冷凍機装置に就いて

北 川 浩*・佃 東*

(昭和33年11月8日受理)

Refrigerating Equipments

Hiroshi KITAGAWA and Azuma TSUKUDA

(Nippon Rika Kogyo Co. LTD., Ōta-ku, Tokyo, JAPAN)

1. ま え が き

真空装置に冷凍機を用いる事は種々考えられて居るが、普通は真空蒸溜装置等の排気系統のトラップを冷却する為に比較的小型の冷凍機を設備してある場合が多い。其の他文献によると真空冷凍乾燥器(血漿、血清、ペニシリン等の様な、或る期間溶液として放置するとその効果を失う様なものを真空中で低温度で乾燥する装置)に用いられ居る真空ポンプ及び冷凍装置は次の如きものである。此の装置の真空度は 1×10^{-2} mmHg程度で真空ポンプはロータリー型で充分であつて、其の排気速度は200~500l/minで比較的小型である。又冷凍装置はアンモニアの二段圧縮による冷却方式にてアンモニアの蒸発温度 -50°C 冷凍能力 5,000Kcal/hであつて乾燥器の冷却はアンモニア用鋼管のコイルを用い直接膨脹式である。ブラインにても冷却する事が出来る。上述の様な大容量(普通のアンモニア装置としては小型であるが)の冷凍機を真空装置に使用する機会は少いと思われるが本稿に於ては一般的フロン冷凍装置について常識的な事項を述べ御参考にご供したいと思う。

2. 冷媒フロンとは

最近の冷凍装置は工業用冷蔵装置等を除いて殆んど冷媒としてフロン族が用いられて来て居る。其の特色とする所は化学的に安定で毒性が殆んど無く而も不燃性であり冷媒として熱力学的にも優れた特性を有して居る事である。このフロンと云うのはアンモニアの如く特定の一冷媒を云うのではなくて一般に弗化炭化水素を指すもので、其の種類も多種多様である。従つてその特性によつて夫々の装置の要求に適するフロン冷媒を選ぶ事が出来る。フロン冷媒の歴史と現況を若干述べると、フロンは1930年に米国の Kinetic Chemicals 会社(今は du pont 社の一部門である)が登録した商品名である。其の後これらの弗化炭化水素の化学的、物理的並に熱力学的諸性質が発表され実用化され、その優秀なる事が実証されて今日の様な盛況を見る様になつたのである。我が

国では昭和25年12月大阪金属工業KKが米国の du pont 社と技術提携をなし、国内に於ける製造販売の専用特許実施権を得ている(商品名ダイフロン)。又、昭和32年9月頃日東化学工業KKも製造を開始している(商品名コルフロン)。次に外国の製造状況(現在のところ Kinetic 社の特許は既に切れている)を見ると、米国の Allied Chemical & Dye 社の一部門である Genetron Chemical 社では F-11, F-12, F-22 の相当品として Genetron 11, Genetron 12, Genetron-141 を市販している。英国の Imperial Chemical Industries 社では同様の系列の冷媒を Arcton と云う商品名で英国全般に売り出している。独逸でも同じものが作られている(商品名 Frigen)、此の様に各国各社でフロン系冷媒を製造しているが、その名称を一般的なものに統一する為に冷媒の一連番号式標示に就いて Ref. Eng. Feb 1957 に記載してある。次に本論のフロン族の種類について述べる。フロン族を大きく分けるとメタン系とエタン系に二分される。一般にフロンと云えば F-12 を意味する程 F-12 は最も普通に使用されている。メタン系及びエタン系に属するものを第1表及び第2表に示す。現在我が国で実用されているものは第3表の7種類である。フロンが普通の炭化水素やメチルクロライド等と異なつて極めて化学的に安定で燃焼性の少ないのは分子中に含まれる弗素原子の働きであると言われている。

