

展 望

UDC 669.162.16 : 662.73 : 662.749.2

コークス比の低減と非粘結炭を使用する新コークス製造法*

池 島 俊 雄**

Reduction of Coke Rate and New Coking Processes Using Non-coking Coal

Toshio IKESHIMA

1. はじめに

鉄鋼業における将来の資源問題としては、原料炭の不足が最も重要であることは周知のとおりである。1976年10月に大阪で開催された第10回国際鉄鋼協会総会(IISI)のパネル討論会において、次のような報告がなされた。「1985年の世界の鉄鋼需要は10.5億tに達し、これに要する原料炭は6.3億tとなるであろう。この原料炭の量は、1973年と比べて1.6億t多い。」¹⁾

この12年間に1.6億tの原料炭を増量することは、必ずしも容易なことではなく、また数量的には可能であつても、相当の価格上昇をもたらすものと予想される。従つて、できるかぎり原料炭の消費量を節約することは鉄鋼業として重要な対策である。その対策としては、高炉におけるコークス比の低減と、コークス炉における非粘結炭の使用があげられる。

本文は、日本におけるこれらの対策の現状と将来の動向について報告するものである。

2. コークス比の低減

2.1 コークス比の推移

我が国の平均コークス比の推移は図1²⁾に示したが、コークス比の著しい低下は過去2回認められる。最初は1961年から1964年の間で、この期間において、コークス比は600kgから500kgまで約100kg低下した。この第1回目の低下は、コークス灰分と強度が安定していたこととあいまつて、液燃吹込技術の普及、送風温度の上昇、高圧操業の採用および塊成鉍使用比率の増加などによつて実現した。第2回目のコークス比の低下は、1970年前後である。1968年から1972年にかけて、コークス比は502kgから438kgまで64kg低下した。この期間は、新立地に建設された新鋭高炉が数多く稼動を開始した時期でもあるが、表1に示したように、焼結

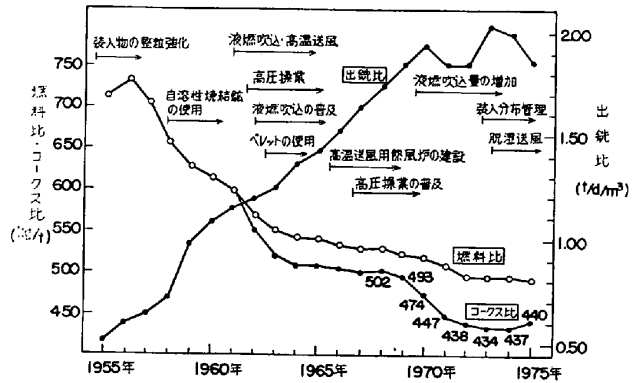


図1 日本における出銑比、燃料比およびコークス比の推移

表1 高炉の平均操業成績の推移

年	次	1968	1972	1975
内 容	積 (m ³)	1 752	2 015	2 425
	コークス比 (kg)	502	438	440
	液燃比 (kg)	28	50	52
	送風温度 (°C)	999	1 090	1 107
	炉頂圧 (kg/cm ²)	0.3	0.7	1.0
	塊成鉍比 (%)	70.1	79.9	83.2
	コークス灰分 (%)	9.7	10.6	12.0

鉍比の約10%の増加をはじめ、炉容拡大、炉頂圧の増加など生産性向上およびコークス比低下技術の採用が積極的に行なわれた。

更に特記すべきことは、1970年の原料炭需給バランスの極度の悪化およびそれ以後の原料炭価格の急激な上昇によつて、酸素富化による多量の液燃吹込が、経済的になりつつある技術として、コークス比の低減に大きく寄与したことがあげられる。

しかしながら、1972年以降1975年までの間は、コークス比は440kg前後の推移しており、大きな変化は認められない。この原因は、1973年の石油危機による重

* 昭和52年5月12日受付 (Received May 12, 1977) (依頼展望)

