

モータレット試験による絶縁ワニスの寿命評価

Thermal Evaluation of Insulating Varnishes by the Motorette Test Method

小川哲郎* 高橋保彦*
Tetsuo Ogawa Yasuhiko Takahashi

内 容 梗 概

絶縁ワニスの耐熱寿命判定には一般にマンドレルによる試験方法が採用されてきたが、マンドレル試験に耐えるような大きい伸びは、ワニス皮膜に不必要であるということが Mathes によって提案された。

絶縁ワニスその他絶縁材料の耐熱寿命評価は使用状態に近いモデルで試験するのが理想的であるといわれている。

AIEE できめられたモータの寿命試験法、モータレット試験法、デフレクションビーム試験法などにより、二、三の絶縁ワニスの耐熱寿命を検討した結果、マンドレルによるワニス皮膜の寿命判定法は再考慮しなければならないことがわかった。

1. 緒 言

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ため、化学的組成だけで絶縁材料の耐熱区分を等級づけてきた従来の考え方は実情にそわないものとなった。そこで、現在では実用に即した方法で材料の耐熱性を評価しようという試みが各所で行われている。この意味からすれば各種の材料を実際使用して、その結果から耐熱性を評価することが望ましいことであるが、一般に機器の寿命は20~30年といわれており実用に向かない。

わが国では、まだ耐熱寿命評価試験法も規定されていない現状であるが、アメリカでは一応モータレット試験法⁽¹⁾⁽²⁾またはトランスレット試験法⁽³⁾を採用して、材料ならびに機器の耐熱寿命評価にかなりの成果をあげている。

日立製作所においても昭和32年にモータならびにモータレット試験装置を完成し、マグネットワイヤを中心に新旧の材料について寿命試験を行ってきた。本報告はこれら試験の概要ならびに試験結果の一部についてまとめたものである。

2. 促進劣化の基礎理論^{(4)~(6)}

絶縁材料は熱のほかに湿気、振動、化学薬品など種々の周囲条件が交互に重なり合って劣化するものと考えられている。このうちでも特に熱による劣化が最も顕著であり、加熱によって酸化、分解などの化学反応が生じ、それについて吸湿、機械的ストレスによる劣化が起るものとされている。

絶縁材料の寿命を短期間に評価するために、一般に高温加速劣化試験が行われている。高温の寿命から実用温度における寿命を推定するには従来10°C半減則が用いられていた。これは最近になってなら理論的根拠がないという理由⁽⁴⁾で寿命の概算以外はほとんどかえりみられなくなった。1948年 Dakin⁽⁵⁾ が熱劣化もまた一種の化学反応であり、劣化速度は化学反応速度論に従うという新しい考え方を提案した。すなわち、反応物質の濃度をC、反応速度定数をkとすると、一般にn次反応の場合に

$$-\frac{dc}{dt} = kC^n \dots\dots\dots (1)$$

が成立する。被測定物の加熱劣化に伴う物理量の変化は時間の関数であり、これをφとする。このφが濃度と同様(1)式を満足する場合には

$$-\frac{d\phi}{dt} = k\phi^n \dots\dots\dots (2)$$

となる。いま、熱劣化機構が一次反応であると仮定して両辺を積分し、物理量φの初期値をφ₀、寿命終点に達したときの値をφ_eとすれば、寿命tと絶対温度Tとの間に(3)式が成立する。

$$\log t = \frac{E}{RT} - \log A + \log \left\{ \log \left(\frac{\phi_0}{\phi_e} \right) \right\} \dots\dots\dots (3)$$

ただし、E: 反応の活性化熱
R: 気体定数

(3)式の右辺第2項、第3項は定数であるから

$$\log t = \frac{\alpha}{T} + \beta \dots\dots\dots (4)$$

となる。このように絶縁材料の寿命の対数log tと温度1/Tの間にはある温度範囲では直線関係が成立するため、使用温度より比較的高温での加速劣化試験による寿命値から使用温度における寿命を推定することが可能である。

3. 試験方法

3.1 モータレット試験法^{(1)(2)(7)~(9)}

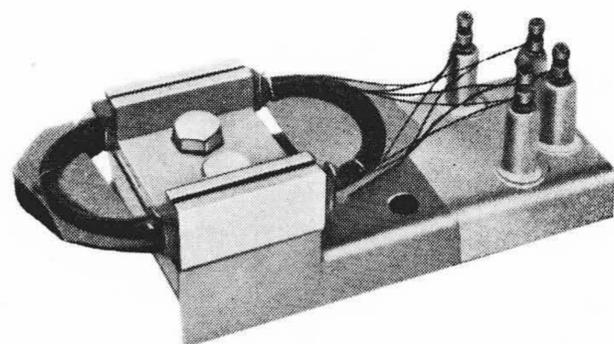
3.1.1 試 料

AIEE で規定している試験法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200V、200Wの標準三相誘導電動機と同一のスロット寸法である。第1図にモータレットの外観を示す。

絶縁構成は第2図に示すようにわが国で実用されている多くのモータの絶縁構成とほとんど同じである。ただモータの線間短絡事故を模擬するため、モータレットでは2本の線を平行に巻いて線間耐圧をチェックするようになっている。

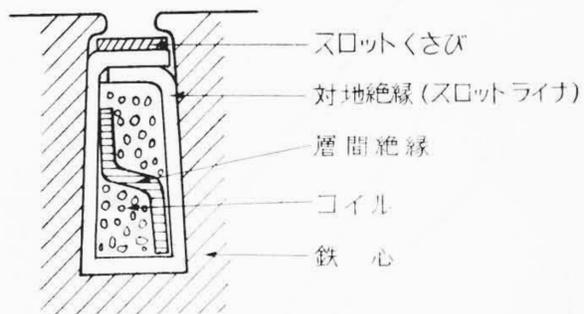
3.1.2 劣化促進方法

劣化試験の方法は加熱、振動、吸湿を1サイクルとして、1サ



第1図 モータレット試験片

* 日立製作所日立絶縁物工場



第2図 モータレット絶縁構成

第1表 加熱日数と試験温度

温度 (°C)	A 種	B 種
200±3	—	2
180±2	2	8
160±2	8	28
140±2	28	49
125±2	49	—

第2表 モータレット試験電圧

試験部分	試験電圧*
対地	600 (V)
層間	600
線間	120

※ A.J.E.E で規定している電圧の2倍

イクル中の加熱時間は第1表にしたがった。機械的振動は振動数3,000 cpm, 振幅0.2 mm, 加速度1gで、コイル面に垂直方向に1時間加熱直後に加えた。吸湿は40°C, 90% R.H. の定温定湿槽中に3日間放置した。なお、第3図に振動試験の状況を示す。

