

**「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」
解説書**

Ver.1.0

2021年3月

経済産業省

目次

1. 本書の位置づけ・目的	P.2
2. 本書の構成	P.3,4
3. 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の解説	P5-21
3.1. ガイドラインの解説の一覧	P.6
3.2. ガイドラインの解説	P.7-21
4. 危険区域の見直し事例	P.22-25

1. 本書の位置づけ・目的

経済産業省は、令和元年度に、IoT機器を活用してプラント内のビッグデータを収集・分析・活用し、設備の予期せぬ故障やヒューマンエラーを防ぐ取組を進める必要があり、プラント内でのドローン飛行やセンサーやタブレット等の電子機器の安全な使用の拡大のニーズに対応するため、IEC規格を具体化した「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」（以下、「防爆ガイドライン」という）を作成した。

この防爆ガイドラインに従って現状の危険区域を再評価すれば、現行の防爆指針が定める保安レベルを低下させることなく、危険区域を精緻に設定することができるようになった。しかし、事業者の環境に合わせた条件設定が必要であり、事業者が判断に迷う点があるため、実際のプラントにおいて、防爆ガイドラインを用いた危険区域の再評価が進んでいない現状がある。

そこで、本書は、防爆ガイドラインを活用し危険区域の再評価を促すために、実際の防爆ガイドライン利用者となるプラント事業者、地域消防の担当者からのヒアリング調査を元に、防爆ガイドラインとして理解が難しい点、あるいは、判断に迷う点などを中心に、解説を加えた参考資料をまとめたものである。

利用者により、防爆ガイドラインの理解度が異なるため、①全体の作業手順の流れから、②用語の補足、さらに、③評価のための計算式の使い方まで、網羅的に掲載している。これらの内容は、危険区域の再評価を促す1つのツールとして、ヒアリング調査を踏まえ、実際のプラントの評価現場における実例を参考に作成されたものである。

本書の目的は、ガイドラインの内容をより簡易化し、わかりやすく示すことで、

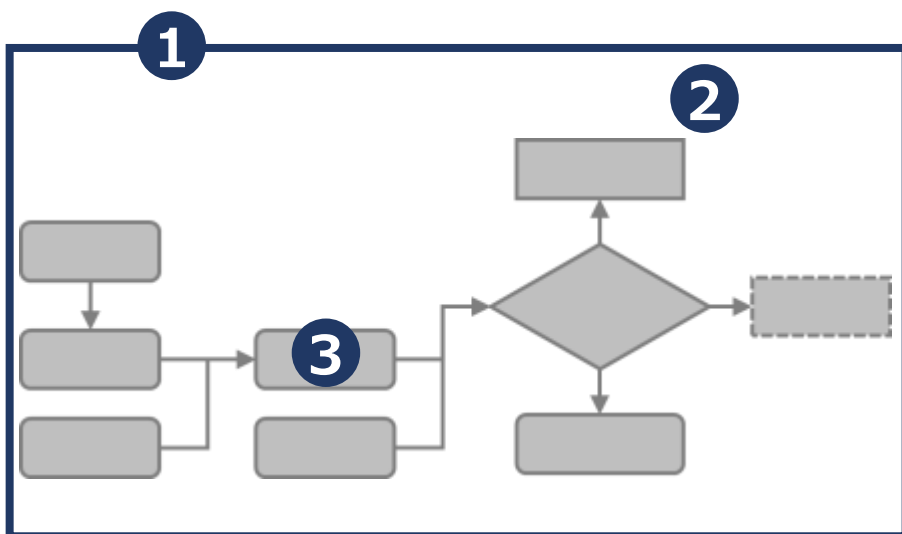
- (1) プラントの実務担当者の①全体の作業手順の把握、②用語の理解、③評価指標の判断のための参考情報として活用されること、
- (2) 地域消防や各行政関係機関の担当者の、プラントにおいて実施される評価の方法、危険区域の見直しの根拠の理解の一助として活用されること等である。

プラントにおける再評価の対象エリアの条件、状態は、事業所によって大きく異なるため、評価・計算の方法、判定も個々の諸条件により変わり得ることを踏まえ、プラント事業者の判断の下で、防爆ガイドラインを理解・活用するための参考資料として本書をご活用いただきたい。

2. 本書の構成

解説の追加の観点

理解度の異なる利用者があることを想定し、防爆ガイドラインの作業全体の流れ、手順を補足するための解説から、ガイドラインの中で記載している用語の意味や閾値の求め方、判断の補足となる解説を含む。また、評価のための計算式に係る解説を加えている。



①作業手順

- 危険区域見直しの評価をするための作業手順の全体の流れ、前後の手順の繋がりを明確化
- 最も理解度が低い利用者が必要とすることを想定

②用語・閾値

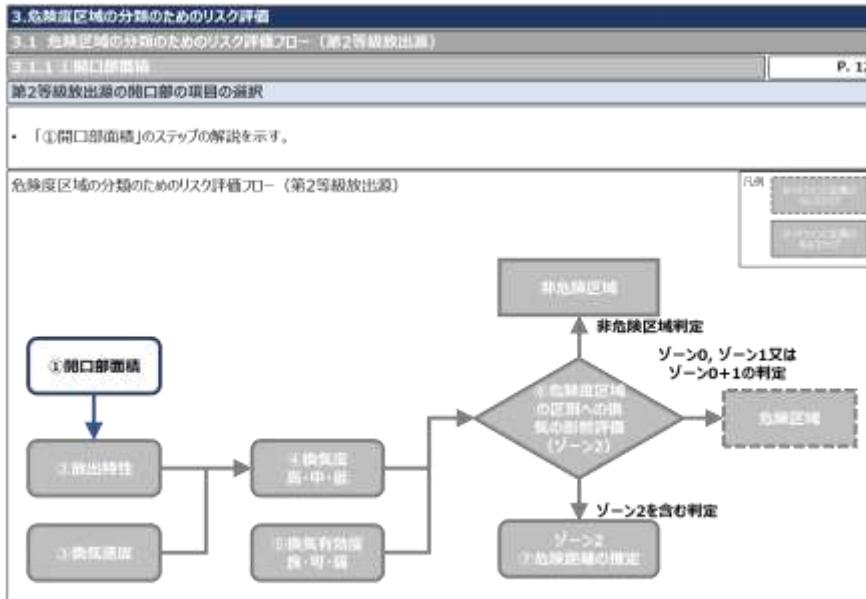
- 防爆ガイドラインの中で使用する用語の理解、判断のための補足
- 防爆ガイドラインに記載の閾値の求め方、判断のための補足

③計算

- 危険区域見直しの評価のための計算式に用いる値（インプット情報、アウトプット情報）の判断のための補足
- 最も理解度が高い利用者が必要とすることを想定

2. 本書の構成

各解説内容について、全体のリスク評価手順における位置づけと解説内容の詳細ページにより解説をする。



リスク評価手順における位置づけ

3. 危険度区域の分類のためのリスク評価
3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）
 3.1.2 放出特性と放出量（ガス又は蒸気の放出）
 P. 14
放出係数C_dの求め方

