

ホルマール線の諸問題

間瀬 喜好* 江尻 義** 矢田 孝***

Problems Concerning the Formal Wire

By Kiyoshi Mase, D.S.E., Yoshi Ejiri and Takashi Yada
Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi Ltd.

Abstract

The formal wire has been used in large quantities for electrical machines and instruments, but there are many problems showing up in its applications.

The writers have long been engaged in the research on the pinholes, flexibility, softening characteristics, abrasion resistance, insulation resistance, resistance to oil, solvents, varnishes, and heat, and the length of life of various types of enameled wire. A part of their research has already been reported in the previous issue.

This report deals specially with those problems touching the formal wire including the abnormal phenomena of pinholes, heat resisting characteristics, effect of low temperature, abrasion resisting characteristics, anti-solvent resistance, resistance to freon, varnish, acid, alkali and oil, and in conclusion it is asserted that the formal wire is superior to ordinary enameled wire in those characteristics.

〔I〕 緒 言

ホルマール線の工業化は米国において 1937 年頃に始められた。本邦では 1949 年で、すでに 5 年を経過しその需要も増加している。しかし、いまだホルマール線の諸特性について十分な報告も少く、需要家の使用経験も少ないので、本質を無視した要求もあるため、その特長をある程度犠牲にしても使用上必要な特殊な要求に応じなければならぬことが多い。勿論要望に応ずることは必要であるが、ある場合はかえつてそのために使用目的に沿わぬ場合もある。本質的な特性として従来のエナメル線と著しく趣を異にするところはピンホールである。すなわちホルマール線も広義のエナメル線であり⁽¹⁾、外観も比較的油性エナメル線に類似するため、従来の油性エナメル線の規格⁽²⁾のような試験が行われたり、機械的性質に強いということからピンホール試験を行う為の取扱い方に考慮しなければならない点（米国では本邦のように食塩水中のピンホール試験は行われていない）があるに

もかかわらず食塩水を満した小さい容器に曲げて入れピンホールがでるから不良ということをししばしば聞く。しかし、このようなピンホールも加熱することにより除去しうるものである⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。ただし油性エナメル線ではこのような現象がない。油性エナメル線のようなピンホール特性をホルマール線に与えるためには本質配合を変えるとか、他の皮膜材料と二重塗装を行う必要がある。しかしピンホールのためにこのような塗装を行うことがよいかどうかは別問題となる。

したがって本報ではホルマール線の使用上の問題についてその諸特性、すなわちピンホール、低温特性、熱による耐軟化、耐磨耗、皮膜の耐溶剤、耐ワニス、耐フロン、耐パラフィン、耐油性などの大要を紹介することにする。

〔II〕 皮膜の温度による諸特性

(1) 加熱によるピンホールの減少効果

ホルマール線はピンホール（微細なクラック）についてしばしば問題となる。これはホルマール皮膜の本質的なことに起因する場合が多い。すなわちホルマール線は

* 日立製作所日立電線工場 工博

** *** 日立製作所日立電線工場

PVF の平均重合度 (\bar{P}) と焼付度によつてピンホール発生状況が異り、 \bar{P} があまり高過ぎても低過ぎても良くない⁽¹⁾。またエナメル線は巻付倍数が小さい程ピンホール発生が多いが、ホルマール線の場合はかならずしもそうではない。巻付倍数にもある範囲があるようである⁽⁵⁾。さらにホルマール線は水のついた手で試料を小半径に曲げたような場合はその箇所よりピンホールがでることがある。しかし、このようなピンホール(クラック)は適切に加温するとなくなる⁽⁶⁾。このことはホルマール線を使用される場合重要なことである。

「JIS 規格」⁽³⁾ にも 100~130°C で 5~15 分間加温した後ピンホール試験をすることになっている。以下このピンホールのキュア効果について詳述する。

第1表の供試線を浸水せずに自己径の8倍径のコイルを作り 120°C で 15, 30 分, 1, 3, 5, 24 時間加温した場合のピンホール発生状況は**第2表**に示すように、加温によるキュア効果が顕著に現われることがわかる。しかし、一度浸水してピンホール試験を行つたものは 120°C で 1 時間加温してもキュア効果がないことは見逃すことのできない重要なことである。つぎに試料を一度浸水した後コイルを作り、上記と同一方法でピンホール発生状況を調べた結果は**第3表**に示すように単に浸水したのみで通電試験を行わないものはキュア効果のあることが認められる。また No. 5 の高目焼付のものはキュア効果がなく、フラン樹脂を多量に入れたもの (No. 14) はキュア効果が遅いといえる。上記いずれの場合も油性エナメル線についてはキュア効果は認められない。

さらに**第1表**の供試線のうち 2~3 種類について 30 分加温の場合の温度とキュア効果の関係を示すと**第4表**

第1表 供試線

Table 1. Various Enameled Wires

試番	呼称	導体径 (mm)	皮膜厚 (mm)	配合ならびに焼付条件
No. 1	0.5 mm ホルマール線	0.503	0.024	Pの高い順位 1
2	0.5 mm ホルマール線	0.503	0.029	
3	0.5 mm ホルマール線	0.503	0.022	
4	0.5 mm ホルマール線	0.503	0.024	
5	0.5 mm ホルマール線	0.503	0.023	3 高温焼付
6	0.5 mm ホルマール線	0.503	0.024	3 低温焼付
7	0.5 mm ホルマール線	0.497	0.030	フェノール樹脂添加 0
8	0.5 mm ホルマール線	0.495	0.035	
9	0.5 mm ホルマール線	0.495	0.032	
10	0.5 mm ホルマール線	0.495	0.029	
11	0.5 mm ホルマール線	0.499	0.027	0 号フラン 10%
12	0.5 mm ホルマール線	0.498	0.029	30%
13	0.5 mm ホルマール線	0.504	0.029	50%
14	0.5 mm ホルマール線	0.504	0.028	100%
15	0.5 mm アミラン線	0.503	0.024	—
16	0.5 mm 油性エナメル線	0.503	0.029	フェノール樹脂系

の結果となる。すなわち 30 分加温では 110°C およびそれ以上の温度を採用しなければならないことがわかる。このことは現行品についてその後同様な統計的手法によ

第2表 浸水せずにコイルを作つた場合の加温効果 (8 倍径巻付) (試験コイル 10 箇中のピンホール発生コイル数)

Table 2. Cure of Enameled Wires before Water Dipping

試番	無処理	120°C 加熱時間						無処理ピンホール試験後 1 時間加熱
		15分	30分	1時間	3時間	5時間	24時間	
No. 1	2	0	0	1	0	1	0	2
2	2	0	0	0	0	0	0	2
3	2	0	1	0	0	0	0	2
4	2	1	1	1	0	1	0	2
5	0	1	0	0	2	0	0	0
6	0	1	1	0	1	0	2	0
7	10	0	0	1	0	2	1	10
8	1	1	0	0	0	0	0	4
9	6	0	1	0	0	0	1	6
10	9	0	1	0	1	0	0	9
11	4	5	1	2	0	0	1	6
12	8	0	1	0	0	0	0	8
13	8	1	1	1	0	0	0	8
14	8	0	0	0	1	0	0	8
15	1	0	0	1	0	0	0	4
16	0	0	2	3	3	3	4	3
16	(2倍)2	10	10	10	10	10	10	—

注 液温 12~17°C

第3表 浸水後コイルを作つた場合の加温効果 (8 倍径巻付) (試験コイル 5 箇中のピンホール発生コイル数)

Table 3. Cure of Enameled Wires after Water Dipping

試番	無処理	120°C 加熱時間				
		7分	15分	30分	1時間	3時間
No. 1	5	1	1	1	1	1
2	4	0	0	0	1	0
3	4	2	0	0	0	0
4	5	0	0	0	0	0
5	5	5	4	4	3	5
6	5	1	0	0	0	0
7	5	0	0	0	1	0
8	5	0	0	1	0	0
9	5	1	0	0	0	0
10	5	2	1	1	1	0
11	4	1	1	1	0	0
12	5	0	0	1	0	1
13	5	2	1	0	0	0
14	5	2	2	2	0	0
15	2	0	1	0	0	0
16	(2倍)1	2	1	1	1	1
16	(4倍)1	5	5	5	5	5

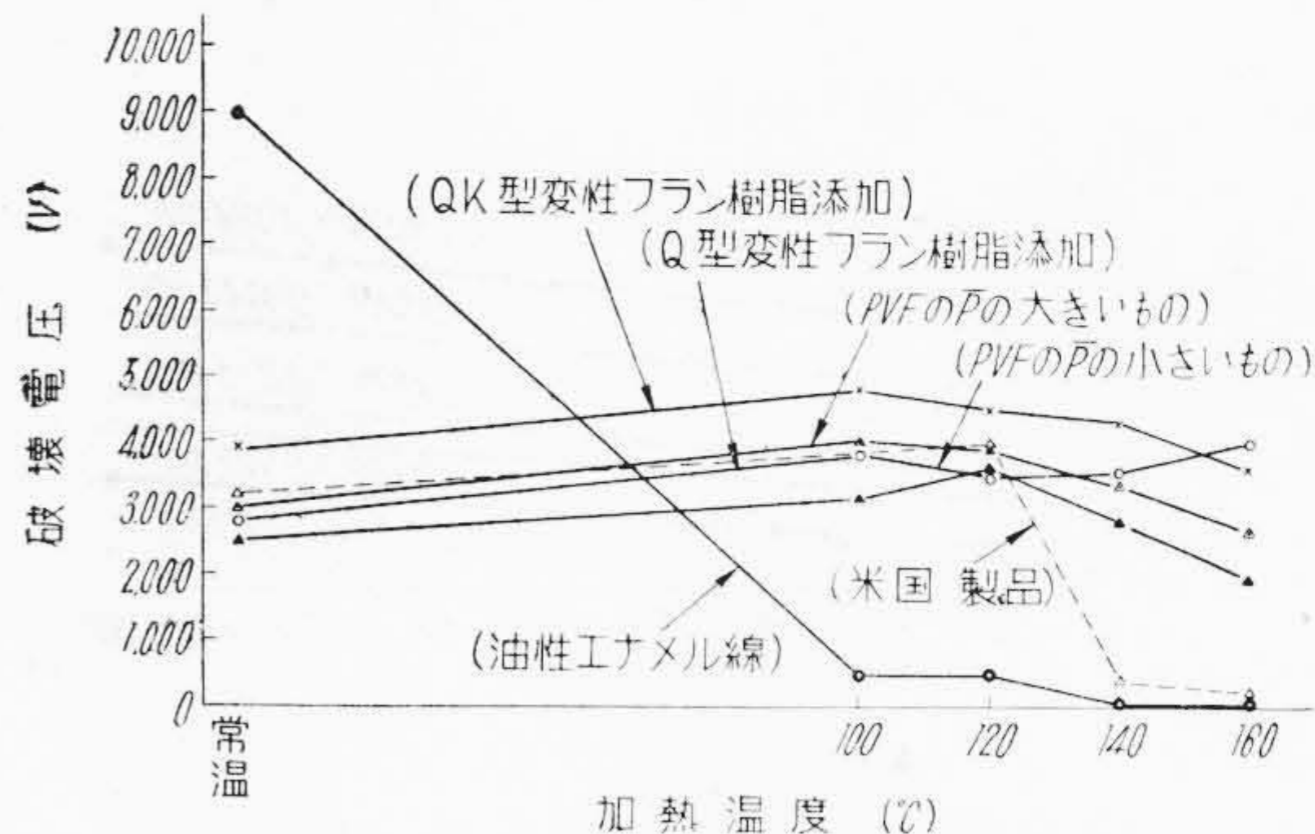
り調査をしたが 110°C で 30 分加温すると完全にキュアされていることを認めている。また 120°C で 15 分加温すると顕著なキュア効果がある。

(2) 熱による耐軟化性⁽⁷⁾⁽⁸⁾

高温下の耐溶剤、耐ワニス性を検討するに先だつて高温加圧下の皮膜の耐軟化性を吟味して置かなければワニス処理による影響で諸性能が変るものかどうかはあきらかにならない。