第1表 メタン系 フロン族

		F の 数				
		0	1	2	3	4
H の 数	0	$^{10}\text{CCl}_4$	F-11 CCl_3F	F-12 CCl_2F_2	F-13 CClF_3	F-14 CF_4
	1	$^{20}\text{CHCl}_3$	F-21 CHCl_2F	F-22 CHClF_2	F-23 CHF_3	—
	2	$^{30}\text{CH}_2\text{Cl}_2$	F-31 CH_2ClF	F-32 CH_2F_2	—	—
	3	$^{40}\text{CH}_3\text{Cl}$	F-41 CH_3F	—	—	—
	4	$^{50}\text{CH}_4$	—	—	—	—

* 日本理化学工業株式会社 研究部

第2表 エタン系フロン族

		F の 数						
		0	1	2	3	4	5	6
H の 数	0	110 C_2Cl_6	F-111 C_2Cl_5F	F-112 $C_2Cl_4F_2$	F-113 $C_2Cl_3F_3$	F-114 $C_2Cl_2F_4$	F-115 C_2ClF_5	F-116 C_2F_6
	1	120 C_2HCl_5	F-121 C_2HCl_4F	F-122 $C_2HCl_3F_2$	F-123b $C_2HCl_2F_3$	F-124a C_2HCF_4	F-125 C_2HF_5	
	2	130c $C_2H_2Cl_4$	F-131c $C_2H_2Cl_3F$	F-132c $C_2H_2Cl_2F_2$	F-133c $C_2H_2ClF_3$	F-134c $C_2H_2F_4$		
	3	140a $C_2H_3Cl_3$	F-141a $C_2H_3Cl_2F$	F-142a $C_2H_3ClF_2$	F-143a $C_2H_3F_3$			
	4	150a $C_2H_4Cl_2$	F-151a C_2H_4ClF	F-152 $C_2H_4F_2$				
	5	160 C_2H_5Cl	F-161 C_2H_5F					
	6	170 C_2H_6						

第3表 我が国で実用化されているフロン冷媒

名 称	略 号	分子式
Trichloromonofluoromethane	F-11	CCl_3F
Dichlorodifluoromethane	F-12	CCl_2F_2
Monochlorotrifluoromethane	F-13	$CClF_3$
Dichloromonofluoromethane	F-21	$CHCl_2F$
Monochlorodifluoromethane	F-22	$CHClF_2$
Trichlorotrifluoroethane	F-113	$C_2Cl_3F_3$
Dichlorotetrafluoroethane	F-114	$C_2Cl_2F_4$

F-12, F-11の様な符号の定め方は第1表、第2表を見れば判る様に四塩化炭素 CCl_4 をF-10としClの代りにFが1ヶ置換されるとF-11となり、Fが2ヶ置換されるとF-12となる。即ち

となる。又クロロフォルム $CHCl_3$ を F-20としClをFで置換すれば、

の如くなる。エタン系では同じ分子式でもCに結合するものの組合せによつて性質の異なるものが出来るので、これの区別の為数字の末尾に a, b, c等の符号をつける。

次に一般的に使用されているフロン-12の性質の概要を述べる。

① 普通の金属に対して腐蝕性はないが水分があるとマグネシウム及びマグネシウムを2%以上含むアルミ合金を侵す。

② 天然ゴムは侵すが人造ゴムは無害である。ゴムを膨脹させる性質はClの多いもの程でClがFによつて置換せられるに従つて、この性質は減少する併しClの代りに1ヶのH原子が入つた時には、此の性質が増加する。

F-22 ($CHClF_2$)の方がF-12 (CCl_2F_2)より溶剤としての性質が大である。従つて F-12 に充分耐えるパッキングでも F-22 に耐えぬものもある。F-22 には Neoprene とアスベストを使用したパッキングがよい。

③ 電気絶縁耐力が大きいので密閉式(圧縮機もモーターも一つのケースに密閉されている)冷凍機に適する。(F-12 の固有抵抗 $>12000 \text{ Mn-cm}$)

④ 水の溶解度は非常に小さい。

フロン冷媒中でも液状ではF-12が一番溶解度が小さい。F-22は比較的水分をよく溶解する。水素原子を含むフロン冷媒は水素原子を含まぬフロン冷媒よりよく水を溶かす。併しガス状ではF-22が最も水蒸気を含まない。水の溶解度が小と云う事はフロン中の水分が膨脹弁を通過し圧力降下を生ずる時(勿論温度も下る)に凍結して冷媒が通らなくなる。フロン液の溶解度は 30°C で0.012%(重量)、 -17.7°C で0.00085%である。

