

各種エナメル線の耐冷媒性

Freon Resistance of Various Enameled Wires

間瀬 喜好* 植木 忍** 萩野 幸夫**
Kiyoshi Mase Shinobu Ueki Yukio Ogino

内 容 梗 概

最近各種の冷凍機器ならびに冷蔵庫の利用が活発になり、それに伴い冷媒の選択とマグネットワイヤの耐冷媒性の吟味が重要になってきた。対象冷媒には、フレオン-11, 12, 21, 22 などがある。これらに対する各種エナメル線、すなわちホルマール線、ヒタウレタン線（ポリウレタンエナメル線）、ウレタンナイロン線、ヒタエステル線（ポリエステルエナメル線）およびフレオール線（レクトンエナメル線）の耐フレオン特性について実験的検討を行った。

その結果フレオン-11, 12には、供試エナメル線のほとんどが耐えるが、フレオン-21, 22 に対してはヒタエステル線、フレオール線が好結果を示した。しかし、フレオン-21 の場合はフレオン-22 より皮膜をおかす作用が強いので、実用化にあたっては、さらに慎重を期する必要がある。

1. 緒 言

最近の生活環境の改善に伴い、冷蔵庫、ウィンドクーラ、ならびにほかのエアコンデショナなどの需要が増加している。他方工業方面においては、各種の冷凍設備が整備されつつある。

これらの設備、用途に応じて冷媒にアンモニア、メチルクロライド、メチレンクロライド、フレオンなどが使用されているが、密閉形小形冷凍機類には、主にフレオン系のものが多い。

現在フレオン-12 は最も一般に使用されているが、冷凍能力の増加と小形化のために、フレオン-21, 22 に移行しつつある。

フレオン-12 に対して、ホルマール線が耐えることは、既報⁽¹⁾したが、フレオン-22 に耐えるエナメル線は目下各国で研究途上でナイロンエナメル線⁽²⁾、エポキシエナメル線⁽³⁾、レクトンエナメル線⁽⁴⁾（アクリロニトリル系）などが比較的良好であると述べられている。

われわれはナイロンが比較的フレオン-22 に耐えるという報告に着目し、まずこれと類似構造をもつポリウレタンが耐フレオン性にすぐれるものと推定し、ヒタウレタン線（ポリウレタンエナメル線）の各種配合のものについて検討した。

さらに最近のヒタエステル線（ポリエステルエナメル線）フレオール線（レクトンエナメル線）などについても、フレオン-11, 12, 21, 22 に対する特性を検討したので以下その結果を報告する。

2. 冷媒の種類とその特性

冷媒には、アンモニア、亜硫酸ガス、炭酸ガス、メチルクロライド、メチレンクロライド、フレオンなどがあ

るが、密閉形小形冷凍機類には主にフレオンが使用されている。以下フレオンの種類と特性について述べる。

(1) フレオンの種類⁽²⁾

フレオンは Du pont 社の商品名（大阪金属株式会社のダイフロン）で、ハロゲン化炭化水素化合物であり種々の番号のものがあるが、その呼称番号は次のようにして決定されている。

化合物中の炭素数から 1 を引いた数を 100 位の数字、水素数に 1 を加えた数を 10 位の数字、弗素数を 1 位の数字として番号をつけている。

たとえばフレオン-12 の場合は分子式が CCl_2F_2 （ジクロロジフロロメタン）であるから、100 位の数字は 0 (1-1)，10 位の数字は 1 (0+1)，1 位の数字は 2 となるから呼称番号はフレオン-12 となる。

次にフレオンの種類を第 1 表に示す。第 1 表に示したフレオンの電気的特性を第 2 表に示す。次に代表的なフレオン-11, 12, 21, 22 メチルクロライドなどの物理的特性を⁽⁵⁾第 3 表に示した。

