

- 3) PEHLKE & ELLIOTT: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 218 (1960), p. 1088
- 4) H. SCHENCK, et ali.: Arch. Eisenhüttenw., 29 (1958), p. 673
- 5) 川崎製鉄: 第 13 回 LD 技術懇談会資料, (1964) 3

669.184, >44.66; 669.046.564  
 : 669.784; 669.01 > .1-52

(54) 転炉の脱炭反応に関する考察と それに基づく鋼浴炭素濃度連続測定の可能性

(転炉への計算制御に関する研究—I)

住友金属工業, 和歌山製鉄所

理博 藤井毅彦・〇荒木泰治・丸川雄浄

Consideration on Decarburization Reaction in the Oxygen Process and Possibility of the Continuous Determination of Bath Carbon.

(Study on the computing control to an oxygen converter—I)

Dr. Takehiko FUJII, Taiji ARAKI and Katsukiyo MARUKAWA.

1. 結 言

転炉製鋼法は、製鋼能率の高いことのほかに鋼質の点においても、他の平炉等の製鋼法に比して、いろいろの優れた点を有している。国内はいうにおよばず、世界のすう勢も上吹き転炉製鋼法が、その中心を占めつつある状況である。したがって、この転炉製鋼法の長所をより引き伸ばすための計算制御の転炉操業への導入が、世界の製鋼部門における中心的課題となつていても過言ではない。そこで、この計算制御の中心をなす鋼浴カーボン濃度の連続測定を可能にするべき、ソフトウェアの開発を、脱炭反応に関する基礎的調査の上に行つて検討を加えてみた。

2. 製鋼過程における脱炭反応機構について

2.1 脱炭反応に関する実験的研究結果

10kW 真空管式高周波溶解炉での脱炭反応の速度論的研究<sup>1)</sup>により、脱炭速度と鋼浴炭素濃度の間に、Fig. 1 に示すような関係が得られた。この図から、脱炭速度と

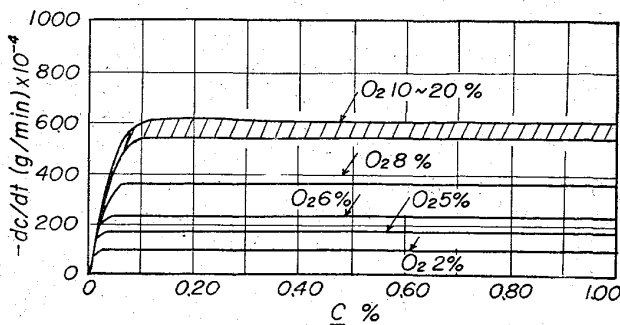


Fig. 1. Rate of decarburization by gaseous oxygen VS.  $C$  in high frequency induction furnace.  $1600^{\circ}\text{C}$ , oxygen 0~20%.

炭素濃度との関係において、2つの領域があることが判る。すなわち、脱炭速度が炭素濃度によつて変わらず、酸素濃度にしたがう領域と、炭素濃度によつて変り、酸素濃度にしたがわない領域とがある。これは、つぎのように考えることができる。反応の起こる場所は、この場合溶鉄と雰囲気ガスとの接触する自由表面であり<sup>2)</sup>、その反応面へ、炭素と酸素が移動することによつて、反応が進行するのであるが、炭素濃度の高い場合は、炭素の反応面への到達速度が大であるため、酸素の到達速度によつて脱炭速度が定められ、炭素濃度が低下すると、逆に炭素の到達速度によつて脱炭速度は定められる。以上が実験室的研究の結果得られた基礎的理論であるが、これが実際の製鋼炉で、どのようにあてはまるかを以下にみる。