3.1.3 寿命の判定

1サイクル中の加熱, 振動, 吸湿の直後に第2表に示す試験電圧を15分間印加し, 破壊したものは一応その試料の寿命と考えた。第4図は耐電圧試験装置である。

3.2 モータ試験法⁽¹⁾

3.2.1 試料

200V, 200Wの標準三相誘導電動機を使用し, 試験に際して温度上昇を容易ならしめる目的で回転子と固定子間のエアギャップを2倍にし, さらに通風孔をふさいで試験に供した。

3.2.2 劣化促進方法

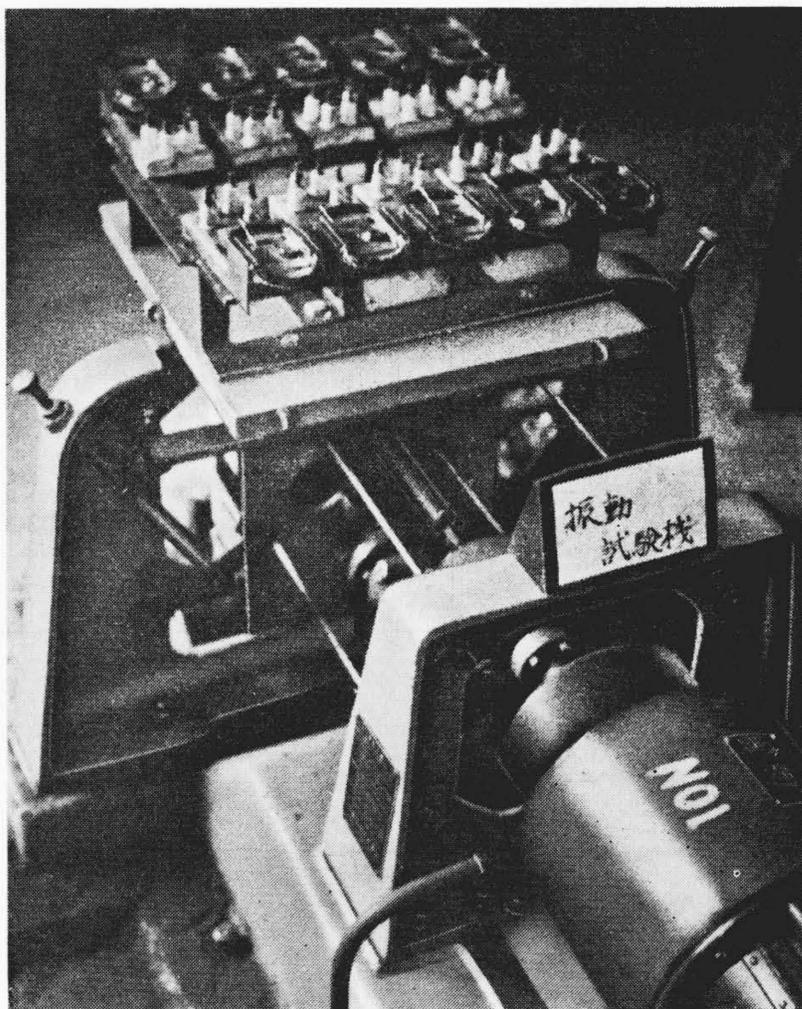
温度上昇はモータにフライホイールを取り付けて, 正逆運転を行わせ, 起動の際の過電流を利用して発熱させた。前記のモータレットの場合は加熱と振動は別々に行っていたのであるが, モータの場合は振動装置による振動は特に行わなかった。

劣化サイクルは正逆運転(加熱, 振動が含まれる)と吸湿からなり, 加熱温度ならびに期間は第1表のモータレットの場合と同様である。吸湿は運転終了後固定子を40°C, 90% RHの定温定湿タンク中に3日間保った。吸湿終了後に次の劣化サイクルに移る前にモータを乾燥させる目的で, 一定方向に1時間無負荷で運転させた。

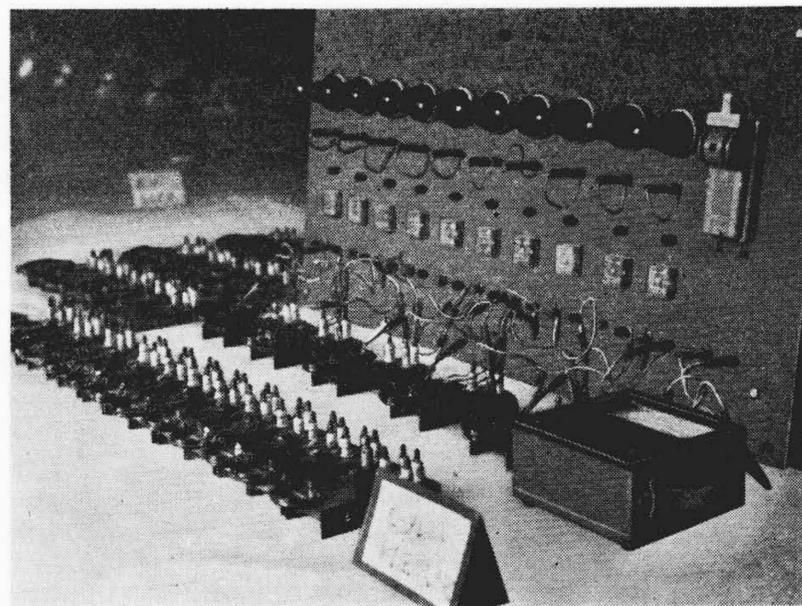
モータの正逆運転は自動温度調節計, 各種の継電器および電磁開閉器からなる制御装置を利用した。運転中の温度は記録計に取られ, もしなんらかの理由で規定温度以上になれば, 電源を切りモータの過熱を防ぐようになっている。温度の検出には熱電対をスロットライナと鉄心との間に埋め込む方式とした。第5図に試験装置の外観を示す。

