

高分子フィルムの接触帯電の測定

吉 田 元 郎*

Measurements on Contact Electrifications of High Polymers Films with a Metal.

Moto YOSHIDA.

要 旨

種々の高分子フィルムと金属との接触帯電の大きさを金属電極で直接測定し次の結果を得た。1) 接触帯電列と従来の摩擦帯電列はよく一致する。2) 接触帯電の温度依存が高分子により異なる。3) 摩擦後の接触帯電量が大きく変るものがある。4) 電荷減衰定数の温度変化に違いがあるこれ等の結果より帯電の機構と高分子構造との関係を論じたい。

Synopsis

Contact electrifications between a metal and high-polymers were measured by taking off the metal electrode from high polymer films. The results from this measurement were showed in next four parts. (1) A contact electrification series in this way agreed to the usual triboelectric serieses. (2) A temperature dependence of contact electrification have appeared in some polymers, and have not appered in others. (3) The values of contact electrification after rubbing were changed in some polymers. (4) Temperature dependence of electric charge decay factor in polymers were measured. Thase results were attributed to the structure and property of the each polymer.

1. は じ め に

前報に記したように、⁽¹⁾ 静電気現象は古代より我々の身近に起る現象として知られ、非常に古くから研究され歴史的に発展して来たが、19世紀に入り電磁気学の発見発達と共に電磁気の急速な利用発展による現代文化の中で利用価値のない静電気の研究は取り残されてしまった。20世紀後半になり高分子材料の開発はその製造工程並びに利用の面でも種々の静電気の問題を提起した。先づ静電気による種々の障害災害、次には集塵、塗装等における種々の静電気の利用、等大きくクローズアップされるようになり、再び新に研究の対象となり多くの研究がなされるようになった。⁽²⁻⁸⁾

本報においては前報に引き続き、帯電発生機構の解明のための実験を行なった。今回は主としてフィルムを用い接触により表面に発生する電荷の様子を検べることを行なった。

帯電についての考え。帯電の発生には摩擦や破壊による電荷の移動の他に電荷二重層のはく離による電荷

の分離が考えられる、この電荷二重層の形成は摩擦による温度変化、分子間イオンの配列、接触による表面エネルギーの差による表面二重層の形成等が考えられる。ここでは力学的エネルギーを最小にしておく弱い接触においても作られる表面二重層のはく離の実験を行うことにより、その接触面のケミカルポテンシャルの差により作られる、いわゆるヘルムホルツ二重層の直接測定を行いその物質の表面状態を知ることが出来るとの予想の下で実験を行った。本実験で測定されるものは二重層はく離の際に発生する電荷の極性とその大きさであり。これにより二重層に作られる電荷の符号と大きさを知ることが出来、この層が不純物等付着イオンによるものか、又は内部イオン・電子等によるものか、等を推定して、帯電の本質を解明する手がかりを得ることが出来ると考える。

2. 実験方法と試料

測定法の原理は前報と同じ考えであるので要点のみを記す。*Fig 1* のように測定電極と試料を接触させることにより電荷二重層が形成される。これを分離す

* 教授 工業化学科

ることにより夫々の面には電荷が残留する。この測定電極側に残った電荷はこの電極は金属であるので等電位になる。この電位を電位計を用いて測定する。

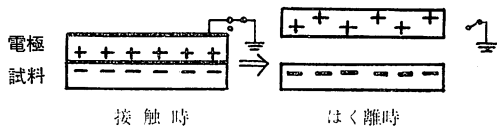


Fig 1 測定原理

図で分るように測定される電荷はフィルムに発生する電荷とは逆符号になる。本報告ではすべて測定された値をそのまま用いている。

今回は測定器として主として *Keithley 610 B* および *610 C* 型の電位計を用いた。これにより測定は $100\text{ V} \sim 10\text{ mV}$ の範囲で精度良く測定出来た。従って雑音や偽電場等の発生のないように充分注意して遮蔽を行い、又電荷の移入や可動部分による摩擦帯電等には充分注意して改良を重ねた。

