

テレグラスワイヤの諸特性

Characteristics of Tereglass Wire

間 瀬 喜 好* 江 尻 義**
Kiyoshi Mase Yoshi Ejiri

内 容 梗 概

近年絶縁材料の発達が著しく、相次いで新しい材料が発表されている。中でもポリエチレンテレフタレート系の合成繊維である I. C. I. 社のテリレン（わが国におけるテトロン）は、マグネットワイヤの被覆材料としてきわめて好ましい特性をもっているため、その耐熱性、耐湿性、耐溶剤性、耐薬品性の検討結果を示した。次に本繊維の常温時の機械的強度の強いこと、非吸湿性であり、電気絶縁性の高い特長ならびに、高温時における熱軟化する欠点を逆に利用して、ガラス糸と組合わせた耐熱マグネットワイヤ（日立商品名テレグラスワイヤ）をここ数年間検討してきた。その結果きわめて使いやすい耐熱マグネットワイヤであることを確かめたので、この電線の特性を二、三紹介した。

1. 緒 言

電気機器の発達は、電気絶縁材料の進歩にまつところが多い。特に小形軽量化の要求に伴い必然的に機器の使用温度を上昇することになり、使用されるマグネットワイヤも耐熱度の高いものを求められている。この要求に応ずるため日立電線株式会社においては、すでに多くのマグネットワイヤを開発し、これらについて数次にわたり報告^{(6)~(10)}している。これらのうち最も多量に使用されているものはガラス巻線であるが、この巻線はガラス糸の本質的な欠陥として伸びが少なく、コイルの成形加工中に被覆が損傷しやすい欠点がある。しかし単繊維の選択、ガラス糸の吟味、処理ワニスの選定と塗装法により著しく改善されているが、電気機器に十分な満足を与えているものではない。日立電線株式会社では数年来ガラス巻線の改良研究を行ってきたが、最近イギリス Imperial Chemical Industries 社 (I. C. I.) で製品化された合成繊維テリレン (Terylene)^{(1)~(4)}および、同社との技術提携で国産化されたテトロン⁽⁵⁾の、機械的強度および耐熱性にすぐれた特性⁽¹¹⁾に着目し、これとガラス繊維とを種々組合わせた耐熱マグネットワイヤ（日立電線株式会社の商品名テレグラスワイヤ）を開発した。テレグラスワイヤは従来のガラス巻線の最大の欠点であった機械的特性を飛躍的に改善すると同時に、そのほかの特性においてもきわめてすぐれていることが立証され、コイル巻時の能率増進にも大いに役立っている。以下この巻線に使用したテリレンおよびテトロンの性能比較とこれを用いたテレグラスワイヤおよび従来のガラス巻線との諸特性ならびに、寿命試験の比較を実測データを主にして報告する。

2. 材料選択のねらい

2.1 ガラス繊維

ガラス繊維を用いたマグネットワイヤの性能は、使用するガラス糸とワニスならびにその使い方に大きく支配される。ガラス糸は5~7 μ の単繊維の集束体であり、表面積が著しく大きく、微量に含有するアルカリ金属で湿気の浸食作用を受け絶縁劣化を起す⁽¹²⁾。また耐熱強度は他の繊維に比較して安定であるが急冷繊維であるため強度面において熱劣化する。たとえばポット法で作られた単繊維は250°Cで24時間加熱後においては常温時より30~40%の機械的強度の低下が認められている⁽¹³⁾。このような繊維を使用してその巻線の性能を向上させるためには、アルカリ金属の含有量を少なくすることはもちろんであるが、ガラス糸の繊維度が均一であり、糸のより

数が横巻作業に適していること、紡糸時に使われている潤滑剤が電氣的に悪影響を与えないこと、ならびに機械的の補強が必要である。

2.2 ポリエステル繊維

イギリス I. C. I. 社のテリレンはアメリカ Du pont 社のデクロン (Dacron) と同じくテレフタル酸とエチレングリコールを主体とした合成繊維^{(1)~(4)}であることは周知のとおりである。これと類似組成のマイラー (Mylar) はすでに電気機器に多量に使われている。テリレンの強じんなことから、耐熱性である点を利用して前項のガラス糸の欠点をこの繊維で補うため、ガラス糸とデクロンを2個よりしたものを用いたものにアメリカ Phelps Dodges 社のダグラスワイヤ (Daglas wire)^{(14)~(15)}がある。この電線は導体に横巻後加熱溶解過程を経て作られているが、このように加熱溶解することは繊維自体の結晶配列をくずすことになり、糸自体の特性を悪くして使っていることになる。しかし、この糸を単独でマグネットワイヤに使うことは電気機器の短時間過負荷時において短絡を起す心配がある。したがってガラス糸と組合わけてスペーサの役目をガラス糸にまかせ、テトロン糸は初期特性およびガラス糸の機械的強度の弱点を補い、過負荷による一時的な高温時においても致命的欠陥を誘発させない使い方が肝要である。そのためにもガラス糸とテトロン糸の太さの関連、テトロン糸の占める比率の吟味が必要となる。

2.3 焼付ワニス

ガラス巻線は補強のために用いる焼付ワニスの種類と塗布方法が問題になるが、テレグラスワイヤはワニス塗装の必要性は絶対的ではないが、切断時の末端のほぐれ防止およびガラス糸が50%以上使われていることから考えればワニス塗装しておくことがコイル巻時の過酷な取扱いに安全である。またワニスの塗装は上記ガラス糸の補強のほかに被覆表面を平滑にするためにも役だつものである。次にワニスの選択であるがテレグラスワイヤがF種あるいはB種に使うことを目的にしているだけに、当然処理ワニスもその格付に耐えるものを選ばなければならない。

3. マグネットワイヤ用としてのテリレンとテトロン

テレグラスワイヤの生産を始めた当時のポリエステル繊維はイギリスの I. C. I. 社製品であったが、約一年後同社のものが入手難になり、カナダの Canadian Industries 社 (C. I.) のもので間に合わせなければならなかった。その後国産のテトロンが工業化されるに至ったので、マグネットワイヤ用としてこれまで検討したポリエステル繊維の二、三の結果を報告する。

3.1 一般特性

まずテリレンの物理的性質の一例を、ほかの繊維と比較して第1

* 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 各種繊維の物理的性質

性 質	テリレン		ナイロン		ビスコース レーヨン	綿 糸	絹 糸
	円 形	円 形	円 形	円 形	鋸 断 形	豆 形	三 角 形
種類	普通糸	強力糸	普通糸	強力糸	—	—	—
比 重	1.38	1.38	1.14	1.14	1.52	1.52	1.35
乾燥強度 (g/d)	4.5~5.5	6~7	4.5~5.5	6~7	2.1	3.5	4.9
切断伸度 (%)	25~15	12.5~7.5	25~20	19~15	21	7.3	26
湿潤強度 乾燥強度 比 (%)	100	100	85~90	85~90	44~54	110~130	75~95
吸 湿 量 (%)	約 0.4	約 0.4	4.2	4.2	11.0	8.5	11.0
弾性係数 (g/d)	100	120	24	45	65	55	85

