

鉄鋼技術共同研究会部会報告講演

製鋼部会報告講演

最近の製鋼技術の進歩について*

武田喜三**

Progress of Steelmaking Process in Japan.

Kizo TAKEDA

I. 概 況

近年におけるわが国の製鋼業の技術的発展は実にめざましいものがあるが、なかんずく従来わが国の製鋼設備の主力をなしてきた塩基性平炉への大量酸素の使用による製鋼能率ならびに品質の向上もさることながら、昭和32年より操業開始した純酸素転炉の進展は特筆すべきで、昭和36年にはわが国粗鋼生産の約20%を占め(後述第1図参照)、さらに昭和37年上期では30%を越えるにいたっている。

以下に、最近のこれらの製鋼技術の進歩について、その中心となってきた鉄鋼技術共同研究会製鋼部会の活動状況の紹介と併せてその大要を述べることにする。

なお、当部会と関連の深い純酸素転炉を対象とするL.D.技術懇談会の状況についても、同会のご厚意により述べて見たいと考える。

(1) 製鋼部会の状況について

まず、技術的内容の詳細について報告する前に、研究会の概況について述べる。

当鉄鋼技術共同研究会、製鋼部会では昭和30年5月発足より本年7月までの約7年間に22回の部会を開催した。研究議題も当初は①鋼塊欠陥防止対策、②平炉における酸素使用法、③製鋼用耐火物の研究の3議題についてであったが、その後、第3の議題を③その他の研究、と改めてこの中に含め、その他広範な問題を取りあげることになった。一方、製鋼炉への酸素使用量の増大と相まって大気汚染が問題となってきたので、新たに④製鋼炉廃ガス除塵装置についての研究、を追加し、現在はこれらの4議題について研究を行なっている。なお、研究報告以外に、通産省の要請により平炉基準生産能力算定方式を、また、熱経済技術部会よりの要望により酸素の熱量換算値を審議、その結果を答申した。この7年間に行われた当部会での研究報告の数は620におよんでい

る。

これらの研究内容については、昭和34年5月に昭和30年5月の第1回より昭和34年3月の第12回までの研究内容を取纏め、すでに前部会長において昭和30年5月に発行された第1回取纏め資料「最近における平炉製鋼法の進歩」***に続く第2回取纏め資料として「平炉製鋼法の進歩」を刊行した。したがって、本報告ではこの取纏め以後、すなわち昭和34年7月の第13回より昭和37年7月の第22回までの研究報告について述べることにする。

(2) 鑄型分科会の状況について

当製鋼部会の分科会である鑄型分科会は、昭和30年5月に前研究会の鑄物部会より移行されたもので、本年3月までに12回の研究会を開催した。研究議題として当初は①クレーシング、②鑄型設計基準、③鑄型使用方法、④溶接補修、⑤特殊材質鑄型、⑥その他、の6議題であったが、第5回分科会より鑄型メーカーをも加え議題としてさらに、⑦キュポラ操業、⑧鑄型材質の改善、を追加し広い範囲で研究討論を行うようになり、さらに議題についてはその後①使用管理、②材質改善、③設計変更の3項目に分類して研究発表を行なってきた。提出資料はこの7年間12回の分科会で210に達している。

この間、昭和35年7月には、昭和30年5月の第1回より昭和34年7月の第8回までの研究報告を取纏め、これが“鉄と鋼”の増刊の形式による研究報告取纏め第1号

* 昭和37年10月鉄鋼技術共同研究会第4回部会報告講演会(広島大学)にて講演

なお鉄鋼技術共同研究会は昭和38年1月より日本鉄鋼協会共同研究会となります。

** 鉄鋼技術共同研究会製鋼部会長、八幡製鉄株式会社取締役計画部長

*** 本報告書は昭和23年より昭和29年まで前製鋼部会(日本鉄鋼協会研究会の1部分)にて開催された27回分の部会報告資料を取纏めてある。

として刊行された。したがって、本分科会に関してはその後の昭和35年1月の第9回より昭和37年3月の第12回までの報告資料について報告する。

(3) L.D. 技術懇談会の状況について

昭和32年9月八幡製鉄においてわが国最初の操業を開始した純酸素転炉は、その後著しい発達を遂げ、現在稼働中の普通鋼製造用の転炉工場は11工場、炉数24基の多数に達しており、生産能力においては世界第1位となっている(後述第2図参照)。この純酸素転炉に関する共同研究会は、技術提携に基づく秘密保持の必要があつたために、昭和33年5月に、当時技術提携を締結していた日本鋼管と八幡製鉄の2社のみの間で「L.D. 技術懇談会」なる名称で発足した。当初は操業成績の報告程度に留つていたが、漸次技術的な問題をもとりあげることとなつた。また、昭和34年1月の第3回懇談会よりは富士製鉄、住友金属、川崎製鉄の各社の参加があり、その後も次第に参加会社が増加し現在ではその数も13社に達し、純酸素転炉の技術交流の中心ともなつている。

なお、この間に開催した懇談会も本年3月で9回におよんでいる。一方、純酸素転炉法採用会社はBOTを中心として国際的なグループをつくつており、これに基づく国際L.D. 会議がすでに2回開催され、わが国からも毎回参加してそれぞれ研究発表を行なつている。また、本年11月には第1回の国際L.D. 技術会議がわが国で開催される予定である。

(4) 学術振興会製鋼第19委員会と製鋼部会との共同討論会について

学振製鋼第19委と当製鋼部会とは共通の研究テーマが多く、沢村学振製鋼第19委員長の発意に基づいて共同討論会を行なうこととなり、昭和36年8月、東京における第19回製鋼部会において第1回討論会が「脱炭反応」を議題として開催され、三本木東北大教授、的場東北大教授、不破東北大助教授、および八幡製鉄、川崎製鉄より研究発表が行なわれた。さらに、本年7月の第22回製鋼部会では第2回討論会が「脱硫」を議題として開催され、佐野名大教授、および住友金属、日本製鋼所よりそれぞれ研究発表があり、多大の成果を収めている。

II. 平炉製鋼法について

製鋼部会の報告内容は大別して平炉関係と造塊関係とにわけられ、まずこの平炉関係について報告したい。

平炉製鋼法における近年最大の技術的变化としてはまず酸素の大量使用をあげうるが、これに付随して塩基性耐火物の発展および平炉収塵装置の発達が見られ、研究報告もこれらに関するものが最も多い。このほかに新し

