

# 低ガス圧ケーブルの構造に関する一考察

## A Study on the Construction of Low Pressure Gas-Filled Cables

橋本博治\* 比企野恭二\* 庄司民良\* 加藤清夫\*

### 内 容 梗 概

最近国内における低ガス圧ケーブルの需要が活発になり、性能の改善が要望されている。このケーブルは絶縁油の移動が少なく、イオン化の少ないものがよいと考えられるが、これらは相容れない要求で絶縁油の抽出を適量にすることによって両方の平衡をとらなければならない。しかし、さらに性能の向上をはかるためには構造上の問題を検討する必要がある。

筆者らは絶縁油の移動、誘電正接に影響をあたえる種々の要因の検討を行い絶縁油の抽出条件以外に構造の改善がケーブルの性能をかなり向上させることをあきらかにし、誘電正接の温度特性、使用条件を考慮した低ガス圧ケーブルの性能についても一応の結果をえた。

### 〔I〕 緒 言

一般にソリッド型ケーブルにおいては、使用中のヒートサイクルによる膨脹収縮のために絶縁層にボイドを発生し、このイオン化によつて、ケーブルが劣化することが本質的な欠陥である。低ガス圧ケーブルは製造時に含浸絶縁油の一部を抽出し、このためにできたボイドに1kg/cm<sup>2</sup>程度の不活性ガス（主としてN<sub>2</sub>ガス）圧力を加えイオン化開始電圧を高くしてこの欠陥をのぞいたものであり、本邦では20, 30kVの系統に実用されている。このような構造のためにケーブルの使用時の電気特性が安定で、絶縁油の移動が少なく、シースの損傷を早期に検出できるという長所をもっている。

低ガス圧ケーブルでは絶縁油の移動と電気性能とは相容れない要求で性能の向上をはかるには適当な絶縁油抽出条件、絶縁油粘度を検討して両者の平衡をとることが重要であるが、さらに向上をはかるためにはケーブルの構造上の改善にまたなければならない。

筆者らはこの点に着目して二三の検討をすすめているが本報告においては、ケーブル各部の絶縁油の移動傾向、絶縁層の構造が低ガス圧ケーブルの誘電正接と絶縁油移動におよぼす効果について吟味した結果を述べ参考に供したい。

### 〔II〕 絶縁油の移動に影響をおよぼす要因

#### (1) ケーブル各部の絶縁油滴下傾向

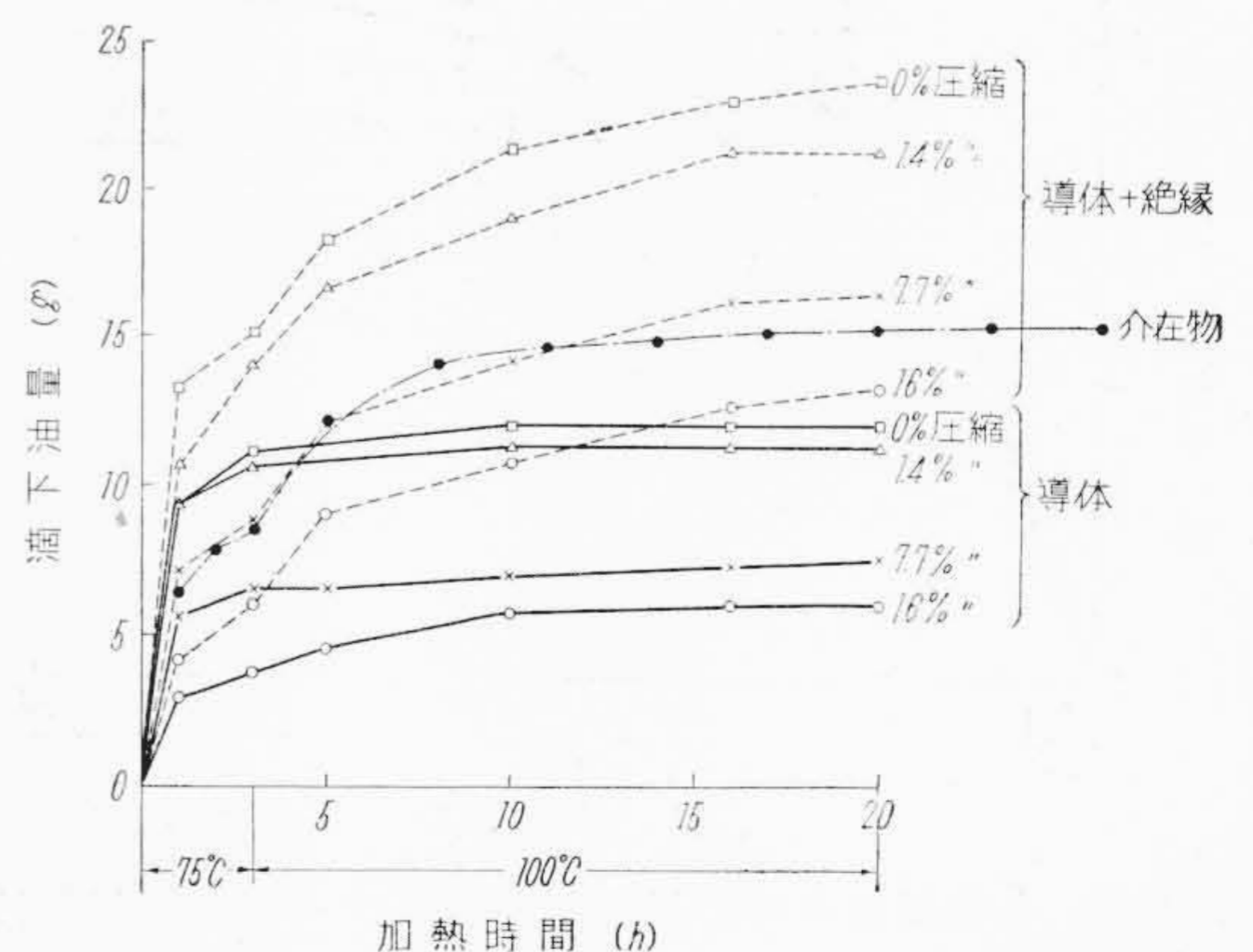
ケーブルの電気特性を妨げることなく絶縁油の移動を少なくするような構造の改良を行なうためにはケーブルの断面各部の絶縁油移動傾向がどのようになっているかを検討しなければならない。筆者らは簡単なモデル実験によつてこの吟味を行なった。

3心低ガス圧ケーブルの絶縁油移動傾向を知るため、0, 1.4, 7.7, 16.0%の実効圧縮率をもっている導体にそ

れぞれ0.125mm厚の絶縁紙をバットラップ方式で5.5mm厚に巻き、さらに4mm径をもっている紙紐4本よりなる介在物を挿入し100°Cにおいて350セーボルト秒の粘度の絶縁油を真空含浸した試料について検討した。絶縁油移動傾向は各試料を50cmに切断し一端を45度に切断しその切断端を下方にして、75°Cの恒温槽内に垂直に吊し3時間放置後温度を100°C上昇させ、連続的に絶縁油の滴下量を測定することにより比較した。

これらの実験結果を第1図に示す。この結果より導体は流動抵抗が少なく、使用状態においては絶縁油の移動に大きく関係すると考えられる。導体の圧縮により滴下量と流動抵抗はある程度抑えられるが、この効果の増加の割合はしだいに少なくなり、導体の可撓性などの問題を考慮に入れると、15%前後の実効圧縮率が妥当であると考えられる。

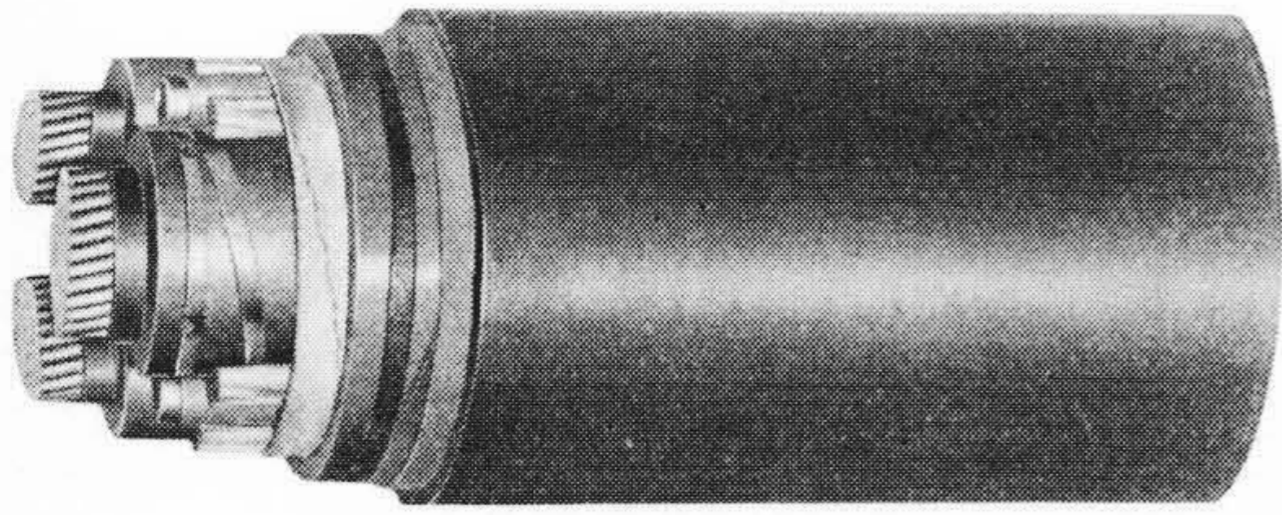
介在物内の絶縁油の滴下量は非常に多く、絶縁層内の絶縁油の移動は飽和に要する時間が非常に長く、滴下油量もかなり多いのでこの部分の改良が低ガス圧ケーブル



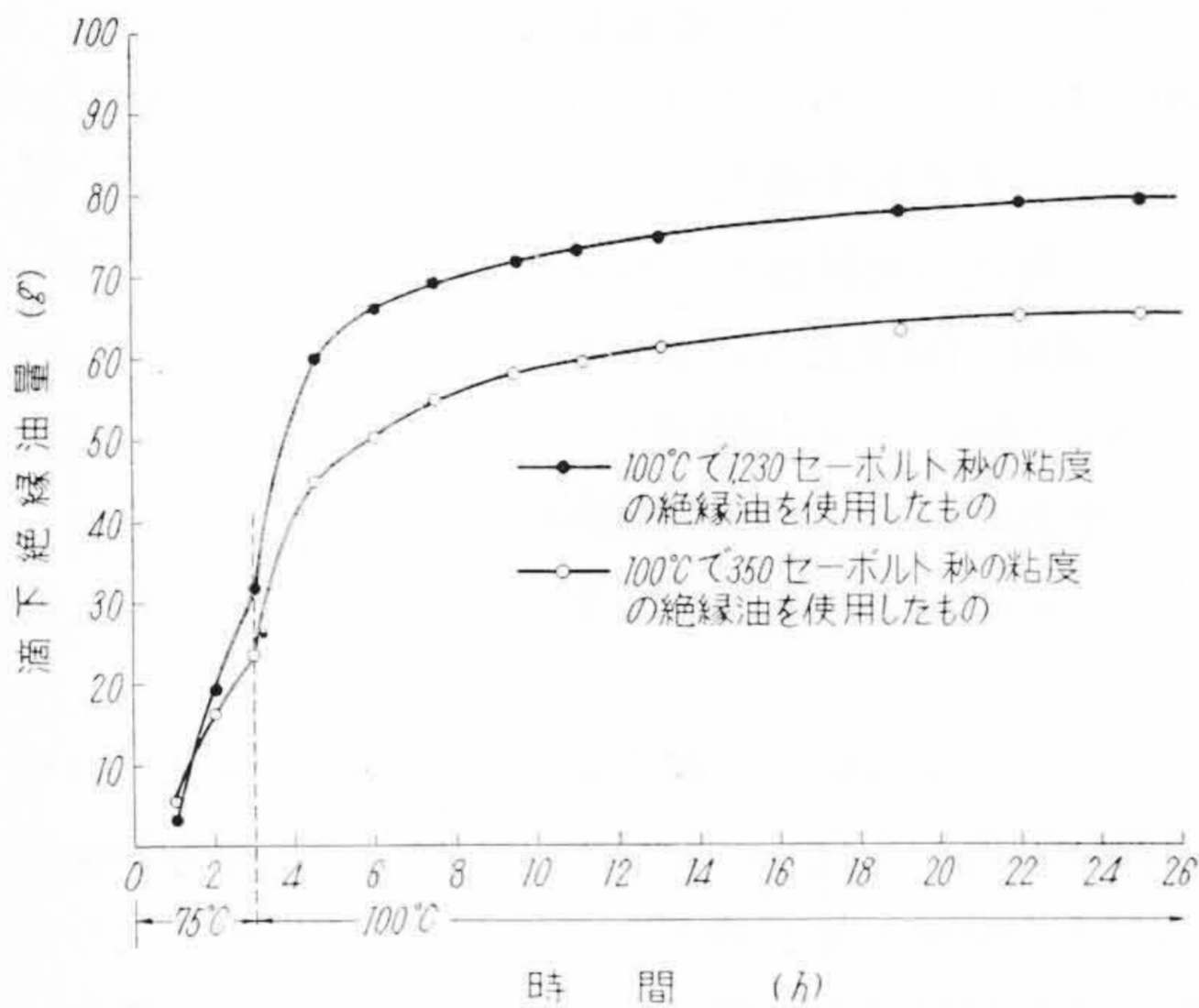
第1図 ケーブル各部の絶縁油移動傾向  
Fig. 1. Comparison of Oil Migration Tendency Among Various Constituents

