

# 乾繭の帯電について

誌名	蠶絲研究
ISSN	00364495
著者名	村野, 圭市
発行元	農林省蠶絲試験場
巻/号	64号
掲載ページ	p. 66-98
発行年月	1967年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



蚕糸研究 第64号 正誤表

頁	行	誤	正
5	第3図(5月5日)	{2.9mm点 2.3mm点	{2.7mm点 2.2mm点
8	下から3行目	-170.2	+170.2
9	第9図	$y = 21.77x - 170.2$	$y = 21.77x + 170.2$
15	上から1行目	夏○	夏期
16	“ 5行目	前半の秋	前年の秋
18	下から2行目	除去も	除去を
20	本文上から1行目	の高さ6mの	6mの高さの
40	下から13行目	農学実験指導書 <sup>1)</sup>	農学実験指導書 <sup>2)</sup>
41	第2表	調査時間	調査時期
	“ へい死蚕歩合左から7番目	0	6
42	第3表項目	相湿度	相对湿度
	“ へい死蚕歩合左から4番目	42	40
51	上から12行目	それぞれ	それぞれ
52	下から4行目	マグネシウム	マグネシウム
53	上から3行目	りん酸カリ1g	りん酸2カリ1g
67	第1図	40PFの場合	40pFの場合
75	下から3行目	62%PH	62%RH
80	第11図図中	(6.12 7.88	(6.12 7.88
84	第15図	$mg \sin \theta$	$mg \sin \theta$
	下から4, 13, 18 (2カ所)行目	$mg$	$mg$
87	上から19行目および式	$v_s$	$v_i$
91	下から7行目	$y = \sqrt{\sin \theta} \cdot \cos \theta$	$y = \sqrt{\sin \theta} \cdot \cos \theta$
102	第3.1表よこ糸ねん方法	221×2	21×2
103	第2.2表たて糸織度、粒付	16.00 ヒラメトン15	60.00 ヒラメント15
103	第3.2表よこ糸ねん方法	2図参照	1図参照
104	第3.3表たて糸密度	60	65
	“ 上から1行目	12種類	2種類
105	第3.4表たて糸ねん方法	21×2 Z3990	21×2 Z2990
107	第3.6表たて糸ねん方法	絹紡140/ <sup>s</sup> S 21.0in/Z 23.2	絹紡140/ <sup>s</sup> S 21.0/Z 23.2
108	第3.8表たて糸密度	02	62
109	第2.10表たて糸織度	76.38拵 拵玉	76.38拵 101.00拵玉
	“ “ たて糸繭糸織度	4.6T 101.00株玉	4.67 5.00
110	第3.10表たて糸ねん方法	(5図参照)	(4図参照)
	“ “ よこ糸ねん方法	(6図参照)	(5図参照)
	“ “ たて糸ねん方法	S 16.5/in Z 19.0	S 16.5/ <sup>in</sup> /Z 19.0
	“ “ “	S 8.4/in Z 12.1	S 8.4/ <sup>in</sup> /Z 12.1
	“ “ よこ糸ねん方法	S 8.4/in Z 12.1	S 8.4/ <sup>in</sup> /Z 12.1

## 乾繭の帯電について

村野圭市

### 目次

まえがき

#### I 測定装置および測定方法

- 1 静電容量
- 2 時定数
- 3 ファラディケイジに乾繭を落下させた場合の帯電量
- 4 測定値の変動と再現性
- 5 1粒ずつ滑降させた場合と、集団で滑降させた場合の測定値の比較

#### II 測定と結果

- 1 乾繭と各種物質を摩擦させた場合の帯電量
- 2 繭層の含有水分率と帯電量
- 3 摩擦量と帯電量
- 4 摩擦速度と帯電量

#### III 摘要

文献

### まえがき

絹繊維は、わずかな摩擦によっても、摩擦される物質の種類と、温度・湿度などの環境条件によっては、著しい帯電性を現わすことは、セリプレーン板に生糸を巻く作業や織物製造工程などからよく知られている。

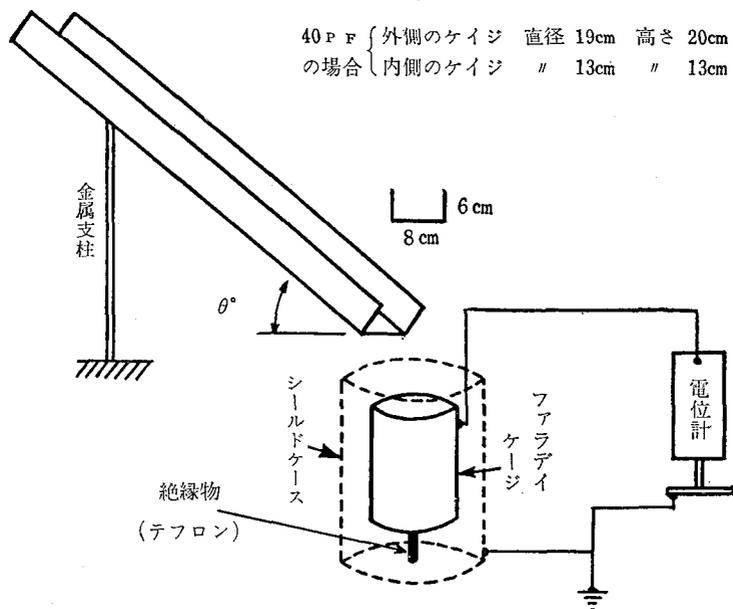
繭の帯電については、障害が現われても、それとわかることが少ないので、あまり関心もたれていなかった。しかし、製糸工程には、繭の乾燥・輸送・袋からの出し入れ・調整などの作業があり、繭どうしの摩擦や、いろいろの種類・形の物質と摩擦される機会が多く、糸屑やちり・ほこりが付着することなどから帯電現象が認められる。したがって、この間に相当量の摩擦による電荷が発生していることが容易に想像される。特に近時は、

新しい塗料や包装用品の開発につれて、吸湿量の少ない合成樹脂系の物質と摩擦される機会が非常に多くなっており、この場合、吸湿性のある一般の天然物質との摩擦時よりも、多量の電荷の発生があると考えなければならない<sup>7)</sup>。このためか、一部の製糸工場や繭検定所において、帯電現象が問題にされるようになった。

これらのことから、繭と他の物質とを摩擦させて、帯電現象を実験的に発現させ、発生する電気量を測定することを試みた。

繭の帯電は、繭どうしの摩擦による帯電、繭層内面と蛹との摩擦による帯電、繭粒と他の物質との接触・摩擦による帯電、に分けて考えられるが、本報告では、いくつかの測定条件を設定して、蛹を含んだ乾燥した繭粒と、いくつかの物質を摩擦させて、繭粒全体の帯電量を測定することにした。また測定装置、測定条件、および摩擦運動のいくつかの要素と帯電量の関係を検討するため、最近、繭の梱包に使用されているエンボス加工した、ポリスチレンペーパーを摩擦物に選び、乾繭と摩擦させて、乾繭の帯電量を測定した。これは今後の実験方法に資するとともに、乾繭の帯電障害を避ける手がかりをうることを目的としたものである。

本文に先だち、本稿をご校閲下さった細田一夫絹織維部長、ならびに終始ご指導いただいた八木岡邦雄絹糸物理研究室長・石川喜夫技官、および実験にご協力いただいた沖本治美技官の各位に厚くお礼申しあげる。



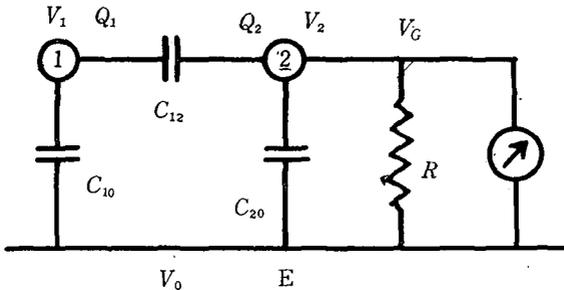
第1図 測定装置

I 測定装置および測定方法<sup>2,3)</sup>

測定方法は、繭と他の物質を摩擦させる手段として、物質をはりつけて傾斜させた樋の上部から、繭を滑降させて、ファラディケイジに落とし込み、ケイジが大地に対してもつ電位と、測定系全体がもつ大地との間の静電容量から、繭のもつ電気量を知る。したがって、繭と他の物質をこすり合わせる形の摩擦ではなく、傾斜した物質の上を、繭がころがり落ちるときの摩擦によって発生する電気量を測定することになる。

第1図に測定装置の概略を示す。繭が滑降するように傾斜させた木製の樋の内側には、摩擦させる物質をはりつけてあり、繭を樋の上部に、長径が水平になるようにおき、距離を定めて滑降させ、ファラディケイジに落とし込む。導体で作られているファラディケイジには、滑降中の摩擦で、繭が帯びた電荷による静電誘導によって、誘導電荷が現われる。この電荷による電位を繊維電位計で測定する。繊維電位計は、あらかじめ直流電源で目盛を校正した。点線でえがいた外側のケイジは、接地してあって、ファラディケイジと大地との間の静電容量を、一定にするシールドケースである。

次に、電気量の測定に必要な事項を検討する。



- 1 : 電荷  $Q_1$  をもつ帯電体
- 2 : 1 によって誘導された電荷  $Q_2$  をもつファラディケイジ
- $C_{10}$  : 帯電体と大地間の静電容量
- $C_{12}$  : 帯電体とファラディケイジ間の静電容量
- $C_{20}$  : 測定系全体と大地間の総合静電容量
- $V_G$  : 測定される電位
- $R$  : 測定系全体と大地間の漏洩抵抗
- E : 接地導体

第2図 測定系の電気回路

## 1 静電容量

第2図は、第1図の電気系の等価回路である。①、②の電位を  $V_1$ 、 $V_2$ 、接地導体Eの電位を  $V_0$  とすれば、①、②のもつ電気量  $Q_1$ 、 $Q_2$  は

$$Q_1 = C_{10} (V_1 - V_0) + C_{12} (V_1 - V_2)$$

$$Q_2 = C_{20} (V_2 - V_0) + C_{21} (V_2 - V_1)$$

ここで、 $C_{12} = C_{21}$ 、また大地の電位は、実際上零として取り扱うから、 $V_0 = 0$  とおけば

$$Q_1 = (C_{10} + C_{12}) V_1 - C_{12} V_2$$

$$Q_2 = (C_{20} + C_{12}) V_2 - C_{12} V_1$$

測定される電位  $V_G$  は  $V_2$  に等しいから

$$V_G = V_2 = \frac{C_{12} Q_1 + (C_{10} + C_{12}) Q_2}{C_{10} C_{20} + C_{10} C_{12} + C_{12} C_{20}}$$

となる。はじめに②の電荷をなくしておけば、上式は  $Q_2 = 0$  として

$$V_G = \frac{C_{12} Q_1}{C_{10} C_{20} + C_{10} C_{12} + C_{12} C_{20}}$$

さらに、ファラディケイジは、電荷をもった物体を包み込むものであるから、①よりEに入る電気力線は零に近いので、 $C_{10} \approx 0$  を入れると

$$V_G = \frac{Q_1}{C_{20}} \dots\dots\dots(1)$$

すなわち、 $C_{20}$  は繊維電位計を含む全測定系の総合静電容量で、これは測定器によって定まるから、(1)式は、 $Q_1 \propto V_G$  (ボルト) として、電気量そのものでなくても、相対的には帯電量を表わせるが、本報告では、あらかじめ静電容量  $C_{20}$  (ファラド) を実測しておき、電気量  $Q_1$  (クーロン) を算出して表示した。