表に示す⁽³⁾。この表からわかるように吸湿性の低いこと、弾性係数の大きいこと、およびナイロンとともに従来の繊維材料に比し強度が大であることが注目される。

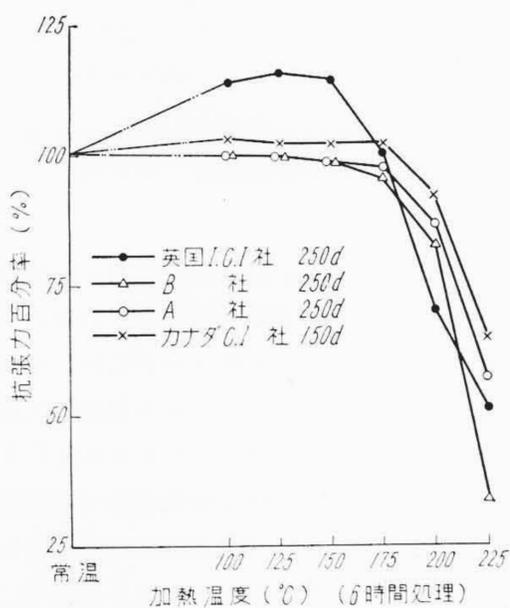
3.2 加熱劣化性

ポリエステル繊維は、耐熱性のすぐれていることも大きな特性とされている。たとえば150°Cの空气中に168時間曝露したときの強さの低下は、15~30%に過ぎず1,000時間後においてもわずか50%の低下である⁽³⁾。第1~2図は筆者らが現在市販されている国産A社およびB社のテトロン糸とイギリスI.C.I.社およびカナダC.I.社のテリレン糸について常温、100、125、150、200、225°Cの各温度で6時間処理後3kg ショップ形引張試験機(標点距離250mm)を

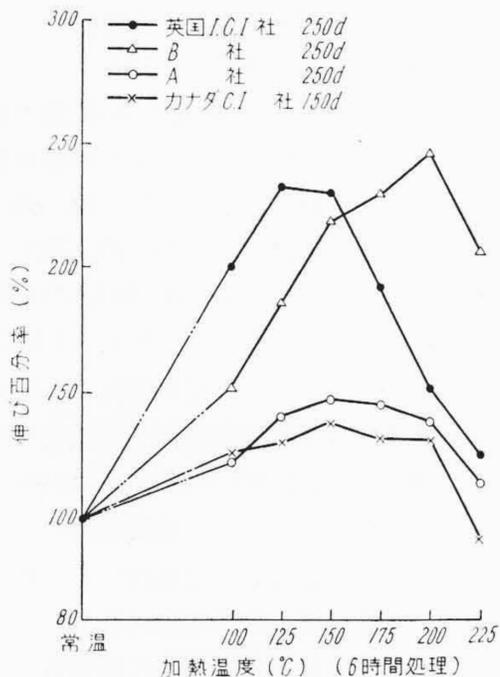
用いて、加熱温度による機械的強度の変化を求め、その変化率を表わしたものである。図に見られるように抗張力の変化は、国産両社のテトロン糸およびカナダのC.I.社のテリレン糸はまったく同じ傾向を示している。イギリスI.C.I.社のテリレン糸は125°C程度までは若干増加の傾向を示すが、その後低下し180°Cあたりで4社まったく一致する。伸びの変化は国産A社およびカナダC.I.社のものは150~175°Cにおいて140%であるのに比し、B社およびイギリスI.C.I.社のものは240%に増加しきわめて大である。またB社のものは200°C付近まで伸びの増加を示すことは他社のものと大きく異なる場所である。以上の検討結果よりポリエステル繊維単独で使用する場合は155°C以下におさえることが安全であろう。

3.3 耐アルカリ性

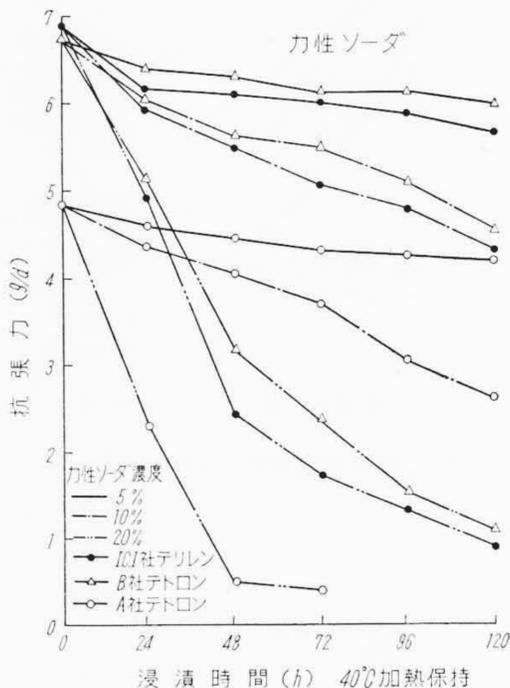
本系の糸が耐アルカリ性に劣ることは予期しうるところであるが、アルカリの種類でどのように変わるかを調べた結果は下記のようなものである。すなわち前記国産2社およびイギリスI.C.I.社の試料を5、10、20、28%濃度のカ性ソーダおよび5、10、20、28%濃度のアンモニア各40°C溶液中に浸漬し、浸漬時間による抗張力、伸びの変化により耐アルカリ性を検討した。その結果を第3~4図に示す。図に見られるように無処理時の抗張力は、国産A社品が4.8g/dに対しB社、イギリスI.C.I.社品が6.8~6.9g/dである。伸びはまったく逆に国産A社品が24%に対しB社、イギリスI.C.I.社品とも



