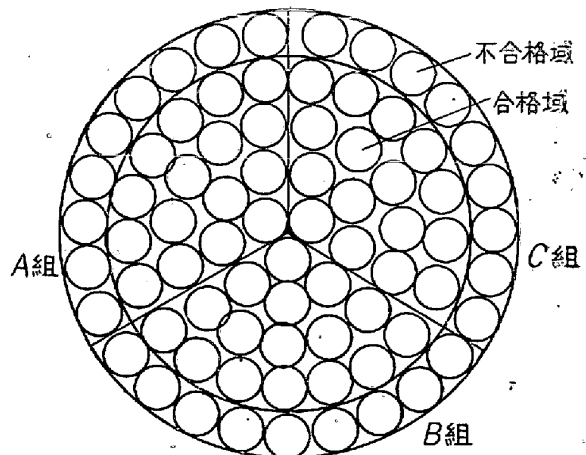
この點から、その効果を擧げて見ると。

(1) 品質に対する意識が高揚した。從來現場では生産量とか、原單位などの量的なものに特に注意が向けられ勝ちであつた。所が鑄鋼成分、銅塊等級など品質的なものを管理圖等により、はつきり判るように表示したので、品質に対する關心が非常に高まつて來た。

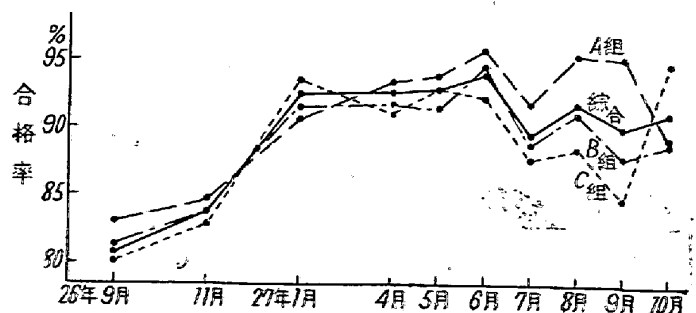
例えば、鑄鋼成分分析値については、第4圖に見られる如く非常に良い管理状態を示している。又従つて、第6圖のように成分の合格率も向上して來ている。成分合



第4圖 鑄鋼成分(C%×100)管理圖の一例



第5圖 的式管理圖 (成品成分)



第6圖 成分合格率推移

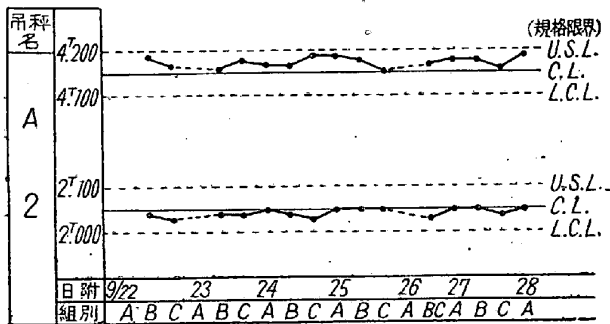
格率を高めるために、第5図のような的式チャートは極めて有効であった。

(2) データーの意味を理解し、これを充分尊重するようになり、現場のデーターの信頼性が高くなった。例えば、鋼の分析精度が向上し、分析値に対する信頼性が高くなった。C, Mn, S, の分析誤差の 3σ 限界は、

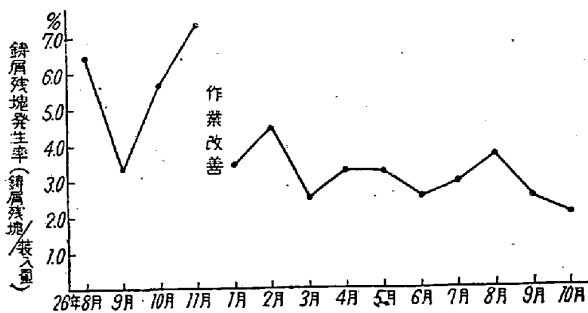
C: $\pm 0.008\%$, Mn: $\pm 0.02\%$, S: $\pm 0.001\%$

となっており、精度は良い。これに対するサンプリングの方法も検討され、又成品の鉄成分と鑄鋼成分間の関係も明らかになって来ている。

又平爐の出鋼歩留向上の點から、装入量を均一にするために、原料現場に於て、毎直作業前に秤量の管理を行い、秤量器の誤差をおさえている。又装入箱の重量を管理している。これにより鑄屑の発生を防止し、その効果が擧つている。第7圖に吊秤の精度管理圖、第8圖に鑄屑発生率を示している。



第7圖 吊秤精度圖

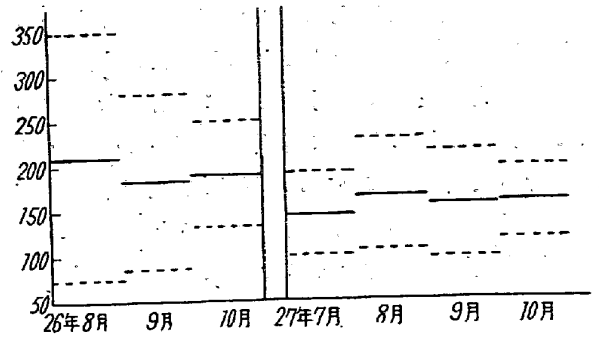


第8圖 鑄屑殘塊發生率推移

又從來迄の日志に記録していたデーターを、圖にして表わし、日志にかえて揭示し、全員がこれに着目するようになった。

(3) 品質特性の變動に対する考え方が理解され、第1種の過誤の意味が理解されて来た。これは操業に対する各要因の變動を少なくする結果となり、次第に安定した操業に向つている。

