
プラント内における非防爆機器の 安全な使用方法に関する自主行動計画

**2020年1月
A株式会社**

(目次)

1. 目的
2. 適用範囲
3. 安全確保の基本的な考え方
4. 非防爆機器等の導入、管理
5. 詳細リスク評価 危険箇所の絞込 事例

1. 目的、 2. 適用範囲、適用除外 3. 安全確保の基本的な考え方

1. 目的 * 運転・保安の高度化に寄与する非防爆機器のみを対象とする。

危険物製造施設及び一般取扱所において、防爆検定を持たない非防爆機器を安全に使うための自主行動計画を規定する。

なお、本計画は、最新の、非防爆の、Iot機器・デジタル機器を化学プラントに取り入れることにより、運転保安・設備保全の高度化を志向するものであり、非防爆機器の拡大を一方向的に進めるものではない。

2. 適用範囲 * 最低出力に関する適用除外

安衛則 280条、平成27年8月31日付け基発0831第2号の通り、定格電圧1.5V未満、定格電流0.1A未満、定格電力25mW未満の機器は、可燃性ガス若しくは引火性の物の蒸気又は可燃性の粉じん若しくは爆燃性の粉じん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使用しても点火源・着火源となるおそれのないものであり、プラント内における非防爆機器の安全な使用方法に関するガイドライン及び自主行動計画を参考にしつつ、個別に安全策を講じることとする。

3. 安全確保の基本的な考え方 * 危険箇所を絞込み、非危険区域で非防爆機器を使用できる。

「プラント内における非防爆機器の安全な使用方法に関するガイドライン」(以下、ガイドライン)に沿って、危険物製造施設、一般取扱所の第二類危険箇所について詳細リスク評価を行い、危険箇所の絞込を行う。評価後の非危険区域において、残存するリスクの安全処置を講じた上で、非防爆機器を使用することができる。

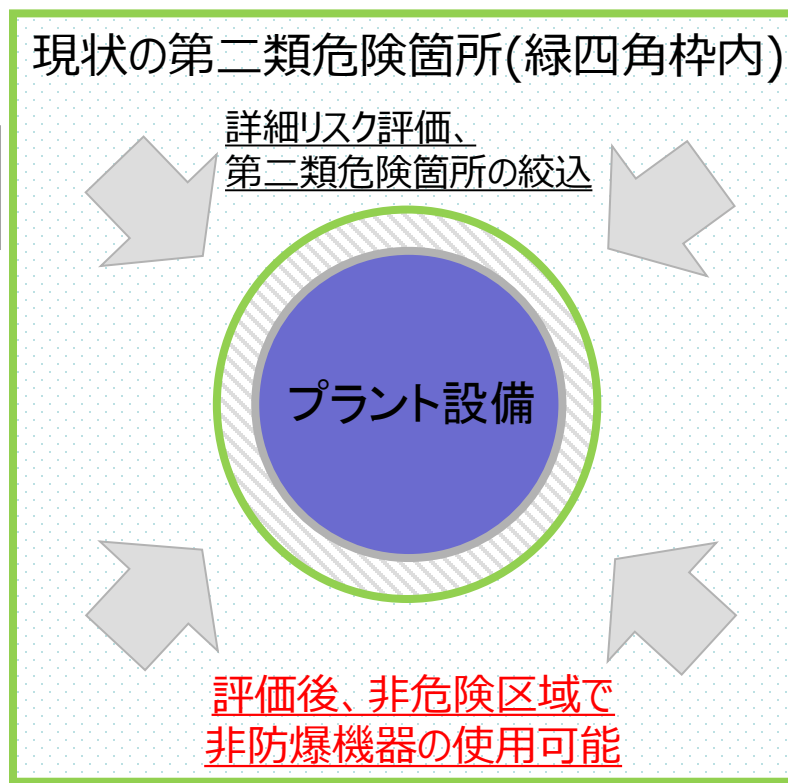
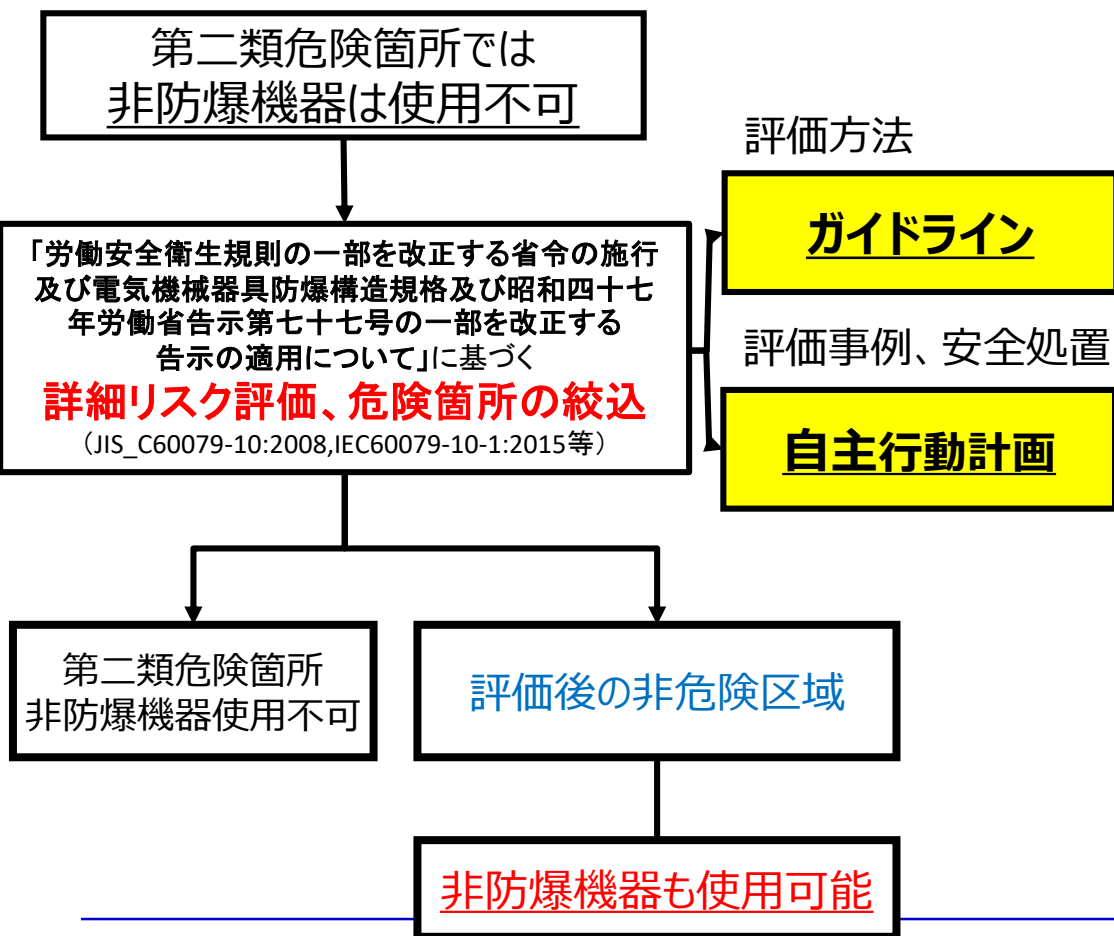
3. 安全確保の基本的な考え方

