

## 耐 フ ロ ン 絶 縁 モ ー ト ル

## Motors for Hermetic Refrigeration Compressors

黒 川 進\* 吉 崎 政 宣\*  
Susumu Kurokawa Masanori Yoshizaki

## 要 旨

密閉形圧縮機用モートルについて、モートルに必要な諸特性を述べ、特に信頼性の基本となる耐フロン絶縁システムの内容を紹介した。絶縁システムを中心となるエナメル線には、変性ホルマールとポリアミドイミドのダブルコート線を実用化し、経済的で良持性のものになっている。そのほかワニスなど日立独自のものを採用し、システムの信頼度を向上させている。

## 1. 緒 言

電気冷房機の密閉形圧縮機用モートルは、冷媒と冷凍機油の中で運転されるので、モートルの絶縁物は、これらに耐える特性が必要となる。用途上相当な変動範囲の負荷を駆動する必要があり、また、圧縮機中に組み込まれる構造上、一般用モートルとはかなり異なったものになっている。

最近、この種モートルの需要はかなり増加しており、品質の安定性と経済性がより強く望まれている。日立モートルは、長年の実績を基にして種々検討され、独自の絶縁システムにより高い信頼性を発揮している。現在生産中のモートルは、表1に示すとおりである。

ここでは、この種モートルに必要とされる基本特性と、絶縁システムに必要とされる諸特性について概要を述べ、実用している絶縁材料の一端を紹介する。

## 2. 圧縮機用モートルの特性

電気冷房機は、その設置場所から考えて小形軽量の必要があり、これに使用される圧縮機用モートルも当然小形軽量化が要求される。また、圧縮機中に組み込まれるため、一般用モートルとは異なった特性が必要である。

## 2.1 始 動 特 性

一般家庭用電気冷房機では、電源の関係から単相モートルが使用される。この単相電源を使用するモートルは、始動電流の制限を受け、100Vでは45A以下、200Vでは60A以下と決められている。しかし、キャピラリチューブを使用する小形冷凍サイクルでは、運転停止後3分間あれば圧縮機の吐出側、吸入側圧力がバランスするので、始動時負荷トルクはほとんど機械的な摩擦トルクだけであり、低始動トルクのモートルでも始動は容易である。したがって、単相モートルでは、始動トルクも始動電流も小さい永久分相形コンデンサモートルが使用され、100V電源では750W、200V電源では1,500Wまで実用されている。このモートルは、始動用リレーおよび始動用コンデンサが不要であり、トラブル発生要因を少なくし信頼性を向上させ、コストの点でも有利である。ただし、圧縮機の始動は容易でも、回転数を増すに従い負荷トルクが増加していくので、加速特性の良いモートルが必要であり、一般に非対称軸コンデンサモートルが多く使用される。

## 2.2 ト ル ク 特 性

圧縮機が使用される冷凍サイクルの運転条件により、モートルの負荷状態が大幅に変動する。

- (1) キャピラリチューブを使用する冷凍サイクルでは、標準状態における60Hzの負荷トルクが、50Hzの負荷トルクの20%増しになっている。

\* 日立製作所習志野工場

表1 電気冷房機圧縮機用モートル

電源相数	電圧 (V)	周波数 (Hz)	出力 (kW)	極数
単相	100	50/60	0.55~0.75	2
単相	200	50/60	0.6~1.5	2
三相	200	50/60	0.75~11	2
三相	200	50/60	3.7~37	4

