

Specific Research Reports of the National Institute  
of Industrial Safety, NIIS-SRR-NO.17 (1999)  
UDC 537.24 : 331.45 : 620.21 : 614.83

## 1 . 序 論

田島泰幸\*

### 1 . Introduction

by Yasuyuki TABATA\*

**Abstract** : With the remarkable progress in science and technology, new chemical or electronic materials such as fine organic powders, amorphous and thin membrane have been produced recently using industrial robots, a computer integrated manufacturing and factory automation system in industry. However, these new materials and production systems are sensitive to static electricity ; as a result, various industrial hazards have been caused by static electricity. One of them is explosion or fire of new materials due to electrostatic discharges and has brought serious problems on both occupational safety and industrial activity.

From the backgrounds described above, safety management and some new trials as preventive countermeasures have been carried out to avoid the electrostatic hazards. However, fundamental data as the minimum ignition energy of new materials being a key to prevent the electrostatic hazards have been hardly investigated quantitatively yet, and also an electrostatic safety assessment in production processes of industries has not been systematically made on the basis of the electrostatic properties of new materials.

The purpose of the specific research is to develop basic preventive technologies against the electrostatic hazards occurring in the production processes of new materials in industry. Study has been made about test methods for investigating the minimum ignition energy of new materials such as flammable fine powders and mist, and electrostatic safety assessment of industrial activities using real scale experimental facilities and computer simulation. In this report, the following results obtained from experiments and computer simulation are described :

- (1) New test method for measuring the minimum ignition energy of fine powders and mist.
- (2) Data of the minimum ignition energy of typical new materials obtained using test methods developed newly.
- (3) Electrostatic safety assessment of powder handling processes obtained from experiments and computer simulation.
- (4) Measurement of electrostatic charging characteristics on liquids caused by spraying.

**Keywords** ; Electrostatic safety, Ignition, New material, Safety assessment

---

\*所長 Director-General

### 1. 静電気災害の動向

静電気はエネルギーが数 mJ と極めて小さい。そのため、動電気のように動力源としては注目に値しない。しかし、摩擦等によって帯電した物体は、容易に数 kV という高電圧に達し、帯電物体の周辺には数 MV/m という高電界が形成される。その結果、帯電物体周辺空間の主として空気のような気体が電離され、放電現象が生起される。

静電気が原因となって発生する最も重大な労働災害は、上記の放電が可燃性ガス・蒸気・粉体の着火源となって発生する爆発・火災である。自治省消防庁の統計によれば、静電気が原因となって発生する爆発・火災の発生件数は、Fig 1 に示すように、年間 100 件前後である<sup>1)</sup>。しかし、爆発・火災も含めて最近の災害を分析すると、産業活動の変遷とともに、従来の災害とは様相を大きく異にしている。

たとえば、静電気による爆発・火災といえば、従来であると、石油精製業、化学工業等の業種で、石油製品や溶剤等の可燃性液体を大量に取り扱っている工程で多発していた<sup>2)</sup>。しかし、最近の爆発・火災は、Table 1 に例示するように、必ずしも可燃性液体の取り扱い工程で多発しているとは限らず、粒径が数 10 μm 以下の微粉体、超微粉体等に代表されるが、付加価値の高い新原材料・機能性材料等を生産し、取り扱っている工程での爆発・火災が少なくない。また、爆発・火災に限定せず、死傷者を伴う労働災害に着眼すると、ロボットを始めとする高度な生産技術・システム等を導入している生産工程においても静電気が原因となった災害が発生している。

このように、静電気が原因となって発生した最近の災害は、爆発・火災も含めて、各種の新原材料、あるいは生産技術・システムの高度化と少なからず関連している。換言すれば、工業化社会の進展とともに、生

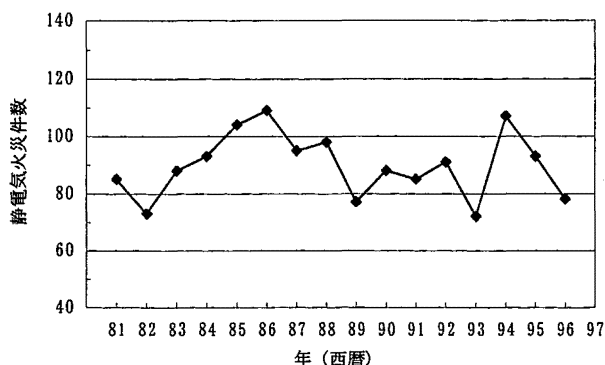


Fig. 1 Change with year in number of fires caused by static electricity.  
静電気火災件数の年次推移

