

薄葉絶縁物の耐熱寿命評価に関する二、三の考察

The Thermal Evaluation of Flexible Sheet Insulator

小 川 哲 郎*
Tetsuo Ogawa

内 容 梗 概

薄葉絶縁物、主としてポリエチレンテレフタレートフィルム(マイラー)、ワニスクロス、マイカ紙などの耐熱寿命試験方法について報告する。

薄葉絶縁材料をそのまま加熱劣化させた場合と、コイルに巻き付けた場合とでは寿命が違ふ。これは曲げによる応力が材料に加わるためである。このため曲げ角度が劣化に及ぼす影響について検討を加えた。また実用状態においては外力が加わるが、この外力により材料が軟化フローすることも考えられる。これらの点についても一部検討を加えた。

最後にモータレット試験によるこれらの耐熱寿命評価の結果も報告した。

1. 緒 言

最近のめざましい合成化学の進歩によって耐熱性の高い新しい絶縁材料が相ついで実用化されるようになった。このため単に材料の化学組成だけで耐熱区分を決めてきた従来の考え方は実情にそわなくなり、1950年前後から各所で絶縁材料の耐熱性に関する研究が活発に行なわれるようになった。

絶縁材料の耐熱性を判定することは非常に重要な問題ではあるが、絶縁材料はその組み合わせ方、使われ方によりおのずからその耐熱寿命は異なる。筆者はさきに絶縁ワニスの寿命に関する研究を行ない、ワニス単独での耐熱寿命と、他の材料と組み合わせた機器またはモータレット試験による寿命とは全く異なることを指摘した⁽¹⁾。このように絶縁材料の耐熱性は使用状態によって異なるため、寿命評価に関する研究が非常に進歩したにもかかわらず、耐熱性に関してはまだまだ多くの問題が未知のまま残されている。

薄葉絶縁物、たとえばマイカペーパーまたはワニスクロス類、合成樹脂フィルムなどの耐熱寿命試験に関しても多くの報告は見うけられるが使用実状に即した報告は数少ない⁽²⁻⁸⁾。薄葉絶縁材料は供試料をそのまま劣化させた場合と、コイルに巻き付けた使用状態で劣化させた場合とではその寿命は異なる。使用状態においては金属に巻き付けられているため、曲げによる内部応力が加わっているものと考えなければならないし、また外部からの圧力、振動による機械的応力もまた見のがすことのできない重要な問題である。これらの諸問題について検討を加えた結果を報告する。

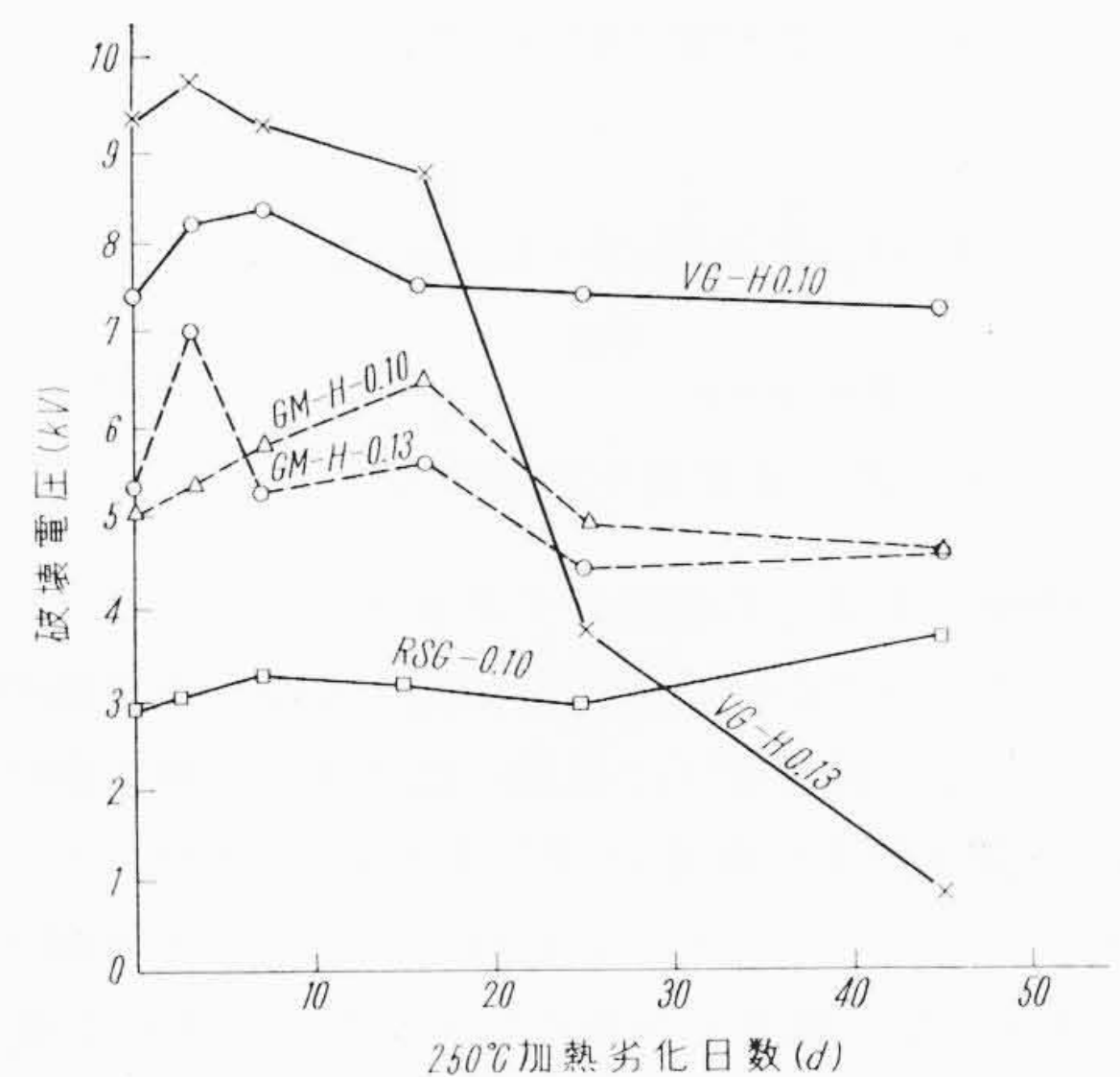
2. H 種薄葉絶縁材料の耐熱性

B種のワニスガラスクロス、バルブマイカガラス、ガラスマイカなどをそのまま劣化させた場合と、コイルに巻き付けて加熱劣化させた場合との寿命の比較についてはすでに報告した⁽⁹⁾。これと同様の実験をH種の絶縁材料についても検討を加えた。

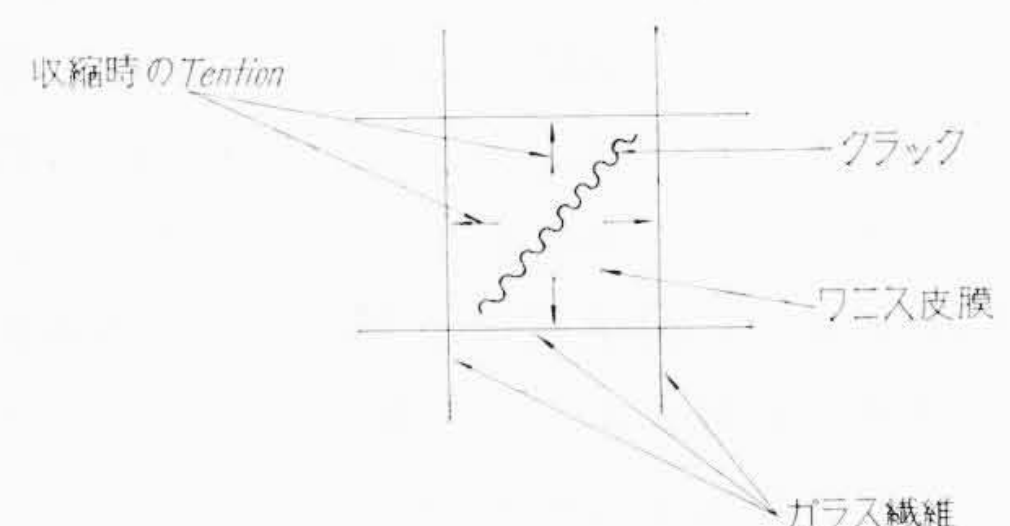
2.1 加熱劣化による破壊電圧の変化

公称厚さ 0.10 mm および 0.13 mm のワニスガラスクロス (VG-H), ガラスマイカ (GM-H) ならびに公称厚さ 0.10 mm のシリコンゴムガラスクロス (RSG) をそのまま 250°C の加熱炉中につるし、加熱劣化日数による破壊電圧の変化を測定した結果を第1図に示す(破壊電圧の測定温度は常温)。第1図から明らかなように GM, RSG, VG-H 0.10 の破壊電圧はほとんど変化しないが、VG-H 0.13 の破壊電圧は15日以上劣化させると急に低下し、45日劣化後の破壊電圧は1 kV 程度に低下している。

* 日立製作所山崎工場



第1図 試料そのままを250°Cで加熱劣化させたときの破壊電圧の変化



第2図 VG-H 0.13の劣化後のクラックのはいり具合

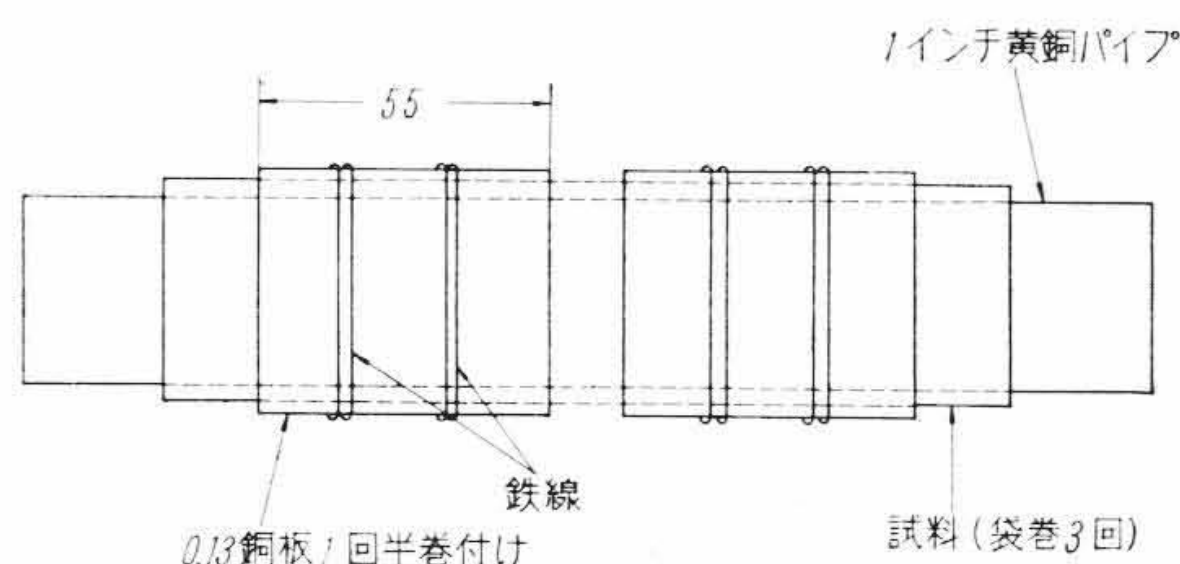
このように同一のワニスガラスクロスでも厚さによって破壊電圧が急に低下するものと、しないものがある。

この問題についてはすでに Dakin 氏⁽¹⁰⁾によって指摘されている。この原因は VG-H 0.13 と VG-H 0.10 とのガラス生布が異なるため、前者は一般に後者に比べて厚めのガラス生布を使用しているが、このもののガラス繊維間の間隔は後者のものよりも大きいのである。ワニスガラスクロスを 250°C で加熱するとワニス皮膜は徐々に硬化収縮する一方、伸張率が低下してくる。試料を 250°C の加熱炉から急に外気にさらして急冷したとき、ガラス繊維の収縮率と、これに接着されているワニス皮膜の収縮率とが違ふため繊維間の目をふさいでいるワニス皮膜に応力がかかる。ところが前に述べたように加熱によってワニスの伸張率が減っているため、収縮による応力に耐えられなくなって、ワニス皮膜は第2図に示すように対角線状のクラックを発生して破壊電圧を低下させる。7日間加熱劣化させた程度ではこのようなクラックはごく一部に発生するだけであるが、45日間劣化させると非常に多くのクラックを発生して、試

