

# ポリエステル樹脂の電氣的性質ならびに 吸湿特性に及ぼす充填剤の影響

## Electrical and Moisture Absorption Behaviors of Polyester Resin Compounds

小 川 哲 郎\* 阿 保 雅 宏\*  
Tetsuo Ogawa Masahiro Abo

### 内 容 梗 概

ポリエステル樹脂に各種充填剤を加えた硬化樹脂板の電気特性ならびに吸湿特性を検討した。ポリエステル樹脂としてはポリセット-51および11の2種類を選び、充填剤は炭酸カルシウム2種類すなわち  $\text{CaCO}_3\text{-C}$  と  $\text{CaCO}_3\text{-D}$ 、およびタルク粉の代表的なものについて検討した結果、これらの充填剤を入れた硬化樹脂板の電気特性は平均粒径の小さい重質系の  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  が最も良く、見かけ比容が大きく軽質系の  $\text{CaCO}_3\text{-C}$  は悪い。また硬化樹脂板を吸湿させたときの諸特性はタルク粉を充填したものが良くないことを明らかにした。なお充填剤の見かけの吸湿率と、吸湿したときの電気特性との相関関係も求めた。

### 1. 緒 言

ポリエステル樹脂に無機質充填剤を加えて、一部特性の向上あるいはその経済性を高めるため多くの研究がなされている。筆者の一人はこの点に関し一連の検討を行ってきた<sup>(1)(2)</sup>。このようにポリエステル樹脂に充填剤を加えたコンパウンドを電気材料として用いる場合も少なくないが、この場合硬化樹脂の電氣的性質がいかに変化するか、あるいは吸湿させた場合、その電氣的性質がいかに変化するかを系統的に研究した報告は少ない。現在この種コンパウンドの需要が拡大しつつあるので、このような知見を得ておくことは樹脂あるいは充填剤の選択上必要と考えた。

### 2. 供 試 料

#### 2.1 ポリエステル樹脂

供試樹脂の特性は第1表に示す。

#### 2.2 充 填 剤

供試充填剤は第2表に示す。(詳細は前報<sup>(2)</sup>参照)

第1表 供試樹脂の特性

| 樹 脂             | 酸価   | $\eta_{25^\circ\text{C}}$ ポイズ | 不揮発   | ゲル化時間<br>(80°C BPO1%) |
|-----------------|------|-------------------------------|-------|-----------------------|
| ポリセット-51(硬質積層用) | 18.7 | 4.8                           | 66.3% | 6分                    |
| ポリセット-11(可撓性)   | 19.3 | 4.0                           | 69.4% | 6分25秒                 |

第2表 供試充填剤

| 試料略号                     | 平均粒径( $\mu$ ) | 比重( $d_4^{25^\circ}$ ) | 見かけ<br>比容(cc/g) | 粒子<br>形状 | 備 考   |
|--------------------------|---------------|------------------------|-----------------|----------|-------|
| $\text{CaCO}_3\text{-C}$ | 0.8(0.1~3.3)  | 2.684                  | 1.75            | 紡錘形      | A社製軽質 |
| $\text{CaCO}_3\text{-D}$ | 0.3(0.1~2.5)  | 2.744                  | 0.92            | 不定形      | B社製重質 |
| タルク                      | 5(0.5~10)     | 2.791                  | 2.85            | 薄片形      | 白色粉   |

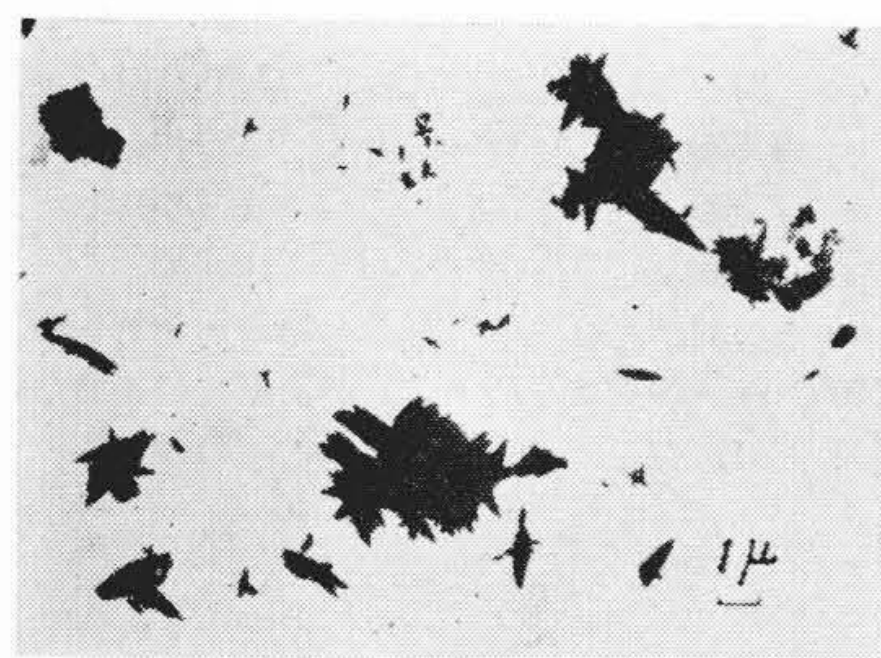
上記充填剤は全部無処理品を用いた。第1図はその電子顕微鏡写真である。

#### 2.3 樹脂板の硬化条件

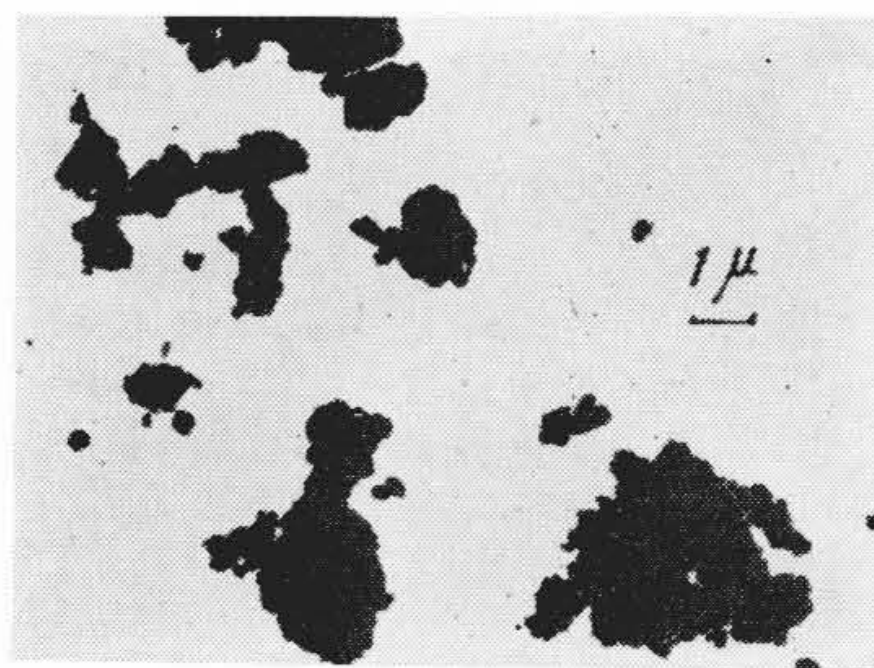
ポリエステル樹脂液100部に対し過酸化ベンゾイル1部を添加したものに、105°C、24時間以上乾燥した充填剤を加えた。これを擂潰機で混合し、しばらく静置脱泡後に注型し、1夜放置後下記の温度で硬化させた。