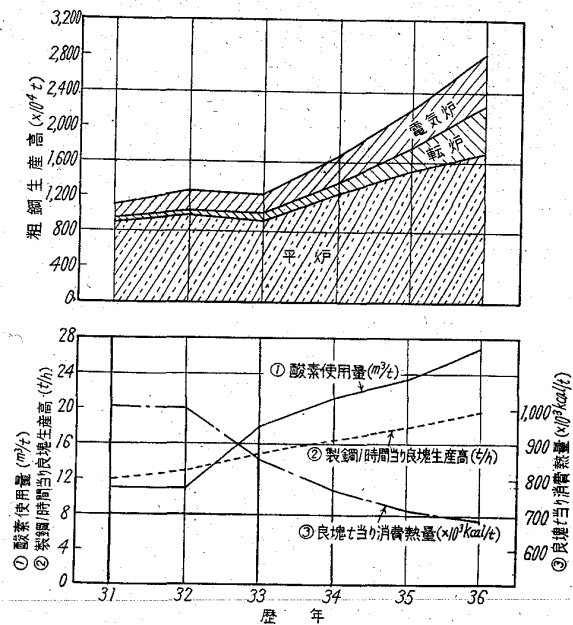
い合金鉄ならびに直接還元鉄の使用に関する研究、および従来からの割れ、その他の鋼塊欠陥防止のための地道な研究などが見られる。さらに、最近では新しい手法を適用した合理的な工場管理方法の確立についての研究にも努力が向けられている。

以下個々の状況について述べる。

(1) 酸素製鋼法の進歩について

a) 酸素の大量使用ならびにそれによる製鋼能率増加について

第1図にわが国における最近の平炉への酸素使用量の増加およびこれに伴う生産能率の向上、燃料原単位の低下状況を示す。1)2)



第1図 わが国における製鋼法別粗鋼生産高の推移ならびに酸素使用に伴う平炉操業成績の変化

このように効果的な酸素の使用方法は、わが国においては殆んどすべてがドアの覗き孔から炉中に差込んだランス・パイプによつて行われている。助燃乃至は天井ジェットによる吹込みについても2~3の報告は見られるが(3)~(5)、ランス・パイプ法に比していずれも効果の少ないことが報告されている。

酸素の使用は当初は主として精錬期に限られていたが、その後これを溶解促進にも使用するようになり、酸素の大量使用が行われるようになってきた。酸素吹込みにより昇熱が容易となつた結果、受銑時期は早い程有利なことが富士製鉄(広畑)より示されている(6)。また、酸素による生産能率の向上は使用量にもよるが、川崎製鉄(千葉)では単位時間当りの単位鋼浴重量についての吹込み量が最も大きい影響をおよぼすことが報告されている(7)。八幡製鉄でもこれと同様に酸素の圧力をあげる程

第1表 各社酸素発生設備概況(一貫メーカー)

(単位:基)

会社名	酸素発生設備規模				合計
	2,000 Nm ³ /h 未 満	2,000Nm ³ /h 以上 6,000 " " 未 満	6,000Nm ³ /h 以上 10,000 " " 未 満	10,000Nm ³ /h 以 上	
八 幡 製 鉄	1	6	4		11
富 士 本 崎 友 人 神 尼 中 日 大	2	4		2	8
川 住 神 尼 中 日 大		6			6
日 立 製 鉄	1	5	1		7
住 友 鋼 鉄	1	2	2		5
神 戸 製 鋼	1	2	1		4
尼 崎 製 鋼	1	1			2
中 日 製 鋼	1	1			2
大 阪 製 鋼	2				2
大 阪 製 鋼	1	1			2
合 計	11	28	8	2	39

効果が上り、加えてランス・パイプの消耗も少ないことを示している⁹⁾。さらに、試験操業の結果では大量の酸素をルーフバーナーとランス・パイプにより使用して、200 t 炉で 3h 足らずの製鋼時間 (Ch. to Tap) で、燃料原単位 10 万 kcal/t という成績をあげることが富士製鉄 (広畑) により報告されている⁹⁾。これらに使用する酸素は各工場とも大容量の酸素発生機により自家発生を行なっている。第1表に各社の酸素発生機設備状況 (一貫メーカー) を示す¹⁰⁾。

b) 酸素の使用技術について

当初酸素の吹込みには通常ガス管が使用されたが、現在はカロライズドパイプの使用が盛んとなり、他方では酸素気流中に水 (または水蒸気) を吹込んで管の溶損を防ぐとともにダストの発生を防止しているところもある^{11)~14)}。

c) 酸素使用量増加による鋼質の変化

酸素使用量増加による鋼質変化についても多くの研究結果が報告されている。

鋼中酸素は一般に炭素含有量によりかなり異なつた状況を示しており、[C] 0.10% 以下では [O] はむしろ酸素の使用により平衡値に近い値を示し、さらに 0.05% 以下の低炭領域では平衡値より低くなるとの報告も見られている^{14)~18)}。

鋼中窒素については、いずれの調査も酸素純度との明瞭な相関を示し、99.3%~99.5%以上の高純度の酸素が窒素の低い (約 0.002%) 良好な平炉鋼をつくるためには必要とされている¹⁶⁾¹⁹⁾²⁰⁾。

水素は酸素の使用により多少下るようであり、これに関連して前述のごとく水または水蒸気を添加する方法においても [H] の増加はないとの報告が一般的である¹⁴⁾¹⁶⁾。また、特殊な操業例として、精錬末期に燃料使用を止め酸素のみで精錬を行なうことにより低水素鋼の製造が可能であるという報告も見られる²¹⁾。

d) 酸素の熱量換算値について

前述のごとく、酸素の使用によりいちじるしい燃料原単位の低下が見られるが、種々の観点より酸素使用量を熱量に換算して考慮した方が良いのではないかとの考えから、平炉の熱精算方式の JIS 化に関連して熱経済技術部会より、「諸条件との関連における酸素の熱量換算値」を求めて欲しいとの要望が当部会に対して寄せられ、第20~22回部会ならびに別途設けた小委員会において審議の結果、ほぼ第2表 (a) のごとき関係が認められたので、酸素量に応じて、5Nm³/t では 20,000kcal/Nm³/t、40Nm³/t では 8,000 kcal/Nm³/t といった熱量換算値を採用するのが良いであろうという答申を行なつた²²⁾。

e) 平炉基準能力算定方式について

酸素使用量の変化により、燃料原単位とともに生産能力もいちじるしく変化するが、このために旧来の平炉生産能力の概念が全く現実と合わないものとなるにいたつた。このために通産省より実情に適した基準能力の算定方式を諮問され、これに関しても別途小委員会を設けて審議した結果前述第2表 (b) の式を答申した²³⁾。

f) 酸素による事故について

通常酸素ガスは危険を伴わないものであるが、かなり高压の酸素を使用するために、わずかな過失が重大災害の原因となる危険を内蔵している。すでに酸素脱湿装置の静電放電、摩擦、衝撃による爆発、モーター弁の爆発などの事故がありいずれも重大災害をもたらしている^{24)~26)}。これについては現在鉄鋼連盟内に鉄鋼7社による酸素安全対策研究会が設置され、流速、爆発、吸湿剤について実験を行い、近く中間報告が行なわれる予定であるが、当製鋼部会においても、重要な問題であるので、各社より事故の発表を行なつていただくとともに、安全対策研究会の結論の報告とあわせて種々対策が検討されている。

