

産業保安のスマート化

2019年12月
産業保安グループ

0. 産業保安グループの概要

1. プラントが直面する課題

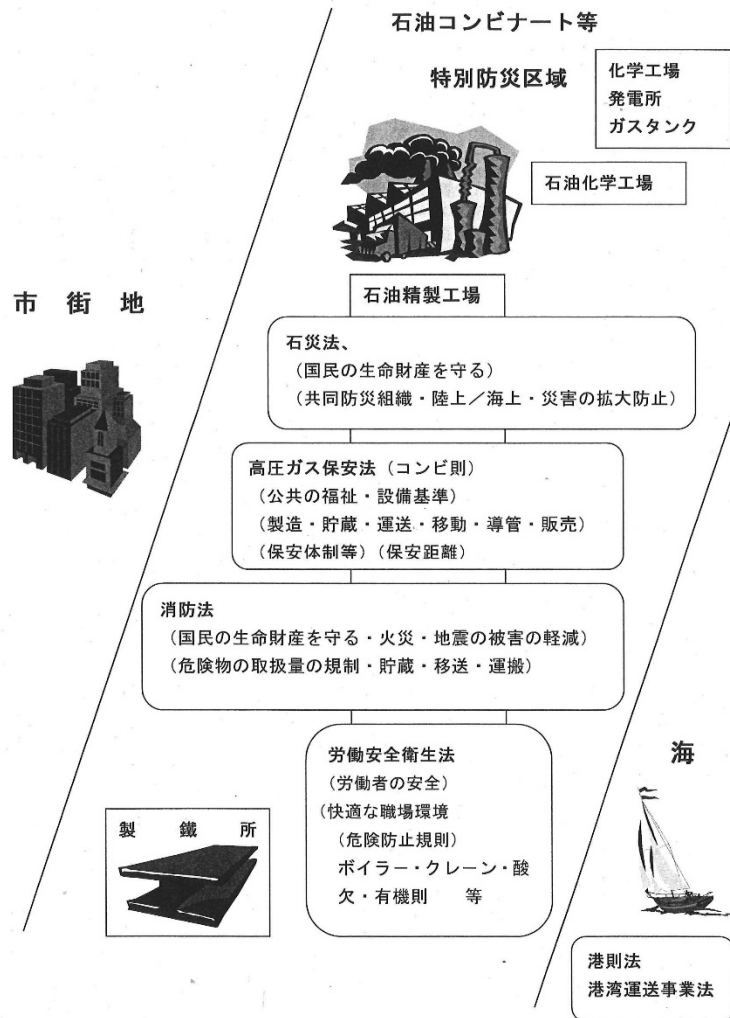
2. 安全性・生産性の維持・向上に向けたスマート保安

3. デジタル技術の活用を促進するためのルール整備

- ①：規制上のインセンティブ措置
- ②：ドローン活用の促進
- ③：防爆規制の合理化
- ④：C B Mへの転換

0. 産業保安グループの概要（石油コンビナートの関係法令）

- 石油コンビナートについては、消防法、労働安全衛生法、高圧ガス保安法、石油コンビナート等災害防止法が適用され、各法の規制目的を達成するために必要な基準が設定され、それぞれの検査等が行われている。



1 消防法（主管：消防庁）（昭和23年）

爆発性物質、発火性物質、有害性物質、放射性物質等、社会生活を営む上で危険性を内在している物質のうち、特に火災を発生させやすい発火性、引火性等の物質を「危険物」として指定し、これらの危険物の貯蔵、取扱い等について、保安上の規制を行うことにより、火災を予防し、警戒し、国民の生命、身体及び財産を火災から保護することを目的とする。

2 労働安全衛生法（主管：厚生労働省）（昭和47年）

ボイラー、圧力容器等は、内部に膨大な熱エネルギーを保有していることなどから、構造の欠陥、設備の不備や管理の不良等により爆発・破裂した場合には、これらを直接取り扱っている労働者の人命に関わる重大な災害となる。このため、労働安全衛生法に基づき労働者の安全と健康を確保する観点から必要な規制がされている。

3 高圧ガス保安法（主管：経済産業省）（昭和26年）

高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売その他の取扱いを規制するとともに、民間事業者の自主的な保安活動を促進し公共の安全を確保することを目的とする。

