

静電気による災害危険とその対策

電気課 上 月 三 郎
坂 主 勝 弘

1. は し が き

最近工場における生産工程がスピード・アップされるとともに、非電導性物質（例えばプラスチックや合成繊維のように高絶縁抵抗物質）の使用量の増加にしたがつて、生産過程の随所において静電気が発生し、これが蓄積して、帯電体相互の吸引または反撥により作業に種々の障害を与え、あるいは放電の際の火花により引火爆発または放電による電撃ショック等の災害を起すなど、工業上幾多の障害がある。ことに可燃性ガス、蒸気または粉塵の存在する場所における静電気火花はしばしば大きな火災または爆発を起し、工場施設の破壊するのみならず多数の死傷者を出す危険がある。

しかしこの半面、静電気の利用方法も逐次研究され、工業的にも盛んに用いられるようになった。例えば、静電気塗装法、静電分離法、静電収塵法、電気写真等が実用されている。

そこで今回は、工場における静電気災害危険とその対策について概要を説明しよう。

2. 静電気による災害危険

静電気とは、電荷の分布が時間的に変化しないか、あるいは変化しても極めて緩慢で電磁作用を起さないものをいう。したがって、静電気の放電による火花は極めて短時間に終り、普通の固体に着火させるに十分な程の熱量を供給することはとうてい考えられない。

静電気は、可燃性ガス、蒸気または粉塵のごとく極めて着火しやすい物質の存在する場所においてのみ着火の危険がある。また静電気が帯電している物質に触れたときに強い電撃を受ける。勿論、直接電撃により死亡することは無いが、電撃のショックによる転倒墜落等の二次的災害を受ける危険がある。

2.1 静電気の発生

絶縁物を摩擦するとき静電気の発生することは、すでに紀元前600年頃にギリシャにおいて、コハク（琥珀）を用いて発見され、Electricityなる語はギリシャ語のコハクに由来しているといわれている。しかしこの絶縁

物の静電気現象についてはその後ほとんど顧みられず放置されていたが、最近ようやく関心が深まり、誘電体や放電現象に関する研究ならびに各種測定法の発達に伴い発電機構も漸次解明されつつある。

実験的には単に摩擦のみならず、接触、剝離、打撃、凍結等によつても静電気が発生する。摩擦も迂り摩擦のみならず、ころがり摩擦によつて発生する。また固体同志の摩擦のみならず、固体と液体との摩擦においても発生する。さらに、異物質間の接触または摩擦のみならず同一物質間でも帯電する。したがって現実には一度接触があれば、特にその間に多少でもスリップがあれば、必

表 1 帯電列

Lehmicke	Hearsh and Montgomery	Ballou
(+)	(+)	(+)
ガラス		
人毛	羊毛	羊毛
ナイロン糸	ナイロン	ナイロン
ナイロンポリマー		
羊毛		生糸
絹		
ビスコースレーヨン	ビスコースレーヨン	ビスコースレーヨン
木綿	木綿	木綿
紙	生糸	
ラミ		ラミ
硬質ゴム		
アセテイトレーヨン	アセテイトレーヨン	アセテイトレーヨン
合成ゴム	ルサイト	
	PVOH	ダクロン
オーロン	オーロン	オーロン
	PVCI	
	ダイネル	
	ペーロン	
ポリテン	ポリエチレン	ポリエチレン
		サラ
(-)	(-)	(-)

ず静電気が発生するものと、考えて差支えないようである。

ただ発生した静電気が蓄積するか、漏洩してただちに消失するかはそのときの条件によつて異なる。

二つの物質を摩擦したときに、どちらが正に帯電し、どちらが負に帯電するか種々な物質について帯電符号を調べ、その順に列べたものを帯電列と呼び、古くから数多くの研究が行われてきた。その代表的な帯電列を示せば、表1の通りである。

一般に表1の(+)側の物質と(-)側の物質とを摩擦すると、(+)側には(+), (-)側には(-)が帯電する。この表中において二つの物質の配列がはなれていく程、帯電量は大きくなるようである。またこのような帯電列が何故おこるかについては未だ十分に解明されていない。

次に実際に工場において静電気が帯電したために災害危険があると考えられる主な場合をあげて説明しよう。

2.2 引火性液体の帯電

ガソリン、エーテル、石油ベンジン、ミネラルスピリット、トルエン、キシレンなどの液体は一般に固有抵抗が高く $10^{12} \sim 10^{14}$ ohm-cm 以上有するものが多い。大体において炭化水素系の液体類は良好な電気絶縁体と考えてよい。

これらの液体が金属およびガラス、プラスチック等のパイプの中を流動する際にはパイプおよび液体に静電気が発生する。しかし液体の固有抵抗が 10^9 ohm-cm 位以下の場合には静電気の漏洩が大きく帯電することはほとんどないものと考えてよい。

しばしば溶剤として用いられる酢酸エステル類は炭化水素系にくらべて、電気抵抗ははるかに小さく、その固有抵抗は酢酸ブチルで約 10^9 ohm-cm、酢酸エチルで 10^7 ohm-cm、セロソルブアセテートで 10^6 ohm-cm 程度である。したがつて一般にほとんど帯電現象が見られない。つぎに、メチルアルコール、変性アルコール、ブチルアルコールなどのアルコール類、およびアセトン、メチルイソブチルケトン、セロソルブなどのケトン類も固有抵抗は非常に低く、大体 10^6 ohm-cm 以下である。

次に油脂の抽出工場において細口ガラス瓶に金属製漏斗をさし込み、濾紙または濾綿を用いて、溶剤を濾過する場合、濾紙また濾綿を通して液体が流下するとき、それらに帯電する。このためガラス瓶で絶縁されている金属製漏斗が高電位になる。このようなとき漏斗付近に接地体または人体が接近すると、その間で放電火花を発生して周囲の蒸気に引火し、災害を引き起すことがある。

例えば、この種災害事例を上げれば次のようなものが

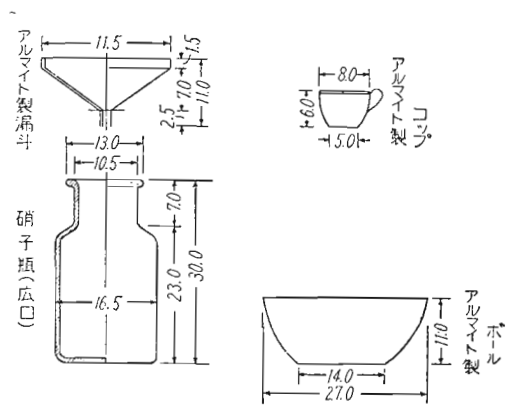


図1 災害事例

ある。

例(1) 昭和29年3月、神奈川県内の某製薬工場において1 l入のガラスの空瓶にホーロ製の漏斗をのせ、その内側に濾紙をまき、ベンゾールを濾過するときに発火し、工場一棟を焼失した。

例(2) 昭和32年5月、東京都内の通信機部品製造工場において、図1に示すようなガラス瓶にアルマイト製の漏斗をのせ、漏斗の首のところに指先大位の脱脂綿をつめ、2 lのシンナーの入ったアルマイト製ボールを左手でかかへ、図中のコップでシンナーを汲みとり、漏斗に5~6杯注入したときに漏斗上で発火し、1名死亡し、3名火傷した¹⁾。

2.3 粉塵の帯電

粉体がスパウト(樋)またはパイプの中を流動する場合に強い帯電が現われる。この際の帯電は主として粉体と他の物体との摩擦によるものと考えられる。

粉砕、篩別、混合等の作業においても同様帯電する。また、圧縮空気を送り送給する場合には、著しく帯電する。これらが点火源となつて粉塵爆発を起した例も少なくない。例えば、昭和28年1月、神奈川県下の某製粉工場²⁾において、小麦粉製品の貯蔵タンクが作業中に爆発し、火災を生じた。その原因の一つとして小麦粉の帯電による静電気火災が考えられる。

2.4 ベルト、ロール等による帯電

動力伝導装置のベルトがプリーと密着して離れるとき、あるいはベルトがゆるいときプリーとの往りの摩擦などによつて強く帯電する。ベルトがプリーの近くでは静電容量が小さくなり、電荷の漏洩が少ない場合はそれだけ大きな電圧が現われる。

ベルトの帯電個所とその電圧との関係を示せば図2および表2の通りである。

表2 ベルト上の静電圧³⁾

測定箇所 No.	A	B	C	D	E	F
1	0	23,500	25,500	25,500	17,250	0
2	0	19,500	25,500	25,500	17,250	0
3	0	21,500	25,500	27,500	19,500	0
4	0	27,500	29,750	27,500	19,500	0
5	0	19,500	21,500	21,500	21,500	0
6	0	21,500	25,500	27,500	23,500	0
平均	0	22,166	25,541	25,833	19,750	0