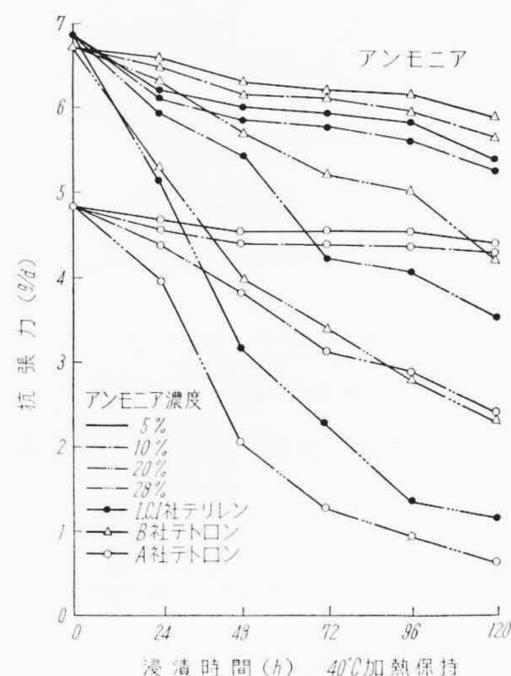
第1図 テリレン糸およびテトロン糸の加熱劣化特性



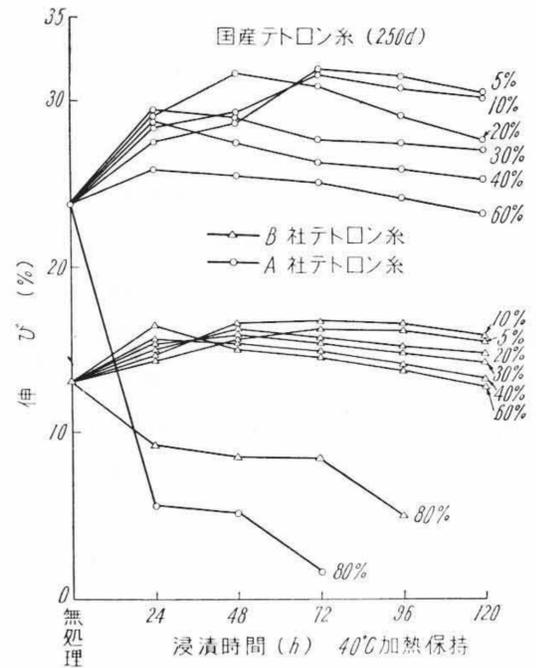
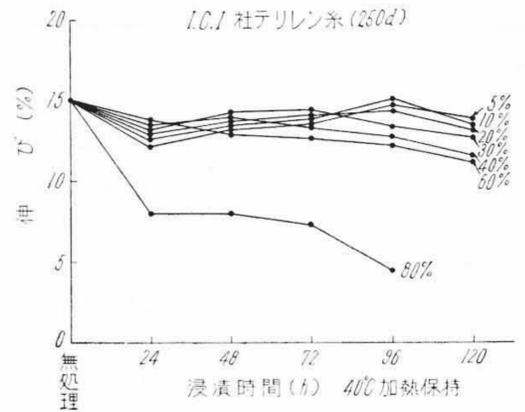
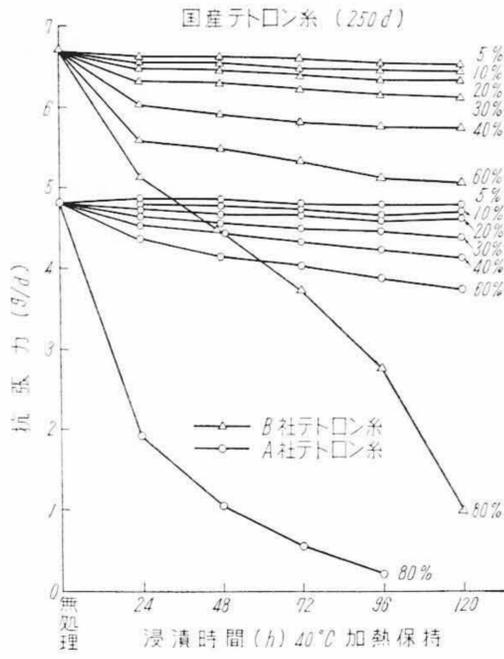
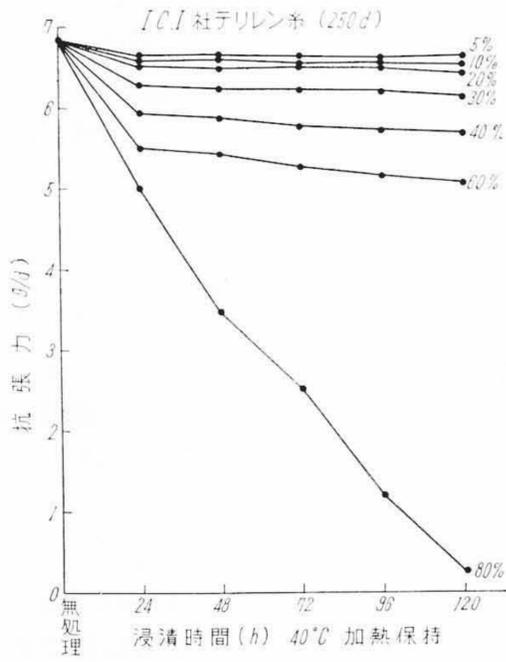
第2図 テリレン糸およびテトロン糸の熱劣化特性



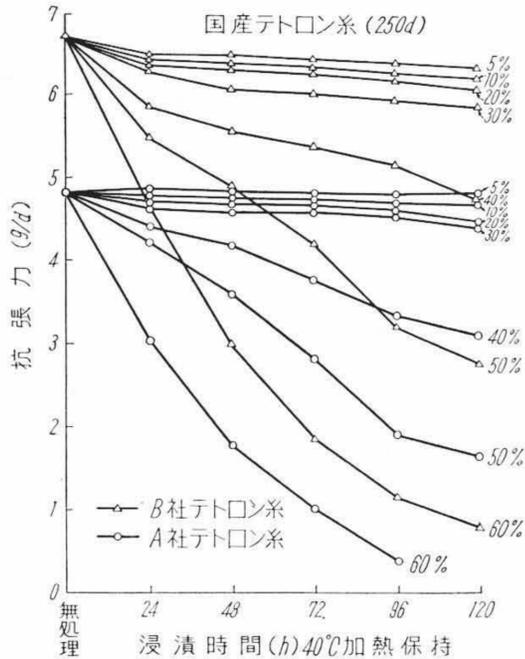
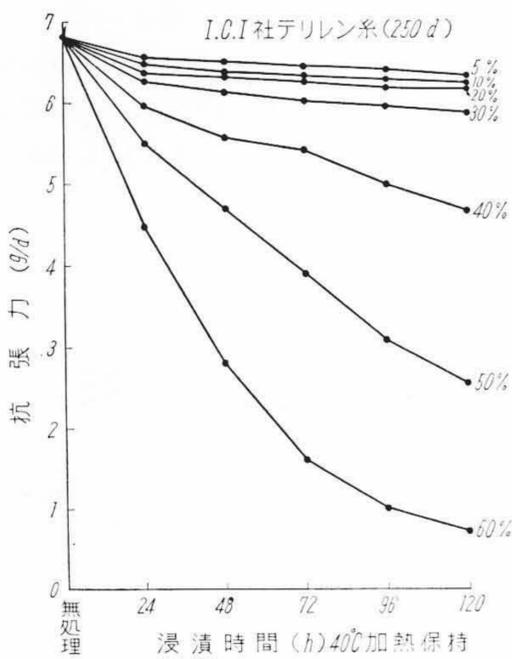
第3図 テリレン糸およびテトロン糸の耐アルカリ性(時間特性)



第4図 テリレン糸およびテトロン糸の耐アルカリ性(時間特性)

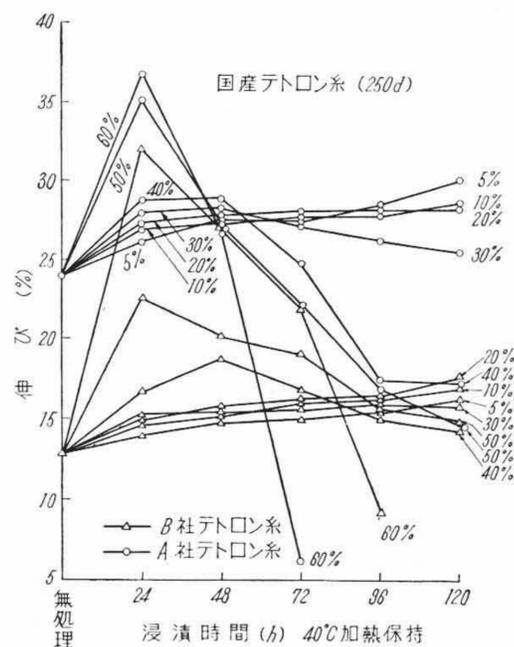
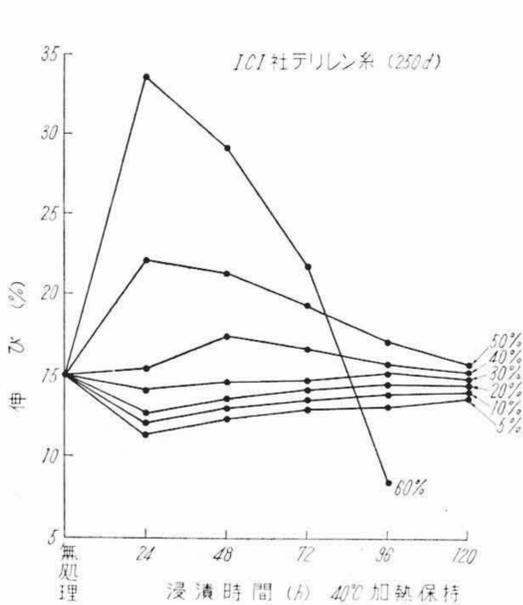