・ 放出係数C_dは、オリフィス（開口部/穴）の用途（機能）および形状により、値を求められる。

放出係数C_dの求め方

オリフィス記号	丸みを帯びたオリフィス	鋭い形のオリフィス
解説 ^{*)}	ボンブ設備のバルブ等の気体・液体の放出調整をする機能のための開口部/穴	シーリングエレメントやフランジ等、製造の種字部分にてきた漏洩、小さな放出出口
形状の説明	規則的な形状	不規則な形状
開口部/穴の形状サンプル	円 四角	線(薄型や細) 星型(角型)
放出係数C _d	0.99の値をとるのが一般的 ※ 0.95～0.99 値が大きいほど危険リスクは高く、対策としては安全側の判断である ^{*)} 。	0.75の値をとるのが一般的 ※ 0.50～0.75 値が大きいほど危険リスクは高く、対策としては安全側の判断である ^{*)} 。
放出率の算出式例	放出率 W _g = 0.99 × SP × √(P × (Z / 289) × (T / (P + 1)) ^{1/2} × (10 ⁵ - P) ^{-1/2})	放出率 W _g = 0.75 × SP × √(P × (Z / 289) × (T / (P + 1)) ^{1/2} × (10 ⁵ - P) ^{-1/2})

)出典：IEC 60079-10-1 Edition 2.0 2015-09 Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres. ^{)}危険側の値を用いる場合は、その値を明示すべきである。

解説内容の詳細ページ

3. 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 ガイドラインの解説

3.1. ガイドラインの解説の一覧

ガイドライン記載元		解説書	
3.危険度区域の分類のためのリスク評価			
3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）			
	P.10	危険度区域の分類のためのリスク評価フロー	P.7
3.1.1. ①開口部面積	P.12	第2等級放出源の開口部の項目の選択	P.8,9
3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）	P.14	放出係数 C_d の求め方	P.10,11
		放出率を求めるために使用する式の選択	P.12,13
		ガスの密度の求め方	P.14,15
		燃焼下限界LFLから安全率の値の求め方	P.16,17
		危険度区域分類事例Excelファイルの紹介	P.18,19
3.1.7. ⑦ 危険距離の評価法	P.19	ガスの噴出の形態の判断	P.20,21
		危険度区域分類事例Excelファイルの紹介	P.18,19
3.2液体放出等の放出率の評価			
3.2.1. 液体放出の放出率 3.2.2. 蒸発プールの放出率 3.2.3. ガス又は蒸気の放出（亜音速放出）	P.20,21	放出率を求めるために使用する式の選択	P.12,13

3.危険度区域の分類のためのリスク評価

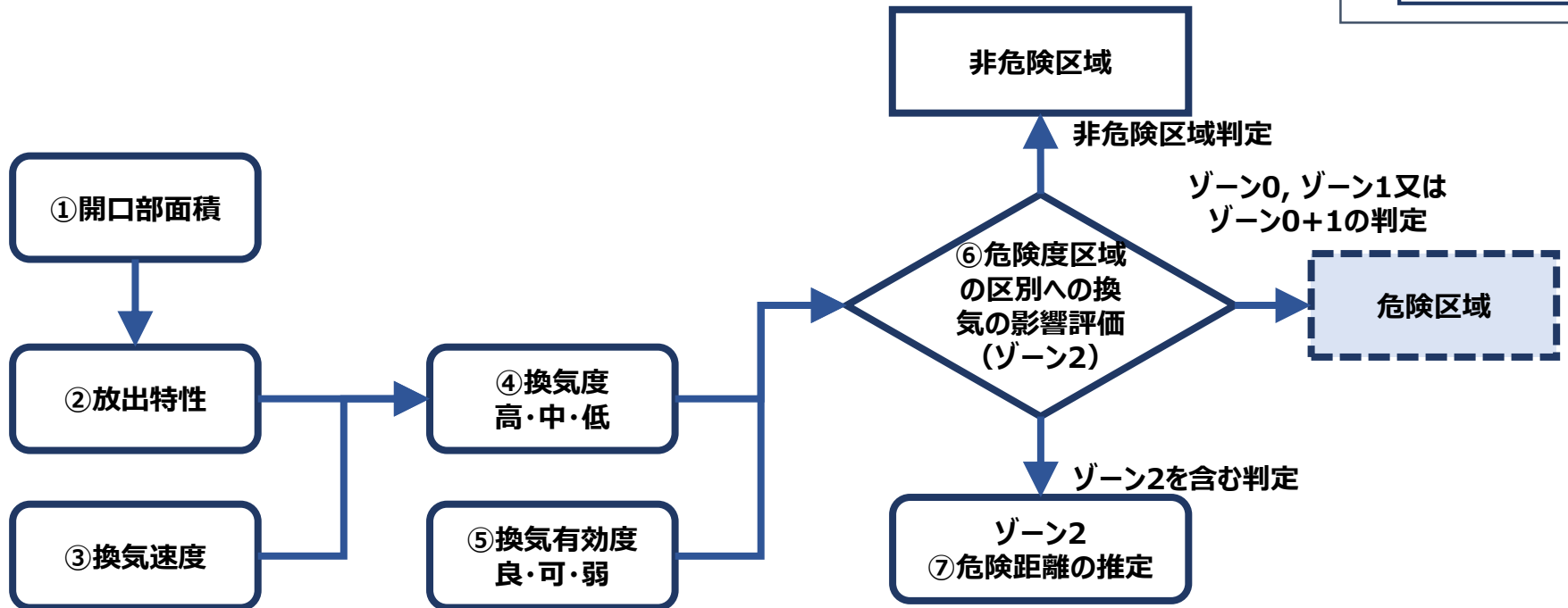
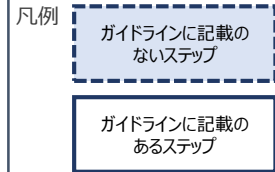
3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

P.10

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー

- 危険度区域の分類のためのリスク評価の作業の全体概要を示す。下記の作業ステップに従ってリスク評価を実施する。現在の設定において、放出源の等級評価が1級以上の場合には、ガイドラインの対象外となる。

- 本リスク評価フローは、放出源の現在の設定が第2等級である場合を対象としている
- 現在の設定において第1等級又は連続等級である場合はガイドラインの対象外となる



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.1 ①開口部面積

P.12

第2等級放出源の開口部の項目の選択

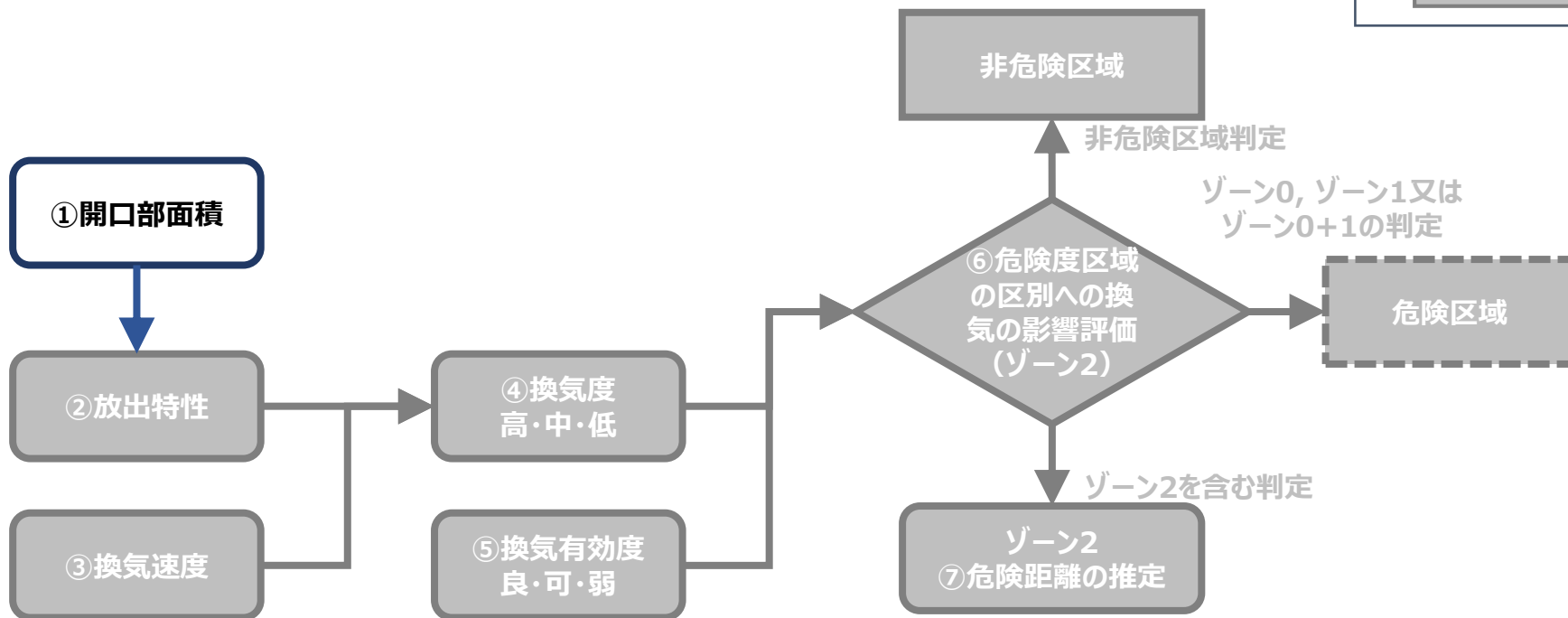
- 「①開口部面積」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