しかし、一般に絶縁物上の電荷は、正負入りまじった無数の点電荷と考えられるから、帯電した点導体群 1, 2, …….,  $n$  からの電気力線は、すべてファラディケイジに入るものとすれば、 $V_G$  は

$$V_G = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{C_{20}}$$

で表わされ、 $Q_i$  の代数和になる。

## 2 時定数

本測定装置で繭に帯電した電気量を知るために、発生した電位を測定するとき、繭がファラディケイジに落下してから、測定するまでの時間が、零であれば都合がよいが、実際には、測定のための時間が必ず経過する。したがって、繊維電位計の入力抵抗を含めて、全測定系の漏洩抵抗を考え、測定電位  $V_G$  の時間的変化を検討しなければならない。

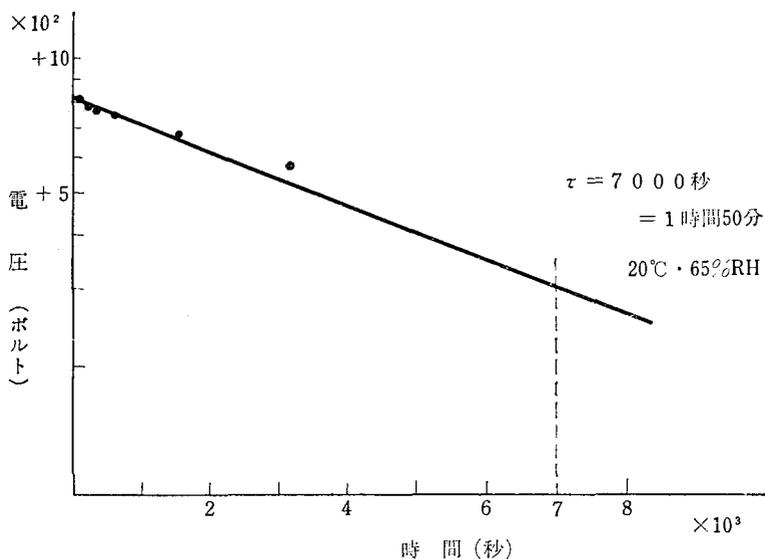
いま、帯電体①に電荷  $Q_1$  があると、 $t$  秒後の測定電位  $V_{G,t}$  は(1)式より

$$V_{G,t} = \frac{Q_1}{C_{20}} e^{-\frac{t}{RC_{20}}}$$

で与えられ、 $R \cdot C_{20}$  は時定数  $\tau$  である。測定に要する時間  $t$  が、 $\tau$  より非常に小さいとき、すなわち  $t \ll R \cdot C_{20}$  ならば、上式は

$$V_{G,t} = \frac{Q_1}{C_{20}} = V_G$$

となり、電荷の漏洩は無視できる。



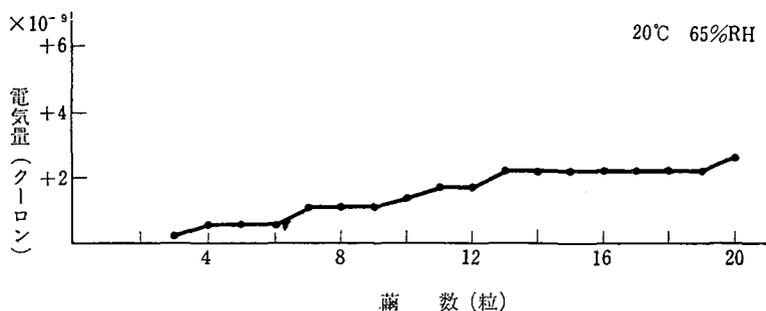
第3図 測定装置の電圧減衰曲線

第3図は、ファラディケージと大地との間に印加した電圧  $V$  (ボルト) が、時間  $t$  によって、減衰する状態を、 $20^\circ\text{C}$ 、 $65\% \text{RH}$  室内で実測したもので、 $\tau$  は約7000秒 (1時間50分) であった。また、 $V_G$  を測定するのに要する時間は、後述する藁の目的粒数までの帯電量を知る1回の測定について、滑降時間を含めて3分以内で十分であるから、測定にあたって、電荷の漏洩による測定電位の減衰は、無視してよい。

### 3 ファラディケージに乾藁を落下させた場合の帯電量

本測定装置で測定する電気量は、乾藁が傾斜樋を滑降するときに発生した電気量と、ファラディケージに乾藁が落下するときに行なわれるケージの内面と、乾藁との摩擦、および、乾藁どうしの摩擦によって発生した電気量の和である。したがって、滑降時に発生した電気量を知るためには、ファラディケージに落下したときに発生した電気量を知らなければならない。

第4図は、 $20^\circ\text{C}$ 、 $65\% \text{RH}$  室内で行なった実験の測定結果である。乾藁を1粒ずつ20粒まで落下させたとき、ファラディケージに発生した電気量の増加状況である。これによると電気量は、粒数に対してほぼ直線的に増加し、20粒のときの電気量は、約  $2 \times 10^{-9}$  (ク

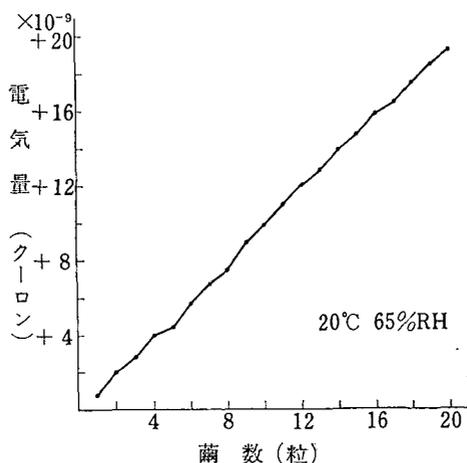


第4図 落下時の電気量の増加 (斜面を滑降させないで乾菌をファラディケージに直接落とす)

ーロン)である。したがって、滑降時に発生した電気量は、測定した電気量から、落下時に発生した電気量を差し引けば得られる。しかし、以下報告する実験において、落下時の電気量は、滑降時の電気量に比較して十分に少ないのと、粒数に比例すると認められるので、あえて両者を区別することはしないで、測定する電気量には、落下時に発生した電気量に加わっていることを、念頭におくだけにとどめて、測定を進めることにする。

#### 4 測定値の変動と再現性

この種の測定において、常に問題となるのは、測定値の変動と再現性である。



第5図 滑降菌数の増加と電気量の変化  
(傾斜角度45° 滑降距離1 m)  
乾菌-ポリスチレンペーパー

第5図は測定例で、滑降面：エンボスドポリスチレンペーパー、傾斜角：45°、滑降距離

: 1 m, として, 温度20°C, 湿度65% RH の室内に6日間以上放置して水分を調整した乾藪を, 同室内で20粒まで1粒ずつ滑降させて, ファラディケージに蓄積された電気量を測定したものである. この図から, 滑降を1粒ずつ重ねることにより, 電気量は粒数に比例して増加することがわかる. また, 測定値の変動を調査するため, 同じ操作を5回連続して行ない, 5粒, 10粒, 15粒, 20粒のときの5回の測定値から, 平均値, 変動の範囲, 標準偏差を求めてみると, 第1表のようである.

第1表 連続くり返し測定の測定値の変動

	平均値 ( $\times 10^{-9}$ )	変動の範囲 ( $\times 10^{-9}$ )	標準偏差 ( $\times 10^{-9}$ )
5 粒	+ 4.38 クーロン	1.20 クーロン	0.43 クーロン
10	+ 9.44	1.64	0.68
15	+14.18	2.36	0.85
20	+18.51	2.17	0.88

注) 極性符号は乾藪のもつ電荷のもの

次は, 第1表の測定と同じ乾藪を使用して, 5回のくり返し測定の間, 1回目——2回目: 30分, 2回目——3回目: 24時間, 3回目——4回目: 24時間, 4回目——5回目: 6日間, の時間をおいたもので, 第1表と同様に求めたのが第2表である.

第2表 不連続くり返し測定の測定値の変動

	平均値 ( $\times 10^{-9}$ )	変動の範囲 ( $\times 10^{-9}$ )	標準偏差 ( $\times 10^{-9}$ )
5 粒	+ 4.24 クーロン	1.60 クーロン	0.60 クーロン
10	+ 8.64	2.20	0.76
15	+13.05	3.00	1.05
20	+17.82	3.60	1.26

注) 極性符号は乾藪のもつ電荷のもの

これをみると, 第2表は, 第1表より測定値の変動がやや大きくなっている.

二物体の摩擦による電荷の発生は, 摩擦そのものが, それぞれの物体がもつ表面の粗密や, 水分の吸着, さらにそれらの物体間に介在するごみやほこりなどの異物によって, 大きく性質が変わるうえに, 発生した電気量も, 測定時の温度, 湿度, 空気流などに影響される. 測定値に影響するこれらの複雑な要因を, 完全に取りのぞいてゆくことは困難である. このことと, 本報の目的を考えあわせるとき, 本測定法で得られる測定値の変動や再現性は, 比較的良好で満足できる. しかし以下行なう実験において, 測定をくり返す場合, 前回の測定で発生した電荷が, 傾斜した摩擦物の上に残留しないようにして, なるべく短時間に行なうことが, 結果の信頼性を高めることはもちろんである.

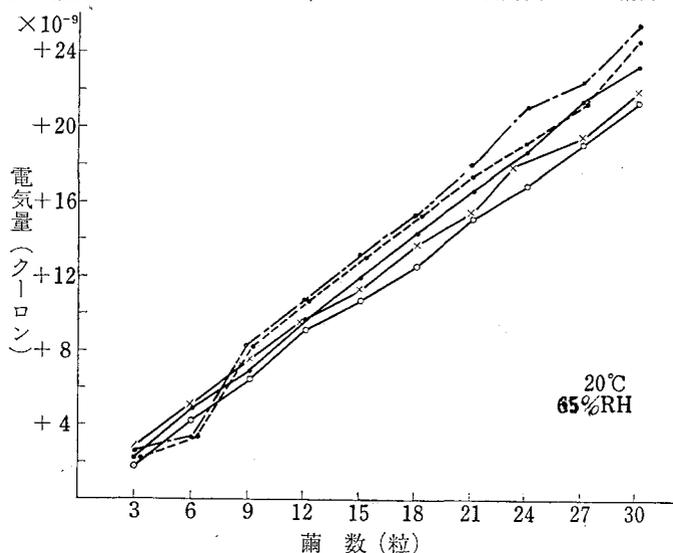
5 1粒ずつ滑降させた場合と, 集団で滑降させた場合の測定値の比較

藁の帯電量測定にあたって、斜面を滑降した藁をファラディケージに落とし込む場合、二つの方法がある。すなわち、測定しようとする粒数まで1粒ずつ藁を順次滑降させ、そのたびごとに変化する電気量を測定してゆく方法と、最初から、測定しようとする粒数を斜面の上部に集めておき、一度に滑降させて、発生した電気量を測定する方法である。

定めた粒数の藁の帯電量を測定するとき、どちらかに統一しておかなければならないので、次の実験を行なって比較検討した。

試料 日124号×支124号 40年晩秋 茨城・20°C、65% RH 室内に10日間以上放置して水分を調整した乾藁。同室内で測定。

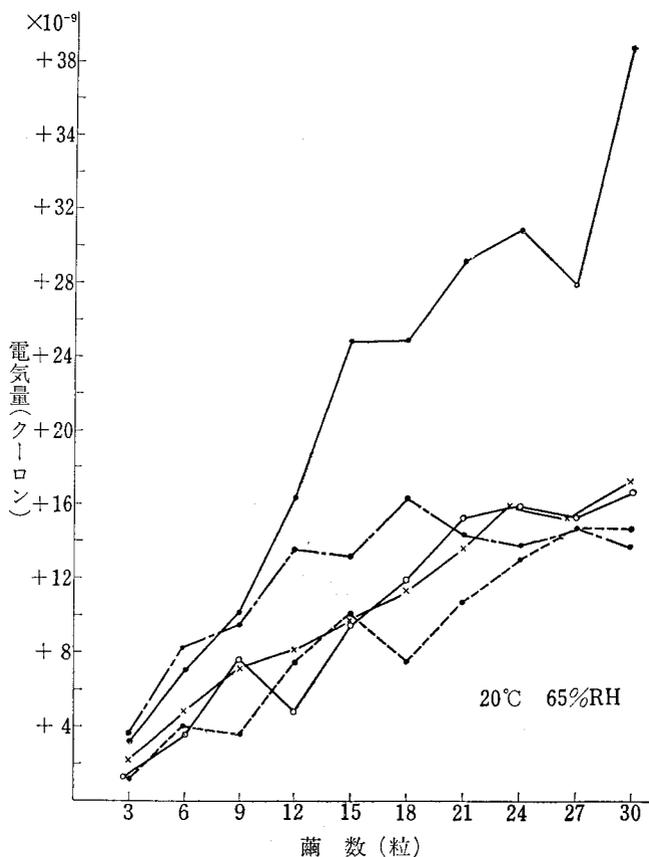
測定方法 滑降面：エンボストポリスチレンペーパー。傾斜角度：45°。滑降距離1 m。