第 5 図 テリレン系およびテトロン系の硫酸に対する抵抗性 (時間特性)



第 6 図 テリレン系およびテトロン系の硫酸に対する抵抗性 (時間特性)

第 7 図 テリレン系およびテトロン系の硝酸に対する抵抗性 (時間特性)



第 8 図 テリレン系およびテトロン系の硝酸に対する抵抗性 (時間特性)

に 13~15% であり初期値において A 社品はほかの 2 社品と、はっきり相違している。カ性ソーダによる抗張力の劣化の傾向は各試料ともにほとんど同一傾向を示すが、国産 A 社品は 20% 濃度の 72 時間処理によって加水分解著しく測定不能となる。ほかの 2 社品は同濃度で 120 時間経過後においても 1g/d の強度を有しているが、30%

濃度では測定不能となる。アンモニア処理においてもカ性ソーダによる場合とほとんど同じ傾向を示す。ただカ性ソーダに比し劣化の度合いが小さい。次にカ性ソーダ処理した場合の伸びの変化は国産 B 社、イギリス I.C.I. 社品の 30% 濃度の 120 時間処理後で初期値の 50% 程度であるが、A 社品は 20% 濃度の 24 時間処理で測定不能となる。以上の結果より本系系はアンモニアに比較しカ性ソーダに強く侵される。また各試料の間では国産 B 社、イギリス I.C.I. 社品はまったく同程度であるが A 社品は若干劣るようである。

3.4 耐酸性

耐酸性の強いことは組成から推定できるが、一応硝酸、硫酸、塩酸による影響を調べた。すなわち硝酸の濃度 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60%, 塩酸の濃度 5, 10, 20, 30%, 硫酸の濃度 5, 10, 20, 40, 60, 80% の溶液中に、国産テトロン系およびイギリス I.C.I. 社テリレン系を浸漬し、温度の変化および浸漬時間の経過による機械的变化で耐酸性を検討した。第 5~8 図は 40°C の各濃度の溶液に浸漬した場合のものを示す。硫酸処理の場合の

第2表 溶 剤 の 種 類

単一溶剤名	比重(15°C)	沸点(°C)	混合溶剤名	配合比(重量)
アルコール	0.789	78	キシレノール+ブタノール +ソルベントナフサ	1:1:1
ベンゾール	0.879	80	ベンゾール+アルコール	1:1
ガソリン	0.70~0.75	40~150		
ソルベントナフサ	0.86~0.92	120~200		
キシレノール	1.03	200~230		

第3表 供 試 線 の 構 造 お よ び 寸 法

試料No.	供 試 線	心線径 (mm)	仕上外径 (mm)	被覆厚 (mm)	ガラス糸の比率 (%)	処理ワニス
1	二重ガラス巻線	1.6	1.89	0.145	100	B種絶縁ワニス
2	テレグラスワイヤ	1.6	1.90	0.150	57	B種絶縁ワニス
3	二重ガラス巻線	1.6	1.90	0.150	100	F種絶縁ワニス
4	テレグラスワイヤ	1.6	1.90	0.150	57	F種絶縁ワニス

※ 表中ガラス糸の比率は横巻絶縁材料に対するものである

糸は低下の割合はきわめて大きい。硝酸処理の場合は5~30%濃度までは、各試料ともに抗張力の劣化はきわめて少ないが、40%以上の濃度になれば著しく劣化が促進されることを示している。伸びの変化は、I.C.I.社テリレン糸と国産B社のテトロン糸が60%濃度において劣化を起すのに比し、A社テトロン糸は40%濃度より劣化現象が表われている。塩酸浸漬の場合は、40°C程度の処理温度ではほとんど変化が見られなく、60°C処理温度で若干劣化が見られる程度である。

3.5 耐溶剤性と耐スチロール性

マグネットワイヤ用の絶縁材料はワニス処理の条件を考慮しておかなければならない。したがってその耐溶剤性の高いことが必要である。また最近サーモセットワニスにスチロール系のものが使われているので耐スチロール性をも吟味してみた。

3.5.1 耐 溶 剤 性

耐溶剤性は第2表に示す単一溶剤5種類、および混合溶剤2種類に各試料を浸漬し、処理時間の経過による機械的変化を検討し耐溶剤性を知ろうとした。第9~10図は、40°Cで処理した場合の抗張力、伸びの状態を示す。図に見られるように抗張力は、キシレノール単独およびキシレノールを含む混合溶剤に侵される以外はほとんど劣化の現象は見られない。伸びもキシレノールに侵されることを示している。60°Cのキシレノールに浸漬した場合は24~72時間で強度を著しく失い測定不能となる。またイギリスI.C.I.社のテリ

ン糸と国産テトロン糸の間にはほとんど差は認められない。

3.5.2 耐スチロール性

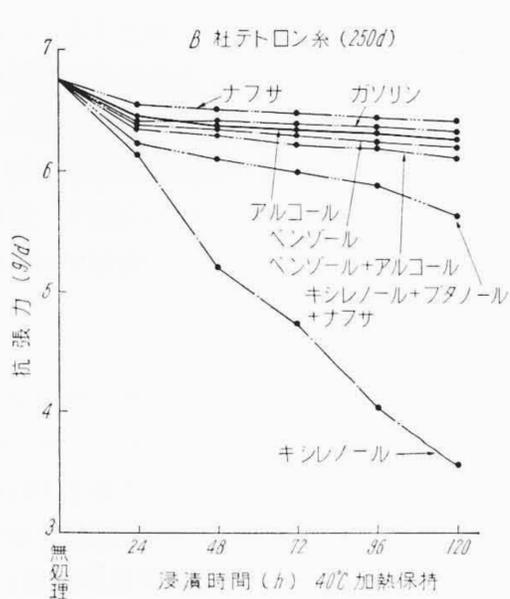
耐スチロール性はモノスチロールに各試料を浸漬し、温度変化による抗張力、伸びの状態を検討した。その結果を第11図に示す。図に見られるように各試料ともに120°Cで24時間処理後においても初期値の85~90%の強度を保っている。伸びは温度の上昇とともに増加している。これはスチロールによって膨潤するものと考えられる。以上の結果によりポリエステル繊維の耐スチロール性はきわめて良好であるといえる。

4. テレグラスワイヤの諸特性

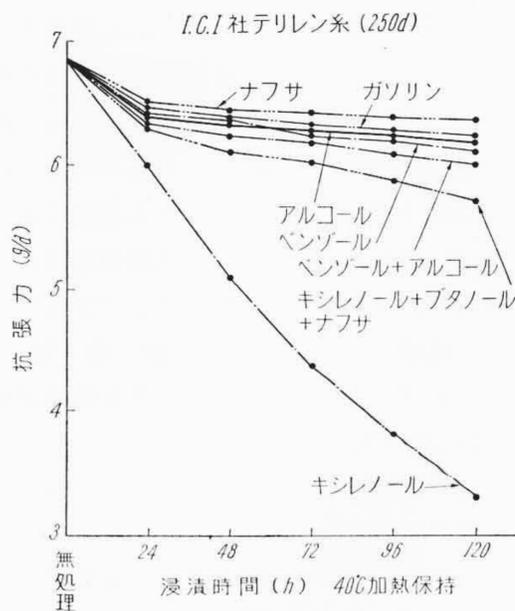
前述のガラス糸と国産B社のテトロン糸を組合わせて横巻し、絶縁ワニスを塗装した耐熱マグネットワイヤ(日立電線商品名テレグラスワイヤ)と従来の二重ガラス巻線(以下ガラス巻線と略称す)の耐熱、吸湿、耐摩耗、耐衝撃、耐屈曲性および耐ワニス性の比較検討を行い、次に、テレグラスワイヤの耐熱度と寿命の推定を行った。以下その結果について記述する。