\* 日立電線株式会社電線工場

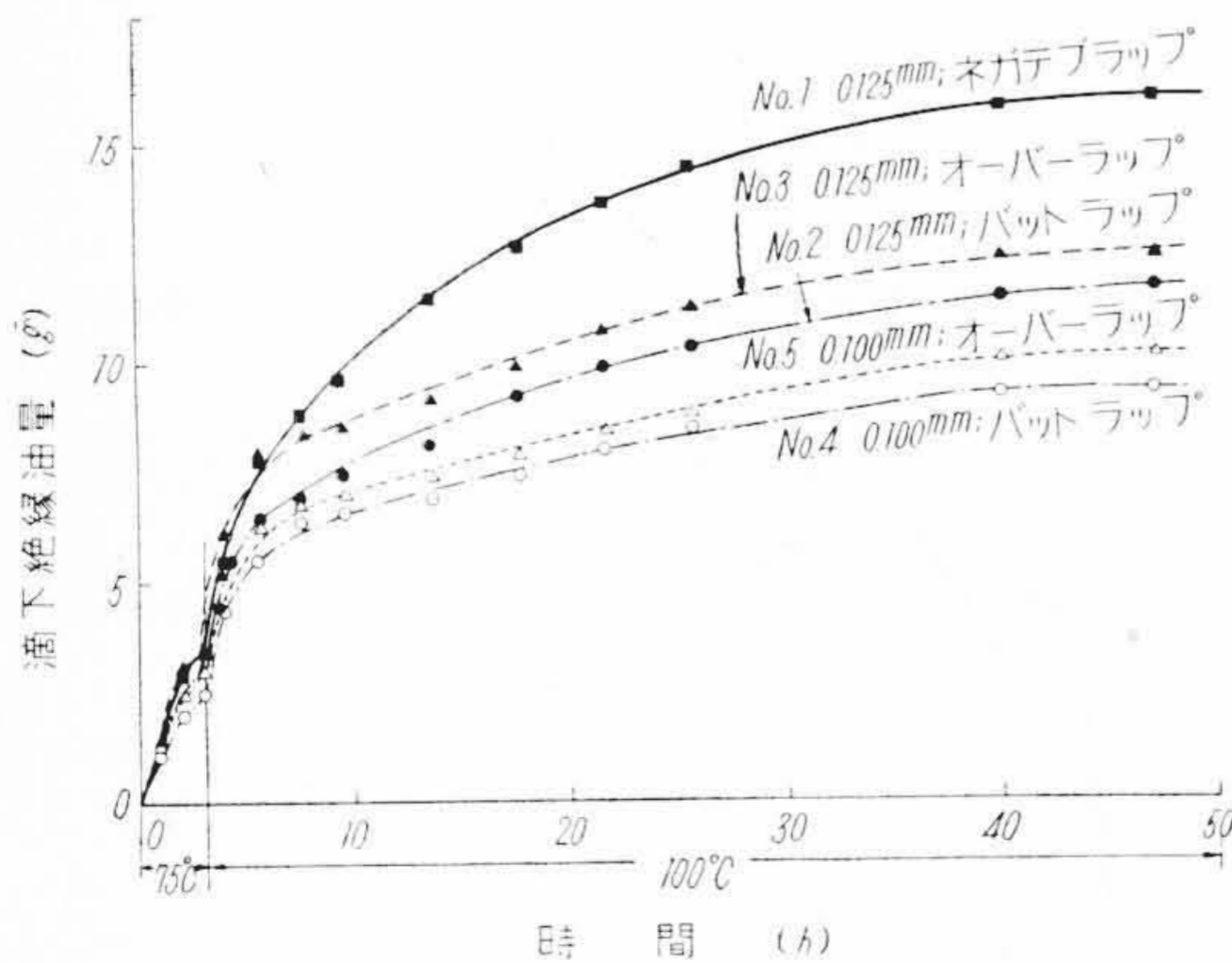
には有効であると考えられる。介在物は成型に支障がない程度に量を減らし、また材質を考えることにより、ケ



第2図 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブル  
Fig. 2. 20kV 3-Core 250mm<sup>2</sup> Low Pressure Gas-Filled Cable



第3図 絶縁油粘度の異なる 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルの油移動傾向の比較  
Fig. 3. Comparison of Oil Migration Tendency between Two 20kV 3 Core 250mm<sup>2</sup> Low Pressure Gas-Filled Cable Having Different Oil Viscosity



第4図 各種紙巻条件の単心低ガス圧ケーブルの絶縁油移動傾向  
Fig. 4. Comparison of Oil Migration Tendency Among Single-Core Low Pressure Gas-Filled Cables Having Various Paper Lapping Conditions

ーブルの電気性能に無関係に改善できるが絶縁層の場合は電気特性にも考慮を払う必要がある。

(2) 絶縁油抽出量と滴下傾向

絶縁油の抽出量がケーブルの滴下傾向に大きな影響をあたえることは当然であるが、実際のケーブルにおける定量的な検討を行なうため、筆者らは 100°C において 1,230セーボルト秒および 350セーボルト秒の粘度をもっている絶縁油を含浸し、同一条件の抽油作業を行ない抽出量をかえた2種類の第2図に示すような 20kV250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルを試作して検討を行なつた。まずこれらのケーブルを解体して、絶縁層と介在物の油浸率  $(\frac{\text{抽出後の油の重量}}{\text{抽出後の紙と油の重量}} \times 100)$  と抽油率  $(\frac{\text{抽出油の重量}}{\text{抽出前の含浸油の重量}} \times 100)$  を測定すると第1表のようになり、抽出量がかなりことなつていことがわかる。またこれらの試作品に(1)に述べた滴下試験を行なうと第3図のようになり、抽出量によつてかなりの差があることがわかる。これらの結果は後述するようにケーブルの電気性能にも大きな関係があるので絶縁油移動傾向だけで抽油条件を云々することはできない。

(3) 紙巻条件と絶縁油滴下傾向

解体結果によると移動に関する絶縁層の油は大部分紙テープ両端部にできる空隙に残存した油であり、この部分は抽油の結果もつとも厚いボイドとなり、イオン化にも一番顕著に影響するので性能改善の要点になる。

第1表 粘度の異なる 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルの各部の油浸率と抽油率

Table 1. Comparison of % Oil Impregnation and % Oil Drainage of Various Constituents between Two 20kV 3-Core 250mm<sup>2</sup> Low Pressure Gas-Filled Cables Having Different Viscosity

試料	絶縁層		介在	
	油浸率 (%)	抽油率 (%)	油浸率 (%)	抽油率 (%)
100°Cにおいて1230セーボルト秒の粘度の絶縁油を使用したもの	31.7	5.1	48.3	20.4
100°Cにおいて350セーボルト秒の粘度の絶縁油を使用したもの	30.9	7.5	42.5	30.0

第2表 試作単心低ガス圧ケーブルの構造  
Table 2. Construction of Trial Manufactured Single-Core Low Pressure Gas-Filled Cables

試料番号	No. 1~5	No. 6
導体断面積 (mm <sup>2</sup> )	100 圧縮	200 普通
導体外径 (mm)	12.0	18.2
半導体紙外径 (mm)	12.4	18.6
絶縁紙外径 (mm)	23.0~23.2	23.2
遮蔽銅テープ外径 (mm)	23.5~23.7	23.7
鉛被外径 (mm)	25.4	25.4

絶縁紙両端部の空隙の形状は紙巻き方式、紙厚などによつて左右される。したがつてこれらの条件をかえた数種の単心低ガス圧ケーブルを試作して検討した。

10%の公称圧縮率をもっている 100mm<sup>2</sup> の導体に 第3表の No.1 から No.5 に示すような5種類の紙巻を行ない、100°C において 350セーボルト秒の絶縁油を含浸させて抽油を行つた第2表のような構造の単心低ガス圧ケーブルを作成し、(1)の方法によつて絶縁油滴下特性を測定した結果を第4図に示す。

各試料を解体して油浸率を測定すると第3表に示すような値がえられ、バットラップ方式のものは絶縁紙実着量は多いが油浸率が少なく、移動に關係する絶縁油を入れる空隙が少ないことが明確に認められる。またオーバーラップ方式は油浸率をもつとも多く空隙も多いことを示している。ボイドの発生する空隙は解体結果によると第5図のように存在しており、油浸率の測定結果を裏づけている。第4図の絶縁油移動傾向も、空隙の少ないバットラップ方式のものがもつともよく、オーバーラップ方式のものがネガティブラップ方式のものよりよいのは空隙の形状によるものと推察される。

また絶縁紙厚さによつても絶縁油滴下傾向に若干の差がみられ、0.100mm のものの方が 0.125mm のものよりよい。これは第5図より考えて当然である。紙巻条件によつて絶縁油の滴下傾向がかなり変化するのは興味ある事実である。

〔III〕 誘電正接に影響をおよぼす要因

(1) ボイド含有率およびボイドの分布と誘電正接

低ガス圧ケーブルの誘電体損失は材料自体の損失とボイド放電による損失の和であり、特に後者が重要視される。J. Oudin 氏<sup>(1)(2)</sup>はボイドのイオン化によつて失なわれるエネルギーからケーブルの誘電正接をつぎのように算出している。第6図において、中心からの半径  $\rho$ 、厚

