

日立F種絶縁材料の二、三の特性

Some Properties of Hitachi Class F Insulating Materials

曾 根 康 夫*
Yasuo Sone

内 容 梗 概

電気機器の性能の向上, 小形軽量化のために, 電気絶縁材料として, 電気特性とくに耐熱性のすぐれたものが要望されている。日立製作所では, さきにF種コイル含浸用ワニスW I-292を完成したが, その後このワニスと同系統のサーモキッド系合成樹脂およびシリコンアルキド系の合成樹脂を用いて各種F種絶縁材料の製造について引続き研究し, 今回一連の製品の完成をみたので, それらの二, 三の特性について紹介した。

1. 緒 言

近時合成化学特に合成樹脂工業の著しい発達にともなって, 耐熱性のすぐれた各種の合成樹脂が続々発表されているが, これら新材料は必然的に電気工業へも盛に応用されつつある。このような結果, 従来の絶縁材料の耐熱区分にも種々不合理な点を生じ, 1957年 I. E. C. (International Electrotechnical Committee) によって従来の Y, A, B, H, C, の5種類の耐熱区分のほかに, さらに E, F, の2種が追加されて下記のように7種に細分された⁽¹⁾。

種 別	最高許容温度°C
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	180 以上

F種絶縁材料は I. E. C. の規定によっても, 純シリコン以外の合成樹脂を使用して製造できる絶縁材料のなかで, もっとも耐熱性の高いものである。最近は大形機器はもちろん, 汎用あるいは家庭用電気機器もますます性能の向上と小形軽量化への傾向が強くなり, このためすぐれた特性, 特に高度の耐熱性を有する絶縁材料が要望されているが, F種絶縁材料はこのような点からますますその重要性が高まってきた。日立製作所ではすでに数年前に耐熱性アルキド樹脂(日立ではサーモキッド系樹脂と称している)をベヒクルとするF種コイル含浸用ワニスW I-292を完成したが, その後引続いて同系統の樹脂を用いて, そのほかの絶縁材料の製造についても研究してきた。また耐熱性の特にすぐれたシリコンアルキドの合成ならびに応用についても研究し, 最近サーモキッド系およびシリコンアルキド系合成樹脂を用いた一連のF種絶縁材料を完成したので, それらの二, 三の特性について報告する。

2. F種絶縁ワニス

電気絶縁ワニスは用途別に分類すると, コイル含浸用, 布管用, 塗込み接着用, 仕上用などにわけられる。また日立F種絶縁ワニスでは使用する樹脂の種類によって, さらにサーモキッド系とシリコンアルキド系の二つにわけられる。次に用途別にわけて, それぞれの特性について述べる。ただし, 布管用ワニスはいずれもワニスクロスなどに加工して使用するので, ワニス単独の特性は省略する。

2.1 コイル含浸用ワニス

さきにサーモキッド系F種コイル含浸用ワニス W I-292 を完成し, このものの特性についてはすでに詳細に報告した⁽²⁾。その後引続いて耐熱性シリコンアルキドについても研究し, 今回H S-207を開発した。シリコンアルキドワニスは, シリコンとアルキドを共縮合したシリコンアルキドをベヒクルとするため, 耐熱性はシリコンワニスに劣るが, そのほかの特性, たとえば発泡性, 乾燥性, 熱軟化性などはシリコンワニスよりもすぐれている。また価格もサーモキッド系ワニスに比べると高いが, シリコンワニスに比べると著しく安価である。したがって 150°C 付近で使用するF種電気機器に使用すれば, すぐれた性能を発揮する。以下これらW I-292, H S-207の特性について述べる。

2.1.1 特性試験の方法

ワニスの安定性, 加熱減量以外は JIS-C 2103 によって測定した。ただし, 耐曲げ性試験片はいずれのワニスも1回塗布後 135°Cで12時間, 2回塗布後24時間乾燥して作成した。ワニスの安定性はガードナーホルト粘度計用のチューブにワニスを入れ, 50°Cで加熱したときの粘度(気泡の上昇時間)の変化で試験した。

加熱減量率は50×100mmのブリキ板の両面に, 耐曲げ性試験の場合と同じ条件で皮膜を作成し, このものを所定の温度の定温槽で所定期間加熱したときのワニス皮膜の重量減少率を測定した。

体積抵抗率, 絶縁破壊電圧, 誘電正接測定用試験片の作成方法は耐曲げ性試験の場合と同じである。なお, 体積抵抗率は直偏法 100V で測定した。絶縁破壊電圧は常態の場合は変圧器油中で, また高温の場合はヒマシ油中で測定した。誘電正接はシェーリングブリッジを用い60サイクル, 200V で測定した。

2.1.2 特性試験の結果

W I-292の特性についてはすでに詳細に報告⁽²⁾されているので, 本稿では主要な特性を第1表に示すにとどめる。表からわかるようにW I-292は加熱減量少なく, また耐熱屈曲性もすぐれている。W I-292は特に大形電気機器, 車両用モータ, 圧延機用モータ, クレーン用モータなどのコイル含浸用ワニスとして適している。

第2表に H S-207 の標準特性および特性試験結果の一例を示す。表からわかるように, 比重, 粘度, 不揮発分, 酸価, 厚さの付きかた, および常態の電気特性などは旧来の H S-206 と変りがない。第1図には, H S-207, H S-206 の 200°C 加熱による重量減少率曲線を示す。H S-207 は H S-206 に比べて耐熱性が向上していることは明らかである。第2図に H S-207, W I-292, および特B種アミナル系コイルワニスWA-308, サーモセット系コイルワニス W-2800A の乾燥皮膜の体積抵抗率と測定温度との関係を示す。図からわかるように, H S-207 はW I-292 ととも

