Production of Aromatic Hydrocarbons from Petroleum

by Atsuhiko Tsuchiya

(Mitsubishi Oil Co.)

SYNOPSIS:— Production of aromatic hydrocarbons from petroleum is now one of the large petrochemical industries. In America, over half of the demand of benzene, toluene and xylene is supplied from petroleum source. In our country, half of these aromatics is expected to be short in a few years.

Aromatic hydrocarbons are produced from petroleum by catalytic reformings or other aromatization processes, and then refined by extraction, azeotropic distillation or absorption. The author described these processes comparing their economic possibilities.

U.D.C. 665.53

石油流動接触分解ガスについて

——昭和30年6月14日特別講演——

丸善石油株式会社 金 崎 健 児

要旨:わが国で現実に化学工業原料として利用可能な流動接触分解ガスにつき、アラビヤ系軽油およびボルネオ系軽油溜分を原料とした場合について資料を提供した。

I 緒 言

石油中の成分炭化水素を利用する種々の化学工業についてはすでに幾多の欧米文献があり、また国内におけるこれらの紹介もしばしばなされているので、一般的事項についてはそれらを参照していただくこととし、ここには弊社において目下計画進行中の石油化学工業進出第一段階における原料として期待される流動接触分解ガスについて、われわれの行つた実験と、下津製油所において本年3月稼動を開始した U.O.P. 式流動接触分解装置 (F.C.C. 装置) の運転結果を主体に述べることにする。

なお著者らが実験に用いた装置は米国 U.O.P. 社より購入した F.C.C. Midget Pilot Unit であるが、現場 F.C.C. 装置のデータとともに、今回報告する事項のほとんどがガソリン生産を主目的とするものであったため、ガス自体に対する検討はまだ充分には行われてなかつたのであるが、事情止むを得ず発表するものであることをお断りしておく。

II F.C.C. Midget Pilot Unit による結果

1) F.C.C. Midget Pilot Unit について

写真1に示されることき外観を有する本装置は米国 U.O.P. 社製のものであり、その概要は嘗て文献* にも紹介されたものとほとんど同じく、作業系統は第1図に示されるとおりである。

この操業は次のごとく行われる。すなわち運転開始前、Hopper (1) に張込まれた一定量の粉末触媒は、順次 Regenerator (3), Stripper (4) 中を落下し、Jet tube (5) にて窒素ガスにより再び Hopper に揚搬され、触媒流動循環系統を形成する。しかししてこの触媒循環割合は、触媒試料採取弁(13)により一定時間に採取された触媒重量より算出する。

試油はポンプ (15) により Reactor に張込まれ、分解され、分解生成物はサイクロン (17) を経て、Dehydrator (19) で水分を除去された後、Debutanizer (24) にてC₄ 以下の分解ガスを除去された液状生成物は Receiver (26) に集められ、次の蒸溜

* I. E.C., 43, 545~550. (1951).

写真 1 F.C.C. Midget Pilot Unit

正面

側面

写真 2

左より浮屋根式原油槽 (20,000kl), 第3 常圧蒸溜装置 (15,000bbt/日) および F.C.C. 装置 (3,000bbt/日)

第1図 F.C.C. Midget Pilot Unit の作業系統図

No.

- 1 Hopper
- 2 Regenerator
- 3 Reactor
- 4 Stridper
- 5 Jet tube
- 6 窒素流量計
- 7 Hopper 触媒分離器
- 8 排気管
- 9 空気流量計
- 10 Regenerator サイクロン
- 11 Regenerator 触媒分離器
- 12 触媒再生ガスメーター
- 13 触媒試料採取弁

No.

- 14 原料油秤量器
- 15 原料油張込ポンプ
- 16 原料油予熱部
- 17 Reactor サイクロン
- 18 Reactor 触媒分離器
- 19 Dehydrator
- 20 Stripping 水張込ポンプ
- 21 Stripping 予熱部
- 22 Water Receiver
- 23 分解ガス乾燥器
- 24 Debutanizer
- 25 フレオン冷却器
- 26 分解油受器
- 27 分解ガスメーター

器で分解ガソリンその他にわけられる。

反応後の触媒は、Stripper で Steam Stripping を受け、Regenerator にて空気により再生される。Reactor および Regenerator 上部出口にはそれぞれサイクロン(17)および (10) があり、それぞれ分解生成物および触媒再生廃ガス中に伴われる触媒を除去回収するが、これで分離されないものは(7), (11), (18)のそれぞれの触媒分離器に捕集されるようになっている。

