

型を使用している。図で発破マークのAと受振器に傳つた振動が殆んど同時なのは距離の近いためである。

#### 6. 試作装置の再考

2の改良要旨に述べた欠点を如何に改良出来たかを検討するについて、実地測定を行つていないので不十分とは思われるが、野外テストまで行つて見て大体次の如く言える。

1の装置の設置に不便を感じるの点は、本部和移動を結ぶ線が相当長くできるので、設置位置は移動に便利な所に設けられる。

2の移動装置の移動には装置の小型軽量と、線の細く軟く軽量のため小型ドラムに簡単に巻きとれるのとで簡単である。

3の点は装置が受振器とともに移動し、増巾器は装置の内部にあるので、此の問題は起きない。

4の電源の問題は電灯線の利用が充分に考えられるのでよいと思われるが、もし利用出来なくても自動車を利用できるので、大型蓄電池の

使用も、その充電も随意となる。又記録紙の現像は民家或いは自動車を利用して簡単に行える。

以上の如く搬送波を利用することにより殆んど改良出来たようではあるが、装置が複雑なので取扱いが粗雑になると故障を起し易い点や放送電波の強力な電界強度を有する場所では混信を起す等、新しい欠点も出て来ると思われる。それ等の欠点は又その都度考えることにする。

#### 7. 結 言

緒言に於て述べた如く未だ実地測定の結果をもたないのは残念であるが、弾性波探査の受振器と記録器間の連絡に従来多く使用されていた電線の代りに搬送波を利用できることを確めた。

終りに試作費を出して援助された佐波川研究会に謝意を表すと同時に、指導を賜つた山本及三輪先生と実験の援助を与えられた吉野氏と学生諸君に感謝する。

## 繊維性電気絶縁材料の吸湿と誘電体損失

溝 口 毅

### 1. 總 論

現今電気機器の劣化の程度を判定するために、その機器製作に使用した電気絶縁材料の誘電体損失の大小を、測定することがアメリカにおいて行われ、最近我国においてもこれが研究は頗多く、その賛否もまた非常に多様である。元来機器の絶縁の良否は、その機器の絶縁材料の劣化にも関係すること多大であることは、もちろんであるがまた一方、湿気も大いに影響を与えるものである事は周知の事実である。そこでここには未だ劣化しない新しい絶縁材料の誘電体損失が、その吸湿とともに、如何なる変化を生ずるかを検討して、 $\tan\delta$ の測定により機器の絶縁性の良否が、判定し得られるか否かを研究しようとしたのである。使用材料は従来機器絶縁材料として、最もよく用いられている、

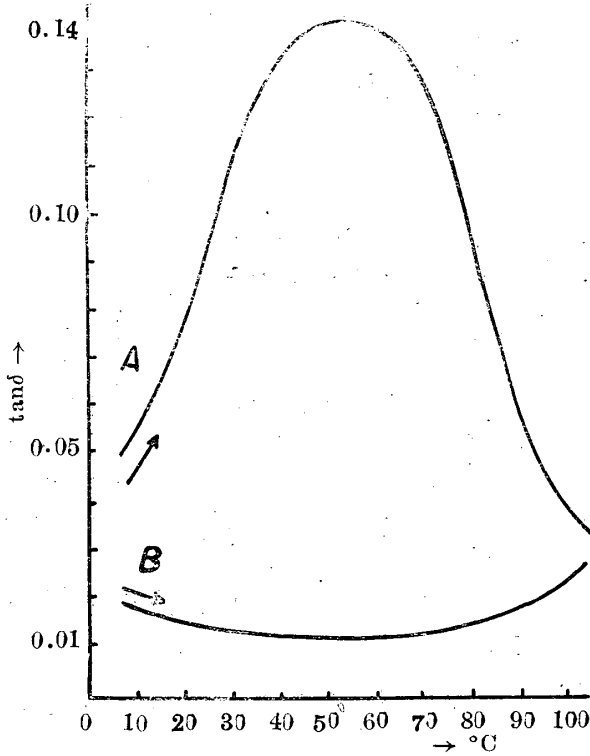
Empire cloth, (未処理), Cotton Tape, 及び前報<sup>(1)</sup>(第2巻第1号)使用のC, I. C, 2.等の「パピロン」である。これは機器絶縁材料として絶縁紙がよく使用されるから、これを代表して「パピロン」について、調べて見たのである。 $\tan\delta$ 測定器としては、主として横河電機製Qメーターによる。

