

燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオ同定法 (簡易シナリオ同定法)

本資料は労働安全衛生総合研究所技術資料『化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための参考資料—開放系作業における火災・爆発を防止するために—』(JNIOOSH-TD-No.7)の1.2節「燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオ同定法(簡易シナリオ同定法)」の内容を再構成したものです。

独立行政法人労働者健康安全機構

労働安全衛生総合研究所

本チェックポイント集について、ご不明な点、ご意見、ご要望等ございましたら、労働安全衛生総合研究所ホームページの「お問い合わせ」(<http://www.jniosh.johas.go.jp/rule/contact.html>)よりご連絡下さい。

1. 火災・爆発発生に至るパターン（燃焼の3要素の揃い方）

化学物質の危険性に対するリスクアセスメントを実施し、具体的なリスク低減措置を検討するためには、危険源を網羅的に特定し、火災・爆発発生に至るシナリオを検討する（以下、「シナリオを同定する」）必要がある。火災・爆発発生に至るシナリオを同定するための基本は「燃焼の3要素¹が揃う条件を見つけること」である。つまり、可燃性や引火性を有する化学物質が酸素（空気）と接触または混合することで爆発性雰囲気形成され（不安全状態となり）²、同時に着火源が発現することにより火災・爆発が発生すると考えられる。ここで、開放系作業を対象とした場合、酸素（空気）は常に存在すると考えることができるので、「爆発性雰囲気形成」と「着火源の発現」の2点に着目すればよいことになる。これら2点に対するリスク低減措置（爆発性雰囲気形成防止対策と着火源発現防止対策）を実施しているかどうかを判断基準とすれば、開放系作業において可燃性の化学物質を取り扱っている場合の火災・爆発発生に至るシナリオは表1に示す4つのパターン（燃焼の3要素の揃い方）に分類して検討することができる。

表1 開放系作業を対象とした場合の火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン（燃焼の3要素の揃い方）³

I. 可燃性の化学物質を使用		II. 爆発性雰囲気形成	
		① 爆発性雰囲気形成防止対策が実施されていない	② 爆発性雰囲気形成防止対策が実施されている
III. 着火源の発現	③ 着火源発現防止対策が実施されていない	パターン(a) 燃焼の3要素が揃っているおそれあり <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 爆発性雰囲気 着火源 </div> 常に火災・爆発発生の危険性が高い状態となっており、速やかに対策を実施する必要あり	パターン(c) 燃焼の3要素が揃う可能性あり <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 爆発性雰囲気 着火源 </div> 容器の蓋の閉め忘れなどの不具合（引き金事象 B）により爆発性雰囲気形成する可能性
	④ 着火源発現防止対策が実施されている	パターン(b) 燃焼の3要素が揃う可能性あり <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 爆発性雰囲気 着火源 </div> 劣化によるアース接続不良などの不具合（引き金事象 A）により着火源が発現する可能性	パターン(d) 燃焼の3要素が揃う可能性あり <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> 爆発性雰囲気 着火源 </div> 引き金事象 Aと引き金事象 Bが同時に発生することにより、爆発性雰囲気形成し、かつ着火源が発現する可能性

※ 表1中 の（実線枠囲み）は常に発生するおそれがあること、 （点線枠囲み）は引き金事象発生をきっかけとして発生することを示す。

¹ 燃焼とは熱と光の発生を伴う酸化反応のことで、3つの要素『可燃物（可燃性物質）』、『酸素供給源（支燃物）』、『着火源』のうち、どれか一つでも欠ければ、燃焼は起こらない。燃焼の未然防止のためにはこの3要素のうち、少なくとも一つを存在しない状態にすることがポイントとなる。

² 塗装作業のような反応を伴わない化学物質取り扱い作業では、化学物質は常に酸素（空気）と触れている（開放作業において、何も対策が実施されていない場合には、常に爆発性雰囲気形成されていると考える）。

³ 表1中の「引き金事象」については3で詳述する。

パターン(a)：「爆発性雰囲気形成防止対策」も「着火源発現防止対策」も実施されていない

- ① 常に「爆発性雰囲気が形成されている」おそれがある
- ③ 常に「着火源が発現する」おそれがある

例) 蓋が無い容器に塗料を入れて作業を行っている場合(爆発性雰囲気の形成防止対策を実施していない)、常に「爆発性雰囲気」が形成されているおそれがある。この状態で、静電気の放電による「着火源」が発現することで、火災・爆発が発生するおそれがある。

パターン(b)：「着火源発現防止対策」のみ実施されている

- ① 常に「爆発性雰囲気が形成されている」おそれがある
- ④ 引き金事象 A 発生により「着火源が発現する」可能性がある

例) 蓋が無い容器に塗料を入れて作業を行っている場合(爆発性雰囲気の形成防止対策を実施していない)、常に「爆発性雰囲気」が形成されているおそれがある。この状態で、劣化によるアース接続の不良など(引き金事象 A 発生)により「着火源」が発現すると、火災・爆発が発生する可能性がある。

パターン(c)：「爆発性雰囲気形成防止対策」のみ実施されている

- ② 引き金事象 B 発生により「爆発性雰囲気が形成される」可能性がある
- ③ 常に「着火源が発現する」おそれがある

例) 爆発性雰囲気の形成防止対策を実施していても、容器の蓋の閉め忘れなど(引き金事象 B 発生)により「爆発性雰囲気」が形成され、この爆発性雰囲気が着火源発現防止対策が実施されていない他の作業場所(例えば溶断作業を行っている場所)に流れ込むと、火災・爆発が発生する可能性がある。

パターン(d)「爆発性雰囲気形成防止対策」も「着火源発現防止対策」も実施している

- ② 引き金事象 B 発生により「爆発性雰囲気が形成される」可能性がある
- ④ 引き金事象 A 発生により「着火源が発現する」可能性がある

例) 爆発性雰囲気の形成防止対策を実施していても、容器の蓋の閉め忘れなど(引き金事象 B 発生)により「爆発性雰囲気」が形成される可能性がある。この状態で、さらに劣化によるアース接続の不良など(引き金事象 A 発生)により「着火源」が発現すると、火災・爆発が発生する可能性がある。

ここではリスクアセスメントの対象とする作業がどのパターンで実施されているかを予め確認することによるシナリオ検討方法(“簡易シナリオ同定法”と呼ぶ)をまとめる⁴。図 1 に簡易シナリオ同定法の概要を示す。3 種類のシートを順番に作成することにより、様々なシナリオを同定する。

(i) 「作業条件確認シート」(表 2) の作成

取り扱い化学物質の特性、作業条件、既に実施している対策等を確認することで、対象とする作業が表 1 に示すどのパターンで行われているか(既に不安全状態となっているかどうか)を確認する。

(ii) 「引き金事象チェックシート」(表 3) の作成

不安全状態を引き起こすかもしれない引き金事象を網羅的に想定する。

(iii) 「シナリオ検討シート」(表 4) の作成

想定された引き金事象が発生することにより「爆発性雰囲気が形成されるかどうか」と「着火源が発現するかどうか」を確認することで、火災・爆発発生及びその他への影響(労働災害も含む)に至るシナリオを同定する。

⁴「簡易シナリオ同定法」は化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等を実施する際に、できるだけ簡単に火災・爆発が発生するシナリオを同定するための方法として、最低限、検討すべきことをまとめており、これですべての危険性(火災・爆発発生シナリオ)について考慮したと言い切ることにはできないことに注意すること。

(i) 取り扱い化学物質の特性，作業条件，現状対策等の確認

「作業条件確認シート」の作成

- I. 可燃性の化学物質を取り扱っているかどうかの確認
- II. 爆発性雰囲気形成防止対策を実施しているかどうかの確認
(爆発性雰囲気形成防止対策の具体例)
- III. 着火源発現防止対策を実施しているかどうかの確認
(着火源発現防止対策の具体例)
- IV. 燃焼の3要素が揃い，火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターンの確認

(ii) 火災・爆発発生のかきかけとなる「引き金事象」の想定

「引き金事象チェックシート」の作成

(iii) 燃焼の3要素の確認による火災・爆発発生シナリオの同定

「シナリオ検討シート」の作成

図 1 燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオ同定の進め方

表 2 作業条件確認シート（様式）

【A】作業 手順・内容	【B】取り扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素のパターンの確認			
	取扱 物質名	当該化学物質 の危険性 に関する情報	取扱状況 (温度,湿度,取扱 量,保管状況など)	作業に用いられる 設備・装置・道具	Q-1 取り扱っている化学物質 は可燃性のものですか？	Q-2 爆発性雰囲気形成防止 対策を実施していますか？	Q-3 着火源発現防止対策 を実施していますか？	パターン (a)~(d)
1								
2								
3								
・								

表 3 引き金事象チェックシート（様式）

【A】作業 手順・内容	【B】取り扱い化学物質及び作業に 用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発等が発生 する燃焼の3要素のパタ ーンの確認			【D】設備・装 置・道具に関す る引き金事象	【E】作業・操作に関する引き金事象（ヒューマンエラー）							
	取扱 物質名	当該化学物質 の危険性 に関する情 報	取扱状況 (温度,湿度,取 扱量,保管状況 など)	作業に用 いられる設備・ 装置・道具	爆発性雰 囲気形成 防止対 策	着火源 発現防 止対 策	パター ン (a)~(d)		やり間違い							
								省略エラー	選択 エラー	手順 エラー	タイミ ング エラー	質的 エラー	量的 エラー	その他 のエラー		
1																
2																
3																
・																

表 4 シナリオ検討シート（様式）

【A】作業 手順・内容	【C】火災・爆発等が発生する 燃焼の3要素のパターンの確認			【D】【E】引き金事象	【F】不安全状態		【G】事故災害	
	爆発性雰 囲気形 成防 止対 策	着火源 発現 防止 対 策	パター ン (a)~(d)		爆発性雰 囲気の 形成	着火源 の発 現	火災？ 爆発？	その他の 影響？
1								
2								
3								
・								

2. 取り扱い化学物質の特性，作業条件，現状対策等の確認（「作業条件確認シート」の作成）

(1) 「作業条件確認シート」の作成

リスクアセスメントの対象とする作業ごとに，表 1 に示した火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン（燃焼の 3 要素の揃い方）のいずれに該当するかを確認するための「作業条件確認シート」（表 2）を作成する．以下，それぞれの欄に記入する内容を説明する．

【A 欄】作業手順書に記載された作業内容・方法の記入

作業現場で実際に行っている作業内容や方法を反映した最新版の作業手順書を確認し，作業手順・内容を記載する．このとき，作業の目的（意図）を明確にしておくことで，より詳細な解析が可能となる．

※ 作業手順書が無い場合でも，実際に行っている作業内容を確認することにより，簡単でも良いので作業手順書を作成し，その内容を明らかにしておく．

※ 作業手順書がある場合でも，その作業手順書に記載されている内容と実際の作業内容が合致していることを事前に確認する．異なっている場合にはどちらに問題があるかを明らかにし，一致させてから以降の解析に進む．

※ 他の場所で行った前工程での作業結果がリスクアセスメントの対象とする作業に影響を与えると予想される場合，あるいはその作業の結果が後工程の作業に影響を与える場合には，それらの工程の作業も含めて同一のチェックシートに記載して検討する方が良い．別の場所で行われている別の人の作業であるということを理由に，それぞれで解析した場合，「ある作業の不具合により発生している不安全状態の下で，次の作業が実施され，このとき，何らかの不具合事象が重なって発生し，火災・爆発を引き起こす」というシナリオを見逃すことになる．

※ 詳細に記述された作業手順書を用いることにより，より具体的にリスク低減措置を検討・実施することができる．

【B 欄】取り扱い化学物質及び作業で使用する設備・装置・道具の記入

b-1) 取り扱い化学物質の名称を記入する．複数の化学物質を取り扱う場合も，それぞれ記入する⁵．

※ 製品名を記入しても良いが，SDS を参考にすることができるように，含有される化学物質名も記入すること．

b-2) GHS ラベルや SDS 等を確認し，危険性に関する情報や関連する法規制などを把握する．物性データ（引火点等，粉体原料の粉じん爆発の可能性）など，特に気にしておくべき点があれば記入する．

※ GHS ラベル及び SDS が手元に無い場合には，至急，最新のものを取り寄せること．

b-3) 取り扱い化学物質の使用条件（温度，湿度，取扱量，保管状況など），廃棄方法⁶などを記入する．

※ 爆発性雰囲気形成する可能性について検討するための基本情報となる．

b-4) 作業で使用している設備・装置・道具をリストアップし，名称を記入する．このとき，それぞれの使用目的や適切な使用方法についても確認しておく．

【C 欄】火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン確認結果の記入

以下，**Q-1**～**Q-3**に対する回答結果をそれぞれの欄に記入し，表 1 に示した火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターンのいずれに該当するかを確認する．

⁵ 一つの作業工程の中で複数の化学物質を取り扱う場合には，作業工程を細分化し，細分化された作業毎に検討すると良い．

⁶ SDS には廃棄に関する注意点が記載されていることもあるので参考にすることができる．

I. 取り扱っている化学物質が可燃性のものであるかどうかの確認

Q-1 取り扱っている化学物質は可燃性のものでしょうか？

火災・爆発は可燃性の化学物質を使用している場合に発生する。GHS ラベルや SDS の記載事項などを参考にして、取り扱っている化学物質が可燃性のものであるかどうかを確認する⁷。

