

会

報

No. 6

日本鑄物協会東北支部

1970・3

日本鑄物協会東北支部会報

第 6 号

目 次

1. 会報第6号に寄せて	大平五郎	1
——支部の創立から今日まで——		
2. 特殊鑄型について	牧口利貞	3
3. 形状黒鉛鑄鉄の製造と実際	千田昭夫	28
4. 低周波誘導炉による鑄鉄浴解法	近藤武司	51
5. 欧米労働事情視察報告書	菊地忠男	71
6. ヨーロッパの鑄鋼業を見て	郡 勇	78
7. 随 想	五百川 信一	89
8. 昭和44年度経過報告		92
9. 昭和43、44年度会計報告		96
10. 鑄物協会定款		99
11. 東北支部会員名簿		103
12. あとがき		111

会報第6号に寄せて

~~~~~ 支部の創立から今日まで ~~~~~

大 平 五 郎

会報もこれで第6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着実に進んできたと思っている。東北支部も設立以来もう20年に近い年月を重ねてきた。そこでこの辺で「古きを顧みる」のも必要かと思ひ、ことにその間の消息を知る人がだんだん少なくなるので、敢えて私として知っている範囲での支部の歴史について今回は少し触れてみたいと思う。

日本鋳物協会が昭和3年12月設立の東京地方鋳物懇話会(のちの関東鋳物懇話会)、昭和4年2月大阪で設立された関西鋳物懇話会の合同によって昭和7年5月に創設されたことは衆知の通りで、学会としては日本でもかなり古い方に属している。

ところで東北支部を設立しようという動きは昭和24年頃起ったが、これは戦後の世相が平常に戻りつつあった当時、支部設立の動きが各地に起ったことにも関連している。すでに昭和7年、関西支部は協会創立と同時に出来ていたが、昭和22年には北陸支部および九州支部が設立され、昭和23年5月には新潟県支部、昭和24年10月には東海支部が誕生した。それで昭和24年から25年にかけて当時仙台工業専門学校教授の村上照造氏(現在大阪在住)が本部や各支部と交渉したり調査を行ない、当時東北大学教授五十嵐勇氏、福島製作所副社長の浜住松二郎氏とも種々相談を重ねて準備を進めた結果、昭和26年9月30日、福島市および山形市での鋳物協会全国大会を機会にここに鋳物協会東北支部が設立されたのである。初代支部長にはこの大会の実行委員長であった浜住松二郎氏がなられた。さらに他の支部について付け加えるならば、この後昭和27年3月に中国四国支部、昭和28年6月に北海道支部が設立され、ここに全国に八支部がそろったことになった。

ところで浜住支部長ははじめ福島在住であったがその後だんだん活動の場が東京に移り、また協会本部での立場がより重要になってきたので、昭和29年支部長を五十嵐勇氏にかわった。五十嵐氏は昭和30年以降は秋田大学に移られたが昭和32年の鋳物協会創立25周年記念事業の終るまでは支部長として尽力された。なおこの25周年記念事業は規模の大きなもので、これをなしたげたのは当時の鋳物協会会長浜住松二郎氏の偉大な業績といえよう。つづいて昭和33年東北大金研教授の大日方一司氏が支部長を引き継いだ。昭和37年4月大平五郎にかわった。

ところで協会支部の運営は、その支部所属の維持会費の一部が本部から還付されて、それで行うようになっている。関西や東海地区のように維持会員の多いところではそれだけで相当な額になるが、会員の少ない支部では別に支部会費をとってそれで運営しているところもある。しかし東北支部は創立以来支部会費はとらず、また本部からの還付金も一切受けていなかった。それは当時としては会員も少なく、また東北地方といっても青森から福島までの範囲は広汎で、全体として

講習会や講演会を開催する気運にはまだ至っていなかったことによる。そのため支部規約に従って東北の各県に支部理事、相談役などをお願いしてお引受け頂いてはあったものの、全理事が一堂に会することはほとんどなく、講演会なども他の学協会と共催で行うことが多かった。

しかし昭和37年にもなると工業界のめざましい復興に依じて、東北の鋳物業界も非常に活気をあびてお互いの交流も盛になり、また従来の東京中心の交通網から東北の各都市間の交通にも便利さが増してきた。たまたま東北大学では鋳物関係については金研に軽合金の大日方研究室、鋳鉄の音谷、本間両研究室、工学部には大平研究室がそれぞれ中央でも活躍していた。そこで少壮気鋭の研究者でかつ実行力に富んだ丸山益輝氏（現広島大学工学部長）、井川克也氏（現室蘭工大教授）などが中心になって、さらに各県の有力な鋳物技術者とも相談して、今や東北支部の一段と飛躍すべき時期ではなからうかと判断した。そこで昭和37年5月頃から準備にかかり、支部規約の改正を行ない、あらたに役員を選出して理事や幹事のみなさんに実質的に支部を背負ってもらうことにして東北地方の鋳物界のために積極的な活動を開始することを決心した。そのため運営資金として規定に従って本部からの還付金も受入れることになった。このようにして昭和37年8月仙台でまず再出発第1回の支部大会を盛況裡に行うことができた。ついで33年2月には鋳鋼技術講習会を秋田で行ない、同年11月には第2回支部大会が福島市で開催された。さらにつぎの大会は39年8月釜石市で行われた。

このように実績を重ねて昭和40年には支部も十分成長したので、ここで鋳物協会の全国大会を引受けることになり、9月に仙台市を中心として見学班は東北全域に亘るといふ大規模な大会を500名を越す参加者を得て、盛会のうちに終えることができた。

支部の行事もこの頃になるとすっかり軌道にのり、その後の支部大会は昭和41年11月八戸市、42年10月山形市、43年12月いわき市、44年10月水沢市というように各県まわり持ちでお願いしてきたが、回を重ねるごとに参加人員は増えるばかりで喜ばしい限りである。なお42年以後は支部大会の折、講演会と併せて鋳鉄、鋳鋼の技術研究会を行なってきた。

一方会報は昭和39年にはじめて第1号を発刊した。これは会員相互の連絡機関ぐらいのつもりでつくったものであったが案外反響が多く、それにこたえるようにしているうちにだんだん形式も整ってきて、毎年定期的に発刊できるようになり、ここに第6号をお届けするようになった次第である。財政的にははなはだ貧弱な当支部がこれだけの活躍をしてきたのは、役員はじめ会員の方々の善意と奉仕によるもので心からお礼を申し上げたい。

以上がこれまで支部の歩んできた経過であるが、今後どのように進んでゆくべきかについては、広くみなさんの意見をお寄せ頂けたら幸に思っている。支部事務局あるいは各地区の理事のかたに御意見など申出て頂けば、私達としてそれに応ずる方途を考えていきたい。また支部大会や会報というのもお互いの接触の好機と思うので、そういう機会も十分有効に利用して頂きたい。

会報第6号の発行に当って従来の経過を長々と述べてきたが、これはこれ迄に尽力された多くのかたがたに対する感謝の思いを込めたもので、今後とも役員、会員のみなさんの絶大な御協力によって支部のますますの発展を切に期待する次第である。

（東北支部長、東北大学工学部教授）

# 特殊鑄型について

金属材料技術研究所

製造冶金研究部長 工博 牧口利貞

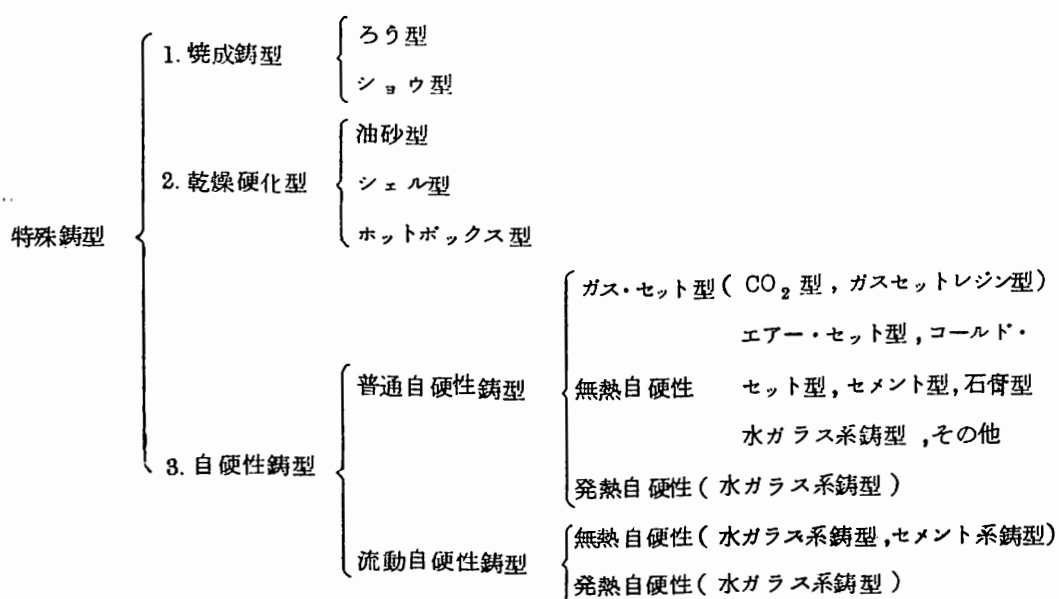
## 1 緒 言

特殊鑄型とは粘結剤に粘土質粘結剤(耐火粘土, 切粘土, ベントナイトなど)以外のものを使用する鑄型の総称である。従って一口に特殊鑄型と言ってもその種類は非常に多い。そこで, この特殊鑄型を硬化現象から大別してみると次のようになる。

- (1) 高温の熱(例えば800~900℃)を外部から加えて無機質粘結剤を焼結させるもの。
- (2) 外部から比較的低温の熱(例えば200~300℃)を加えて, 有機質粘結剤を熱重合または熱縮合させて鑄型を硬化させるもの。
- (3) 硬化促進剤を鑄型砂中に粘結剤とともに予め添加し, 成型後硬化反応を起させるか, または成型後ガス状硬化剤を通ガスして硬化させるもので, 自硬性鑄型はこのグループに属する。

この分類法に従って現在の特殊鑄型を大別してみると表1のようである。

表 1. 特殊鑄型の分類



このように特殊鑄型はその種類が非常に多いので, 本稿においては表1の2項および3項に挙げた鑄型のうち現在多く使用されているものを探りあげ, それらの鑄型の問題点および改善

されつつある点などを中心に記述することにした。

## 2 乾燥硬化型

### 2-1 シェル型

この鋳型はすでに普遍化しているが、砂粒、レジンを、キュアリングなどが適当でないとい問題を生ずる場合がある。例えば砂粒が十分に乾燥されていないか、あるいは粘土分を含有しているような場合には、その強さは図1、図2のように非常に低下する。また砂粒の粒形も強さに対して影響するもので、図3のように粒形によって強さは1/2以下になるものもある。

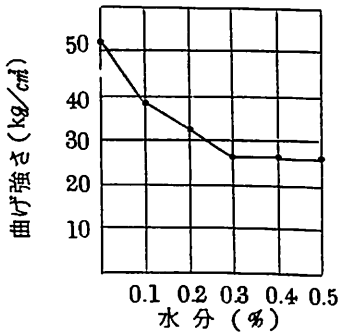


図 1. けい砂水分と強さの関係

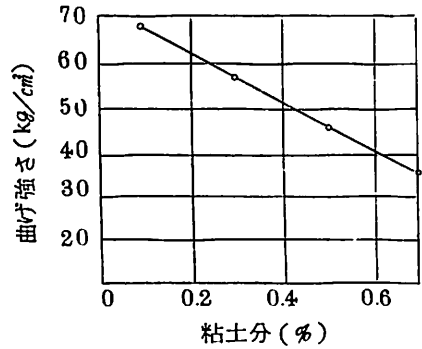


図 2. 粘土含有量と曲げ強さの関係

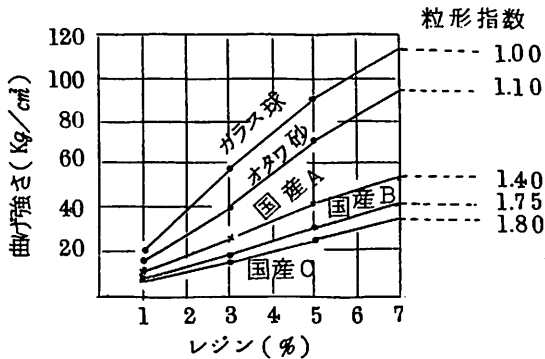


図 3. 砂粒の種類と強さの関係

図において粒形指数 1.00 のものが真球で、その数値が大きくなるに従って不規則形状である。次に砂粒に対するレジンのコートであるが、液状レジンによるコートが良いのは衆知の通りである。しかし粉末レジンによるコートは簡単で、少量の生産に適しているのではしばしば用いられている。この場合にはレジンと砂粒との分離が生じ易いので、ウェット・

エージェントが用いられるが、その添加量によって強さなどは非常に異ってくる。図4にその一例を示した。これらの点に注意してシェル型を造っても「あらされ」などを生ずることがある。そこで、その管理方法として D. E. W. 社ではポロッキ量の限界を 2%、曲げ強さを

4.5 Kg/cm<sup>2</sup>以上としている。そこで両者の関係を三河産三栄珪砂及びカムラン珪砂について調べてみると図5のようであり、ポロツキ量と曲げ強さの管理限界は必ずしも一致してい

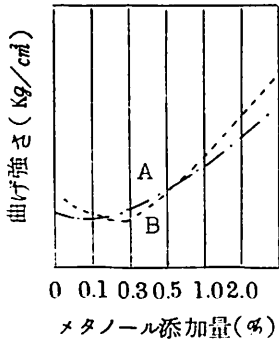


図 4. 粉末レジンに添加するメタノールの添加量と強さとの関係

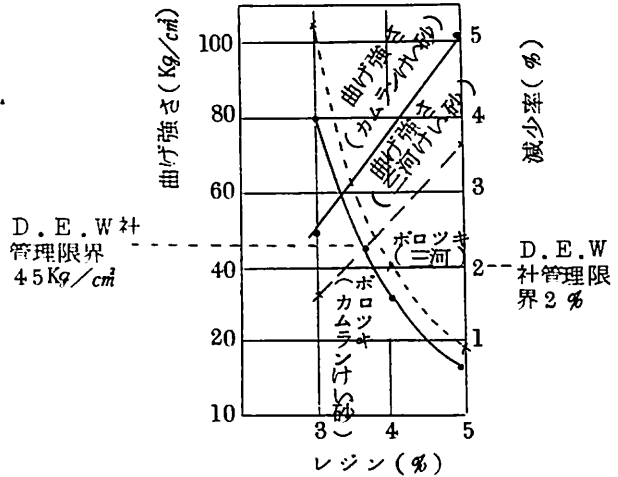
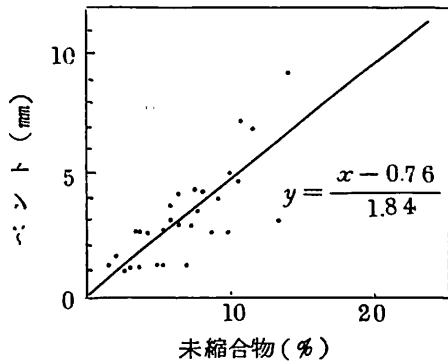


図 5. ポロツキ性と曲げ強さの関係

ない。このような場合には両者の管理限界内に入るようにレジン量を調整すべきであり、図から考えると三河珪砂ではレジン量を4%、カムラン珪砂では3.8%とすべきであろう。またシェル型のキュアリングが十分に行なわれないと変形を生じ寸法精度が低下する。この原因としてはレジンの未縮合物が考えられる。図6には未縮合物量とベント量との関係を示した。



第 6. ベントと未縮合物との関係 (旭有機材㈱)

注 未縮合物はアセトン抽出量により測定、%は添加レジンに対する%

ールを生じ易いので十分注意する必要がある。

た。従って寸法精度を要求される場合には未縮合物を少なくしなければならない。

このほか現場的にしばしば認められる問題点としては、熱膨張率の大きな砂粒を用いたために、シェル型に網状クラックを生じ、局所的な差し込みを生ずることがある。このような場合にはジルコン砂を用いたシェル砂を50%程度添加すると或る程度防止し得る。また最近ではシェル型の造型速度を上げるためにヘキサメチルテトラミンを多く配合したレジンが市販されている。しかし、これが多過ぎる場合には鑄物にピンホールを生じ易いので十分注意する必要がある。

## 2-2 その他

このグループに属するものとしては、油型、ホットボックス型などがあるが、これらは現在あまり使用されていないので、ここでは省略する。

## 3 ガス・セット型

### 3-1 CO<sub>2</sub> 型

この鑄型もすでに一般化し、殆どどの鑄造工場で使用している。しかし問題がないわけではなく、解決を望まれている点も多い。これらのうち代表的なものを挙げてみると、(1)崩壊性の問題、(2)鑄巣の問題、(3)S.S.I. (表面安定度)の経時変化の問題等である。これらの問題点のうち、(1)に対しては図7に示すように水ガラスのモル比を高くする方法、表2の

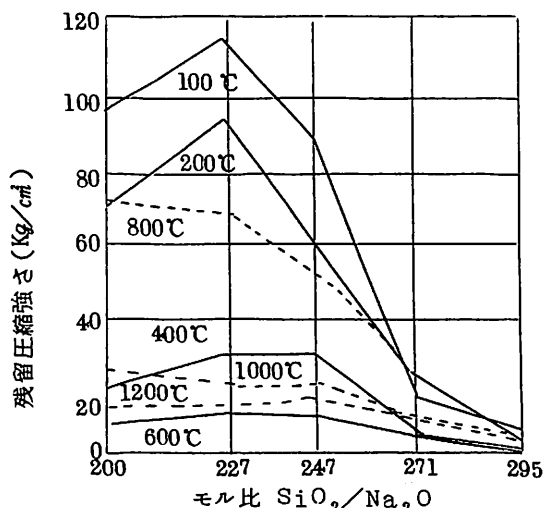


図7. 水ガラスのモル比と残留強さの関係

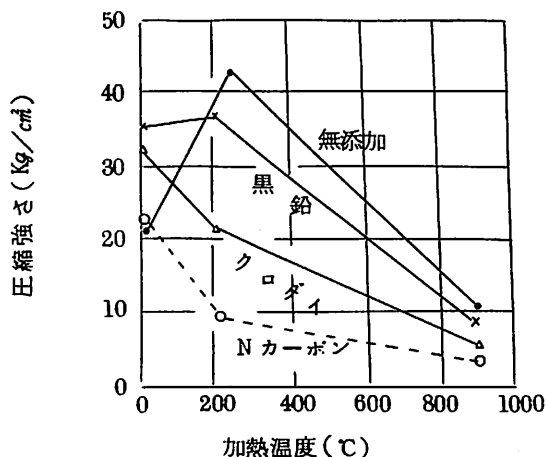


図8. CO<sub>2</sub> 型の残留強さに及ぼす添加剤の影響

ように焼結し難い砂を使用する方法、図8のように崩壊促進剤を添加する方法などが採られている。図7において高モル比の水ガラスを使用すると確かに崩壊性は良くなるとともに、CO<sub>2</sub>ガスによる硬化も速い利点がある。しかし、高モル比のものはオーバ・ガッシングするとS.S.I.が極度に低下するだけでなく、適正の通ガスをしたものでも大気中に放置しておくとS.S.I.が低下する。これらのことから、高モル比と云っても一般には2.7程度までのものが使用されている。焼結し難い砂粒としては表2に示したように炭素系のものを使用する場合がある。これに類似のものとしてカーボン・コーテッド砂も



表 2 コークスサンドの崩壊性

| 材 料                        |                   | <i>N</i> <sub>2</sub> | 1    | 2    | 3    | 4    |
|----------------------------|-------------------|-----------------------|------|------|------|------|
| 陣 屋 砂 6 号                  |                   |                       | 85   | 100  | 100  | 100  |
| コークスサンド P-300              |                   |                       | 15   |      |      |      |
| 木 粉                        |                   |                       |      | 0.5  |      |      |
| 球 状 ビ ッ チ                  |                   |                       |      |      | 0.5  |      |
| MgO                        |                   |                       |      |      |      | 0.3  |
| 水ガラス (モル比 2.3)             |                   |                       | 7.6  | 7.0  | 7.0  | 7.0  |
| 圧縮強さ<br>Kg/cm <sup>2</sup> | 通ガス直後             |                       | 9.4  | 6.7  | 5.5  | 6.8  |
|                            | 24hr 後            |                       | 17.6 | 15.9 | 18.5 | 26.0 |
| 崩壊性%                       | 塗型しないもの(60sec 衝撃) |                       | 65   | 6.6  | 39   | 43   |
|                            | 塗型したもの(20sec 衝撃)  |                       | 98   | 8.5  | 70   | 60   |

一部では利用されている。しかし、この種の解決策はあまり一般的ではない。次に崩壊促進剤による解決策は高モル比水ガラスの利用と同程度に広く使用されている。この種の促進剤としては図8からも明らかなようにNカーボンが効果的である。また図には示していないが、活性 MgO も Nカーボンと同程度の効果をあらわす。ただ活性 MgO の場合にはその製造の際の処理温度が問題であり、温度ができるだけ低い条件で製造したものがよい。もし軽焼 MgO 死焼 MgO を使用した場合には崩壊性は改善されない。

(2)の鑄巣発生の問題に対しては、注湯の際に CO<sub>2</sub> 型から発生する H<sub>2</sub> ガスが原因していると考えられる。筆者の経験では、この H<sub>2</sub> ガスを CH<sub>4</sub> のような重炭化水素に変化させるような物質を塗型剤として使用するとよい。この意味では非晶質に近い炭素系のものを揮発性塗型として利用すると効果的である。また、CO<sub>2</sub> 中子が溶湯により三方を囲まれるような場合には、鑄巣を発生し易い。この場合には上述のような塗型を施しても殆んど効果がないので、原則としてこのような場合には CO<sub>2</sub> 中子を使用しない方がよい。

(3)の S.S.I. の経時変化は、高モル比の水ガラスほど顕著である。この対策としては造型後直ちに揮発性黒鉛塗型を施すことが望ましい。

なお、CO<sub>2</sub> 型に限らず水ガラスを粘結剤とする自硬性鑄型では、生成した直後の珪酸ゲルは水溶性であるので、水溶性塗型よりも揮発性塗型の方がよい。

### 3-2 ガス・キュー型

最近話題となり、注目されているアシュランド法やフォダス法はこれに属している。このうちアシュランド法は技術提携も完了し、種々検討されている。これは粘結剤としてイソ・キュア・レジンⅠ及びⅡを使用し、硬化剤としてアミン・ガス（例えばトリエチル・アミン）を用いている。この鑄型の性質の一例は表3のようであり、通ガスにより直ちに硬化する利点がある。しかもオーバ・キュアの問題も殆んど生じない。従って有機系のガス型とも云うべきもので、しかも CO<sub>2</sub> 型よりも優れているようでもある。しかし、この鑄型は検討され始めてから日も浅く、あまり現場的データもないので、今後注目すべき鑄型ではあるが、今直ちに現場的に採用することは妥当でないであろう。また硬化剤としてのアミン・ガスの通ガス後の廃ガスが有害であることが、それほど問題でないと言われていたことも十分注意すべきであらう。

表3 アシュランド法の性質

| レジン% | 硬化剤(対レジン)% | 圧縮強さ Kg/cm <sup>2</sup> |       |
|------|------------|-------------------------|-------|
|      |            | 直後                      | 24hr後 |
| 1.0  | 14.52      | 16                      |       |
|      | 7.26       | 16                      | 22    |
| 1.5  | 9.68       | 29                      |       |
|      | 4.84       | 29                      | 40    |
| 2.0  | 7.26       | 33                      |       |
|      | 3.63       | 33                      | 45    |

## 4. 有機系無熱自硬性鑄型

本項以後に述べるものが、いわゆる自硬性鑄型である。自硬性鑄型はその粘結剤が有機質であっても、無機質であっても、一つの共通な問題点がある。それは硬化速度と可使時間の関係で、鑄造関係者の立場からすれば、硬化速度特に立ち上り強さが大きく、しかも可使時間の長いものが望ましい。しかし、この2つの性質は両立せず、例えば硬化速度を速くすれば可使時間は短くなる。また、この両性質は気温などの影響を受け同一配合であっても相当変化するもので、その管理に十分注意しなければならない。

### 4-1 油系自硬性鑄型

これはエア・セット型であり、粘結剤として油（変性乾性油，アルキド樹脂化油）に硬化

剤（例えばナフテン酸コバルト）を配合し、室温で硬化させる鋳型である。この硬化に対しては砂の粒度、油の配合量、硬化剤の量及び粒度、室温などが影響する。図9は砂の粒度の影響、図10は油量の影響、図11は硬化剤の粒度の影響を示した。このほか混砂時間も影響

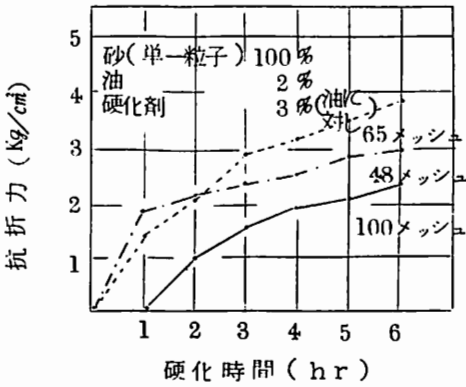


図9 砂の粒度と硬化速度

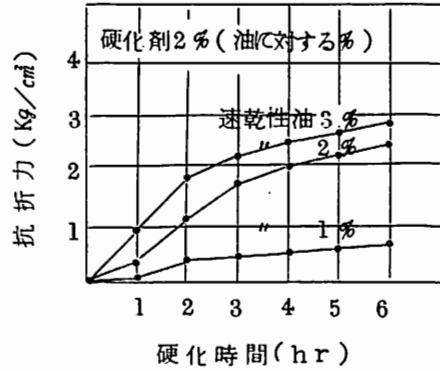


図10. 油添加量と硬化速度

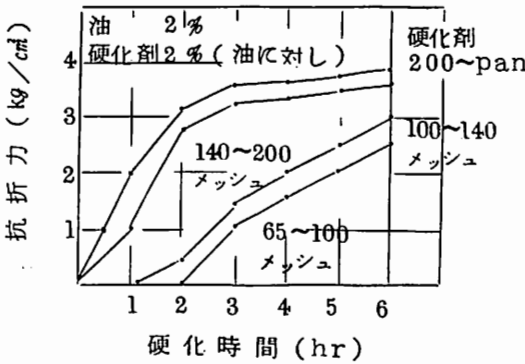


図11. 硬化剤の粒度と硬化速度

響する。従って実際にこの鋳型を使用する時には、砂の粒度、室温等を考慮して、油量、硬化剤量を決定することが望ましい。

この鋳型は室温で十分硬化するので、硬化後すぐに鋳型として使用できる。しかし、この状態では低温揮発物質が存在し、注湯時にガス発生が多いので、複雑な中子などの場合には、軽く乾燥して低温揮発物を除去して用いることが望ましい。

#### 4-2 フラン系自硬性鋳型

これは一般にコールド・セット型と呼ばれ、粘結剤としてフラン樹脂または尿素-フラン樹脂を、硬化剤として酸を使用している。この鋳型も前記4-1に述べた条件が硬化に影響を及ぼす。図12は砂の粒度と硬化速度の関係を示したが、初期の強さは粘度の粗い方が大きくあらわれる。図13は混練器の条件が硬化に及ぼす影響であり、回転数のあまり速いものは混練中にゲル化が進むため、図のように硬化強さがあられのないのではないかと考えられる。図14は砂の水分量の影響であり、水分があると十分な強さを発揮することができな

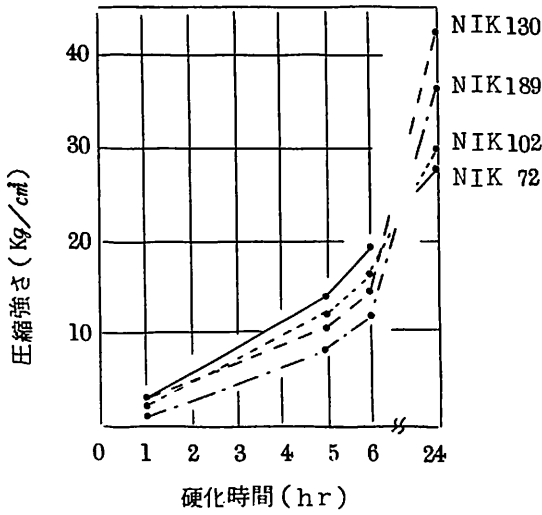


図 12. 粒度指数の硬化におよぼす影響 (フラン系)

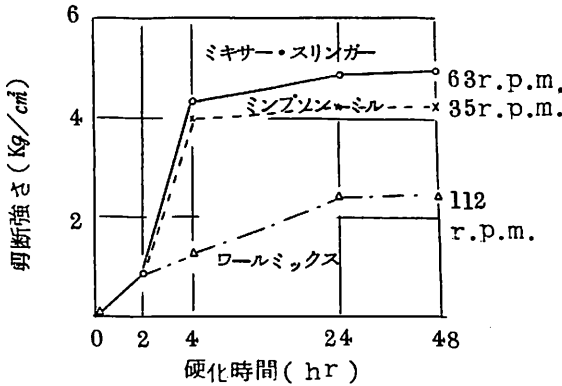


図 13. 生型強度に及ぼす混練時間の影響

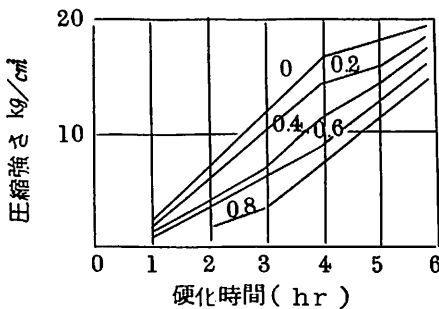


図 14. けい砂と共存する水分の硬化におよぼす影響 (フラン系)

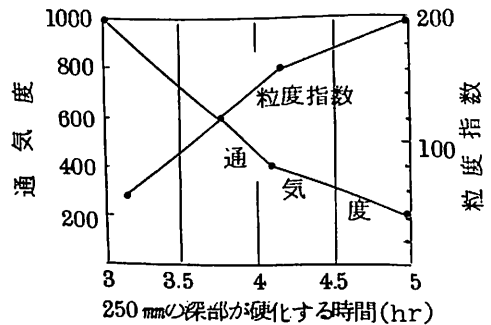


図 15. 通気度, 粒度指数と硬化の進行の関係