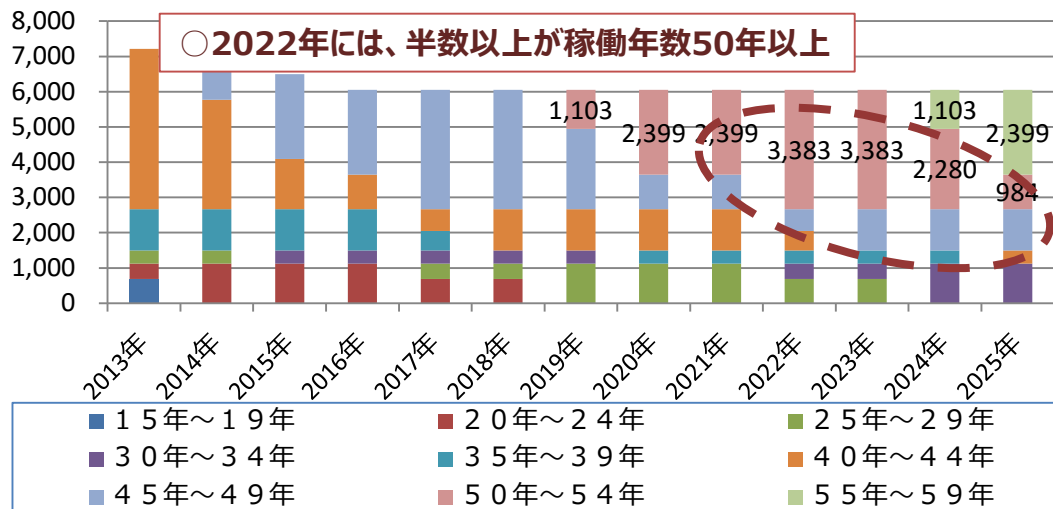
4 石油コンビナート等災害防止法（主管：消防庁、共管：経済産業省）（昭和50年）

消防法等の災害の防止に関する法律と相まって、災害の発生及び拡大の防止等のための総合的な施策の推進を図ることを目的として、個々の事業所の安全性の確保のみならず、事業者及び地方公共団体を始めとする行政機関が一体となり石油コンビナート区域を含む地域の保安の確保対策について規定されている。

1. プラントが直面する課題①（老朽化、人材不足）

- 我が国では、多くのプラントで老朽化が進むほか、保守・安全管理の実務を担ってきたベテラン従業員が引退の時期を迎えつつあり、今後、重大事故のリスクは増大するおそれ。

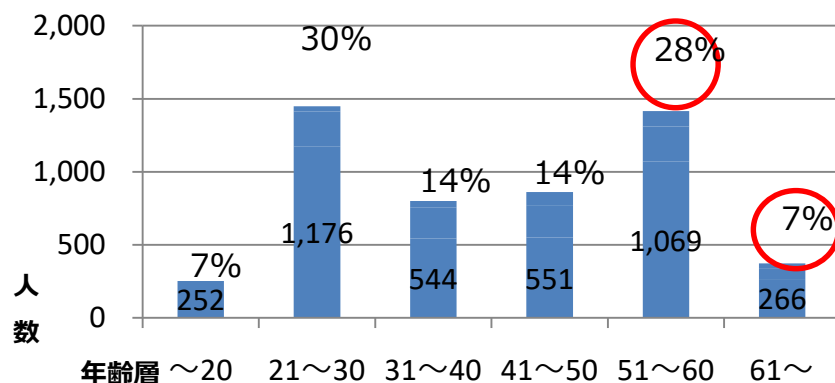
＜エチレンプラント設備の稼働年数＞



（出典：日本の石油化学工業50年データ集（重化学工業通信社））

＜石油精製事業所における年齢構成＞

○51歳以上の従業員が全体の35%を占める



（出展：リスクアセスメント手法および保安教育プログラムに関するアンケート（平成26年、高圧ガス保安協会））

○近年、ベテラン従業員の引退による人材育成・技術伝承が不十分であること等を背景に重大事故が発生。



アクリル酸製造施設の爆発死亡事故
2012年9月 死者1名 負傷者36名



レゾルシン製造施設の爆発死亡事故
2012年4月 死者1名 負傷者21名



塩ビモノマー製造施設の爆発死亡事故
2011年11月 死者1名

1. 我が国プラントが直面する課題②（生産性の維持）

- プラントの操業に当たっては、事故発生時の稼働停止損失や修繕費用を回避するため、安定的かつ無事故で運転することが生産性の維持・向上の鍵。

過去10年間ににおけるプラント事故事例		損失額※	受取保険金
日本触媒 (姫路工場)	✓ 姫路工場でアクリル酸の入ったタンクの爆発事故発生（'12年9月） ✓ 死者1名、負傷者36名	215億円 営業損益：△130億円 特別損益：△85億円	91億円 (カバー率: 42%)
三井化学 (岩国大竹工場)	✓ 岩国大竹工場で、レゾルシン製造プラントの爆発事故（'12年4月） ✓ 死者1名、負傷者22名、近隣家屋484軒が損傷	60億円 営業損益：△30億円 特別損益：△30億円	55億円 (カバー率: 92%)
東ソー (南陽事業所)	✓ 南陽事業所で、ビニルモノマー製造施設の漏洩による爆発火災事故（'11年11月） ✓ 死者1名、負傷者46名	70億円 営業損益：△50億円 特別損益：△20億円	30億円 (カバー率: 43%)
三菱化学 (鹿島工場)	✓ 鹿島工場のエチレンプラントで火災事故（'07年12月） ✓ 死者4名	207億円 営業損益：△187億円 特別損益：△20億円	140億円 (カバー率: 68%)

