静電気による災害発生とその対策

上 月 三 郎*

1. 静電気による災害危険

1-1. 静電気による火災

消防庁の統計によると、静電気のスパーク放電による火災は第1表に示すようにしだいに増加し、年間100件以上に達している。

第1表 静電気による火災

年度別	区分	総火災件数	電気火災件数	静電気火災件数
昭和35年		43,679	4,910	71
36		47,106	5,858	78
37		49,644	5,627	81
38		50,478	6,011	91
39		49,020	6,082	108

1-2. 静電気による災害危険の調査結果

当所では、昭和40年9月に静電気による災害の発生しそうな事業場を対象として、アンケートにより、その実態を調査した。回答のあったのは363事業場で、その主な結果は次のとおりである。

1-2-1. 過去(昭37.1~40.8)における静電気災害の発生状況

a. 電 撃

静電気により作業者が電撃を受けたのは194事業場で全事業場の53.4%に達している。これを電撃のひん度別に見ると

「まれに」	68.6 %
「ときどきに」	27.8 %
「ひんぱんに」	3.6 %

なお電撃による大きな死傷災害はなかった。

b. 可燃性ガス蒸気への引火

静電気による放電火花で可燃性ガス・蒸気に着火したことがある事業場は50で、全事業場の13.8%、そのうち、爆発または火災を生じたのが24事業場で6.6%である。残りの26事業場では引火したが大事に至らなかった。

c. 可燃性粉じんへの着火

ガス蒸気の場合に比べて、粉じんへの着火の例は少なく、10事業場で全体の2.8%、そのうち、爆発または火災を生じたのが5事業場である。

なお静電気による放電火花を発生しているのが121事業場で、全事業場の1/3であり、そのうちの1/2が、ガスまたは粉じんに着火している。しかも一事業場で数回ないし十数回も着火したことがある事業場も含まれている。

d. 生産障害

静電気により糸や紙が互にくっつき合ったり、粉体がふるいの目を通りにくいなど、生産に障害のあった事業場が124で全体の34.2%、作業者が静電気による電撃をおそれて生産能率に影響したのが37事業場で10.2%である。したがって静電気により生産になんらかの悪影響を与えている事業場が全体の44.4%に達している。しかもこの比率は化学繊維業では79.3%、繊維工業では84.2%に達している。

1-2-2. 静電気による災害危険の現況

a. 現在における災害危険の概況

各事業場において現在静電気による災害の危険があるかどうかを調査した結果、全危険が486件で1事業場あたり1.34件に達している。全件数に対する分布は次のとおりである。

電撃を受けることがある	33.9%
ガス蒸気に着火し、爆発火災のおそれがある	20.2%
粉じんに着火し爆発火災のおそれがある	5.6%
放電火花を発生するが爆発火災のおそれはない	11.5%
生産障害を生じ、その損害は大きい	6.0%
生産障害を生ずるがその損害は小さい	22.8%

b. 最近1年間の災害危険発生ひん度

最近1年間に、電撃を受けたり、放電火花により着火したり、火災爆発を生じたのはあわせて何件ぐらいあるかということを調査した結果、回答のあった111事業場での内訳は次のごとくであった。

1~2件	71.2%
3~5件	17.1%
6~10件	3.6%

* Saburo Kōzuki 労働省産業安全研究所電気課長
Electro Static Hazard and Its Prevention

11 件以上 8.1%

1-2-3. 静電気の発生工程

前述のように静電気による災害危険があるが、これらの静電気がどのような工程において発生しているかを調査した結果は次のとおりで、発生工程の合計 592 に対する百分率で示したものである。

気体・液体・粉体の流送工程	25.5%
（気体—4.2, 液体—12.5, 粉体—8.8）	
気体・液体・粉体の噴出工程	11.6%
（気体—4.7, 液体—4.5, 粉体—2.4）	
粉体の混合・かきまぜ・口過工程	14.9%
（混合—6.3, かきまぜ—3.9, 口過—4.7）	
固体の粉碎・粉体の混合、ふるい	17.4%
（粉碎—6.1, 混合—4.7, ふるい—6.6）	
液状物の練り	2.4%
液状物の塗布	5.2%
固体のはく離	7.8%
その他の工程	15.2%

