

超低温二元冷凍装置

Ultra Low Temperature System (Cascade Cycle)

松 本 丘*
Takashi Matsumoto

内 容 梗 概

丸善石油株式会社納超低温二元冷凍装置は、昭和35年2月末に完成したもので、異性化深冷分離装置の深冷源としてわが国で初めての国産化に成功した画期的な記録品である。

現地運転において当初予定していたよりもはるかに優秀な結果を確認し国産でも十分製作できる自信を得たので、ここにその計画の概要と、特に考慮した点について説明する。

1. 緒 言

日立製作所が今回完成した異性化深冷分離装置用超低温二元冷凍装置は、蒸発温度 -100°C において、冷凍容量 $340,000\text{ kcal/h}$ (112 RT^{**}) を有するもので、その温度および容量からいっても記録的な装置であることはもちろんのこと、純国産技術で完成したわが国最初の装置である。

従来この種の装置は、すべて外国の技術を導入、主要部を占める圧縮機も輸入されていた。

日立製作所は、化学工業の進歩発達に伴い、大容量ならびに超低温冷凍装置の需要が増大する傾向にある点に注目し、特にこの分野の研究に力を入れ、昭和33年度には、当時わが国でも最初の蒸発温度 -75°C 、R-22 を冷媒に使用する3段圧縮冷凍装置⁽¹⁾⁽²⁾を防衛庁技術研究本部に納入するとともに、翌34年には某合成ゴム工場に冷凍容量 $1,500\text{ RT}$ という大容量冷凍装置を 750 kW 横形往復動形圧縮機2台でまとめるなどそのつど貴重な経験を積み重ね、初めて超低温大容量の冷凍装置の完成をここに見たのである。

2. 超低温冷凍装置

2.1 冷凍サイクルならびに機器概要

2.1.1 冷凍サイクル

一般に使用されている冷凍装置は、その蒸発温度により、多段圧縮サイクルまたは二元冷凍サイクルに大別される。

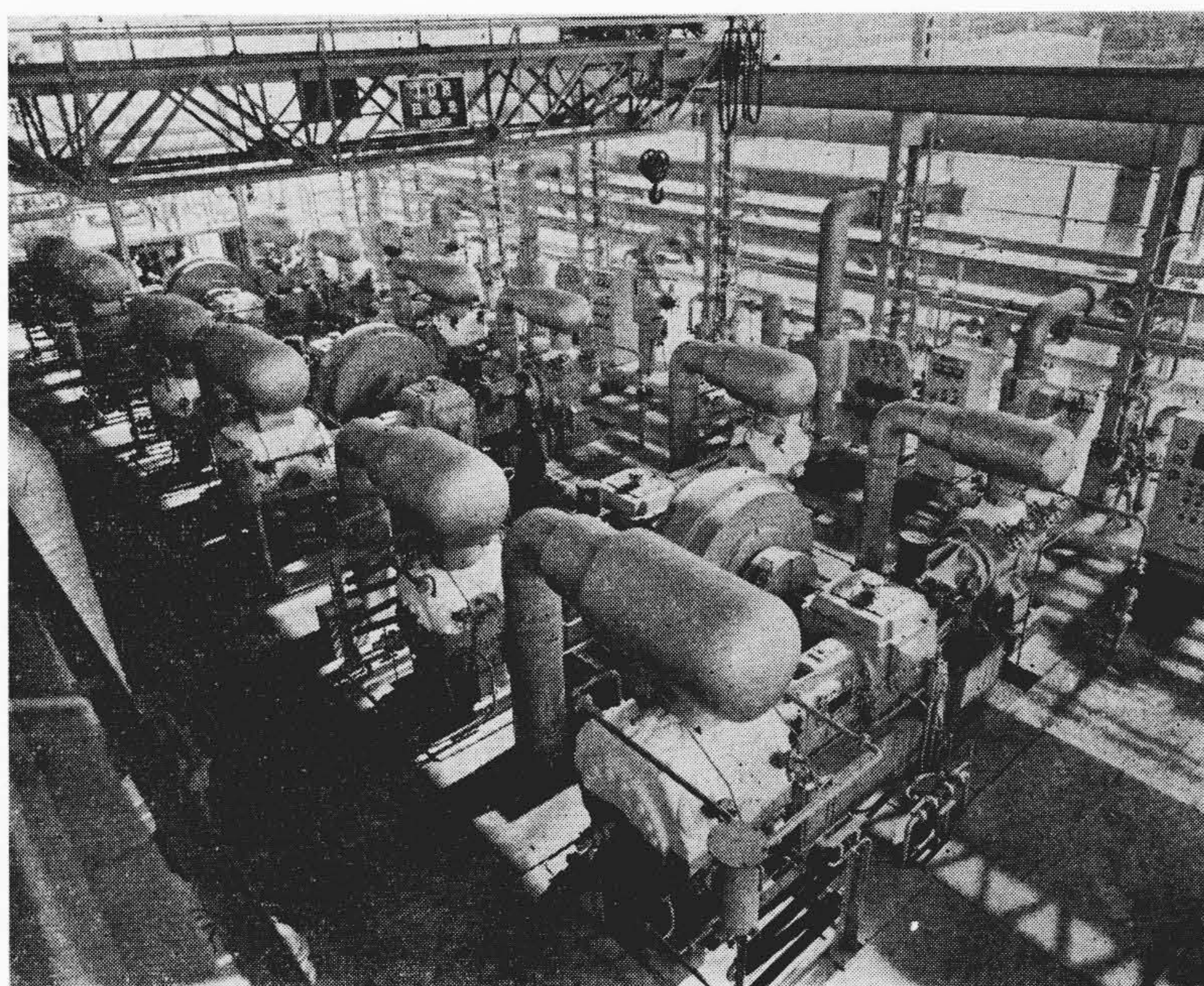
多段圧縮サイクルとは、同種冷媒を2段または3段と圧縮するものである。高圧縮比で圧縮機の運転を行うと、容積効率、機械効率が低下、吐出ガス温度が上昇し、潤滑油が劣化、カーボンがシリンダに付着し、焼き付きの原因となるため、通常1段シリンダの圧縮比を7程度に押へ、それ以上になる場合は、2段または3段圧縮サイクルを組んでいる。

二元冷凍サイクルとは、上記多段圧縮サイクルで得られない、さらに温度の低い場合に採用されるもので、二種類の異種冷媒による冷凍サイクルを組み合わせたものである。

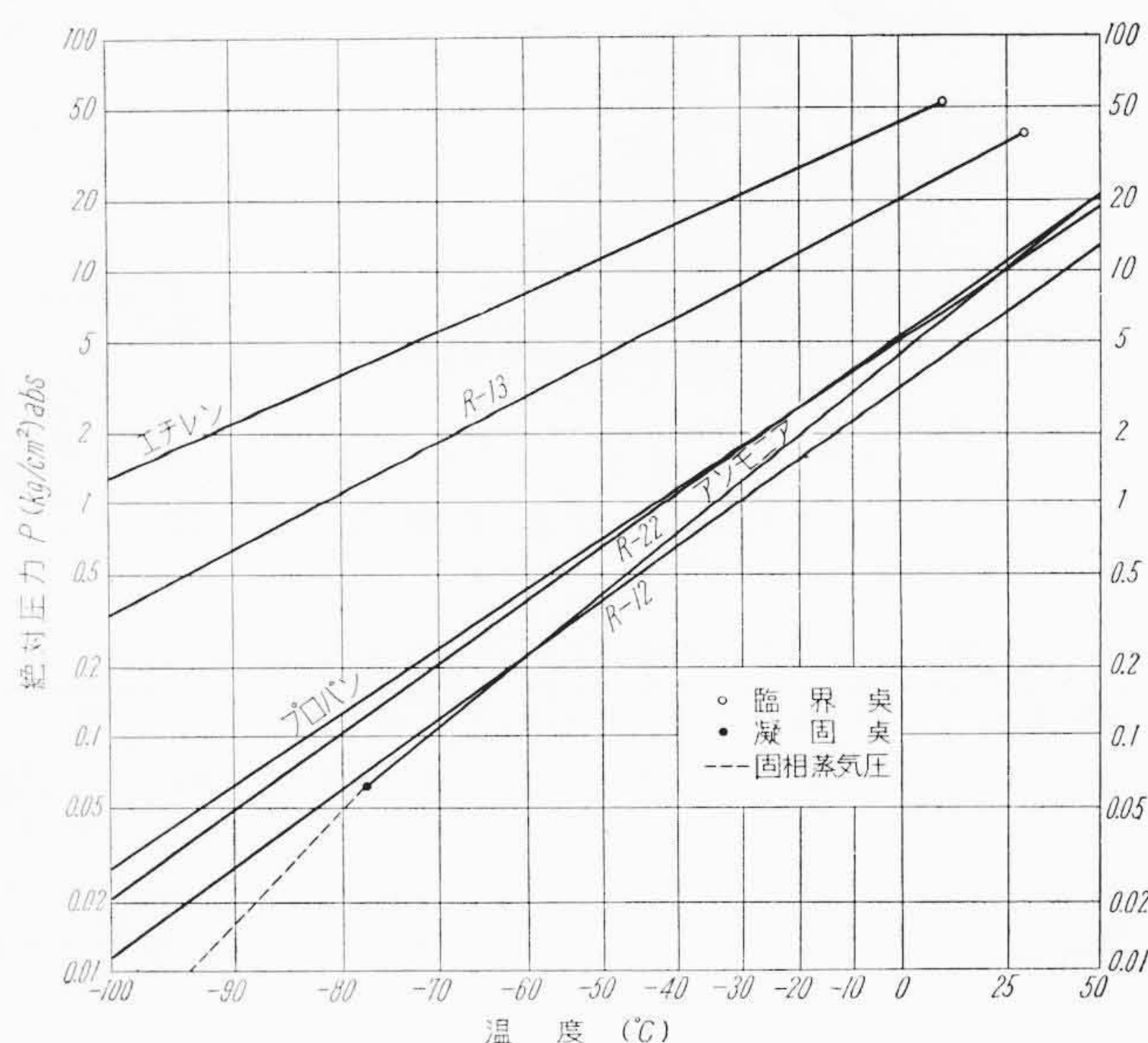
蒸発温度が -70°C 以下になると、蒸発温度に相当する飽和圧力が R-12、R-22、 NH_3 では非常に低く高真空になり、サイクル内に空気の侵入をまねく。またガスの比容積が非常に大きくなるため、サイクル効率が低下する。したがって、圧力が低温においても、比較的高い冷媒が二元サイクルの内、低温側サイクルに採用されることになる。

