ケミカル・リファイナリーへのビジョンについて

徳 久 寛*

The Aspect of Chemical Refinery.

Hiroshi TOKUHISA*

工業は人間が介在する社会科学と直接には介在しない自然科学とをふまえての事象である。経済学との共通点が多い。「経済学の巨匠はいろいろな天賦の才能のまれにみる結合をもたなければならない。かれは、種々異なった分野において、ひとかどの標準に達しなければならず、まれにしか同時に見出されえないもろもろの才能を併せもたなければならない。かれは、ある程度において、数学者であり、歴史家であり、経世家であり、哲学者でなければならない。かれは、記号を理解し、言葉で語らなければならない。かれは、一般的な形式で特殊を想念し、同じ思考の過程において抽象と具体とに触れなければならない。かれは、将来の目的のために過去の光の下で現在を究明しなければならない。人間のどんな性質または習俗でも、全くかれの思慮の外に横たわることがあってはならない。かれは、気分的には好き嫌いがあながら、しかも同時に公平でなければならない、芸術家のごとく超然として高潔に、しかも時には政治家のごとくに地上に近くあらねばならない。」

この言葉はケインズがマーシャルに言及しながら書いたものであり、天才以外にこれだけの条件をそなえた人ではなく、しかもそれは特殊の天才であろう。(都留重人著：近代経済学の群像 人とその学説より抜粋)

このことは、將の將たる資格、産業最高責任者、研究責任者に要望される人間像であろう。

「過去の光の下で現在を究明」する1つの例として次の文献をあげて見よう。64年前の記事である。

「欧羅巴合衆国；有名なる仏国の経済学者レロイ、ポーリュール氏は去頃米国シカゴ市にて欧米の關係につき一

場の講和を為したるが、其中左の一節あり

△欧羅巴全部の結合は遠き未来の事なるべしと雖も決して不可能の事には非ず

△欧洲とは只地理的の称呼に過ぎざれども、欧洲人としては亜米利加人が亜米利加に対するが如くなること能はず

△数百年間の競争と利害の衝突とは、愛憎を生じ、人間的偏見を生じ、たがいに嫉妬嫌忌を逞うして国民的独立を気にし居れり

△されど北米合衆国との競争は必ず欧洲合衆国の成立を早むることあるべし

△宗教、民主主義、社会主義は其主なる働力たるべし

△而して、その成立は恐らく或経済的同盟より始まるべく、多分欧洲中の自由貿易と世界の他の部分に対する関税とのために結合するに至るべし

△また軍備縮少のために万国の同盟を結ぶこと第二着の運動たるべし」(平民新聞 明治37年9月11日発行、明治社会主義史料集 別冊(4)より抜粋)

レロイ、ポーリュールなる経済学者は筆者は浅学のため知らない。洞察力は卓抜である。

しかし、たとえ1つの工業がある点に向って収斂するとしても時間の問題があり、この時間を無視して先見の明として抽象に触れ超然として高潔を得たとしても「時には政治家のごとくに地上に近くあらねばならない」具体の正視と、指向に勇氣を持たねばならない。

ポーリュールの「欧羅巴合衆国」は、日本の産業、特に石油に關係の深い石油精製、石油化学工業、化学工業、高分子工業およびその加工工業、発電工業、製鉄工業、窯業の未来に何かを暗示しているように思える。

「欧羅巴合衆国」はまだ存在しない。しかしそれを指向するがごとき EEC の現状はどうか。「世界経済はどう動くか」大内兵衛、有沢広巳、脇村義太郎、堀江薫

* 東北大学工学部応用化学科 ()

* Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Tohoku University ()

雄、の4氏の座談会で司会は美濃部亮吉 世界(昭和37年1月号)は、当時興味深く読み、今これを少し引用する。この中に「花開く石油化学工業」なる部がある。その座談の1部に、

有沢——日本には石油化学工場は幾つもあるけれども、スケールが小さい。やはり石油化学について自主的な研究をやっていないせいだと思う。イタリアで聞いた話だが、モンティカティネが南イタリアに建設している石油化学工場では150万トンの原油を処理するが、全然燃料製品はつくらない。もっぱら石油化学の原料だけを作る。そんなことは日本ではかつて考えられたことがない。日本ではせいぜい石油精製とのコンビナートだ。それも石油精製の能力できまってくる。モンティカティネでは、トッピングガスや残留分は工場の燃料に使う位で、あとは全部石油化学の原料を作る。もちろん製品も作るが、全部原料化するという考へ方で、しかもその中で石油化学の将来はアロマチック系統だということを、ちゃんとつかんでいる。

脇村——方向づけをする、従来手をつけていなかった石油の成分を利用した、従来石炭化学でやっておった化学工業、それを自分たちは石油でやるのだ、しかもそれ

を新しい完全な石油化学工場で一貫して実現するのだという、全く画期的計画をやりつつある。」

経済学者が石油化学に対して立派な正しいと思われるビジョンを有しながら、その会社がすでに過大投資計画と資金調達難などのため経営難におちいり、この座談会後わずか1年にして2つの主要工場を現物出資して、シエル社と結ばざるを得なかったことは誠に皮肉なことである。(その後さらにモンテ・エジソン社となる)

