

JPMA



静電気事故対策

(塗料製造業)

第 2 版

平成 26 年 9 月

一般社団法人 **日本塗料工業会**

静電気事故対策（塗料製造業）第2版 目次

第1章 危険物施設火災の防止

- 1. 危険物施設における火災の現状 1
- 2. 本書の目的 2
- 3. 燃焼の三要素 2

第2章 静電気の基礎知識

- 1. はじめに 7
- 2. 静電気発生メカニズム 7
- 3. 静電気事故対策の基本 9
- 4. 作業服と人体帯電 10
- 5. 静電気火災予防対策の具体化 14
- 6. チェックリスト 22
- 7. 測定と用語 27

第3章 静電気事故の原因と対策

- 1. 静電気事故事例 33
- 2. 静電気事故の解析 34
- 3. 前回版（平成14年度版）の事故事例 64

第4章 作業方法の基準

- 1. 液体の取り扱い（安全対策各種） 67
- 2. 溶剤等の移し替え 71
- 3. 粉体の取り扱い 78
- 4. フレキシブルコンテナバッグからの仕込み 82
- 5. アースの具体例（その1：アースのつけ方） 85
- 6. アースの具体例（その2：塗料製造機器類のアース） 86
- 7. アースの具体例（その3：ボンディング） 93
- 8. 静電遮蔽・除電 95
- 9. 静電気事故防止マニュアル 97

第5章 静電気事故予防規則

- 1. 事業所レベルの規則・基準制定の利点 117
- 2. 事故予防管理の体系 117
- 3. 規則・基準の作成と制定 118
- 4. 明確にすべき基準化項目 119

第6章 静電気事故予防基準

- 1. 事故予防対策の採用 123
- 2. 事故予防基準（塗料製造業） 123

第7章 静電気の体験教育と静電気対策理解度テスト

- 1. 体験教育とは 127
- 2. 体験教育の具体例 127
- 3. 静電気対策理解度テスト 131

2. 本書の目的

本書の目的は危険物施設の火災防止です。静電気火花による火災防止のための静電気対策を理解いただくことが目的です。

前節で説明したように、静電気火花は危険物施設火災の着火原因の第1位です。これは静電気火花対策が難しいことを示しています。例えば、高温表面や裸火など多くの着火原因は、その場所が目視確認できますが、静電気はどこに溜まっているのか目視では分かりません。そのため、思わぬところで帯電し、放電することがあります。従って、静電気火花防止には、どんな所に静電気が溜まりやすいかなど、正しい静電気の知識を身につける必要があります。本書では静電気の基礎知識だけでなく、一般社団法人日本塗料工業会（以下 日塗工という）会員各社の事故事例と対策事例を紹介することで、具体的な対策方法を理解しやすいように配慮しました。

また、火災要因の約6割が人的要因であることから分かるように、人間の行動に完璧はありません。静電気対策だけで火災が防止できるとは限りません。静電気対策と併せて、一般的な火災防止対策を実施し、誤って静電気火花が発生しても火災にならないよう、二重三重に対策する必要があります。そこで、静電気の専門的な解説に入る前に、次節では火災対策全般に共通する事項として「燃焼の三要素」について説明します。

3. 燃焼の三要素

火災は物が燃焼することで発生します。物が燃焼するためには、「燃焼の三要素」、すなわち可燃物・酸素・着火源が必要です。この三要素が揃った時に火災が発生します。逆に3つのうち1つでもなくすことができれば、火災を防止することができます。三要素の一つひとつについて説明し、各要素への火災予防対策を説明します。

(1) 可燃物

紙や木、プラスチックも可燃物ですが、本節では特に、塗料製造工場で大量に使用する有機溶剤の特徴について説明します。ワニスや塗料など、有機溶剤を含有する物質（以下、有機溶剤等）も有機溶剤と同様に注意が必要です。