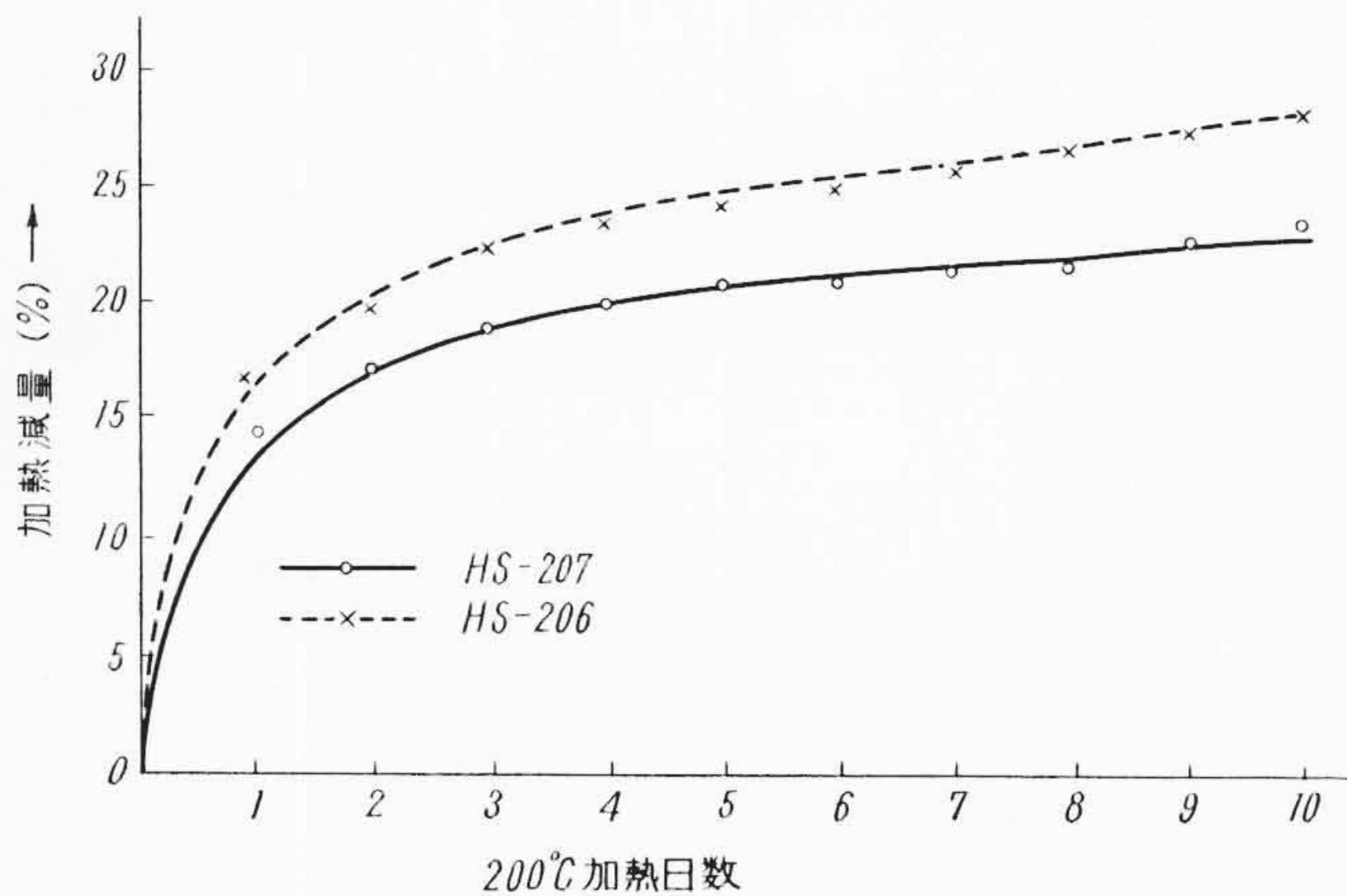
* 日立製作所山崎工場 工学博士

第1表 WI-292 の一般特性

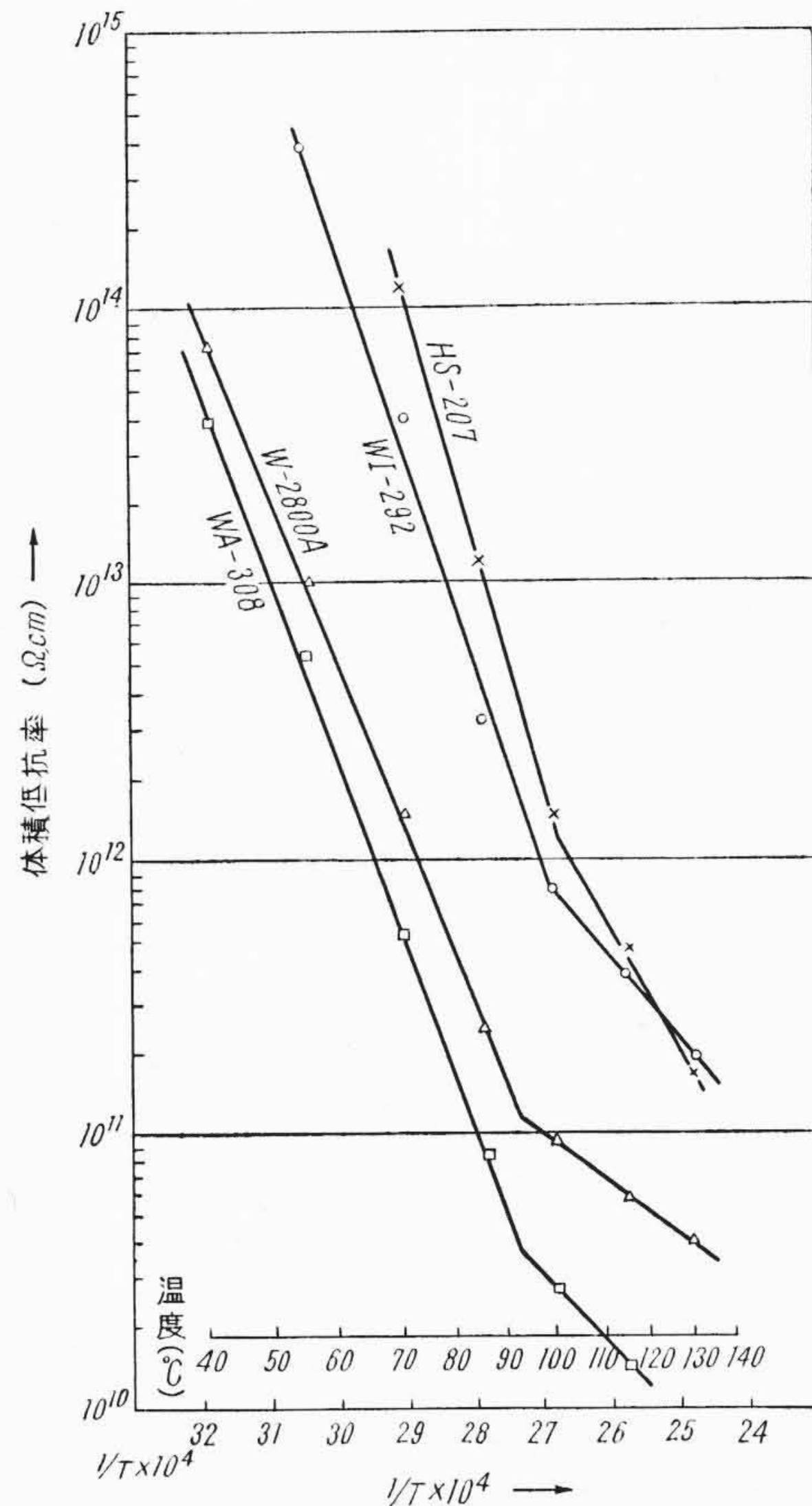
試 料		WI-292	WA-308	W-2800A
試験項目				
ワニス の状態	外 観	赤褐色透明	淡褐色透明	赤褐色透明
	比 重 20℃	0.915	0.962	0.932
	粘度(ポアス)30℃	1.38	0.82	1.01
	不揮発分 %	45.5	46.1	44.2
	酸 価 (レジン)	7.0	9.0	12.0
安 定 性		良 好	不 良	やや不良
乾 燥	乾燥時間	120℃	5.5	4.5
	(h)	135℃	3.0	2.5
		150℃	2.5	2.5
性	厚さの着き方	中央部(mm)	0.036	0.034
		下部(%)	114	126
耐 曲 げ 性	皮 膜 の 状 態		良	良(やや濃い)
	内部硬化性	120℃	(3)NG, (4)OK	(1/2)NG, (1)OK
	(h)	135℃	(2)NG, (3)OK	(1/2)NG, (1)OK
	耐熱軟化性	120℃	(3)NG, (4)OK	(1/2)NG, (2)OK
(150℃×1h)		135℃	(2)NG, (3)OK	(1/2)NG, (1)OK
(○内は加熱時間)				
耐 曲 げ 性	170℃	加熱日数	6 日	6 日
		曲げ径(日)	3φ NG, 4φ OK	3φ NG, 4φ OK
	180℃	加熱日数	2 日	2 日
		曲げ径(日)	4φ NG, 6φ OK	4φ NG, 6φ OK
皮膜の厚さ (mm)			0.092	0.089
加熱減量 (%) 200℃ 5日			18	48

第2表 HS-207 の 特 性

品 名		H S -207		H S -206
試 験 項 目		標 準 特 性	試験結果の一例	試験結果の一例
比 重 (25℃)		1.0±0.02	0.992	0.986
粘 度 (25℃) ポ イ ズ		2～5	4.4	4.2
不 揮 発 分 %		50±2	49.5	50.8
酸 価		<15	5.6	10.8
乾 燥 時 間 (135℃) h		< 3	1.5	1.5
厚さのつき方 { 中央部(mm)		>0.04	0.06	0.053
下 部(%)		<130	125	109
絶縁破壊の強さ { 常 態		>6.5	7.5	7.3
kV/0.1mm { 浸 水		>6	6.8	6.5
{ 高温 (155℃)		>5	7.5	—
体 積 抵 抗 率 { 常 態		>10 ¹⁴	3.4×10 ¹⁵	2.6×10 ¹⁵
Ω-cm { 浸 水		>10 ¹³	2.3×10 ¹⁴	1.8×10 ¹⁴
耐 曲 げ 性 { 175℃ 120h		3φ 異状ないこと	異状ない	100h 異状ない
{ (200℃ 48h)		3φ 異状ないこと	異状ない	—
加 熱 減 量 { 175℃ 24h		<10	6.5	12.0
% { (200℃ 72h)		(<25)	17.5	22.0
接着性(150℃ 5h 乾燥) kg/cm ²		—	23.0	—
安定性 (100℃ 24h)		粘度増加しないこと	異状ない	異状ない

