

日立大口径 HMC 冷凍機について

Hitachi Large Cylinder Bore HMC Refrigerating Machine

越 智 昌 夫*
Masao Ochi

内 容 梗 概

気筒径が 115 mm の日立小口径 HMC 冷凍機の製作は昭和 26 年以来年々増加してきたが、さらに大容量の HMC 冷凍機の要望が多く、これが完成を急がれていた。日立製作所はかねてより気筒径が 170 mm の日立大口径 HMC 冷凍機の試作を行っていたが、十分な寿命試験の結果を基として種々の改良を加え、昭和 31 年に完成することができた。その後本機の生産は順調に進み、斯界の好評を得ている。ここに日立大口径 HMC 冷凍機の概要を述べ御参考に供する。

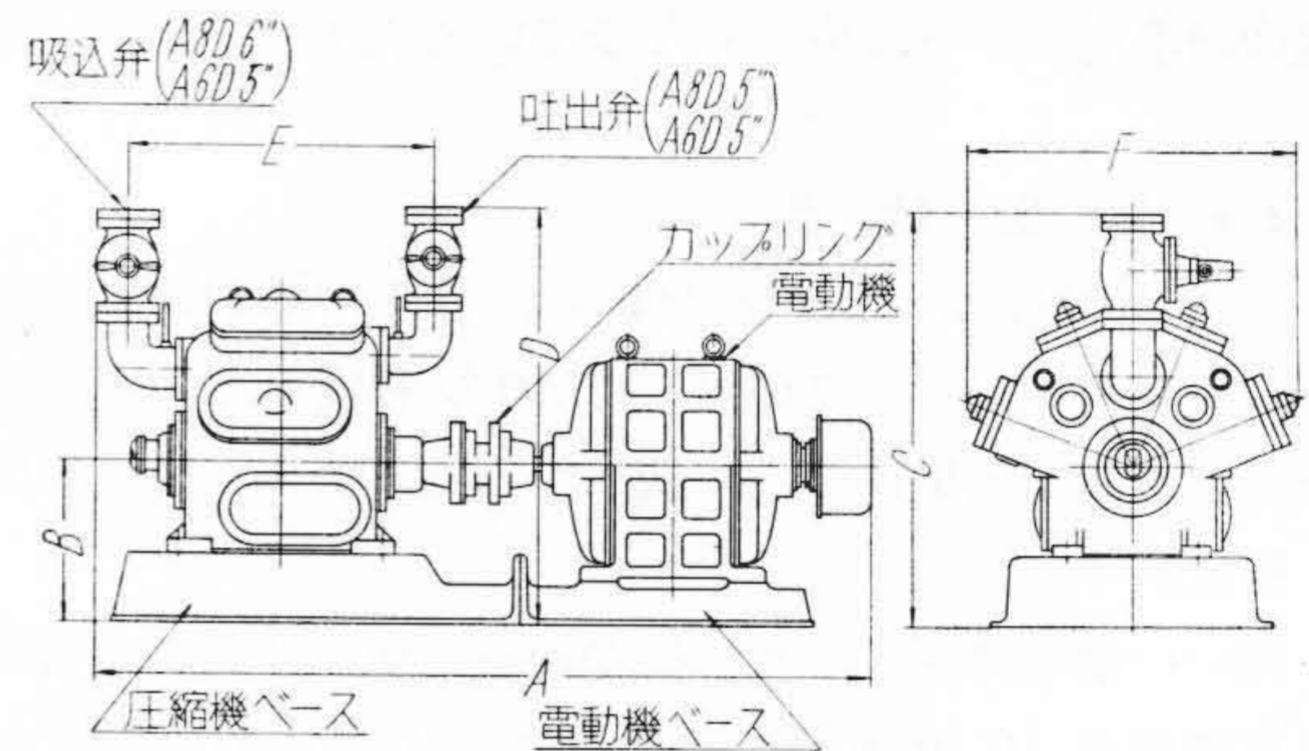
1. 緒 言

往復動型冷凍機について、その発達を歴史をふり返つてみると、圧縮機の回転数の少ない低速のものから順次高速化してきており、その型式も低速の横型往復動式および縦型 2 気筒単動式から高速多気筒式へと変化して今日に至っている。また、機器の進歩に伴い取り扱いの簡易化、製作費の低減および軽量小型化などの条件を満足させる方向に進んでいる。

日立製作所においては、昭和 26 年以来、日立高速多気筒冷凍機すなわち HMC 冷凍機を多数生産しているが、現在では低速の縦型 2 気筒冷凍機などの旧型冷凍機にかわつて冷房、除湿装置をはじめ冷蔵、製氷、凍結および化学工業用冷却装置などの各種の用途に広く使用され好評を得ている。

日立 HMC 冷凍機は最初気筒径が 115 mm で、気筒数が 2, 3, 4, 6 および 8 の 5 種を標準機種として生産されていたのであるが、近年特に需要のふえた大容量

冷凍機の要求にも応じ、新たに、前述の小口径 HMC 冷凍機の生産の経験を生かして、気筒径が 170 mm の大口径 HMC 冷凍機の製作を計画し、試作、研究および十分な寿命試験を実施した後、その生産を 31 年度から開



寸 法 表

仕様	A	B	C	D	E	F
型式						
A 8 D	3430	700	1790	1810	1360	1550
A 6 D	3400	700	1710	1800	1320	1480

第 1 図 日立大口径 HMC 冷凍機寸法図

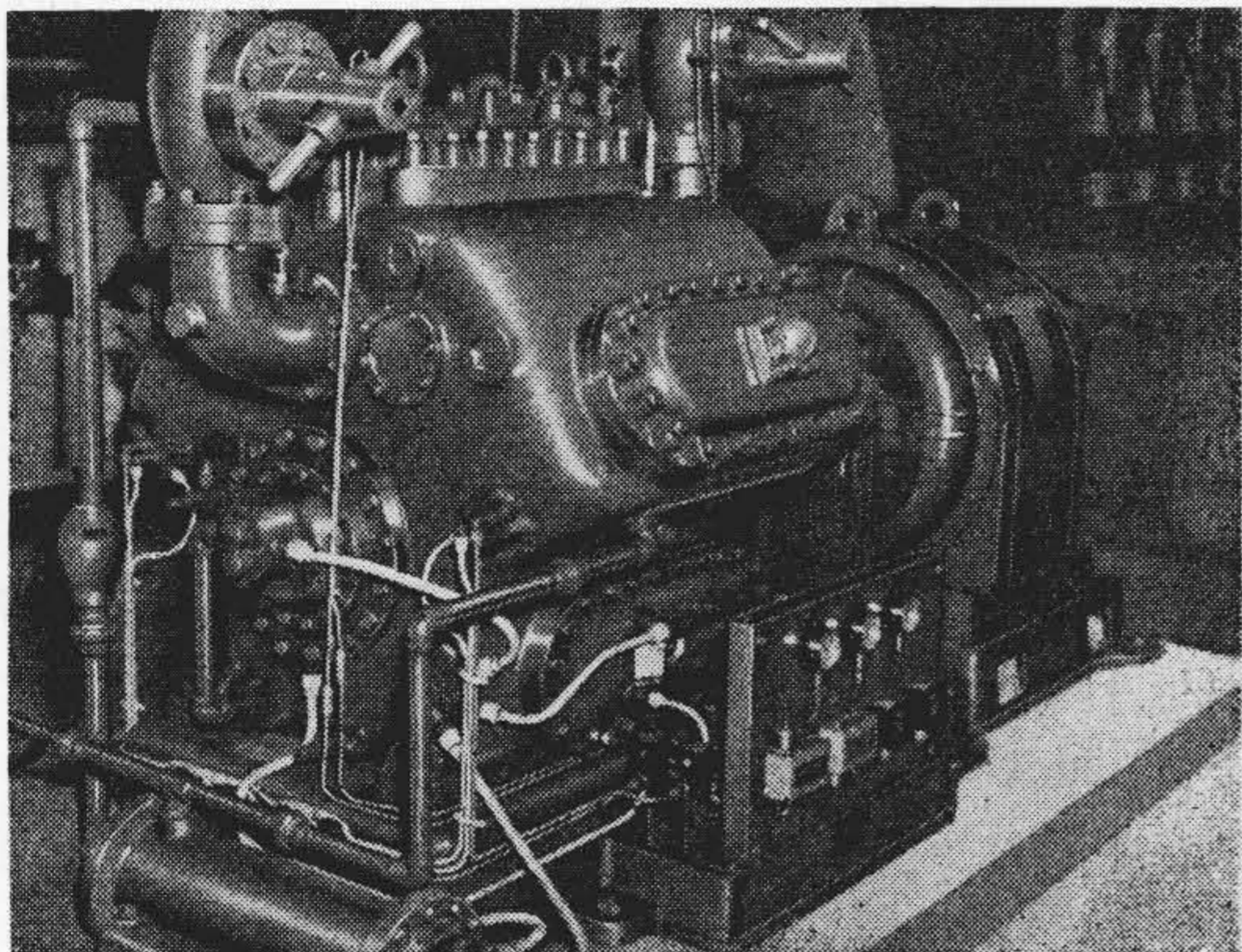
第 1 表 日立大口径 HMC 冷凍機標準仕様

冷媒 NH ₃ の場合		気筒数	気筒径 (mm)	衝程 (mm)	回転数 (rpm)	ピストンデイスプレースメント (m ³ /h)	凝縮温度 30°C の場合		凝縮温度 40°C の場合	
型	式						蒸発温度 -15°C における冷凍容量 (R. T)	蒸発温度 -15°C における軸馬力 (H. P)	蒸発温度 -15°C における冷凍容量 (R. T)	蒸発温度 -15°C における軸馬力 (H. P)
A 6 D	50~	6	170	125	735	751	98.0	121.7	84.7	132.5
	60~	6	170	125	705	721	94.0	116.7	81.3	127.2
A 8 D	50~	8	170	125	735	1,002	130.9	162.3	113.0	176.9
	60~	8	170	125	705	960	125.4	155.8	108.3	169.7
冷媒 F-12 の場合		気筒数	気筒径 (mm)	衝程 (mm)	回転数 (rpm)	ピストンデイスプレースメント (m ³ /h)	凝縮温度 30°C の場合		凝縮温度 40°C の場合	
型	式						蒸発温度 5°C における冷凍容量 (R. T)	蒸発温度 5°C における軸馬力 (H. P)	蒸発温度 5°C における冷凍容量 (R. T)	蒸発温度 5°C における軸馬力 (H. P)
F 6 D	50~	6	170	125	735	751	141.5	103.7	126.6	124.0
	60~	6	170	125	705	721	135.9	99.4	121.5	119.0
F 8 D	50~	8	170	125	735	1,002	189.0	139.0	169.0	165.3
	60~	8	170	125	705	960	181.3	133.4	162.2	158.7

