

ディスプレイ周辺の防爆基準

(圧縮水素スタンド関係)

JPEC-S 0004 (2014)

平成26年 4月 3日 改正

一般財団法人石油エネルギー技術センター

まえがき

この技術基準は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託により、一般財団法人石油エネルギー技術センターが、水素製造・輸送・貯蔵システム等技術開発を実施し、次世代技術開発・フュージビリティスタディ／水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発にて有識者等で構成された委員会での審議を経て作成された技術基準（案）をもとに、平成24年9月27日に当センターの技術基準として制定したものである。

【改正概要】

1. 平成26年4月3日

今回の改定は、平成24年11月1日に参考規格・基準の「ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド（ガス防爆1994）」が改正されたこと、並びに危険箇所範囲の設定に関わる換気度及びその効果を定量的評価とすることに伴い実施した。

主な改正内容は、参考規格・基準からの引用語句・図表等の修正、並びにディスペンサー内部換気度の「低換気度」への変更、及びこれに伴う危険箇所の「第一類危険箇所」への変更である。

圧縮水素スタンドにおけるディスペンサー周辺の防爆基準

目 次

| | 頁 |
|-----------------------------|---|
| 1. 目的 | 4 |
| 2. 適用範囲 | 4 |
| 3. ディスペンサー周辺の危険箇所の区分と範囲 | |
| (1) ディスペンサー内部の危険箇所 | 5 |
| (2) ディスペンサー外部の危険箇所 | 5 |
| (3) 接続配管の危険箇所 | 6 |
| 4. 設定条件を超える場合の危険箇所の区分と範囲の設定 | 6 |
| 参考規格・基準 | 6 |

| | 頁 |
|---|----|
| 添付資料 1 本文解説 | |
| 1. 放出源の特定と放出等級の決定 | 7 |
| 2. 危険箇所の区分と範囲に影響を与える要因の評価 | 9 |
| 3. 換気度 | 13 |
| 4. 換気の有効度 | 14 |
| 5. 危険箇所の区分への換気の影響 | 15 |
| 6. 危険箇所の範囲の計算方法 | 17 |
| 7. 危険箇所の範囲の計算 | 20 |
| 8. ディスペンサー構成機器による水素放出量の確認試験 | 26 |
| 9. 爆発性雰囲気の状態の確認試験 | 27 |
| 10. その他資料 | 28 |
| 様式：危険箇所の範囲算出及び設定シート | |
| 添付資料 2 防爆電気設備の概要 | |
| 1. 防爆電気機械の規格 | 30 |
| 2. 防爆構造の種類 | 30 |
| 3. 選定上の留意事項 | 31 |
| 4. 電気機器の防爆構造の選定の原則 | 31 |
| 5. 防爆電気配線（配線用附属品を含む）の選定 | 34 |
| 6. 構造規格における防爆電気機器の対象とする 可燃性ガス蒸気の種類 | 35 |
| 7. 防爆構造の規格に適合する電気機械器具と同等以上の 防爆性能を有する電気機器に対する表示 | 36 |
| 添付資料 3 関係法令 | 40 |
| ・労働安全衛生法関係 | |
| ・高圧ガス保安法関係 | |
| 添付資料 4 用語及び定義 | 42 |

圧縮水素スタンドにおけるディスペンサー周辺の防爆基準

1. 目的

「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」（平成19・06・18原院第2号、改正平成23・06・28原院第4号）の「(2)一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について・第6条関係」及び「(4)コンビナート等保安規則の運用及び解釈について・第5条関係」には、防爆指針及びガイドに基づき非危険箇所に分類された場所に設置する電気設備は火気を取り扱う施設には該当せず、防爆構造を有する必要がないことが示されている。

そこで本基準は、一般高圧ガス保安規則第7条の3第1項及び第2項又はコンビナート等保安規則第7条の3第1項及び第2項の適用を受ける圧縮水素スタンドに設置するディスペンサー、プレクーラー及び接続配管における非危険場所を明確にするために、ディスペンサー周辺の爆発危険箇所（以下、「危険箇所」という。）の設定手順について規定する。

2. 適用範囲

本基準は、一般高圧ガス保安規則第7条の3第1項及び第2項又はコンビナート等保安規則第7条の3第1項及び第2項の適用を受ける圧縮水素スタンドのうち、ディスペンサー周辺の高圧ガス設備（ディスペンサー・プレクーラー・接続配管）に係る「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」（平成19・06・18原院第2号、改正平成23・06・28原院第4号）の「(2)一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について・第6条関係」及び「(4)コンビナート等保安規則の運用及び解釈について・第5条関係」に示された「防爆指針及びガイドに基づき非危険箇所に分類された場所」に適用する。

3. ディスペンサー周辺の危険箇所の区分と範囲

圧縮水素スタンドにおけるディスペンサー周辺の危険箇所の区分と範囲の設定は、表1の「ディスペンサーの設定条件」に示す放出源の総数と放出量に基づき、JIS C 60079-10：2008（爆発性雰囲気で使用する電気機械器具 第10部：危険区域の分類）「以下、「JIS C 60079-10：2008」という。」により算出する。なお、プレクーラーは、別途に放出源の総数と放出量から算出するものとする。

ディスペンサー周辺の危険箇所の区分と範囲は（1）、（2）及び（3）に定める範囲とする。

なお、この「ディスペンサーの設定条件」に適合しない場合は、4.の基準に基づき算出するものとする。

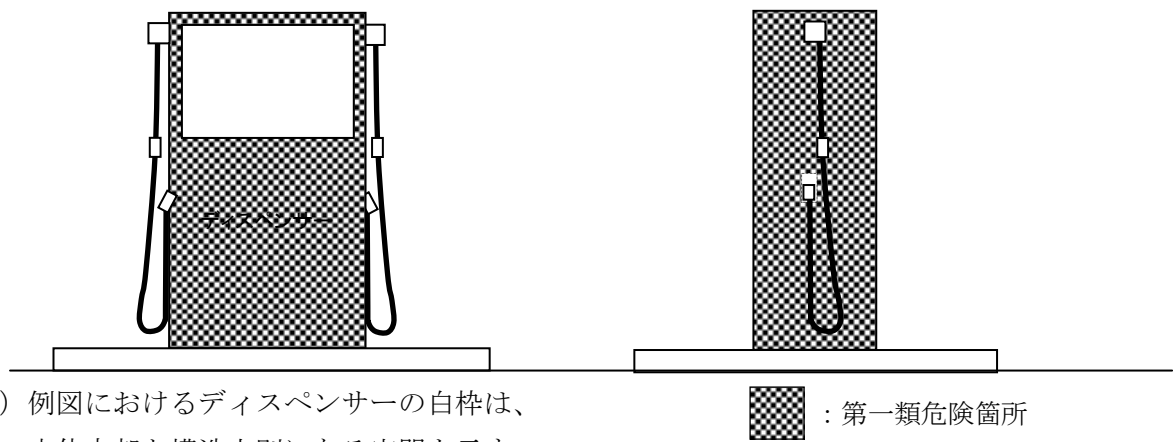
また、「ディスペンサーの設定条件」を下回る場合にディスペンサー仕様等から放出源の実数を用いて、危険箇所の範囲を算出して設定する場合は、この限りではない。

表1 ディスペンサーの設定条件

| | |
|---------------|------------------------|
| 常用の圧力 | 82MPa 以下 |
| 放出源1箇所当たりの放出量 | 54.38 ml/min 以下 |
| 放出源の総数 | 234箇所 以下 |
| 放出源 | 弁類のグランドシール及び配管等のねじ接合継手 |

(1) ディスペンサー内部の危険箇所

ディスペンサー内部は、「電気機械器具防爆構造規格」に定める第一類危険箇所とする。その例図を図1に示す。



注) 例図におけるディスペンサーの白枠は、本体内部と構造上別になる空間を示す。

図1 ディスペンサー内部の危険箇所 (例図)

(2) ディスペンサー外部の危険箇所

ディスペンサー外部の危険箇所は、本体の外表面から周囲60cmの範囲を「電気機械器具防爆構造規格」に定める第二類危険箇所とする。その例図を図2に示す。

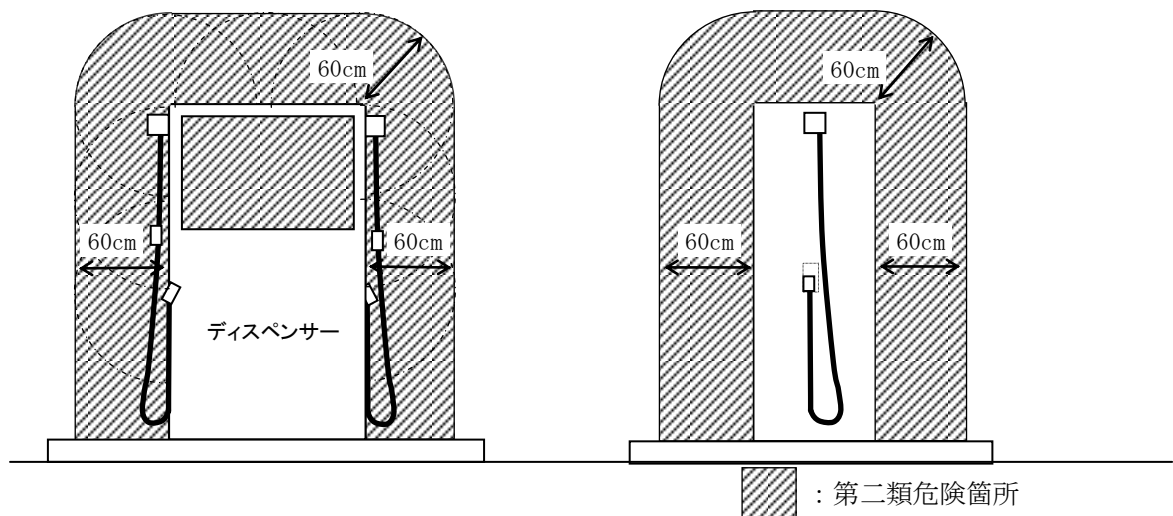


図2 ディスペンサー外部の危険箇所 (例図)

(3) 接続配管の危険箇所

接続配管の危険箇所は、ねじ接合継手等の放出源の周囲20cmの範囲を「電気機械器具防爆構造規格」に定める第二類危険箇所とする。その例図を図3に示す。

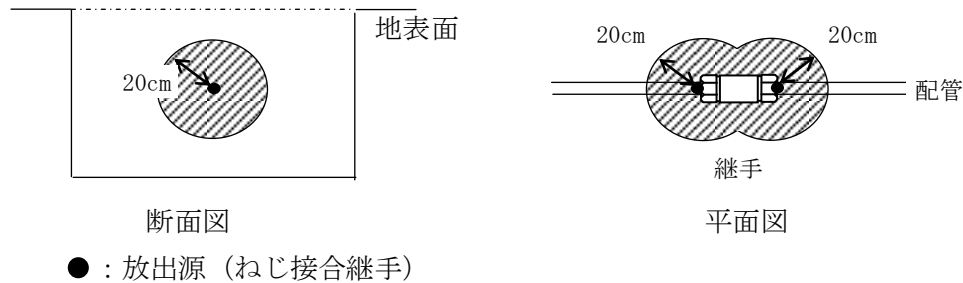


図3 接続配管の危険箇所 (例図)

4. 設定条件を超える場合の危険箇所の区分と範囲の設定

3. に示す「ディスペンサーの設定条件」を超える場合は、本基準の解説におけるディスペンサー周辺の危険箇所の設定手順の添付資料1の解説に基づき再計算し、ディスペンサー周辺の危険箇所の区分と範囲を設定する。