⑤ 熱に対して安定で容易に分解しない。

第5表 フレオノン高速多気筒圧縮機一覽表

製作 会社	気筒 径 mm	スロ トク mm	気筒 数	回 転 数 r p m	ピストン 速 m/s	使用状態		状態	ピストン 押退量 m ³ /h	所要 馬力 HP	冷媒接続管		能力調整 %
						凝縮温度 °C	蒸発温度 °C				液管 吋	吸入管 吋	
大阪 金 属	50	40	4 6 8	1725	2.30	+ 30	- 15	7650 11500 15300	32.3 48.75 65.0	5 7.5 10	1/2 3/4 1 1/4	1	な し
	70	60	4 6 8	1500	3.00	+ 30	- 15	18600 27900 37200	83.1 124.6 166.2	10 15 20	25φ 25φ 30φ	40φ 45φ 55φ	
	100	100	4 6 8	1200	4.00	+ 30	- 15	52600 78900 105200	226.1 339.1 452.2	30 50 75	30φ 30φ 40φ	65φ 75φ 100φ	
	140	116	8	900	3.48	+ 30	- 15	140900 187800	567 756	100 100KW	55φ 55φ	120φ 150φ	
	95	76	4 6 8	1500	3.8	+ 30	+ 5	86300 129500 172600	193.8 290.7 387.6	20 30.5 40.5	2 1/2 2 1/2 4	2 1/2 3 4	
	170	130	6 8	900	3.9	+ 30	+ 5	431500 52300	955.5 224.2	97 50	5 2	6 2 1/2	
新三 菱 電 機	115	90	4 6 8	1000	3.00	+ 32	- 15	78500 104600	336.3 448.4	75 100	2 2 1/2	3 4	調整装置付
	115	90	2 3 6 8	900 975	2.70 2.925	+ 30	+ 5	51700 77700 167400 224200	100.9 151.3 327.9 437.2	20 30 50 75	— — — —	— — — —	
立	60	50	4 6 8	1750	2.92	+ 30	- 15	14600 21900 27550 41500 55100	60.8 91.2 111.2 166.8 222.4	10 15 20 30 40	— — — — —	— — — — —	調整装置付
	75	60	4 6 8	1750	3.5	+ 30	- 15	28900 34530 43500 52500	128.6 154 194.3 234.3	20 25 30 40	— — — —	— — — —	
田 機 械	76.2	70	7	960 1150 1450 1750	2.24 2.68 3.38 4.09	+ 30	- 15	7470 11290 14940 22250 35200 53100 69750	33.8 50.7 67.5 101.3 157 235.4 313.9	5 7.5 10 15 25 40 50	— — — — — — —	— — — — — — —	調整装置付
	76.2	70	2 3 4 6 8	1750	2.96	+ 30	- 15	7470 11290 14940 22250 35200 53100 69750	33.8 50.7 67.5 101.3 157 235.4 313.9	5 7.5 10 15 25 40 50	— — — — — — —	— — — — — — —	
東 キ ヤ リ ア	(2 1/2") 63.5	(2") 50.8	2 3 4 6 8	1750	2.96	+ 30	- 15	7470 11290 14940 22250 35200 53100 69750	33.8 50.7 67.5 101.3 157 235.4 313.9	5 7.5 10 15 25 40 50	— — — — — — —	— — — — — — —	調整装置付
	(3 1/4") 82.55	(2 1/4") 69.85	2 3 4 6 8	1750	4.075	+ 30	- 15	7470 11290 14940 22250 35200 53100 69750	33.8 50.7 67.5 101.3 157 235.4 313.9	5 7.5 10 15 25 40 50	— — — — — — —	— — — — — — —	

