製鉄所で副生するコークス炉ガスおよび 高炉ガスの有効利用

喜 多 河 庸 二*

The Profitable Utilization of the Gases Generated from
Blast-Furnaces and Coke-Ovens in Iron Works Japan

Yōji KITAGAWA

I. ま え が き

ここ数年来の鉄鋼生産の増大は、きわめていちじるしく、将来はますますその傾向が高まる模様である。

現在、わが国で採用されている鉄鋼生産方式の多くは、まず高炉に鉄鉱石とコークスとを装入して銑鉄をつくり、次に銑鉄とそれとほぼ等量の屑鉄とを平炉に装入して鋼を製造する方法によっている。

しかしながら、鉄鋼業界では、将来の屑鉄供給不足に対処するため、増産分については、平炉に代って、屑鉄を必要としない純酸素上吹転炉を大幅に採用するよう、すでに具体的にその計画が着工されつつある。

つまり、今後の鉄源の供給は、主として銑鉄に依存するようになるし、また、酸素による製鋼方式が進出することになる。

最近、製鉄各社において、競って高炉、コークス炉、転炉の新増設の建設が進められつつあるのは、この間の事情をよく反映している。

このようなう勢からみれば、コークス炉、高炉からそれぞれ副生するコークス炉ガスおよび高炉ガスの発生量も、急激に増加の一途をたどることは、疑う余地がない。

これらのガスは、従来から、主として平炉や圧延関係の加熱炉用の燃料として、また余った分は、自家発電用ボイラーの燃料として使われていたが、昨年頃から、この副生ガスを、化学工業原料として積極的に活用してはどうか、また、特にコークス炉ガスについては、立地条件さえ許せば、都市ガスとしての利用も伸ばしたい、といった動きが、世の注目をあびるようになってきた。

この動きの要因となっているものは、前に述べた発生量の増大のほかに、製鉄所の製鋼部門や圧延部門で、燃

料源として、従来から使われていたこれらガスの熱量原単位が、加熱炉の設備や作業の合理化によって低下してきたこと、また、転炉の進出や平炉に対する酸素送風など、酸素による製鋼技術が普及してきたことなどによって、製鉄所の燃料源として、副生ガスの使用量が相対的に減少し、発生量の増大と相まって、ガスの余剰量がしだいに増え、将来はますます飛躍的に増大する傾向にある、といったことが背景となっている。

高炉ガスについては、一酸化炭素の含有量の低いことや窒素がきわめて多いことなどが障害となって、これを化学工業原料に向けようとする機運は、まだ具体的に熱していない現状であるが、コークス炉ガスの活用については、すでに具体的に発展してきている。

コークス炉ガスを、化学工業原料に利用する技術そのものは、新しく登場した技術でもなく、改めて述べるまでもない。わが国でもすでにこのプラントは操業されているが、製鉄所の副産品として、これをその観点から評価し、これを化学製品の原料ガスとして生かし、新しい資源的経済価値を生み出すという企画は、わが国では、前に述べたように、昨年頃から始まったばかりである。

しかしながら、欧州およびアメリカ、カナダなどの諸外国では、製鉄所で副生するコークス炉ガスや高炉ガスを化学工業原料に利用し、またそのための業界相互のコンビナートもすでに完成している。たとえば、製鉄所で副生するコークス炉ガスは、隣接の化学工業会社の原料として利用され、また一部は、都市ガス用にも向けられ、また高炉ガスの一部は、化学工業会社の燃料源として送られる。さらに、化学工業会社で、コークス炉ガスから必要な有効成分を取った残ガスを、再び製鉄会社に戻して、製鋼や圧延関係の熱源として使う、という仕組みである。

* 科学技術庁資源局（東京都千代田区霞ヶ関2の2）

このように、製鉄所の副生ガスを、化学工業原料として利用する工業は、諸外国では古くから稼働され、わが国で、今まで、その実施をみなかったのは、むしろ不思議なことだという人もある。

もしわが国でも、製鉄会社や化学工業会社が、日本の資源の有効利用という観点に立って、この廃ガスを処理し、互いに共通の利益を追求する態度で協力し合う習慣を確立しておれば、ガスの余剰量に関係なく、こういった動きは、おそらくもっと早く実現していたことであろう。

II. コークス炉ガス、高炉ガス発生量の現状と将来

鉄鋼の長期生産計画について、昭和33年12月世界銀行に提出された、鉄鋼需給長期計画をみると、表1に示すように、昭和34年度の粗鋼生産目標は1,361万t、同37年度は1,883万tとして計画され、このうち転炉鋼は、34年度でその約11% (148万t)、37年度では約25% (472万t)、を占めるにいたっている。昭和33年度

表1 鉄鋼長期生産見通し

		(単位 10 ³ t)					
		32年度 (実績)	33年度 (実績)	34年度	35年度	36年度	37年度
鉄	高炉鉄	6,492	7,228	8,130	9,280	10,990	11,980
	電気鉄	314	363	360	390	430	470
	その他鉄	94	115	110	110	110	101
計		6,900	7,706	8,600	9,780	11,530	12,560
粗	平炉鋼	9,607	9,686	9,810	9,580	9,770	10,980
	転炉鋼	532	874	1,480	2,960	4,270	4,720
	電炉鋼	2,170	2,212	2,320	2,540	2,830	3,130
計		12,309	12,772	13,610	15,080	16,870	18,830
成	普通鋼材	8,703	8,993	9,630	10,810	12,050	13,470
	特殊鋼材	571	565	610	680	780	870

〔資料〕 通商産業省重工業局策定資料 (33.12 世銀提出資料より)

表2 昭和34年鉄鋼生産実績

		(単位 10 ³ t)	
鉄	高炉鉄		9,466,870
	その他鉄		593,173
	計		10,060,043
粗	平炉鋼		13,307,749
	転炉鋼		1,445,385
	電炉鋼		3,480,609
計			18,233,743

〔資料〕 日本鉄鋼連盟

における転炉鋼の全粗鋼生産量に占める割合が、約7%にすぎなかったことを思えば、いちじるしい増産といわねばならない。

ところが、この生産計画樹立後、昭和34年の実績をみると表2に示すように、粗鋼生産量は約1,823万tに達し、34年において、すでに前記計画による37年度目標にはば達成する著増がみられるにいたっている。

したがって、鉄鋼業界においては、増大する鉄鋼需要に対応させるため、再び改めて、長期計画を策定する必要に迫られ、目下、45年度を目的とした新計画案を作成中である。

まだ試案の域を出ないが、もしこの計画案が達成されるとすると、昭和37年度において、粗鋼生産量2,119万t、うち転炉約30% (646.1万t)、同45年度では、3,919万t、うち転炉約42% (1,650万t) におよび、また、それに見合う高炉鉄の生産量は、昭和37年度において1,341.3万t、同45年度では、2,683.7万tに達することになる。

このため、高炉、転炉の新增設を中心とした鉄鋼生産設備の増強が見込まれ、昭和34年度現在の稼働高炉32基に対して、昭和37年度までに、次に示す6基の新高炉の建設が計画され、すでに着工されつつある。

八幡製鉄	戸畑2号	1,500 t/d	35年11月火入予定
"	"3号	1,800 "	37年4月 "
富士製鉄	広畑3号	1,500 "	35年9月 "
"	室蘭4号	1,600 "	36年9月 "
日本鋼管	鶴見1号	1,000 "	36年9月 "
住友金属工業	和歌山1号	1,200 "	36年3月 "

また、純酸素上吹転炉は、昭和34年度末8基から37年度までに11基増設、計19基となり、さらに38年度以降新增設23基、合計42基に達するものと推定される。

これらの増強策を一覧すると、表3および表4のとおりである。

なお、高炉鉄t当りのコークスの消費量(コークス比)は、表5に示すように、昭和20年前後の原料炭事情悪化の時期を除けば、正常な場合、従来約1tを必要としたが、昭和24年頃から使用鉄鉱石の粒度調整に努力が払われ、そのために粉鉱の使用量が減少してきたこと、高品位鉄石の使用量が増えたことや、また良質原料炭の使用によってコークス灰分が減少してきたことなどにより、コークス比はしだいに低下してきた。特に最近においては、自溶性焼結鉄の使用や高炉技術の改善と相まって、コークス比の低下はいちじるしく、昭和34年度のコークス比は、0.6 余りになっている。

表3 高 炉 設 備 能 力 表

(単位 10³ t/y)

会社名	工場名	炉番号	公称能力 t/d	32	33	34	35	36	37	備 考	
八 幡 製 鉄	八 幡	東田	3	400	173	173	173	173	173		
			4	400	170	170	170	170	170		
			5	500	210	210	210	210	210		
			6	500	212	212	212	167	222		
		洞岡	1	700	273	273	273	273	215	301	
			2	700	293	293	293	293	293	293	
			3	1,000	396	396	396	396	396	308	
			4	1,000	391	391	391	293	413	413	
	小 計			2,118	2,118	2,118	2,020	2,032	2,090		
	戸 畑	戸畑	1	1,500			297	508	508	508	昭和 42 年 度より稼働
2			1,500			238	571	571			
3			1,800					635			
4			1,800								
小 計					297	746	1,079	1,714			
堺	堺	1	1,800							昭和 38 年 度より稼働 " 40 "	
		2	1,800								
	小 計										
	小 合 計			2,118	2,118	2,415	2,766	3,116	3,804		
富 士 製 鉄	室 蘭	仲町	1	700	299	299	250	333	333	333	昭和 44 年 度より稼働
			2	700	331	331	331	331	331	331	
			3	700	296	296	296	296	296	250	
			4	1,600					262	524	
			5	2,000							
	小 計			926	926	877	960	1,222	1,438		
	釜 石	釜石	1	700	294	323	323	323	323	323	
			2	700	292	294	294	294	234	349	
	小 計			586	617	617	617	557	672		
	広 畑	広畑	1	1,000	317	404	404	404	404	404	昭和 42 年 度より稼働
2			1,000	397	397	397	397	300	300		
3			1,500				245	491	491		
4			2,000								
小 計			714	801	801	1,046	1,292	1,195			
小 合 計			2,226	2,344	2,295	2,623	3,071	3,305			
日 本 鋼 管	川 崎	扇町	2	1,000		18	362	362	362	362	昭和 38 年 度より稼働 " 40 "
			3	600	310	249	155	310	310	310	
			4	600	198	289	289	289	289	289	
			5	600	289	289	193	241	1,250	1,250	
	小 計			797	845	999	1,202	1,250	1,250		
	水 江	水江	1	1,500							昭和 38 年 度より稼働 " 40 "
			2	1,500							
	小 計										
	鶴 見	鶴見	1	1,000					180	360	
2			300	169	169	169	169	169	169		
小 計				169	169	169	169	349	529		
小 合 計				966	1,014	1,168	1,371	1,599	1,779		

