

## V. 結 論

熔鉄炉の寸法と出鉄量と鉄石の平均  $Fe\%$  とコークス灰分と炉頂ガスの  $CO\%$  とから、コークス比を推定することのできる計算式を求めた。(4)式) この式の誤差は3%程度未満であつて、相当の精度をもっている。しかも大型熔鉄炉から小型の試験炉にまで適用できるものである。この計算式を図表にして計算が容易にできるようにしたのが Fig. 1 である。もし装入原料が同じものならば、出鉄量と炉頂ガスの  $CO\%$  とによつてコークス比が左右され、その他の炉の諸条件も、出鉄量と炉頂ガスの  $CO\%$  とを通じてコークス比に影響を与える。従つてコークス比への諸作業条件の影響は出鉄量と  $CO\%$  との2つの要因をパラメーターとして考えることができる。

コークスの灰分や炉頂ガスの  $CO\%$  が増加したり、鉄石の  $Fe\%$  が減少したり、出鉄量が減少すると、他の条件が一定ならコークス比は高くなる。出鉄量の影響は超小型の試験炉では非常に大きく、大型炉では僅少である。鉄石の  $Fe$  の影響はその逆である。

### (36) 鉄石の還元性と粒度が熔鉄炉能率に及ぼす影響に関する理論的研究

(Theoretical Study on the Effect of Reducibility and Particle Size of the Ore to the Productivity of the Blast Furnace)

Kiyoshi Segawa

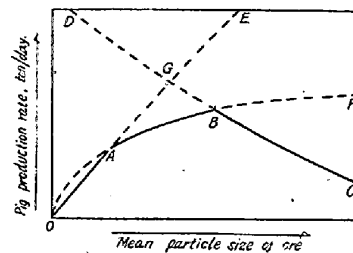
八幡製鉄所技術研究所 工博 瀬 川 清

#### I. 緒 言

熔鉄炉の出鉄量は色々な要因によつて左右されるが、ここでは装入鉄石の還元性と粒度とによつて出鉄量がどのように左右されるかを理論的にしかも定量的に研究することにする。還元しにくい鉄石や、粒度が大きければそれだけ炉の能力は低下することは既に明らかなことである。このことを定量的に解析するためには、今までの還元実験のデータを使い易い形に整理しておくことが望ましい。そこで当報告の準備段階としてこの点から着手し、その次に鉄石の種類並びに粒度によつて出鉄量がどのように左右されるかを検討する。

#### II. 熔鉄炉の生産能力を制限する各種要因について

熔鉄炉の生産能力を制限する物理的要因として次の3つのことが考えられる。(i) 鉄石の品種と粒度。(ii) ガスの流れの抵抗、(iii) 炉内の Flooding. 最後の Flooding とは、送風量がある限度を越すと熔融開始層で熔融物の逆流を起しハンギングの重要な一因となることを言つている。この3つの要因の中、ここでは一番始めの項目のみについて考えてみることにする。



Curve DBC indicates the effect of reducibility of ore.

Curve OABF indicates the effect of resistance of flow.

Curve OAE indicates the effect of flooding.  
Full line OABC indicates the maximum of the possible pig production rate.

Fig. 1. Effects of three factors to the pig production rate in the blast furnace.

同じ品種の原料を用いた場合、鉄石の各種粒度に応じて上記三要因が生産能力をどのように制限するかを説明図的に示したのが Fig. 1 である。鉄石の還元性に関する要因の影響は D G B C のカーブで表わせる。粒度が小さいときには還元速度が大きいからそれだけ出鉄量も増加する。この要因だけについて考えれば粒度は小さい程よいことになる。次に流れの抵抗は鉄石粒度が小さい程大きくなり或る限度以下の粒度にすると送風量が減じてそのために出鉄能力は低下する。その様子は Fig. 1 の O A B F のカーブで表わせる。Flooding も第2の要因と大体似ており、O A G E のようなカーブで表わせる。以上を総合して考えてみると、Fig. 1 の実線 O A B C によつて出鉄能力は制限を受けることになり、A~B の附近の粒度で出鉄能力が最大になる。但し余り A に近い状況で操業すればハンギングの危険性が大きいことになる。この報告ではまず還元性による制限カーブ D G B C のみについて定量的に研究を進めることにする。

#### III. 熔鉄炉内での還元速度について

水素による還元実験のデータから、鉄石の各種粒度における還元速度は(1)式で表わせることを認めた。但しこの式は10%程度の標準誤差である。

$$t/(1-\sqrt[3]{\alpha}) = t_0 + RD \quad \dots\dots\dots(1)$$

但し  $\alpha$ ; 時間  $t$  における未還元率,  $D$ ; 鉱石の粒度,  $t_0, R$ ; 鉱石の特性恒数,

$t_0$  と  $R$  とは鉱石の品種別に定まる恒数であつて,  $t_0$  はいずれの場合も 95 mn であつて,  $R$  は還元し易い鉱石では 2~3 mn/mm であり, 磁鉄鉱のように還元しにくい鉱石では 5~7 mn/mm である.