ホルマール線の軟化性試験⁽³⁾に「同一ボビンから長さ約 10 cm の試料 2 本をとり互に交叉して平板上に置き、交叉部分の上に第 5 表に示す荷重を加え、これを恒温槽に入れ、約 30 分間で 125°C に上昇させ、直ちに 2 試料間に交流 100 V を加え、この状態で 125±2°C に 6 時間保つても線間短絡を起してはならない」との規程がある。そこで米国、ドイツ製品を含む第 6 表に示す試料 2 本をそれぞれコノ字型に曲げ、これで交叉点 4 箇所を作るように重ね、これに規定荷重の 4 倍を加え 120±2°C に 6 時間加熱後、そのまゝの状態に線間に加電し、破壊電圧を求めると第 6 表に示す値となる。これによると米国ならびにドイツ製品がかならずしも耐熱軟化性においてわれわれのホルマール線にまさるものとはいえない。

つぎにホルマール樹脂の重合度、(P)および塗料の配合により耐熱軟化性におよぼす影響を見るため PVF の重合度の高いもの、低いもの、PVF に変性フラン樹脂⁽¹¹⁾を添加したものおよび参考に前記外国製品、ならびに油性エナメル線を供試線として 100, 120, 140, 160°C でそれぞれ 6 時間加熱後の破壊電圧の平均値を求め、それを図示すると第 1 図のようになる。すなわち重合度の高い PVF を用いる方が低いものより耐熱軟化性はやや良く、しかも一定重合度の PVF に対し熱硬化型変性フラン樹脂を用いると耐熱軟化性にすぐれたホルマール線を作る。米国某社製品はここでも期待するほど良い結果を示していない。油性エナメル線は著しく耐熱軟化性に劣



第 1 図 各種ホルマール線皮膜の軟化に伴う破壊電圧

Fig. 1. Change of Breakdown Voltage by Softening of Film of Various Enameled Wire

第 4 表 30 分加温のピンホール (試験コイル 5 箇中のピンホール発生コイル数)

Table 4. Pinhole of Formal Wire after 30 Minutes Cure

試 番	無 処 理	60°C	80°C	100°C	110°C	130°C
No. 2	4	3	2	2	0	1
9	5	4	1	1	0	0
12	5	5	2	0	0	0

第 5 表 軟化試験の荷重

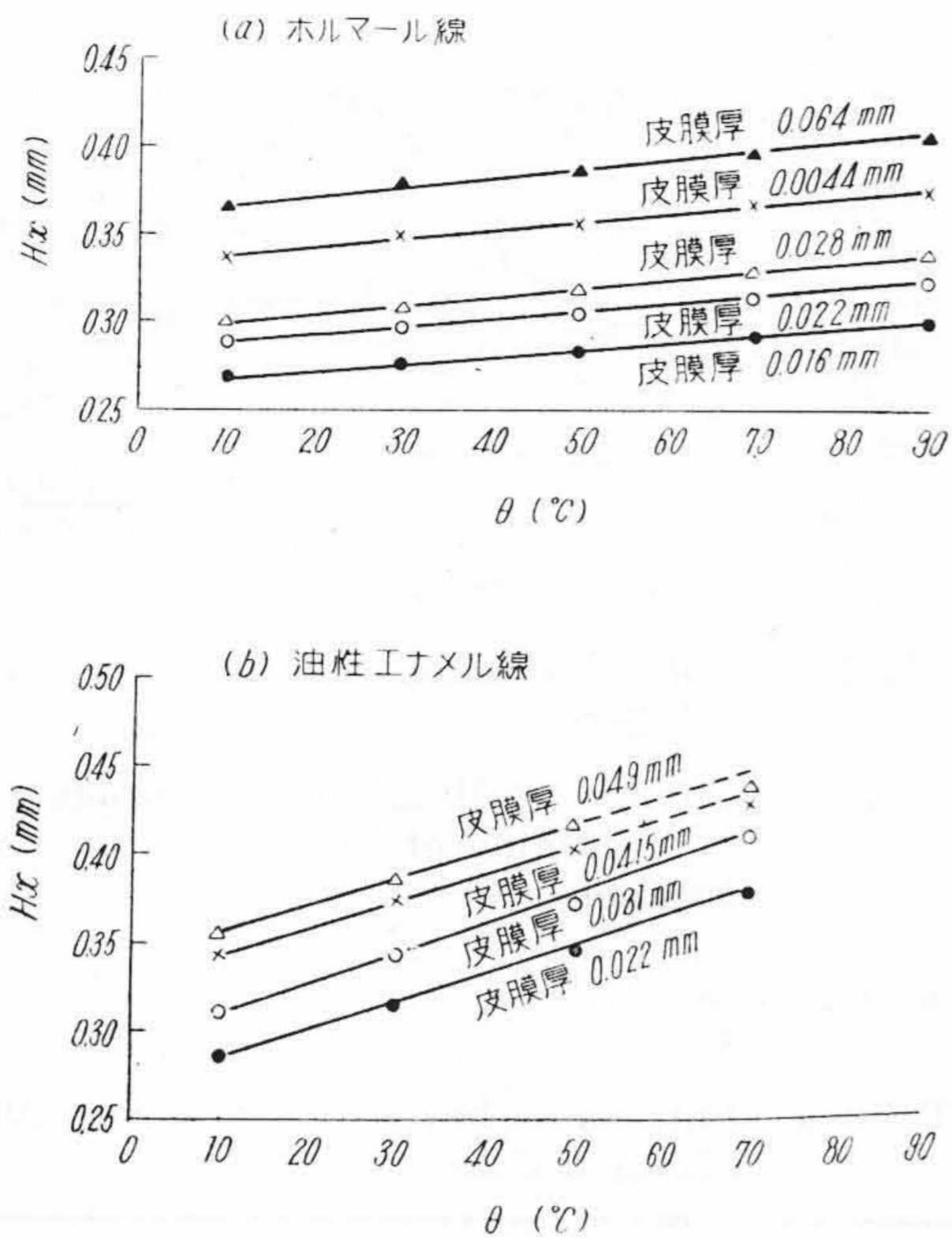
Table 5. Loading Weight of Softening Test

導 体 径 (mm)	荷 重 (kg)	
	0 種	1 種
2.0 ~ 1.6	1.0	0.9
1.5 ~ 1.2	0.9	0.8
1.1 ~ 0.90	0.8	0.7
0.85 ~ 0.70	0.7	0.6
0.65 ~ 0.45	0.6	0.5
0.40 ~ 0.26	0.5	0.4
0.25 ~ 0.20	0.4	0.3

第 6 表 耐軟化試験に用いた供試線と加熱後の破壊電圧

Table 6. Various Formal Wires of Softening Test and Breakdown Voltage after Heating

試 番	製 造 所 別	導 体 径 (mm)	仕 上 外 径 (mm)	皮 膜 厚 (mm)	備 考	平均破壊電圧 (V)
No. 1	米 国 製	1.135	1.195~1.205	0.033	日立鉛色 VF 線と類似品 橙黄色外観美麗	3,900
2	ド イ ツ 製	1.000	1.047~1.050	0.024		4,500
3	ド イ ツ 製	0.705	0.743~0.745	0.020		5,200
4	ド イ ツ 製	0.410	0.450~0.495	0.022		4,180
5	日 立	1.196	1.270~1.285	0.042	鉛 色	8,550
6	日 立	1.200	1.278~1.292	0.042	黒 色	7,330
7	日 立	0.700	0.750~0.780	0.033	鉛 色	6,200
8	日 立	0.698	0.755~0.765	0.031	黒 色	8,400
9	日 立	0.444	0.498~0.500	0.028	鉛 色	6,550



第2図 皮膜歪度の感温特性
Fig. 2. Strain Degree of Film by Temperature

ることを示す。PVF に変性フラン樹脂を添加したものと油性エナメル皮膜の高温感温性を皮膜の硬度より検討してみる。すなわち供試線と 0.45 mm の洋銀線を交叉させ、各温度における定荷重 (3 kg) 時の皮膜の窪み幅 H_x (mm) を以て比較すると第2図のようになり、ホルマール線のすぐれていることを知る。この詳細は別途報告⁽⁹⁾してあるからここでは省略する。

第7表 各種エナメル線低温処理後のピンホール
Table 7. Pinhole of Various Enameled Wires after Holding in Low Temperature

条件	試料	巻付倍数									
		2		4		6		8		10	
		12V	50V	12V	50V	12V	50V	12V	50V	12V	50V
(a) 無処理	黒色 V F 線	0/3	0/3	1/3	1/3	0/3	0/3	0/3	0/3	1/3	2/3
	飴色 V F 線	1/3	1/3	0/3	0/3	0/3	1/3	1/3	3/3	1/3	3/3
	アミラン線	0/3	3/3	2/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
	油性エナメル線	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	1/3	0/3	0/3	0/3	1/3
(b) 低温巻付保持	黒色 V F 線	0/3	1/3	0/3	1/3	0/3	0/3	0/3	1/3	0/3	1/3
	飴色 V F 線	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	2/3	2/3	3/3	0/3	1/3
	アミラン線	1/3	3/3	2/3	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3	1/3	3/3
	油性エナメル線	2/3	2/3	1/3	1/3	1/3	1/3	0/3	0/3	0/3	1/3
(c) 巻付後低温保持	黒色 V F 線	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3	1/3	1/3	0/3	0/3
	飴色 V F 線	0/3	0/3	0/3	0/3	1/3	1/3	2/3	2/3	0/3	2/3
	アミラン線	1/3	1/3	2/3	2/3	3/3	3/3	3/3	3/3	2/3	3/3
	油性エナメル線	1/3	1/3	0/3	1/3	1/3	1/3	0/3	0/3	0/3	0/3

注 分母はコイル数、分子はピンホールの発生したコイル数

(3) 皮膜の低温特性⁽¹⁾⁽¹⁰⁾

ホルマール線を冬期の低温時にコイル巻する場合、ならびに電気機器がきわめて低温で使用される場合も考えられるのでホルマール線と参考までにアミラン線、油性エナメル線につき低温保持後のピンホールによる皮膜の劣化状態を比較検討した。

すなわち供試線を導体径の2~10倍までの径のマンドレルに巻付けてコイルを作り D.C. 12 V, 50 V を課電して無処理のときのピンホールの発生状況を調べ、つぎに供試線を -20°C に6時間保持した後、導体径の2~10倍のコイルを作り、上記電圧でピンホール発生を検討した。さらにあらかじめ2~10倍径のコイルを作り、このコイルを -20°C に6時間保持した場合のピンホールの状況を調べた。その結果を第7表に示す。表にみられるようにホルマール線は低温処理後に巻付を行つてもピンホールにはあまり影響がないようである。アミラン線、油性エナメル線は若干ピンホールを増加する。つぎにホルマール線は概して6~10倍附近の比較的巻付倍数の大きい方にピンホール発生が多いことがわかる⁽⁵⁾。これは前記したように PVF の本質的問題によるものと考えられるが、これに関する理論は現在のところあきらかでなく近く考察公表する予定にしている。

[III] 耐 磨 耗 性

電線を使用するに際し、その絶縁材料の機械的性質の強いことも重要である。規格⁽³⁾にもこの機械的性質を耐磨耗性により規定してある。しかし、この耐磨耗性も湿度により相当差があるので、今回ホルマール線を湿度55%, 75%, 95% のデシケータ中に24時間放置し、取

出した直後の試料を下動式磨耗試験機（磨耗片 0.4 mm ビーズ針）によりそれぞれの磨耗回数を検討したものが第3図である。図にみられるように耐磨耗性は湿度により相当大幅に影響されることがわかる。