3. 実 験 法

3.1 冷媒試験装置および冷媒封入法

エナメル線に対する冷媒試験方法としては、圧力管法⁽²⁾（ガラス管中に液状冷媒と試料を封入し、所定時間処理する）による絶縁抵抗の変化、布、爪試験による皮膜の侵され方を見る方法などが行われているが、われわれは種々検討した結果、試験期間が短かく線に対する影響がはっきり出てくる液状冷媒を用い、実用上問題となる電気的、機械的特性の両方を試験できるように、第 1 図に示す容量の大きい試験容器を製作した。

冷媒（液状冷媒）封入手順を次に示す。

(1) 試験容器に所定の試料を入れ蓋をして完全にボルト締めする。

(2) 容器の封入口を真空ポンプと接続し、ポンプを

* 日立電線株式会社電線工場 工博

** 日立電線株式会社電線工場

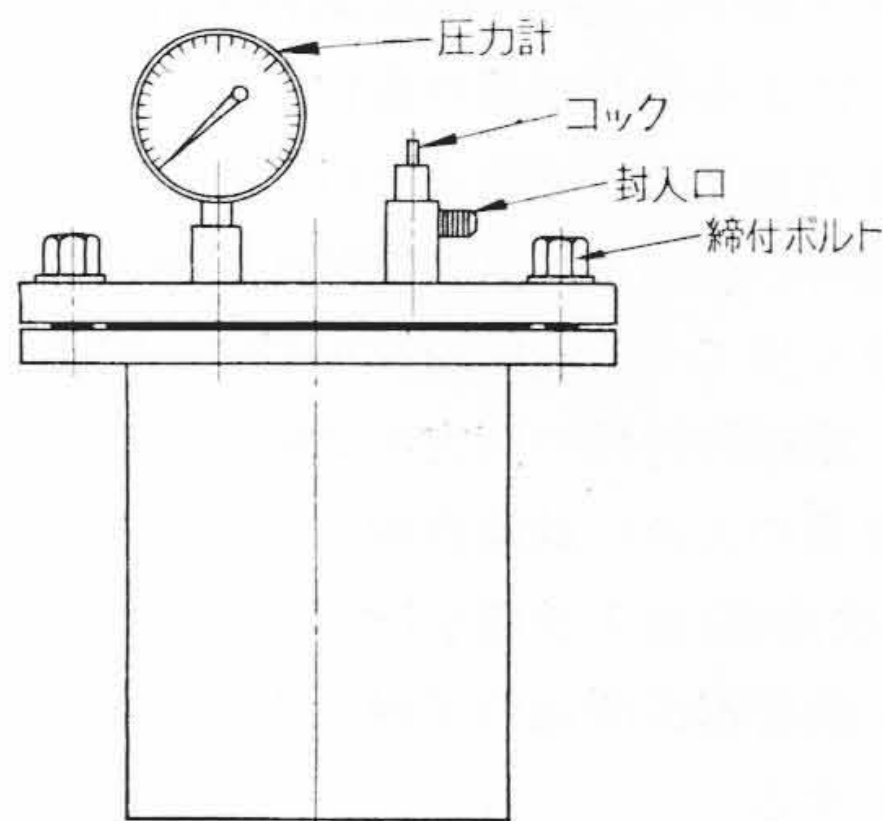
第1表 フレオンの種類

呼称番号	分子式	化学名
フレオン-11	CCl ₃ F	トリクロロモノフロロメタン
フレオン-12	CCl ₂ F ₂	ジクロロジフロロメタン
フレオン-13	CCl ₂ F ₃	モノクロロトリフロロメタン
フレオン-21	CHCl ₂ F	ジクロロモノフロロメタン
フレオン-22	CHClF ₂	モノクロロジフロロメタン
フレオン-23	CHF ₃	トリフロロメタン
フレオン-31	CH ₂ ClF	モノクロロモノフロロメタン
フレオン-32	CH ₂ F ₂	ジフロロメタン
フレオン-113	CCl ₂ F•CClF ₂	トリクロロトリフロロエタン
フレオン-114	CClF ₂ •CClF ₂	ジクロロテトラフロロエタン
フレオン-115	CClF ₂ •CF ₃	モノクロロペンタフロロエタン
フレオン-124a	CHF ₂ •CClF ₂	モノクロロテトラフロロエタン
フレオン-133b	CH ₂ F•CClF ₂	モノクロロトリフロロエタン
フレオン-142	CHF ₂ •CH ₂ Cl	モノクロロジフロロエタン
フレオン-152	CHF ₂ •CH ₃	ジフロロエタン
フレオン-12B1	CBrClF ₂	モノブロム, モノクロロジフロロメタン
フレオン-12B2	CBr ₂ F ₂	ジブロムジフロロメタン
フレオン-13B1	CBrF ₃	モノブロムトリフロロメタン
フレオン-22B1	CHBrF ₂	モノブロムジフロロメタン
フレオン-113B2	CBrClF•CBrF ₂	ジブロムモノクロロトリフロロエタン
フレオン-114B2	CBrF ₂ •CBrF ₂	ジブロムテトラフロロエタン

