

ヒタエステル線 (ポリエステルエナメル線) の ワニス処理に関する考察

Studies on Varnish Treatment of Hitaester Wire (Hitachi Polyester Enameled Wire)

間瀬 喜好* 矢田 孝** 古賀 正臣**
Kiyoshi Mase Takashi Yada Masaomi Koga

内 容 梗 概

最近耐熱エナメル線として注目されてきたポリエステル系エナメル線、日立商品名ヒタエステル線について、その耐熱軟化、耐溶剤、耐ワニス性を検討した結果、耐熱軟化性は 180°C の試験にも合格し、ヒタウレタン線 (ポリウレタンエナメル線) と同等あるいはそれ以上である。単一溶剤ではキシレノール、クレゾールなどに長期浸漬すると侵され、ホルマール線を侵したベンゾール、ソルベントナフサには皮膜がわずかに軟化する程度である。混合溶剤では高温のベンゾール+ブタノールに著しく侵されるが常温では影響ない。耐ワニス性は 140°C の高温ワニス中 W-2300, W-2700 に侵されるほかは W-10 を含めた大半の現用ワニスに侵されず、ホルマール線よりすぐれているが、ヒタウレタン線よりはいくぶん劣るようである。

〔I〕 緒 言

これまでの各種エナメル線の使用上の事故をかえりみると、コイルの高温乾燥時における皮膜の軟化による短絡事故、ワニス処理で皮膜が侵されたための事故などがきわめて多い。これはエナメル線の皮膜材料と、その塗装条件が、処理ワニスの種類と処理条件に適しないためと考えられる。

したがって高温荷重、ワニス、およびワニス中の溶剤がエナメル線に及ぼす影響をあきらかにしておくことは重要である。筆者らは、さきに、油性エナメル線⁽¹⁾、ホルマール線⁽²⁾⁽³⁾、シリコンエナメル線⁽⁴⁾⁽⁵⁾、ヒタウレタン線 (ポリウレタンエナメル線)⁽⁶⁾、の高温加熱によつて皮膜の軟化する状態を検討し、さらにワニス処理についての実験結果を報告し、私見を述べた。

最近になつて、比較的安価で、F種の耐熱性をもつエナメル線として、GE社から Alkanex Wire (商品名) が発表されてからポリエステルエナメル線が次第に注目されてきたので、この一般的性能は後報にゆずるとして、ここでは本系エナメル線の高温荷重下の皮膜の軟化度合、処理ワニスの種類、これに用いられる溶剤の影響などについて、検討した結果を報告する。

〔II〕 皮膜の耐軟化性

ヒタエステル線の耐ワニス性を検討する前に、高温加圧下の皮膜の耐軟化性を吟味して、ワニス処理による影響をあきらかにする必要がある。

本系エナメル線は一応F種として考えられているので

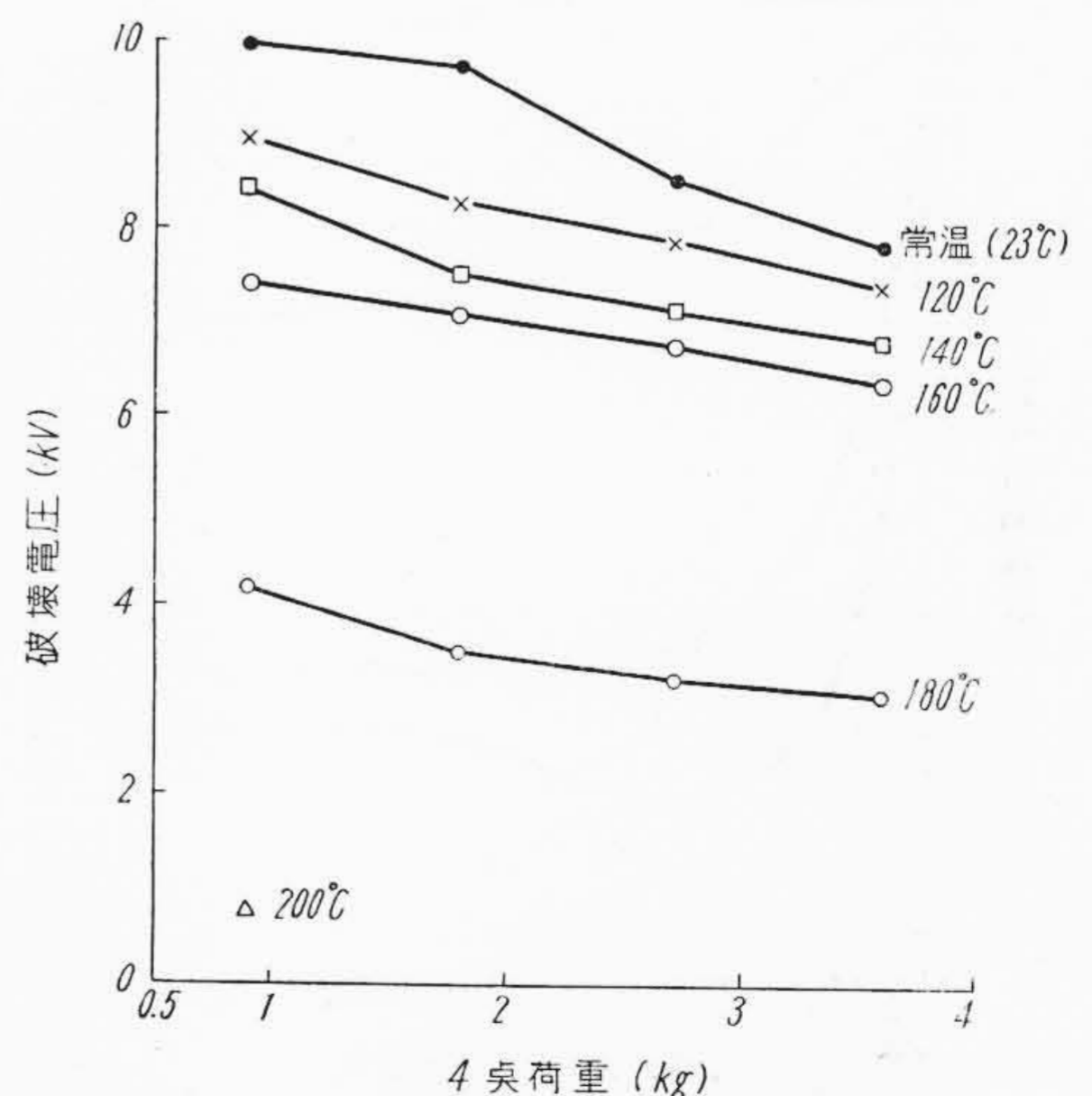
* 日立電線株式会社電線工場工博

** 日立電線株式会社電線工場

温度範囲を $120 \sim 220^{\circ}\text{C}$ の高温に移し検討することにした。

(1) 実験法

供試線として導体径 $0.5\text{ mm}\phi$ 、皮膜厚 0.027 mm のものを用い、まず供試線 25 cm をU字型に曲げて、2本をたがいに直角に重ね合せ、 $55 \times 85\text{ mm}$ のガラス板2枚で上下から挟み、上部に $0.9, 1.8, 2.7, 3.6\text{ kg}$ の荷重を加え、2線間に 100 V 印加したまま30分間で、それぞれ $120, 140, 160, 180, 200^{\circ}\text{C}$ に上昇し、この状態に6時間保持した後の線間破壊電圧を測定し、軟化程度を検討した。さらに上記条件中荷重を 1.8 kg にして温度を変えたときの線間絶縁抵抗を1時間おきに測定した。



