

消防危第 74 号
消防特第 36 号
令和 2 年 3 月 27 日

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
消防庁特殊災害室長
(公 印 省 略)

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の改訂等について

石油コンビナート等における無人航空機（いわゆるドローン。以下「ドローン」という。）の安全な活用方法については、「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）により運用をお願いしているところです。

今般、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、別添 1 のとおり、プラント内に設けられたタンクや塔槽類等の屋内においてドローンを飛行させる場合の留意すべき事項等を整理し、ガイドライン及び活用事例集を改訂しました。改訂後のガイドライン及び活用事例集は、石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 3 省共同運営サイト（http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList4_16.html）に掲載していますので、ご参照ください。

貴職におかれましては、当該ガイドライン及び活用事例集を参考に引き続き運用されるとともに、危険物施設の関係者への周知をお願いします。

また、消防庁では、経済産業省とともに、プラントの点検におけるドローンの活用について検討を進め、その結果について別添 2 のとおりまとめました。このことを踏まえ、危険物施設における定期点検の一環として、上記ガイドライン等を活用の上、ドローンからの画像を基に一次的なスクリーニングを実施し、不具合箇所等を把握した際に当該箇所の詳細確認や補修等を行うことについては、適切な点検・維持管理に資するものと考えられることから、当該ガイドラインの周知と併せて、この旨も危険物施設関係者へ周知願います。

各都道府県消防防災主管部長におかれましては、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、この旨を周知されますようお願いいたします。

なお、このことについては、別添 3 のとおり、関係事業者団体に対しても通知していますので、参考としてください。

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。

(問い合わせ先)

消防庁危険物保安室 担当：竹本、小島、鈴木

TEL 03-5253-7524 / FAX 03-5253-7534

消防庁特殊災害室 担当：吉岡、喜多村、小鍛冶

TEL 03-5253-7528 / FAX 03-5253-7538

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

2020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、厚生労働省、経済産業省)

<目次>

第1章	概要	1
1.1	背景と目的・改訂の経緯	1
1.2	適用範囲	1
1.3	航空法の適用について	2
1.4	電波法の適用について	3
1.5	ドローン活用の流れ	3
1.6	用語及び定義	3
第2章	通常運転時におけるプラントでのドローンの活用方法	5
2.1	ドローン運用事業者の選定	5
2.2	操縦者の要件	5
2.3	使用する機体の要件	5
2.4	飛行計画書の作成と提出	5
2.5	事前協議等の実施	8
2.6	ドローンを活用した点検等の実施	9
2.7	飛行記録等の作成と提出	9
第3章	設備開放時等におけるプラントでのドローンの活用方法	11
3.1	ドローン運用事業者の選定	11
3.2	操縦者の要件	11
3.3	使用する機体の要件	11
3.4	飛行計画書の作成と提出	12
3.5	事前協議等の実施	15
3.6	ドローンを活用した点検等の実施	16
3.7	飛行記録の作成と提出	18
第4章	災害時におけるドローンの活用方法	19
4.1	災害時におけるプラントでのドローンの活用のための注意事項	19
第5章	関連法令等	21
5.1	航空法による規制	21
5.1.1	航空法第132条	21
5.1.2	航空法第132条の2	21
5.1.3	航空法第132条の3	22
5.2	電波法による規則	22
5.3	労働安全衛生法による規制	23
5.4	高圧ガス保安法による規制	26
5.5	消防法による規制	30
5.6	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 ^{*11}	30

第1章 概要

1.1 背景と目的・改訂の経緯

近年、建設インフラをはじめとする産業インフラ点検においてドローンの活用が具体化しており、期待されている。また、コンビナート等の石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラントにおいては、ドローンを活用することにより、高所からの撮影が容易になり、将来的にフレア設備や塔類等の高所や大型石油貯槽タンク等の設備内外の日常点検や災害時の迅速な点検を行うことが可能となり、プラントの保安力向上や労働災害撲滅に繋がることが期待されている。

一方、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った。

こうした状況に鑑み、2019年3月に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ガイドラインの初版を策定し、一定程度事業者によるドローンの活用が進展した。一方で、初版のガイドラインはプラントの「屋外」でドローンを活用することを対象にしており、塔槽類や配管、タンク等の設備の内部といった「屋内」においても腐食状況を確認する等のニーズが存在するものの、ドローンへの通信電波への影響や空間内の気流の乱れといった特有のリスクやドローンを安全に活用させるための課題が存在した。

このため、実証実験における成果や研究会での議論を通じ、屋内でのドローン活用の安全要件を整理し、その際に必要なリスクアセスメントやリスク対策を盛り込む形で本ガイドラインを改訂した。ドローンの安全な運用方法について整理し、追記したものとなっている。本ガイドラインを参考にし、十分な検討を行った上で、安全にドローンを活用・運用することが望まれる。

なお、ドローンに関する技術の進展や、これに伴う関連法令の整備等、官民における様々な取組も行われていることから、ドローンを活用するプラント事業者は、安全にドローンを活用・運用するために、最新の動向を把握するよう努めることが望まれる。

また、米国国立標準技術研究所により、災害・点検等を対象としたドローンの操縦技量を評価する標準的な手法の開発等が進められている。このような動き等を踏まえながら、本ガイドラインに操縦技量の評価手法を盛り込むこと等を含め、今後適時適切に検討し、見直しを行っていくことが必要である。

1.2 適用範囲

本ガイドラインは、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及び屋内を対象とし、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。

また、本ガイドラインは、初めてプラントにおけるドローンを活用するプラント事業者を想定し作成されたものである。

加えて、プラントにおけるドローンの活用が継続されることにより、各プラント事業者が自ら安全な活用のための手順を見直し、マニュアル化することが期待される。

1.3 航空法の適用について

ドローンの活用は、航空法（5.1 節参照）の規制の下、実施される必要がある。従って、航空法第 132 条により無人航空機の飛行の制限がされている空域で飛行を実施する場合、航空法第 132 条の 2 により規定されている方法以外による飛行を実施する場合には、地方航空局長の許可・承認を受ける必要がある。具体的に許可・承認を受ける必要がある条件は、以下の通りである。

- (1) 無人航空機の飛行の許可が必要となる空域は以下である。
 - (ア) 地表又は水面から 150m 以上の高さの空域
 - (イ) 空港等の周辺（進入表面等）の上空の空域
 - (ウ) 人口集中地区の上空の空域

- (2) 無人航空機の飛行の方法は以下の通りであり、以下の方法以外での飛行を行う場合には、承認が必要となる。
 - (ア) 日中（日出から日没まで）に飛行させること
 - (イ) 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
 - (ウ) 人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に 30 m 以上の距離を保って飛行させること
 - (エ) 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し会場の上空で飛行させないこと
 - (オ) 爆発物など危険物を輸送しないこと
 - (カ) 無人航空機から物を投下しないこと

飛行空域や飛行方法が上記に該当する場合には、適切に航空法上の許可・承認を受けなければならない。そのため、プラントにおいてドローンを活用する場合には、許可・承認が必要かどうか、事前に地方航空局に確認を行う必要がある。許可・承認が必要な場合には、「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（航空局長）」^{※1}に従い、適切に手続きを行う必要がある。また、想定する飛行空域や飛行方法が、航空局の許可・承認の必要がないものであっても、ドローンの活用にあたっては「無人航空機の飛行に関する許可・承認の審査要領（航空局長）」に従った活用方法とすることが望ましい。

なお、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

※1 国土交通省ホームページ（<http://www.mlit.go.jp/common/001220061.pdf>）

のガイドライン」※2や「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール」※3等も活用する必要がある。

1.4 電波法の適用について

ドローンの操縦や、搭載したカメラからの映像伝送には電波が使用されていることから、ドローンの活用は電波法（5.2 節参照）の規制の下、実施する必要がある。

1.5 ドローン活用の流れ

図 1-1 は、プラントでドローンを活用する場合の基本的な手順を示したものである。

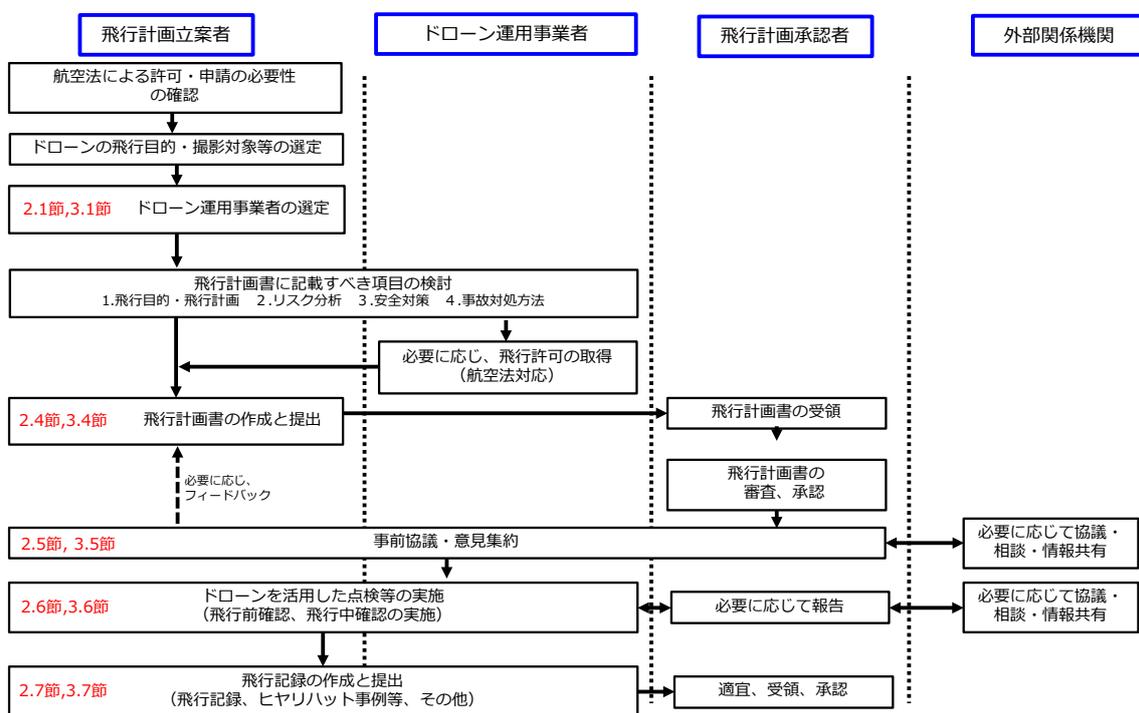


図 1.1 通常運転時におけるプラントでのドローンを活用する場合の流れ

1.6 用語及び定義

本ガイドラインに使用する用語を以下のように定義する。

- (1) 「プラント」とは、石油コンビナート地域を含む石油精製、化学工業（石油化学を含む）等の事業所とする。
- (2) 「爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリア」とは、「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆 2006）」（産業安全研究所技術指針 NIIS-TR-NO.39（2006））において定

※2 国土交通省ホームページ (<http://www.mlit.go.jp/common/001228024.pdf>)

※3 国土交通省ホームページ (http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

義する特別危険箇所、第一類危険箇所及び第二類危険箇所を指す。

- (3) 「火気の制限があるエリア」は以下の場所を指す。
- ① 高圧ガス保安法（昭和 26 年法律第 204 号）第 37 条で指定される場所
 - ② 危険物の規制に関する政令第 24 条第 1 項第 13 号で指定される場所
- (4) 「ドローン」とは、航空用に供する回転翼航空機等の機器であり、構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができ、産業用に供する 25kg 未満の小型のものとする。
- (5) 「ドローン運用事業者」とは、ドローンを活用し、プラント内でのドローンの飛行を実施させる事業者とする。また、ドローン運用事業者としてプラント事業者を選定することも可能である。
- (6) 「飛行計画立案者」とは、プラント事業者において、飛行計画を立案する者をいう。
- (7) 「飛行計画承認者」とは、プラント事業者において、飛行計画を承認する者をいう。
- (8) 「飛行計画書」とは、プラント内において、ドローンを飛行させるための、目的、飛行ルート、リスクアセスメント、リスク対策（リスク低減対策も含む）、事故対処方法について記載したものをいう。
- (9) 「外部関係機関」とは、プラント内において、ドローンを飛行させるために、情報共有を行うべき機関をいう。
- (10) 「通常運転時」とは、プラント内において、通常の生産活動が実施されている状態をいう。
- (11) 「設備開放時等」とは、プラント内において、開放状態によりメンテナンスが行われている設備や、遊休設備等において、爆発性雰囲気を生成する可能性がなく、または、生成しないため、火気の使用制限がない状態をいう。
- (12) 「屋外」とは、プラント内における塔槽類や配管、タンク等の設備の外部や建築物・構造物の外部をいう。
- (13) 「屋内」とは、プラント内における「屋外」以外の場所をいい、塔槽類や配管、タンク等の設備の内部や建築物・構造物の内部をいう。
- (14) 「災害時」とは、プラント内において火災等の事故が発生した場合、または、地震・津波・風水害・周辺地域の火災等の影響によりプラント内において火災等の事故が発生するおそれのある状態をいう。

第2章 通常運転時におけるプラントでのドローンの活用方法

通常運転時におけるプラントでのドローンの活用にあたっては、図 1.1 の流れに沿って実施することが望ましい。そのため、以下の手順に従い、ドローン運用事業者の選定にあたっては 2.1 節に示す要件を満たし、飛行計画の立案、事前協議の実施、ドローンの活用及び飛行記録の作成を行う。また、操縦者の要件は 2.2 節に示す事項、使用する機体の要件は 2.3 節に示す事項を満たした上で実施することが望ましい。

2.1 ドローン運用事業者の選定

プラント事業者は、ドローン運用事業者について、1.3 節に示す航空法の規定に基づき、安全を確保するために必要な体制を満たす事業者を選定する必要がある。

また、ドローン運用事業者は、2.2 節に示す要件を満たした操縦者による飛行、2.3 節に示す要件を満たした機体による飛行を実施しなければならない。

2.2 操縦者の要件

プラントにおいてドローンを飛行させる操縦者は、プラントの状況に応じ、1.3 節に示す航空法の規定に従った操縦を行うために必要な技量を習得した操縦者でなければならない。必要な操縦技量としては、基本的な操縦技量を有し、加えて業務を遂行するために追加で必要となる操縦技量を習得した操縦者でなくてはならない。

作業員や車両通行が多いプラントにおいては、プラント事業者と協議の上、必要に応じ目視外飛行や人又は物件から 30m 以上の離隔が確保できない飛行、150m 以上の飛行を実施する能力がある操縦者を選定することが望ましい。

2.3 使用する機体の要件

プラントにおいて飛行させる機体は、飛行のリスクに応じ、1.3 節に示す航空法の規定及び 1.4 節に示す電波法の規定による要求事項を満たす機体でなければならない。また、機体の性能の他、定期又は日常的な点検・整備状況に関する要求事項についても同様に満たす必要がある。

また、飛行の方法及び場所に応じて生じるおそれのある飛行のリスクを事前に検証した上で、プラント事業者と協議の上、必要に応じて危機回避機能（フェールセーフ機能）や冗長性を有する機体を選定することが望ましい。

2.4 飛行計画書の作成と提出

ドローン運用事業者を選定後、飛行計画書の作成にあたり、プラント事業者は、ドローン運用事業者とプラントにおいて特に考慮すべきリスクについて十分に情報を共有すること。

プラントにおいて、ドローンを活用するためには、飛行計画立案者は、飛行計画書を作成し、飛行計画承認者に提出し、承認を受けることが望ましい。飛行計画書の作成にあたっては、以下の内容について十分な検討を行い、作成することが望ましい。なお、ドローンの活用にあたっては、天候やプラントの状態・設備等の条件に応じて飛行の可否が検討・判断さ

れる場合も考えられることから、飛行計画は、それらの条件に変化が無いと考えられる、ある一定の期間に応じた計画書として作成することも可能である。

各項に、飛行計画書に記載すべき内容を示す。

(1) ドローンの飛行目的・計画

(ア) 飛行目的

- (a) 目的（設備の点検／建屋等プラント以外の点検／敷地の巡回／避難訓練／PR動画／等）
- (b) 撮影方法（静止画撮影／動画撮影／赤外線撮影／等）
- (c) 撮影対象（設備／建屋／敷地／等）
- (d) 飛行エリアの状態（爆発性雰囲気を生成する可能性がなく火気の制限がないエリア／爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍）

(イ) 飛行計画

飛行目的、撮影対象、飛行エリアの状態に応じた飛行ルートを決し、飛行日時、必要な監視人数について検討を行った飛行計画

(2) リスクアセスメント

プラントにおけるドローンの活用にあたり、飛行エリアに応じてリスクアセスメントを実施し、飛行計画書に記載する。特にプラントにおける最大のリスクは、爆発性雰囲気生成する可能性があるエリア及び火気の制限があるエリアへの侵入や落下が生じ、設備破損やバッテリーの破損による発火、引火による大事故が生じる点である。本ガイドラインにおいては、エリア別に想定すべきリスクについて例示を行う。飛行計画立案時には、これを参考にプラント別でのリスクアセスメントを行うことが望まれる。

以下に一般的な、プラントにおけるリスクの例を示す。

(ア) 爆発性雰囲気生成する可能性がなく火気の制限がないエリアにおけるリスクは、ドローンの落下等による人的被害あるいは通常運転に大きな影響を与える設備の破損であり、主な要因は以下の通りである。

- (a) 作業員、通行車両、設備等の上空での飛行
- (b) 悪天候、強風時での飛行
- (c) 海岸沿いのプラントにおいては地形条件がもたらす風況の影響があることから、瞬間的な強風が生じた場合には、ドローンの制御不能や落下のリスクにつながる可能性が考えられる
- (d) 飛行中の他の航空機や鳥獣に接触すること等
- (e) フレアスタック等の高さのある金属の施設近傍での磁気センサーの乱れ、GPSの不具合及びドローンで使用する電波と同一の電波を使用する通信機

器等からの電波干渉による飛行への影響

(イ) 上述のリスクに加え、爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍におけるリスクは、同エリアに侵入し、着火するリスクであり、主な要因は以下の通りである。

- (a) ドローンの機能に不具合が生じ、ドローンが停止、落下すること
- (b) ドローンの飛行高度において、耐風性能を超える風速が生じ、機体が流されること
- (c) 落下等の衝撃によりバッテリーが破損し、着火すること

(3) リスク対策

(2)のリスクアセスメントの結果に応じ、リスク対策の検討を行い、飛行計画書に記載する。リスク対策は、飛行目的、飛行ルート等に応じて適切に実施することが望ましい。以下に、一般的なリスク対策の例を示す。

(ア) 爆発性雰囲気を生成する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

(イ) 爆発性雰囲気を生成する可能性が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、爆発性雰囲気を生じ得る可能性が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、爆発性雰囲気を生じ得る可能性が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

(4) 事故対処方法

(2)のリスクアセスメントに応じ事故時の対処方法について、事前検討を行い、緊急連絡系統等を策定し、飛行計画書に記載する。

2.5 事前協議等の実施

プラントにおいてドローンを活用する際、飛行計画立案者は、社内関係機関との協議を実施する。また、必要に応じ、外部関係機関との情報共有を実施する。

以下に、事前協議等について示す。

(1) 社内関係機関との協議と承認

事前協議として、社内関係者、承認者との協議を行い、意見等を飛行計画書に反映する。

(2) 外部関係機関への情報共有

プラント及びプラント周辺（公園、公共の施設、道路及び民家等）の状況に鑑み、必要に応じて外部関係機関である、管轄消防、産業保安監督部、海上保安部、警察署、航空局、自治体及び近隣プラント等と協議、相談または情報共有等を行う。また、要望等が生じた場合には、適宜検討を行い、飛行計画に反映する。

2.6 ドローンを活用した点検等の実施

2.4 節に示す飛行計画に従い、プラントにおいてドローンを活用した点検等に当たっては、プラントの状況に応じ、1.3 節に示す航空法の規定により、飛行前、飛行中の安全確認を行い、安全に配慮した運用を心がける。

また、プラントにおける設備の構成は複雑であることから、プラント事業者は、過去に同プラントで飛行実績のないドローン運用事業者及び操縦者に対し、飛行前に事前にプラントの飛行環境を十分に説明すること。

以下に、飛行当日におけるプラントにおいて確認すべき事項の例を示す。

(1) 飛行前の確認

(ア) 一般的な確認事項

- (a) 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がされているか
- (b) 計画通りの実施体制となっているか
- (c) 天候、風速は計画条件を満たしているか
- (d) 飛行ルートに接近する第三者、及び第三者の車両等がないか
- (e) 磁気センサー、GPS、ドローンにおける電波の受信環境に問題はないか