* 日立製作所川崎工場

第2表 日立大口径 HMC 冷凍機と日立アンモニア冷凍機との比較

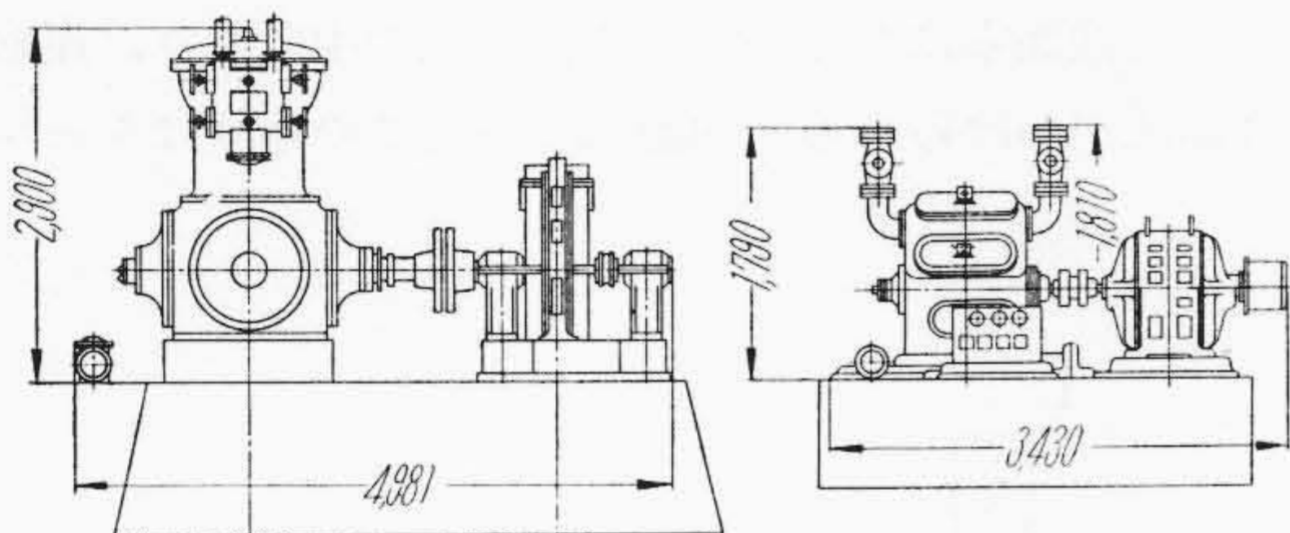
型式	気筒数	気筒径 (mm)	行程 (mm)	回転数 (rpm)	ピストンディスプレースメント (m ³ /h)	据付面積 (m ²)	全重量 (kg)	電動機
A 8 D-CW	8	170	125	735	1,002	5.3	4,070	誘導電動機
350φ AV ₂ -M	2	350	350	277	1,120	12.5	9,500	同期電動機



第2図 松坂屋デパート納 100 kW F 6 D-AW 日立大口径 HMC 冷凍機

幅寸法 2,500

幅寸法 1,550



左: 350φ AV₂-M アンモニア圧縮機寸法図
右: HMC A 8 D 用圧縮機寸法図

第3図 日立大口径 HMC 冷凍機と日立堅型 2気筒冷凍機との比較

始した。この大口径 HMC 冷凍機は従来の堅型 2 気筒アンモニア冷凍機の気筒径が 300~350 mm のものとほぼ同程度の能力をもっており、小口径 HMC 冷凍機とともに一連のシリーズをなしている。小口径に続く大口径 HMC 冷凍機の完成によつて往復動型冷凍機の応用範囲が著しく拡大し、したがつて、これらの機種への需要は急速な増加を示している。

ここに、日立大口径 HMC 冷凍機の概要を述べて、御参考に供したい。

2. 仕様

日立大口径 HMC 冷凍機の標準仕様および各機種の寸法図をそれぞれ第1表と第1図に、また、据付写真を第2図に示す。これらの各機種の主要部品はすべて共通になつており、部品の互換性を確保し、品質の管理に細心の注意を払っている。

次に、8気筒の大口径 HMC 冷凍機とほぼこれと同容量の気筒径が 350 mm の堅型 2 気筒アンモニア冷凍機とを比較のために、同じ縮尺で表わしたのが第3図であり、こ

の機種への主要諸元は第2表に示すとおりである。これらの図および表によつて HMC 冷凍機が従来の低速の冷凍機に比較していかに小型、軽量化されたかがわかる。

本機種は冷媒としてフロン F-12, F-22 およびアンモニアのいずれでも使用することができるが、冷媒にアンモニアを使用する場合とフロン F-12, または F-22 を使用する場合とでは配管および止弁の一部の材質を変更するだけで、そのほかはすべて同一の部品を使用している。

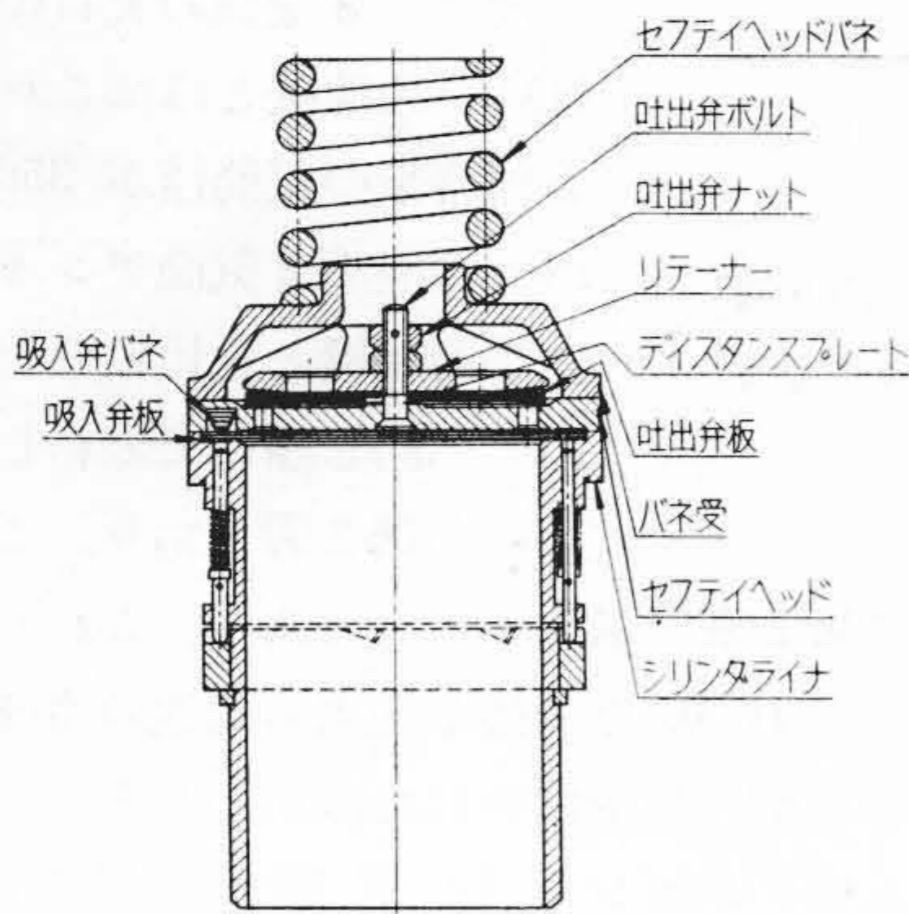
HMC 冷凍機とターボ冷凍機とはそれぞれ異なつた特長をもっており、使用される目的および条件によつて適当な機種を選定しなければならない。ターボ冷凍機は容量が特に小さいものに適していないから、50 冷凍噸以下の冷凍機としては HMC 冷凍機が大部分であるが 50~150 冷凍噸の範囲では両者がその用途に応じてそれぞれ使用されている。また、製氷、冷蔵および急速凍結装置用としても HMC 冷凍機が多数採用されている。HMC 冷凍機では 1 段圧縮で圧縮比が約 10 までは可能であり、したがつて、蒸発温度が低く凝縮温度が高い場合であるとか、蒸発温度または凝縮温度が非常に変化する用途の場合に適している。

前述のように、往復動式冷凍機は圧縮比が 10 程度までは 1 段圧縮を行うことができるが、10 以上になると低圧側にブースタ圧縮機を使用した多段圧縮式冷凍サイクルを採用する。この場合に、低圧側のブースタ圧縮機のピストンディスプレースメントは高圧側圧縮機のそれの数倍になるのが普通であり、したがつて、高圧側に小口径 HMC 冷凍機を用い、低圧側のブースタ圧縮機として大口径 HMC 冷凍機を使用すれば、高圧側と低圧側の各圧縮機が同型の高速多気筒型になり、装置の取り扱いおよび保守が簡単でまとまりが良い。容量調整を行う場合でも、高圧側と低圧側とを同時に行えば中間圧力の変化がないので冷凍サイクルの平衡をみだすことがなく、多段圧縮式冷凍サイクルに対して自動的に効率の良い容量調整を行うことができる。

3. 構造

3.1 気筒配列

本機においては全体をコンパクトにまとめるため、また慣性力による振動をなくするために気筒配列を 6 気筒



第4図 吸入弁,吐出弁,およびシリンダライナ組立図

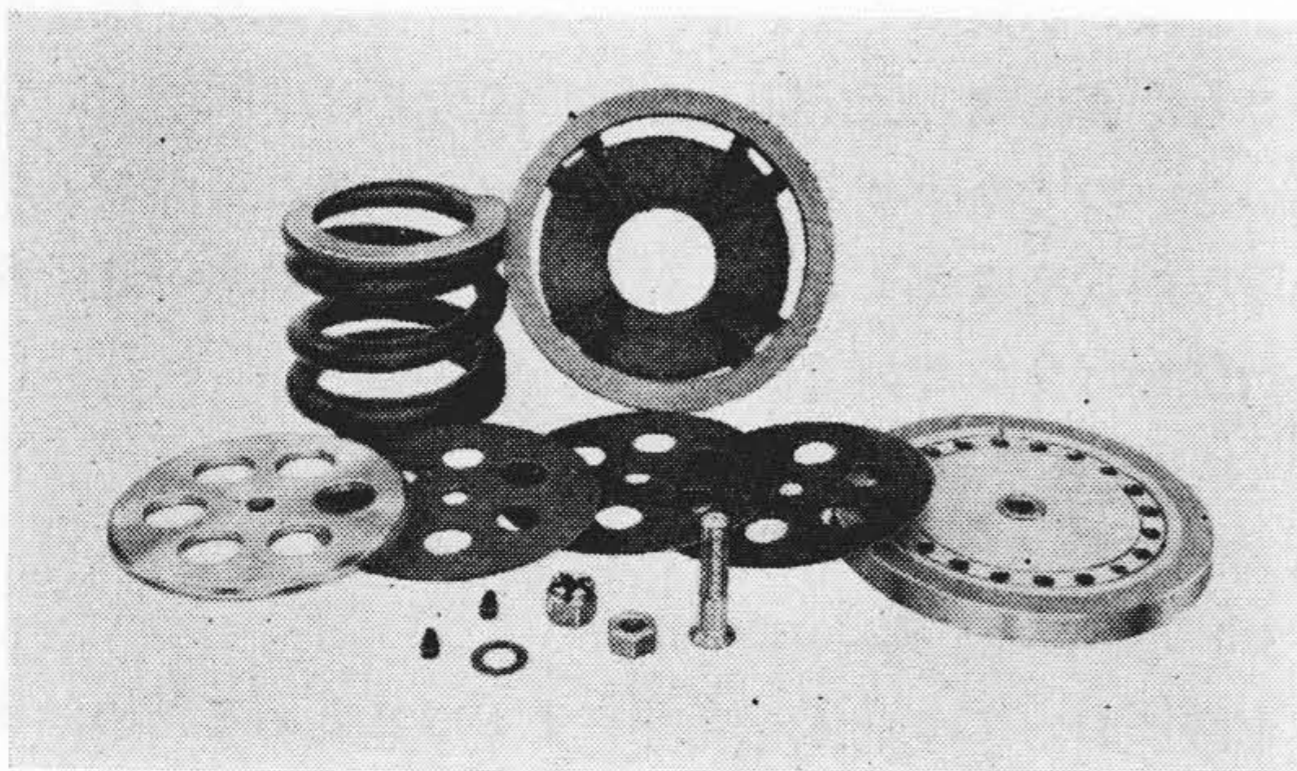
の場合には複列60度W型, 8気筒の場合には複列45度WV型としている。クランクシャフトは2スロー型で, 一つのクランクピンに8気筒の場合には4個, 6気筒の場合には3個のコネクティングロッドが取り付けられてあり, このため, 振動および回転力に対してきわめて良好な平衡状態が得られる構造になっている。