第 1 表 VG-H そのままを 250°C で劣化させたときの破壊電圧の変化

		(測定点は各 20 点)		
試 料	加 熱 日 数	平均 B.D.V. (kV)	B.D.V. 最 低 値 (kV)	R* (kV)
VG-0.13	加 熱 前	9.38	7.0	4.5
	3 日	9.74	7.3	4.1
	7 日	9.25	2.0	9.0
	15 日	8.79	2.0	9.0
	25 日	3.70	0.8	9.2
	45 日	0.93	0.8	0.3
VG-0.10	加 熱 前	7.42	4.6	4.0
	3 日	8.25	5.0	4.5
	7 日	8.35	4.0	5.0
	15 日	7.48	4.0	4.4
	25 日	7.32	4.2	4.2
	45 日	7.24	3.7	4.3

* 最大, 最小 B.D.V. 値の差



第 3 図 破壊電圧測定用モデルコイル

料面一面に肉眼でも見える程度のクラックを発生する。

このようなクラックが破壊電圧を測定する際、電極面中に一部含まれるようになると破壊電圧は極端に低下する。第 1 表に示すように 7 日～25 日間加熱劣化程度の VG-H 0.13 の破壊電圧のばらつきは非常に大きくなっているが、これはクラックが電極面下に含まれる場合と、含まれない場合とがあるためである。劣化が進行して 45 日間加熱したものは試料表面全面にクラックがはいるため電極面下に必ずクラックがはいるようになり破壊電圧は極端に低下し、ばらつきも小さくなる。VG-H 0.10 でもやはり上述のような繊維とワニス皮膜との収縮差による内部応力は考えられるが、繊維間隔が小さいため前者ほどの大きな内部応力がかからず、45 日間加熱劣化程度ではこのようなクラックを発生しないものと考えられる。

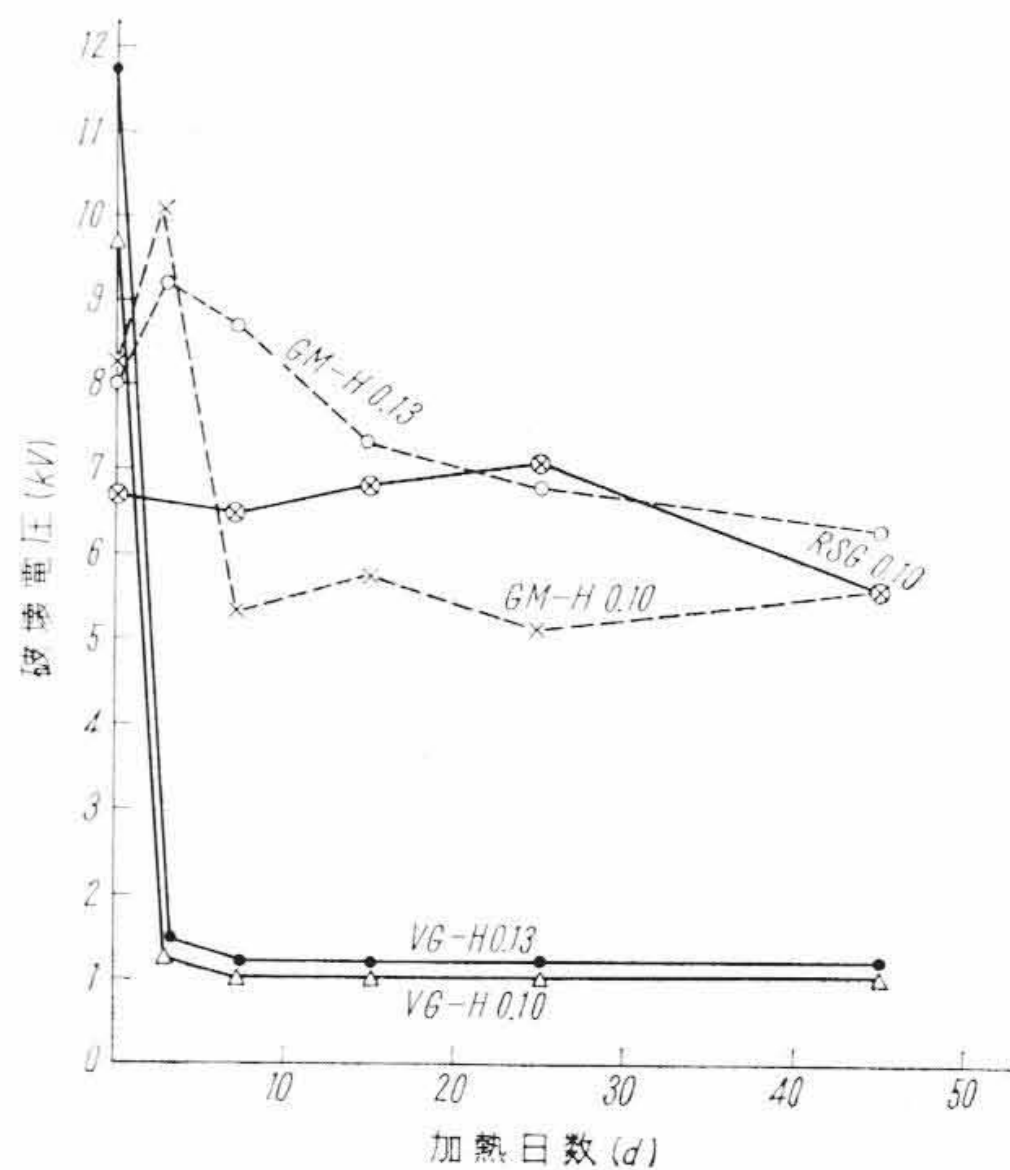
このようにVG-H 0.13の破壊電圧は 250°C で加熱劣化させると急に低下するが、H 種の絶縁材料として使用できるものかどうかを検討した。H 種の最高使用温度 180°C またはそれよりも 40°C 温度の高い 220°C で 150 日間加熱劣化させても破壊電圧の低下はほとんど認められず、上述のクラックも認められなかった。このことからシリコンワニスは 225°C 以上の温度になると急速に劣化が進行するものと考えられ、それ以下の温度では上述のようにクラックがはいて破壊電圧が急に低下するという現象はまずないものと考えてよい。しかしいづれにしても耐熱性の点からは RSG、または GM は VG よりも数段まさっている。

2.2 円筒に巻き付けたときの劣化

試料を第 3 図のような黄銅パイプに袋巻き 3 回巻き付けその上に 0.13 mm 厚さの銅板を巻き付けて電極とした。

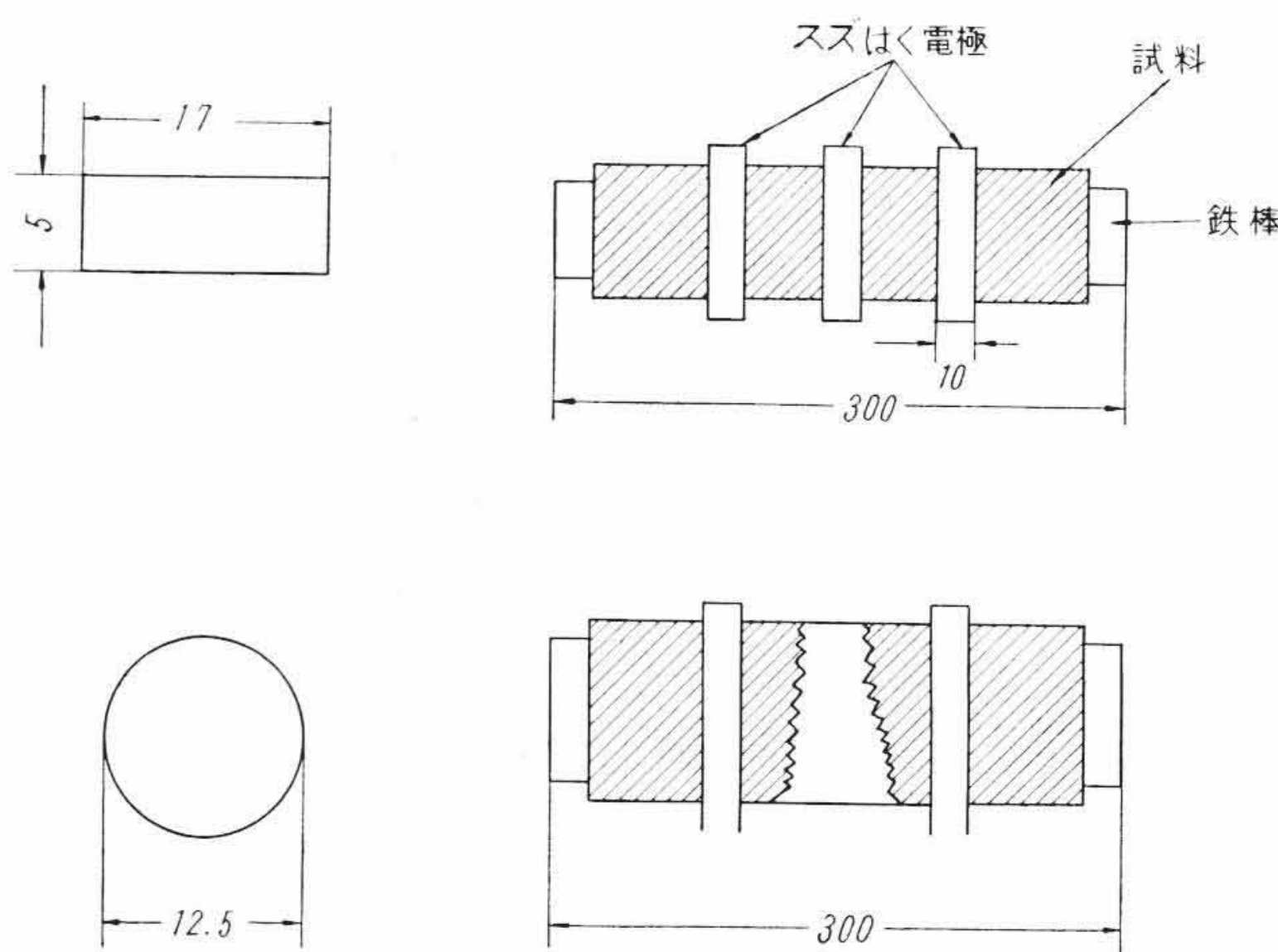
このような試料を 250°C で加熱劣化させ、劣化途上の破壊電圧(測定温度は常温)を測定した結果を第 4 図に示す。VG-H 0.10, VG-H 0.13 とともに初期の破壊電圧は 10 kV 前後の値を示しているが、この値はほとんど全部電極間の表面クリープ値である。真の破壊値はさらに高いはずである。

VG-H は 250°C で 3 日加熱劣化させると破壊電圧は 1 kV 近くの値まで急に低下する。この現象は前報 B 種の場合にもみられた現象であるが、試料をそのまま劣化させた第 1 図と比較すると破壊電圧



(図中の点は 6 点の破壊値の平均値, 試料は袋巻 3 回である)

第 4 図 円筒形モデルコイルを 250°C で加熱劣化させたときの破壊電圧の変化



第 5 図 モ デ ル コ イ ル

は急速に低下する。この原因は試料に常に曲げによる応力が加わっているため前述のクラックがはいるやすいことおよび電極を締め付ける圧力が加わっているためこの圧力でワニスが加熱時軟化フローすることの二つの理由による。しかしこの場合は 3 節で述べるように曲げによる効果よりも電極圧力による効果の方が大きい。GM-H および RSG はこの場合でも劣化による破壊電圧の低下は認められない。すなわち曲げによる効果, 圧力による効果は全然認められない。RSG の耐熱性が高いのはシリコン樹脂に比べてゴムは弾力性に富んでいることおよび無機の顔料が多量に含まれていることによるものと考えられる。

以上の実験結果から有機の薄葉絶縁物単独のものは無機の骨材を含む薄葉絶縁物に比べて耐熱性が非常に劣ることがわかる。

3. 曲げ R (曲率) が薄葉絶縁物の耐熱性に及ぼす影響

2 節で VG-H を単独で加熱した場合と、黄銅のパイプに巻き付けて加熱した場合とでは破壊電圧の低下の度合いが極端に違うことを指摘した。この理由として二つ考えられたが、本節では曲げ応力が材料の劣力におよぼす影響だけを抽出して検討を加えた。