(イ) 爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリア近傍や火気の制限があるエリア近傍における飛行に係る確認事項

- (a) 飛行中の中止判断の条件が設定されているか
- (b) 飛行中の中止判断を行う者が明確であるか
- (c) リスク対策に応じた確認事項の例
 - ・ ガス検知が実施されているか
 - ・ 防火・消火体制が確立されているか
 - ・ 離隔は確保されているか
 - ・ 風速の連絡体制が確認されているか 等

(2) 飛行中の状況確認

- (ア) 飛行中のドローンの直下に接近する第三者、及び第三者の車両等がないか
- (イ) 他の航空機や鳥獣が接近していないか
- (ウ) 天候、風速の状況に変化はないか
- (エ) 計画通りの飛行状況（高度、緯度・経度）か
- (オ) 磁気センサー、GPS、通信状況等の電波環境に問題はないか

2.7 飛行記録等の作成と提出

プラントにおいて、ドローンを活用した場合、1.3 節に示す航空法の規定に定めのないド

ローンの活用においても、飛行記録等を作成することが望ましい。

(1) 飛行記録

作成した飛行記録については、飛行計画承認者等に提出することが望ましい。

(2) ヒヤリハット事例及び活用により得た知見

プラントにおけるドローンの活用において特に注意すべきヒヤリハットが生じた場合や安全な活用方法についての新たな知見や気づきを得た場合、事業所内で共有することが望ましい。

(3) その他

今後のドローンの活用のため、必要に応じて活用結果とその有効性、今後の課題等が得られた場合は、事業所内で共有することが望ましい。

第3章 設備開放時等におけるプラントでのドローンの活用方法

本ガイドラインで定義する設備開放時等においては、爆発性雰囲気を生成する可能性がなく、火気の制限がないことを前提に、ドローンを飛行させることができる。また、設備開放時等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、図 1.1 の流れに沿って実施することが望ましい。

一方、通常運転時の設備が隣接する場合には、第2章で示した事項を考慮することが望ましい。

設備開放時等においては、屋外と屋内それぞれでの利用が想定され、それぞれの特有のリスクに応じたリスクアセスメントやリスク対策が求められることから、屋外・屋内共通の活用方法と、屋内特有のリスクに応じて追加的に実施すべき活用方法を記載した。なお屋内特有のリスクについては、プラント事業者がドローンの飛行について問題ない状況であることについて十分な検討を行い、実施することが望ましい。

事業者におかれては、それぞれのユースケースに応じた対応を実施し、活用されたい。

3.1 ドローン運用事業者の選定

【共通の要件（屋外・屋内）】

ドローン運用事業者の選定にあたっては、1.3 節に示す航空法の規定に基づき、安全を確保するために必要な体制を満たす事業者を選定する必要がある。

また、ドローン運用事業者は、2.2 節に示す要件を満たした操縦者による飛行、2.3 節に示す要件を満たした機体による飛行を実施しなければならない。

【屋内特有の要件】

上記に加え、屋内での活用においては、設計図面や点検記録等を活用し、特有のリスクについて説明を行い、対応可能な事業者を選定する必要がある。

3.2 操縦者の要件

【共通の要件（屋外・屋内）】

プラントにおいてドローンを飛行させる操縦者は、プラントの状況に応じ、1.3 節に示す航空法の規定に従った操縦を行うために必要な技量を習得した操縦者でなければならない。必要な操縦技量としては、基本的な操縦技量を有し、加えて業務を遂行するために追加で必要となる操縦技量を習得した操縦者でなくてはならない。

【屋内特有の要件】

上記に加え、屋内の環境でも十分安全に活用できる十分な技量を有する操縦者でなくてはならない。さらに、特に GPS を使用できない環境や目視外での飛行（屋外での操縦を含む）の場合においても、安全に活用できる十分な技量を要する操縦者でなくてはならない。

3.3 使用する機体の要件

【共通の要件（屋外・屋内）】

プラントにおいて飛行させる機体は、飛行のリスクに応じ、1.3 節に示す航空法の規定及

び 1.4 節に示す電波法の規定による要求事項を満たす機体でなければならない。また、機体の性能の他、定期又は日常的な点検・整備状況に関する要求事項についても同様に満たす必要がある。

また、飛行の方法及び場所に応じて生じるおそれのある飛行のリスクを事前に検証した上で、プラント事業者と協議の上、必要に応じて危機回避機能（フェールセーフ機能）や冗長性を有する機体を選定することが望ましい。

【屋内特有の要件】

上記に加え、目的や屋内環境について十分な調査・検討を行い、その飛行環境下でも安全に飛行可能な機体を選定することが必要。例えば、衝突により設備等に損傷・破損が生じるリスクがあることから、衝突回避機能を有することや、ガード等の機構を有することで設備等に損傷・破損を生じない機構を有する必要がある。

その際は、プラント事業者と協議の上、設備に衝突した場合でも影響が小さい機体の選定を行うことが望ましい。

3.4 飛行計画書の作成と提出

【共通の要件（屋外・屋内）】

ドローン運用事業者を選定後、飛行計画書の作成にあたり、プラント事業者は、ドローン運用事業者とプラントにおいて特に考慮すべきリスクについて十分に情報を共有すること。

プラントにおいて、ドローンを活用するためには、飛行計画立案者は、飛行計画書を作成し、飛行計画承認者に提出し、承認を受けることが望ましい。飛行計画書の作成にあたっては、以下の内容について十分な検討を行い、作成することが望ましい。なお、ドローンの活用にあたっては、天候やプラントの状態・設備等の条件に応じて飛行の可否が検討・判断される場合も考えられることから、飛行計画は、それらの条件に変化が無いと考えられる、ある一定の期間に応じた計画書として作成することも可能である。

【屋内特有の要件】

上記に加え、飛行計画の策定にあたっては、GPS を利用できない環境、目視の可否等の条件、また日常的に人が入ることができない空間や高所において活用する場合は、設備の目印、突起物等の障害物の有無について十分な確認、検討を行う必要がある。

なお、日常的に人が入ることができない空間や高所においても、爆発性雰囲気生成する可能性がなく火気の制限がないことを事前に確認する必要があることに留意する。

また、これらのリスクに対しては、詳細な飛行の前に屋内の状況を把握するためのアセスメント飛行を行い、計画で考慮することが望ましい。

各項に、飛行計画書に記載すべき内容を示す。

(1) ドローンの飛行目的・計画

(7) 飛行目的

(a) 目的（設備の点検／建屋等プラント以外の点検／敷地の巡回／避難訓練／

PR動画／等)

- (b) 撮影方法（静止画撮影／動画撮影／赤外線撮影／等）
- (c) 撮影対象（設備／建屋／敷地／設備内部／配管等の機器／等）
- (d) 飛行エリアの状態（爆発性雰囲気を生じ得る可能性がなく火気の制限がないエリア／爆発性雰囲気を生じ得る可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍）

(イ) 飛行計画

飛行目的、撮影対象、飛行エリアの状態に応じた飛行ルートを決し、飛行日時、必要な監視人数について検討を行った飛行計画

【屋内特有の要件】

屋内を飛行させる場合は操縦者、現場の安全管理を行う安全運航管理者に加え、飛行に当たっての操縦以外のアドバイス（例えば、自己位置確認、ドローン、カメラ及び照明の角度の指示等）を行う補助者の少なくとも3人以上の体制とすることが望ましい。

(2) リスクアセスメント

プラントにおけるドローンの活用にあたり、飛行エリアに応じてリスクアセスメントを実施し、飛行計画書に記載する。飛行計画立案時には、これを参考にプラント別でのリスクアセスメントを行うことが望まれる。

本ガイドラインにおいては、屋外・屋内共通のリスク、屋内特有のリスク別に、想定すべきリスクについて例示を行う。飛行計画時にはこれを参考にリスクアセスメントを行うことが望まれる。

なお、屋内特有のリスクについては、GPS を利用できない、目視外の飛行、日常的に人が入ることができない空間や高所といった条件下で、ドローンが設備や人へ衝突することや、落下による設備破損や人的被害の可能性が挙げられる。さらに設備の構造に、狭い空間や突起物がある場合においては、ドローンが屋内で拘束される可能性があることである。

(7) 【共通のリスク要因（屋外・屋内）】

- (a) ドローンの耐風性能以上の風況が生じること
- (b) 操縦者とドローン間の通信が途絶すること
- (c) 設備の金属の施設近傍での磁気センサーの乱れ、GPS の不具合及びドローンで使用される電波と同一の電波を使用する通信機器等からの電波干渉による飛行への影響（なお、一般的な設備内部の場合、磁気センサー、GPS 等の電波が利用できない環境が多いことに留意する必要あり）

(イ) 【屋内特有のリスク要因】

- (a) 屋内が高温又は低温の場合、電子機器が故障し操縦困難になること
- (b) 屋内のような閉鎖空間内において、ドローン自身に起因する気流の乱れにより、操縦困難になること
- (c) 屋内に残留する水等の液体の影響により、電子機器が故障することにより操縦困難になること（特に油等の可燃性の液体・ガスは火災に繋がる可能性があるため確実にないことを要確認）
- (d) 暗所による又は蒸気や粉じんの影響による視界不良のため、操縦困難になること
- (e) 飛行経路に目印がないこと又は操縦士が目視外での飛行スキルが十分でない場合、自己位置が認識できず、操縦困難になること
- (f) 操縦困難な場合に、設備や人への衝突による設備破損、人的被害が生じること
- (g) 操縦困難な場合に、突起物や狭小部に拘束されること
- (h) 高所等、事前に確認できない場所が存在し、かつドローンとカメラの機能により設備内部の全体が認識できない場合、想定外の突起物等によりドローンが衝突又は拘束されること
- (i) マンホール等、狭小な空間から設備外の爆発性雰囲気を生じさせる可能性のあるエリアに侵入すること

(3) リスク対策

(2)のリスクアセスメントの結果に応じ、リスク対策の検討を行い、飛行計画書に記載する。リスク対策は、飛行目的、設備内部の条件等に応じて適切に実施することが望ましい。

以下に、一般的なリスク対策の例を示す。

(ア) 【共通のリスク要因（屋外・屋内）】

- (a) 一定の風速を超えた場合の作業中止基準を設ける
- (b) エクステンダー等のような通信拡張装置により通信を確立する
- (c) 通信状況の逐次確認及び通信が途絶する可能性がある場合の作業中止基準を設ける
- (d) 磁気センサー、GPS が利用できる場合の対策は、2.4 節参照のこと

(イ) 【屋内特有のリスク対策】

(a) 操縦不能にならないための対策

- ・ 温度条件による飛行中止基準を設ける
- ・ 屋内やドローンに起因する気流の乱れに関する飛行中止基準を設ける
- ・ 水等の環境による飛行中止基準を設ける
- ・ 暗所又は蒸気・粉じん等による飛行環境の悪化や視界不良による飛行中止基準を設ける、あわせて照明等の活用について検討を行う
- ・ 自己位置判断の基準を設ける
- ・ 飛行中止判断者の配置

(b) 設備への衝突による破損を生じさせないための対策

- ・ 飛行環境上、予想外の障害物がないかを把握するためのアセスメント飛行を飛行計画に位置づけ、実施すること
- ・ 万が一衝突しても設備に損傷等の影響を与えないよう、ドローン側に機能を施すこと
- ・ ドローン側に機構を施せない場合は、設備等に衝突しないように衝突回避機能を搭載すること

(c) 突起物や狭小部に拘束されないための対策

- ・ 屋内における突起物や狭小部の事前確認（目視、図面等）
- ・ 突起物や狭小部がない空域から全体像を把握するスクリーニング飛行の実施

(d) マンホール等、狭小な空間から設備外の爆発性雰囲気生成する可能性のあるエリアに侵入させないための対策

- ・ マンホール等の空間からドローンが設備外に出ない対策を実施する

(e) 高所等、事前に確認できない場所が存在し、かつドローンとカメラの機能により設備内部の全体が認識できない場合には、事前に把握できる範囲のみで飛行計画を立案する

(4) 事故対処方法

(2)のリスクアセスメントに応じ事故時の対処方法について、事前検討を行い、緊急連絡系統等を策定し、飛行計画書に記載する。

3.5 事前協議等の実施

プラントにおいてドローンを活用する際、飛行計画立案者は、社内関係機関との協議を実施する。また、必要に応じ、外部関係機関との情報共有を実施する。

以下に、事前協議等について示す。

(1) 社内関係機関との協議と承認【共通の協議（屋外・屋内）】

事前協議として、社内関係者、承認者との協議を行い、意見等を飛行計画書に反映する。

(2) 外部関係機関への情報共有

【共通の情報共有（屋外・屋内）】

プラント及びプラント周辺（公園、公共の施設、道路及び民家等）の状況に鑑み、必要に応じて外部関係機関である、管轄消防、産業保安監督部及び自治体等と協議、相談または情報共有等を行う。また、要望等が生じた場合には、適宜検討を行い、飛行計画に反映する。

【屋内特有の情報共有】

海上保安部、警察署、航空局及び近隣プラント等への協議や情報共有等については、建造物の構造上、ドローンが屋外に出るリスクがない限り不要である。

3.6 ドローンを活用した点検等の実施

3.4 節に示す飛行計画に従い、屋内においてドローンを活用した点検等にあたっては、飛行前、飛行中の安全確認を行い、安全に配慮した運用を心がける。また、四方や上部が囲われている屋内でのドローンの活用については、航空法の対象外であるが、一部でも囲われておらず、屋外に出る可能性がある場合は、航空法の対象となるので 1.3 節に示す航空法の規定による必要がある。

以下に、屋外における飛行当日におけるプラントにおいて確認すべき事項の例を示す。

(3) 飛行前の確認

(ア) 一般的な確認事項

- (a) 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がされているか
- (b) 計画通りの実施体制となっているか
- (c) 天候、風速は計画条件を満たしているか
- (d) 飛行ルートに接近する第三者、及び第三者の車両等がないか
- (e) 磁気センサー、GPS、ドローンにおける電波の受信環境に問題はないか

(イ) 爆発性雰囲気を生じさせる可能性があるエリア近傍や火気の制限があるエリア近傍における飛行に係る確認事項

- (f) 飛行中の中止判断の条件が設定されているか
- (g) 飛行中の中止判断を行う者が明確であるか
- (h) リスク対策に応じた確認事項の例
 - ・ ガス検知が実施されているか
 - ・ 防火・消火体制が確立されているか
 - ・ 離隔は確保されているか
 - ・ 風速の連絡体制が確認されているか 等

(4) 飛行中の状況確認

- (ア) 飛行中のドローンの直下に接近する第三者、及び第三者の車両等がないか
- (イ) 他の航空機や鳥獣が接近していないか
- (ウ) 天候、風速の状況に変化はないか
- (エ) 計画通りの飛行状況（高度、緯度・経度）か
- (オ) 磁気センサー、GPS、通信状況等の電波環境に問題はないか

また、屋内には突起物や狭小な箇所があることから、プラント事業者は、過去に同設備で飛行実績のないドローン運用事業者及び操縦者に対し、飛行前に事前に設計図面やこれまでの点検記録等を活用し、プラントの飛行環境や突起物や狭小な箇所の有無を十分に説明する必要がある。さらに、実際の飛行の際は、事前に確認した設計図面等と異なる状況となっている場合も考えられることから、構造を把握するためのアセスメント飛行をすることが望ましい。

以下に、屋内における飛行当日におけるプラントにおいて確認すべき事項の例を示す。

(1) 飛行前の確認

- (ア) プラント入構者への、ドローン飛行の実施に関する周知の徹底がされているか
- (イ) 計画通りの実施体制となっているか
- (ウ) 設備内部は爆発性雰囲気生成する可能性がなく、火気の制限がないエリアか
- (エ) 設備内部でガス検知が実施されているか
- (オ) 設備内部の風速は計画条件を満たしているか
- (カ) 設備内部に第三者がないか
- (キ) 設備内部に障害物がないか
- (ク) ドローンが電波を受信できる環境となっているか
- (ケ) 飛行中の中止判断の条件が設定されているか
- (コ) 飛行中の中止判断を行う者が明確であるか
- (ク) リスク対策に応じた確認事項の例
 - ・ 電子機器に影響がある程度の高温又は低温か
 - ・ 電子機器に影響がある程度の水等の液体が存在するか
 - ・ 設備内部の視界は良好か
 - ・ ドローンに装着した照明の明るさは良好か
 - ・ 自己位置は確認可能か
 - ・ 設備内部の突起物や狭小部は事前の確認と相違ないか
 - ・ ドローンが外部に出る可能性はないか 等

(2) 飛行中の状況確認

- (ア) 風速の状況に変化はないか
- (イ) ドローン本体に起因する気流の乱れはないか
- (ウ) 温度条件、水等の液体の状況に変化はないか
- (エ) 視界の状況に変化はないか
- (オ) 自己位置を認識しているか
- (カ) 計画通りの飛行状況（高度、位置）か
- (キ)（電波利用可能な環境の場合）電波環境に問題はないか

3.7 飛行記録の作成と提出

プラントにおいてドローンを活用した場合、1.3節に示す航空法の規定に定めのないドローンの活用においても、飛行記録等を作成することが望ましい。

(3) 飛行記録

作成した飛行記録については、飛行計画承認者等に提出することが望ましい。

(4) ヒヤリハット事例及び活用により得た知見

プラントにおけるドローンの活用において特に注意すべきヒヤリハットが生じた場合や安全な活用方法についての新たな知見や気づきを得た場合、プラント内で共有することが望ましい。

(5) その他

今後のドローンの活用のため、必要に応じて活用結果とその有効性、今後の課題等が得られた場合は、プラント内で共有することが望ましい。

【屋内特有の対応】

上記に加え、屋内特有の事象やその対策についても飛行記録に記載することが望ましい。

第4章 災害時におけるドローンの活用方法

災害時は、第2章及び第3章と異なり、プラント内の従業員の安全確保をはじめ迅速な現場確認等を目的としたドローンの活用が可能である。

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、十分に安全を確保す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。

4.1 災害時におけるプラントでのドローンの活用のための注意事項

- (1) 災害時は迅速なドローン運用の必要性が想定されることから、プラント事業者自らがドローンを所有することが考えられ、以下の事項について留意する必要がある、以下の要求事項に従った整備・訓練等が行われていることが望ましい。

(ア) ドローンの点検・整備

(イ) ドローンを飛行させる者の訓練

(ウ) ドローンを飛行させる際の安全を確保するために必要な体制

- (2) 災害時におけるドローンの活用に関しては、「消防防災分野における無人航空機の活用の手引き（平成30年1月）消防庁」（以下、「消防防災分野における手引き」という。）を参考に、以下の項目に留意すること。

(ア) 風況、飛行高度等に応じた落下範囲を想定し、配慮すること

(イ) ドローンの電波等の通信状況について確認しながら、飛行させること

(ウ) バッテリーの充電状況、固定状況を確認すること

(エ) 強風時には作業延期、場合によっては中止すること

(オ) 火煙の状況に応じて、2次災害が生じないような配慮を行うこと

(カ) 大規模な地震発生時には、地殻変動により、事前に取得していたGPSによる緯度経度の計測値がずれてしまっている可能性があることから、GPSを用いた自律飛行を行う場合には、再度GPSによる緯度経度の計測値を確認する等の対策を行うこと 等

災害時においては、捜索・救助・状況把握等を目的とした他の航空機が活動を行っていることや、地上では管轄消防等の関係機関による消防活動が行われていることが想定される。このため、他の機関の航空機の航行や消防活動の安全性が阻害されないように、ドローンの活用に当たっては、航空局、自治体、現場活動部隊等との連携調整を十分に図り、適切な運

用を行う必要がある。

また、災害時にプラント事業者がプラント内で 1.3 節に示す航空法の適用を受ける空域の範囲でドローンを活用する場合、事前に航空法上の許可を受ける必要がある。

第5章 関連法令等

5.1 航空法による規制

5.1.1 航空法第 132 条

航空法（昭和二十七年法律第二百三十一号）^{※4}第 132 条においては、以下の記載がある。

何人も、次に掲げる空域においては、無人航空機を飛行させてはならない。ただし、国土交通大臣がその飛行により航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全が損なわれるおそれがないと認めて許可した場合においては、この限りでない。

- 一 無人航空機の飛行により航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれがあるものとして国土交通省令で定める空域
- 二 前号に掲げる空域以外の空域であつて、国土交通省令で定める人又は家屋の密集している地域の上空