このような気筒配列にしたため6気筒と8気筒の部品はクランクケースとクランクシャフトをのぞいては全部共通になり量産に適した型態にすることができた。

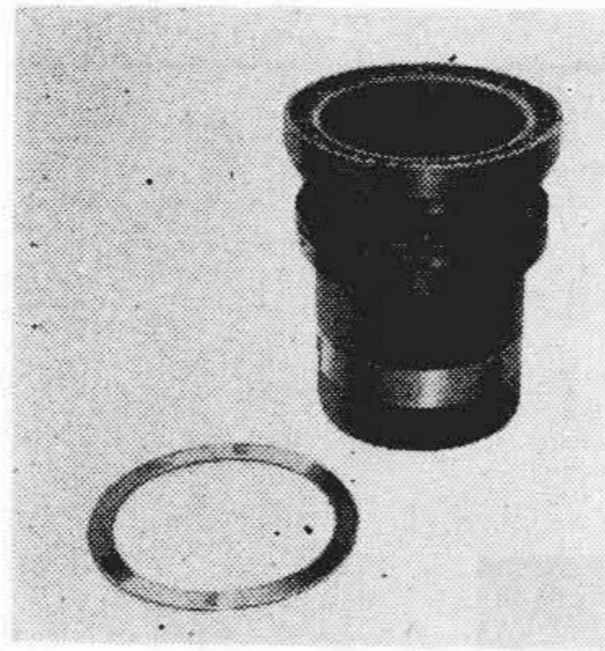
3.2 吸入弁機構

吸入弁は第4図に示すようにシリンダライナの外周の鑿の部分に吸入弁座を設け, 吸入ガスはシリンダ外周の低圧側からシリンダライナの鑿の部分にあけられた数十個の孔を通り吸入弁板を押し上げてシリンダ内に吸入されるようになっている。このような構造では高速回転においても十分な弁通過面積を取ることができるので, 吸入弁において吸入ガスが絞られその圧力降下によつて機械効率が低下するような心配は全然なくなった。

吸入弁板は特殊鋼製の輪状の板でセフティヘッドに設けられた吸入弁バネによつて吸入弁座に押しつけられているが, 吸入ガスを吸入するときは吸入ガスによりセフティヘッドに当るまで押し上げられ, またピストンが圧



第6図 吐出弁



第5図 シリンダライナと吸入弁板

縮行程にあるときは圧縮ガス圧により弁座に押しつけられ気密を保つ。

3.3 吐出弁機構

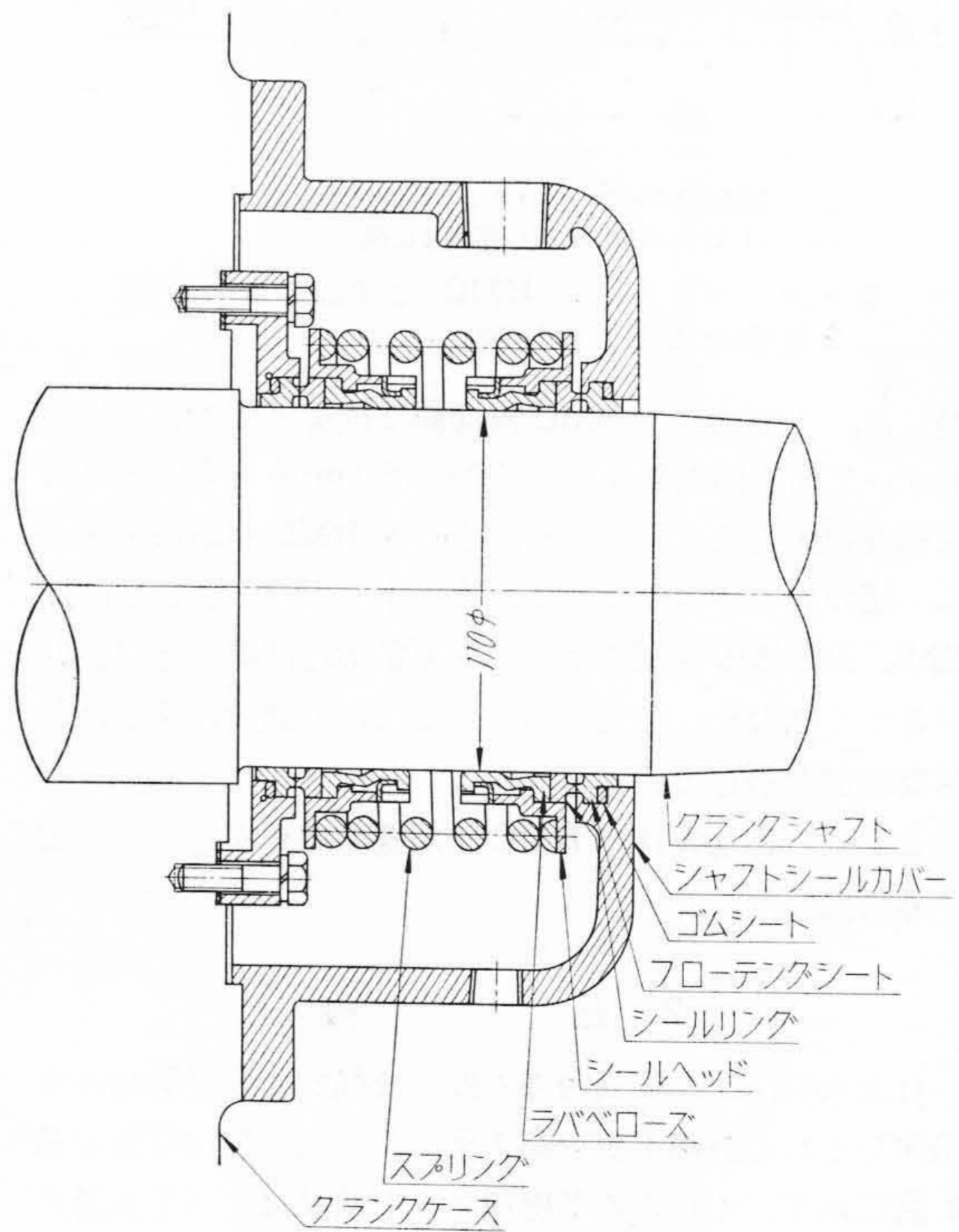
吐出弁板は特殊鋼製のダイアフラムよりなりセフティヘッドに設けられた吐出弁座に密着している。吐出ガスを排出するときは吐出ガス圧により, ダイアフラムが上に凹に変形し吐出弁座との間に隙間を生じて吐出ガスを排出する。このとき上の二枚の弁板は下の弁板の変形を受止めるクッションの役目をはた

しその上のリテーナは吐出弁板が過度に変形しないように受ける役をしている。

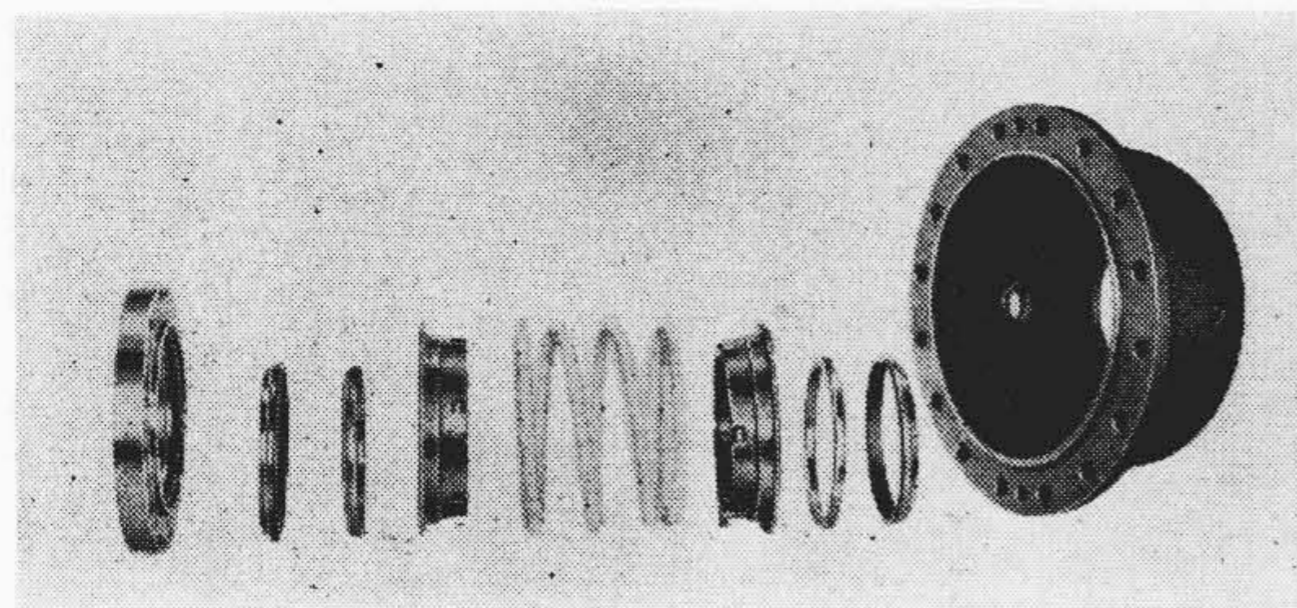
このような構造の吐出弁の作動はきわめて静粛でまた弁板の慣性力も少ないために衝撃による弁板, 弁座の摩耗もきわめて少ない。