凡例

ガイドラインに記載のないステップ

ガイドラインに記載のあるステップ



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

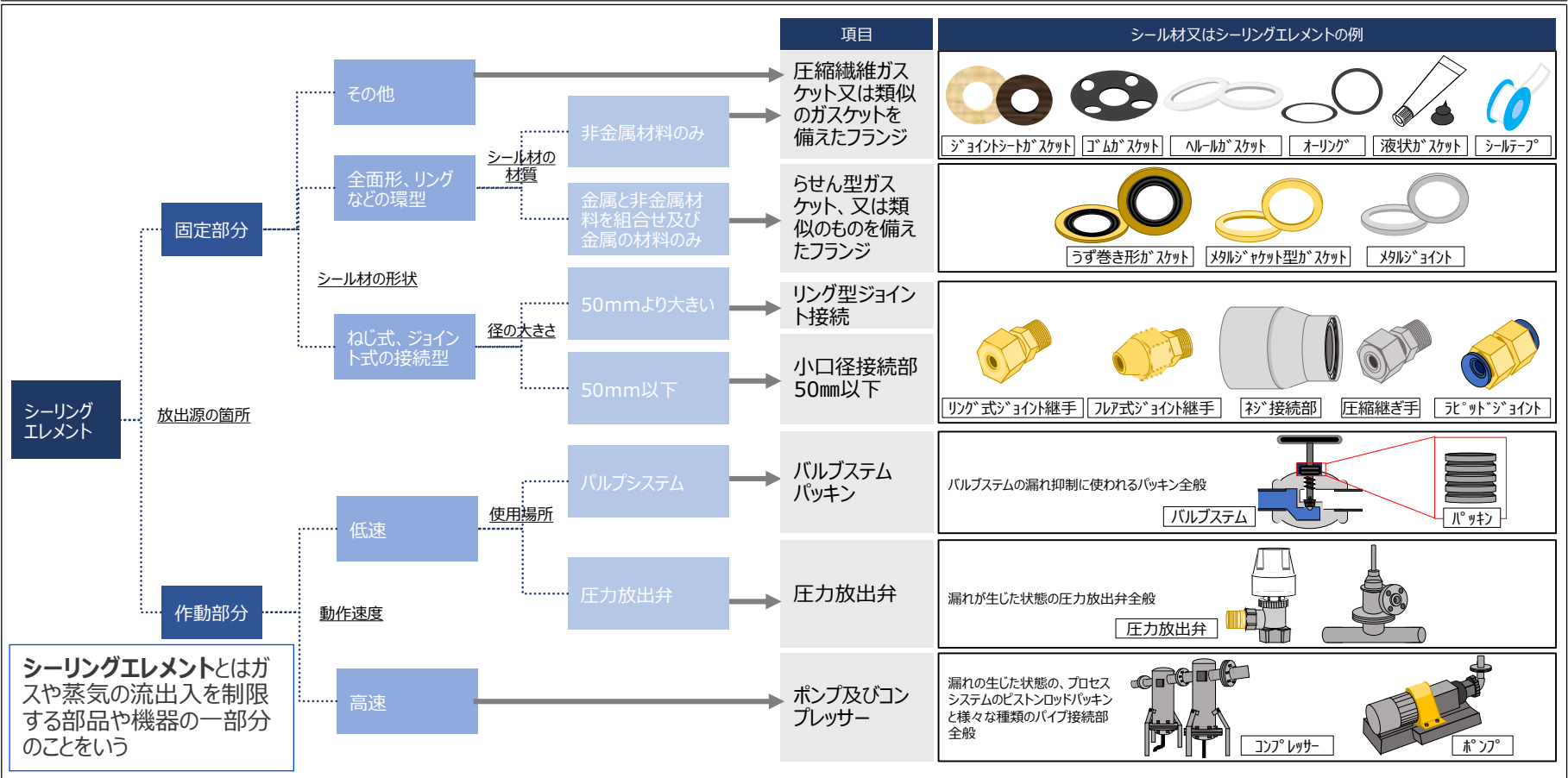
3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.1 ①開口部面積

P.12

第2等級放出源の開口部の項目の選択

- 「表 3.1 第2等級放出源の開口部面積の推奨値」中の項目は、放出源の箇所、シールの形状、材質、径の大きさ、および動作速度や使用場所により、選ぶ。各項目に該当するシール材またはシーリングエレメントの例を示す。



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

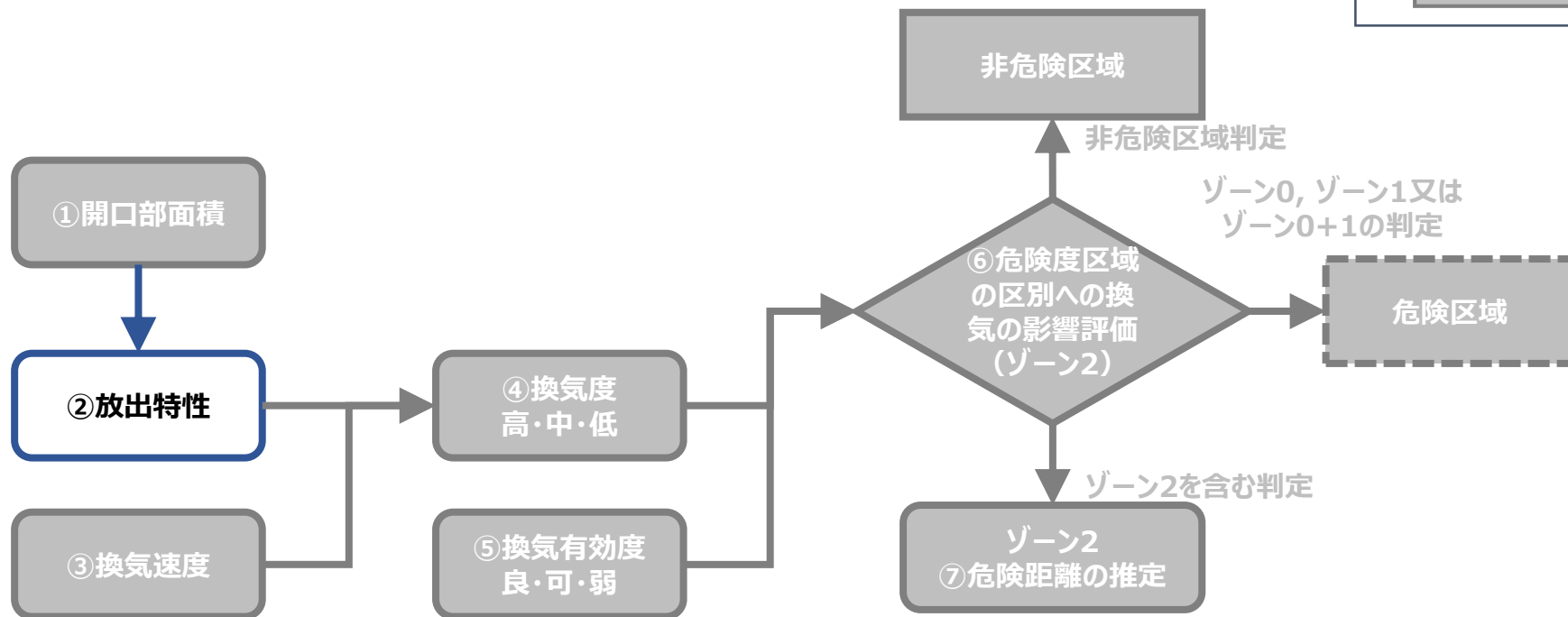
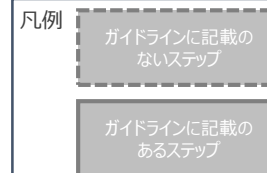
3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