課題

第二类危険箇所が広めに設定され、IoT機器等の非防爆機器の活用が妨げられている。

方針

まずリスクをより詳細に評価することによって、安全を確保した**現実的な非危険区域(非防爆機器の利用可能エリア)**を設定する。その上で、**非危険区域において、残存するリスクを考慮して安全に非防爆機器を使用する。**



4. 非防爆機器等の導入、管理

(危険箇所、非危険区域の管理) * 図面管理、現場表示を行う。

・ガイドラインに沿って、詳細リスク評価、危険箇所の絞込を行い、非危険区域を明確にする。

①第1類危険箇所、第2類危険箇所、非危険区域を、プロットなど図面で明示して管理する。

②第1類危険箇所、第2類危険箇所、非危険区域を、可能な限り現場表示するなど現地現物で注意喚起を行う。

* 【可搬型】非防爆機器については、教育等により、危険箇所、非危険区域を十分に理解している、社員及び操業に関わる協力会社員のみが使用できる。

(導入機器の管理)

・導入する非防爆機器については、機器リストなどを使って工場全体で情報共有し管理に活用する。

機器リストには、「名称、用途、台数、電気規格、定格電流、電圧、電力、適合する電気規格」などを記載する。

(導入の安全評価) * 自部門だけでなく、工場全体で導入の安全評価を行う。

・新たに非防爆機器を導入する場合は、導入場所を管轄する部門が、ガイドライン、自主行動計画に準じて、機器毎に、設置から維持管理の全てにおいて、安全処置を決め、工場安全衛生規則に沿って3部門（製造、設備管理、安全）による事前安全評価を受審する。

4. 非防爆機器等の導入、管理

(日常点検)

【可搬型】本体及び電池に異常な発熱は無いか、液漏れなど電池に異常はないかなど使用前に確認する。

【定置型】一日1回のパトロール点検において、本体及び電池に異常な発熱は無いか、液漏れなど電池に異常はないかなどを確認する。

(落下防止処置) * 非防爆機器が点火源となるリスクを最小化する。

【可搬型】タブレット等を使用する際は、落下防止措置（肩掛け紐を装着する等）を講じること。

【定置型】設置の際は、落下防止措置（機器を確実に固定する等）を講じること。

(電池着脱、機器補修に関する注意事項) * 非防爆機器が点火源となるリスクを最小化する。

- ・ 非危険区域と評価された場所であっても、【可搬型】、【定置型】ともに、非防爆機器の電池着脱を含む補修などのメンテナンスをプラントエリア内で行ってはならない。非防爆機器の電池着脱を含む補修などメンテナンスを行う場合は、危険物が滞留する恐れのない、運転制御室などの安全な場所へ機器を持ち出してから行うこと。

4. 非防爆機器等の導入、管理

(異常の早期検知) * 携帯式ガス検知器、固定式ガス検知器を活用する。

【可搬型】非防爆機器を取り扱う際は、携帯式ガス検知器を携行し、漏洩など異常が発生した場合、ガス検知器が発報した場合、即座に安全処置がとれるようにする。

【定置型】非防爆機器を設置する場合は、近隣の固定式ガス検知器による網羅範囲を予め設定し、漏洩など異常が発生した場合、ガス検知器が発報した場合、即座に安全処置がとれるようにする。