2.2 平炉における脱炭機構

和歌山製鉄所における酸素製鋼時の 100 t および 200 t 塩基性平炉での脱炭速度と炭素濃度との関係を Fig. 2 にしめす<sup>3)</sup>。この結果、ここでも前の実験炉で示した考え方をそのまま生かすことができ、精錬の進むにつれて炭素濃度にかかわらず、脱炭速度が一定の領域から、炭素濃度に比例する領域へと移行する段階が、明瞭に示されている。しかも、高炭素領域における脱炭速度一定の領域では、酸素流量の増加とともに、脱炭速度が増加していることが、わかる。ただ、脱炭速度が、炭素濃度によつて変化する領域でも、酸素流量によつて脱炭速度がいくぶん変化しているようであり、これは、酸素流量の増加による反応面積の増大と鋼浴攪拌効果の増大のためと考えられる。

2.3 転炉における脱炭機構

転炉においては、その構造上から、任意の時点で溶鋼から試料を採取することは、非常に困難であり、また、たとえ採取できたとしても、非常に製鋼時間が短いため、そのサンプルの分析によつて吹錬を制御することは、非常に困難である。ここに計算制御の必要性が生まれてくるのである。そこで、われわれは、次に示すような装置により、間接的に、廃ガスより転炉吹錬中の脱炭状況をつかむことを考えた。

Fig. 3 に示すような系統図をもつた脱炭速度計算装置

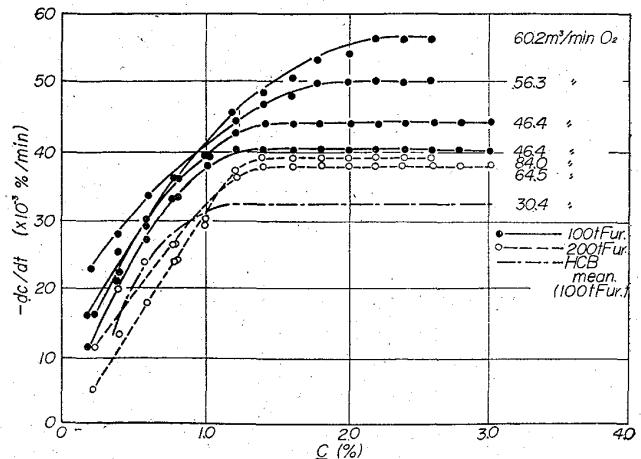


Fig. 2. Rate of decarburization VS.  $C$  in a basic open hearth furnace.

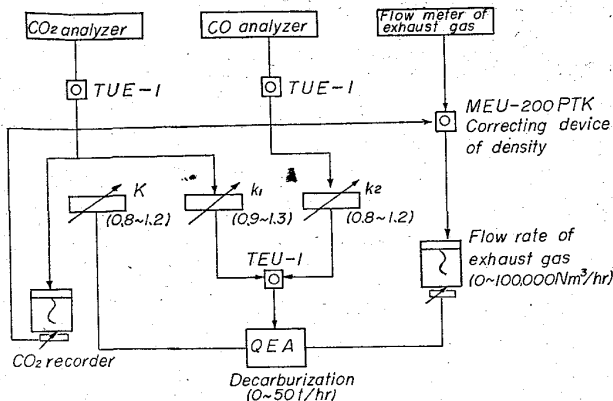


Fig. 3. System diagram of continuous determination of the decarburization rate by the analysis of exhaust gas.

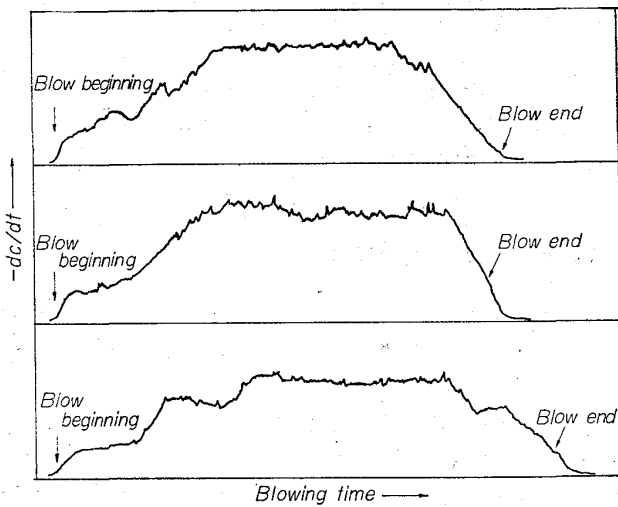


Fig. 4. Charts of continuously recorded decarburization rate.