放出係数 C_d の求め方

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



3.危険度区域の分類のためのリスク評価



3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

放出係数 C_d の求め方

- 放出係数^{*1} C_d は、オリフィス（開口部/穴）の用途（機能）および形状により、値を求められる。

<p>オリフィスとは、通常、バルブ等の開口部で気体・液体が放出する穴のことをいう。但し、ここでは、シーリングエレメントやフランジのような、配管の接手にできた隙間、小さな放出口を示すこともある。</p>	ガイドライン記載	丸みを帯びたオリフィス	鋭い形のオリフィス
	解釈 ^{*2}	ポンプ設備のバルブ等の気体・液体の放出調整をする機能のための開口部/穴	シーリングエレメントやフランジ等、配管の接手部分にできた隙間、小さな放出口
	形状の説明	規則的な形状	不規則な形状
	開口部/穴の形状サンプル	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">円</div> <div style="text-align: center;">四角</div> </div> 	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">線(隙間や傷)</div> <div style="text-align: center;">星型(亀裂)</div> </div> 
	放出係数 C_d	<p>0.99 の値をとるのが一般的</p> <p>※ 0.95~0.99 値が大きいほど危険リスクは高く、対策としては安全側の判断である^{*3}</p>	<p>0.75 の値をとるのが一般的</p> <p>※ 0.50~0.75 値が大きいほど危険リスクは高く、対策としては安全側の判断である^{*3}</p>
	放出率の算出式例	$\text{放出率 } W_g = 0.99 \times SP \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}$	$\text{放出率 } W_g = 0.75 \times SP \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}$

^{*1}P.25-35の事例中の「放出定数」は「放出係数」と同義である。^{*2}出典：IEC 60079-10-1 Edition 2.0 2015-09 Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres. ^{*3}危険側の値を用いる場合は、その根拠を明示すべきである。

3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）, 3.2 液体放出等の放出率の評価

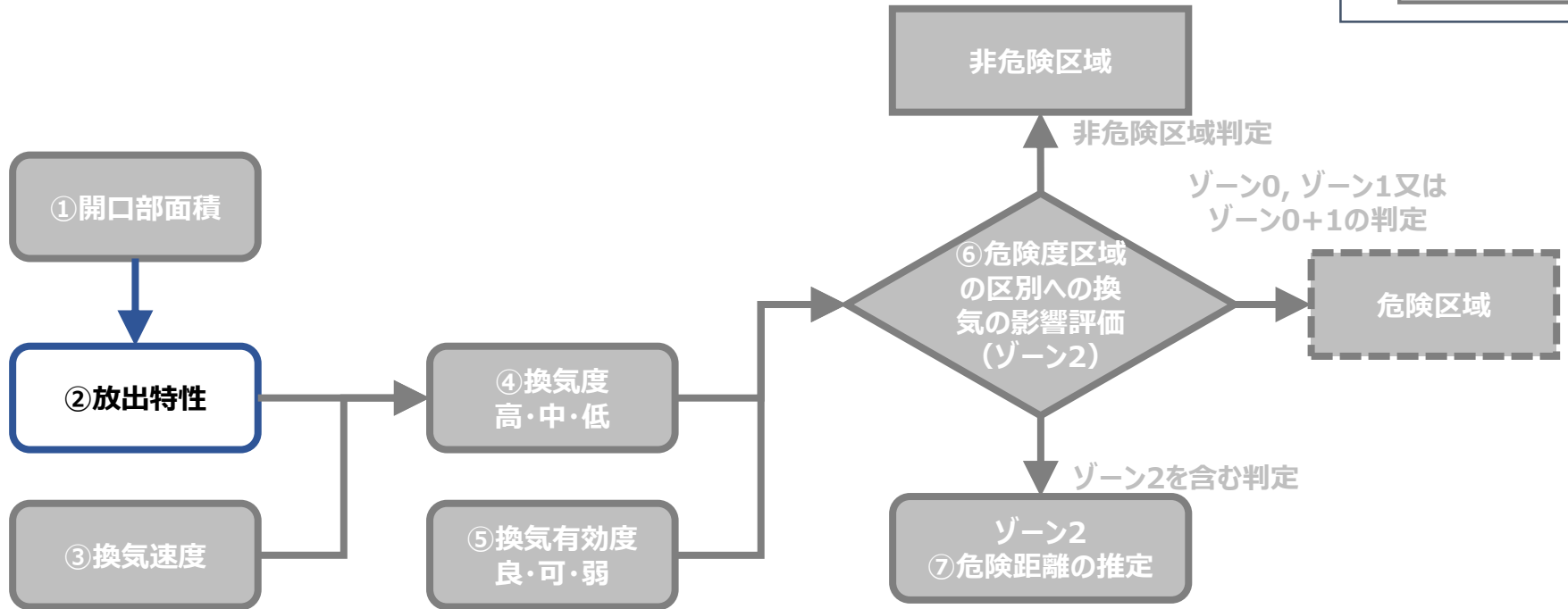
3.1.2 ②放出特性と放出率(ガス又は蒸気の放出), 3.2.1 液体放出の放出率, 3.2.2 蒸発プールの放出率, 3.2.3 ガス又は蒸気の放出（垂音速放出）