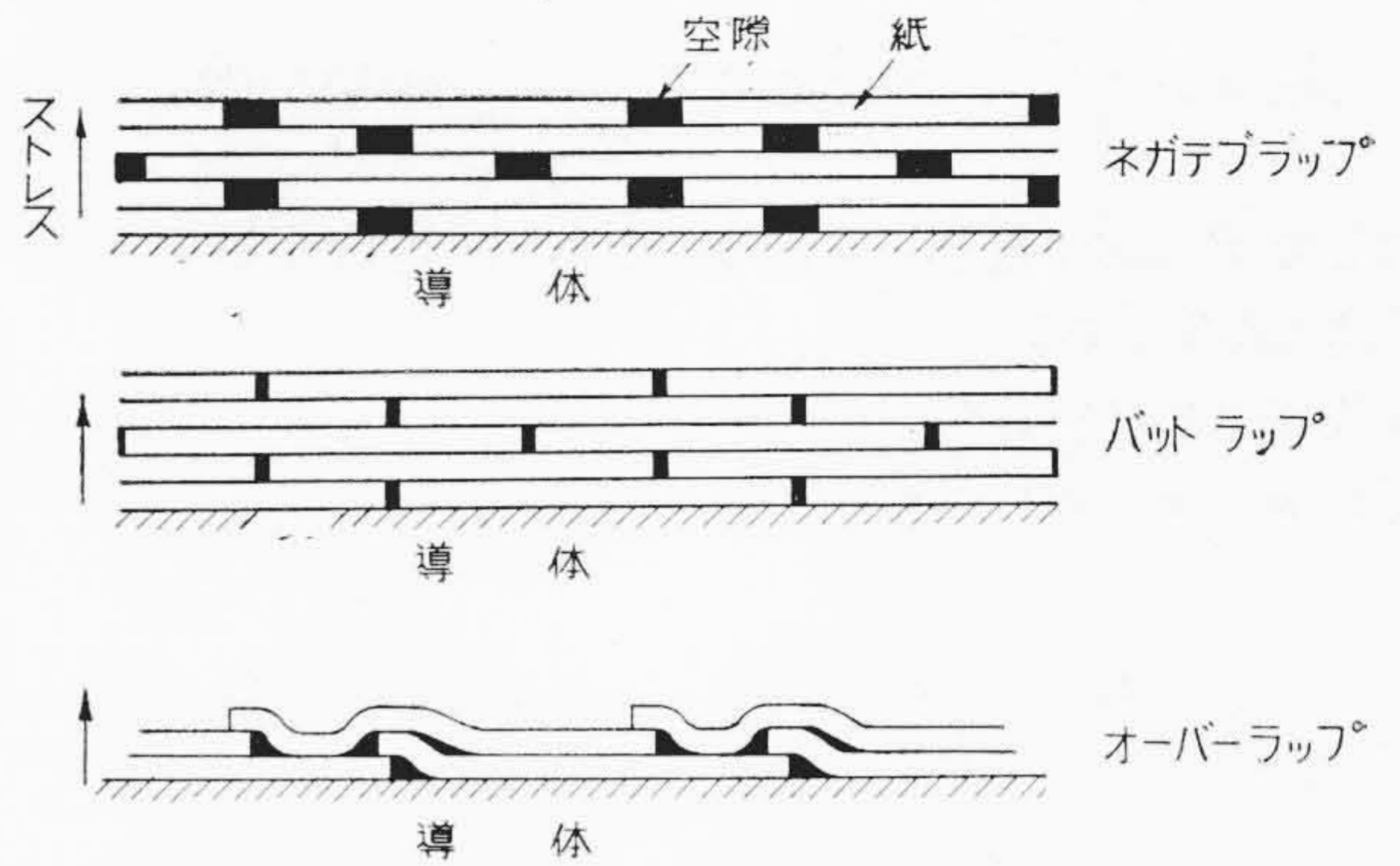
第3表 試作単心低ガス圧ケーブルの紙巻条件と油浸率

Table 3. Paper Lapping Condition and % Oil Impregnation of Trial Manufactured Single-Core Low Pressure Gas-Filled Cables

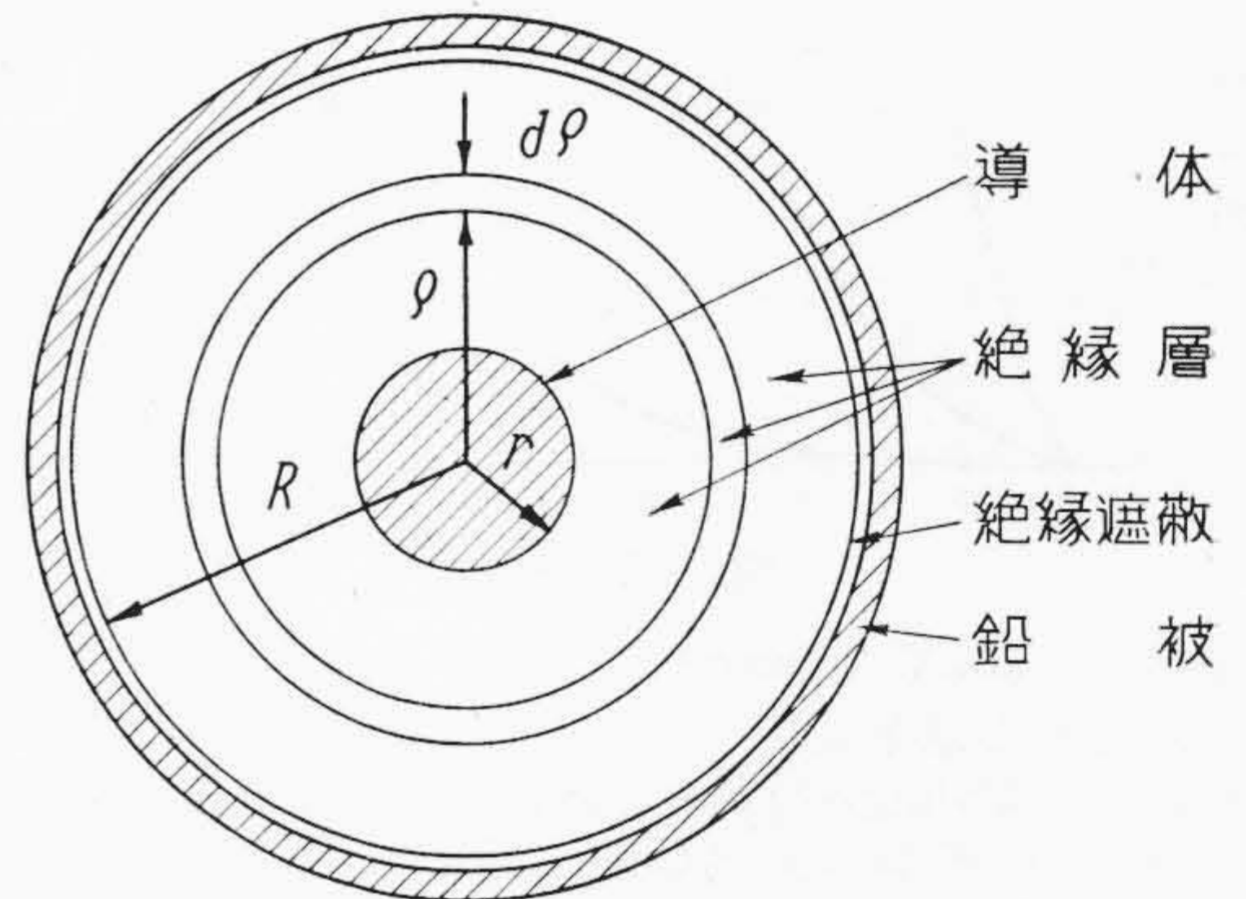
試番	紙厚 (mm)	紙巻方式	絶縁厚 (mm)	絶縁紙数 (枚)	絶縁紙実着量 (g/cm)	油浸率 (%)
1	0.125	ネガティブラップ (2mm)	5.4 <sub>3</sub>	48	2,438	33.53
2	0.125	バットラップ	5.4 <sub>3</sub>	48	2,625	31.45
3	0.125	オーバーラップ (2mm)	5.4	35	2,468	36.96
4	0.100	バットラップ	5.4	61	2,636	32.03
5	0.100	オーバーラップ (2mm)	5.3 <sub>5</sub>	46	2,397	36.10
6	0.125	バットラップ	5.4	48	—	—

さ  $d\rho$  の微小区間のボイド含有率を  $\alpha$ 、それによるエネルギー損失を  $dW$  とすれば

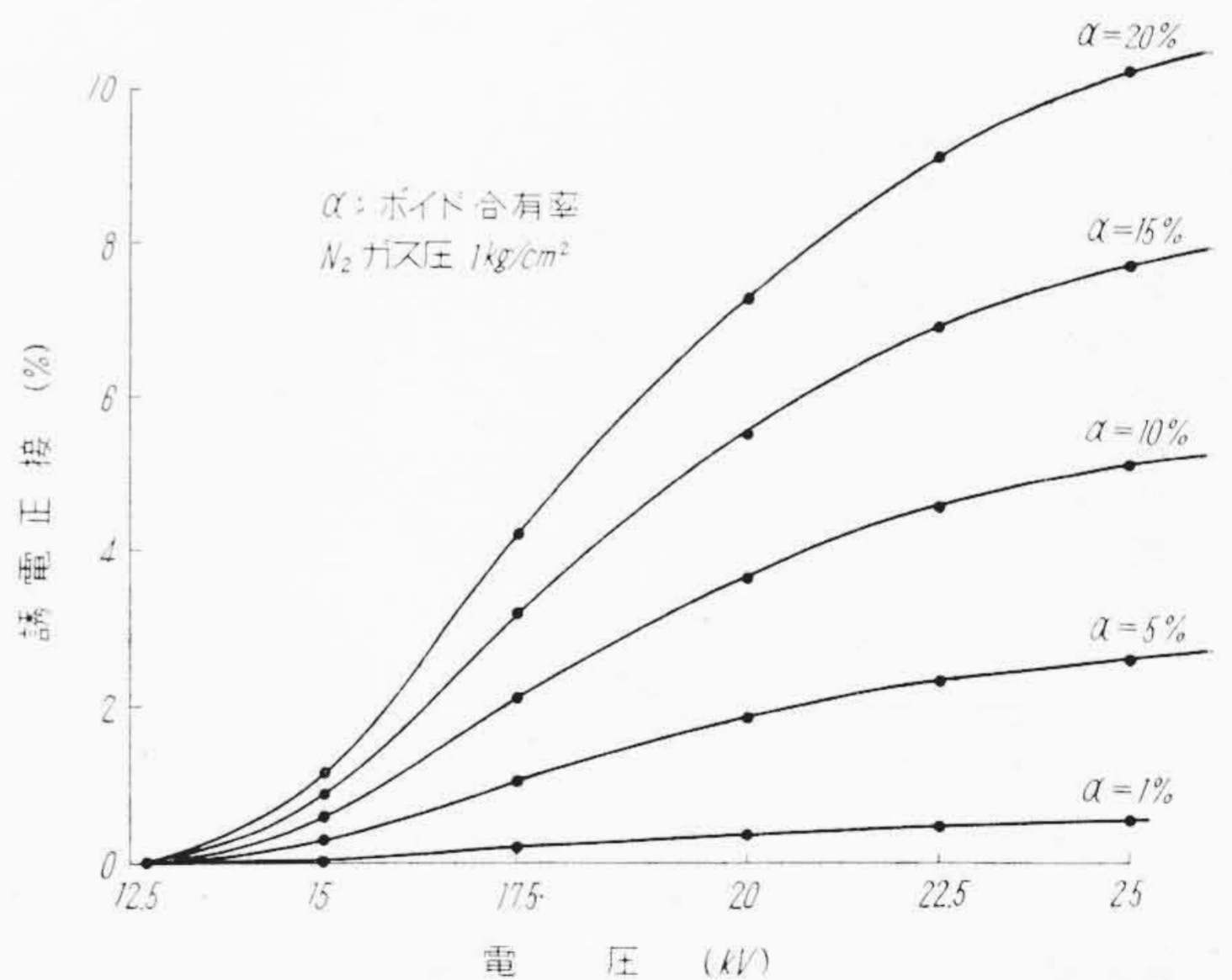
$$dW = \frac{f_s^2 V_s^2 \alpha}{r^2 (\log_e \frac{R}{r})^2} (ar - \rho) d\rho \dots \dots \dots (1)$$



第5図 紙巻方式と空隙の形状  
Fig. 5. Paper Lapping Condition Versus Void Form



第6図 ケーブルの断面  
Fig. 6. The Cross Section of a Cable



第7図 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルのボイド含有率と誘電正接  
Fig. 7. Voltage-Dielectric Power Factor Characteristics of 20kV 3-Core 250mm<sup>2</sup> Low Pressure Gas-Filled Cable as Void Content being Parameter

ここで  $\epsilon$  は絶縁体の誘電率,  $V$  は印加電圧,  $V_s$  はイオン化開始電圧,  $a$  は  $V/V_s$ ,  $b$  は  $R/r$ ,  $\alpha$  はポイド含有率で (ポイドの容積)/(絶縁体の総容積) とする。