1-2-4. 静電気の帯電部分

静電気により帯電する部分を調査した結果は次のとおりで、全数 552 に対する百分率で示したものである。

パイプなどの流送部分	16.3%
ロール機などの粉碎・練りの装置	8.7%
ベルトなどの動力伝導装置	12.0%
ふるいまたは口過装置	8.7%
その他の機械装置	12.2%
加工中の原材料	14.1%
でき上がった製品または半製品	20.6%
その他	7.4%

1-2-5. 静電気による災害事例

前記調査において、各事業場において昭和 37 年 1 月より昭和 40 年 8 月までに発生した静電気災害の内、その主なものについて報告を求めたところ、78 例に達し、引火爆発または火災が 68 例、感電が 10 例である。業種別にみると、化学工業 38 例、ゴム製品製造業 30 例、パルプ紙加工品製造業 4 例、その他 6 例である。

2. 静電気災害防止対策

2-1. 静電気対策実施の現況

1-2. で述べたように多くの事業場において種々の静電気による災害危険を生じている。したがって各事業場においても、それぞれの立場から種々の対策を講じている。それを調査した結果の概要を示せば次のとおりである。

2-1-1. 実施している静電気対策の種類

300 事業場の内 275 事業場すなわち約 92 % の事業場が何らかの対策を実施しており、その総件数は 586 で、その内訳を示せば次のとおりである。

接地	36.8%
除電器の使用	23.0%
コロナ式	17.2%
自己放電式	5.3%
ラジオアイソトープ（R I）式	0.5%
湿度の増加措置	16.6%
導電性材料の使用	11.4%
除電剤の使用（塗布または浸漬）	6.2%
その他	6.0%

2-1-2. 静電気対策を講じていない場合の理由

前記 363 事業場のうち、静電気対策を全然講じていない事業場が 27、一部講じていないのが 139、無回答が 63 であるが、静電気対策を講じていない場合の理由について回答のあったのは 189 で、その内訳は次のとおりである。

電撃、引火、爆発、火災などの災害の心配がないから	33.9%
生産障害の影響がほとんどないから	36.5%
有効な対策がわからないから	11.1%
対策に費用がかかりすぎるから	3.2%
対策を講じたがあまり効果がないから	5.3%
その他	10.0%

2-1-3. 静電気対策実施の効果

2-1-1. に示すように種々の静電気対策を実施しているが、その効果はどうであったかを調査したところ、298 の回答があり、その内訳は次のとおりである。

非常に有効である	43.3%
かなり有効であるが十分ではない	43.6%
ほとんど有効でない	4.4%
わからない	8.7%

すなわち、非常に有効およびかなり有効であるとしているのは、あわせて 86.9 % になっており、大部分は講じた対策の有効性を認めている。

2-1-4. 現場における静電気の測定状況

有効な静電気対策を実施するためには、現場における静電気の発生状況を的確にはあくすることがきわめて大切である。そこで前述の 363 事業場に対し、静電気の測定状況を調査した結果は次のとおりである。

a. 測定の有無（回答数 288 の内訳）

測定器をもって、ときどき測定している	40.6%
測定器はもっていないが、測定してもらったことがある	23.3%
測定したことがない	36.1%

b. 使用した測定器の種類（回答数 184 の内訳）

電子管式電位計（集電式電位計、静電場測定器など）	54.9%
静電電圧計	33.7%
振動容量型電位計	1.6%

その他	9.8%
c. 測定した場合のひん度（回答数 206 の内訳）	
定期的に測定	17.0%
災害または障害の発生しそうな場合に測定	52.9%
その他	30.1%
d. 測定しない場合の理由（回答 151 事業場）	
測定器がないから	31.8%
測定方法がわからないから	14.6%
測定する必要があるから	37.7%
その他	10.9%