P.14,20,21

放出率を求めるために使用する式を選択

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

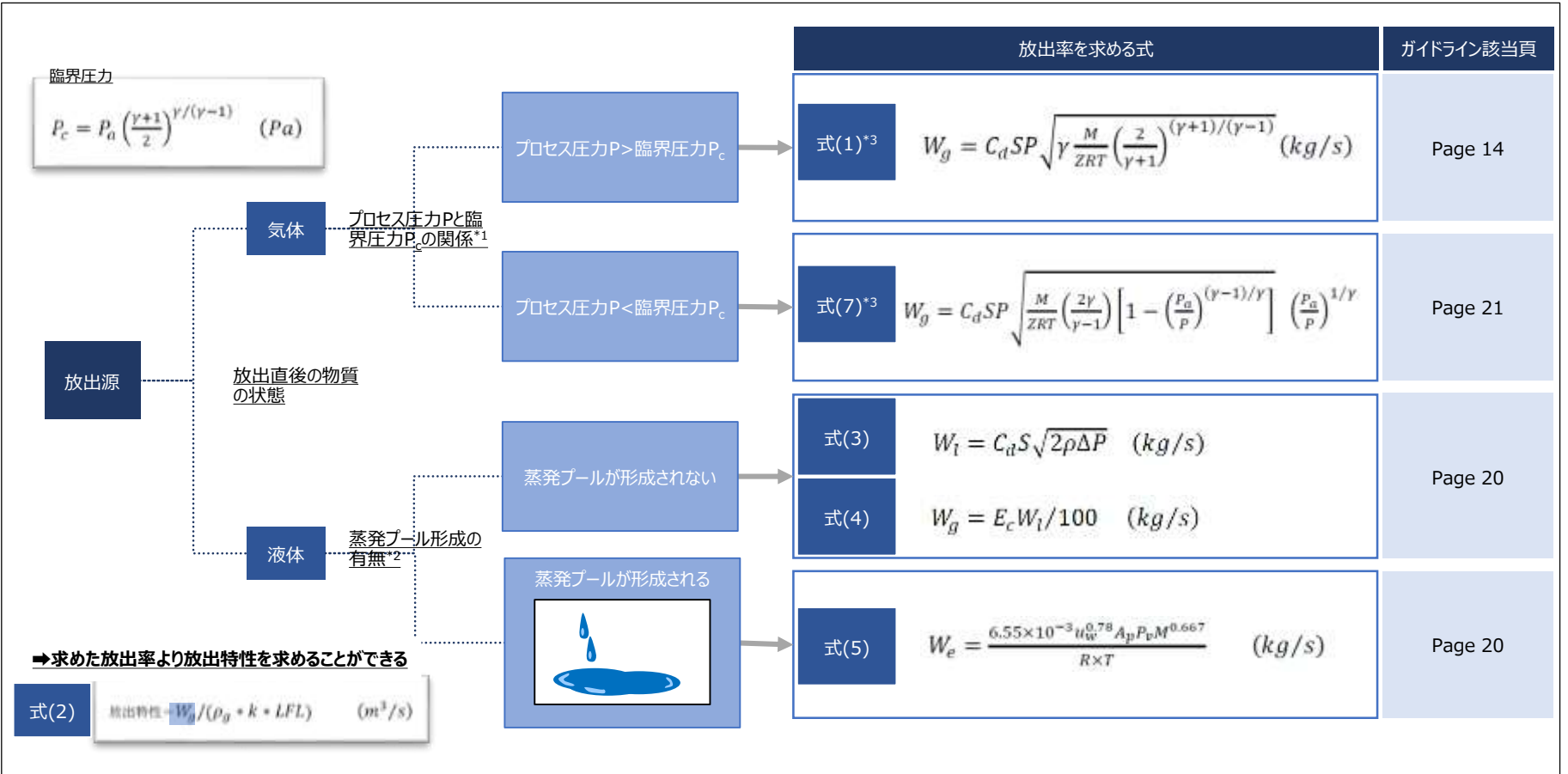
3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）、3.2 液体放出等の放出率の評価

3.1.2 ②放出特性と放出率(ガス又は蒸気の放出), 3.2.1 液体放出の放出率, 3.2.2 蒸発プールの放出率, 3.2.3 ガス又は蒸気の放出（垂流速放出）

P.14,20,21

放出率を求めるために使用する式の選択

- 放出率を求める式は、放出源における**放出直後の物質の状態、プロセス圧力、蒸発プールの形成の有無**により、選択する。放出率と式(2)を用いて放出特性を求める。



*1プロセス圧力は臨界圧力より高いことがほとんどである。式(1)を用いる方が危険リスクを高く評価することになり、対策としては安全側の判断である。*2噴出した液体が地面に落ちた場合でも、流れにより廃液溝に到達する場合等については蒸発プールの評価をしなくても良い場合がある。ただし、トレーが設置されている場合あるいは地面形状によっては液が溜まる可能性が考えられる場合は、蒸発プールの放出率も評価する。*3圧縮因子Zについては防爆ガイドラインp.14, l.17を参照する。 13

3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

ガスの密度の求め方

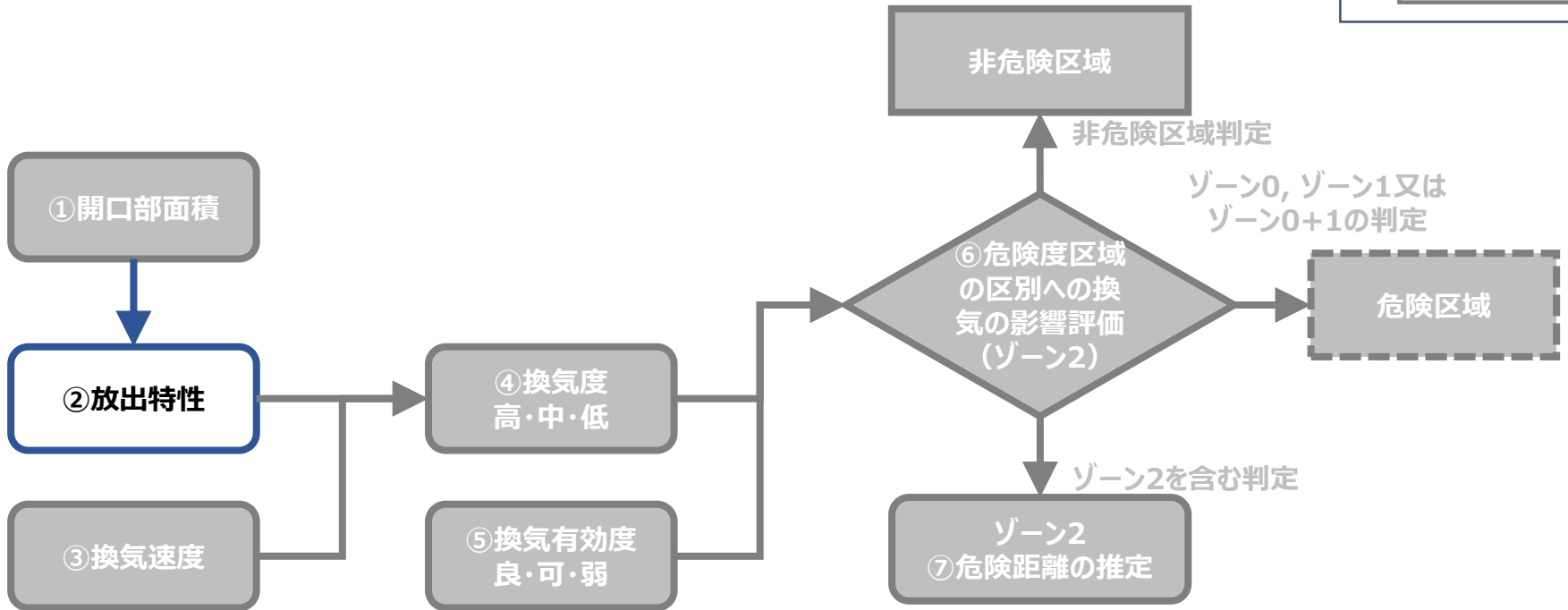
- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

凡例

ガイドラインに記載のないステップ

ガイドラインに記載のあるステップ



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

ガスの密度の求め方

- 式を使い「ガスの密度 ρ_g [kg/m³]*1」の値を求める

$$\rho_g = \frac{P_a M}{R T_a}$$

is the density of the gas (kg/m³);

※IEC60079-10-1:2015 B.7.2.3.3より

パラメータ	名称	単位	値の求め方
P_a	大気圧	Pa	固定値として、 101325(Pa)を使用
M	分子量	kg/kmol	評価対象の特性値を使用
R	気体定数	J/kmol K	固定値として、 8314(J/kmol K)を使用
T_a	雰囲気温度	K	評価場所の値を使用