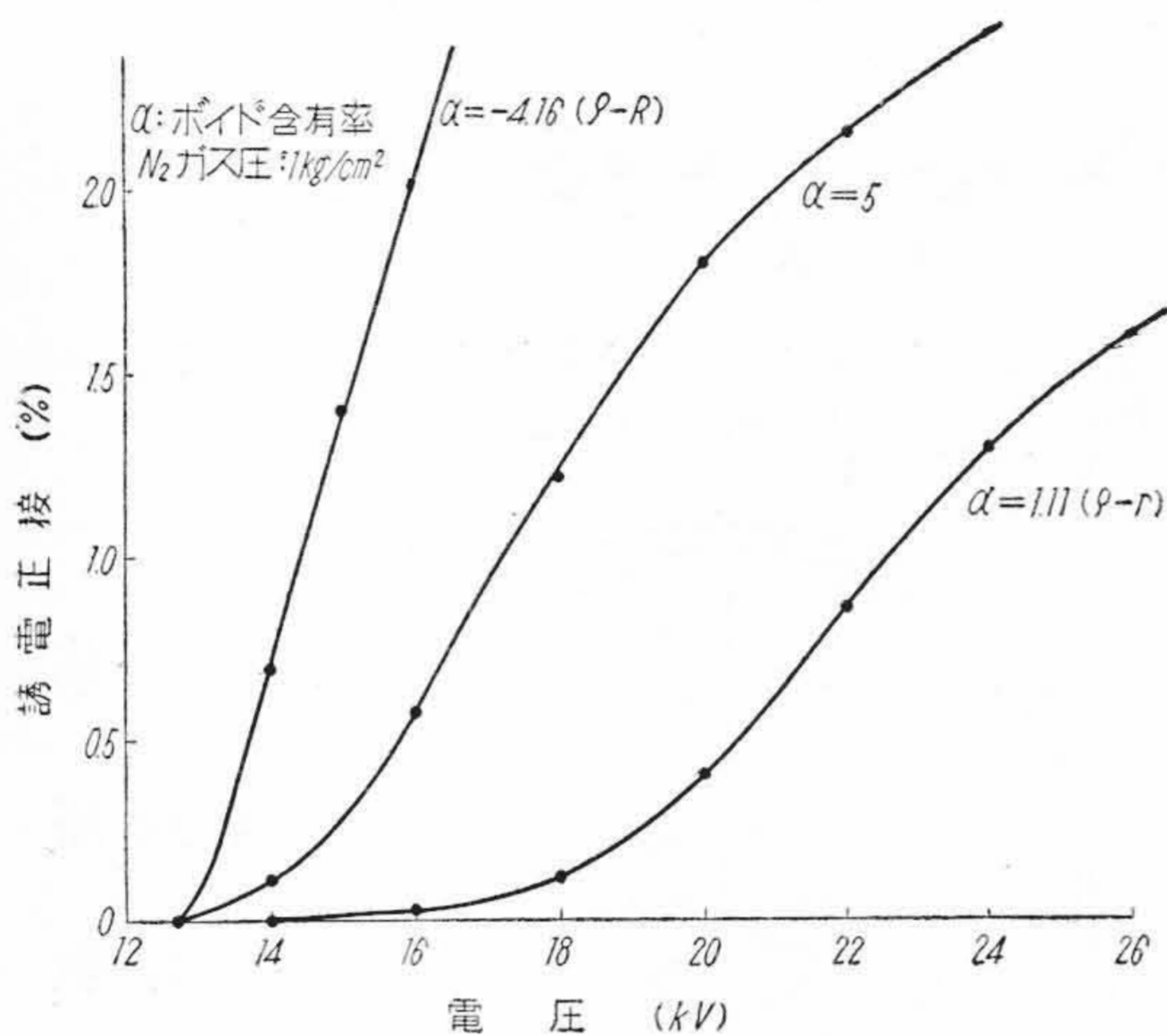
したがって

$$\tan \delta = \frac{\int dW}{P}, \quad P = \frac{1}{2} C \omega V^2 = \frac{\epsilon \pi f}{2 \log_e \frac{R}{r}} a^2 V_s^2 \dots (2)$$

ここで  $P$  は無効電力,  $C$  は静電容量,  $\omega$  は角周波数,  $f$  は周波数とする。

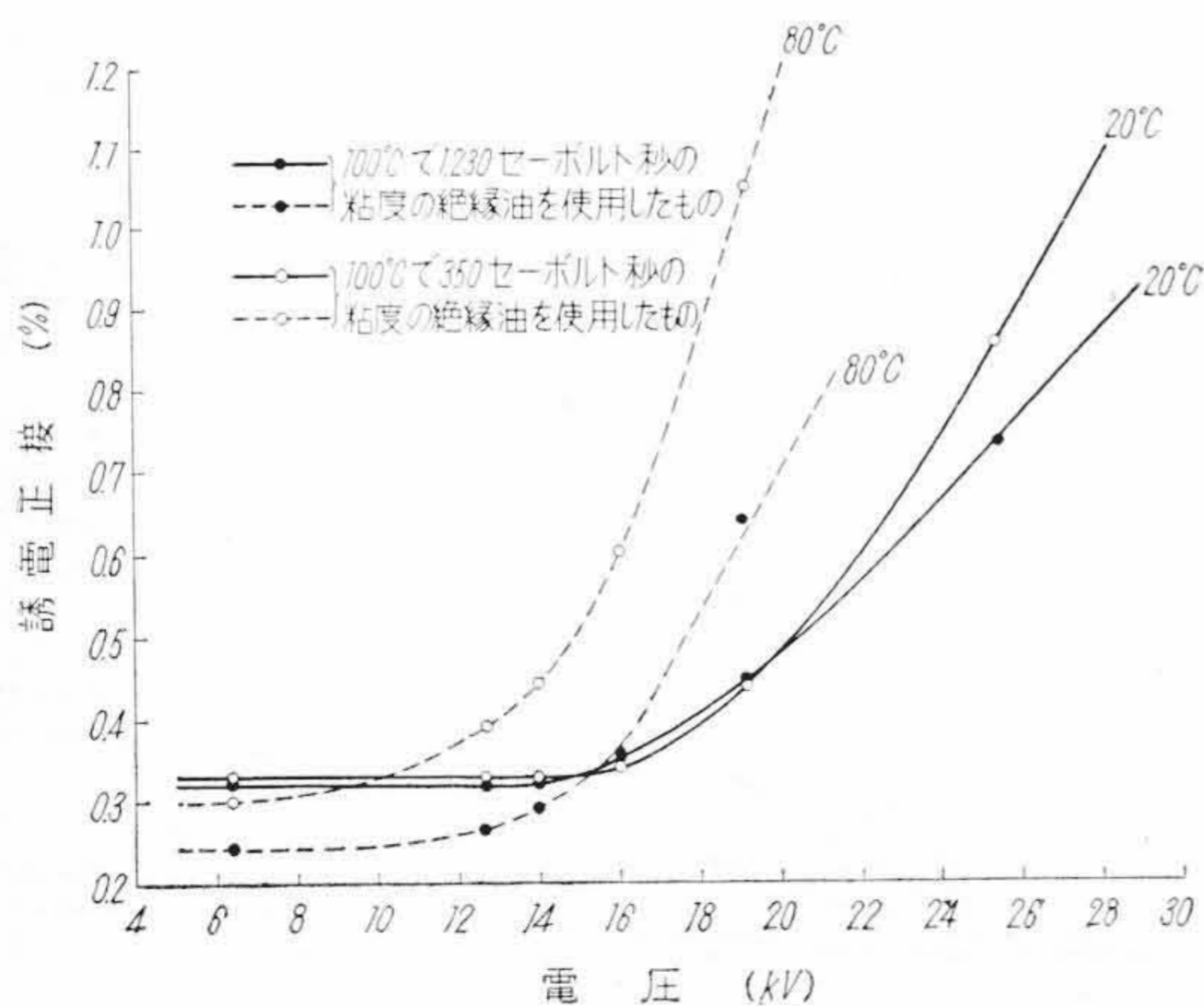
$\alpha$  を一定と考えれば

$1 < a < b$  に対しては



第8図 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルのポイドの分布と誘電正接

Fig. 8. Voltage-Dielectric Power Factor Characteristics of 20 kV 3-Core 250mm<sup>2</sup> Low Pressure Gas-Filled Cables as Void Distribution being Parameter



第9図 絶縁油粘度のことなる 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルの誘電正接電圧特性の比較

Fig. 9. Comparison of Voltage-Dielectric Power Factor Characteristics between Two 20kV 3-Core 250mm<sup>2</sup> Low Pressure Gas-Filled Cables Having Different Oil Viscosity

$$\tan \delta = \frac{\int_r^{ar} dW}{P} = \frac{\epsilon \alpha}{\pi \log_e b} \frac{(a-1)^2}{a^2} \dots (3)$$

$a > b$  に対しては

$$\tan \delta = \frac{\int_r^R dW}{P} = \frac{\epsilon \alpha}{\pi \log_e b} \frac{(b-1)(2a-b-1)}{a^2} \dots (4)$$

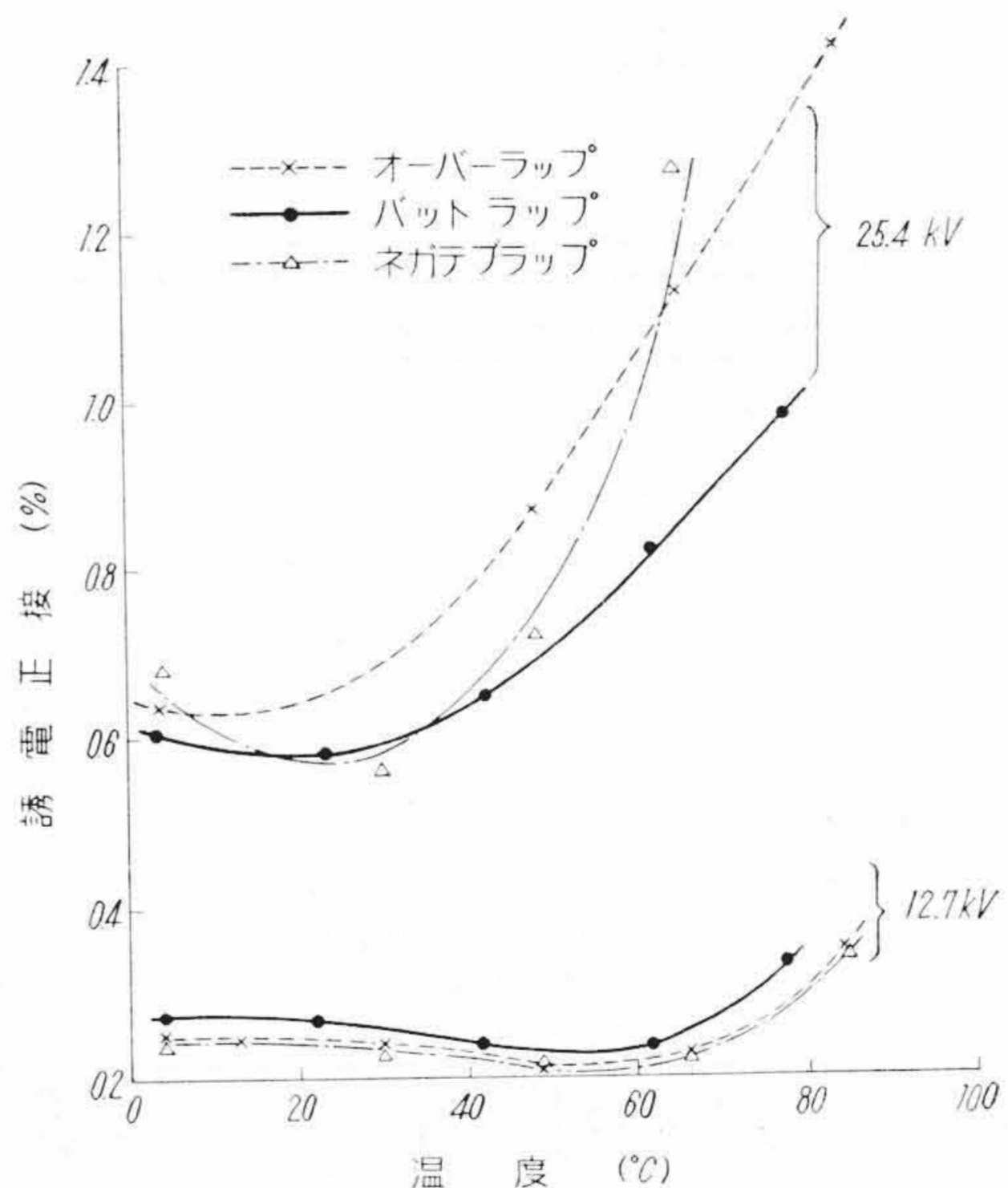
となる。今 20kV 250mm<sup>2</sup> 3心低ガス圧ケーブルの場合を例にとり (3), (4) 式により種々のポイド含有率の場合の N<sub>2</sub> ガス圧 1kg/cm<sup>2</sup> における誘電正接の電圧特性を計算した結果を第7図に示す。

この結果よりつぎの点があきらかになる。低ガス圧ケーブルにおいてはポイドの形状を一様と考えればポイド

第4表 各種紙巻条件の単心低ガス圧ケーブルのイオン化開始電圧 (kV)

Table 4. Ionization Voltage of Single-Core Low Pressure Gas-Filled Cables Having Various Paper Lapping Conditions

温度 (°C)	試料番号				
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
20	14.6	16.5	13.4	16.0	15.5
40	14.4	16.0	12.5	16.0	14.0
60	13.4	14.3	11.7	15.5	14.0
80	—	12.7	10.4	13.5	12.5



