

会

報

No. 5

日本鑄物協会東北支部

1969.3

# 日本鑄物協会東北支部会報

## 第 5 号

### 目 次

1. 会報第5号に寄せて.....大平五郎 ((1)
2. 随想－前向き姿勢について.....宮原順一郎 (2)
3. 随想－南部鑄物雑感.....内村允一 (3)
4. 機械材料としての鑄鉄.....井川克也 (5)
5. 鑄鋼の溶解法の基礎.....金子 淳 (27)
6. 鑄造技術者のための簡易原価算定方法について.....天口千代松 (47)
7. 鑄物工業の経営と合理化.....菊地忠男 (55)  
－水沢地区の鑄物工業－
8. 昭和43年度経過報告.....井川克也 (62)
9. 昭和42, 43年度会計報告.....藤田昭夫 (65)
10. 昭和43, 44年度理事名簿..... (68)
11. あとがき.....井川克也 (73)

## 会報第5号に寄せて

大平五郎

会報もこれで第5号になった。昭和39年以来毎年一冊ずつという遅々たる足どりではあるが、地味に、着実に一步一步進んできていると思う。これに比べて東北地方の鋳物工業の進展の度合は、近來まことに目ざましいものがあり、国内各地でもかなり注目しているようである。

本誌の内容は過日の理事会の意見に従って昨年と同様工場現場のかたがたのお役に立つことを目標とし、これに随想などを加えて編輯することにした。ふつうの鋳物技術誌とくらべても遜色ないものではないかと自負している。それだけに、実は会員のかた方の並々ならぬお力添えによるわけで、貴重な原稿を原稿料なしで書いてくれた方々、厄介な編輯事務や広告とり時間に時間をさいて奔走してくれる人達、この人達の力なしではこの会誌は生れてこない。そしてまたこの人たちの力によって当支部の力もますます強くなっているのである。

昨年秋には日本ではじめての国際鋳物会議が京都で行われた。当支部からの出席者も多かった。外国からの鋳物人にははるか離れた国日本の「さび」「しおり」など古典的な幽幻と美しさを頭の中で理解している一方、戦後の工業のおそろべき躍進ぶりを現実のデータとして知っていた。西歐的教養と東洋的神秘さがないまでになって、矛盾と調和とのバランスの上に積極的な勇氣ある日本の鋳物業界の現状にいささかおそれをなしたところもあるようである。それだけに競争者としての立場で鋳物工場を見学していったものも少なくなかった。当支部関係でも福島製鋼所に30人以上の外国人見学者のお世話をお願いしたが、非常に熱心で、質問も活発だったように見受けられた。東北地方への見学者たちは非常に喜んで帰ったらしく、ヨーロッパでの東北地方の評判がたいへんよろしいとのことをきいて、これも支部のみな様方の御尽力のおかげと嬉しく思っている。

さいごにいささか私事にわたることかも知れないが、当支部理事としていままで一方ならぬお世話をして頂いていた井川克也博士が、このたび室蘭工大教授として榮転されるので、同博士のこれまでの御尽力に対して心からお礼を申し上げたい。当支部としてはかけがいのない人に去られるのはまことに残念であるが、同博士の広範なる知識と活潑な行動は、決して東北地方、あるいは日本だけに活躍を限定されるものではなく、今後も支部としてお世話頂くことも多いと思う。心からなるお礼を上げるとともに洋々たる前途を祝福したい。

ことしもまた鋳物業界にとっては多忙の年のように御同慶にたえない。しかし世の趨勢として量より質の時代に変わりつつあることは注目しなければならないと思う。

各位の御活躍を切に期待してやまない。

(日本鋳物協会東北支部長)

## 前向き姿勢について

秋田金属工業株式会社

取締役社長 宮原 順一郎

昨年だったか一昨年だったか東北鉄鋼協議会の理事会の席上東北特殊鋼の磐城副社長が『どうも東北の会合の席ではよく、あれがいかん、これがいかんと愚痴っぽい発言が多い様に見受けられる。東北にも各県の違いはあれそれぞれいゝところが沢山ある。そんないゝ点を取上げて話題としたいものである。でないといつても話しが前向きにならない』という発言があった。これには私も全く同感で早速賛成の意を表し、『実は私九年前秋田に来たのであるが始めの一、二年はどうしても土地になじめないまゝ悪い面のみが多く見えてあれはいかんこれはいかんと不平を言ったり愚痴をこぼしたりすることが多かった。従業員の方では社長の言うことだから仕方がないと思っていたのだろうが内心面白くなかったに違いないその間人間関係は決してよくなかった。だんだん土地になじむにつれいゝ面が見えて来た。亦従業員に対してもそりゝいゝじゃないか頑張ってやって見たらとはげます様になって来た。あゝ社長そう思っているのかそれではと自ら積極的にはげむ様になって来た。人間長所を生かして使えという言葉があることは知っていた。しかしそれは理屈として知っていたことで本当に体験的に理解していたのではないことに気がついた。そう思って見て始めて積極的に個人の長所を伸ばしてやることに心掛ける様につとめて来た。それからというものの自分のイライラした気持もなくなり落付いた平静な気持で精進出来る様になり勿論人間関係も改善されて来た。あれはいかんこれはいかんと悪い面のみを取上げては前向きの姿勢にならないということを今更のごとく体験した』という事実を参考に申上げて賛意を表した次第である。ところが会長の富士製鉄野田常務(釜石製鉄所々長)が『今の話同感だ、今の話の気持よくわかる、自分も三年前釜石に来てはじめは嫌で仕様がなかった、だんだん落付いて見て今の話の様に見直している、今の提案まことに結構なことでその様な前向きの積極的な姿勢で進みたいものである』と結ばれた。その後東京へ出た際ある大会社のファイトのある若いセールスマンA氏にその話をしたところがA氏も全く同感で自分の体験をこう話してくれた。

『自分達の販売しているものが売れないのは市況が悪いとか取扱っている品物がいけないとか売れないことを自分達のせいではなく他の理由にしている時であった。その間は決して売上げは伸びませんでした。ところがこれはどうしても売らねばならん使命だと考えて各担当者がグループになって売る方法を前向きになって検討した。何処にはどんな方法でどんな宣伝を使って行ったら売れた、此所にはこんな方法で行っていけなかったと真険に売ることを話合って進めた。一つ売れたことに自信を得たら次にはこう

いう手をと考える様になった。それに興味をおぼえる様になり積極的に出る様になった、そうしたら売ることが面白くなって販売成績はぐんぐん伸び売上げが上りました。とにかく愚痴を言ったり言訳している間は駄目です前向きになって怒力して行けば打開の道はあるものですね』と……

この言葉を聞いて私は前向き姿勢というものの具体的なあり方を教えられた様な気がして大変感激した。それからというものの自分の経営にもそれを具体的に生かして行くことを真険に考える様になった。言訳している間は駄目だししっかりした目標に向けて怒力を続けることだ。

『日々のひたむきな努力は将来の無限の可能性を約束する』という言葉があるがそれを地で行きたい気持で一杯である。

× × × × ×

随 想

## 南 部 鋳 物 雑 感

岩手県工業試験場長

内 村 允 一

“チリン、チリン”……、夏の頃部屋の一隅に吊したまま忘れていた南部鉄風鈴がかすかに鳴った。窓外は吹雪が粉雪が窓に吹きつける。盛夏の涼感とは又異った雰囲気であるが、多分、室内の暖房による空気の対流の仕業であろう。心よい音色を耳にする度に今や南部鉄器のドル箱的存在となり、風鈴の街まで作りあげてのカレンな物体に感謝せず居られないのが岩手の鋳物屋さんの心境だろう。

扨、仕事の手を休めて過ぎし日のことなど色々ふり返ってみた。私は勿論、鋳物を業とする者ではない。一介の田舎の地方役人である。何の因果か知らないが過去20年間の役人生活において陰に陽に必ず鋳物の仕事が付きまどってきた。大学で余り勉強しなかった私が何となく親しみを感じて選んだのが鋳物の講座であった。大方、これが原因なのかも知れない。

このように書いてくると如何にも南部鋳物に半生をさげ貢献しているように受けとられる方も多いと思うが、実態は全く逆の結果となっている。この長い時間をかけても岩手の鋳物は他に比べて思ったような伸展をみせていないのである。いや、或は他の産地との格差はむしろ大きくなっているかも知れない。如何に地の利を得ないとは云え深く責任を感じる次第である。

足をふみ入れた頃は丁度戦後の物資不足時代で、鋳物屋さんも作れば何んでも面白いように売れたものであるが、然しこれもそろそろ先が見えはじめて将来の大計を考えなければならぬ時に直面していた。昔から鉄瓶、なべ、釜、風呂鉄砲しか作れなかった大部分の岩手の鋳物屋さんも重大な局面が訪れたのである。苦勞しながら機械部品鋳物に轉換しようと努力する工場が遂次増えはじめたが然し誰が仕

事を発注してくれるのか皆目わからない。鋳物屋さんと一緒に足を棒にしてよく京浜地方を仕事探しに走り回ったものである。最後は県の高官まで引っぱり出して大企業の門をたゝいたこともあった。お蔭様で熱意の幾分か認められてぼつぼつ発注が受けられるようになった時は本当にうれしかった。

このことと関連して思い出されることは、当時、我々若僧どもは、いみじくも予言者よろしく南部鉄瓶の需要は間もなくゼロになるだろうとの判断のもとに、何とかして鉄瓶屋さんの機械部品屋への転換を図るべく若い情熱を燃えあがらせたものであった。

事実、業界の殆どがこの衰微する鉄瓶、鉄器工業を疑がわなかったのである。その後幾多の景気変動の都度、鋳物工業は最も痛い打撃をくりかえしたが、この間相当数の工場は機械鋳物工場として見違えるように脱皮した。然し当時の若僧共が予言し、路線変更を策動した鉄器屋さんも又、前者に劣らず当時と比べると目をみはるような発展を遂げている。我が国の経済成長は物量的には勿論、人間生活の面においても落ちつきと回顧趣味をはぐくみ、日本人本来の工芸的感覚を呼びもどしたものに他ならないためである。

このうれしい誤算は、社会環境の変遷とのみきめつけるわけには行かず、こゝに改めて数百年の伝統の強さと、更には南部鋳物師各位の近代工芸鋳物の開発に尽した努力に慶意を表するものである。

最も悲感視した鉄瓶も絶対量はともかく、近年の出荷は遂次上昇線をたどり、古来の Kettle としてよりはむしろ日本の工芸美の鑑賞物として遠く海外にも伸びていることは、当時とはとても考えられないうことであり、先見の明に欠けること恥じ入っている次第である。

最近では、機械工業地帯から遠隔の岩手の弱少地場鋳物は、南部鉄器の近代化に努力しつつ愈々これをよりどりに特色づけて行くのが生きる道であると考えている。

20年前をふりかえり世の移り変りに驚くとともに、日本の古代鋳物の承継に一役果す心意気である。

# 機械材料としての鑄鉄

東北大学助教授工学博士

井川 克也

## 1 ま え が き

工業材料としての鑄鉄は、我国の昭和40年度の統計<sup>1)</sup>によると、鑄物用に使用された金属のうち80%以上を占めており重要な鑄物用金属材料である。その材質的特徴としては、鉄の基地中に黒鉛の結晶が分布していることで、その量、形状、分布状態などの変化によって鑄鉄の諸性質が著しく変化することである。

このような黒鉛の形状や分布は、鑄鉄が凝固するときにほぼ決定される。すなわち、溶湯の成分、鑄型内における冷却速度、凝固時の核発生の程度、共晶成長速度などが鑄鉄の凝固過程に大きな影響をおよぼす。凝固時に黒鉛を晶出するいわゆるねずみ鑄鉄は、亜共晶成分の場合、凝固にあたってまず初晶オーステナイトを晶出したのち、黒鉛核の発生によって共晶凝固が開始し、黒鉛は共晶オーステナイトの晶出をともないながら片状に成長する。共晶成長速度がおそい場合には黒鉛は長く成長するが、成長速度が大きければ大きいほど黒鉛は細かく分岐して成長し、その結果枝分れした黒鉛の骨格構造が形成される<sup>2)</sup>。これらの1つずつが共晶セルといわれるもので、図1は1ケの共晶セル中の黒鉛骨格を模式的に示したものである<sup>3)</sup>。

これに対して球状黒鉛鑄鉄では図2に示すような球形の黒鉛結晶が鉄基中に分布しており、黒鉛相互の連続性はねずみ鑄鉄の場合にくらべて極めて少ない。

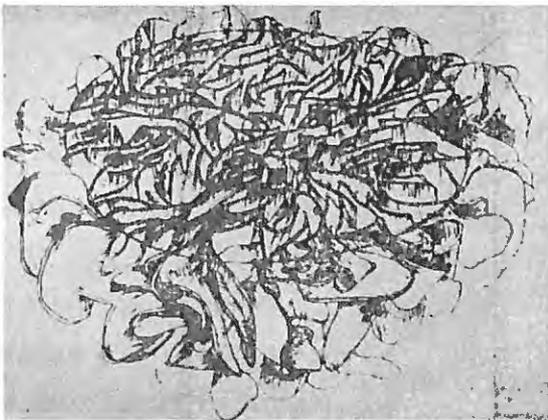


図1. 1ケの共晶セル中の黒鉛骨格

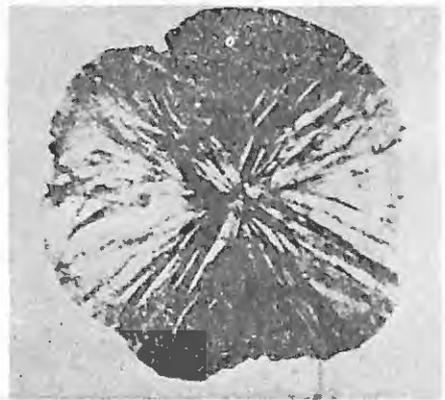


図2. 1ケの球状黒鉛 ×1500

このような組織構造をもった鑄鉄の機械的性質、とくに静的な力を加えた場合の応力とひずみの関係、くりかえし応力を加えた場合の疲れ、また摩擦をうけることによる摩耗など、機械材料としての鑄鉄が遭遇する種々の応力のもとでの性質について、黒鉛組織との関連を中心に述べることにする。

## 2 鑄鉄の応力-ひずみ曲線

Collaud<sup>4,5)</sup>はねずみ鑄鉄の引張り試験における応力-ひずみ曲線を測定し、各荷重をかけるごとに応力を除いて永久変形を求めた。その結果を図3に示す。この図から、荷重をかけたときの全

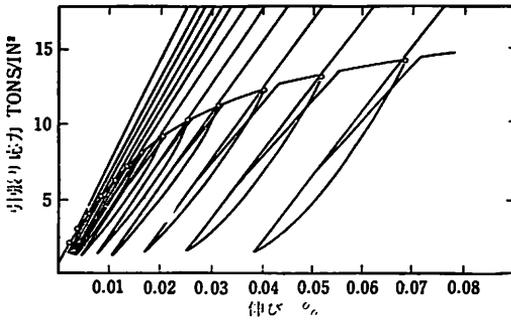


図3. 引張り応力増加にともなうねずみ鑄鉄のヒステリシスサイクルの勾配の変化

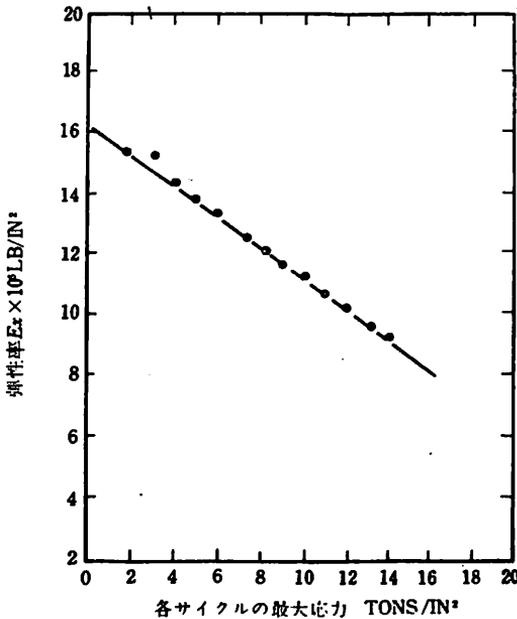


図4. 引張り応力増加にともなう弾性率の変化

ひずみと、荷重を除いたときの永久ひずみが求められ、両者の差が回復しうるひずみである。各応力と回復ひずみの比がその応力での弾性率  $E_x$  をあたえる。 $x$  は各サイクルにおける最大応力である。図中直線の傾斜がこの  $E_x$  を示し、 $x$  の増加とともに  $E_x$  は減少している。各サイクルの最大応力に対して  $E_x$  をプロットすると図4に示すようにほぼ直線関係が得られる。したがってこれを応力ゼロまで延長してねずみ鑄鉄の弾性率  $E_0$  を求めることができる。鋼材の応力-ひずみ曲線は弾性限内では直線的に変化し、したがって  $E_x$  は応力に関係なく  $E_0$  の一定値を示し、これはとりもおさず鉄基地の弾性変形によるものである。したがって、上のようにして求めた鑄鉄の  $E_0$  値は、鑄鉄組織中の鉄基地の弾性率を示すものと Collaud は考えた。

さて、ねずみ鑄鉄の場合、図3に示したように、その応力-ひずみ曲線部を示さず、低応力部ですでに若干の塑性変形を示している。これは鉄基地中に図1に示したような黒鉛が分布し、したがって

その周囲，とくに黒鉛片の先端部の曲率が大きい部分に応力が集中し，低応力部ですでに塑性変形が起るためと考えられる。いま，1ケの黒鉛片を鉄基地中に存在する切欠きと考え，その長さを  $t$ ，先端の曲率半径を  $\rho$  とすれば，切欠き先端に応力の集中する割合は次式で示される応力集中係数  $\alpha_{fk}$  であたえられる。

$$\alpha_{fk} = 1 + 2\sqrt{t/\rho}$$

図5はこの式を用いて種々の黒鉛形状について  $\alpha_{fk}$  を求めたもので<sup>6)</sup>，先端の鋭い片状黒鉛では応力集中が凝しく，その付近の基地組織は容易に降伏点に達すると考えられる。このようにねずみ鑄鉄の基地中には容易に局部的な塑性変形を生ずるが，これのみによっては応力による  $Ex$  の変化を説明することはできない。すなわち弾性率は基地結晶格子の弾性ひずみの回復しようとする強さを示すものであるから塑性変形によっては変化しない。このように考えると，図3に示された荷重除去

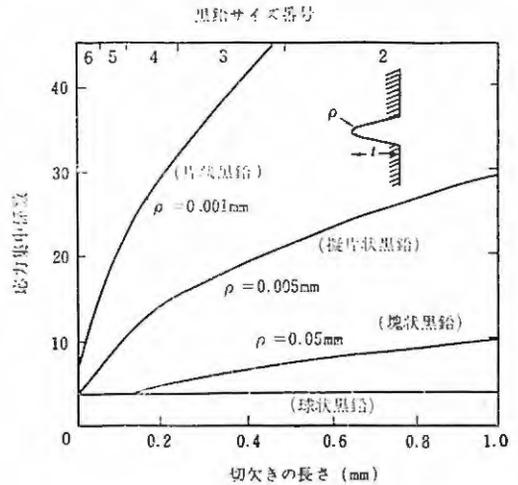


図5. 黒鉛形状による応力集中割合の変化



(a) 黒鉛片と基地との分離 (×270)



(b) 黒鉛球と基地との分離 (×360)

図6. 引張り応力による黒鉛と基地との分離

による回復が応力の増大とともに大きくなる現象は他にその原因を求めねばならない。

図6<sup>7)</sup>はねずみ鑄鉄と球状黒鉛鑄鉄に引張り荷重をかけた状態の組織で、いずれの場合にも黒鉛と基地の間に分離を生じVoidを形成していることがわかる。このVoid形成は全ひずみ量を増加させるが、荷重を除いた場合、 $E_0$ の値で定められる基地の強性的回復以外にVoidの体積が一部回復するので、このぶんだけ荷重除去による回復量が増加する。この割合が荷重とともに増加するので $E_x$ の値が荷重とともに減少する。

一方、引張り荷重を加えた場合の試料横断面でのひずみについて考えると、この場合の弾性率は

$$E_x \cdot l_{at} = \frac{\text{各サイクルの最大応力}}{\text{横方向の回復ひずみ}}$$

であたえられるが、Gilbertの研究<sup>8)</sup>によればこの値は荷重の変化によっては変化しない。このことから横方向にはVoidの回復はおこらず、すなわち引張り荷重をうけても黒鉛が占めている体積が減少することはないと考えられる。したがって横方向のひずみは基地の変形のみと考えてよい。

Gilbert<sup>8)</sup>が得た応力-ひずみ曲線を図7に、また弾性率とポアソン比の変化を図8に示した。図7において(全ひずみ-弾性ひずみ)曲線と、永久ひずみ曲線との差は荷重を除いた場合にお