第2表 液状フレオンの電気的特性

フレオンの種類	絶縁抵抗 (MΩ-cm)	誘電率
フレオン-11	9,000	2.5
フレオン-12	> 12,000	2.1
フレオン-13	12,000(-22°F)	2.3(-22°F)
フレオン-12B1	9,000	2.7
フレオン-12B2	> 12,000	3.0
フレオン-13B1	> 12,000	2.7
フレオン-113	> 12,000	2.6
フレオン-114	7,000	2.2
フレオン-113B2	> 12,000	3.0
フレオン-114B2	> 12,000	2.7
フレオン-124a	5,000	4.0
フレオン-21	3,000	6.2
フレオン-22	7,500	6.6
フレオン-22B1	200	6.5
フレオン-23	1,600(-22°F)	6.3(-22°F)
フレオン-22 (75%)	4,000	5.0
フレオン-12 (25%)		
フレオン-32	250(32°F)	8.2 (32°F)
メチレンクロライド	100	9.1
四塩化炭素	> 12,000	2.4
クロロホルム	3,000	5.6

注：測定条件，温度の記入ないものは77°F 1,000 Cycles/sで測定された値である。



第1図 試験容器

第3表 代表的冷媒の物理的特性

冷媒の種類	フレオン-11	フレオン-12	フレオン-21	フレオン-22	メチレンクロライド
分子式	CCl ₃ F	CCl ₂ F ₂	CHCl ₂ F	CHClF ₂	CH ₂ Cl
分子量	137.4	120.92	102.92	87.25	50.48
沸点 1atm(°C)	23.7	-29.8	約 7	-40.8	-24.0
飽和圧力 at-15°C (kg/cm ²)at30°C	0.21 1.30	1.863 7.592	約 0.4 約 2.2	3.03 12.3	1.468 6.716
臨界温度 (°C)	196	111	—	96	143
臨界圧力 (atm)	—	40.1	—	48.7	—
凝固点 (°C)	-111	-150	—	-160	-98
蒸発熱 (kcal/kg) at-15°C	45.8	38.6	—	51.3	100.5
飽和蒸気の比容積 (m ³ /kg)at-15°C	0.764	0.0927	—	0.076	0.291
リキッド密度 (kg/l) at-30°C	—	1.297	—	1.177	0.898
燃性	不燃	不燃	不燃	不燃	多少ある
毒性	少々	少々	—	—	相当ある

注：フレオン-21の値は図表から出した大約の値である。

第4表 供試線の種類と寸法

試番	種類	導体径 (mm)	皮膜厚 (mm)	備考
1	銚色ホルマール線	1.105	0.042	—
2	銚色ホルマール線	1.088	0.039	—
3	黒色ホルマール線	0.999	0.042	—
4	黒色ホルマール線	1.100	0.043	—
5	ヒタウレタン線(a)	1.101	0.040	配合変えたもの
6	ヒタウレタン線(b)	1.102	0.046	
7	ヒタウレタン線(c)	1.101	0.044	
8	耐熱ヒタウレタン線	0.995	0.042	—
9	ウレタンナイロン線	1.500	0.037	下塗ウレタン 上塗ナイロン
10	ヒタエステル線	1.000	0.035	—
11	フレオール線(a)	1.000	0.045	焼付低目のもの
12	フレオール線(b)	1.000	0.044	焼付高目のもの

