

静電気による災害事例と対策

産業安全研究所 山 隈 瑞 樹*

1. はじめに

静電気は異種の物体同士の接触・分離、摩擦、破壊等何らかの物理的作用があったときに発生する。最も一般的な物質の接触・分離による発生過程を模式的に示すと図1のようになる。一般に、静電気のエネルギーは小さい。しかし、可燃性ガス・蒸気、ときには可燃性粉じんに着火するために十分なレベルには達することがある。静電気のエネルギーはJ（ジュール）という単位で表されるが、たとえば、人間が10kVに帯電したとすれば、そのエネルギーはおおよそ5～10mJとなる。これは、プロパンガスはもちろん、ガソリンやメタノール等の蒸気の燃焼開始に必要なエネルギーをはるかに上回っているし、一部の敏感な粉じんにも着火するに十分な値である。

周知の通り、静電気による重大な災害は、爆発・火災である。特に、可燃性雰囲気と静電気の発生が同時に起こる工程では注意を払わなければならない。ここでは、静電気による爆発・火災のうち、

最も高い割合を占める粉体の取り扱いに関連する災害事例（2例）を取り上げ、原因を検討した結果と再発防止対策について述べる。

2. 粉体の操作に伴う災害事例

2.1 フレキシブルコンテナによる粉体原料投入時の爆発災害（平成7年、傷2）

(1) 災害の概要

災害が発生したのは合成樹脂を製造するための反応工程（バッチプロセス）である。反応容器（ステンレス鋼製、容量15m³）にアルコール系溶剤を適量仕込み、その後、反応容器上部のマンホールから数種の粉体および液体の原材料を順番に仕込んで攪拌し、溶解させながら反応を起こすというものである。

爆発は、図2に示すように、ホイストからつり下げられた容量500kgのフレキシブルコンテナ（以下フレコン）から可燃性の粉体原料を投入中に、マンホール付近で発生した。この爆発で作業員2名が重度の火傷を負った。

* 物理工学安全研究部 労働技官

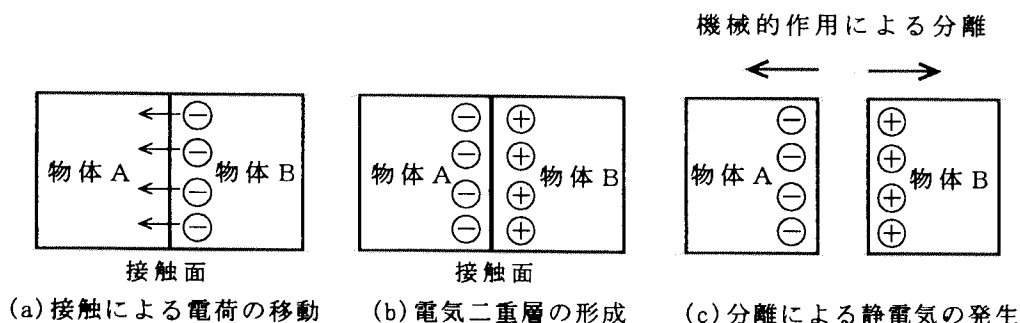


図1 接触・分離による静電気の発生機構

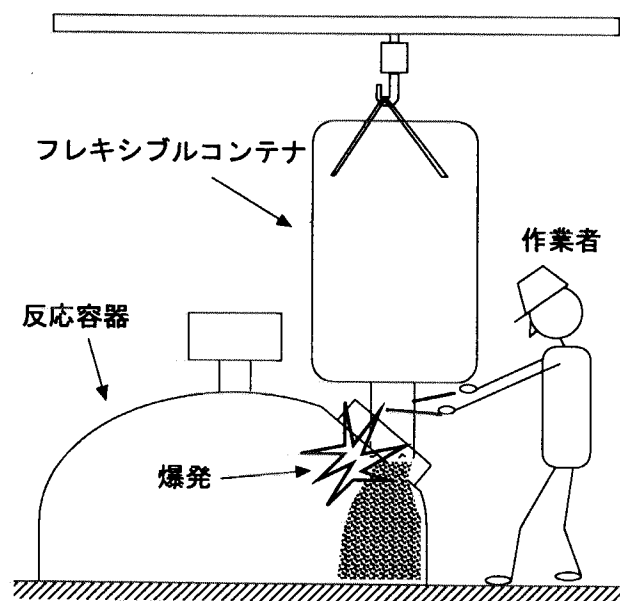


図2 フレコンによる粉体投入時の爆発災害

(2) 災害原因の推定

爆発物は、粉体原料または粉体原料とアルコール蒸気の混合物であった。また、着火源としては、爆発がマンホールの周辺で発生したこと、付近の電気機器の火花やタバコ等の裸火はなかったこと等から、粉体投入時に粉体との摩擦によって帯電したフレコンからの放電が着火源として注目され、以下のような調査が行われた。

本件で使用されたフレコンは、図3に示すような形状のものであり、本体の材質はポリエステル^①の基布にPVCを表裏にコーティングしたものが、排出口には導電性ゴム引き布が使用されており、また、つり下げ用ロープは合成繊維製で絶縁物であった。

まず、材質の電気抵抗（体積抵抗率）の測定結果は、本体が $10^9 \Omega \cdot m$ 、排出口が $10^3 \Omega \cdot m$ のオーダーであった。すなわち、本体は絶縁物、排出口は導体とみなすことができる。実際の電氣的性質を評価するために、フレコンを種々の接地条件のもとで帯電させ、帯電電位の減衰特性を測定した。その結果、どこも接地しない場合はもちろんであるが、本体のみ接地した場合でも1時間以上の半減時間を必要とすることが判明した。これは、原料粉体の排出に数十秒を要すると仮定すると、本体を接地しても排出の間、電位は上昇していくこ