第 4 表 フレオンおよび主要冷媒の特性表

記 号 化 学 式	F-11 CCl ₃ F	F-12 CCl ₂ F ₂	F-13 CClF ₃	F-14 CF ₄	F-21 CHCl ₂ F	F-22 CHClF ₂	F-23 CHF ₃	F-112 CCL ₂ F- CCL ₂ F	F-113 CCL ₂ F- CCLF ₂	F-114 CCLF ₂ - CCLF ₂	F-115 CCLF ₂ - CF ₃	F-142 C ₂ H ₃ - CLF ₂	C ₄ F ₈	F-216 C ₃ Cl ₂ F ₆	F-13B1 CBrF ₃	炭酸ガス CO ₂	アンモニア NH ₃	クロールメ チル (メチルクロ ライド) CH ₃ Cl	亜硫酸 SO ₂	デクロール メタン(メ チレンクロ ライド) CH ₂ Cl ₂
分 子 量	137.38	120.92	104.47	88.01	102.93	86.48	70.02	203.85	187.39	170.93	154.48	100.50	238	221	148.9	44.00	17.03	50.5	64.0	84.9
沸 騰 点 °C	23.77	-29.8	-81.5	-128.0	8.92	-40.80	-82.2	92.8	47.57	3.55	-38.0	-9.21	-1.7	35	-60	—	-33.3	-24	-10	40.3
凝 固 点 °C	-111	-158	-181	-184	-135	-160	-162	26	-35	-94	-106	-130.8	—	—	-161	-78.5	-77.7	-98	-75	-97
臨 界 温 度 °C	198.0	112.0	28.8	-45.5	178.5	96.0	32.3	278	214.1	145.7	80.0	—	—	—	68	31	133	143	157	216
臨 界 圧 力 kg/cm ²	44.6	41.4	39.4	38.1	52.6	50.2	50.5	35.1	34.4	33.2	33.0	—	—	—	41.3	75.4	116	68.1	80.3	47.1
臨 界 容 積 cc/mol	247	216	179	140	197	164	—	370	325	293	260	—	—	—	199	—	—	—	—	—
臨 界 密 度 kg/l	0.554	0.558	0.581	0.64	0.522	0.525	0.492	0.55	0.576	0.582	0.59	—	—	—	0.75	—	—	—	—	—
液の比重量 (30°C) kg/l	1.466	1.294	1.296 (-30°C)	1.34 (-80°C)	1.356	1.177	1.3 (沸騰点 にて)	1.636	1.556	1.443	1.258	1.19 (沸騰点 にて)	1.48	1.55	1.53	0.596	0.595	0.901	1.35	1.33
飽和蒸気の比重量 (沸騰点にて) kg/m ³	5.86	6.26	6.90	8.04	4.57	4.83	—	7.03	7.4	7.84	8.33	—	12.4	9.3	約8.6	—	0.905	2.55	3.05	3.4
液の比熱 (30°C) kcal/kg °C	0.209	0.243	0.25 (-30°C)	0.27 (-80°C)	0.256	0.335	0.28	—	0.218	0.238	0.29	0.29	0.27	0.235 (0 °C)	0.203	1.56	1.15	0.34	0.32	0.27
Cp (latm, 30°) kcal/kg °C	0.135	0.147	0.138 (-30°C)	0.132 (-80°C)	0.140	0.152	0.148 (0°Cにて)	—	0.161 (60°C)	0.160	0.164	—	0.22 (0 atm)	0.176 (0 atm, 0°C)	—	0.203	0.52	0.24	0.15	0.154
Cp/Cv (1°atm, 30 °C)	1.136	1.136	1.172 (-30°C)	1.220 (-80°C)	1.175	1.184	—	—	1.080 (60°C)	1.088	1.091	—	1.11 (0°C, 0 atm)	1.05 (0°C, 0 atm)	1.116	1.3	1.31	1.20	1.29	1.18