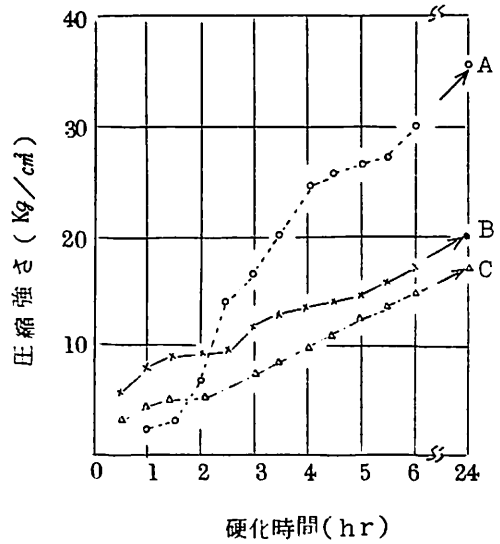
い。また砂の粒度によって鋳型の深部の硬化状況が異なり、粗いものほど硬化が速い傾向がある。その一例を図 15 に示した。一方、フラン樹脂と称しても、その製造条件によって硬化速度が異なる。図 16 はその例である。

このように種々の条件によって硬化状況が異なるが、特にこの鋳型の特徴は使用する砂の PH によって硬化状況が変ることである。砂はその産地により表 4 のように PH が異なるので、もし PH が 7 以上の砂の場合には硬化剤の酸を砂が消費することになるので、硬化速度は遅くなる。その例を表 5 に示した。ただこの表の硬化速度には砂の PH のほかにも、砂の粒度及び粒形も影響を及ぼしている。

この鋳型で注意しなければならないのは、上記のような管理面のほか

に、粘結剤の選択である。すなわち、前述のようにフランまたは尿素-フランの樹脂が使われるが、鋳鋼の場合に尿素-フラン樹脂を用いると必ずピンホールが発生する。従って鋳鋼ではフラン樹脂を使用しなければならない。鋳鉄、非鉄では尿素-フラン樹脂でも鋳巣の発生はない。

なお、エア・セット型もコールド・セット型も有機質粘結剤を使用するので、鋳型の崩壊性が良好な利点がある。



[ A, B, C 国産樹脂 3%, 三河けい砂 (三栄) 6号 ]

図 16. フェノール・フラン系樹脂鋳型の硬化  
(室温 14~16℃, 湿度 45~50%)

表 4 砂の pH 値

| 珪 砂        | pH   | 珪 砂      | pH   |
|------------|------|----------|------|
| カムラン湾特 5 号 | 5.70 | 小名浜 6 号  | 9.80 |
| カムラン湾 6 号  | 6.50 | 綾 羅 木    | 8.88 |
| 三 栄 6 号    | 5.12 | 相 馬 5 号  | 7.12 |
| 日 瓢 6 号    | 4.52 | 篠 岡 6 号  | 5.90 |
| ヤード砂 6 号   | 4.85 | コニカル 6 号 | 5.70 |

表 5 けい砂の相異と強度の関係

| 砂の種類          | リグフラン | 硬化剤 | 硬化抗圧力 (Kg/cm <sup>2</sup> ) |        |        |        |         |
|---------------|-------|-----|-----------------------------|--------|--------|--------|---------|
|               |       |     | 30 min                      | 45 min | 60 min | 90 min | 120 min |
| カムラン湾<br>けい砂  | 3%    | 30% | 0.32                        | 0.78   | 0.73   | 4.05   | 5.86    |
|               | 3     | 35  | 0.94                        | 4.64   | 12.83  | 19.53  | 24.3    |
|               | 2     | 30  | 0.12                        | 0.16   | 0.34   | 0.76   | 0.98    |
|               | 2     | 35  | 2.67                        | 7.8    | 12.6   | 12.8   | 13.1    |
| 三栄銀砂<br>6号    | 3     | 30  | 0.43                        | 0.22   | 1.74   | 3.94   | 4.78    |
|               | 3     | 35  | 1.13                        | 1.94   | 2.87   | 9.41   | 13.65   |
|               | 3     | 40  | 6.71                        | 7.31   | 7.97   | 10.84  | 11.32   |
|               | 2     | 30  | 0.47                        | 0.81   | 1.21   | 2.35   | 4.75    |
|               | 2     | 35  | 0.91                        | 1.34   | 1.79   | 2.84   | 4.16    |
|               | 2     | 40  | 1.7                         | 2.12   | 2.38   | 3.67   | 4.96    |
| 篠岡けい砂<br>6-3号 | 3     | 30  | 0.41                        | 0.49   | 0.57   | 0.68   | 0.81    |
|               | 3     | 35  | 0.49                        | 0.57   | 0.65   | 0.97   | 1.63    |
|               | 3     | 40  | 0.95                        | 1.24   | 2.47   | 3.54   | 7.87    |
|               | 2     | 30  | 0.17                        | 0.22   | 0.31   | 0.36   | 0.47    |
|               | 2     | 35  | 0.47                        | 0.59   | 0.71   | 0.94   | 1.58    |
|               | 2     | 40  | 0.61                        | 1.13   | 2.43   | 3.97   | 4.68    |
| コニカル<br>けい砂   | 3     | 30  | 0.47                        | 0.87   | 1.76   | 5.86   | 9.7     |
|               | 3     | 35  | 2.86                        | 4.13   | 4.67   | 4.91   | 5.41    |
|               | 3     | 40  | 2.94                        | 4.41   | 5.81   | 5.96   | 6.11    |
|               | 2     | 30  | 0.43                        | 0.64   | 1.27   | 4.91   | 5.6     |
|               | 2     | 35  | 1.24                        | 2.87   | 6.77   | 8.14   | 9.6     |
|               | 2     | 40  | 1.63                        | 3.91   | 4.16   | 5.67   | 5.98    |

(註) フラン樹脂(黒褐色液状) R社(国産)混練機2Kg容量スピード・ミキサー, 2分間混練, 樹脂添加後2分間混練(室温18~25℃, 湿度30~75%)

## 5. 無機系無熱自硬性鑄型

### 5-1 セメント型

これは比較的古くから大物鑄鉄用鑄型として利用されていたが、その硬化速度が遅いため、あまり広くは用いられていなかった。硬化剤を添加し、硬化速度を速くした現代セメント型とも言うべきものが使用され始めたのは、ここ約10年以前からである。この硬化剤としては種々なものがあるが、一般には糖類及び塩化物が使用されている。図17にその効果の一例を示した。図において糖密、塩化カルシウムの各濃度のところに4本の線があるのは、上

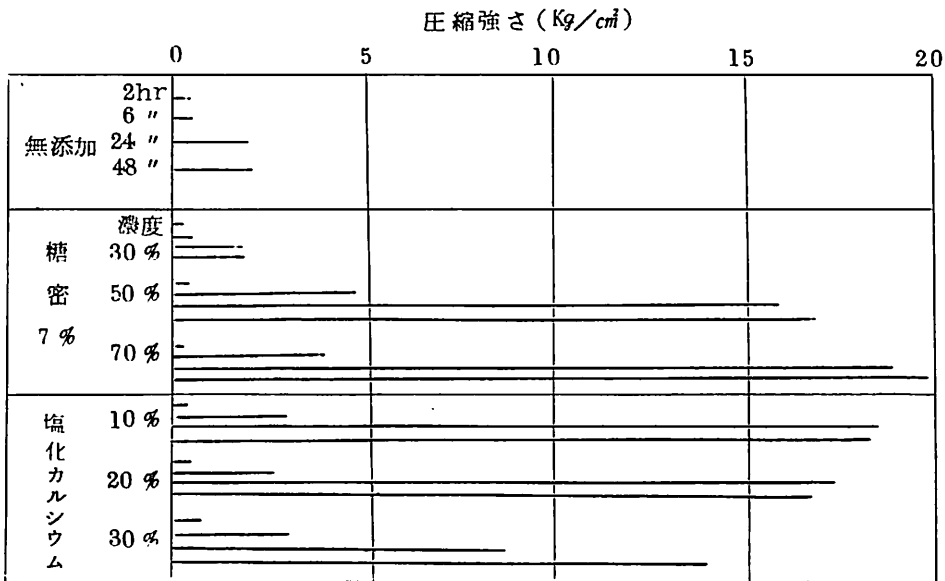


図17. 添加剤と圧縮強さの関係

から順に2, 6, 24, 48hr 硬化後の強さを示している。図から明らかなように糖密の場合には濃度が薄かったり、添加量が少ない場合には硬化剤としての効果がないだけでなく、硬化を妨害することもあるので特に注意する必要がある。

セメント型は前記4項に述べた有機質粘結剤の自硬性鑄型に比較すると崩壊性の悪い欠点がある。特に加熱される温度が低いか、または高過ぎる場合にこの傾向が顕著である。図18にその例を示した。従って、この図からみると、中物程度の鑄鉄であれば、鑄型と鑄物との「型ばなれ性」は比較的良いが、鑄物から或る程度はなれた鑄型の「型ばらし性」は良くない。

この鑄型では特に塗型に注意する必要がある。塗型が悪いと砂かみ、黒味はげ、さしこみ

等の欠陥を生ずる。塗型として水性黒味を、セメント型を1日硬化させた後に比較的厚塗りし、バーナで軽く表面乾燥するのが良いと言われている。

### 5-2 水ガラス系鋳型

この系列の鋳型には硬化剤の種類により非常に多くのプロセスが開発されている。硬化剤としてはスラグ系、けい弗化ソーダ、りん酸、硫酸礬土などが使用されている。これらのうち、最も一般的に広く利用されているのはスラグ系であるので、本稿においては水ガラス-スラグ系について述べる。これに属する

ものとしてはNVKプロセス、ダイカス型、FM法、SM法等がある。

水ガラス-スラグ系鋳型の自硬化理論については定説がないが、自硬現象のあることは事実である。これに使用するスラグは $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ を含有することが必要である。硬化剤としてのスラグの化学組成の一例を表6に示した。

表 6. スラグの化学組成 (%)

| スラグの種類    | $\text{SiO}_2$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{CaO}$ | $\text{MgO}$ | $\text{FeO}$ | $\text{TiO}_2$ | $\text{Cr}_2\text{O}_3$ |
|-----------|----------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-------------------------|
| 高炉スラグ     | 32.4           | 15.8                    | 40.6         | 5.9          | 0.46         | 1.45           | —                       |
| フェロクロムスラグ | 27.0           | 8.3                     | 50.8         | 9.8          | 0.9          | —              | 5.2                     |
| マグネスラグ    | 32.4           | 1.2                     | 53.9         | 5.8          | 3.4          | —              | —                       |
| カルシリスラグ   | 33.0           | 5.1                     | 60.0         | 0.2          | 0.8          | —              | —                       |

この鋳型の硬化速度に対しては種々の条件が影響を及ぼす。まず使用する水ガラスのモル比により硬化速度が変わってくる。高モル比の方が硬化が速い。図19にその一例を示した。ま

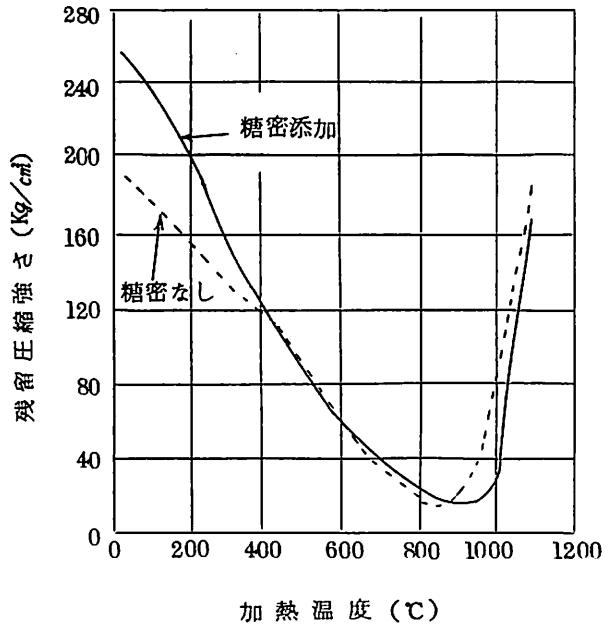


図 18. 加熱温度と残留強さの関係



た硬化剤の種類及び添加量によっても硬化速度は異なる。一方、気温によっても硬化が変ってくるすなわち図20のように高温なほど立ち上り強さが大きい。次に混練時間、砂の粒度によっても硬化強さは異ってくる。図21は混練時間の影響を示したが、或る混練時間以上で硬化強さが低下する

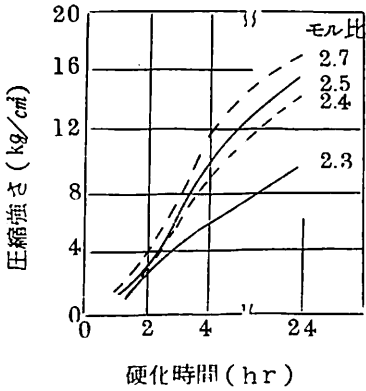


図19. モル比と強さの関係

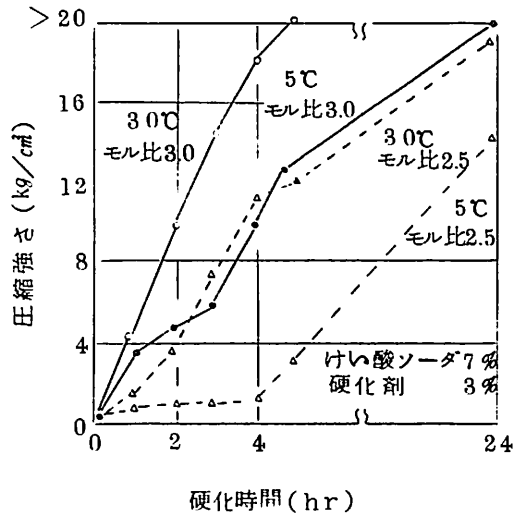


図20. 気温と強さの関係

のは、必要以上の混練を行なうと、混練中に水ガラスのゲル化が生ずるためと考えられる。

自硬性鋳型は粘結剤が有機物であっても、無機物であっても、また搗き固め式であっても流動式であっても、造型直後の湿態強さが弱いため造型後直ちに抜型することができず、模型の回転率が悪い欠点がある。これを打開するためには硬化速度を大きくする必要があるが、このようにすると混練砂の可使用時間が短くなり作業上問題を生ずる。ただ水ガラス-スラグ系の自硬性鋳型の場合には、ベントナイトを添加し、湿態強さを上げて、硬化強さにあまり悪影響がないので、このような打開策を採ることができる。図22はベントナイト添加量が硬化強さに及ぼす影響を示したもので、これからもベントナイトはそれほど大きな悪影響を及ぼさないことが解る。

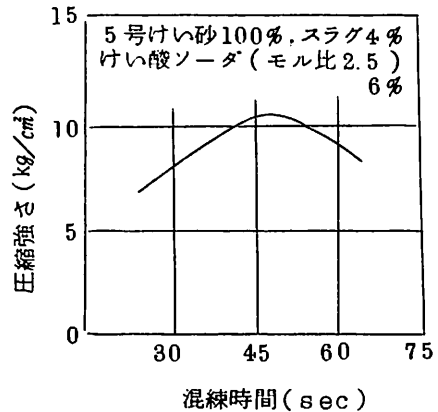


図21. 混練時間と強さの関係

次にこの鑄型の可使時間の問題を検討してみれば図23のようである。すなわち、混練してから造型するまでの放置時間により硬化強さは変化する。図に示した配合の砂では室温30℃における可使時間は40min、5℃における可使時間は90minということになる。従って、夏と冬で同一の可使時間を要求するような場合には、水ガラスのモル比または硬化剤添加量の調整を行なう必要がある。

自硬性鑄型では硬化し十分な強さになっても或る程度の遊離水分を含有するものである。図24はその状況を示したものである。この図からも明らかなように24hr経過した後でも1~1.8%の水分を含んでいる。従って複雑な形状の鑄物の場合には塗型した後、軽い表面乾燥を行なった方が安全である。

水ガラス系の鑄型は一般に崩壊性が悪い。そこでCO<sub>2</sub>型と崩壊性を比較してみると図25のようであり、CO<sub>2</sub>型よりは良好な崩壊性を示している。

これは  $2CaO \cdot SiO_2$  のダスティングなどの影響によるものと考えられる。

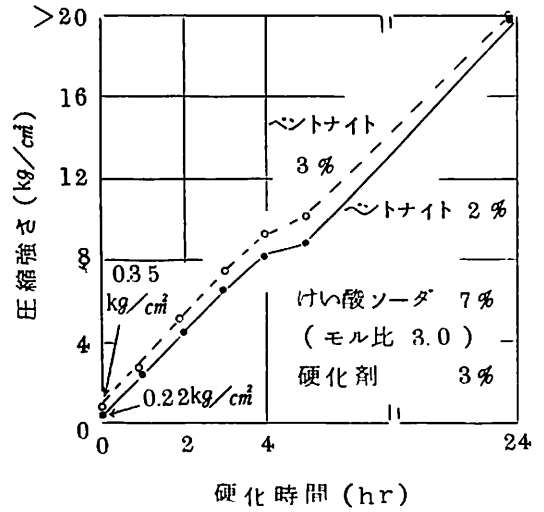


図 22. ベントナイト量と強さの関係

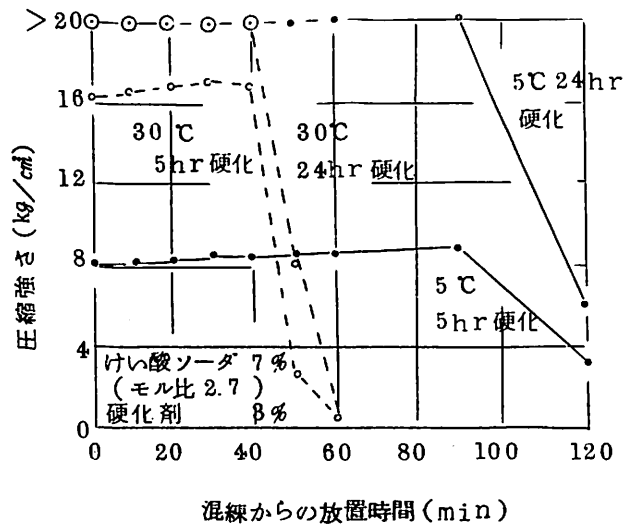


図 23. 放置時間と強さの関係

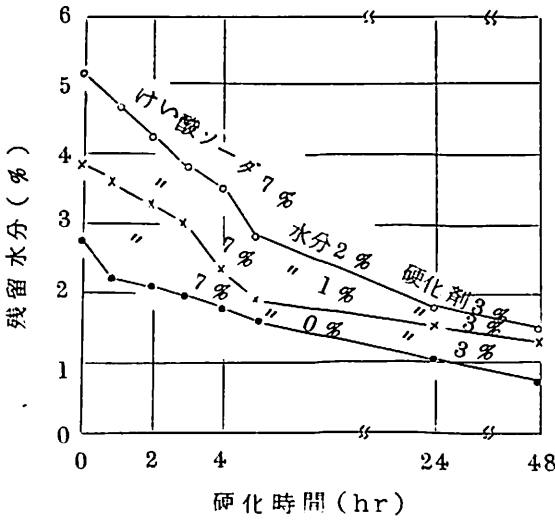


図 24. 硬化時間と残留水分の関係

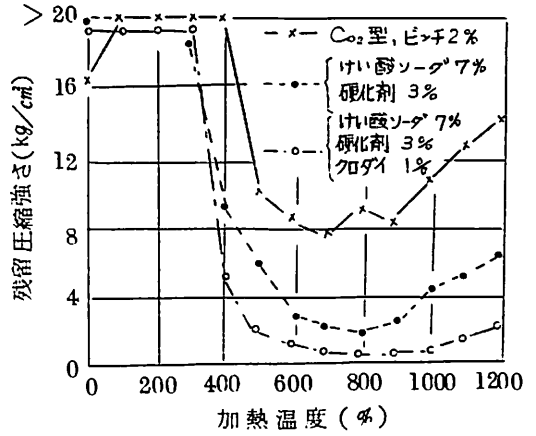


図 25. 加熱温度と残留強さの関係

## 6. 発熱自硬性鋳型

発熱自硬性鋳型としては有機質物のものは未だ開発されておらず、無機質物を粘結剤とするものが開発されている。現在利用されているのは無機質物のうち水ガラスを中心とし、これにシリコン酸ソーダまたはアルミン酸ソーダを併用したのがある。発熱反応にあずかる物質としては  $Fe-Si$ ,  $Ca-Si$ ,  $Al$ ,  $Zn$ ,  $Al_4C$  などが使用されている。これら種々なもののうち、ここでは比較的広く利用されている N プロセス (水ガラス-Si 合金系) について述べる。

N プロセスは Si と水ガラス水溶液との連鎖発熱反応により生ずる熱によって水ガラスをゲル化させるものである。従って Si 合金の粒度により反応性が異なる。その一例を表 7 に示したが、これからも明らかなように Si 合金の粒度が細かい方が反応性がよい。ただ細粒すぎると合金表面が経時変質を生じ易いので、この問題と反応性を考慮し、その粒度は自然と決まってくる。なお、この発熱反応は連鎖反応であるため、初期の発熱が生じ難いような鋳型容積の小さい場合には、最初僅かに加熱することが望ましい。

この鋳型の場合には硬化に対して前記 5 項などに述べた条件とは異なるものが影響する。その一例を図 26 ~ 図 28 に示した。これらの図からみると N プロセスでは希釈率 1.5 程度の水ガラスを 7% 位添加し、

表 7 Fe-Si の粒度と反応率

| 粒 度 $\mu$ | Si の反応率 % |
|-----------|-----------|
| 0 ~ 15    | 62.1      |
| 15 ~ 20   | 59.8      |
| 30 ~ 50   | 31.0      |

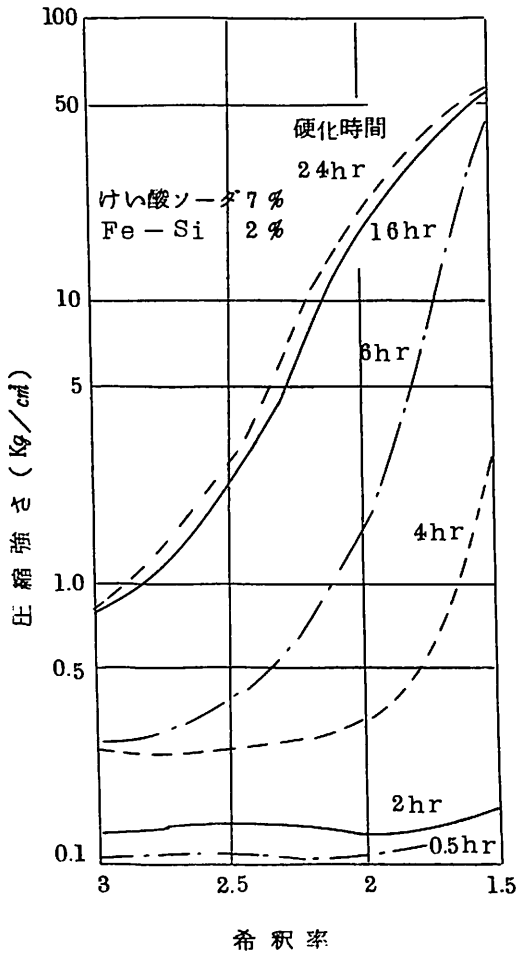


図 26. 強さに及ぼす希釈率の影響

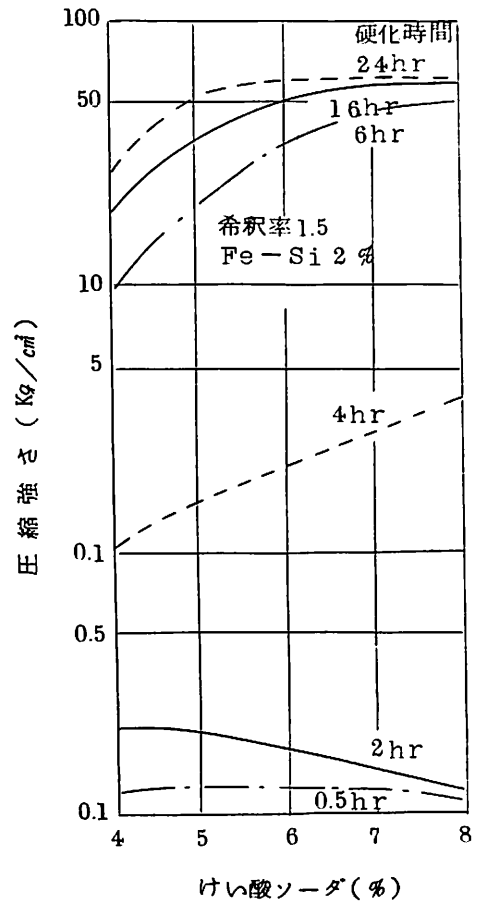


図 27. 強さに及ぼすけい酸ソーダ量の影響

Fe-Si としては 2% 程度を配合するのがよいようである。この鋳型は発熱により硬化するが、発熱直後ではゲル化も十分でなく、約 6 hr 程度の硬化を行なわせた方がよい。これに使用する Fe-Si は経時変質を生ずるので、開封後はできるだけ速く使用することが望ましい。また開封しない場合でも製造後 35 日以上経過すると変質現象がみとめられる。その状況を図 29 に示した。

次にこの鋳型の崩壊性は図 30 のようであり、水ガラスの添加量の少ない方が崩壊性がよい。全体的にみて  $\text{CO}_2$  型より崩壊性は良好なようである。

この鋳型は発熱反応が行われている間は  $\text{H}_2$  ガスを発生するので、鋳型が強くなっても発熱中の注湯作業は絶対に避けなければならない。

## 7. 流動自硬性鋳型

この鋳型でも現在使用されているか、または使用されようとしているのは無機質のものであり、有機質のものは研究が実験室的に行なわれつつある程度にすぎない。無機質のものとしてはセメント系と水ガラス系がともに活用されつつある。

流動自硬性鋳型としては

- (1) 十分な流動性を有すること
- (2) 十分な硬化強さを示すことが必要である。この流動性を与えるためには界面活性剤により発泡させることが必要である。ただ界面活性剤の種類によっては硬化強さがあらわれない場合があるので、界面活性剤

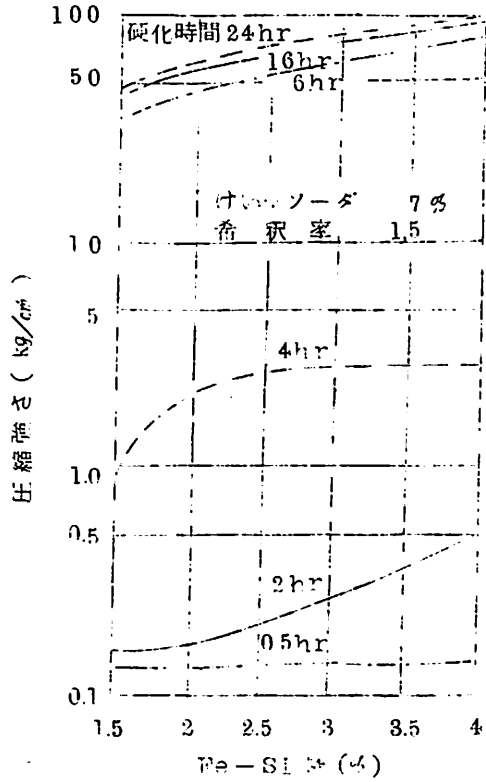


図 28. 強さに及ぼす Me-Si 比の影響

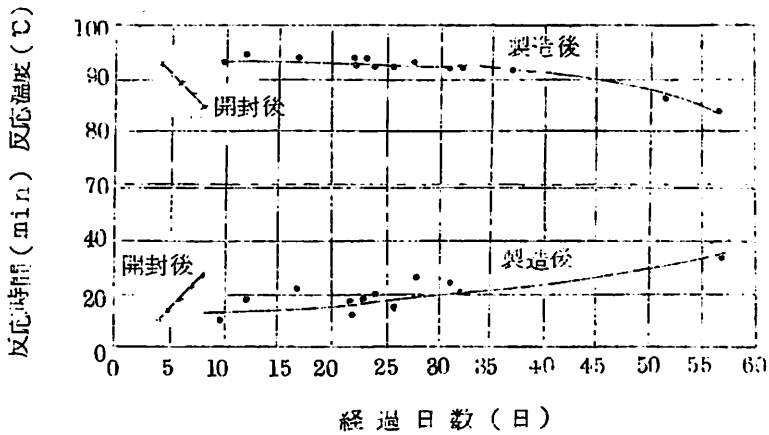


図 29. 開封後または製造後(密閉)の経過日数が反応温度, 反応時間に及ぼす影響

の選択が重要である。このほか流動性に対しては砂の粒度構成, 水分量, 混砂器の条件が影響を

及ぼす。また硬化強さに対しては界面活性剤を含めた上記の条件のほかには硬化剤の性質、量が影響する。従って、流動自硬性鋳型の場合には搗き固め自硬性鋳型よりも多くの条件が影響を及ぼすことになる。

### 7-1 セメント系流動自硬性鋳型

これは我が国で開発されたもので、ハード・フルード法とグラウト型の2種類がある。流動性をあらわす性質としてスランプ率またはスランプ量が用いられ、この値が大きいほど流動性が良いことを示している。流動性に対しては前に述べ

たように種々の条件が影響するが、その一例を図31～図33に示した。すなわち、砂の粒度としては図31に示すように20～28メッシュ程度の粗いものの方が流動性がよい。しかし、この程度のもの

を使用すると浴湯の差し込が生じ易いので、一般には4～5号位の砂が使用されている。次の混練器の種類や混練時間も流動性に影響を及ぼす。一般には空気をまき込み易いような条件のものが望ましい。すなわち図

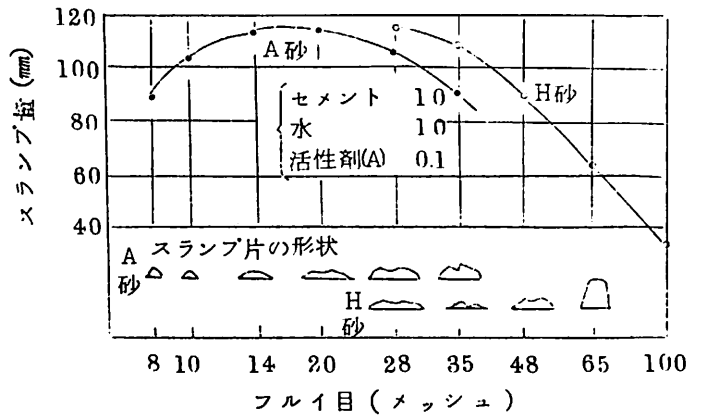


図31. 粒度とスランプ量の関係

32からも明らかなように、流動性を生じさせるためにはシンブソ型のもは好ましくない。次に混練した流動砂を放置すると消泡して流動性が減少する。図33はその状況を示している。

次に硬化強さであるが、これは硬化剤、界面活性剤の種類により影響されることは上述のようである。このほか室温によっても左右される。図34はその一例を示したが、室温の20℃程度の差によって硬化強さは約2倍異ってくる。

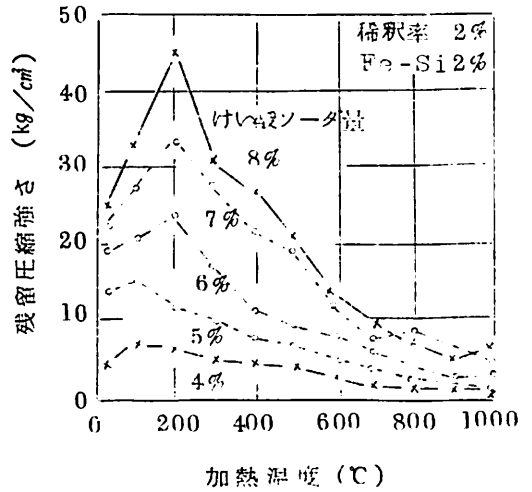


図30. 残留強さに及ぼすけい酸ソーダ量の影響

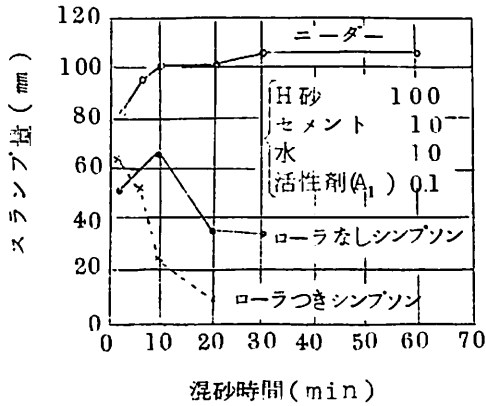


図 32. 混砂条件とスラブ厚の関係

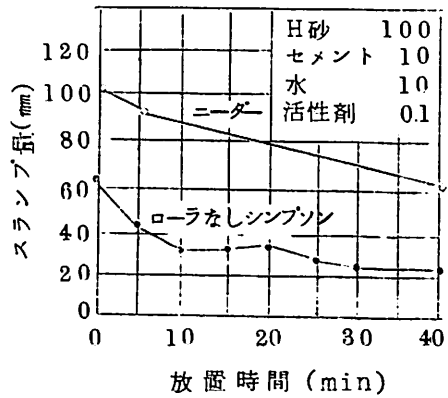


図 33. 放置時間とスラブ厚の関係

我が国で開発された2種類のプロセスの配合例及び性質を表8, 表9に示した。

7-2 水ガラス系流動自硬性鋳型

このグループには無熱のものと発熱のものがある。前者がFS法であり、後者が流動Nフ

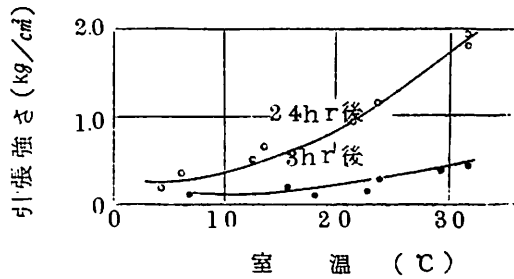


図 34. 室温と強さの関係

表 8. ハード・フルードの一例

|                  |                 |                    |
|------------------|-----------------|--------------------|
| 配<br>合<br>比<br>% | 伊予砂(20メッシュにピーク) | 50                 |
|                  | 美濃砂(48メッシュにピーク) | 50                 |
|                  | セメント            | 10                 |
|                  | 活性剤             | 0.2                |
|                  | 水               | 8                  |