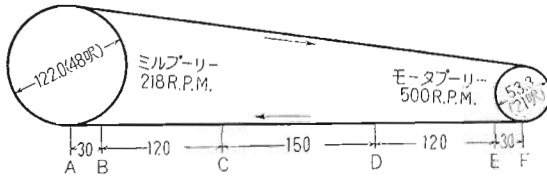


図2 ベルト上の静電気測定箇所(単位 cm)

しかしこれらよりも、ゴム工場、フィルム工場、絆創膏工場、グラビア印刷工場等において、可燃性溶剤を含む非電導のシートがローラ間を通つた直後に強烈に帯電し、それが原因となつて爆発を起し、または電撃を感ずることがしばしばある。この場合、ローラが金属であると絶縁物であるとかかわらずシートは帯電し、またこの帯電は金属ローラを単に接地しただけでは除くことができない。

この種の災害事例には次のようなものがある。

例(1) 昭和30年11月、大阪市内のKゴム工場で、ゴムロールで生ゴムにスポンジ材料であるD.P.T. (Dinitroso Pentamethylene Tetramine) を混合しているときに出火した。ロールで発生した静電気放電によりゴムのD.P.T.に着火したたものと思われる。このD.P.T.は極めて燃えやすく、乾燥中にもよく事故を起している¹⁾。

例(2) 昭和31年6月、東京都内のポリエチレン印刷工場で、グラビア式輪転機によりポリエチレンに印刷中ロール付近から発火した。ロールは銅製のものが用いられていた。接地は輪転機そのものではなく、輪転動力用のモーターの接地線も途中で断線していた。

2.5 人体の帯電

湿度が低く特に50%以下の場合に、ゴム靴またはゴム底靴のごとく非電導性の履物をはいている場合には人体は比較的容易に帯電する。電導度の低い床を歩き廻つた場合、あるいは毛またはナイロンなどの被服を着てはげしく手足を動かした場合などに帯電する。例えばアメリカの病院の手術室では麻酔用エーテルまたはサイクロブ

表3 人体の静電容量 (Guest)⁴⁾

裸足と床との距離 (mm)	155	89	46	12.8	1.1	0.5	0.25
人体の静電容量 (μF)	75	100	130	190	850	2,300	6,800

ロパンを用いるときに、その手術関係者自身が帯電するのを防ぐために、身につける一切の衣服に毛またはナイロン製のものの着用を禁止している。主に木綿を着用して、履物には電導性のものを使用している。しかし、最も多く帯電するのは、可燃性液体がノズルより強く噴出し、その蒸気の発散している場所に立つたり、プラスチック類をロールで処理し、はなはだしく帯電している場合に、それに接近して立っている場合である。また高圧の水蒸気が漏れて噴出している場合に、その付近に立つとはなはだしく帯電する。

人体の静電容量は、主としてはいている靴の底の厚さによつて影響をうける。足の裏と床との距離、すなわち靴底の厚さと人体の静電容量との関係の一例を示すと、表3の通りで、一般に普通の状態では人体の静電容量は約200 μF 程度と見なされている。

したがつてこれらの帯電している人が接地体に触れた場合、自己の持つ電荷を直接放電するので、はげしい電撃を受けるのみならず、その火花によつて付近の可燃性蒸気に着火することも十分に考えられる。

表4 ガス爆発に必要な火花放電の最小エネルギー⁴⁾

エーテル蒸気の濃度 (Vol.%)	酸素と窒素との比 ($\text{O}_2/\text{O}_2+\text{N}_2$)	火花電圧 (KV)	容量 (μF)	着火に必要な最小エネルギー (mj)
5	0.21(空 気)	6.0	11	0.198
7	0.35	3.7	5	0.034
9	0.50	2.3	5	0.013
11	0.67	1.75	2.2	0.0033
14	1.00(純酸素)	1.25	1.6	0.00125

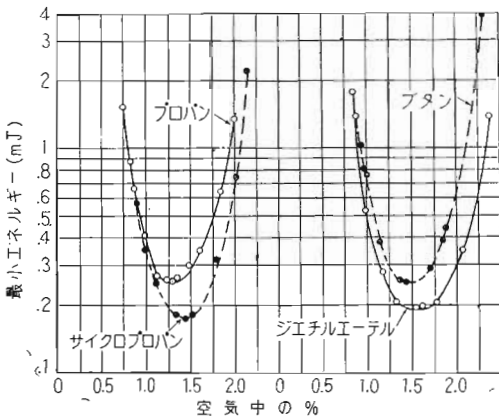


図3 空気中における最小着火エネルギー³⁾

2.6 着火に必要な最小エネルギー

帯電体における静電気の蓄積量は一般に極めて小さいので、その放電による火花のエネルギーも少く、したがってこの火花で果して可燃性ガスや粉塵に着火するか否かが問題である。

2.6.1 可燃性ガス又は蒸気の最小着火エネルギー

可燃性ガスまたは蒸気の最小着火エネルギーは、可燃性ガスの濃度、酸素の濃度、および火花間隙長等の条件で変化する。例えば表4によれば、空気中で5%のエーテルが混合したときの最小着火エネルギーはわずかに0.198mJである。しかし酸素濃度を増し純酸素中に14%のエーテルが混合すると0.00125mJ (1.25μJ マイ

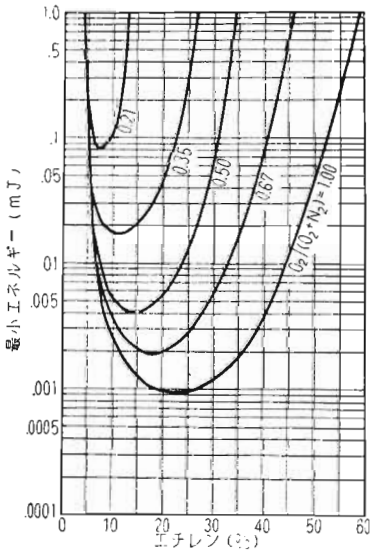


図4 エチレンの最小着火エネルギー³⁾

クロジュール)となり、着火エネルギーは低くなっている。

また空気中におけるプロパン、サイクロプロパン、ジエチルエーテルおよびブタン等の最小着火エネルギーは図3の通りである。これらの値は図4および図5に示すエチレン、ジエチルエーテル、およびサイクロプロパン等が種々の酸素濃度およびガス濃度の混合割合を変化した場合の最小着火エネルギーの約200倍大きな値を示しており、それだけ安全である。

なお火花放電の場合の火花電圧を V 、回路の静電容量を C 、荷電量を Q とすれば、 $Q=CV$ で、放電エネルギー E は、大体において、

$$E = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

と考えられる。

病院の手術室における麻酔ガスの最も危険な濃度の場合には、その電圧を1,000V以下に押える必要があるといわれている。したがって $V=1,000V$ 、 $E=1\mu J$ とすれば、上式により $C=2 \times 10^{-6} \mu F = 2PF$ (ピコファラド) となる。 C がもつと大きい場合は650V位でも着火するといわれている。

なお上記の式により各種の静電容量ならびに電圧に対する放電エネルギーを計算すれば表5の通りである。

2.6.2 粉塵の着火エネルギー

粉体を適度な密度で空気中に浮遊させ、適当な着火源を与えれば烈しく爆発する。普通可燃物と見なされない

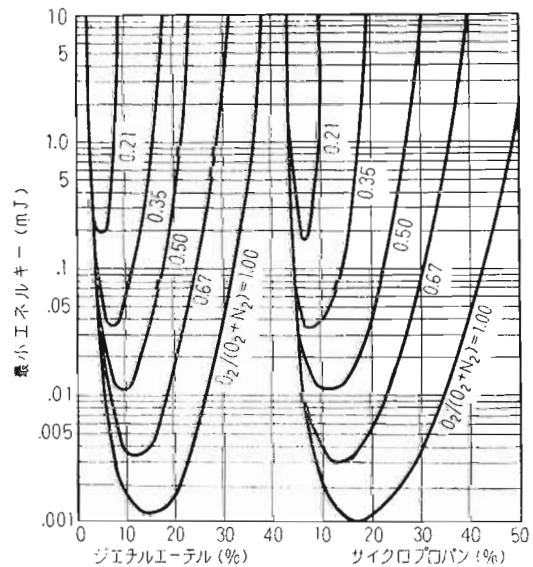


図5 ジエチルエーテルおよびサイクロプロパンの最小着火エネルギー³⁾

表5 電圧に対するエネルギー⁴⁾

帯電電圧 (V)	放 電 エ ネ ル ギ ー (mj)						
	静 電 容 量 (μF)						
	5	10	15	100	200	300	500
500	0.0006	0.0012	0.0031	0.0125	0.0250	0.0375	0.0625
1,000	0.0025	0.0050	0.0125	0.0500	0.1000	0.1500	0.2500
2,000	0.0100	0.0200	0.0500	0.2000	0.4000	0.6000	1.0000
3,000	0.0225	0.0450	0.1130	0.4500	0.9000	1.3500	2.2500
5,000	0.0625	0.1250	0.3130	1.2500	2.5000	3.7500	6.2500
10,000	0.2500	0.5000	1.2500	5.0000	10.0000	15.0000	25.0000
15,000	0.5630	1.1250	2.8120	11.2500	22.5000	33.7500	26.2000