** 住友金属工業(株)工博 (Sumitomo Metal Industries, Ltd., 5-15 Kitahama Higashi-ku Osaka 541)

表 2 1976 年上期の高炉操業成績

内	容	積 (m ³)	2 318
コ	ク	比 (kg)	426
液	燃	比 (kg)	52
送	料	比 (kg)	1 176
風	温	度 (°C)	1 176
頂	压	(kg/cm ²)	1.4
成	鉱	比 (%)	84.0
コ	ク	灰 分 (%)	11.3

表 3 1985 年の予想コークス比

内	容	積 (m ³)	3 050
コ	ク	比 (kg)	400
液	燃	比 (kg)	80
送	料	比 (kg)	480
風	温	度 (°C)	1 250
送	湿 分	(g/Nm ³)	10
風	素 富 化	(%)	2.5
酸	压	(kg/cm ²)	1.6
素	配 合 率	(%)	} 82
頂	配 合 率	(%)	
レ	ト	率 (%)	} 82
ット	ス	灰 分 (%)	
ベ	ス	灰 分 (%)	12.0

表 4 コークス比の低減手段

	1975 年との差	コークス比
液燃吹込量 (kg)	+ 28	- 28
送風温度 (°C)	+ 140	- 14
送風湿分 (g)	- 5	- 3
炉頂圧 (kg)	+ 0.65	} - 10
装入物分布調整		
銑鉄中 Si の低減		
コークス灰分 (%)	+ 1	+ 15
合 計 (kg)	-	- 40

油吹込量の抑制, 1974 年の原料炭需給バランスの悪化によるコークス品質の劣化などコークス比を低下させる状況になかったことによつていふ。とはいえ, 現在のような減産下においても, コークス比低減の努力は続けられ, 表 2 に示すように, 送風温度 1 176°C, 平均炉頂圧 1.4 kg/cm² と送風の高温度ならびに高炉の超高压化が進められ, これに加えて新技術として, 脱湿送風の採用および装入物分布制御の大幅な普及によつて, 1976 年上期のコークス比は 426 kg まで低下した。

2.2 コークス比の将来予測

結論的には, 今後とも原料炭消費量の節減と銑鉄コストの低減を目的として, より一層の努力が続けられ, 1985 年頃には, 我が国の平均コークス比は 400 kg に達するものと予想される。もちろんこの値は, コークスの品質が現状のレベルとほぼ同一であること, および酸素富化による液燃の多量吹込みが経済的であることが前提である。

表 3 は 1985 年の我が国の高炉の平均操業条件を予測したものである。これを 1975 年のそれと比較すると, 表 4 に示したように, 液燃吹込量の増加 (+28 kg), 送

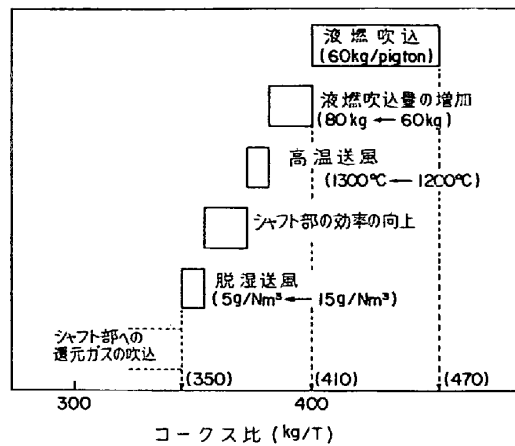


図 2 コークス比低減の手段

表 5 最低コークス比の達成条件

	目 標	実 績 例
内 容	-	4 063
出 銑 比 (t/d/m ³)	-	2.29
コークス比 (kg)	350	365
液燃比 (kg)	80	66
送燃料比 (kg)	430	431
酸素富化 (%)	3	0.2
送風温度 (°C)	1 300	1 310
送風湿分 (g)	5	7
焼結鉱配合率 (%)	-	92.5
ベレット配合率 (%)	-	7.5

