

総 説

UDC 669.162.267.4

わが国における燃料吹込み技術の発展とその将来について*

池 上 平 治**

Recent Progress and Future Prospects in Blast Furnace Fuel Injection

Heiji IKEGAMI

1. 緒 言

最近のエネルギー変革の波は、鉄鋼業に大きな影響を与え、中でもエネルギー多消費部門である高炉製鉄法に技術革新を迫っている。昭和44年中旬より45年にかけて、折からアメリカ炭鉱労働者のストと労働事情の逼迫は、日本鉄鋼業の急激な膨張と、アメリカ石炭産業の伸長のギャップからきたL未炭の慢性的供給不足に拍車をかける結果となり、将来の日本鉄鋼業の行方に暗影を投げかけ、抜本的対策の必要性を痛感させた。将来的には濠州、カナダなどの炭鉱が開発され、重要な供給源になるとしても、海外炭鉱の労働事情、EC鉄鋼業の成長、わが国鉄鋼業の伸長を考慮すると、高炉用強粘結炭の供給は決して楽観を許さない。昭和45年末より46年にかけて緊急手配による石炭の入荷、景気の落込みによる鉄鋼減産により、若干の石炭需要の緩みがみられるが、その価格上昇も考慮すれば、長期的には強粘結炭の不足は続くものと考えられる。

これに対する対策として、供給国の立場を尊重した石炭資源の開発はいうまでもないが、強粘結炭の配合比率を低下させても高炉プロセスに耐えるコークス製造法の開発と、代替燃料の吹込みによりコークス比を低下させる方法の開発が、高炉製鉄法を肯定するかぎり推進されねばならない最重要研究課題であろう。高炉への代替燃料の利用技術については、すでに昭和36年頃より各社において検討され、この技術の研究のため、昭和37年にBFI委員会が設けられ、参加各社が一致協力して、その確立と発展に尽してきたことは、高く評価されよう。

しかし、昭和46年になつてOPECによる原油価格の一方的値上げは、代替燃料多量使用の将来にも暗影を投げかける問題と考えられる。さらに昭和55年にわが国原油使用量が、現在の約3倍の6億キロリットルに及

ぶことも予想され、需給の硬直化も考えられる。最近よくいわれるように、人類は限られた資源を共有する地球という宇宙船の乗組員であると考えれば、エネルギー資源の多消費産業の典型である鉄鋼業に従事するわれわれ技術者は、核熱エネルギーを含め、多様化するエネルギーを有効に活用し、しかも公害物質の発生をきたさぬようにする使命がある。

昭和41年にBFI委員会による燃料吹込技術のまとめがでて以来、わずか5年の間にエネルギー事情が一変し、このような変革に直面している今日、鉄鋼協会にて「燃料吹込み特集号」の発行を企画されたことは、誠に意義深いことである。願わくば、重油やタールなどの従来一般的に使用されていたエネルギー源に加えて、多様化するエネルギーの有効な活用技術の確立と、随伴する公害の発生を抑制する技術の開発研究が進められることこそ、今後の燃料吹込み技術を発展させる上で考えなければならぬ点であろう。

このような観点から鉄と鋼に最近記載された論文を中心に、最近の燃料吹込み技術の発展経緯をながめながら、今後研究すべき2、3の点にふれてみたいと思う。

2. 最近の製鉄技術の発展と燃料吹込み技術の寄与

すでに周知のように、最近の日本の製鉄技術全般の進歩はめざましいものがある。昭和38年約2000万tの鉄鋼生産高が、昭和45年には約6750万tと増加した。これは主として新大型高炉の建設によるもので、Fig. 1に示すように、昭和45年の高炉一基当たり平均出鉄量は3100t/day²⁾となつている。出鉄比もFig. 2に示

* 昭和46年8月27日受付(依頼総説)

