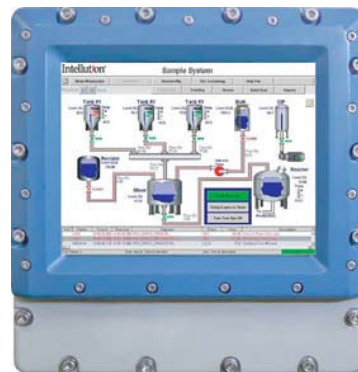


防爆技術情報

1. 防爆とは
2. 関連法規
3. 危険場所
4. 防爆構造
5. 防爆電気工事



はじめに

■本資料は、可燃性ガス・蒸気を取り扱う工場の防爆電気設備設計及び防爆機器の選定の為の参考資料としてまとめました。

●防爆機器の各防爆構造の解説は、種々資料があり防爆メーカーのカタログやホームページに解説がありますので省略しますが、出典は「工場電気設備防爆指針（ガス・蒸気防爆）」です。また防爆機器に関しては IEC 規格に整合した「国際規格整合指針」があります。

◆「工場電気設備防爆指針（ガス・蒸気防爆）」は、2006 年に改訂され「工場電気設備防爆指針（ガス・蒸気防爆 2006）」が最新の指針となっています。

◆「国際整合防爆指針」は、国際規格（IEC60079-）の改訂に伴って改訂され「国際整合防爆指針 2018（Ex2018）」が最新の指針となっています。

※国際整合防爆指針 Ex2018 からは、部分改定され、総則 60079-0、本質安全防爆 60079-11、非点火爆発 60079-15、特殊防爆 60079-33 は、改定されず Ex2015 が最新の指針です。

■法規に関しても関連条文は施工令、規則に至るまで多岐にわたるうえ、改正がなされるため詳細はそれぞれの法規条文で確認して下さい。

1] 防爆とは

「可燃性のガス・蒸気があるところ」で「電気火花が原因」で、「爆発・火災」が起こらないようにする技術

●爆発・火災は危険雰囲気と電気火花が同時に発生した時に起こります。可燃性ガス・蒸気の爆発性雰囲気の発生頻度と電気火花が点火源となる確率を極力小さくする技術といえます。危険場所は必ず危険な状態ではなく、防爆形電気機器は、絶対に火花が出ないように設計されたものではありません。

1. 「可燃性ガス・蒸気があるところ」を危険場所といいます

◆爆発性雰囲気の存在する時間と頻度によって 3 種類に分類されます。

◆従来の防爆指針では第 0 種危険場所、第 1 種危険場所、第 2 種危険場所と分類していましたが、2008 年の法改正で特別危険箇所、第 1 類危険箇所、第 2 類危険箇所と表記されます。国際規格では、Zone0, Zone1, Zone2 と表記されます。

※それぞれ第 1 種危険場所＝第 1 類危険箇所＝Zone 1 は同じとして取り扱っても構いません。

2. 電気火花が点火源とならないように設計された構造の電気機器を防爆形電気機器といいます。

1) 防爆構造の種類

◆安全増防爆構造 ◆耐圧防爆構造 ◆本質安全防爆構造 ◆内圧防爆構造 ◆・・・等

2) 防爆構造によって適用可能な、危険場所（Zone）種別が異なります。

3) 防爆形電気機器は、厚生労働省の指定機関による型式検定を受けたものしか使用できません。

3. 電気火花が点火源とならないようにする電気配線工事を「防爆電気工事」といいます。

防爆形電気機器と防爆電気工事を合わせて「防爆電気設備」といいます。

2] 関連法規

工場の火災・爆発を防止するために、下記 3 つ法律があります。

1. 労働安全衛生法（厚生労働省所管）

1) 労働安全衛生法 第 44 条（個別検定）

＜要約＞ 危険場所で使用する電気機器は、厚生労働大臣の登録を受けた者（以下「登録個別検定機関」という。）が個々に行う当該機械等についての検定を受けなければならない。

2) 労働安全衛生規格 280 条

危険場所には、検定を受けた防爆構造以外の電気器具を使用してはならない

3) 電気機械器具防爆構造規格

第 1 条-15. 16. 17 号 ◆危険箇所の定義（Zone0,1,2）

第 2 条 ◆危険箇所毎の適用可能防爆構造

電気設備防爆指針の「2000 電気機器の防爆構造」はこの法律と紐付けがなされています。

4) 厚生労働省 通達（0925001 号）

危険箇所の分類は、JIS C60079-10 によること

従来の第 0 種、1 種、2 種危険場所は、それぞれ特別、1 類、2 類危険箇所と同等とみなしてよい

●個別検定

◆ 危険場所（Zone0～2）に適用する電気機器は、防爆検定品でなければなりません。

◆ 防爆検定は、登録個別検定機関：「産業安全技術協会（TIIS）」が唯一の検定機関でしたが、産業安全技術協会（TIIS）に加え、「CML（Certification Management Limited）」と「CSA GROUP TESTING UK LIMITED」, 「DEKRA Certification B.V.」および「NCS」が登録されました。TIIS 以外の「防爆検定合格証」が発行されることになりました。