出所: 各社有価証券報告書、ニュースリリースより作成

※生産・販売量の減少及び代替品の調達による損失は営業損益/補償、撤去及び復旧等に係る費用、事故に起因するプラント停止に伴う固定費等は特別損益として計算

2. 安全性・生産性の維持・向上に向けたスマート保安

- **スマート保安とは、保安の仕組みを、技術の進歩や市場・国際的潮流の変化に迅速・柔軟かつ効果的・効率的に対応できるような、更に「賢い」制度へと進化させていくこと。**
- さらに、ヒトを補完するものとして、**IoT、ビッグデータ、AI等のデジタル技術も活用し、現場の自主保安力を高め、安全性と生産性（企業の「稼ぐ力」）の維持・向上を図る。**

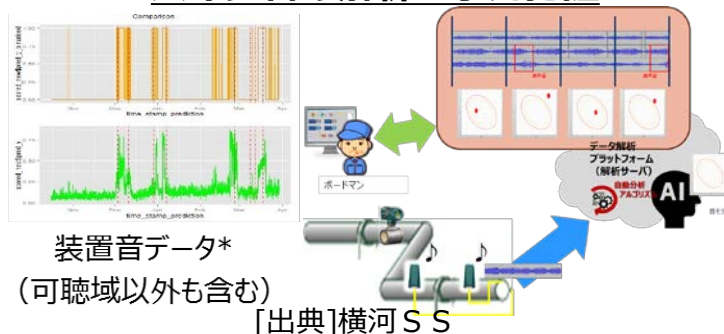
スマート保安の先行事例

ドローンによる点検

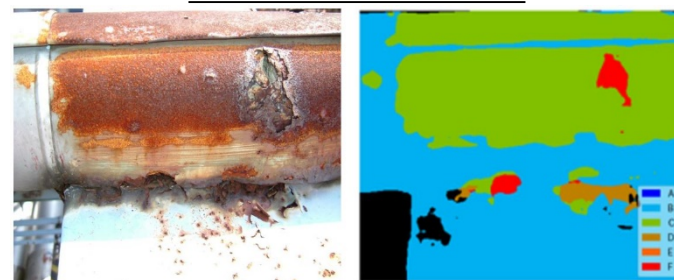


[出典]自律制御システム研究所

パイプ音の解析・予兆把握



外面腐食の画像解析



[出典]アクセンチュア

メリット

具体例

作業履歴
の管理
12/25社

現場の作業に関するメモなど、**作業履歴を電子データ化。タブレット端末を用いて効率的かつ効果的に入力・保存できる仕組み**でバックアップ（住友化学）

故障の
予測
10/25社

新たに配管の腐食速度、腐食倍率を導きだし、**配管の腐食を予測することで、配管からの漏れ等のトラブルを未然に防止**（旭化成）

メリット

具体例

生産性向上
による売上
拡大
10/25社

異常予兆検知システムにより、**異常への早期対応及び安定稼働が可能**となり、**品質のぶれ幅を縮小**。品質を一定に保つことで従来より売上を向上（宇部興産）

