

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、ウインドガード等タンク附属物により複雑な気流も生じうるので注意が必要があること。
- (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に対応すること。
- (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。

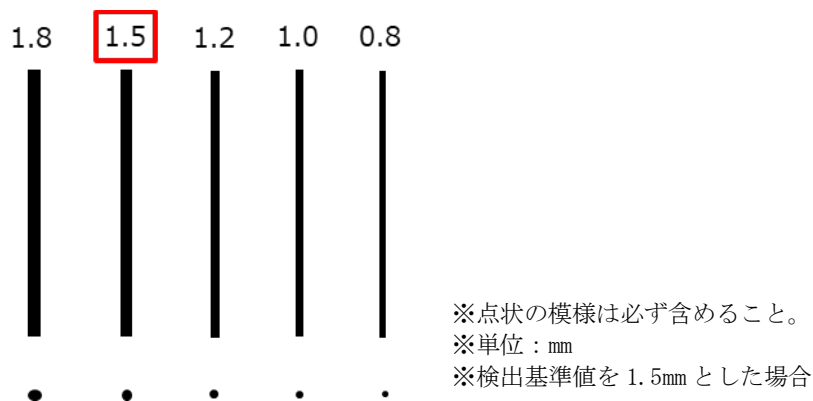


図-1 使用カメラの事前検証に用いる模様の場合

- 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。

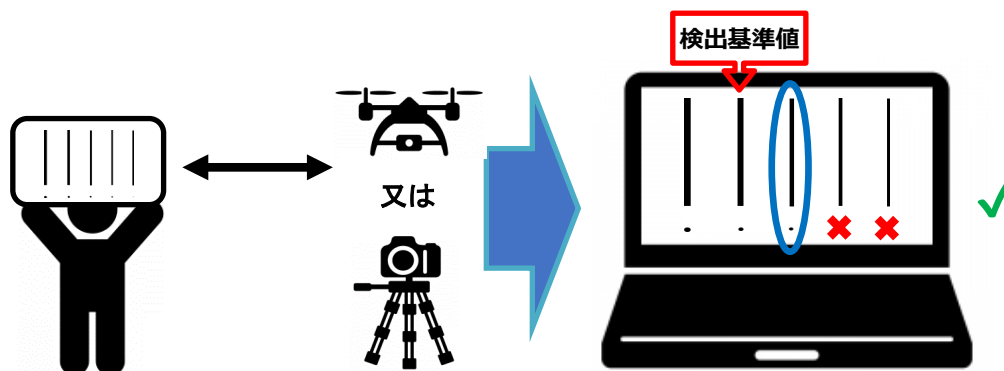


図-2 事前検証の概念図

- (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の見視代替点検として、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。