◆ 海外で防爆検定を受けているものでも、日本の「登録個別検定機関」の認定がなければ、法に適合した防爆機器とはなりません。

2. 電気事業法（経済産業省所管）

1) 主に電気安全の観点から危険場所における電気設備について規定しています。

例＞ 電気設備技術基準 69 条 / 解釈 176 条

2) 解釈第 176 条【可燃性ガス等の存在する場所の施設】において、電気機械器具は、電気機械器具防爆構造規格に適合するものであること。

3. 消防法（総務省所管 各自治体消防署）

1) 例＞ 危険物の規制に関する政令 第 9 条 17 号 ⇒ 電気設備は電気工作物に係る法令による。

2) 危険物の貯蔵所、取扱所ごとに法令がある

3) 設置許可申請、完成検査

◆ 危険物を取り扱う工場の建設、改造に於いて事前に設備の設置許可申請が必要

・ 危険場所の設定等に関しても協議します

◆ 設置許可申請通りに完成しているかどうか、使用前検査があります。

・ 使用前検査に合格しないと操業開始できません。

◆ 消防関連法規に於いて「電気設備は、電気工作物に係る法令の規定によること」等の表記で、電気設備に関する法律（電気事業法）との紐付けがなされています。

3] 危険場所の種別と分類

法律は、「危険場所の設定は、JIS C60079-10 によること」となっております。



JIS C60079-10 (2008) は、IEC 60079-10 (2002) と整合性を取ってきましたが、IEC 60079-10は

- 1) IEC60079-10-1 (2015) (可燃性ガス・蒸気)
- 2) IEC60079-10-2 (2015) (粉じん) に分かれています。

1. 危険場所の決定と責務

- 1) 危険場所の決定は、可燃性物質の特性、プロセス（反応プロセス、処理プロセス等）及び機器の知識がある者が、安全、電気、機械等のエンジニアの協力を得て実施する（JIS C60079-10）
- 2) 危険場所の決定は、危険物を取り扱う事業者（イメージとしてその工場の工場長）の責任で行われる
- 3) 各危険場所への電気機器（防爆機器）の適用に関しては、設計者、機器メーカー、工事業者、使用者が関連法規の適用対象になります。
- 4) 危険場所に決定された時点で、労働安全衛生法、電気事業法、消防法の適用を受けることになります。

2. 危険場所の種別

1) Zone0 (特別危険箇所、0 種危険場所)

- ◆ 爆発性雰囲気がある状態で、連続して又は長時間にわたって、もしくは頻繁に存在する場所
 - ・ 例> 引火性液体の容器の液面付近
 - ・ API PR505では爆発性雰囲気の生成時間が1,000Hr／年を超える場所を目安にしています。
(* API : American Petroleum Institute : 米国石油学会)

2) Zone1 (第 1 類危険箇所、第 1 種危険場所)

- ◆ 通常の状態に於いて爆発性雰囲気をしばしば生成する可能性がある場所
 - ・ 例> 通常の運転操作による製品取り出し、蓋の開閉などによってガスを放出する開口部付近
 - ・ API PR505では爆発性雰囲気の生成時間が10Hr～1,000Hr／年の場所を目安にしています。

3) Zone2 (第 2 類危険箇所、第 2 種危険場所)

- ◆ 通常の状態に於いて爆発性雰囲気を生成する可能性が小さく、又生成した場合でも短時間しか持続しない場所
 - ・ 例> ガasketの劣化による漏液や誤操作、換気装置の故障によって爆発性ガスを放出又は滞留する可能性がある場所
 - ・ API PR505では爆発性雰囲気の生成時間が1Hr～10Hr／年の場所を目安にしています。

以上が IEC 60079-10-1 (JIS C60079-10) の危険場所の定義です。



古い防爆指針で使われていました0種場所、第1種場所、第2種場所の定義は以下ですが

- ・ 常時危険雰囲気を生成 (= 0 種場所)
- ・ 通常運転時に危険雰囲気を生成 (= 第1種場所)
- ・ 異常な状態で危険雰囲気を生成 (= 第2種場所)

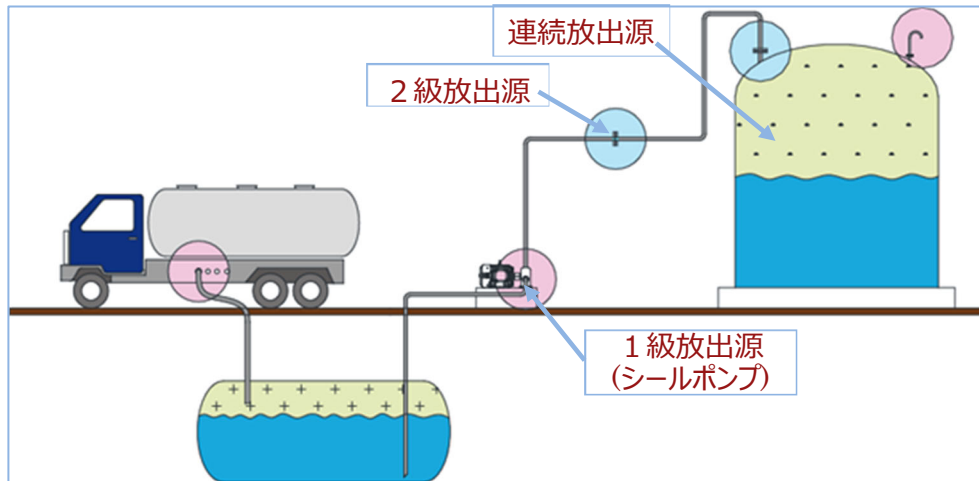
IEC規格では、換気の程度やその信頼度によって危険場所の範囲は変わること盛り込んでいます。

3. 放出源と換気について

1) 放出源

- ・連続級放出源：可燃性物質を連続して放出するか、又は長時間の放出が予想される放出源
- ・1級放出源：通常の状態では定期的または時々放出することが予想される放出源
- ・2級放出源：通常の状態では放出することが予測されず、放出してもまれで、短時間しか放出しない放出源

同じ放出源があっても換気が良ければ、危険場所は小さく（狭く）なり、換気が悪ければ危険場所は大きく（広く）なります。



2) 換気度（換気的能力）

- ・高換気度（VH：放出源の周辺の濃度を瞬時に低下させる換気）
- ・中換気度（VM：濃度の上昇を抑え、放出が継続しても危険場所の拡大を防止できる換気）
- ・低換気度（VL：放出が継続すると濃度の上昇を抑制することができない換気）

