全低圧式空気分離装置と組合わせた深冷窒素洗浄装置

Nitrogen Washing Plant Combined with Low Pressure Air Separation Plant

内 容 梗 概

原油あるいは天然ガスに酸素を添加して水素を製造し、これに窒素を加えてアンモニヤ合成用ガスを精製する場合、酸素と窒素を空気分離装置により発生させ、原料水素ガスの精製には -190°C の極低温下で液体窒素により不純物を洗浄除去する窒素洗浄装置を採用する方式が最も効果的である。

本報告は空気分離装置に最も効率のよい全低圧式空気分離装置(TOプラント)を採用し、これにより過冷却された液体窒素を窒素洗浄装置に供給するように、空気分離装置と窒素洗浄装置とを結合した日立独特の組合わせ形装置に関するものである。

この種の装置は TEXACO PROCESS と組合わせ、昭和33年別府化学工業株式会社に納入し約2年近く良好な運転成績を得ている。その後同様の装置が旭化成工業株式会社においても、昭和34年12月運転にはいっている。また、NEW FAUSER PROCESS と組合わせた装置としては、日産化学工業株式会社へ納入すべきものが目下建設中である。

本装置の要点は

- 1. 全低圧空気分離装置との組合せ形式であるため、装置が大幅に単純化せられ建設費、設置面積を縮小し うる。
- 2. 強力な大形膨脹タービンによる寒冷発生のため、所要動力は、従来のものの½ですむ。
- 3. 空気分離装置と窒素洗浄装置が互に作用して、装置として安定性を欠くと危ぶまれたことがきゆうであることを実証した。

今後の窒素洗浄装置のありかたとして、決定的な方向を示したものとして、その意義はきわめて大きい。

1. 緒 言

従来,アンモニヤ合成用の原料水素ガスは,水の電解あるいは,石炭,コークスなどをガス化することによって求められていたが,最近は,原油,重油,天然ガスなどを部分酸化し,水素を主成分とする原料ガスをうる方式に転換されつつある。こうして発生した原料ガスを,深冷窒素洗浄装置によって精製し,窒素を加えてアンモニヤ合成用に組成を調整する。

本プロセスに必要な多量の酸素および窒素が安く得られることに、大きな意味があることは当然である。この点 TO-プラント (Tonnage Oxygen Plant)はなくてはならぬ装置である。また水素を精製する深冷窒素洗浄装置も、 -190° C \sim - 200° Cという極低温で液体窒素により洗浄する方式であるため、古い銅液洗浄方式に比べ、性能もすぐれ、合理化された最適の装置である。

深冷窒素洗浄装置は、ジュールトムソン効果を利用するとか、膨脹エンジンによるとかして、洗浄装置自身で必要な寒冷を発生しているのが普通である。以下に述べる窒素洗浄装置は、この寒冷発生方法に大きな特長がある。すなわち、TO-プラントと窒素洗浄装置をそれぞれ独立した別の装置であるという考え方を捨て、二者を有機的に結びつけ、窒素洗浄装置の寒冷をもTO-プラントが補償するようにしているものである。

2. 装置の役割

窒素洗浄装置および空気分離装置はアンモニヤ合成プロセスの根 幹となるものである。そのプロセスの概略をのべる。

2.1 原料ガス発生方式の一例

原料ガス発生方式の一例としてテキサコプロセスについてのべると、これはアメリカ Texas Company, Texaco Development Corp. および Hydrocarbon Research Inc. の発明によるものである。

* 日立製作所日立工場

主要な特長として,次の三つをあげることができる。

- (1) ガス発生炉は、耐火物を内張りにした簡単な構造であり、 触媒を使用しない。
- (2) 使用できる原料の範囲が広い。すなわち、天然ガス、石油精製廃ガス、コークス炉ガス、原油、軽質油、重油、石炭など、ガス状、液状、固体にかかわりなく原料として使用できる。
- (3) 加圧ガス化である。約 30 kg/cm²g の加圧状態であるから 装置全体がコンパクトになり、経済的である。

天然ガスの場合は、 O_2 と CH_4 の燃焼により高温を発生し、生成した CO_2 と水蒸気によって、過剰炭化水素を分解し、 H_2 および CO を生成する。

液状原料の場合には、 O_2 のほかに蒸気が添加される。油状原料はガス状原料に比べて、C/H比が大であって原料中の炭素に対して、必要な O_2 を一部蒸気の形で供給し、ガス化率をたかめるとともに、反応温度を調節するためである。

第1図に示すフローシートについて簡単に説明する。

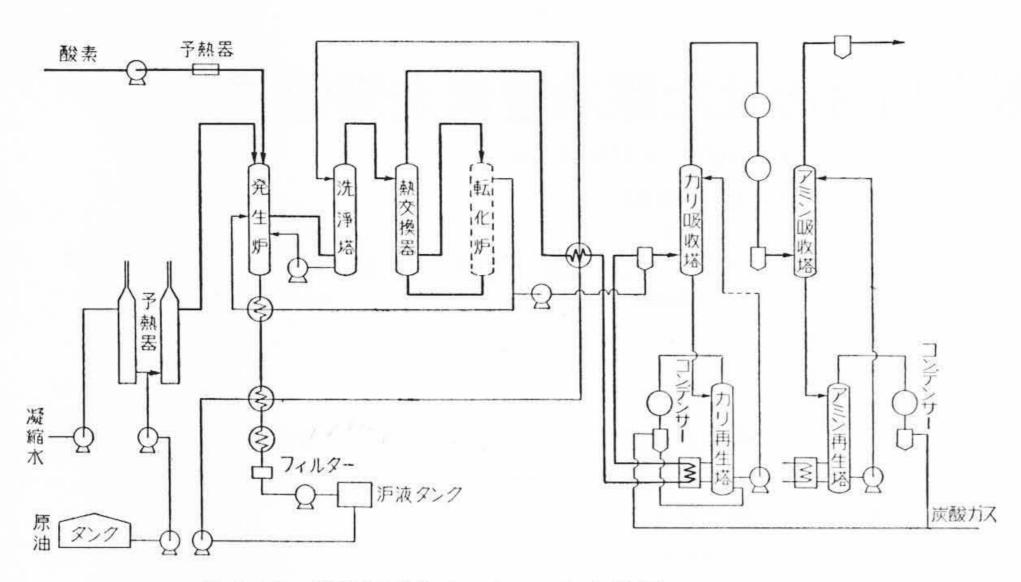
テキサコバーナから O_2 , 油, 蒸気が炉内に吹込まれる。 O_2 は, TO プラントで発生したものを昇圧し、予熱されて、バーナにいたる。蒸気は、加圧燃料(油)と混合後、予熱器で予熱されて、ガス化炉に吹込まれる。ガス化炉は約 $30 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ 1,300°C~1,400°C であり、ここで、 O_2 と反応して、 H_2 と CO に、分解される。発生ガスは、冷却水と直接接触して冷却され、次の転化炉で CO_2 に転化されたのち、熱炭酸カリおよび MEA (Mono Ethanol Amin) により、 CO_2 が吸収除去され窒素洗浄装置にはいる。