(異常時の安全処置) * 安全処置については、持ち込む非防爆機器毎に定める。

(1) 漏洩が発生した場合、もしくは、ガス検知器が発報した場合、

【可搬型】速やかに危険物が滞留しない施設外、運転制御室などへ、機器を持って退避する。

【定置型】マニュアルで電源をオフとし、危険物が滞留しない施設外、運転制御室などへ、機器を持ち出す。

(2) 漏洩以外、地震、停電などの異常が発生した際は、

【可搬型】一次点検において、状態確認で異常なきことを確認して使用を継続することができる。

【定置型】一次点検において、状態確認で異常なきことを確認して使用を継続することができる。

(3) 異常時を想定した緊急時行動訓練を、導入前及び導入後年1回以上行う。

5. 詳細リスク評価 危険箇所の絞込 事例

①漏洩孔面積 第二類危険箇所を区分する詳細リスク評価 危険箇所の絞込

第2等級放出源の漏洩孔断面積の推奨値 (IEC 60079-10-1:2015 Table B.1を翻訳)

項目の種類	項目 or 品目	漏れの考察		
		放出開口部が拡大しない条件の典型的値 S(mm ²)	放出開口部が拡大する可能性のある条件の典型的値 (例：エロージョン) S(mm ²)	放出開口部が深刻な程度まで拡大する可能性のある典型的値 (例：噴出・破裂) S(mm ²)
静機器 (配管含む) 0.025を採用	固定部分のシーリング	0.025 ≤ S ≤ 0.25	0.25 < S ≤ 2.5	(2つのボルト間のセクター) × (ガスケットの厚さ) 通常1mm以上
	らせん型ガスケット、又は類似のものを備えたフランジ	0.025	0.25	(2つのボルト間のセクター) × (ガスケットの厚さ) 通常0.5mm以上
	リング型ジョイント接続	0.1	0.25	0.5
	小口径接続 50mm以下	0.025 ≤ S ≤ 0.1	0.1 < S ≤ 0.25	1.0
動機器 コンプレッサー以外 0.25を採用	低速作動のシーリング	0.25	2.5	設備製造者のデータに応じて定義される。ただし、2.5mm ² 以上にすること
	圧力放出弁	0.1 × (オリフィス断面積)	NA	NA
NAの為 コンプレッサー： 右欄より1.0 ポンプ他動機器は 低速作動とみなす	高速作動のシーリング	NA	1 ≤ S ≤ 5	設備製造者のデータ、そして/または、プロセスユニット構成に応じて定義すること。ただし、5mm ² 以上にすること。

漏洩孔面積について、静機器（配管含む）：0.025(固定部分)、コンプレッサー以外の動機器：0.25 (低速作動)、コンプレッサー：1(高速作動)で評価する

②放出特性

第二類危険箇所を区分する詳細リスク評価 危険箇所の絞込

放出率(放出速度) (Release rate)

可燃性ガスが漏洩孔から噴出漏洩する場合

放出率 Wg [kg/s]

$$= C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (kg/s)$$

可燃性液体が漏洩孔から噴出漏洩する場合

$$WL = C_d S \sqrt{2 \rho \Delta P} \quad (kg/s)$$

WLに**気化率**を乗じて、**放出率** Wg [kg/s] とする。

②放出特性 (Characteristics of release)

放出特性は、危険箇所判定を行う重要なパラメータであり、ガスの密度 (kg/m³)、燃焼下限界 (LFL(vol/vol)) ならびに安全率kを用いて以下のように表せる

放出特性 =

$$W_g / (\rho_g * k * LFL) \quad (m^3/s)$$

Cd :	放出係数
S [mm²]	①漏洩孔面積
P [atm]	プロセス圧力
T[K]	プロセス温度
γ :	比熱比
z :	圧縮因子
R[J/kmol K]	気体定数
Ta[K]	大気温度
M[kg/kmol]	モル質量
K*	安全率
ρ_g [kg/m ³]	密度
LFL[vol/vol]	燃焼下限界

*K : 可燃性ガスのLFLに関する係数
 精度よく求められている場合は1.0(今回採用)
 混合物などモデル計算した場合は0.8~1.0
 正確ではないと考えられる場合0.5

屋外における換気速度の指標 (IEC 60079-10-1:2015 Table C.1を翻訳)

屋外の場所の種類	障害物無し			障害物有		
	≤2m	>2 m up to 5 m	>5 m	≤2m	>2 m up to 5 m	>5 m
地上からの高さ	≤2m	>2 m up to 5 m	>5 m	≤2m	>2 m up to 5 m	>5 m
空気より軽いガス/蒸気の希釈を見積もるための指標	0.5 m/s	1 m/s	2 m/s	0.5 m/s	0.5 m/s	1 m/s
空気ガスより重いガス/蒸気の希釈を見積もるための指標	0.3 m/s	0.6 m/s	1 m/s	0.15 m/s	0.3 m/s	1 m/s
任意の高さでも液体プールの蒸発率を評価するための指標	>0.25 m/s			>0.1 m/s		