第6図 1粒ずつ滑降させた場合の電気量の変化  
(傾斜角度45° 滑降距離1 m)  
乾藁—ポリスチレンペーパー

第6図は、1粒ずつ順次滑降させて、そのたびごとに、ファラディケージに30粒が蓄積されるまで、電気量の測定を行ない、これを5回くり返した測定結果である。第7図は、3粒同時に滑降させて電気量を測定し、ただちに3粒全部をファラディケージから取り出し、ケージの電位を零にしてから、次に6粒を同時に滑降させて電気量を測定し、またすぐに6粒全部をファラディケージから取り出し、ケージの電位を零にしてから、さらに9粒を同時に……というように、30粒同時に滑降させるまで測定をつづけ、これを5回くり返した測定結果である。

第6図については、5回の粒数と電気量の関係は、それぞれ粒数に比例して電気量が増



第7図 多粒同時に滑降させた場合の電氣量の変化  
(傾斜角度45° 滑降距離1 m)  
乾藪—ポリスチレンペーパー

加している。また、それぞれの粒数のときの発生電氣量に大きな変動もなく、電氣量の絶対値も信頼できる。

これに対して、第7図では、粒数に対する電氣量の変化は、全体を概観すれば、第6図と同じく粒数の増加にしたがって、電氣量も多くなることは明らかであるが、その過程は非常に曲折が多い。さらに、それぞれの粒数のときの発生電氣量の変動が大きく、したがって、測定値の信頼性も低く、再現性も危ぶまれる。

この二つの方法を比較すると、次のことが考えられる。

(1) 1粒ずつ滑降させる場合は、藪と斜面との摩擦が各個均一に行なわれる。多粒を同時

に滑降させると、斜面に接触する藪としない藪があり、接触しても滑降途中で、接触むらができる。(2)1粒ずつの場合は、藪どうしの接触は、ファラディケージに落下したときだけであるのに、多粒を同時に滑降させると、滑降の最初から、藪どうしの接触や摩擦が行なわれる。(3)1粒ずつの場合は、測定に要する時間が多粒を同時に滑降させる場合よりながくなるので、電荷の漏洩がある。

(1)(2)から、多粒を同時に滑降させる場合は、1粒ずつ滑降させる場合に比較して、電荷の発生する要因が複雑になり、(3)については、測定に要する時間が3分以内で、I—2で述べたように、時定数に比較して十分みじかいので、あまり考慮しなくてもよい。

結果からみれば、1粒ずつ滑降させるほうが、実験として、摩擦によって発生する藪の電気量を測定するとき、得られる測定値のバラツキは小さく、粒数の増加に対する電気量の変化状態の直線性もよくなり、再現性も高くなる。このことから、本報で以下行なう藪の摩擦帯電量の測定については、1粒ずつ滑降させる方法を採用することにした。

しかし、観点をかえると、実際上の藪の帯電現象は、多粒を同時に滑降させる場合に近い摩擦状態でおこることが多く、また、測定値がバラツクなどの問題は、実験技術上測定回数を増大する、などの方法で解決できるとも考えられるので、別の機会に検討してみたい。

## II 測定と結果

### 1 乾藪と各種物質を摩擦させた場合の帯電量

異種の二物体、または同種でも物理的条件、たとえば温度が異なった二物体が、摩擦運動をすることによって、両物体の間に電荷の移動がおこり、一方が正ならば、他方が負の絶対値の等しい電荷をもつようになる。この電荷の極性や量は、物理的条件、環境条件、摩擦条件などを同じにしても、物質の種類組み合わせによって変わる。このことは従来からよく知られている摩擦帯電列<sup>3,6)</sup>をみても明らかである。

したがって、乾藪と他の物体を摩擦させた場合も、その物体の形状や種類によって、乾藪の帯電量や電荷の極性が異なり、ひいては帯電障害の現われ方が、左右されることになる。本報では、測定装置や、乾藪の帯電に影響する環境条件、摩擦条件などを検討するために、藪の梱包に使用するエンボス加工したポリスチレンペーパーを摩擦物に選んだ。これと摩擦して発生した乾藪の帯電量が、これ以外の物質と摩擦したときの帯電量と比較して、どのくらいの位置にあるかを調べるため、手近にあるいくつかの種類、形状の違う物体と乾藪を摩擦させて帯電量を測定した。

試料 日124号×支124号 40年晩秋、茨城。シリカゲルデシケータ中に20日間以上保存した乾藪を、20°C、62% PH室内に放置して、水分を調整した後、同室内で測定した。

測定方法 傾斜角度：45°。滑降距離：1 m。

第3表 各種物体と乾繭の摩擦帯電量

順位	物 体 名	電 気 量 (×	電 気 量 (×	電 気 量 (×
		$10^{-9}$ クーロン) 15 粒	$10^{-9}$ クーロン) 30 粒	$10^{-9}$ クーロン) 45 粒
1	ポリ塩化ビニルシート	+12.40	+24.00	+33.68
2	ワッディングペーパー (25ply)	+10.52	+20.40	+29.48
3	木綿キャリコ (未晒)	+ 8.60	+16.40	+23.40
4	エンボスドポリスチレンペーパー	+ 8.55	+15.75	+22.95
5	10匁付羽二重 (未精練)	+ 6.20	+12.00	+17.40
6	ベ ニ ヤ 板	+ 4.80	+ 8.80	+12.40
7	10匁付羽二重 (精練)	+ 4.40	+ 8.40	+12.00
8	繭袋用和紙	+ 3.60	+ 6.80	+ 9.60
9	ポリエチレンシート	+ 3.00	+ 5.40	+ 7.60
10	直 接 落 下	+ 0.48	+ 0.80	+ 0.96

注) 極性符号は乾繭のもつ電荷のもの

測定結果は第3表に示す。帯電量の大きい物体から順次ならべたもので、帯電量は15粒、30粒、45粒を滑降させたときの電気量で示した。なお、電気量の大きさによって、測定装置の静電容量  $C_2$  に、 $40 \times 10^{-12}$  ファラド、および  $90 \times 10^{-12}$  ファラドを用いた。

ここで供試した乾繭は、よごれ、夾雑物、大きい毛羽などを取りのぞき、摩擦物に使用した物体も、よごれを取りのぞいた。一般に物質に付着しているごみ、ほこりや油、その他のよごれは、帯電量に当然影響するが、およその順位は、この種の普通のよごれがあっても、この実験では十分再現性のあるものである。10番目のファラディケージに直接乾繭を落とし込んだ場合でも、比較的少ないが帯電することを示している。

これで見ると、乾繭をビニルシートや、木綿キャリコに包装したりすれば、相当量の電荷が発生していることになる。いま、空気中の1cm離れた二点に  $10 \times 10^{-9}$  クーロンの電荷があったとすれば、この間に働くクーロン力は、 $9 \times 10^{-3}$  (ニュートン) の反発力、または吸引力と計算され空気中に浮遊しているごみやほこりは、当然吸引されるので、乾繭と摩擦される機会のある物質は、十分吟味すべきである。

## 2 繭屑の含有水分率と帯電量

物質の摩擦帯電現象は、一般的に、温度、湿度などの環境条件に大きく支配されることは、経験からも明らかである。帯電体から電荷が漏洩するときの経路は、帯電体自体か、周囲の空間であるから、これらの導電度を高くすれば、物質上の電荷の漏洩もはよくなって、見掛けの帯電量は減少する。一般に絹は、大気中の水分が増加することによって、質量比抵抗 (体積比抵抗×比重,  $\Omega/\text{cm}^2$ ) は、 $10^{14}$  から  $10^6$  ぐらいの範囲で減少するものである<sup>10)</sup>。これは大気中の水分と、これにしたがう絹の含有水分量が増加して、導電度が高くなることを意味する。乾燥した繭を一定の環境条件の室内に放置すれば、放置時間の

経過とともに、大気中の水分を吸収して、含有水分量は増加する。これにともない、摩擦帯電現象で発生する電荷の量も、変化することは十分にありうる。また、空気中の水分の吸収は、繭層でははやく、蛹体ではおそい。さらに、摩擦帯電は表面現象であるので、繭層の含有水分率（以下繭層水分率という）が大きく帯電量に影響することも十分に考えられる。

したがってここでは、繭層水分率と、帯電量の関係を調べるため、シリカゲルデシケータ中で長時間乾燥した乾繭について、一定環境条件の中で、放置時間の経過とともに変化する摩擦帯電量を測定した。一方、同じ環境に同種の乾繭を放置し、時間の経過とともに増加する重量を測定して、繭層水分率の変化状況を調べた。この二つの測定から得た、放置時間と帯電量、放置時間と繭層水分率の関係から、繭層水分率と帯電量の関係を明らかにしようとした。このことは、乾繭の帯電障害の除去に役だつばかりでなく、乾繭を一定環境条件の中で水分調整する場合、摩擦帯電量の測定に関して、どのくらいの時間で測定値が安定するかということでもあり、今後の実験で信頼できる測定値をうるために、確認しておく必要がある。

#### (1) 時間の経過と帯電量の変化

試料 日124号×支124号 40年晩秋 茨城。シリカゲルデシケータ中に20日間以上保存した乾繭。

測定方法 滑降面：エンボスドポリスチレンペーパー。傾斜角度：45°。滑降距離：1 m。

i 試料を20°C、60% RH の室内に取り出し、この直後より、次の時間が経過したときに測定した。

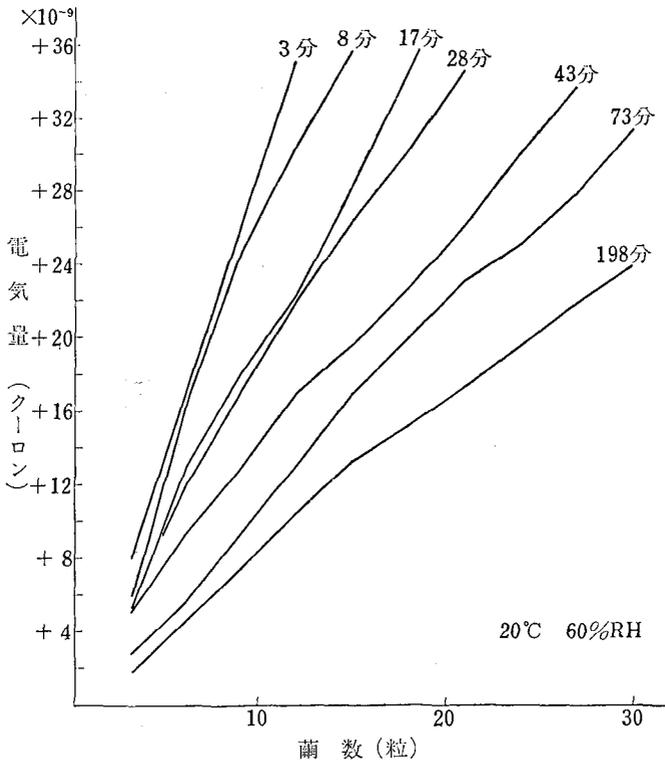
180秒(3分)、480秒(8分)、1020秒(17分)、1680秒(28分)、2580秒(43分)、4380秒(73分)、11880秒(198分)。

ii 試料を20°C、79% RH の室内に取り出し、この直後より、次の時間が経過したときに測定した。

180秒(3分)、480秒(8分)、780秒(13分)、1080秒(18分)、1680秒(28分)、2280秒(38分)、3180秒(53分)、4080秒(68分)、5280秒(88分)、6480秒(108分)。