### 2. 湿気と時間との関係

大気中に放置された材料は、外界の湿度に作用されて、種々吸湿する。この場合の材料の、吸水分の状況、すなわち乾燥及び吸湿が、時間に対する変化については、既に別報<sup>(2)</sup>(第2巻第1号)及び本号に報告せる如くかわる。従つて吸湿時における $\tan\delta$ の変化についても、本号別報<sup>(3)</sup>に見るように影響をうける。

### 3. $\tan\delta$ が同温同周波数にても異値を示すこと

上と同一材料をとつて、その  $\tan\delta$  を実測すると、次の第1図のようになる。図に見るように  $\tan\delta$  の値は、同一測定順序（矢印にて示す。）同一材料（C, I.）同一周波数（100kc）にて測定するに、各温度についてそれぞれ二つの異なる値をとる。故に結局二種のA, B曲線を得る。但し（A）の場合は測定前材料を、何等処理せず、大気中に放置せるままのものについて行い、（B）の場合はその同一材料を、測定直前に軽く乾燥装置を通したのものについて、行つたものである。元来  $\tan\delta$  の値は同一材料について、同一周波数同一温度にては、本質的に一定値に限られるべきものであるのに、かくの如く（A）（B）二種が得られるのは、（A）の場合において、含水分があつた為とより推察されない。すなわち繊維材料は湿気についての、 $\tan\delta$  に履歴的性質があることを知る。



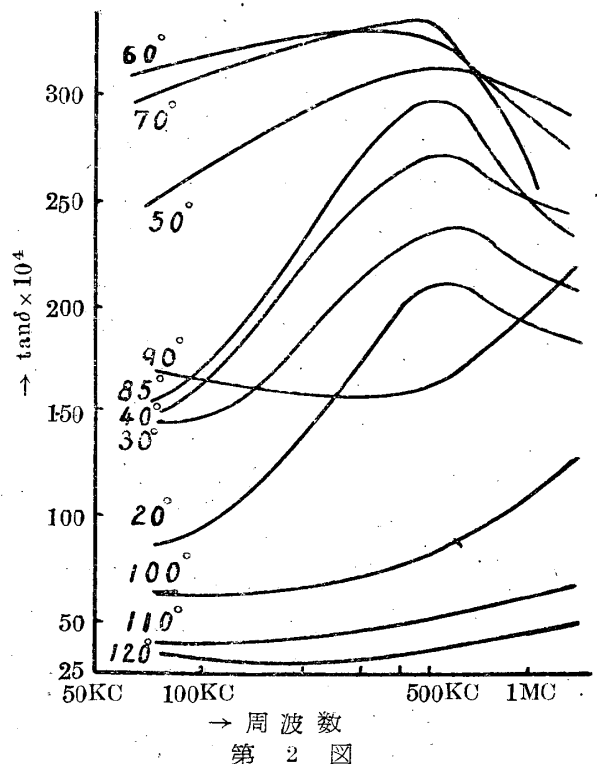
第1図 C, I. 100KC

4.  $\tan\delta$  の周波数特性

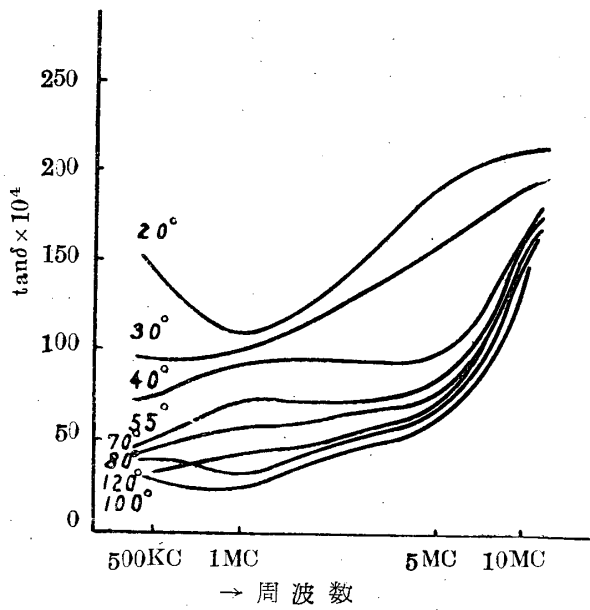
エムパイクロスの  $\tan\delta$  の周波数特性は、水分を含んで居る時と、含んでいない時とによつて、第2図第3図のようなちがひがある。第2図は通常状態すなわち、水分が含まれている状態ではかつたもので、第3図は一旦材料を乾燥装置をとほして、水分を追い出してから測定し