3.2.3 寿命の判定

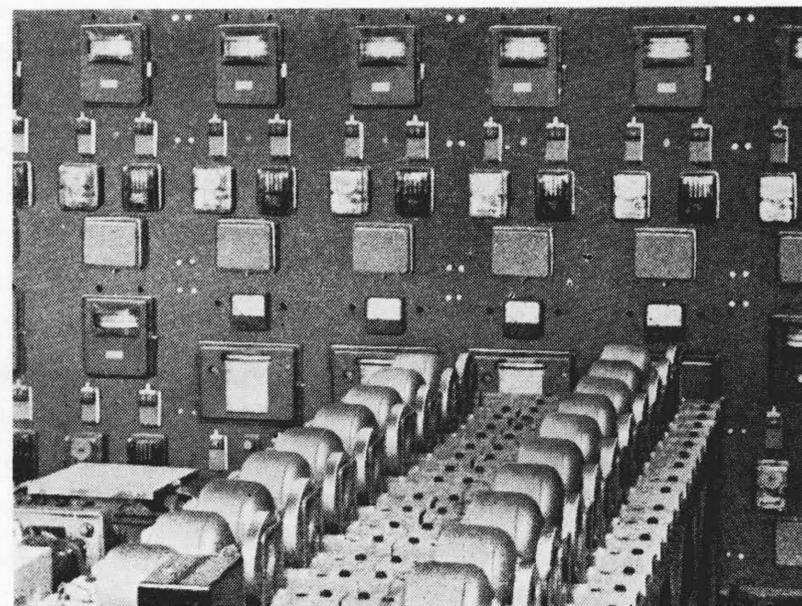
運転中に絶縁物が劣化して層間短絡, 線間短絡あるいは対地絶縁破壊を生じ, モータが焼損するときを寿命と判定した。



第3図 モータレット振動試験



第4図 モータレット耐電圧試験



第5図 モータ試験装置

第 3 表 モータレット含浸処理仕様

試番	処理 エナメル線 0.6mmφ 第1種	含 浸		乾 燥	含浸材料のマンドレル耐曲げ性
		材 料	方 法		
1	ホルマール線	サーモセット ワニスA	常 圧	120°C	120°C, 24h, 3φ
2	ポリウレタン線	サーモセット ワニスB	常 圧	130	120°C, 24h, 3φ
3	ポリエステル線	PS 202	真 空	80	125°C, 4h, 3φ
4	ポリエステル線	PS 202	常 圧	80	125°C, 4h, 3φ
5	ポリエステル線	PS 202	常 圧	105 (短時間)	125°C, 4h, 3φ
6	ポリエステル線	サーモセット ワニスA	常 圧	130	120°C, 24h, 3φ
7	ポリエステル線	サーモセット ワニスB	常 圧	130	120°C, 24h, 3φ
8	ポリエステル線	サーモセット ワニスA	常 圧	105 (長時間)	120°C, 24h, 3φ
9	ポリエステル線	サーモセット ワニスB	常 圧	105 (長時間)	120°C, 24h, 3φ

第 4 表 モータの含浸処理仕様

試番	処理 エナメル線	含 浸		乾燥温度(°C)
		材 料	方 法	
A	ホルマール線	サーモセットワニスA	常 圧	120
B	ポリウレタン線	サーモセットワニスA	常 圧	130
C	ポリウレタン線	サーモセットワニスB	常 圧	130
D	ポリエステル線	サーモセットワニスB	常 圧	130
E	ポリエステル線	PS 202	真 空	80

3.3 試験結果の整理

試験結果はかなりばらつきが大きかったので、最小自乗法に基いて一次回帰直線を求めるようにした。W. H. Horton⁽¹⁰⁾ はこれらのデータのまとめ方について詳しく述べている。

4. コイル絶縁構成ならびにワニス処理

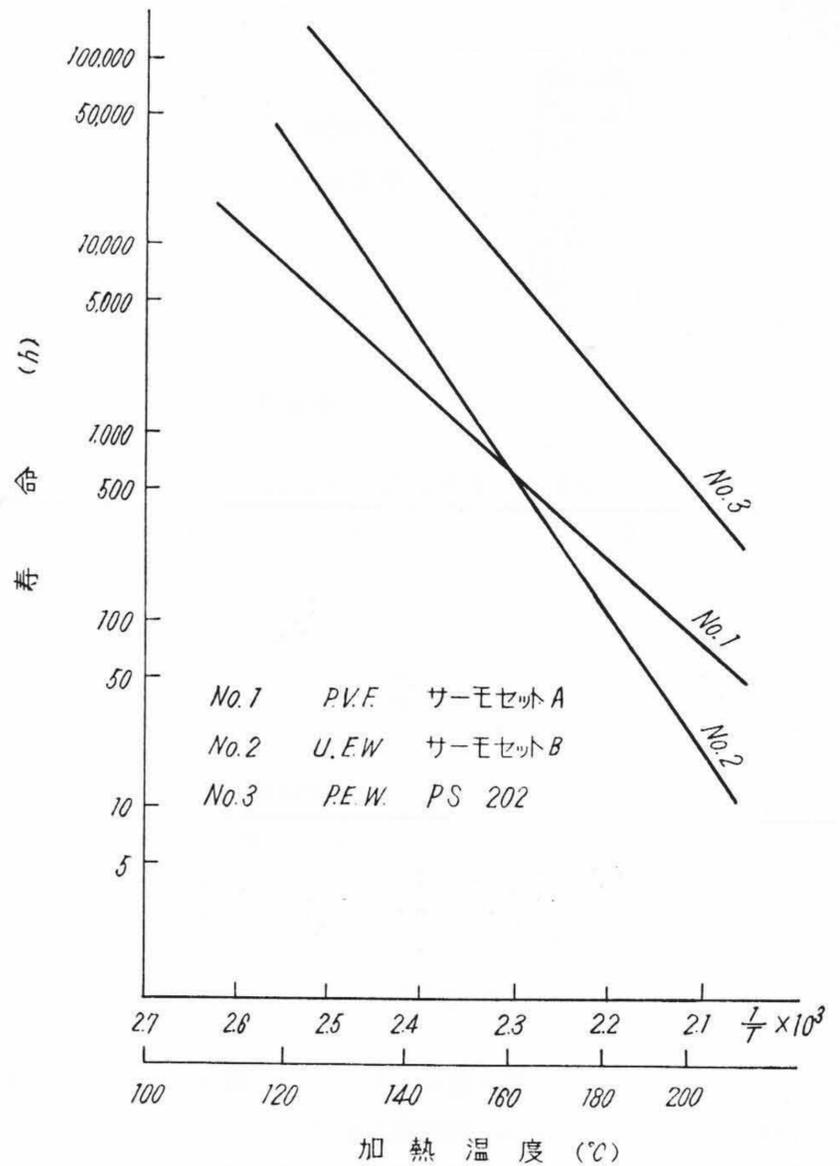
供試エナメル線はホルマール線(P. V. F), ポリウレタン線(U. E. W), ポリエステル線(P. E. W)の3種類であり、いずれも導体径0.6 mmφ, 1種皮膜厚のものを用いた。対地絶縁には0.038 mm厚さのマイラーフィルムと0.25mm厚さのクラフト紙をはり合わせたスロットライナを用い、層間絶縁にはスロット内部に0.13 mm厚さのクラフト紙を、スロット外のコイルエンド部に0.25mm厚さのプレスパンを使用した。上記絶縁構成のモデルスロット、およびステータは、それぞれ第3, 4表に示すワニス処理を行った。