表6 粉体の爆発特性⁵⁾

粉 体	粉塵の点火 温 度 (°C)	電気火花による 最小着火エネルギー (mj)	下部爆発限界 (g/m ³)	爆発最大圧力 (atm)	圧力上昇速度 (atm/sec)	
					平 均	最 大
マグネシウム	520	20	20	4.9	300	320
アルミニウム	645	20	35	6.1	146	390
松 脂	390	10	15	3.8	85	200
ポリエチレン	450	80	25	5.6	27	85
硬質ゴム	350	50	25	3.9	58	230
石 炭	510	40	35	3.1	24	54
コーンスターチ	470	40	45	4.9	71	146
石 け ん	430	60	45	4.1	45	88

砂糖、小麦粉、澱粉、ココア等を始め、塊状では燃焼の可能性さえ考えられない金属粉等も爆発する。

次に各種の粉体の爆発特性を示せば、表6の通りである。この表を見ると、これら粉体の下部爆発限界濃度は大体 15~15g/m³ であり、これに対し上部爆発限界濃度は明らかでない。電気火花による最小着火エネルギーもガスまたは蒸気に比し遙かに大きく大体 10~80mj である。この最小着火エネルギーは一般に粉体粒子の小さい方が小さい。この関係を示したものが図6である。

また最小着火エネルギーは、粉塵濃度の爆発限界内においては濃度にかかわらずほぼ一定である。粉塵中の酸素量を少なくすると最小エネルギーは大きくなり、着火しにくくなる。しかしながら粉塵の場合は、一部に燃焼が起るとそれによつて空気が攪き乱され、堆積している粉体が舞上つて室全体の爆発が起り得るものである。

3. 静電気による災害の防止対策

静電気による災害を防止するためには、静電気が危険な火花を発生しうる程度にまで蓄積することを防止しなければならぬ。そのためには静電気の発生を防止する

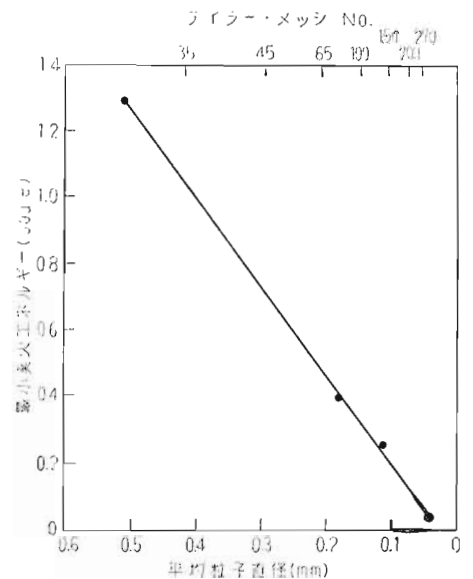


図6 電気火花による着火エネルギーと粉塵の粒子直径の関係(酢酸纖維素の粉末⁶⁾)

表7 スパウトの帯電量と粉体の帯電量との比較⁶⁾
 金属スパウト垂直 ※1 1955. 3. 11 曇 10°C 61%
 ※2 1953. 5. 1 晴 16°C 67%

実験装置	スパウトの種類	粉体の種類	実験回数	落下量(g)	落下時間(sec)	帯電量 ($\mu\text{c}/100\text{g}$)		備考
						粉体平均値 (最小~最大)	スパウト平均値 (最小~最大)	
I	2 ϕ 100cm	重質炭酸石灰	7	100	35~36	+0.465(0.443~0.487)	-0.479(0.456~0.500)	※1
	"	小麦粉 D	7	100	34~36	+0.376(0.362~0.385)	-0.347(0.327~0.352)	
II	10cm ϕ 900cm	小麦粉 C	3	6,400~8,300	26~32	+0.626(0.618~0.636)	-0.633(0.632~0.634)	※2
	9cm \square , 900cm	小麦粉 C	3	7,400~8,100	26~29	+0.545(0.536~0.554)	-0.566(0.562~0.570)	

表8 グリッド挿入による帯電量の変化⁶⁾
 実験装置II 木製スパウト 9cm \square 900cm 垂直 1953.3.16 曇 13°C 72% 小麦粉C
 グリッド4mm ϕ スパウト下端より22.5cmに挿入

グリッドの本数	実験回数	落下量(g)	落下時間(sec)	帯電量 ($\mu\text{c}/100\text{g}$)		備考
				平均値	(最小~最大)	
10	2	5,800~6,700	26~28	粉体 +0.547	(0.546~0.548)	グリッド接地
	2	4,100~6,800	24~29	グリッド -0.213	(0.212~0.214)	
なし	2	6,300~6,600	28	粉体 +0.321	(0.318~0.324)	グリッドなし

方法、あるいは発生した静電気を漏洩、中和等により除去する方法が考えられる。またこれらの対策を樹てるためには帯電状況を正確に把握することが必要である。

3.1 静電気発生の防止

静電気の発生自体を防止することは最も根本的な方法であるが、実際には極めて困難である。しかし多少でも静電気の発生を少なくすることが必要で、そのために次のような方法が考えられる。

3.1.1 摩擦を少なくすること

静電気の最も多く発生するのは、こり摩擦である。単に圧着させた場合と多少でもスリップさせた場合とではその帯電量は二桁近くも異なるといわれている。したがって一般に、できる限りスリップさせないことが望ましい。

また粉体や液体を流下させた場合、空気との摩擦ではほとんど帯電しないが、壁面などの摩擦では著しく帯電する。例えば当所で筆者らが実験を行った結果によれば金属スパウトをゴムまたはパラフィンにて絶縁し、その中に小麦粉または重質炭酸石灰を流下させた場合に粉体の帯電量とスパウトの帯電量とは表7に示すように、絶対値は大体において相等しく、極性が反対であった。

また当所内に設けた模型小麦粉タンク(1.5m角、高さ10m)を利用して約9mの高さより小麦粉を落下させ直接受器で受けて、その帯電量を測定した結果は表7に示す9mのスパウト中に落下させた場合の50分の1ないし100分の1であった。したがって粉体を空気または粉体の粒子間の摩擦による帯電は極めて少く、もっぱら粉体とスパウトその他の壁面との摩擦によつて帯電するものと考えられる。

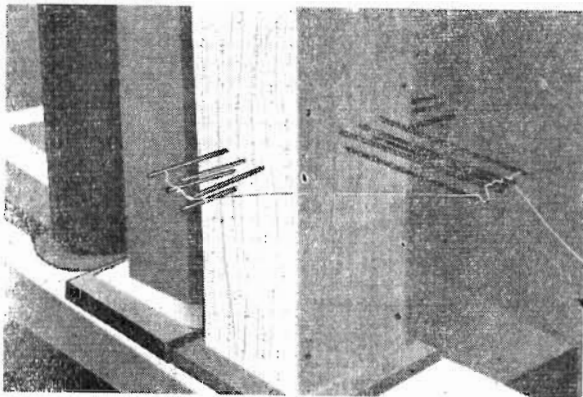


図7 スパウトにグリッド挿入状況

次に粉体の流動する過程に障害物を設けて摩擦を多くすると、帯電量が著しく増加する。例えば木製スパウト中にグリッドを挿入した場合には表8に示すように流下した粉体の帯電量はグリッドのない場合に比し大きく、その差はグリッドに生ずる帯電量に近い。したがってグリッドを挿入して接地することにより粉体の有する電荷を多少でも除去できると考えるのは誤りでかえって増加する。

またパイプ中を流動させる場合には流速が帯電量に著しく関係する。したがって特に帯電量を少なくする必要のある場合には、許される範囲で流速を小さくすることも考えられる。それについて当所で小麦粉のグリッドの位置による帯電量の変化を測定した結果が表9に示す通りである。この表によれば、スパウトの下端に挿入した場合の方が中間に挿入した場合よりも帯電量が多い。粉体の流下速度が大きいためではないかと考えられる。またグリッドの本数の多いほど帯電量も大きい。したがって摩擦の増加しただけ、帯電量も増加するものと考えられる。

3.1.2 相互の材質を検討すること

摩擦帯電において、帯電量は相互の材質によつて異なる。原理的には帯電列において近い帯電順位にあるものの方が帯電量が少ない。しかし必ずしも実際にはこれに一致しない。ある実験の結果では、ベンゾールを種々の金属製パイプを通じて圧送した場合に、鉄が最も帯電量が多く、銅、真ちゆうがこれに次ぎ、鉛が最も少ないと報告されている。

筆者らが当所および製粉工場において金属スパウトと木製スパウトとの比較実験を行つた結果表10の通りで金属丸型と金属角型では大差がないが、木製スパウトは帯電量が少ない。殊に、傾斜させた場合にその差が大きい。木製の場合には金属に比し粗面で粉が付着し易く、壁との摩擦の実効面積が減少することも影響していると考えられる。

