

ドローンを活用した屋外貯蔵タンクの効果的な予防保全 に関するヒアリング結果と抽出された課題について

背景

- 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」（H31.3.29消防危第51号）により周知。（策定後2回の改訂を実施）
※石油コンビナート等災害防止3省連絡会議（消防庁、経済産業省、厚生労働省）における取組み。
 - ✓ 2019年3月：「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」策定
 - ✓ 2021年3月：「プラントにおけるドローン活用事例集Ver3.0」へ改訂
 - ✓ 2022年4月：「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Ver3.0」へ改訂
- ドローンを活用した目視代替点検が可能であることは通知により周知はしているものの、従来の危険区域の考え方から、タンク供用時においては防油堤外からの撮影が前提となっていた。
- 屋外貯蔵タンクの定期点検では、目視点検を主とした点検が行われているが、側板の高所等点検困難箇所については、点検ができていない状況。（こうした部位の点検は足場等設置時にのみ行われる。）
- 「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」（R4.8.4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に可燃性蒸気は滞留せず、危険区域には該当しないものとする事により、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となった。

【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】

- ヒアリングでは、事業者等が認識しているドローン活用の課題などを整理。
- 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の実施。

目的

- 屋外貯蔵タンクにおけるドローンを活用した点検方法に関するガイドラインを策定し、周知することにより、点検困難箇所における適時適切な詳細点検・補修を促進**

第1回検討会で説明させて頂いたヒアリングについて、事業者、非破壊検査会社、ドローン事業者の皆様にご協力頂き、ヒアリングを実施。実証実験にむけた課題を整理。

ヒアリング内容

ヒアリング項目	内容
ドローン活用の課題	<ul style="list-style-type: none"> 屋外貯蔵タンクの点検にドローンを活用する上で、課題となっている事象
ドローンの活用事例・活用ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> 石油備蓄基地、工場内でのドローン活用の事例 ドローン + α で活用している技術や活用を期待している技術
既存の点検方法の有効性と課題	<ul style="list-style-type: none"> 「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」等の既存の点検ルールや実際に現場で行っている点検方法の有効性と課題 屋外貯蔵タンクの点検で将来、課題になると考えられる事象
ドローンやセンサー等に求める性能	<ul style="list-style-type: none"> 屋外貯蔵タンクの点検にドローンを活用するにあたり、ハードやソフトの課題（飛行時間、安全性能、通信速度、撮影後の処理等）や搭載するカメラや点検用センサーに必要な性能
ドローンでの撮影方法やスクリーニング方法	<ul style="list-style-type: none"> 効率的な腐食箇所の抽出の為に撮影やスクリーニング作業で実施している方法・工夫
近接飛行を行う場合の安全対策	<ul style="list-style-type: none"> 隣接する屋外貯蔵タンク間の飛行や腐食箇所の詳細な写真撮影のために、ドローンを近接飛行させる場合の安全対策
ドローン以外の新しい点検技術	<ul style="list-style-type: none"> ドローン以外でも屋外貯蔵タンクの点検効率化に活用できる新しい技術

まずは、既存のドローン活用における課題の整理を行うために、事業者、非破壊検査事業者、ドローン関連事業者へヒアリングを実施。

実施時期 2022/8/29～2022/9/30

ヒアリング調査対象

No	事業者名・行政機関名	分類	ヒアリング数	事業者略称
1	石油備蓄基地事業者	事業者	1か所	事業者 A～G
2	石油精製事業者	事業者	2か所	
3	化学工業事業者	事業者	4か所	
4	非破壊検査事業者	事業者、団体	2か所	事業者 H～L
5	ドローンメーカー、ドローンサービス提供会社等	ドローン	3か所	

