

ドローンを活用した点検・維持管理について

ドローン活用に関するこれまでの取り組みについて

- 危険物施設におけるドローンの安全な運用方法については、「**プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン等の送付について**」（平成31年3月29日付け消防危第51号・消防特第49号）により周知。（P7～P10 参照）

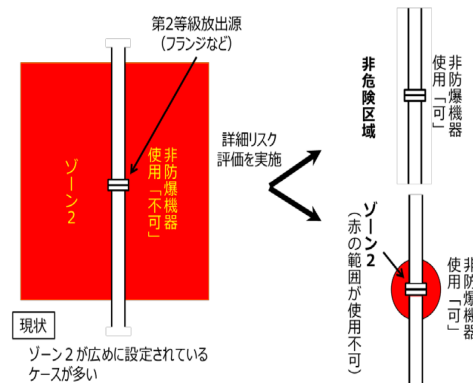
→ 各事業者は、ドローン運用における体制やリスクアセスメント結果をまとめた「**飛行計画書**」を作成し、消防機関等へ資料提出することとされている。

※この取り組みは、石油コンビナート等災害防止3省連絡会議において進めているもの。

- 危険物施設における危険区域の設定・運用については、「**危険物施設における可燃性蒸気の滞留するおそれのある場所に関する運用について**」（平成31年4月24日付け消防危第84号）により周知。（P11～P14 参照）

→ 各事業者は、同通知の「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」に基づく詳細なリスク評価を行い、「**自主行動計画**」を策定することとされている。

※ ガイドラインに基づき、危険区域の設定を見直すことにより、ドローン等の非防爆機器の使用範囲の広がる可能性。



<上記ガイドラインを踏まえた取組例>

- ・ 四日市市消防本部においては、コンビナート事業所におけるドローンの運用について、事業者とともに実証検証を行い、上記2つのガイドラインを踏まえた運用ガイドラインを作成。（参考資料3-3-1及び3-3-2を参照）
- ・ 経済産業省においては、高圧ガス保安法に基づく完成検査や保安検査について、カメラ搭載ドローンによる目視検査の代替が可能となるよう省令や規程の改正を令和2年10月に実施（改正規程の該当箇所は下記のとおり）。
 - 検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えば、ファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）をいう。なお、検査器具類を搭載したドローン等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドラインVer2.0」、「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」等を参考に安全に配慮して行うこと。

(参考) これまでの検証等でドローンやカメラの仕様

○ 目視検査の代替可能性に関する検討結果 (令和2年3月27日公表)

1 ドローン・カメラの仕様 (Flyability社「ELIOS2」)

2 検討の条件 (概要)



項目	性能
サイズ/重量	400mm(球体直径)/1450g
最大飛行時間	10分間
通信距離	最大500m
静止画撮影機能	4000 × 3000
動画撮影機能	4K、FHD 1920 × 1080 赤外線 160 × 120

項目	条件
壁面からの撮影距離	5m(スクリーング飛行)
	2m(精密飛行)
撮影範囲	8.7~11.5m(スクリーング飛行)
	3.5~ 4.6m(精密飛行)
飛行速度	0.5m/s
最低フレームレート(動画)	110.40 fps

○ 国家石油備蓄施設における検討 (資源エネルギー庁・JOGMECより提供)

☞ 目視点検・検査のサポート手段として検討

1 ドローン・カメラの仕様

2 検討の条件 (概要)



<ドローンカメラの仕様>

項目	性能
重量	4.7~6.kg ※ペイロードによる
最大飛行時間	20~40分間 ※ペイロードによる
通信距離	最大5km
静止画撮影機能	5280 x 3956 (2,080万画素)
動画撮影機能	4K: 3840 × 2160 (使用せず)

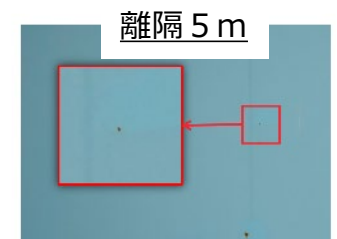
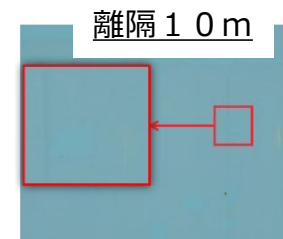
項目	条件
対象からの撮影距離	5m、10m(比較のため)
撮影範囲	3.8~ 5.1m(5mの場合)
	7.6~10.2m(10mの場合)
飛行速度	静止して撮影
撮影画素数	2,080万画素(静止画のみ)