2018年の年間風速データを調査した結果、0.3m/s(地上換算)を採用する。

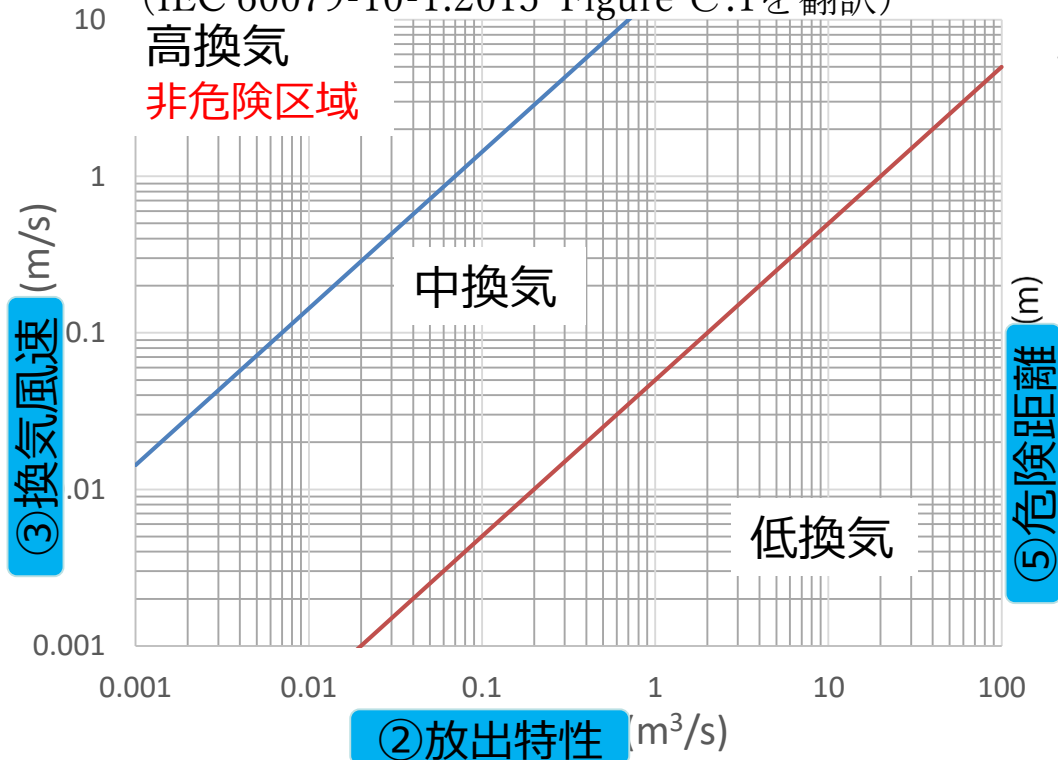
第二類危険箇所を区分する詳細リスク評価 危険箇所の絞込

④危険度区域の区分

放出特性と換気速度との関係と換気度（高・中・低）

換気度を決定するためのチャート

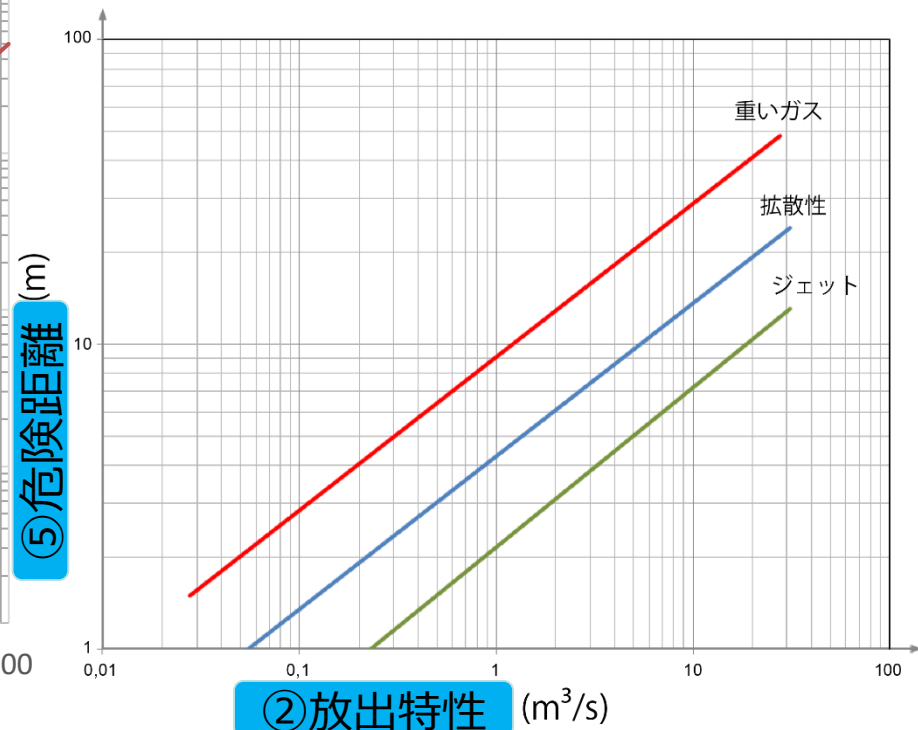
(IEC 60079-10-1:2015 Figure C.1を翻訳)