ポリセット51系; 60°C 4時間後 80°C 2時間

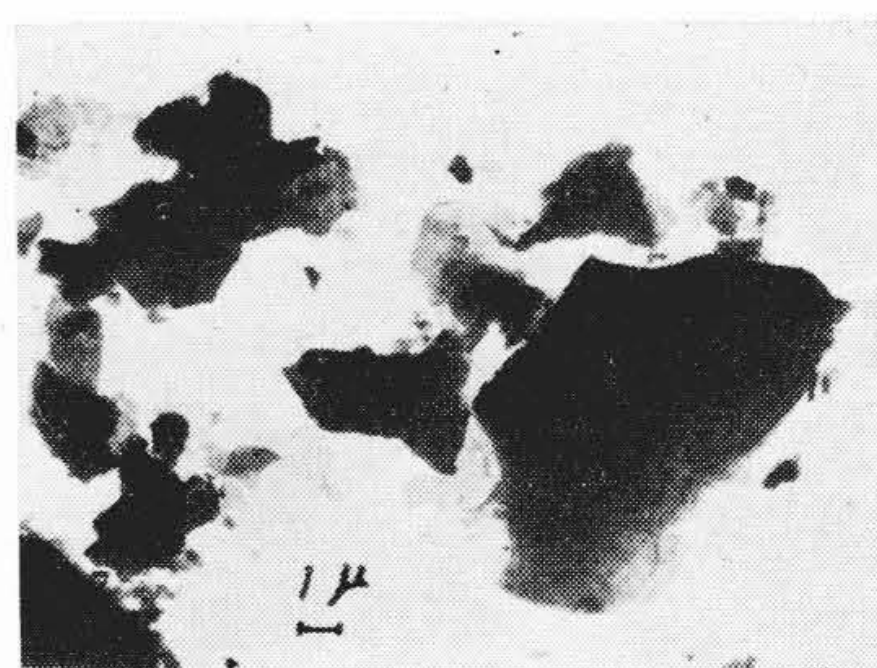
ポリセット11系; 80°C 2時間後 100°C 4時間



(a)  $\text{CaCO}_3\text{-C}$



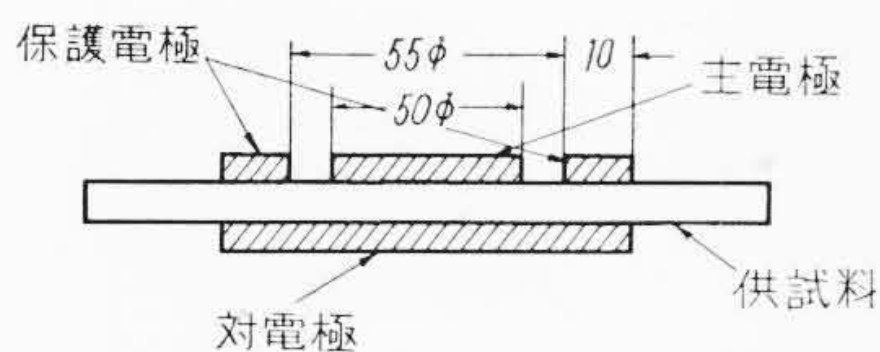
(b)  $\text{CaCO}_3\text{-D}$



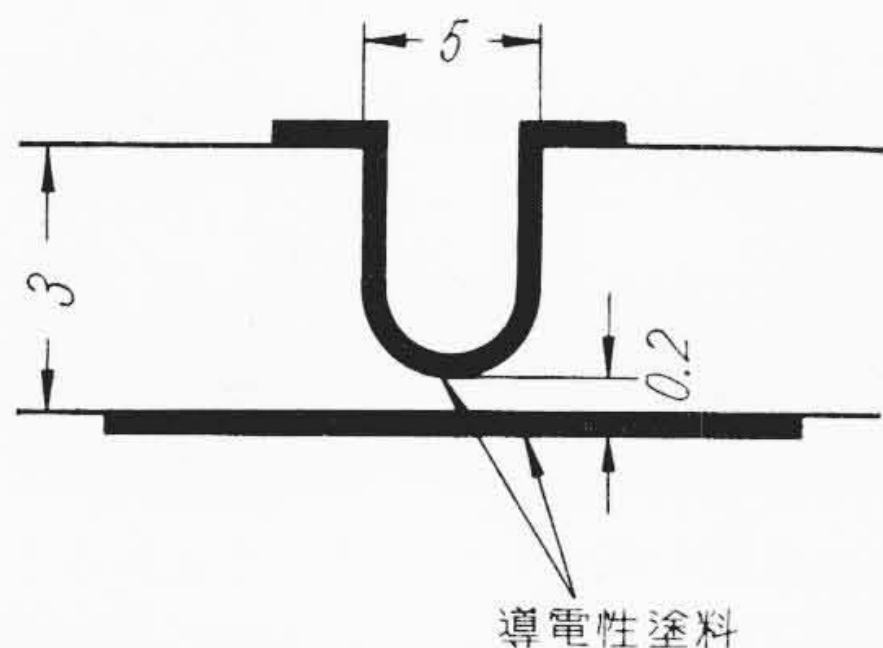
(c) タルク

第1図 充填剤の電子顕微鏡写真

\* 日立製作所日立絶縁工場



第2図 測定状態



第3図 破壊電圧測定試料

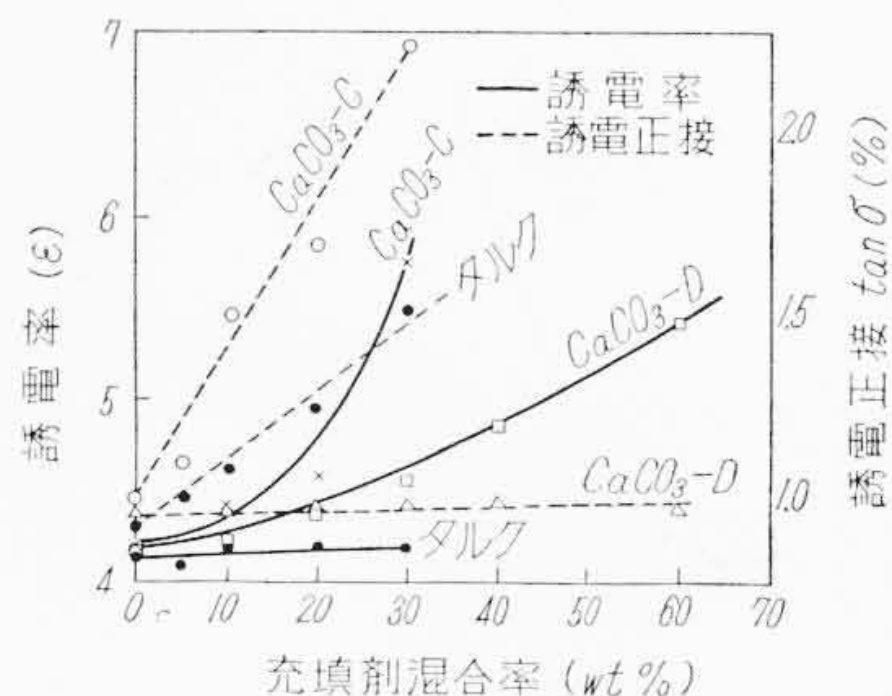
### 3. 測定方法

誘電率、誘電正接、絶縁抵抗は第2図に示すような状態で測定した。電極はカーボン塗料を塗付乾燥させ、この上に約180gの真鍮製電極をおき、恒温槽中で所定温度に達してから30分後に測定を行った。なお、絶縁抵抗は直偏法100Vで、誘電的性質はシェーリングブリッジ60～、1,000Vで測定した。吸湿時の電氣的性質の測定には第2図の対電極のみを水銀にし、主電極ならびに保護電極は前同様カーボン塗料を用いた。これは吸湿をなるべく容易にするためである。吸湿は40°C、90%RHの恒温恒湿槽中で行った。