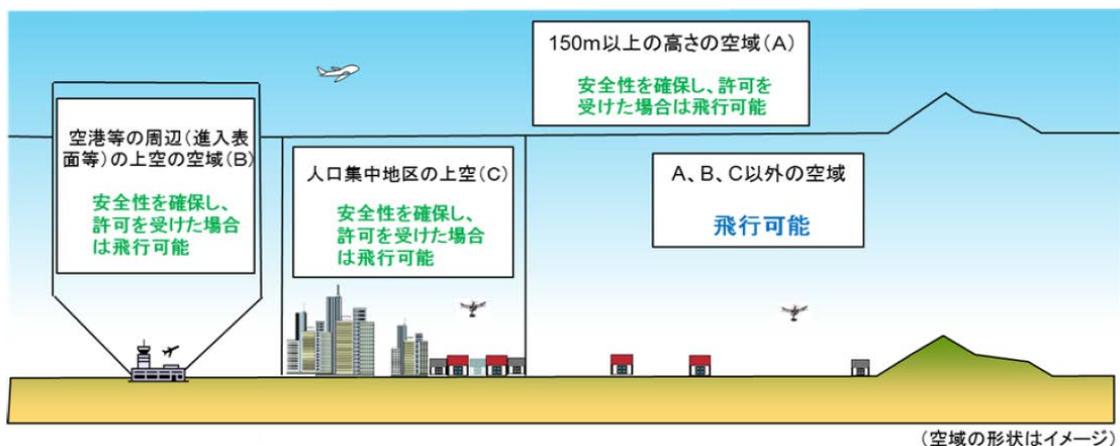


図 5.1 航空法によりドローンの飛行が制限されている高さ空域^{※5}

5.1.2 航空法第 132 条の 2

航空法第 132 条の 2 においては、以下の記載がある。

無人航空機を飛行させる者は、次に掲げる方法によりこれを飛行させなければならない。ただし、国土交通省令で定めるところにより、あらかじめ、第 5 号から第 10 号までに掲げる方法のいずれかによらずに飛行させることが航空機の航行の安全並びに地上及び水上の人及び物件の安全を損なうおそれがないことについて国土交通大臣の承認を受けたときは、その承認を受けたところに従い、これを飛行させることができる。

^{※4} https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=327AC0000000231#959

^{※5} 国土交通省、無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール（http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html）2019/2/2 参照

- 一 アルコール又は薬物の影響により当該無人航空機の正常な飛行ができないおそれがある間において飛行させないこと。
- 二 国土交通省令で定めるところにより、当該無人航空機が飛行に支障がないことその他飛行に必要な準備が整っていることを確認した後において飛行させること。
- 三 航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するため、無人航空機をその周囲の状況に応じ地上に降下させることその他の国土交通省令で定める方法により飛行させること。
- 四 飛行上の必要がないのに高調音を発し、又は急降下し、その他他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させないこと。
- 五 日出から日没までの間において飛行させること。
- 六 当該無人航空機及びその周囲の状況を目視により常時監視して飛行させること。
- 七 当該無人航空機と地上又は水上の人又は物件との間に国土交通省令で定める距離を保って飛行させること。
- 八 祭礼、縁日、展示会その他の多数の者の集合する催しが行われている場所の上空以外の空域において飛行させること。
- 九 当該無人航空機により爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件で国土交通省令で定めるものを輸送しないこと。
- 十 地上又は水上の人又は物件に危害を与え、又は損傷を及ぼすおそれがないものとして国土交通省令で定める場合を除き、当該無人航空機から物件を投下しないこと。

5.1.3 航空法第 132 条の 3

航空法第 132 条の 3 においては、以下の記載がある。

第 132 条及び前条（第 1 号から第 4 号までに係る部分を除く。）の規定は、都道府県警察その他の国土交通省令で定める者が航空機の事故その他の事故に際し捜索、救助その他の緊急性があるものとして国土交通省令で定める目的のために行う無人航空機の飛行については、適用しない。

5.2 電波法による規則

ドローンの活用において電波を使用する場合は、電波法第 4 条に基づき、一定の技術基準を満たす小電力の無線局以外の無線局については、免許を取得する必要がある。詳細については以下の電波利用ホームページを参照の上、必要に応じて、免許申請手続き等を行うなど、電波法に基づく手続きを遵守すること。

○電波法（昭和 25 年法律第 131 号）

第四条 無線局を開設しようとする者は、総務大臣の免許を受けなければならない。ただし、次の各号（※）に掲げる無線局については、この限りでない。

（※）各号の記載は、省略する。

○電波利用ホームページ（ドローン等に用いられる無線設備について）

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/>

5.3 労働安全衛生法による規制

労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号）第280条により、「引火性の物の蒸気又は可燃性ガスが爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所において電気機械器具（電動機、変圧器、コード接続器、開閉器、分電盤、配電盤等電気を通ずる機械、器具その他の設備のうち配線及び移動電線以外のものをいう。）を使用するときは、当該蒸気又はガスに対しその種類及び爆発の危険のある濃度に達するおそれに応じた防爆性能を有する防爆構造電気機械器具でなければ、使用してはならない」と規定され、労働者は、これらの器具以外の電気機械器具を使用してはならないとされている。

また電気機械器具防爆構造規格（昭和44年労働省告示第16号）第1条第15号から17号においては危険箇所について以下のとおりに定められている。

- 15 特別危険箇所 労働安全衛生規則（昭和47年労働省令第32号。以下「規則」という。）第280条第1項に規定する箇所のうち、連続し、長時間にわたり、又は頻繁に、ガス又は蒸気が爆発の危険のある濃度に達するものをいう。
- 16 第一類危険箇所 規則第280条第1項に規定する箇所のうち、通常の状態において、前号及び次号に該当しないものをいう。
- 17 第二類危険箇所 規則第280条第1項に規定する箇所のうち、通常の状態において、ガス又は蒸気が爆発の危険のある濃度に達するおそれが少なく、又は達している時間が短いものをいう。

加えて、同構造規格第2条において危険箇所の区分に応じた防爆構造を定めている。

第2条 規則第280条第1項に規定する電気機械器具の構造は、次の各号の区分に応じ、それぞれ当該各号の定める防爆構造でなければならない。

- 1 特別危険箇所 本質安全防爆構造（第43条第2項第1号に定める状態においてガス又は蒸気に点火するおそれがないものに限る。）、樹脂充てん防爆構造（第53条第1号に定める状態においてガス又は蒸気に点火するおそれがないものに限る。）又はこれらと同等以上の防爆性能を有する特殊防爆構造
- 2 第一類危険箇所 耐圧防爆構造、内圧防爆構造、安全増防爆構造、油入防爆構造、本質安全防爆構造、樹脂充てん防爆構造又はこれらと同等以上の防爆性能を有する特殊防爆構造
- 3 第二類危険箇所 耐圧防爆構造、内圧防爆構造、安全増防爆構造、油入防爆構造、本質安全防爆構造、樹脂充てん防爆構造、非点火防爆構造又は特殊防爆構造

また、「工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)」(産業安全研究所技術指針 NIIS-TR-NO.39(2006))においては、危険箇所の定義として、①特別危険箇所、②第一類危険箇所及び③第二類危険箇所の3つに分類されており、それぞれ以下の定義及び具体的な危険箇所の例示を行っている。

特別危険箇所： 特別危険箇所とは、爆発性雰囲気は通常の状態において、連続して又は長時間にわたって、若しくは頻りに存在する場所をいう。

特別危険箇所となりやすい箇所として、「ふたが開放された容器内の引火性液体の液面付近」が挙げられる。

第一類危険箇所： 第一類危険箇所とは、通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成する可能性がある場所をいう。

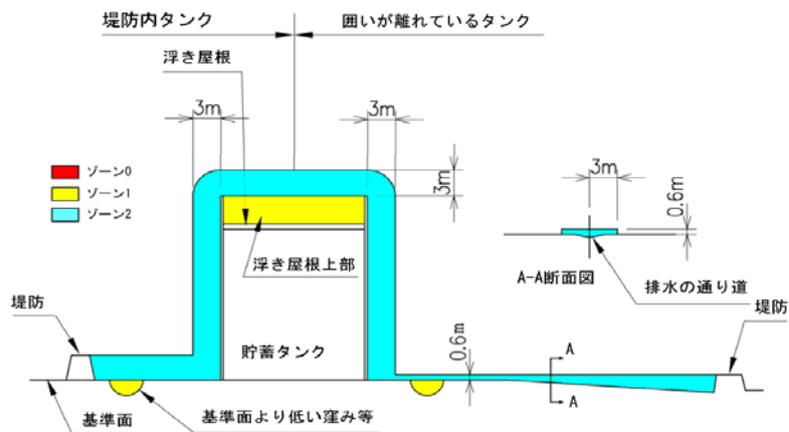
第一類危険箇所となりやすい箇所として、「ふたが開放された容器内の引火性液体の液面付近」、「点検又は修理作業のために、爆発性ガスをしばしば放出する開口部付近」や「屋内又は通風、換気が妨げられる場所で、爆発性ガスが滞留する可能性のある場所」が挙げられる。

第二類危険箇所： 第二類危険箇所とは、通常の状態において、爆発性雰囲気を生成する可能性が少なく、また生成した場合でも短時間しか持続しない場所をいう。

第二類危険箇所となりやすい箇所として、「ガスケットの劣化などのために爆発性ガスを漏出する可能性のある場所」、「誤操作によって爆発性ガスを放出したり、異常反応などのために高温、高圧となって爆発性ガスを漏出したりする可能性のある場所」、「強制換気装置が故障したとき、爆発性ガスが滞留して爆発性雰囲気を生成する可能性のある場所」や「第一類危険箇所の周辺又は第二類危険箇所に隣接する室内で、爆発性雰囲気がまれに侵入する可能性のある場所」が挙げられる。

また、「ユーザーのための工場防爆設備ガイド」(労働安全衛生総合研究所技術指針 JNIO SH-TR-NO.44(2012))においては、浮屋根式可燃性液体備蓄タンク及びオイル及びガス掘削設備における危険箇所の例示を示している。

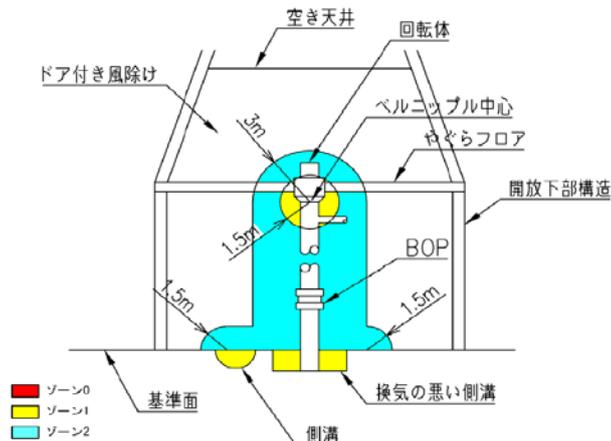
図 5.2 に示す浮屋根式可燃性液体備蓄タンク及びオイル及びガス掘削設備における危険箇所の例においては、タンク壁面や掘削穴から 3m の範囲は、第二類危険箇所と定義を行っており、防爆機器以外の電気機械器具の使用は規制されている。



— 解説 —

- ①第一類危険箇所又は第二类危険箇所における可燃性液体を含む高充填率又は高攪拌操作は、分類された危険場所の境界を延長することを求める場合がある。
- ②示された距離は、典型的な石油設備についてのものである。
- ③堤防がなく、かつ遠く離れた溝がない場合には、第二类危険箇所は備蓄タンクからの水平距離 3m を延長する。
- ④資料で示した図例は、IEC 60079 シリーズ及び NFPA を参考とした。
- ⑤図中のゾーン0、1、2 は、特別危険箇所、第一類危険箇所、第二类危険箇所と読み替える。附属書 2-B.2 の(2)～(8)は、すべて同じ扱いになる。

浮屋根式可燃性液体備蓄タンクにおける危険箇所の例



— 解説 —

- ①防風設備で閉ざされた掘削設備は、適切な換気の要求事項を満足していると考えます。
- ②開かれた下部構造は、掘削穴の中心から 3 m を第二类危険箇所として分類する。

オイル及びガス掘削設備における危険箇所の例

図 5.2 危険箇所の例示

5.4 高圧ガス保安法による規制

高圧ガス保安法は、高圧ガスの製造、貯蔵、消費、販売等を行うことに対して、それぞれで規制を課しており、規制を受ける側が行うことによって、その規制の内容は異なってくる。また、高圧ガスの種類や規模によっては、一般高圧ガス保安規則、液化石油ガス保安規則、コンビナート等保安規則などと適用される省令も異なってくる。

高圧ガス保安法においては、その体系として、法令の解釈権は所管する経済産業省にあるが、その運用は都道府県等の自治体によることとなっており、例えば高圧ガス保安法上の「火気」については、明示的な規定があるものを除いて、自治体毎の判断によっていることに留意すべきである。以上を踏まえた上で、ドローンを活用する上で考慮すべき高圧ガス保安法関係の規制内容の一例を、以下に示す。

<高圧ガス保安法の規制の例>

高圧ガス保安法においては、以下の記載がある。^{※6}

- 第 37 条 何人も、第 5 条第一項若しくは第 2 項の事業所、第一種貯蔵所若しくは第二種貯蔵所、第 20 条の 4 の販売所（同条第二号の販売所を除く。）若しくは第 24 条の 2 第 1 項の事業所又は液化石油ガス法第 3 条第 2 項第 2 号の販売所においては、第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所若しくは第二種貯蔵所の所有者若しくは占有者、販売業者若しくは特定高圧ガス消費者又は液化石油ガス法第 6 条の液化石油ガス販売事業者が指定する場所で火気を取り扱ってはならない。
- 2 何人も、第一種製造者、第二種製造者、第一種貯蔵所若しくは第二種貯蔵所の所有者若しくは占有者、販売業者若しくは特定高圧ガス消費者又は液化石油ガス法第 6 条の液化石油ガス販売事業者の承諾を得ないで、発火しやすい物を携帯して、前項に規定する場所に立ち入ってはならない。

<省令（一般高圧ガス保安規則）の規制の例>

一般高圧ガス保安規則は、高圧ガス（冷凍保安規則及び液化石油ガス保安規則の適用を受ける高圧ガスを除く。）に関する保安（コンビナート等保安規則に規定する特定製造事業所に係る高圧ガスの製造に関する保安を除く。）についての規定である。

高圧ガス保安法第 8 条第 1 号における経済産業省令で定める技術上の基準及び同条第 2 号の経済産業省令で定める技術上の基準として、一般高圧ガス保安規則に以下のような規定がある。^{※7}これは、許可を受けた第一種製造者、届出を行った第二種製造者が、継続して遵守を求められる技術上の基準である。ただし、圧縮水素スタンド、移動式製造設備など、別途その技術上の基準が定められているものもある。

^{※6} https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=326AC0000000204#283

^{※7} https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=341M50000400053#66

(1) 第6条第1項第3号

可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備（可燃性ガス又は特定不活性ガスが通る部分に限る。）は、その外面から火気（当該製造設備内のものを除く。以下この号において同じ。）を取り扱う施設に対し八メートル以上の距離を有し、又は当該製造設備から漏えいしたガスが当該火気を取り扱う施設に流動することを防止するための措置（以下「流動防止措置」という。）若しくは可燃性ガス若しくは特定不活性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講ずること。

(2) 第6条第1項第26号

可燃性ガス（アンモニア及びブロムメチルを除く。）の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造のものであること。

(3) 第6条第2項第8号ニ

容器置場（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）及び空気のものを除く。）の周囲二メートル以内においては、火気の使用を禁じ、かつ、引火性又は発火性の物を置かないこと。ただし、容器と火気又は引火性若しくは発火性の物の間を有効に遮る措置を講じた場合は、この限りでない。

<基本通達による一般高圧ガス保安規則の解釈の例>

基本通達「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」の一般高圧ガス保安規則第6条関係に以下の解釈がある。^{※8}

第6条関係 3.

第1項第3号中「火気を取り扱う施設」とは、事業所内外の蒸発器、ボイラー、ストーブ、喫煙室等通常定置されて使用されるものをいい、たばこの火、自動車のエンジンの火花は含まれないが、これらは、「火気」に含まれるので、法第37条の規定により、あらかじめ第一種製造者が火気使用禁止区域を設定することにより管理することが望ましい。また、第1項第3号中「当該製造設備」外の電気設備であっても、同項第26号の規定に基づき設置された可燃性ガスの高圧ガス設備に係る電気設備並びに「電気機械器具防爆構造規格（昭和44年1月1日労働省告示第16号）」、「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆1979）」（労働省産業安全研究所技術指針）、「新工場電気設備防爆指針（ガス防爆1985、一部改正1988）」（労働省産業安全研究所技術指針）、「ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド（ガス防爆1994）」（労働省産業安全研究所技術指針）及び「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）」（独立行政法人産業安全研究所技術指針）の規定に基づき設置された電気設備については、第1項第3号の適用を受ける「火気を取り扱う施設」には該当しない。したがって、これらの防爆指針及びガイドに基づき非危険場所に分類された場所に設置する電気設備については、防爆構造を有しなくても、「火気を取り扱う施設」には該当しない。なお、可燃性ガスの取り入れ、取り出し口の方向は火気を使用する場所及び他の貯槽をさけることが望まし

^{※8} http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/20161101_hipregas_kihonntsuutatu.pdf

い。

<省令（コンビナート等保安規則）の規制の例>

コンビナート等保安規則は、この省令の適用をうける特定製造事業所における高圧ガスの製造に関する保安についての規定である。

高圧ガス保安法第八条第一号における経済産業省令で定める技術上の基準及び同条第二号の経済産業省令で定める技術上の基準として、コンビナート等保安規則には以下のような規定がある。これは、許可を受けた第一種製造者が、継続して遵守を求められる技術上の基準である。ただし、特定液化石油ガススタンド、圧縮水素スタンドなど、別途その技術上の基準が定められているものもある。

（１）第５条第１項第１４号

可燃性ガス又は特定不活性ガスの製造設備（可燃性ガス又は特性不活性ガスが通る部分に限る。）は、その外面（液化石油ガス岩盤貯槽にあつては、配管堅坑の内面）から火気（当該製造設備内のものを除く。以下この号において同じ。）を取り扱う施設に対し８メートル以上の距離を有し、又は当該製造設備から漏えいしたガスが当該火気を取り扱う施設に流動することを防止するための措置（以下第７条第１項第６号、同条第２項第１８号、第７条の２第１項第１９号、第７条の３第１項第１０号及び同条第２項第２７号において「流動防止措置」という。）若しくは可燃性ガス若しくは特定不活性ガスが漏えいしたときに連動装置により直ちに使用中の火気を消すための措置を講ずること。ただし、経済産業大臣がこれと同等の安全性を有するものと認めた措置を講じている場合は、この限りでない。

（２）第５条第１項第４８号

可燃性ガス（アンモニア及びブロムメチルを除く。）の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造のものであること。ただし、ジメチルエーテルに係る試験研究施設に係る電気設備であつて、経済産業大臣がこれと同等の安全性を有するものと認めた措置を講じているものについては、この限りでない。

（３）第５条第２項第２号リ

高圧ガスを容器に充填するため充填容器等、バルブ又は充填用枝管を加熱するときは、次に掲げるいずれかの方法により行うこと。

（イ）及び（ロ） 省略

（ハ） 設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造の空気調和設備（空気の温度を四十度以下に調節する自動制御装置を設けたものであつて、火気で直接空気を加熱する構造のもの及び可燃性ガスを冷媒とするもの以外のものに限る。）を使用すること。

（４）第５条第２項第８号

容器置場及び充填容器等は、次に掲げる基準に適合すること。

イ～ハ 省略

ニ 容器置場（不活性ガス（特定不活性ガスを除く。）及び空気のものを除く。）の周囲二メートル以内においては、火気の使用を禁じ、かつ、引火性又は発火性の物を置かないこと。

ただし、容器と火気又は引火性若しくは発火性の物の間を有効に遮る措置を講じた場合は、この限りでない。

ホ～チ 省略

(5) 第 11 条第 3 項

コンビナート製造者は、第 1 号から第 6 号まで及び第 10 号に掲げる場合には関係事業所に、第 7 号から第 9 号までに掲げる場合には関連事業所に、その旨を連絡しなければならない。この場合において、連絡は、当該連絡をされるべき関係事業所又は関連事業所において保安上必要な措置を講ずることができるよう適切に行うものとする。

1～4 省略

5 隣接するコンビナート製造事業所の境界線から 50 メートル以内において、火気を取り扱おうとするとき。

6 隣接するコンビナート製造事業所の境界線から 100 メートル以内において、大量の火気を取り扱おうとするとき。

7～10 省略

(6) 第 11 条第 4 項

コンビナート製造者は、隣接するコンビナート製造事業所の境界線から 100 メートル以内において次の各号に掲げる設備又は施設を設置し、又は撤去したとき（第 4 号に掲げるベントスタックにあつては、当該ベントスタックからガスを放出する方向を著しく変更したときを含む。）は、遅滞なく、当該設備又は施設の種類及び位置（第 4 号に掲げるベントスタックにあつては、当該ベントスタックからガスを放出する方向を含む。）を記載した書面を作成し、これを隣接するコンビナート製造事業所に送付しなければならない。ただし、次項の規定により連絡をした設備については、この限りでない。

1～4 省略

5 火気を大量に使用する設備

6～7 省略

<基本通達によるコンビナート等保安規則の解釈の例>

基本通達「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」のコンビナート等保安規則第 5 条関係に以下の解釈がある。

第 5 条関係 8.