研究室で毎日石油に接している筆者の嗅覚は、ケミカルリファイナリーのビジョンなど却って嗅ぎ出せそうにない。ケミカルリファイナリーの要素の2,3について述べ、批判を戴きたく筆をとったしだいである。

I. わが国化学系産業の背景

全産業中化学系工業の位置を認識するため最近の設備投資に関する表をあげる。(表1)

化学系産業の設備投資は、電力、鉄鋼、自動車のいづれよりもはるかに大であり、その中石油精製、石油化学の占める割合はきわめて多い。また石油精製と石油化学の設備投資は、ほぼ拮抗している。

世界における石油精製、石油化学の日本の位置を知る

表1 設備投資の実績と計画(通産省所管, 単位億円, 支払いベース, カッコ内工事ベース)

業 種	企 業 数	42 年 度 (実績) A	43 年 度 (計画)			44 年 度 (計画) E	伸 び 率		
			2月当初 計 B	修正計画 C	9月今回 計 D		C/A	D/A	E/D
電 力	35	3,994	4,973	4,773	4,869	5,685	119.5	121.9	116.8
非鉄金属鉱業	31	335	385	376	410	368	112.2	122.5	89.8
鉄 鋼	106	3,435	5,073	4,198	4,491	5,180	112.2	130.7	115.3
石 油 精 製	34	1,776	2,715	2,512	2,618	2,734	141.4	147.4	104.4
石 油 化 学	78	1,101	2,198	1,509	2,126	2,261	137.1	193.0	106.4
自 動 車	70	2,484	2,874	2,843	2,991	3,059	114.5	120.4	102.3
紙 パ ル プ	56	628	846	742	809	847	118.2	128.8	104.6
セ メ ン ト	20	351	579	496	570	431	141.3	162.3	75.5
電 線	25	170	227	204	248	246	120.0	145.6	99.1
小 計	455	14,275	19,870	17,653	19,132	20,810	123.7	134.0	108.8
石 炭	28	320	306		326	283		102.0	86.7
硫 安	20	308	329		305	407		99.2	133.5
合 成 繊 維	29	509	574		603	394		118.6	65.4
電 気 機 械	35	455	555		642	367		141.1	57.2
電 子 工 業	56	756	807		866	386		114.4	44.6
自動車タイヤ	7	168	210		263	263		156.0	100.0
小 計	175	2,516	2,781	2,641	3,005	2,101	105.0	119.4	69.9
15 業 種 計	630	16,791 (18,671)	(636社) 22,651	20,294	22,137 (23,241)	22,911 (23,563)	120.9	131.8 (124.5)	103.5 (101.4)
その他業種計	1,187	4,990 (5,608)	(1,203社) 6,715	5,990	7,113 (7,335)	6,145 (5,675)	120.0	142.5 (130.8)	86.4 (77.4)
合 計	1,817	21,781 (24,279)	(1,839社) 29,366	26,284	29,250 (30,576)	29,056 (29,238)	120.7	134.3 (125.9)	99.3 (95.6)

(注) 単位未満は4捨5入のため計または合計が合わない場合もある。

(日本経済新聞より転載)

表2 主要消費国の原油処理能力(1966年初)

国 別	製油所数 (A)	能 力(B) (千バレル/日)	平 均(B/A) (千バレル/日)	最大製油所 (千バレル/日)	
米 国	275	10,800	39.3	377	Humble Oil, Baton Rouge, Louisiana
イ タ リ ー	30	2,060	63.7	175	ESSO Italian, Sicily
日 本	36	1,993	55.4	180	昭和四日市, 四日市
西 ド イ ツ	31	1,619	52.2	148	Gelsenberg-Benzin, Gelsenkirchem-Horst
英 国	18	1,532	85.1	250	BP Refinery, Isle of Grain
フ ラ ン ス	18	1,428	79.3	204	Cie. Francaise de Raffinage, Gonfrevilld,
カ ナ ダ	41	1,150	28.0	—	
オ ラ ン ダ	4	629.0	157.3	335	Shell Netherland, Pernis
ベ ル ギ ー	5	326.8	65.4	200	Ste. Industrijelle Belge, Antwerp

"The Oil and Gas Journal" Dec. 27, 1965

表3 主要消費国の原油処理能力規模別製油所数(1966年初)

国 別	総製油所数	千バレル/日 30 未 満	千バレル/日 30~50 未 満	千バレル/日 50~100 未 満	千バレル/日 100~200未 満	千バレル/日 200 以 上
米 国	275	170	38	41	19	7
イ タ リ ー	30	16	3	6	5	—
日 本	36	9	7	14	6	—
西 ド イ ツ	31	7	8	14	2	—
英 国	18	8	1	1	6	2
フ ラ ン ス	18	2	4	8	3	1
オ ラ ン ダ	4	—	—	2	1	1
ベ ル ギ ー	5	2	1	1	—	1
計	417	214	62	87	42	12

資料: "The Oil and Gas Journal" March 28, 1966

ため、表2, 3 および表4 をあげる。

表2より、米国は総原油処理量としては最大でも1製油所平均処理量は世界最低である。表3はその国の規模別製油所を表している。これらの表はやや古く、現状の日本は決して弱体とはみえない。