2.2 窒素洗浄装置

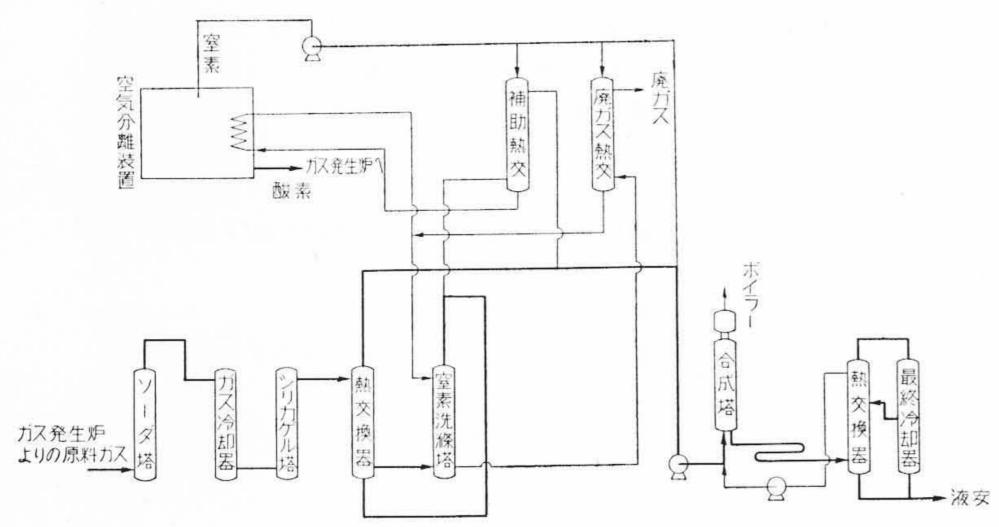
上記ガス発生炉で得られた水素を主成分とする原料ガス中には、CO₂, CO, CH₄ などの不純物を含んでおり、アンモニヤ合成上好ましくないので、窒素洗浄装置で精製することになる。

窒素洗浄装置では、原料ガスを加圧下で、-200℃付近の極低温

H



第1図 TEXACO 加圧ガス発生装置フローシート



第2図 アンモニヤ合成プロセス概要

第1表 原料ガス組成の例

が容量%	スの 種類	H ₂	СО	CO ₂	СН4	N ₂	Ar	O ₂	H ₂ S	cos	H ₂ O
例	1	92.38	5.9	0.03	0.38	0.34	0.97		10 ppm	20 ppm	飽和
例	2	90.76	7.0	5ppm	1.00	0.81	0.27	0.16	4 ppm	5 ppm	飽和
例	3	91.88	6.46	10.28		145 (5 1) C F 7 (5) (1)	1.04	-	10 ppm	1 ppm	飽和
例	4	91.6	5~7	0.1	$^{0.2\sim}_{0.5}$	$0.1 \sim 0.2$	0.6	-	_	-	飽和

第2表 各組成ガスの性質

成 分	臨 界 圧	臨界温度	沸点	凝固点		
H ₂	12.8 atm	-240°C	−252.7°C	−259.1°C		
CO	35.0	-138.7	-191.5	-207.2		
CO_2	73.0	-31.1	- 78.5	- 56.6		
CH ₄	45.8	-82.1	-161.4	-184.0		
Ar	48.0	-122.0	-185.7	-189.2		
O_2	49.7	-118.9	-183.0	-218.4		
N_2	33.5	-147.2	-195.8	-209.9		

まで冷却し、液体窒素で洗浄するプロセスにより、原料ガス中の CO_2 、CO、 CH_4 などの不純物を完全に除去する。さらに、水素ガスと窒素ガスの混合比を、アンモニヤ合成に必要な 3 対 1 の割合に調整する。窒素洗浄装置のフローシートについては後述するが、従来は、このプロセスに相当する部分には原料ガスを高圧下で銅液により洗浄するいわゆる銅液洗浄法が多く採用されていた。しかし、この方法では CH_4 、Ar を除去することができずまた CO の除去も十分にできぬ欠点がある。

アンモニヤ合成プラントのプロセスの概要を**第2**図に示す。ガス発生装置に酸素を供給するとともに、窒素洗浄装置に窒素を供給するのが、空気分離装置(TO-プラント)であり、アンモニヤ合成ガスの最終的な精製および調整をするのが、窒素洗浄装置である。

3. 液体窒素による合成ガスの洗浄

窒素洗浄装置に供給される原料ガスの組成は,場合により,多少異なるが概略は第1表の例に示すとおりである。

これらのガスの物理的性質を第2表に示す。

窒素洗浄装置では、 H_2 以外のガスは、液体窒素の洗浄により、完全に除去しなければならない。すなわち、 CH_4 は完全に除去、 O_2 および CO は数 ppm 程度におさえる必要がある。

 H_2 は上表に示すように -250° Cにならなければ液化しないことがほかのガスに比べて大きくちがっている。 CO_2 と CH_4 は比較的沸点がたかく, CO_2 は -79° C 付近に凝固点があり, CH_4 は -184° Cにおいて凝固する。窒素洗浄装置は最低温度が -200° C 付近に達する洗浄装置であるから,装置内で凝固する成分はあらかじめ十分除去しておくことが必要であり, H_2O と CO_2 についてはとくに確実に除去することが必要である。

ここで、不純物のなかで一番沸点の低く、また含有量の多いCOが問題となり、 H_2 - N_2 -COの三成分の平衡関係を知りその実態をはあくすることが問題の解決の鍵であるといえる。

H₂-N₂-CO 三成分素の平衡に関しては Ruheman と Verschoyle が発表しているデーターを **第3**図 に掲げる。

洗浄塔の物質平衡について少し考えてみる。

第4図で原料ガスGはほとんど H_2 であり不純物として CO と N_2 を含むと考え飽和状態で塔に供給され

るものとする。このガスは塔内を上昇して上部から流下する液体窒素Nと接触し塔頂ではCOはほとんど完全に除去され, H_2+N_2 の混合精製ガスとなって塔を出る。この精製ガスをMとする。塔頂からの液体窒素は塔内温度まで過冷却されたものとし塔内を流下し原料ガス中のCOを液体として受入れ塔底より一部 H_2 ガスを含んだ $CO+N_2$ の混合廃液として放出される。この廃液をRとする。

