

.....  
 論 文  
 .....

## 低炭素リムド鋼塊底部の大型介在物におよぼす 製鋼要因の影響について\*

池田隆果\*\*・住友慶助\*\*・丸川雄浄\*\*・浦 知\*\*

### The Effect of Pouring Conditions on Large Inclusion in Bottom Part of Low-Carbon Rimming Steel Ingot

Takami IKEDA, Keisuke SUMITOMO,  
 Katsukiyo MARUKAWA, and Satoru URA

#### Synopsis:

A study has been made of the effect of pouring conditions on large inclusions in bottom part of ingot, the following results have been obtained.

- 1) The pouring temperature has the strongest effect on the amount of large inclusion. The temperature becomes lower, the amount of large inclusions increases.
- 2) The rimming time is an important factor next to the pouring temperature. When the rimming time is short, a large amount of relatively small size inclusions retain, even if the pouring temperature is sufficiently high.
- 3) The effect of ingot dimension on large inclusions can not be recognized. Ingot dimension is a negligible factor compared with two factors mentioned above in the ordinary pouring conditions.
- 4) Factors influencing the composition of large inclusions were confirmed. The relation, however, between the composition and the amount of large inclusions could not be observed.

(Received Feb. 26, 1971)

## 1. 緒 言

リムド鋼の大型介在物は冷延鋼板でのプレス成形性などを害する鋼質上の欠陥の一つである。この大型介在物の分布状況については鋼塊底部に特徴的に存在し、マッシーゾーンと著しい関連を有することが判明している<sup>2,3)</sup>。

本報は大型介在物の普遍的な存在位置である鋼塊底部を対象に主として大型介在物量におよぼす製鋼主要因の影響について調査を行なった結果であり、とくに鋼塊の代表値が得られやすく、かつ抽出定量処理が容易なスラブを供試材として、通常溶製条件下での数多くのヒートについて調査したものである。

## 2. 試 験 方 法

160 t 転炉で溶製した低炭素リムド鋼の日常操業ヒートを対象に1ヒート当たり1本の代表鋼塊を選び、そのボトムスラブのリム-コア部より約5 kgの介在物抽出用サンプルを切り出し、鋼塊の代表サンプルとした。ス

ラブの圧延比は5~7である。供試材の造塊条件の概要はTable 1のごとく鋼塊形状、蓋打時間以外はすべて同条件である。

介在物の抽出はスライム法電解抽出<sup>2)</sup>で行ない、全抽出介在物と、その中の長さ2 mm以上の大型の介在物の両者を定量した。長さ2 mm以上を類別したことはとくに意味はなく、介在物の形がPhoto. 1のような木の葉状であり、詳細な粒度別の分類が困難なためにとくに大型の介在物として便宜上おおまかに分類したまでである。また本スライム法によつて抽出可能な介在物の大きさは長さ約50 μ以上であり、本報ではこれを大型介在物と称した。

## 3. 結 果

### 3.1 大型介在物量におよぼす製鋼要因の影響

#### 3.1.1 取鍋内溶鋼温度

\* 昭和45年10月本会講演大会にて発表  
 昭和46年2月26日受付

\*\* 住友金属工業(株)和歌山製鉄所

Table 1. Pouring conditions of tested ingots.

Ingot type		Ingot dimension			Ladle analysis (%)	Ladle temp. (°C)	Pouring method	Hitting time (min)
Mark	Type	Width×Thickness×Height (cm)	Flatness	Weight (t)				
H S L	Open	135×59×173 143×79×230 143×85×240	2.3 1.8 1.7	9.5 17.4 19.4	C 0.06~0.09 Mn 0.25~0.35 S 0.006~ 0.030	1 540 } 1 600	Top pouring	8~21
B S B L B U	Bottle	143×79×230 143×85×240 110×85×249	1.8 1.7 1.3	17.4 19.4 15.6				4~13



Photo. 1. Micro-scope appearance of extracted large inclusions.

