経済産業省
産業保安グループ 高圧ガス保安室　御中

令和2年度
新エネルギー等の保安規制高度化事業

# 水素燃料電池ドローン等に係る基準作成の検討等に関する調査

# 報告書

2021/03/26

accenture

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 目次


**1. 本事業について P.2-5**

**1.1. 調査報告について P.2**

**1.2. 本事業の背景 P.4-5**

**2. 国内調査 P.6-73**

**2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52**

2.1.1. 調査実施概要 P.7-9

2.1.2. 調査結果 P.10-26

2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36

2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46

2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52

**2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71**

2.2.1. 調査実施概要 P.54-55

2.2.2. 調査結果 P.56-59

2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60

2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65

2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68

2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69

2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71

**2.3. 国内調査のまとめ P.72-73**

**3. 海外調査 P.74-131**

**3.1. 調査実施概要 P.75**

**3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115**

3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80

3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115

**3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121**

3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119

3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121

**3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131**

3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126

3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131

**4. 全体のまとめ P.132-133**

**5. 参考情報 P.134-136**


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 1.本事業について


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 1.1. 調査報告について

# 本事業の要求事項と調査報告の該当頁

| 要求事項（02仕様書.pdfより） | 実施調査 | 本報告書の該当頁 |
|---|---|---|
| **水素燃料電池ドローン等の国外技術基準の調査・活用事例の収集** | • 国内プラント保安分野におけるドローン活用状況の調査<br>　• プラント保安分野におけるドローン活用のための問題点の調査<br>　• 「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」の改訂ポイントの整理<br>　• プラントにおけるドローン活用事例と活用ニーズの調査<br>• 海外プラント保安に関する規制概要の調査<br>• 水素燃料電池ドローンに関する海外最新動向の調査 | **P.7-53**<br>**P.16-36**<br>**P.37-46**<br>**P19-26,47-52**<br>**P74-115**<br>**P116－131** |
| **プラント保安分野におけるドローンの活用**<br>**(1)実証実験の実施**<br>**(2)ドローンガイドライン改訂、プラントにおける活用事例集の追加の検討** | • ドローン実証実験の実施（2回）<br>　• 「プラントにおけるドローン活用事例集」の追加案作成（実験結果）<br>• 「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」の改訂案の作成 | **P.43(別資料あり)**<br>**P.37-46(別資料あり)** |
| **防爆ガイドラインの解説書作成**<br>**(1)防爆ガイドライン活用状況の調査・見直し後の事例収集**<br>**(2)防爆ガイドラインの解説書の策定** | • 「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」の活用状況の調査<br>　• 危険区域の見直し状況調査<br>　• 危険区域見直し後の活用事例収集<br>• 「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」の解説書の策定 | **P.53－71**<br>**P.56**<br>**P.57－59**<br>**P.61- 65(別資料あり)** |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 本事業の背景と概要

石油・化学プラントの保安において、プラント設備の高経年化や保安人材の不足は保安体制の持続性を徐々に低下を招くという課題が深刻化している。その一方で、IoT（Internet of Things）、ドローン、AI（人工知能）等の新しいデジタル技術の活用を企業に促し、保安力の維持・向上、競争力の強化を図ることが重要とされている。

従来の、“人”が保全活動をすることが前提のプラント保安の体制を見直す必要があるとして、経済産業省においては、“人”を前提としていた高圧ガス保安規制・制度の継続的な見直しをはじめとして、新技術が安全性を確保しながら積極的に企業で活用されるための環境整備を行ってきた。

例えば、一昨年度、石油化学コンビナート等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「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」（以下、ドローンガイドライン）及び、「プラントにおけるドローン活用事例集」（以下、ドローン活用事例集）を策定した。それとともに、ドローンをはじめとした新技術をより効果的に活用できるよう、最新のIEC規格に基づき危険区域を精緻に設定する方法を、「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」（以下、防爆ガイドライン）として取りまとめた。継続して昨年度は改訂を実施した。

これに引き続き、ドローンガイドライン、活用事例集および防爆ガイドラインについて、プラント事業者や各地方消防署の方々の目線でより理解しやすく、活用しやすくすること、あるいは内容の拡充等の示唆を挙げることを目的に、ドローンガイドライン、および、防爆ガイドラインの活用状況を整理し、ドローンの運用状況、危険区域の見直し状況や実際のプラント現場で起こっている課題等の調査を実施した。また、危険区域の精緻な設定により電子機器等の活用が可能となったエリア内において、至近距離でのドローンの操作時の影響など、特有のリスクや課題が存在していることから、当該箇所においても、ドローンを安全に活用・運用するため、内部飛行時の留意事項を整理し、ドローンガイドラインの改訂、プラントにおける活用事例集の追加を検討する必要があるとして、ドローン飛行の実証実験も行った。

さらに、今年度、経済産業省は、スマート保安を推進することを目的として、官民トップによる「スマート保安官民協議会」を創設し、企業による先進的な取り組みを促進するとともに、国による保安規制・制度の見直しを機動的かつ効果的に行うとしている。これまでの保安力の高度化に関する政策の基本的な方向性は、①高度な自主保安力を有する事業者に対して規制を合理化すること、②裁量を与えられた事業者が信頼性を確保して新技術を活用することを促進することであった。これを継続しながら、発展させるため、経済産業省とプラントのスマート化を目指す事業者により「高圧ガス保安分野アクションプラン」がとりまとめられ、「スマート保安を実現したプラントの将来像」も提示され、具体的にスマート保安技術の導入が推進されている。

そこで、スマート保安技術の導入が先行している諸外国の規制・制度の枠組みやその変遷を調査した。また、先進技術を導入するプラント保安体制の在り方、リスクアセスメントや安全対策の実施方法、直面している課題などの調査を実施した。今回の調査結果は、日本の将来の保安規制の在り方とともに、あるべきプラント保安体制像を描き、プラントの自主保安体制の強化を図るために活用される。

本書は、プラント事業者、行政機関およびドローン運用事業者の方々の多大なご協力により、調査結果として取りまとめたものである。

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 1.2. 本事業の背景

# 用語集

本調査報告書では、下記の通り用語およびアイコンを扱う。

- **ドローンガイドライン**
  - 「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」（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））のこと。
- **ドローン活用事例集**
  - 「プラントにおけるドローン活用事例集」（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））のこと。
- **防爆ガイドライン**
  - 「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」（2020年1月/経済産業省）のこと。
- **プラント**
  - 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。（出典：「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」）
- **危険区域**
  - 機械器具（以下、「機器」という。）の組立て、設置及び使用のために特別な予防策を必要とする量のガス状の爆発性雰囲気が存在する、又は存在する可能性がある区域。（出典：「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」）

- **アイコン各種（主にヒアリング調査の発言者として示す）**
  - プラント事業者を表す
  - 消防/行政機関を表す
  - ドローン運用事業者を表す

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2. 国内調査
## 2.1.プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.1. 調査実施概要

### 調査目的

- **プラント保安分野におけるドローンの活用を促進するため**
  - プラントにおけるドローン活用現場で抱える問題点の把握と整理
  - ドローンガイドラインをプラント事業者や各地方消防の目線で理解しやすく、内容充実させるポイント、ガイドラインに反映すべき汎用性の高い事項の整理
    - ドローンガイドラインの改訂、ドローン活用事例集の追加の検討に活用
  - プラントにおけるドローンの潜在的な活用のニーズの調査

### 調査期間

- **2020/12月～2021/2月**

### 調査方法

- **リモート形式によるヒアリング調査**
- **一部アンケート形式（書面）による調査**

### 調査対象

- **事業者（プラント保安分野においてドローンを利用する事業者）：7社16事業所***
  - 石油精製
  - 石油化学
  - 化学工業
  - 精密化学
  - 鉄鋼
- **消防/行政機関：4機関***
- **ドローン運用事業者：2社***

### 質問内容

- **ドローン活用状況・活用事例**
  - 2019-2020年のドローン飛行実績の有無
  - ドローン飛行の主な目的
- **ドローンが活用されていない場合、その理由・原因**
  - ドローン飛行ができなかった、計画しなかった理由、原因
  - 飛行の申請、事前協議や手続きにおける行政機関との問題の有無
- **ドローンガイドラインの改善ポイント**
  - ガイドラインでわかりにくいポイント
- **ドローンの活用を進めるための施策のアイディア、要望等**
- **ドローン活用のニーズ、可能性**
  - 今後検討している飛行計画の内容
  - 将来的に可能性があると考えていること

*調査対象：後掲P8「2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査　2.1.1. 調査実施概要　（資料：ヒアリング調査対象者リスト）」より回答のあった事業者、消防/行政機関あるいはドローン運用事業者

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.1. 調査実施概要

### （資料：ヒアリング調査対象者リスト）

| 企業･行政機関表記 | 分類 | 事業の種類 |
|---|---|---|
| A | 事業者 | 石油精製 |
| B | 事業者 | 石油精製 |
| C | 事業者 | 石油精製 |
| D | 事業者 | 石油精製 |
| E | 事業者 | 石油精製 |
| F | 事業者 | 製鉄 |
| G | 事業者 | 化学工業 石油化学 |
| H | 事業者 | 石油精製 石油化学 |
| I | 事業者 | 石油精製 石油化学 |
| J | 事業者 | 精密化学 |
| K | 事業者 | 化学工業 石油化学 |
| L | 事業者 | 化学工業 精密化学 |
| M | 事業者 | 化学工業 石油化学 |
| N | 事業者 | 精密化学 |
| O | 事業者 | 化学工業 |
| P | 事業者 | 化学工業 |
| Q | 事業者 | 化学工業 石油化学 |
| R | 消防/行政機関 | – |
| S | 消防/行政機関 | – |
| T | 消防/行政機関 | – |
| U | 消防/行政機関 | – |
| V | ドローン運用事業者 | – |
| W | ドローン運用事業者 | – |

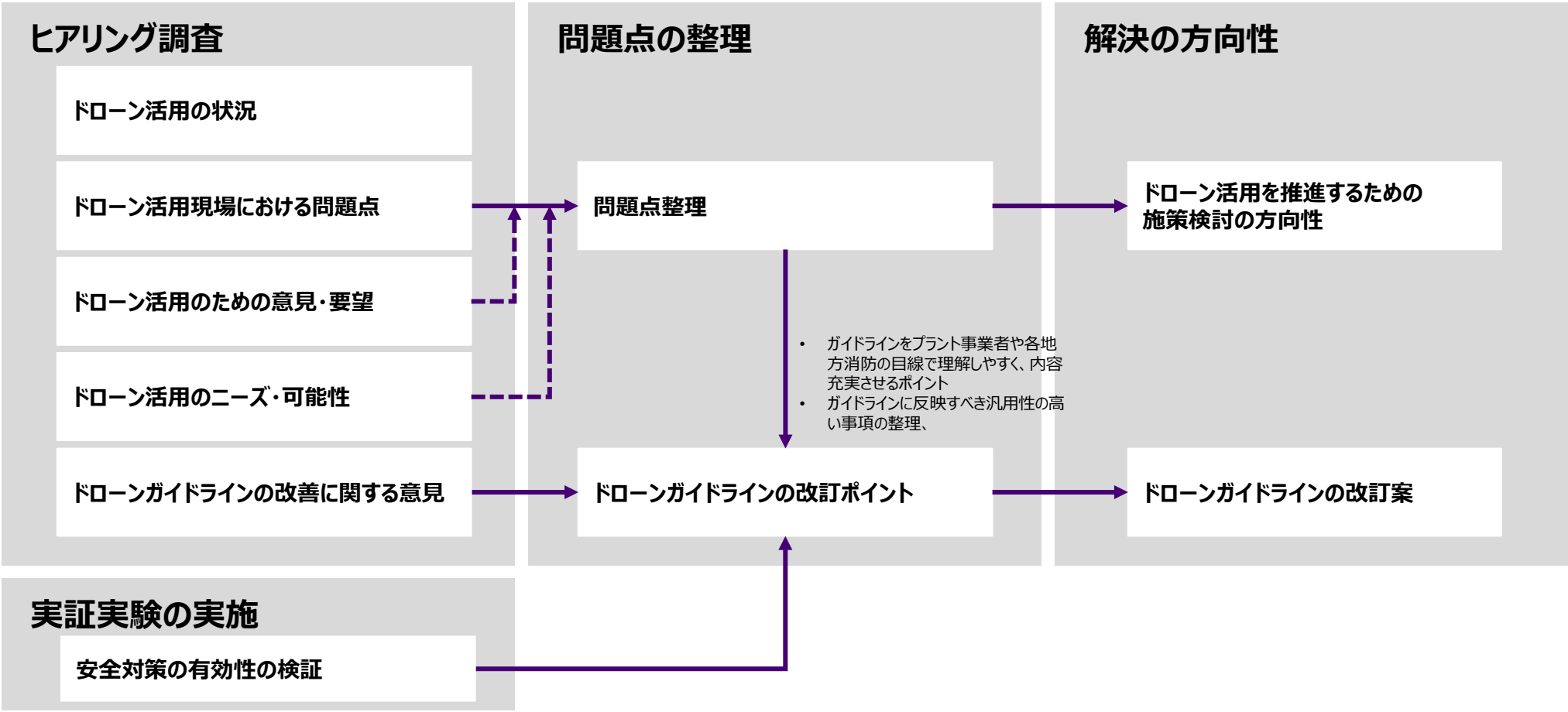
Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.1. 調査実施概要

**調査のアプローチ**

**ヒアリング調査の結果と、事業において実施したドローン実証実験から得られた知見も含め、ドローンガイドラインの改訂ポイントを整理し、ドローンガイドラインの改訂案を作成した。**




Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

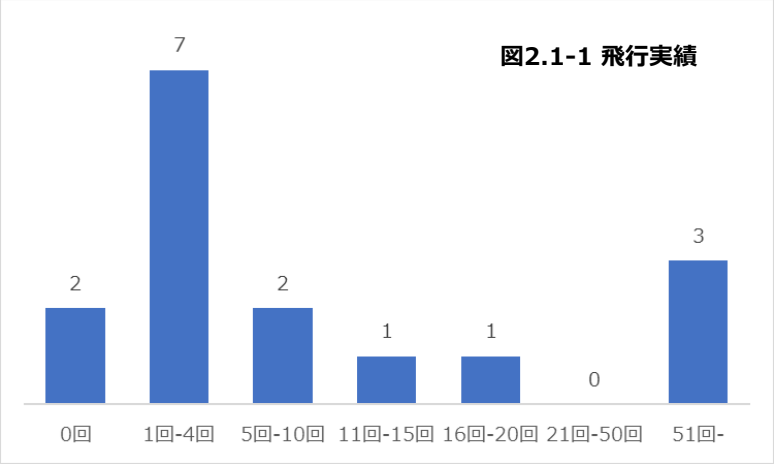
### (1)プラント保安分野におけるドローン活用状況

**ドローン飛行実績**

- 2019年4月から2020年12月の飛行実績
- 回答：事業者　7社16事業所

**飛行実績なしあるいは1回～4回という事業者が多く、一方で、50回以上、100回の飛行実績がある事業者もあり、活用状況に大きな差がある。**

**多くの事業者が、1回程度の実証実験を実施しているが、その後、継続して、ドローンの本格的な運用へ繋がっていない。**



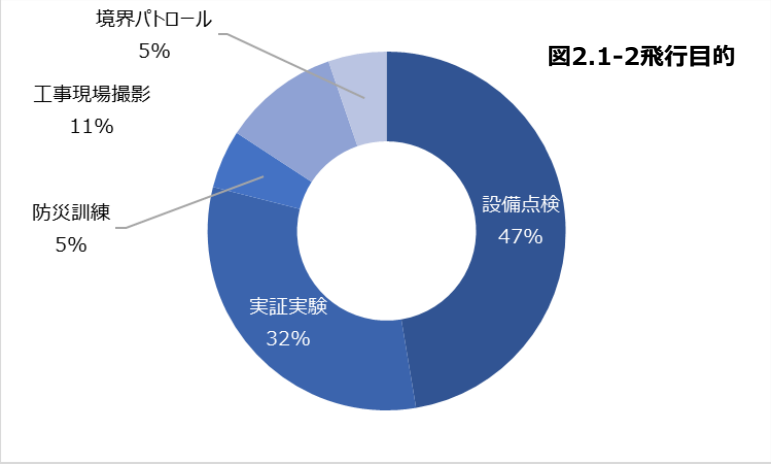




表2.1-1 飛行目的の内訳（単位:社　*飛行目的は複数回答あり）

| 飛行実績 | 設備点検 | 実証実験 | 防災訓練 | 工事現場撮影 | 境界パトロール |
|---|---|---|---|---|---|
| 0回 | - | - | - | - | - |
| 1回-4回 | 3 | 3 | 1 | - | - |
| 5回-10回 | 2 | 1 | - | 1 | |
| 11回-15回 | 1 | 1 | - | 1 | - |
| 16回-20回 | 1 | - | - | - | - |
| 21回-50回 | - | - | - | - | - |
| 51回- | 2 | 1 | - | - | 1 |
| **Total** | **9** | **6** | **1** | **2** | **1** |

### 飛行実績5回以上の事業者

工場地域・コンビナート地域にある事業者においては実証実験のほか、設備点検のためにドローンを定常的に活用されている様子も伺えた。
AI技術などの他の先端技術との組み合わせ、さらに高度な検証も実施している。2021年度中の飛行も計画されている。

- 飛行実績は案件数として2年間で5件程ある。飛行自体は日常的に運用している。（F）

- 定常運用にて敷地境界パトロールの自動飛行を行っている。2018年に定常運用を開始し、飛行回数は100回を超える。（J）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (1)プラント保安分野におけるドローン活用状況

**ドローン飛行の相談実績**

- **2019年4月から2020年12月のドローン飛行の相談件数**
- **回答：消防/行政機関　4機関**

**消防の管轄地域にある事業者からのドローン飛行の相談有無について、ヒアリングした結果、消防機関への相談件数は多くても30件にとどまっている。今回のヒアリングでは、対象の消防機関の管轄地域にある事業者数からの相談率については判別できないが、プラントにおけるドローン活用は積極的でない様子がわかる。**

**表2.1-2 ドローン飛行の相談件数**

| 消防機関 | 件数 | 相談のドローン飛行目的 |
|---|---|---|
| T | 1 | 設備点検 |
| R | 30 | 設備点検、実証実験、防災訓練、PR撮影など |
| U | 12 | 詳細は未回答 |
| S | 5 | 設備点検、PR撮影など |

**飛行相談を受けた消防機関**

今回ヒアリングを実施した消防については、ドローンガイドラインについては認識されていた。消防の管轄地域により、相談件数は必然的に差異がでる。コンビナート地帯であれば、複数の相談ケースや事例について、消防担当者も知る機会がある。一方、地域にドローン活用を進める事業者がいない、そのため、対応の経験は少ない。

- 2019年から2020年の期間で、地域の事業会社等からのドローン飛行の協議は１社のみで、その１社と複数回打ち合わせを行っている。消防局内でも初めての対応案件だったため、対応について内部でも協議した上で、事業所とも複数回協議を実施した。（T）

- ガイドライン発行以降は2020年に5事業所から届出有り。ガイドライン発行以前から事業所よりドローンの活用に関する問い合わせはあった。飛行計画は一社につき一回が基本だが、複数出ているところもある。三省のガイドラインが出されてから届出が出るようになった。（S）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (1)プラント保安分野におけるドローン活用状況

**ドローンガイドラインの活用状況**

**プラントにおけるドローン利活用のために、事業者、消防において、ドローンガイドラインは参考にされ、役立てられている。**

**ガイドラインにより、プラントにおいてドローンを飛行するために関連する法規制が一つのところで調べられるようになり、必要な申請手続きは以前よりわかりやすくなったという。**

**また、共通のルールで事業者、消防や行政機関、近隣住民がリスクアセスメントや安全対策を確認できるようになったことも、ドローンガイドラインの効果である。**

**このようにドローンガイドラインが参考にされていることから、今回、プラントの現場にいる事業者や消防の関係者から、多くのドローンガイドラインの改善ポイントや問題点も挙げられた。**

**現場の声（抜粋）**

- ドローンガイドラインは利用している。毎年経産省から発信のガイドライン（変更箇所等）を確認し、必要な箇所は社内の規程類へ反映している。（C）
- ドローン飛行はドローンガイドラインに従って飛ばしている。（Q）
- 事業者から相談、説明があるときは、いつも一緒にドローンガイドラインを見て確認している（R）
- ドローンガイドラインのリスクアセスメント、安全対策を参考にして計画をしている。（G）
- 事業者がドローンガイドラインに従って飛行計画を作ってきているとわかると信頼できる（S）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (1)プラント保安分野におけるドローン活用状況

**ドローン飛行の事例**

**ドローン飛行目的、活用方法については、設備点検が最も多いが、定常的にプラント境界のパトロールをする活用もあった。**

| 事業種 | 総面積 | 飛行目的 | ドローン活用の概要 | 撮影対象 |
|---|---|---|---|---|
| 精密化学 | 78.1万㎡ | 境界パトロール | • 工場の敷地境界の監視・定期コースのパトロール<br>• 赤外線センサーを用いた熱ロスの監視等への活用<br>• 遠隔からの俯瞰的視野により発煙予兆の早期発見（発熱、ガス漏洩など） | 工場敷地境界 |
| 精密化学 | 77万㎡ | 工事現場撮影 | • 建設工事現場の工事進捗確認のため、上空から定点撮影<br>• プラント建設の経過を高解像度の写真と動画で撮影 | 建設工事現場 |
| 精密化学 | 77万㎡ | 実証実験 | • 130m集合煙突の高所撮影、およびステージ補修など工事の竣工確認に適用できないかの検証<br>• 高所撮影、およびステージ補修など工事の竣工確認に適用可否の検証 | 130m集合煙突 |
| 精密化学 | 77万㎡ | 設備点検 | • 周囲が貯水槽になっており、容易に近づけないテント式貯水槽のテントの破れ具合の確認 | テント式貯水槽 |
| 製鉄 | 1,090万㎡ | 工事現場撮影 | • 大型建築記録のドキュメント化 | 建築物 |
| 製鉄 | 1,090万㎡ | 設備点検 | • 災害時の活用<br>• 事務所のある本館上空140mより高炉郡をズームカメラで撮影 | 高炉郡 |
| 製鉄 | 1,090万㎡ | 設備点検 | • 設備腐食点検をAI画像診断で行うための、ドローン撮影×AI画像診断の活用<br>• 予兆診断、劣化度の傾向管理 | 非危険区域の設備高所<br>岸壁周りの設備など |
| 化学工業<br>石油化学 | 217万㎡ | 実証実験 | • フレアスタック、高所設備の状況の確認 | フレアスタック高所設備 |
| 化学工業<br>石油化学 | 217万㎡ | 実証実験 | • 護岸の状況の確認 | 護岸 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (1)プラント保安分野におけるドローン活用状況

**ドローン飛行の事例**　**実際に自然災害の影響を点検するためにもドローンは活用されていた。防災訓練、自社の操縦者訓練のケースも多くあった。**

| 事業種 | 総面積 | 飛行目的 | ドローン活用の概要 | 撮影対象 |
|---|---|---|---|---|
| 化学工業<br>石油化学 | 318万㎡ | 設備点検 | • プラントの俯瞰撮影 | プラント |
| 化学工業<br>石油化学 | 318万㎡ | 設備点検 | • 高所設備の点検 | 高所設備 |
| 化学工業<br>石油化学 | 318万㎡ | 設備点検 | • 護岸の点検 | 護岸 |
| 化学工業<br>石油化学 | 318万㎡ | 実証実験 | • 外置き原材料の体積の測量 | 外置き原材料（塩） |
| 化学工業<br>石油化学 | 22万㎡ | 防災訓練<br>実証実験 | • 防災訓練での撮影（発災箇所の撮影と画像転送テスト） | ー |
| 化学工業<br>石油化学 | 142万㎡ | 設備点検 | • 台風の影響で設備の破損が見込まれたため、冷却塔及びフレアスタックの点検 | 冷却塔、フレアスタック |
| 化学工業<br>石油化学 | 22万㎡ | 実証実験 | • 樹脂製造プラントやゴム製造プラント、ガス精製プラントの危険区域見直の後、稼働プラント上空のドローン飛行 | 樹脂製造プラントやゴム製造プラント、ガス精製プラント |
| 化学工業 | 69万㎡ | 設備点検<br>実証実験 | • 高所の点検、設備の劣化診断、プラント3D化による設備管理の省略化の検証 | 高所・プラント施設外観 |
| 石油精製<br>石油化学 | 273万㎡ | 設備点検 | • 目視検査代替のためのタンク側板変形状況確認、4Kカメラによる静止画・動画撮影 | タンク側上部側板 |
| 石油精製 | 273万㎡ | 教育<br>実証実験 | • 所内パイロット研修、社員　自らドローンの操作・撮影を行うため<br>ドローン飛行マニュアルに準拠した教育の実施 | ー |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (1)プラント保安分野におけるドローン活用状況

**ドローン飛行の事例**　**AI画像解析や赤外線カメラの撮影などドローン飛行と他の新しい技術を組み合わせた実証実験も実施されている。**

| 事業種 | 総面積 | 飛行目的 | ドローン活用の概要 | 撮影対象 |
|---|---|---|---|---|
| 石油精製 | 66万㎡ | 設備点検 | • 設備の保全点検 | 配管設備、タンクエリア、桟橋配管 |
| 石油精製 | 66万㎡ | 実証実験 | • 画像解析 赤外線、可視光、ナイトモード(夜間で撮影)カメラを搭載<br>• 腐食診断への利用ではなく漏油検知作業の自動化の検討 | – |
| 石油精製 | 136万㎡ | 防災訓練<br>実証実験 | • 総合防災訓練にて防災活動を目的として危険区域を避ける飛行ルートのみでドローン飛行を実施<br>• ドローンの映像は消防と合同実施 | 常圧蒸留装置スタビライザー<br>塔頂受槽スタンドパイプ |
| 石油精製 | 100万㎡ | 設備点検<br>実証実験 | • 設備点検は正規点検には至っておらず、現在は実証実験の延長<br>• 点検方法としてドローンが使えることまでを確認 | タンク, 配管, フレアスタック, 桟橋, ムアリング, 定修中の装置 |
| 石油精製 | 100万㎡ | 実証実験 | • 腐食検知AI構築用の学習データ採取 | タンク |
| 石油精製 | 100万㎡ | 実証実験 | • 災害時の記録映像撮影 | – |
| 石油精製 | 66万㎡ | 防災訓練<br>実証実験 | • 総合防災訓練での撮影(テスト3回&本番:1回) | – |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

## (参考：高度150m以上の飛行制限の緩和の影響）

**高度150m以上の飛行制限の緩和の影響**

**国交省により、航空法における高度150m以上の飛行の制限が緩和される方針を受けて、プラント保安分野における影響を確認したところ、現状では実際にドローン飛行をさせるニーズは小さいが、プラントにおいても150m以上を超える設備があるため、規制が緩和されることとなれば、ドローン飛行範囲が広がる可能性はある。**

| B | C | D | M | F |
|---|---|---|---|---|
| • 一番高い設備で120mなので、現状の高さ制限でも**課題はない**。 | • 現状では、高さ制限による**ネックは特にない**。ただ、法的に規制緩和されたとしても、高さ制限の無い上空飛行はリスク・安全の観点から、事業者側としては慎重になると予想する。 | • **煙突は先端が最も損傷する**ため、150mがネックになっている可能性がある。全体としては**一部ではあるが用途が広がる。** | • 当工場の一番高い構造物（３本集合煙突）の高さが132mで現状問題ないが、制限が緩和されれば、出来る作業が増える可能性あり。例えば**「工場全体の航空写真が撮れる」**、**「いつもと違った角度から見える」**などメリットは大きい。 | • メリットは有るが、高所であれば風速が大きくなる(地上の二倍程度)ため、**安定飛行という面で難しい**かもしれない。落下範囲も広がるので検討の余地はある。<br>• **煙突の上部外側から内部に入れる**メリットは有る。 |

| G | H | I | P | Q |
|---|---|---|---|---|
| • 航空法の高さ制限(高度150m以上の飛行)がドローン飛行の**ネックになっていることはない**。 | • **煙突の高さが180mくらいあるため、飛行出来れば嬉しい**。150mの規制があると、煙突上部を撮影するには、煙突の内側をずっと上昇飛行させていく必要がある。高さ規制がなくなると**外側からドローンを煙突内部に**入れられる。<br>• 内部の様子を見るためには、**バッテリーに課題**があるのではと思っている。 | • **煙突の検査目的**としてドローンを使用する場合、**煙突高さが150m**であるため、その上部を確認するためには150m以上の制約があると**煙突上部の確認**ができない。制限が緩和によって**煙突内部・上部の検査が可能となる**。 | • 工場内で一番高い建造物は80m（煙突）の為、150m以下での飛行に限られる。航空法の高さ制限が**ネックになっていることはなく**、緩和の影響も受けない。 | • 航空法の高さ150m制限は**とくに問題になっていない**。場内に高さのあるものはないように思う。以前行ったフレアスタックの点検の際も制限にかかるほど高くは上げていない。制限がなくなることによる**メリットはあまり考えられない**。 |

| K | S | T |
|---|---|---|
| • **150m以上の構造物はある**。しかし、150mを超える飛行の要否については検討していない。目視運転や監視ができない。 | • 特に聞いていない。 | • ドローン飛行の届出があった１社は、飛行計画では150m以内で進めている。150m以上の高度で**飛行したいといった話は聞いていない**。 |

| 回答機関 |
|---|
| 高度150mの規制緩和の恩恵があるという声 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.2. 調査結果

## (3) ドローン活用のための意見・要望

**ドローン活用のための意見・要望**

**プラント保安分野においてドローンの活用を進めるために、現場において日常の運用で考えている施策などのアイディア、意見、要望を聞いた。パイロット育成支援やドローン機体の改善、機能向上を求める意見が最も多かったが、規制緩和や制度的な改善の要求とともに、省庁間の連携、働きかけを求める意見もある。また、情報連携、共有のためにも、地域のコミュニティで協議する機会やそれらをサポートするプログラムも要望として挙げられていた。**

### 制度的改善

- 申請手続き等の簡素化
- ドローンなどの新技術を扱うための専用窓口の設置
- 労働安全衛生規則第283条の適用
- 目視外/夜間飛行の規制緩和
- 防爆規制の緩和（方針を決める）

### 省庁間連携

- 経産省高圧ガス保安法関連と消防法関連での連携
- 地方消防への働きかけ

### パイロット育成

- パイロット育成・資格取得支援
- パイロット技能維持支援
- パイロット育成団体の整備（推奨機関）

### 情報提供

- 関係法令の改正時の情報共有
- ドローン落下時の危険の定量的評価
- ドローン推奨機種

### 地域コミュニティ

- 事業者・行政での検討する機会
- 独自ガイドライン作成
- 地域で協力した同一基準による飛行実績積み重ね
- 実証実験をサポートするプログラム

### ドローン機体

- 防爆仕様のドローン開発
- ドローンの貸し出し、ドローン購入等の補助制度
- ドローン搭載センサー類の充実
- ドローンの軽量化、バッテリーの長時間化
- ドローン落下回避機能の開発
- 中国製ドローンの代替可能な機種、機能を備えたドローンの開発
- 未使用周波数領域で飛行可能な機体の開発
- プラント点検用のドローンのコア要件の開発

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (3) ドローン活用のための意見・要望

**ドローン活用のための意見・要望（抜粋）**

**ドローンの活用を進めるために、現場において日常の運用で考えている施策などのアイディア、意見、要望を聞いた。**

#### 制度的改善

- **DID地区にある私有地におけるドローン飛行の規制緩和**。当工場内は全てDID地区となっており、訓練するためにも、体育館等を使用しなくてはならない。私有地（工場内の安全な場所）での訓練について緩和されないか。（M）
- 各管轄官庁で規制があり、申請が必要である。**ドローンに関する規制、申請手続きの簡略化や一元化**をできないか。（J）
- **利用届出や申請手続きの簡素化**が必要。例えば、①施工会社への構内手続き指導、②社内各部署を通じた近隣各社への事前連絡、連絡体制表を作成、③航空局へ許可申請④海上の場合は海上保安庁及び港湾事務所に届出、⑤消防へ事前連絡・届出、ドローン墜落距離を算出し、近隣危険物と十分な離隔距離を確認…など、これら事前連絡や許可申請・届出のための資料作成・手続きに工数を要した。石化プラントの安全維持に関するノウハウを備えているドローン飛行の専門業者に委託するほうが効果的と考えるが、会社は限られているため、費用面、スケジュール面で折り合わない可能性もある。（K）
- **目視外/夜間飛行や防爆規制緩和**の促進を望む。（E）

#### 省庁間連携

- 企業は地域にある所轄の消防と折衝をしなければいけないが、所属地域では他地域と比較してドローンの飛行に関して慎重な姿勢が示されている。**ドローンガイドラインの運用解釈について地域間格差が存在しており、この格差を是正できないか**？（B）
- 保安係では経済産業省所管の高圧ガス保安法関連の仕事している。高圧ガス保安法は政令指定都市の事務になる。危険物係では総務省所管の消防法関連の仕事をしている。**高圧ガス保安法と消防法で温度差を感じる**部分がある。(T)

#### パイロット育成支援

- **パイロット操縦技術育成**に対する支援を望む。（M）
- パイロット**資格を取得する費用（受講料・交通費・宿泊費等）の免除もしくは補助金の支援**や**ドローンの操縦訓練（活用検討含め）のための貸出**制度（N）
- パイロットの育成、教育は誰でもできるようになってきた。**民間団体が乱立**しており、どこの団体を利用するか迷う部分ではある。（D）

#### 情報提供

- 落下したら危ないと言われた時に、**根拠を持って**安全性を説明できるようにしたい。車の衝突実験のように、**落下した際の危険を定量的な評価**を提供して欲しい。（P）
- 機種の選定：政府の**中国製ドローン排除**に対する社内対応を決めるための示唆がほしい。（N）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (3) ドローン活用のための意見・要望

**ドローン活用のための意見・要望（抜粋）**

**（前頁の続き）**

#### 地域コミュニティ

- 単独企業で消防とドローン飛行に関する折衝を開始したが、その後、コンビナート内の他の会社や県地域振興課も加わり、**県、企業、消防の三者で話し合う場が出来た**。現在、安全を担保しながらドローンを活用するための着地点を模索しているという状況である。（B）

- プラント保安において、ドローン活用を促進させるために必要な施策や支援策として、地域で協力した同一基準による飛行実績の積重ねが必要である。（G）

- 海外に比べ飛行機会が圧倒的に少ない。**実証実験をサポートするプロジェクト**が必要。事業者がドローンを購入・リース・PoCを発注するお金に補助金を利用する。または、トップダウンで実証実験をするエリアを定め、事業者が消防との事前協議をせずに飛行できるようにする施策。飛行の機会を拡大すれば、制度上の課題も見えてくるようになり、改善できるようになる。（V）

#### ドローン機体

- 最近のドローンの構造がより安全化されていることは理解しているが、**防爆でなければ抵抗**がある。（R）

- **安全性の担保できるドローン**の開発(落下時の発災の可能性、工場敷地外への落下回避)を要望する。（L）

- 経産省でも開発を進めているようだが、**防爆ドローンの開発を望んでいる**。他の化学会社も望んでいるようだ。敷地内に占める防爆エリアは小さいが、その中で使いたいという需要はある。実用化されれば、ドローンを使えるエリアが広がるため、期待している。（F）

- **購入する際に助成金**が有れば良いかと思う。地域では、ドローンを所持していない事業所は消防所有のドローンを用いて、有効性や購入是非の評価を行っている状況である。（U）

- **ズーム機能・防水機能(雨天での飛行)・赤外線撮影機能(高温感知)は必須**となる。性能優劣については、中国製と中国製以外の各機材の詳細比較をしたことはないが、市場のシェアから、**中国製以外の選択肢がほとんど無い**ものとの印象である。**上記機能を持った国産のドローン（信頼性のある高機能ドローン）が開発されることを期待**している状況であり、中国製ドローンは、あくまでそれまでの繋ぎで使用せざるをえないという状況である。（C）

- 機体に対する安全基準作成について、プラントの要求性能の方がクリティカル。昨今の中国製のドローン規制で、中国製のドローンが使えなくなる可能性がある。自動化の取り組みで、要求性能を考えると、中国メーカーのドローンでなんとか到達できるレベル。他取り組みにおいても同様。（W）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (4) プラント保安分野におけるドローン活用のニーズ

**ドローン飛行の今後の計画**

**2021年以後も、各プラントにおいて、ドローンの飛行を計画されている。**
**ドローン撮影画像の目視確認だけでなく、赤外線カメラを使った断熱保温状況や超音波解析技術を使ったタンクの板厚測定の点検も計画されている。**

| 事業種 | 総面積 | 飛行目的 | ドローン活用の概要 | 撮影対象 |
|---|---|---|---|---|
| 精密化学 | 77万㎡ | 設備点検【予定】 | • 赤外線カメラによるスチーム主管の断熱保温状況点検 | スチーム主管 |
| 精密化学 | 77万㎡ | 設備点検【予定】 | • 設備(タンク)の内部の状態点検 | 設備タンク内部 |
| 化学工業<br>石油化学 | 217万㎡ | 設備点検【予定】 | • 護岸、バースの状態の点検調査 | 護岸、バース |
| 石油精製<br>石油化学 | 382万㎡ | 設備点検【予定】 | • タンクの内部で板厚測定を予定<br>超音波にて板厚測定を行い、作業者の測定と差があるのか確認 | 設備タンク内部 |
| 石油精製 | 273万㎡ | 実証実験【予定】 | • 定常作業である目視検査の代替化 | 海上配管、オフサイト原油配管、球形タンクの立上り配管 |
| 石油精製 | 273万㎡ | 実証実験【予定】 | • 緊急時の現場確認（現場に立ち入れない際に現場確認を上空から行う） | プラント上空 |
| 石油精製 | 273万㎡ | 実証実験【予定】 | • プラントVR（オフサイトエリア）の構築 | オフサイトエリア（非危険区域の道路） |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (4) プラント保安分野におけるドローン活用のニーズ

**ドローン活用のニーズ**

**プラント保安分野においてドローンの活用において、将来的な可能性、取り組んでみたいことや期待していることを聞いた。点検業務の高度化に向けて赤外線カメラや超音波カメラなどを使った点検や、AI技術の活用、点検自動化まで将来のドローンの活用ニーズは広い。**

| 分類 | 意見の概要 | 件数 |
|---|---|---|
| 設備点検 | ３Dカメラ撮影（３Dプラントの作成）、設備保全計画に活用 | 4 |
| | サーモカメラによる高所配管、塔頂の保温状況の点検 | 3 |
| | ガス漏れ点検の自律化 | 2 |
| | 超音波リークディテクターによる漏洩点検 | 1 |
| | 人の五感（見る、聞く、嗅ぐ）に対する分析、人への気づき与える活用 | 1 |
| | 画像解析による腐食診断・漏洩診断 | 6 |
| | 配管の傾向管理（保温部の点検） | 2 |
| | 定常検査の目視検査の代替化 | 2 |
| | 屋内飛行+AI画像診断（目視外飛行） | 1 |
| | プラント点検の自動化 | 1 |
| | 危険区域内の自動点検 | 1 |
| | 工業カメラによる目視検査適応範囲の拡大 | 1 |
| | 設備（タンク）外面点検 | 3 |
| | 稼働プラント上空飛行（設備点検） | 1 |

| 分類 | 意見の概要 | 件数 |
|---|---|---|
| 設備点検 | タンク内部点検（解放時） | 1 |
| | 煙突内部の点検（外側から） | 1 |
| | ドラムタンク、煙突内部点検 | 1 |
| | 危険区域内の点検 | 2 |
| | 危険物が入った状態の配管上空の設備点検（設備点検） | 1 |
| | 目線の高さでの飛行による点検 | 1 |
| | 危険物の目視点検で作業員が確認しにくい場所の点検 | 1 |
| | 高所点検 | 4 |
| | オフサイトエリアの設備点検（定常運用） | 2 |
| | 構外施設にある取水口や排水口、長距離配管内部 | 1 |
| | 湾口設備の外面点検 | 1 |
| | 桟橋の腐食点検 | 1 |
| | 岸壁周囲の設備点検 | 1 |
| | 陸上ドローンの活用 | 1 |
| | 水中ドローンの活用 | 1 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.2. 調査結果

## (4) プラント保安分野におけるドローン活用のニーズ

**ドローン活用のニーズ**

**プラントにおける自動飛行のニーズや、災害時の活用のニーズも多い。活用により期待する効果としてもコスト削減のほか、評価基準の平準化や技術継承、安全性の向上の期待も大きい。**

| 分類 | 意見の概要 | 件数 |
|---|---|---|
| パトロール・建設現場 | 定期的な自動飛行パトロール（無人飛行、夜間飛行） | 4 |
| | 現場計測情報の取得と異常検知 | 2 |
| | 建築分野での活用 | 1 |
| 輸送 | プラント内の物質輸送（フィッティング、工具類などの） | 1 |
| 災害対応 | 災害発生時の情報収集リアルタイム配信 | 4 |
| | 発災時の現場点検と初期消火 | 2 |
| | 消防:災害訓練 | 1 |
| | 災害後のプラント点検 | 1 |
| その他活用 | ５Gとドローンのデータ連携 | 1 |
| | 高精度飛行ドローンの実証＊RTK | 1 |
| | ドローンハブの実証 | 1 |

| 分類 | 意見の概要 | 件数 |
|---|---|---|
| 期待効果 | 人件費、設営費コスト削減 | 3 |
| | 判断・評価基準平準化 | 1 |
| | 技術継承 | 1 |
| | 検査方法の簡易化、頻度の向上 | 2 |
| | 作業員の負荷削減、安全性向上 | 2 |
| | 人材育成教材への活用 | 1 |
| | 点検箇所の拡大による保安力の向上 | 2 |
| | 災害時・緊急時の状況確認時の安全性向上 | 1 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (4) プラント保安分野におけるドローン活用のニーズ

**ドローン活用のニーズ（抜粋）**

**将来、ドローンの活用の現場において期待していること、可能性として考えていること、ニーズを聞いた。**

#### 活用ニーズ

- プラントにおいては、経済産業省で実験・検討などを実施しているAI分野と組み合わせて、配管や機器の**ドローンで撮影した画像をAIで判断**させ、**腐食管理**をすることが将来的な活用目的ではないかと思う。（R）
- 災害発生時は道路が液状化してアクセス出来ないことも考えられる。自社パイロットによる飛行で、非危険エリアである本館事務所の上空150m近くに飛行させ、リアルタイムで南端5km先の溶鉱炉をズームカメラで写し、本館中央対策本部に映像を速報配信したい。（F）
- **ガス漏れの検知**や**サーモカメラによる保温状態の検知**をドローンでできれば良いと思う。（Q）
- 他所と比較して**外面腐食が激しく**、かつ配管の敷設範囲が広範囲であるため、検査に時間・コストを要している。この検査に対してドローンを活用し、設備の信頼性を維持・向上させたい。（B）
- 無人で自律飛行撮影をして戻ってくる構想をしている。点検の頻度はマンパワーに紐付いているため、点検頻度を上げる目的で夜間でも飛行させたいと思っている。夜間パトロールの需要もあるが、夜間は気温が下がるため配管などの赤外線による点検が行いやすくなるのではないかという考えもある。（E）
- 消防として**災害時にドローンを活用**すると災害の生情報を本部に配信できるため、現場判断のみならず本部から指示が出せるのではないかと考えている。まだ実績はないが実際に検証しつつある。（U）

#### 期待効果

- 検査方法の簡易化による検査頻度の向上が期待できる。（R）
- プラント保安における設備点検等にドローンを活用することにより期待できる効果として、足場費用削減、点検人件費削減、点検頻度向上（不具合箇所の早期発見）、保安力向上を期待する。（G）
- **検査頻度**は増える。**検査精度**は心配な点がある。（Q）
- 足場建設に置き換える効果は当然ある。人件費や稼働の停止期間による影響もあるかと思う。（Q）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.2. 調査結果

### (4) プラント保安分野におけるドローン活用のニーズ

**ドローン活用のニーズ（抜粋）**

**（前頁の続き）ドローン活用の実際の費用対効果について、案件次第ではあるが、数千万円のレベルで費用対効果が出る試算になっている。**

**期待効果（費用対効果の試算）**

- **ラック上の配管部の足場（幅10m×高5m）は約100万円**である。コスト削減以外の効果として、日常巡回や点検時間の削減や将来的には省力化・無人化による定員減による人件費削減効果が見込まれる。（H）

- 定修工事にて煙突4基のﾄﾞﾛｰﾝ検査を行った際の足場付帯工事費削減額は**数千万円レベル**である。併せて、高所では足場設置に時間を要するため、工程短縮にも寄与すると考えている。また定性的だが、定期的な機器の健全性確認により事業所の保安力向上に寄与すると考えている。（I）

- タンク内部の点検も足場設置の費用や工期の面から検討したいと考えている。コスト効果を具体的に計算したものは無いが、**何千万円や何百万円**になりそうだと思っている。（D）

- ドローンの購入費用が障壁になっている事業者は聞いたことがない。逆にこちらから値段を聞くことはある。**足場を一つ組むのに一千万円かかり、ドローンの機体費用が一千万円であれば一年で採算**がとれる（R）

- 開放中のタンク点検の案件では、マイクロドローンを使うことで、タンク中に足場を立てる際にかかる**3千万円程の費用を削減**できた。（C）

- 備考までに示す下記の足場費用(目安)を削減できる可能性がある。
**足場費用：4,200千円、3,500千円**（G）

- 投資回収率を言うと、**2年近く有れば投資回収できる案件**もある。足場代だけでなく、劣化の予兆管理できるという点からメリットは大きい。足場建設は3,000万円は掛かっていないというようなイメージ。足場の設置費用だけでなく、傾向管理をして、大規模な故障を未然防止できるようになれば、メリットはもっと出てくる。（F）