木脇氏²⁾は接地した傾斜支持板上に種々の材質の板を取付け、その上に小麦粉を流下させて粉の帯電量を測定した結果、木板、ガラス板等は帯電量少く、アルミ板、トタン板、ベーク板等の帯電量が多いと報告している。

表9 グリッドの位置および本数による帯電量の変化⁶⁾

実験装置II 木製スパウト 9cm□900cm 垂直 1953.4.15 晴 12°C 63% 小麦粉C

グリッドの位置	グリッドの本数	実験回数	落下量 (g)	落下時間 (sec)	帯電量 ($\mu\text{c}/100\text{g}$)		備考
					平均値	(最小~最大)	
スパウト下端より 22.5cmへ挿入	10	2	5,800~6,200	27~28	+0.580	(0.570~0.590)	グリッド 4mmφ接地
	6	5	1,200~6,200	10~27	+0.489	(0.468~0.510)	
	3	3	4,900~6,800	25~27	+0.409	(0.400~0.424)	
スパウト下端より 461.5cmへ挿入	10	3	6,700~7,300	26~28	+0.497	(0.482~0.508)	グリッド 4mmφ接地
	6	2	6,500~6,700	26	+0.464	(0.460~0.468)	
	3	2	6,700~6,900	27~28	+0.403	(0.402~0.404)	
なし	なし	2	6,400~6,800	26~27	+0.307	(0.306~0.308)	

表10 スパウトの材質形状による帯電量の変化⁶⁾

試料 小麦粉C ※1 1953.5.1 晴 16°C 67% ※2 1953.8.30 曇 24°C 73%

実験装置	スパウトの種類	実験回数	落下量 (g)	落下時間 (sec)	帯電量 ($\mu\text{c}/100\text{g}$)		備考
					平均値	(最小~最大)	
II 垂直	金属丸型 10cmφ 900cm	3	6,500~7,300	26~29	+0.599	(0.598~0.600)	※1 含水率 13.6%
	金属角型 9cm□ 900cm	3	6,900~7,200	27	+0.617	(0.610~0.620)	
	木製角型 9cm□ 900cm	3	4,700~6,500	22~28	+0.463	(0.448~0.476)	
III 傾斜 60°	金属丸型 18cmφ 高さ 322cm	4	51,900~60,600	45	+0.0981	(0.0955~0.106)	※2 含水率 13.0%
	木製角型 18cm□ 高さ 322cm	5	51,600~64,400	40~50	+0.0208	(0.0160~0.0252)	

表 11 木製スパウトの内面塗料の種類による帯電量の比較⁶⁾
 実験装置 II 木製スパウト 9 cm □ 900 cm

粉体の種類	塗料の種類	実験回数	落下量 (g)	落下時間 (sec)	帯電量 ($\mu\text{C}/100\text{g}$)		備考
					平均値 (最小~最大)		
小麦粉 C	ポリニール	6	11,900~13,700	18.0~19.0	+0.0718 (0.0564~0.1094)		1954.1.16 曇 9°C 55%
	エバトップ	6	9,400~10,650	18.5~19.0	+0.304 (0.278 ~0.341)		
	ビニレン	6	9,550~10,500	18.5~19.0	+0.448 (0.386 ~0.475)		
小麦粉 C	ポリニール	6	7,700~ 9,200	18.0~19.5	+0.0485 (0.0392~0.0637)		1954.1.16 曇 9°C 55%
	エバトップ	6	5,900~ 6,500	18.0~22.5	+0.209 (0.193 ~0.220)		
	ビニレン	6	5,800~ 7,700	17.0~23.0	+0.584 (0.558 ~0.637)		
小麦粉 B	ポリニール	5	8,000~11,900	18.5~20.0	+0.0803 (0.0572~0.0971)		1954.1.18 曇 9°C 59%
	エバトップ	5	5,700~ 9,900	16.0~21.0	+0.173 (0.148 ~0.197)		
	ビニレン	5	8,300~ 9,400	19.0~20.0	+0.274 (0.227 ~0.331)		

表 12 塗料ポリニール No.50 の成分表⁶⁾

成分	含水率 (%)
酢酸ビニール	30.0
ポリビニール	4.0
フタル酸ジブチール	3.0
酒石酸	0.12
ソーダ灰	0.08
過酸化水素	0.15
酸化チタニウム	30.0
水	32.65

また材質によつて帯電量が変化するように、表面の塗料によつても帯電量が変化し、帯電量の低くなるものもある。例えば木製スパウトの内面にビニール系の三種類の塗料を塗つて帯電量を比較した結果が表 11 の通りでポリニールが特に低い。ポリニールの成分は表 12 の通りである。

金属スパウトにフタル酸樹脂を主成分とする絶縁ワニス系の防蝕塗料を塗つた結果は表 13 の通りで帯電量がやや少ない。しかし現場においてタンクの内面やスパウトの内面に塗料を塗るには、塗料の絶縁抵抗や内部の電位上昇等についても十分に検討しなければならない。

また筆者らはスパウトについてその傾斜角度が帯電量にいかん影響するかを測定したが、その結果は表 14 および図 8 の通りである。傾斜角度が少いときは落下速度が遅いために帯電量が少く、一方垂直に近くなれば壁面との摩擦が少くなり、ふたたび帯電量が減少するのではないかと考えられ、70°~75°にて最高値を示している。

木脇氏⁷⁾は傾斜板上に小麦粉を流下させた場合に、その帯電量は板の傾斜角度によつて変化し、45°では少く

表 13 金属スパウト内面塗料の有無による帯電量比較⁶⁾

実験装置 I 金属スパウト 2 ϕ 100 cm 垂直 接地 1955.3.11 曇 10°C 61%

粉体の種類	塗料の種類	実験回数	落下量 (g)	落下時間 (sec)	帯電量 ($\mu\text{C}/100\text{g}$)		備考
					平均値 (最小~最大)		
小麦粉 D	絶縁ワニス	7	100	35.5 ~ 36.5	+0.299 (0.270 ~ 0.320)		粉温 9°C 含水率 14.4%
	なし	7	100	36.0 ~ 36.5	+0.369 (0.345 ~ 0.392)		

塗料、絶縁ワニス……比抵抗 $10^{14}\Omega\text{cm}/0.1\text{mm}$ 、耐圧 6,500V/0.1mm

表 14 金属スパウトの傾斜角度の影響⁶⁾

実験装置 I 金属スパウト 3"φ 100 cm 接地 1955.4.7 晴 15°C 66% 小麦粉 D

角 度 (°)	実 験 回 数	落 下 時 間 (sec)	落 下 量 (g)	帯 電 量 (μc/100g)	
				平 均 値	(最 小 ~ 最 大)
50	6	36.0 ~ 38.0	100	+0.390	(0.322 ~ 0.503)
55	"	35.5 ~ 38.0	"	+0.695	(0.562 ~ 0.852)
60	"	36.0 ~ 38.0	"	+0.945	(0.850 ~ 1.000)
65	"	35.0 ~ 38.0	"	+1.170	(1.060 ~ 1.360)
70	"	35.5 ~ 38.0	"	+1.490	(1.410 ~ 1.550)
75	"	36.5 ~ 38.0	"	+1.510	(1.350 ~ 1.600)
80	"	37.0 ~ 38.0	"	+1.020	(0.930 ~ 1.090)
90	"	35.0 ~ 38.0	"	+0.920	(0.875 ~ 0.965)

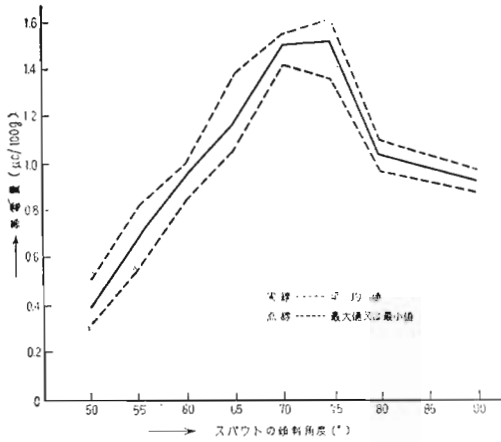


図 8 金属スパウトの傾斜角度の影響⁶⁾

大体において 60°~70° の場合が大きいと報告されており、筆者らの結果と同様の傾向を示している。

3.2 漏洩による電荷の蓄積防止

静電気が発生してもこれを速かに漏洩させて電荷の蓄積を防止すれば、放電による災害を防ぐことができる。

3.2.1 金属部分の接続、接地

粉体を金属板に流下させる場合に金属板を十分に絶縁した場合には、粉との摩擦により板上にそれと反対符号の電荷が蓄積するため、負効果 (Negative effect) が現われて粉の帯電が減少する。例えば筆者らが金属スパウトを用いて絶縁、接地による帯電量の変化を測定した結果は表 15 の通りで、パラフィンにて高度 (10¹² Ω 程度) に絶縁した場合には、接地した場合に比し、帯電量が少い。しかし現場にてスパウトをこのような高絶縁に保つことは困難であり、またスパウトの電位が上昇して危険である。次はゴムシートにて絶縁 (10⁸ Ω 程度) し