第8図、第9図は、i、iiについて、繭の粒数と電気量を対応させて、各放置時間ごとに表わしたものである。これによると、いずれの放置時間においても、粒数の増加にしたがって、帯電量は直線的に増加してゆき、その増加割合は、放置時間が延長されるにしたがって小さくなる。第10図、第11図は、第8図、第9図における10粒と20粒のときの放置時間と電気量の関係で、放置時間の延長にともない、電気量の発生が少なくなる状態を表わす。放置時間 $T$ (秒)と、これに対する電気量 $Q_T$ (クーロン)を対数にとれば、ほぼ直線になり、図の実験値より、次の関係が認められる。

$$Q_T = k_1 \cdot T^{-k} \dots\dots\dots (2)$$



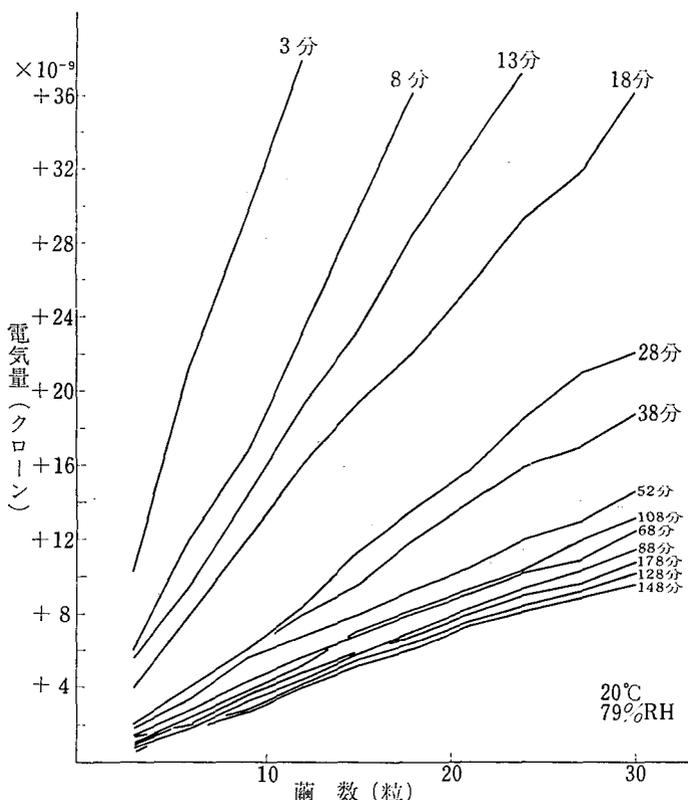
第8図 各放置時間における菌数と電気量 (傾斜角度45° 滑降距離1m) 20°C, 60% RH 室内で測定 乾菌—ポリスチレンペーパー

ただし、 $k_1 > 0$ ,  $T > 0$ ,  $\kappa \geq 0$  とする。

試みに、i の10粒と20粒の帯電量、 $iQ_{T-10}$  (クーロン),  $iQ_{T-20}$  (クーロン) の放置時間  $T$  (秒) に対する減少状態を、測定値より求めてみると、次のような関係になる。

$$\left. \begin{aligned}
 iQ_{T-10} &= 1.72 \times 10^{-7} \times T^{-0.32} \text{ (クーロン)} \\
 iQ_{T-20} &= 3.66 \times 10^{-7} \times T^{-0.33} \text{ (クーロン)} \\
 \text{同じように、ii の場合は次のようである。} \\
 iiQ_{T-10} &= 7.62 \times 10^{-7} \times T^{-0.60} \text{ (クーロン)} \\
 iiQ_{T-20} &= 1.32 \times 10^{-6} \times T^{-0.59} \text{ (クーロン)}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

第10図、第11図から i と ii を比較すると、勾配は、ii が大きくなっている。これは関係湿度の高いほうが、大気中に電荷が漏洩しやすくなることと、菌層にはやく水分が吸着して導電度を高くするために、これからする電荷の漏洩もはやくなって、測定電気量が少な



第9図 各放置時間における菌数と電気（傾斜角度45° 滑降距離1 m）  
20°C, 79% RH 室内で測定 乾菌—ポリスチレンペーパー

くなることを表わしている。

このことから、大気中に取り出した絶乾状態の単位粒数（量）の乾菌を、一定傾斜面で一定距離を滑降させたときに発生した電気量を  $q_{l.0}$  とし、滑降させた乾菌粒数（量）を  $Nc$  とすれば、(2)式の定数  $k_1$  は次のようになる。

$$k_1 = Nc \cdot q_{l.0}$$

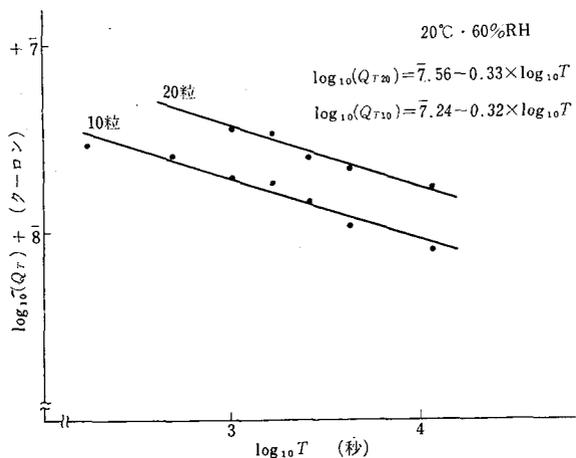
また、 $\kappa$  は大気中の水分によって影響される大気および乾菌の、導電度、静電容量などから主に決定される定数と考えられる。

そこで、次の測定を行なった。

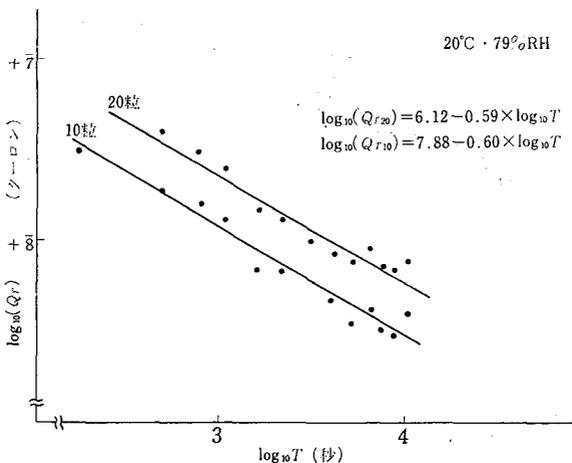
(2) 時間の経過と菌層水分率の変化

試料 (1)と同じ

測定方法 試料の乾菌5粒を、細い糸で数珠状に連ねてトーションバランスにかけ、大



第10図 放置時間と電気量 (傾斜角度45° 滑降距離 1 m)  
20°C · 60% RH 室内で測定  
乾藓—ポリスチレンペーパー



第11図 放置時間と電気量 (傾斜角度45° 滑降距離 1 m)  
20°C · 79% RH 室内で測定  
乾藓—ポリスチレンペーパー

気から水分を吸収するにしたがって増加する重量を、シリカゲルデシケータから取り出した2分後より、放置時間を定めて測定し、あとで蛹体重量も測定して、次式で藓層水分率を算出した。

$$\text{繭層水分率} = \frac{\text{各放置時間経過後の乾繭重量} - 120\text{秒経過後の乾繭重量}}{120\text{秒経過後の乾繭重量} - \text{測定終了後の蛹体重量}} \times 100(\%) \cdots (4)$$

iii 試料を $20^{\circ}\text{C}$ 、 $60\% \text{RH}$ の室内に取り出し、主として測定上の都合から、120秒後を基点として、次の時間が経過したときに測定した。

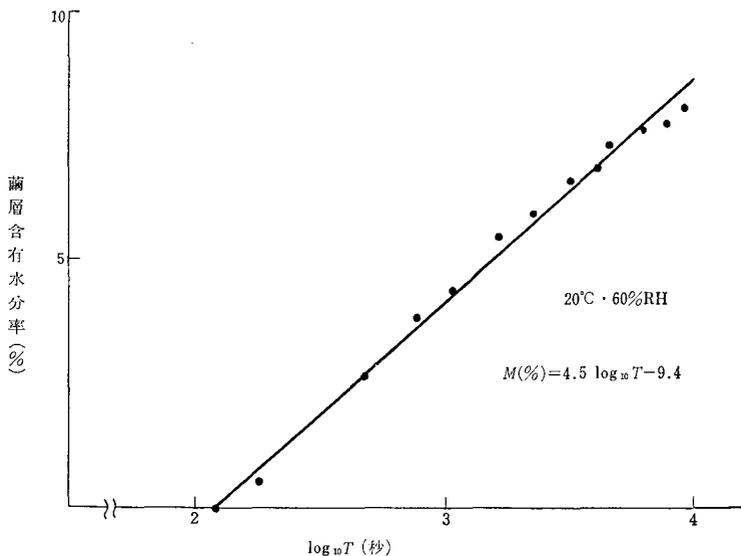
0秒(取り出してから120秒後)、

60秒(1分)、360秒(6分)、660秒(11分)、960秒(16分)、1560秒(26分)、

1800秒(30分)、2160秒(36分)、3060秒(51分)、3960秒(66分)、5160秒(86分)、

6360秒(106分)、7560秒(126分)、9360秒(156分)、

iv 試料を $20^{\circ}\text{C}$ 、 $79\% \text{RH}$ の室内に取り出し、iiiと同じ時間が経過した時に測定した。



第12図 放置時間と繭層の含有水分率  $20^{\circ}\text{C} \cdot 60\% \text{RH}$ 室内で測定

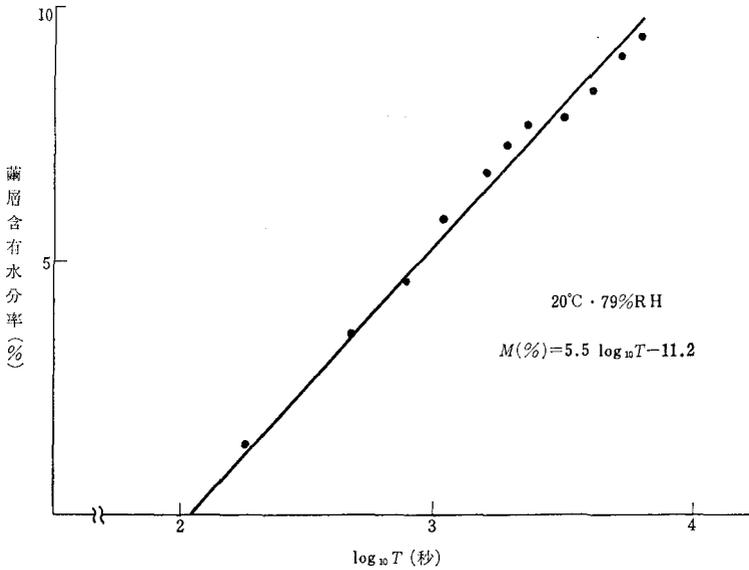
第12図、第13図は、iii、ivについて、放置時間の対数を取り、これに対する繭層の水分率の変化を表わしたもので、ほぼ直線関係になる。図の測定値より得た放置時間 $T$ (秒)と繭層水分率 $M$ (%)の関係は、次のように認められる。

$$M = \beta \cdot \log T - P \cdots \cdots (5)$$

ただし、 $10000 > T > 120$ 、 $\beta \geq 0$ 、 $P > 0$ 、とする。

試みに、 $20^{\circ}\text{C}$ 、 $60\% \text{RH}$ と $20^{\circ}\text{C}$ 、 $79\% \text{RH}$ の繭層水分率をそれぞれ $M_{60}(\%)$ 、 $M_{79}(\%)$ として、第12図、第13図の測定値からこの関係を求めてみると、次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} M_{60} &= 4.5 \log_{10} T - 9.4 \\ M_{79} &= 5.5 \log_{10} T - 11.2 \end{aligned} \right\} \cdots \cdots (6)$$



