石 油 化 学 工 業

平 川 芳 彦

日本石油化学株式会社（川崎市川崎区夜光 2-3-2）

Petrochemical Industry

Yoshihiko HIRAKAWA

Nippon Petrochemicals Co., Ltd. (2-3-2, Yakō, Kawasaki)

1 発展の史的考察

わが国石油化学工業は、昭和 30 年に通産省の省議決定による「石油化学工業育成対策」の発表をもって始まったといわれる。それ以降約 5 年ごとに、石油化学工業の様相が変化して現在はその第 4 期の低迷の時期にあるといえよう。そのような観点から各期の特徴を述べるとつぎの通りである。

第 1 期（昭和 30～35 年） 三井、三菱、住友、日石化学の 4 エチレンセンター計画とこれらとコンビナートを組む各社計画が進められ、その当初のエチレン生産能力は 1 基あたり 1.1～2.5 万 t/年 の小規模なものであった。わが国最初の石油化学製品の製造は昭和 32 年の丸善石油の第二アルコールとメチルエチルケトン、日石化学のイソプロピルアルコールとアセトンであって、同年生産を開始した旭ダウと三菱モンサントのポリスチレンは輸入スチレンを原料としたものであった。ナフサ分解装置の運転開始は 33 年および 34 年であって、日本合成ゴムが国策会社として 35 年から SBR の生産を開始するとともに、日本ゼオンはその前年から特殊ゴムの生産を開始している。そのほかこの期間にはポリエチレン、エチレンオキシドなど国産皆無かあるいは石油化学方式によって価格の大幅低下される商品が手がけられた。

第 2 期（昭和 35～40 年） いわゆる先発各社の増設と同時に東燃石化、大協和石化、丸善石化、化成水島、出光石化の 5 センターが完成した。この期間にはナフサ分解装置の 1 基あたりエチレン能力は 4～10 万 t/年 に上昇すると同時に、Hoechst-Wacker 法によるアセトアルデヒド、Sohio 法によるアクリロニトリル、オキシ塩素化法による塩化ビニルの製造など技術革新によるアセチレン化学から石油化学方式への転換が急速に相次ぎ、このため一般化学会社の石油化学企業への参入が相次いだ。またわが国経済の安定成長が国際的評価を得て、三井ポリケミカル、日東ユニカー（現日本ユニカー）など

外資合併会社の出現が相次いだ。そして 36 年と 39 年にわが国経済成長と石油化学装置建設のおくれによるずれから、約 300 億円の最高石油化学製品輸入の年を 2 度記録した。

第 3 期（昭和 40～45 年） この期の特徴は石油化学協調懇談会の発足と、その決定に基づく 40 年のエチレン生産規模 10 万 t/年 と 42 年の 30 万 t/年 の設定によって、ナフサ分解装置のみならず各種誘導品装置の大型化も相次いで進められた。そして三井石化と住友化学はいずれも千葉にその第 2 センターを建設し、三菱油化は鹿島に第 2 センターを建設した。そして鶴崎油化と大阪石化が新たにコンビナートを完成するとともに、共同投資方式として日石化学と三井石油の間に浮島石化が、三菱化成と旭化成グループの間に、水島エチレンがそれぞれ 30 万 t/年 装置を完成した。この間 35 年から始まった石油化学製品の輸出は 40 年に 259 億円に達して輸入の 181 億円大をきく上回ったが、43 年には輸入が再び 253 億円と第 3 のピークに達した。なお、45 年の輸出は 810 億円以上であった。

第 4 期（昭和 45～現在） 45 年後半からわが国を襲った景気後退は石油化学工業にも重大な影響を与えている。それはただ単なる景気循環論的なものだけではなく、後述のように石油化学工業にとって構造的転換期に來ているものと思われる。そしてナフサ分解装置の操業率はエチレン 30 万 t 装置の建設が相次いだため、45 年 85%、46 年 92%、47 年 78%、48 年 86%、49 年 91% と見られており、48、49 年の設備休戦申合せのみならず、47 年にはいってポリエチレン、ポリプロピレン、エチレンなどの不況カルテル結成が相次いでおり、今の所相当企業業績の低迷は避けられそうもない。