たものである。これにおいても、水分の存在する時の  $\tan\delta$  の値は、含水分のない時のそれに比べて、著しく大きい事が分る。第2図に見る如く、温度の上昇と共に水分は次第に蒸発してなくなるから、その  $\tan\delta$  の値は次第に小となり、曲線は全体として段々下方の位置をとる。然し測定時の温度上昇と共に始めは一旦、水分中のイオン活動が激しくなるから、上述の傾向にも拘らず、約  $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$  頃迄は、曲線は次第に上方位置をとる。これはイオン活動の為の  $\tan\delta$  の増加が、水分蒸発の影響にかつ為と思われる。特に注意すべきは、いづれの場合においても、水分の影響のある時は、水の双極子能率のために、いわゆるデバイの山が大きく出来る。

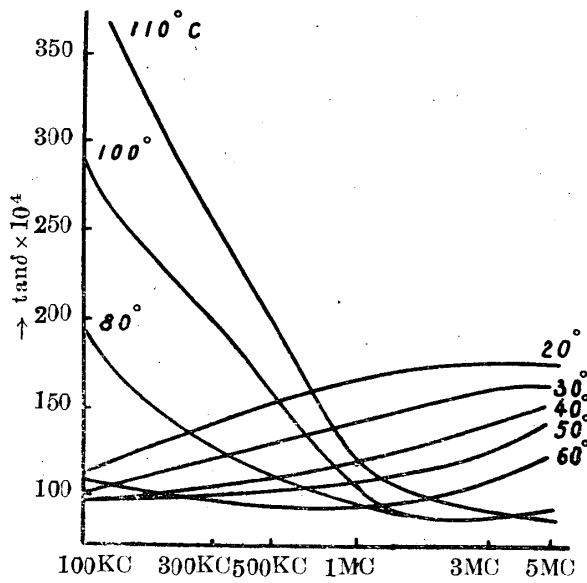
同様に若し C, I. の水分を充分に取り去つたものについて、周波数特性を求めたら第4図のようになった。第3図の場合よりも、一層曲線の配列が整然として居る。第4図では双極子能率による曲線の山は、この周波数範囲にはあらわれない。この曲線の傾向から見てもつと、高周波の側へ出てくることと思われる。温度上昇によつて山の位置が次第に右へずれて行くことは、一般にいわれていることと全く同じ結果である。