2-2. 静電気災害防止対策の要点

静電気災害防止対策の基本的な考え方の要点を示せば次のとおりである。

2-2-1. 静電気の発生の抑制

a. 摩擦の抑制

液体または粉体などの流動速度を抑制し、また流動過程中のスクリーン、ロ紙、ふるいなどの障害物を少なくするなど、接触分離（いわゆる摩擦）を少なくする方法を採用する。

b. 摩擦部材についての検討

静電気の発生量は接触分離する相互の材質およびその表面の状況によって異なる。帯電列も一つの目安にはなるが、現実には実験的に帯電量の少なくなるようなものを選定することが望ましい。

2-2-2. 導体部分の帯電除去

静電気の帯電は、静電気の発生と漏洩との関係によって定まる。したがって漏洩を図ることが望ましい。

a. 導体部分の接続接地

i) 作業工程または誘導現象によって帯電するおそれのある導体部分は、すべて確実に接続接地する。

ii) 接地抵抗は、単に静電気除去のみを目的とするときは、 $10^6\Omega$ 以下でよいが、電気設備の機体の保護接地または避雷用の接地と併用する場合はこれに適する接地方法および接地抵抗値を採用しなければならない。

b. 移動容器または装置類の接地

i) 導電性床および導電性タイヤなどを通じて自動的に接地されるようにすることが望ましい。

ii) 適当な接地用導線と接続金物（たとえばひっかけ形さし込接続器）を用いて、爆発危険の少ない場所で接続して接地する。また接地用リールを使用することが望ましい。

c. 回転部分の接地

回転部分の接地抵抗を検討し、必要ならば導電性の潤滑油または摺動ブラシなどを使用する。

b. ゴムホースのノズルなどの接地

ゴムホースやビニルホースのノズルや接続金物が絶縁されていて事故を起こすことが多い。導電性のホースを使用するか、または針金入のしかもリード付のホースを

使用し、そのリードを金具に接続して接地して置くことが必要である。

2-2-3. 不導体への導電性付与

a. プラスチック類

帯電したプラスチックの表面の放電火花により、可燃性ガスに着火することが明らかにされている。したがってプラスチック類の帯電を防止するために適当な除電剤を混入して成形したり、表面に塗布して処理することが望ましい。

b. 合成繊維類

適当な除電剤で処理する。

c. ゴム類

導電性ゴムとして絶縁抵抗が低く、しかも経年変化の少ない安定したものを使用する。

d. 絶縁性液体類

石油などで絶縁抵抗の高い液体には適当な除電剤を添加して絶縁抵抗を低下させる。

2-2-4. 空気湿度の増加による導電性付与

空気の相対湿度を上げて物体の表面抵抗を低下させるために、調湿装置や噴霧ノズルを使用したり、床面に散水することなどが考えられる。しかし、はっ水性のある表面には効果が少ない。

2-2-5. 空気のイオン化による除電

帯電体付近の空気を電離して、逆極性の電荷を付着させ、これを中和することによって除電することが考えられる。

a. 自己放電式

接地した細線、金属モール、金属ブラシ類を帯電体に近接させ、帯電体自体を利用して自己放電させる方式で、電荷密度の大きいときは、比較的有効である。

b. 交流放電式除電器

多数の針端突起を有する電極に交流の高電圧を印加して正負両極性のイオンを発生させ、帯電している電荷の極性に応じ、いずれかのイオンを選択的に使用させる方式である。電源に一般には 5~10kV の商用周波数の交流を使用し、電極の間は絶縁物を介して容量結合して電流を制限し、電撃危険のないようにしなければならない。優秀な除電効果を有するものができているが、引火危険のある場所での使用に際しては、実験その他により放電による着火の危険のないことを慎重に確認しなければならない。

c. ラジオアイソトープ (RI) 式除電器

空気の電離に α 線または β 線を利用すると、引火爆発の危険がないので、爆発危険のある場所での使用に適するが、遮蔽に特に注意しなければならない。当所においてもビニルシートについて基礎的資料を得るとともに特に粉体の除電について優秀な成果を収めている。しかし一般にコロナ式に比し除電効率が低いし、イオンの