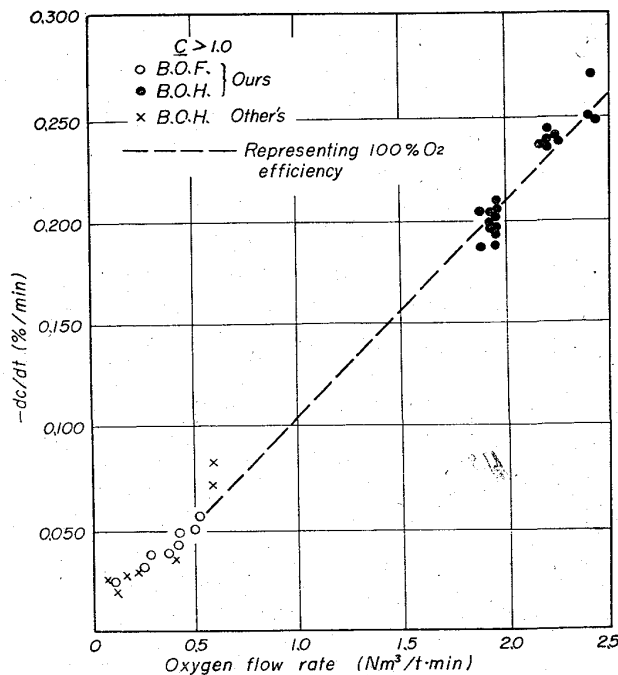


Fig. 5. Effect of oxygen flow rate on the maximum rate of decarburization.

を、転炉工場に設置し、排ガスよりの脱炭状況を容易に迅速に把握できるようにした。これによる脱炭速度チャートを Fig. 4 に示す。このチャートより、吹錬を前期、中期、後期にわけることができる。2.1, 2.2 において、実験炉、平炉の脱炭状況を示したが、それと同じことが、中期と後期において認められる。まず、中期の最高脱炭速度レベルの値は、Fig. 5 に示すように、平炉の場合と同じく、この程度の流量では、O<sub>2</sub> 効率にしてほぼ 100% の脱炭速度になる。また、後期においては、炭素濃度が、低くなると、やはり、脱炭速度も低下する領域がくることがわかった。また前期は、実験炉、平炉の場合にはなかったが、これは溶銑硅素濃度が、まだ高く、鋼浴温度も低いため、脱炭が十分活発に起らない時期だと考えられる。

### 3. 転炉における脱炭反応モデル

2 章において、種々の製鋼過程における脱炭反応の進行状況を、とりわけ、転炉におけるそれを詳しく検討したが、その結果、転炉の吹錬中の脱炭反応は、3つの領域に分けてとらえられることが判明した。しかも、その3つの領域の脱炭状況は、それぞれ、つぎのように特徴づけられることが判明した。

#### 第 I 吹錬期

溶鋼中の硅素濃度が、まだ非常に高く、また、溶鋼温度がまだ低いため、脱炭反応がおさえられ、徐々に脱炭速度が上昇する時期で、つぎの数式によつて近似的にあらわされる。

$$-dc/dt = k_1 t \quad k_1: \text{定数}, \quad t: \text{吹錬時間}$$

#### 第 II 吹錬期

溶温が上昇し、反応面への C の到達速度が十分大きく、供給される酸素がほぼ 100% 脱炭に消費され、吹込み酸素量にしたがつて、最高脱炭速度レベルが続く時期で、つぎの数式によつてあらわされる。