3.4 軸封装置

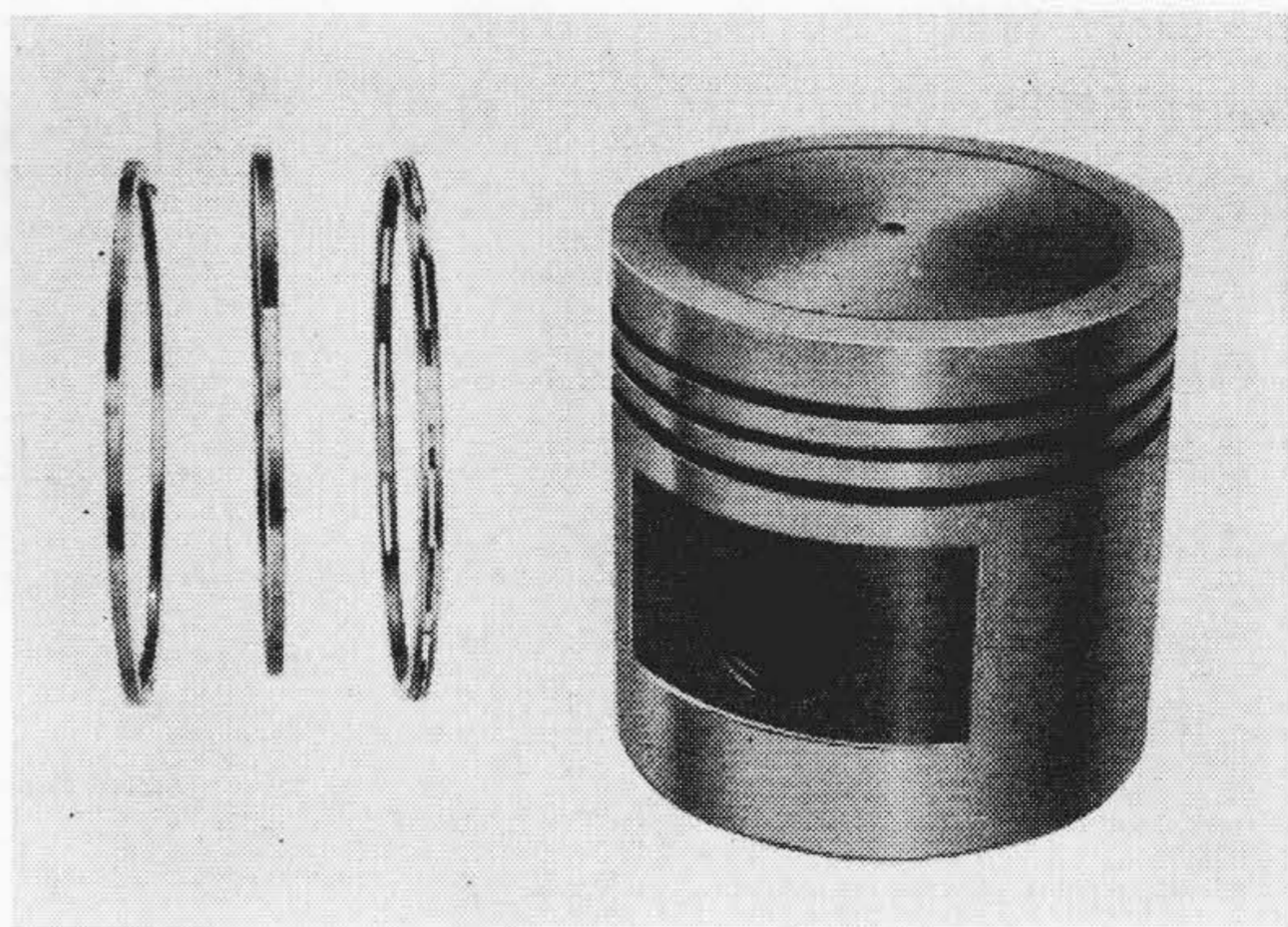
軸封装置はラバベローズ型メカニカルシールを使用している。この構造は第7図に示すように, クランクシャフトに密着嵌合して回転するラバベローズ, シールリングなどとこれと摺動するフローティングシートおよび摺動面に圧力を与えるバネから成っている。これらの部品はすべて油溜室にたまっている潤滑油の中にあり, 運転中は油圧がかけられる。油溜室と外気との遮断はシール



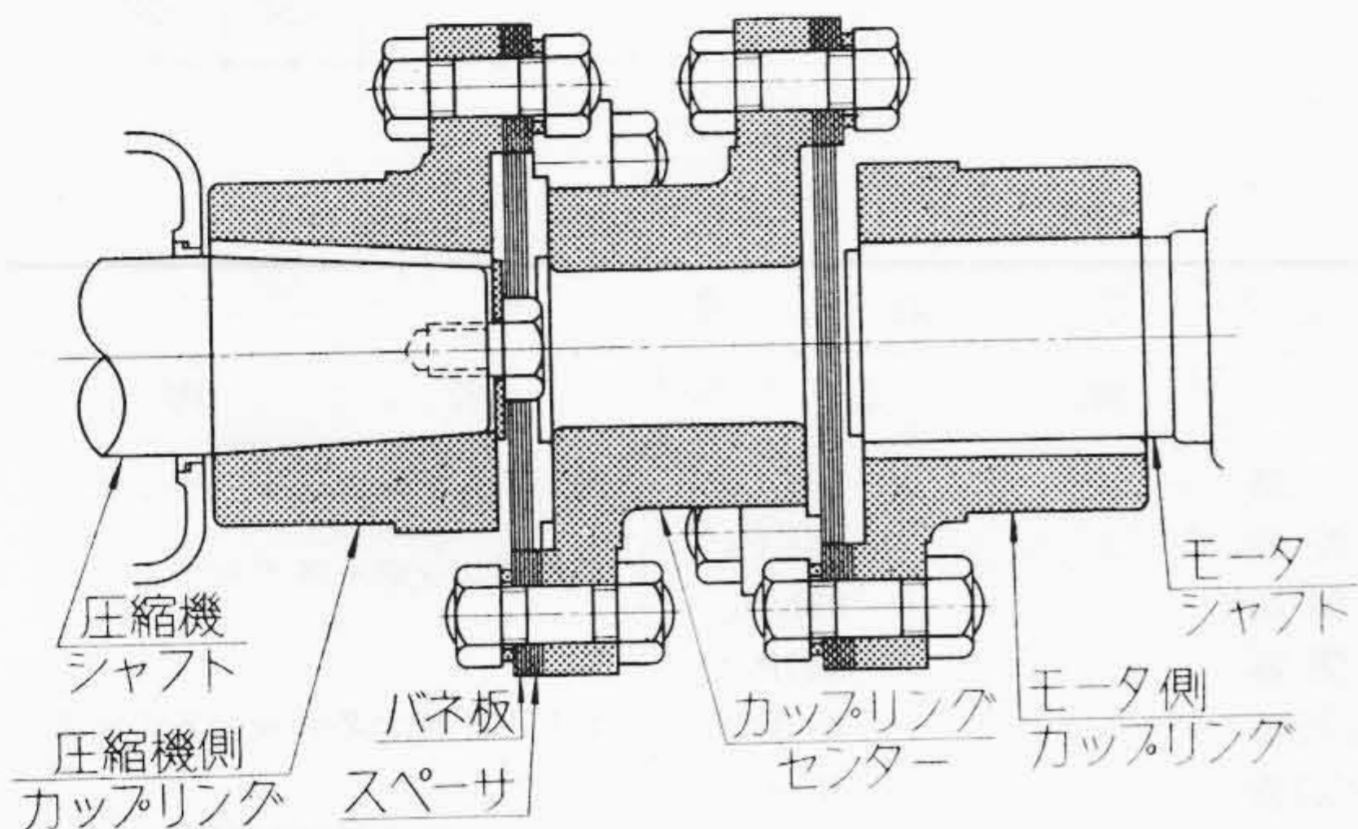
第7図 軸封装置組立図



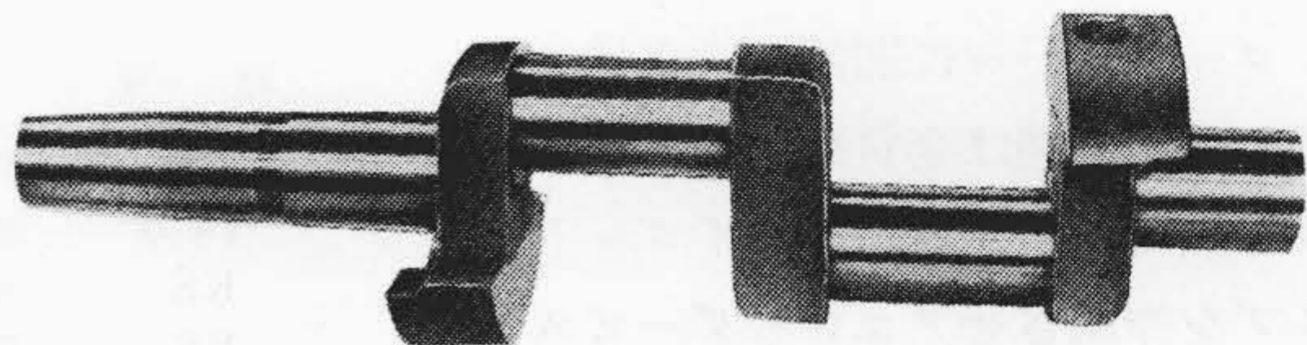
第8図 軸封装置



第10図 ピストン



第9図 カップリング組立図



第11図 クランクシャフト

リングとフローティングシートの摺動面によつてなされ、油溜室中の圧力油はシールリングとフローティングシートとの摺動面を潤滑するとともに冷却をも兼ねており、冷媒が外気にもれることを完全に防止している。

また、油溜室中のシールリングが外気側とクランクケース側の両側におのおの取り付けられているが、これはブースタ圧縮機として使用された場合にクランクケース内の圧力が大気圧以下の状態で停止することもあり、このような状態でも油溜室の油が切れることなく、完全なシールをなすためである。