第10図 0.125mm 厚絶縁紙を用いた各種紙巻条件の単心低ガス圧ケーブルの誘電正接温度特性

Fig. 10. Temperature-Dielectric Power Factor Characteristics of Single-Core Low Pressure Gas-Filled Cables Having Various Paper Lapping Conditions (Thickness of Paper is 0.125mm)

含有率が少ないほどイオン化後の誘電正接の増加の割合が減少し、印加電圧が 25.4kV の場合に誘電正接を 2% 以下にするためにはイオン化に影響するボイド含有率を少なくとも 4% 以下にしなければならない。

実際のケーブルにおいてはボイドの分布は一様と考えられず、ボイドの分布によつてイオン化後の誘電正接電圧特性はことなつた傾向を示すものと考えられる。

いまボイド含有率が半径方向に直線的に変化するときは

$$\alpha = A(\rho - B), \quad A, B \text{ は常数} \dots \dots \dots (5)$$

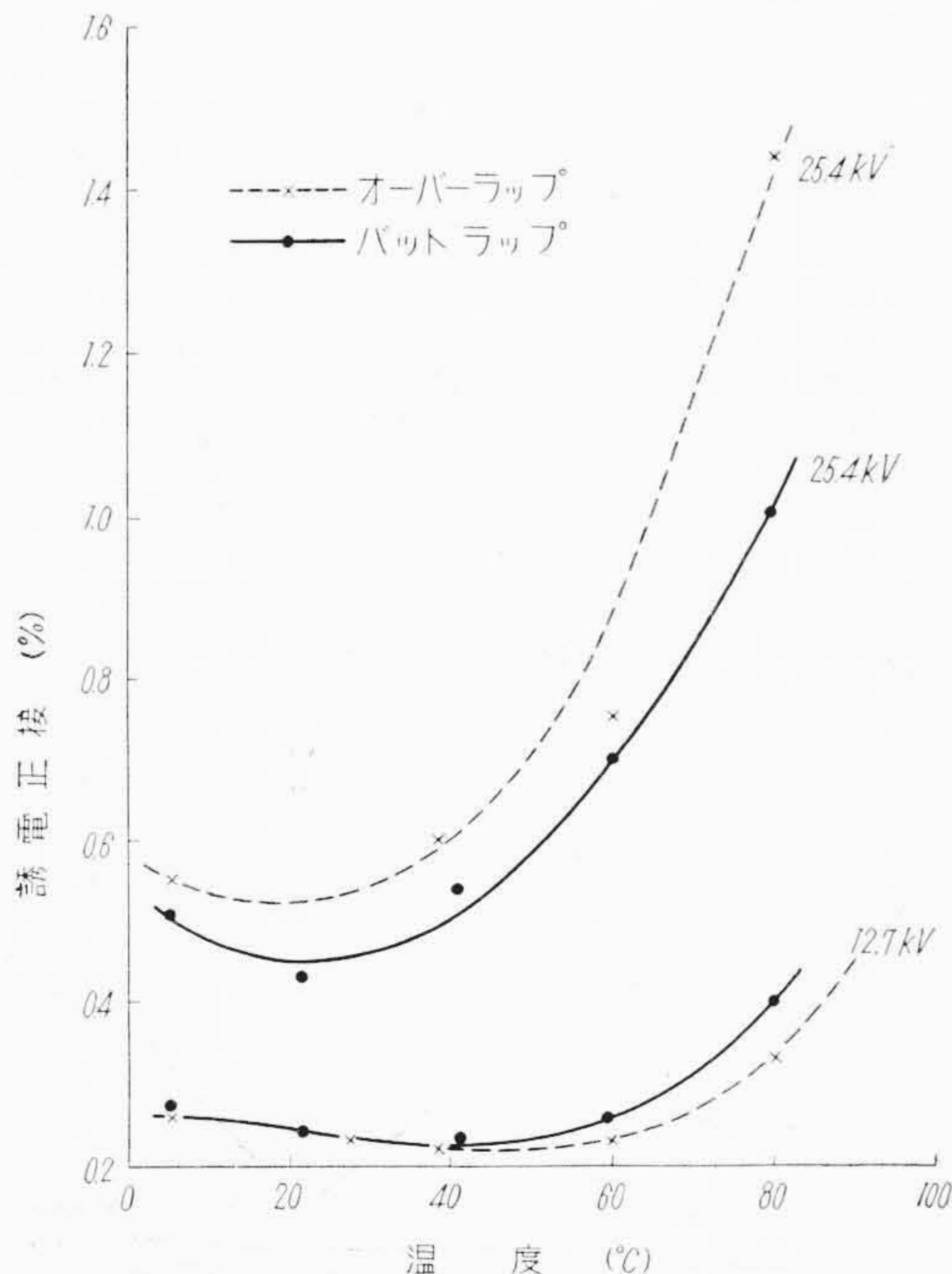
となり、この  $\alpha$  を用いて(1)式を拡張すると

$1 < a < b$  に対しては

$$\tan \delta = \frac{2\varepsilon}{\pi \log_e \frac{R}{r}} A \frac{\left\{ \left( \frac{1}{6}a^3 - \frac{1}{2}a + \frac{1}{3} \right) r - \frac{1}{2}B(a-1)^2 \right\}}{a^2} \dots (6)$$

$a > b$  に対しては

$$\tan \delta = \frac{2\varepsilon}{\pi \log_e \frac{R}{r}} A \frac{\left\{ \frac{1}{2}(ar+B)(b^2-1) - \frac{1}{3}r(b^3-1) - aB(b-1) \right\}}{a^2} \dots (7)$$



第 11 図 0.100mm 厚絶縁紙を用いた各種紙巻条件の単心低ガス圧ケーブルの誘電正接温度特性  
Fig. 11. Temperature-Dielectric Power Factor Characteristics of Single-Core Low Pressure Gas-Filled Cables Having Various Paper Lapping Conditions (Thickness of Paper is 0.100 mm)

となる。

いま 20kV 250mm<sup>2</sup> 3 心低ガス圧ケーブルを例にとり、絶縁層のボイド含有率を 5% とし、これが一様に分布している場合、導体上のボイド含有率が零で外側にむかつて(5)式にしたがつて増加する場合、最外層が零で内側にむかつて(5)式にしたがつて増加する場合の N<sub>2</sub> ガス圧 1kg/cm<sup>2</sup> における誘電正接の電圧特性を(6) (7) 式によつて計算した結果を第 8 図に示す。

この結果からおなじボイド含有率でも分布によつて誘電正接の電圧に対する増加の傾向がことなり、導体近傍のストレスの高い部分のボイド含有率が少ない程よいことがわかる。G. B. Shanklin 氏<sup>(3)(4)(5)</sup>, C. T. Hatcher 氏<sup>(6)(7)</sup>らは低ガス圧ケーブルは長年月使用すれば自己グレージング作用が起り、導体近傍のボイドはしだいに少なくなることを報告しているが、製造当初からこの状態を保つことが非常にのぞましいわけであり、絶縁油抽出方法に考慮を払う必要がある。

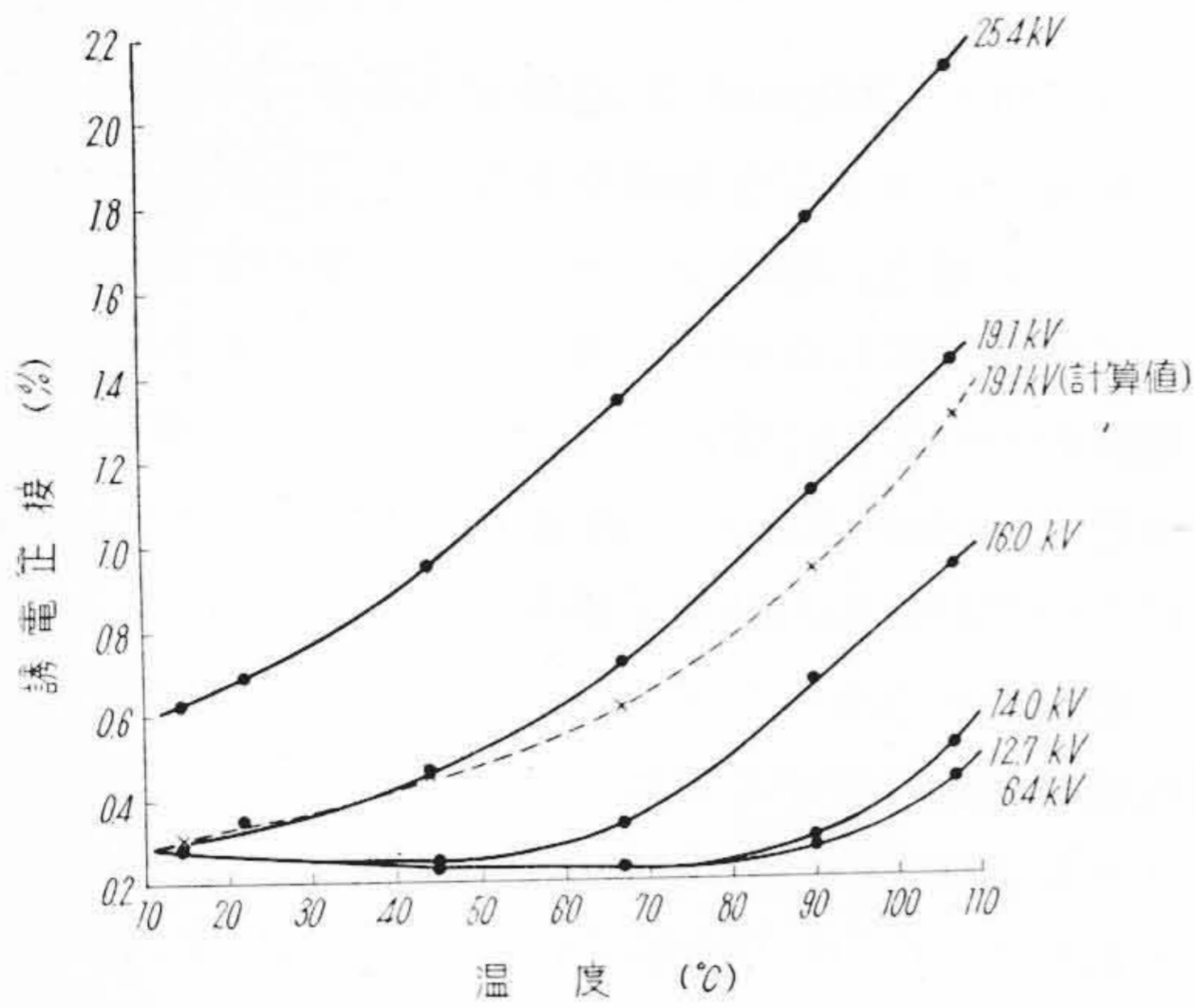
実際のケーブルの例として〔Ⅱ〕(2)で述べた 2 種類の試作ケーブルの誘電正接電圧特性を第 9 図に示す。この結果を第 3 図と比較すると、絶縁油の滴下特性とイオン化開始後の電気特性とはたがいに相容れない要求であることが確認される。したがつて抽油作業は両者の平衡をとるために重要である。