第13図 放置時間と菌層の含有水分率  
20°C · 79%RH室内で測定

ここで、 $\beta$ は環境条件によって変化する菌層の吸湿速度に関する定数であり、また  $P$  は、菌層水分率を算出するとき、試料をシリカゲルデシータから取り出して、120秒経過後を基点としたことと、基点以前の吸湿状態から図に表われた定数である。

次に、電気量と菌層水分率の関係を求めるため、(5)式より  $T$  を求め、(2)式に代入すると

$$Q_T = k_1 \cdot \left( e^{\frac{M+P}{\beta}} \right)^{-\kappa} = k_1 \cdot e^{-\frac{\kappa P}{\beta}} \cdot e^{-\frac{\kappa M}{\beta}}$$

ここで、 $k_1 \cdot e^{-\frac{\kappa P}{\beta}} = K_1$ 、 $\frac{\kappa}{\beta} = \gamma$  とおき、(2)式で時間  $T$  の関数  $Q_T$  は、菌層水分率  $M$  の関数  $Q_M$  におき代わるから

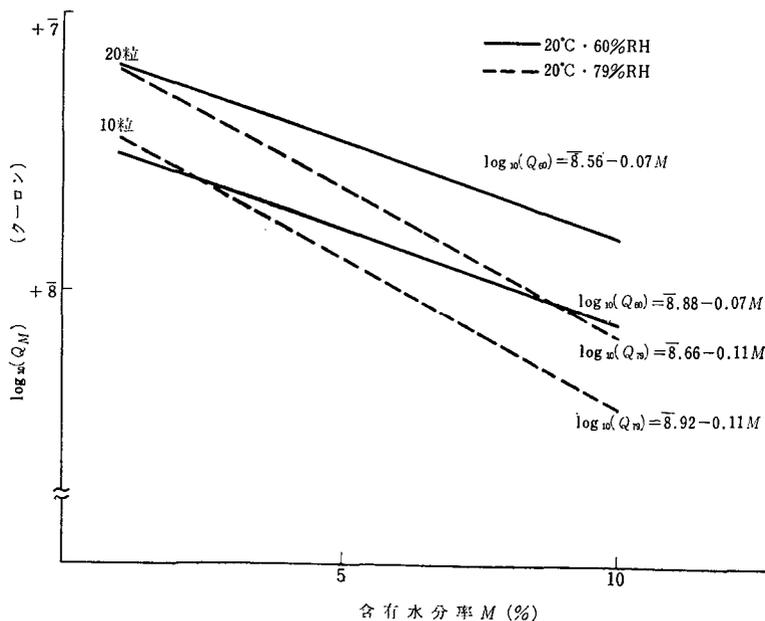
$$Q_M = K_1 \cdot e^{-\gamma M} \dots\dots\dots(7)$$

が得られ、電気量  $Q_M$  は、菌層水分率  $M$  を変数とする指数関数で表わせる。

実験値より得た(3)式と(6)式から、(7)式のように、菌層水分率と電気量の関係を求めてみると、第14図のようになる。これらでみると、関係湿度の高い環境中のほうが、関係湿度の低い環境中よりも、同じ放置時間であっても、滑降によって帯電する電気量は、少なくなる傾向が強くなり、また菌層水分率が同じであっても、60%RHより79%RHの環境中のほ

うが電気量が少ないことを表わしている。このことは、摩擦によって帯電する電気量は、帯電体自体の含有水分量によって影響されることはもちろんであるが、さらに帯電体を包む大気の水分量にも大きく影響されることを示している。またこれは、主として水分によって、帯電体と周囲の電気抵抗が小さくなり、電荷の漏洩がはやいので、見掛けの帯電量が少なくなることを意味する。

(7)式でわかるように、黴菌水分率は、指数で帯電量に影響している。このことから、乾黴菌の帯電量を減少させるためには、黴菌の乾燥目的を考慮したうえで、黴菌水分率をできるだけ高めることがよい。

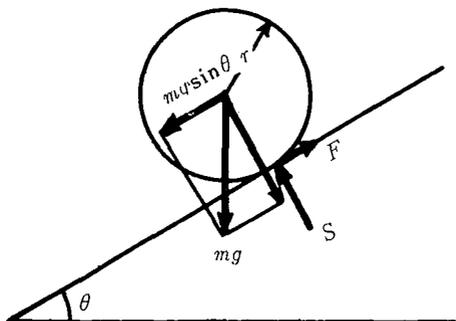


第14図 黴菌の含有水分率と電気量

### 3 摩擦量と帯電量

乾黴菌と他の物質とを摩擦させれば電荷が発生し、その量的変化は、帯電体ならびに帯電体周囲の空間の電気抵抗などのほか、摩擦量によっても決定されることは、第5図、第6図で、帯電量が黴菌の粒数に比例して増加することから推察できる。また、合成繊維どうし、あるいは合成繊維と金属との摩擦では、摩擦長さにも比例して帯電量が増加することも実験されている<sup>3)</sup>。このことから、ここでは黴菌の物体としての摩擦帯電的特性や、滑降中回転する運動状態の特性が、摩擦量に対応する滑降距離の変化に対して現われる、帯電量の変

化におよぼす影響を調べようとした。



- $m$  : 繭の質量
- $g$  : 重力加速度
- $S$  : 繭と斜面との  
摩擦力
- $F$  : 斜面の垂直抗力

第15図 繭の滑降

本測定装置では、摩擦させる手段として、傾斜させた平面上に、繭を重力加速度にまかせて滑降させるのであるから、傾斜角度や、滑降距離の変化に応じて、当然滑降速度も変化してくる。第15図において、全質量が  $m$  で短径が  $r$  の繭を、長径が水平になるように、角度  $\theta$  の斜面を  $a$  なる加速度で滑降させると、斜面と繭との間には、摩擦力が働くためにころがり落ちる。このとき繭に働く力は、 $mg$ 、 $F$ 、 $S$  の三つで、 $mg$  を斜面の方向と、斜面に直角な方向に分けると、斜面に直角な分力は斜面から繭におよぼす垂直抗力  $S$  とつりあうから、この方向の運動はない。斜面に沿った方向の運動は次のようである。ただし、繭を均質な円柱（直径→繭の短径、長さ→繭の長径）と仮定する。また、回転摩擦係数は一般に小さいので無視する。

$$mg \sin \theta - F = ma \quad \dots\dots\dots (8)$$

繭の重心のまわりの慣性能率を  $I = mk_2^2$  とおけば、重心のまわりの力のモーメントは角加速度を  $\alpha$  として

$$Fr = I\alpha = mk_2^2 \alpha$$

角加速度  $\alpha$  と重心の加速度  $a$  の関係は

$$a = r\alpha$$

したがって

$$F = mk_2^2 \frac{a}{r}$$

(8)式に代入すると

$$mg \sin \theta - mk_2^2 \frac{a}{r} = ma$$

ここで、 $g$  は重力加速度で一定であり、 $k_2$  は回転半径で、 $r$  とともに 1 個の繭に関して、一定とおけるから

$$a = K_2 \sin \theta$$

ただし

$$K_2 = \frac{r^2}{r^2 + k_2^2} - g$$

また、距離  $l$  を滑降し終るときの、蕨の滑降速度  $v$  は次のようになる。

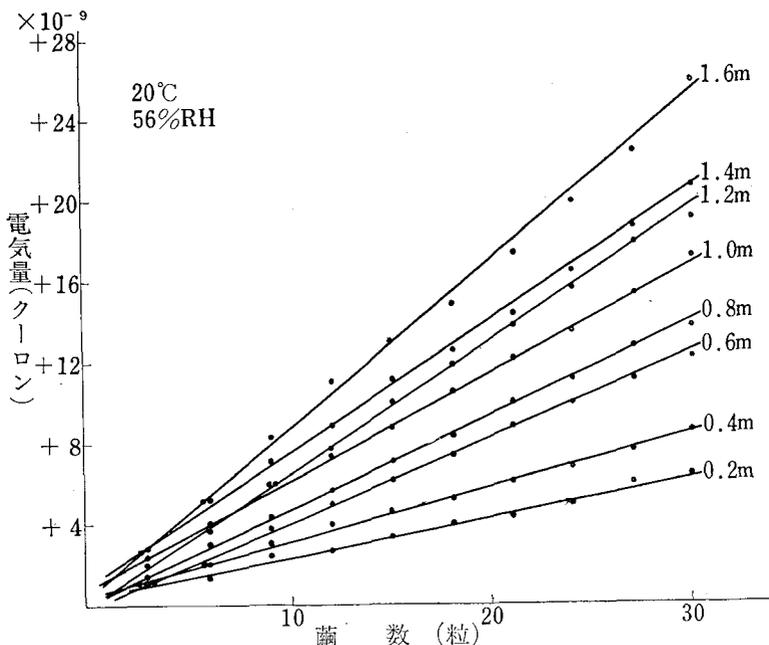
$$l = \frac{1}{2} a t^2$$

$$\therefore v = at = \sqrt{2 l K_2 \sin \theta} \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここで、 $\theta$  を一定とおけば、速度  $v_\theta$  は

$$v_\theta = A \sqrt{l} \quad \dots\dots\dots(10)$$

すなわち、本項の実験で行なったように、滑降距離を延長することは、厳密に言えば、摩擦量を増加させると同時に、滑降速度も、 $\sqrt{l}$  に比例して増大させる。したがって斜面上を滑降させることによって発生する蕨の電気量には、滑降速度の影響も加わっていると考えられる。本項の実験で行なった最長滑降距離 (1.6 m) を、蕨が通過し終わったときの滑降速度は、最短滑降距離 (0.2 m) のときのその約3倍である。



第16図 各滑降距離における蕨数と電気量 (傾斜角度30°)

乾蕨—ポリスチレンペーパー

しかし、ここで実験結果に影響するであろう滑降距離と、滑降速度の二つの要因を分離することは、次項の実験にゆずり、第5図、第6図から、帯電量は摩擦量に比例して変化することが、予想されるので、あえて分離することはせずに実験を進めた。

試料 日124号×支124号 40年晩秋 茨城. 20°C, 56%RH室内に放置して水分を調整した乾藓. 同室内で測定.

測定方法 滑降面: エンボストポリスチレンペーパー. 傾斜角度: 20°, 25°, ……., 65°.

滑降距離: 滑降面それぞれの傾斜角度について, 0.2m, 0.4m, ……., 1.6m.

