

Fig. 3. Test results and operation data when ore fines was charged into blast furnace hearth (in case of the third test period).

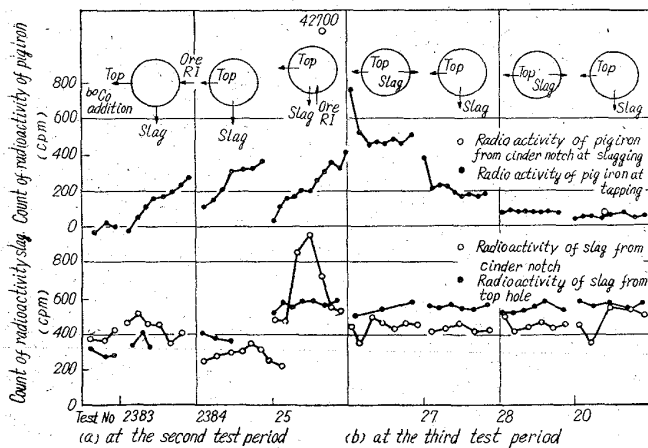


Fig. 4. Result of RI test.

含まれているため有無が判然としない程度である。  
 (2) 吹込直後の出滓羽口と吹込羽口が同一の場合、吹込直後の出滓において  $^{60}\text{Co}$  oxide が認められる場合がある。  
 (3) 出銑中の鉄鉄の放射能の推移はRI投入後第1回目の出銑中逐次増加し、第1回と第2回目にあられる放射能の量はほぼ等しい。  
 (4) 以上の結果は  $^{60}\text{Co}$  を羽口から炉芯にたたきこんだ場合と似ている。  
 これらのことから  $^{60}\text{Co}$  oxide の挙動は以下の如く推定できる。吹込んだ  $^{60}\text{Co}$  ガラスは炉内の一局所に付着する。  
 この付着した  $^{60}\text{Co}$  ガラスは数時間にわたって徐々に還元されて湯溜りの溶銑中に入る。湯溜りの湯動きはほとんどないから  $^{60}\text{Co}$  はよく混合されず、不均一な濃度のまま出銑される。FeOはCoOに比して酸素ポテンシャルは稍低いが  $^{60}\text{Co}$  tracerの結果と同様の挙動を

示すものと考えられる。

V. 結 言

当社東田第5高炉において鉄滓羽口から粉銑石を吹込み、高  $\text{TiO}_2$  操業試験を行ない、次の結果を得た。

(1)  $\text{TiO}_2$  装入量 5~20 kg/t-pig の範囲の高炉操業において発生する流銑は、鉄滓羽口から粉銑石を溶銑の約0.5%を炉床に吹精することによって防止することができた。

(2) 溶銑の約0.5%程度の粉銑吹精範囲の今回の試験では高炉操業成績の変化はほとんど認められなかった。

(3) 鉄滓羽口からランスを機械的に挿入することは比較的容易であり、鉄滓口から空気によって粉銑石を炉床に投入できるが、ランス径は可及的に大きい方が能率的であり、銑石粒度は小さい方が装置的に好適である。

(4) 銑石吹精は出銑直後がよく、鉄滓が貯溜している時期は多量の銑石を投入することは困難である。またランス中に銑石が流れている限り、ランス先端の軟化溶損は認められなかった。

文 献

- 1) 児玉惟孝, 重見彰利, 緒方年満: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 322~324

669, 162, 26, 662, 749, 2, 012, 23

(20) 実際の高炉操業データにおける 間接還元率とコークス比

(高炉内における鉄銑石の還元とコークス比—Ⅲ)

八幡製鉄所技術研究所

工博 児玉惟孝・○重見彰利・彼島秀雄

Indirect Reduction and Coke Ratio in Practical Blast Furnace Operation Data.

(Iron ore reduction in a blast furnace and coke ratio—Ⅲ)

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI and Hideo KANOSHIMA.