計器としては、ガス関係流量および計量計、Regenerator, Reactor および Stripper には自動温度調節指示並に記録計、触媒分離器(18)および Dehydrator には温度指示計、Debutanizer および蒸溜器には温度指示並に自動調節器が附属している。

また Debutanizer および 蒸溜器冷却部にはフロン冷凍方式を採用している。

液状生成物を蒸溜装置により、初溜～200, 200～300 および 300℃以上の3溜分にちり、それぞれ脱ブタンガソリン、軽質サイクル油、重質サイクル油とした。

なお、使用した触媒は Si-Al 系 MS 型の Equilibrium Catalyst であり、見掛け比重 0.8, 平均粒度 65～69 μ , 活性度 22～23(U.O.P Weight Activity Rate) 程度のものであった。

2) Midget Pilot Unit の運転結果

アラビア原油 (Abqaiq) および ボルネオ原油 (Seria) のそれぞれの軽油溜分について、分解条件、特に反応温度および 触媒/原料油重量比 (以下、Cat/Oil 比と略称) が分解生成物分布におよぼす影響について検討した。

2-a) 原料油

使用原料油性状を第1表に示す。

第 1 表

記 号		A-2	A-4	S-1	M-1
油 種		アラビア系 軽油	同 左	ボルネオ系 軽油	混合軽油
比 重	15/4 °C	0.820	0.846	0.866	0.873
粘 度	Rw 30°C秒	32.6	37.0	34.1	54.4
引 火 点	°C	75.0	75.0	89.0	83.0
流 動 点	°C	-20.0	+10.0	-15.0	+20.0
ア ニ リ ン 点	°C	69.5	74.8	57.9	74.4
全 硫 黄 分	% wt	0.61	0.88	0.05	1.16
残 留 炭 素 (10% 残渣)		0.01	0.03	0.02	0.12
蒸 溜 性 状					
初 溜	°C	186	177	225	198
10%	°C	220	222	251	259
50%	°C	256	282	270	334
90%	°C	310	383	302	402
95%	°C	326	396	313	-
終 点	°C	344	98% : 400	325	-
組 成					
パラフィン族		64.5	55.6	45.8	51.6
ナフテン族		19.1	23.4	30.2	22.6
芳 香 族		14.2	16.8	21.5	18.0
オレフィン族		2.2	4.2	2.5	7.8
Characterization Factor. K.		12.1	11.9	11.5	11.8

2-b) アラビア系 (Abqaiq) 軽油の場合

例 1: 原料油 A-2 を用いた Once Through 運転結果

第 2 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガソ リン収率 % vol.	ガスおよび コークス % vol.	分解率 % vol.	分解ガス収量 cc/原料油cc
A-47-1	800	20/1	28.1	8.1	36.2	43
〃 2	800	15/1	25.4	7.8	33.2	35
〃 3	800	10/1	26.7	1.2	27.9	28
〃 4	850	20/1	32.0	8.6	40.6	57
〃 5	850	15/1	27.3	8.9	36.2	50
〃 6	850	10/1	26.1	5.3	31.4	43
〃 7	875	20/1	33.5	11.3	44.8	64
〃 8	875	15/1	30.0	10.0	40.0	57
〃 9	875	10/1	27.0	6.2	33.2	50
〃 10	900	20/1	32.3	13.8	46.1	99
〃 11	900	15/1	31.9	10.0	41.9	80
〃 12	900	10/1	29.4	6.6	36.0	57
〃 13	925	20/1	30.7	20.8	51.5	113
〃 14	925	15/1	29.4	17.2	46.6	99
〃 15	925	10/1	30.0	11.5	41.5	71

