

經濟論叢

第108卷 第6号

現代企業の分析視角……………	野村秀和	1
独占資本主義と恐慌……………	前田豊昭	23
マルクス・エンゲルスにおける 世界市場と恐慌……………	関下稔	43
コンビナートの技術構造……………	下谷政弘	65

經濟論叢 第107卷・第108卷 総目録

昭和46年12月

京都大學經濟學會

コンビナートの技術構造

—わが国の石油化学コンビナートの場合(1)—

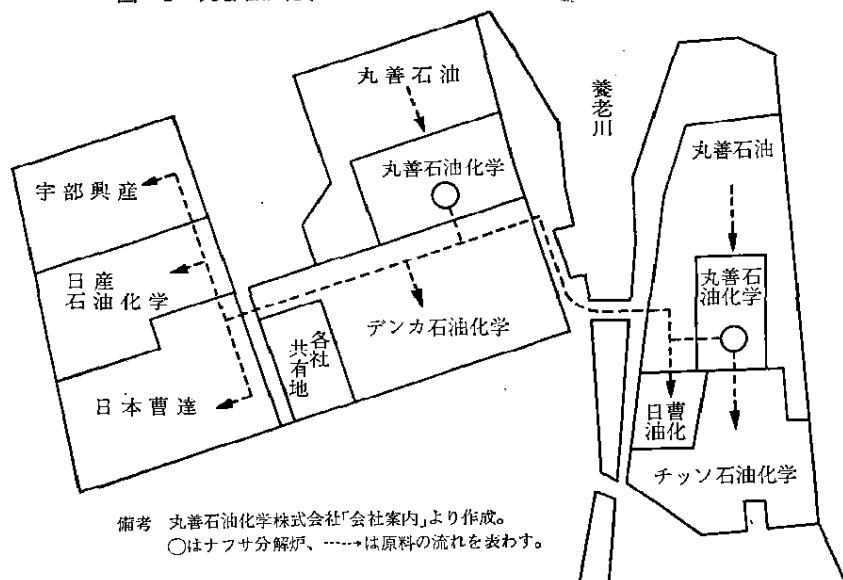
下 谷 政 弘

は じ め に

石油化学工業は、わが国においては昭和33年に稼動を開始したわけであるが、それは戦後の日本資本主義の発展をささえた重要な産業であつたばかりでなく、現代資本主義の生産構造の特徴を浮彫りしているといつてよい。現代資本主義に特徴的な生産構造はコンビナートであり、石油化学コンビナートはこのコンビナートの典型である。わたしはここで現代資本主義の生産構造を理解するために、その典型としての石油化学コンビナートの基礎構造を説明することにする。最初にその一例として、千葉地区に立地する丸善石油化学コンビナートの概略を示す図—1をかかげておこう。なお、わたしは本稿ではまずコンビナートを、この図に表わされるような地域的な結合工場という視角から見ていくことにする。

この石油化学コンビナートは、概念的にはつぎに述べる三重の構造をもっている。その第一は、原料—半製品—製品というフローシート（労働対象の流れ）が、このコンビナートの中で複雑に多角的に絡み合つて一つのサイクルをえがいているということである。わたしは具体的に石油化学工業のフローシートを追跡していくことによって、石油化学コンビナートのコンビナート生産形態の発展段階を確認したい。周知のように、レーニンは「コンビネーション」の形態として、(1)たとえば鉱石—銑鉄—鋼鉄—完成品というような「原料加工の一貫した諸段階」を結合したもの、および、(2)たとえば廃物・副産物の加工、包装材料の生産というような「相互に補助的な役割を演じる種々の工業部門」を

図- 1 丸善石油化学コンビナート



結合したものの二つを挙げている¹⁾が、われわれの石油化学コンビナートはこれより発展段階の高いものである。コンビナートに関する研究で名高いイ・ブリューミンは、コンビナートを、(1)「原料加工の連続せる諸段階の結合の上に基礎を置いたコンビナート」、(2)「廃物利用に基づくコンビナート」、および(3)「原料の総合的利用に基礎を置いたコンビナート」と、その発展順に三つを挙げている²⁾。われわれは現在の石油化学コンビナートが、イ・ブリューミンのコンビナート形態の(3)の規定、すなわち原料综合利用コンビナートという最高に発展した典型的なコンビナートであることを見るであろう。

1) レーエン『帝国主義』(岩波文庫) 31ページ。

2) イ・ブリューミン『多角形企業論』1934, 松崎敏太郎訳, 91-93ページ, 241ページ。尤もブリューミンは、(1)と(3)を主段階とし、(2)を両段階の「過渡的な段階」としている。

以上のフローシートの結合という概念の上に積み重ねて、わたしは第二として、コンビナートを労働手段の側面から見ていく。すなわち、フローシートを構成している各生産部門は「工場」とか「プラント」とよばれ、コンビナートの管理単位をなしているわけであるが、この管理単位としての工場やプラントは、機械制工業の機械体系とはちがって化学工業に特有な装置体系からなっている。コンビナートにおけるフローシートの結合性とは、それぞれの生産物を生産する多くの工場＝装置体系が結びついて結合工場＝結合装置体系をつくっていることであり、コンビナートとは実はこの結合工場＝結合装置体系にほかならない。わたしはこのことを、コンビナートを装置あるいは装置体系にまで分解した上で、それをフローシートの結合性からコンビナートにまで再構成することにより、コンビナートとは諸工場の単なる寄せ集めとしての集積ではなく、切り離し難く「一つの生産単位」³⁾をなしている諸工場の集積であるという姿を浮かび上がらせたい。

さらに第三として石油化学コンビナートに特徴的なことは、多くの場合、コンビナートを構成する管理単位としての工場＝装置体系がそれぞれ別個の企業によって経営されている、つまりコンビナートがいわば企業複合体となっている、ということである。

以上述べたように、石油化学コンビナートは概念的には、フローシートの結合—結合装置体系—企業複合体、といった三重構造をもっている。本稿では、フローシートの結合、結合装置体系という、いわば技術構造だけを説明し、企業複合体としてのコンビナートについては次稿で説明することにした。

I フローシートの結合

1) 石油化学工業のフローシート

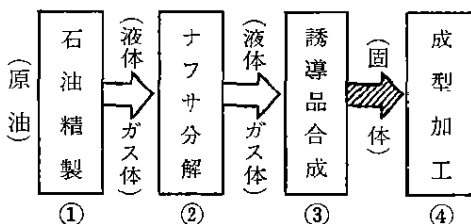
石油化学工業は一般に次のように定義される。「石油化学工業とは、石油に

3) 堀江英一「巨大企業の生産構造(1)―序説」『経済論叢』第106巻第6号参照。なお、コンビナートをいかに把握するかについては、同「結合企業の重層性」『経済論叢』第108巻第1号を参照。