大型介在物量におよぼす受鋼直後の取鍋内温度の影響を Fig. 1, Fig. 2 に示す。Fig. 1 のオープンタイプでは全抽出介在物量、長さ 2 mm 以上の介在物量のいずれも取鍋内温度の低下にしたがって増加する傾向がきわめて明りようであり、とくに長さ 2 mm 以上の介在物量は取鍋内温度が 1560°C 以下になると急増する。Fig. 2 のボトルタイプではオープンタイプと同様の傾向を示しているが、オープンタイプにくらべてばらつきが大きく、ことに全抽出介在物量では大きなばらつきを見せている。これは次項で述べるごとくりミング時間の差異によると考えられる。

このように大型介在物量は取鍋内温度によって著しく左右されることがわかったが、鋳型内注入後の溶鋼温度の方がより直接的な、また決定的な影響力を有することが推測される。

### 3.1.2 リミング時間

鋳込後より蓋打（オープンタイプでは蓋置き）までの

時間をリミング時間の指標として両介在物量との関係を示したのが Fig. 3 である。全抽出介在物量において高温グループではリミング時間が短くなると介在物量が増加する傾向が認められるが、しかし一方 2 mm 以上の介在物量にはこの傾向が現われていない。すなわちボトルタイプのごときリミング時間の短いものでは高温であつても全抽出介在物量で代表されるような比較的小型の介在物が多く残留することを示している。なおリミング時間を本報での範囲以上の 35 min 程度まで延長させた結果ではリミング時間の延長とともにとくに大型の介在物量（本報の長さ 2 mm 以上の介在物量に相当）が増加する傾向がきわめて明りように観察されている<sup>3)</sup>。したがって本報での両介在物量も低、高いずれの温度の場合でもリミング時間が本報での範囲を超える場合は増加の傾向を示すものと思われる。また本図において鋼塊形状の相違を考慮していないのは次項の結果に基づくためである。

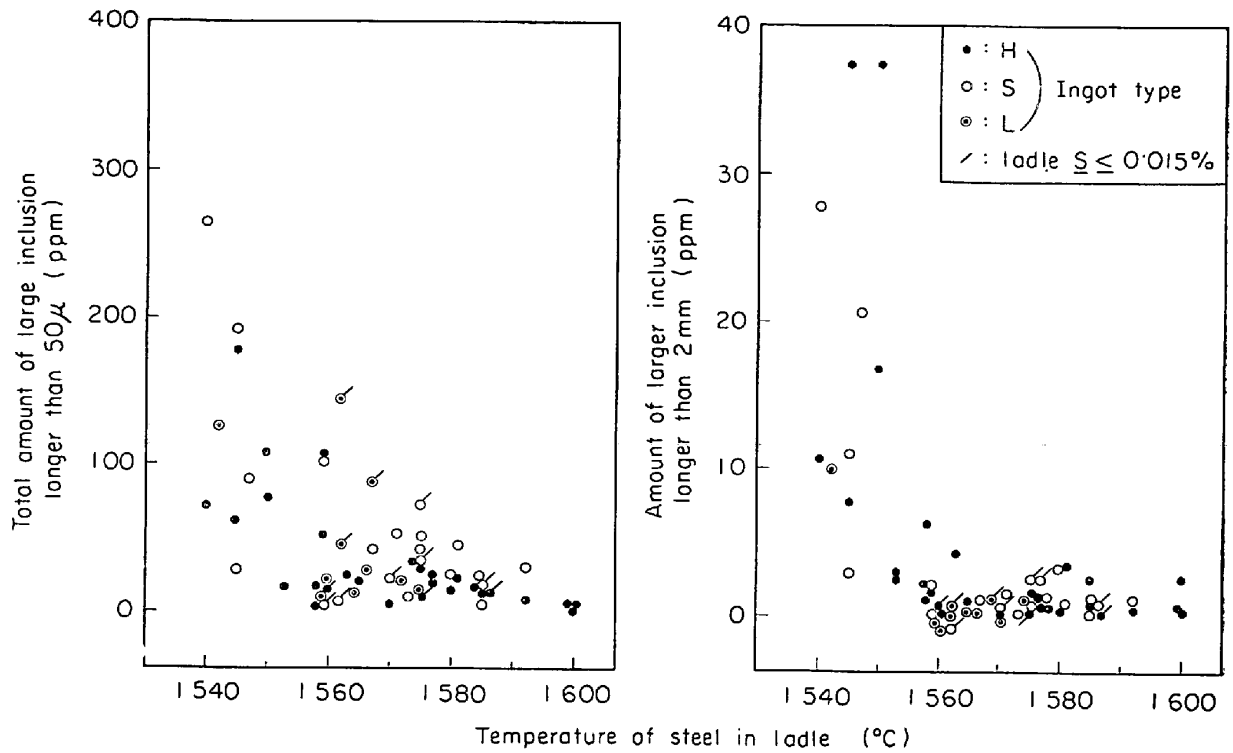


Fig. 1. Effect of the temperature of steel in ladle on the amount of large inclusion in bottom slab.