5. 実験結果および考察

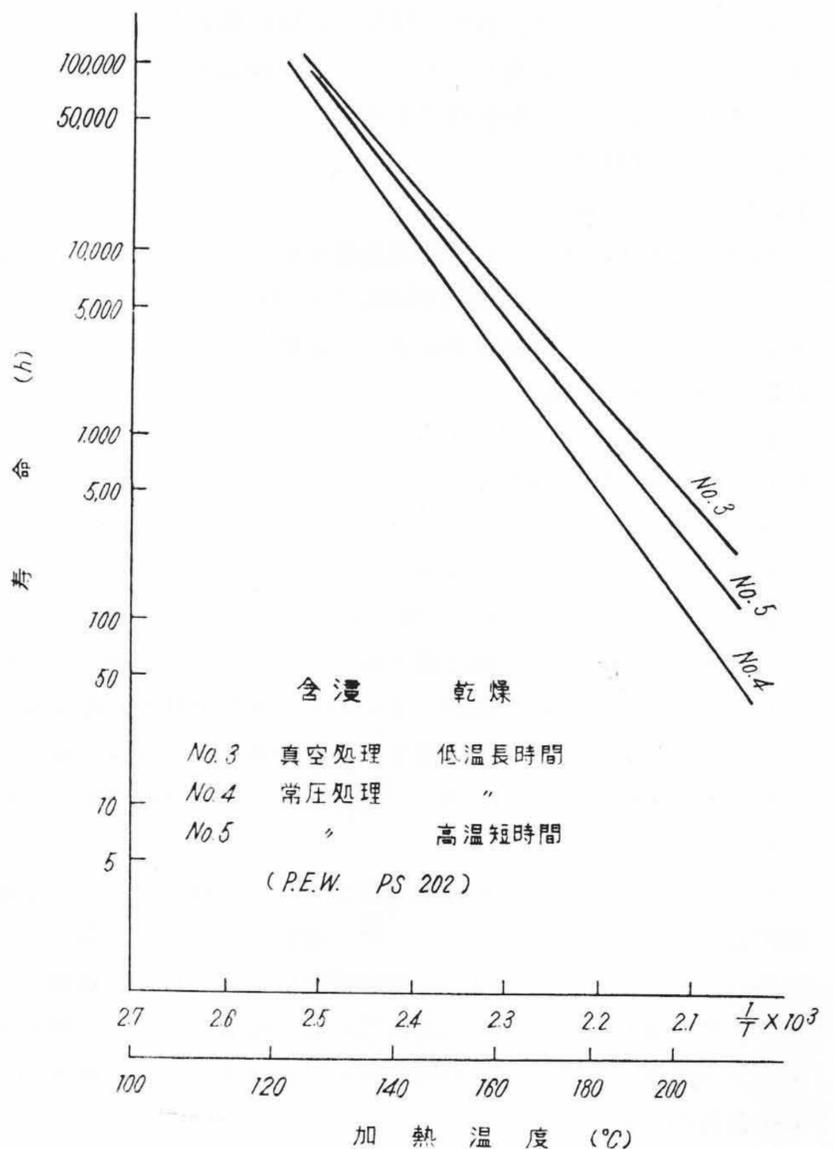
5.1 モータレット

モータレット試験では線間2箇所、対地2箇所、層間1箇所の計5箇所の絶縁性を耐電圧試験によりチェックすることができる。

まず最初に、第3表に示すNo. 1, 2, 3の3種類の試料について検討した。試験結果から得られた寿命と温度との関係を第6図に示す。この図からわかるように、No. 3はほかの2種と比較してはるかにすぐれた耐熱寿命を示している。これら3種類ともA種絶縁構成とみなして第1表に示すA種の加熱条件を採用した。しかし、試験が進むにつれてNo. 3の耐熱性が非常にすぐれていることがわかったので、試験を早期に完了させる目的で途中からNo. 3のコイルだけは第1表のB種試験法に加熱条件を変更した。No. 1とNo. 2は使用したエナメル線も処理ワニスも異なっているので、この結果だけから両者を比較することは困難である。しかし、使用ワニスの耐熱性に大差ないことから考えて、ウレタン線はホルマール線よりも高温の寿命は短い、低温(実用温度付近)での寿命は長いことがわかる。また、No. 3が非常に長い寿命を示しているのは、耐熱性の良いといわれているポリエステル線を使用しているためか、含浸材料の液状不飽和ポリエステル樹脂PS 202⁽¹¹⁾にその原因があるのか、あるいは真空含浸処理のためであるのかはこの実験だけでは判然と