- 高所の点検、設備の劣化診断に用いた。具体的な費用対効果の試算はしていないが、従来の施工（足場+人による点検）と比較して感覚的に**数分の一～数十分の一程度**の金額になると推定。（P）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (2)ドローン活用現場の問題点の整理

**ドローン活用のためのアプローチ**

**プラントにおけるドローン活用を進めるためには、①新規利用者の誘致・既存利用者の維持へのアプローチと、②利用者の活用範囲・頻度の向上へのアプローチが必要である。**

1

**新規利用者の誘致・既存利用者の維持**

- ✓ ドローンの利用経験が浅い利用者（事業者）にとって障壁となりうる課題を解消して、ドローン利用のメリットを実体験し、ドローンの利用を継続できるようにする
- ✓ ドローンを利用したいと検討しているが、まだ踏み込めていない潜在的な利用者（事業者）にとって障壁となりうる課題を解消して、ドローンの利用を始めることができるようにする
- ✓ 比較的利用者からのハードルが低い課題解消となる

2

**利用者の活用範囲・頻度を向上**

- ✓ ドローンを定常的に運用している利用者（事業者）が、ドローン利活用の範囲・用途を広げようとしたときに障壁となりうる課題を解消して、ドローン利活用の範囲・用途を広げ、ドローン活用のメリットを享受しながらプラント保安を進められるようにする
- ✓ ドローンの利用の実績・経験をしている利用者（事業者）が、ドローン利活用の頻度を上げようとしたときに障壁となりうる課題を解消して、ドローン活用の頻度を上げ、ドローン保安を向上させることができるようにする
- ✓ 比較的利用者からのハードルが高い課題解消が必要となる

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (2)ドローン活用現場の問題点の整理

**問題点の整理の６つの分析軸**

**プラントにおけるドローン活用現場における問題点を6つの分析軸により整理した結果、各カテゴリにそれぞれ主な課題が見えてきた。**

| | | |
|---|---|---|
| **Method**<br>ガイドライン・解説書・手順書<br>に係る問題 | **Moral/Media**<br>職場環境・組織風土<br>に係る問題 | **Management**<br>規制制度・監督体制<br>に係る問題 |
| **Mindset/Skillset**<br>作業担当者・審査者・<br>人の精神的状況に係る問題 | **Machine**<br>ドローン機体・ハードウェア<br>に係る問題 | **Money**<br>コスト・資金に係る問題 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (3)ドローン活用現場の主な課題

1 新規利用者の誘致・既存利用者の維持
2 利用者の活用範囲・頻度を向上

**ドローン活用現場の主な課題**

**プラントにおけるドローン活用現場において、ガイドラインの不備や情報の可用性が課題になっていることもあるが、本質的な問題は、事業者がドローン飛行にかかる安全対策の実施に対する意識にある。それは、プラント保安における姿勢や見解をあいまいにしやすい監督側の体制が作り出している問題とも言える。**

### Method

- ドローンガイドラインのリスクアセスメント・対策項目に不足がある
- ドローンガイドラインの飛行計画書の作成方法（リスクアセスメント・対策）や要領の具体的な記載がない
- 事業者の安全対策が漏れていることがある
- ドローン飛行に係る申請、手続きを簡単に探せる仕組みがない
- ドローン機体の安全性、技術に関する情報を簡単に探せる仕組みがない
- ドローン飛行に係る事例が少ない、情報を探せる仕組みがない
- ドローン落下によるリスク評価試験データや事例を探せる仕組みがない
- ドローン飛行のリスクをシミュレーションできる仕組みがない
- 新しい技術の検査方法による設備診断の数値の基準がない

### Moral/Media

- 事業者側は安全対策に対して、最終的な判断の責任を負う姿勢でない
- 消防側は事業者側に安全対策の責任を任せられない
- 監督省庁は、安全対策の最終的な判断の責任をどこに置くか'を明確にしていない
- 現場の実態に合わない状況、ルールの矛盾を関係機関の中で把握・共有できていない
- 関係者間で情報の伝達、周知ができていない
- 近隣地域、コミュニティでドローン飛行に関する情報を共有する機会がない
- 事業者内で新しい技術に対する柔軟な対応ができない組織風土がある
- 事業者内でドローン導入に備え、組織体制が整備されていない

### Management

- 規制で制限されているため、規制自体の見直しが必要になる
- ドローン飛行に係る規制体系が複雑化・サイロ化している
- ドローン飛行に係る申請、相談のための窓口が一本化されていない
- ドローン飛行に係る申請手順、書類が専門的でわかりにくい
- ドローン飛行に係る申請書類の書式が決まっていない
- プラントにおける規制に係る問題について、監督省庁間で連携されていない
- 関係省庁間で見解が不一致、あるいは不明確になっている
- 事業者、行政（消防）の役割・責任を曖昧にしている
- 事業者側に自主的な判断、最終的な責任を任せる管理体制になっていない

### Mindset/Skillset

- 地元消防担当者の新しいIoT技術やドローン飛行に関する知識、経験が乏しい
- 事業者の担当者の新しいIoT技術やドローン飛行に関する知識、経験が乏しい
- 事業者内の審査者、責任者のドローン飛行に関する知識、経験が乏しい
- 事業者内に高度な操縦スキルを持ったドローン操縦者がいない
- 消防は役割、責任のプレッシャーを重く感じている

### Machine

- 防爆仕様のドローンが必要
- 全天候対応、風に強いドローンが必要
- 非GPS下で飛行できるドローンが必要
- ドローンの通信が不安定になりやすい
- 直ちに落下しにくい機能（フェールセーフ機能）の向上が必要
- 電池寿命、飛行時間が長いドローンが必要
- 性能の高いカメラが必要（ズーム倍率、解像度、センササイズなど）
- ドローンの衝突試験やリスク評価の情報が乏しい

### Money

- ドローンは高額である
- ドローンのレンタル（リース）費用が高額である
- プラントにおけるドローン飛行（活用）の価値、効果が見出せない

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (3)ドローン活用現場の主な課題

1 新規利用者の誘致・既存利用者の維持
2 利用者の活用範囲・頻度を向上

**課題のドローン活用のためのアプローチに与える影響**

**ドローンガイドラインの記載の不足や情報共有の仕組みの未整備**は、新規利用者の誘致・既存利用者の維持への影響が大きい。一方、**事業者の安全対策の意識の変化や監督側の体制・意識の変革**は、利用者の活用範囲・頻度の向上への影響が大きい。

| Method | 1 | 2 |
|---|---|---|
| ドローンガイドラインの記載不足 | ● | |
| リスク評価・安全対策をチェックする手段・仕組みの不足 | ● | |
| 情報共有の仕組みの未整備 | ● | |
| 新技術を使った検査・設備診断の基準の未整備 | | ● |

| Moral/Media | 1 | 2 |
|---|---|---|
| 自主保安体制における責任・役割の自覚の不足 | | ● |
| 関係者間のコミュニケーション・連携の不足 | | ● |
| 事業者内の組織体制の未整備 | ● | |

| Management | 1 | 2 |
|---|---|---|
| 規制による制約・制限 | | ● |
| 省庁間の見解の不一致・曖昧さ | | ● |
| 自主保安体制における役割の曖昧さ | | ● |

| Mindset/Skillset | 1 | 2 |
|---|---|---|
| 消防の担当者の新しいIoT技術に関する知識・経験不足 | ● | |
| 事業者内の担当者・審査者・責任者の新しいIoT技術に関する知識・経験不足 | ● | |
| ドローン飛行操縦スキルの不足 | ● | |
| 消防の役割・責任のプレッシャー | | ● |

| Machine | 1 | 2 |
|---|---|---|
| ドローンの機能・性能の不足 | | ● |
| カメラの機能・性能の不足 | | ● |
| ドローンの性能試験・リスク評価の不足 | | ● |

| Money | 1 | 2 |
|---|---|---|
| ドローンの購入価格、リース価格が高額 | ● | |
| ドローンの費用対効果の共有の不足 | ● | |

【凡例】
● アプローチに与える影響がより大きい、解決が必要な課題

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (4)ドローン活用現場の主な課題と解決の方向性

1 新規利用者の誘致・既存利用者の維持
2 利用者の活用範囲・頻度を向上

### 1 新規利用者の誘致・既存利用者の維持 のための解決の方向性

ドローンガイドラインを理解しやすく、内容充実させることにより、ドローン利用者のハードルを下げることは新しい利用者を増やすことに有効である。
さらに、ドローン活用やプラント保安に関する情報を共有・検索しやすくするツールや仕掛けにより、申請手続きの煩雑さの改善、IoT技術を扱う人材の育成・確保のためにも期待できる。

| 主な課題 |
|---|
| ドローンガイドラインの記載不足 |
| リスク評価・安全対策をチェックする手段・仕組みの不足 |
| 情報共有の仕組みの未整備 |
| 事業者内の組織体制の未整備 |
| 消防の担当者の新しいIoT技術に関する知識・経験不足 |
| 事業者内の担当者・審査者・責任者の新しいIoT技術に関する知識・経験不足 |
| ドローン飛行の高度な操縦スキルの不足 |
| ドローンの購入価格、リース価格が高額 |
| ドローンの費用対効果の共有の不足 |

### 2 利用者の活用範囲・頻度を向上 のための解決の方向性

省庁間の見解の不一致、連携の不足を解消することが、事業者と外部機関との調整の負荷を下げることにつながる。
自主保安体制における意識変革も必要になる。
さらに、ドローン飛行と新しい技術を組み合わせによる活用のニーズに応えるためにも検査基準を整備することも必要である。

| 主な課題 |
|---|
| 新技術を使った検査・診断の基準の未整備 |
| 規制による制約・制限 |
| 自主保安体制における責任・役割の自覚の不足 |
| 関係者間のコミュニケーション・連携の不足 |
| 省庁間の見解の不一致・曖昧さ |
| 自主保安体制における役割の曖昧さ |
| 消防の役割・責任のプレッシャー |
| ドローンの機能・性能の不足 |
| カメラの機能・性能の不足 |
| ドローンの性能試験・リスク評価の不足 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

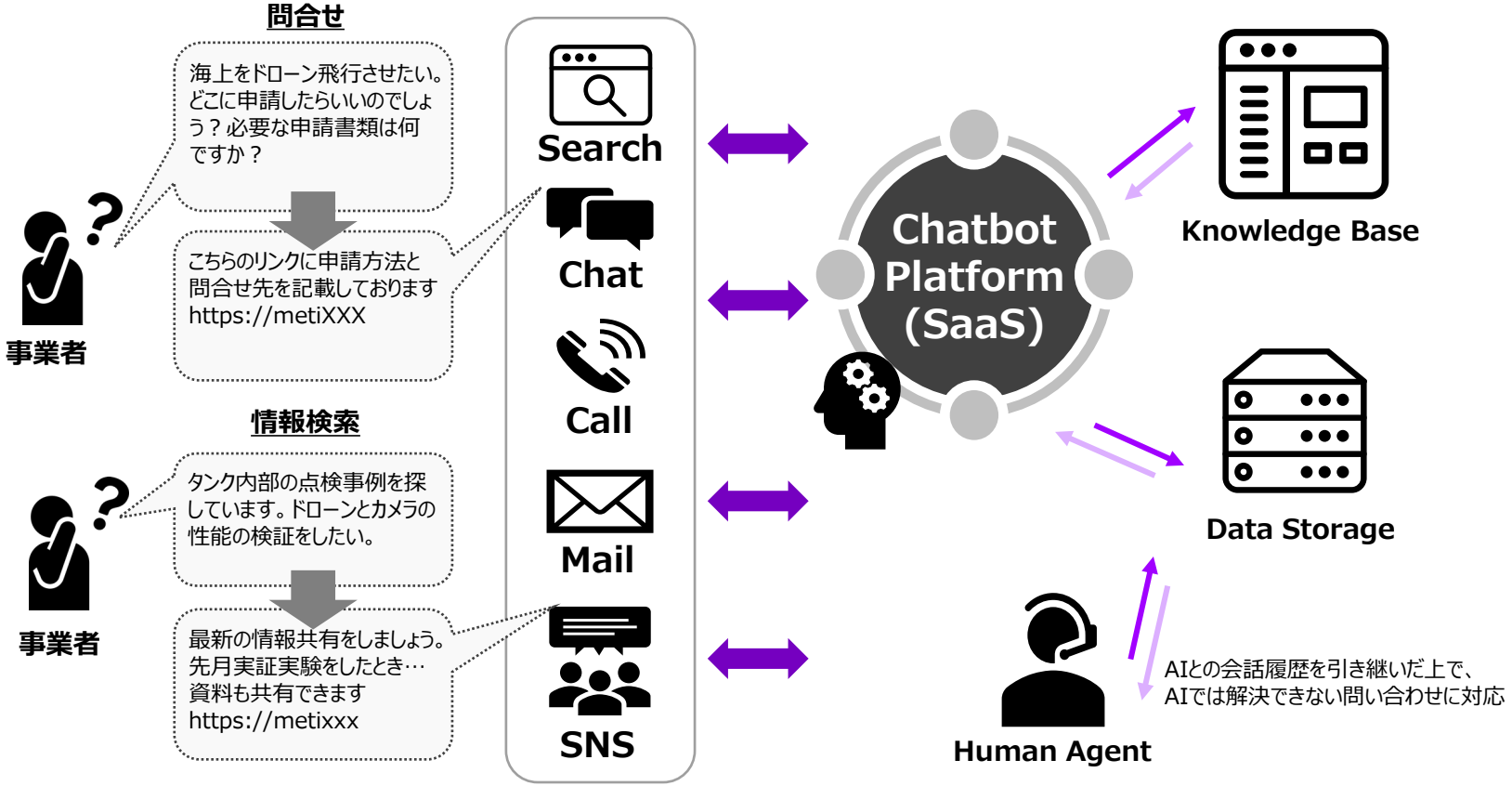
## (4)ドローン活用現場の主な課題と解決の方向性 - ①新規利用者の誘致・既存利用者の維持のためのアプローチ



**情報共有のツール・仕掛けづくり**

ドローン飛行に関する**申請手続きの煩雑性を解消**するには、**情報の検索、問い合わせに係る業務を効率化**することが必須である。専用のポータルサイトやチャットボット、SNSなどを組み合わせて、**利用者が必要な時に必要な情報を入手しやすい**仕掛けづくりも検討施策の一つとなりうる。

### 情報共有のツール・仕掛けのイメージ




### 実現できること

- **迅速・快適な問い合わせ対応を実施**
  - 申請手続きなどをサポート、煩雑さ軽減
- **事業者、消防、行政関係者、誰でも必要な時に必要な情報を検索・入手可能**
  - ガイドライン
  - 書類テンプレート
  - 最新事例、実験データ
  - 教材
  - 安全対策例　など
- **コミュニティづくり（全国どこでも情報を共有、相談できる環境の実現）**
- **一定かつ最新情報の発信、見解の展開**
- **利用者の問い合わせデータの分析が可能**
  - 現場の問題、ニーズを収集可能

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (4)ドローン活用現場の主な課題と解決の方向性 - ①新規利用者の誘致・既存利用者の維持のためのアプローチ

1 新規利用者の誘致・既存利用者の維持
2 利用者の活用範囲・頻度を向上

**チャットボット導入事例**

**経済産業省では、jGrants（補助金の電子申請システム）やTeCOT（海外渡航者新型コロナウィルス検査センター）のポータルサイトにおいて、チャットボットを使ったFAQ対応を導入している。**

### jGrants（補助金の電子申請システム）

出典：https://www.jgrants-portal.go.jp/

経済産業省が運営する補助金の電子申請システム。
目的の補助金の検索、申請手続きができるサイト。
申請後はマイページから交付までの状況を確認可能。

### TeCOT（海外渡航者新型コロナウィルス検査センター）

出典：https://www.tecot.go.jp/

TeCOTは、厚生労働省と経済産業省が運営するセンター。
新型コロナウイルス感染症の検査が可能な医療機関を検索・比較・
スムーズにオンライン予約ができるサービスを無償で提供しているサイト。

参考：SaaS利用のためスムーズな立ち上げ、導入後はQAのメンテナンス（CSVファイルの編集・登録）、利用状況の確認等、利用料（固定額）が発生　（料金イメージ 100問　3万円/月～）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (4)ドローン活用現場の主な課題と解決の方向性 - ②利用者の活用範囲・頻度を向上のためのアプローチ



**省庁間の見解の不一致、連携の不足の解消**

**ドローンの活用範囲を広げていくためには、事業者と消防との調整に時間を要し、ドローン活用の足止めをされてしまう下記の問題を解決していくことが必要である。従来の規制モデルから自主保安の規制モデルへシフトする中で、事業者へ裁量を与えることに合わせ、省庁間の見解を合わせ、円滑なコミュニケーションをとることにより解決されることが求められている。**

**主な課題**

- 自主保安体制における責任・役割の自覚の不足
- 関係者間のコミュニケーション・連携の不足
- 省庁間の見解の不一致・曖昧さ
- 自主保安体制における役割の曖昧さ

| 現場の運用で困っている問題 | 現場の声（抜粋） |
|---|---|
| 危険区域至近（上空）の飛行の可否の解釈・判断 | • 危険区域至近や上空の飛行は、消防に認めてもらえない（慎重に感じる）<br>• 危険区域至近（上空）の飛行になると事前協議のハードルが高くなる<br>• ほかの地域と同じ飛行計画が認められない<br>• 危険区域のドローン飛行をしたいと事業者から説明があったら、対応の仕方がわからない<br>• 危険区域の外を飛行させるのが原則なので、活用できる範囲も限られているようにみえる<br>• 危険区域外の飛行に限定すると点検の死角ができてしまう<br>• タンクや防油堤の上空は非防爆エリアになっており、落下したらゾーン２に入るが、本当に飛行させていいのか判断が難しい。危険エリアに落ちないようにする具体策が何なのか、どういう安全対策をどこまで行う必要があるのか、プラントも消防も悩んでいる<br>• 消防立ち会いの下、ドローンの落下試験目的でプラント事業所内の危険物エリアやその上空を飛行させた実績はあるが、本来は危険エリア上空を飛行させる届出は受理しない |
| 飛行計画書の提出要否の解釈・判断 | • 災害時・緊急時は、飛行場所が特定できず事前の飛行ルートの提出が困難<br>• 包括的な飛行計画の提出が認められる場合と認められない場合がある<br>• 地元の消防へ年間を通じた飛行計画を提出したが受け付けてくれない<br>• ドローン飛行毎に計画を作成し、説明に行くのは負荷<br>• 強風で翌日延期になった際に、計画内容は変わっていないのに再度書類を作成し消防へ説明に行った<br>• 危険区域の飛行でない場合は提出不要となっている<br>• 既に届出した飛行計画書と同様の内容、場所であれば、都度飛行計画を出す必要がないのではと相談を受けている。同様の飛行であれば年単位の提出で構わないとしている。目的や場所が異なる場合は、都度飛行計画書を提出するようにしている |
| 目視代替の容認の解釈・判断 | • 目視代替の検査は制度が認めていないため、許可できない<br>• ドローンの実験飛行は認めても、法定点検としては認められない<br>• 高圧ガス保安法と消防法で温度差を感じる部分がある<br>• 高圧ガス保安の自主保安推進において、高圧ガス保安法では告示も改正して、目視の代わりにカメラなどの利用推進している、一方、消防庁からの文章には予防規定に位置付けられている。高圧ガス保安法ではドローンを活用して検査を進められるようになった一方で、消防庁は、予防規定のため必要に応じて行政に情報提供するスタンスになっている |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (4)ドローン活用現場の主な課題と解決の方向性 - ②利用者の活用範囲・頻度を向上のためのアプローチ



**新しい技術を組み合わせによる活用のニーズに応えるための検査基準の整備**

**超音波技術、赤外線サーモグラフィは、ドローン飛行と組み合わせることで、安全面やコスト面からもプラント保全の現場で活用できるとして期待が大きい。将来に向けて、法定検査や事故報告基準として認める可能性に備えて、環境条件、使用者技術などを含めた指標、基準値を定めることが必要とされる。それは、機器の検査技術の発展、開発を促す。**

### 超音波ガスリークディテクター

**機能概要（例）**

- 配管や継ぎ手、接続部分でのエアー漏れ発生時に特有な周波数の超音波を測定し、エアー漏れ部分を検知する。
- 例えば、音響イメージャーになどにより、視覚的な映像の上に音波の強弱をカラースケールで重ね合わせて表現し、音を視覚化することもできるような機能もある。

**現場の声（抜粋）**

- 高圧ガスプラントの保全という意味では漏洩状況の点検が重要な課題の一つだが、この点においてドローンの活用と超音波リークディテクターの組み合わせは将来性が期待できる技術と考える。（P）
- ガス漏れの検知やサーモカメラによる保温状態の検知をドローンでできれば良いと思う。（Q）
- 現状の事故報告基準では、毒性ガスとして登録されているガスの場合、周囲の環境（室内外、換気状況）や許容濃度に関わらず、締結部や可動シール部からの微量漏洩（カニ泡程度であっても）についても事故報告の対象となっている。しかし、超音波リークディテクターでは微量のガス漏洩は検知できないため、安全上・実務上ではリークディテクターを利用可能であっても、報告基準に該当する漏洩がないことを確認するには人による検査が必要になるため、安全面・コスト面で技術的にはドローン活用による改善が見込める分野であっても、コンプライアンスの観点では実効性を持たせることができない。さらに機器メーカーの開発においても必要な検出能力の目標値を定めることができない。技術的な発展を推進するためにも、事故認定における定量的な数値を定めることを検討してほしい。（P）

### 赤外線サーモグラフィ

**機能概要（例）**

- パイプラインからのガス漏れを光学ガスイメージングで検出する。
- ドローンにサーマルカメラを搭載し撮影することにより、パイプラインの漏れを明確に特定することができる。昼夜を問わずガス漏れを簡単に特定できるような機能もある。

**現場の声（抜粋）**

- 配管やタンクの上の撮影。実証実験の画像診断はAIを使った腐食診断までは至っていない。赤外線、可視光、ナイトモード(夜間で撮影)カメラを搭載してドローンを飛ばす実証実験を行った。漏油検知作業の自動化の検討であるが、現状の技術力では、結果としてあまり芳しくない。（C）
- 配管などの赤外線による点検を検討中。（E）
- ガス漏れの検知やサーモカメラによる保温状態の検知をドローンでできれば良いと思う（Q）
- 赤外線カメラによるスチーム主管の断熱保温状況点検と設備(タンク)内部点検を予定。いずれも実証実験。赤外線カメラによるスチーム主管の断熱保温状況点検は人がサーモカメラを持って点検しているのを、赤外線カメラで撮影できるかの検証を計画。（N）
- サーモカメラの装着について、現時点では搭載していないが、やれることが拡大するので魅力はある。（F）
- サーモカメラが装着可能であれば高所の配管や塔頂の保温状況の確認が容易になる（H）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理

## (4)ドローン活用現場の主な課題と解決の方向性 - ②利用者の活用範囲・頻度を向上のためのアプローチ



### ドローン＆サーモカメラ搭載参考事例

**参考事例** 赤外線ガス検知カメラによる配管上部の漏洩検知

**事業種** 石油化学

**概要**

- ガス検知性能を確認後の**赤外線ガス検知カメラをドローンに搭載**し、隔離距離を維持しながら配管ラック、タンク天板等の**可燃性ガス漏洩検知スクリーニング飛行**を実施
- 配管ラックの可燃性物質漏洩検知スクリーニングする検査で、飛行ドローンによる検査を**稼働中のプラントで行った事例**は国内初
- プラント設備の可燃性物質の漏洩といった不具合を、時間を要していた**高所においても迅速に検知することが可能**となり、処置までの時間を大幅に短縮、さらに保安・保全の品質向上に期待

検査機器搭載ドローン

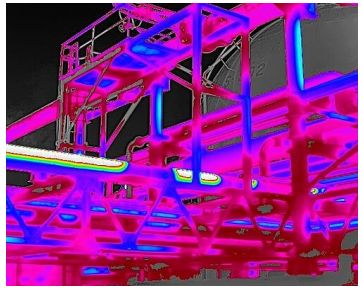
出典：https://ssl4.eir-parts.net/doc/9065/ir_material/144365/00.pdf
(2020/3/25 山九株式会社)

**参考事例** 赤外線サーモカメラによるタンク・配管の点検

**事業種** 石油精製

**概要**

- 石油プラントにおける保守点検業務の安全性向上・効率化に向け、ドローンソリューションを活用した石油タンク及び配管の自動点検の実証実験を実施
- 浮き屋根式タンクの定期点検業務において、毎日対象のタンクに人が登り点検を行っていたが、この業務をドローンで行った場合、**上空から1基あたり5分程度の作業**で対応することができ、目視による異常有無確認の代替手段として活用可能
- 配管点検業務において、ドローンによって複数段かつ横に10列程度並んだ配管の奥まで**サポート部の劣化状況が確認可能**
- 機体のカメラを**サーマルカメラに切り替えることで配管の劣化箇所も特定可能**



出典：https://www.sensyn-robotics.com/news/eneos-kawasaki
（2021/2/16 株式会社センシンロボティクス）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

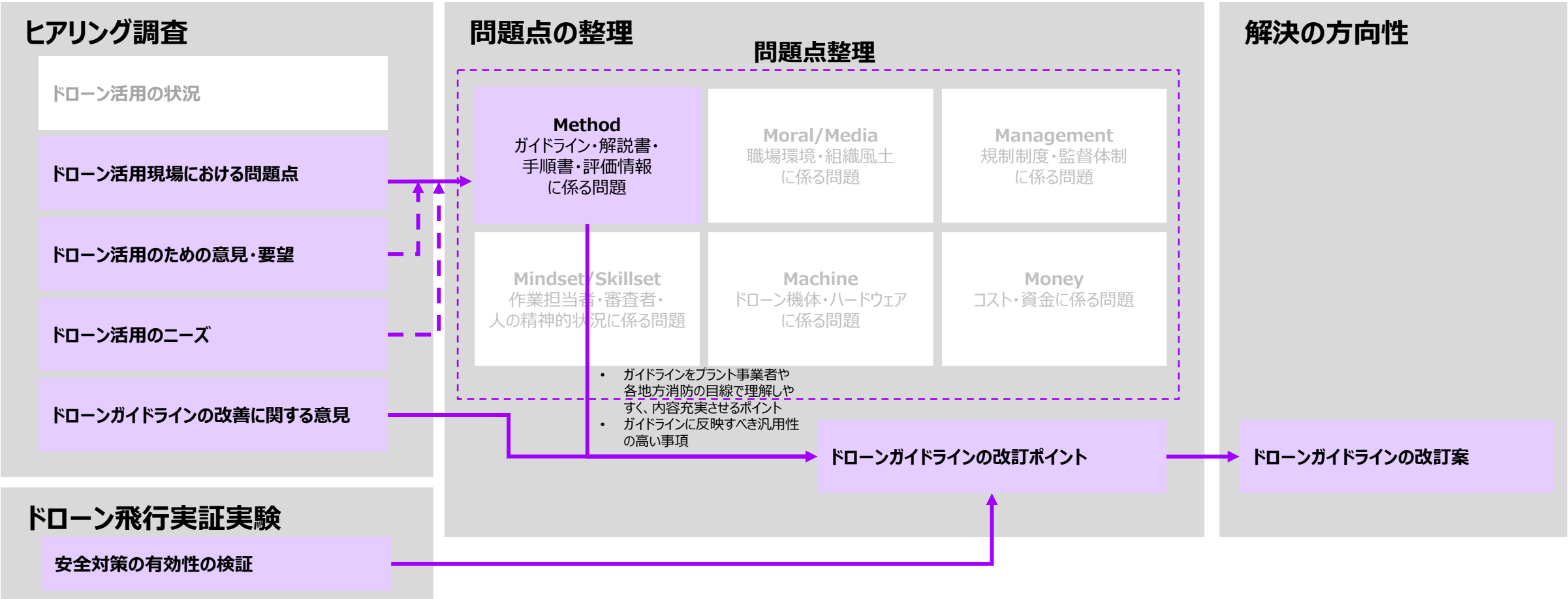
## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

### (1)ドローンガイドライン改訂案の作成のアプローチ

**ドローンガイドライン改訂案の作成のアプローチ**

**ヒアリングからの意見および問題点を整理した課題、およびドローン実証実験の結果より、改訂ポイントを整理し、ドローンガイドラインの改訂案として作成した。**




Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

## (2)ドローン活用現場の問題点より抽出したポイント

**ドローン活用現場の問題点から抽出した改訂ポイント**

**航空法で制限されている高度150m以上の飛行、目視外や夜間の飛行についてもニーズがあるため、ガイドラインの充足が必要なポイントして挙げる。**

| ドローン活用現場の問題点/ニーズ（現場の声）（抜粋） | 課題 | ドローンガイドラインの改訂ポイント |
|---|---|---|
| • 高さ制限150mが緩和された場合、メリットは有るが、高所であれば風速が大きくなる(地上の二倍程度)ため、安定飛行という面で厳しいかもしれない。落下範囲も広がる。外側から煙突内部に入れるメリットは有る。（F）<br>• 煙突は先端が最も損傷するため、150mがネックになっている可能性がある。全体としては一部ではあるが用途が広がる。（D）<br>• 煙突の検査目的としてドローンを使用する場合、煙突高さが150mであるため、その上部を確認するためには150m以上の制約があると煙突上部の確認ができない。高さの制限が緩和されることで、煙突内部・上部の検査が可能となる。（I）<br>• 煙突の高さが180mくらいあるため、飛行出来れば嬉しいが、内部の様子を見るためには、バッテリーに課題があるのではと思っている。（H） | ✓ 高度150m以上を飛行したいニーズがあるが、高度150m以上の飛行をする場合の必要なリスクアセスメントの観点が不足している | 高度150m以上の飛行をする場合の必要なリスクアセスメントの観点と対策の例を追加 |
| • オフサイトの設備点検。人間に替えて完全にドローンで点検を行いたい。現状は目視外飛行の規制があるため、作業員が二人必要であるなどの制約があって実現出来ない。無人で自律飛行撮影をして戻ってくる構想をしている。夜間飛行について、点検の頻度はマンパワーに紐付いているため、点検頻度を上げる目的で夜間でも飛行させたいと思っている。（E）<br>• 夜間パトロールの需要もあるが、夜間は気温が下がるため配管などの赤外線による点検がしやすくなるのではないか。（E）<br>• 過去に酔っ払いが塀をよじ登って、侵入してきたことが何回かあった。夜間巡回を将来できればいいと思っている。（H）<br>• 屋内でのAI画像診断を行う予定。配管内部などGPSがうまくかない場所でトライする。目視外飛行に該当。（F）<br>• 共同化プロジェクトとして自動化するための取り組みが多い。石油のタンクの浮き屋根を撮影するために防油堤の外を自動飛行させるプログラムを作る、目視外飛行は出来ていないが、ドローンを置くと自動で飛行し戻ってくる、といったことを取り組んでいる。（センシンロボティックス）<br>• 境界パトロールの自動化。目視外飛行の実現には依然として課題があり、人件費の削減にはつながっていない。（J）<br>• 目視外、夜間飛行について、基地が近隣にあるため折衝している。夜9時以降は事前に許可がいるが、申請すれば許可されるため、それほど問題になっていない。（C）<br>• 赤外線、可視光、ナイトモード(夜間で撮影)カメラを搭載してドローンを飛ばす実証実験を行った。漏油検知作業の自動化の検討である。（C）<br>• 隣接事業所との境界30m以内の飛行ができていないため、設備の保守点検時に死角が生じる。現在、協定を結んで飛ばせるように協議中。（C）<br>• 防爆エリア上空の飛行や目視外飛行、隣接事業所との境界付近に関するガイドラインに沿ったユースケース（活用事例）が欲しい。（C） | ✓ 目視外・夜間の飛行をしたいニーズがあるが、目視外飛行・夜間飛行をする場合の必要なリスクアセスメントの観点が不足している | 目視外・夜間の飛行をする場合の必要なリスクアセスメントの観点と対策の例を追加 |
| | ✓ 隣接施設との境界を飛行をしたいニーズがあるが、境界の飛行をする場合の必要なリスクアセスメントの観点が不足している | 境界の飛行をする場合の必要なリスクアセスメントの観点と対策の例を追加 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

## (2)ドローン活用現場の問題点より抽出したポイント

**ドローン活用現場の問題点から抽出した改訂ポイント**

**ドローン飛行前の申請手続きの要領の不明確さに利用者は不便を感じている。飛行計画書の作成要領や、事前協議における確認方法で地域による対応の差がでているところはガイドラインに明記することで解消の可能性がある。**

| ドローン活用現場の問題点/ニーズ（現場の声）（抜粋） | 課題 | ドローンガイドラインの改訂ポイント |
|---|---|---|
| • エントリーレベルのプラント事業者にとって航空法の規制が大きなネックになる。どうやって飛ばしたらいいか分からない、理解ができずに止めたというのが多い。ガイドラインが分からないと言われる。ガイドラインを読むには一定のリテラシーが必要。現場の方には受け入れられづらい。（V）<br>• 利用届出や申請手続きの簡素化してほしい（K）<br>• そもそもどういった申請をするのか、決まっていないことが課題であると感じている。決められた申請があるのであれば申請手続きを行う。その上で、申請が簡略化されれば良いと思っている。（C）<br>▪ どこに、どういった資料を申請する必要があるのか、各省庁に、端から問い合わせた。各省庁も把握しておらず、経産省のガイドラインに則って実施してくださいと言われるだけだった。実際には、消防に飛行計画を提出しただけだった（P）<br>▪ ガイドラインに沿った非防爆機器の利用について労基署に相談に行った。結果、労基署への申請は必要ないとの回答があった。労基署はガイドラインの存在を知っていた。申請が必要か問い合わせしないと分からない（P） | ✓ 飛行目的に合わせた申請の要否、申請先、必要な添付資料がわかりにくい<br>✓ 飛行申請に関する相談先が不明確 | 飛行目的と、申請の要領の概要（適用する法令、申請要否、申請先、必要な添付資料、申請方法など）の解説を付加 |
| • 同じ話を別の地域に展開しようとしても、消防との合意形成が難しい。ある消防署と話し合いをしたが、厳しい感触を受けた。（W）<br>• ドローンの飛行に関して、消防から指摘事項を言われることはなかった。地域消防局の管轄内で初めての飛行申請であり、消防局もよく分かっていないようだった。（P）<br>• 所属地域では他地域と比較してドローンの飛行に関して慎重な姿勢が示されている。ドローンガイドラインの運用解釈について地域間格差が存在している。（B）<br>• 飛行の都度飛行計画を提出しなければならず、年間を通じた飛行計画は許されていない。また、緊急時のドローン飛行体制を整えたいのだが、地元では機体性能（信頼性）の話で議論に時間を要している。（B）<br>• 地元消防から、フライト毎（１日単位）に飛行計画書の提出、説明を求められており、負担が大きい。管轄内の飛行実績がまだ少ないために消防が慎重になっている。今後交渉して申請期間を長くしていこうとしている。地元消防には非危険区域のドローン飛行を期間１年で提出し了承を得ている。（D）<br>• 消防としてドローン飛行に関して、どの部分まで踏み込んで確認するべきかがポイント。ドローンは消防法で規定や規制があるものではない。危険物施設で活用するなら事業者の自主保安体制の中で運用してもらうことを確認すべきだという結論に至った。その結論に至るまで内部の協議に時間を要した。（T） | ✓ 事前協議・説明において、事業者、消防で確認すべきポイント・指標が不明確 | 事前協議・説明において、事業者、消防で確認すべきポイントを明記。飛行計画書あるいはチェックリストなどに対応有無の確認と事業者のサインがあれば問題なしとする旨を明記 |
| | ✓ 飛行計画書の提出タイミング、条件が不明確 | 飛行計画の作成の条件（飛行目的など）、単位（1日単位、年単位など）、提出のタイミングを明記 |
| | ✓ 安全対策の実施について事業者が最後に責任を持つことが明記されていない<br>✓ 飛行の可否の判断に事業者が最後に責任を持つことが明記されていない | 事業者が責任をもって実施する必要がある旨を明記 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

## (3)ドローンガイドラインの改善に関する意見

### ドローンガイドラインの改善に関する意見サマリ

**ドローンガイドラインの改善の意見としても、問題点から抽出されたポイントと同様に飛行申請の手続きの要領の充足の要望や、事前協議の要領の明確化に関する意見が挙げられている。リスクアセスメント、安全対策に関しては、具体的な設定方法や例を明記することが求められているが、ドローンガイドラインの本文に記載すべきことと、別資料として充足するべきこと、いずれかで対応するか検討される必要がある。**

| 分類 | 意見の概要 | 件数 |
|---|---|---|
| 許可申請 | 適用法規の明記（ケースごとの必要な申請の明記、航空法関係も含む） | 2 |
| | 各行政機関の申請/届け先窓口・必要資料（情報）、申請方法、の明記 | 2 |
| | 届け出資料のフォーマット | 1 |
| リスクアセスメント・対策 | 危険区域の安全対策 | 1 |
| | 飛行高度、離隔距離、離隔距離の計算の設定方法 | 3 |
| | 非GPS環境での操縦項目 | 1 |
| | 操縦者技量、評価ポイント | 1 |
| | 安全対策の具体化 | 2 |
| | 飛行中止条件の基準の明記（風速・天候） | 1 |
| 飛行ルート | 危険区域の飛行可否判断 | 2 |

前掲の問題点からも抽出されたポイントが意見としても挙げられている

| 分類 | 意見の概要 | 件数 |
|---|---|---|
| 事前協議・説明 | コンビナートでの自主相互監視 | 1 |
| | 行政機関に説明するタイミングの記載（飛行計画を提出タイミング、回数） | 2 |
| | 必要な説明資料の定義 | 2 |
| | 消防との問答表の付加 | 1 |
| 飛行計画書 | 飛行計画書の書式の定義 | 1 |
| | 抽象的、具体的ではない表現が多い | 1 |
| 全般 | 統一的な見解が必要 | 1 |
| | 飛行ルールの明確化（抽象的、具体的ではない表現が多い） | 2 |
| | 改訂履歴（変更箇所）の明記 | 1 |
| | 用語定義の明確化・補足追記 | 1 |
| | 包括的なため、ユーザにより判断が分かれる | 1 |
| 活用事例・評価資料等 | 活用事例の充実 | 4 |
| | ドローン機種と飛行条件（風速）の安全基準の例 | 2 |
| | 事故・落下試験と発生被害の実験情報 | 1 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

## (3)ドローンガイドラインの改善に関する意見

**ドローンガイドラインの改善に関する意見 (抜粋)**

**ドローンガイドラインのより内容を充実させてほしい点、更新してほしい点などを事業者、消防関係者へ聞いた。**

### 許可申請

- 国交省の**航空法**の内容が網羅されていない。**人口密集地区(DID)**に関してはガイドラインに内容が書かれておらず、国土交通省が発行している航空法の解説資料を参照した。DIDについては他の事業者も同様に分かりづらい様子であった。国交省への申請は苦労しており、ベンダーに助けてもらった。（F）
- 経産省のガイドラインに適用法規について具体的に記載されてない。航空法、電波法、消防法、高圧ガス保安法、国交省への届出など具体的に記載がなかったため、**必要な資料について各省庁に確認**した。（P）
- 各行政機関から、もっと申請に必要な情報、申請方法、窓口等を、明確に事業者へ定型的に示すべきであると思う。（C）

### リスクアセスメント

- **離隔距離、落下範囲の算出のための計算シート**があれば計画の立案が容易になる。（B）
- 用語の定義を明確化・補足説明いただきたい。例えとしては、「目視外（飛行）」が挙げられる。この「目視外」とは誰から見た目視外なのか、操縦者の視界から外れても、監視人や補助員が視認できていれば良いのか等、全般的に用語の定義を明確にしていただきたいとの要望である。（C）
- 所内パイロット研修では3省ガイドラインに準拠した所内パイロット研修を行った。社内で非GPS環境での操縦について項目を追加した。（B）

### 飛行ルート

- **防爆エリアの考え方について分からないところ**がある。当製油所内では、平面的に見てエリアを判断しているが、**立体的に見て防爆エリアである部分を見るといった記述**が防爆ガイドラインにあったかと思う。防爆エリアの考え方が今後どうなっていくかに関心がある。（E）
- ドローンガイドラインP25に防爆エリアを示した図表がある。図表では防爆エリアをタンクの周囲3mで設定している。タンクや防油堤の上空は非防爆エリアになっており、落下したらゾーン２に入るが、**本当に飛行させていいのか判断が難しい**。危険エリアに落ちないようにする具体策が何なのか、どういう安全対策をどこまで行う必要があるのか、プラントも消防も悩んでいる。（T）

### 事前協議・説明

- 手続きの簡素化として、行政機関（地元消防）からフライト毎（１日単位）に飛行計画書の提出、説明を求められており、**負担が大きい**。国土交通省へ提出している年間計画書をもって、フライト可能として欲しい。（D）
- **行政機関に説明するタイミング及び、説明資料を明確**にした方がよい。（G）
- 河川・道路の上空を飛行させる際は、国交省に届出が必要。今回は河川との境なので、風に飛ばされて、河川に進入する可能性があった。国交省に河川周辺での飛行について相談したが、今回はプラント内の飛行で、河川上空を飛行する訳ではないので、届出は必要ないと言われた。**届出が必要な場合を明記して欲しい**。（P）
- 官庁手続きが煩雑な部分を解消したい。例えば消防との問答表なども付けると現場の理解は深まると思う。（V）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

## (3)ドローンガイドラインの改善に関する意見

**ドローンガイドラインの改善に関する意見（抜粋）**

**ドローンガイドラインのより内容を充実させてほしい点、更新してほしい点などを事業者、消防関係者へ聞いた。**

### 飛行計画書

- **飛行計画書の様式**が決められていれば使いやすいと思った。（H）
- ドローンの飛行高度の設定について、自由落下した際に危険エリアに進入しないように事業者が設定している。具体的な飛行高度を設定方法についてガイドラインに記載がない。事業者が設定した飛行高度が適切なのか判断する根拠となる資料がない。（T）

### 全体

- 改定時に都度全体を確認するのは手間なので、**変更箇所を明確**にしていただきたい（C）
- ドローン**飛行ルールの明確化**が必要。（L）
- 要望としては、プラント保安で活用の多い事例に対する、統一的な見解を示して頂けると現場は助かる。ガイドラインを読み込むと抽象的で具体性のない表現が多い。（T）

### 活用事例・評価資料等

- 他社では上空何mから落下した場合は、半径何mの範囲に落下すると実験している所もあるが、ガイドラインでは**具体的な記載がない**。（P）
- 実際に**ドローンを活用している事例**、**ドローンに搭載する機能**を紹介して頂けたら、利用が広がるのではないか。ドローンが安定して飛行することは分かってきたので、社内的に活用してみようとなってくる。（H）
- 機会がないため災害時における飛行に関する章は利用していないが、それ以外の部分は参考にしている。（Q）
- 現状のガイドラインより更に分かりやすい説明が必要と感じる。具体的にプラント事業者の実例ケースに基づいた、運用の可否説明があってもいいと思う。ユーザー目線に立ったガイドラインを構成する。（V）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

### (4)ドローン実証実験から抽出した改訂ポイント

**ドローン実証実験から抽出した改訂ポイント**

**2020年にまとめた防爆ガイドラインに基づき、非危険区域として再評価したエリア内において至近距離でのドローン飛行も可能になったが、ドローン操作時の影響など、特有のリスクや課題が存在している。そこで、当事業において、プラント内で従来は危険区域として、ドローンが入ることができなかった範囲を含めた定期点検や日常点検を実現するための検証のため、ドローン飛行の実証実験を2回実施した。**

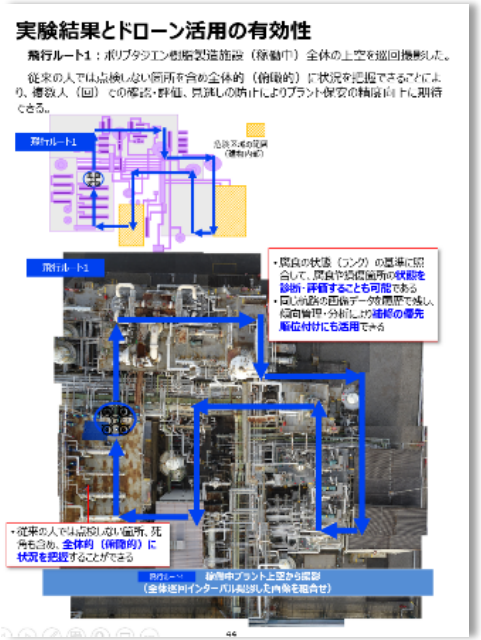
**実験ではドローン撮影画像の有用性だけでなく、従来の危険区域内であるための特有の安全対策の有効性の確認や課題の有無を確認した。ここで得た知見をドローンガイドラインの改訂案のポイントとしても活用する。**

**実証実験の目的**

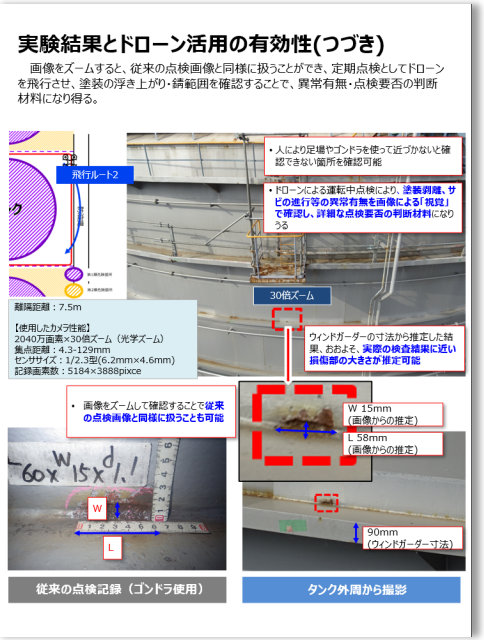
- プラント内で従来は危険区域内であるため、ドローン飛行できなかったエリアにおいて、安全なドローン飛行をし、定期点検や日常点検を実現するための検証
- 従来の危険区域内であるための特有の安全対策の有効性の確認、課題の有無の検証