※ 地域消防、エンジニアリング会社・計装事業者へのヒアリングは実証実験の内容も踏まえて今後、実施予定

石油備蓄基地、プラント保安分野におけるドローン活用状況

ドローン飛行実績

- ▶ これまでの活用実績を確認
- ▶ 回答：事業者 6社7事業所、非破壊検査 2社、ドローン事業者 3社
- ドローンの活用においては、一部運用中の事業者もいるが、多くは**実証実験までという事業者が多い**。
- 特に今回のヒアリング先においては、屋外貯蔵タンクの点検においては、現時点で**日常的に運用を実施している事業者は無し**。
- 8月4日発出の消防危175号 通知「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」（以降、175号通知）を受けて、**今後の活用を検討している事業者が多いが、各事業者で社内ルールや安全性の検討を行っている段階である**。
- **非破壊検査事業者やドローン事業者はドローンを活用する点検サービス等を既に提供している**。

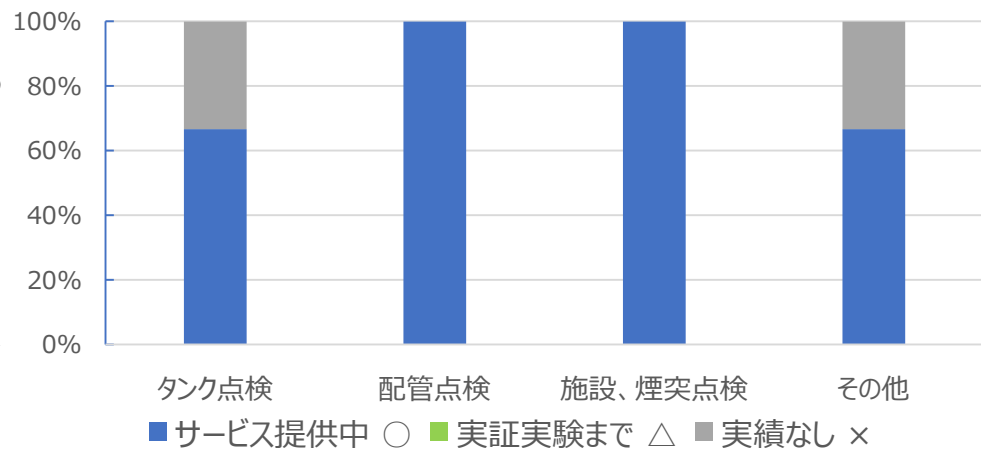
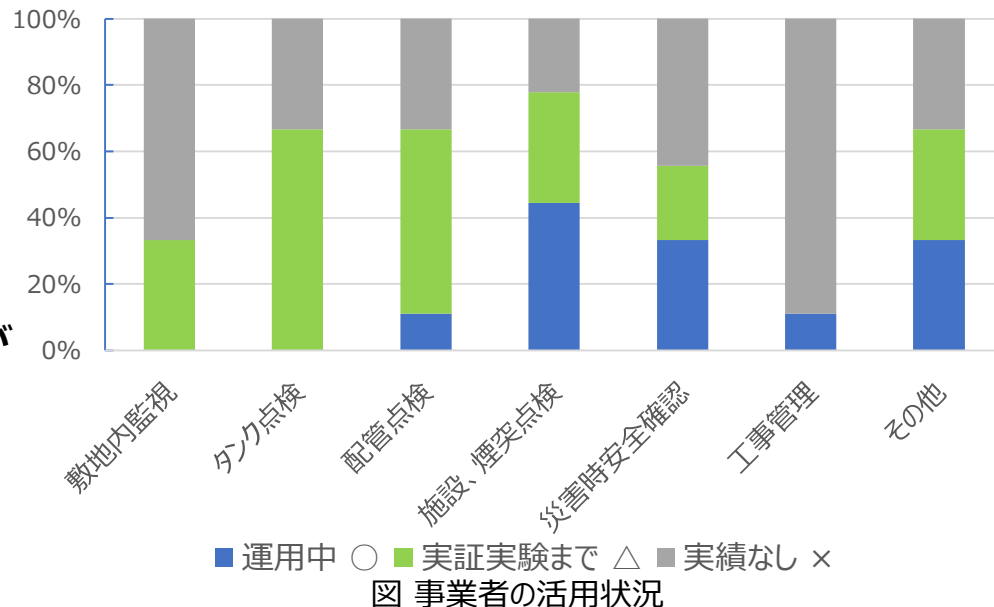