$$-dc/dt = k_2 Q \quad k_2: \text{定数}, \quad Q: \text{酸素流量}$$

#### 第 III 吹錬期

脱炭が進み、炭素濃度が低下して、C の反応面への到達速度が酸素のそれより遅くなり、C の反応面への到達速度が律速段階になり、脱炭速度が、炭素濃度と比例して低下する時期で、つぎの数式によつて近似される。

$$-dc/dt = k_3 C \quad k_3: \text{定数}, \quad C: \text{炭素濃度}$$

以上より、吹錬を三つの吹錬期に分けて、とらえるところの脱炭モデルをつくることができた。これにより、転炉操業に、計算制御を導入し得る可能性が明らかになった。

### 4. 結 言

転炉の鋼浴炭素濃度の連続測定を可能にし、計算制御を取り入れるためには、転炉の脱炭反応機構をまずもつて詳細に把握しなければならない。そこで、基礎的理論にもとづいた実験室的研究および今まで十分検討された平炉の脱炭状況の検討を足がかりとした。さらに、転炉の排ガス分析により、転炉の脱炭状況をかなりくわしく知ることになった。これらの資料をもとに、転炉の吹錬を、その脱炭反応機構の特徴にもとづいて3つの時期に区分するところの脱炭モデルをつくることができた。したがって、これをもとにして転炉操業に計算制御を導入する可能性ができたと考える。

文 献

- 1) 藤井: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1248
- 2) 藤井: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 12
- 3) 藤井, 浦: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 407

669,184,244,66:669,046,564  
 :669,784:669,012,1-52

(55) “脱炭モデル” をもとにした転  
 炉制御方式の開発

(転炉への計算制御に関する研究—II)

住友金属工業, 和歌山製鉄所

理博 藤井毅彦・荒木泰治・○丸川雄浄

Development of the Control System in the  
 Oxygen Process on the Basis of “The  
 Decarburization Model”.

(Study on the computing control to an oxygen  
 converter—II)

Dr. Takehiko FUJII, Taiji ARAKI  
 and Katsukiyo MARUKAWA.

1. 緒 言

前報において, 実験炉, 平炉, 転炉の脱炭反応機構を  
 基礎的理論にもとずいて検討し, 特に転炉の吹錬にたい  
 して, 脱炭状況の違いにより, 吹錬を3つに区分すると  
 ころの脱炭モデルをつくることができた. 本論文におい  
 ては, この脱炭モデルをもとにして転炉の新しい計算制  
 御方法を開発し, 実際の転炉において検討を加えたの  
 で, その結果について報告する.

2. 脱炭モデル方式について

Fig. 1 に転炉の脱炭モデルをしめす. この脱炭モデル  
 により, 転炉の吹錬は, 3つの吹錬期に分けられ, 各吹  
 錬期はつぎのような数式によつてあらわされる.

第I吹錬期  $-dc/dt = k_1 t$   $k_1, k_2, k_3$ : 定数

第II吹錬期  $-dc/dt = k_2 Q$   $Q$ : 酸素流量

第III吹錬期  $-dc/dt = k_3 C$   $C$ : 鋼浴炭素濃度

これにより, 吹錬前か, もしくは, 吹錬途中での溶鋼  
 中炭素量がわかれば, それ以後のいかなる時点の鋼浴炭  
 素濃度も計算できる. ただし, この計算に先だち, それ  
 ぞれの吹錬条件に対して, 3つの定数  $k_1, k_2, k_3$  を定め  
 なければならない. この3つの定数は, つぎのような性  
 格をもち, つぎのようにして求められる.

$k_1$ : これは Fig. 1 の第I吹錬期の時間に対する上り  
 勾配にあたる. したがつて第I吹錬の時間 (time  $\overline{AB}$ ) と  
 第II吹錬期の脱炭速度値 ( $(-dc/dt)_{max}$ ) によつて求め  
 られる.

$$k_1 = (-dc/dt)_{max} / \text{time } \overline{AB}$$

$k_2$ : これは第II吹錬期の酸素効率によつて定まる.