参考規格・基準

本基準は、以下の構造規格及び防爆指針等を参照した。

- ① 「電気機械器具防爆構造規格」 (昭和44年4月1日労働省告示第16号)
改正平成20年3月13日厚生労働省告示第88号
- ② 「工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆2006)」 (産業安全研究所技術指針)
- ③ 「工場電気設備防爆指針 (国際規格に整合した技術指針 2008)」
(労働安全衛生総合研究所技術指針)
- ④ 「ユーザーのための工場防爆設備ガイド」 (労働安全衛生総合研究所技術指針)
- ⑤ JIS C 60079-10 : 2008
爆発性雰囲気で使用する電気機械器具－第10部：危険区域の分類
- ⑥ IEC60079-10-1 Ed1.0 2008-12

ディスペンサー周辺の危険箇所を分類する方法は、JIS C 60079-10 : 2008に示す表 1 の手順に基づき実施した。

表 1 危険箇所の区分と範囲の設定手順

| ステップ | 実施内容 |
|--------|--|
| ステップ 1 | 放出源のそれぞれについて放出等級を決定する。 |
| ステップ 2 | 危険箇所の区分と範囲に影響を与える要因 (放出量や爆発下限界等)の評価を行う。 |
| ステップ 3 | 換気度を決定する。 |
| ステップ 4 | 換気の有効度を決定する。 |
| ステップ 5 | 危険箇所の区分を決定する。 |
| ステップ 6 | 適切な計算によって危険箇所の範囲を決定する。 |

1. 放出源の特定と放出等級の決定

(【ステップ 1】 JIS C 60079-10 : 2008 「4. 2 放出源」及び「附属書 A」参照)

(1) 放出等級の決定

ディスペンサー周辺における放出源は、弁類のグランドシールや配管等のねじ接合継手の劣化や締め付けの緩みなどからの可燃性ガスを放出する可能性のある場所であって、『通常運転中には発生せず、又は低頻度で短時間だけ発生すると予測できる放出』であることから「第二等級放出源」に該当する。ディスペンサー周辺の放出源とその放出等級を表 2 に示し、構成機器別の放出源を表 3 に示す。

表 2 ディスペンサー周辺の放出源及びその放出等級

| 放出源 | 放出等級 |
|----------------------------|---------|
| 弁類のグランドシール及び 配管等のねじ接合継手 | 第二等級放出源 |

表 3 構成機器別の放出源

| 設備 | 構成機器 | | 放出源 |
|---------|------|--------|---------|
| ディスペンサー | 弁類 | 手動弁 | ねじ接合継手 |
| | | | グランドシール |
| | | 調整弁 | ねじ接合継手 |
| | | | グランドシール |
| | 遮断弁 | ねじ接合継手 | |
| グランドシール | | | |
| | 安全弁 | ねじ接合継手 | |

| | | | |
|--|-----|-------|--------|
| | 継手 | エルボ | ねじ接合継手 |
| | 継手 | ストレート | ねじ接合継手 |
| | | チーズ | ねじ接合継手 |
| | 流量計 | | ねじ接合継手 |
| | 圧力計 | | ねじ接合継手 |

(2) 放出等級の分類

ガスの爆発性雰囲気生成の頻度及び可能性に応じ、ガスの放出源を連続等級放出源、第一等級放出源及び第二等級放出源のいずれかの放出等級に分類する。その放出等級とその解説を表4に示す。

表4 放出等級の分類

| 放出等級 | 解説 | 具体例 |
|---------|---------------------------------------|---|
| 連続等級放出源 | 連続的な放出又は高頻度若しくは長期にわたって発生すると予想できるガスの放出 | ①常設の大気開放ベントをもつ固定屋根式タンク内の可燃性液体の表面 ②油水分離器のような連続的又は長時間にわたっての大気に放出されている可燃性液体の表面 |
| 第一等級放出源 | 通常運転中※に周期的又は時々発生すると予測できるガスの放出 | ①ポンプ、コンプレッサー又はバルブのシール部で、通常運転中に可燃性物質を大気中に放出することが予測できる部分 ②可燃性液体容器の排液部で、通常運転中の排液作業中に可燃性物質を大気中に放出することが予測できる部分 ③サンプル抽出部で、通常運転中に可燃性物質を大気中に放出することが予測できる部分 ④放出弁、ベント及びその他の開口部で、通常運転中に可燃性物質を大気中へ放出することが予測できる部分 |
| 第二等級放出源 | 通常運転中には発生せず、又は低頻度で短時間だけ発生すると予測できる放出 | ①ポンプ、コンプレッサー又はバルブのシール部で、通常運転中には可燃性物質を大気中に放出しないと予測できる部分 ②フランジ、接続部及び配管付属品で、通常運転中には可燃性物質を大気中に放出しないと予測できる部分 ③サンプル抽出部で、通常運転中には可燃性物質を大気中に放出しないと予測できる部分 ④放出弁、ベント及びその他の開口部で、通常運転中には可燃性物質を大気中に放出しないと予測できる部分 |

※通常運転中とは、ガスの爆発性雰囲気を生成するおそれのある設備又は機器が設計仕様の範囲内で稼動している状態をいう。

出所：厚生労働省労働基準局長通達(平成20年9月25日基発第0925001号)

2. 危険箇所の区分と範囲に影響を与える要因の評価

(【ステップ2】JIS C 60079-10：2008「4. 4危険度区域の範囲」参照)

(1) 放出量の設定

危険箇所の範囲を算出するためのディスペンサー周辺における放出量は、放出源1箇所あたりの放出量と放出源の数量を乗じて算出する。そのディスペンサー周辺における放出量を表5に示す。

表5 ディスペンサー周辺における放出量

| 放出源1箇所あたりの放出量 | ディスペンサー構成機器からの放出量 | |
|---------------|-------------------|--------------|
| | 放出源の数量 | 放出量 |
| 54.38 ml/min | 36箇所 | 1,958 ml/min |

1) 放出量の調査

ディスペンサー周辺における放出源1箇所あたりの放出量は、「過去に実施した水素ディスペンサー構成機器からの漏えい報告の調査」におけるディスペンサー構成機器からの漏えい量に、試験ガスの種類と試験圧力による補正を加えたものの最大値とする。放出源1箇所あたりの放出量を表6に示す。

表6 ディスペンサー周辺における放出源1箇所あたりの放出量

| | |
|---------------|-------------|
| 放出源1箇所あたりの放出量 | 54.38ml/min |
|---------------|-------------|

① 「過去に実施した水素ディスペンサー構成機器からの漏えい報告の調査」結果

平成17年度～平成21年度NEDO成果報告書「水素社会構築共通基盤整備事業／水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発／水素インフラに関する安全技術研究」における『水素ガスディスペンサーの安全性検証』の中で報告する漏えい量を調査し、その調査結果を表7に示す。その漏えい量における試験ガスの種類と試験圧力による補正計算を表8に示す。

表7 過去に実施した水素ディスペンサー

構成機器からの漏えい報告の調査結果

| 機器名 | | 放出源 | 35MPa対応 ディスペンサー | 70MPa対応 ディスペンサー |
|-----|-------|----------|--------------------|--------------------|
| 弁類 | 手動弁 | グラウンドシール | 0 ml/min | 実施例なし |
| | 流量調整弁 | グラウンドシール | 実施例なし | 0.53 ml/回・・・① |
| | 遮断弁 | グラウンドシール | 46 ml/回・・・② | 実施例なし |

注) 上記表のディスペンサーの区分は、水素ガスディスペンサーの安全性検証において実施した試験圧力区分を示す。

<出所>平成17年度～平成21年度NEDO成果報告書「水素社会構築共通基盤整備事業 水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発 水素インフラに関する安全技術研究」

表8 ディスペンサー構成機器からの漏えい報告に基づく漏えい量の補正計算

| | 漏えい量 | 作動回数 | ヘリウムのガス漏えい量を水素ガス漏えい量に換算する係数 ^{※1} | 圧力換算 ^{※2} | 放出量 |
|---|----------|-----------|---|--------------------|---------------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5)=(1)×(2)×(3)×(4) |
| ① | 0.53ml/回 | 60 回/min | 1.33 | 90MPa/70MPa | 54.38ml/min |
| ② | 46ml/回 | 1/3 回/min | 1.33 | 90MPa/35MPa | 52.44ml/min |

※1：ヘリウムのガス漏えい率を水素ガス漏えい率に換算する係数

<出所>道路運送車両の保安基準の細目を定める告示【2005.03.31】別添100 (圧縮水素ガスを燃料とする自動車の燃料装置の技術基準)

3.5.5.3.5ヘリウムガスのガス漏えい率を水素ガス漏えい率に換算する。

$$RH=1.33 \times RHe$$

ここに、RH：水素ガス漏えい率 (NL/min)

RHe：ヘリウムのガス漏えい率 (NL/min)

※2：一般高圧ガス保安規則に定める常用の圧力82MPa以下の圧縮水素を充填する圧縮水素スタンドにおける蓄圧器の設計圧力は90MPa以下である。その蓄圧器からディスペンサーまでの配管は蓄圧器のレギュレーター故障等を考慮しても蓄圧器の設計圧力を超えることはないことから、放出量を設定するための圧力換算及び放出量の確認試験においては90MPaを用いて設定し

た。

ただし、ディスペンサー周辺において圧縮水素の圧力90MPaを超えて危険箇所の区分と範囲を設定する場合は、圧力換算の数値を見直して放出量を再計算する。

しかし、本基準における「ディスペンサーの設定条件」の内、常用圧力を変更する場合は、設定した放出量の実験等による確認試験の必要性について水素インフラに係る自主基準の制定・維持管理事業のために当センターに設置する防爆基準分科会及び水素インフラ規格基準委員会にて審議するものとする。

②「海外のディスペンサー周辺における危険箇所の設定根拠の調査」

水素ステーションの設置・運用等に係る規制合理化のための研究開発に関してドイツを中心とする欧州の「水素ステーションの規制合理化に関する海外調査」として実施し、その調査結果を表9に示す。しかし、ドイツ技術基準は圧縮ガスの遮断装置に係る基準であり、今回の放出量検討の設定内容と相当に異なることから放出量設定の検討対象からは除外した。

表9 海外のディスペンサー周辺における危険箇所の設定の調査結果

| | |
|-----|--|
| 放出量 | ①放出量は構成機器の製造者から提供 ②放出量が製造者から提供されない場合、2つの方法がある。 ➤ドイツ技術基準TRG253*の放出量を考慮する。 公称径が25mm以下の場合は接続箇所につき0.1ml/min 公称径が25mmを超える場合は接続箇所につき0.42ml/min ➤最悪のケースを考慮するものとし、可能性のある最大の漏れ(開口部のサイズ)を想定する。これは通常、配管の破断である。 |
|-----|--|

※：TRGは、「Technische Regeln Druckgase」の略を示す。

(2)ディスペンサー構成機器における放出源の数量

ディスペンサー内部の構成機器とその数量の調査を行い、構成機器毎の最大数量を構成機器数量とする。シングル充填ホースの場合のディスペンサー構成機器における放出源の総数は117箇所になり、ダブル充填ホースの場合は、その2倍の234箇所を放出源の総数とし、その放出源の総数の10%^{*1}が同時に放出源になるとして、「24箇所」を実放出源に設定する。放出源の数量は、トリプル充填ホースを想定してダブル充填ホースの(24箇所)の1.5倍の「36箇所」に設定する。

ディスペンサー構成機器における放出源の数量を表10に示し、その調査に基づくディスペンサー構成機器とその構成機器数量とその実放出源を算出した結果を表11に示す。

表10 ディスペンサー構成機器の放出源の数量

| | | | |
|------------------------|------|-----|-----|
| ディスペンサー構成機器の 放出源の数量 | 実放出源 | 安全率 | 放出源 |
| | 24 | 1.5 | 36 |