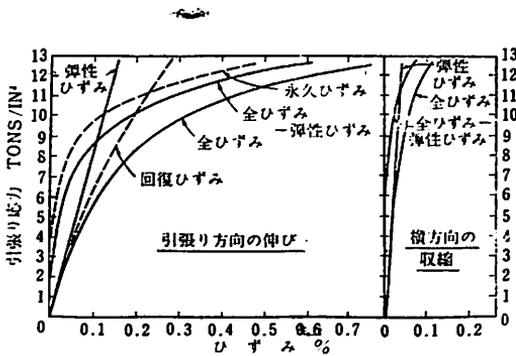


図7. ひずみ鑄鉄の応力ひずみ曲線

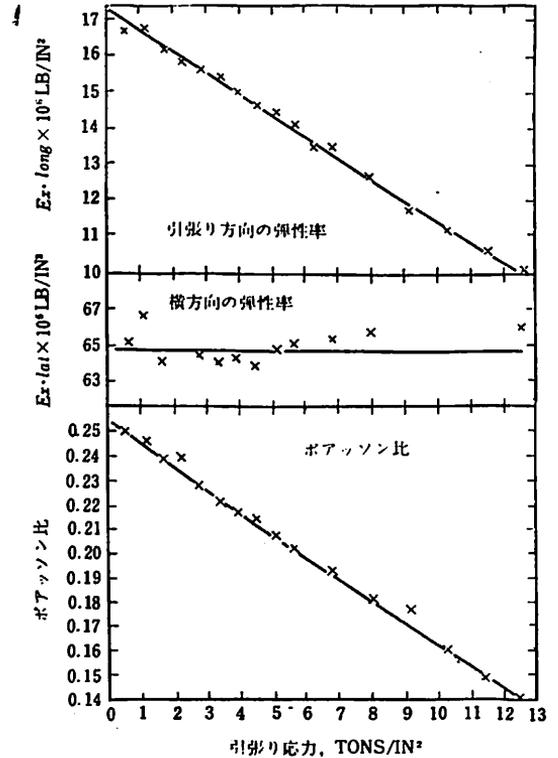


図8. 引張り荷重下における弾性常数の変化

このVoidの回復量を示すことになり、これを弾性ひずみからの偏位として回復ひずみ線として示してある。横方向のひずみ線図では、図8に示すように $E_{x, lat}$ は一定と見做され、Voidの挙動は無視できるので、永久ひずみ線と回復ひずみ線はそれぞれ（全ひずみ-弾性ひずみ）線および弾性ひずみ線と一致する。

さて、鋼のような均一材料では剪断すべり機構によっておこる塑性変形は体積変化を伴わないので、鋳鉄の基地組織の塑性変形のみでは体積変化は無視できる。したがって弾性変形による体積変化以外にはVoidの形成による体積変化が考えられよう。また基地の塑性変形は荷重を除去しても回復することはない。

いま、引張り試験片の長さの増加を考えると、 $eT \cdot long$  を長さ方向の全ひずみとして、荷重をかけた状態では

$$(1 + eT \cdot long) : 1$$

の割合になる。横方向の寸法変化の割合は同様にして

$$(1 - eT \cdot lat) : 1$$

となり、したがって体積変化の割合は

$$(1 + eT \cdot long)(1 - eT \cdot lat)^2 : 1$$

で示される。eの値は1にくらべて小さいので2次の項を省略すると

$$(1 + eT \cdot long - 2eT \cdot lat) : 1$$

となり、したがって単位体積あたりの膨張は

$$eT \cdot long - 2eT \cdot lat$$

であたえられる。一方、図7で示したように、横方向のひずみにはVoidの変化は含まれていないので、横方向の基地組織の塑性変形によるひずみの2倍を、たて方向の（全ひずみ-弾性ひずみ）から差引いた分だけが単位体積あたりのVoidによる体積変化を示すことになる。このようにして、荷重をかけた場合のVoidによるひずみを計算し、さらに各場合の基地の塑性変形を、これらと永久ひずみの差として求めると図9が得られる。基地組

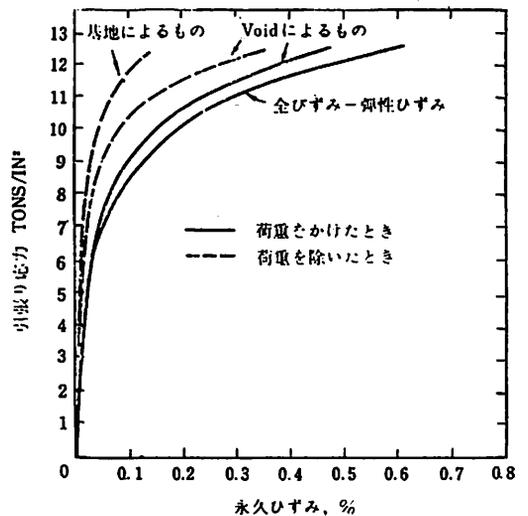


図9. 引張り方向の永久ひずみの分解

織の塑性変形量は荷重の有無でよく一致している。

このようにして引張り荷重をうけたときのねずみ鑄鉄の全ひずみと、Void形成による回復しうるひずみおよび永久ひずみの4項に分解できるが、これを図10のように示すことができる。すなわち、ねずみ鑄鉄の場合、Void形成によるひずみが極めて大きく、これが縦の応力-ひずみ曲線との相違の最大の原因となっていると考えられよう。

これに対して、球状黒鉛鑄鉄についての実験結果<sup>9)</sup>を見ると図11に示すように、図7のねずみ鑄鉄の場合と比較して、永久ひずみ量が同一荷重でくらべると極めて小さく弾性的挙動を示している。またVoidの回復量を示す回復ひずみの発生も、基地組織の塑性変形が高荷重側で発生してはじめて認められる。また、たておよびよこ方向の弾性率の変化とポアソン比の変化を、引張り応力に対して示すと図12のようになり、基地の塑性変形がおこり、Voidが発生するまではいずれもほぼ一定値を示し、図8のねずみ鑄鉄の場合とくらべてVoid形成に要する応力が極めて高いことを示している。これは同一パーライト基地に対しても図5に示した応力集中係数が黒鉛形状によって大きく相違していることに起因している。

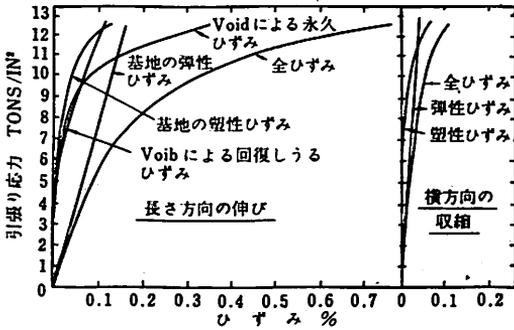


図10. 全ひずみの成分

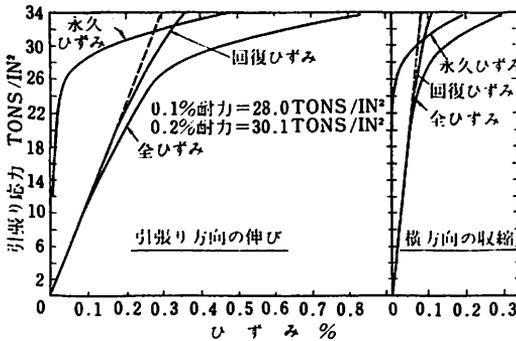


図11. 1 3/4 IN キールブロック試料の焼準後の応力ひずみ曲線

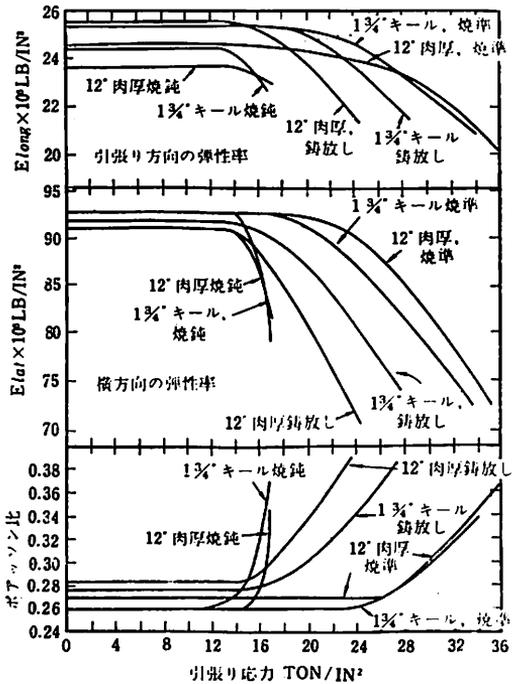


図12. 引張り応力による弾性常数の変化

### 3 鑄鉄の疲労

機械材料として鑄鉄は時間的に変化する変動応力を繰返しうけることが多いが、それが静的な破壊応力より小さいときでもある応力繰返しのもとに破壊することがあり、したがって設計にあたってはこのような材料の疲労挙動を十分に考慮する必要がある。

いま、表1および表2に示す種々の黒鉛組織および基地組織を有する試料について回転曲げ疲労試験を行った結果を図13<sup>10)</sup>に示す。すなわち鋼の場合と同様に各試料について、一定の応力以下

表1. 試料の種類，化学組成

試料番号	種類	化学組成					
		TC%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%
1	可鍛鑄鉄 A	2.46	1.20	0.40	0.07	0.110	0.046
2	可鍛鑄鉄 B	2.46	1.20	0.45	0.07	0.110	0.046
3	ねずみ鑄鉄 A	3.64	2.57	0.82	0.26	0.012	0.30
4	ねずみ鑄鉄 B	3.52	2.46	0.38	—	0.003	—
5	ねずみ鑄鉄 C	3.18	1.65	0.41	0.22	0.016	0.082
6	球状黒鉛鑄鉄	3.45	3.89	0.65	0.13	0.006	0.18
7	ねずみ鑄鉄 D	2.68	1.78	0.75	0.32	0.032	0.082
8	ねずみ鑄鉄 E	3.52	2.47	0.38	—	0.003	—

表2. 試料の顕微鏡組織，機械的性質

試料番号	顕微鏡組織		機械的性質	
	黒鉛組織	基地組成	引張り強さ kg/mm <sup>2</sup>	硬さRC.
1	塊状 V5	ソルバイト，少量のマルテンサイト	—	44.5
2	塊状 V5	ソルバイト	—	37.8
3	粗大片状 IA $\frac{4}{6}$	パーライト，少量のステダイト	17.2	29.7
4	中程度片状 IA $\frac{4}{6}$	パーライト，少量のステダイト	—	32.9
5	微細片状 IA $\frac{5}{6}$ +IE $\frac{5}{6}$	パーライト，少量のステダイト	34.0	35.6
6	球状 VI6	パーライト，少量のフェライト	74.3	37.5
7	微細片状 IA $\frac{5}{6}$	フェダイト，少量のステダイト	—	21.8
8	粗大片状 IA $\frac{3}{4}$	パーライト，少量のステダイト	—	25.4

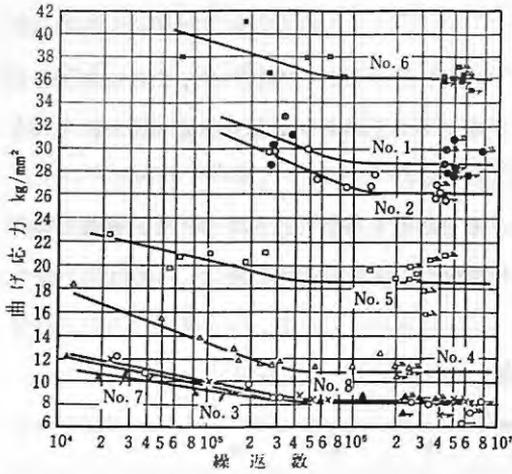


図 13 回転曲げ疲労試験結果

表 3. 疲労限と耐久比

試料番号	疲労限 kg/mm <sup>2</sup>	引張り強さ kg/mm <sup>2</sup>	耐久比
1	28.9	—	—
2	26.3	—	—
3	8.4	17.2	0.4 <sub>95</sub>
4	11.0	—	—
5	18.6	34.0	0.5 <sub>47</sub>
6	36.2	73.0	0.4 <sub>88</sub>
7	8.3	—	—
8	8.5	—	—

では繰返し数をいかに増加しても破壊しない応力があり、これを一般に疲労限と呼んでいる。そしてこれと引張り強さの比を耐久比と呼び、引張り強さから疲労限を推定するための目安としている。表 3.にこれらの値を示した。また表 2 および図 1.3 から、組織と疲労強度との関係としてつぎのことが言える。試料 No. 3, 4, 5, 8 のパーライト基地片状黒鉛鑄鉄では黒鉛面積の増加とともに疲労限が低下するが、黒鉛形状が塊状 (No. 1, 2), さらに球状 (No. 6) になると極めて疲労限が高くなる。また、フェライト基地のねずみ鑄鉄 No. 7 は黒鉛組織が No. 5 の試料に類似していることから、基地のフェ

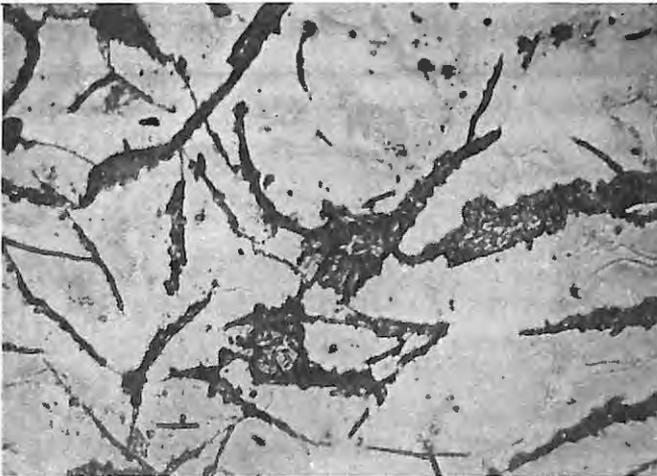


図 14. 試料 No. 3 11.6kg/mm<sup>2</sup> 2.02×10<sup>4</sup>回 (×270)

ライト化によって疲労強さが低下することを示している。

さて、鑄鉄の疲労破壊過程をしらべるために、平板状試料の繰返し曲げ疲労試験を行ない、疲労亀裂の発生と伝播についてしらべた。図 1.4, 1.5, 1.6 は片状、塊状、球状の黒鉛組織を有する試料の場合を示している。すなわち、片状黒鉛ではその分岐部に著しい基地のすべりを生じ、こ

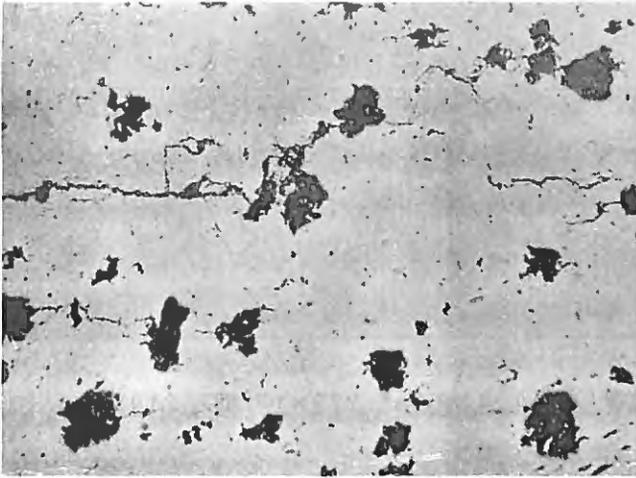


図15. 試料No.2  $32.5 \text{ kg/mm}^2$   $3.27 \times 10^5$  回 ( $\times 65$ )



図16. 試料No.6  $48.5 \text{ kg/mm}^2$   $2.9 \times 10^3$  回 ( $\times 270$ )

れから小さな割れが発生し黒鉛に沿って伝播する。塊状黒鉛，球状黒鉛いずれも黒鉛周辺の基地中にすべり変形が集中してあらわれ，これが亀裂となって隣黒鉛まで伝播してゆくのが観察される。図17および図18は試料面全体について亀裂の発達状況を示したもので，両端から発生した亀裂が黒鉛に沿って内部に伝播するのがわかる。

一般に金属の疲労過程はつきのように考えられる。すなわち，疲労限直下の応力を繰返すと，繰返しの初期に材料の欠陥部あるいは切欠部あるいは切欠部に局部的なすべり変形が堆積し加工硬化がおこる。また他方，転位が集積する部分の介在物や炭化物と基地との境界面の結合度は応力の繰返しのために弱まり，あるいはここに部分的なVoidを生ずる。このような状態に達してからも，繰返し応力のもとで若干の転位は周期的に往復運動をしながらこれらの障害物にむかって集積し，これによる応力集中と障害物自身の切欠き効果としての応力



図17. 片状黒鉛鋳鉄の疲労破壊 ( $\times 65$ )  $8.3\text{kg}/\text{mm}^2$   $9.79 \times 10^6$  回 2,100rpm

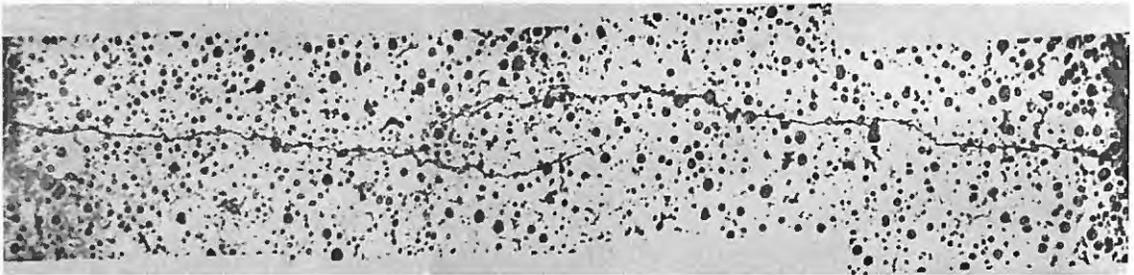


図18. 球状黒鉛鋳鉄の疲労破壊 ( $\times 65$ )  
 $48.5\text{kg}/\text{mm}^2$   $2.9 \times 10^3$  回 1,700rpm

↑ ↓ 応力方向

集中との和によってついに亀裂を発生するにいたる<sup>11)</sup>。しかしこれらの亀裂が伝播するためには、その周辺の基地組織の塑性流動による応力集中緩和と加工硬化過程によってさらに大きな応力を必要とすることになる。すなわち疲労限応力以上の応力を繰返すことによってはじめて亀裂は伝播し破壊を生ずる。このように塑性変形が局部的に密集して生ずることが散在的応力による破壊と異なる点で、したがって応力集中を生ずるような材料の欠陥あるいは組織成分（鋳鉄の場合は黒鉛）に対して疲労強さは極めて敏感となる。

このように、鋳鉄を繰返し応力下で使用する場合、負荷される応力は当然疲労限応力以下に限定されるべきであるが、たまたまそれ以上の応力が生じた場合、ある繰返し数以内で再び疲労限応力またはそれ以下の応力にもどせばそれ以前に発生した亀裂は伝播しないが、それ以上高応力負荷が継続したのちでは、疲労限応力にもどしても亀裂は伝播し疲労破壊を起す。このことは、ある長さ以上の亀裂はそれ自身の応力集中効果によって、疲労限応力によって成長しうることを意味し、このような状態を疲れ被害をうけた状態と呼んでいる。

表 4. 疲労被害試験片組成 (%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
擬球状黒鉛鑄鉄	3.45	1.80	0.52	0.14	0.023	0.056	0.41	0.71
片状黒鉛鑄鉄 1	3.15	1.49	0.58	0.28	0.051	0.058	0.35	—
片状黒鉛鑄鉄 2	3.16	3.68	0.77	0.37	0.021	0.12	0.31	—
片状黒鉛鑄鉄 3	3.72	1.99	0.61	0.099	0.009	0.032	—	—

表 4 に示す試料を用い、まず各試料の大気中疲労限を求め、これより高い繰返し応力で種々の時間回転曲げをあたえたのち、ひきつづいて前に求めた疲労限応力で試験を行い、破断したものとしなかったものの境界の繰返し数を求め、これを種々の応力について結んだいわゆる疲れ被害曲線を求めた<sup>12)</sup>。これを図 19 に示す。すなわちこの線をこえる範囲まで疲労させたものは、すでに処女材にくらべて疲労限の低下をおこしていることになる。

さて、このような疲れ被害の発生と亀裂長さとの関係を調べるために、繰返し数の増加にともなう試料表面の亀裂長さを顕微鏡観察によって測定した。これを図 20 に示す。すなわち試料表面の疲労亀裂は疲労寿命の 10~20% 程度の応力繰返し数で黒鉛先端を連結するように認められ、繰返し数増加とともに黒鉛を連結するように成長するが、ある繰返し数以後でその成長速度は著しく大きくなる。