第1図 ヒタエステル線の高温荷重の影響

(2) 実験結果

上記の方法により、それぞれ5回測定し求めた平均破壊電圧を第1図に示した。(標準偏差は平均値の約20%)
ただし 220°C においては、0.9kg で 220°C に上昇後 1 時間から 3 時間 20 分で 100V 短絡を起す。荷重 1.8kg においては 50 分から 1 時間 50 分の範囲で短絡する。

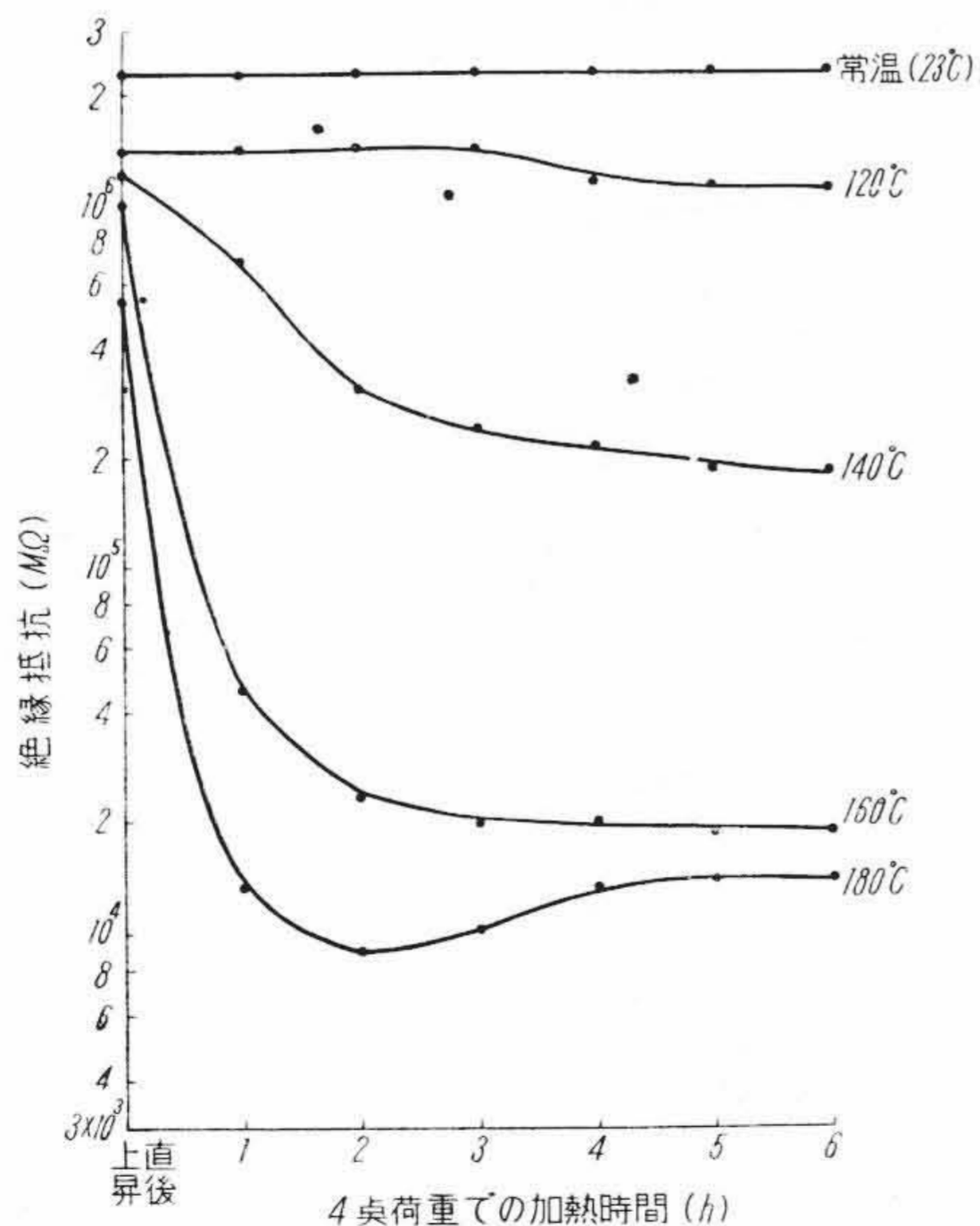
つぎに 1.8kg 荷重下における各温度の絶縁抵抗 (5 回の平均) の変化を第 2 図に示した。

(3) 結果の考察

第 1 図に示すように、160°C までは荷重の変化による皮膜の軟化が少く、ほとんど一定している。180°C においては 3.6kg の荷重まで 100V, 6 時間に十分耐えている。200°C では 0.9kg 荷重までしか耐えない。220°C ではヒタエステル線もヒタウレタン線同様、はなはだしく皮膜軟化を起す。このような結果から、ヒタエステル線は耐熱性にすぐれてはいるが耐熱軟化試験は 200°C 6 時間は無理で、180°C 以下で行うのが適切だと思う。(ヒタエステル線の軟化試験規格は 175°C で 6 時間とした。)

絶縁抵抗の時間的变化は、第 2 図でもわかるように、加熱温度の低いときは皮膜の軟化が少く、その導体間隔も狭くならないために、絶縁抵抗の絶対値も高く、初期低下の程度も少い。しかし加熱温度が高くなるにしたがい、軟化の影響が顕著になり初期低下が大きい。時間の経過にともない、皮膜のキュアが進みやや上昇する。この傾向はホルマール線やヒタウレタン線と同様であるが、ホルマール線ほど著しくなく、ヒタウレタン線と同程度である。