求めたガスの密度 ρ_g を後
続計算に使用する

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g} \left(m^3 / s \right)$$

$$\text{放出特性} = W_g / (\rho_g * k * LFL)$$

*P.25-35の事例中の「放出ガス密度」は「ガスの密度」と同義である。

3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

燃焼下限界LFLから安全率の値の求め方

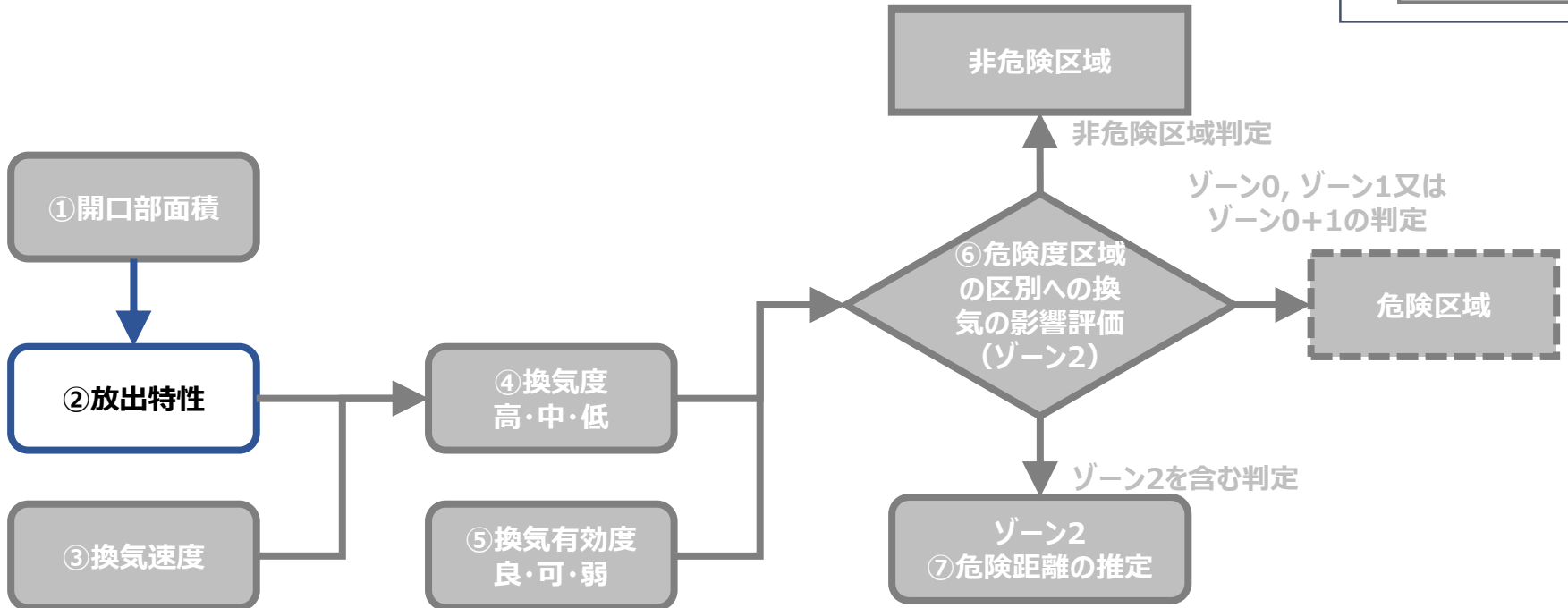
- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

凡例

ガイドラインに記載のないステップ

ガイドラインに記載のあるステップ



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

燃焼下限界LFLから安全率の値の求め方

- 取り扱う物質の燃焼下限界LFL(vol/vol)を調査し、安全率(k)の値の求める。
求めた燃焼下限界LFL(vol/vol)と安全率(k)の値と式(2)を用いて放出特性を求める。

式(2) $放出特性 = W_g / (\rho_g * k * LFL) \quad (m^3/s)$

取り扱う物質の
燃焼下限界
(LFL)を調査

LFLの値が不明

No(値を取得)

LFLの値は実験等
により取得

Yes

k=1.0

Yes(不明)

No

混合物であり、
LFLの値をモデル計
算で取得

Yes

k=0.8~1.0
値が小さいほど危険リスクは高く、対
策としては安全側の判断になる*1

※モデル計算は
ガイドラインp.30を参照

No

LFLが正確ではないと考えられる場合
0.5で設定される

k=0.5~0.8
値が小さいほど危険リスクは高く、対
策としては安全側の判断になる*1

燃焼下限界(LFL)は以下より調査

- 厚生労働省：職場の安全サイト内安全データシート
https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/pg/GHS_MSD_FND.aspx
- 労働安全衛生総合研究所：ユーザーのための工場防爆設備ガイド(TR-No.44)
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/tr/TR_No44.pdf#zoom=100
- Aspen社のデータバンク

*1危険側の値を用いる場合は、その根拠を明示すべきである。

3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

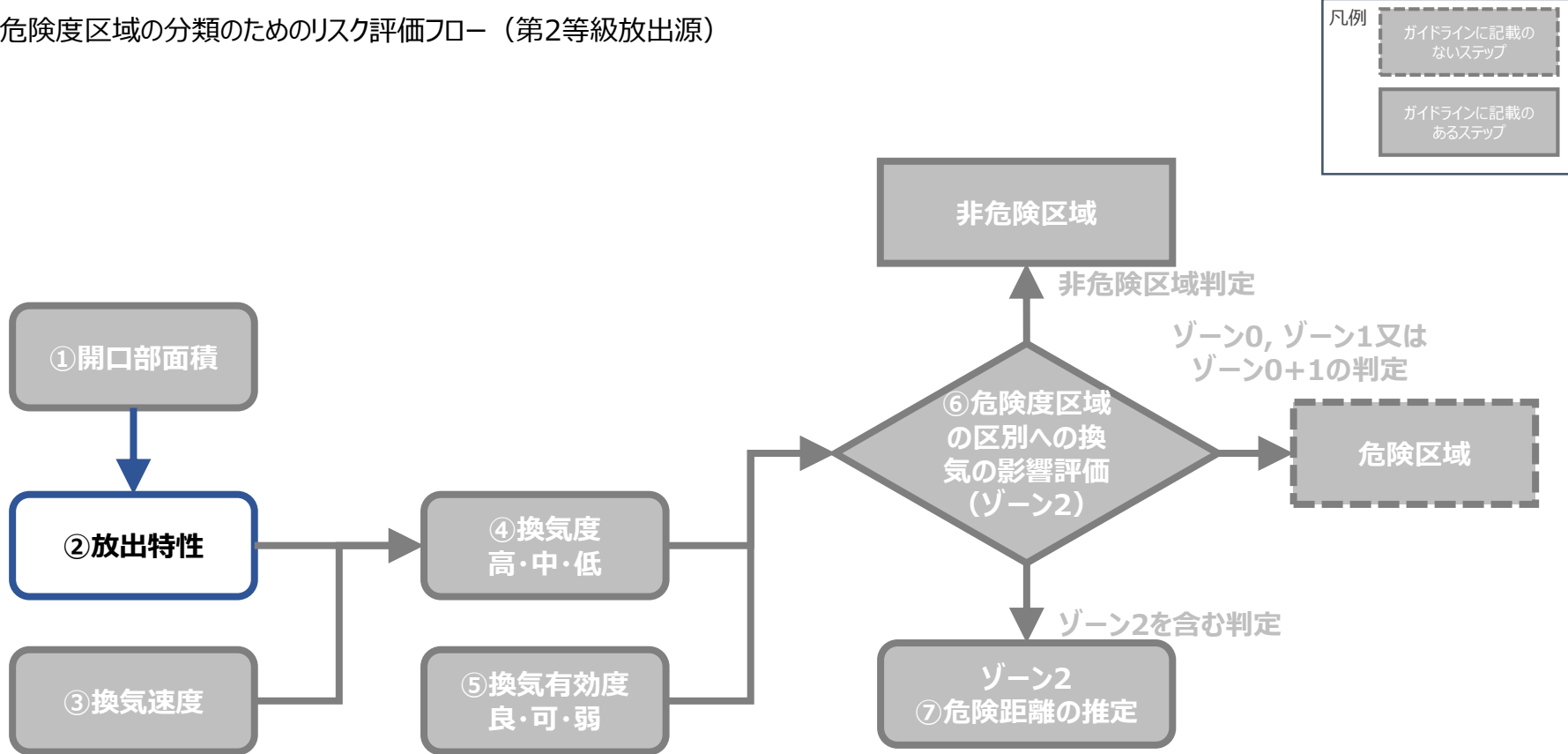
3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）、3.1.7 ⑦危険距離の評価法