表11 ディスペンサー構成機器における実放出源の算出結果

| 構成機器 | 放出源 | 放出源 数量 | 構成機 器数量 | 放出源 小計 | 放出源の 総数 ^{※2} | | 放出源 となる 比率 ^{※1} | 実 放出源 ダブル | | | | |
|------|--------|-----------|------------|-----------|--------------------------|-----|--------------------------------|-----------------|----|----|--|--|
| | | | | | シングル | ダブル | | | | | | |
| 弁類 | 手動弁 | ねじ接合継手 | 2 | 7 | 21 | 117 | 234 | 10% | 24 | | | |
| | | グラントシール | 1 | | | | | | | | | |
| | 調整弁 | ねじ接合継手 | 2 | 2 | 6 | | | | | | | |
| | | グラントシール | 1 | | | | | | | | | |
| | 遮断弁 | ねじ接合継手 | 2 | 5 | 15 | | | | | | | |
| | | グラントシール | 1 | | | | | | | | | |
| 安全弁 | ねじ接合継手 | 1 | 1 | 1 | (117×2) | | (234×10%) | | | | | |
| 継手 | エルボ | ねじ接合継手 | 2 | 23 | 46 | | | | | | | |
| | ストレート | ねじ接合継手 | | | | | | | | | | |
| | チース | ねじ接合継手 | 3 | 7 | | | | | | 21 | | |
| 流量計 | ねじ接合継手 | 2 | 1 | 2 | | | | | | | | |
| 圧力計 | ねじ接合継手 | 1 | 5 | 5 | | | | | | | | |

※1：実験調査の結果でも漏れがないことから十分妥当な数値と考える。

※2：放出源のシングル及びダブルはディスペンサーにおける充填ホースの仕様を示す。また、ダブル充填ホースにおけるディスペンサー構成機器の放出源の総数は、シングル充填ホースの2倍とする。

(3)爆発下限界

JIS C 60079-10：2008の附属書B「換気」の「B. 4危険区域における換気度及びその効果の評価」の式B. 1において、放出等級が連続等級放出源及び第一等級放出源の場合の爆発下限界に適用する安全率は1/4の「0.25」、第二等級放出源の場合は1/2の「0.5」が示されている。

本基準では第二等級放出源についても、爆発下限界に適用する安全率は、安全側をとって連続等級放出源及び第一等級放出源と同じ1/4の「0.25」とする。その爆発下限界に適用する安全率を表12に示す。

表 1 2 水素の爆発下限界に適用する安全率

| | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-----|---------------------------|
| 分子量 | 2.016 kg/kmol | | |
| 爆発下限界 | 0.00335 kg/m ³ (体積分率4.0%) | | |
| 爆発下限界(LEL _m)に適用する安全率(k) | 基準に基づくLEL _m に適用する安全率 | 安全率 | LEL _m に適用する安全率 |
| | 0.5 | 2.0 | 0.25 |

(参考1) 爆発下限界の算出(JIS C 60079-10 : 2008、附属書B参照)

LEL_v(体積分率%)をLEL_m(kg/m³)に変換するには、通常大気条件では次式によって求められ。

$$\begin{aligned}
 LEL_m &= 0.416 \times 10^{-3} \times M \times LEL_v \\
 &= 0.416 \times 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \times 2.016 \text{ kg/kmol} \times 4.0\% \\
 &= 0.00335 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

ここに、M : 分子量 (kg/kmol)

(4)その他

JIS C 60079-10 : 2008の附属書B「換気」の「B. 4 危険区域における換気度及びその効果の評価」の式B. 4において、理想的で換気障害なしの場合の換気効率 f は「1」から換気障害ありの「5」が示されている。本基準ではステーション内の機器レイアウトのほか地形及び気象等も様々であることから換気効率は安全側をとって最も悪い条件の換気障害あり「5」とする。気象条件と換気効率に対する安全率を表13に示す。

表 1 3 気象条件と換気効率

| | | | |
|------|-------------|-----|----------|
| 気象条件 | 周囲温度 : 40°C | | |
| 地形 | 実換気効率 | 安全率 | 換気効率 f |
| | 1 | 5.0 | 5 |

3. 換気度

(【ステップ3】 JIS C 60079-10 : 2008「5. 3 換気度」及び「附属書B」参照)

仮想の空間V_z(可燃性ガスの平均濃度が爆発下限界に安全率を乗じた値となる容積)が非常に小さい場合、又は換気流量が非常に制限されていない屋外であることから換気度は「中換気度」とする。換気度の分類と仮想の容積(V_z)による換気度の評価基準例を表14に示す。

表 1 4 換気度の分類と仮想の容積 (V_z) による換気度の評価基準例

| | 解説 | 換気度の評価基準例 |
|------|--|---|
| 高換気度 | ガスの放出源において濃度を実質的に瞬時に低下させ、爆発下限界未満に抑えることができる換気的能力。その結果として危険箇所が無視できる範囲となる。但し、換気の有効度が”良”以外の場合、その無視できる危険度区域の周辺に別の区分の危険範囲が存在することがある。 | 仮想の容積 (V_z) と等しい容積のガス状の爆発性雰囲気に着火した場合の温度及び/又は圧力の突発的上昇による損傷の範囲が無視できる場合にだけ、換気は高換気度と見なす。 通常 V_z が 0.1m^3 未満の場合に適用する。この場合、危険箇所の容積は V_z に等しいとみなすことができる。 |
| 中換気度 | ガスの放出が継続する場合であっても、その濃度の上昇を抑制し、又は低減することができる換気的能力。そこでは、放出が停止した後はガス状の爆発性雰囲気が過度に維持することはない。 | 換気が高換気度でも低換気度でもない場合、”中換気度”とみなすことが望ましい。一般に V_z は実際の換気対象となる全容積 (V_0) を下回るか又は等しい。 V_z が閉鎖空間の容積を大幅に下回る場合、その空間の一部だけを危険箇所として区分しても良い。閉鎖空間の寸法によっては、容積 V_z が閉鎖空間と同一のこともある。この場合、閉鎖空間のすべてを危険箇所と区分する。 V_z が非常に小さい場合、又は換気流量が非常に制限されている場合以外は屋外での換気は”中換気度”と見なしてよい。 |
| 低換気度 | ガスの放出が継続する場合、その濃度上昇を抑制し、若しくは低減することができず、又はガスの放出が停止した後も爆発性雰囲気が長時間継続することを防止できない換気的能力 | V_z が、 V_0 を上回る場合、換気は”低換気度”と見なすことが望ましい。 |

出所： JIS C 60079-10 : 2008、附属書B

4. 換気の有効度

(【ステップ4】 JIS C 60079-10 : 2008 「5. 4 換気の有効度」及び「附属書B」参照)

屋外における換気は自然換気で、通常、実質的に連続して存在する最低風速 0.5 m/s をもとに換気の評価を行うため、換気の有効度は「良」に該当する。

換気度の種類と換気度の評価例を表 1 5 に示し、換気の有効度の分類を表 1 6 に示す。

表 1 5 換気の種類と有効度の評価例

| 換気の種類 | 解説 | 有効度の評価例 |
|-------|---|--|
| 自然換気 | 風及び／又は温度勾配によって生じる空気の移動による換気をいう。自然換気は壁及び／又は屋根に開口部がある建物などの特定の屋内の状況においても有効である。 | 屋外では、通常、実質的に存在する最低風速0.5m/sをもとに換気の評価を行う。この場合、換気の有効度を良とみなして良い。 |
| 強制換気 | 換気に必要な空気の移動は、ファン又は排気装置などの人工的手段で確保する。ある区域の強制換気は全体的でも局所的でも良い。 | 換気装置の信頼性及び(一例として)予備送風機の利用の可能性を考慮する。有効度を”良”にするためには、故障時には予備送風機の自動始動が通常は必要である。しかし、換気装置の故障時に可燃性物質を放出する手段がとられていれば、その換気装置の運転を前提に決めた危険箇所分類を変更する必要はない。すなわち換気の有効度を”良”と見なして良い。 |

<出所> JIS C 60079-10 : 2008、附属書B

表 1 6 換気の有効度の分類

| 換気の有効度 | 解説 |
|--------|--|
| 良 | 連続した換気が行われている場合をいう。なお、強制換気の場合は換気装置が故障した場合には予備の換気装置が自動的に稼動するよう措置をとること等が必要である。 |
| 可 | 通常運転中に換気が行われているが、低頻度で短時間の換気の停止が許容される場合をいう。なお、強制換気場合には、通常運転中には連続して換気を行うが、故障時には換気が停止する場合も含まれる。 |
| 弱 | 良及び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場合をいう。なお、強制換気の場合には、通常運転中において連続ではないものの換気を行う場合が含まれる。 |

出所：厚生労働省労働基準局長通達(平成20年9月25日基発第0925001号)

5. 危険箇所の区分への換気の影響

(【ステップ5】JIS C 60079-10 : 2008「4. 3危険度区域の区分」及び「附属書B」参照)

放出等級に加え、換気度及び換気の有効度から危険箇所の区分は「第二類危険箇所」に該当する。危険箇所の区分への換気の影響を表17に示し、その危険箇所の分類を表18に示す。

表 1 7 危険箇所の区分への換気の影響

| 放出等級 | 換気 | | | | | | |
|------------|---|---------|---------|---------|--|--|--------------------------------|
| | 高換気度 | | | 中換気度 | | | 低換気度 |
| | 有効度”良” | 有効度”可” | 有効度”弱” | 有効度”良” | 有効度”可” | 有効度”弱” | 有効度”良”、”可” 又は”弱” |
| 連続等級 | 非危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第一類危険箇所 | 特別危険箇所 | 特別危険箇所 (当該箇所と非危険箇所との間は 第二类危険箇所) | 特別危険箇所 (当該箇所と非危険箇所との間は 第一類危険箇所) | 特別危険箇所 |
| 第一等級 a) | 非危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第一類危険箇所 | 第一類危険箇所 (当該箇所と非危険箇所との間は 第二类危険箇所) | 第一類危険箇所 (当該箇所と非危険箇所との間は第 二类危険箇所) | 第一類危険箇所 (条件によっては 特別危険箇所) |
| 第二等級 b) | 非危険箇所 | 非危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第二类危険箇所 | 第一類危険箇所 (条件によっては 特別危険箇所) |
| 注 | a) 第一等級の放出源の付近に連続等級の放出源がある場合には、第一類危険箇所及び第二类危険箇所を広めこと。 b) 第二等級の放出源の付近に第一等級又は連続等級の放出源がある場合には、第二类危険箇所を広めこと。 c) 換気能力が非常に低く、爆発性雰囲気を実質的に連続して存在する場合、特別危険箇所となる。 | | | | | | |

出所：厚生労働省労働基準局長通達(平成20年9月25日基発第0925001号)

表 1 8 危険箇所の種別

| | 解説 | 具体例 |
|---------|---|---|
| 特別危険箇所 | 爆発性雰囲気は通常の状態において、連続して又は長時間にわたって、若しくは頻りに存在する場所をいう。 | ①蓋が開放された容器内の可燃性液体の液面付近 |
| 第一類危険箇所 | 通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成する可能性がある場所をいう。 | ①通常の運転、操作による製品の取出し、蓋の開閉などによって可燃性ガスを放出する開口部付近 ②点検又は修理作業のために、可燃性ガスをしばしば放出する開口部付近 ③屋内又は通風、換気が妨げられる場所で、可燃性ガス又は蒸気が滞留する可能性のある場所 |
| 第二类危険箇所 | 通常の状態において、爆発性雰囲気を生成する可能性が少なく、また生成した場合でも短時間しか持続しない場所をいう。 | ①ガスケットの劣化などのために可燃性ガス蒸気を漏出する可能性のある場所 ②誤操作によって可燃性ガスを放出したり、異常反応などのために高温、高圧となって可燃性ガス又は蒸気を漏出する可能性のある場所 ③強制換気装置が故障したとき、可燃性ガスが滞留して爆発性雰囲気を生成する可能性のある場所 ④第一類危険箇所の周辺又は第二类危険箇所に隣接する室内で、爆発性雰囲気がまれに侵入する可能性のある場所 |

