

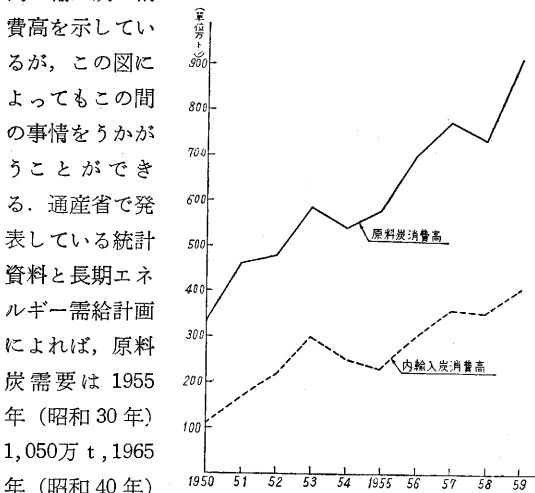
三池 コークス 配合 試験 について

金 鉄 祐

1. 原料炭について

製鉄用コークス原料として欠くことのできない強粘結炭は、本邦においては北海道の夕張炭田と九州の北松炭田にわずかに産出するのみであって、それすらも製鉄コークスの原料炭としては量の上でも質の上でも難点がある。したがって製鉄に使用する原料炭の大部分は外国からの輸入に依存せねばならない。すなわち、強粘結炭を外国から輸入して国内産の弱粘結炭に配合して、製鉄の目的にかなう冶金コークスを製造するのであるが、このことは本邦の原料事情からくる冶金コークス製造における特異性である。原料炭の消費高も最近の鉄鋼生産の急激な増大に伴って増加の一途をたどっている。したがって輸入原料炭への依存度も次第に高まり、今後この傾向はますます強まってくるものと見られる。

第 1 図は 1950 年 (昭和 25 年) 以後の原料炭の消費高と輸入炭の消費高を示しているが、この図によってもこの間の事情をうかがうことができる。通産省で発表している統計資料と長期エネルギー需給計画によれば、原料炭需要は 1955 年 (昭和 30 年)



第 1 図 原料炭の消費高 (八幡製鉄所調査)

には 3,095 万 t と大幅に増加するにもかかわらず、国内原料炭の生産高は 1955 年に 742 万 t、1965 年は 1,200 万 t、1975 年には 1,330 万 t となるので、国内炭の不足分に見合う輸入炭は 1965 年に 885 万 t、そして 1975 年には 1,765 万 t が必要になるとしている。しかもこの原料炭のうち強粘結炭の輸入先は大部分米国であり、戦前の中国からの輸入にくらべて、輸送距離がいちじるしく長く、運賃が高くなるという事情がある。

石炭は、近年石油および電力などの他のエネルギー源と競合して、その重要性が相対的に低下している。

本邦においてもここ数年来若干の重要産業部門において、燃料とエネルギー源の転換が動かし難い事実となっており、しかもそれが画期的な意義を持つほど重要な性格を持っている。すなわち、アンモニア系肥料のガス源転換、交通運輸関係の電化とディーゼル化、鉄鋼平炉やガラス溶解炉における発生炉ガスから重油への転換、セメント工業における重油消費の傾向など、“エネルギー革命”なる最近の流行語に表現されているように、石炭から石油系燃料への転換、あるいは固体燃料から流体燃料への転換が極めて明白な形をとってきた。

そしてこのようなエネルギー転換の結果として、石炭はその地位を他のエネルギー源にゆずらざるを得ないすう勢にあり、石炭危機として世界各国に深刻な影響をまき起こしている。すなわち、各国においても、石炭は過剰生産に陥っており、西独のように米国炭の輸入制限を行なった国もあるほどである。しかしながら、このようにエネルギー源としての石炭の占める地位が世界的に変化を受けつつある現在でも、製鉄の大量生産手段としての原料炭の需要は、ますます増大の一途をたどることは想像に難くない。したがって製鉄用原料炭の輸入量は飛躍的に増大することは明らかである。

もしもこのように増大する輸入炭を国内炭で賄うことができるか、あるいはその幾分かでも肩代わりさせることができるか、外国炭への依存度をそれだけ弱めることができるし、危機を伝えられる石炭の不況を幾分でも緩和できるのではないかという期待がある。