3 得られた知見

- ・ 離隔5m →ミリ単位のサビの確認可
- ・ 離隔10m→センチ単位のサビの確認可
- ・ 離隔10m+ズームレンズ
→ミリ単位のサビの確認可(ただし、画角は狭い)

☞ 撮影対象によって、最適な条件を見つける必要

【参考】
ミリ単位のサビの画像



目視検査の代替可能性に関する検討結果（令和2年3月27日公表）

- 実証実験の結果、ドローンが設備の近傍を飛行し適切な照度を確保しながら撮影することで、鮮明な画像データを取得することができ、目視検査のうち、スクリーニングには十分に代替しうることが分かった。
- さらに、設備内部を飛行する際の通信遮断といった特有のリスクに対しても、必要な機能確保・対策を講じることで、設備内部でも安全に飛行できることが分かった。

実証対象となるタンク



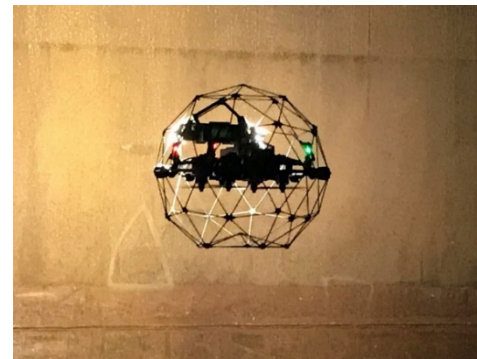
提供：出光興産株式会社

危険物タンクの点検孔に入る様子



使用機体：ブルーイノベーション（Flyability社「ELIOS2」）

設備内点検の様子



考察

検査の観点では、腐食、摩耗、傷、スケール付着、堆積、破損、割れ、変形、ゆるみ、剥離といった不具合の一次検査には、ドローンの画像による代替が可能と考えられる。

他方で、二次検査となる損傷・腐食・変形の定量評価については、ドローンに計測手段がないため、これらについては、別途目的に沿った検査ツールを民間事業者によるドローンの技術開発や実証等により検討していく必要がある。

危険物施設の定期点検について

- 危険物施設の所有者等に対し、施設の位置、構造及び設備が技術上の基準に適合するように維持することを義務付け（消防法第12条）
- 危険物施設のうち、指定数量の倍数が一定以上のものや地下タンクを有するもの等は、1年に1回以上、定期的に点検し、記録を作成・保存することを義務付け（法第14条の3の2）
 - 点検実施者：①危険物取扱者、②危険物施設保安員、③危険物取扱者の立会を受けた者（規則第62条の6）
- 定期点検について、「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」（平成3年5月29日付け消防危第48号）により、施設形態別に標準的な点検表が示されており、**点検方法は主に「目視」とされている。**
 - 定期点検においては、前回の検査・点検後における経年の影響等を考慮し、目視により施設全体の一次的なスクリーニングがなされ、不具合箇所等があれば各種機器による詳細確認や補修等が行われることを想定。
 - * 48号通知の点検表は標準的なものであり、個別の危険物施設における設備構成や自主的な点検項目等に応じ、内容を一部変更したものをを用いることも可能（平成31年4月15日付け消防危第73号）
 - * また、個別の危険物施設における具体的な点検や補修等の方法については、予防規程に定めることとされている。

別記2

{ 製 造 所 } 点 検 表

点検項目	点検内容	点検方法	点検結果	措置年月日及び措置内容	
反 応 装 置	本体部 〔ジャケット、コイル、シール部等を含む。〕	アンカーボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		
		漏えいの有無	目視及びガス検知器等による検知		
		変形、亀裂、損傷の有無	目視		
		塗装状況及び腐食の有無	目視又は計器による肉厚測定		
		ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		
		保温(冷)材の損傷、脱落等の有無	目視		
		ライニング等の状況及び損傷の有無	目視		
		シール部の異音、異常振動、異常発熱の有無	目視		
		断線の有無	目視		
		アース	取付部のゆるみ等の有無	目視	
	接地抵抗値の適否	接地抵抗計による測定			