注) 実績例は君津 3 BF 1975 年 3 月の成績

風温度の上昇 (+140°C), 脱湿送風 (-5 g/Nm³) および炉頂圧の増加 (+0.65 kg/cm²) によつて約 40 kg のコークス比の低下が期待されている。

一方, コークス比の最下限については, 日本鋼管(株)で検討された結果があるので, これを図 2³⁾ に示した。この図は, コークス比 410 kg, 液燃比 60 kg を基準として, 液燃比 80 kg, 送風温度 1 300°C, 酸素富化 3% および脱湿送風 5 g/Nm³ を採用すれば, コークス比は 350 kg まで低下させうることを示している。表 5 は図 2 のそれぞれの値と月間平均で過去最低のコークス比を記録した高炉の操業条件とを比較したものである。このように月間コークス比の最低値が 365 kg を達成している事実から判断しても, 1985 年には 350 kg のコークス比の実現は十分可能であろう。すなわち, 1985 年までには, 我が国の平均コークス比は, 400 kg までに低下し, 同時に最先端をゆく高炉では, 350 kg のコークス比を記録するであろう。

これ以上のコークス比の低減手段としては, 高炉シャフト部からの還元ガスの吹込技術が最も期待されているが, この技術はまだ工業化されていないために, どの程度までコークス比を低下できるか, また経済的にみて, どれだけのメリットが期待されるかについては現在では明確ではない。

3. 原料炭消費量と品質の推移

我が国の鉄鋼生産は、図3に示すように、1959年までは1000万tにも満たなかつたが、1960年以降旺盛な鉄鋼需要にささえられて増加の一途をたどり、1974年には9000万tを超えるに至つた。この間、原料炭の消費量は、1959年には1000万tであつたものが、1974年には6000万tに達した。

わが国の高炉用コークスは、十数年前には、日本炭・米国炭および少量の豪州炭から製造され、その品質は極めて良質であつた。けれども、その後の原料炭需要量の増加に伴い、大量の豪州炭・カナダ炭が使用されるようになった。このため、コークス炉に装入される石炭は、灰分の増加や流動性の低下などの現象が著しくなつてきた。この一例を図4⁴⁾に示した。特に1974年は原料炭の需給バランスが著しく悪化した時期であつた。当時は品質の悪い原料炭や非粘結炭に近い品質の石炭が多量に入荷し、このため、コークス強度は大幅に低下し、またコークス灰分も増加した。このコークス品質の悪化は、高炉操業へもかなりの影響を与えた。

1975年以降は、原料炭需給は極めて安定に推移しており、特に最近の予想では、この2~3年の原料炭需給は余剰傾向が続くものとみなされる。しかし、コークスの強度を維持するために最も重要な装入炭の流動性は、

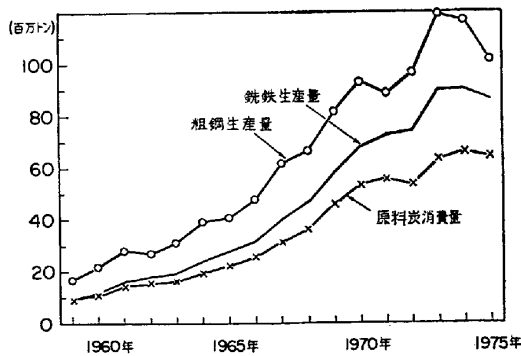


図3 日本の鉄鋼生産と原料炭消費量の推移

今後次第に低下する傾向にあることが大方の予想である。

この意味からも、また長期的な視野に立つた場合、わが国鉄鋼業が原料炭所要量の90%近くを海外からの輸入に依存せざるをえない現実からみて、原料炭の品質低下に対する自衛手段を確立するとともに、貴重な良質強粘結炭資源を節約するための原料炭使用範囲の拡大技術を早急に確立する必要があると考える。