沸騰点における蒸発熱 kcal/kg	43.51	39.97	35.77	32.58	57.86	55.92	56	—	35.07	32.78	31.4	53.25	23.11	28.6	約30	—	327	102.4	93.1	78.9
熱伝導率 液 (30°C) kcal/mh °C	0.0906	0.0732	0.134 (-70°C)	0.149 (-112°C)	0.1035	0.0885	—	—	0.0775	0.0665	—	—	—	—	—	0.075 (20°C)	0.43	0.135	0.17	0.13
ガ ス (30°C, latm)	0.0072	0.0083	—	—	0.00846	0.01009	—	—	0.0067 (0.5atm)	0.00962	—	—	—	—	—	0.014	0.019 (0 °C)	0.0095	0.007 (0 °C)	0.0067
粘 度 (30°C) 液 Cp	0.405	0.251	0.37 (-70°C)	0.34 (-112°C)	0.330	0.229	—	1.21	0.619	0.356	—	—	—	—	—	0.03	0.22	0.24	0.30	0.42
ガ ス (latm) Cp	0.0111	0.0127	—	—	0.0116	0.0131	—	—	0.0104 (0.1atm)	0.0117	—	—	—	—	—	0.024 (30°C)	0.014 (30°C)	0.011 (30°C)	0.017 (30°C)	0.01 (20°C)
表面張力 (25°C) dynes/cm	19	9	—	—	19	9	—	23 (30°C)	19	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
誘 電 率 液	2.28	2.13	—	—	5.34	6.11	—	—	2.44	2.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ガ ス (0.5atm)	1.0019	1.0016	1.0013	1.0006	1.0035	1.003	—	—	—	1.0021	1.0018	—	—	—	—	—	—	—	—	—
絶縁耐力(23°C だし 窒素を1とする)	3.1	2.4	1.4	1.0	1.3	1.3	—	—	2.6 (0.4atm)	2.8	2.8	—	—	—	—	0.88	0.83	1.06	1.90	1.11
冷媒の水に対する 溶解率 g/100g	—	0.026 (27°C)	—	—	0.69 (30°C)	0.12 (30°C)	—	—	—	0.014 (20°C)	—	—	—	—	—	—	52.5 (20°C)	0.72 (18°C)	5.3 (40°C)	—
水の冷媒に対する 溶解率 g/100g (30°C)	0.013	0.012	—	—	0.16	0.15	—	—	0.013	0.011	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
(0 °C)	0.0036	0.0026	—	—	0.056	0.060	—	—	0.0036	0.0026	—	—	—	—	—	0.335	89.9	0.28	22.8	0.09***
可 燃 性	なし	なし	なし	なし	実用上なし	なし	—	なし	なし	なし	なし	—	—	—	なし	なし	あり	あり	なし	なし
毒性順位* (Underwriters Laboratory の分類による)	5A	6	おそらく6	おそらく6	4と5の 中 間	5A	—	4と5の 中 間	4と5の 中 間	6	おそらく6	—	—	—	おそらく6	5	2	4	1	4A
使用温度範囲 **	高	低・中・高	極 低	極 低	中・高	極低・低・中	—	—	高	中・高	—	—	高	高	極 低	低・中	低・中・高	中・高	中・高	高
使用圧縮機の型式	回転・遠心	回転・往復	往 復	往 復	回転・往復	往 復	—	—	遠 心	回転・往復	—	—	遠 心	遠 心	往 復	往 復	往復・回転	往復・回転	往復・回転	遠 心

