

高炉のオールコークス操業

All-Coke Operation of Blast Furnace

早瀬 鉦一*

Kouichi Hayase

高橋 洋光**

Hiromitsu Takahashi

Synopsis:

To realize cost reduction against the increase in oil prices, all-coke operation started for all blast furnaces in Chiba and Mizushima Works from the end of 1979 until Jan, 1981. Some troubles with furnace operation such as an increase in slips were overcome by burden distribution control, lowering of blast temperature and increase in blast moisture. Chiba No. 6 Blast furnace achieved a low fuel rate of 450.3 kg/t by all-coke operation.

1. 緒言

近年の石油価格の高騰に対処し、コスト削減を実現するため、当社では日本の製鉄他社にさきがけ、全高炉で重油吹込を停止し、オールコークス操業に移行した。

以下、オールコークス操業化への背景とその技術を簡単に紹介する。

2. オールコークス操業化の背景

1960年頃より、経済性および生産性の両面において、高炉へ重油を吹込む有利性が認められ、日本のほとんどの高炉で重油吹込操業が行われてきた。しかし、近年の石油価格の高騰と減産基調の操業により、高炉に重油を吹込む意義が失われてきたため、重油を吹込まないオールコークス操業を行うようになった。

当社では1979年末よりオールコークス操業を試み、1981年1月には日本の製鉄他社にさきがけ、千葉、水島両製鉄所の全高炉をオールコークス操業とした。Table 1 は当社の各高炉のオールコークス操業への移行時期を示している。

1962年当時の価格は、コークスが約9000円/t、一方高硫黄C重油は約7000円/tであり、重油を

1トン吹込めばコークスを約1.2～1.5トン節減できるという置換率の効果と相俟って、大幅な銑鉄コストの削減が実現できた。しかも、重油吹込に伴う燃料比（コークス比＋重油比）の低下により、高生産率も期待でき、1972年には、Fig. 1 のごと

Table 1 Starting year of all-coke operation

Works	BF	Starting year
Chiba	No. 2	Nov. 1979
	No. 3	Mar. 1980
	No. 5	Dec. 1980
	No. 6	Dec. 1980
Mizushima	No. 1	Jan. 1980
	No. 2	Jul. 1980
	No. 3	Sept. 1980

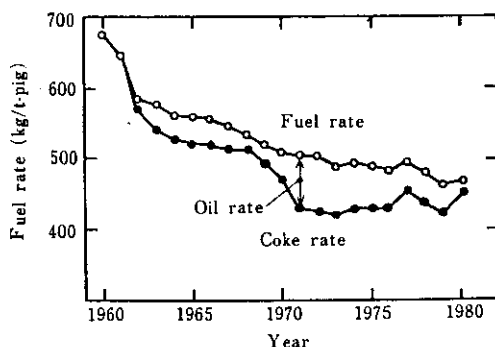


Fig. 1 Change of fuel rate of all blast furnaces in Kawasaki Steel corp

* 千葉製鉄所製鉄部製鉄技術室主任（課長）
〔昭和56年9月1日原稿受付〕

** 東京本社製鉄技術本部主任（課長）

く、当社全高炉平均重油比が78kg/t-pig にまで達した。

しかし、1973年の石油危機以後、Fig. 2に示すごとく、重油の価格は原料炭のそれに比べ、著るしく上昇した。最近では、コークスの価格が20 000～25 000円/tに対し、C重油の価格は約60 000円/tに達し、置換率の効果を考慮しても重油吹込のメリットはなくなった。今回のオールコークス化によって、年間100億円以上の損失を回避することができた。