3.1 実 験 方 法

3.1.1 実 験 そ の 1

まず試料を直角, 0.6 R, 3 R, 6 R, 9.5 R の曲率をもつ鉄棒に袋巻 2 回, または半重ねテープ巻き 1 回施して第 5 図に示すような方法でスズはく電極を巻き、この上を銅線で試料をあまり押さ

ない程度に締め付けて破壊電圧測定用の電極とした。このものを3点以上の温度で所定日数加熱劣化させ常温における破壊電圧の変化を測定した。

3.1.2 実験その2

一方上述の実験で曲げ角度を5種類に変化したが約1Rを境としてそれより大きいRのもの、小さいRのものの相互の間には大差がないことを認めたので、大部分の実験は直角棒と6.25Rの棒とに分離して実験を進めた。なお材料の優劣判定だけを目的として試料を袋巻2回施したものと、さらに一部の材料についてはワニス処理効果をみるために試料を幅25mmに切断したテープを半重ね巻き1回施し、ワニス処理したものについても検討した。この場合の破壊電圧はL. C. Whitmanら⁽²⁾の実験と同様に高温の劣化温度で測定した。

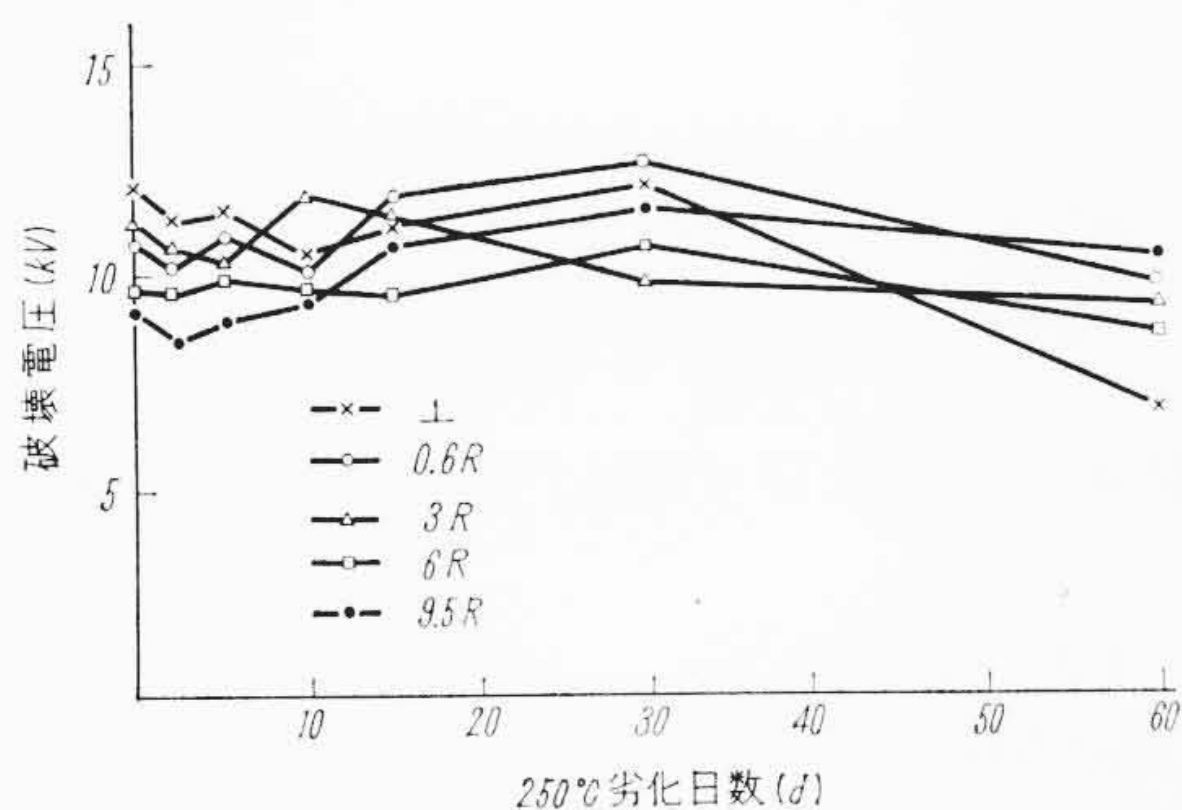
3.2 実験結果ならびに考察

3.2.1 実験その1

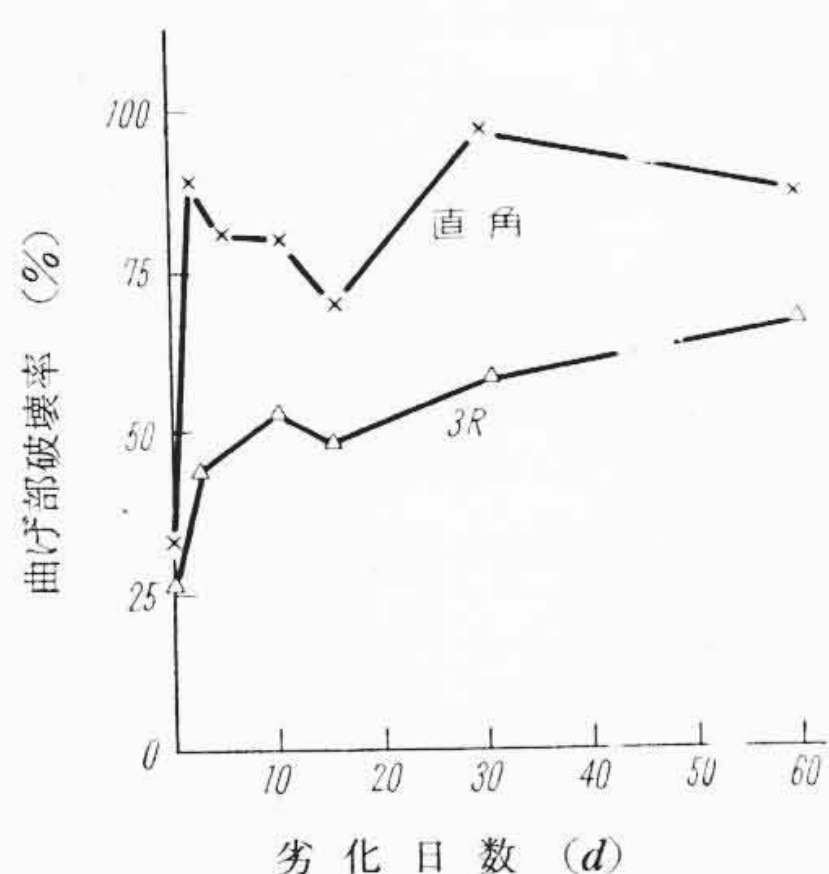
第6図はRSG-0.18を袋巻きにした場合の加熱劣化特性を示したものである。破壊電圧はほとんど低下しないが第7図に示すように曲げ部における破壊確率は劣化とともに大きくなっていることから劣化の進行がうかがえる。さらに加熱を進めれば破壊電圧は低下するものとする。なお第7図から明らかなように曲げRの小さいものほど、曲げ部における破壊確率は大きくなっていることから、この種材料に対しても曲げがかなり破壊電圧に影響を及ぼしていることがわかる。

第8図はVG-B 0.13を直角棒0.6R、3R、6R、9.5Rの棒に袋巻2回巻き付けてそれぞれ150°C、175°C、200°Cで加熱劣化させたときの破壊電圧の変化を求め、この値から破壊電圧が初期値の50%に低下するまでの寿命と温度との関係を求めたものである。図から直角、0.6Rに巻き付けた場合には3点の温度の寿命が大体直線関係にあることが明らかである。

しかし、3R、9.5Rに巻き付けた場合に150°Cの寿命は実験の範囲内で求めることができなかった。このため曲げRが大きい場



第6図 RSG-0.18袋巻2回の加熱劣化による曲げRの影響



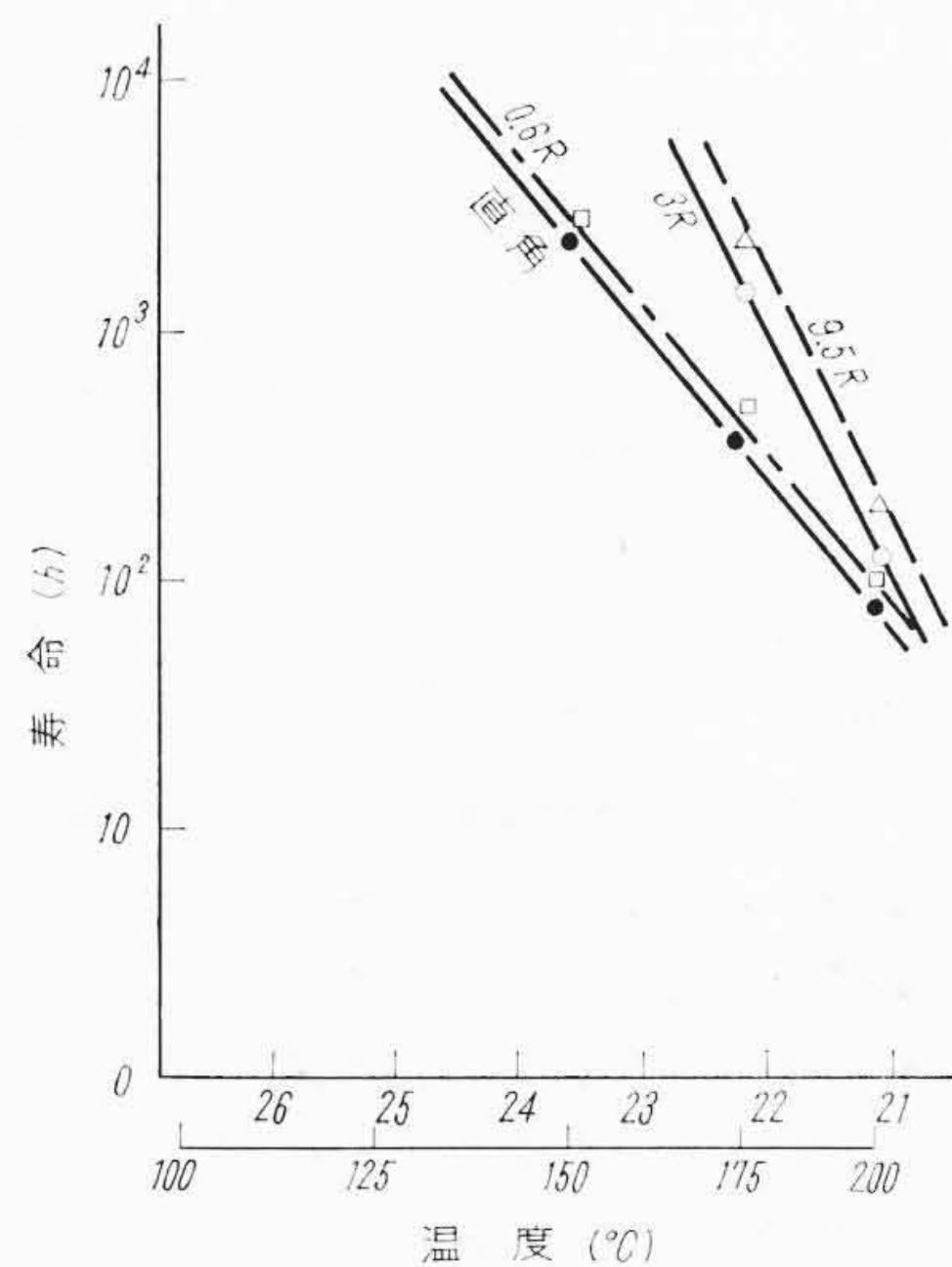
第7図 RSG袋巻き2回の曲げ部における破壊確率(250°C劣化)

合には低温まで直線関係が成り立つかどうかは疑わしいが、曲げRの小さいものから推定して大体直線になると考えて寿命直線を引いた。なお図から明らかなように3Rと9.5R、および直角と0.6Rの間にはほとんど寿命差は認められないがそのおのおの間にはかなり大きな寿命差がある。たとえば10,000時間寿命の点の温度を図から求めると直角棒に巻き付けた場合は約130°C、3Rに巻き付けた場合は約150°Cとなり、約20°C前後の温度差がある。このような傾向は他の材料、すなわちポリエチレンテレフタレートフィルム、ワニステロンクロスなどについても認められた。これらの実験結果から大体1R程度の曲げを境として寿命が大きく分かれるものと考えられる。