1) 引火点

有機溶剤等の引火性液体は、液体そのものが燃焼するのではなく、揮発した有機溶剤蒸気と酸素の混合気が燃焼します。有機溶剤の揮発量は溶剤温度の上昇に従って増加します。溶剤温度が引火点未満の場合、揮発溶剤量が少ないため、混合気に火を近づけても引火はしません。近づけた火が引火する溶剤蒸気量を発生させる溶剤温度を引火点といいます（図 1-2）。引火点は有機溶剤の種類によって異なります。引火点が室温より低い有機溶剤は、特に取り扱いに注意が必要です。

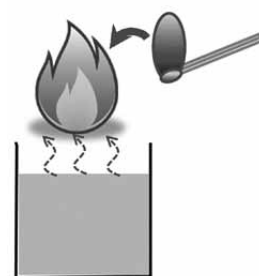


図 1-2 引火点

2) 発火点

可燃性物質を空気中で加熱したとき、他の着火源無しに燃え始める温度を発火点といいます（図 1-3）。天ぷら油を入れた鍋が加熱しすぎによって発火するのと同じです。可燃性物質が発火点以上に加熱された機械や配管表面等に接触した場合も発火します。発火点も引火点と同様に可燃性物質の種類によって異なります。

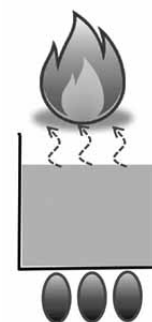



図 1-3 発火点

5. 静電気火災予防対策の具体化

5-1. 主な静電気火災予防対策の概要

表 2-3 静電気火災予防対策一覧表

	用語	用語の意味	注意事項・対策
1	静電気火災予防対策	可燃性物質取り扱い作業場において、静電気放電を着火源とする火災を予防するための対策	①発生を抑える（流速制限など）。 ②火花放電させない。 ③酸素濃度を下げる（窒素封入）。 ④アース線をつける。 ⑤散水を怠らない。
2	アース（接地）	静電気を大地に逃がすためのもの アース＝「接地する」との意味。	アース線に塗料や汚れ物の付着、ゆるみなどの接地不良は、かえって危ないので厳禁。
3	ボンディング	2つの物体を導線等をつないで、2つの物体を同じ電位にすること。	ボールバルブ、サクシオンホースはボンディングする。 
4	静置時間	静電気がアースを通して、大地へ逃げるまでの間、放置する時間。	移動タンクの場合、1分間程度アース線を外さないこと。
5	流速制限と飛沫化防止	溶剤等を仕込んだり、取出したりするときの流れが速いほど、静電気が多く発生する。 飛沫化させると、飛沫が互いにぶつかり合い、さらに多くの静電気が発生する。	配管出口の流速を、1m/s以下にする（太いパイプ等で）。 （参考）ヒシヤク等での1回当りの溶剤投入量は、原則として、2L以下が良い。
6	浮遊導体	アース（接地）されていない金属を指す。 近くに接地導体があると火花放電が発生する。	金属は全て接地する。 （参考）浮遊導体になり易い金属の大きさを静電気対策上 9cm ² 以上と定めている企業もある。
7	体積抵抗率（体積固有抵抗）	物体が固有に持っている「電流に対する抵抗値」で、抵抗値の大きいもの（10 ¹⁰ Ω・m以上）は電流が流れ難く、静電気がたまりやすい。	流速制限を1m/s以下にする。 500L容器では、静置時間を1分以上確保する。
8	静電誘導現象	帯電した物体の近くに「浮遊導体」があるとき、帯電物体に近い導体の表面に、帯電物体の電荷の反対の極性の電荷が現われ、これと極性の異なる等量の電荷が帯電物体から遠い表面上に現われる現象のこと。	配管、容器、機器類には、必ずアース線をつけ、導通があることを常に確認する。
9	最小着火エネルギー	爆発限界内にある溶剤蒸気が、着火するための最小のエネルギーのこと。	塗料工場での最小着火エネルギーは、0.2mJと設定する。
10	酸素濃度制御	設備等の内部に不活性ガス（窒素等）を吹き込み、設備内の酸素濃度を限界酸素濃度より低くする。	酸素濃度、8%以下を維持する。

静電気対策事例(13)

(対策事例は事故対策及び予防対策を含む)