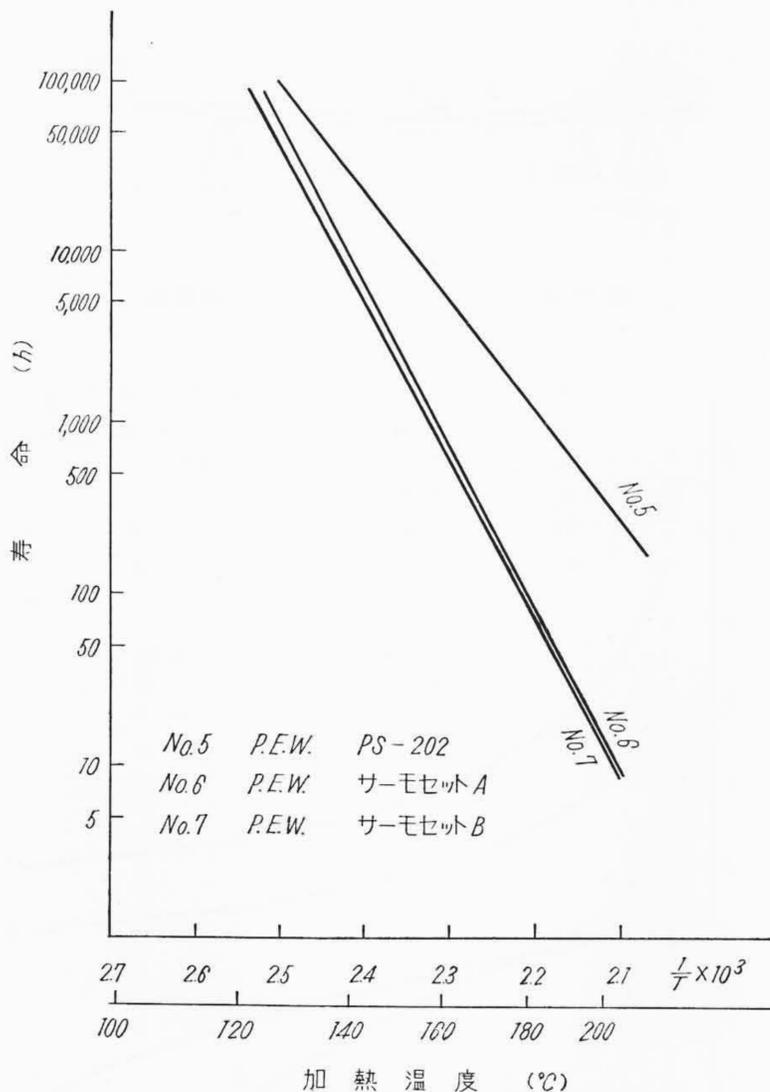


第6図 温度と寿命の関係



ポリエステル線に対する液状不飽和ポリエステル樹脂の処理条件の寿命に及ぼす影響

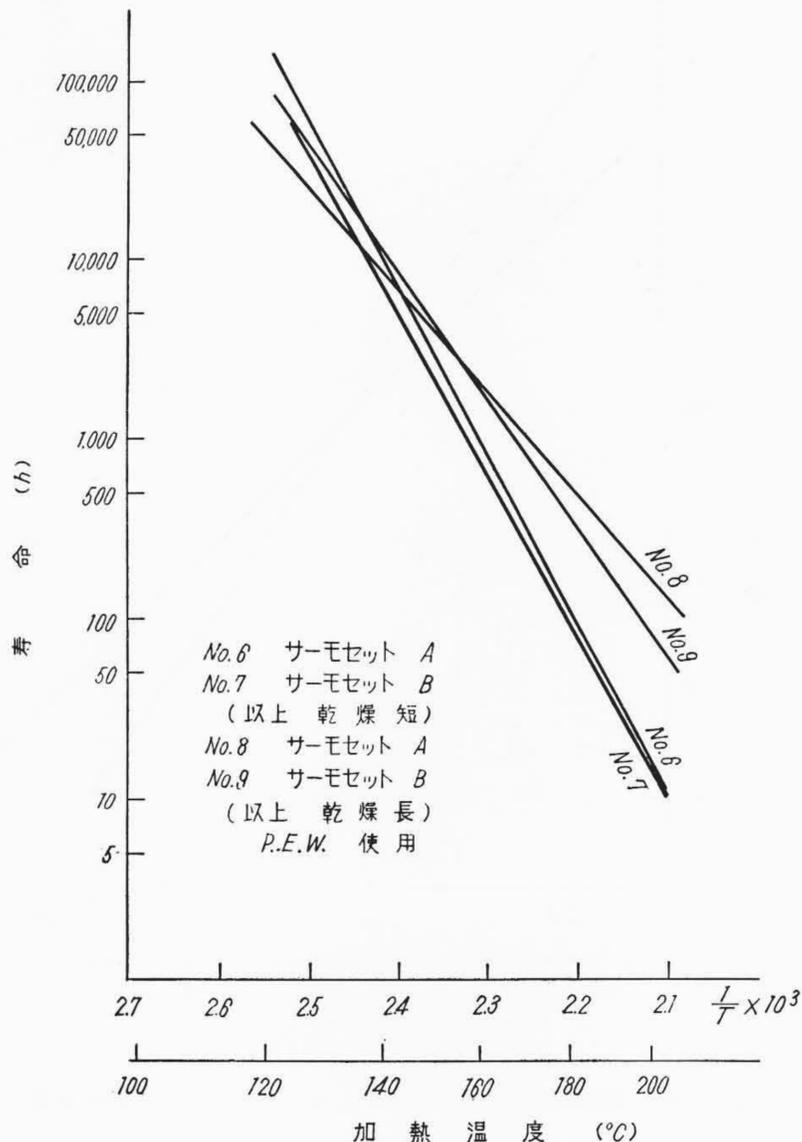
第7図 温度と寿命の関係



ポリエステル線の寿命に対する含浸材料の影響
第8図 温度と寿命の関係

しない。この点を明らかにする目的で、まず処理条件を変えただけでほかはまったく No. 3 と同一の No. 4, 5 を作製した。すなわち、No. 4 は含浸条件が、No. 5 は含浸ならびに乾燥条件がそれぞれ No. 3 と異なっている。試験結果を第7図に示す。No. 3 と No. 4 を比較すると真空処理の効果はかなりあることがわかる。すなわち、PS-202 に関してはワニス含浸量を多くすればモータの寿命はかなり延びる。モータ製作工程の中に真空含浸を取り入れることは困難であるが、ワニス注入量を多くする努力は必要である。なおほかの一般コイルワニスについても同様のことがいえるかどうかは今後の研究にまたなければならぬ。No. 5 は高温短時間乾燥であるが、この結果から乾燥温度をある程度上げて、PS 202 の硬化を十分にしておくことは有効であると考えられる。