2 業界低迷の直接間接原因

このように石油化学工業界の業績が低迷している原因は、わが国一般景気の後退とこれに続くニクソンショッ

クならびに国際平価変更の影響のほか、構造的な原因が幾つか考えられる。

その第 1 は需要産業の低迷である。わが国における石油化学工業の発足は世界的な高分子工業の隆勢化と軌を一にしたことと、相次ぐ技術革新によって中間原料価格の低下と新素材の提供を行ってきたため、石油化学工業と高分子工業は車の両輪のように持ちつ持たれつで発展してきた。ところがここへきて合成繊維工業は日米政府間協定による需要頭打ちに逢い、プラスチック工業は塩ビを初めとするプラスチック廃棄物問題ならびに過剰包装排撃運動の余波を受けて需要が低迷し、合成ゴムは天然ゴムの増産による値下がりから価格の妙味が薄れるとともに自動車業界事情などから需要も減退している。

第 2 の原因は、石油化学工業界に限ったことではないかも知れないが、技術革新が出尽した感のあることである。ナフサ分解装置の大型化メリットについては後述のような誤算があったが、装置大型化によるコスト低下はその限界に達している。すなわちナフサ分解にあつてはその分解炉の分解条件は 800~850°C、滞留時間 0.5 sec 以下、分解管は 2~3 in というような技術の限界にある。何か抜本的技術革新がなければ、もはやコスト低下の壁は大型化のみでは達成できないところまできている。とくに最近のような低操業率では大型装置ほどそのコストへのはね返りは大きい。

また誘導品関係においても、かつてポリエチレンやポリスチレンが出現し、合成ゴムが天然ゴム需要を大きく食い、三大合成繊維が天然繊維需要を席卷したような大型で有利な新製品の出現が跡を断ち、またアセトアルデヒド、アクリロニトリル、塩ビモノマーなどにみられた技術革新による既存産業から石油化学工業への転換も最近ではあまり聞かれなくなった。

3 30 万 t/年 装置の誤算

石油精製やナフサ分解装置のような装置産業においては、同一技術に基づく規模の違った装置の建設費は次式から推定される。

$$\frac{B}{A} = \left(\frac{b}{a} \right)^\alpha$$

$A = a$ 能力の装置の建設費

$B = b$ "   "

$\alpha =$ 規模係数

そしてこの α は通常 0.7 程度である。

ところで昭和 36 年、産業構造調査会（審議会の前身）が発足する前に Stone & Webster 方式のナフサ分解装置を建設している各社が集って、上式に基づく計算を行なったことがある。それは当時 4 万 t/年 装置の建設費が 44 億円（付属設備を含まず）であつたので、10 万 t/年 装置の建設費は上式から 83 億円と出た。ところが 40 年

には各社 10 万 t/年 装置が出揃い、石油化学協調懇談会発足前に 10 万 t/年 を前提にして 20 万 t/年 装置の計算をする打合せ会において、各社の 10 万 t/年 装置が 40~50 億円で完成したことがわかった。わずか 4 年間に 2.5 倍の能力の装置がほぼ同一金額で建設できたのである。この間景気の大幅な変動はなかったので、上式の真っぽう性が疑われたわけである。しかしその原因は技術革新によるものであることがわかった。

すなわち 4 万 t 装置時代の分解炉 1 基あたりエチレン製造能力は約 6,000 t/年 であつたものが、10 万 t 時代には炉 1 基あたり 13,000 t/年 に上昇していた。元来このように能力拡大は基数を増加することによるものは上式の α が 1 であるが、エチレン装置の蒸留塔などでは 0.5~0.6 ぐらいなので、装置全体の総括係数としては 0.7 を用いていたのであつた。そのほか 4 万 t 級ではガス圧縮機ならびに冷凍圧縮機がガス容量の関係から往復動型であつたものが、10 万 t 級では遠心式が使えるようになり大幅の建設費低下を可能にしたのであつた。