例 2: 原料油 A-4 を用いた Once Through 運転結果

第 3 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガス				分 解 ガ ス						
			分解ガ ソリン 収 率	コ ク	ー ス	分解率 % vol.	收 量 cc/原料 油cc	C ₂ and lighter % wt.	Pro- pane % wt.	Pro- pylene % wt.	Butane % vol.	i-Bu- tylene % vol.	n-Bu- tylene % vol.
A-4-001-1	875	20/1	27.2	3.4	47.2		84	2.6	1.7	3.7	5.6	2.0	1.6
〃 2	875	15/1	24.2	2.9	42.4		72	2.2	2.1	3.2	3.6	1.6	2.0
〃 3	875	10/1	27.0	2.2	35.6		61	1.6	0.9	3.1	4.2	1.6	1.3
〃 4	900	20/1	25.6	4.2	50.4		120	2.4	2.8	5.0	7.6	2.8	3.3
〃 5	900	15/1	25.0	3.5	47.0		92	2.9	2.4	3.6	5.1	2.1	3.0
〃 6	900	10/1	26.9	2.0	40.9		72	2.1	1.6	3.5	2.7	1.1	1.3
〃 7	925	20/1	25.3	4.2	54.7		133	5.5	2.3	5.1	7.0	3.0	3.8
〃 8	925	15/1	25.8	3.6	48.8		121	5.0	2.4	7.5	5.5	2.7	2.9
〃 9	925	10/1	25.4	2.1	43.4		95	3.9	1.6	4.5	2.6	2.4	3.2
〃 10	950	20/1	25.5	5.2	60.3		165	7.3	3.4	6.4	8.6	2.5	2.6
〃 11	950	15/1	26.4	4.0	55.9		143	6.9	3.0	5.9	4.4	3.0	3.9
〃 12	950	10/1	26.9	2.3	52.4		135	3.5	3.4	4.4	6.8		7.7

例 3: 原料油 A-4, Once Through 運転, 触媒の Activity 28~29.

第 4 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガス				分 解 ガ ス						
			分解ガ ソリン 収 率	コ ク	ー ス	分解率 % vol.	收 量 cc/原料 油cc	O ₂ and lighter % wt.	Pro- pane % wt.	Pro- pylene % wt.	Butane % vol.	i-Bu- tylene % vol.	n-Bu- tylene % vol.
A-4-004-1	900	20/1	27.2	4.6	55.5		132	2.8	3.4	4.9	11.0	4.5	2.5
〃 2	900	15/1	27.3	4.1	49.3		126	4.2	2.2	6.5	9.5	3.0	2.7
〃 3	900	10/1	25.3	1.7	46.3		97	2.4		7.5	5.7	2.6	2.8
〃 4	925	20/1	26.5	4.1	59.8		147	6.4	3.4	6.0	9.0	3.2	3.0
〃 5	925	15/1	24.9	4.4	57.4		154	5.3	3.5	6.5	9.7	3.2	4.0
〃 6	925	10/1	23.4	1.8	49.4		116	3.3	2.4	5.1	8.0	2.9	4.1
〃 7	950	20/1	23.8	4.8	63.8		175	5.8		11.6	9.2	4.5	3.7
〃 8	950	15/1	25.6	3.9	63.1		182	7.6	3.7	7.7	9.5	4.0	4.0
〃 9	950	10/1	24.7	2.2	55.7		147	6.7	2.7	6.4	6.2	3.5	3.2

2-c) ボルネオ系 (Seria) 軽油の場合

原料油 S-1 を用いた Once Through 運転結果

第 5 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガソリン 収率 % vol.	ガスおよびコ ークス % vol.	分 解 率 % vol.	分解ガス収量 cc/原料油cc
S-002-1	850	20/1	20.4	6.0	26.4	57
〃 2	850	15/1	19.1	5.0	24.1	50
〃 3	850	10/1	18.0	3.3	21.3	36
〃 4	875	20/1	20.5	10.0	30.5	64
〃 5	875	15/1	19.9	7.5	27.4	50
〃 6	875	10/1	18.3	3.7	22.0	36
〃 7	900	20/1	20.0	15.0	35.5	78
〃 8	900	15/1	20.3	10.0	30.3	64
〃 9	900	10/1	19.1	4.3	23.4	43
〃 10	925	20/1	21.0	16.5	37.5	99
〃 11	925	15/1	20.0	12.0	32.0	85
〃 12	925	10/1	19.1	7.5	26.5	64

