

UDC 669.162.26 : 669.162.251.244 : 662.614 : 66.012.23 : 669.162.012.24

論 文

高炉の低燃料比操業について*

研野 雄二***・楯岡 正毅**・須賀田正泰**
 山口 一成**・久米 正一**・山口 一良**
 安倍 勲***

Operation of Blast Furnace at the Condition of Low Fuel Rate

Yuji TOGINO, Masatake TATEOKA, Masayasu SUGATA,
 Kazusige YAMAGUCHI, Shoichi KUME, Kazuyoshi YAMAGUCHI,
 and Isao ABE

Synopsis:

At No. 3 blast furnace of Kimitsu Works, a test operation was planned to foresee the lower limit of fuel rate (the target was 430 kg/t-Pig) mainly by controlling the softening-melting zone in the furnace. As a result of the operation, the new record of fuel rate 431 kg/t-Pig was attained in March, 1975.

Based on the result of the test operation, the technique to lower fuel rate was investigated and the lower limit of fuel rate to be attained in next 10 years (about 400 kg/t-Pig) was estimated by use of mathematical model. The technique for attaining this fuel rate is mainly in the improvement of raw material properties.

1. 緒 言

高炉燃料比は年々めざましい低減の成果をあげ、日本鉄鋼業の国際競争力の維持に大きな役割を果たしてきたが、昭和48年末の石油価格高騰後の省エネルギーの要請の強まりは、高炉燃料比低減への努力をさらに高めるものとなった。

君津3高炉は原料、設備、作業、操業の技術の相乗効果としてすぐれた操業成績を残してきたが、高炉解体調査の結果、炉内現象の理解が深まるとともにその解析を進め、とくに軟化融着帯の存在形態が高炉の操業成績に大きな影響を与えるものとして、これを制御するために数多くの試みをムーバブルアーマー（以下MAと略す）の利用を主体に行ってきた¹⁾。それらの結果を集約する形として、君津3高炉において低燃料比試験操業計画（目標430 kg/t-Pig）を立案し、昭和50年3月に月間平均燃料比431 kg/t-Pigの新記録を達成すると同時に、低燃料比操業についてのいくつかの知見を得ることができた。

本報文においては、低燃料比操業へのアプローチと操業実績を示すとともに、今後の燃料比低減の技術的手段

についても検討し、実際に今後10年間程度で達成すべき燃料比のレベルについて試算した。

2. 燃料比低減対策の検討

2.1 従来から実施されている燃料比低減対策

燃料比を低減させるために従来から実施されている対策としては、入熱量の増加、所要熱量の減少、損失熱の減少に関する種々のものがあるが、昭和49年10月の君津3高炉実績値（Table 1参照）をベースにして、従来の対策の限界と燃料比に及ぼす効果について検討した。項目ごとに個条書きすると次のようになる。

送風温度：+10°C（燃料比-0.8 kg/t-Pig）

送風湿度：-1.0 g/Nm³-Blast（-0.8 kg/t-Pig）

コークス灰分：-1.0%（-10.0 kg/t-Pig）

焼結鉱平均粒度：-1.0 mm（-1.0 kg/t-Pig）

焼結鉱中 FeO 含有量：-1.0%（-4.4 kg/t-Pig）

また、羽口に耐火断熱リングを挿入することにより約25°Cの送風温度低下を防止できる（-2.0 kg/t-Pig）。このほかの項目については、スラグ量は減少できず、重油比、炉頂圧力、塊成鉱比はほぼ最大値を維持しており、石灰石は使用していない（還元鉄は低減対策からは除い

* 昭和53年4月本会講演大会にて発表 昭和53年6月12日受付 (Received June 12, 1978)

** 新日本製鉄(株)君津製鉄所 (Kimitsu Works, Nippon Steel Corp., 1 Kimitsu Kimitsu 299-11)

*** 新日本製鉄(株)本社 (Nippon Steel Corp.)

て考える)。また溶銑中 Si 含有量は、高炉の熱レベルを維持するためには現状では低下できず、溶銑中 Mn 含有量の低下は効果が小さい。

以上の対策を可能な範囲に実施した場合の効果を単純に合計すると燃料比低減量は 20kg/t-Pig となり、昭和 49 年 10 月の君津 3 高炉実績値を基準にすると、燃料比は 435kg/t-Pig であり、さらに低減をはかるためには上述以外の対策、すなわち、ガス利用率 (以下 η_{CO} と略す) の向上、炉体放散熱低減が必要となる。

2.2 軟化融着帯制御をベースとした燃料比低減対策

解体高炉の炉内調査結果によつて、軟化融着帯が高炉操業を支配する重要なポイントであることが判明した。そこで燃料比を低減させるための軟化融着帯の制御方法について、数学モデルを用いて検討した。