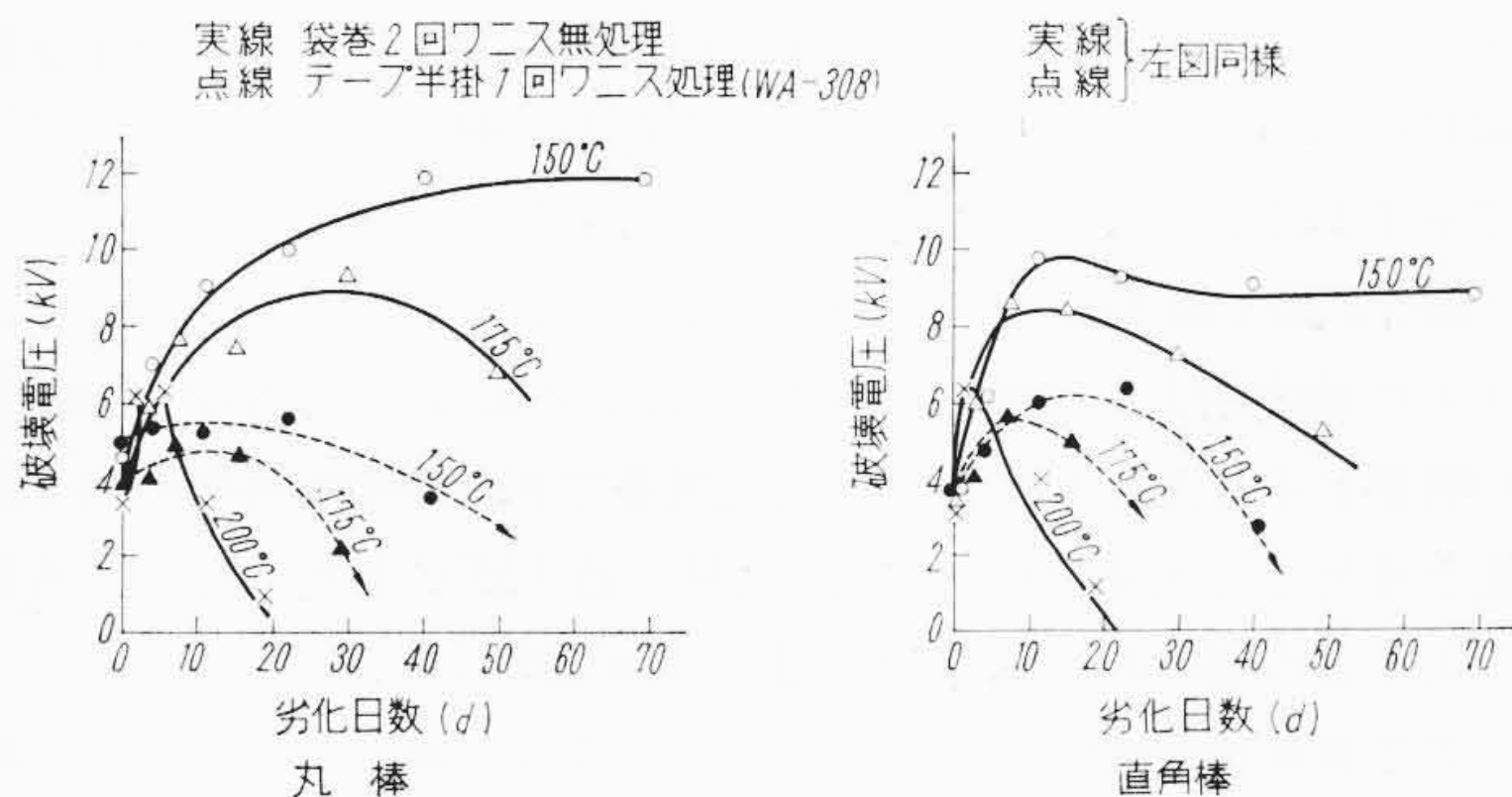
3.2.2 実験その2

第9図はポリエチレンテレフタレートフィルム(マイラー150A)の劣化による破壊電圧の変化を示したものである。角棒に巻き付けた場合の方が劣化の進行度は速い。また(a)、(b)図とも加熱の初期に破壊電圧は一時上昇しているが、これはポリエチレンテレフタレートフィルムの後硬化の進行によるものである。

一方ポリエチレンテレフタレートフィルムをそのまま加熱劣化させたときの破壊電圧の変化を第10図に示す。図から明らかなように加熱により破壊電圧はほとんど低下しない⁽⁸⁾。しかし200°Cで10日加熱した場合フィルムはもろくぼろになり破壊電圧は測定できなかった。すなわちポリエチレンテレフタレートフィルムはフィルム状態で加熱したときに機械的に破壊するまで耐圧は低下しない。ところが第9図のようにモデルコイルに巻き付けた場合には耐電圧の低下は明らかに認められる。この事実

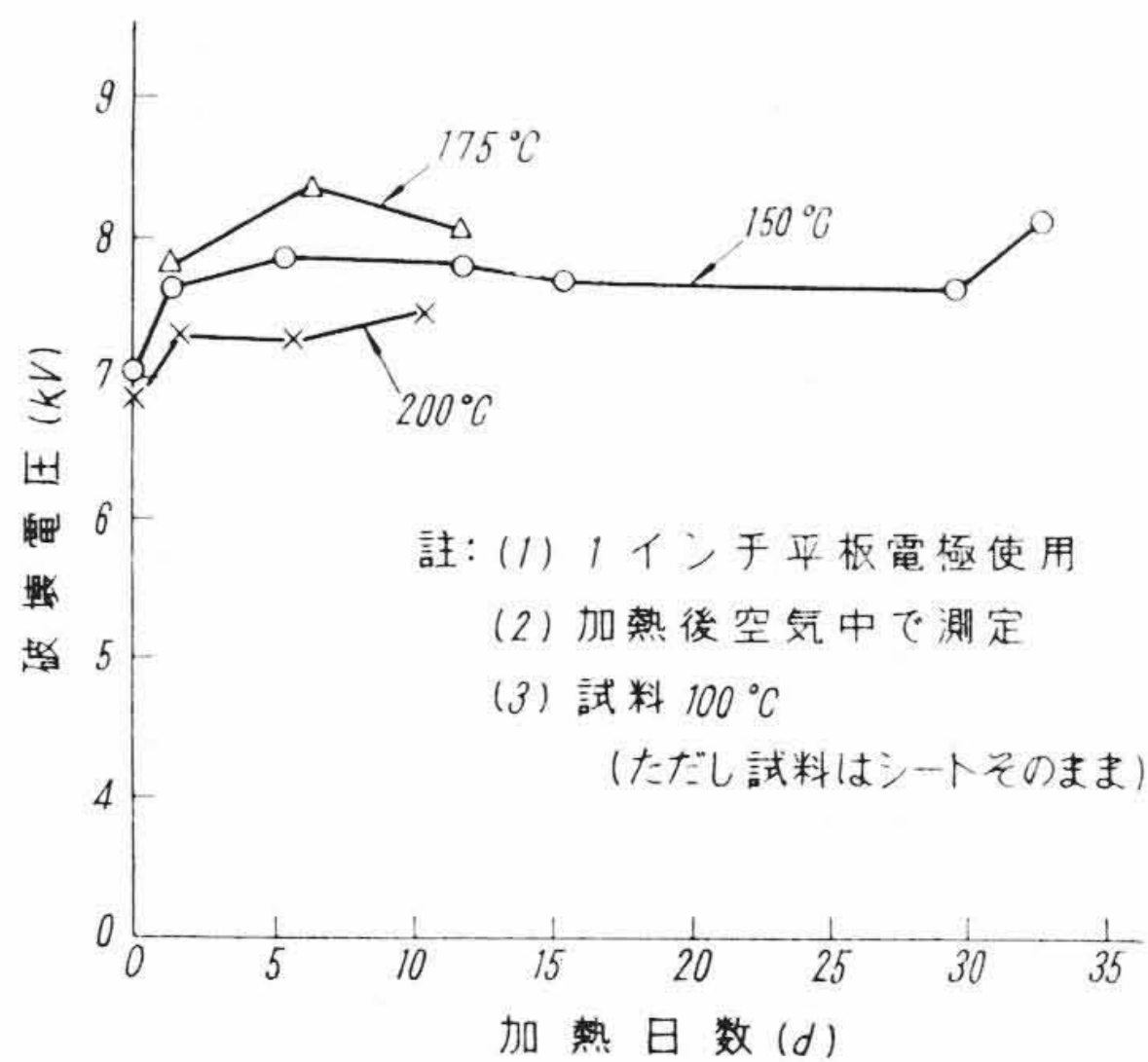


第8図 VG-B 0.13実験1による寿命と温度との関係(50%耐圧)

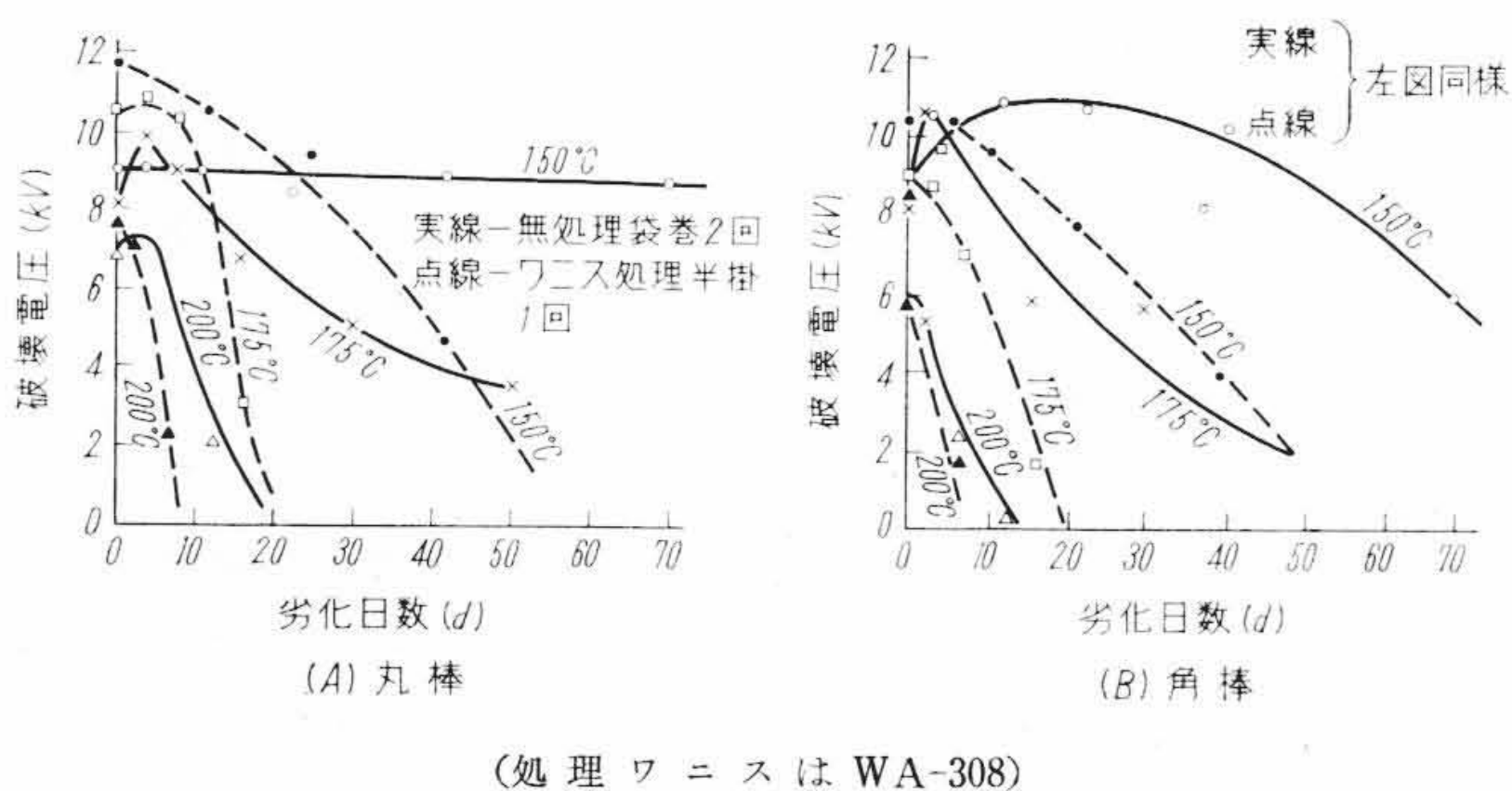


(ただし高温劣化温度における破壊電圧変化、処理ワニスはW-2800)