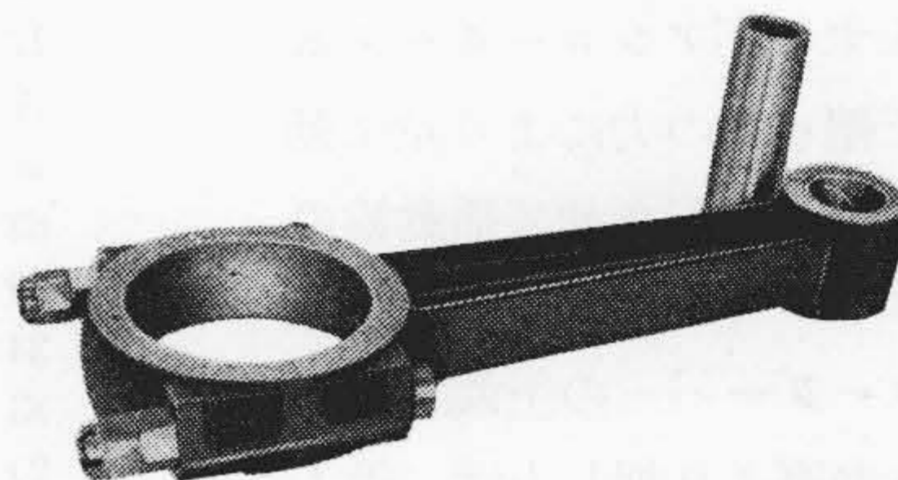
3.5 カップリング

カップリングはバネ板の弾性を利用したフレキシブルカップリングを使用しており、多少の芯の狂いはこのバネ板の撓みによりゆるされるようになっている。

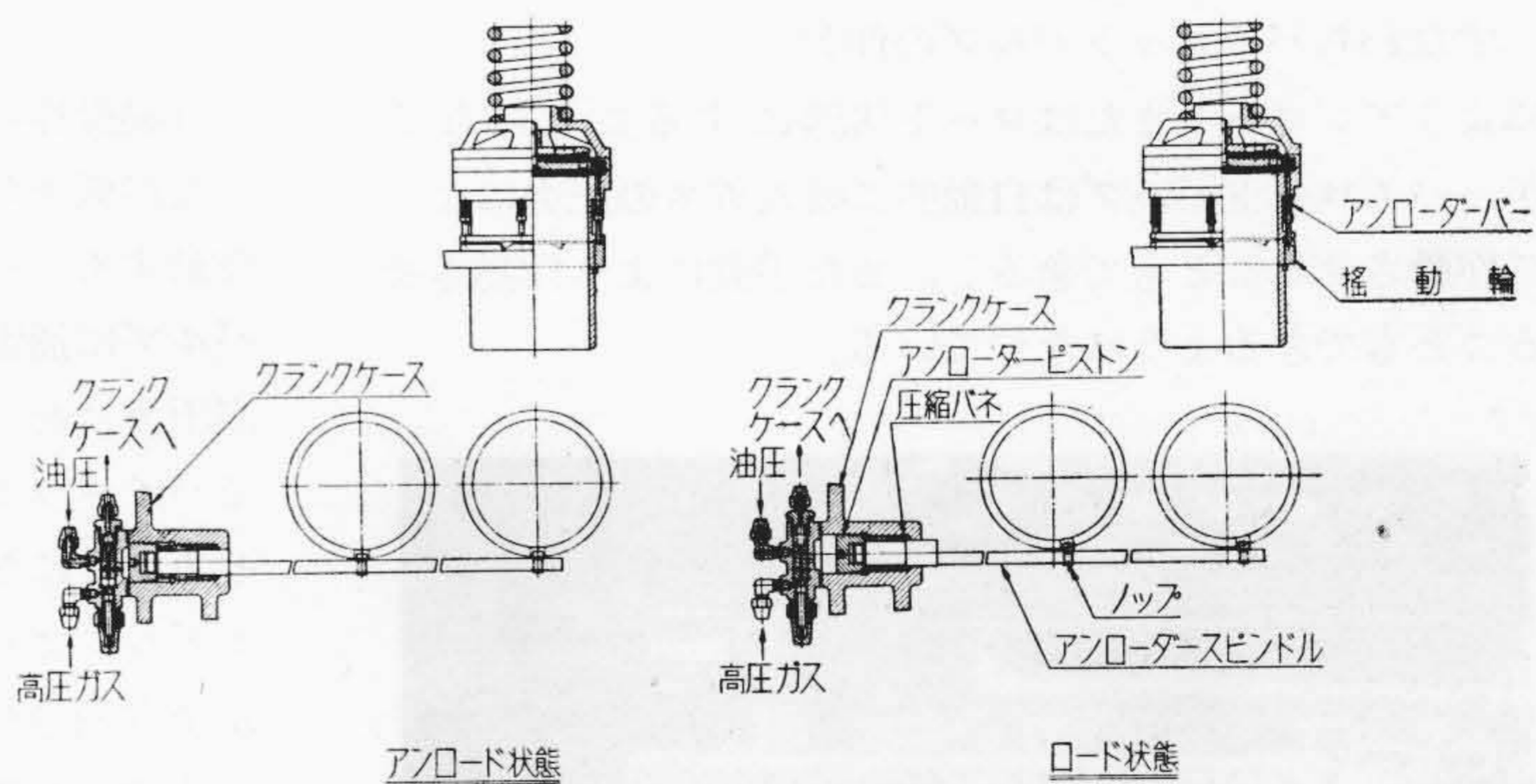
またシャフトシール分解時のことを考えて中間カップリングを取りつけてある。中間カップリングおよび圧縮機側カップリングを取りはずせば、電動機や圧縮機を移動させることなくシャフトシールカバーを取りはずすことができシャフトシールを点検または取りはずすことができる。

3.6 自動容量調整機構

縦型2気筒アンモニア冷凍機では標準としては特に容量調整装置がなく、容量を落して運転する必要のある場



第12図 コネクティングロッド



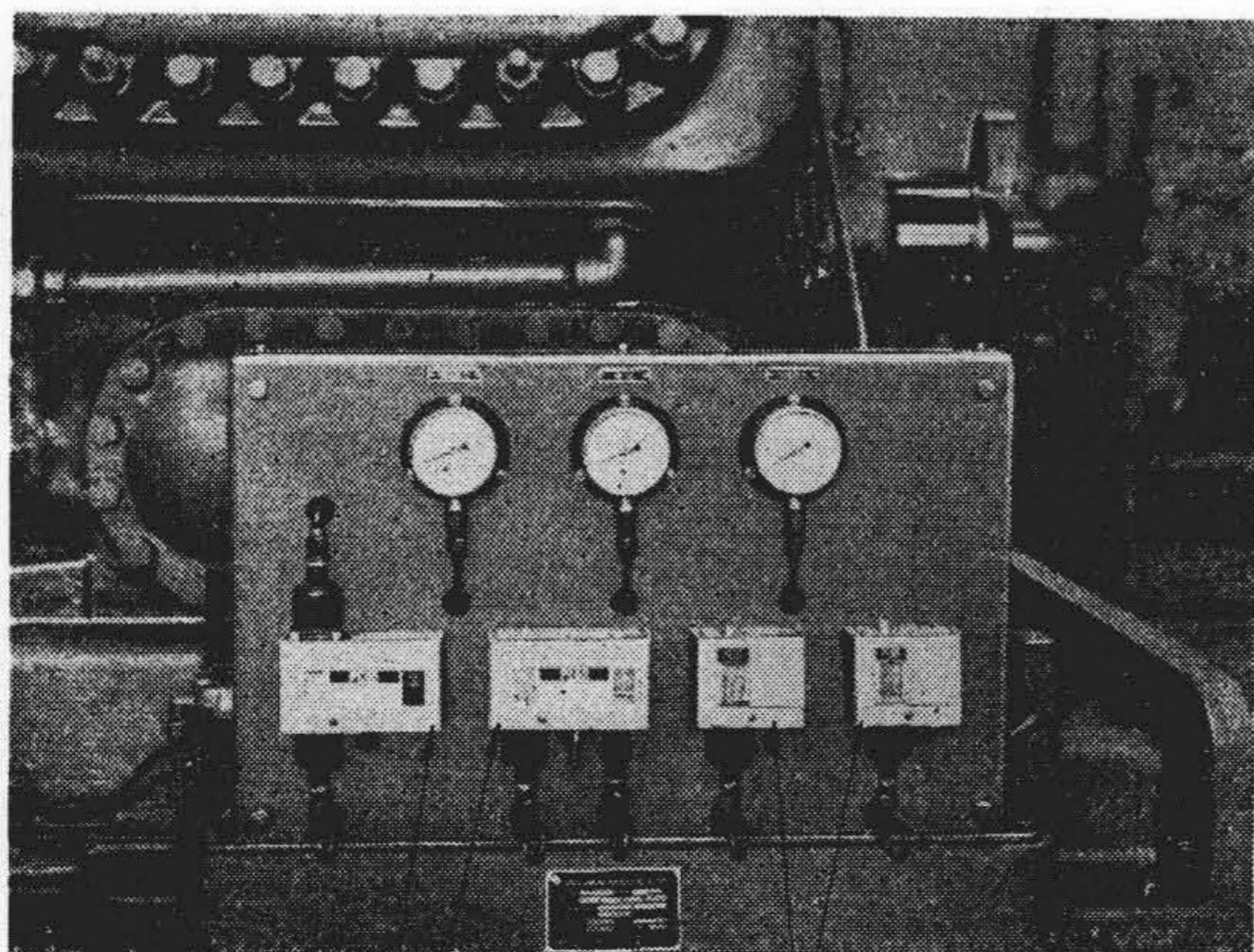
第13図 自動容量調整装置

合には手で吸入止弁を絞る方法が採用されていた。また特に容量調整装置を取り付けた場合でも、弁の開閉によりクリアランスポケットをシリンダに付加して吸入容量をへらす方法とか、シリンダの途中にバイパス弁を設けて容量を半分にへらす方法などを採用しており、いずれにしても手動操作であつた。

HMC 冷凍機においては、冷凍負荷の変動に応じて自動的に圧縮機の容量を部分的に無負荷にしていくアンロ

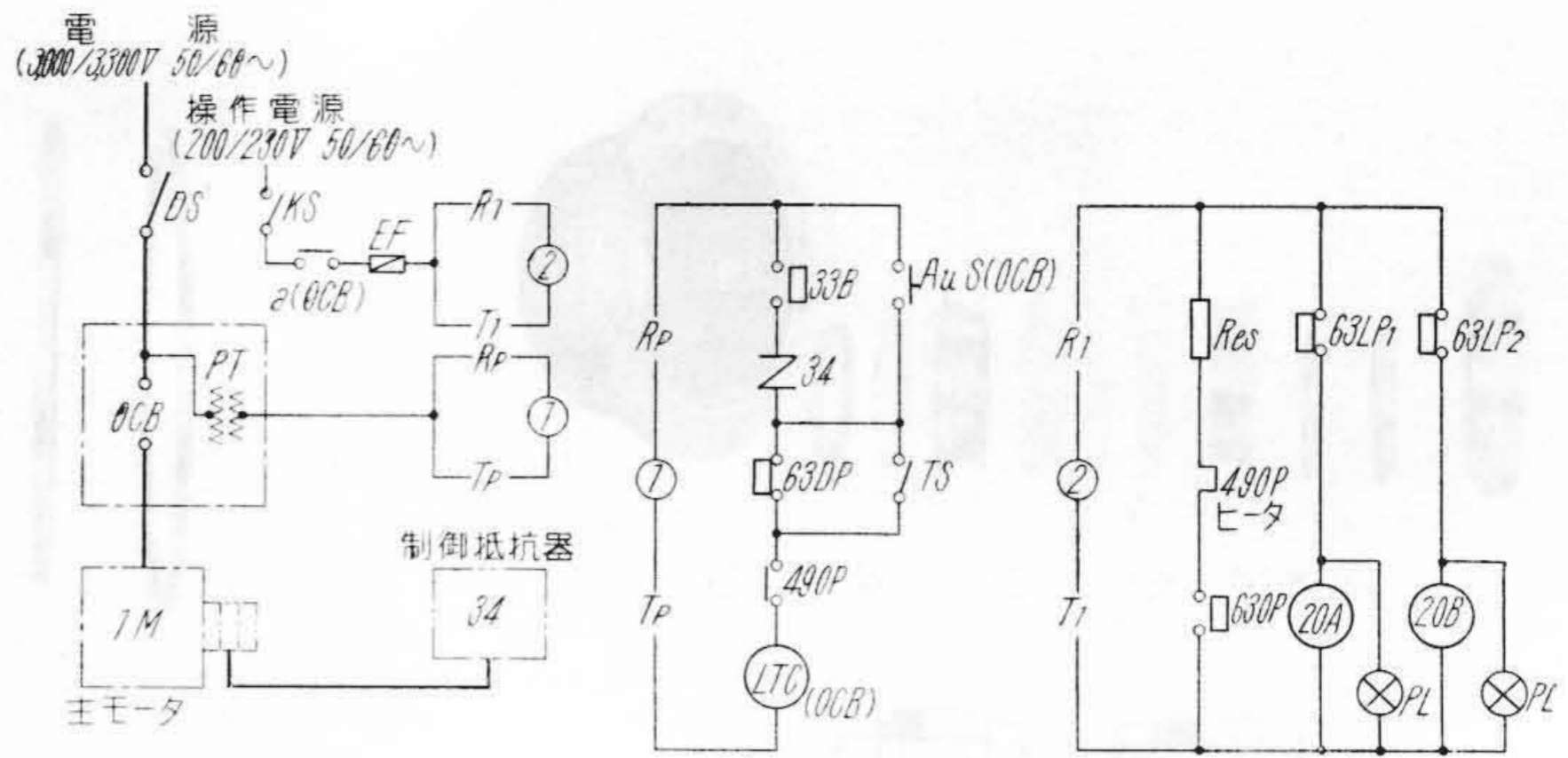
ーダ機構が付属している。この作動方式は圧縮機の吸入圧力に応じて自動的に吸入弁を2気筒ずつ開放して順次負荷を軽減する方法であつて、この機構および構造は第13図に示すとおりである。図により説明すると、全負荷状態ではアンローダーピストンの頂部に油圧がかかつており、圧縮バネを圧縮して右に寄せられている。また、アンローダーバーの下端は揺動輪の斜面の下に落ち込んでおりアンローダーバーは吸入弁板から離れているので吸入弁板はアンローダーバーに関係なく正常に作動し、圧縮機は全負荷運転する。これを無負荷にするにはパイロットバルブを作動させアンローダーピストン頂部にかかっている油圧を遮断してクランクケース内の圧力と等しくする。そうするとアンローダースピンドルは圧縮バネの力により左に動き、揺動輪を右回転させて揺動輪の斜面によりアンローダーバーを突上げ、アンローダーバーの上端で吸入弁板を吸入弁座より押し上げ、吸入弁を開放して2気筒を同時に無負荷にすることができる。