放出特性と換気風速(屋外or屋内は換気量より算出)から高換気、非危険区域の評価を行う。
(換気有効度は、屋外or屋内換気の故障検知で評価)

⑤危険距離の推定

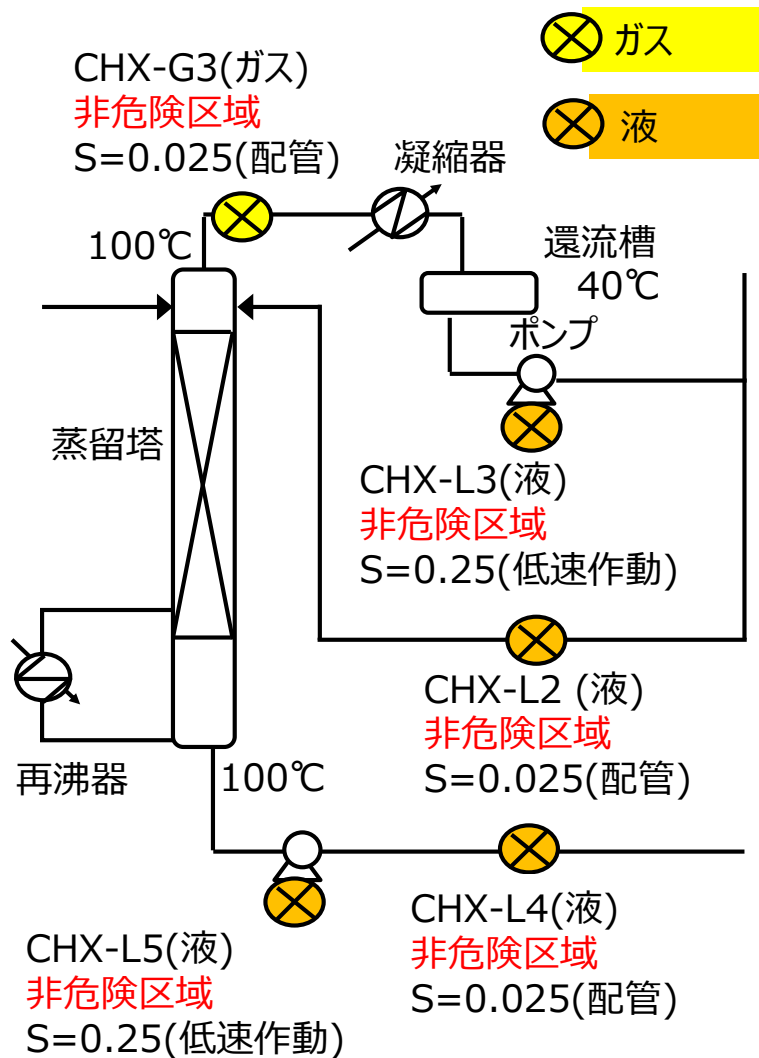
噴出形態に対する放出特性と危険距離との関係
危険距離を決定するためのチャート
(IEC 60079-10-1:2015 Figure D.1を翻訳)



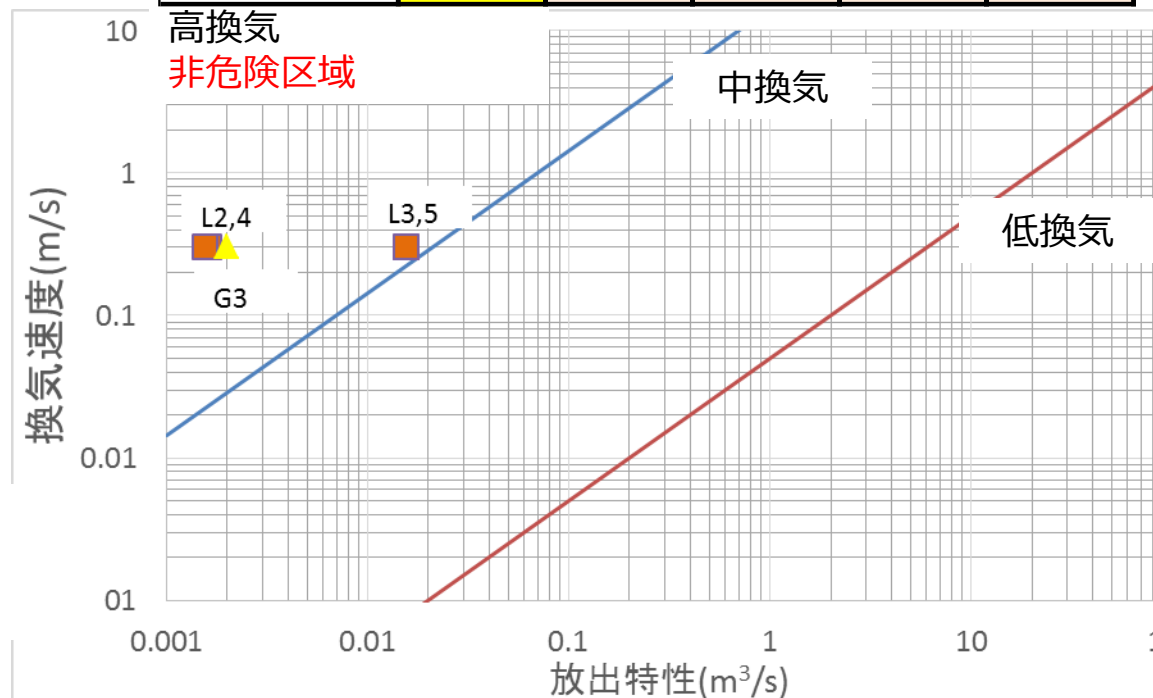
第二類危険箇所の場合
(非危険区域とならない場合)
グラフから、ガス種によって危険距離を読み取る