表 15 金属スパウトの絶縁、接地による帯電量の比較⁶⁾

金属スパウト垂直

※ 1 1955. 3. 11. 曇 10°C, 61%

※ 2 1953. 5. 1. 晴 16°C, 67%

実験装置	スパウトの類	粉体の種類	スパウトの状況	実験回数	落下量 (g)	落下時間 (sec)	帯電量 (μc/100g)		備 考
							平均値	(最小~最大)	
I	2"φ 100cm	重質炭酸石灰	接地	7	100	35.0~35.5	+0.600	(0.575~0.637)	※ 1 粉温 10°C 含水率 0.2%
			高絶縁	7	100	35.0~36.0	+0.424	(0.421~0.440)	
	2"φ 100cm	小麦粉 D	接地	7	100	35.5~36.0	+0.369	(0.345~0.392)	
			高絶縁	7	100	35.5~36.0	+0.284	(0.275~0.312)	
II	10cmφ 900cm	小麦粉 C	接地	6	5,200~7,600	18.0~29.0	+0.543	(0.524~0.576)	※ 2 含水率 13.6%
			低絶縁	3	7,400~8,100	26.0~29.0	+0.545	(0.536~0.556)	
	9 cm 900cm	小麦粉 C	接地	3	6,900~7,200	27.0	+0.617	(0.610~0.620)	
			低絶縁	3	6,400~8,300	26.0~32.0	+0.625	(0.616~0.636)	

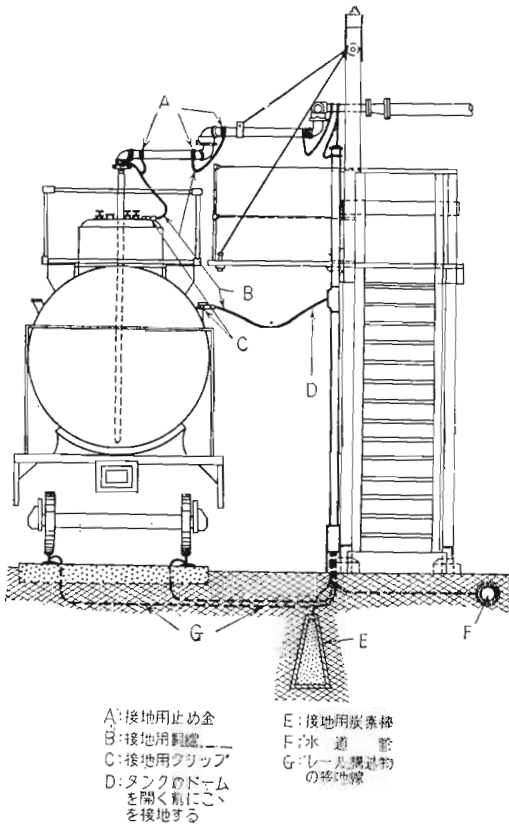


図9 タンク車の接地³⁾

た程度では、接地した場合に比し差異は認め難い。したがって現実には金属スパウトを絶縁しても、粉体の帯電量には大差がないものと考えられる。そしてスパウトの電位の上昇を防ぐために、常に接地することが必要である。

木脇氏⁷⁾の報告によればアルミ板を45°ないし75°に傾斜させて、その上に小炭粉を流下して帯電量を測定した結果、アルミ板をパラフィンにて絶縁した場合の粉の帯電量はアルミ板を接地した場合の約半分と云われている。

そのために金属のごとき電導体が電気的に絶縁された状態にあると、これに発生した電荷が蓄積して高電位となり、これに接地体が接近した場合には、この電導体の蓄積した全電荷が一時に放電して、発火、電撃等の災害をおこすことが多い。したがって機械器具装置等の金属部分はこれを刻明に接続して、完全に接地しておく必要がある。接地極には地下に埋没した水道管または接地用

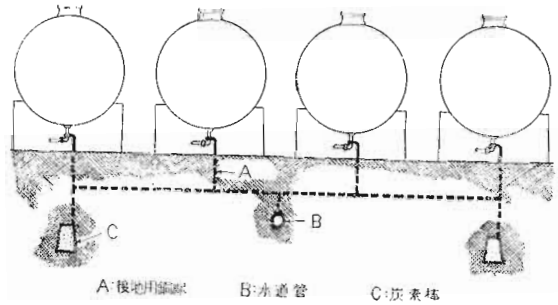


図10 溶剤貯蔵タンクの接地³⁾

炭素棒あるいは銅板等を使用する。接続線には十分に太い電線を用い、接続は頑丈に行う。必要に応じ接続金物を用い、または半田仕上げを行い使用中弛んだり切れたりするおそれのないように、十分注意しなければならない。図9および図10はそれらの一例である。

パイプラインの接続部分などで腐蝕等によつて接触抵抗が大きくなるおそれのある部分はあらかじめボンドをとつて置くことが必要である。また最近ビニールパイプ等が用いられているが、これが中間に挟まれたために金属パイプやその接続管が絶縁される場合が少くない。特に注意が必要である。図11はボンドを用いたところの1例を示す。

またホースの先に金属製ノズルを取付ける場合には、ホースに針金をまきつけたものを用い、ホースの他端の接続金具とノズルとを電気的に完全に接続しておくことが必要である。

次にプーリー、ロール等の回転体については、単にベアリング・ブロックを接地したのみでは十分でな

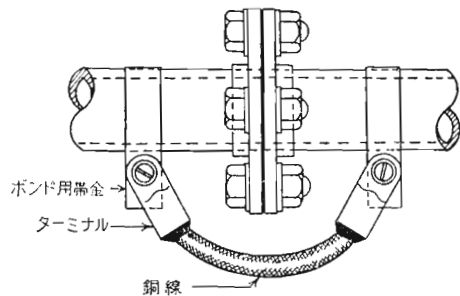


図11 パイプラインにおけるボンディング³⁾

い、潤滑油のフィルムによつて絶縁されている場合が少くない。したがつてこれらの接地抵抗が小さいことが確認されないかぎり、クリップまたはブラシにてシャフトまたはロールを直接接地することが望ましい。一つの容器から他の容器に可燃性液体を移注する場合には、まず両方の容器を電氣的に結合し、接地しなければならない。そのためには両端に簡便に容器に接続できるグラウンド・クランプを取りつけたコードを備えておくことが望ましい。図12および図13はそれを用いて接地している一例である。

以上のように金属部分はすべて克明に接続して接地すれば、これに発生する静電気は、ただちに、大地に漏洩して消失する。しかし相手の非電導性の液体や粉体の電荷は消失しないから、これについては別に対策を考えなければならない。

3.2.2 電導性の付与（絶縁抵抗の低下）

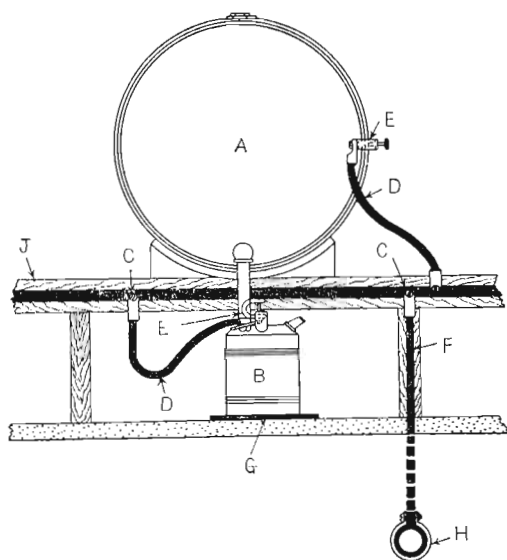
金属のごとき電導体に発生する電荷はこれを接地することによつて完全に除かれる。しかし絶縁体の表面に発生する電荷はその固有抵抗が高ければ他の物体が近づいても、その一部のみが放電するので、流れる電気量は少く、放電エネルギーは小さい。しかしこれで一概に発火による災害危険がないと安心することはできない。でき

る限り速やかに漏洩させることが必要である。

ドライクリーニング中に発生する電荷についての多くの実験の結果では比抵抗 10^{11} ohm-cm 以下であれば帯電が認められなかつた。

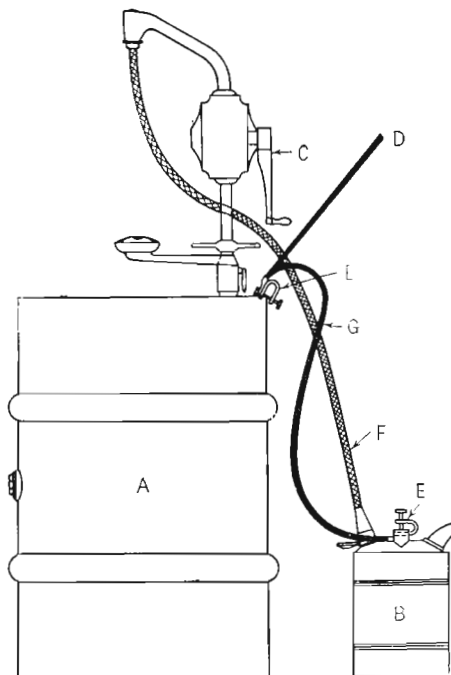
その他種々の可燃性液体を流動させた場合、 10^{11} ohm-cm 以上では帯電を認めるが、 10^9 ohm-cm 以下では漏洩が速くて全然帯電が認められない。比抵抗の高いベンゾール、エーテル、ガソリン、二硫化炭素等は帯電しやすいが、比抵抗の低いメタノール、重油等では危険が少い。したがつてベンゾール等に適当な物質を混合して比抵抗を低下させることも考えられる。

