

会

報

第98回全国講演大会特集

No. 17

日本鋳物協会東北支部

1981・3

日本鑄物協会東北支部  
昭和55年度会報  
第98回全国講演大会特集  
第17号

目 次

会報第17号に寄せて .....	井川克也	1
身辺雑記 .....	大平五郎	3
最終講義「私と大学と金属」 .....	大平五郎	5
溶解材料の予熱効果について .....	小宅通	13
第98回全国講演大会諸行事 .....		22
第98回全国講演大会東北支部会員講演概要 .....		32
鑄放しフェライト地球状黒鉛鑄鉄 .....	千田昭夫	32
鑄造金属の高温酸化 .....	渡辺融	46
チタン及びアルミニウム添加球状黒鉛鑄鉄の 特性について .....	千田、佐藤、 目黒、高橋	54
青銅系合金の凝固に関する二、三の実験 .....	菅野昭	55
白鑄鉄のサンド・エロージョン特性と化学組 成、熱処理及び試験条件との関係 .....	宇佐美、小口、 石川、橋浦	56
高クロム鑄鉄の破壊じん性 .....	田上、橋浦、 佐藤、吉田	57
Ni - C合金中の黒鉛の結晶形状について .....	宮手、斉藤、 堀江、小綿	58
高周波誘導炉による共晶状黒鉛鑄鉄の溶解条 件及びけい素の影響 .....	大内康弘	59
チタン接種鑄鉄のフェーディング特性に及ぼ すSb, Sn, Cuの影響 .....	勝負沢、米倉、 堀江	60

コンパクト・パーミキュラー鑄鉄の黒鉛組織 および機械的性質に及ぼすSb, Sn, Cuの 影響について	堀江, 宮手 小綿, 勝負沢	61
鑄鉄の膨張・収縮挙動に及ぼすマグネシウム 処理量の影響	大平, 大出	62
種々のアルカリ土金属を含むフェロシリコン の溶製とそれらの黒鉛球状化効果の比較	佐藤, 庄子	63
球状黒鉛鑄鉄のフェライト・パーライト微細 混合組織化に及ぼすパーライト化促進元素の 影響	田中, 井川	64
鑄鉄の黒鉛球状化阻害作用に対するセリウム の中和, 抑制効果について	堀江, 宮手 斎藤	65
維持会員, 正会員を殖やすためのお願い	井川克也	66
鑄鉄部会第21, 22回技術委員会議事録		67
鑄鉄部会第21回工場見学記	堀江 皓	69
昭和55年度理事会議事録		70
昭和55年度理事・評議員合同会議議事録		72
昭和55年度事業報告		72
昭和54・55年度会計報告		74
昭和55, 56年度役員名簿		75
昭和55年新入会員名簿		78
あとがき	渡辺 融	80

## 会報第17号に寄せて

井川克也

日本鋳物協会東北支部の皆様、ますますお元気でお仕事に御精励のことと存じます。

このたび、支部会報第17号が出来上りましたので御覧下さい。

御挨拶が ولكنهれましたが、私こと、本年1月31日開催の東北支部理事会におきまして、大平先生と交替して東北支部長を相つとめることになりました。微力ではございますが一生懸命努力したいと存じますので何とぞ御鞭撻下さいますようお願い申し上げます。

さて、本年は東北支部創立30周年に当る記念すべき年です。東北支部は、昭和26年、当時福島製作所副社長をされて居られた浜住松二郎先生が支部長となられて、福島と山形両市にまたがって開催された鋳物協会全国大会を機として設立されました。しかし、この全国大会が無事終了したあとの11年間は、支部としての活動はあまり行われませんでした。その間支部長は東北大学の五十嵐勇先生、大日方一司先生と引継がれて来ましたが、昭和37年に大平五郎先生が支部長に就任されてから、支部としての実質的な活動が行われるようになりました。

まず、支部大会ですが、その第1回が昭和37年、仙台で催されました。この支部大会は、全国大会が東北支部で行われた年を除いて、毎年各地廻り持ちで開かれて来ました。すなわち、37年：仙台、38年：福島、39年：釜石、41年：八戸、42年：山形、43年：いわき、44年：水沢、45年：秋田、46年：仙台、47年：山形、48年：八戸、50年：福島、51年：秋田、52年：山形、53年：釜石、54年：八戸、という経過で16回を数えています。この間全国大会は東北支部内で、昭和40年：仙台、49年：盛岡、55年：仙台と3回催されました。いずれも東北支部の皆様の御協力を得て成功裡に開催されて来ましたが御同慶の到りです。今年の支部大会は第17回に当るわけですが、先に述べましたように支部創立30周年を記念して行う予定で、福島の皆様がその準備をして下さっています。本年11月の予定と伺っておりますが、多数の会員にお集りいただけますよう楽しみにしております。

つぎに支部会報ですが、その第1号は昭和39年に発行されました。それから毎年、1冊ずつ着実に発行され、本号が第17号ということになりました。1号からずうっと眺めて見ますと、支部活動の貴重な記録であり、またこの17年間の東北の鋳物界におけるその時々話題を適確にとらえた貴重な資料となっていることがわかります。支部会報の編集、発行に一貫して当って来られた本山製作所の藤田昭夫理事はじめ関係皆様方の御苦勞に深く敬意を表する次第です。

また、鋳鉄鋳物業界の技術研修の場としての鋳鉄部会は昭和46年に発足しています。年2回ないし3回開かれ、46年は釜石と八戸、47年は原町、鶴岡、水沢および秋田、48年は石巻、水沢および山形、49年はいわき、山形および福島、50年は仙台、盛岡および秋田、51年は福島、山形および八戸、52年は仙台と水沢、53年は秋田と函館および八戸、54年は二本松と仙

台、55年は鶴岡と仙台となっています。このうち52年の水沢、53年の函館、55年の仙台はいずれも北海道支部の鑄鉄・鑄鋼研究会との合同部会で、津軽海峡をまたいで両支部が互いに情報を交換するという極めてユニークな試みと存じます。計27回を数えていますから、かなりの成果が挙っており、東北の鑄鉄鑄物技術の向上に役立っているものと確信しております。

さて、このように、東北支部の歴史30年を振り返ってみますと、そのうち近くの20年の活動は目覚ましいもので、経済界、工業界の激しい荒波にもまれながらも、鑄物技術の進歩向上のために努力して参ったことがはっきりと思い出されます。鑄物協会前会長の加山延太郎先生が、各地方の鑄物技術の向上には各支部の活動に期待する所が大きいと言われて居りましたが、小生も全く同感です。幸い東北支部には各県に県立の工業試験場や技術センターがあり、いずれも鑄物工業にも力を入れて運営されて居ります。また大学も鑄造工学に関する研究を行っている研究室がいくつかあり活発に研究活動を展開しています。さらに業界を見ますと、鑄鋼、鑄鉄はもちろん軽合金、銅合金の鑄物も次第にその全国的立場での地位が向上し発展して居られることは御同慶に耐えません。それに応じて若い技術者もふえ、支部活動への参加の意欲もだんだんに高まって来ています。最近は大キヤスト工場も指折り数えるほどになって来て心強い限りです。

このように見て来ますと、大学、試験場、業界が三位一体となって鑄物技術の向上に努力するというこの支部活動の意義は今後ますます重要なものになってくることでしょう。またこのことの記録や資料の保存、あるいは新情報の伝達や交換にこの支部会報が今後とも役立ってくれることでしょう。

以上、支部長という大役をお引受けしたのを機会にこれまでの東北支部の歩みを振り返り、これからの進むべき方向を探ってみた次第です。

会員各位の御協力、御鞭撻をよろしく御願ひ申し上げます。

(日本鑄物協会東北支部長、東北大学工学部教授)

# 身 辺 雑 記

日本大学工学部教授

工博 大 平 五 郎

昨年4月、約40年に及んだ東北大学の教員生活を定年によって退職し、いわゆる第二の人生に入ったわけですが、実はいままでのところさっぱり変りばえのないくらしを続けています。

東北大学で名誉教授の称号を受けたあと日本大学工学部教授として勤務していますが、文部省の工学視学委員や科学審議会専門委員の仕事はそのまま続けているので、国公私大を含めて工学部の視察に出かけたり、本省での会議に出席しています。それに岩手大の非常勤講師や秋田県のアドバイサーという仕事をしているおかげで、従来おなじみの方々と同じようなおつき合いができるのを幸に思っています。

一方、今年は国際鋳物技術委員会の会長なので10月のバルナでの大会準備状況を調べに4月下旬ソフィアに出かけ、チューリッヒでの会議では議長をつとめた上でその報告もしなければなりません。さらに日本鋳物協会の方は副会長として来年の創立50周年の記念事業をひかえており、その上この4月から日本金属学会の会長に就任しましたので、ますます忙がしくなりそうです。

ところで私が当支部の支部長をお引受けしたのは昭和37年で、それ以来発展を続けてきた支部の皆様方と心をつなげてやって参りました。40年の仙台、49年の盛岡、昨年の仙台の全国大会がいずれも大成功だったのも、ひとえに役員はじめ皆様方のお力添えによったものと有難く思っています。

それにも拘らず1月31日には役員の皆様から心暖まる会にお招きを頂き、またご拠金まで賜り、感謝の言葉もありません。忙がしさにとりまぎれ一々お礼を申し上げませんでしたので、この機会をかりて厚くお礼申し上げます。

思えば国立大学（当時の帝国大学）として鋳造研究室が誕生したのは東北帝大が始めてで、それは昭和16年のことでした。それ以来この研究室を守り、育ててきた私としては退職の折、何か記念に鋳物のモニュメントを金属教室の庭園内に建てるつもりでいました。幸い卒業生の方々からのご芳志と併せて皆様方のご拠金を使わせて頂き、この念願を果たしたいと考えています。この点ご了承のほどお願いいたします。

今や世代は交替の時期になり、親しい人達が続々と引退しました。この辺で私も新進気鋭の井川新支部長にかわるのが至当であろうと考え、お願いすることにした次第です。しかし私の場合

---

\* 東北大学名誉教授、日本鋳物協会副会長、同前東北支部長、国際鋳物技術委員会会長、日本金属学会会長

職場は変わってもやはり鋳物へのつながりは同じで、その面では今まで同様皆様とお会いしたり、お話し合いの機会も多いことでしょう。今後とも今まで同様よろしく願いすると同時に、これまでに心暖まるおつき合いを頂いた皆様方にお礼を申し上げ、また今後のますますのご活躍とご発展を祈る次第です。

# 最終講義「私と大学と金属」<sup>†</sup>

東北大学名誉教授 日本大学教授

工博 大平 五郎\*

こういう晴れがましい席へ出てくるのは私の得意とする所ではありません。むしろ外野席のすみの方から眺めている方が私の性分には合うようです。しかし今度大学を引っ込むことになりますと、こういうことをしなければならぬらしいので、お約束によってこんな変なことになってしまいました。多分昨年11月頃だったと思いますが、主任の島田先生に尋ねられました。「最終講義をしますか。しなければいけない理由がはっきりすればそれでも構わないと思うんですが、今までの人は皆していますよ」と言うので「それではします」と答えました。島田先生は気が短かいから、2、3日したら「題目は何にしますか」と言います。何となく三題嚙みたいですが「『私と大学と金属』という題でやりましょう」ということにしました。こうやっておけばどんな話をして、どれかには関係しているだろうということで返事をした訳です。学生時代から数えて43年、講師になってからでも38年間金属におります。幸いにも兵隊に行かずに勤めておりますので、何の話をして、どれかには関係しているので安心してこんな題にした訳です。しかしいざ話をしようとしてまとめようとしても、38年間はうまくまとまりません。昔本多先生は「研究というものはず実験をする。そしてそれをまとめる。そして出版する。印刷しなければ論文ではない。研究というのはこの3つをちゃんとしなければならぬ。まとめができないのは研究ではない」と言われました。今日の話は幸いにして研究報告ではありませんので、気楽にまとまらないまま思いついたことを並べていけば時間になるだろうということで、この席に出て参りました。

一番初めに「私」と書いてあるので、あまり個人的になりますがこの辺から申し上げます。2カ月位前、生協の食堂で須藤先生といっしょになったとき、いきなり「先生は五男ですか」と聞かれました。「僕は三男ですよ」「じゃあ五番目ですか」「いや5人兄弟ですが、4番目ですよ」こういう所で注文した食事が出て来ましたので話は終わりました。多分おかしな名前をつけたなと思われたのでしょう。実は私にとってはこれはあまりおかしくないと思っています。私は大正5年5月5日に生まれました。それでこういう名前がついたのだと思います。本当に5日かどうか親にも聞いてみたのですが、あまりはっきりしません。戸籍はちゃんとその日になっているので、1日、2日のエラーがあったとしても現在までの63年に比べると0.01パーセント以下のエラーです。例えばキリストが紀元前4年に生まれていても今年は1980年ですし、神武天皇が本当に2月11日に即位したかどうか知りませんが、紀元節、建国記念日になっています。私も戸籍に書いてある5月5日が誕生日であると思っています。

ところが名前というのは変なもので、こうなってしまうと別に因縁つける訳ではないのです

---

† 昭和55年2月8日最終講義

\* 日本鋳物協会副会長、同前東北支部長、国際鋳物技術委員会会長、日本金属学会会長

が、『五』に非常に縁がつながっています。私は5つの時小学校に入りました。昔はいい加減なもので、家にいても仕様がなから学校へ行ったらよかろうということで行きました。体格検査で目方を測ったら4貫目しかない。医者が少し怪訝な顔をしましたが、まあよかろうということで入りました。小学校の5年で中学校に入りました。ですから中学校の2年までは子供の定期で汽車通学していました。中学4年から高校へ入れますが、ちゃんと5年やりました。実は4年の時文科丙類を受けたのですが、入れなかったのが、5年の時は理科甲類を受けて入りました。昔はどちらへ行くか決まらない人は理科系に入っていれば大学に入る時にらくでした。文科系に入っていると修得科目によって大学の理科系には入りにくく、その逆は容易でした。あとで理科から文科に移った人には、独文学の柴田さん、哲学の市井君、小説家の太宰治などたくさんいます。私も何となく理科甲類へ入った訳です。しかし、学校へあまり早く入ることは決していいことではありません。特に高校での2年の違いは非常に大きいので、いつでも大人の中に混っている子供のようなもので、劣等感というのではないにしてもそんな気持ちですごしました。私がおとなしくなってしまった1つの理由はここにもあると感じています。

高校を出て、自分の気持からすると彷徨の時代に相当しますが、今で言う浪人をしました。上野の音楽学校にあそびに行きまして、いま金属でやっている雑誌会のようなもので、最後に演奏する各教授のみごとな演奏を毎月聴きに行った憶えがあります。余り遊んでいる訳にもいれないということで、昭和12年東北大学に2次募集で入りました。昔東北大学は門戸開放ということで、工学部は1学年機械、金属、電気、応用化学の4学科で合計80名でしたが、金属は1次で多いときは8名くらい採りまして、あとの2次募集で多数の応募者から残りの人数をとりました。大学では他の人と同年ぐらになり気分的に楽でしたが、卒業しましたのが、また名前に戻りますが、昭和15年、そして担当した講座が第5講座、退官が昭和55年。やはり『五』がつきまわっている感じです。私の方が追いかけているのではなくて、自然現象としてそうなっていました。

皆さん御存知ない方が多いと思いますが、昔の金属工学科は今の非水研のすぐ向いの建物でトリコロールの赤と茶と灰色のなかなか見事なものでした。建築の方が見るととても面白いそうで、(図解しながら)東側の廊下が左側、北側では右側になっていて、通りに面した方を廊下にして騒がしくないようにして、南と東の日当りをよくするように考えた、当時としては珍しい建物でした。昭和12年の入学試験はここでやりました。入学試験が2日あり、3日目には口頭試問がありました。どなたかの教授室に、既に亡くなられた石原、前田両先生と的場先生がいたと思います。そこに書初めの紙とすずりがおいてありまして、「ここに名前を書きなさい」と的場先生が筆をとってくれました。「大きな字を書くのですよ」と言われたので、非常に大きな字で『大平』と書いたら、名前が書けなくなってしまいました。それでよろしいということでしたが、変なことをするものだと思っていました。それからの場先生から「何故ここを受けましたか」「仙台は初めてですか」などとていねいに聞かれ、これがはたして点数に入

ったか入らないのか判りませんでした。短時間で終わりましたが、その後もう一度筆で字を書かされました。

講義は4月8日から始まり、その第1時間目は冶金原料学という鈴木廉三九先生の講義でした。「悠々5億年、人類未だ生れざるに……」というような文語体の文章でいきなり始まりました。こんな講義がいっせいに始まりまして、5月1日に入学式がありました。講堂に集まっていゆる宣誓書を総代が読みあげます。それがりっぱな奉書紙で書いてあり、入学した人がひとりひとり筆で署名します。何を宣誓したのか今ではもう忘れてしまいましたが、その時も一度筆で名前を書かされたのを覚えています。

学生時代について、ちょっと金属を離れた話をします。大学の先生、特に法文学部の先生には面会日というものがありました。これは東北大学では有名だったようです。妙なことです。これは夏目漱石が元祖になっています。漱石は非常に弟子思いでして、りっぱな教育者として木曜日を面会日と称して、いろいろな人を集めていろいろな話をしていました。その影響を受けた方々がこの法文学部にかなりおられました。漱石に恩返しをしなければということで、それぞれの先生方が面会日をつくりました。阿部次郎が木曜、小宮豊隆が水曜、中川善之助が火曜日ということになっていて、夕方の5時頃から用意して待っていました。先生に会いに行きたい人はその日に行く。私は小宮先生の所へ行きましたが、先輩や卒業生も集まります。北大の中谷（宇吉郎）先生も北海道へ帰る途中を水曜日にしてわざわざ寄っていかれました。金属とは関係なしにそういう席で話をし、いろいろ大学の味というものを覚えてください。おかげで小宮さんや中川さんの話を伺う機会も多かったわけです。

自分自身としてもこれはひき継ぐべきだという気持が多少はあったので、私の所へも昔は学生が週4日押しかけて来まして、夜12時頃まで話したことが続きました。戦争中は10人以上の集会になると憲兵がついてくるので、話が厄介になり集まりにくかったのですが、ずっと25、6年頃まで続いておりました。とにかく昔の先生には資金的にも気分的にもゆとりがありました。私の訪ねた的場、浜住両先生の家には女中さんがいつも2人いましたし、医学部の太田先生（木下壱太郎）はお抱えの人力車で大学に乗りつけるという具合でした。そういう点では昔の先生は恵まれていて、それだけにゆとりのある、いい意味での遊びが多かったと思います。

余計な話になってしまいましたが、そうしているうちにも2年になって、専門科目がふえてきて金属の勉強もしなければならなくなりました。金属へ何となく入って来て、とくにカナケづいてきた訳でもありませんが、夏休みになって浜住先生の書いた当時15円の『金属』という本を読みました。半分くらい判りませんでした。面白い所もあるという気がしまして、そろそろ金属をやってみようと思い始めました。3年になって卒業研究のための研究室配属については浜住先生の本を読んでいた関係からか、そこに入りました。当時は状態図全盛の時代で、日本の金研とドイツのカイザー・ウイヘルム研究所（現在のマックスプランク研究所）がほとんど作りあげたと思います。二元から三元に移って、特殊鋼の状態図がどんどんできてい

時代で、私は鉄-炭素-銅の三元系をやりました。浜住先生は50代の始めで、穏やかでしたが、以前は非常におっかないという評判でした。私の頃でも例えば下宿で日曜日に朝寝をしていますと、「先生が来ているから早く出て来て下さい」と小使さんが迎えに来ます。「来ないと先生自身が迎えに来ます」というので、急いで研究室に行きますと、まだ寝ていてもおかしくない日曜日の9時頃なのに、「こんな時間まで寝ていたのか」と叱られます。呼び出されてよく実験しました。呼ばれても来ない人が2,3人いまして、実験が足りないということで、卒業を2,3カ月延ばされた学生もいました。私は金属に多少興味をもつようになったので、卒業してももう少しやってもいいなあと思っていました。全部統制の時代ということで就職は軍需省の管轄に入っていて、切符で割当てます。大学には切符の割当てが1枚もないので残る訳にはいかなかったのですが、まあそのままいたらよかろうとのことで何となく4月から居ましたら、大学院に入れば切符の範囲外になるというので、5月途中で大学院に入学しました。東北大学大学院と書いてありますが、実体がどういうものかは誰も判りません。大学院にいても徴兵延期にはならず当然兵隊に引っぱられるはずでした。幸いなことに大学の配属将校が私の徴兵司令官でしたので、徴兵検査の時「大学はいい所だから兵隊に行かなくてもいい」と言って、雑談をしてくれた後、「残念ながら君は丙」としてくれましたので兵隊には行きませんでした。丙でも合格でしたので、毎年頭を刈られて、1日か2日兵隊の真似事をやりました。

入学した昭和12年は支那事変が始まり、15年卒業の時は切符の割当て制ということで、もはや食堂は11時頃から並ばないと昼飯にありつけない時代でした。卒業してから材料講座の助手という形で、大学院学生でありながら給料をもらっていました。70円の月給でしたが背広が20円、下宿代が16円の時代でした。材料関係の顕微鏡試料を磨いてスケッチすることの指導や材料試験など長いこと手伝っていました。研究としては鉄-炭素-銅系合金の銅側の実験をやり、半年位でまとめて金属学会誌へ投稿しました。その後窒化や熱処理などをやりました。昭和16年に日本で国立大学として初めて『鑄造及び金属加工学』講座(第7講座)ができました。そこへ栗本鉄工所の小出さんが来られて、浜住先生が兼任されました。現場出身の小出さんは赤レンガの建物の中にキューボラを入れましたが、コークスも木炭も薪もすべて配給でしたので1回も使わずに選研にいかれました。そのころ『鑄造』はあまり学問と思われていませんでした。浜住先生の所で鑄造を講義していた的場先生からもらった参考書は『鑄造術』、その後早稲田大学鑄物研究所長の石川先生の書かれた本が『鑄造法』ということで少し進歩しました。現在は『鑄造学』ということで大変な進歩です。『術』から『法』に、さらに『学』へ、ということを見比べると面白く感じます。

話は変って、イギリスの話になりますが、シェークスピアの時代のフランシス・ベーコンという人が実験科学の元祖であると言われていますが、実験科学はこうあるべきであるとしています。「実験する人はまず事実を良く観察し、その中から選ばなければならない。2番目には事実と事実を結ぶ仮定を立てて、合理的な説明をしなければならない。3番目には自分のた

てた仮説を何回か確認する実験を数多くやってみなければならぬ。そして4番目には自分だけでなく外国の同僚が同じことをやって初めて成功したことになる」と書いています。彼はベルラム卿として、あるいは最高裁長官や文豪として知られています。65才の時、冷凍鷺鳥を作ろうとして、雪の中に埋める実験をして、風邪がもとで肺炎をおこして死んでしまいました。実験科学をやる人について茅先生が本多先生の話をしている中に、「本多先生が『実験を500回やってみて1つでも違った結果が出たらいけないので、もう500回やってみたらよい』という話があります。私もこういう考えを受けついでやっているつもりです。ですから『頭のいい人は偉い科学者になれない』』という意見を多くの先覚者たちが出しています。むしろ事実をいかに観察するか、私心のない気持でやるかということが実験をやる時はきわめて大切なことです。小宮先生の所へ遊びに行った折、中谷先生から寺田寅彦先生の話を書く時など、本物を正しい目でみる訓練がいかに大事かをしみじみ教えられたような気がします。

イギリスの話をもう少し続けると、要するに昔は素人でも好奇心の強い人、事実を正しく見つめる人が科学者ということになります。例えばロバート・ボイルは伯爵の坊ちゃん、物理や化学を勉強した人ではありません。アイザック・ニュートンは造幣局長で多少金属に関係があった程度です。酸素を発見したプリーストリーは宗教大臣であり、ジェームス・ワットは研究所の技工として多少科学に関係あります。マイケル・ファラデイに至っては製本屋さんです。こういう素人が事実を見て疑問を感じて、イギリスの科学の進歩に貢献しました。好奇心は若い人ほど強い訳で我々年をとるとだんだんうすれていくのは残念です。

話が横道に逸れましたので、また鑄造学のことに戻しましょう。鑄物は溶かし方によっていろいろ変わるので、なかなか『学』になりませんでした。研究室ができて以来30年もたっていますので、もう『鑄造学』といっても恥かしくないだろうと思います。鑄造講座でしばらくは材料関係をやっていましたが、鑄鉄には初めから関心をもって、昭和17年頃からいじっていました。鑄鉄は鉄-炭素状態図で示しますとごく当り前のようですが、問題は多いです。(鉄-炭素複平衡状態図を図示しながら) 皆さん百も承知のようにこれは点線が入った安定-準安定系状態図です。たいていの合金系では早く冷却しても遅くしても出るべき相は必ず出ますが、鑄鉄では黒鉛の他に冷却が早いとセメントライトが出ます。どの冷却速度で出るかはでてみないと判りません。熱分析をしますと、過共晶の黒鉛系の初晶線は出てきません。共晶線だけが出てくるので、冷却速度を変化させて、それから求めます。セメントライト系の初晶線は出ますが、温度を上げてやると分解してしまってこの線は加熱のときは出ません。本多先生はもとはシングルの状態図を考えていましたが、1942年頃半複状態図を提案しましたし、飯高先生は今のダブルの所に幅をつけた方がよいという提案をしていました。今では炭素以外にけい素、マンガン、リン、いおうの影響もくわしくしらべられています。鑄鉄の世界での画期的な発明は1750年代の白心可鍛鑄鉄と1948年の球状黒鉛鑄鉄でしょう。

昭和20年頃になりますと日本に物がなくなってきました。何がなんでも鉄を作れというこ

とで、日本にあり余る砂鉄から鉄をとること、海水からマグネシウムをとることが緊急の事態になりました。選研に小出先生が置いていかれたこしき炉で砂鉄の精錬をすることになりました。アルミニウム精錬でとれるAST合金と称するアルミ、シリコン、チタンを含んだスラグを混ぜて砂鉄の還元をしようということを始めました。岩手や福島の上砂鉄をもってきて、石灰石を混ぜて団鉞を作りました。スラグが多く出ますが、アルミが少し入った鑄鉄ができ、これを軍に納める仕事をしました。炉を選研の裏庭に建てましたが雨降りでも休む訳にもいかず板で屋根をはりました。それで天気の日にはバケツをもった火消しが屋根に登って見張りをしました。久慈の川崎重工業でクルップレン法をやっていたので、行ってルッペのでき方の研究を手伝ったり、青森のセメント工場で砂鉄銑を作ったり、矢本の田んぼの中の砂鉄を植木鉢に入れて炭焼き小屋で焼いて還元鉄を作ったりしました。こんなことをして銑鉄を作りましたがやはり足りませんでした。

昭和 22 年超々ジュラルミンを発明された五十嵐先生が鑄造講座担当として住友から来られました。「一体鑄物とは何だ」ということから始まりました。先生との対話は禅問答みたいで「鑄物とはけたものが固まるだけだ。とけたものが型の中をどう流れ、どう固まるかが判ればいい」ということでした。ところが溶けた金属の性質は判らないことだらけです。この頃の卒業生であった鈴木、堀籠君など口の悪い学生は「この研究室にはパイロメーター 4 つとあんどん抵抗 3 つしかないじゃないですか。これで 6 人で何を研究するのですか」と尋ねましたところ、先生いわく「砂があってカネがあるからいい。それで鑄物是可以する」アルミは住友から頂くことにして、砂型の中の流れを測りました。湯流れは当時流行っていました。私は型の中に電線を入れておいて、湯が流れてきた時に電球がつくように工夫してやっていました。しかし先生は「物事は連続的に測らなくては面白くない」ということで電気抵抗方式にしましたが、その後電磁オシログラフに代えて測定しました。この結果はかなりイギリスその他に引用されています。その他金型や砂型中の凝固進行状態の解析をやりました。私が五十嵐先生から教えこまれたことは「実験というものとは結果を正しく見ろ。グラフを書いてみて点がバラバラになった時、無理に線を引くな。バラバラになるのはそれなりの理由があるのだ。その代り条件をおさえろ。条件式をきちんと立ててあとは数学屋さんやってもらえばよい」ということでした。工学的な考え方はどうあるべきかということをお教えられたように思います。

また話は戻りますが小宮先生の所に入出入している間に和辻哲郎先生、山田孝雄先生幸田露伴先生らにお会いしまして、科学であろうと文学であろうと一番大事なことは、本物を把む心構えで、ものを見る目がしっかりしていなければならないということをお教えられたように思います。私たちはまず漱石の『坊ちゃん』から『我輩は猫である』『三四郎』を読みます。漱石があつたまま『三四郎』から『草枕』の方向に行けば、また別の漱石になっていたと思いますが、『心』『道草』といういわゆる則天去私に向つたということは、やはり事実に対する、真実に対する厳しさがあつたし、本物をいかにして探そうかということに一生をかけ

ていたというところにひかれるものがあります。漱石についてはいろいろ言われていますが、私はまともな考えの人として受けとっています。則天去私に至るまでの心の移り変わり方、真実を求めることに共感するところがあります。

もう少し時間があるようですので、東北地方の鋳物についてお話します。東北地方の鋳物工業は話にならない位弱く、鋳鉄は日本全体の3パーセントしか生産していません。鋼鋳物は技術的に高いレベルにあり、福島、宮城、秋田県など有力な工場があり、かなりの生産量をあげていますが、鋳鉄は量から言って話になりません。日本の伝統鋳物は高岡のロウ型鋳物と盛岡の焼型鋳物です。ロウ型はいわゆる戦後の精密鋳造法です。岩手の鋳物は歴史的にも古くから知られています。天平20年奈良の大仏を造るとき、砂金900両を納めたという記録は当時のゴールド・ラッシュを証します。砂金を探しているうちに鉄鉱石が北上川周辺に見つかり、中国から渡来した鋳物師、鍋釜師が沿岸に住みついて、水沢鋳物を作りました。また南部藩は八戸から盛岡に城を移した時、甲斐から鈴木、有坂、小泉などの鋳物師がやってきて、南部鋳物を作りました。鉄びんのふたが真鍮でできているのは京都系で、ふたまで鉄でできているのは南部系と考えていいわけです。鉄びんには裏と表があります。湯を注ぐ時人に見せる方が表です。山形鋳物は少し新しく800年位前からです。馬見ヶ崎川の砂をつかって始まり今に至っています。明治初めの県知事が鋳物を強く奨励して以来、量では岩手よりも多くなっています。宮城には残念ながらほとんどありません。城下町の頃早田、大内などという人がいて、茶釜を作っていましたが、明治以後に廃れてしまいました。俗な話になりますが、伊達藩は徳川幕府の許可を得て寛永通宝を造っていました。今の石巻市鋳銭場に造幣廠がありました。初めは加工した銭をタネにして竹枠で造型した焼型で金のなる木と呼ばれる『枝銭』を作りました。銅がなくなってきて代りに鉄で吹くようになり、ふいごを使うようになりました。鉄の溶解技術が難しくなって、南部鋳物師の斎太郎を工場長として呼びました。貧乏のため月給が払えず、ストライキをやったので、斎太郎は江の島に流されました。元々鋳物屋ですのでふいごを吹くテンポで、「エンヤドット、エンヤドット」とやっていた。今の斎太郎節、大漁唄いこみは銭吹唄から樽漕ぎ唄に変わってきた訳です。