2.2.1 軟化融着帯形状とガス流れ

軟化融着帯形状の高炉操業に与える影響を検討するために、軟化融着帯形状が設定されたとき、各コークスリットのガス流分配割合と塊状帯炉壁部のガス圧力分布を推定するモデルを開発し報告した⁶⁾。この前報によれば、高炉の燃料比低減対策としての軟化融着帯形状は、内側が炉中心側に近い形状を指向すべきであると考えられ、その理由として次の 3 項目が挙げられる。

① 圧力損失は増加するが、融着帯頂層変動に対してガス流があまり変わらない (安定性)。

② 外側形状が炉中心側にあるため、炉上部では塊状帯が広く η_{CO} が高くなると考えられる (被還元性)。

③ 内側形状が炉中心側にあるため、炉下部で炉内ガスが中心部を流れ、炉下部の炉体からの放散熱が低減すると考えられる (熱効率)。

2.2.2 軟化融着帯位置の検討

軟化融着帯位置の高炉操業に与える影響を検討するために、高炉を円筒とみなし半径方向に分布のない均一系としたとき、高炉の炉内温度分布を推定する化学工学的モデル (熱収支、物質収支に還元反応速度、伝熱速度を考慮した別のモデル) を開発した⁷⁾。次に昭和 49 年 10 月の君津 3 高炉の実績値をベースにこのモデルを適用した結果を示す。

Fig. 1 に鉱石の溶け落ち温度を変えたときの、融着開始、滴下開始位置、羽口レベルの溶銑滓温度、溶銑中 Si 含有量の変化を示す。溶け落ち温度が高くなるにつれ、融着滴下開始位置は低下し、羽口レベルの溶銑温度が高くなり、溶銑中 Si 含有量の低下することがわかる。したがって高炉の熱レベルを溶銑温度とした場合、溶け落ち温度が高くなると、溶銑温度を一定とするために鉱石とコークスの装入割合 (以下 O/C と略す) を上

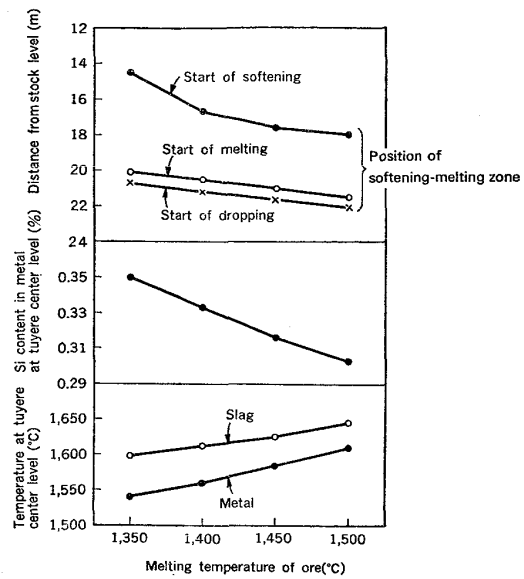


Fig. 1. Effect of melting temperature of ore on Si content in metal and temperature of melt at tuyere center level.

昇させ、溶銑中 Si 含有量の低下と合わせて燃料比低減が期待できる。また、融着開始位置の低下そのものが塊状帯を広げることになり、 η_{CO} 向上による燃料比低減も期待できる。

2.2.3 炉下部円周バランス制御

軟化融着帯の位置が低下してくると、羽口レベルにおける融着帯根部の溶解能力の面から制約が出てくる。このとき、炉下部融着帯形状が均一化されていること、すなわち円周バランスがとれていることが、位置の低下をより極限に近づけるための前提条件となる。円周バランス制御としては羽口ごとのコークス消費量を均一化させる方法が挙げられ、その方法として羽口ごとの送風量、酸素量、送風湿度、重油量などの調整が考えられるが、実際上設備的に重油量の調節による制御が最も容易である。Fig. 2 に羽口重油量変化に伴うコークス消費量の変化の試算結果を示すが、羽口重油量 ± 200 l/h・本により $\pm 7\%$ のコークス消費量調節効果のあることがわかる。

以上述べたような軟化融着帯制御を実施することにより、 η_{CO} の向上、炉体放散熱低減が期待でき、燃料比 430kg/t-Pig が達成可能と判断した。

3. 低燃料比試験操業計画

前節で述べた軟化融着帯制御を実行に移すため低燃料比試験操業の計画を立案した。計画概要を以下に示す。

3.1 MAの使用計画

軟化融着帯形状を制御する場合に、最も効果的な手段は半径方向の O/C 分布を調整可能な MA の使用であ

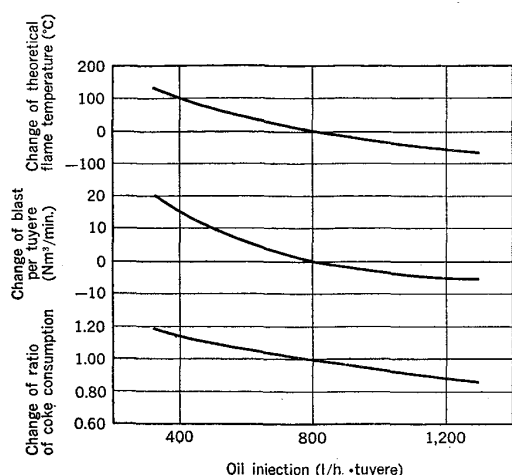


Fig. 2. Effect of oil injection on coke consumption of each tuyere.