要するに供試のヒタエステル線はホルマール線に比較



第 2 図 高温荷重 (1.8kg) 下の絶縁抵抗

第 1 表 試験溶剤の種類と性能

溶 剤 の 種 類	配合比	比 重 (25°C)	沸 点 (°C)	引火点 (°C)	
単 一 溶 剤	メ タ ノ ー ル	—	0.791	64.7	6.5
	エ タ ノ ー ル	—	0.789	78.3	14.0
	ブ タ ノ ー ル	—	0.813	117.7	35.0
	ナ フ サ	—	0.86~0.92	120~200	30以上
	キ シ レ ノ ー ル	—	0.98~1.036	203~225	—
	ガ ソ リ ン	—	0.67~0.74	60~120	0~15
	ベ ン ズ ー ル	—	0.879	80.1	-12
	ク レ ズ ー ル	—	1.035	185~206	86
混 合 溶 剤	ナ フ サ+ブタノール	5:5	0.833	107	—
	ベンゾール+ブタノール	5:5	0.842	78	—
	ベンゾール+ナフサ	5:5	0.866	7	—
	ナフサ+ガソリン	5:5	0.794	62	—

し、耐軟化性においてはなはだしくすぐれており、ヒタウレタン線とは同程度である。

[III] 耐 溶 剤 性

耐ワニス性の検討にさきだち、ワニス中に含まれる溶剤の適否を調べておくために、耐溶剤性の吟味を行うことにした。

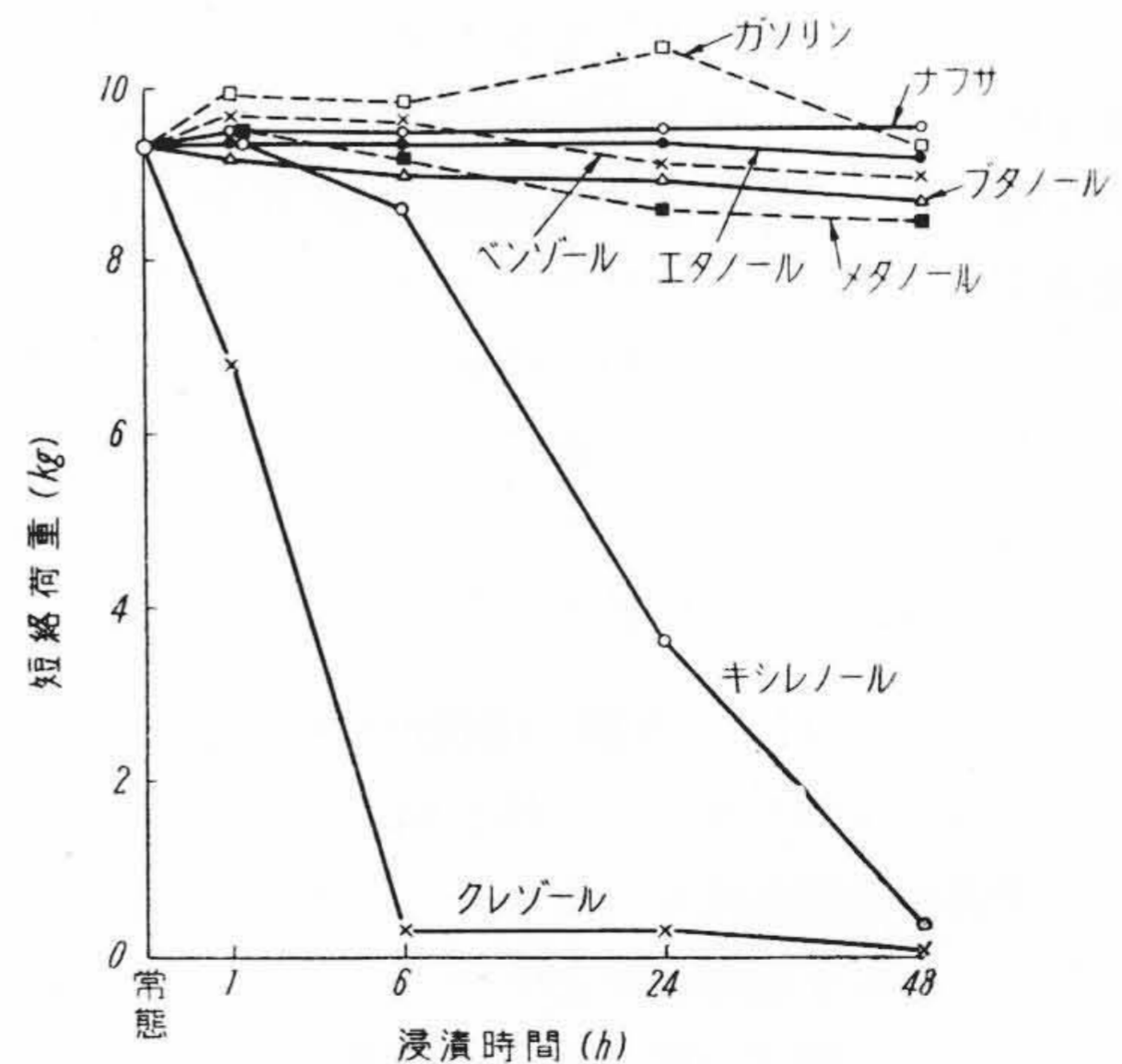
(1) 実験法

用いた溶剤とその性状は第 1 表に示すものであり、溶剤の温度を 20°C, 65°C の場合について行つた。

それぞれの溶剤に 1, 6, 24, 48 時間浸漬し取出し直後の皮膜軟化の観察と破壊電圧の変化を検討した。

(A) 皮膜軟化の観察

約 10cm の長さの供試線を第 1 表に示す溶剤中に、それぞれ規定時間入れ、取出し直後、綿布、爪でこすり皮膜の変化を調べた。またほかの試料で取出直後 JIS C-3202



第 3 図 単一溶剤 (20°C) 浸漬後の短絡平均荷重

第2表 溶剤浸漬後の皮膜状態

溶剤温度	浸漬時間	単一溶剤								混合溶剤 (比率 5:5)			
		メタノール	エタノール	ブタノール	ナフサ	キシレノール	ガソリン	ベンゼール	クレゾール	ナフサ + 布タノール	ベンゼール + 布タノール	ベンゼール + ナフサ	ナフサ + ガソリン
		布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪	布、爪
20°C	常態	◎ ◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
	6時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ×	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
	24時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ×	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
	48時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	○ ×	◎ ◎	◎ ◎	× ×	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
65°C	常態	◎ ◎	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	1時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ×	◎ ◎	◎ ◎	× ×	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
	6時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ×	◎ ◎	◎ ◎	× ×	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎
	24時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ×	◎ ◎	◎ ◎	× ×	◎ ◎	◎ △	◎ ◎	◎ ◎
	48時間	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	× ×	◎ ◎	◎ ◎	× ×	◎ ◎	◎ △	◎ ◎	◎ ◎