つぎにガスまたは液中の CO%をX%としガスまたは液の流量を m とする。Suffics にガスまたは液の上記の記号 G, N, M, R, をつけるとして CO についてマスバランスを立てると

$$X_R \bullet m_R + X_M \bullet m_M = X_G m_G + X_N m_N$$

塔頂から出ていく混合精製ガス中には CO は数 ppm の程度であるから, $X_N=0$, $X_M=0$ と考えてよい。

したがって $X_R \cdot m_R = X_G \cdot m_G$

$$m_R = m_G \left(rac{X_G}{X_R}
ight)$$

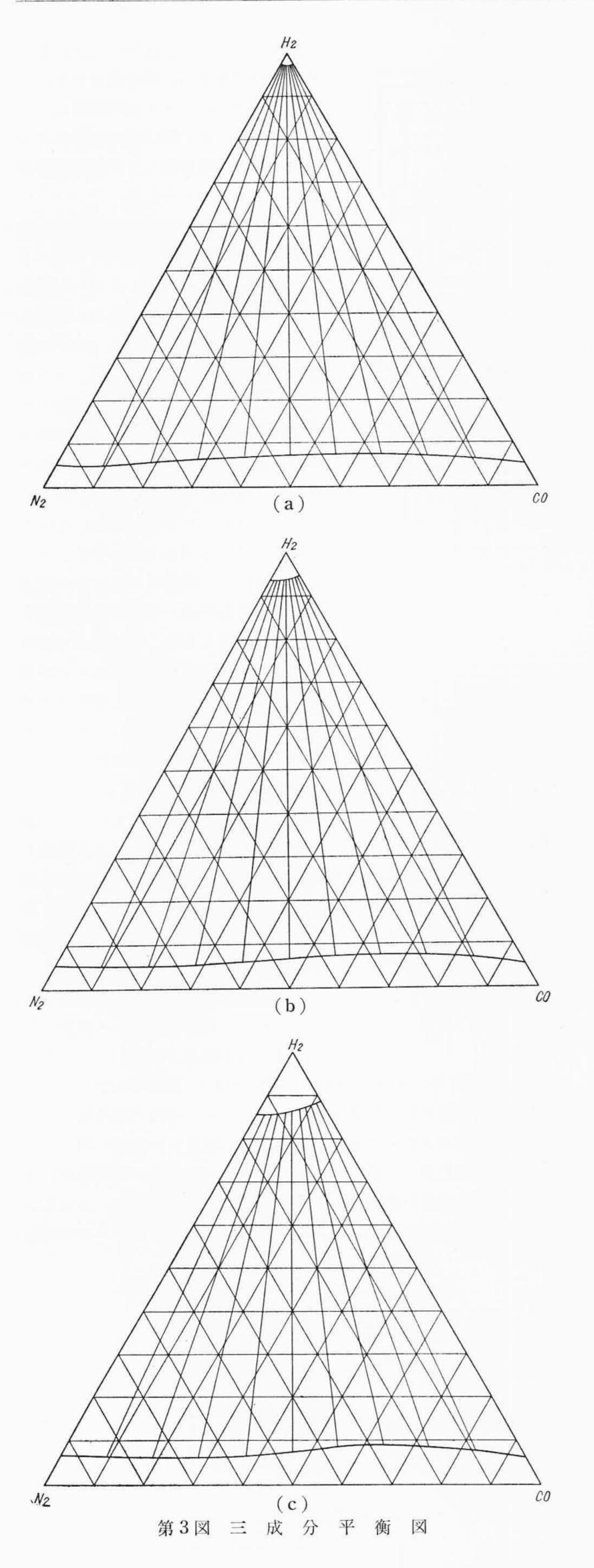
N2 と CO の蒸発潜熱はほとんど等しいことを考えて

 $m_R \doteq m_N \ge 3$

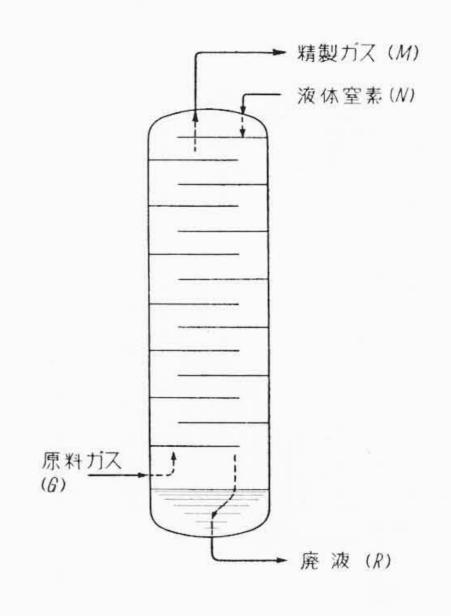
$$m_N \doteq m_G \left(\frac{X_G}{X_R}\right)$$

原料ガス m_G および X_G を一定とすると、 X_R の大きいほど m_N すなわち洗浄に必要な窒素量は少なくてすむから、 N_2 ガスの圧縮に必要な動力は少なくてすむわけである。今前にのべた三成分平衡関係を考慮して洗浄の必要な最小洗浄液体窒素量 (m_N) と洗浄圧の関係を調べてみると第5図のとおりになる。

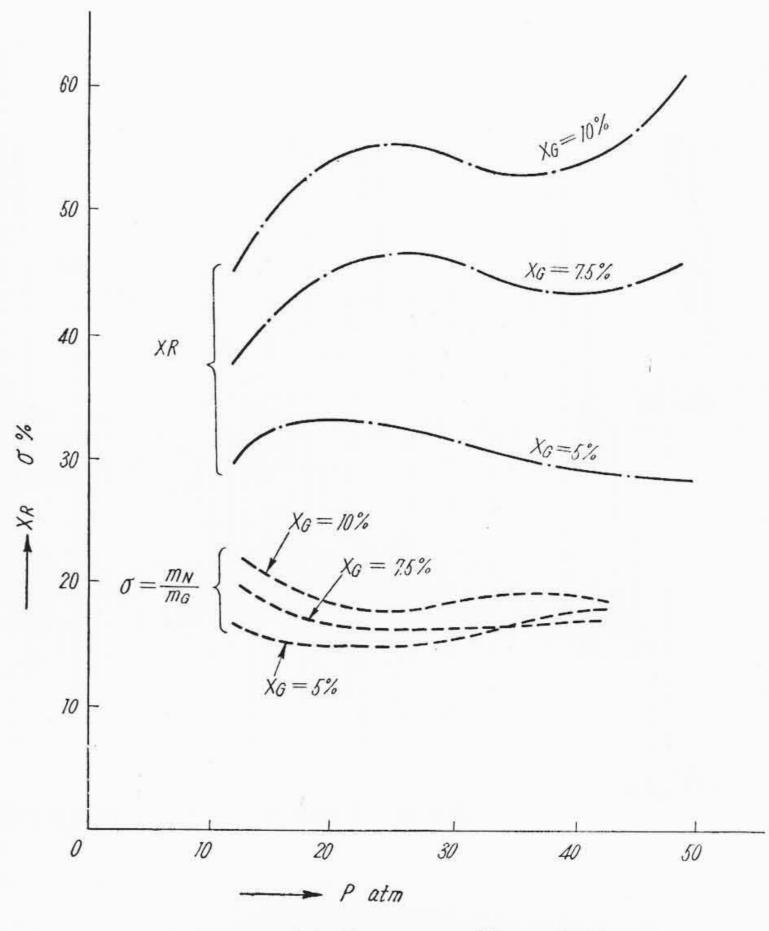
図中 σ は、最小洗浄液体窒素量と原料ガス量の比である。原料ガス中の CO 含有量 (X_G) の 5%, 7.5%, 10%に対して、洗浄圧Pと σ の関係を示したのが点線である。ここで X_R は、廃液中の CO 含有量である。 σ は小さく、 X_R は大きいほうが、洗浄に必要な液体窒素