* 毒性に数が大往ものほど少い。5A, 4Aは5, 4より毒性少し。 ** 使用温度範囲 高10°C~0 °C, 中0°C~-20°C, 低-20°C~-60°C, 極低-60°C以下。 *** 文献により相当異なる。

長岡 順吉 冷凍 31—341 (昭和31—3)

文献によるとF-12の場合加熱されたガラス管中にフロンガスを通した時562°Cで分解が始り760°Cで完全に分解した。しかし、この温度は接触する容器の材質に影響される。裸火に接触すると分解して塩酸、弗化水素が出来、550°C位に熱せられた銅片或は木片の燃焼している焰に会うとフオスゲンの如き猛毒のガスが出来る。フロン中F-14が一番安定でありF-11が不安定である。

⑥ F-12はフロン系冷媒中で最も安全である。

容積で28.5~30.4%混合した時酸素の欠乏により生命に危険を及ぼす程度である。アンモニアの場合は0.5~0.6%混合すると危険である。フロン系冷媒ではClの代りにFが増加するに従って毒性が減少する。またFが同数でもHの代りにClが増すと毒性が少々増加する。

⑦ 漏洩した場合フロンは食品その他貯蔵品を傷けない。

⑧ 潤滑油と互に溶け合う。

油に冷媒が溶解すると油の粘度が低下し凝固点が下る。又油が冷媒に溶解すると、同じ蒸発温度に対して蒸発圧力が減少する。フロンの配管をする場合冷却管内のガス速度を5~10m/s位としてガスによって油を蒸発器

から圧縮機に戻す様にしている。

其の他の主要冷媒の用途

- 1 F-11 (CCl_3F) 空気調和用
- 2 F-13 (CClF_3) F-22と組合せて二元冷凍、超低温装置 (-100°C)
- 3 F-21 (CHCl_2F) クレーン操縦室(冷却水なく、高熱にさらされる部屋)の冷房
- 4 F-22 (CHClF_2) 熱力学的にアンモニアに最も似ている、超低温装置
- 5 F-113 ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$) ターボ圧縮機として冷房用
- 6 F-114 ($\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$) 回転圧縮機として家庭用

3. 最近の冷凍機 (高速多気筒圧縮機)

フロン冷凍機は米国の Carrier Corporation 社に於いて1932年始めて製造されたもので、我が国では戦後急速に発達して来たもので高速多気筒圧縮機は昭和26年頃より試作販売され、新三菱重工、東洋キヤリア、日立三菱電機、三菱化工機、大阪金属、田尻機械等で製作されて居る。最近では山陽鉄工所でも製作を開始した。高速多気筒圧縮機はF-12、F-22、 NH_3 等の冷媒を使用出

第6表 現在用いられているアンモニア圧縮機一覧表

アンモニア圧縮機規格										JES機械 8601 による				
番号	シリンダー数	シリンダー径 mm	行程 mm	標準速度 回転/分	ハズミ車		Vベルト		安全弁 の呼び方	接続用管の呼び方			標準冷凍能力 冷凍トン	参考 アメリカ 冷凍トン
					径 mm	重量 (最小) kg	種別	条数		吸込管 インチ	吐出管 インチ	冷却水管 インチ		
1	1	65	65	400	600	30	A	2	12	1/2	1/2	1/2	0.6	0.68
2	1	75	75	400	600	47	A	2	12	1/2	1/2	1/2	0.95	1.04
3	2	65	65	400	600	23	A	2	12	1/2	1/2	1/2	1.2	1.36
4	2	75	75	400	600	38	A	3	12	3/4	3/4	1/2	1.9	2.08
5	2	100	100	400	700	60	B	4	12	1	1	3/4	4.5	4.94
6	2	125	125	350	800	120	C	4	12	1 1/2	1 1/2	3/4	7.7	8.45
7	2	150	150	350	1000	130	C	5	12	2	1 1/2	1	13.4	14.6
8	2	175	175	350	1100	170	C	6	20	2 1/2	2	1	21.2	23.2
9	2	200	200	350	1200	220	D	5	20	3	2 1/2	1	33.6	36.9
10	2	230	230	300	1300	390	D	7	20	3	2 1/2	1	43.8	48.1
11	2	250	250	300	1400	430	D	8	20	3 1/2	3	1	56.3	51.3
12	2	280	280	250	1500	760	E	8	25	3 1/2	3	1	65.9	72.2
13	2	300	300	250	1600	820	E	10	25	4	3 1/2	1	81.0	89.0

来る様設計されて居るが第5表にはF-12を冷媒とした場合の各社の圧縮機能力を一覧表としてまとめて見たので御参考とされたい。比較参考用として従来のアンモニア圧縮機規格を第6表に掲示してある。高速多気筒圧縮機の特徴と云うべきものは、(1)在来の堅型機に較べて小型軽量であること。気筒配列はVW及び星型等となっており全体が非常に compact で smart な形に収まっている。(2)気筒配置と運動部の動的、静的 balance がとれており振動少く、運転は静かである。(3)自動能力調整及び軽負荷起動が可能である。即ち、後述の自動調整の項に記してあるが、油圧作動の能力調整装置を自蔵しているので負荷に応じて適当に能力を減少して運転が出来る。↗