A-11 可燃性の化学物質を取り扱っている場合

⇒ 「製品名及び化学物質名」を記入し、**Q-2**及び**Q-3**に進む。

A-12 可燃性の化学物質を取り扱っていない場合

⇒ 「いいえ」と記入する。

II. 爆発性雰囲気形成防止対策を実施しているかどうかの確認

Q-2 爆発性雰囲気形成防止対策を実施していますか？

開放系の作業現場では、常に酸素が存在し、可燃性や引火性を有する化学物質が接触または混合することで爆発性雰囲気が形成される（不安全状態となる）⁸。爆発性雰囲気形成防止対策の例を表 5 に示すが、これらの対策を実施しているかどうかを確認し、実施している場合にはその内容を記載する。

A-21 ① 爆発性雰囲気形成防止対策が実施されていない場合

⇒ 「対策無し」と記入する。常に爆発性雰囲気が形成されているおそれがある。

※ 「対策不要」と考えられていた理由がある場合にはその理由を記載しておくこと。

A-22 ② 爆発性雰囲気形成防止対策が実施されている場合

⇒ 実施している「爆発性雰囲気形成防止対策」を記入するとともに、その目的を確認しておく。

爆発性雰囲気形成防止対策を実施していても、容器の蓋の閉め忘れ、局所排気装置の故障、スイッチの入れ忘れなど（引き金事象 B）により、対策を無効化してしまい、爆発性雰囲気を形成させる場合がある¹⁰。

III. 着火源発現防止対策を実施しているかどうかの確認

Q-3 着火源発現防止対策を実施していますか？

火災・爆発発生の着火源となり得る要因と対策の例を表 6 に示す。静電気火花発現防止対策の基本と

⁷ 義務化対象となっていない化学物質を対象とするために SDS を入手できない場合もあるが、取り扱い経験を通じて可燃性であると認識しているものや可燃性であるという知見が得られているものについては考慮する。

⁸ 本資料では、塗装作業のような、開放された作業場所で使用する化学物質の取り扱いを対象としている。化学プラントの反応器などのように密閉された場所での化学物質使用を対象とする場合には、以下の指針等で定義されている「危険場所」について確認することができる。

・労働安全衛生総合研究所技術指針、工場電気設備防爆指針－国際整合技術指針、TR-46 (2018)。(執筆時点での最新版)

・経済産業省、プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン(2020)

・JIS C 60079-10:2008、爆発性雰囲気で使用される電気機械器具－第 10 部：危険区域の分類

⁹ 表 5 に示す対策には、爆発性雰囲気の形成を検知するための異常発生検知手段(センサー等)とセットで実施されるものもある。

¹⁰ 安衛研手法では、既存のリスク低減措置が存在していても、シナリオを同定する際にはこれが無効化された場合を仮定し、シナリオを検討することとしている。一方、簡易シナリオ同定法では、簡単のため、事前に爆発性雰囲気の形成防止対策及び着火源発現の防止対策の有無を確認し、それぞれの対策が引き金事象発生により無効化される場合も想定する。

対策の例を表 7 に示す¹¹。表 6 の(a)～(h)に示す 8 項目について着火源発現防止対策の実施状況を確認し、実施している場合にはその内容を記入する。

A-31 ③ 着火源発現防止対策が実施されていない場合

⇒ 「対策無し」と記入する。常に着火源が発現するおそれがある。

※ 「対策不要」と考えられていた理由がある場合にはその理由を記載しておくこと。

A-32 ④ 着火源発現防止対策が実施されている場合

⇒ 実施している「着火源発現防止対策」を記入するとともに、その目的を確認しておく。着火源発現防止対策を実施している場合でも、劣化によるアース接続の不良など（引き金事象 A）が発生することにより、対策を無効化してしまい、着火源を発現させる場合がある¹⁰。

IV. 燃焼の 3 要素が揃い、火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターンの確認

Q-1～**Q-3**の質問に対する回答結果を基に、表 1 に示した火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン (a～d) のいずれに該当するかを確認し、記入する。それぞれのパターンにより、次のような検討が必要となる。

パターン(a) : いつ火災・爆発が発生してもおかしくない状態となっている

リスクアセスメント等を実施する前に、何らかのリスク低減措置を実施する必要がある。リスク低減措置を実施した後、再度、**Q-1**～**Q-3**を確認する。

パターン(b)～(d) : 引き金事象の発生により火災・爆発が発生する可能性がある

既に何らかのリスク低減措置が実施されており、これらの対策が機能するかぎり燃焼の 3 要素が揃うことはないが、設備の故障や作業ミスなどの引き金事象の発生がそれらを無効化してしまう場合があり、これにより、燃焼の 3 要素が揃い、火災・爆発発生に至る可能性がある。

(2) 「作業条件確認シート」作成の目的

「作業条件確認シート」作成の目的は以下の通りである。

- ① 作業手順書に書かれた内容と実際に行っている作業が同一であることを確認すること。
- ② 取り扱い化学物質の特性、取り扱い状況、使用している設備などを確認すること。
- ③ 現在のリスク低減措置の実施状況を確認し、パターン分類することで、不安全状態となっているかどうかを把握すること。

¹¹ 静電気火花発現防止対策は着火性の静電気放電を防止するための対策が中心となる。その他、労働安全衛生規則 286 条の 2、287 条にも静電気に関する対策が示されている。

表 5 爆発性雰囲気形成防止対策の例¹²

対策	対策例
ガス・蒸気爆発性雰囲気の抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不要な可燃性ガス・液体の残留を除去する ・ 可燃性ガス・液体の漏洩を防止する ・ 可燃性ガス・蒸気の放出を管理する ・ 換気によって可燃性ガス・蒸気の滞留を防止する <p>【換気設備の例】 下方吸引型フード（換気作業台など）、側方吸引型フード、プッシュプル型換気装置、囲い式フード（ドラフトチャンバーなど）</p> <p>【異常発生検知手段の例】 濃度計・ガス検知器</p> <ul style="list-style-type: none"> ※ 爆発性雰囲気の形成を確実に検知することができる場所に適切に設置していること ※ 爆発下限濃度(LEL)の 1/4 未満の濃度に制御すること
粉じん爆発性雰囲気の抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適切な粉体の粒径を選定する ・ 粉体の微細化を防止する ・ 粉体の滞留・堆積を防止する（排気／換気装置内への堆積を含む） ・ 取り扱いの規模を制限する ・ 設備を区画化する ・ 設備内の不要な突起物を除去する ・ 可燃性粉体の漏洩を防止する ・ 可燃性粉体の飛散・堆積を防止する <p>【換気設備の例】 下方吸引型フード（換気作業台など）、側方吸引型フード、プッシュプル型換気装置、囲い式フード（ドラフトチャンバーなど）</p>

¹² 労働安全衛生研究所技術指針，静電気安全指針 2007，JNIOOSH-TR-No.42(2007)を基に作成。

表 6 火災・爆発発生の着火源となり得る要因と対策の例 ¹³

種類	着火源となる要因	対策の例
電氣的着火源	(a) 電気火花 <ul style="list-style-type: none"> ・加熱装置・自動温度調節器等のリレー接点に飛ぶ電気火花 ・照明用機器の破壊の際のアーキ ・電気溶接用ノズルのアーキ／非防爆型の電気機器や漏電している電気機器の火花 ・非防爆機器(携帯電話, スマートフォンなど)の使用 	・防爆構造の電気機器類の使用
	(b) 静電気火花 <ul style="list-style-type: none"> ● 物体に電荷が蓄積し帯電が起こり, その電荷によって形成された電界強度がある程度以上になると, 絶縁破壊を起こし, 静電気火花(放電)が発生する. ● 静電気火花の発生としては, 以下の例がある. <ul style="list-style-type: none"> ・帯電した金属物体の近傍に金属が存在しているとき ・帯電した作業者がドアノブなどの金属に触れたとき ・作業服などを脱衣するとき ・液体試料などのサンプリング作業時に, 接地不良になった金属製柄杓が反応釜のマンホールの金属部に触れたとき ・液体輸送工程で, フィルターを内蔵した濾過器の接地不良の金属部分の周りに金属が存在しているとき ・帯電した液体・粉体などを絶縁された金属製容器に充填する際, その周りに金属が存在しているとき 	(表 7 静電気火花発現防止対策の基本を参照)
高温着火源	(c) 高温表面 <ul style="list-style-type: none"> ・電熱器, 加熱導管, 高温金属などの露出した高温表面 ・溶接・ガス切断等の時に飛び散る火の粉 ・溶接・切断を行っている鋼板の裏側表面 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・高温装置の保守点検, 過負荷の有無の監視 (センサー) ・設備・装置における機械的摩擦による高温部の有無の監視 ・溶接・ガス切断等の作業の適切な制限
	(d) 熱輻射 <ul style="list-style-type: none"> ・物質が燃焼している近く ・電熱器やボイラの近く ・焦点を結んだ太陽光線 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・周囲からの高温物の除去 ・遮熱材の使用
衝撃的着火源	(e) 衝撃・摩擦 <ul style="list-style-type: none"> ・金属(特に軽金属合金製)同士の打撃・衝撃 ・運動部への異物の混入による摩擦 など ・流動摩擦 	<ul style="list-style-type: none"> ・軽金属合金製品の使用の禁止 ・設備・装置内の可燃物・異物の除去 ・流動摩擦対策「バルブをゆっくり操作」, 「系内の可燃物の除去(清掃)」など
	(f) 断熱圧縮 <ul style="list-style-type: none"> ・配管などの閉空間への高圧ガスの急激な流入による断熱圧縮¹⁴など 	<ul style="list-style-type: none"> ・バルブをゆっくり操作 ・可燃物の除去(清掃)
物理化学的着火源	(g) 裸火 <ul style="list-style-type: none"> ・厨房のコンロ ・暖房用のストーブ ・灯明 ・マッチ・ライター ・タバコの火 ・酸素アセチレン炎やトーチランプの炎 ・ボイラ ・各種の炉の中の燃料の燃焼炎 ・分析機器内の小火炎 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・作業環境に応じた火気使用の制限 ・火気持ち込み等に関する十分な管理
	(h) 自然発火 <ul style="list-style-type: none"> ・空気や水に触れると直ちに発火するもの ・可燃性物質自体の内部に化学反応熱が蓄積することによって着火する場合 など 	<ul style="list-style-type: none"> ・小分けによる蓄熱の防止 ・適切な温度管理 (センサー) ・強制的な冷却の実施

¹³ 北川, 爆発災害の解析, 日刊工業新聞社(1980)を基に作成.

¹⁴ 高圧ガス保安協会, 酸素などの断熱圧縮と摩擦熱による高圧ガス事故の注意事項について, https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/dannetu.pdf (2021年5月22日確認).

表 7 静電気火花発現防止対策の基本と対策の例 15

対策	説明, 対策例
すべての導体の接地	<p>導体は帯電すると静電気災害の原因となる火花放電等を発生するので、すべての導体と導電性材料を接地しなければならない。</p> <p>接地は導体と大地間を電氣的に接続することにより導体の帯電を防止する対策である。ボンディングは導体同士を電氣的に接続することであり、直接の接地が容易でない導体と接地した導体をボンディングすることにより接地する方法である。ボンディングの結果として導体間の電位は同電位になる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・装置、設備等設置された導体構造物の接地 (B-c) ・絶縁された金属の排除：不導体上の金属（プラスチックパイプや容器のフランジ、絶縁性床上の金属ドラムなど）の接地 (B-c)
作業者の接地と帯電防止	<p>作業者も静電気放電の原因となるので、帯電防止作業靴、導電性床の使用により作業者の帯電（電荷の蓄積）を抑制する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・帯電防止作業靴・導電性床の利用 (B-c) による人体の接地 (C-c) ・帯電防止作業服の着用 (C-c)
不導体の排除 16	<p>不導体は接地をしても電荷緩和がほとんどないので接地の効果がない。不導体に発生した電荷は蓄積され静電気災害の原因となる。不導体は導電性材料に代えて、これを接地して不導体の使用は避ける、あるいは不導体（例えば、絶縁性液体）に帯電防止剤を添加するなどして導電性を向上させることにより、静電気に起因するリスクを低減できる。</p> <p>不導体を接地導体で覆うことにより、または、接地導体により区画化することにより、不導体の帯電の影響を小さくして静電気に起因するリスクを抑制する。例えば、絶縁ホースにスパイラル状に巻かれた接地導線もこれにあたる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・導電性材料の容器・パイプ・フィルタなどを利用し (A-c) , これらを接地 (B-c) ・静電遮へい (B-c) ・絶縁性液体の帯電防止剤や導電性液体を添加 (B-c)
電荷発生の抑制	<p>一般に、電荷の発生は接触の面積、摩擦の速度に依存して多くなるので、速度を遅くするなど作業工程を見直すことにより電荷発生を抑制できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業の運転速度や液体・粉体の輸送の流速の制限 ・帯電しやすい液体では乱流や噴出を避ける (C-c)
除電	<p>除電器を利用した電荷の抑制である。除電器で発生したイオンにより帯電物体の電荷を中和する。帯電物体の周辺の媒質の導電率を高く（電荷緩和を促進）するのと等価である。不導体の除電に有効である。ただし、除電器単独でのリスク低減措置とはせず、必ず他の対策と併用すること (B-c)。</p>
静電気に関連した測定 17	<p>上記の対策の指標となる導電性、帯電電位、漏洩抵抗について、以下の測定により確認する。防爆型の測定器を用いている場合でも着火源となる可能性があるため、作業場に可燃性ガスや溶剤蒸気及び粉じんが立ち込めているようなときには、絶対に測定を行わないこと (B-b)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・すべての導体が接地されているか、テスターなどで確認 ・原料などが入った袋や作業者などの帯電電位を静電電位測定器で測定 ・床や作業台、台車等の漏洩抵抗を絶縁抵抗計で測定