事故対策	○
予防対策	

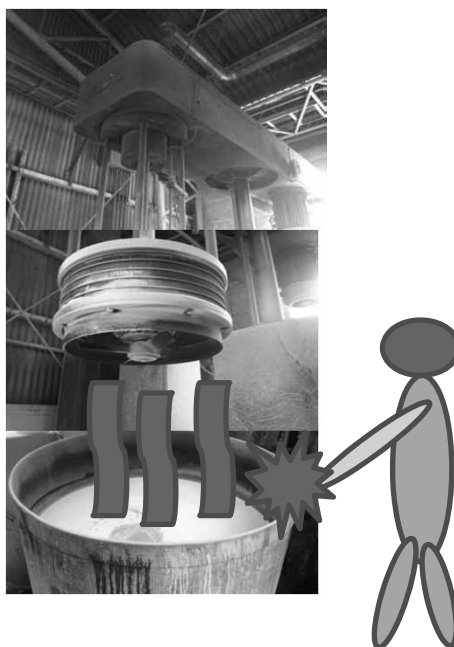
1. 発生日時 2012年 5月 7日 (天候:曇)(温度: 22℃、湿度 54%)

2. 事故及び問題点の概要

工程	作業	設備	帯電物/着火物	現象
分散	機器洗浄作業	移動式タンク バスケットミル	作業員(帯電物) (静電気帯電防止靴着用) タンク内の塗料(着火物)	バスケットミルの洗浄終了後、作業員の手首の部分とタンクの間で静電気が発生し引火。

3. 問題事象の詳細

・バスケットミルの洗浄終了後、作業員の手首の部分
が移動式タンクに接触するかしないかの状態で
手とタンクの間で静電気火花が発生し塗料の液面
に引火した。



4. 講じた対策

1. 年2回機械類のアースの接地確認測定を行う。
2. 作業員が帯電しないよう工場の出入り口、機械の周囲に静電気除去シートを貼り、作業員は必ず触れてから作業することを徹底する。
3. 周囲の床に散水してから作業を行う。
4. 床面の導通を良くするため日々の清掃の実施。
5. 静電気についてのビデオを用いて作業員に更なる教育を実施する。

3. 粉体の取り扱い

3-1. 粉体はどんな静電特性を持っているのか

表 4-2 は、塗料の製造によく使われる粉体原料の特性を示したものです。樹脂類などの粉体は、液体と比べると、最小着火エネルギーがケタ違いに大きいのが目立ちます。一見安全なようですが、これらは体積抵抗率が非常に高い不導体ですので、何万ボルトにも帯電することがあり、そのときの火花放電エネルギーは粉体の最小着火エネルギーを超えてしまいます。

表 4-2 主な粉体原料の特性値

物質名	爆発下限界濃度 g/m ³	導電率 S/m	体積抵抗率 Ω・m	最小着火エネルギー mJ
炭酸カルシウム	-	0.6×10^{-9}	1.8×10^9	-
タルク	-	1.0×10^{-10}	1.0×10^{13}	-
ベンガラ	-	1.6×10^{-7}	0.6×10^7	-
二酸化チタン	-	2.0×10^{-8}	0.5×10^8	-
アジピン酸	35	1.4×10^{-13}	0.7×10^{13}	60
無水フタル酸	25	1.3×10^{-9}	7.6×10^8	15
トリメチロールプロパン	30	1.1×10^{-10}	0.9×10^{10}	10
ロジン		$10^{-12} \sim 10^{-14}$	$10^{12} \sim 10^{14}$	
エポキシ樹脂	20	$10^{-10} \sim 10^{-15}$	$10^{10} \sim 10^{15}$	9
フェノール樹脂	15	$10^{-9} \sim 10^{-12}$	$10^9 \sim 10^{12}$	10
ポリエチレン	20	$10^{-13} \sim 10^{-14}$	$10^{13} \sim 10^{14}$	10
カーボンブラック		0.25×10^{-2}	4.0×10^2	
ジアミノジアンスラキニル		2.0×10^{-2}	0.5×10^2	
モノアゾナフトールAS		5.0×10^{-2}	0.2×10^2	