すなわちパイロットバルブの作動によりアンロードまたはロード状態にすることになるが、パイロットバルブは自動的に吸入ガスの圧力によつて作動させることもできるし、また手動により作動させることもできるようになつている。



オイルプロテクションスイッチ / デュアルプレッシャースイッチ / ロープレッシャースイッチ

第14図 ゲージ盤



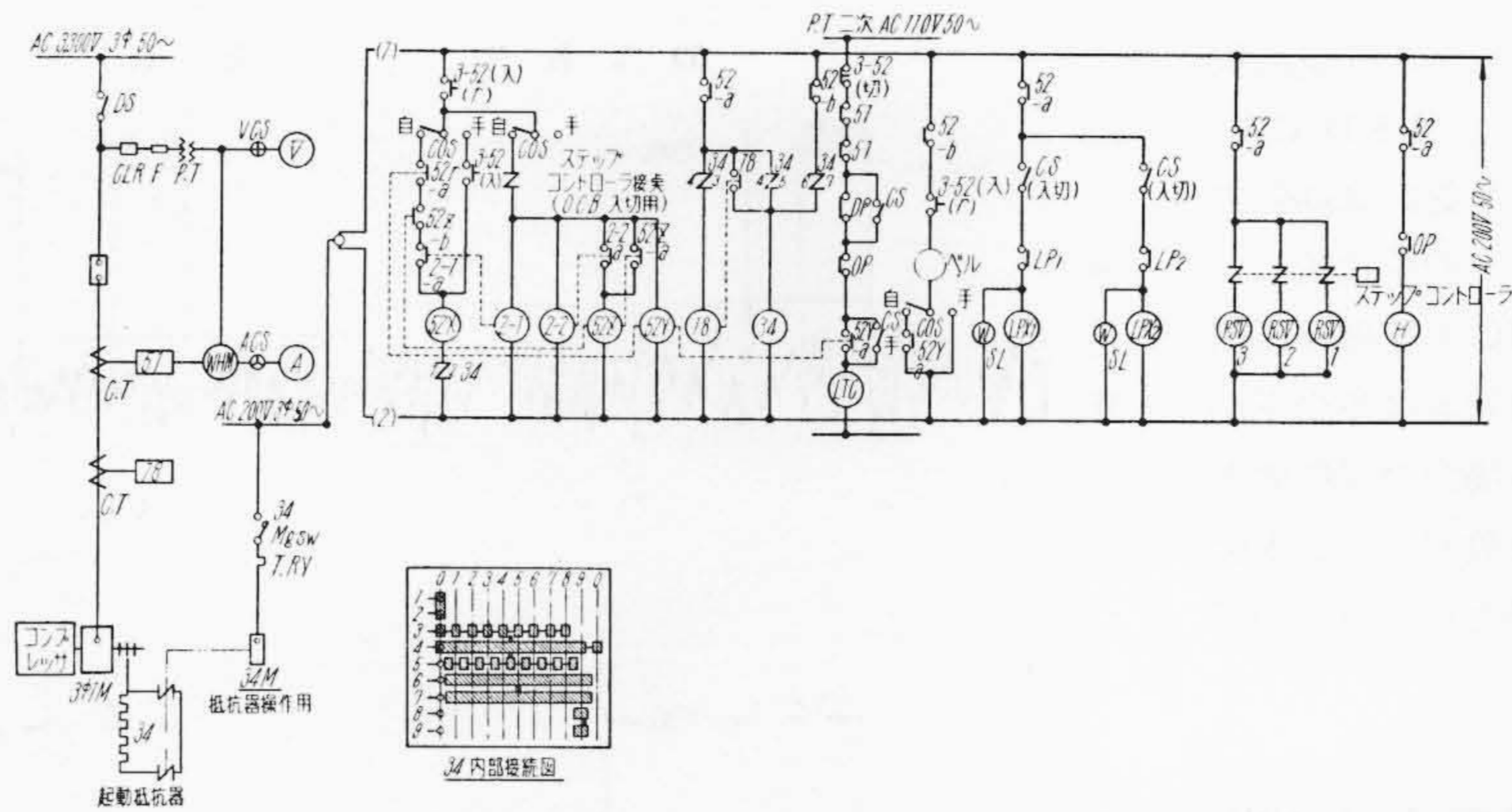
記号表凡例			
記号	名称	記号	名称
DS	断路器	63DD	デュアルプレッシャースイッチ
OCB	油入遮断器	63LP ₁	ロープレッシャースイッチ
KS	双型開閉器	63LP ₂	
EF	筒型開閉器	630P	オイルプロテクションスイッチ
PT	計器用変圧器	490P	
IM	三相誘導電動機	Res	刷子引上装置制限開閉器
TS	ダンブラスイッチ	33B	刷子引上装置制限開閉器
LTC	低電圧引外線輪	20A	ソレノイドバルブ
AuS	補助開閉器	20B	
a	線輪附勢又は押すことにより開		
63	圧力継電器		
49	交流温度継電器		
34	制御抵抗器		
33	位置開閉器		
20	電磁弁		
PL	標示灯		

第15図 標準配線接続図

自動操作の場合は、冷凍負荷が軽くなつて被冷却物の温度が低下し、吸入圧力が下がると、吸入圧力によつて作動するロープレッシャースイッチが働き、ソレノイドバルブに通電し、ソレノイドバルブを開くことによつて高圧ガスをパイロットバルブに送り、このガス圧によつてパイロットバルブピストンを圧縮バネに抗して作動させるようになつている。また、手動操作の場合にはスピンドルによりパイロットバルブピストンを先方に押し込んで作動させ、アンロードを行うことができる。

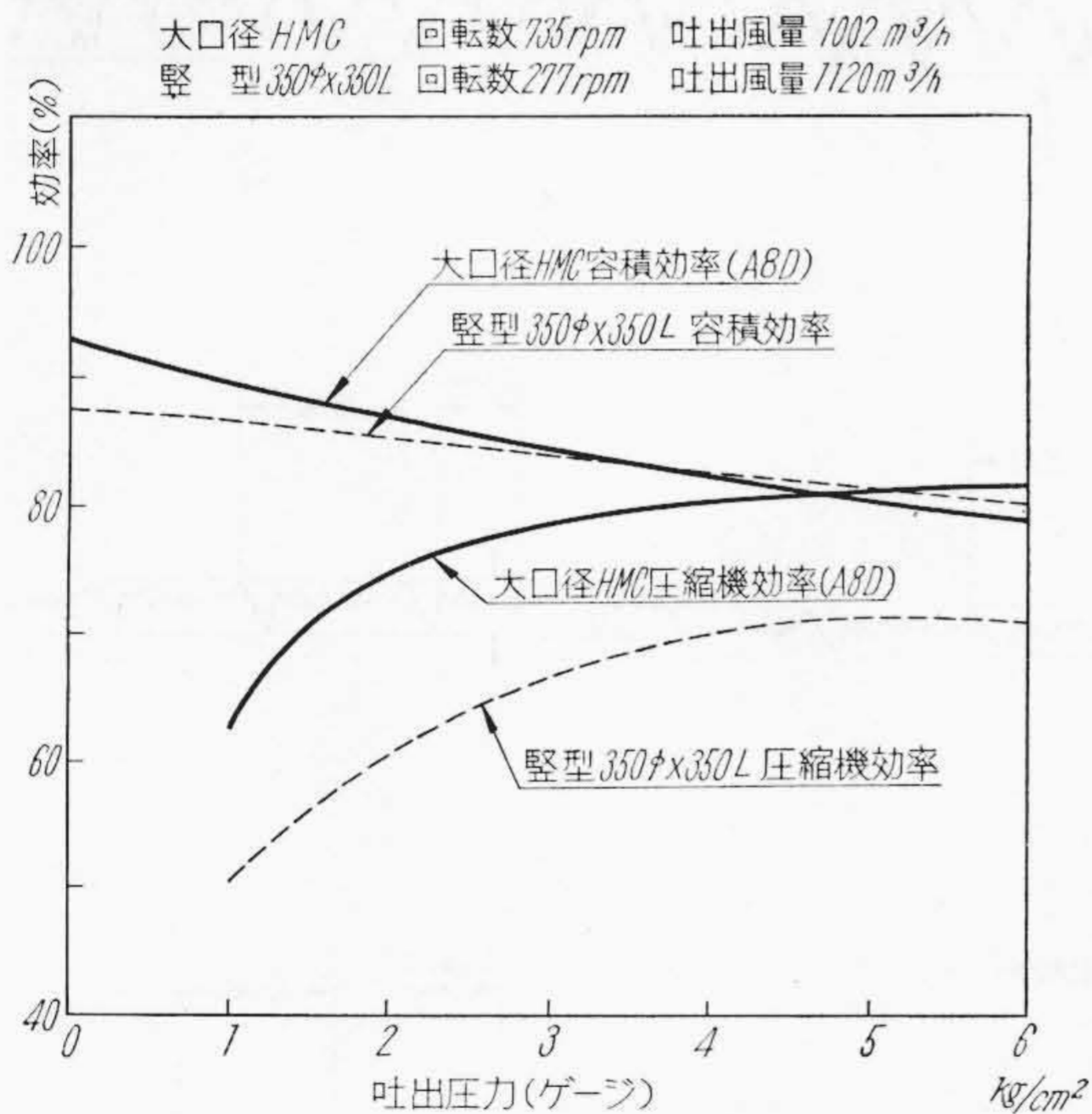
そのほかに安全装置としてオイルプロテクションスイッチ、デュアルプレッシャースイッチを使用している。オイルプロテクションスイッチは、圧縮機のギヤポンプの油圧が低下した場合、メタルその他の摺動部の焼付事故を防ぐために油圧が一定限度以下に下がり一定時間経過した場合自動的に冷凍機を停止させるものであり、デュアルプレッシャースイッチは、圧縮機の吐出圧力が異常に高圧になつた場合または吸入圧力が異常に低下した場合に自動的に圧縮機を停止させるものである。