** 日本鉄鋼協会共同研究会製鉄部会長
日本鋼管(株)技術部

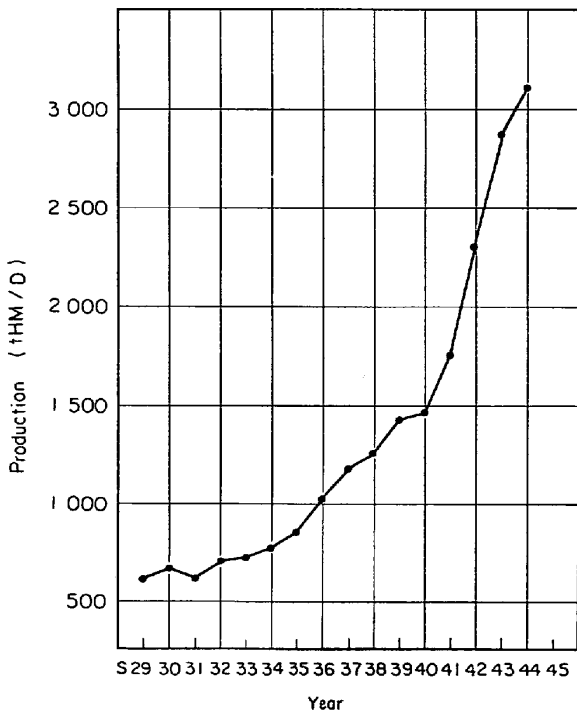


Fig. 1. Trend of average pig iron production per unit of blast furnace in Japan.

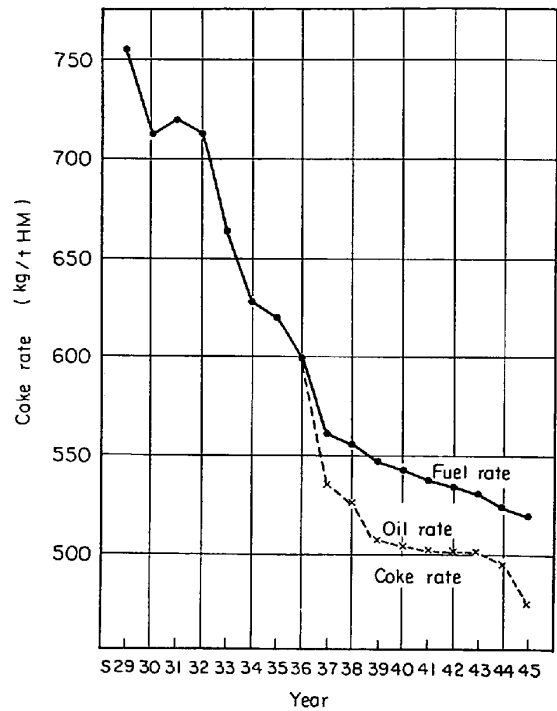


Fig. 3. Trends of average coke rate and oil rate in all Japanese blast furnaces.

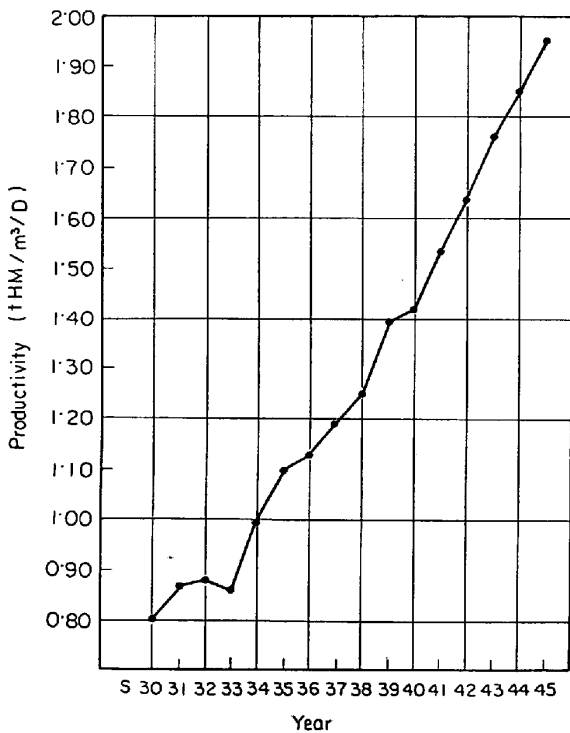


Fig. 2. Trend of average productivity in all Japanese blast furnaces.

すように直線的に増加し、平均 1.95²⁾ に達しているが、これもいかに操業技術が進歩しているかのひとつの目安になろう。

コークス比については、Fig. 3 に示すように、昭和

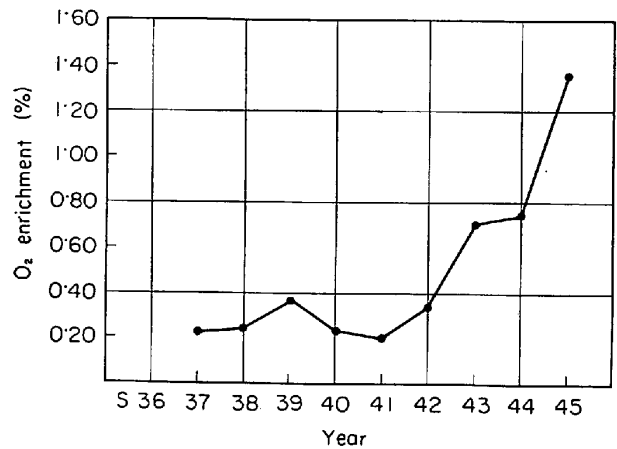


Fig. 4. Trend of average oxygen enrichment of blast in all Japanese blast furnace.