まわしてコックを開き，10 mmHg 程度の真空としてコックをしめる。

(3) 真空ポンプを取りはずし，冷媒ポンプを倒立させ容器と封入パイプで接続する。

(4) 容器と冷媒ポンプのコックを開き，所定量の液状冷媒を封入する。

(5) 容器を冷媒ポンプから取りはずし水中に浸漬して“もれ”の検査を行い，もれないことを確認する。

3.2 試験方法と項目

フレオン(ハロゲン化炭化水素)のように皮膜材料に対する溶解性の大きなものは，電気的特性の低下より機械的特性の低下の方が大きいので，機械的特性を重点にして試験項目を決めた。

すなわち試験容器中に約 2.5 l のガラス容器を入れて，供試線(すぐ測定できる状態にしたもの)を入れ，前項に準じて，液状フレオン約 3 kg を封入後，水中に浸漬して“もれ”試験を行ってから，常温で10日間放置し，取出

第5表 フレオノ性試験結果 (供試線は第4表と同一)

試験番号	摩 耗 試 験				硬 度 試 験				布 爪 試 験				巻 付 試 験				破 壊 電 圧 試 験					
	フレーション-11		フレーション-12		フレーション-21		フレーション-22		フレーション-11		フレーション-12		フレーション-21		フレーション-22		無処理 (V)	フレーション-11 (V)	フレーション-12 (V)	フレーション-21 (V)	フレーション-22 (V)	
	回数	測定値	回数	測定値	回数	測定値	回数	測定値	外観	布爪	外観	布爪	外観	布爪	自己倍率	自己倍率						自己倍率
1	35.6	36.0	24.0	測定不能	—	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	皮膚自然脱	—	—	0 0 0 0	0 1 0 0	0 0 0 0	—	11,260	9,300	9,900	測定不能	—
2	29.9	—	—	0.3*	5.8	*10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	皮膚自然脱	膨れ発生	◎×	—	—	—	—	*3,780	—	—	—	2,080
3	117	74.8	—	測定不能	—	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	皮膚自然脱	—	◎△	0 0 0 0	1 0 0 0	—	—	11,780	10,440	—	測定不能	—
4	72.8	—	—	4.4*	7.9	*10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	皮膚自然脱	膨れ発生	◎×	—	—	—	—	*3,400	—	—	—	1,730
5	23 (153.5)	10.3 (98)	—	0.8 (11.0)	9.2	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	変化なし	◎△	◎△	1 1 3 0	2 5 4 2	—	—	—	310.220	10,520	—	8,100
6	15.6 (80.6)	5.1 (55)	—	0.6 (1.5)	5.4	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	変化なし	◎×	◎×	2 0 0 0	0 0 0 0	—	—	—	10,940	11,860	—	5,580
7	24.8	14.0	13.3	0.9	7.0	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	変化なし	◎△	◎△	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	—	11,020	10,160	11,460	6,860	—
8	21.0	18.1	14.8	0.6	5.1	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	部分膨れ発生	◎×	◎×	1 1 1 0	2 2 0 0	0 0 0 0	—	9,640	10,560	9,720	6,360	8,560
9	12.5	—	—	1.3	4.5	10以上	—	—	変化なし	◎◎◎◎	—	膨れ発生	◎×	0 0 0 0	—	—	—	7,160	—	—	—	4,140
10	37.5	25.1	20.1	0.9	6.3	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	変化なし	◎×	◎×	0 0 0 1	3 1 0 0	1 0 2 0	—	8,020	6,880	5,920	6,900	6,260
11	41.5	20.1	22.8	2.2	8.8	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	変化なし	◎◎	◎◎	0 0 0 0	0 0 0 0	1 0 0 0	—	7,400	7,320	9,120	7,180	5,960
12	39.8	23.3	35.6	1.3	8.0	10以上	10以上	10以上	変化なし	◎◎◎◎	変化なし	◎◎	◎◎	0 0 0 0	1 0 0 0	0 0 0 0	—	6,600	6,560	6,380	6,520	4,380
備考	(注) * 常温の液状フレーション-22, 1箇月処理後の値である(2)。 ()内の測定値は, 荷重を規格(640 g)の半分(320 g)で行った。試 No.10 は測定荷重 750 gで行った。				(注) * 常温の液状フレーション1箇月処理後の値である。	(注) * 常温の液状フレーション1箇月処理後の結果である。 ◎……全然変化なし ○……表皮だけ剥脱 △……皮膜かなり剥脱(心線露出せず) ×……皮膜剥脱(心線露出)	(注) 上表の数値はピンホール試験におけるピンホール発生個数を示した。試 No. 5.8 はフレーション-21 により肉眼で認められるクラックを発生したので()内にクラックの発生個数を示した。	(注) 上表の値は5本測定 of 平均値である。 * 10 倍径に巻き付けたコイルを, 水銀中で測定したもので処理日数は1 箇月である。														