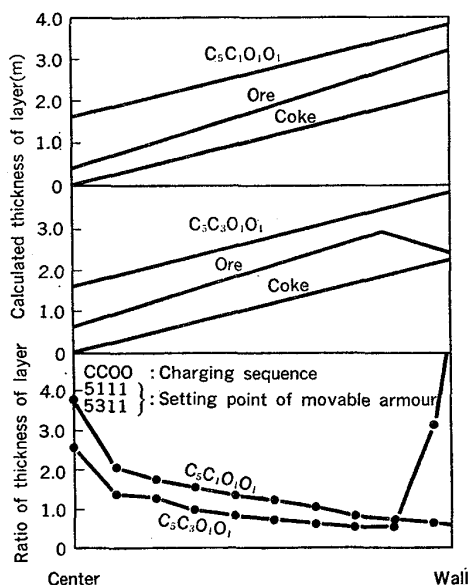


Fig. 3. Calculated thickness ratio of coke and tition ore layer.

る。前述した軟化融着帯形状を指向するためには、炉周辺部の O/C をある程度高く保ち、かつ炉中心と炉壁の間の中間部の O/C を高くしていく必要がある。CCOO の4バッチで1チャージを構成する装入スケジュールにおいて、MA の位置(ノッチと称する)をバッチごとに調整する使用方法¹⁾のノッチによる変化の推定計算結果を Fig. 3 に示す。計算には田阪ら²⁾の装入物落下軌跡の式をもとにした。

Fig. 3 より、炉周辺部の O/C をある程度高く保つためにはノッチ構成を 5111 よりも 5311 とすることが必要であり、さらに炉中間部の O/C を高くするためには多少、炉周辺部を犠牲にしても2バッチ目のコークスノッチを若干小さくする(例えば 5 2.5 11 など)必要が

ある。この観点から事前に操業試験を実施し、ノッチ構成は 5311 をベースに2バッチ目のコークスノッチを調整することにした。

3.2 焼結鉱性状および配合割合

装入鉱石の溶け落ち温度を高める方法として、焼結鉱については西田ら³⁾の実験結果より塩基度 (CaO/SiO₂) を 1.5~1.8 に保つ必要がある。また焼結鉱配合割合については、酸性ペレットを対象とする場合、斧⁴⁾の実験結果および操業試験結果 (CaO/SiO₂=1.5~1.6 の焼結鉱とマルコナペレットを用いた) より、焼結鉱配合割合の高いほうが装入鉱石の溶け落ち温度が高くなる。

以上の検討をもとに、焼結鉱の塩基度を 1.6、焼結鉱配合割合は 95% で計画した。またこのほかに、焼結鉱性状として焼結鉱の常温強度を保つ範囲で FeO 含有量を低下させる(目標 6%) ことを試験操業中に実施する計画とし、高炉の通気性を阻害しない範囲で焼結鉱の平均粒度を低下させる操業試験を事前に実施し、18mm 程度を目標とした。

3.3 炉下部円周バランス制御

羽口ごとの重油量を調節しコークス消費速度の円周方向均一化をはかることにより、4本の出銃口から流出する溶銑中 Si 含有量、溶銑温度のばらつきを減少させる円周バランス制御法の効果を、事前に操業試験を行って把握した。

事前操業試験は2段階に分け、第1ステップでは羽口支管風量のばらつきによる円周バランス崩れを矯正するために、風量の多い羽口の重油量を増加させコークス消費速度を均一化する方法を、第2ステップでは円周方向の O/C 分布のばらつきによる円周バランス崩れを矯正するために、第1ステップを実施した状態で、さらに未還元鉱石の羽口への落下(生鉱落ちと称する)の状況を監視しながら重油量を調整する方法を実施した。結果を Fig. 4 に示すが、第2ステップまで実施することにより、4本の出銃口間の溶銑中 Si 含有量、溶銑温度のばらつきが減少し効果が確認できた。

なお実施に当たっては、羽口ごとの理論燃焼温度の大幅な変化を避けるため、重油量は ±200 l/h・本の調節範囲にとどめることにした。

3.4 操業条件の整備および操業管理基準の設定

軟化融着帯制御による燃料比低減をささえるベース操業条件の整備として、従来から実施されている燃料比低減対策の完全実施のほかに、羽口レベルで発生するガス量(以下ボッシュガス量と称する)と溶銑トン当たり所要熱量の関係の解析結果から、所要熱量が極小となるレベルとしてボッシュガス量を 8700N m³/min. に設定し

Test period	R of Si content in pig iron (%)	R of pig temperature (°C)
Base period (30, Nov. ~3, Dec. 1974)	0.088	24.5
Period of 1st step (5~9, Dec. 1974)	0.070	11.6
Period of 2nd step (11~15, Dec. 1974)	0.075	6.0

(R means range (max.-min.) of each tap hole.)