含まれている簡単な各種炭化水素を分離・抽出し、それらを原料として、天然物と同じ、または天然物以上にわれわれの利用目的にそった素質を持つ製品を、合成法によって製造する化学工業である」⁴⁾。わたしはまずこの石油化学工業をフローシートの側面から見ていくことによって、フローシートの結合としてのコンビナートを明らかにしたい。

石油化学工業の生産過程は大きく分けて図-2のように考えることができる。このうち一般に石油化学工業とよばれているのは、図中の②、③、④の部分である。①は石油精製業であり②から始まる石油化学工業へ原料を供給する。

図-2 石油化学工業の生産過程



石油化学工業の原料は、天然ガス、石油精製ガス、ナフサなどである。元来、石油化学工業は、1920年代のアメリカで石油精製の際の副生ガスの有効利用として工業化され始めたものであり、アメリカのように石油精製の規模の大きいところでは現在でも原料をこの副生ガスに依存する比率が高い⁵⁾。しかしわが国では「天然ガス資源が少なく石油精製の規模も十分でないため、この副生ガス利用も経済単位に達しない。このため分解収率がよく供給力のあるナフサがエチレン源となっている」⁶⁾。

このように石油化学工業とは図-2の①から供給されるナフサを出発点とする②、③、④を指すが、その生産過程を連続的に流れて加工されていく労働対象は、①→②→③までは液体またはガス体であるためそれらの間は大部分がパ

4) 渡辺徳二『石油化学工業』1966、2ページ。

5) 近藤亮一氏は、使用原料によって、次のようにタイプ別けしている。

①アメリカ型……天然ガス、石油精製ガスを中心とする。②日本・イギリス型……ほとんど100%、ナフサを用いる。③ヨーロッパ型……大部分、ナフサ中心であるが他原料も用いる(『日本化学工業論』1968、184ページ)。

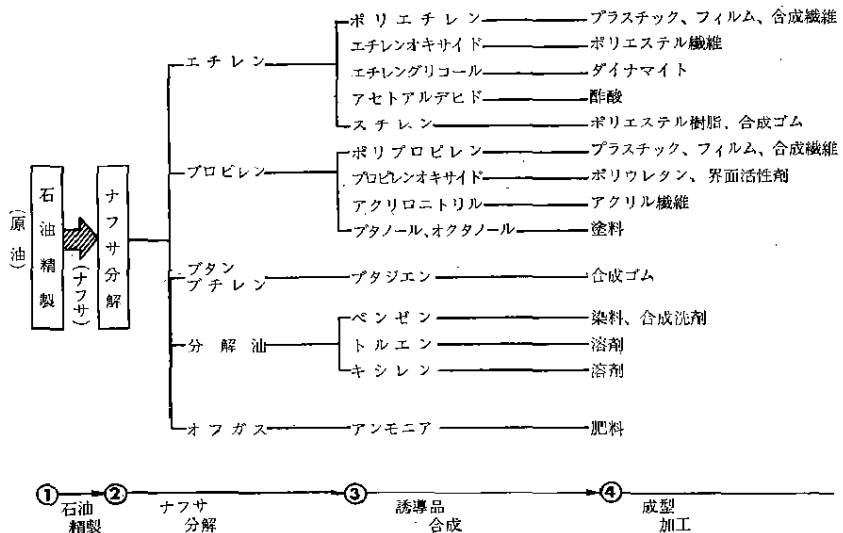
また「ナフサ分解の方が、天然ガス、石油精製ガスを原料とした場合に比べて、分解工程は相対的に複雑になる(上掲書、203ページ)。」

6) 平川芳彦編『石油化学の実際知識』1968、25ページ。

イプで結合されているが、④の部分からは固体になるものが多いのでパイプ結合を要しない。したがって普通一般にわれわれが「石油化学コンビナート」という場合、以上のことから、図の②および③の部分がそれにあたり、本稿においても主たる対象は、このナフサ分解部門と誘導品合成部門とである。わが国で一個の石油化学コンビナートとして扱われているものは大略、これらの二種類の生産部門を備えたものである。われわれはまず図一2から、石油化学コンビナートとは原料加工の連続する生産諸部門を結合したものであることを知った。

さて図一3は石油化学工業の最も一般的なフローシートを示したものである。図のように原料ナフサは、ナフサ分解部門において沸点の差異を利用して分解され、まずエチレン、プロピレン、ブタン・ブチレン（B-B溜分ともいう）、分解油、およびオフガスという5つの系列に分離・抽出される。次いでこれらの

図- 3 石油化学工業のフローシート

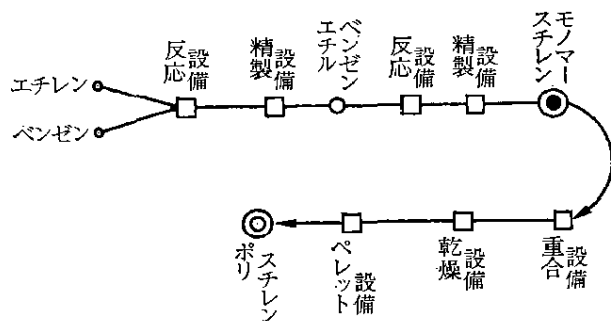


溜分はそれぞれの誘導品合成部門へ送られ、それぞれが図のようにさらに多様なものに、たとえばエチレンはポリエチレンに、プロピレンはポリプロピレンに、というようにモノマー(単量体)からポリマー(重合体)に合成される。分解油は改質されて芳香族のベンゼン・トルエン・キシレン(頭文字をとってB・T・Xともいう)に分けられる。

石油化学工業のフローシートは図-3のように、ナフサ分解部門をいわば「扇の要」として扇状に展開しているが、もちろん始めからこのような形態を整えていたわけではない。わが国の石油化学工業は昭和33年に稼働を開始したが、当時の主要製品はエチレン系製品(特にポリエチレン)であったため、当初はエチレンが主産物、その他の溜分は副産物として扱われていた⁷⁾。しかしその後の発展はそれら副産物の有効利用を石油化学工業にとって必須の課題となし、科学と工業技術の進歩と相俟って徐々にフローシートの扇は展開していった。たとえばオフガスなどは当初はもっぱら燃料として用いられるにすぎなかったが昭和37年前後からアンモニア生産の原料として利用されるに至っている。このように現在で

は各溜分の間には主産物・副産物という区別は消滅しているわけであるが、ここでわれわれは、石油化学コンビナートとは、発展史的には副産物や廃物の有効利

図-4 ポリスチレンの生産工程



備考 デンカ石油化学「会社案内」より。

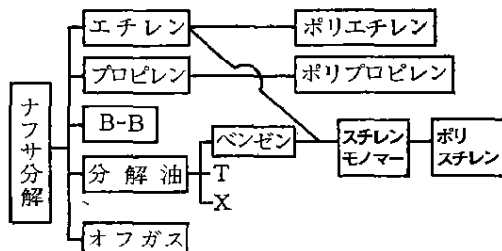
7) このため、現在でも石油化学工業の生産規模はエチレンの生産能力を基準にしてはかられる。また一般に、ナフサ分解部門のことを「エチレン製造設備」、「エチレン・プラント」などと呼んだり、後出図-10においてエチレン塔だけが「脱」エチレン塔となっていないのはその名残りであろう。