3) 換気の有効度（換気の有効性・安定性・信頼性）

- ・有効度（良）：実質的に有効な換気が予測できる
- ・有効度（可）：通常運転中は換気が予測できる（低頻度の中断は許容）
- ・有効度（弱）：良、可のいずれでもないが長時間にわたる換気の停止はないと予測できる

一般的に屋外では、換気度は中換気度（VM）、換気の有効度（良）としてよく、1級放出源は Zone1 となる。1級放出源でも低換気度（VL）の場所では濃度が上昇し Zone0 になることもある。また高換気度（VH）では Zone 2 や非危険場所（無視できるほど極小）になることを意味しています。

4. 危険場所の判定

上記、放出源の種類、換気度、換気の有効度を考慮して危険場所を決定します。

換気の有効度を上げるために、換気装置のバックアップを設けるとか、換気装置の故障やガス検知器とインターロックをとって危険性物質の供給を停止するといった方法で危険場所を小さくすることができます。

JIS C60079-10の付属書に、詳しく解説が記載され、放出源に対する具体的な危険場所の計算方法も紹介されていますのでここでは省略します。

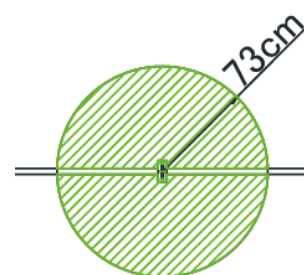


JIS C60079-10の付属書の計算例を参考にして、屋外のパイプラック上のトルエン配管のフランジ故障による危険場所範囲を計算してみると、フランジの周囲73cmが危険場所（Zone2）となった。

＜計算には、下記のデータを使用～必要となる＞

- ・トルエンの分子量 : 92.14(kg/kmol)
- ・爆発下限界(LEL) : 0.046kg/m³(体積分率1.2%)
- ・放出等級 : 第2等級 ・安全率k : 0.5
- ・放出率(dG/dt)max : 6 × 10⁻⁴kg/s

※屋外における換気計算は、15x15x15mの仮想空間で
0.5m/sの有効度「良」換気が行われている。……との前提



5. IEC 60079-10-1(2015)を基にした「危険場所判定ガイドライン」

2019年4月に経済産業省より、

「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」が発行されました。

IEC 60079-10-1(2015)は、JIS C60079-10のベースになっているIEC60079-10（2002）とは危険となりうる範囲の計算方法が、大幅に変わっています。

各種の可燃性液体について、2級放出における危険エリアの計算をしてみました。危険場所は、ほとんどが「無視出来るほど小さい」（Zone NE）になる結果となりました。

「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」は、経済産業省のホームページからダウンロードできます。

6. 危険場所の判定の実際

危険場所の決定に当たっては、前述の計算の様に放出源ごとに計算で危険場所範囲を決めていくやり方が、理想的ではありますが、単一原料の充填場所のような場合はともかくとして、実際の工場では危険物の物性が多種多様であり、将来の増改造によっても危険場所は変わります。また放出源から何mと決めても空間に色付けをすることはできないため、一般的には危険場所はかなり大雑把な設定となります。設備変更のたびに危険場所の見直しは必要ですが、そのたびに Zone 種別が変わる様な危険場所の設定はあまり行われません。

たとえば、パイプラックの場合、2 級放出源のフランジがどこにあるかなど想定ができませんから、パイプラックの周囲何m（空気より重いガスの場合はその下部）を Zone 2 とする様な設定をします。

- 1) 産業安全研究所技術指針「ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド（ガス防爆 1994）」では、各国の危険場所設定に関する例図や国内関係団体の図例が掲載されています。

- 次ページに「換気が十分な屋内設備」の例図を示します

- 2) JIS C60079-10（2008）にも幾つかの例図が掲載されています。

- 次ページに「換気が十分なガソリンの充填設備」の例図を示します

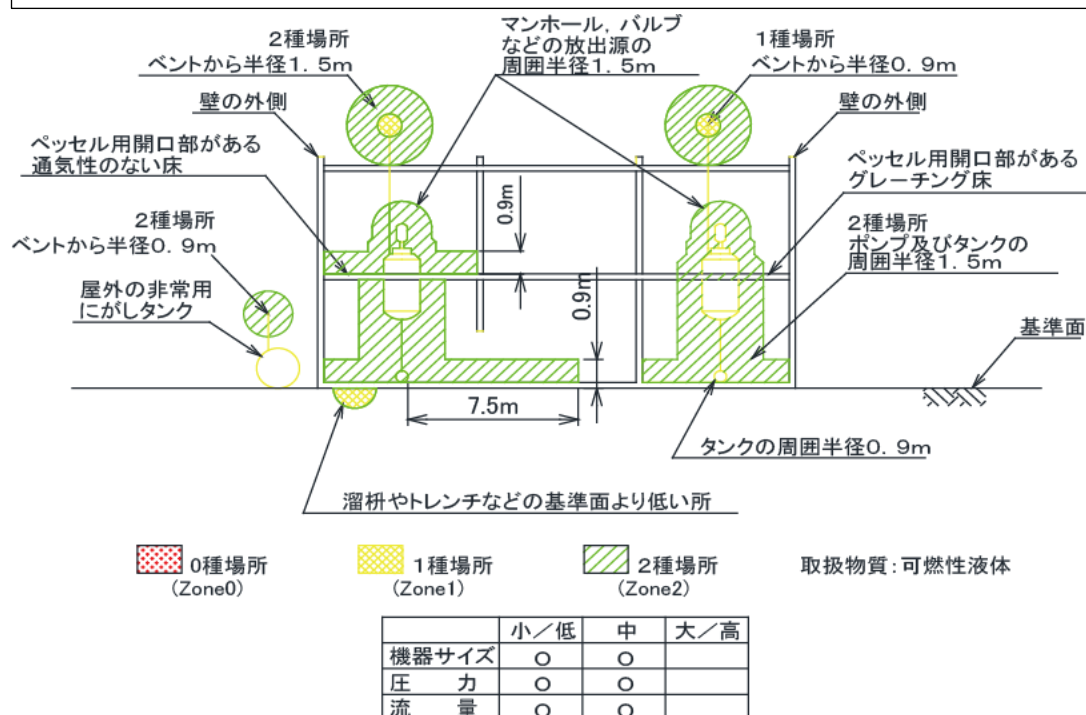
実際には、これらの図例を参考にして、機器のサイズや圧力、換気度等を考慮して決定します。