どうも始めから終わりまで余談ばかりで、予定を立てずにお話しました。昨日立看板を立てられてからは、皆さんの試験の前日と同じように頭が重く、ずっとうとうとしかったのですが、これではサバサバとすることになります。それほど内容のある話ができなかったことを申し訳なく思っています。とにかく38年まず無事に過ぎたということは何となくめでたいことと思います。大過なくと言いたいですが、私の研究室の優秀な方々をその分に応じた地位にまでもっていきえず、その人達に対しては申し訳なく思っています。この点教室の先生方にも御迷惑をかけることになって、心残りに思っています。幸いにして研究室の費用の点では心配がなくなりましたので安心してます。今度ここをやめるわけですが、別に他に能もありませんので、この後も同じような仕事をする事になると思っておりますので、今後できるだけお役に立ちたいと思

います。今日は一応最終講義ということですが、前に申し上げたようないきさつからわかるように、私は割合余裕派に属するものですので、これでおしまいという気がさっぱりしません。でもおしまいになることは事実です。そしてここまでこられたということは教室の皆様、研究室の皆様、その他大学の方々、今ここにいらっしゃる方々にもいろいろお世話を頂き、一応大過なく、終らせていただいたと思うのですが、それにしても終りにふさわしくない話になってしまいました。これでおしまいで済みます。皆様長いことありがとうございました。

# 溶解材料の予熱効果について†

北光金属工業株式会社

取締役社長 小宅 通\*

## 1. 緒 言

鑄物工場において生産コストを下げる為には、原価の構成上大部分を占有する溶解部門特に電気炉を使用している場合には、使用電力量にメスを入れることが一番効果的である。他方80年代に入り、戦略の重点はコスト低減も含めて他の設備器材への投資に先行してエネルギー資源の保存と云う大局性も加わり、電力問題は見直されなければならない。当社では上述の趣旨により、溶解材料を予熱炉を通すことにより使用電力量を低減し併せて生産量を増加することにより、コスト低減を試みたが目的の効果を上げることが出来た。

## 2. 予熱炉使用による利点

予熱炉により、表1に示す如き効果があった。

表1 予熱炉使用による効果

(1) 安全の確保
(2) 消費電力量の節減
(3) 生産(出湯量)の増加
(4) 不良発生因の除去(水分除去)
(5) 低品位材の活用(錆、塗料附着品)
(6) 歩留改善
(7) 湯口押場に附着せる鑄物砂の除去

## 3. 予熱炉設置の動機

電力制限のあった昭和49年、オイルショック当時制限枠内の電力量をきりつめる為溶解材料の予熱に着目した。当初は図1に示す如き社内製の簡単幼稚なコークス炉を使用した。

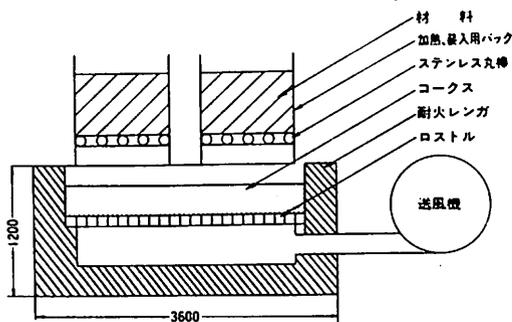


図1 コークス炉

得られた結果は表2に示す如く電力量、出湯量、要員共約10%の向上がありしかも寒冷降雪の時期であった為、水分除去による安全が確保され又表3に示すように、コークス使用量も1,000円/トン程度であって所期の目的を達成出来た。

表2 材料予熱コークス炉設置前後の比較

	設置前	設置後	改善率
1日の通電時間(hr)	24	24	-----
1日の出湯時間(hr)	10	10	-----
1ヶ月の出湯量(t)	370 - 400	407 - 440	10%増
溶解電力原単位(KWH/t)	710	620	13%減
燃料原単位コークス(kg/t)	-----	20	-----
要員5人(人/t)	0.337	0.307	10%減
備 考			

表3 コークス使用量

	コークス金額	溶解量
50年 10月	407,260 円	368,480 kg
11月	443,120	375,440
12月	338,160	410,710
51年 1月	443,940	379,370
2月	461,760	369,330
合 計	1,994,240 円	1,903,330 kg
コークス使用料		1,048 円/トン

† 昭和55年5月12日 第97回全国講演大会技術賞受賞記念講演概要

\* 東北支部理事

## 4 設置に当たっての検討事項

上記の結果をふまえた上で本格的な重油使用の設備計画をした。

まず重油使用の予熱炉を設置運転するに当たって筆者等が参考にした資料の2、3に就き報告する。

### (1) バーナーについて

被加熱材の境界層は断熱空気層でカバーされており、その断熱層を破壊すると材料は急速に温度上昇しバーナーフレームの高速化が実現して急速加熱が可能であると云われている。したがって、加熱炉、特にバーナーの構造が重要で最近各種の高速バーナーが出現している。従来のバーナーでは天蓋をした取瓶の加熱は不可能であるが、高速バーナーでは可能となり燃費が半減した例がある。又予熱炉なしで高速バーナーの使用のみで電力原単位が13.5%、時間短縮が32.6%、溶解効率で30%に向上したデータもあり高速バーナーの威力の大きさがわかる。

### (2) 酸化損耗

図2に示すように600℃以上になると急速に酸化し、少なくとも酸化損耗率を1%以下に抑える為には、600℃迄の予熱が限度である。

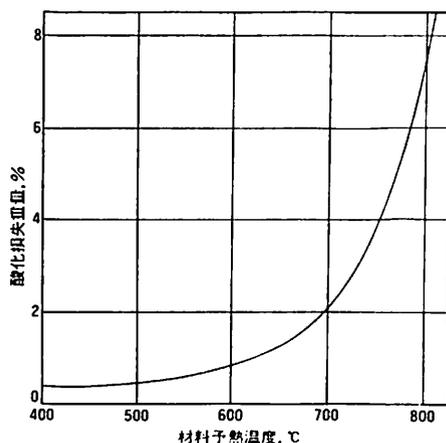


図2 材料加熱温度と表面酸化損失

### (3) 加熱時間と温度

これは予熱材料の量、装入の仕方また送り出し方法により異なるも1例として図3のようなデータがあり、この場合図4に示すように材料の上面、中央部、低面での温度差が大きいと云う報告がある。又図5に示すように長時間になると、かえって熱効率が悪く後半はむしろ炎を弱くする方が、よい結果が見られるデータもある。何れにしても長時間の加熱は好ましくない。

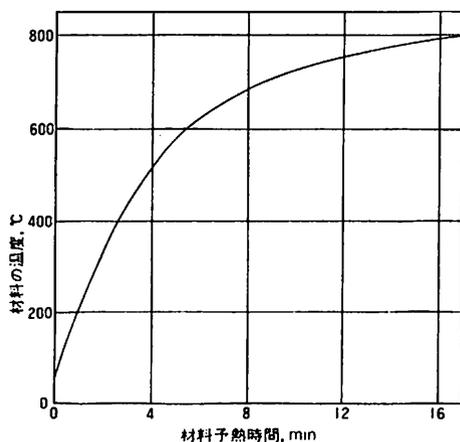


図3 材料の加熱時間と材料温度

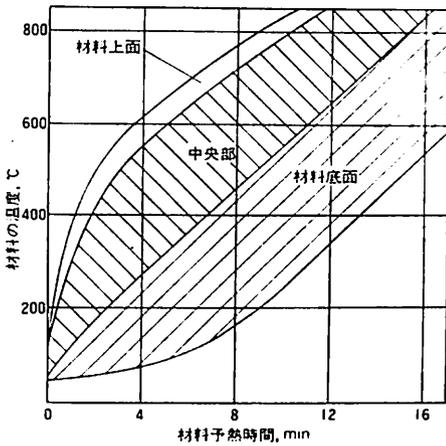


図4 材料の加熱時間と材料温度

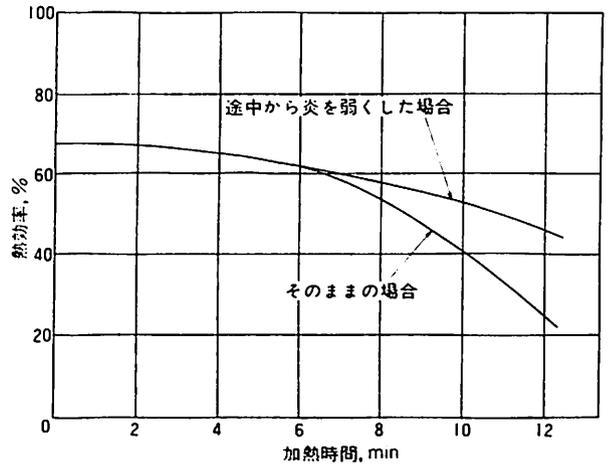


図5 加熱サイクルによる効率の変化

(4) 電力原単位の低減

溶解電力原単位の低減率は図6に示すように、予熱温度 550 °C で出湯温度 1,480 ° ~ 1,650 °C の場合 21 ~ 24% のデータがある。

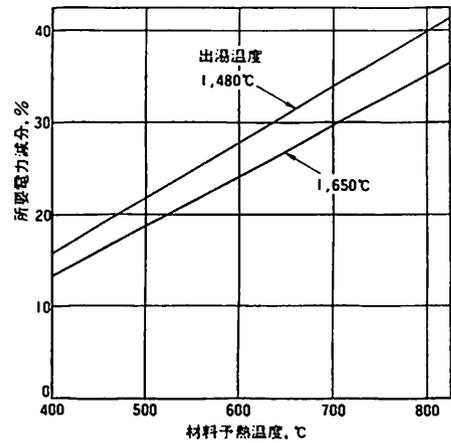


図6 溶解電力原単位の低減

(5) 出湯量の増加

出湯量の増加率は図7に示すように、予熱温度 550 °C において出湯温度 1,480 ~ 1,650 °C で 27 ~ 32% である。参考迄にアルミニウム、銅合金の場合は図8に示すように予熱温度 300 ~ 400 °C で 36 ~ 50% またはこれ以上と云われている。

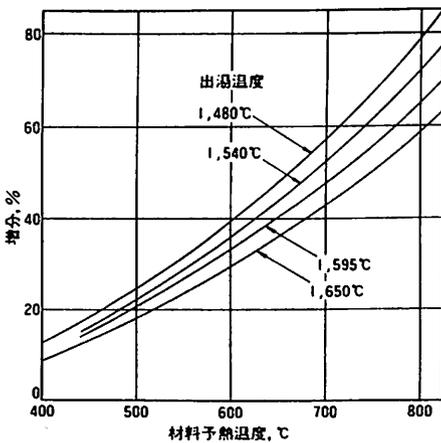


図7 誘導炉溶解量の増加

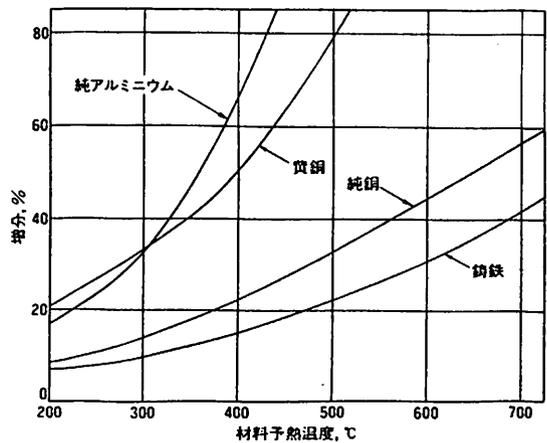


図8 各種材料の溶解量の増加

## (6) その他

その他通電率、稼働率の影響も受け、例えば図9に示すような値が得られている。又節約出来る電力量は図10に示すようなデータがある。

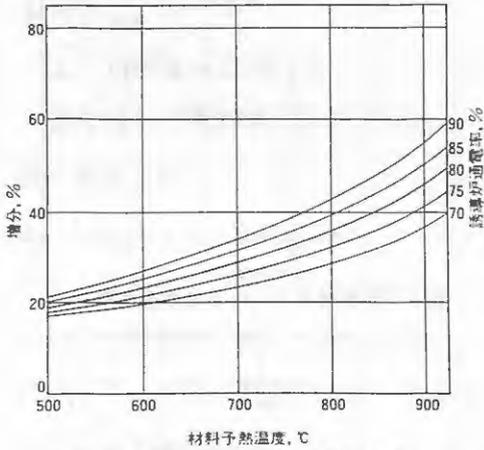


図9 誘導炉による溶解量の増加

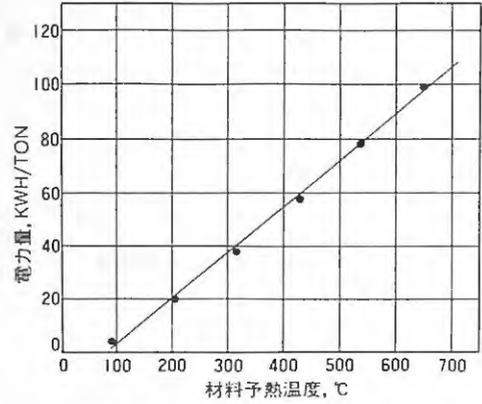


図10 予熱により得られるエネルギー

## 5. 予熱炉の概要

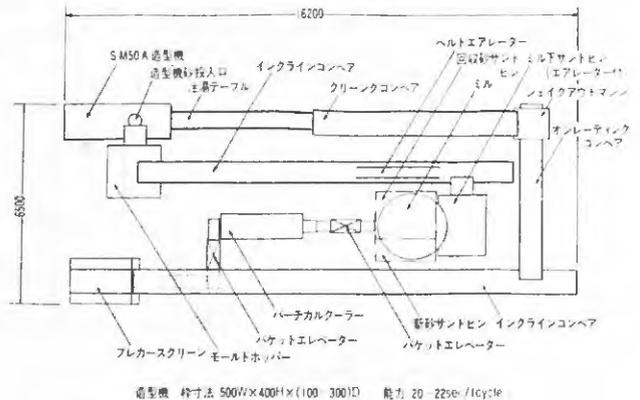
上述の過程を経て重油使用の本格的予熱炉を設置した。概要説明の前にどの程度の規模の工場設備をしたかを採算面その他を想像してもらう為に、筆者の工場内容を簡単に記述する。筆者の会社は秋田市に位置し資本金 4,000 万円、月産 450 トンのダクタイル鋳鉄を専門に製造している。製品は主として上下水道、建設機械、農機具の部品で設備は 3 トン低周波誘導電気炉 2 基、SM自動造型ライン、有機自硬性ライン、PCライン、4 トン焼鈍炉、高周波焼入装置等がある。



SM自動造型ライン

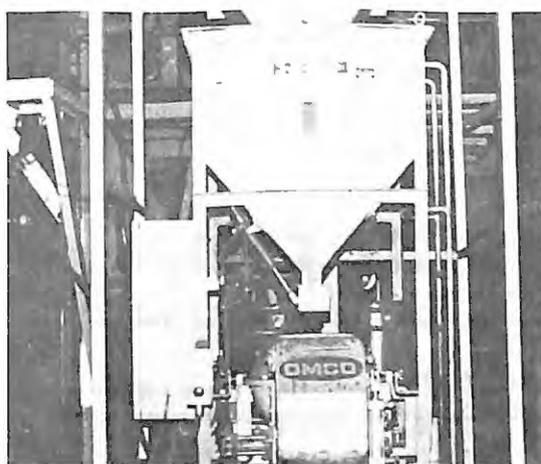
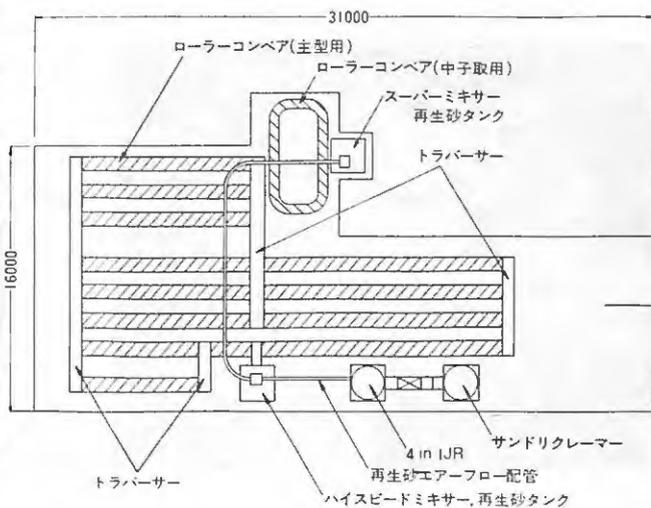


3 トン低周波誘導電気炉

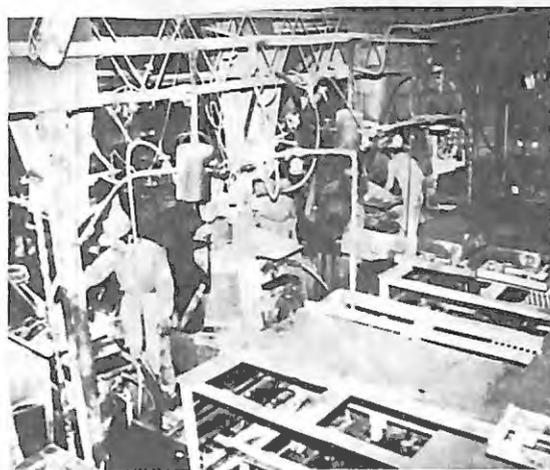




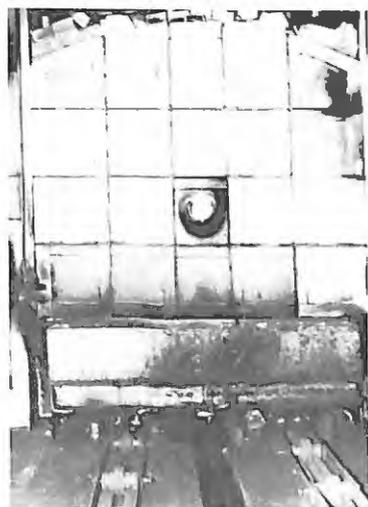
有機自硬性ライン



有機自硬性ライン  
(中子用ミキサー)



PCライン

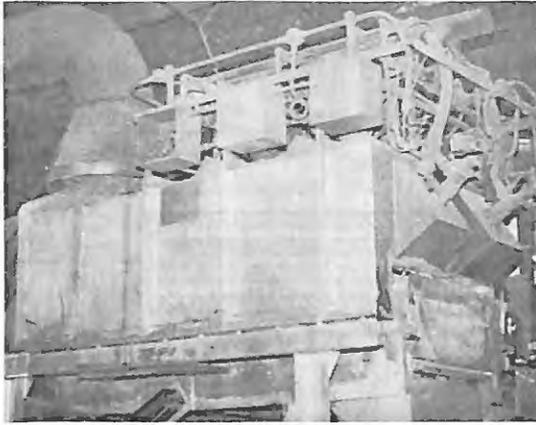


4トン焼鈍炉



高周波焼入装置

さて本論に入るが、当社の予熱炉の概要は写真、表4、図11に示す。



プレヒーター側面より



プレヒーター誘導炉側より



プレヒーター材料装入側より

表4 装入材プレヒーター仕様、性能

設備名称	省エネルギー型スクラップ予熱炉（急速加熱方式）
目的	溶解炉装入材料の乾燥予熱
型式	オンレーティングコンベア式
燃焼方式	急速加熱方式、特殊オイルバーナーによる直接加熱
燃料	A重油、15~80ℓ/ℓ可変
電源	AC 200 V、50 Hz、3 <sup>φ</sup>
点火方式	自動点火
安全装置	炉内温度監視、炎監視、緊急時の燃料系統自動遮断
自重	1,500 kg（三壁面はキャストブル耐火材にて構成）
設置面積	4,500 L × 1,600 W × 2,300 H
装入材	鉄鉄、鋼屑、返り材、プレス屑、200 × 400 × 700（mm）立体、150 kg以下
処理量	1,500 kg以下
予熱温度	平均 500℃ ~ 600℃
予熱時間	10分以下

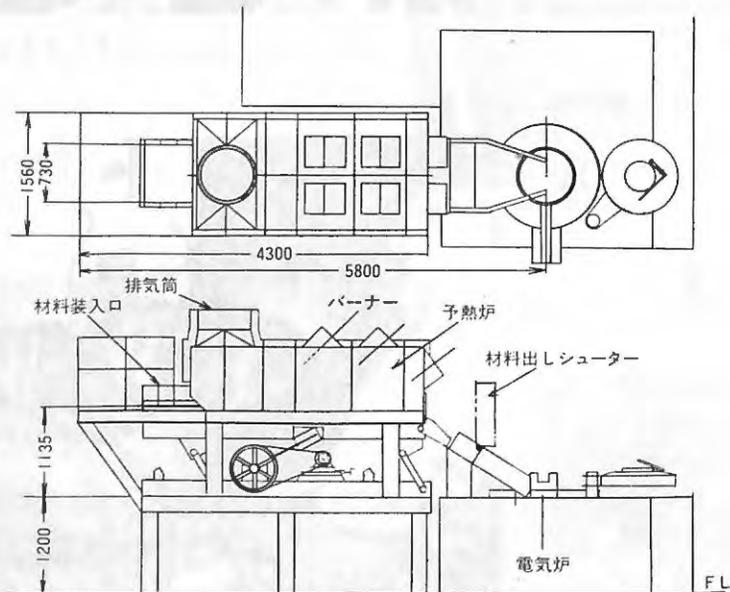


図11 装入材プレヒーターの概要

(1) 電力原単位節減状況

表5に示すように、電力原単位で25%の節減となる。尚表5の重油炉は設置後3年目のデータであり、又低周波炉の通過トン数は約800トンである。

表5 重油炉設置前後の比較

	設置前	設置後	改善率
1日の通電時間(hr)	24	24	——
1日の出湯時間(hr)	10	10	——
1ヶ月の出湯量(t)	370—400	550—580	37—57%増
溶解電力原単位(KWH/t)	710	530	25%減
燃料原単位(A重油)(ℓ/t)	——	21.1	——
要員(人/t)	0.337	0.227	33%減
備考	使用炉3t酸性低周波誘導炉 溶湯は終日保温		

(2) 生産性向上その他

表5に示すように飛躍的な向上があり、37~57%増も見られ又トン当りの要員も減っている。その他水分除去による弊害防止等、上述の通りである。

(3) コスト計算

表6に昭和52年2月のコストを比較した。表に示す如く、コークス炉では電力費は表2に示す如く13%少ないがコスト面ではあまり差がない。しかしながら重油炉では1,538円/トンのコストダウンになっている。参考迄に当時の出湯量、装入量、電力使用量、重油使用量等を示すと表7の如くになっている。

表6 溶解エネルギーコストの比較 / t (昭和52年データ)

	予熱しない場合	予熱した場合	
		コークス炉	重油炉
電力費	710 KWH×13円 = 9,230円	620 KWH×13円 = 8,060円	530 KWH×13円 = 6,890円
重油費			21.1ℓ×35円 = 739円
コークス費		1,048円 (表3より)	
修理費		3円	63円
計	9,230円	9,111円	7,692円

表7 予熱装入材の量と電気、重油使用量 (52年2月)

時間	誘導炉 指数	予熱 電力 (KWH)	予熱 電力 (電力)	出湯量 (kg)	装入量 (kg)	重油消費 計 指数	予熱 (ℓ)	予熱 消費量 (kg)
12:48	20.711.8			1,430		2,422.17		
		700	511		1,370		27.34	20.00
13:42	20.718.8			1,410		2,449.51		
		680	512		1,350		29.17	21.61
14:36	20.725.7			1,440		2,478.68		
		700	508		1,380		31.91	23.13
15:30	20.732.7			1,410		2,510.59		
		680	503		1,350		29.74	22.03
16:19	20.739.5			1,400		2,540.31		
		680	508		1,340		25.04	18.69
17:15	20.745.3							
平均			509					21.10

※ 時間は出湯時間を示す。

之を今回4月1日より値上げになった、電力料金(当社では22円/KWH)で比較すると表8の如く想定され、勿論設備の償却も充分可能になる。

表8 予熱炉設置による総合コスト比較

	予熱しない場合	予熱した場合(重油使用)
電力費	710 KWH×22円/KWH ×565t/月=8,825,300円	530 KWH×22円/KWH×565t/月 = 6,587,900円
燃料費	——	21.1ℓ×70.6円/ℓ×565t/月 = 841,658円
人件費	0.337人/t×8,000円/人工 ×565t/月=1,523,240円	0.227人/t×8,000円/人工×565t/月 = 1,026,040円
保全費	——	63円×565t/月 = 35,595円
計	10,358,540円	8,491,193円
備考	その他安全性、不良率低下等メリットがあります。 差額 1,838,267円/月=3,253円/溶湯t	

尚表7の場合の炉の稼動状況は

(イ) 出湯量より装入材を少なくする。

(ロ) 印加電力をトランス定格容量の12%程オーバーにする。

即ち朝7時と午後1時に、3.5トンのオーバーチャージで出湯待ち正午と午後5時には最少の残湯とする。此のことは図12の溶解日報から投入重量、出湯重量を経時的に示してある。

## 6. 溶解重量から見た予熱炉設置のメリット

当社の予熱炉の概要は上述の如くであるが、溶解重量と炉設置によるメリットは、当社及び他社の実績をもとに㈱クロスが計算したデータは図13、表9、表10に示す如くであり溶解量の多い工場程効果の大きいことが当然了解される。但し上述の図表は下記の前提がある。

- 1: 月間溶解量を7段階に分類した。
- 2: 歩留りは68%として生産量を決定した。
- 3: 製品販売単価を195円/kgとした。
- 4: 溶解電力原単位を700KWH/トン電力料単価を13円/KWHにした。
- 5: 燃料は重油又は灯油で、所要量は20ℓ/トンその単価を35円/ℓとした。
- 6: 予熱時間15分以内加熱温度500℃以上

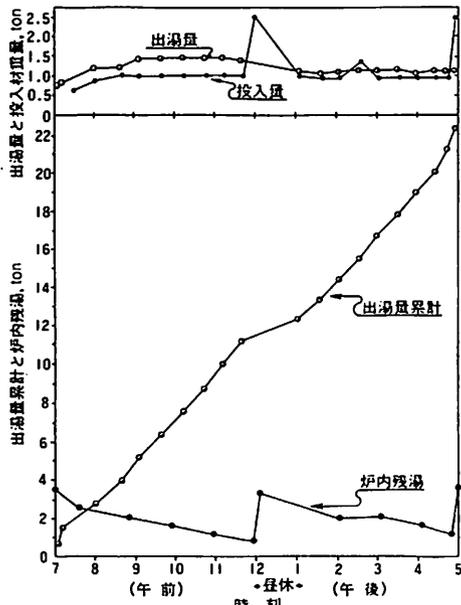


図12 材料投入と出湯量の関係

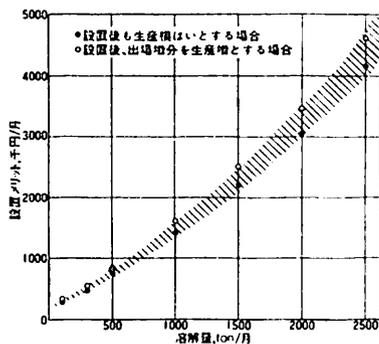


図13 スクラップ予熱炉設置後の溶解量とメリットの関係

表9 プレヒーター設置後、生産増ばいとする場合

溶解量 (t/月)	生産金額 (円/月)	金額 (円/月)	プレヒーター設置のメリット				
			電力費削減 (円/月)	燃料費削減 (円/月)	電力料 (円/月)	合計 (円/月)	
100	13,260	(68)	163.8	70.0	(1)	200	293.8
300	39,780	(204)	491.4	210.0	(3)	200	481.4
500	66,300	(340)	819.0	350.0	(5)	300	769.0
1,000	132,600	(680)	1,638.0	700.0	(25)	500	1,438.0
1,500	198,900	(1,020)	2,457.0	1,050.0	(4)	800	2,207.0
2,000	265,200	(1,360)	3,276.0	1,400.0	(6)	1,200	3,076.0
2,500	331,500	(1,700)	4,095.0	1,750.0	(9)	1,800	4,145.0

表10 プレヒーター設置後、出湯量増分を生産増とする場合

溶解量 (t/月)	生産金額 (円/月)	金額 (円/月)	プレヒーター設置のメリット					
			電力費削減 (円/月)	燃料費削減 (円/月)	電力料 (円/月)	合計 (円/月)		
100	120	15,990	(82)	196.6	84.0	(1)	280	312.6
300	360	47,775	(245)	589.7	252.0	(3)	200	537.7
500	600	79,560	(408)	982.8	420.0	(5)	300	862.8
1,000	1,200	151,120	(816)	1,965.6	840.0	(25)	500	1,625.6
1,500	1,800	226,680	(1,224)	2,948.4	1,260.0	(4)	800	2,488.4
2,000	2,400	318,240	(1,632)	3,931.2	1,680.0	(6)	1,200	3,331.2
2,500	3,000	397,800	(2,040)	4,914.0	2,100.0	(9)	1,800	4,614.0

とし、予熱材投入により溶解電力原単位18%減少するとした。

7: 出湯量の増加率は20%で、出湯鑄込要員（造型鑄仕上げを除く）減を100～300トン/月の工場で1名とし、以下同様に500トンで1.5名、1,000トンで2.5名、1,500トンで4名、2,000トンで6名、2,500トンで9名とし給与を1人200,000円/月とした。

8: 生産量は20%の出湯能力増でも従来のまゝの場合と生産20%増の場合を分けて比較した。

9: その他生産増による利益寄与、水分除去による安全性、付着せる塗料・鑄砂・銹除去による不良率減少及び従来の購入対象外の低品位材の活用等々は図表には見えていない。

## 7. 現有各社の予熱炉

現在設置されている各社の予熱炉は㈱クロスの調査によると表11の如くである。

すなわち、材料の投入方法は

表11 材料予熱装置、各社の構造比較表

(a) オシレートコンベヤ

(b) ロータリーコンベヤ

(c) チャージングバケット

バーナー位置	上方から吹込			下方から吹込
材料送方式	コンベアタイプ	バッチタイプ	ロータリータイプ	バッチタイプ
メーカー(販売)	V社、BB社 MS社、CE 社、T社、K社	BB社、S社 K社、C社	CE社	V社、BB社

の方法があり、エプロンコンベヤはない。処理能力は0.5～3トンで予熱サイクルは5～15分で数基の予熱ラインを併設している例もある。バーナーは上方、下方何れかに設けられているが上方が多い。

## 8. 結 言

溶解材料の予熱効果については、操業及び炉の設計等未だ数多く改善すべき点があり、上述以上に良好な成績を上げることが出来ることを確信する。諸賢の適切なご助言を期待している。

なお、今回の受賞は日本鑄物協会東北支部長大平五郎先生、新日本製鉄釜石の千田昭夫先生、東北大学渡辺融先生、秋田大学宇佐美正先生はじめ鑄物協会の諸先生及び関係者のお力添によるものであり、又設備の開発その他にご助言いただいた㈱クロス、東築工業㈱ならびに設計から操炉迄骨身を惜しむことなく協力いただいた当社の道山工場長、荒井保全課長をはじめ技術部の各位に厚く御礼申し上げる。