36年にはじめて高炉に重油が吹込まれた結果、燃料吹込量の増加にともないコークス比は急激に低下し、平均で重油吹込量 40 kg/tHM²⁾、コークス比 520 kg/tHM²⁾程度まで低下した。その後コークス比は漸減し、昭和40年頃からほぼ 500 kg/tHM で横ばいとなり、重油比はむしろ逆に減少する傾向を示した。この原因は必ずしも明確ではないが、次の諸点があげられよう。

(1) 高出鉄比を第一義とするため、通気性確保のため重油比を下げざるを得なかった。

(2) 重油多量吹込み時に突発事故などにより重油吹込み不能となった場合、炉冷をきたし、さらに炉況不調

Table 1. Experimental injection of alternative fuel except oil and tar tested and proposed.

Kinds of fuels	Name of the company	Remarks
Coke oven gas	Yawata 1961 Higashida ³⁾	15% production increased and 1.8% coke rate decreased for every 1% of COG
Rest gas	NKK 1961 Kawasaki ⁴⁾	
	Nippon Steel	Under testing
Naphtha	Fuji 1963 Hirohata ⁵⁾	
LPG	Kawasaki Steel	Under planning
Coal slurry	Fuji Muroran 1964~1965 ⁶⁾	50% coal slurry
	Kawasaki Steel Chiba 1964 ⁷⁾	30% coal slurry replacement ratio 1.0

が加速される。とくに炉内洩水事故の場合は危険なので余裕を持たせる意味から吹込量を低目に抑えた。

(3) 羽口先火焰温度を維持するため送風温度にて熱補償をしていたが、送風温度が横ばいになり、湿分の調整も限界に達し、熱的に余裕がなかった。

しかし、これらの限界を打破して多量の代替燃料を使用するため、理論的な解析、研究がすすみ、一方操業上も羽口破損対策や、予防保全などの推進により事故を減少させる努力が積重ねられてきた。昭和45年には、前述のごとく原料炭の入荷不足と高騰のため、従来経済的にはあまり魅力のなかつた酸素富化を併用して多量の燃料を吹込む技術が採用され、コークス比が著しく低下した。昭和40年に比較して昭和45年は、コークス比は約20 kg/tHM 低下し、重油吹込量は29 kg/tHM から44 kg/tHM と15 kg/tHM の使用増となつた。

酸素富化率は、Fig. 4 に示すように、従来酸素は一般にLD 転炉の余剰酸素が高炉で使用され、昭和44年には全国平均で11m³/tHM であつたのが、昭和45年には遂時増加して、昭和46年5月の平均では25.8Nm³/tHM (1.7% 富化) に達し、高炉専用の酸素発生機を保有するところが漸次増加してきている。重油吹込量も58 kg/tHM まで増加し、コークス比は447 kg/tHM まで低下した。

吹込み燃料としては、重油が基本であるが、石油化学工業との競合で余剰になつてきた関係もあり、タールを常時吹込むところがふえてきた。コークス炉ガスは、旧八幡製鉄所⁸⁾、日本鋼管⁹⁾ で吹込まれ、とくに問題はないとされながらも、現在吹込んでいるところはないが、最近室蘭において将来の天然ガス吹込みを考慮し、深冷分離したコークス炉ガスの吹込みが試験されているようである。また、広畑では、昭和38年に試験的にナフサ

の吹込み実験が行なわれ、吹込み可能と報告¹⁰⁾ されている。さらに室蘭ではその立地条件を生かして、重油と石炭のスラリー吹込み¹¹⁾ を行ない、川鉄千葉でもスラリー吹込み¹²⁾ 実験を行なつたが、現在は中止されている。このような重油以外の燃料の吹込み実験の状況をTable 1 に示す。最近では、多様化するエネルギーの有効活用という観点から、原油、ナフサ、LPG、LNG などの吹込み研究がすすめられている。これは最近のように重油が70~100 kg/tHM と多量に吹込まれるようになると、銑鉄中Sを低く抑えるため、また公害排除の点からもとくに低硫黄重油の吹込みが必要となるが、将来低硫黄重油の入手が困難になると予想されるので、このような低硫黄の燃料の吹込み技術の実用化は今後の重要な課題である。