注：記号の説明
 ◎：変化なく良好 ○：皮膜少々剥れる
 △：やや溶剤に浸される（心線露出しない）
 ×：容易に剥れる（心線露出する）

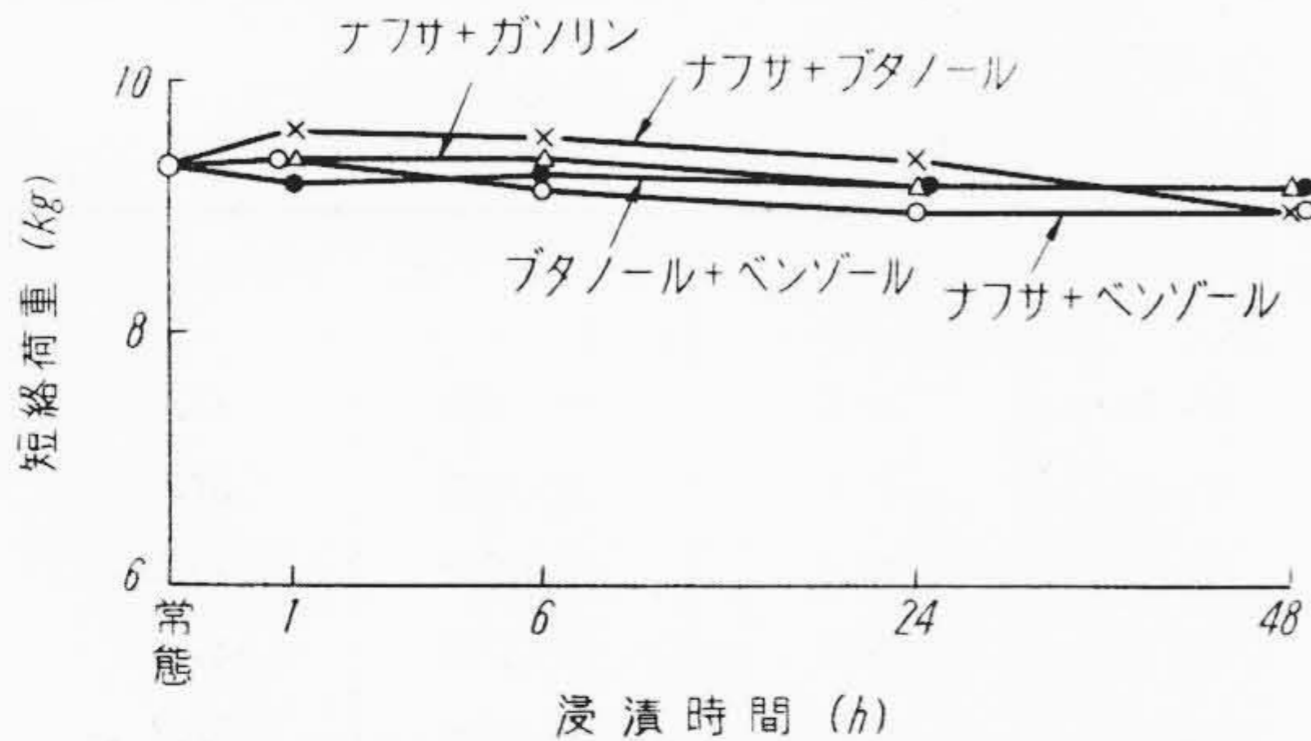
エナメル銅線規格の耐混和物試験に規定されている皮膜の硬度を測定する方法で皮膜硬度を測定した。すなわち試料と 0.45mm 洋銀線を直交させ、0.2 kg/s の速度で荷重を増加し、短絡した時の荷重を実測した。ただし一定条件下の測定回数は3回である。

(B) 破壊電圧の測定法

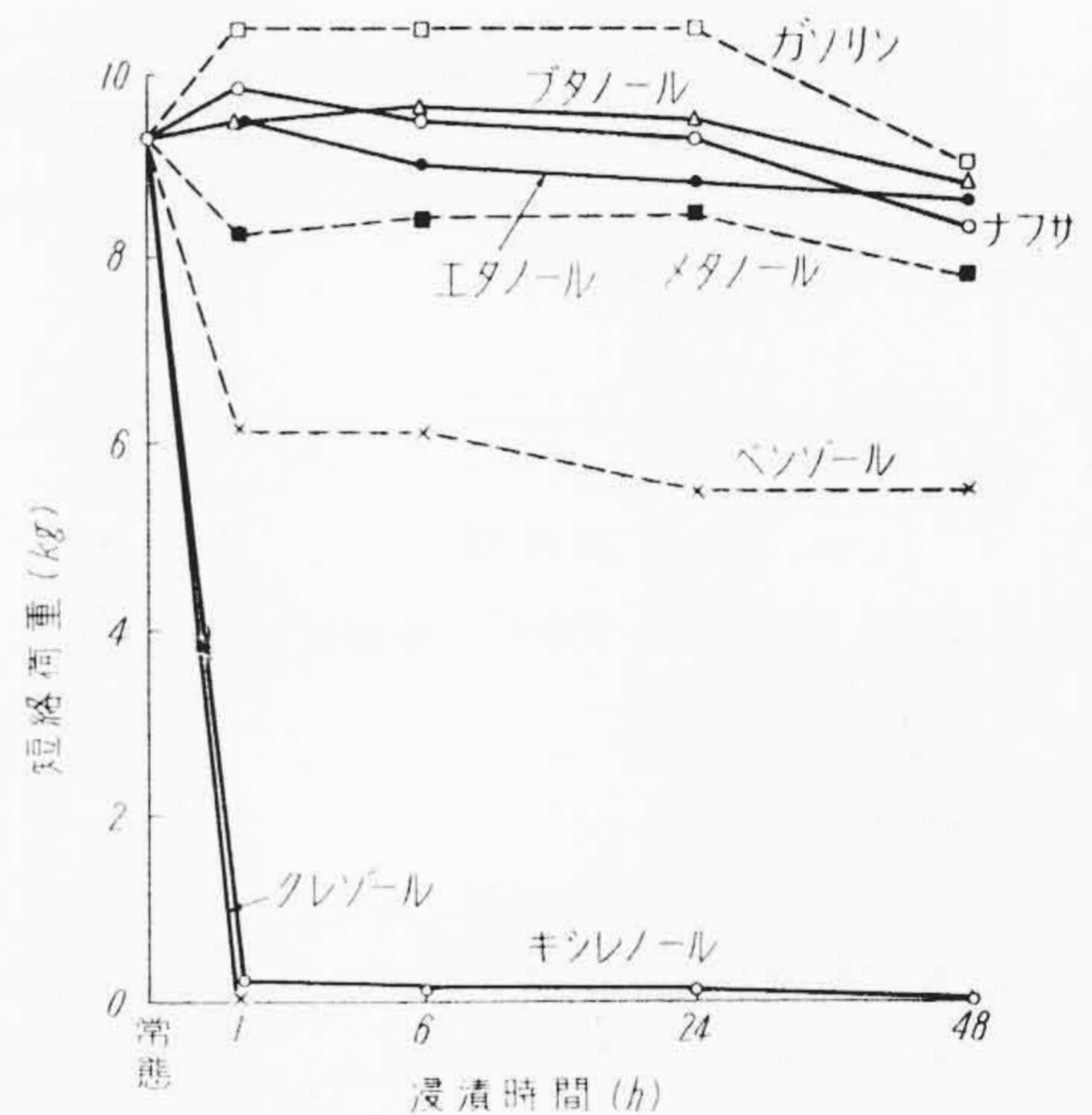
供試線を JIS C-3203 の規格に準じ、規定荷重を加えて燃合わせた後、所要時間溶剤に浸漬し、取出直後の破壊電圧を測定した。ただし測定回数はそれぞれ5回である。