4. 非粘結炭によるコークスの製造

表6は装入炭の事前処理技術とコークス強度向上との関係を示したものである。このような事前処理設備をコークス工場に設置しておけば、将来、入荷原料炭の品質が劣化した場合でも、コークス強度の低下を防止することができる。別の見方をすれば、コークス強度を一定とした場合、これらの技術を実施することによつて、コークス強度向上の分に相当する非粘結炭が使用できることになる。そして、これらの技術のうち、コークス強度向

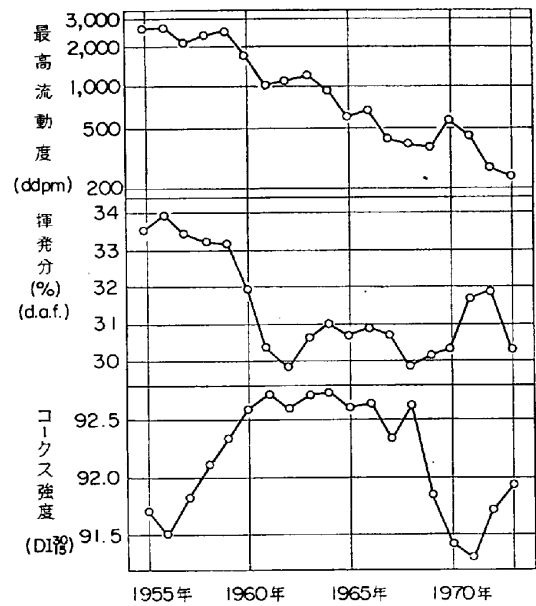


図4 コークス炉装入炭の品質推移

表6 装入炭事前処理方法と効果

事前処理の方法	コークス強度の向上 (ΔDI%)	コークス強度の向上理由	備考
オイリング	0.1~0.2	嵩密度増加	添加量 3% 以下
選択粉碎	0.3~0.5	混合度改善	
乾燥炭装入	0.5~1.0	嵩密度増加	水分 5% 以下
予熱炭装入	1.0~2.0	嵩密度増加	予熱温度 200~250°C
粘結材添加	1.0~1.5	粘結力補填	添加量 2~3%
成型炭配合	1.0~1.5	嵩密度増加 粒子間隔短縮	成型炭配合率 30~40%

上の効果の大きいものは、通常のコークス炉を使用する技術として成型炭配合法、予熱炭装入法および粘結材添加法が、また新しい型式のコークス製造装置を必要とする技術として成型コークス法があげられる。

4.1 成型炭配合法

この技術は、装入炭の約 30% にピッチなどのバインダーを加えダブルロールプレスによつて成型炭を製造し、この成型炭を残りの装入炭に混合してコークス炉に装入する方法である。この技術の基本は、旧八幡製鉄(株)で開発されたもので、1971年に1200t/dの成型炭工場が新日本製鉄(株)八幡製鉄所で稼動開始以来、製鉄各社でこの技術効果が高く評価され、表7に示すように、現在8個所の製鉄所で成型炭工場が稼動している。

表7 製鉄各社の成型炭設備稼動状況

会 社	製 鉄 所	能力 (t/d)	稼動開始期日
新 日 鉄	八 幡 君 津* 大 分	2 400	1971 年 11 月
		2 900	1976 年 10 月
		2 400	1977 年 4 月
日 本 鋼 管	京 浜 福 山	800	1973 年 8 月
		3 000	1975 年 9 月
住 友 金 属	和 歌 山** 鹿 島**	1 700	1975 年 5 月
		4 700	1975 年 10 月
神 戸 製 鋼	加 古 川***	3 000	1976 年 11 月
合 計		20 900	

注) * 新日化所属, ** 住金化工所属, *** 関西熱化学所属

成型炭配合法の実施によつて、どれだけの量の非粘結炭が使用できるかについては、非常に興味のあるところである。現在のような減産時期では、原料炭は順調に供給されているので、非粘結炭を積極的に使用するような環境ではないが、住友金属工業(株)では、1975年5月以降2カ年の間に合計120万tの非粘結炭が使用されてきた。そして非粘結炭を配合して製造したコークスは、現在同社の2000m³から最高5000m³級まで各種の大きさの高炉に使用されている。表8は同社和歌山製鉄所内の住金化工(株)コークス工場で、非粘結炭が25%使用されたときの実績を、また図5に同所の高炉操業の実績を示す。この高炉の出鉄量は経済的な理由によつて低下しているが、燃料比や炉内の圧力損失などに全く異