4.1 供 試 線

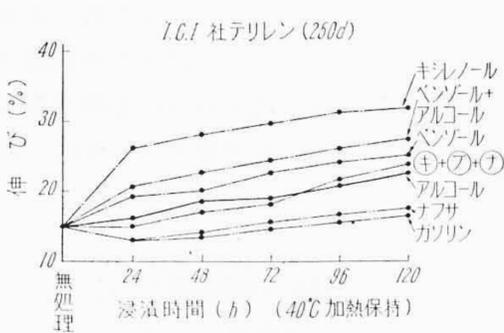
供試線はBあるいはF種のワニス処理を行ったガラス巻線と、同様のワニス処理を行ったテレグラスワイヤの4種である。これらの供試線の構造と寸法を第3表に示す。テレグラスワイヤは表面の平滑度、被覆厚の均一性がガラス巻線に比し著しく向上している。こ



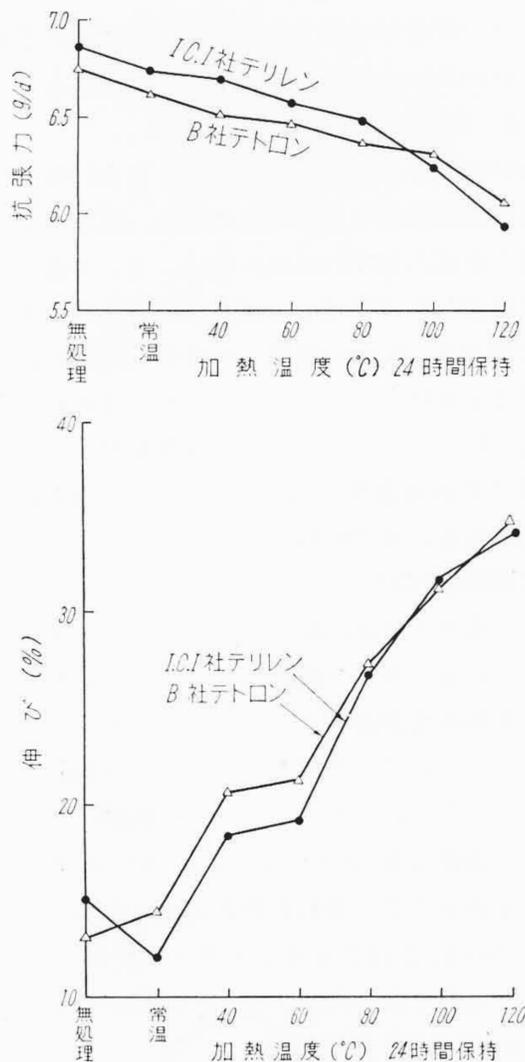
第9図 テリレン糸およびテトロン糸の耐溶剤性(時間特性)



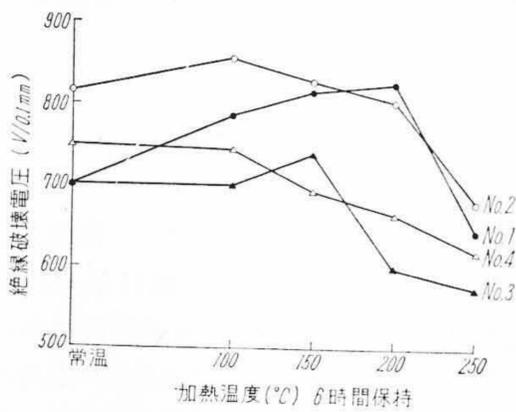
第10図 テリレン糸およびテトロン糸の耐溶剤性(時間特性)



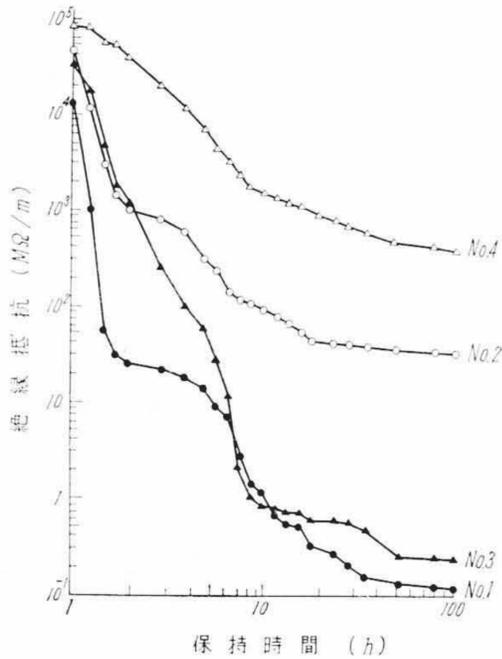
第10図 テリレン糸およびテトロン糸の耐溶剤性(時間特性)



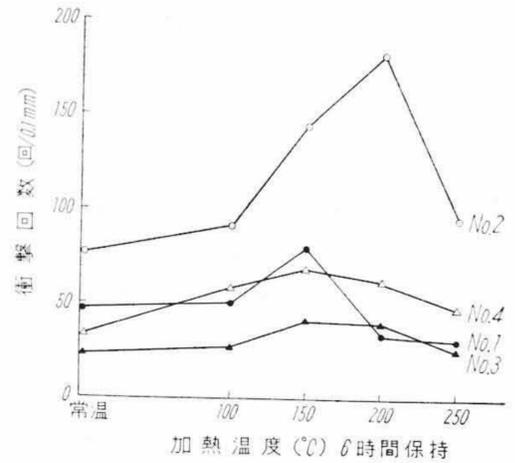
第11図 テリレン糸およびテトロン糸の耐スチロール性(温度特性)



第 12 図 加熱温度による絶縁破壊電圧の変化



第 13 図 高湿度下における絶縁抵抗 (RH90%40°C)



第 14 図 耐 衝 撃 性

これは使用するテロン糸の機械的諸特性がきわめてすぐれていること、および糸自体のすべりがあり、横巻時の糸の開きが良いためと考えられる。

4.2 加熱温度による破壊電圧

耐熱マグネットワイヤは、その使用目的から当然高温下における電気的特性が問題になる。そこで第 3 表に示す各供試線より長さ 30 cm の試料をとり、これを常温および 100, 150, 200, 250°C の恒温槽中に 6 時間保持し、常温に冷却後試料中央部 20 cm に金属箔を巻付け心線と金属箔間の破壊電圧を測定し加熱温度による影響を破壊電圧の変化から求めた。その結果を第 12 図に示す。図に見られるように No. 1~2 が全般的に高い値を示しているのは処理ワニスの影響と考えられる。同一処理ワニスの場合にテグラスワイヤが高い値を示すのは、テグラスワイヤの仕上り面が平滑であり、かつ同一被覆厚に対する繊維密度がガラス巻線に比較し、15~30% 高いため 0.1 mm 当りの値が大きく出るものと考えられる。