このような経験を基にして、10 万 t/年 装置の建設費を仮に 50 億円として 30 万 t/年 装置の建設費を上式から計算すると約 110 億円となる。ところが 44 年から 45 年に相次いで建設された 30 万 t 装置は今度は逆に 130~150 億円といずれも予測を大きく上回る高価格となつてしまった。その間分解炉 1 基あたりのエチレン製造能力は 25,000 t/年 以上に上昇して技術革新効果があつたはずであるにもかかわらず、その効果を帳消しにしてなお余りあるものであつた。その原因の第 1 は 30 万 t 装置の建設が 6 基ほとんど同時に行なわれたとともに、その建設時期が大阪における万国博の建設と重なつたことである。そのため資材の不足こそなかつたが、大型クレーン車やとくに溶接工の不足ははなはだしいものがあり、これが賃金高騰の出発点となつた。第 2 は大型圧縮機を保証できる会社が米国に 1 社しかなく、わが国におけるそのライセンス契約に基づくメーカーが納期はもちろん、価格の折衝も不可能にしたことである。通常大型圧縮機の製作期間は 12~15 カ月であるので、その発注を第 1 に行なうとともにその納期短縮が全体の建設期間短縮につながるものであるから、この影響は大きかったに違いない。第 3 はフレスタックの高さを増したり、廃水処理防音設備などの、いわゆる公害対策費の急増である。そして第 4 は一般物価高からの経費増であつた。

4 大型装置と低操業度

製造コストのうち、原料代、副資材代、副産控除などの比例費は一般に装置規模の大小に無関係であるが、償却金利その他の固定費は装置規模が大型化すれば製品 kg 当り価格の低下に大きく影響する。しかしそれはいずれも装置がフル運転した場合の計算であつて、操業率

の低下した際には大型装置の方が固定費の影響を大きく受けて割高となる。

ある試算によれば*, 30 万 t 装置と 20 万 t 装置の操業率とエチレン製造コストの関係は次の通りである。

(30 万 t 装置) 操業率	100%	90%	80%	70%
製造コスト (円/kg)	21.9	23.4	25.6	30.2

(20 万 t 装置) 対応操業率 — — 96% 80%

ところが図-1 の通り, 47 年のナフサ分解装置操業率は 77.5% と見込まれており, それも 3 月中旬の不況カルテル結成のための減産案 352.7 万 t (エチレン) は設備能力の 73% にしか過ぎない。この数字は業界平均であるから企業によってはさらにこれを相当下回っているものもあるはずである。とくに 47 年早々から運転を開始した東燃石化, 新大協和石化, 山陽エチレンの各 30 万 t 装置については相当大幅な低操業を余儀なくされ, 業界

図-1 ナフサ分解装置操業率と石油化学製品の単位生産金額

ぐるみの相互援助計画が進められている。

誘導品生産量の対前年成長率は図-2 の通りであるが, 45 年までの過去のデータは一般景気の変更とほとんど無関係に商品ごとにまったく別々の動きを示している。このことは新鋭設備が建設されるごとに需要に関係なくといったいい過ぎかも知れないが, こと程さように高操業率低コストをねらって押込み生産が行なわれたことを示している。ところが 45 年から 46 年の対前年成長率はアルキルベンゼンを例外としていずれも低下しており, 現実に前年生産量を下回ったものも, 中低圧ポリエ

チレン (94%), アセトアルデヒド (97%), ブタノール (89%), メチルエチルケトン (89%), 芳香族溶剤 (81%) などがある。アルキルベンゼンの 46 年対前年成長率が上昇しているのは, 45 年が対前年比 95% と実質減産であったものを回復したものである。このように装置産業の宿命とはいいながら, 景気後退にはいかんともしがたい巨象といわざるを得ない。