用から出発して徐々にその扇を展開してきた、すなわちそれらの誘導品合成部門を結合してできたものであることを知った。

石油化学工業のフローシートは図-3に見たように扇状に展開しているわけではあるが、しかしもとより、単純に放射状の展開をしているものばかりではなく、諸生産部門は多角的に絡み合っている。たとえば図-4は合成樹脂の一つであるポリスチレンの生産工程図である。図のようにポリスチレンは、エチレンおよびベンゼンを原料として、一度スチレンモノマー（単量体）が作られ、さらにそれを合成してポリスチレン（重合体）に仕上げられる。ここで気付くことは、たとえばポリエチレンやポリプロピレンがそれぞれエチレン、プロピレンを原料として、フローシートの上でいうならば放射状に一直線に展開しているのに対して、このポリスチレンの場合は、図-5(1)

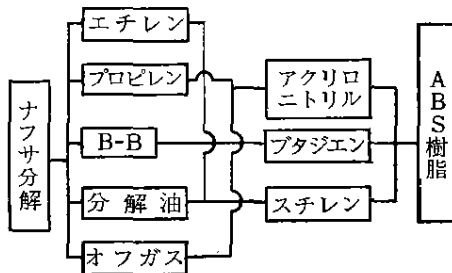
図- 5

(1) ポリスチレンのフローシート



のように、ナフサ分解部門から一度扇状に展開したエチレン系および分解油系のフローシートを再び結合させていることである。このような例は他にも多くある。たとえばABS樹脂（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン樹脂）はその名が示すように、プロピレンとアンモニアよりのアクリロニトリルと、B-B溜分よりのブタジエンと、そしてエチレンとベンゼンよりのスチレンから作られる共

(2) ABS樹脂のフローシート



重合樹脂であるが、これは図-5(2)のように、ナフサ分解部門から扇状に展開する5系列の溜分のすべてにわたっている。われわれはここで石油化学コンビナートとは、各生産部門が原料の総合的利用のために複雑に多角的に絡み合っていて結合していることを知った⁸⁾。

以上見てきたことをここで整理してみると、わたしは本稿の冒頭でイ・ブリューミンのコンビナートの三つの発展段階を述べたが、石油化学コンビナートとはフローシートの上から見て、その最高の発展段階、つまり原料综合利用段階のコンビナートという典型的なそれであることを確認しえた。しかし、それよりもさらに重要なことは石油化学コンビナートという最高発展段階にあるコンビナートは、その前段階にあるコンビナートを重層的に含みこんでいるということである。すなわち(1)連続生産部門結合段階(図-2)、(2)廃物・副産物有効利用段階(図-3)、(3)原料综合利用段階(図-5)という三つの発展段階は、それぞれ後者が前者をその内に重層的に含みこんでいる。コンビナート論の「常識」として言われる周知の「縦のコンビナート」、「横のコンビナート」、「縦・横のコンビナート」という、いわば並列的・類型的な把握は正確ではなく、コンビナートは重層的に把握されねばならない。

2) 原料転換＝石油化学工業化現象

わが国石油化学工業の稼働開始(昭和33年)以来の、ポリエチレンやポリプロピレンという新製品のはなばなしい登場の裏側では、従来からの化学工業が石油化学工業の波に押されて急速に石油化学への原料転換を迫られた。わたしはここで石油化学工業と従来からの化学工業との関連を述べたい。

わたしは先に、スチレンがエチレンとベンゼンを原料として生産されることを見たが、これら原料のうち、特にベンゼンの方は石油化学工業以前には、

8) 多角的という意味はここで述べたような事例で説明されるのであって、単に扇状に展開するフローシート(図-3)だけからでは説明されえない。なお、コンビナートを一定の地域に集結した「結合工場」とする場合、われわれの見てきた、(1)連続する原料加工部門を結合した段階、および(2)副産物の有効利用段階、においてももちろん諸工場が同一地域に集結する契機は十分存在するが、この(3)の段階、すなわち原料综合利用段階においてそれらが複雑に多角的に結合されるに至って、最早それらの工場は完全にコンビナートを離れては存立することができなくなる。

表-1 芳香族の原料転換

生産方式	33 年	37	40	42	44
石油化学	22%	50	56	72	83
従来化学	78%	50	44	28	17
生産量合計 (トン)	95,501	367,217	668,626	1,129,352	2,353,896

備考 石油化学工業協会「石油化学工業の現状」昭和45年版。

周知のように主として製鉄業と結びついた石炭ガスから製造されていた。しかし表-1でもわかるように、ベンゼンなど芳香族は最近ではその大半が石油化学方式で生産されるようになっている。このように化学工業における原料転換とは、石油化学工業の発展にともなって、従来化学工業（例えば石炭化学工業、電気化学工業など）が、その原料を石油に転換・統一すること、すなわち端的に言って「石油化学工業化現象」のことである。

さて先に述べたように、石油化学工業は、典型的なコンビナート生産形態をとっているが、このことは、ある化学生産部門はコンビナートに参加することによって、多岐にわたる（中間）原料を、一地点に居ながらにして容易に獲得できるという利点を得る。その利点に加えて、石油は従来化学工業の個々の（中間）原料にあたるものを数多くそれ自らの内に持つというすぐれた原料であるため、従来化学工業から石油化学工業への原料転換は一層促進され、したがってこれらの契機から、ここに石油化学コンビナートは従来化学工業を組替えて、自らの内に技術的に再編成するということが指摘できる。

ここで具体的に、合成樹脂の一つである塩化ビニルに例をとってその原料転換を見ていくことにしよう。「アンモニア肥料工業と並んで、石油化学時代を迎えるまでの戦後日本の化学工業の発展を支えた大きな柱の一つであった」⁹⁾塩化ビニル工業は、当初には、図-6(1)に示したように、石油化学工業とは無縁のカーバイド工業系であって、それは「電気化学と石炭化学の技術体系の先

9) 近藤完一、前掲書、406ページ。なおアンモニアの原料転換については、たとえば中村忠一『日本の化学コンビナート』1962、23-38ページなど参照。

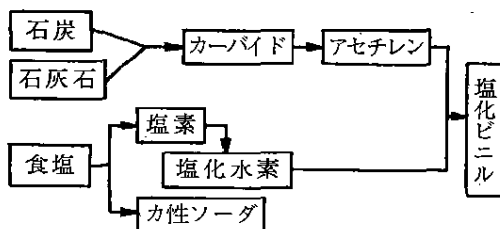
端に開花したもの」¹⁰⁾とされている。すなわち、一方では石炭と石灰石を原料とし、これに電気で千数百度の熱を加えて作ったカーバイドに水をかけてアセチレンを作り、

