

検討概要

各保安分野では新技術の導入が進展しており、我が国の高経年化が進んだ大規模な屋外貯蔵タンクの点検においても安全性、効率性を高める新技術の導入により効果的な予防保全を行うことなど、スマート保安の実現が期待されています。

屋外貯蔵タンクの側板上部など高所の点検は、従来から目視点検を中心に実施されてきたところですが、詳細な点検を行うには、仮設足場やゴンドラ等の設置が必要であり、安全面や費用面に関する課題が残されていました。

近年、各種インフラ構造物等に対しては、撮影・測定機器等を搭載したドローンを活用した点検の導入により、点検作業の高度化、効率化に大きく寄与しています。

従来、屋外貯蔵タンク周囲には危険区域が設定されており、防爆型の製品開発が進んでいないドローンを維持管理点検に導入することは難しい状況であったところ、令和3年度に消防庁で開催した検討会において、定常時の屋外貯蔵タンクの周囲(タンク直上3mまでの範囲、溜めます部は除く。)には、引火・爆発危険のある濃度の可燃性蒸気は滞留しないことが確認され、「屋外貯蔵タンク周囲の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」(令和4年8月4日付け消防危第175号)により、一定の条件下においては、屋外貯蔵タンク周囲は危険区域に該当せず、ドローンその他の可搬式の非防爆構造の電気設備・器具の使用が可能となりました。

このような状況を踏まえ、大規模な屋外貯蔵タンクの維持管理の高度化、点検作業のスマート化に向け、新技術のうちドローン等を活用した効果的な予防保全に係る検討を実施しました。

検討体制

《学識経験者》

田所 諭 東北大学 大学院 情報科学研究科 教授

座長

辻 裕一 東京電機大学 工学部 機械工学科 教授

山田 實 危険物保安技術協会 事故防止調査研修センター 総括調査役
(元 横浜国立大学 安心・安全の科学研究教育センター 客員教授)

《消防関係》

瀬上 哲也 横浜市消防局 予防部 保安課長

江藤 義晴 四日市市消防本部 予防保安課長

西 晴樹 総務省 消防庁 消防研究センター 火災災害調査部長

《オブザーバー》

関連業界団体

経済産業省 産業保安グループ 高圧ガス保安室

厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 化学物質対策課

検討スケジュール

【第一回検討会】(令和4年8月17日)

・検討の背景と進め方

【第二回検討会】(令和4年10月3日)

・課題の整理と解決方法に係る検討
・第一回実証実験方法の検討

【第一回実証実験】(令和4年11月8、9日)

【第三回検討会】(令和4年12月16日)

・第一回実証実験結果
・第二回実証実験方法の検討

【第二回実証実験】(令和5年1月24日)

【第四回検討会】(令和5年3月7日)

・第二回実証実験結果
・報告書(案)及びガイドライン(案)について



ドローンを活用した点検困難部位の点検イメージ



ドローン導入に向けたこれまでの取組み

「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」(初版:令和元年3月)

※ 石油コンビナート等災害防止3省連絡会議(総務省消防庁、経済産業省、厚生労働省)において、コンビナート等の石油精製、化学工業等のプラント内等において、カメラ等を装備したドローンを安全に活用・運用するための留意事項を整理

危険物施設の定期点検で、目視点検を行うこととしている項目について、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であれば、カメラ等の機器を使用することで目視の代替として活用できること、並びに当該機器を使用する際にドローンを活用する場合の留意事項について周知を行った。(令和3年3月26日付け消防危第43号)

しかしながら、防爆型ドローンの開発は進んでおらず、通常のドローンは従来から設定されている危険区域内に進入することができず、タンクから離れた位置でしかドローンの飛行ができなかった。