再結合についても考慮しなければならないので、実用化についてはさらに十分な研究が必要である。

2-2-5. 人体の帯電除去

人体は静電気的には一種の導体であるので、引火爆発危険のある場所で作業する場合には、作業者の帯電を防止するために、次の点に注意しなければならない。

a. はきもの

導電性ゴム底を使用したはきものを着用させる。なお低圧電気設備による感電事故を防止することもあわせ考えて、一般にはきものの対地絶縁抵抗が $10^4 \sim 10^5 \Omega$ 程度のものを静電気用の靴として使用することが望ましい。また靴下によっても抵抗が増加するので、電撃危険のないメガー（たとえば乾電池式オートメガーで短絡電流が1.0mA以下のもの）を使用して人体の対地抵抗を測定することが望ましい。

b. 作業床

リノリュームその他の絶縁性の材料を避けるとともに、木材、コンクリートなどの場合にも、ときどき測定して点検し、必要に応じ散水その他の処置を講ずる。

c. 作業衣

作業衣は木綿または十分に除電処理した化繊を使用する。肌衣については人体の電荷が導電性のはきものを通

して直ちに漏洩し、表面に木綿の作業衣を着用している場合にはあまり実害のない場合が多いが、ときどき測定してみる必要がある。

文 献

- 1) 工場事業場における静電気の実態調査結果(防爆課)
- 2) タンクローリー給油時の静電気災害とその対策(坂主勝弘)
- 3) ラジオアイソトープによる静電気の帯電除去(田中隆二)
以上産業安全研究協会参考資料 No. 2. 1996に集録(関係研究報告, 労働省産業安全研究所報, No. 1 (1961), No. 2 (1962), No. 1 (1963), No. 1 (1965))
- 4) 上月三郎, 坂生勝弘, 田中隆二: 放射性同位元素による静電気の除去についての研究 第3報 粉体帯電の除去, 安研所報, No. 3 (1996)
- 5) 上月三郎, 坂生勝弘: スパウトにおける粉体の帯電現象, 安研所報, No. 3 (1961)
- 6) 上月三郎: 粉体の帯電, 火災, 17, No. 4 (1958)
- 7) N. Gibson: Incendivity of discharge from electrostatically charged plastis, *Brit. J. Appl. Phys.*, 16 (1965)

研究論文集「高分子化学」内容紹介

第23巻・第259号・1966

【物 理】

- [115] ナイロン6の結晶性に与える分子量の影響 上田伸夫・温品恭彦
[116] ビスフェノールのシアノエチル化合物よりポリアミドの合成
第9報 主鎖に *p*-フェニレンオキシ基をもった二三のポリアミドの物性 安東忠直・片岡清一
[117] 高分子結晶の外力による微小変形
第1報 分子鎖方向の伸張に伴うポリエチレン結晶の微小変形 宮坂啓象・牧島邦夫

【基礎工学】

- [118] プラスチックの劣化に及ぼす顔料の影響
第5報 ポリカーボネート樹脂の熱分解 高橋武光・鈴木健一・阿部盛旺
[119] ポリプロピレンの分別物および分別混合体の物性 佐藤正道・石塚 修
[120] ポリアミド繊維の延伸について
第7報 膨潤による直径変化の配向依存性 高木康夫
[121] ナイロン6繊維の熱処理と染色性の関係 高木康夫

【化 学】

- [122] イオンの高周波振動によるポリマーの解重合
第4報 解重合物の濁度, 重合度分布 福富 元・加倉井敏夫・野口達弥
[123] 機械的分裂反応の速度式について 後藤邦夫・藤原秀樹
[124] 結晶性ポリスチレンの構造と物性 に関する研究
第1報 アイソタクチックポリスチレンの結晶性について 辻 和一郎・北丸竜三・阪口文雄
[125] 長鎖アルキルならびにアルキルベンゼンスルホン酸による高分子エステル加水分解
第126～127 高分子スルホン酸触媒によるエステルのケン化反応
第7報 アミノ安息香酸エチルのケン化反応に対する触媒効果に及ぼすポリスチレンスルホン酸の構造の影響 桜田一郎・坂口康義・小野友義
第8報 ポリビニルブチラールスルホン酸によるアントラニル酸エチルのケン化反応 桜田一郎・小野友義・坂口康義
[128] ポリビニルアルコールの溶液中でのアセタール化速度に及ぼす各種の塩の影響 坂口康義・西野 潤・稲垣勝彦・沢田善五・玉置克之