(労働省産業安全研究所、現(独)労働安全衛生総合研究所)

3-2. 要するに粉体は不導体だから危険である

体積抵抗率が $10^8 \Omega \cdot m$ 以上（導電率 $10^{-8} S/m$ 以下）の粉体は帯電性不導体として要注意です。第 2 章で説明したように、図 2-15 の帯電電位と静電エネルギー（放電エネルギー）のグラフから電位が高い程、そのエネルギーは大きなものとなります。

表 4-3 不導体の帯電性指標

帯電電位[kV]	導電率[S/m]	体積抵抗率[Ω・m]
0.1以下(ほとんどなし)	10^{-8} 以上	10^8 以下
0.1~1(小さい)	$10^{-10} \sim 10^{-8}$	$10^8 \sim 10^{10}$
1~10(中間)	$10^{-12} \sim 10^{-10}$	$10^{10} \sim 10^{12}$
10以上(大きい)	10^{-12} 以下	10^{12} 以上

第5章 静電気事故予防規則

事業所レベルの静電気事故予防規則の制定と運用

この章では、静電気事故を防止するために、事業所レベルで定めておくことが望ましい静電気事故予防規則と、その中で規定化、基準化すべき事項について解説します。

また、このような規則や基準類は一般的に、現場の実態と遊離し形骸化しやすいものですが、これを避け、生きた規則として有効に活用し続けるための運用方法についても提案したいと思います。

1. 事業所レベルの規則・基準制定の利点

工場や事業所では、静電気事故を未然に防止し安全操業を一層確実なものとするために、組織内の各部署で実施すべき事故予防対策の要点を「予防規則」または、「予防基準」として明確にしておくことが必要です。事業所レベルの規則・基準を制定することによって以下の利点が期待できます。

1-1. 統一性

事業所内の各組織の予防行動を統一することができ、管理の一元化がはかりやすくなること。

1-2. 体系化

種々の事故予防への取り組みが事業所として体系化しやすくなること。また事業所内の各組織で必要となる管理点の洗い出しが容易となり、結果として見落としが防げること。

1-3. 管理の容易化

決め事が遵守されているか、事業所レベルでのチェックや監視が容易になること。

2. 事故予防管理の体系

静電気事故予防のために必要な管理対象要素を図5-1(静電気事故予防管理体系)に示します。

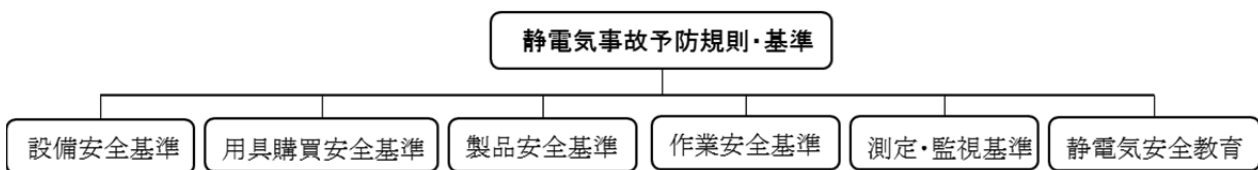


図 5-1 静電気事故予防管理体系

以下に、それぞれの基準の概要、および留意すべき運用のポイントについて簡単に述べます。

2-1. 設備安全基準

アース・ボンディング、管路流速制御、タンク注入管、飛沫化防止、不活性ガス置換、導電キヤスター等の設備・装置に関わる帯電防止や除電のための技術的仕様を「設備安全基準」として明確にする。但し、設備部門では、構造上の基準や消防法、安衛法等の法規上、および品質やコ

第6章 静電気事故予防基準

日々多量の有機溶剤を取り扱う塗料製造業にとって、静電気事故は致命的な重大災害に直結しやすく、事故予防は作業上の最重要課題であることはいまでもありません。本書では第1章から第5章にわたって静電気事故を防止するための様々な考え方や基準について詳細に触れてきました。この章では、塗料製造業の静電気事故の予防に関し、特に重要と思われる対策や基準化項目を抽出し「対策指針」として提唱することを試みました。