## 第98回全国講演大会諸行事

日本鋳物協会の第98回全国講演大会並びに関連諸行事は、11月1日から4日までの4日間仙台市長町字越路の東北工業大学を主会場として、約700名の参会者を得て開催された。本大会は、東北支部としては昭和40年秋の仙台、昭和49年秋の盛岡に次ぐ三度目の大会行事である。支部では新幹線開通を待っての開催を唱えていたが、けっきょく諸般の都合でその開通を見ずに開催に踏みきることになった。

主会場には東北工業大学を選んだが、この大学は教室数が多く、しかも各室が密接しており、交通の便も比較的良いので、さまざまな学会が頻繁に開かれている。ただ、息抜きできる緑地などが皆無に近いのが惜しまれる点である。大学を利用させていただく関係で、日程は学校の連休を利用しなければならなかったため、11月初旬の開催となったが、この時季になると例年寒くなり始めるので、若干の不安はあった。しかし、気温、風の強さを除けば、幸いにまずまずの天候だったといえよう。

宮城県自体は必ずしも鋳物の盛んなところではないが、東北支部全体の応援を得て、大過なく大会を終了させることができた。関係各位に厚く謝意を表する次第である。大会経過の要約は次のとおりである。

11月1日：“新しい鋳鉄材料の動向”と題する技術講習会が、98名の受講者を迎えて行われた。このテーマを選ぶに当たっては、過去10年間のテーマを調べ、じゅうぶんに審議して決定したもので、熱心な講義と質疑応答が行われた。この日には、主会場からさほど遠くない青葉山のカントリークラブでゴルフ大会が行われた。また、午後からカタログ・コーナーの設営が開始され、やっと翌日の大会に間に合わせる事ができた。

11月2日：講演会場（1階）、カタログ・コーナー（2階）は先に蜂の巣形の講義棟の周辺部に位置しており、中心部がロビーとなっているので、会員の移動及び管理には極めて便利である。講演会場は4室に分かれ、第1日には約60件の発表が行われた。

カタログ・コーナーには37小間の展示場が設けられた。使用教室は2室でやや手狭の感があったが、終始、数



第98回全国講演大会  
(仙台) 記念の文鎖

多くの会員の姿がみられ、盛況であった。この日は、仙台の歴史と文学についての婦人見学会が行われ、約30名の参加者があった。また夜には、交歓しセフションがホテル仙台プラザで行われ、約350名が集って盛大だった。

11月3日：前日に引続いて研究発表会が行われ、午後1時から第4会場で、第8回のシンポジウム“鋳物の耐熱性”が開催された。

11月4日：工場見学には約240名の会員が6班に分かれて参加した。見学先は東北地方南部の工場と沿線の観光地であったが、当日は本大会の期間中で最も良い天候となり、関係者をほっとさせた。

なお今回は、参加者全員に記念として鋳鉄組織をレリーフ状にデザインした円形の文鎖を差上げたが、お気に召していただけただかどうか。（渡辺 融）

### 研究発表講演会

11月2日（日）、3日（月）の両日にわたり、東北工業大学で4会場に分かれて合計115件に及ぶ貴重な研究成果が発表された。両日も、“天気晴朗なれども寒さややきびし”といううらみはあったが、エネルギー節約が叫ばれている時勢でもあり、しかも立冬直前のみちのく仙台での開催ともあれば、この程度の寒さはやむを得なかったことと御寛恕（じょ）願いたい。しかし、会場内は熱気に満ちあふれ、知識、経験の交流は暮色迫るまで続けられたので、研究発表会の目的はじゅうぶんに果たされたことと思う。

講演の全会場が同じフロアに配置されたことは、本大会の出色の一つであり、部屋から部屋への移動に時間を空費せずにすんだ。他方、ロビーでの放談の声が会場内にまで達する場合がままあった。今後自粛を要する点であろう。例年と同様、今大会の参加者もきわめて熱心で、連休の時期だったにもかかわらず、各会場とも終日はほぼ満員状態であった。座席不足のため、立ったままで聴講せざるを得なかった方々に対しては、会場設営を担当した者の一人として、心から不手際をおわび申し上げ

る。

今回の講演でも、研究対象として選ばれた金属材料は鋳鉄が圧倒的に多く(60件)、非鉄合金(18件)、鋳鋼(10件)の順である。この傾向は過去数年間変わらず、鋳物産業のゆるぎない伝統を物語るものであろう。しかし、特殊鋳造法による複合材料やCV鋳鉄の製造に関する研究など、近い将来に大きな飛躍を予期させる労作が少なからず報告されたのは、頼もしい限りである。

講演内容を鋳物の製造プロセスの観点から一瞥(べつ)して気付くことは、溶解あるいは溶湯処理に関する分野の発表がきわめて少数だったことである。また、鋳造方案、湯流れ、凝固に関しては貴重な基礎研究がいくつか報告されたものの、相対的には数少ない。これに対して型砂、粘結剤、造型関係、あるいは鋳造品の諸性質については、これまでどおり多くの発表がなされた。



研究発表に耳を傾ける人々

鋳物の製造に複雑な工程が必要なことは、いうまでもない。それらの工程には、それぞれ重要な研究課題が山積しているはずである。そしてその多くは、長年の努力によってはじめて解決への糸口を見いだすことになるであろう。そのような難問に取り組まれておられる会員諸氏が、いわゆる業績主義の風潮に流されることなく地道な研鑽を積まれて、その成果を公表される日の近いことを期待して(かく)筆する。(佐藤 敬)

### シンポジウム

大会第2日目の午後から第4会場で第8回シンポジウムが開催された。今回のテーマは“鋳物の耐熱性”である。鋳物材料はいろいろな分野で利用されているが、今



盛況のシンポジウム

回は特に高温における材料の適性及び将来の展望についての論議が交わされた。シンポジウムは大阪府立大学の岡林邦夫君司会の下に進行し、次の講演が行われた。

鋳鉄の成長現象と耐熱性(長岡金吾君)、鋳鋼・鋳鉄の耐熱疲労特性(松田公扶君)、鋳造金属の高温酸化(渡辺融君)、耐熱鋳鋼について(村上震一君)、自動車用アルミニウム合金(小宮山芳朗君)、ガス・タービン用超耐熱鋳造合金の特性について(雑賀喜親君他)

取りあげられた材料は鋳鉄、鋳鋼、Al合金、超合金の広範囲に及び、内容としては高温領域における材料の物理的・化学的・機械的特性など、耐熱性で一括される種々な問題について報告が行われ、講演終了後には活発な総合討論が展開された。参加者も数多く、100人程度だったと思われる。(渡辺 融)

### 技術講習会

11月1日、『新しい鋳鉄材料の動向』という主題で次のとおり有意義な講演があり、活発な討論がなされた。



懇切に論述する講師

参加者は98名であった。

まず近藤講師は、金型鑄造における急冷をあえて防がずに、チル化をSi添加により防止し、必要に応じて熱処理により部分的チルを黒鉛化すると、フェライト地微細共晶状黒鉛組織になり、高強度鑄鉄が得られるので、その利用が期待されることを述べた。次に千田講師は、省エネルギーのためにフェライト地球状黒鉛鑄鉄を鑄放しで得ることを試み、その必要条件是黒鉛粒数の増加と $\gamma \rightarrow G + \alpha$ 変態と $\gamma \rightarrow P$ 変態との温度間隔を広げることであり、更にNi, Al, Ti, Moを添加すると伸びがあってもパーライト地球状黒鉛鑄鉄に匹敵する強さが得られることを説明した。松下講師は、パーライト地球状黒鉛鑄鉄を $\alpha\text{-}\gamma\text{-}G$ の3相共存領域に加熱すると微細な $\alpha\text{-}\gamma$ 共存の基地になり、2相共存のために $\gamma$ の成長が遅く、適当な冷却法をとると $\gamma$ はマルテンサイト、パーライト、ベイナイト等になるので、種々の良い特性を持つ鑄鉄が得られること、SiとMnの偏析による変態温度の偏りは、SiにはNiとCu、MnにはMoの添加で調整できることを述べた。また浜田講師は、Mgの少量添加で球状化率30%~70%のコンパクト・パーミキュラー黒鉛鑄鉄を作ると、引張り強さ、伸び、曲げ疲労強さは球状黒鉛鑄鉄に近く、熱伝導性、鑄造性は片状黒鉛鑄鉄に近く、減衰能は両者の間で、被削性も良いので、有用な材料と思われることを示した。最後に丹羽講師は、高クロム鑄鉄は耐けい砂摩耗性に優れ、マルテンサイト鋼の数倍の強さを持つけれども、冷却中や切削中に割れやすく、溶接補修もできないので、きわどい材料であること、したがって一般には、まだ低合金焼入れ鋼や高Mn鋼が用いられやすいので、研究が期待されること等を述べた。(佐藤 有)

### 交歓レセプション

講演大会初日の夕方、場所を東北工業大学からホテル仙台プラザに移して交歓レセプションが開催された。全国から約250名、地元の東北各地から約100名、さらに外国からは中国9名、韓国6名、ブラジル1名の参加があつて、会員の奥様方も交えて華(はな)やかな雰囲気

で進められた。

司会は私井川と新日鉄鑄釜石の千田副部長がつとめ、まず大平大会委員長の歓迎のあいさつ、金田会長のあいさつ、続いて来賓の東北工業大学理事長柳川東吉氏、金属博物館長今井勇之進名誉教授(左上の写真)新日本製鉄鑄釜石製鉄所長山内仁氏がこもごも立って温かい祝辞を述べられた。次に、次期大会開催地関東支部の滝支部長から明年の再会を期待するあいさつがあり、最後に、金田会長と大平大会委員長による鏡開き(右上の写真)によって祝宴に入った。

祝宴の乾杯の音頭は、大会副委員長の多賀城製鋼開秀夫社長がとられた。みちのくの素朴な味を盛り込んだホテル自慢の料理の数々は、皆様にもじゅうぶんお楽しみいただけたであろう。宴なかばにして、前会長、名誉会員の谷村照先生、中国鑄造学会理事長榮科氏、韓国東亜大学校教授崔昌鈺氏にスピーチをお願いし、また最後の万才三唱は、水沢鑄物組合理事長、岩手鑄機社社長の菊地忠男氏によって、本協会の今後の発展を祈念して行われた。

フォーマルな行事のあとも、会場ではなお去り難い面々がたがいの話に花を咲かせ、しばらくははなやいだレセプションの余韻(いん)が消えやらなかった。

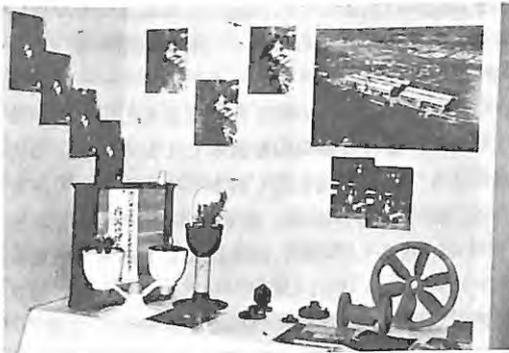
(井川克也)



レセプションにのぎわい

## カタログ・コーナー

カタログ・コーナーに割当てられた部屋は研究発表会場のすぐ上の2階である。大学の教室を利用すること、その教室が通常の4角形ではなく、6角形をなすので、展示小間の配置に頭を悩ましたが、無事に37小間(26社と2組合)を2教室にうまく配置することができた。今回は、東北地方の鋳物の紹介も行うこととして、カタログ・コーナーの一区画に岩手、秋田2県の鋳物関係の組合からの工業鋳物などが展示された。



参観を待つ展示コーナーの一部

このコーナーでは、鋳物関係の機器、設備、原料、副資材及び新製品のカタログと現物の展示が行われ、小間の配置が上述のようであったので、いささか通路面積が狭い感じだったが、反面、会場は常時極めて盛況の様相を示していた。

大学の講義時間などの制約により、搬入に際してはいささか御迷惑をかけたが、出品各社の皆様の御助力により、無事に終了することができて、心からの謝意を表する次第である。また、会場の提供を許可された東北工業大学関係者にも厚くお礼を申し上げる。(渡辺 融)

## 工場見学

### 第1班 金属博物館、多賀城製鋼(株)

11月4日(火)、冬の訪れを告げるように今年初めての氷が張った寒い朝であったが、井川先生はじめ23名を乗せたバスは、定刻の9.00を10分遅れて仙台駅前を出発した。何と云っても第1班の特色は、一行の中に中国から大会に参加された榮中国鋳物協会理事長、李ハルビン工業大学教授ら中国船舶工業会社の人々を主体とした8名のメンバーが加わったことである。秋から冬への移り変わりも急となり、木々の葉が落ち始めている街路を通



工場見学のスナップ A

り、伊達家三代の廟(びょう)である瑞鳳殿(ずいほうでん)に着いた。杉林の閑静な墓所であり、「自分が死んだら、このあたりに葬ってほしいもの……」と政宗が杖で指示したといわれる広瀬川のほとりにある豪華な桃山様式の代表的な建築物で、前庭では多数の小学生が写生をしていた。次に、バスは青葉山の仙台城址へ向かった。「杜(もり)の都」といわれるだけに、美しい自然に取り囲まれた山頂に位置している。この城は、慶長5年(1600年)に政宗によって築城されたが、その後火災で焼失した。土井晩翠の「荒城の月」の詩碑があり、懐しく思われた。

11.00ごろ金属博物館に着き、バスから降りたところにびっくりするほど大きな断面試料が屋外に据えつけてあった。これは400t鋳鋼塊の断面であった。館内へ入り、今井館長から中国の布銭、釣り針、バクダット電池など、興味あふれる話を聞き、祖先の残した創造への意欲がうかがわれて、今さらながら人類の偉大さを思い知らされた。話のあと館内を見学したが、古銭、たたら製鉄の復元模型、南部鉄器、初期の電子顕微鏡、現代技術の製品の数々と古代から現在の先端技術まで集めた展示品があふれており、見学時間の短さにうしろ髪を引かれる思いで博物館をあとにして、東北大学金属工学の50周年記念館で昼食をとった。

午後は仙塩工業地帯のバイオニアとして昭和27年旧海軍鋳鍛工廠(しょう)跡に建設された多賀城製鋼(株)を見学した。高橋専務のあいさつに続き、岡村第2製造部長から工場の概要について説明があり、工場を見学した。従業員263名で、月産約500tの鋳鋼を製造している。全製品の80%が普通鋳鋼、残りが低合金鋳鋼となっており、用途は建設用40%、バルブ40%、その他20%である。設備はエルー式3t電気炉2基、モールディング・ライン、スリンガー・ラインで、中子はCO<sub>2</sub>とフラン砂であ

る。γ線装置、超音波や磁粉の探傷装置などの検査設備が充実しており、品質管理面のチェックに重点が置かれ、品質第一の姿勢がうかがわれた。見学のあと、質疑応答が活発に行われたが、中国の人たちの質問では、生産性に関心をもっていているようだった。

2.50ごろ、工場を辞して多賀城史跡を訪れた。歴史をひもとくと724年多賀城設置とあり、奈良時代のはじめに陸奥の国府や付属の寺が造られている。ここは特別史跡に指定され、奈良の平城宮、九州の太宰府とともに日本三大史跡になっている。

第1班の見学は、以上のように仙台市を中心にした観光と1社の工場見学という日程であったが、好天に恵まれ、中国の人々とも終始なごやかな和気あいの雰囲気、日中親善の成果も大いに挙げた一日であった。この見学でたえず陣頭に立ってお世話下さった井川先生と幹事の方に心から感謝しつつ、仙台駅前で解散した。

(戸崎 宏)

## 第2班

ニッカウキスキー仙台工場、山形鋳物工業団地、山形非鉄鋳物団地、山形県工業技術センター

第2班30名を乗せたバスは、9.10仙台駅を出発、山形に向けて48号線を約1時間、紅葉のすばらしい広瀬川と新川が交わるあたりの山ふところに抱かれたウキスキーのふるさと、ニッカウキスキー仙台工場に到着した。工場はミネラル分の豊富な地下水をもたらす山に囲まれ、霧やもやが立ち上がり、源酒の熟成に必要な澄んだ空気とオゾン、適度な温度と湿度に恵まれている。50年前、竹鶴政孝が選んだもう一つのウキスキーのふるさと北海道余市の厳しい表情とは異なってやさしい風情があり、赤れんが造りのキルン塔や貯蔵庫が山々に映え、工場というイメージは全く感じさせない。見学の後、ウキスキーとワインに舌鼓。お代わりは何杯でもOK。誰かが、「水筒でも持参すればよかったナー」と爆笑。

紅葉の作並温泉を後に石山峠を抜けると、雪を頂上にあいだいた月山や朝日連峰を望み、次の見学地山形鋳物工業団地に到着。昼食後理事長の四釜市郎氏から同団地



工場見学のスナップ B

の概要を紹介された。同団地は豊かな自然環境にめぐまれ、山形西部工業団地内に近代的な工場、最新の設備を整え、建設は昭和49年に完成した。山形鋳物の900年の歴史ある伝統技術から造りだされる製品の優秀さは全国的な名声を博し、本県の伝統産業として発展してきた。地域との協調性を大切にして、公害のない理想的な団地造りに邁進しているとの説明があり、その後14企業の中から日用工芸品中心の山正鋳造と東北以北唯一のJISラジエーター・メーカーの轡名和鋳造所の2カ所を見学した。

山正鋳造は大正5年に創業。工場敷地9,900m<sup>2</sup>、建物2,330m<sup>2</sup>、従業員40名である。主要製品は茶の湯釜(がま)、ステーキ皿、オイル・パン、ステーキ焼き用鍋(なべ)、鉄瓶などで、伝統工芸審査員もしておられる社長を中心に、素朴な鉄の心を追求しており、長い努力と実践により“良質主義を貫く日本一”の山正との評を得ている。轡名和鋳造所は、昭和3年に創業。工場敷地16,500m<sup>2</sup>、建物4,596m<sup>2</sup>、従業員80名である。主要製品はマンホール・カバー、JIS暖房用ラジエーター、球状黒鉛鋳鉄、耐磨耗・耐熱鋳鉄の品で、生産量は月産250t。溶解は3tキューボラ2基、保持炉、4t低周波2基の組合わせて、溶湯量を確保している。特にラジエーターの中子は焼結レジンを使用し、もたせにケレンを使用すると圧漏れするので、釘(くぎ)を使用し、水圧テストを3回も行っているとの由。その他、キューボラで球状黒鉛鋳鉄を月産約20t生産しており、生型の特徴をよく生かし、技術的に非常に興味ある工場であった。参加者を代表して東芝機械の佐藤董博士が謝辞を述べ、同工場を辞して次の目的地へ向かった。

山形非鉄鋳物団地では、横倉邦夫副理事長から概要説明があった。昭和52年6月から本格的稼働を開始し、精錬2社の協業による直統式発光分光分析装置によって、そのような配合のアルミ合金も消化できる体制を整えているとのことである。また、全国に先がけてアルミ・ホット・チャージ方式をとりあげ、金型、砂型、シェル型、ダイキャストによるアルミ製品を各社の特徴を生かして生産している。説明のあと、五進金属工業と北日本軽金属の2社を見学した。

五進金属工業は昭和18年5月に設立され、工場規模は土地8,501m<sup>2</sup>、建物3,471m<sup>2</sup>、従業員数68名。主要設備として鋳造炉10基、鋳造機20台、他加工設備、自動旋盤23台、表面処理設備、自動アルマイト設備等を備えている。同社は、アルミ鋳物器物メーカーとして東北地区最古の歴史を誇り、生産規模において全国のトップ・レ

ベルにある金型鑄造から切削加工、研磨加工、アルマイト金属塗装を含む表面処理まで一貫体制で製造しており、その販路も全国一円に及んでいるとのことであった。北日本軽金属(株)は工場規模土地6,300m<sup>2</sup>、建物2,190m<sup>2</sup>、従業員数34名、主要設備として反射炉(前炉付)5基、アルミ溶解用集じん装置1式、直読式分光分析装置1基を備え、アルミニウム二次合金地金を精練する東北最大の精練メーカーで、月産約1,000tの能力をもち、インゴットのアルミニウム地金はもちろん全国最初のホット・チャージ方式(溶湯アルミ)により、溶けたままのアルミを各社の鑄造工場に供給している。見学後会議室で質疑応答があり、ホット・チャージ方式に質問が集中した。見学者を代表して足利工業大学教授の高瀬誠次氏が謝辞を述べて見学を終わった。次の見学先山形県工業技術センターでは、会田武所長から工業技術センターの概要について説明があった。当センターは昭和55年7月に移転したばかりで、敷地面積66,116m<sup>2</sup>、建物延面積は本館、エネルギー棟、実験棟その他合わせて10,995m<sup>2</sup>あり、所長以下職員は70名。県内中小企業の相談相手として、生産技術の向上、発展に必要な試験、研究、指導を行っている。しかし新設したばかりなので、今後更に内容の充実を図り、より一層期待に沿えるように努力しているとのことである。建物内の案内及び各工業団地について説明をうかがい、時間の関係で金属部、鑄造部、機械部だけを見学して、15.30国センターを辞し、16.10山形駅へ着いた。

今回の有意義な見学会を受け入れて下さった5工場並びに山形工業技術センターの今後の発展をお祈りすると共に、引率の労をとって下さった工業技術センター・嘉納氏に厚くお礼を申し上げます。(川崎洋一)

### 第3班 福島製鋼(株)吾妻工場、伊達製鋼(株)

先日来の寒気もすっかり和らいだ日本晴れの朝、参加者47名を乗せたバスは、福島駅前を9.00過ぎに出発。遠くに初雪をいただいた安達太良、吾妻両連峰と、近くに取り残された稲架やりんご、柿の風景を左右に眺めながら、9.30福島製鋼(株)吾妻工場に到着した。

さっそく、渡辺取締役から歓迎あいさつと、会社の沿革、概要を紹介され、続いて、福島第2製造部長、戸沢取締役、佐藤化工課長から、吾妻工場における鑄鋼、球状黒鉛鑄鉄の生産概況、主要設備等のほか、同社で開発された電炉法による電融ジルコニアの特性、用途、生産状況等について詳細な説明があった。同社は、本社、福島工場、吾妻工場、高萩工場から成り、全従業員1,055



工場見学のスナップ C

名、普通鑄鋼2,600t/月、特殊鑄鋼400t/月、球状黒鉛鑄鉄、1,300t/月、ジルボン220t/月、溶解アセチレン70t/月を生産しており、鑄鋼、球状黒鉛鑄鉄の50%は自動車用で、他はバルブ用、建築用、その他である。ジルコニア(ジルボン)は全国生産の70%を占めており、耐火材、発熱体、ゆう薬等の外、固体電解質としての用途も見いだされ、金属溶解用、石油化学用、原子力用、宇宙工学用、電子工学用のほか、燃料電池用としても注目を集めており、更に、新用途、新製品の開発も積極的に推進されているとのことである。

吾妻工場は敷地約9万m<sup>2</sup>、工場建屋4万m<sup>2</sup>、従業員510名で、普通鑄鋼1,500t/月、球状黒鉛鑄鉄1,300t/月、ジルボン220t/月を生産している。10.30から5班に分かれ、主として造型、鑄仕上げ関係を見学したが、作業環境、とくに安全に作業できるように隅々まで配慮されており、自動車用保安部品(例えばアクスル・ハウジング等)は全数マグナー検査を行うなど、品質保証に万全を期している。自主管理活動が極めて活発に行われており、省エネ運動にみられるように、昨年同期比約40%の重油節減を達成できたのも、各自自主管理グループの地道な活動の積み重ねによるものが大きかったようである。

“トータル・パワーを発揮して、利益目標の達成を期する”との経営方針が工場全体にくまなく行きわたり、各人の持つ力を結集して激動の80年代を乗り切る姿勢が、随所に見受けられた。昼食をまじえながら活発な質疑が交わされたあと、山川産業の浜田繁之氏から同工場への謝辞が述べられ、12.50辞去して、次の見学先へ向かった。

13.30、伊達製鋼(株)に到着し、吉田社長、村田取締役等から、限られた建家内で効率よく多種少量生産を続けている同社の実態について説明があった後、13.50から小磯、高橋両課長等の案内による工場見学に移った。主要納入先だけでも60社に及ぶ多種少量生産を手狭な工場内で効率良く、しかも安全に達成するための創意くふう

が、昭和12年創業という伝統の中に組込まれており、見学者一同にとって多大な参考になった。フラン樹脂造型法も、導入開始当初にはかなり苦勞を重ねたとのことであるが、現在はほとんどトラブルもなく順調に稼働を続け、生産性も従業員300名程度で、従来の500t/月から700t/月へ向上している。さらに今後の飛躍に備えて、生型造型法の合理化を検討中とのことである。特徴的な点は、横中ぐり盤をはじめ20台に及ぶ機械加工設備をもち、仕上げ完成品としても出荷できる体制を整えて付加価値の増大を図っていること、及び工業用γ線探傷機をはじめ各種試験検査装置をそろえ、信頼性の高い鋳物の生産に努めていることで、国鉄、海事協会、ロイド、米、独、仏、ノルウェー、その他の船級協会の工場認定資格を取得している。より良い品質のものをより安く造るための方策を常に求めてやまない同社の姿勢に、今後の鋳物工業の生き方の一つを見た思いがした。日本高周波の喜多新男氏から謝辞が述べられ、15.00、同社の見学を終了した。

そのあと、かつて都人が歌枕として詠み、芭蕉(ばしゅう)が奥の細道行脚に立寄り、文人正岡子規や墨客小川芋銭も足を運んだという信夫文知摺(しのぶもちずり)を訪れた。ここは福島駅から東へ4kmの山間にあって、晩秋の夕日に映える紅葉が美しかった。16.30、福島駅で解散した。

今回の有意義な見学会を受け入れて下さった各工場の関係者の方々、並びに引卒の勞をお願いした福島工試の大里様に厚くお礼申し上げます。(瀨谷 修)

#### 第4班 三菱製鋼(株)広田製鋼所、会津精密(株)

秋日和に恵まれた11月4日(火)、第4班38名は会津磐梯山の麓(ふもと)、会津若松市近郊の三菱製鋼(株)広田製鋼所と会津精密(株)を訪ねた。

まず、11.20ごろ広田製鋼所に到着。松下副所長、鎌田次長からの説明を受け、新田課長はじめ恐田、二宮、宮崎の皆さんの案内でさっそく工場を見学した。広田製鋼所の歴史は古く、猪苗代電源地区の豊富な電力を利用するために大正13年に特殊鋼塊の製造を開始し、昭和38年以降は鋳鋼品及び鋳鉄インゴット・ケースを生産してきた。敷地面積91,200m<sup>2</sup>、従業員170人で、鋳鋼520t/月、球状黒鉛鋳鉄(インゴット・ケース用)150t/月を生産している。5t及び15tのエルー式電気炉各1基、500kg高周波炉1基の製鋼工場、炭素鋼からステンレス鋼、高合金鋼まで40~100鋼種の溶鋼を厳重な溶解管理のもとに鋳造工場へ供給している。

造型プロセスは、小物量産品を生型機械造型で行い、100kg~1tの中物はVプロセス及びCO<sub>2</sub>法で行い、2~10tの大物はケムレツ自硬性法で行っている。水ガラス系の砂は全量回収再生され、空気輸送によりミキサー・ステーションまで搬送されている。砂の管理では、数カ所で採取された砂について特性チェックがなされていた。特筆すべき点は、高圧スチーム・タービン、ガス・タービンのケーシングやインナー・ハーツ、また薄肉の車両部品が踵(きびす)を接して造型、鋳造されていたことである。仕上げ工場では20tショット・ブラストで砂落としされ、水ガラス系のプロセスが用いられているにしては、いわゆる砂落とし手作業が少ないように感じられた。また同所では、30t、20t、5tの重油パッチが、連続式焼入れ焼戻し炉、各1基により熱処理が行われていて、52年以来省エネ対策が実施されてきた。

機械工場では各種ケーシング、タービン部品などの加工が行われていた。同所の特徴は、溶解、熱処理において多くの材質の鋳鋼をうまく管理していることと、溶湯から機械加工まで一貫して厳しい品質管理の下に製造されていることである。同所の製品については、歩どまり40~70%、平均52~53%とのことである。今後も“熟練”を売る方向で、手込め造型製品も重視しながら、機械込めできるものをニーズに応じて伸ばしてゆきたい、との方針を松下副所長からうかがって、昼食のち会津精密(株)へ向かった。

会津精密(株)は、ミシンの東京重機が100%出資したロストワックス精密鋳造品生産会社で、従業員は100人。48年にPFI(USA)と提携し、55年MIL規格工場に認定され、現在、電子関係、自動車関連、その他精密機械に関する精鋳品を生産している。生産量は製品30~35t/月で、最大7kgのものまで生産できるとのことである。向井工場長、川田製造部長からの説明のあと、金型設計から製品検査までの工程を見学した。金型の設計、仕様がとくに重視されており、それに従って外注製作された金型や社内製作された金型に、約10台の射出成型機でロストワックス法の模型が次々と作られており、なかにはソリブル・ワックスの中子の使用により、インベラーなど複雑なものも作られている。25℃、湿度65%に調整されたルームで、ワックス模型にジルコンサンドのコーティング、アルミナのサンディンが行われたのち、120~150℃の蒸気によりオートクレーブ内で脱蠟(ろう)されている。その後、トンネル炉で1,030℃に焼成された鋳型は、200kg高周波炉1台、100kg高周波炉2台の溶解場へ送られている。炭素鋼から耐熱鋼に至るまで

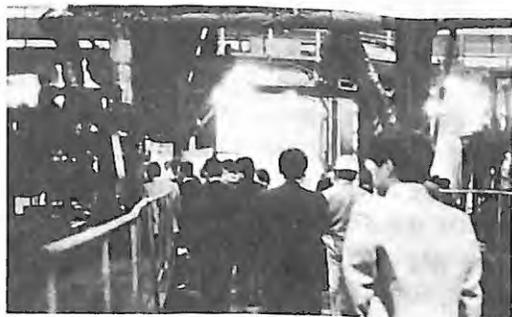
各種材質のものが鋳造されていたが、その他、銅合金、アルミニウム合金も鋳造されている。現在、精密品の納期としては、金型製作期間を別として受注後出荷までに約40日を標準としているとのことであった。

見学を終わってのち、猪苗代湖畔を経て16.30ごろ郡山で解散した。出発から帰着・解散まで案内された三菱製鋼㈱広田製鋼所の鎌田さんに深甚な謝意を表したい。

(喜多 清)

#### 第5班：東北三菱自動車部品(株)、トキコ鋳造(株)

曇一つない秋晴れの中を二本松駅に集合した見学者49名は、トキコ鋳造㈱の近氏に迎えられた。9.30に東北三菱自動車部品㈱に向けて出発。10分後には阿武隈川に隣接する同工場に到着した。会議室で角谷常務から工場概況の説明があり、続いて竹村製造部長からライン構成などについて詳細な説明があった。



工場見学のスナップ D

同工場は、敷地面積324,000 m<sup>2</sup>、建物40,000 m<sup>2</sup>、従業員約500名で、鋳造部品及び鍛造部品を製造しているが、鋳造工場のほうが新しく、昭和52年10月に操業を開始した最新鋭工場である。生産量は約3,500 t/月であり、うち10%は球状黒鉛鋳鉄を生産している。自動車用鋳物が多く、他に産業機械用鋳物も製造している。ねずみ鋳鉄部品としてはシリンダー・ブロック、シリンダー・ヘッドなどがあり、球状黒鉛鋳鉄部品としてはデフケースなどが製造されており、全部品点数は約100点に及んでいる。説明後、6班に分かれて見学に移った。