実験装置 本実験において主として用いた測定装置の概要図を Fig 2. に示す。外郭破線の部分 (A) は

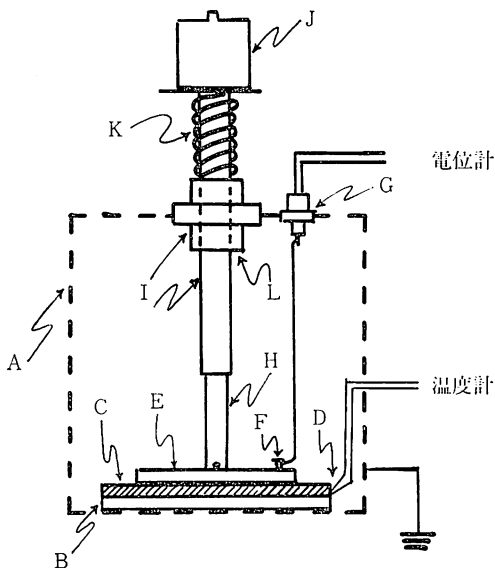


Fig 2 測定装置概略

遮蔽缶である。直径 13 cm 高さ 18 cm の密閉された円柱形ブリキ缶で、上部はねじ込み蓋になっている。缶内底部には対電極として厚さ 2 mm 一辺 7 cm の正方銅板 (B) を入れてアースする。この板上に試料フィルム (C) を密着させる。この銅板とフィルムの間の一隅に 0.3 mm の *Cu-Co* 熱電対 (D) を貼り着け温度測定に使う。試料の中央に直径 5 cm のクロームメッキ銅門板 (厚さ 2 mm) を測定電極 (E) として置き。この電

極 E は一端 (F) よりリードで上蓋のコネクター (G) に接続され外部の電位計に接続する。

測定電極 E は中心でテフロン棒 (H) に固定され更に銅管 (I) で缶外に引出される。錘り (J) により一定圧でフィルムと圧着するようにし、この (J) を取り除いたときパネ (K) により一定速度ではく離が行われ、フィルムと測定電極は一定間隔 (約 2 cm) 隔た。熱電対 (D) は外部に導かれデジタル温度計 (横河 2809) で読まれ又場合によってはこの出力より記録計に接続される。温度変化は遮蔽缶 (A) の外部より加熱冷却することにより行なはれ、缶内では湿度一定にする為密閉し乾燥剤 (シリカゲル) を入れる。温度変化は多くの場合 $1^\circ\text{C}/1\text{ 分}$ 位の速度にするように気を付けて制御し一定温度に保つ時は平衡で保てるように心掛けた。

試料。 本実験に用いた試料はなるべく製造工程や成分のわかっているもの、いわゆる素性の知れたものを使うように心掛けた。その為大部分の試料は各メーカーからサンプルとして分けてもらったものを使い。又可塑剤除電剤等の添加剤をなるべく含んでいないものを選び実験した。⁽⁹⁾ 本実験に使用したフィルムの大部分を第一表に纏めて見た。今後本報での試料名としては簡単な為に本表の略号を用いることにする。

試料はその製造工程又は輸送中及び実験取扱い過程において表面が汚染され帯電も起っているので先づこれらの除去を考えねばならない。使用前に表面附着物を除いて実験すべきで、水洗やアルコールによる洗い等を試みたが。表面附着物による影響は多くの場合見られずむしろ拭いたり乾燥時の操作の影響による帯電と思われる場合の方がしばしば見られたので、表面よごれの除去より初期帯電除去の方を重視した。

初期帯電とその除去。 製造工程において延伸其他の機械的処理又は熱的操作や電気的操作等によっても試料にエレクトレットが形成されている場合がある。⁽¹⁰⁾ これ等の試料には初めから電荷が封じこめられていることになる。これは一般には試料の両面の電荷が反対符号をもっていることで分り。この電荷は両面を短絡し高温に加熱放置することにより除去されるものと思われる。⁽¹¹⁾

輸送中又は操作中の摩擦による帯電はものによって非常に大きな量もち、又充分放置したりアース等を行ない手を尽くしても仲々除去されないものもあるが。一般的に金属箔に包みアースして充分長時間放置することにより除去されと考える。しかし包んだ金属箔より取り出す時に生ずる帯電、および測定時の電極との接触はく離で起る帯電は本質的に除去出来ないものであるが、本測定において常に次の事項に充分注