15 労働安全衛生総合研究所技術指針、静電気安全指針 2007, JNIOOSH-TR-No.42 (2007)を基に作成。表 7 中の A)~D) はリスク低減措置検討の優先順位, a)~d) は多重防護の考え方による対策の分類に対応している。

16 静電気と天候による湿度の変化について:加湿することで不導体の表面抵抗が低下し、電荷緩和が促進されることが知られている。つまり、湿度が低くなると電荷が緩和されず不導体が帯電し、静電気火花が発生する可能性が高くなる。そのため、湿度の変化(天候の変化)により静電気火花が発生する状況になるおそれがあるため、天候の変化を受けやすい作業場では、「着火源発現の対策がなされていない作業場」とみなして、シナリオを検討すること。一方、無菌室など温度や湿度を管理している作業場であっても、作業者がスイッチを入れ忘れるなどの「引き金事象」の発生により、湿度管理に失敗し(湿度が下がる)、静電気火花が発現するおそれがあることを踏まえたシナリオを想定し、リスク低減措置を検討すること。

17 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(平成26年11月)を基に作成。

3. 火災・爆発発生のかきかけとなる「引き金事象」の想定（「引き金事象チェックシート」の作成）

(1) 引き金事象とは

化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等の実施では、化学物質の取り扱い作業や取り扱い設備などに潜む危険源を漏れなく想定することが重要である。安衛研手法では、作業手順書に記載された作業ごとに潜在する危険源を顕在化させる事象（引き金事象）を網羅的に想定する。表8に「引き金事象」の分類を示す。大きく（i）設備・装置・道具の不具合、（ii）不適切な作業・操作、（iii）外部要因に分けて考える。これらの引き金事象は、「爆発性雰囲気形成」や「着火源の発現」を引き起こす「きかけ」となる可能性がある。

表8 引き金事象の分類

引き金事象の分類	意味と検討すべきシナリオの例
(i) 設備・装置・道具の不具合	・機械は壊れることがある 例) 局所排気装置が作動しなかったらどうなるか？ 容器の蓋が破損していたらどうなるか？
(ii) 不適切な作業・操作	・人(作業員)はミスをすることがある 例) 局所排気装置のスイッチを入れ忘れたらどうなるか？ 異なるスイッチを押してしまったらどうなるか？
(iii) 外部要因	・停電で装置等が止まることもある。また、地震・台風・洪水などの自然災害による大規模災害が頻繁に発生している 例) 大規模停電が発生したらどうなるか？ 洪水が発生し、工場が浸水したらどうなるか？

(2) 「引き金事象チェックシート」の作成

化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等の実施では、「引き金事象」を網羅的に想定し、これらの事象の発生をきかけとした爆発性雰囲気形成の有無、着火源発現の有無を確認することで、通常の作業場を確認するだけでは想定する（気付く）ことが難しい様々なシナリオを同定する。

作業手順書に記載されたとおりの作業を実施することを基本として、（i）設備・装置・道具の不具合及び（ii）不適切な作業・操作（ヒューマンエラー）を網羅的に想定することを目的とした「引き金事象チェックシート」（表3）を作成する¹⁸。以下、それぞれの欄に記入する内容を説明する¹⁹。

【A欄】作業手順書に記載された作業内容・方法の転記

「作業条件確認シート」の【A欄】に記載された内容を転記する。

【B欄】取り扱い化学物質及び作業で使用する設備・装置・道具の転記

「作業条件確認シート」の【B欄】に記載された内容を転記する。

【C欄】火災・爆発等発生に至るシナリオ検討パターン確認結果の転記

¹⁸ 簡易シナリオ同定法では、大規模停電や自然災害などの「外部要因」による火災・爆発発生についての検討は省略しているが、事業場がある地域などの特性により、危険源を顕在化する事象として想定することが望ましい。

¹⁹ 想定外の事故を減らすために、考えられる引き金事象を網羅的に想定することを目的としているので、全ての欄を埋める努力が必要となる。

「作業条件確認シート」の【C欄】に記載された内容を転記する。

【D欄】設備・装置・道具に関する引き金事象の記入

d-1) 設備・装置・道具の使用目的を確認する。

d-2) 「機械は壊れる(想定通りに動作しないこともあり得る)」という考えの下、設備・装置・道具の不具合を引き金事象として想定する。例えば、次のようなことが考えられる。

- ・設備が故障して動かない場合
- ・何らかの不具合により、装置が目的と異なる動作をしてしまう場合(誤動作)(ただし、作業者のミスに起因する誤操作などは【E欄】に記入)

※ 【B欄】に記載された設備などだけでなく、【C欄】に記載された爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策として実施されている設備などについても、これらを無効化するような不具合を想定する²⁰。

※ 想定した設備・装置・道具の不具合が不安全状態(爆発性雰囲気形成, 着火源発現)を引き起こすかどうか、火災・爆発を発生させるかどうかはシナリオ検討の段階で考察するので、この時点では、考えられるすべての不具合を列挙する。

※ 作業手順の時間軸に沿って三現主義²¹で確認することも重要である。ヒヤリハット活動により既に何らかの対策が実施されている場合でも、それらの効果を再確認するために、解析の対象とする。ヒヤリハット事項は既に対応しているので除外しても良いなどとは考えないようにする。

【E欄】作業・操作に関する引き金事象(ヒューマンエラー)の記入

e-1) 作業や操作の目的と方法を確認する。

e-2) 「人はミスをする」という考えの下、作業・操作毎に表9に示す7種類のヒューマンエラーの分類²²を適用することで、不適切な作業・操作を引き金事象として想定する²³。

※ 【A欄】の作業手順・内容に明記されていなくても、爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策として実施する作業や操作がある場合、これらを無効化するようなヒューマンエラーも想定する²⁴。

※ 想定したヒューマンエラーが不安全状態(爆発性雰囲気形成, 着火源発現)を引き起こすかどうか、火災・爆発を発生させるかどうかはシナリオ検討の段階で考察するので、この時点では、作業手順・内容に対して考えられるすべてのヒューマンエラーを列挙する。

※ ヒューマンエラーの背景要因を考慮すると、大きく、(A)「うっかりミス」によるものと(B)「意図的なルール違反」²⁵によるものに分類することができるが、あくまで潜在する危険を顕在化させる引き金事象として、結果的にやってしまうだろうと思われることはすべて想定する。この段階では、(A)「うっかりミス」によるものか、(B)「意図的なルール違反」によるものかを区別する必要はない²⁶。

²⁰ 本来、異常発生検知手段として設置されている検出器(センサー)やアラームの故障なども引き金事象として想定する必要があるが、ここでは簡便化するため省略している。通常、異常発生検知手段はリスク低減措置(異常発生防止対策, 事故発生防止対策, 被害の局限化対策)とセットで実施されるものであり、異常発生検知手段の不具合はリスク低減措置が機能しなかったことの原因の一つとして考えることができる。異常発生検知手段の不具合は、リスク低減措置検討の段階で具体的な対策を検討する際に考慮するとよい。

²¹ 現場、現物、現実の3つの“現”を重視し、机上ではなく、実際に現場で現物を観察して、現実を認識した上で、問題の解決を図るという考え方。

²² Swainらのヒューマンエラーの分類, A. D. Swain, H. E. Guttman, Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, Final Report (1983)を基に作成。表9では、ヒューマンエラーとして大きく「省略エラー(Omission Error)」と「やり間違い(Commission Error)」に分類し、さらに「やり間違い」を6つに分類している。

²³ この方法は化学プラントなどを対象として実施する手順HAZOPで用いられるガイドワードと基本は同じである。

²⁴ リスク低減措置としての作業・操作が作業手順書に明記されていれば、①～⑥のエラーとして想定することも可能である。また、作業手順書に明示されていなくても、普段の作業の中で失敗した経験などを⑦その他のエラーとしてできる限り想定する。

²⁵ 生産の効率化のために現場で作業方法を変更している場合も違反として考える。

²⁶ シナリオ同定の段階で背景要因まで考えると、より多くの要因を組み合わせる必要があり、系統的なシナリオ想定が困難になる。この段階では、ヒューマンエラーとして行ってしまったこと自体は同じと考え、それによりどのような結果に至るのかをシナリオとして考える。背景要因はヒューマンエラーに対するリスク低減措置を検討する際に分類・想定する。

表9 ヒューマンエラーの分類

種類	説明
① 省略エラー (Omission Error)	必要な作業を実施しなかった。 例)局所排気装置を稼働させなかった
やり間違い (Commission Error)	作業は実施したが、異なることを実施した。
② 選択エラー (Selection Error)	間違った道具を選択した。作業する箇所を間違えた。 間違った命令または情報を出した(設定ミス)。 例)異なるバルブ B を開いた 例)原料投入量の設定値を間違えた/設定温度が高かった
③ 手順エラー (Sequential Error)	作業の順番を間違えた。 例)バルブ A を開く前にバルブ B を開いた
④ タイミングエラー (Time Error)	作業のタイミングが適切でなかった(早すぎた, 遅すぎた)。 例)局所排気装置の稼働が遅れた
⑤ 質的エラー (Qualitative Error)	作業の強度(質)が定められた基準・標準と異なる。 例)バルブの開閉速度が速い/遅い 例)洗浄作業が不十分だった 例)蓋がきちんと閉められていなかった 例)攪拌が不十分だった(作業継続時間は設定通りだが均一に攪拌されていない)
⑥ 量的エラー (Quantitative Error)	作業量(充填量や作業継続時間など)が定められた基準・標準と異なる。 例)充填量を間違えた(その結果, 原料充填量が多すぎ/少なすぎ) 例)昇温時間を間違えた(その結果, 加熱しすぎ/加熱不足)
⑦ その他のエラー (Other Error)	その他, 上記に分類されないもの。 例)道具を落とす, 塗料をこぼす 例)接地していたアースを外してしまう(着火源発現防止対策の無効化)

(3) 「引き金事象チェックシート」作成の目的

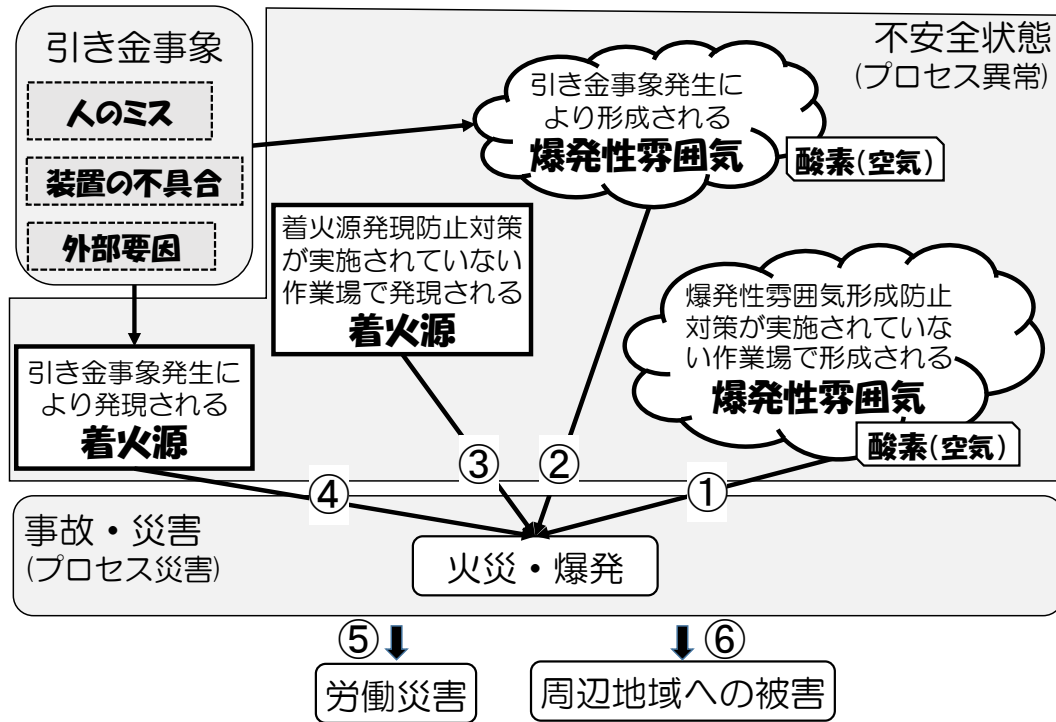
「引き金事象チェックシート」作成の目的は、以下の通りである。

- ① 作業内容(手順), 作業に用いる化学物質の特性(危険性)や化学物質の取り扱い状況の把握, 設備・装置・道具の使用目的や使用状況などを確認すること。
- ② 事前に爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策の有無を確認することにより, その目的を明確にするとともに, これらの対策が無効化される可能性があることを意識付けること。
- ③ 取り扱い化学物質は一定の危険性を有していることを前提としているが, これを顕在化させる事象(引き金事象)として, 「設備・装置・道具の不具合」及び「不適切な作業・操作(ヒューマンエラー)」を網羅的に想定すること。
- ④ 作業手順書の不適切な書き換え(ショートカットや根拠のない変更など)やルールを逸脱した不安全行動などを発見すること。
- ⑤ 想定された引き金事象が発生した場合(爆発性雰囲気の形成, 着火源の発現など)について検討することにより, 火災・爆発発生に至る, より具体的なシナリオを同定すること。