主型造型は三菱—SPO 400 HSS造型機(1,100×1,300×350/350、スクイズ圧10~12 kg/cm<sup>2</sup>、造型スピード20 sec/枠)が2基で上型と下型を造型しており、1ラインを構成している。中子造型はシェル・マシン17基、コールドボックス・マシン2基で行われている。コールドボックス中子はシリンダー・ヘッドのポート中子に使われており、造型スピードは約3 minである。主型、中子

型共にガス抜きにじゅうぶん留意されている。溶解は20 tのつぼ型低周波炉3基で行い、溶湯保持も同じタイプの20 tのつぼ型低周波炉2基で行っている。注湯機は3基あって、各注湯者が操作し、電車を思わせる注湯機である。球状黒鉛鋳鉄はすべてインモールド法で製造されており、黒鉛球状化率は全数超音波により測定されている。鋳造歩どまりは、現在は通常より5~7%悪くなっているとのことである。後処理関係では、特に電気水圧砂落とし装置によるシリンダー・ヘッドの中子砂落とし工程に、見学者の関心は集まった。この装置は、1段積みみの30~90個のシリンダー・ヘッドと50~80 mm間隔で3万ボルトで水中放電するものから成り、10 minサイクルで処理し、砂はきれいに落ちていた。

工場内は、これが鋳造工場かと眼を疑うほどにきれいで、環境対策にじゅうぶん留意されていることがうかがわれた。設備としては、総合廃水処理施設をはじめとして集じん・脱臭装置などが設置されている。11:30に会議室に戻り、昼食をとりながら質疑応答を行った。内容は工場設計方針、砂の再生、インモールド法など多岐にわたって、活発に行われた。12.00工場を辞してトキコ鋳造㈱へ向かった。

13.35、美しい自然に囲まれたトキコ鋳造㈱の工場に到着した。会議室で、多田社長から歓迎のあいさつがあり、続いて望月製造部長から鋳造工場について詳細な説明があった。同工場は敷地面積86,400 m<sup>2</sup>、建物7,641 m<sup>2</sup>、従業員100名で、生産量は600 t/月、そのうち50 tが球状黒鉛鋳鉄である。生産品目としては、自動車用ブレーキ部品が圧倒的に多く、種々のキャリパーなども製造されている。ほかに、自動車用水ポンプ部品、小型空気圧縮用部品なども製造されている。説明後、6班に分かれて見学を行った。

造型設備としては、J—AVS 自動造型機(500×400×200/200、スクイズ圧5~6 kg/cm<sup>2</sup>、造型スピード45 sec/枠)(500×400×150/150、造型スピード60 sec/枠)を始めとして、他にBSM 自動造型機、JD 2 造型機各1基、F1 小型造型機2基が設置されている。中子造型機としてはシェル・マシンなどが5基使用されている。溶解工程は5 tのつぼ型低周波炉2基で溶解し、3 t 溝型保持炉で溶湯を保持している。ほかに、300 kgの高周波誘導炉も設置されている。球状黒鉛鋳鉄部品の占める割合が次第に多くなっているとのことである。低周波炉のライニング材にはラダニットを使用しており、通過t数は2,000 tに達している。重要保安部品を多く製造していることもあって、品質に関するじゅうぶんな管理体制がうかが

われた。14.45から会議室で質疑応答が活発に行われ、話題は炉の耐久性、不良の種類などに集中した。

15.15に同工場を辞して、最後の目的地である南湖公園（県立）に向かった。この公園は日本最初の庶民公園といわれるもので、真紅のもみじが映える南湖の美しい風景は、今大会での疲れをじゅうぶんにいやしてくれた。16.00、白河駅に到着・解散した。

今回の有意義な見学会を受入れて下さった2工場の御発展をお祈りすると共に、工場関係者の皆様、見学者を代表して謝辞を述べられた金森新東輔の金森社長、引卒の労をとって下さったトキコ鑄造㈱の近氏、実行委員の皆様へ厚くお礼申し上げます。（関口 勉）

#### 第6班

#### 岩手鑄機工業(株)、及源鑄造(株)、(有)及精鑄造所

晴天に恵まれた朝、秋色に彩られた焼石連峰を眺望できる胆（い）沢平野の中核都市水沢の水沢駅に集合した43名は、9.40同駅を出発。10.00に岩手鑄機㈱水沢工場に到着した。集会室で佐藤専務から歓迎あいさつがあり、続いて工場の概要を説明していただいた。当工場は昭和39年に操業を開始し、現在従業員170名、350t/月の鑄物を生産しており、FC15を主力として一部FCDも製造している。主要な生産品はフライス盤のベース、トラクターのミッション・ケース等、各種産業用機械部品、及びガス器具、水道部品、工芸品等である。工場見



工場見学のスナップ E

学は3班に分かれて行われ、約30分間全工場にわたって行われた。溶解には3t/hrキューボラが使用され、その前方にJAFD自動造型ライン、FMM自動造型ラインが各1ライン設置されていて、いそがしく稼働している。さらにその前方にはF-1、FD-3、FD-4のモールドィング・マシンが各3台設置されていて、少量鑄物が生産されていた。時間の関係で、10.30に見学団代表の謝辞を最後に、次の見学先及源鑄造㈱へ向かった。

10.50、及源鑄造㈱に到着。さっそく、及川社長のていちょうな案内により集会室で『鉄器のふるさとを訪ねて』のビデオテープを見て、まず藤原氏の文化のもとに発展してきた工芸鑄物の歴史、現代工芸美術鑄物の概要を学んだ。続いて工場見学に移ったが、同工場は従業員120名、鑄物生産量330t/月で、FC15で鉄瓶・鉄なべで代表される鉄器を主力製品とし、さらに多種多様の工芸装飾鑄物を生産している。工場に入って驚くことは、新鋭のディサマティック造型機と1t低周波保持炉とのマッチングによって、鉄なべが多量に生産されていることである。造型機としては、ほかに各種モールドィング・マシンが十数台あって、多様な工芸鑄物の生産に使用されている。見学終了ののち展示即売店で、グッド・デザイン賞に輝く技術で作られた『カーター大統領下田宣言碑』に代表される多くの工芸鑄物を観賞し、11.30、隣接する(有)及精鑄造所へ向かった。

及精鑄造所では、及川社長のあいさつ及び工場概要説明があった。同工場は大正5年に南部鉄瓶製造工場として創業。現在は従業員70名、300t/月の鑄物を製造しており、主要生産品は各種コンロ用バーナー、産業機械用インベラー等の小物部品並びに工芸鑄物である。溶解には2t/hrキューボラ1基と2t低周波炉1基が使用され、FMM自動造型ライン（枠サイズ450×350×150）を主力に、各種モールドィング・マシンが稼働している。

ハード・スケジュールの関係もあって、20分間の見学にやや未練を残しながら当工場をあとにして、近くの鉄器センターに集合。小野寺水沢鑄物工業協同組合専務理事を交えて昼食をとった。昼食後は今回見学した3社の代表の方々に出席していただき、砂廃棄、公害、並びに雇用問題等、詳細にわたる活発な質疑応答を行って工場見学を終えた。そして午後には、藤原清衛公によって建立された中尊寺で金色堂をはじめ多くの史物史話に接したのち、毛越寺の浄土庭園で極楽気分にあたり、予定より30分早く15.30一閑駅で散会した。前半のややハードな工場見学スケジュールに比べて余裕のあった史跡見学のため、さほどの疲労感も覚えず、有意義に一日を終えた。最後に、今回の見学会を受け入れて下さった見学先3工場の皆様及び水沢地区鑄物工業組合の関係者並びに実行委員の各位に厚くお礼申し上げます。（河合 潔）

#### 婦人見学観光

前夜来の風もおさまり、おだやかな秋日和にめぐまれた11月2日、各地からお集まりの方々三十余名をお迎えして、仙台の歴史と文学を訪ねての楽しい1日でした。

御案内後は大会実行委員長大平先生の奥様で、あらかじめ立派なガイドブックをお書きになって、皆様に配布してくださいました。

出発点の西公園は伊達騒動で有名な忠臣伊達安芸の邸跡で、当日は市民まつりでにぎわっておりました。晩翠草堂は土井晩翠の晩年の住まいで、市の中心部にありながらけやき並木に囲まれた静かな一画を形作っており、処女詩集天地有情の碑が建っておりました。



婦人見学観光のひとつ

バスは金属材料研究所の前を通り、御霊屋橋をわたって伊達政宗の墓所である瑞鳳殿におまいりました。戦災で焼失したものを昭和49年に再建したもので、その折には墓室の発掘調査が行われ、資料館で当時のおもかげをしのぶ映画や副葬品などを見せていただきました。

山菜料理の昼食のあと、鹿落坂を登って大年寺山の野草園に通じる道のほとりに、原阿佐緒の「家ごとにもも花咲くみちのくの春へをこもり病みて久しも」の歌碑が建てられていました。さらにバスは八木山へ向かい、

このたびの学会の講演会場である東北工大の前を通り過ぎて、紅葉の美しい竜の口溪谷をしばし眺めながら、青葉城へ参りました。本丸あとには伊達政宗の騎馬像があり、島崎藤村の詩碑や、土井晩翠の胸像と荒城の月の詩碑を見学いたしました。ちょうと護国神社では結婚式が行われており、昔ながらの長持歌が聞え、まさにみちのくの秋を思わせました。バス・ガイドさんのさんさしぐれ、お立ち酒、長持ちの民謡も、皆さんの旅情をとでもなくさめてくれました。

さらに、隅櫓（やぐら）、五色沼、木俣修の歌碑、キリスト教殉教の像を左右に見ながらバスは夕暮れせまる仙台の街を走り、レセプション会場のホテル仙台プラザへ向かいました。（井川敏子）

### 懇親ゴルフ大会

懇親ゴルフ大会は、11月1日（土）仙台カントリークラブ（青葉山コース）で開催され、烈風の中、谷村先生の82才の高齢とも思えない元気に引きずられながら、皆さんはまあまあの成績でした。結果は、優勝が多賀城製鋼（株）社長、飯高杯（準優勝）は会長の金田社長が獲得されました。競技終了後の懇親パーティは終始なごやかな雰囲気で行われ、席上、大阪府立大学岡林先生から『谷村先生は毎回欠かさず出席され、ゴルフ大会を盛り上げていただいているので、是非谷村杯を寄贈されるように』との提案があり、これに対して谷村先生から『喜んで出させていただく』とお返事がありました。次回からの懇親ゴルフ大会に楽しみが増えたものと思います。（佐藤尚道）

### お 知 ら せ

前東北支部長大平五郎先生には、本年4月行われました日本金属学会通常総会において、日本金属学会会長に選任されました。任期は来年4月の通常総会までの1ケ年です。ますます御多忙になられると存じますが、くれぐれも御自愛の上御活躍下さるようお願い致します。

また、本年秋、ブルガリヤ国バルナ市で第48回国際鋳物会議が開催されますが、長年、国際鋳物技術委員会の理事をつとめられております大平五郎先生が、いよいよ会長としてこの会議を主催されることになっております。先生の御健闘と会議の御成功を支部会員一同で祈念いたしたいと存じます。会議の日程は次の通りです。

- 10月4日(日) バルナ市中見学、各国代表晩さん会、展示会開幕
- 5日(月) 開会式、各国論文発表、技術分科会議、コンサート
- 6日(火) 各国論文発表、各国事務局会議、年次総会、工場見学、参加者晩さん会
- 7日(水) 各国論文発表、閉会式、ポスト・ kongress・ ツアーへ出発
- 12日(月) 4班に分けて行われたツアーが終了。

なお、協会本部では10月1日から16日までの日程で会議参加視察団を募集中です。詳細は会誌3月号9ページを御参照下さい。

## 鑄放しフェライト地球状黒鉛鑄鉄<sup>†</sup>

新日本製鉄株式会社

釜石製鉄所副部長

工博 千 田 昭 夫 \*

### 1. ま え が き

球状黒鉛鑄鉄の製造は、その需要の増大に対応して世界的に着実な伸びを見せている。これは、この鑄鉄が開発された当初に比べてその製造技術が進歩したばかりでなく、特性の改善や品質に対する信頼性が増してきたことによるものと考えられる。とくに熱間で使用される高耐久性鑄造部品、たとえばロールや船用大型エンジン部品への適用はその現れであり、この傾向は、今後ますます強くなるものとする。また、鑄鉄鑄物業界で省力化、省エネルギーの必要性が増大し、コスト・ダウンの強化をはかることが強く指向されているが、とくに、球状黒鉛鑄鉄を鑄造状態ですでにフェライト化した基地組織を得ようとする試みがなされている。つまり、熱処理工程を省略して所要の伸びとじん性のある球状黒鉛鑄鉄を得ようとする思想である。このような趨(すう)勢の中にあれば、鑄物の製造開発にたずさわっている技術者として、熱処理によらない鑄放し状態で加工性の良い、強度的にもより高延性・高耐衝撃性のフェライト基地をもつ球状黒鉛鑄鉄の製造技術の開発は、永年の夢でもあり、是非実用化したいものといえる。ここでは、鑄放し状態におけるフェライト地球状黒鉛鑄鉄について、その製造に必要な要素と条件について述べ、合わせて、得られたものの性質について触れてみたい。

### 2 鑄放しフェライト地球状黒鉛鑄鉄の位置づけ

鑄鉄の基地組織は、ごく特殊な場合(特別な熱処理や合金元素の添加等)を除くと、フェライト、パーライトあるいはその混合組織から成っている。このような基地組織をもっている鑄鉄の静荷重下の機械的性質について S. I. Karsay<sup>1)</sup>は図 1 のように図示し、また井川<sup>2)</sup>は図 2 に示すように整理している。片状黒鉛をもつねずみ鑄鉄及び高級鑄鉄は、降伏強度が他の鑄鉄に比べて極めて小さ

<sup>†</sup> 昭和 55 年 11 月 1 日 「新しい鑄鉄材料の動向」講習会講演

\* 本協会評議員、東北支部理事、同鑄鉄部会主査

い。これは、荷重負荷とともに塑性変形が開始され、鋼のような明確な弾性変形を示さない。フェライト地球状黒鉛鑄鉄は、高級鑄鉄とパーライト地球状黒鉛鑄鉄との中間の機械的諸性質をもっている。図3は、フェライト面積率と機械的性質との関係についてE. J. Doliwa<sup>3)</sup>等が図示したもので、フ

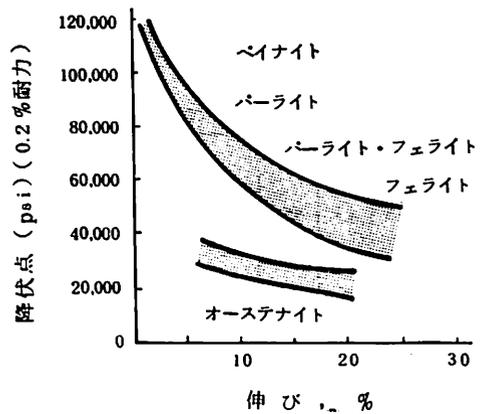


図1 基地組織と機械的性質

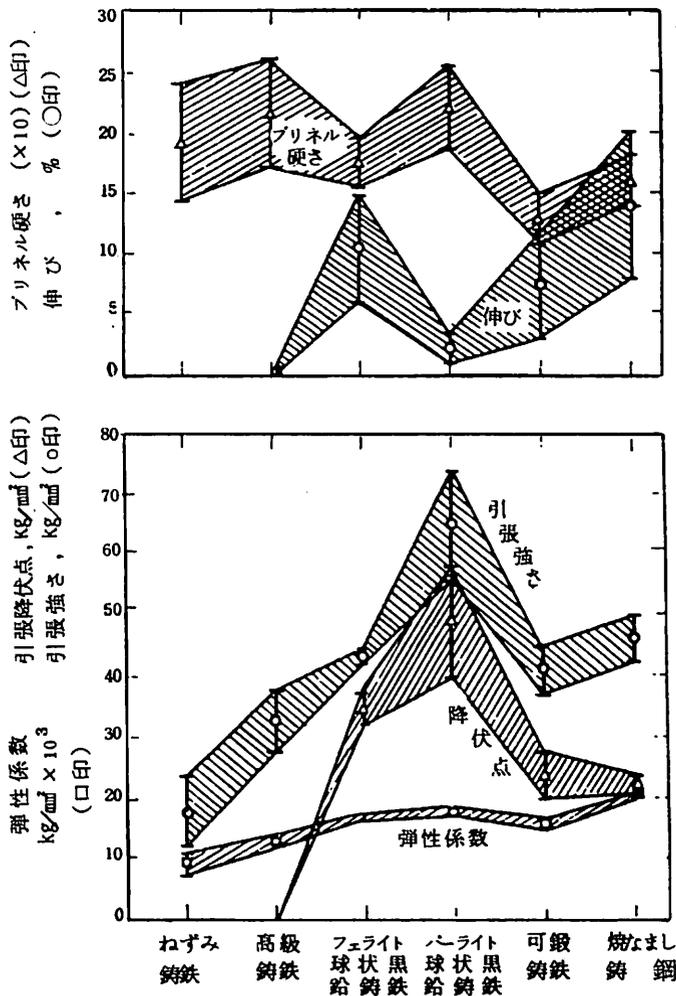


図2 鉄関係鑄造材の静荷重下の諸性質

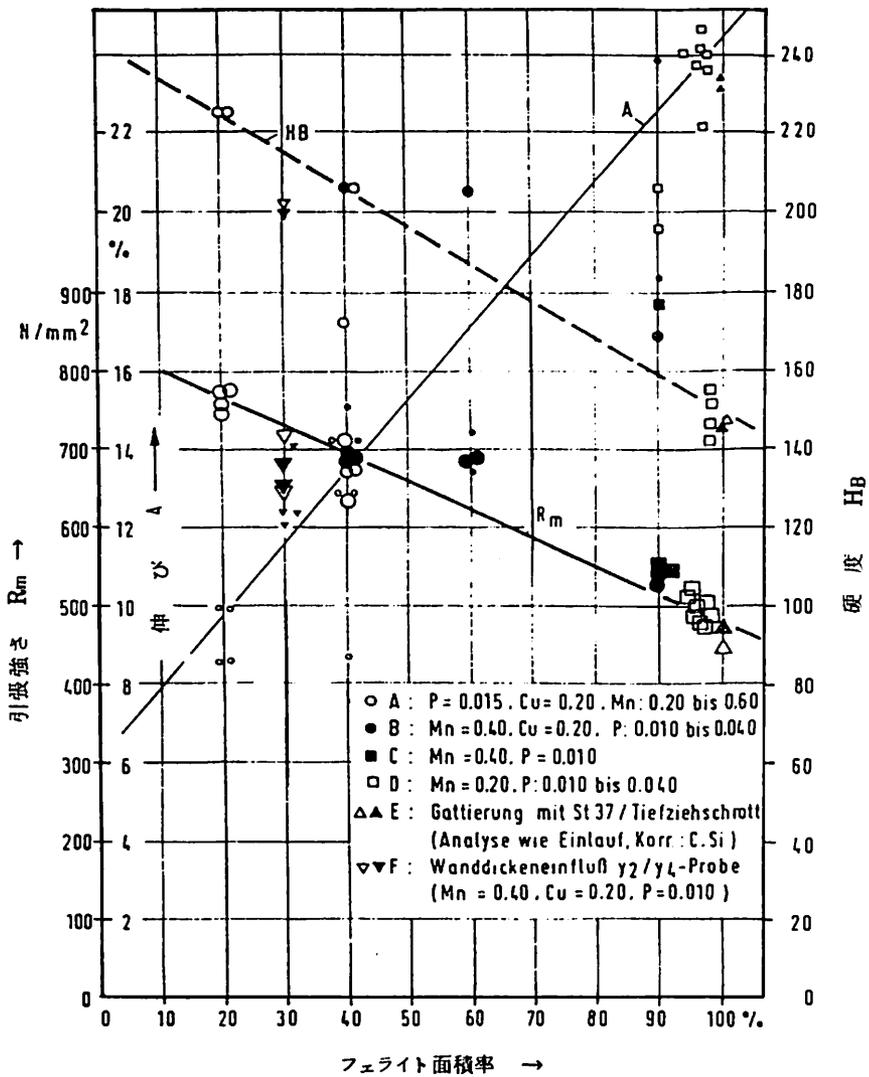


図3 フェライト面積率と機械的性質との関係

フェライト地が増加するにしたがって引張強さと硬度は低下してゆくが、逆に伸びは直線的に増加している。

### 3 フェライト化を左右する要因

佐藤等<sup>4)</sup>は、球状黒鉛鑄鉄の凝固時のフェライト化を左右する要因として、これを直接的なものと、黒鉛の球状化を阻害する目的で球状化剤を多量添加して、

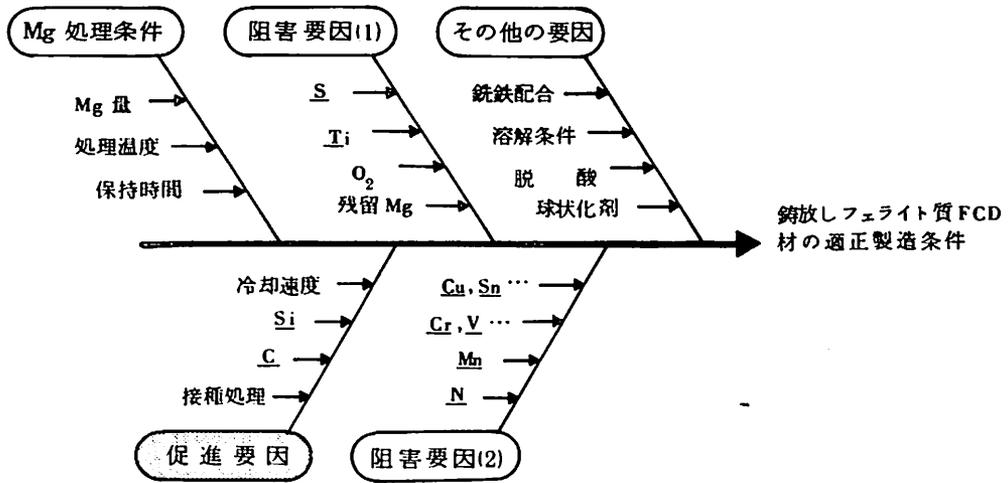


図 4. 球状黒鉛鑄鉄のフェライト化に影響を及ぼす要因

フェライト化に影響を及ぼすような間接的なものとに大別して、図 4 のようにまとめている。すなわち、球状黒鉛鑄鉄の鑄造時のフェライト化の程度を左右する最大要因は冷却速度と化学成分、とくに炭素 (C) とけい素 (Si) の量であり、凝固形態から考えて、黒鉛化を促進するための黒鉛核ということになる。

#### 1) フェライト化促進元素

けい素…… Si が多量に鑄鉄の中に含まれるとフェライトを析出するが、これらの鑄鉄では共晶凝固後の冷却において基地中にセメントイトの析出はみとめられず、黒鉛を析出しながら共析温度に達する。析出する黒鉛は、もとの黒鉛片上に沈んで、これを肥大化させるか、または成長させる。共析温度では黒鉛片の周囲に多数のフェライト核が発生し、これが発達してゆくが、条件によってはフェライトとパーライトの境界にパーライトが出ることもある。

炭素…… 黒鉛の周辺からフェライトの析出が起こるので、黒鉛の粒数を増してフェライト析出箇所を増やすのも、フェライト化に大いに寄与する。図 5<sup>4)</sup> は、球状黒鉛鑄鉄の 4 mm から 10 mm の肉厚における黒鉛粒数について調べた状態図である。これによると炭素、けい素は共に関係があり、高炭素、高けい素のものほど黒鉛粒数が増えることを示している。この増加割合は、冷却速度の速い薄肉のものほど大きいことがわかる。また、黒鉛粒数に対する炭素とけい素の効果の割合は、ほぼ同程度とみなしてよい。図 6 に (C + Si) 量と黒鉛粒

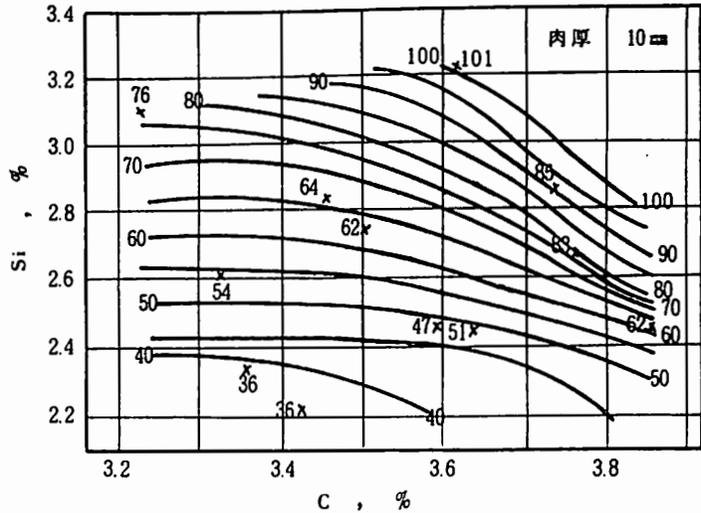
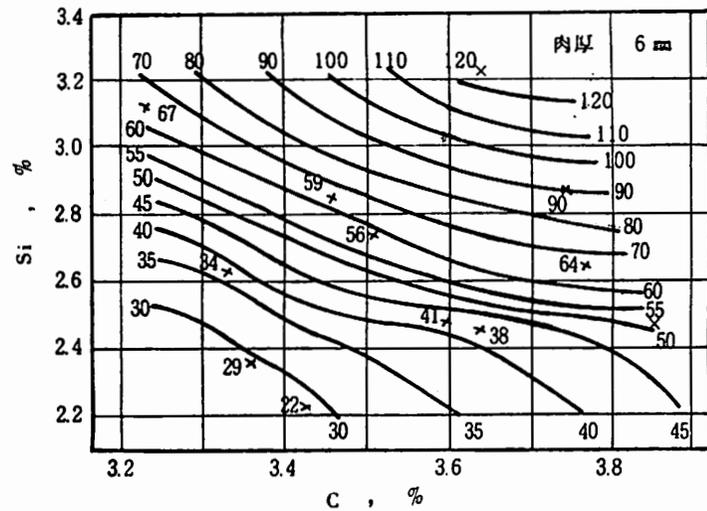
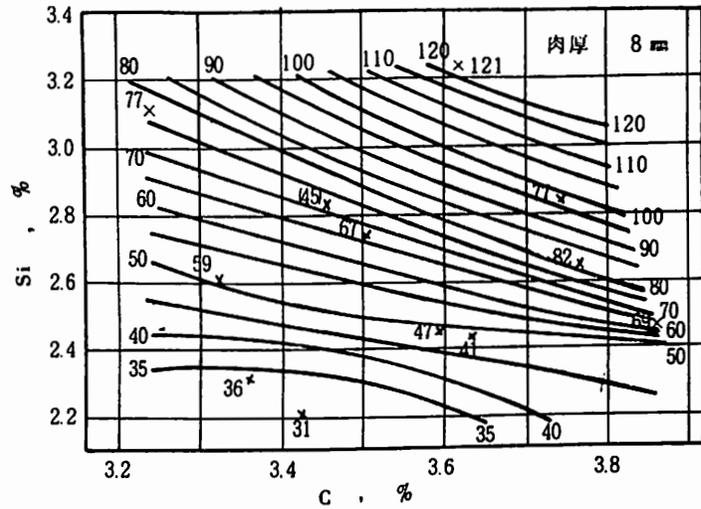
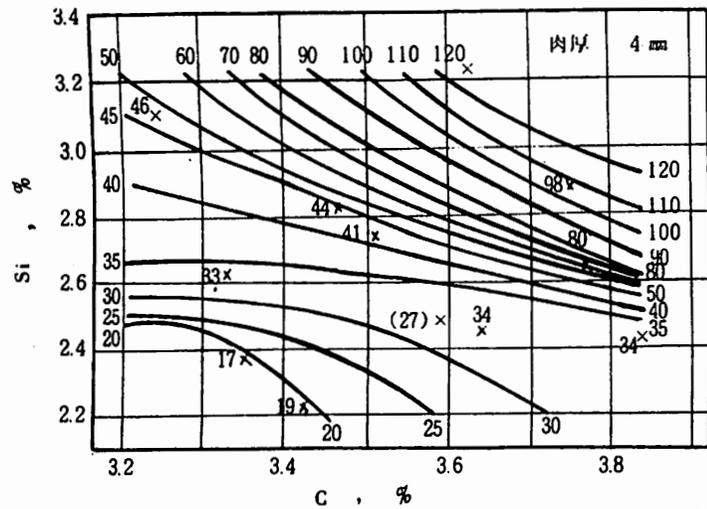


図 5. 黒鉛粒数に関する状態図 (数字は黒鉛粒数)

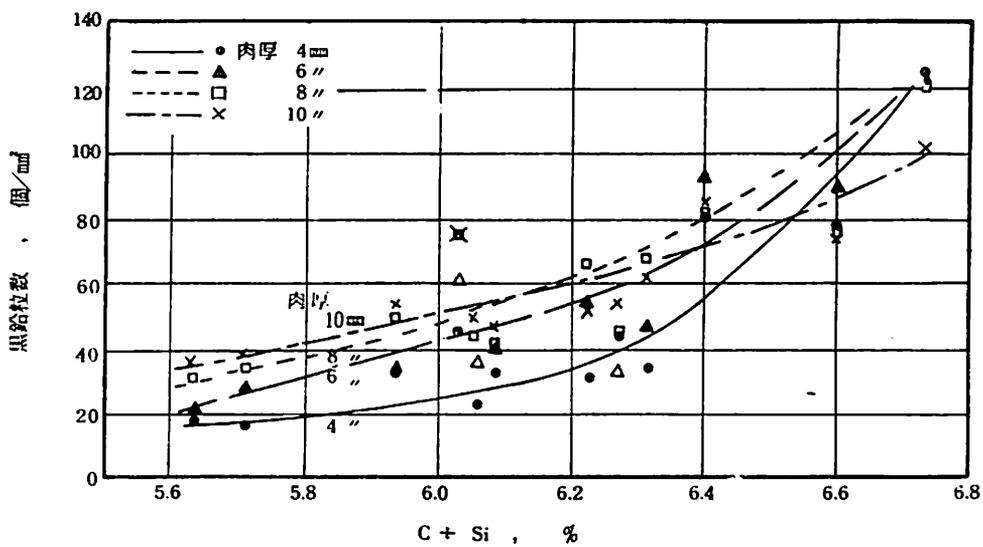


図 6. (C + Si) 量と黒鉛粒数との関係

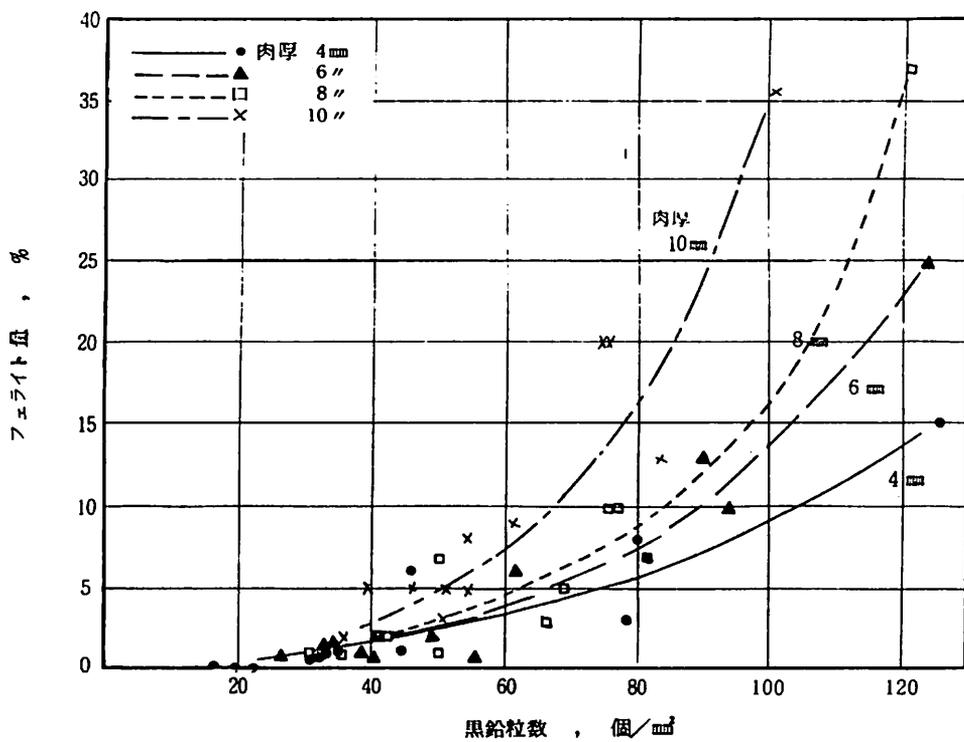


図 7. 黒鉛粒数とフェライト量との関係

数との関係を示したが、薄肉の場合には特定の(C+Si)量以上になると急激に黒鉛粒数が増すが、肉厚が大きくなるとこの傾向は鈍化する。図7は、黒鉛粒数とフェライト量との関係である。S. I. Karsay<sup>1)</sup>は、基地組織とSi量と黒鉛粒数との関係を図8のように表している。いずれにしても、黒鉛粒数が増せばフェライト地が増す傾向があることを示している。