3. 複合送風の理論的研究の発展

わが国で高炉に実際に重油を吹込んだのは、昭和36年で当時は主としてソ連のRAMM の考え方にもとづいていたが、理論よりもむしろ実験操業が先行していた。しかし漸次すぐれた理論的研究が進み、重油吹込量の限界や置換に関する考え方がまとまり、従来の経験にもとづく吹込み技術と結びついて、この技術の発展をうながした。最近「鉄と鋼」に発展された燃料吹込みに関する理論的研究のおもなものを列挙するとTable 2 のごとくである。

3.1 羽口からの燃料吹込みの限界

羽口から燃料を吹込む場合、理論的にも、実際的にも吹込量を制約する条件としては、

- (1) 羽口先火焰温度の上下限
- (2) 過剰酸素比と煤の発生
- (3) 鉱石処理状態や炉頂圧と通気性の限界

Table 2. Theoretical investigations of fuel injection published in recent Tetsu to Hagané.

Issued data	Title and author of the paper
54 (1968) 10, p. 13	Consideration on Oil Replacement Coefficient in Blast Furnace Operation by F. NAKATANI, S. WATANABE, Y. SUNAMI, F. NAKAMURA
53 (1967) 9, p. 3~16	Consideration on Oil Replacement Coefficient in Blast Furnace Operation by F. NAKATANI, Y. SUNAMI, F. NAKAMURA
51 (1965) 8, p. 199~206	On the Theoretical Equation of the Coke Equivalent of Injected Fuel and Its Application by M. TATE, C. NAKANE, C. KIM, K. SUZUKI
50 (1964) 11, p. 1690~1692	A Method of Calculation of an Oil Per Coke Replacement in Blast Furnace Practice by K. SASAKI, H. ANDO, N. TSUCHIYA

(4) 設備, 作業上の制約

などがあげられ, BFI 委員会でもとめた結果では, 熱補償, 炉内通気性の改善, アトマイズ方法の改善, 多量吹込み時の設備, 作業上のトラブル対策など, 適切な手段が講ぜられれば, 100 kg/tHM 程度までの吹込みが可能とされていた. すでに昭和 37 年に大阪製鋼の西島 1 高炉⁸⁾では, 送風温度 1050°C, 酸素富化率 6% で, 重油を 153 kg/tHM 吹込みコークス比を 367 kg/tHM まで低下させた.

まず(1)の熱補償からくる限界は, 送風温度と送風湿分によつて異なり, 数年前にくらべると高炉の送風温度が 1000°C 前後から 1200°C 前後へと 200°C 程度上昇していることと, 送風湿分が低下していることにより, 広がっていると考えられる. RAMM の式をもとにした検討⁹⁾によれば, 重油 10 kg/tHM 吹込みにより送風温度で 40°C の上昇が必要であるから, 200°C の送風温度増加は重油にして 50 kg/tHM の吹込み増加を可能とするはずである. Fig. 5 は日本鋼管川崎 4 高炉にて, 送風温度と重油吹込み量の限界を調べたものであり, 当時の条件で理論火焰温度の下限を 2000°C, 上限を 2200°C としている. 送風温度 800°C では重油吹込量の限界は 30 kg/tHM であるが, 1100°C では熱補償のみの面からは, 110 kg/tHM 程度の吹込みが可能である.

このように送風温度が上昇し, 送風湿分を低下させた条件では, むしろ(2)の過剰酸素比が, 吹込量の限界をきめる重要な要素となる. 昨今, 新日鉄戸畑¹⁰⁾などにおいて, できるだけ数多くの羽口から重油を分散して吹込み, さらに酸素富化を併用して, 80~100 kg/tHM の重

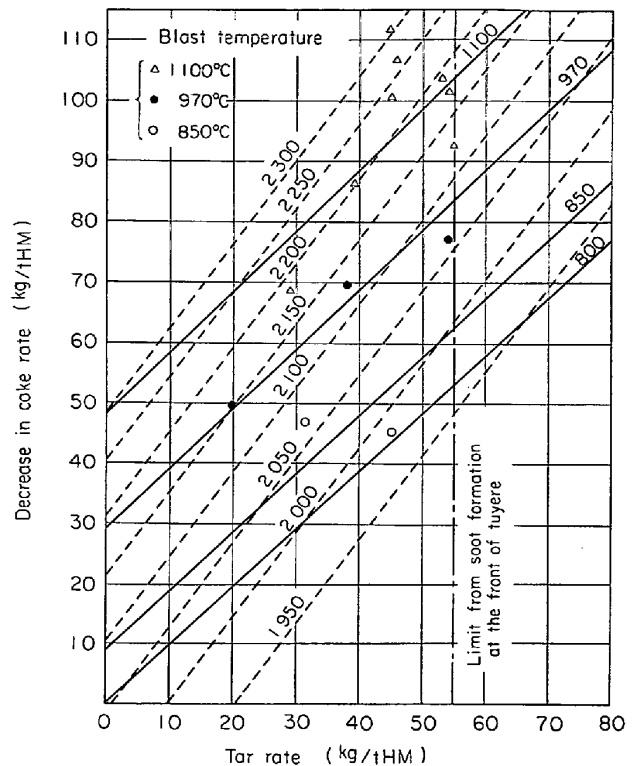


Fig. 5. Effect of the amount of injected tar on the decrease in coke rate at different hot blast temperature.