$k_3$ : これは Fig. 1 の第III吹錬期の下り勾配にあたる.  
 したがつて, 第III吹錬期開始の時点 (D点) の鋼浴炭素濃  
 度 ( $C_D\%$ ) と第II吹錬期の脱炭速度値 ( $(-dc/dt)_{max}$ ) に  
 よつて求められる.

$$k_3 = (-dc/dt)_{max} / C_D$$

以上より,  $k_1, k_2, k_3$  の値を定めるには, 第I吹錬期の  
 時間 (time  $\overline{AB}$ ) と第II吹錬期の酸素効率とD点の鋼浴炭

素濃度の3つを定めればよい. そして, これにより, 脱  
 炭モデルが完成されたといえる. この3つの値 (time  $\overline{AB}$ ,  
 第II吹錬期の酸素効率,  $C_D\%$ ) が脱炭モデルの管理ポ  
 イントとなる. したがつて, 前もつてこの3つの管理ポ  
 イントを定めて吹錬時間を計算することになれば, それは  
 スタティック・コントロールになり, この3つの管理ポ  
 イントを排ガスによる脱炭速度の連続測定によつて, 吹  
 錬中に決定すれば, ダイナミックコントロールが可能と  
 なる.

3. 脱炭モデル方式による炭素濃度の  
 スタティック・コントロール

スタティック・コントロールによる吹錬時間の計算方法  
 をつぎに示す.

まず Fig. 1 に示したD点までの吹錬時間を計算する  
 とつぎの式で求められる.

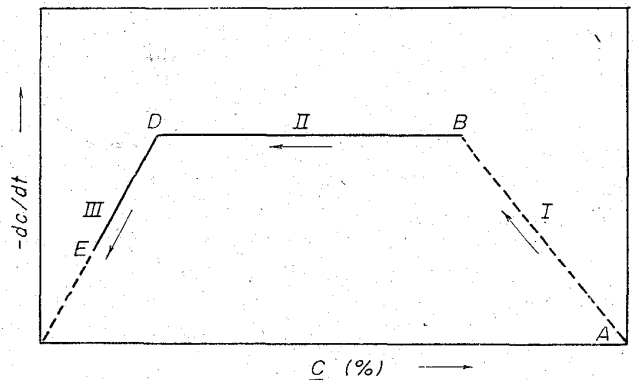


Fig. 1. Decarburization model.

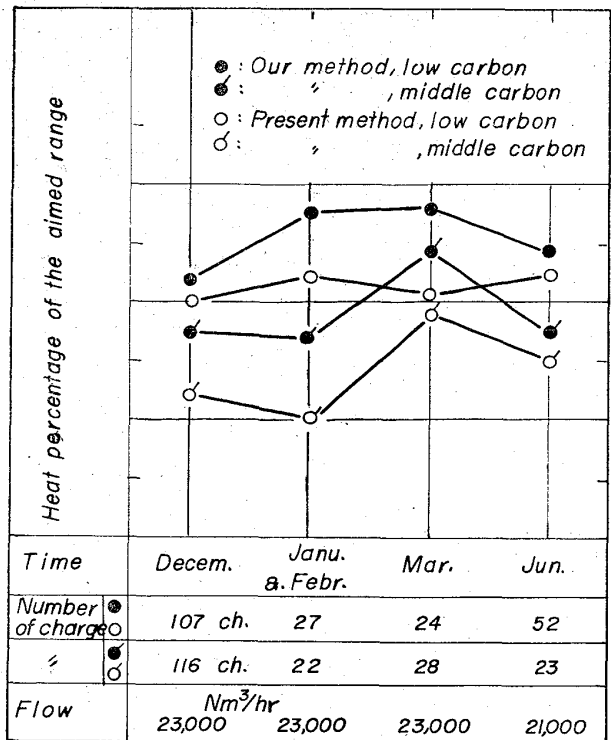


Fig. 2. Changes of the results of carbon control and difference between our method and present method.