(2) 塩基性耐火物の進歩について

第 2 表

(a) 酸素の熱量換算値

酸素使用量(Nm ³ /t)	5	10	15	20	25	30	35	40
酸素熱量換算値(kcal/Nm ³ /t)	20,000	18,000	16,000	15,000	13,000	11,000	9,000	8,000

参考式 $Y = -0.03465X + 2.145$

Y: 酸素の熱量換算値 $\times 10^4$ kcal/Nm³/t

X: 酸素使用量 Nm³/t

(b) 平炉の基準年間能力

溶 銑 別	基準年間能力 (単位: 1,000 t)
溶銑平炉	$(-1.403 + 0.121W + 0.373O_2) \times R \times K$
冷銑平炉	$(3.267 + 0.078W + 0.041O_2) \times R \times K$

W: 鋼浴重量 (t)

O₂: 良塊 t 当り酸素使用量 (Nm³/t)

R: 年間歴時間 (h)

K: 操業率 = $\frac{\text{装入時間} + \text{溶解} \cdot \text{精錬時間}}{\text{稼働歴時間}}$

a) 塩基性天井の発展

酸素の大量使用により珪石煉瓦の天井は著しい浸食を受けるので、これを解決するために塩基性天井の採用が研究され現在では殆んどすべての平炉は塩基性天井で操業している。

当初は浸食のいちじるしい中央部の前、裏壁寄りにだけ一列置きにクロマグ煉瓦を使用したゼブラ天井であったが、漸次これは天井全面ゼブラのいわゆるスーパーゼブラ方式となり、さらに全塩基性天井へと移行しており、現在はほとんどこの全塩基性天井となつている²⁷⁾²⁸⁾。塩基性天井の構造はいわゆる吊天井であるが、この方式については、各社により多くの異なつた方式が採用されている。

b) 炉体耐火物の冷却方法について

塩基性耐火物の発展により、炉体寿命は一般に延長したが、なおかつ激しい浸食を受けるため、これにさらに冷却を採用することが多くなつている。

天井に対しては、八幡製鉄では圧縮空気を³⁰⁾、中山製鋼ではスチームジェットを天井面に吹込んで³¹⁾、寿命の延長を図つており、他方、富士製鉄では天井高さを高くすることにより実質的に天井への熱や鋼滓の影響を減ずる方法をとつている³²⁾。

炉壁については、水冷の冷却箱を適宜前裏壁に挿入して寿命を延長するのが一般的になつている。特殊な例として川崎製鉄(千葉)では装入扉、壁の水冷部を強制循環式のボイラーとしている³³⁾。

c) 煉瓦の特殊な使用方法

炉修繕の減少は重要な課題であり、このために従来スタンプ材であつた炉床を煉瓦に切替えて炉床材原単位の向上、操業率の向上を図ることが最近開発されつつある。

八幡製鉄(一製鋼)では炉床のスタンプの最上層部を MgO 88.5% の不焼成煉瓦の逆アーチで置き換え、炉床の浸食の一般的減少ならびに局部的浸食、いわゆる“床堀れ”をなくして非製鋼時間を 2/3 に減じ、ドロマイト原単位を 1/4 に減じている³⁴⁾。

富士製鉄(釜石)でも炉床に不焼成マグネシア煉瓦を用いて床堀れをなくし、また、定期的炉修繕の実施により床直し率を 3.5% より 2.5% に下げるとともにマグネシア消費量を約 30% 切下げている³⁵⁾。

同様な試験は住友会属(小倉)においても行われている³⁶⁾。

d) 炉体改造およびメルツパーレンス式平炉の採用

最近平炉工場の新設はあまり行われていないが、増設および改造などによつて第 3 表のごとく炉容の大型化が行われている³⁷⁾。

酸素の使用によりダストの堆積が著しく多くなる結果一般に蓄熱室格子積みの目の拡大、鋼滓室の拡張が行なわれており、また、燃料の重油への切替えによつてほとんどの平炉では単一昇降道を採用している。なお、天井の築造を従来のごとくアーチ型式によらず、煉瓦を垂直吊りにして無理のかからないようにし、天井寿命の延長を図ることも行われており³⁷⁾、酸素を使用していない吾孺製鋼ではこれによつて丸一年、1,480 回の出鋼を無修

第 3 表 平炉炉容変化状況

(単位: 基)

実際出鋼量 (t/ch)	年度					
	31	32	33	34	35	36
160 以上	19	17	17	19	25	26(24)
100 以上 160 未満	24	25	26	29	25	27(17)
100 未満	84	82	68	85	83	89(22)
合 計	124	124	111	133	133	142(63)

(注) ①上表は稼働平炉の基数を示す。

②括弧内は収塵機設置基数を示す。

理で行なっている³⁸⁾。

旧来の平炉型式を全く改めたメルッペーレンス式平炉も昭和34年7月、住友金属(和歌山)に200t炉2基、昭和35年には川崎製鉄(千葉)に180t炉1基が建設されており、大修繕時間および大修繕時の煉瓦使用量の節減が報ぜられている^{39)~41)}。

e) 新しい炉修繕方式について

従来平炉天井については定常的な補修方式がなかつたが、最近八幡製鉄ではルーフクロームなるペーストを天井に投射することにより、旧来450回程度であつた塩基性天井を800回以上もたせることに成功している⁴²⁾。日本鋼管(川崎)でもBRI-GUNを使用して、平炉炉体および取鍋の熱間修理を行なっている⁴³⁾。