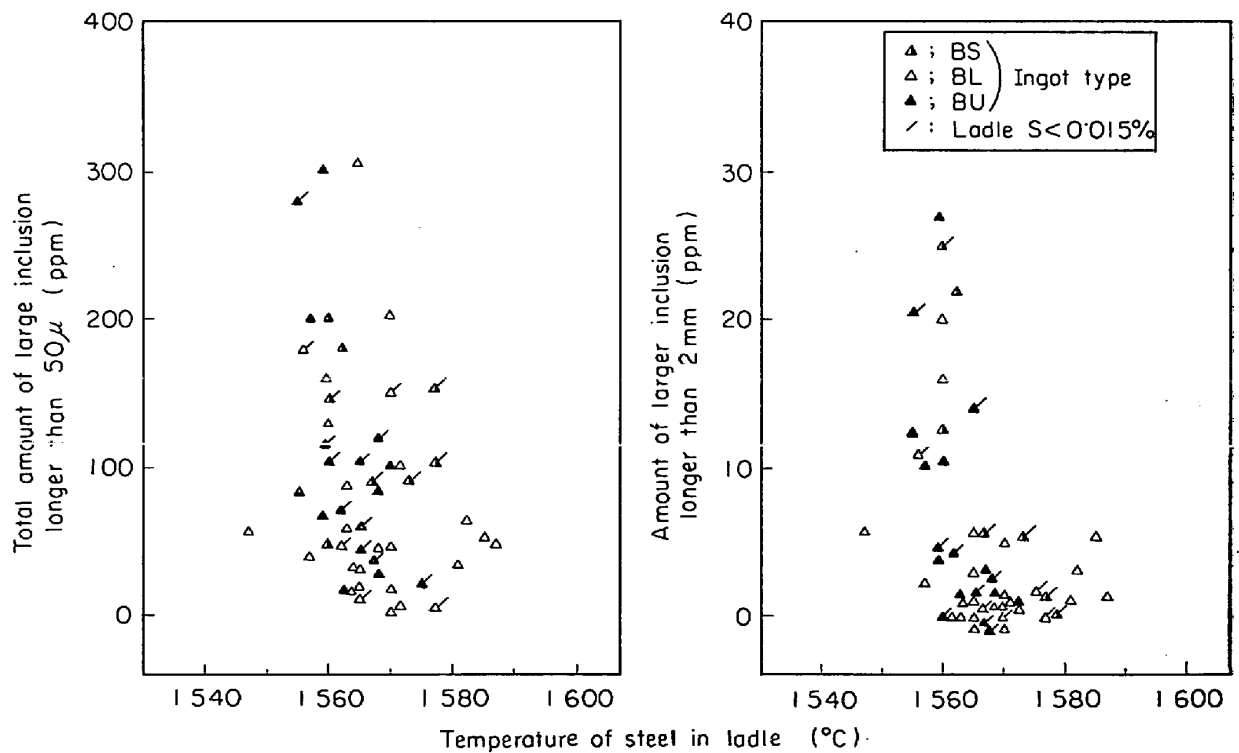


Fig. 2. Effect of the temperature of steel in ladle on the amount of large inclusion in bottom slab.