| 性<br>質           | 通気度             | 950 <sup>x</sup>   |
|                  | SSI %           | 91.1               |
|                  | 見かけ比重           | 1.32 <sup>xx</sup> |

(注) ×印：普通セメント型は440

××印：普通セメント型は1.7

ロセスである。

(1) F S法

これはソ連により開発された技術であるが、昨年日本強靱鉄協会など4団体を中心とするF S法導入技術委員会が結成され、正式に我国に技術導入された。現在はソ連よりノウハウの導入を受け、我国の材料に適するF S法を種々検討中である。このような状態のため詳細な技術については公開されていないが、特許公報に記載されている配合の一例を示すと表10のようである。また、

F S法を類推して、その性質を実験的に研究データを図35～図40に示した。すなわち図35及び36のように流動性は界面活性剤の量（もちろん種類は非常に影響するが）及び添加水分量によって非常に変化する。水分量が多くなれば流動性は良くなるが、硬化強さが低下するので注意しなければならない。また流動性は水ガラスの増加とともに増すだけでなく、硬化剤が6%まではその増加につれて増す。この現象を図37に示した。混砂時間が長くなるとセメント流動砂の場合と同様に流動性は低下する。その状況は図38のようである。これは時間が長くなると界面活性剤により一気発泡したものが、消泡するためと考えられる。

次に硬化強さに対しては界面活性剤、水分、水ガラス、硬化剤などが影響

表9. グラウトの一例

|      |                        |      |
|------|------------------------|------|
| 配合比% | けい砂                    | 100  |
|      | セメント                   | 10   |
|      | 水分                     | 7    |
|      | エバモール                  | 2    |
| 性質   | 流動性mm                  | 200  |
|      | 圧縮強さkg/cm <sup>2</sup> | 18.4 |
|      | 通気度                    | 232  |

表10. F S法の配合例

| 材 料 名             | 重 量 比 |
|-------------------|-------|
| 石英砂(けい砂)          | 93    |
| けい酸ソーダ(モル比2.9)    | 6     |
| 硬化剤(ネフェリン・スライム粉末) | 7     |
| 起泡剤(ベトコフコンタクト)    | 0.3   |
| 脱泡剤(ブチルアルコール)     | 0.001 |
| 水                 | 1.5   |

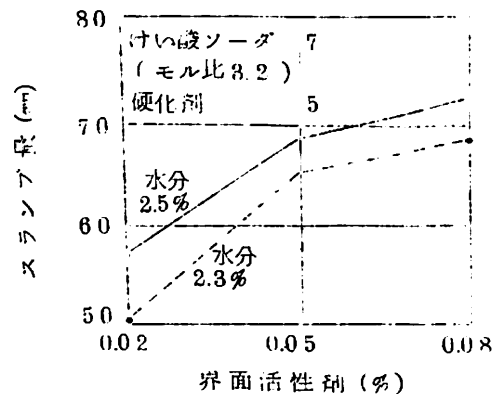


図35. 界面活性剤量とスランプ率の関係 (図中の配分数字で単位のないものは%である。以下の図でも同様である。)



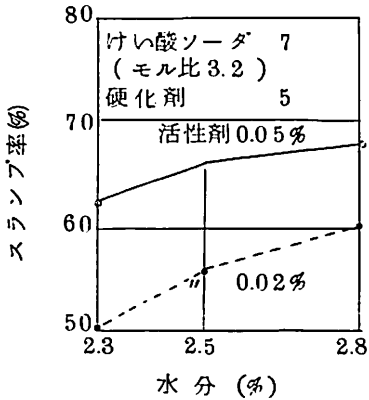


図 36. 水分量とスランプ率の関係

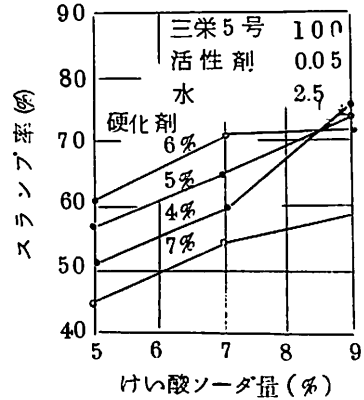


図 37. けい酸ソーダ量および硬化剤量とスランプ率の関係

する。図 39 は界面活性剤量が多くなると強さが低下する傾向を示した。また、図 40 は水ガラス量、硬化剤量と硬化強さとの関係を示した。この図からみると水ガラス量が多くなると強さは増加するが、硬化剤量については一定の傾向はみとめられない。一般に流動砂の場合に、水ガラス量以外の流動性を増加させる条件は、硬化強さを低下させるようである。

次に流動自硬性鋳型の場合には模型を離型する時期が問題である。硬化があまり進行しない状態で離型すると、「しみつき」が生じ、硬化が進行し過ぎた状態では離型が困難で、型くずれを生ずる。例えば表 10 の配合のものでは、造型後約 40 min で離型するのが良いと報告されている。この時の鋳型の硬化強さ(圧縮強さ)は約 1 ~ 1.5 kg/cm<sup>2</sup>である。

## (2) 流動 N プロセス

これは搗き固め式の N プロセスに界面活性剤と苛性ソーダを配合したものである。ただ界面活性剤が適当でないと、流動性を生じないだけでなく、たとえ流動性があっても発熱しない。これらの点を考慮し、界面活性剤としては C-3 が良いと云われている。図 41 は界面活

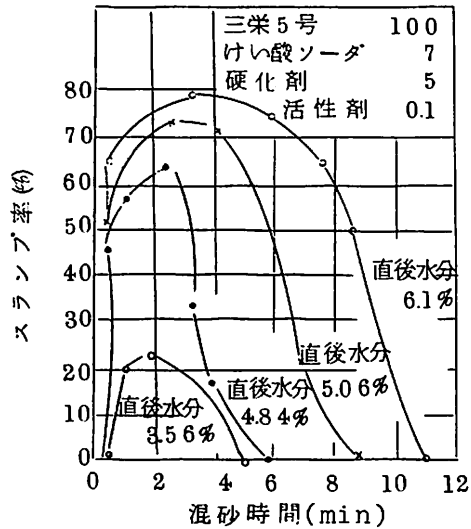


図 38. 混砂時間とスランプ率の関係

性剤の量が流動性と発熱反応に及ぼす影響を示した。この結果から活性剤は0.1%程度が適当である。図42, 図43はFe-Si量及び水分量が流動性と発熱反応に及ぼす影響を示したものである。図44は適当と考えられる配合条件の流動Nプロセス鑄型特性を示した。

発熱流動自硬性鑄型では硬化中にしばしば鑄型が膨れ上る現象を生ずるが、流動Nプロセスではこのような現象は生じない。

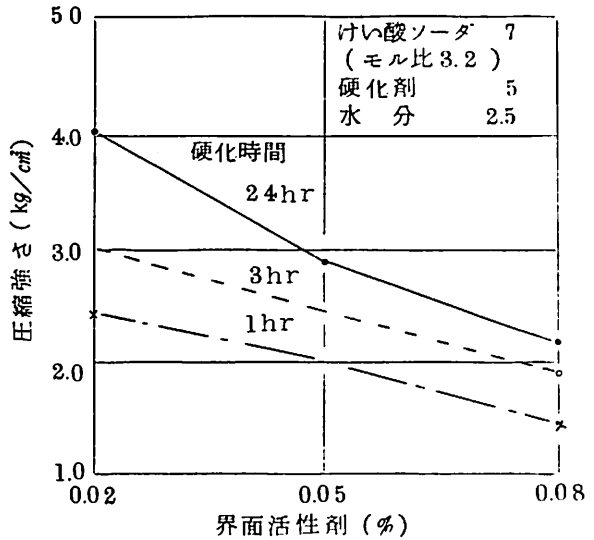


図 39. 界面活性剤量と強さの関係

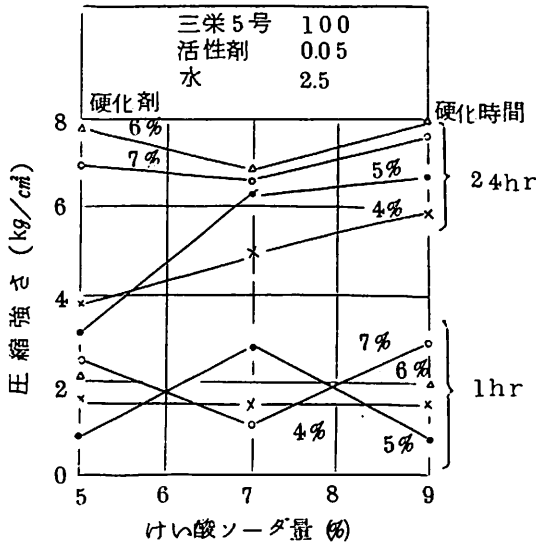


図 40. けい酸ソーダおよび硬化剤量と圧縮強さの関係

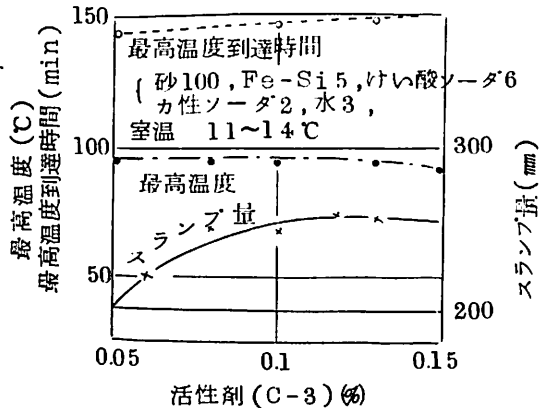


図 41. 界面活性剤の添加量が流動性、反応性に及ぼす影響

## 8. 特殊鑄型の動向

以上種々の特殊鑄型について総括的に述べてきたが、それぞれの鑄型をグループ化して定性的に比較してみると表11のようである。なお比較の対象として生型及び乾燥型をも併記した。

これらの鋳型の特性を考慮し、かつ鋳造工場の自動制御をも併せ考えて、種々の鋳型の今後の動向を推察してみると次のようである。

(1) 少量生産の大型鋳物に対しては、自硬性鋳型が非常に伸びるであろう。すなわち、従来乾燥型で造型されていたものは殆んど自硬性鋳型におきかわるものと考えられる。ただ、この場合

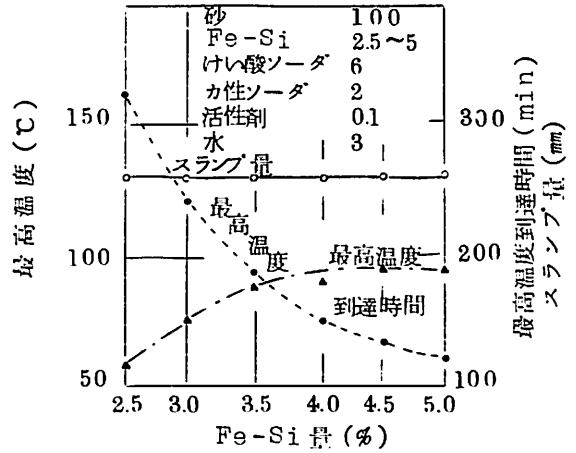


図 42. Fe-Si 添加量が反応性、流動性に及ぼす影響

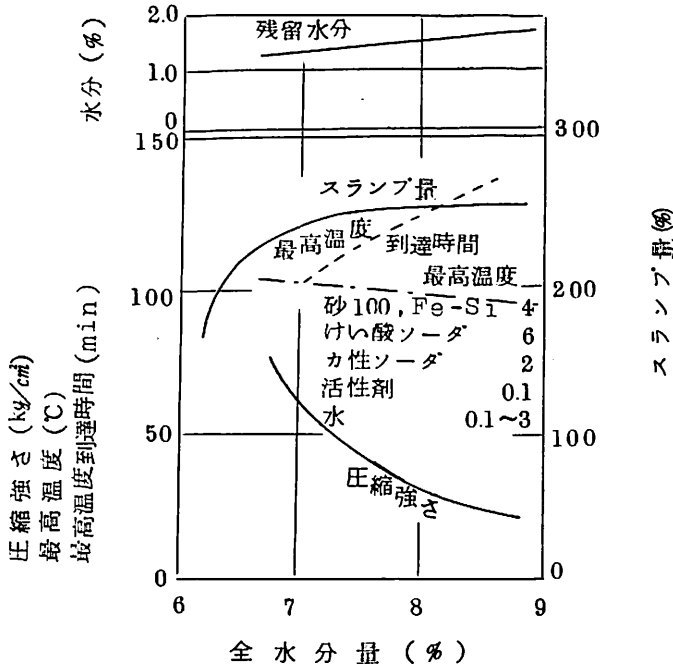


図 43. 水分量が反応性、流動性に及ぼす影響

に普通自硬性鋳型と流動自硬性鋳型の何れが、この分野の主体を占めるかは現在の状態では結論づけることが困難である。

(2) 少量生産の中型鑄物に対して  
も自硬性鑄型が相当伸びるであ  
ろう。例えば従来サンドスリン  
ガーなどで造型し、乾燥または  
表面乾燥を行っていたような  
鑄型の場合には、肌砂のみに普  
通自硬性鑄型を使用し、押え砂  
に生型砂を用いるような方法が  
採用されると考えられるだけで  
なく、現在すでにこの方法を利用  
し、生産性の向上、造型コス  
トの低減をはかっている。この  
場合の自硬性鑄型は湿態強さを

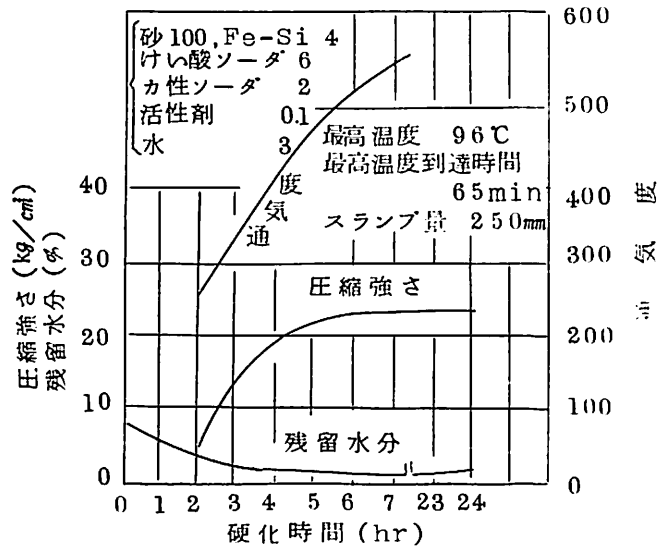


図 4.4. 硬化時間と鑄型砂特性の関係

表 1.1. 各種鑄型の比較

| 性質       | 種類 | 生型  | 乾燥型 | シェル型 | 有機自硬性鑄型 | 無機自硬性鑄型 |
|----------|----|-----|-----|------|---------|---------|
| 湿態強さ     |    | 大   | 中   | —    | 小       | 小       |
| 乾態強さ     |    | 小   | 中   | 大    | 大       | 中       |
| 流動性      |    | 不良  | 不良  | 良    | 良       | 良       |
| 造型時間     |    | 少~大 | 大   | 少    | 少~中     | 少~中     |
| 硬化時間     |    | なし  | 大   | 少    | 大       | 大       |
| 可使時間管理   |    | 易   | 易   | 易    | 難       | 難       |
| ガス発生量    |    | 中   | 少   | 大    | 大       | 中       |
| 崩壊性      |    | 可   | 不良  | 良    | 良       | 不良      |
| 復用性      |    | 良   | 良   | 可    | 可       | 可       |
| 適性生産量    |    | 多   | 少   | 多    | 少       | 少       |
| 整品寸法精度   |    | 不良  | 不良  | 良    | 良       | 良       |
| 鑄肌の良否    |    | 可   | やや良 | 良    | 良       | 可       |
| 木型費用     |    | 中   | 小   | 大    | 大       | 大       |
| 鑄型材料費    |    | 小   | 小   | 大    | 大       | 中       |
| 適性製品の大きさ |    | 小   | 大   | 小    | 中       | 大       |
| 複雑性への適否  |    | 否   | 否   | やや否  | 適       | 適       |

或る程度有することが望ましい。

(3) 以上の見地から従来の乾燥型は今後姿を消すであろう。

(4) 少量生産の小物の場合には矢張り従来の生型方式がそのまま採用されるであろう。

(5) 多量生産の小物の場合には従来の生型とともにシェル型が相当伸びるであろう。特に精度を要するもの場合にはシェル型への移行も当然考えられる。

この推察は統計的なバックデータに立脚したのではなく、筆者の主観によるものであるので果して妥当であるか否かは明らかでない。

## 9. 結 び

以上、種々の特殊鋳型について、その鋳型の特徴、問題点及びこれらの今後の動向について述べたが、何れの鋳型も万能選手ではないことに特に注意すべきである。今後、如何なる鋳型を選択すべきかを検討する場合には、自社で製造する鋳物の形状、寸法及び価額；鋳物の数量（多量か中量か少量かなど）；自社の労務状況；資金的背景；鋳型の特徴；品質管理の難易；自動制御の適否などを考慮すべきである。このような場合に本稿が多少なりとも参考になれば幸である。

# 球状黒鉛鑄鉄の製造と実際

富士製鉄(株)釜石製鉄所主任研究員

工博 千田 昭夫\*

## I ま え が き

現在、我が国において盛んに製造されるようになった球状黒鉛鑄鉄は、1947年、英国のH. Morrogh が鑄鉄中の逆テル部の近くに球状黒鉛が晶出していることを発見したことが発端で、翌年の1948年に過共晶のネズミ鑄鉄にCeを添加し、つづいてSi-Mn-Zr合金を接種することにより、球状黒鉛鑄鉄を得ることに成功した。

たまたま同年、米国でもA. P. Gagnebin がネズミ鑄鉄の溶湯にMgを添加し、Fe-Siで接種することにより、球状黒鉛鑄鉄を得ることに成功している。

この鑄鉄が日本に導入されたのは1949年の初めにIron Age誌2月号に紹介されたのがきっかけであり、以来20年を経た今日では、Mg以外にCaや稀土類元素等の数多くの黒鉛球状化剤を使用して容易に球状黒鉛鑄鉄を製造し得るようになり、その生産高においてもアメリカに次ぐ発展を来たしているのが現況である。

我が国における黒鉛球状化処理剤はMgおよびその合金ばかりでなく、Ca系のOZ剤、稀土類元素系のKC剤、精製Fe-Si合金であるK-アロイ等種類も多く、世界にその例をみないほどである。

ここでは、これら各種球状化剤を用いて球状黒鉛鑄鉄を製造する方法を主体に述べていきたい。

## II 球状化添加金属の特性

- (1) 酸素ならびにイオウとの親和力が強い……きわめて強い脱酸ならびに脱硫剤であり、燃えやすい金属である。
- (2) 添加金属の処理温度は一般に約1,300℃以上であるから、この程度の温度では添加金属の蒸気圧は高い。特にマグネシウムはきわめて高く、そのため添加に当っては爆発的な反応を呈する。当然添加金属を蒸気にするため、添加の際は爆発的な反応を呈する。当然潜熱が奪われるため、溶鉄の温度降下をもたらす。
- (3) マグネシウム、またカルシウムともに熔融鉄合金に対してきわめてわずかしかな溶解度がないた

---

\* 東北支部理事

め、添加時における激しい反応、また溶鉄への拡散速度もおそく、結果として不均一になりやすい。セリウムも溶鉄合金に対しては相当の溶解度を有しているにもかかわらず、溶鉄への拡散速度がおそく、これも不均一になりやすい。いずれにしてもこのような現象から、鉄中のマグネシウム、カルシウム、セリウムなどの分析試料の作成、分析値の信頼性、歩留り等については問題がある。

### Ⅲ 製造の実際

#### (1) 脱硫処理

Mg、Caなどの所謂黒鉛球状化元素は、いずれも強力な脱硫力をもっており、ダクタイル鋳鉄を製造する場合、これらの元素を添加することにより、著るしい脱硫現象が認められる。このことは、球状黒鉛の生成に対するイオウの影響は黒鉛球状化元素の有効量を減ずるという間接的な意味を含んでいる。

従って、溶湯中のイオウの含有量が多い場合、球状化剤は先づ脱硫に消費され、黒鉛の球状化に必要な力が減じてしまう。

なお、黒鉛を球状化させるためには、溶湯中のイオウは0.02%以下がのぞましいといわれている。

一般的にいえば球状化処理前に溶湯のイオウ量を適当に調整するために脱硫処理を必要とする。

#### ① 取鍋内脱硫

最も簡単で容易にできる方法である。脱硫剤としてはソーダ灰を用いているところが多い。一例として次のような脱硫剤を用いて効果をあげている。

即ち、

ソーダ灰：ホタル石：石灰石＝50：25：25

なる組成のものを溶湯当り1.0～1.5%添加し、60%の脱硫率をあげた実績がある。

いずれにしても脱硫剤と溶湯が充分接触するような方法をとることが必要である。

溶湯と充分反応させる方法の一つとして、脱硫剤を強制的に溶湯に吹き込む方法がある。脱硫効果は著るしいが、溶湯温度の低下、あるいは装置がむづかしく、余り一般化していない。

例えば

|          |        |            |        |
|----------|--------|------------|--------|
| カーバイト使用量 | 1%     | 0.5%       | 0.3%   |
| 脱硫率      | 95～97% | 80～85%     | 70～75% |
| 温度の低下    | 4℃/min | 3～3.5℃/min |        |

となっている。

## ② 揺動取鍋法

一般に熔融金属の化学反応の速度を速めるには、熔融金属を効果的に混ぜ合わせることによって、粒子の衝撃反応を促進させることが有効な手段となる。そのため、従来行なわれてきた方法を更に発展させ、攪拌法による効果を上げることができたのが本法である。

この方法は、溶湯を円筒状の鍋に入れ、揺動台にのせて偏心回転運動を与えると、溶湯は上下、左右に激しく複雑な流動を生じ、冶金反応が促進される。この外、一定時間毎にその偏心回転方向を逆転させる運動をくり返すものもある。この方法によれば80%以上、90%までの脱硫が可能であるが、ある程度の温度降下を来すことは避けられない。特に小容量のもの程、この温度低下があるので、小規模の場合は適さない。

## ③ 炉内脱硫法

酸性キュボラ溶解では多量のコークスを使用するので、コークスからのイオウ吸収が著るしく、溶湯は高イオウとなりやすい。中性耐火材使用キュボラあるいは、水冷ノーライニング炉の場合には、次のような操業により、低イオウ溶湯を得ることが出来る。

即ち、(ホタル石1%+カーバイト1%+石灰石4%)の混合物を装入地金当り1~4%投入することにより、0.03% S程度の溶湯が得られる。この場合、装入脱硫剤の塊としては、50~75mmのものが好ましい。

なお、脱硫効果の外に吸炭率が上がり、ケイ素、マンガンの損耗も少なく、溶湯温度も高目となる。またノロ中のFeOも減少し、いわゆる低酸素、低硫黄の還元溶湯を得ることができる。

このため、安価なコークスを用いることができ、しかも溶解速度も上昇してくる。一例によれば、鋼屑配合割合を従来の40%から60%に上げることができたという報告もある。

ただし、この方法を酸性キュボラに適用した場合には耐火材の損耗が著るしくなり、操業がむずかしくなることがある。

## (2) Mgダクタイル鑄鉄の製造法

マグネシウムダクタイル鑄鉄は普通鑄鉄に近い成分の溶湯にMgあるいはMg合金を添加し、Mgを0.02~0.2%程度残留させることによって、鑄鉄中に存在する黒鉛の形態を鑄放しのまままで球状化させた鑄鉄である。

Gagnebinがこの鑄鉄の工業化に成功したときは、MgをNi-Mg合金の形で添加しており、使用地金も特に純度の高いスエーデン木炭銃を高周波誘導電気炉で溶解しているが、その後この鑄鉄の機械的性質がきわめてすぐれており、鋼と鑄鉄との材質的なひらきをなくするものであることが判明してから、この鑄鉄の製造法も種々改良が加えられ、今日に至っている。



工業的にダクタイル鋳鉄を製造する必要条件としては ……………

① 不純物のできるだけ少ない溶湯であること。

$P < 0.1\%$  ,  $S < 0.05\%$  ,  $Ti < 0.1\%$  であることが必要で、Al , Sb , As , Ba , Bi , Pb , Sn , Ti 等は黒鉛球状化に対する有害元素といわれており、できるだけ少ないことが望ましい。特別な用途に用いられるもの以外は C 3.5 ~ 4.0% , Si 2.0 ~ 2.5% の成分の溶湯が用いられており、Mn はパーライト地の製品以外のものはなるべく低い方が良く、普通は 0.2 ~ 0.3% 程度のものが使用される。従来は木炭銑を使用するものが良いとされたが、現在では高炉コークス銑等で充分目的を達することができるようになった。

② Mg をなるべく反応性の少ない合金として添加すること。

純 Mg の沸点は 1100℃ で鋳鉄の溶解温度より低く、蒸発性も強いので、そのままの形で溶湯中に添加することはきわめて危険であるので、Mg 濃度を低めた種々の合金が考えられている。

たとえば、Ni - Mg , Cu - Mg , Fe - Si - Mg , Fe - Si - Ca - Mg , Fe (粉) + Mg (粉) ブリケット , Fe - Si (粉) + Mg (粉) ブリケット , Fe - Si - Mg (粉) + Ca - Si (粉) + CaO (粉) ブリケット等の各種濃度のものがある。

③ Mg の歩留を最高にするような添加方法をとること。

純 Mg を溶湯の表面に投入しても、その歩留りは 10% も期待できず、効果が少ないので Mg 合金が用いられるが、添加合金の種類と歩留りとの関係を示すと、表 1 のようになる。また、添加方法も以下に示すような方法が行なわれており、Mg の歩留りを 60% 程度にもっていけるようになってきた。

ア) 表面添加法 (湯面投入法)

イ) ブランジャー挿入法 (フォスフォライザー法) (図 1)

ウ) 置き注ぎ法 (取鍋底添加法) (図 2)

エ) 噴射法 (図 3)

オ) サンドイッチ法 (図 4)

カ) 高圧取鍋法 (図 5)

キ) 揺動取鍋法 (図 6)

表 1. 添加合金の種類と Mg 歩留りの関係 (球状化率 100% の場合)

| 添加合金の種類         | 合金添加量 (%)   | 添加量中の Mg (%)  | Mg の歩留り (%) |
|-----------------|-------------|---------------|-------------|
| 純 Mg            | 0.4 ~ 0.8   | 0.4 ~ 0.8     | 10.0 ~ 26.3 |
| Ni - Mg 合金      | 0.54 ~ 1.08 | 0.082 ~ 0.164 | 51.2 ~ 72.0 |
| Si - Mg 合金      | 0.84 ~ 1.08 | 0.122 ~ 0.164 | 55.3 ~ 76.0 |
| Ca - Si - Mg 合金 | 0.8         | 0.164         | 28.0        |

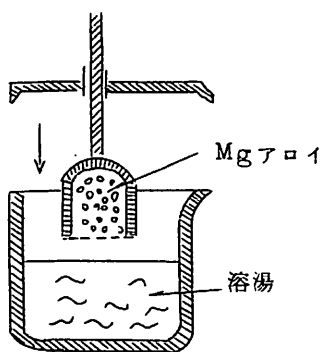


図 1. ブランチャー法

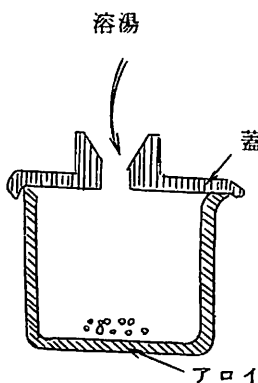


図 2. 置き注ぎ法

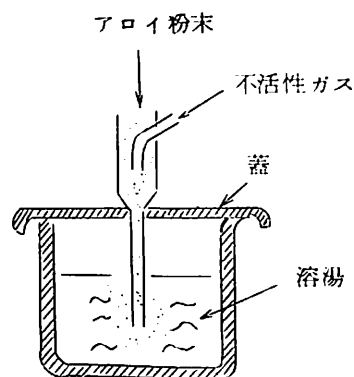


図 3. 噴射法

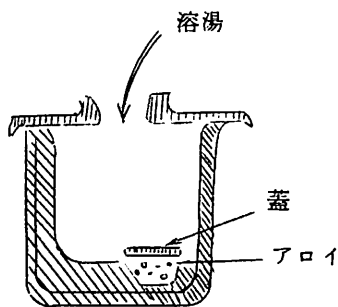


図 4. サンドイッチ法

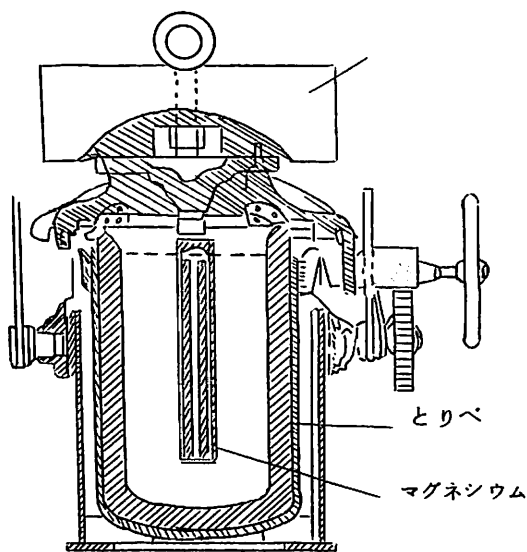


図 5. マグネシウムの圧力添加装置の実例

④ 酸性キュボラによる製造例

[ キュボラ諸元 ]

- ・ 公称能力 2 $\tau$ /hr
- ・ 有効高さ 3200mm
- ・ 羽口までの高さ 350mm
- ・ 炉内径 700mm  $\phi$
- ・ 炉床径 700mm  $\phi$
- ・ 羽口の数 12個(2段羽口)
- ・ 羽口径 40mm  $\phi$
- ・ 送風管径 200mm  $\phi$
- ・ 風函径 1200mm  $\phi$
- ・ 羽口比 5.14(1段につき)
- ・ 送風量 48~52 $m^3$ /min  
Max(冷風)
- ・ 送風圧 945minA $\phi$

[ 前 炉 ]

- ・ 容 量 1.5 $\tau$
- ・ ライニング材 シヤモット
- ・ 保温材 インライト

[ 地金配合 ]

- 釜石ダクタイトル銃 D種 ..... 30%
- (C 4.01%, Si 2.02%, Mn 0.16%, P 0.06%, S 0.017%)
- 鋼 屑 ..... 25%
- 返 銃 ..... 30%
- 故 銃 ..... 15%
- コークス比 ..... 15%

[ 合金添加 ]

Fe-Si-Mg (Mg 20%) 合金 Mg として 0.3% 添加鍋底置き注ぎ法 .....