第6表 ホルムバールに対する液状フレオンおよび溶剤の影響

変 化 な し		わずかに軟化する		かなり軟化するが剥離困難		容 易 に 剥 離	
品 名	分 子 式	品 名	分 子 式	品 名	分 子 式	品 名	分 子 式
フレオン-11	CCl_3F	フレオン-133b	$\text{CH}_2\text{Cl}\cdot\text{CF}_3$	フレオン-21	CHCl_2F	クロロホルム	CHCl_3
フレオン-12	CCl_2F_2	トルエン	$\text{C}_6\text{H}_5\cdot\text{CH}_3$	フレオン-22	CHClF_2	トリクロロエチレン	$\text{CHCl}:\text{CCl}_2$
*フレオン-13	CClF_3	エチルアルコール	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	フレオン-31	CH_2ClF	フェノール 90%	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$
*フレオン-23	CHF_3	メチルエーテル	$(\text{CH}_3)_2\text{O}$	メチレンクロライド	CH_2Cl_2	エチルアルコール 10%	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
*フレオン-32	CH_2F_2			メチルクロライド	CH_3Cl		
フレオン-124a	$\text{CHF}_2\cdot\text{CClF}_2$			メチルアルコール	CH_3OH		
フレオン-142	$\text{CH}_3\cdot\text{CClF}_2$			セロソルブ	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_2\cdot\text{CH}_2\text{OH}$		
フレオン-152	$\text{CH}_3\cdot\text{CHF}_2$			アセトン	CH_3COCH_3		
フレオン-114	$\text{CClF}_2\cdot\text{CClF}_2$			クロロベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$		
フレオン-115	$\text{CClF}_2\cdot\text{CF}_3$			0-ジクロロベンゼン	$\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$		
四塩化炭素	CCl_4						
ベンゾール	C_6H_6						
エチルエーテル	$(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$						
石油エーテル							
冷凍機油							

注：* 温度を -30°C で行ったものである。

し直後次の特性を測定した。

3.2.1 機械的特性

(1) 摩耗試験

長さ約 10 cm の試料 2 本について、NEMA 式摩耗試験器を用いて、1 本について、3 箇所測定し、無処理のものと比較した。測定荷重は 1.0 mm は 600 g, 1.1 mm は 640 g で行った。

(2) 硬度試験

長さ約 10 cm の試料 2 本について、エナメル線硬度試験機を用い、0.45 mm の洋銀線と直交させ、試料と洋銀線間に直流 12 V の電圧を印加しながら、0.2 kg/s の割合で荷重を加え、短絡するまでの荷重を 1 本について、3 箇所測定した。

(3) 布、爪試験

長さ約 10 cm の試料 1 本について、フレオン処理後の外観変化および試料を布で 1 回こすり、さらに爪でこすって皮膜の侵され方を調べた。

(4) 巻付試験

長さ約 5 m の試料を自己径から 8 倍径までの丸棒に約 50 回巻き付けたコイルを作り、処理後肉眼およびピンホール試験によりクラックの発生状態を無処理のものと比較した。