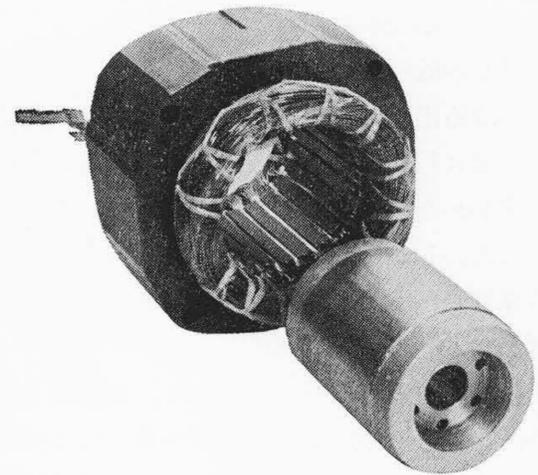


図1 密閉圧縮機用ステータロータ

- (2) 圧縮機を最初に運転開始し、定常運転に達するまでの過程で、冷凍サイクル特有の、いわゆるプルダウン特性があり、通常過負荷よりはるかに大きい負荷トルクとなる。
- (3) 冷凍サイクル中の凝縮器や蒸発器の周囲温度が高くなれば、圧縮機は過負荷状態となり、かなり長時間過負荷が継続することがある。
- (4) 上記過負荷状態で、かつ電源電圧が低下した場合も、じゅうぶん運転できるトルク特性が必要となる。また、この状態でモートル巻線を所定の温度以下にする必要がある。

一般に、インダクションモートルでは、過負荷時低電圧になるとモートルが停止しなくても電流増加が著しくなり、巻線温度が非常に高くなる。そこで、圧縮機用モートルでは、一般用モートルに比べその過負荷の程度よりさらに大きな最大出力を必要とする。これは、運転時のすべりをできるだけ小さくすること。すなわち、停動トルク点をできるだけ低すべりにすることによりある程度補うことが可能である。

## 2.3 運 転 特 性

圧縮機モートルに要求される運転特性は、次のとおりである。

- (1) 運転効率が良く、電流が小さいこと。

圧縮機用モートルは、圧縮機中に組み込まれているため、その損失熱は圧縮機内部に放散される。このため、モートルの損失熱が大きいと冷媒ガスが過熱され、冷房能力が低下する。また、油の温度やモートル絶縁物の温度も高くなるため、圧縮機の耐久性

が悪くなるので、極力損失を少なくし、運転効率を良くする必要があり。さらに、家庭用電気品として最大級の電力消費量を必要としている点においても、必然的に効率の良いモートルが要求される。また、電気配線容量から、力率も良い電流の小さいモートルが要求される。

一般に、この種モートルの負荷と効率の関係は、電流増加の少ない軽負荷領域で最大効率となる。特に、60 Hz では 50 Hz に比べさらに軽負荷で最大効率となる傾向となる。圧縮機用モートルのように過負荷で使用される場合は、それだけよけいにトルクを大きくし、使用点での効率を良くする必要がある。逆に、トルクをあまり大きくすると運転時力率が悪くなり、特に 50 Hz で注意を要する。

### (2) 振動、騒音が小さいこと。

電気冷房機は、その使用場所から振動、騒音が小さいことが要求される。圧縮機用モートルは、圧縮機と一体になってケース内にバネで支持されている。さらに、圧縮機は防振ゴムによって電気冷房機わくに取り付けられている。このため、モートルおよび圧縮機の振動、騒音はある程度冷房機外部への伝達が押えられているが、ステータ、ロータスロットパーミアンス、空隙(くうげき)の不平衡、ロータアンバランスなどによる振動、騒音はできるだけ小さくしておく必要がある。

### (3) 巻線温度が低いこと。

運転中における圧縮機用モートルの冷却は、蒸発器からの冷たい戻り冷媒により行なわれるので、冷媒循環量の多い過負荷状態での冷却作用がかなり強力であり、一般用モートルの冷却より有利と考えられる。しかし、モートルが圧縮機中に組み込まれているため、冷媒ガス圧縮熱が圧縮機から伝わるので、巻線温度は低くする必要がある。

近來、圧縮機用モートルが2極になり、圧縮機も大幅に小形になったため、冷却表面積が減少し温度が高くなる傾向にある。冷却効果が高めるために戻り冷媒をモートル全体に当てて冷却する構造にしているが、冷媒の当たりが少なく、圧縮機からの発熱を直接受ける圧縮機側巻線端部は、局部的にかなり高温になることがあるのでモートル絶縁物の選定に考慮する必要がある。

また、一般用モートルより冷却効果がよいため、巻線の電流密度は大きくでき、トルクの大きさに対し小形軽量のモートルになっている。しかし、圧縮機がなんらかの原因で拘束されると、冷媒による冷却が大幅に減少し、モートル温度は急激に上昇するので絶縁物は耐熱度の高いものが望ましく、またモートル保護リレーの選定にじゅうぶんな注意を必要とする。

