

プラント保安分野における ドローンの活用に向けた取組

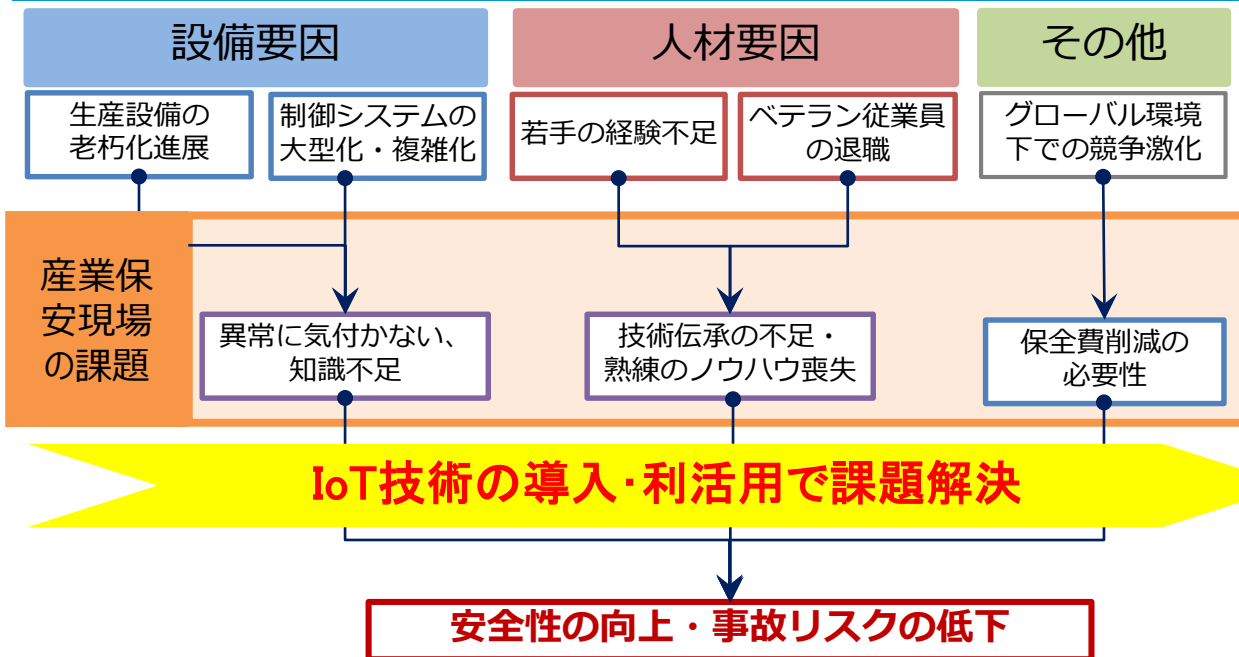
2019年3月

**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)**

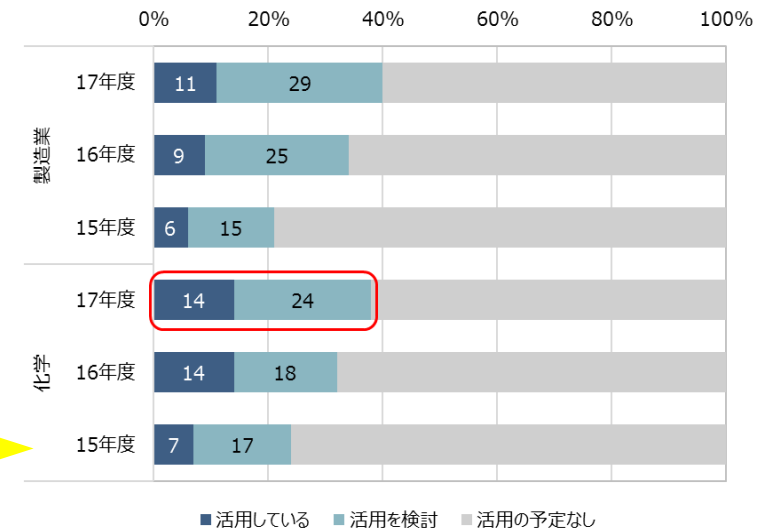
プラント保安分野におけるドローン活用の背景と期待

- 石油・化学プラントにおいて、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。
- こうした課題を解決するため、IoT技術やビッグデータ、小型無人機（以下「ドローン」という。）等の先進技術の活用を通じ、プラントの安全性・生産性の向上、さらには保安業務の合理化を図ることが重要。特に、ドローンについては、コンビナート等における産業インフラの点検や、災害時の迅速な現場確認において保安や利便性の向上への活用が期待されている。