この現象について、D. R. Askeland<sup>5)</sup>等もパーライト量に及ぼす黒鉛粒数の影響を $\frac{1}{4}$ " (0.64 cm),  $\frac{1}{2}$ " (1.27 cm), 1" (2.54 cm) 及び  $1\frac{1}{2}$ " (3.81 cm) の各種肉厚のものについて研究しており、図9に示すように、各肉厚とも黒鉛粒数の増加と共にパーライト量が減じて、逆にフェライト量が増す傾向が明

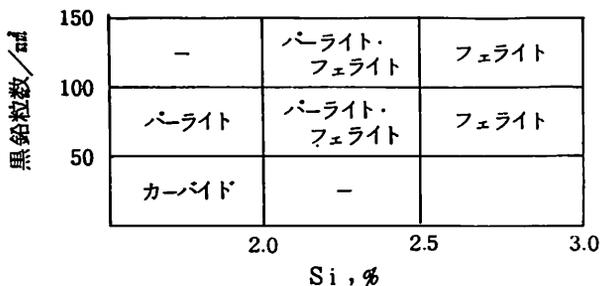


図8. 組織とSi量と黒鉛粒数との関係

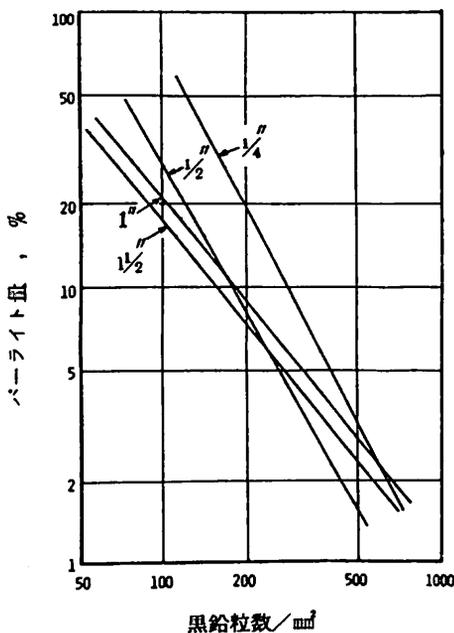


図9 各種肉厚における一定冷却速度のパーライト量に及ぼす黒鉛数の影響

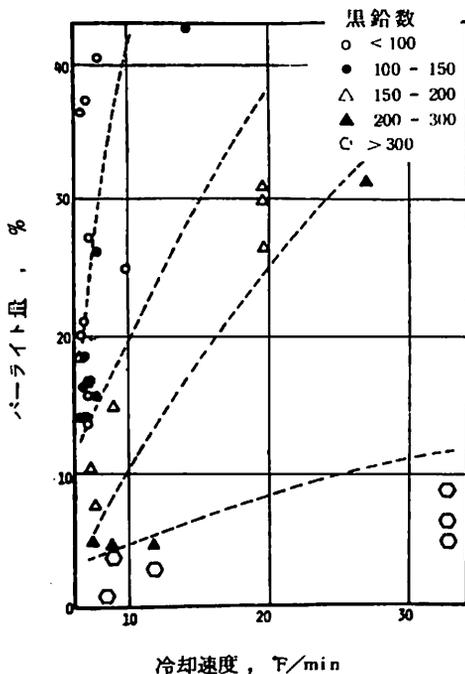


図10 パーライト量に及ぼす冷却速度と黒鉛数との影響

らかである。一方、図 10 は黒鉛粒数を 5 段階に区分して、パーライト量に及ぼす共析変態時の冷却速度の影響がどうなっているかを表しているが、黒鉛粒数が多くなると冷却速度の影響はわずかで、逆に黒鉛粒数が少ないと冷却速度

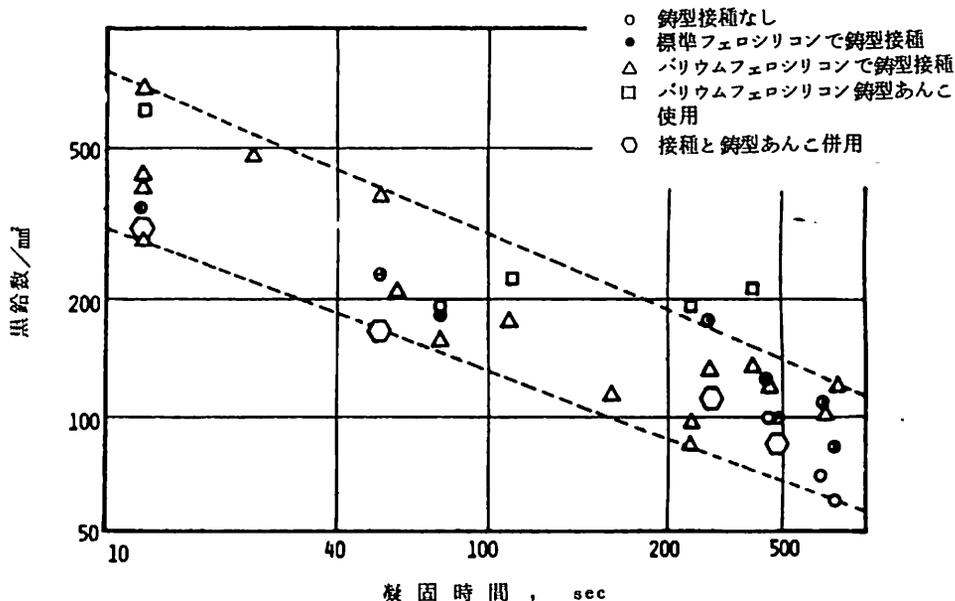


図11 黒鉛数に及ぼす凝固時間の影響

の影響がきわめて大きい。図11<sup>5)</sup>は、3.5% C, 2.45% Si, 0.3% Mn, 0.04% Mgの溶湯を上記各種肉厚のものに鋳込み、さらにこれらに黒鉛製チル板を片側あるいは両側に当てて冷却速度を種々の割合に変え、また各種接種を行って凝固に要した時間と球状黒鉛粒数との関係を求めたもので、図中のプロットは接種法の違いを表している。中でも、62% Si, 1.5% Al, 2% Ca, 5.24% Baを含んでいるBa-Fe-Si合金を28メッシュ粒度として、この50gをけい酸ソーダ2.5%で固め、0.64cmの孔を4個あけた円板状のMold Insertを鋳込み口に挿入して溶湯と接触させながら鋳込んだ場合に、最も黒鉛粒数が多く、次に湯口底にこの粒状のBa-Fe-Si合金50gを入れたいわゆるInmold法で接種したものがすぐれている、とAskelandらは述べている。

千田等<sup>6)</sup>は、フェライト面積率及び黒鉛面積率は鋳鉄中の炭素量が高いほど高く、高度の相関関係にあることを確認している。更に中村等<sup>7)</sup>は、黒鉛粒数

を増加させる接種剤として、Fe-Si-Mg 合金 1.4% 添加及び Fe-Si-Al 合金接種の場合に黒鉛粒数が多くなる、と述べている(図 12 参照)。これらのことから、鑄放しフェライト基地球状黒鉛鑄鉄を得るためには、鑄型の冷却能を大きくするか、有効な接種を行って黒鉛粒数を増加させることが、必要条件と考えられる。

## 2) フェライト化阻止 元素

フェライト化を阻害する元素としては、Cr, Mn, V, Sn 等、主として黒鉛化阻害元素が挙げられる。ここでは、Mn, Sn 及び P について述べてみる。

### i) マンガン……図 13<sup>8)</sup>

にみられるように、鑄鉄凝固時のマイクロ偏析で Si は黒鉛近傍に濃化し、Mn は黒鉛から離れた共晶セル境界に濃化する傾向がある。このような偏析が

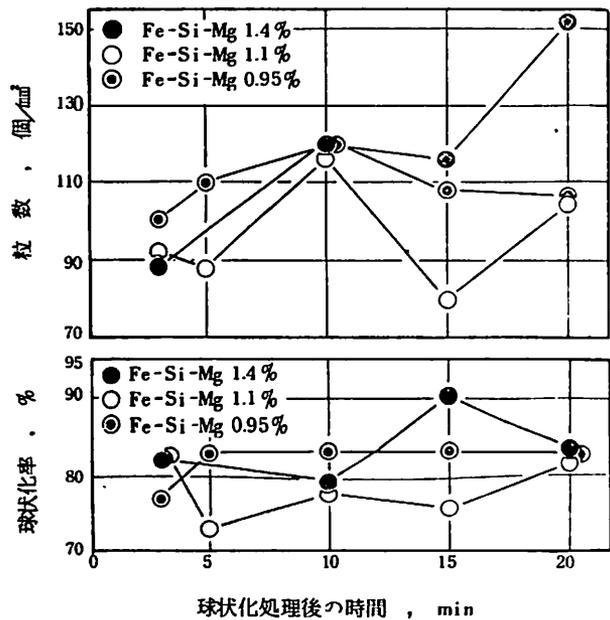


図 12・A 溶湯保持時間と球状化率、黒鉛粒数との関係に及ぼす球状化剤添加量の影響

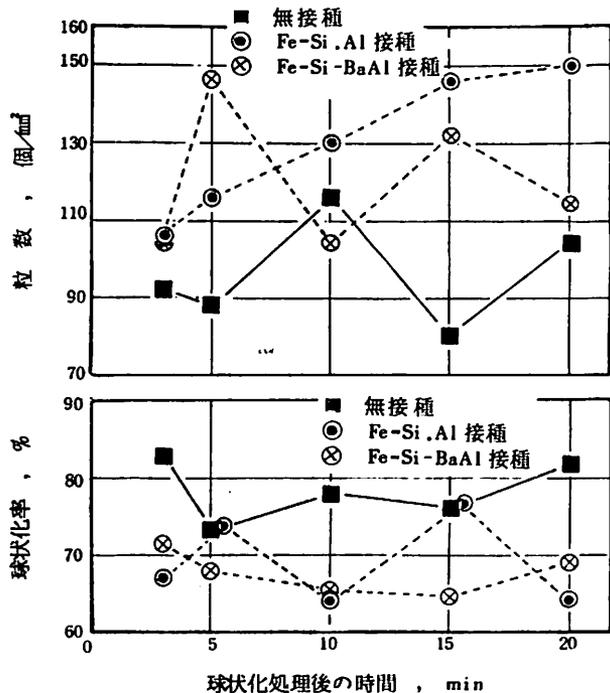


図 12・B 溶湯保持時間と球状化率、黒鉛粒数との関係に及ぼす各接種剤の Al との複合添加の影響

ターンから明らかなように、  
 高いい素、低マンガンの鑄鉄  
 の黒鉛近傍にフェライトが生  
 じやすく、低いい素、高マン  
 ガンの鑄鉄の共晶セル境界で  
 はフェライトは生じにくい。  
 千田等<sup>9)</sup>は、鑄放し状態にお  
 けるフェライト面積率とMn量と  
 の関係を調べているが(図14  
 参照)、Mn量が増加すると  
 フェライト面積率、黒鉛粒数、  
 フェライト化速度係数も減少  
 している。したがって、球状  
 黒鉛鑄鉄中のMn量は0.3%以  
 下になるようにしなければならない。

ii) りん……鑄放し状態に  
 おける球状黒鉛鑄鉄に及ぼす  
 Pの影響については、一般に  
 Pは基地組織のパーライト化  
 を促進するといわれている。  
 図15<sup>10)</sup>は、鑄放し状態にお  
 けるP量とフェライト面積率  
 との関係を示しているが、P

量が0.08%以上になるとフェ  
 ライト面積率は低下してゆく。Pは直接、間接にフェライト化速度をわずかな  
 がら大きくするが、Siなどと異なり、共晶セル粒界に偏析する傾向が大きく、  
 特にステダイトを晶出する程度のP量ではその周囲のP濃度を著しく高め、パ  
 ーライト変態温度を高温側へ引き上げるとともに、ステダイト自体がパーライ

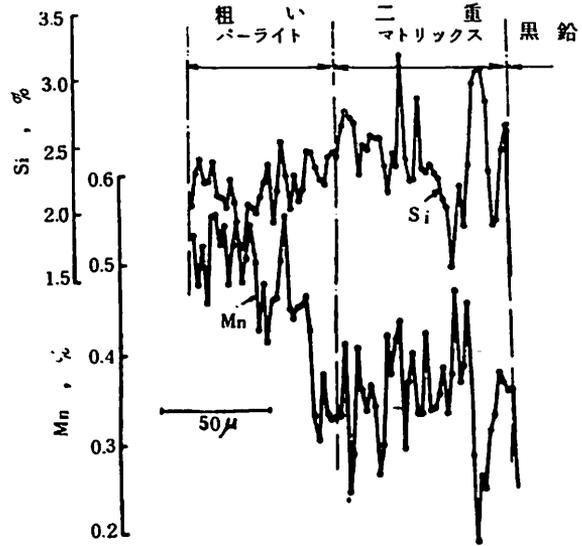


図13. Si, Mnの偏析と組織

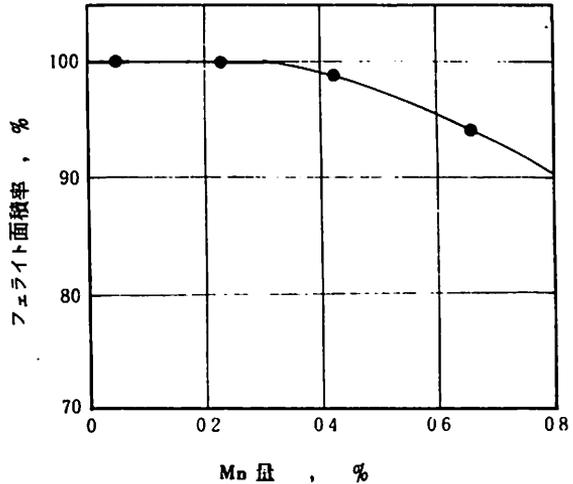


図14. 鑄放しフェライト面積率とMn量との関係

ト核となりやすいので、  
 鋳放し状態ではパー  
 ライト促進元素となる。

iii) すず……この元  
 素は基地組織のパー  
 ライト化を著しく促進し、  
 千田等<sup>11)</sup>の実験でも  
 0.038% Snで50%程  
 度パーライト化し、0.102  
 % Snではほぼ完全に  
 パーライト地になった。  
 また黒鉛粒数はSn量  
 が増加することによっ  
 て、225個/mm<sup>2</sup>から250個/mm<sup>2</sup>  
 へとわずかながら増加  
 したが、A<sub>r1</sub>変態点は  
 ほとんど変化なく、変  
 態開始温度が773°Cで、  
 終了温度は715°Cであ  
 った。図16<sup>11)</sup>にSn 0.002  
 %と0.102%の場合の  
 恒温変態図を示したが、

Sn量が高くなってもオーステナイトから直接フェライトが析出して来る開始  
 線にはほとんど変化がみられない。しかし、終了線が長時間側に移行するので、  
 直接変態だけではフェライト化が終了しない。また、いったんパーライト化し  
 た場合、それが分解してフェライト化するためにはかなり長時間を必要とする。  
 これらのことから、Sn, P, Mn等の元素はフェライト化阻害元素と考えてよ  
 い。

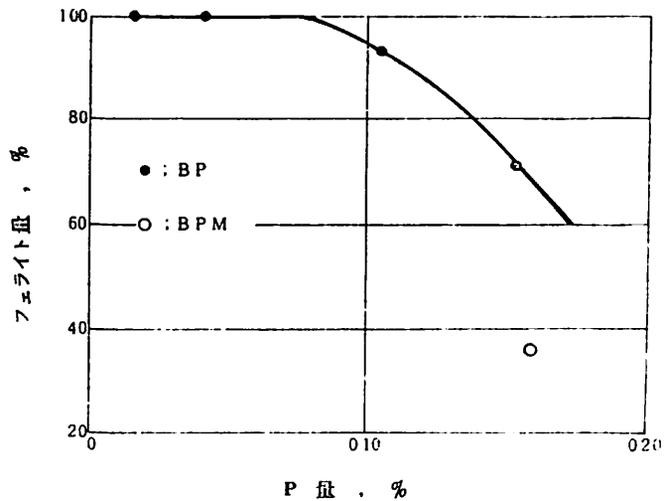


図 15. 鋳放し時におけるフェライト面積率と  
 P量との関係

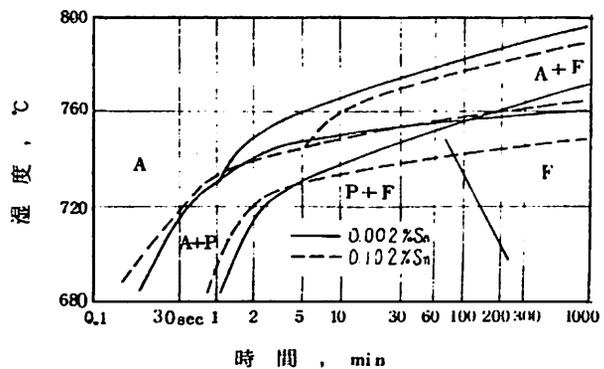


図 16. 恒温変態図 (Sn 0.002%及び  
 0.102%)

#### 4. 鑄放しフェライト地球状黒鉛鑄鉄の製造

これまで述べてきたフェライト化を左右する因子を解明し、鑄放し状態でフェライト地の地球状黒鉛鑄鉄を製造する条件、すなわち 1) 黒鉛粒数を多くするような適当な炭素量とけい素量をもたせること 2) フェライト化を阻害する元素として考えられるCr, V, Mn, P, Sn等を極力低くした原材料を使用することによって、ある程度の目的は達せられると考える。表1に示される輸入

表1. 高純度鉄の化学成分例

鉄	%	C	Si	Mn	P	S	Ti	V	Cr	As	Sn
高純度鉄 A		3.52	0.01	0.06	0.008	0.007	0.002	0.002	0.010	0.002	こん跡
高純度鉄 B		3.93	0.12	0.08	0.013	0.007	0.005	0.002	0.007	0.002	こん跡
低硫黄球状黒鉛鑄鉄用		4.35	0.83	0.10	0.068	0.004	0.058	0.010	0.003	0.001	0.001
輸入鉄 (カナダ産鉄)		4.02	1.15	0.01	0.029	0.004	0.048	0.026	0.031	0.031	こん跡

並びに国産の高純度鉄を用いて球状黒鉛鑄鉄を製造し、検討を加えてみた。千田等<sup>6)</sup>の報告しているフェライト面積率と衝撃値との関係では、フェライト地が多いほど衝撃値も高く、国産高純度鉄 (A)を用いて製造した球状黒鉛鑄鉄は100%フェライト地で、 $-40^{\circ}\text{C}$ で $2.5\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$ をクリアした衝撃値が得られている(図17参照)。これは、井川等<sup>12)</sup>の述べている衝撃遷移曲線と基地組織との関係とよく一致している(図18参照)。これらの結果は、球状黒鉛鑄鉄の応

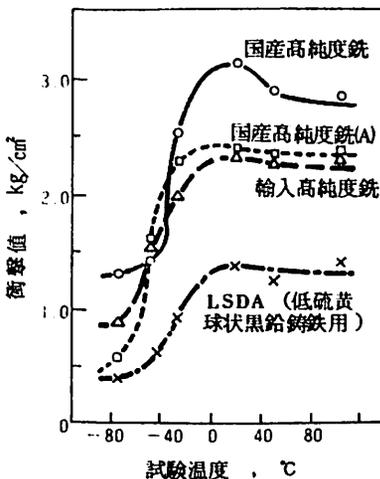


図17. 高純度鉄の衝撃遷移曲線

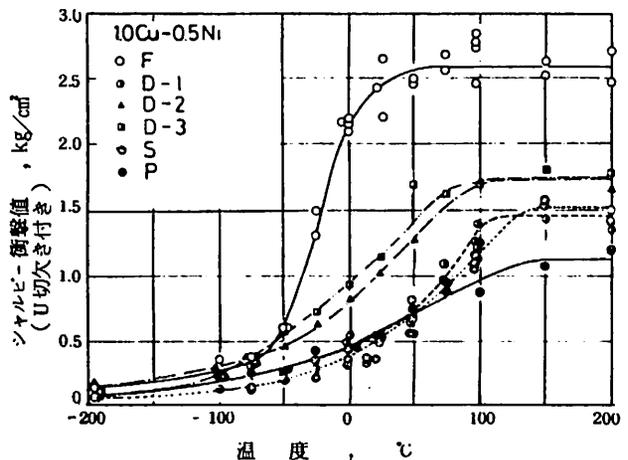


図18. 衝撃遷移曲線と基地組織との関係

用範囲を更に拡大してゆくであろう。

## 5. フェライト基地強化の試み

球状黒鉛鑄鉄の高級化という要求に応えるため、上述のように高純度銑が国産技術で開発され、実用化されている。この銑鉄を用いて溶製した球状黒鉛鑄鉄の特性は、黒鉛球状化能、鑄放しフェライト地、じん性等がきわめてすぐれていることである。一般に球状黒鉛鑄鉄により強度の高い特性が要求される場合、高純度銑のままで鑄放し完全フェライト組織では耐力が不足するので、NiあるいはMo等の第3元素を添加することが行われている。<sup>13)</sup>高純度銑の純粹効果を利用してフェライト基地強化元素としてNi, Al, Ti等の第3元素を添加することにより、かなりのフェライト固溶強化が得られる。なお、この目的にかなう合金の最適添加量はおおよそNi 0.10%, Al 0.04%, Ti 0.02%程度とみられる。このフェライト地強化球状黒鉛鑄鉄の機械的諸特性はパーライト球状黒鉛鑄鉄に近く、しかも、伸びは20%以上を常に保持することが確認されている。

## 6. むすび

以上、鑄放しフェライト地球状黒鉛鑄鉄について、フェライト化の要因、その製造例等を概述した。鑄放しで完全フェライト化する溶解鑄造条件としては、1) 黒鉛核を導入して黒鉛粒数を増すこと、2) 冷却速度を速くすること、3) 直接変態の温度範囲を広げてパーライト変態までの過冷度を大きくすること、があげられる。G. L. Harrison<sup>14)</sup>は、「フェライト型は高純度銑と戻りくずとの配合で直接溶解することによって、容易に鑄放し状態で得ることができる。延性フェライト型の要求が強ければ、Ni等の合金元素を添加で得られよう。熱処理を避けることにより、明らかな直接利益の外に種々の利益が見込まれる。もちろん、熱処理法と鑄放し法との両者の全体的な原価を比較して、個々の鑄物工場の要求と設備によって最終撰択がなされるに違いない。良質の鋼くずと熱処理費は高純度銑費に等しいか、またはわずかに高い。それ故、鑄放し法の他の利点は、費用節減と品質の点で得るところが大である。」と述べており、「最

近の傾向として、高純度銑を配合して熱処理から鑄放し延性球状黒鉛鑄鉄へ移行する傾向がある。」との同氏の言葉を引用して、むすびとする。

#### 文 献

- 1) S. I. Karsay : Ductile Iron Production Practices, AFS (1975), P. 6.  
77
- 2) 井川, 田中 : 鑄鍛造 (1977), 8, P. 3
- 3) E. L. Doliwa, B. Pring, K. J. Reifferscheid : Gießerei-Praxis (1979),  
No. 22, P. 427
- 4) 佐藤, 目黒 : 日本鑄物協会第90回全国講演大会講演概要集, (1976)
- 5) D. R. Askeland, S. S. Gupta : Trans of AFS, 83 (1975), P. 313
- 6) 千田, 目黒, 高橋 : 日本鑄物協会第92回全国講演大会講演概要集, (1977)
- 7) 中村, 近藤, 堀江, 阿部, 筒井 : 接種効果延長化研究報告書 (総合鑄物センター),  
(1979)
- 8) 井川 : 総合鑄物センター講習会テキスト, (1980)
- 9) 千田, 瀬谷, 目黒 : 日本鑄物協会第86回全国講演大会講演概要集, (1974)
- 10) 千田, 瀬谷, 目黒 : 日本鑄物協会第89回全国講演大会講演概要集, (1976)
- 11) 千田, 目黒 : 日本鑄物協会第91回全国講演大会講演概要集, (1977)
- 12) 井川, 田中 : 鑄物, 48 (1976), 11, 702
- 13) S. I. Karsay : Ductile Iron Production Practices, AFS (1975), p. 96~  
99
- 14) G. L. Harrison : The British Foundryman, 72 (1979), 6, 27~43

# 鑄造金属の高温酸化

東北大学工学部助教授

工博 渡 辺

融\*

## 1. 緒言

金属および合金の高温酸化を論ずる場合に、生成する酸化皮膜(以後、単一のスケールとする)にはマ70の異なる種類(層型、孔など)があり、化学平衡論、反応速度論的立場で、i)スケールの生成速度、ii)スケールの化学組成、結晶構造および層構造を調べ、酸化の機構を調べるのが、従来の研究の主流となってきたと云ってよいく、このより多くの進歩がなされてきたが、実際には、実用材料を工業的條件で用いる場合の酸化には、このより化学的見地からの検討のみでは到底、理解し得ない問題、例えば、スケールの剥離、破壊などの現象が生じ、現圧ではむしろ、iii)スケール自体の物理的特性、iv)スケールと下地金属との密着性(固着性)などを調べることにより、合金の高温酸化を明らかにしようとする研究が盛んに行なわれてきたとあり、両者の立場からの検討を加えることにし、始めて、実用材料の高温酸化の問題を正確に把握することが可能であると云える。本稿では高温酸化に関与する問題としてこの鋼鉄合金材料の耐酸化性に関して記述することを目的とする。

## 2. 化学的見地からの酸化の様相の検討

### 2-1 重量増加および重量増加-時間曲線の測定

金属または合金の高温酸化のとき、場合、単位面積当りの重量増加量(例えば  $\text{mg}/\text{cm}^2$ )と測定することにより、その材料の耐酸化性を評価し、判断することが出来る。勿論、これは生成酸化物に、 $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  などのようにガス状のものも含むものと、蒸気圧の高い酸化物、例えば、 $\text{W}$  酸化物、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$  などのように酸化しやすいものが生成するときは、実際的には、それが生じると考えられる場合を前提としてゐる。従って、重量増加が直ちに材料と反応した酸素量と意味する場合のみである。

表1は低合金のFe合金の例が示して、このより、この条件下の合金の耐酸化性の良否を知る事が出来る。

しかし、炭素鋼、錳鉄では、場合により、このより測定は意味を失うことがある。実際に合金錳鉄の場合には、脱炭反応による

表1 低合金のFe合金の重量増加量 ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )

Code	Specimen	500°C Parabolic		700°C Parabolic	
		Av. Weight Gain after 24 hr ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )	Rate Constant $k_p$ ( $\text{g}^2/\text{cm}^4 \text{sec}^{-1}$ )	Av. Weight Gain after 24 hr ( $\text{mg}/\text{cm}^2$ )	Parabolic Rate Constant $k_p$ ( $\text{g}^2/\text{cm}^4 \text{sec}^{-1}$ )
A	Fe	1.187	$2.11 \times 10^{-11}$	15.602	$4.3 \times 10^{-9}$
C	Fe-0.6Si	0.169	n.p.	0.885	n.p.
D	Fe-1Si	0.166	n.p.	0.805	n.p.
E	Fe-2Si	0.014	-	0.345	n.p.
F	Fe-3Si	0.063	-	0.578	n.p.
G	Fe-0.3Al	1.276	n.p.	2.532	n.p.
H	Fe-0.5Al	1.025	n.p.	2.212	n.p.
I	Fe-1Al	0.400	n.p.	1.366	n.p.
J	Fe-4.8Al	0.171	-	0.212	-
K	Fe-0.6Cr	1.991	$8.0 \times 10^{-11}$	4.258	n.p.
L	EN18	0.235	n.p.	1.713	$3.1 \times 10^{-11}$
M	EN40	0.152	n.p.	1.246	n.p.
N	Fe-14Cr	nil	-	0.006	-
O	Fe-0.3Al-0.48Si	0.285	n.p.	0.521	n.p.
P	Fe-1Al-1Si	0.002	-	0.028	-
Q	Fe-2Al-2Si	0.091	-	0.243	n.p.
R	Fe-1.65Al-0.25Si-0.5Cu	0.748	$4.9 \times 10^{-12}$	1.838	n.p.
S	Fe-1.58Al-0.45Si-0.24Cu	0.785	$7.6 \times 10^{-12}$	2.765	$6 \times 10^{-10}$
T	Fe-18i-1Cr	0.263	n.p.	0.519	n.p.
U	Fe-2Si-2Cr	0.007	-	0.015	-
V	Corten	0.133	-	0.962	n.p.
W	Kupplus	1.446	n.p.	5.776	n.p.

n.p. は放射線創から大きくはなす場合

† 昭和55年11月3日 「鑄物の耐熱性」シンポジウム講演

\* 本協会評議員、東北支部理事、同鑄鉄部会幹事

、この外に出る炭素の重量が、金属部分と反応した酸素の重量を上回るケースがあり、このような場合には別の工夫が必要である。図1はこのような場合の一例で、スプリング・バランスと赤外線CO<sub>2</sub>分析計を用いて、試料の重量増加と炭酸ガス量と同時に測定し、この値を基にして、金属酸化量と脱炭量と個々に求めたことが出来るように装置の模式図である。<sup>2)</sup>