図 19 から求められる被害曲線の位置を図中に示したが、この時期以降で亀裂成長速度が急増することがわかる。

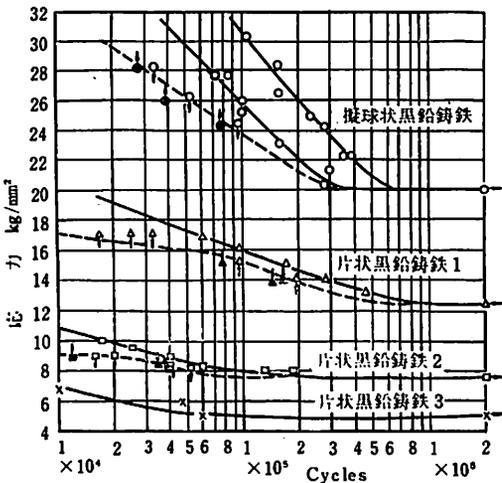


図 19. 鑄鉄の疲労被害曲線

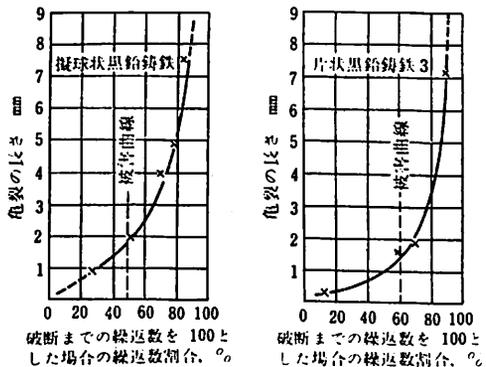


図 20. 疲労亀裂の発達と被害曲線との関係

#### 4 鋳鉄の摩耗

機械材料として用いられる鋳鉄には耐摩耗性を要求される分野がかなりの割合をしめている。このうち鋳鉄が実際に遭遇する摩耗条件の主なものをあげると、たとえばクラッシャーの刃やショットブラストの羽根などに見られるざらつき摩耗 (abrasive wear)、ブレーキやクラッチ機構で見られる乾燥すべり摩耗 (dry sliding wear)、ベアリング、工作機械ベッド、シリンダーとピストンなどに見られる潤滑すべり摩耗 (lubricated sliding wear)、歯車、カム、ローラーなどに見られるころがり摩耗 (pitting) などに分類されよう。

これらの種々の摩耗条件に応じて鋳鉄の摩耗機構もそれぞれ異なり、したがって広範囲に変化する鋳鉄材質の特性を生かして各条件に適応して使用する必要がある。

##### a) ざらつき摩耗の場合

Weiss<sup>13)</sup> は回転する円板上に砂を撒布しながら 0.45 kg の荷重を加えた試験片を接触させてその摩耗量を比較した。これによれば図 2.1 に示すように、鋳鉄についてブリネル硬さと耐摩耗性の間に直線的関係が見られ、硬い粉粒体による摩耗は材料の硬さによって左右されている。これは粉粒体が材料表面に押込まれ、この切削あるいは引掻き作用による材料の剝離によって摩耗が進行するため、硬さの増加は粉粒体の押込みを防止する。しかし図 2.1 に見られるように、材料の種類が異なれば同一の硬さのものでこの直線にはのらない。このことは材料の剝離性すなわち主として引張り強さの異なるためで、鍵和田<sup>14)</sup>

の実験でも硬さのほぼ等しい鋼では引張り強さの大きいものほど摩耗量が小さくなっている。橋本ら<sup>15)</sup> は砂による金属の耐摩耗性を左右する因子はその変形性と剝離性の積としてあらわされ、硬くて脆いチル鋳鉄と軟かくて粘り軟鋼の摩耗がほぼ同様である実験結果を示している。しかし一般の使用条件からいえば材料の変形は望ましくないため、適当な強度を確保した上で硬さを上げる必要がある。鋳鉄の組織成分は極めて硬さの小さい黒鉛から、フェライト (HB < 120)、パーライト (HB < 350) セメントライト (HV = 800~1,100) など種々の硬さを有している。したがってセメ

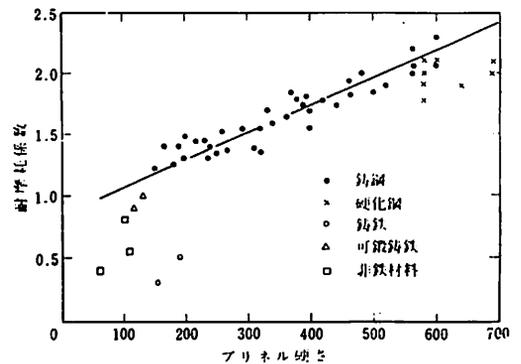


図 2.1. 硬さと耐摩耗係数 (0.1% C 軟鋼の標準試験片による値との比) の関係 (Weiss)

ンタイトを多量に含む白鑄鉄が最も硬く、砂型鑄物でHV=400~600、チルド鑄物でHV=600~900となる。耐ざらつき摩耗鑄鉄の実用例を表5<sup>16)</sup>に示す。白鑄鉄中のパーライトをマルテンサイト(HV=750)にすることによってさらに硬さを増すことができるが、白鑄鉄は焼割れを発生しやすいので、NiやCrの合金化によってマルテンサイト組織を得るNi-Hard鑄鉄が実用されている。またCrを10%以上含むとHV=1,300~1,800の極めて硬いカーバイドを形成するが、一方基地にフェライトが増加して硬さを下げるのでMoを加えて基地のマルテンサイト化をはかる。また30~33%Crでは多量のクロムカーバイドがフェライト基地中に析出した組織で、硬さは低いが特に耐食性に富み、また高硬度のカーバイド粒子の分散によって湿潤状態、低荷重での耐摩耗性にすぐれている。これと同様な理由で14~15%Si鑄鉄も耐食、耐摩耗鑄鉄として用いられる。

表5. 耐ざらつき摩耗鑄鉄の例(Angus)

種 類	C%	Si%	Mn%	S%	P%	Ni%	Cr%	硬さ(Hv)
非合金白鑄鉄	3.2~3.8	0.4~0.8	0.3~0.7	0.1	0.2	—		400~650
	3.0~3.4	0.9~1.3	0.6~1.0	0.1	0.2	—		400~550
Ni-Hard	2.7~3.2	0.5	0.3~0.5	0.1	0.4	{ 3.0 5.0	1.5 2.0	525~625 575~675
	3.3~3.6	{ 0.5 0.8	0.3~0.5	0.1	0.4	2.5~3.0 4.5	1.5	525~650
			0.3~0.5	0.1	0.4		2.0	600~725
30%Cr鑄鉄	2.5~2.9	0.33~0.65	0.6~0.8	0.1	0.1	—	28~33	350~450
12~18Cr 2~4%Mo鑄鉄	3.0~4.0	0.4~1.0	0.5~0.9	0.06	0.1	—	12~18	600~950
マルテンサイト	3.0~3.3	1.0~1.3	0.7~1.0	0.1	0.1	4.8~5.2	0.5~0.8	390~420
ねずみ鑄鉄	3.0~3.3	1.0~1.3	3.5~3.9	0.1	0.1	6.0~6.5		160 as cast 400~450 in 600°C
高珪素鑄鉄	0.5~0.65	1.45~1.55	0.3~0.9	0.05	<1.0	—		450~520

鑄造後機械加工を必要とする場合にはマルテンサイト基地のねずみ鑄鉄が用いられ、Ni 4.8~5.2%、Cr 0.5~0.8%を含む。Niを6.0~6.5%に増加すると鑄放してオーステナイト基地となり容易に切削でき、その後600°Cで熱処理することによりマルテンサイト基地に変態させ、硬さを上げて使用することができる。

b) 乾燥すべり摩耗の場合

摩擦クラッチやブレーキなどのように、2つの表面間で強制的に運動エネルギーを吸収させるために摩擦係数が大であることを必要とする場合で、このために潤滑剤は用いず、したがって瞬間的に非常な高温が発生するのが特徴である。そのため熱伝導のよい材料が望ましいが鑄鉄組織成分

の熱伝導率を示す表6<sup>17)</sup>から明かなように、とくに片状黒鉛の伸びている方向への熱伝導率はフェライトの4~5倍であり、したがって鋼(0.116 cal/cm·s·°C)よりも铸铁(0.151 cal/cm·s·°C)の熱伝導率は大きく、摩擦面の温度上昇を防ぐ効果がある。表面到達温度が約760°C以下の場合には変態は起らないが、組織中の黒鉛酸化が進行し、またパーライトの球状化が起り硬さが減少する傾向がある。この組織変化を防ぐためにはCrやMoの添加が有効で、たとえば3.2~3.5% C, 0.5~0.7% Mn, 0.3~0.5% CrあるいはMo, 0.12% S, 0.15%以下P, HB=200~230の铸铁が用いられている。

表6. 铸铁組織成分の熱伝導率(cal/cm·s·°C)(Angus)

	0~100°C	500°C	1000°C
黒鉛(長手方向)	0.7~1.0	0.2~0.3	0.1~0.15
フェライト	0.17~0.19	0.1	0.07
パーライト	0.12	0.1	—
セメンタイト	0.017	—	—

3.3% C以下の低炭素铸铁は熱衝撃に弱いので好ましくない。表面温度が変態点をこえる場合には、背後の冷却効果によって割れを発生しやすい。このような場合にはとくに高炭素铸铁が適している。すなわち黒鉛自身の高い熱伝導性によって表面から熱を急速に放散し、また黒鉛が表面に擦り出されてひろがり局部的な融着を防ぎhot spotの形成を防止する。さらに黒鉛量が多いことは铸铁自身の弾性率を低下させるので熱応力そのものが小さくなる。このような理由で3.4~4.0% Cの铸铁が用いられるが、反面このように多量の黒鉛が存在することは材質的には引張り強さや硬さを低下させ耐摩耗性を減少させるので、基地の強度を高め、パーライトの分解を抑えるために0.7%までのMoの添加もしばしば行なわれている。

表面層に存在する黒鉛の形状は共晶型は不利で、熱の伝導性も小さく、またフェライトを伴わないやすく、これが黒鉛によって小さく分離されているので極めて剥離しやすい。さらに熱衝撃による割れも発生し易く<sup>18)</sup>、また黒鉛と基地との接触面積が大きく、加熱による炭素のオーステナイト中への再溶解速度が大きいため、黒鉛周囲がマルテンサイト化しやすく、この体積変化も割れを助長する。したがってパーライト基地に片状黒鉛が無秩序に分布した組織が機械的性質、耐摩耗性、耐熱性などの点からも最も適していることになる。

表面到達温度がさらに高くなると表面の溶融も起る。とくに黒鉛の周囲やステナイト共晶が容易に融けやすいので、大きな熱衝撃に耐えるためにもフェライト基地の低リン球状黒鉛铸铁が用いら

れる。

c) 潤滑すべり摩耗の場合

理想的潤滑状態では2表面は接触しないので表面の成分や組織は摩耗に対して影響しないと考えられるが、もし潤滑油膜がある負荷条件のもとで破断される場合には直接固体間接触を起し乾燥摩擦と同じ状態を示すことになる。たとえば機械の運転開始直後や往復摩擦の停止点、あるいは表面同志がなじむまでの期間などである。また潤滑油の酸化によって油膜強さが低下した場合はこの危険が増加する。竹内<sup>19)</sup>は酸化度の異なる潤滑油を用いて鋼の摩耗試験を行い図22の結果を得た。すなわち適度に酸化を促進させ、摩擦面における油膜の保護性が向上し摩耗量を軽減する傾向があるが、過度に酸化の進んだ油では油膜強さの低下と粘度の増加のため摩擦面への給油が抑制され急激な摩耗量の増加が見られる。

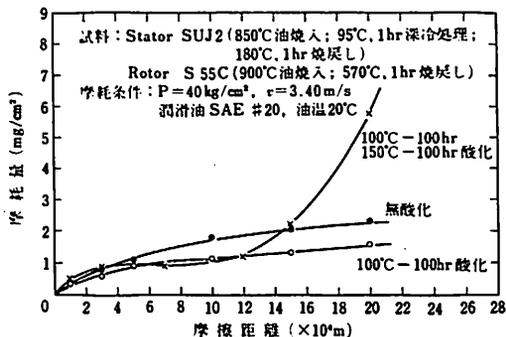


図22. 摩耗におよぼす潤滑油の酸化の影響 (竹内)

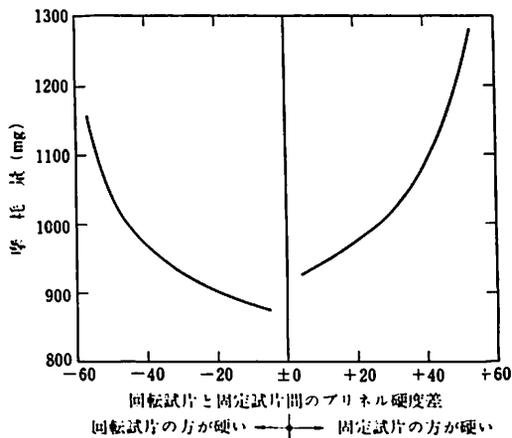


図23. ひずみ鑄鉄の摩耗におよぼす硬度差の影響 (Knittel)

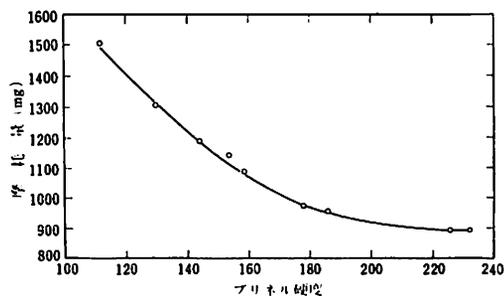


図24. 同一硬さの組合せでの摩耗量と硬さの関係 (Knittel)

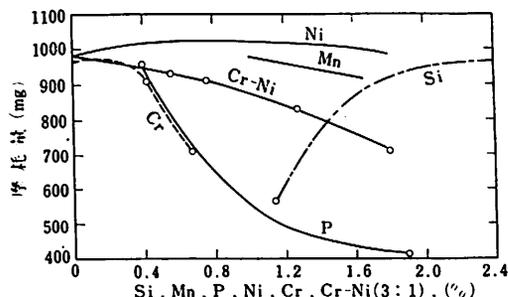


図25. ひずみ鑄鉄の摩耗におよぼす第三元素の影響 (Knittel)

一般に油膜の保持能力を表面に持たせるためには、表面に微小な凹凸をもたせ、これを適当に分散させて油溜めを形成させるのがよく、よい成績をおさめるベアリング材は硬軟2相以上の共存したものが用いられている。鑄鉄の場合はステタイト、パーライト、黒鉛の組合せで、とくに黒鉛は潤滑油の浸透経路となり<sup>20)</sup>油膜の保護に寄与している。しかもこの浸透性は片状黒鉛、小片状黒鉛共晶状黒鉛の微細化にともなって増加する。

このような負荷条件によっておこる直接固体間接触時の摩耗は材質的に重要な問題であり、これについて古くからの多くの研究がなされてきた。Knittel<sup>21)</sup>は固定試片上に回転試片を接触させ、パーライト基地のねずみ鑄鉄の両試料間の硬度差と摩耗量の間に関数図2.3に示す規則的関係のあること

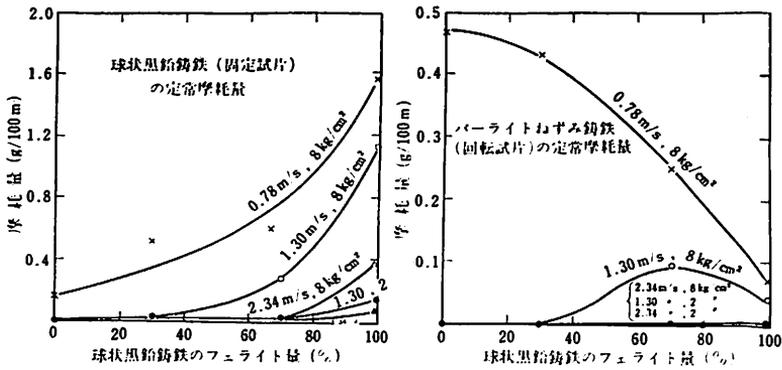


図2.6. 球状黒鉛鑄鉄の摩耗におよぼすフェライト量の影響(対鑄鉄リングの場合) (岡林, 斎藤, 中村)

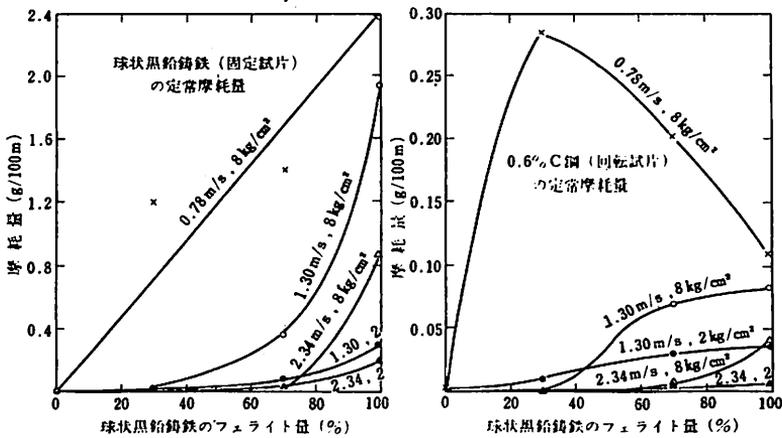


図2.7. 球状黒鉛鑄鉄の摩耗におよぼすフェライト量の影響(対炭素鋼リングの場合) (岡林, 斎藤, 中村)

を見出した。右側の曲線は回転試片としてHB<200のものを用い、常に固定試片の硬度より低い場合の組合せで横軸にその硬度差をとっている。左側の曲線はこれと反対に固定試片の方が軟い場合で、これから摩耗量は両試片の硬さが等しいときに最も少なく、硬度差が増すにしたがい増加することがわかる。また回転試片が固定試片より軟いときは逆の場合よりも常に摩耗量が大である。両試片の硬さを等しくした場合の摩耗量と硬さの関係は図24<sup>21)</sup>のように硬さの大きい場合ほど摩耗量は減少する。また合金成分の影響は図25に示すようにMn, P, Crの添加が有効で、これはいずれもパーライト基地の安定化によるもので、とくにPは組織中に硬いステナイト網目状組織を形成するためである。逆に焼鈍して基地をフェライト化した場合には摩耗量は著しく増加する。

岡林ら<sup>22)</sup>はフェライトおよびパーライトの混合組織を有する0.6% Cの炭素鋼(RB=82)とパーライト基地のねずみ鋳鉄(RB=86)を回転試片とし、後者およびフェライト量を0, 30, 70, 100% (それぞれ硬さはRB=100, 93, 87, 84)と変化させた球状黒鉛鋳鉄を固定試片として摩耗試験を行い図26および図27を得た。すなわち球状黒鉛鋳鉄の耐摩耗性についてはフェライト量の影響が大きく、摩耗速度と圧力のいかにかわらずパーライト地のものが最もすぐれ、フェライトが増加するにつれて耐摩耗性が低下している。しかしこのフェライト量の影響は摩耗条件によって程度が異なり、低圧では影響が小さいが、圧力が増加するにつれて影響が大となり、また一定圧力については摩耗速度が小さくなるほど影響が顕著になる。また同じくパーライト基地の球状黒鉛鋳鉄と片状黒鉛鋳鉄を比較すると、低圧の場合には大きな差は認められないが、圧力の増加とともに片状黒鉛鋳鉄は著しく摩耗を増大するのに対し、球状黒鉛鋳鉄の摩耗は非常に僅かで、圧力の増加するほど両者の差は大となる。また具体的に炭素鋼回転試片相手の方が鋳鉄回転試片相手の場合よりも摩耗が多い傾向を示している。

後述するように、摩耗粉の剝離は黒鉛片にそって起るので、黒鉛球状化によって黒鉛の切欠効果を減少し、表面層の微小割れの発生を抑制する効果は高荷重の場合ほど顕著にあらわれると考えられる。またSemenov<sup>23)</sup>は接触金属の接合現象は拡散と凝着に分けられ、後者は金属面相互に塑性変形が起り、表面に滑浄な新しい面があらわれ、同時に結晶内の歪エネルギーが増加し、これがある活性化エネルギー以上にまで増加すれば凝着が起るとしている。したがって塑性変形しやすいフェライトはパーライトにくらべて著しく凝着を起しやすいために、高荷重、低速の場合にパーライトとの差が増大するものと考えられる。

#### d) 鋳鉄の摩耗特性

大越ら<sup>24)</sup>は接触圧力および摩耗速度を変化させた場合の摩耗量曲線を求め、一定の接触圧力のもとで摩耗速度増加にもない3段階の摩耗機構を考え、それぞれ酸化摩耗、機械的破壊摩耗、熔融摩耗と呼んだ。竹内<sup>25)</sup>はこの摩耗特性を検討するために固定試片として3.34% C, 1.95% Si,

Hv=273のミーハナイト系パーライト  
 鋳鉄を用い、回転試片としてソルバイト組  
 織のS55C炭素鋼(Hv=241)を組  
 合せ、接触圧力5~20kg/cm<sup>2</sup>、摩擦速  
 度0.05~3.90m/secの範囲に変化  
 させた実験を行ない、それぞれの摩耗特  
 性曲線として図28を得た。摩擦速度の小  
 さい部分に摩耗量の極めて少ない範囲A~  
 Bがあり、ここでの摩擦面は塑性変形を起  
 した金属光沢を有する部分と、点在する暗  
 褐色の酸化摩耗痕から成っている。摩擦面  
 の断面を顕鏡すると、基地組織の流動によ

って黒鉛露出幅が極めて小さくなっていることが認められる。したがってこの段階では表面層の  
 塑性流動が起り、局所的な酸化にともなう摩耗粉末のみが脱落するので摩耗量としては極めて少な  
 い。しかし図のB点を過ぎて摩擦速度が増加すると極めて急激な摩耗量の増加がみられる。ここで  
 の摩擦面は凸起部同志の衝撃破壊と、掘り起された摩耗粉末による引掻き状摩耗痕が多数認められ、  
 いわゆる曲型的な機械的破壊摩耗である。またこのときの摩耗粉はX線回折によれば $d-Fe$ であ  
 り、したがってここでの摩耗機構は、表面温度の著しい上昇が起る以前に摩擦面の一部が破壊脱落  
 するものである。破壊は主として黒鉛片に沿って割れが発生することによって起り、したがって摩