とを意味する。反対に、導体である排出口を接地した場合は、本体の電位も速やかに減衰し、対策上問題ないレベルであることが確認された。ただし、災害発生時には、フレコンはどの部分も接地されていなかった。

排出口とその直下に設置した金属板の間の静電容量は60pFであった。したがって、かりに帯電電位を10kVとし、火花放電が発生したとすれば、そのエネルギーは3 mJ程度となる。この値はほと

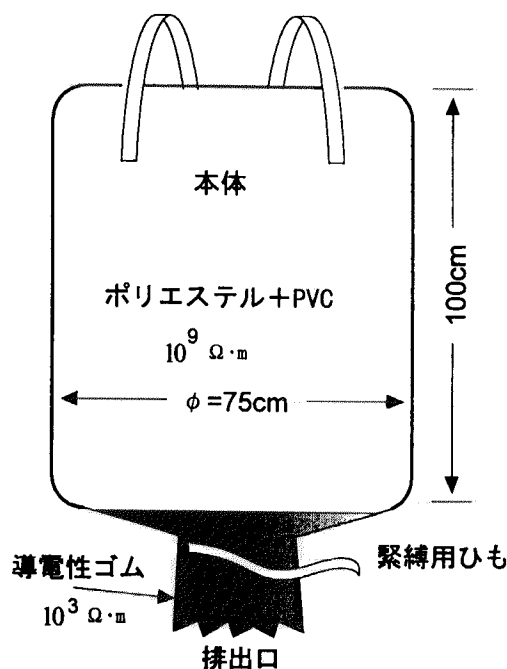
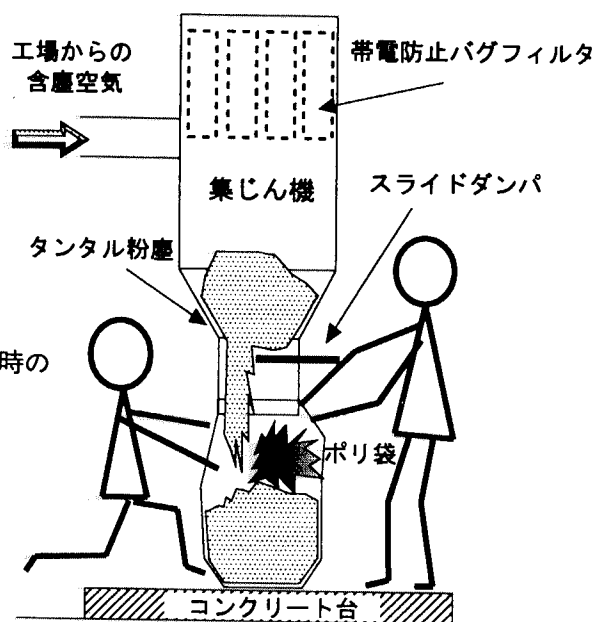


図3 被災したフレコンの構造

図4 タンタル粉回収作業時の爆燃災害



では、ステンレスとの摩擦によって大量の静電気が発生することが実験によって確かめられているので、事故当時も同様の帯電状態にあったと推定できる。ここで、タンタル粉が $0.1 \mu\text{C}/\text{kg}$ の電荷密度であったと仮定すると、理論上は、回収量 20kg のとき、 $2 \mu\text{C}$ の電荷が蓄えられ、かつ、部分的には数十 kV の電位になる可能性があり、粉体表面、ポリ袋内面、または作業者と粉体間等で放電が発生する可能性は否定できない。堆積されたタンタル粉のMIEは 0.2mJ 程度と非常に小さい値であるので、人間が知覚できない程に弱い放電でも着火する確率が高いと考えられる。

3. 災害の防止対策

(1) 容器の帯電防止

フレコン、ポリ袋等の容器は導電性材料を用いて導電性を高めることにより、接地して静電気を緩和することができる。ただし、この場合、接地しないで使用すると、最初の事例に示したように、蓄積した電荷によってエネルギーの大きな火花放電が発生する危険性が高まるので、接地を確実に実施されるよう作業手順上の工夫を行うことが望ましい。

(2) 人体の帯電防止

作業者は移動、他の物質との接触等の動作の際に帯電するので、静電気放電が懸念される作業場所では、静電靴、静電防止作業服の着用等の対策

が必要である。この場合、同時に床も帯電防止仕様とする。

(3) 可燃性雰囲気除去

静電気放電等の着火源が存在しても、可燃性雰囲気がなければ爆発・火災は発生しない。静電気の発生が不可避な場合には、不活性ガスを供給して可燃性雰囲気の酸素濃度を規定値³⁾まで低下させる。また、局所排気装置等を用いて気流を発生させることにより蒸気が希薄となり着火の危険性が軽減されるので、開放空間での作業では有効な方法である。

4. む す び

粉体を例にして、災害の発生機構および防止対策について概説した。この種の災害防止の要点は、静電気の発生防止と可燃性雰囲気の除去に尽きる。必ずしも両者が満足される必要はないので、状況に応じて、どちらか一方が確実に実行できるようにすればよい。拙稿が参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 松田東栄, 山隈瑞樹, タンタル粉じんの発火事故原因について, 安全工学研究発表会, (1997)
- 2) M. Jacobson, A.R. Cooper and J. Nagy, US Bureau of Mines, RI 6516, p.1 (1964)
- 3) 静電気安全指針, 労働省産業安全研究所 (RIIS-TR-87-1), (1988)