I. 緒 言

先の第1報で間接還元率とコークス比の関係に対する従来の説の盲点と錯覚を理論的に指摘した<sup>1)</sup>。次いで第2報では筆者らの理論において考慮されたカーボン・デポジション反応とソリューション・ロス反応が定量的にも無視出来ないことを明らかとした<sup>2)</sup>。今回の報告は、実際の高炉操業データが、従来の説と筆者の説に対して如何になつていのかを検討したものである。

II. 間接還元率とコークス比

間接還元率とコークス比の関係に対する各説は次のとおりである。

GRÜNER: コークス比を下げるためには、間接還元率

をますべきである。間接還元率が 100% の場合にコークス比が最も小さくなる。

M. A. PAVLOV, M. M. LEIBAVICH, A. N. RAMM:  
最適直接還元率が存在するが、現状の高炉は直接還元率が最適値よりも大きい。このためコークス比を下げるためには、間接還元率をますべきである。

筆者：コークス比と間接還元率の関係は一律に定まらない。従つて外観の間接還元率が同一でもコークス比は増減する。コークス比を下げるためには、羽口先で燃焼するカーボン量を下げよう直接努力すべきであり、これは、間接還元率とは、一律的な関係はなく、その他の因子についての対策を研究すべきである。銑鉄 t 当りの送風量が同じ場合についてだけ見れば、間接還元率が高い程コークス比は小さくなる。

以上の諸説に対して実際の高炉操作データは Fig. 1 のようになっている。Fig. 1 は、先の第 2 報、Table 3<sup>2)</sup> に示した実際の高炉操作データから、コークス比と間接還元率の関係を図示したものである。以下図中データの出所は同一である。

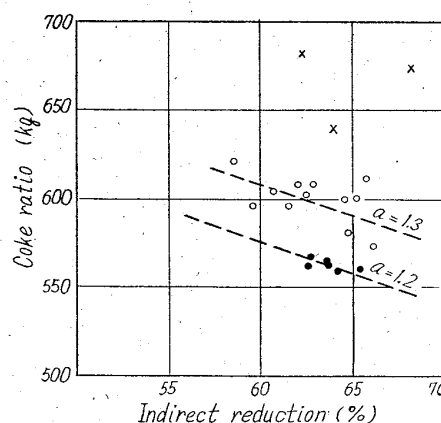
明らかにコークス比と間接還元率の関係は、一律に定まっていない。同一送風量の場合だけについて見ると、間接還元率が大きくなる程コークス比は小さくなっている。

またコークス比を低下させるためには、間接還元率にそれほどこだわるよりも、直接に羽口先で燃焼するコークスを下げるように努力すべきこと、また羽口先で燃焼するコークス量は間接還元率と一律的な関係がないことを良く示している。図中点線は先の第 1 報に示した筆者の理論式によつて求めたものである<sup>1)</sup>が、実際のデータと完全に一致している。

さらに八幡製鉄所の全高炉に対して、間接還元率とコークス比の相関々係を調べて Table 1 に示した。

明らかにコークス比の変化に対する間接還元率の寄与率は小さく、かつまた、その相関性はきわめて小さい。さらにその相関々係は、各高炉、各時期によつてまちまちである。このことは、筆者の理論と良く一致する。

### III. 炉頂ガス中の CO<sub>2</sub>/CO と間接還元率



Where ● Produced CO in front of tuyers 63Nm<sup>3</sup>/t pig  
○ " " 64-72/t pig  
× " " 72/t pig  
 $a = \frac{\text{Produced CO in front of tuyers per ton of pig}}{\text{Combined O}_2 \text{ in iron ore per ton of pig}}$

Fig. 1. Indirect reduction and coke ratio.