* 日立製作所本社

** $1\text{ RT}=3,024\text{ kcal/h}$

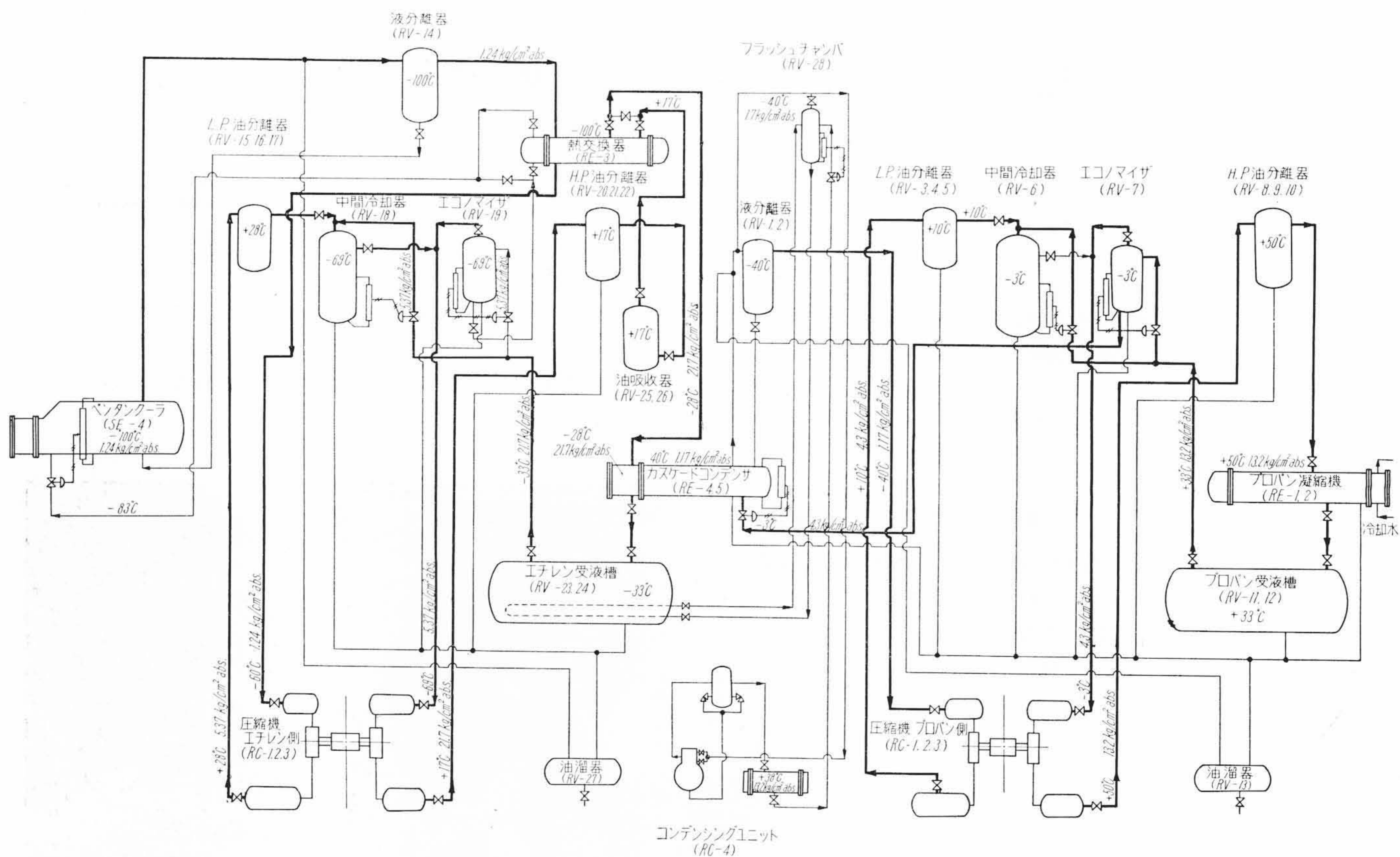


圧 縮 機 室 全 景



第1図 各種冷媒飽和蒸気圧線図

このほど完成した冷凍装置は、用途が石油化学工業用であるため、冷媒には手軽に得られるプロパン (C_3)、エチレン (C_2) を使用し、プロパン系統、エチレン系統ともそれぞれ二段圧縮サイクルを組んだ二元冷凍サイクルである。



第2図 二元冷凍サイクル概略フローシート

エチレン系サイクルにおいては、ペンタンクーラ (SE-4) で熱を受け気化したエチレンガスは、液分離器 (RV-4) でミストを分離され、熱交換器 (RE-3) を経て1段目エチレンシリンダに吸引される。シリンダで圧縮された高温高压ガスは、中間冷却器 (RV-18) で冷却されて2段目シリンダで圧縮され、カスケードコンデンサ (RE-4, 5) に導かれ、ここで低温低压プロパン液と熱交換を行い冷却液化される。液化したエチレン液はエチレン受液槽 (RV-23, 24) を経て、一部中間冷却器 (R-18) で1段目吐出ガスの冷却に使用されるが、大部分の液はエコノマイザ (RV-19) で中間圧力まで減圧され、その際発生したフラッシュガスは、2段目のシリンダに吸引される。ここで減圧冷却された液はペンタンクーラの入口でさらに第1段のシリンダ吸入圧まで減圧されてペンタンクーラ (SE-4) にはいり、ペンタンと熱交換を行い再び気化する。