以上、圧縮機用モートルは、特性的にもかなり一般用モートルとは異なっているが、絶縁システムにおいても、モートルが圧縮機中に組み込まれ、冷媒、油とともに密封されて使用されるので、酸化による劣化、加水分解による劣化が少ないかわりに、常に冷媒、油のふん囲気下にあるのでかなり特異なものになっている。

## 3. 耐フロン絶縁システム

圧縮機モートルは、フッ素系冷媒と冷凍機油の混合ふん囲気中で運転される。冷媒には、冷媒効率の良い R22 が広く使用されているが、高分子材料に対し強い溶解作用がある。したがって、一般用モートルとは異なり次の特徴を持つ絶縁システムを採用している。

- (1) R22 中で溶解、軟化などの変質が少ない絶縁材料で構成される。
- (2) 圧縮機の振動、コイルの電磁力などの機械的ひずみに耐える強度を持っている。
- (3) 圧縮機の小型化に伴う温度上昇や、短時間の拘束運転にも

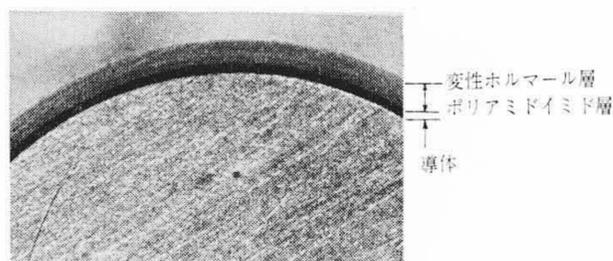


図2 RVF-AI線の断面写真

耐える耐熱度を持っている。

- (4) 高速機械巻線にも絶縁損傷の少ない強靱(きょうじん)なエナメル線を用いている。

以下に構成絶縁材料の概要を述べる。

### 3.1 エナメル線

エナメル線は、コイル絶縁の主要部を分担しモートルの信頼度に直接的な影響を持つため、日立製作所においてはその研究を早くから実施してきた<sup>(1)</sup>。近來、生産性向上を図るためコイルの巻組線は、高速機械巻やそう入機などを使用する機械作業に移行してきた。高速機械巻は導体伸び、屈曲、摩耗など手作業より過酷となり、絶縁皮膜を損傷しやすい。したがって、より強靱な新エナメル線の開発と厳重な作業管理のもとに、すでに数年の製作実績を重ね良好な経過を得ている。

従来、R22に耐えるエナメル線にはホルマール系、ポリエステル系、アクリルニトリル系など周知であった。ポリエステル系は高速機械巻線性がやや劣り、また過度に伸長されるR22とふん囲気中でソルベントクラッキングを生じやすい<sup>(2)</sup>。ホルマール系は、通常のものとは異なりウレタン、エポキシ、メラミンなどの二次樹脂により変性し耐R22性を向上させたもので、皮膜が強靱で高速機械巻にも広く利用されているが、耐熱度が劣り圧縮機の小型化が望まれる現在ではその裕度が少ない。また、最近ではポリアミドイミド、ポリイミド、ポリエステルイミドや各種ダブルコート線が開発されている。その中でもポリアミドイミドは、高価格ではあるが皮膜の耐摩耗性と耐R22性は抜群にすぐれている<sup>(3)(4)</sup>。日立製作所が開発した新エナメル線は、ポリアミドイミドの特徴を効果的に活用し、導体と変性ホルマール間に介在させたダブルコート線であり(RVF-AIと略称)、諸特性が従来の変性ホルマール線より格段とすぐれている。

### 3.2 一般絶縁物

#### 3.2.1 薄葉絶縁物

コイルのスロットおよび相间絶縁物には、ポリエステルフィルムが使用される。ポリエステルフィルムは、含水量が少なく耐R22性も良好である。高速機械巻やコイルそう入作業に適したすべり性と強度を持っている。密封気中で加水分解する欠陥はあるが、正常な冷凍サイクル内の残留水分量では劣化が少ない。

#### 3.2.2 ウエッジ

スロット絶縁と同様のポリエステルフィルムをU字形に成形してそう入する。

#### 3.2.3 リード線、テープなど

より線導体上にポリエステルフィルム絶縁巻を施し、その上にポリエステル編組のたわみ性に富む構造となっている。また、R22中で褪色(たいしょく)しない染色系を織り込み接続標識としている。