Table 1. 測定試料一覧表

フィルムの種類	商品名	略号	特徴	帯電量	平均値	初期帯電
ポリエチレン (PE) $\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C}- & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}\right)_n$	ハイゼックス	PE ₁	中低圧法	+50		
	ユカロン 50	PE ₂	高圧法	+10		
	ユカロン 31	PE ₃	高圧法	+10		
	ミラソン	PE ₄	高圧法	+10	+ 2.01 ± 1.35	e*
ポリ塩化ビニル (PVC) $\left(\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C}- & \text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{Cl} \end{array}\right)_n$	モンサント	PVC ₁		+ 7		
	ヒシレックス	PVC ₂	延伸熱収縮	+10	+ 5.41 ± 3.87	
	サンブレーン	PVC ₃	コンパウンド	~		
塩化ビニリデン (PVDC) $(-\text{CH}_2-\text{CCl}_2-)_n$	サラン	PVDC ₁		+20		
	クレハロン	PVDC ₂		+10	+ 2.54 ± 1.46	
ポリ弗化ビニリデン (PVDF) $(-\text{CH}_2-\text{CF}_2-)_n$	アフロン	PVDF ₁	(C ₂ H ₄)+(C ₂ F ₄)	+100	+90.21 ± 10.76	
	KF	PVDF ₂	延伸	+ 5		
	レアフロン	TFE	四弗化エチレン			
ポリスチレン (PS) $(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$ 	ステレックス	PS ₁	延伸	+ 2		
	東レポリスチレン	PS ₂		+20	±12.71 ± 4.56	e
ポリプロピレン (PP) $(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$ 	トレファンNO	PP ₁	無延伸	-20		e
	トレファンBO	PP ₂	2軸延伸	+20	+16.55 ± 4.82	e
	ポリプロ	PP ₃		+35		
	ノーブレン	PP ₄		-30		e
		PP ₅		+40		
ポリテフタル酸エチル (PET) $(-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OC}-\langle \text{ } \rangle-\text{C}-)_n$ 	ダイアホイル	PET ₁		+40	+ 1.86 ± 1.22	
	ルミナー	PET ₂		-		e
ポリカーボネート(PC) $(\text{R}-\text{O}-\text{C}-\text{O}-)_n$ 	ユーピロン	PC ₁		-20	- 4.21 ± 2.02	
	バンライト	PC ₂		-30		
ポリアミド (PA)	エンブレ	PA ₁	2軸延伸6-6NY	-20		
	東レナイロン12	PA ₂	12NY	-30	- 1.82 ± 1.16	
ポリビニルアルコール (PVA) $(-\text{CH}_2-\text{CH}-)_n$ 	ビニロン	PVA ₁		- 1		
	エパール	PVA ₂	PVA+PE共重合	+ 5		
酢酸セルロース (AC)	TAC	AC ₁	三酢酸セルロース	-100	- 0.75 ± 2.95	

* eは表裏異符号の帯電を示しエレクトレットを作っていると思われるもの

意して実験することにより、再現性のある信頼出来る測定が行はれた。

1. 測定間隔は充分長くとる。前の測定効果が次の測定値に影響のないようにする。多くの場合 10 分以上の間隔をとった。

2. 一連の実験では測定間隔はなるべく一定にする。即ちどの測定においても前の影響が同じようにきくように注意する。

3. 測定後試料はなるべく早くアースされている状態に持って行き。余計な帯電が起らないように注意する。

装置の帯電に対する注意。装置の外部電場による帯電には充分注意しアースと遮蔽は注意に注意を重ねる。特に測定電極はその場の電場を測定していることになるので周囲の遮蔽には充分注意し、外部電場の侵入は勿論内部でも偽電場の発生のないようにする。本測定はすべて遮蔽した金網内又は銅箱・金属缶内で測定しているが、此等遮蔽箱のアースは銅のより線の半田付でなされるが箱の接合部の電気的接合にも充分注意する。なお遮蔽箱内で摩擦等が起り帯電が生じる

と、電極はその電場も測定するので偽り (*spurious*) の測定がなされる。この為 Fig 1 でテフロン (*H*) は銅棒 (*I*) に接続され摩擦部分 (*L*) では金属—金属の摩擦であり両方ともアースされているようにした。

3. 測定結果

フィルムの種類と接触帯電。前報と同じような方法で多くのフィルムの帯電を測定した。前報より装置の改良と測定器の違いで一層精度の良い測定が行われたが前報同様帯電はその材料の本質的なものであると考えられる。今回フィルムのみにしたのは試料面の状態が一定していると考えられたからである。第一表の第5項に各フィルムの帯電の測定値を記入した。この値はたまたま測定した値であるが略代表と考えられるものを記入した。特に代表的な 11 種のフィルムに関しては同一条件 (フィルムの大きさ。圧着圧、一定) の下で 1 ヶ月以上に渡り 1 日 2 回の測定を行ない偏差値も出し相互比較出来るようにし第6項に記入した。