「静電気はつかみ処が無く、完全な対策は難しい」といわれます。静電気帯電現象は、微妙な条件や環境の変化が複雑に絡み合った結果として発生します。そのため静電気事故の危険性を定量的に把握することは極めて難しく、従って、実施する対策の有効性は一様とならず結果の保証も困難です。当然ですが、本章の「対策指針」も全ての職場の無事故を保証するものではありません。また、内容も充分とはいえませんが、あえて「静電気事故予防の道しるべ」としての旗を立てることで、今後の見直しを促すことができれば本意とするところです。

1. 事故予防対策の採用

一般的に、静電気事故の予防策は作業性の低下や設備費用の増大を招く方向となります。しかし、工場にとって最大の生産性低下や経済的ロスの発生は、あってはならない人身事故や存続をおびやかしかねない火災事故にあります。仕込み時間が長くなる等の部分的な作業性低下は、配管径の大型化や他のプロセスの時間短縮でカバーする等、総合的に生産性の向上を図る視点が必要です。以下は予防対策検討時の要点です。

- (1) アース（接地）など基本的な対策は確実に実施する。
- (2) 事故のリスク（想定される被害影響の重大性×発生確率）に対応した質と量の対策。
- (3) 有効性（効果の確実性）のある対策を優先する。
- (4) 簡単に採用できる対策は全て実施する。

2. 事故予防基準（塗料製造業）

表 6-1 は塗料製造業で共通すると思われる静電気事故予防の「基本対策」、可能な範囲で採用することが望ましい「推奨対策」、静電気対策を考える上で参照すべき「技術的基準」についてまとめたものです。

2-1. 基本対策

帯電しやすい用具の持ち込み禁止、金属の浮遊導体化防止、人体帯電の防止、危険状態を作らない設備仕様、危険の監視や人の教育、が基本対策の骨格となります。各論としては、既に法規則の指定がある①**静電気帯電防止作業服や靴の着用**、第3章の事故事例の最多原因である②**アースの確実な実施**、配管移送時の③**流速規制**、事故予防管理の原点である④**定期的測定**、に加え、除電の難しい粉体樹脂の溶解槽等への仕込みに関しては⑤**不活性ガス置換**（酸素濃度の抑制）、⑥**洗浄シンナーの抵抗値規制**等を基本対策として提言します。

第7章 静電気の体験教育と静電気対策理解度テスト

1. 体験教育とは

塗料製造業における静電気事故の多くは、知識不足よりも危険に対する感受性不足による危険な行動の結果として事故を発生させてしまうことが多いといわれています。昨今、生産現場では、現場での危険体験や実践的な危険予知の知恵を後継者に伝えることのできるベテラン社員の多くが職場を去りました。また、多くの若い世代は危険を体験したことがないため、危険に対する感性が不足しているといえます。座学による静電気知識教育も重要ですが、表面的な理解に留まることが多いので、座学とは異なる危険に対する感受性を向上させる教育が必要です。

このような背景から、各会員会社では、静電気による発火といった危険現象を実体験させることによって、静電気危険性を知識と経験の両面から理解させ、職場の安全を確保することを目的とした静電気体験教育がなされています。次節では、その実例を紹介します。

2. 体験教育の具体例

(1) 帯電実験

1	目的	静電気は簡単に発生することを認識させる。
2	方法	帯電溶剤の代用としてテフロンを摩擦帯電させ、金属容器を帯電させる。
3	準備	(1) 金属容器(ペール缶など) (2) テフロン板(またはシート) (3) 化繊布(アクリル、ナイロンなど) (4) 表面電位計
4	手順	(1) 金属容器をテフロン板に乗せ、絶縁する。 (2) テフロンシート(またはテフロン板)を化繊布(ナイロン、アクリル)で摩擦し、帯電させる。 (3) 帯電させたテフロンを金属容器の中に入れ、金属容器を帯電させる。 (4) 帯電量を表面電位計で計測し、容易に帯電することを説明する。 (5) 受講者に帯電している金属容器を指で触らせ、放電火花を体験させる。