第 1 項第 14 号中「火気を取り扱う施設」とは、事業所内外の蒸発器、ボイラー、ストーブ、喫煙室等通常定置されて使用されるものをいい、たばこの火、自動車のエンジンの火花は含まれないが、これらは、「火気」に含まれるので、法第 37 条の規定により、あらかじめ特定製造者が火気使用禁止区域を設定することにより管理することが望ましい。また、第 1 項第 14 号中「当該製造設備」外の電気設備であっても、同項第 48 号の規定に基づき設置された可燃性ガスの高圧ガス設備に係る電気設備並びに「電気機械器具防爆構造規格（昭和 44 年 4 月 1 日労働省告示第 16 号）」、「工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆 1979）」（労働省産業安全研究所技術指針）、「新工場電気設備防爆指針（ガス防爆 1985、一部改正 1988）」

(労働省産業安全研究所技術指針)、「ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド(ガス防爆1994)」(労働省産業安全研究所技術指針)及び「工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)」(独立行政法人産業安全研究所技術指針)の規定に基づき設置された電気設備については、第1項第14号の適用を受ける「火気を取り扱う施設」には該当しない。したがって、これらの防爆指針及びガイドに基づき非危険場所に分類された場所に設置する電気設備については、防爆構造を有しなくても、「火気を取り扱う施設」には該当しない。なお、可燃性ガスの取り入れ、取り出し口の方向は、火気を使用する場所及び他の貯槽を避けることが望ましい。

5.5 消防法による規制

危険物施設で火気及び電気器具等を使用する際に遵守する事項についての関連規定は以下のとおりである。

消防法第10条第3項^{※9}

製造所、貯蔵所又は取扱所においてする危険物の貯蔵又は取扱は、政令で定める技術上の基準に従ってこれをしなければならない。

危険物の規制に関する政令第24条^{※10}

法第10条第3項の製造所等においてする危険物の貯蔵及び取扱いのすべてに共通する技術上の基準は、次のとおりとする。

危険物の規制に関する政令第24条第1項第2号

製造所等においては、みだりに火気を使用しないこと。

危険物の規制に関する政令第24条第1項第13号

可燃性の液体、可燃性の蒸気若しくは可燃性のガスがもれ、若しくは滞留するおそれのある場所又は可燃性の微粉が著しく浮遊するおそれのある場所では、電線と電気器具とを完全に接続し、かつ、火花を発生する機械器具、工具、履物等を使用しないこと。

5.6 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^{※11}

石油・化学プラントでは、法令に基づき危険区域の設定が求められている。その区域内では通常の電子機器やドローン等は使用できない。2019年4月、経済産業省は、最新の海外

^{※9} https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=323AC1000000186

^{※10} https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=334CO0000000306

^{※11}

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/hourei/guideline.html

規格を用いて、危険区域の精緻な設定方法を「ガイドライン」として取りまとめた。これにより、法令が定める保安レベルを低下させることなく、プラント内でのドローンの活用範囲も拡大できる。

具体的な設定方法については、ガイドライン内に計算例があり、また計算例を含む詳細リスク評価の手順が「自主行動計画（例）」として公開されている。

さらに、実際の設定を行う場合に必要な複雑な計算式も、計算用 Excel シートが公開されており容易に計算結果を求めることができる。

危険区域の見直しとセットで本ドローンガイドラインを活用することで、プラント内のより広い範囲でのドローン活用が期待される。

【別紙】

令和元年度プラントにおけるドローン活用に関する安全性調査研究会 委員等名簿
座長

木村 雄二 工学院大学 名誉教授

委員（五十音順、敬称略）

入江 裕史 株式会社スカイウィングス 最高執行責任者（COO）
小山田 賢治 高圧ガス保安協会 高圧ガス部長代理
川越 耕司 一般社団法人日本化学工業協会
（三菱ケミカル株式会社 環境安全部 安全グループ グループ
マネージャー）
田所 諭 東北大学大学院 情報科学研究科 応用情報科学専攻 教授
土屋 武司 東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
梶谷 昌隆 石油化学工業協会（J S R株式会社 生産技術部長）
和田 昭久 一般社団法人日本産業用無人航空機工業会 理事
渡辺 聖加 石油連盟（J X T G エネルギー株式会社 工務部 設備管理グ
ループ チーフスペシャリスト）

オブザーバー（敬称略）

出光興産株式会社 製造技術二部
上野グリーンソリューションズ株式会社 事業開発部
上野トランステック株式会社 戦略推進部
エアロセンス株式会社 営業部
株式会社NTT ドコモ 法人ビジネス戦略部
株式会社エンルート 経営戦略部
株式会社自律制御システム研究所 事業推進ユニット・カスタマーリレーシ
ョン
株式会社デンソー 社会ソリューション事業推進部 U A Vシステム事業室
株式会社日立製作所 ディフェンスビジネスユニット情報システム本部
山九株式会社 プラント・エンジニアリング事業本部
メンテナンス事業部メンテナンス技術部 診断・溶接グループ
住友化学株式会社 レスポンシブルケア部
総合警備保障株式会社 開発企画部開発企画課
Terra Drone 株式会社 日本本社
日揮株式会社 未来戦略室
日本工業検査株式会社 技術本部
ブルーイノベーション株式会社 プロダクト&パッケージ部
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 環境安全・技術部担当審議役
神奈川県 暮らし安全防災局 防災部工業保安課 コンビナートグループ
千葉県 千葉県商工労働部産業振興課
市原市 経済部 商工業振興課
総務省消防庁 特殊災害室
総務省消防庁 危険物保安室

厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 化学物質対策課
経済産業省 製造産業局 素材産業課
経済産業省 製造産業局 産業機械課
経済産業省 産業保安グループ 高圧ガス保安室
経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

事務局

みずほ情報総研株式会社

プラントにおけるドローン活用事例集 Ver2.0

2020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、厚生労働省、経済産業省)

◆まえがき

現在、石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラントにおいて、生産性の向上や安全・安定的な操業の維持が求められる中、プラント設備の高経年化や若手の経験不足、ベテラン従業員の引退などによる保安力の低下が大きな課題となっています。

こうした中、プラントにおいてドローンを活用することにより、塔類等の高所点検の容易化や大型石油貯槽タンク等の日常点検頻度の向上による事故の未然防止、災害時の迅速な現場確認が可能となり、プラントの保安力・利便性の向上や労働災害の減少に繋がることが期待されています。

一方で、高圧ガスや危険物を扱うプラントにおいては、防爆エリアへの進入及び設備への落下等を防ぎ、安全に利用することが重要です。そこで、プラント事業者がドローン活用を検討する際の参考とすべく、先行事例をとりまとめました。また、Ver2.0の作成にあたり、プラント設備内部における活用事例についても整理いたしました。

本事例集が、プラントでのドローン活用を考える事業者の方々にとって、より検討を深める一助となれば幸いです。

最後に、本事例集の策定にあたり、「プラントにおけるドローン活用に関する安全性調査研究会」にご参画いただいた委員・オブザーバーの方々をはじめ、ご協力をいただきました関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

目次

1. 国内企業の活用状況	P.3
2. 実証実験の事例	
①屋外での実証事業（2018年度）	P.6
②屋内（設備内部）での実証事業（2019年度）	
※2020年3月新規追加	P.19
3. 国内企業の事例	P.28
4. 海外企業の事例	P.41

1. 国内企業の活用状況

※2019年3月時点

国内の石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラント事業所に対しアンケートを実施し、国内プラントにおけるローンの活用状況について示す。

国内企業のドローン活用状況

調査概要

調査方法

国内の石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラント事業者のドローン活用状況を把握するため、石油連盟、石油化学工業協会、日本化学工業協会の会員企業に対し、2018年12月～2019年1月にかけてアンケート調査を実施した。

回答数

回答は41社86事業所から得られた。

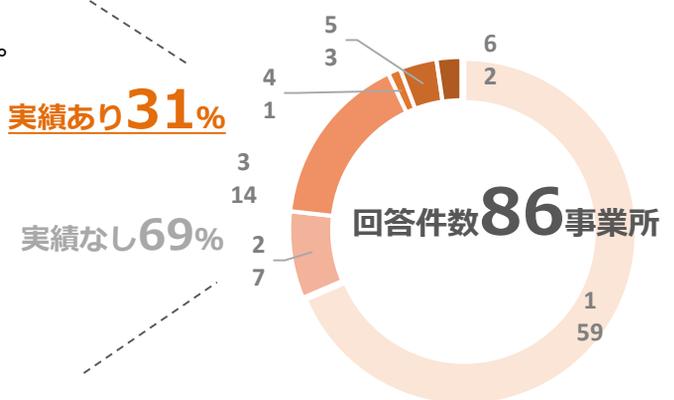
国内企業のドローン活用状況

活用実績の 有無及び頻度

41社86事業所のうち、16社27事業所が活用実績あり、30社59事業所が活用実績なしであった。

また、活用実績がある27事業所のうち、21事業所が数回実験した程度である一方で、月に数回活用すると回答した企業も3社あり、全体としては実証試験の段階にあることが想定される。またその他と回答した企業では災害対応（防災訓練含む）に活用したことがあるとの回答であった。

ドローンの活用実績と頻度（事業所）

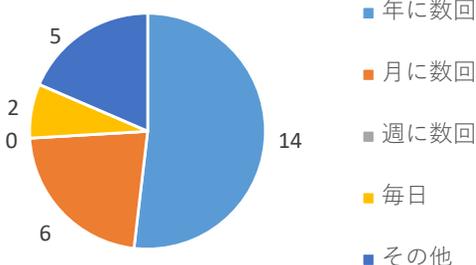


ドローン活用ニーズの有無

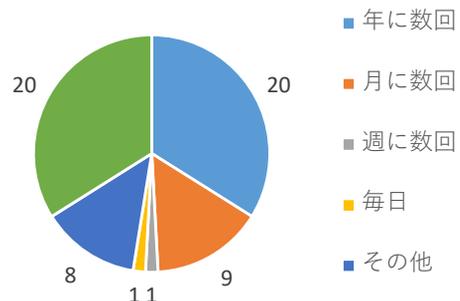
活用実績のある27事業所については、全ての事業所で活用ニーズがあり、年に数回活用したいという回答が最も多かった。次に活用実績がない59事業所については、39事業所で活用ニーズがあり、こちらも年に数回活用したいという回答が最も多かった。

回答事業所全体では7割以上の事業所がドローン活用ニーズを有しているが、実際に活用実績がある企業が現時点では半分以下の3割程度にとどまっている。

ドローンの活用ニーズ (活用実績がある企業)



ドローンの活用ニーズ (活用実績がない企業)



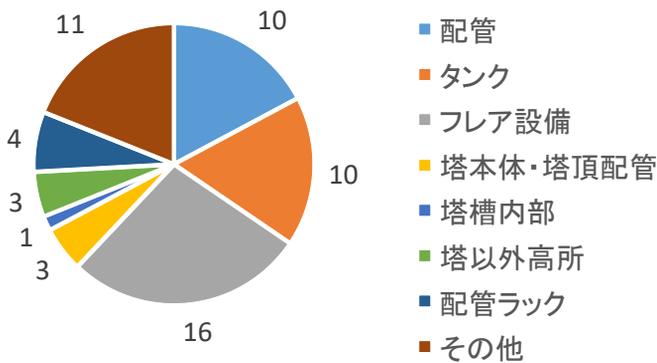
国内企業のドローン活用状況

ドローンを活用した点検実施箇所・活用時の留意点

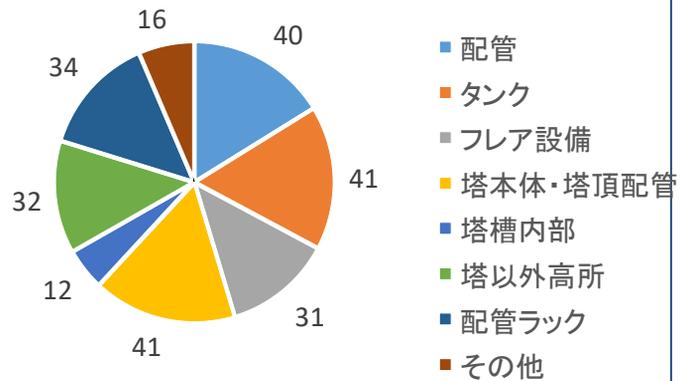
点検実施箇所

活用実績のある27事業所が、ドローンを用いて点検を実施した箇所で、最も多いのはフレア設備、次いで配管、タンクとなった。次に活用実績の有無に関わらず集計した、今後点検を実施したい箇所については配管、タンク、塔本体・塔頂配管が多く、次いでフレア設備、塔以外の高所、塔槽内部となった。高所の点検作業を中心にドローンの活躍が期待されていることがわかる。

点検を実施した箇所



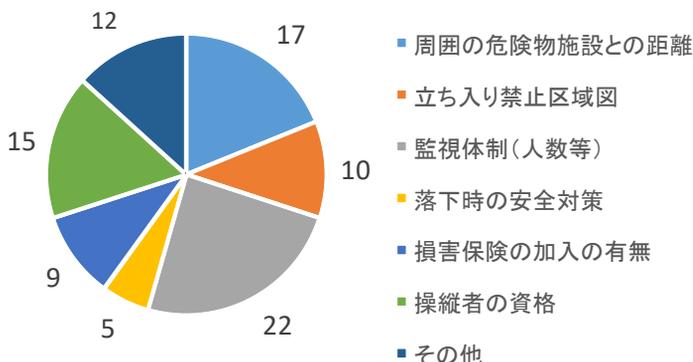
点検を実施したい箇所



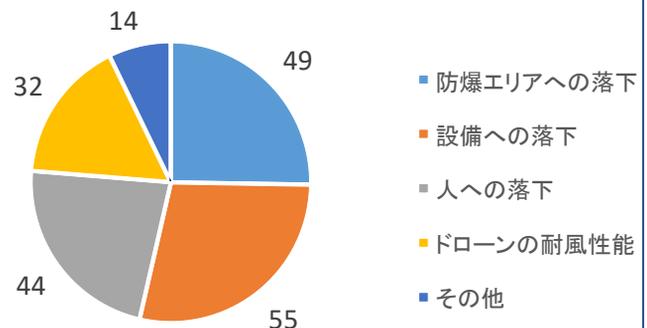
ドローン活用時の留意点

活用実績のある27事業所が、ドローンの活用時に留意した点で最も多いのは、監視体制に次いで周囲の危険物施設との距離、立ち入り禁止区域図、操縦者の資格等となった。次に活用実績の有無に関わらず集計した、今後ドローンを活用するに際し懸念する点については、防爆エリアへの落下、設備への落下、人への落下といったドローンの落下への懸念が多く、次いでドローンの耐風性能についても懸念があることがわかる。その他、自律運転やマニュアル操作時に、操作ミスや操作不能（機器の故障、電波障害、雨風等）により、設備、飛行予定区域外や敷地外へ落下すること、風に煽られる等による送電線への接触、電波障害によるプラント制御装置の誤作動、近隣住民からの騒音やプライバシー侵害に対する苦情、ドローンの防爆性能などの懸念点が上がった。

活用時に留意した点



活用に際し懸念する点



2. 実証実験の事例

①屋外での実証事業(2018年度)

経済産業省委託事業「平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」の中で、JXTGエネルギー株式会社根岸製油所においてドローン活用実証実験を実施した。本実験に関する内容や実験に際してのリスクアセスメント・リスク対策、実験結果について示す。

実証実験の実施概要

実証実験の位置づけ

「平成30年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」において、プラントにおけるドローン活用について、特有の課題や条件など整理・検討し、ドローンが危険エリア等に落下・進入することのない運用について整理を行った。また、同事業における検討及び課題整理にあたり、運用時の留意点を明かにするため、実証実験を実施した。

概要

地震発生時に原油タンクの浮屋根が揺れることで原油が屋根上に漏れてしまった状態や、屋根の腐食により原油が屋根上に染み出してしまった状態を早期に発見するため、防爆エリアへの落下・侵入を防ぐ安全対策を取った上で、ドローンによる原油タンクの浮屋根の撮影を行う実証実験を実施した。

日程及び場所

日程：2019年2月4日（月） ※ 2019年1月30日（水）に予備実験を実施

場所：JXTGエネルギー株式会社 根岸製油所

使用したドローン

実験に使用したドローンの機能・性能は以下である。

項目	機能・性能
最高速度	20m/s（72km/h）
最高高度	150m
機体重量	6.4kg
カメラ搭載時の重量	7.5kg
対応天候	防水性（IPX3：傾斜60°の範囲の散水に対して保護されている）を超える雨天以外での飛行可
飛行方式	自律（VSLAM／GPS）、マニュアル（飛行中に切り替え可能）
誘導精度	・VSLAM > GPS（※ただし、VSLAMの使用は、通常高度20m以下に制限される） ・GPSの場合、通常数mの誤差
安全対策	・操作信号が途絶えた場合、指定地点へ帰投
搭載カメラ	a6000を搭載実績あり、他市販カメラを搭載可能 レンズフィルタは使用実績なし

ドローンの飛行目的・撮影対象等の選定

【飛行目的】 原油タンクにおいて、地震発生時に浮屋根が揺れることで原油が屋根上に漏れてしまった状態や、屋根の腐食により原油が屋根上に染み出してしまった状態を早期に発見することを想定し、ドローンによる上空からの撮影を行う。

【撮影対象】 原油タンク群の浮屋根

ドローン運用事業者の選定

今回の実験では、プラントにおける飛行実績を豊富に有しているなど、特にリスク対策を念頭に、信頼性の高いドローン事業者を選定した。また、飛行可能最大風速10m/s（風洞実験にて風速14～18m/s下での安定飛行の実績あり）、GPSによる飛行ルートの設定、通信遮断時等の自動帰還、障害物自動回避、GPS・センサーによる自律飛行などの機能・性能を持つ、信頼性の高い機体を選定した。

飛行目的・飛行計画の設定

【目的】 原油タンク群の浮屋根の点検

【撮影方法】 静止画撮影／動画撮影

【撮影対象】 原油タンクの浮屋根上部

【飛行区域の状態】 爆発性雰囲気を生じ得る可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍

【飛行ルート】 原油タンク群の外周道路上

【飛行日時】 2019年2月4日 10:00～16:00

【実施体制】 操縦者、補助者、監督者、ドローン監視員、風速監視員 各1名、連絡員、交通整理員 各2名

（※本飛行は、実際の点検等ではなく、プラントでドローンを安全に飛行させる方法を検討することを目的とした実験であるため、これに対応した監視人数となっている）

リスクアセスメント

飛行経路の状態が爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍である点を踏まえ、リスクアセスメントを行った。

ドローンの落下等による人的被害や設備の破損のリスクについて、以下の原因を想定した。

- 作業員、通行車両、設備等の上空での飛行
- 悪天候、強風時での飛行
- 瞬間的な強風によるドローンの落下や制御不能に陥る可能性
- 飛行中の鳥獣との接触
- GPSの不具合及び通信不良等による飛行への影響

また、爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリアや火気の制限があるエリアへドローンが侵入し、着火するリスクについて、以下の原因を想定した。

- ドローンの機能に不具合が生じ、ドローンが停止、落下すること
- ドローンの飛行高度において、耐風性能を超える風速が生じ、機体が風に流されること
- 落下等の衝撃によりバッテリーが破損し、着火すること