産性、品質、付加価値等への比重が重視され、生産技術・システムの高度化が多く産業において積極的に実施されている。しかし、この高度な生産技術の心臓部は、電子・情報処理技術であり、これに使用されているコンピュータを始めとする電子システムは、静電気に脆弱である。そのため、これらが静電気によって誤作動を起こしたり、システムが暴走すると、災害に進展することがある。このように高度な生産技術・システムは、今や多くの産業に導入されているため、静電気による災害は、従来のように特定の業種に偏重して発生することはなく、あらゆる業種で発生するようになってきていることも否定できない。

一方、最近の爆発・火災では、それに伴った死傷者数は減少傾向であるものの<sup>3)</sup>、生産規模の大型化から、災害の規模、損害額等は従来に比較して大きくなっている。また、災害規模、損害額等が単に大きくなっただけでなく、今日の工業化社会は、産業構造が相互に密接に連携しているため、災害による他の産業への波及効果も極めて大きくなっている。時には、新しい電子材料のように特殊な機能性材料の爆発・火災であると、内外の産業活動に波及し、経済的な損失だけに留まらず、産業活動の国際的な停滞にまで進展することがある。

### 2. 災害防止対策の問題点

静電気が原因となって発生する爆発・火災の防止は、当研究所の技術指針である「静電気安全指針」に示されているように、その基本は、帯電と着火性放電の防止である<sup>4)</sup>。換言すれば、帯電のレベルを、爆発・火災の原因となる着火性放電が発生しないような閾値以下に抑制することである。

このような視点から、静電気安全指針が公表されて以来、主としてこれを参考に、従来は、生産工程における帯電防止に重点を置いた対策が実施されてきた。しかし、微粉体・超微粉体の爆発・火災に集約されるが、これらの帯電危険、静電気放電による着火危険性等については、新原材料であることもあって、定量的にはまだ十分に解明されていない。

たとえば、粒径が 200 μm 以下の粉体の最小着火エネルギーは、過去の研究によってかなり解明されているものの<sup>5)</sup>、粒径が数 10 μm 以下の微粉体のそれは、まだ明らかにされていない。可燃性液体についても同様で、その引火点、蒸気の爆発濃度等は詳細に調べられているが<sup>6)</sup>、ミストの最小着火エネルギーはほとんど解明されていない。

最近の爆発・火災の背景には、上述したように、新原材料の最小着火エネルギーを含め、爆発・火災の危

Table 1 Recent cases of industrial disaster caused by static electricity.  
静電気による最近の災害事例

業 種	災害の発生 工程・場所	死傷者数 (死亡者数)	災害の概要
鉄鋼・金属業	金属微粉体の集塵	2 (1)	プリント配線の基材であるチタン製電着ロールの表面研磨によって発生した微粉体が付着しているフィルタを掃除機で清掃中に爆発、作業 者2名が火傷により死傷
自動車製造業	車体の組立	2 (1)	産業ロボット、電子制御等を導入した車体の組立ラインで、車体移送 用ベルトコンベアが暴走、緊急停止操作をしようとした作業員2名が 車体に挟まれて死傷
化学工業	樹脂の粉碎・混合	1	着色用樹脂を高速ジェット気流で微粉体に粉碎・混合し、容器内に充填 中、容器内に浮遊した微粉体が爆発、作業員1名が爆風で全身火傷
電子産業	半導体材料の洗浄	0	ウェハを溶剤ジェットで洗浄、高速回転によって水切り中、マイコン の誤作動で洗浄装置のパーティションが開き、洗浄装置内の溶剤蒸 気、浮遊していた溶剤ミストが爆発、装置、建屋が破損
医薬品製造業	微粉体の流動乾燥	7	微粉体からなる顆粒状医薬品の表面に溶剤を主成分としたミストを噴 霧して表面処理した後、熱風で流動乾燥中に爆発、建屋が破壊すると ともに、作業員7名が火傷
火薬製造業	微粉体の成形加工	2	微粉体からなるエアバッグ用ガス発生剤をペレット状に成形・加工 する工程で、ガス発生剤である微粉体が爆発、建屋が火災になると ともに作業員2名が爆風で火傷

危険性に関する基礎的なデータが不十分で、また、データに基づいた新生産技術における静電気に関する総合的な安全性の評価が十分でなかったことが一因となって災害が発生していることは否定できない。

結論的には、新原材料、新生産技術等の静電気危険性に関する科学と工学に基づいた基礎的な解明が重要であり、これらへの早急な取り組みこそ、現状の静電気災害防止に不可欠であると帰結される。

