

# 電氣界面攪亂の研究 (第八報)

纖維質粒子の吸着水分形態に就て

農學博士 志 方 益 三

農 學 士 上 田 靜 男

## 要 目

### I 緒 言

### II 實驗方法並に實驗結果

- (1) “ツンドラ=ベンゼン”系に就いて其の残留電流に及す含有水分量の影
- (2) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て印加衝擊電壓の回数と残留電流
- (3) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て衝擊電壓の方向と残留電流に就いて
- (4) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て課電周波數と残留電流との關係
- (5) “ツンドラ=ベンゼン”系と“澱粉=ベンゼン”系とに於ける残留電流の比較
- (6) 含有水分の異なる油浸紙の誘電體損に及す電壓の影響
- (7) 油浸紙の誘電體損に及す含有水分の影響
- (8) 油浸紙誘電體損の履歴現象

### III 理論的考察

### IV 結 言

## I 緒 言

從來生物學及び膠質化學に於ける吸着水分の形態及び性質に関する研究は、極めて重要なるも、其の測定に適當な方法なく未だ明かにさるゝに至らなかつた。處が我々は誘電恒數、損失角の測定を交流電橋をもつて行ひ、纖維質粒子の水分吸着機構に就いての推論を下し、既に理化學研究所彙報、電氣化學雜誌等に發表せり。

本論文では吸着水分に對する我々の推論の確實性を一步進め得たと云ひ得るものであつて、残留電流、誘電體損並に履歴現象等種々の方面から、膠質系に吸着された水分の形態に付いての觀察結果を報告する。

電氣絶緣材料の残留電流現象の研究は、古くより幾多の學者に依り行はれ、種々の理論的追求を試られて居る。即ち第一は Maxwell<sup>(1)</sup> に依る複合層説で、誘電體組成の不均一に依ると云ふもの、第二は誘電體の電氣變位の異狀性<sup>(2)</sup>と考へるもの、第三は誘電體の電氣傳導の異狀性<sup>(3)</sup>と考へるもの、等諸説あり。而して異常變位説を稱ふる一派の内、S. Whitehead<sup>(4)</sup> は誘電體吸收現象に對して分子間の摩擦抵抗を考へ、Debye の双極子説を引用して居る。

我々は纖維質粒子分散系に於ける、課電効果の一つとして表れる残留電流現象の原因の一つ

は、纖維質粒子に含まれた、水分双極子の回轉成極に依るものとの推測の下に、本實驗をすゝめよく理論と一致した實驗結果を得た。

尚シェリングブリッジで測定した、含浸紙の“誘電體損=電壓”曲線が、含有水分量の相異に依り異なること、又“誘電體損=含有水分”曲線等の性質より油浸紙の水分吸着機構も、亦我々の水分双極子を根本とした推論に依り説明し得る様な結果を得た。又

誘電物質の履歴現象に付いては、其の實驗的研究方面としては、1865年 Siemen<sup>(6)</sup> が二三の絶縁物質に就いて其の内部に於ける勢力損失を測定して、所謂ジューメンス熱と名付けられて以來、多くの學者に依つて行はれたものである。我々は油浸紙の含有水分を變へ、其の損失角履歴現象をシェリングブリッジに依り測定し水分吸着量と或る關係を有することをみとめた。

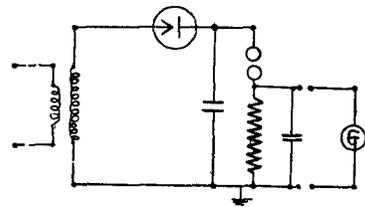
## II 實驗方法並に實驗結果

### (1) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て残留電流に及ぼす含有水分量の影響

試料“ツンドラ”は樺太産のもので、空乾粉末にしたものを用ふ。水分含有量を變へるには“デシケーター”中の溫度を種々に變へ、其の中に上記ツンドラ粉末を少くとも十日間放置し、時々攪拌し後實驗に供した。先づ溶媒として“ベンゼン”を満したガラスバットの中に平板蓄電器を挿入し、上より加幅式水分定量法にて測定せ

る、含有水分量既知の“ツンドラ”粉末を落し、全體を真空用デシケーター中に入れ、真空ポンプで氣泡を抜き、後誘電體槽を 25°C の恒温槽中に入れ、平板蓄電器の一面に第 1 圖の様な