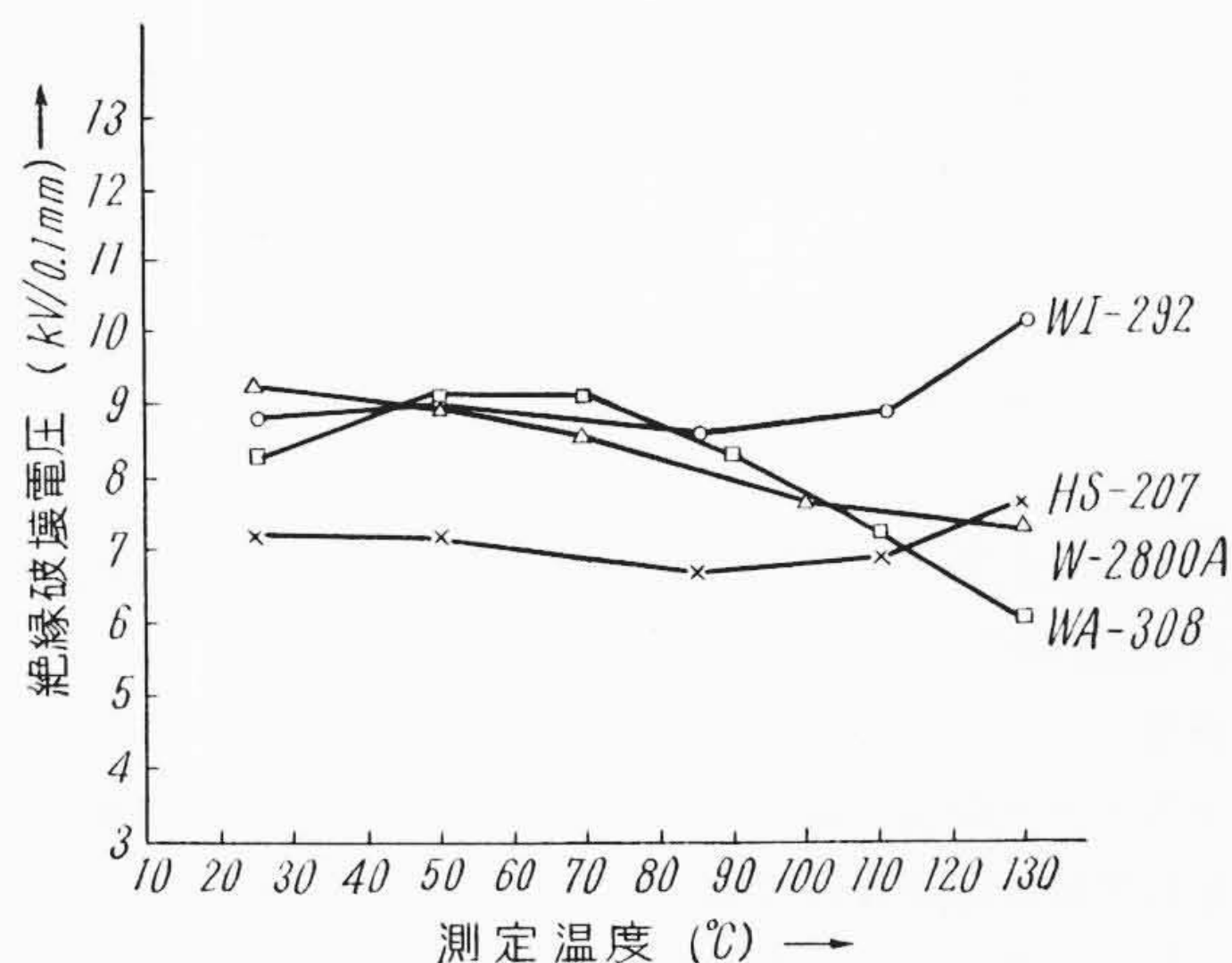


第1図 200℃における加熱日数と加熱減量との関係

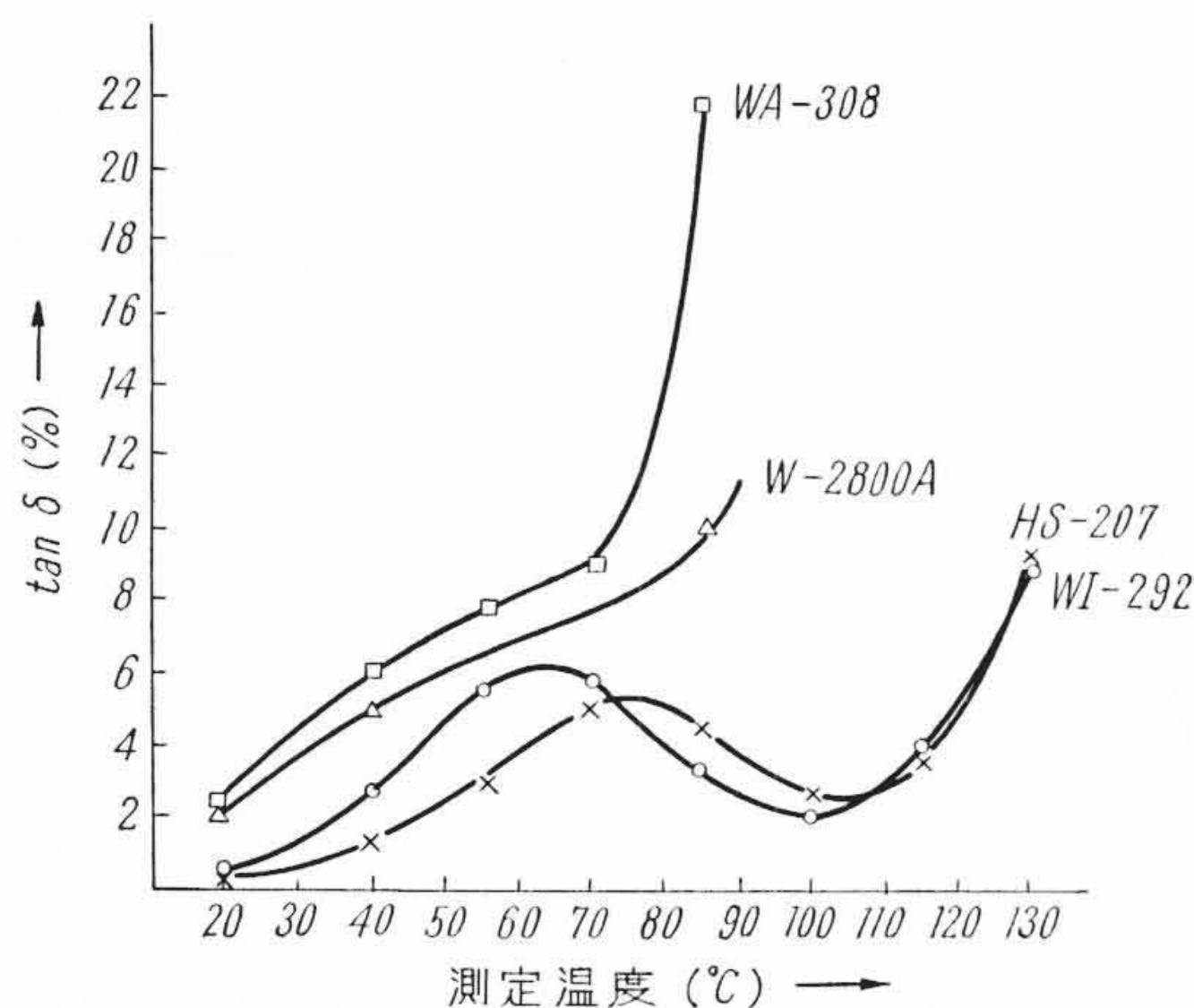


第2図 体積抵抗率と測定温度との関係

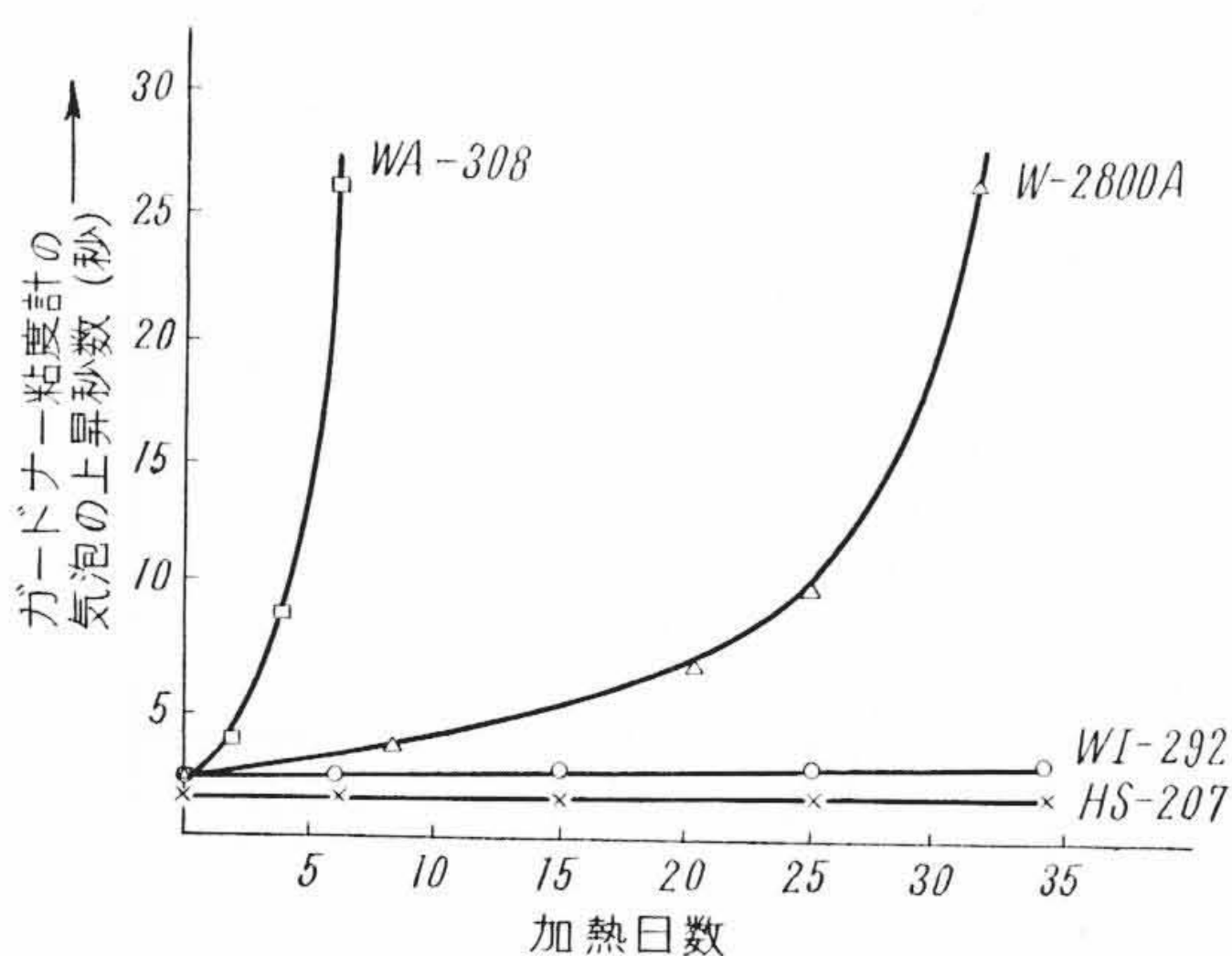
に広い温度域にわたって抵抗が高く、特に高温における抵抗の低下が少ない。第3図に HS-207, WI-292, WA-308, W-2800A の絶縁破壊電圧と測定温度との関係を示す。HS-207 は 100℃以下の温度では破壊電圧はやや低い、高温になっても低下せず、したがって高温では旧来の特B種ワニスよりもかえって破壊電圧が高くなる。このように破壊電圧がある温度以上では、温度とともに上昇する理由は今のところ不明であるが、このような現象は F 種絶縁ワニスとしては好都合である。第4図に各種ワニスの誘電正接の温度特性を示す。HS-207 は WI-292 とともに誘電特性が非常にすぐれている。第5図には各種ワニスを 50℃で加熱した場合の粘度変化を示すが、HS-207 は WI-292 とともに長期間加熱しても粘度が上昇せず、きわめて安定なワニスであることがわかる。コイル含浸用ワニスは実際に使用する場合、含浸タンクのなかで、乾燥コイルのため温度が上るので、安定性のよいこ