以上 No. 3, 4, 5 はいずれもポリエステル線に液状不飽和ポリエステル樹脂を用いたものであるが、含浸材料によりポリエステル線がどのような影響を受けるかを検討する目的で No. 6 および No. 7 を作製した。第8図にその結果を示す。この図から明らかなように No. 6, 7 いずれも No. 5 の寿命よりもはるかに短い。同じポリエステル線を用いても含浸材料によりこのような差があらわれることは、ポリエステル線がワニスの残留溶剤におかされるためか、それともサーモセット系ワニスが根本的にポリエステル線に適しないためかは、この実験結果だけでは判然としない。したがって、この点を検討するために No. 8, 9 を作製した。すなわち残留溶剤を完全に除去する目的で乾燥を長時間行ったものである。第9図に試験結果を示す。No. 6, 7 との比較から高温における寿命がかなり改善されたことがわかる。No. 6, 7 の寿命直線と No. 8, 9 の寿命直線が低温部で交差している。この原因は残留溶剤が特に高温部で悪作用を及ぼし、No. 6, 7 の高温部の寿命を極端に短くしたものである。このため、高温部の寿命をそのまま直線で低温部まで伸ばすことは、No. 6, 7 の場合危険をとまらぬ。No. 8, 9 直線が実際の寿命に近い



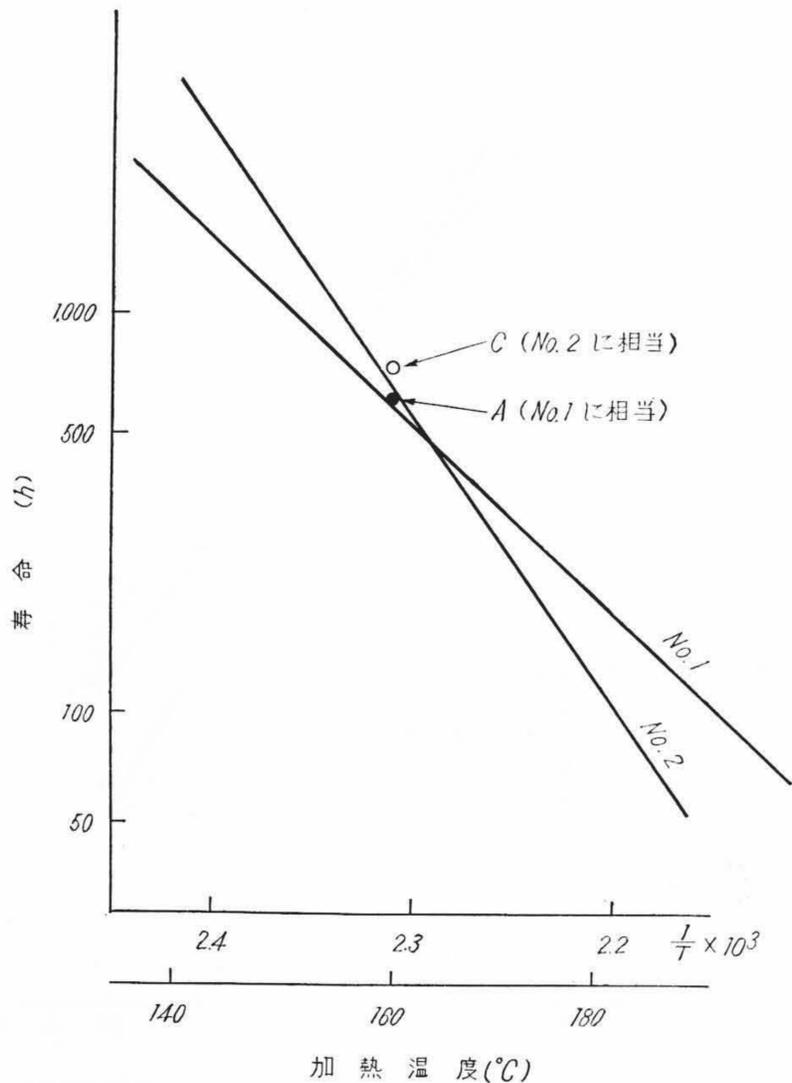
ワニス中の残留溶剤が寿命に及ぼす影響
第9図 温度と寿命の関係

値を示してをり、No. 6, 7 直線は高温部でこの No. 8, 9 直線から折れ曲がったものと考えてよい。いずれにしても、PS 202 を使用したものよりもかなり寿命が短い。E. L. Brancato⁽¹²⁾ らはモータレットに使用されている各絶縁材料の耐熱性がバランスしているならば、初期破壊の大部分は線間で生じ、反面その組み合わせがバランスしていないものであれば、大部分層間、対地間で起こるといっている。本試験の場合でもこのような傾向が見られ、No. 7, 8 は対地絶縁破壊が多い。

以上の実験結果から、ポリエステル線とポリエステル樹脂の組み合わせが他のものに比べて長い寿命を示すことがわかった。この樹脂のマンドレルによる耐曲げ性は第3表に示すように、他のサーモセット系ワニスのそれに比べてかなり悪い。この事実からワニスの耐熱性判定にマントレルによる耐曲げ性だけを用いることは新しいすぐれたワニスの開発を阻害するおそれがあり再考を要すると思われる。

5.2 モータ

前項のモータレットに比べ、試験方法はかなりめんどうであり、さらに各試験温度における試料数も少ないためまだ寿命直線をうるまでには至っていない。モータレットの No. 1, 2 に相当する A および C の 160°C における寿命平均をモータレット寿命直線の上にプロットしてみると第10図のようになった。No. 3 に相当する E は同じ試験温度の 160°C で 2,500 時間になるがまだ1台も破壊していない。モータレット試験の場合と同様前記2種類の試料に比べて、かなり寿命が長いことがわかる。第10図だけから見るとモータとモータレットとは非常によく一致している。モータでは加熱、振動、吸湿さらに電圧印加が同時に行われており、試験条件としてはかなりきびしいものと考えていた。しかし、このように両者が一致したこと



第 10 図 160°Cにおけるモータとモータレットの寿命比較

はモータレットでは 600V の電圧チェックをしているのに反し、モータでは 220V の電圧しか印加していないことにその原因があるものと考えられる。

5.3 モータレットとモータ寿命との関係

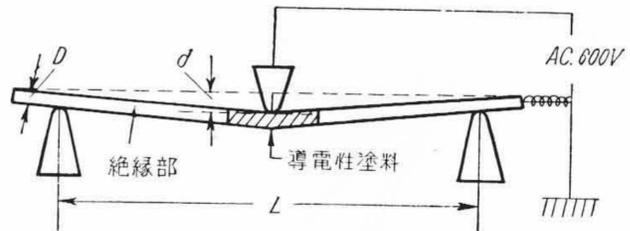
上述の実験ではモータレットの平均寿命とモータの寿命とは案外よく一致した結果を得た。これは AIEE でモータレット試験法を採用する場合に、モータの寿命試験結果によく一致するような試験条件、すなわち印加電圧、振動条件などを過酷に設定したためであって、モータレット試験法は一応妥当な方法であると考えてよい。