第16図は傾斜角度30°の場合の、各滑降距離における滑降藓数の増加に対する帯電量の増加状況である。これは1例としてあげたが、50°以上をのぞいて、他のすべての傾斜角度の場合も同図と同様に、藓の粒数を増加すれば、直線的に帯電量は増加してゆく。これからみると、斜面上を滑降した藓は、それぞれほぼ等しい電荷を帯びて、ファラディケイジに落下することがわかる。

第17図(イ)～(ヌ)は、第16図のように、滑降面の傾斜角度20°～65°における藓粒数と帯電量の関係を、滑降距離0.2m～1.6mについてえがき、これより10粒と30粒の藓を滑降させたときの帯電量を、滑降距離に対して図示したものである。これで見ると、傾斜角度20°～40°までは、滑降距離を延長することによって、帯電量もほぼ直線的に増加している。さらに45°でも、この傾向は十分もち続けるが、直線性はやや失われてくる。これが50°以上になると直線性はもとより、滑降距離に比例して帯電量が増加する傾向すら失われてくる。これは、傾斜角度が40°より大きくなると、藓の滑降速度が大きくなり、さらに滑降面から藓におよぼす垂直抗力が小さくなるので、滑降中の藓は、滑降面に確実に接触しなくなるためである。このことは次の実験からも確認できる。

すなわち、摩擦子に滑降中ころがることのないベークライト製円板、摩擦物に10匁付羽二重(未精練)を使用して、乾藓と同じ測定方法で行なった実験結果は、すべての傾斜角度において、滑降距離に比例して帯電量も変化した。このことは、傾斜角度を大きくしても、摩擦子が摩擦面(滑降面)から離れないことに原因すると考えられる。

要するに、藓を傾斜面でころがり落とし、実験値として、信頼のできる量の電荷を帯びさせるには、傾斜面に藓を確実に接触させなければならず、このためには、滑降面の傾斜角度は45°以下にするがよい。また傾斜角度を45°以下にするかぎりは、滑降距離を延長することによって現われる。藓の滑降速度の増大が、帯電量におよぼす影響は、本項の実験から無視してよく、乾藓を摩擦子として、45°以下の傾斜角度で行なった実験の、滑降距離に対応する摩擦量の範囲では、摩擦量に比例して帯電量は変化する。

一般的に物体の個数(量) $N$ 、物体が滑降する一定傾斜面の長さ $l$ 、単位個数(単位量)の物体が単位長さを滑降して帯びる電気量を $q_0$ とすれば、帯電量 $Q_0$ は次のようになる。

$$Q_0 = N \cdot l \cdot q_0$$

ただし、さらに摩擦量を増大させるため、滑降距離を延長させれば、当然滑降速度もそ

れにしたがって大きくなったり、滑降時間の延長にもなる滑降中の電荷の漏洩や、帯電量が大きくなった場合、物質的性質や試料の形状、大きさによって規制される静電容量のために、電荷の飽和などの現象が現われて、滑降距離と帯電量の比例関係に、なんらかの影響をおよぼすことも十分考えられることである。

なお、第17図において、滑降距離を零にしても、帯電量は零に収束しない。これは第4図であげたように、繭をファラディケージに直接落下させただけでも発生する電荷があるため、同時にその量は、斜面を滑降させることで発生させた電荷の量に比較して、無視してもよいことも示している。

#### 4 摩擦速度と帯電量

繭の粒数ならびに滑降距離によって摩擦量が決定し、これが帯電量を決定する一つの要因であるとするれば、摩擦運動のいま一つの重要な要素である摩擦速度も、乾繭の帯電量を決定する要因であることは、合成繊維の実験などから、十分に考えられることである。前項の実験では、滑降距離を延長することにより、二次的に滑降速度も変わったはずであるが、これの影響を確認することはできなかった。ここでは滑降速度を制御する手段として試料を滑降させる斜面の傾斜角度をかえて、これに乾繭を滑降させることによって現われる電気量の変化を観測し、滑降面の傾斜角度と帯電量の関係を調べ、さらには、摩擦速度に対応する滑降速度と帯電量の関係を明らかにする手がかりを得ようとした。

繭が傾斜角度  $\theta^\circ$  の斜面上の距離  $l$  を滑降し終るときの速度  $v$  は、(9)式によるが、本項の実験で行なうように、滑降距離  $l$  を一定とすれば、 $v_e$  は次のようになる。

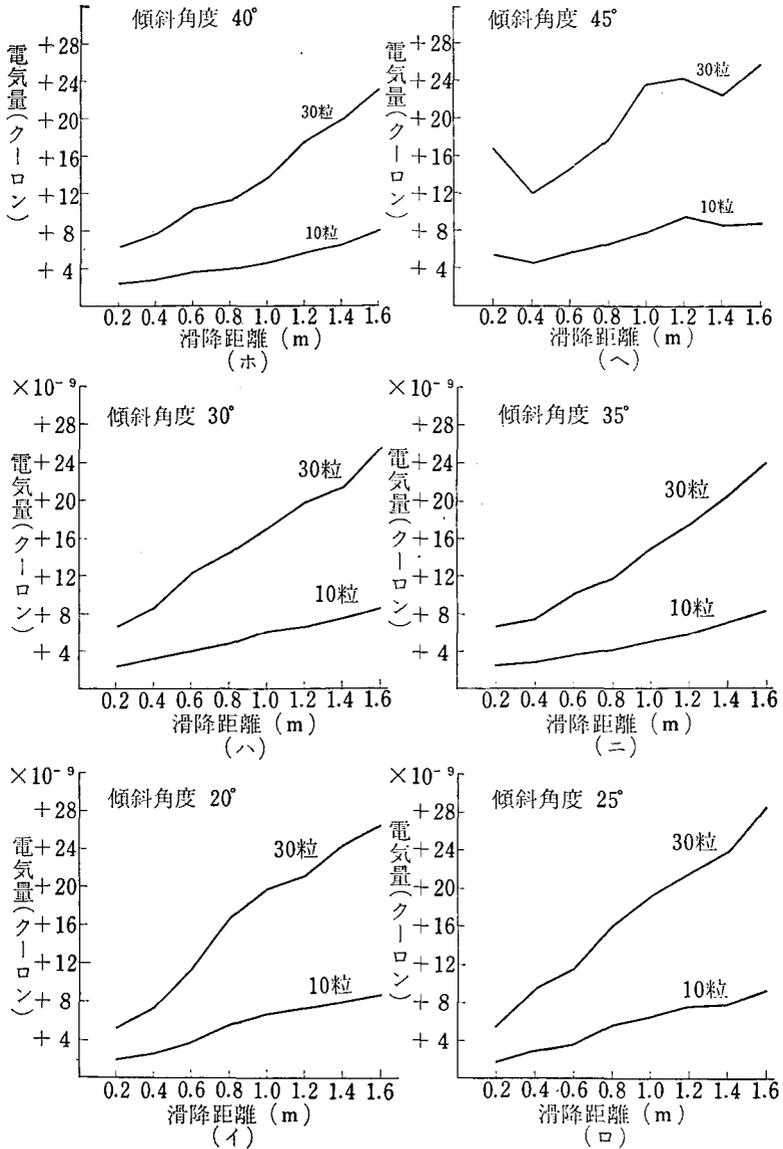
$$v_e = B \sqrt{\sin \theta} \quad \dots\dots\dots(11)$$

すなわち、距離  $l$  を滑降し終ったときの繭の滑降速度は、 $\sqrt{\sin \theta}$  に比例する。また一方、第15図で滑降する繭から傾斜面におよぼす荷重法圧に等しい斜面の垂直抗力  $S$  は、 $\cos \theta$  に比例する。したがって  $\theta$  の増大は、繭の滑降速度を増大させ、同時に荷重法圧に等しい滑降面と繭の接触圧力を減少するように働き、滑降速度の増大とあいまって、繭と斜面とが密着しなくなる傾向を強める。この滑降速度は摩擦速度に対応し、接触圧力は摩擦運動を行なっている二物体間の接触圧力で、摩擦帯電量が決定されるうえに、密接に関連する物理量であることは、合成繊維の実験などからわかる<sup>1,4,5,8,9)</sup>。この両者が摩擦帯電の面からみて、滑降面のある傾斜角度で最大に作用しあい、このとき最大量の電荷が現われることも予想される。

#### 実験 1

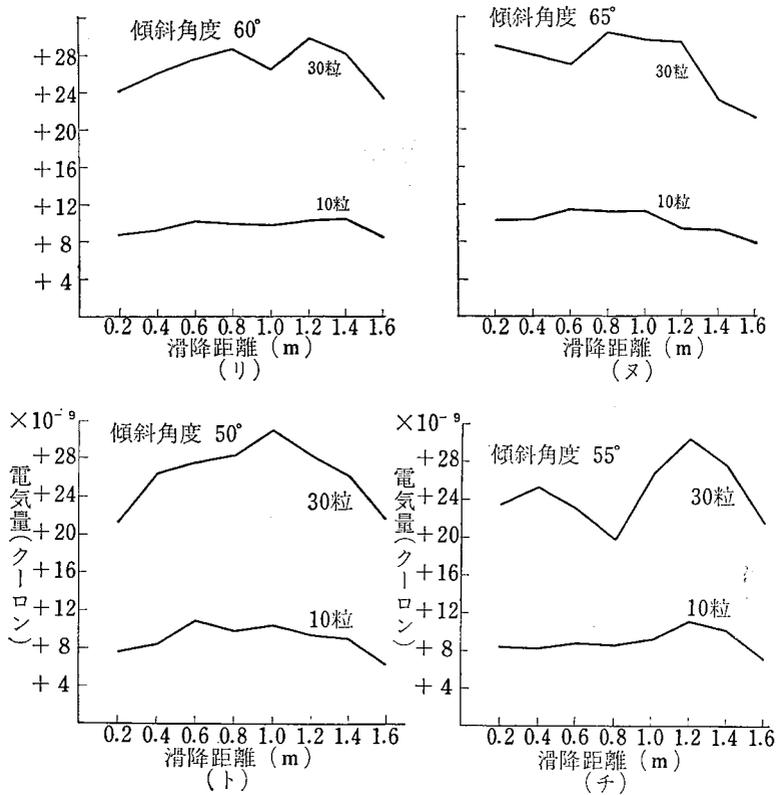
試料 日124号×支124号 40年晩秋 茨城。20°C, 59%RH室中に放置して水分を調整した乾繭。同室内で測定。

測定方法 滑降面：エンボスドポリスチレンペーパー。滑降距離：0.2m, 0.4m, ………, 1.6m。傾斜角度：滑降面のそれぞれの滑降距離について、20°, 25°, ………, 65°。



第17図 滑降距離と電気量

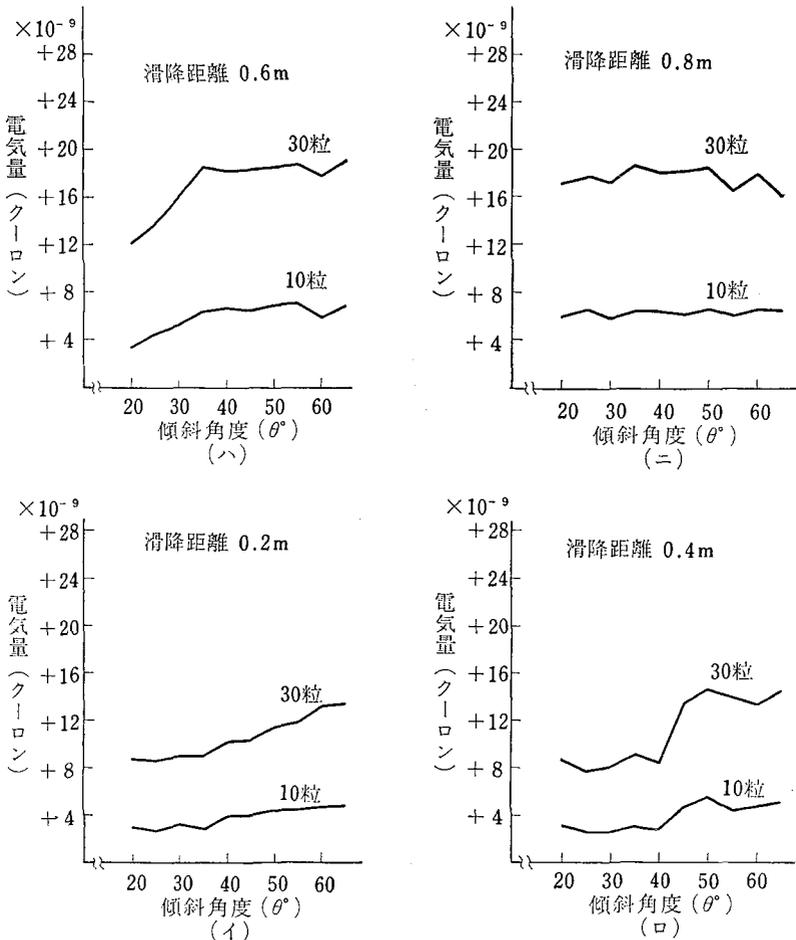
乾藪—ポリスチレンペーパー



第17図 滑降距離と電気量(つぎ)  
乾藓—ポリスチレンペーパ

第18図(イ)~(チ)は、実験結果で、滑降面の長さ $l$ を0.2m~1.6mに定め、これに対して傾斜角度 $\theta$ を $20^\circ \sim 65^\circ$ に変化させ、それぞれの滑降条件について、藓粒数と帯電量の関係を測定して、10粒と30粒を滑降させたときの電気量を、傾斜角度に対して滑降距離別に図示したものである。もちろん、それぞれの滑降距離と傾斜角度の組み合わせにおける個々の藓粒数と帯電量は、これまでの実験と同じく、比例関係にある。