2-d) アラビアおよびボルネオ系混合軽油 M-1を用いた Once Through 運転結果

第 6 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガソリン 収率 % vol.	ガスおよびコ ークス % vol.	分 解 率 % vol.	分解ガス収量 cc/原料油 cc
M-101-1	850	20/1	30.9	18.8	49.7	71
〃 2	850	15/1	30.4	13.7	44.1	57
〃 3	850	10/1	28.9	3.6	32.5	43
〃 4	875	20/1	30.6	19.5	50.1	85
〃 5	875	15/1	30.5	16.0	46.5	71
〃 6	875	10/1	30.1	8.7	38.8	50
〃 7	900	20/1	32.3	26.5	58.8	92
〃 8	900	15/1	29.3	18.8	48.0	78
〃 9	900	10/1	30.0	9.1	39.1	64
〃 10	925	20/1	29.1	30.0	59.1	128
〃 11	925	15/1	29.5	23.9	53.4	99
〃 12	925	10/1	29.1	20.8	49.9	92
〃 13	950	20/1	28.6	39.1	67.7	142
〃 14	950	15/1	27.8	32.3	60.1	113
〃 15	950	10/1	29.9	23.4	53.3	106

2-e) アラビア系軽油 A-2 によるリサイクル運転結果

例 1. リサイクル比 0.5 の場合

第 7 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガソリン 収率 % vol.	ガスおよびコ ークス % vol.	分 解 率 % vol.	分解ガス収量 cc/原料油 cc
RA-0.5-1	875	20/1	45.6	16.8	62.4	75
〃 2	875	15/1	40.3	8.6	48.9	53
〃 3	875	10/1	39.7	8.3	48.0	42
〃 4	900	20/1	42.7	20.6	63.3	86
〃 5	900	15/1	37.2	15.0	52.2	65
〃 6	900	10/1	40.0	9.4	49.4	65
〃 7	925	20/1	42.9	24.0	66.9	128
〃 8	925	15/1	40.8	22.5	63.3	117
〃 9	925	10/1	42.4	13.1	55.5	86

例 2. リサイクル比 1.1 の場合

第 8 表

実験番号	反応温度 °F	cat/oil 比	分解ガソリン 収率 % vol.	ガスおよびコ ークス % vol.	分 解 率 % vol.	分解ガス収量 cc/原料油 cc
RA-1.1-001-1	850	20/1	45.6	17.2	62.8	92
〃 2	850	15/1	45.0	10.7	55.7	60
〃 3	850	10/1	36.3	3.2	39.5	30
〃 4	875	20/1	48.4	23.6	72.0	107
〃 5	875	15/1	45.0	15.0	60.0	77
〃 6	875	10/1	45.8	5.4	51.2	60
〃 7	900	20/1	48.1	29.7	77.8	152
〃 8	900	15/1	50.3	21.5	71.8	107
〃 9	900	10/1	41.3	13.3	54.6	60
〃 10	925	20/1	52.7	42.9	95.6	228
〃 11	925	15/1	50.1	29.4	79.5	152
〃 12	925	10/1	57.6	22.6	80.2	122
〃 13	950	20/1	55.0	48.5	103.5	243
〃 14	950	15/1	51.1	38.8	89.9	213
〃 15	950	10/1	60.5	32.1	92.6	183

2-f) 各種運転例の比較表

		第 9 表						
実 験 番 号		A-045	A-048	A-049	S-004	RA-1.1-002	M-1-002	RM-1-1.1-002
原 料 油		アラビ ア軽油	同 左	同 左	ボルネ オ軽油	アラビア軽油 軽質サイクル油	混合軽油	混 合 軽 油 軽質サイクル油
反 応 温 度	°F	900	900	875	900	900	900	900
cat/oil 比		20/1	15/1	20/1	15/1	15/1	15/1	15/1
リサイクル比		0	0	0	0	1.1	0	1.1
脱ブタンガソリン	% vol.	25.6	29.1	27.9	22.1	47.6	29.9	47.0
軽質サイクル油	% vol.	47.1	50.3	49.2	55.8	26.3	26.8	} 24.6
重質サイクル油	% vol.	7.3	7.5	9.4	11.0	8.0	22.0	
C ₂ and lighter	% wt.	4.8	3.2	3.0	3.6	4.4	3.3	5.9
Propane	% wt.	2.4	1.4	1.5	1.1	2.7	1.7	2.0
Propylene	% wt.	3.3	2.6	2.4	1.7	4.7	4.2	5.0
Butane	% vol.	4.9	3.2	1.9	1.8	2.8	5.0	6.0
Butylene	% vol.	4.5	3.2	1.8	1.4	2.9	4.8	8.5
コ ー ク ス	% wt.	2.8	1.7	2.5	3.1	3.2	4.7	6.2
分解ガス収量	cc/原料油cc	97	73	61	62	102	113	174
分 解 率	%	45.6	42.2	41.4	33.2	65.7	51.2	74.5
原 料 油 性 状								
比 重	15/4°C	-	-	-	-	0.819	-	0.869
引 火 点	°C	-	-	-	-	77.0	-	72.0
ア ニ リ ン 点	°C	-	-	-	-	68.7	-	-
全 硫 黄 分	% wt.	-	-	-	-	0.55	-	1.02
蒸 溜 性 状								
I.B.P.	°C	-	-	-	-	201	-	208
10%	°C	-	-	-	-	222	-	236
50%	°C	-	-	-	-	250	-	276
90%	°C	-	-	-	-	293	-	393