試験片はYブロックより採取

[ 顕微鏡組織 ]

写真1に示した典型的ブルスアイ組織

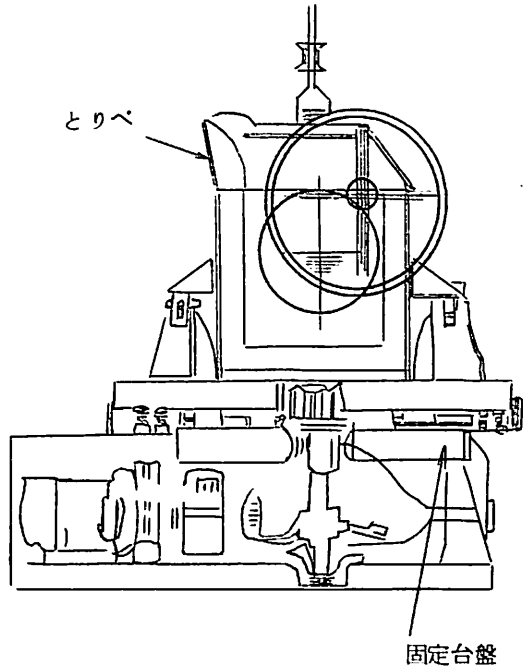


図 6. 揺動とりべ装置の一実例

〔機械的性質〕

抗張力 5 4.1 kg/mm<sup>2</sup> 伸び 5.2 %

組織的に完全な球状黒鉛鑄鉄が得られてもヒケができやすく、スラッグの量が多いことやピンホールが生じやすいこと等があり、普通鑄鉄に比べて悪条件が多いので、操業管理には厳重な注意が必要である。特に生型の場合、炉内溶解条件によりピンホールが発生しやすいという問題等があるため、装入地金のさびの程度、風量のコントロールに留意し、高温還元性ふん用気溶解を行なうことが必要である。

ダクティル鑄鉄の凝固機構には種々の説があるが、溶湯が過冷して後、凝固し始め、しかも鋳物外周部から中心部へ対する凝固の進行速度が早いので、最終凝固部にヒケ巣が生じやすい。

このヒケ巣の生じ方は溶湯成分、残留Mg量、製品の形状、鋳型の種類によって異なるが、普通、マリアブルに近い現象がみられる。図7は製品形状及び化学成分と押湯量との関係を示したものである。

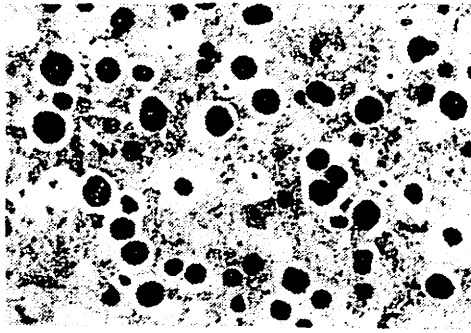


写真 1. プルサイト組織(×100)

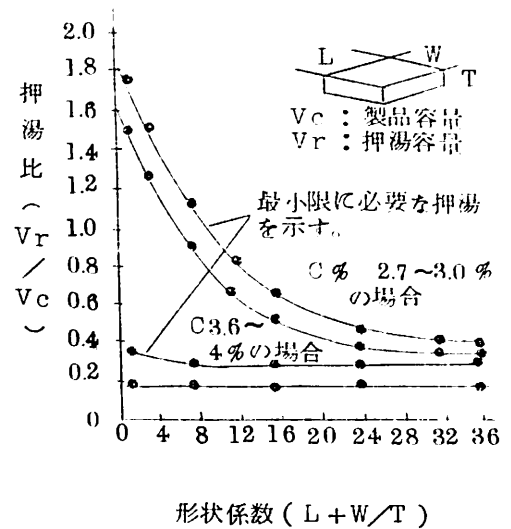


図 7. ダクティル鑄鉄の製品形状、成分と押湯比との関係

(3) Ca ダクティル鑄鉄の製造法

鑄鉄におよぼすCaの影響については、1922年O. Smalley およびA. F. Meehanによって研究され、それがミーハナイト鑄鉄と呼ばれるものになった。1947年H. MorroghがNi-C合金(C 2%)に1600℃でCa-Siを0.5%添加することにより鑄放しのみで球状黒鉛が得られることを確認したが、普通鑄鉄にCa-Siを加えても球状黒鉛にはなら

ない。また Fe-Ni-C 系合金において Ni = 50% 以上の合金に、Ca-Si 0.8% 添加して球状黒鉛の組織を得ている。その後種々研究が行なわれ、Ca による球状黒鉛として代表的なものに草川博士の OZ 鋳鉄がある。

Ca により球状黒鉛鋳鉄を製造する際、Mg と異なり金属 Ca の状態では酸化しやすく取扱いに困難を伴うことがあげられ、一面、Ca 合金では Ca-Si が大気中で金属 Ca に比較して酸化消耗が少なく、工業上多量に簡単に製造可能でしかも価格が安く、球状化能も良好であるといえよう。

ただし、Ca-Si のみで球状黒鉛鋳鉄を作るとは諸種の困難と欠点があり、これをあげると以下のようなになる。

- ① Ca-Si 添加量が可能になる（表面添加では 5% 以上）
- ② 往々にして片状または単片状黒鉛の組織になりやすい。

したがって、Ca-Si 添加による球状黒鉛鋳鉄を得るために用いられる製造方法としては、

- ① Ca-Si 粉末の噴射
- ② フラックス併用
- ③ Ca-Si を合金化して比重を大にする。
- ④ Ce を併用する。

以上のような方法を組合わせて用いる場合がある。

②のフラックスを併用する方法としては螢石をフラックスにして Ca-Si と混合するが、フラックスの使用法としては Ca-Si の粉末を被覆するのが効果的である。

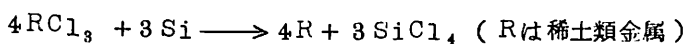
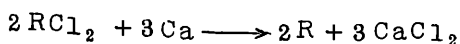
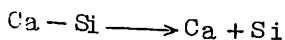
次に③の場合、添加金属の比重を大にする方法として Ca-Si-Mn-Fe、Ca-Si-Cr-Fe 等の合金あるいは Ca-Si-Fe 合金等がある。

④の Ce のような稀土類元素の併用は混合噴射がよく、黒鉛組織が整えられる。

#### ① OZ 剤処理

この方法は Ca-Si と Ce 族元素の無水塩化物とを適当な比率に混合し、Ca-Si 粒子の周囲に被覆させた添加剤を溶湯中に添加して球状黒鉛鋳鉄を得るもので、塩化物は溶湯中では Ca-Si により還元され、反応生成物である  $\text{CaCl}_2$  および  $\text{SiCl}_4$  は容易に溶湯より分離するか又はガス体となって揮発するので比較的きれいな溶湯を得ることができる。

この反応式は .....



この際生成された  $\text{CaCl}_2$  およびフラックスとして使用した  $\text{CaCl}_2$  は直ちに  $\text{Ca-Si}$  粒子の周囲を被覆して、 $\text{CaO}$  等の生成を防ぎ、 $\text{Ca}$  の歩留りを良くする。また還元された  $\text{R}$  は単体となり溶湯中に入り、黒鉛の球状化を助長する。この方法の特徴としては、

- ① 原材料として安価で容易に入手できる。
- ② この方法による添加剤は  $800^\circ\text{C}$  内外で反応を開始するので、溶湯中に添加されると直ちに反応が始まり、溶け込み方が早く、この際  $\text{CaCl}_2$  や  $\text{SiCl}_4$  を発生するが、発熱反応なので溶湯の温度低下を防ぎ、 $\text{Mg}$  添加の場合の温度降下がみられない。
- ③  $\text{Mg}$  のような爆発反応がないので表面添加や置き注ぎ等で処理できる。
- ④ 自銲化の傾向が少ないので薄物や小物が容易に鋳造できる。また黒鉛化傾向大で、鋳放しで組織がブルスアイになりやすく延性の大きなるものが作りやすい。
- ⑤ ドロスの発生は少なく、スラッグ処理も簡単で鋳造性が良い。
- ⑥  $\text{Ca}$  は  $\text{Mg}$  の場合より球状化能力は劣るが、全部が完全に球状化せずに少量の凝球状黒鉛が混在しても、機械的性質やその他の性質に影響ない。

#### a) 元湯の条件

##### (ア) 出湯温度

$1500^\circ\text{C}$  以上であること、ただし塩基性電気炉、塩基性キューボラ等で低イオウの溶湯を出す場合は、 $1450^\circ\text{C}$  以上でよい。これは最終鋳込温度  $1350^\circ\text{C}$  以上保つ必要と、脱硫操作を行なうためである。

##### (イ) 元湯の成分

$\text{C}$  は  $3.6\%$  以上であること、これは球状化しやすいというだけでなく、 $\text{C}$  が  $3.5\%$  以下では生型、乾燥型共にピンホールができやすくなる。 $\text{Si}$  は炭素飽和度 ( $S_c$ ) が 1 もしくはそれより大きくなるようにする。これは過共晶の方が球状化が容易で、鋳放しで伸びが出やすいからである。

$$S_c = \frac{\text{C } \%}{4.23 - \frac{\text{Si } \%}{3.2}} \geq 1$$

$S$  は球状化するために最も影響力が大で、草川博士の実験によれば、 $\text{Mg}$  にくらべて  $\text{Ca}$  は  $S$  に対して敏感でその実験データは図 8 のようになる。

$S$  は  $0.020\%$  以下であることが望ましく、添加量を増せば  $S$  が高くても良いが、 $\text{OZ}$  添加剤の主体が  $\text{Ca-Si}$  なので、製品の  $\text{Si}$  が高くなり、また球状化も悪くなる

のでSの高い溶湯は必ず脱硫処理を行なう必要がある。OZ 添加剤の添加量と、元湯中のS量との関係を示すと次のようになる。(ただし、As, Sb, Sn, Pb, Bi 等阻害成分が制限範囲以下で、添加温度を1400℃とする。

Pはなるべく少ない方が  
いが、これは球状化を阻害す  
るのではなく、基地に硬くて  
もろいステダイトが析出して  
強じん性を悪くするからで、  
0.1%以下が望ましい。Mn  
はパーライト型にするときに  
0.8~1.5%含有させるとよ

| 溶湯中 S %     | OZ 剤添加量 % |
|-------------|-----------|
| 0.015以下     | 0.5~1.0   |
| 0.015~0.020 | 1.0~1.5   |
| 0.020~0.030 | 1.5~3.0   |
| 0.030~0.050 | 3.0~5.0   |
| 0.050~0.100 | 5.0~7.0   |

い。Tiは0.2%位まで悪影響がない。Crは球状化に差支えないが多くなれば自鈍化の傾向が大きくなり、焼鈍によってフェライト化しにくくなる。Cuは3%位までは球状化に無害であるが、パーライト地になりやすい。

OZ 鋼鉄の元湯の成分としての標準は次のようになる。

|         |         |         |        |        |        |
|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| C %     | Si %    | Mn %    | P %    | S %    | Ti %   |
| 3.6~3.8 | 1.8~2.2 | 0.2~0.6 | <0.1   | <0.02  | <0.2   |
| Cr %    | As %    | Al %    | Bi %   | Sb %   | Pb %   |
| <0.2    | <0.09   | <0.08   | <0.003 | <0.004 | <0.009 |

#### (ウ) 元湯の酸化

酸化した溶湯は、OZ 添加剤の添加量を増さなければならず、相当酸化した溶湯は球状化しない場合があるので注意がいる。

#### b) 添加方法

OZ 添加剤の添加方法は次のとおりである。

##### (ア) 表面添加

脱硫処理後、除滓を行なって所定量添加をし、よく攪拌してやる。

##### (イ) 置注ぎおよび分割添加

溶湯量200kg以上、1500kg程度の処理に応用する 경우가多く、脱硫後の溶湯や、塩基性キュボラ、電気炉溶湯のごとくSの低い場合、別の取鍋の底に添加剤を入れ、その上に溶湯をあける置注ぎ法、また500kg以上の溶湯を別の取鍋にあけかえるときに所要

の添加量を入れ、順次分割添加し、湯をあけかえ終るときに全量添加する分割添加法がある。この際注意すべき点は受鍋は十分予熱しておくことで、予熱不十分の場合溶湯温度が低下し、鋳物に欠点ができやすくなる。更に置注ぎの場合、予熱溶湯の注入時直前に入れるようにする必要がある。

#### ㉞) 噴射添加および噴射攪拌

1回の処理量1 $\tau$ 以上の場合に用いられるが、噴射用に特に10メッシュ(1.651mm)以下に粉砕した添加剤を噴射装置でN<sub>2</sub>ガスを使用して噴射添加するが、CaC<sub>2</sub>で脱硫した溶湯は、スラッグを除去しないでそのまま噴射を行なう。取鍋には必ず蓋をすること。

#### c) 接 種

接種処理は添加剤を多量に使用した場合は省略することもあるが、Siの低い湯や、薄物や小物を鋳造する場合には必ず行なうことが必要で、使用量は0.3~0.5%程度を添加剤の反応が終了直後表面に添加し攪拌する。

#### d) 保持時間

一度球状黒鉛が析出しているも、経過時間が長くなると球状がくずれ片状に戻る。この保持時間の長さは、その時の温度、添加量によって異なる。添加量が多く、温度が比較的低い場合は長く、温度が高く添加量の少ないほど短くなる。1400℃程度で添加した場合は大体添加後15~30分である。ただし鋳込時間が長くなるような場合は、途中で試験棒(径8mm程度)をとって破面を確かめておく必要あり、たとえば片状にもどっていても温度があまり低下しない場合は、もう一度少量添加すると球状化する。

#### e) 酸性キュボラ溶解

##### (ア) キュボラ操業条件

酸性キュボラ(公称2 $\tau$ /hr)

炉内径: 700mm $\phi$

炉床径: 700mm $\phi$

前 炉: 1.5 $\tau$ (容量)

送風量: 52m<sup>3</sup>(max)

基準装入原料配合割合

釜石ダクティルD銃 85%

鋼 屑 15%

カルシウムカーバイド 2%

コークス 15%



表 2. 釜石ダクタイトルD鉄化学成分(%)

| 組成  | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Ti    | Cr    | V     | As    | Sn    |
|-----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 649 | 4.32 | 2.08 | 0.19 | 0.071 | 0.020 | 0.067 | 0.008 | 0.010 | 0.012 | 0.004 |
| 658 | 3.95 | 2.20 | 0.14 | 0.072 | 0.022 | 0.053 | 0.010 | 0.010 | 0.012 | 0.004 |

(イ) 脱硫処理

脱硫剤：ソーダ灰

添加量：1% (溶湯に対して)

鍋底置注ぎ法

(ロ) 溶湯成分

表3に示す。

表 3. 溶湯成分(%)

| 成分  | C    | Si   | Mn   | P     | S     |
|-----|------|------|------|-------|-------|
| 脱硫前 | 3.97 | 1.55 | 0.37 | 0.060 | 0.058 |
| 脱硫後 | 3.82 | 1.50 | 0.36 | 0.053 | 0.034 |

(ハ) OZ添加剤

処理溶湯量：100kg

OZ添加量：2.0%

OZ接種量：0.5%

OZ処理前後の化学成分変化(表4参照)

表 4. OZ処理後の成分変化(%)

| 成分     | C    | Si   | Mn   | P     | S     |
|--------|------|------|------|-------|-------|
| OZ剤処理前 | 3.82 | 1.50 | 0.36 | 0.053 | 0.034 |
| " " 後  | 3.52 | 3.55 | 0.36 | 0.050 | 0.015 |

(ニ) 機械的性質

4号Yブロックより切り出した抗張力試験片について抗張力、硬度および伸びを測定した結果を表5に示す。

表 5. 機械的試験結果 (鋳放しのまま)

| №.      | 機械的性質 | 抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> ) | 伸 び (%) | 硬 度 (Rb) |
|---------|-------|---------------------------|---------|----------|
| S 618-1 |       | 55.7                      | 9.6     | 84       |
| " -2    |       | 50.7                      | 11.2    | 83       |

f) 電気炉溶解 —— (その1)

(ア) 小型電気炉 (150kg エル—式)

三相エル—式弧光炉，塩基性ライニング，電極75mmφ，変圧器容量100K.V.A.  
 一次電圧3,150V，二次電圧60V，二次最大電流980A，電極昇降，傾動手動式最  
 大溶解量150kg

(イ) 使用原料配合

|                |       |
|----------------|-------|
| 釜石ダクタイルD銃      | 90kg  |
| 鋼 屑            | 10kg  |
| 石灰石            | 6kg   |
| コークス粉          | 2kg   |
| 螢 石            | 1kg   |
| Fe-Si (75% Si) | 0.8kg |

表 6. 原料銃，元湯の化学成分 (%)

| 種類        | 成分 | C    | Si   | Mn   | P     | S     |
|-----------|----|------|------|------|-------|-------|
| 釜石ダクタイル銃D |    | 4.12 | 1.87 | 0.39 | 0.088 | 0.027 |
| 元 湯       | 1  | 3.82 | 2.36 | 0.41 | 0.071 | 0.018 |
| "         | 2  | 3.78 | 2.33 | 0.42 | 0.080 | 0.019 |
| "         | 3  | 3.81 | 2.40 | 0.44 | 0.072 | 0.015 |

(ウ) 操 業

冷材よりスタートし，造滓材の2/3量を，鋼屑，原料銃と配合して装入通電し，溶落後残  
 量の造滓材を装入通電，昇温する。1550℃に昇温後除滓し，Fe-Siを投入して出  
 湯する。出湯時に取鍋中にOZ添加剤0.8% (800g)を添加攪拌を行ない，OZ接種  
 剤0.5%を添加，CO<sub>2</sub>型Yブロックに鋳造。

(二) 結 果

表 7. OZ 処理鑄鉄の化学成分 (%)

| 成分<br>% | C    | Si   | Mn   | P     | S     |
|---------|------|------|------|-------|-------|
| 1       | 3.63 | 2.81 | 0.40 | 0.077 | 0.011 |
| 2       | 3.71 | 2.77 | 0.44 | 0.071 | 0.013 |
| 3       | 3.66 | 2.83 | 0.44 | 0.081 | 0.010 |

表 8. 機械試験結果

| % | 抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> ) | 伸 び (%) | 硬度 (BHN) |
|---|---------------------------|---------|----------|
| 1 | 52.6                      | 5.2     | 212      |
| 2 | 55.3                      | 4.0     | 218      |
| 3 | 51.8                      | 3.8     | 210      |

g) 電気炉溶解 —— (その2)

(ア) 1.5 t 電気炉

三相エルー式塩基性ライニング

電極 150 mm φ, 変圧器容量 800 K.V.A., リアクター 160 K.V.A.

一次電圧 3,150 V, 二次電圧 80 V, 100 V, 120 V, 140 V, 160 V, 180 V, 二次最大電流 3,860 A, 電極昇降, 傾動電動式

最大溶解量 1,500 kg

(イ) 使用材料配合

|                |          |
|----------------|----------|
| 釜石ダクティルD鉄      | 1,050 kg |
| 鋼 屑            | 150 kg   |
| 石灰石            | 70 kg    |
| コークス粉          | 25 kg    |
| 螢 石            | 12 kg    |
| Fe-Si (Si 75%) | 8 kg     |
| Fe-Mn          | 5 kg     |

(b) 原料銃，元湯の化学成分

原料銃は表6と同成分の銃鉄使用

元湯の化学成分は

| C     | Si    | Mn    | P      | S      |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 3.77% | 2.31% | 0.78% | 0.071% | 0.016% |

(c) 操業

1.550℃に昇温後除滓し，Fe-Si，Fe-Mnを投入，出湯時取鍋中にOZ添加剤0.8%（10kg）を分割投入して攪拌後OZ接種剤0.5%添加除し後鋳造する。製品は冷凍用コネクティングロット及び小型冷凍機用クランクシャフトで，材質欠陥もなく良好であった。

検討試料はYブロックに鋳込んだ。

化学成分は .....

| C     | Si    | Mn    | P      | S      |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| 3.58% | 2.68% | 0.81% | 0.066% | 0.011% |

(d) 結果

組織的にほぼ完全に球状化しており，パーライト地に少量のフェライトがみえるブルステイ型であった。

| 抗張力 (kg/mm <sup>2</sup> ) | 伸び (%) | 硬度 (BHN) |
|---------------------------|--------|----------|
| 55.6                      | 3.2    | 218      |

(4) 稀土類元素を主体としたダクタイル鋳鉄

MgあるいはCaを主体とした球状黒鉛鋳鉄を製造する概要については今までに述べた。この他にCeあるいはLa，Y等の稀土類元素を主体として処理した球状黒鉛鋳鉄について述べる。

まず，Ce処理の場合についてであるが，1948年H.Morroghが良質のヘマタイト銃をるつほ内で溶解し，これにCeを添加し，さらにFe-Siで接種し，黒鉛の球状化を得ている。

ただ，Ceの場合薄肉部でチル化の傾向がつかよいことはさげられない。Laで処理する場合についてであるが，日下氏によると，Laを溶銃に対して0.1~0.5%添加してその影響について .....

① Laの鋳鉄への影響としては少量添加で黒鉛を球状化し得る。

② 添加量がやや多いと白銃組織の鋳鉄となりやすい。

と述べている。

更に1961年J.J.Kanterは誘導電気炉での溶銃，Yを約0.3%添加して球状黒鉛鋳鉄



が得られると発表している。

Yは溶融点が $1,503^{\circ}\text{C}$ 、沸点が $3,038^{\circ}\text{C}$ なので溶銑に添加後Mgのように沸騰する危険がなく処理が容易であるが、Yを含有するゼノタイム銑は、LaやCeを含んでいるモナズ石よりも資源的にはるかに少ない上に、ゼノタイム銑とモナズ石が共存している場合が多く、今後はY単味よりむしろYと他の稀土類元素との混合物の利用を考えるべきであろう。

Ce, La, Y等の単体金属を用いても球状黒鉛鋳鉄が得られるが、これらの混合あるいはこれらとMgやCaとの混合物での処理が、近年盛んに用いられるようになってきた。

1953年英国のMeehanite metal corp.の特許である溶銑にCa-Si合金2部と $\text{RF}_3$ 塩の1部を混合した添加剤を加えて処理した鋳鉄は残留Ca 0.01%程度含有しており、黒鉛は球状化して抗張力 $45\text{kg/mm}^2$ 、伸び6%であった。

更に日下氏は1957年に $\text{REO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{NaF}$ とさらに還元剤としてCa-Si,  $\text{CaC}_2$ の混合剤を電気炉内の溶銑に添加して充分反応させた後鑄造すると球状黒鉛組織が得られた、と述べている。同年カナダにおいてA.P.AlexanderがMg 0.04~0.50%, La 0.004~0.02%残留させた球状黒鉛鋳鉄を得ている。

ドイツで1961年E.K.Modeがインジエクトロイという新合金を鋳鉄に加えると薄肉物で伸びの出ることを確認した。これはMg-La-Ce-Si合金で、この合金を溶銑に対して1~2%噴射法で添加し、さらにFe-Si 0.2%接種すると、従来不可能であった2.5~5.5mmの薄肉鋳物が鑄放して所要の性質を具備するとしている。

以上のように球状黒鉛鋳鉄としてCeやMgを単独に添加したものから、La, Ce, Mgなどの多元素を併用添加する方法に移行する傾向がみられる。

これら稀土類元素の弗化物とMg弗化物を主体としたもの及びCa-Siと弗化物稀土類元素との混合物を用いてダクタイル鋳鉄を製造する代表的な例として日下氏の発明になるKCダクタイル鋳鉄がある。

### ③ KCダクタイル鋳鉄

#### a) 製造法

この鋳鉄の製造法は表9にその一例を示す化学組成のKC剤を添加処理してダクタイル鋳鉄を製造するもので、その処理法はOZ鋳鉄と大差がない。添加剤は鋳物の製造目的によって各種市販されているが、大別して一般用と機械鋳物用とに分けられる。

処理溶湯Sが低目であることが望ましく、酸性キユボラ溶湯の場合は脱硫処理後球状化処理を行ない、最後に接種を行なって充分攪拌して鑄造する。KC剤処理前の溶湯のS量とKC剤添加量との関係は次のとおりである。

表 9. KC 剤化学組成例ならびにその成分範囲(%)

|                  |       |                  |                 |                 |
|------------------|-------|------------------|-----------------|-----------------|
| Si               | Ca    | Ce               | Ce 以外の<br>稀土類元素 | RF <sub>3</sub> |
| 52.0             | 22.0  | 7.5              | 7.5             | 2~50            |
| MgF <sub>2</sub> | Ca-Si | CaC <sub>2</sub> | Fe-Si           |                 |
| 4~60             | 5~8.5 | 0~50             | 0~50            |                 |

| 溶湯中の S (%)    | KC 剤添加量 (%) |
|---------------|-------------|
| 0.015 以下      | 1.0         |
| 0.015 ~ 0.030 | 2.0         |
| 0.030 ~ 0.045 | 3.0         |

KC 剤は吸湿性、引火性、爆発性がないので歩留りも良く容易に処理作業ができる。更に KC 剤は OZ 剤同様、溶湯中の S は低い方がよい。溶湯中の S 量を変えて黒鉛が 100% 球状化する場合の適正添加量を検討した結果、図 8 に示されるとくで、概して KC 剤の方が OZ 剤処理の場合より球状化力が強いようである。

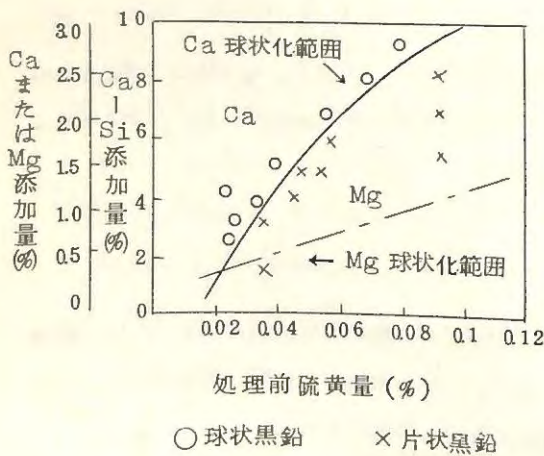


図 8. 処理前 S 量と Mg および Ca 添加量との関係

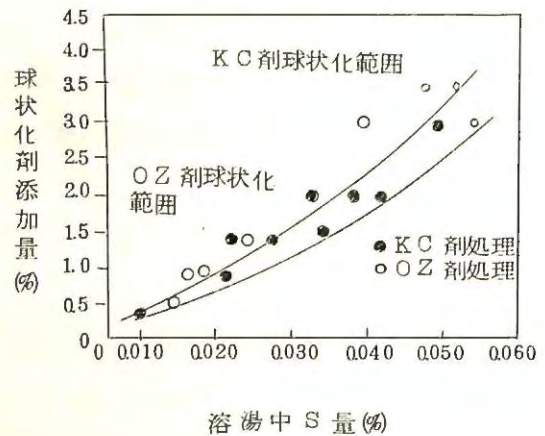


図 9. 溶湯中 S 量と KC 及び OZ 添加量との関係



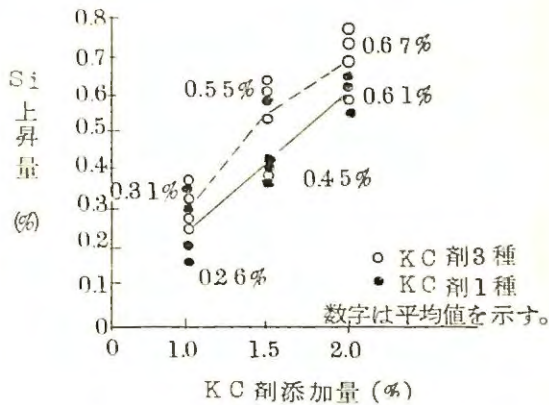


図 10. KC 剤添加量と鋳中 Si 上昇量との関係

KC 剤には約 30% の Si 分が含有されており、KC 剤を溶鋳に添加することにより、湯中の Si 量が上昇することが当然予想される。表 10 に示した釜石ダクタイル鋳各種について、KC 剤の添加量を変えた場合の Si 上昇量を調べると図 9 のごとくなる。

図 10 に溶鋳中の Si 上昇量と添加量との関係を示したが、添加剤 1% の場合大体平均値で 0.26~0.31%、1.5% 添加では 0.45~0.55%、2.0% 添加では 0.61~0.67% となっている。

表 10. 釜石ダクタイル鋳化学組成(%)

| 成分%  | C    | Si   | Mn   | P     | S     | Ti    | Cr    | V     | As    | Sn      |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 鋳鉄 A | 4.37 | 0.84 | 0.11 | 0.050 | 0.028 | 0.032 | 0.005 | 0.021 | 0.005 | <0.0001 |
| B    | 4.19 | 1.24 | 0.17 | 0.056 | 0.022 | 0.037 | 0.004 | 0.020 | 0.010 | 0.008   |
| C    | 4.23 | 1.76 | 0.20 | 0.069 | 0.026 | 0.059 | 0.004 | 0.015 | 0.012 | 0.008   |
| D    | 4.09 | 1.97 | 0.11 | 0.073 | 0.018 | 0.053 | 0.010 | 0.010 | 0.011 | 0.008   |

b) キュボラ溶解

(ア) キュボラ操作条件

酸性キュボラ (公称 2 t/hr), 炉内径: 700mmφ, 炉床径 700mmφ

供試材とその化学組成を表 11 に示す。

表 11. 供試材とその化学組成(%)

| 供試材   | 成分                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 鋳鉄    | 釜石普通鋳物鋳 (FIC)<br>釜石低Sダクタイル用鋳(DucD)                                                                                                                                                                                                               |
| 鋼屑    | 雑物                                                                                                                                                                                                                                               |
| 成分調整剤 | Fe-Mn および Fe-Si                                                                                                                                                                                                                                  |
| 脱硫剤   | ソダ灰<br>K C 脱硫剤                                                                                                                                                                                                                                   |
|       | C: 4.02, Si: 2.37, Mn: 0.68, S: 0.023%<br>C: 4.24, Si: 1.88, Mn: 0.14, S: 0.007%<br>C: 0.10, Si: 0.05, Mn: 0.40, S: 0.020%<br>Fe-Mn (Mn 78.1%), Fe-Si (Si 76.8%)<br>Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 95.2%<br>CaC <sub>2</sub> : 75.7% CaO: 22.1% |

| 供 試 材 |             | 成 分                      |             |
|-------|-------------|--------------------------|-------------|
| コークス  | 高 炉 用       | F.C : 88.89%             | S : 0.50%   |
|       | 鑄 物 用       | F.C : 89.14%             | S : 0.61%   |
| 昇温材   | カルシウム・カーバイド | CaC <sub>2</sub> : 76.2% | CaO : 18.3% |

(i) 配 合

表12に装入物の配合割合を示す。

表12. 装入配合割合 (kg)

| 銑鉄 (FIC) | 鋼 屑 | 石 灰 石 | Fe-Mn | 追込コークス | 一 山 合 計 |
|----------|-----|-------|-------|--------|---------|
| 175      | 75  | 12.5  | 2.5   | 38     | 270     |

(ii) キュボラ溶湯

T.C : 3.48%, Si : 1.36%, Mn : 0.51%, P : 0.078%, S : 0.060%

(iii) 球状化処理工程

図11に示す。

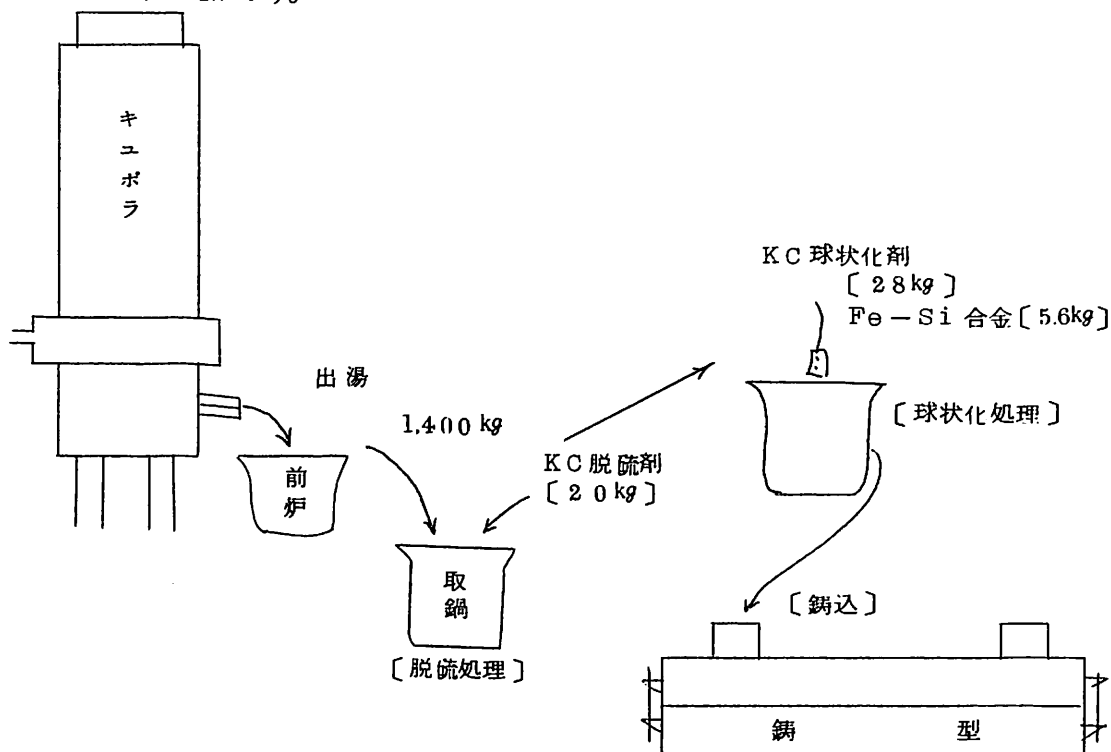