CHX周りの詳細リスク評価 危険箇所の絞込

(1) 重合プラント CHX周り



物質名	CHX シクロヘキサン (L: 液、G: ガス)				
検討名(液,ガス)	CHX-G3	CHX-L2	CHX-L3	CHX-L4	CHX-L5
P [atm]	11	11	11	11	11
[℃]	100	40	40	100	100
LFL [Vol%]	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
Aプロセス	圧ガス,危険	危険物 静機器	危険物 動機器	圧ガス,危険 ポンプ吐出他	圧ガス,危険 動機器
IEC 部位	固定部分	固定部分	低速作動	固定部分	低速作動
漏洩孔面積S(表B)	0.025	0.025	0.25	0.025	0.25
放出率 g/sec	0.1	0.7	7.0	0.7	7.0
(参考) 漏洩量 g/min	5	44	421	42	421
気化率	1	0.1	0.1	0.1	0.1
評価結果	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域



評価結果

重合プラントのCHX周りは「非危険区域」

BD周りの詳細リスク評価 危険箇所の絞込

(1)重合プラント BD周り

BD-G2(ガス)

非危険区域

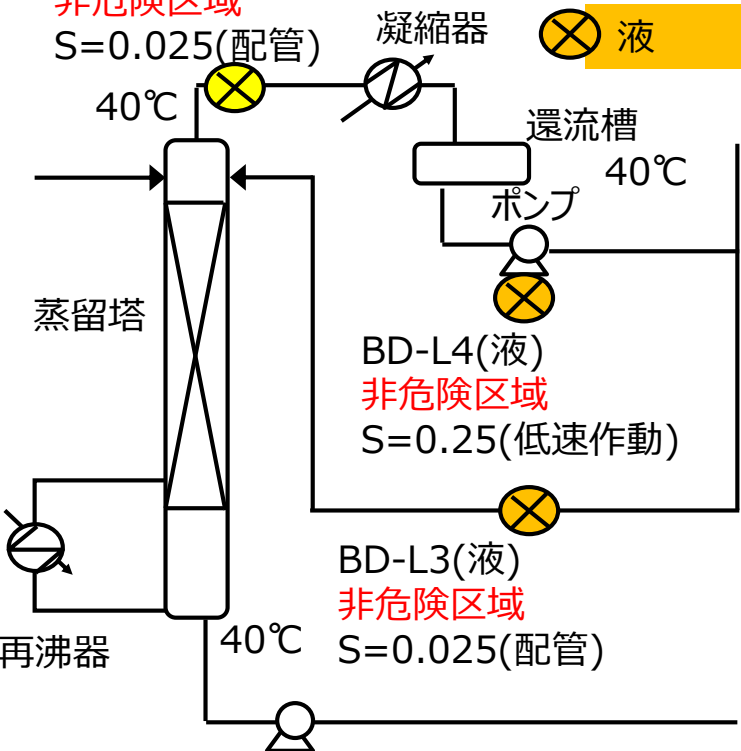
S=0.025(配管)