鋼滓室のスラグ除去は、従来は大修繕の際に行なわれていたが、今日では多くの工場で熱間で爆破により堆積の山をくずし、スラグを除去している⁴⁴⁾⁴⁵⁾。

(3) 平炉収塵機の発達について

酸素製鋼法に伴う煙塵の処理には、乾式のコットレルと、湿式のベンチュリースクラバーのいずれかが用いられている。第4表に平炉収塵機の設置状況を示したが、

ほとんどの大型平炉には収塵機が設置されている⁴⁶⁾。

平炉収塵機の設置については、すでに昭和33年頃より研究が進められ、当初は富士製鉄、八幡製鉄においてベンチュリースクラバーが設置された^{47)~49)}。これは使用する水の解決がつく工場では比較的建設が容易であるためにかなり多くの工場で採用されているが、湿式であるために各部の腐食の問題があり、それにも増して収塵されたダストはスラッジとなつて処理が困難であり、加えて大量の汚染水を発生するなどの欠点を有している⁵⁰⁾⁵¹⁾。

一方、昭和35年4月、初めて川崎製鉄(千葉)に設置された乾式電気収塵機は⁵²⁾、建設費が高いという難点はあるが、保守が比較的容易であり、したがって、稼働率が高く、しかも大量の水を必要とせず、回収されたダストも乾燥状態にあるので、処理は湿式の場合に比して容易であり、総合運転費としてはむしろ有利であるとされている^{53)~57)}。したがって、最近建設される平炉用収塵機はほとんど乾式電気収塵機である⁵⁸⁾⁵⁹⁾。

収塵機の設置方式としては、1つの炉に1つの収塵機をつける場合と、1つの工場に対していくつかの収塵機

第4表 平炉収塵機一覽表

会社名	工場名	収塵対象平炉		収 塵 機				備 考
		実際出鋼量 (t/ch)	基数	型 式	設計ガス量 (Nm ³ /h)	基数	設計収塵率 (%)	
八 幡	1 製鋼	150	3	ベンチュリースクラバー 乾式電気収塵機	45,000	2	99.5	共通煙道方式
		210	1		50,000	1	99.5	
		230	1					
	2 製鋼	72	2	乾式電気収塵機	70,000	1	99.5	同 上
210		1						
3 製鋼	70	140	6	ベンチュリースクラバー // //	27,000	1	98.1	同 上
		210	2		45,000	1	98.1	
		210	1		54,000	2	98.1	
4 製鋼	130	7	ベンチュリースクラバー // // 乾式電気収塵機	27,000	2	98.1	同 上	
				32,000	2	98.1		
				54,000	1	98.1		
				70,000	1	99.5		
富 士	室 蘭	200	6	乾式電気収塵機	60,000	6	98.5	炉 別
	釜 石	140	4	ベンチュリースクラバー	40,000	5	99.9	共通煙道方式
		200	1					
広 畑	200	7	ベンチュリースクラバー	60,000	7	95.0	共通煙道方式	
鋼管	鶴 見	76	2	乾式電気収塵機	40,000	1	99.6	共通煙道方式
	150	1						
川鉄	千 葉	166	6	乾式電気収塵機	47,000	6	98.5	炉 別
住金	小 倉	56	4	乾式電気収塵機	54,000	1	97.2	共通煙道方式
神戸	神 戸	47	8	乾式電気収塵機	30,000	8	99.9	炉 別

を設置し、各炉の煙道と収塵機群を共通煙道で連絡して“赤い煙”の発生時のみ収塵機を通す方式とがある。

回収せられたダストは、亜鉛、鉛、硫黄などの不純物を相当多量に含み、加えていちじるしい微粒子であるために、焼結などによって高炉に使用することはむづかしく、八幡製鉄で平炉への再使用の試験が行われてはいるが⁶⁰⁾、現状ではほとんど廃却されている。

(4) 新しい原料の使用について

a) 合金鉄

最近使用されつつある種々の新しい合金鉄は大別して2つの型にわけられ、1つは材質向上のための複合脱酸剤などであり、他は原価切下げのための、いわば中間製品の使用である。

複合脱酸剤としては、Ca-Si-Mn, Fe-Ca-Si, Ca-Si-Al などのCa系合金鉄がよく試験されている^{61)~64)}、Ca-Si-Mnを除いてはあまり判然たる効果が出ないために、現在はまだ試用の段階に留まっているのが多い。また従来製造に問題のあつた低Cr鋼については、発熱性Fe-Crの使用により良好な結果がえられることが発表されている⁶⁵⁾⁶⁶⁾。

また、原価切下げのために、Fe-Moに代つて酸化モリブデンブリケットを使用することが最近一般化しつつある⁶⁷⁾⁶⁸⁾。

b) 直接還元鉄の使用について

将来重要な鉄源となることも考えられる直接還元鉄の平炉への使用については、日本鋼管(鶴見)⁶⁹⁾、富士製鉄(広畑)⁷⁰⁾でRNブリケットについて試験を行なつている。日本鋼管では比較的低位品位のものを用いたためにプレス屑程度の歩留であつたが、富士製鉄では比較的高品位のものを用いた結果、装入鉄分歩留については通常の場合と大差ないが、不純物のために良塊歩留としては低くなり、同一装入量の場合は出鋼量がへるためにt/hが低下することが報告されている。

(5) その他平炉製鋼法全般について

a) 鋼塊の欠陥防止について

最近鋼材材質に対する要求が厳しくなつた結果、鋼塊欠陥の減少についても益々厳しい要求が寄せられている。これについては従来からも研究が行われてきたが、セミキルド鋼の脱酸条件と介在物の関係、リムド鋼中の[S]と圧延ないしは加工中の割れとの関係などについて多数の詳しい調査が行われている。また、日本鋼管ではベータートロンによりキルド鋼のパイプ状況の調査を行い、パイプ形状と不良との関係を検討している^{71)~73)}。

b) 管理方法について

最近発達のいちじるしい作業管理方法の適用に関する

研究は、平炉工場でも種々検討され、採用されつつあり、八幡製鉄ではこれにより集中出鋼の防止⁷⁴⁾、鑄型の使用管理および常備本数の調節⁷⁵⁾、精錬作業の標準化⁷⁶⁾などを積極的に行ないつつある。

(6) 学振製鋼第19委と当部会との共同討論会について

前章において述べたごとく、学振製鋼第19委と当部会との共同討論会はすでに2回行なわれている。

脱炭反応を議題とした第1回共同討論会では、学振側より三本木東北大学教授のFe-O-C系の平衡についての研究報告⁷⁷⁾ならびに的場東北大学教授および不破東北大助教教授による脱炭反応の各段階についての速度論的説明が行なわれ⁷⁸⁾、これに対して部会側から、八幡製鉄より平炉精錬作業における脱炭速度の調整について酸素の供給、攪拌、燃焼状況、鋼滓の塩基度調整などとの関係についての研究報告⁷⁹⁾および川崎製鉄(千葉)より、酸素製鋼における脱炭速度について、酸素製鋼により脱炭速度が上り、 $4[O]$ が減少する状況についての報告がなされた⁸⁰⁾。