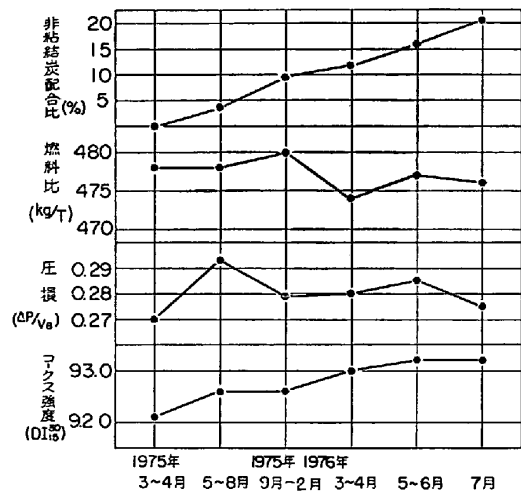


図5 和歌山 No. 4 高炉の操業経過

表8 非粘結炭多配合実績 (1977年3月・和歌山)

コ ー ク ス 炉		No. 3・4・5 炉 (成型炭・粘結材配合)	No. 1・2・6 炉 (粘結材のみ配合)
装 入 炭 配 合 割 合	通常 の 粉 炭	LV 強粘 (%) 10.5 MV 強粘 (%) 12.5 MV 準強 (%) 20.0 HV 弱粘 (%) 15.0 HV 非粘 (%) 4.5 粘 結 材 (%) 2.5 65.0	16.0 23.7 37.7 11.5 7.0 4.5 100.0
	成 型 炭 (%)	35.0	—
成 型 構 成	通常粉炭 (%) (31.7) HV 非粘 (%) (61.2) バインダー (%) (7.1)	—	—
非 粘 結 炭 の 合 計 (%)		25.2	7.0
装 入 炭 の 位	灰 分 (%) 8.1 揮 発 分 (%) 28.7 全 硫 (%) 0.80 C S N 7	8.1 28.7 0.80 7	8.3 26.9 0.75 7
コ ス ト 品 位	強 度 (DI ₁₅ ³⁰) 93.1 CO ₂ と の 反 応 量 30.5 CO ₂ 反 応 後 強 度 58.1	93.1 30.5 58.1	93.1 30.1 59.0

常は認められない。一方、非粘結炭を使用しない場合には、成型炭配合法は大幅なコークス強度の向上が実現できるので、図6に示すように、コークス粉率の低下、出銑量の増加およびコークス比の低減が期待できる。いずれにしても、この成型炭配合法は、原料炭の使用範囲を拡大させる技術として、またコークス強度を高め高炉の操業成績を向上させる技術として有力な手段である。

4.2 粘結材の利用

強粘結炭資源を持たないわが国では、数年前から石油系重質油を原料とした人造粘結炭の製造に関する研究が盛んに行なわれてきた。最近では石炭を溶剤で処理して粘結材を製造する方法 (SRC など) の研究も行なわれている。これらの研究成果の一つとして、石油精製で発生する減圧蒸留残渣油から芳香族性に富む粘結材を製造する世界最初の工業装置が 1976 年 2 月からユリカ工業 (株) で稼動を開始した。この会社では、年間 100 万 t の残渣油から 30 万 t の粘結材と 65 万 t の低硫黄燃料油が生産されている。この粘結材は、石油系重質油を原