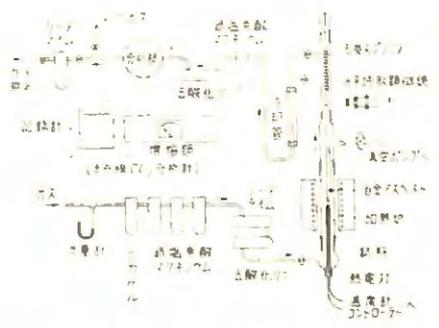


図1 脱炭反応が金属酸化と同時に進行する場合の測定装置例

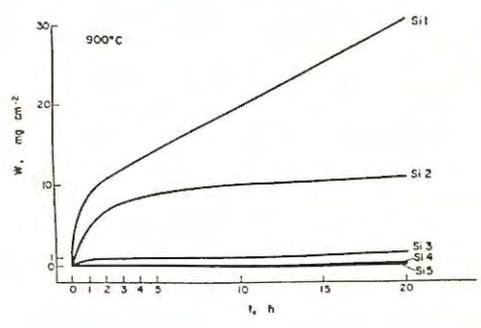


図2 Fe-Si合金の重量増加-時間曲線

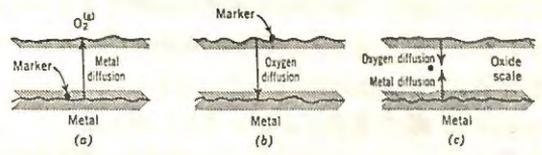
酸化速度が改めると異なる耐熱合金の場合などは除き、酸化機構を詳しく検討する必要がある時は、単に、重量増加量だけでなく、重量増加の経時変化を求めたりが普通であり、その重量増加-時間曲線を基礎として、挿入検討が行われる。図2はFe-Si合金と空气中で酸化した場合の重量増加-時間曲線の例で、Siの含有程度が増すと反応初期を除き、重量増加は実質的に減少して求めている。

金属および合金の高温酸化時のこの曲線の形態は挿入することができ、放物線的に進行するもの、直線的に進行するもの、対数関数的に進行するものなど、その反応機構は、大きく、その形は変わる。

しかし、不腐蝕問題とする金属、合金としては不腐蝕の、放物線則<sup>3)</sup>に分類されるものが多く、研究上、腐蝕にはこの速度則に従はなくても、この法則を用いて検討出来るケースが多い。

2-2 不活性マーカー・テスト

高温酸化の律速過程の問題は別として、スケールが酸化前、試料表面、内側に生成するか、外側に生成するかを決定、酸化反応の時の主たる移動物質が何であるかを決定することは複雑に検討する上から極めて重要である。これを簡単に定める方法をマーカー・テストがある。



これは供試料および生成するスケールと反応しない、例えば白金の細線を酸化前の試料表面に附着させ、そのまま高温酸化を行わせる。酸化後の試料の横断面のいずれかの場所から白金線を取り出さず、顕微鏡などで観察し、その位置を、図3のように、主たる移動物質が何であるかを判断する方法である。しかし、実際には必ずしもこのように判断することは多く、困難である。と云うのは、多くの場合、スケールは経時変化を伴うこと(化学的に)、または塑性変形、問題が生ずるためである。

図3 不活性マーカー・テスト

- (a) 移動物質が金属である場合
- (b) 移動物質が酸素である場合
- (c) 両者が移動する場合

2-3 “放物線則”

金属不純物の合金の高温酸化が放物線速度則に従う場合の式は次のように表わされる。

$$\frac{dx}{dt} = k_p' \frac{1}{x} \quad (1)$$

$$x^2 = k_p t \quad (2)$$

ここで、 $x$ は酸化物の厚さ、 $dx/dt$ は単位面積当りの重量増分量をとり、 $t$ を表わさる。右は時間、 $k_p$ ,  $k_p'$ は放物線速度定数と呼ばれるものゝ。  
多くの金属はこの速度則に従う。図4に純Feの場合を示す。この図では横軸のスケールを平方根が

取られているので、反応曲線は直線として表わされ、極めてこの法則が良く成り立つ例がある。勿論、皮膜が酸化程度の厚さ以上になると、この速度則が成立しない理由を持つが、普通的原因は、スケールが厚く、金属-スケール界面に現れ始めるVoidがある。これは porosity と呼ばれる孔の発生であり、これがスケールを通じた物質の移動の媒質を変えることである。また、スケール自体が塑性変形できなくなり、スケールに亀裂が発生し、反応の機構が変わる場合にも、この速度則が成立しなくなる場合も多い。

異種の金属は当然、別々の放物線速度定数を持つ。図5に各種の金属の放物線速度定数  $k_p$  の温度依存性を示す。1000°C 近くで、これらの値を見比べると、Feのそれは  $10^{-6}$  g/cm<sup>2</sup>sec<sup>1/2</sup>、Cuは  $10^{-7}$ 、Coは  $10^{-8}$ 、Niは  $10^{-10}$ 、Siは  $10^{-13}$  となり、FeとSiは約  $10^7$  倍程、後者の耐酸化性が優れていることを示している。表1は放物線速度定数の値も併記しているが、これらの合金系では炭素にはこの速度則が成立してないことが多く、相違の原因が異なることと考えるべきである。

Wagnerは酸化反応においてスケールを通じたイオンの体積拡散 (volume diffusion) が全反応の律速過程であると仮定して、放物線速度定数  $k_p'$  と酸化物中の金属イオン (Me ion) の自己拡散係数  $D_{Me}$ 、 $D_O$  の間に次のような関係式が成立することと理論的に導き出した。

$$k_p' = \frac{1}{2b} C_0 \int_{P_0^2}^{P_2^2} (D_O + \frac{zMe}{|Z_O|} D_{Me}) d \ln P_{O_2} \quad (3)$$

ここで  $b$  は  $M_2O_b$  酸化物の一分子当りの酸素の数、 $C_0$  は酸化物中の酸素濃度、 $zMe$ ,  $Z_O$  はそれぞれ、Meイオン、Oイオンの原子価であり、 $P_0^2$ ,  $P_2^2$  は金属-スケール界面、スケール-ガス界面における酸素圧

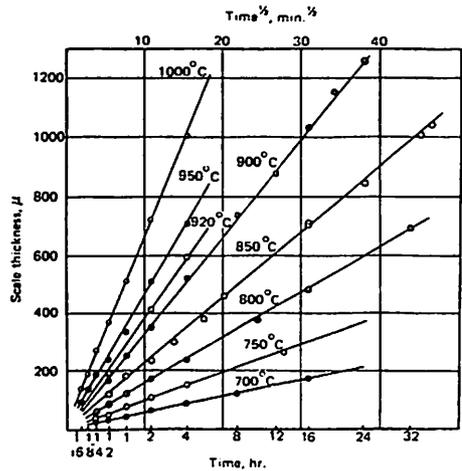


図4 純Feの酸化曲線 (空气中)  
横軸は時間、縦軸はスケールの厚さ (μm)

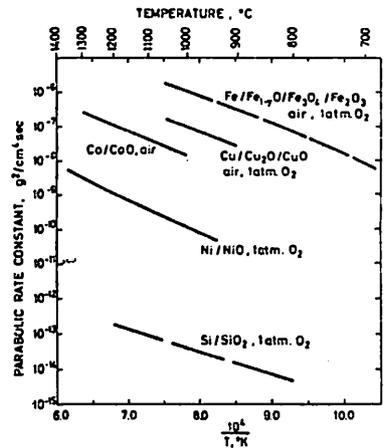


図5 放物線速度定数  $k_p$  の例

金属の高温酸化において工業的に意味を有する元素の酸化物は結晶欠陥として金属イオン格子に空孔 (vacancy) を持ち、金属不足型のもっとも一般的である。CoO, NiO, MnO, FeO, Cu<sub>2</sub>O など皆さうである。図6: Cu<sub>2</sub>Oの場合の欠陥の様式例を示す。ここで、□印のマーが空孔を意味し、結晶全体の電気的中性を保つため、Cu<sup>1+</sup>の一部はCu<sup>2+</sup>に変化する。このCu<sup>2+</sup>は電子空孔とも呼ばれる。空孔の濃度は元素または酸化物が作る条件によつてかなり異なる。表2は代表的な酸化物における空孔濃度を示すもので、FeOのものが、他の酸化物に比して大きく、通常はFe<sub>1-y</sub>Oと表記される場合が多い。

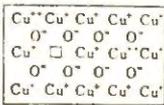
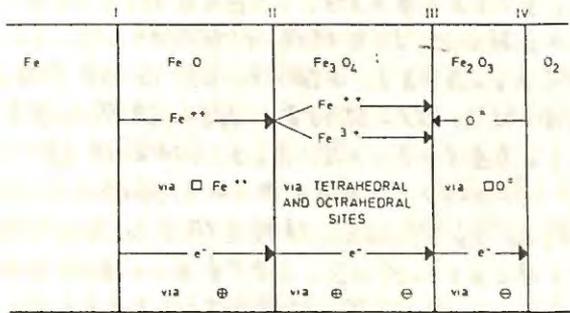


図6 Cu<sub>2</sub>Oの格子欠陥

表2 酸化物中の金属不足量 (y)\*

Oxide	Temperature C	Deviations from stoichiometry y
Cu <sub>1.997</sub> O	1000	0.003
Ni <sub>0.999</sub> O	1000	0.0001
Co <sub>0.99</sub> O	1000	0.010
Fe <sub>0.99</sub> O	800	0.110
Cr <sub>1.999</sub> O <sub>3</sub>	600	0.001
Al <sub>2.0001</sub> O <sub>3</sub>	1000	0.0001



\* 最大値を示すものがある。

図7 鉄スケール中におけるイオンの移動

金属不足型のスケールにおいては、Meイオンは金属-スケール界面から生成し、スケール-ガス界面に移動する。この時、Meイオン空孔の濃度と全く逆方向に移動する。図7はFeOスケールの例で、右端には多層構造のスケールが出来、層により移動速度が異なることを示している。

空孔の生成を示す式は次のように与えられる。

$$1/2 D_{Me} = MD + V_{Me}^{P-} + pe^+ \quad (4)$$

ここで、 $V_{Me}^{P-}$  は Me イオンの空孔を意味し、Pは原子価を意味する。また  $e^+$  は電子空孔のことである。通常、 $P_{O_2}$  (スケール-ガス界面の酸素圧) は  $P_{Me}^{O_2}$  (金属-スケール界面のそれ) に比較して大きく、空孔はスケール外表面で生成し、スケール最内層で消滅する。

空孔の濃度  $[V_{Me}^{P-}]$  は (4) 式の質量保存の法則に適用するこゝとにより、(5) 式の如く与えられる。

$$[V_{Me}^{P-}] = \text{const.} \cdot (P_{O_2})^{1/(P+1)} \quad (5)$$

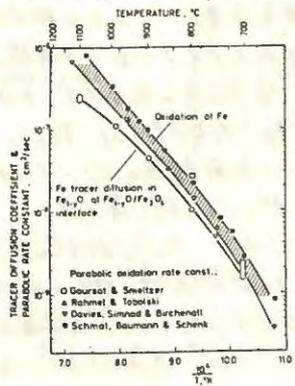
このように用いたとき金属不足型の酸化物では、 $D_{Me} \gg D_O$  と仮定することから、前述の (3) 式は次のように表わされる。

$$k_p' = (P+1) D_{Me} (P_{O_2}^0) \quad (6)$$

ここで  $D_{Me} (P_{O_2}^0)$  はスケール-ガス界面における拡散速度定数を意味する。

(6) 式が放物線速度定数の本質的な意味であり、図8にFeの場合の例を示す。  $k_p'$  と  $D_{Me}$  の関係がよく表わされている。

図8  $k_p'$  と  $D_{Me}$  の関係 (Feの場合)



## 2-4 高温酸化及び合金元素の役割

純金属に合金元素を添加すれば、当然、酸化の様相は変化する。勿論、この合金元素を添加する理由はベースメタルの耐酸化性を向上させること、即ち、ベースメタルの酸化を抑制することを目的とする。この抑制の機構は次のように種々、異なる。

(1) 強な酸化物形成元素があり、合金上にはこの元素の酸化物が優先的に形成され、この酸化物がベースメタルの外側の拡散を阻止する。この意味の合金元素の添加が一番重要であり、また、これが研究の対象として古くから詳細に調べられて来ている。この場合には合金元素の酸化物は連続層を形成することが必要であり、合金元素はベースメタルの酸化物より早く反応する。これは考慮に試料表面に拡散することが必要である。この様な状態を作り出すには、実際には少量の合金元素の添加が必要とされ、いわゆる超合金の様に特殊な耐酸材料を別々にすれば、実用材料としてはFe-25%Cr鋼のものが挙げられるのである。勿論、Fe-Si, Fe-Al 系合金においても、この様な状態を作り出すことが、その場合にはSi, Alの添加量が材料の機械的性質を劣化させ、実用材料としての機能を失わせる。これらの合金系においては、次のような抑制機構を考慮する。

(2) ベースメタルと合金元素の両者、複酸化物を形成させる。例えば、 $Fe_2SiO_4$ ,  $FeAl_2O_4$ ,  $Fe_2SiO_4$ ,  $NiCr_2O_4$  など、これらの複酸化物は $Fe_2SiO_4$ を除けば、 $Fe_3O_4$ と同じ結晶型に分類され、スピネルと呼ばれるもので、上述の合金元素単一の場合に比較すれば、耐酸化性は劣るが、その分、ベースメタルのものよりはかなり高い耐酸化性を示す場合が多い。(1)の場合と(2)の場合は多少意味が同一の範疇に属するもので、(1)の方は(2)の方は、使用条件、合金添加量、などに左右される。

(3) ベースメタルの酸化物に合金元素を溶け込ませ、酸化物中の空孔濃度を変化させることにより、耐酸化性を変化させることとなる場合がある。NiにLiを添加すれば、生成するNiO中の空孔濃度が減少し、Niの酸化速度は小さくなる。またNiに少量のCrを添加すれば、本と全く逆の傾向を示す。Ni-Cr合金では5%程度のCrの添加はNiの酸化速度を早めるが、それ以上の添加量は、(2)の様に、 $NiCr_2O_4$ が生成するで、速度は急減する。

(4) ベースメタルより不活性な元素を添加し、酸化に参与するベースメタルの濃度を希釈することにより、酸化速度を減少させる。Fe-Cu合金などはその例である。

(5) ベースメタルのスケールの機械的性質が下地金属への密着性を改善する働きを持つ合金元素の添加。この(5)の問題は後で詳述する。

## 2-5 多層構造スケールと合金元素の分布

多くの金属は複数の酸化物を持っているので、雰囲気中の酸素分圧が、これらの酸化物の溶解圧より高ければ、生成するスケールは多層構造となる場合が多い。例えば、図7はFeの場合を示しているが、ここでは、層の配列はFe/FeO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/gasとされ、金属基地より一番溶解圧の小さいものから、順次、高圧の方に移って行く。この時の層の厚さはFeOが全体の95%、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>が4%、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が1%程度の割合を示す。この値は700°C ~ 900°Cの間では保持される。勿論、FeOは570°C以下では安定ではないので、上述の配列は570°C以上の場合のことと、この温度以下では生成

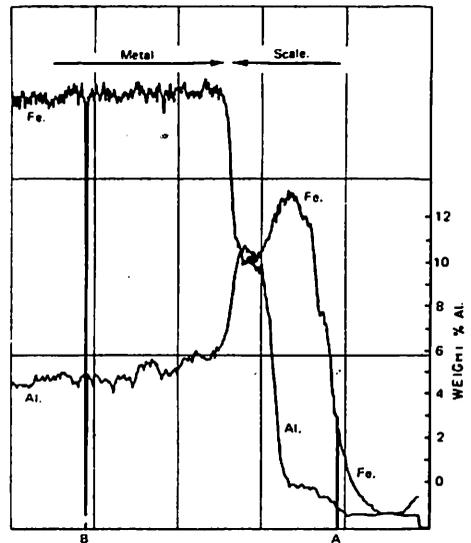


図9 Fe-Al合金のスケールの分析例

の酸化物は  $Fe_3O_4$  と  $Fe_2O_3$  である。

Fe-Si, Fe-Al, Fe-Cr, Fe-V, Fe-Mo 系の合金では、添加元素は  $Fe$  よりもより安定な酸化物を生成するので、当然、これらの元素の酸化物は最内層に現れることになる。図9は Fe-Al 合金で  $700^{\circ}C$  の空気中で酸化させたときのスケールの EPMMA による断面図で、Al を含む酸化物が金属-スケール界面に集中していることが認められる。恐らく、ハースナイト ( $FeAl_2O_4$ ) と考えられる。この層の存在は、このより外側に生成する Fe 酸化物層の生成を単に抑制するだけでなく、 $Fe_3O_4$ ,  $Fe_2O_3$  の比率を高める作用がある。

### 3. スケールの密着性と破壊

従来まで、耐酸化性の試験は通常、一定温度下において行われ、そこで得られた重量増加量の大小で材料の優劣が論じられることが多かった。しかし、実際は、工業的に使用されるとなると、繰返し加熱冷却が多数回、行われるため、一定温度では極めて優秀な耐酸化性を示す材料でも、必ずしも好結果が得られるケースが多い。勿論、工業的に使用される場合には雰囲気ガス中の酸素濃度なども耐酸化性に大きな影響を与えるものであるが、特に、問題となるのは試料表面に生成したスケールがそこから機械的に剥離し、金属表面を再び雰囲気ガスにさらすことである。従って、保護皮膜と呼ばれるには、単に一定温度においてスケールの生成速度を抑えるだけでなく、温度の昇降、即ち、熱サイクルにおいても、金属基体に固着し続けることが条件である。

一般に、一定温度において金属が酸化物に変化するときは、体積変化が生じ、従って、金属-スケール界面、スケール内において応力が発生し、さらに、金属イオンの外側に向った拡散が生ずるときは、空孔の堆積による Void の形成があるため、金属とスケールは剥離する傾向にある。

熱サイクルがある場合には、これに金属とスケールの熱膨張係数の違いによる応力の発生、また材料の局所的な温度差による応力の発生がこれに加わって、ますます条件は厳しいものとなる。表3に金属および酸化物の熱膨張係数の幾つかを示す。

一般に酸化物の熱膨張係数は金属のそれより小さいので、すべは、温度降下による膨張する応力はスケール側において圧縮となり、従って、金属材料自体が応力を保持している場合には、酸化物に引く応力  $\sigma_{ox}$  は次のように表わされる。<sup>13)</sup>

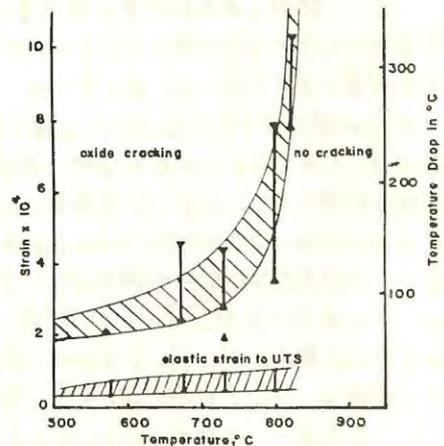
$$\sigma_{ox} = E_{ox} \cdot \Delta T \cdot \Delta CTE \quad (7)$$

ここで、 $E_{ox}$  は酸化物の弾性率、 $\Delta T$  は酸化温度と冷却温度との差、 $\Delta CTE$  は金属と熱膨張係数の差である。もし、この値が酸化物の強度を越えれば、スケールの破壊が生ずることになる。この例の一例として、図10は  $Fe$  の酸化した場合の例を示す。酸化物の場合でもある程度は塑性変形が可能であり、これは温度によってもかなり差がある。800°C程度の酸化の場合には、300°C程度の温度変化でも破壊が生じることが示されている。

図10. 温度降下によるスケールの破壊 ( $Fe$  の場合)  
(横軸の温度は酸化温度を示す)

表3 金属および酸化物の熱膨張係数

Phase	Temperature range, °C	Mean CTE, $\times 10^{-6}$
$\gamma$ -Ni solid solution	25-1200	18.6
$\gamma'$ -Ni <sub>3</sub> Al	25-1200	18.6
$\beta$ -NiAl	25-1200	19.5
$\alpha$ -Fe solid solution	25-1200	15.8
TD-NiCrAl	25-1200	19.3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25-1200	8.1
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25-1200	8.7
NiAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	25-1200	10
NiCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	25-1200	10
NiO	25-1000	17.1



このようにスケールの剥離傾向を阻止すべく、アルカリ元素 (Li, Ca), 稀土類元素 (Y, Ce) など添加することは試みられ、ステンレス鋼の場合などかなりの効果を持つことが知られている。<sup>15)</sup> この場合には、これらの金属化合物が、金属スケール界面にサンドウィッチを成し、これが空孔の受け皿の役割を司る。また、この化合物が主たる酸化物を強化する、金属-スケール界面の様相を変え、いわゆる "keying on" とし効果をもたせらるるなどのことより、スケールの剥離傾向を抑制する。

#### 4. Fe-C合金における脱炭と酸化の同時進行

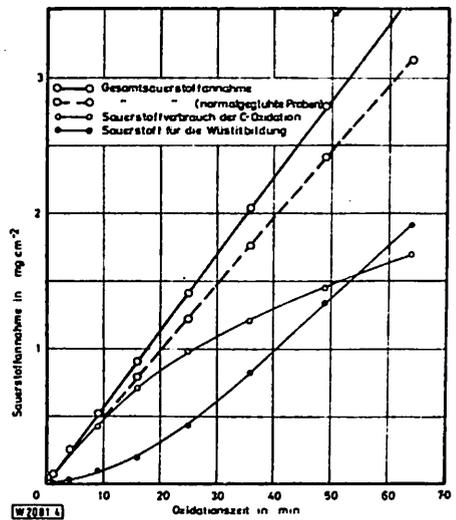
鋼の高温酸化と脱炭に関する研究も数多く行なわれ、大體、次のような結論を見ている。

O<sub>2</sub> (空気中の場合も含めて) が空密容器の中にあるとき、純FeとFe-C合金の総酸素消費量の間に、差が殆どなく、しかも、脱炭反応が進行するFe-C合金の場合には、Feの酸化は抑制される。反応は、この反応物線則で記述され、脱炭反応は金属-スケール界面で生じ、そこで生じたCOガスはスケール中の孔などを通じて外部に出て行く。

一方、CO<sub>2</sub>が空密容器の場合には、反応はスケール界面での界面反応が律速過程となるので、反応は直線的を示し、総酸素消費量は時間とともに直線的に増加する。しかし、脱炭反応はCO<sub>2</sub>がスの場合と同様に、金属基体中の拡散による、遅延したもので、結果として、Feの酸化による、使用される酸素量は反応の初期ほど小さく、時間の経過に従って増加する傾向を示すという報告<sup>16)</sup>がなされている。図11にこれらの結果を示す。

図11 0.5% CのFe-C合金における酸素消費の経過 (1000°C, CO<sub>2</sub>空密容器)

- 総酸素消費量
- 同上 (標準試料の場合)
- 脱炭に必要な酸素量
- FeO生成に使用される酸素量



#### 5. 鋼鉄の金属酸化量と脱炭量及びその黒鉛形成の影響

これは同一の化学組成を持つ3つの片状、共晶状、球状の黒鉛組織の試料を図12に示す質量と測定した結果を表4に示す。表の1項には重量増加量Δm/Sの値が示されているが、この値は従来通りに耐酸化性の尺度とすると共晶状組織の鋼鉄が最も悪材料と判定される。しかし、脱炭率ΔMc/Sを指標として、金属酸化量ΔmM/Sを示すと3項のいずれも、片状黒鉛組織の耐酸化性が一番悪いことが判る。この場合には脱炭量の差が、鋼鉄の耐酸化性を決める主要な要因となるわけだが、黒鉛組織と異なる鋼鉄間における耐酸化性の判定には脱炭量の大小を無視しては論じられぬことと示している。

表4 黒鉛組織による反応量の差異

(試料は3% C, 2% Si)

黒鉛組織	Δm/S	ΔmC/S	ΔmM/S
片状	2.76	1.88	4.34
共晶状	2.90	3.8	3.28
球状	1.98	2.8	2.26

(mg/cm<sup>2</sup>)  
(900°C, 1 atm O<sub>2</sub>, 5 hrs)

## 6. 銅合金の高温酸化

Cuは高温酸化で $\text{Cu}_2\text{O}$ と $\text{CuO}$ とを生成し、 $\text{Cu}$ 合金元素を添加した場合の各種の合金系と比較するが、表5にある。合金量が同一であるので比較が難しいが、特にAl, Beの効果は著しくことが認められる。Cu合金の場合の内層のスケールは合金元素の酸化物が基質に、 $\text{Cu}$ が、外層に生成する $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ 層へのCuイオンの拡散を抑えることにより耐酸化性を向上させる。

表5 銅合金の耐酸化性(重量増加量)  
(600°C, 12時間)

Metal	Environment	$\Delta W/A$	Ref.
Cu	O <sub>2</sub>	2819	This work
Cu-3 Si	air	921	(8)
Cu-13 Sn	O <sub>2</sub>	437	This work
Cu-30 Zn	O <sub>2</sub>	281	(31)
Cu-2 Be	air	102	(8)
Cu-8 Al	air	30	(8)

## 7. 結言

本稿では取り上げることができなかったが、1) 内部酸化の問題、2) スケールの多孔性、3)  $\text{SO}_2$ ガス雰囲気における酸化、4) 試料の形状および表面仕上げの異なる酸化速度の変化などの問題も、高温酸化を理解する上へ重要な因子と考えられる。

### (文献)

- 1) J. B. Newkirk: High-Temperature Materials Coatings and Surface Interactions Freund Tel-Aviv, Israel (1980)
- 2) 渡辺, 大平: 鋳物, 41 (1969), 811
- 3) 1)と同じ
- 4) P. Kofstad: High Temperature Oxidation of Metals John Wiley (1966)
- 5) J. Paidassi: Rev. Met., 54 (1957), 569
- 6) A. R. Cooper and A. H. Heuer: Mass Transport Phenomena in Ceramics Plenum (1975) 385
- 7) C. Wagner: Atom Movements Amer. Soc. Metals (1951) 153
- 8) St. Mrowec: Werk. und Korr. 31 (1980), 371
- 9) K. Hauße: Metalloberfläche 8 (1954), 97
- 10) 6)と同じ
- 11) 1)と同じ
- 12) D. L. Deadmore and C. E. Lowell: Oxidation of Metals 11 (1977), 91
- 13) 12)と同じ
- 14) R. C. Hurst, M. Davies and P. Hancock: Oxidation of Metals 9 (1975), 161
- 15) A. Rahmel and W. Scholz: Werk. und Korr., 22 (1971) 510
- 16) W. Koenigsmann and F. Deters: Werk. und Korr. 31 (1980), 272
- 17) 渡辺: 学位論文 (1974)
- 18) F. Gesumundo, C. De Asmundo and S. Merlo: Werk. und Korr., 30 (1979), 114

# チタン及びアルミニウム添加球状 黒鉛鑄鉄の特性について

新日本製鉄株式会社製鉄所

技術研究室 千田 昭夫(工博) 佐藤 兼弘

目黒 勝 ○ 高橋 宥夫

## 1 はじめに

球状黒鉛鑄鉄については、製法・材質ともに着実に技術開発が行われており、最近では従来黒鉛球状化阻害元素ということで、球状黒鉛鑄鉄には合金添加されることのない Pb・0.05・Bi・Sbなどを、黒鉛球状化剤と同時に添加して球状黒鉛鑄鉄を製造する技術<sup>1)</sup>やコンパクト黒鉛(CV)鑄鉄<sup>2)</sup>などがみられる。

本報告は、これらの新しい技術を参考にしながら、片状黒鉛鑄鉄では一般に耐熱性向上のために使用されている Ti および耐熱性向上効果が確認されているが、黒鉛の球状化率を著しく阻害するために実用化されていない Al を添加した球状黒鉛鑄鉄の製造法と耐熱性を中心とした特性について、調査・検討したものである。

## 2 実験方法

- 1) 合金添加方法：Ti・Alの黒鉛球状化阻害作用を防止しながら、合金元素の効果を発揮させるため、球状化処理後、球状黒鉛の核生成をまつて添加する方法をとった。球状化処理後は溶湯温度がかなり低下するので、添加合金としては低融点の Al-Si (11.6%) 合金および Ti-Al (70%) 合金を使用した。
- 2) 試料の溶製：試料は C 3.5%・Si 2.0% を基本組成とし、Ti および Al を各々最大 0.3%・0.25% 添加した球状黒鉛鑄鉄を溶製した。また、比較材として同基本組成の FCD40 相当材および CG 合金添加処理した CV 鑄鉄を溶製して用いた。
- 3) 調査項目：これらの試料について顕微鏡組織・引張り強さ・伸び・衝撃値・成長性・熱膨脹性・熱衝撃性および熱疲労性について調査・検討を加えた。

## 3 実験結果

Ti-Al 合金および Al-Si 合金を用いることにより、比較的低温で歩留りよく Ti および Al を添加することができ、所期の目的を達することができた。得られた Ti および Al 添加球状黒鉛鑄鉄の特性は

- 1) 黒鉛球状化率：径径 50% 台で、CV 鑄鉄の 35% 台を上回った。
- 2) 高温かたさ：450℃ かたさは FCD40 材を 1.5% ほど、CV 鑄鉄を 60% ほど上回った。
- 3) 熱膨脹量：成長量は FCD40 材と CV 鑄鉄の中間の 0.32% であつた。
- 4) 熱衝撃性：CV 鑄鉄と同程度で FCD40 材の約 1/2 の繰り返し加熱回数で亀裂が発生した。
- 5) 熱疲労性： $K_2 = (4.4Ti + 1.6Al) / Mg$  が 30 程度までは  $K_2$  が高くなるほど熱疲労寿命は低下したが、それ以上に  $K_2$  が高まっても熱疲労寿命は低減しなかつた。(図 1 参照)

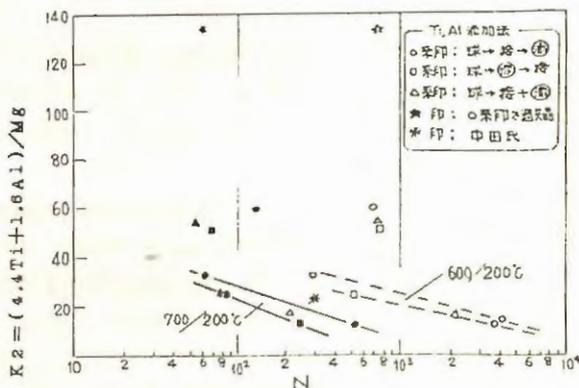


図 1 熱疲労寿命におよぼす Ti・Al 量の影響

文献 1) 特公昭 49-14446

2) 例えば M.J. Lalich: Modern Casting, July 1976

Properties of Spheroidal Graphite Cast Iron Containing Ti and Al:

A. Chida, Dr. Eng, K. Sato, M. Meguro, H. Takahashi (Nippon Steel Corp.)

# 青銅系合金の凝固に関する二、三の実験

宮城県工業技術センター 菅野 昭

1. 緒言 青銅合金鋳物に顕著なミクロポロシティや偏析の組織的欠陥は、凝固組織の形成過程と密接に関連して発生すると考えられる。そしてこの追求にあたっては、凝固条件解析の容易さから通常一方向凝固試料が用いられているが、これまでの研究報告にみられる一方向凝固手段としてはチル板上に加熱錐型を設置して溶湯を流し込む方式が大多数である。本実験では、赤外線集光炉ヒルツボ底ガス冷却を組み合わせて同一ルツボ内で溶解および一方向凝固を行なわせる簡易な方法により、CuおよびCu-2, 5, 8% Sn, 5% Zn, 5% Pbの各二元合金についてそれらの凝固過程と凝固組織形態との関係などについて検討してみた。