会社名	工場名	炉番号	公称能力 t/d	32	33	34	35	36	37	備 考	
川崎製鉄	千 葉	千葉 1	600	280	280 364	280 364	137 364 450	360 364 540	360 364 540	昭和 38 年 度より稼働 " 40 "	
		2	1,000								
3		1,500									
4		1,500									
5		2,000									
	合 計			280	644	644	951	1,264	1,264		
住友金属工業	小 倉	小倉 1	450	172 94	172 244	172 244	172 244	172 244	172 244	昭和 39 年 度より稼働 " 42 "	
		2	650								
	小 計			266	416	416	416	416	416		
	和歌山	和歌山1	1,200					428	428		
		2	1,500								
	3	1,500									
	小 計							428	428		
	小 合	計		266	416	416	416	844	844		
神戸製鋼	灘 浜	灘浜 1	600		60	240	240	240	240	昭和 39 年 度より稼働 " 42 " " 45 "	
		2	1,000								
3		1,500									
4		1,500									
合 計											60
中山製鋼	船 町	1	450	158 208	210 208	210 130	210 210	210 210	210 210		
		2	450								
	合 計			366	418	340	420	420	420		
尼崎製鉄	尼 崎	尼崎 1	400	176 200	132 240	80 240	213 240	213 240	213 240		
		2	600								
	合 計			376	372	320	453	453	453		
東海製鉄		1	2,000							昭和 38 年 度より稼働 " 40 "	
		2	2,000								
大阪製鋼		西 島	1	300 700			90	105	105	昭和 39 年 度より稼働	
			2								
合 計						90	105	105			
大重工業	大 阪	1	1,000							昭和 38 年 度より稼働	
全国合計		稼 働 基 数 力	26 6,598 (実績)	29 7,386 (実績)	30 7,838	34 9,330	37 11,112	38 12,214			
		生 産 計 画	6,492	7,228	8,130	9,280	10,990	11,980			

〔資料〕 通商産業省重工業局資料 (34 年 10 月)

しかしながら、コークス比は、現在の技術水準ではほぼ限界にきているものとみなされ、高炉方式が続く限り、銑鉄の需要増に応じたコークスの所要量が、大幅に減少することはないものとみられている。つまり、将来

のコークスの需要量は、銑鉄の生産増とほぼ比例して増大するものと見込まれる。

いま、銑鉄の生産増強に伴って増大するコークス炉ガスおよび高炉ガスの発生量の推移をみると、表 6 に示す

表4 純酸素転炉設備能力

(単位 10³ t/y)

会社名	工場名	32年度	33年度	34年度	35年度	36年度	37年度
八幡製鉄	八幡小 幡畑計	10月 50T×2 240	500	9月 60T×2 850	10月 60T×2 1,400	1,700	4月 70T×2 2,400
富士製鉄	室広小 蘭畑計				10月 60T×2 300	10月 60T×2 900	1,200
日本鋼管	川水小 崎江計	33.1月 42T×2 (下吹共) 570	420	35.1月 60T×2 570	1,020	1,020	1,020
住友金属工業	小小倉計					4月 35T×2 350	350
尼崎製鉄	尼崎小計				10月 30T×2 150	300	300
全国合計	稼働基数 設備能力 生産計画	4 (実績) 810 532	4 (実績) 920 874	8 1,420 1,480	13 2,870 2,960	17 4,270 4,270	19 5,270 4,720

〔資料〕 通商産業省重工業局作成資料 (34年10月)

表5 わが国鉄鋼業におけるコークス比の推移

年	昭9	10	11	12	13	14	15	16	17
コークス比	0.98	1.00	1.00	1.04	1.04	1.04	1.07	1.10	1.11
年	18	19	20	21	22	23	24	25	26
コークス比	1.22	1.25	1.52	1.57	1.32	1.14	0.97	0.90	0.91
年	27	28	29	30	31	32	33		
コークス比	0.87	0.82	0.73	0.71	0.73	0.70	0.66		

〔資料〕 昭和17年までは日本製鉄株式会社史、昭和18年以降は製鉄業参考資料。

〔注〕 1. 昭和17年までは会計年度、昭和18年以降は暦年。
2. 昭和19年までは日本製鉄株式会社の4工場（八幡、輪西、釜石、広畑）を合計したコークス比である。

とおり、近年その増加率の向上はいちじるしく、特に将来は、ますますその傾向が高まるものと推定される。

現在、コークス炉ガスの発生量は、装入炭t当り約330 m³、高炉ガスは、銑鉄t当り約2,200 m³発生しているが、おそらく将来ともこの関係が大幅に変化することはないであろう。

(単位 10³ m³)

	コークス炉ガス	高炉ガス	地域別比率
北九州	1,788,000	12,648,000	24%
関西	2,682,000	18,972,000	36
中京	372,500	2,635,000	5
関東	1,713,500	12,121,000	23
東北	223,500	1,581,000	3
北海道	670,500	4,743,000	9
計	7,450,000	52,700,000	100

表6 コークス炉ガスおよび高炉ガス発生量の推移

(単位 10³ m³)

	コークス炉ガス	高炉ガス
昭15 (歴年)	1,328,873	9,539,266
16 "	1,791,639	11,643,581
17 "	2,334,324	16,827,559
18 (会計年)	1,868,026	15,571,433
19 "	1,551,179	12,361,861
20 "	463,383	1,558,863
21 "	174,215	895,039
22 "	234,984	1,433,493
23 "	447,937	3,235,426
24 "	681,460	4,684,534
25 "	945,662	6,368,681
26 "	1,237,290	10,251,953
27 "	1,400,924	11,233,923
28 "	1,770,946	13,069,492
29 (歴年)	1,667,963	12,137,612
30 "	1,821,150	12,819,841
31 "	2,153,072	14,847,904
32 "	2,364,894	15,741,667
33 "	2,174,394	15,927,990
34 "	2,640,923	18,693,242
37	3,750,000	26,500,000
39	4,600,000	32,500,000
41	5,550,000	39,300,000
43	6,500,000	45,700,000
45	7,450,000	52,700,000

〔資料〕 昭15~33 製鉄業参考資料。

昭34 鉄鋼統計月報。

昭37~45 推定。

将来の鉄鋼新長期計画については、前に述べたように、今のところ確定したものとなじ難いところもあるが、もし、計画どおりの高炉銑の生産が達成されたとすれば、それに伴うコークス炉ガスの発生量は、昭和45

年において約 74 億 5,000 万 m^3 となり、また同年における高炉ガスの発生量は、約 530 億 m^3 に達する。なお、製鉄各社の工場を、地域別にまとめてみると、昭和 45 年においては、前頁に示すような比率になり、関西地区が最も多く、次が北九州、関東という順位になる。

また、かりにわが国の製鉄所で副生するコークス炉ガスの発熱量を、一括して m^3 当り、5,000 kcal、高炉ガスを m^3 当り 800 kcal とみなし、これらを t 当り 7,000 kcal の石炭に熱量換算してみると、昭和 34 年におけるコークス炉ガスの発生量は、約 190 万 t の石炭に相当し、高炉ガスは、約 210 万 t の石炭、合計約 400 万 t の石炭が、鉄鋼生産の副産物として産出したことになる。そして、さらに昭和 45 年においては、コークス炉ガスは石炭換算約 540 万 t、高炉ガス約 600 万 t、合計約 1,140 万 t に達するにいたる。

III. 内外におけるコークス炉ガス および高炉ガスの利用の現状

わが国の製鉄所では、副生するコークス炉ガスおよび高炉ガスの大部分を、製鉄所内の燃料として利用し、一貫工場では、これら二次エネルギーの活用によって、経済的有利に成品が製造され、また、製鉄、製鋼、圧延の各部門における品質管理、熱管理の面からも、生産作業の合理化に大きな貢献をしてきた。たとえば、平炉に対する燃料源が、発生炉ガスから重油とコークス炉ガスに大幅に転換したことや、圧延部門における石炭焚加熱炉の廃止などがそうである。

しかし、資源利用の観点に立つとき、これらのガスが、果して燃料として適正な利用法であろうか。

高炉ガスは、800 kcal/ m^3 程度の低い熱量のガスなので、現状以外の用途には、燃料としてもあまり省みられそうもないが、コークス炉ガスについては、その有効成分中炭素と水素の原子数の比をみても、それはおよそ 1 対 6 であり、コークスは 1 対 0、石油 1 対 2 であることを思えば、コークス炉ガスは燃料としてでなく、水素源として適していることは疑う余地がない。

コークス炉ガスの水素源としての利用法の 1 つとして、水素によって鉍石を直接還元して鋼をつくる方法、つまり、直接製鋼用の水素源としての利用法がある。

直接製鋼の技術は、すでにアメリカなどで完成し、同じ能力の熔鉍炉に比べると、建設費がきわめて少なくてすむ利点をそなえている。しかし、現在の技術水準では、製造方式が連続的でなく、また還元時間が比較的長くかかるなどの欠点があるほか、最も大きな問題点としては、所要水素量がきわめて多いということである。た

とえば、H-iron 法によって、カイメン鉄 1 t を製造するのに、水素が約 650 m^3 必要である。したがって、水素還元鉄は、アメリカのような水素源の豊富な地域（天然ガス産地）が所在する場所において、屑鉄の代用として、ようやく実用化の段階に入ったにすぎず、アメリカでさえ、まだ直接製鋼法を採用している会社はきわめてわずかであるといわれている。

したがって、わが国において、製鉄所のコークス炉ガスを鉄の還元用の水素源として利用する場合は、まず、水素の供給量と価格の点において困難さが予想されるので、ここしばらくの間に、わが国でコークス炉ガスを利用した水素還元鉄の技術が、経済ベースに乗ってくるものとは思われない。

そこで、鉄鋼業界としては、これを化学工業原料として利用する分野を開拓する企画を始め、製鉄所と化学工業会社との提携によって、化学成品の生産を計画している。

このような現状を背景として、以下コークス炉ガスおよび高炉ガスの化学工業原料としての利用状態について、内外における利用法やその形態を中心に述べてみたい。

高炉ガスには、有効成分として、一酸化炭素が、25～30%、水素がきわめて少量含まれるにすぎず、他は、炭酸ガスと窒素の不燃性成分からなり、特に窒素が 60% 近くも含まれているので、高炉ガスから一酸化炭素を回収することは、従来困難視されていた。

元来、一酸化炭素は、燃料としてでなく、化学工業原料としての利用が望ましいといわれており、たとえ、その含有率が 25% 位であっても、これを経済的にうまく取り出せる技術さえもし確立すれば、高炉ガスの利用の途も開けるものと思われる。

したがって、高炉ガスを化学工業原料として利用する研究は、世界各国で行われている。最近、高炉ガスを経済的に利用することの可能性を論じたものとして、特に注目できるのは、ベルリン工科大学工業化学研究所報告の中で、Von Herbert Kölbel が、鉄を触媒とし、水蒸気と反応させて、炭化水素を合成したという論文である。

水蒸気を使って、一酸化炭素を炭化水素に変えるには、次に示す 2 つの部分反応が行われなければならない。

すなわち、従来の Fischer-Tropsch 法では、[2] の合成反応が行われる前に、[1] 式によってあらかじめ水

素をつくっておかねばならない。しかしながら Kölbel の新合成法では、水素添加に必要な水素は、触媒面で直接つくられ、同時に同じ反応器の中で、一酸化炭素に水素添加が行われる。

