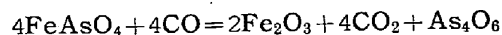


(1) 褐鉄鉱含有砒素の脱砒機構は、次式にしたがう。



しかして、この反応は温度が上昇すれば、反応は右辺へ進む。また、雰囲気中に CO があると、反応は次式にしたがう。



しかして、この場合の反応速度は、上の場合の単なる熱分解反応より大である。上記二式から、 O_2 、 CO_2 は、脱砒を阻害することができ、第1報の実験結果と一致する。

(2) 予備処理により、褐鉄鉱中含有砒素の脱砒を行なう場合の脱砒促進添加物質を研究した結果、実験室的には、つぎの結論を得た。

すなわち、脱砒促進添加物質としては、脱砒理論の検討より、コークス、石炭、硫化鉄 (FeS_2)、 FeCO_3 、 MnCO_3 、 FeCl_2 などが考えられ、つぎのような作用を有する。

(a) コークス、石炭は脱砒促進作用を有し、かつ、コークスの方が、石炭より脱砒促進作用は大である。

(b) 硫化鉄 (FeS_2) は脱砒促進作用を有し、利用法によつては有効と考えられる。

(c) FeCO_3 、 MnCO_3 、 FeCl_2 は顕著なる脱砒促進作用は認められない。

終りに本研究の発表を許可された富士製鉄室蘭製鉄所長佐山勲一氏、副所長村田巖氏、ならびに御指導御鞭達を賜わつた研究所長森永孝三氏、本社技術開発部前田元三氏、同久田清明氏、研究員太田満喜雄氏、副研究員池野輝夫氏の諸氏に深謝するとともに、本稿の御校閲を賜わつた東北大学教授三本木貢治博士および東京大学名誉教授宗宮尚行博士に深謝致します。(昭和34年4月寄稿)

文 献

- 1) 佐藤 進: 鉄と鋼, 45 (1959) 8, 783~788
- 2) W. Ruff: Stahl u. Eisen Vol. 52 (1932) p. 1193
- 3) E. Houdremont, H. Benneck & H. Neumeister: Tech. Mitt. Krupp, (1938) p. 102
- 4) 宗宮尚行: 北海道鉄鉱石の脱砒および焼結鉄製造法の改良に関する研究 (1945)
- 5) 富永在寛: 富士技報, 研究特集号, p. 48 (1955)

塩基性平炉の脱炭速度*

(脱炭反応の速度論的研究-II)

藤 井 毅 彦**

The Rate of Decarbonization in Basic Open Hearth.

(Kinetics of decarbonization in molten steel-II)

Takehiko Fujii

Synopsis:

The rate of decarbonization in a 100-t basic open hearth furnace was measured, and the relations between the rate of decarbonization and \underline{C} , \underline{O} contents in molten steel were examined. The following results were obtained.

- (1) The relation between the rate of decarbonization and $\underline{C} \times \Delta \underline{O}$ was not obtained.
- (2) The relations between the rate of decarbonization and \underline{C} were as follows.
 - (a) $\underline{C} > 0.30\%$: In one charge, there existed one or two large regions of carbon content by which the rate of decarbonization was not changed in molten steel. And this constant rate of decarbonization was changed by each region and each melt.
 - (b) $\underline{C} < 0.30\%$: The rate of decarbonization decreased in proportion to carbon contents in molten steel.

$$-dc/dt(\%/mn) = 0.0514 \times \underline{C}(\%) - 0.0030$$

* 昭和32年4月本会講演大会にて発表 ** 住友金属工業株式会社, 和歌山製造所研究試験課

- (3) The relation between the rate of decarbonization and ΔO was not obtained. The reasons were as follows.
 - (a) The value of oxygen content was obtained from samples which were taken from relatively bottom parts of molten steel.
 - (b) $C > 0.30\%$: The oxygen content of molten steel was not changed so much.
 $C < 0.30\%$: Though O , O' equ., $\Delta O'$ and ΔO increased with carbon elimination, the rate of decarbonization decreased rapidly.
- (4) The rate of decarbonization in oxygen lance method was large compared with ore method.