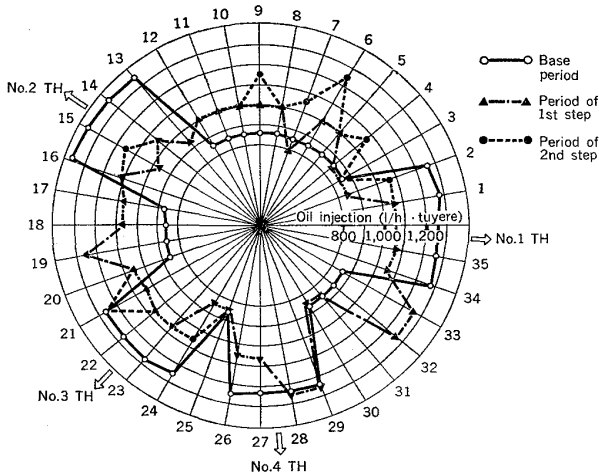


Fig. 4. Circumferential epualization of Si content in metal and temperature of melt by controlling oil injection of each tuyere (Results of preliminary test)

た。また、羽口への耐火断熱リング挿入の効果は、事前に操業試験を実施し、羽口冷却水の給排水温度差が 5.1 °C 減少し、送風温度換算で 24.1 °C 上昇を確認した。

次に、低燃料比試験操業を実施するための操業管理基準を以下のように設定した。

- ① コークスの常温強度 : $DI_{150}^{150} > 81.5\%$
- ② 焼結鉱の常温強度 : $SI > 88\%$

③ 高炉の熱レベル : 溶銑中 Si 含有量は、コークス灰分によつて同一溶銑温度でも異なるため、試験期間中のコークス灰分に合わせて 0.3~0.35% (ただし溶銑温度 1 500~1 520 °C) に設定した。

④ 限界炉頂ガス温度 : 前述した化学工学的モデル⁷⁾により限界炉頂ガス温度を計算し、炉頂ガス温度が限界より低下した場合は送風量と酸素量を置換してボッシュガス量を増加させるアクションを行う。

⑤ 根部溶解能力 : $BG^{0.7} \times Tf = \text{一定}$ の関係を保つように操業条件を調整する (BG : 溶銑 t 当たりボッシュガス量, Tf : 羽口前理論燃焼温度)。

Fig. 5 に主要全国高炉の BG と Tf の関係を示す。ガスから炉壁への熱伝達係数を求める葛岡の式⁵⁾

$$H_w = 0.62(\lambda_g/D) \cdot (D \cdot G/\mu)^{0.7} \cdot (C_p \cdot \mu/\lambda_g)^{1/3}$$

ただし H_w : ガスから炉壁への熱伝達係数 (kcal/m²·h·°C)

D : 反応管径 (m)

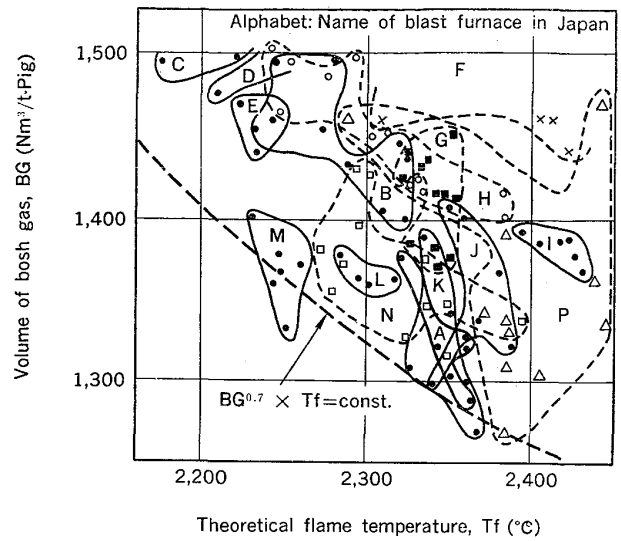


Fig. 5. Relation between theoretical flame temperature and volume of bosh gas (actual data in operation).