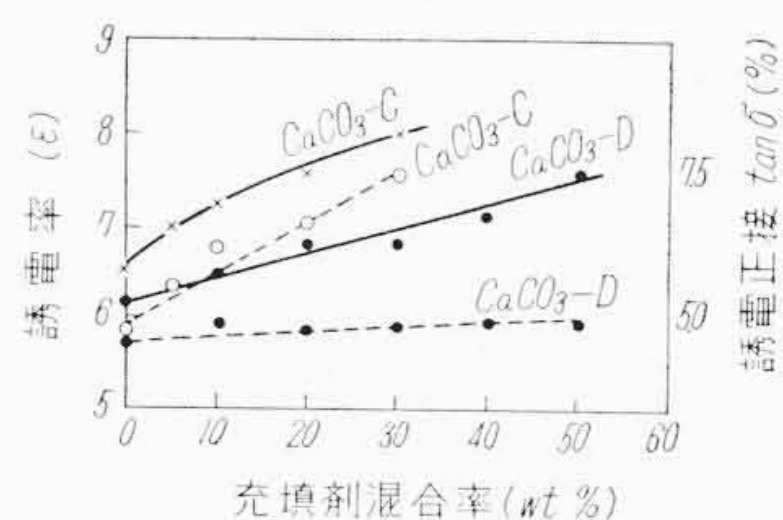
吸湿率の測定は厚さ約1.70～2.0mmの樹脂板より100mm<sup>2</sup>の試料をきりとり、上記恒温恒湿槽中で吸湿させ、吸湿途上の重量変化を測定した。なお吸湿試料の前処理は特に留意し、100°C、5時間乾燥後デシケータ中に20時間放置した。

絶縁破壊電圧測定用試料は厚さ約3mmの樹脂板を用い、コロナの影響を防止する目的で第3図に示すような底に丸味を持つ5φの穴をあけ、穴の底の厚さが0.2～0.25mmくらいになるようにした。なお、穴の内面および他面には図のように半導電性カーボン塗料を塗って、これを平板電極と棒状電極との間にはさみ所定温度に保たれた変圧器油中に浸し破壊電圧の測定を行った。

耐アーク性についてはASTM法に準ずる方法で測定した。



第4図 ポリセット-51系の誘電率、 $\tan\delta$ と充填剤量の関係 (at 40°C)



第5図 ポリセット-11系の誘電率と充填剤量の関係 (at 40°C)

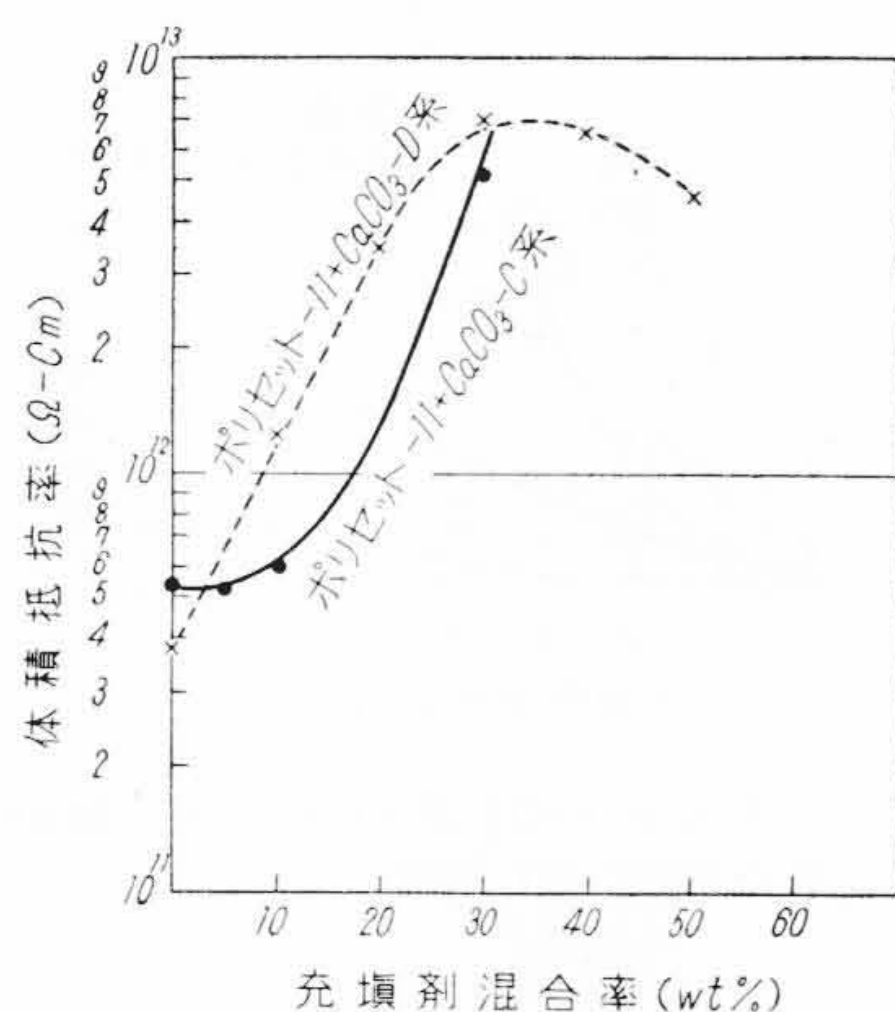
## 4. 実験結果ならびに考察

### 4.1 誘電的性質

第4,5図は、それぞれポリセット-51, -11に各種充填剤を加えたときの40°Cにおける充填剤量と、誘電率、誘電正接の関係を表わしたものである。CaCO<sub>3</sub>-Dを混入した場合にはポリセット-51, -11とも誘電率は大体直線的に変化しているが、ポリセット-51にCaCO<sub>3</sub>-Cを混入したものは誘電率が30%のところで急激に増加している。一方タルク粉を混入した場合には誘電率はほとんど変化しない。誘電正接は各充填剤により異なった変化をしていて、CaCO<sub>3</sub>-Cを混入したものは悪くCaCO<sub>3</sub>-Dはほとんど影響がない。

混合体の誘電的性質については多くの理論式が提案されているが現象が複雑であるためまだ決定的な理論式はない。Wagner<sup>(3)(4)</sup>氏の理論より考えると誘電率は混合体の増加とともにある程度線形に変化すべきである。ポリセット-51にCaCO<sub>3</sub>-Cを加えた樹脂の誘電率が混合比30%のところで急激に増加しているのは混入粒子相互の作用が無視できなくなったためであると考えられる。この間の関係は依田氏<sup>(5)</sup>により理論的によく吟味されている。これと誘電正接の悪化とをあわせ考えるとポリセット-51にCaCO<sub>3</sub>-Cを30%以上混入することは、前報<sup>(2)</sup>で述べた粘度の急上昇と相まって望ましいことではない。

CaCO<sub>3</sub>-Cの場合に比べCaCO<sub>3</sub>-Dは図から明らかにように、混合比60%まで誘電率はおよそ比例的に変化する。



第6図 40°Cにおける充填剤量と体積抵抗率の関係

ると同時に、誘電正接の増加は認められない。これは粒子の細分化により樹脂が均一に粒子を包み（ちなみに前報<sup>(2)</sup>にも述べたように  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  はポリセット-51 にぬれやすく、 $\text{CaCO}_3\text{-C}$  はぬれにくい）粒子相互間の作用があまり考えられないことと、さらに  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  の誘電正接特性が良いことに起因すると考えてよからう。

以上電氣的立場から、ポリセット-51のように電気特性がかなりすぐれているポリエステル樹脂に混入する充填剤は  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  か、タルク粉が良いことがわかる。しかし後述するようにタルク粉は吸湿時電気特性を悪化させるため  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  のような粉末が理想的である。

ポリセット-11に炭酸カルシウム類を混入した場合は、誘電率はポリセット-51の場合と同様上昇する傾向にあるが、誘電正接はほとんど変化しない。ポリセット-11のような誘電正接のかなり高い樹脂に充填剤を加えれば伝導損にあずかるイオン数（単位体積あたり）は少なくとも誘電正接特性がかなり改善されるものと考えていたが、予想に反しほとんど改善されない。この事実は次に述べる絶縁抵抗が充填剤とともにかなり上昇することからみて、Wagner 式中<sup>(3)</sup>の交流伝導度と誘電率の相互作用により誘電正接が改善されないものと考ええる。