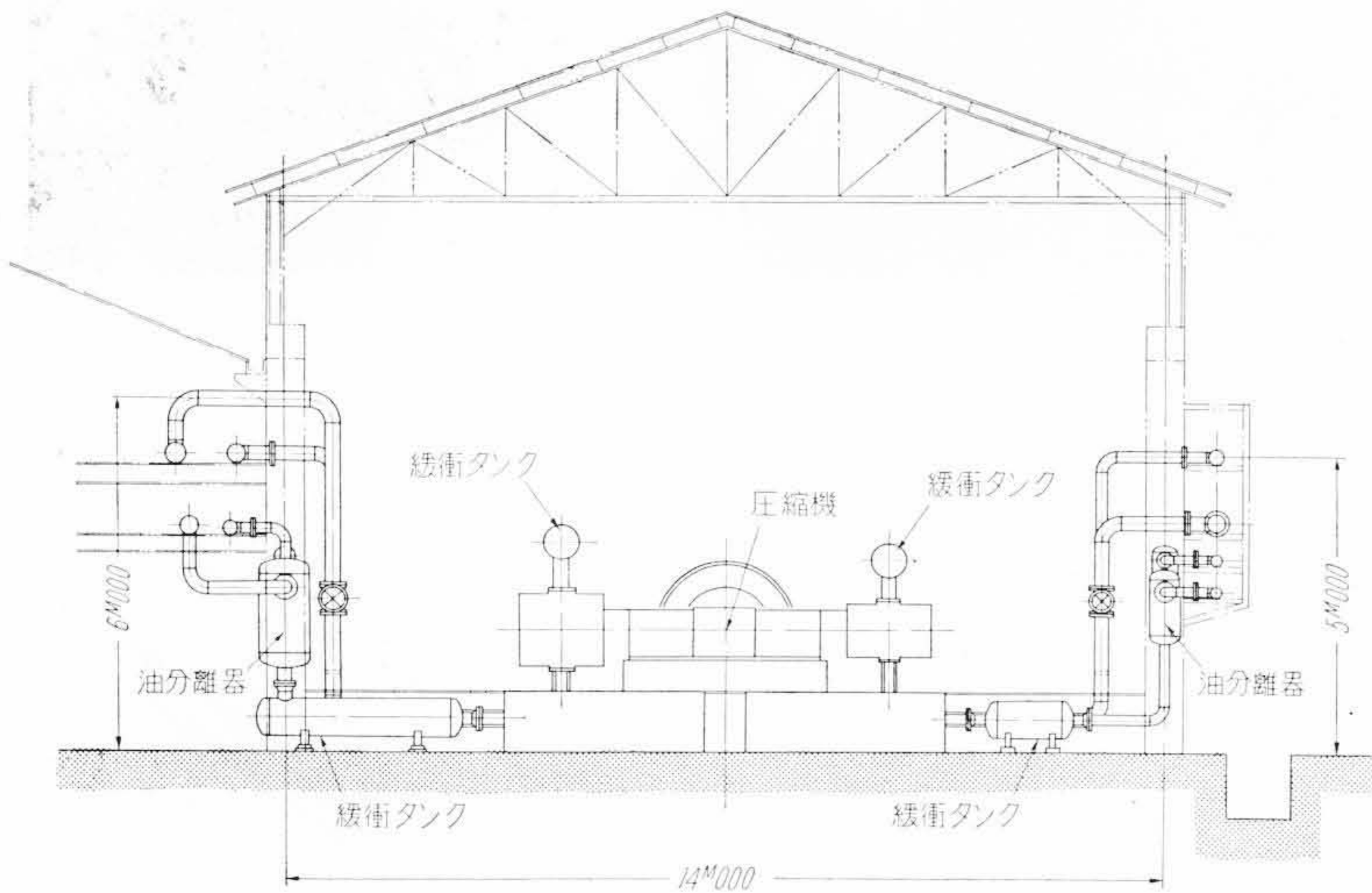
プロパン系統もエチレン系統と全く同様で、ペンタンクーラがカスケードコンデンサ (RE-4, 5) に入れ替わったにすぎない。

カスケードコンデンサ (RE-4, 5) で気化したプロパンガスは、液分離器 (RV-1, 2)→1段目プロパンシリンダ→中間冷却器 (RV-6)→2段目プロパンシリンダ→凝縮器 (RE-1, 2)→受液槽 (RV-11, 12)→エコノマイザ (RV-7)→カスケードコンデンサ (RE-4, 5) を循環する。

2.1.2 機器概要

エチレン、プロパンガスとも、高压ガス取締法の適用を受けるため、第2表に示す試験圧力、設計圧力を採用した。なお、エチレンガスは温度が上昇すると圧力が異常に上昇するので、別にエチレン冷却用冷凍装置を設けている。