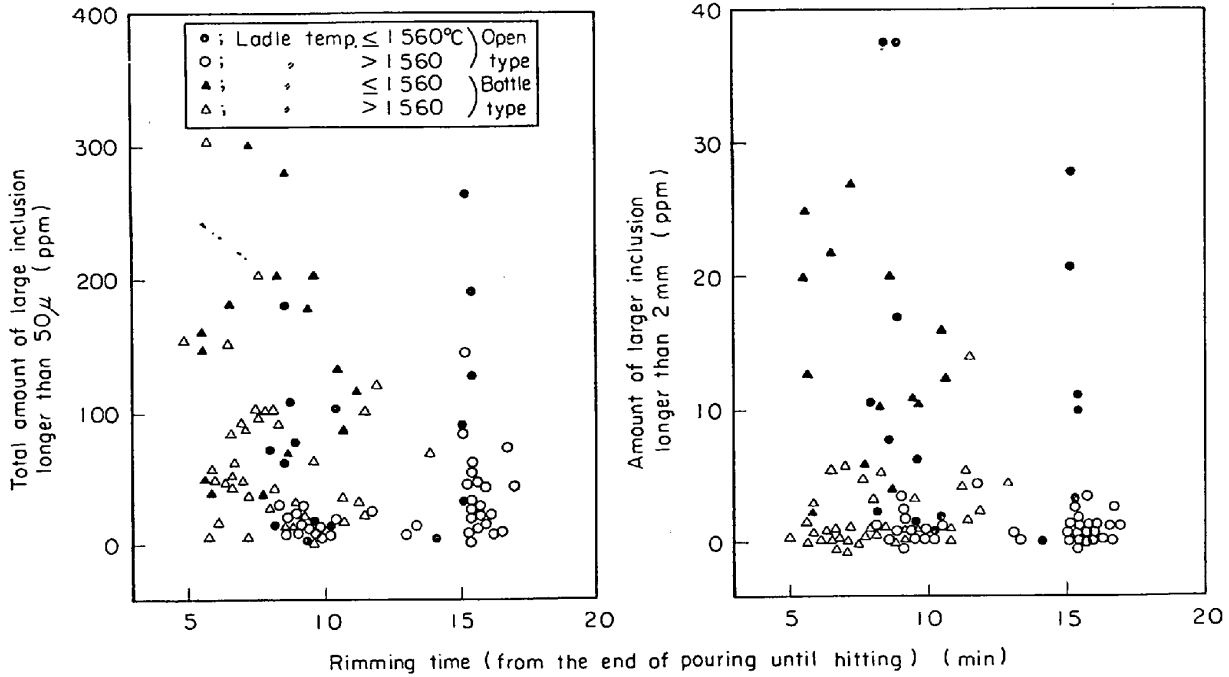


Fig. 3. Effect of rimming time on the amount of large inclusion in bottom slab.

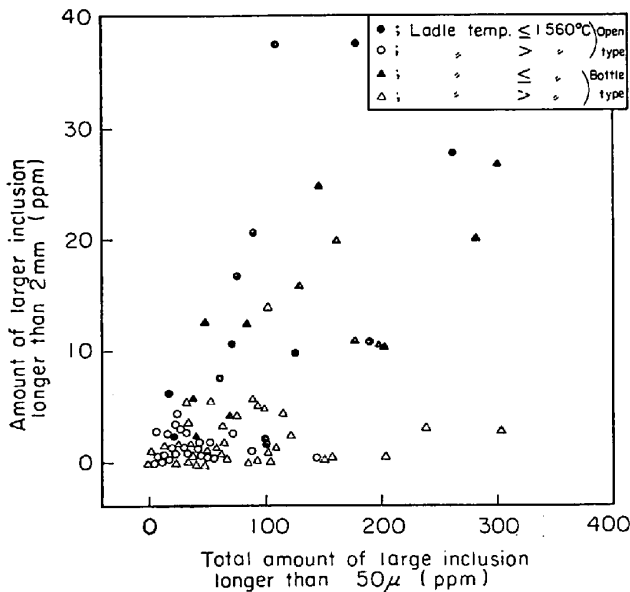


Fig. 4. Relation between total large inclusion and larger inclusion longer than 2mm.

3.1.3 鋼塊形状

鋼塊形状の影響については詳細な調査結果<sup>1)</sup>が報告されているが、実用鋼塊の範囲でのこの影響は温度などに比較すると無視できるほど小さいと判断される。すなわち Fig. 1, Fig. 2 ですでに示しているごとくプロットを鋼塊形状で区別しているがそれによる差異は見出し難い。オープンタイプとボトルタイプとの大型介在物量の相違についてはすでに Fig. 1~Fig. 3 で明らかであるが、さらに Fig. 4 に特徴的な相違を示す。オープ