第2図



→ 周波数  
第 3 図

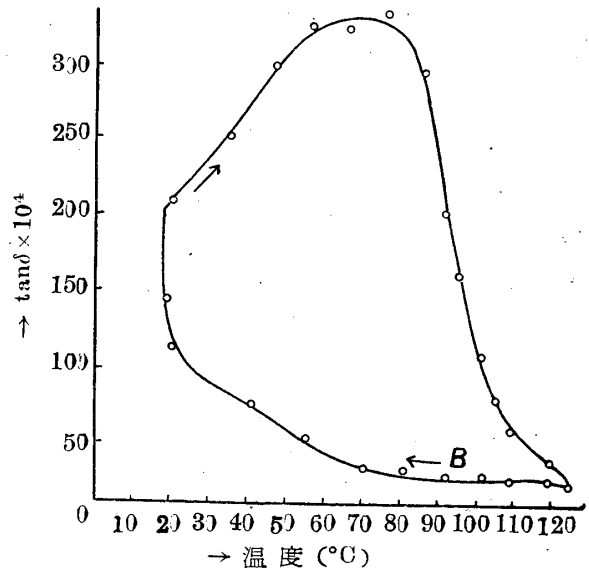


→ 周波数  
第 4 図

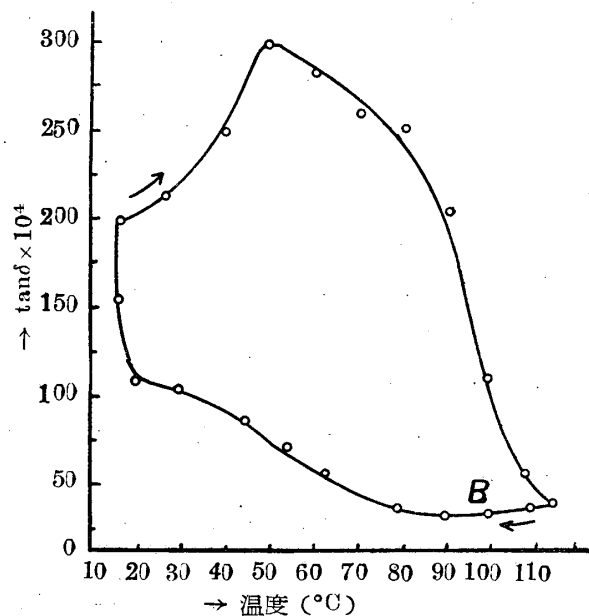
5.  $\tan\delta$  の温度特性

$\tan\delta$  の温度特性は第 5 図第 6 図等に示すようになる。其内第 5 図の Empire cloth について見ると、温度上昇時と温度下降時とによつて同温同周波数にても異なる値をあらわす。即測定順序による変化、履歴現象をあらわす。この差異もやはり水分の有無大小によつて説明される。すなわち温度上昇のはじめには、含有自由水分がまだ相当に存在するから、温度上昇によつて含水中の水のイオン活動が甚しくなり、一方水分の蒸発はまだそれ程大ではないから、イオン

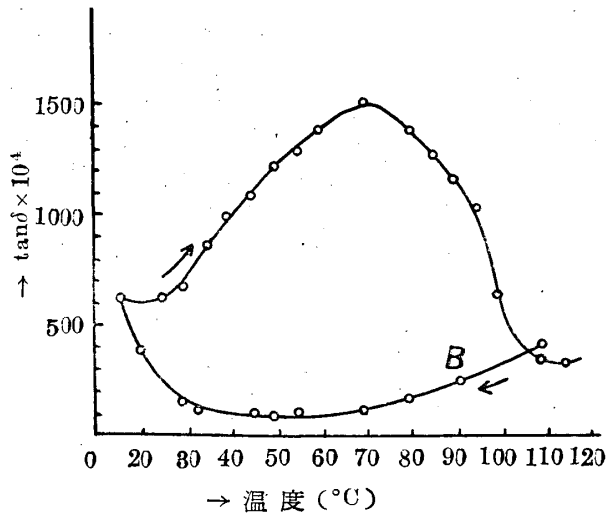
活動の影響が主となつて  $\tan\delta$  は増加するが、少し温度が上つて  $60^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$  位になると今度は、水の蒸発が急に盛になり、水分は激減して従つて水の双極子が少くなるから  $\tan\delta$  の値は漸減する。しかし全く水分を失えば繊維それ自身の有する OH 基による双極子のための損失だけを生ずる。この場合には B のような曲線になる。この曲線にも双極子の山が出るはずだが、それはもつと低温の方に出るものと思われる。なお B 曲線の最後の辺にて温度一定なるにも拘らず、 $\tan\delta$  の値が次第に変化し曲線が真直ぐに上昇するのは、本号別報第 2 図の關係を示すもの