出典：ユーザーのための工場防爆設備ガイド

6. 危険箇所の範囲の計算方法

(【ステップ6】JIS C 60079-10：2008の「4. 4危険度区域の範囲」及び「附属書B」を参照)

危険箇所の範囲の計算方法は、JIS C 60079-10：2008の附属書Bに示す計算式及び評価により求める。また、各ステップで設定した危険箇所の範囲を計算するための設定値を表19に示す。

(1) 仮想の容積 V_z による換気の評価

仮想の容積 V_z は、可燃性ガスの平均濃度が爆発下限界(LEL_m)に安全率 k を乗じた値を表し、この k の値は「0.25」又は「0.5」のいずれかとする。これは、推定した仮想の容積の末端において可燃性ガスの濃度が爆発下限界よりも大幅に低く、濃度が爆発下限界を上回る容積が V_z よりも小さいことを示す。

また、仮想の容積 V_z は、各放出等級に対する換気度を、高換気度、中換気度、低換気度と評価するための手段としても使用できる。

(2) 最小換気流量の算出

仮想の容積を確定するために、先ず放出された可燃性物質を爆発下限界未満の必要な濃度まで希釈するための新鮮な空気による仮定の最少換気流量を算出する。

これは次式によって計算することができる。

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{(dG/dt)_{\max}}{k \times LEL_m} \times \frac{T}{293}$$

| | | | |
|------|------------------|---|--|
| ここに、 | $(dV/dt)_{\min}$ | : | 換気の最少換気流量(m^3/s) |
| | $(dG/dt)_{\max}$ | : | 放出源における最大放出量(kg/s) |
| | LEL_m | : | 爆発下限界(kg/m^3) |
| | k | : | LEL_m に適用する安全率。一般的には次による $k = 0.25$ 連続等級放出源及び第1等級放出源 $k = 0.5$ 第2等級放出源 |
| | T | : | 周囲温度(絶対温度、K) |

(3) 仮想の容積の算出

放出源における有効な換気は、単位時間当たりの新鮮な空気による換気回数 C と補正係数 f によって求めることができる。

$$V_z = f \times \frac{(dV/dt)_{\min}}{C}$$

| | | | |
|------|-----|---|---|
| ここに、 | f | : | 爆発性雰囲気希釈効果を織り込んだ換気効率 f 範囲(値)は、1(理想的で換気障害なしの場合)～ 5(換気障害あり) |
|------|-----|---|---|

C は、単位時間当たりの新鮮な空気での換気回数 (/s) であり、次による。

$$C = \frac{dV_0/dt}{V_0}$$

ここに、 dV/dt : 検討対象の容積を換気する総流量
 V_0 : 検討対象の放出源周辺において実際の換気対象となる（プラントの制御範囲）の全容積

屋外設備の場合、非常に遅い流速であっても換気回数は非常に多い。例えば、屋外の一辺が15mの仮想の立方体空間について考察すると、この場合、約0.5 m/sの風速でも3,400 m³の容積 V_0 に対して1秒当たりの新鮮な空気との置換回数、つまり換気回数は100/h (0.03/s) を超える値となる。

屋外設備では、 $C=0.03/s$ が見込めるので、仮想の容積 V_z は次式を使用して概算値を求めることができる。

$$V_z = f \times \frac{(dV/dt)_{min}}{0.03}$$

ここに、 f : 障害された空気流量を考慮に入れた係数
 $(dV/dt)_{min}$: 換気の最少換気流量(m³/s)
 0.03 : 1秒当たりの換気回数

但し、屋外の場合、拡散は様々な拡散作用の結果として一層迅速となるため、この式で求められる値は一般に過大な容積となる。これを避けるために補正係数 f の値の実際の選択に注意する必要がある。

(4) 持続時間 t の推定

ここで求められる持続時間 t の数値それ自体は、危険箇所の区分を決定するものではない。これは追加情報であり、そのプロセス及び状況に特有の時間尺度と比較しなければならない。

放出停止後、平均濃度が初期値 X_0 から $LEL \times k$ まで減少するために必要な時間 t は次式から認められる。

$$t = \frac{-f}{C} \times \ln \left(\frac{LEL \times k}{X_0} \right)$$

ここに X_0 : LEL と同一の単位。すなわち体積分率%又はkg/m³で測定された可燃性物質の初期濃度。
 C : 単位時間当たりの換気回数
 t : C と同一の単位。 C が1秒当たりの換気回数のとき、時間 t は秒単位になる。

- f : 障害された空気流量を考慮に入れた係数で、 V_z を決める時に適用した数値と同じ。
 \ln : 自然対数
 k : LEL に関連した安全率で $(dV/dt)_{min}$ を決める時に適用した数値と同じ

表 1 9 ディスペンサー周辺の危険場所の範囲を算出するための設定値

| 条件 | 単位 | 数値 | 備考 |
|-----------------------|----------------|--------|---------|
| 放出源 1 箇所当たりの放出量 | ml/(min・箇所) | 54.38 | |
| 放出源の数量 | 箇所 | 36 | 安全率:1.5 |
| 放出源の総数 | 箇所 | 234 | |
| 放出源になる比率 | % | 10 | |
| 水素分子量 (M) | kg/kmol | 2.016 | |
| 爆発下限界 (LEL_v) | % | 4.0 | |
| 放出等級 | | 第二級放出源 | ※ |
| 爆発下限界に適用する安全率 (k) | | 0.25 | 安全率2.0 |
| 放出速度 | m/s | 0 | |
| 換気対象となる全容積 (V_0) | m ³ | 3,400 | ※ |
| 風速 | m/s | 0.5 | ※ |
| 換気回数 (C) | /s | 0.03 | ※ |
| 周囲温度 (T) | °C | 40 | |
| 地形 | | 換気障害あり | |
| 換気効率 (f) | | 5 | 安全率5.0 |
| | | | |

※:JIS C 60079-10 : 2008に示す評価又は数値

7. 危険箇所の範囲の計算（【ステップ6】JIS C 60079-10：2008の「4. 4危険度区域の範囲」及び「附属書B」を参照）

ディスペンサー周辺における危険箇所の範囲は、各ステップにおける設定値とJIS C 60079-10：2008、附属書Bによる計算式により求める。

(1) ディスペンサー外部の危険箇所

1) 危険箇所における換気度及びその効果の評価

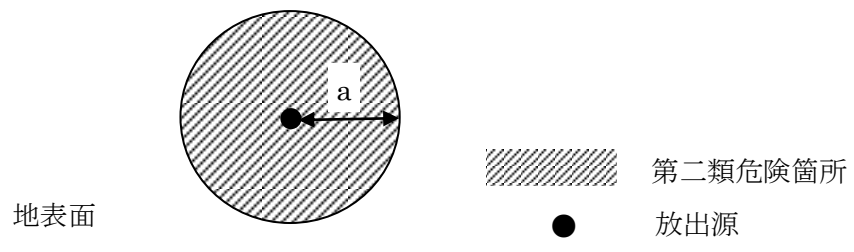
| | | | | |
|-----------------|------------------------|--|-------------------|---------------|
| 放出特性 | 分子量 | 2.016 | kg/kmol | |
| | 爆発下限界(LEL) | 0.00335 | kg/m ³ | (体積分率： 4.0 %) |
| | 放出等級 | 第2 | | |
| | 安全率(<i>k</i>) | 0.25 | | |
| | 放出量(dG/dt)max | 1,958 | ml/min | |
| | 放出量(1箇所) | 54.38 | ml/min | |
| | 放出源の数量 | 36 | 箇所 | |
| | | 2.937×10 ⁻⁶ | kg/s | |
| 換気特性 | 屋外設備 | | | |
| | 最低風速(屋外) | 0.5 | m/s | |
| | 換気回数(<i>C</i>) | 0.03 | /s | |
| | 換気効率(<i>f</i>) | 5 | | |
| | 周辺温度(<i>T</i>) | 313 | K | |
| | 温度係数(<i>T</i> /293°C) | 1.07 | | |
| 吸気の最小体積流量 | | | | |
| | | $(dV/dt)_{min} = (dG/dt)_{max} / (k \times LEL) \times T / 293$ $= 3.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ | | |
| 仮想の体積 V_z の評価 | | $V_z = f \times (dV/dt)_{min} / C$ $= 0.624 \text{ m}^3$ | | |
| 持続時間 | | $t = -f / C * \ln((LEL \times k) / X_0)$ $= 767.53 \text{ s (最大)}$ | | |

仮想の容積 V_z は、屋外設備において1辺が15mの仮想の立方体空間3,400m³の容積 V_0 の仮定に対して、十分に小さい。また、ディスペンサーは、屋外設備で「中換気度」と見なすことができ、換気の有効度は、自然換気の「良」になることから、表17により第二等級放出源は第二类危険箇所に区分する。

仮想の空間 V_z が閉鎖空間の容積を大幅に下回ることから、表14に示す中換気度の評価基準例により、その空間の一部の仮想の容積(V_z)を危険箇所として区分する。

2) 危険箇所の範囲の形状

| | | | |
|-----------------------------|-------------|------------------|------|
| 放出源及び放出量 | | | |
| 放出源 | 放出等級 | 放出源1箇所あたりの放出量 | 放出源 |
| 弁類のグランドシール及び 接続配管のねじ接合継手 | 第二等級 放出源 | 54.38ml/min | 36箇所 |
| 可燃性ガス | | | |
| ガス名 | 水素 | | |
| 換気 | | | |
| 設置場所 | 屋外 | | |
| 換気度 | 屋外 | 中換気度 | |
| 換気の有効度 | 自然換気 | 良 | |
| 危険箇所の区分への換気の影響 | 第二類危険箇所 | | |
| 危険箇所の範囲 | | | |
| 危険箇所の容積 | 形状 | | |
| 0.624m ³ | 球 | 半径 54 cm ⇒ 60 cm | |



危険箇所の範囲

a = 放出源からすべての方向に60cm

放出源から放出する水素は、漏えいで放出速度が遅く、大気開放後直ちに周囲へと拡散する。また、当該放出量における危険箇所の形状は、9. の爆発性雰囲気の状態の確認試験において、JIS C 60079 : 2008に基づき計算した半径の球の中に納まることから、危険箇所の範囲をその半径の球とすることで十分安全であることを確認した。