**検証項目**

- 従来の危険区域の外側（対象から離れた場所）からの撮影では、点検することのできない範囲を撮影できることの実証
- 点検設備の状態（程度）の診断・評価における有用性の実証
- 従来の危険区域であるために特有の安全対策の有効性の確認、課題の有無




**実証実験①**
日程：2020年12月18日（金）
場所：JSR株式会社　千葉工場
概要：危険区域の精緻な設定を行い、非危険区域となった(1)稼働中のプラントの上空のドローンの巡回飛行、(2)高所設備の至近距離の飛行による撮影および、（3)従来の危険区域の外側をドローン飛行させプラント内を撮影する実証実験を実施した。




**実証実験②**
日程：2021年2月8日（月）
場所：三井化学株式会社　市原工場
概要：防爆ガイドラインに従って、危険区域の精緻な設定の再評価を実施し、非危険区域として評価されたエリア（非危険区域に見直しを検討中のエリア）内にドローン飛行させ、点検対象であるコーンルーフタンク（実験時開放中/非危険区域）の至近距離から外面を撮影、従来の点検方法との比較をする実証実験を実施した。

（実証実験事例の詳細は別資料「プラントにおけるドローン活用事例集 ver3.0」に掲載）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

### (4)ドローン実証実験から抽出した改訂ポイント

**ドローン実証実験から抽出した改訂ポイント**

**実証実験により、従来の危険区域で飛行するための安全対策の有効性を確認した結果から改訂ポイントを抽出した。従来の危険区域に限らず汎用的なポイントとしても活用できる。**

赤文字記載が特に従来危険区域で飛行するための安全対策として必要である。その他は汎用的に活用できる。

| 安全対策 | 概要 | 評価/課題/検討事項 |
|---|---|---|
| 飛行環境の説明 | ドローン運用事業者に飛行範囲に存在するプラント固有のリスク（ローカルの情報）について説明（チェックリストを作成） | ○ プラント固有のリスク（ローカルの情報）をドローン運用事業者に説明し、その記録を示すことは、消防・近隣を安心させることに有効であった<br>○ 飛行中止基準：具体的な風速について、ガイドラインに記載がないので、具体例として提示することは有効である |
| ドローン飛行技能検定 | ドローン操作者の操縦技能を実技にて評価し、技能レベルにより飛行可能エリアを制限する | △ ドローン操縦者を自社社員が行う前提の資料が多く、ドローン運用事業者の操縦者の場合に適応できない箇所があったため別評価方法が必要であった<br>▪ ドローン運用事業者の操縦者の場合の力量チェックは飛行時間の実績と基本的な確認で判断する方が現実的であった<br>△ ドローン運用事業者の操縦者の場合、選定時、あるいは安全教育の前に、確認する必要がある項目あり、それらの証明資料の提出などを依頼することが良いと分かった。別チェックリストが必要であった（法定期届出など） |
| ドローン操作者に必要な力量評価 | 操縦技能のほか、機体や法令の知識、安全管理に関する技能を評価する | |
| 飛行計画書・ドローンチェックシート | ドローンの飛行前、飛行後で点検すべき事項をリスト化したチェックシートおよび、飛行記録表のひな型を作成 | △ ドローン飛行前の機体点検チェックは機体によって点検項目が異なるため、ドローン業者による飛行の場合、ドローン業者の機体チェックリストを入手し、チェックが必要<br>△ ドローン運用事業者に対し、ドローン機体の点検状況の確認が必要（飛行時間によるバッテリー交換頻度など） |
| リスクアセスメント | ガイドラインに書かれたリスクと対策を具体化および追加し、リスクアセスメント表を作成 | △ リスクアセスメントは、汎用的なリスクだけではないため、実際の現場に即した項目を追加する方が有効である<br>＋ 今回は避雷針がプラントに多く、リスクアセスメントを実施する必要があった |
| 事前連絡<br>事前協議 | 隣接企業への飛行情報提供により、近隣からのガス流入防止や不審ドローンの侵入を防止する | ○ 事前に消防、近隣企業へ飛行情報を具体的に共有することは、有効であった |

（凡例）
○：有効、改善点なし
△：改善点あり
＋：欠如していた、追加必要
－：不要であった

**ドローンガイドラインの改訂ポイント**

- 化学コンビナートの敷地内において、外部のドローン業者が 危険区域内に落下する恐れのある領域での飛行を行う場合は、施設を管理する事業者に操縦者のスキル評価よって操縦技能を評価し、十分な能力のあったもののみ飛行できるとする旨明記
- 運用事業者にプラント特有のリスクを事前に教育し、その理解状況の記録を残すことを追記
- リスク対策の飛行中止判断基準の風速を明記
- 飛行中止判断基準の風速には上空（ドローン飛行高度）の風速を考慮する旨明記
- ドローン操縦者を自社の操縦者が行う場合とドローン運用事業者の操縦者で行う場合の評価方法が異なるとして、各々の評価方法のポイントを追記
- リスク対策としてドローン操縦者の操縦技量、機体、法令、安全管理に関する知識・技能を確認することを補足
- ドローン操縦者をドローン運用事業者で行う場合、ドローン飛行に必要な法令理解とともに各種届出の証明資料を確認することを補足
- リスク対策としてドローン機体の点検チェックを行うことを補足、そのチェック方法を例として補足（自社のドローン機体と、ドローン運用事業者の場合）
- 火気の制限があるエリアにおけるリスク対策の例を追加
- 飛行するローカルエリアにおけるリスクアセスメントの観点とリスク対策の例を追加
- 事前協議・説明が必要な機関、タイミング、資料（共有すべき情報）を明記

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案

## (5)ドローンガイドラインの改訂案のまとめ

**ドローンガイドラインの改訂案サマリ**

**改訂案のポイントの概要を下記のリストに挙げる。自社によるドローン操縦者による飛行とドローン運用事業者による飛行のそれぞれのケースを想定した要件の充足、危険区域の見直しによる飛行範囲の拡張や、航空法の規制緩和に合わせてリスクアセスメントの観点の充足が必要とされる。また、飛行計画書の作成要領を包括的な飛行計画書の可否の検討と合わせて明記することや、プラント自主保安への意識変革に合わせて飛行計画、安全対策の実施における最終的な責任者を明記することもポイントとなる。**

| カテゴリ | 改訂ポイント | 改訂案の概要 | ガイドラインの該当チャプター |
|---|---|---|---|
| **ガイドライン全般** | **改訂履歴の記載** | • 改訂履歴と合わせ、前版との変更箇所を明確にする | 共通 |
| | **表現の明確化、具体化** | • 説明事項、解説事項における曖昧な表現の見直し（断定的な表現、具現的な表現の使用） | 全体 |
| **用語** | **用語の定義の補足** | • ガイドラインで使用する用語の定義の補足　例）目視外、 | 1.6 用語及び定義 |
| **飛行申請等の手続き** | **申請の要領の補足** | • 航空法に限らず、電波法、港湾法、公安、消防法、高圧ガス法などを含め、飛行場所、飛行目的（運用目的）ごとの適用法令、申請要否、申請必要書類、申請先、相談先の整理 | 1.5 ドローン活用の流れ |
| **操縦者の要件** | **操縦者の要件の補足** | • 自社のドローン操縦者の場合とドローン運用事業者の操縦者の場合、それぞれの要件、評価方法等の整備<br>• ドローン運用事業者の操縦の場合の事前の安全教育の実施の補足 | 2.1 ドローン運用事業者の選定<br>2.2 操縦者の要件 |
| **飛行計画書の作成** | **飛行計画書の作成の要領の補足** | • 飛行計画書の作成タイミング、作成単位（1日単位/年間）、更新の必要性の条件などを明記 | 2.4 飛行計画書の作成と提出 |
| | **リスクアセスメント・対策の観点の充足** | • 飛行エリアのローカルの特有のリスクアセスメント・対策の観点の補足（従来の危険区域などの対応）<br>• 高度150m以上の飛行、夜間・目視外飛行、境界30m飛行のリスクアセスメント、対策の観点の補足<br>• 具体的な対策例の追記（飛行中止基準の風速、非GPS環境下の飛行、火気の制限があるエリアに侵入しないための対策など）<br>• 安全対策の実施における最終責任者の明記 | 2.4 飛行計画書の作成と提出 |
| **事前協議・説明の実施** | **事前協議の実施の要領の補足** | • 事前協議の要領の補足（事前協議・説明が必要な機関、タイミング、資料（共有すべき情報）確認ポイントの明記など） | 2.5 事前協議等の実施 |
| **その他** | **補足資料等の追加** | • 申請書、飛行計画書などのフォーマット例の提供<br>• リスク対策の十分な離隔距離の考え方、風速と飛行高度の関係の算出根拠を例示など | 事例共有、補足資料の添付など |
| | **検討課題** | • 飛行可能エリアの明記（危険区域の上空の飛行の可否判断） | 検討に合わせてガイドラインへ反映 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.5.プラント保安分野におけるドローン活用の可能性

## (1)ドローン活用の期待効果

**ドローン活用段階と期待効果**

**ドローン技術と他の先端技術を組み合わせることで、プラント保安分野におけるドローン活用の可能性は広がっている。それぞれの活用段階で着実にプラント保安力に繋がる効果を得ることができる。**

### Stage 01

- 対象設備の遠隔エリアを飛行
- 設備外観の撮影
- 日常点検/災害時異常点検
- 防災訓練
- 画像を目視確認-人による異常の有無確認

### Stage 02

- 設備至近エリア、非GPS下の飛行
- 設備の外観 or 内部撮影
- 赤外線カメラなどの付加価値機能の活用
- 定期点検/定常運用
- 画像を目視確認-人による異常の確認、レベル判定
- 画像データの保管の構造化

### Stage 03

- 画像データを機械学習エンジン、AI技術により解析、異常の検知、異常のレベルを判定
- AI技術で音響解析、紫外線センサー漏油検知などへ拡張
- 高度なデータ管理、活用、視覚化
  - 設備管理データと関連付け
  - トレンド監視

### Stage 04

- 設備管理のプラットフォーム化
  - データ収集、解析、ビジュアル化、検査レポート作成、異常予兆通知、修繕作業指示まで一気通関管理の実現
- 点検の完全自動化

**期待効果**

- 点検作業の効率化・安全性向上
- 足場架設費用の削減
- 点検施工期間の短縮
- 災害後の被災状況確認時間の短縮
- 画像データによる意思決定の実現
- 複数回（人）評価、見逃し防止

- 点検場所、点検範囲の拡大
- プラント稼働中の点検実現
- プラント停止時間の削減
- 劣化度の傾向管理の実現
- リスク早期発見、補修優先順位付け
- 突発停止のリスク抑制

- ベテランの点検技術の蓄積・継承
- 異常箇所の評価・診断の標準化・脱属人化
- AI技術により異常箇所特定や劣化度判定の精度向上、重大事故・損傷のリスク抑制
- プラントの状況を俯瞰で管理、点検、補修箇所等の投資配分の最適化

- 人の作業の大幅な削減、コスト削減
- 人的災害、事故の削減
- プラント保安人材不足の解消
- 点検データ取得から分析・判定・修繕対応までの時間を大幅削減

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.5.プラント保安分野におけるドローン活用の可能性

## (2)ドローン活用のイメージ

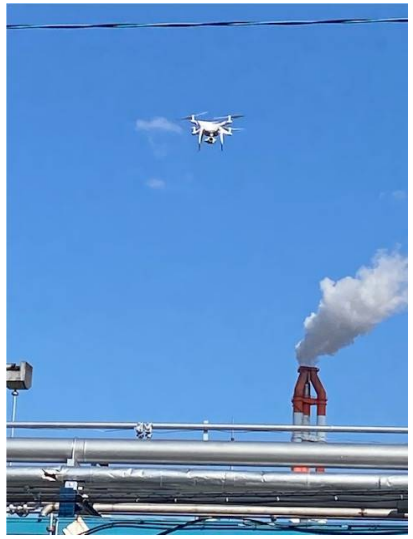
### Stage 01

**参考事例** プラント設備の外面状況点検

**事業種** 石油化学

**概要**

- ケミカルプラントにおけるタンクヤードエリアのタンク・配管の外面状況の確認
- プラント設備のストリ-トビューへの反映検証
- 高所の設備点検の容易化
- 足場設置の費用削減



出典： https://www.yokkaichikonbinato-senshinka.jp/result/drone.html#mitubishi-k
（2020/11/11検証 四日市コンビナート先進化検討会）

**参考事例** 自然現象発生(台風通過)後の高所被害状況点検

**事業種** 石油精製

**概要**

- 大型台風通過後の石油精製プラント内の被害状況を確認する際、ドローンを活用し、フレアスタック上部の小径配管の破断を発見
- これまでは、台風等の自然現象による高所設備の被害状況の確認は、地上からの双眼鏡やプラント内に設置した監視用カメラ等により行っていたが、死角が生じるなどの課題があった
- ドローンを活用することで、高所設備の被害状況を様々な角度から確認し、設備の不具合への対応を迅速に行うことが可能となった。
- 費用対効果 約500万円（不具合個所を特定するため、点検用の足場架設の費用等）

出典： https://www.pref.kanagawa.jp/docs/a2p/kouatukonnbi/documents/smarthoan.html
（神奈川県くらし安全防災局 防災部消防保安課）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.5.プラント保安分野におけるドローン活用の可能性

## (2)ドローン活用のイメージ

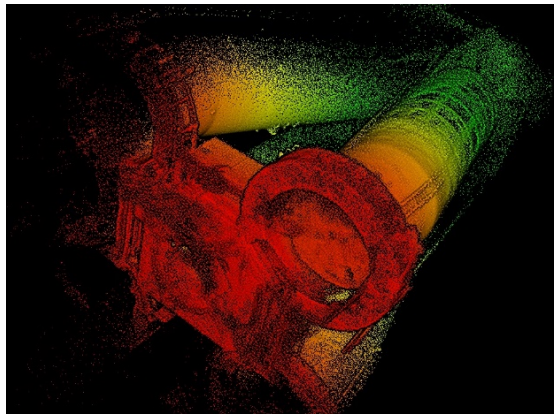
## Stage 02

**参考事例** **非GPS環境下の160m煙突内点検**

**事業種** **化学工業ほか**

**概要**

- LiDARシステム(光による距離計測技術)搭載のドローンによる160m煙突点検を行い、筒内フルスキャンを国内初成功
- 自律飛行しながら、リアルタイムに3Dデータを取得でき、取得したデータからCADデータとリンクさせ新たな施工計画をたてることも可能
- 3D化が容易になったことで、**非GPS環境下**で正確な位置情報も取得でき、撮影時のデータと同期すれば、より精度の高い点検報告書の作成が可能
- LiDAR搭載の新型SLAM（レーザーセンサーを用いた自己位置推定と環境地図作成を同時に行う技術）ドローンは従来と比べて高所作業のリスク、設置や移動の手間を削減でき、より**短時間で安全な点検**が可能



出典： https://www.techno-drone.com/news/lidar_uav_160m_chimney_inspection/
（2020/11/13 テクノドローン株式会社）

**参考事例** **超音波板厚検査**

**事業種** **化学工業ほか**

**概要**

- ガスや貯蔵タンクの屋根、壁等の厚みを測定する超音波板厚検査(Ultrasonic Thickness Measurement, UT)を実施
- 貯蔵タンクの壁、屋根、垂木、ボイラーチューブなど、高所や人が作業で入りにくいスペースで認定鋼厚測定を実行可能
- 目視検査：0.1mmまでの詳細の識別可能、UT測定：0.1mmの精度
- 貯蔵タンク（炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム）、板厚測定が必要な他のすべての鉄鋼設備に適用可能。
- 従来、高所での作業に必要とされていた足場の組み立てや撤去にかかる時間を削減検査期間が大幅に短縮
- 人件費の削減
- 検査中の施設稼働停止による損失の削減

出典： https://www.technologycatalogue.com/product_service/terra-ut-drone-ultrasonic-thickness-measurements-drone, https://www.terra-inspectioneering.com/ (Terra Inspectioneering)

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.5.プラント保安分野におけるドローン活用の可能性

## (2)ドローン活用のイメージ

### Stage 03

**参考事例** ボイラー内部のデジタル点検

**事業種** 化学工業（海外）

**概要**

- ボイラーの定期点検の際に、**内部点検**をドローンで実施
- ドローンから撮影した映像から、腐食箇所や大塊クリンカー（焼塊）を自動検知
- 衝撃によるダメージを最少化する球形ドローン（カーボンファイバードローン）がボイラー内部の配管、部品に接近し撮影(操縦はマニュアル)
- 収集した映像から**機械学習エンジンで解析、**より精度の高い自動検知ができる分析の仕組みを構築
- 異常を発見した後の迅速対応も可能
- 機械学習エンジンを用い、アセスメント、検査、メンテナンスにおいてデジタル化を加速する予定

**効果**

36-48時間のダウンタイムを削減

足場設置費用等の削減によりボイラー1機あたり75万USD(およそ8100万円）を削減

ボイラー内部の作業リスクが減少（作業員の作業の安全性向上）
高所作業の足場設置の最少化

ビジュアル化した映像や機械学習により
測定データの活用性向上（レポート作成など）

出典：アクセンチュア資料より

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.5.プラント保安分野におけるドローン活用の可能性

## (2)ドローン活用のイメージ

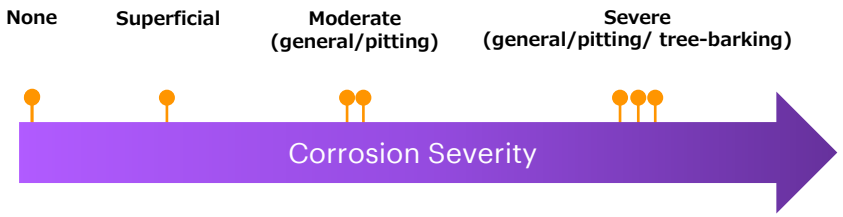
### Stage 03

**参考事例** **AI腐食画像診断**

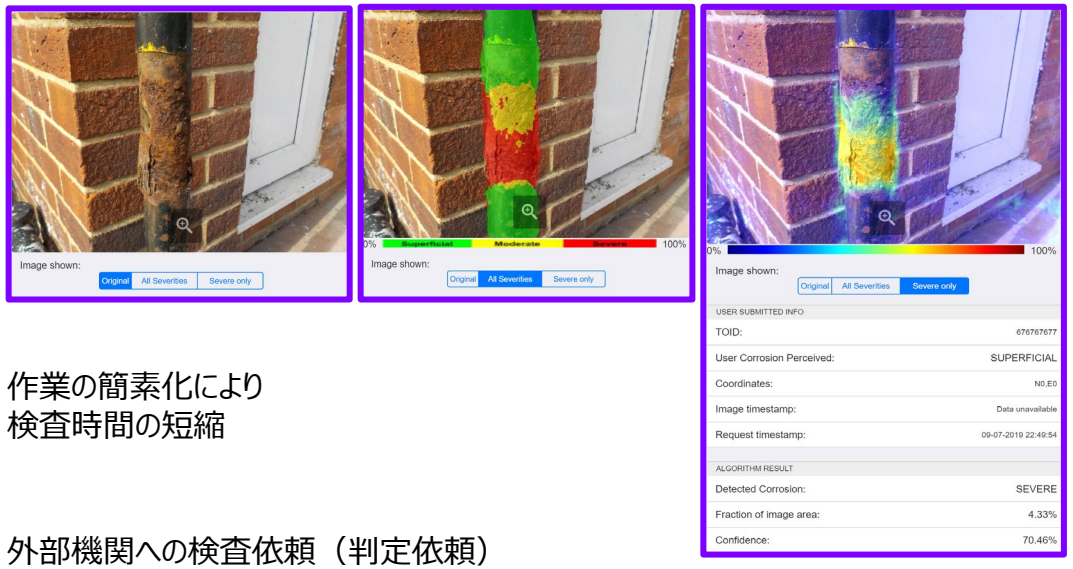
**事業種** **化学工業（海外）**

**概要**

- 腐食点検の際に、携帯で取得する画像データからアプリが速やかに**腐食のレベルを判定**
- 腐食点検では、作業員が点検を実施し、外部機関へ提出、判定依頼をする場合が多い。AI技術を基に解析**ソリューションを構築**
- AI技術により画像を検査可否、腐食状態を判断
- AI技術を用い、点検の信頼度を高め、腐食の程度によって追加検査が必要な場合、速やかな意思決定が可能
- ディープラーニングモデルをもとに、6段階の腐食レベルを判定
- データ収集により予知保全に活用




AIによる腐食診断レベル




**効果**

作業の簡素化により
検査時間の短縮

外部機関への検査依頼（判定依頼）
が85%減少

作業員の高所点検作業時の危険リスク抑制

腐食箇所をヒートマップで表示し、
対応の重要度を分かりやすく表示

過去データや分析に基づいた予知保全も可能

出典：アクセンチュア資料より

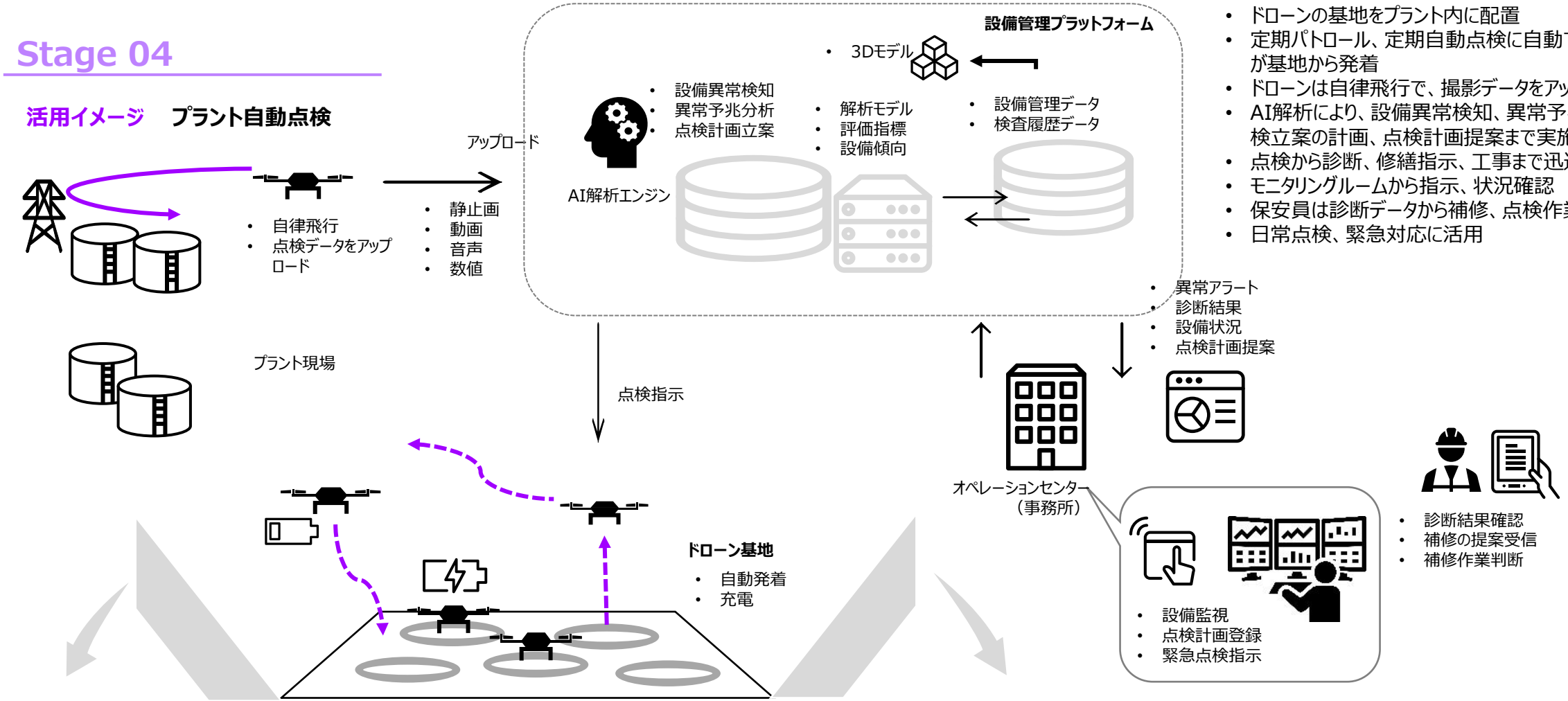
Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.1.5.プラント保安分野におけるドローン活用の可能性

## (2)ドローン活用のイメージ

**Stage 04**

**活用イメージ　プラント自動点検**




- ドローンの基地をプラント内に配置
- 定期パトロール、定期自動点検に自動でドローンが基地から発着
- ドローンは自律飛行で、撮影データをアップロード
- AI解析により、設備異常検知、異常予兆分析点検立案の計画、点検計画提案まで実施
- 点検から診断、修繕指示、工事まで迅速対応
- モニタリングルームから指示、状況確認
- 保安員は診断データから補修、点検作業を判断
- 日常点検、緊急対応に活用

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 2. 国内調査
## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
**2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71**
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.1. 調査実施概要

### 調査目的

- **防爆ガイドラインの活用と危険区域の再評価による非防爆電子機器の活用範囲の拡張を推進するため**
  - 危険区域の見直し状況と現場で抱える問題点の把握と整理
  - 防爆ガイドラインをプラント事業者や各地方消防の目線で理解しやすく、内容充実させるポイント、解説書として必要な事項の整理
    - 防爆ガイドラインの解説書作成に活用
  - 危険区域の見直しと非防爆電子機器の活用の潜在ニーズや可能性の整理

### 調査期間

- **2020/12月～2021/2月**

### 調査方法

- **リモート形式によるヒアリング調査**

### 調査対象

- **事業者（プラント保安分野におけるドローンを利用する事業者）：7社13事業所***
  - 石油精製
  - 石油化学
  - 化学工業
  - 精密化学
  - 鉄鋼
- **消防/行政機関：4機関***

### 質問内容

- **危険区域の見直し（検討）状況、見直し後の活用事例**
  - 防爆ガイドラインを活用した危険区域の見直し実施の有無（計画の有無）
  - 実際に見直しした後の運用、見直し前との変化
- **危険区域の見直しが行われない場合、その理由、原因**
  - 危険区域を見直しできない理由、原因
- **防爆ガイドラインの改善ポイント、意見**
  - ガイドラインを活用して危険区域を見直す過程で判断に迷うケース
- **事前協議や手続きの中で発生したトラブル事例**
- **見直し後の非危険区域での非防爆電子機器の活用ニーズ、可能性**
  - 将来的に可能性があると考えていること

*調査対象：前掲P8「2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査　2.1.1. 調査実施概要　（資料：ヒアリング調査対象者リスト）」より回答のあった事業者あるいは消防/行政機関

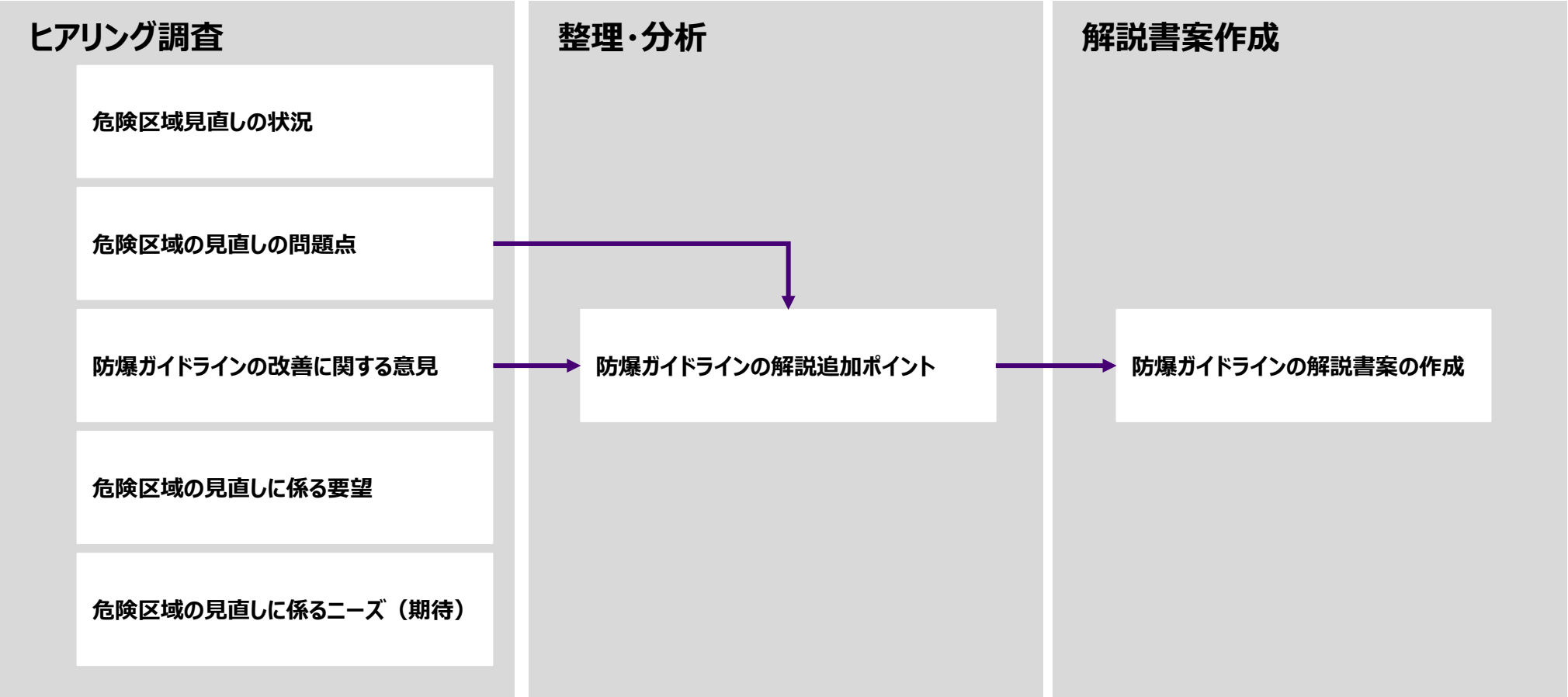
Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.1. 調査実施概要

**調査のアプローチ**

**ヒアリング調査により、防爆ガイドラインの活用状況とガイドラインの改善に関する意見、問題点を抽出し、防爆ガイドラインの解説書の案を作成した。**




Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.2. 調査結果

## (1)危険区域の見直し状況

**危険区域の見直し状況**

- 防爆ガイドライン発行以来の危険区域の再評価実績
- 回答：事業者　7社13事業所

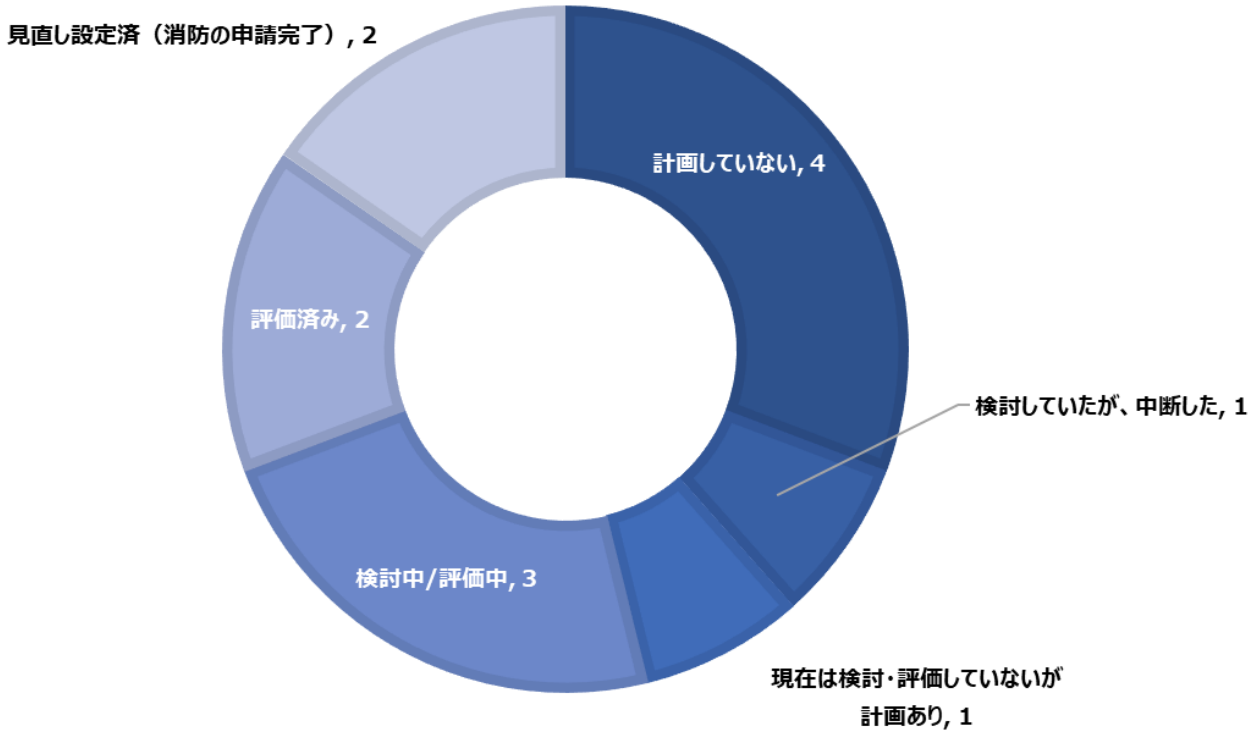



図2.2-1 危険区域の見直し状況

防爆ガイドライン発行後から2020/12までに危険区域の見直しを検討あるいは評価をしている9事業者の内、実際にプラントの危険区域の再設定を完了していた事業者は2件に留まっていた。

評価の途中という事業者からも、積極的に見直しをしている状況でなかった。評価まで完了しているが実際に再設定まですることについては保留をしている事業者もいる。

なぜ、危険区域の再設定が進んでいないか、大きな理由は、設定し直す期待効果が小さいというところであることが分かった。また、防爆ガイドラインについても、事業者や消防の担当者には難しく、評価のために多くの工数、労力が必要になっている。

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.2. 調査結果

## (2)危険区域の見直し事例 – ①JSR千葉工場事例(1/2)

（2021.03掲載）

| 企業/事業所名 | JSR株式会社 / 千葉工場 | 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約22.1万m² |
|---|---|---|---|---|---|
| 概要 | • 工場全体（4プラント）の危険区域を再評価し、危険区域を大幅に縮小する見込み（工場全体に占める割合34%→2%見込み）<br>• 設定が完了した1プラントでは、稼働中プラントの上空のドローン飛行を実施、今後は、非防爆のタブレット端末を使った点検記録システムの導入を予定 | | | | |
| 見直しの目的 | ドローン飛行（プラント全体撮影・設備点検）、<br>非防爆タブレット端末利用（点検記録システム導入） | 対象エリア | 工場全体 | 見直し状況 | 1プラント完了<br>3プラントは2021/3完了予定 |

### 危険区域見直し前

**現場の問題**

- **稼働中プラント上空はドローン飛行ができない**
  - プラント全体を俯瞰的な点検がしたい
- **点検記録を紙ベース**で点検現場に持ち込まなければならない
  - 作業員は現場で記入後、事務所に持ち帰り、記録用紙として保管するため**作業負荷が大きい**
  - **防爆仕様のタブレット端末の導入コストが高額**になる
- プラント構内コミュニケーションはページング装置しか利用できない
- 現場作業のマニュアル、作業指示書も**紙ベースで持ち込み、確認**する必要がある

### 危険区域見直し後

**変化・期待効果**

- **ドローン飛行可能な範囲を拡張、点検の範囲を追加、拡大**
  - 稼働中プラント上空をドローン飛行し、**プラント全体を俯瞰的に撮影**できる
  - 従来は危険区域だったエリアの中より、**設備至近から撮影、より鮮明な画像**を取得できる
- **点検記録システムを導入**
  - 非防爆仕様のタブレット端末を利用可能になり**導入コスト削減**
  - 点検記録の入力、管理業務を**ペーパーレス化、**作業者の**作業効率の向上**、**点検記録データの活用可能性**の向上も期待
- **非防爆仕様のコミュニケーションツール、ウェアラブル端末**なども利用可能になり、作業員、点検の**現場作業をサポート、ヒューマンエラーの抑止**に期待
  - マニュアル、作業指示書なども**電子データで閲覧、**ベテランによる**遠隔からの指導** などを想定

当事業で作成した「「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」解説書 ver.1.0」（2021/3,経済産業省)より

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.2. 調査結果

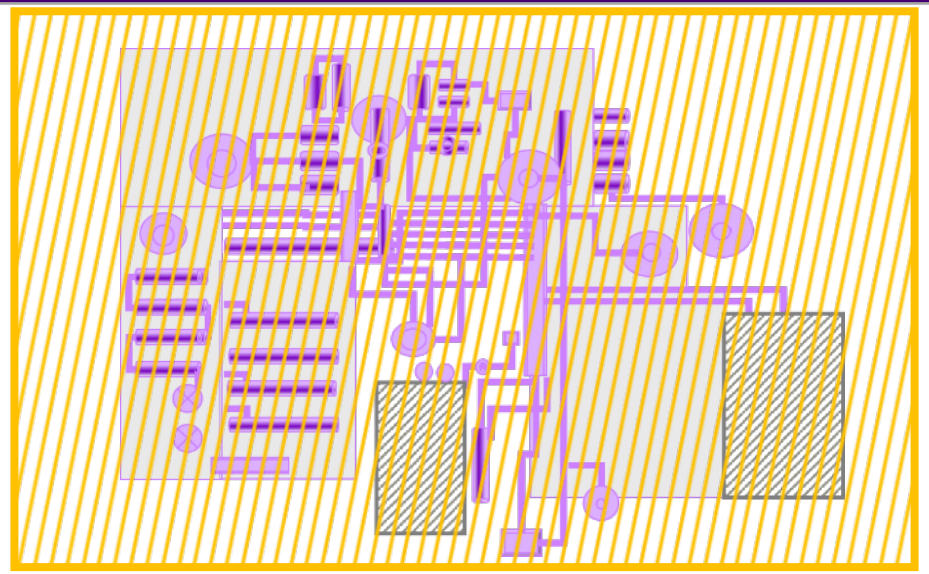
## (2)危険区域の見直し事例 – ①JSR千葉工場事例(2/2)

（2021.03掲載）

| 企業/事業所名 | JSR株式会社 / 千葉工場 | 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約22.1万m² |
|---|---|---|---|---|---|

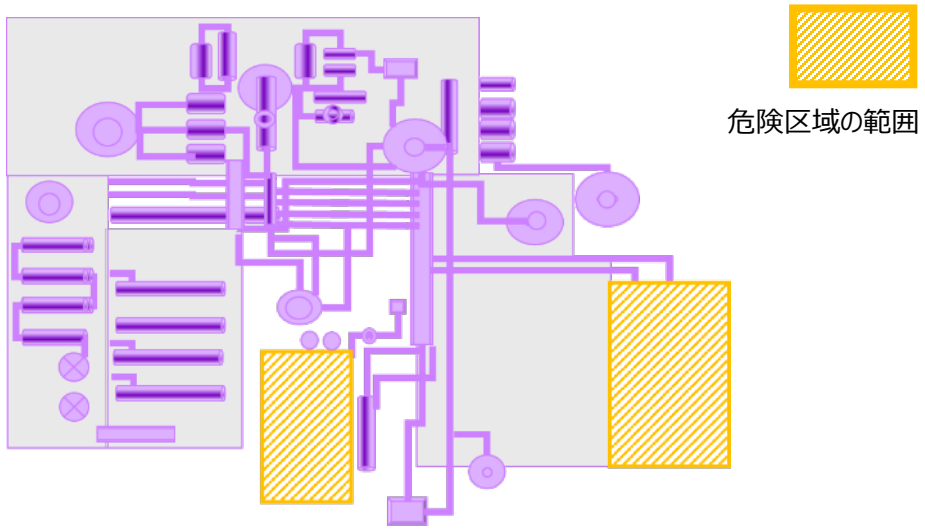
### 危険区域の評価結果（1プラントの例）

**従来の危険区域の範囲**



工場電気設備防爆指針に従って、プラント一体を**第 2 類危険箇所に設定**

**見直し後の危険区域の範囲**




「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」従って、評価した結果、プラント内の**建物の内部のみ、第 2 類危険箇所に設定**

- ✓ 非危険区域に評価されたエリアも、基本的には、危険な状態が起こりうるエリアである
- ✓ **常時、危険な状態でなく、非定常作業の際の危険のリスクを認識し安全対策をとることにより、非危険区域として作業が可能になった（非防爆の電子機器も利用できる時間ができた）として理解した上で評価に基づき、危険区域を判断した**
- ✓ 非危険区域となり、定置型の電子機器も非防爆機器を導入できるようになった。しかし、非定常作業を考慮し、JSR千葉工場の方針として、非危険区域であっても、定置型の電子機器については、防爆仕様の機器を設置することを原則としている

当事業で作成した「「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」解説書 ver.1.0」（2021/3,経済産業省)より

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.2. 調査結果

## (2)危険区域の見直し事例 – ②日産化学富山工場事例

（2021.03掲載）

| 企業/事業所名 | 日産化学株式会社 / 富山工場 | 事業種類 | 化学工業 | 総面積 | 約215.6万m² |
|---|---|---|---|---|---|
| 概要 | • 製品倉庫の危険区域を再評価し、危険距離を定めたうえで非危険区域を設定した（製品倉庫全体 914.99㎡）<br>• 倉庫で、出荷検品システムを利用した製品梱包作業、検品作業のため非防爆仕様のハンディターミナルを導入した | | | | |
| 見直しの目的 | 出荷検品システムの利用・ハンディーターミナルの利用 | 対象エリア | 製品倉庫 | 見直し状況 | 申請完了済み（2019/12） |

### 危険区域見直し前

**現場の問題**

- 出荷検品システム・ハンディターミナルを導入のためには **防爆仕様の機器が必要**
  - 防爆仕様のハンディ―ターミナルは高額、選択できる製品も少ない
- **紙の伝票の管理**により、倉庫の受け入れ、払い出し業務
- 作業者のマニュアル作業による誤り、出荷検品時の **チェック漏れが発生**
- 倉庫現場でデータ入力はできず、後から**手入力作業**発生
- **在庫データをリアルタイムで把握**できない、精度も低い
  - 在庫精度を上げたい、データをもっと活用したい

### 危険区域見直し後

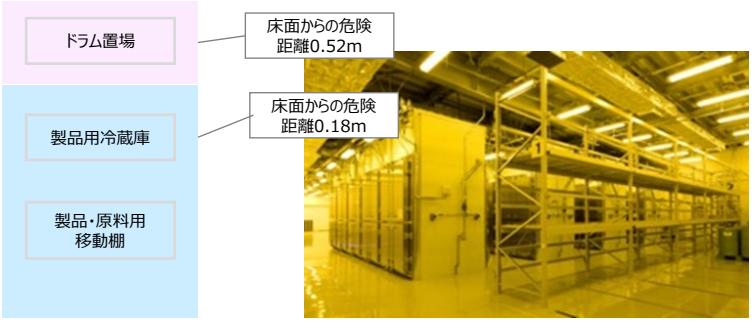
**変化・期待効果**

- **非防爆仕様のハンディターミナル**から選択可能になり、**導入コストが削減**
- 倉庫の受け入れ、払い出し業務を **QRコードの読取りで管理できる仕組み*の実現**
- ハンディーターミナルを使ってQRコードの読み取りにより、**作業ミスの削減・検品精度の向上**
- 作業者の**作業負荷を低減、作業効率を向上**
- **在庫データの活用可能性も向上**

*Wi-Fiアクセスポイント（非防爆）を従来からの非危険区域に新たに設置し、ハンディーターミナルと接続して利用

（参考）コスト削減効果 400万円削減
導入ハンディ―ターミナル 8台
防爆機器：90万円/台 非防爆機器：40万円/台

製品倉庫全体 914.99㎡
床面からの危険距離より上は非危険区域





Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点

## 危険区域の見直しにおける問題点

**プラント内は「危険区域と非危険区域が混在したエリアができてしまう。」、そのため「携帯型の非防爆の電子機器の運用管理が困難となり、防爆機器を使用する必要がある。」というのが最も多くの事業者が抱える問題であった。また、防爆ガイドラインに従った「評価には労力がかかるため、効果が見合わない」というところも、危険区域が進まない大きな要因となっている。さらに、独自のガイドラインにより危険区域を見直す必要なく、ガス検知器携帯時の非防爆電子機器の持ち込みを認めている地域があるため、地域による対応の違いを問題としている。**

| | 事業者 | 消防 |
|---|---|---|
| 運用における問題 | • 危険区域と非危険区域が混在したエリアができるため、携帯型の非防爆の電子機器の運用管理が煩雑、困難。結局防爆機器を使用する必要がある<br>• 非危険区域に設定したとしても、無制限に非防爆の電子機器を設置、活用できるわけではない。部分的に非防爆の電子機器（ツール）にとどまり大きな変化なし<br>• 屋内を非危険区域に設定するには、換気設備の電源の冗長化などが要求され、設備的な対応が困難（コスト負担が高い）<br>• 高圧ガス設備が多く、使用圧力も高く、評価しても、大幅に危険区域を削減することにはならないと分かったため | • 事業者がエリアの評価をし、見直しの責任を持つ<br>• 事故を前提に考えるとネガティブに考えてしまう<br>• 実験飛行は認めても、法定点検としては認められない |
| 活用ニーズ・モチベーションの問題 | • 見直しの効果がない（屋内でタブレットを使用したくても、ガイドラインに従うと危険区域になるため使用できない）<br>• 見直しする必要性がない | • 見直しのための計算、評価に手間がかかる（効果が見合わない）のではないか |
| 申請手続・事前説明に関する問題 | • 消防の対応に地域差があり、それぞれ基準が異なる。地域により温度差がある<br>• 関係省庁の理解を得ることに非常に手間がかかる<br>• 申請の要否が不明確<br>• 消防へ何度も連絡、説明を要求された | |
| 規制・制度に関する問題 | • 独自のガイドラインに沿って、危険区域を見直す必要がないとなり、場所により対応が違う<br>• ガス検知器を携帯する運用を以て非防爆機器の持ち込みを認めてほしい、という要望を県や消防に出しているが、統一の見解がもらえておらず、困っている | • 消防は消防法に基づいて規制を行う必要があり、事業者のネックになる可能性あり、消防法も変わる必要がある<br>• 最終的には各市町村の判断に委ねられている |