表4は世界における石油化学の勢力の1部を表わしている。もちろん米国以外はその原料がナフサ主体であり、エチレン以外に多くのオレフィン類、ダイオレフィン類、芳香族類が副生することを考慮することは当然である。

II. 石油資源に対する考え方

天然資源である世界石油産出量は膨大であり、その価格は比較的低廉である。また探鉱技術も進歩し、確定埋蔵量も毎年増加している。

しかしながら必要量も年と共に増加し要求量と産出量の曲線に近い中にクロスすることになる。このクロス・ポイントより前を前期、後を後期としよう。

世界の国々で、このポイントの時期はもちろん異なっている。資源を、天然資源探掘費と輸送費とを共に考えるようになった現在近代国家群の中の日本は他の国に較べる場合、資源に恵まれていることになる。

日本は今のところまだ前期に位置し、米国は間もなく

後期にはいることを察知していることではあろう。

前期において石油関連工業が増大する方向をとり、後期においては付加価値の高い質が向上する方向をたどる。

日本においてこのクロスポイントはいつくるのか。石油精製と石油化学工業(石油を原料とする化学工業)は共に原料が石油であり、その勢力は匹敵している。その各が希望する原料が十分に得られる間は、シェアーの上に安寧が得られ、また独立国としての態度がとり得られるが、クロスポイントが近づくにつれ全くその様相は変ることになる。米国の場合も日本の場合もこの点は同じである。

筆者はこのクロスポイントを今から10年とはかからぬと判断している。

III. 量 と 質

燃料または化学製品を製造する場合、物理的操作と化学的操作が用いられる。

より多量の場合は物理的操作によって、スケールメリットを生ぜしめ、より少量の場合は化学的操作によって付加価値を生ぜしめる。

しかし石油精製の如く1工場の処理量が1定数量を越すと最早スケールメリットはほとんどなく、製品配給輸

表 4 エチレンおよび主要製品生産の推移

(単位1,000トン、一部推定を含む)

年	1958	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	平均成長率 (%/年)	
															実績	将来
エチレン	英 国							503	529	571			1,500		(64~66)6.5	(66~70) 27
	西 独	99	165	228	273	400	457	568	593	857			2,000		(59~65) 26	(66~70) 24
	フランス		44	82	88	128	153	177	223	278			650		(60~66) 23	(66~70) 24
	イタリア	35			124	166	201	229	270				900		(61~65) 22	(65~70) 27
	日 本	14	44	78	117	241	334	505	775	1,065	1,347	1,712	2,034	2,430	(60~67) 50	(67~71) 21
エチレン オキサイド	米 国		2,245	2,470	2,550	2,855	3,410	3,900	4,340	4,800	5,480	6,160			(59~67) 12	
	英 国							85	97	96			210		(64~66) 60	(64~70) 16
	西 独	41	59	79	89	102	113	120					210		(60~64) 11	(64~70) 10
	フランス		17	29	40	45	47	48					64		(60~64) 13	(64~70) 5
	イタリア	3	2	7	17	19	25	25					35		(61~64) 14	(64~70) 6
ポリエチレン (低密度および高密度)	日 本	2	7	16	23	27	32	54	76	106	159	154	173	191	(60~67) 39	(67~71) 12
	米 国	530	583	670	681	713	855	978	995	1,044	1,130	1,220		210	(58~67) 9	(67~70) 6
	英 国	58	101	125	127	171	193	230	250	282			750		(59~66) 16	(64~70) 22
	西 独	30	57	75	98	148	165	185					700		(59~64) 27	(64~70) 25
	フランス	8	15	36	36	63	65	80	130				405		(60~65) 29	(65~70) 25
塩化ビニル	イタリア	8	13	34	53	79	95	132	165	250			520		(60~66) 39	(66~70) 20
	日 本	10	21	41	58	142	224	289	397	556	747	783	933	1,111	(62~67) 39	(67~71) 18
	米 国	406		620	836	875	1,040	1,183	1,380	1,545	1,705	1,893		2,675	(60~67) 16	(67~71) 11
	英 国	74	89	108	108	118	154	180	196						(58~65) 15	
	西 独	107	131	173	196	225	273	331	401						(58~65) 21	
スチレン (モノマー)	フランス			110	119	136	172	208	225				420		(60~65) 15	(65~70) 13
	イタリア	67	79	110	160	203	220	290	325	355					(58~66) 23	
	日 本	92	180	258	309	303	349	474	483	485	698	697	760	826	(60~67) 15	(67~71) 8
	米 国	294	375	408	431	521	608	747	824	987	1,090	1,130		896	(58~67) 16	(67~70) 15
	英 国			50		80		110	115				220		(60~65) 18	(65~70) 14
スチレン (モノマー)	西 独	75	82	90	100	130	160	190					440		(58~64) 17	(64~70) 15
	フランス		25	33	36	37	40	48					195		(59~64) 14	(64~70) 26
	イタリア				38	52	57	63					275		(61~64) 18	(64~70) 28
	日 本	15	23	40	55	67	107	139	171	254	308	348	400	458	(60~67) 34	(67~71) 15
	米 国	555	715	790	798	880	975	1,162	1,300	1,445	1,450	1,720		1,900	(59~67) 9	(67~70) 9