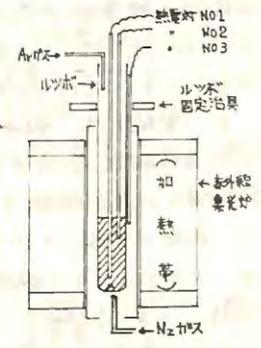


図1. 実験装置

2. 実験方法 図1に示すルツボ(4ライト質, 11 $\phi$  x 500 l)内に細断した銅線屑とSn, Zn, Pbの各試薬地金を配合(全量50g)して、加熱帯中央部で溶解後、熱分析のための熱電対(0.3 $\phi$  CA, 3 $\phi$  保護管)2本をルツボ底から10 mm, 50 mmの位置にそう入した。この後ルツボを加熱帯下方へ移動しルツボ底にN<sub>2</sub>ガスを吹きつけて定常状態の温度勾配ができるのを待ち、冷却(プログラム速度: -10, -50, -100 $^{\circ}$ C/min)を開始した。マクロおよびミクロの組織観察は凝固方向に平行な試料断面について行なった。

3. 実験結果 図2に例示した如く、冷却曲線には凝固潜熱の発生に伴う停点を生じたが、その現われ方は冷却速度が大きくなるほど強い。本方法による冷却端からの抜熱割合が非定常状態下において小さかったため停点が出現したものと考えられる。

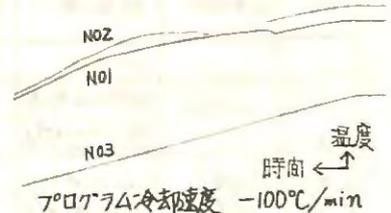


図2. Cu-5%Pb合金の冷却曲線

マクロ組織としては、Cuの場合の冷却開始時にチル晶の生成をみた以外、何れの試料についても全体としてよく成長した柱状晶を得ている。なお図3に示したマクロ組織にも若干観察されるが、試料上部には等軸晶的な生成が伺われる。これは図2の冷却曲線からも推察されるがその位置における凝固時の液相側温度勾配がひよりにゆるやかであったため新たな枝の発生がみられたものと考えられる。

ミクロ組織としては、Cuの場合セルラー状のデンドライトを示し、Cu-Sn, Cu-Zn合金の場合は2次、3次の枝が発達した典型的なデンドライト形態を示した。Cu-Pb合金の場合はCu似た形態をとるが、冷却速度の増加に従い棒状に近いデンドライト形態をとった。Pbは図3のミクロ組織にみるようにデンドライト間に均一に分布していた。また冷却速度の影響については、何れの試料もその増加とともに元素の数を増し密生した状態のデンドライト組織を示した。

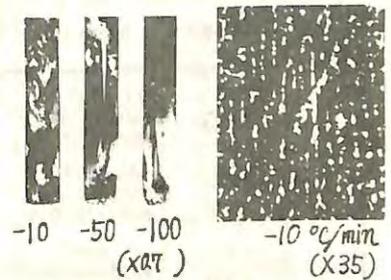


図3. Cu-5%Pb合金のマクロおよびミクロ組織

SOME EXPERIMENTS ON SOLIDIFICATION OF COPPER ALLOYS; A. Kanno (MIYAGI PREF. INSTITUTE OF TECHNOLOGY)

# 白鑄鉄のサンド・エロージョン特性と化学組成、 熱処理及び試験条件との関係

秋田大学鉱山学部

工博 宇佐美 正 ○ 小口 昌弘  
石川 敏雄 工博 橋浦 廣吉

1 緒言 白鑄鉄のサンドエロージョンに関する前報<sup>(1,2)</sup>までの研究では、試験片の磨耗面をX線マイクロアナライザーや走査型電子顕微鏡を用いて直接観察する方法などにより、その磨耗機構を検討した。しかし、この場合は試料の化学組成や熱処理条件の範囲が狭く限られていた。本研究では、白鑄鉄の鉄基地や炭化物組織に影響があると考えられる元素の中から、すでに実験したCrやNiのほか、Mn, Mo, Cu, V, B および Si などを選び、これらと白鑄鉄ならびに高クロム鑄鉄のサンドエロージョン特性との関係について、熱処理条件と関連させながら系統的に調べた。

2. 実験方法 試料は高周波誘導加熱炉で溶融した後、これらで同様、押湯保温用炭素熱剤と水冷式銅製冷し舎からなる特殊な鑄型中で一方向凝固させた。試料を一方向凝固させるのは、磨耗試験片の表面組織を理解しやすくするためである。溶融した各組成試料は、所定の熱処理を行って、各状態のものとの効果を比較した。磨耗試験片は 10φ×75 mm に研削加工した。サンドエロージョン試験機は、前報<sup>(1)</sup>同様の試作したものを利用した。すなわち、試験機には、同時に7本の試験片を取付け、石砂と水あるいは海水との混合液中で、1周約535 mm を980 rpm の高速で回転させた。試験片の磨耗量は、所定時間試験後の重量減少率(%)で示した。試験後の磨耗面は、X線マイクロアナライザーや走査型電子顕微鏡で詳細に観察した。

3 実験結果 表1および表2には、前報<sup>(1,2)</sup>までの研究からその効果がわかっているCrやNiを含む表1 サンドエロージョン試験結果(1)

No	化学組成	熱処理	硬さ HRC	比磨耗
1	3.5%C	as cast	51.8	100
2	10%Cr	930°C×3hr, 水冷	52.2	46
3		930°C×3hr, 油焼入 400°C×2hr, 水冷	58.8	28
4	3.5%C	as cast	50.1	129
5	10%Cr	930°C×3hr, 水冷	48.2	104
6	10%Mn	930°C×3hr, 油焼入 400°C×2hr, 水冷	49.7	52

表2 サンドエロージョン試験結果(2)

No	化学組成	熱処理	硬さ HRC	比磨耗
1	3%C	as cast	47.4	100
2	12%Cr	930°C×3hr, 油焼入 400°C×2hr, 水冷	56.8	23
3	3%C	as cast	48.7	24
4	12%Cr	930°C×3hr, 油焼入 400°C×2hr, 水冷	53.9	19
5	3%Ni	as cast	49.3	139
6	4%Cr	930°C×3hr, 油焼入 400°C×2hr, 水冷	58.2	26
7	5%Cr	750°C×3hr, 油焼入 400°C×2hr, 水冷	49.3	143

表1, 表2の試験条件, 混合液: 砂40%, 水60%, 試験温度: 30°C

試験片のほか、CrとMnを同時に添加した試料について、混合液が砂30%水70%の比較的CO<sub>2</sub>-inertな試験条件における耐サンドエロージョン特性を、熱処理効果と関連させて示した。これらから、CrやNiは磨耗量を少なくするが、それは必ずしも硬さに依存しないこと、Mnに対するサンドエロージョン性の改善は困難であること、930°C×3hr 加熱後、焼入れ焼戻しの熱処理は耐サンドエロージョン性の改善に極めて効果的であることなどがわかる。特に、4%Cr, 5%Cr 試料の場合、このような熱処理による硬さの増加も大きく、abrasive な試験条件における耐磨耗性の改善も期待できる。

その他、Mo, Cu, V, B および Si を含む試料についても同様の実験を行い、その磨耗特性を比較検討した。また、各組成試料の磨耗面組織についても詳細に観察した。

## 参考文献

- 1) 宇佐美 正, 石川 敏雄, 49(1977), 731
- 2) 宇佐美 正, 石川 敏雄, 50(1978), 531

A STUDY ON THE SAND EROSION OF WHITE CAST IRON; T. USAMI, Dr. Eng., M. OGUCHI, T. ISHIKAWA, K. HASHIURA, Dr. Eng. (Akita Univ.)

# 高クロム鋳鉄の破壊じん性

秋田大学鉱山学部

○ 田上 道弘 工博 橋浦 廣吉  
佐藤 幹夫 吉田 幸男

## 1. 緒言

高クロム鋳鉄は耐摩耗性とくに耐アブレーション磨耗材として優れており、この耐摩耗性は化学組成、熱処理などにより変えられる。一方、この合金のじん性は一般に小さく、炭素量の変化によりじん性は大きく影響されることが知られているが、じん性に対する合金元素の影響は十分明らかでない。本実験は炭素量と一連して15~27% Cr 鋳鉄の破壊じん性におよぼす合金元素の影響を、検討した。

## 2. 実験方法

試料は高周波電気炉で目標組成の高クロム鋳鉄800gを溶解後、6×110×110 mmのCO<sub>2</sub>鋳型に鋳造した。試料は炭素量を3.5%に一定してクロム量を15~27%に変える場合、炭素量、クロム量をそれぞれ3.5%、20%に一定し、この組成を合金元素として、Ni, Si, Mo, Ti, Vを1%まで、一部の試料についてはさらに多い添加量を用いた。

上記試料から万能研削盤で破壊じん性試験片(4.5×23×52 mm)を加工した。破壊じん性試験は島津製作所製オートグラフを用いてM. C. Murphyらの二重曲げ曲げ試験法で行った。破壊じん性値(K<sub>IC</sub>)は次式を用いて求めた。

$$K_{IC} = PW_m \left\{ \frac{3}{WT^3/6(CI-V)} \right\}^{1/2}$$

顕微鏡組織および破面観察は光学顕微鏡、走査型電子顕微鏡を用いて破壊じん性試験片の観察を行った。

## 3. 実験結果

図1にFe-20%Cr-3.5%C鋳造合金の破壊じん性におよぼす合金元素の影響を示す。図1より、鋳造試料の破壊じん性は合金元素の種類や添加量により影響され、炭化物を形成しないNi, Siの添加は破壊じん性を増大する。一方、炭化物形成元素であるV, Tiの添加は破壊じん性を減少させる傾向を示している。Mo添加は若干破壊じん性を大きくした。また炭素量を3.5%に一定してクロム量を15~27%に変える試料では、クロム量が多くなるほど破壊じん性値が大きくなった。

高クロム鋳鉄の破壊じん性値は合金元素添加やクロム量の変化により変わるが、これは炭化物量やオーステナイト量の変化が関係しているためと考えられる。

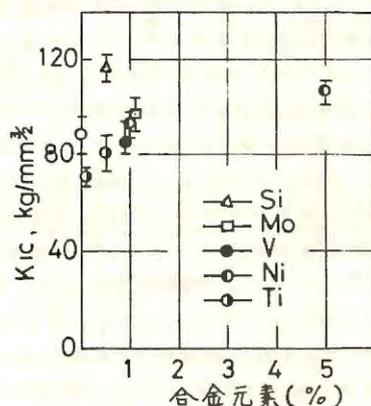


図1. Fe-20%Cr-3.5%C合金の破壊じん性におよぼす合金元素の影響

Fracture toughness of High Chromium Cast Iron : M. TAGAMI, K. HASHIURA, Dr. Eng.,  
M. SATO, Y. YOSHIDA (Akita Univ.)

# Ni - C 合金中の黒鉛の結晶形状について

岩手大学工学部

工博○宮手 敏男 斎藤 実

工博 堀江 皓 小綿 利憲

1 緒言 球状黒鉛鋳鉄の発明以来、多数の研究報告が発表され実用面で多くの成果を挙げてきた。しかし、黒鉛の球状化の機構については多くの説が出されているが、現在なお確定的な理論は確立されていない。本実験では球状黒鉛の生成機構の解明の一手段として、Ni-C合金中の晶出黒鉛の形状を金属顕微鏡およびSEMを用いて観察した。Ni-C系合金の組織や黒鉛形状についても多くの研究が行なわれているが<sup>1),2)</sup>、なお不詳な面も少なくない。

2 実験方法 電極用黒鉛棒を用いて作ったるつぼに高純度Niペレット (>99.95%) 約1Kgを装入し高周波電気炉を用い、大気中で約30分間溶解保持してCを飽和させたのち銅製鋳型に鋳込んで母合金とした。ついで母合金を約50gに切断しタンマン炉を用い黒鉛または磁性るつぼで大気中約1450°Cに加熱溶解し、冷却速度による試片の組織を比較するためにいろいろな方法で冷却した。また、C%の違いによる組織も比較するため金型鋳造試片を作成した。これらの試片の縦断面全体の組織を顕微鏡観察し、ついで各試片の一部を硝酸溶解して黒鉛を抽出し、おもな黒鉛試料についてSEM観察して比較した。

3 実験結果と考察 無添加の過共晶試片 (>2.22% C) の試片全体の組織は試片の位置や冷却速度の違いによって異なり、マトリックス中に黒鉛品が粗大片状、片状、共晶状または球状のいずれかが集団でまた交互に層状に現われるが、冷却速度の速い金型試片では共晶黒鉛も現われず全面に球状黒鉛が晶出した。一方球状化剤のCeを0.1%添加した試片では徐冷 (1.7°C/min) 以外はタンマン炉中冷却でも全面球状黒鉛だけの組織となった。その模式図を図1に示す。また冷却速度を一定 (金型) としてC%の異なる場合、無添加共晶以下では十分な球状黒鉛は得られないが、Ceを0.1%添加した試片では球状化の程度が向上しているように観察された。その模式図を図2に示す。SEM観察を行った一例として図3に無添加金型試片から抽出した黒鉛形状を示した。このようにNi-C合金は冷却速度やC%が適当であり、かつたえば硫黄や酸素などのような不純物が少なければ無処理でも黒鉛はほぼ完全に球状化する。この現象は鋳鉄の球状化処理を行った場合の現象と類似しており異質核説では説明し難い点がある。

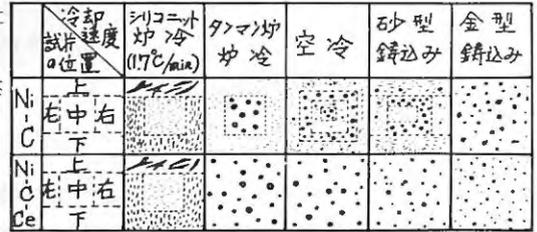


図1 冷却速度による試片組織の模式図

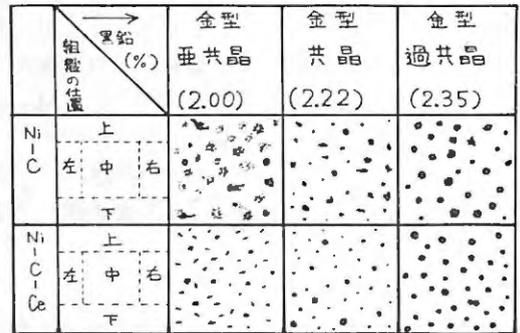


図2 C%の異なる試片組織の模式図

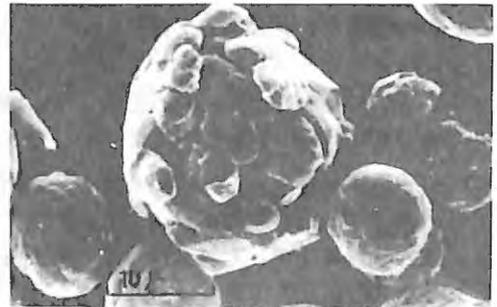


図3 Ni-2.35% C合金の抽出黒鉛のSEM.

文献 1) 吉岡、浜住：鋳物, 34 (1962) 7, 727 2) 堤、今村、中田：鋳物, 50 (1978) 4, 246  
On the Crystal Shapes of Graphite in Ni-C alloys ; T.Miyate, Dr. Eng., M.Saito,  
H.Horie, Dr. Eng., T.Kowata (Iwate University)

# 高周波誘導炉による共晶状黒鉛鑄鉄の溶解条件及びけい素量の影響

岩手県工業試験場 大内 康 弘

1. 緒言 省資源を志向して、被覆アーク溶接棒片の鑄鉄溶解への利用を試みたところ、その効用は、きわめて有益であることを確認<sup>1)</sup>したが、この場合の溶解処理条件は、溶接棒から剝離した被覆剤を用いてタンマン炉における場合のものであった。しかし、これらの実験過程において、溶接棒片の直接添加は被覆剤の溶湯への溶入を容易にし、さらに高周波炉では、溶湯のかくはん作用などでタンマン炉の場合とは溶解処理条件が異なる。この感触を得た。また、このやりかたを実際に工場規模で行うには、アーク炉または低周波炉などが妥当と考えられることから、高周波炉溶解により溶接棒を直接添加した場合の溶解処理条件を調べることにした。同様の方法で、引張強さに及ぼすSi量の影響<sup>2)</sup>についても、改めて検討を加えた。

2. 実験方法 市販鉄鉄(4.02% C, 2.66% Si)を#10黒鉛ろつばを用い、3KHz高周波炉で3.7kg溶解し、溶け落ち後イルミナイト系溶接棒(4P×400 $\phi$ )の所定量を添加装入して溶入させ、ただちに1450°Cに昇温、この温度に0, 5, 15, 30 minそれぞれ保持した。除滓後Ca-Si 0.3%持種して、CO<sub>2</sub>型(20 $\phi$ ×350 $\phi$ , 30 $\phi$ ×270 $\phi$ )、シエル型(チル試験片)及び金型(分析試料)に注湯した。これらの試料について、引張及び組織試験を行い溶解処理条件を設定し、この条件で鑄込み温度、持種剤、溶湯組成(Si量)などについての溶解条件を検討した。なお、溶湯のSi量調整は、棒添加前にFe-75%Siで行った。

3. 実験結果 溶湯に対する溶接棒添加割合が20% (被覆剤添加割合では4.6%)の場合、引張強さ( $\sigma_t$ )と保持時間の関係は、図1のようになり、10 min程度の保持で $\sigma_t$ は一定となるが、保持時間の延長とともにチルは深くなるので、必要最少限としての10~15 min程度が適当とされた。保持時間15 minにおける1440, 1370, 1300°Cの各鑄込み温度による $\sigma_t$ には顕著な差異は認められなかったが、低温鑄込めになるにしたがってチル化傾向が増すことや、鑄造性などから1370°C以上を適切な注湯条件とした。また、棒添加割合を10% (溶接割合2.3%)にすると、チルは浅くなり、 $\sigma_t$ もほとんど変わらないが、僅かながらD型黒鉛組織に不完全さが認められた。

以上よりことから、棒添加割合15%で1450°C 15 min保持の溶解処理で1370°C注湯を適正溶解条件とした。この条件で、溶湯のSi量と $\sigma_t$ の関係を検討した結果は、既報<sup>2)</sup>と同様に図2のような関係が得られた。2~3% Siでは $\sigma_t$ に変化は認められないが、3.5~4% Siで $\sigma_t$ は強化されて38 kgf/mm<sup>2</sup>にも及び、またチルも著しく減少するので、普通鑄鉄の強化策として、溶接棒くずの利用には高Si溶湯が有効であるといえる。

1.) 大内、河部 鑄物, 52 (1980), 426

2.) 大内、河部 鑄物, 第95回全国講演大会講演概要集, 26

Effect of Melting Condition and Silicon Content on Eutectic Graphite Cast Iron in High Frequency Induction Furnace; Y.Ouchi (Prefectural Industrial Research Institute, Iwate)

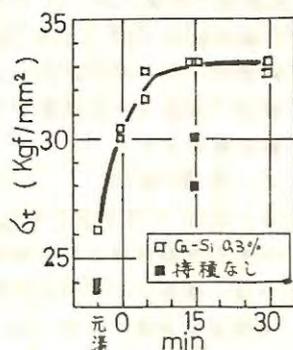


図1. 溶解処理時間と引張強さ(30 $\phi$ )

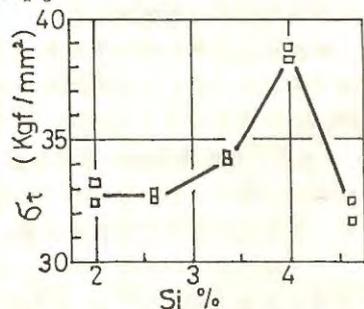


図2. Si量と引張強さ(30 $\phi$ )

# チタン接種鑄鉄のフェーディング特性に 及ぼすSb, Sn, Cuの影響

岩手県工業試験場 ○ 勝負沢善行 米倉 勇雄  
岩手大学工学部 工博 堀江 皓

## 1. 緒言

著者らは既に、Si-Ti合金を接種した鑄鉄のフェーディング特性について調べ、保持時間により引張強さの値が漸増し、引張強さに対するフェーディングが認められないことを報告した。しかし、黒鉛組織が共晶状のため基地組織にフェライト量が多く、さらに保持時間に伴ってフェライト量が増加するため硬度は低下した。そこで、今回はパーライト安定化元素を添加した鑄鉄溶湯に、Si-Ti合金を接種した場合のフェーディング特性について従来と同じ方法<sup>1)</sup>で検討した。

## 2. 実験方法

試料の溶製には、ルツボ方式（アルミナライニングを施した10番黒鉛ルツボ使用）の3KHz-30KVA高周波電気炉を用い、銑鉄、鋼くずを配合して、3.3% C、1.8% Siの元湯8Kgをアルゴンガス雰囲気中で溶解した。溶湯は、最高加熱温度1530℃とし、1450℃でパーライト安定化元素Sb, Sn, Cuをそれぞれ添加した後、Si-Ti合金をTi量として0.15%接種し、1400℃で0.5, 10, 30 minの各時間保持した後引張試験片（30<sup>φ</sup>×270）用鋳型と板チル試験片（JIS, C-3）用鋳型にそれぞれ注湯した。これらの試料について、引張強さ、硬度、共晶セル粒度番号とチル深さを測定し、さらに顕微鏡組織を観察した。

## 3. 実験結果

図1にSnの添加量を変化させた溶湯にSi-Ti合金を接種した試料の保持時間と引張強さとの関係を示す。Snを添加した試料は、無添加の試料と比較すると、Snの添加量に伴って接種直後の値が高くなり、Sn 0.50%添加試料で最も高い値となる。しかし30 min保持ではフェーディングが認められ、無添加の試料と同程度の値となる。Sb, Cuを添加した試料も同様の傾向を示したが、Sb 0.30%を添加した試料では、無添加の試料よりも全体的に低い値を示した。

硬度は各元素の添加量に従って増加し、添加量の少ない時に若干のフェーディングが認められた。硬度に対する効果は、Sn, Sb, Cuの順に小さくなった。

共晶セル粒度番号は、各試料とも接種直後に高く、特にSbの効果は大きい。しかし、30 min保持でフェーディングが認められ、無添加の試料と同程度の値となった。

チル深さについては、Sb, Sn添加試料では、無添加の試料と同程度の値であるが、Cu添加試料では若干減少する傾向が認められた。

文献 1) 堀江、米倉、勝負沢：鑄物 第95回全国講演大会概要集

2) (財)総合鑄物センター研究調査報告252 (昭和53年度)

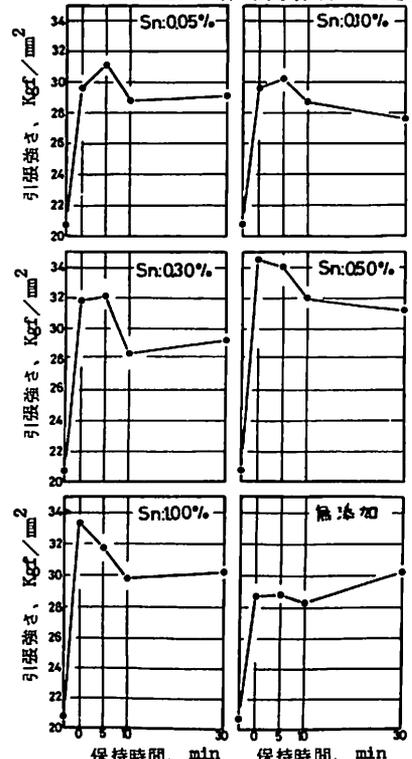


図1 保持時間による引張強さの変化  
全試料Si-Ti合金接種  
(Ti 0.15%)

Effects of Antimony, Tin and Copper on Fading Properties in Titanium Inoculated Cast Iron :  
Y. Shobuzawa, I. Yonekura (Pref. Ind. Res. Inst., Iwate), H. Horie, Dr. Eng. (Iwate Univ.)

# コンパクト・バーミキュラー鑄鉄の黒鉛組織および機械的性質に及ぼすSb, Sn, Cuの影響について

岩手大学工学部 工博 堀江 皓 工博 宮手 敏男  
 ○ 小綿 利憲  
 岩手県工業試験場 勝負沢善行

## 1. 緒言

C V 鑄鉄は黒鉛組織が中間型の擬片状黒鉛となり基地組織がきわめてフェライト化し易いため、耐摩耗性を必要とする材料などでは大きな問題となっている。

そこで本実験では、安定したC V 鑄鉄が得られる市販Mg-Ti合金を用いて処理したC V 鑄鉄に、パーライト安定化元素であるMnおよび球状化阻害元素でもあるSb, Sn, Cuを添加し、その機械的性質および黒鉛組織に及ぼす影響について検討した。

## 2. 実験方法

球状黒鉛鑄鉄用鉄約3Kgを高周波電気炉にてアルミナライニングを施した6番ルツボを用いて大気溶解し電解鉄, Fe-Si (75%) にて C 3.8%, Si 2.8%になるように成分調成し、1,530°C でMn, Sn, SbおよびCuをそれぞれの添加量に応じて添加し、1,500°C でMg-Ti合金1.0%を置注法により添加した。反応終了後Fe-Si (75%) 0.3%接種し、JIS4号引張試験用簡易J型、および分析用金型に注湯した。得られた各試料について顕微鏡組織を観察しパーライト量を測定し、画像解析装置により黒鉛球状化率の分布を調べ、また機械的性質(引張強さ, 伸び率, ブリネル硬度)を測定した。

## 3. 実験結果

図1に各元素の添加量とパーライト量との関係を示す。

いずれも添加量が増加するにつれて、パーライト量が増加しており特にSb, Sn, Mnではその傾向が著しく、またSb, 0.25%, Sn, 0.5%の添加量でほぼ100%のパーライト量となっている。

図2に各元素の添加量と引張強さとの関係を示す。

これによるとMn, Cuにおいては添加量が増加するにつれて、引張強さが増加している。これは図1に示したパーライト量の増加に伴うものであるが、Sb, Snでは添加量が増加するにつれて引張強さが増加する傾向はみられず、むしろある添加量より減少する傾向を示している。これはSb, Sn添加量の増加に伴って不規則形状黒鉛が多く晶出してくるため引張強さを減少させるものと考えられる。このことは、画像解析装置によりSb, Sn添加試料の黒鉛球状化率の分布を調べた結果ともよく一致している。

これらの結果、本実験では、試料の引張強さ40 Kgf/mm<sup>2</sup>、パーライト量80%以上を得るための各元素の最適添加量はMn2.0%, Sn0.1~0.5%, Sb0.05%, Cu3.0%という結果となった。

文献 1) 堀江：鋳物, 49 (1977) 7, 393

The Effect of Sb, Sn and Cu on the Graphite Structure and Mechanical Properties in Compacted Vermicular Graphite Cast Iron; H.Horie, Dr. Eng., T.Miyate, Dr. Eng., T.Kowata (Iwate Univ.), Y.Shobuzawa (Pref. Ind. Res. Inst., Iwate)

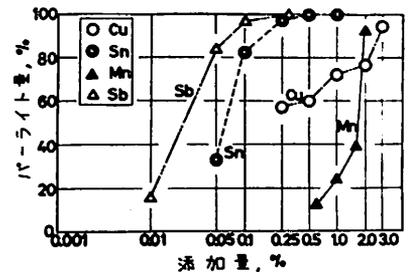


図1 各元素の添加量とパーライト量との関係

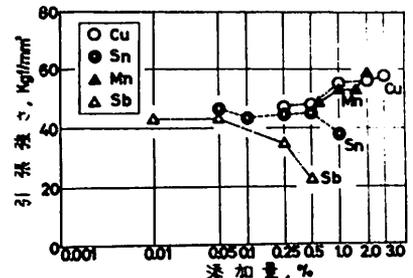


図2 各元素の添加量と引張強さとの関係

# 鑄鉄の膨張・収縮挙動に及ぼす マグネシウム処理量の影響

日本大学 工博 大平 五郎  
東北大学 工博○大出 卓

## 1. 緒言

最小の押湯量で健全な鑄物を製造するためには、金属の凝固冷却過程における膨張収縮特性を理解する必要がある。高炭素当量鑄鉄の場合、凝固時に大きな膨張（片状では0.8%、球状では3.5%）を伴うことが知られている。従来報告では鑄型壁の移動と関連させて、凝固中の体積比や密度変化の測定等によってこの現象が明らかにされている。前報では鑄型の影響を強く受けた溶湯の冷却に伴う体積変化について報告した（97回大阪大会 83p）。共晶凝固時の黒鉛晶出と、共析変態時の黒鉛析出のために、膨張収縮曲線に特異な変化がみられた。今回は、マグネシウム処理量を変えたH字形正方形断面の合成砂型中での鑄物の膨張と収縮の挙動を、冷却曲線と関連付けて検討した。この曲線の挙動から、黒鉛球状化処理効果の有無の判断が可能であった。

## 2. 実験方法

鑄型特性を一定にするため、6号日光けい砂、試薬用ベントナイト、水分を配合して鑄型用砂とした。乾燥けい砂に対してベントナイトは5%とし、水分は0~7%の範囲に調整した。配合後ふるいにかけ、湿録して、つき回りの硬さ70前後で手ぬり成型した。成型後大気中放置、乾燥炉中加熱等で任意の水分量に調整した。鑄込み直前に下型の一部から5gの鑄物砂をとり出して、水分量を測定した。鑄型の寸法と概略を図1に示す。電解鉄、電極黒鉛及び金属けい素を主原料として、目標組成3.7%C、2.0%Siに配合して、高周波電気炉で大気溶解した。溶解温度1450℃でFe-75%Si合金を0.3%接種後、置きつき法でFe-Si-20%Mg合金球状化処理した。図1に示した鑄物の湯口部(1)、夾叉部(2)、先端部(3)の3ヶ所にPt-Rh熱電対を設置して、直結した記録計でその冷却曲線を記録した。これより共晶凝固温度、凝固時間、共晶後の冷却速度、共析変態温度等を読みとった。また直径2mmの石英棒(5)を溶湯に鑄ぐるませて、連結したダイヤルゲージで、鑄鉄の冷却過程における膨張収縮量を測定して、膨張収縮曲線を求めた。

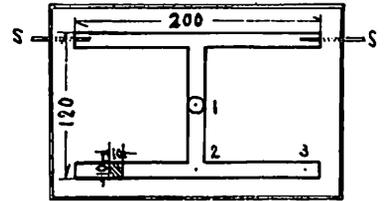


図1. 鑄型(5:石英棒, (1), (2):熱電対)

## 3. 実験結果及び考察

3-1. 冷却曲線の解析 共晶凝固温度は鑄型中水分量の増加、マグネシウム処理量の増加によって低下する。そのときの凝固時間は短縮し、冷却速度も影響を受ける。共析変態温度も低下する。

3-2. 膨張収縮曲線の解析 膨張収縮曲線の概略を図2に示す。溶湯鑄込み完了時を測定開始時間とした。Mg 0%すなわち片状黒鉛鑄鉄の場合、溶湯鑄込み完了と同時に膨張を開始し、共晶反応時に最大となり、その後鑄型の冷却効果に応じて一定の収縮速度で冷却収縮が進行する。そして共析変態反応に伴う膨張のために収縮が抑えられる。その後また一定の収縮速度で冷却収縮を続ける。次にMg 0.04%すなわち球状黒鉛鑄鉄の場合、前者に比べて共晶、共析反応時に現われる膨張量がきわめて小さい。これらの曲線から初期膨張量、収縮量、収縮速度等を測定して比較した。

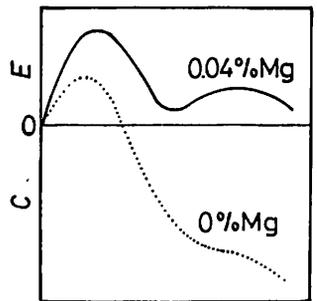


図2.