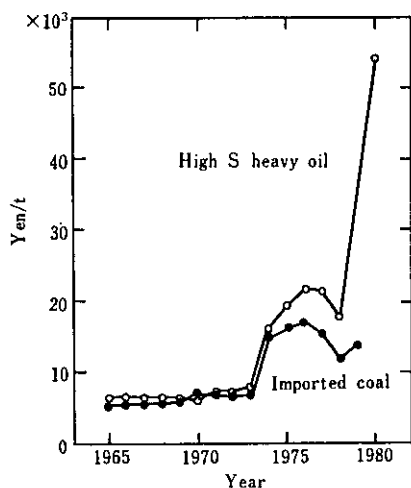


Fig. 2 Change of price of high sulphur heavy oil and imported coking coal

なお、当社ではタール (Tar) は全量蒸溜し、バインダーピッチ (Binder pitch)、タール油、ナフタリン (Naphthalene) 等を回収しているので、高炉への吹込は行っていない。又、COM (Coal oil mixture)、微粉炭等の他の吹込剤については、吹込技術および経済性の両面で検討しているが、現時点ではメリットはないと判断している。

3. オールコークス操業上の技術的問題点と対策

高炉への重油吹込停止に際し生じた操業上の問題点で、最も一般的な現象は、装入物降下の不安定化によるスリップの増加であった (Fig. 3 参照)。しかし、装入物分布制御による炉壁不活性帯 (又は付着物) の抑制、重油中水素の代替としての送

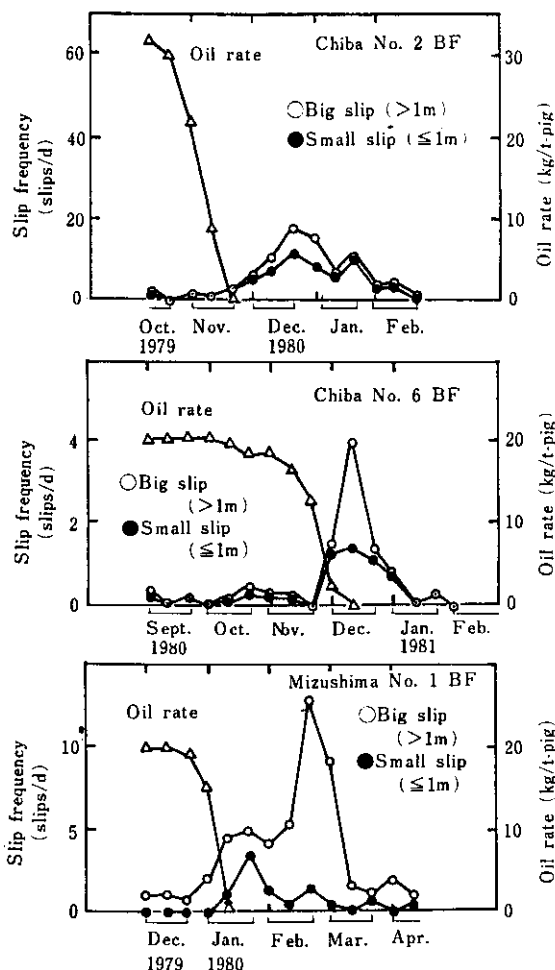


Fig. 3 Increase of slips by the reduction of oil rate

風湿分の増加、適正な羽口先理論燃焼温度の維持により、安定操業を確保できた。

(1) 装入物分布制御

Fig. 4, Fig. 5 は千葉第2高炉および水島第1高炉において、オールコークス化に際し、炉壁部のガス流が減少し、シャフト下部炉壁部に不活性帯 (又は付着物) が生成したことが、装入物降下の不安定さの原因となったことを示している。共に、ベルレス (Bell-less) 装入装置又はムーバブルアーマー (Movable armour) の調節により装入物分布を制御し、炉内ガスの適正炉壁流を維持することにより安定操業を得た。