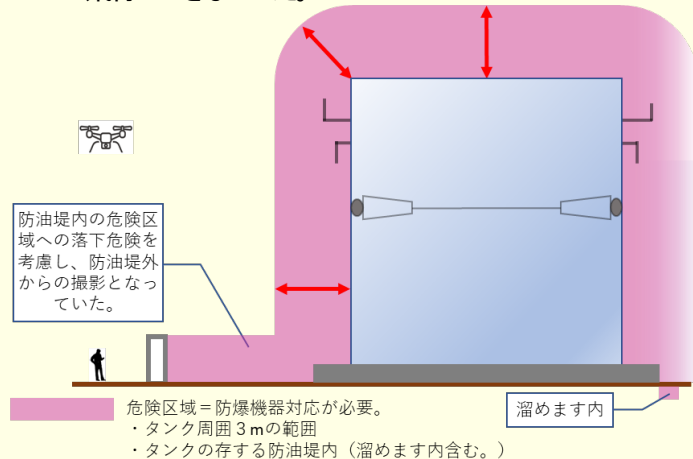


図1 従来の危険区域の例

「屋外貯蔵タンク周囲の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」(令和4年8月4日付消防危第175号)

により、屋外貯蔵タンク周囲で、ドローンその他の可搬式の非防爆構造の電気設備・器具を使用することが可能に

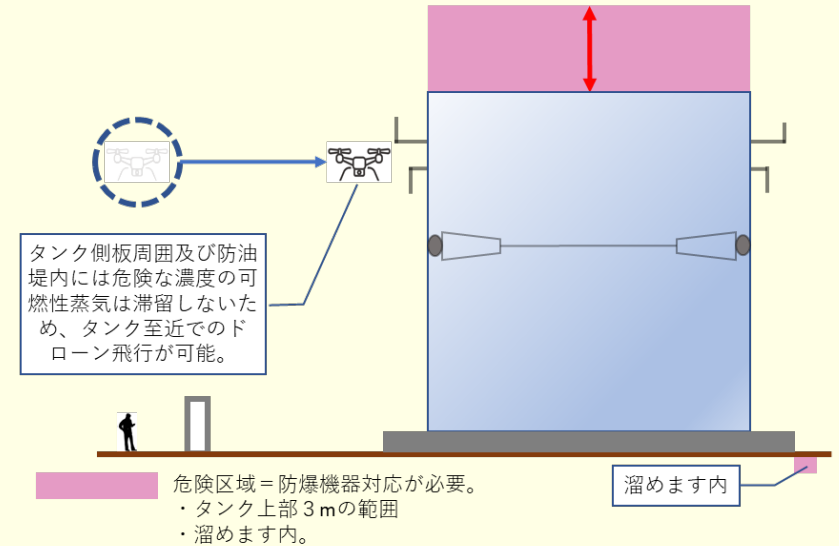


図2 175号通知を踏まえた危険区域の例

ドローンを活用した有効な点検方法の検討

本検討会では、屋外貯蔵タンク側板等の点検方策として、主に以下の調査検討を実施する。

- 各種調査を実施し、ドローンを活用した点検に係る課題を整理する。
- 課題解決のための実証実験を実施し、実験結果に対する評価を行い、効果的な点検方法を検討する。

タンク保有事業者、ドローン運用業者等に対するヒアリング調査等の各種調査結果からドローンを活用した屋外貯蔵タンクの点検に関する課題を抽出し、課題解決に向け実証実験を実施した。実験結果などを踏まえ、ドローンを活用した効果的なタンク外観点検を行うための方策について検討を行い、以下の結論が得られた。

- (1) ドローンをタンクに接近させて飛行を行うためには、適切な機体選定や安全装備を備える等のハード面での対策のほか、電波障害や突風に備えた監視体制の構築等、ソフト面での対策を行う必要があること。
- (2) タンクの腐食・損傷箇所の撮影時には、静止画及び動画撮影時に生じる不具合の解消又は軽減対策を講じる必要があること。
なお、事業者が点検を行う場合に自らの設定する検出基準値や使用撮影機材に応じて適切な撮影距離を決定するための事前検証を行うことが望ましい。
- (3) ドローンで撮影したタンク静止画からオルソ画像や3Dモデルを生成し、当該オルソ画像等に詳細静止画等を紐付けることにより、タンク外観点検の結果を視覚的かつ一元的に記録することが可能であり、従来の紙の図面への記録に替わる点検記録方法となり得ること。