↗ 又能力調整装置は其の儘 unloader としても働くので、従来の様に過大な起動力に打勝つ大馬力の電動機を必要としない。(4)気筒数が多いので確実な互換性を必要とし各部は高精度に製作されている。(5)軸封装置は金属 bellows 式で圧力油は軸封作用を行うと共に seal 面の潤滑及び冷却を兼ねた完全な構成である。(6)吸入弁、吐出弁は廻転が早く運動が軽快を要するので板弁又は膜状弁を使用している。(7)電動機直結駆動が出来る。(8)冷媒は前述の如く F-12のみでなく、F-22、F-21等を使用出来る従つて冷媒の性質により同一圧縮機で異つた冷凍能力を発揮出来ることになる。第1図に東洋キャリア製圧縮機の断面図を付した。

第1図 高速多気筒型圧縮機断面図（東洋キャリア製）

番号	名	番号	名	番号	名
1	クランク室	2	クランク軸	3	軸封装置
4	コネクティングロッド	5	ピストン	6	吸入弁
7	吐出弁	8	シリンダースリーブ	9	吐出弁板
10	吸入炉過器	11	吸入止弁	12	吐出止弁
13	フライホイール	14	油ポンプ	15	ハイドロリックリレー
16	キャパシイコントロールバルブ	17	安全弁	18	シリンダーヘッド
19	スラストワッシャ	20	油レベルグラス	21	油リタンチェックバルブ
22	油ストレーナー				

凝縮器各冷却器等に関しては別の機会にゆづることにする。

4. 冷凍装置の自動調整

現在のフロン冷凍装置に用いられている自動調整の概要について述べる。

1. 高速多気筒圧縮機の自動調整

(イ) 軽負荷起動及び能力制御、冷凍装置に於いて荷重

の変化に応じて能力を調整する事が必要である。これは運転状態も良くなる他、経済的に運転出来る。この機構をアンローダー機構と称し、油圧及び吸入圧力からの指令を与えて吸入弁を遊ばせる方法で能力を調整するのである。能力制御としては理論的に最も優れた方法である。實用している能力制御量は 33, 50, 60, 75 100% 程度である。

(ロ) 過負荷発停装置

負荷が規定より軽くなつたり重くなつたりした場合は、圧力開閉器の指令により自動的に圧縮機を停止せしめ負荷が正常に復すれば再び起動する、安全装置の一種である。

(イ) 油圧低下遮断操作

圧縮機の給油圧力が規定以下に下つた場合各部メタル類の焼損を防止する為、圧縮機を停止する。

2. 冷凍装置の自動調整装置の種類

(イ) 冷媒の流量を調節するもの。

1. 定圧自動膨脹弁：蒸発器内の圧力を一定に保つ為の弁である。

2. 温度作動自動膨脹弁：蒸発器の出口ガスの過熱（蒸発温度と吸入温度と差）を一定に保つ為の弁である。

3. 液用フロート弁：高压液の量に応じて蒸発器に送る量を調整するもの及び満液式蒸発器（横型多管多通路式ブラインクーラー等）の液面を一定に調整する弁である。

(ロ) 自動止弁（電磁弁）

電磁石により弁を開閉する装置。

(ハ) 圧力制禦装置

1. 高压スイッチ：高压側の圧力が一定値になると電気回路が遮断される装置、使用側は凝縮器の冷却水が水ポンプの故障で送水停止の場合、圧力が上つて危険であるので、此の圧力スイッチで圧縮機を停止せしめる。F-12装置の場合大体 11kg/cm^2 程度で働く様にしている。

2. 低压スイッチ：低压側の圧力が一定以下となつた場合、圧縮機を停止せしめる。低压側圧力が下るとクランクケース中の圧力も下るから油ポンプの能力が減少して油圧が上らなくなり機械を焼損する様なこともある。