(2) 送風湿分と送風温度の最適化

Fig. 6 は、当社各高炉のオールコークス化前後の送風温度と送風湿分の変化を示している。上述

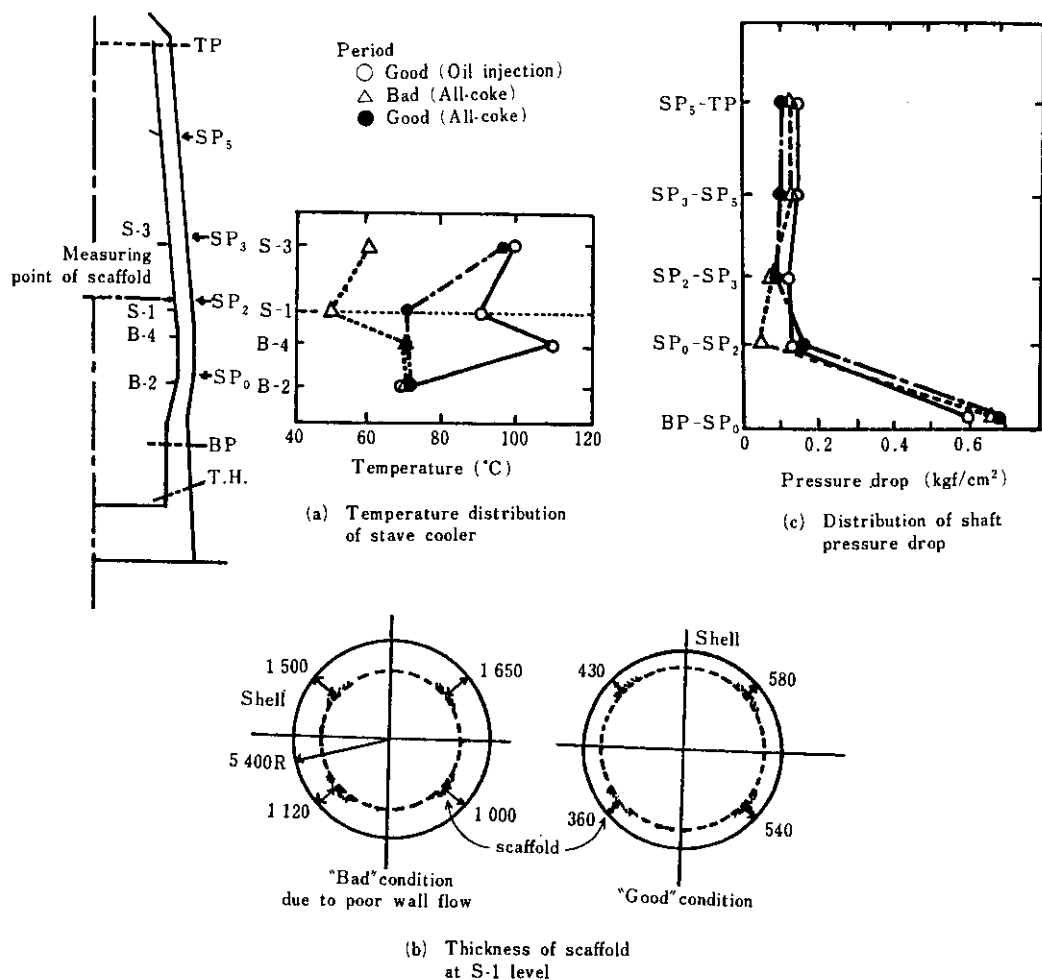


Fig. 4 Influence of gas distribution on furnace condition in Chiba No.2 BF

の装入物分布制御のみでは、完全な安定炉況が得られないことがあり、一般的には送風温度を低下させ、送風湿分を上昇させている。

高炉吹込C重油は約12%の水素を含有するので、20kg/tの重油吹込を停止すれば、羽口からの水素量が2.4kg/t減少する。H₂ガスはCOガスに比し、還元速度が速い、粘性が低い、熱伝導率が高い、等の特徴を有し、高炉内の還元反応に重要な役割を果している。Fig. 7, Fig. 8は羽口からの水素量が減ると水素還元率が減少し、直接還元率が増加することを千葉第6高炉の例により示している。

又、H₂ガスは装入物の荷重軟化特性に対しても

影響を与える。Fig. 9によれば、COガスにH₂ガスを添加することにより、還元速度が速くなり、耐軟化性が向上し、圧損が減少するため、炉況が改善されることを示唆している。送風湿分の上昇は、オールコークス化による羽口からの水素量の減少を補償する意味がある。