つまり新合成法の反応は、〔3〕式に示すようになる。

この合成法の特徴は、Fischer-Tropsch 法では不可能であった窒素含有率の高い高炉ガスを原料として、一段階で、しかも充分な速度と変換率をもって、一酸化炭素から炭化水素への変換を容易に行い得るということである。

しかし、これについては、果して経済的に引合うかどうかという点について、各方面で批判がある。ドイツにおける高炉ガスの一酸化炭素量が 34% で、含有量は、わが国に比べてかなり多いにも拘らず、同国においてもまだ操業に移されていないということも、なんらかの原因がそこに伏在しているのではなからうか。なお、高炉ガスを化学工業原料として利用し、操業している例としては、Cyanamid of Canada 社で行われている尿素製造がある。

同社では、1959 年 4 月に運転が開始され、次に示す

ように、コークス炉ガスからつくられたアンモニアと、高炉ガスから回収した炭酸ガスとを反応させて、日産 200 t の尿素を製造している。

また、ドイツの Hüttenwerke Salzgitter では、1956 年 9 月以降、コークス炉ガスと高炉ガスを原料として、アンモニア日産 161 t のプラントを操業している。

これは、高炉ガスを直接添加して、水素源、窒素源とする世界最初のプラントである。

このように、高炉ガスを化学工業原料として利用する研究は、各方面で行われ、また、一部では企業化されているが、現在の技術水準では、まだ一般的には、中間

実験の段階にあるものとみなされる。

わが国の製鉄所で副生するコークス炉ガスを、化学工業原料に利用し、操業している例はまだないが、化学工業会社では、自社で設備したコークス炉から生産されるコークス炉ガスを原料として、アンモニア合成が行われている。その方法としては、1つは Cowper 法、他の 1つは Fauser-Montecatini 法である。これらは、いずれもコークス炉ガス中のメタンを分解して水素に転換する方式であって、深冷分離によって分離した水素を利用する方式は、わが国では実施されていない。

Cowper 法の利用例としては、大牟田地区において、三井鉱山の三池炭を基幹とし、三池合成三池工場と東洋高圧工業大牟田工業所とが、連合企業体を形成して、尿素および硫酸を合成している例がある。

Fauser-Montecatini 法による利用状況を示す例としては、三菱化成黒崎工場における設備がある。ここでは、石炭乾留からアンモニア合成、硫酸、尿素までの一

図 1 Fauser-Montecatini 法による CH_4 分解系統図

連の処理が、すべて、自工場で行われている。従来は、石炭をウィンクラー炉によってガス化していたが、昭和 31 年から、コークス炉ガスを Fauser-Montecatini 法によって分解し、アンモニアを合成するようになっていく。

次に、諸外国における利用例につき、これを一括して表示 (表 7) し、簡単に説明を加えておく。

欧州諸国では、古くからコークス炉ガス中の水素を深冷分離して、アンモニア合成に利用していたが、アメリカやカナダでも、近年になって、同様の方法で製鉄所のコークス炉ガスを利用する工場が建設され稼働している。またコークス炉ガス中のエチレンを合成原料として利用している例も、ドイツの Hibernia Schamrock, フランスの H.B.L, オランダの Staatsmijnen, オーストリアの Österreichische Stickstoffwerke などの各社にみられる。

表 7 諸外国におけるコークス炉ガス (C ガス) および高炉ガス (B ガス) の化学工業利用例

会社名	場 所	B・C ガス 入手	B・C ガス 処理量	B・C ガス 利用成分	製品種類	製造能力	建設年月	建設費	H ₂ 製造法	NH ₃ 製造法	備 考	資料 番号
ppc. Ketona Chemicals	Birmingham Ala. U.S.A.	Alabama Byproducts Co. (ターナルS除去 後2 mile. 16" 管 へ送る)	C ガス 49 万 m ³ /day	C ガス : H ₂ , (CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈) は計 画中心に残ガスは A. B 社のコー クス炉燃料と一 部は Alabama Gas Co. へ売却	$\left\{ \begin{array}{l} 1/2 \text{ 液安} \\ \text{NH}_3 \text{ 売却} \\ 1/2 \text{ 硝酸} \\ \text{NH}_3 \text{ 安} \end{array} \right.$	135 t/日	1956年2 月建設開 始 1957年運 転開始		深 冷 分 離 (American Air Liquide)	Claude N ₂ は空気分 離	米国でCガ スよりNH ₃ 製造の最初 (5)	(1)(2) (3)(4)
U.S. Steel	Geneva Utah. U.S.A.	自 工 場 コークス炉		C ガス : H ₂ , (CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈) は分 離可能 現状は製鉄所の 燃料	NH ₃ 一部 { 硝酸 (硝酸 安	200 t/日	1957年1 月運転開 始	18万 ドル (約 65 億)	深 冷 分 離 (Linde)	Fausser-Mon tecatini N ₂ は空気分 離	建設指導 Blaw- Knox Co. (8)(9)	(4)(5) (6)(7)
Cyanamid of Canada	Hamilton Ont. Canada	Dominion Foundries & Steel		C ガス : H ₂ B ガス : CO ₂ CO(NH ₂) ₂ (尿 素)	NH ₃ 内約 80% (尿 素用) CO(NH ₂) ₂ (尿 素)	150 t/日 → 200 t/日	1959年4 月運転開 始	12-15 百万カ ドナル ドル (44-55 億円)	深 冷 分 離 (Linde)	Chemico N ₂ は酸素 製造の副産 物	尿素のCO ₂ は Bガスより回 収、尿素合成 は、Chemico はカナダ最初 の尿素工場	(4)(5) (6)(7) (10)
Fertilizantes de Monclova S.A.	Monclova Mexico	Hornos de Mexico S.A. 製鋼工場のコ ークス炉		C ガス : H ₂ C ガス : H ₂	NH ₃	100 t/日	1958 年 完成予定		深 冷 分 離 (L. Air Liquide)	Claude	Saint- Gobain 社が一部出 資建設する	(11) (12) (13)
Huttenwerke Salzgitter	Salzgitter Germany	自工場コーク ス炉 及 高 炉	C ガス 22 万 m ³ /day B ガス 16 万 m ³ /day	C ガス : CO, H ₂ CH ₄ , C ₂ H ₆ B ガス : CO, N ₂	NH ₃	161 t/日	1956年9 月運転開 始		C ガス : メタン分 解 (熱分解法) 建設 Firms Di- der Kogag-Hi- nsmann GmbH. Essen B ガス : 直接分 解に添加	Uhde 建設 Firms Uhde GmbH. Essen Dortmund	B ガスを直 接添加して H ₂ 源 N ₂ 源 とする世界 最初のプラ ント	(14)
Ruhr Chemie	Oberhausen Germany	G.H.H. コークス工場	C ガス 約 120 万 m ³ /day	C ガス : H ₂ → NH ₃ C ₂ H ₄ 他は Oberhausen 製鉄所の燃料	Chemische Fabrik で エチレン エチルアルコール { エチレン エチルアルコール キヤイ	確安 : 40 万 t/ 年	稼働 中		深 冷 分 離	N ₂ は空気分 離		(15) (16) (17)
Hibernia Schamrock	Germany	Hibernia Huls 地帯のコーク ス炉ガス		C ガス : H ₂ → NH ₃ C ₂ H ₄ CO, CH ₄ , C _n H _m	ポリエチ レン エチルアルコール { エチレン エチルアルコール		稼働 中		深冷分離して H ₂ をより残 ガスは更にオ ットー式クラ ッキング装置 にて分解し、 H ₂ を発生	N ₂ は空気分 離		(15) (17)

会社名	場所	B・Cガス 入手先	B・Cガ ス理 量	B・Cガス中 利用成分	製品種類	製造能力	建設年月	建設費	H ₂ 製造法	NH ₃ 製造法	備考	資料 番号
Klöchner Bergbau Victor	Germany	Hibernia Hlsü 地帯のコー クス炉		Cガス : H ₂ 残は都市ガス へ	NH ₃		稼働中		深冷分離	N ₂ は空気分 離		(17)
Scholven Chemie	Germany	同上から (100万m ³ /day) 及び自社から (100万m ³ /day)	Cガス 200万m ³ /day	Cガス : H ₂	NH ₃ → H ₂ (ベンゾール) (水添精製用)	→ 170 t/日 → 約 4万m ³ /日	稼働中		深冷分離 (Linde)			
Grande Paroisse Waziers	Douai France	自工場 コークス炉	Cガス 52万m ³ /day	Cガス : H ₂ , CH ₄ → クラッキング して H ₂ 源 C ₂ H ₄ → 他社へ	NH ₃ → 他工場 で硝酸		稼働中		深冷分離 (L' Air Liquide)	Claude		
H.B.L.	St. Avold France	自工場 コークス炉	Cガス 72万m ³ /day	Cガス : H ₂ , CH ₄ → C ₂ H ₄ → アセチレン Ugilorで アクリル ニトリル → スチレン	NH ₃ → アセチレン Ugilorで アクリル ニトリル → スチレン	→ 150 t/日	稼働中		深冷分離 (L' Air Liquide)	Claude		
Staatsmijnen	Limburg Netherlands	自工場 コークス炉	Cガス 144万m ³ /day	Cガス : H ₂ , CH ₄ → 残ガスは 都市ガス	NH ₃ → 尿素 → ポリエチレン (その他各種 肥料及び各 種化学製品)	→ 20万t/年 → 5万t/年 → 5,000t/年 (計画)	稼働中		深冷分離 (水性ガス 併用)	N ₂ は空気分 離 (air 12,000 m ₃ /hr)		(15) (18)
Union Chemique de Belge	Ostend Belgium	自工場 コークス炉	Cガス 50万m ³ /day		NH ₃	110 t/日	稼働中		深冷分離 (Linde)	Casale		
Österreichische Stickstoff- werke	Linz Austria	Voest Linz	Cガス 約60万m ³ /day	Cガス : H ₂ , CH ₄ → CO C _n H _m	NH ₃ →		稼働中		メタン分解 (空気部分 酸化法) 空気 O ₂ 35% に富化して使 用			

Empresa Nacional Siderurgica S. A.	Avilés Spain	自 工 場 コークス炉	C ガ ス 65 万 m ³ /day	C ガ ス	C	ガ ス :	NH ₃ 硫 安	→ 160 t/日 → 620 t/日	稼 働 中 (1957 年 秋より)	(19)
Sindri Fertilizers & Chemicals	Bihar India	Sindri のコークス工場	C ガ ス 29 万 m ³ /day	C ガ ス	C	ガ ス :	NH ₃ 硫 安	N 12 万 t/年	稼 働 中 (1957 年 より)	(20)
Hindustan Steel	Rourkela India	自 工 場 コークス炉			C	ガ ス :	NH ₃ 硫 安	N 8 万 t/年 (硝安石灰 44 万 t/年)	1959 年 完成予定	(21)