熟練ノウハウの蓄積・可視化
7/25社

IT技術を駆使して、熟練運転員の意思決定方法をシステム化し、運転員の的確な判断と迅速な対処に貢献（ダイセル）

引用：「スマート保安先行事例集」（2017年4月公表）

3. デジタル技術の活用を促進するためのルール整備

①規制上のインセンティブ措置

「スーパー事業者認定制度」

IoT、ビッグデータの活用等の高度な保安の取組を行っている事業所認定し、能力に応じて規制を合理化。

→ ex) 事業所の体制に応じて、開放検査周期を延長

②ドローン活用の促進

→ プラント内の点検や災害対応で、ドローンの活用を促進するためのガイドライン・活用事例集を策定。

③防爆規制の合理化

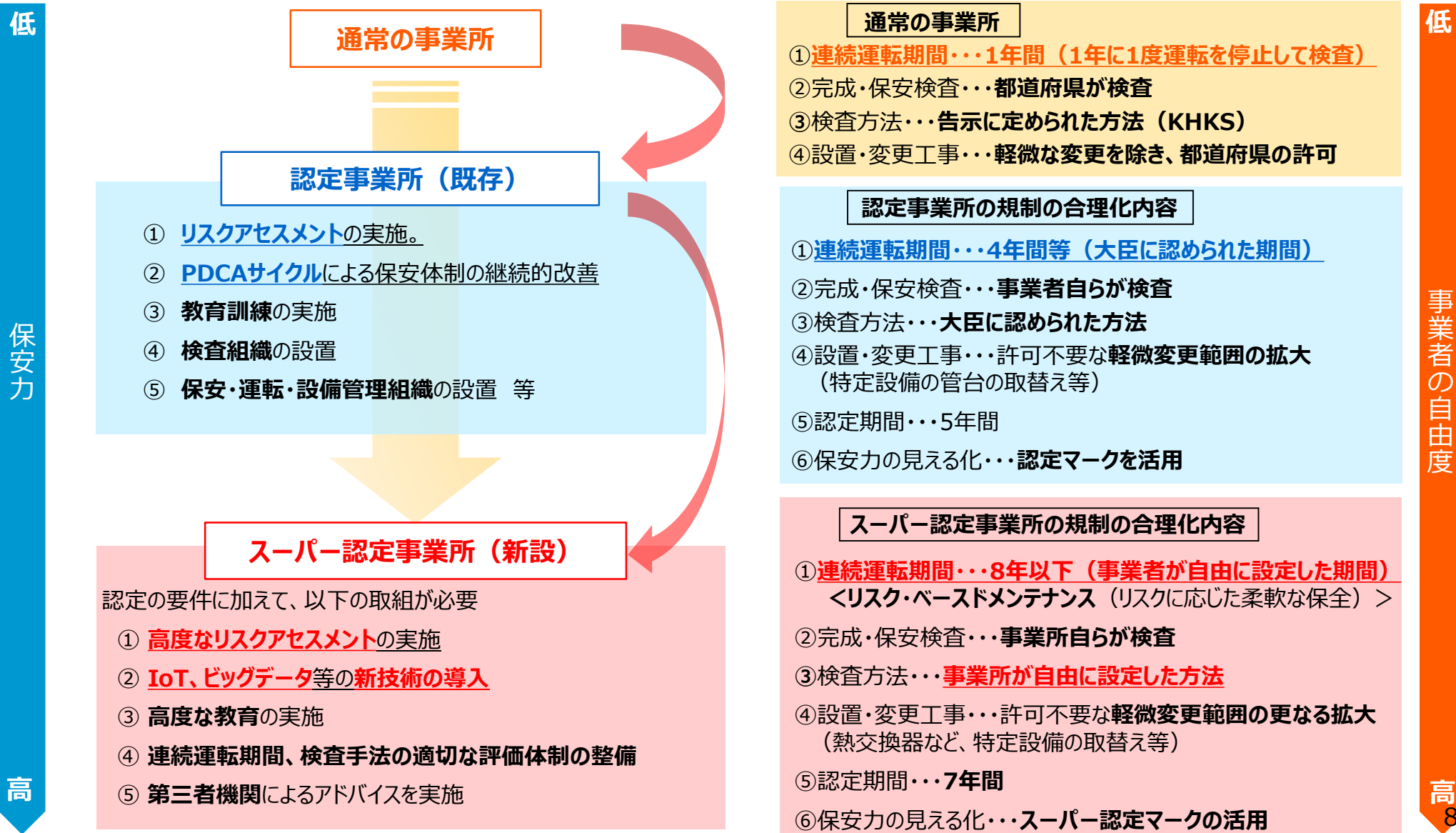
→ データ活用に向け、センサーやタブレット等の電子機器が使用できる範囲を拡大するためのガイドラインを策定。

④CBMへの転換

→ 従来の“時間（=time）”に区切った画一的なメンテナンスから、設備の“状態（=condition）”に基づいた新しいメンテナンスを制度化。

①規制上のインセンティブ措置（スーパー認定事業者制度）

- ・ プラントの高経年化、熟練従業員の減少等に対応するため、IoT、ビッグデータの活用等の高度な保安の取組を行っている事業所を「**スーパー認定事業所**」として認定し、**能力に応じて規制を合理化**（2017年4月創設）。
- ・ 当該制度により、事業所の能力に応じて事業所の自由度を高めることとなり、国際的な競争力強化にも繋がると期待。