油を吹込み, 400 kg/tHM 以下のコークス比を得ている. これによると重油を完全燃焼するのに必要な酸素量に対する比, すなわち過剰酸素比は 1.1~1.2 まで低下できたとしているが, 今日ではこの数値が重油の吹込み限界をきめているようである. 最近の高炉では, 操業技術が向上して, 燃料比が低下しているので, 銑鉄 t 当たりの送風量が減少し, 酸素量が減っている. もし過剰酸素比が 1.1~1.2 を限界とするならば, 重油の吹込み限界は, 110 kg/tHM 程度, タールでは 90 kg/tHM と推定される. この問題は最早, 羽口をバーナーとする燃焼工学の問題であり, 過剰酸素比をさらに低下できるかどうか, 今後の重要な研究課題であろう. この観点からすれば, 八幡技研で研究された 2 段燃焼法¹¹⁾や衝風霧化燃焼¹²⁾, 酸素アトマイズバーナーの利用¹³⁾などは注目すべき研究である. さらに積極的に還元ガスを製造して, シャフト下部から吹込めば, 羽口先の制約条件とは無関係に多量の燃料を吹込める. 新日鉄広畑の FTG 法¹⁴⁾や日本鋼管技研の試験高炉での研究¹⁵⁾があげられ, 報告¹⁵⁾では約 220 kg/tHM の重油を還元ガスにして吹込み, コークス比を約 210 kg/tHM 低下できたことは, 羽口先吹込による限界を越える一つの方向として注目値する.

一方鉱石整粒の強化や、焼結鉱の還元粉化性などの改善に絶え間ない研究¹⁶⁾が行なわれ、また超高压の導入と適切な活用¹⁷⁾により、重油を多量に吹込んでコークス比が低下しても通気性がそれほど悪化させずに安定した操業が維持できるようになった。これらも多量の代替燃料を使用可能にした見落すことのできない背景である。今後はこれらの技術を一層すすめて、コークス比がさらに低下しても通気性を確保し、安定した高炉操業ができるような条件を理論と結びつけて追求してゆくことも、今後重要な研究課題といえよう。

3.2 置換率

重油吹込みの経済性を論ずる上で、最も重要な要素はコークス比の代替燃料に対する置換率である。実績の置換率は2から0.6%程度の間で操業条件によつて大幅に差がみられる。したがつて置換率に関する理論的見解を確立することは重要な問題である。置換率に関する理論的研究は、いずれも理論火焰温度一定などの制約条件を設けて、COとH₂の利用度を仮定するか、炉頂のガスのCO/CO₂比をパラメーターとして、物質収支と平衡論的条件、熱収支を計算によつて求めている。このような基本的考えに立つた理論は館ら¹⁸⁾や中谷ら¹⁹⁾によつて明解に展開されている。館ら¹⁸⁾は置換率をきめる上で最も重要な要素である重油の燃焼効率と水素利用率がわからないことが、その明確な推定を妨げている決定的な問題であるとし、中谷ら¹⁹⁾は熱補償が十分なときには、最高の置換率を得、熱補償が不十分でとくに水素による還元が吹込み前の直接還元のみを代行するときには、結果的にCOの利用度低下をきたし、最低の置換率を得るとしている。中谷ら¹⁹⁾はその論文の中で、CO/CO₂比とH₂利用率を仮定すると、熱風温度を100°C上昇させて熱補償をすると、重油吹込量 Y kg/tHM と置換率 R との間には、 $Y > 12.8$ のときに(1)式のような関係が成り立つとしている。

$$R = 1.053 + 6.170/Y \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $Y \leq 12.8$ のときには $R = 1.535$