主に「目視」による点検

「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」（平成3年5月29日付け消防危第48号）による点検表の例

危険物施設の点検におけるドローンの活用に係る論点について（R1第3回検討会）

- ① 危険物施設の点検において、ドローンからの画像を一次的なスクリーニングに使用し、不具合箇所等の把握ができる場合には、当該箇所の詳細確認や補修等が適切に行われることにより、従来と同等の維持管理が可能となるのではないかと。

特に、高所など、目視では見えづらい場所においては、ドローンを活用することにより、不具合箇所等の把握をよりの確に行うことが期待できるのではないかと。

<主な意見>

- 「目視」は作業員の経験が非常に重要であるが、ドローンによる点検は「映像」が主となる。平面的な画像と目視では「従来と同等」とはいえないのではないかと。
 - 従来の目視点検と同等の効果が期待できるためには、鮮明な画像が得られる必要があり、撮影距離や画素数等の定量的な値などについて有効な方策が示せるとよいのではないかと。
- ② ドローンからの画像を点検に活用する場合、不具合箇所等の把握に適した仕様、点検者の技能、事業所における運用要領や実施体制等を明確にする必要があるのではないかと。

<主な意見>

- 運用要領や実施体制等は予防規程や社内規定などに定まってあれば、充分であると考え。危険物施設の所有者等が認める危険物取扱者等が点検実施責任者となればよいと考える。
- ③ また、消防機関においても、ドローンを活用した点検について、予防規程やこれに基づく飛行計画書、自主行動計画等の内容を確認することが危険物保安上有効であることから、円滑な導入・普及に資するため、消防機関への技術的支援が重要ではないかと。

<主な意見>

- 現在は飛行計画書等を確認してはいるが、将来的にドローンの活用が一般的になった時点で、その必要も無くなると考えている。事業所の維持管理のあり方まで意見するのは適当でない。
- 実際にドローンを使用した点検については、今後、危険物施設におけるドローンの活用が増加することも予想できるため、消防機関への技術的支援を行うことは重要と考える。

当面の対応（案） *技術の進展に伴い、随時見直し

【R1第3回検討会の議論を踏まえた考え方】

- ① 危険物施設の点検において、一次的なスクリーニングのため行われている「目視」の補完的な手段として、ドローンからの画像を用いた方法を位置づけることが適当。この場合において、先般の経産省における規程改正と整合性を確保することが適当。
- ② ドローンからの画像を点検に活用する場合、これに適したカメラ等の仕様、点検作業を担当する危険物取扱者等の教育、事業所における運用要領（スクリーニング後の対応を含む。）や実施体制について、飛行計画書や自主行動計画等において明確化のうえ、予防規程に基づく文書として位置づけることが適当。
- ③ ドローンを活用した点検の円滑な導入・普及に資するため、消防機関向けに先行事例の情報提供を行っていくことが重要。

【定期点検に関する指導指針の見直し】

○「製造所等の定期点検に関する指導指針の整備について」（平成3年5月29日付け消防危第48号）を改正し、記の2点検表の整備についての（5）を新設し、次の文言を記載

（5）別記2から別記14までの点検表において、点検方法が「目視」となっているものについては、**検査を実施する者が自らの目視によるときと同等以上の情報が得られると判断した方法（例えば、ファイバースコープ、カメラ、拡大鏡等の検査器具類を使用した結果、目視と同等以上の情報が得られる方法等）で代替しても差し支えない。**この場合において、**措置内容欄に代替方法で実施した旨を記載し、画像を保管すること。**なお、検査器具類を搭載したドローン等を使用する場合は、「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドラインVer2.0」、「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」等に基づく**飛行計画書、自主行動計画を予防規程に基づく文書（添付書類等）に位置づけること。**