- λ_g : ガス熱伝導率 (kcal/m·h·°C)
- G : ガスの質量速度 (kg/m²·h)
- μ : ガスの粘度 (kg/m·h)
- C_p : ガスの比熱 (kcal/kg·°C)

を用いると、ガスから根部への伝熱量は根部単位面積当たり $H_w \cdot (Tf - T_R)$ (T_R は根部温度) となり、 $T_R = \text{一定}$ とすると $H_w \cdot Tf$ に比例する。よつて羽口レベルにおける根部溶解能力を $BG^{0.7} \cdot Tf$ で代用することができ Fig. 5 の下限ラインは $BG^{0.7} \cdot Tf = \text{一定}$ の線に一致することから、低ボッシュガス量のときは、ガスから根部への伝熱律速で操業が行われていると解釈できる。

⑥ 羽口前理論燃焼温度 : $Tf > 2 300^\circ\text{C}$ (君津 3 高炉の実績)

なお、これら操業管理基準設定と併行して設備面できくに高炉検出端の総点検整備を実施して管理の徹底をはかり、事故体風による燃料比上昇防止につとめた。

4. 低燃料比試験操業結果

試験操業計画にしたがつて操業を実施し、昭和 50 年 3 月に月間平均燃料比として 431kg/t-Pig を達成した。Table 1 に操業成績を示す。

4.1 操業経過の概要

Fig. 6 に昭和 49 年 10 月から 50 年 3 月までの月別操業成績の推移を示す。これにもとづいて 50 年 3 月に至るまでの操業経過につき以下に述べる。

まず MA の使用については、計画どおり 5311 のノッチ構成を基本とし、5 2.5 11 を併用しながら操業を行った。炉頂圧力は設備能力最大の 2.3kg/cm² を使用

Table 1. Operating results of base period, of test period and at boundary condition.

Item	Unit	Actual results Oct. 1974	Actual results Mar. 1975	Effect of factor on fuel rate***	Estimated results at boundary condition
Production	t/day	10 091	9 533		11 731
Coke rate	kg/t-pig	379.4	364.7		326.0
Oil rate	"	75.3	65.8	+1.9	70.5
Fuel rate	"	454.7	430.5	** -24.2	396.5
O/C	—	4.297	4.474		4.754
Blast volume	Nm ³ /min	6 713	6 374		7 038
Oxygen enrichment	Nm ³ /h	12 735	5 476		3 000
Blast temperature	°C	1 275	1 316	-3.3	* 1 350
Blast humidity	g/Nm ³ -Blast	10.7	7.1	-2.9	* 0.0
Top gas pressure	g/cm ²	2 282	2 279	—	2 282
Slag volume	kg/t-pig	321	323	+0.5	219
Pig temperature	°C	1 514	1 508		1 514
Si content in pig iron	%	0.35	0.30	-3.5	0.28
Top gas temperature	°C	124	107		130
CO gas utilization	%	49.8	51.9	-12.6	58.8
Coke ash content	"	11.7	12.0	+3.0	* 10.0
Ratio of sinter in burden	"	92.3	92.5	—	—
Ratio of pellet in burden	"	7.7	7.5	—	—
FeO content in sinter	"	6.82	7.04	+1.0	* 0.00
Mean size of sinter	mm	20.37	19.13	-1.2	* 18.00
Solution loss carbon	kg/t-pig	91.9	97.7		95.9
Ratio of C reduction	%	31.1	33.0		31.5
" H ₂ "	"	10.7	9.7		10.2
" CO "	"	58.2	57.3		58.3
Heat loss	kcal/t-pig	165×10 ³	117×10 ³	-5.9	110×10 ³
Refractory tuyere rings	—	Old	New	-1.0	New
Melting temperature of ore	°C	1 400	1 400		* 1 450
Reducibility of ore	%	67	70		* 75

* Data set at boundary condition ** Actual difference of fuel rate

*** Data of Mar. 1975 as compared with Oct. 1974

し、送風量減少により炉内ガス流速は10月の3.55m/sより3月の3.15m/sまで低下した。焼結鉱粒度は2次クラッシャーセッティング調整により18~20mmに維持し、FeO含有量は6~7%と低目で推移した。また焼結鉱配合比は92.5~94%とはぼ計画どおりの値を維持した。これらの対策の結果、 η_{CO} は10月の49.8%から2月の52.0%、3月の51.9%まで上昇した。

送風温度については、並列操業における後行熱風炉の冷風弁全閉による冷風混入防止と、燃焼初期の過剰空気量の減少による燃焼制御改善の対策の結果、10月の1275°Cより3月には1313°Cまで上昇した。高炉の熱レベルは、溶銑温度を1510±5°Cに調整しSi含有量は0.31~0.37%の間におさまった。

Table 1に燃料比低減に寄与した要因の効果の解析を行っているが、従来から実施されている対策だけでは足りず、ガス利用率の向上、炉体放散熱低減が燃料比低減に大きく寄与している。