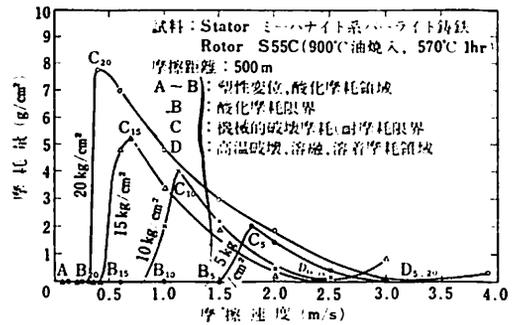


図28. 鋳鉄の摩耗特性におよぼす摩耗  
 条件(接触圧力, 摩擦速度)の  
 影響(Stator) (竹内)

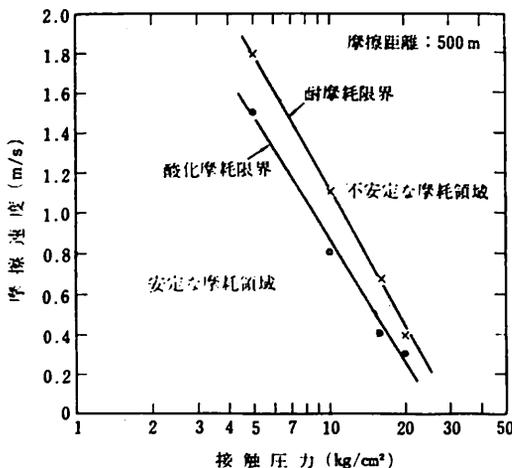


図29. 鋳鉄の酸化および耐摩耗限界  
 (Stator) (竹内)

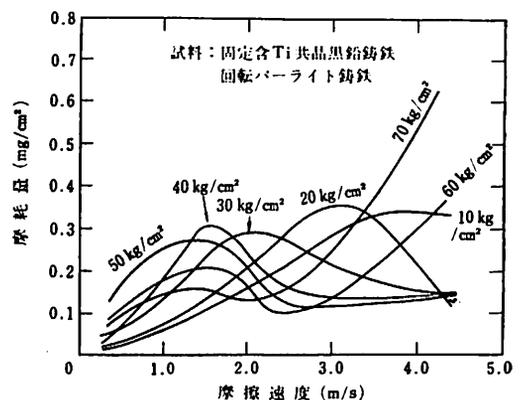


図30. 含Ti共晶黒鉛鋳鉄の摩耗におよぼ  
 す摩擦速度の影響  
 $l=10,000m$  潤滑油P系60spín  
 20℃ (竹内)

摩面には黒鉛形状にならった摩耗痕がのこる。そのためこの範囲では片状黒鉛の数の多いものほど摩耗が促進されることになる。さて、図のC点よりも高速側では再び摩耗量が減少するが、ここでこの摩耗面付近の検鏡結果によると、摩耗面は平坦になるがその断面では表面から5~10 $\mu$ 内側まで隣接黒鉛あるいは表面間に多枚の亀裂が認められ、これは摩擦熱による表面温度の急上昇にともなう熱応力が原因となる破壊現象と考えられる。摩耗粉はやはり $\alpha$ -Feが主体である。しかしさらに高負荷側では局部的な溶融、溶着摩耗の存在も認められる。これらB点およびC点の摩耗条件は、接触圧力の対数と摩擦速度を両軸にして表わすと直接関係が得られこれを図29に示した。この図によって鋳鉄の安定な使用限界を知ることができる。

さて、竹内<sup>26)</sup>は同様な実験を潤滑状態でTiを含む共晶状黒鉛鋳鉄を固定試片とし、ピストンリングパーライト鋳鉄を回転試片として摩耗試験を行ない図30を得た。図28と比較すると、荷重および摩擦速度は著しく高負荷側に移動しているが、特性曲線の傾向は同様で、軽負荷で摩耗量の少ない範囲の摩耗痕は極めて浅く、潤滑油膜がほぼ完全に近い状態で生成しているものと推察される。しかし摩耗量が最大値を示すときの摩耗面は、すべり方向に生じた流動状の摩耗痕の他に、油膜の破壊にともなって生ずる金属接触のための摩耗痕が散在しており、さらに圧力および速度がますます、接触面は熱影響をうけて割れ、あるいは溶着が認められる。この最大摩耗量を示す摩耗条件を圧力と速度に関して画くと図31のようになり図26に示したものを高負荷側に移動した形になる。

このように潤滑によって耐摩耗限界は変化するが、鋳鉄の潤滑油膜保持能力は黒鉛の量および分

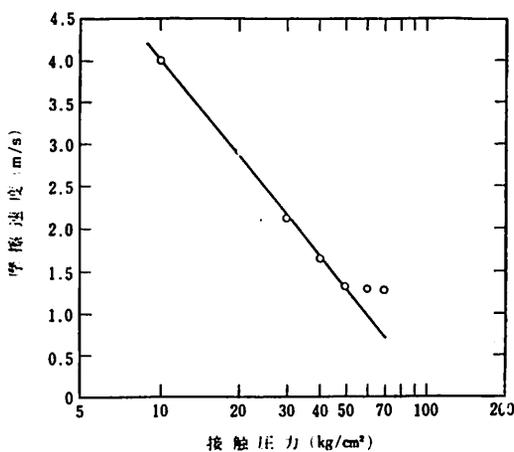
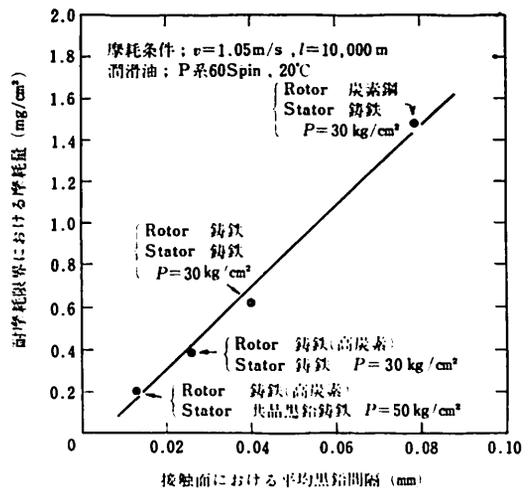


図3.1. 含Ti共晶黒鉛鋳鉄の最大摩耗量を示す摩耗条件 (竹内)



第3.2. 鋳鉄の耐摩耗限界における摩耗量と平均黒鉛間隔との関係 (Stator) (竹内)

布によって左右される。铸铁および鋼の組合せによって接触面における平均黒鉛間隔を変化させた場合、各耐摩耗限界における摩耗量は黒鉛間隔の増加とともに増加する。これを図3 2<sup>19)</sup>に示した。したがって黒鉛を均一に細かく分散させた組織が最も潤滑油膜の保持の好都合であるといえる。

e) ころがり摩耗の場合

歯車，ローラー，カムなどのように潤滑状態で局部的にHertz応力が表面に加わる場合は表面破壊に対する抵抗性は主として硬さに支配され，相手材を焼入鋼にしたときの許容荷重は，ねずみ铸铁(HB=160~180)に対する $38 \text{ kg/mm}^2$ から，焼入，焼戻した球状黒鉛铸铁(HB=360)に対する $70 \text{ kg/mm}^2$ にわたっている。さらに表面チルをしたものでは $85 \text{ kg/mm}^2$ あるいはそれ以上に耐えるとされている<sup>16)</sup>。

筆者ら<sup>17)</sup>は粗大片状黒鉛(HB=138)，中片状黒鉛(HB=154)，小片状黒鉛(HB=160)，擬片状と球状黒鉛(HB=267)，球状黒鉛(HB=313)の組織をもつ各種铸铁について，すべり率10%のころがり摩耗試験を乾燥状態でを行い，それぞれ同質材料組合せで耐摩耗性を比較した。結果を図3 3に示す。すなわちいずれの場合もある回転数に達して急激に摩耗量を増加する。この回転数は球状黒鉛铸铁が最も大きく，不完全球状黒鉛がこれにつき，片状黒鉛铸铁で最も小さい。また片状黒鉛試料のうちでは黒鉛が小さく数の多いものほど摩耗開始回転数が小さく試料の硬さとは逆の関係になっている。

また中片状黒鉛と球状黒鉛のそれぞれ同質組合せ摩耗について荷重の影響をみると図3 4が得られる。横軸は摩耗開始回転数，縦軸は荷重から計算したHertz応力である。すなわち応力と対数で示した回転数の間には直線関係が認められ，従来いわれているように，ころがり摩

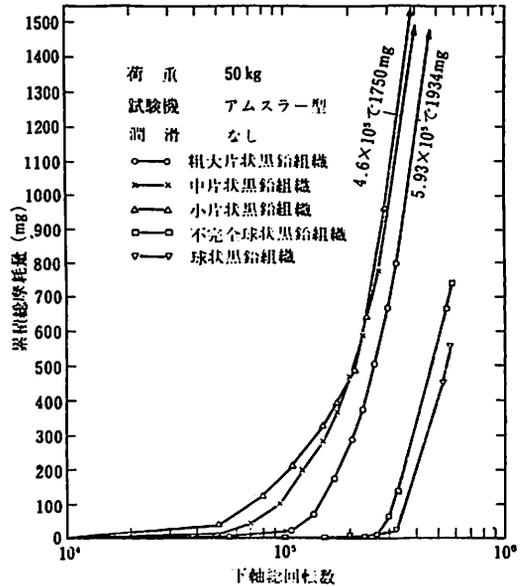


図3 3. ころがり摩耗におよぼす黒鉛組織の影響 (大平，井川，酒井)

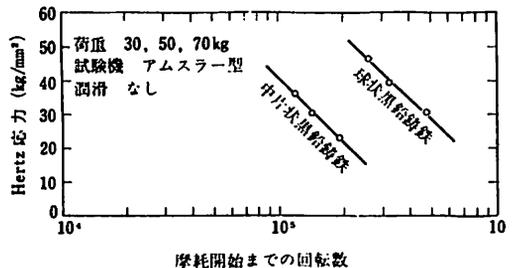


図3 4. 摩耗開始回転数と荷重の関係 (大平，井川，酒井)

耗は材料の疲労現象であることを示している。さきに述べたように、鋳鉄の疲労破壊は組織中の黒鉛が内部切欠きとしてはたらくし、したがって黒鉛周囲の基地組織に生ずる微小な塑性変形の繰返しによって亀裂を発生し、これが黒鉛を連ねるように伝播する。したがって接触面に存在する黒鉛の数が多ければ、また黒鉛形状が切欠き効果の大きい、すなわち片状に近いものほど摩耗しやすいことになり上述の実験結果を説明している。

本実験で接触面付近の組織変化をしらべると、摩耗距離の増加につれて基地の塑性流動が起り、黒鉛の圧縮変形が認められ、球状黒鉛でもこのために片状形に近づきその周囲に多数の疲労亀裂が観察され、また摩耗粉の脱落は黒鉛および疲労亀裂部分から起っている。

以上は鋳鉄の摩耗についてその摩耗機構を考え、さらにこれと摩耗条件との関連性をとくに鋳鉄材質の面から検討したものである。鋳鉄の摩耗に対する抵抗性の向上をはかるため、まず摩耗環境の改善を考えると同時に、それぞれの摩耗条件に即応した材質の選択および組織の調整が行なわれねばならず、このためには広範囲に変化する摩耗機構のいずれに最も支配されるかを見極める必要があると考えられる。

## 5 む す び

機械材料としての鋳鉄が静的あるいは動的荷重をうけた場合にどのような挙動を示すかについてとくに鋳鉄の黒鉛組織との関連に於いて述べた。

いずれにしても鋳鉄の材質の特徴は基地組織中に黒鉛相を分散していることで、これを望ましい性質に適合するような形状、量、分布状態に調整することが鋳鉄鋳物製造に際して最も重要な技術の一つであると思われる。鋳物製造者、それを使用する機械製造者ともにこの点についての十分な認識を持って鋳鉄のもつ性能をいかに発揮していただきたいと考えている。本稿がなんらかのお役に立ちうれば望外の喜びである。

## 参 考 文 献

- 1) 日本総合鋳物センター：鋳物年鑑（昭和42年版）
- 2) K.P.Bunin et al : Lit Proiz 4 (1953)25
- 3) W.Oldfield : BCIRA J. 8 (1960)177
- 4) A.Collaud : Von Roll Mitteilungen 8 (1943)3-164
- 5) A.Collaud : Von Roll Mitteilungen 3 (1944)1-98

- 6) K. Ikawa, G. Ohira : 32nd International Foundry Cong (1965)
- 7) 井川, 大平 : 鑄物 35 (1963) 526
- 8) G.N.J. Gilbert : PCIRA J 11 (1963) 512
- 9) G.N.J. Gilbert : BCIRA J 62 (1964) 759
- 10) 大平, 井川 et al : 鑄物 36 (1964) 1002
- 11) 横堀 : 材料強度学 (1964) 岩波
- 12) 井川 : 鑄物 39 (1967) 550
- 13) C.R. Weiss : Iron Age 129 (1932) 1166
- 14) 鎌和田 : 金属 31 (1961) 22
- 15) 久恒, 橋本 : 鑄物 36 (1964) 480
- 16) H.T. Angus : BCIRA J 10 (1962) 80
- 17) H.T. Angus, A.D. Lamb : Proc. Conference on Lubrication and Wear Institution of Mech. Engrs., London (1957)
- 18) 大平, 井川 : 鑄物 35 (1963) 526
- 19) 竹内 : 鑄物 36 (1964) 1157
- 20) 津田, 西田, 柏木 : 鑄物 36 (1964) 276
- 21) R. Knittel : Giesserei 21 (1933) 301
- 22) 岡林, 斎藤, 中村 : 鑄物 30 (1958) 866
- 23) A.P. Semenov : Wear 4 (1961) 1
- 24) 大越, 坂井 : 日本機械学会論文集 7 (1941) 29
- 25) 竹内 : 鑄物 36 (1964) 561
- 26) 竹内 : 鑄物 32 (1960) 635
- 27) 大平, 井川, 酒井 : 鑄物 36 (1964) 272
- 28) 萱場 : 日本金属学会報 2 (1963) 691

# 鑄鋼の溶解法の基礎

福島製鋼株式会社

取締役工場長 金子 淳

## 1 まえがき

溶解作業にたづさわっている人達に、溶解の意味を理解してもらうために説明する。自分達が汗水流して、体験した色々のことからの科学的の意味が、わかると一層、仕事にも興味が湧くしまった新しい意欲もでる。これらを念じながら、できるだけわかり易く説明してみる。

溶解のことを説明する前に、ものを考える場合の態度について2～3反省してみよう。

## 2 経験と理論はことなるものか

もちろん言葉が違ふから意味も違ふのは当然である。しかし、本質的に違ふかというとなんか……ちっととまどうであろう。たとえば、石を動かすのに棒を使って、テコにすると楽に動かすことができる。これは多くの人がやっても同じことがいえる。これは事実である。誰がやってもそうならば、何か理くつがあるに違いないと少々頭のきく人なら考えるであろう。こうして生れたのがテコの理論である。リンゴがおちるのも投げた石がおちるのも誰でもそれをやった人、あるいはそれを見た人は事実であることを体験して知っている。その理由を科学的に発見したのは有名なニュートンである。これは万有引力の法則として、今の中学生は学校で習う。こうして色々のことを考えると、理論や法則は色々の多くの人達の経験した事実の中から、共通した誰にも、どこでも、いつでも当てはまる、いわゆる普遍的な要素を簡単にしかも明確に表現したものであると、いうことができる。すなわち、理論や法則は経験と本質的に同じである。

こうやってみると『あいつは理くつばかり知っている。あいつは自分の経験したこと以外、信用しない』というのはおかしいことになる。問題が生じ、これを解決する時、理論的に導いた結論と経験豊富な人が見つけた結論と一致した時、本当の正しい適切な手が打たれることを知っている。ただ、時代の変遷とともに、考え方や価値の判断も変る。これを充分心得えて、経験を理論づけ、また理論から経験を整理する必要がある。

## 3 どちらの考え方をとるべきか

次の問題が生じた場合どういう考え方をとるべきか。

例として溶湯が不良になった時

Aの考えの進め方：

1. この溶湯は不良である
2. この溶湯はこの溶解作業標準によつたものである
3. それ故、この溶解作業標準は間違っている

Bの考え方の進め方：

1. この溶解作業標準は間違っている
2. この溶湯はこの溶解作業標準によって溶解した
3. それ故、この溶湯は不良である

理論上Bの方が正しい。しかし、実際問題としてBの考えの進め方が、できるであろうか。不可能であろう。

溶解作業標準はこれやってみて、できた結果がよいか悪いかによって、標準が正しいか間違っているか、判定するしかない。したがって頭の中で正しいと思つても、これを実際に証明する方法がなければ、空論に終る。

工場ではBよりAの方が实际的である。しかも、もし溶湯の不良がたまたま、でたならば、次のように考えを進めるのが、妥当と思う。

1. この溶湯は不良となつた。
2. この溶湯はこの溶解作業標準によって溶解した。
3. それ故、この溶解作業標準に不備な点があつたのかもしれない。
4. それはどこであろう。
5. それは、これであるらしい。
6. それでは、そこを直してやってみよう。
7. やつてみた。
8. 結果はよかつた。
9. よさそうだから、当分その通り実施してみる。
10. 結果はよい。
11. それならば、作業標準をそのように訂正しよう。

何もかも悪いとか良いとか、信じ込むのは危険である。結果の良否をみて判断し、悪い点が生じた場合、素直に直して行くことが大切である。1つ2つ悪いことがでたから、すべて間違っていると考えるのは飛躍しすぎて空論になる。

#### 4 知るということ

知るということには次の段階があるという。

第1段階：ある事柄を区分して知る

第2段階：ある事柄の原因，あるいはその生じた理由を知る

第3段階：ある事柄に関係する他の事柄も知って，各々の相互作用も知って，ある事柄の変化や将来について，適切な対策がとれる。

例えば溶解作業の中で，酸化精錬という一つの事象がある。これは還元精錬とことなることを先づ第一段階で知る。第二段階でこの酸化精錬の意味や方法を知る。これではまだ不十分で，第三段階として，この酸化精錬は前工程の溶解期や後工程の還元精錬とどういう関係があるか，お互に影響し合うのはどんな点か，等を充分しらなければ，酸化精錬も充分知っているとはいえない。したがって，この精錬操作も完全にできないこととなる。八百屋だって，市場から野菜を仕入れて，店先までたゞ売るだけで商売ができるものではない。天候の変化，他地区の野菜のできふでき等にも充分，注意して価格の変化，野菜の質や量の変化を知ってこそ，商売ができると同様である。

こうみると知るということは，むづかしいことである。

しかし，よく知ることによって，予想も立てられるのは楽しいことである。前置きはこれ位にし本論に入る。

## 5 鋼の種類とその意味

飯に色々のグを入れて，五目飯とか栗めしとか焼めし等つくれるように，鉄に色々の元素を入れて，色々の用途の鋼がつくられる。鉄に色々の元素を入れる目的は，使用目的である，機械的性質や化学的性質また磁氣的性質を得るためである。すなわち，先づ初めに目的の性質があって，それを満足するために，鋼の成分をきめるのである。工業が発達するにつれて，色々の会社につくる鋼が余り違つては不便なので，特殊なものを除いて，一般に共通できるものは統一して，規格をつくれば，買う方もつくる方も便利なので，規格ができた。したがって，規格は約束ごとである。国によって幾分違うのは，約束ごとだから，当然のことである。

規格は約束ごとだから，余り細かく規定するのは大変である。要領よく簡単にのべられている。しかし，その主旨を充分，理解しておく必要がある。成分だけ規格に入れば，溶解の任務は終ると考えるべきでない。目的は規格の示す機械的性質，化学的性質等である。

炉の操作が順調の時は余り問題が生じないが，炉の調子が悪く，緊急処置をしなければならぬ時，この目的は何かをよく知っているのと，そうでないと，処置をあやまる。

## 6 分配の法則

賃金や物あるいは財産の分配でも合理的でない人間は不満である。これは自然の観察の中から

あるいは人間社会の生活の中から生れた、人間の知恵である。

溶解過程でもこの法則が成立している。溶解は図1に示すような、三つの相からなっている。雰囲気とスラグと溶鋼の三つである。幼児のベンをみるとその児の健康状態が推察できるように、スラグの状況をみれば湯の状況がわかるのは、誰でも経験で知っているし、それは理論的にも正しいのは、

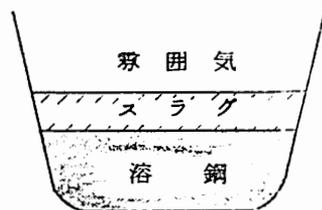


図1. 溶解における3相

この分配の法則が成立つからである。逆にこれらの経験的事実から、この分配の法則を導きだしたといってよい。スラグ、溶鋼の各相に変化がなく、温度が一定ならば、スラグ中のある成分の量 (A) と溶鋼のある成分の量 [A] の比は一定となる。これは次の式で表される。