さらに、空間に色付けはできませんから、部屋全体を危険場所とすることが多くなります。

- a) 放出源がない上部空間を区分する場合（たとえば高天井だったり、吹き抜けがあったりする場合）で空気より重いガス蒸気を扱う工場では、例えば、FL + 4,000 以上は非危険場所とするようなことは可能ですが、危険場所（防爆エリア図）に明記し周知することが必要です。
- b) 通常の運転（設計通りの運転）ではないであろう 2 級放出源（フランジからの漏れ、等）は、異常時を想定するわけですから、連続放出源や 1 級放出源に比べて非常に多くなります。結果的に Zone2 のエリアが広がります。

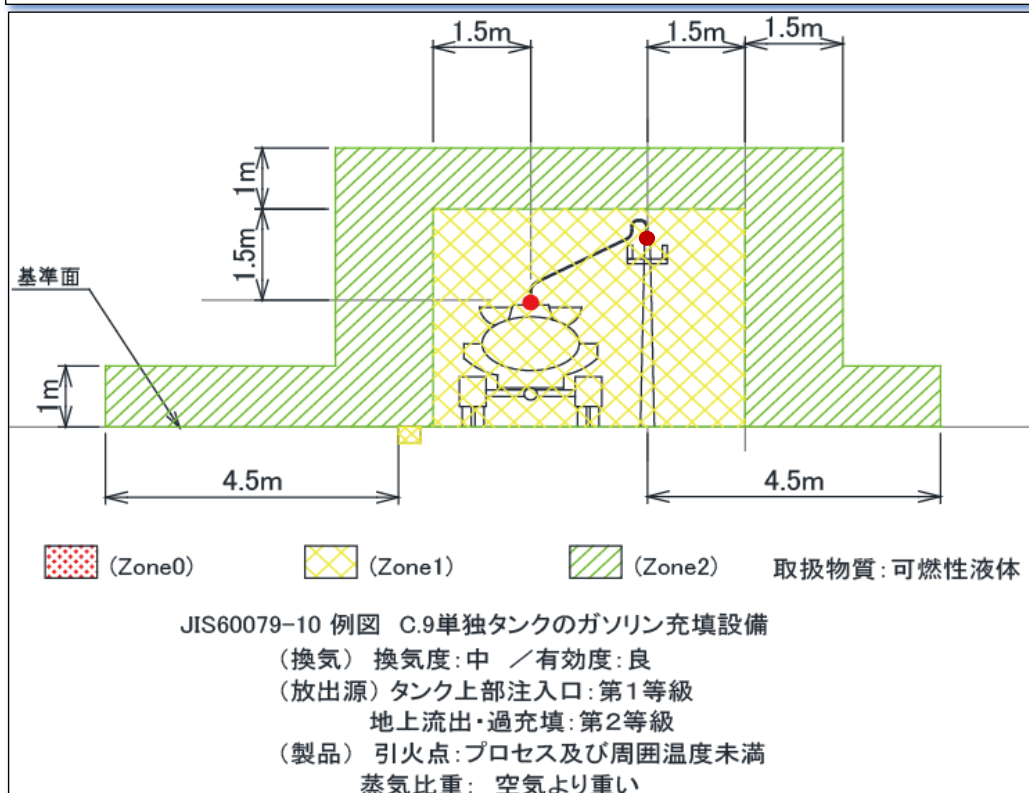
7. 危険場所の図例

例図-1) ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド (ガス防爆 1994)