Fig. 10は、羽口先理論燃焼温度(TFT)が過度に高いとスリップ指数が増加することを、千葉第2高炉の例により示している。他の送風条件を一定として、20kg/tの重油吹込を停止すると、単位送風量当りの羽口先生成ガス量の減少および重油の分解による吸熱反応の減少により、TFTは約106°C上昇する。送風温度の低下と送風湿分の

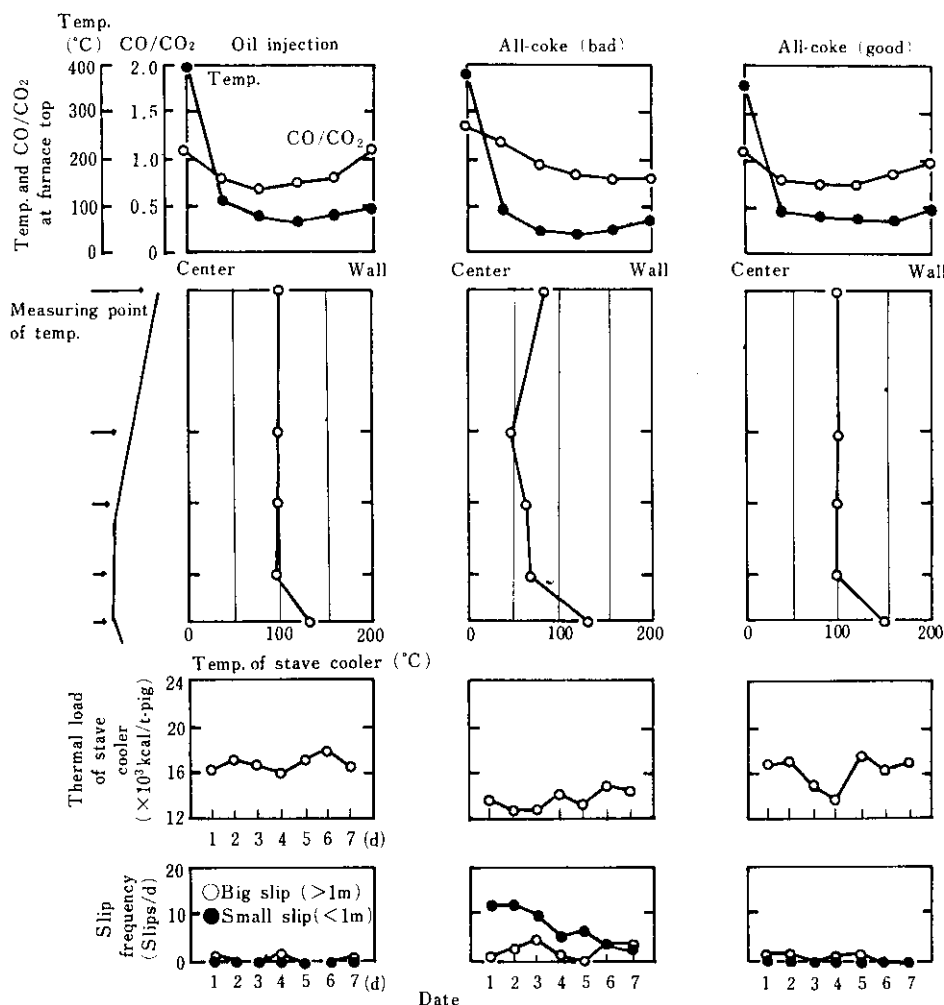


Fig. 5 Influence of gas distribution on slip frequency in Mizushima No.1 BF

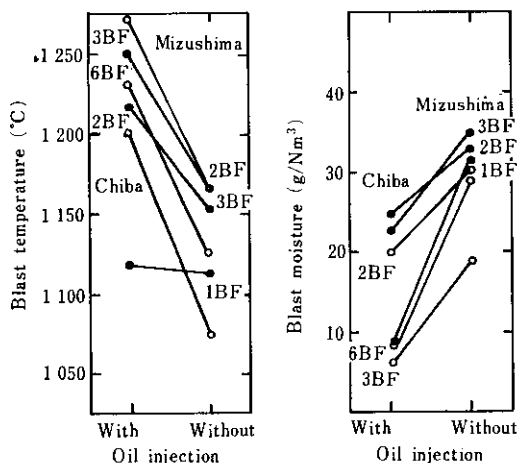


Fig. 6 Change of blast temperature and blast moisture by stop of oil injection

上昇により、TFTの上昇は抑えられる。しかし、送風湿分の上昇は、TFTと水素量の両方に影響を与えるため、その効果を定量的に分離することは現在のところ困難である。