第9図 ポリエチレンテレフタレートフィルムの劣化特性



第 10 図 加熱温度および加熱日数による絶縁破壊電圧の変化



第 11 図 VG-B 0.13 の劣化特性

からこの種薄葉絶縁物はコイルに巻き付けて劣化寿命試験を行なうことが寿命判定には効果があり、合理的であると考える。

第 9 図の点線はポリエチレンテレフタレートフィルムを幅 25 mm に切断し、おのおのの曲率をもつ銅棒の上にテープを半重ね 1 回巻きにして、W 2,800 ワニスを 1 回浸漬処理したものの加熱劣化特性を示したものである。このものとワニス無処理のものとを比較するとワニス処理により劣化の傾向が認められた。しかし、この場合袋巻きとテープ巻きとの相違があるため第 9 図の結果だけではワニス処理の効果を論ずることは困難であるが、別の実験でテープ巻きと、袋巻きとの差異を検討した結果は両者の寿命に差異がないことを確かめた。

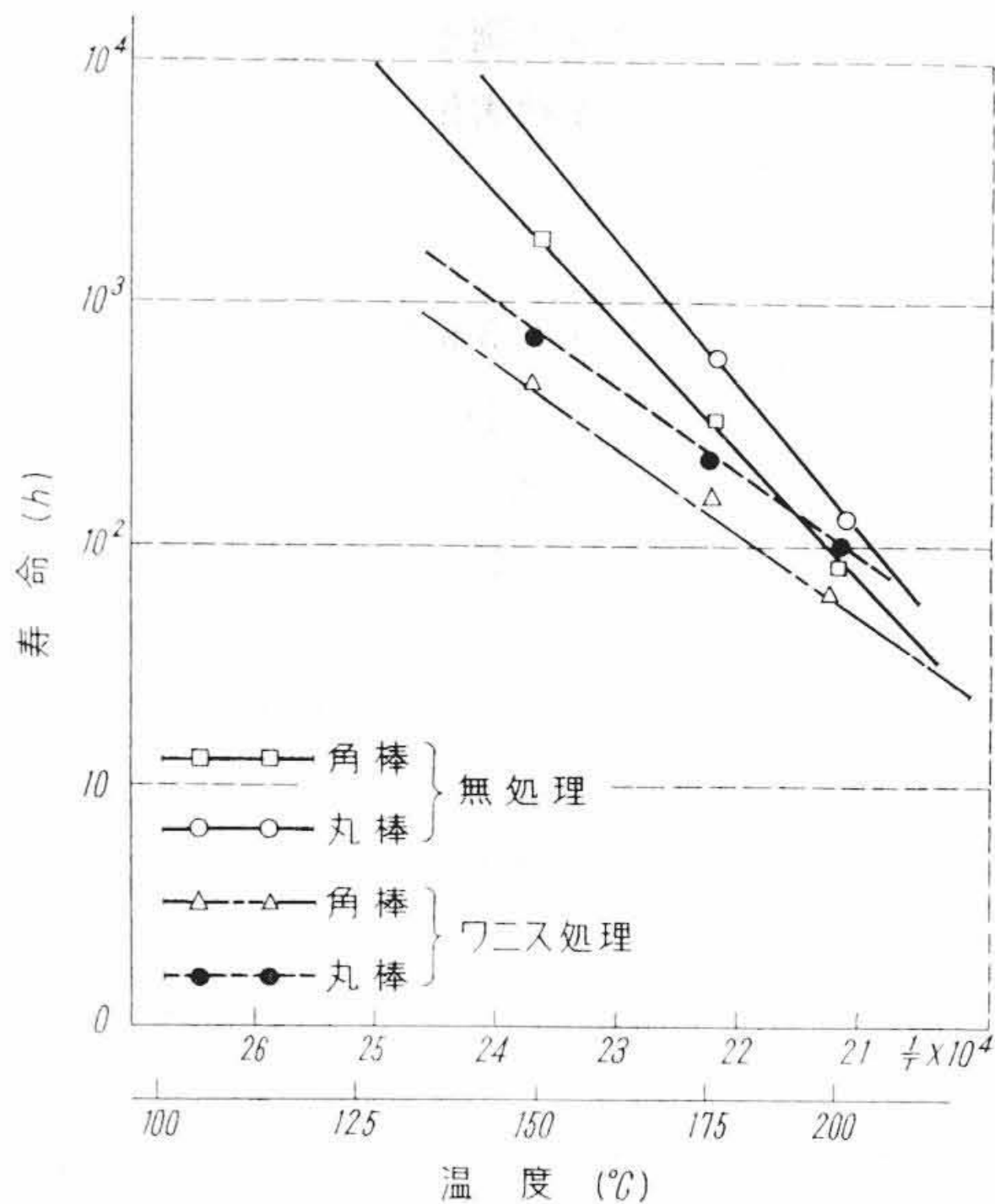
第 11 図は VG-B 0.13 に関する同様の結果を示したものである。この場合も点線で示したようにワニス処理したものは無処理のものに比べて劣化は早い。

ワニス無処理の場合には供試料と銅棒との間にすべりがあるため銅と供試料の膨張、収縮差による応力はほとんど供試料にかからないが、ワニス処理した場合には供試料と銅棒とが密着してしまうため、銅と供試料との膨張、収縮差による応力がそのまま供試料にかかり、劣化した試料がこの応力に耐えられなくなってクラックがはいり破壊電圧を低下させるものと考えられる。

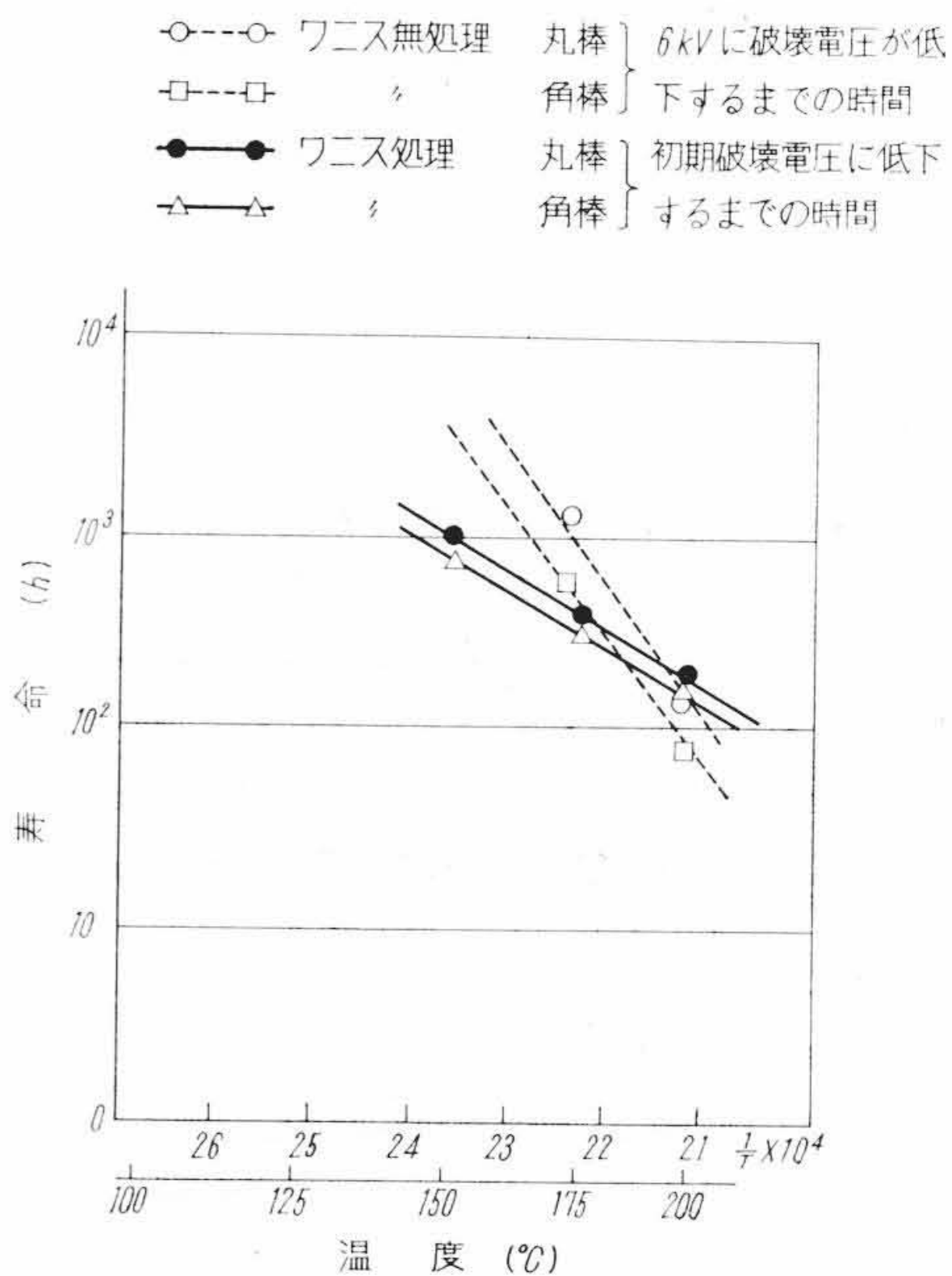
第 12 図は第 9 図の結果からポリエチレンテレフタレートフィルムの破壊電圧が初期値の 70% に低下するまでの寿命と温度との関係を示したものである。無処理品で 10,000 時間寿命の点の温度を求めると角棒で約 125°C、丸棒で約 135°C 前後となり、角棒と丸棒との間に約 10°C 前後の温度差が認められる。

劣化後の破壊電圧の測定が高温劣化温度で測定しているため第 8 図ほど角棒と丸棒とによる差は認められない。

一方ワニス処理品の寿命の温度こう配は無処理品に比べて小さくなっている。換言すればワニス処理によって劣化の活性化エネ



第 12 図 マイラーの温度と寿命の関係 (70% 耐電圧)



第 13 図 VG-B 0.13 の実験 2 による温度と寿命の関係

ルギーが小さくなっている。

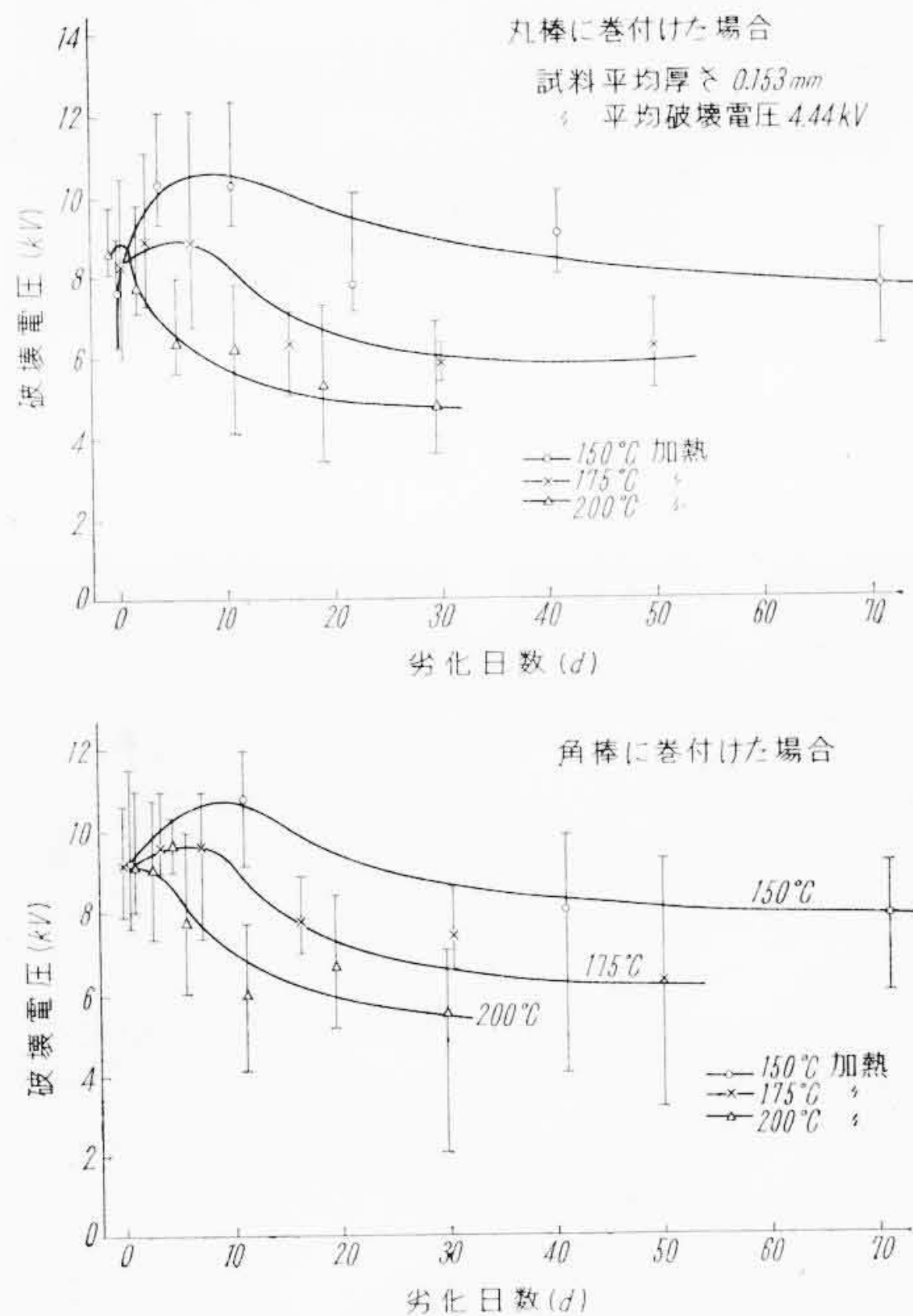
第 13 図は VG-B 0.13 の寿命と温度との関係を示したものである。この場合ワニス無処理のものは破壊電圧の低下が小さく、ワニス処理品と同一基準で寿命を求めることが困難であったので寿命判定基準を図に示すように別にした。この場合もポリエチレンテレフタレートフィルムの場合と同様、丸棒と角棒による寿命差は 10°C 前後で僅少であるのに反してワニス処理と無処理との差異が大きい。