(2) 実験結果

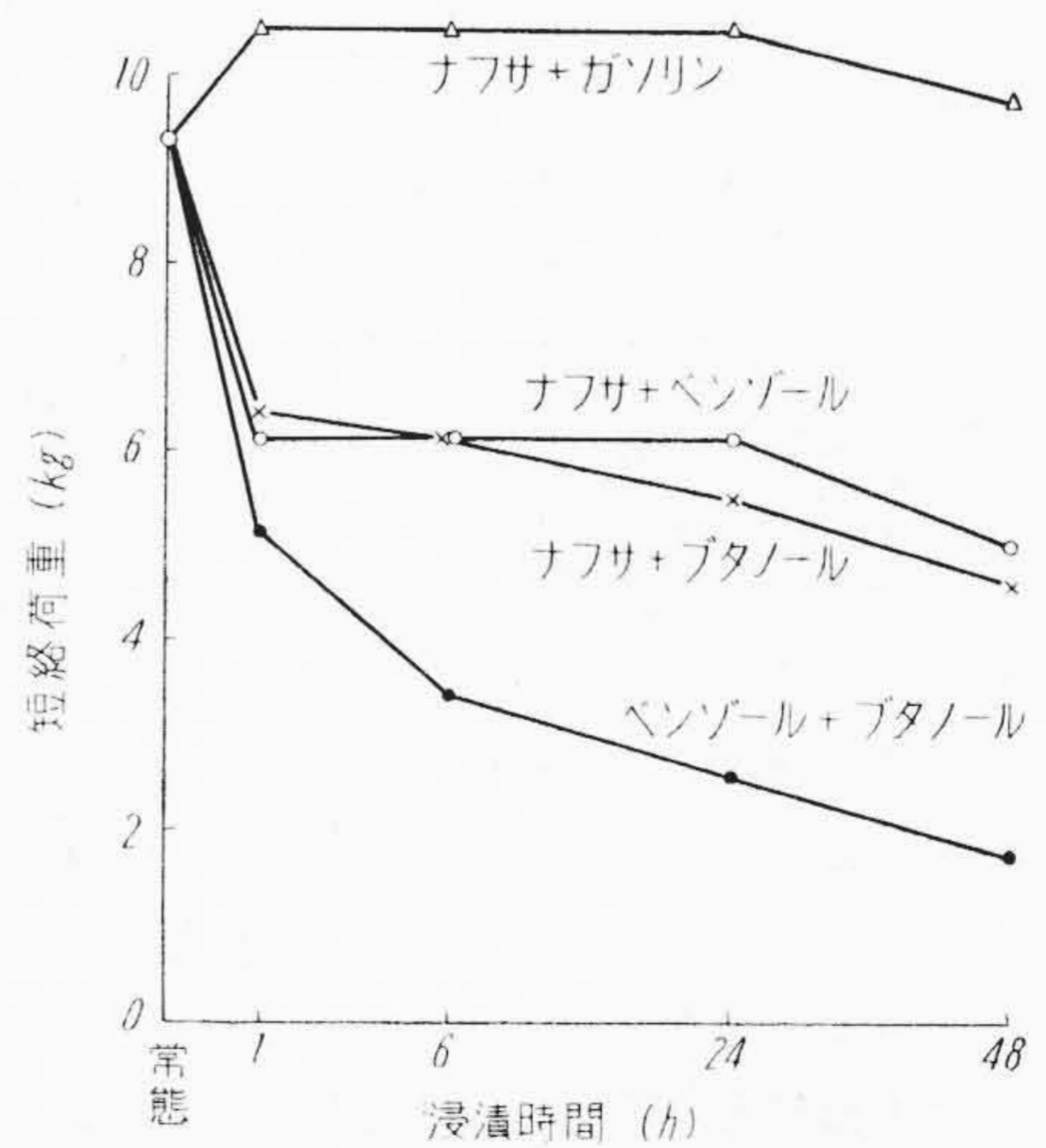
綿布、爪などでこすった皮膜の状態は第2表に示すようであり、20°C の単一溶剤における短絡平均荷重を第3図に、混合溶剤の場合を第4図に示す。また65°C の単一溶剤の場合を第5図に、混合溶剤の場合を第6図に示す。つぎに65°C の単一溶剤と混合溶剤に所要時間浸漬し、取出直後測定した平均破壊電圧の変化は第7図ならびに第8図に示したとおりである。