4.2 軟化融着帯形状の検出

前述した融着帯モデル⁶⁾を発展させ、高炉の炉壁部高さ方向に設置されている圧力(シャフト圧力と称する)の実測値に合うように、軟化融着帯形状を曲線で近似して推定した結果がFig. 7である。これによると、I期

間からIII期間に移行するにしたがって軟化融着帯内側形状が炉中心側に近づき塊状帯体積が広がり、 η_{CO} の向上、炉体放散熱の低下がみられた。

Fig. 8は高炉シャフト上部の装入物中半径方向ガス温度分布⁷⁾とMAノッチの関係であるが、2バッチ目のコークスノッチの変更により、炉周辺部および中間部のガス温度の変化しているようすがわかる。

これらのモデルによる推定、検出端の結果から、軟化融着帯は指向した形状に移行したことが確認された。

4.3 試験操業期間中に現われた異常現象

4.3.1 連続スリップ

期間中にFig. 9に示すような連続スリップの発生した時期がある。このスリップは小さな送風圧力の変動と炉頂ガス温度の上昇を伴いながら、ほぼ一定の周期で起こった。この原因はFig. 10に示すように、通常操業時に比較して軟化融着帯が全体的に低くなり炉中心側に張り出したことにより、融着帯内側形状と炉芯停滞域との間隔が狭くなり(Fig. 10中のA部)レースウェイへのコークス供給が不安定になったためと考えられた。よつて、指向した軟化融着帯形状を少しゆるめるため、2バッチ目のコークスノッチを増加する対策(例えば5 2.5 11→5311)をとり、かつコークス、焼結鉱の常温強度向

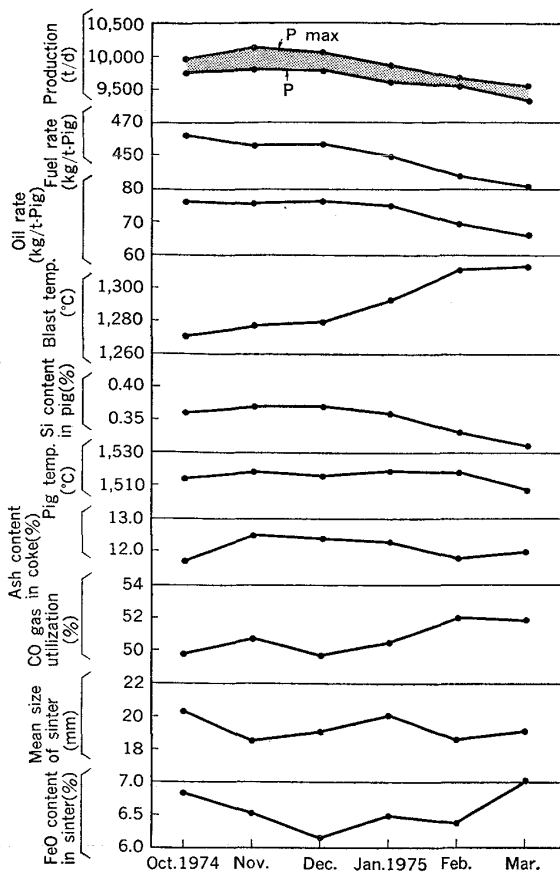


Fig. 6. Operation data of test period.

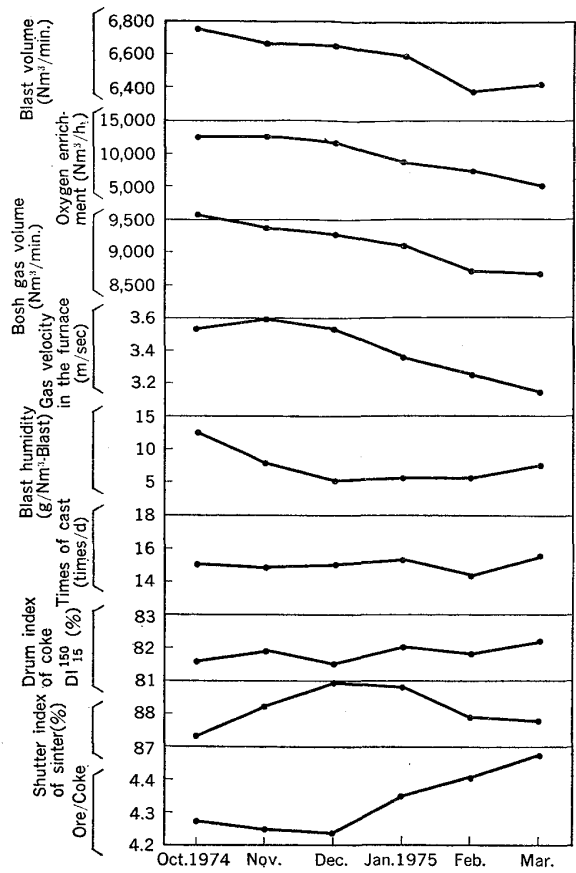


Fig. 6. Operation data of test period.