4. オールコークスでの低燃料比操業

千葉第6高炉(炉床径14.1m, 内容積4500m³)では、1980年12月オールコークス操業になって以来、装入物分布制御による高ガス利用率操業を維持するとともに、安定炉況の限界内で、高送風温度、低送風湿分による低燃料比を指向した。その結果1981年3、4、5月に連続して、日本におけるオールコークスでの低燃料比の記録を更新した

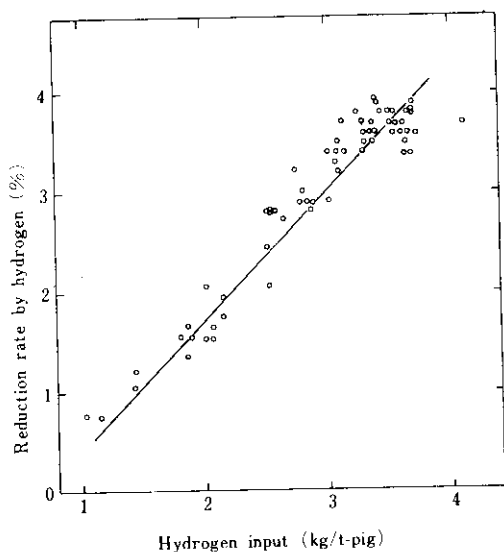


Fig. 7 Relation between reduction rate of iron oxide by hydrogen and hydrogen input in Chiba No.6 BF

Fig. 11 に操業推移を示す。5月の月間平均燃料比は450.3kg/tであった。

オールコークス操業化により、高炉は20年前の操業に戻ったことにもなる。しかし、この間、出銑比、燃料比等の他の操業条件は大きな進歩と変化をとげてきたので、同じオールコークス操業でも新たな技術的対処を必要とした。