製造所 } 点検表
一般取扱所 }

点検内容	点検方法	点検結果	措置年月日及び措置内容
アンカーボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
漏えいの有無	目視及びガス検知器等による検知		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
変形、亀裂、損傷の有無	目視		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
塗装状況及び腐食の有無	目視又は計器による肉厚測定		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
ボルト等のゆるみ等の有無	目視又はハンマーテスト		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
保温(冷)材の損傷、脱落等の有無	目視		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
ライニング等の状況及び損傷の有無	目視		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
シール部の異音、異常振動、異常発熱の有無	目視		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
断線の有無	目視		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
取付部のゆるみ等の有無	目視		〇年〇月〇日 ドローン点検実施
接地抵抗値の適否	接地抵抗計による測定		

【参考】 プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン等の概要

- ドローンの活用により、プラントの保安力や利便性の向上が期待される一方、**防爆エリア への進入及び設備への落下等を防ぎ、安全な利活用方法を普及させることが重要。**
- このため、消防庁、厚生労働省、経済産業省と共同で開催している「石油コンビナート等災害防止3省連絡会議」において、コンビナート内等でドローンを安全に活用・運用をするための**特有の課題や条件などについて整理し、事業者がプラント内においてドローンを安全に活用・運用するために留意すべき事項等を整理した「ガイドライン」及び実証実験や国内外企業の先行事例を掲載した「活用事例集」**をとりまとめ。



経済産業省において実施された実証試験の様子

「プラントにおけるドローンの安全な運用方法に関するガイドライン等の送付について」（平成31年3月29日消防危第51号・消防特第49号）により、ガイドライン及び活用事例集とともに、留意事項を消防機関及び関係事業者団体へ通知。

＜留意事項＞

- 石油コンビナート等の危険物施設以外の危険物施設においてドローンを使用する場合も、ガイドラインを参考に運用されたいこと。
- ドローンによる危険物施設の点検や災害時の現場確認等は、予防規程に定めることとされている「危険物の保安のための巡視、点検及び検査」や「災害その他の非常の場合に取るべき措置」等に該当するものであることから、危険物施設の所有者等において作成された飛行計画書については、予防規程の関連文書として位置付けることとして運用されたいこと。また、予防規程の作成義務のない場合においても、ドローンの飛行に伴う危害防止の観点から、安全管理に関する社内規定やマニュアル等に飛行計画を位置付けるとともに、消防機関に情報提供することが望ましいこと。

背景・目的及び適用範囲

● 背景・目的

現在、一部のプラントにおいて、ドローンは試験的に利用され始めているものの、安全に活用するための指標や方法が提示されていないこともあり、本格的な活用には至っていない状況にある。

本ガイドラインは、プラント内等でプラント事業者がドローンを安全に活用・運用するための留意事項を整理したものである。

● 適用範囲

コンビナート等の石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラント内において、カメラ等を装備したドローンの飛行を行い、カメラによる撮影等を行う行為を対象とする。なお、ドローンを飛行させるエリアは、そのプラント事業者の管理下にある私有地の屋外を対象とし、プラント事業者の管理下にはないエリアは含まないものとする。

● 関連法令の適用

ドローンの活用にあたっては、航空法や電波法等の規制の下、実施する必要がある旨明記するとともに、国土交通省が定める「無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン」や「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行のルール」等も活用する必要がある旨記載。

①通常運転時（リスク対策）

- ガイドラインには、リスクアセスメントの結果を踏まえ、飛行目的、飛行ルート等に応じて適切にリスク対策を実施することが望ましいと記載。

爆発性雰囲気生成の可能性がなく火気の制限がないエリアにおけるリスク対策の例

- (a) 飛行前、飛行当日におけるプラント入構者への、ドローン飛行の実施及び飛行ルートに関する周知の徹底
- (b) 飛行ルート上の作業員、交通量に応じた適切な監視体制下での実施
- (c) 悪天候時、一定の風速を超えた場合の作業中止
- (d) 磁気センサー、GPSの不感地帯及び通信輻輳等による電波利用環境の悪化時及びその他不具合発生時に危機回避機能（フェールセーフ機能）が正常に作動するための対策
 - ・ドローンで使用する電波を良好に受信できない場合には、離陸地点若しくは電波を良好に受信できる地点まで自動的に戻る機能（自動帰還機能）又は電波を良好に受信できるまでの間は空中で位置を維持する機能が作動すること
 - ・GPS等の電波を良好に受信できない場合には、その機能が復帰するまで空中で保持する機能、安全な場所に自動着陸を可能とする機能又はGPS等以外により位置情報を取得できる機能が作動すること
 - ・電池の電圧、容量又は温度等に異常が発生した場合に、発煙及び発火を防止する機能並びに離陸地点まで自動的に戻る機能若しくは安全な自動着陸を可能とする機能