これより、置換率は最大1.535から、もしこれだけの熱補償で多量の重油を吹込めば置換率は1.053に近づくことを示している。

これらの理論的検討の結果、重油のコークスに対する置換率は、

(1) 重油を使用することにより、高送風温度や湿分の削減、酸素富化ができる。

(2) 重油吹込みにより、還元ガス量が増加してシャフト効率や炉頂ガス比が向上する。

(3) 煤などの生成により燃焼効率が変化する。

ことが複雑にからみあつているが、実績にもとづく置換率は、これがすべて総合されたものしか推定できないために2から0.6といつた幅を生じている。通常置換率が1.2以上の場合には、(1)の送風温度を上昇できたこと、湿分を低下できたこと、あるいは酸素富化率を増加できたことによるコークス比の低下量を、重油吹込み量で割つたものであり、重油吹込み量をさらに増せば、(1)式でわかるように置換率が低下する。厳密にいえば、これは送風温度上昇、湿分低下、酸素富化による効果であるが、もし重油を使用しなければ、高送風温度や減湿、酸素富化を受けつけない炉況ならば、重油の効果と考へても差し支えないといえよう。

(2)については、最近のように酸素富化を併用して重油吹込みを行なうときにみられる。酸素富化率を増すと銑鉄t当たりのガス量が減少するので、シャフトでの熱交換が悪化し、ガスによる還元率が低下し、出銑増による熱損失の低下を見込んでもおこークスが上昇すると報告²⁰⁾されている。しかし羽口先火焰温度は上昇するから、重油を吹込めばH₂の発生分だけガス量が増し、コークス比が低下するので、装入物の熱容量とガスの熱容量の比で、シャフトでの熱交換の度合を示す熱流比は低下する方向に向き、シャフトでの熱交換の条件はよくなる。銑鉄t当たりの還元ガス量が増し、COとH₂の利用率が変わらないことは、実験¹⁵⁾で確かめられているから、ガスによる鉱石の還元率は上昇するはずである。高炉によつては、シャフト効率や炉頂ガス中のCO/CO₂比も改善される状態も起こり、このときには置換率が向上し、熱補償以上にコークス比が低下する。

(3)の問題は熱補償の程度や過剰酸素比が大ききいてくる。有効なアトマイズ法を採用して煤の生成を防げれば、置換率は向上する。しかしこの問題については、理論的に考察することがむずかしい。煤の生成程度を測定する方法については、八幡技研の研究²¹⁾や大阪製鋼の実験²²⁾が報告され、有効な方法が見い出されれば、燃焼管理に役立つと考えられる。最近では実験にできるだけたくさんの羽口から、均等に、できれば羽口ごとに重油量を管理して吹込み、羽口ごとに過剰酸素比の許す最大限度まで重油を吹込もうとする努力がされているが、煤生成を避ける方法としては理にかなつた方法といえよう。

以上置換率については、単に物質収支と熱収支にもとづいた推定は可能であるが、重油吹込みの炉内反応に及ぼす影響を定量的に把握するためには、熱交換や反応工学的な面から高炉プロセスの解明ですめられるべきであり、今後の研究課題といえよう。

4. 代替燃料の多量吹込みについて

4.1 酸素富化送風を併用した重油多量吹込

酸素富化を併用して重油を多量に吹込むことは、昭和37年に大阪製鋼で試験的に実施され、153 kg/tHMの重油を酸素富化率6%で吹込み、コークス比を367 kg/tHMまで低下させたが、経済的理由から直ちに広く採用されるには至らなかった。その後、日本鋼管鶴見での酸素富化率を5.7%まで増し、重油を吹込み置換率、COやH₂利用率を調べた報告²³⁾、住友金属和歌山での酸素富化送風試験²⁴⁾での酸素富化の炉況に及ぼす影響の調査、若林など²⁵⁾による数式モデルによる検討と名古屋での実験結果など、酸素富化併用による重油吹込み技術の検討は続けられた。

最近コークス価格の上昇によりこの技術が経済的にも成立するようになり、新日本戸畑¹⁰⁾ではこれを大型高炉に適用し、約100 kg/tHMの重油を吹込み、コークス比で400 kg/tHMを割ることに先鞭をつけた。このことは、代替燃料多量使用に一時期を画したものと見えよう。その後新日鉄の各製鉄所、川鉄水島、鋼管福山など大型高炉を有する工場でこの技術が採用され、コークス比低減に大いに効果を発揮している。Fig. 6に最近の酸素富化率と重油吹込量とコークス比の関係を示す。

しかし酸素富化を併用して、重油を多量に吹込むときには、次のような操業上の改善が必要である。

- (1) 適正な酸素富化率と重油吹込量の選択
- (2) 羽口支管金物類フランジ部洩風赤熱防止対策
- (3) 重油吹込み異常時に対する管理強化
- (4) 装入物の整粒強化、焼結鉱、コークスの強度維持と熱間性状の改善
- (5) 装入物の均一な荷下りの維持