つぎにホルマール線の磨耗特性が加温によりどのように影響するかを検討した。すなわち 0.8 mm の黒色ホルマール線を供試線とし、110°C 30 分間加温前後のもの磨耗回数の比較を行つた結果を第8表に示す。表の結果より加温により耐磨耗性が良くなつてることがわかる。この平均値について有意差検定（二つの平均の差の検定）を行つた結果

$$F_0 = 28.63$$

自由度 $n_1=1$ $n_2=16$ のときのF表により

$$F_{16}^{1}(0.05) = 4.49 \quad F_{16}^{1}(0.01) = 8.53$$

$$28.63 > F_{16}^{1}(0.01) = 8.53$$

よつて1%の危険率において加温前後の磨耗性に差があることを判定しうる。

さらにホルマール線の製造直後よりある日数経過することにより耐磨耗性が上昇するといわれているので、0.8 mm の黒色ホルマール線の製造直後の耐磨耗性と1箇月放置した後の耐磨耗性を比較検討した。その結果を第9表（次頁参照）に示す。この結果について有意差検定（平均の差の検定）を行つた結果

$$F_0 = 5.48$$

自由度 $n_1=1$ $n_2=34$ のときのF表により

$$F_{34}^{1}(0.05) = 4.13 \quad F_{34}^{1}(0.01) = 7.44$$

$$F_{34}^{1}(0.01) = 7.44 > 5.48 > F_{34}^{1}(0.05) = 4.13$$

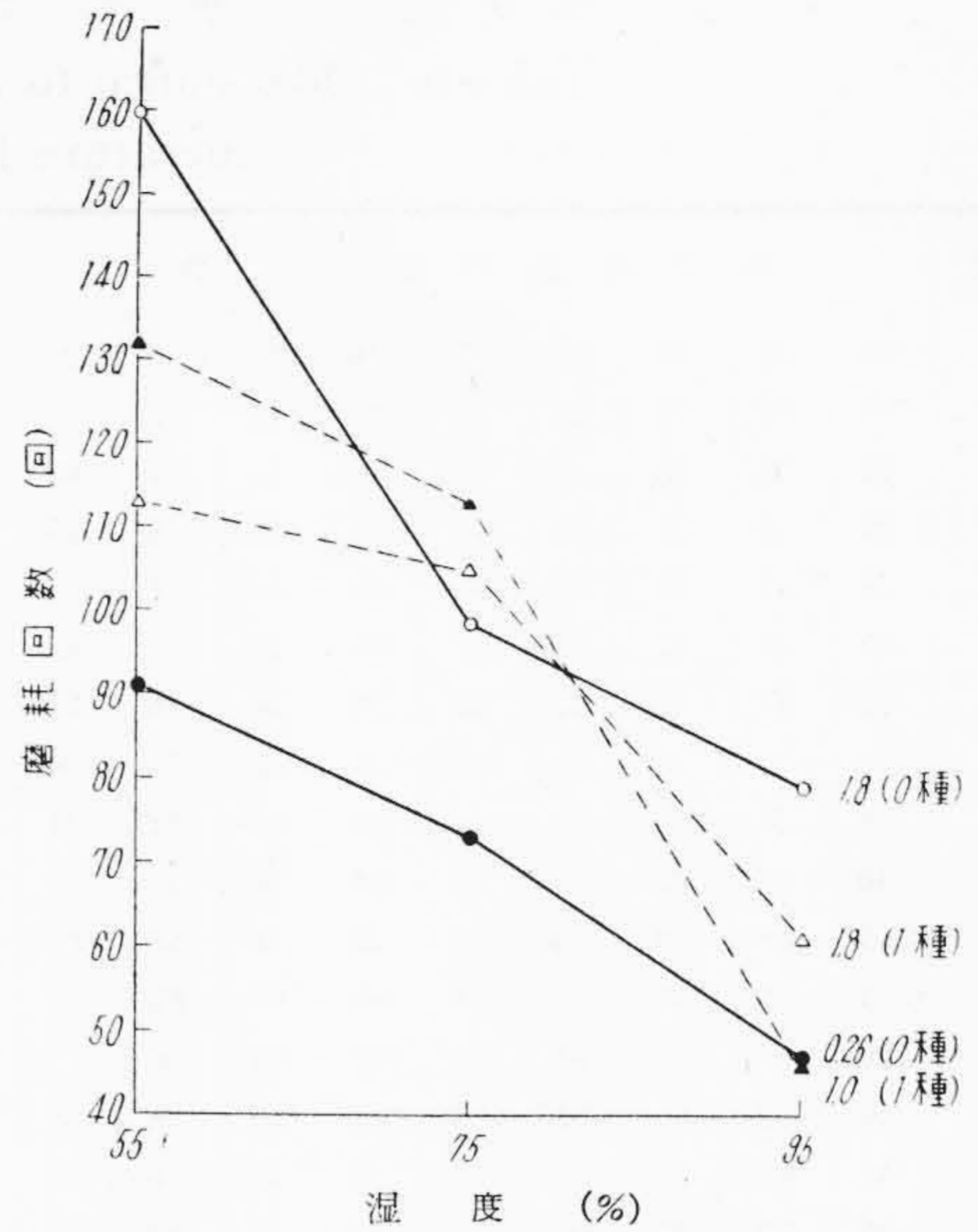
で5%以下の危険率で有意差あり、製品をある期間放置することにより磨耗性が良くなる傾向にあると見てよいことが明らかとなつた。

第8表 耐磨耗性に対する加温効果

Table 8. Resisting Properties against Abrasion after Heating

試番	加温前の磨耗回数						平均	加温後の磨耗回数						平均
	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	
1	38	37	34	36	32	38	35.8	32	65	56	35	62	33	47.2
2	27	27	30	26	27	33	28.3	41	53	40	50	25	47	42.7
3	36	44	25	36	33	46	36.7	64	69	55	37	48	57	55.0
4	33	41	46	36	30	33	36.5	51	62	43	48	78	52	55.7
5	30	50	28	27	33	38	34.3	37	51	46	61	27	34	42.7
6	36	59	38	46	45	36	43.3	74	31	73	57	39	50	54.0
7	71	34	36	37	25	44	41.1	28	92	66	29	52	81	58.0
8	41	53	26	33	38	30	36.8	39	68	41	49	79	60	56.0
9	46	38	27	51	36	33	38.5	88	49	74	63	39	98	68.5

注 (1) 下動式磨耗試験機 (0.4 mm ビーズ針)
 (2) 荷重 600 g
 (3) 1% 伸張後測定した。



第3図 ホルマール線の耐磨耗性におよぼす湿度の影響

Fig. 3. Relations between Relative Humidity and Resisting Property against Abrasion of Formal Wires

〔IV〕 処理ワニスおよび浸漬材料による影響

ホルマール線を使用するに当り、それぞれのワニスの影響を検討して置くことはきわめて大切である。そこで常温時のワニスおよび溶剤の影響と組線後高温加圧下において処理される場合のことを考慮して実際の場合に最も近い方法により高温ワニス、高温溶剤の線におよぼす影響を検討した。たゞしこの詳細は別報⁽⁷⁾⁽⁸⁾しているので要点のみを記すことにした。

(A) 常温時の耐溶剤、耐ワニス性

飴色ホルマール線（ヒタフラン添加の初期製品）を第

第9表 耐摩耗性に対する経時効果
Table 9. Resistance to Abrasion after the Holding in Room Temperature for a Certain Period of Time

試番	製造直後の磨耗回数									平均	1ヶ月放置後の磨耗回数									平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	56	32	62	76	37	46	38	79	26	50.2	53	50	54	35	57	45	59	61	68	53.6
2	34	37	26	26	53	47	48	37	56	40.4	54	24	53	41	22	41	63	65	43	45.1
3	75	33	78	42	80	60	74	34	62	59.8	33	42	74	71	68	35	34	52	62	52.4
4	22	50	27	18	43	26	66	58	25	37.2	31	36	74	45	79	40	75	43	59	53.6
5	38	41	59	33	47	53	65	71	69	52.9	79	56	84	43	68	89	49	105	97	74.5
6	62	27	52	17	67	55	44	18	72	46.0	78	87	51	68	37	47	67	48	42	58.3
7	28	44	61	21	69	29	26	26	24	36.4	42	61	45	32	30	58	27	63	60	46.4
8	37	22	23	23	57	26	42	22	30	31.3	26	55	44	28	34	91	31	88	55	50.2
9	23	74	33	28	94	24	56	44	24	44.4	90	72	32	28	72	68	32	81	88	62.6
10	40	57	32	25	62	34	30	57	79	46.2	55	65	83	56	60	57	63	79	65	64.8
11	69	86	70	53	50	48	38	38	84	59.6	73	58	44	58	62	52	58	58	64	58.5
12	54	62	57	33	38	82	69	65	44	56.0	56	73	77	57	62	58	69	73	49	63.8
13	120	65	71	91	38	49	84	56	34	67.6	81	52	70	80	50	61	39	35	56	58.5
14	46	52	80	51	69	34	50	59	59	55.6	43	48	61	78	36	77	63	64	40	56.7
15	41	63	67	55	40	49	46	36	35	48.0	73	52	61	62	88	82	79	49	63	67.7
16	29	70	83	66	27	30	29	40	50	47.1	58	63	95	45	97	82	63	109	83	77.3
17	78	41	67	60	47	42	34	74	66	56.5	46	71	68	52	79	82	73	63	77	67.9
18	70	91	60	79	57	66	77	70	90	73.3	74	104	95	35	86	75	89	85	60	78.2

注 (1) 下動式磨耗試験機 (0.4 mm ビーズ針)
(2) 荷重 600 g
(3) 1% 伸張後測定した。

10表に示す溶剤およびワニスにそれぞれ 1, 5, 24, 48 時間浸漬し、取出し直後綿テープおよび爪でこすり、皮膜の剝離状態を調べた。その結果を第11表に示す。すなわち単一溶剤ではアセトンにのみ弱く、他の溶剤には異状のないことがわかる。混合溶剤に対しては比較的弱い。また耐ワニス性の試験に用いたワニスの溶剤がガソリン+アルコール系のものであり、溶剤がワニスの 50% 程度を占めている程度のためか安定した結果を示している。

つぎに同種のホルマール線を前記と同一溶剤およびワニスに 24 時間浸漬し、取出し直後の破壊電圧の変化を求めたが、高温の耐溶剤性のところで関係づけて考察するのでここでは省略する。

(B) 高温ワニス性

供試線 25 cm 2 本をコノ字形に曲げ、これで交叉点 4 箇所を作るように重ね合せ、ガラス板 2 枚で上下から挟み、その上に第5表の荷重の 4 倍の荷重を加え、W-10, W-20, W-25, W-28, W-250, W-280, SLS-31, のコイルワニス中に浸漬し 100 V を印加したまま 100, 120, 140, 160°C (30 分で規定温度まで上昇させ、この時間を 6 時間に含めない) に 6 時間保持し、その後に破壊電圧を求めた。その結果を第4図(黒色ホルマール線)第5図(鉛色ホルマール線)に示す。ただし一条件の測定回数は 5 回である。図に示すように黒色ホルマール線は 140°C までは比較的安定した値を示し、W-280, W-28, W-25,

第10表 浸漬溶剤およびワニスの種類
Table 10. Solvent and Varnish for Dipping

単一溶剤	混合溶剤	ワニス
ガソリン	ガソリン(70%) +ソルベントナフサ(30%)	エステルロジン変態レゾール型クレジンワニス (A型ワニス)
ソルベントナフサ	90%ベンゼール(50%) +エタノール(50%)	
アセトン	90%ベンゼール(50%) +ブタノール(50%)	A型ワニス +酸化亜麻仁油
メタノール	—	
エタノール	—	—
ブタノール	—	
30%ベンゼール	—	
キシロール	—	

W-20 などはワニス処理で、無処理の場合よりも破壊電圧がやや向上している。これは皮膜の特性によるものか、ワニス処理によつて線の交叉部の電界分布が均等化されコロナ遮断の影響によるものかは、いまのところあきらかたなく今後検討する考えである。SLS-31 は無処理の場合に比べほとんど変化を与えず、W-10 は極度に低下させる。しかし 160°C になると皮膜の軟化と溶剤の影響が顕著に現われるためか、いずれも著しく低下する。160°C で比較的良いものとしては W-280, W-28, W-20 であり、W-250 は使用に向かない。W-10, SLS-31 な

第11表 常温溶剤およびワニスによる剥離試験結果

Table 11. Stripping Test of Enameled Wires after Dipping in Room Temperature Solvent and Varnish