化学経済 6, 35, 1968

送貨と消費量の関係上ある限界に達するので、化学的操作によって高価格製品をつくることになる。

石油化学工場のごとく、処理量が石油精製の10分1の程度の少ないものは化学処理が主体をなすが、さらにその数量の増加を求めて、物理的処理によってスケールメリットを得んとする方向をとる。原料が同じ2つの工業は遅かれ早かれ大きな争いの時期に達することになる。

IV. 石油精製の指向するもの

日本の石油精製は、1つには確実なる、また安価なる原油採掘権の獲得、2つには原油のより有効なる処理を考える。

本稿では採掘には触れないことにする。

II. で述べたクロスポイントより前、すなわち前期の状態である日本においては、処理量の拡大、ひいてはシェヤーの争いが続いており、石油化学にナフサを供給し、量的に主たる製品は重油である。

現在日本で多量得られる原油はイオウ含有量が多く、電力用低イオウ重油の他動的決定と公害に強圧され、石油製品中最多量の重油に対し、化学的処理によって脱硫をせざるをえない状態に追い込まれ、しかも化学的処理をした製品重油の付加価値は、燃料であるため、きわめて小さい。このことは技術的に脱硫が成功を仮りにしたとしても経済的になりたつとは考えられない。

この解決策は、(1) 政治的解決 (2) 低イオウ原油の輸入により、高イオウ重油との混合 (3) その他の方法、しかない。

(1) については本稿では触れない。(2) については、石油精製での処理量の少ないもの、すなわち簡易トッピング重油にはきわめて有効ではあるが、大処理量の完全精油所に対しては、低イオウ原油の多量確保には無理がある。しかるときは(3)以外にないことになる。

果してこれに相当するものがあるであろうか。

筆者は次のように考える。

重油は量的多量であるため物理的操作のみで可能か否か、化学的操作が含まれるとすれば、最も簡単なるもの、すなわちすでに現在までに確立されていた技術程度で処理が可能か否かを考えなくてはならない。

次に原油中のイオウ分は一般に高沸点部分に集約されているので、真空蒸留によりアスファルトとして取り出し、将来の日本の資源をつくり出す意味で備蓄する。すなわち備蓄によって脱硫するのである。このアスファルトは道路用として用いることを現在普通には考えているかもしれないが、次の時代のすばらしい石油化学原料となると筆者は考えているからである。

さらに重油を原料として揮発油を製造しなくてはならない時期が案外早く到来すると考える。この場合は副作用として脱硫が行なわれてしまうことになる。ビスプレーカーにより、軽重油を得るプロセスは古く已に技術的に何等の危惧を要さないもので、再認識されてよいものの1つである。石油精製は量の処理であり、副生した分解ガスは将来の石油化学原料としてきわめて有用なもの

である。

要するに重油を脱硫して重油をつくるのではなく、他の製品をつくり、その途中で脱硫されるよう考えて行なうべきである。

参考として外国文献の1つをあげて置くが、その意図するところを汲みとればよい。

V. 石油精製の石油化学の抬頭

石油精製工場の規模が小なるときは目的とする製品のみを製造しておればよいものではあるが、規模が大になるにつれ、使用する原油、中間留分、粗製留分、副生ガス留分の量も増大し、石油化学原料としてきわめて興味ある成分が分離可能となる。

従来の石油化学はナフサを熱分解し、有機合成原料としているが、石油精製が1工場当り1千万トン/年更に2千万トン/年になろうとしている現在、原油または他の留分の僅か0.01~0.1%の分離可能な炭化水素も、有機合成原料として使用しうる、新しい形態の石油精製の石油化学が生れてくるのは必然である。