図 非破壊検査事業者等の活用状況

人による腐食や損傷箇所の点検では、目視で腐食や損傷箇所を発見した後に、必要に応じてサイズや深さの計測、肉厚測定など技術的な対応が可能な点がメリットとして挙げられる。ただし、腐食や損傷箇所の有無の確認のみであれば、人の経験やノウハウにあまり依存しない。

人による腐食や損傷箇所の点検の メリットと課題

メリット

- 直視による目視点検で腐食や損傷などが発見された場合、**サイズや深さを計測でき、補修が必要な場合もすぐに対応**できる。（人がアクセス可能な場所に限る。）
- 写真での判断と異なり、**周辺全体の状況を確認することで、腐食の発生要因を特定できる場合がある。**

課題

- 定期点検や日常の巡回点検では、特に問題が発見されなければ、**足場の設置を行わない為、死角が残る。**
- **足場の設置には時間とコストがかかる。**
- **高所点検は作業員の労災リスクがある。**

その他

- タンク点検の腐食や損傷箇所の有無の確認は**点検作業者の経験、技術にそれほど依存しない。**

現場の声（抜粋）



- 人が近くで目視確認できるメリットとして、もし腐食が確認された場合、実際の腐食状況を目視や触診でより正確に判断することができる。（事業者A）



- 人による目視点検の場合、腐食の発生が疑わしい箇所について、すぐに触って、詳細点検の要否を判定できる。（事業者E）



- 錆こぶ近傍だけでなく周辺全体の状況を確認することで腐食を発生させた要因（外面腐食の場合に雨水が侵入してきたルート、滞留しやすい部位）推定や他の類似部位の確認がスムーズに行える場合がある。（事業者G）



- 側板上部などは足場・ゴンドラが無い場合は大半が目視検査不可。ウィンドガーダーが広い（検査員が乗ることが出来る板厚を有するもの）場合に限っては手すり・親綱を設置して目視検査も可能。（事業者H）

ソフトウェア性能としては、写真からの腐食・損傷の判別や飛行ルートや撮影ポイントの設定、点検結果の記録・活用方法を検討している事業者が多い。

ソフト的な技術問題

- ソフトウェアの課題は、**写真からの腐食・損傷箇所の判断が難しい（人の判断、時間など）**と考える事業者が多く、問題として挙げた。
- 安全かつ効率的に点検を行うための**飛行ルートの設定や撮影ポイントの設定が難しい**。
- ドローンでの撮影成果を将来の点検計画や予防保全につなげる為の**データの管理方法が定まっていない**。
- 点検結果の納品方法や損傷位置を**効率的に記録する方法**を確立できていない。

現場の声（抜粋）



- 画像解析、AI診断等と組み合わせることによって、人による判断のばらつきを排除した効率的で信頼性の高い評価も見込まれる。（事業者G）



- AIの活用により同じ条件の錆等判断が出来たらよい（事業者A）



- タンクは円周のため、接触しないように一定距離で円周を飛行させるのは非常に技量を有する。定期的に同じ画角の画像が取得できるようにルート設定して自動航行を活用している。（事業者K）



- データ取得後のアウトプットが確立されていない（事業者J）



- 過去のデータと見比べ、腐食の進行等確認できると思うが、データの蓄積などもこれから。（事業者A）








- ドローンでの記録は、正確な位置情報は取れないため、概ねこの付近に錆があると示すことが多く、イメージ図として提出している。（事業者H）

ドローン自体に求める性能や機能は、飛行時間、カメラ、耐風性能等の基本的な性能向上と共に肉厚の計測や腐食・損傷のサイズの計測を行うセンサーの開発を望む声が多い。

ハード的な技術問題

- 腐食や損傷などをより詳細に把握するために、**カメラの解像度向上を求める事業者も多い。**
- 175号通知を受けて、屋外貯蔵タンクの近接での飛行を行うにあたっては、**GPS飛行の安定性向上も必要**と考えられる。
- ネットワーク品質や撮影距離により、ドローンの**リアルタイム映像は画質の不安定さが懸念**される。
- ドローンは腐食・損傷の発見は可能だが、人のアクセスが可能な箇所における直視による目視点検で実施してきた**サイズや深さの計測、肉厚の計測に対応できない。**
- 長時間飛行できるドローンを求める事業者が多い**