3.2.2 電気的特性

(1) 破壊電圧

JISC-3203 に準じて、撚り合わせた試料 5 本を作り、フレオン処理後 50 c/s の正弦波に近い電圧を加え、約 10 秒間に 1,000 V に達するよう電圧を上昇させ破壊電圧を測定し、無処理のものと比較した。

4. 供試線の種類と寸法

本実験に使用した供試線の種類および寸法を

第4表に示す。

5. 実験結果

3 項に記載した方法に従い、行った実験結果を第5表に示す。

6. 結果の考察

6.1 ホルマール線

ホルマール線 (GE 社のホルムバール) の耐フレオン性に関しては、比較的詳しい報告があり、参考になるところが多いので、まずその一部を述べる。

ホルムバールの試料を 25 mm 径のパイレックスガラス製の圧力管に入れ、常温で液状フレオン、溶剤類に浸漬した場合の布爪試験結果は第6表のようである。

第6表に示すように、ホルムバールは飽和炭化水素 (冷凍機油)、完全にハロゲン化した炭化水素 (フレオン-12)、または一部分フロリン化した炭化水素などには、影響を受けないが、分子中に水素と塩素または水素と酸素の双方を含む化合物 (フレオン-22, メチルクロライドなど) には、皮膜が相当軟化 (やっとなり剥離する程度) し浸される。しかし、加熱処理を行えば、第7,8表に示すように、ある程度改善できる。

以上がホルムバールの耐フレオン性に関する報告の内容であるが、われわれが行った実験結果をみると、フレオン-11, フレオン-12 (完全にハロゲン化された炭化水素) には、各特性ともあまり低下せずに十分耐えるが、フレオン-21, フレオン-22 (分子中に水素と塩素の双方を含む化合物) にはかなり侵され特性が極度に低下し、布爪試験において、皮膜にふくれを発生し、容易に剥脱できる。特に、フレオン-21には弱く皮膜が自然剥離し、ホルマール線は、フレオン-21, フレオン-22を使用する

第7表 液状フロン-22に対するホルムバール加熱処理の効果

150°Cにおける加熱時間 (h)	燃合せ絶縁抵抗 (MΩ/15cm)
0	2×10^2
0.5(圧力管中)	7×10^2
0.5(圧力管外)	16×10^2
2.4(圧力管中)	150×10^2

注: いずれも室温における測定値である。

第8表 液状フロン溶剤に対するホルムバール加熱処理の効果

名 称	無 処 理	150°C 18h 加 熱
フ レ オ ン-11	A	A
フ レ オ ン-12	A	A
フ レ オ ン-21	C	C
フ レ オ ン-22	C	A
メチレンクロライド	C	C
ト ル エ ン	A	A
メチルアルコール	B	A
ク ロ ホ ル ム	D	C
トリクロエチレン	D	A

注: A……変化なし
B……少々軟化する
C……剥離できる
D……自然剥離する

第9表 ナイロンエナメル線の耐フロン性

フロン処理条件	燃合せ絶縁抵抗 (MΩ/15cm)
空管のとき	8×10^6
分離精製した液状“フロン-22”を90%満したとき	1×10^5
商用の液状“フロン-12”を90%満したとき	4×10^6

注: いずれも室温における測定値である。

冷凍機巻線には、不適切であることがわかる。

6.2 ヒタウレタン線

ヒタウレタン線は線径および皮膜厚さによって、クラックを発生する場合があるので耐フロン性を加味して、a, b, cの3種配合について検討した。

a配合は耐フロン性(フロン-22, フロン-21)は他配合に比べて良好であるが、フロン処理前後の巻付け特性にやや劣り、ピンホールも増加している。

b配合はフロン浸漬前後の巻付けは良好(フロン-21にはやや悪い)であるが、ほかの特性はa配合より劣っている。c配合はフロン浸漬前後の各特性ともa, b配合の中間の値を示し、比較的良好である。またこの3種類の配合のものはフロン-11, フロン-12には、ホ