図11. バレット台車製造作業工程



(4) 機械的性質並びに組織

引張り強さ：60kg/mm<sup>2</sup> 前後

伸び：6%

硬度：200~245 (BHN)

写真2に顕微鏡組織を示す。

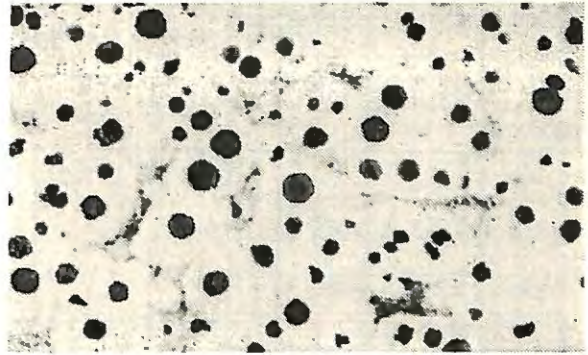


写真2. バレット台車組織

(5) 各種黒鉛球状化剤の混合添加

球状黒鉛鑄鉄の特性は、球状化処理に用いた黒鉛球状化剤の種類によって多少異なり、夫々特長がある。

・ Mg系

黒鉛球状化能力が強力で簡単に球状黒鉛鑄鉄が得られる反面、爆発反応があり、且つ過冷現象が著るしく、引け、ドロスの発生量が多いが安定した黒鉛球状化剤である。

・ Si系

黒鉛球状化能力が非常に弱いので多量添加を必要とし、作業上問題がある。しかしSi系黒鉛球状化剤処理鑄鉄は高Siとなるため、基地はシリコフェライトとなり、熱的性質、引張り強さ等は向上するが、伸び、衝撃値は低く延性がない。

・ Ca系

白銹化傾向が小さいので薄物や小物の鑄物に適するが、黒鉛球状化能力は弱く、且つ溶湯中Sと結合しやすいことなど、元湯成分等の制約があり、製造に際しては高度の技術を要する。

・ 稀土類元素系

この種の黒鉛球状化剤は、種類も多いが、概して黒鉛球状化能力が強く、作業性は良いが、自銹化傾向が強いため、引け、ドロス発生量が多いなどの鑄造欠陥を伴なり。

従って、必要とする球状黒鉛鑄鉄の特性、あるいは作業性等に応じて、これら黒鉛球状化剤が使われている現状である。

これら黒鉛球状化剤を適当な比率で混合添加処理することにより、得られる球状黒鉛鑄鉄の特性も異なってくる。

その一例を第12図~第21図に示した。

なお、使用した各種球状化剤とその混合割合を表13に示す。

表 13. 球状化剤と球状化剤混合割合

| 球状化剤混合割合<br>球状化剤 | 100  | 80   | 60   | 40   | 20   | 0 |
|------------------|------|------|------|------|------|---|
| Mg系 (Mgとして)      | 0.15 | 0.12 | 0.09 | 0.06 | 0.03 | 0 |
| Si系 (Siとして)      | 3.5  | 2.8  | 2.1  | 1.4  | 0.7  | 0 |
| Ca系              | 2.5  | 2.0  | 1.5  | 1.0  | 0.5  | 0 |
| 稀土類元素系 A         | 1.5  | 1.2  | 0.9  | 0.6  | 0.3  | 0 |
| " B              | 1.0  | 0.8  | 0.6  | 0.4  | 0.3  | 0 |

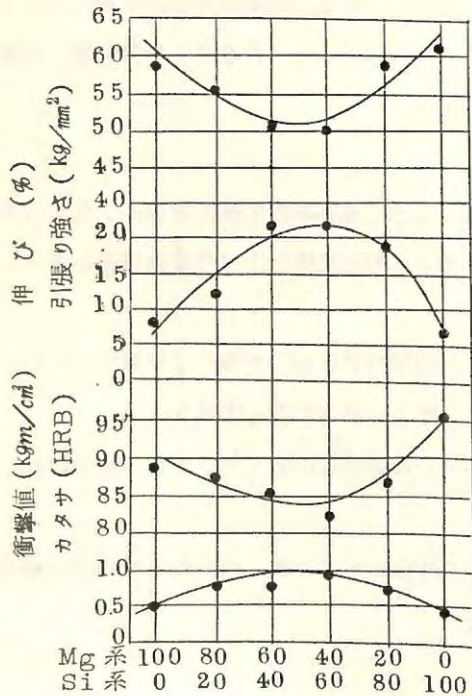


図 12. Mg系-Si系球状化剤混合処理  
鑄鉄の機械的性質

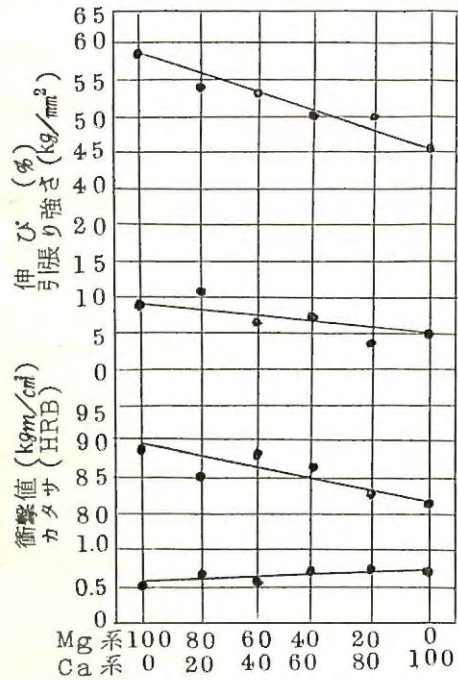


図 13. Mg系-Ca系球状化剤混合処理  
鑄鉄の機械的性質



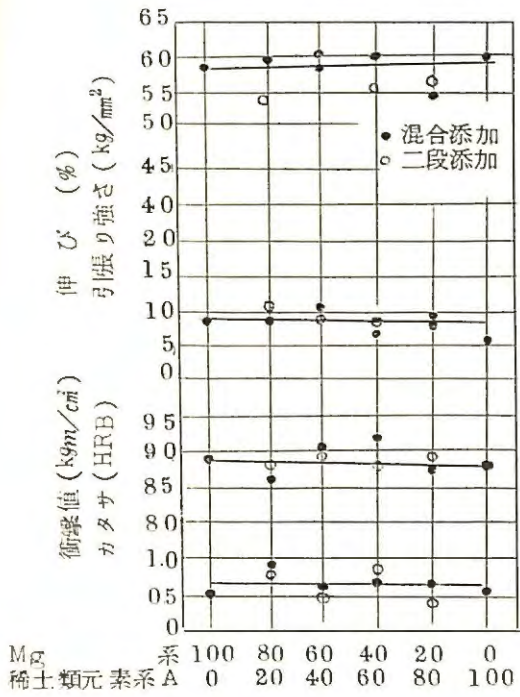


図 14. Mg系一稀土類元素系A球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

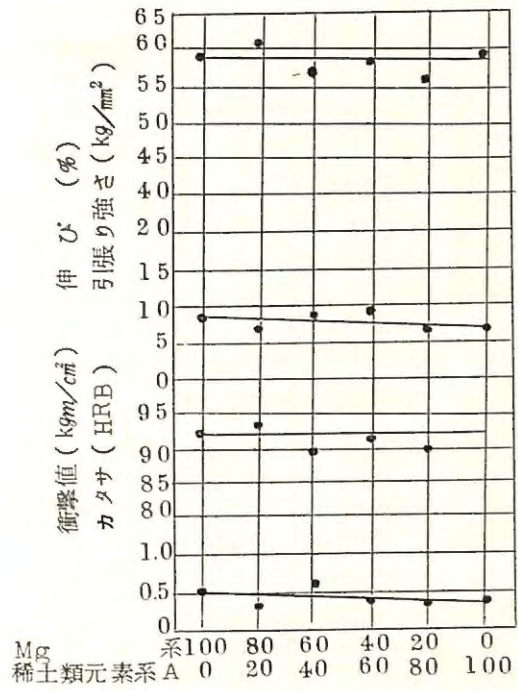


図 15. Mg系一稀土類元素系B球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

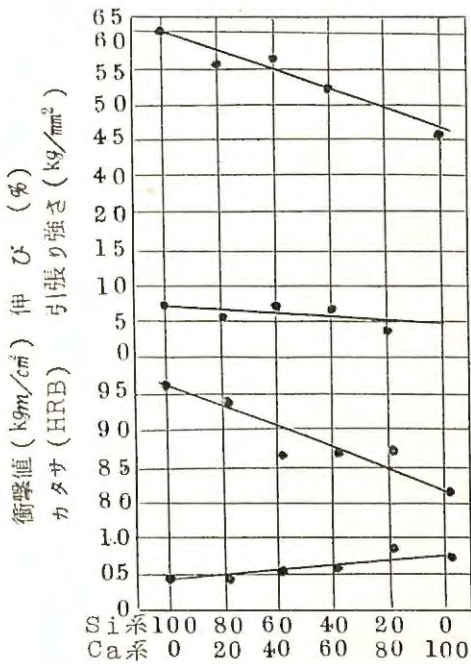


図 16. Si系 Ca系球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

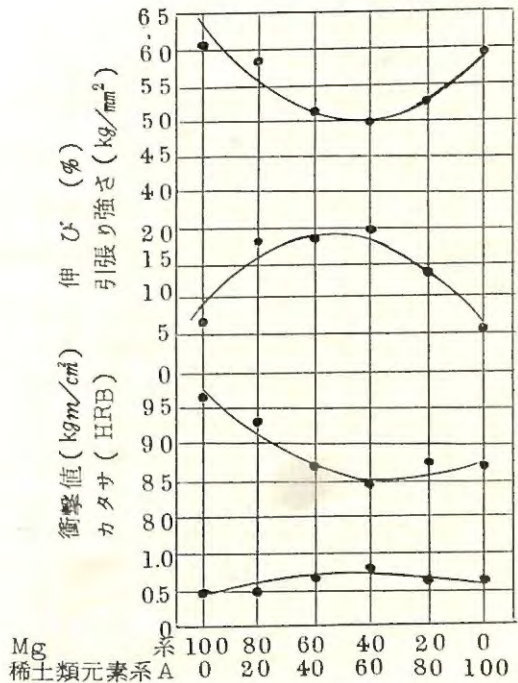


図 17. Si系一稀土類元素系A球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

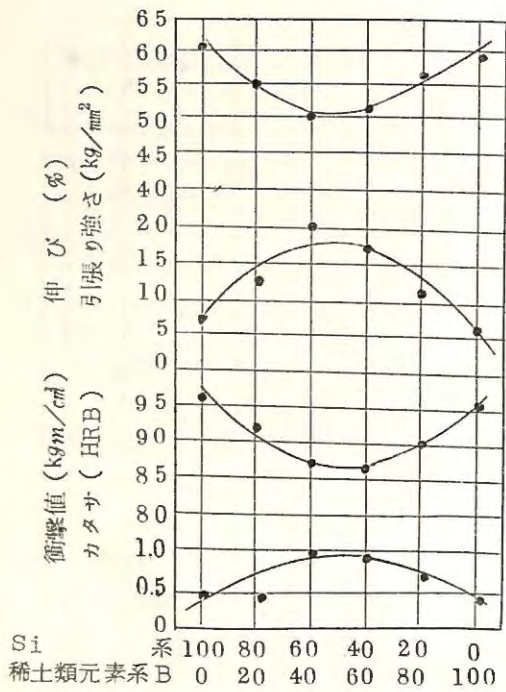


図 18. Si系—稀土類元素系B球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

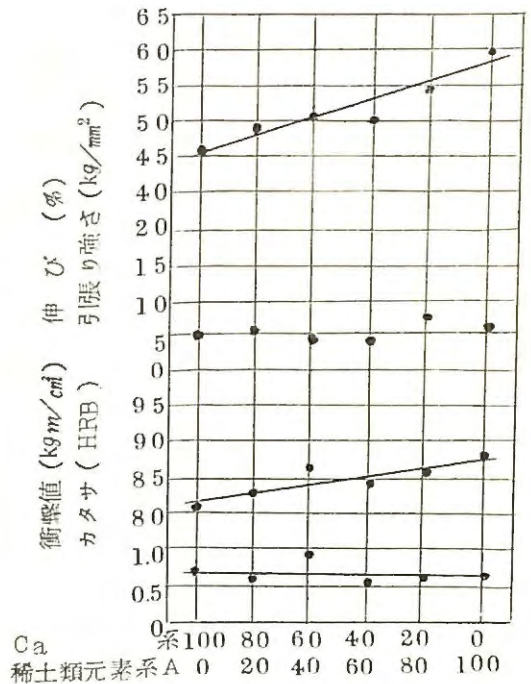


図 19. Ca系—稀土類元素系A球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

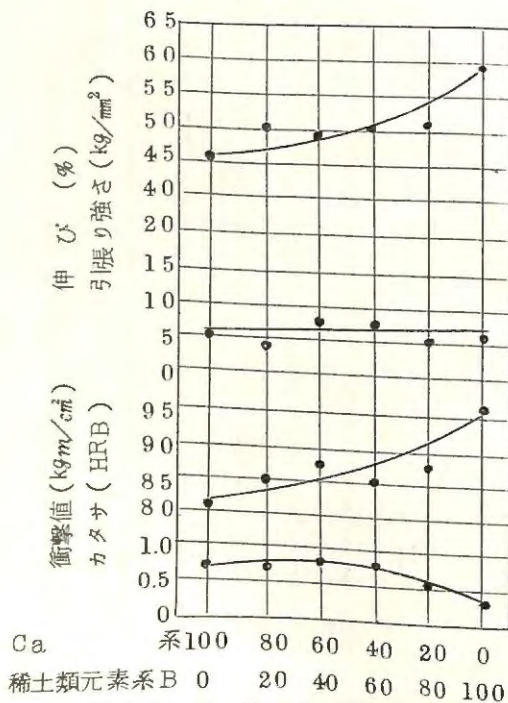


図 20. Ca系—稀土類元素系B球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質

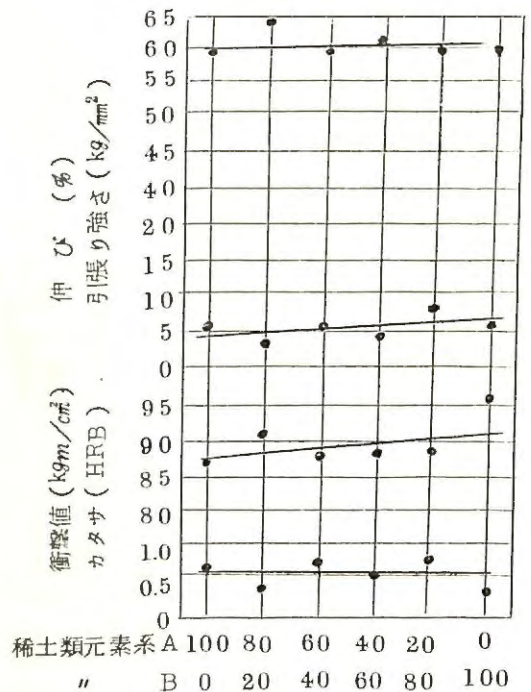


図 21. 稀土類元素系A—稀土類元素系B球状化剤混合処理鋳鉄の機械的性質



# 低周波誘導炉による鑄鉄溶解法

(株)石巻製作所

取締役 鑄造部長 近 藤 武 司\*

## 1 緒 言

こゝ数年間低周波誘導炉の普及とその溶解技術の進歩はめざましいものがあるが、当東北地方で稼働して居る台数は少く、恐らく調査検討の段階であろうと思われる。筆者の工場では昭和40年3月550KW、2,000Kg、昭和44年8月800KW、3,000Kgの炉を各1基設置して、高級鑄鉄、球状黒鉛鑄鉄を生産し順調に稼働して居るのでその概要を報告する。現在低周波誘導炉の設備を計画し、調査検討中の諸賢の参考になれば望外の幸である。

## 2 設備の概要

### 2-1 主要設備

- (1) 炉体部 (2) 傾動用油圧パワーユニット (3) 電源設備 (4) 制御装置  
(5) コイル冷却水設備 (6) その他材料投入設備等  
から成る。

### 2-2-1) 炉本体部

炉コイルは特殊な角形水冷式コイルを使用し、フレキシブル水冷ケーブルによって饋電される。コイル外周は珪素鋼板を積層した鉄心を配して帰磁路をつくり、電磁カップリングを良くしてコイルからのもれ磁束を少なくして居る。

炉コイル、鉄心などは一体として鋼製枠内に装置して、炉上面「るつぼ」周辺は鋼板のブラットホームを取付け、チャージスラグオフ、測温、その他の作業に便利にしてある。水湯等の傾動操作は油圧方式を採用し、炉監視に最も適当な位置に制御機を置き遠隔操作により行い、Fig.1にその構造の概要を示す。

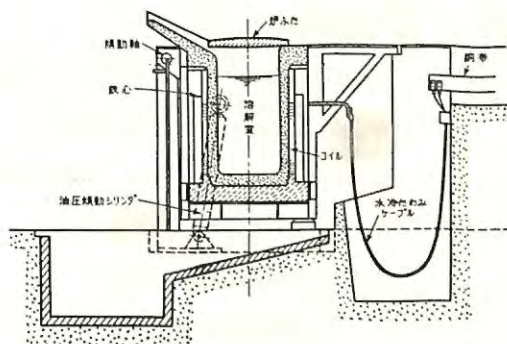


Fig.1 無鉄心低周波誘導炉の構造

\* 東北支部理事

## 2-2-(2) 電源設備

- (1) 高圧受電盤 (2) 電源変圧器 (3) バランサー (4) 炉力率改善用コンデンサー設備

より構成され、設備系統図をFig. 2に示す。

### (1) 高圧受電盤

炉へ饋電する電力の開閉、受電状況を監視する盤で高頻度で大電流を入切等の激しい使用に耐える電磁接触器を備え、盤面には受電状況がわかるように各種計器、保護用リレー等が取付けてある。

### (2) 電源変圧器

炉電力制御用タップ付変圧器でタップ切換操作は無電圧時に電動操作で行う。

### (3) バランサー

低周波誘導炉は単相負荷となるため、三相平衡装置として他の二相に平衡用リアクター及びコンデンサーを設ける。リアクターは最近では電源変圧器に内蔵したものが多く、コンデンサーは力率改善用コンデンサー架台に収納される。

### (4) 力率改善用コンデンサー

低周波誘導炉は本質的に低力率の装置なので、定格電力の約5倍の容量の炉力率改善用コンデンサーを必要とする。コンデンサー総容量の約 $\frac{2}{5}$ は挿脱可能なごとく電磁接触器は取付けてあり、バランサー用コンデンサーと共に架台に収納されてある。

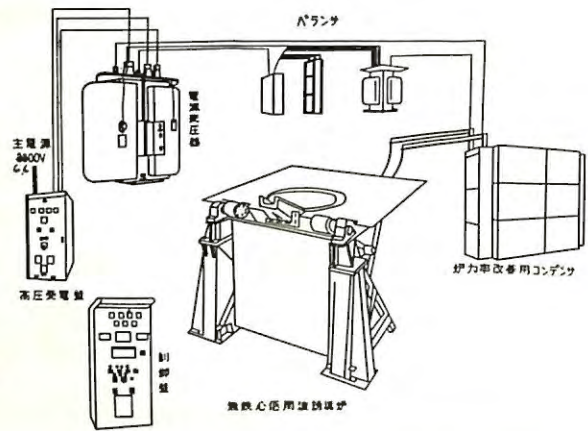


Fig. 2 無鉄心低周波誘導炉設備系統図

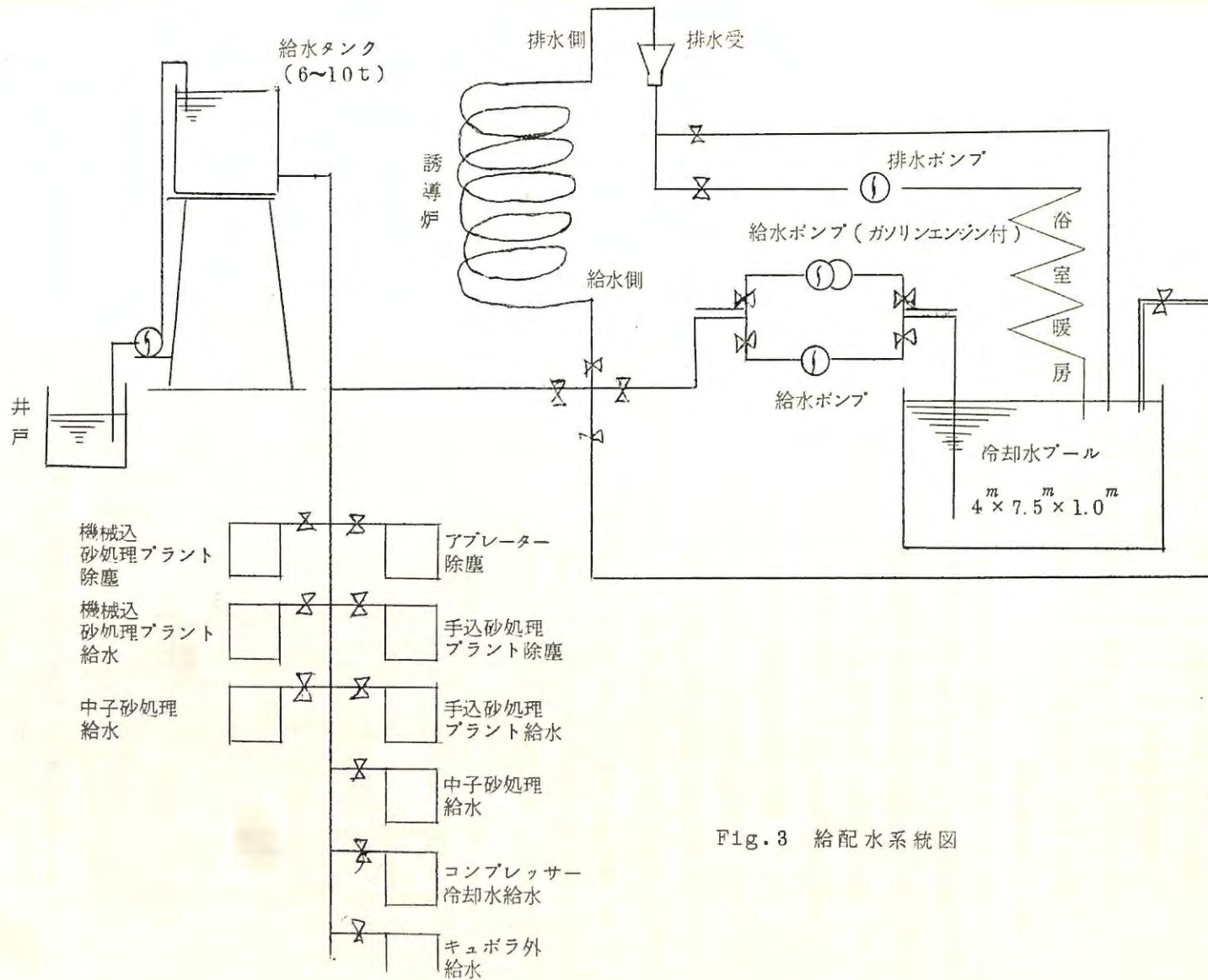
## 2-2-(3) 制御装置

ワンマンコントロールで総ての炉運転及び操作を制御する盤を炉に近接し監視に便利な位置に配置し、前述の変圧器のタップの切換、バランサー、力率改善用コンデンサーの挿脱等操作スイッチによって制御盤から行う。更に故障等警報装置も組込んであり、例えばコイル冷却水の異状昇温、断水、過電流事故、変圧器の異状昇温等の場合自動的に警報を出し、電流を遮断する。

## 2-2-(4) コイル冷却水設備

低周波誘導炉は相当量の冷却水を必要とする。水源が上水道、工業用水又は自家用井戸等によってその設備は大きく変る。かつ停電事故対策も含めた給排水系統図の一





例を FIG. 3 に示す。

Fig. 3 給配水系統図

2-2-(5) 材料投入設備他

(1) 材料投入設備(計量)

計画する投入材料の種類により、グレンホイストとリフティングマグネット油圧秤の組合せや、自動秤量装置とベルトコンベア、振動コンベア或いは之等の組合せ等が考えられる。要はスクラップヤードへの供給、スクラップヤードから秤量、運搬、投入の工程を最大限に合理化する事で他の設備のスペースと材料の種類によって制約を受ける。

(2) 工程管理設備

(イ) C, Si 炉中分析(又は迅速自動分析)装置, 又は C.E.メーター

(ロ) 測温用パイロメーター

(ハ) 炉前試験用簡易顕微鏡(研磨装置)

等は備付けたいものである。

2-2-(6) 設備配置

機器配置は既設建屋の状況、造型ラインとの関係から適宜組み合わせべきで Fig. 4 に標準配置図を示す(一電源一炉方式)

一般時に留意すべき事項として

(1) 電気室と炉は別室としてちり、ほこりが機器に影響を及ぼさないようにする。

(2) 電気室は室温が上昇しないよう適度に通風する。

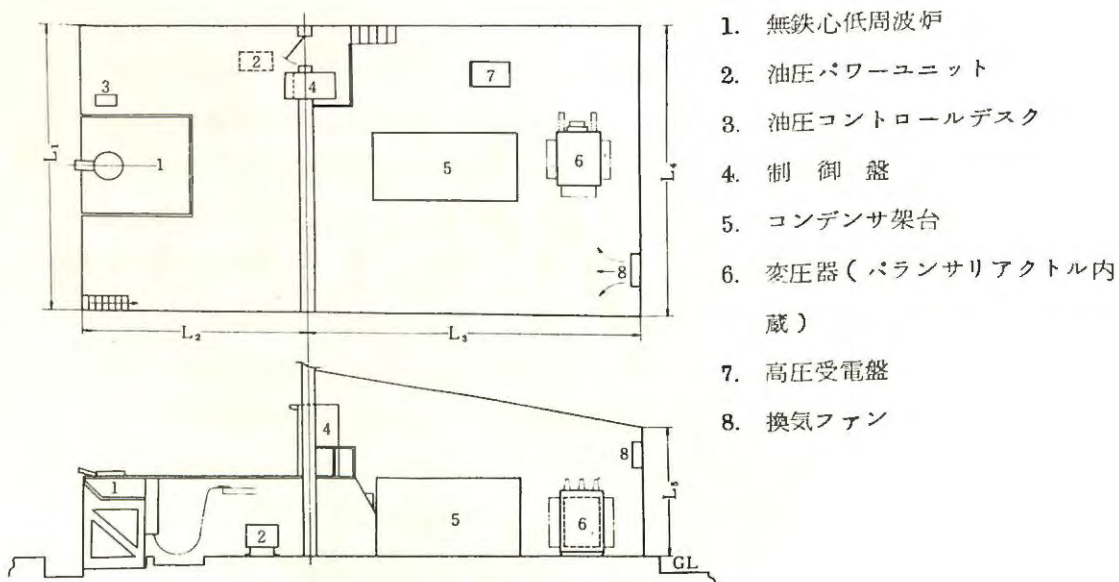


Fig. 4 1電源1炉方式標準配置図



| 電力kW    | 炉 Kg    | L 1     | L 2     | L 3     | L 4     | L 5     |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2 2 0   | 7 5 0   | 4 0 0 0 | 4 0 0 0 | 5 5 0 0 | 3 5 0 0 | 4 0 0 0 |
| 3 5 0   | 1 0 0 0 | 4 5 0 0 | 4 0 0 0 | 5 5 0 0 | 4 5 0 0 | 4 0 0 0 |
| 4 5 0   | 1 5 0 0 | 4 5 0 0 | 4 0 0 0 | 5 5 0 0 | 4 5 0 0 | 4 0 0 0 |
| 5 5 0   | 2 0 0 0 | 4 5 0 0 | 4 5 0 0 | 6 0 0 0 | 4 5 0 0 | 4 0 0 0 |
| 7 0 0   | 3 0 0 0 | 5 5 0 0 | 5 5 0 0 | 7 0 0 0 | 5 5 0 0 | 4 0 0 0 |
| 1 0 0 0 | 5 0 0 0 | 7 0 0 0 | 6 5 0 0 | 8 5 0 0 | 6 0 0 0 | 4 0 0 0 |

### 3. 低周波誘導炉の築炉

低周波誘導炉を設備するに当って、そのライニング材の選択とそれにマッチした築炉技術を修得することによりライニングの寿命を十分に保つ事が炉の性能を最大限に発揮させ、真の経済操業を可能ならしめるものである。築炉技術の好悪は溶解能率に影響を与え、溶解原価を大きく支配するばかりでなく、大きな事故ともつながり工場全体の操業度を左右するからである。

#### 3-1 炉材に要求される特性

誘導炉に於いては電磁カップリングを密にするため、ライニングの厚さは極力薄い方に限定され、又この薄いライニングは内面では直接高温の溶湯に接し、外面は水冷されたコイルで囲まれ熱的に極めて苛酷な使用条件と云える。又、一方多くの場合間ケツ操業が行われ、加熱と冷却が繰返されるなどの悪条件が加わる。

次に誘導溶解の原理から、炉内の溶湯は電磁力により激しい湯運動を生じ自動的に攪拌されるため、ライニング表面は比重の大きな運動溶湯に接して居る事になり、又溶湯表面は半球状に盛り上り、そのため溶解で生成浮上したすべての不純物は炉上部のライニング表面に押しやられ、ライニングと不純物間で激しい化学反応を起しライニングを侵食し易い状態に置くことになる。

従ってこれらを満足する誘導炉の耐火材が如何に重要であるかわかる。

その条件として

1. 溶解温度に対し充分な耐火度、高温強度をもつこと。
2. 熱膨張率が小さく、異常膨張が

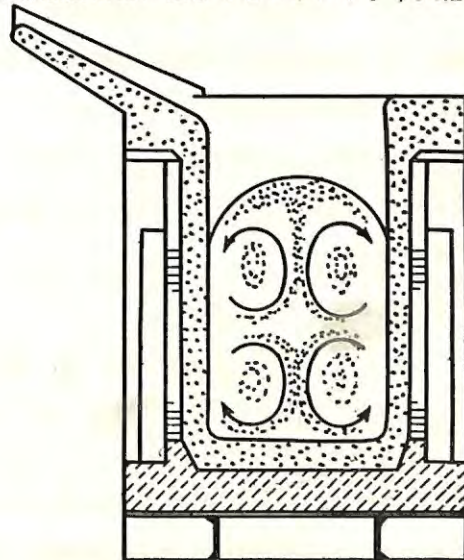


Fig. 5 溶湯の自動攪拌(かくはん)作用

なく、従って耐久ポーリング性にすぐれ亀裂の発生しがたいこと。

3. 溶湯金属、スラグ、精練剤、ふんい気、その他溶解時に存在する物質との化学反応がないこと。
4. 湯圧、溶湯の攪拌等の高温機械的摩耗に耐えること。
5. 炉内溶湯に対し治金的悪影響を与えないこと。
6. 熱絶縁性に富むこと。
7. 築炉工事ならびに補修が容易でライニング材のランニングコストが経済的に成り立つ事。

などがあげられる。

### 3-2 炉材の種類

誘導炉のライニング材も酸性、中性、塩基性の三種で夫々珪砂、アルミナ、マグネシヤクリンカーを主成分として居るが、本文は鑄鉄溶解について論ずるものであるから酸性炉材についてのみ記述する。

一般に酸性炉材としては珪石又は珪砂を主体とした天然産のもの（焼成、未焼成のものあり）と電融品を主成分としたものがある。いずれもその純度は95%以上が要求され、ダクタイル鑄鉄製造のごとく高温熔解が必要な場合は少くとも98%の純度が必要である。天然産のものとしてはスウェーデン産の珪砂（スベンスカシリカ）が最も良質とされ、我が国の大部分の炉メーカーで採用して居るのがこの輸入品である。又、国内某社は電融シリカを主体として国産の高純度の珪砂を添加したものを開発して好成績をあげて居る。電融シリカは天然シリカに比し鉱物学上の相似性質に秀れて居ることは当然で熱膨張率も少く、又化学的安定性にも秀れて居り、ライニングの寿命に於いて満足すべき現況であるが、いづれにしてもそれを大きく左右するのは築炉技術とその管理である。Fig. 6に電融シリカとけい石の膨張率の変化の左復曲線を示す。

### 3-3 築炉方法

#### 3-3-1 乾式法とその特徴

一般に湿式法と乾式法があるが、最近の鑄鉄溶解の酸性ライニング材で湿式法を採用して居る例は恐らくないと思われるので、乾式法についてのみ述べる。現在広く採用されているのは所謂、ローストモールド法で6~9mm/μの鉄板でその外形を溶解室と同じ寸法のフォーマーを作り、それにより炉底及び炉壁に粉体ライニング材を交換し、鉄板製フォーマーはそのまゝ他の溶解材料と共に通電溶解し、粉体ライニングの表面を焼結、ガラス化する方法である。特徴として長時間を要する乾燥工程が全く不要であるのと粘結



剤による耐火度の低下がないのは勿論、ライニングの断面は浴湯に接触して居る表面のみガラス化した強固な焼結層の次に半焼結層があり、次いで粉体そのままの未焼結層の三層から成る事である。未焼結層は焼結層、半焼結層の膨張、収縮を吸収し、これら兩層に亀裂の入るのを防ぎ、又亀裂が入っても、その層で止り、湯のサン込みを防ぎ、コイルを保護する等の重要な役目を発揮し、又粉体の断熱効果により、良好な熱効率を維持出来ることである。

従ってライニングの際、焼結促進剤として1~2%の硼酸を使用することもあるが、これはその後の溶解に於いても焼結を促進し、即ち未焼結の残存層の厚さの減少を早め、ライニングの寿命を短くするもので、添加量は少ない方がよく使用しないにこした事はない。

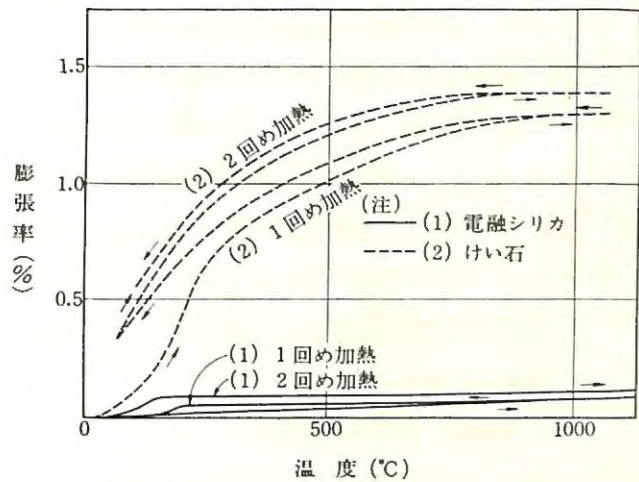


Fig. 6 使用後の#1000シリーズ耐火材焼結層の反復力の熱膨張曲線

### 3-3-2 築炉作業手順と命数

築炉作業は前回の炉壁解体、コイルセメントの補修とマイカ、アスベスト張り、築炉焼結溶解の工程に区分される。

- (1) 炉壁解体作業では炉内寸法、炉壁、テーパ部、炉床部分のライニング厚さ、焼結層、未焼結層及び地全侵入の状態等を調査し、詳細なデータを取って置くべきで、これはライニングの命数を知る上で又計画的経済的な炉修を行う上で管理上重要である。
- (2) コイルセメントの補修と同時にその内側にマイカ及びアスベストを各一層ずつ珪酸ソーダで貼りつける。コイルセメントを全面張り替えた場合や相当大きく補修した場合は12~48時間の自然乾燥が必要である。
- (3) アスベスト紙の貼りつけを終わった炉内寸法とフォーマーの外形寸法を測定し、予め各部分のライニング材の搗き固め比重計算を行い、数回に分けて装入するライニング材の一回分の

重量とその搗き上り高さをチェックすることにより一定の比重をもってライニング材が充填されるよう綿密な計画を樹てることが築炉作業を成功させるポイントである。

ライニング材は築炉し易いように、又その特性を最大に発揮する様な粒度分布になって居るが、念のため1回の装入分づつ鉄板の上で分布が均等になるようスコップで混ぜ合わせる。

(イ) 先づ炉床部から搗き上げて行くのであるが厚さ200～230%を6～8回に分けてスタンプする。この際各回の層の間の結合を完全にするため次回の耐火材を装入するとき搗き固った層の表面を鉄の搗き棒で削り傷をつける。各回毎に搗き上り高さによりチェックし1.9～2.0の搗き固め比重になるように逐次搗き上げて行く。之にはニュースチックランマーを用い5～6Kg/cm<sup>2</sup>の搗き固め圧力である。

(ロ) 炉床部が終わったらフォーマーを中心にセットし約500Kgのウエイトを入れて固定する。ウエイトが軽いとテーバー部の搗き固めの際フォーマーが浮き、せつかく搗き固めた炉床のライニングがユルミ焼結の際剝離する恐れがあるから注意を要する。

(ハ) テーバー部、炉壁部は手搗きで行う。これは造型用の突き棒を長くしたような工具で行うもので、人手も一度に多く就かせられるので時間も短縮出来るし層と層とが結合し易い。ライニング材は25～26回に分けて装入する。搗き固め比重は炉床部と同じく1.9～2.0になるようチェックする。

(ニ) 炉頂部、出湯には耐火モルタル、キャストブル等を用い湿式法により所定形状に成形する。

(4) 工数の標準は下表の通りで、これによれば土曜まで操業し、日曜の朝から解体すれば3交替作業により、月曜日早朝出湯が可能である。

焼結溶解は8時間で充分である。

表1 築炉作業の標準工数

| 工 程 名        | 作業人員 | 所要時間    | 総工数      | 摘 要 |
|--------------|------|---------|----------|-----|
| 1. 炉 壁 解 体   | 3人   | 6 hr    | 18 mhr   |     |
| 2. コイルセメント補修 | 3 "  | 2 "     | 6 "      |     |
| 3. 築 炉 作 業   | 3 "  | 7 "     | 21 "     |     |
| 4. 点 検 準 備   | 3 "  | 0.5 "   | 1.5 "    |     |
| 計            | 12人  | 15.5 hr | 46.5 mhr |     |

次に参考として表2に当社の築炉データの一例を示す。之によるライニングの寿命は途中で大修理を行ったが1,200tonであった。

ライニングの寿命は工場によってその使用条件が異なるため一概には推定出来ないが、ドイツの鋳物工場で考案された次の実験式が一応の目安とされて居る。即ち、

$$\text{ライニングの寿命 } h = K \sqrt[3]{(\text{炉容量Kg})^2} \quad \text{ここで } K = \text{定数}$$

ドイツでは  $K = 1.3 \sim 1.8$  としてあるが、

この例の 2,000 Kg 炉, 1,200 ton の場合  $K = 7.6$  の値を示し、良好な成績と云える。電融シリカを主成分としたライニング材の場合、 $K = 3.5 \sim 6$  程度と報ぜられて居る。

### 3-3-3 最近の築炉方法

当社でも 3,000 Kg, 800 KW 炉に採用して居るが、最近は前述のような人的方法に替りバイブレーターによる機械的方法が開発されて居る。これは前述のニューマチックランマー方式、手搦による搦固めをバイブレーターの振動によって施工するもので、施工時間が大巾に短縮されると重労働が全くなくなる事が大きな特色と云える。

施工時間は 3,000 Kg 炉で炉底部が 15~20 分炉壁部が 40~50 分程度で搦き固め比重を 1.9 以上にする事が可能である。勿論炉底部へのバイブレーターのセット、取はずし、シリンダー内部へのセット、取はずし等の段取時間は見なければならぬ。

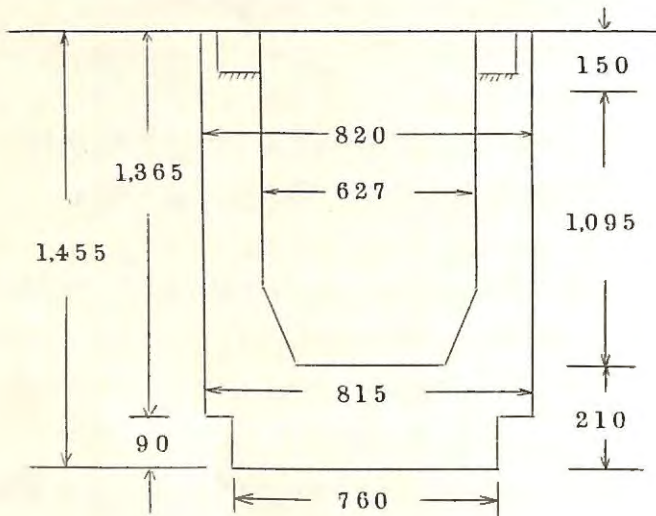


表 2

1. 炉体寸法

2 ton低周波炉第14回築炉

44.6.25(水)



築 炉 第14回  
耐 火 材 #1050  
Dry  
マ イ カ 一 層  
ア ス ベ ス ト 一 層  
バ イ ン ダ ー, 水 ガ ラ ス

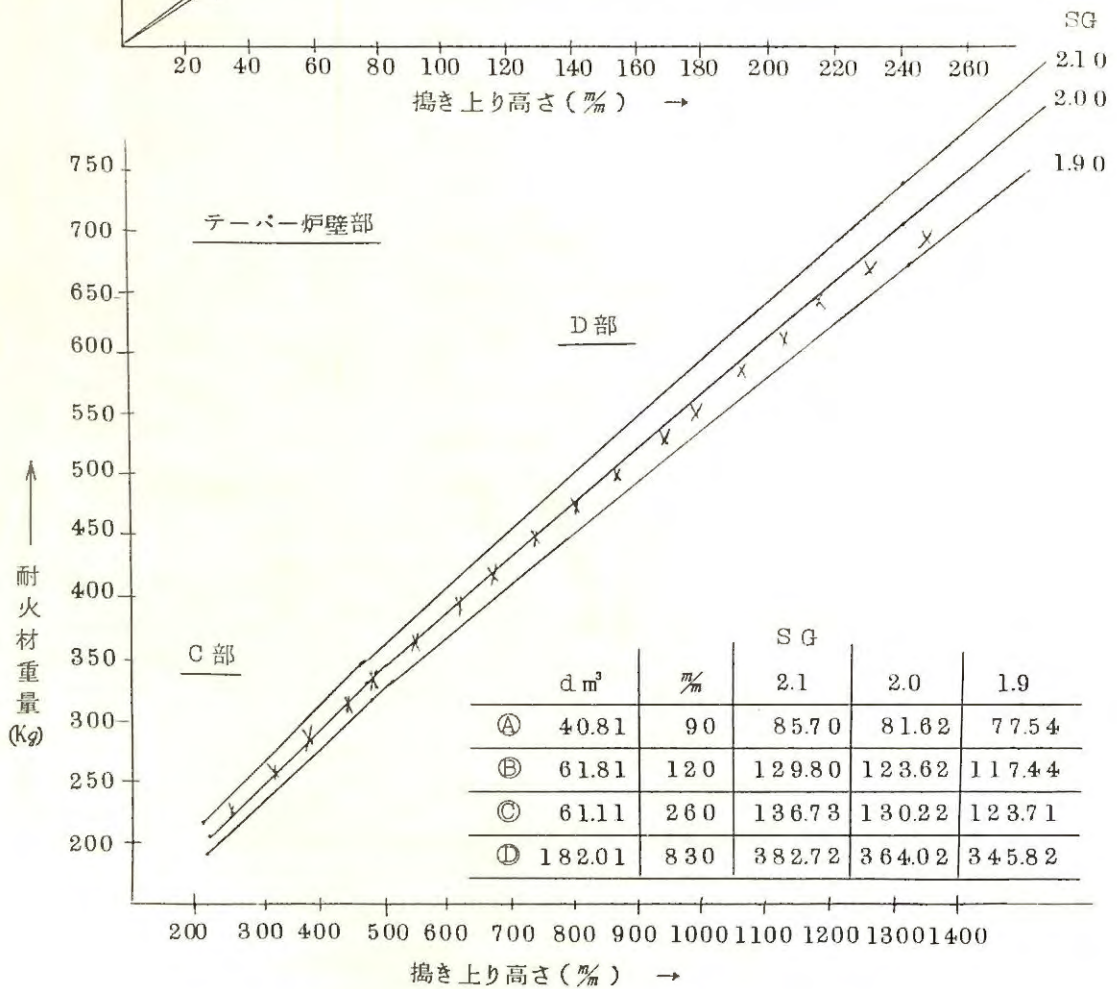
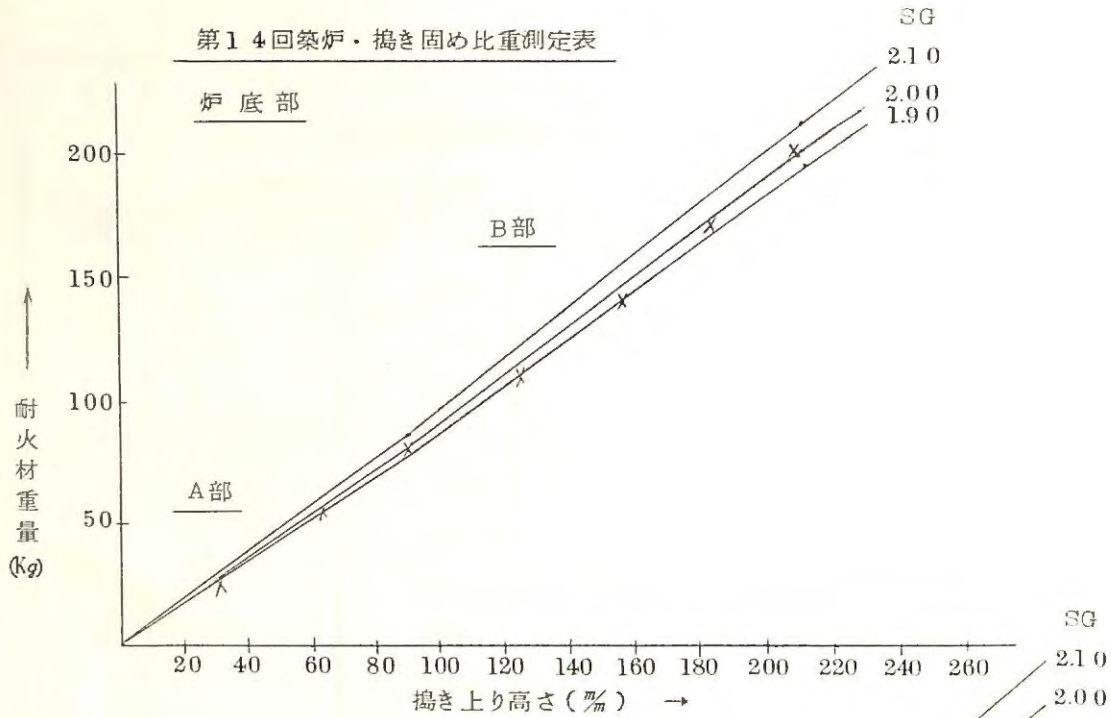
2. 築炉作業

| 工事区分                            | ス回<br>タン<br>ブ数 | 工 事<br>時 刻<br>44.6/25 | 装入耐火材    |          | スタンプ務            |         | 搦上り状態       |           | スタンプ<br>時間<br>min | 備考<br>ニューマチック方式<br>30% $l$ -SG1.95 |
|---------------------------------|----------------|-----------------------|----------|----------|------------------|---------|-------------|-----------|-------------------|------------------------------------|
|                                 |                |                       | 重量<br>Kg | 累計<br>Kg | 深サ<br>%          | 高サ<br>% | 累 計<br>%    |           |                   |                                    |
| 炉<br>床<br>部                     | 1              | }                     | 26.5     | 26.5     | (1.455)<br>1.425 | 30      | 30          |           |                   |                                    |
|                                 | 2              |                       | 26.5     | 53.0     | 1.392            | 33      | 63          |           |                   |                                    |
|                                 | 3              |                       | 26.5     | 79.5     | 1.364            | 28      | 91          |           |                   |                                    |
|                                 | 4              |                       | 30.0     | 109.5    | 1.330            | 34      | 125         |           |                   |                                    |
|                                 | 5              |                       | 30.0     | 139.5    | 1.298            | 32      | 157         |           | 2人×4hr = 8hr      |                                    |
|                                 | 6              |                       | 30.0     | 169.5    | 1.272            | 26      | 183         |           | 炉底高サ 208%         |                                    |
|                                 | 7              | PM.7.00               | 30.0     | 199.5    | 1.247            | 25      | 208         |           | 耐火材W 199.5 Kg     |                                    |
| シ<br>リ<br>ン<br>ダ<br>ー<br>装<br>着 | 6/26           | }                     |          |          |                  |         | シリンダー<br>質量 |           |                   |                                    |
|                                 | AM.1.00        |                       |          |          |                  |         | 上部 95 Kg    | 下部 120 Kg | 215 Kg            | 4人×1hr = 4hr                       |
|                                 | AM.2.00        |                       |          |          |                  |         |             |           |                   |                                    |

| 工事区分  | 回数<br>タン<br>ブ数 | 工事時刻<br>44.6/26 | 装入耐火材     |          | スタンプ後            | 搗上り状況    |          | スタンプ<br>時間<br>min | 備考<br>手搗方式                                                      |
|-------|----------------|-----------------|-----------|----------|------------------|----------|----------|-------------------|-----------------------------------------------------------------|
|       |                |                 | 重量<br>Kg  | 累計<br>Kg | 炉深サ<br>mm        | 高サ<br>mm | 累計<br>mm |                   |                                                                 |
| テーブル部 | 8              | AM. 2.00        | 32.6      | 232.1    | 1204             | 43       | 251      |                   | 52 mm $\ell$ - SG 2.00<br><br>3人×1.10hr=3.30hr                  |
|       | 9              |                 | 30.8      | 262.9    | 1142             | 62       | 313      |                   |                                                                 |
|       | 10             | 5               | 29.0      | 291.9    | 1083             | 59       | 372      |                   |                                                                 |
|       | 11             |                 | 26.6      | 318.5    | 1021             | 62       | 434      |                   |                                                                 |
|       | 12             | AM. 3.10        | 23.0      | 341.5    | 977              | 44       | 478      |                   |                                                                 |
| 炉壁部   | 13             | AM. 3.20        | 27.0      | 368.5    | 909              | 68       | 546      |                   | 60 mm $\ell$ - SG 2.05<br><br>Dry 築炉完了<br><br>3人×4.10hr=12.30hr |
|       | 14             |                 | "         | 395.5    | 839              | 70       | 616      |                   |                                                                 |
|       | 15             | 4.05            | "         | 422.5    | 786              | 53       | 669      |                   |                                                                 |
|       | 16             |                 | "         | 449.5    | 722              | 64       | 733      |                   |                                                                 |
|       | 17             |                 | "         | 476.5    | 653              | 69       | 802      |                   |                                                                 |
|       | 18             | 5.00            | "         | 503.5    | 591              | 62       | 864      |                   |                                                                 |