I. 緒 言

前報¹⁾においては塩基性平炉の鋼滓の酸化ポテンシャル O' equ と熔鋼の酸化ポテンシャル O およびその差 $\Delta O'$ および過剰酸素 ΔO について考察し、精錬が進行して炭素濃度が減少するにつれて O , O' equ は増加し、しかも $\Delta O'$, ΔO も増大することを明らかにした。本報においては当所 100 t 塩基性平炉精錬中の脱炭速度を測定し、脱炭速度と熔鋼中炭素濃度と酸素濃度との関係を明らかにした。

II. 脱炭速度と熔鋼中炭素濃度との関係

100 t 塩基性平炉において極軟鋼精錬 6charge (仕上りの C : 0.08~0.10%), 中炭素鋼 3charge (仕上りの C :

0.30~0.40%), 高炭素鋼 3 charge (仕上りの C : 0.60~0.70%), 合計 12 charge の試験熔解を行なった。熔鋼試料は熔落より出鋼まで 10 分毎に spoon で炉前から採取して、炭素の分析を行い、酸素試料は同時に bomb 法で熔鋼中より採取して、真空熔融法で分析を行なった。

低炭素鋼精錬の際の脱炭の状況は Fig. 1 に示す通りである。炭素の範囲は 0.70~0.08% で、精錬により脱炭の状況には多少のばらつきはあるが、いずれの精錬にも共通していることは最初、脱炭曲線の降下が急であるが、炭素濃度がある程度減少したところで急に緩くなり、 C ; 0.10% 付近になるとほとんど水平になつて、脱炭反応が急に弱くなることである。

中炭素鋼精錬の際の脱炭の状況は Fig. 2 に示す通り

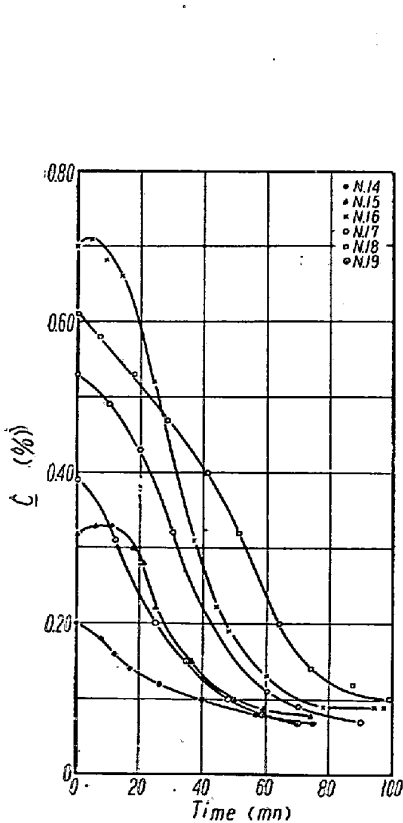


Fig. 1. Carbon removal vs. time in a basic open hearth furnace (low-carbon steel.)

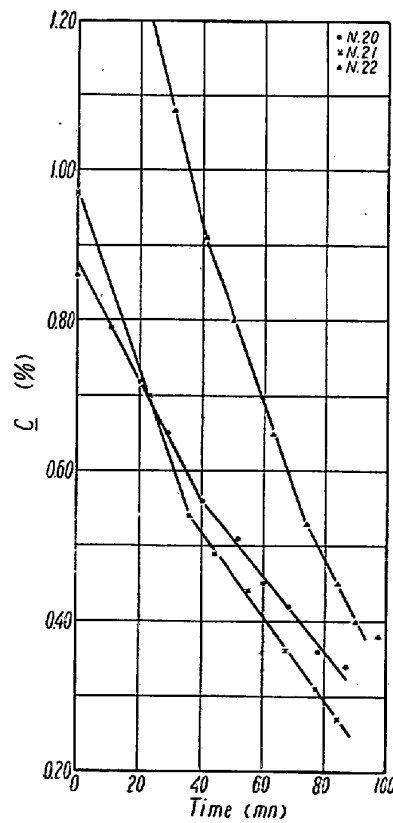


Fig. 2. Carbon removal vs. time in a basic open hearth furnace (middle-carbon steel.)