また、第2回の脱硫に関する討論会では、学振側から佐野名大教授より脱硫に関する精錬物理化学的考察と題して、広範囲なデータに基づき脱硫反応の基礎についての報告があり、[S]はできるだけ高炉乃至は高炉一製鋼間でとるべきものであるという原則を改めて強調され⁸¹⁾、これに対し部会側から、住友金属(和歌山)より塩基性平炉における溶銑操業と冷銑操業における脱硫速度について、溶銑操業では早期に脱硫が進むが、冷銑操業では溶落後に脱硫が進行することについて研究報告を発表し⁸²⁾、日本製鋼所(室蘭)より各種製鋼原料の[S]が予想外に高いこと、精錬においては溶落時の[C],[Mn]が高い程、また溶銑の[Si]が高い程有利であることなどについて報告があつた。

いずれの共同討論会もはなはだ有意義で多大の成果がえられ、本共同討論会は今後も共通の研究テーマを対象とし学振の方々と、われわれ部会側との間でさらに強力に行なっていく予定である。

III. 造塊法について

造塊法においても近年は技術的進歩がいちじるしい。これには従来の造塊方法を全く一変する連続鑄造法を始め、真空鑄造法ならびに圧延機の大型化に伴うリムドおよびセミキルド鋼の大型化、キルド鋼の歩留を大中に向上する新しい押湯保温法の研究などがあげられる。一方、鑄型についても使用管理の強化、新しい材質の鑄型の鑄造などに関する多くの報告が行なわれている。

以下それぞれの状況について述べる。

(1) 鋼塊の大型化

平炉、転炉の鋼塊生産高のほとんどすべてを占めるリムドおよびセミキルド鋼については、あまり大型の鋼塊は製造されていなかった。昭和32~33年頃には、これらリムドおよびセミキルド鋼塊は最大14t程度、常用されていたのはほとんどすべて10t以下であった。しかしながら厚板圧延機が大型化し、これに合わせて分塊圧延機も大型化するに伴ってまず厚板の主力をなすセミキルド鋼塊の大型化が研究され、現在は20t程度までのものが製造されている。他方、ストリップミルも巾広化、大容量化し、これと相俟つてリムド鋼塊の大型化が研究され、この方面においても現在では20t程度までの大型鋼塊が製造されている。

a) セミキルド鋼塊の大型化

セミキルド大型鋼塊については、八幡製鉄より研究報告が行われており、6~20tのセミキルド鋼塊の注入試験の結果、鋼塊が大型化するにつれて脱酸は少なくともほぼ同一の鋼塊性状がえられること、また大型化に伴い気泡の発生などが減少し、パイプもあまり深くならないことが報告されている⁸⁸⁾⁸⁹⁾。

b) リムド鋼塊の大型化

リムド鋼塊の大型化については、単に鋼塊重量の大型化のみでなく、前述のごとくストリップミルの巾広化に対処して、鋼塊の巾をいちじるしく広くすることが要求され、鋼塊形状の変化をも伴っている。八幡製鉄では、4~23tのリムド鋼塊の注入試験の結果より、リムド鋼の偏析は重量が増加すると増加し、厚さが薄くなると逆に減少することと、偏平度が高くなると偏析の極大点が鋼塊頭部に移行すること、および高さ3,000mmの鋼塊の注入試験を実施した結果、従来の常識に反して、この程度でも充分良好なリムド鋼塊を製造しうるなどについて報告している⁸⁵⁾。川崎製鉄(千葉)においても同様に、鋼塊の大型化に伴い偏析が大きくなること、厚さを厚くすると偏析の最大点が下に下ること、および偏平度が同じでも大型化によりやはり最大偏析点が下るが、この場合でも高さを2,500mmにした結果良好な鋼塊がえられ、分塊歩留を数%向上しえたことが報告されている⁸⁶⁾。

c) 高速注入

鋼塊の大型化とともに注入速度についても従来の限界を越えて、1,600~2,000mm/mnといった高速注入が試験されており、これによっても充分健全な鋼塊が製造できることが示されている⁸⁷⁾⁸⁸⁾。

(2) 真空鑄造法について

a) 設備状況

昭和36年3月現在のわが国の真空鑄造設備を有する工場は15工場であり、そのうち最も大きいものは日本製鋼所(室蘭)の250t設備である。これらはほとんどがいわゆるポプマー型式であり、大体昭和34年頃に設置され、用途は主として鍛造用である。

これに対して八幡製鉄においては、70tドルトムント式脱ガス設備が昭和36年より稼動しており、圧延鋼塊の材質向上に効果をあげている。

b) 真空鑄造による材質の改善

真空鑄造による最大の利点は水素の減少であるが、報告によるとどの工場でも50~75%の脱水素率を見ている。これに対して、酸素の減少は比較的少なく30~50%程度、窒素はあまり減少が見られないようである^{89)~94)}。

なお、これらの詳細については別途新技術開発部会真空冶金分科会主査より報告されるはずである。

(3) 連続鑄造法について

連続鑄造法を採用している工場としては、わが国ではRossi法による工場が住友金属および八幡製鉄において稼動している。本設備については技術提携の関係からほとんど内容は公表されていないが、住友金属の設備はピレット用鑄造機であり、八幡製鉄のものは4フィート巾のスラブ用である。

(4) 新しい押湯保温方法

新しい押湯保温法として電弧加熱の採用または押湯保温剤の使用により多くの工場ですぐれた成績をあげている。

川崎製鉄(千葉)では、電弧加熱と発熱性保温剤の比較を行い、偏析はいずれも良好で、前者の方がコストは低いが、作業は後者の方が良好であることが報告されている⁹⁵⁾。また、これらの新しい押湯保温法の採用によつて、従来通常12~15%であつた押湯比が数%にまで切下げられている^{96)~100)}。

(5) 鑄型について

a) 鑄型管理

鑄型の管理方法については、最近各社とも種々研究が進められており、適正常備本数の決定、1日の使用回数 of 適正化、鑄型のチャージ単位の管理、および鑄型の内面状況を調査して、修繕廃却などを遅滞なく行なうことにより、鋼塊肌の改善を図っている^{101)~109)}。

b) 鑄型の材質の向上

従来もダクタイル鑄型の使用は行なわれていたが、これは寸法変化などの点から小型鑄型に限られていた。しかしながらこれについては、現在も積極的に研究が行なわれており、富士製鉄(広畑)での研究結果では、大型鑄型にもこれを実用化することが可能であると報告して