|       | 19             |                 | "         | 530.5    | 525              | 70       | 934      |                   |                                                                 |
|       | 20             |                 | "         | 557.5    | 468              | 57       | 991      |                   |                                                                 |
|       | 21             |                 | "         | 584.5    | 398              | 70       | 1061     |                   |                                                                 |
|       | 22             | 6.25            | "         | 611.5    | 338              | 60       | 1121     |                   |                                                                 |
|       | 23             |                 | "         | 638.5    | 277              | 61       | 1182     |                   |                                                                 |
|       | 24             |                 | "         | 665.5    | 207              | 70       | 1252     |                   |                                                                 |
| 25    | AM. 7.30       | "               | 692.5     | 121      | 86               | 1338     |          |                   |                                                                 |
| 26    |                |                 |           |          |                  |          |          |                   |                                                                 |
| 27    |                |                 |           |          |                  |          |          |                   |                                                                 |
| 28    |                |                 |           |          |                  |          |          |                   |                                                                 |
| 炉頂部   | 7/12           | AM. 11.15       | 1. 出湯口処理  |          | キュボラム 3袋         |          |          |                   |                                                                 |
|       | 5              |                 | 2. レンガ部処理 |          | "                |          |          |                   |                                                                 |
|       | PM. 2.00       |                 | 3. 作業時間   |          | 28時間             |          |          |                   |                                                                 |
|       |                |                 | 4. 使用耐火材  |          | 東芝#1050: 692.5Kg |          |          |                   |                                                                 |
|       |                |                 | 5. その他    |          | 炉体絶縁水            |          |          |                   |                                                                 |



第14回築炉・搗き固め比重測定表





## 4. 溶解操業

低周波炉の使用方法を大別すれば、①冷材から溶解を行う、②キューボラその他からの溶湯を保温、加熱又は成分調整を行う二方法に分けられる。筆者の工場ではこのいずれの方法も行って居るので2,000Kg、550KW炉について概要を述べる。

### 4-1 冷材溶解

その日の出湯が全部終了し、炉内を点検し異状がなければ直ちに翌日の第1チャージの大部分の材料を投入し炉蓋をして置く事により、材料が余熱され、早出作業者が単にスイッチを入れ、或る時間炉の監視のみ行えばよく、その間に加炭材、球状化剤、接種剤等の秤量順備その他の段取を行う事が出来るので好都合である。

但し低周波炉の加熱原理から冷材の小塊からの溶解は困難で、炉内径と略同一のスターテングブロックが必要である。これは前日の注湯作業の据湯で充分間に合う。

#### 4-1-1 材料投入

炉底にダライ粉(又はボンチ屑等の鋼スクラップ小片)をクッション材として30~50Kg投入し平らにナラシ、次いでスターテングブロック600~800Kgの秤量したものを静かに据え、その上に新銑又はレタンスクラップを密に(空間を出来るだけつくないように、つまり磁力線が材料を良く切れれば電磁カップリングが良くなりパワーがかゝり易く溶解速度が早くなり効率良く経済的な操業が出来る)積み、総重量で約1,000Kgとなる。

#### 4-1-2 溶解作業

変圧器は220V~440Vまで6タップで1タップ220Vからスタートするのが無難である。1,2,3タップ各3分間づつ通電し炉況、電流、電圧のバランス、冷却水等に異状なければ6タップに上げ急速溶解を計る。通電開始後20~25分でスターテングブロックは逐次赤熱されて来る。材料の加熱が進行すると導磁率の変化によって炉電流はかなり変動するので、コンデンサーの挿脱が頻繁に行われる。30分位でスターテングブロックが溶けて崩れ、炉内材料が逐次下って行くのでそれにマッチさせて新銑、レタンスクラップ、スチールスクラップを投入して行く。スチールスクラップを投入する場合は加炭材と同時に投入すれば溶解速度を落さず加炭率も良い。要は湯が固まらない程度に冷材を出来るだけ多く、電磁的に密に投入して行くのがコツで、ボンヤリして居て炉内材料全部が溶湯になると、それに冷材を投入すれば湯玉のハネ返り、その他で作業安全上好ましくなく電氣的にも不経済となる。

溶解の進行に伴って投入速度は次第に大となり、大体2,3時間で2ton投入完了し、

その後20分で全投入材が溶落する。メルトダウン後は勿論フルパワーで昇温期に入る。大体 $10^{\circ}\text{C}/1,2$ 分でドンドン昇温して行く。 $1,400^{\circ}\text{C}$ 前後でサンプリングして分析を行う。大体7分で分析結果が出、必要に応じ加炭、減炭の操作を行う。 $1,500^{\circ}\text{C}$ 以上でFe-Si(ついで必要に応じFe-Mn)を所要量投入し成分調整を終り出湯を待つ。ダイタイル鑄鉄の出湯温度を $1,530^{\circ}\text{C}$ としスイッチオンからスラグオフ、出湯まで大体3.5hrを要する。その後は $1,000\text{Kg}$ 出湯 $1,000\text{Kg}$ チャージのサイクルをピッチ1.5hrで繰返す。当社は冷材操業の場合、時差出勤制で3時30分スイッチオンし19時~20時まで $9\sim 11\text{ton/day}$ の溶解を行って居る。電力原単位はスターター溶解で $680\sim 720\text{KW hr/ton}$  残し湯連続溶解で $650\sim 700\text{KW hr/ton}$ である。

#### 4-2 二重溶解

誘導炉でスターター溶解を行い $1,000\text{kg}$ 出湯し、2トンキューボラはそれとタイミングを合せて送風開始して置き、前炉に於いて既に脱硫された溶湯をとりべて受け炉にチャージし、直ちに昇温、分析、成分調整を行い出湯する。以下 $1,000\text{Kg}$ 30分ピッチで溶解は進行するのである。キューボラ出湯温度 $1,530^{\circ}\text{C}$ 、樋、前炉、脱硫で $1,400^{\circ}\text{C}$ 前後に降る。この操業の電力原単位は $100\sim 150\text{KW hr/ton}$ である。

溶湯なしで最初からキューボラ溶湯をチャージして行う方法もあるが、溶湯チャージ前に充分炉内を余熱して置く必要があり、ライニングの管理を充分しないと亀裂損傷の危険がある。二重溶解は低周波炉の欠点である溶解速度の遅いことを補うには非常に魅力ある方法であるが普通鑄鉄の場合とダクタル鑄鉄の場合では溶湯原価の構成に大きな差を生ずる。普通鑄鉄操業の場合はキューボラ、誘導炉の各々の長所を相合せた操業が可能で、二重溶解はそのいずれの単独溶解よりも経済的で品質の安定化を計れるが、ダクタル鑄鉄の場合は脱硫工程があるため、キューボラは一般的な高温溶解をせざるを得ないため、量の増大によりウマク固定費を吸収しないと誘導炉単独溶解よりも原価高になる場合が多い。

表3-1にスターター溶解、表3-2に残し湯連続溶解の操業記録の例を示す。

表 3 - 1

| 2Ton低周波誘導炉・操業記録表                     |                                               |         |         |      |                |        |                     | 鋳 込 記 録 |           |             |               |        |       |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|------|----------------|--------|---------------------|---------|-----------|-------------|---------------|--------|-------|
|                                      |                                               |         |         |      |                |        |                     | 出時      | T. P. No. | 処理kg        | 処理℃           | 球化剤    | 接 種 剤 |
| 昭和 44 年 12 月 18 日 (金) Charge No. 573 |                                               |         |         |      |                |        |                     | 7:00    | 1         | 1,000       | 1,130         |        |       |
| 溶 解 記 録                              |                                               |         |         |      |                |        |                     | 時間      | 球化・ナル     | 鋳込温度        | 製 品 名         | 鋳 完 時  |       |
| 時間                                   | KWH                                           | A       | V       | Kw   | kvar           | CV/TAP | 備 考                 | 直後      | 90%       | 1,400       | 21675-6       |        |       |
| 3:30                                 | 44675                                         | 220     | 220     | 100  | +20            | 1/1    |                     | 5分      | 90        | 1,280~1,370 | 80ハフ 12       |        |       |
| 35                                   |                                               | 550     | 250     | 140  | -40            | 2/3    |                     |         |           |             |               |        |       |
| 40                                   |                                               | 850     | 380     | 320  | -60            | 3/4    |                     | 10分     |           |             | 7インチ (210%) 2 |        |       |
| 45                                   |                                               | 1050    | 460     | 460  | -60            | 7/6    |                     |         |           |             |               |        |       |
| 4:00                                 |                                               | 720     | 445     | 310  | -40            | 12/6   |                     | 15分     | 80% 80    |             |               |        |       |
| 40                                   |                                               | 750     | 425     | 320  | -70            | 12/6   |                     |         |           |             |               |        |       |
| 5:00                                 |                                               | 1,000   | 440     | 440  | -30            | 13/6   |                     | 20分     |           | FCDロットの合否   | 製品名 80ハフ      | 確認者 吉白 |       |
| 45                                   |                                               | 1,300   | 425     | 570  | -10            | 19/6   | S.S. 0.5% 投入 16%    |         |           | 合格・保留・不合格   | 最終製品球化率 85%   |        |       |
| 45                                   |                                               |         |         |      |                |        | 2.7% 投入量            | 25分     |           | 時 分 連絡      | 鋳管・型 パラシ・仕上   |        |       |
| 6:07                                 |                                               |         |         |      |                |        | 2.1% 投入量            | 出時      | T. P. No. | 処理kg        | 処理℃           | 球化剤    | 接 種 剤 |
| 27                                   |                                               |         |         |      |                |        | 1,600℃ 700mm        |         |           |             |               |        |       |
| 37                                   |                                               |         |         |      |                |        | 1,500℃ 52mm 加炭 0.6% | 時間      | 球化・ナル     | 鋳込温度        | 製 品 名         | 鋳 完 時  |       |
| 45                                   | 46090                                         |         |         |      |                |        | 1,570℃              | 直後      |           |             |               |        |       |
| 6:50                                 | 46152                                         |         |         |      |                | OFF    | 10% 投入              |         |           |             |               |        |       |
| hr                                   | 使用KWH                                         | KWH/TON | TON/HR  | T.C% | T.C%           |        | 出湯温度                | 5分      |           |             |               |        |       |
| 3:40                                 | 1,477                                         | 703     |         | 3.67 | 3.82           |        | 1,530℃              |         |           |             |               |        |       |
| 特 別 事 項                              | 1. 出湯時間の遅れ・進み 2. 停電 3. 電気回路故障 4. カビ・炉内故障 5. 他 |         |         |      |                |        |                     | 10分     |           |             |               |        |       |
|                                      | 1. (10分以上記録) 遅れ・進み 分 原因                       |         |         |      |                |        |                     |         |           |             |               |        |       |
|                                      | 27-3-                                         |         | 1,000kg |      | 異物付            |        |                     |         | 15分       |             |               |        |       |
|                                      | F.C.D. 錠                                      |         | 700"    |      | 0.5% 投入 10% 投入 |        |                     |         |           |             |               |        |       |
|                                      | 85.                                           |         | 400"    |      |                |        |                     |         | 20分       |             | FCDロットの合否     | 製品名    | 確認者   |
| C                                    |                                               | 16"     |         |      |                |        |                     |         |           | 合格・保留・不合格   | 最終製品球化率 %     |        |       |
| Si                                   |                                               | 1.5"    |         |      |                |        |                     | 25分     |           | 時 分・連絡      | 鋳管・型 パラシ・仕上   |        |       |



| 2Ton低周波誘導炉・操業記録表             |                                            |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|------------------------------|--------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|------------------|-----|------------|---------------|----------|
| 昭和44年12月18日(金) ChargeNo. 574 |                                            |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
| 溶                            |                                            |         |        |        | 記 録    |        |                  |     |            |               |          |
| 時間                           | KWH                                        | A       | V      | Kw     | kvar   | CV/TAP | 備 考              | 出 時 | T. P. No.  | 球 化 剤         | 接 種 劑    |
| 7:10                         | 416152                                     |         |        |        |        |        | カ-5-10kg         |     | 2          |               |          |
| 18                           |                                            | 880     | 350    | 210    | 140    | 22/3   |                  | 5分  | 90         | 2012 1.5-2.5" | 15       |
| 20                           |                                            | 1200    | 375    | 470    | 60     | 2/4    |                  | 10分 |            | 219 1.2-2-    | 18       |
| 25                           |                                            | 1320    | 420    | 660    | 20     | 21/5   |                  | 15分 | 80-85      | 80 1.7"       | 5        |
| 35                           |                                            | 1400    | 415    | 580    | 0      | 24/6   | 1Ton以上           | 20分 |            |               |          |
| 40                           |                                            |         |        |        |        |        | カ-5-10kg         | 25分 |            |               |          |
| 43                           |                                            |         |        |        |        |        | 1.400°C 1.2-2.5" | 20分 | FCDロ、1(合)古 | 製品名 80 1.7"   | 確認者 1/10 |
| 47                           |                                            |         |        |        |        |        | 1.500°C 5x1.1kg  |     | 合格・保留・不合格  | 最終製品球化率 80 %  |          |
| 49                           | 416722                                     |         |        |        | OFF    |        |                  | 25分 |            | 時 分 連絡        | 球 化 剤    |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  | 出 時 | T. P. No.  | 球 化 剤         | 接 種 劑    |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  | 時間  | 球化・チル      | 球 化 温 度       | 製 品 名    |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  | 直後  |            |               |          |
| hr                           | 使用KWH                                      | KWH/TON | TON/HR | TON/HR | T. C % | T. C % | 出湯温度             | 5分  |            |               |          |
| 0-7                          | 680                                        | 680     |        |        | 184    |        |                  | 10分 |            |               |          |