量は少ないから有利である。図によると 10 atm 以下になると σ の値は増大する傾向にある。 X_R の値は X_G の増大とともに増大し, X_G の影響のほうが,圧力の影響よりも大きい。圧力が 20 atm から 40 atm 付近の間では,圧力の σ に対する影響はあまり大きくない。



第4図 洗净塔説明図



第5図 洗浄塔圧力と σ , X_R の関係

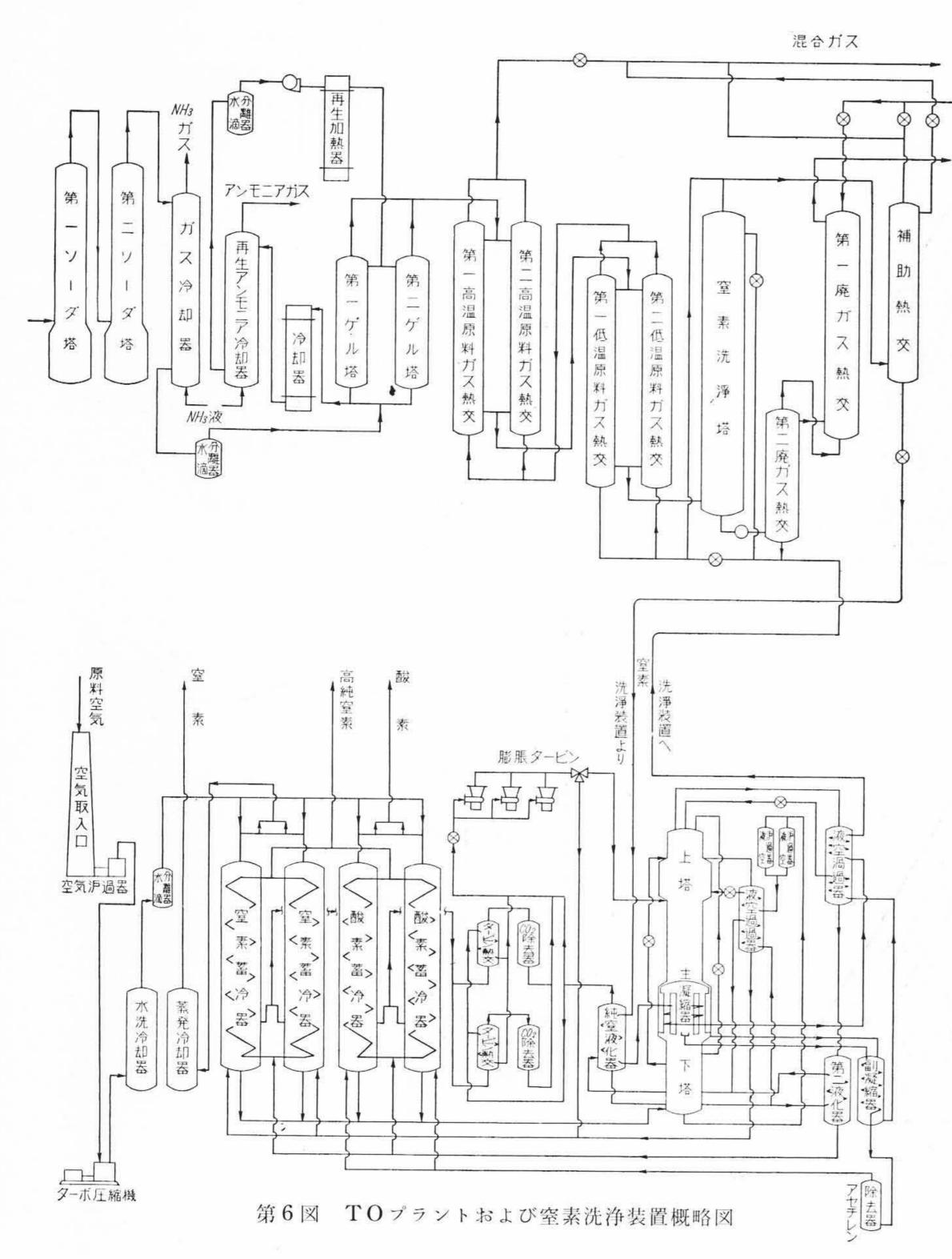
一方 σ と洗浄温度との関係を調べてみると σ は-185°C以上の温度では急に大きくなる傾向にある。結局、洗浄は $20\sim30$ atm で行うのが有利であることがわかる。

4. 装置の方式

窒素洗浄装置のフローシートについて説明する。 本装置の構成は下記のとおりなっている。



原料ガスを −190°C 程度まで予冷して洗浄塔に導き液体窒素によ

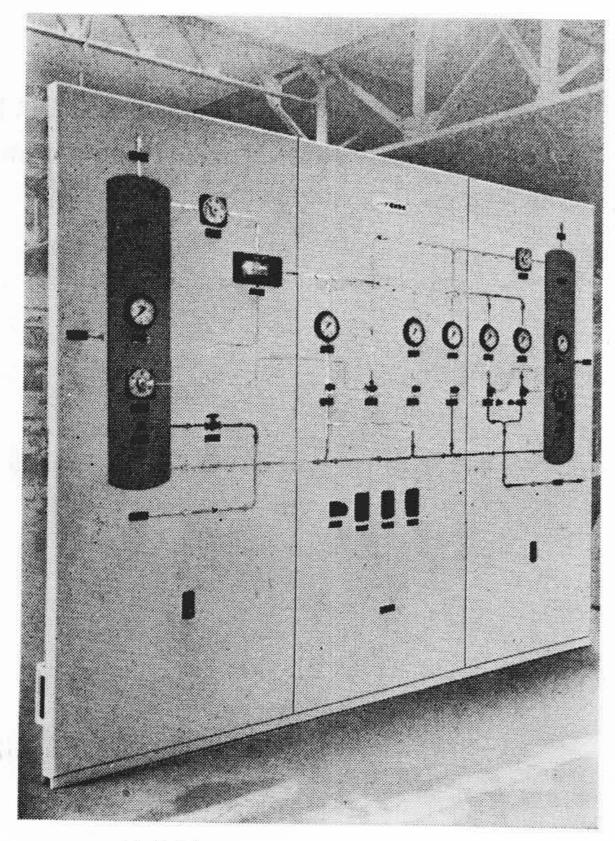


り洗浄することは、ほかの方式においても同一であるが、寒冷発生の方法、熱交類のフローシート上の配置などに相違がある。第6図は別府化学株式会社納の空気分離装置および窒素洗浄装置のフローシートである。