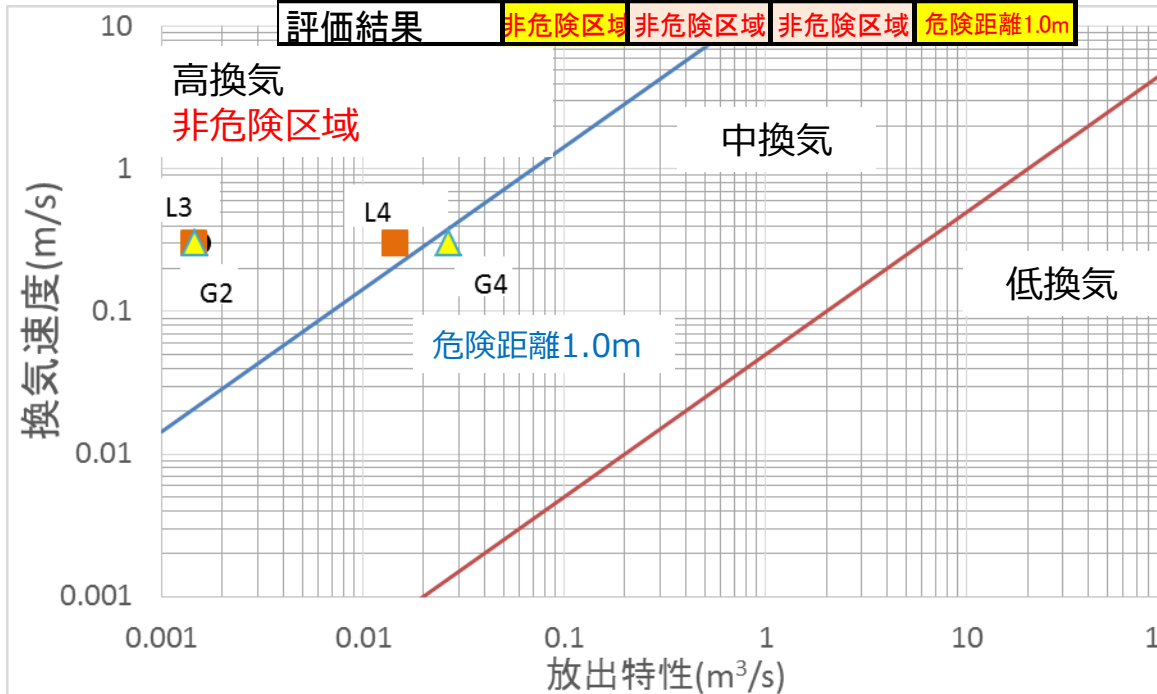
ガス



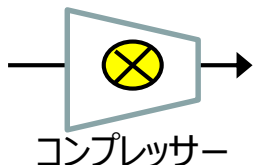
液



物質名	BD ブタジエン (L:液、G:ガス)			
	BD-G2	BD-L3	BD-L4	BD-G4
検討名(液,ガス)	BD-G2	BD-L3	BD-L4	BD-G4
P [atm]	5	11	11	5
[°C]	40	40	40	40
LFL [Vol%]	2.0	2.0	2.0	2.0
Aプロセス	高圧ガス	高圧ガス 静機器	高圧ガス 動機器	コンプレッサー
IEC 部位	配管	配管	低速作動	高速作動
漏洩孔面積S(表B)	0.025	0.025	0.25	1
放出率 g/sec	0.1	0.6	6.5	1.2
(参考) 漏洩量g/min	4	39	389	72
気化率	1	0.1	0.1	1
評価結果	非危険区域	非危険区域	非危険区域	危険距離1.0m



(2)精製プラント BDコンプレッサー周り



BD-G4 (ガス)

危険距離1.0m

S=1.0(高速作動)

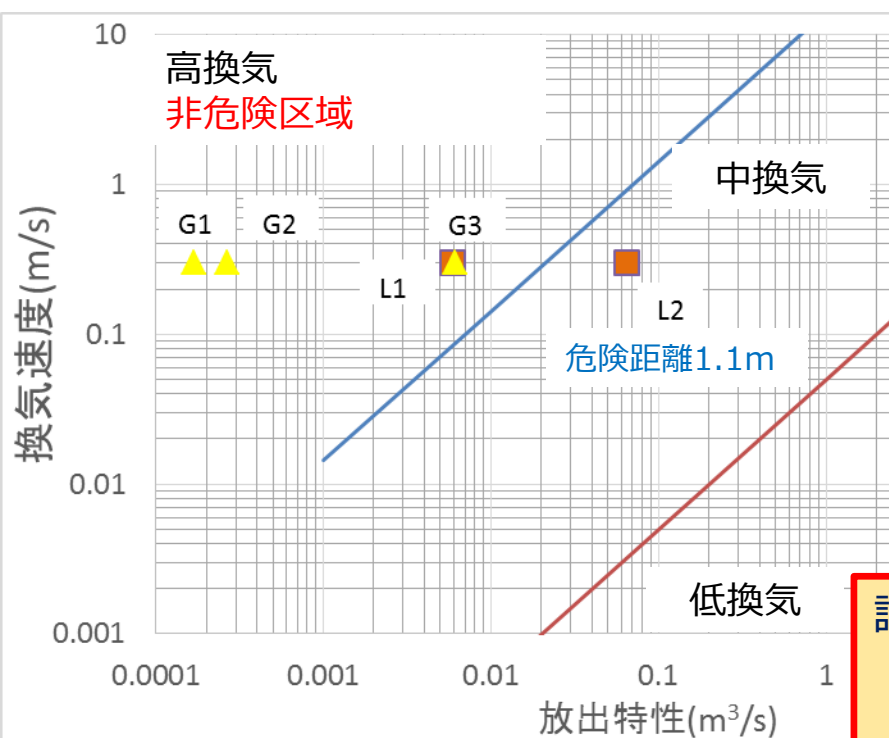
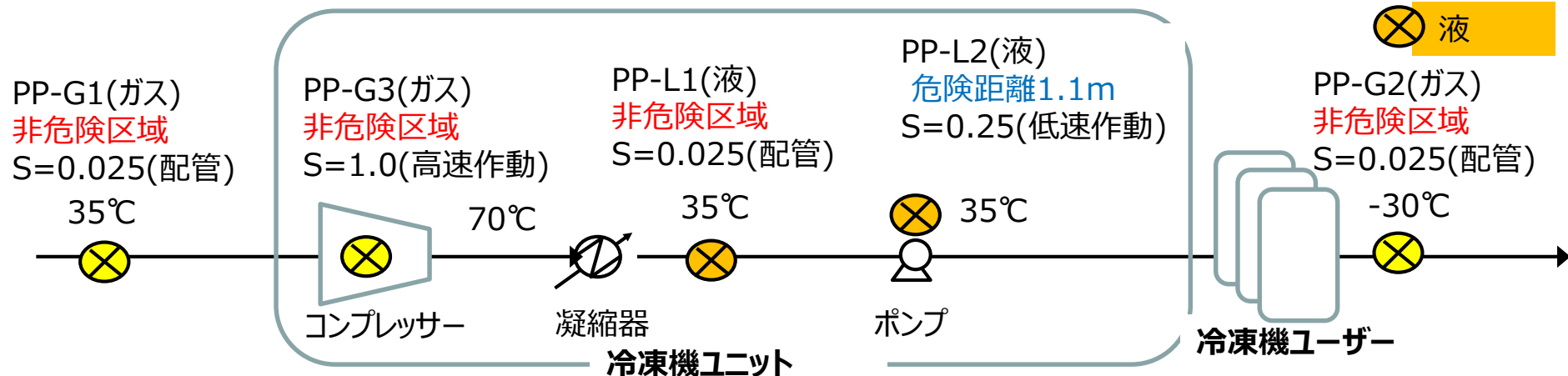
評価結果