(1) ハード面及びソフト面の安全対策

○ハード面の安全対策（機体選定及び安全装備）

- ア 非常時の自動帰還機能の搭載
- イ センサー等により衝突を防止する機能の装備
- ウ 飛行環境に応じた耐風性能
- エ 操縦系統、映像伝送系統の無線設備はそれぞれ複数の周波数帯が使用可能であることが望ましい
- オ タンク間を飛行させる場合におけるドローン運用事業者の推奨する機体の大きさ
- カ 万一の衝突に備えたプロペラガードの装備
※プロペラガードを装備することでドローンの飛行が不安定となる環境の場合は除く

○ソフト面の安全対策（監視体制等）

- ア 飛行前、事業所内の関係部署に飛行計画の周知と調整
- イ 令和4年8月4日付消防危第175号通知1の(1)及び(2)の要件に適合していることを常時監視し、同通知2の安全対策を講じる
- ウ 強風や突風に対する監視体制の構築
- エ 同一タンクヤードにタンクが複数存する場合等は、監視員の増員、複数発着場所の設定、ドローンを見失わない監視体制（航空法に従った目視外飛行時は除く。）
- オ 自立飛行で不測の事態が生じた場合には、マニュアル操縦等への切り替えで対応
- カ バッテリーは残量に余裕を持って交換



図1 衝突回避機能作動時の例

(2) 静止画及び動画撮影時の留意事項

○撮影距離決定のための事前検証

使用するカメラを用いて事業者が自ら定める平面的な検出基準値以上の寸法を持つ腐食等を確実に検出するための事前検証を行い撮影距離を決定

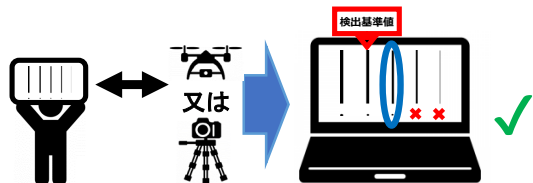


図2 事前検証の概念図

○静止画撮影時の留意事項

- ア 適切な位置にドローンを移動させての撮影
- イ 静止画の焦点が合わない等の不具合が生じることが想定される場合には、カメラ設定を適切に行うことにより不具合の解消または軽減を図る

○リアルタイム動画で点検を行う場合の留意事項

- ア 伝送されるリアルタイム動画の画素数に対応した無線通信設備、ディスプレイを用いる
- イ リアルタイム動画で腐食を検出した場合は、当該場所の静止画撮影をすとも位置情報を記録
- ウ カメラの録画機能により事後検証可能な記録を残す

(3) 点検結果の記録方法

タンク静止画から作成したタンク全体の3Dモデルやオルソ画像等に腐食等の詳細静止画や位置情報を紐付け、タンク外観点検の結果を視覚的かつ一元的に記録することが可能。



図3 SfMによる3D化+点検記録管理

各都道府県消防防災主管部長 } 殿
東京消防庁・各指定都市消防長 }

消防庁危険物保安室長
(公印省略)

ドローンを活用した屋外貯蔵タンクの側板等の点検に係るガイドラインについて

消防庁では「新技術を活用した屋外貯蔵タンクの効果的な予防保全に関する調査検討会」(座長：辻裕一東京電機大学教授)を開催し、無人航空機(いわゆるドローン。以下「ドローン」という。)を活用した屋外貯蔵タンクの点検方策について検討を行ってきました。

今般、消防庁では当該検討を踏まえ、ドローンを活用した屋外貯蔵タンクの側板等の点検に係るガイドラインを策定しましたので、下記の事項に留意の上、執務上の参考とされるようお願いいたします。

なお、各都道府県におかれましては、貴都道府県内の市町村(消防の事務を処理する一部事務組合等を含む。)に対してもこの旨周知されるようお願い申し上げます。

なお、本通知は消防組織法(昭和 22 年法律第 226 号)第 37 条の規定に基づく助言として発出するものであることを申し添えます。

記

1 ドローンを活用した屋外貯蔵タンクの点検について

屋外貯蔵タンクの定期点検等において、屋外貯蔵タンクの所有者等がドローンを活用した点検の実施を希望する場合は、別紙「ドローンを活用した屋外貯蔵タンクの側板等の点検に係るガイドライン」(以下「ガイドライン」という。)により指導すること。