P.14,19

危険度区域分類事例Excelファイルの紹介

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.7 ⑦ 危険距離の評価法

P.14,19

ガスの噴出の形態の判断

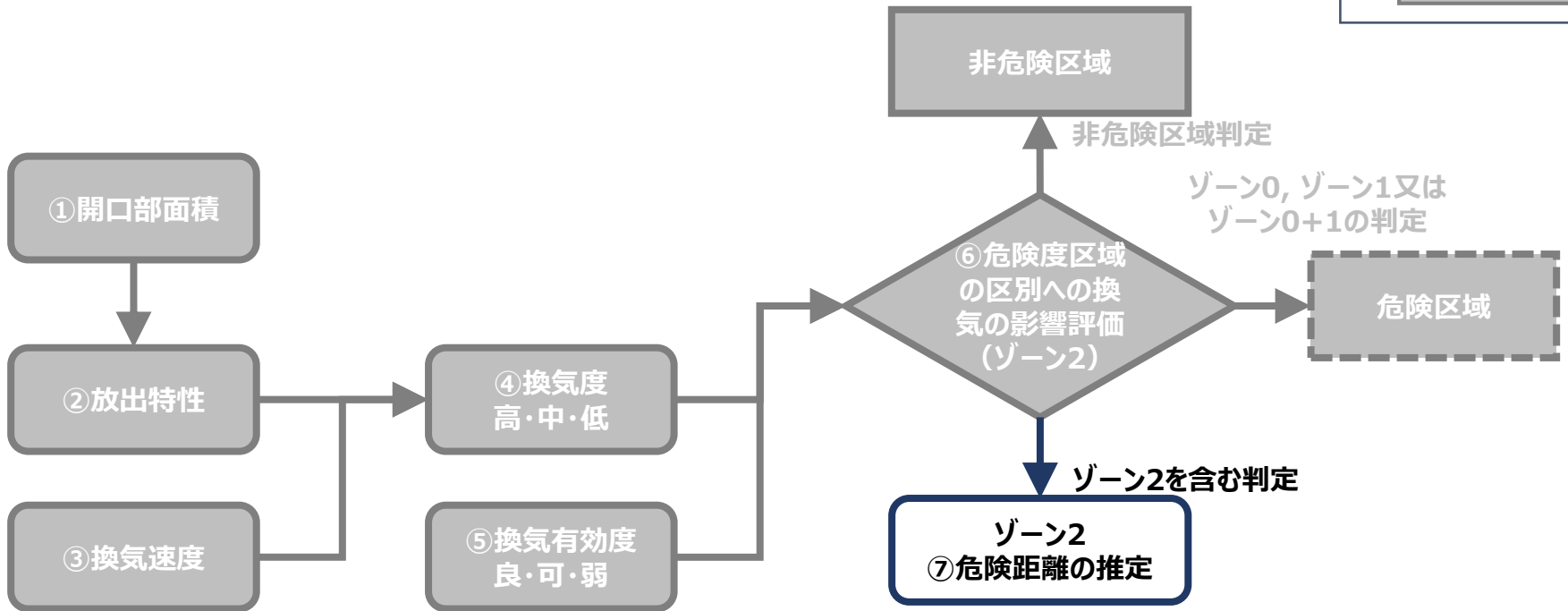
- 「⑦危険距離の推定」ステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

凡例

ガイドラインに記載のないステップ

ガイドラインに記載のあるステップ



3.危険度区域の分類のためのリスク評価

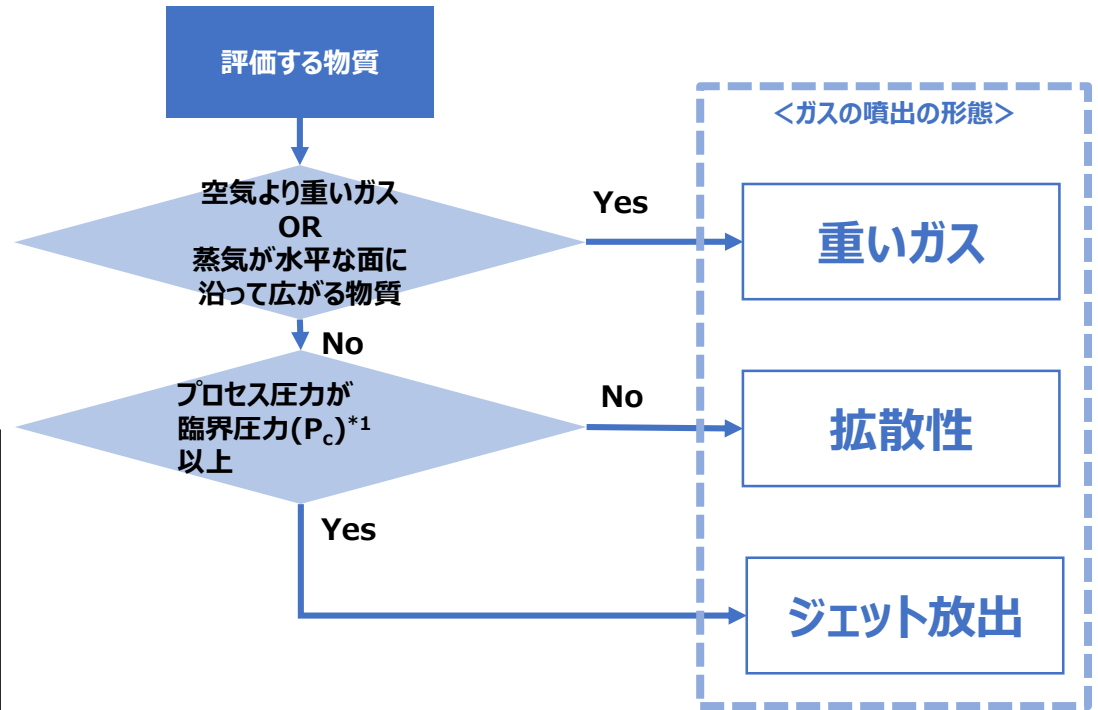
3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

3.1.7 ⑦ 危険距離の評価法

P.14,19

ガスの噴出の形態の判断

- 危険距離を評価する際に必要な「ガスの噴出の形態」を下記の判断により分類できる。



*1臨界圧力(P_c)の求め方

P_aとγを使用

P_a(Pa) : 大気圧(101,325Pa)

γ : 比熱比(無次元)

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma+1}{2} \right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (Pa) \quad (6)$$

4. 危険区域の見直し事例

危険区域の見直し事例① 1/2

(2021.03掲載)