第 1 圖 衝撃電壓發生回路



回路で得た 8000 V 衝撃電壓を 10 秒毎に 1 回づつ 10 回印加し

直に測定回路に切りかへ、其の残留電流を測定する。

第 2 圖は其の結果を示せるもので、横軸には電壓遮断直後測

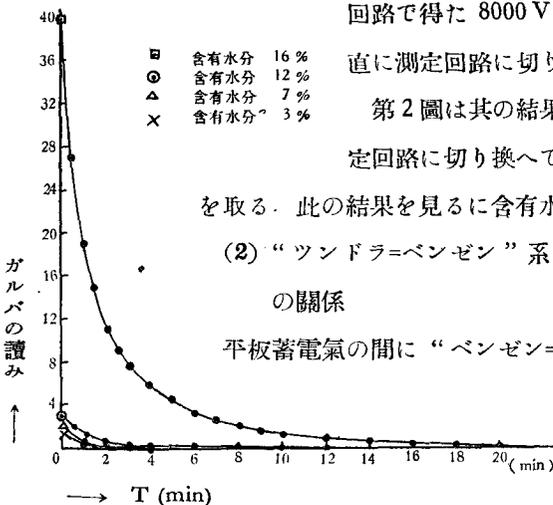
定回路に切り換へてからの時間、縦軸には電流計のフレの読み

を取る。此の結果を見るに含有水分 12% 位から残留電流が急激に上昇する。

### (2) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て印加衝撃電壓の回数と残留電流の關係

平板蓄電氣の間に“ベンゼン=ツンドラ”系を挿入し、(含有水分 13.2%)

(1) 同様の操作を繰り返へし、唯平板蓄電器の一面に印加する衝撃電壓 (8000 V) の回数は、1~15 回の間を變化せしめ、其の残留電流を測定せり。



第 2 圖 残留電流に及ぼす含有水分量の影響

第 3 圖は此の結果を示せるものにして、横軸には電壓遮断後測定回路に切りかへてからの時

間を表はし、縦軸には電流計の読みを示す。

此の結果に依れば課電回数多き程残留電流は大となる。

(3) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て衝撃電圧の方向と残留電流に就て

含有水分 15% の“ツンドラ=ベンゼン”系を挿入せる平板蓄電器の一層

に 8000 V 衝撃電圧一回印加した場合と、六分間に一定方向に十回印加した場合と、矢張六分間に一回づつ衝撃電圧の方向を變へて十回印加した場合との残留電流に與へる影響の比較をなす。