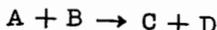
$$\frac{(A)}{[A]} = \text{一定}$$

ある成分として酸素をとった場合、スラグ中の (O) が少くなれば、溶鋼中の [O] も少くなることは、よく知っている。しかも (O) から [O] が計算できる。また逆に [O] から (O) も計算できる。酸性炉が塩基性炉に比較して、P や S が除くことができないということは、次のことを意味する。

$$\frac{(S)}{[S]} (\text{酸性}) < \frac{(S)'}{[S]'} (\text{塩基性}), \quad \frac{(P)}{[P]} (\text{酸性}) < \frac{(P)'}{[P]'} (\text{塩基性})$$

## 7 平衡ということ

A と B が初めあって、この二つが反応して、C と D になるとき、次の式で書くと便利である。



初め A と B が多いため、反応は  $\rightarrow$  の方向に進むが、A と B が反応の結果、だんだん減り、逆に C と D が増えるに従って  $\leftarrow$  の方向の反応も盛んになる。そして、いつか  $\rightarrow$  と  $\leftarrow$  の反応の速度が同じになる。この同じになった状態を平衡になったという。時間はいくらかかってもよいとすれば、どんな反応も何れは平衡になるであろうと想像される。

時は金なりで、実際の溶解作業では平衡になるまで、反応をじっと待つわけには行かない。しかし平衡になるとすれば、どんな状態になるかを知っていれば、非常に便利である。ほとんどの製鋼反応について、平衡になった場合の状態が、実験室や研究室で行われているので、これらのデータを利用することはできる。図2は溶鋼中の [O] と [C] との平衡状態における関係図である。ただし、注意しなければならぬのは、これらの図はあくまで、平衡になった場合のことであって、実

際の溶解作業では平衡に近づくが、平衡状態にならない、この差異を知っておく必要がある。

### 8 酸化と還元ということ

酸化するということは、あるものにOを結びつけることである。還元はこの逆で、Oと結びついたものから、Oをとることである。色々の元素にはOと化合し易いものと、しにくいものがある。相手にOを与えるものを酸化剤といえ、相手からOをとるものを還元剤また溶解作業の場合、脱酸剤ともいう。消費用に用いる、オキシフルは  $H_2O_2 \rightarrow H_2O + O$  の変化で生じたOが、相手を酸化するため殺菌剤となる。溶解作業では、この酸化と還元が重要な反応であって、Oと結びついたり、逆にOを分離したりする。図3は溶解作業に係る各元素のOと結びつく度合と温度との関

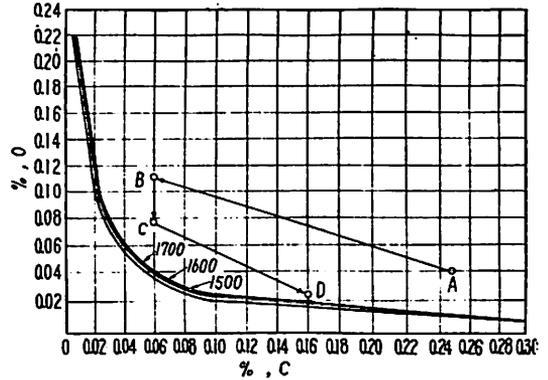


図2. [C] と [O] の平衡図

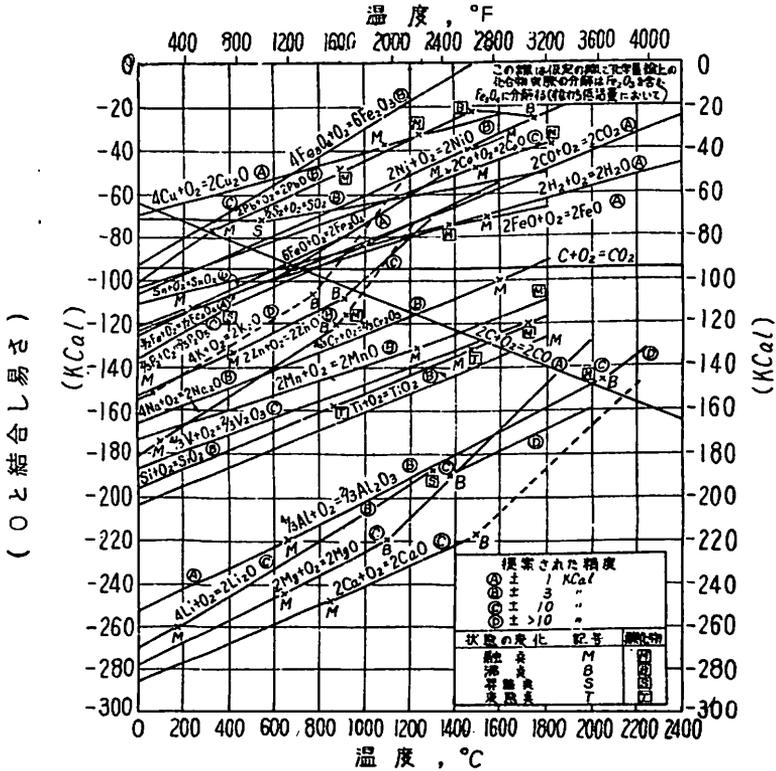


図3. 各種元素と酸素と結合し易さ

係を示したものである。この図で温度を一定にした場合、上にある元素はその下にある元素より、Oとの結びつく度合いが弱いことを示す。

したがって、この図でFeより上にある元素は製鋼過程で除くことができず、逆にFeより下にある元素は、FeとOとの化合物から、Oをとって自分でOとくっつくので、脱酸剤となる。

## 9 溶鋼とガス

魚は水の中に溶けているOをエラで呼吸して生きていることは誰でも知っている。ガスは液体に、その種類によって難易があるが、溶けるものである。雨や雪でスクラップが濡れたのを溶かした場合、湯の具合は悪くなることは皆知っている。それは、溶解中に水が分解してHとOになり、溶鋼中に含まれるのである。ジャケットがこわれ、水がもって天井から、炉の中に入った場合も同じことがいえる。

折角、溶解でよい湯を出しても、型の具合が悪く、注湯中に、湯がガスを吸収して、ブローホールやピンホールを出すことがある。湯は生きているといってよい。

乾燥型にくらべて、生型に注湯する湯はそれだけ、十分な精錬を必要とするのは、このためである。雰囲気から溶鋼へのガス吸収について、次の式が成り立つ。

$$[G] = K_G \sqrt{P_G}$$

[G] : 溶鋼中のガスのパーセント  
 $P_G$  : 雰囲気中のGガスの圧力  
 $K_G$  : このガスの比例常数

## 10 スラグの役割と種類

分配の法則の説明から、わかるように、製鋼作業のスラグは溶鋼中の有害な不純物を吸収させて、除去する外、雰囲気をカバーして、溶湯に影響を与えないようにする役割を果たす。したがって、製鋼の各々の時点で、目的にかなった成分にし、また適当な流動性や量にしなければならぬ。

通常、製鋼作業で最も重要なスラグの成分はCaOとSiO<sub>2</sub>である。前者を塩基性成分、後者は酸性成分という。性質が非常に相反しているので、こう名づけられたと解釈すべきである。CaOと同類のもの、あるいはSiO<sub>2</sub>と同類のもの、また両者に属さない中間のものがある。これらを列記すれば、次のようになる。

塩基性成分 : CaO, MnO, MgO

中性成分 : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

酸性成分 : SiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

スラグの塩基度は酸性か塩基性が判断するめやすになる。これは次式で計算する。

$$\text{塩基度} = \frac{\text{塩基性成分重量\%の総和}}{\text{酸性成分重量\%の総和}}$$

この塩基度に対し

1.0 以下を酸性， 1.2 以上弱塩基性， 3～4 強塩基性

と呼ぶ。

高温では酸性成分と塩基性成分が結合して，溶融点の低いスラグになり易い。同じ成分同志ではその反対である。したがって，製鋸法を塩基性と酸性で区分した場合，

塩基性操業： 炉床，スラグとも塩基性

酸性操業： 炉床，スラグとも酸性

の組合せは，耐火材の損耗，スラグ作りの難易から当然である。

## 1.1 塩基性法と酸性法の比較

私達はものを識別する時，まづ分類し，次に比較する。たゞ，比較の段階ですぐ結論を出すのに早すぎる。次の段階として，量的に比較しなければならぬ。例えば酸性法ではPやSの除去は駄目だから，駄目と断定しないで，この両者の優劣を各項目ごとにしかも量的に比較し，しかる後，総合的にどの方法を採用するか，決定すべきである。表1は両方の製鋸上の比較である。表2，3は工業上の比較である。表4はガスの含有量の比較である。この両方のいずれを採用するかは，溶解する鋸種，入手できる鋸屑の質等によって，決定すべきである。

## 1.2 酸化精錬とその意義

鋸材の精錬より丁寧にする必要がないと従来から考えられてきたが，最近になって，鋸鋸に対し高度の質の要求ならびに保証が求められてきた。一方，造型法として，生型の普及および有機粘結剤の使用が常識化されてきた。その変化に対し，鋸鋸の酸化精錬の重要性が一段と高くなった。この長短を列記すれば，

- 長所：① 溶鋸のガスの含有量が少い  
 ② 溶鋸の流動性がよい  
 ③ 良好な機械的性質が得られる
- 短所：① 時間がかかる  
 ② 炉の耐火物の寿命が短くなる  
 ③ コストがアップする

以上のように短所もあるが，良品の鋸鋸を得るために，酸化精錬を実施しなければならない。

表 1. 酸性製鋼法と塩基性製鋼法との比較

	炉床材料	鋼 滓 主成分	主 な 平 衡 関 係					[H]	製鋼 時間	燃 料 消費量	製造に 適する 鋼 種
			$\frac{[O]}{(\Sigma FeO)}$	$\frac{(MnO)}{(FeO) \cdot [Mn]}$	$\frac{(SiO_2)}{(FeO)^2 \cdot [Si]}$	$\frac{P_2O_5}{[P]}$	$\frac{(S)}{[S]}$				
酸性法	珪酸質材	$SiO_2$ $FeO$ $MnO$	小 脱酸性 大	大 [Mn] 損失 大	小 [Si] 再還元 あり	小 脱P性殆 んどなし	小 脱S性殆 んどなし	[H]含有 量少なき 傾向	長	多	高炭素鋼 特殊鋼
塩基性法	マグネシヤ または ドロマイト	$CaO$ $FeO$ $MnO$ $P_2O_5$	大 酸化力 大	小 残留[Mn] 大	大 ほとんど常に [Si] tr.となる	大 脱P性 大	大 脱S性 あり	[H]含有 量多き傾 向	短	少	低炭素鋼

表 2. 工業的比較

№	項 目	塩 基 性	酸 性
1	P, S の 除 去	可 能	不 可 能
2	Cr, Mn の 歩 留	良 好	不 良
3	溶 解 時 間	長 い	短 い
4	炉 材 料 代	高 い	安 い
5	鋼 屑 の 品 質	低品質でも可	高品質を要す
6	溶 解 費 用	高 い	安 い
7	機 械 的 性 質	良	やゝ劣る
8	溶 湯 の 流 動 性	やゝ劣る	良
9	取 鍋 中 の ゆ ざ め	早 い	おそい

表 3 塩基性・酸性炉の比較

区分	名 称	塩 基 性	酸 性	備 考
設 備	容 量	公称3 T実装入量4.8 T	公称3 T実装入量5.1 T	
	装 入 方 法	プレストップチャージ	プレストップチャージ	
備	変 圧 器	2,400KVA	2,400KVA	
	使用二次電圧	220, 200, 138, 115, 104 V	200V, 180V	
	電 極 径	10"φ	10"φ	
	ライニング	マグネクロ煉瓦	硅石煉瓦	
SC46 材 料 配 合	鉛 屑	47.9%	61.8%	塩基性炉には酸性炉 戻り材, 酸性炉には 塩基性戻り材を使用
	SC 戻り材	31.3%	29.4%	
	ダ ラ イ	20.8%	8.8%	
寿 命	炉 壁 煉 瓦	250回/組	250回/組	
	天 井 煉 瓦	200回/組	400回/組	
人 員	定 員	炉3人 鍋1人	炉3人 鍋1人	
平 均 製 錬 時 間	操 業 回 数	10回/日	11回/日	
	補 修 装 入	7分	7分	
	溶 解 期	60分	65分	
	酸 化 期	20分	15分	
	還 元 期	30分	15分	
	合 計	117分	102分	
各 原 単 位	電 力	590KWH/装入T	541KWH/装入T	
	電 極	4,025Kg / "	3,795Kg / "	
	FSi	6.28Kg / "	2.92Kg / "	
	Si-Mn	8.37Kg / "	13.25Kg / "	
	溶 解 量	2,470Kg <sub>B</sub> /時間	3,000Kg <sub>B</sub> /時間	

表 4 a 酸性電気炉鉛(1~8 t溶解)のガス含有量

	$H_2$ (ppm)	$H_2$ (重量%)
溶 落 ち	1.1~3.2	0.0077~0.0100
脱 酸 前	0.9~2.2	0.0031~0.0055
取 鍋 中	1.3~3.4	0.0053~0.0120
平 均 値	2.4	0.0076

表 4 b 塩基性単一鉛滓法による炭素鉛および低合金  
鉛銻鉛のガス含有量(2~10 t溶解)

	$H_2$ (ppm)	$H_2$ (重量%)
溶 落 ち	2.1~4.1	0.0056~0.0127
脱 酸 前	1.7~4.0	0.0047~0.0076
取 鍋 中	2.6~5.0	0.0050~0.0070
取 鍋 中 平 均 値	3.4	0.0063

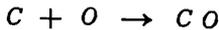
酸化精錬は通常（酸性の場合は除く）、二段に分けて実施される。

第一段：低温 1500℃～1550℃の範囲、この目的は脱磷を主眼とする。

第二段：比較的高温、1580℃～1620℃の範囲、この目的は脱ガス、浴浴の攪拌による温度、成分の均一化、不純分の除去が主眼である。

第一段は後で脱磷の時、のべるので略き、第二段の精錬の意味について説明する。

水を沸かし沸とうさせると泡がでる。これは水に吸収されている空気などが、熱の上昇によって膨張し泡となって、上に浮き上がるのである。長い間、沸とうさせると、水に含まれているガスが少なくなって、ほとんど沸とうしなくなる。鉄だって、温度を上げて行けば、沸とうして、湯と同じような現象が考えられるが、これは非常に高い温度なので工業的に不経済である。そのため、鉄に予め適当量のCを加えておき、これをOと化合させて、沸とうの代りをさせる。この反応は次のように、



となりCOガスが泡となって発生する。そしてこの泡に、HやNガスが吸収されて、浴鋼から除かれる。図4にその想像図をかき、この泡の発生によって、浴鋼も攪拌され、それによって、浴鋼中の不純分も上昇するチャンスを得て、浴鋼中の上にあるスラグに吸収されて、除去される。このようにして、酸化精錬によって、前にのべた長所が得られるのである。このためには、沸とうはある程度の激しさがなければ、意味がない。この激しさの目安として、 $C + O \rightarrow CO$ によって、浴鋼中のCの除かれる速度、すなわち脱炭速度が考えられる。図5はこの速度とHの脱ガスの関係を示す。

Oを浴鋼に加えて、脱炭させる方法として、鉄鉱石やスケールのように固体のOを加える場合と、いきなりOガスを吹き込み、直接気体のOを加える場合がある。

反応は次のようになる

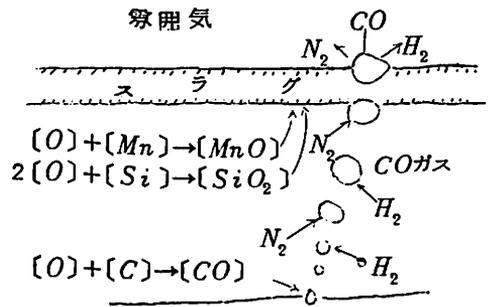


図4. 酸化沸とうの想像図

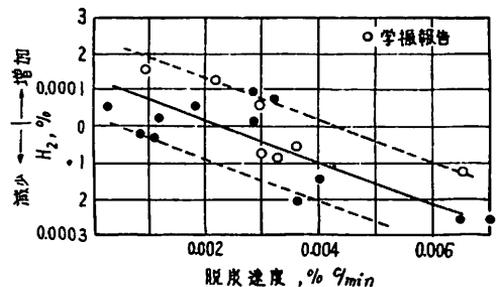
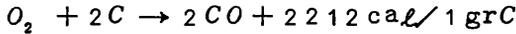
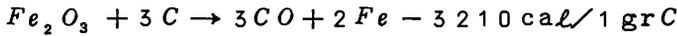


図5. 脱炭速度と脱水素との関係図



これによれば、鉍石の場合、0.001% Cを酸化するのに2.4℃の温度が低下するが、酸素ガスの場合には逆に0.6℃の温度が上昇する。実際にはCばかり酸化しないで、P, Si, Mn, S 等も酸化するので、温度の上昇はこれ以上になる。

炭脱速度は鉍石法では0.003~0.006 C%/分，酸素法では0.04~0.08 C%/分 で約10倍である。また図3より判るように、温度が高くなるにつれて、CとOは化合し易くなるので、高温でOを吹き込むのがよい。表5はこれを実証する。以上の説明により、酸化精錬の意味が判明したと思う。実際問題として、どの程度、沸とう精錬すべきかは、溶解する鉍種、スクラップの状況等によって、決定される。

表5. 酸素製鋼に要する酸素量 m<sup>3</sup>/ton

最 初 の C %									最後のC%
0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	
吹 精 温 度 1.550℃ の 場 合									
7.36	8.26	9.09	9.85	10.62	11.38	12.15	12.88	13.62	0.07
3.85	4.76	5.58	6.34	7.11	7.87	8.64	9.37	10.11	0.10
2.35	3.26	4.08	4.84	5.61	6.37	7.14	7.87	8.61	0.125
1.22	2.27	3.09	3.85	4.62	5.38	6.14	6.88	7.62	0.15
0.57	1.47	2.29	3.06	3.82	4.59	5.35	6.09	6.82	0.175
	0.91	1.73	2.49	3.26	4.02	4.79	5.52	6.26	0.20
		0.82	1.59	2.35	3.11	3.88	4.62	5.35	0.25
			0.76	1.53	2.29	3.06	3.79	4.53	0.30
				0.76	1.53	2.29	3.03	3.77	0.35
					0.76	1.53	2.27	3.00	0.40
						0.76	1.50	2.24	0.45
							0.74	1.47	0.50
吹 精 温 度 1.600℃ の 場 合									
6.54	7.25	7.90	8.55	9.17	9.80	10.42	11.04	11.64	0.07
3.14	3.85	4.50	5.15	5.78	6.40	7.02	7.65	8.24	0.10
1.93	2.63	3.28	3.94	4.56	5.18	5.80	6.43	7.02	0.125
1.10	1.81	2.46	3.11	3.74	4.36	4.98	5.61	6.20	0.15
0.45	1.16	1.81	2.46	3.09	3.71	4.33	4.95	5.55	0.175
	0.71	1.36	2.01	2.63	3.25	3.88	4.50	5.10	0.20
		0.65	1.30	1.93	2.55	3.17	3.79	4.39	0.25
			0.65	1.27	1.90	2.52	3.14	3.74	0.30
				0.65	1.25	1.87	2.49	3.09	0.35
					0.63	1.25	1.87	2.46	0.40
						0.63	1.25	1.84	0.45
							0.63	1.22	0.50

### 1.3 還元精錬とその意義

還元精錬の目的として次のことが考えられる。

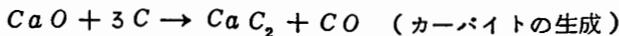
- ① 酸化精錬によって加えたOの余分を除去すること。
- ② 塩基性の場合、脱硫をする。
- ③ ステンレス等の溶解で、スラグ中に含まれる有効成分、この場合Crが主であるが、これを溶鋼中にもどす。
- ④ 温度と成分の調整を行う。

この中、②と③とは後の項で説明するので、省略し、主として、①をそして付随的に④について説明する。

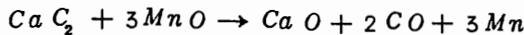
①の余分のOを除去するには、次の3つの場合が考えられる。

- ① 強制脱酸を主として行いOを除去する。
- ② スラグによる拡散脱酸を主として行い、最後に微量のOを強制脱酸する。
- ③ 上の2つの中間の方法を採用する。

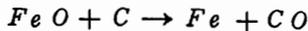
塩基性の場合、カーバイトまたはホワイトスラグによって、拡散脱酸することができる。拡散という意味は、溶鋼中のOを分配の法則に従って、スラグ中に移行させて除去することを意味する。反応は次式で行われる。



次に(FeO), (MnO)と反応して

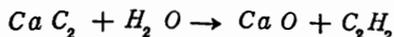


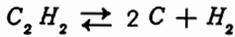
これはカーバイトの場合で、次にホワイトの場合は



となり、スラグ中の(FeO), (MnO)がOを失って、Fe, Mnとなり溶鋼中に戻る。そうするとスラグ中の(FeO), (MnO)が少くなるので、分配の法則によって、溶鋼中の[FeO], [MnO]がスラグに移る。そしてまたCaC<sub>2</sub>などに還元されて、FeとMnになり溶鋼中に戻る……このような繰返しにより、溶鋼中の[FeO], [MnO]が減る。この結果は、時間がかかるが、脱酸生成物が溶鋼中に残存する機会がないので、清浄な溶鋼が得られる。