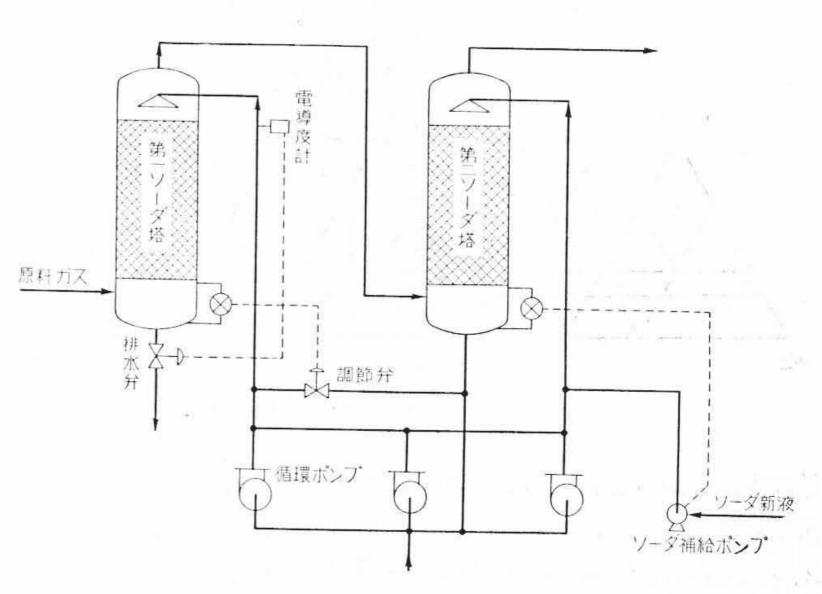
ガス廃生炉で発生した約 28kg/cm²g の水素を主成分とする原料ガスは, ま ずソーダ塔にはいる。ここで,不純物 として含有されている炭酸ガスは苛性 ソーダにより洗浄されて数 ppm の微 量になる。つぎに原料ガスは、ガス冷 却器にはいり, アンモニヤ冷却器で冷 却され 3~5℃ になる。ここで原料ガ ス中の水分は凝縮するので, この水分 をつぎに水滴分離器で除去し, さらに 残った水分も,ゲル乾燥器に入れて -60℃程度の露点まで脱水する。ここ までの過程で, 炭酸ガスと水分の除去 された原料ガスは, つぎに保冷槽内の 深冷機器に流入する。2基並列で切換 使用される高温原料ガス熱交および低 温原料ガス熱交にはいる。窒素洗浄塔 頂部から出てくる精製されたガスと熱 交換し−188°C~−190°C程度まで冷却 されて,低温原料ガス熱変を出るが,こ の間に原料ガス中に残っているごく微 量の炭酸ガスや水分は, 完全に凝縮し て除去されている。凝縮除去された炭 酸ガスや水分は熱交内に付着するの で, 一定周期をもって切換え, 加温再 生して使用する。

窒素洗浄塔に流れ込んだ原料ガス は,塔内を上昇し,頂部から供給され る洗浄用液体窒素と接触して,しだい

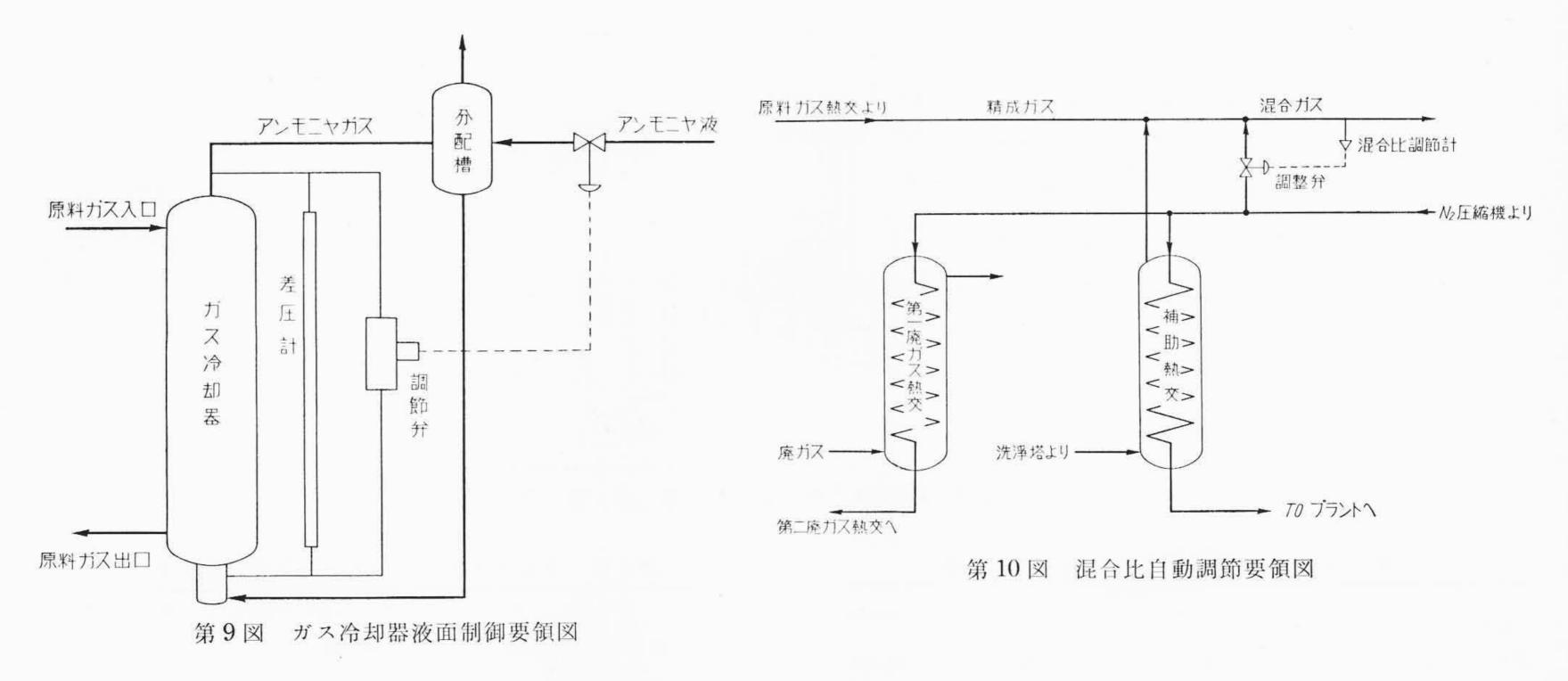
に CO, Ar, O_2 などを液体窒素中に液化させて, 頂部では完全にこれら不純物の除去された水素と窒素の混合ガスとなる。洗浄塔の頂部から出る精製ガスの大部分は, 前にのべた原料ガス熱変に導かれ, 原料ガスと熱交換して常温となる。ほかの一部分は, 補助熱交にはいって, 寒冷補償用窒素ガスと熱交換して, 温度回復し, ふたたび両者は, 装置外部で合流する。この精成ガスは, アンモニヤ合成塔