第 4 圖は此の結果を表はせるもので、横軸には電壓遮斷直後測定回路に切りかへてからの時間、縦軸には電流計の読みを示す。

此の結果に依ると衝撃電圧の方向を變へて 10 回印加するよりも、むしろ單に一回印加した丈の方が大なる残留電流を表はす。

(4) “ツンドラ=ベンゼン”系に於て

課電周波數と残留電流との關係

試料としては含有水分 10.5% の“ツンドラ=ベンゼン”系を平板蓄電器中に挿入、

此の一層に周波數 50 ~ より 3300 ~ 迄の

2500 v/cm の電壓 1 分間課電し、直に測定回路に切りかへ、其の残留電流を測定する、電壓測定には理研製ネオン管電壓計を用ひる。

第 5 圖は其の結果を示せるものにして、横軸には電壓遮斷後の時間、縦軸には電流計の読みを表はす、此の結果

に依れば低周波の方が高周波の方よりも其の残留電流が大となつて居る。

(5) “ツンドラ=ベンゼン”系“澱粉=ベンゼン”系に於て

課電壓、課電回数一定の場合の残留電流の比較

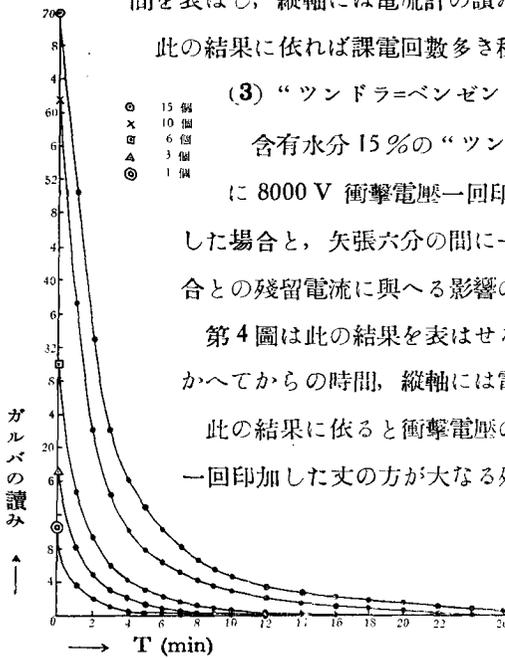
試料調製、水分コントロール等前述の通りとし、平板蓄電器の兩板に 8300 V

の衝撃電壓 10 秒置きに 1 回づ

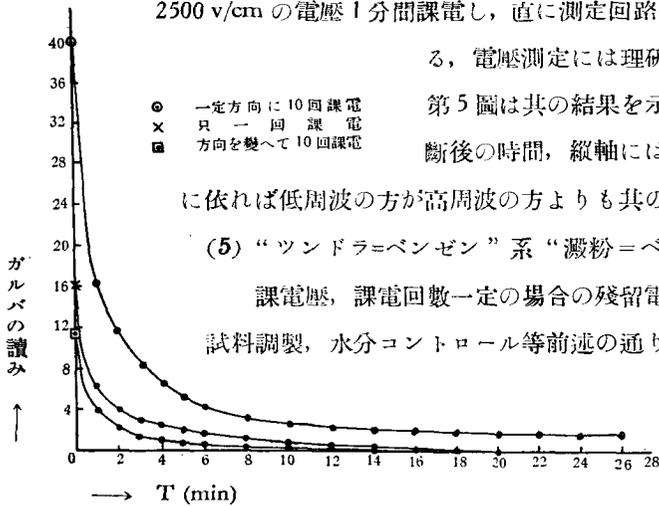
つ 10 回印加し、直に測定回路に

切りかへ其の残留電流を測る。

第 6 圖は其の結果を表はせる



第 3 圖 印加衝撃電壓の回数と残留電流



第 4 圖 衝撃電壓の方向と残留電流

もので、横軸には電壓遮斷直後測定回路に切りかへてからの時間、縦軸には電流計の読みを取る。

此の結果より見ると含有水分量が同じなる場合は“ツンドラ=ベンゼン”系の方が“澱粉=ベンゼン”系よりも残留電流大なることがわかる。

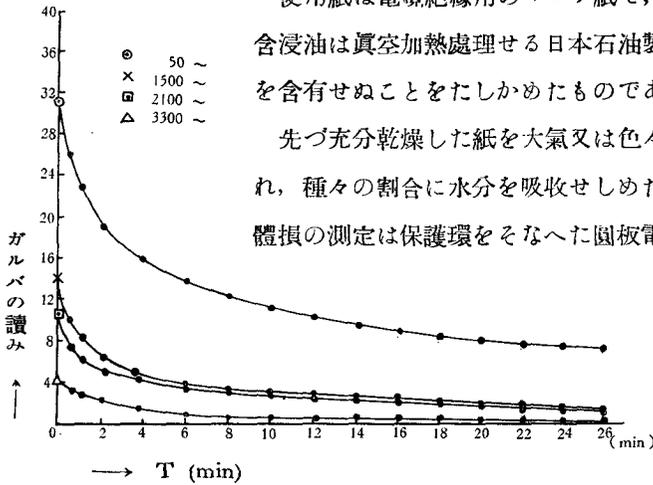
(6) 含有水分の異なる油浸紙の誘電体損に及ぼす電圧の影響

使用紙は電機絶縁用のマニラ紙で、厚さ 0.145 mm 4 枚重ねて試験す。含浸油は真空加熱処理せる日本石油製第一號變壓器油で、豫め殆ど水分を含有せぬことをたしかめたものである。

先づ充分乾燥した紙を大氣又は色々湿度を變へたデシケーター中に入れ、種々の割合に水分を吸収せしめた後變壓器油を含浸せしめる。誘電体損の測定は保護環をそなへた圓板電極(測定電極直徑 60 mm)を用ひ

第7圖の様な“シェリング=ブリッジ”に依り測定した。

第8圖はこの關係を示したもので、横軸には測定電圧縦軸には  $tg \delta$  を示す。



第5圖 課電周波數と殘留電流との關係

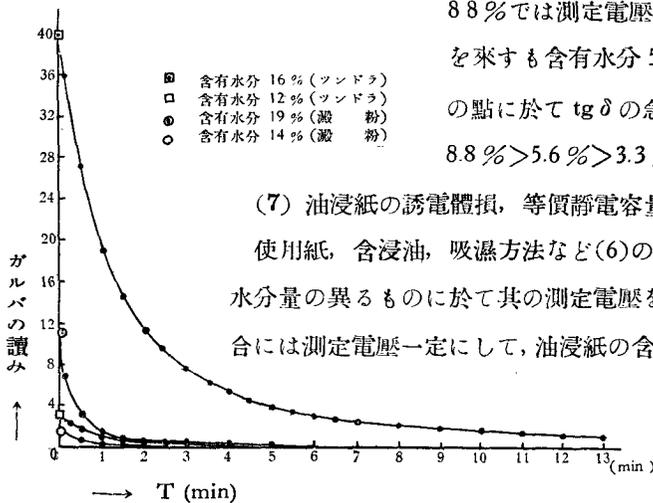
此の結果より見れば含有水分

8.8%では測定電壓 2.5 Kv, 50~ですでに  $tg \delta$  の變化を來すも含有水分 5.6%では 5 Kv, 3.3%では 7.5 Kv の點に於て  $tg \delta$  の急變を來す。而して絶對値に於ても 8.8% > 5.6% > 3.3%の順に  $tg \delta$  の非常な低下を示す。

(7) 油浸紙の誘電体損, 等價靜電容量に及ぶ含有水分の影響

使用紙, 含浸油, 吸濕方法など(6)の場合と同じ。唯(6)の場合には含有水分量の異なるものに於て其の測定電壓を變へ  $tg \delta$  の變化を見たが、此の場合には測定電壓一定にして、油浸紙の含有水分量を変へた場合の  $\cos \theta$ , 等價直列靜電容量の變化を測る。