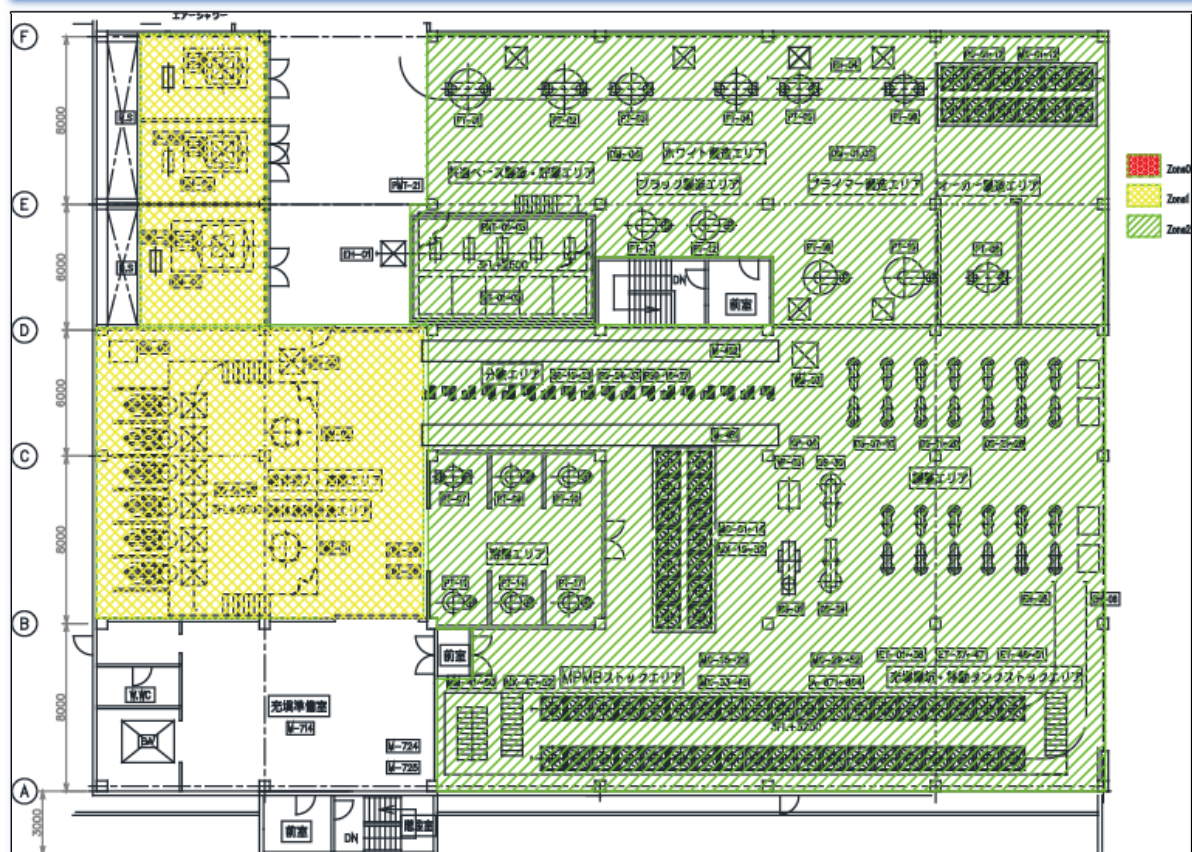


図R4. 1. 7 換気が十分な屋内で、基準面及び基準面より高い位置に複数の放出源がある場合 [NFPA 497A, Figure 3-4. 16]

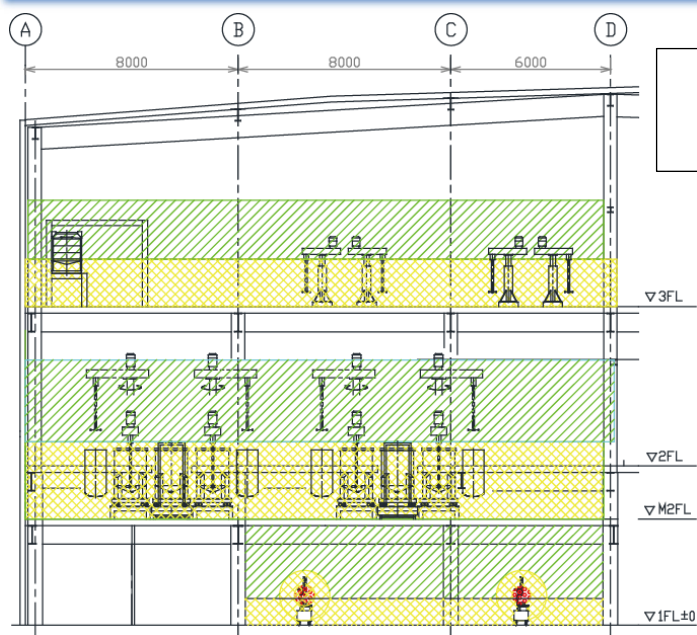
例図-2) JIS C60079-10 (2008)



危険場所（防爆エリア図）の例（平面図）



危険場所（防爆エリア図）の例（断面図）



あくまで防爆エリアのイメージ図です。
・例図の平面図と断面図は相関がありませ

4] 防爆構造に関する規格

■ 工場電気設備防爆指針

- ◆「防爆構造電気機械器具構造規格」(構造規格)がこの指針を引用しています。
- ◆国際化の要求によってIEC規格と整合した防爆機器検定の要求が高まりましたが、防爆指針(構造規格)の改変がIEC規格の改変に追いつかない実情から、IEC規格も検定に使用できるように！
- ◆「IEC規格は構造規格と同等の防爆性能があると認める(1988年)」との通達によって、IEC規格での検定を受け付ける様になりました。この時制定されたのが「技術的基準」/現在「国際整合防爆指針」です。

以降、日本の防爆機器は、以下の2本立てになっています。

1. 従来からの「防爆構造電気機械器具構造規格」(構造規格)

2. IEC規格に整合した「国際整合防爆指針」

● 構造規格

- ◆ 1955年(昭和30年) 工場電機設備防爆指針制定
電気機械器具防爆構造規格(構造規格)昭和44年に引用
- ◆ (改変)
- ◆ 1979年(昭和54年) 工場電気設備防爆指針
- ◆ 2006年(平成18年)工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)

● IEC 整合規格

- ◆ 1988年(昭和63年) 技術的基準(通達)
IEC規格に整合したものは、構造規格と同等の防爆性能と認める
- ◆ 1996年(平成8年) 改訂
- ◆ 2008年(平成20年) 国際整合防爆指針(2008Ex)
JIS C60079 (=IEC60079-) 適用
JIS C60079-15 非点火防爆構造(タイプn)
JIS C60079-18 樹脂充てん防爆構造(m)
JIS C60079-10 危険場所分類
JIS C60079-14 機器選定
- ◆ 2015年(平成27年) 国際整合防爆指針(Ex2015)
- ◆ 2018年(平成30年) 国際整合防爆指針(Ex2018)

※一部 改訂なし/Ex2015が最新のものもあります。

「構造規格」

(技術的基準)

「国際整合防爆指針」

二つの規格



- 1) IEC規格は、ほぼ5年ごとに改訂がなされていますので、国際整合防爆指針も合わせて改訂がなされます。
- 2) IEC規格で検定に合格した海外製の防爆機器でも、日本の指定機関で「国際整合防爆指針」にしたがって防爆検定に合格したものでないと使用できません。
- 3) 「国際整合防爆指針」にしたがって日本の検定に合格した防爆機器でも海外へ輸出する場合はその当事国の防爆検定を受けなければなりません。