材料により帯電の符号はほぼ常に一定であるがその

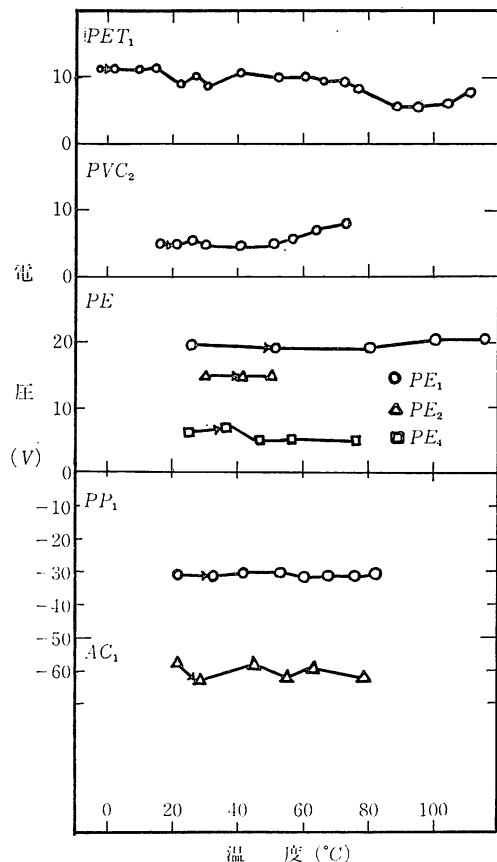


Fig 3 温度で変化しない例

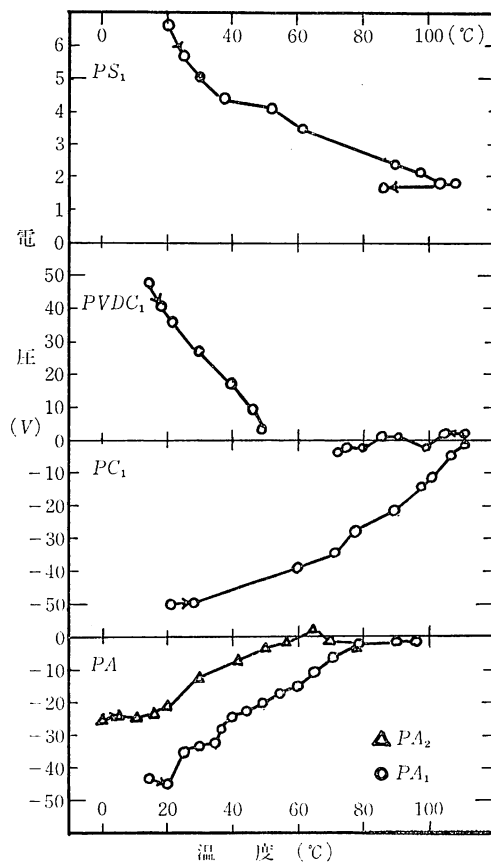


Fig 4 温度と共に減少する例

大きさは、天候、前処理、取扱い等でかなり影響されるように見える。

接触帯電量と温度。温度を変えて接触帯電の変化の測定は主として Fig 2 の装置を用いた。実験結果は Fig 3～Fig 7 に示される先づ Fig 3 に見るように。PET, PVC, PE, PP, TAC, については温度上昇による帯電量の変化は殆ど見られず一定であった。矢印は実験を進めた方向である。

次に Fig 4 を見よう、ここには温度変化のはっきり読み取れるものを示した。このように温度を変えることにより帯電量に変化のあるグループと殆どその見られないグループのあることに気付いた。PVC に関しては各製品で非常にむらがあり、種々の値が出るこれは PVC フィルムにはかなり可塑剤等の添加があると考えられるのでそれ等の影響が大きく出ているものと思われる。次に 2, 3 のフィルムに関して詳しく実験を示すが、他のものも同じような実験結果をたどっていることを付記しておく。

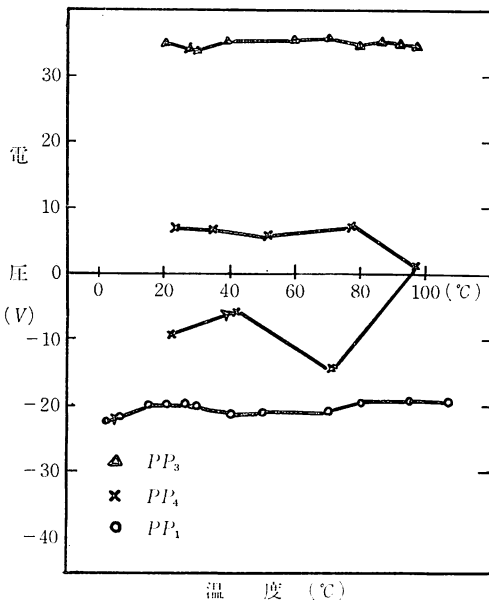


Fig 5 PPの帯電と温度

ポリプロピレン (PP) フィルムの場合。PP の試料は数社のものが手に入り帯電についても正負両方に見られたので (表 1 参照) 本実験でも詳細に測定した結果を Fig 5 に示す。正、負でそれぞれ温度により変化しないものと、負から温度をあげると正にvari。其後測定を繰返しても正であるものが見られた。これはこの試料 PP は予め製造工程においてエレクトレットが作られており高温にあげられたことにより脱分極が行われエレクトレットが消失して帯電符号が変わった