第9圖は此の關係を示したもので、横軸には含有水分%, 縦軸には損失角として  $\cos \theta$  並に等價直列靜電容量を表はす。



第6圖 “ツンドラ” 澱粉 “ベンゼン” 系に於ける殘留電流の比較

此の結果に依ると含有水分 6—7%位より、 $\cos \theta$  並に等價直列靜電容量の急増を來す。

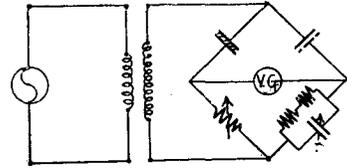
(8) 油浸紙誘電体損履歴現象

(6)と同様に處理せる含有水分 0, 3.3, 8.8%なる試料を取り、其の各の誘電体損を“シェリングブリッジ”にて測定す。而して測定電壓は 2.5 Kv より段々高電壓とし遂に 12.5 Kv にて測定、次に段々と電壓を降下せしめ元の 2.5 Kv となし、所謂誘電体損履歴曲線を作る。但し含有水分 8.8%のものは最高測定電壓は 10 Kv とす。

第10圖, 第11圖, 第12圖は此の結果を示すものにして, 横軸には測定電壓, 縦軸には  $\text{tg } \delta$  を示す. 此の結果に依ると含有水分量の異なる程, 往復の兩曲線と縦軸との間にて圍まれた面積大なり.