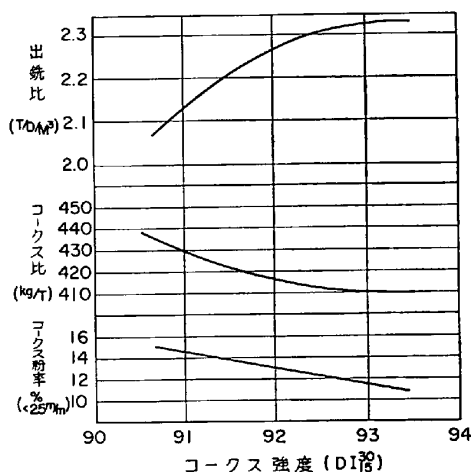


図6 高炉操業へおおよすコークス強度の影響

料としているために硫黄分が多い欠点があるが、特に流動性、軟化・熔融温度および揮発分が原料炭中の粘結成分のそれに類似している。従つて、この粘結材は、高流動性原料炭とそのまま代替えて使用できるが、非粘結炭と適当な方法で混合すれば、原料炭の代りとして使用できる。

この他に、この粘結材は、成型炭配合法における成型用バインダーとしても使用できる。実際には、現在前者の方法は住友金属和歌山製鉄所で、また後者の方法は同鹿島製鉄所で採用されている。

4.3 予熱炭装入法

コークス炉に石炭を装入する前に、装入炭を 200~250°C に予熱することによつて、20~25% の乾留時間の短縮、25~50% の生産性の向上および約 5% のコークス強度の向上が期待できる。工業的規模の予熱炭工場はまだわが国では稼動していないが、欧米では表9に示すように、幾つかの工場が実際に操業している。英国と米国における予熱炭操業の例を図8⁵⁾および表10⁶⁾に示した。

予熱炭装入法の採用による非粘結炭使用可能量は、要求されるコークス強度にもよるが、おおむね 10~20%

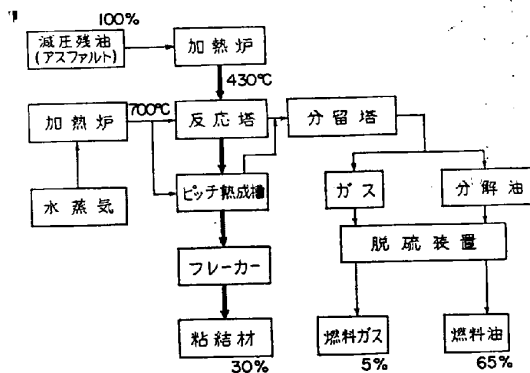


図7 石油系重質油の熱分解プロセス

表9 予熱炭装入法の主要プロセス

名称	Coaltek	Precarbon	Simcar
ライセンサー	Coaltek	Didier Engineering	Otto
エンジニアリング会社	米国 {Willputte American Koppers 独英 Krup Koppers Gibbons	Didier Engineering Carl Still	Simon Carves Simon Lodge
装入方法	パイプラインによる ニューマティックチャージ	チェーンコンベヤー グラビティチャージ	ラリーカーによる グラビティチャージ
納入実績	Allied Chemical (Ironton) Inland Steel (East Chicago) Alabama Byproducts (Tarrant) British Steel (Redcar Teeside) Jones & Laughlin (Aliquippa) Norbottens Jarnverk (Lulea)	Berkuerks Emilverbant U. S. Steel (Gary) 新日鉄 (大分) 計画中 新日鉄 (室蘭) 計画中	British Steel ISCOR (Pretoria) United Loal (Brookhouse) Anglo American (南ア)

表10 米国における予熱炭装入操業の実績

方 法		通常湿炭操業	予 熱 炭 装 入 (パイプチャージ)
工 場		インディアナハーバー	インランド
配 合	イ リ ノ イ 炭 (%)	60	75
	ピ シ ョ ッ プ 炭 (%)	40	25
コ ク ス	ス タ ピ リ テ ィ (+1'')	55	59
	ヘ ヲ ド ネ ス (+1/4'')	65	66
	平 均 粒 度 (In.)	1.9	1.7
操 業	石 炭 温 度 (°F)	—	350
	乾 留 時 間 (h)	17	13.3