次に原油中の炭化水素の含有率をあげ、僅か0.1%でも1万klの有機合成原料であることを認識してほしい。

表5は囲碁の盤面のようなものである。何手読み切れるかが今後の石油化学の重要な要素である。

原油が異なっても大きな自然のルールにしたがってい

図1 Flow in tomorrow's rather comprehensive refinery

表 5 Hydrocarbons in the Representative Petroleum of the API Research Project 6

Formula	Compound	Normal boiling point (°C)	Amount ^a (percent-age by volume)
<i>Normal paraffins</i>			
CH ₄	Methane	-161.49	(0.1)
C ₂ H ₆	Ethane	-88.63	(0.2)
C ₃ H ₈	Propane	-42.07	(0.4)
C ₄ H ₁₀	<i>n</i> -Butane	-0.50	(0.9)
C ₅ H ₁₂	<i>n</i> -Pentane	36.07	(1.6)
C ₆ H ₁₄	<i>n</i> -Hexane	68.74	1.8
C ₇ H ₁₆	<i>n</i> -Heptane	98.43	2.3
C ₈ H ₁₈	<i>n</i> -Octane	125.66	1.9
C ₉ H ₂₀	<i>n</i> -Nonane	150.80	1.8
C ₁₀ H ₂₂	<i>n</i> -Decane	174.12	1.8
C ₁₁ H ₂₄	<i>n</i> -Undecane	195.89	1.6
C ₁₂ H ₂₆	<i>n</i> -Dodecane	216.28	1.4
C ₁₃ H ₂₈	<i>n</i> -Tridecane	235.43	1.2
C ₁₄ H ₃₀	<i>n</i> -Tetradecane	253.52	1.0
C ₁₅ H ₃₂	<i>n</i> -Pentadecane	270.61	0.8
C ₁₆ H ₃₄	<i>n</i> -Hexadecane	286.79	0.7
C ₁₇ H ₃₆	<i>n</i> -Heptadecane	302.15	0.6
C ₁₈ H ₃₈	<i>n</i> -Octadecane	316.71	0.50
C ₁₉ H ₄₀	<i>n</i> -Nonadecane	330.6	0.43
C ₂₀ H ₄₂	<i>n</i> -Eicosane	343.8	0.37
C ₂₁ H ₄₄	<i>n</i> -Heneicosane	356.5	0.32
C ₂₂ H ₄₆	<i>n</i> -Docosane	368.6	0.28
C ₂₃ H ₄₈	<i>n</i> -Tricosane	380.2	0.25
C ₂₄ H ₅₀	<i>n</i> -Tetracosane	391.3	0.22
C ₂₅ H ₅₂	<i>n</i> -Pentacosane	401.9	0.20
C ₂₆ H ₅₄	<i>n</i> -Hexacosane	412.2	(0.18)
C ₂₇ H ₅₆	<i>n</i> -Heptacosane	422.1	(0.16)
C ₂₈ H ₅₈	<i>n</i> -Octacosane	431.6	(0.14)
C ₂₉ H ₆₀	<i>n</i> -Nonacosane	440.8	(0.13)
C ₃₀ H ₆₂	<i>n</i> -Triacontane	449.7	(0.12)
C ₃₁ H ₆₄	<i>n</i> -Hentriacontane	458.0	(0.11)
C ₃₂ H ₆₆	<i>n</i> -Dotriacontane	467.0	(0.10)
C ₃₃ H ₆₈	<i>n</i> -Tritriacontane	475.0	(0.09)
<i>Branched paraffins</i>			
C ₄ H ₁₀	2-Methylpropane (isobutane)	-11.73	(0.3)
C ₅ H ₁₂	2,2-Dimethylpropane (neopentane)	9.50	<i>b</i>
"	2-Methylbutane (isopentane)	27.85	(0.5)
C ₆ H ₁₄	2,2-Dimethylbutane	49.74	0.04
"	2,3-Dimethylbutane	57.99	0.08
"	2-Methylpentane	60.27	0.37
"	3-Methylpentane	63.28	0.35
C ₇ H ₁₆	2,2-Dimethylpentane	79.20	0.02
"	2,4-Dimethylpentane	80.50	0.08
"	2,2,3-Trimethylbutane	80.87	<i>b</i>
"	3,3-Dimethylpentane	86.07	<i>b</i>
"	2,3-Dimethylpentane	89.78	0.15
"	2-Methylhexane	90.05	0.73
"	3-Methylhexane	91.85	0.51
"	3-Ethylpentane	93.48	0.06

Formula	Compound	Normal boiling point (°C)	Amount ^a (percent-age by volume)
C ₈ H ₁₈	2,2,4-Trimethylpentane	99.24	<i>b</i>
"	2,2,3,3-Tetramethylbutane	106.47	<i>b</i>
"	2,2-Dimethylhexane	106.84	0.01
"	2,5-Dimethylhexane	109.10	0.06
"	2,4-Dimethylhexane	109.43	0.06
"	2,2,3-Trimethylpentane	109.84	0.004
"	3,3-Dimethylhexane	111.97	0.03
"	2,3,4-Trimethylpentane	113.47	0.005
"	2,3,3-Trimethylpentane	114.76	0.006
"	2,3-Dimethylhexane	115.61	0.07
"	2-Methyl-3-ethylpentane	115.65	0.06
"	2-Methylheptane	117.65	0.90
"	4-Methylheptane	117.71	0.20
"	3,4-Dimethylhexane	117.72	0.13
"	3-Methyl-3-ethylpentane	118.26	0.02
"	3-Ethylhexane	118.53	0.09
"	3-Methylheptane	118.92	0.30
C ₉ H ₂₀	2,2,4,4-Tetramethylpentane	122.28	<i>b</i>
"	2,2,5-Trimethylhexane	124.08	0.002
"	2,2,4-Trimethylhexane	126.54	<i>b</i>
"	2,3,5-Trimethylhexane	131.34	0.03
"	2,6-Dimethylheptane	135.21	0.05
"	2,3-Dimethylheptane	140.5	0.05
"	4-Methyloctane	142.48	0.1
"	2-Methyloctane	143.26	0.4
"	3-Methyloctane	144.18	0.1
C ₁₀ H ₂₂	5-Methylnonane	165.1	<i>b</i>
"	4-Methylnonane	165.7	0.1
"	2-Methylnonane	166.8	0.3
"	3-Methylnonane	167.8	0.1
<i>Alkyl cyclopentanes</i>			
C ₅ H ₁₀	Cyclopentane	49.26	0.05
C ₆ H ₁₂	Methylcyclopentane	71.81	0.87
C ₇ H ₁₄	1,1-Dimethylcyclopentane	87.85	0.16
"	1, <i>cis</i> -3-Dimethylcyclopentane	90.77	0.87
"	1, <i>trans</i> -3-Dimethylcyclopentane	91.72	0.21
"	1, <i>trans</i> -2-Dimethylcyclopentane	91.87	0.48
"	1, <i>cis</i> -2-Dimethylcyclopentane	99.53	<i>b</i>
"	Ethylcyclopentane	103.47	0.16
C ₈ H ₁₆	1,1,3-Trimethylcyclopentane	104.89	0.30
"	1, <i>trans</i> -2, <i>cis</i> -4-Trimethylcyclopentane	109.29	0.22
"	1, <i>trans</i> -2, <i>cis</i> -3-Trimethylcyclopentane	110.2	0.26
"	1,1,2-Trimethylcyclopentane	113.73	0.06
"	1, <i>cis</i> -2, <i>trans</i> -4-Trimethylcyclopentane	116.73	0.01
"	1, <i>cis</i> -2, <i>trans</i> -3-Trimethylcyclopentane	117.5	0.07
"	1, <i>cis</i> -2, <i>cis</i> -4-Trimethylcyclopentane	118.	<i>b</i>
"	1-Methyl- <i>trans</i> -3-ethylcyclopentane	120.8	0.12
"	1-Methyl- <i>cis</i> -3-ethylcyclopentane	121.4	