Item	Period I	Period II	Period III
CO gas utilization (%)	49.4	51.5	52.3
Heat loss of upper part of furnace (kcal/t-Pig)	42×10³	35×10³	37×10³
Heat loss of lower part of furnace (kcal/t-Pig)	115×10³	83×10³	86×10³
Setting point of MA (CCOO)	53.11	53.11-52.511	52.511

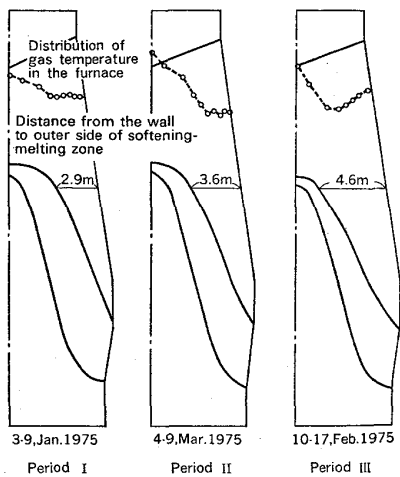


Fig. 7. Estimated pattern of cohesive zone by mathematical model.

上により解消することができた。

4.3.2 円周バランスの崩れ

計画に述べた円周バランス制御を実施したあと低燃料

Setting point of movable armour	Date	Gas utilization of CO
△ 5 2.5 11	5-11, Mar. 1975	52 %
● 5 3 11	16-21, Jan. 1975	51 %
○ 5 3.5 11	5- 8, Jan. 1975	49 %
× 5 4 11	18-19, May. 1974	48.5 %

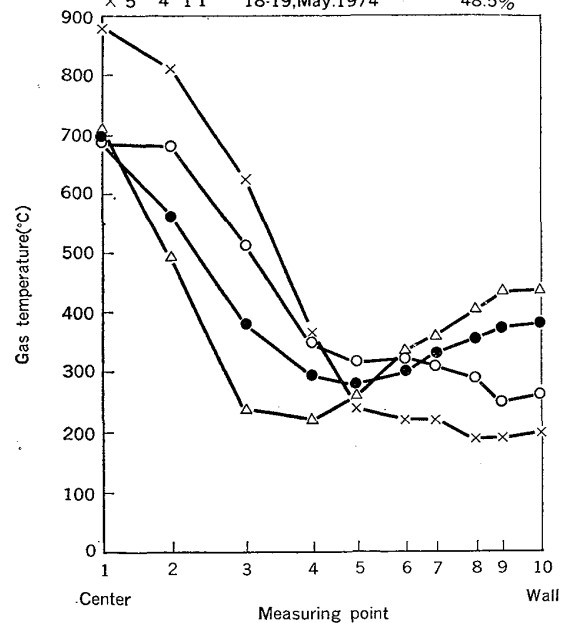


Fig. 8. Distribution of gas temperature in the furnace.

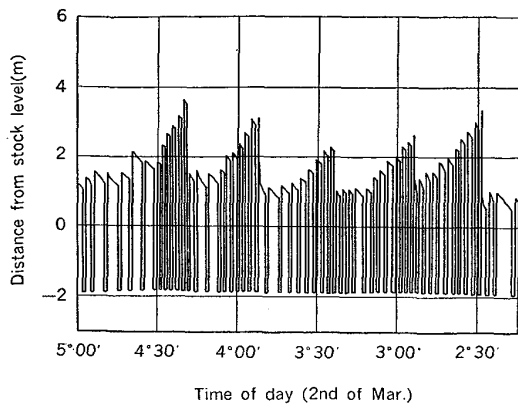


Fig. 9. Descending of burden surface when slips occur intermittently.

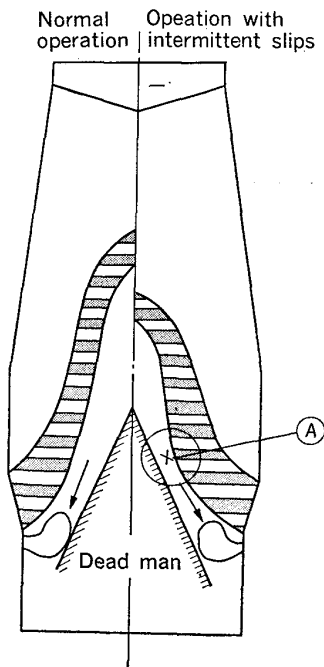


Fig. 10. Estimated condition in normal operation and operation with intermittent slips.