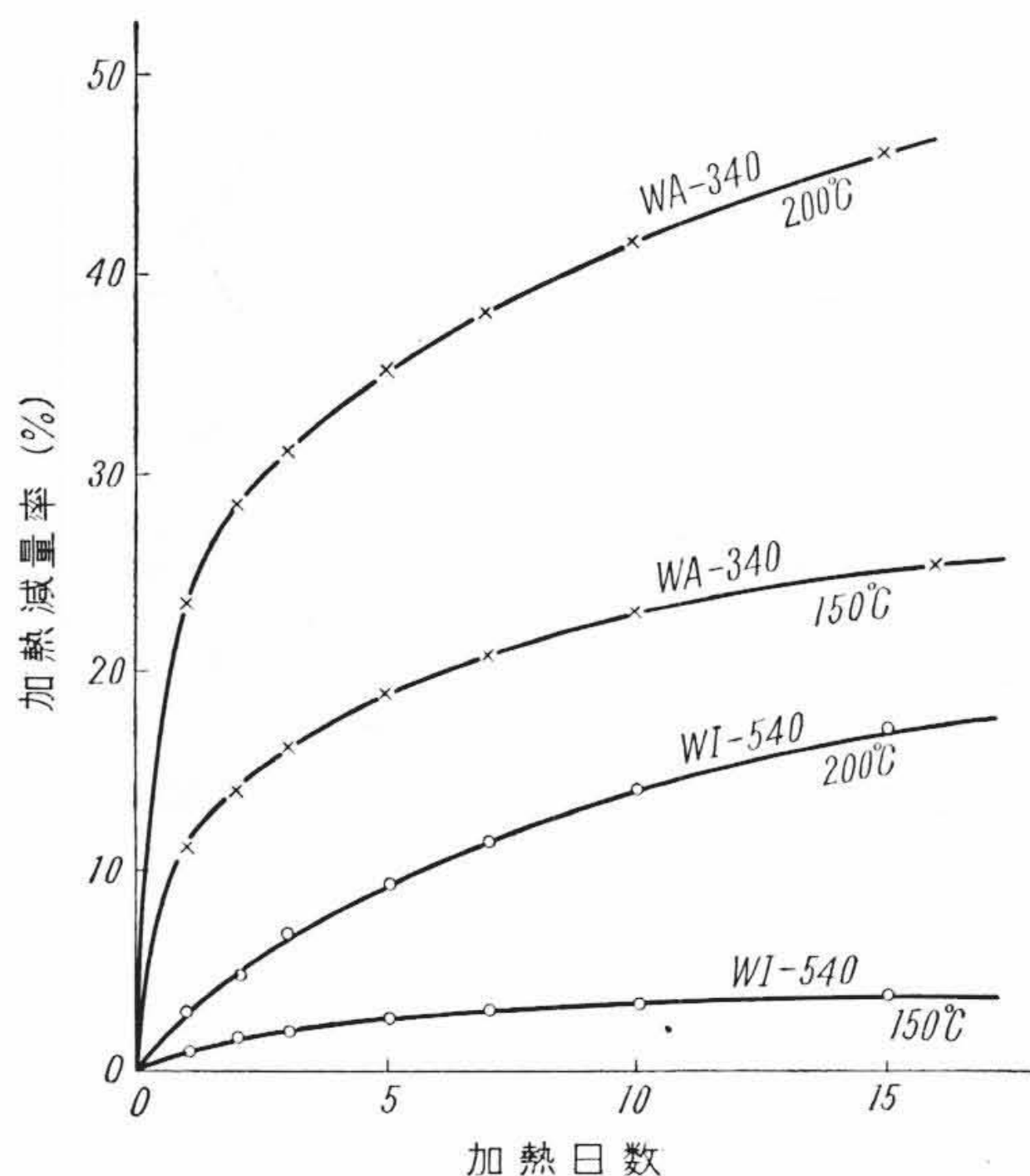
第3図 絶縁破壊電圧と測定温度との関係



第 4 図 誘電正接と測定温度との関係



第 5 図 50°Cにおけるワニスの粘度と加熱日数との関係



第 6 図 WI-540 および WA-340 の加熱減量と加熱日数との関係

とが大切であるから、HS-207はこの点できわめて管理しやすい。

2.2 接着用ワニス

接着用ワニスは素線絶縁工作时、耐熱マイカペーパーあるいは耐熱ガラスクロス of 塗り込み接着に使用されている。従来耐熱接着ワニスとして特B種のWA-340が使用されていたが、今回F種接着ワニスとして、サーモキッド系のWI-540とシリコーンアルキド系のHS-501が開発された。次にこれらワニスの特性を述べる。

第 3 表 サーモキッド WI-540 の標準特性

試験項目	WI-540		特 B 種 接着ワニス WA-340
	標準特性	試験結果の一例	
比重 (20°C)	0.96±0.03	0.955	0.990
粘度 (30°C) ポイズ	9~15	10.2	2
不揮発分 %	55±3	53.5	54
硬化乾燥時間 (135°C) h	<3.5	2	105度30分
厚さのつき方 {中央部mm 下部 %	>0.03 <140	0.091 120	0.04 118
体積抵抗率 {常 態 Ω-cm {浸 水 後	>10 ¹⁴ >10 ¹³	8.2×10 ¹⁵ 7.2×10 ¹⁵	6.4×10 ¹⁵ 4.1×10 ¹⁴
絶縁破壊の強さ {常 態 kV/0.1mm {浸 水 後	>9 >7.5	10.4 9.4	9.8 8.6
内部硬化性 (135°C) h	<3	2	—
耐熱軟化性 (150°C/h)	異状ないこと	異状ない	異状ない
耐油性 (120°C/24h)	異状ないこと	異状ない	異状ない

第 4 表 HS-501 の 特 性

	標準特性	試験結果の一例
外 観	淡黄褐色透明	淡黄褐色透明
比重 (25°C)	1.06±0.05	1.081
不揮発分 %	70±5	73.8
粘度 (50°C) ポイズ	60~80	62.4
乾燥時間 (150°C) h	<2.5	2
絶縁破壊の強さ kV/0.1mm	>6	7.3

第 5 表 WI-540 の 耐 熱 屈 曲 性
(皮膜厚さ 0.087±0.002mm)

ワニスの種類	WI-540			WA-340
加熱温度 °C	120	150	175	175
耐熱屈曲性	24h 3φ OK	10h 3φ OK	3h 3φ OK	0h 7φ OK
	30h 3φ OK	24h 3φ NG	10h 3φ NG	20h 20φ NG
	—	24h 5φ OK	10h 5φ OK	—
	—	5φ OK	5φ OK	—

2.2.1 特性試験の方法

接着用ワニスの一般特性試験法は、JIS-C 2103によった。

耐曲げ性、加熱減量の試験法は、前述のコイル含浸用ワニスの場合と同じである。

WI-540の接着力試験法は、JIS-C 2103-20 に準じて2枚の銅板を135°C、24時間、加熱接着し、20°Cにおいて接着力を測定した。またHS-501については、銅板あるいはガラステープを、温度および時間を変えて接着し、20°Cにおいて接着力を測定した。

2.2.2 特性試験の結果

第3表にWI-540の一般特性試験結果を示す。WI-540は特B種接着ワニスWA-340に比べて不揮発分は同じであるが、粘度が高く、また電気特性もややすぐれている。第4表にHS-501の特性を示す。このワニスはHS-207と同系統のワニスであるが、樹脂濃度が非常に高いのが特色である。したがって、粘度も非常に高い。耐熱性はHS-207と大体同じである。第6図にWI-540および比較のためWA-340の150°Cおよび200°Cにおける加熱減量曲線を示す。WI-540は旧来のワニスに比べると耐熱性が著しくすぐれており、たとえば150°Cで加熱すると重量減少率は数パーセントで一定となりF種としての耐熱性があることがわかる。第5表にWI-540の耐熱屈曲性を示す。塗り込み接着ワニスに、どの程度の耐熱屈曲性が必要であるかはまだ定説がないが、屈曲性のすぐれているほど好ましいのは当然である。第5表はWI-540の乾燥皮膜を種々の温度で加熱した場合のマンドレル試験の結果である。表から屈曲性は旧来のワニスよりさらに改良されていることがわかる。第6、7表にWI-540およびHS-501の接着強度を示す。第6表からWI-540の接着強度はほぼWA-340程度あり、また第7表からHS-501の接着強度もきわめてすぐれている

第6表 W I-540の接着強さならびに W A-340との比較
(単位 kg/cm²)

ワニスの種類	測定温度℃	40	60	90	120
W I-540		12.2	10.8	8.7	6.9
W A-340		10.7	10.0	9.2	8.3

第7表 H S-501の接着強さ (kg/cm²)

乾燥条件		ベース	
		銅板	ガラステープ
105℃	1h	—	13.9
135℃	1h	—	17.9
150℃	1h	10.0	18.1
150℃	5h	23.0	20.8
200℃	1h	30.9	ガラステープが切れる
200℃	3h	35.8	ガラステープが切れる

第8表 W I-180 の 特 性

試験項目	W I-180		W-180
	標準特性	試験結果の一例	
色	灰色	灰色	灰色
比重 (20℃)	1.1±0.2	1.049	1.1±0.2
不揮発分 %	60±10	54.6	60±5
硬化乾燥時間 (135℃)h	< 4	3.5	> 4
厚さのつき方 {中央部mm	>0.05	0.055	>0.05
下部 %	<140	125	<140
体積抵抗率 {常態	>10 ¹³	2.2×10 ¹⁵	>10 ¹³
Ω-cm {浸水	>10 ¹²	4.7×10 ¹⁴	>10 ¹²
絶縁破壊の強さ {常態	>3.5	4.9	>3.5
kV/0.1mm {浸水	>2.5	4.0	>2.5
耐曲げ性 (155℃ 3φ)h	>24	4.8	120℃24h
耐油性 (105℃ 6h)	異状ないこと	異状ない	異状ない
加熱減量 (175℃ 24h)	<10	8.0	—

第9表 H S-106 の 特 性

	標準性能	試験結果
外観	マルーン色	マルーン色
比重 (25℃)	1.0±0.2	1.010
不揮発分 %	60±10	58.5
厚さのつき方 {中央部mm	>0.04	0.055
下部 %	<140	132
指触乾燥時間 (135℃)h	<0.5	0.35
絶縁破壊の強さ {常態	>2.5	3.5
kV/0.1mm {浸水	>1.5	2.3
体積抵抗率 {常態	>10 ¹²	3.4×10 ¹³
Ω-cm {浸水	>10 ¹¹	2.1×10 ¹²

ことがわかる。

2.3 仕上げ用ワニス

仕上げ用ワニスは各種電気機器の主要部分に、組立後防じん、防湿、化粧仕上げなどの目的で使用されている。仕上げ用ワニスも車両用モータ、圧延機用モータ、クレーン用モータなどに使用されるものは特に耐熱性が必要である。従来は W-18、W-19、W-180 が B種以下の電気機器に使用されていたが、新たに F種仕上げ用ワニスとして、サーモキッド系の W I-180 およびシリコンアルキド系の H S-106 が完成した。

W I-180 は加熱乾燥形灰色エナメルで、着色材は顔料であるので、使用中変色する恐れはない。また H S-106 は H S-207 と同系統の耐熱性シリコンアルキドをベヒクルとするマルーン色のエナメルである。

2.3.1 特性試験の方法

いずれも、JIS-C 2103によって一般特性を測定した。

2.3.2 特性試験の結果

第8表に W I-180 の一般特性試験の結果を示す。W I-180 は

第10表 F種ワニスガラスクロスの標準特性

記号	厚さ(mm)		耐湿熱性 (80±3℃ 24h)	耐曲げ性 (180℃ -3φ)	引張荷重(kg)		絶縁破壊電圧 (kV)	
	公称	許容差			タテ	ヨコ	平均	最低
VG-□ [*]	0.10	0.10	+0.05 -0.10	絶縁皮膜 にはがれ を生じな い。	120h	> 8	> 7	> 5
	0.13	0.13	+0.02 -0.01		96h	>10	> 8	> 6
	0.18	0.18	+0.025 -0.02		96h	>16	>13	> 8
	0.25	0.25	+0.03 -0.02		72h	>22	>17	>10