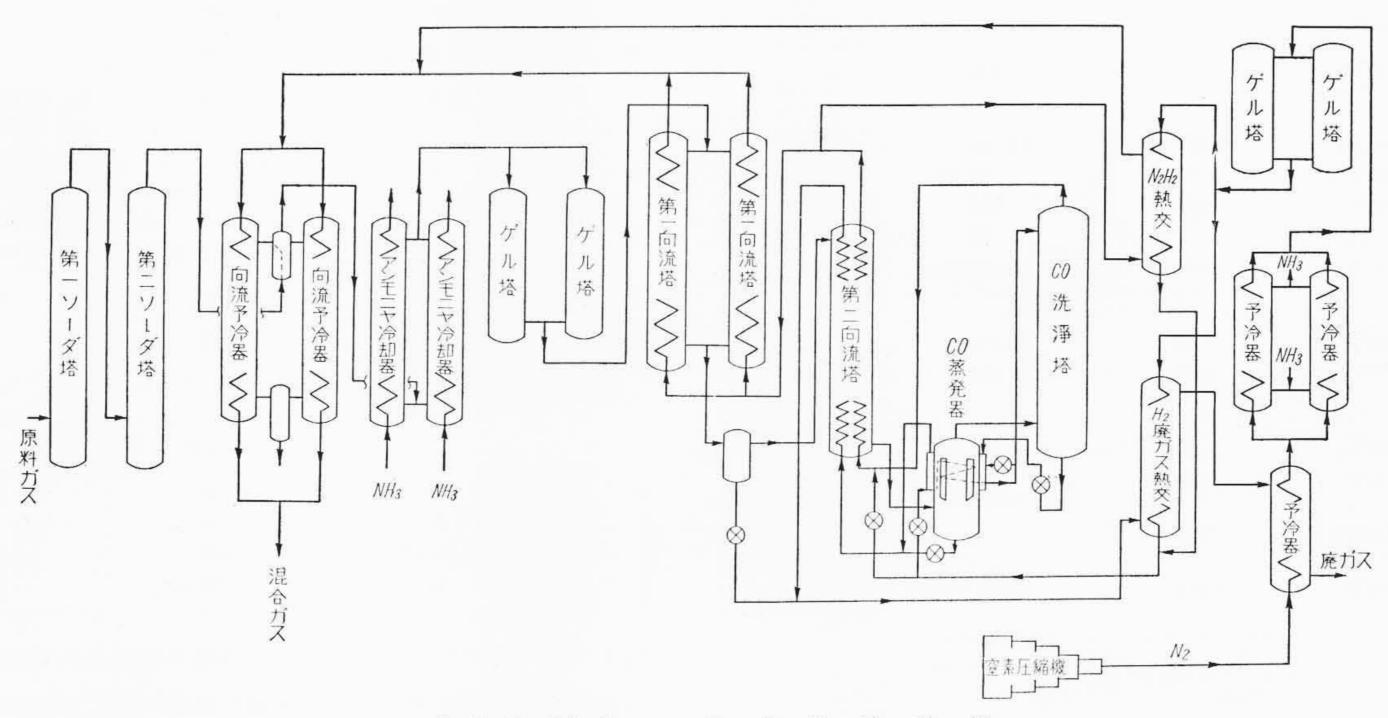


第7図 ソーダ塔制御盤



第8図 ソーダ塔自動制御要領図





第11 図 Linde の 窒 素 洗 浄 装 置

に送り込まれるわけであるが、その前に、不足窒素ガスを添加して 水素と窒素の割合が3対1になるよう自動混合比調節装置によって 調整されアンモニヤ合成ガスとなる。

窒素洗浄塔下部に廃液としてたまる原料ガス中の不純物を含んだ液は、膨脹弁で大気圧付近まで減圧して第2廃ガス熱交から第1廃ガス熱交を通り常温まで温度回復し装置外に出る。廃ガス熱交で廃ガスと熱交するのは、圧力25 kg/cm²gの窒素ガスは第2廃ガス熱交を出るときには-190度程度の過冷却された液体窒素になる。この窒素はTOプラントのほうからくる寒冷補償の液体窒素と合流して窒素洗浄塔頂部から洗浄液として塔内に送りこまれる。

以上で窒素洗浄装置のフローの概略を説明したが、この装置は -200°C近い低温で稼動する装置であるため、周囲から装置内に熱が 侵入したり、また熱交換率が100%でないための寒冷損失を考えねば ならない。この損失を補うためになんらかの方法により寒冷を供給して装置を熱的に平衡状態にしておかねばならない。TO-プラントの場合には、膨脹タービンがあってこの役目を果している。しかしこの窒素洗浄装置の場合には、洗浄装置自身には寒冷発生機関がなく TO-プラントがこの窒素洗浄装置の寒冷をも補償するように膨脹タービンの容量を大きくして過冷却の液体窒素をつくり、これを 窒素洗浄装置に供給することにより、窒素洗浄装置と TO-プラントを熱的に一体に結合している。

この寒冷補償回路について簡単に説明する。窒素洗浄装置の補助 熱交である程度冷却された加圧窒素ガスは、TO-プラントに導かれ 純窒素液化器、精溜塔、液窒過冷却器により順次液化され高圧の液 体窒素となって窒素洗浄装置にもどる。加圧窒素ガスを液体窒素と してもどしてくる間の熱量差を TO プラントのほうでつけてやるこ とにより窒素洗浄装置の寒冷を補償しているわけである。