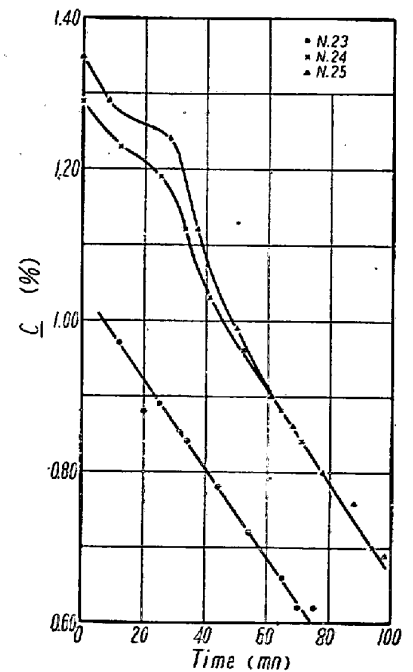


Fig. 3. Carbon removal vs. time in a basic open hearth furnace (high-carbon steel.)

である。炭素の範囲は 1.20~0.20% で、時間に対してほぼ直線的に脱炭し、その傾斜は 3 charge ともほぼ同一である。

さらに高炭素鋼精錬の際の脱炭の状況は Fig. 3 に示す通りである。炭素の範囲は 1.40~0.60% で、3 charge のうち 1 charge は時間に対して直線的に脱炭し、他の 2 charge も時間により多少の彎曲はあるが、本質的には時間に対して直線的であり、3 直線とも大体平行していると考えてもよいであろう。上記の彎曲は精錬の際の鉍石投入などの酸素供給量の変動によるものであろう。

これらの 12 charge の測定結果より脱炭速度を計算すると Table 1 の通りである。

この計算結果をもとにしてまず脱炭速度と $\underline{C} \times \Delta Q$ の

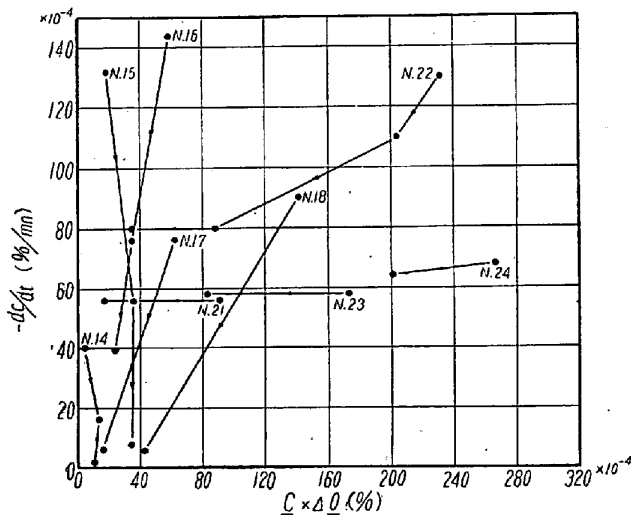


Fig. 4. Rate of decarbonization vs. $\underline{C} \times \Delta Q$ in a basic open hearth furnace.

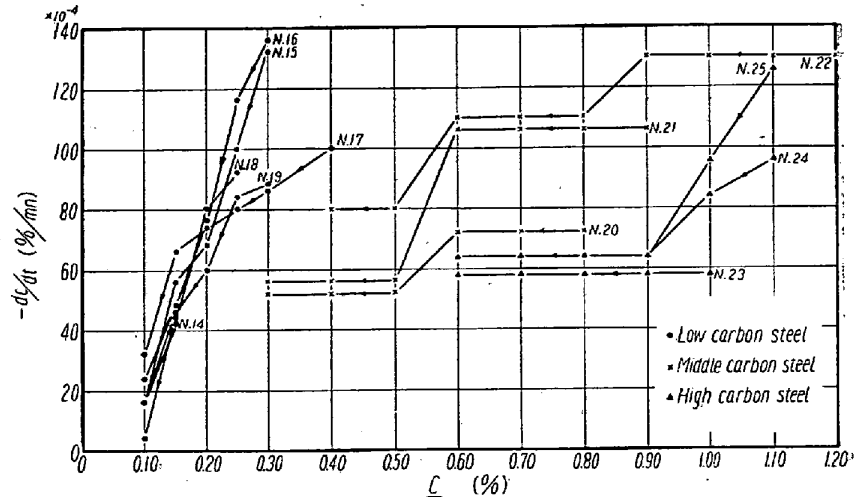


Fig. 5. Rate of decarbonization vs. \underline{C} in a basic open hearth furnace.