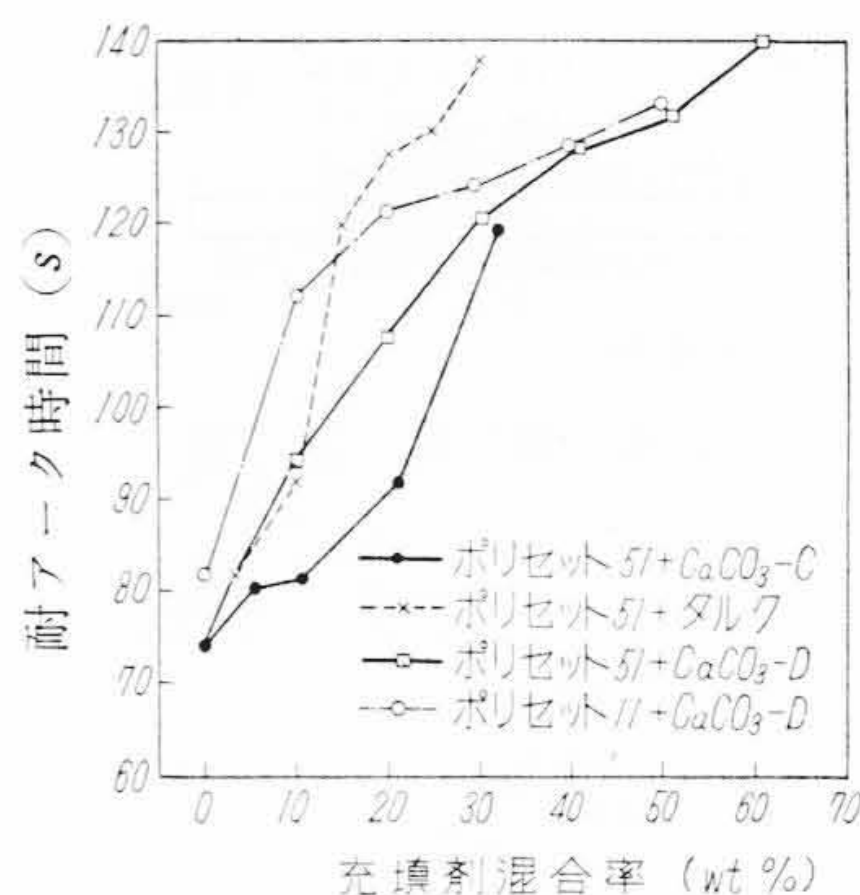
#### 4.2 絶縁抵抗

ポリセット-11に  $\text{CaCO}_3\text{-C}$  および  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  を加えたコンパウンドの抵抗—温度特性を検討した結果、100°C 以下の低温部分で次の式が成立することが判明した。

$$\rho = \rho_0 e^{\frac{E}{kT}} \dots\dots\dots (1)$$

ただし  $\rho_0$ : 定数  $k$ : Boltzman 定数  $E$ : 活性化エネルギー

充填剤量の変化により(1)式中の  $E$  はほとんど変化せず、 $\rho_0$  が充填剤量とともに変化することがわかった。 $\rho_0$



第7図 充填剤混合率と耐アーク性

は多くの因子に左右される定数であるが、一応伝導イオン数に逆比例的な関係にあるものと考えられる。したがってポリセット-11に充填剤を加えることにより樹脂中の伝導イオン濃度が減少したと考えてよからう。すなわち、ポリセット-11に比べこれら充填剤の伝導性はかなり小さいことがうかがわれる。40°Cにおける充填剤量と体積抵抗率の関係を第6図に示す。ポリセット-11+ $\text{CaCO}_3\text{-D}$ 系の抵抗は大体30%まで直線的に増加するが40%以上になるとほとんど変化は認められず、むしろいくぶん低下する傾向にある。この原因は現在のところ不明である。一方ポリセット-51の場合充填剤量を変化させても抵抗値はほとんど変化しなかったのでデータは省略するが、これは樹脂自体の抵抗値が高いためである。

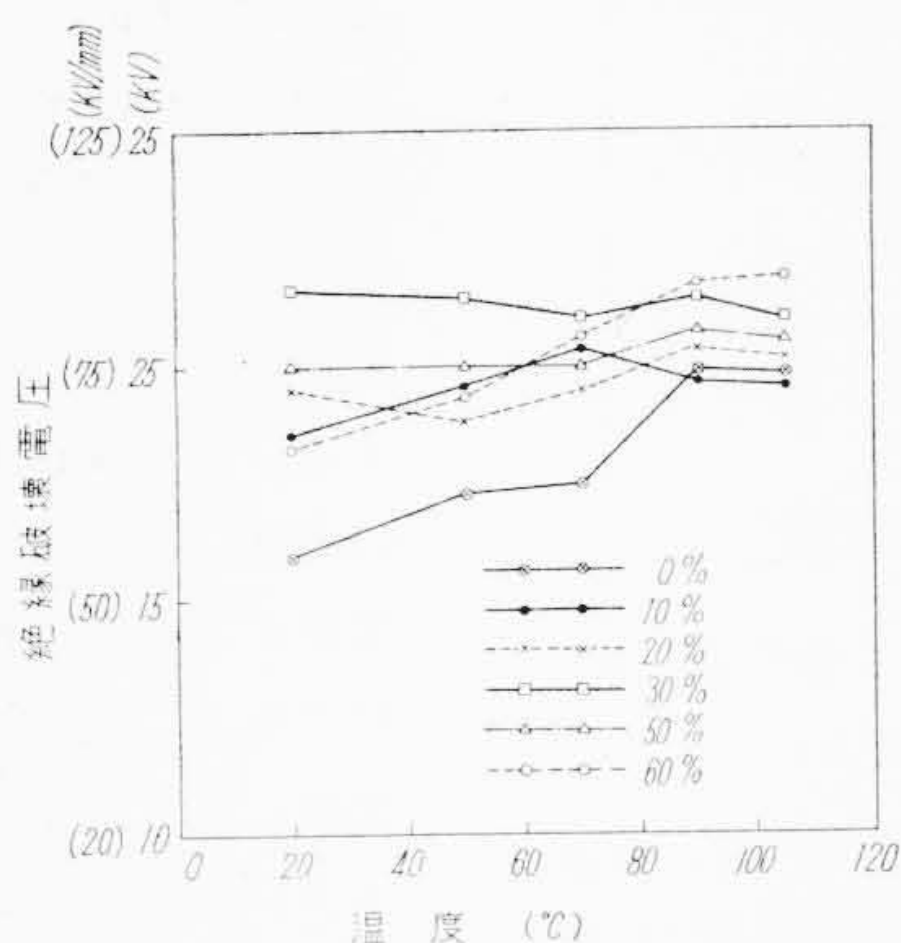
#### 4.3 耐アーク性

耐アーク性と充填剤量の関係を第7図に示す。耐アーク性は充填剤量の増加とともに向上する。耐アーク性の小さい有機材料に無機質充填剤を加えて、その耐アーク性を向上させる研究は W. H. 社の R. F. Sterling<sup>(6)</sup>によりかなり詳細に報告されているが、筆者らの実験結果からもその傾向は認められる。