しかし, 実際の熔鉱炉のシャフト部では, この還元実験と温度も雰囲気も違つているからこのままの値を用いることはできないが, 一応シャフトでの還元速度は(1)式の値に比例するものと仮定してシャフトでの還元を考えてみる. シャフトの最下端での未還元率が  $\alpha$  で, シャフトを鉱石が通過する時間を  $t$  とすると, 上記の仮定を用いて (1) 式から (2) 式が得られる. 但し  $a$  は比例恒数である.

$$t/(1-\sqrt[3]{\alpha}) = a(t_0 + RD) = aT \quad \dots\dots\dots(2)$$

但し  $t_0 + RD$  を  $T$  とおく. 鉱石がシャフトを通過するに要する時間  $t$  は近似的に  $V/\text{Coke}$  に比例する. ここで  $V$  はシャフト部の内容積で  $\text{Coke}$  はコークス装入量である. 従つて,

$$\alpha = (1 - af V/T \text{Coke})^3 \quad \dots\dots\dots(3)$$

但し  $f$  は比例恒数である.

シャフト下端で未還元で残つている量は  $\alpha\tau$  ton/day (但し  $\tau$  は出鉄量 ton/day) で, 炉の下部でこれだけを還元しなければならない. 炉の下部では熔融状態で還元されるのであるから, ここでの還元速度はシャフトより下部の有効内容積  $H$  に比例するものと仮定できる. 故に  $\alpha\tau$  は  $H$  に比例しその比例恒数を  $l$  とすると次式のようなになる.

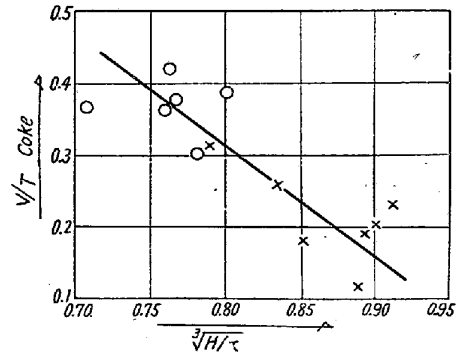
$$\sqrt[3]{lH/\tau} = 1 - afV/T \text{Coke} \quad \dots\dots\dots(4)$$

そこで八幡の 6 基の熔鉱炉の昭和 29 年度 1 年間の平均値と, 3 トン試験高炉で粒度試験を行つたときのデータとを用いて, (4) 式の  $\sqrt[3]{H/\tau}$  と  $V/T \text{Coke}$  の関係を図示すると Fig. 2 のようになり, 大体近似的に直線と見做すことができる. この図から, 最小自乗法によつて (4) 式の各恒数の値を決めると (5) 式のようなになる.

$$1 - 66.3 V/T \text{Coke} = \sqrt[3]{H/\tau} \quad \dots\dots\dots(5)$$

この式は大型炉小型炉の別なく, 使用鉱石の種類や粒度の如何にかかわらず成立するものである. この(5)式とコークス比の計算式(別報)とを用いて, 各粒度での出鉄能力を推定することができる.

以上で Fig. 1 に示したカーブ D G B C の形を定量的に求めることができ, 各熔鉱炉毎にこのカーブを計算す



x: 3 tons experimental blast furnace.  
O: Practical blast furnace in Yawata Iron and Steel Co.

Fig. 2. Examination of equation. (4)  
(Relation between  $V/T \text{Coke}$  and  $\sqrt[3]{H/\tau}$ )

V: Inner volume of shaft, in  $\text{m}^3$ .  
T: Time required for reduction of ore in experiments, in mn.  
Coke, Coke rate, in ton/day.  
 $\tau$ : Pig production rate, in ton/day.  
H: Effective inner volume of the furnace part under shaft, in  $\text{m}^3$

ることができる.

3 トン試験高炉で, ユタ鉱石並びにバンクーバー鉱石を用いて鉱石粒度の影響を実験しているが, その結果は(5)式から計算した結果と非常によく一致する. 但しその詳細についてはここでは省略する.

#### IV. 結 論

熔鉱炉の生産能力は, 鉱石の還元性, (粘度をも含めている), 送風抵抗, Flooding によつて制限を受けるが, その制限の受け方は Fig. 1 に示した通りである. ここでは還元性によつてどんな影響を受けるかと言う点だけについて研究した. シャフトでは物理的な機構で還元が進行し, シャフトより下部では化学的な機構によつて還元が進行するものとして (5) 式のような関係式を導いた. この (5) 式とコークス比の計算式(別報)とを用いることによつて熔鉱炉の生産能力が各鉱石粒度毎に計算することができる. しかもその計算結果は 3 トン試験炉での実験結果と非常によく合つていることを認めた. この概要では実用的な面については省略する.