関係を求めると Fig. 4 のごとく、明らかでない。つきに試みに熔鋼中炭素濃度との関係を求めると Fig. 5 の通りである。すなわち、 $\underline{C} > 0.30\%$ の炭素濃度の高い範囲では、同一精錬で脱炭速度が炭素濃度に無関係に一定である相当に広い炭素濃度の領域が一つないし二つある。そしてこの一定脱炭速度の値は領域により、また精錬によつても異なる。この差は炉床の状態が変わることにより、気泡発生に対する条件が異なるか、または鋼滓と鋼浴の接触状況が変わるために起るものと考えられる。 $\underline{C} < 0.30\%$ に減少すると脱炭速度の減少は炭素濃度と直線関係にある。この場合の脱炭速度の平均値は次式であらはされる。

$$-dc/dt (\%/mn) = 0.0514 \times \underline{C} (\%) - 0.0030$$

.....(1)

さらに脱炭速度と過剰酸素 ΔQ との関係は Fig. 6.

Table 1. The rate of decarbonization in a basic open hearth furnace.

$\underline{C}\%$	$-dc/dt \quad \%/mn \times 10^{-4}$														
	Low-carbon steel							Middle-carbon steel				High-carbon steel			
	N14	N15	N16	N17	N18	N19	Ave- age	N20	N21	N22	Ave- age	N23	N24	N25	Ave- age
1.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	130	—	—	—	52
1.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	130	—	96	126	111
1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	130	130	58	84	96	79
0.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	106	130	118	58	64	62
0.80	—	—	—	—	—	—	—	—	72	106	110	96	58	64	62
0.70	—	—	—	—	—	—	—	—	72	106	110	96	58	64	62
0.60	—	—	—	—	—	—	—	—	72	106	110	96	58	64	61
0.50	—	—	—	—	—	—	—	—	52	56	80	62	—	—	—
0.40	—	—	—	100	—	—	—	—	52	56	80	62	—	—	—
0.30	—	132	136	86	—	88	107	52	56	—	54	—	—	—	—
0.25	—	100	116	80	92	84	94	—	—	—	—	—	—	—	—
0.20	—	68	76	74	80	60	72	—	—	—	—	—	—	—	—
0.15	42	56	48	66	44	46	50	—	—	—	—	—	—	—	—
0.10	16	16	24	32	4	16	18	—	—	—	—	—	—	—	—

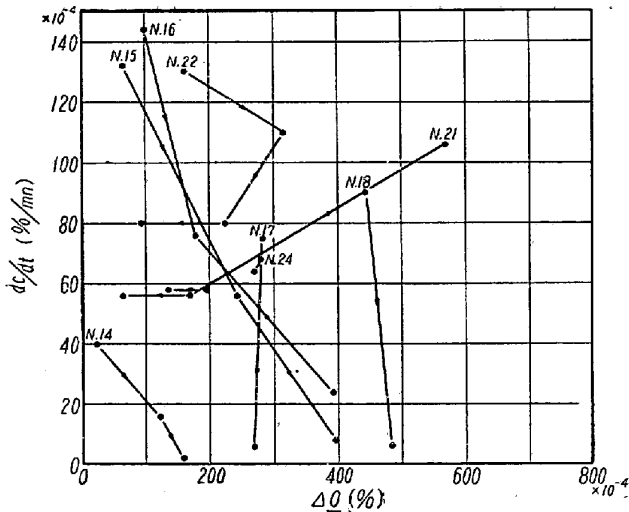


Fig. 6. Rate of decarbonization vs. ΔO in a basic open hearth furnace.

のごとく明らかでない。この理由は (1) 熔鋼中の酸素濃度は bomb 法で採取して分析したものであるから比較的熔鋼の底部の分析値である。したがって脱炭反応にあずかる酸素は大部分鋼滓を通して熔鋼中に入るから熔鋼底部に達したときにはすでにそれまでに相当部分熔鋼中炭素と反応して、脱炭速度を規制する酸素量を示さ