5] 防爆構造について

1. 点火源と見なされない機器

- 定格電圧 1.5V 以下
- 定格電流 0.1A 以下
- 定格電力 25mW 以下

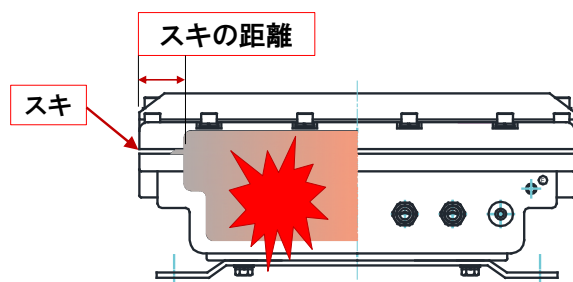
◆ 但し他の機器に接続されて上記値を超える恐れがある場合は適用除外

左記に該当する機器のみ規則 280 条の適用が除外されている。

※平成 27 年通達（基発 0831 第 4 号）により定格電圧 1.2V 以下から⇒1.5V 以下に変更になっています。

2. 耐圧防爆構造（d）

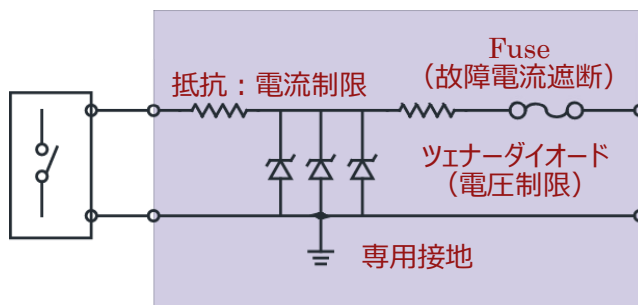
- 点火源を耐圧性の容器に入れ、たとえガスが侵入して爆発が起きても、周囲の危険ガスに爆発が波及しないようにした構造



圧力試験／引火試験の例

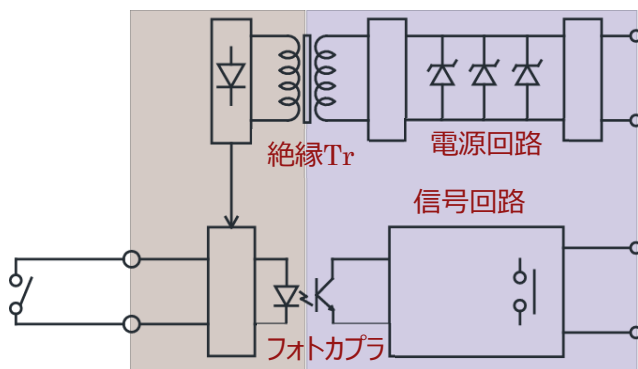
3. 本質安全防爆構造（ia ,ib）

- 正常、又は異常な状態において点火源とならないように、電気エネルギーを抑制したもの。
- エネルギーの抑制装置→ 安全保持器／バリア



ツェナーバリア

- ツェナーダイオードで異常電圧抑制、抵抗で異常電流を抑制する
- 絶縁されないので本質安全防爆専用接地（10Ω以下）が必要



絶縁形バリア

- フォトカプラ、絶縁トランスで絶縁し、一般回路(非本安回路)と絶縁
- 一般回路の異常が本安回路に影響を及ぼさない

4. 内圧防爆構造（構造規格：f / IEC規格：p）

- 容器の内部に保護気体(清浄な空気又は、不活性ガス)を圧入して内圧を保持することによって爆発性ガスが侵入するのを防止した構造
- 常に内圧を検出し、内圧保持が出来なくなったら電源断（または、警報発報）する必要があります
- 内圧防爆構造の要件として下記のような要件があります。

内圧防爆構造の要件（概要）

- ・温度上昇試験
- ・錠締め構造
- ・耐圧防爆又は安全増防爆端子箱

<封入式内圧防爆構造>

- ・掃気シーケンス（吸気・排気バルブ）
- ・透明窓（JIS R3206-強化ガラス）

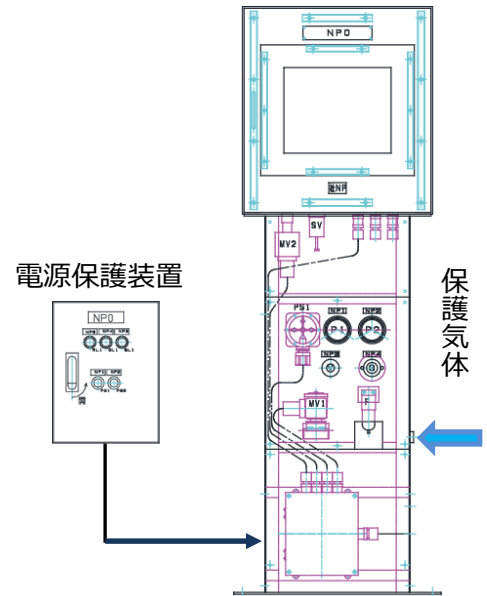
鋼球落下試験 200 g - 200 c m

- ・保護パネル（上記透明窓の保護）

鋼球落下試験 95 g - 100 c m

- ・保護気体供給装置

圧力検出 50Pa



エアパージ盤と内圧防爆構造

エアパージ盤は、一般的に腐食性ガスの侵入防止を目的とするものであり、内圧防爆構造と原理が似ておりますが、まったく異なるものです。

- エアパージという防爆構造はありません。

5. その他

その他の防爆構造として、油入防爆構造、安全増防爆構造、・・・等がありますが、日本の防爆構造電気機器は、耐圧防爆構造、本質安全防爆構造、内圧防爆構造が大半を占めます。