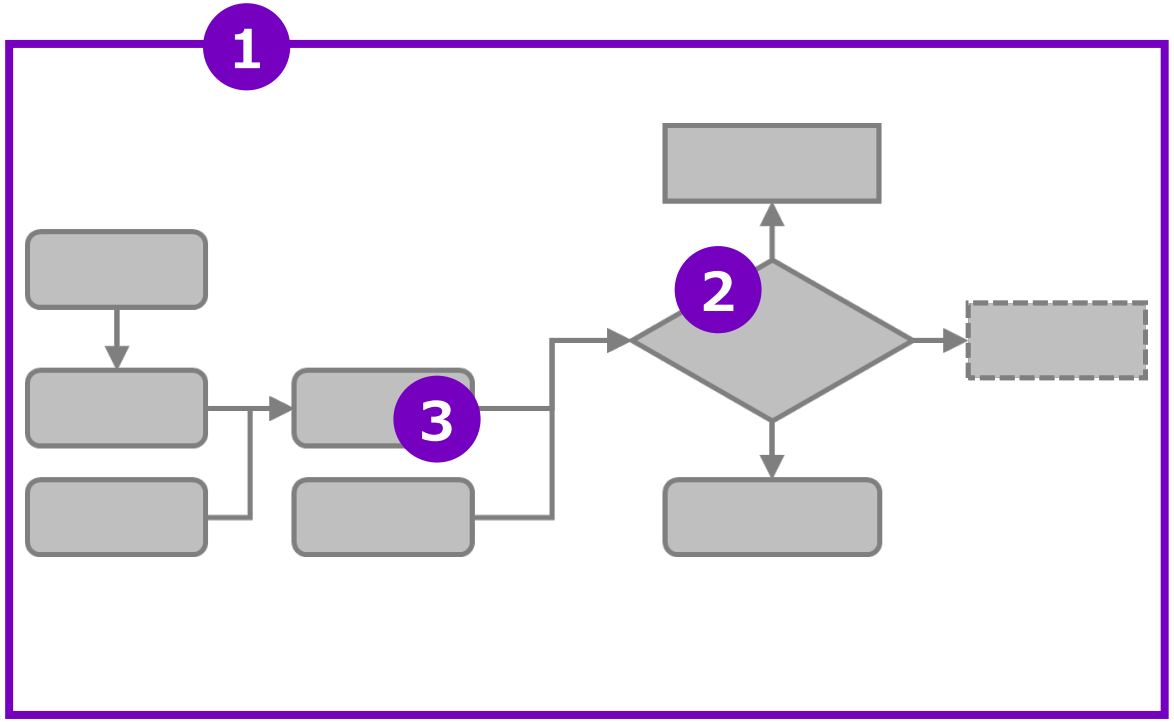
Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成

## (1)防爆ガイドラインの解説書のポイント

### 防爆ガイドラインの解説書のポイント

**ヒアリング調査を行った防爆ガイドラインの利用者の理解度により、解説が必要な観点が様々であった。理解度が低い利用者には、防爆ガイドラインの作業全体の流れ、手順を理解するための解説が必要である。また、ガイドラインの中で記載している用語の意味や閾値の求め方、判断の補足となる解説も加えた。理解度の高い利用者であっても、評価のための計算式には難解な点が多く、解説が求められていた。**




| | |
|---|---|
| **①作業手順** | • 危険区域見直しの評価をするための作業手順の全体の流れ、前後の手順の繋がりを明確化<br>• 最も理解度が低い利用者が必要とすることを想定 |
| **②用語・閾値** | • 防爆ガイドラインの中で使用する用語の理解、判断のための補足<br>• 防爆ガイドラインに記載の閾値の求め方、判断のための補足 |
| **③計算** | • 危険区域見直しの評価のための計算式に用いる値（パラメーター）、インプット情報、アウトプット情報の判断のための補足<br>• 最も理解度が高い利用者が必要とすることを想定 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成

## (2)防爆ガイドラインの解説の追加点(1/2)

**防爆ガイドラインの解説の追加点**

**ヒアリング調査を元に、防爆ガイドラインの解説の追加案を作成した。8ポイントについて、解説書として掲載した。**

| | 防爆ガイドライン対象項目 | | | | | 解説追加案 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| # | Lv1 | Lv2 | Lv3 | Page | 問題点 | |
| 1 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | – | 10 | ・評価をするために、必要な作業の全容になっていない<br>・評価をするために何をどこから始めたらよいか、わからない<br>・作業ステップが分かりにくい<br>・前後の作業の関連性が分かりにくい<br>・作業ステップが実態とあっていない | ● 評価をするために必要な全体がわかるように作業ステップを補足する（不足しているステップ）<br>● 作業ステップの関連付け、順序を正しく記載する<br>● 現在の設定において、放出源の等級評価が1級以上の場合には、ガイドラインの対象外となることを明記する。 |
| 2 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | 3.1.1. ①開口部面積 | 12 | ・項目の種類「シーリングエレメント」とは何を指すのか、わかりにくい<br>・分類の特徴が、わかりにくい<br>・「シーリングエレメント」の具体的なイメージがなく、該当の項目を選択できない | ● シーリングエレメントの定義を明記する<br>● 評価すべき特徴 (形状や材質など) を補足したフローを記載する<br>● よく使われるシーリングエレメントの例を図と共に載せる |
| 3 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | 3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出） | 14 | ・「放出係数 Cd」の値を求めるための「オリフィス」とは、何を指すのか、わかりにくい<br>・「丸みを帯びたオリフィス」「鋭い形のオリフィス」がどのような形状のことを示すのか、わかりにくい<br>・与えられた典型的な値の範囲はあるが、そこから、どのように値を決めればよいか、わからない | ● 「オリフィス」として想定しているモノを明記する<br>● オリフィスの形状の説明とイメージ図を共に載せる<br>● オリフィスごとに、通常使うべき値を示し、選択できるようにする |
| 4 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）<br>3.2液体放出等の放出率の評価 | 3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）<br>3.2.1. 液体放出の放出率<br>3.2.2. 蒸発プールの放出率<br>3.2.3. ガス又は蒸気の放出（亜音速放出） | 14<br>20<br>21 | ・取り扱う物質の状態や圧力によって放出率を求める計算式が異なるが、ガイドライン中では離れた頁に記載されており、参照しにくい<br>・場合分けが文章のみで書かれており、どの計算式を使えばよいか分かりにくい | ● 評価方法を整理したフローと表を記載する |
| 5 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | 3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出） | 14<br>25<br>～<br>35 | ・ガスの密度の計算がわからない<br>・事例に「放出ガス密度ρg[kg/m3]」の値が用いられいるが、使用する値が分からない | ● ガスの密度を求める計算式と計算事例を記載する |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成

## (2)防爆ガイドラインの解説の追加点(2/2)

**防爆ガイドラインの解説の追加点**

**防爆ガイドライン解説書は別途作成した。**

| | 防爆ガイドライン対象項目 | | | | | 解説追加案 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| # | Lv1 | Lv2 | Lv3 | Page | 問題点 | |
| 6 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | 3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出） | 14 | ・放出特性を求めるために、燃焼下限界「LFL」、安全率「k」が必要だが、値の求め方が分かりにくい<br>・与えられた安全率「k」の値の幅があり、何を指標に決めるべきかわからない | ● 安全率「k」は閾値より、値の決め方を、フローで示す<br>● 燃焼下限界「LFL」の取得方法をフローで示す<br>● ガイドラインに載っている単純モデル計算、実験等を追加する |
| 7 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | 3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）<br>3.1.7. ⑦危険距離の評価法 | 14<br>19 | ・3.1.2. ②放出特性と放出率での式が複雑であるため、活用しにくい<br>・3.1.7. ⑦危険距離の評価法でに評価結果がグラフの範囲外になる場合がある | ● 経産省HPあるいは、産業技術総合研究所のポータルサイトからダウンロードできるテンプレートを紹介する |
| 8 | 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | 3.1 危険区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | 3.1.7. ⑦危険距離の評価法 | 19 | ・ガスの噴出の形態の選択方法が分からない | ● ガスの噴出形態の判断基準をフローで示す |

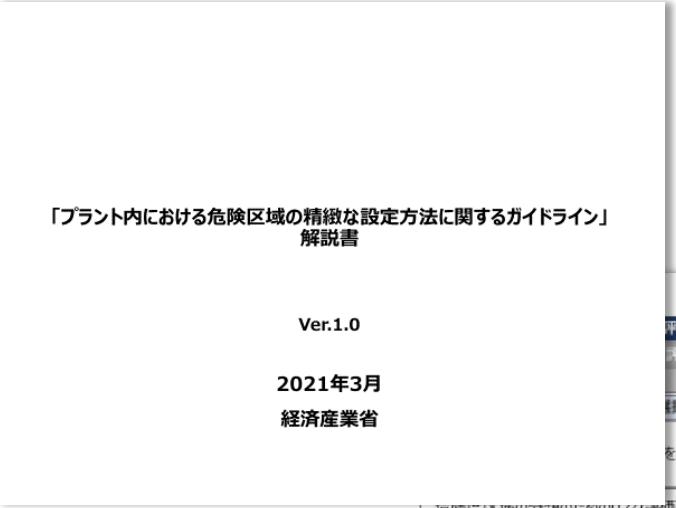
Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

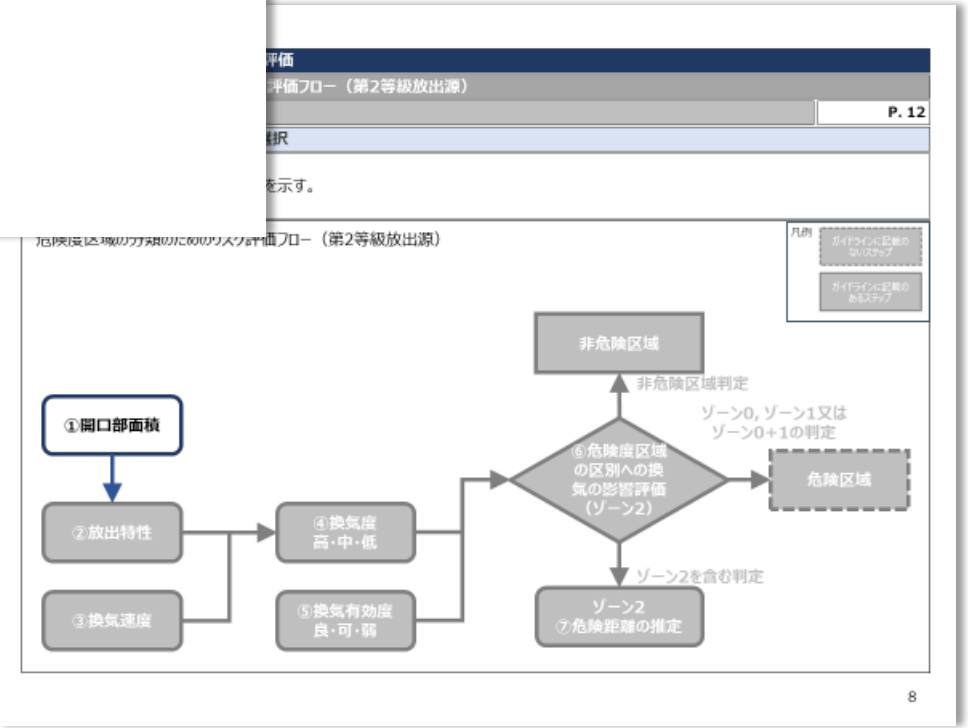
Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

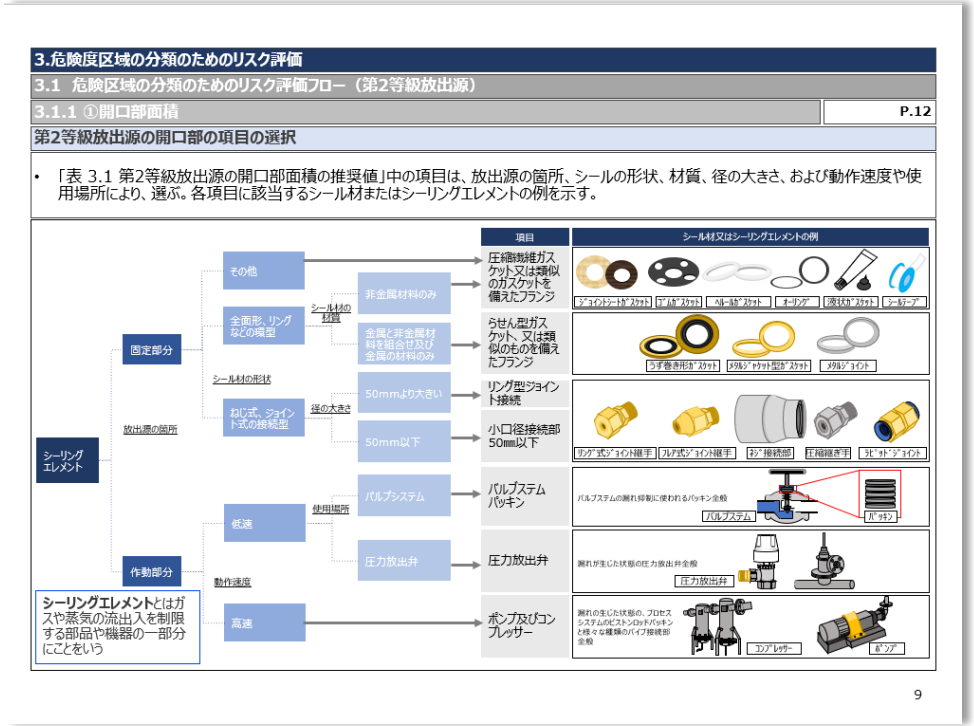
# 2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成

## （参考：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解説書）




別資料作成：
「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」解説書Ver.1.0




Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ

## (1)危険区域の見直しのニーズ

### 危険区域の見直しのニーズ

**今回のヒアリング調査において、現在は危険区域と設定しているエリアでも、今後もっとあらゆる電子機器を使用したいという声を、ほぼ全事業者から回答があった。**

**特に、携帯型の電子機器について、非防爆仕様の電子機器を導入したいという要望が多かった。タブレット端末やウェアラブル端末を活用することによる作業現場支援やヒューマンエラー抑止、といった効果が期待されるからである。**

**一方、定置型の電子機器については、非危険区域となった後も、非定常作業により、危険リスクが高まる可能性があるため、現行の防爆仕様から非防爆仕様の電子機器に置き換えるということには、各事業者は慎重である。定置型になると、常に人の監視下にないため、危険が起こった場合の対応ができない、あるいは処置が遅れるという懸案がある。防爆仕様の電子機器が既に設置してあることから、置換することのコスト的な観点からも利点が小さいと考える。**

**定置型の電子機器の場合は、海外認定の防爆仕様の電子機器の導入が可能になるため、危険区域の見直しを検討する契機になりうる。国内認定には長期間を必要とするため、最新の技術の機器を使用できないということが起こっている。コストだけでなく、タイムリーに最新機能の機器を入手できることにメリットはありそうである。**

**各事業者で、現在の危険区域の電子機器の使用状況、用途と、今後、非危険区域に見直したと想定した場合に使用したい電子機器、用途や期待効果について聞いた結果を次頁にまとめた。**

### 現場の声（抜粋）

- ゾーン2へ非防爆電子機器の持ち込みたいというニーズはある。（P）
- 労安法の規定から製油所で使用できるIT機器が国内防爆検定品に限られおり、活用が制限されている。危険エリアを見直して国内防爆検定品以外の製品(海外で防爆認定されているが、国内では認定されていないため非防爆機器扱いになる機器)などを採用して製油所におけるIT機器活用の幅を広げたい。（A）
- 非防爆でも発火しないようなものがあればよいかとも思う。(S)
- 見直しを検討している事業者は、固定式機器はリスクアセスメントをしてまで購入しようとはしていない。可搬式の方が多いという印象がある。(S)
- 電子機器を持ち込む目的は運転支援、ヒューマンエラーをなくすこと。（G）
- 目指す期待効果は点検作業の支援である。運転員であれば、ベテラン技能者が退職していったときにバルブの操作や手順ミスといった運転ミス、ヒューマンエラーが発生する。ベテランが全て現場に行けるわけではないため、若い現場作業員がカメラで映像を映してベテランが通信でサポートする、というようなことに対する期待が一番大きい。作業員の持つカメラは種々あるが、防爆仕様の制約がつくと2種類しかない。それが重く、使いにくいため、使いたい機器を選択できない。さらに防爆のカメラは高価である。（A）
- 我々も製油所の安全を確保する目的でリスクアセスメントをするため、防爆エリアに近い場所で完全な非防爆品を使おうとは思っていない。（A）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ

## (参考：各事業者の危険区域見直し後の電子機器の使用の計画(1/2))

| | | | A | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 見直し前（現在） | 危険区域 | 携帯型電子機器 | • 防爆仕様のPHS、無線機：オペレーション<br>• 防爆仕様の懐中電灯:巡回点検<br>• 防爆仕様のスマートフォン、タブレット:巡回点検、測定検査、マニュアル確認、遠隔コミュニケーション、ドキュメント作成など | • 防爆仕様の計測機器（携帯式ガス検知器）：ガス検知（安全確保） | • 防爆仕様のスマートフォン、タブレット端末、デジタルカメラ：運転支援 | • 防爆仕様の無線機：通信 |
| | | 定置型電子機器 | • 現場に設置する機器全て：測定検査、製造監視、不法侵入の監視、監視状況のモニタリング、指示書の閲覧など | • 防爆仕様の計測機器（固定式ガス検知器）：ガス検知（安全確保） | • 防爆仕様のセンサー:測定検査、製造監視<br>• 防爆仕様の監視カメラ：不法侵入の監視<br>• 防爆仕様のガス検知器：漏洩監視<br>• 防爆仕様の分析機器：生産監視<br>• 防爆仕様のスピーカー | • 防爆仕様の有線計装機器、無線計装機器(流量計、温度計など)：プロセス状態の計測<br>• 防爆仕様の監視カメラ：加熱炉燃焼状況の確認、フレアー燃焼や排煙状況の撮影<br>• 防爆仕様のスピーカー：運転状況等を現場へ放送 |
| 見直し後（計画） | 非危険区域 | 携帯型電子機器 | • 非防爆仕様のドローン<br>• 非防爆仕様のカメラ、DCSのモバイル端末、ウェアラブルカメラ、運転に使う通信設備、無線機PHS：点検作業の支援 | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし<br>• (他社)非防爆仕様のタブレット：巡回の記録、マニュアルの確認の電子化<br>• (他社)非防爆仕様の移動式端末やウェアラブル端末(スマートグラス)：スマート保安の促進 | • 非防爆仕様のスマートフォン、タブレット端末、デジタルカメラ　など：巡回点検の記録、点検作業の支援、情報提供(警報発発報、指示、運転トレンド、工事指示、施工要領)、情報の持ち運び | • 非防爆仕様のスマートフォン：作業補助、コミュニケーション、スマートフォン機能の利用<br>• 非防爆仕様のタブレット：マニュアル確認、点検記録 |
| | | 定置型電子機器 | • – | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査

# 2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ

## (参考：各事業者の危険区域見直し後の電子機器の使用の計画(2/2))

| | | | I | P | Q | S |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 見直し前（現在） | 危険区域 | 携帯型電子機器 | • 防爆仕様の無線機：運転員通信<br>• 防爆仕様のウェアラブルカメラ：画像共有による不具合対応や技術伝承等<br>• 防爆仕様の防爆型iPad:画像共有による防災対応強化 | • 防爆仕様のハンディターミナル：生産管理のためQRコードを読む<br>• 防爆仕様のタブレット端末：DCS画面の操作<br>• 防爆仕様のPHS：通話 | • 防爆仕様のウェラブルカメラ：試験運用 | • － |
| | | 定置型電子機器 | • 防爆仕様のセンサー等：プロセスの温度、圧力、流量、振動等、装置の運転や監視等に必要なデータの採取 | • 防爆仕様のプラント計測機器(温度計、圧力計等)<br>• 防爆仕様のスピーカー：計器室からの連絡、工場一斉放送、DCS警報等<br>• 防爆仕様の監視カメラ：倉庫内状態確認 | • 防爆仕様の振動系の無線センサー：故障の兆候を掴む | • 防爆仕様の全てのセンサー |
| 見直し後（計画） | 非危険区域 | 携帯型電子機器 | • 非防爆仕様のスマートフォン、タブレット端末：現場にしかないプロセスデータの採取、遠隔コミュニケーションツール、プロセスの運転状態監視、マニュアル確認など<br>• デジタルカメラ | • 非防爆仕様のハンディターミナル：出荷検品システム<br>• 非防爆仕様のスマートマット(在庫管理用電子秤)：原料等在庫管理<br>• 非防爆仕様のスマートフォン：コミュニケーション<br>• 非防爆仕様のタブレット：保守、点検 | • 非防爆仕様のタブレット<br>• 非防爆仕様のドローン | • プラント内で通常使われる非防爆仕様の機器<br>• 非防爆仕様のタブレット、センサー、ウェアラブル機器、IoT機器：点検作業、補助情報、データ、マニュアルや支援情報の持ち運び、点検記録、プラント内のデータ収集や分析、支援情報の持ち運び、災害時へ迅速な対応 |
| | | 定置型電子機器 | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし | • 非防爆仕様のプラント内監視カメラ：設備、人モニタリング<br>• 非防爆仕様のIoTセンサ(特にベンチャー企業の製品は防爆対応がないケース多い)：各種監視 | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし | • 非防爆仕様の機器を使用する計画なし |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点

**危険区域の再評価？規制緩和？**

**プラントの現場では、IoT機器の使用のニーズはあるものの、現状運用の維持、規制緩和を求める声が多く、危険区域の再評価が進まない。危険区域の精緻な設定をし、合理的に非防爆電子機器の使用を認めることの本来の意義の理解を浸透させていく必要がある。**

**現場の声　＜ 現状の運用維持 or　規制緩和 ＞**

- 危険区域の見直しを促進するより、**「危険区域における非防爆電子機器の持ち込みを認めるよう規制の緩和をして欲しい」**
- 防爆ガイドラインに従った**「評価には労力がかかるため、効果が見合わない」**
- 独自のガイドラインにより危険区域を見直す必要なく、ガス検知器の携帯などの安全対策の条件に従って非防爆電子機器の持ち込みを認めている地域がある。**ある地域は認めず、ある地域だけが認められるという状況**に対して、「国の方針として足並みを揃えて欲しい」
- 消防庁が給油所における携帯型電子機器の引火可能性について実験*をして規制を緩和したように、「**プラント保安分野に必要な電子機器の危険性評価の実験**を進めて、プラントにおいても**電子機器の使用を認めて**いくべき」
- **労働安全衛生規則第283条の修理作業等の適用除外**となる場合、ガス検知器の携帯等、十分な安全対策を実施することにより、携帯型の非防爆電子機器を危険区域で使用も可能

**従来の危険区域の設定**

- ✓ プラント一体が同じリスク評価であり、同じ危険対策で運用
- ✓ 危険リスクが高く、安全対策が不十分であるエリアを事業者は見えていない可能性
- ✓ 過度な安全対策により過剰な対策、コストを費やしている可能性

- **潜在的な危険リスクによる大事故の可能性、安全対策が十分か、不安が残る**
- **包括的に非防爆の電子機器の使用を極力制限する**

**行政として不明点に対する網羅的かつ明確な説明がなされるまで同意できない**

**危険区域の精緻な再評価・設定**

- ✓ 危険区域を精緻に評価することで、危険リスクの程度、範囲、条件をより詳細に把握
- ✓ 事業者判断で、個々エリアの状態、危険リスクに合った、安全対策の実施
- ✓ 従来の危険区域を縮小して運用し、コスト、運用の負荷を最適化

- **事業者の判断、安全対策、運用管理を信用する**
- **定置型電子機器を含め、合理的に非防爆の電子機器の使用を認める**

**事業者が与えられた裁量の下、自主保安力、業務効率を上げる**

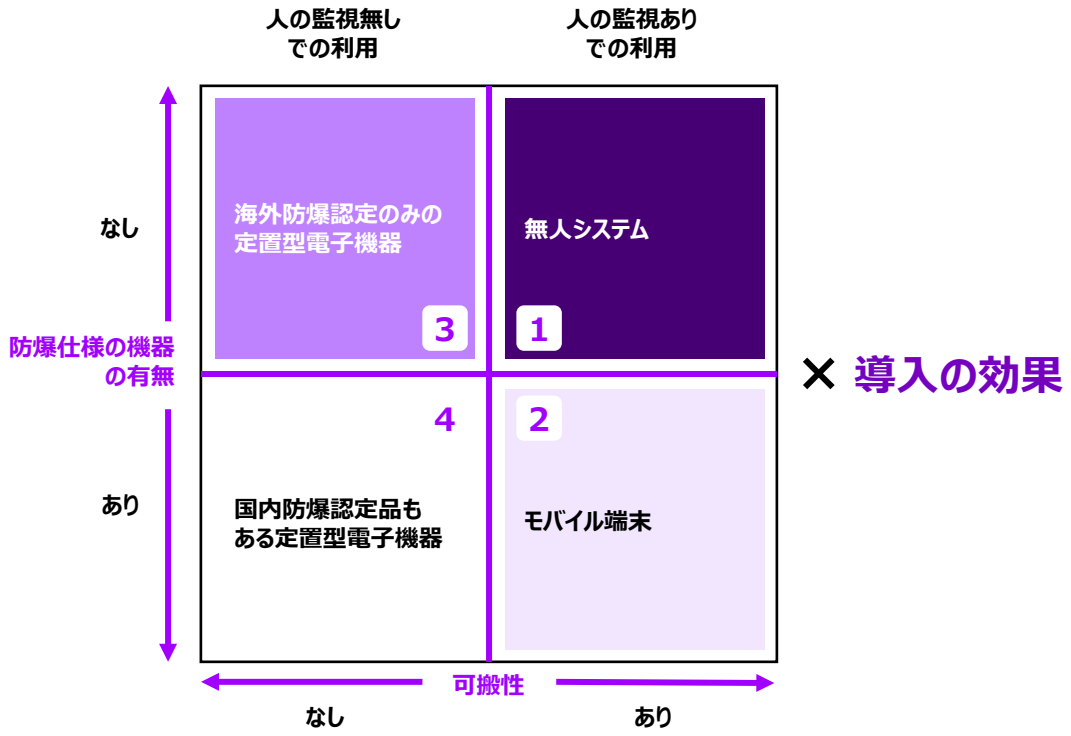
*出典：H30/3:消防庁危険物保安室「携帯型電子機器による給油取扱所での引火可能性に関する実験　報告書」

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器の導入アプローチ

## 非防爆電子機器の導入のアプローチ

**プラント保安分野で導入したい電子機器の「可搬性*1」、「防爆仕様機器の有無」の観点と導入効果の観点から、危険区域の見直しの検討も進められると考える。例えば、ドローンや、自律制御ロボットなど、いわゆる危険環境下で人の代行作業が可能な無人システム*2の導入あるいは活用範囲を広げるために、危険区域を精緻に設定することが必要となっていく。**




**危険区域の見直し・非防爆仕様電子機器の導入アプローチ**

| プラントで導入したい電子機器 | 該当する電子機器の一例 | 理由（導入運用例、期待効果など） |
|---|---|---|
| 1 無人システム | • 飛行ドローン<br>• 水中ドローン<br>• 走行ドローン<br>• 自律制御ロボット<br>• AGV　など | • 危険度の高い環境、人の入れない場所で作業、点検業務に活用が可能になる<br>• 作業者の負荷低下、作業安全性向上、作業費用の削減効果も実現している<br>• 非防爆仕様の機器はない（ある場合も高額） |
| 2 モバイル端末 | • タブレット端末<br>• スマートフォン<br>• ハンディターミナル<br>• スマートグラス<br>• カメラ　など | • プラント保安現場の作業効率、現場支援となる<br>• 危険区域、非危険区域が混在する場合には管理が煩雑になりやすい<br>• 費用は高額であるが、防爆仕様の製品も調達できる |
| 3 海外防爆認定のみの定置型電子機器 | • 最新技術を使った定置型の計測器・センサー　など | • 最新技術の機器を必要になった時、タイムリーに導入可能になる<br>• 海外では防爆認定に適合しているため安全性も維持できる（危険リスクは低い） |
| 4 国内防爆認定品もある定置型電子機器 | • 定置型ガス検知器<br>• 定置型計測器<br>• 定置型センサー<br>• Wi-Fiアクセスポイント<br>• 定置型カメラ　など | • 既に防爆仕様で設置済みのため、置き換えるための費用や労力がかかる可能性がある<br>• 異常時の安全処置が遅れるリスクがある |

*1可搬性：ポータビリティ、持ち運びや移動させることが可能なこと
*2参照： NEDO「ロボット白書2014」

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器の導入アプローチ
## (参考：海外防爆認定の定置型電子機器)

**製品例紹介**

**製品例**　**腐食センサー/水分センサー**

**概要（例）**

- 保温材下のパイプライン付近に定置型の腐食センサー及び水分センサーを設置することで、腐食や湿気の雰囲気に関するリアルタイムデータを取得する。保温材下の外面腐食を特定できるため、早期の修理を行うことができる。これにより、腐食による損傷が最小限に抑えられ、集中的かつ効率的な検査および保守体制が可能になる。

**承認規格**　ATEX（日本国内での認証なし）※2021/3/22時点

**製品例**　**パイプセンサー/タンクプロファイラー**

**概要（例）**

- タンクプロファイラー(B)によって貯蔵タンク内のエマルジョン層や界面レベル、固形物の蓄積などに関する情報がプロセスを中断することなく提供されることで、リアルタイムでのタンク内の監視と予測分析が可能となる。
- 出入口配管にパイプセンサー(A)を組み合わせて設置することで、タンクの内容物の正確なプロファイリングのみならず、一時的に不規則性な流れがある場合に予防的な対策を講じることが可能になる。出口配管に取り付けられている場合、石油の品質や廃水の品質の監視も可能である。

**承認規格**　IECEx(日本国内での認証なし）※2021/3/22時点

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2. 国内調査
## 2.3. 国内調査のまとめ


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 2. 国内調査
## 2.3. 国内調査まとめ

プラント保安分野におけるドローンの活用は、 高所・広範囲での迅速な撮影が可能であることから、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の実施の利点をもたらす。防爆ガイドラインの見直しにより、ドローン活用（点検範囲・場所の拡張）が進めば、設備管理の強化、見逃し防止への効果、プラント保安の向上を期待できるということについて、事業者が十分理解し、実感され始めているドローンに限らず、IoT機器、最新テクノロジーをプラント保安に活用していくニーズ、スマート保安の強化に期待は高い。一方、事業の調査において、プラント事業者の外部関係機関の事前協議や調査の対応が、ドローンの活用による迅速な点検を行うメリットに対して負荷が高く、実用化が進まないという実態が見えてきた。

日々進化するIoT機器の活用推進とスマート保安体制の強化を進めるためには、プラントの保安におけるボーダーラインの引き直しが必要である。実プラントを持たず、製造現場の経験に乏しい行政・監督省庁が、個別事業者・工場の保安に対する判断を担うには限界があり、継続的に技術革新が想定されるIoT技術の早期適用を阻害してしまう可能性もある。プラント事業者へ自主保安の強化として自己裁量を与えることで、経営レベルでプラント保安に対して最終的な責任を持つ意識・体制へ変わっていくことも必要である。経営者のプラント保安判断に対して、第三者機関と組み合わせることで、経営者の判断ミスがあっても歯止めかかり、事故へは繋がらない状態にするような枠組みの検討も必要と思われる。 関係省庁が足並みをそろえて、監督省庁、地域の消防、第三者監査機関、プラント事業者の役割分担を再設計し、ボーダーラインを明確にすることが求められている。

例えば、ドローン活用に係るところでは、事業者が飛行計画に安全対策の責任を持つことを記し、消防としての役割は飛行計画を確認、受理するに留める、ということになる。危険区域の見直しにおいても、プラント事業者が責任をもって、危険区域と電子機器の使用のリスクを把握、安全対策を講ずることで、機器を持ち込めばよい。ドローンガイドライン、防爆ガイドラインに、役割と責任を明記することで活用現場も判断に困ることなく、従うことができる。ただし、いずれのケースもプラント事業者側が最終責任を持つことであり、事故発生時や不正等発覚時により大きな経営責任が問われることになる。プラント事業者の経験不足や不正防止のためにも、監査メカニズムの整備も必要と考えられる。行政のサポートは、リスクアセスメントのチェックリストや、ツールの提供、あるいは、優遇措置、インセンティブにより、プラントと連携、支援していくことは必要である。

プラント事業者が行政によるプラント保安に関する新技術の適用判断に対するガイドラインを待って行動するという現在の運用については、今後の急速に発展すると想定されるIoT機器早期導入、スマート保安の強化の障壁になりうる。結果、海外のプラント事業者に対して、競争力の低下を導く可能性もある。プラントの保安力の高度化の基本的な政策は、自主保安の強化へ向けて事業者へ裁量を与える方向へ動いている中、国や行政の規制緩和や新しい規制を求めるより、裁量を与えられた事業者自身が自主保安のレベルを上げ、事業者の判断、責任の下で、柔軟に電子機器を導入し活用することにより保安レベルの維持あるいは向上を促すことこそ、ドローンガイドラインおよび防爆ガイドラインの意義を高める。

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3. 海外調査
## 3.1. 調査実施概要


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.1. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.1.1. 調査実施概要

## (1)調査実施概要

### 調査目的

- **海外のプラント保安分野に関する規制制度・体系の在り方、新技術の促進と施策・規制の変遷や現場で抱える問題点などの最新の状況を知る**
  - スマート保安高度化における法規制の整備の検討に活用
  - プラントにおける自主保安の体制の在り方の考察に活用

### 調査期間

- **2020/12月～2021/3月**

### 調査方法

- **海外エキスパートインタビュー調査**
- **文献・インターネット調査**

### 質問内容

- **プラント保安に係る規制体系について**
- **プラント保安に係る規制手法について**
  - 新技術・IoT導入に係る法令について
- **プラント保安体制におけるリスク管理の方針、マネジメントシステムの状況**
  - 制度とプラント保安の実態
  - 現場で抱える問題点
- **プラント保安における現場のマインド**
  - 保安の実施、新技術・IoT導入に対する受容

### 海外エキスパートインタビュー

- **外部エキスパート**
  - **【A氏】**
    - 専門領域：企業リスク管理、国家レジリエンス、システム安全性、セキュリティ対策
    - 経歴：リスク管理分野で行政・企業アドバイザリー業務で35年の業界経験
    - 経験地域：北米、南米、欧州、中東
  - **【B氏】**
    - 専門領域：保安エンジニア（TUV認定保安エンジニア）
    - 経歴：石油、ガス、エネルギー分野のグローバル大手事業会社で12年の業界経験
    - 経験地域：イギリス
  - **【C氏】**
    - 専門領域：OSHA保安法令（OSHAトレーニング・プログラム）
    - 経歴：職場安全対策業務で10年の業界経験
    - 経験地域：アメリカ合衆国
- **アクセンチュア　エキスパート**
  - **【D氏】**
    - 専門領域：リスク管理に関する行政・企業アドバイザリー業務（イギリス国家認定保安専門家：NEBOSH HSE）
    - 経歴：リスク管理分野で行政・企業アドバイザリー業務で24年の業界経験
    - 経験地域：イギリス、シンガポール
  - **【E氏】**
    - 専門領域：IoT・アナリティクスに関する行政・企業アドバイザリー、各種ソリューション構築業務
    - 経歴：IoT・アナリティクス分野で20年の経験
    - 経験地域：欧州

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 3. 海外調査
## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
**3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115**
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要

## (1)各国のサマリ

| 調査対象国 | アメリカ合衆国 | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|
| 規制手法タイプ | 規範型/コンプライアンス型<br>(Prescriptive/Compliance-based) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) |
| **プラント保安規制体系** | ▶規制機関は連邦レベルと州レベルで管轄<br>▪ 産業横断的に規制する主要規制機関（OSHA、EPA）<br>▪ 産業特化したその他の規制機関（CSB、BOEM等）<br>▶縦割り体制が濃く、行政機関同士の連携が不十分<br>▪ 対象物(扱う事業)毎に管轄機関が異なり複雑化<br>▶非規制機関（プロセス産業団体、研究機関等）による規制策定プロセスへの参加が不十分（CCPS、API等） | ▶規制機関は2階層で管轄<br>▪ 産業横断的に規制する主要規制機関（HSE：Health and Safety Executive）※HSEがEU全体の労働安全分野をリード<br>▪ 領域・地域に特化した行政機関がHSEをサポート（EA、MAIB等）<br>▶保安領域でHSEに主導権が集約<br>▪ 領域と組織を越えて行政機関間の連携が活発<br>▶非規制機関（プロセス産業団体、研究機関等）によるロビー活動が活発で、規制策定プロセスへの影響が強い（UKPIA、OGUK等） | ▶規制機関は2階層で管轄<br>▪ 産業横断的に規制する主要規制機関（MOM：Ministry of Manpower）<br>▪ 領域に特化した行政機関がMOMをサポート<br>▶保安分野ではMOMに主導権を集約<br>▪ 領域と組織を越えて行政機関間の連携が活発<br>▶規制策定プロセスにおいて国内外の産官学との連携を重要視しているが、集まった示唆を保安政策方針に反映しできていない |
| **プラント保安規制手法の概要** | ▶保安規制は規範型で、事業者の活動を細かく具体的に規定するため、行政による事業者の保安取組みへの干渉度が高い<br>▶保安責任は行政と事業者で分担<br>▪ 行政は承認と監査の実施、事業者は規制基準要件の遵守<br>▶保安規制項目が複雑、行政手続きも煩雑（州によって異なることも）<br>▶保安の重要要素が規制項目に不足<br>▪ 安全文化、安全マネジメント、継続的改善、ヒューマンエラー等 | ▶保安規制はゴール設定型で、行政による規制は労働者・周辺住民安全と環境保護を担保するといったハイレベルの要求に留めるため、行政による事業者の保安取組みへの干渉度が低い<br>▶保安責任のすべてを事業者側が負う<br>▪ 行政は実態調査・監査活動を強化<br>▶主導権の集約化により、保安規制項目はシンプル、矛盾点が少ない<br>▶保安の重要要素も配慮した事業者側の自主保安活動を要求<br>▪ 安全文化、安全マネジメント、継続的改善、ヒューマンエラー等 | ▶イギリスのHSEとの連携が強く、保安規制はゴール設定型だが、規制の規範性が実在するため、行政による事業者の保安取組みを干渉する<br>▶保安責任の多くを事業者側が負うが、規制の規範要素によって一部責任は行政側で分担している<br>▪ 行政は事業者の保安対策の承認を実施、監査機能も外部に移譲<br>▶主導権の集約化により、保安規制項目はシンプル、矛盾点が少ない<br>▶保安の重要要素も配慮した事業者側の自主保安活動を要求<br>▪ 安全文化、安全マネジメント、継続的改善、ヒューマンエラー等 |
| **プラントにおけるIoT導入に係る法令** | ▶保安規制が規範型であるため、新技術導入を規制する申請・手続き項目が多く、柔軟性が低い<br>▪ 保安規制の策定が遅く、新技術の進化速度に追い付いていないため、プロセス産業におけるIoT導入は遅れている<br>▶プラントにおけるIoTに特化した法令・規制は存在しない<br>▪ 産官学を含めてIoT技術導入をめぐる議論は試行錯誤ステージにある<br>▪ IoT技術に関して、近年できた法令はサイバーセキュリティとIoT機器調達に対する規制に留まっている（NISTガイドライン、カリフォルニア州IoT法令、オレゴン州IoT法令等） | ▶保安規制がゴール設定型であるため、新技術導入を規制する項目はなく、柔軟性が高い<br>▪ 事業者のリスク評価の全責任を負う代わりに、裁量を持ち、新技術導入の判断ができるため、プロセス産業におけるIoT導入は他国に比べ先行<br>▶プラントにおけるIoTに特化した法令・規制は存在しない<br>▪ 産官学を含めてIoT技術導入をめぐる議論は試行錯誤ステージにある<br>▪ IoT技術に関して、サイバーセキュリティに対する規制の更改の予定 | ▶保安規制がゴール設定型であるため、新技術導入を規制する項目はなく、柔軟性が高い<br>▪ 行政は新技術導入を促進する各種支援施策を企画し、迅速で柔軟な姿勢を持っているため、プロセス産業におけるIoT導入は他国に比べ先行（経済発展のために、科学・技術を国策として重要視）<br>▶プラントにおけるIoTに特化した法令・規制は存在しない<br>▪ 産官学を含めてIoT技術導入をめぐる議論は試行錯誤ステージにある<br>▪ IoT技術に関して、各種ガイドライン、技術的規格・基準を産官学の連携の下で策定、政府の支援により、IoTエコシステムの開発を進行中 |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要

### (1)各国のサマリ

| 調査対象国 | アメリカ合衆国 | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|
| 規制手法タイプ | 規範型/コンプライアンス型<br>(Prescriptive/Compliance-based) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) |
| **リスク管理の方針** | ▶保安規制で安全マネジメントシステム（SMS）の実施を義務化<br>▪ 特定システムの選定が事業者判断、機能性について不問<br>▶リスクアセスメントは義務化、評価の妥当性は不問<br>▪ 評価手法、実施頻度、リスク許容範囲は事業者判断<br>▪ 運用実態の報告を義務化（最低年1回） | ▶保安規制で安全マネジメントシステム（SMS）の実施が義務化<br>▪ 特定システムの選定が事業者判断、機能性の責任は事業者が負う<br>▶リスク評価方針は義務化、評価の妥当性の責任は事業者が負う<br>▪ リスクをゼロにすることを求めていない（リスク許容範囲：ALARP）<br>▪ 評価手法は定量的・定性的リスクアセスメントを混ぜ合わせたSemi-quantitative手法<br>▪ セーフティーケース（Safety Case）、セーフティーレポート（Safety Report）の作成・提出を義務化し、実施頻度も事業者の判断責任 | ▶保安規制で安全マネジメントシステム（SMS）の実施が義務化<br>▪ 行政主導で開発した安全マネジメントシステム『SS 506: Part 3』<br>▶リスクアセスメントは義務化、妥当性の評価責任は行政と第三者監査機関が分担<br>▪ リスクをゼロにすることを求めていない（ALARP評価）<br>▪ 評価手法は定量的リスクアセスメント（QRA）手法、セーフティーケース（Safety Case）の作成・提出を義務化<br>▶事業者は保安分野の外部コンサルの積極的活用、依存度が高い |
| **法令の厳格度と監査体制** | ▶保安規制違反の罰則は軽く、規制遵守への強制力が弱い<br>▶行政側の監査体制が不十分、監査力のキャパシティーオーバー<br>▪ 監査機能を外部へ移譲していない、監査費用を行政が負担<br>▪ 監査対象の事業者と監査項目が多く、行政側の人材不足が発生<br>▪ 監査員の能力水準が低く、評価精度が低い<br>▶行政監査が統轄されておらず、保安基準の格差が発生（州によって基準、事故後対応、原因分析、再発防止対策の規制要求が異なる）<br>▶評価が高い事業者には監査実施頻度、範囲の簡略化などのインセンティブ付与 | ▶保安規制違反の罰則は厳しく、規制遵守への強制力が強い<br>▶行政側の監査が最適化されている<br>▪ 監査機能を外部へ移譲していない、監査費用を事業者が負担<br>▪ 監査対象の事業者を分析、監査効率向上のための選定工夫を実施<br>▪ 行政監査員の能力水準が高く、評価精度が高い<br>▶行政監査が統轄されているため、保安基準の格差が少ない<br>▶評価が高い事業者には監査実施頻度、範囲の簡略化などのインセンティブ付与 | ▶保安規制違反の罰則は厳しく、規制遵守への強制力が強い<br>▶行政側の監査機能は第三者監査機関へ移譲する<br>▪ 監査費用を事業者が負担（第三者監査機関の選定を事業者判断に任せているため、監査中立性が弱く、保安レベルの格差が発生）<br>▪ 行政と監査機関の監査員の経験不足、評価知識の不足のため評価精度は低い |
| **プラント保安を担保するマネジメントシステム** | ▶安全マネジメントシステムを導入しているが、機能性に関する規制要求はないため、保安重要要素が定着していない<br>▪ エスカレーションの仕組みができているが、保安情報はマネジメント議題ではない<br>▪ 事業者部門間での保安情報が共有されておらず、保安情報が連動されていないため、具体的な施策が現場の業務レベルまで反映されていない<br>▪ 雇用形態において現場従業員の権限が弱く、自主性を尊重できていないため、保安問題に関して現場からの指摘が少ない | ▶安全マネジメントシステムを導入し、機能性に関する責任を事業者が負うため、保安重要要素が定着している<br>▪ エスカレーションの仕組みが成立、マネジメントも情報を把握している<br>▪ 事業部門間での保安情報の共有が進んでおり、保安指標が組織の壁を越えて発表されるため、具体的な施策が現場の業務レベルまで反映されることが多い<br>▪ 従業員（労働組合）の事業経営に対する影響力が高く、従業員の自主性を尊重しているため、保安問題に関して現場から指摘が上がることは一般的 | ▶安全マネジメントシステムを導入し、機能性に関して責任を事業者が負うため、保安重要要素が定着しているが、従業員の自主性が不十分<br>▪ エスカレーションの仕組みが成立、マネジメントも情報を把握している<br>▪ 事業部門間での保安情報の共有が進んでおり、保安指標が組織の壁を越えて発表されるため、具体的な施策が現場の業務レベルまで反映されることが多い<br>▪ 階層的な組織環境であるため、現場従業員の権限が弱く、自主性を尊重できていないため、保安問題に関して現場からの指摘が少ない |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要