5 価格低下の実態

わが国で石油化学工業の開始された昭和 30 年代早々には, その製品の大部分は海外からの主として米国からの輸入品の CIF 価格と競争できる価格で販売可能な計画が, 政府当局の認可を得て生産を開始した。その輸入品価格も海外における創業当初のこととして比較的高価であった。たとえば 31 年におけるポリエチレン (主として高压法低密度) の国内価格は 440 円/kg もしており, わが国における製造が開始された 33 年には 314 円/kg に急落している。それがその後の装置大型化によるコスト低下と新規製造業者の参入による過当競争から製品の値下りは年々続いて 45 年には 114 円/kg にまで下ってしまった。その値下り率は実に 76% に達している。しかもこの 114 円/kg は高压法および中低圧法の各種グレードの総平均であって, しかもこの生産評価は製造業者の統計法に基づく届出価格であるから, 実際にはこれより幾分安いものと思われ, グレードによっては相当安いものもあるわけである。

この点輸出単価は通関統計による実数であることと, 前述の通り設備の操業度低下によるコスト上昇を避けるため, 内需以上の高操業を行なって, 輸出品については限界コストで輸出が行なわれているから相当安いわけである。それも各種グレードの総平均であるから, 中には kg あたり 60 円前後の輸出もあったと聞いている。

このような価格の推移はおもだった石油化学製品について図-3 の通りである。これで見るとポリエチレンの価格は 44 年にやや持ち直したようであるが, 45 年, 46 年とまた低下している。ポリプロピレンやポリスチレンもポリエチレン同様, 急速な価格の低下を示しているが, ポリスチレンの輸出価格が 43~45 年に比較的大幅に回復しているのは国際的需給関係によるものか, あるいは ABS 樹脂や AS 樹脂のような比較的単価の高い製品の輸出が急増したためか, 判然としないが 46 年にはまた急落してもとの黙阿弥になってしまった。

合成ゴム価格は天然ゴムの価格の推移に左右されるの

図-2 石油化学製品生産量と生産金額の対前年成長率

図-3 石油化学製品の価格推移

でポリオレフィン類などとは異なるが、輸出価格の動きからみると、天然ゴム価格が36~37年に安く、38~41

年がやや高くて、42年以降また急落した事情が良くわかる。統計では46年の合成ゴム価格は114円/kgとなっているが、この中にはクロロプレンやNBRなどの高価格の特殊ゴムも含まれているので、汎用のSBRの輸出価格の中には70円台があったと聞いている。

エチレンオキシド単価の低下は、原料エチレン価格の低下とともにエチレンオキシド製造装置の大型化ならびに製造技術の合理化によるものであるが、業界の過当競争があることも否めない。その点アルキルベンゼンは国内生産の始まる前から輸入品が比較的安価に供給されて国内市場を開拓していたので、その値下りはあまり大きくない。しかしその製造コスト面からの考察では、原料ベンゼンが37年37円/kg、40年33円/kg、43年28円/kg、45年25円/kgと相当大幅に低下しているものの、合成洗剤の生分解性要求によって安価なプロピレン低重合体からn-パラフィン型アルキル基へ転換して、そのための設備投資負担をまかなうため、ベンゼンの価格低下がアルキルベンゼン製造コスト上帳消しになって、ここ数年の安定価格になっているものと思われる。したがって表面上価格変動は少ないが、品質転換圧力のため企業経営は必ずしも楽ではないと思われる。

図-1に画かれた、石油化学製品生産金額の総計をエチレン生産数量で割った数字は、エチレン1kg生産によって誘導される各種石油化学製品の単位生産金額の動きを示している。石油化学製品中にはエチレンの生産に直接関連しない、接触改質油からのBTXの回収や、燈油から回収されたn-パラフィン、ナフサの接触酸化による酢酸の製造などがあるが、これらの数量や金額はエチレン系製品に比べればきわめてわずかなのであるから、上記の定義に基づく単位生産金額の動きが、石油化学工業の経営指標となると見ても間違いあるまい。