現状と課題



ビッグデータ・IoT・AI等への対応



【出典】DBJ「化学産業の設備投資動向～自動車や電池向けなど高機能品で攻めの投資が増加～」
https://www.dbj.jp/ja/topics/report/2017/files/0000029528_file2.pdf

プラント保安分野におけるドローン活用方法

高所点検

高所からの撮影が容易になることにより、プラントの定期検査等において、点検に足場を組む必要がある高所や目視が難しい塔類・屋外の大型貯槽タンク等の日常点検の点検頻度が上がり、保安力の向上を実現。

ドローンによる点検の様子



[出典]自律制御システム研究所

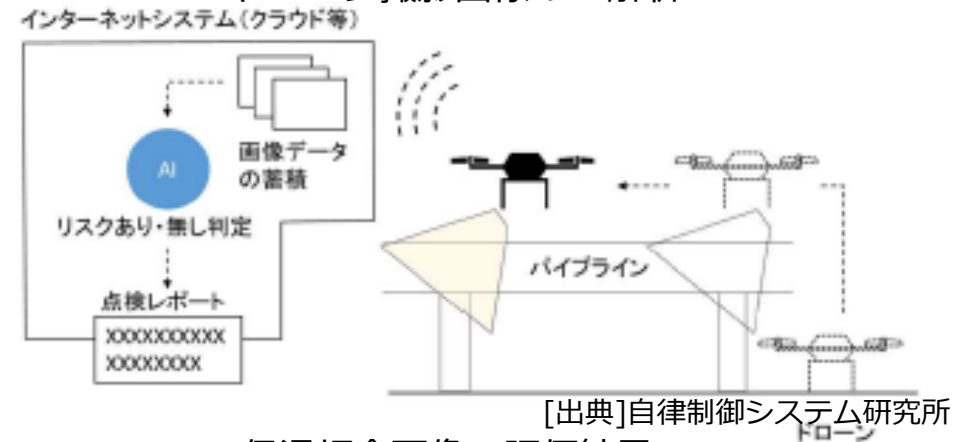
災害時の迅速な点検

大規模な地震の発生後、スロッシングによる浮き屋根の損傷や、プラントにおける異常現象の有無等を迅速に確認できる可能性がある他、余震の発生危険性等情况がある場合に活用することにより、現場作業員による点検リスクを回避できる可能性がある。

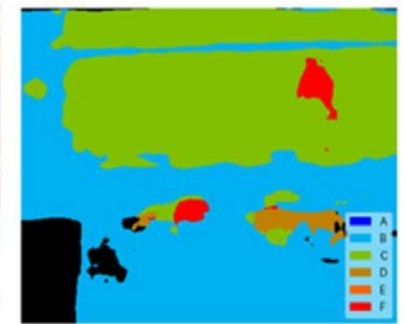
事故予兆の分析

ドローンがプラントで撮影した画像をクラウドに自動でアップロードし、配管の腐食をAIで自動判定することにより、事故予兆を把握し重大事故の発生を防止。

ドローン撮影画像のAI解析



保温板金画像の評価結果



[出典]アクセンチュア株式会社

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

- ドローンの活用により、プラントの保安力や利便性の向上が期待される一方、防爆エリアへの進入及び設備への落下等を防ぎ、安全な利活用方法を普及させることが重要。
- このため、コンビナート内等でドローンを安全に活用・運用をするための特有の課題や条件などについて整理・検討し、事業者がプラント内においてドローンを安全に活用・運用するために留意すべき事項等を整理したガイドラインを策定するため、「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」において検討を実施。

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（敬称略）

木村 雄二 工学院大学 名誉教授 <座長>
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 日本化学工業協会
阪口 晃敏 一般社団法人日本産業用無人航空機工業会 会長
竹原 昌彦 石油連盟
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