ゴム類、すなわち、ゴム・ロール、ゴム・タイヤ、ゴム底等は比抵抗が高いため帯電した電荷が漏洩せず種々の障害を生じている。そこでゴムに電導性をもたせ電荷の漏洩を速かにする一例として、ゴムの中に含まれるカーボン・ブラックの配合を増加することにより体積固有抵抗を低くしている。各種のゴムに対しカーボン・ブラックを配合したときの体積固有抵抗の変化状況を示せば図14～図17の通りである。



A: 溶剤ドラム
B: 安全缶
C: 接地固定銅線
D: 接地用可撓銅線
E: 接地用クリップ
F: 接地用銅棒
G: 接地銅板
H: 水適管
J: 架台

図12 屋外に据付けた溶剤容器の接地³⁾



A: 溶剤ドラム
B: 安全缶
C: ポンプ
D: 接地線
E: 接地用クリップ
F: 針金をファイニングした銅線
G: 接地用可撓銅線

図13 溶剤容器の接地³⁾

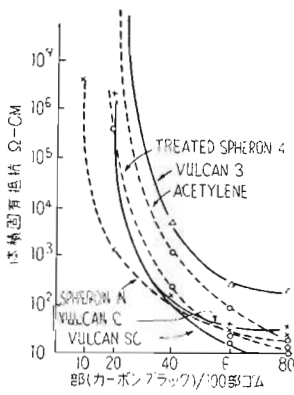


図 14 天然ゴムにカーボンブラックを配合したときの体積固有抵抗の変化⁸⁾

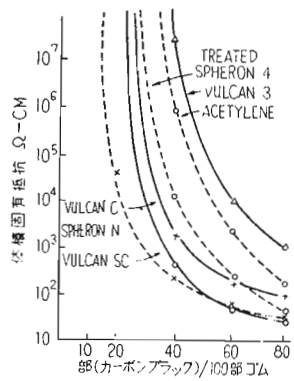


図 15 Cold Rubber にカーボンブラックを配合したときの体積固有抵抗の変化⁸⁾

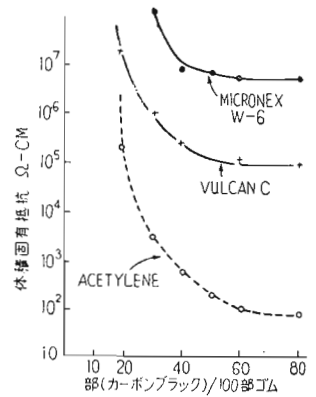


図 17 ブチルゴムにカーボンブラックを配合したときの体積固有抵抗の変化⁸⁾

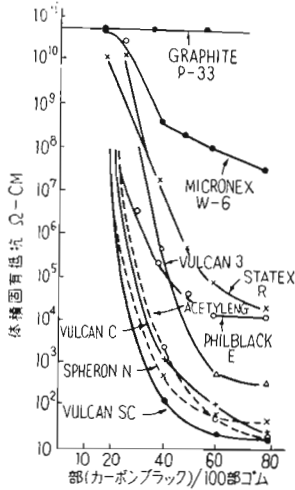


図 16 ネオプレンにカーボンブラックを配合したときの体積固有抵抗の変化⁸⁾

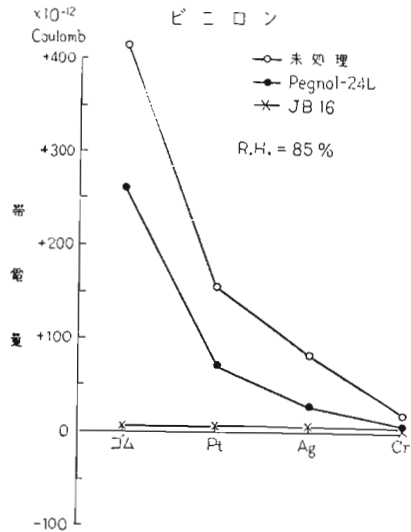


図 18 油剤によるビニロンの帯電量の変化⁹⁾

表 16 (a) 帯電防止用ゴムローラの配合⁹⁾

配合の特色 \ ローラの種類	#210	216	226	229	236	245	246	247
ソーダ灰					2	2		
チオ尿素	0.5	0.5	2	0.5		0.5	0.5	2
グリセリン	1	0.5	0.5	0.5		0.5	0.5	0.5
非イオン界面活性剤A	2	2	2	1	1	2	2	2
陽イオン界面活性剤B					1			
膠				5	5	5	5	5

表 16 (b) 帯電防止用ゴムローラの性能
20°C, 61%⁹⁾

ローラ種類	綿スライバーの電気量 (c/cm)	ローラ上の電気量 (c/cm)	表面抵抗 (Ohm)	水分吸着量 (mg/cm ²)
#246	+36~40 × 10 ⁻¹²	0 × 10 ⁻¹²	1.3 × 10 ⁹	× 10 ⁻¹
247	+46	0	1.3 × 10 ⁹	0.39
229	+48	-1	8.5 × 10 ⁹	0.38
216	+36~40	-1	4.6 × 10 ⁹	0.35
M-1	+30~35	0	2.8 × 10 ⁹	
Acor tex #490	+38~40	-1	5.1 × 10 ¹⁰	

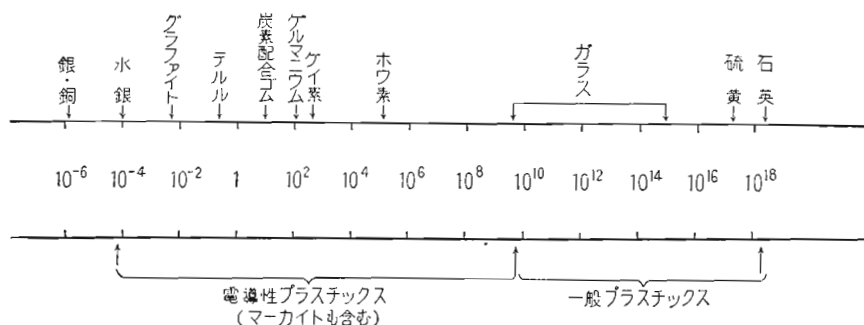


図 19 各種物質の体積固有抵抗 ($\Omega \text{ cm}$)

次に表面漏洩抵抗を低下させるために、繊維工業および写真工業等では表面塗布剤が多く用いられている。いわゆる帯電防止剤または油剤として販売されている。これは油剤処理により物質の表面の吸着性を増加させ、水分あるいは電解質により表面漏洩抵抗を低下するものである。油剤で処理した繊維の除電効果の一例を示すと、図 18 の通りである。その結果いずれも油剤未処理繊維に比べ帯電量は著しく減少している。油剤の種類による違いも非常に大きい。

次にゴム・ローラに同様に油剤を添加することによって静電気の漏洩を行っている。表 16 (a)~(b) は合成ゴム・ローラの基本配合に対し油剤、その他の配合剤を添加してローラの帯電を防止している一例である。

次に最近電導性樹脂および電導性塗料が市販されている（例えば商品名、ドータイトと呼ばれているものがある）。これは銀、銅あるいはカーボン・ブラック等の導体を 0.1 ミクロン以下に微粒化し、これを絶縁体である合成樹脂に添加したものである。現在は板状、糸状、塗料の三種類が製造されている。またこの電導性樹脂の製造可能な体積固有抵抗の範囲と各種物質の体積固有抵抗とを比較したものが図 19 の通りである。この図によれば相当広範囲の抵抗値が得られるので静電気防止剤としてかなり期待がもてるようである。

また、すでにある火薬工場で粉体の流れる一工程に電導性の塗料を用いて好成绩をおさめていると報告されている。

最近の新しい病院の手術室は空気調節が行われ、従来のように水洗等は行っていない。手術室の床材としてアスタイト、リノリューム等が用いられる。これらは普通の製品では絶縁抵抗が高く、静電気が発生した場合に蓄積してしまう。そこでこの蓄積を防止するために電導性床材として、電導リノリューム（商品名リノタイトと呼ば

れている）がつけられた。このリノタイトはすでに病院の手術室の床として用いられ、経年変化もなく、好成绩を上げているようである。

3.2.3 相対湿度の増加

空気中の湿度が高いと、物体の表面に僅かではあるが湿度のフィルムを作るようになる。このフィルムは気のつかないほどに僅かのものであっても、表面の電導性を良くし、電荷の蓄積を防止する。例えば、ガラスの表面抵抗と相対湿度との関係を調査した結果では表 17 の通りで、湿度に対し極めて敏感である。