ものと思われる。PP の負に帯電している理由については未だ説明がつかないが今後の研究にしたい。

ポリビニルアルコール (PVA) の場合。純粋の PVA である PVA_1 と PVA と PE の共重合体である PVA_2 の 2 つの試料で測定した結果が Fig 6. に示す。PVA は吸湿性の強い高分子で帯電が小さいので有名な高分子であるが、本実験でも常に小さな値を示したが PVA_1 では負に PVA_2 では正の帯電を測定した、これは PVA_2 には PE が入っており PE は + を示すことより合点が行く。温度を上げて減少するのは PVA の性質によるのかも知れぬ。多くの実験の代表として PVA_2 については更に詳しく測定結果を示した。二重円は実験開始点であり矢印は実験の進行方向を示す。各測定は 15 分～20 分間隔で行なう破線の前後の点はその点間で長時間 (≥ 3 時間) 放置したことを示す。この図で分るように一度温度上昇し帯電量が減少したものでは温度さげて測定して行っても直ちに帯電量が増加することなく小さな値を維持しているが充分長時間放置するか。再び測定し直すと元の値に戻っている。このことはどの試料を用いた場合でも一般にこの測定と同じような経過をとった。

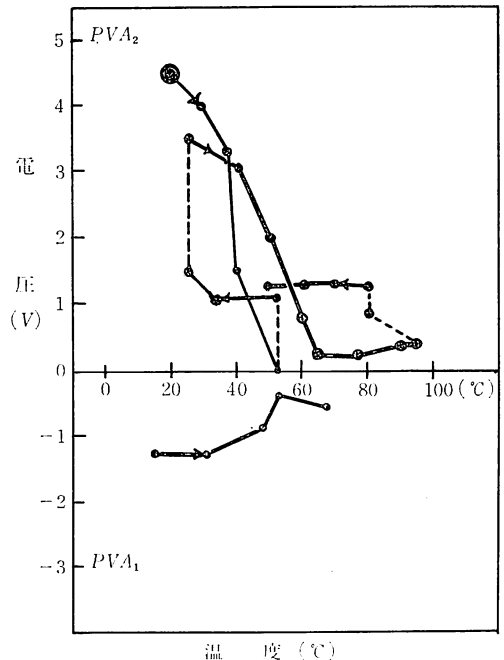


Fig 6 PVAの帯電と温度の関係

ナイロン (PA) の場合。Fig 7 には同一のナイロン試料 PA_1 についての測定結果を示す。この測定は別の試料又は同一試料を用いた場合はセットし直して測定した結果を示す。 PP_3 の場合とは異なり一度

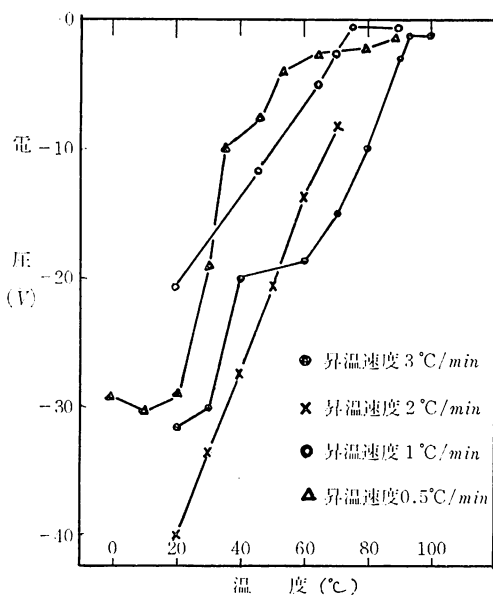


Fig 7 PA₂ の場合

減少し符号が変わっても再び元に戻っている。常に温度上昇により急激に帯電量が減少しているのが見られる。減少する温度域を詳しく知らうと昇温速度を遅くしたら低い温度で減少が起った。図には昇温速度を変えた時の帯電量の変化の様子を代表的なもので示した。これは帯電の残留時間が温度で変るためではないかと思ひ次の測定を行なった。