コイルエンドの固定その他縛り糸、テープ類はすべてポリエステル繊維のものである。

### 3.3 ワニス

圧縮機の振動力および電磁力などによりコイル振動が過大になる

と、エナメル皮膜が損傷し線間短絡の主要原因となる。低出力機種では、耐 R22 性エナメル線を用いコイルエンドをテープ縛りすれば振動を無視しうるが、高出力になるとワニス処理による補強を必要とする。ワニス処理の利点は、

- (1) コイル固着力を増し、電磁振動を大幅に低下し、焼損事故を防ぐ。
- (2) コイルの熱伝達が良く、耐過負荷性が向上する。
- (3) 異物がコイル内部に侵入するのを妨げ絶縁特性が向上する。

などがあげられる。反面、その選定を誤ると冷媒に浸食され冷凍サイクル内を汚染し、目詰りなどの事故原因となる。

耐 R22 性ワニスは、古くは水分散形アクリルニトリルが推奨されたこともあるが、現在は変性フェノール、エポキシ系が実用されている<sup>(5)</sup>。

ワニス処理方法は一般のモートルとは異なり、コイルに必要な強度を保持するに足る付着量に制限し余分に付けない。このため、均一に含浸し、かつ鉄心寸法規正部に付着しないよう特殊な処理方式を採用し、完全焼付けするようにする。

#### 4. 絶縁システムの耐フロン性

##### 4.1 オートクレーブ試験

絶縁材料の耐 R22 性を推測する一方法に、オートクレーブ試験がある。耐圧容器内にて材料を冷媒単独または冷媒と冷凍機油の混合物中に所定条件で浸せきし、諸特性の変化を求める方法である。各種の試験条件が提案されており、実機と必ずしも対応しない面もあるが、試験が容易で耐冷媒性の比較判定には有効なため広く利用されている。

ここでは、内容積約 1 l のステンレス製オートクレーブを用い、冷媒 (JIS K 1519) と冷凍機油 (JIS K 2211 特 2 号) を重量比 1:1 の割合に封入し、125℃、7 日間加熱する。冷却後容器を開封し、試料を 130℃ に急熱し、各種特性の変化を測定した。本条件は、筆者らの経験によれば、実機よりかなり過酷な結果を与える。

##### 4.2 エナメル線

###### 4.2.1 供試線

導体径 0.8~1.0φ の 0 種または 1 種の膜厚のものを用いた。

###### 4.2.2 素線の耐 R22 性

結果は表 2 に示すとおりである。

供試品中では、ポリアミドイミド線が最もすぐれた耐 R22 性を示し劣化は認められない。変性ホルマール線は、二次樹脂の配合を適切に選定すれば発泡(はっぼう)の少ないものが得られるが、いずれもねん回ハク離数の低下が大きい。このことは、導体とエナメル皮膜がハク離しやすい状態になっていることを意味する。この欠陥は、エナメル線単独で使用する場合には絶縁劣化が軽微であるが、ワニス処理すると破壊電圧の異常低下をもたらす。この改善に数種のダブルコート線を試作検討した結果、ポリアミドイミドと変性ホルマールの組合せが最適であり、アミドイミドを上層に用いるより下層に塗布した場合 (RVF-AI) が効果的である。RVF-AI では、ポリアミドイミドが導体との密着を保持する機能を果たし、その効果は膜厚が薄くても顕著である。ポリエステル、ポリエステルイミド系は、ソルベントクラックもしくは発泡があり高速巻線 R22 用途には不適當である。

###### 4.2.3 機械巻コイルの耐 R22 性

モートル鉄心に機械巻後解体したコイルから対擦(ついで)試験片を作成し、耐 R22 性を求めた。その結果は表 3 に示すとおりである。表 4 はコイルに生ずるピンホール数を示したものである。