しかし、もしモータレットの試験条件、すなわちチェック電圧、振動条件などがモータに加えらるる条件と全く一致している場合には、当然その平均寿命を異にすることが予想できる。モータレットのスロット数は 2 個であるが、モータのそれは 40 個位が普通である。モータレットの寿命はかなりばらつくが、同じようにモータの個々のスロットの寿命は大ききばらつきをもっているはずである。モータの寿命はこれら多くのスロットの最小寿命のものと一致する。すなわち、理論的にモータレット数十台の最小寿命とモータ 1 台の寿命とは一致するはずで、当然モータレットの平均寿命よりもモータの平均寿命は短くならなければならない。

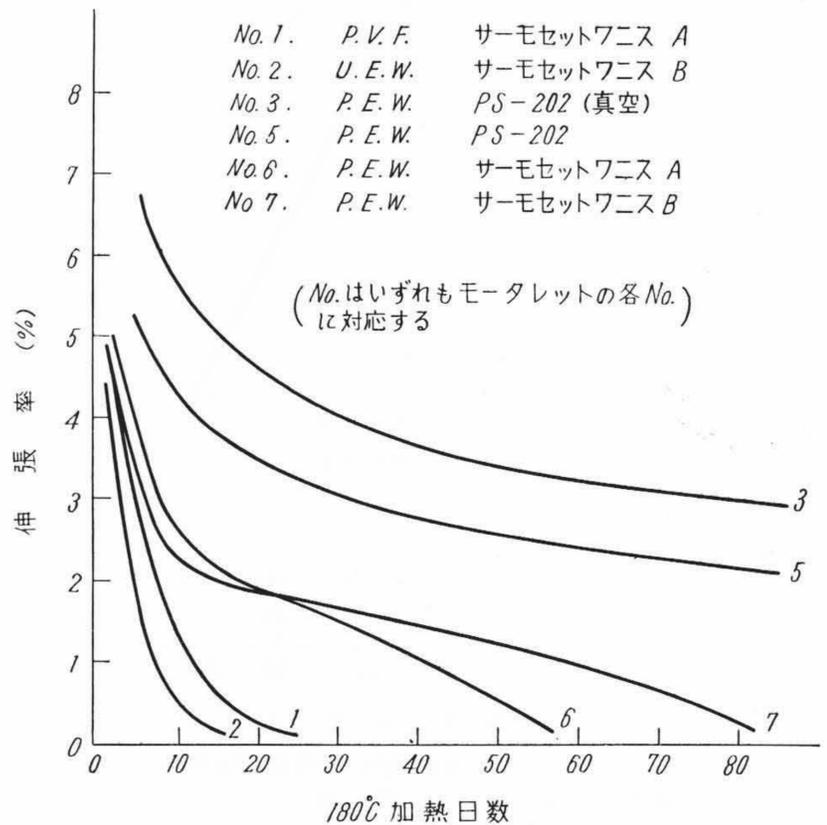
これらの関係は統計的に最小値の確率密度関数⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾にしたがう。すなわち、いまモータレット寿命試験結果で寿命平均を m 、分散を σ^2 とする。なお、モータ 1 台のスロット数はモータレット 1 台の N 倍であるとする。モータの寿命 X の確率密度関数は

$$N \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X-m)^2}{2\sigma^2}} \left\{ \int_X^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt \right\}^{N-1} \dots (5)$$

によって与えられる。したがって X の分布は正規分布にはならないが、個々のモータの寿命 X_1, X_2, \dots, X_n について平均値 \bar{X} をとれば、大体近似的に正規分布とみなすことができる。この場合モータ寿命の平均、分散はそれぞれ



第 11 図 デフレクションビーム試験法



第 12 図 デフレクションビーム試料の加熱日数に対する伸張率の変化

$$\left. \begin{aligned} \bar{X} &= m - a_N \sigma \\ \sigma_1^2 &= \frac{b_N^2 \sigma^2}{n} \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

となる。ただし、 a_N, b_N は N によってきまる定数、 n はモータの台数である。すなわち (6) 式からモータレットの平均寿命 m よりもモータの平均寿命 \bar{X} のほうが小さいのが普通であることが理論的に理解できる。

以上述べたことを逆に考えると、筆者らのモータレット試験条件はモータに加えらるる劣化条件よりもかなりきびしかったものと考えられる。

5.4 ワニス皮膜の耐曲げ性と寿命について

従来ワニスの耐熱性判定は JIS C 2103 に基いたマンドレルによる耐曲げ性試験によっていた。この試験法によれば、皮膜表面の伸張率は次式のようになる。

$$\begin{aligned} \text{皮膜表面の伸張率} &= \frac{C_2 - C_1}{C_1} \times 100 (\%) \\ &= \frac{t_1 + 2t_2}{d + t_1} \times 100 (\%) \dots (7) \end{aligned}$$

- α : マンドレル径
- t_1 : 皮膜を塗布した金属板の厚さ
- t_2 : ワニス皮膜の厚さ
- C_1 : 中性点の周長
- C_2 : 皮膜面の周長

上式でマンドレルの径を大きくして、さらに皮膜厚さを薄くしても 1% 以下の測定は非常に困難である。G. E. 社の Mathes⁽¹⁵⁾ らは機器の熱膨脹収縮差から推して、ワニスの伸長率は 1% あれば十分であると述べている。さきにも述べたように筆者らの実験でも、モータ

タレット試験結果による寿命とマンドレル寿命との間にはなんら関係がないことが明らかである。耐曲げ性による寿命判定はマンドレルよりもむしろデフレクションビーム法⁽¹⁶⁾が適していると Mathes はいつている。

以下に筆者らが検討したデフレクションビーム法について簡単に述べる。試料はモーターレットに使用した 0.6 mmφ のエナメル線を 7 本より合わせたもので、第 11 図に試験法の概略を示す。試料中央部に導電性塗料を塗りこれと心線部との間に 300V の電圧を加えながら、中央部に荷重を加え、破壊したときの試料のたわみから次式により試料の伸張率を計算した。

$$\text{伸張率} = \frac{6Dd}{L^2} \times 100 \quad (\%) \dots\dots\dots (8)$$

- D: 試料の径
- d: たわみ
- L: 径間の長さ

第 12 図に結果の一部を示す。この図からも明らかなように、耐曲げ性の悪いポリエステル PS 202 で処理した No. 3, 5 がすぐれていることがわかる。前にも述べたようにモーターレットおよびデフレクションビーム法の結果からもワニスの耐熱性評価をマンドレルによる耐曲げ性のみに依存することは非常に危険であることがわかる。