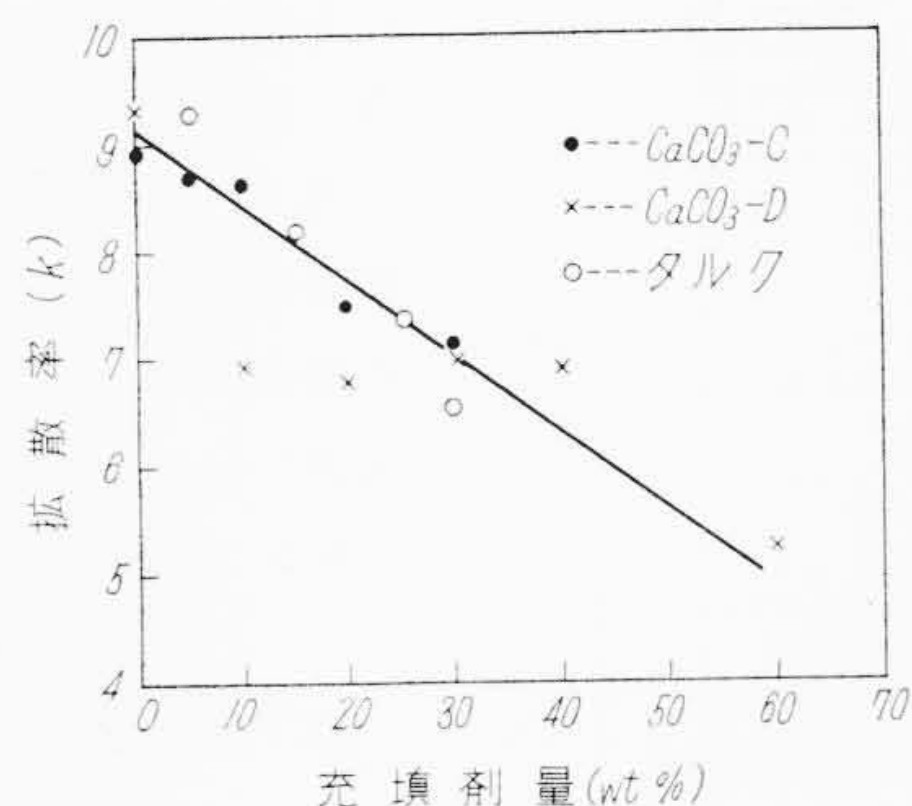
無機質充填剤を加えると耐アーク性が向上する理由はここに解説するまでもないことと思うが、R. F. Sterlingによれば充填剤の混合にはかなりの留意を要し、充填剤が完全に均一コロイド混合していなければならないということであり、この点今後さらに検討を要する問題である。いずれにしてもポリエステル自体の耐アーク性はかならずしも良いとはいいいにくいので、いくぶんでも耐アーク性の要求される場合には、無機質充填剤を加えることが必要である。

#### 4.4 絶縁破壊電圧

ポリセット-51に  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  を混入したコンパウンドの絶縁破壊電圧—温度特性を第8図に示す。ほかの樹脂についても大体よく似た特性を得たのでデータは省略するが、充填剤量30%までは、破壊電圧は上昇する傾向



第8図 ポリセット-51 に  $\text{CaCO}_3\text{-D}$  を混入したコンパウンドの破壊電圧—温度特性



第9図 ポリセット-51 系の充填剤量と拡散率の関係

にあり、それ以上充填剤量を増せば破壊電圧はかえって減少している。一般に充填剤量を増加させれば、理論的にも破壊電圧は低下するはずである。ほかの多くの充填剤について得た結果では充填剤量とともに破壊電圧は低下している。 $\text{CaCO}_3\text{-D}$  の場合ポリセット-11 に混合してもやはり破壊電圧が向上しているがこの原因は不明で今後の研究にまたなければならない。

#### 4.5 吸 湿

板状試料の吸湿速度は  $m_s$  を平衡吸湿率、 $m_t$  を時間  $t$  における吸湿率とすれば次式で与えられる。(7)

$$\frac{m_t}{m_s} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{kt}{d^2}} < 0.555 \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{m_t}{m_s} = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-\pi^2 kt/d^2} > 0.555 \dots\dots\dots (3)$$

$k$ : 湿気拡散率,  $d$ : 厚さ

(3)式より  $m_t/m_s=0.55$  に達した時間  $t$  と厚さ  $d$  から湿気の拡散率  $k$  は

$$k=0.06 d^2/t \dots\dots\dots (4)$$

で求められる。(2)式より  $\log m_t$  と  $\log t$  との間に直線関係が成立し、直線の勾配は  $1/2$  に等しいことがうか

第3表 ポリセット-51 系コンパウンドの吸湿の拡散率および  $\beta$

| 充 填 剤<br>種 類             | 混合率<br>(%) | 厚さ<br>(mm) | 平衡吸湿率<br>$\gamma$ (%) | 平衡値の55%<br>に達する<br>までの時間<br>(h) | 拡 散 率<br>( $\text{cm}^2/\text{s} \times 10^9$ ) | 充填剤<br>の平衡<br>吸湿率<br>$\beta$ (%) |
|--------------------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| $\text{CaCO}_3\text{-C}$ | 0          | 1.78       | 1.08(=α)              | 56                              | 9.4                                             | —                                |
|                          | 5          | 1.96       | 1.00                  | 74                              | 8.7                                             | 0.05                             |
|                          | 10         | 2.10       | 0.96                  | 85                              | 8.7                                             | 0.15                             |
|                          | 30         | 1.95       | 0.82                  | 90                              | 7.1                                             | 0.28                             |
| $\text{CaCO}_3\text{-D}$ | 10         | 1.63       | 1.01                  | 65                              | 6.90                                            | 0.32                             |
|                          | 20         | 1.69       | 0.92                  | 70                              | 6.80                                            | 0.28                             |
|                          | 30         | 1.77       | 0.78                  | 74                              | 7.10                                            | 0.08                             |
|                          | 40         | 1.86       | 0.56                  | 84                              | 6.90                                            | 0.04                             |
|                          | 60         | 1.74       | 0.46                  | 96                              | 5.30                                            | 0.04                             |
| タルク                      | 5          | 2.07       | 1.03                  | 70                              | 9.4                                             | 0.08                             |
|                          | 15         | 1.94       | 0.94                  | 78                              | 8.1                                             | 0.15                             |
|                          | 25         | 1.88       | 0.84                  | 80                              | 7.4                                             | 0.12                             |
|                          | 30         | 1.79       | 0.79                  | 82                              | 6.5                                             | 0.113                            |

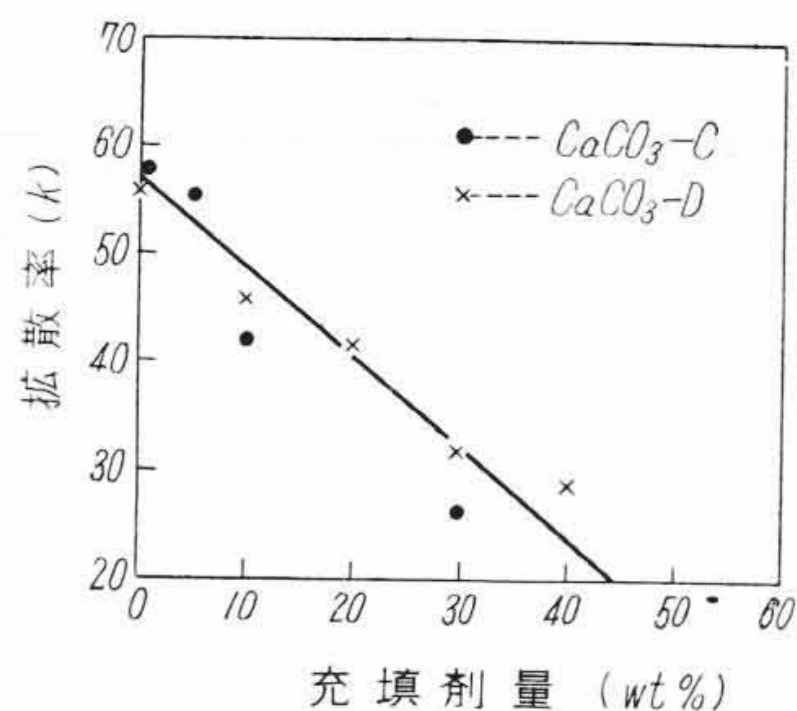
第4表 ポリセット-11 系コンパウンドの吸湿の拡散率および  $\beta$

| 充 填 剤<br>種 類             | 混合率<br>(%) | 厚さ<br>(mm) | 平衡吸湿率<br>$\gamma$ (%) | 平衡値の55%<br>に達する<br>までの時間<br>(h) | 拡 散 率<br>( $\text{cm}^2/\text{s} \times 10^9$ ) | 充填剤<br>の平衡<br>吸湿率<br>$\beta$ (%) |
|--------------------------|------------|------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|
| $\text{CaCO}_3\text{-C}$ | 0          | 2.00       | 2.45(=α)              | 12                              | 56                                              | —                                |
|                          | 5          | 2.07       | 2.30                  | 12.5                            | 56.5                                            | 4                                |
|                          | 10         | 1.87       | 2.15                  | 14                              | 42                                              | 1.7                              |
|                          | 30         | 1.86       | 2.10                  | 22.5                            | 26                                              | 1.5                              |
| $\text{CaCO}_3\text{-D}$ | 10         | 1.65       | 2.30                  | 12                              | 47                                              | 0.95                             |
|                          | 20         | 1.95       | 2.20                  | 15                              | 42                                              | 1.2                              |
|                          | 30         | 1.95       | 1.90                  | 19                              | 33                                              | 0.62                             |
|                          | 40         | 1.90       | 1.70                  | 21                              | 29                                              | 0.60                             |