以上述べた自動運転用スイッチ類の標準配線接続図を



器具番号	器具名称	型式	記号	名 称
21, 22	時限継電器	IM-1	DP	デュアルプレッシャスイッチ(高圧10kg/cm ² 以上, 低圧1.5kg/cm ² 以下で開)
18	電流制限加速継電器	CL ₂ -A	OP	オイルプロテクションスイッチ (油圧と低圧側ガス圧力差1kg/cm ² 以下で開)
34	起動制御器	MV.-KSY	LP ₁	ロープレッシャスイッチ (吸入圧力(低圧ガス) 2.5kg/cm ² 以下で閉)
51	過電流継電器	IO-VO	LP ₂	ロープレッシャスイッチ (吸入圧力(低圧ガス) 2kg/cm ² 以下で閉)
52	交流遮断器	R-VESA	H	OP用ヒータ
52X	同上用投入電磁開閉器	SK ₁₅ -P ₂	LPX ₁	ソレノイドバルブ
52Y	補助継電器	CA ₂₁ -T ₄	LPX ₂	ソレノイドバルブ
52Z	補助継電器	CA ₂₁ -T ₄	RSV ₁	冷媒調整電磁弁

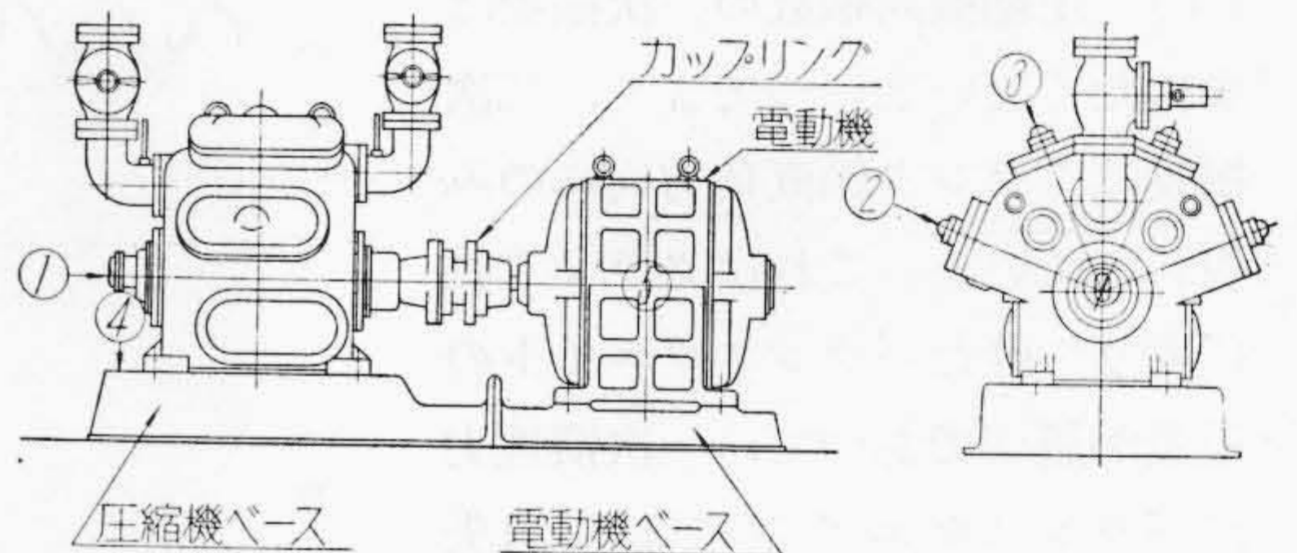
第16図 全自動配線接続図



第17図 空気運転特性曲線

第15図に示す。

HMC 冷凍機においては被冷物の温度による冷凍機の自動発停をも含めた全自動運転も可能である。第16図は空気調和装置の場合の全自動運転の一例である。本方式では主電動機は巻線型電動機を使用しており、主開閉器投入後自動的に二次抵抗を減じ、主電動機を全速にまで達せしめて起動を完了する。起動後冷凍機運転中は室内に設けたサーモスタットにより応動するステップコン



第18図 振動測定箇所

トローラーで膨脹弁の手前に設けた電磁弁を開閉して膨脹弁の数を三段階に自動調整することにより室温を一定に保つ。すなわち、この電磁弁が閉まると圧縮機の吸入圧が低下するからロープレッシャスイッチが働いて次々に圧縮機の各気筒がアンロードされてゆき、負荷に適応した容量で冷凍機が自動運転される。各気筒がアンロードされてもさらに室内温度が低下する場合には、ステップコントローラの最終接点が切れて主開閉器が遮断して冷凍機は自動的に停止し、室内温度が上昇すればふたたび自動的に起動する。また、冷凍機が過負荷になった場合あるいはオイルプロテクションスイッチ、デュアルプレッシャスイッチが働いた場合にも自動的に冷凍機が停止し、同時に警報を行うようになっている。

4. 性 能

4.1 効 率

第17図は A8D-CW 型日立大口径 HMC 冷凍機用

圧縮機の空気運転における性能曲線を示す。同図によつて A 8 D-CW とほぼ同容量の縦型 2 気筒 350φ アンモニア圧縮機との性能を比較してみると、大口徑 HMC 圧縮機は圧縮比の高い場合の容積効率は多少下がるが、圧縮比の低い場合の容積効率および圧縮機効率は数パーセント縦型アンモニア圧縮機よりも上回つて

4.2 振 動

大口徑 HMC 冷凍機(A 8 D-CW)の納入現場において運転中に取つた振動波形オシログラムを第 19 図に示す。第 18 図はその測定箇所を示す。この結果をみると、振動は最大の箇所でも両振幅 9.7 μ であり、往復動式圧縮機としてはきわめて少ない値である。

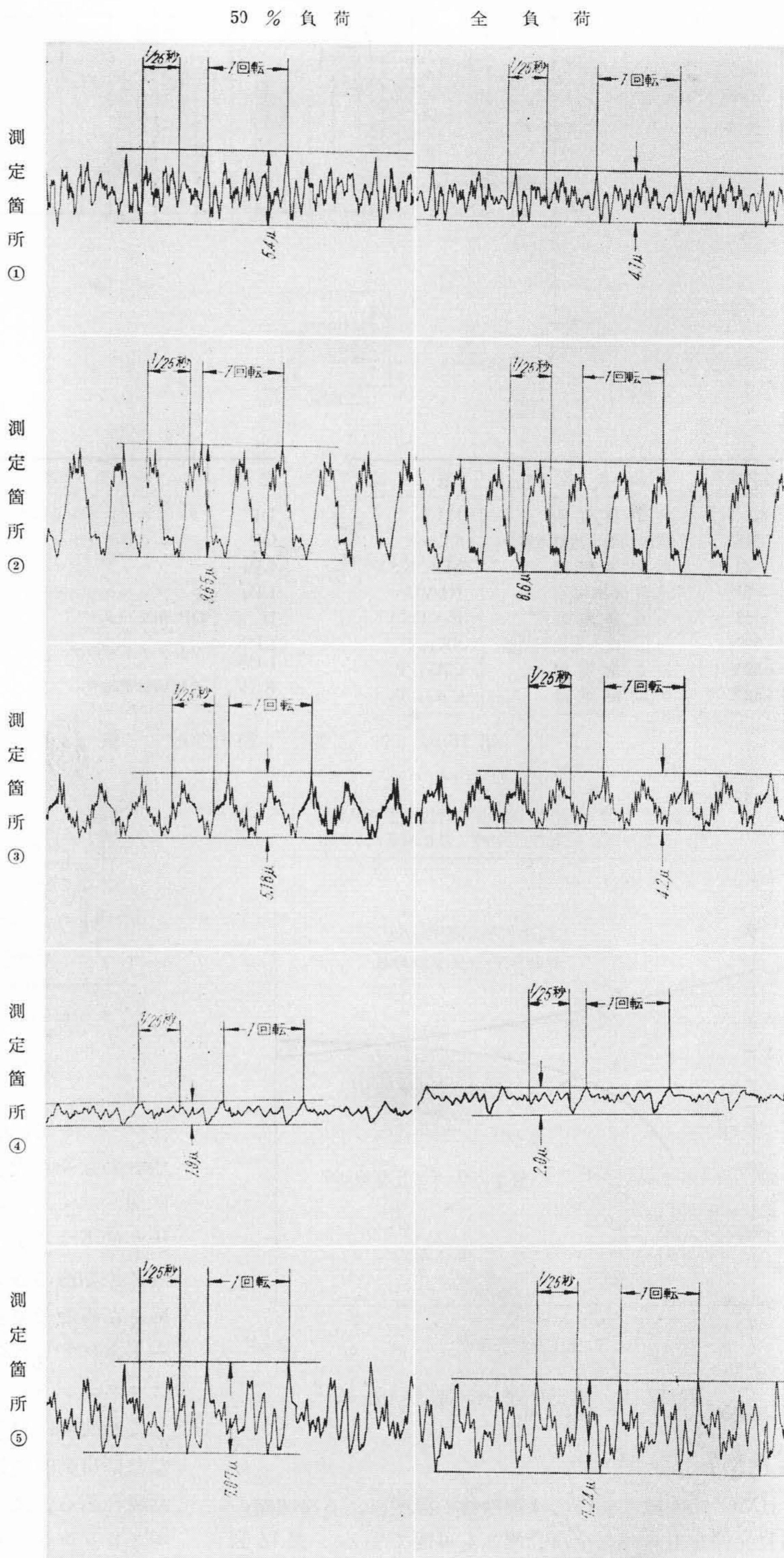
さらにこの振動波形オシログラムより次のことがいえる。

(1) 圧縮機回転数の一次振動はまったくないとつてよく、二次振動はクランク軸直角方向にのみ現われている。これはクランク軸に取りつけたバランスウエイトの重量が適切であつて、一次慣性力がバランスウエイトにより消失し、バランスウエイトによつては消去し得ないわずかな二次以上の慣性力が振動となつて外部に現われたものである。

(2) 負荷が 100% より 50% になると圧縮機は自動的にアンロードされるから、実際に圧縮仕事をするシリンダは半分になり、回転力は 100% 負荷に比べてかなり変動が多くなるが、外部に現われる振動は図に示すようにほとんど変化していない。これはクランクケース、ベースなどの強度が十分であり、機械構造自体の変形による振動はほとんどないことを示している。