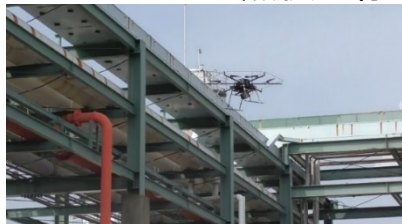
②ドローン活用の促進（保安分野での活用への期待）

- プラントにおけるドローンの活用は、高所点検の容易化・効率化や、災害時の迅速な現場確認を実現し、事故の未然防止や労働災害の減少に資することが期待されている。

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



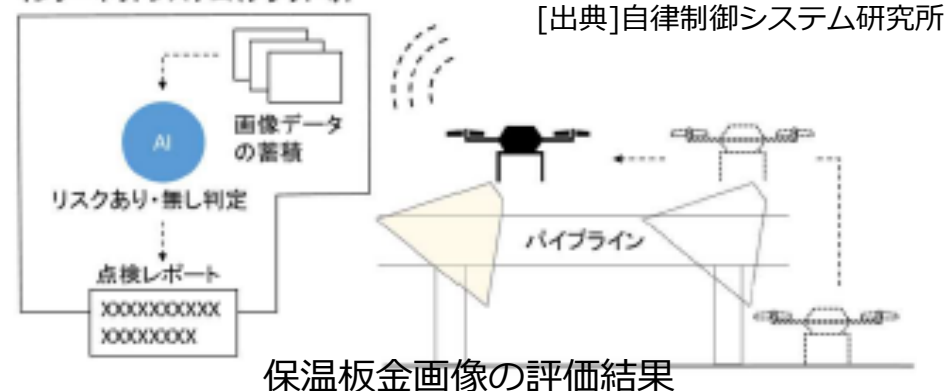
[出典]自律制御システム研究所

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。

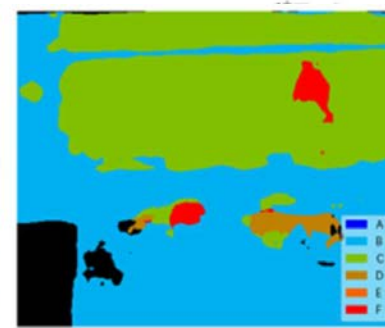
ドローン撮影画像のAI解析

インターネットシステム(クラウド等)



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。



[出典]アクセンチュア株式会社 9

②ドローン活用の促進（ガイドラインの策定）

- 有識者を含む「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※」での議論を通じ、「**石油コンビナート等災害防止3省連絡会議（消防庁、厚労省、経産省）**」において、プラント内で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（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

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）

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。

※座長：工学院大学 木村雄二 名誉教授

ドローン活用時の状態を3つに分類

①通常運転時

- ✓ 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。

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

②設備開放時

- ✓ 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

- ✓ 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。

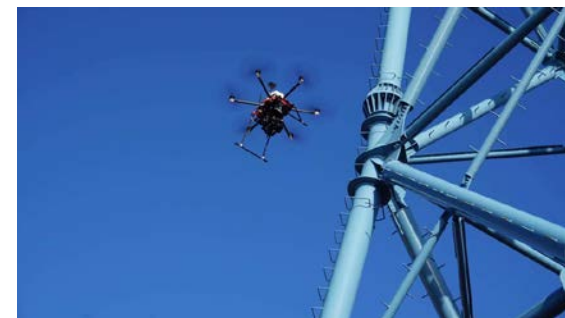
活用時の状態・飛行
エリアに応じたリスクア
セスメントを実施

リスクアセスメントを
踏まえたリスク対策
の必要性を明記

参考：ドローン活用事例（国内）

出光興産（石油精製プラント）

自律制御システム研究所が出光興産株式会社の石油化学工場にて、設備点検・検査にドローンの導入を検討するためのデモ飛行を実施。フレア設備において飛行を実施し、撮影、検査適用の可否を調査。



[出典]自律制御システム研究所 HP

エヌアイ・ケミカル（石油貯蔵タンク）

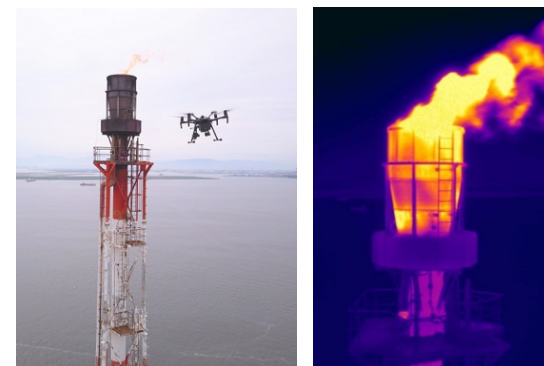
エヌアイ・ケミカルでは、2018年よりタンク高所における点検でのドローンの活用について、実証を実施。今後、撮影した画像の分析等を行いつつ、ドローンを活用した点検について検討を行う。



[出典]エヌアイ・ケミカル HP

テラドローン（石油精製プラント）

テラドローン／ジョン・ジンクが国内大手製油所にてドローンによるフレアスタック点検を実施。DJI社の赤外線カメラ搭載ドローンを使用し、プラントの点検への活用に関する実証を実施した。