左記に加え、爆発性雰囲気生成の可能性のあるエリア近傍や火気の制限があるエリアの近傍における追加のリスク対策の例

※プラント内での飛行環境に応じ、下記一般的な対策に加え、複数の対策を組み合わせることが望ましい

- (a) 一般的な対策
 - ・風速等による明確な飛行中止条件の設定
 - ・飛行中止判断者の配置
 - ・保安道路等、非危険なエリアでの離着陸の実施
- (b) ドローンが落下した場合においても、爆発性雰囲気生成の可能性のあるエリアや火気の制限があるエリアに侵入しないための対策
 - ・風況、飛行高度等に応じた危険なエリアとの離隔の想定
 - ・風速の監視・連絡体制の確保
- (c) ドローンが安全な航行が困難になった場合に、暴走させないための対策
 - ・飛行を継続するための高い信頼性のある設計及び飛行の継続が困難となった場合に機体が直ちに落下することのない安全機能を有する設計がなされている機体を用いること
 - ・より高い技術を有する操縦士による操縦の実施
 - ・安全に不時着させる位置を事前に決めておくこと
- (d) ドローンが落下し、爆発性雰囲気生成の可能性のあるエリアや火気の制限があるエリアに侵入した場合に備えたリスク対策
 - ・事前のガス検知の実施
 - ・防火・消火体制の確保
 - ・衝撃等に強いバッテリーの選定

②設備開放時

- ガイドラインでは、設備開放時を爆発性雰囲気を生成する可能性がなく、火気の使用制限がない状態と定義し、ドローンを飛行させることができると記載。
- 設備開放時におけるプラントでのドローンの活用にあたっては、通常運転時と同様の流れに沿って実施することが望ましいと記載。
- 一方、通常運転時の設備が隣接する場合には、通常運転時の状態に示したリスク対策の事項を考慮することが望ましいと記載。
- また、飛行計画の立案にあたっては、隣接する通常運転時の設備に注意を払いながらリスクアセスメント及びリスク対策を実施することが望ましいと記載。

③災害時

- 災害時の活用に当たっては、事前に災害時の飛行計画を立案し、活用の手順等を精査するとともに、その飛行計画が災害時の諸活動の妨げ等にならないよう、十分に安全を確保しうる内容であることを確認しておくことが重要である。
- 活用時は、地震等の災害による設備の損傷により危険物の漏えいやガス漏れ等の副次的リスクにも十分に注意することが重要であり、また、活用後はドローンの飛行記録を作成することが望ましいと記載。

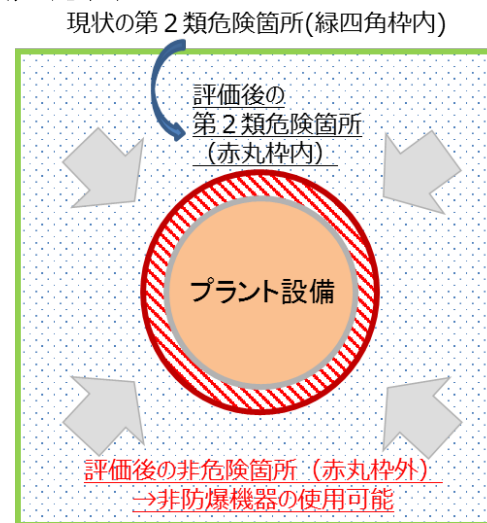
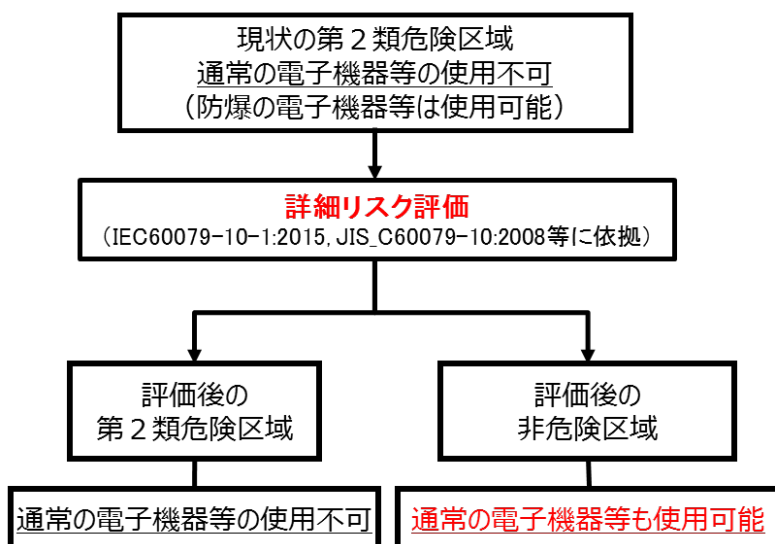
【参考】危険物施設における可燃性蒸気の滞留するおそれのある場所に関する運用