ところが、余り時間が長くなったり、カーバイトが強すぎると悪影響がでる。それは、雰囲気中に水分があると次の反応によって、Hが溶鋼中に加えられる。





このHの増加を防ぐ目的と時間を短縮する目的で、普通、前のべた③の中間法が一般に採用されている。これは、還元精錬初期に、 $Fe-Si$ 、 $Fe-Mn$ または $Si-C$ 、 $Ca-Si-Fe$ 、 $Fe-Si-Mn$ 等がある程度加えて、強制的脱酸をやり、次にスラグによる拡散脱酸を行う方法である。これの利点は、

- ① 時間が短縮される
- ② 還元スラグが比較的早くできる（浴鋼中のOが少くなり）
- ③ 成分の調整が容易である

欠点として、脱酸生成物の残存の心配がある。強制脱酸はこの中間法よりも、もっと時間が短縮され、浴鋼中のOが少くなるので、成分の調整が更に容易になるが、介在物の危険を伴う。

以上は主として塩基性の場合について、のべたが、酸性の場合、還元精錬は強制脱酸が主として、採用されている。しかし、酸性の場合は、この強制脱酸の前に予備脱酸が行われる。それは、CにOを加えると、 $C+O \rightarrow CO$ の反応でOがCOとなって除かれる。

この式において、OにCを加えても同じことがいえる。すなわち、OがCOとなって除かれることである。予備脱酸剤の加炭材として、コークス、電極屑、スビーゲル、銑鉄、あるいは電極自身浴鋼に突込む方法がとられる。もちろん、酸化精錬の仕方が上手で、 $C+O \rightleftharpoons CO$ の平衡値の近くで、精錬すれば取てこのCによる予備脱酸は不用である。この点酸性炉はスラグによる積極的の還元方法がないので、この予備的の方法がとられるのが普通である。しかし、酸性スラグの利点は、分配の法則での  $\frac{(O)}{[O]}$  の値が、塩基性スラグより比較的大きいことである。

塩基の場合、出鋼時のスラグ中の $(FeO)$ は普通0.5%以下であるが、酸性の場合は $(FeO)$ が1.5~1.0%程度でも、脱酸不良とならない。これは、 $SiO_2$ と $FeO$ の結合が強力であることを示す。言い換えれば、酸性スラグの $SiO_2$ は脱酸力が強いことを表わす。

#### 1.4 最終脱酸とその意義

以上のべた還元精錬によって、浴鋼中のOを極力少くした上で、まだ不充分である場合、また生型が主である場合、出鋼時、また取鍋中の変化などを考慮して、最終的脱酸が行われる。この脱酸には主としてAlが用いられる。その他Zr、Tiなども用いられる。これは図3に示すように、Oとの結合力が強いからである。結合力の強いものは、その脱酸生成物である酸化物の融点が図6に示すように高い。すなわち、液体である浴鋼の中に、固体の酸化物がある場合、浮上しにくい。したがって、清浄な浴鋼が得られにくくなり、機械的性質等の優れたものが得られない。また、単独に脱酸力の強いものを加えるよりも、ある程度、混ぜて複合した形で加えるか、一緒に同時に加

えた方が、脱酸力が有効でよく働くことが知られている。一方、このように一緒に加えることによって、脱酸生成物も大きくかたまり易くなり、ひいては溶鋼中の浮上し易くなるので、この方法をとるべきである。脱酸生成物はできるだけ、少ないことが望まれると同時にその分布状態も問題になる。丸く点存するのは、左程害がないが、網状に分布するのは大きな害がある。

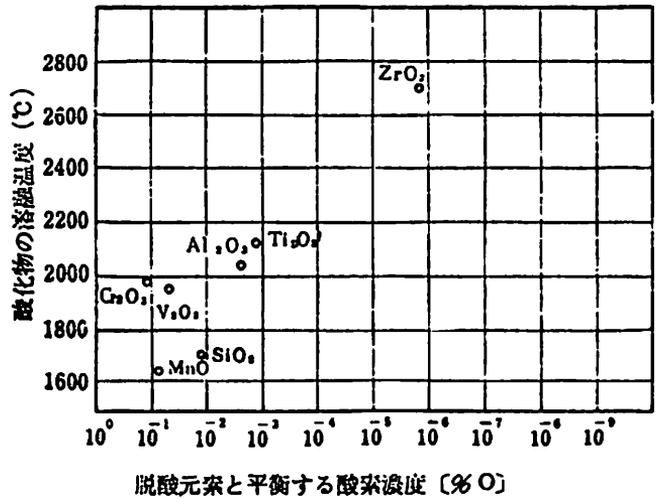


図6. 脱酸元素の酸化物の溶融温度と脱酸能との関係

一つの操作を実施するに当っ

て、その結果が目的のよい溶鋼を得るに、どんな影響と結果を生じるか、予想し悪い結果を生じないように措置することが必要である。

成分を規格に入れ、脱酸も充分やれば、一般の鋳鋼の湯としては及第である。しかし、最近のように、鋳物の表面の欠陥を種々の方法でテストするとか、あるいは焼入して使用する場合、この溶湯の精錬の上手、下手および最後の最終脱酸のとどめの仕方が問題になることを銘記すべきである。

## 1.5 各種元素の鉄に及ぼす影響ならびに溶解過程中的挙動

### (1) 炭素Cについて

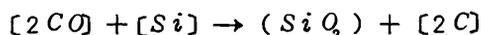
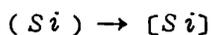
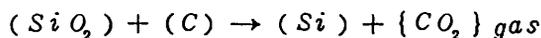
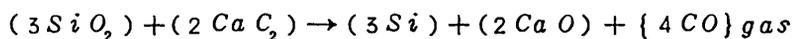
一般にC 1.7%以下の場合を鋼といえ、それ以上の場合、鋳鉄の分野になる。Cは鋼の強さと硬さを増加させる。表6はこれを示す。

Cの溶解過程中的挙動は次のようになる。

- ① 溶解過程中的酸化による減少
- ② 酸化精錬中  $C + O \rightarrow CO$  となり脱炭
- ③ 還元期初期における、予備脱酸として加えられる。反応は②と同じ、たゞ目的をこととする。
- ④ 成分調整として加えられる。
- ⑤ 合金鉄添加の際、付随的に加えられる。
- ⑥ カーバイト、ホワイト還元スラグ生成時、次の反応によって加炭される。

表 6. 炭素鋼の硬度

化 学 成 分 (%)					ブ リ ネ ル 硬 度 数		
S	Si	Mn	S	P	焼 鈍	20℃水中冷却	硬度増大率
0.10	0.007	0.10	0.020	0.026	97	149	1.54
0.20	0.018	0.41	0.015	0.027	115	196	1.70
0.25	0.300	0.41	0.012	0.028	143	311	2.18
0.35	0.26	0.49	0.015	0.027	156	402	2.58
0.45	0.27	0.45	0.018	0.028	194	555	2.86
0.65	0.21	0.49	0.011	0.028	235	652	2.77
0.66	0.33	0.18	0.010	0.028	202	578	2.86
0.78	0.37	0.20	0.011	0.028	231	652	2.82
0.92	0.28	0.25	0.012	0.026	258	627	2.43
1.25	0.60	0.20	0.010	0.027	262	627	2.39



⑦ 出鋼時、溶鋼とスラグの混入によって加えられる。

⑧ 取鍋の乾燥温度不十分の時、取鍋にススがつき、これより加炭される。

Cは鋼の基本成分であるから、成分調整にもっとも神経を使う元素である。したがって以上のべた各廻程について充分意する必要がある。

(2) 硅素 Si について

Si は O との結合が強いので、脱酸剤として加えられる。Si はわづかに鋼の強さを増す。

Si 0.01% について、抗張力  $0.13 \text{ Kg/mm}^2$  増すといわれている。生型に鑄込む際はピンホール等を防ぐ意味で、最近 0.5% 前後、加えられるようになった。この程度ならば、鑄鋼の溶接性に問題が生じない。Si の溶解過程の挙動は次のようである。

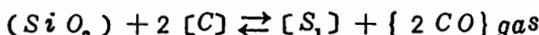
① 溶解期中に大部分酸化される。

② 酸化精錬期にほとんど酸化除去される。

③ 還元期の初期に予備脱酸として、 $Fe-Si-Mn$ ,  $Fe-Si$ ,  $Ca-Si$ ,  $C-Si$  等の添加によって、加えられる。

④ カーバイド、ホワイト等の還元スラグによって、スラグ中の  $SiO_2$  が還元されて、鋼中に戻る。

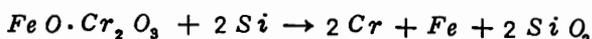
- ⑤ 酸性操業の場合、高温になると炉床またスラグ中の  $SiO_2$  が次の反応によって



鋼中の  $Si$  が増加する。上の反応によって  $CO$  ガスが発生するので、 $Si$  による沸とうと呼ぶ。このような反応が起ると鋼中の  $Si$  が増加するばかりでなく、溶鋼の流動性が悪くなるので、この反応の起る前に出鋼するのがよい。

- ⑥ 出鋼直前また出鋼時、取鍋中に脱酸剤として加えられる。

- ⑦ ステンレス溶解の場合、還元期のスラグ中に含まれる  $Cr$  の酸化物を次の反応によって還元し、鋼中に戻す。



このため溶鋼中の  $Si$  が規格より高くなった場合は  $O$  ガスを吹込んで脱  $Si$  を行う。

### (3) マンガ $Mn$ について

$Mn$  は  $Si$  と同様、鋳鋼では脱酸剤とし加えられる。 $Mn$  は平均して  $0.01\%$  に対し  $0.16 \text{ Kg/mm}^2$  の抗張力を増し、 $0.4 \sim 0.5\%$  ブリネル硬度を増す。 $1.5\%$  程度までは伸びに余り影響しない。

溶解過程では、 $Si$  と同様、酸化精錬の際ほとんど除去される。この挙動を列記すれば次のようになる。

- ① 溶解期に大部分酸化される。

- ② 酸化精錬期にほとんど除去される。たゞ鋼中の  $Mn$  が余り低くなると、過酸化の状態になるので、塩基性の場合、 $0.15\%$  以下になるのをさける。このため、酸化期の途中、 $Fe-Mn$  を加えることがある。

$Mn$  は高温の例では酸化されにくくなるので、酸化精錬は高温で行なうのが望ましい。

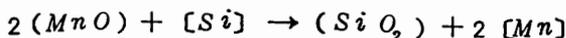
- ③ 還元初期に予備脱酸剤として加えられる。

- ④ カーバイト、ホワイトの還元スラグによって、スラグ中の  $MnO$  が還元されて、鋼中に戻る。



このため、塩基性操業の出鋼時のスラグ中の ( $MnO$ ) % は  $0.2\%$  以下になるが普通である。

- ⑤ 酸性の場合、 $Si$  によって ( $MnO$ ) が還元される。



酸性の場合、 $Mn$  の歩留の悪い理由は、 $SiO_2$  は酸性、 $MnO$  は塩基性で両者の結合が強いからである。図7はこれを示す。

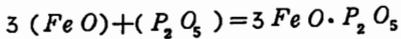
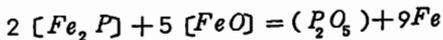
- ⑥ 出鋼直前に成分調整のため加えられる。

### (4) 燐 $P$ について

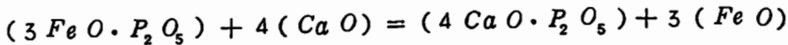
Pは鉄の靱性を低下させる有害元素である。Pは固体の鉄中に $FeP$ 、 $Fe_2P$ 、 $Fe_3P$ の形で含まれる。溶鉄中では主として $Fe_2P$ の形で存在する。

鉄中のPは酸化精錬期に除去され、還元精錬期には復燃する。

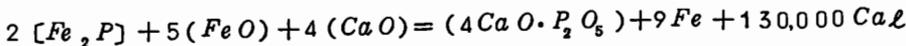
酸化反応は



$FeO$ は塩基度からみて中性であるのでより塩基度の強い $CaO$ の添加によって置換えられる。したがって



以上の3つの式より



上の式より次のことがいわれる

- ① スラグ中の $(FeO)$ が多いほど
- ② スラグ中の $(CaO)$ が多いほど
- ③ 温度が低いほど

上の反応は $\rightarrow$ の方向に進む。すなわち、脱磷し易くなる。①と②については、前にのべた平衡の理論によって理解される。③の温度の低いほどの理由は次のように考えるべきである。上記の右において、 $130,000 Cal$ の意味はこれだけ、反応した結果発熱するということである。ところが、化学反応において、「化学平衡になっても濃度、圧力また熱の変化を与えるとその影響を打消す方向に平衡が移動する」という法則がある。この法則から、低温ほど脱磷することが導き出される。平衡ということば、たとえていえば安定ということである。ある問題が生じればこれを解決する運動が起り、この問題を解決する。ところが、逆にこの運動が行き過ぎて、別な新しい問題が生じる。するとこの行き過ぎの運動を阻止する新しい運動が生じ、それを解決する……。このようにして、安定および平衡が保たれる方向に変化して行く。これが自然の法則である。

次にスラグ中の $CaO$ が多いほど、脱磷することは、逆にいえば酸性法では $CaO$ が少いので脱磷はできないことを示す。 $P_2O_5$ は酸性成分で $SiO_2$ と同じ性質なので、結合しにくいこと

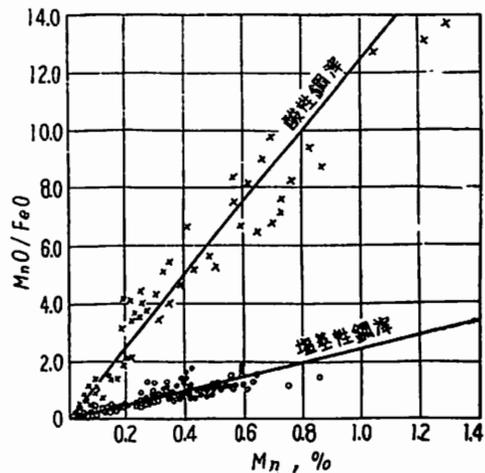


図7. Mnの歩留に対する酸性と塩基性の比較

を意味する。

(5) 硫黄 S について

S は固体の鋼中に  $FeS$ ,  $MnS$  等の形で存在する。S は鋼をもろくする有害元素である。S は酸化期にある程度除去されるが,  $[Mn]$ ,  $[MnO]$  あるいは  $(CaO)$  等の作用によって間接的に除かれる。この除去の過程は溶鋼中の  $[FeS]$  より安定な硫化物をつくり, それをスラグ中に移動させて除去する方法をとる。かつこれらの安定な硫化物が鋼に溶解しにくいものならばなお都合がよい。 $MnS$  は少しか溶解しないし, また  $CaS$  は全然溶解しないので, この2つが脱硫の主役をつとめる。図

8 は各種元素の S との結びつき易さと温度との関係を示す。図3の0の場合と同様に上に行くにつれて, S との結びつく力が弱いことを示す。この図から,  $FeS$  より  $MnS$ ,  $CaS$  の方が下にあるので, 結合し易いことがわかる。次に脱硫の反応と条件を考えてみよう。

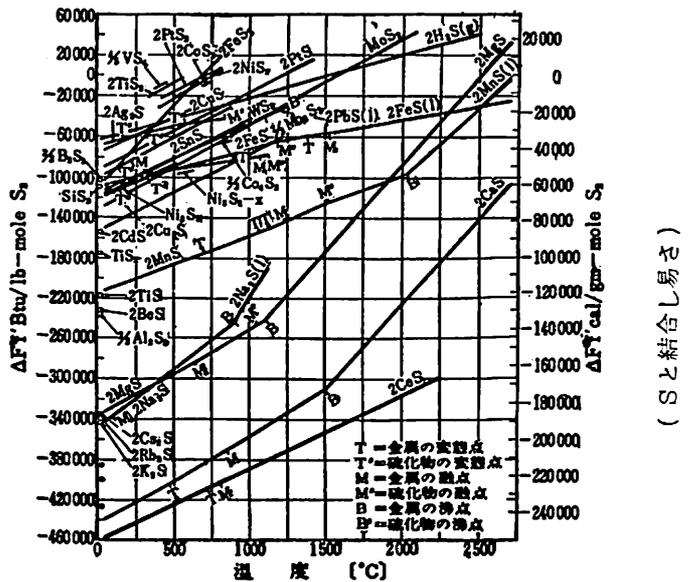
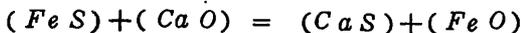
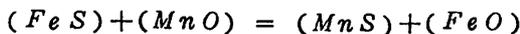
① スラグの量を多くすること。

脱硫の方法は前記のべたように, 身代りを作って, これをスラグ

にとる間接法であるから分配の法則が適用される。したがって, スラグ中の  $(FeS)$  が少くなければ  $[FeS]$  も少くなる。故にスラグの量を多くすれば  $(FeS)$  の量は小になり, 結局  $[FeS]$  も小となる。

② 塩基度を高くすること。

$CaO$ ,  $MnO$  は塩基性成分である。これらを多くすることは, 次の反応式で



一般的反応式は  $2x/y M(s, l, org) + S_2(g) \rightarrow 2/y M_x S_y(s, l, org)$  で相変化の温度は各曲線に記入した。金属化合物の状態は1気圧でその温度における安定相とした。S に対しては1気圧の  $S_2(g)$  である。

図8. 硫化物生成の標準自由エネルギー (Elliott)

→ の方向に反応をすすめることを意味する。

$MnS$ ,  $CaS$  は  $FeS$  より安定であるから ( $FeS$ ) が少くなる。これは①の説明で  $[FeS]$  が少くなることに通ずるからである。

③ スラグ中の ( $FeO$ ) を少くすること

前項の反応式で ( $FeO$ ) を少くすることは、結果としてこの反応を → 方向に進めることと同じである。すなわち脱硫を促進することになる。前にのべたように脱硫するために、塩基度を高くする必要がある。そのためスラグの流動性が悪くなる。したがって拡散が悪くなると間接的に脱硫反応がにぶくなる。これを防ぐ意味で螢石を使って、高塩基度を保ちかつ流動性もよくなる方法が採用される。

酸性では②、③の条件は採用できないので、脱硫は極めて困難である。

(6) 銅  $Cu$  について

$Cu$  は鉄くず中に混入して溶銲に入る。 $Cu$  は鉄より酸化し難いので一旦入ったら、除くことは不可能である。普通 0.2 % 前後含まれている。この程度ならば問題がない。特別の用途の銲には  $Cu$  を加えることがある。

(7) クロム  $Cr$  について

図3からわかるように、 $Cr$  は  $Mn$  に似た挙動を示す。低  $Cr$  銲の場合は酸化期に  $Mn$  と同様、ほとんど酸化される。添加は還元期に入り、ある程度溶銲中の  $[FeO]$  が少くなってから加えられる。たゞ最近、酸素製銲法で、高  $Cr$  のステンレス銲を溶製する際、安い高  $C$  の  $Fe-Cr$  を酸化期に多量加え、高温度で酸化沸とうさせると、 $Cr$  の酸化損耗が多少あるが、 $C$  が先に酸化され、低  $C$  のステンレス銲をつくることができる。

(8) ニッケル  $Ni$ , モリブデン  $Mo$  について

$Ni$ ,  $Mo$  は  $Cu$  と同様、溶銲中では酸化されないで、損耗がない。したがって、酸化、還元いずれの期に添加しても変らない。比較的安い酸化  $Mo$  を使用するとき、溶解期に加える。電解  $Ni$  を使用する場合は、普通溶解期に加える。これは電解  $Ni$  は相当量の  $H_2$  を含むからである。

以上のべた中で、 $Cr$ ,  $Ni$  および  $Mo$  は鉄に及ぼす影響は特別であるので、この3つの元素をまとめて、その影響を示す。

- $Cr$  : ① 腐食および酸化抵抗を増加する  
② 硬化能力を増加する  
③ 高温で強さを増加する  
④ 高炭素で耐摩耗性を示す

- Ni* : ① 焼入、焼戻した鋼を強くする。  
② パーライト、フェライト鋼を靱くする（特に低温度で）  
③ 高*Cr* 鋼をオーステナイ化する。

- Mo* : ① オーステナイト結晶粒の粗大化の温度上昇を可能にする。  
② 硬化層を深める。  
③ 焼戻し脆性の傾向を防止する。  
④ 高温強さ、クリープ強さ、赤熱硬さを増加する。  
⑤ ステンレス鋼において腐蝕抵抗を増加する。  
⑥ 耐摩耗粒子を形成する。

したがって、鋼鋼は特殊の場合を除いて、*C*、*Si*、*Mn*、*Cr*、*Ni*、*Mo* の6元素の組合せによってつくられる。但し*P*、*S*は有害元素として、ある限度以下で指示されるのは、もちろんである。

## 16 むすび

以上、のべたことは鋼鋼を溶解する場合の基礎的知識である。次にこの実際の応用編として、各種鋼鋼の実際について、説明する予定であったが、今回は都合により割愛して貰いたい。いつれ機会があれば、拙文を載せたい。

私達は毎日、鋼鋼を製造しているといふ、方法をどう改善しようかということにばかり気を使っているように感じられる。方法とか手段はある目的を達成するためのものである。この目的を時折、柔朴な気持で反省し確認することによって、新しい革新的なものが生れて来る気がする。