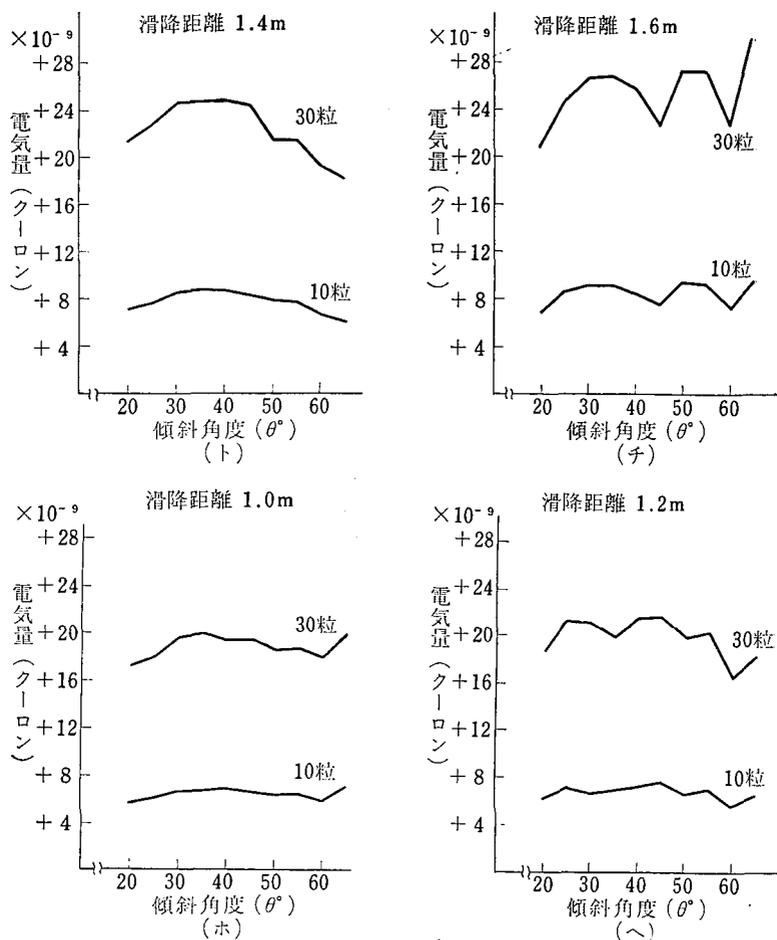
第18図をみると、滑降距離0.6mまでは、傾斜角度が大きくなると、電気量も増大する傾向にあり、0.8m~1.0mで一つの頂点をもつ曲線になりつつある。さらに滑降距離を延長すると、傾斜角度 $30^\circ \sim 40^\circ$ に一つの頂点ができてくる。(イ)図では逆にこの点で電気量が少なくなっており、(チ)図では $45^\circ$ で少なくなっているが、曲線全体からみると、これらも



第18図 傾斜角度と電気量  
乾藁—ポリスチレンペーパー

30°~40°付近に頂点をもつ傾向がある。第19図は、第18図とは異なる乾藁を供試して、滑降距離を1.0mに定め、傾斜角度を変えて行なった実験結果であるが、30°~40°に頂点がある例である。

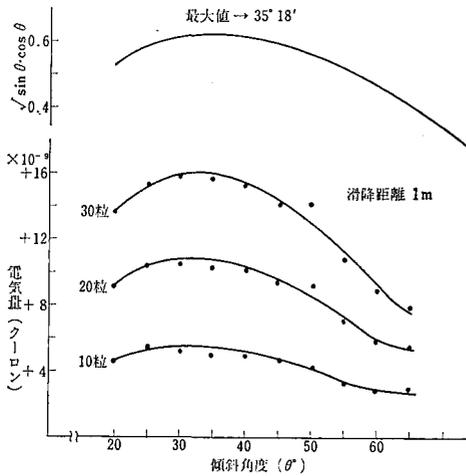
第19図の上部の曲線は、(11)式による藁の滑降速度を決定する  $\sqrt{\sin \theta}$  と、藁と斜面との間の接触圧力を決定する  $\cos \theta$  の相乗積の、 $\theta$  に対する推移である。またこれの微係数を求めて、 $y = \sqrt{\sin \theta} \cdot \cos \theta$  の最大になる  $\theta$  を調べてみると、 $\theta = 35^{\circ}18'$  を得た。



第18図 つづき

第18図(ホ)~(ト), ならびに第19図の傾斜角度に対する電気量の推多と,  $y = \sqrt{\sin\theta} \cdot \cos\theta$  の  $\theta$  に対する  $y$  の変化の傾向はよく似ている. 両者が最大になる  $\theta$  もほぼ一致する.

第18図(イ)~(ヒ)は, 傾斜角度の増大にもなって, 電気量もほぼ比例的に増加する. これは滑降距離が短いので, 礫と斜面との接触は, 傾斜角度を大きくすることによって, 礫の荷重法圧が減少するにもかかわらず確実に行なわれる結果, (11)式による滑降速度の影響が大きく電気量に現われるためと考えられる. (ニ)~(チ)になると, 電気量の増加傾向は礫が斜面にくよ密着している傾斜角度  $30^\circ \sim 40^\circ$  ぐらいまでで, これ以上になると, (10)式の滑降速



第19図 傾斜角度と電気量  
乾藪—ポリスチレンペーパー

面からはね飛ばされたりして、帯電量が乱れている。

このようにみえてくると、本測定装置を使用して、安定した測定値をうるには、藪を斜面によく密着した状態で滑降させなければならないので、滑降面の傾斜角度は45°以下で、藪が十分滑降できる角度がよい。また滑降中の加速度によって、藪と滑降面との接触を妨害されないように、滑降距離は1m以下にしたほうがよい。ただしあまり短いと、摩擦量が少なくなり、帯電量も少なくなって測定がむずかしくなる。

以上のことから、乾藪の摩擦帯電量は、摩擦速度にも依存することがわかった。

しかし、藪は斜面上を回転しながら滑降する形態をもっており、傾斜角度の変化に対する帯電量の変化状況が、回転しないで滑降する物体についても、同様にいえるであろうかという疑問から、次の実験を行なった。