他方では食塩の電気分解による塩素に水素を化合させて塩化水素を作る。これらアセチレンと塩化水素とから目的とする塩化ビニルが得られた。

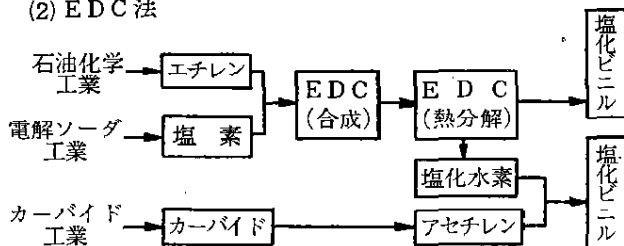
この生産方式(カーバイド法)による塩化ビニルは、わが国に原料の石炭・石灰石が存在していたこと、豊富な水量による流込式ダムの余剰電力を安く利用しえたこと、食塩の電解の際に副生するカ性ソーダが当時のレーヨン工業に需要されたこと、などの好条件に支え

図- 6 塩化ビニル生産方式の推移

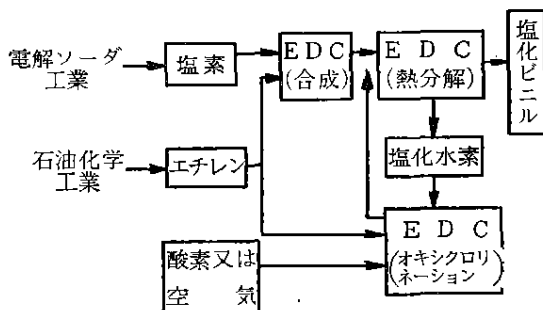
(1) カーバイド法



(2) EDC 法



(3) オキシクロリネーション法



10) 『化学経済』1970, 6月号, 73ページ。

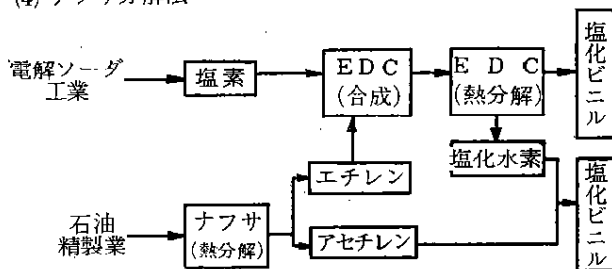
られて、戦後の化学工業で初めて本格的に工業化された高分子化学製品であった。

しかし以上の条件の悪化で新たに開発されたEDC

法が主流となった。

EDC法とは図一

(4) ナフサ分解法



備考 (1)は井本稔『プラスチック』7ページより。

(2)、(3)、(4)は近藤完一『日本化学工業論』429ページより。

6(2)のように、エチレンに塩素を反応させ一度EDC(二塩化エチレン)を作り、それを熱分解して塩化ビニルを得る生産方式である。これを先のカーバイド法と比べると、エチレンと塩素を直接合成してしまうので塩化水素が不要となる。つまり水素を製造する手間が省けるという利点がある。しかし「既に旧式な方法になろうとしているEDC法」は「原料エチレンの存在を前提とする」という点では石油化学への接近が見られたが、EDCを分解した時に副生する塩化水素を有効に利用するためには(カーバイド工業からの)アセチレンの存在を必要とする点で、まだ完全に石油化学ベースになっているとはいえない¹¹⁾。

この難点を克服して、石油化学原料を中心に循環させるものとして現われたのが図一6(3)のオキシクロリネーション法、および(4)ナフサ分解法である。図のように、石炭化学・電気化学の代表であったカーバイドは今や塩化ビニル生産の原料としては消滅し、代わって石油が主原料となり「これによって塩化ビニルの生産は、石油化学工業の体系内で初めて完結したサイクルを結ぶことになった」¹²⁾。

11) 野口雄一郎「日本化学工業の再編成」『化学経済』1966、8月号、5ページ。

12) 近藤完一、前掲書、430ページ。

以上見てきたように、塩化ビニルの原料転換とはそのまま「石油化学工業化現象」のことであり、従来化学方式が次第に石油化学方式に駆逐されていく過程であった。表一2は、石油化学時代以前、戦後わが国の化学工業の二本柱で

表一2 塩化ビニルとアンモニアの原料転換

	生産方法	33年	37	40	42	44
塩化ビニル	石油化学	0%	0	19	24	63
	従来化学	100%	100	81	76	37
	生産量合計(トン)	91,609	303,503	482,973	697,967	1,047,075
アンモニア	石油化学	8%	49	56	67	72
	従来化学	92%	51	44	33	28
	生産量合計(トン)	1,119,263	1,529,491	2,162,543	2,841,023	3,228,712

備考 石油化学工業協会「石油化学工業の現状」昭和45年版

あったといわれる塩化ビニルとアンモニアの「石油化学工業化現象」を表わしている。石油化学工業がこの

表一3 化学工業生産構造の変化 (%)

	30年	34	36	38	40	42	44
無機化学	56.5	48.5	42.7	36.9	36.3	32.7	28.5
有機化学	43.5	51.5	57.3	63.1	63.7	67.3	71.5

備考 「石油化学工業年鑑」1970.125ページ
生産指数と付加価値ウェイトで算出

ように従来化学工業を原料転換させてきたことは、わが国の化学工業全体の生産構造に少なくない影響を与えた。表一3に見るように最近では有機化学製品が7割以上を占め、その大半は石油化学工業製品である。

以上のように、従来化学工業はますます「石油化学工業化」せざるを得ないが、その石油化学工業はコンビナート生産形態をとっていることから、従来化学工業は有機、無機を問わず原料転換することによってますます石油化学コンビナートに編成されていく。つまり「アンモニア、硫酸、ソーダなど、当初は石油化学との有機的結合を持たなかった無機化学の基礎部門が、原料確保と製品供給の両面の結びつきを求めて石油化学コンビナート内に包摂され」¹³⁾ とい

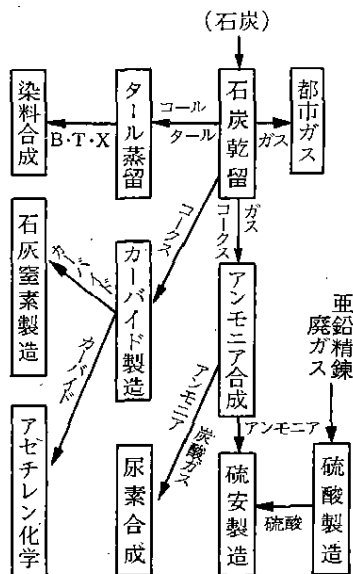
く。そればかりか、石油化学工業の最終製品は多種多様にわたっていることから、これまで一般には化学工業として扱われていなかった産業部門(たとえば、合成木材、合成紙、合成食糧など)をもますます包摂し、石油化学コンビナートに編成していきつつある。