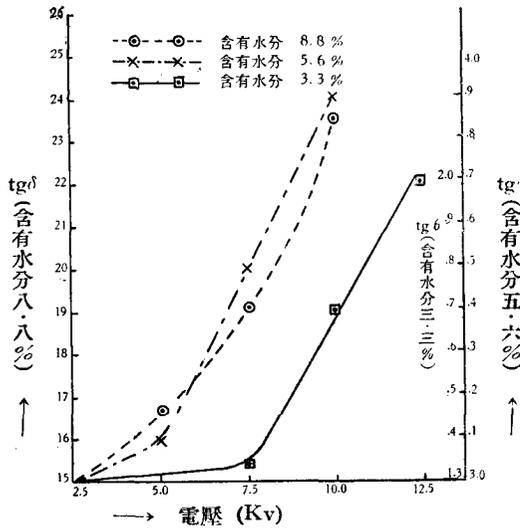
### III 理論的考察

以上述べた様な現象が如何なる機構に依り起つて居る

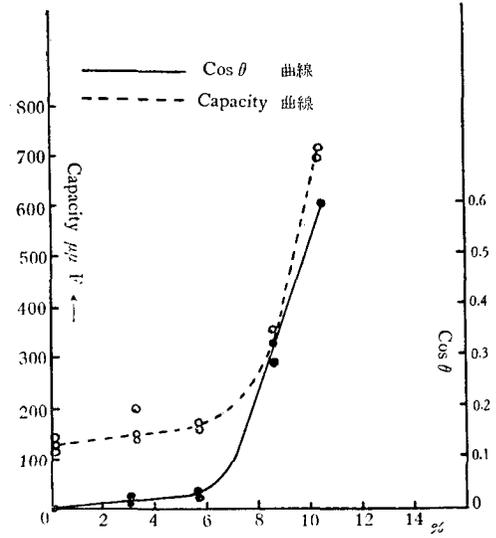


第7圖

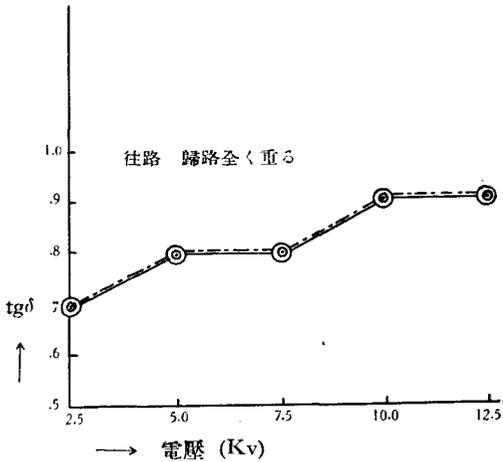
シエリングブリッジ測定回路



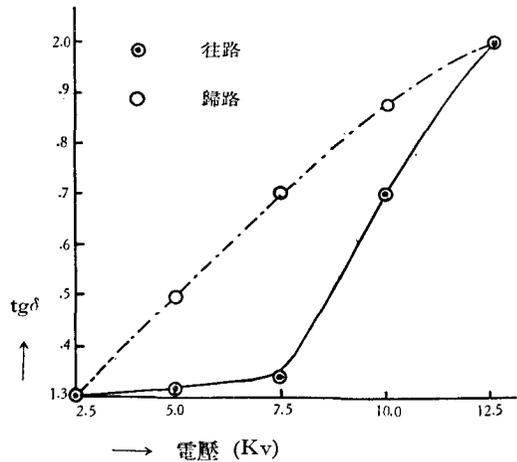
第8圖 油浸紙誘電體損に及す電壓の影響



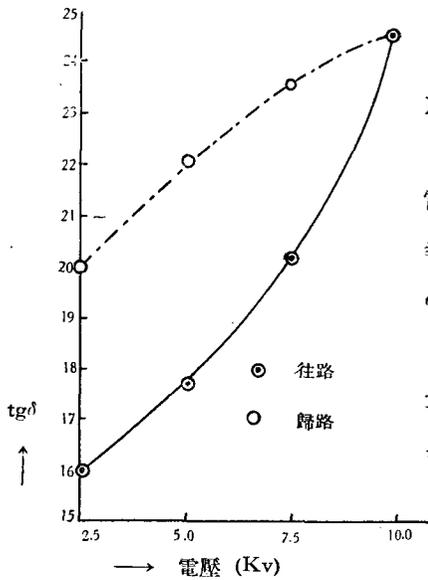
第9圖 油浸紙の誘電體損 Capacity に及す含有水分の影響



第10圖 誘電體損履歴曲線(含有水分 0%)



第11圖 誘電體損履歴曲線(含有水分 3.3%)



第12圖 誘電體損履歴曲線  
(水分 8.8%)

ものであるかを、電氣物理的に物理化學的に解析考察することは興味あることで、纖維質粒子の水分吸着機構に就いての我々の推測を基として、之が説明を試みんとす。

元來誘電體分子は電界の作用に依り、其の有する正負電荷の相對的變位を生じて、電氣力  $F$  に比例する電氣能率 (電氣學會雜誌昭和9年6月)  $m_0 = c_0 F$  (此式に於て  $a_0 = \frac{e^2}{f}$   $e$  は分子電荷、又  $F$  に比例して  $S$  なる變化をなした時  $f = eF/s$  とす) を有するに至る。しかし双極分子に於ては回轉成極により  $\bar{m}$  なる平均電氣能率を電界の方向に表はし、之が溫度等に依り變化するものである。

今一定なる分子電氣能率  $\mu$  を有する多くの双極分子に電界  $F$  が作用すれば、分子の位置のエネルギーが最小となる様に、即ち電界の方向に配列せんとするが、熱運動の爲妨げられ色々な方

向になる。電界  $F$  の方向に  $\theta$  なる角度をなす位置のエネルギー  $h$  は

$$h = -\mu F \cos \theta$$

であつて、かゝる“エネルギー”を有する分子の数は  $d\Omega$  なる立體角中に  $Ae^{-\frac{h}{kT}} \cdot d\Omega$  だけ分布するとすれば、 $d\Omega$  中に含まれる電界の方向の電氣能率は

$$\mu \cos \theta Ae^{\frac{\mu F \cos \theta}{kT}} \cdot d\Omega$$

で與へられるから結局電界  $F$  の方向に於ける分子の平均電氣能率  $\bar{m}$  は

$$\bar{m} = \frac{\int_0^\pi \mu \cos \theta Ae^{\frac{\mu F \cos \theta}{kT}} \cdot d\Omega}{\int_0^\pi Ae^{\frac{\mu F \cos \theta}{kT}} \cdot d\Omega}$$

A: 分子總數に依り與へらるゝ常數

T: 絕對溫度

k: Boltzmann の常數

以上の考へは Langevin<sup>(6)</sup> の常磁性體に於ける理論と同一で

$$x = \frac{\mu F}{kT}$$

と置けば

$$\bar{m} = \mu \left( \coth x - \frac{1}{x} \right) = \mu L(x)$$

茲で  $L(x)$  は Langevin 函數で次の如くである。

$$L(x) = \frac{x}{3} - \frac{x^3}{45} + \frac{2x^5}{945} - \frac{x^7}{4725} + \dots$$

普通  $x$  が極めて小なる爲第一項のみを取れば

$$\bar{m} = \mu^2 F / 3kT$$

従つて温度  $T$ , 電界  $F$  を受ける双極分子の全電氣能率  $m$  は、誘電體成極に對する  $m_0$  と回轉成極に對する  $\bar{m}$  との和であつて

$$m = m_0 + \bar{m} = \left( a_0 + \frac{\mu^2}{3kT} \right) F$$

をもつて表はされ、従つて双極分子の「モル」成極は

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{d} = \frac{4\pi N}{3} \left( a_0 + \frac{\mu^2}{3kT} \right)$$