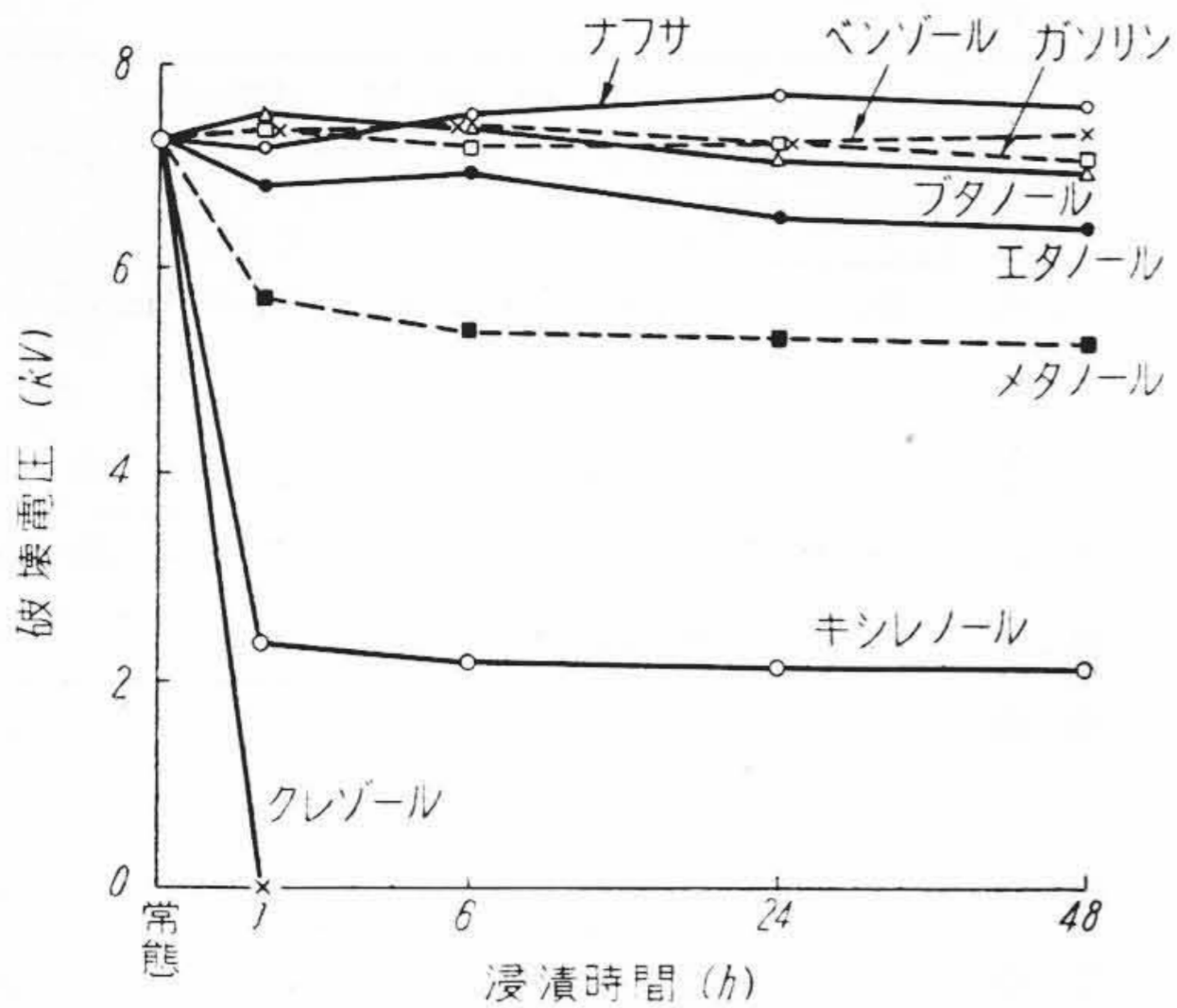
第4図 混合溶剤 (20°C) 浸漬後の短絡平均荷重



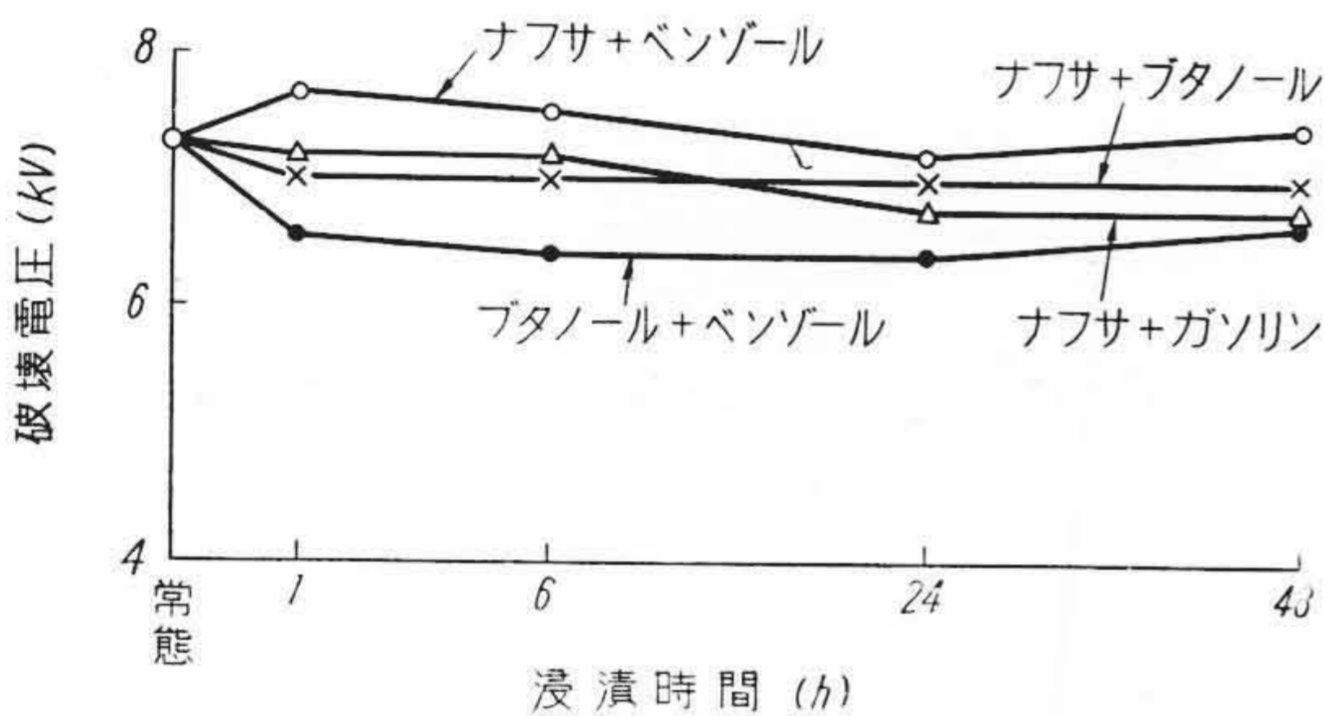
第5図 単一溶剤 (65°C) 浸漬後の短絡平均荷重



第6図 混合溶剤 (65°C) 浸漬後の短絡平均荷重



第 7 図 単一溶剤 (65°C) 浸漬後の破壊電圧



第 8 図 混合溶剤 (65°C) 浸漬後の破壊電圧

(3) 結果の考察

古くから用いられている綿布、爪でこする方法で皮膜の変化を調べた第 2 表の結果から一応避けなければならない溶剤がわかる。すなわち常温においても、長時間になるとクレゾール、キシレノールなどに侵される。高温になるとこの傾向はとくに顕著になる。またベンゾール、あるいはアルコール単独には変化を認め得ないが、ベンゾールの多量に入つたブタノール、ベンゾール混合高温溶剤にやや皮膜が侵されている。

つぎに皮膜が軟化すると短絡荷重が小さくなるので溶剤の影響を定量的に知ることができる。その変化を示す第 3, 4 図をみると、常温の溶剤で変化を与えるのはクレゾール、キシレノールなどの単一溶剤のみで、また今回試験した混合溶剤の種類と時間では常温ではまず安全といえる。

しかるに高温になると、クレゾール、キシレノールの影響が顕著になるほか、ベンゾール+ブタノール、ナフサ+ブタノール、ナフサ+ベンゾールにも侵される。とくにベンゾール+ブタノールは、はなはだしく皮膜を侵す。このことは綿布、爪でこすつたときの結果と一致するものである。

さらに第 7 図ならびに第 8 図に示す破壊電圧の変化が

らみても類似な傾向を示し、クレゾール、キシレノールは極力避けなければならないが、そのほかの単一溶剤あるいは混合溶剤には安全と考えてよい。

このように皮膜外観の変化、硬度の変化にともなう荷重、破壊電圧の変化から総合的にいえることは、キシレノール、クレゾール、フェノールなどの溶剤は不適切であり、ベンゾールにはホルマール線の場合程侵されないが、処理ワニス中に多量に入することは好ましいことではない。溶剤ナフサは単独ではほとんど影響を与えないが、ベンゾール、あるいはアルコール系溶剤と組合わされたときにやや皮膜を侵すことになる。