始めは極力、わかり易くと念じながら筆をとったが、最後に近づくにつれて、やゝ初志に反するようなところが多くなって恥じる次第です。現場で実際に作業する人達に、幾分でも参考になれば幸いです。

以 上

# 鑄造技術者のための簡易原価算定方法について

株式会社 原田 鑄造 所

常務取締役 天 口 千代松

## §-1 あらまし

人手不足経済に入り、若年労働力の不足、賃金の高騰、資材の値上り等、原価高となり、企業の採算性が悪化しつつある現状に於いて企業が維持発展するためには、コスト低減のため企業に新しいアクションが必要なことは云うまでもないが、生産 - 販売活動の開始前に於いて、直接企業の利益に大きくつらなる販売価格の見積り段階に於いて、適正なる見積りをする事は極めて重要な問題となる。

従来この見積りに対し、会計原則による原価計算を基礎としたキログラム当り単価決定方式が用いられて来たが、鑄物の製作費は製品の形状、寸法により工数が大きく異なり、人件費の高騰時代の今日に於いてはあまりにも矛盾が多く、現場技術者及び発注者にも理解しにくい面が多く、亦価格設定の面に於いても納得させにくいところが多い。

茲に於いてこの見積りのあり方を計算方式を単純にし、早く且つ適正に見積るため、比較的つかみやすい型込数を基本とし、すべての工数を造型工に置き換え、造型の生産性をもって加工高を算出し、見積り原価を簡単に算定する方法としたもので、之により発注者の理解を深めると共に、工場における諸計画及びコストダウンの手段に用いるものである。

## §-2 簡易見積り原価算定方式について

表-1 簡易見積り原価算定方式

$$\begin{aligned} 1 \text{ 枠当り見積り原価} &= (AW+B)(1+\alpha+\beta) \\ \text{Kg当り単位見積り原価} &= \{(AW+B)(1+\alpha+\beta)\} / W \\ 1 \text{ 枠当り見積り価格} &= \{(AW+B)(1+\alpha+\beta)\} / N \\ \text{注 } A &: \text{Kg当り直接費} / \text{単位当り} \dots \text{直接比例費} \\ B &: \text{造型工1人1日当り必要加工高} / \text{1日当り造型枠数} \\ &= 1 \text{ 枠当り必要加工高} \\ &\text{之は品種、形状によつて異なるため、工数見積} \\ &\text{標準、加工費算定規準及び造型数標準による} \\ W &: (\text{製品重量} / 1 \text{ 枠当り} = w) \times N \\ N &: 1 \text{ 枠当り製品の個数} \\ \alpha &: \text{手形割引利子係数} \\ \beta &: \text{利益係数} \end{aligned}$$

本方法は、地金費、溶解費、補助材料費、積送費を直接比例費として直接費見積り基準により見積り、その製品の鑄造に要する総工数を見積り工数基準により造型工に置き換えて総工数を見積り、この工数に相当する加工費を算定し、表-1に示す要領により原価を算定するもので、以下算出

要領について記す。

### §-3 直接費算出について

#### 3-1 直接費見積り基準表の作成

直接費に該当する材料費、溶解費、積送費等の単位当り価格は、市場的要素が強く、製品の形状、寸法、作業方法による歩留によって工場毎に多少変動もあるが、そう大巾に変わるものでなく、発注者側も容易に理解出来るものである。本方法による直接費の区分及び見積り基準を表-2に示すが、企業により歩留り及び中子の材料費を勘案の上適宜直接費見積り基準を設定す。

表-2 単位当り直接費基準表 単価/Kg

科目	摘要	見積標準	中子のあるもの			中子のないもの		ダクタイル	備考
			軽量	中量	重量		小物部品		
歩留基準	歩留= $w$		$w=68\%$	$w=70\%$	$w=75\%$	$w=70$	$w=56$	$w=60$	
$A_1$ 地金費	$A_1 = a(1 + \frac{\ell}{w})$	26.80	27.00	26.80	26.60	26.80	27.20	28.00	$a$ : 配合単価 = 2540
$A_2$ 溶解費	$A_2 = a_2 / w$	7.15	7.35	7.15	6.67	7.15	8.95	19.00	$b$ : 溶湯1Kg当り 原価= 5.00/Kg
$A_1 + A_2$ (小計)	湯代	33.95	34.35	33.95	33.27	33.95	36.15	47.00	製品1Kg当り 湯代
$A_3$ 補助材料	中子のあるもの 中子のないもの		11.00	10.00	8.50			10.50	砂及び中子の 材料費
$A_4$ 積送費	東京都基準		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	製品発送費
$A_5$ 外注費	別計算						仕外注 (5.00)	重油6.00 電気10.00	鑄仕上外注費 焼鈍外注費
$A$ (計)	$A_1 + A_2 + A_3 + A_4$		50.35	48.95	46.77	42.00	44.30	62.00 54.80	外注費含まず

註 1. 地金費は配合単価(配合率×単価)と歩留( $w$ )によって異なる。歩留りは見積り鑄込重量と不良率によって変る。亦見積り鑄込重量は鑄込係数(減耗率( $\ell$ )+捨湯率+湯口率)と製品重量によって異なる。

$$A_1 = a(1 + \frac{\ell}{w}) \quad a = \text{配合単価} \quad \ell = \text{減耗率} \quad w = \text{完成歩留}$$

2. 溶解費 = (燃料+補助材料+工賃)で溶湯1Kg当り原価/歩留で算出す
3. 補助材料 = 砂代+中子の材料費で製品1Kg当り算出す
4.  $A_5$ の外注費は工場の指示書により適宜加算す  
但し溶解はキューボラ溶解を基準として算出す

### 3-2 1 枠当り直接費の算出 (AW)

前記基準表により歩留りを勘案して、 $A_1, \dots, A_4$ を見積り次式により直接費を算出する。

$$1 \text{ 枠当り直接費} = \{ (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) + (A_5) \} \times (W = wN)$$

(例) 単重が5 Kgで中子のあるもので歩留が68%の場合の直接費は

$$1 \text{ 枠当り材料費} = (27.00 + 7.35 + 11.00 + 5.00 = 50.35) \times (5 \text{ Kg} \times 1) = 251.75 \text{ 円}$$

## §-4 見積工数基準について

### 4-1 工数区分

各工程の工数区分を次の通りとす。

- (1) 型込工 …… 型込専門工の工数とす
- (2) 造型部門 …… (型込工 + 中子入 + カブセ工 + 注湯工 + パラシ後処理)
- (3) 砂処理 …… (型砂 + 中子砂) 処理工
- (4) 中子工 …… (中子造型, 運搬工)
- (5) 鑄仕上 …… (消掃 (ショット) + 仕上工)
- (6) 検査工 …… (検査工 + 検査事務)
- (7) 直接部門 = (造型部門 + 砂処理 + 中子 + 鑄仕上 + 検査)
- (8) 管理部門 = (生産 - 販売管理 + 技術部門 + 事務部門)

### 4-2 見積工数基準の設定について

鑄物製作の所要工数は、製品の形状、寸法、重量及び複雑性により大きく異なる。特に中子のある場合は著しい。工数見積りの場合、造型から仕上検査まで工数を適切に早く見積ることは困難なる問題である。しかしながら1日の造型枠数の見積りから造型工数の見積りは比較的適正に見積ることが出来る。そこで鑄造の各工程の工数を型込工の工数で除し、等価係数にて算出すれば、総工数は造型工数の倍数で表わされる。云いかえれば型込工1人が造型する枠数にかゝる総工数と云うことになり、鑄物を生産するのに造型1人が負担すべき換算の総工数となる。之を中子の有無及び重量別に整理し、見積工数基準としたもの表-3に示す。亦製品種別区分を表-4に示す。

之を簡単にするため表-5に示す如く、各部門の係数を設定しておけば容易に算出出来ることになる。このようにして自工場の工数基準表を作成すれば、之は原価の見積りのみならず、生産計画の場合の工数、人員計画、或いは設備計画の基礎となり生産管理面にも大いに役立つものと考えられる。

表-3 見積工数基準表

種別 作業部門	中子のあるもの						中子のないもの						備考 モールドングマシン使用
	軽量のもの		中量のもの		重量もの		軽中		小物部品				
	工数比	系数	工数比	系数	工数比	系数	工数比	系数	工数比	系数			
① 型込工	1		1		1		1		1			型込工のみ	
② 造型部門	3.7	1	3.5	1	3.2	1	2.8	1	2.55	1		型込工も含む	
③ 砂処理	0.7		0.5		0.6		0.44		0.25				
④ 中子	4.5		3.5		2.5		-		-				
⑤ 鑄仕上	2.7		2.4		1.5		1.06		3.4				
⑥ 検査	0.8		0.7		0.5		0.57		0.46				
⑦=②+③+④+⑤+⑥	12.4	3.35 1	10.6	3.03 1	8.3	2.6 1	4.87	1.74 1	6.66	2.66 1		直接作業部門	
⑧ 管理事務	3.4	0.27	2.8	0.27	2.2	0.27	1.97	0.4	1.7	0.27			
⑨ 総計	15.8	1.27	13.4	1.27	10.5	1.27	6.84	1.4	8.36	1.27		総合工数	
∴ 添解	0.67		0.66		0.65		0.68		0.16				

-50-

表-4 製品種別区分

	肉厚	重量	使用機械(参考)
軽量級	3 ~ 5%	4 ~ 6	FD-1型
中量級	8 ~ 10%	8 ~ 15	FD-2 ~ FD-3
重量級	10%以上	20 ~ 40	FD-3 ~ FD-4
小物級		50 ~ 300g/1ヶ	F1

(例) 軽量級の、中子のある鑄物を造型する場合、型込工が1日造型する枠が100枠とすれば、表よりこの100枠の鑄物を製品とするまでは、直接部門だけで12.4人かかり、管理部門を入れると15.8人/1人必要なることを意味する。

表-5 各部門係数の算出

- ① 造型部門係数=造型部門/型込工= 2.5~3.7 寸法, 形状, 中子, 造型法による
- ② 直接部門係数=直接部門計/造型部門= 1.5~3.4 "
- ③ 管理部門係数=総合数/直接部門計= 1.27~1.4

$$\text{型込工 1 人が負担すべき総工数} = \text{①} \times \text{②} \times \text{③}$$

$$\text{(例) 表より軽量で中子のあるもの工数} = 3.7 \times 3.35 \times 1.27 \div 15.8$$

§-5 必要加工高の算定について

直接費は直接費見積り基準により算出され加工高を見積れば, 必要生産額が算出される。従って必要加工高の見積りが必要となり, その算出要領を表-6に示す。

表-6 加工高算出基準

- (1) 加工高=生産額-直接費 ∴生産額=直接費+加工高
- (2) 加工高=人件費/分配率 分配率=人件費/加工高
  - ① 人件費=通常賃金×人件コスト係数
  - ② 人件コスト係数=(通常賃金+賞与+法定副利+厚生+退職引当)/通常賃金  
 人件コスト係数は賞与によって異なるが 中小企業の場合 1.3~1.5  
 大企業の場合 1.6~1.8
  - ③ 分配率:(ラッカープラン及び経営指標による)  
 中小企業の場合 50~60%  
 大企業の場合 30~40%

(3) 必要加工高算出手順

- ① 見積工数基準より造型工1人が負担すべき総工数を見積る.....(LH)
- ② 平均賃金より1人当り人件費=(通常賃金×1.4)を見積る.....(LC)
- ③ 造型工1人型込した量にかゝる総人件費=①×②=(LH)×(LC)を算出する.....(L)
- ④ 分配率:α=50%設定する
- ⑤ 造型工1人1ヶ月負担すべき必要加工高=L/α.....(V')
- ⑥ " 1人1日当り " " " = (L/α)÷25日.....(V)

(例) 見積工数基準表の軽量で中子もの場合

LH=158 LC=35,000×1.4=49,000.....1人1ヶ月人件コスト

L=49,000×158=775,000

V'=775,000/0.5(分配率)=1,550,000(1ヶ月当り)

V=1,550,000/25 = 62,000(1日当り)

即ち造型工1人1日62,000円だけ型込する必要があることになる

表は前説の見積工数を基準として必要加工高を算定する方法であるが、之が算出の要素である平均賃金、人件コスト系数、分配率は、内外の情勢の変化に応じて各企業毎に設定されるものである。

## §-6 造型枠数の標準について

1日当りの造型枠数は大体造型機種類によって定められる。茲で取扱う造型枠数とは、生産方式の如何にかゝらず、型込工が1日専門に型込めた場合に造型することが出来る数量のことで生産方式による造型数の違いは工数見積りの方に加味されることになる。

従って造型枠数は次の式にて算出される。

$$\text{見積りの1日当り造型数} = \text{稼動時間} / 1 \text{ 枠型込に要する時間} (1 + \text{余裕率})$$

1枠当り造型時間は主にモールドングマシン及び模型方案によって異なる。機械毎の造型標準数を表-7に示す。

表-7 造型機械種別による造型標準数

機 械 名	型 及 び 枠	台 数	単重/1枠	標準枠数/1日	枠数/1H	備 考
F-1型	マッチプレート抜枠	1	1~3Kg	300	43/H	
F-2	"	1	3~4	250	36/H	
FD-1	上下型込付枠	2	8~10	400	60	
FD-2	"	2	15~20	300	40	
3	"	"	30~40	240	35	
4	"	"	15~20	200	30	
JAFD-4S	"	1	20	300	40	
AFD-4S	"	2		400	60	

1日造型する枠数を設定する場合は、製品の形状寸法と枠サイズにより先づモールドングマシンを選定し、上記標準表により造型数を見積り次式により1日当り造型数を設定す。

$$1 \text{ 日当り造型数} (M) = \text{見積り造型数} (1 - \text{不良率})$$

$$\text{この場合の不良率は次の式で算定す。不良率} = \{ \text{推定不良率} - \text{基準不良率} (5\%) \}$$

## §-7 1枠当り加工高(B)の算出

5項の造型1人1日当り換算の必要加工高と6項の1日当り造型数により次式により1枠当り加工高を計算する。

### 1 枠 当 り 加 工 高

$$1 \text{ 枠 当 り 加 工 高 } B = \frac{\text{造 型 } 1 \text{ 人 } 1 \text{ 日 当 り 必 要 加 工 高 } (V)}{1 \text{ 人 } 1 \text{ 日 当 り 造 型 数 } (M)}$$

(V) : 見積工数によって変動する。

(M) : モールドングマシンによる。

この加工高は生産性を表わすもので、直接費とは異なり、他社と比較対照されるべきものであり、  
之が企業の競争力即ち技術水準及び管理能力を表わすものである。

### §-8 1 枠 当 り 重 量 $W = \text{単 位 重 量 } (w) \times 1 \text{ 枠 当 り 数 量 } N$

1 枠 当 り 重 量 が 大 き い ほど キ ロ グ ラ ム 当 り 単 価 は 安 く な る 。 然 る に 単 位 重 量 は 設 計 重 量 な る た め 、  
鑄造工場の努力の範囲外である。

従って1枠当り重量を多くするためには、機械による造型枠数を考慮し、1枠に対する個数を出来る  
だけ多くするよう模型方案を設計する必要がある。

### §-9 手 形 割 引 系 数

分配率の設定に利子を含まない場合は次式により系数を設定す。

$$\text{手 形 割 引 系 数 } (\alpha) = (\text{金 利 } (\text{日 歩}) \times \text{手 形 サ イ ト}) (1 - \text{現 金 比 率})$$

### §-10 利 益 系 数

分配率の設定に利益を見込まない場合は次式により系数を設定す。

$$\text{利 益 系 数 } (\beta) = \text{総 原 価} \times \text{利 益 率} = 0.05 \text{ \textcircled{R}} \text{ を 見 込 む。}$$

### §-11 総 括

2 項 より 10 項 まで 述 べ た 事 項 を 総 括 す る と 表 - 8 に 示 す 如 く な る 。 之 に よ り 従 来 の 如 き キ ロ グ  
ラム 当 り の 単 価 も 算 出 さ れ る 。 亦 1 枠 当 り 生 産 額 も 算 出 さ れ 、 見 積 り 原 価 算 定 の 目 的 の ほ か に 製 品  
毎 の 生 産 性 も 測 定 さ れ 、 製 品 毎 の 採 算 分 析 、 改 善 点 及 び 工 数 管 理 等 現 場 技 術 者 の 生 産 管 理 面 に も 寄  
与 す る と ころ あ る も の と 考 え ら れ る 。

表 - 8 簡易原価見積表

科 目	単 位	摘 要	中子あり	中子なし	備 考
			A 製品	B 製品	
① 見積重量 $W$	Kg		5.0	52	FD-1モールドング A製品
② 1 枠の個数 $N$	ヶ		1	1	LH=15.8
③ 1 枠の重量	Kg	①×②= $W \times N$	5.0	52	LC=49,000
④ 単位当り直接費	¥/Kg	$A_1 + A_2 + A_3 + A_4$	50.35	42.00	V=62,000
$A_1$ 地金費	"		27.00	26.80	B製品
$A_2$ 溶解費	"	見積り基準	7.35	7.15	LH=6.84
$A_3$ 補助材料	"		11.00	3.15	LC=49,000
$A_4$ 積送費	"		5.00	5.00	V=13,400
$A_5$ 外注費	"				
⑤ 1 枠当り直接費	¥	④×③	255.00	208.00	
⑥ 造型1人1日当り加工高	¥	加工高算出基準	62.000	134.00	
⑦ 1 日造型枠	ヶ		550/2	500/2	(2人造型)
⑧ 1 枠加工費	¥	⑥÷⑦	226	536.0	
⑨ 1 枠総原価	¥	⑤+⑧	481.00	261.60	
⑩ 利子利益系数	-	×(108)	520	282	
⑪ 1 枠の見積価格	¥	⑨×⑩	520	282	
⑫ 1ヶ当り見積価格	"	⑪÷②	"	"	
⑬ Kg 当り見積単価	¥/Kg	⑪÷③	104.00	545.0	

# 鑄物工業の経営と合理化

## —水沢地区の鑄物工業—

水沢鑄鉄工業協同組合理事長  
岩手鑄機工業株式会社取締役社長  
菊地 忠 男

### 1 はじめに

鑄鉄鑄物工業最近10ヶ年の伸長率を見ると実にめざましいものがあり長期需要予測を上回り昭和43年の生産実績は374万4千トンで1.0年前の3.3倍強の生産量をあげておりますが、これは鑄鉄鑄物工業の経営の合理化が急速に進められた成果であることはいうまでもありませんが、一面裏をかえせば鑄鉄鑄物工業は、他の産業に比べ合理化が非常におくれていた工業ともいえるのではないのでしょうか。短期間に今日の伸長を見たことは関係当局、諸団体の指導、研究援助は勿論のこと、業果自身の懸命の努力が実を結んだのだと賞讃されてよいこととありますが、他の産業に比べまだまだ合理化された近代産業といえないことを率直に認めねばならぬのが鑄鉄鑄物工業の現状ではないのでしょうか。技術革新、宇宙時代と呼ばれる今日、いまだにホコリの立つ砂を使用しなければならない鑄鉄鑄物工業は、もっと、もっと、近代的に合理化されるべきであり、すべきであると直言し将来にかけ理想は全く妙味そのもの。合理化の方法によっては、すばらしい近代産業に生れかわるものであることを夢見ながら当面の鑄鉄鑄物工業の経営と合理化について私なりに考えをまとめてみることにします。

### 2 鑄鉄鑄物工業の一般的問題点について

鑄鉄鑄物工業の経営と合理化を考えるに先立って大事なことは、先づ問題点を拾いあげて見ることであります。他産業に比べ鑄鉄鑄物工業はあまりにも数多くの問題点を背負っている工業であることは衆知の通りであります。その中で主な一般的問題を現に拾いあげてみることにします。

#### (1) 鑄鉄鑄物工業は下請的、隷属的地位にあること。

自主的に企業は運営はされてはおりますが常に他産業の生産計画により生産数の注文指示を受け生産を続けなければならないという下請的隷属的地位をおかれてあるのが実態、従って景気不景気の際は勿論でありますが発注者の考え方で生産量も左右されるという受注量の不安定が生じてくるのであります。自主的計画に基き生産を行い、これをセールスによって売りさばくということは全く困難なのであります。

#### (2) 鑄鉄鑄物企業の乱立

全国に3,500余りの鑄鉄鑄物企業があるといわれておりますが、中には企業と呼ぶことが出来ない生業的家内工業があることを思うとコシキ炉一基があれば今日からでも仕事が出来るとい

が鑄鉄鑄物工業で景気のよいとき始めた業者が不況になると品質はおかまいなしで、しかも採算を度外視して受注競争に狂奔することになり業界を混乱させるところに問題が生じてくるのであります。

(3) 鑄鉄鑄物製品が原料として取り扱われていること。

鑄鉄鑄物工業は、あらゆる産業の重要な基礎素材を生産する工業であります。考え方が原料ということからして重量取引、即ち1トンくらいという目方取引がなされていることであります。基礎素材、諸機械のモトであることの重要性を忘れ単なる鉄のかたまりとして価格が決められてきたところに大きい問題があります。10年前のことを思いますが、この重量取引を問題として持ち出したときは、永年のしきたりからしてあまり耳をかたむける業者がなかったのですが4.5年前から技術的根拠による原価を把握して決めようとする動きが活発化していることは、業界のため喜ばしいことであります。