このように曲げ R による寿命の相違は曲げ R の極端に小さいものと、かなり大きいものとは約 10~20°C 前後、時間にして約 2~4 倍の相違が認められる。一方ワニス処理の効果は劣化の活性化エネルギーを小さくするため低温部ほど寿命が短くなっている。同様の結果をワニステロンクロス、ワニスコロスなどについても得ているがここでは省略する。

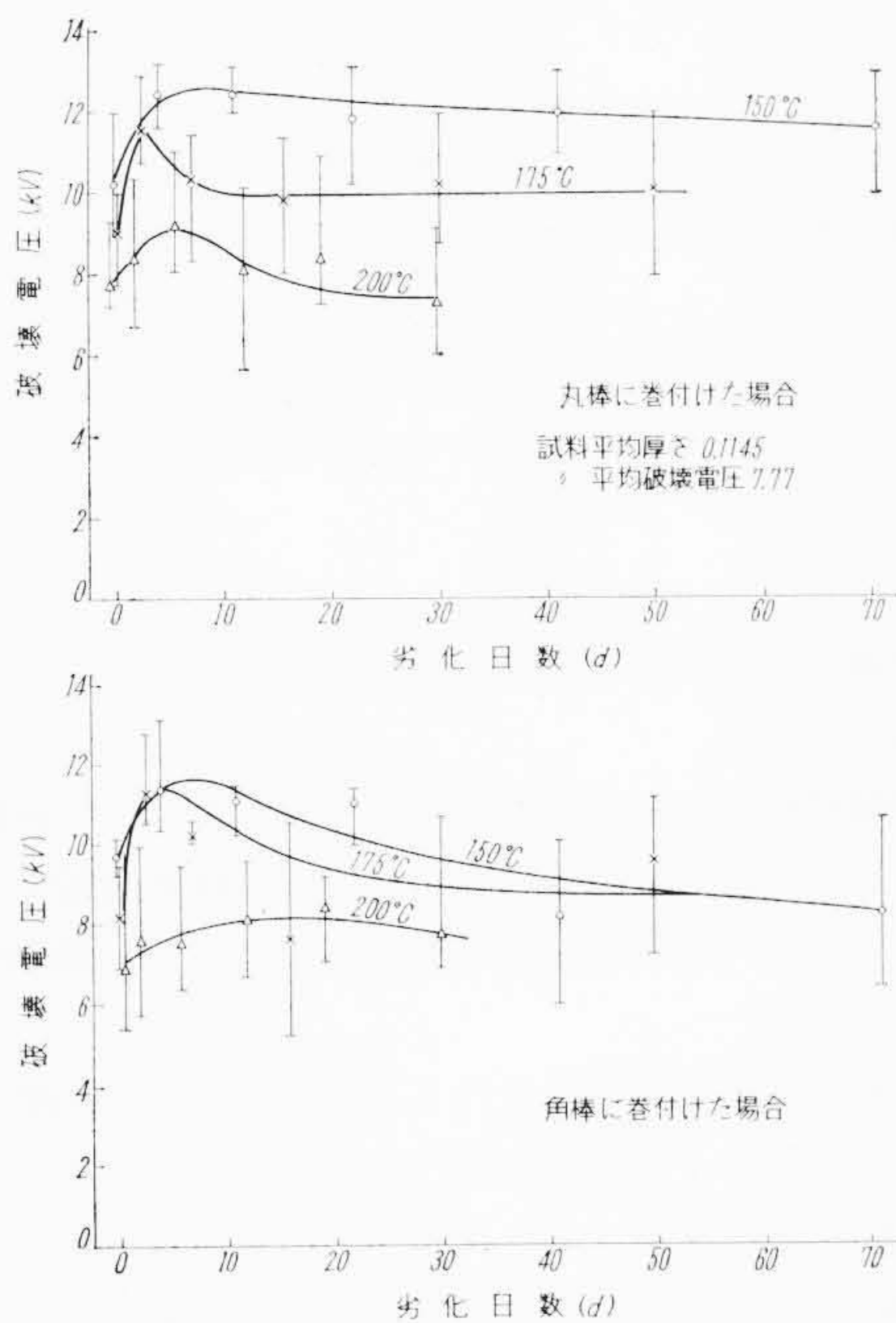
このように単に耐熱寿命の点から判断すればワニス処理は寿命を低下させる傾向にあるが吸湿、振動、表面汚染などの悪条件の重なる実用状態、またはマイカ製品を使用したような場合には寿

命の関係は逆になることが信じられている。

第14,15図はMP-71 およびポリエチレンテレフタレートフィルムマイカの劣化特性を示したもので両者とも劣化により耐電圧はほとんど低下しない。また丸棒と角棒との差異もほとんど表わ



第14図 MP-71 0.13 の加熱による劣化特性 (袋巻2回)



第15図 ポリエチレンテレフタレートフィルムマイカの加熱による劣化特性 (袋巻 2回)

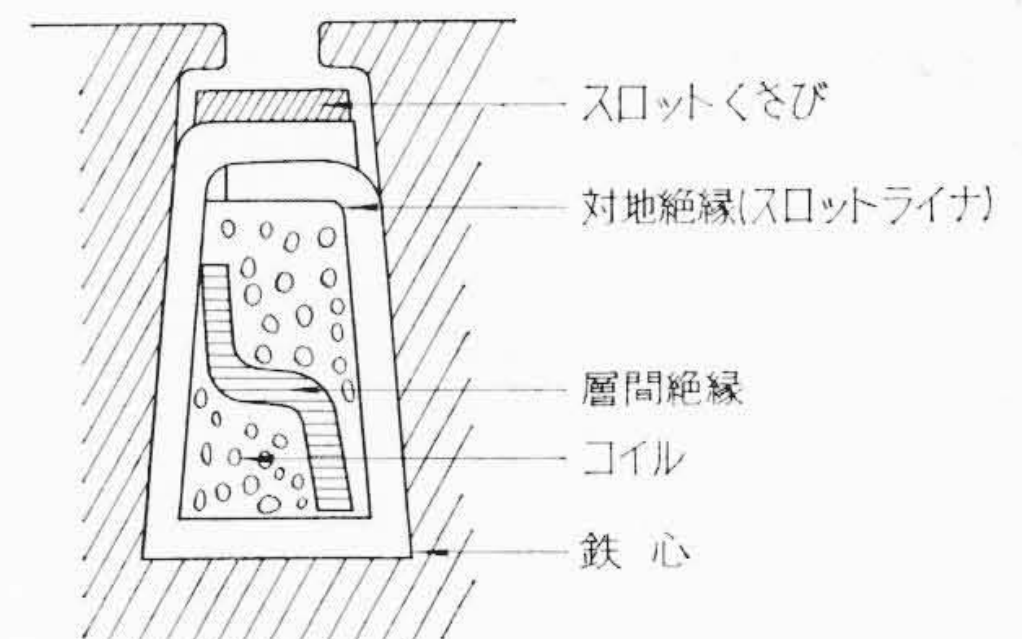
れていない。これはこの種マイカ製品の耐圧は主としてマイカによっているためである。マイカの寿命判定にはこのような試験方法が不向きであることを示す。

以上の結果から判断して曲げRが有機薄葉材料の耐熱性におよぼす影響は10~20°C程度で極端に大きいものでないことがわかった。第4図に示すようにVG-Hの破壊電圧が加熱によって急に低下したのは曲げによる応力よりはむしろ、電極の圧力による軟化フローが大きく影響していることがわかる。しかも実用状態においては機械的、電気的な応力がコイル絶縁にかかることも考えられるので、この点は十分考慮して使用しなければならない。

4. モータレット試験による薄葉絶縁物の寿命評価

AIEEで規定している試験方法⁽¹⁰⁾にしたがってモデルモータすなわちモータレットを作製した。本試験に使用したモデルスロットの大きさは200 V 200 Wの標準三相誘導電動機と同一のスロット寸法である。モータレットの絶縁構成を第16図に示す。前報⁽¹⁾ではスロットライナ、層間絶縁物を一定にしておいて処理ワニスを変えた場合のモータレットの寿命について論じたが、その後スロットライナがモータレットの寿命に及ぼす影響について検討した。

劣化促進方法、寿命の判定などはAIEE⁽¹⁰⁾の方法をそのまま適用した。その詳細は前報で報告したので省略するが、ただ寿命判定の試験電圧はAIEE⁽¹⁰⁾の方法と異なり、試験を早期に終了させるため第2表のようにAIEEの試験電圧の2倍の値を選んだ。供試したモータレットの絶縁仕様を第3表に示す。各試番ともエナメル線にはPEW線を、ワニスにはPS 202を使用して一定にしておきスロットライナ、層間絶縁物を表に示すように変えた。GMG(両面ガラスマイカ)は堅いためこの種モータのスロット絶縁物には不向きであると思われたのでGUGを使用した。第3表中#2, 3はワニスの乾燥条件を変えたものであり、#4, 5はワニスの含浸条件を変えた