溶 剤	No. 1 (線 径 0.498 mm 皮膜厚 0.0275 mm)	No. 2 (線 径 1.18 mm 皮膜厚 0.040 mm)
ガソリン	48時間後布, 爪でこするも異常がない	左 同
ソルベントナフサ	48時間後布, 爪でこするも異常がない	左 同
アセトン	1~48 時間後布でやゝ剥離, 爪で大部分剥離	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
メタノール	48時間後布, 爪でこするも異常がない	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
エタノール	48時間後布, 爪でこするも異常がない	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
ブタノール	48時間後布, 爪でこするも異常がない	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
ベンゾール	48時間後布, 爪でこするも異常がない	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
キシロール	48時間後布, 爪でこするも異常がない	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
ガソリン(70%) + ソルベントナフサ(30%)	48時間後布, 爪でこするも異常がない	1 時間後布, 爪異常がないが5時間後左同
ベンゾール(50%) + エタノール(50%)	48時間後布にてやゝ剥離, 爪にて容易に剥離	24時間後布にてやゝ剥離し48時間後大部分剥離, 爪にて容易に剥離
ベンゾール(50%) + ブタノール(50%)	24時間後布にて表面僅かに剥離, 48時間後やゝ剥離, 爪では24時間後やゝ剥離, 48時間後は大部分剥離	1 時間後布, 爪異常がないが, その後布ではやゝ剥離し爪では大部分剥離
エステルロジン変態レゾール型クレゾールレジン(A型ワニス)	48時間後布, 爪でこするも異常がない	左 周
A型ワニス + 酸化亜麻仁油	48時間後布, 爪でこするも異常がない	左 周

第12表 浸潤溶剤の種類

Table 12. Various Solvents for Dipping

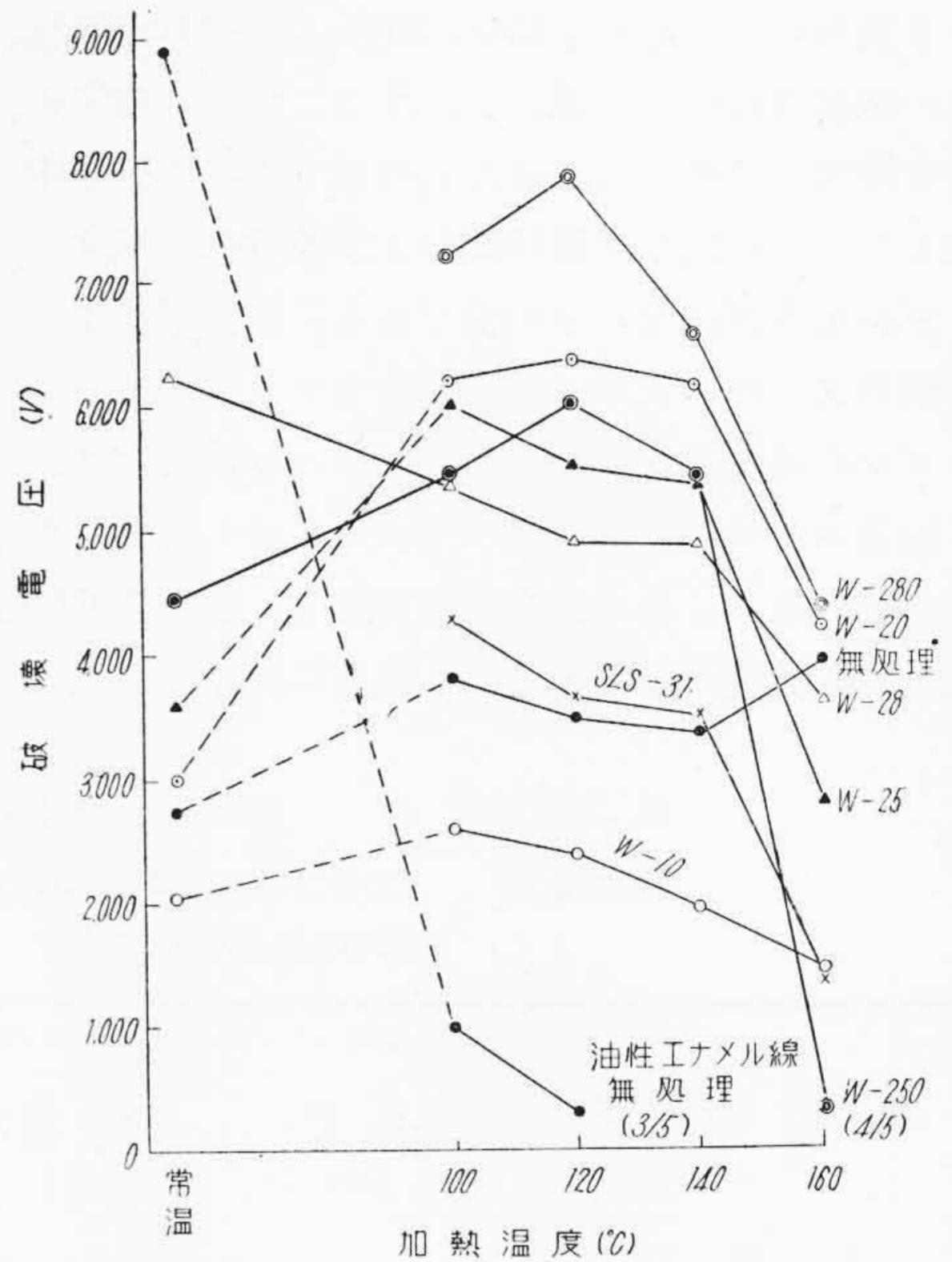
90% ベンゾール	90% ベンゾール + テレピン
40% ベンゾール	90% ベンゾール + ターペンテン
ターペンテン	90% ベンゾール + ガソリン
ソルベントナフサ	90% ベンゾール + ソルベントナフサ
ガソリン	} 混合比は容量比で 1:1 である。
テレピン	

どは使用を避けなければならない。飴色ホルマール線は黒色ホルマール線より高温ワニス性はやや劣るが黒色ホルマール線同様140°Cまでは比較的安定である。しかし160°CになるとSLS-31がわずかに測定可能な程度で他はほとんど皮膜を浸し測定できない。たゞしW-20, W-28は浸す程度が少いことは認めることができる。

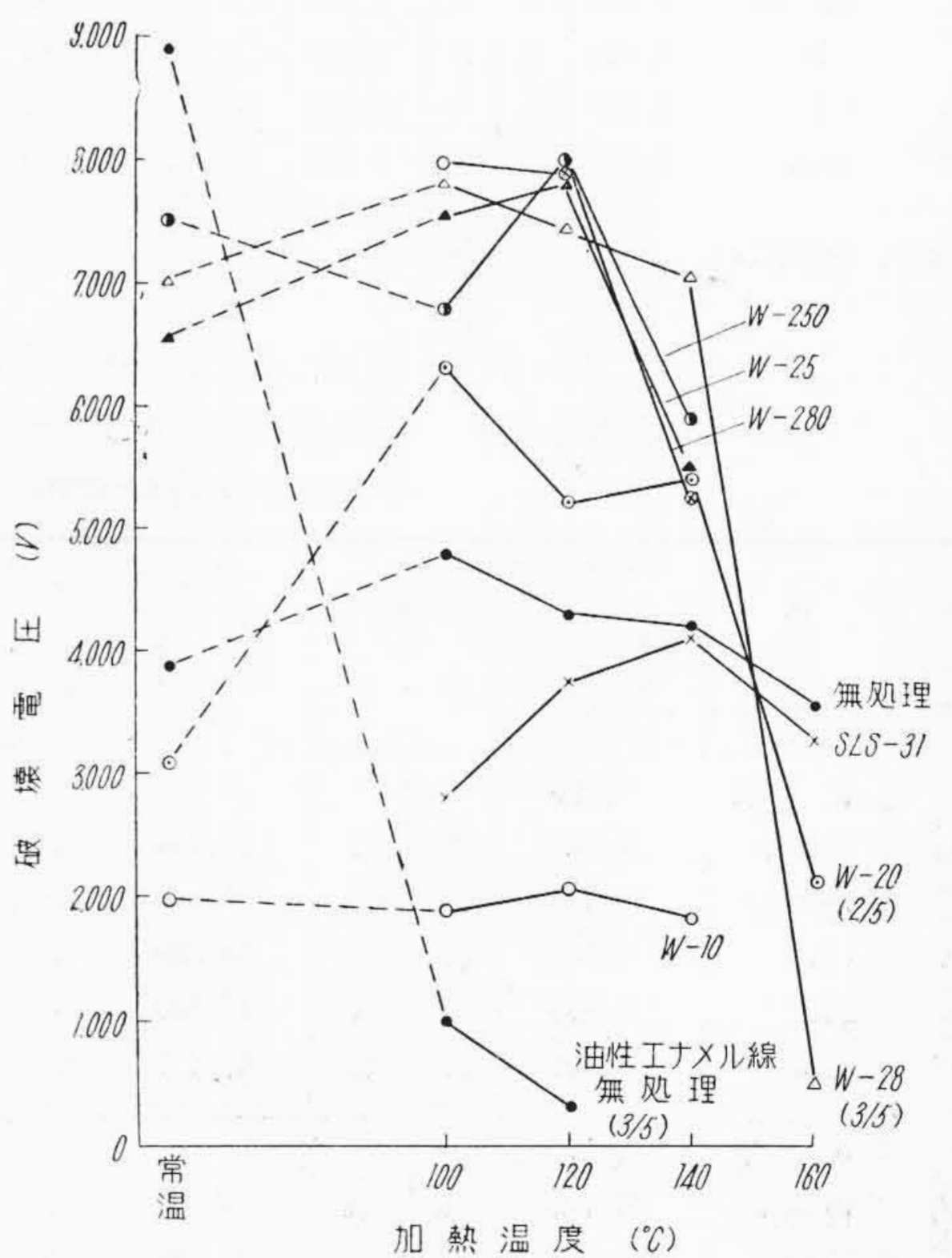
さらに改良型サーモセットワニス, W-2300, W-2700, W-2800⁽¹³⁾については目下検討中につき後報する考えでいる。

(C) 高温溶剤性

前項において常温時の耐ワニス, 耐溶剤性および高温時の耐ワニス性について検討したが, さらに第12表の溶



第4図 黒色ホルマール線の温度特性
Fig. 4. Temperature Characteristics of Black Type Formal Wires



第5図 飴色ホルマール線の温度特性
Fig. 5. Temperature Characteristic of Light Brown Type, Formal Wires

剤を65~68°Cに加熱し、供試線を単線のまゝのものおよび2箇撚りしたものを10分、30分、1~24時間浸漬し、単線の試料は取出し直後、布、爪でこすつて皮膜の剥れ程度を検討し、撚り合わせたものは2線間の破壊電圧を測定した。その結果を第13表および第14表に示す。たゞしいずれも5回測定の平均値である。表に示すように単一溶剤のターペンテン、ソルベントナフサ、ガソリン、テレピンには浸されないが、ベンゼールには浸される。特に鉛色ホルマール線ではベンゼールより取出した直後はゴム状となり、爪では容易に剥離し、布でも6時間後剥離してしまふし、破壊電圧も極度に低下する。(たゞし

これも特殊フラン樹脂を添加することにより現行品は改良している) 黒色ホルマール線はフラン樹脂⁽¹¹⁾を添加しているため耐溶剤性は鉛色に比べはるかにすぐれており、しかも破壊電圧もほとんど低下せず、すぐれた性能をもっている。つぎに混合溶剤については、普通の鉛色ホルマール線がベンゼール+ソルベントナフサにやや浸される程度で、その他の混合溶剤はあまり変化が認められないがここでも黒色ホルマール線のすぐれていることがわかる。

さらに第15表に示す仕様の籠形磨耗試験器を溶剤に浸漬したまゝの状態での耐磨耗性を検討した。すなわち、タ

第13表 単一溶剤(65~68°C)浸漬後の皮膜状態と破壊電圧
Table 13. Condition of Film and Breakdown Voltage after Dipping in Simple Solvent