(2) 紙巻条件と誘電正接

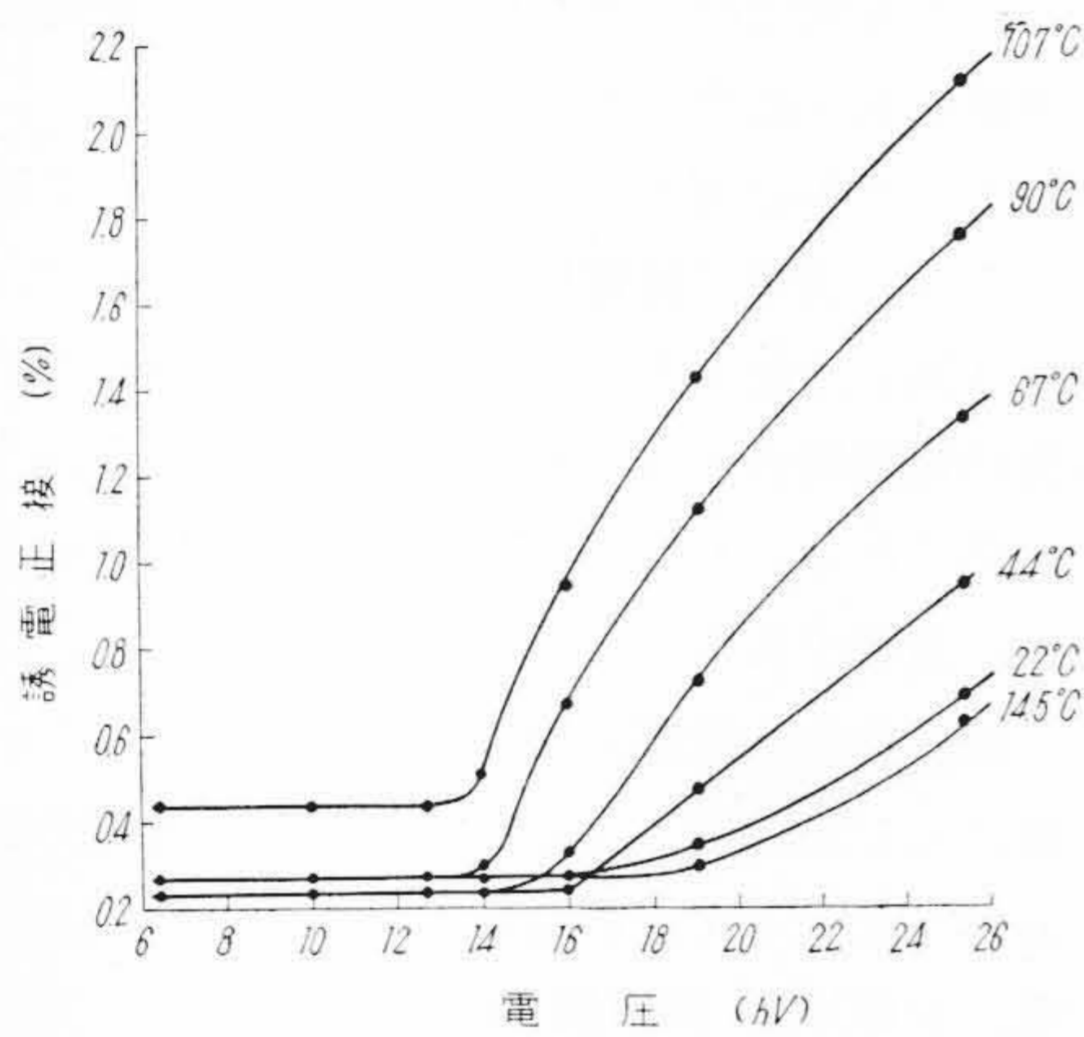
第 3 表に示した No.1 から No.5 の紙巻条件を変えた単心低ガス圧ケーブルの誘電正接の温度特性とイオン化開始電圧を第 10 図, 第 11 図, 第 4 表に示す。イオン化開始後の誘電正接の値は紙巻条件によりかなりことなり、ボイドとなりうる空隙のもつとも少ないと推定されるバットラップ方式のものが一番よい結果を示している。また第 4 図の結果と比較すると、含浸前に油が入りうる空隙が少なく、かつ小さい紙巻条件のものが、良好な滴下特性を示したがイオン化開始後の電気特性もまた良好となる。したがつて低ガス圧ケーブルの場合はほかの種類のケーブルとはことなつた意味で紙巻き条件が重要である。また紙厚の影響は 0.125 mm と 0.100 mm の間では、G. B. Sanklin 氏<sup>(4)</sup>も示唆しているようにあまり大きな差はみられない。

(3) 温度と誘電正接

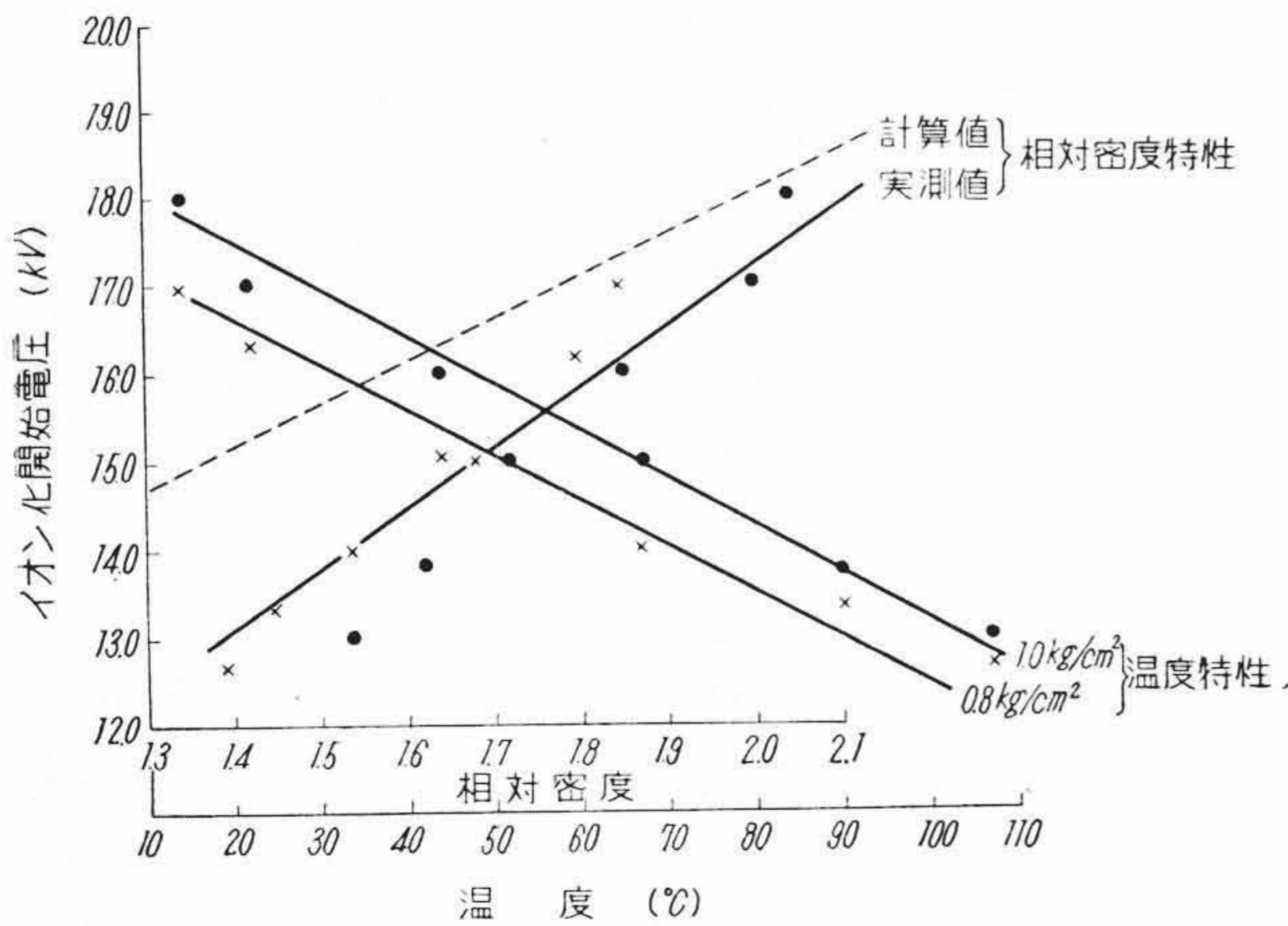
誘電正接の温度特性はイオン化開始電圧以下においては 60°C 付近で最小値をもつた V 曲線となり油浸紙材料自体の特性と一致する。イオン化開始後の高電圧においては温度の上昇にしたがつて誘電正接の値は漸増するがこの現象は絶縁油の移動によるボイド分布の変化か、熱膨脹によるボイドの形状の変化か、あるいはガスの相対密度の変化によるものかあきらかでない。この現象を吟



第12図 ガス含浸ケーブルの誘電正接温度特性  
Fig. 12. Temperature-Dielectric Power Factor Characteristics of Gas Impregnated Cables



第13図 ガス含浸ケーブルの誘電正接電圧特性  
Fig. 13. Voltage-Dielectric Power Factor Characteristics of Gas Impregnated Cables



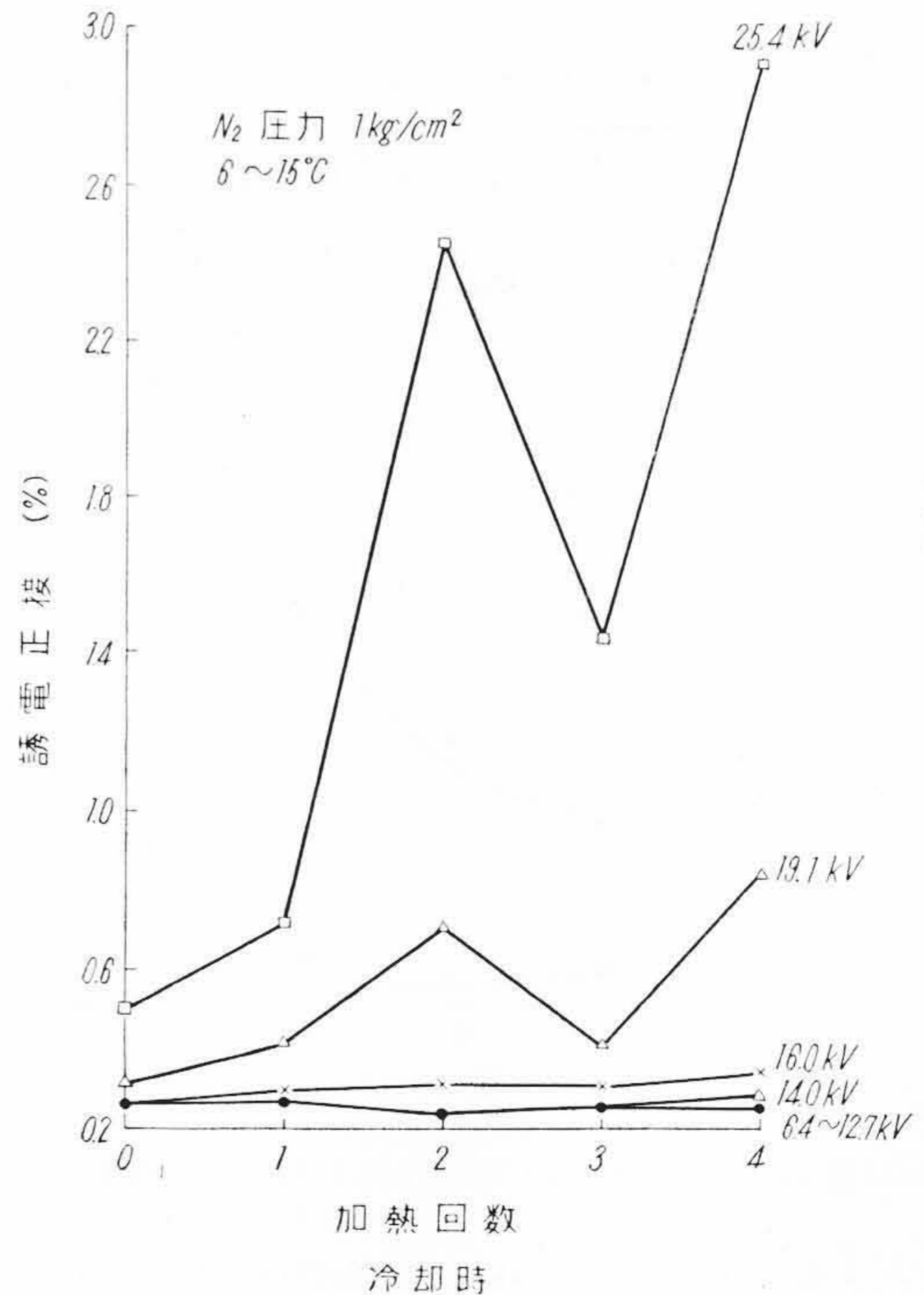
第14図 ガス含浸ケーブルのイオン化開始電圧とガスの相対密度との関係  
Fig. 14. Relation between Ionization Voltage and Relative Density of  $N_2$  gas of Gas-Impregnated Cable

味するため絶縁油を全然用いないで  $N_2$  ガス圧を加えたいわゆるガス含浸ケーブルを試作して、誘電正接の電圧温度特性を測定した。この試料は 0.125mm 厚の絶縁紙をバットラップ方式で巻いたものであり第2表、第3表の No.6 にその構造の概要を示す。 $N_2$  ガス圧  $1\text{kg/cm}^2$  における測定結果を第12図、第13図に示す。

この結果絶縁油の膨脹、移動の全くないと考えられるガス含浸ケーブルにおいてもイオン化開始後の誘電正接は温度により漸増することがあきらかになり、この特性は低ガス圧ケーブルの本質的なものであることが確認された。