第 5 表 国内転炉操業状況一覧表

会社名	工場名	稼働開始年月	公称能力 (t/ch)	実 際 出 鋼 量 (t/ch)	基 数	最近の出鋼状況 (t/月)					溶 銑 配 合 比 (%)	炉体寿命(回)	
						昭36. 9	10	11	12	昭37. 1		最大	平均
鋼管	川 水 崎 江	昭33. 1 35. 3	42 60	50 78	2 2	57,000	62,000	58,000	60,000	53,000	85*0 84*2	373 279	306 247
						78,000	85,000	83,000	83,000	81,000			
八幡	洞 岡	32. 9 34. 9 35. 10	50 60 70	61*5 70*5 79*1	2 2 1	31,000	54,000	62,000	66,000	63,000	73*0 74*3	363 434 411	318 415 388
						142,000	145,000	141,000	143,000	141,000			
						37. 3	130		2				
富士	広 室 畑 蘭	35. 11 36. 7	60 70	73 97	2 2	67,000	71,000	63,000	70,000	65,000	73*4 96*6	380 320	328 262
						49,000	65,000	65,000	78,000	84,000			
住金 尼鉄 神戸 川鉄	小 倉 倉 崎 戸 神 戸 神 千 川 葉	36. 5 35. 9 36. 11 37. 4	40 30 60 150	46 35 62	2 2 2 2	30,000	33,000	33,000	31,000	19,000	82*0 83*8 —	339 563 —	317 475 —
						26,000	29,000	26,000	30,000	29,000			
						—	—	3,000	10,000	28,000			
						—	—	—	—	—			

いる110)。

高炉溶銑の直銑鑄型も従来から用いられてつたが現在では多くの工場で、これが常用されつつあり、大体キュポラ銑の場合に変わらぬ良好な成績をあげている108) 111)~113)。

(6) その他の研究

割れ、へげ、疵などの鋼塊の欠陥防止に対する注入速度、注入温度、[C]、[S]、ストッパー状況などの諸要因の影響については、現在も引続き研究が行なわれている。

キャップド鋼については、リムド鋼より多少偏析などが軽減されるので、表面状況がいくらか悪いにしても、線材、棒、板用などに研究が続けられており、最近では15t程度の大型キャップド鋼も実用化されるにいたつている114)~116)。

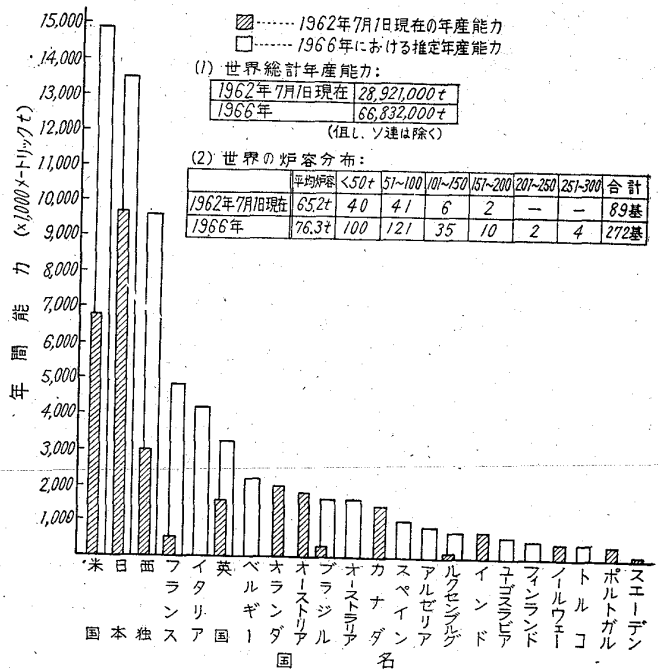
取鍋に関しては、Auto Pour の採用による均等な注入作業の実施117) および外挿ノズルの使用による取鍋常用個数の減少118)119)などの改良が種々試みられている。

IV. 純酸素転炉法の発展について

(1) 純酸素転炉工場の現状について

前述のごとく、最近いちじるしい発展を遂げているわが国の純酸素転炉工場の操業状況を、昭和36年9月より昭和37年1月までの実績について第5表に表示した120)。

また、米国の Kaiser Engineers Division (Henry J. Kaiser Co.) の最近の調査 (1962年7月1日現在) によれば、世界各国における純酸素転炉の現状と将来の生産能力は第2図のごとくであり、現状ではわが国は世界第1位を占めている。



第2図 世界における純酸素転炉の現状と将来 (1962年7月および1966年における国別年産能力比較) (資料出所 Kaiser Engineers Division (Henry J. Kaiser Co.)) (発行 L-D Process Newsletter, No. 16, 5 July 1962.)

(2) 脱磷について

純酸素転炉の炉内反応については、脱磷に関する報告が最も多い。

日本鋼管では、川崎転炉工場の操業結果をC. SCHWARZ および J. PEARSON の平衡式より検討した結果、J. PEARSONの式とよく一致することが示されており、これに関連して、塩基度、酸化鉄、温度、溶銑磷含有量との関係について詳細に調査している121)。

また、前回出鋼チャージのスラグを利用したいわゆる2-Slag法により、低磷鋼の製造が可能であることも報

告している¹²²⁾。

八幡製鉄でも、洞岡転炉工場の操業結果を CHIPMAN の平衡式にあてはめて種々解析を行なっており、また、細粒石灰の使用により、滓化を促進して早期脱磷が可能であることが報告されている¹²³⁾。

さらに同社では、吹錬条件を酸素の透過深さによつて表現し、吹錬をいわゆる hard blow と soft blow にわけることができ、soft blow によつて鋼滓中の T.Fe を高め脱磷の促進ができることを示している¹²⁴⁾。

また、最近では吹錬時に攪拌ガスによる補助攪拌を使用して非常に良好な脱磷成績がえられることを報告している¹²⁵⁾。

富士製鉄では螢石使用量と T.Fe、脱磷との関係を明らかにしている¹²⁶⁾。

(3) 転炉用原料について

八幡製鉄では炉寿命、溶銑配合率と副原料使用量との関係を調査して作業標準を作成しており¹²⁷⁾、また、70% 以下の低溶銑配合試験¹²⁸⁾、および 14% までの冷銑使用試験も実施して¹²⁹⁾、いずれも常用可能なことが報告されている。

(4) 高級鋼の溶製について

純酸素転炉は各種高級鋼の溶製にも適応性を示している。

まず、日本鋼管、八幡製鉄の間で、純酸素転炉での船体用厚板の溶製に関して研究および討論が行なわれ¹³⁰⁾ ¹³¹⁾その結果優良な厚板材の製造に成功し、ほどなく各船級協会の承認を獲得した。