■オブザーバー

総務省消防庁 プラント事業者
厚生労働省 プラントメンテナンス事業者
経済産業省 ドローンメーカー
神奈川県 警備事業者
エンジニアリング事業者 等

■事務局

みずほ情報総研株式会社

■開催状況

1月17日（第1回）研究会概要、ニーズ・事例調査等
2月6日（第2回）実証試験結果報告、ガイドラインの論点等
2月25日（第3回）ガイドライン案等

ガイドライン・活用事例集 素案の作成・提言

3月13日

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）
においてとりまとめ

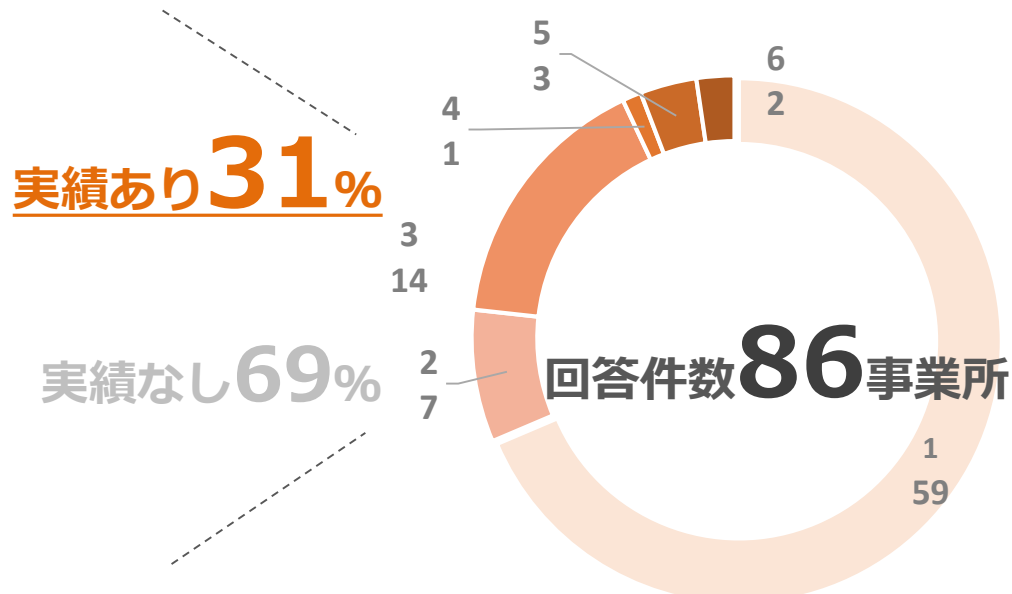
ガイドライン

活用事例集

国内企業へのアンケート調査

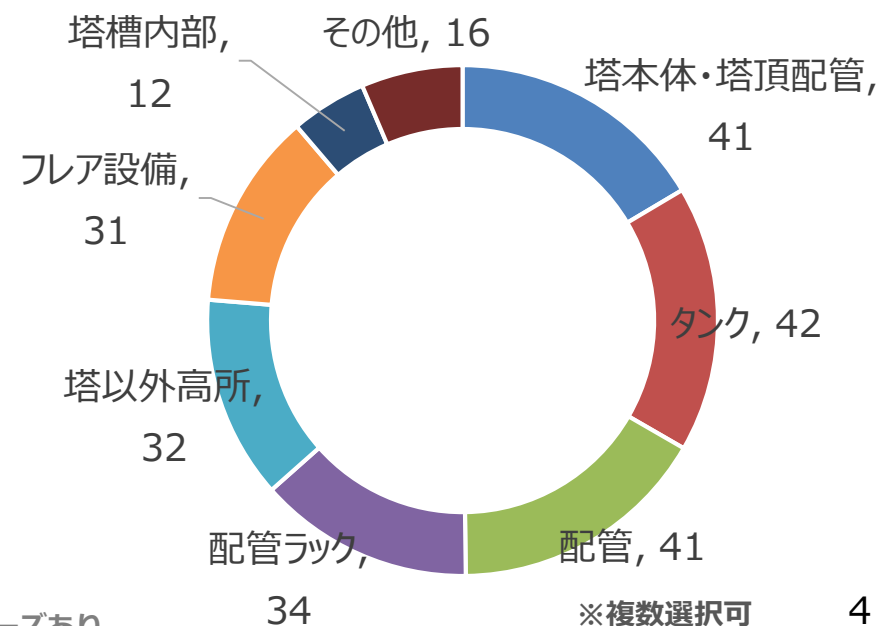
- 石油連盟、石油化学工業協会、日本化学工業協会の会員企業に対し、アンケートを調査を実施したところ、回答のあった41社86事業所のうち、16社27事業所においてドローンの活用実績があった。
- 活用実績がないと回答した30社59事業所のうち、25社39事業所で活用ニーズがあった。
- 今後点検を実施したい設備のニーズ調査については塔本体・塔頂配管が多く、高所の点検作業を中心にドローンの活躍が期待されていることがわかる。