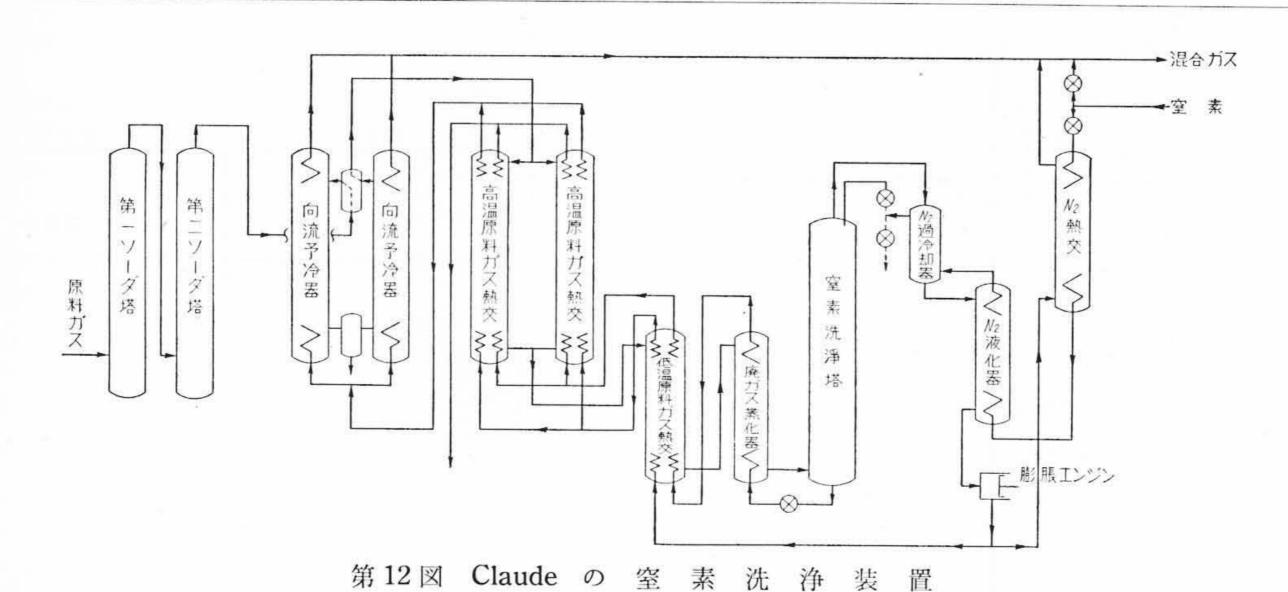
5. 装置の自動化

装置の単純化の効果を、さらに有効にするために、比較的人為操作を必要とする部分は自動化をはかり、運転人員の減少、誤操作の防止をはかった。

5.1 ソーダ塔自動制御

原料ガス中には CO_2 ガスを不純物として含んでいる。これを除くため、まずソーダ塔により、一定濃度のソーダ液と接触させることにより、原料ガス中の CO_2 ガスを吸収除去する。ソーダ塔は、第1ソーダ塔と第2ソーダ塔の2基を直列に設置して使用し、それぞれ一定量のソーダ液を循環させて連続的に使用している。ソーダ液は、連続使用しているうちに、当然その CO_2 吸収能力が低下してくるので、適当な時期に、ソーダ液を新しいソーダ液と入換えねばならなくなる。

この操作は従来手動で行われていたが、非常に手間を要するはん



第3表 窒素洗浄装置の各方式の動力比較 方式 日 立. Linde Claude 項目 原料ガス量(Nm³/h) 10,000 10,000 10,000 洗净圧力(kg/cm²G) 24 24 24(13) 冷凍機出力 (kW) ×33 120 混合ガス圧縮機 ガ ス 量 (Nm³/h) 12,000 12,000 12,000 吸入圧(kg/cm²G) 23 23(12)8 吐出压(kg/cm2G) 300 300 300 吸 入 温 度 (℃) 20 25 力 (kW) 1,640 1,640(1980) 2,310 窒素圧縮機 吐出圧 (kg/cm²G) 28 124 28 力 (kW) 880 585 585 酸素圧縮機 吐出圧 (kg/cm²G) 25 25(15) 25 出 力 (kW) 600 600(540) 600 空 気 分離装置 電力増加分 (kW) *220 0 出 力 総 計 (kW) 3,078 3,240(3,580) 3,495 * は結合形である ()内は洗浄圧の ため 13 kg/cm²G時 × はガス中の脱水

雑な操作である。ソーダ液の濃度に、常に注意して、CO2の吸収を 効果的にするよう操作せねばならない。

の値

が目的

ソーダ液の排出および新液補給の操作も複雑で手間を要するもの である。本装置ではこのソーダ塔の操作を自動化し運転人員の節 減,運転の安定確実化をはかった。循環しているソーダ液の濃度を 検出しソーダ液を交換しなければならない濃度になったら第1ソー ダ塔のソーダ液を排出し、第2ソーダ塔の比較的 CO2 吸収能力の落 ちていないソーダ液を第1ソーダ塔に移し第2ソーダ塔へはソーダ 新液を補給ポンプにより補給する操作を自動的に次々にやらせるよ うにした。この自動制御にはもちろん警報装置も併設してあり液面 の上限下限のセット調節など自由にできるようになっている。

5.2 ガス冷却器液面制御

ソーダ塔を出た原料ガスはガス冷却器に入り, ここでアンモニヤ によって冷却される。ガス冷却器に入る原料ガスの量, 圧力, 組成 などが変化するために生ずる微小な熱負荷の変動にたいしてもつね に冷却効果を一定に保つことを目的としてアンモニヤ液の自動調整 装置を設置した。アンモニヤ液面を検出し、アンモニヤ液入口弁を 調節させ,液面を一定に保つと同時に,アンモニヤガス出口に圧力 調整弁を設け、アンモニヤの蒸発圧力を自動調整することにより蒸 発温度を一定に保つようにつくられている。

5.3 混合比自動調節

アンモニヤ合成用のガスは周知のとおり、水素と窒素の混合比が

突 表 洗 海 壮 署 セ ト バ 宛 与 八 厳 壮 署 仏 祥 の 畑

	項	目	例	1		例	2
	原料ガス量	(Nm³/h)	1	.0,000		5	,100
	原料ガス圧力(kg/cm ² G)	24.	6~28			24
窒	原料ガス	且度(℃)		35			40
素	原料ガス糸	且成(%)	H ₂ CO	91.6 5~7	CO	5.9	H ₂ S 10 ppm COS 20 ppm
洗			CO_2 N_2	$0.1 \\ 0.1 \sim 0.2$	CO ₂ N ₂	0.03	
浄			Ar CH4	$0.6 \\ 0.2 \sim 0.5$	Ar CH4		
装	精成ガス量	(Nm³/h)	1	2,000		6	,130
置	精成ガス圧力(22.5			
	精成ガス糸	且成(%)	N_2	75 25 10 ppm 以	H ₂ N ₂ 下 CC	25	ppm 以下
空気分雅庋置	酸素発生量酸素 純窒素発生量窒素 純	度 (%)		4,000 98 以上 4,500 99.99 以上		1 2	,500 95 以上 ,600 9.99 以上

3対1でなければならない。窒素洗浄塔の頂部から精成されて出て くる水素を主成分とするガスは常温に温度回復したのち, さらに窒 素を添加して混合割合を水素 75% 窒素 25% になるよう調整する必 要がある。

本装置では混合比調節計により混合後のガスの組成を検出し, 添 加窒素量を調整弁で自動的に調整するようにつくられている。

6. ほかの代表的装置との比較

窒素洗浄装置として世界的に認められている Linde および Claude の装置を, 日立の窒素洗浄装置と比較しその性能上の差を説明す る。

これらの装置はいずれも自己装置内に, 寒冷発生機関をもってお り, 第11 図が Linde, 第12 図 が Claude のフローシートである。 Linde 方式

窒素を 120kg/cm²G~130kg/cm²g に圧縮し, 冷凍機により−40°C に冷却、さらに、熱交換器によって冷却したのち自由膨脹させる。 ジュルトムソン効果により寒冷を発生している。原料ガス中の水分 は冷凍機により−40℃まで冷却することにより凍結除去し、ゲル塔 による吸着除去は付加的に使用している。

Claude の方式

洗浄塔頂部から出た精成ガスをある程度回復させたのち, 膨脹エ ンジンにより断熱膨脹をさせ,寒冷を発生している。したがって, 洗浄塔の圧力が 25 kg/cm²g とすれば、発生する精成ガスの圧力は 8 kg/cm²g 程度の低圧である。水分の除去は、熱交換器により行っ ている。熱交換器は、水分の凍結による閉塞により切換使用しなけ ればならない。また水分の潜熱はそのまま装置の熱的な 負荷を大きくしている。