GRÜNER, M. A. PAVLOV: 間接還元率の上昇とともに炉頂ガス中の CO<sub>2</sub>/CO は増加する。

筆者：同一間接還元率でも炉頂ガス中の CO<sub>2</sub>/CO は変化する。銑鉄 t 当り羽口先燃焼コークス量が同一であれば、間接還元率の上昇とともに炉頂ガス中の CO<sub>2</sub>/CO は増加する。

これらの諸説に対して実際のデータは Fig. 2 のとおりである。ただし炉頂ガス中の CO<sub>2</sub> は石灰石より発生する CO<sub>2</sub> を差引いたものである。図中点線は先の第 1 報に示した筆者の理論式によつて求めたものである<sup>1)</sup>が、実際のデータとよく一致している。

### IV. 炉頂ガス中の CO<sub>2</sub>/CO とコークス比

GRÜNER, M. A. PAVLOV: 炉頂ガス中の CO<sub>2</sub> が増加すればそれに相当してコークス比が下がる。

筆者：コークス比の低下は前述のように羽口先燃焼コークス量の変化が主要因で、その結果としてコークス比の低下と CO<sub>2</sub>/CO の上昇に相関を生ずる。

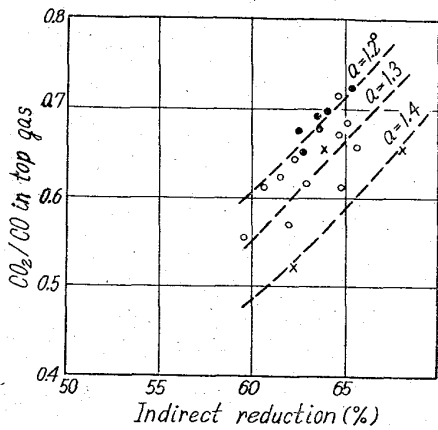
これらの諸説に対して実際のデータは Fig. 3 のよう

Table 1. Coke ratio and indirect reduction.

B. F.	Period	Regression curve	Significance of regression	Coefficient of correlation
Higasida No.3 B. F.	S 32~37	CR = 4.431R + 354.8	0.054	0.232 <sup>ⓐ</sup>
" No.4	" "	CR = -2.666R + 836.9	0.019	-0.139
" No.5	S 30~37	CR = -0.219R + 777.8	0.010	0.102
" No.6	" "	CR = 0.325R + 453.9	0.051	0.226
" "	S 32~33	CR = 1.148R + 603.2	0.172	0.414 <sup>ⓐ</sup>
" "	S 34~35	CR = 10.462R + 7.431	0.037	0.192
" "	S 36~37	CR = -2.718R + 779.9	0.143	-0.378 <sup>ⓐ</sup>
Kukioka No.1 B. F.	S 33~37	CR = 0.880R + 590.3	0.018	0.134
" No.2	S 35~36	CR = 0.771R + 531.6	0.011	0.106
" No.3	S 33~37	CR = 5.005R + 265.7	0.007	0.086
" No.4	" "	CR = -0.047R + 620.5	0.000	-0.003
Tobata No.1	S 34~37	CR = -0.835R + 631.9	0.089	-0.298
" "	S 34~35	CR = 1.557R + 496.9	0.019	0.138
" "	S 36~37	CR = -3.150R + 762.1	0.180	-0.424 <sup>ⓐ</sup>
Tobata No.1 No.2	S 35~37	CR = -2163R + 707.9	0.123	-0.351 <sup>ⓐ</sup>

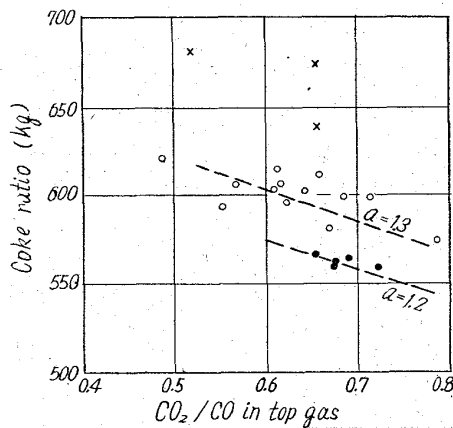
Where a datum is meanvalue of a month

CR: Coke ratio R: Indirect reduction <sup>ⓐ</sup>: Level of significance is 10%



Where ● Produced CO in front of tuyers 63Nm<sup>3</sup>/t pig >  
 ○ " " 64-72/t pig  
 × " " 72/t pig <  
 $a = \frac{\text{Produced CO in front of tuyers per ton of pig}}{\text{Combined O}_2 \text{ in iron ore per ton of pig}}$

Fig. 2. Indirect reduction and CO<sub>2</sub>/CO in top gas.