現場の声（抜粋）

-  ● 塗膜剥離を認識できるものの、従来の足場上での近接撮影（観察）と比べると、カメラの画素数により、かなりの差異を感じた。（事業者F）
-  ● GPS制御が物件に近づくと誤反応を起こしやすい為、安易に物件に近づくことができないので何処までの範囲まで近づくかの判断が難しい。（事業者D）
-  ● リアルタイム映像伝送のサービスを提供しているが、プラント事業所内はモバイル公衆回線の電波が弱く、映像が荒くなっている（事業者K）
-  ● 人の目視検査ではその場にいるので、深さ測定と、腐食範囲と位置情報を正確に測定できるがドローンでは難しい。（事業者H）
-  ● ドローンの航行時間が30分程度と短いため、日常運用に耐えられるか懸念がある。（事業者B）

単純に撮影するだけでは、目視の代替としてのドローン活用は難しく、適切な点検を行うには撮影方法も非常に重要と考えられる。

目視の代替検査を行うための撮影方法

- 目視での腐食や損傷個所の有無と共に詳細検査の必要性を判断する為には、**複数の角度からの写真撮影が必要**だと考える事業者が多い
- 多くの事業者が今後ドローンを活用するためには、**複数角度で撮影した写真の必要性、適切な撮影距離等の情報**も必要である。
- 写真撮影時の**明るさも大きなポイント**であり、日陰では腐食、損傷などの判断が難しくなることが想定される。(近接飛行すれば、日陰の問題は解決できる可能性あり)
- 明るすぎる場合や逆光となると撮影写真が活用できない**といった問題点も挙げられた。

現場の声 (抜粋)



- 腐食の有無の判断だけであればドローンでも変わりません。(事業者B)



- 写真は2次元的な情報しか得られないので角度を変えて写真の枚数を増やすなどの対応は必要だと考えています。(事業者C)



- 対象となる腐食や損傷の大きさより、画像診断時の分解能管理を行っている。それに伴うカメラ及びレンズの選定、飛行方法の検討 (事業者J)



- 人が見ると、照明の当て方により明るさ等の周辺環境が変わっても正確に状況をつかめますが、ドローンの場合、周辺環境が変化すると画像の判断が難しくなります。(事業者B)



- 画像解析と組み合わせることを重点課題と位置付けており、撮影画像の階調の情報が重要となるため、完全な逆光条件や露出オーバーな部分が出来ないように注意している。(事業者G)









- 日中日向の角度による明るさの違いや暗所の撮影では照明や絞値(自動調節含む)に気を付けています。(事業者I)

屋外貯蔵タンク近接での飛行を行うには、安全対策の一つとして衝突回避機能も重要と考えられる。また、緊急事態の対応等これまで以上にパイロットの技量が重要視されている。

安全対策に関する課題

- ドローンが墜落した際のリスクについては、不安が大きく、**適切な安全対策**が求められる。
- タンク近接での飛行においては、**衝突回避機能を備えたドローンの活用が重要である**。
- 175号通知発出後、期間が短いこともあり、**今後の活用については検討中の事業者が多いが、近接飛行の実施を前向きに検討している**。
- タンク近接での飛行では、パイロットの飛行技術が重要となるため、パイロット育成の課題がこれまで以上に大きなものとなる。