ここでわれわれが注意せねばならないのは従来化学工業もコンビナート生産形態をとっていたということである。

図-7 石炭化学コンビナート(大牟田)

図-7は、三井三池の石炭を基本原料にして①アンモニア系肥料、②染料合成、③カーバイド工業、という三系統の展開を持つ石炭化学コンビナートのフローシートである。大牟田地区に集まるこれらの生産諸部門は「互いにパイプとベルトコンベアで結びつけられ……有機的に一体化し、『三井の大牟田化学工場』とひとまとめに呼ばれてもよいような形態をとっている」¹³⁾。

従来化学工業のコンビナートである石炭化学コンビナートと石油



ある石炭化学コンビナートと石油化学コンビナートをくらべた場合、¹⁴⁾ 備考 中村忠一『日本の化学コンビナート』3ページ
これまでわれわれが見てきたように、従来化学工業が石油化学工業化し、従来原料がますます石油に転換・統一され石油化学コンビナート内で自己完結したサイクルを結ぶようになることから、われわれは石油化学コンビナートとは従来化学工業のコンビナートをその中に技術的に再編成して組み込んだものと考え

13) 『化学経済』1970, 6月号, 77ページ。

14) 中村忠一, 前掲書, 2ページ。

えることができる。すなわち石油化学工業の発展によって初めて、個々の従来化学工業のコンビナートは同一の場、つまり石油化学コンビナートに結集すべき相互の有機的な工業技術的関連を持つことができたのであり、この意味において石油化学コンビナートとは従来化学コンビナートにくらべてよりいっそう包括的に発展した形態のコンビナートであると考えることができる。

II 装置工業としての石油化学工業

1) 装置

われわれは前節では、石油化学コンビナートを労働対象の流れ（フローシート）の側面から、いわば工業化学的に見てきたわけであるが、本節ではその上に立って、労働手段である装置の側面から、いわば化学工学的に見ていきたい。

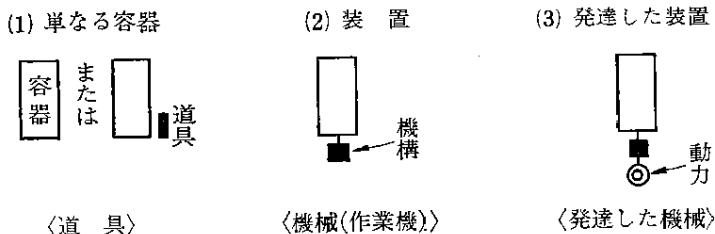
化学工業を分析していくにあたっては、まず装置概念を確立しておくことが必要である。われわれは既に三戸公教授による装置についての先駆的研究¹⁵⁾を持っているが、教授の装置論の検討は別稿で行なうことにして、われわれはここでは、装置を機械制工業の機械に対応するものとして、すなわち特殊な機械として理解する。つまり、装置にも「単なる容器」から始まって、「装置」、「発達した装置」、「装置体系」という発展系列が挙げられ、それらは機械の発展系列にそれぞれ対応するというのである。ここで簡単にそれらを説明すれば、「単なる容器」とはたとえば、かめやびんや壺などのように容器そのものであったり、それに簡単な道具が付属したものであって、これは機械の発展系列における道具に対応する。この「単なる容器」は、その本質的な作業過程を人間の手労働から一機構へ移された時に「装置」に発展し、これは機械（作業機）に対応する労働手段である。すなわち機械の発展系列における作業機とは、機構に組みこまれた道具であったのに対して、「装置」とは、この道具の代わりに容器をもったもの、つまり機構に組みこまれた容器である。換言すれば、「装置」とはその内に容器を含む特殊な機械、ともいうことができる。この

15) 三戸公『装置工業論序説』1957。

「装置」に、配力機構とともに動力が加えられたものが「発達した装置」であり、これが発達した機械に対応することは言うまでもない。

われわれは「装置」を以上のように理解するのであるが、たとえば後出図—10（ナフサ分解部門）の中の、ナフサ分解炉、クエンチ塔、ソーダ洗浄塔……などが個々の「装置」にあたる。これらが結合してわれわれのいう「装置体系」ができるのであるが、その説明は次項ですることにして、ここでわれわれの考える装置の発展を機械の発展と対比して図—8に掲げておこう¹⁶⁾。

図—8 装置の成立



さてわたしはここで、石油化学工業の登場以来、特に言われるようになった“scale-merit（大規模化の有利性）”の問題をとりあげねばならない。これはいま見てきたように、装置の発展を機械の発展から特異たらしめている容器そのものが、労働対象がその中で自己変化・自己運動を起こす「中空のいれもの」であることから生じている。つまり容器

の内容積と表面積との関係から“scale-merit”の出てくる根拠がある。いま仮に容器を正立方体で考えた場合、その一辺の長さを a とすれば表—4のような式ができる。この式において P は定数と考えられるから、容器の一辺の長さ a が大

表—4 三乗の法則

- 内容積 $=a^3$
 - 表面積 $=6a^2$
 - 表面積を作る素材単位あたりの価格 $=P$
 - 内容物一単位あたりの素材費 $=c$ 、とすれば
- $$c = \frac{6a^2 \cdot P}{a^3} = \frac{6P}{a}$$

備考 渡辺徳二『石油化学工業』34ページより。

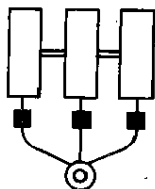
16) なお、労働手段の発展に沿って製鉄業の発展を述べた研究としては、坂本和一「製鉄工場」堀江英一編著『イギリス工場制度の成立』所収、第2章参照。

きくなるほど、内容物一単位あたりの素材費 c の値は小さくなる。結局、容器が大型化するほど容器建設費は相対的に安くなり生産物の単価も安くなる計算であって、このことを一般に三乗の法則とよんでいる。化学工業などは普通、装置工業とよばれるが、この装置工業における労働手段の内で大きな比重を占めている容器部分のもつ三乗の法則は、後に見るように、巨大化・大型化の重要な契機である。

2) 装置体系

わたしは以上のように、装置を機械制工業の機械に対応させてその発展を見てきたのであるが、これはさらに発展する。近代的な化学工業生産にあっては、労働対象は複数の発達した装置の間で、順次に部分的に自己変化・自己運動を促進助長されて生産物となる。したがってこれらの発達した装置が分業原則により各生産工程に、たがいにその作業量に過不足のないように配置された時、装置は図-9に示すように、たがいにパイプで結合された複数の発達した装置の結合体に発展する。われわれはこれを「装置体系」とよび、これは機械体系に対応する。この装置体系にあって、これまで個々の発達した装置を動かしていた動力が一個に集中された場合、それが“Automat”¹⁷⁾となることは機械体系におけると同じである。わたしが前節で「生産部門」とよんだもの、また普通一般に「プラント」とか「工場」とかよばれているものは、装置工業にあっては装置体系のことであり、石油化学工業ではこの装置体系が管理単位になっている。