Linde 方式と Claude 方式の概略を説明したが、これ ら二者と日立の洗浄装置の所要動力を, 同容量の装置に ついて比較すると、第3表のようになる。Linde のもの は通常洗浄圧力が 13~15 kg/cm²g であるので、13 kg/ cm²g の時およびほかの二者と同じ 24 kg/cm²g の洗浄 圧の時について、数値を示した。また、Lindeには、洗 浄圧が 5 kg/cm²g にして、空気分離装置と結合させた 装置もある。これは、装置を出たのちの混合ガス圧縮機 の動力をも含めて, アンモニヤ合成プロセス全体の動力 費を考えると、電力合計が非常に大きくなるので表から はぶいた。日立のものはかなりの差で、ほかの二者にま さっていることがわかる。

なおこれら三者を設備費,保守の点からみると,日立 のものは,空気分離装置の原料空気圧縮機を若干大きく することによって、窒素洗浄装置の寒冷が補償できるた め,必要最小限の設備ですむわけである。これに対し, Linde 方式は, 高圧窒素圧縮機, 大形冷凍設備を必要と し、構成機器が多く複雑である。Claude 方式のものは、 日立のものより、やや複雑になる程度ですみ、建設費、 運転費いずれからみても、日立のものが最も有利であ ることがわかる。

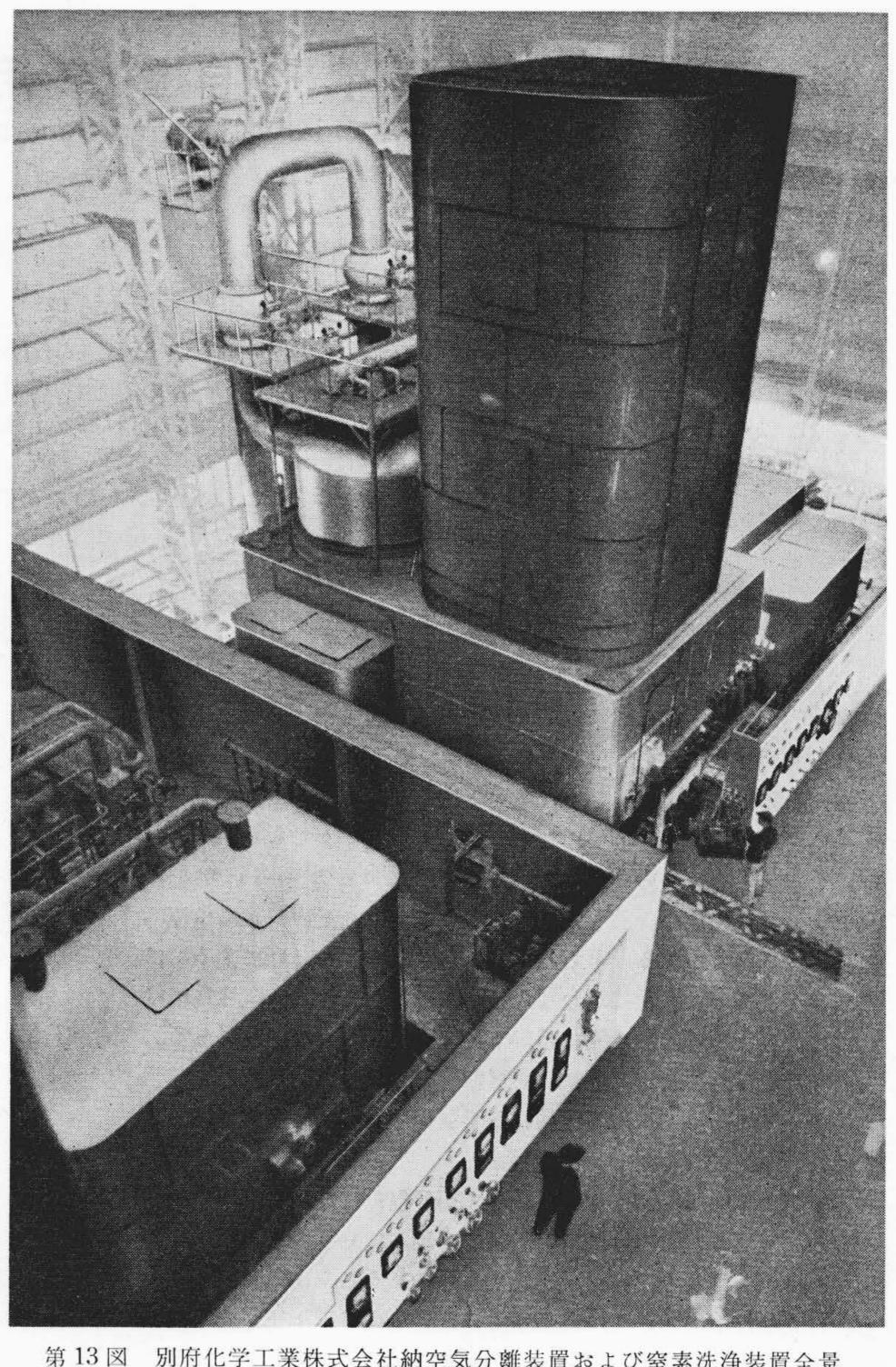
7. 装置仕様および実績の例

窒素洗浄装置およびこれと結合させた空気分離装置の 仕様の例を示すとつぎのようなものがある。

上記装置の運転実績は、精製ガス量 13,000 Nm³/h の 能力がありCO の含有量は 3ppm 以下という良い値であ ることが確認された。洗浄に要する窒素量も,理論値に 近い量で運転可能である。空気分離装置の酸素および窒 素純度もそれぞれ 99% および99.998% という実績値を示 している。第13図は、装置全景を示し、右側が空気分 離装置,左側が窒素洗浄装置である。

8. 結

アンモニヤ合成のプロセスは, ガス発生炉, 空気分離装置, 窒素 洗浄装置,アンモニヤ合成設備の4つの部分にわけられるが,従来 これらの各部分は、それぞれ独立した装置として、前後のプロセス との関連がなかった。本装置の場合には、窒素洗浄装置の寒冷を空



別府化学工業株式会社納空気分離装置および窒素洗浄装置全景

気分離装置に負担させ,建設費,動力費,および設置床面積を,節 減するという, 巧妙な方式を採用して成功したものである。

本装置の製作にあたり, 別府化学工業株式会社, 松本技術部長を はじめ、関係各位より賜った絶大なご好意ご援助に対し厚くお礼を 申しあげる。

Vol. 42 日 No. 10 立 目 次

◎富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納二重分塊圧延機 ◎ミル用直流機の整流調整 ◎電力用コンデンサ設備に関する二,三の考察 ◎シミュレータによる AVR の 等 価 試 験 ◎電子管式流量計および積算計 ◎うず流れ形ポンプの性能研究 ◎橋 げ た 架 設 用 ◎自 由 う ず 後 置 静 翼 形 軸 流 圧 縮 機

(O) 1 ◎調 SATT

◎ ウ

◎ミュージックホールの音響設計 ◎高圧ケーブルの絶縁破壊に関するストレス理論の検

◎低ガス圧電力ケーブルのガス漏えい点検出方法の実 施例

発 行 所 日 立 評 取 次 店 株式会社オーム社書店