Formula	Compound	Normal boiling point (°C)	Amount ^a (percent-age by volume)	Formula	Compound	Normal boiling point (°C)	Amount ^a (percent-age by volume)
	<i>Alkyl cyclopentanes</i>						
C ₈ H ₁₈	1-Methyl- <i>trans</i> -2-ethylcyclopentane	121.2	0.14	"	<i>cis</i> -Bicyclo-[4, 4, 0]-decane (<i>cis</i> -Decahydronaphthalene)	195.69	(0.01)
"	1-Methyl-1-ethylcyclopentane	121.52	0.03	C ₁₁ H ₂₀	Bicyclopentane ^c	202.5	(0.12)
"	1- <i>cis</i> -2, <i>cis</i> -3-Trimethylcyclopentane	123.0	<i>b</i>		<i>Tricyclopentanes</i>		
"	Isopropylcyclopentane	126.42	0.01	C ₁₀ H ₁₆	Tricyclo-[3. 3. 1. 1 ^{3,7}]-decane (Adamantane)	190.	0.0004
"	1-Methyl- <i>cis</i> -2-ethylcyclopentane	128.05	0.04		<i>Alkyl benzenes</i>		
"	<i>n</i> -Propylcyclopentane	130.95	0.06	C ₆ H ₆	Benzene	80.10	0.15
C ₉ H ₁₈	1, 1, 3, 3-Tetramethylcyclopentane	117.96	<i>b</i>	C ₇ H ₈	Methylbenzene (toluene)	110.62	0.51
"	1, 1, <i>cis</i> -3, <i>trans</i> -4-Tetramethylcyclopentane	121.6	0.04	C ₈ H ₁₀	Ethylbenzene	136.19	0.19
"	1, <i>trans</i> -2, <i>cis</i> -3, <i>trans</i> -4-Tetramethylcyclopentane	127.4	0.11	"	1, 4-Dimethylbenzene (<i>p</i> -Xylene)	138.35	0.10
"	1, 1, <i>cis</i> -2, <i>trans</i> -3-Tetramethylcyclopentane	130.	<i>b</i>	"	1, 3-Dimethylbenzene (<i>m</i> -Xylene)	139.10	0.51
"	1, 1, <i>cis</i> -2, <i>cis</i> -3-Tetramethylcyclopentane	130.	<i>b</i>	"	1, 2-Dimethylbenzene (<i>o</i> -Xylene)	144.41	0.27
"	1, 1, <i>cis</i> -2, <i>trans</i> -4-Tetramethylcyclopentane	130.	<i>b</i>	C ₉ H ₁₂	Isopropylbenzene	152.39	0.07
"	1, <i>cis</i> -2, <i>trans</i> -3, <i>cis</i> -4-Tetramethylcyclopentane	131.	<i>b</i>	"	<i>n</i> -Propylbenzene	159.22	0.09
"	1, <i>trans</i> -2, <i>trans</i> -3, <i>cis</i> -4-Tetramethylcyclopentane	131.	<i>b</i>	"	1-Methyl-3-ethylbenzene	161.30	0.17
C ₆ H ₁₂	Cyclohexane	80.74	0.71	"	1-Methyl-4-ethylbenzene	161.99	0.06
C ₇ H ₁₄	Methylcyclohexane	100.93	1.6	"	1, 3, 5-Trimethylbenzene	164.72	0.12
C ₈ H ₁₆	1, <i>trans</i> -4-Dimethylcyclohexane	119.35	0.25	"	1-Methyl-2-ethylbenzene	165.15	0.09
"	1, 1-Dimethylcyclohexane	119.54	0.06	"	1, 2, 4-Trimethylbenzene	169.35	0.51
"	1, <i>cis</i> -3-Dimethylcyclohexane	120.09	0.63	"	1, 2, 3-Trimethylbenzene	176.08	0.19
"	1, <i>trans</i> -2-Dimethylcyclohexane	123.42	0.31	C ₁₀ H ₁₄	<i>tert</i> -Butylbenzene	169.12	0.01
"	1, <i>cis</i> -4-Dimethylcyclohexane	124.32	0.09	"	Isobutylbenzene	172.76	0.008
"	1, <i>trans</i> -3-Dimethylcyclohexane	124.45	0.07	"	<i>sec</i> -Butylbenzene	173.30	0.017
"	1, <i>cis</i> -2-Dimethylcyclohexane	129.73	0.06	"	1-Methyl-3-isopropylbenzene	175.14	1.08
"	Ethylcyclohexane	131.78	0.37	"	1-Methyl-4-isopropylbenzene	177.10	0.04
C ₉ H ₁₈	1, 1, 3-Trimethylcyclohexane	136.63	0.2	"	1-Methyl-2-isopropylbenzene	178.15	0.009
"	1, <i>trans</i> -2, <i>trans</i> -4-Trimethylcyclohexane	141.22	0.2	"	1, 3-Diethylbenzene	181.10	0.029
"	1, <i>trans</i> -2, <i>cis</i> -4-Trimethylcyclohexane	145.6	(0.1)	"	1-Methyl-3-propylbenzene	181.80	0.059
C ₁₀ H ₂₀	<i>n</i> -Butylcyclohexane	180.95	(0.22)	"	<i>n</i> -Butylbenzene	183.27	0.026
	<i>Cycloheptanes</i>			"	1-Methyl-4-propylbenzene	183.30	0.027
C ₇ H ₁₄	Cycloheptane	118.79	0.01	"	1, 2-Diethylbenzene	183.42	0.005
	<i>Bicyclopentanes</i>			"	1, 3-Dimethyl-5-ethylbenzene	183.58	0.063
C ₈ H ₁₄	Methylbicyclo[2, 2, 1]-heptane	124.5	0.001	"	1, 4-Diethylbenzene	183.78	0.007
"	<i>cis</i> -Bicyclo-[3, 3, 0]-octane	136.5	0.06	"	1-Methyl-2-propylbenzene	184.80	0.046
"	Bicyclo-[3, 2, 1]-octane	(138.)	0.008	"	1, 4-Dimethyl-2-ethylbenzene	186.83	0.041
C ₉ H ₁₆	Bicyclopentane ^c	146.7	(0.06)	"	1, 3-Dimethyl-4-ethylbenzene	188.20	0.050
C ₁₀ H ₁₈	Bicyclopentane ^c	180.	(0.01)	"	1, 2-Dimethyl-4-ethylbenzene	189.48	0.057
"	Bicyclopentane ^c	183.4	(0.01)	"	1, 3-Dimethyl-2-ethylbenzene	190.01	0.014
"	Bicyclopentane ^c	183.7	(0.02)	"	1, 2-Dimethyl-3-ethylbenzene	193.91	0.03
"	<i>trans</i> Bicyclo-[4, 4, 0]-decane (<i>trans</i> -Decahydronaphthalene)	187.25	(0.2)	"	1, 2, 4, 5-Tetramethylbenzene	196.80	0.052
				"	1, 2, 3, 5-Tetramethylbenzene	198.00	0.11
				"	1, 2, 3, 4-Tetramethylbenzene	205.04	0.2
				C ₁₁ H ₁₆	1-Methyl-3- <i>n</i> -butylbenzene	204.1	0.06
				"	1, 3-Dimethyl-4- <i>n</i> -propylbenzene	206.6	0.03
				"	1, 2-Dimethyl-4- <i>n</i> -propylbenzene	208.5	0.03
				"	Trimethylethylbenzene	212.3	0.04
					<i>Aromatic-cyclopentanes</i>		
				C ₉ H ₁₀	Indan	177.8	0.003
				C ₁₀ H ₁₂	1-Methylindan	190.6	0.022
				"	2-Methylindan	191.4	