よって、ディスペンサー本体の外面のすべてを放出源とみなし、その放出源から半径60cmの範囲を危険箇所の範囲を第二類危険箇所とする。

(2) ディスペンサー内部の危険箇所

| | | | | |
|-----------------|--|------------------------|-------------------|----------------|
| 放出特性 | 分子量 | 2.016 | kg/kmol | |
| | 爆発下限界 (LEL) | 0.00335 | kg/m ³ | (体積分率 : 4.0 %) |
| | 放出等級 | 第2 | | |
| | 安全率 (k) | 0.25 | | |
| | 放出量 (dG/dt) _{max} | 1,958 | ml/min | |
| | 放出量 (1 箇所) | 54.38 | ml/min | |
| | 放出源の数量 | 36 | 箇所 | |
| | | 2.937×10^{-6} | kg/s | |
| 換気特性 | 屋内設備 | | | |
| | 最低風速 | | m/s | |
| | 換気回数 (C) | 0.00131119 | /s | |
| | 換気効率 (f) | 5 | | |
| | 周辺温度 (T) | 313 | K | |
| | 温度係数 ($T/293^\circ\text{C}$) | 1.07 | | |
| 吸気の最小体積流量 | | | | |
| | $(dV/dt)_{\min} = (dG/dt)_{\max} / (k \times \text{LEL}) \times T/293$ | | | |
| | $= 3.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ | | | |
| 仮想の体積 V_z の評価 | | | | |
| | $V_z = f \times (dV/dt)_{\min} / C$ | | | |
| | $= 14.287 \text{ m}^3$ | | | |
| 持続時間 | | | | |
| | $t = -f / C * \ln((\text{LEL} \times k) / X_0)$ | | | |
| | $= 17561.03 \text{ s (最大)}$ | | | |

| | | |
|---------|------------|--------------------|
| 側面 (H) | 220 | cm |
| 側面 (D) | 80 | cm |
| 側面 (W) | 130 | cm |
| 通気口 | 60 | cm ² |
| 開口口数 | 1 | 箇所 |
| 風速 | 50 | cm/s |
| 風量 | 880,000 | cm ² /s |
| 開口率 | 0.34% | |
| 筐体空気流入量 | 3,000 | cm ² /s |
| 内容積 | 2,288,000 | cm ³ |
| 換気時間 | 762.666667 | s |
| 換気回数 | 0.00131119 | /s |

仮想の容積 V_z は、ディスペンサー内容積 2.288 m^3 の容積 V_0 を上回ることから、表 1 4 により、換気度は検討対象の放出源及び区域に対して「低換気度」と評価される。この区域は換気の有効度に関係なく第一類危険箇所又は特別危険箇所に分類されるが、爆発性雰囲気を実質的に連続して存在しないので表 1 7 の注 C) に示す条件には該当しないことから、この危険箇所の範囲を特別危険箇所とはせず、第一類危険箇所とする。

(3) 接続配管の危険箇所

1) 危険箇所における換気度及びその効果の評価

| | | | | |
|-----------------|----------------------------|---|-------------------|----------------|
| 放出特性 | 分子量 | 2.016 | kg/kmol | |
| | 爆発下限界 (LEL) | 0.00335 | kg/m ³ | (体積分率 : 4.0 %) |
| | 放出等級 | 第2 | | |
| | 安全率 (<i>k</i>) | 0.25 | | |
| | 放出量 (dG/dt) _{max} | 55 | ml/min | |
| | 放出量 (1 箇所) | 54.38 | ml/min | |
| | 放出源の数量 | 1 | 箇所 | |
| | | 8.157×10^{-8} | kg/s | |
| 換気特性 | 屋外設備 | | | |
| | 最低風速 (屋外) | 0.5 | m/s | |
| | 換気回数 (<i>C</i>) | 0.03 | /s | |
| | 換気効率 (<i>f</i>) | 5 | | |
| | 周辺温度 (<i>T</i>) | 313 | K | |
| | 温度係数 (<i>T/293°C</i>) | 1.07 | | |
| 吸気の最小体積流量 | | | | |
| | | $(dV/dt)_{\min} = (dG/dt)_{\max} / (k \times \text{LEL}) \times T/293$ $= 1.04 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ | | |
| 仮想の体積 V_z の評価 | | $V_z = f \times (dV/dt)_{\min} / C$ $= 0.0173 \text{ m}^3$ | | |
| 持続時間 | | $t = -f / C * \ln((\text{LEL} \times k) / X_0)$ $= 767.53 \text{ s (最大)}$ | | |

仮想の容積 V_z は、屋外設備において1辺が15mの仮想の立方体空間3,400m³の容積 V_0 の仮定に対して、無視できる値まで減少されている。

また、接続配管は、屋外設備で「中換気度」と見なすことができ、換気の有効度は、自然換気の「良」になることから、表17により第二等級放出源は第二類危険箇所と区分する。

仮想の空間 V_z が閉鎖空間の容積を大幅に下回ることから、表14に示す中換気度の評価基準例により、その空間の一部の仮想の容積 (V_z) を危険箇所として区分する。

2) 危険箇所の範囲の形状

| | | | |
|----------------------|---------|------------------|-----|
| 放出源及び放出量 | | | |
| 放出源 | 放出等級 | 放出源1箇所あたりの放出量 | 放出源 |
| 弁類グランドシール及び配管ねじ接合継手 | 第二等級放出源 | 54.38 ml/min | 1箇所 |
| 可燃性ガス | | | |
| ガス名 | 水素 | | |
| 換気 | | | |
| 設置場所 | 屋外 | | |
| 換気度 | 屋外 | 中換気度 | |
| 換気の有効度 | 自然換気 | 良 | |
| 危険箇所の区分への換気の影響 | 第二類危険箇所 | | |
| 危険箇所の範囲 | | | |
| 危険箇所の容積 | 形状 | | |
| 0.0173m ³ | 球 | 半径 17 cm ⇒ 20 cm | |



危険箇所の範囲

a = 放出源からすべての方向に20cm

放出源から放出する水素は、漏えいで放出速度が遅く、大気開放後直ちに周囲へと拡散する。また、当該放出量における危険箇所の形状は、9. の爆発性雰囲気形状の確認試験において、JIS C 60079 : 2008に基づき計算した半径の球の中に納まることから、危険箇所の範囲をその半径の球とすることで十分安全であることを確認した。

よって、接続配管の危険箇所は、ねじ接合継手等の放出源の周囲20cmの範囲を第二類危険箇所とする。

(4) 充填ホース及び充填口の危険箇所の設定対象からの除外

ディスペンサー構成機器の安全性検証及び使用上の特性から次の1)及び2)を危険箇所の設定対象から除外した。

1) 充填ホース

平成17年度～平成21年度NEDO成果報告書「水素社会構築共通基盤整備事業 水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発 水素インフラに関する安全技術研究」における『水素ガスディスペンサーの安全性検証』の中で報告する樹脂製充填ホースの安全性検証における最大放出量は表20に示すとおり0.43 ml/minであり極めて少量である。この放出量は全体（全長4m）の放出量を示し、そのホース全体の放出量が1箇所の放出源から放出した場合であっても、危険箇所の範囲は極めて小さいことを示している。

また、充填ホースは、使用上の特性から車両に固定した燃料装置用容器に圧縮水素を充填する時のみ加圧され、その充填時に限り充填ホースにおける透過及び口金部からの水素放出が予測される。

しかし、充填時における車両とディスペンサーの間は、作業用スペースであり通常は電気設備を設置しない。また、充填後の充填ホースは脱圧されて水素が放出される可能性も低いこと、更には充填ホースにおけるねじ接合継手や口金部等の放出源の一部は、ディスペンサー外部の危険場所の範囲に含まれることなどから充填ホースは危険箇所の設定対象から除外する。

表20 過去に実施した水素ディスペンサー

構成機器（樹脂製充填ホース）からの漏えい報告の調査結果

| 構成機器 | 放出源 | 35MPa対応 ディスペンサー | 70MPa対応ディスペンサー |
|-----------|-------------|--------------------|---|
| 充填 ホース | 本体及び 口金部 | 実施例なし | ①低温応力繰返し試験 0.39ml/min ②冷熱繰返し試験 0.37ml/min ③屈曲繰返し試験 0.43ml/min |

<出所> 平成17年度～平成21年度NEDO成果報告書「水素社会構築共通基盤整備事業 水素インフラ等に係る規制再点検及び標準化のための研究開発 水素インフラに関する安全技術研究」

2) 充填口

充填作業中のノズル接続部は、「高圧ガス保安法令関係例示基準」により充填ホースと車両に固定した容器とのカップリング等接続部付近に1個以上の検出端を持つ検知警報設備を1個以上設置し、常時に警報設定値は0.1%以下で漏えいを検知し、警報し、自動的に製造施設の運転を停止することから危険箇所の設定対象から除外する。

8. ディスペンサー構成機器による水素放出量の確認試験

(1) 試験目的

「過去の水素ディスペンサーからの漏えい報告」に基づき設定した放出量を採用して良いかを確認するために、ディスペンサー構成機器からの水素放出量の測定試験を実施した。

(2) 試験方法

35MPa 対応水素ディスペンサー構成機器における圧力サイクル試験及び70MPa 対応水素ディスペンサー構成機器における圧力&温度サイクル試験を行い、圧力変動及び温度変動による「ねじ接合継手」及び「弁類グランドシール」等からの外部放出量を測定した。ディスペンサー構成機器による試験は、ディスペンサーメーカーの構成機器及びその数量を調査結果に基づく放出源の実験最小単位の構成機器を用いて水素放出量測定試験を実施した。

ディスペンサー構成機器による水素放出量測定試験の試験条件を表 2 1 に示す。

表 2 1 水素放出量測定試験の試験条件

| | 35MPa 対応 ディスペンサー | 70MPa 対応 ディスペンサー | |
|---------|---------------------|---------------------|-----|
| 試験項目 | 圧力サイクル試験 | 圧力&温度サイクル試験 | |
| 試験圧力 | 40 MPa ⇄ 0 MPa | 80 MPa ⇄ 0 MPa | |
| 試験流体 | 水素ガス | 水素ガス | |
| 試験環境温度 | 40℃ | 40℃ | |
| ガス温度 | 40℃ | -40℃⇄常温 | |
| サイクルタイム | 400 回 | 400 回 | |
| サイクル回数 | 9 秒/サイクル | 600 秒/サイクル | |
| 対象機器 | 一般弁 | 2 台 | 3 台 |
| | 遮断弁 | 2 台 | 1 台 |
| | 継手 | 10 台 | 8 台 |

(3) 試験結果

35MPa 対応ディスペンサー構成機器の圧力サイクル試験及び70MPa 対応ディスペンサー構成機器の圧力&温度サイクル試験ともに、400サイクルの試験中における水素漏えいは水素ガス漏えい検知器の検出下限界（20ppm）未満であることを確認した。放出量の測定試験結果を表 2 2 に示す。

表 2 2 水素放出量測定試験結果

| ディスペンサー 仕様 | 最小単 位化 | 構成機器 | 放出源 | 数量 | 機器数 | 放出源 数量 | 試験結果 |
|--------------------|-----------|------|---------|----|-----|-----------|-----------|
| 35MPa対応 ディスペンサー | 1/4 | 手動弁 | グランドシール | 1 | 3 | 30 | 漏えい なし |
| | | | ねじ接合継手 | 2 | | | |
| | | 遮断弁 | グランドシール | 1 | 1 | | |
| | | | ねじ接合継手 | 2 | | | |
| | | 継手 | ねじ接合継手 | 2 | 6 | | |
| | | | | 3 | 2 | | |
| 70MPa対応 ディスペンサー | 1/4 | 手動弁 | グランドシール | 1 | 2 | 34 | 漏えい なし |
| | | | ねじ接合継手 | 2 | | | |
| | | 遮断弁 | グランドシール | 1 | 2 | | |
| | | | ねじ接合継手 | 2 | | | |
| | | 継手 | ねじ接合継手 | 2 | 8 | | |
| | | | | 3 | 2 | | |

(4) 考察

ディスペンサー構成機器による水素放出量の試験結果は『漏えいなし』であったことから、「過去のディスペンサーからの漏えい報告の調査」により設定した放出量 (54.38 ml/min) を採用することで、十分安全であることを確認した。

9. 爆発性雰囲気の状態の確認試験

(1) 試験目的

危険箇所の範囲は、ガスの比重が空気よりも軽い場合は、上方に向かい移動することから、JIS C 60079-10 : 2008に基づき設定した危険箇所の形状を採用してよいか確認するために水素ガス流の濃度分布測定試験を実施した。