6. 結 言

モーターレットおよびモータの寿命試験に関し、その概況と中間的な結果について報告したが、現在までに得られた結果を総合してみると

- (1) マンドレル試験により耐熱性があると判定されたワニスでも、モーターレット試験結果では耐熱性に劣るといふことがありうる。すなわち、ワニス皮膜の耐熱性をマンドレル試験結果だけにたよることは危険性がある。
- 拾込み巻線を対象とする限り、モーターレット試験により寿命を判定するのが最も妥当である。簡単な方法としてデフレクションビーム法は寿命判定に役立つ。
- (2) モータ絶縁の耐熱性を向上させるには、エナメル線に適し

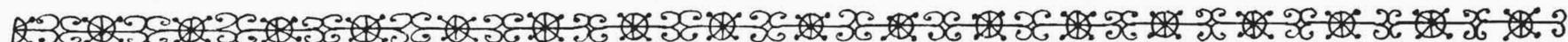
たワニスを選ぶことが必要である。特に無溶剤ワニスの PS 202 はポリエステル線に適した含浸材料である。

(3) 処理ワニスの溶剤が残留しているような状態で、高温加速劣化試験を行うと、高温の寿命が短くなり、間違った寿命推定を行う危険性がある。

終りに本研究に際し終始ご協力をいただいた日立製作所多賀、電線および亀戸工場関係各位に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) A. I. E. E: Test Code for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound Electric Machinery, AIEE No. 1C (Jan 1954)
- (2) A. I. E. E: Proposed Test Procedure for Evaluation of the Thermal Stability of Enameled Wire, AIEE Standard No. 57 (Oct. 1955)
- (3) A. I. E. E: Proposed Test Code for Functional Temperature Endurance Tests of Ventilated Dry-Type Power and Distribution Transformers, AIEE Comitt. Report, AIEE Trans 74, 971 (Oct. 1955)
- (4) 日月紋次: 日立評論, 36, 1397 (昭 29)
- (5) T. W. Dakin AIEE Trans. 67, part I, 113 (1948)
- (6) 電気学会: 技術報告 第19号(昭 32-9)
- (7) T. J. Gair AIEE Power Apparatus and Systems, 74, 1702 (Feb. 1955)
- (8) A. I. E. E: The Life Expectancy of Class A Random-Wound Motor Insulation as Determined by AIEE Standard No. 510 Test Procedure, AIEE Comitt. Report, Application and Industry 44, 224 (Sept. 1959)
- (9) A. I. E. E: Thermal Evaluation of Insulating Materials (June. 1954)
- (10) W. H. Horton: AIEE Power Apparatus and Systems, 75, 405 (June 1956)
- (11) 宮入, 小川: 日立評論 別冊 No. 31, 29 (昭 34-7)
- (12) E. L. Blancato: Electrical Manuf. 63, 146 (March 1959)
- (13) 磯部, 小川: 昭31年電気三学会連合大会
- (14) 水野, 小川, 田島: 日立評論 38, 81 (昭 31-3)
- (15) H. I. Morgan, K. N. Mathes: ASTM Special Tech Publication No. 161 97 (1954)
- (16) H. I. Morgan, K. N. Mathes: ASTM Special Tech Publication No. 161, 86 (1954)



日立製作所所員寄稿一覧表

(その2)

(第 69 頁より続く)

昭和 34 年 8 月受付分)

寄 稿 先	題 名	所 属	寄 稿 者
日本鉄道車輛工業協会	台湾 鉄 路 局 納 1,560 PS デ ィ ー ゼ ル 電 気 機 関 車	本 社	河 合 輝
日本鉄道車輛工業協会	E D 46 形 交 直 両 用 電 気 機 関 車	本 社	河 合 輝
日本資材管理者協会	外 注 管 理 規 程 の 要 点 と 作 り 方	亀 戸 工 場	相 馬 謙 太 郎
電 気 公 論 社	南 川 越 変 電 所 の 同 期 調 相 機 に つ い て	本 社	清 野 知 士
電 気 公 論 社	超 臨 界 圧 力 蒸 気 タ ー ビ ン の 問 題 点	日 立 工 場	桑 野 幸 三
電 気 公 論 社	高 温, 高 圧, 高 速 ボ イ ラ 給 水 ポ ン プ に つ い て	亀 有 工 場	田 原 晴 男
電 気 公 論 社	最 近 の 火 力 発 電 所 用 集 塵 装 置 に つ い て	日 立 工 場	橋 本 清 隆
電 気 公 論 社	大 容 量 火 力 発 電 所 の 経 済 性 に つ い て	日 立 工 場	浦 田 星
電 気 公 論 社	最 近 の 火 力 発 電 所 の 中 央 制 御	国 分 工 場	広 吉 秀 高
電 気 公 論 社	最 近 の 大 容 量 タ ー ビ ン 発 電 機 に つ い て	日 立 工 場	是 井 良 朗
電 気 公 論 社	最 近 の 灰 処 理 装 置 に つ い て	亀 有 工 場	小 田 保 元
オ ー ム 社	二 輪 車 の 乗 心 地 の 解 析 ア ナ コ ン 応 用 シ リ ー ズ	中 央 研 究 所	三 浦 武 雄
オ ー ム 社	日 立 ヒ ュ ー ズ フ リ ー 遮 断 器	昭 和 電 子	岩 日 純 蔵
電 気 書 院	ラ ジ オ ア イ ソ ト ー プ 応 用 計 器	亀 戸 工 場	安 富 儀 行
電 気 商 品 連 盟	日 立 の 電 気 ス ト ー プ, 温 風 機, 火 鉢, 足 温 器 な ど	多 賀 工 場	鷺 見 哲 雄
家 庭 電 気 文 化 会	「 冬 の 器 具 前 奏 曲 」 中 「 日 立 の 新 形 暖 房 器 具 に つ い て 」	日 立 工 機 本 社	徳 重 政 晴 一

(第 92 頁へ続く)