前記結果を次に図示する。

第2図 アラビア系軽油 A-2 の Once
Through 運転結果 第3図 ボルネオ系軽油 S-1 の Once
Through 運転結果

第4図 混合軽油 M-1 の Once Through 運転結果

第5図 アラビア系軽油 A-2 のリサイクル運転結果
(分解ガス収量の比較)

Ⅲ F. C. C. 実装置運転結果

作業系統の概要を第6図に示す。

第6図 F. C. C. 作業系統概要図

例 1 下津製油所における運転例

		第 10 表					
No.		1	2	3	4	5	6
反 応 温 度	°C	493	493	500	492	489	495
リ サ イ ク ル 比		1.35	1.00	0.61	0.87	0.78	0.90
分 解 率	% vol.	68.0	58.9	59.8	60.4	56.8	54.8
分 解 ガ ソ リ ン	% vol.	40.3	33.3	35.4	39.7	38.0	38.6
軽 質 サ イ ク ル 油	% vol.	26.7	30.1	30.3	34.6	34.2	33.7
重 質 サ イ ク ル 油	% vol.	5.3	11.0	9.9	5.0	9.0	6.4
ブ タ ン	% vol.	11.5	13.1	11.8	4.7	3.6	4.7
i-ブ チ レ ン	% vol.				2.4	1.9	2.8
n-ブ チ レ ン	% vol.				2.7	2.0	3.1
プ ロ パ ン	% wt.	7.6	6.1	8.4	1.6	1.4	2.0
プ ロ ピ レ ン	% wt.				5.0	4.4	4.8
ド ラ イ ガ ス	% wt.	3.7	4.5	5.4	5.0	6.3	5.2
コ ー ク ス	% wt.	8.8	7.7	7.3	13.1	7.8	8.4
原 料 油 性 状							
比 重	15/4 °C	0.881	-	0.868	-	-	-
I. B. P.	°C	251	-	205	-	-	-
10%	°C	279	-	246	-	-	-
50%	°C	336	-	314	-	-	-
90%	°C	395	-	398	-	-	-
ア ニ リ ン 点	°C	72.4	-	-	-	-	-
硫 黄 分	% wt.	0.89	-	0.63	-	-	-
流 動 点	°C	+ 15.0	-	+ 12.5	-	-	-
引 火 点	°C	110	-	90	-	-	-