事実、冶金コークスの原料炭である強粘結炭は資源的にみて、それほど近い将来でないにしても、ともかく埋蔵量に限界があるか、あるいは地域的には日本のようにほとんど産出しない国も少なくない。そのため弱粘結炭を冶金コークスに利用しようとする懸命な努力が各国において払われている。

当金森研究室が 1958 年と 1959 年の 2 回にわたり、国内炭である三池炭によって製造したコークスによる溶鉱炉試験を実施した根底にも、以上のような未利用資源開発の一環として、国内の冶金原料事情に解決の端緒を開き、あわせて製鉄技術の発展に寄与したいという願望があった。

2. 三池炭の溶鉱炉への利用

冶金コークスとして、三池炭を使用した歴史はかなり古い。すなわち、1882 年 (明治 15 年) 2 月に第 2 次操業を開始した官営釜石鉱山は、同年 9 月に木炭よりコークスに切替えを行なう際に失敗して、操業不能に陥り遂に

鉍山を廃山せざるを得なくなったが、この時に使用した原料炭が九州の三池炭と高島炭であった。次に 1896 年(明治 29 年)に官営八幡製鉄所が発足して、日産 160 t のコークス使用による近代的溶鉄炉の火入れが、1901 年(明治 34 年)2 月に行なわれたが、操業成績は思わしくなく、コークス比 1.7 以上、出銑量は平均 80 t 以下という状態であった。この時に使用したコークスの原料炭は九州の二瀬炭と高島炭であったが、機械的強度が低く灰分の多いこれらのコークスは高炉操業にはとうてい無理であり、遂に翌 1902 年(明治 35 年)7 月には吹止めの止むなきに到った。そこでこのような第 1 次操業の経験から、碎炭、洗炭などのコークス製造設備の完備している三井合名会社に依頼して、三池炭単味を原料炭とするコークスを使用して 1904 年(明治 37 年)4 月に第 2 次操業を開始したが、わずか 17 日間で吹き止めせざるを得なかったという惨めな成績であった。

三池炭を原料炭とするコークスは機械的強度は他の国内炭のそれよりも比較的良好であるにもかかわらず、S 含有量がいちじるしく高いという欠点を持っている。

創設初期の八幡製鉄所における三池炭の使用による失敗について、同製鉄所の溶鉄炉操業を正常な軌道に乗せるにあずかって貢献のあった野呂博士は、高硫黄コークスのためはなほだしい高塩基操業 ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 \approx 1.8$) に陥り、粘性の大きな難溶性鉍滓を生じたためと、炉の設計部分に問題があったと指摘している。さらに三池炭を原料炭とすることについては、単味で使用することは無理であっても、今後のコークス製造技術の研究いかんによっては製鉄用原料炭として有望であると述べている。

その後同博士の主張によって三池炭に二瀬炭と無煙炭を配合して、冶金コークスとして八幡初期の溶鉄炉操業に使用した例もある。しかし、その後の日本製鉄業は外国から、主として中国から強粘結炭を輸入し国内の弱粘結炭に配合して冶金コークスをつくるという方向に進み、高炉操業の効率を低下させ、鋼材の性質をいちじるしく害するという理由などから、三池炭は不適當とされ次第に用いられなくなった。しかし、たとえばソ連南部の高炉工場では S 含有量が 2% に近いコークスを用いて、円滑に操業を行なっているという事実もあり、八幡当初の失敗も鉍滓塩基度を過度に高めたからであるとする野呂博士の報告からも、われわれは適当な技術的手段、たとえば湯溜吹精法によって効果的な脱硫を行なうなどして、高 S 含有の三池コークスの使用上の困難を克服できないかどうかを調べたいと考え、1 トン試験溶鉄炉による第 6 次操業 (1958 年 3 月 11 日～4 月 10 日) と第 8 次操業 (1959 年 3 月 10 日～4 月 8 日) の期間内に、前後 2 回にわたって三池コークス配合試験を実施した。

3. 三池単味コークスの試験 (第 1 次試験)