リスク対策

上記リスクアセスメントの分析結果に応じ、以下のリスク対策を取ることとした。

- 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を行った。
- 飛行ルート付近の作業員や車の交通量に応じた適切な監視体制を構築するため、飛行ルート下の道路において、必要に応じて交通制限を行えるよう、誘導員を配置。また、気象条件の悪化や機器トラブル時に飛行中止を速やかに判断できる安全管理者を配置した。
- 補助者を配置し、実験関係者以外の立入りを監視。また立入の可能性を確認した場合には、立ち入らないよう注意喚起を行うとともに、操縦者へ必要な助言（安全な距離、安全な着陸場所等について）を行った。
- ドローンに対する操作信号が途絶えた場合には指定地点へ帰投する設定を行った。
- 根岸製油所内で測定された高度7.5m位置での風速が7.5m/s以下飛行高度における風速が10m/s以下となるよう設定）であり、かつ天候が晴れ又は曇りの状態においてのみ実験を行うこととし、実験中に一定の風速（7.5m/s）を超えた場合は飛行を中止することとした。

リスク対策（つづき）

- 電波障害等がなく、十分に通信状況が安定していることを確認した上で飛行させた。
- 所内では無線計装等がドローンの操作用無線と同じ2.4GHzを使用しているが、飛行エリア内で電波干渉した場合においても、ドローンは自動で全14チャンネル中から空きチャンネルを選択する機能を有するため問題なく通信可能なことを確認した。また、船舶無線（150MHz～160MHz）とは周波数帯が異なり、干渉しないことを確認した。
- GPSによる飛行が不安定な場合、直ぐに操縦者運転に切り替えるよう設定した。
- 防爆エリア内への侵入をしない飛行ルートを設定するため、ドローンが風に流され防爆エリアに不時着しないよう、風速に応じた十分な離隔距離を確保し、飛行高度を設定した。また風速の変化に柔軟に対処するため、製油所内の風速計を監視する風速監視員を配置し、飛行エリアの地上においても手元風速計による風速監視を行った。
- ドローンが配管へ墜落した場合の影響については、NEDOの実証試験の結果を考慮し、鉄板への損傷が少ないことを確認した。
- 製油所に隣接する高速道路等の公道へ落下しないよう、公道から30m以上の離隔を確保した。
- 飛行直前にガス検知を実施した。
- 消火器を実験場所に配置する等、防火・消火体制を確保した。
- 一定の衝撃に対して、UN38.3認証（国連勧告輸送試験）を得た衝撃等に強いバッテリーを使用した。
- 鳥獣等の接近について覚知できるよう、空域を監視する人員を配置した。
- 原油荷役中は実験を中止することとした。

事前協議等の実施

飛行計画について、以下の事前説明・協議等を実施した。

- 根岸製油所内の所内関係部署への事前確認
- 根岸製油所内の防火・消火体制確保の一貫としての所内消防への事前説明
- 近隣住民からの問い合わせに対応できることを目的とした根岸製油所内総務Grへの事前説明
- 管轄消防への飛行計画の説明
- 管轄警察署への飛行計画の説明
- 管轄海上保安部への飛行計画の説明

ドローンを活用した点検等の実施

実験にあたり、ドローンの飛行前・飛行中において、以下の点を確認した。

項目		詳細	確認タイミング		
			実験前	実験中	
飛行前の確認	前提条件	飛行当日、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がされているか			
		計画通りの監視体制となっているか			
	天候、風速は計画条件を満たしているか				
確認事項	体調面は問題ないか	飲酒はしていないか			
		飛行ルートに接近する人、車等がないか			
		プロペラ、機体のねじの緩みはないか			
機体	機体の損傷、ゆがみはないか	プロペラの傷みはないか、取り付け向きはあっているか			
		モーターの水平は取れているか			
		モーター手回しの際の異物感及び違和感はないか			
バッテリー	バッテリー残量は充分か、充電したか	バッテリーに傷、変形はないか			
		バッテリー搭載時の機体重心はあっているか			
		バッテリーが機体に固定されているか			
プロポ	プロポ電池残量は充分か、充電したか	スイッチ入力前のスイッチ、スティックの位置確認は正常か、スイッチは壊れていないか			
		フライトモニターがPCにインストールされているか			
		PCは充電されているか			
機体運用に関する事前確認	フライトモニター	データリンクユニットはあるか、破損していないか			
		フライトモニターが起動するか			
		COMポートは合っているか			
		バッテリー情報は取得できているか			
		Linkは100%か			
		RCは100%か			
		GPS情報は取得できているか			
		モードは切り替わるか			
		地図が表示されているか			
		エラーメッセージは出していないか			
		飛行計画が転送されているか			
		テスト飛行による確認	テストフライトを行って異常がないか確認したか		
		異音、振動等の異常はないか			
		飛行中の不安定な挙動はないか			
		GPSは取得できているか			
フライトモニターとの方位のずれはないか					
プラント特有の確認	事前確認	飛行中止基準を明確に定めているか			
		飛行中止を判断できる者が配置されているか			
		最隣接タンクの防油堤内のガス検知はしたか			
	防火体制が確立しているか				
	十分な離隔を確保しているか				
	風速を監視する者またはシステムが配置されているか				
飛行中確認	航行中のドローンの直下に接近する人、車等がないか	他の航空機や鳥獣が接近していないか			
		天候、風速の状況に変化はないか			
		計画通りの飛行状況(高度・緯度・経度)か			
本実証実験特有の確認	データ取得	GPS情報は記録されているか			
		カメラは適切に固定されているか			
		カメラを起動したか			
		カメラの設定は適切か			
		映像伝送装置は起動したか			

※なお、機体運用に関する事前確認項目は、使用する機体により異なる。

飛行記録の作成と提出

■ 飛行記録

本実験に対し作成した飛行記録を下表に示す。下表では、実験当日に加え、予備実験の飛行記録も合わせて示した。

年月日	飛行させる者の氏名	飛行概要	飛行させた無人航空機	離陸場所	離陸時刻	着陸場所	着陸時刻	飛行時間	飛行の安全に影響のあった事項
2019/1/30	(氏名を記入)	タンク周辺飛行事前検証	(機体名を記入)	JXTG根岸敷地内	9:30	JXTG根岸敷地内	16:00	1:00	当初計画に高速道路付近が含まれていたため、飛行対象外エリアとした。
2019/2/4	同上	タンク周辺飛行	同上	JXTG根岸敷地内	9:30	JXTG根岸敷地内	16:00	1:00	特になし

予備実験時の飛行記録では、実験当日の飛行エリアを事前検証した結果、安全のため高速道路に近い飛行エリアを飛行対象外エリアとした旨を記載している。

実験当日の、実験中の風速10分平均値の最大は10時台の4.1m/sであり、11時以降は12時台の2.1m/sが最大であった。

■ ヒヤリハット事例及び活用により得た知見

プラント内では配管を集約した場所があり、ここに道路上の交差点が重なった、見通しの悪い交差点となる場所が存在する。

このような見通しの悪い交差点付近にあるタンクを空撮する場合、地上側パイロットの安全確保のために交通を一定程度制限することは、逆に交通事故の原因となる可能性も考えられるため、両者の安全を確保できるような、プラントごとの道路状況に見合った適切な対処が必要となる。

そのため、ドローン運用事業者とプラント事業者は事前に飛行ルートの下見を行うことが望ましいと考えられる。

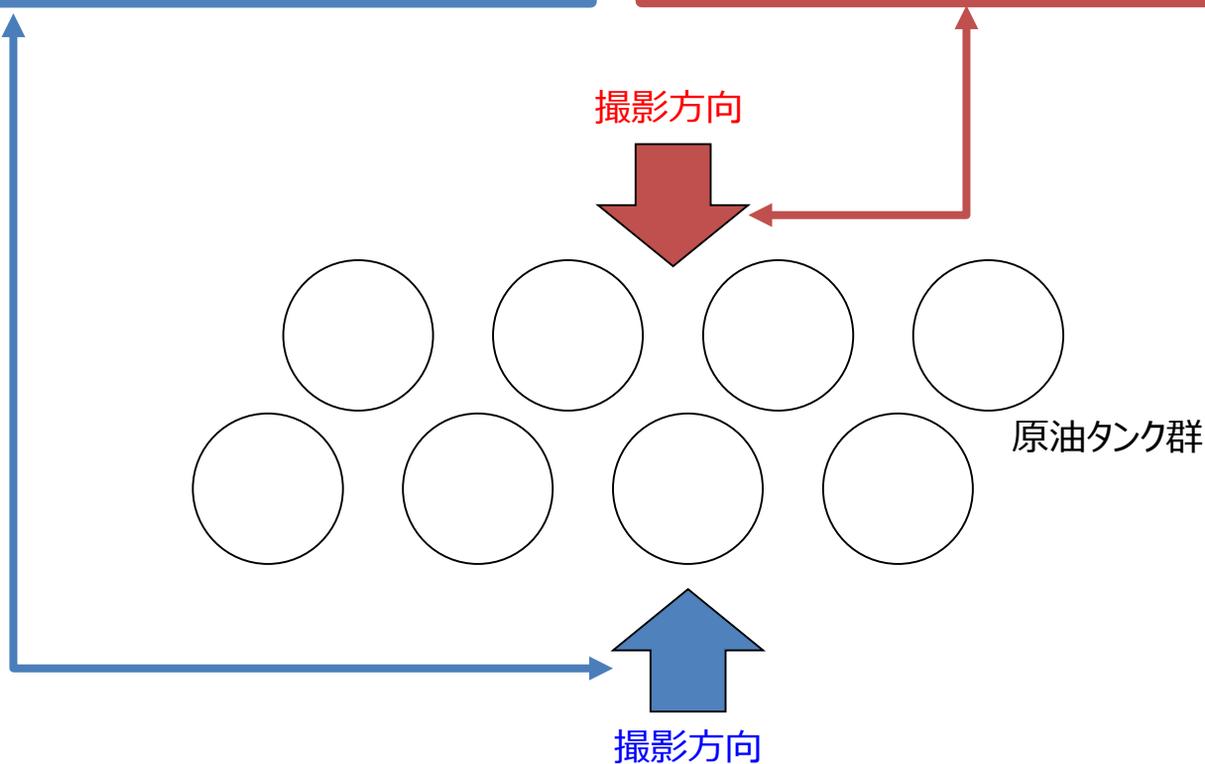
■ その他

今後のドローン活用に向けて、本実験の目的に照らし、ドローン活用結果とその有効性について検討するため、実際に撮影した画像とともに、次ページに検討結果を示す。

実験結果とドローン活用の有効性

ドローンによる空撮が、浮屋根上の油溜まりの点検を代替できるようになるためには、空撮により対象とする全原油タンクについて、浮屋根全体を撮影できることが必要条件になる。

本実験の結果、撮影対象である16タンク中ほぼ全てと言える14タンクについて、浮屋根全体を確認することができた。以下に浮屋根全体の撮影に成功したタンクの撮影画像を示す。以下の青枠の画像と赤枠の画像は同じタンク群を互いに反対方向から撮影したものである。青枠の画像で奥側にあるタンクは浮屋根全体を確認することができないが、赤枠の画像を撮影することで、2枚の画像を合わせて浮屋根の全体を確認することが出来る。本実験ではこのような手法で原油タンク群16タンクの浮屋根撮影を試みた。



実験結果とドローン活用の有効性（つづき）

本実験の結果、16タンク中2つのタンクについてのみ浮屋根の一部が死角になり、全体を撮影することが出来なかった。

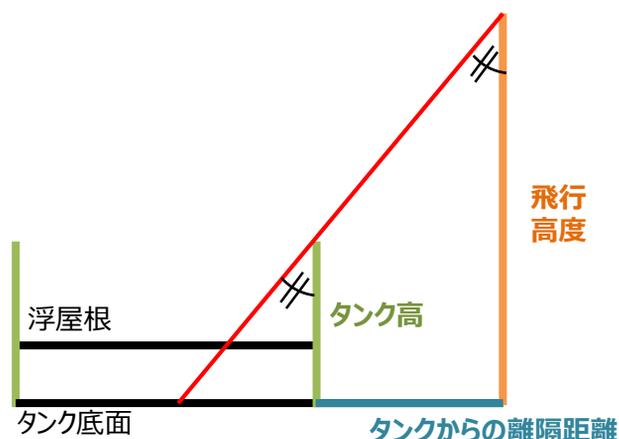
浮屋根の一部を撮影することが出来なかった原因としては、以下2点が重なったことが原因を考えられる。

- 十分な離隔距離を確保しつつ撮影した場合、タンクからの距離に応じて必然的に死角が発生してしまうこと
- 当日浮屋根が底部まで沈みこんでいたこと

以下に死角発生 of 構造の模式図、及び浮屋根の一部が撮影できなかったタンクの1つについて、空撮画像を示す。



同じタンクを180度異なる角度から撮影した画像。左の画像からかなり浮屋根が沈みこんでいることが確認できる。そのため右の画像のように水平距離が離れてしまうと、高度を確保しても浮屋根を撮影することが困難である（右図参照）。



(参考資料)

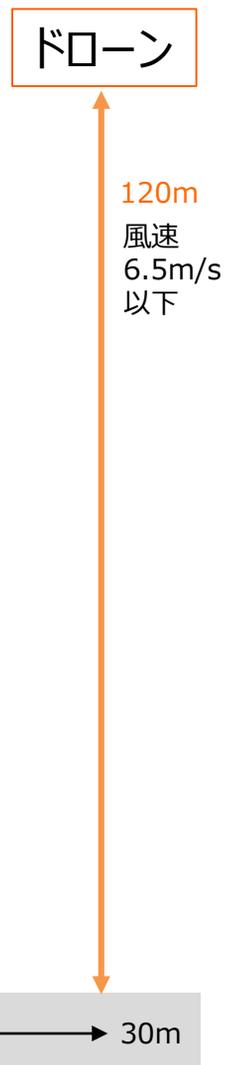
十分な離隔距離の考え方の例について

リスクアセスメントに際し、ドローンの異常時に、爆発性雰囲気生成する可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍へ落下しないよう、十分な離隔距離を確保する必要があるが、この十分な離隔距離について、本実験においては、以下のように検討を実施した。

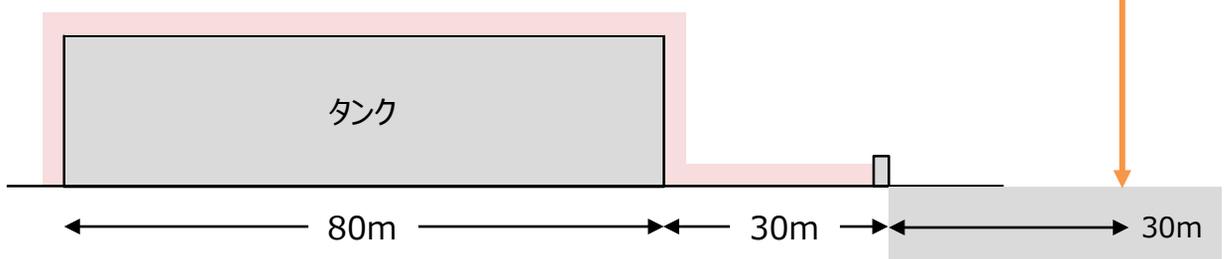
- タンクを囲む防油堤との離隔距離30mの位置を飛行するとした際の概念図を以下に示す。
- 本実験においては、離隔距離を一定とし、風速に応じて飛行高度を上下させることで、“落下予測範囲”が常に30m以内となるように調整するというリスク対策を実施した。
- 風速と飛行高度の関係の算出根拠について、次ページに示す。

**風速と飛行高度関係
(離隔距離30mの場合)**

風速	許可する飛行高度
6.5m/s以下	120m
7.0m/s以下	80m
7.5m/s以下	50m
7.5m/sを超えた場合	飛行中止



※ドローンの落下時の終端速度は15m/sであるが、安全側に平均10m/sとして算定。



(参考資料)

十分な離隔距離の考え方の例について

十分な離隔距離を確保するための風速と高度の関係性について、以下2つのステップに基づき算定した。

1. 風速とドローンが風に流される距離の関係の推定
2. 地上風速とドローンの飛行高度における風速の関係の推定

1. の推定にあたっては、「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／性能評価基準等の研究開発／無人航空機等を活用した物流システムの性能評価手法等に関する研究開発」（平成30年3月：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先 株式会社自律制御システム研究所）及び、野村卓史、小林俊熙「ドローンの飛翔モデルに関する基礎的検討」（平成29年度日本風工学会年次研究発表会）、さらに選定したドローンメーカーによる落下試験結果を参照し、以下の式による推定を行った。

■ ドローンが受ける空気抵抗の算定式： $F = \rho C (v-u)^2 \times A / 2$

ここで、 ρ ：風の密度（ 1.2kg/m^3 ）、 C ：抵抗係数（ $=0.4$ 、水平圧の場合で参考文献より引用）、 $v-u$ ：相対速度（ここでは、風速の影響のみを仮定）、 A ：本体の受風面積（選定したドローンにより変動）

■ ドローンの加速度： $a = F/m$

ここで、 m ：ドローンの重量（本実験ではカメラ付きを想定し、 7.5kg 程度）

■ t 秒に移動する水平距離： $L = (at^2)/2$

実験結果より、高度 120m を仮定すると、自由落下の場合 12s 程度、パラシュートありの場合 30s 程度と推定される。

2. の推定にあたっては、以下の式より、観測風速とドローンの飛行高度での風速の関係を推定した。本推定に従い、飛行中止基準として、ドローンの飛行高度における風速 10m/s を超えないよう、地上側風速 7.5m/s という実験中止基準を設定した。

$$v(z) = v(z_0) \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha$$

ここで、 z_0 ：風速観測地点の高さ（根岸製油所においては $7.5[\text{m}]$ ）

$v(z_0)$ ：風速観測値 $[\text{m/s}]$

α ：地表面粗度区分IIを仮定し、べき指数は、 $0.15[-]$ とした。

(参考資料)

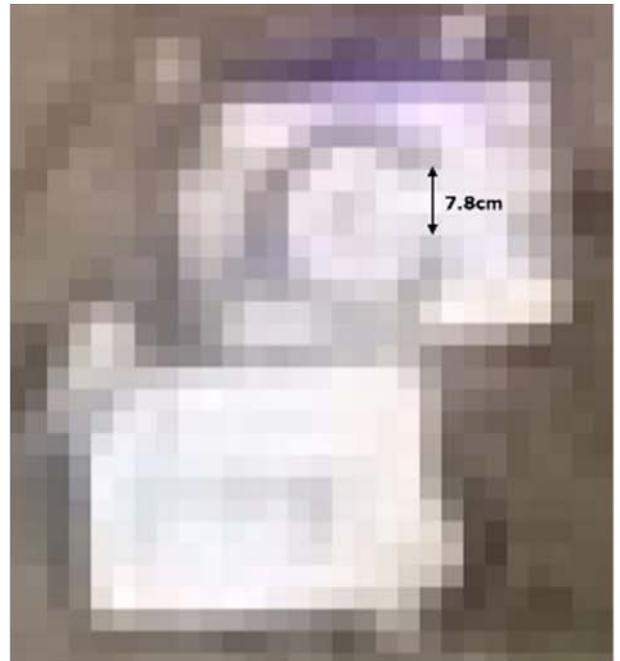
カメラの性能への影響について

本実験では、カメラとしてSONY α6000をドローンに搭載し、空撮を実施した。その機器構成から、ドローンの飛行中の振動によるブレや、逆光、さらにはタンク画像を撮影した際の影の影響などが懸念されたが、いずれも問題はなく、カメラが本来の性能を発揮することができた。特にブレに対する対策としては、カメラまたはレンズの手振れ補正機能及び、シャッタースピードの高速化が効果的と考えられる。以下に予備実験において撮影した画像を示す。

予備実験では、高度120mまで垂直飛行を行い、飛行安定性の確認や、カメラ設定の確認等、実験に向けた準備を行った。その中で、カメラが本来の性能を発揮できるか確認するため、左下図に示すようなA3用紙を2枚地面に設置し、高度120mからの撮影を実施した。撮影結果を右下図に示す。