^{*} F サーモキッド系 F2 シリコンアルキド系

第11表 F種ワニスガラスクロス(0.18mm)の
特性の一例

試料記号		VG-F	VG-F ₂	VG-D
ワニスの種類	サーモキッド		シリコンアルキド	特 B 種
厚さ (mm)	0.172		0.196	0.186
柔軟性 (mm, 20℃)	60.8		60.2	62.8
耐曲げ性 (180℃)	良好		良好	良好
引張り強さ (kg)	タテ ヨコ	31.3 17.2	26.5 15.7	34.4 18.5
絶縁破壊電圧 (kV)	常態 浸水後 130℃	9.6 4.3 5.2	11.2 4.84 8.4	9.5 5.12 3.2
耐油性		良好	良好	良好
耐油性試験後の絶縁破壊電圧(kV)		10.9	11.0	10.6
体積抵抗率 (Ωcm)	20℃ 50℃ 110℃ 170℃	1.71×10 ¹⁴ 2.96×10 ¹² 1.42×10 ¹⁰ 4.04×10 ⁹	3.78×10 ¹⁴ 1.13×10 ¹⁴ 1.95×10 ¹¹ 1.37×10 ¹⁰	7.58×10 ¹³ 1.62×10 ¹² 7.28×10 ⁹ 5.60×10 ⁹
誘電正接 (%、20℃)		5.11	3.61	6.28
誘電率 (20℃)		4.89	4.62	5.10
耐湿熱性	24時間 48時間 72時間	良好 良好 良好	良好 良好 良好	良好 良好 不良

電気特性がすぐれ、かつ加熱減量少なく、耐熱屈曲性もすぐれていることがわかる。したがって、W I-180 は長期使用後も乾燥皮膜に、ひび割れが発生することはない。第9表に H S-106 の一般特性を示す。H S-106 は耐熱性がすぐれているので、シリコンアルキド系絶縁の仕上げ用エナメルとして適している。

3. F種ワニスガラスクロス

従来H種につぐ耐熱性のワニスガラスクロスは、ガラスクロスに特B種クロス用ワニスを塗布したもので、高温における電気特性がやや悪い欠点があった。その後これらの欠点を改良するため種々研究の結果、耐熱性および電気特性のすぐれたサーモキッド系およびシリコンアルキド系クロス用ワニスが開発された。今回製品化されたF種ワニスガラスクロスは、これら耐熱クロス用ワニスを電気用無アルカリガラスクロスに塗布して、各種厚さに仕上げたものである。

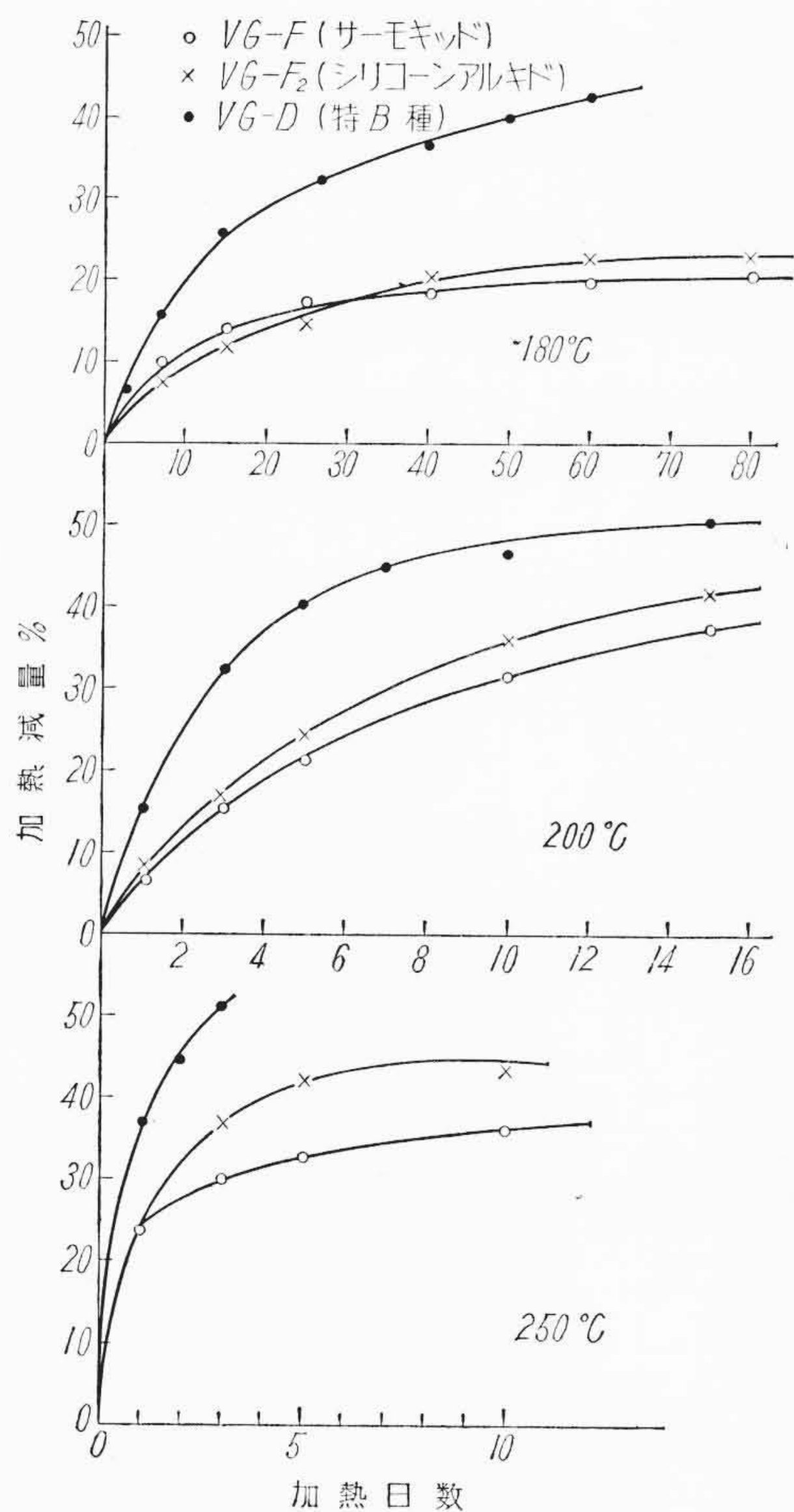
3.1 特性試験の方法

厚さ、引張り強さ、耐油性、耐湿熱性、柔軟性、耐曲げ性および絶縁破壊電圧の測定は、JIS-C 2121によった。

体積抵抗率の測定は、JIS-C 2103によった。なお誘電正接および誘電率はシェーリングブリッジにより、60 サイクル、200V で測定した。

3.2 特性試験の結果

第10表に日立 F種ワニスガラスクロス of 標準特性を示す。なおワニスガラスクロスの製品記号は、サーモキッド系ワニスを塗布したものを VG-F、シリコンアルキド系ワニスを塗布したものを VG-F₂、としているが、以下この記号にしたがって説明する。第



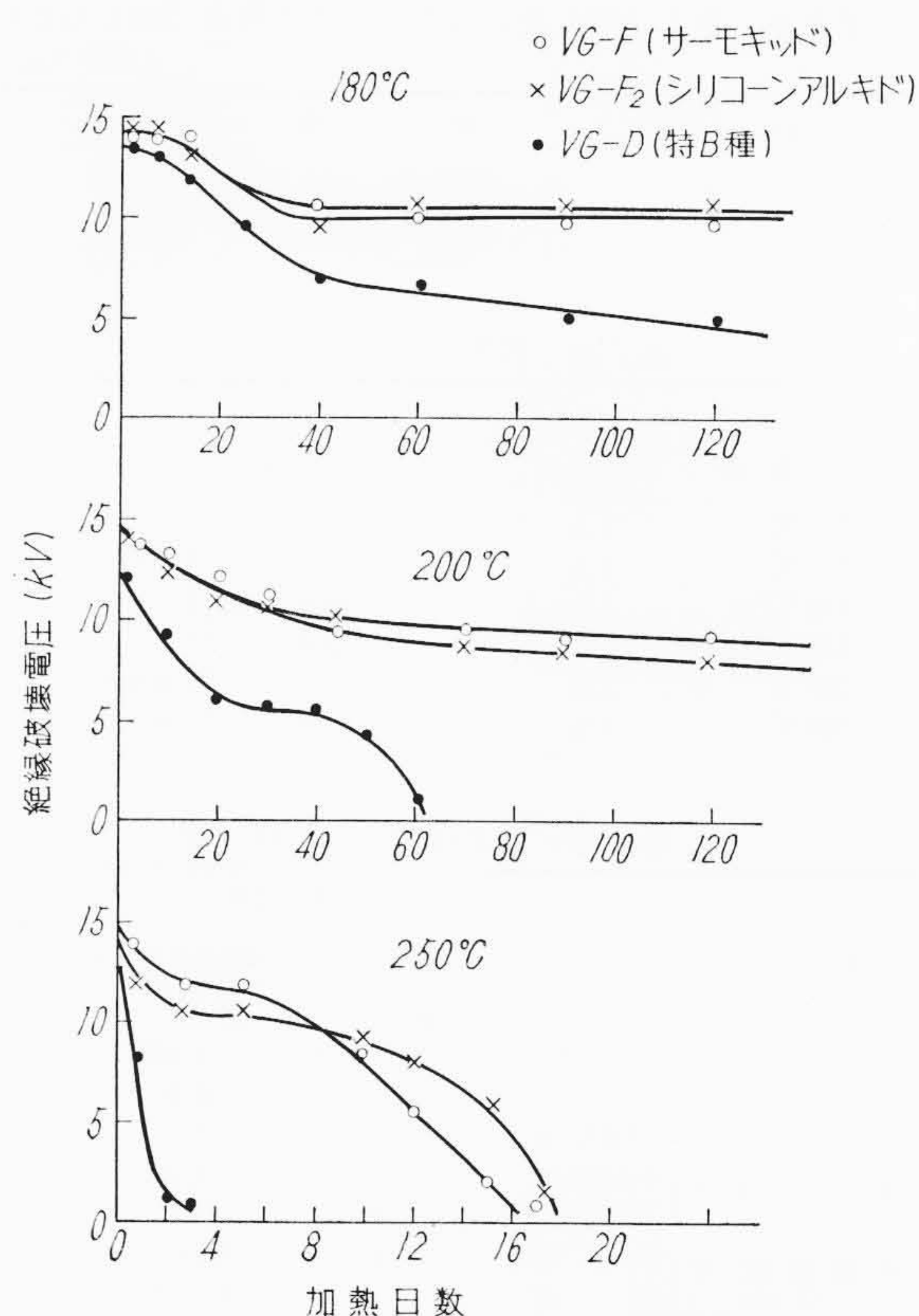
第7図 F種および特B種ワニスガラスクロス
の加熱減量と加熱日数との関係

11表に公称厚さ 0.18mm の VG-F (サーモキッド), VG-F₂ (シリコンアルキド) および VG-D (特B種) の特性試験結果の一例を示す。表からわかるように, F種ワニスガラスクロスの柔軟性は特B種と同程度で, 柔軟性に富んでいる。