[IV] 耐ワニス性

上記のように皮膜の高温軟化および処理ワニスの溶剤として用いられているものについて、その影響を検討してきたのでここで処理ワニスの影響を考察する。

(1) 実験法

実験に使用したワニスは、従来から一般に用いられていたコイルワニスならびに最近製造された新型ワニスを含む第 3 表に示す 12 種類である。

第 3 表のコイルワニスを用い、前に述べた耐軟化試験と同様の方法により、供試線に 1.8kg の荷重を加え、140°C のワニス(供試線 1 回の測定に供したワニス量は約 120g)中に 6 時間保持し、最初から 100V 印加し、短絡しないものを、そのままの状態 で 500V/s の速度で昇圧し、破壊電圧を求めた。さらに加熱中の絶縁抵抗を 100V で 1 時間おきに測定した。ただし、一条件下の測定回数は 5 回である。

(2) 実験結果

上記の方法で測定した各ワニス中に 6 時間処理後の破壊電圧の平均値を第 4 表に示し、加熱中の絶縁抵抗の実測の平均値を第 9 図に示した。

(3) 結果の考察

耐熱エナメル線としてヒタエステル線はシリコンエナメル線とともに代表的なものである。しかしこれらのエナメル線が耐熱性にすぐれているからといつて、処理ワニスの温度が 140°C といった高温の場合は少く、120°C 以下が普通の場合である。

第 3 表 各ワニスの不揮発分

ワニス	不揮発分 (%)	ワニス	不揮発分 (%)
W-10	40.6	W-280	47.7
W-20	40.6	W-1000	37.8
W-25	46.4	W-2300	40.1
W-28	48.2	W-2700	40.4
W-230	47.3	W-2800	42.6
W-250	46.9	PS-31H	69.0

第4表に示すワニス温度140°C, 6時間後の破壊電圧の結果において, W-10, W-20, W-25, W-28, W-230, W-250, W-280, W-1000, PS-31H ワニスにはほとんど侵されず適正ワニスといえるようである。なおW-10はホルマール線を極度に侵したが, これはその中に多量に含まれる芳香族溶剤のためであつた。ところがヒタエステル線の場合は, さきの溶剤試験の結果でも述べたように, 芳香族系溶剤にホルマール線程影響を受けないためにW-10にも耐えるものと思う。

しかしW-2300, W-2700, W-2800などの2000台のワニスではほかのワニスに比べて低い破壊電圧を示している。W-2800は低下も幾分少ないが, W-2300, W-2700はかなり著しい。このことはヒタエステル線のワニス処理しない破壊電圧値と第3表に示したワニス中の溶剤の種類から考えて, 溶剤の影響のほかにさらに考慮を要する原因が含まれているように思われる。

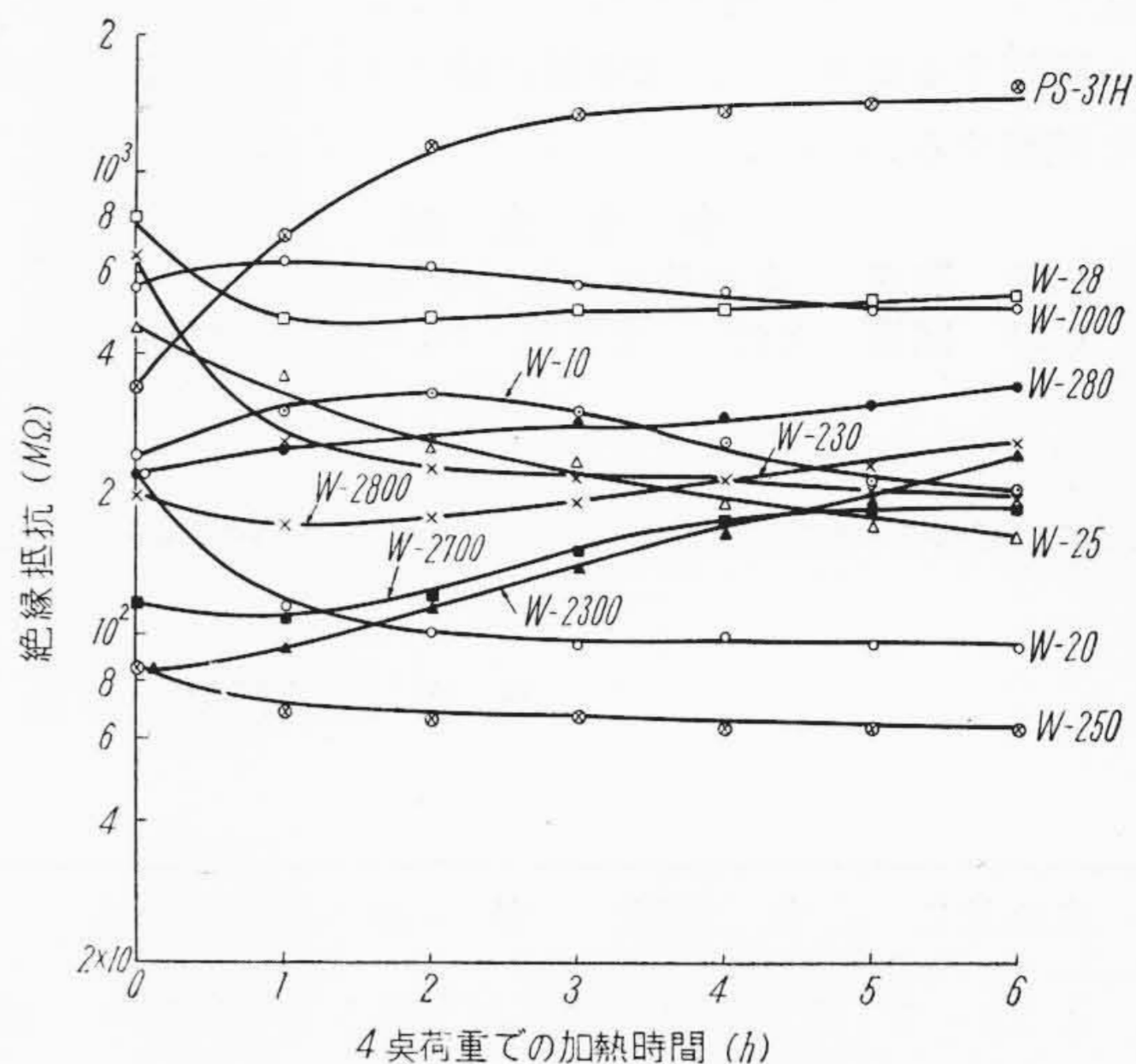
第4表には参考のためにヒタウレタン線の耐ワニス性も示したが, この両者を比較すると, ヒタエステル線の耐ワニス性はホルマール線より良好であるが, ヒタウレタン線よりも劣るようである。