地上1mから撮影した解像度確認用のA3用紙



高度120mから撮影したA3用紙

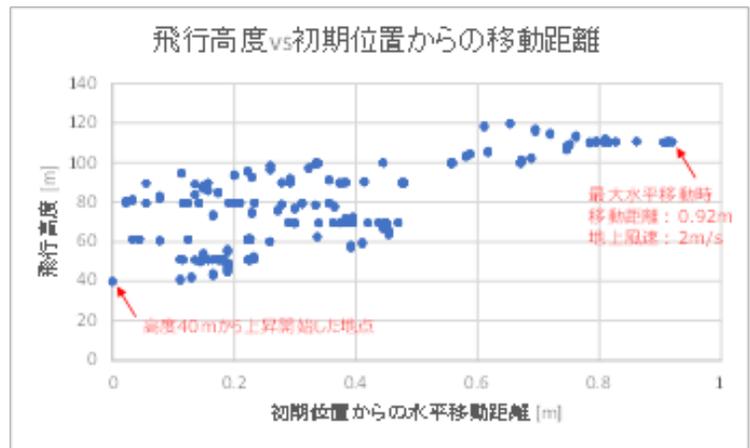
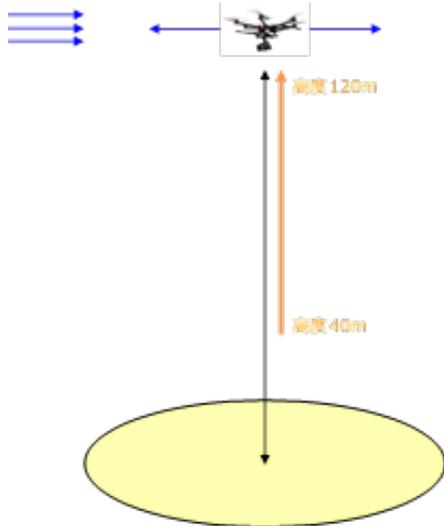
一番大きな「C」の文字の空白部分の長さは7.8cmとなっており、これが約3ピクセルで表示されていることが読み取れるため、1ピクセルあたり2.6cm程度の解像度が得られていることがわかった。これは本実験で用いたカメラの理論上の解像度と比較して遜色ないことから、ドローンに搭載した状態であっても、カメラ本来の機能が発揮できたと考えられる。

このことから、本実験の条件下では、プラントにおいてドローンを飛行させ空撮を行う際には、ドローンに搭載したことによる制約を考慮することなく、対象物までの距離と撮影したい対象物のサイズから適切な性能のカメラを使用すればよいことがわかった。

(参考資料)

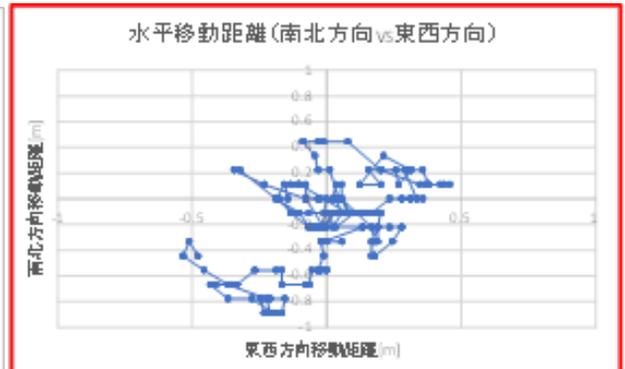
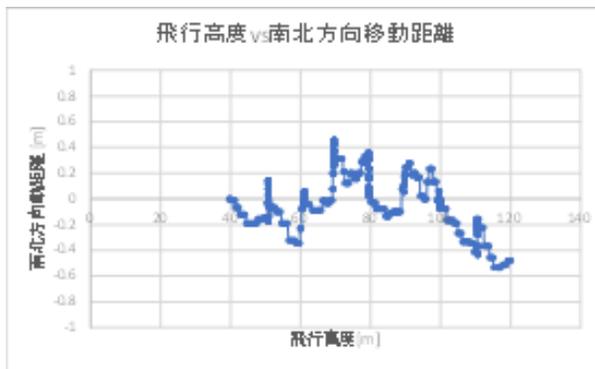
ドローンの飛行安定性について

予備実験では垂直飛行を行っているが、風の影響等により、水平移動が起こってしまうことが想定されていた。実際にどの程度の風速下で、どの程度水平移動してしまうかについて、以下にその結果を示す。以下の右図は、高度40mから120mへ上昇時に水平移動した距離を表している。

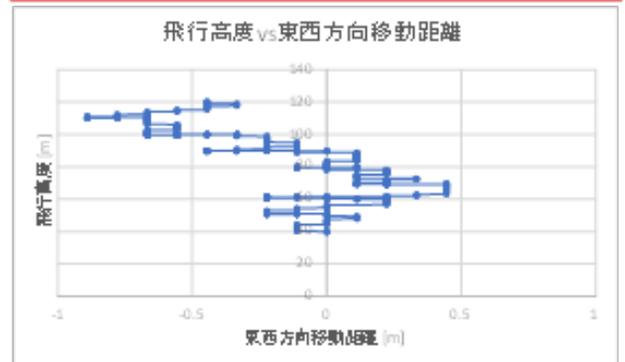


さらに詳細なGPSログについて下図に示す。

赤囲みの図に水平移動の軌跡を、その他の図に、南北方向の移動距離、東西方向の移動距離を高度別（時系列順）の移動を示した。



本GPSログの取得は、5分間、高度40mから120mへの上昇時のデータである。垂直飛行時には、10mごとにホバリングを行っており、ホバリング中の水平方向へのブレは、最大でも1m以内に留まっていることが分かる。



2. 実証実験の事例

②屋内(設備内部)での実証実験の事例(2019度) ※2020年3月新規追加

経済産業省委託事業「令和元年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」の中で、出光興産株式会社千葉事業所においてドローン活用実証実験を実施した。本実験に関する内容や実験に際してのリスクアセスメント・リスク対策、実験結果について示す。

なお、本章はVer2.0作成にあたり新規に追加した。

実証実験の実施概要

実証実験の位置づけ

「平成31年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」において、プラント設備内部におけるドローン活用について、特有の課題や条件などのリスクを整理・検討し、安全な運用方法について整理を行った。

概要

休止中の重油タンクにおける設備内部でのドローン飛行を実施した。

日程及び場所

日程：2020年1月29日（水） ※ 2020年1月30日（木）に予備実験を実施

場所：出光興産株式会社 千葉事業所

使用したドローン

屋内空間では狭小空間での使用も想定されるため、今回はFlyability社のELIOS及びELIOS2を使用した。使用したドローンの機能・性能の概要を以下に示す。なお、アセスメント飛行によりELIOS2の方が安定していたことから、詳細な飛行はELIOS2を用いた。

項目	機能・性能(ELIOS/ELIOS2)
サイズ	400mm(球体直径) / 400mm(球体直径)
機体重量	700g / 1450g
最大飛行時間	10分間 / 10分間
耐風性能	3.0m/s / 点検時1.0 m/s(性能上最大5.0m/s)
通信距離	水平500m、鉛直150m / 500m(障害物がない場合)
屋内高度維持	△(気圧計のみによる) / ○(気圧計と各種センサーによる)
障害物検知	× / 下方向なし、水平5方向にセンサーあり
静止画撮影機能	なし / 4000×3000
動画撮影機能	FHD 1920×1080 (160×120) / 4K、FHD1920×1080 (160×120)

ドローンの飛行目的・撮影対象等の選定

【飛行目的】 特殊球体ドローンを用い、非GPS環境及び目視外のマニュアル操縦により、タンク内部を安全にドローンを飛行できるかの確認を行う。

【撮影対象】 タンク内部の溶接線、天井のボルト等及び、腐食した配管サンプル

ドローン運用事業者とドローンの選定

今回の実験では、プラント等の設備内部における飛行実績を豊富に有しているなど、特にリスク対策を念頭に、信頼性の高いドローン事業者を選定した。また、球体状のカーボン繊維に覆われている、設備内部での飛行に強みを持つ機体を選定した。ただし、狭小空間飛行に適した防塵性やプロテクタを備えていれば、球形ドローン以外の機体も使用可能と考える。

飛行計画の設定

【目的】 タンク内部の溶接線、天井のボルト等及び、腐食した配管サンプルの点検

【撮影方法】 静止画撮影／動画撮影

【撮影対象】 タンク内壁の溶接線、壁面のノズル、天井フレームのボルトおよび溶接部
撮影用に設置したサンプル（腐食した熱交換配管のカットサンプル）

【飛行区域の状態】 爆発性雰囲気を生成する可能性がないエリア

【飛行ルート】 休止中の重油タンク内部

【飛行日時】 2020年1月29日 9:00～16:00

2020年1月30日 9:00～12:00

【実施体制】 操縦者、安全運航管理者、補助者 各1名

（補助者の役割は、自己位置、ドローン・カメラ・照明の角度の指示等）

出光千葉事業所の設備管理担当、保安管理担当各1名

リスクアセスメント

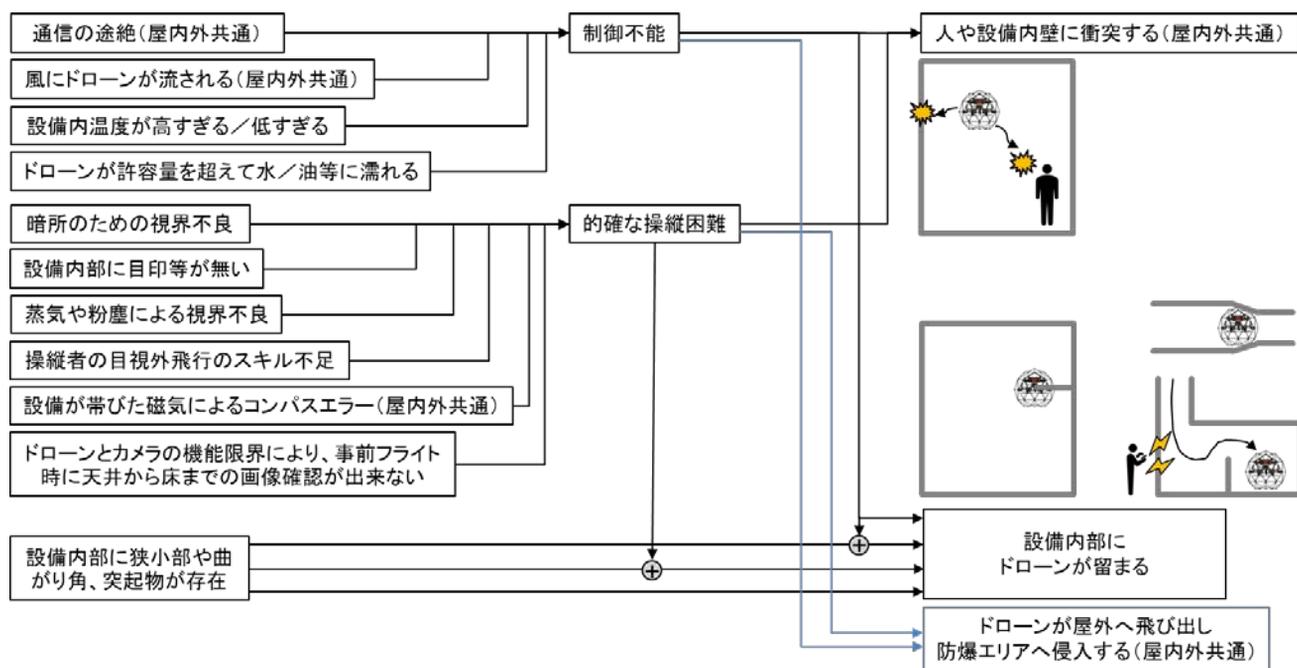
飛行経路の状態が爆発性雰囲気生成する可能性がないエリア並びに発火・燃焼が生じてもこれが拡大・継続しないエリアである点、及び設備内部である点を踏まえ、リスクアセスメントを行った。

1) 想定されるリスク

想定されるリスクは大きく3つであり、ドローンの落下等による人的被害や設備の破損のリスク、及び設備内部にドローンが留まってしまうリスク、並びにドローンが屋外へ飛び出して防爆エリアへ侵入するリスクである。

これらはドローンが制御不能になる、又はドローンを的確に操縦することが難しくなることで引き起こされると考えられる。この制御不能または的確な操縦が困難になる原因について、以下を想定した。

- 通信の途絶
- 悪環境（強風、許容を超える設備内温度、許容量を超える水／油濡れ）
- 自己位置が推定できない（暗所・粉塵等による視界不良、目印が存在しない、コンパスエラー、設備内部状況の事前把握が不十分）
- 操縦者の目視外飛行のスキル不足



想定されるリスクのイベントツリー図

リスクアセスメント（続き）

2) リスク対策

上記リスクアセスメントの分析結果に応じ、以下のリスク対策を取ることとした。

- あらかじめタンク内にレンジエクステンダーを挿入し通信環境を改善。さらにアセスメント飛行中にプロボの電波インジケータで電波状態が良好であることを確認した。
- 事前確認で設備内温度や、許容量を超える水／油濡れがないことを確認した。
- 設備図面にて目印となる物（マンホール等）を事前確認。アセスメント飛行時に粉塵等視界不良の原因となる物がないことを確認。
- 目視外飛行に関する十分なスキルと経験のある操縦者に依頼。

事前協議等の実施

飛行計画について、以下の事前説明・協議等を実施した。

- 製油所内の所内関係部署への事前確認
- 製油所内の防火・消火体制確保の一貫としての所内消防への事前説明
- 管轄消防への飛行計画の説明

なお、今回は屋内（設備内）での飛行であり、機体が施設外へ飛び出すリスクは無いため、所轄警察署、海上保安部等への計画説明は実施しなかったが、施設外へ飛び出すリスクがある場合は事前説明が必要である。

点検等の実施

実験にあたり、ドローンの飛行前・飛行中において、以下の点を確認した。

項目	内容	チェック
機体	全体的に過度な汚れはないか	
	プロペラは緩んでいないか	
	プロペラに割れ欠けがないか	
	モーターに引っかかりは無いか	
	ケージに折れはないか	
	隣り合うケージは強固に固縛されているか	
	LEDライトは点灯するか	
	ジンバル構造に引っかかりは無いか	
	カメラサーボは正常に動くか	
	カメラレンズに汚れはないか	
	S Dカードは挿入されているか/フォーマットされているか	
	各種センサーに汚れはないか	
	センサーバインドは完了しているか	
プロポ	プロポの電池残量は十分か	
	プロポと機体はバインドされているか	
	プロポの操作に漬れや引っかかりはないか	
タブレット	タブレットの充電はされているか	
	キャッシュは削除されているか	
エクステンダー	ケーブルは健全か	
バッテリー	バッテリーはすべて充電されているか	

※なお、機体運用に関する事前確認項目は、使用する機体により異なる。

飛行記録の作成と提出

■ 飛行記録

① 実施日時

2020年1月29日 9:00～16:00

2020年1月30日 9:00～12:00

② 人員

【操縦者】（名前）、【安全運航管理者】（名前）、【補助員】（名前） 計3名

③ 使用機体

Flyability社製 ELIOS ELIOS2

④ 飛行場所

〒299-0192 千葉県市原市姉崎海岸2番地1地内

出光興産株式会社 千葉事業所 ドームルーフタンク

表1.飛行実績

日付	時刻	内容	場所
1月29日	09:54	アセスメント飛行	全体俯瞰
	10:02	アセスメント飛行	天井部
	10:27	スクリーニング飛行	溶接部照明調整
	11:17	アセスメント飛行	タンク出入口
	11:28	スクリーニング目視飛行	タンク内壁溶接線
	11:35	安全措置の検証	タンク内壁
	11:42	安全措置時の挙動確認	タンク内壁
	13:46	詳細飛行	試験体（正面から）
	13:55	詳細飛行	ノズル小
	14:05	詳細飛行	ノズル大
	14:13	詳細飛行	天井部ボルト
	14:50	説明飛行	関係者説明
	14:55	詳細飛行	試験体（斜めから）
	15:33	詳細飛行	溶接線（横）
	15:42	詳細飛行	溶接線（縦）
1月30日	09:01	取材飛行	タンク内壁

実験結果とドローン活用の有効性

実証実験において撮影した、壁面の溶接線、側面下部のノズル、天井部のボルト、腐食した配管サンプルの撮影結果を以下に示す。



壁面の溶接線



タンク底面のノズル



天井のボルト



腐食のテストピース

実験結果とドローン活用の有効性（続き）

1) ドローンで確認出来たこと

- ・溶接線や壁面のスケールの付着・堆積状況の確認
- ・大きな腐食部位や損傷状況の確認
- ・足場を要する高所（例えば天井の通気口内や、骨組みボルト）の劣化状況確認
- ・腐食配管サンプルを撮影し、配管の腐食・穴の有無の確認
- ・暗所でもドローン自身のライトを照射し、視認性を確保して検査が可能

2) 課題

- ・表面状況確認は可能だが、スケールや腐食の下の確認にはケレン作業を要するため、ドローンでは対応できない
- ・現状の目視検査では、スケール量や腐食深さはデブスゲージ等を使用して計測して定量化するが、ドローンでは計測ができない

3) 点検上の注意

・画像撮影においては照明の当て方とカメラの角度が非常に重要である。今回はパイロットと設備点検有資格者がペアになり、同一画面を見ながら有資格者が照明の当て方とカメラの角度等について詳細に指示をして撮影したことで有効な画像が撮影できた。撮影だけ先に行い、後から有資格者が録画画像だけを見て判断するというような使用方法では、有効な画像が撮影できない可能性があるため注意が必要である。

4) 今後の期待

・新しい後処理技術として、3Dモデルを構築し、3Dモデル内に点検した画像等を紐付け、画像の保存が可能であり、今後、このような新技術を活用し、有効性が高まることが期待される。

3. 国内企業の事例

※2019年3月時点

国内の石油精製、化学工業（石油化学を含む）等のプラント事業所を対象に、ドローン活用事例について調査を実施した。ここでは、ドローンの活用時における点検対象、想定したリスクアセスメント・リスク対策、メリット及び課題等を示した活用事例を示す。

※“2019年3月時点”から変更なし

事業所 基礎情報

事業種類

化学工業（石油化学を含む）

総面積

約34.5万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時

点検目的・点検箇所

屋外広告物条例に伴う年次看板点検（6FL建：約30m）

ドローン運用事業者

点検会社

想定した
リスク事象

- ・ ドローンが風に流されて社外や管理エリア外へ侵入・落下すること
- ・ 無線計装の電波とドローンの操作用電波が干渉
- ・ 落下したドローンによる火災発生・設備損傷

実施した
リスク対策

- ・ GPS運転（信号数：7つ以上）、風速管理（起点風速：5m/s以下）
- ・ 人員配置（操縦士、画面確認補助、ドローン飛行確認等）
- ・ ドローン落下対策 ①飛行エリア下部にある危険部倉庫の保護用ネット設置
②飛行領域周辺30m以内の立入り禁止措置

ドローン活用
のメリット

- ・ 点検に活用することにより労働安全性の向上（高所作業回避）
- ・ 通信干渉

ドローン活用
の課題点

- ・ バッテリーの安全性
- ・ バッテリー（飛行）時間
- ・ 鳥からの攻撃回避



大阪国際石油精製株式会社

事業所 基礎情報

事業種類

石油精製

総面積

130万㎡

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時／災害時

点検目的・点検箇所

タンク

ドローン運用事業者

自社

想定した
リスク事象

・防爆エリアへのドローンの落下／・設備へのドローンの落下／・ドローンの耐風性能

実施した
リスク対策

・周囲の危険物施設との距離を適切に保つ／・十分な監視体制（監視人数等）の構築／・損害保険への加入／・適切な操縦者（資格の保有等）の配置
・障害物回避機能・リターンtoホーム機能・バッテリー不足による帰還機能のある機種を選定、落下することでの火災・爆発のリスク・影響度を評価、強風時(10m/s)におけるドローンの落下範囲の予測を実施。

ドローン活用
のメリット

・高所点検の外注コストが削減され、当所では100万円/年程度のコストメリットが期待されている。
・地震・台風後の災害状況の把握にとても役立った。

ドローン活用
の課題点

・ドローンには等倍レンズしか取り付けられておらず、またドローンは防爆範囲には近付けないのでズームアップ機能付きカメラが必要となり、その追加購入費が100万円/台を超える点。



写真-1 ドローンによる撮影写真（上空約100m）



写真-2 ドローン本体（操縦訓練風景）

事業所 基礎情報

事業種類

石油化学

総面積

約34.5万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時（点検作業）

点検目的・点検箇所

外観腐食点検 ・ 高所配管

ドローン運用事業者

自社

想定した
リスク事象

- ・ 機体が操作不能になり、場外に飛んでいくこと。
- ・ 機体が配管に近づき過ぎて接触・落下し、バッテリーが発火すること。
- ・ 飛行中の機体の下に人が居て、落下時に被災すること。