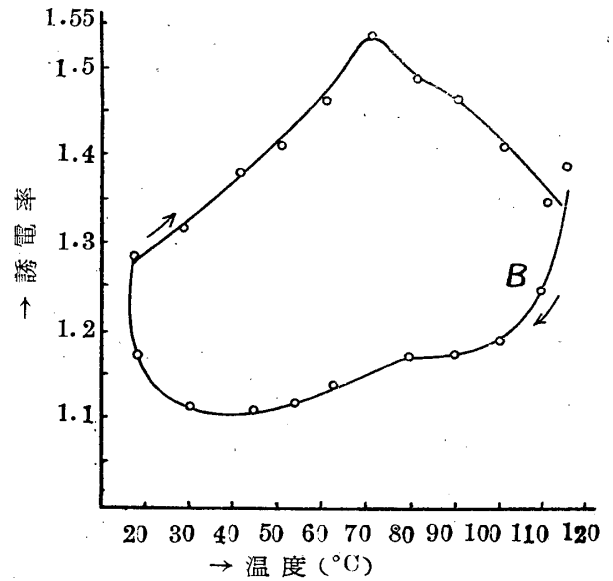
第 5 図 Empire, 500KC



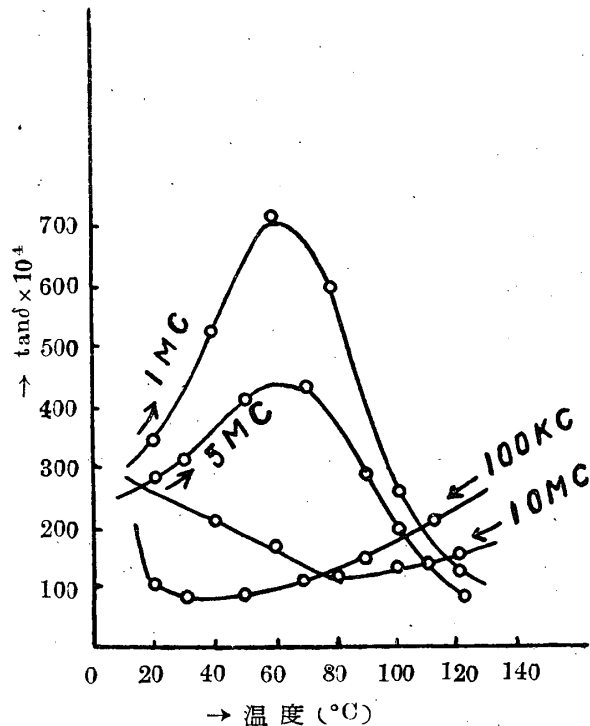
第 6 図 Empire, 1MC



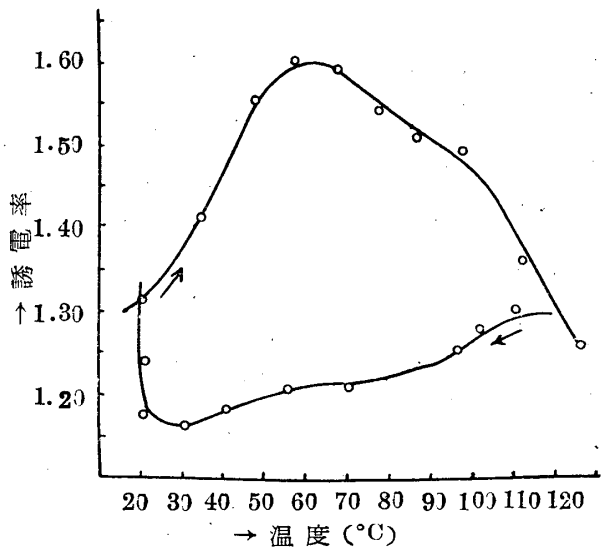
第7図 C.1, 100KC



第9図 Empire, 1MC



第8図 C.2



第10図 Empire, 500KC

である。

同様にC, 1, C, 2.について示せば第7図第8図の通りである。

次に併せて誘電率の温度特性を掲げる。(第9図第10図。)これも亦履歴性をあらわす。

### 6. 結論

以上を総合して考えれば、繊維性電気絶縁材料におけるtanδの値は、種々の測定条件により色々かはるが、又測定時期や測定順序によつても差異を示す。特に材料の吸湿によるヒステリ

シス現象があるため、測定時の状態や条件を良く考慮しなければならない。然し兎に角吸湿すれば、tanδは相当にわるくなることは明かである。なおその値は高周波については非常に大であるから、高周波回路に繊維品を用いることは、損失の点特に吸湿による損失の面より考えて、注意すべきことであることが分る。

要するに電気機器の絶縁性の良否は判断するのにtanδの値を用いることは、もちろん結構なことであるが、この際注意すべきことは、それが如何なる状態の下にて測定されたかを留意すべきである。すなわちその履歴、含水分、温度、周波数等の多方面について検討を加えたのちで