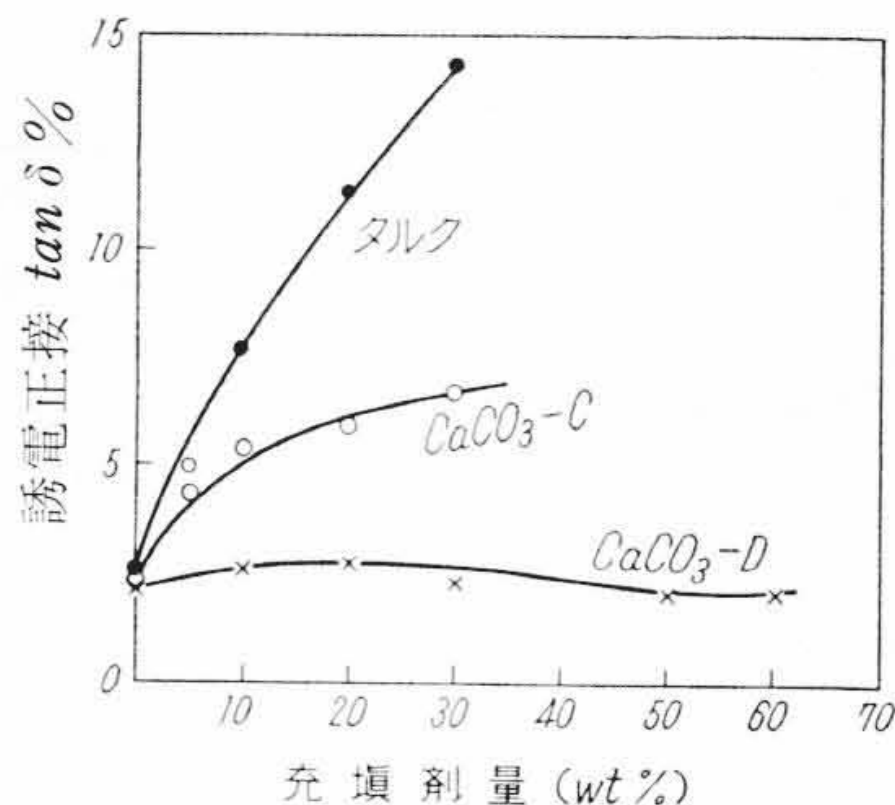
がえる。

上式より拡散率を求めた結果を、第3,4表に示す。拡散率は充填剤の増加とともに減少する。表中の拡散率と充填剤量の関係を第9,10図に示す。データーに少しのばらつきはあるが、これは樹脂板を作製するときにおけるばらつきと考えてよからう。図から明らかなように各充填剤とも湿気の拡散を阻害し、充填剤量に対し拡散率は直線的に降下している。一方充填剤間の差異はほとんどみられない。無機質充填剤が拡散率に及ぼす影響は現在学会でも定説はないが、武田氏<sup>(8)~(10)</sup>のゴムにタルクを充填した場合透湿係数は小さくなり、充填剤量の少ない(30%以下)部分では大体直線的に降下するという実験結果とよく一致している。

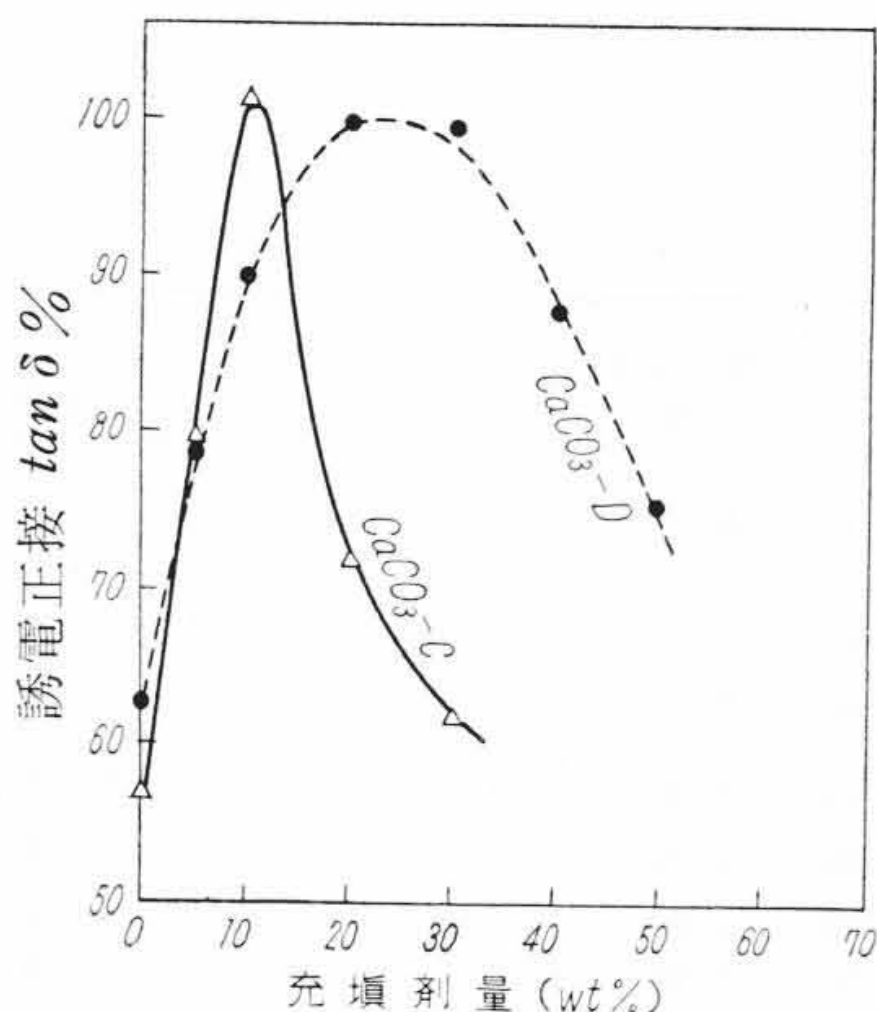
吸湿拡散率の小さいことは、吸湿速度が遅いということで、絶縁材料として望ましい性質であるが、飽和吸湿量の少ないことも当然望まれる性質である。しかし飽和吸湿量自体は試料の比重に左右される相対的な値で、その絶対量を示すものではない。充填剤を添加すれば、当然硬化樹脂の比重も異なってくる。このため、この間の関係も検討しておく必要がある。すなわち、平衡吸湿に