| 特 別                          | 1. 出湯時間の遅れ 2. 電圧 3. 電気回路故障 4. 炉体 炉壁故障 5. 他 |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
| 事 項                          | 1. (10分以上記録) 遅れ 進み 分 原因                    |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|                              | 残心湯 1.100kg Si 1.1%                        |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|                              | FCDロ 700"                                  |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|                              | SS 250"                                    |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|                              | RS 450"                                    |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|                              | 2-1.5 10kg                                 |         |        |        |        |        |                  |     |            |               |          |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  | 20分 | FCDロ、1の台・古 | 製品名           | 確認者      |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  |     | 合格・保留・不合格  | 最終製品球化率 %     |          |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  | 75分 | 時 分 連絡     | 球 化 温 度       | 製 品 名    |
|                              |                                            |         |        |        |        |        |                  |     |            |               | 球 化 剤    |

## 5. 冶金的問題と低周波炉溶湯の考察

低周波炉溶湯の電力による直接急速加熱及び昇温，溶湯の強力な自動攪拌作業等の特徴を生かす冶金的処理は，酸性ライニング鋼鉄溶湯の場合，(1)化学成分の調整，(2)出湯及び球状化その他の処理温度の調整，(3)温度保持及び昇温，過熱の二点である。

### 5-1 化学成分の調整

低周波炉の最大の長所として成分調整が容易であることが挙げられて居るが，管理が不十分であればキュボラ溶湯よりも成分のバラツキが大きき，特にCのバラツキが大きい。原材量を管理し，配合計算を標準化し，加炭操作に習熟することが低周波炉溶湯の最も重要なポイントである。一般には炉中分析によりチェックし，加炭，減炭の操作によってCを0.1%程度のバラツキに押えて出湯して居るが，ダクタイル鑄鉄の溶製にはこの程度の管理が必要であろう。

次に加炭操作であるが加炭剤，炉内温度，元湯の成分，湯運効等により大きく変化するので，入手し易い灰分の少い良質の加炭材を選定し，その工場の操業条件に合致した溶解，加炭操作を重ね，そのデータにより作業を標準化し置くべきである。歩留りとしては80～95%である。減炭操作は清浄で良質のスチールスクラップを投入することにより簡単に目的が達せられるが，これも良くデータを取り二次的なSi分補量も規正した標準をつくって置くべき事は論をまたない。

Siの添加は吸炭速度を妨げないように加炭終了後に，又熱力学的にも出来るだけ高温で出湯直前に添加するのが歩留り良く，良質の溶湯を得られ，歩留りは100%と考えて良い。投入材料に制約される場合もあるが，特にダクタイル鑄鉄の場合，高炭素，低硅素溶解を原則とすべきである。

C，Siのメルテングロスには焼結溶解の様に長時間高温で保持する場合以外考えなくてよい。

Mnは添加量が多いとライニングとの間に反応が起りメルテングロスが大きいが一般的な高炭素，高硅素の鑄鉄溶解ではロスは5～10%程度で歩留り100%との報文もある。添加はSiの添加後が高歩留りを保証する唯一の方法である。

### 5-2 含有ガスその他と溶湯の特性

低周波炉溶湯がキュボラ溶湯に比べてガス含有量が低いであろうことは容易に考えられるが，これは投入材料と操業の巧拙により一概に云えないようである。一般に普通鑄鉄1.450～1.500°C溶解に於いてO<sub>2</sub>%でキュボラ溶湯100～300 p.p.m.，低周波炉溶湯50 p.p.m.前後の様であるが低周波炉の場合，適切な操業と短時間の昇温保持によ



って20 p.p.m.程度まで減少させる事が容易であり、又キュボラ溶湯の様にコークスからの加硫が全くないため原料を選ぶことにより0.02% S以下の溶湯は安定して得られ、これらは球状黒鉛生成の化学的条件と云われるものを満足し得るものでダクタイル鋳鉄溶製に最もふさわしい炉と云えよう。

次に一般普通鋳鉄溶製の場合、(1)原料、C、Si成分が同等の場合はチル、引ケ傾向共キュボラ溶湯よりも強い、又拡張力も高い、(2)C、Siの成分変動が溶湯の諸特性に及ぼす影響がキュボラのそれに比べ遙かにシビヤである事は現場的にもよく経験することであるがこれについて最近の報文は統計的に調査し、その相違の一因として共晶温度が10°C低いことと窒素含有量が高めである事が考えられると報じて居る。

いづれにしても冶金的知識と経験、組織的な管理が充分であれば高級鋳鉄、ダクタイル鋳鉄を常に安定して得ることがキュボラよりも遙かに容易であると云える。

## 6. 低周波炉とキュボラ溶湯1トン当りの原価比較

次表は某社の型録から取ったもので2ton 低周波炉と2ton キュボラとの比較例である。この表ではキュボラでの溶湯原価を100とすれば、低周波炉は69%、金額にして8,316円の差があるようになって居るが実際問題として一般の中小鋳物工場に於いて、良質の鋼屑やドライ粉を、安価に容易に入手する事は不可能で、この点を現実に合ったように修正して計算すれば大体この程度に考えて問題はない。

尚、強靱鋳鉄、特にダクタイル鋳鉄の場合は、溶湯の品質とその安定度が大きく影響し、高価な球状化剤の添加率の差、キュボラ溶湯では避けられない脱硫操作と脱硫剤、処理温度の調整の難易その他以上の結果からの総合歩留りの差等により原価差額はもっと大きくなる。

(材料の単価は昭和43年4月15日の日刊工業新聞によりました。)

### 地金(含添加材)費

| 材 料     | 単 価      | キュボラの場合 |        | 低周波誘導炉の場合 |        | 差 額 |
|---------|----------|---------|--------|-----------|--------|-----|
| 新 鉄     | 26.5円/Kg | 300Kg   | 7,950円 |           |        |     |
| 故 鉄     | 15.5円/Kg | 340Kg   | 5,270円 |           |        |     |
| 戻 材     | 15.5円/Kg | 300Kg   | 4,650円 | 300Kg     | 4,650円 |     |
| 鋼 屑     | 13.8円/Kg | 100Kg   | 1,380円 | 100Kg     | 1,380円 |     |
| ダ ラ イ 粉 | 10.0円/Kg |         | —      | 625Kg     | 6,250円 |     |
| フェロシリコン | 7.7円/Kg  | 6Kg     | 460円   | 4Kg       | 310円   |     |
| フェロマンガ  | 5.9円/Kg  | 4Kg     | 240円   | 3Kg       | 180円   |     |

| 材 料      | 単 価    | キューボラの場合          | 低周波誘導炉の場合         | 差 額    |
|----------|--------|-------------------|-------------------|--------|
| 加 炭 剤    | 30円/Kg | —                 | 8Kg 240円          |        |
| 地金(含添加材) |        | 1,050Kg(50Kgは差損分) | 1,040Kg(40Kgは差損分) |        |
| 合 計      |        | 19,950円           | 13,010円           | 6,940円 |

#### 燃 料 費

| 燃 料       | 単 価      | キューボラの場合     | 低周波誘導炉の場合     | 差 額  |
|-----------|----------|--------------|---------------|------|
| コ ー ク ス   | 21円/Kg   | 180Kg 3,780円 |               |      |
| 電 力       | 5.2円/kWH | —            | 680kWH 3,540円 |      |
| 燃 料 費 合 計 |          | 3,780円       | 3,540円        | 240円 |

#### 炉 材 費

| 炉 材       | 単 価        | キューボラの場合                | 低周波誘導炉の場合                    | 差 額  |
|-----------|------------|-------------------------|------------------------------|------|
| ス タ ン プ 材 | 100円/Kg    | —                       | (300トン当り)1,200Kg<br>120,000円 |      |
| アスベストシート  | 1,200円/枚   | —                       | (300トン当り)4枚<br>4,800円        |      |
| レ ン ガ(並)  | 35円/枚      | 7枚 245円                 |                              |      |
| レ ン ガ(半)  | 23円/枚      | 3枚 69円                  |                              |      |
| モ ル タ ル   | 7円/Kg      | 15Kg 105円               | (300トン当り)                    |      |
| 施 工 工 賃   | 1,000円/時/人 | (20トン当り)10時間<br>10,000円 | 20時間 20,000円                 |      |
| 炉 材 費 合 計 | 1トン当り      | 919円                    | 483円                         | 436円 |

#### 人 件 費

| 人 件 費 | 単 価        | キューボラの場合                          | 低周波誘導炉の場合                         | 差 額  |
|-------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
|       | 1,000円/時/人 | 3人 1トン当り<br>20トン当り<br>14時間 2,100円 | 1人 1トン当り<br>1時間当り<br>0.7トン 1,400円 | 700円 |

## 7. 結 言

以上低周波炉による鋳鉄溶解について難解な理論は総て省き現場的にわかり易く、その概要を述べたつもりであるが、浅学菲才、筆力の及ばざるを恥じるものである。

最後に低周波誘導炉を計画するに当って

- (1) 機械的特に電気的な保守管理、冷却水の管理、ライニングの管理のレベルはキューボラのそれに比し遙かに高度のものが要求される。この方面の要員、技術者の養成をどうするか。
- (2) 多量の電気を使用するため設置場所によっては電力会社は変電所、配電線の新設の要があり、これの負担金の場合によっては相当高額になる。
- (3) 以上に伴い電気主任技術者が必要となるが、適任者が得られるかどうか。

(4) 相当多量の良質の水が必要であるが、之等が充分確保出来るかどうか、又停電的その他不測の事故の対策をどうするか。

(5) 溶解速度の遅いバッチ出湯の低周波炉と造型ラインとのバランスをどうするか。  
等は充分吟味されて然るべきで、之等を検討した上で良き指導者の下に低周波炉が採用されるならば、工場の品質管理と原価低減に大いに貢献する事は疑いない。



# 欧米労働事情視察報告書

水沢鑄物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 視察期間及視察国

視察期間 昭和43年10月7日より同年11月11日までの36日間

視察国 日本ILO協会第4回欧米労働事情視察日程通り

## 2 団員構成

労働側20名 使用側20名 公益1名 その他係員3名 計44名

## 3 視察国労働事情

### イ、イギリス

総人口は5,460万人で、内労働総人口は2,600万人、就業者は2,400万人で製造業900万人、鉱業350万人、その他建設業、交通業に従事している。

労働組合数574組合で、組合員数は約1,000万人である。組合の規模は最小24人最大150万人である。組合員1,000万人のうち900万人はTuC（英国労働組合会議）に所属している即ち筋力労働者は2人に1人、ホワイト・カラー労働者は5人に2人が所属している。組合組織は産業別、職能別、一般と3つ組織がある。経営者の協会は全部で3,500あってその中央組織はイギリス産業連盟で、経営者の4分の3を包含している。

失業者は現在60万人。

賃金は1週当り平均男子22ポンド（約2万円）女子は11ポンド（約1万円）で時間当り男子10シルリング（430円）、女子6シルリング（258円）で労働時間は週平均男子46時間、女子36時間である。然し1週間の標準労働時間は40時間～41時間である。

賃金は全国的産業別交渉で50%が決定されており、最近では企業に於ける交渉の比重が大きくなっている。協約は法律による保護なく紳士協定である。

最低賃金は賃金その他労働条件について労使の交渉機関がないとき、また、関係団体の申請にもとづいて雇用、生産性大臣の裁量によって業種毎に設立される賃金審議会で決定される。賃金審議会は労使同数の代表と3人以下の中立委員で構成されることになっており、現在60ほどの賃金審議会があり、対象労働者は358万人となっている。

\* 東北支部理事

職業訓練制度については職業再訓練のための重要性を認め現在産業訓練委員会が25あって600万人の労働者が対象となっている。

労働事情の内、特筆すべき事に物価所得政策がとられ1年8.5%以内に賃金の上昇率をおさえ、以上なれば罰せられる。尙、産業再投資即ち第三次産業を抑制、輸出産業増強、未開発地域の開発のため2年前から雇用税を創設している。

昭和38年から同42年までの1人当りの工業生産伸び率は20%、賃金32%、物価21%となっているので、所得物価委員会を設け、物価、所得政策を取っていることがうかがわれる。

#### ロ、スウェーデン

総人口は800万人弱でそのうち経済活動人口380万人、給与生活者は280万人である。労働組合組織は全国組織で3つある。一番大きい組織はブルーカラーのLO（スウェーデン労働組合総連合）で160万人、組織率100%、35の地方支部からなっている。次がホワイトカラーのTCO（俸給職員中央組織）で50万人、組織率70%、三番目が学校関係のSACO（スウェーデン専門職団体総連合）で8万人合計218万人となっており非常に組織率は高い。しかも三つの組織は内容の異った組織で競争はしない。

経営者の全国組織は45の経営者団体からなるSAF（スウェーデン使用者団体総連合）があり25,000の経営者（製造業、鉱業、建設業、交通業など）が含まれており、その労働者数は125万人で内100万人はLOに所属している。外に林業、農業、銀行、船舶、航空といった経営者の協会で小さいものがある。

この国ではLOとSAFを二つの巨人とっており、戦後の産業平和の記録保持国となっている。失業者率17%で32,500人で不足労働人口は41,000人である。

賃金はヨーロッパでは最高といわれており、1962年の統計では1時間当たり12クローネ12オール（860円）となっている。賃金の決定はLOとSAFの労使それぞれ25人の代表が参加する中央集团的交渉でなされている。年間の最低賃金は男子21,000クローネ（1クローネ71円）女子15,000クローネ（家内工業）で35,000クローネの高賃金者もある。平均賃金を100とすると最低は88、最高は135の割合になっている。労働時間は1週42.5時間で1日8時間、オーバertimeは年間150時間までとなっている。

賃金の3分の1は協約で決められており、3分の2は生産量によって支払われている。又、製造業と建設業に従事する労働者6割余は出来高払いで4割弱は最低時間賃金率の適用を受けている。

賃金で問題になっているのはヤミ賃金（ウエジ、ドリフト）で協約外の賃金現象で4%~9%になっていたが、ここ2年間は2%に下がっている。

以上高賃金ではあるが所得税が非常に高く平均30%、間接税11%、税率は所得に比例し高くなり80%程度納める人もある。そのため社会保障制度が非常に発達しており、10才以下の児童は1ヶ月1人当り75クローネ支給されており、教科書、給食費は無料である。

職業訓練については一般、再訓練とも国家費用で行なわれ、90%の青年が2年～3年間職業訓練を受けている。特殊訓練については企業が支払っているが、訓練修了者にはその企業にとめる義務づけはない。

尚、1958年から1967年までの上昇率は生産性5.5%、物価3.8%、賃金8.5%ということであった。

## ハ、西ドイツ

第二次大戦後ドイツは東西に分かれているが訪問したのは西ドイツで、総人口5,680万余で、総労働者数は2,300万人、うち組織労働者は800万人でDGB(ドイツ労働総同盟)に所属している労働者は650万人です。DGBは中央的構造で16単産を合わせたものである。組合は原則的には1企業に働く労働者は一つの組合に入ることになっており組合費は組合員の自宅へ行って徴収するということです。但し、一部例外もある。DGBは16単産の年間総収入の1割をもらって運営されているが、非常に教育活動に力を入れており、市町村レベルで無数の学校があり、産業レベルの学校が全国に21校あって1～6週間の指導教育を行い、更にアカデミーレベルの教育が行なわれ、選ばれた人達を1～2年間教育している。これらの教育を受ける人達は総べてDGBで給料が保障されている。

尚、DGBは労働銀行を経営、全国30銀行のうち第4位となっている。外に住宅(アパート)建設、生命保険等にも力を入れてやっている。

経営者の組織ではBDA(ドイツ使用者団体連盟)、使用者の最高組織がある。組織は個人でなく、地域団体14、産業別最高団体43が直接加盟し、750の団体はこの二つの団体を通じて間接加盟しているので、あらゆる産業の団体800余が加盟している。

賃金協約の交渉は基本的に地域的段階で行なわれ、全国産業別、数州にわたる団体交渉、州又は地方支部の産業別となっており、DGBは45人の学者からなる経済研究所を持って科学的に研究分析された資料で感情とか主観を除外した交渉をさせるようにしている。

賃金には能率給なく、職務給が適用されより高い賃金を得るにはより高い技能、技術を勉強して身につけ仕事をせねばならない、産業労働者の平均時間当り賃金は男子510ペニー(100ペニー=90円)、女子354ペニー、男女平均480ペニー(1968.4)とのことでありました。尚、労働不足で賃金ドリフトが発生している。労働時間は全国労組で41.25時間となっている。税金は20%位である。



職業教育は14才から3～3.5年間は徒弟制度で賃金なし、1ヶ月120マルクの手当支払いとなっており18才になって1人前の労働者となる。再訓練については国の費用で行う。現在人手不足で外人労働者100万人を受けいれているが、失業率は0.8%となっている。次に労働内の中に共同決定権の事があるが、資本も労働も同じ価値であるという考え方から原則として5人以上の企業に経営協議会を設け処理される方向にある。一般企業は労働側から3分の1の委員が入ることになっている。議長は中立である。特筆すべき事に非常時代法が成立されていたことである。

## 二、フランス

5月、6月の一大ストライキで婦人の最低賃1時間3フラン(1フラン73円)に決定、約2倍となったというこの国の労働者の組織率は25%前後とみられ共産色の強いCGT(フランス労働総同盟)、CGTから分れた、CGT.FO(フランス労働総同盟、労働者の力)CFDT(フランス民主労働連合)を主流として、CFTC(フランスキリスト教労働連合)CGC(幹部職員組合連合)外若干の自治労連からなっている。

使用者の方は労働者とことなっていてCNPFF(フランス全国使用者連盟)が1本にまとまっている。組織はどれも産業別、地域別である。しかし企業の中にも組合をつくることのできるようになった。賃金の決定は最低賃金は政府で決め、一般は協約で決めるが、全国的、地域的、地区的に行なわれるほか、事業所別にも行なわれることもある。

最賃委員会の構成は政府代表3人、労使代表各15人、全国家族協会連合代表3人、計36人からなっており、現在適用されている労働者は10万人前後で就労可能人口2,000万人から比較すればきわめて少い。最賃は平均賃金の9割を基準として決定されているので標準賃金ともいえる。最賃は全国一律である。

労働時間は1週40時間であるが現在8時間のオーバertimeとなっている。

次に労働者の企業利益参加であるが、労使に問題がありあまり普及していない。立法(1959年)以来わずか20万人しか利益を得ていない。

職業訓練については技術訓練学校、企業で訓練、親方が雇入れて訓練するがどれも協約で決められている。

1968年は物価6%、7%上昇したのに賃金は13%～14%上昇しているが5月6月事件後の後処理が多く残されているので今後の動きが注目される。

## ホ、スイス

ILO本部を訪問ヨーロッパの労使関係をそれぞれの担当者から聞いたが、スイス国について述べることにする。

4万1千平方キロの面積で人口約600万人弱の3州の集った連邦国で永世中立を国の基本とし、パンは3年間分を備蓄している。アパートの地下は倉庫となっており非常時に防空壕ともなる。国民総べてが兵役の義務あり24時間で50万人の防備体勢を整えることができる。就業人口は280万人、内75万人位は外国人である。組合は乱立して居り協約は長期であり、賃金は物価にスライドする。外国人労働者を好まないが、清掃、土木、ホテルボーイ等でスイス人がいやがる仕事に従事しているので困っている。

I M F (国際金融連)は加盟人員1,000万人、加盟国60ヶ国、125の組織を代表している。

日本の鉄鋼が安いのは賃金が安いからだとしてアメリカから提訴をうけたが調査したら日本の鉄鋼業の合理化が進んでいるので賃金を上げる勧告はできない。

#### へ、イタリア

イタリアの人口は5,150万人余で労働組合組織は政党と密接な関係がある産業別の全国労働者の組織が基礎となっている。先ずCGIL(イタリア労働総同盟、共産、社会党系)で組織、員数は約280万人、次がDISL(イタリア労働組合総連合、キリスト教民主党系)で組織員数230万人、UIL(イタリア労働総連合、社会民主、共和党系)は約70万人の組織で外にCISNAL(イタリア全国労働組合総連合、新ファシスト系)がありその組織率は次第に低下しているが40%前後と見られている。

尚、工場内には組合がないため常時40人以上の工場には工場委員会が設けられている。

一方使用者団体の有力なものはイタリア工業総連合、林業総連合、農業総連合などがある。イタリア工業総連合は約107の地域使用者団体と103の産業別使用者団体からなっている。

尚、国が支配勢力をもっている、石油、化学等国有企業(産業復興公社)の使用者の連合体がある。

賃金はヨーロッパの中で低いといわれているがその決定方法は原則として労使の中央総連合間で産業別全国協定によって決められる。法的最低賃金はない。

賃金の平均は月9,000リラ(1リラ58円)で税金は10%前後と思われる。賃金は物価に6ヶ月毎にスライドする。

イタリアの問題点は南部農村地帯からの労働者の移動で年間30万人といわれ、北部工業地帯、外国出稼ぎするので農業の再編成、南部産業開発に力を入れ、現在職業訓練、技術訓練が国の責任で行なわれている。

#### ト、アメリカ

広大なアメリカの労使訪問はAMA(アメリカ経営管理協会)、ILGWU(国際婦人衣服

労組), A F L , C I O (アメリカ労働総同盟産業別会議) U A W (全米自動車労組), I F P C W (国際石油化学労連), O C A W (全米石油化学原子力労組), 国際印刷工労組の教育センター, それに全米林業会議所, 労働省であったが主なることを申し述べる。

- ① A F L , C I O の組織人員は1,500万人で, この組合の言動は・大統領, 政対主脳経営者に強い影響力を持っている。黒人問題は人種差別撤廃, ベトナム(東南アジア) 和平開発に力を入れている。物価の上昇については重大な関心を寄せている。5, 6年前は1%であったのが今年は4.5%になった。
- ② A M A (アメリカ経営管理協会) では, 労使関係の基本はコミュニケーションであり, マーケティング技術, 職業訓練, マネージメント訓練が大事であり, 行動科学を職場において適用することがある。
- ③ 労使関係は全く好ましい関係にあり, 組合指導者は長い経験をもった年輩者が多い。
- ④ 団体交渉は国家機関が決定した交渉単位毎に行うのが特徴であり企業別交渉を主体とする。U A W での賃上げは会社の財務分析をして決める。
- ⑤ 最低賃金は連邦政府と州法によるものがあり現在3,500万人が適用され, 全国, 全産業, 全職種が画一的に定められ現在1時間1ドル60セント(576円)である。
- ⑥ 賃金水準はU A W で1時間平均3.5ドル(1,260円)で組合費は1ヶ月2時間分7ドルである。但し, ストライキに入ったときの生活保障は1週間20~30ドルとなっている。
- ⑦ 国際印刷工労組の教育センターを見学したが組合が大いに力を入れており, 訓練者は17才~63才のものが入っており, 訓練費用無料, 終了後は賃金が約4割高くなる。

#### 4. 欧米労働事情視察で痛感した事項

##### イ、日本の国際的地位

国民総生産で世界第2位となった日本の経済伸長は世界の驚異として国際的地位が高まったが国民1人当りの所得はまだまだであるので世界を広く見て, まねる産業でなく新規開発に向って進まねばならぬから行政当事者, 産業人は進んで海外を視察すべきである。

##### ロ、国家意識の高揚

いづれの国も労使共に国家意識の上に立って国の利益, 国民経済を考へ国の繁栄をはかる事を基本的に行動しているので労使共々に国家意識の高揚につとめ国の繁栄をはかるよう活動すべきである。

##### ハ、どの国でも人手不足

人手不足でヤミ賃金を支払っている国があるが, 生産性向上をも考へ合理的近代化を急速に



進め構造的改善を行って国際競争に対処すべきである。

## ニ、物価と賃金

欧米はたしかに賃金も高いが、物価も高いことは事実です。生活水準はこのことも考慮に入れて比較せねばならないのだが今回の日程では無理です。

## ホ、職業訓練

技術、技能修得訓練も大事であるが技術革新に備えての高度の訓練の外新時代に備えての経営者、管理者の教育訓練が必要である。

## ヘ、世界企業

コカコーラが至る処で生産、販売されているのを見、世界企業ということを理解することが出来た。

## 5. おわりに

イ デンマーク、オランダ、オーストリア、カナダの諸国は見学のみとなったので労働事情は省略した。

ロ、言葉は通じなくても人と人の間には肌で感ずるものがあり、「百聞は一見にしかず」のことわざ通りだという感じで今日の視察をあらゆる面で自分なりに活用、広く役立たせて行く考えであります。

ハ、短時間の訪問で言葉が通ぜぬので、実際と相違点もあるかも知りませんのでお許しねがいたい。

# ヨーロッパの鋳鋼業を見て

伊達製鋼株式会社

取締役工場長 郡

＊  
勇

昨年春5月1日から約5週間西ドイツを中心にスイス、イギリスの各国を廻り、鋳造工場9、鋳機メーカー2社を視察しましたが、その中で感じたことを申上げ、皆さまに何かの御参考にならばと存じ筆をとった次第でございます。

## 1 西ドイツの鋳鋼業について

西ドイツの鋳鋼工場は主としてライン工業地帯に集中して存在し、鋳鋼業者数は約88社で、いづれも独特の古い歴史と伝統をもったものが多い。鋳鋼品の需要は機械工業や輸送機工業等の所謂投資財産業向けが50%以上を占めているため、当業界は日本と同じく景気の変動の影響を極めて受け易い。

第1表 鋳鋼の需要先別販売状況

(単位 千トン)

|          | 1965年(構成比) |                     | 1966年(構成比) |                     | 1967年(構成比) |                     |
|----------|------------|---------------------|------------|---------------------|------------|---------------------|
| 投資財産業    | 158.8      | (51.3) <sup>%</sup> | 148.5      | (52.5) <sup>%</sup> | 132.9      | (52.0) <sup>%</sup> |
| 機械産業     | 121.8      | (39.3)              | 115.8      | (40.9)              | 106.2      | (41.6)              |
| (内)輸送用機械 | 37.0       | (12.0)              | 32.7       | (11.6)              | 26.7       | (10.4)              |
| その他      | 150.7      | (48.7)              | 134.5      | (47.5)              | 122.7      | (48.0)              |
| 計        | 309.5      | (100.0)             | 283.0      | (100.0)             | 255.6      | (100.0)             |

(資料出所) Wirtschaftsverband Giessei-Industrie,  
1965~1967

鋳鋼の生産量は第2表に示す如く1960年(昭和35年)に36万トン/年で、1968年(昭和43年)でも32.5万トン/年とやや減少しており、日本は昭和35年に略々同額の34.9万トン/年が昭和43年には2倍以上の73.5万トン/年であり、西ドイツの鋳鋼の生産量はその間景気の変動により山谷は多少あるが、殆んど生産量は水平移動に近い。この点が西ドイツ鋳鋼業界と日本の業界と根本的な相違点であるように思う。

＊ 東北支部理事



第2表 西ドイツの鋳鋼生産高の推移

(単位 千トン)

|               | 1960年      | 1961年  | 1962年  | 1963年   | 1964年   | 1965年  | 1966年   | 1967年  | 1968年   |
|---------------|------------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|
| 鋳鋼計           | 360        | 394    | 356    | 300     | 341     | 348    | 298     | 272    | 325     |
| (対前年)<br>増減率) | %<br>(+20) | (+9.5) | (△9.6) | (△15.7) | (+13.7) | (+2.0) | (△14.4) | (△8.7) | (+19.5) |
| (内) S M 鋼     | 98         | 102    | 73     | 45      | 53      | 48     | 35      | 31     | —       |