ルマール線と同様な特性があり、十分耐える。

なお、ホルムバールウレタンフェノール樹脂の組合わせが、フロン-22に比較的すぐれているとの文献⁽⁶⁾があるので、上記c配合にフェノール樹脂を配合した試料をフロン-21について試験したが、皮膜が自然剥脱するように侵され、フェノール樹脂を入れることによりかえって悪くなり、またホルマール線自体も、フロン-21に悪いので、この系の配合は期待できないものとする。

特殊配合の耐熱ヒタウレタン線は、フロン-11, 12, 22に対して、ヒタウレタン線のc配合と同等であるが、フロン-21には弱く端末部近くにふくれを発生し、自己径から8倍径の巻付けも肉眼でクラックが認められ、フロン-21には耐えないことがわかる。

6.3 ウレタンナイロン線

ナイロンエナメル線が、フロン-22に比較的良好のように報告⁽²⁾⁽³⁾されており、その一例を第9表に示した。

この値は第7表に示したホルムバールを用いたホルマール線が、フロン-22の液中に浸漬したときの絶縁抵抗が 2×10^2 MΩ/15 cm に低下することと比較すれば、ナイロンエナメル線は良好である。一方ナイロン自体の耐酸性が弱いので、フロンの分解により発生する塩酸に侵されることも考えられるので、筆者らは、これについて検討してみた。ただし実用上のことを考えるとナイロンエナメル線単独で使用することは材料の耐熱性と電気的特性に心配があるので、下にウレタンを塗装し(Ⅱ種相当の皮膜厚)、その上にナイロンを塗装したいいわゆるウレタンナイロン線について、フロン-22に対する試験を行った。その結果、上層のナイロン皮膜にふくれが発生し、フロン-22の使用に耐えないことがわかった。

6.4 ヒタエステル線(ポリエステルエナメル線)

ヒタエステル線の耐フロン特性について、推奨する報告はほとんどないが、今回の実験データよりすれば、フロン-21にはやや悪いけれども、フロン-11, 12, およびフロン-22には、非常に良好であり特に、フロン-22に対しては、ヒタウレタン線のc配合よりすぐれ、総括的にみて、ヒタウレタン線より耐フロン性が良いといえる。

ヒタエステル線は、アルカリ性に弱い欠点はあるが、ヒタウレタン線より、耐摩耗性、耐熱劣化性(F級(155°C)に使用できるといわれる)耐熱軟化性などにおいてもすぐれているので、冷凍機巻線として好適である。しかし文献⁽³⁾⁽⁷⁾には、ポリエステルエナメル線が良いということは見当らず、密閉形フロン冷凍機などに使用するにあたっては、慎重を期する必要がある。したがって、次項に示す耐フロン性を特長として宣伝されているフーール線(レクトンエナメル線)と液状フロン-22に対す

第10表 ヒタエステル線、フレオール線の耐フレオン性試験結果

試番	供 試 線			摩 耗 試 験			硬 度 試 験			布 爪 試 験					
	種 別	導体径 (mm)	皮膜厚 (mm)	無処理 (回)	10日後 (回)	30日後 (回)	無処理 (kg)	10日後 (kg)	30日後 (kg)	10 日 後			30 日 後		
										外 観	布	爪	外 観	布	爪
1	ヒタエステル線(高目焼付)	1.110	0.033	409.3	53.1	50.0	10以上	8.2	9.4	変化なし	◎	◎	変化なし	◎	◎
2	ヒタエステル線(標準焼付)	1.100	0.035	342.1	46.1	44.6	10以上	9.0	8.7	変化なし	◎	◎	変化なし	◎	◎
3	ヒタエステル線(低目焼付)	1.105	0.035	279.6	39.3	38.0	10以上	6.6	10以上	変化なし	◎	◎	変化なし	◎	◎
4	フレオール線(高目焼付)	1.202	0.034	192.8	11.6	30.5	10以上	6.5	10以上	変化なし	◎	◎	変化なし	◎	◎
5	フレオール線(標準焼付)	1.205	0.032	151.8	14.8	15.3	10以上	7.0	6.6	変化なし	◎	◎	変化なし	◎	◎
6	フレオール線(低目焼付)	1.200	0.038	116.8	30.1	30.1	10以上	6.9	9.1	変化なし	◎	◎	変化なし	◎	◎
備考				荷重を規格(640g)の 半分(320g)で行った。						◎……全然変化なし ○……表皮だけ剥脱					