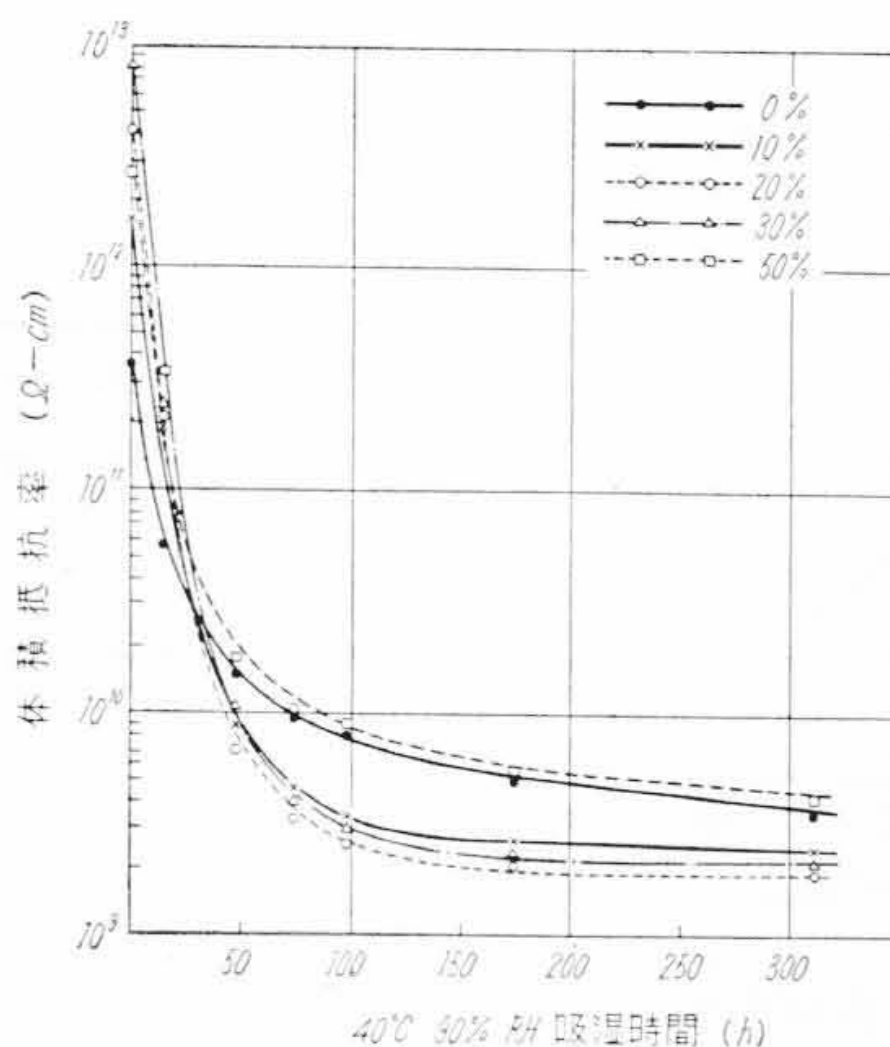
第10図 ポリセット-11系の充填剤量と拡散率の関係



第11図 ポリセット-51系の飽和吸湿時(40°C, 90% RH 580時間吸湿)における誘電正接と充填剤量の関係



第12図 ポリセット-11系の飽和吸湿時(40°C 90% RH, 300時間)における誘電正接と充填剤量の関係



第13図 ポリセット-11+CaCO<sub>3</sub>-D系の吸湿時間による抵抗変化(40°C, 90% R.H. 抵抗測定は40°C)

達した場合樹脂の平衡吸湿を一定と考え、充填剤がどれくらい吸湿しているかをしらべれば、比重の変化分による吸湿量の増減を理論的に割り出すことができる。

いま試料中の樹脂分を  $K$ 、試料の吸湿量(飽和)を  $\gamma$ 、充填剤の吸湿率(飽和)を  $\beta$ 、樹脂の吸湿率を  $\alpha$  とすれば

$$\beta = \frac{\gamma - K\alpha}{(1-K)} \dots\dots\dots (5)$$

となる<sup>(11)</sup>。 $\beta$ は樹脂分の吸湿率を一定と考えたときの充填剤の吸湿率である。もちろん充填剤の混合が不完全で充填剤表面が樹脂でおおわれていなければその表面に水分が吸着して見かけ上充填剤の吸湿率を増加させるはずである。第3～4表に  $\beta$  の計算結果を記しておいた。ポリセット-51+CaCO<sub>3</sub>-D系は充填剤量とともに  $\beta$  は低下しているが、ポリセット-51+CaCO<sub>3</sub>-C系は増加する傾向にある。これに比べ、ポリセット-51+タルク系は充填剤量の変化に対し、 $\beta$  の値はほとんど実験誤差の範囲内で一定である。 $\beta$  が充填剤量とともに変化することは不合理で、当然一定であるべきはずであるものが変化す

るのは、樹脂が充填剤を完全に包みきれず空げきを有しこの部分に水分の吸着があるため見かけ上  $\beta$  値が変化するものと考ええる。ただ CaCO<sub>3</sub>-C と CaCO<sub>3</sub>-D の場合にその関係が逆になる理由は不明である。表中  $\gamma$  と  $\beta$  を比較して、 $\beta$  値はかなり小さい。すなわち、充填剤の吸湿率はかなり小さいが、約10%から30%程度の吸湿率を有し体積比から考えれば、かなり大きい数字であるように考える。ポリセット-11系の場合はポリセット-51系の場合より  $\beta$  値はかなり大きい。

#### 4.6 吸湿時の電気特性

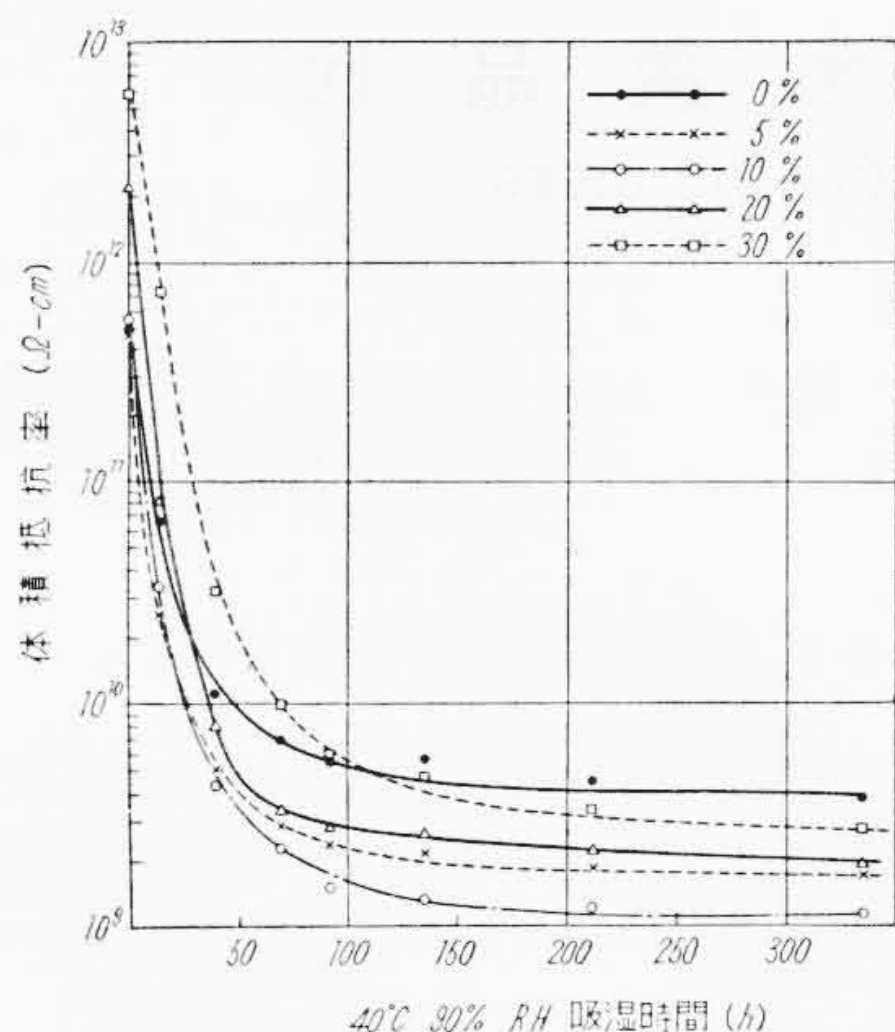
第10, 11図はそれぞれポリセット-51, ポリセット-11系の飽和吸湿時における充填剤量と誘電正接の関係を表わしたものである。ポリセット-51に CaCO<sub>3</sub>-C ならびにタルク

粉を混入した場合には、誘電正接は一方向的に悪化しているが、ポリセット-11およびポリセット-51に CaCO<sub>3</sub>-D を混じたものはある配合量のところに誘電正接の最大が存在する。