また、最近の動向として、「非点火防爆構造（タイプ n）」、「樹脂充填防爆構造（m）」などがあります。

1) 非点火防爆構造(n) - (タイプ n 防爆構造とも言います)

通常は、火花を発生しない機器に防爆上の安全対策を施したもので、Zone 2 しか使用できません。

タイプ n 防爆構造には、いくつかの種類があります。

- ・ n A : 正常運転時に電気火花の発生リスクを最小限にするための構造（簡易安全増防爆）
- ・ n L : 回路および部品がエネルギー制限の考え方によって作られた機器（簡易本質安全防爆）
- ・ その他

※欧州ATEXでは、この防爆構造は自己宣言できますが、日本では自己宣言機器は使用できません。

2) モールド防爆構造（m）

樹脂を充填してガスが入らないようにした構造です。Zone 0 でも適用可能な防爆構造です。

国際整合指針（2008Ex）から国内の検定にも採用されるようになりました。

6] 防爆電気工事について

防爆電気工事では、配線の傷や断線により、電氣的火花を発生させないようにするための機械的保護が主体となります。一方、本質安全防爆機器の配線では、安全保持器（バリア）以降の安全側配線ですので、誘導や混色による異常電圧を防止する必要があります。

また、配線路を通して危険性ガスが他の危険エリア、または非危険場所に流通しないようにガスの流動防止を行わなければなりません。



機器の選定と工事については、JISC60079-14によることが、技術基準解釈で定められています。

JIS C 60079-14については、別途解説します。

1. 防爆電気工事（本質安全防爆配線を除く）

防爆電気工事には、「金属管工事」と「ケーブル工事」があります。

1) 金属管工事：絶縁電線を使用する配線工事

絶縁電線・厚鋼電線管・耐圧防爆形電線管付属品……を使用する必要があります。

＊現在は、耐熱電線などゴム・プラスチックケーブルが使用できない場合など限られた機器配線で殆ど使用されていません。／出来るだけ使用しない！

2) ケーブル工事：ケーブルを使用する配線工事

現在一般的な配線工事

以降 解説はケーブル工事を前提とします。

又、法規で規定された最低限の工事方法について解説

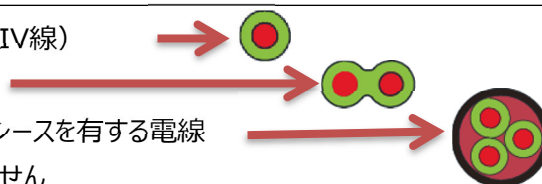


絶縁電線：導線に絶縁を施した電線（例：IV線）

コード：複数電線を連結した電線

ケーブル：導線に絶縁を施したものの外部にシースを有する電線

※コードは防爆電気工事には使用できません



a) 機器への配線引き込み口（耐圧防爆構造）

●日本の防爆検定制度では、ケーブルグランドは機器に含まれて検定を受けます。

※過去（H8 年以前）に構造規格で検定を取得している機器ではケーブルグランドが含まれていないケースもあります。

b) ケーブルの布設（ダクト、ラック） -指針 4222 (2)

●外傷保護をしなければならない。

・1.2mmt 以上の鋼板製金属ダクト又は金属製トレーを使用、又は 1.6mmt 以上の鋼板又は同等以上の強度がある金属製ラック

・外傷を受ける恐れのある場所は、蓋を取り付け（立ち上がりおよび 2m 以下の水平部）

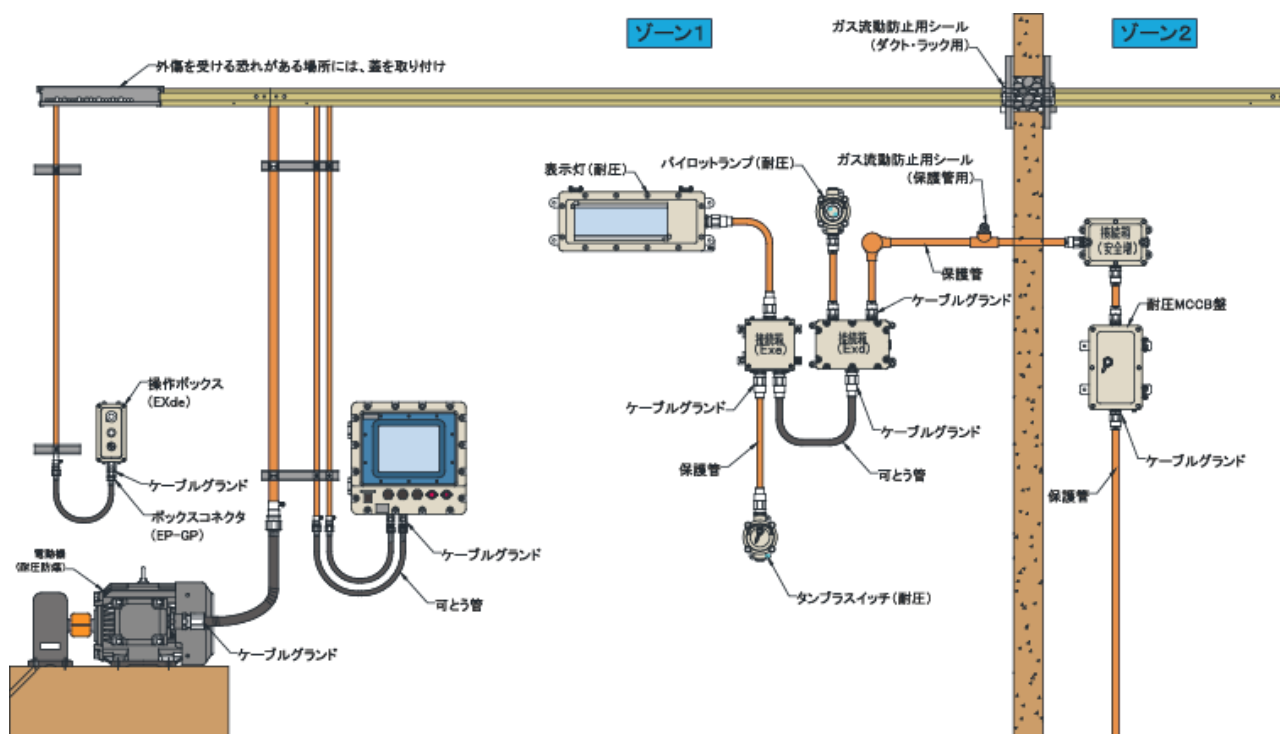
c) ケーブルの布設（保護管） -指針 4222 (2)