例えば第9圖の重油原單位の月別の限界線の推移に見られる如く、次第に安定して来ている。これも單に管理

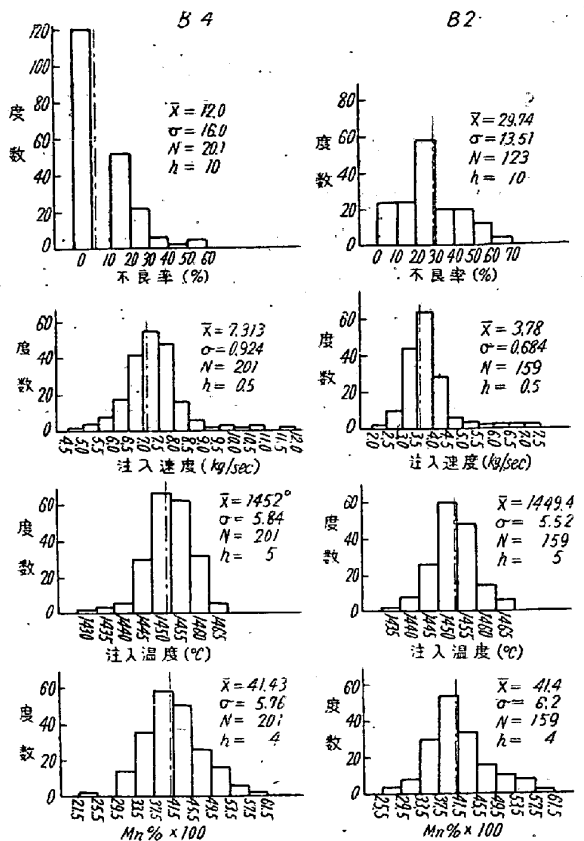


第9圖 重油原單位管理圖限界線推移

圖を書いているためというより、管理圖を書くことにより變動に対する考え方がはつきりして来たため、この點からいろいろの改善が技術的に行われて来た結果であると考えられる。

(4) 現場においていろいろの要因を層別するという考え方が理解されて来た。製鋼作業は特に複雑な要因が多く、従来はこれを一つのデーターとして解釋されがちであつたが、これを層別して解釋する考え方が行われるようになった。これにより可避、不可避原因などの區別が明らかになって来た。

例えば造塊の注入速度は、従来下注ぎでは出来るだけ遅い方が良いと考えられていたが、これを鑄型の大きさ別に層別して見ると、注入温度は鑄型の大小により變



第10圖 鋼塊の外部缺陷による壓延不良率と注入速度等のヒストグラム

り、又同一の型では注入速度の影響は大きくないことが分り、原因がはつきり分るようになった。(第 10 圖)

(5) 過去の記録の解析のために統計的な方法が充分役立てられ、これによつて信頼性の高いいろいろの計畫、方針が決定されている。例えば平爐能率の検討、重油中の S% の問題、鑄型の設計及コストの問題、鋼熔製に關する諸要因の検討などにその効果を擧げている。

V. 管理方式に對する考察

當工場の品質管理は前述の如くで、まだ充分な成果を擧げ得たとはいえないものがある。作業としての品質管理は管理圖中心で行くべきものであろうが、現在の製鋼作業の状態からすれば、いろいろの理由で管理圖を修正處置を取るための本來的な意味で活用して行くには、まだ困難な點が多い。

製鋼作業では現状に於ては、複雑な要因を一つ一つに分解して考えることが困難であることが多い。現在まで書いて來た管理圖は、総合的な、或いは結果的なものが多く、管理圖の示す異常は直接修正處置の對象となり難い。又各要因間の關係がはつきりと定量的に調整できるようになつてないものが多かつたり、重要な要因で測定法が時間的に、精度的に不十分なものが多かつたりしているため、管理圖から異常の原因が分つても、この異常を將來も繰返すことになる場合がある。

従つて製鋼作業では、このような各種の要因について解析を行つて、いろいろな關係を定量的に把握して行くことが必要であると思ふ。

「管理圖は修正處置が十分とれなければ中止すべきか。」という、そうは考えない。管理圖は品質水準の保持、要因の解析にかなり役立つ。

當工場の管理圖は殆んど、現場の職長又は組長が書いているので、管理圖を書くことにより、自分の責任範圍

の作業について、その實態を把握することができる。又作業標準が明確でない點があつたり、測定が不充分であつたり、又は感覺的判斷で作業を決定することのある現状に於ては、目加減や、手加減を修正する據り所にもなつていない。

以上のような實態は決して満足すべきものではない。このためには作業標準をより明確なものにすることが、必要である。これは結局製鋼作業自體の技術水準を一層高めることに歸着する。このためには工程管理や要因解析の目的に適合するサンプリング、測定法などについても、一層研究改善を行つて行かなければならない。又製鋼作業の各種要因の解析のため、各種の統計的手法も充分活用して行かなければならない、更に管理圖は檢定、解析の結果を極力應用して、管理項目を結果的、総合的なものから、これらの要因となるものに改めて行く必要がある。

VI. 結 言

以上、當所製鋼作業關係の品質管理の概要を述べたのであるが、實施以來1年半、品質管理の初期的段階の職員、工員の教育は一通り終り、管理圖の應用、普及、統計的檢定法、解析法の利用等は日常行われている。そして前述の如き効果も擧つてゐる。

然し、まだ管理圖は充分に活用され、又その機能を充分發揮しているとはいへない。フォードの製鋼工場の例などから推して見ても、これは肯づけることで、現在はまだ、アナライジングの時期と考えられる。

今後も管理圖、統計的手法を駆使して、諸種の變動要因を定量的に抑え、調整できるようにして行くことが必要で、かくて作業標準を確立し、製鋼作業をより安定したものに、より確實なものにすることができると思ふ。

(昭 27~12 月寄稿)