例 2 他の例について次表に示す。

		第 11 表						
No.		1	2	3	4	5	6	7
反 応 温 度	°C	482	482	510	499	507	524	520
リ サ イ ク ル 比		0.1	1.30	0.23	0.03	0.17	0	0.20
分 解 率	% vol.	60	75	47.4	48.3	57.1	53.0	51.4
cat/oil 比		10.8	21.2	14.4	13.1	15.3	18.7	16.0
脱ブタンガソリン	% vol.	38.5	48.9	35.3	40.5	48.4	38.0	33.6
軽 質 サ イ ク ル 油	% vol.	30.0	17.0	28.8	27.4	21.3	21.0	26.6
重 質 サ イ ク ル 油	% vol.	10.0	8.0	23.8	23.3	19.6	26.0	22.0
C ₂ 以 下 ガ ス	% wt.	2.9	4.6	5.5	4.4	5.4	4.5	7.4
プ ロ パ ン	% wt.	2.6	2.3	1.0	0.8	1.1	1.5	1.5
プ ロ ピ レ ン	% wt.	3.5	4.1	1.8	1.6	2.3	4.7	2.1
ブ タ ン	% vol.	10.1	9.0	1.4	1.9	2.3	4.3	1.5
ブ レ チ ン	% vol.	5.0	7.1	3.5	4.7	5.9	4.7	4.3
コ ー ク ス	% wt.	6.0	11.0	6.8	6.5	7.7	6.0	6.5
原 料 油								
比 重	15/4 °C	0.844	0.896	0.882	0.925	0.923	0.922	0.919
I. B. P.	°C	-	-	-	-	-	-	177
10%	°C	-	-	227	258	247	-	286
50%	°C	-	-	312	388	391	-	375
90%	°C	-	-	417	463	464	-	-
全 硫 黄	% wt.	-	-	0.72	1.15	1.15	-	0.95
流 動 点	°C	-	-	10.0	15.6	18.3	-	-
引 火 点	°C	-	-	-	-	91	-	104
コ ン ラ ド ソ ン	% wt.	-	-	0.12	0.23	0.13	-	0.14
炭 素	% wt.	-	-	-	-	-	-	-
ア ニ リ ン 点	°C	-	-	65.2	63.3	62.2	-	67.2
Characterization Factor : K		11.8	11.75	11.5	11.43	11.47	11.42	11.42
触 媒		MS型	〃	Filtrol SR	MS型	〃	〃	Filtrol SR
活 性 度	cat "A"	Si-Al	-	21.0	Si-Al	22.5	23.8	-
		-	-	-	-	-	-	22.2

IV 結 語

F.C.C. についてはすでに夥しい外国文献が発表されており、今更こと新しくこれに追加すべき事項を持たない。かつわれわれの実験はまだ進行中のことでもあり、結論を述べる段階にも到っていない。従つてここには細部にわたる考察を割愛し、われわれの得たデータのみをきわめて簡単に紹介するに止めた。

われわれの与えられる原油の種類には種々の事情に基く制約があり、この限られたものを原料とした場合のガス源推定の一資料にもと希うものである。

なお最後に本発表を許可された弊社加藤技術部長並に大岩研究所長に対し深甚の敬意と謝意を表すものである。

Gas from Fluid Catalytic Cracking

by Kenji Kanasaki

(Maruzen Oil Co.)

SYNOPSIS:— We presented some datas about the gases obtained by Fluid Catalytic Cracking Unit using Arabian and Bornean Gas Oil as charging stocks. And it seems that these gases are very useful as the first raw materials of petrochemical industries in our country, now.

U.D.C.661.93

酸素製造装置について

——昭和30年5月10日例会講演——

日本酸素株式会社 門 奈 五 兵

要旨: 最近酸素ガスの利用は石炭のガス化、製鋼、精錬および化学工業において非常に発展している。

日本酸素株式会社¹⁾はこれらの目的にかなう酸素製造装置を製作しており、ここでは同社製で現在製鉄所および同社酸素工場で稼働中の若干について述べた。最後に最新式の酸素製造装置の自動制御装置に関して筆者が原子力調査団の一員として旅行中にカナダおよびアメリカで視察したものについて述べた。

I 緒 言

最近酸素ガスの利用は石炭のガス化、製鋼、精錬および化学工業において非常に発展している²⁾。

当社¹⁾も永年の経験と研究に基き、この目的にかなう大型酸素製造装置を製作しており、すでに製鋼用として 2,000m³/h 酸素製造装置(当社型式 HNR 型)を川崎製鉄株式会社荏原工場³⁾および日本鋼管株式会社川崎製鉄所へ納入し、現在順調に運転中である。なお川崎製鉄株式会社千葉製鉄所へも目下建設中である。これらの装置はいずれも98%の大量酸素 2,000m³/h と同時に 99.5% の高純酸素または 99.9% の高純窒

素それぞれ 100m³/h を同時に製造し得るものである。

また富士製鉄株式会社釜石製鉄所へ納入した 500 m³/h 酸素製造装置⁴⁾(当社型式 MKP 型)は本邦最初の液体酸素直接圧送方式を採用したものであり、完全に乾燥した圧縮酸素を製造する特徴があり、現在好調に稼働中である。

また半水性ガス製造用として 800m³/h 酸素製造装置⁵⁾(当社型式 HNR 型)を名古屋市東邦理化学工業株式会社へ納入し、現在順調に運転中であり、ルルギ式完全ガス化法に用いる 2,000m³/h 酸素製造装置(当社型式 MNR 型)を日本水素株式会社小名浜工場に納