試番	巻 付 試 験												破 壊 電 圧		
	無 処 理				10 日 後				30 日 後				無処理 (V)	10日後 (V)	30日後 (V)
	自己 径	2 倍	4 倍	6 倍	自己 径	2 倍	4 倍	6 倍	自己 径	2 倍	4 倍	6 倍			
1	0	0	0	0	4	0	1	0	5	1	0	0	7.450	5.760	4.080
2	0	0	0	0	5	2	0	0	5	3	0	0	7.250	5.160	4.440
3	0	0	0	0	2	0	0	0	4	2	0	0	6.770	4.220	3.760
4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5.570	2.540	2.490
5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	0	3.760	1.380	1.820
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.780	2.160	1.980
備考	上表の数値はピンホール試験におけるピン ホール発生個数を示した。												上表の値は5本測 定の平均値である。		

る1箇月間常温処理の比較を行った。その結果を第10表に示した。すなわち、この結果からもヒタエステル線はフレオール線と大差なく、フレオン-22に実用し得られるものと考えられる。

6.5 フレオール線(レクトンエナメル線)

レクトンエナメル⁽⁴⁾(Du pont 社の商品名)は、アクリロニトリルとアクリル樹脂の共重合体を水性懸濁液としたエナメル塗料でほかのエナメル塗料とは、著しく相違している。これを塗布焼付したエナメル線は可撓性、耐摩耗性、熱安定性が良好であり、化学的にもほとんど不活性でフレオン-22によく耐えるので、エヤコンデショナ、密閉形冷凍機⁽⁴⁾のモータに使用し、130°Cで使用できるといわれている。

われわれは Du pont 社から購入した塗料で試作した線について、耐フレオン性の検討を行った結果、フレオン-21には、やや悪いけれども、フレオン-11, 12, 22などには、ほかのエナメル線類では得られないようなすぐれた特性を示した。

このように、フレオール線は耐フレオン性がきわめて優秀で密閉形冷凍機巻線に好適であることがわかった。しかし、レクトンエナメルは水性懸濁液であり、稀釈のため少量のアンモニア水を使うので、塗装方法に若干問

題があるが、耐フレオン性エナメル線として、十分期待されてよい。

7. 結 言

以上各種エナメル線の耐フレオン性の検討結果を総括すると、フレオン-11, フレオン-12には、供試エナメル線のほとんどが耐えるので、現在冷蔵庫(フレオン-12使用)に使用しているホルマール線で十分である。

フレオン-22には、ホルマール線、ウレタンナイロン線は、フクレを発生し耐えない、フレオール線は文献で紹介されているとおり、非常にすぐれており、耐フレオン性エナメル線として十分期待される。

また、ヒタウレタン線、耐熱ヒタウレタン線、ヒタエステル線なども良好であり、この中ではヒタエステル線が最も期待される。

フレオン-21はフレオン-22よりも線に対する影響が大きく、フレオール線が比較的良好である以外はあまり期待できない。

今回は、各種エナメル線の耐フレオン性の実用試験の結果を述べたが、いずれ稿を改めてこの理論的考察を行いたいと考えている。

最後に日立製作所栃木工場の高橋課長ほか関係者の方々に種々御協力を仰いだことを深謝申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 間瀬, 江尻, 矢田: 日評 別冊9号(昭30-3)
- (2) B. J. Eiseman: Ref Eng 63 4 (1955)
- (3) H. L. Saums, W. W. Pendleton: Elect Manuf 60(4)130(Oct. 1957)
- (4) Du pont Industrial Finishes Technical Bulletin No. 16(June 1956)
- (5) 機械学会: 機械工学便覧 11編 108頁(昭29-11)
- (6) Insulation 3 8(1957)
- (7) Anaconda Wire & Cable Co. ANATHERM Magnet Wire カタログ(1957)