〔参 考〕

- (1) Chemical Engineering 1955 年 11 月号 114~116 頁
 (2) Chemical Engineering 1956 年 6 月号 400~403 頁
 (3) Chemical & Engineering News 1956 年 12 月 10 日号 6110 頁
 (4) Chemical & Engineering News 1957 年 8 月 26 日号 18~22 頁
 (5) Erdöl und Kohle 1958 年 6 月号 394~397 頁
 (6) Coke & Gas 1958 年 7 月号 268~273 頁
 (7) Chemische Industrie 1957 年 8 月号 399 頁
 (8) Intermountain Industrie & Mining Reviews 1957 年 8 月号 36~41 頁
 (9) Iron & Steel Engineer 1958 年 10 月号 101~105 頁
 (10) Canadian Chemical Processing 1958 年 8 月号 51~54, 56 頁
 (11) Chemical Trade Journal 1956 年 9 月 14 日号 608 頁
 (12) Chemische Industrie 1956 年 10 月号 540~541 頁
 (13) Chemical & Engineering News 1958 年 4 月 21 日号 88 頁
 (14) Chemie-Ingenieur-Technik 1958 年 6 月号 382~384 頁
 (15) コールタール 1957 年 3 月号 128~136 頁
 (16) Stahl und Eisen 1957 年 7 月号 988~998 頁
 (17) Chemie-Ingenieur-Technik 1955 年 4 月号 199~205 頁
 (18) オランダにおける炭酸総合企業体 炭酸有政 川村紹雄共
 (19) Chemische Industrie 1958 年 3 月号 103~104 頁
 (20) Chemische Industrie 1956 年 10 月号 539 頁
 (21) Chemical Age 1956 年 5 月 21 日号 1069 頁

なお表 7 に列記した各国の利用例を、工程別に分類してみると、次の 3 方法に大別される。

すなわち第 1 は、コークス炉ガスを深冷分離により、水素とメタン、エチレンなどに分離し、水素をアンモニアの合成ガス源とする方法、第 2 は、コークス炉ガス中の炭化水素を分解してつくられた水素と、コークス炉ガス中に含まれていた水素とを合せて合成ガス源とする方法、第 3 は、両者を組合せた方法である。

次に諸外国、特に欧州において運用されている製鉄所の副生ガスの利用企業形態について述べる。

これには、大別して 2 つの様式があるが、1 つは、鉄鋼会社自らが化学工業部門をもち、製品化している場合であり、他の 1 つは、鉄鋼会社と、石灰、化学、都市ガスの諸会社とが、有機的に連合企業体を形成し、それぞれの分野で協力し合っている場合である。この両者のうち、いずれをとるかは、製鉄所の存在する地域における関連事業の有無など、立地条件に左右される点が多い。

連合企業体を形成して、資源の合理的流用をはかり、効果をあげている例は、ドイツの Oberhausen 地区にみられる。この事例は、前段においても、ちょっとふれておいたが、具体的には、図 2 に示したような仕組みで、エネルギーや原料の循環がはかられている。

図 2 Oberhausen 地区のコークス炉ガス、高炉ガスを中心とした諸工場の関連図

すなわち、まず Oberhausen 製鉄所の高炉ガスは、隣接の G.H.H コークス工場に送られ、コークス炉の熱源として利用される。次に G.H.H コークス工場で生産されたコークス炉ガスは、一部は都市ガスに、大部分は Ruhr-Chemie の化学工場に送られる。ここで深冷分離によって水素およびエチレンが分離され、アンモニア、エチレングリコール、エチレンオキサイドが合成

されている。そして、さらに残ガスは、再び Ruhr-Chemie から Oberhausen 製鉄所に送られ、製鋼、圧延部門の燃料として利用される、といった具合である。

これと同じような例は、カナダの Dominion Foundries and Steel 会社と Cyanamid of Canada 会社との間でも行われている。

すなわち、Dominion Foundries and Steel 会社は、高炉、コークス炉、空気分離装置をもっており、これらからそれぞれ発生する高炉ガス、コークス炉ガス、窒素ガスは、隣接の Cyanamid of Canada 会社に送られる。同会社において、コークス炉ガスから水素を分離した残ガス、および高炉ガスから炭酸ガスを回収した残ガスは、いずれも Dominion Foundries and Steel 会社に返送されて、同製鉄所の燃料として使われている。ここではこういった仕組みで、両社の協定が結ばれている。

図3 Hamilton 地区のコークス炉ガス、高炉ガスを中心とした諸工場の関連図

わが国の場合、従来は一般的に、資本系統が異なる工場相互のコンビナートは、ほとんどみられなかった。石炭を乾留して利用する工業は、鉄鋳業のほか、アンモニア工業、都市ガス業などがあるが、それらは、それぞれ単独に乾留を行ない、互いに長短相補い、経営的に利害をともにするといった密接な工場コンビナートは、今まで存在しなかった。

それは、立地条件の相違といった地域的な問題もあるが、むしろ、それぞれの工業の発生の時期や生い立ちの形が全く違っていること、またおのおの独自に乾留を行っても、採算的に成り立つような保護の下にあったことなどが、本質的な理由であったと思われる。

従来の姿としては、八幡製鉄に対する八幡化学工業、日本鋼管に対する鋼管化学工業、また最近のものとして、川崎製鉄と川鉄化学工業といった、いわゆる子会社の域を出ないものであった。しかしながら、本年に入って、製鉄会社とガス会社、または化学工業会社との事業提携の動きは、きわめて具体的に明らかにされてきたよ

うに思われる。

たとえば、今後建設が予定されている八幡製鉄(株)堺製鉄所と大阪ガスとの連携である。これは、堺製鉄所に建設される高炉に相応したコークス炉を、大阪ガスが建設し、高炉用コークスを全量長期間にわたり、継続的に堺製鉄所に供給することを協定したもので、本年3月15日に、両社の間で調印されている。これによって、八幡製鉄としては、当面コークス炉の建設費(約40億円)の節減になるほか、阪神方面の財界との提携が強化されることになる。一方、大阪ガスとしてもコークスの販路が安定するほか、製鉄所から高炉ガスの供給を受けることもできるなど、相互に有効な利用が実現するわけである。

さらに最近の動きとして注目に値するのは、富士製鉄(株)と、住友化学工業(株)との共同出資によって、製鉄化学工業株式会社という新会社が、資本金10億円で、本年6月1日に発足しようという話である。

これは、富士製鉄広畑製鉄所の余剰コークス炉ガスを利用し、住友化学の子会社別府化学の設備、技術を活用して、アンモニア、硫酸、メタノールその他関連製品を生産しようとするのがねらいである。この話は、すでに昨年4月、富士製鉄が別府化学と提携して、アンモニア合成に乗り出すことを決めたときから一連のものであるが、さらに将来の発展のためには、エチレン誘導体やその他総合的な化学製品を生産すべきであるとの統一した意見によって、設備建設の円滑化と資金調達面で、富士製鉄と住友化学の強力な支援が必要となったため、新会社設立のはこびとなったものである。

なお、同じく富士製鉄の室蘭製鉄所と東洋高圧工業との提携によって、製鉄所のコークス炉ガスを利用して、アンモニア合成の検討が進められ、総工費約21億円でその設備建設の企画がある、ということも、この例にもれない。

そのほか、今後中京地区に建設が新しく予定されている東海製鉄は、その建設の主旨が、中京地区の鉄鋼、化学製品の自給自足を目標にしていることから推しても製鉄所としては、同地区のガス会社あるいは化学会社との連携が必要であり、目下、この方面の検討を進めているとのことである。

このようにして、現在のところ、わが国の製鉄会社は、従来のような、鉄鋼生産一本槍ではなく、副産品を通じて関連産業との提携によって、多角的な運営をはかろうとする機運はきわめて濃厚であり、特に、これから新しく建設される製鉄所においては、発足当初において、これらのことが充分企画にとり入れられ、検討が重ねられ

表 8 各種燃料の生産性からみた価値比較 (平炉の場合)

評 価 比		ピッチ タール	重 油	天 然 ガ ス	コークス炉 ガ ス	石 炭 発 生 炉 ガス	
項 目	重要比 (%)						項 目
理 論 火 焰 温 度	25	火 焰 温 度 (°C)	2,618	2,607	2,438	2,402	2,280
		比 重 要 比 (%)	100	99	87	84	76
焰 の 輻 射 黒 度	15	輻 射 黒 度 (%)	0.4	0.35	0.25	0.15	0.30
		比 重 要 比 (%)	100	90	70	50	80
燃 焼 速 度	10	毎 秒 当 速 度 (%)	10.0	10.0	7.7	13.3	6.6
		比 重 要 比 (%)	75	75	66	100	50
方 向 の 維 持	15	比 重 要 比 (%)	100	100	50	50	80
		比 重 要 比 (%)	15.00	15.00	7.50	7.50	12.00
燃 焼 速 度 の 調 節	5	比 重 要 比 (%)	100	100	75	75	50
		比 重 要 比 (%)	5.00	5.00	3.75	3.75	2.50
燃 焼 生 成 ガス (容 量)	3	m ³ /MKcal	1,378	1,404	1,464	1,408	1,643
		比 重 要 比 (%)	72	75	81	75	100
" (重 量)	15	Kg/MKcal	1,737	1,717	1,726	1,631	2,601
		比 重 要 比 (%)	71	67	69	56	100
燃 料 中 の 硫 黄	5	含 有 量 率 (%)	0.75 S	0.75 S	0.68 S	5.3 gH ₂ S/m ³	1.3 gH ₂ S/m ³
		比 重 要 比 (%)	90	90	100	50	50
チ ャ ッ カ ー の 汚 損 度	5	比 重 要 比 (%)	4.50	4.50	5.00	2.50	2.50
		比 重 要 比 (%)	60	60	100	100	50
装 置 上 の 利 点 (配管バーナー操作)	2	比 重 要 比 (%)	3.00	3.00	5.00	5.00	2.50
		比 重 要 比 (%)	90	90	100	98	50
計	100	比 重 要 比 (%)	1.80	1.80	2.00	1.96	1.00
		比 重 要 比 (%)	89.61	88.85	74.88	68.96	74.50
重 油 と の 比 率 (%)			100.8	100.0	84.2	77.6	83.8

ているような状況である。

IV. コークス炉ガス、高炉ガスの 燃料としての経済性

製鉄所におけるコークス炉ガスおよび高炉ガスの燃料としての評価は、現在、普通同一熱量当りの重油の購入価格を基準にして、それに燃料としての価値指数を乗じてきめられている。

たとえば、燃料としての価値判定の一例として、今平炉にピッチタール、重油、天然ガス、コークス炉ガス、石炭発生炉ガスを、それぞれ単独に燃料として使った場合を想定してみると、表 8 および表 9 に示すとおりである。すなわち表 8 は、燃料の生産性、つまり主として燃焼効率からみた価値比較であり、表 9 は、生産性以外の経済的な要素、たとえば、炉の償却や労働力といった面からみた価値比較表である。

評価項目を 10 項目に分類し、各項目ごとに、目的(燃料の生産性、燃料の生産性以外の経済性)に応じて、それぞれ重要度をきめたうえ、各重要度を基礎にして、お

のこの燃料のもつ価値が、指数によって算出されている。

表 8、表 9 によれば、平炉に、重油に代ってコークス炉ガスを使用した場合、燃料としての同一熱量当りの価値は、燃焼効率では、重油の 77.6%、それ以外の経済性では、重油の 88.9%と計算されている。