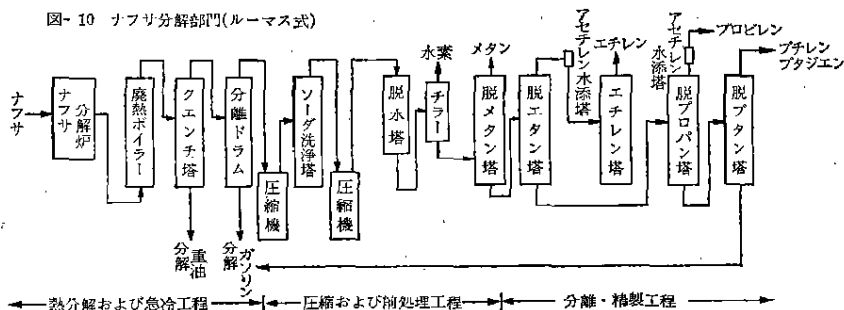
図-9 装置体系



ここでわたしは具体的に、石油化学コンビナートの中心的生産部門であるナフサ分解部門を「装置体系」の一例として取り出してみよう。図-10はわが国で初めてエチレン年産30万トンの大型装置を完成(昭和44年4月から稼働)した丸善石油化学コンビナートのナフサ分解部門を表わしている。前節でフローシートを用いて見たように、石油化学コンビナートとは各種の生産諸部門が有機

17) K. マルクス『資本論』第1巻第13章、623ページ(長谷部訳)。

図-10 ナフサ分解部門(ルーマス式)



参考 丸善石油化学「会社案内」、および平川芳彦編「石油化学の実務知識」
(1968)26ページより作成。

的に結合されたものであったが、それぞれ個々の生産部門がまたこの図のようにパイプで結合された多くの反応塔槽類および機械(すなわち「装置」)から構成されたもの、つまりわれわれのいう装置体系であることがわかる。このナフサ分解部門という装置体系内で、原料ナフサはパイプにより順次に各種の反応塔槽類を通過し、それぞれ部分的に自己変化・自己運動を重ねていくわけであるが、ここで簡単に工程順に追ってみると、まず原料ナフサは水蒸気とともにナフサ分解炉へ入る。そこで $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ に熱せられ分解した後、それは急冷されて分解反応は停止され、その際、重質分は凝縮して除去される。次いで数度の圧縮作業および前処理作業によって不要ガスの除去や脱水が行なわれ、最後に目的とするエチレン、プロピレンなどが低温分溜によって分離・抽出される。以上見てきたように装置体系とは、これらの部分的な工程を順次に行なう複数の発達した装置をパイプで結合して成り立っている。

ところで機械体系には周知のように「多数の同種の機械の協業」によるものと、異種機械から成る「本来的な機械体系」の二つがある¹⁸⁾が、装置体系の場合には次の二つの理由から若干の例外を除いては単純協業形態である前者はとられず、それは主として本来的機械体系の範疇に属する¹⁹⁾。第一には化学変化

18) K. マルクス、前掲書、620ページ以下参照。

19) 単純協業形態は全くないわけではなく、たとえば 図-10におけるナフサ分解炉は12基備えられ

の特性上から「装置(体系)」は、労働対象が潜在的に有する自己変化を発願せしめ更にそれを促進助長せしめて生産物たらしめるために、労働対象に働きかける幾つかの相異った段階的諸過程の相関連する一列を遂行する、種類を異にするがしかし相互に補足し合う、結合機構=パイプにより結合せしめられた²⁰⁾ところの発達した装置から構成されざるを得ないからである。第二には、われわれは先に“scale-merit”の問題をとりあげたのであるが、装置工業において生産量を高める場合、容器の持つ“scale-merit”の性格から、同種同規模の装置の数をふやすよりは一個の装置の容量をふやす、すなわち単一装置の巨大化・大型化の方が有利であるからであって、これらの理由から装置体系は単純協業形態をとりにくいと言える。

このようにして装置体系は本来的機械体系の範疇に属するのであるが、装置体系内の一つ

の装置の“scale-merit”による大型化は波及的に装置体系全体の巨大化・大型化をひき起こす。したがって“scale-merit”の問題は装置体系そのものにもあてはまる。表—5はエチレン年産10万トンを基準にしてのナフサ・クラック

表—5 〈エチレン原価比較〉 単位(円/キログラム)

規模(万トン/年)	10	20	30	40
比 例 費	基 準			
原 料		0	0	0
用役(電気、用水等)		-0.4	-0.8	-0.8
小 計		-0.4	-0.8	-0.8
副産物控除 固 定 費		0	0	0
労 務		-0.2	-0.4	-0.4
償 却(設 備)		-1.5	-2.0	-2.2
償 繕、公 課、保 険		-0.7	-1.0	-1.1
工 場 管 理		-0.2	-0.4	-0.5
償 却(技術料)		-0.2	-0.3	-0.3
金 利		-0.8	-1.1	-1.3
小 計	基 準	-3.6	-5.2	-5.8
工 場 原 価		-4.0	-6.0	-6.6

備考 石油化学工業協会資料

ている(見学での聞取り)ことなどが見出されるが、それは装置体系全体の中では本質的なものではない。

20) 三戸公, 前掲書, 32ページ, () 内は引用者。

カーの大型化によるエチレンの原価比較を表わしたものである。また現在では「化学工業で建設計画を立てる際、装置(体系)の規模を2倍にした時その建設費は一般的に言って約1.6倍に計算するのが普通」²¹⁾とされており、このことを「0.6乗則」²²⁾とよんでいる。

ここでわが国の各ナフサ分解部門のエチレン年産能力の合計と、ナフサ・クラッカー—基ごとの能力を見てみよう。われわれは各ナフサ分解部門の規模をその年産能力の合計でも見るべきではあるが、典型的な装置工業である石油化学工業にあって

は、これまで述べた理由からプラント(=装置体系)一基あたりの生産能力の比較がむしろ重要である²³⁾。わが国で石油化学工業が稼動開始した当時(昭和33、34年)、「先発メーカー」と呼ばれた三井石油化学、住友化学、

表-6 各ナフサ分解部門のエチレン生産能力 単位(万トン)