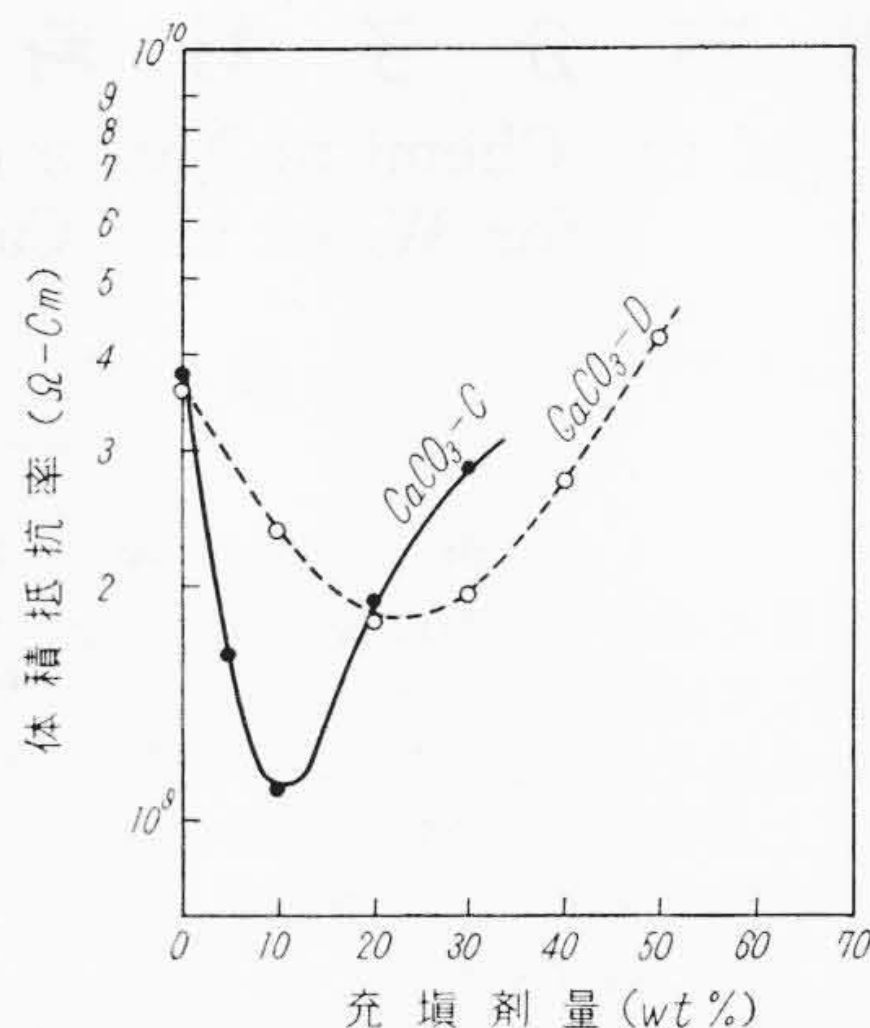
第13, 14図はそれぞれポリセット-11に CaCO<sub>3</sub>-D および CaCO<sub>3</sub>-C を加えたときの吸湿時間による体積抵抗率の変化を示したものである。抵抗の場合も誘電正接と同様に、やはりある配合量のところに抵抗の最小値を生じ、誘電正接が最大になる配合量とよく一致していることが第15図より明らかである。

第11図からわかるようにポリセット-51にタルク粉を混ぜた試料は吸湿時の誘電正接値が特に悪化している。この物理的理由は今のところ判然としないが、タルクと炭酸カルシウムとでは吸着された水の活性度が異なるためでないかと考えられる。

ポリセット-11に CaCO<sub>3</sub>-C および CaCO<sub>3</sub>-D を混入したコンパウンドの吸湿時の電気特性の変化を、ポリセット-51の場合と比較すると、ポリセット-11の場合は



第14図 ポリセット-11+CaCO<sub>3</sub>-C系の吸湿時間による抵抗変化 (40°C 90% R.H. 抵抗測定は 40°C)



第15図 ポリセット-11系の飽和吸湿時(40°C 90% R.H. 300時間)における抵抗と充填剤量の関係

誘電正接が非常に増加するにかかわらず、ポリセット-51はあまり変化しない。これはポリセット-51の拡散率がポリセット-11よりもかなり小さいことならびに飽和吸湿量の小さいことに起因するものと考えられる。なお、第11、12図を比較してCaCO<sub>3</sub>-Dの場合のほうがCaCO<sub>3</sub>-Cの場合よりも充填剤混合による特性の悪化度は少ない。

ポリセット-51にCaCO<sub>3</sub>-Dを混合したコンパウンド、ならびにポリセット-11系の吸湿時に誘電正接がある充填剤配合量のところに最大を生ずる理由は、たぶん樹脂と充填剤の界面に吸着された水分の分極作用あるいは伝導作用によるものと考えられ、理論的には複雑で解析は不能と考える。そこで、第3、4表の $\beta$ 値と本実験結果とを比較してみると、ポリセット-11+CaCO<sub>3</sub>-D系では $\beta$ が20%配合量のところで最大となっている。ポリセット-11+CaCO<sub>3</sub>-C系では5~10%の範囲内に、またポリセット-51+CaCO<sub>3</sub>-D系では10%くらいのところで $\beta$ が最大になっている。すなわち $\beta$ が大きいことは樹脂と充填剤の界面に吸着された水が多いということで、第11~15図の結果とよく一致していることは興味がある。ただ $\beta$ がこのように変化する理由は今のところ判然としない。今後さらに充填剤の混合方法、混合度などを基本的につかんで検討してみたい。

ポリセット-51の吸湿時抵抗は40°Cという測定温度では最後まで測定不能に近い高抵抗であったためデータは省略する。

## 5. 結 言

以上ポリエステル樹脂に二、三の充填剤を添加した場合の電気特性ならびに、吸湿特性について考察を加えた。今後さらに多くの充填剤についてこの種の検討を加える

ことは必要と考えるが、本実験結果から得た結果を総括すると次のとおりである。

(1) 無機質充填剤を加えると一般に誘電率は増加する。誘電正接は増加するものと、ほとんど変化しないものがある。CaCO<sub>3</sub>は比較的誘電特性の良好な樹脂に添加することはさけたほうがよい。

(2) 絶縁抵抗は無機質充填剤を入れると高くなる。

(3) 耐クア性は無

機質充填剤を入れると明らかに向上する。

(4) 充填剤を加えると吸湿の拡散率は一般に小さくなると同時に平衡吸湿率も低下する。平衡吸湿率の低下する理由は、比重の大きい充填剤を入れたためである。充填剤自身の吸湿量は小さい。

(5) 充填剤は吸湿時の電気特性を重視する場合には、十分吟味して使用する必要がある。

(6) 充填剤の見かけの吸湿量 $\beta$ と、吸湿時の電気特性の変化とはよく一致した傾向を示した。

以上は数少ない代表的な充填剤だけの検討結果であるが、このほか多くの充填剤がまだ十分な検討を加えることなく使用されているようにも考えられ、本報告が今後の研究の参考になれば幸いと思う。

終りに本研究に終始御指導を賜った日立製作所鶴田、古賀両博士、ならびに東北大学鳥山教授に深謝申しあげる。

## 参 考 文 献

- (1) 阿保：日立評論 37, 1673 (昭 30-12)
- (2) 阿保：日立評論 39, 13, 15 (昭 32-11)
- (3) K.W. Wagner：Arch. f. Elect. 2 (1914)
- (4) 沼倉：誘電体論 (オーム社) (昭 23)
- (5) 依田：電学誌 76 1043 (1956)
- (6) R. F. Sterling：A.I.E.E. Power App. & System 776 (1957)
- (7) 河合：日立評論中研創立記念論文集
- (8) 武田：高分子 3 (5月号) 42 (1954)
- (9) 武田：高分子 3 (6月号) 44 (1954)
- (10) 武田：高分子 3 (8月号) 54 (1954)
- (11) 小川、宮入：日立評論 39, 489 (1957)