140°Cのワニス中での絶縁抵抗の変化は, ワニスの種類によつて多少異なるが, ヒタウレタン線やホルマール線のワニス処理時の時間傾向と類似している。ただこの第9図を第2図の高温荷重だけの場合の絶縁抵抗の時間特性と比較すると, ワニス処理のために2桁以上絶縁抵抗が下つていくことがわかる。

以上の結果から140°Cのワニス中ではW-2300, W-2700

第4表 4点荷重(1.8kg)法による破壊電圧 (ワニス温度140°C)

ワニスの種類	6時間後の破壊電圧(V)			
	ヒタエステル線		ヒタウレタン線	
	破壊電圧	標準偏差	破壊電圧	標準偏差
ワニス処理しないもの	6,760	405	4,740	412
W-10	5,500	790	5,120	954
W-20	6,340	449	6,140	557
W-25	6,740	206	6,020	246
W-28	6,060	488	4,960	647
W-230	6,600	402	5,300	297
W-250	6,260	500	6,380	757
W-280	6,100	921	5,780	1,010
W-1000	6,140	338	—	—
W-2300	1,720	857	5,020	900
W-2700	1,440	310	3,180	781
W-2800	3,640	817	4,920	248
PS-31H	5,500	790	3,500	562
ラミナック	—	—	3,840	278



第9図 高温(140°C)ワニス中の絶縁抵抗の変化 (荷重1.8kg)

を除くワニスにはほとんど問題のないことがわかつた。

しかし一般のワニス処理温度はもつと低いので, 上記2種のワニスによる皮膜の侵され方も少いと考える。

〔V〕 結 言

ヒタエステル線の耐ワニス性を検討するにあたり, その皮膜の熱軟化性を検討したところ, 従来のホルマール線より著しくすぐれ, ヒタウレタン線と同程度あるいはそれ以上という結果を得た(ただし熱劣化特性ではヒタウレタン線よりもずつとすぐれているが, ここでは省略する)。

本系エナメル線もほかのエナメル線同様, 焼付度によつて軟化特性が異なるが JIS C-3203 なみに取扱えばホルマール線の軟化試験温度125°Cを170~180°Cに高めうる。

つぎに, 耐溶剤性を吟味するため, 常温ならびに65°Cの高温溶剤にヒタエステル線を浸漬し, 皮膜の外観, 硬度, 破壊電圧から検討した結果, ホルマール線を侵すベンゾール, ソルベントナフサにはわずかに軟化する程度であり, クレゾール, キシレノールなどにはホルマール線, ヒタウレタン線同様著しく侵される。

現用の12種類の処理ワニスについて検討した結果はホルマール線に比してすぐれた耐ワニス性を示すが, ヒタウレタン線よりやや劣るようである。たとえばW-2300, W-2700に難色がある。

ただエナメル線類の耐熱軟化, 耐溶剤, 耐ワニス性は, そのエナメル線の焼付度合によつて相違するもので, このもの自体の向上は焼付度合を高めると有利となるのでほかの特性とにらみ合せてエナメル線の適切作業条件,

ならびにワニスの選択を行うべきであろう。

擱筆するに当つて、本実験に協力された検査課中里氏に深謝する。

参考文献

- (1) 間瀬：電機技報 2, 14 (昭30)
 (2) 間瀬, 矢田：電学誌 74, 797 (昭29)

- (3) 間瀬, 江尻, 矢田：日評別冊9号 91 (昭30)
 (4) 間瀬, 古賀：電学会東京支部大会 34 (昭30—10)
 (5) 間瀬：OHM 42, 49 (昭30—11)
 (6) 間瀬, 矢田：電学誌 76, 1211 (昭31)
 (7) Chemical Week 62 (May 14, 1955)

日立電線株式会社社員社外講演一覧

(昭和31年10月～32年5月受付分)

講演月日	主催者	講演会名	題目	講演者
4. 3～5	電気四学会	同左連合講演会	短絡電流通電時のケーブルの温度上昇	宮澤定雄 橋本三郎 山本三重 福田代勝 万代島和文 大依田文吉
	電気四学会	同左連合講演会	610 mm ² スムースボデー ACSR の釣車通過試験	山本三重 福田代勝 万代島和文 大依田文吉
	電気四学会	同左連合講演会	高電圧ケーブル設計基準に関する一考察 (導體遮蔽の意義)	大依田文吉
	電気四学会	同左連合講演会	ブチルゴム絶縁コットレルケーブルの試作	吉岡正幸 杉山正文 依田英武 萩原敏雄 星鈴信 鈴木博夫
	電気四学会	同左連合講演会	カッド遮蔽市外ケーブルの諸特性	星鈴信 鈴木博夫
	電気四学会	同左連合講演会	ブチルゴム絶縁海底ケーブルの諸特性	増田和文 庄司茂 大依田隆
	電気四学会	同左連合講演会	154 kV OF ケーブルの構造と諸特性	比企野恭二 高橋本一 橋本西治 中渡辺茂 渡辺次郎 青木新徳 水井井敏 今井宏 永川充 吉川和七 川田富 山田路賢 橋本博
	電気四学会	同左連合講演会	ハイパロンの2, 3の特性	渡辺茂
	電気四学会	同左連合講演会	因島4号海底ケーブルの布設	青木新徳 水井井敏 今井宏 永川充 吉川和七 川田富 山田路賢 橋本博
	電気四学会	同左連合講演会	ビニル電線の色の屋外寿命に及ぼす影響	吉川和七 川田富 山田路賢 橋本博
	電気四学会	同左連合講演会	防蝕 ACSR	山田路賢 橋本博
	電気四学会	同左連合講演会	絶縁物中のボイド放電機構 (その3) 放電図による検討	橋本博
	電気四学会	同左連合講演会	海底ケーブルの電話線に対する電磁誘導現象	八田信 増岡泉 今瀬喜 古賀正 矢田孝 中野一 今西利 中井義 今井文 依田重 福山三 山形猛
	電気四学会	同左連合講演会	各種エナメル線の高温ワニスの影響 (第4報) ポリエステルエナメル線の場合	今瀬喜 古賀正 矢田孝 中野一 今西利 中井義 今井文 依田重 福山三 山形猛
	電気四学会	同左連合講演会	低ガス圧電力ケーブルのガス圧過度に伴う電気特性の変化	中野一 今西利 中井義 今井文 依田重 福山三 山形猛
	電気四学会	同左連合講演会	高電圧ブチルゴムケーブルの絶縁破壊異常	今井文 依田重 福山三 山形猛
	電気四学会	同左連合講演会	釣車通過による ACSR 撚層間のずれ	福山三 山形猛

(第76頁へつづく)