表 2 エナメル線の耐 R22 性

測定項目	発泡 (個数/m)	ねん回ハク離 数変化率(%)	鉛筆硬度	き裂発生 巻付倍径	絶縁破壊電圧 変化率(%)
変性ホルマール (A)	1	-81	H	1	+8.2
変性ホルマール (B)	2	-92	H	1	-48
変性ホルマール (C)	1	-83	H	1	-16
ポリエステル	1	-83	HB	4.5	-54
ポリエステルイミド (A)	多数	-11	4H	3	—
ポリエステルイミド (B)	多数	-94	—	5	—
ポリアミドイミド	0	+5.3	6H	<1	+7.5
変性ホルマール: ポリアミドイミド (A)	1	-21.7	2H	1	+7.4
変性ホルマール: ポリアミドイミド (B)	0	-6.2	2H~3H	1	+8.1
変性ホルマール: ポリアミドイミド (C)	0	-11.8	3H	1	+21
ポリアミドイミド: 変性ホルマール	16	-79	2H~3H	1	-21

表 3 機械巻コイルの破壊電圧

絶縁破壊電圧	初期値 (kV)	機械巻後 (kV)	R22 試験後 (kV)
変性ホルマール	9.8	8.6	8.6
ポリエステル	12.2	11.4	3.4
変性ホルマール: ポリアミドイミド) ダブルコート (RVF-AI)	10.4	8.8	9.1

表 4 エナメル線の耐摩耗性および機械巻線後のピンホール数

エナメル線	摩耗性 (JIS法) 回	機械巻線後のピンホール数					
		巻線速度 (rpm)					
		80	145	250	350	450	計
変性ホルマール	91	0	2	0	0	0	2
ポリエステル	59	0	1	0	4	17	22
ポリアミドイミド	424	0	0	0	0	0	0
変性ホルマール: ポリアミドイミド) ダブルコート (RVF-AI)	119	0	0	1	0	0	1

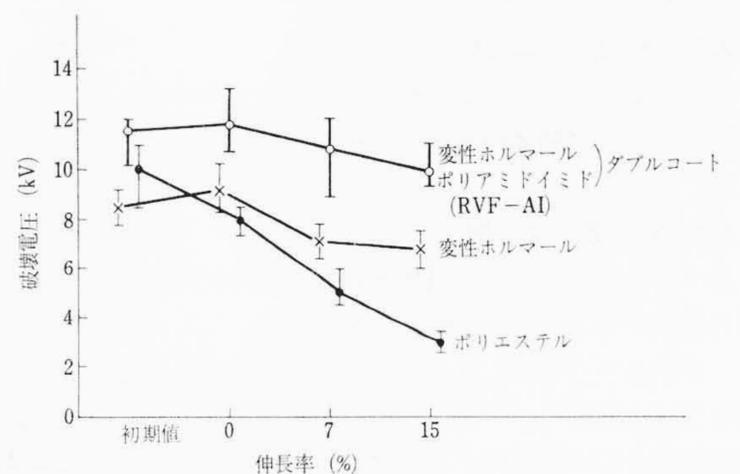


図 3 伸長線の対擦片 R22 浸漬後の破壊電圧

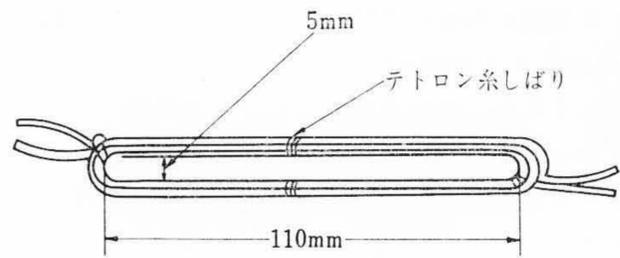
高速機械巻線時エナメル線の伸びは、局部的に 10% 程度に達するのでその影響を求めた結果、伸長率 15% にても耐 R22 性の低下は認められず、RVF-AI は機械巻線性にもすぐれたエナメル線といえる。

###### 4.2.4 他冷媒の影響

R22 以外の冷媒に対する特性を検討した。冷蔵庫用に使用される R12 と、最近使用されるようになった共沸冷媒の代表的な R502 に対して、RVF-AI はいずれも良好な結果を得ている。

表5 ワニスの耐 R22 性

測定項目	発 泡			鉛 筆 硬 度	接 着 性	
	鉄 板	モ デ ル コ イ ル	ポ リ エ ス テ ル フ ィ ル ム		初 期 値 (kg)	変 下 率 (%)
供試ワニス						
アクリルニトリル系	○	○	○	2 B	12.7	-34.6
エポキシ系 (A)	◎	○	◎	H	31.3	-37.8
エポキシ系 (B)	◎	△	◎	2 H	40.2	-26.6
エポキシ系 (C)	◎	△	◎	3 H	35.2	-39.0
変性 フェノール系(A)	◎	○	◎	H	22.5	-55.5
変性 フェノール系(B)	×	◎	○	—	15.7	-77.8