4. 燃焼の3要素の確認による火災・爆発発生シナリオの同定（「シナリオ検討シート」の作成）

(1) 燃焼の3要素が揃うことによる火災・爆発発生と労働災害発生・事業場周辺地域への被害の拡大

図2に引き金事象発生から火災・爆発発生及び労働災害発生・事業場周辺地域への被害の拡大に至る流れを示す。対策が不十分であるために、既に不安全状態となっている場合（①③）と「引き金事象」発生により不安全状態となる場合（②④）がある。いずれの場合も「爆発性雰囲気」の形成と「着火源の発現」が起こると「火災・爆発²⁷⁾」発生に至る可能性がある。さらに「火災・爆発」発生は「労働災害（⑤）」と「事業場周辺地域への被害（例えば、近隣住宅への延焼など）（⑥）」に至る可能性があり、これら一連の災害に発展する過程をシナリオとして同定する。



①～④ 表1中の○数字に対応

⑤ 火災・爆発が発生した場所の近くに作業者がいた場合、労働災害が発生する可能性

⑥ 火災・爆発の規模が大きい場合、事業場周辺地域への被害が発生する可能性

図2 火災・爆発発生から労働災害・事業場周辺地域への被害の拡大

(2) 「シナリオ検討シート」の作成

「作業条件確認シート」への記載結果（パターン(a)～(d)の確認結果）を基に「引き金事象チェックシート」の作成で想定された引き金事象の発生が「爆発性雰囲気を形成させるかどうか」、「着火源を発現させるかどうか」を確認することで火災・爆発発生に至るシナリオを同定するための「シナリオ検討シート」（表4）を作成する。以下、それぞれの欄に記入する内容を説明する。

²⁷⁾ 厚生労働省の事故の型の分類によれば、爆発による破裂は「爆発」に分類される。

【A欄】作業手順・内容の転記

「引き金事象チェックシート」の【A欄】に記載された作業手順・内容を転記する。

【C欄】火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン確認結果の転記

「引き金事象チェックシート」の【C欄】に記載された内容を転記する。

【D欄】または【E欄】に記載された引き金事象の選択

「引き金事象チェックシート」の【D欄】または【E欄】に記載された引き金事象のうちの一つを選択し、記載する。

【F欄】爆発性雰囲気形成及び着火源発現（不安全状態）の記入

【C欄】に記載された火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン(a)～(d)の分類を基に、爆発性雰囲気が形成されるかどうか、着火源が発現するかどうかを確認する。

f-1) パターン(a)の場合：「爆発性雰囲気形成防止対策」も「着火源発現防止対策」も実施されていない**いつ火災・爆発等が発生してもおかしくない不安全状態となっている**ので、リスクアセスメントを実施する前に、表5～表7に示した対策を実施する。

f-2) パターン(b)～(d)の場合

【D欄】または【E欄】に記載された引き金事象の一つが発生した場合に「爆発性雰囲気が形成されるかどうか」と「着火源が発現するかどうか」を確認する。

パターン(b)の場合：「着火源発現防止対策」のみ実施されている

常に「爆発性雰囲気が形成されているおそれがある」という不安全状態の下で、想定された一つの引き金事象A発生により「着火源が発現するかどうか」を確認する。

パターン(c)の場合：「爆発性雰囲気形成防止対策」のみ実施されている

常に「着火源が発現するおそれがある」という不安全状態の下で、想定された一つの引き金事象B発生により「爆発性雰囲気が形成されるかどうか」を確認する。

パターン(d)の場合：「爆発性雰囲気形成防止対策」も「着火源発現防止対策」も実施している

「爆発性雰囲気形成防止対策」及び「着火源防止対策」が実施されており、これらの対策が機能するかぎり、燃焼の3要素が揃うことはなく、火災・爆発は発生しないが、引き金事象が発生し、それぞれの対策が無効化されることにより火災・爆発発生に至る場合がある²⁸。次の2種類の過程を考える。

- ・引き金事象B発生により「爆発性雰囲気が形成されている状態」で、引き金事象A発生により「着火源が発現するかどうか」を確認する。
- ・引き金事象A発生により「着火源が発現している状態」で、引き金事象B発生により「爆発性雰囲気が形成されるかどうか」を確認する。

²⁸ 通常、リスクアセスメント等の実施では、「複数の引き金事象が同時に発生する場合は想定しない」として検討が行われるが、過去には、複数の異常(不具合)が同時に発生したことにより火災・爆発が発生した例もある。パターン(d)は複数の引き金事象が発生した場合の検討となる。

パターン(d)では、想定された複数の引き金事象を組合せて考える必要があるが、膨大な数のシナリオについて検討することとなるため、例えば、次のα)とβ)を組合わせた方法で引き金事象を想定し、火災・爆発発生に至るシナリオを同定する。

α) 【D欄】に示した「設備・装置・道具に関する引き金事象」の発生と【E欄】に示した「作業・操作に関する引き金事象」の発生は別々に考える。つまり、最初に【D欄】に示された複数の「設備・装置・道具に関する引き金事象」の中から2つを取り上げ、シナリオを同定する。次に【E欄】に示された複数の「作業・操作に関する引き金事象」についても同様に検討する。

β) 想定された引き金事象のうち、最初に「爆発性雰囲気形成」につながる引き金事象を選択し、次に「着火源発現」につながる引き金事象を選択する。またはこの逆を考える。この場合、想定されている引き金事象の発生が爆発性雰囲気を形成するのか、着火源を発現するのか、あるいはその両方を同時に引き起こすかを予め確認しておくことと検討し易くなる。

【G欄】事故災害（火災・爆発、その他の影響）の記入

【F欄】に記載された「爆発性雰囲気形成」と「着火源発現」の有無を基に以下を確認する。

g-1) 爆発性雰囲気形成と着火源発現の両方が成立する（燃焼の3要素が揃う）場合

火災・爆発が発生するおそれがあり、その過程をできるだけ詳細に記載するとともに、さらに、作業者の人数や配置、作業環境（5S活動の実施状況、工場建屋の構造、避難経路、工場の立地条件など）を考慮し、その他の影響（労働災害や事業場周辺地域への被害）について検討する（図2）。

g-2) 爆発性雰囲気形成と着火源発現の両方またはどちらか一方が成立しない（燃焼の3要素が揃わない）場合

火災・爆発発生には至らないので、「影響無し」と記載する²⁹。

※ ここでは、燃焼の3要素が揃うかどうかを確認することによる簡易的な火災・爆発発生シナリオの検討方法を示した。一方、燃焼の3要素が揃わなくても、火災・爆発が発生することがあり、別途、検討する必要がある。

(3) 「シナリオ検討シート」作成の目的

「シナリオ検討シート」作成の目的は、以下の通りである。

- ① 引き金事象の発生をきっかけとした火災・爆発発生シナリオを網羅的に同定すること。
- ② 燃焼の3要素のそれぞれの発生を確認することにより、着火源の発現防止や爆発性雰囲気の形成防止などのリスク低減措置検討・実施の目的を明確にすること。
- ③ 同定されたシナリオを安衛研手法で用いるリスクアセスメント等実施シートに記載することにより、シナリオに対するリスク見積り、追加のリスク低減措置の検討・実施を進めること。

²⁹ 「引き金事象チェックシート」の作成により想定された「引き金事象」は考えられる不具合を網羅的に想定しているため、火災・爆発等発生に至らない場合もあるが、その際でも、燃焼の3要素の確認結果などは記録しておくこと。これらの記録は後日、設備や作業の変更など行うことに対し、再度、リスクアセスメント等を実施するのに役立つ。

5. 燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオ同定事例

(1) 事例作業の説明

燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオ同定の事例を示す。ここでは、厚生労働省の技能検定制度等に係るポータルサイト「技のとびら」で提供されている『3級技能検定実技試験課題を用いた人材育成マニュアル 塗装（金属塗装作業）編』³⁰に示される「被塗装物に圧縮空気を用いたエアースプレーガンにより塗装を行う作業」を参考にして、以下の作業について検討した。

1) 作業工程の概要

大きく以下の5つの工程（29の作業：表10に詳細を示す）。作業は室温で行われる。

1. 脱脂：被塗装物上に付着している脂分をラッカーシンナーにより取り除く。
2. 下塗り：塗装ののりがよくなるように、被塗装物にラッカープライマーサーフェーサーを塗装する。
3. 調色：異なる色の塗料を混ぜ合わせて、所定の色の塗料を調合する。
4. 試し塗り：色の適合性を確認するために、調色した塗料をラッカーシンナーで希釈し、試し塗り用の被塗装物に塗装する。
5. 上塗り：調色した塗料を下塗り塗装済みの被塗装物に塗装する。

2) 取り扱う化学物質及び作業に用いられる設備・装置等

取り扱う化学物質及び作業で用いられる設備・装置等は以下のように設定する。

・作業で取り扱う化学物質

ラッカーエナメル白、ラッカーエナメル黒、ラッカーシンナー、ラッカープライマーサーフェーサー（次頁（事例参考）にそれぞれのSDSの概要（危険性に関する情報）を示す）

・作業に用いられる設備・装置等

噴霧塗装設備（空気圧縮機、吹き付け用圧力調整器、エアースプレーガン、帯電防止ホース、吹き付け用作業台、スプレーブース [局所排気装置込み]）、防爆構造電気機器、導電性床、ポリ容器、攪拌棒（木製）、ろ紙、ウエス（綿製）、漏斗、ブラシ、ゴミ箱（ウエス、ろ紙、攪拌棒用）、蓋つき廃液容器（金属製）

・作業時の服装・装備

帯電防止作業服、帯電防止作業靴、保護メガネ、作業帽、作業用手袋、耐溶剤手袋、防毒マスク

3) 既に実施されている安全対策

実施されている安全対策は以下の通り設定する。

・爆発性雰囲気形成防止対策

スプレーブース付属の局所排気装置、スプレーガンの塗料カップの蓋、蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄

³⁰ <https://waza.mhlw.go.jp/shidousya/pdf/kinzokutosou.pdf>（2021年5月22日確認）。元の作業の具体的な方法などについては同マニュアルを参照のこと。ここでは、当該作業を参考として、作業に用いられる設備・装置等や施されている安全対策、安全に関する作業手順等に関する想定を加え、独自の作業としている。

(事例参考) 事例作業で取り扱われる化学物質の SDS の概要 (危険性に関する情報)

<p>ラッカーシンナー</p> <ul style="list-style-type: none">• GHS 分類 引火性液体：区分 2 等• 組成及び成分情報 トルエン 65～70% 酢酸エチル 10～15% 酢酸ブチル 10～15% 等• 物理的および化学的性質 沸点：64.1～125 °C 引火点：3.1 °C 爆発範囲：1.2～36.5% 自然発火温度：370 °C• 適用法令 消防法：危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 労働安全衛生法：名称等を通知すべき有害物， 引火性の物	<p>ラッカーエナメル白</p> <ul style="list-style-type: none">• GHS 分類 引火性液体：区分 2 等• 組成及び成分情報 トルエン 30～35% 二酸化チタン 10～15% 等• 物理的および化学的性質 沸点：77.2～144.4 °C 引火点：4.5 °C 爆発範囲：1.1～12% 自然発火温度：399 °C• 適用法令 消防法：危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 労働安全衛生法：名称等を通知すべき有害物， 引火性の物
<p>ラッカープライマーサーフェーサー</p> <ul style="list-style-type: none">• GHS 分類 引火性液体：区分 2 等• 組成及び成分情報 トルエン 20～25% 等• 物理的および化学的性質 沸点：77.2～125 °C 引火点：-0.5 °C 爆発範囲：1.2～15% 自然発火温度：370 °C• 適用法令 消防法：危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 労働安全衛生法：名称等を通知すべき有害物， 引火性の物	<p>ラッカーエナメル黒</p> <ul style="list-style-type: none">• GHS 分類 引火性液体：区分 2 等• 組成及び成分情報 トルエン 25～30% ニトロセルロース³¹ 10～15% 酢酸エチル 10～15% メチルイソブチルケトン 10～15% 等• 物理的および化学的性質 沸点：77.2～144.4 °C 引火点：5.5 °C 爆発範囲：1.1～12% 自然発火温度：367 °C• 適用法令 消防法：危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 労働安全衛生法：名称等を通知すべき有害物， 引火性の物

• **着火源発現防止対策**

- (a) 電気火花：防爆構造電気機器類の使用，非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止
- (b) 静電気火花：導電性床の使用，金属製品の接地，帯電防止ホースの使用，帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用
- (c) 高温表面：高温物は使用していない
- (d) 熱輻射：高温物は周りにない
- (e) 衝撃・摩擦：特別な対策せず
- (f) 断熱圧縮：使用するガスは圧縮空気であり，断熱圧縮による発火はほとんど考えられない
- (g) 裸火：火気使用・持ち込みの管理
- (h) 自然発火：発熱するものはない