また図 20 は合成繊維の漏洩抵抗と湿度との関係であり、図 21 は静電気発生量と湿度との関係を示したものである。

静電気災害は冬季に多いが、冬季には空気の相対湿度が低い上に、外界の気温が低いために、低温の外気が室内に入つて温められ一層室内の相対湿度を低下するためと考えられる。一般に、工場でも手術室でも、相対湿度が 70~80% に達すれば静電気による障害は認められなくなる。したがって事情の許すかぎり湿度を増すことが帯電防止上極めて有効である。例えば、ドライクリーニング工場で室内に蒸気を噴出させて湿度を常に 65% 以上に保っている。また、ドライランブラーでは扉を開く前に内部に蒸気を噴出させて静電気を除去している。

表 17 ガラスの表面抵抗¹⁰⁾

相 対 湿 度 (%)	相 対 抵 抗
100	1
80	4
70	30
60	800
50	30,000
40	600,000

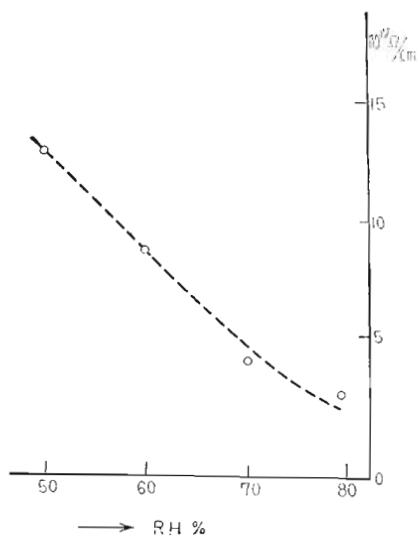


図 20 アミラン繊維の抵抗と湿度¹¹⁾

3.3 中和による除電

前記の方法で帯電を防止していない場合に、空気を電導化して目的物に逆極性の電荷を付着させ、これを中和して除電する方法がある。空気をイオン化するのにコロナ放電を利用する方法と放射性同位元素を使用するものがある。

3.3.1 コロナ放電によるもの

最も簡単なものは接地した金属ブラシまたは金属モール等を帯電体に近接して設置し自己放電させる方法である。電荷密度の大きい場合にはその大半を除去することができる。しかし引火危険のあるところでは一般に使用し難い。またある程度の電荷の残留することも本質的に止むをえない。図 22 はベルトの近くに他端が接地した金属モールを取り付け、除電を行っている例である。

したがって完全に除電を行うためには、針端突起、細線などのコロナ放電部を用意し、これに直流または交流の高圧を加えて使用する。直流の単極の場合（正または負のいずれかの極のみ）には電圧および距離に注意しないと逆帯電のおそれがある。また工程によっては電荷の極性が逆になる場合もありうる。これに対し正負両極性のイオンを発生させ電荷の極性に応じ、いずれかのイオンが選択的に使用される場合が多い。高抵抗を接続して電流を制限し、交流式においては電源と電極との間を絶縁物を介して容量結合し、電流を制限しているものもある。図 23～図 26 はその容量結合した除電器の特性の一

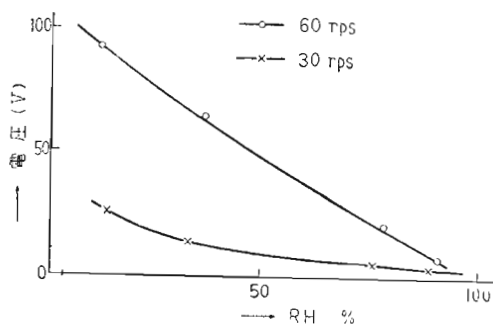


図 21 ゴム・ローラの帯電量と相対湿度¹¹⁾

例である。これら除電器の除電電流は帯電体の電圧と電源の電圧によって大きく変化し、帯電体と除電器の距離にも大きく影響される。

最近、この種除電器は極めて優秀な除電効果を示すものかできている。ただ引火危険のある場所での使用に際しては、回路電圧、短絡電流、電極の形状等を十分に検討し、必要ならば実験により放電による着火の危険のないことを確認しなければならない。また電源設備を危険場所に置く場合には防爆構造にしなければならない。

3.3.2 放射性物質を使用するもの

最近、放射性物質を用いた除電方法が盛んに研究されつつある。利用している放射線は現在 α 線、β 線、γ 線のいずれかを用いて除電している。α 線除電器としてはラジウム (Ra)、あるいはポロニウム (Po) 等が用いられている。またラジウムは他のものに比べてイオン源として強力であるが、γ 線をも出すので人体に対する危険性が多く、かつ高価である。しかし半減期は非常に長い。ポロニウムは危険性が少ないが半減期が短いので余り用いられていない。β 線除電器はタリウム 204 (Tl²⁰⁴) とストロンチウム 90 (Sr⁹⁰) がよく用いられている。Tl²⁰⁴、Sr⁹⁰ のいずれも γ 線を出さないの比較的安安全である。図 27 は Tl²⁰⁴ を用いた “Shirly” (英国) の現場用エリミネーターの一例である。同図の C は放射源を黄銅板 B の下側に塗布してある。その前面には保護の意

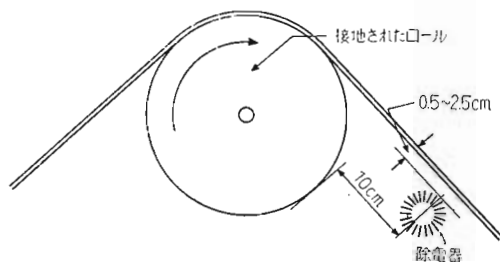
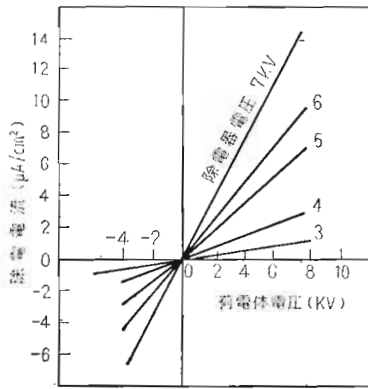
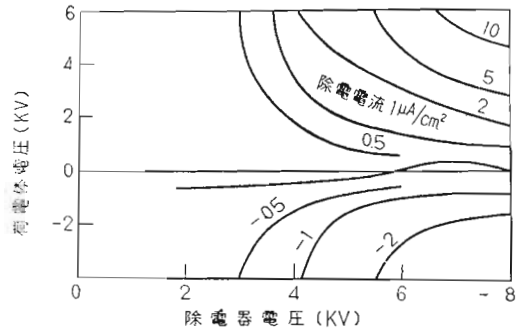


図 22 金属モールによる除電¹³⁾



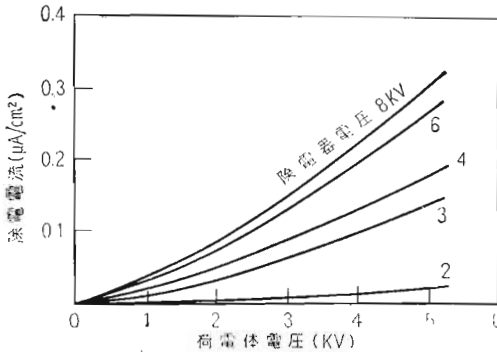
(除電器-荷電体間距離 1.5cm)

図 23 除電電流-荷電体電圧特性¹¹⁾



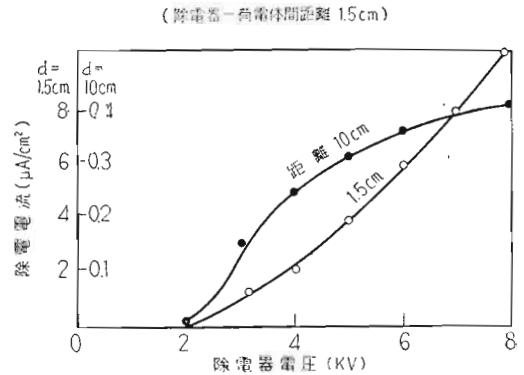
(除電器-荷電体間距離 1.5cm)

図 25 荷電体電圧-除電器電圧特性¹¹⁾



(除電器-荷電体間距離 10cm)

図 24 除電電流-荷電体電圧特性¹¹⁾



(除電器-荷電体間距離 1.5cm)

図 26 除電電流-除電器電圧特性¹¹⁾

味でアルミニウムの薄膜Dと金網Eとを設けてあり、全体は上ぶたBについて吊手で所要の場所につり下げられるようになっていいる。使用しない場合には同図の下側にすつぱりとおおいをしておく。

Tl²⁰⁴は半減期がやや短く3年である。これに対し、原子炉の副産物として生ずるSr⁹⁰はTl²⁰⁴に比べ半減期も約20年と長く、イオン化も強力である。そのため最近英国の織物工場では一台の織機にSr⁹⁰の除電器を2個とりつけることにより全く満足すべき除電効果が得られたと報告されている¹²⁾。