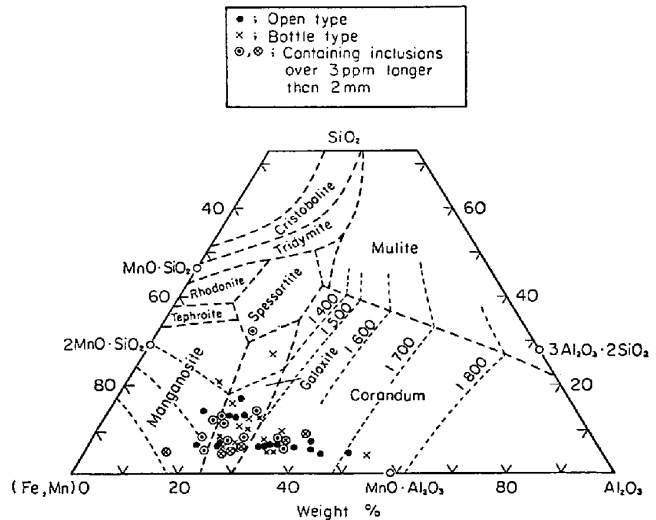


Fig. 5. Composition and oxide phase of large inclusions.

ンタイプでは全抽出量の増加にしたがって2mm以上の介在物量も増加するのに対し、ボトルタイプでは全抽出介在物量すなわち比較的小型の介在物量のみが増加する場合が多い。これはすでに前項で述べたごとくりミング時間の差異に依存するものであり、本質的な鋼塊形状の影響に起因するものではない。

3.1.4 リミング強さ、溶鋼組成

見かけのリミング強弱の目視判定結果と大型介在物量との対応は本調査においては不明りようであつた。また溶鋼組成中のS, C, Oなどリミング強度に関係する因子についても同様であつた。たとえばSについてはリミ



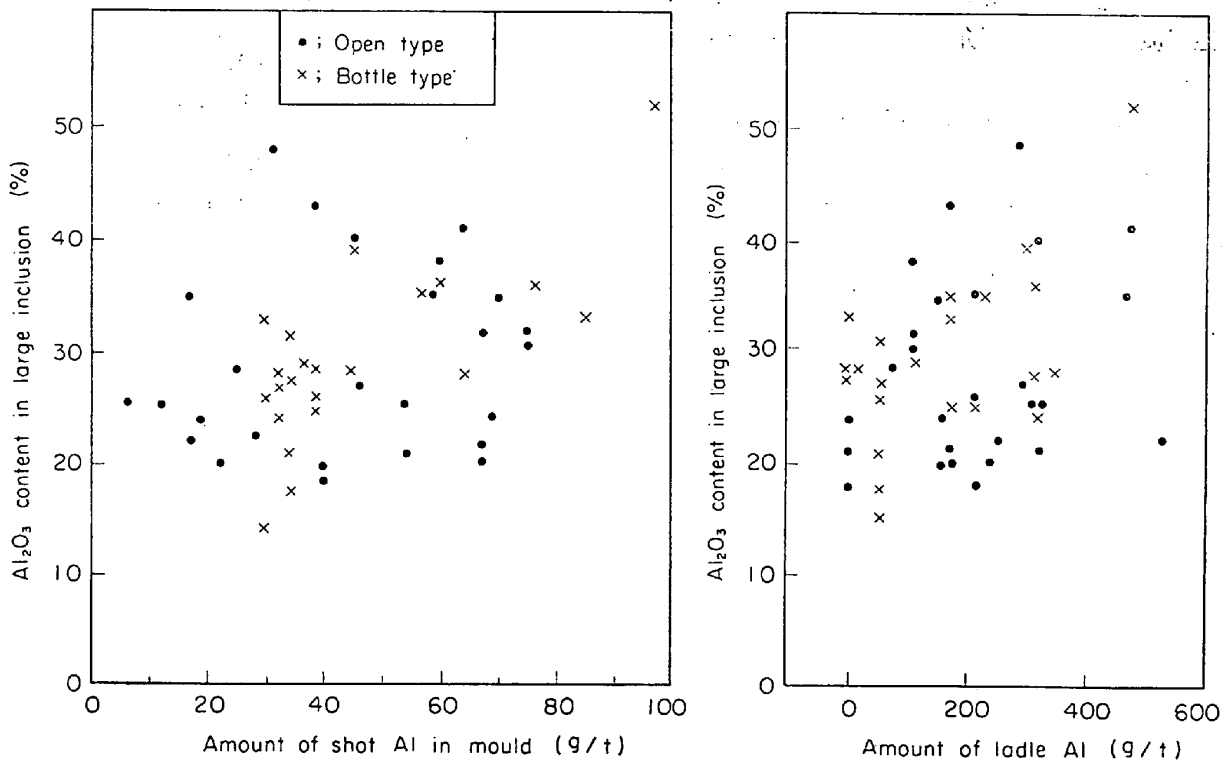


Fig. 7. Relation between amount of added Al and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  content in large inclusion.