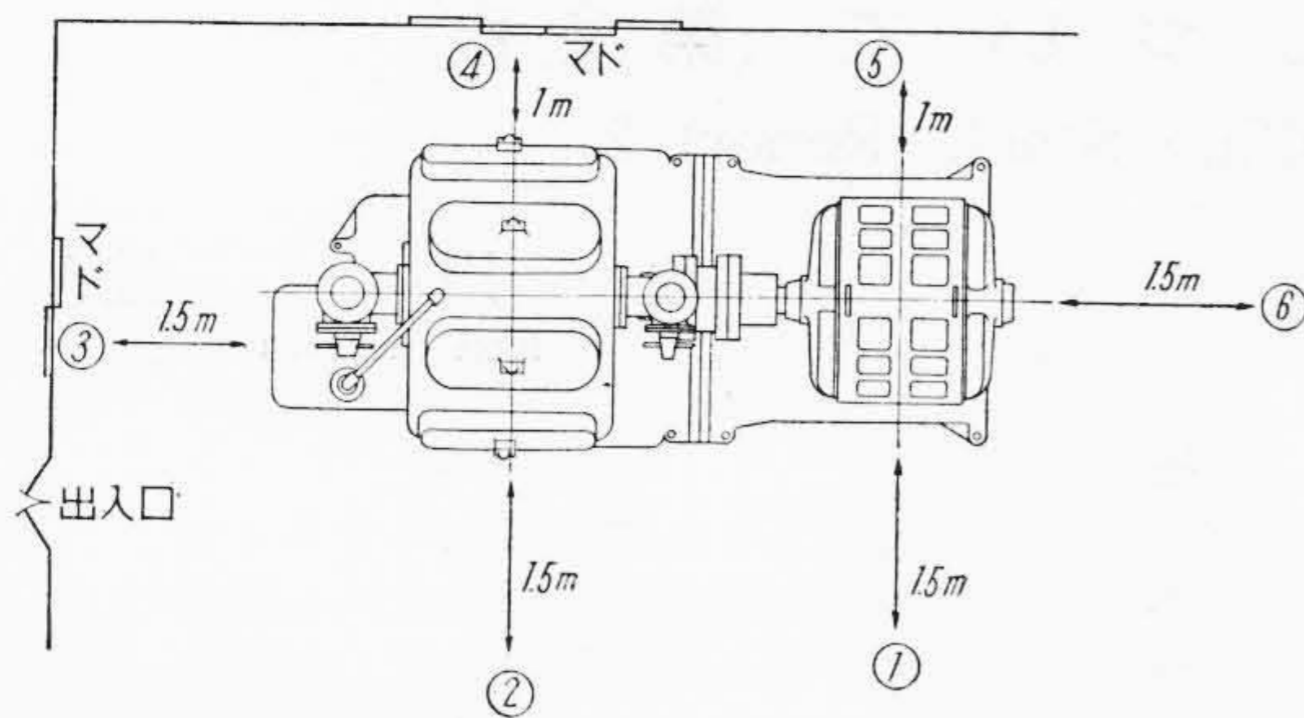
4.3 騒 音

振動測定と同時に取つた大口徑 HMC 冷凍機 (A 8 D-CW) の騒音測定結果を第 20 図に示し、その周波数分



第 19 図 振 動 波 形 オ シ ロ グ ラ ム

析の測定結果を第 21 図に示す。この結果によると騒音の最大値は 85.5 フォンであり、この程度の大きさの冷凍機としては非常に少ない値である。また周波数分析結



騒音測定値 (単位フォン)			備考
測定箇所	50%負荷	100%負荷	
1	84.0	83.0	} 壁が近いため } 1mの距離で測定
2	85.0	85.0	
3	85.0	85.5	
4	85.5	85.5	
5	84.5	83.0	
6	83.0	82.0	

注：暗騒音 68 フオン
周波数分析は測定箇所②に於けるもの

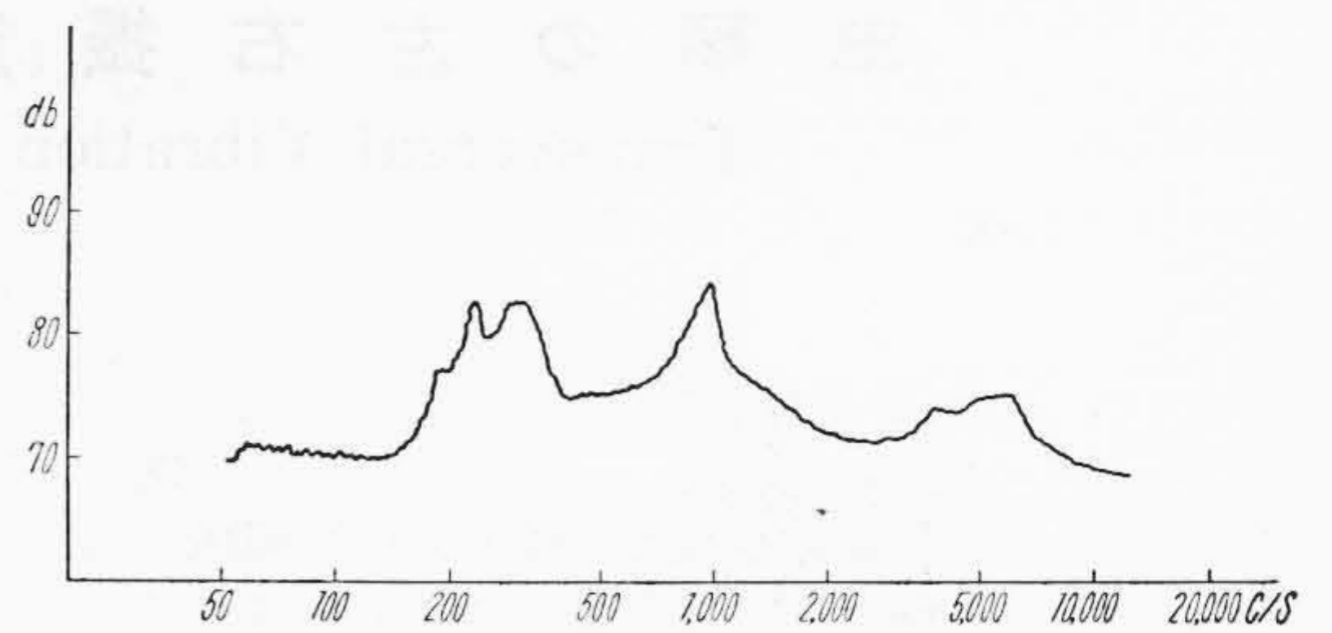
第20図 騒音測定結果

果よりみても耳ざわりな高周波数の音もなく、1,500 cps 以上では 75 db 以下であり良好な結果を示している。

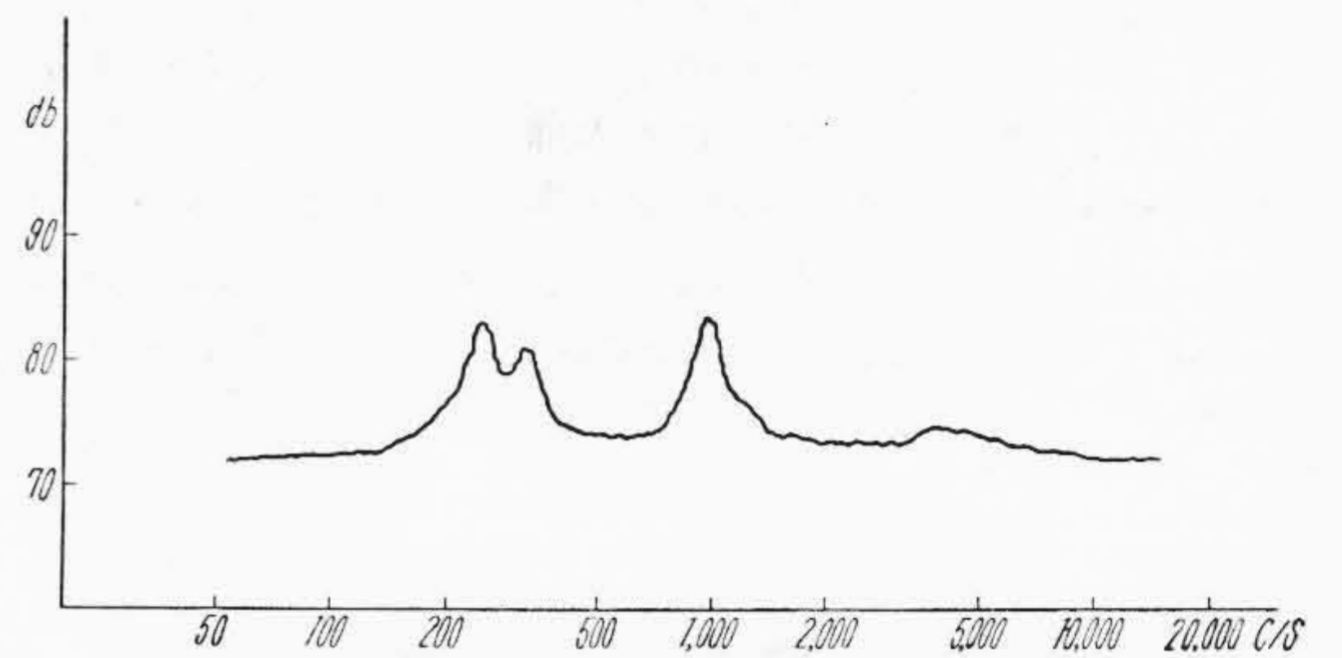
以上振動と騒音のデータは工業用のアンモニア冷凍機として使用中のものを測定したものであり、防振、防音については何の処置も行っていない場合の例であるがこの程度の振動、騒音ならばビルディングなどの温湿度調整用冷凍機としても十分に使用できるものである。

5. 結 言

日立大口径 HMC 冷凍機について概略を述べたが、これを要約すると、大口径 HMC 冷凍機をアンモニア冷凍機として使用すれば大型の堅型 2 気筒アンモニア冷凍機の 300, 350φ と同程度の容量になり、これにより堅型 2 気筒冷凍機はすべて HMC 冷凍機に置き換えられることになった。従来のアンモニア冷凍機に比べて小型軽量であり、据付面積が少なく、分解点検が容易で特に自動容量調整装置があり全自動運転も可能であることが大きな



(1) 全負荷運転



(2) 50% 負荷運転

第21図 騒音周波数分析図

特長になつている。また、ターボ冷凍機の小容量のものと同じ目的で使用されるが、ターボ冷凍機に比較して使用条件に対して非常に融通性のあることが特長で、蒸発温度、凝縮温度が大幅に変化するところでも使用できる。

以上述べたように日立大口径 HMC 冷凍機はそのすぐれた特長が認められ、アンモニア冷凍機として広く冷凍、冷蔵、ならびに工業用として、従来の堅型アンモニア冷凍機に代つて使用されるとともに空気調和用として中容量のフロン冷凍機として、逐次ターボ冷凍機の領域にまでその使用範囲が拡大せられつつあり、この両方面における発展が期待されるようになった。

参 考 文 献

- (1) 須藤：日立評論 36, 1223 (昭 29-8)