その後、各社で高級鋼溶製の技術が進み、これらに関する多くの報告が発表されている。

日本鋼管ではさらに、転炉を軽装入して、2-Slag 法により多量の Fe-Cr 添加を行なつて鋼管用高級鋼の製

造を可能とし¹³²⁾、また、機械構造用炭素鋼でも加炭剤を使用して転炉で製造しえている¹³³⁾。

八幡製鉄でも、50 kg/mm² 級高張力鋼板を 2-Slag 法により日常作業として溶製している¹³⁴⁾。

また、尼崎製鉄では同社の中炭素高張力棒鋼を転炉により大量に溶製している¹³⁵⁾。

この他、種々の試験が行われており、純酸素転炉鋼が種々の応用分野を有していることを示している。

(5) 転炉用耐火物について

わが国の転炉用耐火物はすべてドロマイト系である。当初転炉の寿命は日本鋼管、八幡製鉄ともに 200 回程度に過ぎなかつたが、現在は、適正な築造方式と使用方法によつて第 5 表 (前記) に示したごとく 300~400 回程度の寿命を有している。

ドロマイト系耐火物としては、タールドロマイト煉瓦、安定化ドロマイト煉瓦およびタールドロマイトスタンプが用いられている。一般には安価なタールドロマイト煉瓦をベースとし、スラグによる浸食部、装入物の衝撃部などに丈夫な安定化ドロマイト煉瓦を用いている。

なお、最近尼崎製鉄では 500 回を越える炉体寿命をえた由である¹³⁶⁾。

(6) 転炉収塵機について

純酸素転炉用収塵機としては種々の型式のものが用いられており、その状況を第 6 表に示した。

ダストの処理は平炉の場合と同様に、湿式の場合は脱水処理が困難であり、乾式の場合でも粒子が細いために決して容易ではないが、転炉ダストは酸化鉄が多く、不純物が少ないため、高炉その他に使用が可能である。

最近では転炉炉容の増大 (前記第 2 図参照) に伴い排ガス処理設備は極めて高価となり、一つの問題点となっている。八幡製鉄 (戸畑) の 130 t 転炉に設置された転

第 6 表 転 炉 収 塵 機 一 覧 表

会社名	工場名	転 炉		収 塵 機			熱 効 率	
		公称能力 (t)	基数	型 式	設計ガス量 (Nm ³ /h)	設計除塵率 (%)	容 量 (t/h)	基 数
鋼管	川 崎 水 江	42	2	バウム社、ベンチュリースクラバー ルルギ社、乾式電気収塵機	150,000	99.0	なし	2
		60	2		190,000	99.99		
八幡	洞 岡 戸畑第 1 戸畑第 2	50	2	ワグナー社、ウェットフィルターコットレル併用 同 上 ワグナー社、スーパーマルチベンチュリースクラバー 八幡一横山一 OG 装置	96,000	99.5	80	2
		60	2		124,200	99.5	96	2
		70	1		135,000	99.5	110	1
富士	広 畑 室 蘭	60	2	ワグナーピロー社、マルチベンチュリースクラバー ルルギ社、乾式電気収塵機	138,000	99.8	29	2
		70	2		160,000	99.6	35.5	2
住金 尼鉄 神戸 川鉄	小 倉 尼 崎 神 戸 川 葉	40	2	ワグナーピロー社、ベンチュリースクラバー ワグナーピロー社、ウェットフィルター ルルギ社、乾式電気収塵機 日立製作所、乾式電気収塵機	99,600	99.6	92.5	2
		30	2		85,800	96.0	50	2
		60	2		150,000	99.9	38	2
		100	2		270,000	99.7		

炉ガス回収設備(OG法設備)は同社が開発したもので、設備費の低廉化と操業費の軽減を可能とし、あわせてガス有効利用が可能となる優れたもので、世界各国の注目をあびている¹⁸⁷⁾。

V. 結 言

以上、最近における鉄鋼技術共同研究会、製鋼部会ならびにこれと関連のあるL.D.技術懇談会の活動状況について、その大要を紹介したが、ともにわが国の製鋼技術の進歩に寄与するところ多大なものがあり誠に同慶に堪えないところで、なかんずく、L.D.転炉の進展は特筆すべきであり、今後さらに、わが国独自として設備的にも技術的にも益々進歩改良を図るべき和思考される。

1) 鉄鋼技術共同研究会製鋼部会資料 (第13回～第22回)