装置を構成している機器は、大小合わせると60数器にのぼり、



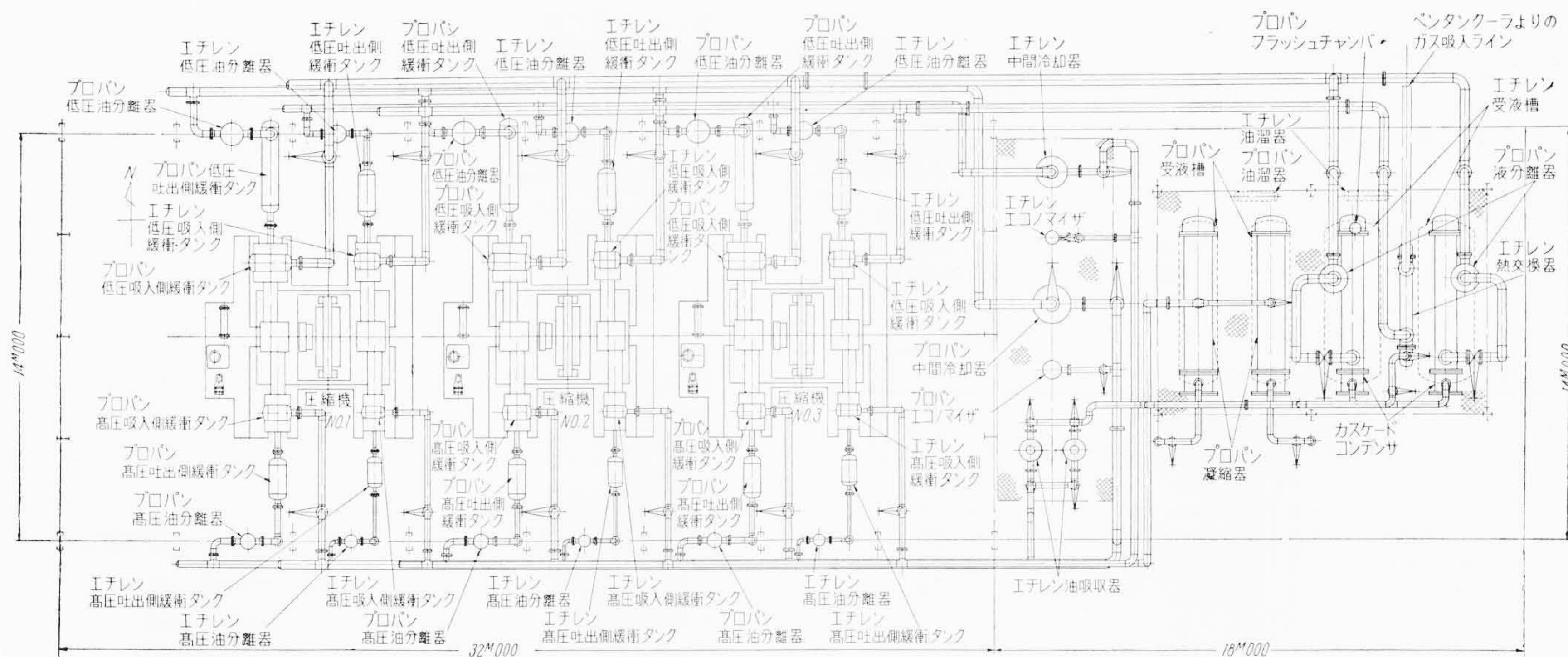
第3図 圧縮機室配管側面図

第1表 実際に使用されている冷凍サイクル

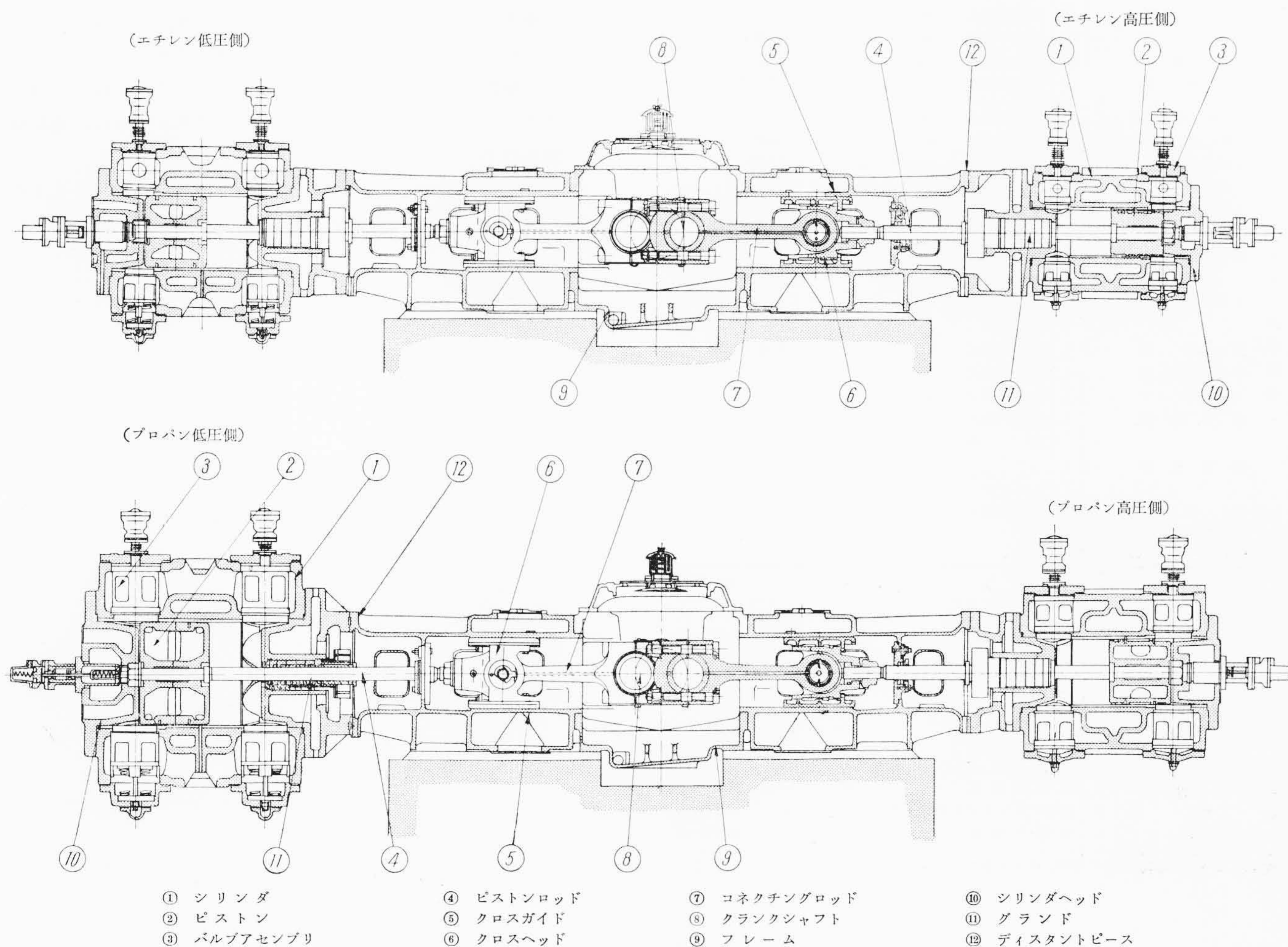
蒸発温度	冷凍サイクル	使用冷媒
-25℃以上	一段圧縮サイクル	R-12, R-22, NH ₃
-45℃以上	二段圧縮サイクル	R-22, NH ₃
-70℃以上	三段圧縮サイクル	R-22
-100℃以上	または二元冷凍サイクル	(R-13)-(R-22)
	二元冷凍サイクル	(R-13)-(R-22), プロパン-エチレン

第2表 設計圧力と試験圧力

冷媒	設計圧力 (kg/cm ²)	空圧試験圧力 (kg/cm ²)	水圧試験圧力 (kg/cm ²)
プロパン系統	高压側	20	25
	低压側	10	12.5
エチレン系統		25	31.5



第4図 全体配置配管図



第5図 圧縮機構造図

配管計画にあたっては

- (1) 圧縮機関係 (屋内設置)
- (2) エコノマイザ, 中間冷却器関係 (屋外設置)
- (3) 熱交換器, 受液槽関係 (屋外設置)

の3ブロックに分け, それぞれ保守, 点検, 操作に便なるよう適宜に踊場, 操作架台を設けた。またふん囲気が防爆地区であるため架台, 建屋柱, エチレン受液槽などには, 75 mm 厚の耐火セメントならびに 30 mm 厚のインシュレーションセメントによる

ファイアプルーフリング (Fire Proofing) を施工, 火災により架台などが焼け落ち, 大きな災害にいたらないように考慮した。

2.1.3 圧縮機について

この種の装置に使用される圧縮機は, わが国にも相当数稼動しているが, すべて輸入品であり, 国産化に成功したのは今回が初めてである。

国産化の遅れた理由としては, 低温に対する技術的な問題がおもなものであり, 低温ならびに冷凍装置用としての圧縮機の技術

第 3 表 機器概略仕様一覧表

A) 圧縮機仕様					
名 称		員数	仕 様		
圧 縮 機	3 台	形 式	BTD ₂ -IMC (エチレン側) (プロパン側)		
		気 筒 直 径			
		第 1 段	410 mm×1	590 mm×1	
		第 2 段	260 mm×1	375 mm×1	
		衝 程	300 mm	300 mm	
		取 扱 ガ ス	エチレンガス	プロパンガス	
		電 動 機 出 力	570 kW		
B) 補 器 仕 様					
冷媒	名 称	員数	仕 様	材 質	
プ ロ パ ン 系 統 機 器	1 段吸入側緩衝タンク	3	横形円筒式 600φ×1460 L	A S T M-A 212B	
	1 段吐出側緩衝タンク	3	横形円筒式 600φ×3270 L	S B-42B	
	2 段吸入側緩衝タンク	3	横形円筒式 500φ× 950 L	S B-42B	
	2 段吐出側緩衝タンク	3	横形円筒式 600φ×1410 L	S B-42B	
	1 段側油分離器	3	立形円筒式 770φ×1800 H	S B-42B	
	2 段側油分離器	3	立形円筒式 500φ×1200 H	S B-42B	
	凝 縮 器	2	横 形 シエル アンド チュー ブ式	992φ×5000 L S B-42B	
	受 液 槽	2	横形円筒式 1226φ×5000 L	S B-42B	
	中 間 冷 却 器	1	立形円筒式 1250φ×3000 H	S B-42B	
	エ コ ノ マ イ ザ	1	立形円筒式 600φ×1800 H	S B-43B	
液 分 離 器	2	立形円筒式 812φ×2000 H	A S T M-A 212B		
油 溜 器	1	横形円筒式 300φ×1500 L	A S T M-A 212B		
エ チ レ ン 系 統 機 器	1 段吸入側緩衝タンク	3	横形円筒式 600φ× 860 L	S U S-27	
	1 段吐出側緩衝タンク	3	横形円筒式 600φ×1660 L	S B-42B	
	2 段吸入側緩衝タンク	3	横形円筒式 400φ× 760 L	S U S-27	
	2 段吐出側緩衝タンク	3	横形円筒式 500φ×1050 L	S B-42B	
	1 段側油分離器	3	立形円筒式 606φ×1500 H	A S T M-A 212B	
	2 段側油分離器	3	立形円筒式 600φ×1500 H	A S T M-A 212B	
	油 吸 収 器	2	立形円筒式 780φ×3107 H	S B-42B	
	凝 縮 器	2	横 形 シエル アンド チュー ブ式	738φ×5000 L A S T M-A 212B	
	受 液 槽	2	横形円筒式 1950φ×5500 L	A S T M-A 212B	
	中 間 冷 却 器	1	立形円筒式 1100φ×3000 H	S U S-27	
	エ コ ノ マ イ ザ	1	立形円筒式 500φ×1500 H	S U S-27	
	液 分 離 器	1	立形円筒式 946φ×2000 H	S U S-27	
	熱 交 換 器	1	横 形 シエル アンド チュー ブ式	400φ×4160 L S U S-27	
	油 溜 器	1	横形円筒式 300φ×1500 L	S U S-27	
	C) エチレン冷却用冷凍装置仕様				
名 称	員数	仕 様		材 質	
圧 縮 機	1	形 式	P V V 4-CW		
		気 筒 直 径	90 mm		
		衝 程	70 mm		
		気 筒 数	4		
		回 転 数	700 r/m		
		取 扱 ガ ス	プロパンガス		
		電 動 機 出 力	7.5 kW		
		油 分 離 器	1	立 形 円 筒 式	
凝 縮 器	1	横形シエルアンドチューブ式	450φ×1580 L	S B-42B	
フラッシュチャンバ	1	立 形 円 筒 式	396φ×1562 H	S U S-27	