現場の声（抜粋）

-  ● 屋外貯蔵タンクの近接でドローンを飛行させるには、センサー、SLAM等を用いた障害物検知、耐風性能は必要（事業者J、事業者K、事業者L）
-  ● 発注元、事業者からは墜落のリスク、故障や誤操縦による火気厳禁エリアへの侵入のリスク等を踏まえ、休止プラントや停止中施設等に限定的な実証試験のみ実施している（事業者I）
-  ● 機体の安全性が心配(通信不良等による異変、落下による被害)（事業者A）
-  ● 今後詳細な検討が必要ですが、屋外貯蔵タンクの点検にドローンを活用していきたいと考えています。（事業者C）
-  ● タンクが大型であればあるほど、足場費用が増加するので、状況によっては、導入を検討する事になると思う。（事業者F）
-  ● ドローン飛行技能のある方をお願いして対応している。ドローンの性能にも期待したいが、まずは技量を育てる所からだと思う。（事業者D）

開放点検での利用よりも、定期点検や日常の巡回点検にドローン活用のメリットを感じている事業者が多い。また、地域ごとの考え方の違いや規制緩和等も課題と考えらる。

その他の課題

- 屋外貯蔵タンクの点検においては、開放点検での利用よりも**日常の巡回点検や定期点検での活用**にメリットを感じる事業者が多い。
- 外部委託やドローン調達の費用が高額になることも課題であり、**社内の要員がドローンを飛行させることを考えている事業者も多い**（増加）。
- 屋外貯蔵タンクの点検では、ドローンによる点検と人による目視点検の**効率化の比較（費用、期間）が十分には実施できていない**。
- 地域の所轄消防によって考え方が異なるため、**地域によってはドローンの活用が難しい場合**がある。
- 航空法の**規制の緩和もドローン活用の促進には重要**。

現場の声（抜粋）



- 開放点検では結局ゴンドラを使用しなければならなくなり二度手間になるのではないかと考える。日常点検で活用する方がメリットがありそう。（事業者E）



- コスト面：外注業者での点検を考える場合はコストが安いとは言えないところがあります。（事業者C）



- 事業者が多く、所轄消防殿に確認相談されているが、相談の結果、地域によってはドローンの適用ができないと回答されるケースがある。（事業者H）



- 人がついて回ることで点検業務効率化の部分的な効果はあると思いますが、航空法の規制を緩和して自律的に飛ばすことができれば理想だと考えます。（事業者B）

ヒアリング結果より、屋外貯蔵タンクにおけるドローンを活用した点検を推進する為の課題を整理。

課題のまとめ



1.既存の目視点検

- ① 定期点検や日常の巡回点検では、足場の設置を行わないため、死角が残る。
- ② 足場の設置には時間とコストがかかる。
- ③ 高所点検は作業員の労災リスクがある。



2.ソフトに関する技術

- ① 安全かつ効率的な点検を行うためのドローン飛行ルートや撮影ポイントの設定
- ② 腐食や損傷を撮影した写真の確認と判断の効率化
- ③ 経年変化の確認に活用できるデータの管理方法と効率的な点検記録



3.ハードに関する技術

- ① 正確な判断の為の鮮明な写真を撮影できる機材の性能
- ② タンク近接での安定した飛行の実現
- ③ リアルタイム映像の画質安定性
- ④ 腐食や損傷発見時にサイズ、深さ、肉厚などを計測できる技術
- ⑤ 点検の効率化のための、長時間飛行の実現



4.撮影方法

- ① 腐食や損傷を判断できる写真の撮影方法
- ② 撮影に必要なカメラ性能や角度、撮影距離などの設定
- ③ 日向日陰などの状況が点検写真の撮影に与える影響



5.安全対策

- ① ドローンの墜落リスクに対する必要な安全対策の実施
- ② ドローンが屋外貯蔵タンク近接でも安全に飛行する為の安全装備
- ③ ドローンの活用に必要なパイロットの育成