われわれはこの第 1 次試験において、三池炭単味で製造したコークスについて次の 2 点を確かめることを目的とした。

(1) 三池コークスを低率配合した場合の炉況、および出銑成分の変化を調べ特に S の挙動を確かめること。

(2) 特殊吹精により溶鉄の脱硫効果を高め三池コークスをどの程度まで配合使用できるかを確かめること。

この試験に使用した三池単味コークス (以下三池コークスと呼ぶ) は、固定炭素 81%, S 2.0%, Ash 10%, ドラムテスト 15 mm 指数 60 であり、併用した普通コークス (米国炭に国内炭を配合したもの) は、固定炭素 85%, S 0.65%, Ash 12% ドラムテスト 15 mm 指数 90 以上となっており、三池コークスは機械的強度弱く、S と Ash がいちじるしく高く、しかも Ash 中の CaO は普通コークスの 5.2% に対して三池コークス 16.7% と、これまた圧倒的に高いのが特徴である。なお、鉄鉍石は T. Fe が 60.54% のインド鉍石を使用した。三池コークスは 20, 30, 50% と段階的に配合した。これらの操業データを第 1 表に示した。

三池コークスの配合率 20% まではほとんど変化なく、30% 付近および 30% を越えると羽口汚れが目立ち、風圧の上昇、炉頂温度の上昇および [Si], [Mn] の低下、また [S] は 0.1% 台に達するなどの傾向を顕著に示すことが明らかになった。そこで三池コークスの配合限度はほぼ 30% 付近にあるものとみて、3 月 30 日から三池コークス 30% で [S] を十分低下させるために、吹精による脱硫試験を行なった。すなわち、出銑間隔を 6 時間に延ばし、3 時間目ごとに 1 分 30 秒の吹精を行なったが、われわれが当初期待した脱硫効果を得ることができなかった上、吹精羽口より多量の冷風が炉内に入り、ガス分布を狂わせ装入物の異常降下を招き、炉況は全体として悪化の傾向をさ示した。これらの一連の試験から、われわれは次のような結論を導いた。

(1) 三池単味コークスの配合限度はほぼ 30% である。(2) 配合率と風量/風圧、炉頂温度などのデータから、三池コークスの S が高いことより、炉内における二次的な潰裂などの物理的性質の悪化が、炉況にたいしていちじるしい影響を与えたものと思われる。しかし (1), (2) の結論は三池炭を配合して製造した製鉄用コークスで再試験を行なわねば確かめられない。(3) 1 トン炉の湯溜り部の蓄熱状態改善、吹精時に吹返し防止用冷風が多量に炉内に入らないような設備上の改良を行なわなければ、吹精による脱硫効果は期し難い。(4) 三池単味コークスの S は、バランスからみる限り 20～30% がガスとダストに入るとみねばならないが、この場合普通コークスのときよりダスト量がかなり増加しているので、この点も配合コークスによって確かめる必要がある。(5) 試験終了後、炉体を解体して点検した

第 1 表 三池コークス配合率と操業成績 (第 1 次試験) 1958 年 3 月 11 日 ~ 4 月 10 日

配合率	送風量 m ³ /min	送風圧力 mmAq	送風温度 °C	炉頂温度 °C	炉頂圧力 mmAq	Ore/C	C/Pig	出鉄量 kg	出鉄温度 °C	鉄 鉄 成 分 %			錳 成 分 %			CaO/ SiO ₂				
										C	Si	Mn	S	SiO ₂	CaO		Al ₂ O ₃	S		
0%	3.96	756	576	361	142	0.800	1.95	886	1402	4.23	1.44	1.58	0.036	649	1477	31.6	42.2	17.5	1.78	1.34
20 "	3.92	904	567	343	161	0.807	2.01	886	1400	3.97	1.20	1.62	0.036	637	1540	31.3	42.9	20.1	1.82	1.37
30 "	3.84	911	572	348	155	0.811	2.01	(286)	1402	4.08	1.09	1.14	0.046	(221)	1545	31.9	40.9	—	2.15	1.29
50 "	3.82	1015	600	378	123	0.819	2.13	760	1405	3.24	0.73	1.12	0.139	660	1550	31.4	40.3	14.9	2.17	1.28