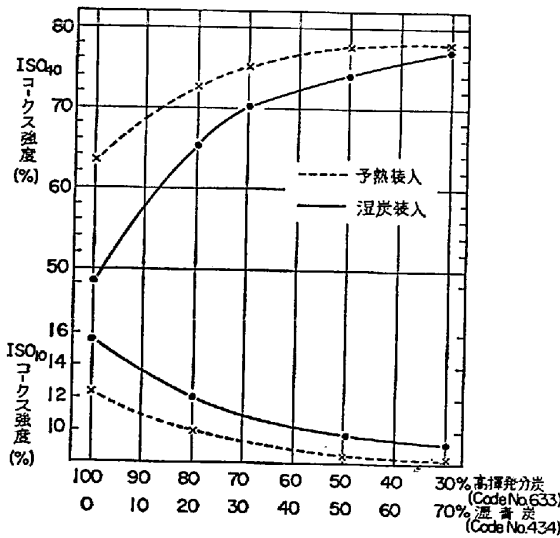


図 8 英国における予熱炭装入の効果例

と考えられる。

4.4 成型コークス法

わが国においては、最近2つの大型パイロットプラントによる成型コークスの製造実験が行なわれた。その1つは、石炭技術研究所と新日鉄によつて実施されたプロセスで、室蘭製鉄所内に2t/hの装置が設置され、最終的には、約3000tの成型コークスが高炉試験に供された。このプロセスでは、原料石炭はバインダーなしで高温で成型されることと、成型炭は2段の環状炉で乾留されることが特長である。

他の一つは、住友金属とほか3社との共同研究によつて開発されたDKS法で、間接加熱による室炉式乾留法が特長的である。京阪煉炭工業(株)大阪工場において、1971年以来24門の堅型炉(130t/d)が稼働し、今日まで約22万tの成型コークスが生産され、このコークスによつて数多くの高炉使用試験が実施された。しかし、この堅型炉は炭化室の容量が小さく通常のコークス炉に比べて経済性が劣るため、大型の傾斜炉が開発された。図9は各種の大きさのコークス炉炭化室の断面を

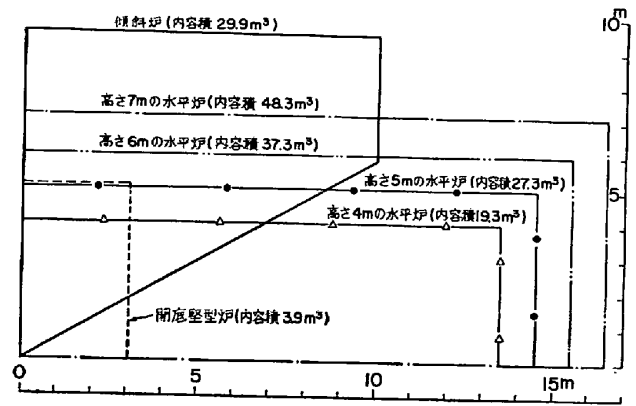
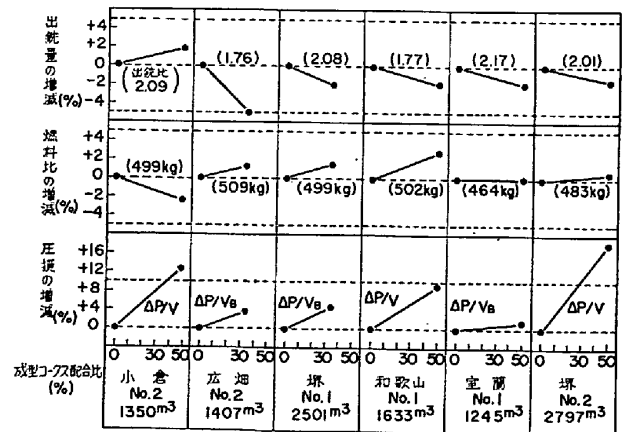