実施した
リスク対策

- ・ 通信状態の常時確認。
- ・ 近接センサーの使用。防災砂を準備してバッテリーの発火に備える。
- ・ 飛行経路に監視人を配置。通行制限。

ドローン活用
のメリット

- ・ 日常点検に活用することにより、足場コストを削減していく。
- ・ 高所作業を削減することにより、転落リスクを削減していく。

ドローン活用
の課題点

- ・ 飛行エリア制約により、撮影できない場所が多い。
- ・ 長時間の飛行できず、点検作業効率が高くない。



事業所 基礎情報

事業種類

石油化学

総面積

約34.5万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時（点検作業）

点検目的・点検箇所

運転監視／外観点検 ・ フレアスタックのバーナー部

ドローン運用事業者

自社

想定した
リスク事象

- ・ ドローンの目視外運転中に機体の操作を誤り、墜落すること。
- ・ バーナーに近づき過ぎて、輻射熱による運転異常／機体損傷を受けること。

実施した
リスク対策

- ・ 監視者による機体挙動の確認及び操作者へ逐次連絡。
- ・ 飛行前後の機体確認。監視者による機体挙動の確認。
- ・ プラント運転状況の事前確認。（非定常作業がないことの確認）

ドローン活用
のメリット

- ・ 足場を組む前に状態確認ができる為、事前の部品発注が可能。
- ・ 運転中には接近できない箇所の点検が可能。

ドローン活用
の課題点

- ・ 検査機が容易に載せ替えできない。（ズームカメラ／赤外線など）
- ・ 高度を上げた場合、機体の前後確認の目視性が悪い。



事業所 基礎情報

事業種類

石油化学

総面積

約34.5万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時（点検作業）

点検目的・点検箇所

外観点検 ・ 建屋屋根

ドローン運用事業者

自社

想定した
リスク事象

- ・ ドローンの目視外運転中に機体の操作を誤り、墜落すること。
- ・ 建屋に近づき過ぎて、機体挙動が不安定になること。

実施した
リスク対策

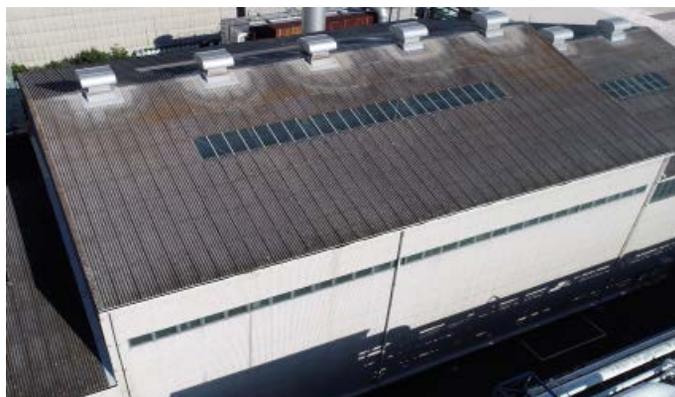
- ・ 監視者による機体挙動の確認及び操作者へ逐次連絡。
- ・ 近接センサーが発報した場合は、直ちに建屋から離れること。
- ・ 飛行エリア周辺の立ち入り制限。

ドローン活用
のメリット

- ・ 足場を組む前に状態確認ができる為、事前の部品発注が可能。
- ・ プラントの運転中には接近できない箇所の点検が可能。

ドローン活用
の課題点

- ・ 建屋の死角に入ってしまうと、機体の前後確認の目視性が悪い。



JXTGエネルギー株式会社

事業所 基礎情報

事業種類

石油精製

総面積

100万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時

点検目的・点検箇所

配管／タンク／フレア設備／
塔本体・塔頂配管／塔槽内部／栈廻り

ドローン運用事業者

自社



想定した
リスク事象

- ・ 防爆エリアへのドローンの落下
- ・ 設備へのドローンの落下
- ・ 人へのドローンの落下
- ・ ドローンの耐風性能

実施した
リスク対策

- ・ 周囲の危険物施設との距離を適切に保つ
- ・ ドローンへの立ち入り禁止区域の設定／危険物設備の上部を航行しない運用
- ・ 十分な監視体制（監視人数等）の構築
- ・ ドローンの落下時の安全対策
- ・ 損害保険への加入
- ・ 適切な操縦者（資格の保有等）の配置

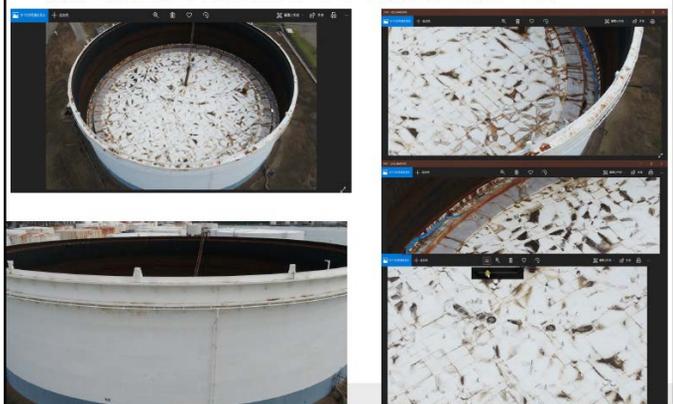
ドローン活用
のメリット

- ・ 足場仮設費、点検人工の削減および危険作業の回避（コストメリットは未試算であるが数千万円の効果は発現すると考えている）
- ・ 災害状況の詳細把握に有効（特に人が近づけない状況での活用）
- ・ 撮影結果に基づく自動での懸念箇所抽出（AI活用）
- ・ 飛行ルートプログラミングにより自動航行可能

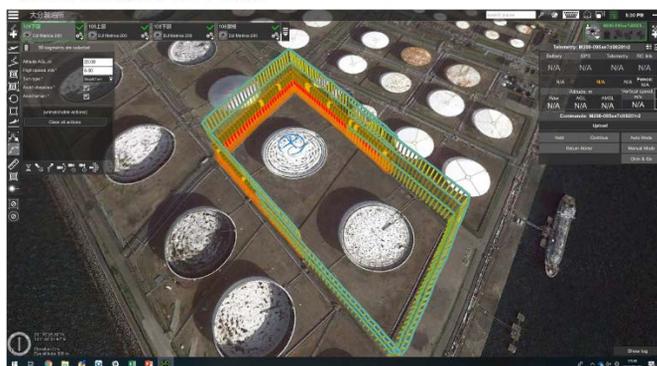
ドローン活用
の課題点

- ・ 危険物施設の上部を飛行できないため、死角が発生する（視野が狭まる）

撮影画像は倍率を変更することで詳細な確認が可能



108と109の石油タンクを対象に自動航行ソフトを使い高度20M・40M・60Mの高さで側面と上面を撮影するように設定



事業所 基礎情報

事業種類

石油精製

総面積

320万㎡

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時

点検目的・点検箇所

タンク/フレア設備

ドローン運用事業者

自社

想定した
リスク事象

- ・ ドローンが落下し危険物施設を損傷させる可能性

実施した
リスク対策

- ・ 周囲の危険物施設との距離を適切に保つ
- ・ 十分な監視体制（監視人数等）の構築
- ・ 適切な操縦者（資格の保有等）の配置
- ・ 道路上および空地上に限り飛行させる

ドローン活用
のメリット

- ・ 設備の異常を早期に発見できる可能性がある。
- ・ 災害等緊急時には被害状況のいち早い状況把握に役立つと考えられる。

ドローン活用
の課題点

- ・ 十分に設備に近づけないと点検に必要な画像が撮影できない



住友化学株式会社

事業所 基礎情報

事業種類

精密化学品

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時

点検目的・点検箇所

工場敷地境界パトロール

ドローン運用事業者

自社

想定した
リスク事象

- ・ ドローンの墜落による、人、設備への危害、火災の発生
(墜落要因：機体故障、バッテリー消耗、飛行環境、GPS制御不能 等)

実施した
リスク対策

- ・ 人、危険物設備上空の飛行禁止
- ・ 飛行可能な気象条件の制約（風速、雨、雪）
- ・ 運用エリア、高度の制約
- ・ パイロットの手動操作訓練の実施

ドローン活用
のメリット

- ・ 不審者監視や保安トラブルの早期発見
- ・ パトロール業務の負荷削減

ドローン活用
の課題点

- ・ 悪天候時の運用
- ・ 機体落下時の安全性確保



事業種類

石油化学品

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時/開放点検時

点検目的・点検箇所

高所設備の点検

ドローン運用事業者

自社/点検会社

想定した
リスク事象

- ドローンの墜落による、人、設備への危害、火災の発生
(墜落要因：機体故障、バッテリー消耗、飛行環境、GPS制御不能 等)

実施した
リスク対策

- 人、危険物設備上空の飛行禁止
- 飛行可能な気象条件の制約 (風速、雨、雪)
- 運用エリア、高度の制約
- パイロットの手動操作訓練の実施

ドローン活用
のメリット

- 稼働中の設備を点検し、工事計画へ反映
- 点検コストの削減や時間短縮

ドローン活用
の課題点

- 悪天候時の運用
- 飛行可能時間
- 機体落下時の安全性
確保



事業種類 石油精製

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時

点検目的・点検箇所

フレースタックの外観点検

ドローン運用事業者

点検会社

想定した
リスク事象

- ・ ドローンが風に流されて防爆エリアへ侵入すること
- ・ 無線計装の電波とドローンの操作用電波が干渉すること等
- ・ 輻射熱の影響

実施した
リスク対策

- ・ 飛行条件の設定（気象状況、飛行時間、飛行制限距離等）
- ・ 電波干渉がないか確認（GPS電波の受信状況確認）
- ・ 輻射熱計算による必要距離の確認

ドローン活用
のメリット

- ・ 足場設置等のコスト削減／高所における労働災害のリスク低減
- ・ アクセス困難な箇所への適用による設備の信頼性向上

ドローン活用
の課題点

- ・ 耐風性能の向上等
- ・ 防爆仕様



三菱ケミカル株式会社

事業所 基礎情報

事業種類

石油化学

総面積

約160万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時

点検目的・点検箇所

エレベーターフレア、グランドフレア点検

ドローン運用事業者

検査会社



想定したリスク事象

- ・ 落下、風速、他計器などへの干渉



実施したリスク対策

- ・ 飛行区域および俯角内の立入禁止区画設置
- ・ 風速、電磁波測定、低空挙動確認飛行⇒地上風速5m/s以下
- ・ 電磁波測定⇒飛行前・飛行中に操縦周波数帯の電波が飛行エリア（地上）で出していないか確認
- ・ バッテリーの安全裕度をみて60～70%で帰還（モニタで都度確認）
- ・ 3名で対応（1人：操縦・カメラ操作＋1人補助 1人：監視）
- ・ 自動的に操縦に適した周波数帯域内のチャンネルを選定して飛行（外乱電波が飛んできて自動で別チャンネルに切替えて安定飛行する装置⇒周波数ホッピング・スペクトラム拡散）
- ・ フェールセーフ機能（操縦電波ロスト及びバッテリー残量低下時 GPSにより自動で離陸位置へ帰還）
- ・ 所内無線への干渉有無確認

ドローン活用のメリット

- ・ 高所やアクセスが困難な設備の点検
- ・ 足場仮設コストの低減、安全性向上

ドローン活用の課題点

- ・ 機器性能：防爆、積載重量、バッテリー消費（飛行時間）、落下時の着火
- ・ 環境面：飛行区域の拡大（危険物取扱エリア）

石油精製A社

事業所 基礎情報

事業種類

石油精製

総面積

212万m²

ドローン活用実績

点検対象の状態

地震災害時

点検目的・点検箇所

- (1) フレア設備／煙突の損傷点検（外部）
- (2) 浮き屋根式タンクのスロッシングによる浮き屋根上への油流出点検

ドローン運用事業者

点検会社

想定した
リスク事象

- (1) 飛行、離陸・着陸時：操縦スキル不足による転落・危険物施設への衝突
- (2) 飛行時：気象条件悪化による操縦性の悪化で転落、衝突
- (3) 飛行時：ドローン部品の落下による危険物施設の損傷
- (4) 飛行時：ドローン本体の墜落による危険物施設の損傷

実施した
リスク対策

- (1) 十分な技量と経験を持つ専門業者による操縦を行なう
- (2) 障害物検知機能保有の機器使用
- (3) 国土交通省による飛行マニュアルに従った条件で飛行
例：風速5m/s<は飛行させない。雨天時は飛行させない等
- (4) 飛行前点検の徹底。危険場所直下での飛行禁止徹底

ドローン活用
のメリット

- <地震等の災害時における石油精製施設の迅速な保安状態の確保>
- (1) フレア設備や煙突等の高所においてドローンを活用することで保安状態がリアルタイムに視覚として情報入手可能
 - (2) タンク上に上らずに点検できることから危険作業を回避
 - (3) 地震等の災害時には人員や足場資材が手配困難であり、点検に要する時間を短縮
 - (4) 足場を組む必要や点検人員の人件費が節約できれば数千万円の効果

ドローン活用
の課題点

- (1) 機器やタンク、大口径配管の内部等の周囲の電波を遮蔽する可能性のある箇所での自律飛行についての精度向上が課題
- (2) 機器内部で防塵やほこりがある環境下では、モータートラブル繋がる為、ドローンモータの耐防塵が課題

4. 海外企業の事例

※2019年3月時点

海外企業のプラントにおけるドローン活用事例について、文献調査及び現地でのインタビュー調査を踏まえた活用事例を示す。

Cyberhawk社（本社：英国）

事業所 基礎情報

事業種類

プラント点検会社

事業領域

石油・ガス開発、石油精製、化学工業、
電力、船舶

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時／設備開放時

点検目的・点検箇所

高所設備の点検（洋上／陸上）、オフショア設備、タンク内部の点検、3Dマップ作成等

ドローン運用状況

35機のドローンを活用し、年間3,000回程度の飛行実績を有す

想定した
リスク事象

- ・ 金属製の物体付近に飛行させる際の磁気の干渉による影響
- ・ 天候、風速等の飛行環境

実施した
リスク対策

- ・ 操縦士の育成（通常、OJTを含め1年をかけて育成を実施し、マニュアル操縦が可能なレベルまで育成する）
- ・ 磁気干渉の影響が受けにくい機体の採用
- ・ 目視による操縦の実施
- ・ 風速は約13m/sに制限し実施
- ・ 定期的な解体点検の実施（50時間毎）

ドローン活用
のメリット

- ・ 点検コストの削減や時間短縮
- ・ 早期の欠陥の発見

ドローン活用
の課題点

- ・ 自社ソフトウェアCOMISを活用したデータ管理
- ・ 3Dマッピングを活用した効率化
- ・ AIを活用した欠陥等の検出



(1)

出典：Cyberhawk社 HP
<https://thecyberhawk.com/case-studies/>

Sky Future社（本社：英国）

事業所 基礎情報

事業種類

プラント点検会社

事業領域

石油・ガス開発、石油精製、化学工業、
電力、通信、船舶

ドローン活用実績

点検対象の状態

通常運転時／設備開放時

点検目的・点検箇所

タンク、フレア設備、栈橋、オフショア設備、プラント全体のガス検知、
3Dマップ作成等

ドローン運用状況

世界27か国以上で実績を有し、飛行実績は11,000時間以上

想定した
リスク事象

- ・ 電磁波やGPSの障害
- ・ 風速、パイロットの能力、対象設備に応じたリスクアセスメントの実施

実施した
リスク対策

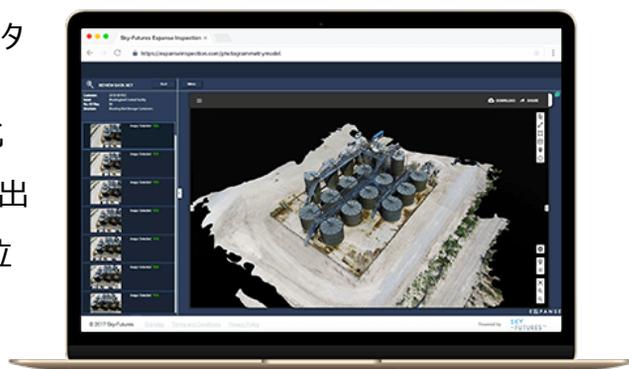
- ・ 操縦士の育成（通常、1 か月は専用施設で訓練を実施）
- ・ 目的に応じた機体の選定
- ・ 目視による操縦の実施
- ・ 風速は約15m/sに制限し実施
- ・ 設備から5m程度の離隔を確保

ドローン活用
のメリット

- ・ 点検コストの削減や時間短縮
- ・ 早期の欠陥の発見
- ・ 頻繁な点検の実施

ドローン活用
の課題点

- ・ 自社ソフトウェアを活用したデータ
分析・管理
- ・ 3Dマッピングを活用した効率化
- ・ AIを活用した欠陥や腐食の検出
- ・ データ分析による点検の優先位
付け
- ・ AIによる点検報告書作成



①

出典： Sky Future社 HP

<https://www.sky-futures.com/expanses/automate-oil-and-gas-onshore-inspection/>

海外のドローン活用事例

ドバイ石油

ドバイ石油社において、オフショア設備のライザー、フレアスタック、及び橋の検査にドローンが用いられている。



(①)

出典：Cyberhawk社 HP
<https://thecyberhawk.com/case-study/350-risers-63-offshore-platforms-inspected-month-dubai-petroleum-using-uavs/>

英国化学会社

Cyberhawk Innovation社では、主要な化学会社の英国のプラントにおいて、ドローンを用い、石油貯蔵タンク内の溶接品質を検査した。



(③)

出典：Cyberhawk社 HP
<https://thecyberhawk.com/case-study/1896/>

SHELL

SHELL社のオランダにあるMoerdijk化学プラントでは、フレアスタック検査のためにドローンを用いた。

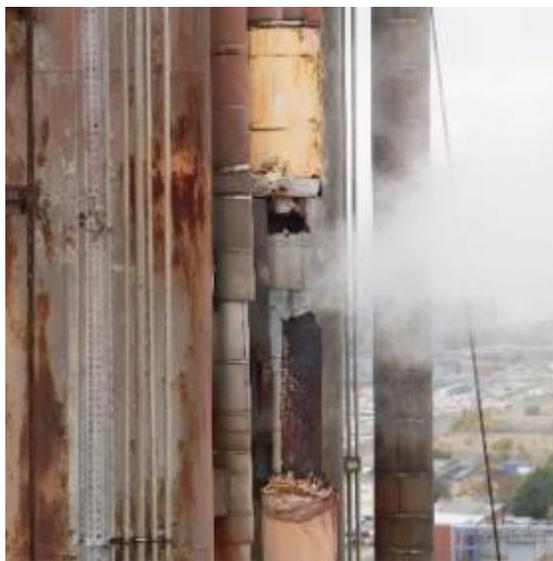


(②)

出典：Cyberhawk社 HP
<https://thecyberhawk.com/case-study/shell-moerdijk-flare-inspection-netherlands/>

英国石油化学会社

Cyberhawk Innovation社では、英国の石油化学会社のプラントにおいて、ドローンを用い、フレア近くにある蒸気吹き出し口の劣化を監視し、落下リスクを見積もった。



(④)

出典：Cyberhawk社 HP
<https://thecyberhawk.com/case-study/regular-inspection-steam-leak-elevated-flare-stack/>

海外のドローン活用事例

Chevron

Chevron社では、北海の、Captain油田及びAlba油田において、ドローンを使用してフレアスタックを監視している。他にドローンによるパイプライン等の監視を検討している。また、ドローンに搭載した赤外線カメラ映像が、油流出時の海水と油の区別に有用であることを実験で確かめている。



(①)

出典：Chevron社 HP

<https://www.chevron.com/stories/unmanned-flights-promise-enhanced-data-collection>

SHELL

SHELL社では、ノルウェーのOrmen Langeガス処理工場でフレアスタックや、高いタワー等の高所にある設備、及びオフショアオイルリグ等の検査にドローンを使用している。



(②)

出典：SHELL社 HP

<https://www.shell.com/inside-energy/eye-in-the-sky.html>

GAZPROM NEFT

GAZPROM NEFT社では、本社だけでなく、その子会社で生産を担当するGazpromneft-Noyabrskneftegazや、Tomskneft VNKにおいて、パイプラインの監視にドローンを活用している。



(③)