実験2——回転しながら滑降する形態をもつ物体について

試料 塩化ビニル製円柱。長さ：15mm。直径：9mm。重さ：1.1g。

測定方法 滑降面：10匁付羽二重（木精練）。滑降距離：0.2m, 0.4m, ……., 1.2m。

傾斜角度：滑降面それぞれの滑降距離について、20°, 25°, ……., 65°。

環境条件：20°C, 60%RH。

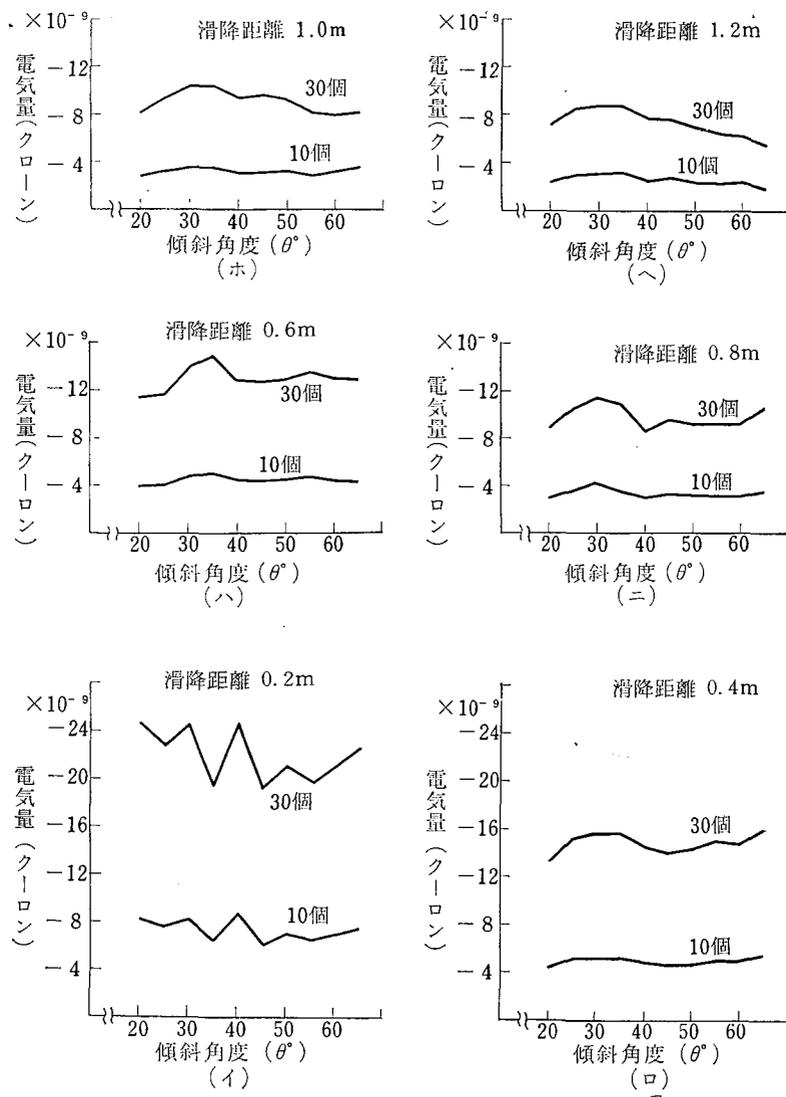
実験結果 第20図(i)~(v)。

実験3——回転しないで滑降する形態をもつ物体について

試料 ベークライト製中空円板。厚さ：3.4mm。外径：25mm。内径：12mm。

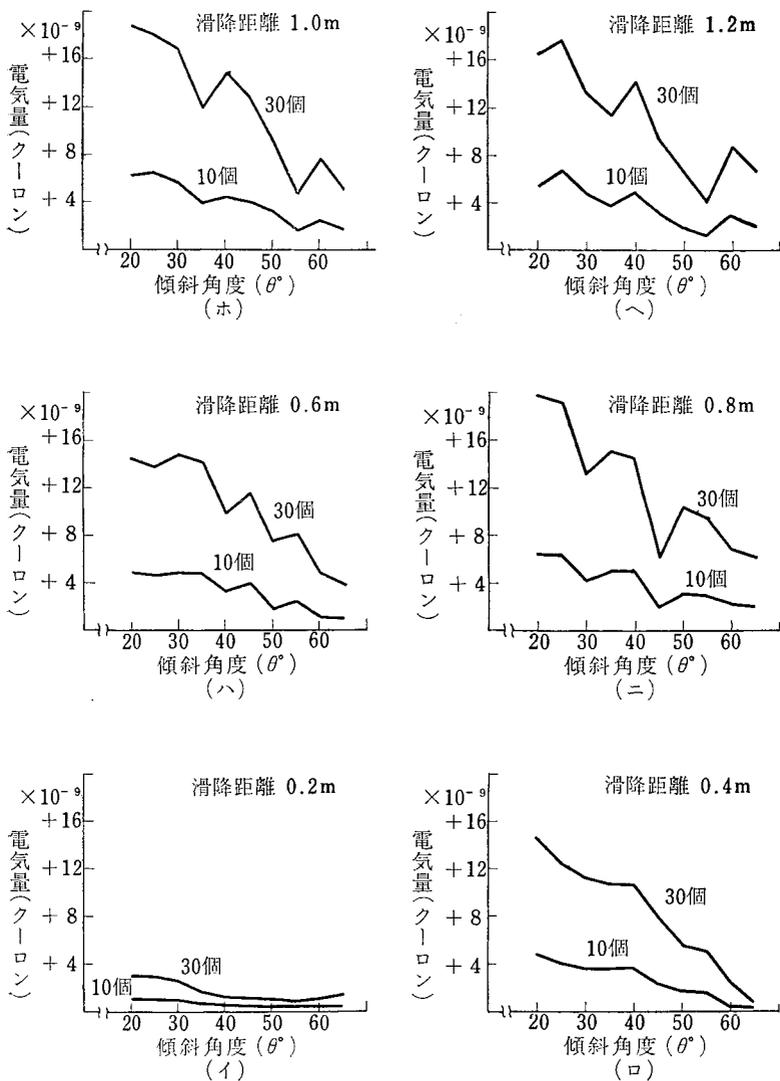
重さ：1.7g

度の増大と、荷重法圧の減少から、藪が斜面に密着しなくなり、これが帯電量に大きく影響して、電気量は減少傾向をとる。したがってすべての滑降距離において、傾斜角度の増大にともなう電気量の増加は、(11)式の滑降速度の増大によって起こっているが、一方藪の荷重法圧に等しい藪と滑降面との接触圧力の減少も、同時に起こっており、30°~40°よりも大きくなると、滑降速度の増大よりも、接触圧力の減少のほうが強く帯電量に影響してくるものとみられる。(チ)では、傾斜角度が大きくなると、(10), (11)式の滑降速度の増大と、荷重法圧の減少から、藪が滑降中斜

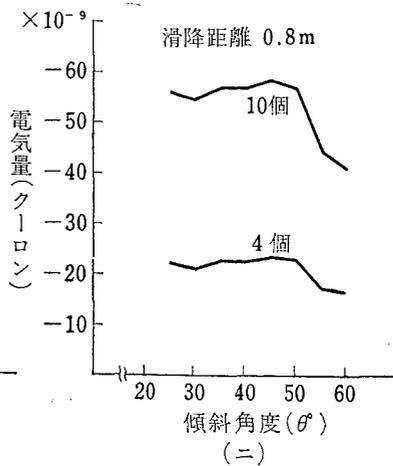
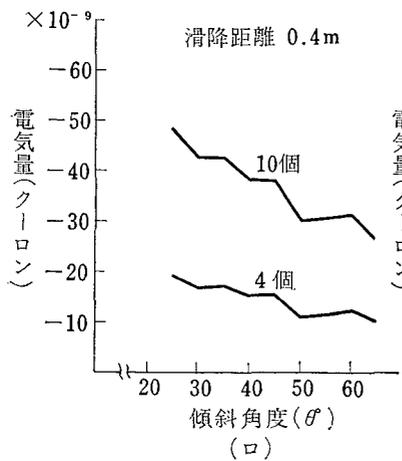
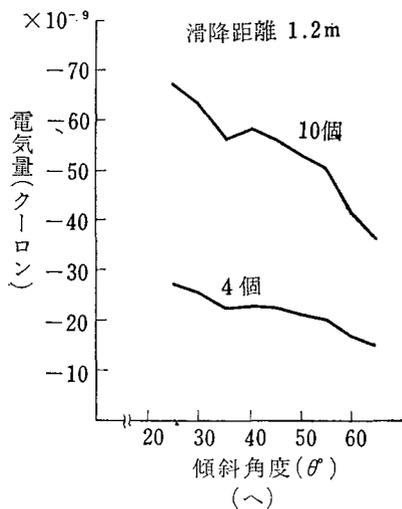


第20図 傾斜角度と電気量

ビニル円柱—生羽二重



第21図 傾斜角度と帯電量  
ペークライト円板—生羽二重



第22図 傾斜角度と帯電量  
ビニル円板—生羽二重

測定方法 実験2と同じ。環境条件：20°C，59%RH.

実験結果 第21図(イ)～(ハ).

実験4——回転しないで滑降する形態をもつ物体について

試料 塩化ビニル製円板。厚さ：5mm。直径：25mm。重さ：3.3g.

測定方法 滑降面：実験2と同じ。滑降距離：0.4m，0.8m，1.2m。傾斜角度：滑降面それぞれの滑降距離について、25°，30°，………，65°。環境条件：実験2と同じ。

実験結果 第22図(ロ)～(ハ).

これらの実験結果は、実験1と同じ手順で求めた。傾斜角度を変化させた場合の電気量の変化状況である。それぞれの滑降距離と傾斜角度の組み合わせで発生した電気量は、いままでの実験と同じく、滑降した物体の個数に比例している。

これらを見ると、第20図の回転しながら滑降する形態をもつ塩化ビニル製円柱の、傾斜角度と帯電量の関係で、藪の場合と共通した特徴——30°～40°付近に最大値があり、摩擦速度の影響が帯電量に現われることがわかる。これに対して、第21図、第22図の回転しないで滑降する形態をもつ、ベークライト製中空円板、塩化ビニル製円板では、傾斜角度が大きくなれば、すべての滑降距離において、電気量は減少する傾向にある。

本項の実験1～4から、二物体の摩擦運動によって発生する電気量は、一方の物体が摩擦力によって回転すれば、摩擦速度と二物体の接触圧力に影響される。二物体がどちらも摩擦力によって回転しなければ摩擦速度にはほとんど影響されないで、接触圧力に大きく影響されるとみられる。

したがって、摩擦帯電現象は、摩擦運動を行なう二物質の組み合わせの種類が同じであっても、その形態からくる摩擦運動の状態によって、その現われかたが異なる。

### III 摘 要

乾藪は取り扱い中で、静電気力によるごみ、ほこりの付着、あるいは軽度の電撃など、帯電による障害を現わしている。このことから藪を対象とした摩擦帯電量測定装置を試作して調べた結果、摩擦する物質の種類によっては、相当量の電荷を発生すること、および藪層含有水分率、摩擦条件などとの関係がいくつか明らかになった。

以下、本文を要約する。

#### 1 測定装置および測定方法について

(1) 試作した藪の摩擦帯電量測定装置は、試料を斜面上で滑降させ、ファラディケージに落として、ケージのもつ電位を測定し、あらかじめ実測してある静電容量との積から、試料の帯電量を算出する。

(2) 乾藪の摩擦帯電量測定にあたって、蛹を含む藪粒を1個の均質な物体として扱い、実験を進めた。

(3) 測定装置の時定数は、測定に要する時間に対して十分大きくとってあるが、多少は電荷の漏洩があるので、すばやい測定がのぞましい。

(4) 乾藓は他の物質と摩擦させないで、ファラディケージに落下させただけでも帯電するが、量が少ないので無視した。

(5) 乾藓を1粒ずつ消降させても、多粒を集団で滑降させても、帯電量は粒数に比例するが、1粒ずつ滑降させたときの測定値のほうが変動が小さいので、この方法で実験を進めた。

## 2 測定結果について

(1) 乾藓も他の物質と同様に、摩擦する物質の種類によって、帯電量が異なるので、帯電障害を小さくするには、乾藓と摩擦される物質を吟味する必要がある。

(2) 乾藓の藓層含有水分率と帯電量は密接に関係する。この実験の範囲内で次の結果を得た。ただし環境条件は一定とする。

$$Q_M = K_1 \cdot e^{-\gamma M}$$

$Q_M$ ：乾藓がもつ藓層含有水分率に影響される電気量。  $M$ ：藓層含有水分率。  $K_1$ および  $\gamma$  は定数。

(3) 藓層含有水分率は同率でも、環境条件によって見掛けの帯電量は変化する。

(4) 乾藓の滑降距離を延長することは、摩擦量を増大することになり、帯電量と滑降距離の間には次の関係がある。ただし環境条件は一定とする。

$$Q_0 = Nc \cdot l \cdot q_0$$

$Q_0$ ：一定傾斜面上を滑降させたときの乾藓の帯電量。  $Nc$ ：乾藓の粒数(量)。  $l$ ：一定傾斜面上の滑降距離。  $q_0$ ：一定傾斜面上の単位長さを滑降する単位粒数(量)の乾藓がもつ電気量。

(5) 乾藓と摩擦物との間の接触圧力の減少は、帯電量の減少をもたらす。

(6) 乾藓が他の物質上を滑降する速度が増大すれば、帯電量も増大する。しかし本測定装置のように斜面にはりつけた摩擦物の上を、重力加速度にまかせて滑降させる方式では、斜面の傾斜角度を変化させることは、帯電量を決定する要因である。試料と摩擦物の間の接触圧力と、試料の滑降速度に対して、相反するように働くので、ある傾斜角度において、乾藓の帯電量は最大になる。

藓は、斜面上を滑降するとき回転するので、これと同じく軸を水平にして、回転しながら滑降する、塩化ビニル製円柱を試料とした実験でも、藓と同じく、ある傾斜角度において、帯電量は最大になる。

(7) 斜面上を滑降するとき、回転しないペークライト製中空円板と、塩化ビニル製円板を試料に用いた実験では、乾藓や塩化ビニル製円柱のように、回転しながら滑降する物体と異なり、帯電量は、摩擦面の傾斜角度と直接に関係する接触圧力に大きく影響され、滑降速度にはほとんど影響されない。したがってこの場合の帯電量は、傾斜角度を増大させ

ることによって、常に減少傾向をとる。

(8) (6), (7)の結果から、摩擦運動を行なう二物体の接触の形——本実験の場合は、斜面上をすべるか、すべりながらころがるかということも、帯電現象におよぼす影響のあり方が異なる。

## 文 献

- 1) LEVY, J. B., J. H. WAKELIN, W. J. KAUFMANN, J. H. DILLON 1958. Relation of Charge to Frictional Work in the Static Electrification of Filaments, *Textile Research Journal*, 28 : 897
- 2) 高分子学会編 1961. 高分子の物性II (高分子実験学講座) 共立出版 : 195
- 3) 高分子学会編 1967. 静電気ハンドブック 地人書館 : 91
- 4) CUNNINGHAM, R. G., D. J. MONTGOMERY 1958. Studies in the Static Electrification of Filaments, *Textile Research Journal*, 28 : 971
- 5) 佐々木寛治・伴 菊夫 1963. 合成繊維の帯電性に関する研究 第2報. 試作装置による摩擦帯電々荷の解析. *繊維学会誌* 19 (5) : 43
- 6) たとえば, 繊維学会編 1962. 繊維物理学 地人書館 : 91
- 7) 島 清信・森本 宏・糸山宗夫 1966. 生糸の輸送通袋としてのプラスチック括袋 生糸検査所研究報告 21 : 127
- 8) HERSH, S. P., D. J. MONTGOMERY, 1955. Static Electrification of Experimental Techniques and Results. *Textile Research Journal*. 25 : 279
- 9) GONSALVES, V. E., B. J. VAN DONGEREN, 1954. Some Fundamental Questions Concerning the Static Electrification of Textile Yarns : part II, *Textile Research Journal* 24 : 1
- 10) MORTON W. E. and J. W. S. HEARLE, PHYSICAL PROPERTIES OF TEXTILE FIBERS 1962. Butterworth & Co. (Publishers) Ltd. and The Textile Institute : 457