第16図 モータレットの絶縁構成

第2表 モータレット試験電圧

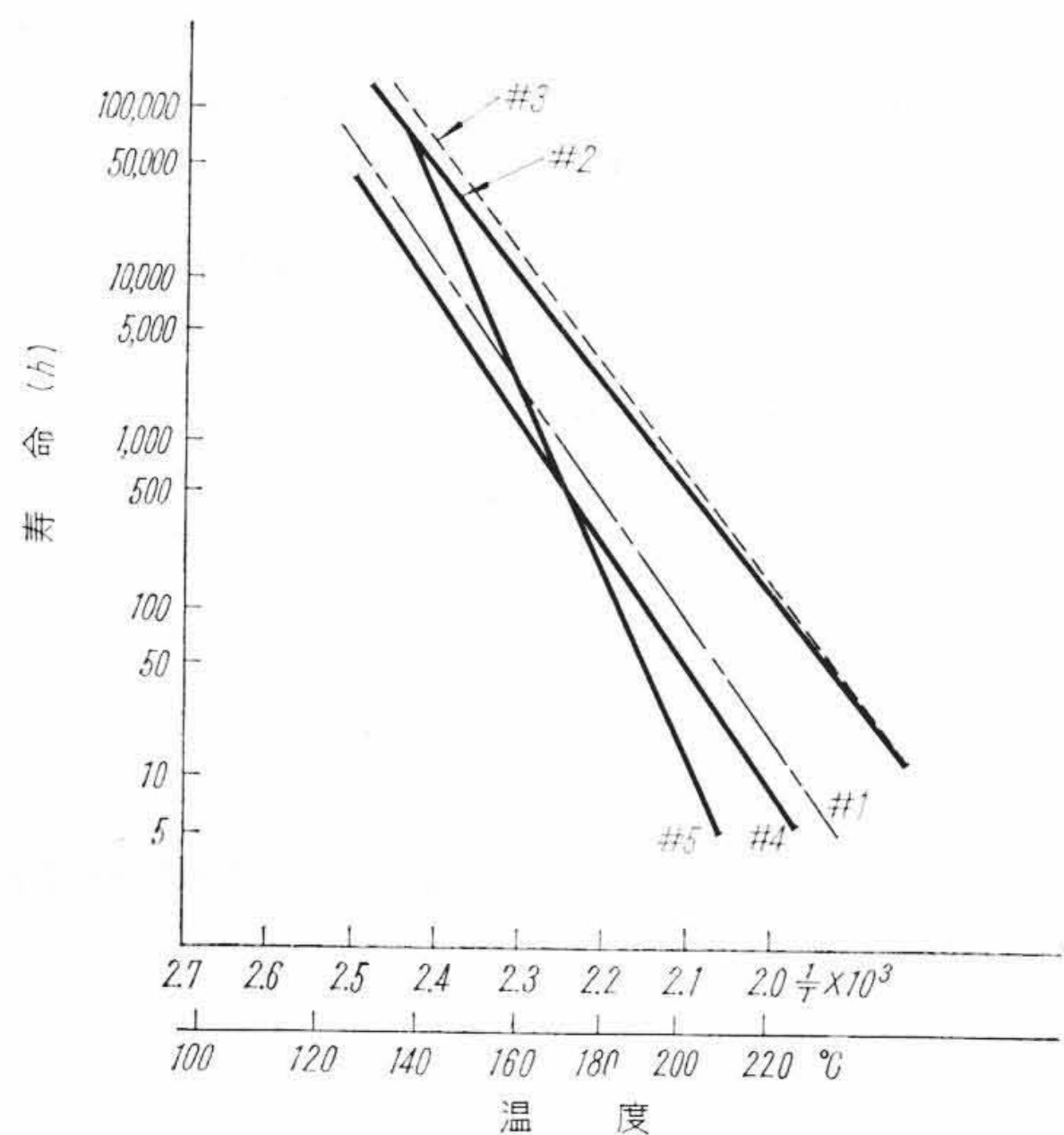
試験部分	試験電圧* (V)
対地	600
層間	600
線間	120

* AIEEで規定している電圧の2倍

第3表

試番	処理 エナメル線 0.6 mmφ 1種	含浸		スロットライナ	層間絶縁	ワニスの乾燥
		材料	方法			
1	PEW線(ポリエステル線)	PS 202	常圧含浸	マイラークラフト	クラフト紙	105°C/3h
2	PEW線(ポリエステル線)	PS 202	常圧含浸	0.25 t GUG	0.25 t GUG	105°C/3h
3	PEW線(ポリエステル線)	PS 202	常圧含浸	0.25 t GUG	0.25 t GUG	120°C/2h
4	PEW線(ポリエステル線)	PS 202	真空含浸	アスベストマイラー	アスベストマイラー	110°C/3h
5	PEW線(ポリエステル線)	PS 202	常圧含浸	アスベストマイラー	アスベストマイラー	110°C/3h

注 GUG : 両面ガラスのバルブマイカ
アスベストマイラー : 0.13 mmのクインテラーと1 milのマイラーをはり合わせたもの
マイラークラフト : 0.13 mmのクラフト紙と1 milのマイラーをはり合わせたもの



第 17 図 モータレット試験結果

ものである。

結果を第 17 図に示す。図から明らかなように GUG を使用した #2, 3 のモータレットの寿命は #1 に比べて耐熱性は非常にすぐれている。#4, 5 は #1 と同様、またはそれ以下の耐熱性である。いま 20,000 時間寿命の点の温度を最高使用温度として耐熱性を決めるならば #2, 3 は F 種、#1, 4, 5 は B 種相当になる。

最近マグネットワイヤとワニスとの適合性という点がかかり強調されるようになった。この点については前報でも指摘したように PEW 線には PS 202 が最適の含浸材料であった。しかし同一のマグネットワイヤ、ワニスを使用してもスロットライナにより耐熱性が異なることが第 17 図からわかる。アスベストとポリエチレンテレフタレートフィルムをはり合わせた #4, 5 は吸湿後の耐圧試験に大部分が破壊している。アスベストは吸湿時の絶縁特性が悪いためこのような結果が出た。

また、#4, 5 を比較すると明らかなようにアスベストのように吸湿性の材料でも真空含浸によって幾分耐熱性が向上することがわかった。

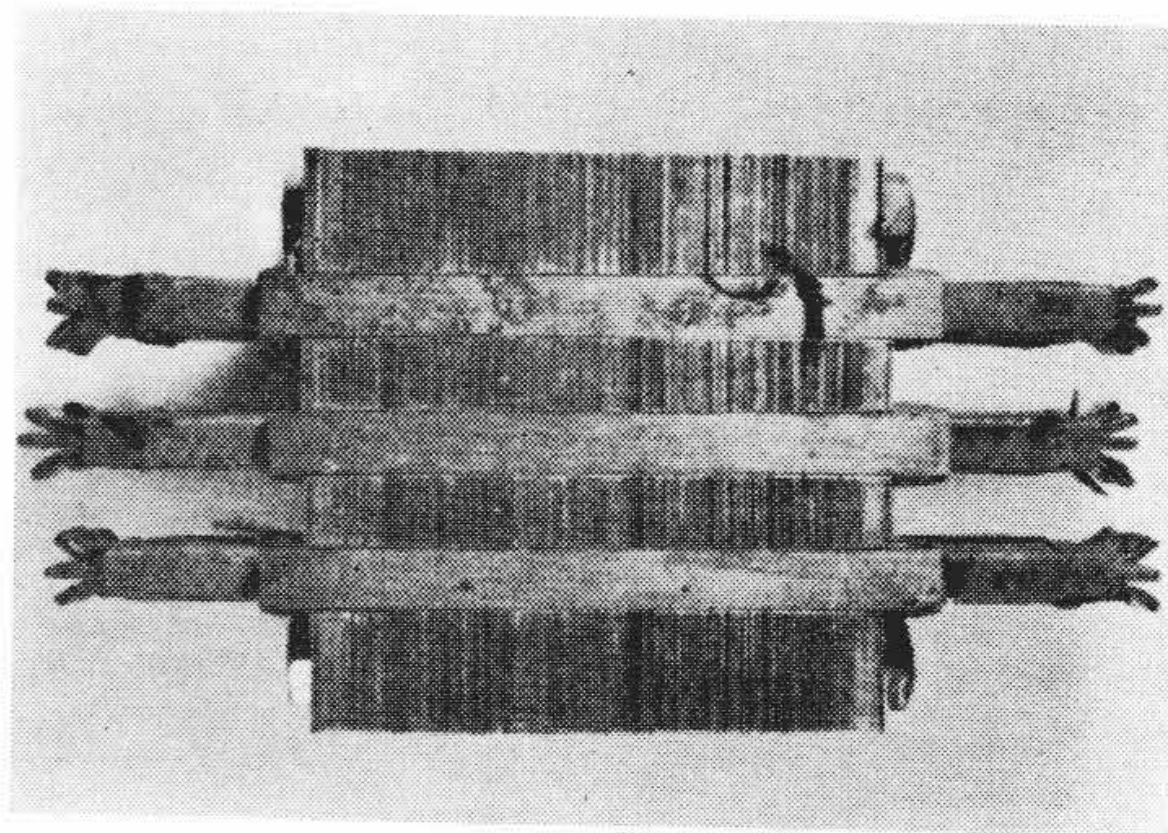
以上小形電動機のように拾込巻線を対象とするようなコイルでは、ワニスとマグネットワイヤとの適合性という点は十分吟味する必要はあるが、一方スロットライナおよび層間絶縁物についても十分耐熱性の高い絶縁物を選択することが必要であることがわかった。

5. 薄葉絶縁材料の耐熱寿命評価方法に対する問題点

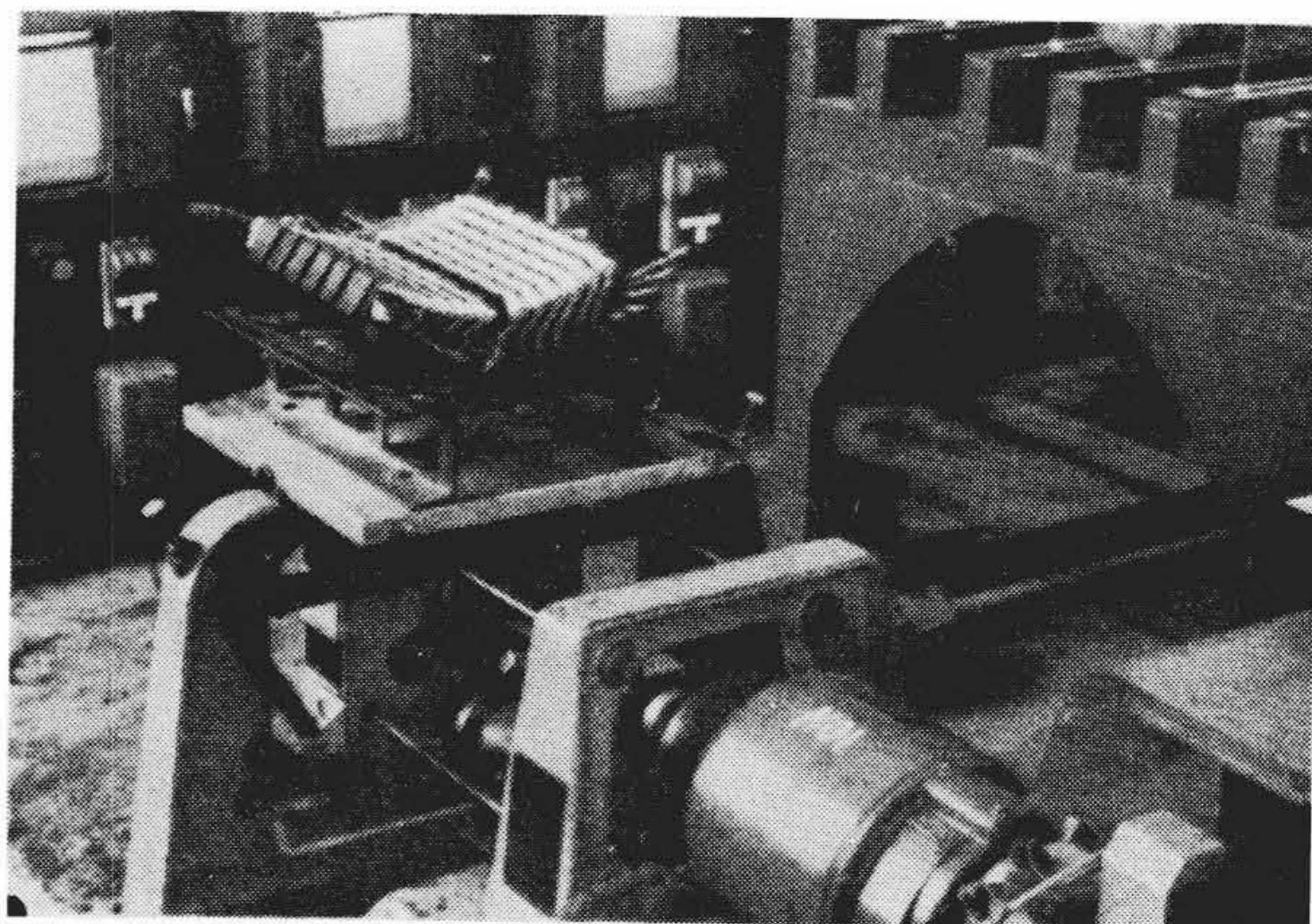
以上薄葉絶縁物を加熱劣化させたときの曲げ R の効果、外部からの圧力を加えたときの効果、ワニス処理の効果などについて述べたがコイルの実用状態においてはこのほかに振動、吸湿を考慮に入れる必要がある。しかし、このような振動、吸湿などの条件は単独で加えてもあまり意味がない。これら薄葉絶縁材料はそれ単独で使用されることはごくまれでワニス処理して使用するのが普通である。このためワニス処理を施したモデルコイルについて劣化寿命評価試験を行なうことが望ましい。このようにモデルコイルについての実験はすでに AIEE において成形コイルのモータレット試験方法⁽¹¹⁾として規定されている。

本誌にも成形コイルのモータレット試験結果が報告されているので詳細には論じないが、最終的にはモータレット試験によって寿命評価を行なうことが望ましい。

単に成形コイルの状態で加熱劣化、振動を加えた場合と第 18 図に示すようにモデルのスロットに入れて振動を加えた場合とではコ



アーマチュアコイルのモデル
第 18 図 (a) 成形コイルのモデルコイル



ダイヤモンドコイルのモデル実験(振動試験中)
第 18 図 (b) 成形コイルのモデルコイル

イルに加わる振動力が異なるため寿命は異なる。このモデルスロットも単に鉄を加工しただけのものと、積層鉄心で作ったスロットとでは寿命が大分違うことも確かめている。このため最近では第 18 図に示すようなモデルのモータを作り薄葉絶縁物の寿命評価試験を行っている。これらの結果についてはいずれ稿を改めて報告する。