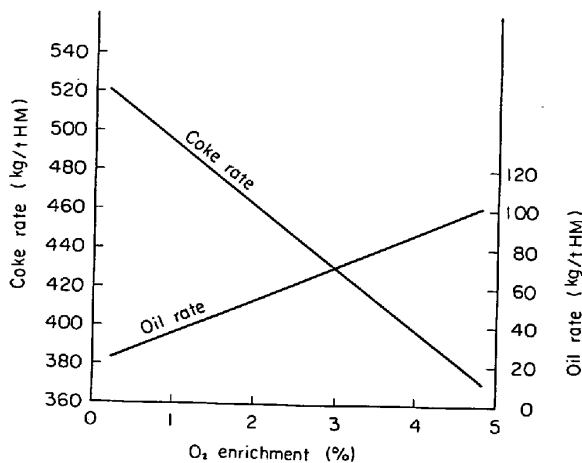


Fig. 6. Relation between oxygen enrichment and coke rate, oil rate.

さらにこの技術を今後のばすためには、

- (6) 酸素アトマイズ方式に対する検討
- (7) 脱硫対策

などがあげられ、新日鉄名古屋で導入された超高压¹⁷⁾との組合せは有効な方法と考えられる。

4.2 還元ガスの吹込み

羽口から酸素富化を併用して重油を吹込む場合には、3.1項で述べたような制約があり、吹込量に限界がある。これは、高炉における羽口は、炉の湯溜り部に高温の熱量を供給し、冶金反応を進ませ、銑鉄やスラグに溶解熱を与えるのが目的であり、理論火焰温度の制約はここから生ずる。高炉において、1000°C以上の高温部分で必要とするエネルギーは、ソリューションロスを考えなければ、約30万 kcal/tHM程度であり、これはコークス比にして約200 kg/tHM程度に相当する。もし還元に必要なガスが、コークスから生成するガスより安価に製造できるならば、それを羽口先火焰温度に制約のない位置から吹込んだほうが、いろいろな点で融通性を増す。

高炉で最低の燃料比を得るためには、炉下部にてある程度の直接還元を起こさせ、発生したCOを間接還元利用する必要がある。しかし還元ガスの吹込みは、銑鉄をできるだけ間接還元して、直接還元に必要なコークスと熱量を節減しようとする考えであり、すでに報告²⁶⁾されているように、銑鉄t当たりの全還元ガス所要量が増すので、吹込み、還元ガスの値段がNm³当たり4円以下にならないと経済的に成立し難い。しかし、多量の代替燃料を吹込みうる方法であり、Fig. 7に示す日本鋼管技

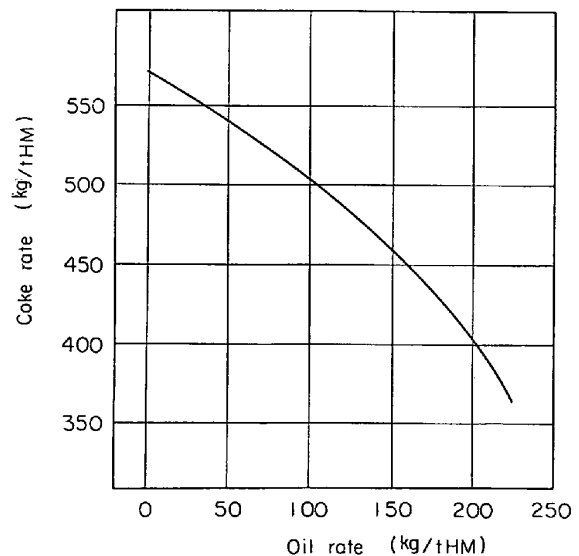


Fig. 7. Effect of reducing gas injection on the coke rate in the result of experimental furnace.

Table 3. Prospect of supplied various fuels in Japan in 1975.

Heavy oil	226 500×10 ³ kl
Naphtha	47 100×10 ³ kl
LPG	11 650×10 ³ t
LNG	5 000×10 ³ t +α

術研究所の試験高炉の実験¹⁵⁾では重油を 220 kg/tHM 吹込みコークス比が約 210 kg/tHM 低下しており、さらに多量の吹込みが可能である。

数多くの直接製鉄プロセスが開発されながら、なお高炉がその優位を保っているのは、強粘結炭を必要とする欠点を除けば、鉱石同志の融着、ガスや装入物分布に起因する成品還元率の不均一性、成品の取出し、生産規模などのすべての点で、従来の直接製鉄の欠陥を克服して優位に立っているからである。高炉への還元ガス吹込みは、高炉の利点を最大限に生かし、強粘結炭の使用を極限まで低減させようとする方法であり、高炉と直接製鉄の結合といえよう。新日鉄の FTG 法¹⁴⁾や日本鋼管で開発された技術¹⁵⁾の今後の発展に大いに期待をかけた。