●外傷保護をしなければならない。

・鋼製電線管で保護……ネジなし電線管、薄鋼電線管、厚鋼電線管、2 種可とう電線管、等）

※厚鋼電線管である必要はありません。

ケーブル工事の例



2. 本質安全防爆電気工事

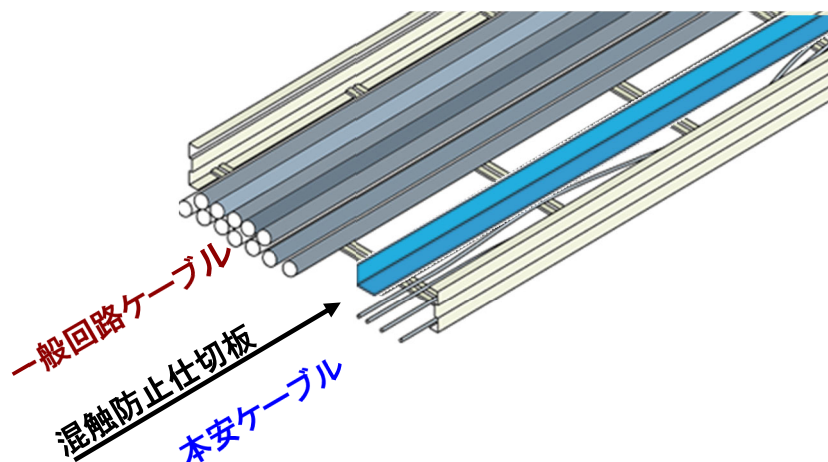
本質安全防爆回路の配線は、安全保持器（バリア）を通過していますので断線・短絡しても火花は出ないようになっています。しかし、本質安全回路の誘導や混色による異常電圧は、安全保持器で除去することはできません。

1) 配線への誘導防止

- ・配線を金属製の保護管に入れる／シールド線を使用する等の対策が必要です。

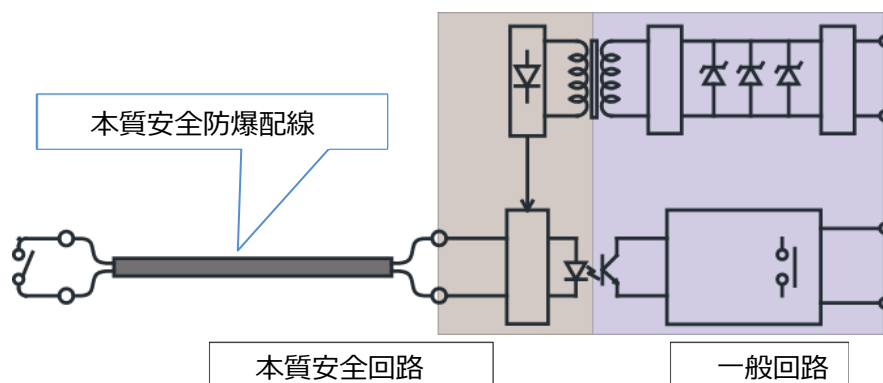
2) 一般回路との混色防止

- ・配線路（ダクト・ラック）を分ける／分けられない場合は仕切り板で混触防止する。



3) インダクタンス(L) コンデンサ (C) の蓄積エネルギーによる火花防止

- ・線のインダクタンス(L)、ンデンサ (C)の蓄積エネルギー火花が出ないように配線のインピーダンスを確認
⇒配線距離制限、等（銘板記載事項によること）



3. ガスの流動防止 -指針4222 (5)

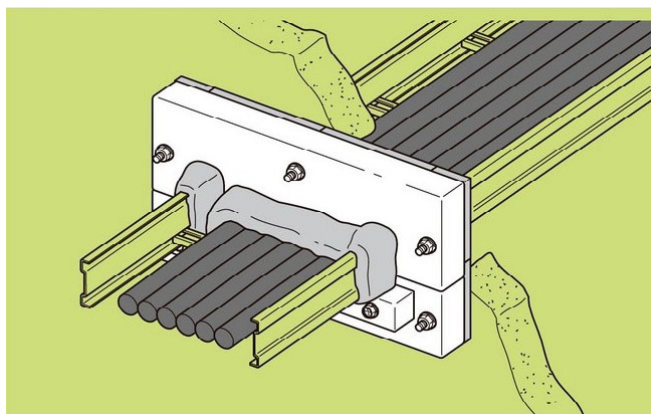
爆発性ガスが保護管、又はダクト類を通じて異なる種別の危険場所間、又は非危険場所へ流動するのを防止するため保護管をシールし、又はダクト内に砂などを充填するなど適切な処置をしなければならない。

1) 保護管のガス流動防止（シーリングフィッチング）

- ・シーリングフィッチング、等を使用してガスの流動防止をする。

2) ダクト・ラックのガス流動防止

- ・ラックのガス流動防止イメージを示します。
- ・防火区画を貫通する場合は、建築基準法、消防法による耐火性能が要求されます。



※「ユーザーのための防爆設備ガイド」や他の解説書には、「砂詰め」が記載されていますが砂詰めをする方法は、現在はほとんど使用されません。