企業/事業所名	JSR株式会社 / 千葉工場	事業種類	石油化学	総面積	約22.1万m ²
概要	<ul style="list-style-type: none"> 工場全体（4プラント）の危険区域を再評価し、危険区域を大幅に縮小する見込み（工場全体に占める割合34%→2%見込み） 設定が完了した1プラントでは、稼働中プラントの上空のドローン飛行を実施、今後は、非防爆のタブレット端末を使った点検記録システムの導入を予定 				
見直しの目的	ドローン飛行（プラント全体撮影・設備点検）、非防爆タブレット端末利用（点検記録システム導入）	対象エリア	工場全体	見直し状況	1プラント完了 3プラントは2021/3完了予定

危険区域見直し前

現場の問題

- 稼働中プラント上空はドローン飛行ができない
 - プラント全体を俯瞰的な点検がしたい
- 点検記録を紙ベースで点検現場に持ち込まなければならない
 - 作業員は現場で記入後、事務所に持ち帰り、記録用紙として保管するため**作業負荷が大きい**
 - 防爆仕様のタブレット端末の導入コストが高額になる**
- プラント構内コミュニケーションはページング装置しか利用できない
- 現場作業のマニュアル、作業指示書も紙ベースで**持ち込み、確認**する必要がある

危険区域見直し後

変化・期待効果

- ドローン飛行可能な範囲を拡張、点検の範囲を追加、拡大**
 - 稼働中プラント上空をドローン飛行し、**プラント全体を俯瞰的に撮影**できる
 - 従来は危険区域だったエリアの中より、**設備至近から撮影、より鮮明な画像**を取得できる
- 点検記録システムを導入**
 - 非防爆仕様のタブレット端末を利用可能になり**導入コスト削減**
 - 点検記録の入力、管理業務をペーパーレス化、作業者の**作業効率の向上、点検記録データの活用可能性の向上**も期待
- 非防爆仕様のコミュニケーションツール、ウェアラブル端末**なども利用可能になり、作業員、点検の**現場作業をサポート、ヒューマンエラーの抑止**に期待
 - マニュアル、作業指示書なども**電子データで閲覧**、ベテランによる**遠隔からの指導**などを想定



危険区域の見直し事例① 2/2

(2021.03掲載)

企業/事業所名

JSR株式会社 / 千葉工場

事業種類

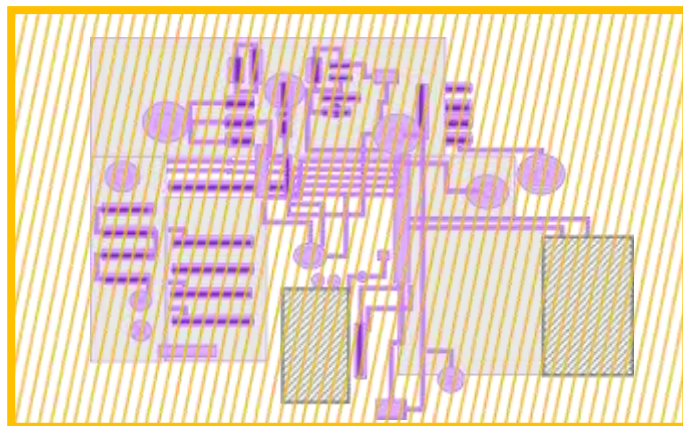
石油化学

総面積

約22.1万m²

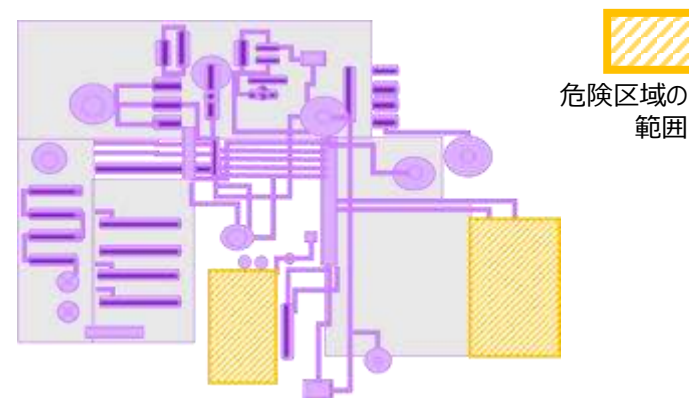
危険区域の評価結果（1プラントの例）

従来の危険区域の範囲



工場電気設備防爆指針に従って、プラント全体を第2類危険箇所に設定

見直し後の危険区域の範囲



「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」に従って、評価した結果、プラント内の**建物の内部のみ**、第2類危険箇所に設定

- ✓ 非危険区域に評価されたエリアも、基本的には、危険な状態が起こりうるエリアである
- ✓ 常時、危険な状態でなく、非正常作業の際の危険のリスクを認識し安全対策をとることにより、非危険区域として作業が可能になった（非防爆の電子機器も利用できる時間ができた）として理解した上で評価に基づき、危険区域を判断した
- ✓ 非危険区域となり、定置型の電子機器も非防爆機器を導入できるようになった。しかし、非正常作業を考慮し、JSR千葉工場の方針として、非危険区域であっても、定置型の電子機器については、防爆仕様の機器を設置することを原則としている

危険区域の見直し事例②

(2021.03掲載)

企業/事業所名	日産化学株式会社 / 富山工場	事業種類	化学工業	総面積	約215.6万m ²
概要	<ul style="list-style-type: none"> 製品倉庫の危険区域を再評価し、危険距離を定めうえで非危険区域を設定した（製品倉庫全体 914.99㎡） 倉庫で、出荷検品システムを利用した製品梱包作業、検品作業のため非防爆仕様のハンディターミナルを導入した 				
見直しの目的	出荷検品システムの利用・ハンディターミナルの利用	対象エリア	製品倉庫	見直し状況	申請完了済み (2019/12)

危険区域見直し前

現場の問題

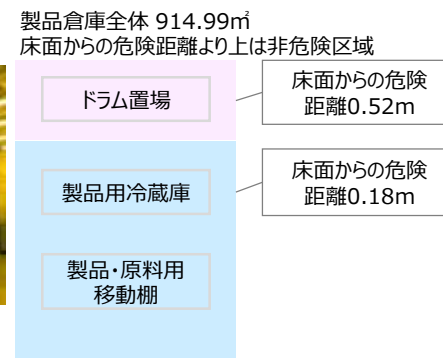
- 出荷検品システム・ハンディターミナルを導入するためには**防爆仕様の機器が必要**
 - 防爆仕様のハンディターミナルは高額、選択できる製品も少ない
- 紙の伝票の管理により、倉庫の受け入れ、払い出し業務
- 作業者のマニュアル作業による誤り、出荷検品時の**チェック漏れが発生**
- 倉庫現場でデータ入力ができず、後から**手入力作業発生**
- 在庫データをリアルタイムで把握できない、精度も低い
 - 在庫精度を上げたい、データをもっと活用したい

危険区域見直し後

変化・期待効果

- 非防爆仕様のハンディターミナルから選択可能になり、**導入コストが削減**
- 倉庫の受け入れ、払い出し業務を**QRコードの読取りで管理できる仕組み***の実現
- ハンディターミナルを使ってQRコードの読み取りにより、**作業ミスの削減・検品精度の向上**
- 作業者の**作業負荷を低減、作業効率を向上**
- 在庫データの活用可能性も**向上**

(参考) コスト削減効果 400万円削減
導入ハンディターミナル 8台
防爆機器：90万円/台 非防爆機器：40万円/台



*Wi-Fiアクセスポイント（非防爆）を従来からの非危険区域に新たに設置し、ハンディターミナルと接続して利用