- 危険物施設において、可燃性蒸気の滞留するおそれのある場所（以下「危険区域」という。）で用いる電気設備・器具については、防爆構造と有するものとする必要。
- 危険物施設における危険区域の設定については、電気事業法令の例により、JIS C 60079-10（爆発性雰囲気中使用する電気機械器具—第10部：危険区域の分類）に基づき運用。先般、この規格が準拠しているIEC60069-10が改訂されたことから、経済産業省において有識者等から構成される検討会が開催され、消防庁も参画。
- 当該検討会において、「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」が策定され、ガイドラインに沿って危険区域を設定する際の事業所における「自主行動計画」の例がとりまとめられた。



「危険物施設における可燃性蒸気の滞留するおそれのある場所に関する運用について」（平成31年4月24日消防危第84号）により、ガイドライン及び自主行動計画とともに、留意事項を消防機関及び関係事業者団体へ通知。

ガイドラインにおける危険区域の設定方法のイメージ

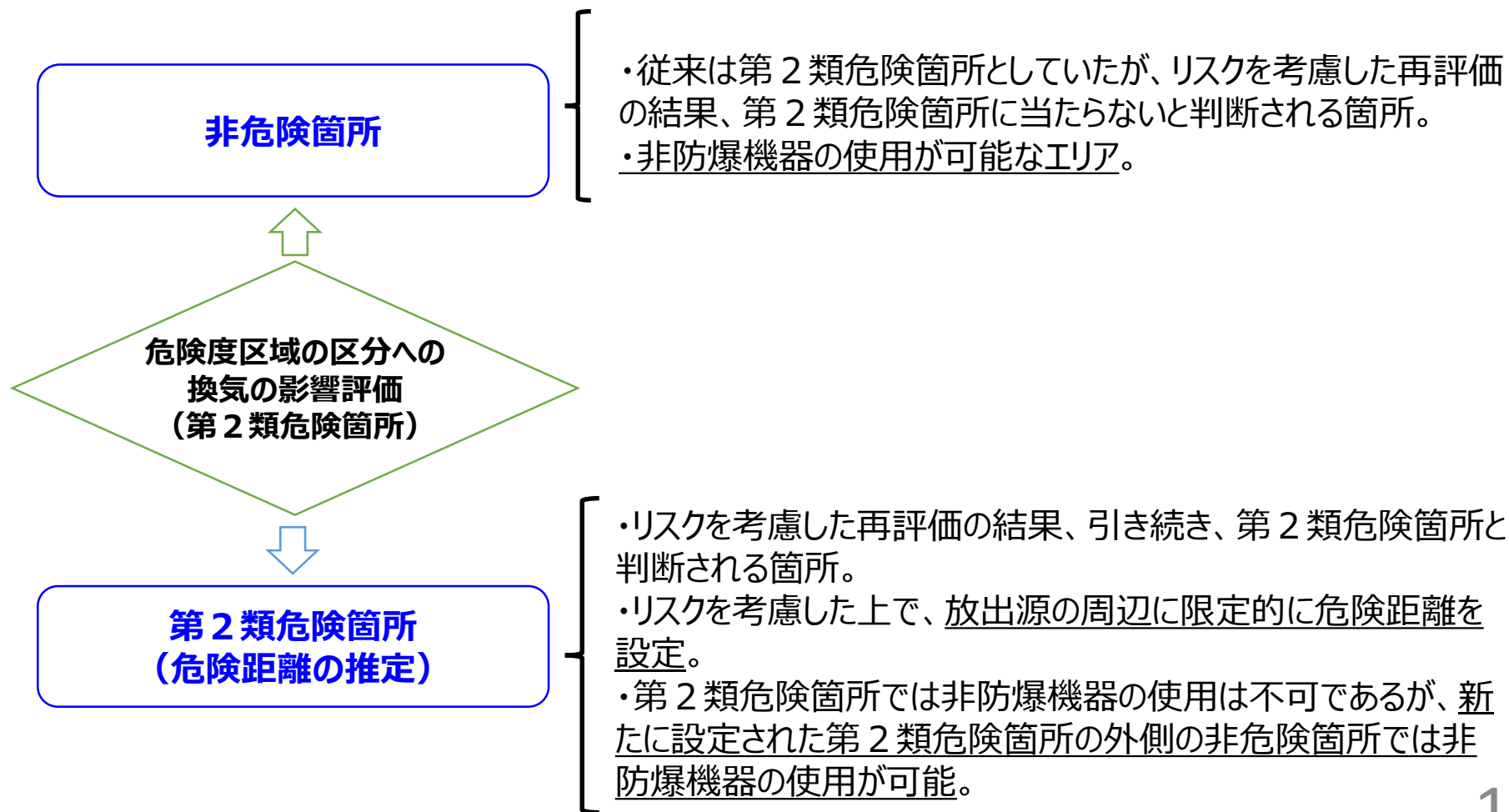


<留意事項>

- 1 ガイドラインにおいては、危険物施設の通常運転時における危険区域の設定方法が示されていること。また、危険区域の種別としては、「電気機械器具防爆構造規格」（昭和44年労働省告示第16号）や「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）」（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）等、国内の防爆に関する基準等において示される第二类危険箇所（通常の状態において、爆発性雰囲気を生ずる可能性が少なく、また生成した場合でも短時間しか持続しない場所）に相当するものであること。