2 ガイドライン活用にあたっての留意事項

ガイドラインを活用した点検実施にあたっては、以下の既発通知等に記載される関連事項についても留意する必要があること。

- 「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 日付消防危第 48 号)
- 「特定屋外貯蔵タンクの側板の詳細点検に係るガイドラインについて」(平成 25 年 3 月 29 日付消防危第 49 号)
- 「屋外貯蔵タンク周囲の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」(令和 4 年 8 月 4 日付消防危第 175 号)
- 「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」(石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議)

(問合せ先)
消防庁危険物保安室
担当：合庭補佐、石井係長、嶋田事務官
TEL 03-5253-7524

ドローンを活用した屋外貯蔵タンクの側板等の点検に係るガイドライン

1 本ガイドラインの目的

屋外貯蔵タンクにおける定期点検では、従来より目視を中心とした点検がなされてきている。大規模な屋外貯蔵タンクの供用中に高所などのいわゆる点検困難部位とされる箇所の点検を行うには、地上及び廻り階段からの目視検査が行われてきた。

近年、産業分野においては新技術としてのドローンの利活用に注目が集まっており、保安分野における点検にもドローンの導入が進みつつある。

一方、危険物施設においては危険区域内の防爆規制により、非防爆機器であるドローンの導入が進んでいなかったところ、屋外貯蔵タンクにおいては「屋外貯蔵タンク周囲の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（通知）」（令和4年8月4日消防危第175号）により、一定の条件下における危険区域の合理化が図られたことにより、ドローンを定期点検に導入することが可能となった。

カメラ等撮影機器を搭載したドローンを従来の目視点検に替えて屋外貯蔵タンクの点検困難部位の点検に導入することにより、地上からの目視で生じる死角対策、足場等設置コストの低減、高所危険作業の削減等の効果が期待でき、効果的かつ効率的な予防保全につなげることができる。

本ガイドラインは、タンク供用中の定期点検又は開放時の点検でタンク外面を点検するためにカメラ等撮影機器を搭載したドローンを用いて従来の目視点検に代替する点検を行う際に、タンク所有者等が自主保安を推進するために参考となる指針として策定するものである。

2 ドローン機体における安全対策

「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」（石油コンビナート等災害防止3省連絡会議、以下「3省ドローンガイドライン」という。）によるほか、以下の安全対策を講じること。

- (1) 非常時の自動帰還機能が搭載されていること。
- (2) 機体周囲の障害物をセンサー等により検知することで衝突を防止する機能を装備すること。なお、センサー等にあつては、表-1を参考とすること。
- (3) ドローンを飛行させる環境に応じて適切な耐強風性能を有する機体を選定すること。
- (4) 操縦系統及び映像伝送系統の無線設備は、それぞれ複数の周波数帯が使用可能であることが望ましい。
- (5) 点検対象タンクと隣接タンク間を飛行させる場合は、タンク間距離から導き出されるドローン運用事業者の推奨する大きさの機体を選定することが望ましい。
- (6) 万が一の衝突時に落下を防ぐためのプロペラガード等を装着すること。ただし、装着することにより突風等の影響を受けドローンの飛行が不安定となる恐れがある場合にあつてはこの限りではない。

表-1 衝突回避センサー等の例

区分	名称	概要
障害物検知	Visual SLAM	カメラで取得した画像から位置特定と周囲の地図作成を行い、障害物との衝突を回避
	LiDAR SLAM	レーザースキャンで取得した情報より、位置特定と周囲の地図作成を行い、障害物との衝突を回避
	赤外線センサー	赤外光を利用し、物体に反射した光を受講することで障害物までの距離を計測
	超音波センサー	超音波を利用し、音波の跳ね返りの時間を利用して障害物までの距離を計測
	ミリ波レーダー	ミリ波帯の電波を使って対象物との距離を測定するレーダーを使用し、障害物を検知
	ビジョンセンサー	複数のカメラで撮影した画像をコンピュータで解析処理することで、障害物を検知
自己位置精度向上	RTK対応ドローン	地上に設置した「基準局」からの位置情報により、高い精度の測位を実現し、ドローンの自己位置を安定