| 電気鋼           | 227        | 259    | 256    | 234     | 266     | 284    | 256     | 238    | —       |
| ペッセマー鋼        | 35         | 34     | 26     | 21      | 21      | 15     | 6.1     | 2.9    | —       |

(資料出所) Eisen und Stahl, 1968, P.12 (自家用含む)

## 1-1 西ドイツの鋳鋼業は今後どうなるか。

昭和44年5月7日デュッセルドルフ市にあるドイツ鋳鋼会の事務所にハーク理事長等と上記のテーマについてお話を伺ったが、西ドイツの鋳鋼を知る上に非常に参考になったのでその要点を次に記してみます。

## 懇談結果の要約

- ① ドイツの鋳物は全般的にみて、今後ダクタイル鋳鉄に進んでゆくだろう。
- ② 鋳鋼は次第に溶接構造に移行しつつあり、今後は余り伸びない。
- ③ 伸びない理由の第一は労働力の不足であり、最近労働力不足をカバーするためにイタリア、ベルギー、オランダ等から外人労働者を多く(40%位)入れており、特に鋳仕上関係をやる人がいない。
- ④ 鋳鋼品の需要分野は主として、機械工業で、自動車は大型の貨物用にしか使わない。バルブは鋳鋼品から次第に強靱鋳鉄に移行しつつあり、内面にプラスチックやゴム加工したものが化学工業用に使われている。  
ロールなどは鋳鋼品が使われるが、アンカー(錨)などは北欧が安いので駄目である。将来性ある需要分野としてはプレス、タービン、ハンマー、発電機等であり、ものによっては溶接構造から逆に鋳鋼に逆戻りしているものもある。例えばトラックのハウジングなど。  
鋳鋼は温度差の著しい北欧やソ聯などでは多く使われている。
- ⑤ 労働者の賃金は月10万円位で日本の約1.5倍。賃金の上昇は鋳鋼のみならず諸工業全般の傾向であるが大体5%~8%位で日本に比べて上昇率は低い。鋳鋼は他の業種より1割位賃金が高いが、その差が僅かだから、若年労働者の確保が特に困難であり、学校などの養成機関を設置してあるが卒業するとすぐ他の職に転出する者が多い。

労働者の平均年齢は40才位で都会ほど高年齢者が多い。

- ⑥ 製造原価の50%位を人件費が占めており、稼働時間が土曜、日曜休みの週40時間制で短いため生産能率はあまり良くない。

第3表 労働生産性と賃金

|       | 労働者実働1時間当り生産量 |          | 労働者1時間当り平均賃金※ |          |
|-------|---------------|----------|---------------|----------|
|       | Kg            | 1960=100 | D. M          | 1960=100 |
| 1963年 | 7.87          | 99.2     | 4.11          | 125.2    |
| 1964年 | 8.53          | 107.6    | 4.48          | 136.5    |
| 1965年 | 8.34          | 105.2    | 4.73          | 144.1    |
| 1966年 | 7.75          | 97.7     | 4.93          | 150.1    |
| 1967年 | 8.17          | 103.0    | 5.08          | 155.0    |

※ 鋳鉄鋼業界全般に  
関する計数

(資料出所) Stahleisen-Kalender, 1969, P.187  
Eisen und Stahl, 1968, P.62

- ⑦ 西ドイツの鋳鋼業界が経営的に苦しいのはベルギー、オランダ、イタリー等の近隣諸国から安い価格で鋳鋼品が沢山輸入されているからである。  
昭和42年は西ドイツは大規模な不況のため鋳鋼メーカー4社が倒産した(生産量約2,500トン/月)が昭和43年から好況となり、現在合理化のための設備投資が盛んに行われつつある。
- ⑧ 西ドイツの鋳鋼の労働生産性の向上は殆んど認められず、しかも賃金の上昇は著しく、これが経営上の最大課題となっている。  
当業界でも従業員100人未満の小企業は著しく衰退しつつあり、企業の合併や集中系列化はかなり進行しつつある。大きな鋳鋼メーカーは20社位で、これらは系列化されており、その生産量は全体の50%を占めている。残りの50%はコンツェルン(系列化)に入っていない中小企業の会社である。
- ⑨ ヨーロッパ全体で年1回の鋳物技能大会を各国持ち廻りで開催し技能の向上に努めている。
- ⑩ 鋳物品の価格は平均3マルク/Kg(285円/Kg)であり日本の約1.8倍である。日本に比べて炭素鋼鋳鋼品は約1.6倍、中高合金鋼鋳鋼品は約2.0倍で割高である。

第4表 鋳鋼製品価格推移

|       | (1962=100) | (A)       | (B)   | (A÷B) | 1962=100 |
|-------|------------|-----------|-------|-------|----------|
|       | 連邦統計局指数    | 生産物価格     | 生産数量  | 平均単価  | 同左指数     |
|       |            | (千DM)     | (千トン) | DM/Kg |          |
| 1963年 | 99.4       | 825,797   | 300   | 2.75  | 103.4    |
| 1964年 | 102.0      | 910,369   | 341   | 2.67  | 100.2    |
| 1965年 | 107.7      | 1,045,846 | 348   | 3.01  | 113.1    |
| 1966年 | 111.3      | 945,093   | 298   | 3.17  | 119.1    |
| 1967年 | 110.5      | 823,143   | 272   | 3.01  | 113.1    |

(資料出所) Giesserei-Kalender, 1967, P.38  
Eisen und Stahl, 1968, P.61

1-2 西ドイツの鋳鋼工場

1-2-1 グロスマン社

この会社は刃物で名高いゾーリングゲンにあり、鋳鋼専業で生産量は750トン/月  
従業員は450人内現業400人、機械工業部品70~80%、鉄道、自動車部品20~  
30%、現在好況のため昼夜二直制を実施している。従業員は30km以内から通勤して  
おり、平均年齢は50才で平均勤続年数は20年、現在外人労働者(主としてイタリア人)  
を約40%使用している。月収は8~18万円/月で平均11万円、労働時間は平均  
180時間/月、土・日休みの週5日制で定時は40時間/週であるが、好況のため或程  
度の残業、休出を行なっているようである。社員には年6週間の有給休暇が与えられてい  
る。毎年の賃上げは平均4~5%である。合理化設備の投資額は最近では200万DM/年  
(約2億円/年)だそうで、その60~70%は自己資本でやっている。この点は日本と  
大いに異なる。

- ① 工場の規模、設備、生産内容は伊達によく似ているが、工場の建屋面積は伊達の2~  
3倍ありこれには驚いた。特に機械設備、検査施設、木型工場等はすごく立派であり、  
人員も日本より遙かに多い。
- ② 各職場毎に国家試験をパスしたマイスターと呼ばれる技術専門家がいて実にうまく現  
場作業を指導していたのには感心させられた。
- ③ 設備としては略ぼ伊達と同等で特筆するものはないが、鋳物砂の珪砂がSiO<sub>2</sub> 99  
%と高純度で球状に近い理想的なものを近くで産出するものを使用していたのは、日本  
ではこんな良い砂がなくて困っているのに、本当に羨しいと思った。
- ④ 品質としては焼着きは殆んどなく、砂かみ等の欠陥も少なく、溶接手入が非常に少な

い。検査は日本よりやかましく、特に放射線検査付きの品物が多い。

- ⑤ 作業規律は日本よりやかましく、作業時間は短かいが時間一杯キッチリと働いており、休憩や手洗いの時間も正確に規定して労働時間外で実施している。この点ドイツ人は偉いなあと感心した。
- ⑥ 作業環境は日本より遙かに進んでいる。電気炉、溶接場、グラインダー等の除塵は殆んど完全に行われており、鑄造工場の建物は古くて良くないが、仕上工場は建物が高くて、側壁が全面広いガラス窓となっており、とても明るくて気持ちが良い。工場内には冬期暖房用のスチームが配管されており、工場のいたる所から10m毎に熱風が吹き出すようになっている。

#### 1-2-2 ベルギッシュェシュタール、インダストリー社

##### ① 生産内容は、

普通鑄鋼650トン/月、ステンレス鑄鋼200トン/月、ダクタイル鑄鉄1500トン/月。従業員は、鑄鋼700人、ステンレス200人、ダクタイル600人、機械加工900人、合計2,900人でこの中で外人労働者は約40%あり、家族と共に社宅に入って永住している。

この会社の特色は

鑄物を黒皮で売るだけでなく、製品の加工度を上げて完成部品にしている。また鑄鋼品も技術的に難しいものが多く、平均売価も40DM/Kg(約38万円/トン)である。

##### ② 設備としては、(鑄鋼関係分)

電弧炉4トン、8トン、高周波炉1トン2基、500Kg、300Kg、50Kg各1基、大型造型機(1m角枠)2台、中型造型機6台(700角)、小型造型機4台(500×400)の流れ作業方式で非常に能率が上がるため他の作業は2直(仕上)3直(溶解)をやっているが造型だけは一直制(6時~14時)でやっていた。

##### ③ 技術は非常に優秀

中子造型は殆んどコアシュターを利用し、コールドセット砂を研究してうまく使用していた。ジルコン砂や当冷金およびインナーチラーをうまく活用していた。

中子の重要な個所には丁寧に塗型を行ない、造型機用の方案は全部盲押湯式でガス抜き以外に開放押湯は見られなかった。製品の型ばらし後の状態は非常にキレイであり、特に感心したことは鑄張りその他の欠陥が殆んど認められなかったことである。鑄張りが多いか少ないかで或る程度その鑄造工場の技術水準がうかがえると言っても過言ではなからう。

##### ④ 検査は非常に厳重である。

この会社の製品が高品質の要求される高級鋳鋼品が多いためでもあるが、特殊鋼鋳鋼品は全面カラーチェックを行ない、その検査設備も流れ作業式でとても立派なものである。非破壊検査設備も完備しており、Co<sup>60</sup>γ線、5、10、50キュリー計5台、X線3台を設置し、検査関係の人員も鋳鋼とステンレス関係で約50人位いるようであった。きびしい検査にも拘らず、製品の不良率は1.5～2%とのことであった。

⑤ 鋳鋼品を完成品として

ベルギッシュ社では鋳物を作って売るだけではなく、部品として完成された姿で売る。即ち製品の高級化を経営方針の一つとしているようであった。その機械工場は鉄筋コンクリートの建物の2階に設置され、その面積は余裕があり、設備機械の量質共に完全に近い状態であり、労働力不足のため、設備の1/2位しか稼働していなかった。(二直制のためもあるが)

こゝでは自動車部品などは完成品として最終加工まで行なっており、大物で形状の複雑な品物は2～3分割して鋳込まれこれを溶接組立して完成品とする。進歩的な考え方が実際に数多く行われていた。

1-2-3 ラインシュタール、フリードリッヒ工場

ラインシュタール社は日本の三菱重工のように、西ドイツにおける鉄鋼機械の総合メーカーで数多くの系列会社をもつ、ドイツ有数の大会社である。

ミュールハイムにあるフリードリッヒ、ウイルヘルム工場では全従業員3,000人、現業員の80%が外人労働者であり、その概要は次の如くである。

|               |            |              |      |
|---------------|------------|--------------|------|
| 生産量           | インゴットケース   | 4,000～18,000 | トン/月 |
|               | 鋼材         | 600～700      | "    |
|               | 鋳鉄インゴットケース | 2,000～3,000  | "    |
|               | 一般鋳鉄品      | 1,500        | "    |
| 鋳鋼品(平均単重30Kg) |            | 1,150        | "    |
| 手込関係          | 350トン/月    | 150人         |      |
|               | 造型機関係      | 800トン/月      | 100人 |
|               | 鋳仕上その他     | 350人         |      |
| 計             |            | 1,150トン/月    | 600人 |

① 造型機工場は最新式

造型機は全部自社製のラムジョルト式半自動の流れ作業方式を全面的に採用し、純生型でユニットサンドでやっており、搗固硬度も90以上あるように思った。



大型造型機(800×800)

2台, 1ライン

中型造型機(600×500)

4台, 2ライン

中子は殆んど全部コーシュターを採用し, 中子場は外屋の2階にあり, 50ℓ型2台, 25ℓ型5台, 12ℓ型3台の計10台を使用していた。中子砂は80%が油中子で20%がガス型であり, 造型機ラインと中子作業は非常に高効率であった。

② 品質と技術水準について

銘柄的には簡単なものが多く, 機械化, 自動化が進んでいて生産能率は前2社よりも遙かに良いが, 鑄放し品には鑄張りが多く, そのため鑄仕上で大変工数を多く要しているようであった。

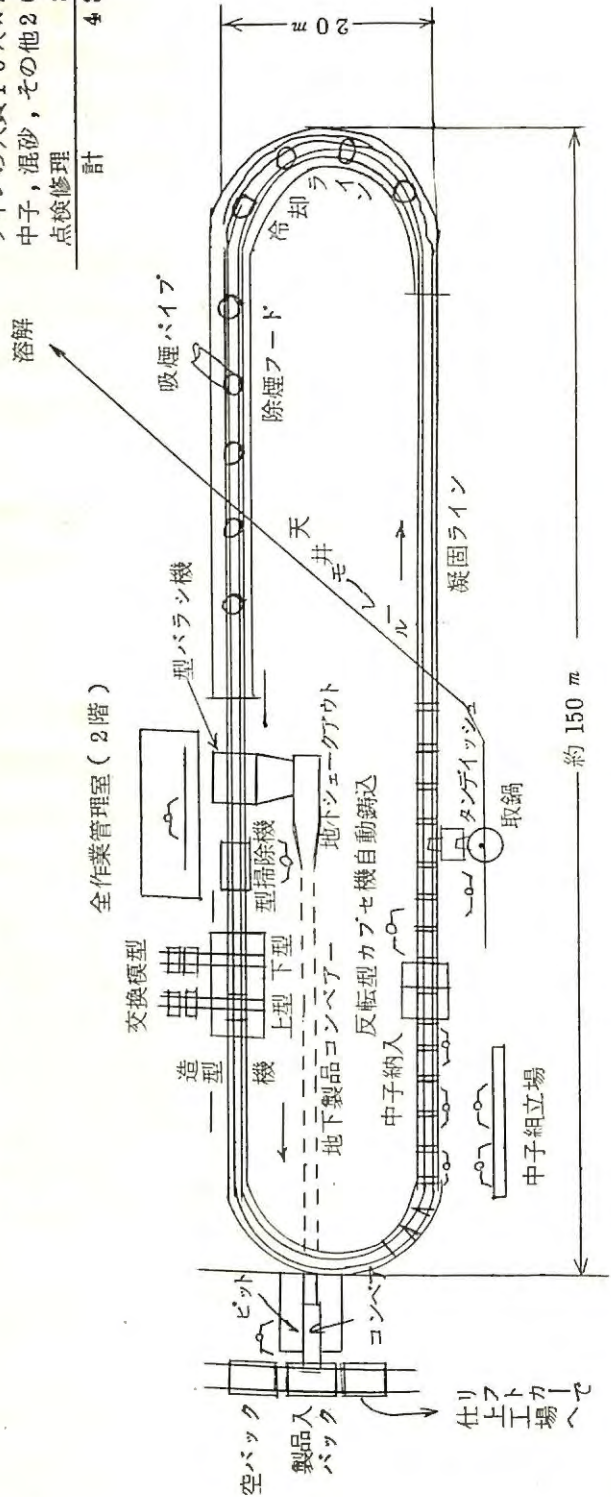
1-2-4 ラインシュタール,

ヘンリッヒ工場

ハッティンゲン市にある工場で暖房用ラジエーター鑄鉄ワインの専門工場を見学したが, こゝではキューンケル・ワグナー社の完全自動造型機ラインを約5

(鑄造人員)  
ラインの人員10人×2直  
中子, 混砂, その他20人  
点検修理 8人  
計 48人

第1図 完全自動鑄込ラインの略図



年半前から使用しており、鑄造関係者43人で1ヶ月約4,000トンの鑄鉄ワイン(約10種類/月)を生産しており、その労務者1人当たり100トン/月という世界でも最も高い生産性には驚かされた。

### ① 鑄鉄の無人式鑄込法

溶解は8トン熱風式前炉付キューポラー2基で材料は自動装入で行われ、前炉から全自動式に出湯された溶湯を1トン取鍋が天井モノレールで自動運搬され、取鍋から鑄型1個分の湯量がタンディッシュを経て自動計量されて、鑄型に注湯される。所謂完全な無人式鑄込作業が行われ、この場合注湯場にコントローラーが唯一人監視しているだけである。このタイプは日本でも軽合金鑄物では例があるが鑄鉄では世界でも珍しいのではなからうか。

### ② 完全自動造型機ライン

第1図に示す如く造型作業は全くの無人で完全自動化され、20秒タクトで上下型が同時に造型されてラインに送り込まれ、中子は幾つか(5~6個)のシェル型を組立式で納められ、注湯後は強制冷却ラインを経て自動で型バラシされ、全工程は2階の管理室でコントロールされている。

この工場では昨年1ヶ年間の造型機の稼働率が何と93%という驚くべき高稼働率だそうで(同行のマイスターの説明)、ドイツの機械の優秀性に深い感銘を深めた。

## 2 西ドイツの鑄機メーカー

ハノーバーにあるグラウエ社とアルヘルドにあるキュンケル・ワグナー社とを視察した。グラウエ社は日本の久保田鉄工と栗本鉄工の造型機を製作中であつた。

キュンケル社は小松製作と北沢バルブの造型機を受注していた。

両社共に現在非常な好況であり、特に日本からの引合いが多いようであつた。

グラウエの造型機は大部分が鉄板溶接構造が多く、80%が国外輸出であり、20%が国内向けである。キュンケルは大部分が鑄物構造であり一般に頑丈にできているように感じた。

両社共に設計陣は強力且つ豊富であり日本の鑄機メーカーよりも奥の深さが感ぜられた。特にキュンケルの造型機については前述のラインシュター社例の如く、「絶対に故障のない機械」というスローガンの下に設計から材質の撰定、製作方法にいたるまで、細部にわたるまで徹底した注意と努力が払われていることが認められた。この点はドイツ人の顧の良さと長い歴史と伝統の賜であり、日本のメーカーも大いに学ぶべきではなからうか。

### 3 スイスの鑄造工場

チューリッヒ郊外のウィンターツールという町にある、ズルツァー・ブラザーズ社の鑄造工場を見学した。ズルツァーはディーゼル機関、コンプレッサー、タービン発動機、ボイラー等の総合メーカーであり、世界的に有名な優秀企業である。日本の20数社がこゝと技術提携しているそうである。この会社の鑄造工場は鑄鋼、鑄鉄、非鉄金属鑄物の三部門が一つの工場建屋の中に工程別に縦に配列され、鑄鋼500トン/月、鑄鉄2,000トン/月、非鉄500トン/月、合計3,000トン/月の総合鑄物工場である。

- ① 作業環境世界一を誇る鑄物工場だけあって、建物は広く明るくて、余裕のある作業場であり、側壁と屋根はガラス張りで、食堂は都会の一流レストランのように美しい。除塵装置は電気炉、溶接、グラインダーのすべてに取付けられ、その排気能力は100万 $m^3$ /時間という驚くべき素晴らしさであるが、明るい建物の天井には煙がたなびいているのが認められ、鑄物工場の完全除塵の困難さを痛感した次第である。
- ② 生産品の内容は50%が自社向、50%が外販向とのことであったが、鑄物としての量産品は少なく、大物、小物共に一品料理の難しいものが多いためか、生産性は余り良いとは感ぜられなかった。ここでも労働力不足は著しく、現場労務者の約90%が外人労働者（主にイタリア人）であった。

### 4 イギリスの鑄鋼業について

ロンドンにあるイギリス鑄物技術者協会のランバート理事長とイギリスの鑄鋼業について懇談したがその結果とその後2つの鑄鋼工場を見学して感じたことを総括してまとめてみた。

- ① 英国の鑄鋼業は過去10年間、波は激しいが生産の伸びは殆んどない。
- ② 英国では現在相当の失業者がいるから労働力は大体十分に充たされている。
- ③ 英国では労働組合は職種別の全国組織下にあり、同一鑄造工場内にも職種別に4つも5つもの組合があり、それぞれの組合毎に賃上げや待遇改善の要求を出して闘争しており、経営者はその応接に暇のない状態であり、どの工場でも年中何かとガタガタしているようで生産性の向上など期待し難い。この状態は鑄造業に限らず、英国の全産業について言える大問題であるように感じられ老大国の前途が思いやられる。その上失業保険制度や社会保障制度が完備しすぎているためか、人間が怠け者になり、適当に失業することを余り恐れていないようにも感じられて、われわれ日本人としても将来深く考える必要があると痛感した次第である。
- ④ 熟練者はいるが、設備の近代化に伴う必要な技術者は少なくて困っている。特に学校出の優秀な技術者が鑄造業界に入る者が余りいなくて困っている。



- ⑤ 機械化の程度は大体日本と同じ程度である。
- ⑥ 工場が田舎にあり、設備も日本より整っているため、公害問題は余りやかましくない。
- ⑦ 企業の集約化が進み、小企業は合併吸収され大企業化しつつある。
- ⑧ 一昨年の不況では鋳鋼会社が4社潰れたが、現在英国の鋳物業は好況である。  
鋳物の中では鋳鋼が一番よくない。
- ⑨ 現在強靱鋳鉄が一番伸びているが、今後もこの傾向は変わらないであろう。
- ⑩ 普通鋳鋼品の市価は現在平均250円/Kg位である。
- ⑪ 労務者の平均月収は9万円/月で日本の約1.5倍位である。鉄屑は特級で11,000円/トン位で日本より遙かに安い。

#### 4-1 K.L.ファウンダリー社

レーツワースというロンドンの衛星都市にある鋳鋼専業メーカーで従業員700人、鋳鋼月産600トン、工場建屋面積4万m<sup>2</sup>、という会社である。

- ① 生産性は余り良くないが、機械加工度が高く、検査が厳重である。
- ② 鋳放し品に鋳張りが多く、技術的に余り上手とは言えない。不良率も砂噛みが多く5%位である。
- ③ 建物は広くて余裕があり、天井や側壁はガラス窓が多くて非常に明るい。
- ④ 英国人は人間的には非常に礼儀正しく、また親切である。

#### 4-2 カットン社

ロンドンから約300Km離れたイングランド島の中央にあり、英国第二位の生産量を誇る鋳鋼専業メーカーであり、従業員880人、鋳鋼1,300トン/月でその中シェルモールドを400トン/月生産している。

- ① K.L社に比し生産性も優れ、機械化設備も整っていた。
- ② 大物の造型をサンドスリンガーのサークル式一組7人で能率のよい生産をやっていた。
- ③ 不良率も少なく砂型で0.5%、シェル型は4%であった。
- ④ 理想的な環境の仕上新工場を作り、ローラーコンベヤー式で流していたが、鋳張りが多いため非常な工数をかけていた。
- ⑤ 検査設備は完備しており、特にC<sup>60</sup>放射線は1,000キュリー1台、35キュリー1台、5キュリー3台をもち、設備的に余裕のある作業をしていた。

## 5. ま と め

今回のヨーロッパ鋳鋼業の視察の結果をまとめてみると、

西ドイツの鑄鋼業は最近好況で労働力不足に一番悩んでいるが、生産量は全体としては10年間横ばい状態で設備と生産性の面ではむしろ日本の方が進んでいるように感じた。唯だ技術面では学ぶべき点が多い。

職場の環境衛生面では完全に近い状態であり、日本よりも遙かに進んでいる。労働の実働時間は日本より20%位短い、規定された時間内の労働振りや職場規律は立派なもので時間から時間まではキッチリ働く点は日本でも大いに学ぶべきであろう。

鑄造機械の優秀なことも特筆すべきで特に故障のない精密な設計という点については日本の鑄機メーカーも世界的視野に立って考える必要があろう。

英国の鑄鋼業については環境衛生の完備している点は学ぶべきであるが、設備面、生産面、技術面においては殆んど学ぶべき点は少くない。

# キ ユ ポ ラ 随 想

技 術 士

株式会社名和鑄造所 取締役工場長 五百川 信 一 \*

支部長さんから一月始め「随筆」をとの御命令、今生まれて60有余年ついでこのような筆をとったことのない我身、さて何を書こう、あれかこれかと思いついて迷っている中に2月15日頃迄の日限もいつしか過ぎ去り3月も早や9日、藤田理事さんから厳しき御電話、今更申訳の余地もなくせめて己が責の一端をもと急ぎ走らぬ筆を進めた次第です。

さて自分は、何時の頃からか機械屋さんになることが念願で、鋳物屋さんになろうと考えたことは一度もなかった。それがふとしたことから大学で冶金科へ進む羽目になったことが鋳物屋への第一歩となり、爾來幾星霜陰に陽に鋳物と云う物体に縁のある生活が多くなってしまった次第です。その間の仕事ではキューボラ溶解の仕事が最も長く、直接・間接合わせて約20年、苦しい事も楽しい事も数々あったが、又一面思いもかけぬことに出くわす事も屢々でした。それらの中から心に残っている一、二の事を、次に述べて見たいと思います。

キューボラというものは、皆様よく御承知のように、金属主として鋳鉄の再溶解炉で製鉄に用いる溶鉱炉と同じ原理の最も簡単な炉で、原則的には構造も円筒形をなし非常に簡単なものであり、操業も容易に見えるが実際に操業して見ると仲々簡単にはゆかず、或時には一寸手加減を加えたのみで鋭敏に変化することもあり、又或時には少々位の変更では仲々云うことをきかないこともあり、手こずらされることも再三であることは皆様もよく経験されていることと思います。私も最初は大したことはあるまいとたかをくつていましたがどうしてどうしてすっかり苦勞をしました。

私がキューボラを手がけた始めは、昭和21年の夏即ちほぼ終戦後1年目の頃で、御承知のようにあらゆる物資が欠乏のどん底にあり、主要原料ではそれでも地金は新銑故銑等まあまあであったと記憶していますが、之に伴うべき燃料には全く手こずらされたわけです。灰分20%前後の野焼コークス、軟質のガスコークス、その他電極屑等何でもありさえすればよいと云う状況で当時の記録にはコークス比24%、30%等と書いてありますが、それでよい湯が沸けばまだしも、品物になるかならないか分からないような程度だった筈です。この時唯一の救いの神はピッチコークスで、これが $\frac{1}{4}$ 位混入するとコークス比が15~17%迄低下し、同じコークスでもこんなに違うのかと驚かされたのを憶えております。このような或日、丁度キューボラを手掛けて半年程の時でしたが稍赤黒色の可成低温で、普通なら到底品物になりそうもないように見え、「こりや又のたらずか」と云はざるを得ないような湯が出たが、鋳込の結果は全く逆で流動性が非常によく中子とはばきの間のど

\* 東北支部理事

んな狭い部分にも流入して中子のガス抜きを阻害したための不良が多かったと云う現象を生じたのでした。この時の湯は明るい場所でないにもかかわらずどうにも高温とは認められなかったが、何時ものとの違いは、湯面には酸化膜が発生せず還元溶解を示し、かつ運動が活発であったのが印象に残っている。その時の記録は地金80Kgに対し燃料12Kg（内訳ピッチコークス4Kg、電極屑6Kg、亜炭コーライト2Kg）で所謂コークス比15%であった。ピッチコークスや亜炭コーライト等の反応性の影響による現象であったのか分らずじまいのまま、その後2度とお目にもかからない。

それから戦争を次第に遠ざかるに従い、種々の物質が次第に良質になり、かつ豊かに出廻るに到りコークス等もその例にもれず規格が制定され、昭和26年頃よりは灰分10%以上の所謂1号コークスが出廻るようになった。この時期になるとコークス比10%で充分キュボラ溶解が可能となった。こゝにも忘れられない思い出がある。昭和23年の始め頃より粗悪コークス対策のため3段羽口を使用し、種々羽口条件を変えて試したが充分の成果が仲々見られないまゝ昭和26年に入った。そして昭和26年末、或は27年始めのある操業の途中で下段羽口の面積を最も小さく変更して普通の場合と全く正反対にしたところ、以外にも非常に良好な結果が得られたので之を基準にして種々試験の結果最も良好なものとして次のような羽口面積分布が得られた。

| 羽口段 | 上段 | 中段 | 下段 |
|-----|----|----|----|
| 分布% | 44 | 37 | 19 |

（使用炉は直径500mmで、羽口面積は $\approx 100\text{cm}^2$ であった。）

以後はこの羽口面積分布で操業当初からほぼ良好な結果が得られるのであった。この炉とはその後間もなく分れてしまい、キュボラとの直接的なつながりが切れ、殆んど間接的なつながりのみとなったので、矢張りこのような現象に2度とあわずに今日に到っている。

その後昭和43年に到って再びキュボラに直接接触の機会が与えられ、之迄の経験と考え方に基づき操業を見ている。例えばキュボラの溶解に、その構造、寸法、送風条件等に変化のない操業にて所要成分、適正温度及び溶湯の清浄さ等に影響を及ぼす条件は、

- ① 原材料配合の大きさとその分布、および鋼材の配合率。
- ② コークスの品質、大きさとその分布、配合比。
- ③ 床積又は溶解帯の高さおよびその均一度。
- ④ 炉壁の侵食状況およびその均一度。
- ⑤ 羽口下の湯溜深さ、湯出及除滓の滴格さ。

等が考えられ、而して之等の状況の影響による変化の現れる点をあげれば

- ① 溶湯の成分、外観。
- ② 溶解温度。

- ③ 溶滓の成分，流動性及外觀。
- ④ 送風圧，送風量。
- ⑤ 装入速度又は溶解速度。

等である。之等の操業中の変化は一々口では云い表わせない程複雑多岐で，我ながらキューボラ管理がいやになることも稀ではないと云えます。之等を適格に管理して良好なる結果を得るためには，恐らくまだ多くの研究がなされ且つ管理のために著しく多くの因子を処理し得ることの必要を生じてくることが推察されるが究極的の管理には結局コンピューターの必要が感ぜられる。逆にこゝにコンピューターを適用し得れば，複雑な操業管理の自動化も可能となつてキューボラも始めて理想的に操業をなし得るのではないだろうか。

低周波電気炉，廻転型重油炉等新型の炉が種々出てくる矢先今更キューボラでもあるまいものと笑われるかも知れないが，もつとつきつめればキューボラにももつとキューボラなりにかくされたよい点を何か分らないがもっているのではあるまいか等，と時には考え，更に羽根をのばしてコンピューターにいたることもある。余りにも時代におくれすぎた夢かも知れないが。

キューボラとよく似たような製鉄界の王者溶鉱炉も，理由が種々あつてまだ簡単には他の製鉄法には席をゆずり得ないような説を最近見ているが，キューボラも出来るなら長くそうであることを祈りたい。

冒頭に申し上げたとおり大急ぎにしたためましたのでおわかりにくい点が多々あると思われませんがどうぞお許しをお願い申上げて筆をおきます。

# 昭和44年度経過報告

## 1 昭和44年7月19日

支部理事会が仙台市共済会館で催され、大平支部長他18名の理事が参集して、昭和43年度経過報告、同年度決算報告、昭和44年度事業計画および同年度予算審議などが行なわれた。

その後、室蘭工業大学教授にご栄転された井川総務理事の歓送会が開催され名残りを惜しんだ。なお東北大学と併任であるので、引続き総務担当していただくことになった。

## 2 昭和44年10月12日～13日

本年度の支部大会は、岩手県水沢市で充実した日程で行なわれた。第1日目は水沢市駒形神社 竜昇殿で午前9時からの支部総会に引続き、下記の技術講演があった。

|           |           |        |
|-----------|-----------|--------|
| 鋳物の欠陥について | 東北大学      | 大平 五郎氏 |
| 最近の特殊鋳型   | 大阪造船平製鋼所  | 小柳 甚吾氏 |
| 鋳物工場の省力化  | 新東工業      | 関谷 愛三氏 |
| 球状黒鉛鋳鉄の製造 | 富士製鉄釜石製鉄所 | 千田 昭夫氏 |

出席者は東北一円で200名を越す盛会で、講演終了後休むひまなく午後3時から全出席者はつぎの2組に分れてパネルディスカッションに入った。

|      |    |        |        |
|------|----|--------|--------|
| 鋳鉄部会 | 司会 | 及源鋳造工場 | 及川源悦郎氏 |
| 鋳鋼部会 | 司会 | 伊達製鋼   | 村田 辰夫氏 |

前者では現場での技術的問題や経験に基づいた結果についての疑問などについて検討され、後者では今回はサイドライザーを主題として各工場から持寄ったデータに基づいた議論が進められた。時間がなお足りないほどであったが午後6時恒例の懇親会にうつった。菊地忠男大会実行委員長、大平支部長、高橋忠七水沢市長の挨拶に続いて郷土芸能の披露など、和気あいあいたる中で100名を越す出席者の懇親の実は大いに高められた。

翌13日は早期から及富鋳造所、及精鋳造所、及源鋳造所、岩手鋳機工業水沢工場、岩手製鉄株式会社の見学会が行なわれたが、これにも70名以上が参加し、全部の日程を終って無事散会したのは午後1時を廻っていた。

## 3 昭和44年10月31日

第7回金属関係学協会東北支部連合研究発表会は都合により中止され、代って特別講演会が東北大学 選鉱製錬研究所講堂で開催された。



アルミニウムの表面処理について

東北大学工学部金属工学科 教授 森岡 進氏

鋼の真空冶金

東北大学選鉱製錬研究所 教授 斉藤 恒三氏

アルミニウム合金の時効過程による過剰空孔の役割

東北大学金属材料研究所 教授 木村 宏氏

#### 4. 昭和45年3月25日

支部会報第6号が発行された。

なお、同時に次期役員の改選も行われた。

(総務理事)

昭和44年度支部大会風景



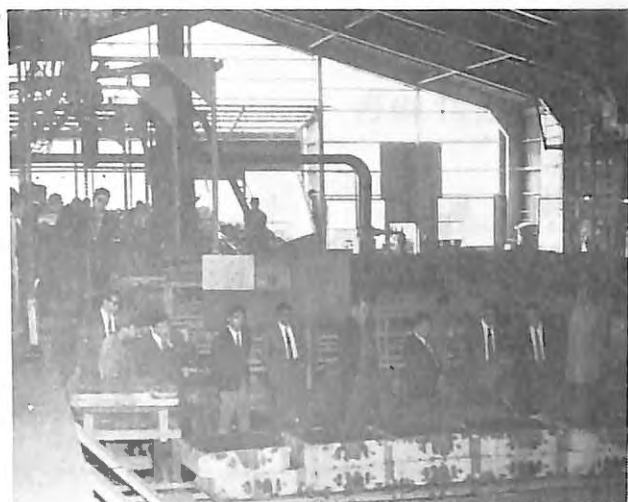
技術講習会



鑄鉄部会



鑄鋼部会



工場見学(その1)



工場見学(その2)



工場見学(その3)



懇親会

## あ　と　が　き

東北支部の皆様，構造改善，新技術の導入，省力化や公害対策などいろいろの問題をかかえ日夜ご精励のことゝ思います。

業界は好況のうち今日にいたり，これからもますます発展の一途を辿るものと喜びにたえませんが，それだけに新年度はいろいろと多事多難なことが予想され，企業間の競合も激しくなることでしょう。

さて，昭和44年度支部会報№6をおとどけます。

昨年，井川総務理事が室蘭工業大学教授にご栄転のため，代って編集をお手伝いすることになり，これまでの実績に対して万が一にも評価を落すようなことがあってはと心配でしたが，お蔭様で皆様の御指導によりなんとか体裁をつくろうことができました。

牧口先生の大変有意義なご労作をはじめとして，支部小史として残る大平支部長の極めて興味ある支部設立時代のうらばなし，千田，近藤両理事の貴重な研究技術資料のご発表，菊地，郡両理事のつぶさな外国事情のご紹介，そして示唆に富む五百川理事の随想など，どれも必読に値する極めて参考になるものばかりではないかと感謝に堪えません。

紙上を借りまして，お忙しいところご寄稿いただきました方々に厚くお礼を申し上げます。

また支部会員名簿を整理の上掲載しましたが，何かのお役に立てば幸いです。

来年はいよいよ支部創立20周年になります。支部もようやく成人式を迎えようとしているわけですが，青年の活動期に因んで皆様のご支援のもと，ますます活発な活動が望まれ，たくましい成長が期待されることでありましよう。（藤田）

### 会　報

№ 6

発行 社団法人日本鋳物協会東北支部  
仙台市荒巻字青葉  
東北大学工学部金属加工学科内  
電話 (0222) 221800  
振替口座 仙台 3526  
印刷 株式会社宮城文化協会  
仙台・大町二丁目14の22  
電話 2979(代)