[出典]テラドローン HP

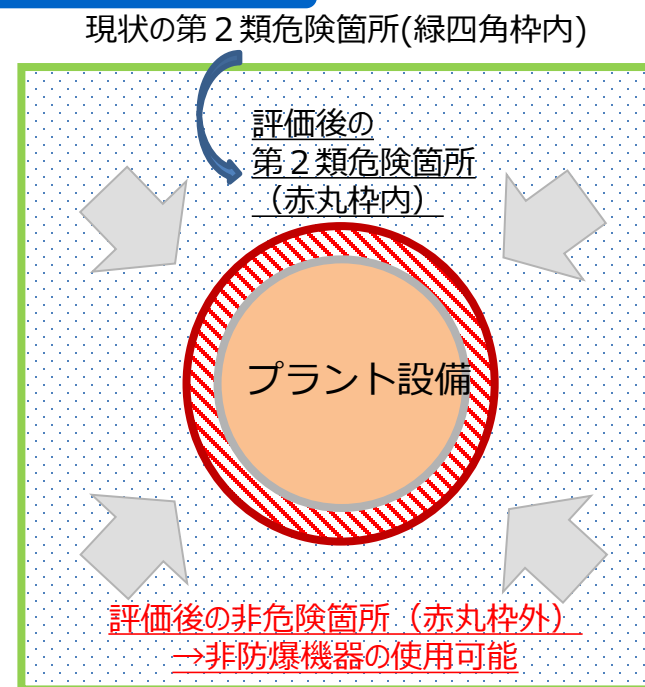
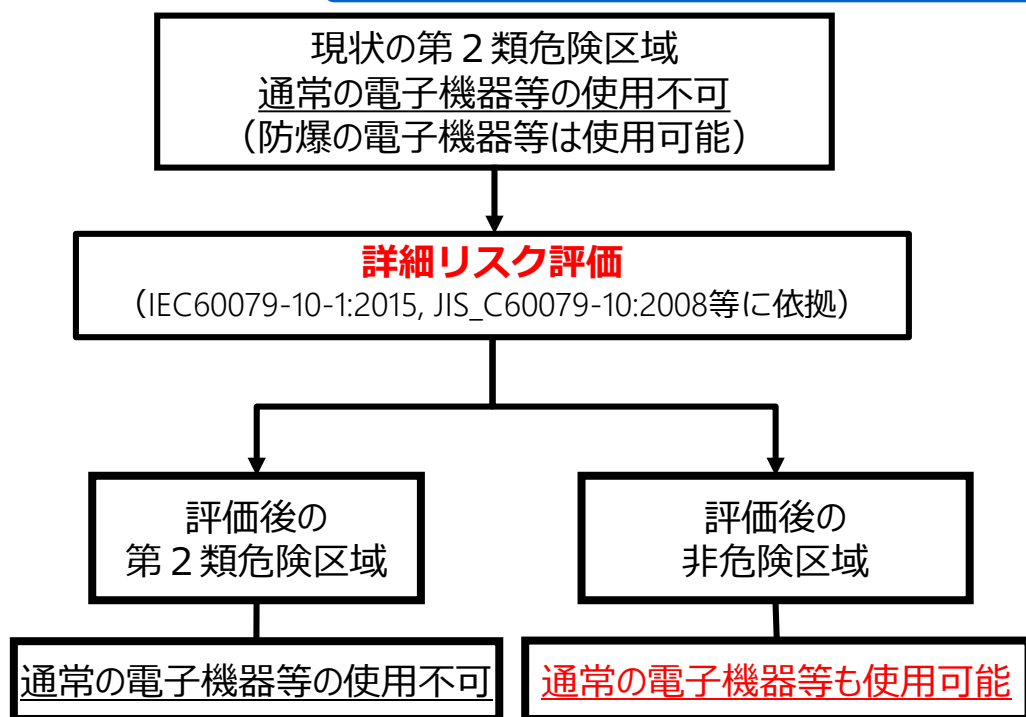
③ 防爆規制の合理化（ガイドラインの策定）

- IoT 機器を活用してプラント内のビッグデータを収集・分析・活用するため、プラント内のセンサーやタブレット等の電子機器の安全な使用の拡大に向けたガイドラインを策定。

「最新のIEC規格」を用いて第2類危険箇所（防爆エリア）を再評価

- プラント事業者は、防爆指針に基づき、第2類危険箇所（防爆エリア）を設定するが、実態上は、プラント内設備の存する区域全体を第2類危険箇所として設定することが多い。
- 最新のIEC規格により、危険箇所の詳細な設定方法が示されている。これに従い、現状の第2類危険箇所を再評価することで、現行の防爆指針が定める保安レベルを低下させることなく、第2類危険箇所を精緻に設定する。