試料	浸漬時間	90% ベンゼール		40% ベンゼール		ターペンテン		ナフサ		ガソリン		テレピン		測定時の	
		破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	室温(°C)	湿度(%)
黒色ホルマール線	常態	7,990													
	10 mn	10,280	◎ △	9,500	◎ △	7,580	◎ ◎	9,620	◎ ◎	9,120	◎ ◎	7,820	◎ ◎	15.5	34
	30 mn	8,740	◎ ×	10,380	◎ △	8,900	◎ ◎	9,300	◎ ◎	8,900	◎ ◎	7,740	◎ ◎	17.0	33
	1 h	9,980	◎ ×	9,700	◎ ×	7,760	◎ ◎	9,160	◎ ◎	8,420	◎ ◎	8,240	◎ ◎	16.0	33
	6 h	10,280	○ ×	9,420	○ ×	5,880	◎ ◎	10,700	◎ ◎	9,340	◎ ◎	8,880	◎ ◎	11.5	39
	24 h	9,840	○ ×	10,420	○ ×	9,160	◎ ◎	8,800	◎ ◎	8,600	◎ ◎	8,740	◎ ◎	13.0	40
鉛色ホルマール線	常態	9,390													
	10 mn	7,920	○ ×	9,180	○ ×	11,700	◎ ◎	11,140	◎ ◎	9,400	◎ ◎	11,260	◎ ◎	15.5	34
	30 mn	4,980	△ ×	7,980	○ ×	10,680	◎ ◎	10,020	◎ ◎	10,400	◎ ◎	11,040	◎ ◎	17.0	33
	1 h	5,880	△ ×	7,340	○ ×	11,380	◎ ◎	10,780	◎ ◎	9,880	◎ ◎	11,020	◎ ◎	16.0	33
	6 h	1,820	× ×	4,980	△ ×	9,340	◎ ◎	8,900	◎ ◎	10,740	◎ ◎	10,380	◎ ◎	11.5	39
	24 h	1,810	× ×	6,800	○ ×	10,960	◎ ◎	12,100	◎ ◎	11,220	◎ ◎	12,140	◎ ◎	13.0	40

記号 ◎異常なし ○皮膜少々剥れる △少々容易に皮膜剥る(心線露出せず) ×容易に剥る(心線露出する)

第14表 混合溶剤(65~68°C)浸漬後の皮膜状態と破壊電圧
Table 14. Condition of Film and Breakdown Voltage after Dipping in Complex Solvent

試料	浸漬時間	ベンゼール+ターペンテン		ベンゼール+ナフサ		ベンゼール+ガソリン		ベンゼール+テレピン		測定時の	
		破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	破壊電圧(V)	布 爪	室温(°C)	湿度(%)
黒色ホルマール線	常態	7,990									
	10 mn	9,720	◎ ◎	11,240	◎ ◎	9,360	◎ ◎	10,860	◎ ◎	9.5	33
	30 mn	10,340	◎ ◎	11,840	◎ ◎	10,500	◎ ◎	9,880	◎ ◎	9.5	33
	1 h	9,080	◎ ◎	10,820	◎ ○	10,300	◎ ◎	11,520	◎ ◎	10.0	39
	6 h	8,900	◎ ◎	11,100	◎ ○	9,740	◎ ◎	12,140	◎ ◎	9.5	38
	24 h	9,290	◎ ◎	10,670	◎ △	10,790	◎ ◎	10,790	◎ ◎	11.0	51
鉛色ホルマール線	常態	9,390									
	10 mn	11,620	◎ ◎	7,940	◎ △	11,540	◎ ◎	11,900	◎ ◎	9.5	33
	30 mn	11,960	◎ ◎	11,600	○ ×	11,540	◎ ◎	11,620	◎ ◎	9.5	33
	1 h	12,080	◎ ◎	8,880	○ ×	10,440	◎ ◎	12,180	◎ ◎	10.0	39
	6 h	12,100	◎ ◎	4,240	○ ×	10,760	◎ ◎	13,380	◎ ◎	9.5	38
	24 h	12,280	◎ ◎	4,430	○ ×	11,860	◎ ◎	12,770	◎ ◎	11.0	51

記号 ◎変化なく良好 ○皮膜少々剥れる △少々容易に皮膜剥る(心線露出せず) ×容易に剥る(心線露出する)

ンク内に第12表の溶剤を入れ、投込みヒータ (15kW) で溶剤の温度を $60 \pm 3^\circ\text{C}$ に保持する。つぎに供試線を規定時間浸漬し 6 kg 荷重で短絡 (D.C. 12 V) するまでの回転数を求めた。その結果を第16表に示す。表にみられるように、黒色ホルマール線がすぐれていることがわかる。また常態のときより溶剤浸漬時間の短いときの方が磨耗回数が多くなっているのは皮膜の膨潤劣化より溶剤による潤滑効果が大きくきいているのではないかと考えられる。

(2) 耐フレオン性

ホルマール線を冷凍機方面に使用する場合、皮膜の耐フレオン性を検討しておくことが重要である。そこで常温飽和蒸気圧にフレオン-12 を封入した容器中に第17表の供試線を入れ、これを 100°C に昼夜連続加熱して 1~30日後の巻付特性および破壊電圧の変化を検討した。なお熱のみによる変化をみなければ、フレオンによる変化があきらかにならないので、上記と同種の試料を 100°C 加熱のみの場合の特性をも測定した。

(A) 巻付特性

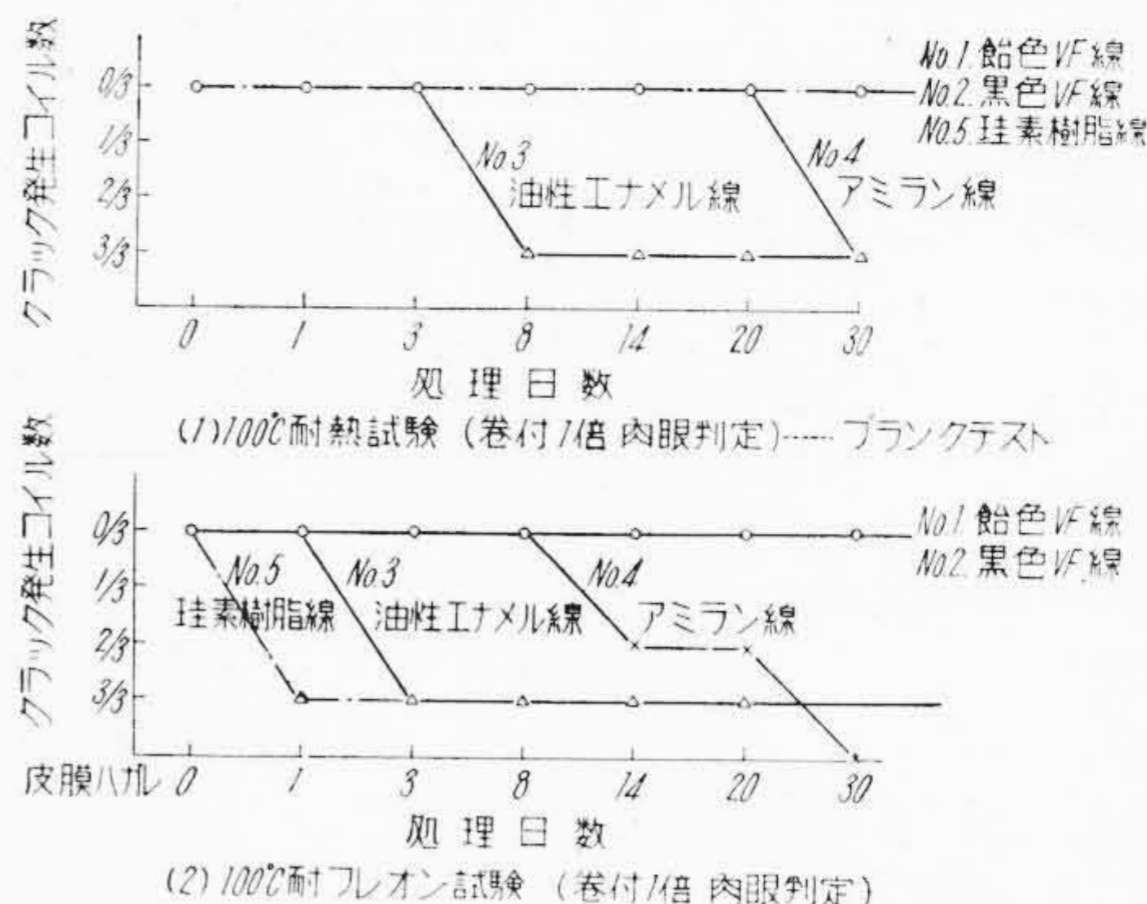
それぞれの処理日数を経過した供試線を導体径の1倍すなわち自己径の巻付棒に 10 回緊密に巻付けた試料3箇を作り、クラックの有無を肉眼で調べ、その結果を第6図に示す。たゞし3箇の資料のうち1箇にクラックが入れば1/3と表わす。図にあきらかなようにホルマール線は黒色、鉛色ともに変化がないことがわかる。参考までに行つた油性エナメル線、珪素樹脂エナメル線、アミラン線はいずれもホルマール線に劣っている。

(B) 破壊電圧

つぎに試料 50 mm のもの2本に、撚り回数8回を与えた供試線を上記要領でフレオン処理を行い、取出し直後の破壊電圧を求めた。その結果を第7図(次頁参照)に示す。図に示すように黒色、鉛色ホルマール線は30日処理後のブランクテストの値と低下値はほぼ同じ程度で、この両者間には耐フレオン性において大差がなく、いずれも実用に供しうることを示している。

(3) 耐酸、耐アルカリ性

化学工場方面の電気機器に使用される場合、ホルマール皮膜の耐酸、耐アルカリ性が問題となる。JIS 規格にも「同一ボビンから長さ約15 cmの試験片3本をとり常温のベンゾール (90%以上) 硫酸 (比重 1.2) および苛性ソーダ水溶液 (比重 1.1) 中にそれぞれ 24 時間浸したときいずれも皮膜にアワまたはフクレを生ぜず、かつこれを取り出し直ちに爪先で1回こすつたとき導体が現われる程度、皮膜がはがれてはならない」と規定されている。よつて油性エナメル線、ホルマール線を硫酸、塩酸、硝酸および苛性ソーダにそれぞれの時間浸漬し検討を行つ



第6図 巻付したエナメル線の耐フレオン試験

Fig. 6. Freon Resisting Property of Bending Enameled Wires

第15表 籠形磨耗試験機の仕様

Table 15. Specification of Abrasion Tester of Cage Type

回転調車直径	180 φ
磨耗棒本数	24 本
磨耗棒直径	8 φ
調車回転数	12 rpm
試料課電圧	D.C. 12 V

第16表 各種溶剤 ($60 \pm 3^\circ\text{C}$) 浸漬後の耐磨耗性 (磨耗回数)

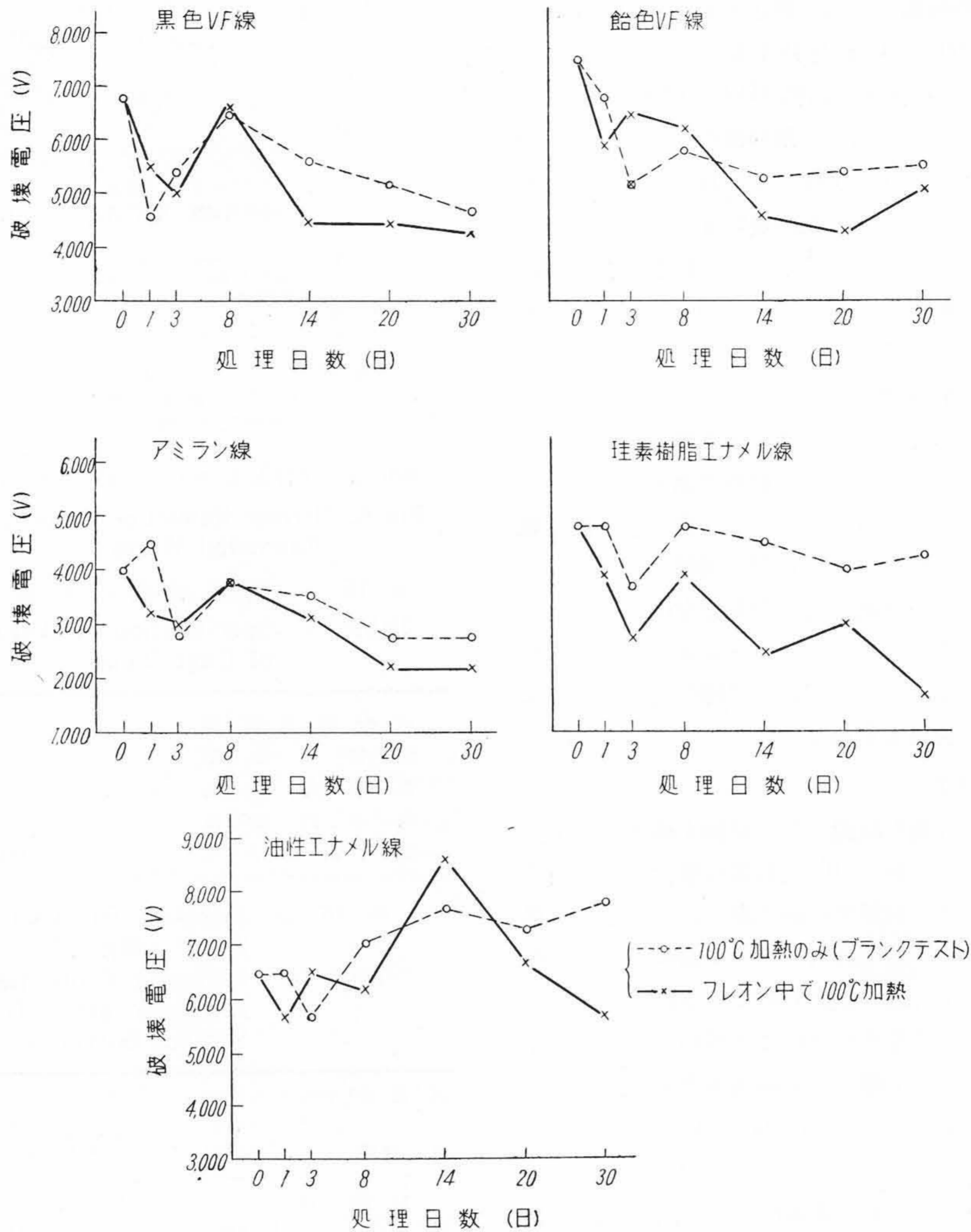
Table 16. Resisting Properties against Abrasion after Dipping in Various Solvents