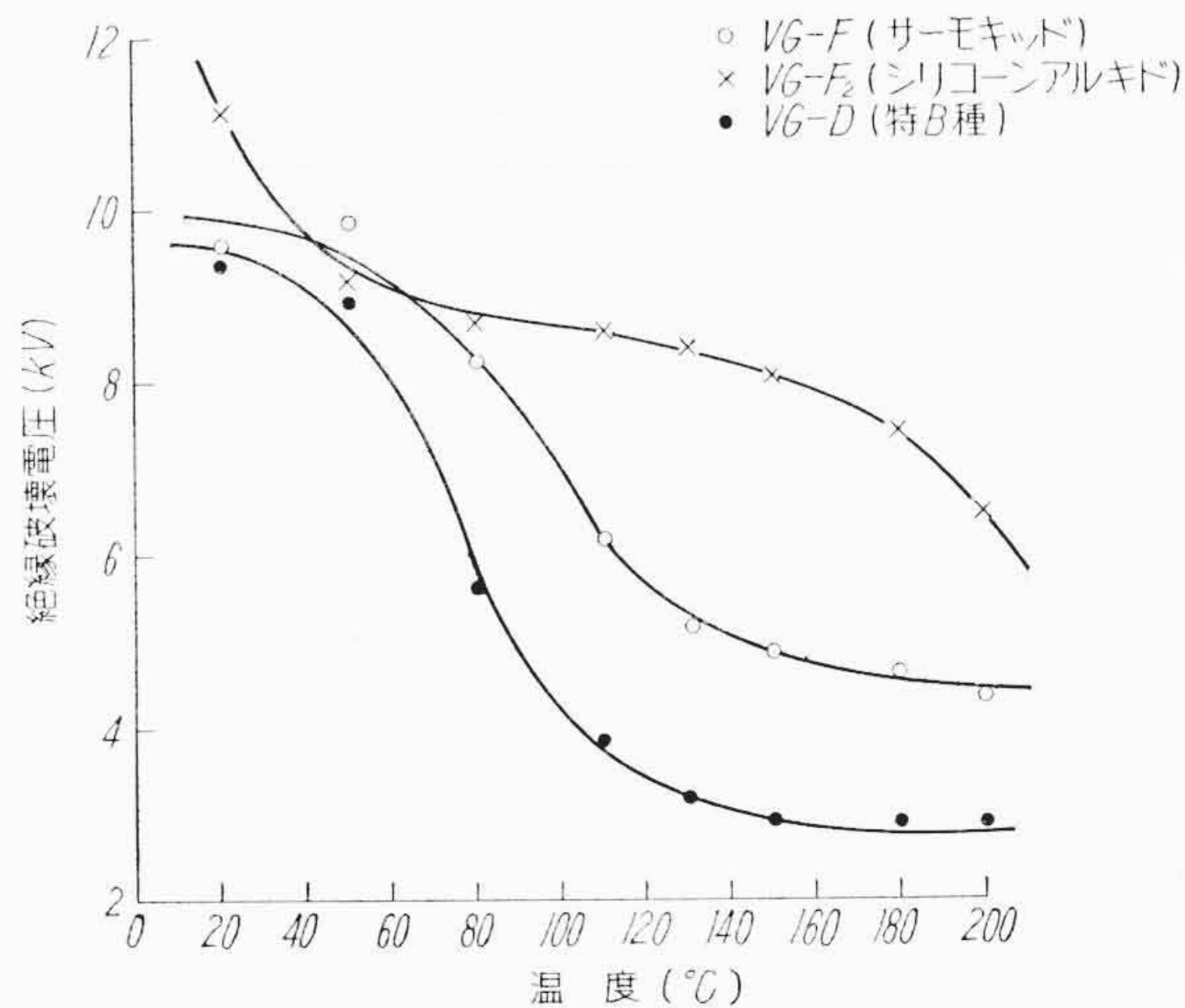
第7図に厚さ 0.18mm の VG-F, VG-F₂ および VG-D を 180, 200, 250°C で加熱した場合の加熱減量と加熱日数との関係を示す。図からわかるように VG-F, VG-F₂ とも耐熱性が非常にすぐれている。

第8図には厚さ 0.18mm の VG-F, VG-F₂, VG-D を 180, 200, 250°C で加熱した場合の加熱日数と常温における絶縁破壊電圧との関係を示す。この場合も F種ワニスガラスクロスは熱劣化による絶縁破壊電圧の低下が少なく, 特に 180°C で加熱しても 10kV 以下に低下せず, F種として十分な特性を有している。第9図は厚さ 0.18mm の VG-F, VG-F₂, VG-D の絶縁破壊電圧と測定温度との関係を示すが, F種ワニスガラスクロスは温度上昇による絶縁破壊電圧の低下が少なく, 特にシリコンアルキド系のものは 160°C 近くまではほとんど低下しない。第10図は厚さ 0.18mm の VG-F, VG-F₂, VG-D を 40°C, 90% RH の定湿槽中に入れ, 一定日数ごとに取出して, 絶縁破壊電圧を測定した結果であるが, いずれも耐湿性はすぐれている。

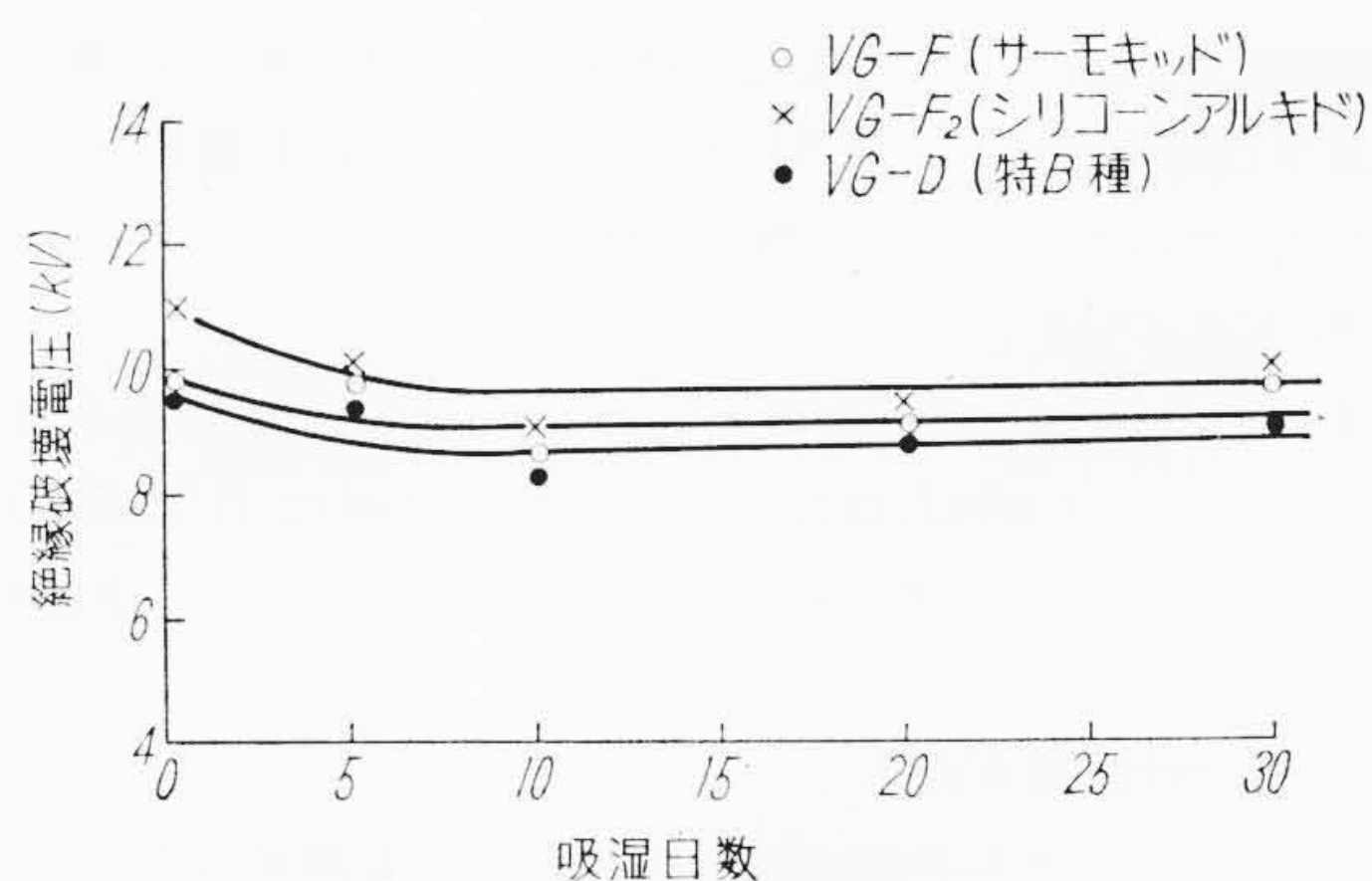
以上の特性試験の結果, VG-F, VG-F₂ は耐湿性, 耐熱性, 高温における電気特性などがすぐれ, F種絶縁材料として適當であることがわかる。なお VG-F₂ はケトン, 芳香族系溶剤には侵されやすいので取扱いには注意を要するが, WI-292 にはまったく侵されない。