4.3 高湿下における絶縁抵抗

わが国のように多湿期の長いところ、ならびに南方の高湿地帯への輸出電気機器などを考えた場合、湿気による絶縁抵抗の低下は特に関心を払わなければならない。そこで各供試線より長さ 120 cm の試料をとり 100 cm を直径 25 mm の銅管に緊密に巻付け、RH 90% (40°C) の恒温恒湿槽中に保持し時間の経過ともなう絶縁抵抗の変化を 100V 直偏法で測定した。その結果を第 13 図に示す。図に見られるように各試料とも吸湿初期より 10 時間経過後において、2~4 けた程度急激に低下し、その後は吸湿飽和の状態となり低下は緩慢となる。使用材料自体においては、ポリエステル繊維の吸湿性は RH 85% (25°C) のもとで 0.55% 程度であり、これと材質的に類似しているマイラは、25°C の水中に 1 週間浸漬しても 0.3% 以下といわれている。ガラス繊維は無アルカリ繊維であるため繊維自体の吸湿はきわめて少ない。このような材料を使ってガラス巻線とテグラスワイヤの間に差異を生ずるのは単繊維の太さによるものと考えられる。すなわちテロン糸の単繊維は 21~25 μ であるが、ガラス糸の単繊維は 6~8 μ であるため糸の表面積がきわめて大きくなり湿気吸着後の差が表われたと考えられる。次に処理ワニスによる差異は No. 1, 2 はアルキッドワニス焼付であり、No. 3, 4 は変性シリコン処理であるため、当然の結果といえる。

4.4 耐 摩 耗 性

マグネットワイヤを使用する際、その被覆絶縁材料の機械的性質のすぐれていることは特に重要である。そこでこの強度を測定する

第 4 表 耐 摩 耗 性 試 験 結 果 (荷重 2 kg)

供試線 No.	加 熱 温 度 供試線	常 温	100°C	150°C	200°C	250°C
		回/0.1mm	回/0.1mm	回/0.1mm	回/0.1mm	回/0.1mm
1	B-二重ガラス巻線	177	390	480	250	99
2	B-テグラスワイヤ	425	860	3,200以上	3,200以上	3,200以上
3	F-二重ガラス巻線	55	70	115	140	87
4	F-テグラスワイヤ	84	720	3,200以上	3,200以上	3,200以上

方法として耐摩耗性の検討を行った。各供試線より長さ 45 cm の試料を取り、常温および 100, 150, 200, 250°C の恒温槽で 6 時間加熱後かご形回転式摩耗試験機⁽⁹⁾を用い 2 kg の荷重を加え回転させ被覆の摩耗により摩擦棒と導体間が短絡 (印加電圧 DC 12V) するまでの回数を測定し加熱温度による耐摩耗性の変化を調べた。その結果を第 4 表に示す。第 4 表よりわかるようにテグラスワイヤは 150°C 以上の温度で処理すると著しく耐摩耗性が向上する。これは塗装時のワニスの焼付度を意識的に低くしているため、処理温度が高くなるに伴って絶縁ワニス硬化するためである。150°C 以後において 3,200 回/0.1 mm 以上となり、時間の関係上測定を打切った。ガラス巻線においては B 種のワニス処理のものが 150°C、F 種ワニス処理のものが 200°C でそれぞれ最高値を示し、処理ワニスの影響がテグラスワイヤより顕著に現われている。

4.5 耐 衝 撃 性

コイル巻き時の成型および大形コイルの段落し (トランスポジション) などを行う場合、電線の耐衝撃性のすぐれていることが、成型後のコイルの特性からみて重要な条件となる。よって長さ 15 cm の供試線を取り、常温および 100, 150, 200, 250°C の恒温槽で 6 時間加熱後に衝撃試験機を用い 750g のハンマでたたき被覆が破損し、導体とハンマ間に A. C. 100 V 加電し、短絡するまでの回数を測定し耐衝撃性を検討した。その結果を第 14 図に示す。図に見られるようにテグラスワイヤはガラス巻線に比しきわめてすぐれた耐衝撃性を持っている。これは両巻線の使用材料の根本的な差異によるものである。なお第 15 図はテグラスワイヤおよびガラス巻線の大形コイルの段落し部分の被覆材料の損傷状況を示したものである。これにより過酷な段落し作業によってもテグラスワイヤは、被覆損傷の程度が少ないことがわかる。

4.6 耐 屈 曲 性

ガラス巻線を使用する際、コイル屈曲部の特性低下がしばしば問題となり、規格⁽¹⁶⁾にもこの屈曲性が規定されているほどである。今回加熱温度および屈曲径による破壊電圧の変化から耐屈曲性を検討

第5表 二重テトロン巻線の高温ワニス性 (150°C 6時間処理)

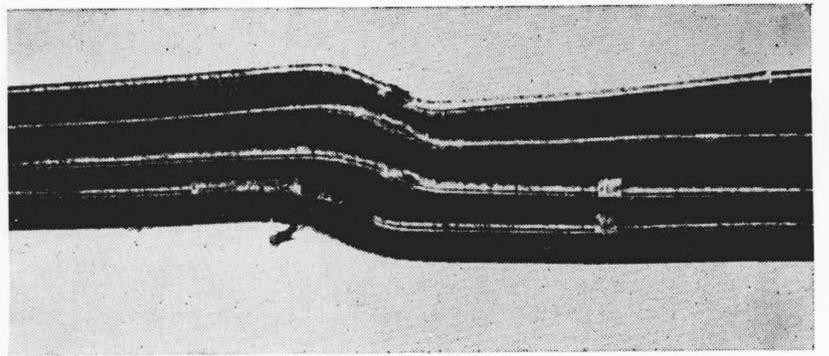
特性 ワニスの種類	軟 化	破 壊 電 圧 (V)			
		最大値	最小値	平均値	標準偏差
無 処 理	0/5	1,530	1,290	1,400	96
W-230	0/5	11,000	6,200	9,640	1,760
W-250	0/5	9,100	6,700	7,900	785
W-280	0/5	9,300	7,200	8,140	845
W-1,000	0/5	3,000	1,590	2,340	384
W-2,300	0/5	8,700	6,500	7,740	739
W-2,700	0/5	7,800	6,700	7,240	383
W-2,800	0/5	11,100	7,500	9,200	1,420
SLS-31	0/5	4,000	2,600	3,320	542
SLS-2,060	0/5	3,150	1,800	2,550	493

※ 表中 軟化とあるのは、処理時間中の短絡の有無を示す
 分数の分母は試料数、分子は短絡試料数

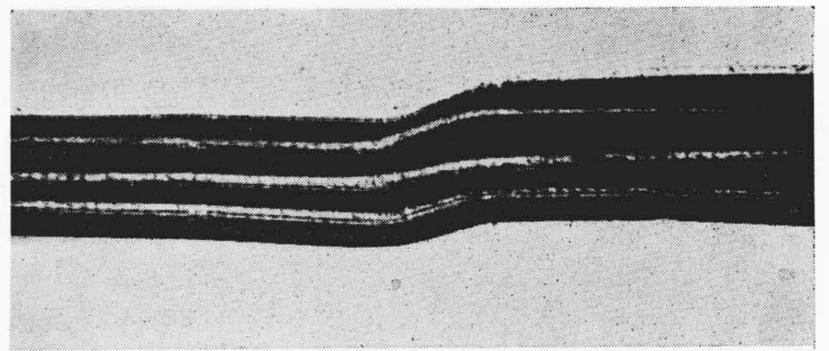
した。すなわち各供試線を導体径の 2, 4, 6, 8 倍の径をもった巻付棒に緊密に 10 回巻きつけ、常温および 100, 150, 200, 250°C の各温度で 6 時間加熱後、水銀中で水銀と導体間の破壊電圧を測定した。その結果を第 16 図に示す。さらに各温度における 4 倍径巻付け時の破壊電圧を第 16 図-(f)に示す。図に見られるように、ガラス巻線に比しテレグラスワイヤの屈曲性はすぐれていることがわかる。これはテレグラスワイヤの使用材料であるテトロン糸の伸張率が大いことおよび前述のように繊維密度が高いためと考えられる。次に第 16 図-(f)に示されているように、高温度になれば No. 3, 4 がすぐれた値を示す。これは処理ワニスに変性シリコンを使用しているためである。