- 重合プラントのBD周りは「非危険区域」
- 精製プラントのBDコンプレッサー周りは「危険距離1.0m」

PP周りの詳細リスク評価 危険箇所の絞込

⊗ ガス

⊗ 液



物質名	プロピレン (L:液、G:ガス)				
検討名(液,ガス)	PP-G1	PP-G3	PP-L1	PP-L2	PP-G2
P [atm]	14	28	6	6	3
[°C]	35	70	35	35	-30
LFL [Vol%]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Aプロセス	高圧ガス 静機器	コンプレッサ	高圧ガス 静機器	高圧ガス 動機器	高圧ガス 静機器
IEC 部位	配管	高速作動	配管	低速作動	配管
漏洩孔面積S(表B)	0.025	1	0.025	0.25	0.025
放出率 g/sec	0.1	6.0	0.2	7.8	0.0
(参考) 漏洩量g/min	5	359	11	470	1.1
気化率	1	1	0.5	0.5	1
評価結果	非危険区域	非危険区域	非危険区域	危険距離1.1m	非危険区域

評価結果

- ・プロピレン送り出しの動機器周りは「危険距離1.1m」
- ・その他プロピレン周りは「非危険区域」

詳細リスク評価 危険箇所の絞込 結果一覧

物質名 CasNo	BD ブタジエン (L:液、G:ガス)				シクロヘキサン(L:液、G:ガス)						プロピレン (L:液、G:ガス)					
	109-99-0				110-82-7						115-07-1					
検討名(液,ガス)	BD-G2	BD-L3	BD-L4	'BD-G4	CHX-G3	CHX-L1	CHX-L2	CHX-L3	CHX-L4	CHX-L5	PP-G1	PP-G3	PP-L1	PP-L2	PP-G2	
P [atm]	5	11	11	5	11	11	11	11	11	11	14	28	6	6	3	
[MpaG]	0.4	1	1	0.4	1	1	1	1	1	1	1.3	2.7	0.5	0.5	0.2	
T[K]	313	313	313	313	373	253	313	313	373	373	308	343	308	308	243	
[°C]	40	40	40	40	100	-20	40	40	100	100	35	70	35	35	-30	
γ	1.5	1.51	1.51	1.5	1.35	1.46	1.37	1.37	1.35	1.35	1.65	1.60	1.60	1.60	1.65	
R[J/kmol K]	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	8314	
M[kg/kmol]	54.088	54.088	54.088	54.088	84.161	84.161	84.161	84.161	84.161	84.161	42.08	42.08	42.08	42.08	42.08	
ρ L [kg/m3]	598	598	598	598	701	812	760	760	701	701	480	401	480	480	582	
ρ g [kg/m3]	10	10	10	10	4.8	0.1	0.78	0.78	4.8	4.8	30.8	72	30.8	30.8	4.1	
LFL [Vol%]	2.0	2.0	2.0	2.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Aプロセス	高圧ガス	高圧ガス 静機器	高圧ガス 動機器	コンプレッサー	圧ガス,危険物	危険物 静機器	危険物 静機器	危険物 動機器	圧ガス,危険物 ポンプ吐出他	圧ガス,危険物 動機器	高圧ガス 静機器	コンプレッサー	高圧ガス 静機器	高圧ガス 動機器	高圧ガス 静機器	
IEC 部位	配管	配管	低速作動	高速作動	配管	配管	配管	低速作動	配管	低速作動	配管	高速作動	配管	低速作動	配管	
漏洩孔面積S(表B)	0.025	0.025	0.25	1	0.025	0.025	0.025	0.25	0.025	0.25	0.025	1	0.025	0.25	0.025	
放出率 g/sec	0.1	0.6	6.5	1.2	0.1	0.8	0.8	7.0	0.7	7.0	0.1	6.0	0.2	7.8	0.0	
(参考)漏洩量g/min	4	39	389	72	4	45	48	421	42	421	5	359	11	470	1.1	
気化率	1	0.1	0.1	1	1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1	1	0.5	0.5	1	
評価結果	非危険区域	非危険区域	非危険区域	危険距離1.0m	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	非危険区域	危険距離1.1m	非危険区域

(拡散性)

(拡散性)