(4) イオン化開始電圧

第13図からイオン化開始電圧は温度の上昇にしたがって低下することがわかり、これより  $N_2$  ガスの相対密度とイオン化開始電圧の関係を図示すると第14図のようになり、ボイドの大きさを不変としてパッシェンの法則にしたがって  $20^\circ\text{C}$  におけるイオン化開始電圧を基準にして計算した値を比較して示す。温度によるボイドの大きさの変化および絶縁油の若干の移動によるボイドの形状、分布の変化などを考慮に入れるとこれらの結果はかなりよく一致していると考えられる。以上の考察よりイオン



第15図 加熱サイクルによる誘電正接の変化  
Fig. 15. Variation of Dielectric Power Factor by Heat-Cycle

化開始後の誘電正接の温度による増加は、 $N_2$  ガスの相対密度の低下に起因するイオン化開始電圧の減少によるものと考えられる。この考えにもとづいて第12図における 19.1kV の誘電正接の温度特性を 14.5°C の測定値を用いて(3)式によつて計算すると図中に示したようになり実測値と一致する。

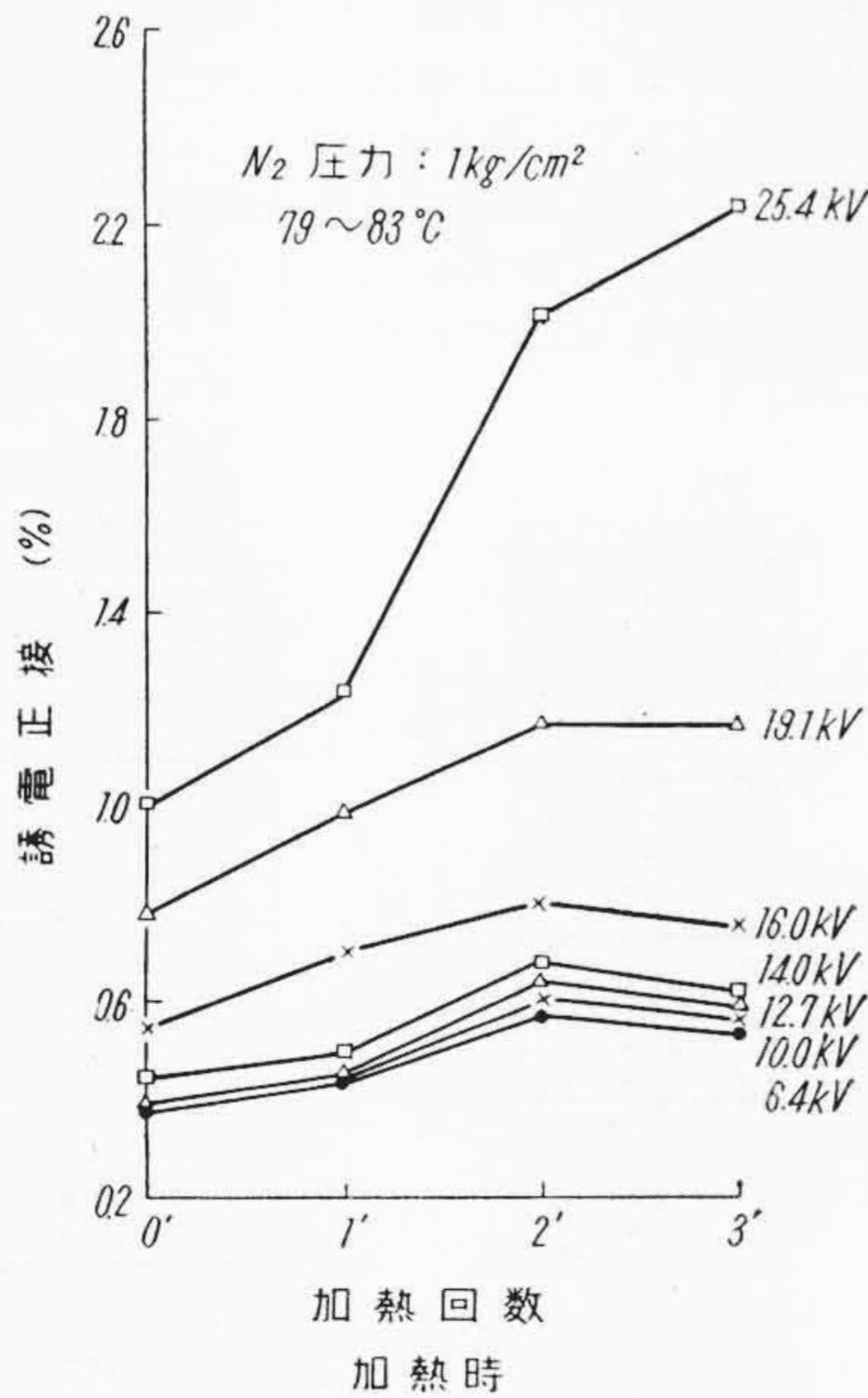
〔IV〕 使用状態における問題点

(1) 絶縁油の移動と電気性能

絶縁油の移動性を示す測度としての油の滴下におよぼす諸種の要因をあきらかにすることができたが、実際の使用状態においてもケーブルヘッド立上り部、傾斜地に布設された個所においては若干の絶縁油の移動はさげられない。絶縁油の移動によつてケーブル布設系統の凹部に絶縁油がたまり、ガス通路が閉鎖されて圧力の伝達に支障をきたすことが予想されるが、この問題に対してはケーブルジョイントの位置を適当に選び、鉛管を用いたガス通路の採用によつて解決されている。

一方絶縁油の移動があれば当然部分的にボイド含有率の増加する個所ができ、このため誘電正接が増加することが考えられる。もし使用電圧以下でイオン化が行われれば、絶縁油および絶縁紙の劣化がおこりケーブルの使用上問題となる。

第15図、第16図は加熱、冷却途中における第3表 No.5 の試料の誘電正接の変遷を示したものであるが、加熱回



第16図 加熱サイクルによる誘電正接の変化  
Fig. 16. Variation of Dielectric Power Factor by Heat-Cycle

数の増加とともに誘電正接が増加するのは絶縁層内の油が移動してイオン化に好ましくない分布に変化したためと考えられる。

一般にガス圧ケーブルでは電圧を印加した状態で加熱すると自己回復作用<sup>(6)</sup>があるといわれているが、これは  $N_2$  ガスと絶縁油の誘電率の差にもとづくボイドの移動による自己グレージング作用<sup>(5)</sup>すなわち、ストレスの高い導体近傍のボイドがなくなり、かつ絶縁油の粘度が高くなるためと考えられている。この作用が傾斜地に布設されたケーブルにも適用されるかどうかははなはだ疑問とされる点で、さらに具体的な検討を行う予定である。

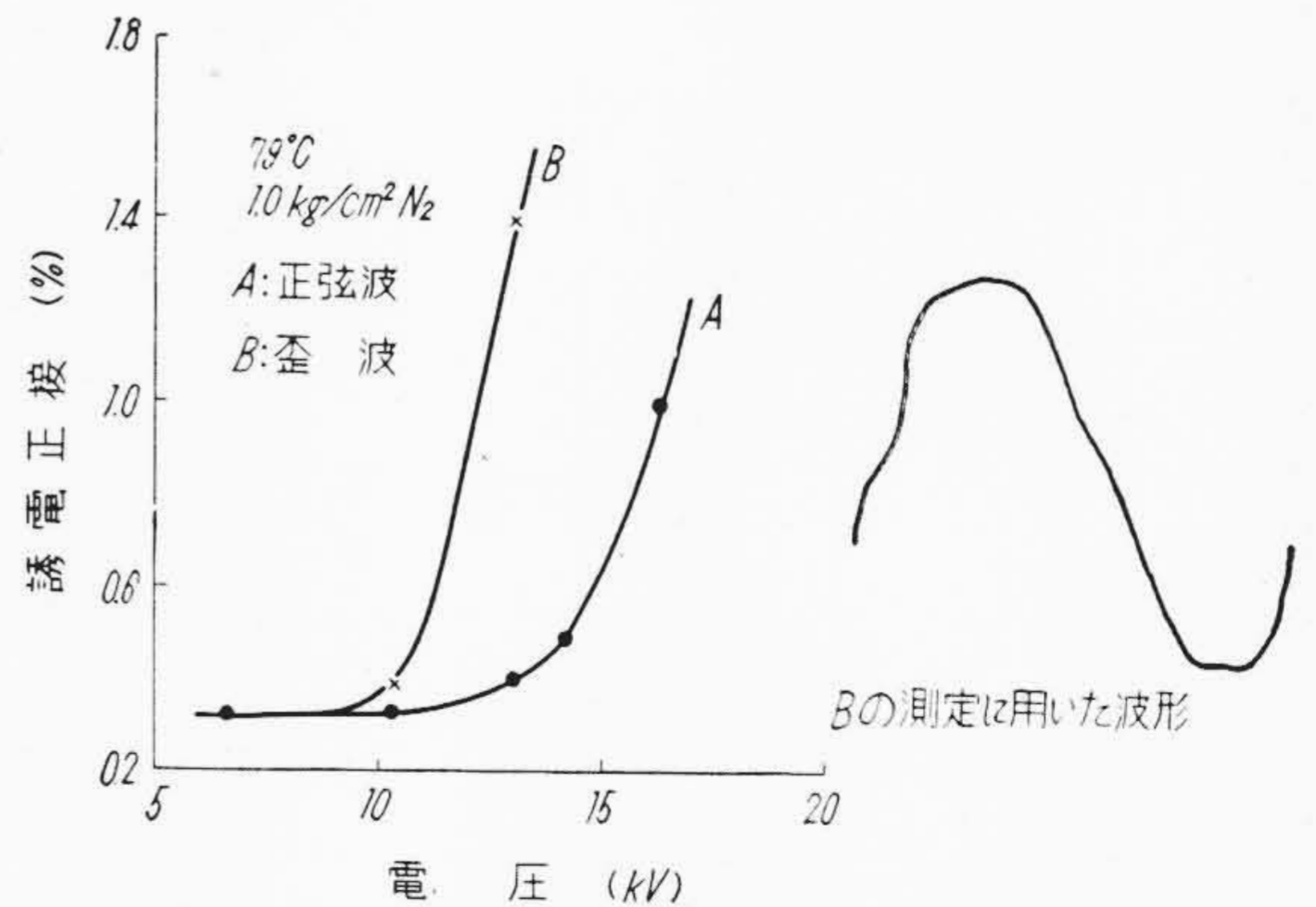
(2) 電圧波形による誘電正接の増加

一般にボイドをもっている絶縁物試料に交流電圧を印加するとボイドの放電が行われる。このときに失われる放電エネルギーが誘電正接の増加としてあらわされるが、電圧波形の歪が大きい場合にはこの分の損失が大きくなり放電開始電圧も低下することはよく知られた現象<sup>(9)(10)</sup>である。第17図は同一試料をことなる電圧波形で測定した場合の比較結果であるが、相当大きな差がみられる。

〔V〕 結 言

低ガス圧ケーブルの性能向上をはかるために構造上の検討を行なつて若干の結論をえた。これを要約すると

- (1) 3心低ガス圧ケーブルの絶縁油の移動を抑制するためには介在物と絶縁層の改良が有効である。
- (2) 絶縁油移動傾向とイオン化後のケーブルの電気特性はたがいに相容れない特性で、これらは抽油作業条件によつて左右されることが実際のケーブルによつて確認された。
- (3) 紙巻条件は、低ガス圧ケーブルの絶縁油移動傾向と、誘電正接にかなりの影響をあたえ、バットラップ



第17図 電圧波形と誘電正接  
Fig. 17. Voltage Wave Form Versus Dielectric Power Factor

方式、すなわち、油浸率がもつとも少なく、移動に関係する油の入りうる空隙の少ない紙巻方式がもつとも好ましく、これにより両方の特性を向上させることができる。

紙厚の影響は 0.100mm のものが 0.125mm のものよりわずかにまさる程度で、確然とした結論はえられなかつた。

(4) イオン化状態の誘電正接は温度の上昇にしたがつて漸増するのが低ガス圧ケーブルの本質的な特性である。この原因は主として温度の上昇による N<sub>2</sub> ガスの相対密度の低下である。

(5) 加熱サイクルは低ガス圧ケーブルのイオン化開始電圧を低下させ誘電正接も増加させる。また電圧波形の歪みも同様である。低ガス圧ケーブルの使用状態を考えると、これらの問題は重要で、注意が必要である。