電荷減衰定数の温度変化。 Fig 2 において集電極 E を試料 C に圧着したまま上部 J の位置にて数回振り、試料と電極間で摩擦帯電を起させ、その電荷量を集電極の電位 V_0 として前と同様の方法で測定し。それを 2～5 分の一定間隔で次々に測定して行く。 t 時刻後の測定を V_t とし。無限大時刻後即ち平衡時における測定を V_∞ として指数函数的減少を行なうものとする。

$$V_t - V_\infty = (V_0 - V_\infty)e^{-k_d t}$$

の関係がなりたつ。多くの V_t を測定することによりこの式より電荷減衰定数 K_d を求めることが出来る。

このようにして種々の試料について温度を変えて得られた $K_d(\text{min}^{-1})$ の値を Fig 8 と表 2 の第 6 項に示す。PA, PC に就ては K_d は温度により大きく変わっていることが分る。PVDC や PET では余り大きな変化は見られないことが確められた。本測定は電荷減衰測定のために良い方法とは思われず、又測定も振りで大きな帯電を示したものは良いが余り大きな帯電を示さなかったものに関しては全く測定不能であった本実験は改めて別の良き測定法を用いて測定する必

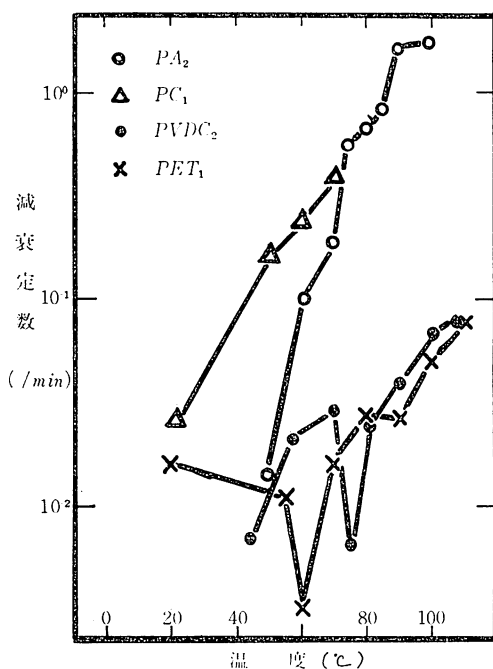


Fig 8 帯電減衰定数の温度変化
要ありと思われる。

4. 結果の検討

帯電列との比較。 本測定は帯電の機構を考える目的で行なった実験であるので従来の帯電列と比較検討して見る。帯電列に関する報告は多くの人によりなされているが、お互に測定している材料も違い又順序にも大きな喰い違いもあるが本測定と同じ材料を比較的多く扱っている、Henniker⁽¹⁴⁾、Montgomery⁽¹²⁾と竹中・上野⁽¹⁵⁾等の帯電列中関係のものだけ引き出して Fig 9. の上方に並べた。下には本測定の表 1 の第 6 項の数値を中心を 0 とし左右に対数目盛で記入した値に従って、その位置に高分子フィルム名を記入して帯電列とした。左方に + 電位を取ったのは先にも述べたように本実験の測定電荷は試料とは逆の電荷を与えているからである。対数目盛にしたのは図を見易くする為である。上の帯電列とはすべて共通に含まれている PE の所で合せ、その他の物質でも下の位置と合せられるものは順序を変えることなく合せておいた。

概観的に云うとかなり良く一致している。従来の帯電列でも表面状態によりしばしば順位が逆転したりし、又帯電列は単に順位のみを定めるもので帯電の大きさを表わすものでなかったが、本測定によると接触帯電量を直接測定していることで帯電機構の解明にはより多くの情報を提供していると考えられる。

帯電の本質・分子構造と帯電。化学構造と帯電極性、官能基による帯電の分類等の研究等もなされているが、^(17, 18) 本実験においても帯電の本質を探る為、帯電の極性、帯電の温度変化、および電荷の減衰とその温度変化の三つの測定を種々の高分子フィルムで行なって来た。この結果の一つは第9図に纏められた。又個々についての結果は記して来たが、ここに第2表にまとめて見る。

これを見ると第一項は物質名をあげているが第2項以下に夫々その物質で観測されたものを記しているが次の4つのことがいえる。

- 1. 第2項よりその物質により帯電の極性はきまり。希には添加剤や表面汚染によって変る場合もある。
- 2. 第3項に温度を変えた範囲を示したが。左端に記したように帯電量が変化する（現在迄の所では温度上昇により帯電量が減少しているものしか見られぬ）ものと変らぬものがあることが分った。第4項には帯電量に変化のみられると考える温度域を示した。
- 3. 第5項には摩擦帯電量の大きさを3つの段階で表わした。この摩擦帯電量とは電荷減衰の所に記したよ