ング状況を左右する因子としてよく知られているところであり、また本対象材では他のC、Oなどに比較して濃度範囲が広いにもかかわらず Fig. 1, Fig. 2 のようにS濃度による介在物量の差異は認められない。

### 3.2 介在物組成

抽出した大型介在物は  $\text{MnO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{FeO}$  で占められており、約 20~40%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、5~20%  $\text{SiO}_2$  で残りのほとんどは  $\text{MnO}$ 、 $\text{FeO}$  である。この組成を  $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  系平衡状態図<sup>9)</sup>上で示せば Fig. 5のごとくであり、このような組成の氧化物相の初晶は主として galaxite である。介在物断面のマイクロ組織の一例を Photo. 2 に示すが(b), (c), (d)での角状の結晶質はすべてこの galaxite である。また(a)の羽毛状は  $2\text{MnO}\cdot\text{SiO}_2$  であり、(c), (d)の白色は  $\text{MnO}$ 、マトリックスの部分はすべて非晶質の  $\text{MnO}-\text{SiO}_2$  系である。

### 3.3 介在物組成におよぼす製鋼要因の影響

Fig. 5では介在物量、鋼塊タイプによる組成的变化は認められない。 $\text{MnO}$ 量に影響する要因としてはFig. 6に示すようにやはり溶鋼 Mn が支配的である。 $\text{SiO}_2$ 量に対しては同図のごとく溶鋼の微量の Si 量との間に若干の対応がみられる。Si の由来源としては主に Fe-Mn 合金、炉内 Si などが考えられる。 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 量については Fig. 7 に示すように Al 添加量によって決定されると

判断できる。

## 4. 考 察

上記の結果において鋳込温度とリミング時間が鋼塊底部の大型介在物量にとくに顕著な影響を示すことが判明したが、その理由について以下に若干考察する。

まず温度については低温度ほどマッシーゾーンの生成時期とその成長速度が早まり、底部の浮遊介在物の浮上を阻害するためと考えられる。このことは少数の鋼塊切断試験によつて従来から推測されていた<sup>20)</sup>ことであるが今回の多数のデータによつてますますその真実性が深まったと考える。つぎにリミング時間が短い場合には高温度であつても比較的小型の介在物が多く残留するのは主として溶鋼中に懸濁浮遊している一次脱酸生成物の浮上と介在物相互の凝集肥大に時間的な余裕がないためと思われる。ただしリミング時間が本報の範囲を超え、極端に長くなれば上述のマッシーゾーンの影響が著しくなり、さらに二次脱酸生成物量も多くなり、これらの介在物相互の凝集肥大も促進され、大型の介在物が増加することは容易に推測できる。

## 5. 結 言

鋼塊底部リム-コア境界部の大型介在物におよぼす製鋼要因の影響について試験した結果、次項が確認できた。

(1) 大型介在物量に対しては温度の影響が最も著しく、鑄込温度の低下は大型介在物量を増加させる。

(2) ついでリミング時間の影響が強く、この時間が短い場合は比較的小型の介在物が多く残留する。

(3) 鋼塊形状の影響は本報のごとき実用鋼塊の範囲では上項の影響にくらべてきわめて小さい。

(4) 介在物の組成に及ぼす製鋼要因の影響はほぼ確認できたが、この組成と介在物量との対応は認められなかった。

#### 文 献

- 1) 浅野, 大橋, 塗: 鉄と鋼, 54(1968) 6, p. 643
- 2) 梶岡: 鉄と鋼, 54(1968)10, S 696
- 3) 池田, 丸川, 小林, 浦: 鉄と鋼, 56 (1970)6, p. 708
- 4) E. F. OSBORN and A. MUAN: Electric Furnace Steel Making, I (1963), p. 256 [Interscience Publishers]