このような計算は、加熱炉やボイラーなどについても、各製鉄所で、それぞれ重要度がきめられて行われているが、いずれもコークス炉ガスは、重油に比べて燃料としての価値は低い。

また高炉ガスについても同様の操作によって、算出することができるが、表 10 の分析表をみても判るように、高炉ガスは、コークス炉ガスに比べて発熱量は低く、燃料源としては、コークス炉ガスよりも、さらに劣っている。

これらの燃料価値指数は、製鉄所によって、また炉型や操業様式などによっても一定ではないが、総じて、製鉄所におけるコークス炉ガスの燃料価値は、重油の 80~90%とみなされ、大ざかみにして、大体重油の 85%と

表9 生産性以外の他の経済的要素からみた各種燃料の価値比較 (平炉の場合)

評 価 比			ピッチ タール	重 油	天 然 ガ ス	コークス炉 ガ ス	石 炭 発生炉ガス
項 目	重要比 (%)	項 目					
理 論 火 焰 温 度	15	火 焰 温 度 (°C)	2,618	2,607	2,438	2,402	2,280
		比 重	100	99	87	84	76
		重 要 比 (%)	15.00	14.85	13.05	12.00	11.40
焰 の 輻 射 黒 度	15	輻 射 黒 度 率 (%)	0.4	0.35	0.25	0.15	0.30
		比 重	100	90	70	50	80
		重 要 比 (%)	15.00	13.50	10.50	7.50	12.00
燃 焼 速 度	15	毎 秒 当 速 度 率 (%)	10.0	10.0	7.7	13.3	6.6
		比 重	75	75	66	100	50
		重 要 比 (%)	11.25	11.25	9.90	15.00	7.50
方 向 の 維 持	3	比 重 率 (%)	100	100	50	50	85
		重 要 比 (%)	3.00	3.00	1.50	1.50	2.45
燃 焼 速 度 の 調 節	10	比 重 率 (%)	100	100	75	75	50
		重 要 比 (%)	10.0	10.0	1.50	1.50	5.00
燃 焼 生 成 ガ ス (容 量)	15	m ³ /MKcal	1,378	1,404	1,464	1,408	1,643
		比 重	100	96	84	95	50
		重 要 比 (%)	15.00	14.40	12.60	14.25	7.50
" (重 量)	10	Kg/MKcal	1,737	1,717	1,726	1,631	2,061
		比 重	71	67	69	50	100
		重 要 比 (%)	7.10	6.70	6.90	5.00	10.00
燃 料 中 の 硫 黄	5	含 有 量 率 (%)	0.75 S	0.75 S	0.68 S	5.3 gH ₂ S/m ³	1.3 gH ₂ S/m ³
		比 重	90	90	100	50	50
		重 要 比 (%)	4.50	4.50	5.00	2.50	2.50
チ ェ ッ カ ー の 汚 損 度	10	比 重 率 (%)	60	60	100	100	50
		重 要 比 (%)	6.00	6.00	10.00	10.00	5.00
装 置 上 の 利 点 (配管バーナー 操作)	2	比 重 率 (%)	90	90	100	98	50
		重 要 比 (%)	1.80	1.80	2.00	1.96	1.00
計	100	重 要 比	88.65	87.50	78.95	77.81	64.35
重 油 と の 比 較 (%)			101.3	100.0	90.2	88.9	73.5

表10 各種ガス分析例

		CO ₂ (%)	O ₂ (%)	C _n H _m (%)	CO (%)	CH ₄ (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	低発熱量 (kcal/m ³)
高 炉 ガ ス	日 本	15.0			25.5		2.0	57.5	825
コークス炉ガス	日 本	7.0			34.0		2.0	57.0	1,085
天然ガス	新 潟	2.4	0.2	4.3	7.4	30.8	50.6	4.3	4,780
油田ガス	新 潟			31.3		67.6		1.1	10,275
水溶性ガス	大島炭鉱坑内	7.9	0.2			91.9			7,876
炭田ガス	夕張炭鉱試験	0.14	7.97	0.2		60.0		31.69	5,171
		0.2	0.2			98.0		1.6	8,399
石製油ガス	東燃(和歌山)			90.92		5.09	3.99		13,558
接触分解	丸善石(下津)			93.24		5.69	1.07		13,867
石炭精	日石精(下松)			41.4		25.2	27.4		9,643
接触改質	昭和石(川崎)			36.9		20.0	43.1		8,096
石炭発生炉ガス	水平レトルト	2.0	0.4	3.6	8.0	30.0	52.0	4.0	4,666
水性ガス	普通発生炉	2.9		0.3	29.3	3.4	11.0	53.0	1,506
原油ガス化ガス		8.0			35.0	1.0	49.0	7.0	2,354
B重油ガス化ガス		10.7			39.4	0.5	48.0	1.2	2,472
		11.8			38.8	0.5	47.0	1.5	2,428

- [資料] 1. コークス炉ガス, 高炉ガス: 富士製鉄資料
 2. 天然ガス: 天然ガス協会資料および動力33昭和31年9月
 3. 石油精製ガス: 化学工業別冊 VoL. 7 No. 1 1956, 石油化学工業 VoL. 1
 4. 石炭ガス, 発生炉ガス, 水性ガス: 鉄鋼便覧 日本鉄鋼協会編 1958
 5. 原油ガス化ガス, B重油ガス化ガス: 硫安技術 2
 6. 発熱量: 鉄鋼技術共同研究会熱経済技術部会資料

[注] 1. 発熱量は資料6によって計算した。

2. C_nH_m の発熱量は C₂H₄ の発熱量とみなして計算した。

低発熱量 kcal/m ³	
H ₂	2,570
CO	3,035
CH ₄	8,570
C ₂ H ₄	14,320

図 4 コークス炉ガス発熱量 (kcal/m³) の月間変動例
みることができる。

現在、重油の入手価格は、 kI 当り 9,000 円なので、炉前までの輸送諸経費を加算すると、炉前渡しで、 kI 当り約 10,000 円、つまり l 当り 10 円とおさえることができる。重油の発熱量は、 l 約 10,000 kcal とみられているので、重油は、1,000 kcal 当り 1 円となり、これが、製鉄所のコークス炉ガスを評価する規準となるわけである。したがって、製鉄所のコークス炉ガスの燃料としての価値が、前に述べたように重油の 85% ならば、製鉄所では、コークス炉ガス 1,000 kcal 当り 85 銭と評価されなければならない。

次に表 10 の分析例をみると、コークス炉ガスの発熱量は、 m^3 当り約 4,800 kcal となっているが、最近では、原料炭品位の向上のため、コークス炉ガスの発熱量は、図 4 に示すように、現在、 m^3 当り約 5,000 kcal に達している。図 4 は一例をあげたまでであるが、この傾向はほぼ各製鉄所に共通したものとみなすことができるので、コークス炉ガス 1m^3 当り原価は、一般に (85 銭 $\times$ 5,000) 約 4 円 20 銭と計算されることになる。

このように、製鉄所のコークス炉ガスを、化学工業原料にしろ、都市ガスにしろ、これを外販する場合の基礎になるガスの原価は、現在の重油価格ベースによる限り m^3 当り 4 円 20 銭となる。よってもし重油価格が変動すれば、それに応じてガス原価も変動することはいうまでもない。

V. 都市ガスとしての経済性

コークス炉ガスおよび高炉ガスを都市ガスに使うに当たっては、高炉ガスは、一酸化炭素を 25~30% 含んでいるので、この毒性のため、これを都市ガスとして混合使用することは、おのずから限度がある。したがって都市ガスとしては主として、コークス炉ガスが利用の対象となる。

昭和 34 年における都市ガス総販売量約 40 億 m^3 のうち、その約 72% に当る 29 億 m^3 は、いわゆる都市ガス会社で製造されるコークス炉ガスによっている。

このように、現在、都市ガスの大部分は、ガス会社のコークス炉から生産されるコークス炉ガスが原料となっている。

したがって、製鉄所におけるコークス炉ガスを、都市ガスとして外販する場合の経済性は、コークス炉が、都市ガス会社にある場合と、製鉄会社にある場合とのコークス炉ガスの同一熱量当りの評価によってきめることができる。

わが国の都市ガス工業におけるコークス炉ガスは、製鉄会社におけるコークス炉ガスと異なり、コークス炉ガスそのものが主成品であり、コークスは副品である。したがって、都市ガス工業におけるコークス炉の建設に要した資金の償却については、コークス炉ガスにかかる比重が大きい。しかも、副生するコークスは、水性ガス法による水素製造方式の後退のため、その市場を失いつつある。そこで従来のように、都市ガス工場が、単独で乾留を行なう方式は、再検討されねばならない状態に立ち至っている。

鉄鋼業を背景としたコークス炉ガスの評価は、さきに述べられたように、普通代替される重油価格にリンクして評価されるので、重油価格 9,000 円/ kI をベースとして、コークス炉ガス価格を算出すると、 1m^3 当り約 4 円となる。この値段に、脱硫費を加算して、現在製鉄所から外販されているコークス炉ガス 1m^3 当りの原価を求めると、約 5 円余りになるものと推定されるが、都市ガス会社における工場原価は、これよりもかなり割高のようである。

なお、鉄鋼業の副生コークス炉ガスの熱量は、現在、既述のように、 m^3 当り約 5,000 kcal とみることができる。これに対して、都市ガスは、 m^3 当り 3,600 kcal であるので、発熱量の差を加味すると、その開きは、より大きくなるわけである。

また、深冷分離によって、水素が回収された残ガスは、完全に精製されたガスなので、混合方法に若干問題があるとはいえ、都市ガスとして、そのまま配給機構に乗せられる。この残ガスは、発熱量が約 7,500 kcal/ m^3 あるので、容量ではコークス炉ガスの約半分であるが、熱量からみれば、コークス炉ガス 1m^3 当り、0.7~0.75 m^3 に相当し、熱量向上の面からみても、有利なものとみなすことができる。

しかし、いずれも需要先が、製鉄工場から遠隔の地であれば、輸送費がかさみ、経済性は少なくなる。したがって、製鉄所が需要地に近接している限り、その製鉄所で副生するコークス炉ガスは、都市ガスとしても経済性を有する。

VI. 化学工業原料としての経済性

高炉ガスについては、前に述べたように、これを化学工業原料として利用する技術は、今のところ、経済的にまだ確立していない。また、論ずる資料にも乏しい。

しかしながら、発生量がコークス炉ガスの約7倍に達するので、この方面の研究は、今後に残された大きな課題である。

コークス炉ガスを化学工業原料として利用する場合は、50%の水素、30%のメタン、4%のエチレンが、まづ最も注目される。

1. 水素源として コークス炉ガス中の水素の利用法としては、水素添加かアンモニア合成があげられるが、水素添加については、クレオソートの水添やベンゾール精製のための水添など、いずれも所要水素量は少量なので、将来、増大するコークス炉ガスの膨大な余剰量は、こなし切れない。したがって、水素還元鉄のような技術が、はっきり経済ベースに乗ってくるまでは、アンモニア合成用ということになるであろう。