Formula	Compound	Normal boiling point (°C)	Amount ^a (percentage by volume)
"	4-Methylindan	205.5	(0.03)
"	1, 2, 3, 4-Tetrahydronaphthalene	207.57	0.03
C ₁₁ H ₁₄	2-Methyl-1, 2, 3, 4-tetrahydronaphthalene	220.7	0.04
"	6-Methyl-1, 2, 3, 4-tetrahydronaphthalene	229.3	0.09
"	5-Methyl-1, 2, 3, 4-tetrahydronaphthalene	234.35	0.08
<i>Dinuclear aromatics</i>			
C ₁₀ H ₈	Naphthalene	217.96	0.06
C ₁₁ H ₁₀	2-Methylnaphthalene	241.05	0.2
"	1-Methylnaphthalene	244.64	0.1
C ₁₂ H ₁₂	Biphenyl	255.2	(0.03)
"	2, 6-Dimethylnaphthalene	262.	(0.35)
"	Dimethylnaphthalene ^c	268.	(0.35)
C ₁₃ H ₁₄	Trimethylnaphthalene ^c	288.	(0.20)
C ₁₄ H ₁₆	Alkyl naphthalene ^c	312.	(0.20)
<i>Trinuclear aromatics</i>			
C ₁₄ H ₁₀	Phenanthrene	340.	(0.20)

^a The figures in parentheses are less certain than the others. Where no value is given for a compound, it is implied that the compound listed is believed to be present in very small amount, less than was detectable at the time the given material was investigated.