³¹ 火薬類等級 1.1 に分類される化学物質であり，取り扱い上，乾燥したエナメルが蓄積する箇所がないか，粉状で舞い上がることがないかなどを気にする必要もある。

(2) 解析事例の説明

(1)で説明した金属塗装作業に簡易シナリオ同定法を適用した例を以下に示す。

1) 「作業条件確認シート」の作成

表 10 に「作業条件確認シート」作成事例を示す。

【A 欄】 作業手順書に記載された作業内容・方法の記入

5 つの工程（29 の作業手順・内容）からなる金属塗装作業を **【A 欄】** に記載する。

【B 欄】 取り扱い化学物質及び作業で使用する設備・装置・道具の記入

金属塗装作業で取り扱う化学物質とその危険性に関する情報・取り扱い状況、及び作業に用いられる設備・装置等を確認し、**【B 欄】** に記載する。

【C 欄】 火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン確認結果の記入

工程毎に Q1～Q3 の質問に回答した。

(Q1) 取り扱い化学物質はいずれも可燃性のものである。

(Q2) 爆発性雰囲気形成防止対策として実施されているもの（表 5 に示した項目を確認）

- ・スプレーブース付属の局所排気装置
- ・スプレーガンの塗料カップの蓋
- ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄

(Q3) 着火源発現防止対策として実施されているもの（表 6 に示した項目を確認）³²

- (a) 電気火花対策：防爆構造電気機器類の使用，非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止
- (b) 静電気火花：導電性床の使用，金属製品の接地，帯電防止ホースの使用，帯電防止作業服，帯電防止作業靴の着用
- (c) 高温表面：高温物は使用していない
- (d) 熱輻射：高温物は周りにない
- (e) 衝撃・摩擦：特別な対策せず
- (f) 断熱圧縮：使用するガスは圧縮空気であり，断熱圧縮による発火はほとんど考えられない
- (g) 裸火：火気使用・持ち込みの管理
- (h) 自然発火：発熱するものはない

以上より、「脱脂工程」及び「調色工程」はパターン(b)，その他の工程はパターン(d)であることが確認された。

³² シナリオ同定では、既の実施している着火源発現対策を「本質安全対策」、「工学的対策」、「管理的対策」、「保護具の着用」、「その他(対象外など)」に分けて、記載している。

2) 「引き金事象チェックシート」の作成

表 11 に「引き金事象チェックシート」作成事例を示す。【A 欄】～【C 欄】の内容は「作業条件確認シート」の内容を引き継いでいる。5 つの工程を細分化した 29 の作業に対して、【D 欄】設備・装置・道具の不具合と【E 欄】不適切な作業・操作を引き金事象として想定する³³。

【D 欄】設備・装置・道具に関する引き金事象の記入

【B 欄】に記載した設備・装置・道具の不具合の他に、【C 欄】で確認した爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策の失敗（不具合）などを想定している。

【E 欄】作業・操作に関する引き金事象（ヒューマンエラー）の記入

【A 欄】～【C 欄】に記載された作業条件に関する情報を基に、表 9 に示した①省略エラーから⑥量的エラーまでの 6 種類のヒューマンエラーを想定している。一方、⑦その他のエラーについては、通常の作業でやってしまった経験や現場を観測することにより気づき得るヒューマンエラーを想定している³⁴。

この時点では「うっかりミスによるもの」と「意図的なルール違反によるもの」は区別していない（両方の要因が原因となる場合もある）。

3) 「シナリオ検討シート」の作成

【D 欄】及び【E 欄】に記載された引き金事象に対して、作業の内容・条件や取り扱い化学物質に関する情報などを参考にして、火災・爆発、その他への影響に繋がるシナリオを同定する。表 12(a) (b)に「脱脂工程」の手順 1 及び手順 2、表 12(c)に「下塗り工程」の手順 9 に対するシナリオ検討シートをそれぞれ示す³⁵。いずれも開放系作業であり、酸素（空気）は存在する。

脱脂工程（手順 1、手順 2）（パターン(b)）（表 12(a)(b)）

（手順 1）油脂汚れをラッカーシンナーを染み込ませたウエスを使って拭き残しがないように被塗装物を拭き上げ、その後、乾いた清浄なウエスで拭き取る。

（手順 2）拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。

手順 1 及び手順 2 はパターン(b)となっており、着火源発現防止対策は実施されているが、常に爆発性雰囲気形成が形成されているおそれがある。この不安全状態に対して、【D 欄】及び【E 欄】に記載された引き金事象が発生した場合に着火源が発現するかどうかを確認する。着火源が発現する場合は、【F 欄】に火災・爆発発生（シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災）となる、さらに【G 欄】にその他への影響（火災による火傷、周囲の可燃物への延焼、作業服等への延焼など）を記載することで、一連のシナリオを同定している。

³³ 安全に関する引き金事象を網羅的に想定するためには、リスク低減措置として実施している作業・操作なども予め作業手順書等に明記しておくことが望ましい。

³⁴ 着火発現防止対策として「(a)非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止」と「(g)火気使用・持ち込みの管理」も実施されており、これらの対策を無効化する引き金事象も想定することができるが、ここでは省略している。

³⁵ 紙面の都合上、パターン(b)となっている手順 1 及び手順 2 とパターン(d)となっている手順 9 のみの結果を示す。

(事例参考) 手順 1 に対するシナリオ検討

【F 欄】		【G 欄】	
爆発性雰囲気形成条件	着火源発現条件	火災? 爆発?	その他の影響?
想定された引き金事象の発生に関係無く、爆発性雰囲気は形成されていると考える。	以下の「引き金事象」発生により着火源が発現 <ul style="list-style-type: none"> ・防爆構造照明の故障 ・帯電防止作業服の劣化 ・帯電防止靴底の汚れ ・導電性床のアース線劣化 ・金属製品のアース線劣化 ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止のビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する 	・シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	・火災による火傷、周囲の可燃物への延焼、作業服等への延焼など

※ 手順 1 では、既に爆発性雰囲気は形成されており、「引き金事象」発生により着火源が発現すると、火災・爆発発生につながる。

※ 以下の引き金事象は「爆発性雰囲気の形成」につながるが、「着火源発現」にはつながらない事象であり、火災・爆発発生にはつながらない。

- ・ポリ容器の損傷
- ・ゴミ箱の損傷
- ・乾いた清浄なウエスで被塗装物を拭いた後にラッカーシンナーを染み込ませたウエスで拭く
- ・被塗装物の一部のみをラッカーシンナーで拭く
- ・拭き取り回数が少ない（多い場合は問題無い）
- ・ラッカーシンナーをこぼす

(事例参考) 手順 2 に対するシナリオ検討

【F 欄】		【G 欄】	
爆発性雰囲気形成条件	着火源条件	火災? 爆発?	その他の影響?
想定された引き金事象の発生に関係無く、爆発性雰囲気は形成されていると考える。	以下の「引き金事象」発生により着火源が発現 <ul style="list-style-type: none"> ・防爆構造照明の故障 ・帯電防止作業服の劣化 ・帯電防止靴底の汚れ ・導電性床のアース線劣化 ・金属製品のアース線劣化 ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止のビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する 	・シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	・火災による火傷、周囲の可燃物への延焼、作業服等への延焼など

※ 手順 2 では、既に爆発性雰囲気は形成されており、「引き金事象」発生により着火源が発現すると、火災・爆発発生につながる。

※ 以下の引き金事象は「爆発性雰囲気の形成」につながるが、「着火源発現」にはつながらない事象であり、火災・爆発発生にはつながらない。

- ・ポリ容器の損傷
- ・蓋付きゴミ箱の損傷
- ・使用済みのウエスをそのまましておく
- ・ゴミ箱の蓋をしない」「蓋付きゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する
- ・使用済みのウエスをすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく
- ・ラッカーシンナーをこぼす

下塗り工程 (手順 9) (パターン(d)) (表 12(c))

(手順 9) スプレーガンで下塗り塗装をする。

手順 9 はパターン(d)となっており、何らかの爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策が実施されている。ここでは、【D 欄】及び【E 欄】に記載された引き金事象が発生した場合に、それぞれの対策が無効化され、火災・爆発発生に至るシナリオを考える。

【D欄】に記載された設備・装置・道具に関する引き金事象の中で、爆発性雰囲気形成させる「引き金事象 A」と着火源を発現させる「引き金事象 B」を組合せて考えることで、火災・爆発発生及びその他への影響に至るシナリオを同定することができる。

(事例参考) 手順 9 に対するシナリオ検討 (設備・装置・道具に関する引き金事象 A 及び B)

【F欄】		【G欄】	
爆発性雰囲気形成条件	×	着火源発現条件	
以下の「引き金事象 A」発生により爆発性雰囲気が形成		以下の「引き金事象 B」発生により着火源が発現	火災?爆発? その他の影響?
<ul style="list-style-type: none"> ・局所排気装置の故障 ・塗料カップのふたの破損 ・蓋つき廃液容器の損傷 	×	<ul style="list-style-type: none"> ・帯電防止ホースの劣化 ・防爆構造照明の故障 ・帯電防止作業服の劣化 ・帯電防止靴底の汚れ ・導電性床のアース線劣化 ・金属製品のアース線劣化 	<ul style="list-style-type: none"> ・スプレーブ ースの蒸気 に着火し て、火災ま たは爆発 <ul style="list-style-type: none"> ・火災での火傷、周 辺の可燃物への 延焼、作業服等へ の延焼など

- ※ 上記の表中、「×」は左右の引き金事象を組合せてシナリオを同定することを意味する。
- ※ 以下の引き金事象は「爆発性雰囲気形成」にはつながらないため、以降の解析結果の記載を省略している。
 - ・スプレーガンの詰まり・漏れ
 - ・空気圧縮機の故障
 - ・圧力調整器の故障

【E欄】に記載された作業・操作に関する引き金事象の中で、爆発性雰囲気形成させる「引き金事象 C」と着火源を発現させる「引き金事象 D」を組合せて考えることで、火災・爆発発生及びその他への影響に至るシナリオを同定することができる。

(事例参考) 手順 9 に対するシナリオ検討 (作業・操作に関する引き金事象 C 及び D)

【F欄】		【G欄】	
爆発性雰囲気形成条件	×	着火源発現条件	
以下の「引き金事象 C」発生により爆発性雰囲気が形成		以下の「引き金事象 D」発生により着火源が発現	火災?爆発? その他の影響?
<ul style="list-style-type: none"> ・塗料カップのふたをしない ・スプレーブース以外の場所で作業する ・ラッカープライマーサーフェーサーをこぼす ・スプレーガンを落とす 	×	<ul style="list-style-type: none"> ・スプレーガンを落とす ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する 	<ul style="list-style-type: none"> ・スプレーブ ースの蒸気 に着火し て、火災ま たは爆発 <ul style="list-style-type: none"> ・火災での火傷、周 辺の可燃物への 延焼、作業服等へ の延焼など

- ※ 上記の表中、「×」は左右の引き金事象を組合せてシナリオを同定することを意味する。
- ※ 引き金事象「スプレーガンを落とす」は、「爆発性雰囲気形成」と「着火源発現」の両方を引き起こし、火災または爆発の発生につながる。
- ※ 以下の引き金事象は「爆発性雰囲気形成」にはつながらないため、以降の解析結果の記載を省略している。
 - ・鋼板の一部のみ下塗り塗装する
 - ・塗装厚が厚すぎる／薄すぎる