第8図 F種および特種ワニスガラスクロスの
破壊電圧と加熱日数との関係



第9図 F種および特B種ワニスガラスクロスの
絶縁破壊電圧と測定温度との関係



第10図 F種および特B種ワニスガラスクロスの
絶縁破壊電圧と吸湿日数との関係

第12表 F種ガラスマイカ(軟質マイカの特性)

種 別	記 号	公 称 厚 度 mm	許 容 差 mm		マイカ 含有量 %	引張り強さ (縦 方 向) (kg/15 mm幅)	絶縁破壊電圧 kV	
			厚 度	平均厚さ			平均	最低
両面ガ ラスマ イカ	GMG-□-0.13	0.13	+0.09 -0.04	+0.02 -0.015	>25	>13	>2.0	>0.8
	GMG-□-0.18	0.18	+0.12 -0.06	+0.04 -0.02	>30	>14	>2.5	>1.3
	GMG-□-0.25	0.25	+0.15 -0.06	+0.05 -0.02	>35	>18	>3.8	>2.0
	GMG-□-0.40	0.40	+0.18 -0.08	+0.05 -0.03	>45	>23	>6.5	>3.5
	GMG-□-0.50	0.50	+0.20 -0.09	+0.06 -0.03	>50	>27	>8.5	>4.5
片面ガ ラスマ イカ	GM-□-0.10	0.10	+0.07 -0.03	+0.015 -0.01	>25	>8	>3.0	>1.0
	GM-□-0.13	0.13	+0.09 -0.04	+0.02 -0.015	>30	>11	>4.0	>1.5
	GM-□-0.18	0.18	+0.12 -0.06	+0.04 -0.02	>35	>12	>5.5	>2.5
	GM-□-0.25	0.25	+0.15 -0.08	+0.05 -0.02	>40	>13	>7.5	>4.0

* F サーモキッド系 F₂ シリコンアルキド系

第13表 F種ガラスマイカ(硬質マイカ)の特性

種別	記 号	組み合わせ	厚 度 (mm)		絶縁破壊電圧 (kV)		引張り強さ (kg/15mm幅)	
			公称	平均許 容差	平均	最低	縦	横
片面ガ ラスマ イカ	SL-GM-□-0.10	VG+マイカ	0.10	+0.015 -0.01	>1.8	>0.8	>7	>6
	SL-GM-□-0.13	VG+マイカ	0.13	+0.02 -0.015	>2.5	>1	>10	>8
	SL-GM-□-0.18	VG+マイカ	0.18	+0.04 -0.02	>3.5	>2	>11	>9
	SL-GM-□-0.25	VG+マイカ	0.25	+0.05 -0.02	>5.3	>3.2	>12	>10
両面ガ ラスマ イカ	SL-GMG-□-0.18	VG+マイ カ+VG	0.18	+0.04 -0.02	>2.5	>1.3	>14	>12
	SL-GMG-□-0.25	VG+マイ カ+VG	0.25	+0.05 -0.02	>3.8	>2	>18	>15
	SL-GMG-□-0.40	VG+マイ カ+VG	0.40	+0.05 -0.03	>6.5	>3.5	>23	>19

** F サーモキッド系 F₂ シリコンアルキド系

第14表 F種ガラスマイカの試験結果の一例

			片面ガラスマイカ (GM-0.10)		両面ガラスマイカ (GMG-0.13)	
			サーモキッド	特B種	シリコン アルキド	特B種
厚 度 mm	最 大		0.135	0.140	0.160	0.162
	最 小		0.08	0.087	0.095	0.096
	平 均		0.097	0.096	0.132	0.135
引 張 り 強 さ kg			12.0	11.8	15.1	17.0
絶縁破壊電圧 kV	常 態		4.8	4.2	2.6	2.55
	180°C 15日加熱		4.2	3.7	3.5	2.0
加 熱 減 量 %	150°C 30日加熱		5.89	7.31	5.1	7.5
	130°C 30日加熱		16.0	18.0	14.0	20.5

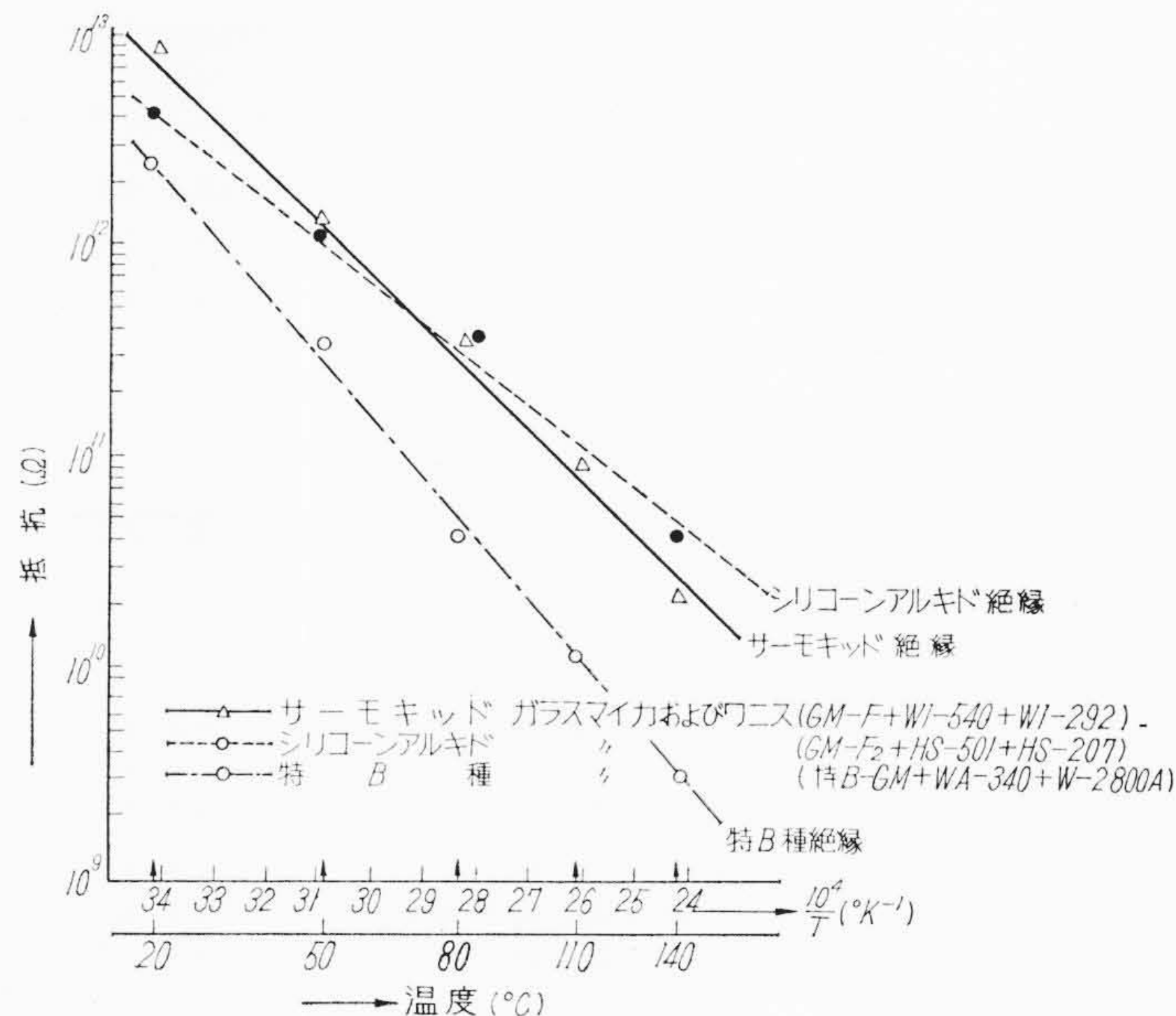
4. F種ガラスマイカ

ガラスマイカには、ハガシマイカをマイカ接着用ワニスを用いて電気用無アルカリガラスクロスに貼った片面ガラスマイカと、マイカ層をなかにして、その両側にガラスクロスをはった両面ガラスマイカの二種がある。

今回サーモキッド系およびシリコンアルキド系のF種マイカ接着用ワニスを開発し、これを用いて特性のすぐれたF種ガラスマイカを作成した。これらガラスマイカのうち、ガラスマイカテープとして使用するものは、巻付け性がよいように軟質マイカをガラスクロスにはり合わせたものである。またスロットライナ用として使用するものは硬質マイカをガラスクロスにはり合わせたものである。

4.1 特性試験の方法

片面ガラスマイカの一般特性は国鉄規格SA-231により、両面ガラスマイカは国鉄規格SA-233によって測定した。



第11図 全F種絶縁および全特B種絶縁モデルコイルの抵抗と測定温度との関係

4.2 特性試験の結果

第12表に軟質マイカをサーモキッド系あるいはシリコンアルキド系ワニスでガラスクロスにはり合わせた片面あるいは両面ガラスマイカの標準特性を示す。第13表には硬質マイカを用いたスロットライナ用片面あるいは両面ガラスマイカの標準特性を示す。第14表は軟質マイカを用いた公称厚さ 0.10mm の片面ガラスマイカおよび厚さ 0.13mm の両面ガラスマイカの特性の一例を示すが、いずれも 180°C 劣化による絶縁破壊電圧の低下ならびに加熱減量が少なくなることがわかる。

4.3 モデルコイル試験

第11図に全F種絶縁モデルコイルと全特B種絶縁モデルコイルのアース間抵抗の温度特性を示す。F種モデルコイルのうち一つはサーモキッド系絶縁で、ガラスマイカ GM-F-0.13、接着用ワニス WI-540、コイル含浸用ワニス WI-292 を組み合わせて絶縁したものである。ほかの一つはシリコンアルキド系絶縁で、ガラスマイカ GM-F₂-0.13、接着用ワニス HS-501、コイル含浸用ワニス HS-207 を組み合わせたものである。比較のため特B種のガラスマイカ、接着用ワニス、コイル含浸用ワニスを組み合わせたモデルコイルについても測定した。第11図をみてあきらかなように、F種モデルコイルは全温度域にわたって絶縁抵抗が高く、特に高温における抵抗の低下が少なく、F種絶縁として適切であったことがわかる。