5. 代替燃料の多様化に適した吹込み技術の確立

すでに述べたように、将来における原料炭の取得難、石油の値上りと低硫黄重油の確保難のために、また公害排除のためにも、今後原油、ナフサなど従来使用経験のなかつた燃料を高炉に吹込む必要がでてくることが予想される。Table 3 には、昭和 50 年度に日本で使用が予想されるエネルギー²⁷⁾を大雑把に示す。

今後このような原料を高炉で使用するに当たっては、種々の問題が起こると思われるが、このような問題が解決されれば、原油やナフサの高炉への吹込みや、高硫黄重油を吹込み炉外脱硫を併用することなどの方向が考えられる。しかしこの結果新たな公害を発生することをきびしく排除していかなければならず、将来予想される困難に対して、製鉄技術者は広く他の専門家と手をたずさえて、その解決と技術の確立にあたらねばならない。

6. 結 び

昨今原料炭の不足が叫ばれるに至つて、原子力エネルギーを利用する直接製鉄の時代が今にも来るような議論が行なわれている。しかしながら原子力の利用に対してはその燃料源対策および利用技術上の難問を抱えており、直接製鉄の生産性の低さと相俟つて現在の高炉に代わるにはまだまだ遠い先のように思われる。高炉のごと

く一生産単位当たり日産 1 万 t という高能率の生産手段に匹敵するものはまだ当分出現しそうにない。化石燃料は無限ではないといつても国際鉄鋼協会の報告によれば埋蔵量の点からはまだ数十年は心配なさそうである。われわれ製鉄技術者としては他の代替燃料の上手な利用によつてこの化石燃料を大切に使い高炉の効率を最大に發揮するよう努力するのが与えられた使命であろう。

わが国製鉄技術者の協力によつて、高炉の燃料吹込み技術も打ち当たる壁を乗り越えて、上述のごとく成果を挙げてきた。われわれは今後残された問題に対して、さらに一層の協力と努力によつて技術の確立をはからねばならない。

文 献

- 1) 田部: 鉄と鋼, 57 (1971) 3, p. 629~645
- 2) 中村: 第 8 回西山記念技術講座, 昭和 45 年 5 月 p. 136~139 [鉄鋼協会]
- 3) 光井, 内平, 浅井, 山田: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 104~105
- 4) 千葉, 里見: 鉄と鋼, 48 (1962) 10, p. 1231
- 5) BFI 委員会: BFI 委員会報告 (昭和 41 年 10 月) p. 91~93
- 6) 森永, 田島, 楠野, 城本, 金山, 松岡: 鉄と鋼, 52 (1966) 2, p. 107~113
- 7) 菊地, 長井, 岡部, 矢崎, 後藤, 才野: 鉄と鋼, 53 (1967) 10, p. 31
- 8) 堺, 堤, 成川, 新実: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 299~301
- 9) 林, 鈴木: 鉄と鋼, 48 (1962) 12, p. 59
- 10) 新日鉄戸畑: 製鉄部会資料, 鉄 38-1-1
- 11) 児玉, 斧, 緒方: 鉄鋼協会 69 回講演会論文集, p. 625~627
- 12) 平岡: 鉄と鋼, 54 (1969) 10, S 355, 356
- 13) 日本鋼管: 未発表
- 14) NOJI, OMORI, and OTABE: ICSTIS (Tokyo) 1969
- 15) 宮下, 大槻, 西尾, 下間, 山田: 鉄と鋼, 58 (1972) 5, 発表予定
- 16) 鉄と鋼, 57 (1971) 4, p. 243~258
- 17) 山田, 太田, 高城, 森, 原田: ibid., p. 37
- 18) 館, 中根, 金, 鈴木: 鉄と鋼, 51 (1965) 8, p. 199~206
- 19) 中谷, 角南, 中村: 鉄と鋼, 53 (1967) 9, p. 1081~1094
- 20) 宮下, 大槻: 鉄と鋼, 57 (1971) 14, 発表予定
- 21) 児玉, 大坪, 重見, 緒方: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1221
- 22) 堺, 新実, 松本, 堤: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1324
- 23) 長谷川, 根本, 阪本, 黒田: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 628
- 24) 住金和歌山: 製鉄部会資料, 鉄 34-13-講
- 25) 若林, 藤浦, 森, 井上: 鉄と鋼, 55 (1969) 10, p. 3~12
- 26) 小林, 中谷, 岡部, 宮下: 鉄と鋼, 56 (1972) 7, p. 881~895
- 27) 通産省鉱山石炭資料, 昭 46 年 3 月