表10 作業条件確認シート（事例）

【A】作業手順・内容		【B】取扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発が発生する燃焼の3要素の組合せの確認									
		取扱物質名	当該化学物質の危険性に関する情報	取扱状況 (温度、湿度、取扱量、保管状況など)	作業に用いられる 設備・装置・道具	Q-1 取り扱っている化学物質は 可燃性のものでしょうか？	Q-2 爆発性雰囲気形成防止対 策を実施していますか？	Q-3 着火源発現防止対策を実施していますか？					パターン (a)~(d)		
								本質安全対策	工学的対策	管理的対策	保護具の着用	その他(対象外など)			
1	脱脂	油脂汚れをラッカーシンナーを染み込ませたウエスを使って拭き残しがないように被塗装物を拭き上げ、その後、乾いた清潔なウエスで拭き取る。	ラッカーシンナー (トルエン、酢酸エチル、酢酸ブチル等)	危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：3.1℃) (爆発範囲：1.2~36.5%)	室温、500mL ポリ容器にラッカーシンナーを入れて、ポリ容器からウエスにラッカーシンナーをしみこませて使用 ウエスはゴミ箱に廃棄	・ポリ容器 ・ウエス（綿製） ・ゴミ箱	はい（ラッカーシンナー）	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理			(c) 高温物は使用していない (d) 高温物は周りにない (e) 対策せず (f) 使用するガスは圧縮空気であり、断熱圧縮による発火はほとんど考えられない (h) 発熱するものはない	(b)	
2	拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。														
3	噴霧塗装設備の局所排気装置を起動する														
4	ラッカープライマーサーフェーサーをスプレーガンのカップに入れる。														
5	ラッカープライマーサーフェーサーを入れていたポリ容器をゴミ箱に廃棄する。														
6	吹き付け用圧力調整器で空気圧力を0.2~0.3 MPaに調整する。														
7	下塗り	試し塗り用の被塗装物を使い、試し吹きをして、スプレーガンから出るラッカープライマーサーフェーサーの吐出量を調整する。	ラッカープライマーサーフェーサー (トルエン 等)	危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：-0.5℃) (爆発範囲：1.2~15%)	室温、200mL ラッカープライマーサーフェーサーをスプレーガンに入れて使用 ウエスはゴミ箱に廃棄 廃液は蓋つき廃液容器に廃棄	・噴霧塗装設備 ・作業台 ・ポリ容器 ・ゴミ箱 ・蓋つき廃液容器（金属製）	はい（ラッカープライマーサーフェーサー）	・スプレーブース付風の局所排気装置 ・スプレーガンの塗料カップの蓋 ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地 (d) 帯電防止ホースの使用	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理			(c) 高温物は使用していない (d) 高温物は周りにない (e) 対策せず (f) 使用するガスは圧縮空気であり、断熱圧縮による発火はほとんど考えられない (h) 発熱するものはない	(d)	
8	スプレーガンのトリガーを1段引いて、エアブローして被塗装物の表面のごみ等を取り除く。														
9	スプレーガンで下塗り塗装をする。														
10	カップに残ったラッカープライマーサーフェーサーを蓋つき廃液容器に廃棄する。														
11	室温で自然乾燥させる。														
12	調色	ポリ容器にラッカーエナメル白を入れる。	ラッカーエナメル (白) (トルエン、二酸化チタン 等)	ラッカーエナメル（白） 危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：4.5℃) (爆発範囲：1.1~12%)	室温、200mL（総量） ポリ容器に入れて使用 使用済みのポリ容器、攪拌棒はゴミ箱に廃棄	・ポリ容器 ・攪拌棒（木製） ・ゴミ箱	はい（ラッカーエナメル）	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理			(c) 高温物は使用していない (d) 高温物は周りにない (e) 対策せず (f) 使用するガスは圧縮空気であり、断熱圧縮による発火はほとんど考えられない (h) 発熱するものはない	(b)	
13	ラッカーエナメル白にラッカーエナメル黒を少量ずつ入れ、均一になるまで攪拌棒で混ぜる。														
14	使用済みのポリ容器、攪拌棒をゴミ箱に廃棄する。														
15	調色した塗料を小分けしてポリ容器に入れ、塗料とラッカーシンナーの割合を10:8の希釈率で調合する。														
16	噴霧塗装設備の局所排気装置を起動する														
17	試し塗り	できた塗料を、ろ紙を使用してろ過しながら、スプレーガンのカップに入れる。	ラッカーエナメル (調色塗料) ラッカーシンナー	ラッカーエナメル（白） 危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：4.5℃) (爆発範囲：1.1~12%) ラッカーエナメル（黒） 危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：5.5℃) (爆発範囲：1.1~12%)	室温、700mL（総量） ポリ容器に入れて調色塗料とラッカーシンナーを混合。 調色した塗料をスプレーガンに入れて使用 使用済みのポリ容器、攪拌棒、ろ紙はゴミ箱に廃棄 残った調色塗料は蓋つき廃液容器に廃棄	・噴霧塗装設備 ・作業台 ・ポリ容器 ・攪拌棒 ・ろ紙 ・ゴミ箱 ・蓋つき廃液容器（金属製）	はい（ラッカーエナメル、ラッカーシンナー）	・スプレーブース付風の局所排気装置 ・スプレーガンの塗料カップの蓋 ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地 (d) 帯電防止ホースの使用	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理			(c) 高温物は使用していない (d) 高温物は周りにない (e) 対策せず (f) 使用するガスは圧縮空気であり、断熱圧縮による発火はほとんど考えられない (h) 発熱するものはない	(d)	
18	使用済みのポリ容器、攪拌棒、ろ紙をゴミ箱に廃棄する。														
19	スプレーガンで、試し塗り用の被塗装物に吹き付け塗りする。														
20	カップに残った調色塗料を蓋つき廃液容器に廃棄する。														
21	噴霧塗装設備の局所排気装置を起動する														
22	調色が完了した塗料をスプレーガンのカップに入れる。														
23	使用済みのポリ容器をゴミ箱に廃棄する。														
24	吹き付け用圧力調整器で空気圧力を0.2~0.3 MPaに調整する。														
25	上塗り	試し吹きをして、スプレーガンから出る塗料の吐出量を調整する。また、パターン調整つまみも適正の調整する。	ラッカーエナメル (調色塗料) ラッカーシンナー	ラッカーエナメル（白） 危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：4.5℃) (爆発範囲：1.1~12%) ラッカーエナメル（黒） 危険物第四類第一石油類 (非水溶性) 引火性の物 (引火点：5.5℃) (爆発範囲：1.1~12%)	室温、200mL 調色した塗料をスプレーガンに入れて使用 使用済みのポリ容器はゴミ箱に廃棄 残った調色塗料は蓋つき廃液容器に廃棄	・噴霧塗装設備 ・作業台 ・ポリ容器 ・ろ紙 ・ゴミ箱 ・蓋つき廃液容器（金属製）	はい（ラッカーエナメル、ラッカーシンナー）	・スプレーブース付風の局所排気装置 ・スプレーガンの塗料カップの蓋 ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地 (d) 帯電防止ホースの使用	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理			(c) 高温物は使用していない (d) 高温物は周りにない (e) 対策せず (f) 使用するガスは圧縮空気であり、断熱圧縮による発火はほとんど考えられない (h) 発熱するものはない	(d)	
26	スプレーガンのトリガーを1段引いて、エアブローして被塗装物の表面のごみ等を取り除く。														
27	スプレーガンで上塗りをする。														
28	カップに残った調色塗料を蓋つき廃液容器に廃棄する。														
29	室温で自然乾燥させる。														

表11 引き金事象チェックシート（事例）

【A】作業手順・内容			【B】取扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の組合せの確認				【D】設備・装置・道具に関する引き金事象	【E】作業・操作に関する引き金事象（ヒューマンエラー）																						
			取扱物質名	当該化学物質の危険性に関する情報	取扱状況（温度、湿度、取扱量、保管状況など）	作業に用いられる設備・装置・道具	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発防止対策		パターン(a)~(d)		設備・装置・道具の不具合	やり間違い																					
								工学的対策	管理的対策				省略エラー	選択エラー	手順エラー	タイミングエラー	質的エラー	量的エラー	その他のエラー															
1	脱脂	油脂汚れをラッカーシンナーを染み込ませたウエスを使って拭き残しがないように被塗装物を拭き上げ、その後、乾いた清浄なウエスで拭き取る。	ラッカーシンナー（トルエン、酢酸エチル、酢酸ブチル等）	危険物第四類第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：3.1°C） （爆発範囲：1.2~36.5%）	室温、500mL ポリ容器にラッカーシンナーを入れて、ポリ容器からウエスにラッカーシンナーをしみこませて使用 ウエスはゴミ箱に廃棄	ポリ容器 ウエス（綿製） ゴミ箱	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理	(b)	ポリ容器の損傷 ゴミ箱の損傷 防爆構造照明の故障 帯電防止作業服の劣化 帯電防止作業靴底の汚れ 導電性床のアース線劣化 金属製品のアース線劣化	使用済みのウエスをそのままにしておく	ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する	使用済みのウエスをすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	被塗装物の一部のみをラッカーシンナーで拭く	拭き取り回数が少ない/多い	ラッカーシンナーをこぼす 非防爆構造の照明を持ち込む 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。																	
		拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。																使用済みのウエスをそのままにしておく	ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する	使用済みのウエスをすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	"													
下塗り		噴霧塗装設備の局所排気装置を起動する	ラッカープライマーサーフェーサー（トルエン等）	危険物第四類第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：-0.5°C） （爆発範囲：1.2~15%）	室温、200mL ラッカープライマーサーフェーサーをスプレーガンに入れて使用 ウエスはゴミ箱に廃棄 廃液は蓋つき廃液容器に廃棄	噴霧塗装設備 作業台 ポリ容器 ゴミ箱 蓋つき廃液容器（金属製）	局所排気装置付風の局所排気装置 スプレーガンの塗料カップの蓋 蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地 (d) 帯電防止ホースの使用	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理	(d)	局所排気装置の故障 スプレーガンの詰まり、漏れ 空気圧縮機の故障 圧力調整器の故障 帯電防止ホースの劣化 塗料カップのふたの破損 防爆構造照明の故障 帯電防止作業服の劣化 帯電防止作業靴底の汚れ 導電性床のアース線劣化 金属製品のアース線劣化 蓋つき廃液容器の損傷	局所排気装置を起動し忘れる	塗料カップのふたをしない	スプレーブース以外の場所で作業する	試し吹きなどをした後に局所排気装置を起動する	局所排気装置の稼働が早い/遅い	"	ラッカープライマーサーフェーサーをこぼす 非防爆構造の照明を持ち込む 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。																
		ラッカープライマーサーフェーサーをスプレーガンのカップに入れる。																	塗料カップのふたをしない	スプレーブース以外の場所で作業する	局所排気装置を起動する前にラッカープライマーサーフェーサーを取り扱う	ラッカープライマーサーフェーサーを塗料カップからあふれさせる	"											
		ラッカープライマーサーフェーサーを入れていたポリ容器をゴミ箱に廃棄する。																	使用済みのポリ容器をそのままにしておく	ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する	使用済みのポリ容器をすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	"												
		吹き付け用圧力調整器で空気圧力を0.2~0.3MPaに調整する。																	空気圧力を調整し忘れる	塗料カップのふたをしない	空気圧力が大きすぎる/小さすぎる	ラッカープライマーサーフェーサーをこぼす スプレーガンを落とす 非防爆構造の照明を持ち込む 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。												
		試し塗り用の被塗装物を使い、試し吹きをして、スプレーガンから出るラッカープライマーサーフェーサーの吐出量を調整する。																	試し吹きをし忘れる	塗料カップのふたをしない	吐出量が多すぎる/少なすぎる	"												
		スプレーガンのトリガーを1段引いて、エアブローして被塗装物の表面のごみ等を取り除く。																	エアブローをし忘れる	塗料カップのふたをしない	トリガーを奥まで引く	"												
		スプレーガンで下塗り塗装を行う。																	塗料カップのふたをしない	"	被塗装物の一部のみ下塗り塗装する	塗装厚が厚すぎる/薄すぎる	"											
		カップに残ったラッカープライマーサーフェーサーを蓋つき廃液容器に廃棄する。																	廃液容器の蓋をしない	手近なポリ容器にラッカープライマーサーフェーサーを廃棄する	"	"												
		室温で自然乾燥させる。																	乾燥し切っていないうちにスプレーブースから出す	スプレーブース以外の場所で乾燥させる	乾燥時間が長すぎる/少なすぎる	"												
		12																	13	14	ポリ容器にラッカーエナメル白を入れる。	ラッカーエナメル（白） 危険物第四類第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：4.5°C） （爆発範囲：1.1~12%）	室温、200mL（総量） ポリ容器に入れて使用 使用済みのポリ容器、攪拌棒はゴミ箱に廃棄	ポリ容器 攪拌棒（木製） ゴミ箱	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (d) 火気使用・持ち込みの管理	(b)	ポリ容器の損傷 ゴミ箱の損傷 防爆構造照明の故障 帯電防止作業服の劣化 帯電防止作業靴底の汚れ 導電性床のアース線劣化 金属製品のアース線劣化	間違えてラッカーエナメル黒を入れる	ラッカーエナメル白とラッカーエナメル黒を間違える	攪拌してからラッカーエナメル黒を入れる	均一になるまで攪拌しない	ラッカーエナメル黒をポリ容器からあふれさせる
																					ラッカーエナメル白にラッカーエナメル黒を少量ずつ入れ、均一になるまで攪拌棒で混ぜる。													
使用済みのポリ容器、攪拌棒をゴミ箱に廃棄する。	使用済みのポリ容器、攪拌棒をそのままにしておく		ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器、攪拌棒を廃棄する	使用済みのポリ容器、攪拌棒をすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	"																													