非防爆機器の使用可能エリア拡大の考え方・イメージ



④CBMへの転換（TBMからの移行）

- 従来の“時間（=time）”に区切った画一的なメンテナンスから、設備の“状態（=condition）”に基づいた新しいメンテナンスを制度上取り込んでいく。
- こうしたメンテナンス手法の転換により、より安全で効率的な保安管理を実現し更なる自主保安を促進。

Time Based Maintenance (TBM) “時間”で画一的に区切ったメンテナンス”

=あらかじめ定めた周期ごとに整備を行う方式。

例) ◆設備停止検査：連続運転を停止して実施するもの。

周期	一般事業者	：基本1年
	認定事業者	：通常2年（4年／6年也可）
	スーパー認定事業者	：最大8年

◆開放検査：設備停止後、設備の内部を検査するもの。

周期	一般事業者	：基本3年
	認定事業者	：最大12年
	スーパー認定事業者	：最大12年

Condition Based Maintenance (CBM) “状態に基づいたメンテナンス”

=設備の劣化傾向を連続的又は定期的に監視、把握しながら設備の寿命などを予測し、次の整備時期を決める方式。

④CBMへの転換（高圧ガス保安規制の変遷）

- プラント設置時における規制については、詳細な仕様や特定の数値等で定める「仕様規定」から、保安上必要な性能を定めた「性能規定」へと改正し、急速に進む技術革新への迅速かつ柔軟な対応と、事業者による自主保安の促進を実現する規制体系へシフトさせてきた。
- この度、コネクテッドインダストリーズ等の取組も踏まえ、データの定点かつ高精度な取得を通じ、設備状態（＝Condition）の把握・分析が可能になったことから、運転時における規制体系も変えていく必要。

運転前の規制

製造等の技術基準

構造、位置、部材、
耐久性、耐震性

従来 （定量的基準）

仕様規定

＝ 構造等の詳細な仕様、満たすべき特定の数値等を規定

- 例①【設備の強度】 常用の圧力の2倍の圧力で降伏を起こさないような肉厚
- 例②【設備の耐震設計】 一定の地域単位で定められた係数を用いた地震動
- 例③【緊急遮断】 液化ガス貯槽外面から10m以上離れた位置において操作することができる緊急遮断装置
- 例④【可燃性ガス貯槽の表示】 貯槽直径の1/10以上の幅で帯状に赤色表示又はガス名称を朱書き

現在・今後 （定性的基準）

性能規定

＝ 保安の確保上必要な性能等を規定

- 例①【高圧ガス設備の強度】 圧力、温度、形状等を踏まえ、十分な強度を有するもの
- 例②【高圧ガス設備の耐震設計】 サイトスペシフィック地震動の採用を可能に
- 例③【緊急遮断】 安全に、かつ、速やかに遮断するための措置
- 例④【可燃性ガス貯槽の表示】 可燃性ガスであることが容易に識別することができるような措置

技術革新への
迅速な対応
自主保安の促進

運転後の規制

定期検査の基準

検査方法、検査時期

Time Based Maintenance

＝ 定期的な開放検査を義務づけ

開放検査周期：余寿命×0.5（or 0.8）年（最大12年）

Condition Based Maintenance

＝ 「状態」に基づく検査周期の設定

※ソフト：保安人員・体制の体制は別途存在

④CBMへの転換（現状の開放検査周期のルール）

- **開放検査とは**、設備（塔、貯槽等）を停止し、**設備の内部から目視検査、非破壊検査等を行い、設備の健全性確認**を行うもの。**定められた周期で実施されている。**
- 認定事業者・スーパー認定事業者に対しては、**民間規格（KHK/PAJ/JPCA S 0851）に基づいて、開放検査周期の設定手順が定められている。**具体的には、設定損傷パターンを分類し、運転中に安全を維持できるかを評価し、開放検査周期を定めることとしている。
- 一般の事業者の周期は基本3年、**認定事業者・スーパー認定事業者は最大12年と限定されている。**

開放検査周期設定の手順

（KHK/PAJ/JPCA S 0851(2014)）

Step1 損傷パターンの分類

- 設備の材質、**設計時の運転条件（圧力、温度、流量、流体成分等）**、検査記録等から設備の損傷パターンを特定
- 損傷パターンの分類：①減肉（各種腐食等）、②クリープ損傷等、③応力腐食割れ等