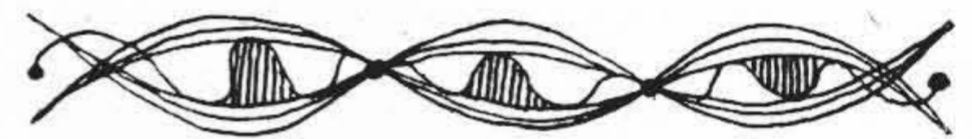
擱筆に当り、本研究に対し種々御指導を賜つた東北大学鳥山教授、日立電線株式会社電線工場久本、水上両課長に厚く御礼申し上げる。

参考文献

- (1) M.J. Qudin, H. Thévenon: RGE, 62, 581 (1952)
- (2) M.J. Oudin, H. Thévenon, I. Eyraud: RGE, 64, 267 (1955)
- (3) G.B. Shanklin: Trans. AIEE, 58, 307 (1939)
- (4) G.B. Shanklin: Trans. AIEE, 61, 719 (1942)
- (5) G.B. Shanklin: Trans. AIEE, 63, 552 (1944)
- (6) C.T. Hatcher: Trans. AIEE, 63, 788 (1944)
- (7) C.T. Hatcher: C.I.G.R.E., Vol. II, No. 219 (1952)
- (8) 国鉄規格 電 63303-B (昭29)
- (9) G.B. Shanklin, J.J. Matson: Trans. AIEE, 38, 489 (1919)
- (10) S.B. Warder, F. Friedlander, A.N. Arman: Proc. IEE, 98, (II) 399 (1951)



特許の紹介



特許第 222462 号

安宅彦三郎  
(茨城大学教授)

高周波電気導体

中実な導体に高周波電流が流れるときは第1図に示すように電流は表皮作用によつて表面に集中し、その結果電流の通過する有効面積は減少して抵抗が増大する。

また中実な誘電体に高周波電流が流れるときは、第2図に示すように電流は中心部に集中する傾向がある。これを中骨作用と呼んでいる。

この発明は表皮作用によつて電流が表面部にかたよる傾向を中骨作用によつて補償し、電流の分布を均一化し、抵抗の増大防止を可能としたものである。

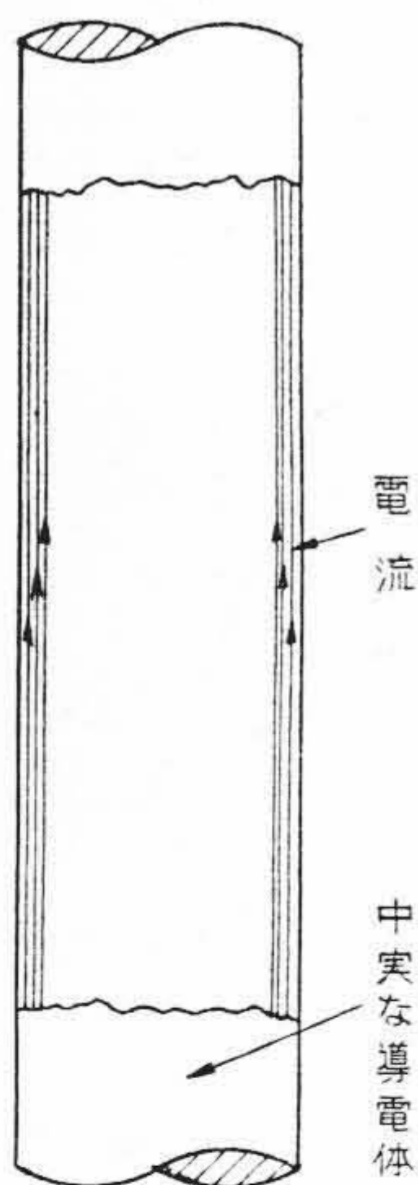
すなわち、本発明の電気導体は第3図に示すように中実な導体を適当な長さに切断し、導体片となし、薄い誘

電体層を差し込んで密着させ積みかさねたものである。

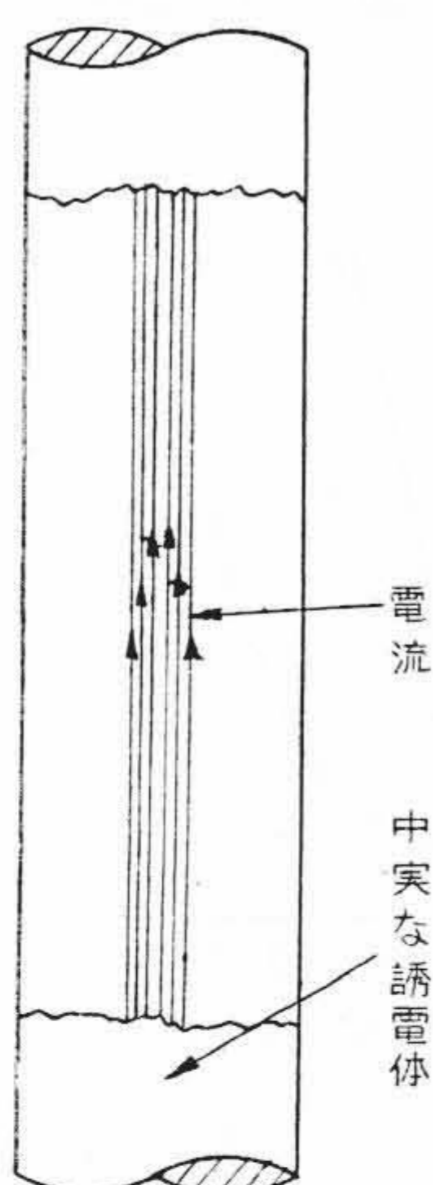
これを製造するにあつては、おのこの導体片を絶縁接着することが機械的要求から不適當であるものに対しては第4図および第5図に示すように導体片および誘電体片に細孔をうがつて細紐または硬線によつて数珠状に接ぎあわせるか、または導体片に凹凸を設けてはめあわせてもよい。

この発明による電気導体は高周波同軸ケーブルの内部導体、あるいは空中線要素とし、または同軸空洞共振器などに使用するのに好適である。

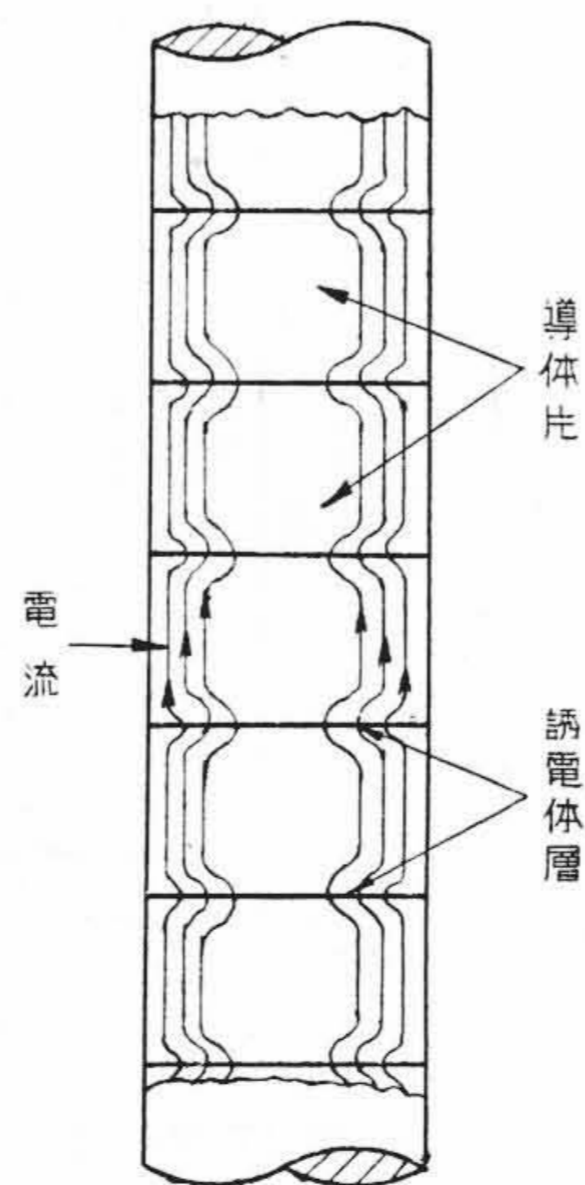
(長山)



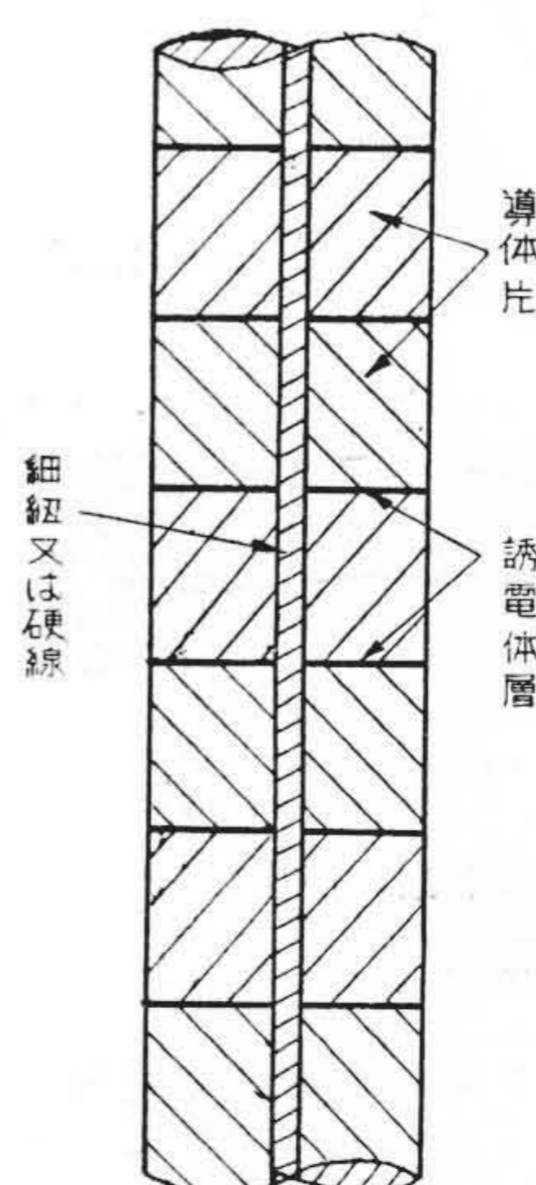
第1図



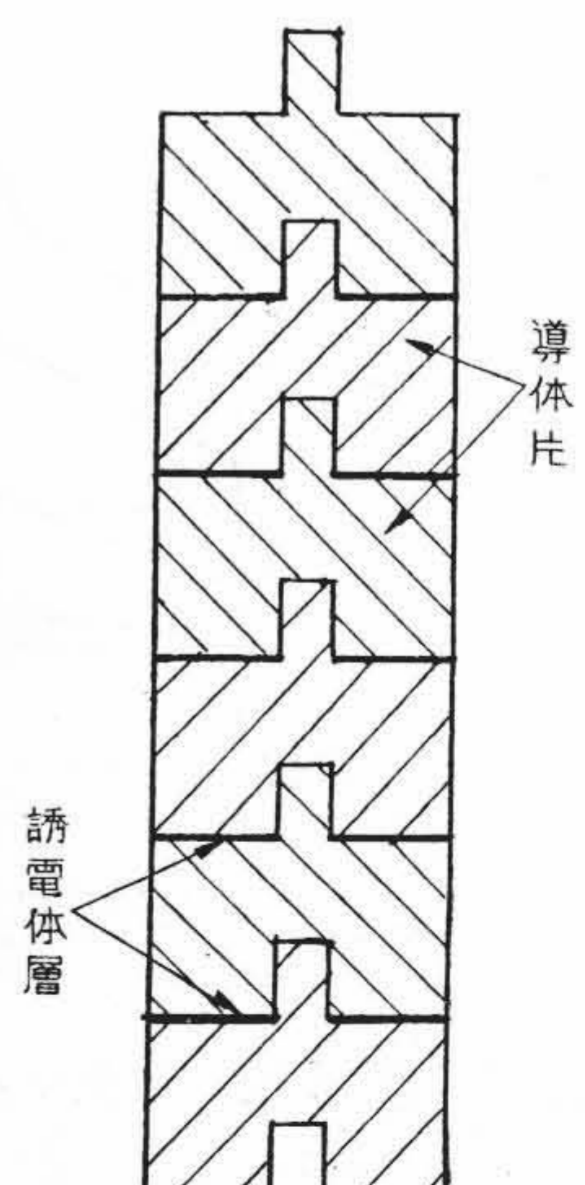
第2図



第3図



第4図



第5図