表11 引き金事象チェックシート（事例）（続き）

【A】作業手順・内容	【B】取扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の組合せの確認			【D】設備・装置・道具に関する引き金事象	【E】作業・操作に関する引き金事象（ヒューマンエラー）										
	取扱い物質名	当該化学物質の危険性に関する情報	取扱状況（温度、湿度、取扱量、保管状況など）	作業に用いられる設備・装置・道具	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策			パターン(a)～(d)	設備・装置・道具の不具合	やり間違い								
						工学的対策	管理的対策				省略エラー	選択エラー	手順エラー	タイミングエラー	質的エラー	量的エラー	その他のエラー		
15	調色した塗料を小分けしてポリ容器に入れ、塗料とラッカーシンナーの割合を10:8の希釈率で調合する。	ラッカーエナメル（白） 危険物第四類第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：4.5℃） （爆発範囲：1.1～12%）	室温、700mL（総量）	ラッカーエナメル（白） 危険物第四類第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：4.5℃） （爆発範囲：1.1～12%）	ラッカーエナメル（黒） 危険物第四類第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：5.5℃） （爆発範囲：1.1～12%）	ポリ容器に入れて調色塗料とラッカーシンナーを混合。 調色した塗料をスプレーガンに入れて使用 使用済みのポリ容器、攪拌棒、ろ紙はゴミ箱に廃棄 残った調合塗料は蓋つき廃液容器に廃棄	・噴霧塗装設備 ・作業台 ・ポリ容器 ・攪拌棒 ・ろ紙 ・ゴミ箱 ・蓋つき廃液容器（金属製）	・スプレーブース付属の局所排気装置 ・スプレーガンの塗料カップの蓋 ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地 (d) 帯電防止ホースの使用	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (c) 帯電防止作業服・帯電防止作業靴の着用 (g) 火気使用・持ち込みの管理	(d)	・局所排気装置の故障 ・スプレーガンの詰まり、漏れ ・空気圧縮機の故障 ・圧力調整器の故障 ・帯電防止ホースの劣化 ・ポリ容器の損傷 ・ゴミ箱の損傷 ・蓋つき廃液容器の損傷 ・塗料カップのふたの破損 ・防爆構造照明の故障 ・帯電防止作業服の劣化 ・帯電防止作業靴底の汚れ ・導電性床のアース線劣化 ・金属製品のアース線劣化	・スプレーブース以外の場所で作業する ・攪拌棒に手近な金属棒を使用する	・小分けしたラッカーシンナーに調色した塗料を調合する			・均一になるまで攪拌しない	・調色塗料をポリ容器からあふれさせる ・ラッカーシンナーをこぼす ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く ・塗料とラッカーシンナーの割合を間違える	・作業靴を着用する。
16	噴霧塗装設備の局所排気装置を起動する											・局所排気装置を起動し忘れる	・局所排気装置を起動する	・局所排気装置の稼働が早い/遅い					〃
17	試し塗り できた塗料を、ろ紙を使用してろ過しながら、スプレーガンのカップに入れる。											・ろ過をせずに塗料をカップに入れる ・塗料カップのふたをしない	・手近にある大きさが合わない紙を使用する ・スプレーブース以外の場所で作業する				・できた塗料をカップに入れる速度が速すぎる/遅すぎる	・できた塗料をカップからあふれさせる	・調合塗料をこぼす ・ラッカーシンナーをこぼす ・スプレーガンを落とす ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。
18	使用済みのポリ容器、攪拌棒、ろ紙をゴミ箱に廃棄する。											・使用済みのポリ容器、攪拌棒、ろ紙をそのまましておく	・ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器、攪拌棒、ろ紙を廃棄する						〃
19	スプレーガンで、試し塗りの被塗装物に吹き付け塗る。											・塗料カップのふたをしない	・スプレーブース以外の場所で作業する				・被塗装物の一部のみ塗装する ・塗料の吐出量が多すぎる/少なすぎる	・塗装厚が厚すぎる/薄すぎる	〃
20	カップに残った調合塗料を蓋つき廃液容器に廃棄する。											・廃液容器の蓋をしない	・手近なポリ容器に調合塗料を廃棄する						
21	噴霧塗装設備の局所排気装置を起動する											・局所排気装置を起動し忘れる	・局所排気装置を起動する	・局所排気装置の稼働が早い/遅い					
22	調色が完了した塗料をスプレーガンのカップに入れる。											・塗料カップのふたをしない	・スプレーブース以外の場所で作業する	・局所排気装置を起動する前に塗料を取り扱う				・塗料をカップからあふれさせる	・塗料をこぼす ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。
23	使用済みのポリ容器をゴミ箱に廃棄する。											・使用済みのポリ容器をそのまましておく	・ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する						〃
24	上塗り 吹き付け用圧力調整器で空気圧力を0.2～0.3MPaに調整する。											・空気圧力を調整し忘れる ・圧力調整器の故障 ・塗料カップのふたをしない	・スプレーブース以外の場所で作業する				・空気圧力が大きすぎる/小さすぎる	・塗料をこぼす ・スプレーガンを落とす ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。	
25	試し吹きをして、スプレーガンから出る塗料の吐出量を調整する。また、パターン調整つまみも適正の調整する。											・試し吹きをし忘れる ・塗料カップのふたをしない	〃				・吐出量が多すぎる/少なすぎる		〃
26	スプレーガンのトリガーを1段引いて、エアブローして被塗装物の表面のごみ等を取り除く。											・エアブローをし忘れる ・塗料カップのふたをしない	〃				・トリガーを奥まで引く		〃
27	スプレーガンで上塗りをする。											・塗料カップのふたをしない	〃				・被塗装物の一部のみ下塗り塗装する	・塗装厚が厚すぎる/薄すぎる	〃
28	カップに残った調合塗料を蓋つき廃液容器に廃棄する。											・廃液容器の蓋をしない	・手近なポリ容器に調合塗料を廃棄する						〃
29	室温で自然乾燥させる。												・スプレーブース以外の場所で乾燥させる				・乾燥し切っていないうちにスプレーブースから出す	・乾燥時間が長すぎる/少なすぎる	

表12(a) シナリオ検討シート（脱脂工程：手順1）

【A】作業手順・内容	【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の組合せの確認			【D】【E】引き金事象	【F】不安全状態		【G】事故災害		
	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策			爆発性雰囲気の形成	着火源の発現	火災？ 爆発？	その他への影響？	
		工学的対策	管理的対策						
1 油脂汚れをラッカーシンナーを染み込ませたウエスを使って拭き残しがないように被塗装物を拭き上げ、その後、乾いた清浄なウエスで拭き取る。	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (b) 金属製品の接地	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用 (g) 火気使用・持ち込みの管理	(b)	・ポリ容器の損傷	開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気形成する可能性あり	なし	影響なし	影響なし
					・ゴミ箱の損傷	"	"	"	"
					・防爆構造照明の故障	"	照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり	シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	火炎による火傷、周囲の可燃物への延焼。作業服等への延焼など
					・帯電防止作業服の劣化	"	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・帯電防止作業靴底の汚れ	"	"	"	"
					・導電性床のアース線劣化	"	"	"	"
					・金属製品のアース線劣化	"	導電物と接近することで静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・乾いた清浄なウエスで被塗装物を拭いた後にラッカーシンナーを染み込ませたウエスで拭く	開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気形成する可能性あり	なし	影響なし	影響なし
					・被塗装物の一部のみをラッカーシンナーで拭く	"	"	"	"
					・拭き取り回数が少ない/多い	"	"	"	"
					・ラッカーシンナーをこぼす	"	"	"	"
					・非防爆構造の照明を持ち込む	"	非防爆構造の照明を持ち込むことにより、照明の電源から電気火花が発生する可能性あり	シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	火炎による火傷、周囲の可燃物への延焼。作業服等への延焼など
・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く	"	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"					
・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する	"	"	"	"					

表12(b) シナリオ検討シート（脱脂工程：手順2）

【A】作業手順・内容	【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の組合せの確認			【D】【E】引き金事象	【F】不安全状態		【G】事故災害		
	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策			爆発性雰囲気の形成	着火源の発現	火災？ 爆発？	その他への影響？	
		工学的対策	管理的対策						
2 拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (b) 金属製品の接地	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用 (g) 火気使用・持ち込みの管理	(b)	・ポリ容器の損傷	開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気形成する可能性あり	なし	影響なし	影響なし
					・蓋付きゴミ箱の損傷	"	"	"	"
					・防爆構造照明の故障	"	照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり	シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	火炎による火傷、周囲の可燃物への延焼。作業服等への延焼など
					・帯電防止作業服の劣化	"	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・帯電防止作業靴底の汚れ	"	"	"	"
					・導電性床のアース線劣化	"	"	"	"
					・金属製品のアース線劣化	"	導電物と接近することで静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・使用済みのウエスをそのままにしておく	開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気形成する可能性あり	なし	影響なし	影響なし
					・蓋付きゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する	"	"	"	"
					・使用済みのウエスをすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	"	"	"	"
					・ラッカーシンナーをこぼす	"	"	"	"
					・非防爆構造の照明を持ち込む	"	非防爆構造の照明を持ち込むことにより、照明の電源から電気火花が発生する可能性あり	シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	火炎による火傷、周囲の可燃物への延焼。作業服等への延焼など
・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く	"	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"					
・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する	"	"	"	"					

表12(c) シナリオ検討シート（下塗り工程：手順9）

【A】作業手順・内容	【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の組合せの確認			【D】 【E】引き金事象	【F】 不安全状態		【G】事故災害		
	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策			爆発性雰囲気の形成	着火源の発現	火災? 爆発?	その他への影響?	
		工学的対策	管理的対策						
9 スプレーガンで下塗り塗装を行う。	<ul style="list-style-type: none"> スプレーブース付風の局所排気装置 スプレーガンの塗料カップの蓋 蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 防爆構造の照明使用 (b) 導電性床の使用 (b) 金属製品の接地 (b) 帯電防止ホースの使用 	<ul style="list-style-type: none"> (a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用 (g) 火気使用・持ち込みの管理 	(d)	・局所排気装置の故障	塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	<ul style="list-style-type: none"> 帯電防止ホースが劣化しており、スプレーガンに帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 防爆構造照明が故障し、照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり 帯電防止作業服が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止作業靴が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 導電性床のアース線が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 金属製品のアース線が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 	スプレーブースの蒸気に着火して、火災または爆発	火災での火傷、周辺の可燃物への延焼、作業服等への延焼など
					・スプレーガンの詰まり・漏れ	なし	(以下略)	影響なし	影響なし
					・空気圧縮機の故障	"	(以下略)	"	"
					・圧力調整器の故障	"	(以下略)	"	"
					・帯電防止ホースの劣化	局所排気装置の故障により、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 塗料カップの蓋の破損により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 蓋つき廃液容器の損傷により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	スプレーガンに帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	スプレーブースの蒸気に着火して、火災または爆発	火災での火傷、周辺の可燃物への延焼、作業服等への延焼など
					・塗料カップのふたの破損	追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	<ul style="list-style-type: none"> 帯電防止ホースが劣化しており、スプレーガンに帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 防爆構造照明が故障し、照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり 帯電防止作業服が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止作業靴が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 導電性床のアース線が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 金属製品のアース線が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 	"	"
					・防爆構造照明の故障	局所排気装置の故障により、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 塗料カップの蓋の破損により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 蓋つき廃液容器の損傷により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・帯電防止作業服の劣化	局所排気装置の故障により、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 塗料カップの蓋の破損により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 蓋つき廃液容器の損傷により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・帯電防止作業靴底の汚れ	局所排気装置の故障により、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 塗料カップの蓋の破損により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 蓋つき廃液容器の損傷により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・導電性床のアース線劣化	局所排気装置の故障により、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 塗料カップの蓋の破損により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 蓋つき廃液容器の損傷により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
・金属製品のアース線劣化	局所排気装置の故障により、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 塗料カップの蓋の破損により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり 蓋つき廃液容器の損傷により、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	金属製品に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"					
・蓋つき廃液容器の損傷	追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	<ul style="list-style-type: none"> 帯電防止ホースが劣化しており、スプレーガンに帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 防爆構造照明が故障し、照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり 帯電防止作業服が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止作業靴が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 導電性床のアース線が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 金属製品のアース線が劣化しており、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 	"	"					

表12(c) シナリオ検討シート（下塗り工程：手順9）（続き）

【A】作業手順・内容	【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の組合せの確認			【D】 【E】引き金事象	【F】 不安全状態		【G】事故災害		
	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策			爆発性雰囲気の形成	着火源の発現	火災？ 爆発？	その他への影響？	
		工学的対策	管理的対策						
9 スプレーガンで下塗り塗装を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・スプレーブース付風の局所排気装置 ・スプレーガンの塗料カップの蓋 ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄 	(a) 防爆構造の照明使用 (b) 導電性床の使用 (b) 金属製品の接地 (b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の使用	(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 金属製品の接地 (b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用 (g) 火気使用・持ち込みの管理	(d)	・塗料カップのふたをしない	追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	スプレーガンを落とした際に、衝撃火花が発生する可能性あり 非防爆構造の照明を持ち込むことにより、照明の電源から電気火花が発生する可能性あり 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷くことにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用することにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	スプレーブースの蒸気に着火して、火災または爆発	火災での火傷、周辺の可燃物への延焼、作業服等への延焼など
					・スプレーブース以外の場所で作業する	開放状態での作業のため、作業範囲で爆発性雰囲気を形成する可能性あり	スプレーガンを落とした際に、衝撃火花が発生する可能性あり 非防爆構造の照明を持ち込むことにより、照明の電源から電気火花が発生する可能性あり 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷くことにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用することにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・鋼板の一部のみ下塗り塗装する	なし	(以下略)	影響なし	影響なし
					・塗装厚が厚すぎる／薄すぎる	なし	(以下略)	"	"
					・ラッカープライマーサーフェーサーをこぼす	追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	スプレーガンを落とした際に、衝撃火花が発生する可能性あり 非防爆構造の照明を持ち込むことにより、照明の電源から電気火花が発生する可能性あり 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷くことにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用することにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	スプレーブースの蒸気に着火して、火災または爆発	火災での火傷、周辺の可燃物への延焼、作業服等への延焼など
					・スプレーガンを落とす	塗料カップからこぼれた追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	スプレーガンを落とした際に、衝撃火花が発生する可能性あり 非防爆構造の照明を持ち込むことにより、照明の電源から電気火花が発生する可能性あり 床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷くことにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり 帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用することにより、作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・非防爆構造の照明を持ち込む	塗料カップの蓋をせず、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり スプレーブース以外の場所で作業し、開放状態での作業のため、作業範囲で爆発性雰囲気を形成する可能性あり ラッカープライマーサーフェーサーをこぼし、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	照明の電源からの電気火花が発生する可能性あり	スプレーブースの蒸気に着火して、火災または爆発	火災での火傷、周辺の可燃物への延焼、作業服等への延焼など
					・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く	塗料カップの蓋をせず、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり スプレーブース以外の場所で作業し、開放状態での作業のため、作業範囲で爆発性雰囲気を形成する可能性あり ラッカープライマーサーフェーサーをこぼし、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	"	"
					・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する	塗料カップの蓋をせず、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり スプレーブース以外の場所で作業し、開放状態での作業のため、作業範囲で爆発性雰囲気を形成する可能性あり ラッカープライマーサーフェーサーをこぼし、追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり スプレーガンを落とし、塗料カップからこぼれた追加の塗料の蒸発で局所排気装置の能力を超えた場合、塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	"	"	"