$\epsilon$ : 誘電率                       $M$ : 分子量

$N$ : Avogadro の常數               $d$ : 密度

今諸種の分子の凝集存在せる絶縁物内に混在した吸着水分双極分子が、任意の向きを取つて居る場合に一定方向の電壓を印加することに依つて、之に電氣力を加へると、其の電氣力の方向に於て、双極分子自身の極性の方向が一致する如き回轉運動を生すべきは上式より明かである。然も其の方向を轉換せんとするに際し隣接分子との間に摩擦抵抗を生じ、之が双極分子の回轉運動を制肘すべきである。斯くして方向一定の電壓印加の爲生じた静電力線に依り表面に於て正及び負性を呈し、従つて之に對する金屬導體間に夫々負正の誘電電荷の集積を促すべきは勿論である。

次に印加電壓を除去した際に、双極分子の回轉運動は絶縁物構成分子間の彈性下にあるものと考ふれば、外部からの印加電壓を去れば其の分子間の彈性に依つて、双極分子は其の彈性範圍に於て舊位置に歸へるべきであり、斯して静電力線の減少消失を來す。而して此の内部成極は急速に消失せずして、媒質の内部摩擦に依る遲滯作用の爲に或る時間を経ねば定常状態なる分子の不規則的存在の安定状態に達せぬものである。今粘性係数を  $\eta$  分子半径を  $a$  とすれば、分子回轉摩擦係数が  $8\pi\eta a^3$  で與へられ、Relaxation time  $\tau$  は次の如くなる。

$$\tau = \frac{4\pi\eta a^3}{kT}$$

従つて電界  $F$  が急に取去られても時間  $t$  に於ける分子の回轉成極に對する平均電氣能率は次の如くなる。

$$\bar{m} = \frac{\mu^2 F}{3kT} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

故に残留現象として第2圖～第6圖の様な漸減曲線が得られたのである。

斯様に論じ來れば、初の間は衝擊電壓の課電回數が多くなればなる程水分双極分子の電界の方面に配列し得る回數が多くなり、従つて(2)の第3圖の様な結果となる。然し課電回數を次第に多くすれば最後には飽和するものと思はる。

又各回行撃電壓の方向を變へれば、其の都度双極分子の回轉成極の方向も變化し、(3)の第4圖の様に向を換へ十回課電したものより、唯一回課電した方が残留電流大となり、而して此の場合残留電流の方向は最後に課電した衝撃電壓の方向に支配さるゝは勿論のことである。

次に双極誘電體が周波數  $f$  なる交番電界に置かれ、分子に作用する電氣力を  $F = F_0 e^{j\omega t}$  とすれば此の回轉成極に對する平均電氣能率は次の如く與へ得る。

$$\bar{m} = \frac{1}{1 + j\omega\tau} \cdot \frac{\mu}{3kT} F_0 e^{j\omega t}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2\tau^2}} \cdot \frac{\mu^2}{3kT} F_0 e^{j\omega(t-\tau)}$$

$\mu$ : 分子電氣能率                       $k$ : Boltzmann の常數

$T$ : 絶對溫度                               $\omega$ :  $2\pi f$

$\tau$ : Relaxation time (前述)

我々の場合交番電界に於て水分双極分子の回轉成極は、周波數に依り差異あることは上式より明かなことで、從つて残留電流も周波數に影響される様な理論的結果が得られたが、(4)の第5圖の實驗結果は此の推論によく一致して居る。

尙誘電體損の問題に就いては、其の表はれる理由として、「双極分子に於ては電界の影響に依り自己定位成極による位置のエネルギーを有する爲、Thermal agitation の下にあつて電界の方向に向き直らんとする、此の回轉成極にとり成極現象の定常状態を得る迄に要せらるゝ電氣エネルギーの變化こそ誘電體損失の主要部分をなして居る」と考ふれば(6)の第8圖に於ける  $\text{tg } \delta$ -電壓曲線は課電壓に依る吸着水分双極子の回轉の状態を表はすものと考へらる。即ち含有水分の多い場合は、低電壓に於てもよく水分子の回轉成極を起すが、含有水分の少ない場合には相當高電壓でなければ回轉成極を起さないことを示す。(7)の第9圖に於ては課電壓一定の場合には含有水分が一定以上になつて初めて回轉成極を起すことを示す。

誘電體履歴現象に就いては古くより其の理論的研究はされて居る。(電氣評論, 昭和三年一月) Hopkinson<sup>(7)</sup> は誘電的變位を時間の函數として次の様な形で出した。

$$Dt = \frac{\epsilon}{4\pi} E(t) + \int_0^\infty E(t-\omega) \varphi(\omega) d\omega \dots\dots\dots (1)$$

上式に於て

$E(t)$  は時間の函數としての作用電氣力を表はす。

$\epsilon$ : 誘電常數

$\omega$ : 考ふる物質が電氣的作用を受けた過去から現在迄即ち過去に於ける經歷に對する時間を表はす。

$t$ : 現在から將來への時間即ち現在の電氣的作用が如何に進展するかを表はす時間である。

$\varphi(\omega)$ :  $\omega$  の一定の函数にして他の考察から定められ得るものである。

上式から知られる如く、上式の右邊の第二項が履歴現象を表はすこととなる。

Pellat<sup>(8)</sup> は電子論的考察から誘電的變位を時間の函数として求めた。即ち履歴現象を起す誘電的變位を

$$D(t) = \frac{\epsilon}{4\pi} E(t) + a\eta \frac{\epsilon}{4\pi} \int_0^{\infty} E(t-\omega) e^{-a\omega} \cdot d\omega \dots \dots \dots (2)$$