- 2 危険区域の設定対象となる設備・配管等の周囲において、当該危険区域外に固定式の非防爆機器を設置する場合には、危険物が流出して可燃性蒸気が滞留する事態に備え、非防爆機器への通電を緊急に遮断できる装置（緊急遮断装置）やインターロックを設ける等の措置を講ずること。また、事故発生時の応急措置や緊急遮断装置の操作方法等について、従業員への教育を徹底すること。
なお、機器の設置工事に係る手続については、「製造所等において行われる変更工事に係る取扱いについて」（平成14年3月29日付け消防危第49号）に基づき、運用されたい。
- 3 火災や流出事故が発生した場合には、危険区域外であっても、予期せぬ場所に可燃性蒸気等が滞留しているおそれがあることから、可搬式の非防爆機器の使用に当たってはガス検知器等により安全を確認すること。
- 4 センサーやタブレット等を用いた危険物施設の点検や災害時の現場確認等は、予防規程に定めることとされている「危険物の保安のための巡視、点検及び検査」や「災害その他の非常の場合に取るべき措置」等に該当するものであることから、危険物施設の所有者等において作成された自主行動計画については、予防規程の関連文書として位置付けることとして運用されたいこと。また、予防規程の作成義務のない場合においても、非防爆機器の使用に伴う危害防止の観点から、安全管理に関する社内規定やマニュアル等に自主行動計画を位置付けるとともに、消防機関に資料提出を行わせること。

<ガイドラインの概要>

- ・最新のIEC規格を用い、放出源の周辺のリスクをより正確に評価する。
- ・具体的には、漏洩孔面積、放出特性、換気速度、換気度等からリスクを評価し、危険箇所及び非危険箇所を設定する。



<ガイドラインの概要>

非危険箇所の評価フロー（IEC規格に準拠）