ないと、単に $\tan\delta$ の大小をいうても意味がないことになる。

以上は文部省科学研究費によつてなした、研究の一部であることを附記する。

文 献

斉藤成文：高周波加熱

富士時報 1950, No. 4 絶縁材料の $\tan\delta$ と絶縁破壊の関係

福田 勝 電気材料

(I) (II) 溝口 毅 特殊絶縁材料パピロンについて (山大工学部学報) 2, 1

(III) 全 吸湿による誘電体力率変化とその一考察 (山大工学部学報) 3, 1

## 吸湿による誘電体力率変化とその一考察

溝 口 毅

### 1. はしがき

茲には繊維性電気絶縁材料が、大気中であつて吸湿する時、其誘電体力率の変化を見て、之についての簡単な考察を述べる。

### 2. 本 論

繊維性電気絶縁材料は、すべて吸湿性が強いから、一定湿度の空气中に、材料を放置した時その吸水分は経過時間とともに、徐々に変化するはずである。そこで今諸材料を、乾燥爐中に入れ、乾燥温度 $105^{\circ}\text{C}$ をもつて1時間半に亘り、充分に乾燥したのち取り出し、直ちにデシケーターに入れる事一昼夜にして、 $22^{\circ}\text{C}$ の大気中に取り出し、放置した材料が徐々に、吸湿する状況を示すと、次のようになる。

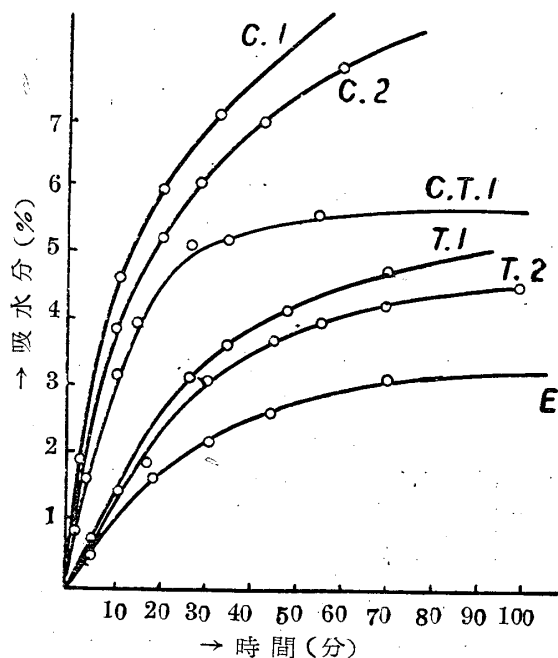
但し此の場合の室内湿度は89%附近にて、ほとんど一定であつた。

これによると、第1図に見るように綿製品、エムパイヤ(未処理)、Cotton tape, 等は一般に紙材料C, 1, C, 2, 等よりは、吸水分少なく、ことにエムパイヤクロスは、最吸湿性が小である。いづれも放置の始めには、急激に吸水分(%)が増加するが、ある時間を経過すると、次第々に飽和の状態に、近づいて行く。

(ここに用いたパピロンは前報に述べた、和紙を原料とした、繊維性絶縁材料である。)

次にこの場合における、誘電体損失の変化をQメーターによつて調査すると、第2図の如く $\tan\delta$ は、放置時間とともに種々変化する。

但し図中(1), (2), (3), (4), (5), (6), はそれぞれ次の材料を示す。測定周波数 $1.5\text{MC}$ この変化を見ると、大約二部にわけられる。



第 1 図

E: エムパイヤ, C.T.1: 綿テープ  
C.1, C.2, T.1, T.2: パピロン

第一部は始めの部分で、時間とともに漸次増加する。(但し中には一旦減少してから後増加するものもあるが之は最初、爐中の温度の影響がまだ多少残留して、それがあらわれたものと思われる。)第二の部分は或時間経過後減少する部分である。之等の現象を説明するには量子論的説明を要するかも、知れないが茲には、極く簡単な仮定の下にも説明されることを示そう。

まづ第一部に於ては、材料の吸水とともに水の双極子能率が増加する。これは水分中のOH基によるもので、OH基は水に於ては二つあり、従つて水分の増加につれて、 $\tan\delta$ は最初の