エネルギー環境は今後も変化する可能性が大きく、燃料の種類と組合せのみならず、高炉操業法の面でも、経済性を考慮した技術的対応を柔軟にとっていく必要がある。

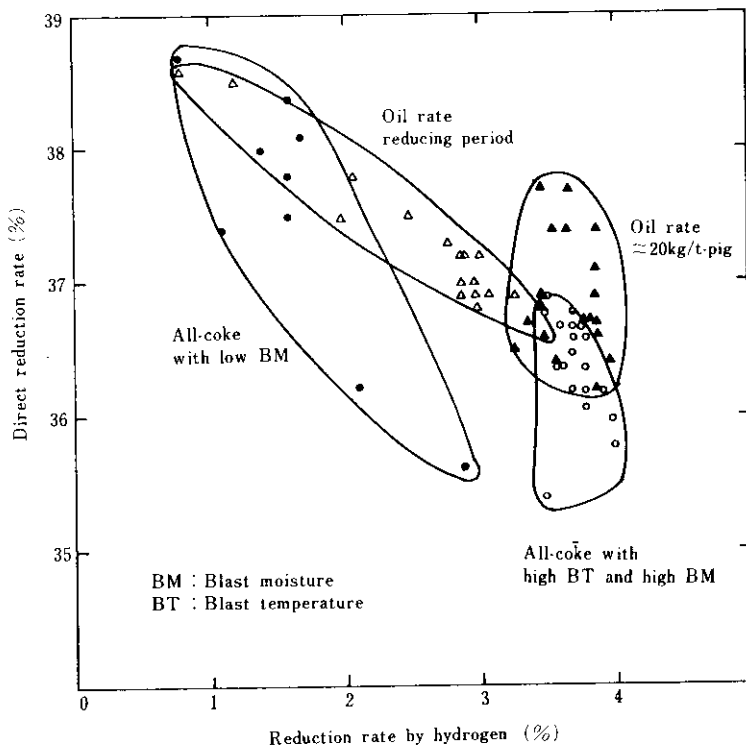


Fig. 8 Relation between direct reduction rate and reduction rate of iron oxide by hydrogen in Chiba No.6 BF

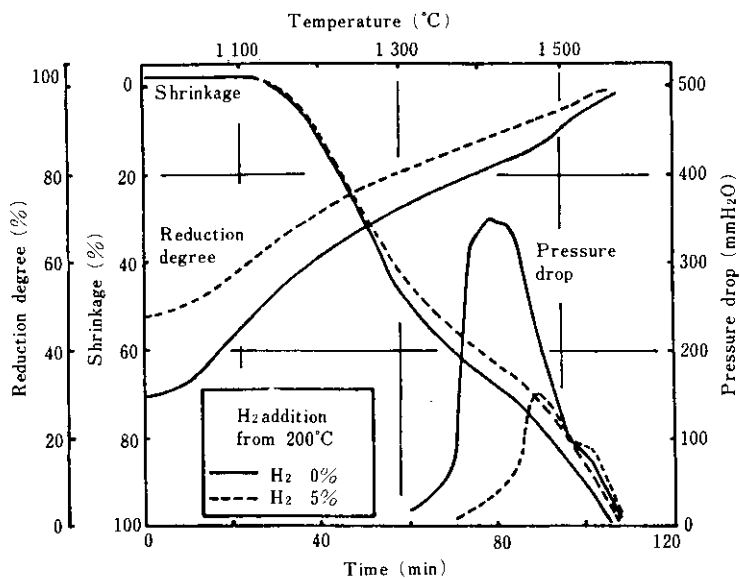


Fig. 9 Effect of H_2 gas addition on high temperature properties of sinter

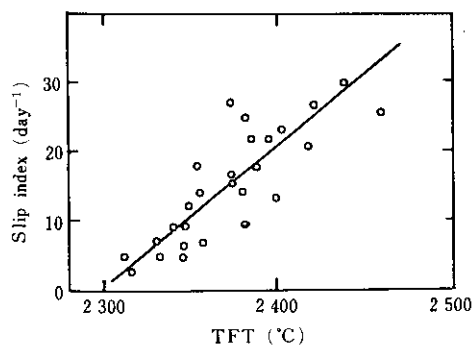


Fig. 10 Effect of TFT on slip index (big $\times$ 2+small $\times$ 1) in Chiba No. 2 BF

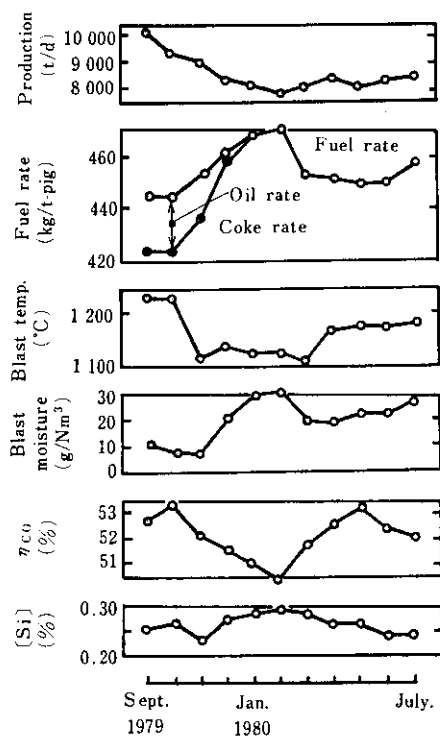


Fig. 11 Operating results of Chiba No. 6 BF