備考 エチレン受液槽内に冷却コイルを設けコイル内液面にて冷媒制御を行っている。

的解決の 2 点に絞って、特に苦心した事項を以下に述べる。

(1) 低温に対してさきに述べたように、防衛庁に納入した圧縮機を参考にして下記材質を使用した。

ピストンロッド

5 % Ni 鋼

バルブプレート

SNCM-2

バルブスプリング

SUS-27

ボ ル ト 類

SCM-3

(2) 低温に対する構造上の考慮を行った。

(a) アンローダのエアシリンダを十分大きくするとともに圧縮機本体からできるだけ離し、霜の付着による作動の不円滑を防止した。

(b) シリンダ内部給油の通路を低温ガス部より離し、低温により油の粘度が高くなることを防止した。

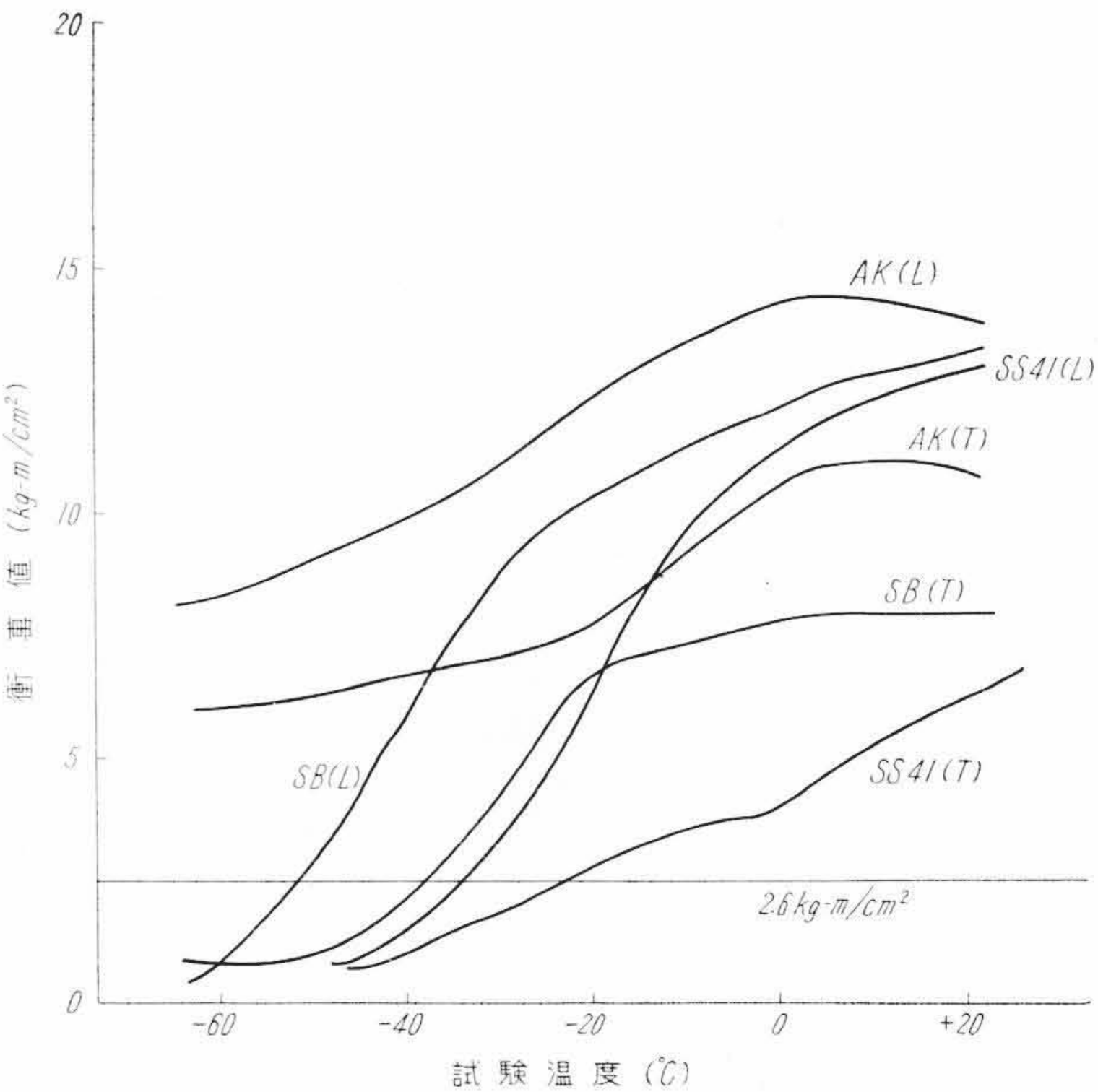
(c) シリンダ、シリンダカバーのジャケットには不凍液をサーモサイホンにより循環させ、熱分布の均一化を計った。

(3) 使用ガスがハイドロカーボン (Hydro carbon) であるため、ピストンリングには潤滑の点を考慮して合成樹脂製 (米国 C. Lee. Cook 社製) のものを使用した。

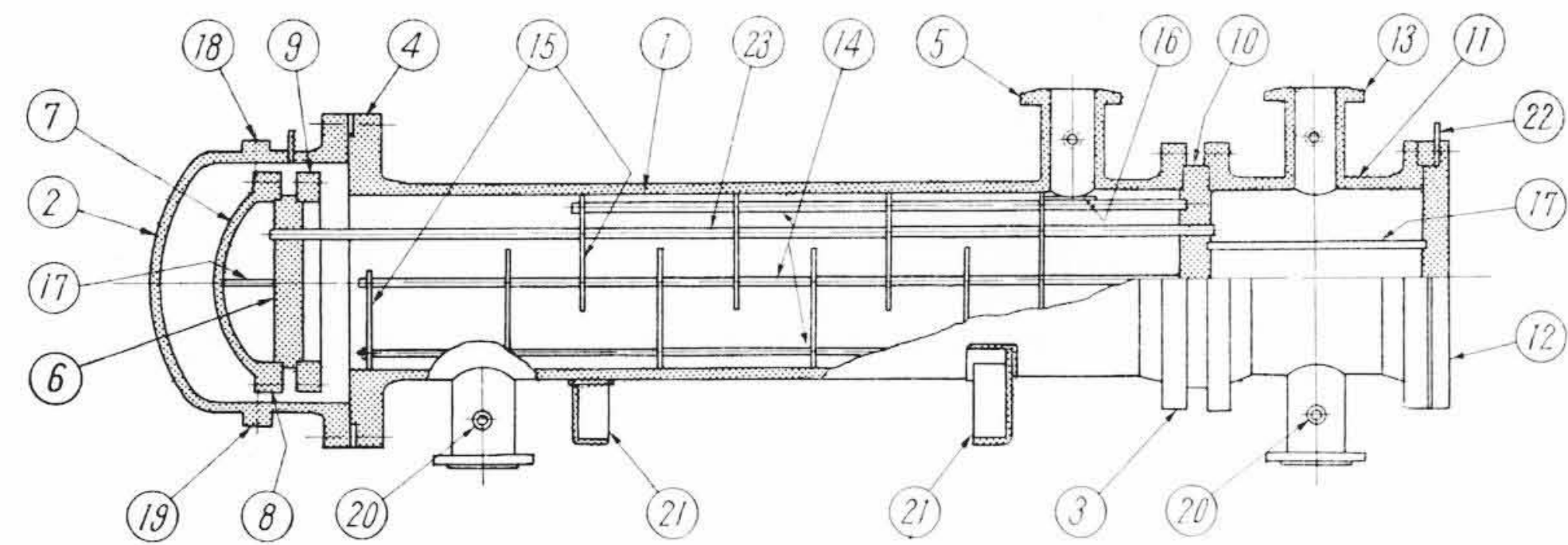
(4) 吐出バルブ受けをスプリング (安全バネ) でささえ、水撃やオイルハンマなどの異常高圧による危険を防止した。

(5) 2 種類のエチレン、プロパンガスを 1 台の圧縮機で 2 段圧縮できるように計画し、据付面積を小さくするとともに、運転操作の便をはかった。

(6) 横形釣合い対向形を採用、往復動部分の重量を等しくすることにより、慣性力を完全に釣合わせ、振動を極度に少なくした。



第 6 図 各種鋼板の低温特性



第 7 図 フローティングヘッドタイプ熱交換器構造図 (TEMA規格)