## (1)各国のサマリ

| 調査対象国 | アメリカ合衆国 | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|
| 規制手法タイプ | 規範型/コンプライアンス型<br>(Prescriptive/Compliance-based) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) |
| **プラント保安に関するタレントマネジメント** | ▶行政は職場安全衛生に関するトレーニングの実施を義務化<br>▪ OSHAによる独自トレーニング・プログラムを提供<br>▶事業者側の保安員選定の評価基準はあいまいであるため、保安責任者としての能力水準を満たせない人材も保安員として採用される場合が多い<br>▶保安領域での人材不足、保安知識の継承課題があるが、対策が不十分 | ▶行政は事業者の保安教育取組みに関して関与していないが、保安分野における適正な人材配置や教育体制等が事業者責任とされているため、事業者が従業員の保安教育と保安水準の強化に重点<br>▪ 保安知識の適正評価、KPI設定<br>▪ 保安教育の実施（3年に1回以上）<br>▪ 社内サブジェクト・マター・エキスパート（SME）や技術専門家（TA）の育成<br>▪ イギリスのすべての企業がCPD（Continuous Professional Development）を重視<br>▶保安領域での人材不足、保安知識の継承課題があるが、対策が不十分 | ▶行政はプラント保安員のキャリア開発、評価プログラムの策定に焦点<br>▪ 産官学の連携、能力強化のための各種施策を行政主導で企画<br>▪ 行政主導で職場の保安トレーナー育成を強化（「Train The Trainers」：トレーナーの年10時間トレーニングを義務化）<br>▶プラント保安員の人材不足を海外労働者へ依存 |
| **プラント保安に対するマインドセット** | ▶規制要求を超えて保安取組みに関して努力する事業者側の動機がないため、事業者の自主性にバラつきが見られる<br>▪ 事業者の保安取組みは規制遵守（コンプライアンス）重視で、将来的なリスク予知に注目していない<br>▶プラント保安は現場の課題としか認識されず、経営者マター・重要KPIになっていない<br>▶プラント保安分野の失敗談が組織外で共有されることに対して事業者は消極的 | ▶保安取組みに関して事業者側の責任が問われるため、事業者の自主性が高い<br>▪ 事業者の保安取組みは将来的なリスク予知に注目している<br>▶プラント保安に対する経営責任が問われるため、事業者にとって重要議題として認識され、経営者マター・重要KPIに入っている<br>▪ サステナビリティレポートが重要視される<br>▪ 現場の問題を経営者層へレポート、議論される<br>▶プラント保安分野の失敗談は組織内外で積極的に共有されている | ▶保安取組みに関して事業者側の責任が行政と第三者監査機関によって分担されているため、事業者の自主性はあくまで表面的<br>▪ 事業者の保安取組みは規制遵守（コンプライアンス）重視の考え方が多く、真の意味で将来的なリスク予知に注目していない<br>▶プラント保安分野の失敗談が組織外で共有されることに対して事業者は消極的 |
| **IoTなどの新技術の受容** | ▶規制要求を超えて保安取組みに関して努力する動機がないため、事業者は新技術、手法に対して保守的<br>▪ IoT機器導入に関する行政手続きが煩雑で、承認対応が遅い<br>▶プラントにおける膨大なデータを分析できていない | ▶保安取組みの改善と効率化が事業者責任となっているため、事業者は新技術、手法に対して積極的<br>▪ IoT機器を含め、新しい技術を導入する度に事業者によるリスクアセスメントの再評価が必要とされている<br>▶プラントにおける膨大なデータを分析できていない | ▶新技術導入において、事業者のコスト意識が高い<br>▶行政から新技術導入の支援施策を多く企画しているため、IoT導入に対して事業者は積極的<br>▪ IoT機器を含め、新しい技術を導入を促進するために、行政主導でガイドラインや規格・基準を策定し、産業界へ発信している<br>▶プラントにおける膨大なデータを分析できていない |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要

## (2)各国が抱える課題

| 調査対象国 | アメリカ合衆国 | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|
| 規制手法タイプ | 規範型/コンプライアンス型<br>(Prescriptive/Compliance-based) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) | パフォーマンスベース型/ゴール設定型<br>(Performance-based/Risk-based/Goal-driven/Goal-setting) |
| **制度的な問題** | ▶事業者の自主保安体制が進まない<br>▪ 規範的な規制は、事業者には複雑すぎて、プラント保安において対応すべきことが把握されていない<br>▪ 各種保安規制の縦割り体制により、制度の複雑かつ難解になり、事業者は外部の専門機関に依存せざる得ない<br>▶規範的規制を機能させるための潤滑剤ともいえる安全マネージメントシステム要素、文化的要素、ヒューマン要素など重要要素に関する規制が不十分であるため、機能していない<br>▶リスクアセスメントの質を担保する詳細項目が曖昧である | ▶保安取組みの全責任を事業者が負っているため、事業者負担が非常に大きい<br>▶行政から規定される規制要件(保安コールの設定)がハイレベルに留まるため、事業者からみてそれらを担保するための具体的な施策や運用方法を策定することが難しい | ▶イギリスを真似ているがゴール設定型の保安体制にはない<br>▪ 単独決断と自己責任を回避したがる文化的背景<br>▪ 行政側の人材（評価する側の人材）の評価スキルの不足<br>▪ 事業者が外部コンサルへ依存、保安責任を回避<br>▶保安分野の有識者の意見が法令に反映されない<br>▶事業者はコンプライアンス重視で自主保安の姿勢は表面的 |
| **運用における問題、人のマインドに関する問題** | ▶規制遵守度、運用実態の報告や行政保安監査は儀礼的に行われる<br>▪ 監査員の人材不足（監査体制の非効率性）<br>▪ 監査員の能力不足（評価経験、評価知識の不足）<br>▶事故後原因分析、再発防止策の要求が不足し、事故再発の抑止にならない<br>▶経営者は競争心が高く、表向きをよく見せるため、事業者間での情報共有が進まない<br>▶現場の従業員の立場が弱く、経営者への主張、指摘ができない | ▶行政保安監査の事業者負担が大きい（監査経費負担）<br>▶事業者のプラント保安員の人材不足に対策が十分でない<br>▶自主保安で高い専門性が求められる中、行政と事業者の双方がタレントマネジメントの課題に注目していない | ▶規制遵守度、運用実態の報告や行政保安監査は儀礼的に行われる<br>▪ 監査員の人材不足（外国保安専門家に依存）<br>▪ 監査品の能力不足（評価経験、評価知識の不足）<br>▶第三者監査機関の中立性が確保できていない<br>▶事業者側で人材不足に対する具体的施策がなく、プラント従業員から高度専門家まで海外労働力に大きく依存<br>▶経営者は競争心が高く、表向きをよく見せるため、事業者間での情報共有が進まない<br>▶現場の従業員の立場が弱く、経営者への主張、指摘ができない |
| **IoTなどの新技術導入に係る問題** | ▶新技術（IoTを含む）や手法の導入は事業者側で不要なリスクとコストとしか見られていなため、導入事例が少ない<br>▶規制策定が新技術の進化速度に追いつかない、時代遅れになっている<br>▶保安分野に関するデータの分析、連携が進まず、データに基づいた保安力向上のための予知保全や予兆検知に活用できない | ▶新技術（IoTを含む）や手法の導入の際に、複雑性が高い定量的リスクアセスメントが求められるため、外部コンサルに外注する等、事業者側の導入負担が大きい<br>▶保安分野に関するデータの分析、連携が進まず、データに基づいた保安力向上のための予知保全や予兆検知に活用できない | ▶事業者はコスト重視のため、保安レベルを犠牲にしてまで機器調達の際に節約する傾向がある<br>▶保安分野に関するデータの分析、連携が進まず、データに基づいた保安力向上のための予知保全や予兆検知に活用できない |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### プラント保安関連の法令

- アメリカ合衆国のプラント保安・プロセス安全関連法令は**規範性が強く、**事業者の活動や技術的な解決方法に対する**要求事項を具体的に規定**する
  - 危険区域分類、緊急停止システムや火災防止システム、各種制御機器の設計・使用方法、作業員の職場安全衛生等に関する具体的な各種要件
- 連邦OSHAは各州が独自のプラント保安・プロセス安全規制プログラムを策定・執行させるように奨励されている
- **州の策定・提案する法令に対する連邦OSHA承認を経て州に管轄・監査権限が移管**される
  - 現在、アメリカ合衆国の50州の内24州において州独自保安規制が実施されている
    - テキサス州は連邦政府承認を受けた独自の規制プログラムを有していない
  - 職場労働安全関連の州法令体制（テキサス州事例）：テキサス州独自規制として、公共職場における危険有害性情報伝達プログラム（テキサス州保健局管轄）、農業職場労働安全規制（テキサス州農業局管轄）、事故防止計画・労災要件（テキサス州保険局）、廃棄物安全管理・持続可能経済活動監視（テキサス州環境品質委員会）等がある

**テキサス州の1例**

### プラント保安の歴史的背景

- アメリカ合衆国におけるプラント保安・プロセス安全規制の歴史的な経緯は、従来の業界横断型の規制から、各業界に特化した**産業商業団体主導型**の規制へと発展した
  - 1970年代から1980年代以降、各業界部門において産業特化型の連邦規制機関が多く誕生した
    - 連邦MSHA（鉱山安全保健局）、連邦BOEM（海洋エネルギー管理局）、連邦NRC（原子力規制委員会）等
- 事業者が法令を遵守できることを目的に、産業商業団体が独自でプラント保安・プロセス安全関連の基準、ガイドライン、ベストプラクティスを策定・推奨する
- **過去10年間におけるプラント保安領域での規制変更がほぼ無い**
  - その一因として、規制対象項目数や事業者数に対して規制機関の対応能力が不足している（監査員が不足しているなど）

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

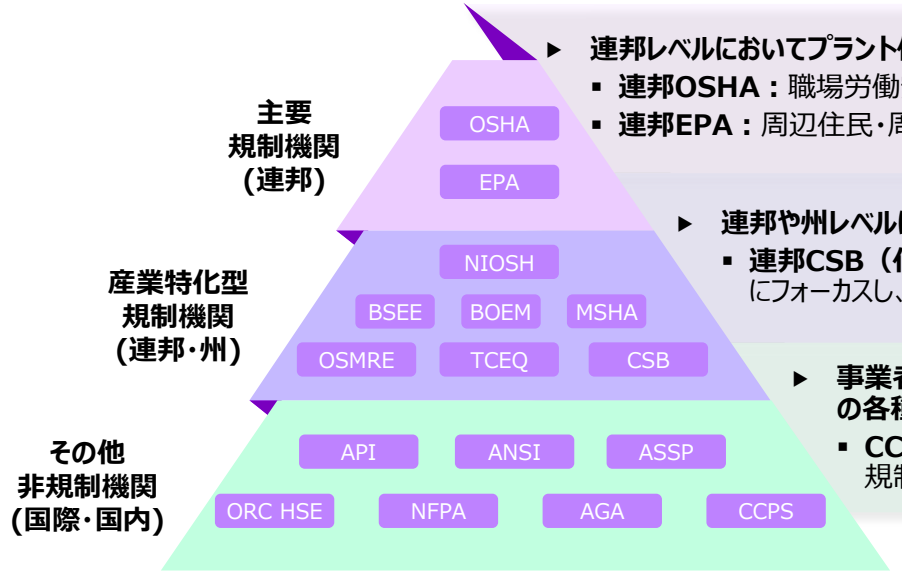
## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### プラント保安法令に係る行政の体系

- **プラント保安・プロセス安全は連邦レベルと州レベルで管轄**
  - 産業横断的に規制する主要規制機関
  - 産業特化したその他の規制機関
- **縦割り体制が濃く、行政機関同士の連携が弱い**
  - **対象物(扱う事業)毎に管轄機関が異なり複雑化、手続きが煩雑で解釈も難しい**
  - 法令の矛盾点が発生した場合
    - 事業者側はより安全な法令を遵守するように法令で定められている
    - 法令矛盾点の解消に向けて行政機関が共同で取組める法的体制となっている
  - 法令矛盾点解消の主導権をOSHAが有し、法令矛盾点に関して各行政機関がOSHAに報告する各種テーマ毎で行政機関同士の共同ワーキンググループを設立されているものの、その頻度と影響度が限定的であるため、行政機関同士の連携が不十分である
  - 連邦労働安全衛生庁（OSHA）と連邦環境保護庁（EPA）が主導権を有し、各行政機関が加盟（1991年~）
- 法令遵守のための非規制機関による**独自の基準、ガイドラインを策定**
- **非規制機関（プロセス産業団体、研究機関等）の意見を政策機関がヒアリングする機会が不十分であるため、規制策定プロセスへの影響が弱い**




- **連邦レベルにおいてプラント保安・プロセス安全関連法令の策定・監査を産業横断的に管轄する規制機関**
  - **連邦OSHA：**職場労働安全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全を規制
  - **連邦EPA：**周辺住民・周囲環境の安全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全を規制
- **連邦や州レベルにおいてプラント保安・プロセス安全関連法令の策定・監査を特定産業に特化して管轄する規制機関**
  - **連邦CSB（化学品安全性危険性調査委員会）：**化学業界における各種プロセス安全事故の調査や潜在的危険要素の調査実施や原因特定にフォーカスし、連邦EPAとOSHAを含む各連邦規制機関と密に連携
- **事業者はプラント保安・プロセス安全関連法令が遵守できることを目標とする産業・商業団体が独自でプラント保安・プロセス安全関連の各種基準、ガイドライン、ベストプラクティス等を策定・推奨**
  - **CCPS（化学プロセス安全センター）：**プロセス産業における保安課題の理解を深め、安全水準向のために産官学連携を促進する非規制国際機関

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1) アメリカ合衆国

### プラント保安に係る規制機関

【凡例】
産業カバー率* 低 ○ ◔ ◑ ◕ ● 高

| 機関 | 属性 | 設立年 | 活動概要 | 産業カバー率 |
|---|---|---|---|---|
| Occupational Health & Safety Administration (OSHA) | 規制機関・連邦行政 | 1971 | 規制や基準を整備・施行といったコア活動の他、事業者に対して各種規制・基準関連の教育、トレーニング、アウトリーチ活動等を実施 | ● |
| Environmental Protection Agency (EPA) | 規制機関・連邦行政 | 1970 | 規制や基準の整備・施行のコア活動の他、助成金交付やパートナーシップの締結等を実施 | ● |
| National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) | 規制機関・連邦研究 | 1970 | 職務関連傷病予防のための研究・調査活動を経て、職場労働安全基準を促進 | ● |
| Mining Safety & Health Administration (MSHA) | 規制機関・連邦行政 | 1977 | 金属鉱業鉱業部門における安全衛生規制を施行し、傷病予防を促進 | ◑ |
| Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) | 規制機関・連邦行政 | 1998 | 化学プロセス分野における安全衛生規制関連の各種現場調査を実施 | ◑ |
| Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement (OSMRE) | 規制機関・連邦行政 | 1977 | 金属鉱業部門における諸活動に対して周辺市民の衛生安全保護や自然環境保護・復元を保証するための各種活動 | ◑ |
| Bureau of Safety & Environmental Enforcement (BSEE) | 規制機関・連邦行政 | 2011 | エネルギー部門におけるエネルギー生産やエネルギー効率に関する規制活動 | ◑ |
| Bureau of Ocean Energy Management (BOEM) | 規制機関・連邦行政 | 2011 | オフショア産業における職場労働安全に関する規制活動 | ◑ |
| Texas Commission of Environmental Quality | 規制機関・州行政 | 1993 | プロセス産業における廃棄物管理を規制し、テキサス州の自然環境と持続可能性を促進 | ◑ |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ
*産業カバー率：機関が管轄対象とする産業領域の範囲

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

**プラント保安に係る非規制機関**

【凡例】
産業カバー率* 低 ○ ◔ ◑ ◕ ● 高

| 機関 | 属性 | 設立年 | 活動概要 | 産業カバー率 |
|---|---|---|---|---|
| Center for Chemical Process Safety (CCPS) | 非規制・協会 | 1985 | プラント保安・プロセス安全への取り組みを推進し、産業横断的にプロセス安全課題の理解を深めるための各種活動を実施 | ◕ |
| American National Standards Institute (ANSI) | 非規制・産業 | 1918 | アメリカ合衆国における製品、サービス、プロセス、システム、人員等に関する各種自主的基準・規格の策定活動 | ◑ |
| American Society of Safety Professionals (ASSP) | 非規制・学会 | 1911 | 労働安全衛生（OSH）の専門家で構成さて、産業横断形式で職場労働安全課題に対するリスクベースド観点での理解を深めるために産学官の連携を促進する研究、実演、協議活動を実施 | ◑ |
| American Petroleum Institute (API) | 非規制・産業 | 1919 | 石油化学産業における各種ステークホルダー（約600社）から構成され、政策方針に産業の意向を反映さながらプロセス安全を促進する各種活動を実施 | ◑ |
| National Fire Protection Association (NFPA) | 非規制・産業 | 1896 | 火災、電気および関連する危険による死亡、傷害、財産および経済的損失を排除する | ◑ |
| American Gas Association (AGA) | 非規制・産業 | 1918 | 天然ガス部門における各種ステークホルダー（約200社）から構成され、効率的需要・供給拡大を促進するためにガス関連規制に関する各種情報発信活動を実施 | ◑ |
| ORC HSE Strategies (ORC HSE) | 非規制・産業 | 1972 | 環境・労働安全衛生にフォーカスしたグローバル・ネットワーク（20種の産業分野、約110社）で、グローバル企業に対して労働安全衛生関連の各種サービスを提供 | ◕ |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ
*産業カバー率：機関が管轄対象とする産業領域の範囲

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### 規制手法と干渉度

- **プラント保安・プロセス安全における規制手法の特徴は規範型(Prescriptive Regulatory Approach)**であり、保安規制によって**事業者の保安取組みへ干渉度が高い**
  - 事業者の活動や技術的な解決方法に対する要求事項を具体的に規定している（例：設備、操作、汚染防止、訓練、監査・検査、立ち入り禁止区域、人員の安全と健康、作業場の安全、危険と火災管理設備など詳細要件を規定）
  - “規範的な規制が事業者にとって複雑すぎるため、規制の全体像が見えていない。規制当局から問題があると指摘されても、多くの事業者にとってその原因解明が困難すぎる。プラント現場では保安規制の要求に対応するために外部専門機関を雇わざる得ない状況となっている”（エキスパートインタビュー）
  - “地域（州）によって規制機関と保安法令が異なる場合が多く、行政手続きが煩雑“（エキスパートインタビュー）

- **規範型であるため、プラント保安・プロセス安全に関する責任が行政と事業者の間で分担**されている
  - “保安分野において行政は事業者が遵守すべき規制項目を策定する。さらに、事業者の活動や技術手法を承認し、規制遵守実態の評価に対する責任を負う。一方、保安分野における事業者の負う責任範囲は行政が定めた規制基準要件の遵守に限定される。つまり、保安に対する責任の一部を行政も負担しているため、事業者による自主保安を実現できていない”（エキスパートインタビュー）

- プラント安全の重要要素である**安全文化要素（Safety Culture）、安全マネジメント要素、継続的改善要素（Framework for Continuous Improvement）やヒューマンエラー要素などの領域で不十分である**
  - “保安規制が非常に規範的である。技術的な規範性を重視しすぎている一方、規範的規制を機能させるための潤滑剤ともいえる安全マネージメントシステム要素、文化的要素、ヒューマン要素などへの配慮が不十分である。又、規範的な規制は自然災害、技術変化、ビジネス環境変化等の変化要素に対応できる機敏さを持ち合わせていない”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### プラントにおけるIoT技術活用に係る法令

- 保安規制が規範型であるため、**新技術（IoTやドローンなど）の導入を規制する申請・手続き項目が多く、柔軟性は低い**
  - “規制項目が多すぎて柔軟性がない。規制の策定には何年もかかるため、常に時代遅れのトレンドに基づいている。将来的に発生し得る業界の保安弱点は考慮されていない。技術進歩によって可能となる安全性能とリスク管理の改良点が促進できていない。例えば、点検現場において作業員がが危険なタンクに入るのを避けられるドローンを活用した非破壊検査方法（NDI：Nondestructive Inspections、NDE：Nondestructive Examinations）などは法的にできない状況となっている”（エキスパートインタビュー）
  - “IoT技術関連の策定・執行において、行政と産業間の連携が不十分で、行政と法令が技術革新の進化速度に追い付いていないため、IoT機器（ドローンを含む）活用・導入に関する各種申請手続き対応が遅くなっている”（エキスパートインタビュー）
- **プラントにおけるIoTに特化した法令・規制はまだ未策定**
  - “現在、アメリカ合衆国において産官学を含めてIoT技術導入をめぐる議論は試行錯誤ステージにある”（エキスパートインタビュー）
  - **規制機関から公示したIoT技術関連規制・標準の多くがサイバーセキュリティやIoT機器調達に関連する内容に留まっている**
    - 連邦FTC（取引委員会）は、IoT技術にはプライバシー基準の欠如リスクがあると指摘したものの、IoT技術活用・導入に適用される具体的なデータ保護規則がまだ未策定
  - アメリカ合衆国商務省の非規制機関である連邦NIST（国立標準技術研究所）は、IoT技術を含む技術主導型エコシステム全体に関するガイドライン・標準を策定した
  - 国立標準技術研究所（NIST：National Institute of Standards and Technology）の他に、**各州が独自のIoT技術関連の規制・基準を策定中**
    - カリフォルニア州IoT法令（2020年1月～）がIoTに特化したアメリカ合衆国史上初の法令となり、主なフォーカスが情報セキュリティー要素となっている

**アメリカ合衆国におけるIoT法令体制**

| 主要行政機関の法令（連邦レベル） | その他行政機関の法令 州レベルの法令 |
|---|---|
| 国立標準技術研究所（NIST：National Institute of Standards and Technology）によるIoTガイドライン・標準 | カリフォルニア州IoT法令<br>オレゴン州IoT法令等<br>その他の州IoT法令 |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### リスク管理の方針

- **事業者側の安全マネジメントシステム実施が法令で義務化**されいる
  - メキシコ湾原油流出事故（Deepwater Horizon、2010年）までは体系的にリスクを管理・特定する規制要件がなかった（安全マネジメントシステム実施が義務されいなかった）ため、従来のアメリカ合衆国規制手法はリスク・ベースドではなかった
  - 連邦OSHAや他の行政機関がマネジメントシステムの導入に関する各種推薦事項を発表しているが、規制要求となっていない（事故調査は、最初の手続き後48時間以内に実施。ログブックや報告書管理など事故防止のための体型的なシステム設置等）
  - “安全マネジメントシステムの義務付けだけで保安水準が担保されない。安全マネジメントシステムの質と現場での定着を保証する特定システムの選定、実施条件、監査体制の要求等に関して規定がなく事業者判断としている”（エキスパートインタビュー）

- 職場安全に対する**リスクアセスメントは義務化**されているが、その**具体的な評価手法と実施頻度、リスク許容範囲などに関して事業者判断**となっている
  - “リスクアセスメントは重要だが、アメリカ合衆国ではリスクアセスメントの質を担保するための明確な定義がない。まず、行政は良いリスクアセスメントの条件を明確に定義する必要がある。定義は漠然としすぎてもいけないが、限定しすぎても柔軟性を犠牲にすることになる。リスクアセスメントを経て事業者が目指すべき最終コールは何か、焦点を当てるべき項目や優先的に取り組むべき特定要素などを明確に示す必要がある”（エキスパートインタビュー）
  - “リスクアセスメントの実施頻度に関する要求がない。結果、事業者側でリスクアセスメントは十分な頻度で実施されていない”（エキスパートインタビュー）
  - 関連法令を定期的に確認し、**遵守度合いや運用実態に関して報告が義務化されている**
    - OSHAは年1回
  - “多くの事業者は規制要件の最低頻度となる年1回の保安監査に留まっている。行政と事業者の双方が保安リスクが変化しないことを前提としているが、多くの場合そうではない”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### 法令の厳格度と監査体制

- 保安規制違反時の罰則が中程度であり、事業者側の規制遵守への強制力が弱い
  - 連邦CSBやその他の行政機関による特定化学施設における事故原因調査が実施されているが、**連邦CSBは厳罰権限を有していない**ため、活動範囲が事業者や労働組合、連邦OSHAや連邦EPAへの報告・推薦に限定されている
  - “事業者は保安規制の違反に関して真剣に考えるほどの厳しい罰則がない”（エキスパートインタビュー）

- 行政側は**事業者のプラント保安・プロセス安全関連の法令遵守に関する実態が定期的に監査しきれていないうえ、対策が不十分である**
  - “行政側のプラント部門における専門性と監査キャパシティが大きな問題である。効果的な監視を実現できる専門人材が不足している。原因は、監査対象となる事業者数の多さ、規制対象の項目数の多さである。人材不足を解消する対策も実行していない。例えば、①自主的保護プログラム（VPP：Voluntary Protection Program）のような自主保安を促進する行政施策をもっと増やすこと、②非規制団体へ監査権限を移譲すること、③監査対応に関してAIなど先進技術を導入し、最適な監査対象と監査時期を特定することなど、の対策がない。”（エキスパートインタビュー）
  - “OSHAなど規制機関は、リスク評価の本質を理解する十分な能力に欠けている。優れたリスク評価には何が必要かを客観的に定義できておらず、定量的データ（統計分析、潜在的事故規模の数値化など）だけでなく、定性的データ（ビジネス文化、ヒューマン要素など）も考慮していない”（エキスパートインタビュー）

- 事故後の事業者側の対応を規制する**行政側の規制要求が標準化されていない**
  - “地域（州）によって行政機関と規制要求（事故後対応、原因分析、再発防止対策等）が異なるため、同じ事業者でも同類の保安事故が多発し、事故再発の抑制力が弱い”（エキスパートインタビュー）

- **評価が高い事業者には監査実施頻度、範囲の簡略化などのインセンティブ付与**
  - “プラント保安実績が優れている事業者を優遇する自主的保護プログラム（VPP）を設けており、同制度によって保安体制に対する評価によって事業者が行政監査が減る仕組みとなっている”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### プラント保安を担保するマネジメントシステム

- **安全マネジメントシステムを導入しているが、機能性に関する規制要求はないため、保安の重要要素が定着していない**
  - 事業者がANSI/Z10やISO14001など主要マネジメントシステムを導入している
  - “安全マネジメントシステムの導入によって、保安事件の際のエスカレーションの仕組みができているものの、保安情報はマネジメント議題とならない“（エキスパートインタビュー）
  - “安全マネジメントシステムの義務付けだけで保安水準が担保されないため、事業者内での保安情報の共有が定着していない。事業者の安全データはバラバラで、連動していない。又、安全性に関する情報は部門間で共有されていない。例えば、メンテナンス担当者は将来を見据えた兆候情報まで積極的に展開したがらない。又、ほとんどの石油化学事業者では、既存の規制遵守に過度に集中しているため、保安部門における将来リスクや脆弱性など重大事故の危険性を十分に検討していない。例えば、保安関連情報は取締役会の議題に入っていない”（エキスパートインタビュー）
  - “リスクアセスメントの結果を、安全マネジメントシステム、標準作業手順書、文化的な変革、技術規範の変更に結びつける必要がある。多くの企業は、定量的リスクアセスメント（QRA： Quantitative Risk Assessment ）の結果を実際の火災緊急計画や演習に結びつけることができていない。 従って、多くの定量的リスクアセスメントはその場しのぎで、実際の標準作業手順書に使用されることはない”（エキスパートインタビュー）

- 各種安全マネジメントシステムが導入されているが、**プラント保安・プロセス安全に関する現場保安員参画（Operator Involvement）が限定的である**
  - “雇用形態において労働者の立場が弱く、労働組合の活動も限定的であることなどが原因で、従業員の経営方針への影響が限定的である。保安領域においても、従業員一人一人に対して与えられている権限と影響力が弱い”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### プラント保安に関するタレントマネジメント

- 連邦OSHAからの法令の複雑性が高いため、**プラント保安・プロセス安全に関するトレーニングの実施が必須となっている**
  - 連邦OSHAは、事業者に対する独自のトレーニング・プログラムを提供している
  - 連邦OSHAによる10時間、30時間のプラント保安・プロセス安全関連コースが実施され、事業者が初期研修実施後、3年毎に研修の再受講が義務化されている

- **事業者側の保安員選定に対する評価基準が曖昧である**ため、適切な人員配置ができていない事例が多い
  - ”多くの場合、事業者が、採用する保安員の経験と知識水準に対する明確な採用基準を設けていない。従って、事業者の保安担当として任命している人材の多くがその役割を十分に果たせる能力を持っていない場合が多い”（エキスパートインタビュー）

- 事業者側で保安員の次の世代の育成や保安技術・知識継承等、**様々なタレントマネジメント課題に直面しているが、マネジメント側の問題として考えられていない。対策も打っていない。**
  - “プラント保安が経営の重要KPIとなっていないため、事業者側でタレントマネジメント課題に対する認識不足と対策が不十分である。例えば、社内保安知識ベースの構築、保安教育プラットフォームの構築など保安教育強化への投資が不十分している。又、ヒューマン要素として保安員同士の世代間ギャップが原因でプラント内の衝突も多発しているが、マネジメントは世代間のギャップを埋めるための対策を行っていない。労働人口推移からしてプロセス産業界において今後は大量の経験者が退職年齢を迎えるにもかかわらず、保安員の早期退職を実施している事業者も多い”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (1)アメリカ合衆国

### プラント保安に対するマインドセット

- 規制要求を超えて保安取組みに関して努力する事業者側の動機がないため、事業者の**プラント保安・プロセス安全対策において自主性・主体性に欠けている**
  - “行政から出されている規範的な規制手法の下では、事業者の保安取組みが現行法令で規定された規制要件を満たす水準にとどまっており、その規定水準を超える安全向上施策を導入する動機・インセンティブがない。従って、事業側のプラント保安の取組みの多くが**行政規制項目の遵守（コンプライアンス）にフォーカスし、将来リスクの事前検知に集中していない**”（エキスパートインタビュー）

- 多くの事業者は、**プラント保安・プロセス安全課題は、生産現場・運用部門の課題としか認知していないため、経営マターとされていない。保安要素は意思決定の重要KPIとなっていない**
  - “経営者にとって最も重要なKPIは投資収益率(ROI)となっている。一方、保安要素はコストとして見られるため、削減対象とされることが多い”（エキスパートインタビュー）

- **プラント保安分野の失敗談が組織外で共有されることに対して事業者は消極的**
  - “事業者同士の競争意識が高いため、保安分野を含めて事業者の失敗談は企業秘密にされることが多い”（エキスパートインタビュー）

- プロセス産業において、**新技術（IoTを含む）や手法の導入に関して保守的な姿勢をとっている**
  - “一番の理由として、規制で求められる水準以上に保安努力をする動機がないため、新技術（IoTを含む）や手法の導入は事業者側で不要なリスクとコストとしか見られていない。例えば、最新型の個人用防護具（PPE：Personal Protective Equipment）を検討していた**事業者が導入を断念した理由として①規制要求にない最新技術であるため、不要なコストと判断されたこと、②IoT機器の承認手続きが煩雑で、かなりの時間と労力がかかること、③IoT機器の安全性に対する実績が不足していると判断された**ことが挙げられる”（エキスパートインタビュー）
  - “プラントにおけるデータ収集を可能とする機器導入が一定水準進んでいるが、データ分析領域における技術革新が不十分である。結果、事業者側での保安データが連携しておらず、予防保守や予兆検知など保安力向上につながっていない”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (2)EU

### プラント保安に関する EUの法令体制・主要機関

- 1982年、**Seveso事故（イタリア、1976年）後に、EU全域におけるプラント保安・プロセス安全事故を防止・管理するために『Seveso-I』指令が採択**された
- 1989 年、採択された『**欧州労働安全衛生枠組み指令』(Directive 89/391 EEC)** はEU経済圏におけるプラント保安の中心となる指令であり、EU全域において**最低限の安全衛生上の要求項目遵守をメンバー国に対して義務化**した
- 2012年、採択された『**Seveso-III』(Directive 2012/18/EU)**により、メンバー国に対して下記の要求項目を義務化した
  - Upper-tier 施設（危険物保有量が指令で定めた許容範囲以上の施設）*1に対する行政側の緊急時対応計画の策定
  - 製造施設の立地に関する土地利用計画の策定
  - 保安関連情報の公開
  - 事故発生時に緊急対応を含めて必要措置がすべて実施されていることへの保証
  - 欧州委員会（EU Commission）への事故報告
  - 監査体制の実施
- EU経済圏でプラント保安・プロセス安全の中心となる機関：
  - **欧州労働安全衛生機関（EU-OSHA : European Agency for Safety and Health at Work）**：職場安全衛生にフォーカス
  - **欧州環境機関（EEA : European Environment Agency）**：環境保全にフォーカス

### メンバー国における EU指令の採択、遵守実態

- 労働安全衛生に関するEU指令は、各メンバー国のプラント保安・プロセス安全完全法令に組み込まれている
  - **労働者を保護するための最低水準を設定**
  - メンバー各国の自国の法制はEU法令に基づいて策定
  - **EU指令の安全基準を上回るのは可、下回ることは不可**
  - **EU全域のプロセス産業における約12,000施設がSeveso-III指令の対象**
- 一部地域を除いて、**EU指令のメンバー国における遵守率は高い**
  - 2017年の調査結果報告書
  - クロアチア、ギリシャ、イタリアにおいてEU法令の遵守にギャップを特定
    - 生産現場にて確認された問題点：①行政側の緊急時対応計画の欠如、②同計画の訓練・演習の欠如

### メンバー国に対する EUの法的効力の範囲、支援体制

- Seveso-III指令の下で、**事業者に対する監査（定期監査と臨時監査の双方）の実施**と**違反した事業者に対する罰則装置**が義務化されている
  - メンバー国は、自国で活動する事業者の特性に適した監査システムを構築
  - メンバー国は、自国で活動するすべての事業者が監査対象となるように監査計画（全国と地域レベル）を策定
- Seveso-III指令の下で、**監査頻度の最低基準が義務化**
  - Upper-tier 施設（危険物保有量が指令で定めた許容範囲以上の施設）*1 **：1年に1回（最低基準）**
  - Lower-tier 施設（危険物保有量が指令で定めた許容範囲以内の施設）*1 **：3年に1回（最低基準）**
- 欧州委員会共同研究センターの**大事故災害局(MAHB : Major Accident Hazards Bureau）はメンバー国に対するEU指令の導入支援**（政策的・学術的・技術的支援）を実施している

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

*1 Seveso III法令ではプラント施設を危険物保有量によって危険度のカテゴリを定義して区分している。危険物保有量が法令で定めた許容範囲以内の施設はLower-tier 施設、危険物保有量が法令での許容範囲以上の施設はUpper-tier 施設となる。

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安関連の法令

- プラント保安・プロセス安全関連法令は**ゴール設定型（Goal-setting Regulatory Approach）**であり、行政による規制は労働者・周辺住民の安全と環境保護を担保するといった**ハイレベルの要求に留めている**
  - 事業者には自社活動（生産加工、保管、取り扱い、処理等）の安全性を担保するために、技術的な解決方法を含めて実践的な手段をすべて講じることを要求
- イギリスはEU保安指針を遵守しながら、**イギリス独自の保安法令体制を構築している**
  - 1984年、EUのSeveso I指令（1982年）
    - CIMAH法令（『産業災害危険管理規則』 ※CIMAH：Control of Industrial Major Accident Hazards Regulation）を施行
  - 1985年、事業者の事故発生時の行政報告を義務化（『傷害・疾病・危険発生報告規則』 ※RIDDOR：Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulation）
  - 1999年、EUのSeveso II指令（1996年）
    - COMAH法令（『重大災害危険管理規則』 ※COMAH：Control of Major Accident Hazards Regulation）を施行
  - 1999年、COMAH法令
    - 環境庁(EA)とスコットランド環境保護庁(SEPA)を設立
    - 環境保全にフォーカスしたプラント保安政策を管轄する行政機関

### プラント保安の歴史的背景

- **イギリスは『労働安全衛生法 』（HSWA：Health and Safety at Work etc Act、1974）を期に、規範的な規制からゴール設定型規制へと移行した**
  - 事業者に、**行政から設定したハイレベルの安全ゴール（Goal-setting）を達成するためにどのような対策をとってもよい**という柔軟性を付与
  - 事業者は、自社の採択した安全対策によってリスクが**「合理的に実行可能な限り低く（ALARP：As low as reasonably practicable）**保てていることを証明する必要
- **イギリスのEU離脱後にも、イギリスにおけるプラント保安・プロセス安全関連法令の方針は大きく変更しない**とみられる
  - EU中央からの保安法令がイギリス法令に多くの影響を受けているため
- 化学関連規制を中心とした更なる法改正への事業者側の期待が高まっている
  - 2021年1月1日より、化学物質を製造、販売、流通する事業者を対象に、化学物質取引規制を更新（『化学物質の登録・評価・認可・制限に関する規則』 ※UK REACH：Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

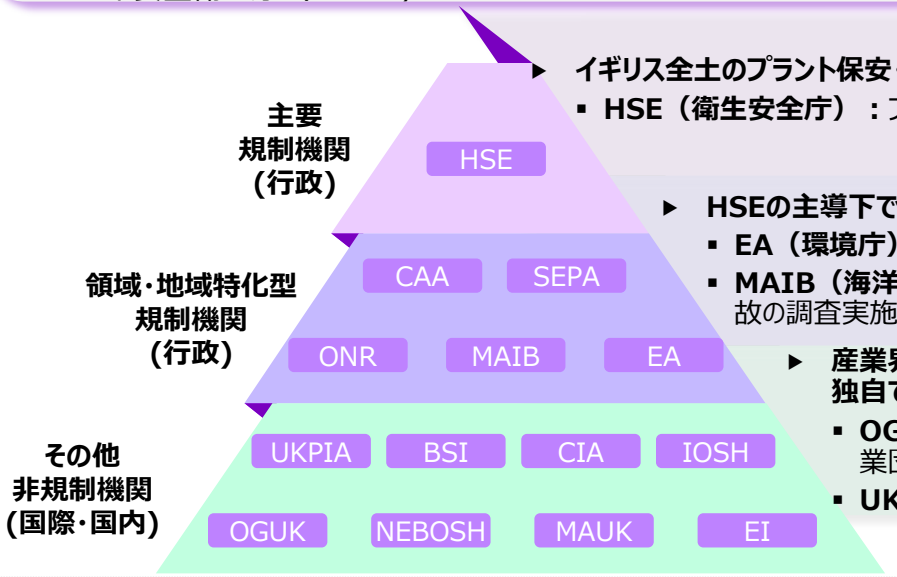
## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安法令に係る行政の体制

- **プラント保安・プロセス安全は2階層で管轄**
  - ①法令の策定・施行の主導権を有するHSE（Health and Safety Executive）
  - ②HSEをサポートする領域・地域に特化した他の行政機関
    - EA(Environment Agency)やSEPA(Scottish Environmental Protection Agency)等
- **保安分野における主導権はHSEに集約**
  - **行政機関同士の連携（ヨコ・タテ）が強い**
    - 2016年、航空業界における職場労働安全面の行政責任範囲を明確にするために主要規制機関がMoUを締結し、連携　※航空局（CAA）、安全衛生庁（HSE）、北アイルランド安全衛生庁（HSENI）
- **非規制機関（プロセス産業団体、研究機関等）のロビー活動が活発**
  - 各部門を代表するプロセス産業団体が保安政策の策定プロセスにおいて積極的に参画し、影響力を持っている
    - 規制の策定・改訂のプロセスで、産官学による有識者で構成されるタスクフォースチームを通過
- **安全衛生庁（HSE：Health and Safety Executive）がEU全体の労働安全衛生基準の向上をリード**
  - プラント保安分野において欧州労働安全衛生機関（EU-OSHA）や他のEUメンバー国行政機関と密に協力
    - 職場労働安全衛生に関する最新事例（成功例・失敗例の双方）を共有




- **イギリス全土のプラント保安・プロセス安全関連法令の策定・施行を産業横断的に管轄する規制機関**
  - **HSE（衛生安全庁）**：プラント保安・プロセス安全の主導権を有し、保安体制の全体枠組みの構築と保安規制の施行を総括的に管理
- **HSEの主導下で、プラント保安・プロセス安全関連法令の策定・施行を特定領域や地域に特化して管轄する規制機関**
  - **EA（環境庁）**：周囲環境の安全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全の規制・施行活動
  - **MAIB（海洋事故調査支部）**：イギリス領海におけるすべての船舶、イギリス領海外におけるすべてのイギリス登録船舶による各種プロセス安全事故の調査実施や原因特定活動
- **産業界の意向を保安政策に反映させ、事業者がプラント保安・プロセス安全関連法令が遵守できることを目標とする産業・商業団体が独自でプラント保安・プロセス安全関連の各種基準、ガイドライン、ベストプラクティス等を策定・推奨**
  - **OGUK（原油・天然ガス採掘協会）**：海上石油・ガス産業における保安課題の理解を深め、メンバー同士の情報交換を促進する産業団体
  - **UKPIA（石油産業協会）**：石油産業の下流部門における保安課題の理解を深め、メンバー同士の情報交換を促進する産業団体

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

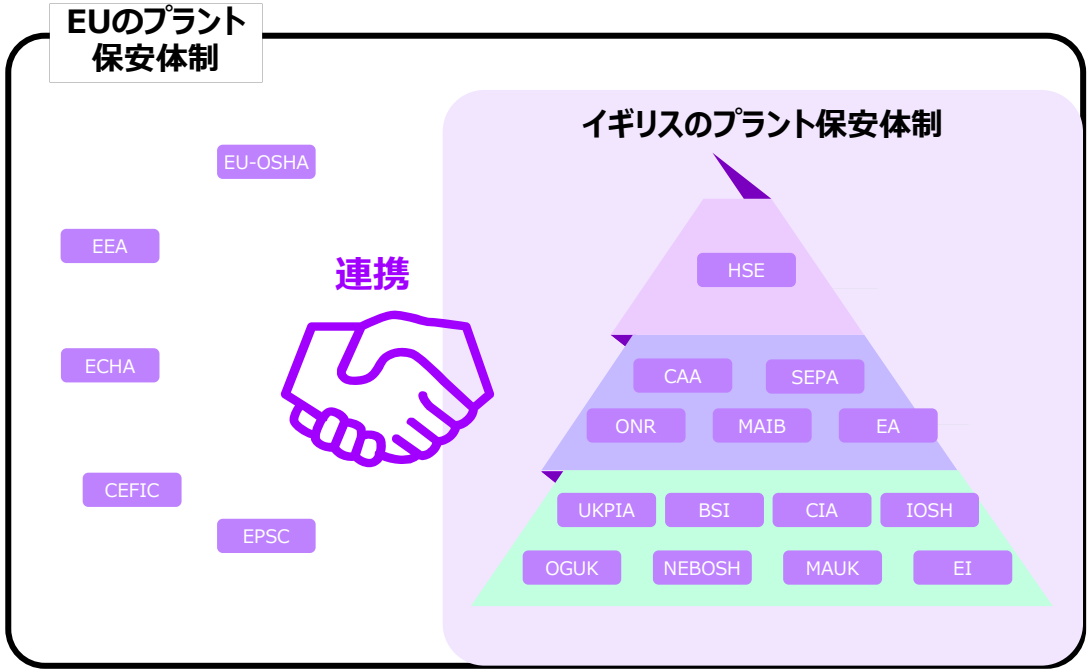
## (3)イギリス

### プラント保安に係るEUとイギリスの関係

- EU経済圏内のプラント保安・プロセス安全分野において、イギリスはその長い産業の歴史と事故件数の背景から**他のEUメンバー国と比べ先行している**
  - イギリスが、EUの中で保安規制を規範型から**リスクベースへ変更した最初の国**
- EUプラント保安指令の多くの要素は、**イギリスのプラント保安・プロセス保安規制を参考にし策定**されている

### EU離脱（Brexit）による影響

- EU離脱の結果、イギリスはEUのプラント保安体制枠から外れることとなるが、**イギリスとEU間での経済活動の観点から、今までの保安規制・基準の統一が維持され続ける**とみられる
- イギリスは多くのEU保安指針を尊守して来た一方、その都度イギリス独自の保安法令体制を構築してきたため、**EU離脱に伴うイギリスのプラント保安分野における影響は限定的**である




2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安に係る規制機関

【凡例】
産業カバー率* 低 ○ ◔ ◑ ◕ ● 高

| 機関 | 属性 | 設立年 | 活動概要 | 産業カバー率 |
|---|---|---|---|---|
| UK Health and Safety Executive (HSE) | 規制機関・行政 | 1975 | プラント保安・プロセス安全関連法令の主導権を有し、保安体制の全体枠組みの構築と保安規制の施行を管轄 | ● |
| Environment Agency (EA) | 規制機関・行政 | 1996 | イギリス全土における環境保全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全の規制・施行活動 | ◑ |
| Scottish Environment Protection Agency (SEPA) | 規制機関・地域行政 | 1996 | スコットランドにおける環境保全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全の規制・施行活動 | ◑ |
| Office for Nuclear Regulation (ONR) | 規制機関・特殊法人 | 2011 | イギリスにおける原子力産業の安全規制を管轄 | ◑ |
| Marine Accident Investigation Branch (MAIB) | 規制機関・行政 | 1989 | イギリス領海におけるすべての船舶、イギリス領海外におけるすべてのイギリス登録船舶による各種プロセス安全事故の調査実施や原因特定活動 | ◑ |
| Civil Aviation Authority (CAA) | 規制機関・特殊法人 | 1972 | イギリスの民間航空業界における各種規制を管轄 | ◑ |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ
*産業カバー率：機関が管轄対象とする産業領域の範囲