### 3. 特別研究の目的

先に述べたように、最近の静電気災害は、爆発・火災に限定すると、その背景には、微粉体を始めとする各種の新原材料の登場及びそれらの生産技術・システム等の加速度的な進歩が少なからず関係している。しかし、それらの災害に対応した基礎的なデータを始め、防止対策に遅れがあることは否定できない。その代表例が、新しい可燃性微粉体・ミスト等の帯電・着火危険性に関するデータである。

たとえば、微粉体・ミストの危険性に関係している最小着火エネルギーは、災害防止対策の出発点であり、また、着火危険性を評価する尺度ともなる最も基礎的なデータの一つである。ここで最小着火エネルギーは、静電気の放電という物理的なエネルギーを引き金として燃焼現象を生起するために要する最小のエネルギーである。

帯電物体から発生する放電エネルギーは、可燃性物

質の着火源になるものの、これが全て燃焼反応に寄与するとは限らない。その一部は、光、電磁波、音等へ変換される<sup>6)</sup>。また、それらは放電のモード、放電空間の物理的な条件等にも依存する<sup>7)</sup>。そのため、静電気放電を着火源とする可燃性微粉体・ミスト等の最小着火エネルギーは、着火を目的とした放電特性について十分に考慮した実験からでない<sup>8)</sup>と求まらない。

このような背景から、静電気に関する災害科学の分野では、最小着火エネルギーの測定方法に関する研究が従来から実施され、注目されている<sup>9)</sup>。したがって、本特別研究でも、研究目的の一つとして、微粉体・ミストの最小着火エネルギーを解明する実験手法を確立するため、放電特性の解明と最小着火エネルギー試験装置の開発を試みた。具体的には、微粉体・ミストの最小着火エネルギー試験装置の試作・開発及び試験条件等に関する資料を得るため、微粉体あるいはミストと放電エネルギーとの相互作用による着火に着眼した放電特性の解明、及び着火確率、着火効率の高い放電が生起する物理的な条件等の解明を目的に研究を行った。

一方、最近では新原材料を含む微粉体の取り扱いにおいて、微粉体が予期せぬ大きな帯電をしたり、帯電した微粉体が空間に浮遊して危険な帯電雲を形成<sup>10)</sup>したときに、微粉体の爆発・火災が増大していることから、その生産活動に伴う安全性の評価を目的として、粉体の取扱工程における帯電危険についても実験によって

調べた。実験では、静電気災害の多くが、微粉体の生産・取扱規模に少なからず依存しているため、これを考慮して、できるだけ実規模に近い実験装置を用い、粉体の空気輸送、大量の粉体を取り扱うフレキシブルコンテナ等の帯電危険について調べた。また、これらの研究によって得られた実験データに基づいて、コンピュータシミュレーションによる安全性の評価手法を確立する目的で、粉体をサイロ等へ充填する工程での帯電危険についてシミュレーションを試みた。

そのほか、最近では可燃性液体の漏洩噴出のみならず、造粒、冷却、洗浄、反応、塗装等、新原材料を含む可燃性液体の噴霧を伴うプロセスにおいて、液体の噴出・噴霧時の静電気帯電に起因する爆発・火災が問題となっているので、安全評価の基礎資料を得るため、液体の噴霧による帯電特性に関する実験を行った。

本報告書には、それらの成果がまとめられており、特別研究では、研究成果をできるだけ現場へ反映させるとともに、既刊の静電気安全指針の改訂にも取り上げることを目的としたため、研究の対象は限定されたものの、できるだけ具体的な新原材料および生産工程を取り上げて実施した。

#### 参考文献

- 1) 自治省消防庁, 火災統計 (1998)
- 2) 田島泰幸, 児玉 勉, 製造業における静電気災害の実態調査, 産業安全研究所技術資料 RIIS-TN-74-2, 労働省産業安全研究所 (1972)
- 3) 中央労働災害防止協会編, 安全衛生年鑑, 中央労働災害防止協会 (1996)
- 4) 産業安全研究所編, 静電気安全指針, 産業安全研究所技術指針 RIIS-TR-87-1, 労働省産業安全研究所 (1987)
- 5) 松田東栄, 可燃性粉じんの爆発危険性評価技術, 産業安全研究所安全資料 RIIS-SD-90-1, 労働省産業安全研究所 (1990)
- 6) B. Lewis and G. von Elbe, Combustion, Flames and Explosions of Gases, 2nd ed., p.323, Academic Press, New York and London (1961)
- 7) 静電気学会編, 静電気ハンドブック, p.209, オーム社 (1981)
- 8) R. Siwek and C. Cesana, Process Safety Progress, Vol. 14, No.2, p.107 (1995)
- 9) T.B. Jones and J.L. King, Powder Handling and Electrostatics, Lewis (1991)

(平成 10 年 11 月 30 日受理)