3. 高低圧スイッチ：①②を一つに纏めたもの。

4. 油圧スイッチ：圧縮機への吸入ガス圧力と油圧との差が一定値以下になつた時、圧縮機を停止する。

(ニ) その他の装置

前記の外下記のものがある。恒温装置、恒湿装置、冷却水調整弁、ブライン量調整弁、自動除霜装置。

以上が大体現在冷凍装置に使用されている自動装置である。

6. 超低温装置

先に本誌第4巻第2号トラップの話の中、冷凍器の項で超低温装置に関して一部説明されてあるからここでは実用化されている、各冷媒による装置の、二三の実例を掲げることにする。

(1) F-12の二段圧縮による -50°C 冷却装置

本装置は弊社に於いてベアリングの冷却用の為製作したもので、此の種の装置としては容量の大きいものである。その概要を述べると、冷却槽の内法寸法 $2,300 \times 1,800 \times 1,600$ （高さ）の大型のもので、熱絶縁は10吋炭化コルクを使用、充分保温の目的を達した。圧縮機は高压側シリンダー径80、ストローク75、シリンダー数、4、回転数800rpm、で、低压側はシリンダー径100、ストローク75、シリンダー数12、回転数730rpm、である。モーターは双方共15HPで、冷凍能力は蒸発温度 -60°C で8200kcal/hである。冷却槽には $\frac{1}{2}$ HPの強力ファンを取付けてあり、強制的空気循環法により迅速に冷却出来る。温度計は東邦計量製ガス温度計（ $-70 \sim +30^\circ\text{C}$ ）を装着してあり、その温度降下の状況並びにベアリング装填より冷却までの模様は第2図の如くである。ベアリングは油焼入直後のもので、温度 60°C 前後、重量230kgの場合を示す、装填後約1時間20分程度で冷却出来た。

第2図 F-12二段圧縮冷却装置によるベアリングの冷却曲線

(2) F-13、F-22二元式（ -98°C ）超低温装置

東洋製作所製のもので、比較的小型の装置である。その仕様は冷却槽の大きさ、内法 $300 \times 500 \times 500$ （高さ）、冷却管は $\frac{1}{2}$ 吋CuT、熱絶縁厚さ8吋、圧縮機は高温側（F-22）2HP、低温側（F-13）1HPで、シリンダー径52、ストローク60、シリンダー数2、回転数550rpm、で、高温側低温側とも同様である。冷凍能力は蒸発温度 -100°C として約150kcal/hである。此の装置の冷却曲線は第3図の通りで -60°C で自動温度調節を行つている。

(3) F-22の二段圧縮による-80°C装置

大阪金属工業製 冷却槽内法2,000×750×700(高さ)
 低圧側圧縮機、70φ×60^s×8^{cyl}×1100^{rpm}×7.5HP、
 高圧側圧縮機、65φ×75^s×3^{cyl}×570^{rpm}×5HP

第3図 (F-13) (F-22)低温冷凍装置冷却曲線

(4) F-13、F-12による 成層圏実験室二元冷凍 (Ref. Eng. Dec. 1954 P52)

二元冷凍では相当大きなもので高度 80,000ft に相当する低温実験装置である。実験室の内法寸法 11"×17"×11" (3,350×5,180×3,350) である。温度が-100°F ~+200°F (-73.3°C~+93.3°C) の間で変えられるので超低温及び高温試験も出来る。圧縮機は F-13 側が100HP、F-12側が65HP×2台で、第4図にその系統略図を付す。

第4図 二元冷凍略図 (F-12、F13)

(5) F-22エタン超低温装置

大西熱学工業製にして外形図及び能力第5図の通りである。

ft ³	Q	W	H	L	W	H	E-9-	-80°C Kcal/h	重量kg
4	400	560	550	1800	1000	940	1HP×2	200	750
6	500	560	610	1400	1000	1000	1HP×2	300	850
10	850	560	610	2250	1000	1000	1HP×2	400	950

第5図 F-22、エタン超低温装置

文 献

冷凍 25—275 (昭和25—9)

冷凍 31—341 (昭和31—3)

冷凍機及び熱ポンプ

山 田 治 夫

高速多気筒圧縮機

石 渡 憲 治

冷凍装置の自動調整

長 岡 順 吉