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安に係る非規制機関

【凡例】
産業カバー率* 低 ○ ◔ ◑ ◕ ● 高

| 機関 | 属性 | 設立年 | 活動概要 | 産業カバー率 |
|---|---|---|---|---|
| National Examination Board in Occupational Safety and Health (NEBOSH) | 非規制機関・教育 | 1979 | 保健・安全・環境マネジメントに関する各種職業資格を発行 | ● |
| British Standards Institution (BSI) | 非規制機関・規格協会 | 1901 | 幅広い製品やサービスに関する技術規格を策定し、事業者に対する認証やその他の規格関連サービスを提供 | ◕ |
| UK Petroleum Industry Association (UKPIA) | 非規制機関・産業 | 2007 | 石油産業の下流部門における保安課題の理解を深め、メンバー同士の情報交換を促進する非規制国際機関 | ◑ |
| UK Oil and Gas Industry Association (OGUK) | 非規制機関・産業 | 2007 | 海上石油・ガス産業における保安課題の理解を深め、メンバー同士の情報交換を促進する非規制国際機関 | ◑ |
| Institution of Occupational Safety and Health (IOSH) | 非規制機関・産業 | 1945 | 健康・安全の専門家のためのグローバル教育機関 | ◑ |
| The Chemical Industries Association (CIA) | 非規制機関・産業 | 1965 | イギリスの化学・製薬事業者の意向を政策プロセスにおいて届け、事業者への各種サポートサービスを提供 | ◑ |
| Mining Association of UK (MAUK) | 非規制機関・産業 | 1946 | イギリスの鉱業界事業者の意向を政策プロセスにおいて届ける各種活動 | ◑ |
| Energy Institute (EI) | 非規制機関・産業 | 2003 | エネルギー産業における情報共有を目的とするグローバル産業機関 | ◑ |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ
*産業カバー率：機関が管轄対象とする産業領域の範囲

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### 規制手法と干渉度

- **プラント保安・プロセス安全における規制手法の特徴はゴール設定型(Goal-setting Regulatory Approach)**であり、行政による規制は**労働者・周辺住民安全と環境保護を担保するといったハイレベルの要求に留める**ため、**行政による事業者の保安取組みへの干渉度が低い**
  - “イギリスは昔、規範型であったが、60年代に発生した重大な事故がきっかけで制定された『労働安全衛生法 』（HSWA：Health and Safety at Work etc Act、1974）を期に、規範的な規制からゴール設定型規制へと移行した”（エキスパートインタビュー）

- **ゴール設定型であるため、プラント保安・プロセス安全に関する全責任を事業者が負う**
  - “事業者には自社活動（生産加工、保管、取り扱い、処理等）の安全性を担保するために、技術的な解決方法を含めて実践的な手段をすべて講じることが規制要求。従って、保安分野におけるすべての取組みが事業者判断となり、その機能性に対する妥当性評価も事業者の責任となる。一方、行政は事業者のプラント現場レベルにおける各種活動に干渉しない。行政は、規制で定められたハイレベルの保安要求が担保されているかどうかに対する実態調査・監査活動のみに注力”（エキスパートインタビュー）

- **保安規制の主導権はHSE（衛生安全庁、**UK Health and Safety Executive**） に集約化されるうえ、ゴール設定型であるため規制項目も少ないため、保安規制はシンプル**
  - “プラント保安規制に関してHSEが行政側を統括し、法規制の決定権限も有しているため、保安規制の矛盾点は少ない”（エキスパートインタビュー）

- ゴール設定型の規制では、プラント安全の重要要素である**安全文化要素（Safety Culture）、安全マネジメント要素、継続的な改善に関する検討・対策のフレームワーク（Framework for Continuous Improvement）やヒューマンエラー要素も事業者が保安維持のために配慮すべき対象となる**
  - “イギリスのゴール設定型の規制では、事業者が取り組むべき項目に関して**行政が一切関与しない**。但し、考慮すべきすべての重要要素を事業者が正しく特定した上、必要だと思われる対策のすべてを実行することが行政から求められるため、自主保安は進んでいる”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラントにおけるIoT技術活用に係る法令

- 保安規制がゴール設定型であるため、**新技術（IoTやドローン等）の導入に関して、規制する項目がなく、柔軟性も高い**
  - “行政は、自主保安の下で**事業者に新技術導入の判断の裁量**を与え、自己責任の下、柔軟に導入できるようにしている。但し、新技術導入の際に事業者側で必要とされるすべてのリスク評価や緊急計画を再度実施する必要がある。その適正に関する全責任を事業者が負う”（エキスパートインタビュー）
  - “規制項目が少ないため、プロセス産業におけるIoT導入は他国に比べて進んでいる”（エキスパートインタビュー）

- **IoT技術活用・導入に特化してプラント保安を規制する法令は策定されていない**
  - “産官学を含めてIoT技術導入をめぐる議論は試行錯誤ステージにある”（エキスパートインタビュー）
  - イギリス行政は、サイバーセキュリティに対する既存**コード・オブ・プラクティス（CoP : Code of Practice）**を拡張させる方針である
    - 2年毎にCoPを更新する。『消費者向け IoT 製品のセキュリティに関する行動規範』にはユニークパスワード設定、ソフトウェア更新など要求が含まれる

**IoTセキュリティに関するコード・オブ・プラクティス（CoP）**

| | | |
|---|---|---|
| No default passwords | Implement a vulnerability disclosure policy | Keep software updated |
| Securely store credentials and security-sensitive data | Communicate securely | Minimise exposed attack surfaces |
| Ensure software integrity & Validate input data | Ensure personal data is protected | Make system resilient to outages |
| Monitor system telemetry data | Make it easier for consumer to delete personal data | Make installation and maintenance of devices easy |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### リスク管理の方針

- **保安規制で安全マネジメントシステム（SMS：Safety Management System）の実施が義務化**
  - “ゴール設定型であるため、特定システムの選定判断、機能性や定着・実施に対する責任を事業者が負う”（エキスパートインタビュー）

- **リスクアセスメントが義務化され、その具体的なリスク許容範囲の評価、評価手法、行政報告体制もハイレベルで規定**
  - **リスク許容範囲：**リスクをゼロにすることを求めていないALARP方針を導入している。事業者は自社活動内容と事業環境を適正にアセスし、すべてのリスクを特定した上で「合理的に実行可能な限り低く（ALARP：As low as reasonably practicable）」するために必要な対策をすべて設置していることを保証しなければならない
  - **リスク評価方法：**定量的リスクアセスメント（QRA：Quantitative Risk Assessment）と定性的リスクアセスメントの双方を活用するSemi-quantitative評価方法
  - **行政報告体制：**事業者に自社の事業範囲で起こり得るハザードと自社対策を評価した**セーフティーケース（Safety Case）、セーフティーレポート（Safety Report）の作成・提出を義務化**
  - “事業者が、リスク管理に関する全責任を負い、行政は事業者から提出される報告書（セーフティーケース）に対して内容に関するアドバイス・サポートはしない。行政は「承認」（Accepted）ではなく「受理」（Received）された事実のみ記録するため、事業者の保安の仕組みに対する評価が事業者側の責任となっている”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細
## (3)イギリス

### 法令の厳格度と監査体制

- **保安規制違反の罰則は厳しく、規制遵守への強制力が強い**
  - “保安インシデントに対して経営者が刑事責任を負う。さらに、**行政監査員は、事業者に対する情報開示・業務改善命令、罰則装置などに関する決定権限を法的に与えられている**ため、事業者は日常の運用において保安遵守のためにかなり真剣に向き合い、行政監査対応に臨んでいる”（エキスパートインタビュー）

- **行政側の監査が最適化**されている
  - 行政監査は外部機関へ移譲されていない。イギリスにおける保安検査・監査に係る経費は事業者負担となっているため、監査実施の頻度と質に対する行政側の制約がない
  - 事業者の事故歴や保安規制違反歴などの情報に基づいて、行政側の監査業務が最適化されている（監査対象者や監査頻度など）
  - 行政監査員の採用基準が非常に厳しく、事業者の実態調査・監査を客観的に評価できる十分な経験や知識を有している
  - “行政監査員になるためには、最低条件として10年以上の保安現場経験が必要である“（エキスパートインタビュー）

- **行政監査が統括され（HSE）、保安基準の格差が少ない**
  - “行政側で共同タスクフォースの設立、保安関連事例・情報の共有などがある。又、プラント保安における将来リスク（Future Vulnerability）を特定し、予防するために行政は産業界と戦略的に連携している”（エキスパートインタビュー）

- 保安規制の遵守が芳しい事業者に対する特別な行政優遇措置が設けられていないものの、**評価が高い事業者に対する行政監査の実施頻度や監査範囲の簡略化が事業者にとってインセンティブとなっている**
  - 行政に対して自社事業におけるプラント保安情報を積極的に開示・共有することが事業者に対する良い評価の一要素となっている
  - 行政監査の実施頻度は固定されておらず、「必要とされる頻度で実施」（As often as required）となっている

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安を担保するマネジメントシステム

- **安全マネジメントシステムを導入し、機能性に関する責任を事業者が負うため、保安における重要性を定義したフレームワークが定着している**
  - “プラント保安に対する全責任を事業者が負うため、安全マネジメントシステムの慎重な検討と実践が一般的である（ISO31000（国際）、HSG65（イギリス）などのマネジメントシステムを導入する）。又、必要な保安KPIを設定・管理しながら定期的な保安関連情報の共有・伝達（組織内外）を実施する”（エキスパートインタビュー）

- マネジメントに対する**エスカレーションの仕組みが成立**している
  - “イギリスでは国民が「Greater good」（公益）を最優先する特性がある。従って、部門・組織の壁を越えて個人の失敗談を周りに共有されることが一般的である。その結果、事業部門間での保安情報共有が進んでおり、保安指標が組織の壁を越えて発表されるため、具体的な施策が現場の業務レベルまで反映されることが多い”（エキスパートインタビュー）

- プラント保安における**事業者方針に対して従業員（労働組合）が影響力を持つ**
  - “パイパー・アルファ火災事件（1988年、167名死亡事件）の被害規模原因の一つは、現場従業員の決断権限が限定的だったことだと判断され、保安規制がその是正へと進んだ”（エキスパートインタビュー）
  - “プラント保安対策を含めて労働者の意向を経営者に対して強く出張する労働組合が活動し、経営方針に対して影響力を持っているため、従業員一人一人の保安問題に対する指摘・主張が一般的”（エキスパートインタビュー）

- 保安分野において事業者が**第三者専門機関を活用する用途は事業者側の責任リスクの回避目的より、複雑なリスク評価・対策装置の理解目的にある**
  - 定量的リスクアセスメント（QRA）は複雑さが高く、一般事業者が独自で実施することが困難であるため、第三者専門機関（保安コンサル）へ外注するケースが一般的である

- セーフティーケース(Safety Case)、セーフティーレポート(Safety Report)の作成・提出だけではなく、**従業員・周辺住民・行政を含む事前訓練・演習を実施している**


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安に関するタレントマネジメント

- 保安規制は従業員の保安教育に関して詳細に規制していないが、**事業者は様々な教育体制を設けていることが一般的**である
  - “行政は事業者の保安教育取組みに関して関与していないが、保安分野における適正な人材配置や教育体制等が事業者責任とされているため、事業者が従業員の保安教育と保安水準の強化に重点をおき、プラント保安員と従業員の保安知識水準を評価する適正なKPIを設定する“（エキスパートインタビュー）
  - 保安教育研修を徹底して実施する
    - 3年に1回以上、必要に応じて再受講など
    - 社内で特定分野専門家 （SME：Subject Matter Expert）や技術専門家（Technical Assistant/Coordinator）の育成
    - イギリスのすべての企業が技術者の継続教育（CPD：Continuous Professional Development）を重視

- **プラント保安員の人材不足、知識継承問題**に直面しているが、対策が不十分である
  - “プロセス産業への若い世代の印象が悪いため、就職先としての希望順位が低い。それに対して、事業者は対策をとっていない”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (3)イギリス

### プラント保安に対するマインドセット

- 経営者が重要KPIの観点でバランスを重視する傾向にある**（ファイナンシャル指標とプラント保安指標のバランスを目指している）**
  - プラント保安指標を含むサステナビリティ・レポート（ Sustainability Report ）が事業者から重要視されている
  - 保安領域における事件や問題が経営層の議論までエスカレートする

- **プラント保安分野の失敗談は組織内外で積極的に共有されている**
  - “イギリスにおいて個人や組織の失敗談を組織内外のステークホルダーと共有することで公益（Greater Good）や社会貢献する国民文化が定着しているため、プラント保安分野における情報共有が組織や事業者の壁を越えて共有されている”（エキスパートインタビュー）
  - 産業団体が活発で、プラント保安に係る事件、課題、トレンド情報を交換する

- 保安取組みの改善と効率化が事業者責任となっているため、**新技術、手法の導入は事業者側で積極的**に検討される。結果、**イギリスのプロセス産業におけるIoT技術の導入率はその他のプロセス産業が盛んな国々と比べると先行している**
  - “イギリスの中でも、化学・石油・ガス産業界は、他分野の業界と比較すると保守的である。IoT機器を含め、新しい技術を導入する度に事業者によるリスクアセスメントの再評価が必要とされているため、安全リスク観点で保守的な化学・石油・ガス業界におけるIoT技術活用普及に他業界と比べてより後進”（エキスパートインタビュー）
  - “プラントにおけるデータ収集を可能とする機器導入が一定水準進んでいるが、データ分析領域における技術革新が不十分である。結果、事業者側での保安データが連携しておらず、データに基づく予防保全や予兆検知など保安力向上につながっていない”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安関連の法令

- プラント保安・プロセス安全関連法令は**規範的要素を持つゴール設定型（Goal-setting Regulatory Approach）**となっており、**イギリスの"セーフティーケース"（Safety Case）アプローチを重視している**
  - 2009年、職場安全衛生法（Workplace Safety and Health Act）が策定され、保安リスクを**「合理的に実行可能な限り低く（ALARP：As low as reasonably practicable）にするための措置を講じることを義務化**
  - 事業者の適切な対策を特定して実施する自由
  - **規制行政は事業者のセーフティーケースをレビュー・評価**

- プラント保安・プロセス安全規制は、**海外の規制フレームワークに基づいて策定されている**
  - 2012年、シンガポール経済開発庁（EDB）からの要請により、HSEの安全衛生研究所（Health and Safety Laboratory）はシンガポールの定量的リスクアセスメント（QRA）ガイドラインの策定プロセスを支援

### プラント保安の歴史的背景

- **2017年、イギリスの"セーフティーケース"（Safety Case）を導入し、規範的な規制からゴール設定型規制へと移行した**
  - 2013年、労働省（MOM）が産官学の代表団体をEUへ派遣し、**EUの先進国におけるプラント保安・プロセス安全管理の実態を学習・調査**
    - 参加機関：SCDF、NEA、JTC、EDB、SCICなど
  - 2017年、『Workplace Safety and Health (Major Hazard Installations) Regulations 2017』法令によって導入
  - 2018年、シンガポールは初の「国際セーフティーケースシンポジウム」を開催

- 2006年、シンガポール独自の**安全マネジメントシステム（SS 506: Part 3）を策定**


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

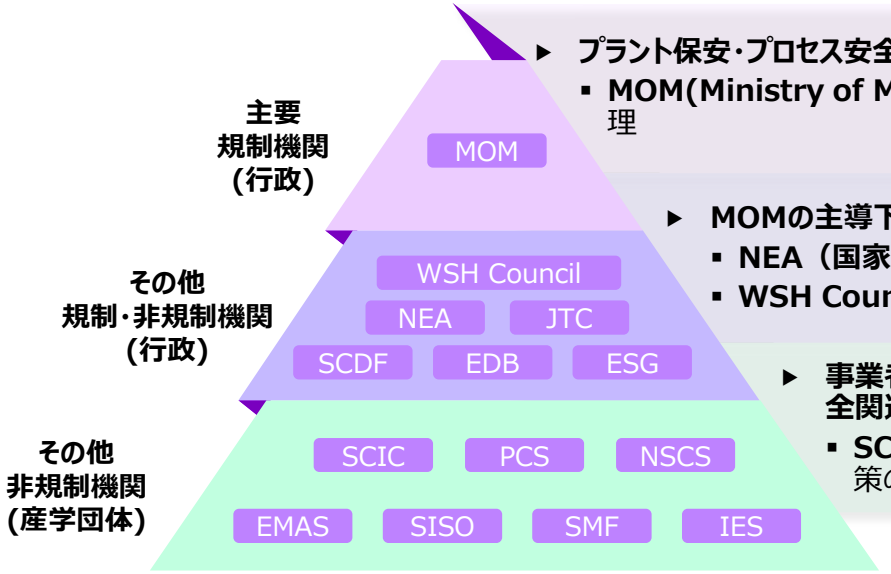
## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安法令に係る行政の体制

- **プラント保安・プロセス安全は2階層で構成**
  - ①法令の策定・施行の主導権を有する労働省（MOM：Ministry of Manpower）
  - ②MOMをサポートする各領域に特化したその他の行政機関によって管轄される
    - NEA（National Environment Agency）やWSH Council（Workplace Safety and Health Council）等
- **保安分野における主導権がMOMに集約**
  - 行政機関同士の連携（ヨコ・タテ）も強い
    - 事業者のセーフティーケースを評価する監査専門機関（MHD：Major Hazards Department）の保安員はいくつかの行政機関メンバーから構成　※民間防衛局（SCDF）、国家環境庁（NEA）等
- **政府は保安分野において国内外の規制・非規制機関（産官学）との連携を重要視**
  - 国内との連携事例：2017年、MOMは科学技術研究庁・化学工学研究所（ICES）に保安分野における研究開発、政策策定サポート等の業務を委託
  - 海外との連携事例：2015年、MOMとHSE（イギリス）は覚書を締結し、プラント保安分野において密に協力
    - 職場安全衛生関連事例の共有、保安分野における学術的研究と規制知見の共有など
- **保安規制を策定する行政側の担当者の多くは保安分野における経験値が不十分であるため、国内外の産官学から集めた示唆を保安政策方針に反映できていないことが多い**




- **プラント保安・プロセス安全関連法令の策定・監査を産業横断的に管轄する規制機関**
  - **MOM(Ministry of Manpower)：**プラント保安・プロセス安全の主導権を有し、保安体制の全体枠組みの構築と保安規制の施行を総括的に管理
- **MOMの主導下で、保安・プロセス安全関連法令の策定・施行を特定領域に特化して管轄する行政機関**
  - **NEA（国家環境庁）：**周囲環境の安全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全の規制・施行活動
  - **WSH Council（職場安全衛生評議会）：**プラント保安関連規格・基準を産業界において促進する各種活動
- **事業者はプラント保安・プロセス安全関連法令が遵守できることを目標とする産業・商業団体が独自でプラント保安・プロセス安全関連の各種基準、ガイドライン、ベストプラクティス等を策定・推奨**
  - **SCIC（シンガポール化学工業会議）：**化学産業における保安課題の理解を深め、メンバー同士の情報交換を促進し、保安政策の策定プロセスにおいて事業者の意向を代表して参画する各種活動

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安に係る規制機関

【凡例】
産業カバー率* 低 ○ ◔ ◑ ◕ ● 高

| 機関 | 属性 | 設立年 | 活動概要 | 産業カバー率 |
|---|---|---|---|---|
| Ministry of Manpower (MOM) | 規制機関・行政 | 1998 | プラント保安・プロセス安全関連法令の主導権を有し、保安体制の全体枠組みの構築と保安規制の施行を管轄 | ● |
| Workplace Safety and Health Council (WSH Council) | 規制機関・行政 | 2008 | 労働省（MOM）の下部組織で、プラント保安関連規格・基準を産業界において普及・促進する各種活動を実施 | ● |
| National Environment Agency (NEA) | 規制機関・行政 | 2002 | 環境省（MSE）の下部組織で、シンガポールにおける環境保全にフォーカスして産業横断的にプラント保安・プロセス安全の規制・施行活動 | ◑ |
| Singapore Civil Defence Force (SCDF) | 規制機関・行政 | 1982 | 内務省（MHA）の下部組織で、エマージェンシー・サービス（救急、消防、救助等）を管轄し、危険物事故の緊急対応や防災安全関連規制を施行 | ◑ |
| Economic Development Board Singapore (EDB) | 非規制機関・行政 | 1961 | 貿易産業省（MTI）の下部組織で、官民連携を促進し、持続可能な産業活性化を目指す各種活動を実施 | ◑ |
| Jurong Town Corporation (JTC) | 非規制機関・行政 | 1968 | 貿易産業省（MTI）の下部組織で、工業・商業地区の開発を企画し、持続可能な産業発展を目指す各種活動を実施 | ◑ |
| Enterprise Singapore (ESG) | 非規制機関・行政 | 2018 | 貿易産業省（MTI）の下部組織で、中小企業やスタートアップ企業支援やイノベーションを促進し、産業・貿易活性化を目指す各種活動を実施 | ◑ |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ
*産業カバー率：機関が管轄対象とする産業領域の範囲

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安に係る非規制機関

【凡例】
産業カバー率* 低 ○ ◔ ◑ ◕ ● 高

| 機関 | 属性 | 設立年 | 活動概要 | 産業カバー率 |
|---|---|---|---|---|
| National Safety Council Of Singapore (NSCS) | 非規制機関・産業 | 1966 | 職場安全衛生分野における教育・トレーニングを企画し、シンガポールにおける保安水準の向上を目指す産業機関 | ◕ |
| Singapore Institution of Safety Officers (SISO) | 非規制機関・産業 | 1975 | 職場安全衛生分野における保安員の教育・トレーニングを企画し、シンガポールにおける保安水準の向上を目指す産業機関 | ◕ |
| Singapore Chemical Industry Council (SCIC) | 非規制機関・産業 | 2007 | 化学産業における保安課題の理解を深め、メンバー同士の情報交換を促進し、保安政策の策定プロセスにおいて事業者の意向を代表して参画する各種活動 | ◑ |
| Petrochemical Corporation Of Singapore (PCS) | 非規制機関・規格協会 | 1977 | シンガポール石油化学産業の効率的な運営に対する支援活動、政策方針に事業者の意向を反映さながらプロセス安全を促進する各種活動を実施 | ◑ |
| Environmental Management Association of Singapore (EMAS) | 非規制機関・産業 | 1986 | 環境領域に活動する事業者の専門性を高めるためのプラットフォーム構築 | ◑ |
| Singapore Manufacturing Federation (SMF) | 非規制機関・産業 | 1932 | シンガポールプロセス産業の意向を政策プロセスにおいて反映させる各種ロビー活動を実施 | ◑ |
| The Institution of Engineers, Singapore (IES) | 非規制機関・協会 | 1966 | シンガポールのエンジニアリング専門家で構成される協会で、行政から高い専門性が求められるエンジニアリング課題に対して各種協議・フィードバック依頼に対応 | ◑ |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ
*産業カバー率：機関が管轄対象とする産業領域の範囲

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### 規制手法と干渉度

- プラント保安・プロセス安全関連法令はイギリスのHSE（衛生安全庁）と連携し策定しているため**ゴール設定型（Goal-setting）**となっているものの、**規範性が強く保安規制の干渉度が高い**
  - “シンガポールは政策や教育において諸外先進国から学ぶこと重要視している。イギリスの植民地であった歴史的背景を持ち、イギリスとの政治・経済的な交流が強く、プラント保安・プロセス安全分野においてイギリスと同じゴール設定型の規制手法を導入している。しかし、政治・歴史・文化的な背景が原因で真のゴール設定型保安規制の実現に苦労している
    - 政治的背景：シンガポールは国家設立以来、一党政権や二人の首相のみの指導で歩んできているため、民主主義・市場経済となっていながらも経済界への政府規制とコントロールが強い傾向にある
    - 歴史的背景：国の歴史が短い背景を持ち、有能な人材と産業界への知見が不十分である。行政側の人材の能力水準が不十分であり、第三者監査機関に頼りすぎている。例えば、行政側からの講演や資料内容は具体性に欠けていることが多い
    - 文化的背景：単独決断と自己責任を回避したがる国民の文化背景がある。事業者が保安に関する全責任を回避できる規範的な規制体系を好み、行政もできる限り詳細に規制する方針を重視している。例えば、イギリスと同じくセーフティーケース（Safety Case）を導入しているが、その内容詳細（作成方法や評価軸等）に関して規範的“（エキスパートインタビュー）

- **ゴール設定型であるため、プラント保安・プロセス安全に関する全責任を事業者が負うが、規制の規範要素によって一部責任は行政側で分担している**
  - “事業者の保安活動を詳細に規制しないイギリスのゴール設定型アプローチを導入しているものの、事業者の活動や技術手法を評価・承認する責任を行政側が負い、規制遵守実態の評価に対する責任を行政認可の第三者監査機関が負っている。従って、イギリスのゴール設定型の保安規制アプローチと本質的に異なっている”（エキスパートインタビュー）

- プラント保安・プロセス安全領域における**行政機関の体制として、主導権が労働省（MOM）に集約されている**ことと、**行政間での連携が盛んに実施**されているため、事業者が遵守すべき保安規制の複雑性と矛盾点が少ない
  - ”国の歴史的な背景がある、経済界における政府コントロール・関与が強い。保安分野においても、決断権が労働省（MOM）に集約している。さらに、国土が広くないことと、プロセス産業における事業者数が限られていることが原因で、保安規制を複雑に分解する必要性が少ない“（エキスパートインタビュー）

- イギリスと同様にゴール設定型の規制であるため、プラント安全の重要要素である**安全文化要素（Safety Culture）、安全マネジメント要素、継続的改善要素（Framework for Continuous Improvement）やヒューマンエラー要素も事業者が保安維持のために配慮すべき対象となる**

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラントにおけるIoT技術活用に係る法令

- イギリスと同様に保安規制がゴール設定型であるため、**新技術導入を制約する規制項目が少なく、柔軟性が高い**
  - 新技術（IoTやドローン等）の導入に関する政府の動きが諸外先進国と比べてより積極的である
  - “シンガポールは天然資源がなく、サービス産業を中心に発展してきた。従って、経済発展に欠かせない重要要素が科学・技術となっている。国民の教育水準も高く、国策として重視している。新技術導入に向けて法令策定や規制緩和等の政府の動きが早く、公的支援施策も多く企画されている”（エキスパートインタビュー）

- **IoT技術活用・導入に特化してプラント保安を規制する法令は策定されていない**
  - “産官学を含めてIoT技術導入をめぐる議論は試行錯誤ステージにある”（エキスパートインタビュー）
  - この10年間において**シンガポールはIoTエコシステムの開発を進めている**
  - 2013年、政府の主導でIoT技術委員会が設立され、IoTアーキテクチャ、相互運用性、セキュリティ、データ保護などの分野における**IoT基本規格を策定**
  - 2017年、シンガポール半導体産業協会（SSIA）はIoTデバイスのコネクティビティ関連規格を策定する業界団体であるOpen Connectivity Foundation（OCF）と協力し、**シンガポールの中小企業やスタートアップ企業に同団体のIoT規格導入を促進**
  - 2019年、労働省（MOM）は2028年までの**職場安全衛生領域において技術を活用するエコシステム構築を目指すロードマップ戦略を発表**『WSH：Workplace Safety and Health 2028』

**行政主導で策定したIoT関連基準・規格**

- TR 38：2014 Sensor network for smart nation (public areas)
- TR 40：2014 Sensor networks for Smart Nation (homes)
- TR 47：2016 IoT reference architecture for Smart Nation
- TR 50：2016 IoT information and services interoperability for Smart Nation
- TR 64：2018 Guidelines for IoT security for smart nation


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### リスク管理の方針

- **行政機関はシンガポール独自の安全マネジメントシステム（SMS）を開発し、その導入を義務化している**
  - “行政主導で開発した**シンガポール安全マネジメントシステム『SS 506: Part 3』は、シンガポールの化学プロセス産業を前提に職場安全衛生領域にフォーカスして策定**されたものである。ISO31000など他の安全マネジメントシステムと比べて規範要素が強い。”（エキスパートインタビュー）
  - “例えば、事業者の安全マネジメントシステムに対する**監査実施が2年に1回と義務化**され、その**監査実施が行政認定の第三者監査機関**と定められている”（エキスパートインタビュー）

- **リスクアセスメントが義務化され、その具体的なリスク許容範囲の評価、評価手法、行政報告体制もハイレベルで規定。**尚、イギリスと同様に自主保安の方針を導入しているが、その規範性が高いため、**事業者のリスクアセスメントの妥当性に対する評価責任を行政が分担している**
  - **リスク許容範囲：**リスクをゼロにすることを求めていないALARP方針を導入している。事業者は自社活動内容と事業環境を適正にアセスし、すべてのリスクを特定した上で「合理的に実行可能な限り低く（ALARP：As low as reasonably practicable）」するために必要な対策をすべて設置していることを保証しなければならない
  - **リスク評価方法：定量的リスクアセスメント（QRA）が義務化されているが、その妥当性を正しく評価できる監査員が不足している**
  - “イギリスと同様にQRAが義務化されているが、その規制内容は非常に規範的であるため行政がリスクアセスメントの評価責任を負っている。プロセス産業における現場経験を持つ行政側の専門家が少ないため、事業者側のQRAを正しく評価できていない”（エキスパートインタビュー）
  - “QRA実施は非常に複雑であるため、事業者は保安分野において外部コンサルを積極的活用している。リスクアセスメントの正確さに対する責任回避の狙いもあるため、外部コンサルへの依存度が高い”（エキスパートインタビュー）
  - **行政報告体制：**事業者に自社の事業範囲で起こり得るハザードと自社対策を評価した**セーフティーケース（Safety Case）、セーフティーレポート（Safety Report）の作成・提出を義務化**
  - “イギリスと同様にALARP評価とセーフティーケースを導入しているが、その詳細内容に関して行政が規範的に規制・評価している。従って、事業者のリスクアセスメントに対する妥当性に対する評価責任を行政は分担しているため、イギリスの自主保安と本質的に異なる”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### 法令の厳格度と監査体制

- 保安規制違反の罰則は厳しく、規制遵守への強制力が強い
  - “上下関係が強い文化的な背景、経済界における行政のコントロールが強い政治・歴史的な背景があり、事業者の法令遵守が徹底される傾向にある” （エキスパートインタビュー）

- **行政側の監査体制が不十分**
  - 行政監査機能は行政認定制度によって第三者機関に移譲されているが、**第三者監査機関の独立性が弱いため、事業者の関与が高い**
  - “シンガポールのこの監査体制の下では、事業者が選定権限を持つことで監査行為に対して有利な立場となっている。従って、選定権限を持つ事業者に対する第三者監査機関の独立性が弱い” （エキスパートインタビュー）
  - **行政や第三者監査機関の監査員の多くが業界経験が少なく、法規制に対する事業者の実態調査・監査を客観的に評価できる十分な経験や知識を有していない**
  - “保安規制の調査・監査を担当する監査員のほとんどが20代の大卒となる。複雑なプロセス産業の現場における事業者保安体制を的確に評価できる経験を有していないため、立ち合い検査・監査の際に監査員からの指摘件数が非常に少ない” （エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安を担保するマネジメントシステム

- 安全マネジメントシステムを導入し、**機能性に関して責任を事業者が負うため、保安重要要素が定着している**
  - 行政が策定した安全マネジメントシステム『SS 506: Part 3』の導入により、プラント保安・プロセス安全領域における各種インシデント、ヒヤリハット、安全パフォーマンスなど安全情報が組織全体で報告される仕組みとなっており、経営層のビジビリティが一定水準に保証されている
  - “単独決断と自己責任を回避したがる国民の文化背景があるため、社内情報共有が徹底している”（エキスパートインタビュー）

- 安全マネジメントシステム『SS 506: Part 3』を導入しているものの、文化的な背景が原因で**プラント保安・プロセス安全に関する現場保安員参画（Operator Involvement）が限定的である**
  - “上下関係が強い組織文化的な背景と労働組合の権限が弱いことが原因で、現場労働者から経営者に対してプラント保安対策を含めた意向の主張をしても、弱い主張となる。保安領域においても、従業員一人一人に対して与えられている権限と影響力が非常に弱く、**従業員の保安領域における問題指摘が少ない**”（エキスパートインタビュー）
  - **“プロセス産業の現場の職員の多くが外国から来た労働力であるため、雇用者に対して弱い立場に立たされている。**現場での保安問題に直面した際に、現場の従業員から経営者に対して指摘・主張するということは難しい”（エキスパートインタビュー）

- **保安領域において事業者は外部専門機関に大いに依存している**
  - “規範的に保安規制が事業者の責任回避の余地を残しているため、事業者は規制遵守に関する責任回避の目的で外部コンサルを積極的に活用している”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安に関するタレントマネジメント

- **タレントマネジメント領域において行政が産業団体と事業者と連携し、各種施策を企画している**
  - 2018年、労働人口の職場安全衛生に関する能力を強化するため、労働省（MOM）とSingapore Institution of Safety Officers（SISO）と協力して、事業者の保安員のキャリア開発・評価プログラムである『The Career Progression Pathway (CPP)』を策定
  - 職場安全衛生トレーナーを対象とした『Train The Trainers（T3）』プログラムによって、年10時間以上のトレーニング受講が義務化

- **プラント保安員の人材不足に直面**しているが、対策が不十分である
  - “経済規模と対面に人口が少なく、少子化が原因で労働人材が減少している。従って、シンガポール経済が単純労働者から高度専門人材まですべての能力レベルにおいて海外労働力に大きく依存している。保安分野も同様で、保安専門家の多くは外国から招致した人材である”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細

## (4)シンガポール

### プラント保安に対するマインドセット

- 保安規制に規範的な要素が強く、**保安取組みに関して事業者側の責任が行政と第三者監査機関によって分担されため、事業者の自主保安に対する取り組みが表面的**
  - “法令を真面目に遵守する事業者が多い。しかし、保安規制が規範的であるため事業者責任が行政と分担されるため、事業側のプラント保安の取組みの多くが**行政規制項目の遵守（コンプライアンス）にフォーカスし、将来リスクの事前検知に集中していない。**結果、事業者の自主保安の姿勢は表面的な場合が多い。例えば、ある会社のセーフティーケースとQRA策定を支援していた際、他社のセーフティーケースとQRAをそのままコピーできないかという依頼まで受けたことがある”（エキスパートインタビュー）

- **プラント保安分野の失敗談が組織外で共有されることに対して事業者は消極的**
  - “行政から事業者の保安分野における失敗経験を組織内外のステークホルダーと共有することを求めているが、事業者同士の競争意識が高いため、プラント保安分野における情報共有（事件、課題、トレンド情報）が組織や事業者の壁を越えて共有されることなく企業秘密にされることが多い”（エキスパートインタビュー）

- 事業者は競争心が強く、**新技術導入に関して積極的**であるが、**コスト意識も高い**
  - “事業者側のコスト意識が非常に強く、保安基準を犠牲にしてまで機器調達の際に経費節約しようとする傾向がみられる”（エキスパートインタビュー）

- 行政からの支援施策もあり、**事業者はIoTなどの新技術の導入に対して非常に積極的**
  - “事業者の競争心が強く、経営者は非常に外向けである。新しい発想や新技術の導入に関して積極的”（エキスパートインタビュー）
  - “プラントにおけるデータ収集を可能とする機器導入が一定水準進んでいるが、データ分析領域における技術革新が不十分である。結果、事業者側での保安データが連携しておらず、データに基づく予防保全や予兆検知など保安力向上につながっていない”（エキスパートインタビュー）


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3. 海外調査
## 3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
**3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121**
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.3.1. 諸外国の状況サマリ

## プラント保安分野におけるドローン活用状況

- 化学・石油・ガス業界におけるプラント内でのドローン活用実績の多くが**設備点検である**
- プラントにおけるドローン活用の主要メリットとして以下が考えられている：
  - 点検費用の削減（従来の点検作業と比べて定員削減の他、足場組立やヘリコプター使用なども不要となる）
  - 点検作業リスクの低減（作業員にとって安全リスクが高い有害なエリア、アクセス困難な狭隘空間、高場での点検作業を回避できる）
  - 生産性の向上（従来の点検作業で必要となっていた足場組立、作業員安全対策の準備などが不要となり、点検作業に伴う生産ダウンタイムを短縮できる）

## ドローン飛行に関する規制・基準の管轄体系

- ドローン飛行・操縦に関する規制、申請手続きを各国航空局が管理する
- 各国ドローン協会がドローンガイドラインや業界基準を独自で準備・発表し、ドローン政策をめぐり当局へ働きかけをしている
- 事業者を対象に各種ドローン関連トレーニングやドローン飛行申請手続き支援の活動を実施している

## ドローン飛行に関する規制・基準の内容

- **各国の共通点**：
  - 機体登録、操縦資格取得、飛行許可が必須
    - 機体重量に沿って登録不要、特別許可が必要な国も有り
  - BVLOS（Beyond Visual Line of Sight/目視外）飛行禁止
  - 人の上空の飛行禁止
    - アメリカ合衆国、イギリスは許可申請により飛行可能
- **特有な点**：
  - ドローン飛行時の保険加入規制
    - アメリカ合衆国は任意、イギリスは必須
  - 罰則有無・厳格度
    - アメリカ合衆国は罰金のみ、イギリスは懲役刑有り

## ドローン飛行に関する申請方法・承認体制

- ドローン飛行に関して各国航空局への必要申請手続きを経て飛行可能となる
- プラントにおけるドローン飛行の場合は各国の職場・労働安全を管轄する当局から出された**職場労働安全関連の規制・基準を遵守する必要**がある

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.3.1. 諸外国の状況サマリ

## ドローン飛行に係る規制的な課題（規制・基準が原因でドローン飛行の現場で起こっている問題）

- 多くの国・地域において、ドローンの**プラント内飛行に特化した基準・ガイドラインは定まっていない**
- 多くの国・地域において、ドローン政策策定機関とドローン業界団体やドローン開発事業者間での連携が不十分で、**ドローン関連規制が技術進展のスピードに対応できていない**
  - 結果、ドローン技術の実用化のボトルネックの一因となっている
- 多くの国・地域において、ドローン飛行申請に必要な**ドローン登録プロセスが煩雑**である
  - 登録機体の耐空性確認に長時間が要されている
- **ドローンと従来型航空機が安全に共存するための航空交通システムと航空規制が不在あるいは未熟**である
- 国・地域間でドローン関連規制・基準が異なるため、グローバル事業者であればあるほど**プラントにおけるドローン活用が運用面で複雑となる**
  - 対応状況：EU圏内でのドローン関連規制の統一化が進む
    - 2020/12~2023/01：各メンバー国においてドローン飛行の法規制をEU統一型の法規制の入れ替え期限
- 多くの国・地域において、ドローンの提供可能価値を制約する法令が存在
  - （１）BVLOS（Beyond Visual Line of Sight/目視外）飛行禁止　→操縦者が立ち会う必要があり、ドローン活用費用が上昇
  - （２）夜間飛行禁止　→活用可能ケースが限定
  - （３）人の上空を飛行禁止　→活用範囲が限定
- ライフライン施設・設備やインフラ付近での飛行を禁止する
  - アメリカ合衆国では10州において精油所、化学プラント付近でのドローン飛行が禁止

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3.3.1. 諸外国の状況サマリ

## 行政機関によるドローン活用を進めるための施策

- 法規制の整備・緩和施策
- 補助金・直接投資施策
  - 各種補助金制度の導入
  - 公的アクセレーター、研究プラットフォームの設立支援
- 公共サービスによる積極的なドローン導入施策
  - 捜索・警備観察、災害救助、医療備品配達

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況

# 3.3.2. 諸外国の状況の詳細(1/2)

| | | アメリカ合衆国 | EU | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|---|---|
| プラント保安分野におけるドローン活用状況 | | ▪【プラント】検査・点検業務<br>▪ **事例＃1：**ガス配管点検（大手電力運営会社）<br>•【プラント以外】物流、農業　※物流事例：Amazon、Fedex、UPSなど | ▪【プラント】検査・点検業務<br>▪【プラント以外】物流、農業　※物流事例：Amazon、Fedex、UPSなど | ▪【プラント】検査・点検業務<br>▪ **事例＃1：**ガス配管点検<br>▪ **事例＃2：**製油所フレア監視・検査(フレアヘッダー点検)<br>•【プラント以外】物流、農業 | ▪【プラント】検査・点検業務<br>▪ **事例：大規模な産業保守検査**<br>•【プラント以外】インフラ点検、物流、農業<br>• 例：物流　EPSとF-Dronesなど<br>▪ 例：インフラ点検　Dam monitoring |
| ドローン飛行に関する規制・基準の管轄体系/規制・基準の内容 | 行政 | **【管轄機関：行政】**<br>▪ Federal Aviation Administration (FAA)　※FAA：U.S. Department of Transportationの一部門<br>▪**【ドローン関連規制】**<br>▪ FAA/14 CFR Part 107:Small UAS　※政府からの唯一のドローン専用規制<br>▪**【ドローン規制詳細】**<br>▪ **機体登録：**必要　※FAAにてすべてのドローンはライセンスナンバー制<br>▪ **操縦資格：**必要　※FAAにてRemote Pilot Certificate<br>▪ **飛行許可：**必要　※FAAにて<br>▪ **保険加入規制：**任意<br>▪ **法規制・基準の厳格度(罰則の有無)：**金銭的罰則のみ　※金銭的罰則が他国より緩やか、懲役刑なし | **【管轄機関：行政】**<br>▪ European Union Aviation Safety Agency (EASA)<br>▪**【ドローン関連規制】**<br>▪ EU Regulations 2019/947 and 2019/945 ※メンバー国のドローン関連法規制の策定において、フレームワーク/ベースラインとなる。メンバー国が各自で解釈し、独自の法規制を策定する仕組み<br>▪ U-space　※ドローン飛行時の空域安全確保を前提とした法規制フレームワーク<br>▪**【ドローン規制詳細】**<br>▪ **"Risk-based approach"：**ドローン飛行場面を3つのリスク区分にて分類し、リスクレベルに適した審査手続きレベルを設定<br>▪ **"Open"：**低リスク区分　※ドローンオペレーターが各自で関連安全基準を満すべきとし、飛行許可が不要<br>▪ **"Specific"：**中リスク区分　※各国管理機関にて飛行許可取得が必要。リスクアセスメントの実施が必要<br>▪ **"Certified"：**高リスク区分　※ドローンオペレーターと機体本体の双方に対して特別ライセンス取得が必要 | **【管轄機関：行政】**<br>▪ Civil Aviation Authority of UK (CAA)<br>※Department for Transportの一部門<br>▪ National Air Traffic Services (NATS)　※CAAの管轄機関<br>▪**【ドローン関連規制】**<br>▪ CAA/The Drone and Model Aircraft Code: Article 94 (General Regulation for the use of Unmanned Aircraft)<br>▪ CAP393: Air Navigation Order<br>▪**【ドローン規制詳細】**<br>▪ **機体登録：**必要　※CAAにて、重量250g以下は登録不要、7kg以上が使用許可が必要<br>▪ **操縦資格：**必要　※CAAにて、Drone Codeのテスト合格が必須<br>▪ **飛行許可：**必要　※CAAにて<br>▪ **保険加入規制：**必要<br>▪ **法規制・基準の厳格度(罰則の有無)：**金銭的罰則+懲役刑 | **【管轄機関：行政】**<br>▪ Civil Aviation Authority of Singapore (CAAS)<br>▪**【ドローン関連規制】**<br>▪ Air Navigation Part 101 (Unmanned Aircraft Operations)<br>▪**【ドローン規制詳細】**<br>▪ **機体登録：**必要　※CAASにて、重量250g以下は登録不要、7kg以上が使用許可が必要、25kg以上が特別許可が必要<br>▪ **操縦資格：**必要　※アプリにてテスト合格が必須<br>▪ **飛行許可：**必要　※CAASにて<br>▪ **保険加入規制：**任意<br>▪ **法規制・基準の厳格度(罰則の有無)：**金銭的罰則のみ　※金銭的罰則が他国より緩やか、懲役刑なし |
| | 民間 | **【管轄機関：民間】**<br>▪ 業界組合やベンターが各自でガイドライン・基準を自主的に設定して遵守<br>▪ 行政承認が不要<br>▪ NERC/CIP ※現場が原子力発電所の場合<br>▪ 基準ガイドライン　※事故時に行政機関が該当企業・団体のガイドライン・基準を独自の解釈 | **【管轄機関：民間】**<br>▪ Drone Alliance Europe (DAE)<br>▪ EU中央への政治的な働きかけ、政策立案や協議活動<br>▪ EU圏内におけるドローン関連調査・報告書の実施 | **【管轄機関：民間】**<br>▪ Association of Remotely Piloted Aircraft Systems (ARPAS-UK)<br>▪ ※NPO法人<br>▪ トレーニング関連実施<br>▪ 法規制関連アドバイス、情報ポータル | **【管轄機関：民間】**<br>▪ Association of Aerospace Industries Singapore (AAIS)　※CAASと密に連携<br>▪ The Singapore Unmanned Aircraft System (SG UAS) Community<br>▪ トレーニング関連実施<br>▪ 法規制関連アドバイス、情報ポータル |