の函数に於て求めた。

$\eta$ : 充電された全電荷と残留電荷との比を表はす。

$a$ : 一定の常數

他は(1)式と同様

Wagner<sup>(9)</sup> はウェーヘルトの彈性に於ける時効果の理論の懸推から(1)式に於ける函数  $\varphi(\omega)$  を次の如き形で求めた。

$$\varphi(\omega) = \frac{\epsilon}{4\pi a\eta} \int_0^{\infty} r(a) e^{-a\omega} \cdot d\omega \dots \dots \dots (3)$$

$r(a)$ : Maxwell Boltzmann の分布函数

以上誘電體に於ける履歴現象に對する理論的研究の主なるものであるが、要するに此の履歴現象なるものは誘電物質に於ける課電又は放電の際に電位差が時間と共に降下する、即ち効果により表はれるものと考へらる。

我々の場合(8)の第10圖、第11圖、第12圖に於て含有水分に依り往復兩曲線と縦軸とに圍まれた面積の大きさに差あり、含有水分量の多い程、面積の大なるは、一度課電に依り回轉成極を起した水分双曲線は、含有水分の多い程全體として自己定位成極に完全に戻りにくい爲に依ると思はる。

而して纖維質粒子分散系の水分吸着機構に就いては一個の纖維質粒子面上に於ても其の吸着ポテンシャル不同で又粒子を取巻く水分層に就いて考ふれば、恰も地球の重力と同様の力であつて固體面の近くでは吸着力が強いが、それから遠かるに順ひ漸次弱くなり、即ち固體面からの距離に依つて吸着ポテンシャルが變ると假定すれば、Langmuir の化學的吸着水は吸着ポテンシャルの大なる部分で、物理的吸着水は吸着ポテンシャルが低下して Van der Waars の力が働きかける頃よりのものと思はる。而して含有水分の少い部分程吸着ポテンシャル大で高電壓でなければ回轉成極せしめることが出來ない。之に反して含有水分量が多くなる程、粒子を取巻く水層が厚くなり、順つて水層の外部になる程固體面に遠く其の吸着ポテンシャルは小にして低電壓に於ても回轉成極現象を表はすと考へらる。

而して(1)の第2圖の如く吸着水分12%位迄は残留電流小で、又吸着水分量の影響無きは、此位迄の吸着水は其の吸着ポテンシャルが高くて衝擊電壓 8,000 V 10 回課電位では回轉成極を起さぬ爲で、吸着水分12%以上になると其の吸着ポテンシャルが低下し、同様電壓課電に於て

よく回轉成極を起す爲残留電流の急増を來すと思はる。

(5)の第6圖に於て“ツンドラ=ベンゼン”系“澱粉=ベンゼン”系の同一含有水分量に於ても其の残留電流の異なるは、ツンドラと澱粉との吸着ポテンシャルの差に依ると考へらる。

(6)の第8圖に於て含有水分8.8%では2.5 Kvで $\text{tg } \delta$ の價が非常に大きく5.0, 7.5, 10.0 Kvに至るに順ひ、吸着水分の内、吸着ポテンシャルの小なるものから追々回轉成極をうながし $\text{tg } \delta$ は益、大となる、含有水分5.6%に於ては、其の吸着ポテンシャルが大なる爲2.5 Kvに於ても回轉成極すること少く5.6 Kvに於ても矢張り同様で、從つて $\text{tg } \delta$ は殆ど一定なるも其以上になると吸着ポテンシャルが最小な部分から回轉成極始り $\text{tg } \delta$ の増大を來す。3.3%では吸着ポテンシャルは益、大で、7.5 Kv迄殆ど吸着水分の回轉成極なく從つて $\text{tg } \delta$ に變化なきも、以上の電壓になると、矢張吸着ポテンシャルの小なるものから回轉成極を示し $\text{tg } \delta$ の急増を見る。

(7)の第9圖に於ては、測定電壓一定(2.5 Kv)の場合には、含有水分6—7%位から吸着水分双極子の回轉成極現象を表はし始むることを示すものと思はる。

(8)の第10圖、第11圖、第12圖に於ては2.5, 5.0, 7.5, 10 Kv 課電に依り、吸着ポテンシャルの共に應じた所迄回轉成極をなし、含有水分量の多い程往復兩曲線と縦軸とにて爲す面積大なるは、物理的吸着水多きが故に100,000 Vで回轉成極を起す水分多く、自己定位成極に復歸するに時間を要することを示し、而して含有水分零の場合は回轉成極を起すべき水分双極分子無き爲其の面積零となる。されば今回の諸實驗の結果より見るも、含有水分量の一定量より其の面積の急増を來すものと思はる。