註 30% 配合時の出鉄出滓量が少ないのはデータをとった期間が 24 時間にみたなかったためである。

第 2 表 三池コークス配合率と操業成績 (第 2 次試験) 1959 年 3 月 30 日 ~ 4 月 8 日

配合率	送風量 m ³ /min	送風圧力 mmAq	送風温度 °C	炉頂温度 °C	v/p	Ore/C	C/Pig	鉄 鉄 成 分 %			出鉄高周 波 kg	出鉄温度 °C	錳 成 分 %			CaO/ SiO ₂	出滓 量 kg	出滓 温度 °C	出滓 速度 (s)/[s]	滓/鉄	脱炭率 %	Mn 還元率 %				
								C	Si	Mn			S	SiO ₂	CaO								Al ₂ O ₃	FeO	S	
0%	3.99	1020	603	353	391	1.02	1.60	4.08	1.52	1.43	0.055	1380	958	19.1	131.8	44.0	15.4	0.77	1.50	1.38	595	1555	28.7	0.63	95.1	52.3
50 "	3.96	1030	590	360	384	1.02	1.65	3.90	1.52	1.38	0.096	1395	921	18.8	131.2	40.3	17.8	0.79	1.82	1.29	566	1565	23.9	0.61	93.8	47.8
100 "	3.81	1092	662	432	349	0.92	1.85	3.14	1.73	1.16	0.175	1410	752	24.6	131.6	40.4	18.5	0.97	2.22	1.28	497	1570	14.9	0.66	90.6	37.0
82.5 "	3.86	1080	689	439	357	0.79	2.28	3.87	2.35	1.44	0.118	1423	615	27.9	129.7	43.1	20.7	0.75	2.01	1.47	412	1543	17.0	0.65	95.0	45.3

第 3 表 Ansatz の 錳 滓 試 料 分 析 値

繰返段数 (上から)	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	S	TiO ₂	CaO/SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	Total
22 段 (1-2) 羽口	31.2	38.6	10.35	4.12	7.236	—	0.88	分析せず	分析せず	91.51
22 " (3)	32.6	34.8	10.43	3.04	9.650	1.30	0.96	"	"	91.82
24 " (3)	33.0	34.2	9.70	2.68	9.395	1.01	0.99	"	"	89.99
24 " (3-4)	33.6	33.6	10.70	3.12	8.491	1.02	1.00	"	"	90.53
28 " (1-2)	36.4	32.6	10.90	2.76	8.591 (2.50)	2.70	1.12	"	"	93.73 (93.53)
28 " (3)	36.0	14.0	9.67	4.20	9.023	2.12	2.68	4.30	4.80	82.01
28 " (2)	35.4	15.2	5.23	1.68	8.965	1.80	2.27	6.20	5.20	78.78

註 28 段 (3) は total が小さいので 28 段 (2) を改めて分析してみた。

際にシャフト下部から羽口付近まで、一面に Ansatz が形成されていることが認められたが、これが炉況悪化に関連があったことは明らかである。

4. 三池配合コークスの試験 (第2次試験)

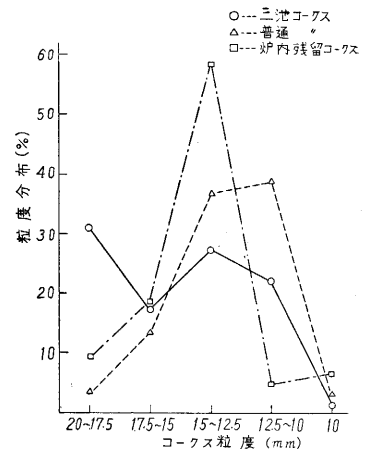
さきの第1次試験から、もしもコークス製造過程において、他の適当な原料炭と配合して機械的強度の高いコークスを得ることができれば、三池炭を30%程度配合することが可能であろうと想定した。よって、今回の第2次試験では、三池の三川坑水洗粉30%、芦別特粉20%、神威特粉20%それに米国炭30%を配合して製造したコークス(以下三池コークスと呼ぶ)と普通コークスを使用した。これらの配合によって製造された三池コークスはドラム試験15mm指数93.1%、固定炭素87.7%、灰分11.28%で普通コークスのそれらとほとんど変わりなく、ただ、Ash中のCaOが普通コークスの6.75%に対して16.48%と高く、アルカリ成分(K_2O , Na_2O)の含量が8.2%も含まれていることが異なっている。なお、使用鉄鉱石の銘柄はT.Fe58.76%のインド鉄石であった。この試験に当たっては、三池コークス100%で装入した場合の操業成績を通常操業のそれと比較することを主眼とし、50%操業は経過の処置として観察することとした。