試料	浸漬時間	90%ベンゾール	ソルベント+ナフサ	ガソリン	ベンゾール+ターペンテン	ベンゾール+ナフサ	ベンゾール+テレピン	ベンゾール+ガソリン
黒色ホルマール線	常態	18						
	10 mn	測定	847	—	—	116	—	533
	30 mn	測定	636	—	606	1	498	305
	1 h	不能	540	1,037	387	—	137	39
	3 h	不能	366	649	417	—	25	26
鉛色ホルマール線	常態	12						
	10 mn	測定	75	—	153	測定	150	148
	30 mn	測定	75	—	89	測定	73	66
	1 h	不能	5	95	6	不能	31	1
	3 h	不能	—	109	—	不能	—	—
6 h	不能	—	—	—	不能	—	—	

第17表 供試線の種類と寸法

Table 17. Type and Size of Testing Wires

試番	種類	導体径 (mm)	仕上外径 (mm)	皮膜厚 (mm)
No. 1	鉛色ホルマール線	0.500	0.544~0.555	0.025
2	黒色ホルマール線	0.500	0.548~0.550	0.026
3	油性エナメル線	0.500	0.545~0.550	0.024
4	アミラン線	0.500	0.550~0.570	0.028
5	珪素樹脂エナメル線 (DC-1360)	0.495	0.533~0.540	0.021



第7図 100°C のフレオン No. 12 中に保持後の破壊電圧

Fig.7. Breakdown Voltage after Holding in Freon No. 12 of 100°C

た。その結果を第18表～第20表に示す。

規格値の硫酸 (比重 1.2), 苛性ソーダ (比重 1.1) に対しては 6 日後に至るも両者とも異状はなかつたので、さらに試験条件を苛酷にするため、その比重を大きくしたところ硫酸の比重 1.3 まではいずれも異状なく、硫酸、塩酸の比重 1.1 に対して油性エナメルは 24 時間異状ないが、ホルマール線は 24 時間でやや軟化する。苛性ソーダの場合、常温では比重 1.4 まで両者とも異状なく良好である。つぎに比重 1.2 の苛性ソーダ水溶液を 60°C に加熱し検討した結果、油性エナメル線は浸漬 30 分にして上層皮膜が剥離し、1 時間後には完全に剥離してしまふ。ホルマール線は 1 時間後に至るも全然異状を認めない。以上の結果より耐酸性は油性エナメル線がややすぐれ、耐アルカリ性はホルマール線がすぐれていることがわかる。

(4) 耐パラフィン性

ホルマール線の需要増大につれてパラフィンと共用されることも考えられるので、皮膜の耐パラフィン性をパラフィンに浸漬後の破壊電圧、高温軟化性について検討した。

(A) 破壊電圧

鉛色および黒色ホルマール線を 2 箇撚り合せ 80, 100°C に加熱したパラフィン中に 10 分, 30 分, 1, 3, 6 時間それぞれ浸漬し、取出し直後の破壊電圧および皮膜の変化状態を調べた。その結果を第21表に示す。パラフィン処理しても破壊電圧はむしろ常態より上昇しており低下することはない。これはワニス処理の場合と同一現象であり、同時にパラフィンの構造からみてより安全であることが考えられる。皮膜の状態もなんら変化を示さない。

第 18 表 浸漬日数を変えた場合の耐酸，耐アルカリ性

Table 18. Change in Resistance to Acid or Alkali according to Dip-of Days

アルカリ 酸の種類	比重	浸漬 日数	油性エナメル線				黒色ホルマール線				鉛色ホルマール線			
			No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6	
			布	爪	布	爪	布	爪	布	爪	布	爪	布	爪
硫酸	1.2	1	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		3	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		6	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
苛性ソーダ	1.1	1	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		3	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		6	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし

第 19 表 各種エナメル線の耐酸性
Table 19. Resistance to Acid of Various Enameled Wires

酸の種類	比重	浸漬 時間 (h)	油性エナメル線				黒色ホルマール線				鉛色ホルマール線			
			No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6	
			布	爪	布	爪	布	爪	布	爪	布	爪	布	爪
硫酸	1.2	0.5	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		1	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		6	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		24	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
硝酸	1.1	0.5	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		1	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		6	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		24	異常	なし	ふくれ	×	ふくれ	×	ふくれ	×	ふくれ	×	ふくれ	×
塩酸	1.1	0.5	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		1	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		6	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
		24	異常	なし	ふくれ	×	ふくれ	×	ふくれ	×	ふくれ	×	ふくれ	×

注 記号 ◎異常なし ×剥離

第 20 表 各種エナメル線の耐アルカリ性
Table 20. Resistance to Alkali of Various Enameled Wires

アルカリ	比重	処理条件	浸漬時間 (h)	油性エナメル線				黒色ホルマール線				鉛色ホルマール線			
				No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6	
				布	爪	布	爪	布	爪	布	爪	布	爪	布	爪
苛性ソーダ	1.1 より 1.4	常 温	0.5	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
			1	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
			6	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
			24	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし	異常	なし
苛性ソーダ	1.2	60°C 加熱	0.5	◎	○	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
			1	○	×	○	×	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

注 記号 ◎異常なし ○一部剥離 ×剥離

(B) 高温軟化性

供試線 2 本をコノ字形に曲げ，高温ワニスで検討した場合と同一方法で 100±3°C および 120±3°C のパラフィン中に 6 時間保持し短絡の有無および破壊電圧を測定した。その結果を第 22 表 (次頁参照) に示す。この場合も常態時となんら変ることなくきわめて良好な結果をえた。

以上によりホルマール皮膜はパラフィンに対してきわめて安定したものであることがわかる。

(5) 耐油性

ホルマール線を変圧器に使用する場合，皮膜の耐油性を検討しておくことが必要である。そこで 0.8mm ホルマール線および参考までに 0.8mm 油性エナメル線をピッチ 10mm に撚り合せ，25mm 径の木管に並列緊密に巻付けた試料を規格⁽³⁾に指定された絶縁油 (JIS C 2320) の 105°C±5°C 中に 55 日間浸漬し，そのままの状態に 500V メガーにより絶縁抵抗を測定した。また 55 日継続処理後常温にもどし破壊電圧をも求めた。

さらに供試線を単線のまま上記温度の絶縁油中に 55 日間浸漬した後の巻付，耐磨耗性の変化を調べた結果が第 23 表および第 24 表 (次頁参照) である。表にみられるように，ホルマール線は諸特性とも変化がきわめて少く，問題ないといえる。油性エナメル線は絶縁抵抗，破壊電圧は良いが皮膜の機械的特性が著しく低下し使用に耐えないことがわかる。

[V] 結 言

以上のようにホルマール線を使用するに当り重要な諸性能，たとえば熱軟化，常温，高温の溶剤，ワニスについて簡単な布，爪でこする方法，2 箇撚りおよび高温加圧状態でワニス処理する方法などで破壊電圧を求めて検討した結果，ホルマール線は 140°C のワニス処理に十分耐えることが確かめられた。

第21表 パラフィン処理後の皮膜状態と絶縁耐力
Table 21. Condition of Film and Breakdown Voltage after Dipping in Paraffin

パラフィンの温度	浸漬時間	餡色ホルマール線				黒色ホルマール線			
		B.D.V. (V)		皮膜の変化		B.D.V. (V)		皮膜の変化	
		平均値	標準偏差	布	爪	平均値	標準偏差	布	爪
80°±3°C	無処理	5,540	616	異常なし	5,320	661	異常なし		
	10 mn	7,590	558		8,380	898			
	30 mn	7,530	1,304		8,060	1,125			
	1 h	8,340	802		9,630	687			
	3 h	7,800	1,100		8,860	831			
	6 h	9,040	853		9,450	1,084			
100°±3°C	無処理	5,540	616	異常なし	5,320	661	異常なし		
	10 mn	8,520	802		8,920	1,201			
	30 mn	8,760	405		9,340	949			
	1 h	7,590	1,140		8,170	1,316			
	3 h	8,600	344		7,820	705			
	6 h	9,660	851		8,980	465			

注 測定時室温 31~34°C, 湿度 64~72% (10回の平均値)

第22表 パラフィン中における高温軟化性
Table 22. Softening Properties in High Temperature Paraffin

試番	常態		100°C		120°C	
	軟化	B.D.V. (V) (平均値)	軟化	B.D.V. (V) (平均値)	軟化	B.D.V. (V) (平均値)
餡色ホルマール線	0/5	5,050	0/5	5,950	0/5	5,780
黒色ホルマール線	0/5	4,980	0/5	5,730	0/5	5,830

注 軟化試験の結果は分数で表わしてあるが、分母は試験回数を、分子は短絡した回数を示す。

第23表 105°絶縁油 (JIS C 2320) 中に55日間加熱後の各種エナメル線絶縁抵抗
Table 23. Insulating Resistance after 105°C Heating with Insulating Oil During 55 Days

処理日数	0.8 mm 餡色ホルマール線	0.8 mm 黒色ホルマール線	0.8 mm 油性エナメル線
無処理	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上
105°C 上昇直後	14(MΩ)	24(MΩ)	67(MΩ)
1 日後	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上
11 日後	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上
46 日後	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上
55 日後	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上
55日後加熱、停止常温に戻した時	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上	100(MΩ)以上

また耐フロン性、耐酸、耐アルカリ性、耐油性などについて、処理による諸特性の劣化状態を吟味したが、いずれの場合も今回の検討範囲では問題がない。今後さらに苛酷な試験方法で長時間の検討を行う考えである。

最後に本研究に種々御指導を賜った日立製作所日立絶縁物工場日月工場長、日立研究所鶴田博士、同高野憲三

第24表 105°C 絶縁油 (JIS C 2320) 中に55日間加熱後の巻付絶縁耐力および耐摩耗性
Table 24. Bending, Breakdown Voltage and Resisting Property against Abrasion after 105°C Heating with Insulating Oil During 55 Days

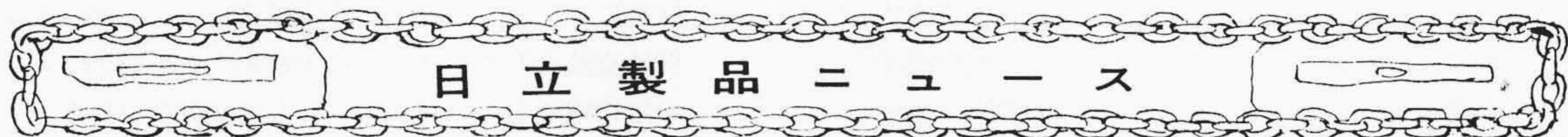
項目	0.8 mm 餡色ホルマール線	0.8 mm 黒色ホルマール線	0.8 mm 油性エナメル線
巻付	1 倍	クラック	クラック
	2 倍	クラック	クラック
	12 倍	--	--
	20 倍	--	クラック
	25 倍	--	クラック
絶縁耐力	5,070 V	6,230 V	6,300 V
耐摩耗性	処理前の磨耗回数	70	68
	処理後の磨耗回数	63	56