Effect of Magnesium Content on the Expansion and Contraction Behaviour of Cast Iron: G. Ohira, Dr. Eng. (Nihon Univ.), T. Ohide, Dr. Eng. (Tohoku Univ.)

# 種々のアルカリ土金属を含むフェロシリコンの 溶製とそれらの黒鉛球状化効果の比較

東北大学金属材料研究所

工博○佐藤 敬 庄子 勉

## 1. 緒言

周知の如く、Mgは鉄鋼の黒鉛球状化に於いては、最も効果的の溶製元素である。その反面、このFe-Si合金に溶製し易く、その傾向は冷卻速度が大なる場合に特に著しい。したがって、Mg処理球状黒鉛鉄鋼厚肉鍛冶の製造には、かなりの困難があり、黒鉛球状化による鉄鋼の機械的性質の向上に結びつけることは必ずしも容易ではない。この難点を解決するために、このフェロシリコンの基本組成や溶製元素含有量から溶込み温度、鍛冶材料などにより、多面的な検討を加えようとする。さらに球状化剤の改良は有望な対策の一つとみなす中、Mg含有量を低減し、CaやSrの溶製元素を加えて補う。いわゆる複合処理剤の多様な開発がなされている。本研究もこの方向からアプローチする。特に熱処理反応を初め、Mgのほかに種々のアルカリ土金属を含むフェロシリコンの溶製と球状化の厚肉鍛冶用球状化剤としてのその効果を比較し、その結果を報告する。

## 2. 実験方法

(i). 球状化剤の溶製: MgOを70%、CaOを30%、SrOを10%、BaOを10%の割合で混合し、これをフェロシリコンと溶製する。1600°CでCaO, SrO, BaOを種々の割合で混合し、これをフェロシリコンと溶製し、所定の時間、温度で溶製し、その後、フェロシリコンの組成変化を調べる。また、比較用としてMgOを70%、SrOを30%の割合で溶製し、フェロシリコンを溶製する。

(ii). 球状化剤の効果の比較: Si含有量の異なるフェロシリコンを溶製し、1500°C以上のフェロシリコンを溶製し、4%を加え、溶解後、乾燥処理し、厚肉3mmの板状鍛冶を作った。鍛冶温度を正確に制御するために、炉内にノズルをつけ、ストップを用いて溶製するフェロシリコンの傾注方法を採用する場合に起こる温度の変動を避けるようにした。鍛冶は鍛冶の厚さを引張り試験機にし、その結果と黒鉛球状化率の結果とから、溶製剤の効果と判定した。

## 3. 実験結果

2-(i)の実験において、フェロシリコンの成分等を変更することにより、Fe-Si-Mg, Fe-Si-Mg-Ca, Fe-Si-Mg-Sr, Fe-Si-Mg-Ba, Fe-Si-Mg-Ca-Sr, Fe-Si-Mg-Ca-Ba, Fe-Si-Mg-Ba-Sr, Fe-Si-Mg-Ca-Sr-Ba系合金の溶製を行った。これは65%前後のSi、約2%のMgを含有し、1.5%程度のCa、0.6%程度のSr、0.13%程度のBaを含有している。

Si含有量が0.01%程度の鉄鋼にMgのみを含有するフェロシリコンを溶製した場合に、球状黒鉛の厚肉に比較的多量の遊離セメントが生成する。Mgのほかに1種類のアルカリ土金属を含有するフェロシリコンの溶製により、遊離セメントの生成量は減少し、特にSrを含有する合金で最も効果的である。しかし、Mgのほかに2種類以上のアルカリ土金属を含有させた場合、フェロシリコンの溶製効果が顕著に改善される傾向は認められなかった。この結果から、球状化元素は鍛冶中の相変作用を示す、フェロシリコンの溶製剤中に多様な元素を含有することは必ずしも合理的ではないことが示された。また、遊離セメントを含有する球状黒鉛厚肉鍛冶の製造には、少なくとも球状黒鉛の発生種数を高めることが有利であり、その対策の一つとして溶製剤の選定が重要であると考察された。

# 球状黒鉛鑄鉄のフェライト・パーライト微細混合組織化に及ぼすパーライト化促進元素の影響

室蘭工業大学 工博○田 中 雄 一  
 東北大学 工博 井 川 克 也

1. 緒言 数μm径のフェライトとパーライトが微細に混合された地組織を有する球状黒鉛鑄鉄が、高い強度と優れたじん性を有していることを報告した。しかし、この地組織を得るためには、完全パーライト化の熱処理工程を必要とした。ここでは、パーライト化促進元素として知られるSn及びSbを微量添加して、鑄造し状態で完全パーライト地を得る条件を求め、かつその後の微細化熱処理によって得られた鑄鉄の引張性質を比較検討した結果を報告する。

2. 供試材 球状黒鉛鑄鉄用鉄を高周波溶解炉(15kg容量)で溶解し、フェロシリコンによるSi量の調整と成分偏析に起因する共析変態温度のバラつきをなくする目的でNi(1%)とCu(0.5%)を添加した溶湯を基本成分とした。Snを基本成分溶湯に0.072%、あるいはSbを0.0066%まで含有した数種類の球状黒鉛鑄鉄を供試材とした。なお、これらは黒鉛球状化剤に85%Ni-Mg合金を用い、25mm Y形CO<sub>2</sub>鑄型に鑄造されたものである。

3. 実験結果 図1は基本溶湯にSbを0.01%鑄込み直前に表面添加したときの鑄出し組織である。基本成分のみの場合に地組織は黒鉛周囲にフェライト環が認められたが、Sbの添加によってほぼ地全体がパーライト化した。しかし、図1にみられるような片状黒鉛が結晶セル境界領域に形成される。この片状黒鉛は、30% R.E(20% Ce)-Si合金を0.27%添加することによって取り除くことができた。同様の結果はSnを0.06%添加した場合においても同様であったので、すべての試料にR.E-Si合金を0.27%添加した。なお、地組織の完全パーライト化はSbでは0.005%、Snでは0.06%の含有量があれば達成されることがわかった。

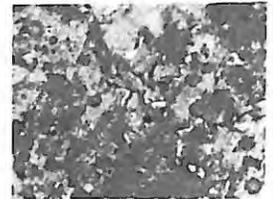


図1 Sb添加による異常黒鉛の形成 (X120×2/3)

Sn含有量を0.024%(Sn1)、0.038%(Sn2)、0.072%(Sn3)と変化させた鑄鉄の引張強度と伸びとの関係に及ぼす地組織の影響を図2に示す。鑄出し状態では、Sn含有量の増大にともないフェライト地が消失する結果、強度の僅かな増大(伸びの減少)がみられる。一方、鑄出し状態から直ちに微細化処理(○: 800°C-2hr, □: 790°C-2hr)を施した試料では、引張強度の僅かな低下ともなう伸びは10%前後の高い値を示す。ここでもSn量の増大にともなう強度の増大と伸びの低下が見られる。これは、完全パーライト地の試料ほとフェライト・パーライト微細混合組織形成の最適温度(両組織が1:1の割合の組織も形成する温度)が低下し、パーライト体積率が増す結果であると考えられる。

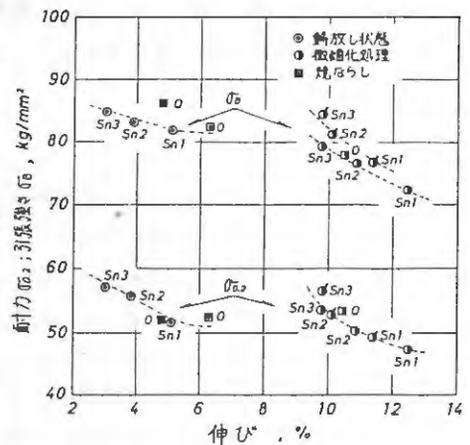


図2 Sn添加試料の引張強度-伸びの関係に及ぼす熱処理の影響

基本成分試料(0)を焼ならし後、同様の微細化処理を行なったときの引張特性は、鑄出しのまま微細化処理を施した試料のそれに同等である。したがって、SnあるいはSbを微量添加することにより、パーライト化熱処理を省略して微細混合組織を得ることが可能である。

EFFECTS OF PEARLITE-PROMOTING ELEMENTS ON THE FORMATION OF FERRITE-PEARLITE FINE DUPLEX MATRIX IN S.G. IRON: Y. Tanaka, Dr. Eng. (Muroran Inst. Tech.), K. Ikawa, Dr. Eng. (Tohoku Univ.)

# 鑄鉄の黒鉛球状化阻害作用に対するセリウム<sup>1)</sup>の中和, 抑制効果について

岩手大学工学部 ○工博 堀 江 皓  
工博 宮 手 敏 男  
斎 藤 実

## 1. 緒 言

球状黒鉛鑄鉄が発見されて以来、多くの研究者により黒鉛の球状化を阻害する各種の微量元素の影響についての研究がなされ、講演者も系統的な研究により、各阻害元素をその阻害機構に基づいて3つの型に分類し、各元素の阻害作用を明らかにしてきた。

一方、これら微量有害元素による阻害作用の中和、抑制についての研究はきわめて少なく、またその機構等については不明の点が多い。従って、工業生産上は経験的にCeを用いて阻害作用を中和、抑制しているのが現状である。

しかし、最近のように低周波電気炉が普及するにつれて鋼屑の使用量が多くなり、前述の微量有害元素が溶湯中に混入する危険性が大きくなってきており、このような元素による阻害作用の中和、抑制方法、機構等を系統的に調べることは、球状黒鉛鑄鉄を製造する上できわめて重要であると思われる。

このような観点により、本研究では強力な球状化阻害元素として、またパーライト安定化元素としても知られるSbをとり上げ、中和、抑制剤としてCeを用い、Ceの中和、抑制効果を検討した。

## 2. 実験方法

試料は電解鉄に電極黒鉛を配合して高周波電気炉で溶製したFe-C (4.26%)合金を使用した。阻害元素としてのSbの添加には純Sb (99.9999%)を用い、また中和、抑制剤としてのCeの添加にはミッシュメタル (45%Ce) および純Ce (99.9%)を使用した。

溶湯の温度 1400°CでSbを各添加量に応じて添加し、じゅぶんにかく伴した後、1350°CでFe-Si-Mg (21.4%)合金で球状化処理を行い炉冷した。

このようにして得られた試料について顕微鏡組織を観察し、黒鉛球状化率、各種黒鉛粒数を測定し、また一部の試料についてXMAおよび微量部X線回折装置によりSb, Ceの分布状態も調べた。

## 3. 実験結果

Sbの阻害作用は糸屑状、擬球状、擬片状の不規則形状黒鉛の生成によるものであり、共晶凝固の進行にともなってオーステナイト界面前方の融液中にSbが排出され、最終凝固部に偏析することと密接な関係がある。これに相当量のCeを添加すると、不規則形状黒鉛の晶出は抑制されて黒鉛組織は改善される。また、黒鉛組織を改善するに最適なCe添加量は、元湯のSb含有量に依存しており、Sb含有量が多くなるにしたがって最適なCe添加量も多くなる。

Sbの阻害作用をCeで中和、抑制した試料では、オーステナイト粒界およびその近傍の粒内に図1に示すような中和反応生成物と思われる介在物粒子が多数認められ、XMA分析の結果これらの粒子はSb, CeおよびO濃度が高く、定量分析の結果原子比でSb:Ce:O=1:1:1.5となることが確認され、さらに微量部X線回折の結果、この粒子より格子面間隔 $d=1.2295 \text{ \AA}$ に相当する回折線が得られた。

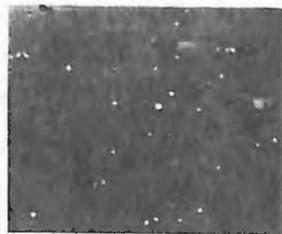


図1 Sbの阻害作用をCeで中和抑制した試料のXMAによる反射電子線像 (X 500)

文 献 1) 堀 江: 鑄 物, 49 (1977) 7, 393

The Effect of Neutralization of Cerium on the Detrimentation of the Spheroidal Graphite Formation in Cast Iron; H.Horie, Dr. Eng., T.Miyate, Dr. Eng., M.Saito (Iwate University)

日本鑄物協会の維持会員，  
正会員を殖やすためのお願い

日本鑄物協会東北支部長 井川克也

支部会員の皆様にはますます御隆祥のこととお慶び申し上げます。日本鑄物協会に対しましては平素より格別の御高配を賜わり厚く御礼申し上げます。おかげ様で協会は来年めでたく創立 50 周年を迎えることになり、本部ではその準備にとりかかっております。

これを機会に協会活動および支部活動に対する援助を一層強化するために、協会の維持会員および正会員を殖やし、協会財政の健全化を図ることが本年 2 月の本部理事会できまりました。

御参考までに、支部別の正会員、維持会員の現数と今回の増員目標を表で示します。表には増員目標の積算の方法も示されていますが、いずれにしても東北支部は正会員を 13 名、維持会員を 7 口殖やすのが目標とされています。

正会員の年会費は 7,200 円、入会金 500 円です。

維持会員の年会費は 1 口 30,000 円です。

いずれの場合も会誌「鑄物」が贈呈され、その他全国大会その他の協会の行事に参加できるという特典が与えられます。入会手続き用紙その他は支部事務局に用意してありますので、どうぞ振って新会員を御勧誘下さいますよう、支部会報誌上を借りてお願い申し上げます。

支部	正 会 員					維 持 会 員				
	正会員数	5% Up 1 律	100T/人 比較	⊖支部 20%	増員目標	口 数	5% Up 1 律	対生産量	対事業所	目 標
北 海 道	80	4	+ 61		4	9	1	0	0	1
東 北	170	8	- 24	5	13	31	2	6	4	7
関 東	952	48	- 193	38	86	286	14	10	0	20
新 潟 県	54	3	+ 7		3	28	2	0	0	2
北 陸	96	5	- 54	11	16	17	1	6	8	8
東 海	783	39	- 686	137	176	150	8	69	47	56
関 西	658	33	+ 7		33	185	9	0	27	22
中国・四国	314	16	- 272	54	70	40	2	32	30	33
九 州	215	11	+ 4		11	19	1	11	14	13
計	3,322	167		245	412	765	40	134	130	160

# 鑄 鉄 部 会

## 第 21 回 技 術 委 員 会 議 事 録

日 時 昭和 55 年 6 月 30 日 (月) 13:00 ~ 17:00 工場見学会 (鶴岡ブレーキ, 北栄鉄工)  
7 月 1 日 (火) 9:00 ~ 12:00 技術委員会

場 所 山形県工業技術センター庄内試験場

出席者 千田主査外 1 (新日鉄) 石 垣 (秋田工試) 近 藤 (宮城鑄造)  
五十嵐 (原田鑄造) 堀 江 (岩手大学) 井川外 1 (東北大学)  
代竹井 (福島製鉄) 川 原 (岩手製鉄) 代進藤 (日本高周波)  
大 里 (福島工試) 栃 内 (岩手工試) 後 田 (日立工機)  
代近 (トキコ鑄造) 荒井外 1 (山形工技) 新 山 (青森機試)  
竹本 (東北三菱自部) 丹 治 (福島 S/S) 坂本外 2 (山形工技庄内)  
代小宅外 1 (北光金属) 古川外 2 (旭有機材) 代荒 砥 (宮城工技)  
湊 (北東衡機)

委員外 30 名

杉本 (日下レアメタル) オブザーバー 1 名

合計 31 名 (13 社, 9 公機, 計 22)

### 議 事

#### 1. 新委員紹介

井川 克也 (東北大学)

丹治 脩 (福島 S/S) 吉田委員と交替

#### 2. 前回議事録の承認 (資料 No. 21-1)

#### 3. 昭和 54 年度収支決算報告 (資料 No. 21-2)

#### 4. ダクタイル鑄鉄の金型鑄造 (資料 No. 21-3)

荒井委員 ○菅井 和人 (山形工技)

金型鑄造による引け巣量減少, 熱処理による機械的性質の安定向上の特徴を生かして, 水道用押環と農機具用歯車製造に関して, 湯じわ, 湯回り不良, 湯境等の鑄造欠陥を防止する方案, CE 量, 溶湯温度, 金型予熱温度の影響を検討した。

#### 5. 溶解材料の予熱効果について (資料 No. 21-4)

道山委員 ○小宅 通 (出光金属)

今年度日本鑄物協会技術賞受賞講演。3 トン低周波誘導電気炉 2 基の実際換業において, 溶解材料を予熱炉を通すことによる使用電力量の低減と生産量の増加の成果を報告した。

6. 高性能鑄鉄の製造（資料No 21 - 5）

井川委員（東北大学）

第 17 回金属関係学協会東北支部連合シンポジウム（於 東北大学，1980. 6. 18）「素材品質を高める凝固技術」の講演。鑄鉄材質と鑄造特性の調整に関して、ねずみ鑄鉄の接種効果の延長，球状黒鉛鑄鉄の強靱化，鑄放しフェライト地球状黒鉛鑄鉄の製造，コンパクト黒鉛鑄鉄の製造の具体的研究の概要を説明した。

7. 第 98 回全国講演大会の概況説明

- (1) 期日及び場所 11月1日～4日 東北工業大学（仙台）
- (2) 講習会のテーマ 「新しい鑄鉄材料の動向」
- (3) カタログコーナーへの鑄物展示依頼（各県工試に協力お願いした。）
- (4) 工場見学コース 6コース。関係各社，各県工試に協力お願いした。

8. 次回予定

昭和 55 年 11 月 1 日（土） 於：仙台共済会館  
第 3 回東北・北海道支部合同部会を開催

— 鑄 鉄 部 会 —

— 第 22 回技術委員会議事録 —

（第 3 回東北・北海道支部合同部会）

- 1. 日 時 昭和 55 年 11 月 1 日（土） 18：00～20：00
- 2. 場 所 仙台共済会館（仙台市錦町 1 丁目 8 の 17）
- 3. 出席者 37 名

（東北支部）	大平部会長外 1（日本大学） 堀 江（岩手大学） 須 田 外 1（須田鉄工） 羽 賀（羽賀鑄工） 渡 辺（福島製鋼） 千田主査外 1（新日鉄） 大 里（福島工試） 近 藤（宮城鑄造）	井 川（東北大学） 及 川（及源鑄造） 鬼 沢 外 1（日本高周波） 青 嶋 外 1（宮城工技） 五 十 嵐（原田鑄造） 川 原（岩手製鉄） 及 川（及精鑄造） 代 鈴 木（岩手鑄機）
--------	--	---

21 名

（北海道支部）	花村主査，名雪（道工試） 伊 藤（函館工指）	大 町，高 木（札幌鑄造） 田 中（室蘭工大）
---------	---------------------------	----------------------------

高	尾(日 詰)	中	村(菊目屋)
渡辺、八重樫(渡 辺)		東	(鶴 巻)
進	藤(進藤鑄造)	井	上(井上耐)
木	村(佐藤鑄造)	金	間(札幌高鑄)
長	岡(北海道大学)		

16名

#### 4. 交流会

第98回全国大会の講習会後場所を仙台共済会館に移し、東北・北海道支部の第3回合同部会が開催された。

はじめに、大平五郎東北支部長から歓迎の挨拶があり、つづいて北海道支部長岡理事からお礼の挨拶があった。次に井川教授(東北大)の司会進行のもとに、両支部鑄鉄部会、研究会その後の活動報告として、千田主査(新日鉄、釜石)および名雪主査(道工試)から報告があった。

須田社長(須田鉄工)の乾杯の音頭のあと会食に入ったが、それぞれ、今日の技術講習会の内容とか情報交換など活発な意見交換がなされる中、両支部交互にテーブルスピーチがあり、なごやかな雰囲気の中に会は盛り上がった。東北支部と北海道支部のいずれにも詳しい井川教授が司会されたので、きわめてスムーズに進み、予定された時間はまたたくまに過ぎた。次の合同部会での再会を約束して終了した。

## — 鑄 鉄 部 会 —

### — 第21回技術委員会工場見学記 —

岩手大学工学部 工博 堀 江 皓

6月30日、真夏を思わせるような暑さの中を最初の見学先である鶴岡ブレーキ(株)に集合し、定刻1時より同社桑島鑄造部長さんから会社概要について説明を受け、工場を見学した。

同社は昭和48年9月に創立された会社で、市内の中央工業団地内に約40,000坪の広大な敷地を有しており、大型車用のマスターシリンダー、エアブレーキシュー、オイルブレーキシュー、ウォーターポンプボデー、オイルポンプボデーカバーなどの部品の鑄造、加工、組立を行なっている。工場はシリンダー工場、ライニング工場、鑄物工場の3つに分かれており、鑄物工場では人員52名で、3tキューボラ2基により月産500tの普通鑄鉄を製造しており、材質はFC20とFC25の2種類であるが、チル防止のため、溶湯のCE値をそれぞれ2種類づつ、計4種類に変

\* 東北支部幹事、同鑄鉄部会委員

え、さらに注湯温度も製品によって3種類に変えており、材質管理に対する細かい配慮が伺えた。

一方、造型はAFD-4Sライン及びFMM-2Bラインの自動造型ラインで行われており、製品がブレーキ部品という小物であるせいか1ワク当りの重量は27～28Kgであるが、製品の平均単重は3Kg弱で、総合歩留は62～64%であり、不良率は7%弱で、「砂かみ」、「型ずれ」不良が多いという。

工場見学の後、チル防止のための接種方法、シェイクアウト後の製品の冷却対策および鋳物の加工機の配置方法などについて活発な質疑応答があった。

なお、当工場では全社を上げて30作戦（サンマル作戦、30%コストダウンの意味）に取り組み、各職場でミーティングや発表会が熱心に行われており、従業員1人1人の生産管理意識の高さが伺えた。

最後に秋田工試の石垣場長さんが謝辞を述べられ、次の見学先である北栄鉄工㈱へと向った。

北栄鉄工㈱は同じ鶴岡市内にあり、約3,000坪の敷地に鋳造工場、機械工場、製缶工場を有し主に船舶用内燃機関部品、冷凍機械部品を製造し、製品の約50%を新潟鉄工に納入している。全従業員は75人であるが、鋳造工場では45人で月産約110tの鋳物を生産しており、製品の半分以上が大物の単品物であり、量産品は50～60t/月程度であるという。製品の性格上、単価もかなり高いと伺った。

溶解は4tキューボラ1基で2日吹き方式を採用しており、材質はFC25、FC30の2種類であった。

造型は従来Hプロセスであったが、今年の5月よりフラン鑄型に移行し、中子も従来の油中子、シェル中子からフランに変え、Hプロセスのときよりも生産性が向上してきているとのことであった。また、中子はすべて採光の良い工場の2階で生産し、エレベーターで1階の造型工場に送り、砂はエア輸送で2階の中子工場に送っており、工場を立体的に有効に活用している点を興味深く拝見した。

工場見学後、フラン鑄型や中子造型などについて質疑応答があり、最後に岩手工試の柄内部長さんが見学者を代表して謝辞を述べられ、定刻通りに工場見学を無事終了し、一行はバスで宿泊先である「いこいの村庄内」へと向った。

## 昭和55年度理事会議事録

日時 昭和55年6月14日（土） 13:30～16:00

場所 青葉工業クラブ（仙台市電力ビル内）

出席者 大平支部長、荒井、井川、石垣、宇佐美、坂本、千田、柄内、藤田、渡辺、各理事

以上 10名

## 議 事

1. 前回議事録承認の件（資料No 55 - 1）
2. 昭和 54 年度事業報告の件（資料No 55 - 2）  
八戸市で開催された支部大会などを含む 6 件の事業報告があり承認された。
3. 昭和 54 年度収支決算報告の件（資料No 55 - 3）  
会報刊行収支決算を含めた報告があり，承認された。
4. 昭和 55 年度事業計画の件（資料No 55 - 4）
  - 4.1 金属関係学協会東北支部連合シンポジウムが 6 月中旬に東北大学工学部において，“素材品質を高める凝固技術”のテーマで開催される予定。
  - 4.2 鑄鉄部会第 21 回技術委員会が 6 月末に山形県工業技術センター庄内工業試験場にて開催される予定。
  - 4.3 第 98 回全国講演大会が仙台市東北工業大学を主会場として開催される予定。（別項参照）したがって本年度は支部大会は開催しない。
  - 4.4 鑄鉄部会第 22 回技術委員会が北海道支部部会と合同で，全国大会開催の砌，仙台にて開催される予定。
  - 4.5 支部会報第 17 号を刊行する予定。
5. 昭和 55 年度収支予算審議の件（資料No 55 - 5）  
別紙の通り提案され，承認された。本年度は全国大会が行われるので，その補助金が 200,000 円となっている。
6. 昭和 55・56 年度役員改選の件（資料No 55 - 6.7.8）  
理事互選により支部長に大平五郎理事が当選した。また大平支部長は協会副会長も兼任のため，井川克也理事を支部長代行することに決定した。なお，相談役には芹田陽，大内峻の両先生を推挙することにした。推薦された評議員，理事を含む全役員の名簿は別紙の通りである。
7. 第 98 回全国講演大会開催の件（資料No 55 - 9）  
全国大会の行事要綱が実行委員会事務局より説明があり，協力の要請があり諒承された。
8. 昭和 56 年度支部大会開催地の件（資料No 55 - 10）  
従前までの開催地リストを検討し，福島市に決定した。
9. 昭和 54 年度新入会員状況報告の件（資料No 55 - 11）  
正会員（学生会員を含む）は 12 名入会，7 名退会。維持会員は 2 社入会した。現在では正会員 176 名，維持会員は 31 社，合計 207 会員となる。

## 昭和 55 年度理事・評議員合同会議議事録

日 時 昭和 56 年 1 月 31 日 (土) 16:00 ~ 17:00

場 所 仙台共済会館

出席者 大平支部長, 加藤, 千田, 栃内, 菊地, 宮手, 川原, 佐藤, 道山, (代)成田, 小宅, 宇佐美, 石垣, 井川, 関, 須田, 目黒, 松本, 渡辺(融), 藤田, 近藤, 坂本, 天口, 高野, 荒井(源), 金子, 渡辺, 村田, 荒井(一), (代)竹本, 湊 各理事・評議員

以上 31 名

### 議 事

#### 1. 第 98 回全国講演大会報告の件

東北工業大学で開催された第 98 回全国講演大会の行事報告と収支決算報告があり, 承認された。

#### 2. 支部創立 30 周年記念支部大会の件

本年秋, 福島市において支部創立 30 周年記念支部大会を開催するにあたり, 荒井理事より計画の概略について説明があり, 了承された。

#### 3. 支部長交替の件

大平支部長より次期支部長として井川理事を推薦したい旨の表明があり, 満場一致を以って承認された。任期は 2 月 1 日から次年度末までとする。

#### 4. 正会員増加運動の件

現行の本部理事 1 名を当支部として 2 名にするためには, 正会員を 25 名以上増加しなければならず, 各事業所で正会員を 1 ~ 2 名殖やすことに努力をすることになった。また, 維持会員についても, 検討の上適当な事業所におねがいすることにした。

なお, 本合同会議を終了後, 大平支部長ご夫妻をお招きして, 東北大学ご退官記念パーティを開催した。

## 昭和 55 年度事業報告

#### 1. 昭和 55 年 6 月 14 日 (土)

仙台市, 青葉工業クラブにおいて理事会を開催し, 理事 10 名が参集した。前年度の事業報告および決算報告, 今年度の事業報告および予算審議などが行われた。とくに, 本年秋に仙台市で開催予定の第 98 回全国講演大会について, 種々協議した。

2. 昭和55年6月18日(水)

第17回金属関係学協会東北支部連合シンポジウムが東北大学工学部金属系三学科で開催され、「素材品質を高める凝固技術」と云うテーマで、講演および討論が行われた。当支部からは井川東北大学教授が、「高性能鋳鉄の製造」について講演した。

3. 昭和55年6月30日(月)～7月1日(火)

第21回鋳鉄部会技術委員会、見学会を開催した。第1日目は鶴岡市の鶴岡ブレーキ㈱、北栄鉄工㈱を見学し、第2日目は山形県工業技術センター庄内試験場で技術委員会を開いた。研究発表は3件である。委員の出席者は30名であり、オブザーバーは1名が参加した。

4. 昭和55年11月1日(土)

第22回鋳鉄部会技術委員会を、北海道支部鋳鉄研究会との合同部会として仙台共済会館で開催した。当支部部会員は21名、北海道支部研究委員会会員は16名で合計37名の委員が参加し、大変盛大にしかも有意義な話し合いが行われた。

5. 昭和55年11月1日(土)～4日(火)

第98回全国講演大会が、仙台市、東北工業大学で開催された。(詳細は本誌「第98回全国講演大会諸行事」の項を参照のこと)

- |                      |          |
|----------------------|----------|
| ◦技術講習会：「新しい鋳鉄材料の動向」  | 参加者98名   |
| ◦研究発表講演会：講演数115      | 参加者約700名 |
| ◦シンポジウム：「鋳物の耐熱性」     | 参加者約100名 |
| ◦カタログ・コーナー：37小間      |          |
| ◦交歓レセプション：ホテル仙台プラザ   | 参加者約350名 |
| ◦工場見学：6コース 15事業所     | 参加者約230名 |
| ◦婦人見学観光：「仙台の歴史と文学散歩」 | 参加者32名   |
| ◦懇親ゴルフ大会：仙台カントリークラブ  | 参加者30名   |

6. 昭和56年3月31日(火)

支部会報第17号 第98回全国講演大会特集が刊行された。

## あ と が き

陽春の候となりましたが、会員各位には御健勝のこととお慶び申し上げます。

会報 17 号をお届けいたします。本年度の支部のメイン・イベントはなんと云っても全国大会の開催でした。従って本会報も必然的に大会関係記事で溢れた感がいたします。

2月1日から新しく支部長に東北大学の井川克也先生が就任され、新鮮な巻頭言を寄稿してくださいました。

さて、これまで長らく支部長を勤めてくださいました大平五郎先生は昨年3月に東北大学を退官されましたが、東北大学での最終講義を掲載いたしました。先生のこれからの御発展を会員の皆様と一諸に祈りたいと思います。

なお、本年度は小宅通氏が、めでたく、技術賞を受賞されましたが、その記念講演論文も掲載させて頂きました。

執筆者各位に厚く御礼申上げると同時に、時節柄にも拘わらず、協賛広告を戴きました関係各社にも謝意を表する次第です。

来年度は支部創立 30 周年を迎えることになり、来年度の会報はさらに充実したものになることと思います。

末筆ですが、会員各位の御健康をお祈りいたします。

(渡辺)

### 会 報

№ 17

発行 社団法人 日本鑄物協会東北支部  
          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) 21800  
                  (内線 4472)  
          振替口座 仙台 3526  
発行日 昭和 56 年 3 月 31 日  
印刷 仙台宮城文化協会  
          仙台市木町 5 番 29 号  
          電話 210185 (代)