(2.5m並列10回巻)

図4 並列巻モデルコイルの形状

表6 ワニス重量変化と冷凍機油汚染

試験項目	アクリル ニトリル系	エポキシ系 (A)	エポキシ系 (B)	エポキシ系 (C)	変性フェノ ール系(A)	新 油
* 重量変化率 (%)	+2.0	-2.6	+0.89	+1.6	-1.4	—
** 絶縁破壊電圧 (kV)	—	32.6	30.2	33.1	31.6	34.4
抵抗率 (Ω-cm)	—	2.2×10 <sup>13</sup>	2.6×10 <sup>13</sup>	1.5×10 <sup>13</sup>	1.6×10 <sup>12</sup>	4.0×10 <sup>13</sup>
誘電正接 (%)	—	1.1	1.3	0.8	3.9	1.1
濁度 (%)	—	19.3	2.3	16.9	2.9	0.7
全酸価	—	0.006	0.009	0.007	0.007	0.005
銅板腐食性	—	1	1	1	1	1
赤外吸収特性	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし

\* R22φ 80°C 48h 浸漬

\*\* R22 冷凍機油中 125°C 48h 浸漬

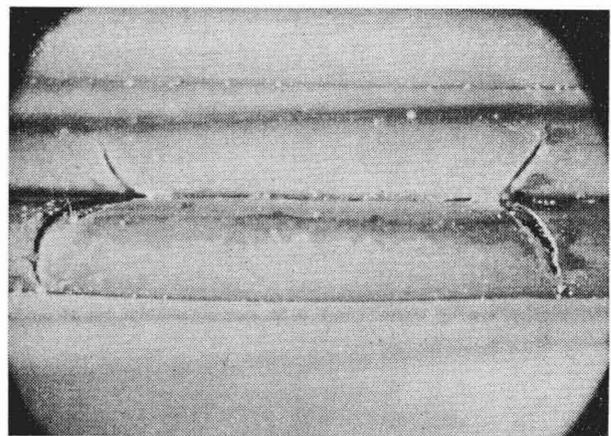


図5 変性ホルマール+フェノール系(C) ワニス処理モデルコイル発泡部のき裂

表7 ワニス処理モデルコイルの耐 R22 性

処理ワニス	変性ホルマール		ポ リ エ ス テ ル		RVF-A I	
	絶縁破壊 電圧 (kV)	変 化 率 (%)	絶縁破壊 電圧 (kV)	変 化 率 (%)	絶縁破壊 電圧 (kV)	変 化 率 (%)
無 処 理	4.2	-24	5.6	-20	8.1	+2.5
アクリルニトリル系	1.6	-71	2.5	-64	—	—
エポキシ系(A)	1.2	-80	3.0	-57	5.9	-25
エポキシ系(C)	1.2	-80	2.0	-71.5	6.6	-16.5
変性フェノール系 (A)	1.25	-78	2.8	-60	7.2	-8.9
変性フェノール系 (B)	1.3	-77	2.4	-66	6.4	-19

4.3 ワニ ス

4.3.1 供 試 ワ ニ ス

表5のワニスをけい素鋼板、ポリエステルフィルム、ヘリカルコイル、または図4のモデルコイルに浸漬塗布し所定乾燥後供試した。

4.3.2 外 観 変 化

各ワニスとも共通的な現象として、素地材質の差に基づく接着性の違いから、異なる外観変化を示した。たとえば、かたいフェノール系ワニスには、コイルに含浸したものは良好でも、けい素鋼板では全面的にハク離するものがある。また、ワニス希釈度を変えた場合には低濃度ワニスほど好結果となり、高濃度では試験片の下部にワニスが厚く付着し、硬化不足のときにはハク離または発泡しやすくなる。

4.3.3 接 着 力

接着力の低下は、大気中とは異なる挙動を示し、初期に著しく低下するがその後は長期にわたり安定している。一般にエポキシ系の接着力がすぐれているが、フェノール系にもコイル振動を抑制するのにじゅうぶんな残留強度を持つものがある。