4.7 耐ワニス性

テレグラスワイヤを使用するにあたり、含浸用処理ワニスの影響を検討して置くことが大切である。この際焼付けワニスおよびガラス糸の影響を除くため、テトロン糸のみを使用した二重テトロン巻線を供試線とした。まず 25 cm のもの 2 本をコの字形に曲げ、これで交差点 4 箇所を作るように重ね合わせ、ガラス板 2 枚で上下からはさみその上に 3.2 kg の荷重を加えそれぞれのコイルワニス中に浸漬し、150°C の温度で 6 時間処理後の破壊電圧を求めた。その結果を第 5 表に示す。表に見られるように無処理の値よりいずれも高



(a) 二重ガラス巻線



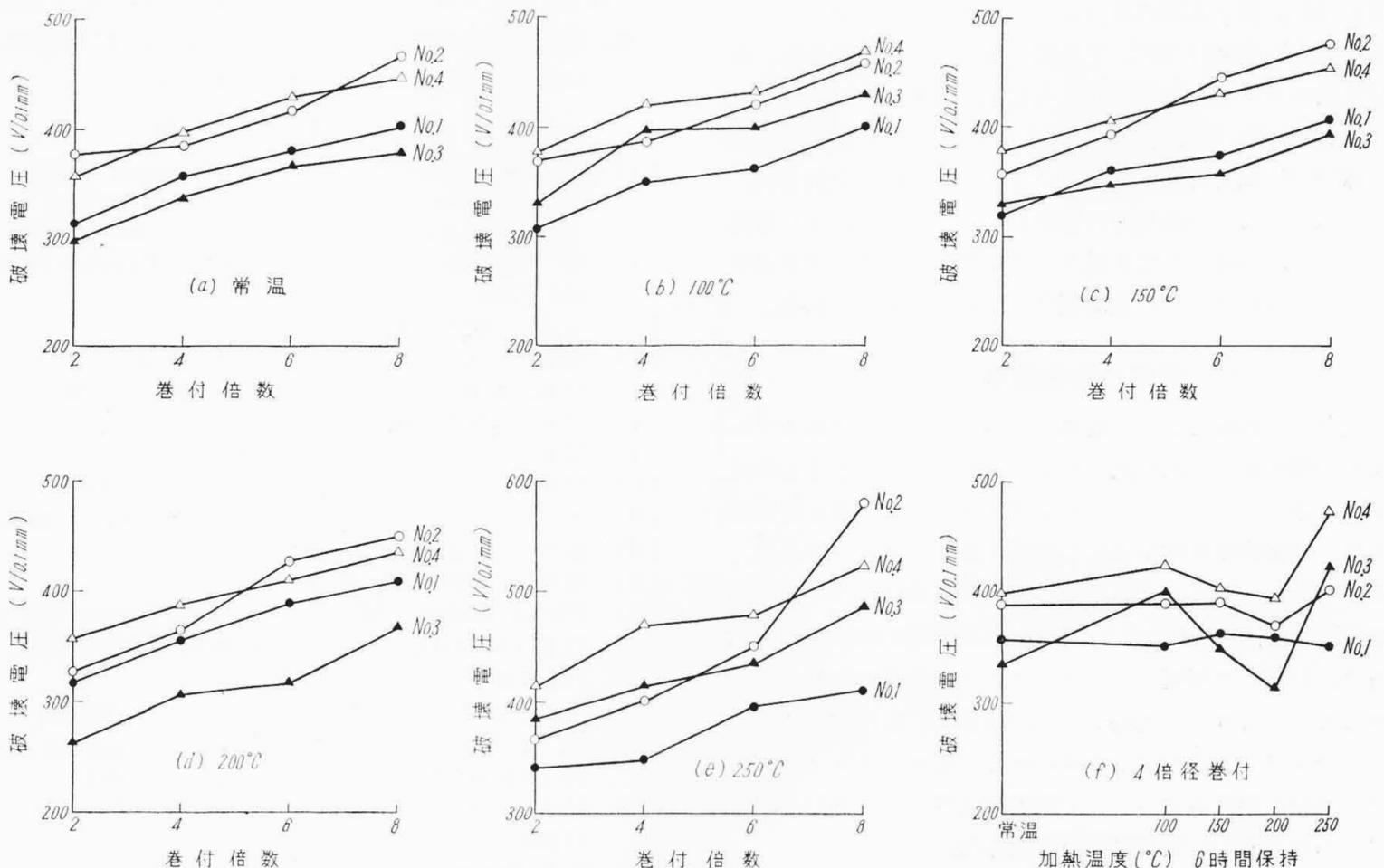
(b) テレグラスワイヤ

第 15 図 段落し部の被覆損傷状況

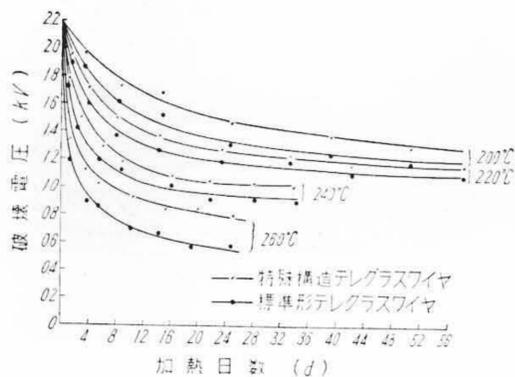
い値を示している。これは被覆材料間にワニスが充てんされるためと考えられる。今回の試験ワニス程度ではテレグラスワイヤは問題ないようである。強いていえば、W-1000, SLS-31, SLS-2060 にはやや低い値を示すが 40~50% のガラス繊維を介在しているテレグラスワイヤは、この 3 種のワニスに対してさらに高値を示すことが期待し得られる。

5. テレグラスワイヤの耐熱度と寿命

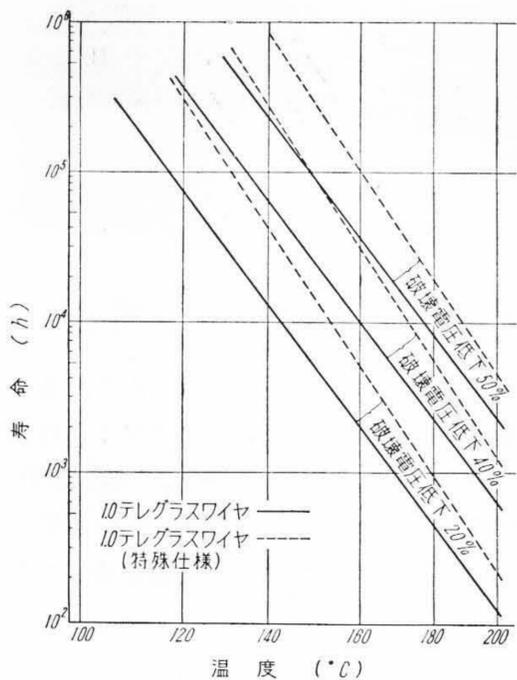
マグネットワイヤの寿命を判定する場合、単に使用されている絶縁材料の材質だけで耐熱区分を決めるのではなく、実際の使用条件に即した試験を行うことが望ましい。しかし特性の基準、その試験法、劣化の度合をどこにおくかがまず問題になる。日立電線においては早くより各種耐熱マグネットワイヤについて 2 個より法、モートレ