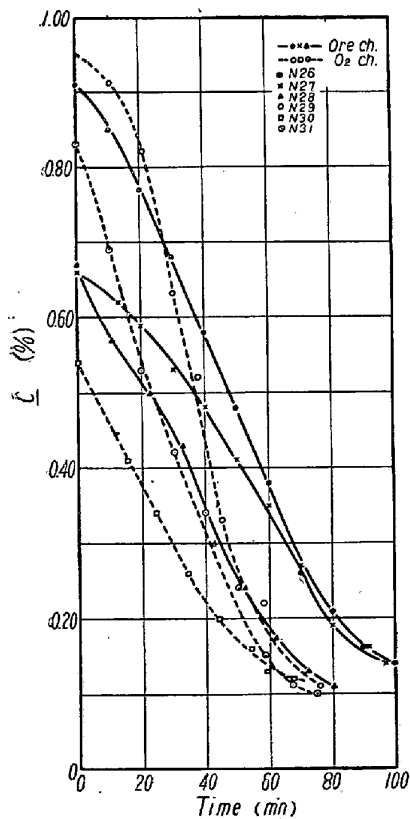


Fig. 7. Carbon removal vs. time of ore and oxygen lance methods in a basic open hearth furnace (low-carbon steel).

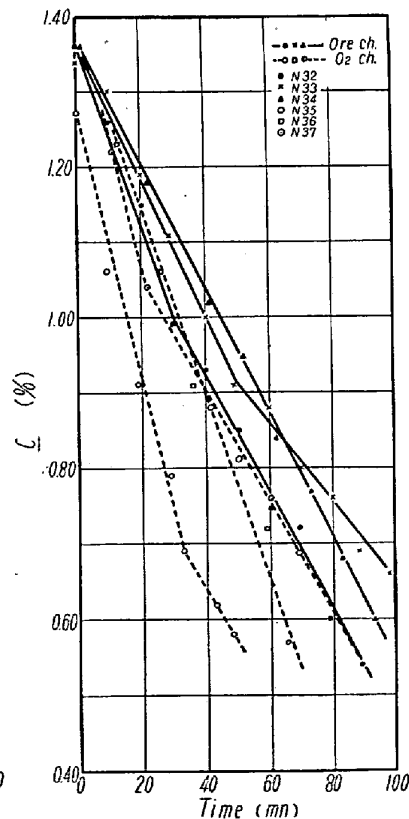


Fig. 8. Carbon removal vs. time of ore and oxygen lance methods in a basic open hearth furnace (high-carbon steel).

ない。(2) $C > 0.30\%$ の範囲では前報 Fig. 3 にも示したごとく熔鋼中酸素濃度はそれほど変化しないし、また C が減少すると第1報にも述べたごとく、 O , O'_{equ} , $\Delta O'$, ΔO は増加するにもかかわらず、脱炭速度は減少の一途をたどるからである。

III. 酸素製鋼と鉍石法の脱炭速度の比較

平炉精錬においては酸素は熔鋼中へ鋼滓を通して供給されるのみならず、鉍石添加により直接熔鋼中へ供給され、また最近行なわれている酸素製鋼では気体酸素の吹込により直接熔鋼中へ供給される。この鉍石法と酸素法の脱炭速度の比較を行なった。

100 t 塩基性平炉で鉍石法 6 charge (低炭素鋼 3 charge, 高炭素鋼 3 charge), 酸素製鋼 6 charge (低炭素鋼 3 charge, 高炭素鋼 3 charge) の試験熔解を行なった。鉍石法は熔落より鉍石を添加し、鉍石添加終りから Mn 添加まで、低炭素鋼では 30 分、高炭素鋼では 40 分の時間をおいた。また酸素製鋼も熔落より酸素を吹き込み、酸素吹込終りから Mn 添加まで低炭素鋼では 10 ~ 15 分、高炭素鋼では 20 分の時間をおいた。なお酸素吹込の圧力は 5 kg/cm^2 である。試料は Mn 添加まで 10 分毎に採取して炭素の分析を行なった。

この試験の低炭素鋼の脱炭曲線を Fig. 7 に高炭素鋼の脱炭曲線を Fig. 8 に示す。いずれも酸素製鋼の方が鉍石法に比較して脱炭反応が速く進行していることをあらわしている。つぎにこれらの結果から脱炭速度を計算し、炭素濃度との関係を求めると Fig. 9 の通りである。いずれも酸素法の方が鉍石法に比較して、明らかに脱炭速度が速く、酸素吹込により脱炭反応が促進されることを示している。酸素吹込により脱炭反応が促進されるのは、一部分は吹込酸素の攪拌作用にもよるが、大部分は鉍石法に比較して酸素の供給速度が大きいためと考えられる。

なお本試験においても前述のごとく、炭素濃度の高い範囲では、脱炭速度が炭素濃度に無関係に一定である相当に広い炭素濃度の領域が一つないし二つあり、この一定脱炭速度の値は領域により、また精錬により異なることが認められる。さらに炭素濃度が減少すると、脱炭速度の減少が炭素濃度と直線関係にあることも前述の通りである。