#### IV 結 言

本研究の目的とする處は纖維質粒子分散系に吸着された水分子の形態を考研せんとするもので、既に交流電極に依る測定結果は一部發表し、今回は残留電流、シェリングブリッジに依る誘電體損、誘電體履歷現象測定など八項目にわたる實驗結果から膠質系の吸着水分を観察した。此の理論的考察としては残留電流に就ては、古來の諸説を述べ我々の場合はDebyeの双極子理論を取り入れ説明し、油浸紙の誘電體損に付いても電氣物理的に物理化學的に解析考察し、實驗結果が理論的方面から見ても至極合理的であることをみとめた。誘電體損履歷現象に就てはJ. Hopkinson, H. Pellat, K. W. Wagnerなどの式を引用した。

最後に水分吸着機構に就いては纖維質粒子の吸着ポテンシャルが同一粒子面に於ても異り、又粒子よりの距離によつても異るとの推測の下に考察を進めた。而して或る一定の含有水分量より殘流電流並に誘電體損の急増を來すこと、又含有水分量一定の場合は或る電壓に至つて初めて誘電體損の急増を來し、而も含有水分量の少い時は、多い時よりも高電壓に至つて初めて誘電體損の急増を來す、との實驗結果よりして一定の電壓では一定の吸着ポテンシャルを有する吸着水分迄しか自己定位成極に依る、位置のエネルギーに抗して電界の方向にむき直らない、

即ち回轉成極現象を表はさない。又誘電體損の履歴現象に就いては、 $\text{tg } \delta$  電壓曲線に於て、含有水分量に依り往復兩曲線と縦軸とに圍まれたる面積の大きさが異なるは回轉成極を起す水分双極子の量に依るとし、含有水分の一定量に於て、其の面積の急變あることを推論せり。

尙前報告<sup>(10)</sup>と併せ考ふる時、纖維質粒子分散系に吸着された水分量の一定量を界として其の誘電體諸性狀に非常な變化を來すことは明かにして、其の主因は吸着ポテンシャルの相異に依ることを認め、Van der Waals の力が動かない位強く吸着された水分は殆ど固體の様な性質を表はす爲、固着水と云はれて居るが、此の範圍のものは我々の取扱つた電壓では回轉成極に預らないと思はる。斯く思惟すれば、

纖維質粒子分散系の吸着水分を人爲的に冷却固化せしめ、其の誘電體諸性狀の變化、殊に誘電體損殘留電價の測定は興味ある問題にして、只今其の方面の研究續行中にして次の機會に發表することとする。

(第9回大阪講演會に於て發表)

最後に當り本研究は東京帝國大學工業部電氣工學科西健教授の御指導あり又實驗6,7,8は岡崎埴兩氏の助力ありしことを附記し謝意を表す。

### 參考文獻

- (1) loc. cit. (2) S. 249.
- (2) J. Hopkinson: *Phil. Mag.*, 5, Vol. 2, (1876), 314.  
L. Houllevigne: *Journ. Phys.* Vol. 6, (1897), p. 113, 120, 153.  
L. Decombe: *Journ. de Phys.*, 5 Vol. 2, (1912), 181.  
H. Pellat: *C. R.*, Tome, 128 p. 1312: *Journ. Phys.*, Vol. 3, (1900), p. 9, & 313.  
E. von Schweidler: *Ann.*, 4 Bd. 24, (1907), 711.  
K. W. Wagner: *Ann.*, 4 Bd. 40, (1913), 817.  
V. Karapetoff: *A. I. E. E.*, (1926), 236.
- (3) E. Warburg: *Wied. Ann.*, Bd., 54, (1895), 396.  
A. Joffé u. Roentgen; *Ann. Phys.*, 72, (1923), 461.  
S. H. Andersen and T. Keane: *Phil. Mag.*, 6, Vol. 24, (1912), 437.  
F. Fernie: *Electn.*, April (1925), p. 484.  
R. C. Burt.: *J. O. S. A.* July, (1925), p. 87.  
J. Curie: *Ann. Chem. Phys.*, 6, (1893), 18, 203.
- (4) S. Whitehead: *Phil. Mag.*, May 1930, p. 865.
- (5) M. W. Siemen: *Pogg. Ann.*, Bd., 25, (1865), 287.
- (6) P. Langevin: *Journ. Phys.*, 4 Vol. 4, (1905), 678.
- (7) J. Hopkinson: *Phil. Trans.* Vol. 166, (1877), p. 489: Vol. 197, (1877), p. 599.
- (8) H. Pellat: *Compte Rendus*, Vol. 128, (1899), 1312.
- (9) K. W. Wagner: *Electrotech. Zeitschr.*, Bd. 34, (1913), 1279.
- (10) 西: 上田; 理研彙報第14輯第7號.