Where ● Produced CO in front of tuyers 63Nm<sup>3</sup>/t pig >  
 ○ " " 64-72/t pig  
 × " " 72/t pig <  
 $a = \frac{\text{Produced CO in front of tuyers per ton of pig}}{\text{Combined O}_2 \text{ in iron ore per ton of pig}}$

Fig. 3. CO<sub>2</sub>/CO in top gas and coke ratio.

になつた。ただし炉頂ガス中の CO<sub>2</sub> は石灰石より発生する CO<sub>2</sub> を差引いた値である。図中点線は先の第1報に示した筆者の理論式によつて計算したものであるが、実際のデータとよく一致している。

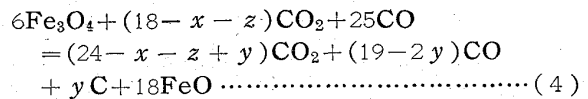
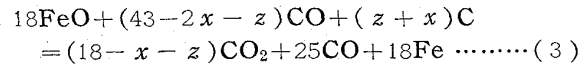
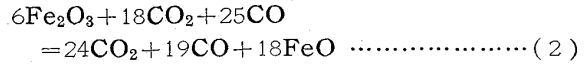
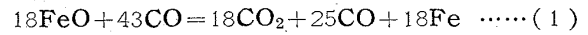
V. 補 足

一般にカーボン・ソリュージョン反応は間接還元と組合せて直接還元と見做しカーボン・デポジション反応は、直接還元と組合せて間接還元と見做されている。このことはカーボン・バランスあるいはサーマルバランスなどを考慮する場合、特別なケースを除き正しい。

しかしながら高炉の間接還元率とコークス比の関係を炉内反応面より論ずる場合、カーボン・ソリュージョンやカーボン・デポジションはそれぞれ独立させて考慮しなければならないことを先の第1報で述べた。しかしその後もなお、この点に関する従来同様の誤りを良く見るので、最後にこの点を証明して以上3報にわたつて述べ

た高炉内における鉄鉱石の還元とコークス比の関係に関する報告を終ることとする。

M. A. PAVLOV の述べた理論的な限界還元方程式 (1), (2) にカーボン・ソリュージョン ( $x$ ), カーボン・デポジション ( $y$ ) および実質的直接還元 ( $z$ ) を考慮すると方程式 (3), (4) を得る。



(3), (4)式から Fe 18 分子を生成するために必要なカーボン量 (CR') は (5) 式のようになる。

$$\text{CR}' = 43 - 2x - z + z + x - y = 43 - x - y \dots\dots (5)$$

今外観的間接還元率が一定、あるいは、カーボン・デポジションとソリュージョンロスとの差が一定のときは、 $x - y = k$  (一定) となり (5) 式は (6) 式のようになる。

$$\text{CR}' = 43 + k - 2x \dots\dots (6)$$

すなわち  $k$  が一定の場合でもコークス消費量は、ソリュージョンロスあるいはカーボン・デポジションが変化する。

VI. 結 言

第1報においてコークス比と間接還元率に対する従来の説の誤りを理論的に指摘した。

第2報で筆者の理論において考慮したカーボン・デポジション反応、およびソリュージョン・ロス反応が、実際の高炉内で定量的にも無視出来ないことを明らかにした。

今回の第3報では従来の説および筆者の説に対して、実際のデータは如何になつているかを検討した。その結果実際のデータは筆者の説に最も良く一致した。

最後に外観的間接還元率が一定の場合、あるいは、カーボン・ソリュージョンとカーボン・デポジションの差が一定の場合でもコークス消費量は一律に定まらないことを証明した。

文 献

- 1) 児玉, 重見: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1217~1219
- 2) 児玉, 重見, 東: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 309~312