6. 結 言

代表的な薄葉絶縁物の耐熱寿命評価試験方法について論じた結果を要約すると、

- (1) 絶縁材料をそのまま加熱劣化させた場合には絶縁破壊電圧が低下するものとししないものがある。絶縁破壊電圧が低下するシリコンワニスガラスクロスのような材料でも機械的な劣化が先行している。
 - (2) 一般に薄葉絶縁物はそのまま劣化させると絶縁破壊電圧は低下しないが、コイルに巻き付けた実用状態では劣化によって絶縁破壊電圧は低下する。これは曲げによる応力が材料に加わっているため、機械的な破壊が早くなるためである。しかし、曲げによる効果は約 10~20°C 前後で大きくはない。むしろ軟化フローする材料に対しては外部からの圧力による効果の方が大きい。
 - (3) コイルに巻きつけてワニス処理をすると、材料と銅とが密着して膨張、収縮差による応力が加わるため単なる熱劣化は早くなる。この意味でワニスの選択には十分注意する必要がある。また、実物機器の寿命は表面汚染、吸湿、振動などの悪条件が重なるので上述の結果とは逆にワニス処理は機器の寿命を長くする。
- 以上のように薄葉絶縁物は曲げによる応力、外部からの圧力、ワニス処理による効果（銅と材料との膨張、収縮差）などの影響を受けて劣化が促進される。このため薄葉絶縁物は使用に際して受ける応力、条件などを十分考慮に入れて寿命評価を行なうことが肝要である。実用機器においては機械的な振動もまたみのがすことのでき

ない重要な因子である。振動させて寿命評価を行なう場合には実用機器に即したモデルのスロットに入れて振動させることが望ましい。

終わりに本研究にご指導をいただいた日立製作所山崎工場、棚橋課長ならびに、実験に協力された小田島君に感謝する。

参考文献

- (1) 小川, 高橋: 日立評論, 47, 696 (昭35)
- (2) H. C. Stewart, L. C. Whitman, A. L. Scheideler: AIEE Transaction 72 Pt III, 267 (1953)
- (3) T. W. Dakin, H. M. Philofsky, W. C. Divens: Ibid, 74 Pt I 289 (1955)
- (4) G. F. Simmons, A. L. Scheideler: Ibid 74 Pt III, 155 (1955)
- (5) L. C. Whitman, A. L. Scheideler: Ibid 74 Pt I, 232 (1955)
- (6) C. L. Straka, E. W. Lindsay: AIEE Power app. & system. 58 (1960)
- (7) 森田, 坂田: 三菱電機, 32 (6) 608
- (8) 山県: 日立評論, 39, 1175 (昭32)
- (9) 水野, 小川, 田島: 日立評論, 38, 471 (昭31)
- (10) Test Code for Evaluation of systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery, AIEE No. 1 C (Jan. 1954)
- (11) Proposed Test Procedure for Evaluation of systems of Insulating Materials for Electrical Machinery Employing Formed-Wound Pre-Insulated Coils, AIEE No. 551 (Oct. 1956)



特許の紹介



特許第275536号

宅間 豊

電動機界磁制御装置

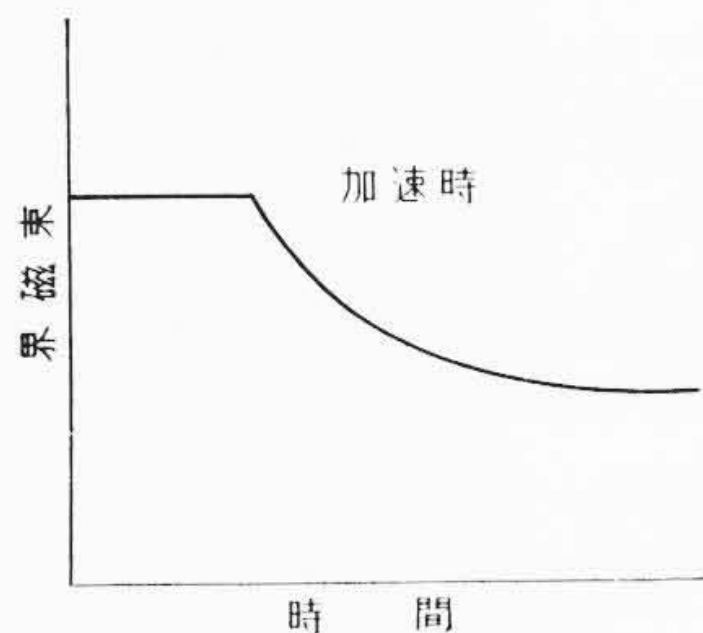
この発明は、界磁制御特性を理想特性に近似させることを目的とし、電動機界磁を増幅制御する回路（励磁機 ME とか増幅器 FA）の出力側に飽和特性をもつ制動変圧器 DT と整流器 Se を直列接続した帰還回路を設けたものである。

電動機を界磁制御する場合に短時間に加減速制御するには第1図、第2図のように加速時、減速時も界磁の強いときに界磁変化率を大きく、界磁の弱いときに界磁の変化率小なる特性のものとするのが理想的である。ところが界磁指令は、く形パルス状で与えられ界磁指令回路が抵抗とインダクタンスで形成されているため、回路時定数により加速時は第1図と大体一致するが減速時は第2図点線のように理想曲線とは逆の特性になる傾向がある。

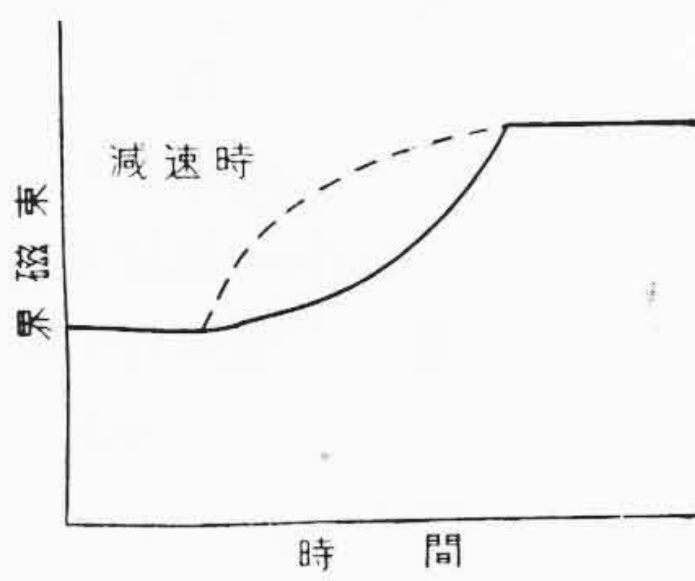
この発明は、この欠点を解消するため冒頭に述べたような帰還回路を設けた。実施例を示す第3図では、飽和特性をもつ制動変圧器 DT を界磁 f_e の回路に接続し、その出力を整流器 Se を経て増幅器 FA の制御巻線 f_3 に帰還している。いま減速時に単位関数状の界磁指令が与えられると最初増幅器 FA の出力電圧は低いから制動変圧器 DT の一次巻線に流れる電流も小さく、その鉄心の磁束は飽和領域とは程遠い値であるので制動作用が特に大きく利いて増幅器 FA の出力電圧は十分抑制される。増幅器 FA の電圧が上昇して電動機界磁が強くなると変圧器 DT の一次巻線に流れる電流が大きくなり、鉄心が急速に飽和域に達し制動作用は著しく弱まる。したがって増幅器 FA の電圧は今度は急に上昇する。それで電動機 M の界磁も界磁の弱いときは変化が遅く界磁が強まるに及んで始めて変化が急激となり理想曲線に良く似たものとなる。

また加速時には何ら手を加えずとも理想曲線にほぼ一致するので制動変圧器 DT は不要である。そこでこの発明では変圧器 DT と直列に整流器 Se を設け、加速時には変圧器 DT の制御作用が巻線 f_3 に及ばないようにしてある。つまり Se は巻線 f_e の界磁増加の際に変圧器 DT に生ずる電圧に対しては正方向接続であるが、界磁減少の際に DT に生ずる電圧に対しては阻止方向となるからである。

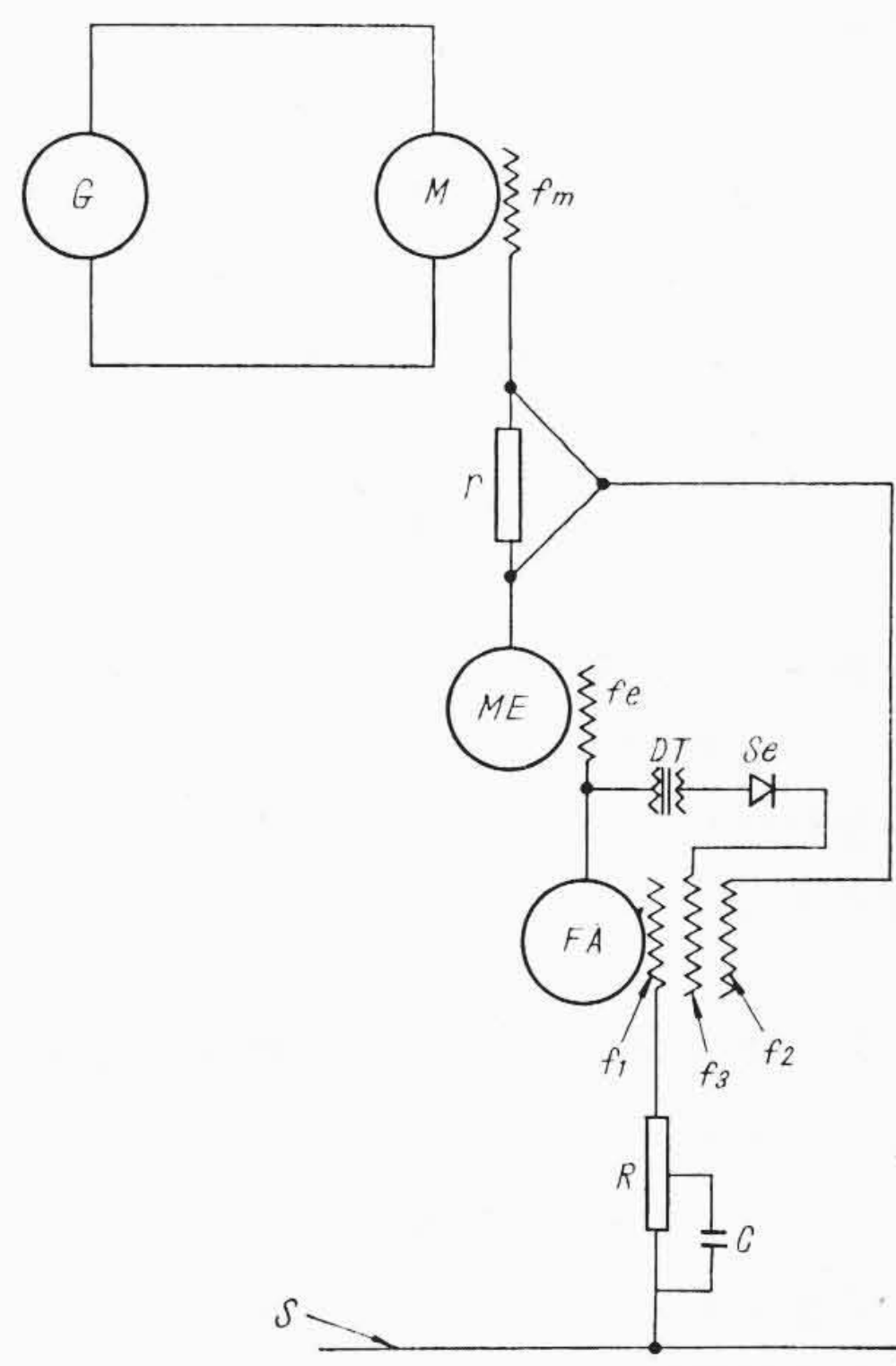
また整流器の電動機減速時における作用をみると最初 DT の電圧が高いときは低抵抗を呈し、終りには高抵抗を呈するのでいっそう目的に沿っている。
(渡辺)



第1図



第2図



第3図