第 16 図 耐 屈 曲 性 (各温度とも 6 時間保持)



第 17 図 テレグラスワイヤの加熱温度による破壊電圧の変化



第 18 図 テレグラスワイヤの温度と寿命の関係

時間と温度の関係を求めると第 18 図のようになる。これらの結果を G. L. Moses 氏の耐熱クラス分類⁽¹⁸⁾と比較すると、

破壊電圧 20% 低下基準の場合には..... B 種の最小寿命

破壊電圧 40% 低下基準の場合には..... B 種の寿命

破壊電圧 50% 低下基準の場合には..... F 種の最小寿命

に相当する。ただし F 種は 10°C 半減則で推定したものである。参考までに活性化エネルギーを計算してみると、標準形テレグラスワイヤは 33.1 kcal/mol、特殊構造テレグラスワイヤは 36.2 kcal/mol となり、文献⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾による変性シリコンエナメル線のそれと同じ程度である。以上により寿命判定の基準をどこにおくかにより耐熱度が変わってくるが、B 種または F 種ワニスを焼付けたテレグラスワイヤは、それぞれ B 種または F 種に適合するものと考えられる。

6. 電線の総合結果

従来の二重ガラス巻線と新しい耐熱マグネットワイヤであるテレグラスワイヤの諸性能の比較を述べたが、これらの性能をまとめて第 7 表に示す。表に見られるようにテレグラスワイヤの最も特長とするところは、機械的諸特性が著しく改善されていることである。耐湿特性のすぐれていることは使用絶縁材料から期待しうるところである。ただし両者間を RH40%、40°C で 100 時間保持後の絶縁抵抗を見ると、2~3 けた程度テレグラスワイヤが良好である。そのほかの特性においてもガラス巻線に比し、同等もしくはすぐれている。ただし、テレグラスワイヤは絶縁材料としてテレフタル酸とエチレングリコール系のポリエステル繊維を使用しているため、高温高濃度のアルカリふんい気での使用に適さない。

ット法およびモートルの過負荷試験により、耐熱度と寿命の検討を行っている⁽¹⁷⁾。いずれこの方面の詳細な報告を行う予定であるが、本報では連続加熱劣化による寿命判定の一例を示すことにした。

(1) 供試線 試験に用いたテレグラスワイヤの構造および寸法を第 6 表に示す。

(2) 試験法 2 個より法を採用し、2 本の供試線に荷重 1.5kg をかけ、9 回/12cm で外層絶縁がほぐれない方向により合わせ、200、220、240、260°C の各温度での破壊電圧の経時変化を第 17 図に示す。この図を基にして破壊電圧値が、初期値より 20、40、50% 低下した時間

第 6 表 供試線の構造と寸法

No.	供試線	寸法 (mm)			摘要
		導体径	仕上径	被覆厚	
5	テレグラスワイヤ	0.997	1.230	0.117	標準品, ガラス糸の比率 57%
6	特殊構造 テレグラスワイヤ	0.995	1.271	0.138	ガラス糸の比率 71%

第 7 表 テレグラスワイヤとガラス巻線の性能

性能	線種	テレグラスワイヤ		ガラス巻線	
		B 種焼付ワニス	F 種焼付ワニス	B 種焼付ワニス	F 種焼付ワニス
耐熱性		B, F 種		B, F, H 種※	
焼付ワニスの種類		B 種焼付ワニス	F 種焼付ワニス	B 種焼付ワニス	F 種焼付ワニス
被覆厚		ガラス巻線より薄いもの可能			
破壊電圧	V/0.1mm (常温)	820	750	700	700
	V/0.1mm (200°C×6h)	800	660	825	600
絶縁抵抗 (吸湿)	MΩ/m (RH90%40°C×1h)	4×10 ⁴	9×10 ⁴	1×10 ⁴	3×10 ⁴
	MΩ/m (RH90%40°C×100h)	2×10	2×10 ²	1×10 ⁻¹	2×10 ⁻¹
耐摩耗性	回/0.1mm (常温)	425	84	177	55
	回/0.1mm (200°C×6h)	3,200以上	3,200以上	250	144
耐衝撃性	回/0.1mm (常温)	80	50	30	20
	回/0.1mm (200°C×6h)	180	60	40	45
耐屈曲性	V/0.1mm (常温, 心線径の 4 倍巻付)	390	400	360	330
	V/0.1mm (常温, 心線径の 4 倍巻付)	370	390	360	300

※ H 種のときは処理ワニスも H 種である

7. 結 言

ポリエステル繊維とガラス繊維を組合わせた新しい耐熱マグネットワイヤであるテレグラスワイヤは、従来のガラス巻線の欠点であった機械的性能を飛躍的に改善した新しい品種であり、すでに数年前から日立において各種機器に多量に使用されている。その結果は電工作業中における被覆の損傷がほとんどなく、能率的な作業が可能となり同時に機器の性能が向上される。次にイギリス I. C. I. 社およびカナダ C. I. 社のテリレン糸と国産のテトロン糸について実用上の見地から比較検討した結果、I. C. I. 社品と国産品の間には、全然そん色がないことが明らかになった。以上のような結果から今後耐熱機器の進出に伴って、ますますその応用分野が開けるものと期待される。終りに実用試験その他でご協力を賜った日立製作所日立工場、亀戸工場の幹部ならびに関係者各位、および実験にご協力をいただいた飯田氏に深甚なる感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) C. E. Schildknecht: Polymer Processes (1956)
- (2) 岡村: ポリエステル繊維 (高分子化学刊行会)
- (3) 丸正産業 KK: Terylene polyester fiber (1956)
- (4) W. Reddish: Transaction of the Faraday Society 46, 459 (1950)
- (5) 吉田: 高分子 8, 25 (1959)
- (6) 間瀬, 江尻: 日立評論 33, 947 (昭 26)
- (7) 間瀬, 萩野: 日立評論別冊 9 号, 105 (昭 30)
- (8) 間瀬: OHM 43, 737 (昭 31)
- (9) 間瀬, 矢田: 電学誌 74, 799 (昭 29)
- (10) 間瀬, 江尻: 日立評論別冊 15 号, 86 (1956)
- (11) 水谷: ナイロンとテトロン (産業図書 KK) (1956)
- (12) 駒形: 電気材料便覧 197 (昭 28)
- (13) 宗形: 電試彙 14, 6 (昭 29)
- (14) Phelps Dodge: Wire Engineering Report 492 (1954)
- (15) D. F. Christener: Wire and Wire Products 31, 10 (1956)
- (16) JIS 審議中
- (17) 間瀬, 古賀: 日立評論別冊 No. 3 43 (昭 32)
- (18) G. L. Moses: Electrical Insulation and Its Application to Shipboard Electrical Equipment (1951)
- (19) F. A. Sattler, C. B. Leape, J. Swiss: Elect. Mfg., 56, 120 (1955)
- (20) F. A. Sattler: AIEE Trans, Part I (Comme. & Electronics) 74, 70 (1955)