ナフサ分解部門	生産合計	プラント別能力
三井石油化学(岩国、大竹)	18	2.4、7.6、8
住友化学(新居浜)	11.15	1.63、4.76、4.76
三菱油化(四日市)	38.2	2.2、6、10、20
日本石油化学(川崎)	20	5、5、10
東燃石油化学(川崎)	20.5	9.5、11
大協和石油化学(四日市)	4.13	4.13
丸善石油化学(千葉)	44.4	4.4、10、30
化成水島(水島)	16	6、10
出光石油化学(徳山)	30	10、20
三井石油化学(千葉)	12	12
住友千葉化学(千葉)	42	12、30
鶴崎油化(大分)	15	15
浮島石油化学(川崎)	30	30
大阪石油化学(堺、泉北)	30	30
水島エチレン(水島)	30	30
三菱油化(鹿島)	30	30

備考 小規模なプラントは遊休しているものがあり、またフル稼動していないプラントも多いので、正確にはこの表の通りに生産しているわけではない。

21) 渡辺徳二、前掲書、113ページ、()内は引用者。

22) 「10万トン/年規模のエチレン製造設備は、主要設備30億円、付帯設備20億円として約50億円を要する。設備費に0.6乗則を適用するならば、20万トン/年のエチレン装置は約76億円、30万トンのそれは約97億円かかる(『化学経済』1966、3月号、59ページ)。」

23) 「石油化学工業は装置工業であるから……総生産能力の比較をしてもそれほど意味はない。むしろ規模の比較の重要性は、個々のエチレン生産設備の規模にある(近藤完一、前掲書、198ページ)。」

三菱油化、日本石油化学などの最初のプラントは表一6に見るように、それぞれ2.4, 1.63, 2.2, 5万トンと現在から見ればいずれも小規模であり、実際に供給しえたエチレン量も昭和35年まではそれぞれ1~2.5万トンどまりであった。しかしその後の10年間の装置体系の規模の巨大化・大型化は飛躍的であり、ナフサ・クラッカーの設置規模標準は35年に4万トン、39年から40年にかけて10~20万トン、そして42年には30万トンと定められ、表に見るように最近30万トンプラントが中心である²⁴⁾。

3) 結合装置体系=コンビナート

われわれは前に、装置体系としてのナフサ分解部門において各種の溜分が分離・抽出されることを見たが、一定量の原料ナフサから取得されるこれら各溜分の比率は与えられており、ましてや選択的にある単一溜分のみを比率を無視して分離・抽出することはできない²⁵⁾。このように石油化学工業にあっては、原料ナフサの分解の際に各種の溜分が不可避免的に連産されざるを得ず、しかもそれらを有効に総合的に利用せざるを得ないことから、まずナフサ分解部門を「扇の要」として多くの誘導品合成部門が扇状に結合され、次いでそれぞれの誘導品合成部門がたがいに複雑に多角的に結合される。誘導品合成部門もいうまでもなく装置体系であって、ここにわれわれは装置体系と装置体系がパイプで結合されたものを「結合装置体系」と呼び、これが巨大化したものこそがコンビナートにはかならない。

わたしは前に“scale-merit”に関連して装置体系の巨大化・大型化のことに

24) 石油化学工業の大型化の意義については、さしあたり次のものを参照されたい。

石井澄夫「石油化学工業の産業技術的分析(上)」福島大学『商学論集』第38巻第4号、林喜世茂『巨大化する石油化学』1970。

25) 「技術的に単一の目的物だけを生産しにくい、という特性こそ、装置内でおこるプロセスを他の機械的な加工工業のプロセスと区別する根本的なものといえよう(『日本の化学工業』政治経済研究所編、1961、86ページ)。」

なお、ナフサの組成は大略次の通りである。

{ エチレン—27~28%
プロピレン—17~18%
B-B溜分—10%
分解油—23~24%
オフガスその他—15~20%

ふれたが、各装置体系がパイプで緊密に結合されている結合装置体系にあって、ある装置体系の巨大化・大型化は波及的に他の装置体系のそれにつながる、ということからもわれわれはわが国の石油化学工業の驚異的な速度での成長の一半を説明できる²⁶⁾。

ここでわれわれは装置工業において不可欠の要素である結合機構、すなわちパイプに注目しよう。石油化学コンビナートに足を踏み入れてまず目に映ずるものは、巨大な各種の反応塔槽類と渾然一体をなし縦横無尽に行き交うおびただしい数のパイプである。前近代的な化学工業と近代的な化学工業との区別の一つは「生産の連続性」の確立の有無²⁷⁾であって、それはバッチ式(回分式)→ポットスチル式→パイプスチル式へと発展確立されてきたものである²⁸⁾。すなわちパイプは化学工業における生産の連続性の確立のための重要契機であるが、それは大量生産という目的他にも、原料・触媒・副産物・熱などを無駄なく効率よく利用する目的にとって、またその労働対象が危険物質であることが多いので運搬上の危険性を回避する目的にとっても不可欠のものである。

このパイプについては、一個の装置体系それ自身の内にも複雑に含みこまれてはいるが、これらのほかにわれわれはコンビナートにおいて、各装置体系をたがいに結合して結合装置体系たらしめている装置体系間のパイプを知った。このようにパイプは、装置体系内のパイプと装置体系間のパイプに区分できるが、後者のパイプこそが石油化学工業を石油化学コンビナートたらしめているパイプである。装置体系間の結合にもパイプが必要とされる理由は、前に述べたと同様の理由からであるが、このことは諸装置体系がパイプ結合できる範囲の同一地域へ可能な限り結集するという結果をもたらす。

さてわれわれは図—9の装置体系において、その動力が一個所に集中された場合、それが“Automat”になることを示したが、さらにそれがコンビナー

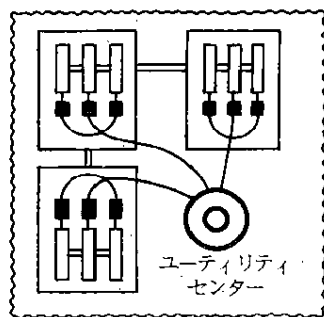
26) ちなみに、わが国の石油化学工業の生産高は昭和45年度には1兆円をこし、それは生産を開始した昭和33年の生産高に比較して実に106倍に相当する(日本経済新聞、1971、4月18日付)。

27) 『現代日本産業講座(IV)』1969、10ページ参照。

28) 林、渡辺『日本の化学工業(第三版)』1968、41ページ。

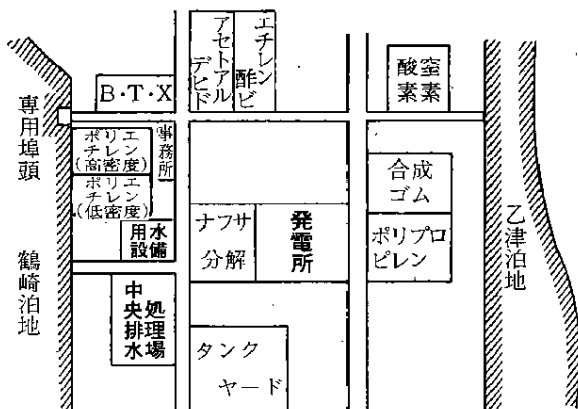
トの規模において行われたものを示すが図-11である。電気、蒸気、工業用水などを含めて「用役（ユーティリティ）」と呼ぶが、「このような施設を個々の工場（=装置体系）で設けず、隣接する工場群で共同で施設すれば合理的な規模なり配置で設置されることとなり、この種の用役費の節約をもたらす」²⁹⁾。このように