いま、アンモニア t 当り原料として、コークス炉ガス

と、最近、化学工業原料として脚光をあびている原油をそれぞれ使った場合、両者の原料原単位を比較すると、次表のとおりメタン分解、深冷分離いずれの方法によっても、コークス炉ガスを原料とする方が、原油を原料とするより経済的である。すなわち、アンモニア t 当りコークス炉ガス原単位は、原油のおよそ 70% にあたるものと推定される。

		アンモニア t 当 所 要 量	重 油 に 熱量換算
原 油		980~1,000 l	980~1,000 l
コークス炉 ガ ス	メタン分解	1,500~1,600 m ³	690~730 l
	深 冷 分 離	約 4,500 m ³	約 690 l

(注) 深冷分離による場合は、所要コークス炉ガス量のものの熱量の 2/3 の熱量をもつた残ガスがあるので、この分を差引いて熱量換算してある。

したがって、コークス炉ガスは、これを燃料として使う場合は、前に述べたように重油に劣るので、原油の場合さらに不利なものとなるが、化学工業原料として使う場合は、原油よりも有利である。

表 11 アメリカにおける原料原別アンモニア製造原価試算比較表

主 原 料	天 然 ガ ス			コークス炉ガス			重 油			石 炭			石油精製廃ガス		
製 造 方 式	高 圧 酸 素 部 分 酸 化 改 質			ガ ス 分 離			加 圧 ガ ス 化			微 粉 炭 ガ ス 化			ガ ス 分 離		
建 設 費 (\$)	7,432,000			6,231,000			7,084,000			7,344,000			5,106,000		
生 産 能 力 (NH ₃ t/d)	181.5			181.5			181.5			181.5			181.5		
単 位	単 価	原 単 位	価 格 (\$)	単 位	原 単 位	価 格 (\$)	単 価	原 単 位	価 格 (\$)	単 価	原 単 位	価 格 (\$)	単 価	原 単 位	価 格 (\$)
主 原 料 単 価 原 単 位	0.81	811	6.57	0.617	3,969.7	24.50	(¢/l) 1.208	(l) 1,193	14.42	(\$/t) 8.335	(t) 1,897	15.80	0.519	2,363.6	12.27
主 触 媒 改 質	1.59	0.15	0.24				1.59	0.175	0.28	1.59	0.175	0.28			
転 化 \$/kg kg	1.32	0.25	0.33	1.32	0.25	0.33	1.32	0.250	0.33	1.32	0.250	0.33	1.32	0.25	0.33
合 成 \$/kg kg	0.095	4.00	0.38		3.00		0.066	4.00	0.26	0.066	4.00	0.26		2.75	
苛 性 ソーダ \$/kg kg	0.57	0.15	0.085			0.73	0.57	0.20	0.11	0.57	0.200	0.11			0.66
ア ミ ン 類 \$/kg kg	22.5	2.085	0.47		2.50		21.2	2.08	0.44	21.2	2.08	0.44		2.08	
潤 滑 油 ¢/l l															
小 計			8.08			25.56			15.84			17.22			13.23
燃 料 ¢/10 ³ kcal 10 ³ kcal	0.091	6,109	5.56	0.119	10,196.2	12.14	0.119	3,334	3.97	0.119	3,940	4.69	0.119	1,168.8	1.39
電 力 \$/kwh kwh	0.008	119	0.95	0.008	110.25	0.88	0.008	132.3	1.06	0.008	137.8	1.10	0.008	88.2	0.71
冷 却 用 水 ¢/kl kl	1.32	18.77	0.25	1.32	12.36	0.18	1.32	20.8	0.27	1.32	20.8	0.27	1.32	9.2	0.12
工 業 用 水 ¢/kl kl	3.43	4.46	0.15	3.43	4.84	0.17	3.43	5.68	0.20	3.43	6.25	0.21			
小 計			6.91			10.91			5.50			6.27			0.56
労 務 費 (直接労務費) 人		7	2.92		5.85	2.29		7	2.68		9.9	3.78		5	1.91
監 督 管 理 費			2.30			1.86			2.15			2.19			1.54
設 備 補 修 費, %	4		4.72	4		3.96	4		4.50			4.68	4		3.24
建 設 費 に 対 す る 比 率															
固 定 費 却 同 上	10		11.84	10		9.90	10		11.25			11.70	10		8.10
金 利, 税, 保 險 同 上	6		7.10	6		5.94	6		6.77			6.98	6		4.89
小 計			28.88			23.91			27.35			29.33			19.68
總 計			43.87			38.56			48.69			52.82			32.35

(資料) Chem. Eng. Progress 1955

表 12 世界主要国のアンモニア t 当り製造原価推定表

国 名	ア メ リ カ	イギリス	西 ド イ ツ	イ タ リ ア	日 本
生 産 規 模	270t/日		220t/日	180t/日	180t/日
原料	天然ガス		コークス炉ガス	天然ガス	
燃料	蒸気二段改質 (常圧)		深冷分離	酸素部分酸化 (常圧)	
式	8,848円		11,940円	13,350円	
費	3,144" (単価 4 円83銭)		5,720" (単価 4 円40銭)	5,400"	
費	2,152"		1,450"	4,240"	
計	3,444"		3,400"	3,900"	
価	14,444"	20,000円	16,790"	21,490"	
換	(40.12)	(55.55)	(46.63)	(59.68)	(100.18)

現在、アンモニア合成用原料としては、天然ガス、重油、原油、石炭、コークス炉ガス、石油精製廃ガスなどがある。

これら各種原料によるアンモニア製造原価を検討するに当り、参考までに、アメリカの Flour Co-Operation で試算 (アンモニア生産能力 181.5t/日と仮定する) された計算例と、世界主要国のアンモニア製造原価推定値を示すと、それぞれ表 11 および表 12 のとおりである。

表 11 によると、石油精製廃ガスによるものが最も安く、以下順次、コークス炉ガス、天然ガス、重油としたいに割高となり、石炭を原料とするものが、最も高く計算されている。なお、表 11 を、わかり易く圧縮してみると、表 13 のようになる。

このような傾向は、わが国にもある程度共通である。表 12 に示されたように、わが国のアンモニア製造原価

表 13 アメリカにおける原料源別アンモニア製造原価総括表

	天然ガス	コークス炉ガス	重油	石炭	石油精製廃ガス
主原料単価 (円)	2.9/m ³	2.2/m ³	4,350/k	3,000/t	1.86/m ³
製造原価 (")	15,800	13,900	17,500	19,000	11,650
製造原価指数	100	88	110	120	74

が、国際的に割高なのは、わが国のアンモニア製法の過半数が、まだ石炭を原料としたものによるためである。しかしながら、当然のなり行きとして、石炭、コークスのような不利な固体原料から、しだいに流体原料に移行する傾向は、わが国でも最近特に顕著である。すなわち、表 14 に示したように、昭和 27 年当時は、固体原料法によるものが、アンモニア全生産量の約 70%、電解法によるものが、約 25% を占め、流体原料法によるものは、わずかに 5% にすぎなかったが、昭和 33 年度では、

表 14 わが国におけるアンモニア (硫安換算) 原料源別生産量の推移

(単位 10³ t)

年 度 別		27 年 度	29 年 度	32 年 度	33 年 度	34 年 度 (見込)
原 料 源 別						
電 解 法		763.0 (26.4)	770.2 (24.8)	727.7 (15.9)	680.4 (12.6)	606.9 (11.0)
ガ	固 体					
	原 料					
	法					
	小 計	1,109.9 (38.4)	1,258.3 (40.5)	1,552.0 (33.9)	1,394.5 (25.9)	929.3 (16.8)
ス	油 ガ ス 化 ガ ス	571.3 (19.7)	618.2 (19.9)	575.8 (12.6)	572.2 (10.6)	555.4 (10.1)
	天 然 ガ ス	300.0 (10.4)	300.0 (9.6)	499.0 (10.9)	502.2 (9.3)	294.2 (5.3)
	石 油 精 製 ガ ス					
	コークス炉ガス (東庄大牟田, 三菱化成黒崎)					
法	そ の 他 (矢 作 の 製 鉄)					
	小 計	1,981.2 (68.5)	2,176.5 (70.0)	2,626.8 (57.4)	2,468.7 (45.8)	1,778.9 (32.2)
	油 ガ ス 化 ガ ス	0	0	342.0 (7.5)	644.6 (12.0)	1,366.6 (24.7)
	天 然 ガ ス	0	0	254.1 (5.6)	724.8 (13.5)	857.8 (15.5)
原	石 油 精 製 ガ ス	0	0	113.2 (2.5)	254.6 (4.7)	283.5 (5.1)
	コークス炉ガス (東庄大牟田, 三菱化成黒崎)	147.3 (5.1)	156.6 (5.0)	508.0 (10.9)	555.5 (10.3)	555.5 (10.1)
	そ の 他 (矢 作 の 製 鉄)	0	6.7 (0.2)	10.4 (0.2)	59.0 (1.1)	77.8 (1.4)
	小 計	147.3 (5.1)	163.3 (5.2)	1,220.5 (26.7)	2,238.5 (41.6)	3,141.2 (56.8)
計		2,128.5 (73.6)	2,339.8 (75.2)	3,847.3 (84.1)	4,707.2 (87.4)	4,920.1 (89.0)
合 計		2,891.5(100.0)	3,110.0(100.0)	4,575.0(100.0)	5,387.6(100.0)	5,527.0(100.0)

〔資料〕 通商産業省化学肥料部。〔注〕 ( ) 内は%を示す。

流体原料法によるものが、アンモニア全生産量の約42%を占めるにいたり、34年度では、50%を超えるものと見込まれている。

次に、わが国における原料取得事情をベースにしたアンモニア製造原価について、検討を加えてみたい。

i. 天然ガスを原料とする場合 わが国の天然ガスは、メタンを主成分とする水溶性天然ガスが主体となっている。最近その採ガスにあたって、地盤沈下に関連した困難な問題にそう遇しているとはいえ、従来から、安価なガス源として注目されてきた。

現在の入手価格は、自然条件や経営の条件によって、かなりの相違があるが、これを購入する場合、普通 m^3 当り 6~7 円といわれている。

表 15 わが国のトップレベルの工場における天然ガス加圧式アンモニア t 当り製造原価の一例、生産規模 200 t/d

				原 単 位	単価(円)	金額(円)
材 料 費	主 副 電 燃 そ の 計	原 原 の 料 料 力 料 他	1,130m³ 950 kwh	4.8	5,424 880	
				3.0	2,850 1,000 300	
			10,454			
労 務 費						900
減 修 そ	価 繕 の 計	却 費 他			6,500 1,000 1,300	
計						8,800
製 造 原 価						20,154

表 16 硫安 t 当り製造原価の一例

			原単位 (t)	単 価 (円)	金額(円)	%
硫 安	原 料 費	NH_3 硫 酸 そ の 他	0.263 0.750	20,154 5,800	5,301 4,350 1,400	34.9 23.6 9.2
		計			11,051	72.3
	その他経費 製造原価				4,150 15,201 (42.23 円)	27.3 100.0

表 17 原 油 入 手 価 格 (推定)

(単位円/ kl)