比試験操作に移行したが、Fig. 11 に示すように円周バランスが崩れ、期間中に5回の羽口ごとの重油量調整を実施した。Fig. 11 中R指数*とは、円周バランスの崩れの程度を把握するための指数で、管理基準値として45を上限としこれより値が高い場合はバランスが崩れていると判断した。低燃料比操作において炉下部融着帯形状が低下し極限に近づいたとき、羽口ごとの重油量調整だけで円周バランスを行うには限界があると考えられる。

5. 高炉燃料比の限界およびそれを達成するための対策

高炉の燃料比の検討は従来からいろいろな人々によつ

* 各出鉄口ごとに、日平均値により(溶鉄温度(°C)+溶鉄中Si含有量(%))×200)を求め、その最大と最小の差で表わす。

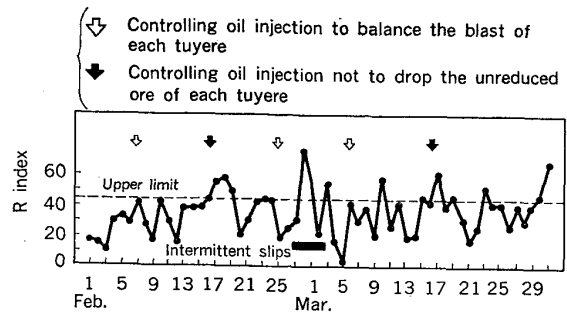


Fig. 11. Circumferential balance in test operation.

て行われているが、ここでは前述した化学工学的モデル⁷⁾により限界燃料比の推定を試みた。

ベース期間として、君津3高炉の昭和49年10月の休風日を除いた月平均値をとり、今後到達しようと考えられる操作条件をTable 1*のように設定した。Table 1に結果を示すが、限界燃料比として $\eta_{CO}=58.8\%$ にささえられた396.5kg/t-Pigが得られた。

この限界燃料比の基本となるTable 1*の操作条件については、今後の技術改善に負うところが多い。まず送風温度については、君津3高炉火入れ以来7年間の実績1270°Cの例にみられるごとく、珪石熱風炉の出現により耐火物構造としては1350°Cに耐えると考えられる。高温化によつて発生する鉄皮応力腐蝕割れ対策についてはまだ若干の検討を残しているが、鉄皮保温技術の確立により1350°Cの送風温度は可能と考えてよい。送風湿度については近年各社において空気脱湿装置が開発され、当社においてもすでに数基の設置をみ、さらに設置計画が進められており、現実的にlg/Nm³-Blast送風湿度操作が行われている。コークス灰分は過去操作において9%前後で品質管理されていたこともあるが、今後の石炭需給を考え極端な数値の設定をさしひかえ10%とした。

限界燃料比達成への1つの課題は原料性状にある。推定のための条件として自溶性ペレットを参考にして次のように設定した。

- ①化学組成：T.Fe=60%，SiO₂=3.8%，
CaO/SiO₂=1.47(ヘマタイト鉱石)
- ②溶け落ち温度：1450°C
- ③還元率：75%(JIS法)
- ④平均粒度：18mm

しかし実際には焼結鉱とペレットの間には評価の差があり、この原因としてペレット使用技術の未確立という問題があるが、本質的には粒度に支配される炉内分布の差異や軟化融着機構に差があると考えられ、この解決が今

後の原料技術の中心的課題となると思われる。

さらに限界燃料比操業におけるもう1つの課題は装入物の均一降下の保証である。この推定では炉内温度分布がベース期間とはほぼ同じであるが、 $O/C=4.75$ という高負荷操業下にあつて、通気性の保証と、装入物降下安定のための操業技術の確立と、均一な高炉プロフィルの維持が大きなウェイトを占める。そして今後とも、主として炉下部の炉内現象についての研究が必要であろう。

6. 結 言

君津3高炉において、高炉の軟化融着帯の制御を主眼とした低燃料試験操業を計画し(目標 430kg/t-Pig)試験操業を実施した結果、昭和50年3月に月間平均燃料比として 431kg/t-Pig を達成した。

この試験操業の結果にもとづき、さらに燃料比低減のための技術について検討した結果、今後10年間で達成

されるべき限界燃料比として約 400kg/t-Pig を推定した。

文 献

- 1) 研野雄二, 楯岡正毅, 安倍 勲, 久米正一, 天野繁: 製鉄研究, 288 (1976), p. 54
- 2) 田阪 興, 金山有治, 奥野嘉雄, 磯山 正: 鉄と鋼, 60 (1974) 4, S 25
- 3) 西田信直, 重見彰利, 斧 勝也, 山口一良: 鉄と鋼, 62 (1976) 11, A95
- 4) 斧 勝也: “高炉内の軟化溶解帯における反応”(学位論文), (1978)
- 5) 城 塚正, 染谷善晴, 大庭裕共著: 化学装置(4) 工業物理化学と反応装置, (1963), p. 216 [オーム社]
- 6) 研野雄二, 須賀田正泰, 安倍 勲, 中村 展: 鉄と鋼, 65 (1979), p.
- 7) 研野雄二, 須賀田正泰, 山口一良: 鉄と鋼, 65 (1979), p.