これを見れば、当初高かった単位生産金額がエチレン生産量の増大とともに、エチレン価格ならびに誘導関連製品価格の低下で低下し続けているが、38年の停滞はアルデヒド、ポリプロピレン、アクリロニトリルなど新規製品の本格的増産が寄与しており、これらの増産による価格低下とともに単位生産金額も低下したが、41年以降はやや下げ止まりの傾向を示していた。それが46年にはまた幾分大幅低下の傾向を示している、石油化学業界の不況の深刻さを物語るとともに、技術革新効果もあまり期待できないことを示唆している。

6 原料ナフサの不安

このような市場低迷のほか、石油化学業界にとって後門のおおかみともいえるべき原料ナフサ問題がある。わが

国石油事情は米国と異なり、むしろ欧州に似ているので、発足当初は需給バランス上余り気味のナフサを原料としている。ナフサ、それもパラフィン系のものは石油精製側からみればオクタン価が低く、またオクタン価向上にも経費がかかるのに対して、石油化学側からみればエチレンやプロピレン収率が高いという相互補完的特性を持っている。

しかし石油化学工業の発展に従って、そのようなナフサの物性指定などは段々できなくなり、その上 45 年以前においてはナフサ価格の低下とその水蒸気改質による安価な水素やメタンの製造技術の出現から、石油化学業界以外にもアンモニア業界や都市ガス業界もナフサを原料とするようになってきた。そのみならず天然ガス化学として発足したメタノール業界も、原料不足分をナフサに転換している所がある。

以上をまとめてわが国のナフサ事情をまとめたのが表-1 である。

表-1 をみてわかることは、石油需要中に占めるナフサ需要の比率が 45~46 年度を最高にして今後幾分低下する傾向にあることである。それならばナフサ輸入比率の低下もあって見通しは明るいかというと、必ずしもそうではない。ナフサとガソリンの合計量に対するナフサ比率はさすが、47 年度は石油化学業界の不況を反映して、やや低下する見込みであるが、51 年予測は再び上昇が見込まれている。これは製油業者の立場からみれば利益率の高いガソリン需要が減って、利益率の低いナフサ需要が増大することを意味する。このことは国産ナフサ供給量が石油供給計画に、得率計算から算出されておりながら 39 年度のナフサ輸入開始以来計画数量に達したこと

表-1 わが国のナフサ事情 (単位: 1000 kL)

(年 産)		45	46	47	51
全燃料油需要(A)		187,297	197,949	213,951	328,220
石油化学用	エチレン用	20,153	22,915	23,065	35,537
	芳香族用	2,439	2,639	2,887	3,860
	塩ビ・酢酸用	250	241	258	258
	メタノール用	206	201	185	185
	小計(B)	23,048	25,096	26,395	39,840
アンモニア用		1,339	1,389	1,769	1,849
都市ガス用		1,603	2,014	2,351	3,713
ナフタ合計(C)		25,990	28,499	30,515	45,402
B/A (%)		12.4	12.7	12.3	12.1
C/A (%)		14.4	14.4	14.3	13.8
ガソリン需要(D)		21,014	22,862	25,027	33,069
C/(C+D) (%)		55.3	55.5	54.9	57.9
国産ナフサ		22,499	25,343	27,951	41,409
輸入ナフサ		6,894	3,000	3,000	4,000
輸入比率 (%)		23.5	10.6	9.7	8.1

なく、その不足分は常に輸入数量の計画を上回る大量手当によってまかなわれており、45 年の輸入数量および比率はいずれも最高であった。したがって実際には今後の供給計画数字より輸入比率は上昇せざるを得ない。

そのようなナフサの輸入は中東の産油地帯から約 3 分の 2、パキスタン以東（インドネシアを含む）アジア地区から約 3 分の 1 行なわれている。そして中東産ナフサについては原油同様の公示価格制がとられているが、45 年後半以降の OPEC 攻勢による原油価格の値上げ率に比べてナフサの値上げ率は低い。これはパキスタン以東の非産油国の最低経済単位の製油所(約 5 万バレル/日処理)における製品需要が同国内でさばけないためのはけ口としてであって、韓国からも若干量の輸入が行なわれていて、これらは限界コスト輸出の例にもれず案外安価なナフサを提供してくれているのである。