原 産 地	FOB (A)	フレート(B)	保険料 (C)	CIF (A+B+C)	輸入諸掛	本船輸送ロス (10%とみる)	国内輸送費	工 場 着 価
ジュリー (スマトラ)	3,450	1,300	10	4,760	95	50	(500~2,000) 800	5,705

いま、天然ガスを原料とし、わが国のトップレベルの工場におけるアンモニア合成原価の一例を示すと、表 15 のとおりであり、アンモニア原価は 20,154 円 (約 56 ドル)、また、それを原料とした硫安原価は、表 16 に示すように t 当り約 15,200 円 (約 42.2 ドル) と算出されている。ただし、同工場における天然ガス 1m^3 当りの取得価格は、4 円 80 銭として計算されている。

ii. 石油精製廃ガスを原料とする場合 アメリカの試算によれば、石油精製廃ガスによるものが、最も安いアンモニア製造原価を示しているが、アメリカでは、高オクタン価のガソリンを製造しているので、原料の処理は単蒸留のものは 20%位にすぎず、大部分のものは、接触改質されたものであり、また、製油能力についても、わが国とアメリカとは大きな開きがある。

すなわち、接触改質は、脱水素反応が主反応なので、廃ガスには多量の水素が含まれているのに対して、わが国の石油精製処理量の 94% は単蒸留なので、水素の含有率はきわめて小さい。したがって、わが国の石油精製廃ガスを、アンモニア合成ガス源として考える場合は、天然ガスで採用されているような、分解→転化の 2 行程を経てガス化されなければならないこと。

また、製油能力については、わが国は、アメリカの約 1/30 にすぎないこと。

このような条件差を考慮するとき、わが国の場合、アメリカのように、天然ガス 2.9/ m^3 円に対して、石油精製廃ガス 1.86円/ m^3 の割合で、評価することは適当でない。そこで、わが国における石油精製廃ガスの性状や、わが国の製油所の規模を勘案して、廃ガスの m^3 当り単価をきめるとすると、それは、大ざっぱにみて、天然ガスと同じ評価をすべきであるといわれている (産業計画会議資料による)。したがって、アンモニア製造工程が、天然ガスと同じであるならば、製造されるアンモニア原価もまた、天然ガスを原料とするものと似た原価でなければならない。

iii. 重油および原油を原料とする場合 わが国における重油の入手価格 (約 9,000 円/ kl) は、表 13 に示された、アメリカにおけるもの (4,350 円/ kl) に比べて、2 倍以上割高であるので、最近では、重油に代って原油をアンモニア原料とする技術が登場し、すでに企業に移さ

れている。

原油の入手価格は、スマトラのジュリー産のもので、表 17 に示すように、工場着価格で、約 5,700円/kg と推定され、重油に比べて割安だからである。

原油を原料としたアンモニア製造設備の建設費ならびにアンモニア t 当り製造原価について、生産規模 120t/日の場合、操業実績に基いて試算すれば、表 18 に示すように、建設費は約 19 億 5,000 万円、アンモニア t 当り製造原価は、約 23,000 円と計算される。

表 18 原油テキサコ法アンモニア原価

(生産規模 120 t/d 建設費 19.5 億円)

	原 単 位	単価(円)	金額(円)
変	原燃材料	935 l	5,700
	油	100 l	8.90
	油	0.6 t	1,000.0
	水	1.7 t	65.0
	冷却	20 t	5.0
	動力	1,600 kwh	2.08
	合成用触媒	0.2 kg	300.0
	転化用触媒	0.2 kg	650.0
	補助材料 (NaOH, K ₂ CO ₃ , M.E.A 等)		600
小 計			11,148
固	労務費	33人	350
	賃保	(期間 12年)	3,620
	租税	0.2%	98
	修管金	1.4%	688
		2%	985
		10%	1,250
			4,920
小 計			11,911
製 造 原 価			23,059

建設費内容

(単位 10³ 円)

機	空 気 分 離 装 置	424,000
	ガ ス 発 生 装 置	165,000
	転 化 精 製 装 置	220,000
	深 圧 分 離 装 置	210,000
	圧 縮 設 備	143,000
	ア ン モ ニ ア 合 成 設 備	275,000
	原 油 液 安 貯 蔵 設 備	50,000
小 計		1,487,000
工 事 費	据 付 , 基 礎 , 配 管 工 事	150,000
	動 力 設 備	120,000
	建 設 屋 屋	40,000
	冷 却 水 循 環 設 備	50,000
	技 術 導 入 費 お よ び 設 計	50,000
	そ の 他 工 事 お よ び 諸 経 費	50,000
小 計		460,000
合 計		1,947,000

〔注〕 テキサコ法運転実績。

なお、表 18 によって、重油を原料とした場合のアンモニア製造原価を試算してみると、約 26,000 円と算出される。

iv. 石炭を原料とする場合 石炭を原料とするアンモニア原価は、国の内外を問わず、最も割高であることはいうまでもない。わが国の場合、石炭の入手価格を t 当り 6,500 円とすれば、アンモニア原価は約 35,000 円

表 19 コークス炉ガス深冷分離法アンモニア原価

(生産規模 120 t/日 建設費 18 億円)

	原 単 位	単価(円)	金額(円)
変	コークス炉ガス	4,100 m ³	4.20
	窒素	812 m ³	0.70
	蒸気	—	—
	純水	1 t	65.0
	冷却	25 t	5.0
	動力	1,480 kwh	2.08
	合成用触媒	0.2 kg	300.0
	補助材料 (NaOH, NH ₃ 等)		60
			315
小 計			21,433
固	労務費	33人	350
	賃保	(期間 12年)	3,416
	租税	0.2%	91
	修管金	1.4%	637
		2%	910
		10%	1,250
			4,554
小 計			11,208
副産物入	クレジットガス	2,060 m ³	6.35
	回収ベンゾール	15 kg	20.0
			— 13,081
			— 300
製 造 原 価			19,260

〔注〕 コークス炉ガスは 5,000 kcal/m³、クレジットガスは 7,850 kcal/m³ とした。

建設費内容

(単位 10³ 円)

機	窒素精製装置	150,000
	深冷分離装置	183,000
	コークス炉ガス圧縮設備	279,000
	NH ₃ 冷凍設備	180,000
	窒素圧縮設備	30,000
	合成ガス圧縮設備	68,000
	NH ₃ 合成設備	143,000
	液安貯蔵設備	275,000
		30,000
小 計		1,338,000
工 事 費	据 付 , 基 礎 , 配 管 工 事	135,000
	動 力 設 備	120,000
	建 設 屋 屋	70,000
	冷 却 水 循 環 設 備	60,000
	技 術 導 入 費 お よ び 設 計	60,000
	そ の 他 工 事 お よ び 諸 経 費	30,000
		50,000
小 計		465,000
合 計		1,803,000

(約 97 ドル) となり、到底今後の発展に期待できない。

v. 製鉄所のコークス炉ガスを原料とする場合 製鉄所のコークス炉ガス 1 m³ 当り単価を、先に述べたように、4 円 20 銭とし、生産規模やその他の条件を、原油を原料とする場合と、同じにして、アンモニア t 当りの製造原価を試算してみると、表 19 に示すように、アンモニア t 当り原価は約 19,000 円と計算される。

以上、諸原料別にこれを総括してみると、表 20 のようになり、製鉄所の副生コークス炉ガスを利用したアンモニアが、最も安い原価を示している。

表 20 わが国における原料源別 NH₃ t 当り製造原価総括表

	天然ガス	製鉄所の副生 コークス炉ガス	重油	原油	石炭	石油精製 廃ガス
主原料単価(円)	4.8/m ³	19/m ³	9,000/k ^l	5,700/k ^l	6,500/t	4.8/m ³
製造原価(円)	20,000	19,000	26,000	23,000	35,000	20,000
製造原価指数	100	95	130	115	175	100

2. メタンおよびエチレン源として メタンおよびエチレンは、コークス炉ガスから深冷分離法によって、水素を分離する際、副次的にそれぞれ低コストで分離捕収されるものである。

いま、かりにコークス炉ガスから、アンモニアを 200 t/日製造する場合、副生するメタンおよびエチレンの量は、表 21 に示すとおり、メタンは 21 万 m³/日、エチ

表 21 コークス炉ガスの深冷分離による各種成品の生産量

原料コークス 炉ガス量	NH ₃ 生産量	純 CH ₄ 生産量	純 C ₂ H ₄ 生産量	燃料用混合 ガス量
900,000 m ³ /日	200 t/日	210,000 m ³ /日	30t/日 (24,000m ³ /日)	200,000 m ³ /日

レンは 30 t/日となり、両者は、それぞれ低コストで分離できることと合わせれば、化学工業原料として、きわめて重要な意義をもつものといえることができる。

i. メタン源としての経済性 わが国のメタンは、現在、主として天然ガスから得られており、天然ガスは、アンモニアやメタノール等の安価な原料として、その需要量は、急速に増大してきた。また、最近メタンは、アセチレンの原料として注目されるにいたっている。アセチレンは、今後の化学工業の重要な分野と思われる合成化学の一原料であり、また、現在はカーバイドを原料としているが、わが国の将来の電力費の昂すうにより、アセチレン源を、カーバイドからメタンに切りかえる必要が生じてくることが考えられるからである。

最近の天然ガスの採掘状況をみると、今後安価なメタン原料として、従来どってきような生産増が、期待

できるかどうか疑わしい状態にある。

この点、製鉄所のコークス炉ガスから得られるメタンは、コークス炉ガスを深冷分離して、水素を回収するさいに副生するものなので、もし、まとまった量が、常時獲得できれば、安価なアセチレン原料として有望なものとなるであろう。

化学工業の一企業単位としてのメタン使用量は、少なくとも 1 日 10 万 m³ (年間 1 億 2,000 万 m³) を要するといわれているが、この程度のコークス炉ガスならば、製鉄所内のガスバランスを切り替えることによって、容易

に企業単位分のメタンを、変動なく生産することがのできる。製鉄所のコークス炉ガスは、将来のメタン工業原料の一つとして注目する価値がある。

ii. エチレン源としての経済性 エチレンは、石油化学のうち、最も誘導成品が多岐にわたるもので、その需要量もきわめて大きい。

わが国は、従来、その誘導中間品を輸入していたため、この工業は、やや遅れていたが、最近、わが国においても、ナフサ分解によって、エチレンを製造する石油化学工業が、創められるにいたった。

アメリカにおいては、巨大な天然ガス鉱業や石油工業が背景となっているので、エチレンの生産量も大きく、また安価に製造されているが、わが国の石油工業の規模においては、製造されるエチレン (純度 99.9%) の生産原価は、kg 当り 50~70 円と推定され、かなり割高

表 22 98% C₂H₄ 1,000 m³ (1.25 t) 当り製造原価 (8,000 t/年プラント)

	原単位	単価(円)	原価(円)
原料ガス	3,050 m ³	11.49	35,000
電力	950 kwh	2.20	2,090
冷却水	0.13 t	1,000.0	130
燃料	100 k ^l	4.50	450
圧搾空気	36,500 kcal	1.0	36
労働費	250 m ³	0.60	150
工場管理費			870
修繕費			605
税			2,690
保険料			1,260
建設費			180
技術料			6,710
金			8,950
製造費合計			59,121
副生物(オフガス)			-20,300
差引製造費			38,821
kg 当り製造費	2,050 m ³	9.92	31