ドローンの活用実績と頻度（事業所）



※活用実績なしと回答した58事業所のうち38事業所は活用ニーズあり

点検を実施したい箇所



※複数選択可

1. ガイドラインの策定

2. 活用事例集

ガイドラインの背景・目的等

● 背景・目的

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

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

● 適用範囲

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

● 関連法令の適用

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

ガイドラインの構成

- ドローン活用時の状態を以下の3つに分類し、それぞれの状態に応じた運用方法を整理。

①通常運転時

- ✓ 「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。

②設備開放時

- ✓ 「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。

③災害時

- ✓ 「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。

①通常運転時（リスクアセスメント）

- ガイドラインには、ドローンの飛行エリアに応じたリスクアセスメント実施の必要性を明記。
- エリア別に想定すべきリスクを例示。

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

- (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

左記に加え、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

- (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

①通常運転時（リスク対策）

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

爆発性雰囲気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

左記に加え、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、爆発性雰囲気を生成す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、爆発性雰囲気を生成す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

②設備開放時

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

③災害時

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

1. ガイドラインの策定

2. 活用事例集

活用事例集の概要

- プラントにおけるドローンの飛行は、一部のプラントにて実証実験は行われているものの、本格的な実用には至っていない状況。
- そこで、**プラント事業者のドローン活用を促進すべく、活用事例集を策定。**

1. 国内企業の活用状況

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ドローンの活用状況について示す。

2. 実証実験の事例

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。

3. 国内企業の事例

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。

4. 海外企業の事例

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。

プラントにおけるドローン活用事例集

2019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)

実証実験の事例

- 安全なドローンの活用に向けた課題や留意点を整理すべく、その検討材料を得るための手段の一つとして、**2月4日（月）にJXTGエネルギー株式会社根岸製油所において実証実験を実施。**
- **ガイドラインの策定に向けた検討に当たり、今回の実証を通じて得られた知見を活用。**

【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。

【撮影方法】 静止画撮影／動画撮影

【撮影対象】 原油タンク群の浮屋根

【飛行区域の状態】 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

【飛行ルート】 原油タンク群の外周道路上

【実施体制】 操縦者・補助者各、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



実証試験の様子



ドローンにより撮影した原油タンク群の浮屋根の画像

国内企業の事例

- 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。

JSR株式会社

事業所 基礎情報			
事業種類	石油化学	総面積	約34.5万m ²
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。（非正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てできない。（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。		
 			

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m ²
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も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：防塵、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）		



海外企業の事例

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

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

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。



出典：Dow Chemical社 HP

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。



出典：BP社 HP

【参考】「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議」の報告書（平成26年5月）抜粋

3. 事業者や業界団体が取り組む対策

○運転部門、保全部門、設計部門等各部門間の適切なコミュニケーションの連携強化による適切な運転・保全の実施

(略)

- ・ 常に適切な運転・保全を実現するため、各部門でのコミュニケーションを円滑にする。設備の点検・検査の適切な実施により、設備の状態を把握し、必要な保全対策を的確に実施する必要があるが、その際に、保全部門が常に結果を運転部門にフィードバックし、連携して対応する。また、**点検・検査方法について、最新の検査・診断技術の活用による劣化予測や余寿命評価を取り入れるなど、定期的に見直しを行う。**

4. 地方（国の出先機関、都道府県等）も含めた関係機関の連携強化策

①「石油コンビナート等災害防止3省連絡会議」の設置

(略)

- ・ **各省が所管法令に基づき整備する基準やガイドライン等について、その運用及び見直し等に係る情報を連絡会議で共有する等連携する。**このほか、例えば、基準等の見直しに係る検討会等への相互参加や、各省関係団体等の教育プログラムや講師に係るデータベースの構築の検討による人材育成分野の連携等を実施する。