6. 簡易シナリオ同定法で得られたシナリオ情報から安衛研手法への展開

簡易シナリオ同定法により作成された3種類のシート内の情報は安衛研手法で使用するリスクアセスメント等実施シートの作成に用いることができる。表13に安衛研手法で用いるリスクアセスメント等実施シートの記載事項と簡易シナリオ同定法で得られたシナリオ情報の対応関係を示す。安衛研手法では、STEP2①「引き金事象の特定をシナリオ同定」を行う際、「引き金事象（初期事象）」、「プロセス異常（中間事象）」、「プロセス災害（結果事象）」に分けて記載することとしているが、それぞれ【D欄】または【E欄】、【F欄】、【G欄】の内容を記載すればよい。また、STEP2②の「既存のリスク低減措置の確認」の欄には、【C欄】で確認した「爆発性雰囲気形成防止対策」と「着火源発現防止対策」を記載すればよい。【A欄】及び【B欄】の内容もSTEP1の「取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握」とSTEP2の「取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握結果」の欄に記載する情報となる。これらの情報の入力結果を基に、シナリオに対するリスク見積りと評価、リスク低減措置の検討・実施について検討する。表10～表12で得られたシナリオ同定結果を安衛研手法のリスクアセスメント等実施シートに展開したもの（一部）を表14(a)(b)に示す。シナリオに対するリスク見積り、リスク評価、追加のリスク低減措置の検討結果などを記載している³⁶。

表13 安衛研手法で用いるリスクアセスメント等実施シートの記載事項と簡易シナリオ同定法で得られる情報の対応

(安衛研手法) リスクアセスメント等実施シートの記載事項		(簡易シナリオ同定法) 3種類のシート作成により得られる情報
STEP1：取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握		
取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握結果		【B欄】 取り扱い化学物質及び作業に用いる設備・装置等 ・ 取り扱い物質名 ・ 当該化学物質の危険性に関する情報 ・ 取り扱い状況
STEP2：リスクアセスメント等の実施		
作業・操作、設備・装置とその目的		【A欄】 作業手順・内容（作業目的） 【B欄】 作業に用いられる設備・装置・道具
①引き金事象特定とシナリオ同定	引き金事象（初期事象）	【D欄】 設備・装置・道具に関する引き金事象 【E欄】 作業・操作に関する引き金事象
	プロセス異常（中間事象）	【F欄】 不安全状態 ・ 爆発性雰囲気形成 ・ 着火源の発現
	プロセス災害（結果事象）	【G欄】 事故災害 ・ 火災？爆発？ ・ その他の影響？
②既存のリスク低減措置の確認		【C欄】 火災・爆発等が発生するパターンの確認 ・ 爆発性雰囲気形成防止対策 ・ 着火源発現防止対策

³⁶ 表14におけるリスク見積りと評価について

(その1) 手順2及び手順9ともに、既存のリスク低減措置が無い(機能していない)と仮定するとパターン(a)の状態となるため、常に火災・爆発発生のおそれがあり、シナリオ発生頻度×(リスクレベルⅢ)としている。

(その2) 既存のリスク低減措置の実施状況から、手順2はパターン(b)であり、シナリオ発生頻度△(リスクレベルⅢ)としている。また、手順9はパターン(d)であり、シナリオ発生頻度○(リスクレベルⅡ)としている。

(その3) 現状、リスクレベルⅢまたはⅡであるため、追加のリスク低減措置を検討した結果、いずれもシナリオ発生頻度は○(リスクレベルⅡ)となる。ここで、手順9では、リスクレベルはⅡ→Ⅱとなっており、一見、リスクレベルを下げる事ができていないように思われるが、これは、リスク見積り及びリスクレベル決定の基準(リスクマトリクス)により評価した結果であり、追加提案されたリスク低減措置実施の効果が無いという意味ではない(発生頻度は少し下げることができているが、基準に照らし合わせると○)。また、リスクレベルⅠに下げるとは、本質安全対策を検討・実施することにより重篤度を下げることがあるが、これを実施することができない場合には、残留リスクとして火災・爆発発生の可能性を常に意識し、「爆発性雰囲気形成防止対策」及び「着火源発現防止対策」を維持しながら作業を行うことの重要性を記録しておく。

表 14(a) 安衛研手法で用いるリスクアセスメント等実施シートへの展開（手順 2）

プロセス災害防止のためのリスクアセスメント等実施シート

実施日	○年○月○日
実施者（記載者）	○○○○

STEP 1 取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握

取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握結果	<p>【使用する化学物質】 ラッカーシンナー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポリ容器にラッカーシンナーを入れて、ポリ容器からウエスにラッカーシンナーをしみこませて使用。室温、500mL ・危険物第4類（引火性液体）（第1石油類）（引火点：3℃） （爆発範囲：1～15%） <p>【Q1～Q17 への回答】 1. リスクアセスメント義務, 2. GHS, 3. 可燃性・引火性</p>	質問票で「はい」に○が付いた項目
-------------------------	--	------------------

STEP 2 リスクアセスメント等の実施

作業・操作 設備・装置とその目的		<p>【作業・操作】 作業手順 2：拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。</p> <p>【設備・装置・道具】 ポリ容器, ウエス, ゴミ箱</p> <p>【目的】 作業環境の整理・整頓</p>																	
① 引き金事象特定とシナリオ同定	引き金事象（初期事象）	【引き金事象】 防爆構造照明の故障																	
	プロセス異常（中間事象）	<p>【爆発性雰囲気形成】 開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気を形成する可能性あり</p> <p>【着火源の発現】 照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり</p>																	
	プロセス災害（結果事象）	<p>【火災？爆発？】 シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災</p> <p>【その他の影響】 火災による火傷、周囲の可燃物への延焼。作業服等への延焼など</p>																	
② 既存のリスク低減措置の確認		<p>パターン(b)</p> <p>(a) 防爆構造電気機器類の使用<B-c></p> <p>(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止<C-c></p> <p>(b) 導電性床の使用<B-c></p> <p>(b) 金属製品の接地<B-c><C-c></p> <p>(b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用<C-c></p> <p>(g) 火気使用・持ち込みの管理<C-c></p>	<p>●リスク低減措置実施(実装)の種類</p> <p>A) 本質安全対策</p> <p>B) 工学的対策</p> <p>C) 管理的対策</p> <p>D) 保護具着用</p>																
② リスク見積りと評価（その1） 既存のリスク低減措置が無いと仮定した場合		<table border="1"> <thead> <tr> <th>重篤度</th> <th>頻度</th> <th>リスクレベル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>×</td> <td>×</td> <td>III</td> </tr> </tbody> </table>	重篤度	頻度	リスクレベル	×	×	III	<p>●リスク低減措置の目的</p> <p>a) 異常発生防止</p> <p>b) 異常発生検知</p> <p>c) 事故発生防止</p> <p>d) 被害の局限化</p>										
重篤度	頻度	リスクレベル																	
×	×	III																	
② リスク見積りと評価（その2） 既存のリスク低減措置の有効性確認		<table border="1"> <thead> <tr> <th>重篤度</th> <th>頻度</th> <th>リスクレベル</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>×</td> <td>△</td> <td>III</td> </tr> </tbody> </table>	重篤度	頻度	リスクレベル	×	△	III											
重篤度	頻度	リスクレベル																	
×	△	III																	
③ 追加のリスク低減措置の検討 & ③ リスク見積りと評価（その3） 追加のリスク低減措置の有効性確認		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>重</th> <th>頻</th> <th>リ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>イ) ガス濃度計の設置と局所排気装置を設置する<B-a,b></td> <td>×</td> <td>○</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>ロ)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ハ)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		重	頻	リ	イ) ガス濃度計の設置と局所排気装置を設置する<B-a,b>	×	○	II	ロ)				ハ)				
	重	頻	リ																
イ) ガス濃度計の設置と局所排気装置を設置する<B-a,b>	×	○	II																
ロ)																			
ハ)																			
③ 追加のリスク低減措置の実装可否		イ) 実装可能																	
③ リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等		イ) 定期的なガス濃度計の動作確認、局所排気装置の動作確認 (その他) 静電発生防止対策を確実に実施すること																	
③ その他、生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項		<p>残留リスクの有無の確認： 有</p> <p>残留リスクへの対応方法： 常に爆発性雰囲気が形成されている可能性があり、換気に気を付けること</p>																	
備考																			

表 14(b) 安衛研手法で用いるリスクアセスメント等実施シートへの展開（手順 9）

プロセス災害防止のためのリスクアセスメント等実施シート

実施日	○年○月○日
実施者（記載者）	○○○○

STEP 1 取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握

取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握結果	<p>【使用する化学物質】 ラッカープライマーサーフェーサー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ラッカープライマーサーフェーサーをスプレーガンに入れて使用，室温，200mL ・危険物第 4 類（引火性液体）（第 1 石油類）（引火点：0℃）（爆発範囲：1～15%） <p>【Q1～Q17 への回答】 1.リスクアセスメント義務，2.GHS，3.可燃性・引火性，13.高圧</p>	質問票で「はい」に○が付いた項目
-------------------------	--	------------------

STEP 2 リスクアセスメント等の実施

作業・操作、設備・装置とその目的		<p>【作業・操作】 作業手順 9：スプレーガンで下塗り塗装を行う。</p> <p>【設備・装置・道具】 噴霧塗装設備，作業台，ポリ容器，ゴミ箱，蓋つき廃液容器（金属製）</p> <p>【目的】 塗料の乗りをよくする</p>					
①引き金事象特定とシナリオ同定	引き金事象（初期事象）	【引き金事象】 局所排気装置の故障⇒防爆構造照明が故障の順番で発生					
	プロセス異常（中間事象）	<p>【爆発性雰囲気形成】 塗装中にスプレーブースに爆発性雰囲気を形成する可能性あり</p> <p>【着火源の発現】 防爆構造照明が故障し，照明の絶縁不良のため，電気火花が発生する可能性あり</p>					
	プロセス災害（結果事象）	<p>【火災？爆発？】 スプレーブースの蒸気に着火して，火災又は爆発</p> <p>【その他の影響】 火災での火傷，周辺の可燃物への延焼，作業服等への延焼など</p>					
②既存のリスク低減措置の確認		<p>パターン(d)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・スプレーブース付属の局所排気装置<B-a> ・スプレーガンの塗料カップの蓋<B-a> ・蓋つき廃液容器（金属製）への廃液の廃棄<C-a> <p>(a) 防爆構造の照明使用<B-c></p> <p>(a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止<C-c></p> <p>(b) 導電性床の使用<B-c></p> <p>(b) 金属製品の接地<B-c><C-c></p> <p>(b) 帯電防止ホースの使用<B-c></p> <p>(b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用<C-c></p> <p>(g) 火気使用・持ち込みの管理<C-c></p>					
②リスク見積りと評価（その1） 既存のリスク低減措置が無いと仮定した場合		重篤度	頻度	リスクレベル	<p>●リスク低減措置実施(実装)の種類</p> <p>A) 本質安全対策</p> <p>B) 工学的対策</p> <p>C) 管理的対策</p> <p>D) 保護具着用</p> <p>●リスク低減措置の目的</p> <p>a) 異常発生防止</p> <p>b) 異常発生検知</p> <p>c) 事故発生防止</p> <p>d) 被害の局限化</p>		
		×	×	III			
②リスク見積りと評価（その2） 既存のリスク低減措置の有効性確認		重篤度	頻度	リスクレベル			
		×	○	II			
③追加のリスク低減措置の検討 & ③リスク見積りと評価（その3） 追加のリスク低減措置の有効性確認					重	頻	リ
		イ) 作業前に局所排気装置の前面風速の測定を行い，風速が出ていなければ作業しないことを義務付ける<C-a>			×	○	II
		ロ) 2年に1回程度，電気設備の点検整備を行い，防爆性能を維持することを義務付ける<C-c>			×	○	II
③追加のリスク低減措置の実装可否		イ)ロ) 実装可能					
③リスク低減措置の機能を維持するための現場作業員への注意事項等		イ) 定期的なガス濃度計の動作確認，局所排気装置の動作確認 (その他) 静電発生防止対策を確実に実施すること					
③その他，生産開始後の現場作業員に特に伝えておくべき事項		<p>残留リスクの有無の確認：有</p> <p>残留リスクへの対応方法：火災・爆発を防止するための爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策としてリスク低減措置が実装されていることを1年に1回教育する。また，現場での実装状況のパトロール，点検記録等の確認を1ヶ月に1回実施する。</p>					
備考							