〔資料〕 資源調査会鉄鋼部会。

にならざるを得ない。

製鉄所のコークス炉ガスを深冷分離して得られるエチレン（ただし純度 98%）の生産原価は、表 22 に示すように、kg 当り約 31 円と計算される。しかし、この場合の原料ガス、つまり、コークス炉ガスを深冷分離して得られたエチレン留分ガスのカロリーは、約 11,300 kcal/m³ であり、同ガスは、1,000 kcal 当り約 1 円と評価して、計算されている。

なお、かりに、純度を 99.9% に上げた場合を想定しても、その原価は、kg 当り約 36 円と見積ることができる。したがって、製鉄所のコークス炉ガスを原料として、エチレンを製造する場合は、ナフサ分解によるよりも、かなり割安に製造できるわけである。

また、表 21 に示したように、コークス炉ガスから水素を分離して、アンモニアを 200 t/日製造する場合に副生するエチレンは、年間約 1 万 t に達する。これはエチレン工業として、経済的な企業単位に相当し、さらに最近の技術によれば、深冷分離の際、同時に副生するエタン（C₂H₆）を分解して、エチレンを製造することもできるので、これを合せれば、さらに生産量は増大することになる。

なお、参考までに述べると、1957 年、西ドイツにおいてはすでに、年間エチレン総生産量 7 万 t のうち、4 万 t は、石油工業によるものであるが、3 万 t は、コークス炉ガスの分離によってつくられている。

以上、製鉄所のコークス炉ガスを原料として、アンモニア、メタン、エチレンを製造する際の経済的な効果を、それぞれ述べたが、3 成品は互に関連するものであるので、これらの量的な関連や、コークス炉ガス 1,000 kcal 当り 85 銭と評価した場合の各製品の原価などを一括し、アンモニア 1 t を製造する場合の原料および各種製品の流動図を示すと 図 5 のとおりである。

図 5 コークス炉ガスを原料とする原料、成品関連図

IIV. 化学工業原料としての利用方策

わが国の窒素質肥料の消費量は、硫安換算で、昭和 34 年度 256 万 6,000 t、将来は、地力の低下によって、内需はいくらかは増えるものと思われるが、それによって大幅な需要増は望めないものとみこまれ、精々 300 万 t 位のものであろう。

これに対して、国内生産量は、昭和 34 年度すでに 413 万 6,000 t におび、10 年後には、約 550 万 t 位の生産があるものと推定されている（通産省資料による）。

したがって、今後この工業が伸びるかどうかという判定は、輸出市場の獲得いかににかかっているといってもよい。つまり、それは国際的に安価な製品が生産できればよいということである。

最近のアメリカおよび欧州主要国における東南アジア向輸出用硫安当りの FOB 価格のうち、最低のものをあげると、表 23 のようになり、また 1957 年 11 月の韓国

表 23 世界主要国における東南アジア向輸出用硫安 t 当り最低 FOB 価格

(単位ドル)			
国 名		価 格	
ア イ 西 イ オ	メ ギ ド タ	リ	カ
		リ	ス
		ギ	ー
		イ	ツ
		リ	ア
		ン	ダ
			40.20
			41.95
			40.00
			39.62
			40.00
			38.45

〔資料〕 木下商店資料 昭和 33 年 9 月。

表 24 世界主要国における韓国向輸出用硫安 t 当り FOB 価格 (1957 年 11 月)

(単位ドル)			
国 名		価 格	
ア ベ 西 イ カ 日	メ ル ド タ	リ	カ
		ギ	ー
		イ	ツ
		ナ	ア
			ダ
			本
			40.26~48.00
			38.45~42.95
			37.80~42.50
			40.00
			46.00
			48.50

〔資料〕 日本硫安工業協会（欧米肥料調査団報告書）概要。

入札 FOB 価格を参考までにあげると、表 24 に示すとおりである。これらをざずかみにして考えると、欧州では、最低約 38 ドル、アメリカでは、最低 40 ドル見当の FOB 価格で、硫安が輸出されている。

フレートについては、東南アジア市場を対象とするとき、わが国は、欧米諸国よりも、地理的に有利な条件におかれているので、一般的には、日本はアメリカとは 8 ドル、欧州諸国とは 3 ドルの差があるものといわれている（産業計画会議資料による）。したがって、わが国の

表 25 世界主要国の硫安製造原価推定表

国名		アメリカ				アメリカ				イギリス			
		原単位 (t)	単価 (円)	金額 (円)	%	原単位 (t)	単価 (円)	金額 (円)	%	原単位 (t)	単価 (円)	金額 (円)	%
原料費	アンモニア硫酸の他	0.263 0.750	14,444 6,000	3,799 4,500 360	22.6 26.7 2.2	0.263 0.750	14,974 6,000	3,938 4,500 360	23.2 26.5 2.1	石膏 0.270 2.780	20,000 1,000	5,400 2,780 2,610	33.9 17.5 16.4
	小計			8,659	51.5			8,798	51.8			10,790	67.8
	同 上 の 製 造 上	ドル 他 原 価 換 算			(23.99) 8,180 16,839 (4,664)	48.5 100.0			(24.37) 8,180 16,978 (47.03)	8.2 100.0			(29.89) 5,120 15,910 (44.07)

国名		西ドイツ				イタリア				日本			
		原単位 (t)	単価 (円)	金額 (円)	%	原単位 (t)	単価 (円)	金額 (円)	%	原単位 (t)	単価 (円)	金額 (円)	%
原料費	アンモニア硫酸の他	0.270 石膏 2,780	16,790 1,500	4,533 4,170 1,000	30.8 28.4 6.8	0.263 0.750	21,490 6,000	5,652 4,500 1,000	35.0 27.9 6.2	0.263 0,750	36,064 6,833	9,485 5,125 1,227	45.6 24.7 5.9
	小計			9,703	66.0			11,152	69.1			15,837	76.2
	同 上 の 製 造 上	ドル 他 原 価 換 算			(26.95) 5,000 14,703 (40.84)	34.0 100.0			(30.98) 5,000 16,152 (44.87)	30.9 100.0			(43.86) 4,937 20,774 (57.54)

硫安は、アメリカ品に対して48ドル、欧州品に対して41ドル位であれば、東南アジア市場で、国際的に競争できるわけである。

いま、世界主要国における硫安t当りの平均製造原価を比較すると、表25に示すように、アメリカが46.6～47.0ドル(16,800～17,000円)、イギリス約44.1ドル(約15,900円)、西ドイツ約40.8ドル(約14,700円)、イタリア約44.9ドル(約16,200円)で、これに対して、わが国の平均原価は約57.5ドル(約20,800円)であり、欧米諸国の製造原価の2～4割高となっている。

表25に示された、各国の硫安製造原価の品目別構成によって、割高の原因を検討してみると、それはアンモニアの製造原価が、各国とはいちじるしく差があるためであることがわかる。すなわち、各国とも製造原価の過半を占めているのは、アンモニアと硫酸の原料費であり、わが国の場合、特にその比重は、70%に達し、他の諸国に比べて最大である。そして原料費の中で、硫酸の費用は、わが国は、国際的にみてあまりそん色がないが、アンモニアは、アメリカの2.5倍、欧州諸国の1.7～2.0倍に達していることがわかる。

したがって、硫安の製造原価を、国際なみにおくためには、アンモニアの製造原価を、国際レベルまで下げる

ことが必要だということになる。

この点、製鉄所のコークス炉ガスを原料として生産されるアンモニアは、前に述べたように、t当り約19,000円と計算され、他の原料にいずれによるよりも安く製造できるし、このアンモニアを原料として、かりに硫安を製造する場合を、表16に準じて計算してみると、表26のようになり、その生産費は、約14,900円(約41.4ドル)となり、東南アジア市場においても、外国品に対して太刀打ちできるものと思われる。

表 26 製鉄所の副生 C ガスによる NH₃ を原料とした場合の硫安製造原価推定表

	原単位(t)	単 価 (円)	金 額 (円)
原 料	NH ₃ 硫 酸 そ の 他	0.263 0.750	19,000 5,800
費	計		10,747
そ の 他 経 費			4,150
製 造 原 価			14,897 (41.4 ^円)

したがって、アンモニアの原料として、製鉄所のコークス炉ガスを利用し、原料の転換をはかることは、いろんな意味において、きわめて意義のあることだと考えら

れる。

また、わが国の有機合成化学工業の発展は、ここ数年来特にいちじるしく、将来ますますその拡大が期待されている。将来の有機合成化学工業の国際競争力の立場からみると、同工業は、総合的かつ大規模に運営されるような形体が望ましいが、このためには、コークス炉ガスを深冷分離して、水素を回収するさい副生するメタンやエチレンの活用はいうまでもなく、また、さらに生産規模の拡大を必要とするときは、コークス炉ガス以外の水素または炭化水素のガス源との共存が必要となってくるであろう。

コークス炉ガス以外のガス源として、水素または炭化水素の利用に適する主なものとしては、天然ガス、輸入油田ガス、石油系副生ガスなどをあげることができる。わが国の天然ガスの主産地は、新潟と千葉の両地域であるが、将来、これらの地域から、天然ガスを、他の地域に輸送することは、生産量と価格の点において、保証できるかどうか疑わしい。

また、輸入油田ガスは、将来、安価なガス源として利

用されるのも、それほど遠い時期ではないものと推測されるが、安全な入手に対する危惧もあるので、十分普及するまでには、時間がかかるものと思われる。

次に、石油系副生ガスについては、石油精製、石油化学の両工業が、いずれも輸入原料への依存度が高い点については、製鉄工場と類似の立地条件が要求されるので、将来は、両者の結合が、いろいろの意味をもってすることは、想像に難くない。すなわち、石油系の副生ガスは、一ヵ所からまとまった量が得られることや急速に発展しつつあることなど、製鉄所の副生ガスと同じ傾向をたどるものである。また、この両者は、将来の低コストガス源の双壁ともいえるものであり、かつ、成分的には、コークス炉ガスが、水素とメタンを主成分とするのに対し、石油系副生ガスは、炭素原子2つ以上のものを含む点に特長があるので、将来の化学工業の発展が、有機合成化学工業に期待されていることを考えれば、むしろ、両者が一緒になって初めて、総合化学工場としての条件が満足されるといえるのである。

偕成会・毎日学術奨励金に関するお知らせ

昭和35年度偕成・毎日学術奨励金の申請をそれぞれ受付中です。希望者は下記によりお申込み下さい（両者とも第4部理学、第5部工学）

○申請方法 申請書用紙に記入の上申請する（用紙は下記へ請求下さい）

○申請書提出締切 偕成会・毎日とも昭和35年7月31日

○申請書送付先 その他問合せ先

★偕成会 東京都千代田区丸ノ内1-4 日興証券KK内
財団法人 偕成会「偕成学術奨励金」係

★毎日 東京都千代田区有楽町1-11
毎日新聞社学芸部「毎日学術奨励金」係
または東京都台東区上野公園
日本学術会議事務局「毎日学術奨励金」係