- ① Shell

② Shell Cover

③ Shell Flange Channel End

④ Shell Flange Cover End

⑤ Shell Nozzle

⑥ Floating Tubesheet

⑦ Floating Head Cover

⑧ Floating Head Flange

⑨ Floating Head Backing Device

⑩ Stationary Tubesheet

⑪ Channel or Stationary Head

⑫ Channel Cover

⑬ Channel Nozzle
- ⑭ Tie Rods and Spacers

⑮ Transverse Baffles or Support Plates

⑯ Impingement Baffle

⑰ Pass Partition

⑱ Vent Connection

⑲ Drain Connection

⑳ Instrument Connection

㉑ Support Saddles

㉒ Lifting Lugs

㉓ Tubes

㉔ Weir

㉕ Liquid Level Connection

第4表 機械的性質と化学成分表

化 学 的 成 分

種 類			記 号	化 学 成 分									その他
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	
鋼 板	第 2 種	Z	S B -42B	厚さ 25 mm 以下, 0.24 以下	0.15~0.30	0.8 以下	0.35 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
				厚さ 25 mm をこえ 50 mm 以下, 0.27 以下									
				厚さ 50 mm をこえ 100 mm 以下, 0.30 以下									
熱間圧延ステンレス鋼板 27 種			S U S -27 H P	0.08 以下	1.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.030 以下	8.00~11.00	18.00~20.00	—	—	—
アルミキルド鋼 板			A S T M A -212 G r B	厚さ 25 mm~50 mm まで, 0.33 以下 厚さ 50 mm~200 mm 以下, 0.35 以下	0.15~0.30	1.00 以下	0.035 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—

機 械 的 性 質

種 別			記 号	引 張 試 験				曲 げ 試 験	
				引張り強さ T kg/mm ²	降 伏 点 kg/mm ²	試 験 片	伸 び %	曲げ角度	内 側 半 径
鋼 板	第 2 種	Z	S B -42B	4.2~50	$T \times 0.5$ 以上	特 1 号 特 2 号	1090/ T 以上ただし 23 以上 1230/ T 以上	180°	厚さ 25 mm 以下, 厚さの 0.5 倍 厚さ 25 mm をこえ 38 mm 以下厚さの 0.75 倍, 厚さ 38 mm を こえ 75 mm 以下厚さの 1.0 倍 厚さ 75 mm をこえ 100 mm 以下厚さの 1.25 倍
熱間圧延ステン レス鋼板 27 種			S U S -27 H P	52 以上					厚さの 0.5 倍
アルミキルド 鋼	板		A S T M A -212 G r B	※ 1 49 ~59.1	27≤		19≤ ※ 2	180°	厚さ 38 mm 以下厚さの 2 倍, 厚さ 38 mm~75 mm 厚さの 2 倍 厚さ 75 mm~110 mm まで厚さの 3 倍, 厚さ 110 mm~200 mm 厚さの 35 倍

※ 1 上限をこえる 1.4 kg/mm² 以内は許容される

※ 2 板厚 19 mm をこえるものは 19 mm をこえる 3 mm ごと, またはその端数ごとに 0.5% ずつ減ずる。ただしこの通減は 3% を限度とする。

第5表 材質と温度の関係

温 度	機 器 用 材 料	配 管 用 材 料
-20°C 以上	S B	S T P -38
-40°C 以上	A S T M -A212G r B	S T C -49A
-40°C 以下	S U S -27	S T C -49A

2.2 低温に関する考慮点

装置の接する温度は蒸発温度 -100°C から, 吐出温度 $+70^{\circ}\text{C}$ に至るまで非常に広範囲にわたるので, 冷凍装置を構成する機器の材料, 特に材質は各々の温度に適したものを選び, 製作に当たっても取扱, 工作などには細心の注意を払った。

低温になると, 低温ぜい性により材料が非常にもろくなることは周知のとおりである。第6図のように, 同一材料についてもロール方向のものと, それに直角方向のものとは衝撃値(Shock Value)が大きく異なり, 温度によっても急激に低下している。一般に低温材料としては, 使用温度における Shock Value が 2.6 kg-m 以上であれば, 実用に差しつかえないといわれている。

この装置においては, 第3表機器概略仕様一覧表に示すように, SB 材, ASTM-A 212 GrB, SUS-27 を使用, 第5表のように温度別に材料を選定した。

また, 負荷運転にはいると, 温度差による膨脹収縮を生ずるため, 材料面のみでなく下記を特に考慮した。

- (1) 熱交換器はすべて TEMA 規格 (Tubular Exchanger Manufacturing Association) によるフローティングヘッドタイプを採用した。
- (2) 横形機器の据付に当たっては, 片側を固定, 一方をスライド式にしてフリーにした。
- (3) 圧縮機は比較的低速回転であるため, 脈動が激しく脈動による衝撃をできるだけ小さくする目的で, 脈動防止用緩衝タンクを設けた。
- (4) 配管には必要な箇所にベンドを設け, 配管収縮により断熱材が破損しやすくなるため, 特殊の接着剤を使用し配管と断熱材をフリーにした。

2.3 潤滑油に関する考慮点

超低温装置の設計に当たって, 一番重要な点に潤滑油と使用冷媒との関係があげられる。

圧縮機給油部に給油された油は一部ミスト状で, またはガスに溶け込んでガスとともに吐出され, サイクル内で最も低温低圧の機器に導かれ, そこで徐々にたまっていく。

冷凍サイクルに使用される潤滑油として最も重要なことは, サイクルの低温部にたまった油が低温において分解凝固せず, 安定性のあるものでなければならない。ただし -100°C において安定性があり, しかも潤滑性の良好なものを望むこと自体無理である。この装置のエチレン系には, 油分離器のほかに, 特殊な薬品を使用した油吸収器を新しく製作の上エチレン 2 段目吐出側に設けた。

本器は, 油分離器で分離できない一部の潤滑油を, 薬品に吸着させるもので, 吸着性能が低下した場合は, 別に設けた一基に配管で切替へ, 連続運転が可能なるよう考慮してある。運転結果は非常に良好で, ハイドロカーボン (Hydro carbon) を冷媒に使用し, 往復動圧縮機を使用した超低温冷凍サイクルにおいては, 今後この種の油吸収器を設けることにより, 油の問題は解決できることが判明した。