(2) 試験方法

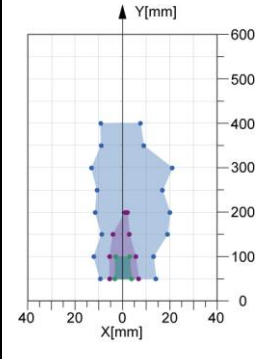
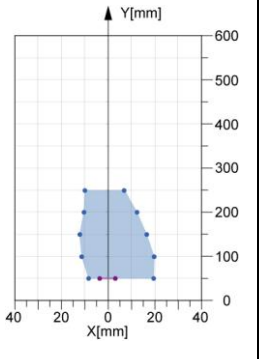
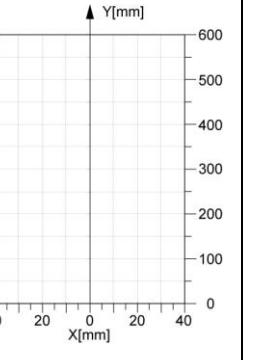
ラマン効果を用いた水素濃度分布測定試験を行い、水素ガスを連続して放出させる水素ガス流のノズルの位置を上下の鉛直方向に50mm間隔で順次移動させ、水素濃度が1%以上の爆発性雰囲気の範囲（形状）を測定した。

ラマン効果とは、ガスの分子にレーザー光を照射したとき、入射したレーザー光と波長が異なった光が散乱される現象をいい、その散乱された光をラマン散乱光という。このラマン散乱光は分子固有の波長を示し、その強度は対象分子の濃度に比例する。このことから得られたラマン散乱光強度から水素ガスの濃度分布を求めることができる。

(3) 試験結果

水素濃度分布測定試験の結果を表2-3に示す。放出流速の最も大きい「条件1」でも、水素濃度1%領域は、幅34mm、高さ450mmの形状であることを確認した。

表2-3 水素濃度測定試験結果

| 条件 | 条件1 | 条件2 | 条件3 |
|------------|--|---|--|
| 口径 [mm] | φ 4.5 | φ 10.0 | φ 20.0 |
| 流量 [L/min] | 2.7 | 2.7 | 2.7 |
| 流速 [m/s] | 2.83 | 0.57 | 0.14 |
| 水素濃度分布図 |  |  |  |

(4) 考察

放出流速の最も大きい「条件1」でも、上方への爆発性雰囲気の広がりを示すが、その水素濃度1%領域が40cm程度で、JIS C 60079-10 : 2008に基づき計算した半径60cmの球の中に納まることから、危険箇所の範囲を半径60cmの球とすることで十分安全であることを確認した。

10. その他資料

1) ディispenser周辺の危険箇所の範囲の算出設定シート [様式]

設定条件を超える場合に本基準に基づき危険箇所の範囲を再計算するための算出・設定シートを表2-4に示す。

表 2 4 ディスペンサー周辺の危険箇所の範囲の算出・設定シート[様式]

| 条件 | 単位 | | 計算式 | 設定値 | 備考 |
|----------------------|-------------------|------|--|---------|--------|
| 放出源 1 箇所当たりの放出量 | ml/(min・箇所) | (1) | | | |
| 放出源の総数 | 箇所 | (2) | | | |
| 放出源になる割合 | | (3) | | 0.1 | |
| 安全率 | 箇所 | (4) | | 1.5 | 安全率1.5 |
| 放出源の数量 | 箇所 | (5) | $= (2) * (3) * (4)$ | | |
| 放出量 | ml/min | (6) | $= (1) * (5)$ | | |
| 水素分子量 | kg/kmol | (7) | | 2.016 | |
| 放出源における最大放出量 | kg/s | (8) | $= (6) * (7) / 22.4 / 1000 / 60 / 1000$ | | |
| 爆発下限界 | %(体積分率) | (9) | | 4.0 | |
| | kg/m ³ | (10) | $= 0.416 \times 10^{-3} \times (7) \times (9)$ | 0.00335 | |
| 放出等級 | | (11) | | 第二等級放出源 | |
| 爆発下限界に適用する安全率 | | (12) | | 0.25 | 安全率2.0 |
| 周囲温度 | ℃ | (13) | | | |
| | K | (14) | $= (13) + 273$ | | |
| 換気の最小容積流量 | m ³ /s | (15) | $= (8) / (12) / (10) * (14) / 293$ | | |
| 換気特性 | | (16) | | 屋外 | |
| 爆発性雰囲気希釈効率を織り込んだ換気効率 | | (17) | | 5.0 | 安全率5.0 |
| 1秒あたりの換気回数 | /s | (18) | | 0.03 | |
| 仮定の容積 | m ³ | (19) | $= (17) * (15) / (18)$ | | |
| 仮定の容積の球体半径 | m | (20) | $= (3/4/3.14 * (19))^{(1/3)}$ | | |
| 持続時間 | s | (21) | $= - (17) / (18) * \ln((9) * (12) / 100)$ | | |
| | | | | | |

防爆電気設備の概要

危険箇所に設置する防爆電気設備に関わる留意事項等について『工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）』（産業安全研究所技術指針）、『工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針2008）』（労働安全衛生総合研究所技術指針）及び『ユーザーのための工場防爆設備ガイド』（労働安全衛生総合研究所技術指針）をもとに取り纏めた。

1. 防爆電気機器の規格

わが国では、防爆電気機器に関する規格として「電気機器防爆構造規格」（昭和44年労働省告示第16号、改正平成20年3月13日厚生労働省告示第88号）がある。しかし、同規格の第5条に基づき、平成22年8月24日付厚生労働省通達（基発0824第2号）で労働安全衛生総合研究所発行の技術指針「工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針2008）」が同規格と同等なものとしたので、この技術基準も実質的な規格として取扱われている。

2. 防爆構造の種類

構造規格による電気機器の防爆構造の種類は、表1に示すとおりである。

表1 防爆構造の種類

| 種類 | 記号 | 解説 |
|-------------|--------------|---|
| (1) 耐圧防爆構造 | d | 容器が、その内部に侵入した可燃性ガス蒸気による内部爆発に対して、損傷を受けることなく耐え、かつ、容器のすべての接合部又は構造上の開口部を通して外部の対象とする可燃性ガス蒸気の発火を生じさせることのない電気機器の防爆構造をいう。 |
| (2) 油入防爆構造 | o | 電気機器及び電気機器の部分が油面の上方又は容器の外部に存在する爆発性雰囲気が発火することがないような方法で、これらを油に浸す電気機器の防爆構造をいう。 |
| (3) 内圧防爆構造* | p 又は f | 容器内の保護ガスの圧力を外部の雰囲気の大気圧よりも高い圧力値に保持し、かつ、容器内の可燃性ガス蒸気の濃度を爆発下限界より十分に低いレベルに希釈することによって、防爆性能を確保する電気機器の防爆構造をいう。 |
| (4) 安全増防爆構造 | e | 正常な使用中にはアーク又は火花を発生することのない電気機器に適用する防爆構造であって、過度な温度上昇のおそれ並びにアーク及び火花の発生のおそれに対 |

| | | |
|--------------|---|--|
| | | して安全性を増加し、これらの発生を阻止する手段が講じられた電気機器の防爆構造をいう。 |
| (5) 本質安全防爆構造 | i | 正常状態及び特定の故障状態において、電気回路に発生する電気火花及び高温部が規定された試験条件で所定の試験ガスに発火しないようにした電気機器の防爆構造をいう。 |
| (6) 非点火防爆構造 | n | 正常運転中及び特定の異常状態で、周囲の可燃性物質が存在する雰囲気を発火させる能力のない電気機器に適用する防爆構造をいう。 |
| (7) 樹脂充填防爆構造 | m | 火花又は熱により爆発性雰囲気を発火させることができる部分が、運転中に発火源とならないように、樹脂の中に囲い込んだ電気機器の防爆構造をいう |
| (8) 特殊防爆構造 | s | 特殊防爆構造とは、(1)～(7)以外の構造として定義され、構造規格の第65条に「可燃性ガス蒸気に対して防爆性能を有することが、試験等によって確認された構造のものでなければならない。」という総括的な要件が示されている。 |

※：この防爆構造は、構造規格では”f”、国際整合防爆指針では”p”と表記される。

3. 選定上の留意事項

ガスの危険特性、防爆構造の特質、環境条件、温度上昇に影響する外的諸条件などを考慮しなければならない。

(1) 可燃性ガス蒸気の危険特性

- (a) 耐圧防爆構造又は本質安全防爆構造の電気設備は、表示された爆発等級（又は、分類）の記号が対象とする可燃性ガス蒸気の最大安全隙間又は最小点火電流に適切に対応するものを選定すること。
- (b) すべての防爆構造の電気設備は、表示された発火度（又は温度等級）が対象とする可燃性ガス蒸気の発火温度に適切に対応するものを選定すること。

(2) 防爆電気機器の特質

すべての防爆電気機器は、危険箇所での使用に適するように考案され、設計されているが、電気機器の種類、対象とする可燃性ガス蒸気の種類、使用条件などによって防爆構造の特質に差異があるので、このようなことを考慮して、危険箇所の種別（特別危険箇所、第一類危険箇所又は第二類危険箇所）に適用するものを選定すること。

4. 電気機器の防爆構造の選定の原則

危険箇所（特別危険箇所、第一類危険箇所及び第二類危険箇所）に対応する電気機器の防爆構造については、IEC60079-14に記載されている。しかし、わが国の現状ではこのIEC規格に全面的に対応することができないので、構造規格による防爆構造につい

ては工場電気設備防爆指針（ガス防爆2006）に、また、技術的基準の流れをくむ防爆構造については国際整合防爆指針及び電気機械器具防爆構造規格に従ってそれぞれ決定する。各危険箇所に対する電気機器の防爆構造の選定の原則を表2に示す。

表2 電気機器の防爆構造の選定の原則

| 電気機器の防爆構造の種類と記号 | | | 使用に適した危険箇所の種別 | | |
|--------------------------|----------|----------------|---------------|-----------------|---------|
| 指針名称 | 防爆構造の名称 | 記号 | 特別危険箇所 | 第一類危険箇所 | 第二類危険箇所 |
| 工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆指針1979） | 本質安全防爆構造 | i | ○ | ○ | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | f | × | ○ ^{注2} | ○ |
| | 安全増防爆構造 | e | × | × | ○ |
| | 油入防爆構造 | o | × | ○ ^{注1} | ○ |
| | 特殊防爆構造 | s | — | — | — |
| 工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆指針2006） | 本質安全防爆構造 | ia | ○ | ○ | ○ |
| | | ib | × | ○ | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | f | × | ○ ^{注2} | ○ |
| | 安全増防爆構造 | e | × | × | ○ |
| | 油入防爆構造 | o | × | ○ ^{注1} | ○ |
| | 非点火防爆構造 | nA, nC, nR, nL | × | × | ○ |
| | 樹脂充填防爆構造 | ma | ○ | ○ | ○ |
| mb | | × | ○ | ○ | |
| 特殊防爆構造 | s | — | — | ○ | |
| 技術的基準 | 本質安全防爆構造 | ia | ○ | ○ | ○ |
| | | ib | × | ○ | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | p | × | ○ ^{注2} | ○ |
| | 安全増防爆構造 | e | × | ○ | ○ |
| | 油入防爆構造 | o | × | ○ | ○ |
| 特殊防爆構造 | s | — | — | — | |
| 国際整合防爆指針 | 本質安全防爆構造 | ia | ○ | ○ | ○ |
| | | ib | × | ○ | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | px, py | × | ○ ^{注2} | ○ |

| | | | | | |
|--|----------|-------------------|---|---|---|
| | 安全増防爆構造 | e | × | ○ | ○ |
| | 油入防爆構造 | o | × | ○ | ○ |
| | 非点火防爆構造 | nA, nB, nR, nL | × | × | × |
| | 樹脂充填防爆構造 | ma | ○ | ○ | ○ |
| | | mb | × | ○ | ○ |
| | 特殊防爆構造 | s | — | — | — |