第2表に三池コークス0, 50, 82.5, 100%装入時の操業データを比較した。これによって三池コークスの配合の増加に伴い、風圧の増加、炉頂温度の上昇、出銑成分の悪化などが起こり、送風温度の上昇、荷の軽減および高周波KWの増加などの処置によっても、なお、炉況悪化の傾向を喰い止めることができなかったことを示している。なお、参考のために掲げた三池コークス82.5%の若干のデータを考慮に入れ、風圧、送風温度との関係を考察してみると、今回の炉況の悪化は第1次試験の時のように、コークスの機械的強度のみによるものでなく、今回のコークスに、若干の普通コークスの存在によって補うことのできる高炉操業上本質的な欠陥があることによるものと思われる。一方、今回もまたシャフトから、羽口部分に達する、Ansatzが形成されていたことと、炉況悪化の諸特徴が第1次試験によく似ている点などから、炉況悪化がAnsatzの形成に伴って起こったと考えることは自然であり、三池コークスにこのようなAnsatzを招く性質があるのではないかという考え方が生ずる。また、Sバランスのデータからも、三池コークス増加に伴って鉍滓に入るSは増加しているが、0, 50%配合の時に較べて100%配合の際の不明分が、前者の平均約20%にたいしてわずか1.7%と極端に少なくなっており、三池コークス配合率の増加に伴ってSの挙動にかなり本質的な変化が起こったと考えられ、これがまたAnsatzの形成となんらかの関係があるものと想像できる。事実、第3表によればAnsatzを形成している

鉍滓部分のS含量はきわめて高く、8~9%というこのSがCaSの形であれば鉍滓の溶融点はいちじるしく高くなっているとみられる。このことは羽口付近の鉍滓の塩基度が異常に高くなっていることと相まって、流動性をいちじるしく悪化させこれによってAnsatzの形成を促したと考えられないことはない。しかし塩基度の異常に高いことは、高CaOの三池コークスAshが羽口付近で鉍滓にとけこんだためとみることができても、S濃度の異常な高さは、これまた三池コークスにかなり多量に含まれているアルカリ(K_2O , Na_2O)が、Sの吸収を促したとでも考えねばならない。

三池単味コークスの試験で疑いをもたれた炉内での二次的破碎につい

ては、第2図によりその可能性は少ないものと思われる。何となれば三池コークスの炉内での粒度分布形は普通コークスのそれとほとんど変わらないからである。こうして三池コークス配合増加に伴う風



第2図 装入前および炉内残留コークスの粒度分布

圧の上昇やAnsatzの形成は、主として粘性の大きい鉍滓によるものという見方が有力になる。このことはまた操業中流出した鉍滓の流動性および羽口汚れなどに関する観察とよく一致する。

5. 総括 前後2回にわたる三池コークスの試験を総括して次のようにいうことができる。

(1) 1トン試験高炉に関する限り、三池炭を他の強粘結炭と配合して製造したコークスは、機械的性質の点で問題になることはない。ただし大型炉へ使用する場合、少なくともドラムテストの50mm指数がもっと高くなるよう注意することが必要と思われる(今回の配合コークスは25で普通製鉄コークスの40よりかなり小さい)。

(2) さしあたり操業上支障をきたさない配合限度を確定することはできなかったが、30%以下であることは確実である。

(3) しかし真の意味での配合限度は難溶性高S鉍滓の生成過程を含めてAnsatzの形成機構に関する根本的な研究と、これにもとづいてAnsatzの形成を防止する操業技術の検討とによらなければ決定できない。三池コークスの含有するSの問題、銑鉄の脱硫の問題もその上で考慮する必要がある。

(1960. 8. 8)