4.3.4 冷 凍 機 油 の 汚 染

R22 単独での抽出試験では重量増加を示すものがあり、この結果のみでは冷凍機油に与える影響は明確に求められない。表6はワニス処理したモデルコイルを R22 と油共存下で加熱後の汚染を求めたものである。赤外吸収スペクトルからはワニスの溶解は

認められないが、濁度の増加や電気特性の低下から汚染が鋭敏に検出される。しかし、この程度の劣化では実用上問題とはならず、さらに空中で長時間加熱しても固形物や粘着性物質の析出は認められなかった。

4.3.5 エナメル線との適合性

エナメル線、ワニスとも個々には良好な特性を示しても、これらを組み合わせて試験すると予想外の劣化をすることがよくある。一般に適合性(Compatibility)と呼ばれる現象である。表7はワニス処理モデルコイルを所定の耐 R22 試験後測定した破壊電圧を示すものである。変性ホルマール線はいずれのワニスと組み合わせた場合にも破壊電圧が異常に低下する。破壊電圧の低下は、オートクレーブより取り出した状態では少ないが、急熱処理すると低下し、60°C 付近以上から急激になる。破壊電圧の低下が急熱温度に依存することは、エナメル皮膜やワニスに浸透した R22 の急激な気化時に絶縁欠陥が生ずることを意味する。このため R22 浸漬後のモデルコイルをあらかじめ 130°C に加熱した冷凍機油中に浸漬急熱すると、無処理コイルでは R22 ガスの発生量は少ないが、ワニス処理コイルは破裂音を伴いコイル表面の所々から噴出する。噴出部付近には図5のようなき裂を伴った発泡が認められ、絶縁破壊点と一致する。すなわち、エナメル皮膜のみでは、浸漬した R22 がスムーズに気化しうるが、ワニス皮膜でおおわれると気化拡散が抑制される結果、ガス圧は異常に上昇しワニス皮膜の機械的に弱い所を突き破り噴出する。この際に、エナメルにも同時にき裂、ピンホールなどの絶縁欠陥を生ずるものと考えられる。ポリアミドイミドや、RVF-AIのように導体との密着性がじゅうぶんに保持されているエナメル線では、発泡やピンホールの発生はワニス層に限定され、エナメル皮膜は損傷せず破壊電圧の低下がないものと考えられる。また、伸長の影響もない(図6)。したがって、ワニス処理した変性ホルマール線のコイルは、始動または拘束時のように急激に温度上昇する際、絶縁損傷しやすいが、導体との密着性の良いRVF-AI線はその懸念がない。

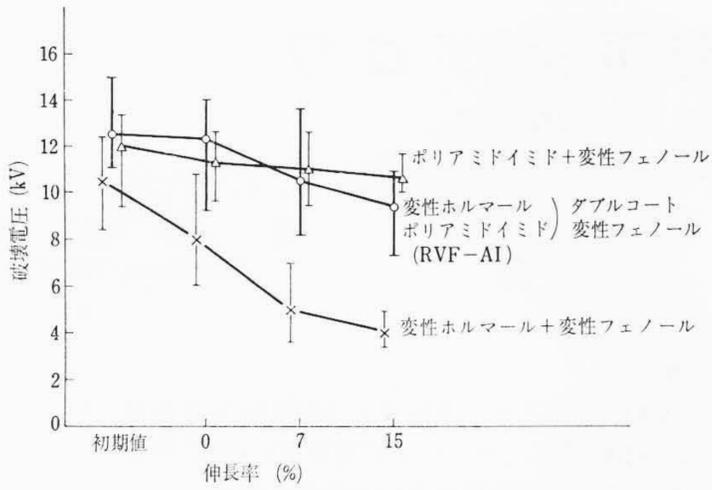


図6 ワニス処理対燃片のフロン試験後破壊電圧

### 5. 絶縁システムの耐熱寿命

#### 5.1 評価方法

拾い込みコイルを用いる一般用モートルの耐熱寿命評価には、IEEE(アメリカ電気電子技術者協会) No.57, No.117などによるのが普通である。この方法は大気中で行なわれるが、耐フロン絶縁においても、冷媒中で劣化させる点異なるほかは基本的に同一手段により寿命推定をなす。筆者らは、次のような評価法を採用している。