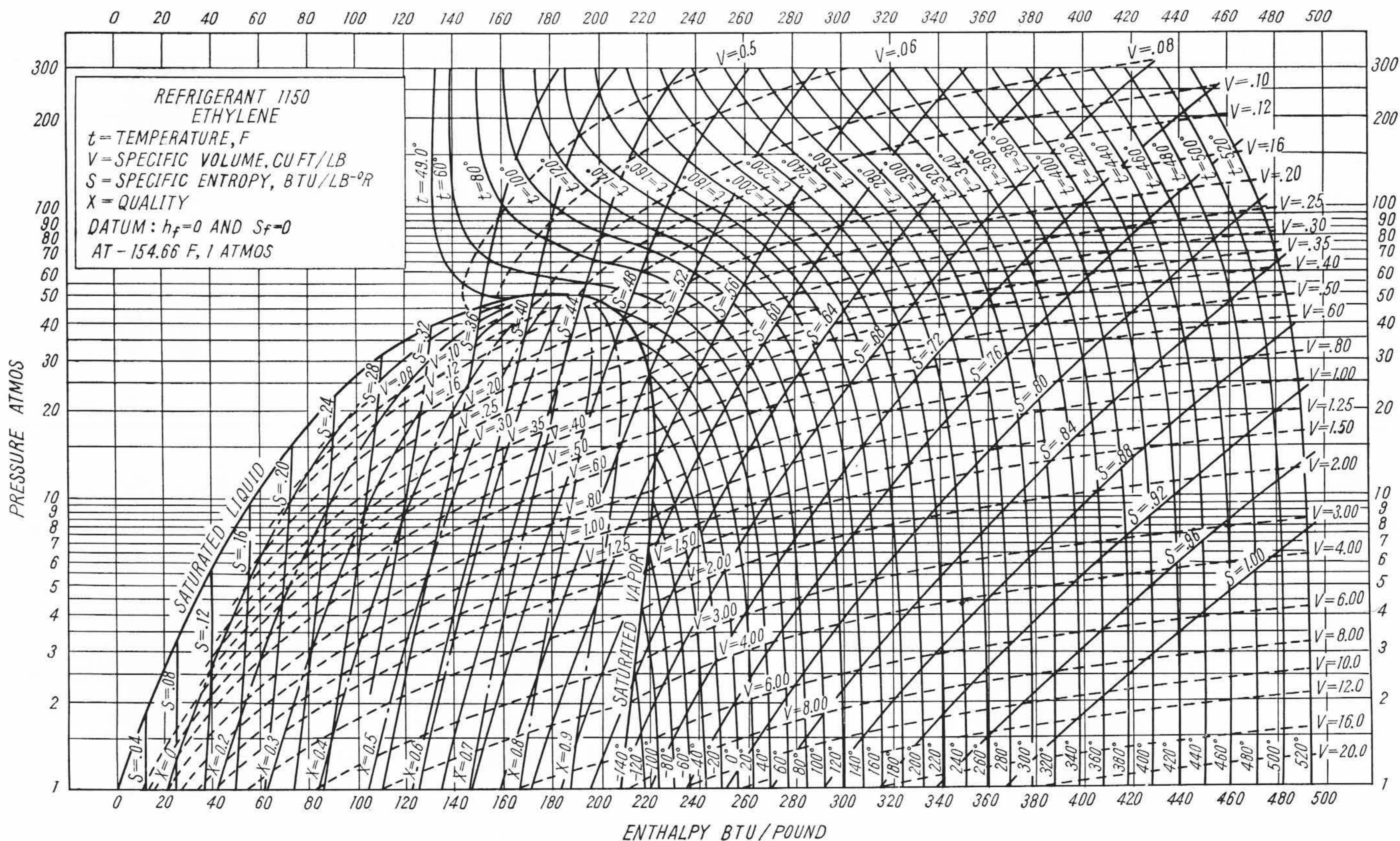
2.4 その他サイクルに関する考慮点

2.4.1 エコノマイザについて

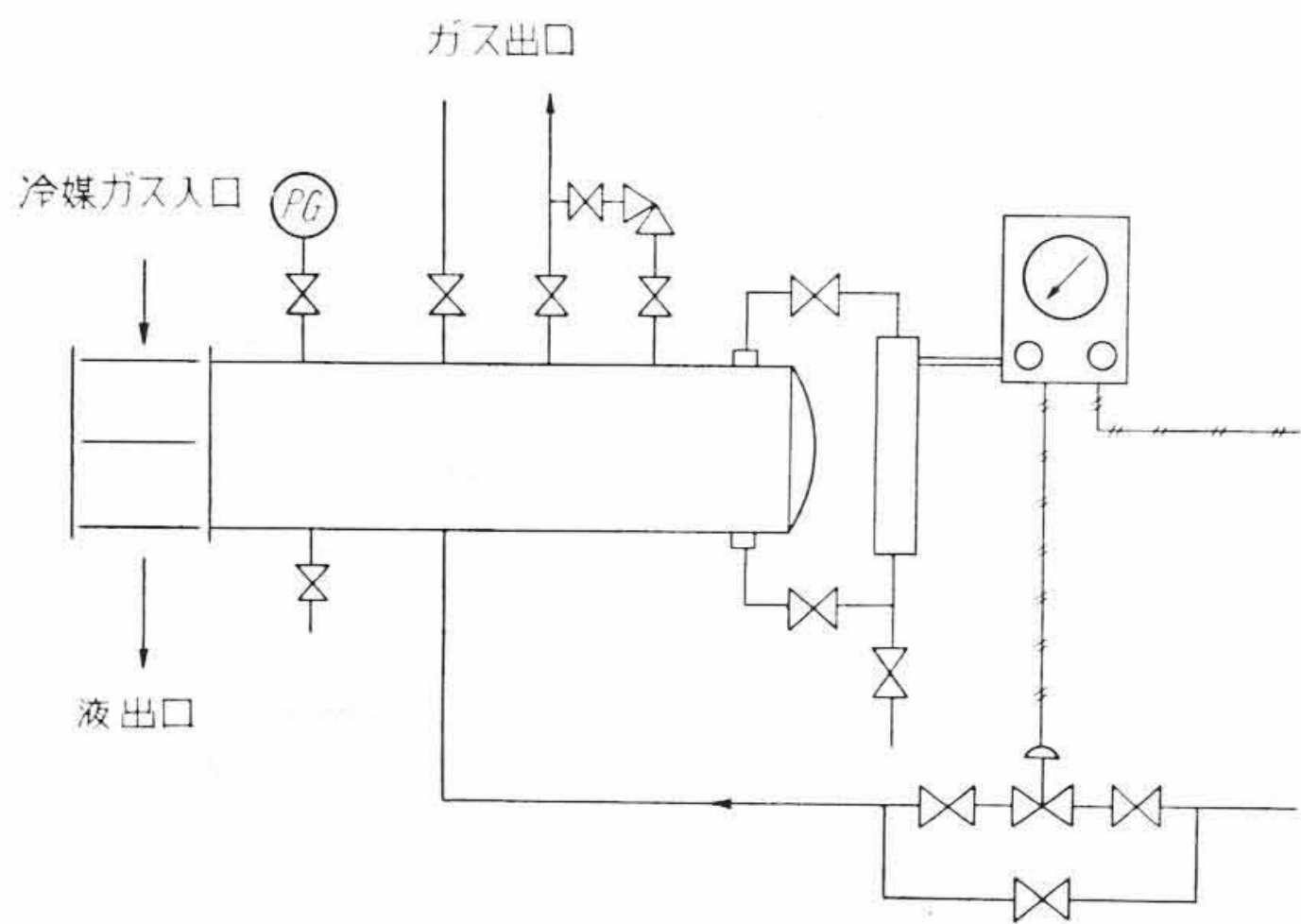
一般に多段圧縮サイクルにおいては, 1 段吐出ガスを冷却する中間冷却器内に, 蒸発器に至る液を冷却する目的で冷却コイルを入れ, いわゆる液, ガス冷却を併用しているものが多い。

本装置では液, ガス冷却の併用をやめ, 液, ガス冷却を各々独立させた。液冷却器で蒸発器に至る液を中間圧力に相当する飽和温度まで自己冷却, 蒸発器で蒸発する液の有する熱量を大きくさせることにより, 冷凍サイクルの効率を約 10% 程度上昇させた。このように効率の良い運転ができるので, 液冷却器は一名エコノマイザと呼ばれている。

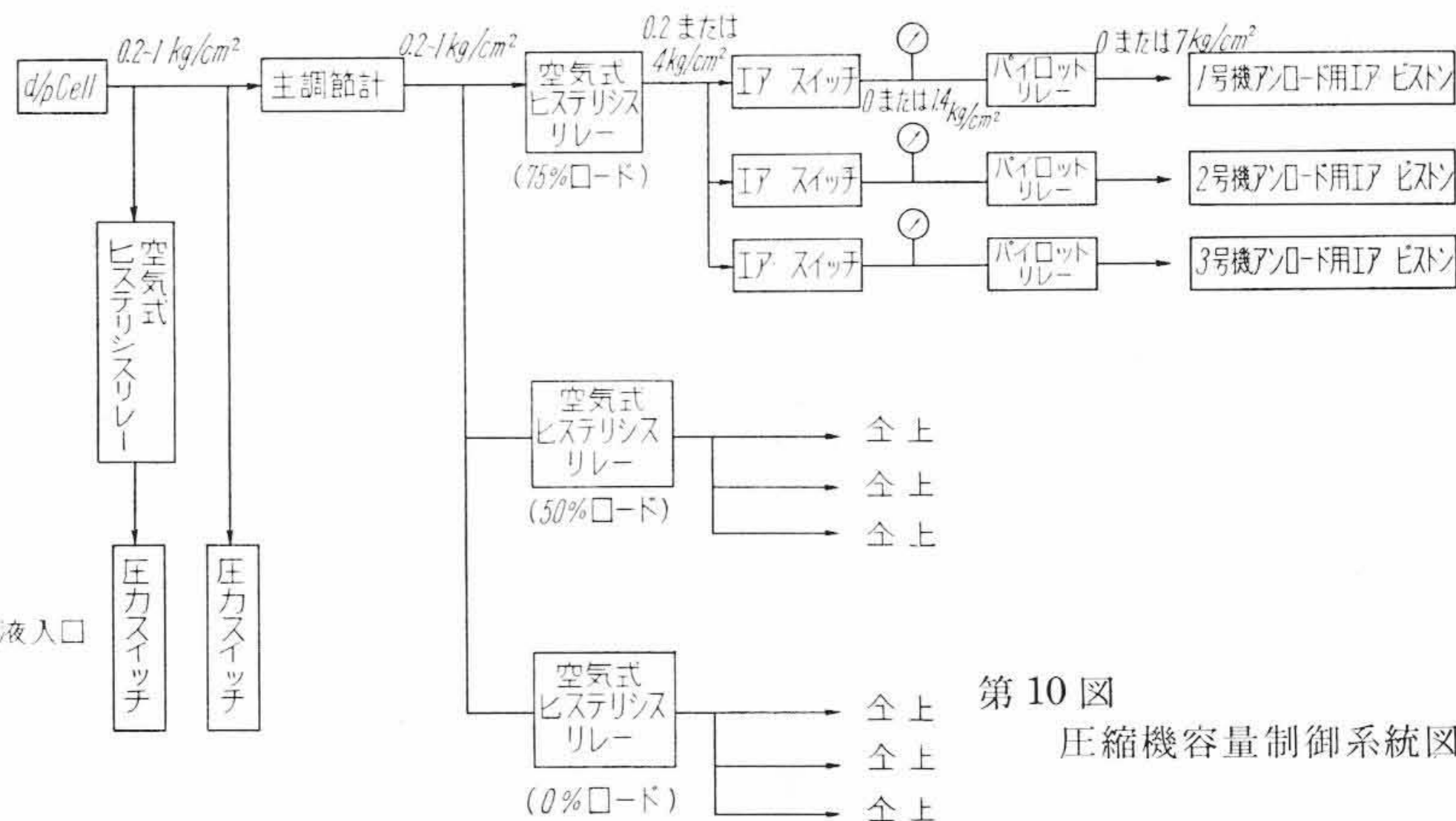
また, 減圧弁前後の圧力差 (Δp) が大きい場合, 弁径は Δp に反比例して小さくて良い。圧縮機から吐出された潤滑油は低温部にて分解, 凝固し, 減圧弁で詰まるおそれがある。したがって,