しかしそれでもナフサ価格の上昇傾向は否めないところである。また一方、米国が従来石油輸入割当方式をじょじょに緩めつつあり、あるいは一時的に過ぎるかも知れないが米国内の天然ガス不足に対応してナフサを原料とする代用天然ガス (SNG) の製造も行なわれようとしているので、その成行きによっては世界的なナフサ不足、ひいてはナフサ価格の上昇が起こる心配もないわけではない。

7 重質油分解・原油分解と化学製油所

エチレン製造を主目的とするブタン、プロパンなどの高温分解技術をナフサに適用するにあたって習得した高温短滞留時間のシビア分解技術は、技術的には燈軽油の分解に可能などころまできており、欧米の二、三の業者はすでにこれを実施している。しかしわが国石油事情からすれば石油業者にとって燈軽油は収益性の高い製品であるから、ナフサと同値以下で大量に安定供給を受けることは困難であり、中東における公示価格もナフサより高い。

したがって、次には原油を丸ごと化学原料とする構想が出てくる。その第 1 は原油分解である。確かに第 2 次大戦後西ドイツで原油分解が熱心に研究され、その一部は今日なお商業運転を行なっている。しかし当時の西ドイツの置かれていた客観状況はナフサ価格が原油価格の 3.5 倍もしていたからであって（今日わが国では 1.5 倍ぐらい）、化学量論的に考えれば原油分解はナンセンスである。すなわち、原油組成は一般に重質成分になるに従ってナフテン系や芳香族系成分が多くなるので、その H/C 比は 2:1 を下回ることとなる。一方、エチレンは 2:1 であるから原油からエチレンの製造は化学量論的には原油の持つ過剰炭素を処分するか、不足水素を供給してやるかということになる。そして実際行なわれているのは過剰炭素をコークスとする方法と炭酸ガスとする

方法がとられていて、技術的に解決されたとしても経済的に妙味が薄いものとならざるを得ない。そのような次第で通産省が実施していた大型プロジェクトとしての原油分解研究を今般打ち切ったのは賢明である。ただ呉羽化学の原油分解は目的がエチレンとアセチレンの製造であるから、等モル製造するとすれば H/C 比は 1.5 : 1 となり、少なくとも化学量論的には可能で妥当であろう。

そこで原油を最も有利に石油化学原料として総合的に利用するのがケミカル・リファイナー構想である。これは何も特殊な構想や技術があるわけではなく、石油精製プロセスと石油化学プロセスの組合せによっていかに収益性の高いプログラムを組むかということである。したがって原油を完全に化学製品化しなければならないとか、化学製品になり得ない留分は石油業者が何とかしてくれではいけないのであって、両業界の緊密な連係が必要であろう。いやむしろ化学製油所構想には石油化学業界と石油業界のヘゲモニーの取り合いがその背景にあり、通産省内部の管轄の違いにもその原因の一端があろ

う。現に欧米では石油会社が石油化学工業を直営したり、化学会社が石油会社を買収したりして、実質的に化学製油所構想を実施しているのである。

8 石油化学工業のゆくえ

昭和 30 年来のわが国経済成長政策と軌を一にして発足成長してきた石油化学工業は、40 年の不況にもほとんど影響を受けず設備を早く作ったものが勝ちで、押込み生産がものをいうという体質を作ってきたのが、ここ一兩年来厚い壁にぶつかってしまったのである。これは産業循環論的にも創業者利益を享受できた時代は去って、成熟期にはいって不況カルテルを結成せざるを得ないところまで来てしまった。

今後の石油化学業界の進むべき方向としては、基本原料供給産業として整理統合集約化と、個性ある新化学工業分野への転進であろう。

(昭和 47 年 4 月 18 日受理)