注 耐摩耗性は NEMA 式 W 520 g で 1% 伸張後測定した。

氏、日立電線工場斎藤工場長、山野井部長ならびに御協力を願つた萩野幸夫、古賀正臣、植木忍、梅森厚史の諸氏に深謝申し上げる。

参考文献

- (1) 間瀬, 萩野: 日立評論 35 83 (昭 28)
- (2) JIS C3202 エナメル銅線規格
- (3) JIS C3203 ホルマール銅線規格
- (4) NEMA 規格
- (5) 増沢: 日化 第6年回 94 (昭 28)
- (6) W. Patnode, E. J. Flynn, J.A. Weh: Ind. Eng. Chem. 31 1063, 1939
- (7) 間瀬: 電気三学会支部連合大会 (昭 28-11)
- (8) 間瀬, 矢田: 電学法 74 797 (昭 29-7)
- (9) 間瀬: 工化 56 271 (昭 28)
- (10) 間瀬, 萩野: 工化 57 40 (昭 29)
- (11) 鶴田, 間瀬, 高野: 日本特許 201462
- (12) 白井, 松島, 才川: 日立評論 36 95 (昭 29-4)

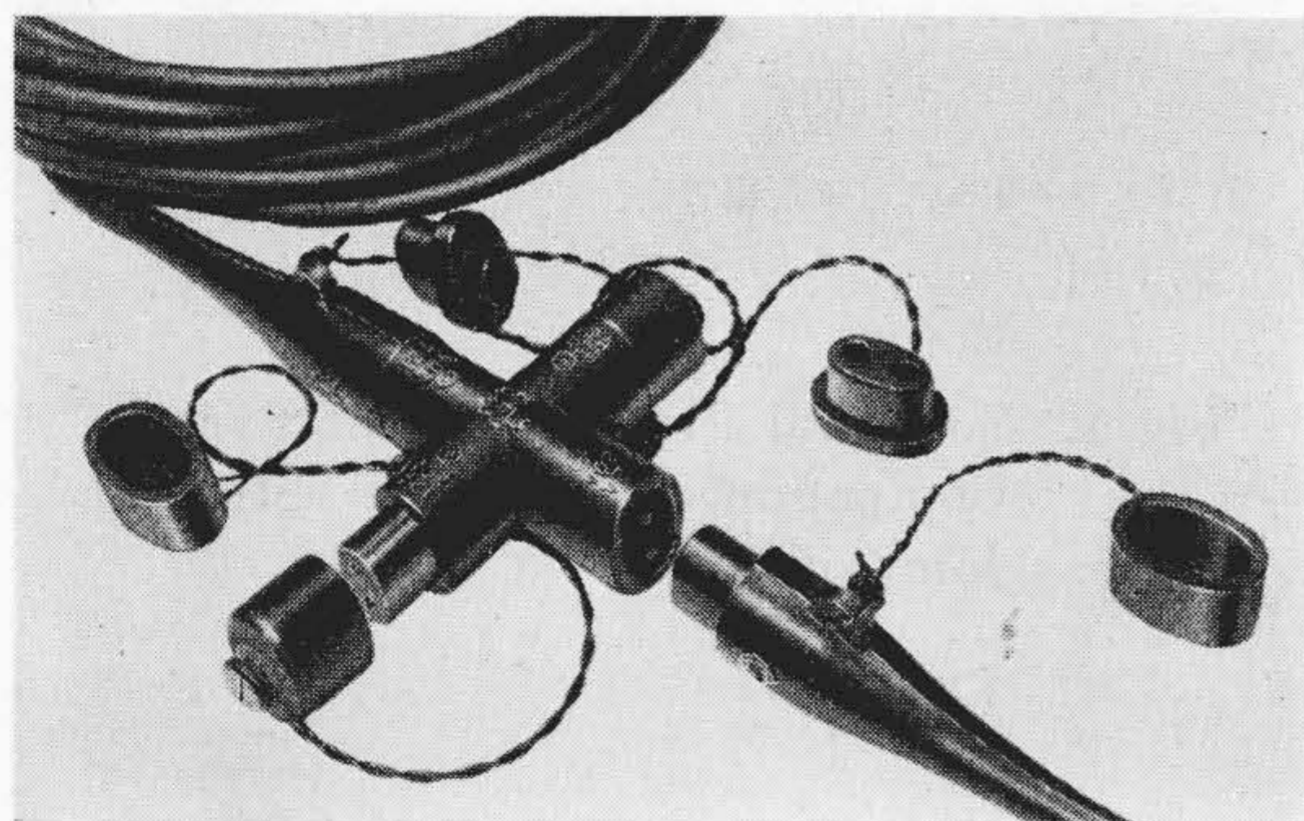


接続器付キャブタイヤケーブル
Cabtyre Cable with Connectors

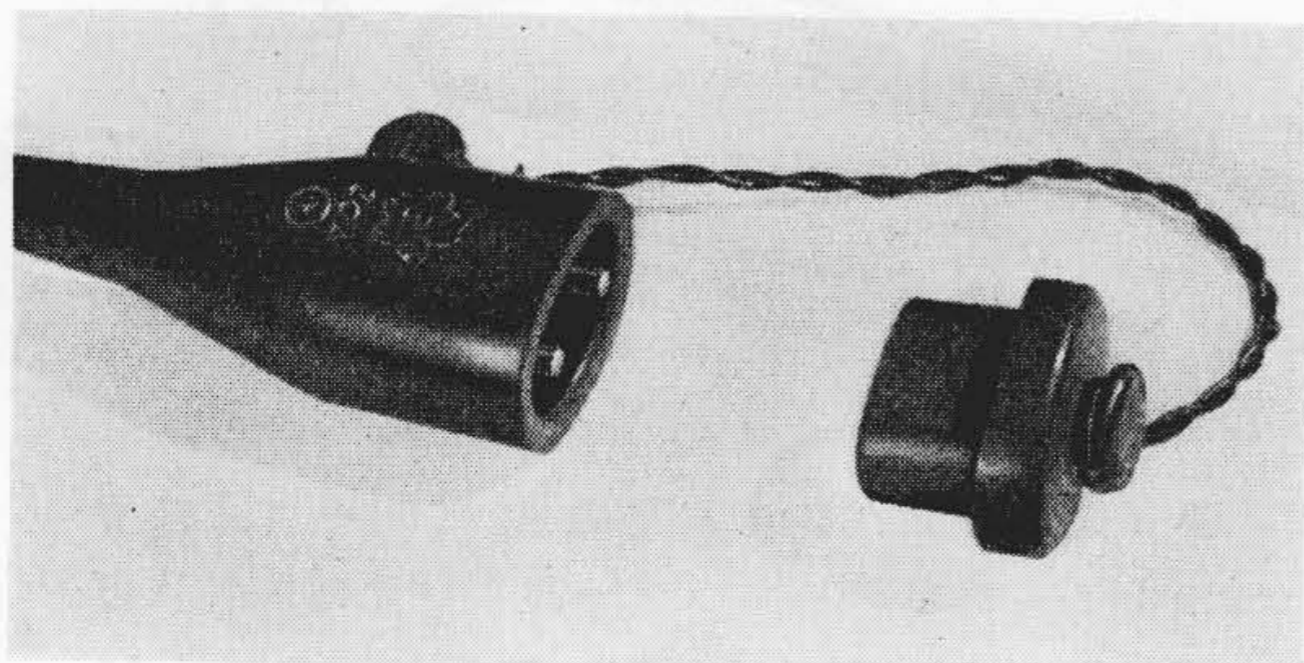
キャブタイヤケーブルは他のケーブルに比べて特に可撓性に富むので主に移動して使用される電力用ケーブルなどに適している。携帯用電気機器に使用される場合はケーブルの接続および切離しが容易にできるものが必要なので、この目的のために日立製作所日立電線工場において今回接続器付キャブタイヤケーブルが製作された。

この接続器付キャブタイヤケーブルは第2図および第

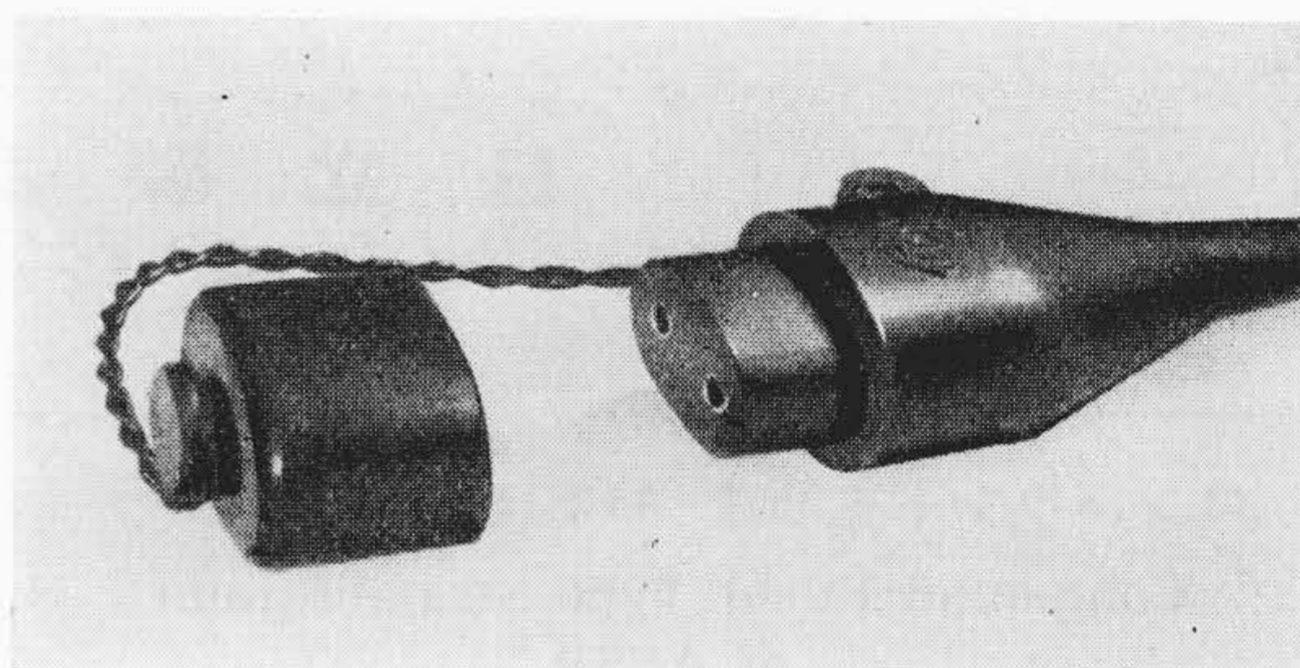
3図に示すプラグあるいはレセプタクルを有するネオプレンスキャブタイヤケーブルと第4図に示すアダプターによつて構成されている。ケーブルを接続する場合はプラグとレセプタクルを接続し、さらにアダプターを使用すれば分岐配線することもできる。