第 8 図 エチレンモリエル線図



第 9 図 液面制御系統図



第 10 図
圧縮機容量制御系統図

エコノマイザ、蒸発器の 2 段で減圧を行えば、1 段減圧に比べて弁径が大きくなり、減圧弁で詰まることが少なくなり、ここにもエコノマイザを設けた利点がある。

2.4.2 エチレン系 1 段目シリンダ吸入温度について

1 段目エチレン系シリンダの吸入ガス温度は、配管、機器類表面よりの侵入熱で過熱したとしても、せいぜい -80°C 程度の温度しか望めない。この温度でガスを吸入圧縮することは、低温ぜい性の点より、材料、設計面から非常に問題が残ることになる。

したがって、本装置では 1 段目吸入ラインに熱交換器を設け、吸入ガスと 2 段目吐出の高温高压ガスならびにエコノマイザからの液とを熱交換させ、 $-50\sim-60^{\circ}\text{C}$ 程度に温度を上昇させた。

アメリカの Ingasol Co. で製作している圧縮機は吸入温度を -60°C よりさらに高い -40°C で計画しているようである。

2.4.3 エチレン冷却用冷凍装置

エチレンガスは約 -100°C 、 1 kg/cm^2 (abs) において液状となり、臨界温度 9.9°C 、臨界圧力 50.5 kg/cm^2 (abs) という性質を有するため、定修時ならびに万一事故で装置が停止した場合、エ

チレン系内の圧力が上昇、安全弁よりエチレンガスが噴出するか最悪の場合、機器の破壊の原因ともなりかねない。

したがって、この場合の保護装置として受液槽にエチレンをすべて回収、特別に設けたプロパン冷凍装置により受液槽内圧力を一定に保つよう、圧力スイッチによる自動運転を行わせた。

2.5 制 御 系 統

冷凍装置の制御系としては

- (1) 蒸発器、中間冷却器などの冷媒量制御
- (2) 圧縮機容量制御

の 2 種類の制御系があり、この系を負荷変動にバランスするよう適当にコンビネーションする。

2.5.1 蒸発器、中間冷却器などの冷媒量制御

蒸発器、中間冷却器、エコノマイザの制御はエチレン系、プロパン系とも負荷変動と無関係に液面が常に一定になるよう、液供給ラインのバルブを比例的 (PI 動作) に開閉し、いわゆる定置制御を行っている。

たとえば、負荷が減少すると冷媒の蒸発量が減り、液面が上昇

するのでバルブの開度を絞る。また負荷が増加すると逆にバルブの開度をあけ、通過冷媒量を加減する。

なお、なんらかの現象で異常に液面が上昇した場合、圧縮機にリキッドを吸込ませるおそれがあるので計器に上限警報接点を持たせ、主電動機をトリップさせるように考慮した。

2.5.2 圧縮機容量制御

一般に冷凍サイクルを真空中で運転することは、空気がサイクル内に侵入、吐出圧力を上昇させ動力消費量を増加させるので、特別の場合を除いては、絶対に避けなければならない。またこの装置では、エチレン、プロパンという爆発性のある冷媒を使用している関係上、サイクル内に空気がはいると非常に危険である。

このため、圧縮機容量制御については特に慎重に検討を行った。容量制御範囲としては、空気作動式クリアランスアンローダならびにサクショアンローダの併用によって100, 75, 50, 0%の4段階とした。制御系として第10図のように吸入圧力1.24 kg/cm²と大気圧との差圧を3段階に分け、微圧変動をd/p cell (微圧検出器) で検出し、0.2~1.0 kg/cm²の空気圧信号に拡大変換する。その信号を主調節計で受け、設定値との差圧を演算 (PI 動作) させ空気式ヒステリシスリレーに送りこみ、ここであらかじめ定められたシーケンスダイアグラムによってヒステリシス制御を行う。なお空気圧信号は、0 または 1.4 kg/cm² の低い圧力のため、パイロットリレーにより 0 または 7 kg/cm² に増幅し、アンローダ用

エアピストンを操作する。

自動系統のほかに手動でも操作できるよう、エアスイッチを各段階ごとに設けた。

また、サイクルが異常に低下した場合を考慮して d/p cell よりの信号を別系統のヒステリシスリレーで受け、主電動機をトリップさせるようにしてある。

3. 結 言

以上、超低温二元冷凍装置の概要ならびに設計製作にあたって特に苦心した点を概略紹介した。さきに述べたように従来はこの種の装置はすべて外国の技術援助を受け輸入されていたものであるが、今回の完成により貴重なデータを得ることができた。またその製作にもますます自信を持つことができたので、今後この方面で斯界をリードするものを作り、貴重な外貨の節約に役立ちたいと考えている。なお、この装置の完成により、本装置の約1.5倍の容量を有する二元冷凍サイクル、COG ガス深冷分離装置用、アンモニア合成プラント液安回収用など低温大容量冷凍装置を受注し、現在その一部は据付中である。

最後にこの記録的装置をすべて国産技術で計画実現された丸善石油株式会社のご英断と、技術的なご協力をいただいた同社の関係各位に対して厚くお礼申し上げる。

日 立 評 論 Vol. 43 次 号 予 告

No. 11

◎17,000 kW 背圧タービンおよび発電機設備
◎最近の直流電気動力計
◎蒸気タービン用油噴射ポンプ
◎ベリリウム銅合金の熔体化処理について
◎ホール発電器を使用した遮断器アーク電力の測定
◎日立3 MeV バン・デ・グラーフ形粒子加速装置
◎デジタル形水位自動調節装置
◎部品製作公差の経済的配分法について
◎ステンレスクラッド鋼の熔接変形

◎アルミ鋳込かご形誘導電動機の異状現象(その2)
◎トランジスタ化イメージオルシコンカメラ
◎TB-32形、3ビジコンカラーカメラ装置
◎受信管自動検査機
◎各種合成ゴムに及ぼす油冷媒混合液の影響
◎絶縁材料表面の汚染による耐トラッキング性
◎100kV 架空線ケーブル接続系統のサージ特性
◎可鍛鋳鉄製管継手の音響検査に関する統計的考察
◎技術者ノート・高圧気中電磁接触器の取扱と保守

発行所	日立評論社	東京都千代田区丸の内1丁目4番地	振替口座 東京 71824 番
取次店	株式会社オーム社書店	東京都千代田区神田錦町3丁目1番地	振替口座 東京 20018 番

日 立 造 船 技 報 Vol. 22

No. 2

目 次

◎超大形油送船の横強度に関する研究
(第1報、実船実験の結果について)
◎超厚板クラッド鋼の熔接に関する研究
◎大形タンカーの船体抵抗に及ぼす浅水影響について
◎プロペラ後流の速度場について(第1報)
◎油送船のサクショベルマウスの性能の実験的比較研究
◎燃料油中のいおうによるシリンダライナの腐食につい

て
◎18-8 ステンレス鋼の正面フライス削りについて
◎放電加工改良の基礎的研究(Ⅱ)
—加工作用の検討, その1—
◎ステンレス鋼におけるクロム炭化物の電子顕微鏡的研究
◎貨客船 "SHAMS," 号について
◎特許および新案紹介, 製品紹介

日立造船株式会社技術研究所
大阪市此花区桜島北之町