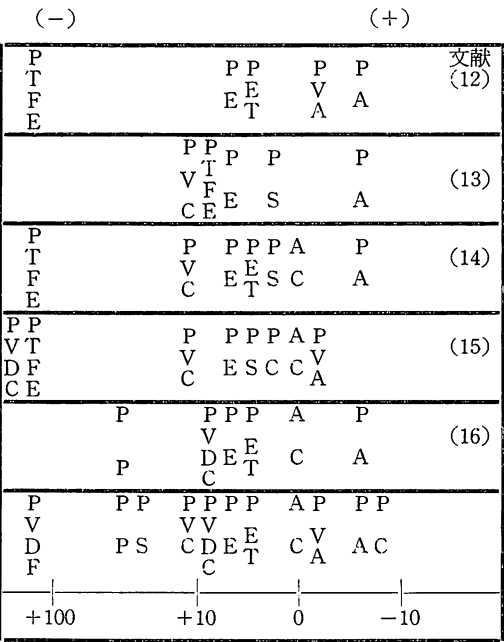


Fig 9 帯電列

Table 2 接触帯電による分類

	フィルム	測定電位 (V)	測定域	変化域	摩擦帯電	減衰定数/min
温度変化なし	PE ₁	+ 25 ~ + 19	15℃ ~ 115℃		小	
	PE ₂	+ 7 ~ + 6	20℃ ~ 80℃		小	
	PET	+ 7 ~ + 4	-5℃ ~ 110℃		中	$7 \times 10^{-2} \sim 4 \times 10^{-3}$
	PVC ₂	+ 6 ~ + 25	0℃ ~ 70℃		小	
	PP ₃	+ 32 ~ + 37	20℃ ~ 90℃			
	PP ₁	- 25 ~ - 20	0℃ ~ 105℃			
	TAC	- 55 ~ - 65	20℃ ~ 75℃		小	
温度変化あり	PVDF ₁	+ 50 ~ + 13	20℃ ~ 120℃	70℃ ~ 120℃	小	
	PVDF ₂	+ 13 ~ + 0.5	20℃ ~ 90℃	40℃ ~ 90℃	小	$1.4 \times 10^{-1} (70^\circ\text{C})$
	PVDC ₁	+ 5.5 ~ + 0.5	15℃ ~ 60℃	20℃ ~ 60℃		
	PVDC ₂	+ 45 ~ + 5	5℃ ~ 90℃	全域	大	$7 \times 10^{-2} \sim 2 \times 10^{-3}$
	PS ₁	+ 7 ~ + 2	20℃ ~ 100℃	全域	中	2×10^{-2}
	PVA ₁	- 1.5 ~ - 0.4	20℃ ~ 60℃	30℃ ~ 50℃	小	
	PVA ₂	+ 4.5 ~ + 0.2	20℃ ~ 95℃	30℃ ~ 70℃	小	
	PMMA	- 8 ~ - 0.2	5℃ ~ 95℃	30℃ ~ 96℃	小	
	PA ₁	- 20 ~ - 0.5	0℃ ~ 100℃	10℃ ~ 60℃	大	$2 \sim 2 \times 10^{-2}$
	PA ₂	- 32 ~ - 1	0℃ ~ 100℃	20℃ ~ 90℃		
	PC ₁	- 100 ~ - 0.5	20℃ ~ 120℃	60℃ ~ 120℃	中	$4 \times 10^{-1} \sim 2 \times 10^{-2}$

うに集電極を振り帯電を与えた時の帯電量 V_f が接触帯電の時の帯電量 V_c に比べて非常に大きな値を示すものと余り変らぬものとがあったので、 $V_f/V_c \geq 10$ の場合を大、 $10 \geq V_f/V_c \geq 5$ のものを中、 $V_f/V_c < 5$ のものを小として表わした。

4. 第6項には測定出来た帯電減衰定数を示したが、これには温度変化の大きいものと小さいものがあり測定出来たもののみ記した。

この4つの事柄を物質構造と比較して分類議論が出来れば帯電機構の本質を論ずる一つのアプローチになると考えるが未だ試料不足で討議出来ないが今後試料を増し検討したい。

又これら高分子の化学的構造とこの四つの測定との関連が出て来ると分子構造と帯電に対する議論も進められるが未だそこまで到っていない。

5. 今後の計画

これ迄実験の概要を記し、実験の結果をまとめて来たが、静電気の測定は現象が複雑であり。未だ充分整理されていない。

又測定方法についても改良すべきことが次々と考えられる。今気付いており。又将来測定して見ようと思っていることを項目をあげて記しておこう。

1. 接触面の均一化と清浄化。各試料間の帯電を比較する為には全く同一実験条件にしなければならぬ。この為には常に試料が同じ条件になっていなければならぬことと測定装置も一定になっていなければならぬ。本測定方法で測定出来る確信を得たので、試料の清浄法および測定電極も常に同一の方法を用いる規格化された測定を続ける予定である。