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

## 3.2. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況

# 3.2.2. 諸外国の状況の詳細(2/2)

| | アメリカ合衆国 | EU | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|---|
| ドローン飛行に関する申請方法・承認体制 | ▪【機体登録/Registration】 FAA<br>▪【登録対象重量】 0.25-25kg<br>▪【飛行許可申請/Flight Approval】<br>▪ ATC permission (Air Traffic Controller permission) ※プラントを含め全土空域所有権を連邦政府が有する。Class B, C, D, EはATC許可が必須、Class GはATC許可が不要<br>▪ LAANC (Low Altitude Authorization and Notification Capability) ※UAS専用の自動空域許可システムで、申請数分以内に飛行空域の許可判定を可能化。FAAと産業界が共同で開発<br>▪【安全テスト実施/Safety Certification】 FAAへ申請・診断 | ▪【機体登録/Registration】 各国管理機関<br>▪【飛行許可申請/Flight Approval】 各国管理機関 | ▪【機体登録/Registration】 CAA<br>▪【登録対象重量】 0.25-25kg<br>▪【飛行許可申請/Flight Approval】 CAA＆National Air Traffic Services (NATS)<br>▪【特別許可申請/Special Permit】 機体重量20kg以上、CAA<br>▪【安全テスト実施/Safety Certification】 CAAへ申請・診断 | ▪【機体登録/Registration】 CAAS<br>▪【登録対象重量】 0.25-25kg<br>▪【飛行許可申請/Flight Approval】 CAAS |
| ドローン飛行に係る規制的な課題（規制・基準が原因でドローン飛行の現場で起こっている問題） | ▪【課題＃1】航空業界からの圧力　※理由：管制空域でのドローン操作への抵抗<br>▪【課題＃2】提供可能価値への制約<br>▪ BVLOS(Beyond Visual Line of Sight/目視外)飛行が禁止<br>▪ 夜間飛行が禁止　※別途承認申請にて飛行可能<br>•【課題＃3】法規制・ガイドライン基準の一貫性の未整備 ※UAS登録プロセスが煩雑。理由はUASに対する耐空性(Airworthiness)の明確な基準が定まってないため、登録プロセスが標準化できてない | ▪【課題＃1】プラントにおけるドローン飛行に関する規制・基準の未整備<br>▪ どのメンバー国においても、プラントでのドローン飛行に関する具体的な規制・基準・ガイドラインがまだ明確に定まっていない | ▪【課題＃1】セキュリティー問題、重要インフラのデータセキュリティー問題　※例：原子力発電所に関してNERC/CIPデータセキュリティ問題<br>▪【課題＃2】提供可能価値への制約<br>▪ BVLOS(Beyond Visual Line of Sight/目視外)飛行が禁止<br>▪ 夜間飛行が禁止　※別途承認申請にて飛行可能<br>•【課題＃3】法規制・ガイドライン基準の一貫性の未整備 ※航空機関の規制・基準がボラバラ | ▪【課題＃1】提供可能価値への制約<br>▪ BVLOS(Beyond Visual Line of Sight/目視外)飛行が禁止<br>▪ 夜間飛行が禁止　※別途承認申請にて飛行可能 |
| 行政機関によるドローン活用を進めるための施策 | ▪ - | ▪【施策＃1】法規制適用<br>▪ ドローン規制 EUで発効：2020年12月31日以降、EU加盟国の国内規則は共通のEU規則に置き換えられる。移行期間は2023年1月1日に終了<br>▪【施策＃2】ドローンユースケース/有用事例の共有 ※Case Book<br>▪ EUメンバー国におけるドローン活用事例集をまとめ、メンバー国同士で共有 | ▪【施策＃1】補助金・直接投資<br>▪ いくつかの公的アクセレーターがある　※次世代点検システム開発、危険区域の無人化など | ▪【施策＃1】補助金・直接投資<br>▪ 例：ビルメンテナンス　ビス清掃ドローンに政府補助金 ※ビルの清掃ドローン<br>▪【施策＃2】公共部門におけるドローン活用<br>▪ 例：監視　警察による工業団地をパトロール用の自律無人偵察機の使用 |

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 3. 海外調査
## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
**3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131**
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況

## (1)諸外国の状況サマリ

### 水素燃料電池ドローンの開発状況

- どの国・地域においても水素燃料電池ドローンを開発している実績はあるが、同技術を推進する開発事業者の多くが小規模のスタートアップ企業であり、商業用ドローン市場においてまだニッチなセグメントとなり実用化には至っていない
  - 飛行実験が実施されている状況

### 水素燃料電池ドローンの実用化の見通し

- 近年、水素燃料電池ドローンの開発が進んでいるものの、その認知度の低さ、インフラの整備不足、安全性の実績、その他の課題点から実用化の見通しが立っていない
- 安全リスクの観点で保守的な化学・石油・ガス事業者にとって、水素燃料電池ドローンの実用はまだ早い。同業界におけるプラント内での水素燃料電池ドローンの実用化の必須条件は、
  - （１）他業界における実用化・安全性の実績
  - （２）主要ドローンベンダーによる水素技術導入、主要ドローンモデルの開発と売り込み
  - （３）各種プラットフォーム・インフラの整備と周辺サービスの普及

### 水素燃料電池ドローンの実用化へ向けての技術的課題

- （１）従来型燃料ドローン（ガソリン、ハイブリッド等）、リチウム電池式ドローンと比べて水素技術が割高（機体価格、燃料費、維持費の面から）
- （２）従来型燃料ドローン（ガソリン、ハイブリッド等）、リチウム電池式ドローンと比べて水素技術に精通したベンダーが少なく、メンテナンス体制が不十分
- （３）従来型燃料ドローン（ガソリン、ハイブリッド等）、リチウム電池式ドローンと比べて各種プラットフォーム・インフラ整備（商用水素ステーションなど）が不十分で、アクセスが困難
- （４）開発歴が浅く、実用事例数が少ないため、安全性の実績が不十分
- （５）高地での低温度・低酸素環境下に適した燃料電池システムの開発

### 水素燃料電池ドローンの実用化へ向けての制度的課題

- 多くの国・地域において、水素燃料電池ドローンに関する規制方針が明確に定まっていない
- 多くの国・地域において、水素技術に関する政策策定機関と業界団体や水素開発事業者間での連携が不十分で、関連規制が技術進展のスピードに対応できていない

2021年3月時点:アクセンチュア調べ

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況

### (1)諸外国の状況サマリ

**水素燃料電池ドローンのニーズ・想定活用ケース**

- 長時間・長距離飛行を要するケースでの活用ニーズが多い
- 従来電池ドローンと比べて水素燃料電池ドローンの飛行対象範囲の面積が9倍広く、連続2~3時間飛行が可能
- 想定活用ケース
  - 物流配達
  - 農業における作物観察
  - 石油・ガス業界におけるパイプライン点検等
  - 敷地警備・監視（国境パトロール、商業敷地警備等）
  - 地面マッピング
  - 捜索・救出オペレーション
  - 静音飛行を要する場面
  - 短時間で燃料補給や充電しなければならない場面

**水素燃料電池ドローンの実用化へ向けた行政の補助制度**

- 近年、クリーンエネルギー源の観点で水素技術に対する各国・地域での期待値が高く、同技術の開発や商業化に向けて公的支援が増加している
  - インフラ整備や補助金の支援が主流


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況

## (2)諸外国の状況の詳細

| | アメリカ合衆国 | EU | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|---|
| 水素燃料電池ドローンの開発状況 | ▪ **【国内開発有無】**有 ※主流ではない( Insitu, Aerovironment, Lockheed-Martin, FlightWave)<br>▪ **【商業ドローン市場における主流機種】**ガソリン/リチウムポリマー電池/ハイブリッド ※理由:①コスト優位性(機体本体価格&燃料費)、②サポート体制充実(維持・メンテナンスの安易性、燃料調達の安易性)、③すべてのユースケースに対応可能<br>▪ **【商業ドローン市場における水素燃料電池の実態】**多数プロトタイプが存在するが、商業市場において主流ではない | ▪ **【国内開発有無】**有 ※SKYCORP (Estonia)<br>▪ **【商業ドローン市場における主流機種】**海外製が主流 ※中国、US等<br>▪ **【商業ドローン市場における水素燃料電池の実態】**国内外複数ベンダーが参加中 ※Intelligent Energy, Productiv Group, H2OGo Power | ▪ **【国内開発有無】**有 ※ISS Aerospace<br>▪ **【商業ドローン市場における主流機種】**海外製が主流 ※中国、US等<br>▪ **【商業ドローン市場における水素燃料電池の実態】**国内外複数ベンダーが参加中 ※Intelligent Energy, Productiv Group, H2OGo Power | ▪ **【国内開発有無】**有 ※主流ではない。HES Energy Systems<br>▪ **【商業ドローン市場における主流機種】**ガソリン/リチウムポリマー電池/ハイブリッド ※理由:①コスト優位性(機体本体価格&燃料費)、②サポート体制充実(維持・メンテナンスの安易性、燃料調達の安易性)、③すべてのユースケースに対応可能<br>▪ **【商業ドローン市場における水素燃料電池の実態】**多数プロトタイプが存在するが、商業市場において主流ではない |
| 水素燃料電池ドローンの実用化の見通し | ▪ 見通しが立たない | ▪ 開発初期段階<br>▪ Nordic Unmanned社がスカンジナビア初の水素駆動ドローン飛行を達成（2020年12月） | ▪ 開発初期段階<br>▪ 石油大手(イラク)：ガスセンターを搭載したUAVが油田内のH2Sガスのレベルを監視 ※ISS Aerospace + Intelligent Energy | ▪ 見通しが立たない |
| 水素燃料電池ドローンの実用化へ向けての技術的課題 | ▪ **【課題＃1】**インフラ・サポート体制が代替機種と比べて不十分 (水素燃料電池ベンダーが少ない ※一方、①ガソリン補充が汎用的・全国的に調達可能、②リチウムポリマー電池の充電/差し替えが安易)<br>▪ **【課題＃2】**コスト観点の問題と競合技術の有利性 ※コスト要素 ※本体価格、維持費、燃料価格など<br>▪ **【課題＃3】**長時間航行が重要要素とならない ※例：軍事グレードのUAVでは24ｈ飛行が可能化となっている (Boeing Insitu ScanEagle) | ▪ **【課題＃1】**インフラ・サポート体制が代替機種と比べて不十分 (水素燃料電池ベンダーが少ない ※一方、①ガソリン補充が汎用的・全国的に調達可能、②リチウムポリマー電池の充電/差し替えが安易)<br>▪ **【課題＃2】**コスト観点の問題と競合技術の有利性 ※コスト要素 ※本体価格、維持費、燃料価格など | ▪ **【課題＃1】**インフラ・サポート体制が代替機種と比べて不十分 (水素燃料電池ベンダーが少ない ※一方、①ガソリン補充が汎用的・全国的に調達可能、②リチウムポリマー電池の充電/差し替えが安易)<br>▪ **【課題＃2】**コスト観点の問題と競合技術の有利性 ※コスト要素 ※本体価格、維持費、燃料価格など | ▪ **【課題＃1】**インフラ・サポート体制が代替機種と比べて不十分 (水素燃料電池ベンダーが少ない ※一方、①ガソリン補充が汎用的・全国的に調達可能、②リチウムポリマー電池の充電/差し替えが安易)<br>▪ **【課題＃2】**コスト観点の問題と競合技術の有利性 ※コスト要素 ※本体価格、維持費、燃料価格など<br>▪ **【課題＃3】**長時間航行が重要要素とならない ※国土が狭いシンガポールにおける需要不足 |
| 水素燃料電池ドローンの実用化へ向けての制度的課題 | ▪ - | ▪ - | ▪ - | ▪ **【課題＃1】**水素関連法令が未整備 |


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況

## (2)諸外国の状況の詳細

| | アメリカ合衆国 | EU | イギリス | シンガポール |
|---|---|---|---|---|
| 水素燃料電池ドローンのニーズ・想定活用ケース | ▪ **想定活用条件:** 飛行範囲の制約（拡張された範囲と耐久性のミッション）、時間の制約（迅速/短時間の給油）、高さの制約（より高い高度での効率的な操作）<br>▪ **インフラとユーティリティ:** 送電線、パイプラインの検査と測量<br>▪ **監視とセキュティ:**広大なエリアの監視と調査、捜索と救助 | ▪ **想定活用条件:**飛行範囲の制約（拡張された範囲と耐久性のミッション）、時間の制約（迅速/短時間の給油）、高さの制約（より高い高度での効率的な操作）<br>▪ **インフラとユーティリティ:** 送電線、パイプラインの検査と測量<br>▪ **監視とセキュティ:**広大なエリアの監視と調査、捜索と救助 | ▪ **想定活用条件:**飛行範囲の制約（拡張された範囲と耐久性のミッション）、時間の制約（迅速/短時間の給油）、高さの制約（より高い高度での効率的な操作）<br>▪ **インフラとユーティリティ:** 送電線、パイプラインの検査と測量<br>▪ **監視とセキュティ:**広大なエリアの監視と調査、捜索と救助 | ▪ **想定活用条件:**飛行範囲の制約（拡張された範囲と耐久性のミッション）、時間の制約（迅速/短時間の給油）、高さの制約（より高い高度での効率的な操作）<br>▪ **インフラとユーティリティ:** 送電線、パイプラインの検査と測量<br>▪ **監視とセキュティ:**広大なエリアの監視と調査、捜索と救助 |
| 水素燃料電池ドローンの実用化へ向けた行政の補助制度 | ▪ **【施策＃1】**補助金<br>▪ ワシントン州立大学の機械材料工学部は、液体水素を動力源とするUAVと燃料補給システムを実証するために、米国陸軍から180万ドルの助成金を受領（2019年） | ▪ **【施策＃1】**インフラ整備<br>▪ Hydrogen Roadmap Europe (by FCHJU): 2030年までに3,700箇所の水素燃料補給所の設置見込み<br>▪ **【施策＃2】**補助金<br>▪ Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCHJU)：EU当局による官民パートナーシップ | ▪ **【施策＃1】**インフラ整備<br>▪ 水素輸送プログラム （HTP：Hydrogen Transport Program） ※給油インフラの成長を支援するための2020年までの2,300万ポンドの新規助成金（低排出ガス車局）<br>▪ **【施策＃2】**補助金<br>▪ Innovate UK（英国の水素および燃料電池ロードマップ）<br>▪ NHS（国民健康保険）と緊急サービスをサポートするドローン：COVID-19用品の配達（3,300万ポンドの政府資金） | ▪ **【施策＃1】**補助金<br>▪ 水素燃料や二酸化炭素の回収・有効利用・貯留（CCUS： carbon capture, utilization and storage）などの低炭素エネルギー技術のために4,900万シンガポールドルの研究基金 |


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例

## (1)ノルウェー：水素ステーション爆発事故　－　参考資料

### EUとノルウェー内の動向

| 年月 | 主な施策 | 事例（行政の動き、支援施策等） |
|---|---|---|
| 2019/02 | **EUの水素技術のロードマップ策定**<br>▪ **策定行政機関：**Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)<br>▪ **策定内容：**『Hydrogen Roadmap Europe: A sustainable pathway for the European Energy Transition』<br>▪ **施策概要：**EUのエネルギー転換・脱CO2エネルギーシステムへの移行（COP21目標）を実現するために水素の重要性を強調した<br>▪ 出典：Hydrogen Roadmap Europe（欧州委員会、FCH JU） | ▪ **公的資金の増加：**FCH JUおよびその他のEU資金源から2億1500万ユーロの投資を56のプロジェクトに割り当てた<br>▪ **水素インフラ構築：**2030年には約3,700カ所の大型水素充填ステーションが設置予定。水素燃料電池自動車（FCEV）に対する欧州全域におけるモビリティを提供する予定 |
| 2019/05 | **COVID-19とEUの復興計画策定**<br>▪ **策定行政機関：**European Commission<br>▪ **策定内容：**『EU Green Recovery』<br>▪ **施策概要：** COVID-19後のEUを再建のために総額1.8兆ユーロの予算を設け、水素技術を含む環境にやさしい技術開発・プロジェクトへ投資することを強調した<br>▪ 出典：Recovery plan for Europe （欧州委員会） | ▪ **公的資金の増加：** EUの7,500億ユーロのコロナウイルス復興支援策のうち、30%が欧州のグリーンディールプロジェクトに充てられる |
| 2019/06 | **水素ステーション（HRS：Hydrogen Refueling Station）の爆発事故発生** | 行政施策への影響なし |
| 2020/07 | **EUの水素戦略策定**<br>▪ **策定行政機関：**European Commission<br>▪ **策定内容：**『A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe』<br>▪ **施策概要：** EUの経済回復計画「Next Generation EU」では、水素が投資の優先事項として強調された<br>▪ 出典： A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe（欧州委員会） | ▪ **公的資金の増加：**2024年末までにEUからの各種支援プログラムを通じて補助金や融資を加速させることを表明 |
| 2020/07 | **ノルウェーの水素戦略策定**<br>▪ **策定行政機関：**Norwegian Ministry of Petroleum and Energy Strategy、Norwegian Ministry of Climate and Environment<br>▪ **策定内容：**『The Norwegian Government's hydrogen strategy towards a low emission society』<br>▪ **施策概要：** ノルウェー国、ノルウェーの企業、ノルウェーの技術クラスターが水素関連技術の開発に対する知見、価値創造を強化できるように優先的に取り組むと表明した<br>▪ 出典： The Norwegian Government's hydrogen strategy towards a low emission society（ノルウェー石油・エネルギー省、気候・環境省） | ▪ **公的資金の増加：**ノルウェー政府が36億ノルウェークローネ（3億4100万ユーロ）のグリーン・トランジション・パッケージを打ち出した（2020年5月） |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例

## (2)韓国：水素エネルギー貯蔵装置爆発事故　－　参考資料

### 韓国政府の「水素経済」関連の最近の政策・動向*

- 2019/04：水素経済標準化戦略ロードマップの発表
  - 水素分野での国際標準の20%以上の獲得を推進。（ドローン重機の燃料電池、次世代燃料電池など）
  - 国際標準に適合する国内標準を準備し、性能と安全性を保障する製品・サービス提
  - 水素充電機の計量における誤差の評価技術を定め、充電に対する定格性を確保
- 2019/10：水素インフラ及び水素ステーション構築計画の公開
  - (水素供給) 生産方式の多様化、貯蔵・運送インフラの拡充、水素価格の安定化
  - (水素ステーション構築) 一般/バス専用の水素ステーションを主要交通拠点に構築
- 2019/10：水素技術開発ロードマップの発表
  - (水素生産) 需要量に対応、化石燃料レベルの価格競争力を確保、気候変化に対応
  - (水素貯蔵･運送)液体水素・液状水素化物を含めた気体の貯蔵・運送技術の高度化
- 2019/12：水素安全管理総合対策の発表
  - グローバルレベルの安全システム構築
  - コア施設の重点的な管理: 水素ステーション、水素生産基地、燃料電池施設
  - 持続可能な安全システム構築
  - 協力・活発なコミュニケーションをベースとする安全文化を促進
- 2020/02：**水素法施行**
  - 世界初「水素経済育成および水素安全管理に関する法律」が施行

2019/05水素エネルギー貯蔵装置の事故後、**高圧ガス設備に繋がる低圧水素ガス設備**も高圧ガス設備として定義し、高圧ガス法の対象になる(2022年以降)

世界初：持続的な水素経済の推進のために法律を制定した国として初。他の国は、戦略、政策レベルで推進している

**図3.4-1 2021年現在の韓国の水素関連法案の概要**

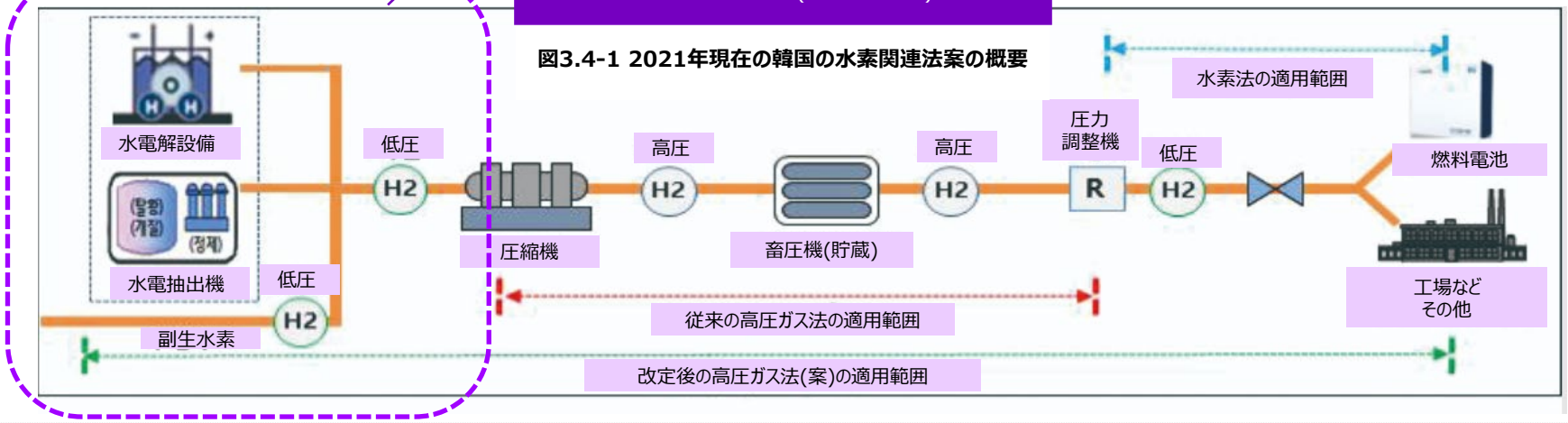



図3.4-1
出典：
http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=94199（韓国ガス新聞）よりアクセンチュアにて日本語付加

*出典： https://www.korea.kr/special/policyCurationView.do?newsId=148857966&pWise=nb4
（大韓民国国政ブリーフィング）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

## 3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向

# 3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例

## (2)韓国：水素エネルギー貯蔵装置爆発事故　－　参考資料

### 「水素経済育成及び水素安全管理法」（水素法）の概要*

| | |
|---|---|
| 水素経済の移行推進体系 | • 水素経済の基本計画<br>• 水素経済委員会、実務委員会<br>• 関係法令の改善勧告 |
| 水素専門企業への育成・支援 | • 水素専門企業への支援<br>• 補助・融資および減税<br>• 水素専門投資会社 |
| 水素ステーションおよび燃料電池の設置・促進 | • 水素燃料供給施設の設置勧告<br>• 燃料電池の設置勧告<br>• 水素生産施設、水素燃料供給施設の生産・受給計画の提出 |
| 基盤助成 | • 人材養成、標準化、統計、国際協力、技術開発促進など<br>• 社会的な共感（教育、広報など） |
| 担当機関 | • 水素産業振興機関の指定<br>• 水素流通機関の指定<br>• 水素安全機関の指定 |
| 安全管理 | • 事業許可<br>• 安全管理者<br>• 製造施設検査<br>• 製品検査<br>• 使用施設検査 |

**참고1**　「수소경제 육성 및 수소 안전관리법」 주요내용

| 구 분 | | 주요 내용 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 수소경제 이행 추진체계 | | 수소경제 기본계획 수립 | § 제5조 |
| | | 수소경제위원회(국무총리), 실무위원회, 실무추진단 | § 제6조 |
| | | 관계 법령 개선 권고 | § 제8조 |
| 수소 전문기업 육성지원 | | 수소전문기업 지원 (기술개발 및 사업화 지원 등) | § 제9조 |
| | | 보조·융자 및 조세·부담금 감면 | § 제10조<br>§ 제17조 |
| | | 수소전문투자회사 | § 제13 ~ 15조 |
| | | 수소특화단지 (우선 입주) | § 제22조 |
| 수소충전소 및 연료전지 설치·촉진 | | 수소연료공급시설 설치 권고 | § 제19조 |
| | | 연료전지 설치 권고 | § 제21조 |
| | | 수소생산시설·수소연료공급시설의 생산·수급계획 제출 | § 제20조 |
| 기반조성 | | 인력양성, 표준화, 통계, 국제협력, 기술개발 촉진 등 | § 제26 ~ 30조 |
| | | 사회적 공감대 형성(교육, 홍보 등) | § 제31조 |
| 전담기관 | | 수소산업진흥전담기관 지정 | § 제33조 |
| | | 수소유통전담기관 지정 | § 제34조 |
| | | 수소안전전담기관 지정 | § 제35조 |
| 안전 관리 | 사업 허가 | 수전해 설비 등 저압 수소용품 제조사업 허가 | § 제36조 |
| | 안전관리자 | 수소용품 제조사업자의 안전관리자 선임·신고 의무 | § 제42조 |
| | 제조시설 검사 | 수소용품 제조시설에 대한 완성검사 | § 제43조 |
| | 제품검사 | 수소용품의 판매·사용전 제품검사 의무 | § 제44조 |
| | 사용시설 검사 | 수소연료사용시설에 대한 완성검사·정기검사 | § 제47조 |

*出典：https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156370411（大韓民国国政ブリーフィング），https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EC%88%98%EC%86%8C%EA%B2%BD%EC%A0%9C%EC%9C%A1%EC%84%B1%EB%B0%8F%EC%88%98%EC%86%8C%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B4%80%EB%A6%AC%EC%97%90%EA%B4%80%ED%95%9C%EB%B2%95%EB%A5%A0/(16942,20200204)（国家法令情報センター(韓国)）

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 4. 全体のまとめ


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 4. 全体のまとめ

我が国の法制度は、許可・認可の申請の手続きに重きを置き、“これをすべし”、“これをせざるべし”を細かく定めていることが多い。そのため、社会の状況、技術動向、その他環境を含む各種条件の変化へ対応する度に、規制自体を緩和または新規制定を繰り返すことになり、時間もかかる。これが、スマート保安の高度化をスピーディーに実施する上で高いハードルになりうる。経済産業省ではプラントにおける先進的な技術要素の取り込みを促進するために、保安規制、制度の在り方自体を整備等、様々な施策を打ち出してきた。また、プラント保安制度の在り方、諸外国の制度にヒントはあるか探っている。石油・化学プラント設備の高経年化、保安人材不足が大きな課題であることを認識されてから時間は刻々と経過している。プラント保安力の低下を抑制する策を打ち出すための時間的な猶予はもうない。このままでは、国際的な競争力も脆弱になり、今後10年で工場閉鎖を迫られる事業者がさらに増えてしまうとまで言われている。早くドローンやAIをはじめIoT技術をプラント保安分野に導入していかないと間に合わない。ベテラン知見を次世代の人材へ伝承している時間がなく、機械・AIへの伝承を含めた対策の必要性を事業経営者自ら認識し、それをサポートする環境、制度が日本には急務である。

海外に目を向けても日本と同様に、石油・化学プラントの保安において、プラント設備の高経年化や保安人材の不足は持続的な保安体制維持のために大きな課題になり、早くからドローン、AIをはじめとした先進IoT技術をプラント保安分野においても活用を進めている。海外の多くの国には、日本の高圧ガス保安法のような規制制度は存在しない。しかしながら、火気や高圧ガスなどの危険物を扱うプラントにおいて、自由に非防爆の電子機器、IoT機器を使うことを許容しているわけではない。

今回調査したイギリスをはじめ、新技術の導入が進む海外諸国では、プラント保安の枠組みとしてリスク評価指標を標準化している傾向がある、プラント保安に係るリスク評価・対応策を事業者が完全にコミットさせることで、プラント操業を認めている。事業経営者が実施したリスク評価を実施し、第三者機関で妥当性の評価を受け、事業経営者がプラント保安を担保することに全ての責任を持つという考え方を採用している国が多い。国の規制制度を受けて、事業経営者側の責任意識が追随し、プラントにおけるマネジメントシステムを発展させてきた。国による規制をシンプルにする代わりに、プロセス安全管理を主流とした自主的な安全管理体制を構築することを義務付け、事業者が自らプラント保安における責任を全面的に負う枠組みにより、プラント保安を担保しているのである。事業者の責任の下、適切にリスク評価し、リスク対策をすることを前提に、日々進化を遂げている新しい電子機器やイノベーション技術を柔軟に導入出来るようにしているのである。

日本と諸外国とは、プラント保安の規制制度の手法とリスク対策方法や考え方の在り方の違いから、そうした状況、環境の下で現れるプラント事業者のプラント保安に向かう意識も異なることがわかる。

規制制度の手法について、海外では、プラント事業経営者に、自主的なプロセス安全管理を義務付けることで、プラントの安全の担保を任せている。法律は一般的な要件、枠組みに留めシンプルである。ドローンも含めた新しい技術を裁量をもって経営者の判断範囲で活用できるのである。 民間の規格やプロセス安全管理のガイドラインを採用することで、新しいイノベーション技術や時代の変化に追随しやすくなっている。 保安規制自体が、新しいイノベーション技術を導入することの障壁になりにくい。ただし、経営者の負担が大きいのである。一方、日本では特定の危険物を扱うための許認可や届出の手続きを重視して、プラントの安全を担保しようとする。 法律だけでなく、詳細に規則を設定、法定検査を一律定義、方法も含めて義務化、事業者にほとんど自由はない。さらに、 対象の危険物により管轄省庁が異なる規制が絡み合い、手続き自体も煩雑化させてしまった。事業者が新しいことに取り組むことへのモチベーション低下やイノベーション技術の導入の障壁になってしまっている。

リスク対策の方法・考え方について、日本は、許認可で規制して、有事が発生した事後に報告や対策を講じることに主体を置く。海外諸国と比較すると干渉度合が大きく、過剰なほどの報告を事業者に強いる。リスク対策の方法や基準についても例示に留め、プラントで働く現場の担当者に任せることを良しとする。一方、海外は、有事が発生することを前提に、事前にリスク評価をし、対策を講じることが主流である。プラントの事業、状況毎にリスクレベルを評価し、リスクレベルに合わせたリスク対策の取り方、基準に公的規格を採用している。 リスクベースのチェックリストを充実させて、現場（従業員）に従わせる仕組みが成り立っている。

マネジメントシステムに対する意識について、イギリスのように、経営者の責任において、リスクアセスメントを実施し、リスク管理をさせない日本では、プラント保安自体が事業経営者のマターとして認識されていない。 他方でプラント操業員・保安員に安全意識の高さは、海外と比較しても圧倒的に高く、これまでの高いプラント保安レベルを維持してきた。ルール、手順を作ることは重視するが、それを遵守させるために監督、チェックする考え方、仕組み（マネジメントシステム）が表面的であり、成熟していない。ベテランを中心に現場（人）に任せることで高い保安を維持出来てきた成功体験により、経営者はプラント保安を現場での安全意識の高さに甘えてきた。ただし、経験豊富なベテラン操業員・保安員の勇退が進むことで、現場の技術力が落ちてきたために、現場だけではプラント保安に係る責任を負えなくなりつつある。 万が一有事が起こっても法規制に従っていることを示せれば、経営者自身が刑事責任や損害賠償も含む民事的な責任に問われることもなく、社会的な制約も比較的低い。海外では、プラント保安の責任、裁量を事業者側に置くことで、プラント保安を主要経営マターに位置づけ、マネジメントシステムやチェック体制の整備に継続的な投資を行ってきた。監査体制としても第三者機関の評価やツールを積極的に活用することで、事業経営者は常に、公正に評価され、有事があれば世間に公表されるリスクを認識している、時には事業経営者自身が巨額の賠償を負うといった、経営的なリスクを認識しながらプラント保守に取り掛かる必要がある。事故が起きた場合に事業経営者自身がすべての責任を負うとまで明確に定められていることから、監査、評価に耐えるために最優先でマネジメントシステムのアップデートのための積極投資を行うモチベーションになっている。

イギリスのような体制になるためには、現在の日本の体制とギャップが大きい。「国が限定的で。プラント経営者の責任、負荷は大きい。」といったメカニズムを、どのようにして日本にプラント分野の文化として根付かせ、機能させるのか見極める必要がある。シンガポールにおいては、プラントの数が少ないからこそここまでの体制を確立できた可能性もある。追従するモデルがあったとは言え、それでも長い年月をかけてようやく仕組みが定着してきた。

我が国において、時代の変化やあらゆるニーズに合わせ簡単にプラント保安に係る規制を緩和すべき、すぐに新しい技術を許容する、というわけにはいかない。規制緩和、規制を撤廃する代わりに、プラント保安を維持するために、規制に代わる新たな枠組み・社会システムの設計が必要と思われる。また、文化、慣習の違いも重要なキーである。何が、日本のプラント保安体制に必要なのか、ただ海外の事例を真似るだけというわけにはいかない。他方でこれまでプラント保安を担ってきた操業員/保安員と多様化が進んでいる現在・将来を担う操業員/保安員のマインドセットが必ずしも一致しているわけではないということも理解しておかないといけない。操業員/保安員の安全意識だけでは、これまでと同様の高い保安レベルの維持は出来ないという認識を持つべきである。これからの日本のプラント保安体制のためには、イギリスやシンガポールと同じように、自主的なプロセス安全管理の体制に変え、マネジメントシステムに基づいたチェック体制を構築、運用させることがが重要であると考える。また、経営者の意識変革も求められる。規制の緩和により、事業経営者に裁量を与えられる代わりに、第三者からの評価を受入れ、事業経営者として責任を負うことに覚悟をもつことができるかどうか。 我が国の製造業における競争力維持のためには、時代の変化や、新しいイノベーション技術の登場に合わせ、タイムリーに施策が打ち出し、変化へ順応することが求められる。我が国独自のプラント保安の規制の在り方もきめ細かくもスピーディーに検討されるべきである。何より、関係省庁官で足並みを揃えていくために時間を要することが想像できるが、時間的な猶予はない状況である。新しい技術の活用を促進できるプラントの姿を実現するために、官民が協力しながら、至急将来のプラント保安の在り方と社会システム設計に着手すべきである。

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 5. 参考情報


1. 本事業について P.2-5
1.1. 調査報告について P.2
1.2. 本事業の背景 P.4-5
2. 国内調査 P.6-73
2.1. プラント保安分野におけるドローン活用状況に関する調査 P.7-52
2.1.1. 調査実施概要 P.7-9
2.1.2. 調査結果 P.10-26
2.1.3. プラント保安分野におけるドローン活用現場の問題点の整理 P.27-36
2.1.4. ドローンガイドラインの改訂案 P.37-46
2.1.5. プラント保安分野におけるドローン活用の可能性 P.47-52
2.2. 危険区域の見直し状況に関する調査 P.53-71
2.2.1. 調査実施概要 P.54-55
2.2.2. 調査結果 P.56-59
2.2.3. 危険区域の見直しにおける問題点 P.60
2.2.4. 防爆ガイドラインの解説書の作成 P.61-65
2.2.5. 危険区域の見直しのニーズ P.66-68
2.2.6. 危険区域の見直しに係る論点 P.69
2.2.7. 危険区域の見直しと非防爆電子機器導入のアプローチ P.70-71
2.3. 国内調査のまとめ P.72-73
3. 海外調査 P.74-131
3.1. 調査実施概要 P.75
3.2. プラント保安に関する海外規制状況に関する調査 P.76-115
3.2.1. プラント保安に関する諸外国の規制概要 P.77-80
3.2.2. プラント保安に関する諸外国の規制詳細 P.81-115
3.3. ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 P.116-121
3.3.1. 諸外国の状況サマリ P.117-119
3.3.2. 諸外国の状況の詳細 P.120-121
3.4. 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 P.122-131
3.4.1. 水素燃料電池ドローンの開発状況 P.123-126
3.4.2. 水素燃料電池に関する事故事例 P.127-131
4. 全体のまとめ P.132-133
5. 参考情報 P.134-136


Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

# 5. 参考情報

## 5.1. 海外調査　参考文献一覧 (1/2)

| # | 参考文献タイトル | 年 | 作成 | 情報の対象領域 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | A comparative analysis of process safety management (PSM) systems in the process industry | 2020 | Journal of Loss Prevention in the Process Industries | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 2 | Comparison of prescriptive and performance-based regulatory regimes in the U.S.A and the U.K. | 2016 | Journal of Loss Prevention in the Process Industries | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 3 | Review of global process safety regulations: United States, European Union, United Kingdom, China, India | 2017 | Journal of Loss Prevention in the Process Industries | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 4 | A Step-by-Step Guide Incident Investigations | 2018 | OSHA, USA | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 5 | Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications, 4th Edition | 2019 | Daniel A. Crowl and Joseph F. Louvar | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 6 | Moving From SMS to Safety Case | 2007 | Australian Society of Air Safety Investigators (ASASI) | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 7 | WSH 2028 in a nutshell: A Healthy Workforce in Safe Workplaces | 2019 | WSH Council, Singapore | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 8 | Major Hazard Regulatory Model: Safety management in major hazard sectors | 2018 | HSE, UK | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 9 | HID Targeting & Prioritisation: Arrangements for Prioritising Major Hazard Interventions in the onshore Gas & Pipelines sector | 2018 | HSE, UK | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 10 | HID Regulatory Model: Safety Management in Major Hazard Industries | 2018 | HSE, UK | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 11 | PSM Singapore: WSH 2028 Report | 2019 | WSH Council, Singapore | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 12 | Fifty Years - One Vision | 2016 | The Ministry Of Manpower, Singapore | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 13 | Singapore’s Approach to Process Safety Management | 2010 | The Ministry Of Manpower, Singapore | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 14 | Process Safety Management: Regulatory Scan | 2014 | The Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP) | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 15 | The Evaluation of Process Safety Management Effectiveness in the Oil and Gas Sector | 2015 | Rochester Institute of Technology | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 16 | Human Factors Elements Missing from Process Safety Management (PSM) | 2010 | Process Improvement Institute, Inc. (PII) | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 17 | Elements of Process Safety Management: Case Studies | 2013 | Terry L. Hardy | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 18 | Bottom-line Benefits through innovation in Process Safety KPI Management | 2015 | Institution of Chemical Engineers | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 19 | Global Process Safety Regulation with Incidents and Lesson Learned (US, UK, China, India and Singapore) | 2017 | PSRG Asia Pacific | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 20 | Why Process Safety Management Audits Fail? | 2002 | ioMosaic Corporation | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 21 | The Safety Case Journey for Singapore | 2015 | The Ministry Of Manpower, Singapore | プラント保安に関する海外規制状況 |
| 22 | Good Practices for Security of Internet of Things | 2018 | European Union Agency For Network and Information Security | プラント保安に関する海外規制状況 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

# 5. 参考情報

## 5.1. 海外調査　参考文献一覧 (1/2)

| # | 参考文献タイトル | 年 | 作成 | 情報の対象領域 |
|---|---|---|---|---|
| 23 | Drone Alliance Europe U-space Whitepaper 2.0 | 2020 | Drone Alliance Europe | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 24 | Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems (Regulation (EU) 2019/947 and Regulation (EU) 2019/945) | 2019 | European Union Aviation Safety Agency (EASA) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 25 | U-Space Blueprint | 2017 | Publications Office of the EU | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 26 | U.S. Drone Laws – Overview of Drone Rules and Regulations in USA by State | 2019 | 911 Security | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 27 | SUMMARY OF SMALL UNMANNED AIRCRAFT RULE (PART 107) | 2016 | Federal Aviation Administration (FAA) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 28 | CASE STUDY: OSHA USING DRONES FOR INSPECTIONS | 2019 | HSE - Unmanned Aerial Vehicles (UAV) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 29 | UAS Data Exchange (LAANC) | 2020 | Federal Aviation Administration (FAA) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 30 | UAV Operator Insurance | 2021 | ARPAS-UK | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 31 | AIC Mauve - Airspace Restrictions | 2021 | NATS AERONAUTICAL INFORMATION SERVICE | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 32 | Drone code | 2019 | UK Civil Aviation Authority (CAA) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 33 | The Drone and Model Aircraft Code | 2021 | UK Civil Aviation Authority (CAA) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 34 | Singapore Aviation Industry Directory | 2021 | Association of Aerospace Industries Singapore (AAIS) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 35 | Unmanned Aircraft - Regulations | 2021 | Civil Aviation Authority of Singapore (CAAS) | ドローン飛行に関する規制とドローン活用状況 |
| 36 | A Hydrogen Strategy for a climate neutral Europe | 2020 | European Commission | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 37 | Safety Planning for Hydrogen and Fuel Cell Projects | 2019 | European Hydrogen Safety Panel (EHSP) | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 38 | Hydrogen to drive the EU’s green recovery | 2020 | European Commission | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 39 | The European Commission’s hydrogen industrial strategy and COVID-19 | 2020 | Atlantic Council | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 40 | HYDROGEN ROADMAP EUROPE: A SUSTAINABLE PATHWAY FOR THE EUROPEAN ENERGY TRANSITION | 2019 | Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (FCH JU) | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 41 | Recovery plan for Europe | 2020 | European Commission | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 42 | The Norwegian Government’s hydrogen strategy: towards a low emission society | 2020 | Norwegian Ministry of Petroleum and Energy, Norwegian Ministry of Climate and Environment | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 43 | Norway launches Green Transition package and hydrogen strategy | 2020 | Ocean Energy Resources | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |
| 45 | Getting Hy? Ambition and the art of the possible in the search for a hydrogen economy | 2020 | Linklaters | 水素燃料電池ドローンに関する海外の最新動向 |

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved.  Highly Confidential to Accenture.

Copyright © 2021 Accenture. All rights reserved. Highly Confidential to Accenture.