6.その他

- ① ドローン活用による既存の目視点検とのコスト比較
- ② 地域間でのドローン活用に対する考え方
- ③ 規制緩和

写真の撮影用法や安全かつ効率的な点検を行うための課題について、実証実験での検証を実施予定。

課題と実験概要との関連



1.既存の目視点検

- ① 定期点検や日常の巡回点検では、足場の設置を行わないため、死角が残る。

✓ 従来の人々の目視点検では困難であった箇所の点検にドローンが有効であることの検証



2.ソフトに関する技術

- ① 安全かつ効率的な点検を行うためのドローン飛行ルートや撮影ポイントの設定
- ② 腐食や損傷を撮影した写真の確認と判断の効率化
- ③ 経年変化の確認に活用できるデータの管理方法と効率的な点検記録

✓ タンク近接での安全かつ効率的な点検を行うための飛行ルートの作成（効率性の検証）
✓ 効率的な点検記録の作成方法の検証



3.ハードに関する技術

- ① 正確な判断の為に鮮明な写真を撮影できる機材性能
- ② タンク近接での安定した飛行の実現
- ③ リアルタイム映像の画質安定性

✓ 屋外貯蔵タンクの腐食・損傷の撮影に必要なカメラの性能を確認
✓ タンク近接での安定した飛行を実現できるかの検証
✓ 構内ネットワーク環境やディスプレイ性能等を確認



4.撮影方法

- ① 腐食や損傷を判断できる写真の撮影方法
- ② 撮影に必要なカメラ性能や角度、撮影距離などの設定
- ③ 日向日陰などの状況が点検写真の撮影に与える影響

✓ マニュアル飛行での撮影と自律飛行での撮影による効率化の検証
✓ 腐食や損傷を判断、評価する上で有効な写真の撮影方法と明るさの確認



5.安全対策

- ① ドローンの墜落リスクに対する必要な安全対策の実施
- ② ドローンが屋外貯蔵タンク近接でも安全に飛行する為の安全装備

✓ 屋外貯蔵タンク近接におけるドローンの安全な飛行方法の検証

ドローンの飛行時間や航空法の制約などは検討会の趣旨や対応可能な範囲を超える為、実証実験の対象外とし、期間などの制約で検証、評価が難しい課題は一部調査までとする予定。

実験で検証しない課題

検証しない理由・対応方針



1.既存の目視点検

- ② 足場の設置には時間とコストがかかる。
- ③ 高所点検は作業員の労災リスクがある。



- ✓ 時間やコストについては、足場を設けて近接目視をした場合とドローンで目視代替した場合の比較を行う。
- ✓ ドローンで点検する際は高所作業が生じないため、検証を要しない。



2.ソフトに関する技術

- ② 腐食や損傷を撮影した写真の確認と判断の効率化
- ③ 経年変化の確認に活用できるデータの管理方法と効率的な点検記録



- ✓ 2-②のうち判断の効率化及び同③のうち経年変化の確認に活用できるデータの管理方法については、1回目の実験だけでは解決が難しい。
- ✓ 本検討会における実証実験で複数年にわたり同じ箇所データを収集することはできないため、エンジニアリング会社等へのヒアリングを通して、データの管理や記録方法の調査と共に検討を実施。



3.ハードに関する技術

- ③ 腐食や損傷発見時にサイズ、深さ、肉厚などを計測できる技術
- ④ 点検の効率化のための、長時間飛行の実現



- ✓ 第1回での検討会で事務局よりお伝えした通り、本検討会の調査で検証すべき機材が見つければ、実証実験の実施を検討。
- ✓ 長時間飛行については、ドローンのバッテリーによるところが大きく、開発メーカーに依存する内容である為、本検討会では検証対象外。



5.安全対策

- ③ ドローンの活用に必要なパイロットの育成



- ✓ パイロット育成については、航空法によるライセンス制度の動向などを注視し、制度の調査を予定。



6.その他

- ① ドローン活用による既存の目視点検とのコスト比較
- ② 地域間でのドローン活用に対する考え方
- ③ 規制緩和



- ✓ コストについては、足場を設けて近接目視をした場合とドローンで目視代替した場合の比較を行う。
- ✓ 航空法などの規制については、本検討会では調査を予定。