注1 : 油入防爆構造については、「ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド ガス蒸気1994」においては、△としていたが、構造規格第2条第二項において、第一類危険箇所でも使用できることとなったので○とした。

2 : 保護回路の動作方法によって、第一類危険箇所には適さないものがある。

備考1 : 表中の記号○、×、—の意味は、次のとおり

○ : 適するもの

× : 適さないもの

— : 適用されている防爆原理によって適否を判断すべきもの。

2 : 一つの電気機器の異なる部分に別々の防爆構造が適用されている場合は、その電気機器のそれぞれの部分に、該当する防爆構造の種類が記号で表示される。

3 : 一つの電気設備に2種類以上の防爆構造が適用されている場合は、主体となる防爆構造の種類が初めに表示される。

4 : 一つの電気機器に2種類以上の防爆構造が適用されている場合において、特別危険箇所に適さない種類の記号が含まれる場合は、特別危険箇所の使用には適さない。かつ第二類危険箇所以外に適さない記号が含まれている場合は、第二類危険箇所以外の使用には適さない。

5 : 参考のため、IEC 60079-0:2011 Ed. 6.0の29.4に基づき、防爆構造の名称とこれに対応する記号を次表に示す。

| IEC規格 | 参考 IEC規格における防爆構造の名称とこれに対応する記号 | ゾーン0 | ゾーン1 | ゾーン2 | |
|-----------------------------|-------------------------------|--------|------|------|---|
| IEC 60079-0 (2011 Ed. 6) | 本質安全防爆構造 | ia | ○ | ○ | ○ |
| | | ib | × | ○ | ○ |
| | | ic | × | × | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | px, py | × | ○ | ○ |
| | | pz | × | × | ○ |
| | 安全増防爆構造 | e | × | ○ | ○ |
| 油入防爆構造 | o | × | ○ | ○ | |

| | | | | | |
|----------|----------|------------|---|---|---|
| | 非点火防爆構造 | nA, nC, nR | × | × | ○ |
| | 樹脂充填防爆構造 | ma | ○ | ○ | ○ |
| | | mb | × | ○ | ○ |
| | | mc | × | × | ○ |
| 粒体充填防爆構造 | q | × | ○ | ○ | |

5. 防爆電気配線（配線用附属品類を含む）の選定

防爆電気配線の選定に当たっては、1.（1）の電気配線にも適用できる諸条件を考慮しなければならない。

（1）危険箇所の種別に対する配線方法の選定の原則

危険箇所の種別に対応する防爆電気配線の配線方法の選定の原則を表3に示す。

表3 防爆電気配線における配線方法の選定の原則

| 配線方法 | | 特別危険箇所 | 第一類危険箇所 | 第二類危険箇所 |
|-----------|-----------|--------|---------|---------|
| 本安回路以外の配線 | ケーブル配線 | × | ○ | ○ |
| | 金属管配線 | × | ○ | ○ |
| | 移動電気機器の配線 | × | ○ | ○ |
| 本安回路の配線 | | ○ | ○ | ○ |

備考：表中の○印は適するもの、×印は適さないもの。

（2）ケーブル配線における引込方式（ケーブルグランド）の選定例

設備の端子箱等の防爆構造別に、ケーブルの種類に適應する引込方式（ケーブルグランド）の選定例を表4に示す。

表4 ケーブルの引込方式（ケーブルグランド）の選定例

| 電気機器の端子箱等の防爆構造 | 引込方式 | ケーブル | | | |
|----------------|-----------|-----------|------|------|----|
| | | ゴム・プラスチック | 金属鎧装 | 鉛被 | MI |
| 耐圧防爆構造 | 耐圧パッキン式 | ○ | ○ | | — |
| | 耐圧固着式 | ○備考2 | ○備考3 | ○備考3 | — |
| | 耐圧スリーブ金具式 | — | — | — | ○ |
| 安全増防爆構造 | パッキン式 | ○ | ○ | ○ | — |
| | 固着式 | ○ | ○ | ○ | — |

備考1. 電気機器の「端子箱等」は、電気機器によって本体容器の一部分であるか、又は端子箱である。また、接続箱は法規上「電気機器」ではないが、ケーブルの引込方式の適用においては電気機器の端子箱等と同等に取り扱われ

- る。
2. シースの内部に空隙の多いゴム、プラスチックケーブルは、固着式には不向きであり、耐圧固着式ケーブルグランドを用いても十分な耐圧防爆性能を確保しがたいので適用してはならない。
 3. 金属製がい装又は鉛被ケーブルは、がい装を除いたケーブル部をパッキンで圧縮するか又は固着する。
 4. 表中の○印は適するもの、－印は適用しないもの。

(3) 金属管配線における電線管用附属品の適合性

防爆電気機器の端子箱等の防爆構造の種類に適応する電線管用附属品の選定例を表5に示す。

表5 電線管用附属品の適合性

| 防爆電気機器の端子箱等の防爆構造 | 電線管用附属品の種類 | | | |
|------------------|---------------------|---------------|--------------|-------|
| | エボクカップリング、アダプタ、ニップル | フレキシブルフィッティング | シーリングフィッティング | ボックス類 |
| | 耐圧 | 耐圧 | 耐圧 | 耐圧 |
| 耐圧防爆構造 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 安全増防爆構造 | ○ | ○ | ○ | ○ |

備考1. 電気機器の端子箱については、表4の備考1に準ずる。

2. ボックス類は、防爆電気機器とシーリングフィッティングの外側に設置する場合は、必ずしもこれによらなくてもよい。
3. 表中の○印は適するものを示す。

6. 構造規格における防爆電気機器の対象とする可燃性ガス蒸気の種類

構造規格では、防爆電気機器の対象とする可燃性ガス蒸気を表6のとおり、その火炎逸走限界の値によって1、2及び3の3段階の「爆発等級」に分類し、更に表7のとおり、その発火温度の値によって、G1、G2、G3、G4及びG5の5段階の「発火度」に分類している。構造規格による防爆電気機器における爆発等級及び発火度の記号は、当該電気機器が使用できるガス雰囲気を示すものであり、その記号を表示した電気機器が当該及びそれより小さい数値の爆発等級及び発火度の可燃性ガス蒸気に対して防爆性能が保証されていることを示している。

表示例 : d 3 a G 4

□ △ ☆

□ : 防爆構造の種類記号 (表1「防爆構造の種類」参照)

△ : 可燃性ガス蒸気の爆発等級

(表6「可燃性ガス蒸気の爆発等級の分類」参照)

☆：可燃性ガス蒸気の発火度

(表7「可燃性ガス蒸気の発火度の分類」参照)

表6 可燃性ガス蒸気の爆発等級の分類

| 爆発等級 | | 火炎逸走限界の値 (ｽｽﾞの奥行25mmにおいて火炎逸走を生じるｽｽﾞの最小値) | ガスの例* |
|------|----|---|--------------|
| 1 | | 0.6mmを超えるもの | ｶﾞｰｼﾞﾝ・ﾒﾀﾝ |
| 2 | | 0.4mmを超え、0.6mm以下のもの | ﾌﾟﾛﾊﾟﾝ |
| 3 | 3a | 0.4mm以下 | 水性ガス・水素 |
| | 3b | | 二硫化炭素 |
| | 3c | | ｱセチレン |
| | 3n | | 爆発等級3のすべてのガス |

表7 可燃性ガス蒸気の発火度の分類

| 発火温度(℃) | 発火度 | 電気機器の許容温度(℃) |
|----------------|-----|--------------|
| 450を超えるもの | G1 | 360 |
| 300を超え450以下のもの | G2 | 240 |
| 200を超え300以下のもの | G3 | 160 |
| 135を超え200以下のもの | G4 | 110 |
| 100を超え135以下のもの | G5 | 80 |

備考：電気機器の許容温度は周囲温度40℃を含む

表8 代表的な可燃性ガスの爆発等級、発火度及び主要な危険性

| 物質名 | 爆発等級 | 発火度 | 発火温度 (℃) | 引火点 (℃) | 爆発限界 | | 蒸気密度 (空気=1) |
|--------|------|-----|-------------|------------|--------|--------|----------------|
| | | | | | 下限vol% | 上限vol% | |
| 水素 | 3 | G1 | 500 | ガス | 4.0 | 75 | 0.07 |
| ｶﾞｰｼﾞﾝ | 1 | G3 | ～260 | <-20 | 1.0 | 7 | 3～4 |
| ﾒﾀﾝ | 1 | G1 | 537 | ガス | 5.0 | 15 | 0.55 |
| ﾌﾟﾛﾊﾟﾝ | 1 | G2 | 432 | ガス | 2.1 | 9.5 | 1.56 |

7. 防爆構造規格に適合する電気機械器具と同等以上の防爆性能を有する電気機器に対する表示

独立行政法人労働安全衛生総合研究所が労働安全衛生総合研究所技術指針として定めた「工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針2008）」（以下、「国際整合防爆指針」という。）は、防爆構造規格第5条の国際規格等であるIEC規格に基づ

いて製造された防爆構造電機機械器具が、防爆構造規格に適合するものと同等以上の防爆性能を有することを確認するための基準となる。

国際整合防爆指針に掲げる個々の防爆構造の定めに適合する電気機器に対する表示は次のとおり。

表示例 : Ex ed II C T4
 □ △ ☆

Ex : 国際整合防爆指針に掲げる防爆構造の一つ以上に適合する電気機器であることを示す記号

□ : 防爆構造の種類記号 (表9「国際整合防爆指針に掲げる防爆構造の種類に応じた記号の例」参照)

参考) edは、安全増防爆構造と耐圧防爆構造を有することを示す

△ : 電気機器のグループ(以下の(2)から(5)のグループを示す記号参照)

☆ : 防爆電気機器の温度等級 (表10「電気機器の最高表面温度の区分」参照)

(1) 表示位置

電気機器の主要部分に見やすく表示すること。

(2) 一般事項

表示には、以下の事項が含まれること。

- 1) 申請者の名称又は登録商標
- 2) 型式
- 3) 国際整合防爆指針に掲げる防爆構造の一つ以上に適合する電気機器であることを示す記号 Ex
- 4) 防爆構造の種類に応じた記号の例

表9 国際整合防爆指針に掲げる防爆構造の種類に応じた記号

| 記号 | 防爆構造 | 記号 | 防爆構造 |
|----|-------------|----|-------------|
| d | 耐圧防爆構造 | ma | maの樹脂充填防爆構造 |
| e | 安全増防爆構造 | mb | mbの樹脂充填防爆構造 |
| o | 油入防爆構造 | | |
| ia | iaの本質安全防爆構造 | | |
| ib | ibの本質安全防爆構造 | | |

解説 ①危険箇所に設置できない本質安全防爆構造の関連機器には、温度等級は表示しない。

②この指針によるものと同等の安全性があるが、この指針の定めに完全に適合しない電気機器に対しては記号「s」を表示する。

③この指針に定めていないIECのq(powder filling)に適合する電気機器は、「s」として表示する。

5) グループを示す記号

①II、IIA、IIB又はIIC

解説 グループI：爆発性坑内ガスの発生するおそれがある鉱山で使用する電気機器

グループII：爆発性坑内ガスの発生するおそれがある鉱山以外の、可燃性ガス蒸気の雰囲気のある場所で使用する電気機器。

グループIIは、IIA、IIB、IICに細分類される。

②A、B、Cの文字は、国際統合防爆指針に定める個々の防爆構造の要件により区別すべき場合、又は容器開放までの時間、静電気の蓄積回避の基準への適合が求められる場合に用いること。