索引番号	部会回数	報告資料番号	報告会社名	索引番号	部会回数	報告資料番号	報告会社名
3)	第17回	477	住友金属 (小倉)	53)	第17回	478	神戸製鋼 (脇浜)
4)	〃18〃	505	中山製鋼	54)	〃20〃	551	富士製鉄 (室蘭)
6)	〃17〃	476	富士製鉄 (広畑)	55)	〃20〃	552	住友金属 (小倉)
7)	〃13〃	357	川崎製鉄 (千葉)	56)	〃21〃	580	神戸製鋼 (神戸)
8)	〃16〃	448	八幡製鉄	57)	〃22〃	610	日本鋼管 (鶴見)
9)	〃14〃	391	富士製鉄 (広畑)	58)	〃18〃	514	八幡製鉄
11)	〃13〃	360	〃〃〃	59)	〃21〃	581	〃〃〃
12)	〃14〃	386	富士製鉄 (室蘭)	60)	〃17〃	480	〃〃〃
13)	〃14〃	388	日本鋼管 (鶴見)	61)	〃13〃	352	日本鋼管 (鶴見)
14)	〃17〃	474	川崎製鉄 (千葉)	62)	〃16〃	439	川崎製鉄 (千葉)
15)	〃16〃	443	住友金属 (小倉)	63)	〃17〃	468	川崎製鉄 (葦合)
16)	〃16〃	446	川崎製鉄 (千葉)	64)	〃18〃	496	八幡製鉄
17)	〃18〃	499	愛知製鋼	65)	〃16〃	440	愛知製鋼
18)	〃18〃	503	川崎製鉄 (千葉)	66)	〃20〃	556	日本鋼管 (川崎)
19)	〃17〃	465	〃〃〃	67)	〃15〃	426	神戸製鋼 (脇浜)
20)	〃22〃	608	富士製鉄 (室蘭)	68)	〃16〃	442	川崎製鉄 (兵庫)
21)	〃14〃	381	川崎製鉄 (葦合)	69)	〃15〃	422	日本鋼管 (鶴見)
22)	〃22〃	616	製鋼部会	70)	〃22〃	612	富士製鉄 (広畑)
23)	〃17〃	481	〃〃〃	71)	〃15〃	414	日本鋼管 (川崎)
24)	〃17〃	489	川崎製鉄 (千葉)	72)	〃17〃	462	〃〃〃
25)	〃17〃	490	八幡製鉄	73)	〃19〃	535	〃〃〃 (技研)
26)	〃19〃	526	富士製鉄 (広畑)	74)	〃14〃	385	八幡製鉄
27)	〃14〃	394	八幡製鉄	75)	〃15〃	434	〃〃〃
28)	〃15〃	423	日本鋼管 (川崎)	76)	〃16〃	444	〃〃〃
29)	〃15〃	433	八幡製鉄	77)	〃19〃	536	東北大三本木教授
30)	〃20〃	563	〃〃〃	78)	〃19〃	537	東北大的場、不破教授
31)	〃19〃	528	中山製鋼	79)	〃19〃	538	八幡製鉄
32)	〃20〃	561	富士製鉄 (広畑)	80)	〃19〃	539	川崎製鉄 (千葉)
33)	〃15〃	436	川崎製鉄 (千葉)	81)	〃22〃	597	名古屋大学工学部
34)	〃19〃	529	八幡製鉄	82)	〃22〃	598	住友金属 (和歌山)
35)	〃19〃	530	富士製鉄 (釜石)	83)	〃15〃	412	八幡製鉄
36)	〃22〃	620	住友金属 (小倉)	84)	〃17〃	469	〃〃〃
37)	〃18〃	510	川崎製鉄 (兵庫)	85)	〃22〃	607	〃〃〃
38)	〃18〃	513	吾孺製鋼	86)	〃22〃	572	川崎製鉄 (千葉)
39)	〃15〃	425	住友金属 (和歌山)	87)	〃17〃	485	富士製鉄 (広畑)
40)	〃17〃	484	〃〃〃	88)	〃20〃	548	八幡製鉄
41)	〃18〃	507	川崎製鉄 (千葉)	89)	〃13〃	365	住友製鋼
42)	〃22〃	615	八幡製鉄	90)	〃13〃	366	川崎製鉄 (兵庫)
43)	〃21〃	588	日本鋼管 (川崎)	94)	〃15〃	411	神戸製鋼 (高砂)
44)	〃14〃	393	八幡製鉄	95)	〃15〃	407	川崎製鉄 (千葉)
45)	〃17〃	473	日本鋼管 (鶴見)	96)	〃13〃	364	大和製鋼
47)	〃13〃	361	八幡製鉄	97)	〃17〃	464	日本鋼管 (鶴見)
48)	〃16〃	449	富士製鉄 (広畑)	98)	〃19〃	524	〃〃〃 (川崎)
49)	〃16〃	450	八幡製鉄	99)	〃20〃	544	〃〃〃 (水江)
50)	〃17〃	479	八幡製鉄	100)	〃20〃	546	富士製鉄 (広畑)
51)	〃22〃	609	富士製鉄 (釜石)	114)	〃18〃	500	日本鋼管 (水江)
52)	〃15〃	435	川崎製鉄 (千葉)	115)	〃20〃	547	住友金属 (小倉)

かかる事情に鑑み、今後は益々現場側と研究所側との緊密なつながりをもつて諸研究を推進していくべきことが痛感され、当部会においても、すでに2回開催した学振製鋼第19委との共同討論会をさらに強化していきたい考えである。

最後に、当部会は、今後ともわが国製鋼技術研究の中心として、製鋼界の発展に貢献すべく鋭意努力していきたい所存であり、会員各位の絶大なるご協力とご助言をお願い致したいしだいである。(昭和37年11月寄稿)

参 考 資 料

参考のため、以上の報告中に引用した参考資料の出所を資料別に表記する。

116)	// 21 //	573	日本鋼管 (川崎)	118)	// 18 //	508	日本鋼管 (川崎)
117)	// 18 //	512	富士製鉄 (広畑)	119)	// 18 //	511	尼崎製鉄

2) 鉄鋼技術共同研究会製鋼部会鋳型分科会資料 (第9回~第12回)

索引番号	分科会回数	報告資料番号	報告会社名	索引番号	分科会回数	報告資料番号	報告会社名
101)	第9回	141	八幡製鉄	108)	第12回	189	日本鋼管 (川崎)
102)	// 10 //	150	日本製鋼 (室蘭)	109)	// 12 //	190	八幡製鉄
103)	// 10 //	152	八幡製鉄	110)	// 11 //	172	富士製鉄 (広畑)
104)	// 11 //	167	日本鋼管 (水江)	111)	// 11 //	174	八幡製鉄
105)	// 11 //	168	// (川崎)	112)	// 12 //	197	富士製鉄 (釜石)
106)	// 11 //	169	八幡製鉄	113)	// 12 //	199	八幡製鉄
107)	// 12 //	188	富士製鉄 (広畑)				

3) L.D. 技術懇談会資料

索引番号	懇談会回数	報告会社名
120)	第9回	各社 資 料
121)	// 4 //	日 本 鋼 管 管 鉄
122)	// 7 //	日 本 鋼 製 鉄 //
123)	// 5 //	八 幡 鋼 製 鉄 //
124)	// 7 //	八 幡 鋼 製 鉄 //
125)	// 9 //	富 士 製 鉄 //
126)	// 9 //	八 幡 鋼 製 鉄 //
127)	// 2 //	富 士 製 鉄 //
128)	// 8 //	// //
129)	// 9 //	// //
130)	// 4 //	日 本 鋼 管 管 鉄
131)	// 4 //	日 本 鋼 製 鉄 //
132)	// 8 //	日 本 鋼 製 鉄 //
133)	// 9 //	// //
134)	// 8 //	八 幡 鋼 製 鉄 //
135)	// 8 //	尼 崎 鋼 製 鉄 //
136)	// 9 //	// //
137)	// 10 //	八 幡 鋼 製 鉄

4) 新製鋼法研究会資料

索引番号	研究会回数	報告資料番号	報告会社名
91)	第2回	新鋼14	日本製鋼 (室蘭)
92)	// 2 //	新鋼15	住友金属 (鋼管)
93)	// 2 //	新鋼16	川崎製鉄 (兵庫)

5) その他の資料

索引番号	資 料 出 所
1)	平炉作業調査表 (日本鉄鋼連盟)
2)	製鉄業参考資料 (日本鉄鋼連盟)
5)	平炉製鋼法の進歩 (鉄鋼技術共同研究会製鋼部会)
10)	酸素発生設備一覧表 (日本鉄鋼連盟調査-昭37.9 現在)
46)	煤煙処理関係調査表 (日本鉄鋼連盟調査-昭37.9 現在)