(4) 労働の確保の困難なこと

砂を使用しての造型、諸種の補助材料の使用、溶磨作業からくる粉じん、重量物の繰返し運搬、高熱のキューボラ、注湯等いづれを取っても作業的環境のよいものはありません。毎日真黒になってよごれた作業ばかりでは、近代化された精密工業、軽電気工業に比べ働く人が集まらないのは現実というよりほかありません。殊に現在の労働不足は、一層鑄鉄鑄物工業従事者の不足に拍車をかけているのであります。

(5) 固定費の増加による採算の悪化

鑄鉄鑄物工業の近代化促進による設備の増大、企業適正規模への取組み、賃金の上昇等により固定費の増加が急速に目立っているが、生産性向上が後を追うことになり企業採算が悪化傾向にあることが否定の出来ないことであります。

### 3 鑄鉄鑄物工業の経営

鑄鉄鑄物工業のみならず経営をやる以上は付加価値を必要なだけ増加し続けなければならない。即ち利益ある経営、儲ける経営をしなければならぬ。それには、付加価値を生み出すことである。付加価値を生み出すための諸活動が日常行われているが、現実に鑄鉄鑄物製品を作り出し、販売し続けているものは、単的に表現すると、人、設備、賃金の力であり、この三つの力を更によく考えてみると次の如くいえるのであります。

- (1) 付加価値それ自体を増すことは、営業活動であり、製品設計であり、固有技術、製造技術、及管理技術である。これ等は、すべて基本的には人の能力であり、人の力である。
- (2) 設備について、それを設計し選定しレイアウトを立案し使用法を決め実施するのは人の力である。
- (3) 資金についても、その調達を考え、運用配分の方法を決め活用する時、人の力である。

以上三つのことを考えると付加価値を生み出す基本的エネルギーは人の力であることがいえるので、よくいわれてきた経営は人なり、企業は人なりということをよくかみしめて見るべきであります。鑄鉄鑄物工業の問題点を取り上げたとき、労働力確保の困難なことを前述したが、付加価値を生み出すモトは、人そのものであることを考えると人を大事に適材適所に配属し、持てる能力を充分発揮出来るような環境、人間関係を打ち出すことが経営そのものであります。それには他産業に比べ作業環境が非常に悪い鑄鉄鑄物工業では労働条件の改善を重点的に考えるべきであります。少なくとも他産業に比べる割位の賃金高で支払うのが当然だといえるのであります。

高賃金を支払う経営には、適正なる企業規模の拡大、原価の低減、生産性の向上、新製品開発による特許権取得等があげられるが企業の現状から総合的に判断をし、最高の成果を得られるよう計画推進すべきであります。

次に忘れてならないことは、鑄鉄鑄物製品は極めて手離れのよい製品であります但し重量品であることとあります。鑄放し品で納品出来ることから忘れ勝ちなのが高い運賃そのものであります。殊に需要地から遠距離にある業者なればなるほど運賃は無視すべきではありません。でき得るだけ重量軽減を考え、加工の上完成した部品として納品することの方途をとるべきであります。

即ち付加価値を高め単なる原料扱いの1トンいっぺんの重量単価での取引でなく1個何円として完成部品としての取引でき自工場製品開発の道へもつながるので一石三鳥ということになります。とかく鑄鉄鑄物工業は原料屋といわれ自分も素材工業だと承知しているようでありますがあくまでも総の産業の重点なる基礎素材を生産する工業で、技術を売り、よい品質を提供することを本質に考え重量取引をせず適正なる1個当りの単価で取引する姿勢をとるべきであります。

#### 4 鑄鉄鑄物工業の合理化

鑄鉄鑄物工業の一般の問題点、同経営の項で前述したことから合理化について次に項目をあげることとします。

##### (1) 製品の専門化をすること。

製造工業で製品の専門化をはかることは、生産性の向上となり、無益な競争をさけ、品質の向上につながり、設備の効率的フル活用ができるのですが、その専門化の選択は企業者自身が伴うのでありますから、市場の見通し、生産技術、生産設備、生産規模等を勘案の上取り組むべきであります。

##### (2) 自工場独自の製品を開発すること

鑄物屋は、いつも下請的、隷属的存在とあきらめきっている向がありますが、一寸したアイデアの発掘工夫をすることにより鑄物そのものずばりの独自の製品、又は、加工を行い組み付けた製品が創り出されていることに目を開き自工場独自の製品の開発をし、自主的販売態勢を確立、鑄物需

要者に強くなることであります。

(3) 運搬作業の徹底的軽減化を行うこと

鑄鉄鑄物工業は重量物の持ち運びが総てだといっても過言ではありません。従って如何にこの持ち運びを少なくするか、即ち製品1モ当りの運搬重量を最少限にし楽に製品をつくることを忘れてはなりません。

(4) 後処理を必要としない製品をつくること。

鑄鉄鑄物製品は後処理に非常な時間をかけておりますが、型の吟味と造型作業の改善により造型能率の向上を併せて行い後処理を必要としない製品、即ち、砂落し後湯口を取っただけで納品できる製品をつくることに努力すべきであります。

(5) 歩止りの向上と不良を低減すること

原価低減と生産性向上に大きいウエートを持っているので歩止りは最大限に向上するようにして、不良は0への目標をかかげ、実施すべきであります。数多くの製品の中に不良0のものが大多数あることに気がつくことであります。

(6) 単価はあくまでも技術的根拠により決めること。

従来の考え方から脱却し1モいからの重量取引を御破算し絶体的に技術的根拠により原価主義を取り適正な利益を得て正常適正な単価で取引することです。

これまで鑄鉄鑄物工業の経営と合理化について常に考えてきたことをそのまままとめましたが、次に水沢地区の鑄物工業歴史と現況について記入させていただきます。

(1) 歴 史

当地鑄物産地を訪れる大方の皆さんから異口同音に鑄物の発祥とその原因についてお訪ねうけますのでその歴史を先に述べます。

水沢の鑄物の歴史については、明確なる文献がないので発祥そのことは審らかでないが、今から六百年の昔明徳の頃、(足利義満の代)千葉政頼という者、この地方の領主葛西家に鑄物師として召抱えられ、鑄物を造ったことが記録に残っているが実際にはもっと古く八百五十年の昔にさかのぼり、平安時代の末期、藤原清衡が岩谷堂餅田(現在江刺市)豊田ケ館におった頃か、又は平泉に転封した頃か、はっきりしないが江刺から稼人と呼ばせ地の利を見て当地を鑄物場として活用したのではないかといわれている。

降って正保の年(徳川の初期)及川掃部頼重が気仙の田茂山より当地に移住し来り、鑄物師として葛西家に仕えたことがい伝わっている。

天和の頃に至り及川寺右衛門が大いに鑄物に力をつくし、中興の祖と讃えられた。その後幾多盛衰

の変遷を経て来たのであるが、後に至って伊達藩の保護政策により再び大きく発展を見、明治中期以後大正時代は、鍋、釜、日用鋳物の産地として東北一を誇っていた。昭和時代に入り、日用品鋳物、南部鉄瓶は、不況の余波を受け業者は四苦八苦の経営を産地全体の力で振興すべく昭和10年2月岩手南部鋳造工業組合を結成、原材料を共同購入、製品検査、製品の共同販売で大いに実績をあげ産地全体の名声を全国にひろげ業界の伸長を見たが、昭和13年6月南部鉄瓶の全面的に製造禁止に伴い業界の転業対策に腐心、ミシン鋳物をはじめとして生型鋳物の導入、工作機械の設置による加工技術の習得等、新しい鋳物産地として活動を開始した。

大平洋戦争中は一部技術保存として残された。南部鉄瓶の優秀なる生産技術者は、ほんの生業として家内工業に従事、他の転換業者は軍需品生産をなし、業界の規模は飛躍的に拡大され鋳物産地として全国にその名を知られた。

終戦後再び日用品鋳物、南部鉄瓶の復活生産が開始され、一方軍需品鋳物を製造した工場は機械鋳物の生産をはじめ幾多の技術導入と研鑽を重ね、普通鋳鉄は勿論、可鍛鋳鉄、強靱鋳鉄等の高級鋳物の生産が暫次行われ特に日用品生産技術から薄物で鋳肌の美麗である特徴が需要増加となった。然るに戦後の生活様式の変化によって当地日用品(鍋・釜)や南部鉄瓶の需要は、一時的に急昇したものの、昭和26・7年頃から漸減、一方機械鋳物技術の急速なる進歩に追いつけず、一業界の前途は正に暗タンとして後継者の職場離脱が生じ、全く混乱状態の一時期がありました。昭和29年全鋳物業者が相集り、生産方式の近代化・技術の改善向上、新製品の開発・経営の合理化等を目標として水沢鋳物工業協同組合を結成、組合員の協同の力で不安な混乱状態を一掃、現在は、他の産地からうらやまれる業界内容で前進をつづけております。

次に当地に鋳物業がおきた原因について箇条書として添えます。

- ① 今も昔も同じであります。産業の発達には交通関係が大きく支配しておりますが当地に鋳物発祥当時は、交通機関として北上川の船航の便頻繁にして、当地は船付場として重要な宿場であったこと。
- ② 北上川の中流に位置し、鋳物欠くべからざる適当な良質の川砂、粘土等が多量に産出したこと。
- ③ 附近に栗木鉛山(現在江刺市伊手)があり原料である鉄鉛資源があったこと。尚附近に燃料として木炭が豊富にあったこと。

## (2) 現 況

当地鋳物業界は水沢市羽田町に産地形態をなして鋳物工場群となっておりますが、一部旧水沢町内に工場を移転した業者もあります。その業者数は、50業者で全部水沢鋳物工業組合の組合員であります。従って組合の現況、即ち水沢鋳物業界の現況となっております。生産されております鋳鉄鋳物製品の品種別構成割合は、産業機械鋳物50%、工芸鋳物37%、その他鋳物(日用品含む)13%で年生産総額は15億円になっており、工芸鋳物その他鋳物の内、日用品は、全く自工場の

独自製品でありますので自主的販売を行っており、従って、下請的、隷属的存在ではありません。尚新製品開発については、常に意匠の研究、アイデアの発掘、創意工夫によって独自製品を創り出しております。工場規模については家族従業員1名から、最大250名と越える企業も非常に大きい規模格差がありますが、業界が一体化されて、極めて円満な産地となっております。会社組織は10企業で殆んどが個人企業となっており、最近、鑄鉄鑄物の急激なる生産伸長で従業員100名を越える企業が2倍加しております。従業員については、他産地と同様、若年従業員の採用は困難で平均年齢は、老令化の傾向にあります。設備については、最近急速に近代化が進み砂処理プラント、パレットコンベアシステムによる造型法を採用した企業2、ライン造型装置を設置した企業1、その他セルモールドによる中子成型機の導入が企業の大小を問わず行われ、その企業数は12、となっております。キューボラの原材料投入については、投入機使用が増加、合理化に取り組む意欲先方といえるところであります。

尚、従業員4人以下の企業でモールドングマシン総数11台ありますが、風鈴生産にフル稼働、めざましい生産性をあげている状況は、他の産地には一寸見られぬ業態といえます。

業界の近代化、合理化をはかり鑄物産地として、他におくれをとらず前進しその振興発展の中心的役割をなすのは、水沢鑄物工業協同組合であることは勿論であります。業界内には、それぞれ専門分野に亘ってのグループがあり、組合と一体となつてのグループ活動が行われ、業界伸長一翼をなっております。研究グループは、次の通りであります。

#### ① 水沢工芸鑄物研究会

工芸鑄物の意匠、製造方法の研究のための同好者グループで、産地のデザイナーの集りともいわれ、ここから新製品が、ぞくぞく生まれてきます。

#### ② 水沢機械鑄物技術研究会

次代を背負って立つ業界の若年技術者の研究グループで業界内では、金曜会と呼ばれ、毎週金曜日作業終了後、組合事務所に集り製造技術、設備近代化、経営の合理化、市況等について熱心な、研究討論がかわされ業界前進の中心的役割を果しております。

#### ③ 十五日会

工芸鑄物研究会は、デザイナーの集りであるが、この会は、経営的グループで設備、労務、市況、生産、先進地等の問題を取り上げ毎月15日に例金をもってよりよい工芸鑄物の生産販売の実績向上に活躍しております。

#### ④ 五日会

この会は南部鉄瓶、生産者の集りで、製造技術、市況、労務販売などについて話し合い、よりよい経営の改善合理化の研究に取り組み、業者の堅実なる事業伸長をはかっております。

#### ⑤ 労務管理研究会

各企業の労務担当職員の集りで業界全体の従業員の共通的労務問題について話し合い労務管理

の向上と地区的諸行事の効率的実施を行い産地鋳物産業の発展に大きい力となっております。

⑥ 水沢鋳物職業訓練協会

グループと呼ばれるものではなく、職業訓練法に基く技能者養成のための基本的職業訓練をする業界全体の共同訓練団体で鋳物工、機械工、2職種の認定を受け年間を通じ学科と実技の訓練を行って次代の技能者養成をしております。

以上のほか日展入選者をもって日展クラブを結成、産業工芸鋳物と別に美術鋳物の創作研究をし、後輩の指導を行いこれまでに鑄鉄鋳物美術品で入選者を10名出していることは、他の産地では絶体に関われぬことであります。

最後に当地鋳物産業11年前(昭和32年)の状況を一覧表にまとめ業界があゆんだ合理化の一端をお知らせすることにします。

		一 覧 表		43/32
		昭和32年	昭和43年	
企 業 数		50	50	1.0
従 業 員 数		396人	919人	2.3
生 産 費 量		1,776t	11,000t	6.0
生 産 金 額		190,000千円	1,500,000千円	7.9
設 備 関 係	溶 解 炉	44	67	1.5
	送 風 機	28	46	1.6
	造 型 機	16	77	4.5
	(セル型を含む) 中子成型機	0	25	25.0
	砂 処 理 機	12	71	5.9
	運 搬 関 係	1	36	36.0
	工 作 機 械	66	200	3.0

附・企業数には増減なきも関連企業が増加しております。尚、上記表にはパレットコンベヤ装置、砂処理プラント、ライン造型設備は含まれておりません。

## 8. 昭和43年度経過報告

総務理事 井川克也

本年度は日本鋳物協会にとっては第35回国際鋳物会議を主催する記念すべき年に当り当支部としてもこれに協力することに全力を挙げた年でありました。以下にその経過を報告いたします。

### 1 43年5月11, 12日

鋳物協会春季大会が川口市で開かれ当支部会員も多数参加されました。井川理事の「鋳鉄の腐食疲れおよび疲れ被害について」の論文に対し小林賞が授与されました。

### 2 43年7月6日

本年度第一回支部理事会が東北大学工学部金属系教室で催され、理事改選結果の報告、会計報告、本年度事業計画審議など18名出席のもとに行なわれた。

### 3 43年10月6~11日

第35回国際鋳物会議が京都市で開催され、海外からの参加者約400名を数え極めて盛況裡に終始しました。提出論文41篇中当支部関係としては

Akio CHIDA, Tomojiro TOTTORI:

Foundry Pig Iron for the Production of Spheroidal Graphite Cast Iron.

Goro OHIRA, Katsuya IKAWA:

Studies on the Relation Between the Eutectic Solidification Velocity and the Graphite Structure of Cast Iron.

の2篇があり、また併せて行なわれました国際鋳物ショーには山形県、岩手県から多数の美術鋳物が展示され即売会での売れゆきも上々のようでありました。

### 4 43年10月14, 15日

国際会議の見学旅行団約40名が14日には福島製鋼、15日は東北大学金属材料研究所、工学部金属系三学科を訪れました。工場見学に当っては極めて熱心に質問をし、また答える側も余すところなく解説するなど東北の鋳物も十分国際レベルに到達していることを感じ意を強くした次第でした。15日の午後は一行を松島に案内し貸切り遊覧船でピヤパーティーを開きながら湾内めぐりをして見

学の疲れを癒していただきました。

写真1および2はそのときのスナップです。

## 5 43年11月15日

第6回金属関係学会東北支部連合研究発表会が新装成った東北大学工学部金属系教室で行なわれました。講演総数37篇のうち当支部関係はつぎの4篇でした。

- (1) 白鋳鉄の凝固組織に関する二、三の実験

秋田大学鉱山学部 芹田 陽  
宇佐美 正

- (2) Mgコークス処理による強靱鋳鉄の製造

富士製鉄釜石製鉄所 千田 昭夫  
塩谷 靖  
高橋 宥夫

- (3) ダクタイル鋳鉄の機械的性質におよぼす  
諸元素の影響について 砂鉄銹ダクタイ  
ル鋳鉄の特性研究(Ⅲ)

日本高周波鋼業 加藤政治郎, 進藤 保宏

- (4) 亜とり焼鈍を施した片状黒鉛鋳鉄の材質判定における回帰分析の適用

東北学院大学工学部 目黒 博, 大場 達次



## 6 43年12月2, 3日

昭和43年度東北支部大会が福島県いわき市常磐ハイアンセンターで開催されました。支部総会のあと技術講演会が下記の題目および講師をお願いして約100名の支部会員参集のもとに熱心に催されました。

- (1) 鋳造方案の基礎

東北大学工学部教授, 東北支部長  
大平五郎氏



(2) Nプロセスについて

日立製作所亀有工場 南郷忠勇氏

(3) 最近の鑄造技術

日本シエルモールド協会 小林一典氏

(4) 鑄鉄材質の進歩

東北大学金属材料研究所教授 本間正雄氏

写真3はそのときの模様です。

またこれにひきつづいて鑄鉄関係と鑄鋼関係に分れてパネルディスカッションが、それぞれ福島製作所 藤島富士夫氏、福島製鋼 佐藤忠氏の司会のもとに行なわれ、日頃身近で起っている重要問題について討論や情報交換がなされました。ざっくばらんに話合ってみますとお互いに困っている問題は期せずして同じようなものであり、このような討論会は極めて有意義であることが今更のように痛感されます。

写真4はそのときの模様ですがハワイというだけあって12月というのにワイシャツ姿で話はずんでいるところを御注目下さい。

2日目は工場見学で常磐商事(発熱スリーブ、耐火練瓦)、常磐製作所(鑄鉄、鑄鋼)、大阪造船所平製鋼所(鑄鋼)の各工場を見学させていただきました。



本大会が極めて有意義にしかも楽しく盛況裡

に終始しましたことは福島県理事各位、とくに常磐地区の関係者御一同の並々ならぬ御好意によるもので支部会員一同とともに厚く御礼申上げたいと存じます。

7 44年3月30日

支部会報第5号が発行された。

以 上

## 10. 昭和43・44年度理事名簿

昭和43年4月に行なわれた選挙の結果、つぎの方々が理事に当選されました。

- 青森県：黒石一郎（青森県金属材料試験所長）  
平賀広一（八戸工業高等専門学校教授）  
田畑三郎（田畑鑄造工業KK）  
田畑一（東洋重工業KK）  
中里信男（東北建機工業所）
- 岩手県：内村允一（岩手県工業試験場長）  
千田昭夫（富士製鉄釜石研究所）  
大内峻（岩手大学工学部教授）  
菊地忠男（岩手鑄機工業KK）  
柄内淳志（岩手県工業試験場）
- 秋田県：芹田陽（秋田大学鮎山学部教授）  
宮原順一郎（秋田金属工業KK）  
星野正治（秋田県工業試験場長）  
中田武治（秋木製鋼KK）  
田村英章（田村鉄工KK）  
長束憲（東北機械製作所）
- 宮城県：大平五郎（東北大学工学部教授）支部長  
青木猪三雄（東北学院大学工学部教授）  
藤田昭夫（KK本山製作所）会計担当  
近藤武司（KK石巻製作所）  
井川克也（東北大学工学部助教授）総務担当  
本山秀夫（エンペロール工業株式会社）  
関秀雄（多賀城製鋼KK）  
目黒博（東北学院大学工学部助教授）
- 山形県：五百川信一（名和鑄造KK）  
原田忠三郎（山形電鋼KK）  
天口千代松（KK原田鑄造所）  
坂本道夫（山形工業試験場）  
名和光夫（名和鑄造KK）

塩 沢 永 孚 (山形工業試験場長)

福 島 県: 金 子 淳 (福島製鋼KK)

新 村 好 弘 (福島県機械工業指導所長)

千 代 義 教 (KK常磐製作所)

郡 勇 (伊達製鋼KK)

小 柳 甚 吾 (大阪造船KK, 平製鋼所)

湊 芳 一 (北東衡機工業KK)

藤 島 富士夫 (KK福島製作所)

会 計 監 事: 中 村 三 郎 (宮城工業高等専門学校教授)

## 1 1. あ と が き

井 川 克 也

日本鋳物協会東北支部会報第5号をおとどけいたします。例年のことながら発行が年度末ぎりぎりになってしまい編集者の怠慢を深くお詫びいたします。しかし中味につきましては宮原、内村両氏の随想といい、金子、天口、菊地各氏の論説といい、いずれ劣らぬ力作で会員諸兄の御満足を十分得られるものと自負しています。この欄を借りまして御寄稿いただきました方々に厚く御礼申し上げます。

第1号から第5号まで大平支部長の御指導のもとに本山製作所の藤田昭夫理事と一緒に編集させていただきましたが、いま5冊を並べてみますと体裁、内容ともに少しずつ良くなって来たように見え、苦労して育てた吾が子のように愛しさを禁じえません。

どうぞ今後とも会員諸兄のもとで立派に成人し、東北の鋳物の進歩に負けず会報もたくましく育ててゆくように祈るものです。