2. 初期帯電および残留電荷の除去。今迄アースすると云うことで金属板上に放置したり金属箔 (Al) に包んでアースしたりしたが、このアース時の金属の種類により帯電量に多少の差異のあることに気付いた。これはアースする金属からはがす時に生じた接触帯電が残っている為で、その残留電荷も含めて測定していることになるので、この辺を明確にし且つそのような残留電荷効果のないような初期帯電除去の実験方法を考えて行く。

3. 電荷減衰の正確な測定。電荷減衰と帯電については既に Shashowa の報告等があり、⁽¹⁹⁾ 又分子構造と帯電についても論じられているがこの詳しい実験は未だ充分なされていないので、電荷減衰の測定装置を作り多くの詳細な電荷減衰定数が求められる測定を行ないたい。

4. 高分子フィルム間の接触帯電の測定。今回は金

属集電極と高分子フィルムの接触帯電の測定を行ったが、今後は高分子同志の接触帯電もこれ迄と同じ原理で測定して帯電列を正確にする。

5. フィルム内での電荷移動の直接測定。PA において高温で急激な帯電減少が見られたのはこの温度でフィルム内での電荷移動速度に大きな変化があったのではないかと思われるのでこの測定も行ないたい。

以上の事柄について実験を行なって行くことは静電電機機構の解明と物質表面での電気的挙動の研究に役立つものとする。(20, 21)

6. むすび

先に述べたように静電気現象が近年非常に問題になっている。例えば原因不明の爆発や火災の事故に就いて調査して行くと静電気によるものと結論される場合が非常に多い。このような大きな災害から日常身近におこる、衣服の着脱の時又は家具や戸等に触れた時の電撃あるいは包装紙等のフィルムをはがした時の指先への付着等は誰でも経験する静電気災害であると思う。このように静電気による災害は到る所で数限りなく発生している一方。大気中の粉塵や有害ガスの除去や選別・塗装・植毛や、ゼロックスのような静電写真等に広く静電気は利用されていることは周知の通りである。更に最近では永久帯電されたエレクトレットを利用することにより静電発電機其他の種々の電気機器への利用や人工臓器として人体内に入れる迄に到っている。功罪両面の急速な発展に対して現時点での研究は対症的なものは広くなされているが基本的な帯電の本質に関するものは取り残されていると思う。

これは問題が表面界面に関することであり、非常に複雑な現象で未だ解明されていない問題を多く含んでいる。従ってこの二十世紀後半においても未だに残されている発見の段階の残されている科学の数少ない分野の一つであるといわれている。発見の喜びを夢みて研究を続けたいと思っている。

参考文献

- 1) 吉田元郎：苫高専紀要 7 (1972), 42.
- 2) 上田, 増田, 丸茂・村崎・渡辺：静電気の基礎 (1971)。
- 3) 村崎憲雄：静電気入門, 朝倉書店 (1968)。
- 4) 深田, 外：静電気シリーズ, 応物, 24, 25 (1955)
- 5) 静電気のこゝさと高分子, 高分子, 10 (1961), No. 109.
- 6) 静電気ハンドブック, 地人書館 (1964)。

-
- 7) Static Electrification, The Institute of Physics
London (1971).
- 8) 増田閃一：最近の静電気工学 KHKE 006 (1974).
- 9) 高分子材料便覧，コロナ社 (1973).
- 10) 深田，高松：物性 12 (1971) 513.
- 11) 高松，深田：高分子化学 29 (1972), 505.
- 12) S. P. Hersh, D. J. Montgomery : Text. Res. J.,
25 (1955), 279.
- 13) 竹中治夫，荻野孝也：高分子化学，15 (1958),
146.
- 14) J. Henniker : Nature 196 (1962) , 414.
- 15) 竹中治夫，上野弥：Plastic Age, 10 (1964) 53.
- 16) 久保内：プラスチック 15 (1964) No. 13.
- 17) 土田英侯，篠原功：高分子 16 (1967), 347.
- 18) V. E. Shashoua : J. Poly. Sci., **Part A 1**
(1963), 169.
- 19) V. E. Shashoua : J. Poly. Sci., 33 (1958), 65.
- 20) V. E. Shashoua : J. Poly. Sci., 40 (1959), 343.
- 21) H. J. Wintel: J. App. Phy., 41 (1970), 4004.
(昭和50年11月29日受理)