^b Believed to be present in extremely smount.

^c Not yet identified.

F.D. Rossini *Journal of Chemical Education* 37 11, NOV. 1960

る。この表 5 は原油中に存在する比較的低沸点成分の表ではあるがこれを巧に使用することによって、他の原油の凡その成分を 2~3 時間で計算 (大略) し得る重要な表である。よってここにあげたしだいである。

Normal paraffin についていうなれば、各種炭素数の炭化水素量は膨大なものでその分離も可能である。しかもその Isomerization も可能であることを共に考えよう。

Branched paraffin の中分離可能なものが多い。将来の合成ゴム、合成繊維の原料がかくも多量にあることを知るであろう。

Alkyl cyclopentane および Alkyl cyclohexane 類も膨大な量となる。これをそのまま芳香族化するのは全く能の無いことでさえある。

5 角型と 6 角型は Isomerization によって変換可能であり、エチル基以上のアルキル基の変換も可能である。メチルシクロペンタン、シクロヘキサンの合計を考えると、ベンゼンの水添を考えなくとも大量のシクロヘキサンの製造は可能となる。

芳香族については省略することとする。

要するに、原油より蒸留されたナフサを、そのまま熱分解してエチレンその他を製造したり、また改質装置に

かけて揮発油をつくったりしたのではあまりにも石油成分について無関心過ぎる。

この意味では石油化学はまだ初まっていなく、これからが石油化学の新しい第 2 の発展期にはいると考える。石油精製には多くのプロセスがあり、それらの全部の留分を詳細に検べる時必ずさらに新しい石油化学の構想が湧きでることと信じている。成分表は正に研究作戦図とでもいうべきものである。

VI. 石油化学の指向するもの

現在の石油化学工業は 15 年前原油が潤沢にあり、ナフサが余ることを前提に計画されたもので、今に到るも何等前提に変化を与えず、単にスケールメリットとシェアーに明け暮れ、コンビナートをつくりさらに長谷川周重氏のいうコンビネーテッドコンビナートにその方向をとっているように見える。

しかしこれもそう長くは続くまい。新しい原料を求め新しいビジョンの下に組立てられてゆくであろう。

石油原油がクロスポイントに近づけば石油化学も当然変わってくる。今のようにスケールメリットを追っても何の役にも立たなくなる。

迷った時には元に戻って考えることである。

従来の石油化学方式は一応残るであろうが、新しく石油精製の石油化学が抬頭してくるであろうし、こさせたいと考えている。

さらに一方、ナフサの不足は原油分解の方向へ一部指向するであろうが、この場合重質製品が主体となり、さらに今迄最も邪魔物扱いされていた CARBON が形を変えて重要な製品の 1 つとなって、新しい構造物材として登場してくるように思える。

VII. ブロック・オペレーション装置の研究

1 つの装置で、2 つ以上の製品製造が可能ないように初めから設計し、運転の期日を定めて切替えにより、多製品を得ることをブロック・オペレーションという。このことは 30 年以上前から行なわれていたことである。

現在化学工学では 1 つの反応につき最経済を考えて最適の設計をしている。この最適は科学に忠実ではあるが工業にとって最適ではない。

将来 200 の製品に対し 200 のそれに適したプラントを作るとすれば、何をつくっているのか判らなく、同じ装置がいくつも並んだおかしい工場となる。

現在の石油化学工場は、もはやこれに似た状況にある。

ブロックオペレーションは運転期日の比をいかにように

も変化せしめられ、量的に少ない製品でもスケールメリットを享受せしめることが可能となり、大需要を待たずに新製品を出すことができる。

題目に研究とは書いてあるが、何も研究することはない、ある装置でどんな反応がいくつできるかをとりまてめて配管を直せばよいのである。

この考えの導入は、1つの目的によって設計された装置の容量が小さくなったために、スクラップアンドビルトするに對し、解決を与えることにもなる。

大学で、化学工学の理念をもつと流動的に教育すべきことのように考える。

「部分の集積は大系とはならず」と経済ではいう。

個々別々の装置の集合で、工場とはならない。ケミカル・リファインリーの装置の根本に触れれば近い将来、原料部分加熱装置群、熱交装置群、分離装置群、反応装置群に分かれることであろう。

VIII. ケミカル・リファインリーのビジョン

ケインズのいう卓見と、ポーリューの洞察力をもってすれば、今後の化学系工業の将来の状態も、その離合集散も自ら知れることであろうし、ケミカル・リファインリーのビジョンもいえることではあろう。しかし筆者にはそれだけの力はない。

ただ従来の化学工業、石油化学工業を単に経済的に組合せたものがケミカル・リファインリーではないように思える。

石油精製量の巨大化を考え、原油中特に軽質留分を各成分的に分離（化学的手法も含めて）する体形をも考慮し、将来を考えるべきだと思う。

ケミカル・リファインリーに對し2,3必要かとも考える項目について私見を述べた次第である。ご批判を賜れば幸である。 (昭和43年10月21日受理)

協会誌専用

ファイル

協会誌専用の保存ファイルを準備しております。

ご希望の方は実費でお願い致しますから代金を添えてお申込み下さい。

定 価 1 部 150 円 (12 冊綴り)

送 料 1 部 85 円