図 9 室炉式コークス炉の炭化室断面の比較



(注) ウツリ内は基準操業時(成型コークス配合比)の数値を示す。

図 10 成型コークスの高炉使用試験結果の比較

比較したものであるが、この傾斜炉は、高さ6mの通常コークス炉の大きさに匹敵する。そして、実炉大の傾斜炉試験設備が和歌山製鉄所内に建設され、1975年5月以降約1年間の操業によつて良質な成型コークスが製造できることが実証された。

図10はわが国で実施された成型コークスの高炉使用試験の結果(7)(8)(9)を示したもので、この結果から、多少のパラツキは認められるが、良質の成型コークスであれば

50% 程度までは高炉で使用可能であると判断される。

成型コークスの経済性については、環境対策の面で優れているとの意見が多いが、この問題に関しては、実用プラントが存在しない現時点では、正確な判断は困難である。一方、非粘結炭と強粘結炭との価格差を判断の基準に考えると、これが大きい場合には、当然成型コークス法が通常のコークス製造法よりも有利となる。従つて成型コークス法は強粘結炭資源の枯渇問題が具体化する前に実用化の体制をととのえておくべきプロセスであるといえよう。

5. おわりに

原料炭必要量の 90% 近くを海外からの輸入に依存し、かつ世界の鉄鋼需要の約 16% を供給しているわが国鉄鋼業としては、将来の原料炭需要増加と良質原料炭資源の枯渇傾向に対して、原料炭消費量の節減を積極的に推進しなければならない立場にある。

原料炭消費量の節減手段には、より一層のコークス比の低減と原料炭使用範囲の拡大の 2 つがある。わが国の平均コークス比は、高炉操業技術の進歩によつて、10 年後には 400 kg に達するものと予想される。一方原料炭の使用範囲の拡大については、世界的に成型コークス法が重要視されているが、成型炭配合法や予熱炭装入法などのように、現在のコークス製造プロセスを改良することによつて約 20% の非粘結炭が使用できることが確認されている。

高炉のコークス比が 10% 低下し、かつコークス炉で非粘結炭が 20% 使用できたとすれば、現在のわが国の原料炭（粘結炭）消費量を増やさないうえに約 30% の鉄鉄が増産できることになる。けれども、コークス比の低減

と非粘結炭の利用のみで、今後の世界全体の高炉用コークスの需要増加を完全に充たすことはできないので、鉄鋼業界における原料炭消費量の節減と並行して、良質原料炭産出炭鉱の開発もまた急務である。

最後に、この報文は昨年 10 月に大阪で開催された第 10 回 IISI 総会のパネル討論会で発表した論文¹⁰⁾ を要約したものであるが、論文の作成に当つては、日本鉄鋼協会、日本鉄鋼連盟ならびに製鉄各社の関係の方々の大いなる協力をいただいた。本誌上からこれらの方々にあらためて謝意を表したい。

文 献

- 1) D. SPETHMANN: IISI, The 10th Annual Meeting and Conference, Panel Discussion, (1976)
- 2) , 3) 鈴木驥一: 燃料協会誌, 54 (1975) 573, p. 15
- 4) 宮津 隆, 奥山泰男, 鈴木喜夫, 福山辰夫, 森高: 日本鋼管技報, No. 67 (1975)
- 5) W. PETERS: IISI, The 10th Annual Meeting and Conference, Panel Discussion, (1967)
- 6) F. W. LUERSSEN: IISI, The 10th Annual Meeting and Conference, Panel Discussion, (1967)
- 7) 菅沢清志, 仁礼尚道, 田坂鋼二, 角南好彦, 日野契芳, 坂井武雄, 安部信義, 篠田正隆: 燃料協会誌, 51 (1972) 544, p. 668
- 8) 赤松経一, 羽田野道春, 神田良雄, 河合 晟, 淡路 宏, 山下良一, 岡村祥三: 鉄と鋼, 61 (1975) 2
- 9) N. NAKAMURA and H. MATSUOKA: IISI, Meeting of the Committee on Technology, March 29/30, 1976
- 10) 池島俊雄: IISI, The 10th Annual Meeting and Conference, Panel Discussion, (1967)