3 飛行に際しての安全対策

ドローンの飛行に際しての安全対策は、3省ドローンガイドラインによるほか、飛行区域周囲の状況、飛行時の気象条件等に応じて以下の点に留意すること。

- (1) ドローンの飛行前に事業所内関係部署に対する飛行計画等の事前周知、調整を行うこと。
- (2) 「屋外貯蔵タンク周囲の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」（令和4年8月4日付消防危第175号）1の（1）及び（2）の要件に適合していることを常時確認するとともに、同通知2の安全対策を講じること。
- (3) 強風や突風等に対する適切な監視体制を構築すること。なお、ウインドガーダー等タンク附属物により複雑な気流も生じうるので注意する必要があること。
- (4) 同一タンクヤード内にタンクが複数存する箇所等、周囲の状況によりドローンが監視員の死角に入りやすい箇所では飛行する際は、監視員の増員、複数の離発着場所の設定等、ドローンを見失わない監視体制とすること。ただし、航空法（昭和27年法律第231号）の定めに従い目視外飛行を行う場合にあってはこの限りでない。
- (5) 自律飛行を行う際に不測の事態が生じた場合には、マニュアル操縦への切り替え等で対応すること。
- (6) バッテリーは、残量に余裕を持った交換を行うこと。

4 タンク外観撮影に関する留意事項

- (1) 静止画の撮影距離決定のための事前検証

タンク所有者等が使用するカメラを用いて自らの定める平面的な検出基準値以上の寸法をもつ腐食等を確実に検出するため、以下の要領を参考に実機カメラを用いた事前検証を行い、撮影距離（タンク-ドローン間の距離）を決定すること。

- ① 検出基準値の寸法を含む複数の寸法で構成される単純な模様を印刷したコピー用紙等を地上において実機カメラで撮影する。検証に用いる模様の例を図-1に示す。

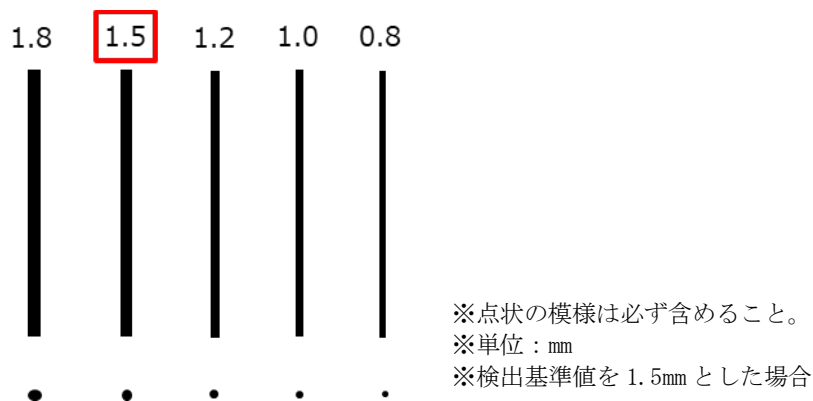


図-1 使用カメラの事前検証に用いる模様の場合

- ② 以下の式により導き出された撮影距離から撮影を開始する。

$$\text{撮影距離}(m) = \frac{\text{撮影対象の画素寸法}(m)}{\text{使用するデジタルカメラの1画素のサイズ}(m)} \times \text{焦点距離}(m)$$

- ③ 撮影した静止画をディスプレイ等で確認し、検出基準値の一段下の点状模様が識別できた撮影距離以下の距離をドローン点検時の撮影距離として決定する。検出基準値未満の点状模様が識別できない場合は、当該点状模様が識別できるまで撮影距離を短くして撮影及び静止画確認を繰り返す。