出典：GAZPROM NEFT社 HP

<https://www.gazprom-neft.com/press-center/news/1106483/>

BP

BP社では、米国インディアナ州にあるWhiting製油所において、フレアスタックを点検するためにドローンを導入した。他にアラスカのパイプラインの監視にドローンを用いる実験も実施済み。パイプライン検査においては、霜によって傷つき、修復を要している場所を特定するためや、油流出への対応業務等に活用される。



(④)

出典：BP社 HP

https://www.bp.com/en_us/bp-us/media-room/multimedia/videos/drone-tech.html
<https://www.bp.com/en/global/corporate/news-and-insights/bp-magazine/drones-provide-bp-eyes-in-the-skies.html>

海外のドローン活用事例

TOTAL

TOTAL社では、危機管理訓練においてドローンを活用した画像等を対策チームへ送信するデモを実施した。



出典：UAVIA社 HP (1)
https://www.uavia.eu/PR_ENGLISH_25062018_UAVIA.pdf

SHELL

SHELL社ではガスプラントにおいて高所におけるガス漏洩検知などにドローンを活用している。



出典：SHELL社 HP (2)
<https://www.shell.com/inside-energy/eye-in-the-sky.html>

Dow Chemical

Dow Chemical Company社では、テキサス州のFreeportプラントやルイジアナ州のプラントでドローンを用いた点検を行っている。点検では12m高さのタンクの亀裂やシールの状況や、高い場所や狭い場所の確認にドローンを用いている。同社は既に3機のドローンを配備している。



(3)

出典：Dow Chemical社 HP
<https://corporate.dow.com/en-us/news/media-gallery>
出典：Chemical & Engineering News
<https://cen.acs.org/articles/94/i9/Drones-detect-threats-chemical-weapons.html>

Sky Future

Sky Future社（プラント点検会社）では、マレーシアの主要な石油・ガス田において、運転停止前の検査として、2つのフレアチップの状態を把握するために、ドローンによる事前点検を実施した。



(4)

出典：Sky Future社 HP
<https://www.sky-futures.com/oil-and-gas-drone-inspection-prevents-unscheduled-shutdown/>

令和元年度プラントにおけるドローン活用に関する安全性調査研究会 委員等名簿

座長

木村 雄二 工学院大学 名誉教授

委員（五十音順、敬称略）

入江 裕史 株式会社スカイウィングス 最高執行責任者（COO）
小山田 賢治 高圧ガス保安協会 高圧ガス部長代理
川越 耕司 一般社団法人日本化学工業協会
（三菱ケミカル株式会社 環境安全部 安全グループ グループ
マネージャー）
田所 諭 東北大学大学院 情報科学研究科 応用情報科学専攻 教授
土屋 武司 東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
榎谷 昌隆 石油化学工業協会（J S R株式会社 生産技術部長）
和田 昭久 一般社団法人日本産業用無人航空機工業会 理事
渡辺 聖加 石油連盟（J X T Gエネルギー株式会社 工務部 設備管理グ
ループ チーフスペシャリスト）

オブザーバー（敬称略）

出光興産株式会社 製造技術二部
上野グリーンソリューションズ株式会社 事業開発部
上野トランステック株式会社 戦略推進部
エアロセンス株式会社 営業部
株式会社NTT ドコモ 法人ビジネス戦略部
株式会社エンルート 経営戦略部
株式会社自律制御システム研究所 事業推進ユニット・カスタマーリレーシ
ョン
株式会社デンソー 社会ソリューション事業推進部 UAVシステム事業室
株式会社日立製作所 ディフェンスビジネスユニット情報システム本部
山九株式会社 プラント・エンジニアリング事業本部
メンテナンス事業部メンテナンス技術部 診断・溶接グループ
住友化学株式会社 レスポンシブルケア部
総合警備保障株式会社 開発企画部開発企画課
Terra Drone 株式会社 日本本社
日揮株式会社 未来戦略室
日本工業検査株式会社 技術本部
ブルーイノベーション株式会社 プロダクト&パッケージ部
独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 環境安全・技術部担当審議役
神奈川県 暮らし安全防災局 防災部工業保安課 コンビナートグループ
千葉県 千葉県商工労働部産業振興課
市原市 経済部 商工業振興課

総務省消防庁 特殊災害室
総務省消防庁 危険物保安室
厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 化学物質対策課
経済産業省 製造産業局 素材産業課
経済産業省 製造産業局 産業機械課
経済産業省 産業保安グループ 高圧ガス保安室
経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部 石油精製備蓄課

事務局

みずほ情報総研株式会社

プラント保安分野における 目視検査の代替可能性に関する考察 (点検におけるドローン活用について)

2020年3月
経済産業省
総務省消防庁

実証実験の事例

経済産業省委託事業「令和元年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」の中で、出光興産株式会社千葉事業所においてドローン活用実証実験を実施した。本実験に関する内容や実験に際してのリスクアセスメント・リスク対策、高圧ガス保安法及び消防法における目視検査の代替可能性に関する考察をまとめたもの。

実証実験の実施概要

実証実験の位置づけ

「平成31年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」において、プラント設備内部におけるドローン活用について、特有の課題や条件などのリスクを整理・検討し、安全な運用方法について整理を行った。また、ドローンにより撮影した画像が高圧ガス保安法及び消防法の法定検査（目視）を代替する可能性を検討するため、実証実験を実施した。

概要

休止中の重油タンクにおける設備内部でのドローン飛行を実施した。また、実施にあたっては、ドローンが撮影した画像が法定検査（目視）を代替する可能性を検討するため、タンク内部の溶接線や天井のボルト等の撮影、またタンク内部に設置した腐食した配管のサンプルの撮影を実施した。

日程及び場所

日程：2020年1月29日（水） ※ 2020年1月30日（木）に予備実験を実施

場所：出光興産株式会社 千葉事業所

使用したドローン

屋内空間では狭小空間での使用も想定されるため、今回はFlyability社のELIOS及びELIOS2を使用した。使用したドローンの機能・性能の概要を以下に示す。なお、アセスメント飛行によりELIOS2の方が安定していたことから、詳細な飛行はELIOS2を用いた。

項目	機能・性能(ELIOS/ELIOS2)
サイズ	400mm(球体直径) / 400mm(球体直径)
機体重量	700g / 1450g
最大飛行時間	10分間 / 10分間
耐風性能	3.0m/s / 点検時1.0 m/s(性能上最大5.0m/s)
通信距離	水平500m、鉛直150m / 500m(障害物がない場合)
屋内高度維持	△(気圧計のみによる) / ○(気圧計と各種センサーによる)
障害物検知	× / 下方向なし、水平5方向にセンサーあり
静止画撮影機能	なし / 4000×3000
動画撮影機能	FHD 1920×1080 (160×120) / 4K、FHD1920×1080 (160×120)

ドローンの飛行目的・撮影対象等の選定

【飛行目的】 特殊球体ドローンを用い、非GPS環境及び目視外のマニュアル操縦により、タンク内部を安全にドローンを飛行できるかの確認を行う。
また、取得した画像が、法定検査における目視を代替する可能性について確認を行う。

【撮影対象】 タンク内部の溶接線、天井のボルト等及び、腐食した配管サンプル

ドローン運用事業者とドローンの選定

今回の実験では、プラント等の設備内部における飛行実績を豊富に有しているなど、特にリスク対策を念頭に、信頼性の高いドローン事業者を選定した。また、球体状のカーボン繊維に覆われている、設備内部での飛行に強みを持つ機体を選定した。ただし、狭小空間飛行に適した防塵性やプロテクタを備えていれば、球形ドローン以外の機体も使用可能と考える。

飛行計画の設定

【目的】 タンク内部の溶接線、天井のボルト等及び、腐食した配管サンプルの点検

【撮影方法】 静止画撮影／動画撮影

【撮影対象】 タンク内壁の溶接線、壁面のノズル、天井フレームのボルトおよび溶接部
撮影用に設置したサンプル（腐食した熱交換配管のカットサンプル）

【飛行区域の状態】 爆発性雰囲気生成する可能性がないエリア

【飛行ルート】 休止中の重油タンク内部

【飛行日時】 2020年1月29日 9:00～16:00

2020年1月30日 9:00～12:00

【実施体制】 操縦者、安全運航管理者、補助者 各1名

（補助者の役割は、自己位置、ドローン・カメラ・照明の角度の指示等）

出光千葉事業所の設備管理担当、保安管理担当各1名

リスクアセスメント

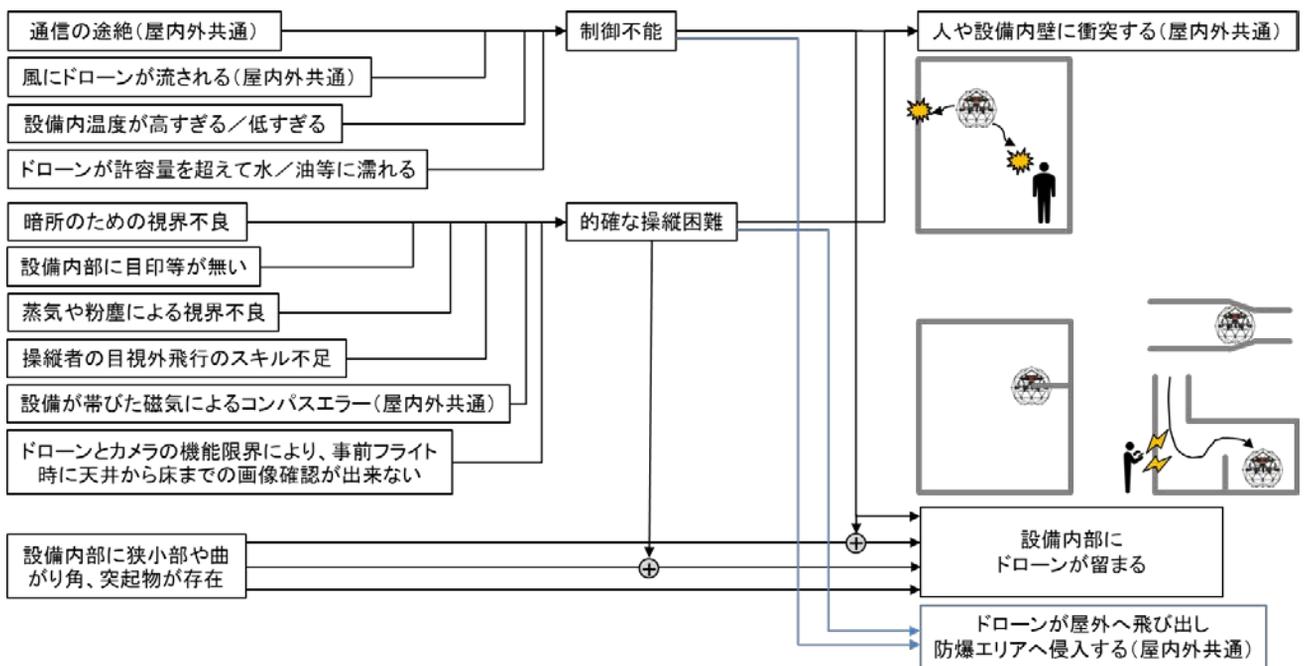
飛行経路の状態が爆発性雰囲気生成する可能性がないエリア並びに発火・燃焼が生じてこれが拡大・継続しないエリアである点、及び設備内部である点を踏まえ、リスクアセスメントを行った。

1) 想定されるリスク

想定されるリスクは大きく3つであり、ドローンの落下等による人的被害や設備の破損のリスク、及び設備内部にドローンが留まってしまふリスク、並びにドローンが屋外へ飛び出して防爆エリアへ侵入するリスクである。

これらはドローンが制御不能になる、又はドローンを的確に操縦することが難しくなることで引き起こされると考えられる。この制御不能または的確な操縦が困難になる原因について、以下を想定した。

- 通信の途絶
- 悪環境（強風、許容を超える設備内温度、許容量を超える水／油濡れ）
- 自己位置が推定できない（暗所・粉塵等による視界不良、目印が存在しない、コンパスエラー、設備内部状況の事前把握が不十分）
- 操縦者の目視外飛行のスキル不足



想定されるリスクのイベントツリー図

リスクアセスメント（続き）

2) リスク対策

上記リスクアセスメントの分析結果に応じ、以下のリスク対策を取ることとした。

- あらかじめタンク内にレンジエクステンダーを挿入し通信環境を改善。さらにアセスメント飛行中にプロボの電波インジケータで電波状態が良好であることを確認した。
- 事前確認で設備内温度や、許容量を超える水／油濡れがないことを確認した。
- 設備図面にて目印となる物（マンホール等）を事前確認。アセスメント飛行時に粉塵等視界不良の原因となる物がないことを確認。
- 目視外飛行に関する十分なスキルと経験のある操縦者に依頼。

事前協議等の実施

飛行計画について、以下の事前説明・協議等を実施した。

- 製油所内の所内関係部署への事前確認
- 製油所内の防火・消火体制確保の一貫としての所内消防への事前説明
- 管轄消防への飛行計画の説明

なお、今回は屋内（設備内）での飛行であり、機体が施設外へ飛び出すリスクは無いため、所轄警察署、海上保安部等への計画説明は実施しなかったが、施設外へ飛び出すリスクがある場合は事前説明が必要である。

点検等の実施

実験にあたり、ドローンの飛行前・飛行中において、以下の点を確認した。

項目	内容	チェック
機体	全体的に過度な汚れはないか	
	プロペラは緩んでいないか	
	プロペラに割れ欠けがないか	
	モーターに引っかかりは無いか	
	ケージに折れはないか	
	隣り合うケージは強固に固縛されているか	
	LEDライトは点灯するか	
	ジンバル構造に引っかかりは無いか	
	カメラサーボは正常に動くか	
	カメラレンズに汚れはないか	
	S Dカードは挿入されているか/フォーマットされているか	
	各種センサーに汚れはないか	
	センサーバインドは完了しているか	
プロポ	プロポの電池残量は十分か	
	プロポと機体はバインドされているか	
	プロポの操作に漬れや引っかかりはないか	
タブレット	タブレットの充電はされているか	
	キャッシュは削除されているか	
エクステンダー	ケーブルは健全か	
バッテリー	バッテリーはすべて充電されているか	

※なお、機体運用に関する事前確認項目は、使用する機体により異なる。

飛行記録の作成と提出

■ 飛行記録

① 実施日時

2020年1月29日 9:00～16:00

2020年1月30日 9:00～12:00

② 人員

【操縦者】(名前)、【安全運航管理者】(名前)、【補助員】(名前) 計3名

③ 使用機体

Flyability社製 ELIOS ELIOS2

④ 飛行場所

〒299-0192 千葉県市原市姉崎海岸2番地1地内

出光興産株式会社 千葉事業所 ドームルーフタンク

表1.飛行実績

日付	時刻	内容	場所
1月29日	09:54	アセスメント飛行	全体俯瞰
	10:02	アセスメント飛行	天井部
	10:27	スクリーニング飛行	溶接部照明調整
	11:17	アセスメント飛行	タンク出入口
	11:28	スクリーニング目視飛行	タンク内壁溶接線
	11:35	安全措置の検証	タンク内壁
	11:42	安全措置時の挙動確認	タンク内壁
	13:46	詳細飛行	試験体(正面から)
	13:55	詳細飛行	ノズル小
	14:05	詳細飛行	ノズル大
	14:13	詳細飛行	天井部ボルト
	14:50	説明飛行	関係者説明
	14:55	詳細飛行	試験体(斜めから)
	15:33	詳細飛行	溶接線(横)
	15:42	詳細飛行	溶接線(縦)
1月30日	09:01	取材飛行	タンク内壁

実験結果とドローン活用の有効性

実証実験において撮影した、壁面の溶接線、側面下部のノズル、天井部のボルト、腐食した配管サンプルの撮影結果を以下に示す。



壁面の溶接線



タンク底面のノズル



天井のボルト



腐食のテストピース

実験結果とドローン活用の有効性（続き）

1) ドローンで確認出来たこと

- ・溶接線や壁面のスケールの付着・堆積状況の確認
- ・大きな腐食部位や損傷状況の確認
- ・足場を要する高所（例えば天井の通気口内や、骨組みボルト）の劣化状況確認
- ・腐食配管サンプルを撮影し、配管の腐食・穴の有無の確認
- ・暗所でもドローン自身のライトを照射し、視認性を確保して検査が可能

2) 課題

- ・表面状況確認は可能だが、スケールや腐食の下の確認にはケレン作業を要するため、ドローンでは対応できない
- ・現状の目視検査では、スケール量や腐食深さはデブスゲージ等を使用して計測して定量化するが、ドローンでは計測ができない

3) 点検上の注意

・画像撮影においては照明の当て方とカメラの角度が非常に重要である。今回はパイロットと設備点検有資格者がペアになり、同一画面を見ながら有資格者が照明の当て方とカメラの角度等について詳細に指示をして撮影したことで有効な画像が撮影できた。撮影だけ先に行い、後から有資格者が録画画像だけを見て判断するというような使用方法では、有効な画像が撮影できない可能性があるため注意が必要である。

4) 今後の期待

- ・新しい後処理技術として、3Dモデルを構築し、3Dモデル内に点検した画像等を紐付け、画像の保存が可能であるが、今回の実証においては、目視の代替の評価までにとどまっている。
- ・今後、このような新技術を活用し、有効性が高まることが期待される。

目視検査の代替可能性に関する考察

(1) 利点

ドローンの最大の利点としては、足場がないと検査ができない高所の目視検査が可能であるという点である。今回はドームルーフタンクが対象であったが、ドローンが入れる機器や配管（排気ダクト、煙道、煙突、海底配管等）であれば、目視検査の可能性があると考えられる（ただし、途中でドローンが停止・衝突又は落下するリスクへの対策が別途必要）。

(2) 検査の代替

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・ゆがみ・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。

このため、工業用カメラの利用を許容している対象となる設備を拡大すべく、高圧ガス設備の保安検査基準であるKHKS等の関連制度をアップデートしていくことが有効。

また、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。

(3) 期待効果

足場を設置することなく、高所を目視できることから、煙突、フレアスタック、高所配管等の腐食損傷状況の確認を実施し、本当に必要な箇所のみ足場を組んで検査をするといったスクリーニング検査として活用することで、足場コストの削減の可能性がある。また、腐食の損傷の有無や部位の確認は可能なため、点検業務（特にオフサイトエリアの広大なタンク群、配管）に適用できれば業務の効率化、点検網羅性の向上が期待できる。

(4) 導入・運用の課題

- ・現行のドローンは非防爆機器であるため、防爆規制への対応（使用範囲や時期の限定）
- ・上記を踏まえた上での利用目的の決定及び投資対効果の算出
- ・運用にあたっての要員の確保、飛行する際の社内ルールや要領の制定、各部署の役割の分担等の環境整備

石油連盟会長
一般社団法人日本化学工業協会会長
石油化学工業協会会長
一般社団法人日本鉄鋼連盟会長
電気事業連合会会長
全国石油商業組合連合会会長
公益社団法人全日本トラック協会会長
日本危険物物流団体連絡協議会会長
日本塗料商業組合理事長

殿

消防庁危険物保安室長
消防庁特殊災害室長
(公 印 省 略)

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改訂について

石油コンビナート等における無人航空機（いわゆるドローン。以下「ドローン」という。）の安全な活用方法については、「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）により運用をお願いしているところです。

今般、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、別添 1 のとおり、プラント内に設けられたタンクや塔槽類等の屋内においてドローンを飛行させる場合の留意すべき事項等を整理し、ガイドライン及び活用事例集を改訂しました。改訂後のガイドライン及び活用事例集は、石油コンビナート等災害防止 3 省連絡会議 3 省共同運営サイト（http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList4_16.html）に掲載していますので、ご参照ください。

また、消防庁では、経済産業省とともに、プラントの点検におけるドローンの活用について検討を進め、その結果について別添 2 のとおりまとめました。このことを踏まえ、危険物施設における定期点検の一環として、ドローンからの画像を基に一次的なスクリーニングを実施し、不具合箇所等を把握した際に当該箇所の詳細確認や補修等を行う場合においても、上記ガイドライン等を活用し、適切に点検・維持管理を実施されるようお願いいたします。

このことについては、別添 3 のとおり、都道府県等に対して危険物施設の関係者への周知をお願いしているところです。

貴職におかれましては、貴団体の加盟各社に対して、この旨周知していただきますようお願いいたします。

(問い合わせ先)

消防庁危険物保安室 担当：竹本、小島、鈴木

TEL 03-5253-7524 / FAX 03-5253-7534

消防庁特殊災害室 担当：吉岡、喜多村、小鍛冶

TEL 03-5253-7528 / FAX 03-5253-7538