5. F種ガラスパルプマイカ

最近集成マイカと称される新しいタイプのマイカ絶縁物が盛んに使用されるようになった。すでに、Delle 社からサマイカ G.E. 社からマイカマット、Mica Insulator 社からイソマイカ、国内でもこの種製品が市場にあらわれている。われわれのところではこの集成マイカについて研究した結果、最近特性のすぐれた一連の集成マイカ製品を完成した。日立ではこれらをパルプマイカと称している。これらパルプマイカは天然マイカ製品に比べて、厚さ、機械的特性、電気的特性などがはるかに均一であり、またシート状製品は柔軟性に富んでいるので電気工作作業がしやすいなど多くの特色がある。

パルプマイカの製造法を簡単に説明すれば、原料として電気用の

第 15 表 ガラスパルプマイカの標準特性

種 別	記 号	公称厚さ (mm)	許容差 (mm)		マイカ 含有率 (%)	引張り荷重 縦方向 (kg/15 mm幅)	絶縁破壊電圧 (kV)	
			厚さ	平均 厚さ			平 均	最 低
片面ガラス パルプマイカ	GU-F-0.10	0.10	±0.04	±0.02	>40	> 7	>1.5	>0.7
	GU-F-0.13	0.13	±0.04	±0.02	>45	> 8	>2.5	>1.0
	GU-F-0.18	0.18	±0.04	±0.02	>50	> 9	>3.5	>1.5

第 16 表 F 種ガラスパルプマイカの特性の
測定結果の一例

種 類	はり合 せかた	公称 厚さ (mm)	厚さ各点 (mm)	マイカ 含有率 (%)	柔軟性	引張り強さ 縦方向 (平均) (kg/15 mm幅)	絶縁破壊電圧 (kV)	
							常 態	
							最低	平均
ガ ラ ス パルプマイカ	片 面 ガラス	0.10	0.09 ~ 0.110	42.3	11.5	12.2	0.8	1.0
		0.13	0.120 ~ 0.150	52.7	12.7	13.9	4.0	5.5
		0.18	0.175 ~ 0.205	55.4	12.8	15.1	5.2	8.5
ガラスマイカ	片 面 ガラス	0.10	0.07 ~ 0.17	51.2	13.0	13.6	1.0	2.3
		0.13	0.09 ~ 0.22	64.7	15.0	12.6	2.3	4.6
		0.18	0.12 ~ 0.30	64.6	18.0	12.9	5.8	7.1

厳選された天然マイカを用い、これを特殊な方法(特許申請中)で微細な鱗片状に粉碎し、いったんパルプ状とする。このマイカパルプを分散の状態から厚さ0.1mm以下のきわめて薄いシートに抄造する。このマイカシートは機械的に弱く、また電気絶縁性もとぼしいので絶縁工作には使用できない。そこでマイカシートに耐熱性、電気特性などのすぐれた接着用ワニス塗布して、紙、ガラスクロス、マイラーなどの支持体とはり合わせてシート状絶縁物に仕上げるか、あるいはマイカシートに成形用接着剤を塗布してから積層加熱圧着して絶縁板、成形物などを作る。

現在パルプマイカとして、整流子用V形絶縁物、絶縁管などの製造に使用する形造用パルプマイカ板、整流子段間絶縁に使用するパルプマイカ板、および各種の紙、ガラスクロスを支支持体としたパルプマイカシート、テープなどが完成している。ここではF種パルプマイカとして、サーモキッド系接着剤を用いてマイカシートにガラスクロスをはり合わせた片面ガラスパルプマイカの特性について述べる。

5.1 特性試験の方法

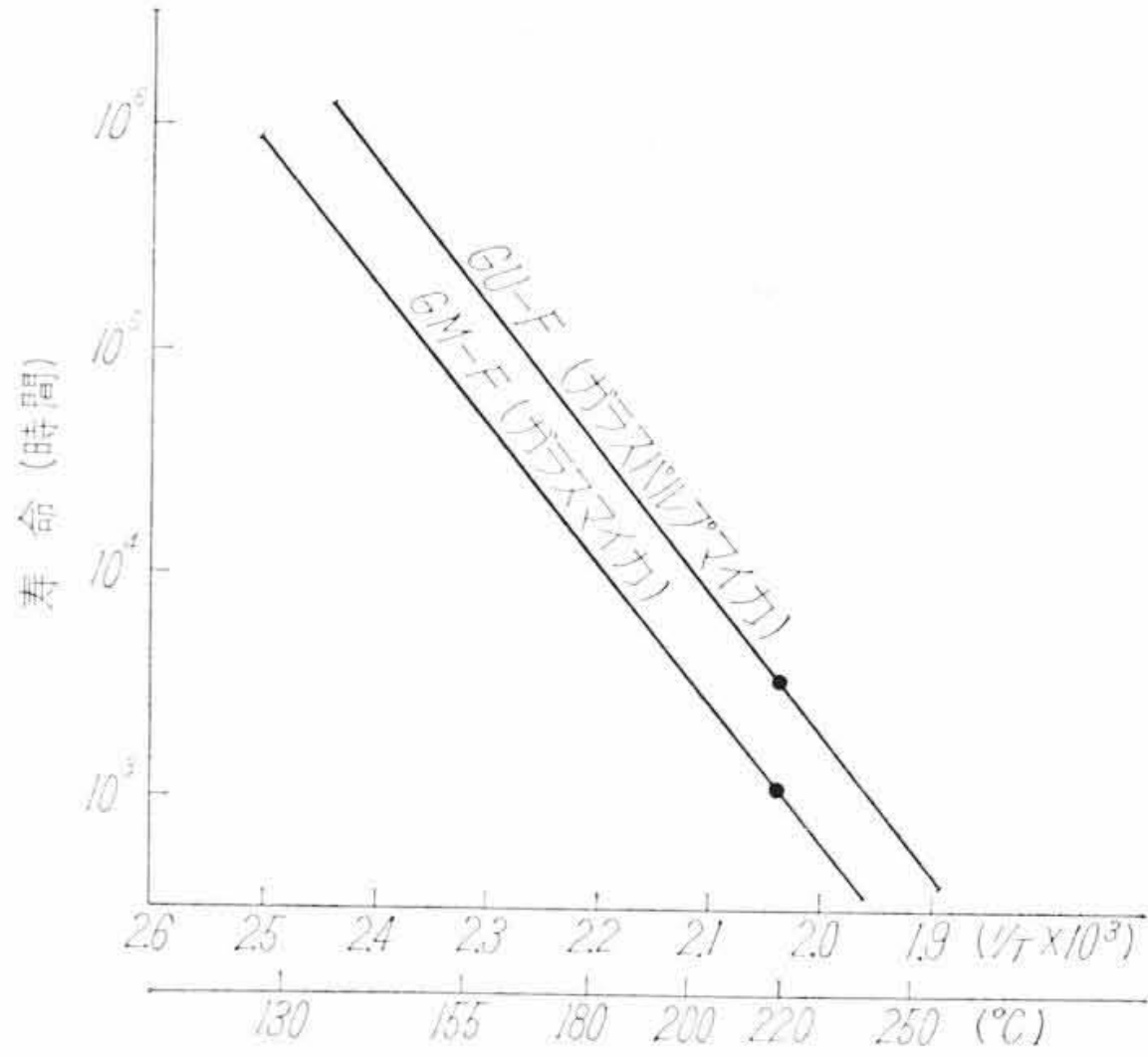
一般特性試験の方法は国鉄規格S A-231によった。

5.2 特性試験の結果

第 15 表にサーモキッド系片面ガラスパルプマイカ(GU-F)の標準特性を示す。第 16 表には厚さ 0.10, 0.13, 0.18mm のF種片面ガラスパルプマイカの特性試験の一例を示す。第 16 表からわかるように、同じ公称厚さのガラスパルプマイカとガラスマイカを比較すると、パルプマイカのほうが厚さははるかに均一で、柔軟性もすぐれていることがわかる。

5.3 モデルコイル試験

第 12 図に全F種絶縁モデルコイルによるガラスパルプマイカとガラスマイカの絶縁寿命試験の結果を示す。いずれのモデルコイルも塗り込み接着用ワニスとしてW I-540、コイル含浸用ワニスとしてW I-292を使用した。コイルの劣化条件は、220℃で47時間加



第 12 図 ガラスパルプマイカおよびガラスマイカ
絶縁モデルコイルの耐熱寿命試験

熱し、加熱直後に室温で1時間振動を加えるサイクルを繰り返し、絶縁破壊電圧が初期の62%にまで低下するまで継続した。振動条件は2,500サイクル/秒、振幅は2mm、加速度は7gである。また絶縁破壊電圧は振動後に測定した。第 12 図のGU-F, GM-Fの220℃におけるプロットはこのようにして求めた総加熱時間(寿命)である。またこれら直線のこう配は、コイル含浸用ワニスW I-292の乾燥皮膜の加熱減量を160, 180, 200℃で測定し、加熱減量と温度との関係直線のこう配から求めたものである。第 12 図からわかるようにモデルコイルの加熱寿命は、パルプマイカ絶縁のほうがむしろすぐれており、このような結果からパルプマイカは振動の激しい車両用モータの絶縁にも利用できる見込みがえられた。

6. 結 言

日立製作所はさきにF種コイル含浸用ワニスW I-292を完成したが、それに引続きサーモキッド系樹脂およびシリコンアルキド系樹脂を用いて、各種絶縁材料の製造について研究し、今回コイル含浸用ワニス、塗り込み接着用ワニス、仕上げ用ワニス、ワニスガラスクロス、ガラスマイカ、ガラスパルプマイカなど一連のF種絶縁材料を完成した。

今後電気機器の性能の向上と絶縁の信頼性を高めるためにも、これらF種絶縁材料はますます利用されるものと思われる。一方、合成化学の発達はつきることなくつぎつぎに新材料が発表されているが、われわれはこれらを活用していっそう優秀な絶縁材料を生産するよう努力する考えである。

終りに、モデルコイル試験の貴重なデーターを提供してくださった日立製作所山崎工場、小川哲郎氏に厚くお礼を申しあげる。

参 考 文 献

- (1) I. E. C. Publication: Recommendation for the classification of material for the insulation of electrical machinery and apparatus in relation to their thermal stability in service* p. 85 (1957)
- (2) 橋谷, 小川, 柴田: 日立評論 40, 1227 (昭33-10)