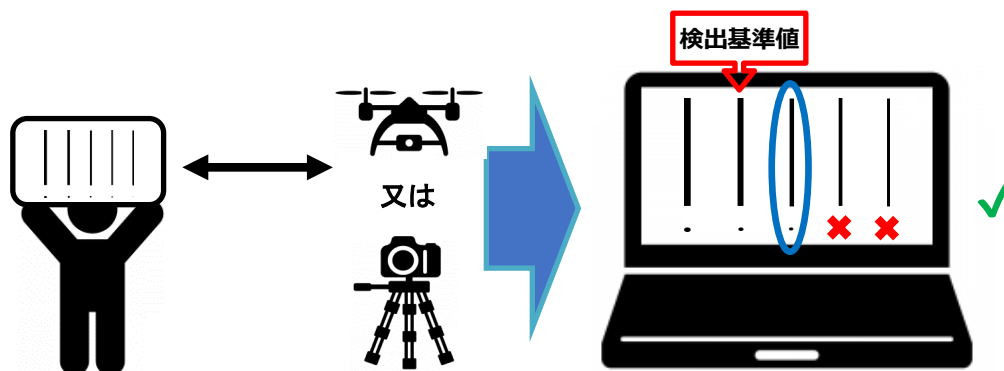


図-2 事前検証の概念図

- (2) 静止画撮影時の留意事項

- ア 腐食等の位置や附属物等障害物の有無などに応じて、適切な位置にドローンを移動させて撮影を行うこと。
- イ 静止画の焦点が合わない等の不具合が生じることが想定される場合は、カメラ設定等を適切に行うことにより不具合の解消又は軽減を図ること。静止画に生じる不具合の解消・軽減策の一例を参考として表-2に示す。

表-2 静止画に生じる不具合とその解消・軽減策の一例（参考）

想定される不具合	不具合が生ずる要因等	カメラ設定による解消又は軽減策	カメラ設定以外の解消又は軽減策
焦点が合わない	<ul style="list-style-type: none"> 腐食等が存する箇所付近に附属物等がある。 広めの画角で撮影した場合の画角端部 	絞り値（F 値）を大きくする。	<ul style="list-style-type: none"> 腐食等に焦点が合うような位置にドローンを移動させる。
撮影ブレが生じる	<ul style="list-style-type: none"> ドローン移動中の撮影 風によるドローンの変位 焦点距離が長い 日陰など周囲の照度が低い等 	シャッタースピードを速くする。	<ul style="list-style-type: none"> ドローンを静止させて撮影する。 撮影日又は時間帯を変更する。

(3) リアルタイム動画による点検時の留意事項

ドローンを活用した点検は、飛行方式（自律飛行/マニュアル）、点検する画像方式（静止画/動画）などにより様々な方法が考えられるが、飛行しているドローンから地上ディスプレイにリアルタイムで伝送される動画（以下「リアルタイム動画」という。）による点検を行う場合は、以下によること。

ア 伝送されるリアルタイム動画の画素数に対応した無線通信設備、ディスプレイを用いること。なお、屋外でディスプレイ観察を行う場合は、高輝度ディスプレイ、遮光シェードなどの活用によりモニターの視認性を確保すること。

イ リアルタイム動画により腐食等を検出した場合は、当該箇所の静止画を撮影するとともに、位置等の情報を記録すること。

ウ リアルタイム動画による点検は、ドローン移動中の動画を確認しつつ腐食等の検出を行うことから、カメラの録画機能により動画を録画し、事後検証ができる記録を残すこと。

5 その他

(1) ドローンを活用した目視代替点検の結果は、タンク側板の展開図面等に記録するとともに撮影した静止画、動画を保存すること。また、既存図面への記録に替えて、タンク静止画から生成したタンク全体の3Dモデル、オルソ画像（正射投影画像）等に腐食等の詳細静止画や位置等の情報を紐付け、電子的に記録管理することも差し支えないものであること。

(2) 本ガイドラインは、タンク外面を点検する際を目視代替点検として、ドローン及び撮影機器を用いた点検方策を示したものである。このため、開放中の特定屋外貯蔵タンクが「特定屋外貯蔵タンクの側板の詳細点検に係るガイドラインについて」（平成25年3月29日付消防危第49号）中、別添「特定屋外貯蔵タンクの側板の詳細点検に係るガイドライン」（以下「詳細点検ガイドライン」という。）、2の詳細点検を実施すべきタンクに該当した場合は、本ガイドラインに基づく点検ではなく、詳細点検ガイドラインに基づく詳細点検を行うべきであること。ただし、同ガイドライン中、直近から目視で確認することとされている事項については、足場やゴンドラ等を設置せずにドローンを活用した点検に替えても差し支えないものであること。