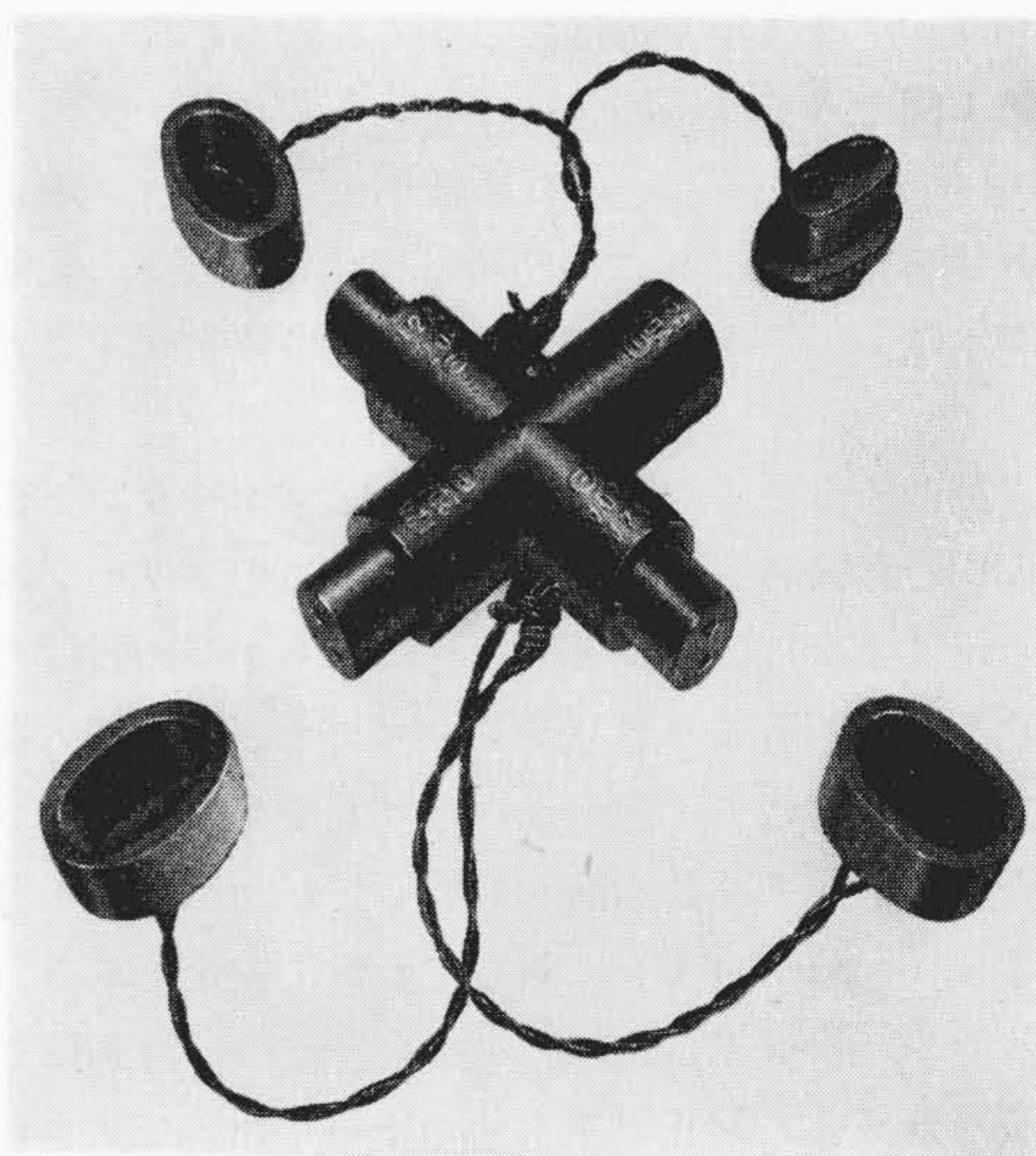
第1図 接続器付キャブタイヤケーブル
Fig.1. Cabtyre Cable with Connector



第2図 接続器プラグ
Fig.2. Connector Plug



第3図 接続器レセプタクル
Fig.3. Connector Receptacle



第4図 接続器アダプター
Fig.4. Connector Adaptor

接続器は各端子接続用導電金具の上に所要の厚さに天然ゴム絶縁体を施し、更にネオプレンをもつて完全に成型被覆されたものであり下記の性能を有している。

- (1) 差込式とし抜き差し容易な構造である。
- (2) 電氣的に完全であり下記の試験に適合する。

(A) 耐電圧試験

各端子の導体相互間及び導体大地間に 50 サイクルまたは 60 サイクルの 3,000V (定格600V) の交流電圧を 1 分間加電しこれに耐えること。

(B) 絶縁抵抗試験

上記試験終了後たゞちに導体相互間および導体大地間に 100V 以上の直流電圧を 1 分間充電の後測定した絶縁抵抗は 20°C において 1,000 MΩ (ケーブルの定格 800 MΩ/km) 以上とする。

(C) 接続部電気抵抗試験

各接続部の電気抵抗はケーブル定格電気抵抗の 120 % 以下であること。

- (3) 十分な機械的強度を有し下記の試験に適合する。

(A) 抜き差し試験

各接続部は連続 50 回の抜き差し試験において導電金具の破損その他の異常を認めぬこと。

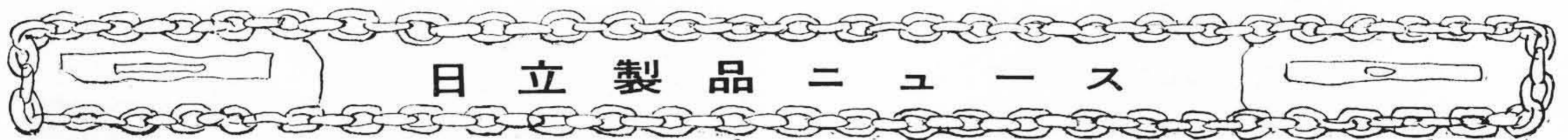
(B) 荷重試験

各接続部に所要の静荷重を加えても差込部が抜けぬこと。荷重は端子容量により異なり 35A 端子 (ケーブル 5.5 mm²) の場合は 8 kg, 20A 端子 (ケーブル 2.0 mm²) の場合は 5 kg である。

- (4) 耐水式とし浸水中において下記の電気試験に適合する。

各端子を接続のまま水温 24±8°C, 水深 50 cm の状態に 1 時間以上浸水し導体相互間および導体大地間に交流 50 サイクル又は 60 サイクルのケーブルの定格電圧を 1 分間加電しても異常がないこと。

接続器付キャブタイヤケーブルは外部被覆にネオプレンを使用しているため耐油, 耐酸, 耐アルカリおよび耐候性にすぐれている。さらに接続, 切離しが容易で短時間にしかも確実な操作ができるので一般携帯用電気機器用リード線, 野外携帯用照明装置の配線用ケーブルなどに使用されている。

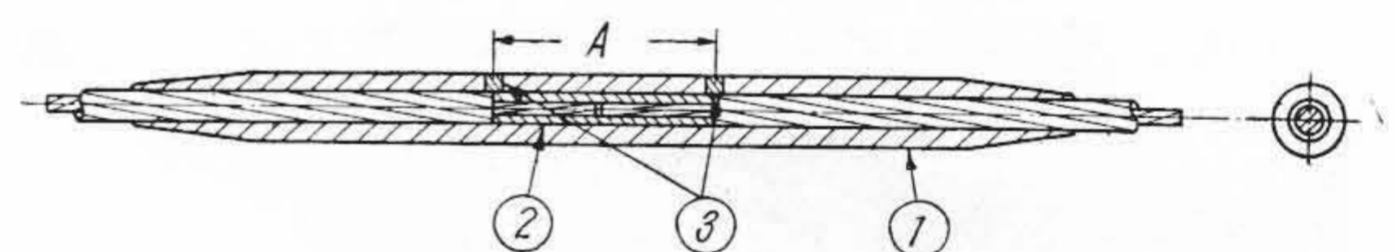


コンパウンド充填式 ACSR 直線スリーブ
Compound Filled Type Straight Joint
of ACSR

従来, ACSR の直線接続の場合は鋼スリーブ上部のアルミスリーブはアルミ線接続の際に圧縮されない。すなわち第 1 図で A 部は圧縮されないから鋼スリーブの上に空隙を生じている。このため使用中にスリーブ端より ACSR 素線間を通じてこの空隙部に雨水が浸入し, 冬期これが氷結してアルミスリーブの亀裂事故を起すことがある。

日立製作所はこの対策として, 今回コンパウンド充填式 ACSR 直線スリーブを製作した。このスリーブは第 2 図に示すようにアルミスリーブにあらかじめ設けたコンパウンド注入孔より日立ジンクロシーラーを注入器により充填したもので, 次のような特長をもっている。

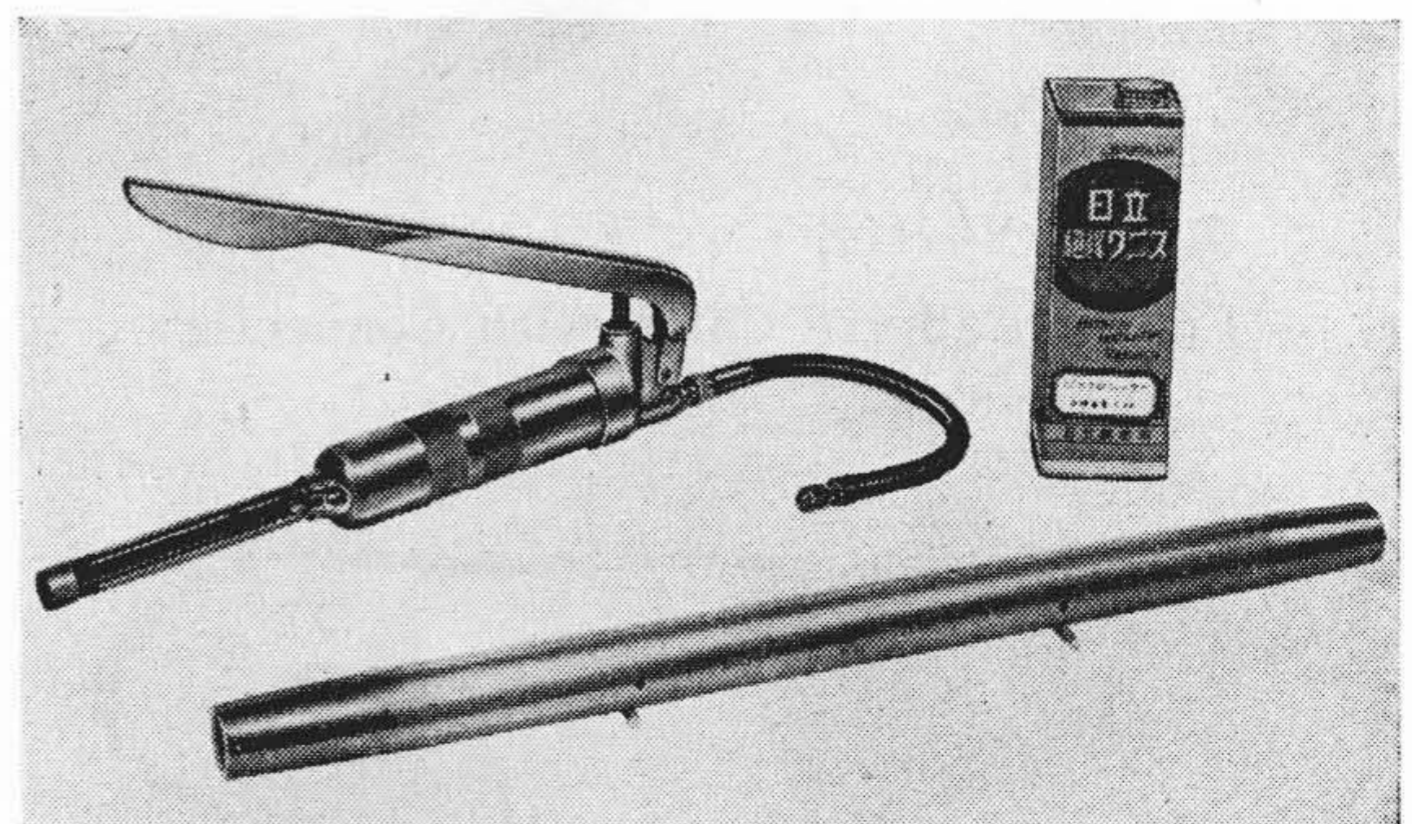
- (1) 空隙は完全な防水層を形成し, かつ広範囲の温度変化 (-30~90°C) に対しても常に安定である。
- (2) コンパウンド (日立ジンクロシーラー) は強靱な皮膜を形成し, 錆止効果も他の塗料に比べて大きい。
- (3) コンパウンドの充填操作が容易である。
- (4) 価格が低廉で経済的である。



① アルミスリーブ ② 鋼スリーブ ③ コンパウンド注入孔

第 1 図 コンパウンド充填式スリーブの接続断面図

Fig. 1. Sectional Figure of Joint Part by Compound Filled Type Straight Joint of ACSR



第 2 図 コンパウンド充填式スリーブ, 日立ジンクロシーラーおよび充填剤注入器

Fig. 2. Compound Filled Type Straight Joint of ACSR, Zinc Chromate Sealer and Injection Pump