##### (1) オートクレーブ法

IEEE No.57 に準じた対燃試験片を単独またはワニス処理し、オートクレーブ内で連続加熱し、所定時間ごとに取り出し、破壊電圧の低下より寿命曲線を求める。

##### (2) モートルレットオートクレーブ法

IEEE No.117 にほぼ準拠したモートルレットをオートクレーブ内に取り付け、外部より電極を通じて通電加熱、一定サイクルの振動および冷媒液の間けつ滴下を繰り返す、破壊時間を求める。圧縮機用モートルの運転状態を模擬した促進寿命試験である。

##### (3) 実機試験

試験モートルを圧縮機とともに冷凍サイクルに組み込み、電気冷房機の過酷運転と同様な過負荷連続運転ならびに断続始動運転を行ない、所定時間運転後に解体し、コイル、絶縁物、油の劣化状況を観察する。

なお、必要によりフィールドテストを行なう。

#### 5.2 試験結果

各種エナメル線の寿命試験結果は図7に示すとおりであり、RVF-AI線は従来の変性ホルマール線より約10°C耐熱度が向上する。また、ワニス処理するとさらに10°C耐熱度が向上する。

一方、実機試験においても、全数所定時間異常なく運転されており、信頼性もじゅうぶん確認されている。

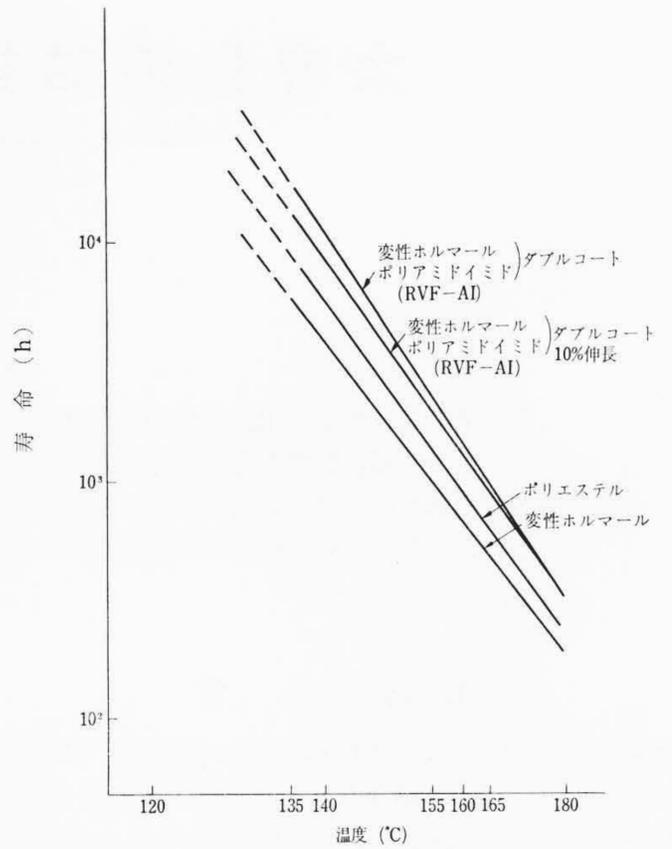


図7 各種エナメル線の耐熱寿命

### 6. 結 言

電気冷房機の密閉圧縮機用モートルは、その特性面、使用材料面で、一般用モートルとはかなり異なったものになっている点を述べ、実用面での紹介をした。

空調機器産業の伸長とともに、この種モートルは今後ますます需要が増大し、機器の小形軽量化、コストダウンの要求がシビアになってくるものと考えられる。われわれは、これらの要求に即応するとともに、よりいっそうの信頼性を向上させるため努力する考えである。

終わりに、本研究にご協力いただいた日立電線株式会社、日立化成工業株式会社、またご指導願った日立製作所日立研究所の関係各位に厚く謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- (1) 間瀬ほか2名：日立評論 41, 435 (昭34-3)
- (2) J.P. Hurtgen：A.S.H.R.A.E. Journal 60~62 (1959)
- (3) 川島ほか2名：日立評論 48, 312 (昭41-2)
- (4) Insulation：31~34 July (1964)
- (5) Insulation (Directory Encyclopedia Issue)：22 May (1964)
- (6) 徳永、宮下：昭45年電気学会東京支部大会 102