③電気機器が、特定の可燃性ガス蒸気を対象するときは、記号IIのあとに化学式又はガス名を（ ）で示す。

④電気機器が、特定の電気機器グループとして使用するに適するほか、特定のガスをも対象にするときには、グループ記号の後に化学式又はガスの名称を記すものとし、両者の間には+記号をいれる。

解説 (i) IIBと表示されている電気機器は、IIAの電気機器を必要とする用途にも使用できる。また、IICと表示されている電気機器は、IIB又はIIAの電気機器を必要とする用途にも使用できる。

(ii) +記号のあとに続く可燃性ガス蒸気は、1種類だけ表示する。

6) 温度等級を示す記号

①製造者が表10の電気機器の最高表面温度の区分に示す二つの温度等級の間の特定の最高表面温度を指定したいときには、その温度を℃と表示しても良く、又は℃で表示した温度の後の（ ）内に直近上位の温度等級を表示しても良い。

例) 表示しようとする最高表面温度が350℃の場合

T1、350℃ 又は 350℃ (T1)

解説 (i) 複数の温度等級又は複数の最高表面温度は表示できない。

表10 電気機器の最高表面温度の区分

| 温度等級 | 最高表面温度(°C) |
|------|------------|
| T1 | 450 |
| T2 | 300 |
| T3 | 200 |
| T4 | 135 |
| T5 | 100 |
| T6 | 85 |

②最高表面温度が450°Cを超える電気機器は、最高表面温度だけを°Cで記す。

例) 600°C

③特定の可燃性ガス蒸気中で使用することを表示した電気機器には、温度等級又は最高表面温度を表示する必要はない。

④周囲温度が該当する場合には、次のいずれかによる。

記号 T_a 又は T_{amb} のあとに特定の周囲温度の範囲を表示する。

7) 製造番号

極めて小さい電機機器であって、表示スペースが限定されるものには表示の必要はない。

8) 安全な使用のため特別な条件を示す必要がある場合、記号 X を表示する。

9) その他表示

国際整合防爆指針における各々の防爆構造の定めに従って表示する。

(3) 防爆構造の組合せ

1) 一つの電気機器の異なる部分に異なる防爆構造が用いられている場合には、それぞれの部分に関連する防爆構造の記号を表示すること。

2) 一つの電気機器に二種類以上の防爆構造が用いられる場合には、主体となる部分の防爆構造の種類記号をはじめに表示する。関連機器が使用されている場合には、電気機器の防爆記号の後ろに関連機器の記号を記すこと。

(4) 表示の順序

(2) の③、④、⑤、⑥の項目は、この順序で表示すること。

添付資料 3

労働安全衛生法関係

| 名称 | 項目 | 条項 | 内容 |
|--|-----------------------------------|------------|--|
| 労働安全衛生規則 (省令) 最新改正 平成24年6月15日 厚生労働省令 第94号 | 規格に適 合した機 械等の使 用 | 第 27 条 | 事業者は、防爆構造電気機械器具については、厚生労働大臣が定める規格を具備したものでなければ使用してはならない。 |
| | 通風等による爆発 又は火災 の防止 | 第 261 条 | 事業者は、可燃性ガス(水素を含む)が存在して爆発又は火災が生ずるおそれのある場所については、当該ガスによる爆発又は火災を防止するため、通風、換気等の措置を講じなければならない。 |
| | 爆発の危険のある 場所で使用する電 気機械器 具 | 第 280 条 | 事業者は、第 261 条の場所のうち、同条の措置を講じても、なお、引火性の物の蒸気又は可燃性ガスが爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所において電気機械器具を使用するときは、当該蒸気又はガスに対し、その種類及び爆発の危険のある濃度に達するおそれに応じた防爆性能を有する防爆構造電気機械器具でなければ使用してはならない。 2 従業員は、前項の箇所においては防爆構造電気機械器具以外の電気機械器具を使用してはならない。 |
| | 静電気帯 電防止作 業服等 | 第 286 条の 2 | 事業者は、第 280 条の箇所において作業を行うときは当該作業に従事する労働者に静電気帯電防止作業服及び静電気帯電防止作業靴を着用させる等労働者の身体、作業服等に帯電する静電気を除去するための措置を講じなければならない。 2 従業員が前項の作業に従事するときは、同項に定めるところによらなければ、当該作業を行ってはならない。 3 修理、変更等臨時の作業を行う場合において、爆発又は火災の危険が生ずるおそれのない措置を講ずるときは適用しない。 |

高圧ガス保安法関係

| 名称 | 項目 | 条項 | 内容 |
|--|----------------|-----------------------------|--|
| 一般高圧ガス保安規則 (省令) 改正 平成24年11月26日 省令第85号 | 高圧ガス設備に係る電気設備 | 第7条の3第1項第1号 (第6条第1項第26号) | 可燃性ガス(アンモニア及びブロムメチルを除く)の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造であること。 |
| | 火気を取り扱う施設までの距離 | 第7条の3第1項第10号 | 圧縮水素スタンド(可燃性ガスの通る部分に限る。)は、その外面から火気(当該圧縮水素スタンド内のものは除く。)を取り扱う施設に対して8メートル(圧縮水素の常用の圧力が40メガパスカル以下の場合にあっては6メートル)以上の距離を有し、又は流動防止措置若しくは当該可燃性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講じること。 |
| 一般高圧ガス保安規則(内規) 改正 平成 23. 06. 28 原院第4号 平成 23年7月4日 | | 第6条関係 | 第1項第3号中「火気を取り扱う施設」とは、事業所内外の蒸発器、ボイラー、ストーブ、喫煙室等通常定置されて使用されるものをいい、たばこの火、自動車のエンジンの火花は含まれないが、これらは、「火気」に含まれるので、法第37条の規定により、あらかじめ第一種製造者が火気使用禁止区域を設定することにより管理することが望ましい。 また、第1項第3号中「当該製造設備」外の電気設備であっても、同項第26号の規定に基づき設置された可燃性ガスの高圧ガス設備に係る電気設備並びに「電気機械器具防爆構造規格(昭和44年4月1日労働省告示第16号)」、「工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆1979)」、「労働省産業安全研究所技術指針」、「新工場電気設備防爆指針(ガス防爆1985、一部改正1988)」、「労働省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)」、「労働省産業安全研究所技術指針」及び「工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)」、「独立行政法人産業安全研究所技術指針」の規定に基づき設置された電気設備については、第1項第3号の適用を受ける「火気を取り扱う施設」には該当しない。したがって、これらの防爆指針及びガイドに基づき非危険場所に分類された場所に設置する電気設備については、防爆構造を有しなくても、「火気を取り扱う施設」には該当しない。 なお、可燃性ガスの取り入れ、取り出し口の方法は火気を使用する場所及び他の貯槽をさけることが望ましい。 |

添付資料 4

用語及び定義

1.1 一般(共通)用語

1.1.1 構造規格 (告示)

電気機械器具防爆構造規格 (昭和 44 年労働省告示第 16 号) 改正平成 20 年 3 月 13 日
厚生労働省告示第 88 号の略称

1.1.2 国際整合防爆指針

国際整合防爆指針: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(国際規格に整合した技術指針(2008)JNIOOSH-TR-NO. 43(2008))」の略称

1.1.3 IEC 規格

IEC は International Electrotechnical Commission (国際電気標準会議) の略号であって、IEC 規格とは、IEC が出版している Standard (規格) 又は Technical Report (技術報告書) を意味する。

1.1.4 防爆構造

電気機器が発火源となってその周囲に存在する爆発性雰囲気が発火させることがないように、電気機器に適用する技術的手法

1.1.5 防爆(電気)機器

可燃性物質が存在する雰囲気での使用を目的とする、1 種類以上の防爆構造を具備する電気機器

1.1.6 通常の状態

プラントなどの各機器がその定格値以内で運転されている状態。電気機器では、電氣的及び機械的に設計仕様に適合しており、かつ製造者が指定する限度内で使用されている状態

備考 可燃性物質の微量な放出は、通常の状態の一部である。しかし、修理又は停止作業を必要とするような破損 (故障によって生じたポンプシール又はフランジガスケットの破損など) は、通常の状態とみなさない。

1.2 可燃性物質とその物理的及び化学的現象に関する用語

1.2.1 可燃性ガス

空気とある範囲内の比率で混合したとき爆発性雰囲気を形成する可燃性のガス。水素は労働安全衛生法における可燃性ガスに含まれる。

1.2.2 爆発性雰囲気

通常の大気条件におけるガス、引火性液体の蒸気又はミストと空気の混合物であって、発火したとき、燃焼が未燃焼部分全体に伝播するような状態にあるもの

1.2.3 爆発下限界

爆発性雰囲気を形成するガスの空気中における最低濃度

1.3 危険箇所に関する用語

1.3.1 危険箇所

電気機器の構造、設置及び仕様について特別な安全対策を必要とするほどの爆発性雰囲気が存在し、又は存在することが予想される箇所

1.3.2 危険箇所の区分

危険箇所は、爆発性雰囲気の存在する時間と頻度に応じて分類する。特別危険箇所、第一類危険箇所、第二類危険箇所の三つの区分に分類される。

備考 特別危険箇所：爆発性雰囲気が通常の状態において、連続して又は長時間にわたって、若しくは頻繁に存在する場所をいう。

第一類危険箇所：通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成する可能性がある場所をいう。

第二類危険箇所：通常の状態において、爆発性雰囲気を生成する可能性が少なく、また生成した場合でも短時間しか持続しない場所をいう。

1.3.3 非危険場所

電気設備の構造、設置及び仕様について特別な安全対策を必要とするほどの爆発性雰囲気が存在することがないと予想される場所

1.3.4 放出源

可燃性物質を雰囲気中に放出する箇所又は位置にあつて、危険箇所を生成する根源となるもの

1.3.5 放出源の等級

可燃性物質の放出が起こる頻度及び爆発性雰囲気生成の可能性などによる分類する。連続等級放出源、第一等級放出源及び第二等級放出源の三つの基本的な等級に分類される。

1.3.6 換気

換気とは、風、温度勾配又は強制的手法(ファン、吸排気装置など)による空気の動き、及び新鮮な空気との置換などがあり、危険箇所の分類のために自然換気、全体強制換気、局所換気装置、無換気の種類に分類される。

1.3.7 危険箇所の範囲

ガスと空気との混合ガスが空気によって希釈され、爆発下限界を下回る箇所までの放出源からあらゆる方向への距離をいう。

1.4 電気機器の構造一般に関する用語

1.4.1 電気機器

電気エネルギーを、機器全体として又は機器の一部だけが利用する機器。これには、電気エネルギーの発生、発電、送電、配電、蓄電、計測、制御、変換、消費のための機器、通信用の機器などが含まれる。

1.4.2 発火温度

IEC60079-4(爆発性雰囲気を使用する電気機械器具-第4部:着火温度の試験方法)に定める条件下において、可燃性ガス蒸気と空気との混合ガスを発火させることのできる加熱表面の最低温度

1.4.3 最高表面温度

電気機器を、仕様の範囲内で、最も温度を上昇させる苛酷な条件下で使用した場合に周囲の可燃性ガス蒸気を発火させるおそれのある機器の内蔵部分又は装置の表面が到達する最高温度

1.4.2 端子箱

電気機器本体から独立した容器であって、接続端子部を収納するもの。

1.4.5 ケーブルグラウンド

防爆電気機器に取り付けるケーブルを引き込むための器具

1.4.6 シーリングフィッチング

防爆電気工事で、ボックスと電線管の隙間を塞ぎ、空気の流入を遮断するための電気材料