これらの放射性物質と対象物が余り近いときは放射線が十分空気をイオン化しない内に物体に到達し、また余り遠いときは生じたイオンが再結合してしまうので、図28のように、利用されるイオン量は、ある距離において最大値を取る。したがって余り近接しても無意味となる。

放射性物質による除電は、コロナ放電発生装置に比べ

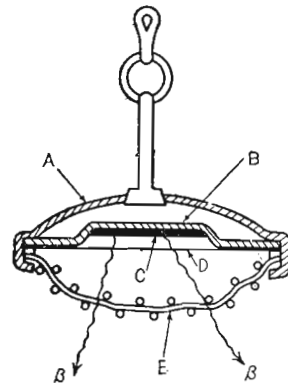


図 27 タリウム²⁰⁴のエリミネータ¹²⁾

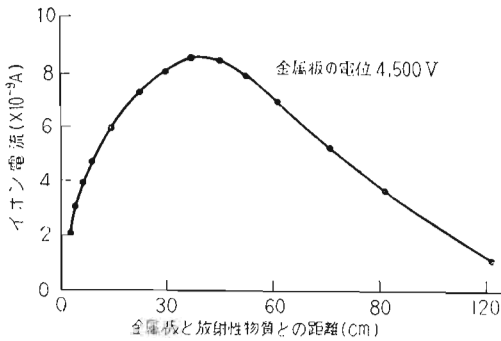


図28 放射性物質（タリウム 204, 2cm）との距離を変えた場合の金属板（44 × 33cm）から大地への漏洩電流¹⁴⁾

て小型で取扱いが簡便であるが、一方放射能による人体への影響があるので使用に際しては注意を要する。引火危険のある場合には、放射性物質による除電が安全である。

3.4 帯電状態の把握

静電気による災害危険を排除するためには、帯電状態を適確に把握することが必要である。そこで静電気の測定用として比較的現場で使用しやすいものについて簡単に説明する。現状ではこれらの測定結果により直ちに実際の災害危険の有無を決定することは困難である。しかし帯電状況を相対的に比較し、災害危険の程度を推定することができる。

3.4.1 質量電荷密度の測定

粉体または液体の流動による帯電状態を知るには、その質量または体積電荷密度を知ることが一つの目安になる。筆者らは粉体または液体の静電気の研究には主として図29に示す方法で測定を行った。

スパウトを通じて流下した粉体を高度に絶縁された金属製容器で受け、都電研製の静電電圧計を用いてその端子電圧を測定した。この静電電圧計は 1,500V 最大目盛の静電容量は約 10 P.F 程度で、絶縁は極めて良い。

測定は粉体の落下開始後 5 秒毎に静電電圧計の読みを記録し、落下終了後も落下時間 T と同じ時間だけ記録をつづけた。電圧計の指示は、通常落下時間に比例して増大し、落下終了時間に最高値に達し、その後僅かずつ減少する。落下終了後の電圧を V_m 、 $2T$ 秒後の電圧を V_1 とすれば、 T 秒間の電圧降下は $V_m - V_1$ で、その間の全装置よりの漏洩電荷は $C(V_m - V_1)$ である。

次に、落下開始より落下終了まで T 秒間に蓄電器の端子電圧は零より V_m まで、ほとんど直線的に増加するので、その間の漏洩電荷は大体 $\frac{1}{2}(V_m - V_1)$ と考え

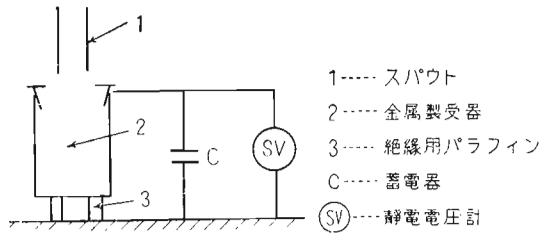


図29 静電電圧計法

られる。

ゆえに粉体の真の帯電量は

$$Q = C \left(V_m + \frac{V_m - V_1}{2} \right) = CV_m \left(1 + \frac{V_m - V_1}{2V_m} \right)$$

と考えられる。

一般に漏洩が少く $\frac{V_m - V_1}{2V_m}$ が 0.5% 以下が多く、その場合には $Q = CV_m$ として計算した。

現場実験にはこの方法は弾動検流計による電荷測定法よりもはるかに簡便であり、また粉体落下中の電荷の蓄積状況を知ることができる。ただ測定しようとする電荷が少く、蓄電器の容量が非常に小さい場合には漏洩による誤差が生じ易い。

3.4.2 表面電位および表面電荷密度の測定

フィルム、布、紙等の薄いシート状の帯電状態を知るためには真空管電位計が用いられている。これは現場での使用に適するように、携帯用にしたものが市販されている。これらは直流増巾式真空管電位計と交流増巾式真空管電位計および集電式電位計に大別される。

これらはいずれも真空管の制御格子に電荷を与えた場合の陽極回路に挿入した検流計等の振れを読み、この読みを電圧 (V) または電荷 (Q) に校正しているものである。ただ制御格子の入力を直流増巾しているものと、帯電体と制御格子へ接続した極板との間にアースした四枚の羽の極板を回転させると、格子極板にはほぼ正弦波の交流電圧が誘起される。これを交流増巾しているとの違いである。

集電式電位計は金属電極上に放射性物質ポロニウム等の α 線源を付着させたもので、高速度で放出される α 粒子の射突電離作用で空気をイオン化する。したがって集電器の前方に帯電体があると、その電界によつて正負の空気イオンはそれぞれの方向に移動し、集電器との間に電荷の授受を生じて帯電体と同一の電位にしようとする傾向がある。この集電器を真空管の制御格子に接続したものである。

最近これらの測定器は感度を広範囲に自由に調整できるものがつくられ、好成績をおさめている。

3.4.3 暗夜における放電の観察

以上のような測定方法の他に、簡便でしかも発火等による災害危険の防止上極めて有効な方法として、肉眼による放電の観察がある。暗夜に作業場を十分に暗くしてよく観察すれば、僅かなコロナ放電をも発見することができる。したがってこれにより思わぬ災害を発見することができるであろう。

4. む す び

以上静電気による災害危険とその対策について概要を簡単に説明した。最近静電気に関する研究が各方面において盛んになり、幾多の業績が発表されつつあるが、これらの問題についてはなお今後の研究にまつべきことが多い。殊に電荷の発生量と災害危険性との関係は、現場にそくした方法で研究を行い、現実的数値で安全の限界を求めることが必要と考えられる。最後に参考文献の主なものを挙げておく。

参 考 文 献

- 1) 静電気火災の実例 火災 Vol.7 No. 4. 1958
- 2) 帯電防止班. “小麦粉の貯蔵タンクの爆発事故について”
電気試験所研究報告 No. 549
- 3) N.F.P.A. “Static Electricity”
National Fire Protection Association Pamphlet No. 77 (1955)
- 4) P.G.Guest. V.W. Sikora & B.Lewis
“Static Electricity in Hospital Operating Suites” Bureau of Mines Bull.No. 520 (1953)
- 5) I. Hartman. Recent Research on the Explosibility of Dust Dispersions”
Ind.& Eng. Chem. Vol.40. No4. P.752~758. (1948)
- 6) 上月 他. “スパウトにおける粉体の帯電現象”
労働省産業安全研究所報 (1955 No. 1)
- 7) 木 脇 他. “小麦粉の帯電現象に関する実験結果” 電気試験所彙報. Vol.18. No.5 P.33~37
- 8) 一色節也. “カーボン・ブラック配合ゴム混合物の電気伝導性”
日本ゴム協会誌 Vol.30 No.3(1957)
- 9) 橘 高 他. “合成繊維工業における静電気障害と対策”生産と電気 Vol.8. No.6(1956)
- 10) “Static Electrification”
Brit. J. App. Phys.Suppl. No.2 (1953)
- 11) 橘 高 他. “紡績工場における静電気”
火災 Vol.7. No.4 (1958)
- 12) 古 賀. “静電気のつくり方, 消し方” 高分子 (1955. 9月号)
- 13) “繊維工業における静電気”
日本繊維機械学会, 研究資料 No. 11 (1957)
- 14) 伏 見. “工場における静電気防止策”
オーム (1956. 6月号)
- 15) 深 田. “誘電体の帯電現象”
応用物理 Vol.24. No.5~8 (1954)
- 16) 山 本. “静電気による放電現象”
応用物理 Vol.24. No.9 (1955)
- 17) 北 川. “安全工学から見た静電気”
応用物理 Vol.24. No.10 (1955)
- 18) 深 田. “静電気の測り方”
高分子 Vol.4. No.3 (1955)
- 19) “静電気災害とその対策”
労働省産業安全研究所. 安全資料 (1956)
- 20) 中 路 他. “静電気障害の防止と放射性物質の利用” エレクトロニクス (1957) 2月号