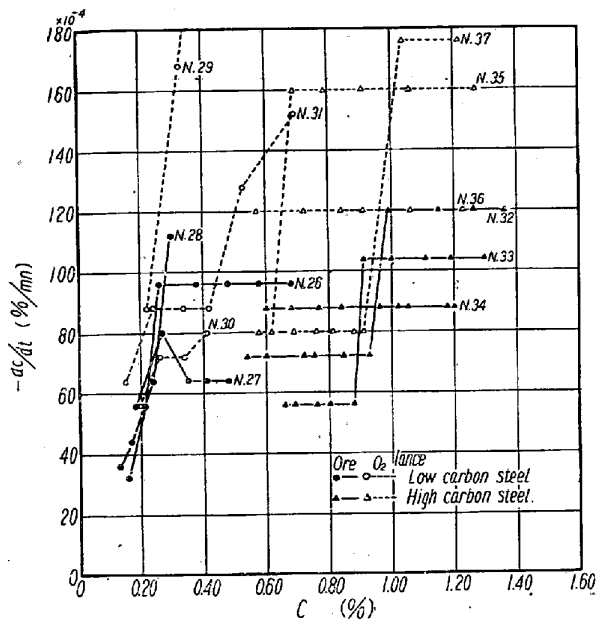


Fig. 9. Rate of decarbonization vs. C of ore and oxygen lance methods in a basic open hearth furnace.

IV. 結 言

当所 100 t 塩基性平炉精錬中の脱炭速度を測定し、脱炭速度と熔鋼中炭素濃度、酸素濃度との関係を検討した結果、つぎのことが判明した。

1) 脱炭速度と $C \times \Delta O$ の関係は明らかでない。

2) 脱炭速度と熔鋼中炭素濃度との関係を求めるときの通りである。

a) $C > 0.30\%$; 同一精錬では脱炭速度が炭素濃度に無関係に一定である相当に広い炭素濃度の領域が一つないし二つある。そしてこの一定脱炭速度の値は領域により、また精錬によつても異なる。

b) $C < 0.30\%$; 脱炭速度の減少は炭素濃度と直線の関係にあり、その平均脱炭速度は次式で示される。

$$-dc/dt (\%/mn) = 0.0514 \times C (\%) - 0.0030$$

3) 脱炭速度と過剰酸素 ΔO の関係は明らかでない。

4) 酸素製鋼の脱炭速度は鉍石法に比較して大きい。

なおこれら諸現象の総合的考察は最後の報告にまとめで行うことにする。

本論文は著者が昭和 23 年 4 月住友金属工業株式会社に奉職して以来現在にいたるまで長きにわたり、賜つた恩師京都大学理学部教授理学博士佐々木申二先生の絶えざる御指導と御鞭達によつて成つたものであります。ここに謹んで満腔の謝意を表する次第であります。

本実験の遂行にあたりましては住友金属工業株式会社和歌山製造所小田助男所長、高椋正雄技術部長、工学博士下川義雄研究試験課長の絶えざる御指導と御激励をいただきました。厚く御礼を申し上げる次第であります。

(昭和 34 年 6 月寄稿)

1) 藤井毅彦: 鉄と鋼, 45 (1959) 8, 788~793

キャップド鋼塊の表面性状について*

(キャップド鋼塊の研究—I)

加藤 健**・今井純一**・広瀬 豊**・梶岡博幸**

Studies on Surface Conditions of Capped Steel Ingots.

(Studies on capped steel ingots—I)

Takeshi Kato, Junichi Imai, Yutaka Hirose, Hiroyuki Kajioka

Synopsis:

Using 2 t, 4 t and 8 t bottle top molds, a number of test ingots of capped steel of $C: 0.06 \sim 0.09\%$ and $Mn: 0.36 \sim 0.50\%$ were made with varied teeming conditions, by application of widely different degrees of deoxidation.

By the longitudinal section of these ingots, investigation about the rim zone and the distribution of blow hole was carried out and as the result the followings were clarified:

1. The thickness of solid skin was controlled by addition of Al in the ladle and the pouring rate.

* 昭和 33 年 10 月本大会講演大会にて発表 ** 八幡製鉄株式会社, 八幡製鉄所技術研究所