図- 11 ユーティリティの集中・共同化



最近の石油化学コンビナートにおいては、コンビナート全体のユーティリティを集中・共同化する動きがある³⁰⁾。図-12は昭和44年4月から稼働開始した鶴崎コンビナートでのユーティリティの集中・共同化を示している。

図- 12 鶴崎コンビナートのレイ・アウト



備考 昭和電工「会社案内」より作成。

さらに計測器による

計装化についても、現段階では一つの管理単位としての各生産部門(=装置体系)ごとに、それぞれのコントロール・ルームでコンピューターによって自動的に管理運転されているが、それは次第にコンビナート全体をおおう計測機構にま

29) 国井真「石油化学コンビナート」『通商産業研究』1961, No. 94第9巻第5号119ページ, ()内は引用者。

30) その代表的なものとして、三菱油化(鹿島)コンビナートにおける南・北共同火力などがあげられる。

で発展しつつある。その他、コンビナート全体の通信設備、コンビナート専用の埠頭や港湾施設、コンビナート諸工場の共同排水処理場なども指摘できる。

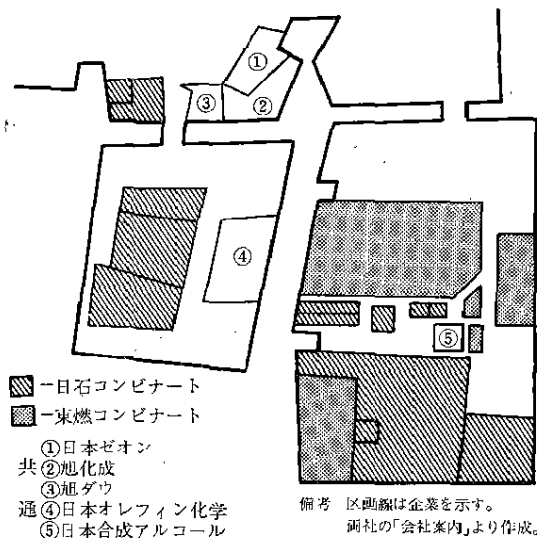
このように見てくると、いくつもの工場(=装置体系)が集積され結合された結合装置体系、すなわちコンビナートとは、今やそれ自身、単なる諸工場の寄せ集めとしての集積にとどまらず「一つの生産単位」³¹⁾となっているといえる。つまり第Ⅰ節で見たように、それぞれの生産部門はフローシートの上からみて複雑に多角的に絡み合っており、最早コンビナートを離れては存立し難いものであり、さらにこれらの生産諸部門は第Ⅱ節では装置体系(=工場)として表わされ、ここにコンビナートとは離れ難く結合された諸装置体系、すなわち「一つの生産単位」としての結合装置体系であるといえる。今やコンビナートを構成するそれぞれの工場か

図-13 川崎地区

らの「中間生産物」は、いくつかの工場を通過することにより最終的には「コンビナートの生産物」として生産される。

4) コンビナート間結合

以上わたしは、装置から始めて、装置体系、結合装置体系へと、コンビナートまで「再構成」してきたわけであるが、ここで参考までにわが国に



31) 「わたしたちは多数の異種工場の集合体としての生産単位をコンビナートと呼んでいるが、今日の独占資本主義の主導産業の生産単位は単なる工場ではなくコンビナートである。そこではかつて生産単位であった工場は生産単位でなくなり新しく生産単位になったコンビナートの構成要素となってしまう(堀江英一編著『イギリス工場制度の成立』第4章、203ページ。)」

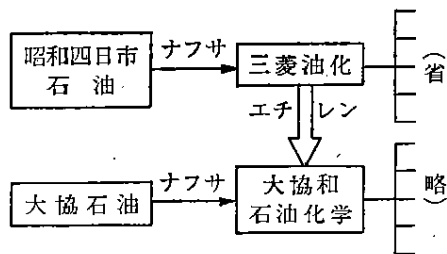
おける各石油化学コンビナートの間の関連を見ておこう。

わが国には現在16の石油化学コンビナートがあるが、それらの内には同一地区に隣接して立地しているものがある。たとえば図-13は日本石油化学コンビナートと東燃石油化学コンビナートが隣接する川崎地区の略図である(この両コンビナートはそれぞれ多数の企業から構成されている)。図からもわかるようにたがいに隣接するコンビナートの場合、誘導品合成部門(=工場)の中には、コンビナートの枠を越えて両方のコンビナート(ナフサ分解部門)から原料溜分の供給を受けているものがある(図中の①～⑤の企業)。

また千葉地区には東京湾に沿って北の方から順に、丸善石油化学コンビナート、三井石油化学コンビナート、および住友千葉化学コンビナートが並んでいるが、これらのコンビナート間はそれぞれ相互にパイプで結合されており、ナフサ分解部門の間でエチレンなどの融通が行われている。これらナフサ分解部門間での諸溜分の相互融通の理由としては、個々のコンビナート内での諸溜分の過不足をコンビナート間で相互調整すること、またナフサ・クラッカーの定期修繕時の供給援助などが挙げられる。そのほか四日市地区の場合では図-14のように、大協和石油化学自身の溜分供給量の絶対的不足(エチレン年産4.13万吨)を、隣接する三菱油化が補足しているような事例も見出される。

以上のように、複数のコンビナートがたがいにパイプで結合されたものは、普通一般に“combined-combinat”³²⁾とよばれており、それには川崎地区の例

図-14 四日市地区



備考 石油化学工業協会「石油化学工業の現状」昭和45年版。

32) この combined-combinat が極限にまで発展して各コンビナートの限界がなくなったものがアメリカのガルフコースト・コンビナートである。

のように誘導品合成部門までがコンビナートの枠を越えて結合する場合と、千葉地区や四日市地区の例のように、コンビナートの中心たるナフサ分解部門同士の結合によるものがある。現在のわが国の石油化学コンビナートにおいては後者の事例の方が多く見出される。

なおコンビナート間結合において、今述べた例のようにコンビナート同士が地理的に近い場合は相互にパイプ結合されたが、それが不可能な場合はエチレンタンカー、タンクローリーなどの運搬手段がとられる。その一例が、東京湾をはさんでの住友千葉化学(千葉)と東燃石油化学(川崎)の、あるいは三井石油化学(千葉)と日本石油化学(川崎)の各コンビナート間の関連である。海上輸送手段による東京湾をはさんでのこれらコンビナート群は一括して「東京湾コンビナート」ともよばれている。