Step2 運転中に安全を維持できるかの評価

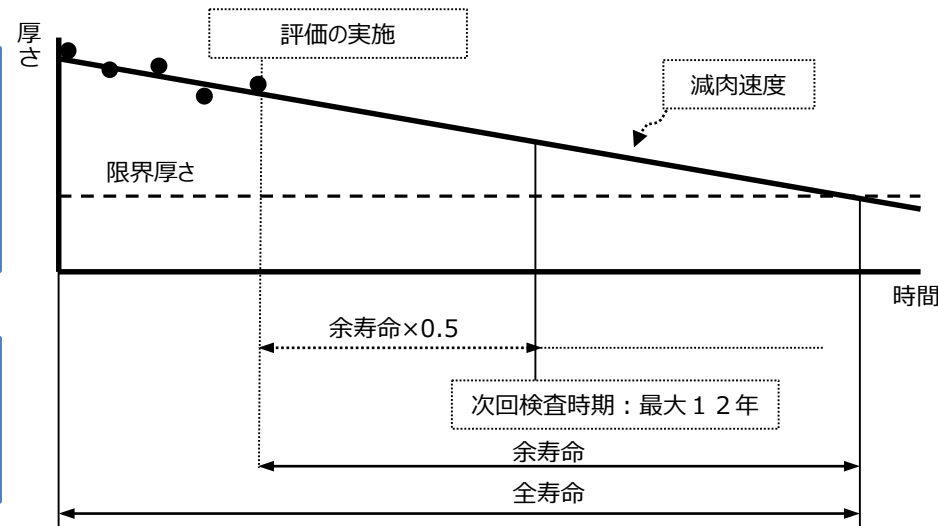
- 特定された損傷パターンが余寿命予測可能であるかを判定
- 運転開始後、2回以上の開放検査実績を踏まえ、5回以上の肉厚測定を用いて余寿命（あとどれくらい保つか）を算定

Step3 開放検査周期決定

- $\text{余寿命} \times 0.5$ （or 0.8 検査時期設定係数）＝次回の開放検査時期
（ただし、**最大12年と限定されている＝TBM**）

次回検査時期の設定例

（損傷が減肉で検査時期設定係数＝0.5の場合）



（参考：KHK/PAJ/JPCA S 0851(2014) 高圧ガス設備の供用適性評価に基づく耐圧性能及び強度に係る次回検査時期設定基準）

④CBMへの転換（開放検査周期の拡大）

- 検討の結果、従来の検査記録による評価に加え、データを活用した腐食等の要因となる**環境変化（状態）の把握を通じ、より信頼性の高い設備管理を実現できることが分かった。**
- このため、従来の検査方法に新たにCBMの考え方を取り込むことで、**現行の開放検査周期の上限（12年）を越えた場合でも、しっかりと安全性が担保できると考えられる。**
- ただし、スーパー認定事業者のみを対象とする等、**一定の要件を追加で課すとともに、事業者がこの要件を満たしているかをKHKが事前に審査することを条件に、開放検査周期を12年超に設定することを認めていくこととする。**

	周期12年 (KHK/PAJ/JPCA S 0851)	周期12年超（案）	周期12年超 要件追加等の理由
開放検査周期	・ 最大12年	・ 最大 余寿命×0.5	
対象者	・ 認定事業者 ・ 特定認定事業者（スーパー認定事業者）	・ 特定認定事業者（スーパー認定事業者）に限定	・ 高度なリスク低減対策、IoT及びビッグデータ等の先進的技術の導入等が求められ、高い保安力を有する特定認定事業者に限定
損傷パターン	・ 減肉 ・ クリープ損傷 ・ 水素侵食 ・ き裂状欠陥	・ 減肉に限定	・ 他の劣化損傷と比較して精度の高い余寿命予測が可能な減肉に限定 ・ 外部からの検査により内部の損傷状態の把握が可能であることが必要条件
環境の監視	—	・ 腐食環境を監視できること	・ 減肉の要因となる運転中の腐食環境の変化を常時又は定期的に確認することを新たに要求
運転実績・検査実績	・ 運転実績 2年以上 ・ 開放検査 2回以上	・ 長期的な運転実績及び開放検査実績があること	・ 長期的な運転実績と検査実績から損傷パターン等を確認できていることを要求
評価体制	・ 開放検査周期設定のための組織（評価区分Ⅰ） ※一部評価区分Ⅱの体制が必要	・ 開放検査周期設定のための組織（ 評価区分Ⅱ ）	・ 腐食環境の状態等を踏まえた、より高度な評価を行うため、組織要員となるための要件（資格、実務経験）レベルの高い評価区分Ⅱを要求
本社の監査等		・ 評価結果に対する本社の監査 ・ データの提出 ・ 必要な基準類の整備等	・ 周期延長の責任を明確にするため評価結果に対する本社の関与を新たに要求、余寿命予測等に関するデータの提出、その他必要な基準類の整備等を要求

限定

追加