（様式２）

# 二次利用未承諾リスト

報告書の題名
令和2年度新エネルギー等の保安規制高度化事業水素燃料電池ドローン等に係る基準作成の検討等に関する調査報告書

委託事業名
令和2年度新エネルギー等の保安規制高度化事業（水素燃料電池ドローン等に係る基準作成の検討等に関する調査）

受注事業者名 アクセンチュア株式会社

| 頁 | 図表番号 | タイトル |
|---|---|---|
| 131 | 図3.4-1 | 2021年現在の韓国の水素関連法案の概要 |

# プラントにおけるドローン活用事例集
# Ver3.0

2021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、Ver３.0の作成にあたり、２019年にとりまとめた「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」（防爆ガイドライン）に基づき、非危険区域として再評価したエリア内において至近距離でのドローン飛行についても整理しました。

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） P.19

③屋外での実証実験（2020年度） P.28

④屋外での実証実験（2020年度） P.52

※2021年3月新規追加

３．国内企業の事例 P.63

４．海外企業の事例 P.80

# 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ド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。

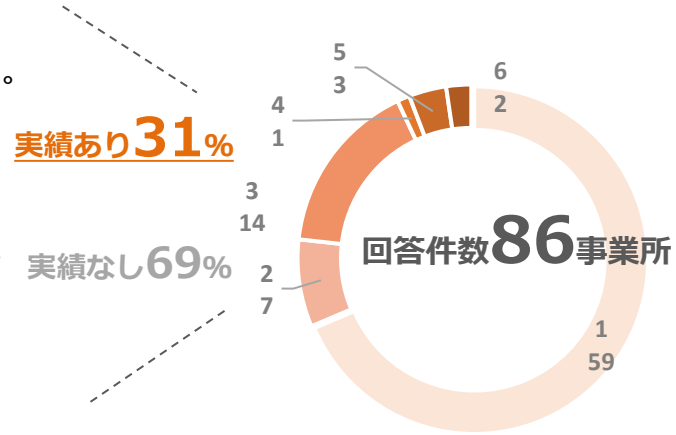
## 国内企業のドローン活用状況

### 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）**



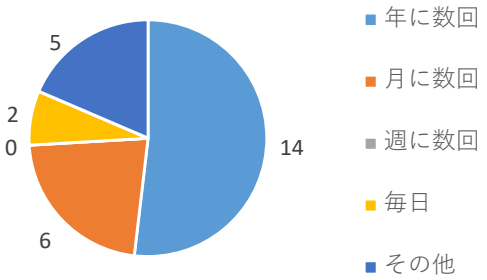

### ドローン活用ニーズの有無

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。

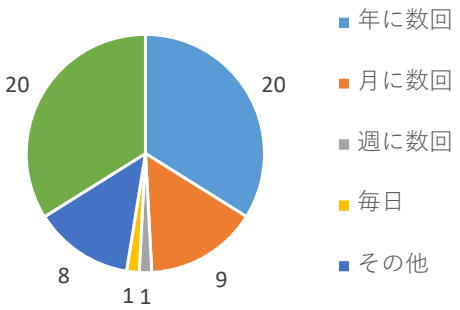
**ドローンの活用ニーズ**

**（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）**



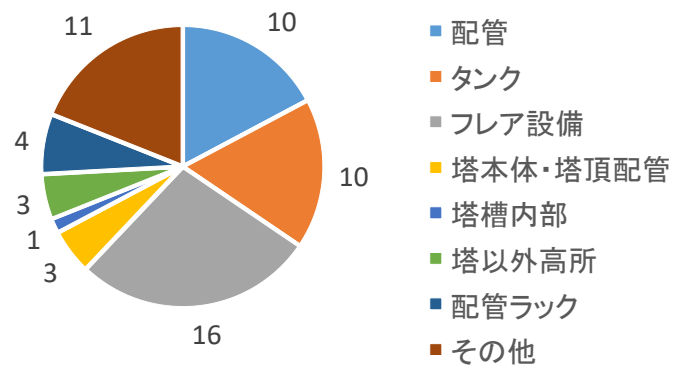
# 国内企業のドローン活用状況

## ドローンを活用した点検実施箇所・活用時の留意点

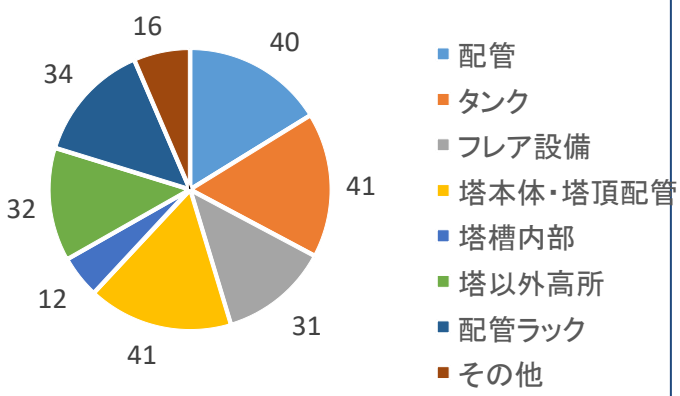
### 点検実施箇所

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



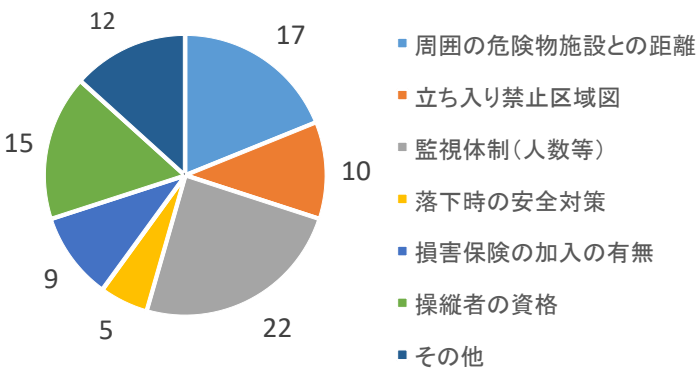

点検を実施したい箇所



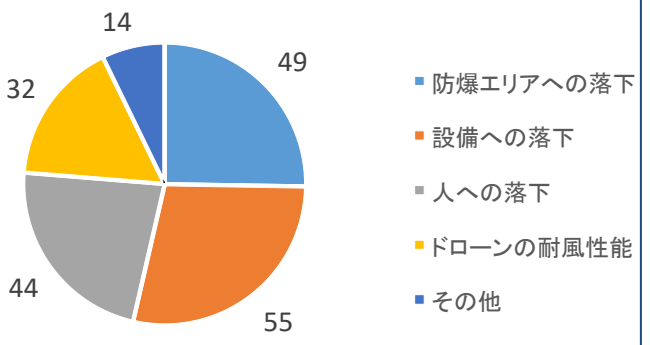

### ドローン活用時の留意点

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）<br>・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 | α6000を搭載実績あり、他市販カメラを搭載可能<br>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

【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 | | |
| 機体運用に関する事前確認 | 機体 | プロペラ、機体のねじの緩みはないか | | |
| | | 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 | 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 | | |
| | | 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 | | |
| | | 防消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。

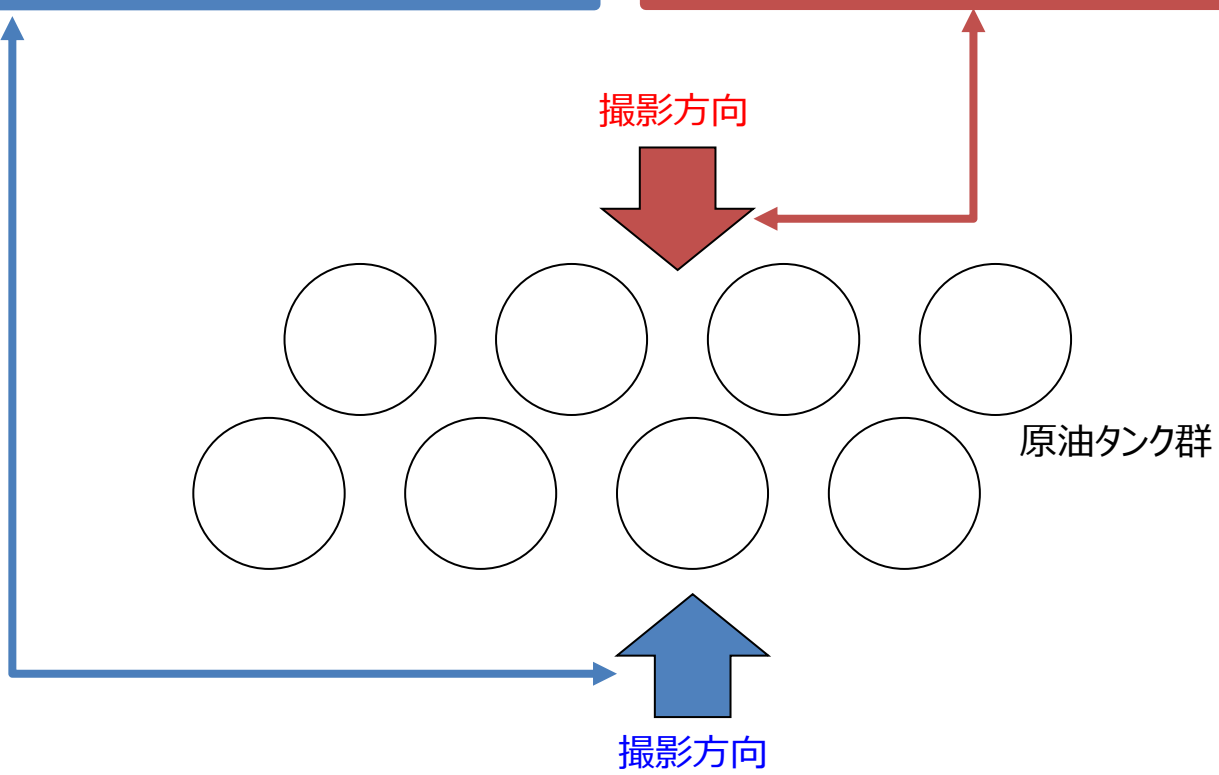
■その他

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）

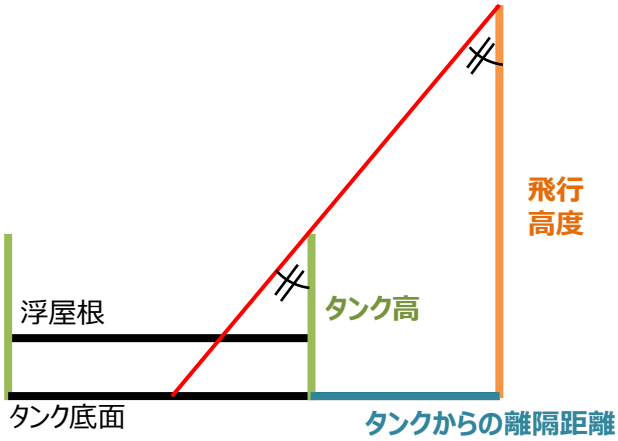
本実験の結果、16タンク中２つのタンクについてのみ浮屋根の一部が死角になり、全体を撮影することが出来なかった。

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

以下に死角発生の構造の模式図、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

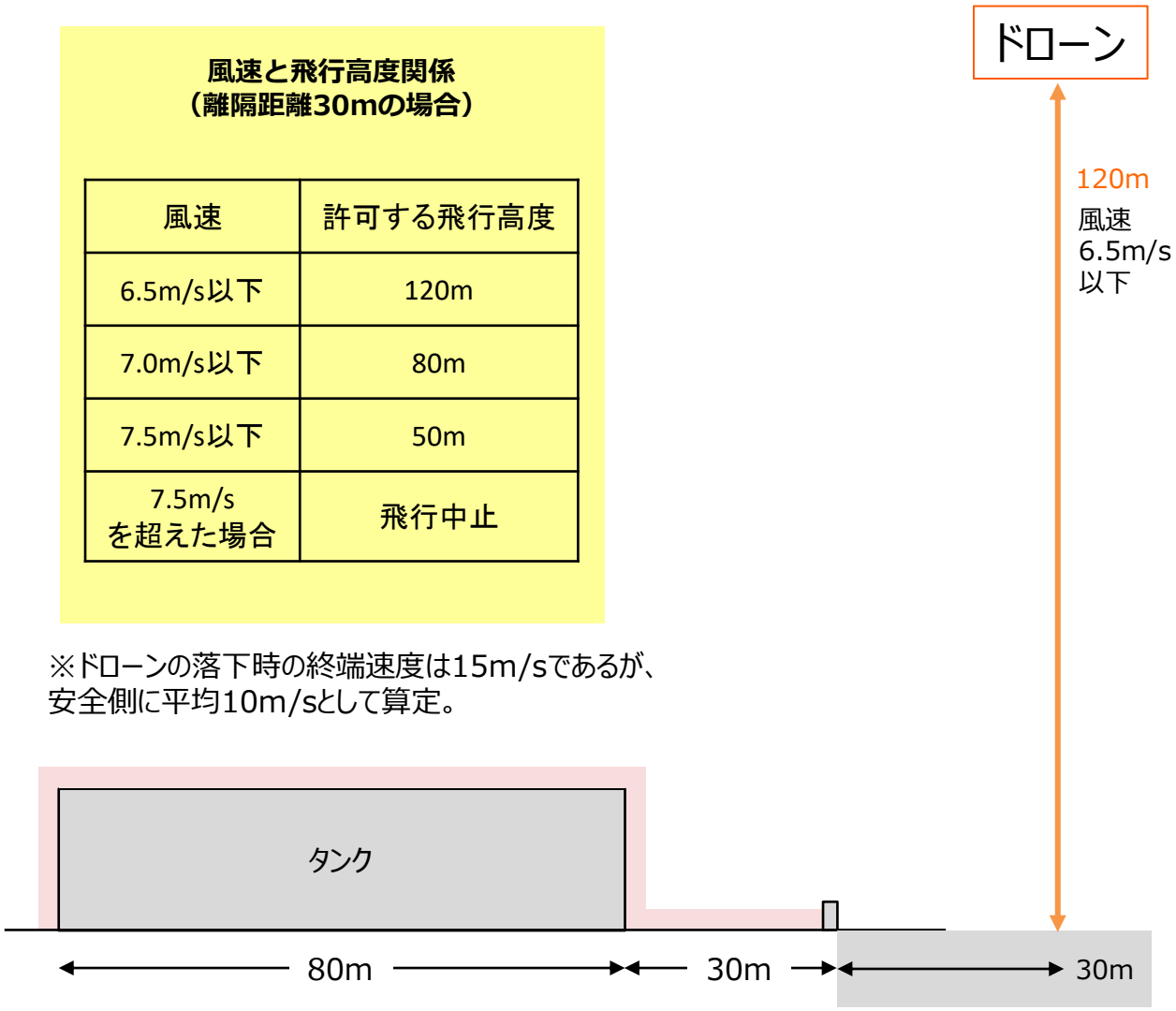
リスクアセスメントに際し、ドローンの異常時に、爆発性雰囲気を生成する可能性があるエリアの近傍や火気の制限があるエリアの近傍へ落下しないよう、十分な離隔距離を確保する必要があるが、この十分な離隔距離について、本実験においては、以下のように検討を実施した。

- 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、ﾊﾟ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。

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

ここで、z0：風速観測地点の高さ（根岸製油所においては7.5[m]）
v(z0)：風速観測値[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。

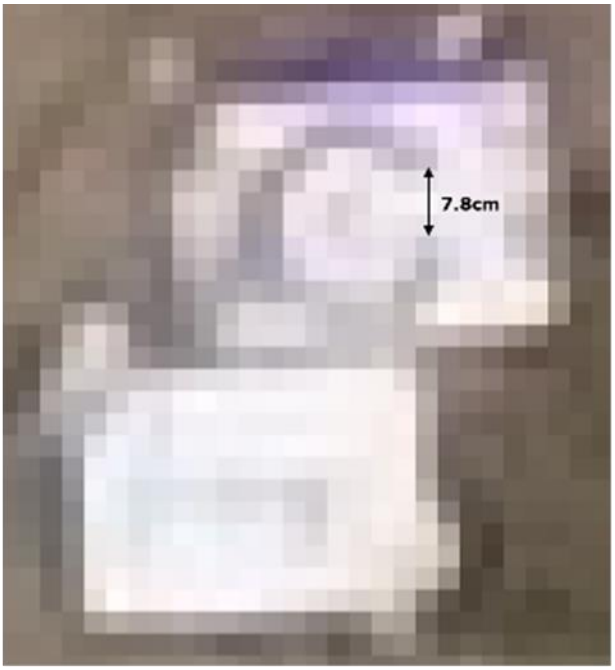
# （参考資料）

## 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

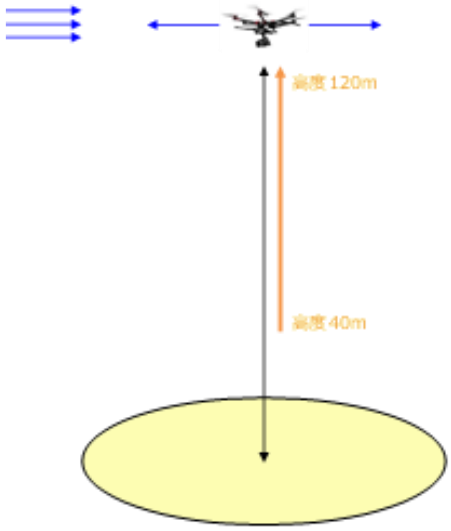
一番大きな「Ｃ」の文字の空白部分の長さは7.8cmとなっており、これが約３ピクセルで表示されていることが読み取れるため、１ピクセルあたり2.6cm程度の解像度が得られていることがわかった。これは本実験で用いたカメラの理論上の解像度と比較して遜色ないことから、ドローンに搭載した状態であっても、カメラ本来の機能が発揮できたと考えられる。

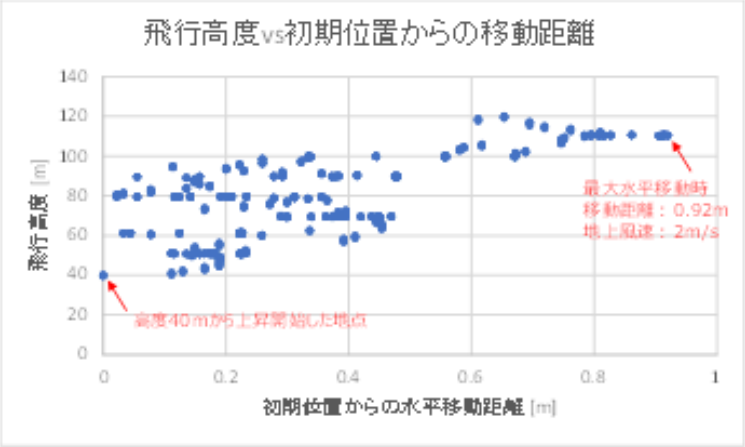
このことから、本実験の条件下では、プラントにおいてドローンを飛行させ空撮を行う際には、ドローンに搭載したことによる制約を考慮することなく、対象物までの距離と撮影したい対象物のサイズから適切な性能のカメラを使用すればよいことがわかった。

# （参考資料）

## ドローンの飛行安定性について

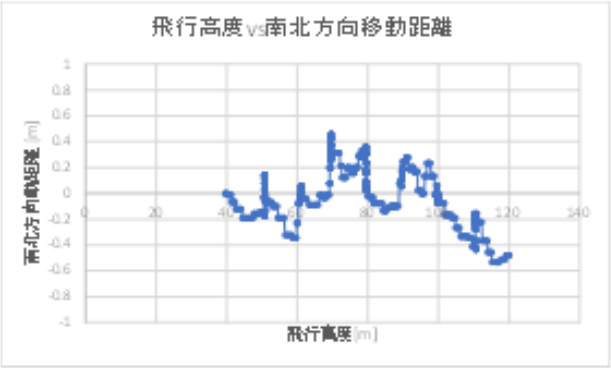
予備実験では垂直飛行を行っているが、風の影響等により、水平移動が起こってしまうことが想定されていた。実際にどの程度の風速下で、どの程度水平移動してしまうかについて、以下にその結果を示す。以下の右図は、高度40mから120mへ上昇時に水平移動した距離を表している。

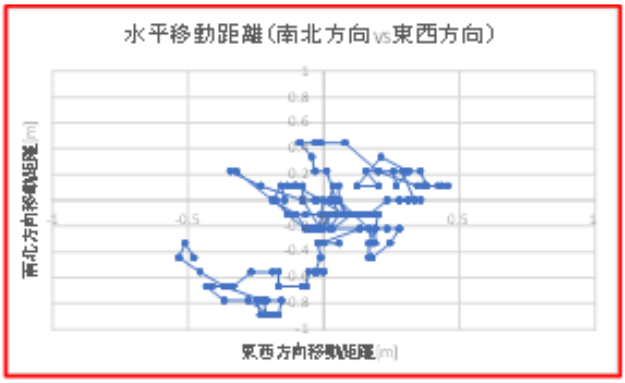


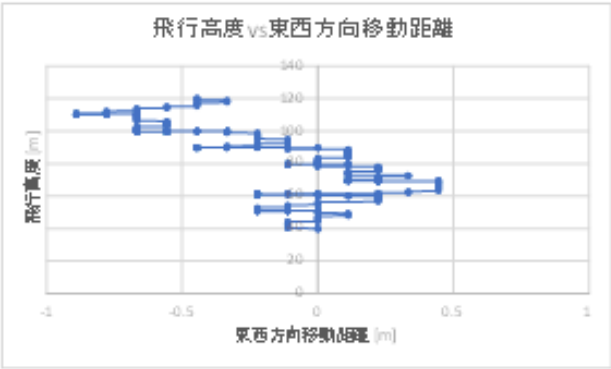

さらに詳細なGPSログについて下図に示す。

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

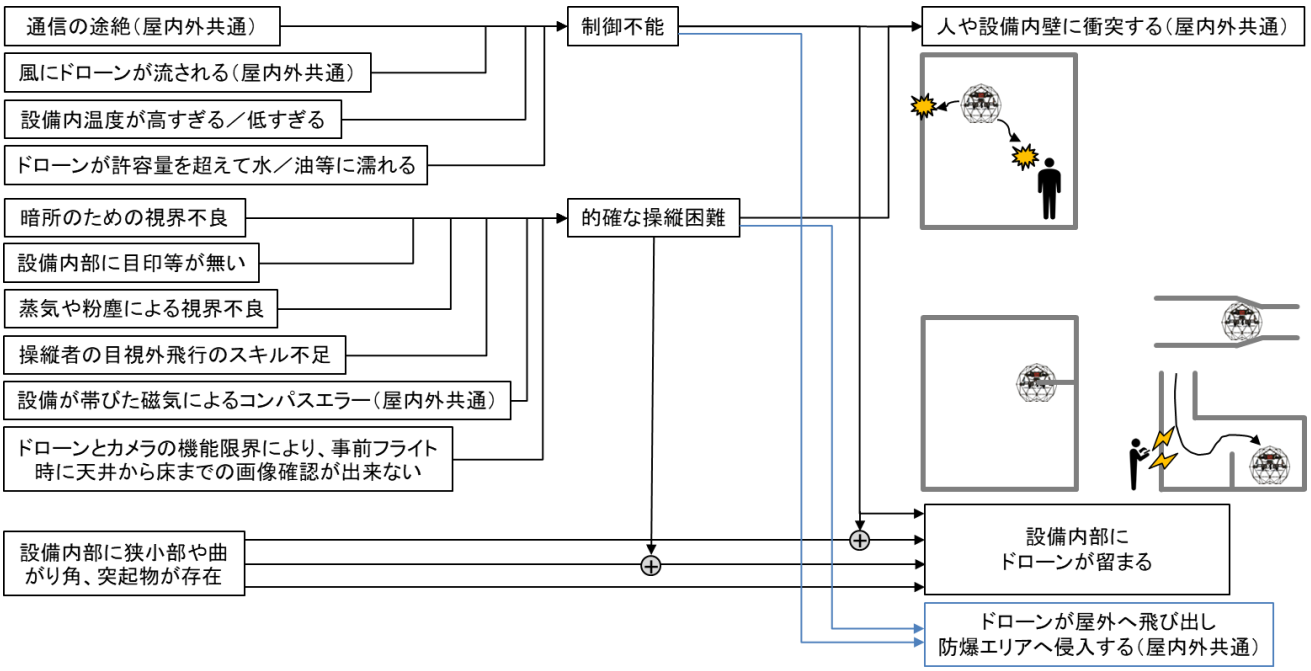
飛行経路の状態が爆発性雰囲気を生成する可能性がないエリア並びに発火・燃焼が生じてもこれが拡大・継続しないエリアである点、及び設備内部である点を踏まえ、リスクアセスメントを行った。

## 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、目印等が存在しない、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ー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 | |
| | ＳＤ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 | |
| | プロポの操作に潰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。

# ２．実証実験の事例

## ③屋外での実証事業（2020年度）

経済産業省委託事業「令和２年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」の中で、JSR株式会社千葉工場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Ver3.0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

2019年にまとめた「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」（防爆ガイドライン）に基づき、非危険区域として再評価したエリア内において至近距離でのドローン飛行も可能になったが、ドローン操作時の影響など、特有のリスクや課題が存在している。そこで、「令和２年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」において、プラント内で従来は危険区域として、ドローンが入ることができなかった範囲を含めた定期点検や日常点検を実現するための検証のため、また、従来の危険区域内であるための特有の安全対策の有効性の確認や課題の有無を確認するため、実証実験を実施した。

## 概要

危険区域の精緻な設定を行い、非危険区域となった(1)稼働中のプラントの上空のドローンの巡回飛行、(2)高所設備の至近距離の飛行による撮影および、（3)従来の危険区域の外側をドローン飛行させプラント内を撮影する実証実験を実施した。

## 日程及び場所

日程：2020年12月18日（金）

場所：JSR株式会社　千葉工場

## 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 | 10m/sec(水平)、2m/sec(垂直) |
| 最高高度 | 150m |
| 機体重量 | 3.15kg |
| 電波到達距離 | 500m以内 |
| 最大風圧抵抗 | 10m/s |
| 最大飛行時間 | 33分（カメラ・ジンバル搭載時） |
| 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）<br>• 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 | Sony QX30U、他市販カメラを搭載可能 |

# ドローンの飛行目的・撮影対象等の選定

【飛行目的】 従来は危険区域内としてドローン飛行できなかったエリアにおいて安全なドローン飛行をし、定期点検や日常点検を実現するための検証する。また、従来の危険区域内であるための特有の安全対策の有効性の確認、課題の有無の検証する。

【撮影対象】 ポリブタジエン樹脂製造施設

# ドローン運用事業者とドローンの選定

従来の危険区域内の飛行であるため安全性と信頼性を重視。ドローン運用事業者は、ドローン操縦の高いスキルを備え、国内プラントにおいて多くのドローン飛行実験、飛行操縦の実績を有している事業者を選定した。ドローン機体は、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。

# 飛行計画の設定

【目的】 ポリブタジエン樹脂製造施設の点検

【撮影方法】 静止画撮影／動画撮影

【撮影対象】 ポリブタジエン樹脂製造施設

【飛行区域の状態】 危険区域の精緻な設定を行い、非危険区域となったエリアおよび内部がゾーン２に設定された建屋の上空

【飛行ルート】
１．施設全体の巡回撮影
２．施設全体を巡回し、特定のポイントで装置に近づいて撮影
３．高所設備（蒸留塔）の撮影
４．外周からの撮影（見直し前の非危険区域からの撮影）

【飛行日時】 2020年12月18日　13:30~15:30

【実施体制】 操縦者、監督者、検査員、異常時の制御室との連絡者　各１名

風速監視員　２名

交通監視員　４名

※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で体制を整備

# 危険区域の見直し

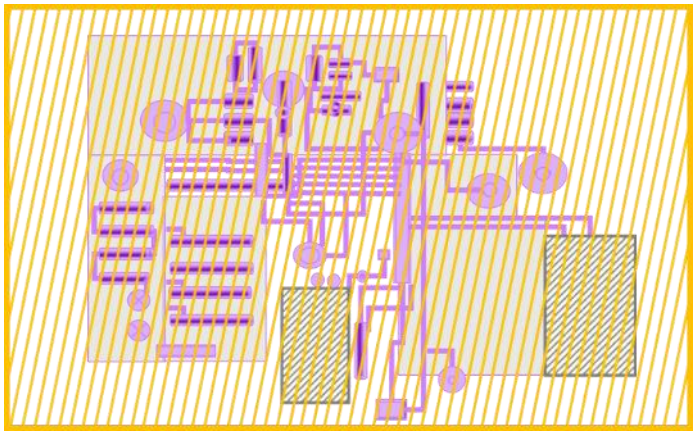
「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」（防爆ガイドライン）従って、4プラント中1プラントの評価、見直しを実施した。

危険区域の見直しが完了した、「ポリブタジエン樹脂製造施設」のあるプラントで今回の実証実験を行った。

対象のプラントにおいて、防爆ガイドラインに基づき評価した結果、プラント内の建物の内部のみ、危険区域（第 2 類危険箇所）に設定された。

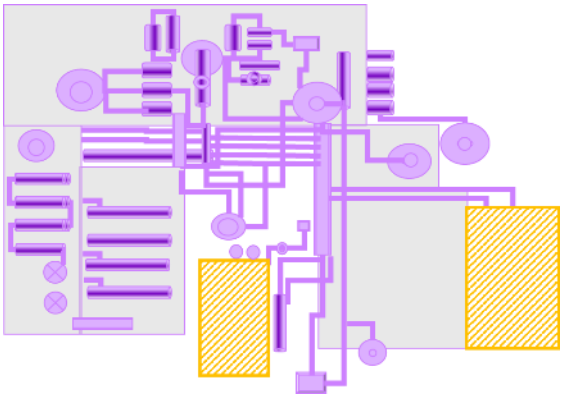
危険区域の範囲

**従来の危険区域の範囲**



工場電気設備防爆指針に従って、プラント一体を**第 2 類危険箇所に設定**

**見直し後の危険区域の範囲**

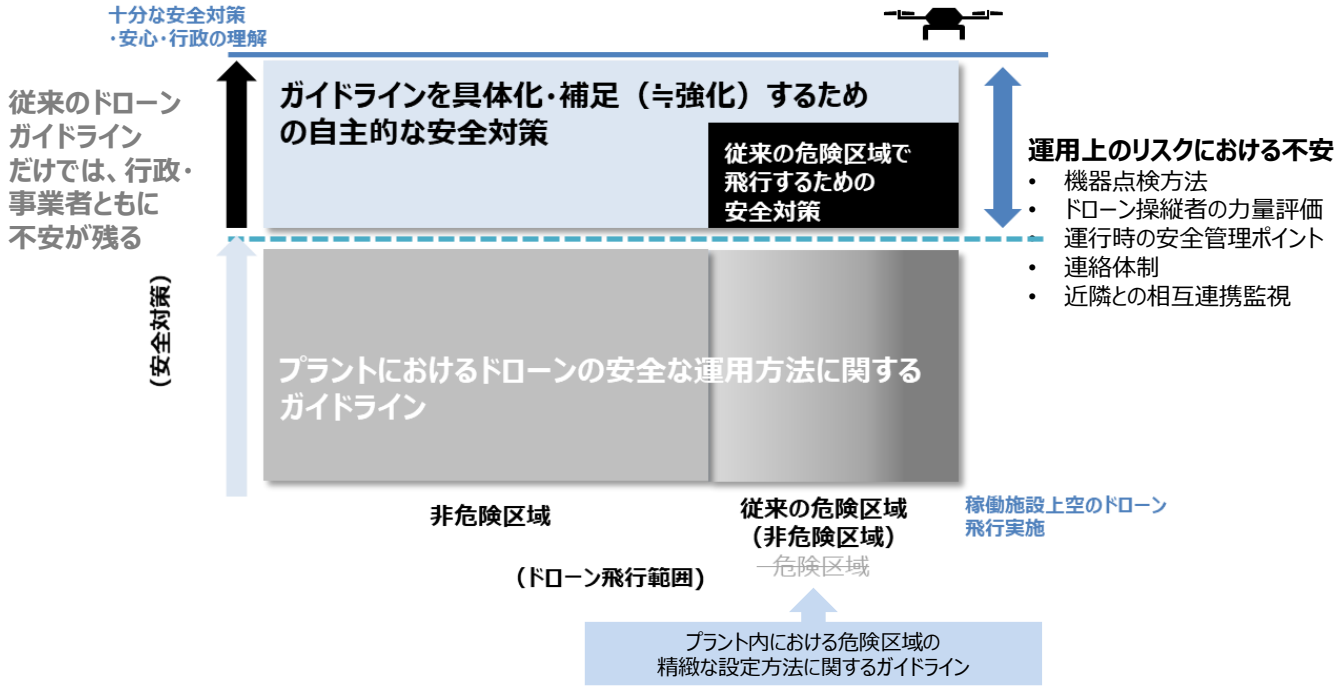


防爆ガイドライン従って、評価した結果、プラント内の**建物の内部のみ、第 2 類危険箇所に設定**

- ✓ 非危険区域に評価されたエリアも、基本的には、危険な状態が起こりうるエリアである
- ✓ **常時、危険な状態でなく、非定常作業の際の危険のリスクを認識し安全対策をとることにより、非危険区域として作業が可能になった（非防爆の電子機器も利用できる時間ができた）として理解した上で評価に基づき、危険区域を判断した**
- ✓ 非危険区域となり、常設型の電子機器も非防爆機器を導入できるようになった。しかし、非定常作業を考慮し、JSR千葉工場の方針として、非危険区域であっても、常設型の電子機器については、防爆仕様の機器を設置することを原則としている

# 稼働施設上空を飛行するための安全対策

今回、稼働中のプラントの上空を飛行するということに、ドローンガイドラインだけでは、行政や近隣事業者にも運用上の不安があった。そこで、自主的な安全対策を見せることによりドローンの飛行範囲拡大を図った。




## ドローンガイドラインを具体化・補足（≒強化）したポイント

運用上のリスクにおける不安を解消するため、ドローンガイドラインを具体化・補足したポイントは以下3ポイントである。

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **操縦者技量の評価方法の明確化** | • 必要とする技量の項目だけでなく、実際の**飛行パターンと評価方法の図表**を作成<br>• 操縦技能のほか、機体や法令の知識、安全管理などに関する**ドローン操作者に必要な力量の評価**<br>• ドローン運用事業者による撮影の場合（外部委託の場合）、**ドローン運用事業者への飛行箇所特有の情報（ローカルな情報）を共有（安全教育として実施）** |
| 2 | **安全対策の具体化と補足** | • ドローンガイドラインの対策より具体的にするため、**飛行計画書やドローンチェックシート、飛行記録表のひな型**を設定<br>• **ドローンガイドラインに補足するリスク、及び飛行エリア特有なローカルのリスクとその対策**を明瞭にした**リスクアセスメント表**の作成 |
| 3 | **コンビナートでの自主的相互監視** | • 航空法に基づく、情報開示（DIPSやFISS）*だけでなく、**隣接企業への飛行情報提供**（必要事項をメールで前日までに送信）により、近隣からのガス流入防止や不審ドローンの侵入を防止 |

# 操縦者技量の評価方法の明確化

稼働施設上空を飛行するために、ドローン飛行させる操縦者の技量を不明確であることが不安とされていた。

操縦者の技量は、ドローン運用事業者の操縦者の場合と、自社の操縦者の場合により評価ポイントが変わる。そのため、評価方法も、2パターン準備することが必要とわかった。

評価ポイント

**ドローン運用事業者の操縦者の場合**

1. 力量（飛行時間、操縦技量の基本チェック、機体知識把握のチェック、点検技量のチェック）
2. 事業者としての法的届け出状況のチェック、機体管理の確認の仕組みを持っているかのチェック
3. 飛行範囲での伝えるべきリスクと理解状況のチェック

**自社の操縦者の場合**

1. 必要スキル獲得のための飛行パターンによる到達レベル・飛行可能エリアのチェック
2. 操縦以外に知っておくべき必要事項のチェック

# 操縦者技量の評価方法の明確化（つづき）

今回は、ドローン運用事業者が操縦をしたため、**ドローン運用事業者の操縦者の場合の評価方法により評価**した。

事前に、飛行範囲に存在するプラント固有のリスク（ローカルの情報）について説明する**安全教育を実施**した。評価用のチェックリストを作成し、確認したことの記録を残した。

**ドローン運用事業者への飛行環境の説明のためのチェックリスト（例）**

| 項目 | | 説明内容または説明資料例（必要に応じて追加） | 説明後<br>☑する |
|---|---|---|---|
| 構内での基本遵守事項 | | 飛行する事業所の入構教育資料 | ☐ |
| ドローン飛行範囲 | | Plot若しくは立面図等による飛行ルートを示した図<br>離発着の位置、監視人の配置位置を図示 | ☐ |
| 飛行範囲におけるリスク | | 可燃性、有毒性のある使用薬品の説明<br>使用している薬品の有害情報がわかる資料 | ☐ |
| | | ドローン運用ガイドラインに加え補足として守るべき事項があることを補足事項添付のリスクアセスメント表で説明 | ☐ |
| | | 飛行箇所個有のリスクアセスメント摘出事項の説明<br>例１　可燃性ガス放出可能性箇所<br>・タンクの圧力を一定にするための排気口<br>・ガス放散塔<br><br>例２　気流の乱れる箇所や高温箇所<br>・冷却塔上方や大型回転機モーターの排気方向<br>・燃焼空気の排気用煙突<br><br>（上記以外の摘出事項と対策も説明すること） | ☐ |
| 飛行中止基準 | | 雨、雷、風速（瞬間5m/s以上）、地震、津波発生時は飛行を中止することを再確認 | ☐ |
| 緊急時の連絡 | | 連絡系統図、場外退避経路図 | |
| | | | |

飛行範囲に存在するプラント固有のリスクを理解したか、確認

実験を通して、受講者の理解を署名（サイン）で残すように修正

# 操縦者技量の評価方法の明確化（つづき）

ドローン運用事業者の操縦者用と自社の操縦者の評価基準を作成した。**ドローン運用事業者の操縦者の場合**、基本的な操縦技量、機体の知識、飛行前後の点検有無の評価を実施した。

## ドローン運用事業者の操縦者に必要な力量を評価した項目（例）

| 技量 | 評価項目 | 評価基準 | |
|---|---|---|---|
| 基本的な操縦技量 | 離着陸 | ✓ 3mの高さまでに離着陸の可否、安定性 | |
| | ボバリング | ✓ 操縦者の目線の高さでのボバリングの可否、安定性 | |
| | 前後左右 | ✓ 指定された離陸地点から前後左右に20m離れた場所へ着陸の可否、安定性 | |
| | 水平面での飛行 | ✓ 一定の高さを維持したまま、指定された地点を順番に移動の可否、安定性 | |
| | 緊急時措置 | ✓ 機体のトラブルが発生した場合に、迅速に緊急モードに切り替え、安全な場所へ着陸させることの可否 | |
| 機体の知識 | ドローン本体 | ✓ ドローンを飛行させるために機体の組み立て、解体の可否 | ✓ 機体の特性、システム構成、プロポ操作、通信と基地局PCとの関係性などの理解 |
| | プロペラ（モータ） | | ✓ プロペラによる揚力、推進力の原理の理解、異常判断の可否 |
| | バッテリー | | ✓ バッテリーの特性や危険性を理解し、安全な充電などの扱いの可否 |
| 飛行前後の点検 | 点検 | ✓ ドローン機体の飛行前後の点検や定期点検の実施可否および、修理の実施可否 | |
| | 故障時の対応 | ✓ 機体が故障した場合、故障個所の原因調査の可否および、修理時の説明、交渉の可否 | |

ドローン運用事業者へ、操縦者の自己評価、および責任者の評価を依頼した。

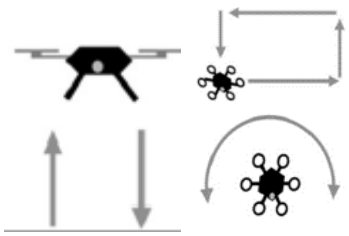
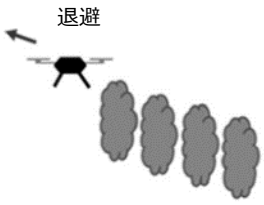
【基本的な操縦技量】 航空法申請要件ですが ドローン事業者の責任をもって再評価してください。

| 項目 | スキルレベル | | | 規準評価点 | 操縦者自己評価 | ドローン事業者責任者 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | | |
| 離着陸 | 3mの高さまでの離着陸ができる（不安定でも良い） | 3mの高さまでの離着陸が安定してできる。 | レベル2を5回連続してできる。 | 3 | | |
| ホバリング | 操作者の目線の高さで、短時間（1分未満）ホバリングができる。（又は、1分以上の飛行で半径1m以内にとどまれない） | 操作者の目線の高さで、1分以上半径1mの範囲にとどまる事ができる。 | レベル2の内容と同じことが、5分以上できる。 | 3 | | |

# （参考）自社の操縦者技量の評価方法

**自社の操縦者の場合の評価方法**も準備した。参考資料として以下記載する。

飛行パターンと評価方法の図表を作成し、操縦者の操縦技能を実技で評価、技能レベルにより飛行可能エリアを制限することを決め、操縦者に必要な力量を評価する表を作成、事前にチェックできるようにした。

| 到達レベル | STEP1 | STEP2 | STEP3 |
|---|---|---|---|
| 飛行パターン |  | |  |
| ターゲット技能レベル | ✓基本的な操縦ができる | ✓10m程度の高さの対象物(パイプラック等)に対して高さを維持したまま、安定した飛行及び動画撮影ができる | ✓GPS通信が途切れる等の異常で人や設備へ損傷を与えそうな時、即座にモードを切り替えて安全な場所へ退避できる |
| 課題（評価基準） | • 離陸→上昇・ホバーリング→離陸<br>• 離陸→前後左右移動→着陸<br>• 離陸→ホバーリング→左右旋回 | • 木々をパイピプラックや設備に見立てて、上下左右の移動や旋回をする<br>• 合わせて動画撮影を行う | • 無線機のスイッチを「GPS有」から「GPS無」モードへ切り替え着陸の直前まで操作する |
| 飛行可能エリア | • 場内空地での飛行<br>• 屋根観察、防災訓練 | • パイプラック | • 高所タワー<br>• 定修設備 |

実際の評価項目、基準設定については、次ページに示す。

# （参考）自社の操縦者技量の評価方法

**自社の操縦者の場合、**操縦技能のほか、機体や法令の知識、安全管理などドローン操作者に必要なの力量（スキル）を評価表を使って確認した。以下は、ドローン運用事業者の操縦者の評価項目に、**追加した自社の操縦者用の評価項目**である。

## ドローン操縦者に必要な力量を評価した項目（例）

| 技量 | 評価項目 | 評価基準 |
|---|---|---|
| 飛行プラン | 飛行計画の立案 | ✓ 目的に合わせた飛行計画の作成の可否、安全対策を含んだプランの提案の可否 |
| 関係法令の理解 | 航空法 | ✓ 航空法「無人航空機の飛行に係る許可・承認書」を理解し、申請の実施、申請方法の指導の可否 |
| | 航空法 | ✓ 航空法「定期飛行実績報告」を理解し、報告の実施、報告方法の指導の可否 |
| | 電波法 | ✓ 電波法を理解し、具体的に申請を実施、申請方法の指導の可否 |
| | 消防法等関係法令 | ✓ 消防法、石災法、高圧ガス保安法、各自治体の条例など関係する法、条例を理解し、監督官庁に相談、説明の実施および社内での指導の可否 |
| 安全管理 | 安全管理 | ✓ 飛行の安全体制を統括し、飛行責任者として役割の遂行可否 |

右記項目は、ドローン運用事業者の評価の場合とほぼ同様に評価する。

チェックリストを使った評価により、飛行により実施できる作業を確認できるようにした。

- **基本的な操縦技量**
  - ✓ 離着陸
  - ✓ ホバリング
  - ✓ 前後左右への移動
  - ✓ 水平面での飛行
  - ✓ 緊急時措置
- **機体の知識**
  - ✓ ドローン本体
  - ✓ プロペラ（モータ）
  - ✓ バッテリー
- **飛行前・後の点検**
  - ✓ 点検
  - ✓ 故障時の対応

【基本的な操縦技量】

（「基準評価点」以上のスキルを、半年以上維持できている者が、「評価者」になれる）

| 項目 | スキルレベル 1 | スキルレベル 2 | スキルレベル 3 | 実施できる作業 | 規準評価点 | 自己評価 | 評価者評価 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 離着陸 | 3mの高さまでの離着陸ができる（不安定でも良い） | 3mの高さまでの離着陸が安定してできる。 | レベル2を5回連続してできる。 | ・基準評価点以上で、国土交通省へ「無人航空機を飛行させる者」として登録申請できる。 | 3 | | |
| ホバリング | 操作者の目線の高さで、短時間（1分未満）ホバリングができる。（又は、1分以上の飛行で半径1m以内にとどまれない） | 操作者の目線の高さで、1分以上半径1mの範囲にとどまる事ができる。 | レベル2の内容と同じことが、5分以上できる。 | | 3 | | |
| 前後左右 | 指定された離陸地点から、前後左右に20m離れた場所に着陸できる。（不安定でも良い） | 指定された離陸地点から、前後左右に20m離れた場所への着陸が、安定してできる。 | レベル2を5回連続してできる。 | | 3 | | |
| 水平面での飛行 | 一定の高さを維持したまま、指定された地点を順番に移動する事ができる。（不安定でも良い） | 一定の高さを維持したまま、指定された地点を順番に移動する事が安定してできる。 | レベル2を5回連続してできる。 | | 3 | | |
| 緊急時措置 | 緊急モードで、慌てて何もできず、熟練者のフォロー（交代）が必要。 | 緊急モードで、不安全な場所から取り敢えず機体を離す事ができる。 | 機体のトラブルが発生した際に即座に対処でき、迅速に安全な場所に着陸（墜落）させる事ができる。 | | 3 | | |

# リスクアセスメントと対策

稼働施設上空を飛行するための安全対策として、ドローンガイドラインを具体化・補足するためのリスクアセスメントを実施した。

**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**におけるリスクと対策。赤字がドローンガイドラインを補足した部分。

| リスク | 対策 |
|---|---|
| (a) 作業員、通行車両、設備等の上空での飛行 | • 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<br>• 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<br>• 他の飛行物が無いことを確認後飛行する<br>• 同一施設及び隣接設備も含め、同時飛行は行わない<br>• 鳥獣がいないことを確認後飛行する<br>• 操縦を担当する者の健康状態を確認する |
| (b) 悪天候、強風時での飛行 | • 悪天候雨天時、瞬間風速5m/sを超えた場合は、飛行中止のアクションに入る |
| (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 | • 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<br>• 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<br>• 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<br>• 自動航行の場合は、事前にGPS機能等に影響を受けない距離を確認し、影響のでる距離未満の接近禁止となるように設定されていることを確認する |

# リスクアセスメントと対策（つづき）

**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と対策。赤字がドローンガイドラインを補足した部分。

| リスク | 対策 |
|---|---|
| (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 | • 風速等による明確な飛行中止条件の設定<br>• 飛行中止判断者の配置<br>• 保安道路等、非危険なエリアでの離着陸の実施<br>• チェックリストによる飛行前の機体点検 |
| (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 | • 風況、飛行高度等に応じた危険なエリアとの離隔の想定<br>• 風速の監視・連絡体制の確保<br>• 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に基づく危険区域の明確化<br>• 危険区域に落下する可能性がある場合は、機体の重さは5kg未満の機体を使用する。<br>• 飛行時に風速を検知できるもの（吹き流し等）の使用及び、強風を感知したときに操縦者に連絡できる体制 |
| (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<br>• より高い技術を有する操縦士による操縦の実施<br>• 安全に不時着させる位置を事前に決めておくこと<br>• ドローン操作に必要スキルの追加、操作者のスキル評価による定量化<br>• 点検依頼可能なドローン業者の評価基準の明確化 |
| (d) 落下等の衝撃によりバッテリーが破損し、着火すること | • 事前のガス検知の実施<br>• 防火・消火体制の確保<br>• 衝撃等に強いバッテリーの選定<br>• 固定ガス検知器等の監視（航行現場との通信可能とする）も加え監視<br>• リチウムイオンバッテリーは変形がない、衝撃を受けてない、電解液の漏洩がない、水漏れがない、膨れがない等を飛行前に点検する。<br>• バッテリーの性能管理による定期的な交換。充放電回数及びバッテリーの消耗スピードを記録し、消耗スピード及び充放電回数、使用年数から、使用期限を決め、使用期限を超えて使わないこととする。 |

# リスクアセスメントと対策（つづき）

**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と対策。赤字がドローンガイドラインを補足した部分。

| リスク | 対策 |
|---|---|
| 事故対処方法ついて、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。 | • プラントの部分停止または全体停止することを航行前に決め、周知しておく。<br>• 緊急連絡系統図を作成し、落下した際、連絡を速やかに行えるようにする。<br>• ドローン事業者による飛行の場合は、ドローン事業者に施設固有のリスクと対策を周知する。 |

**ローカル環境**における追加のリスク（ドローン飛行をするプラント施設固有のリスク）と対策。

| リスク | 対策 |
|---|---|
| ドローンが墜落し設備を損傷させる | • 衝突可能性のある駆動用空気銅管に対し、落下時に衝突の可能性がある箇所を洗い出し、損傷すると内液が出る可能性のある、サイトグラスやレベルゲージのガラス部分は保護する。また制御に影響の大きい計装駆動空気銅管は保護する。<br>• これを操縦者へ教育し注意を促す。<br>• 飛行前にプラント運転者へ周知し、衝突・損傷があった際の対処方法を想定してもらっておく。また衝突に備えて、損傷計器がなんであるか速やかに連絡できるように、現場に運転員を1名配置する。 |
| 周辺もしくは近隣からガスが流入しガス検知器が発報する | • ガス検知器が発報した際は高度を上げ、北側の空地に移動、安全性を確認して、空地に着陸させる。最悪は電源を切り落下させる。プラントが隣接する側の監視人はガス検知器を携帯させる。または可搬式ガス検知器を路上に置いておく。<br>• 飛行前に周囲のガス検知器による異常なし確認を行うとともに、飛行時は固定式ガス検知器の検知なしを中央制御室で確認する。 |
| 飛行中にも関わらず、現場で作業して誤って爆発雰囲気を発生させてしまう | • 飛行時は作業を実施しないように調整する。作業をする場合は、飛行の合間時間(12:00~13:00)を利用して行う。 |

# リスクアセスメントと対策（つづき）

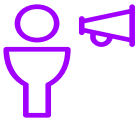
**ローカル環境**における追加のリスク（ドローン飛行をするプラント施設固有のリスク）と対策。

| リスク | 対策 |
|---|---|
| 連続または間欠的に、空気またはガスを上空に放出する設備により、気流が乱れたり、可燃性雰囲気ができてしまう | ルーフファンやモータファンなどの設備から、上空に向かって排気がないことを確認。操縦者にも周知する。<br>隣接エリアで水素とレーター切替時の配管残存水素の放出があるが、少量であり、飛行計画箇所から20m以上離れるので影響なし。 |
| 操縦者が航空法の申請がされていない<br>90日以内に1時間事項飛行を実施していない | ドローン事業者が航空法の飛行許可/承認書を受領していることを確認する(申請書の写しが貰えるか確認する)<br>直近の飛行実績を確認する。 |

# 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。

- 千葉工場内の所内関係部署への事前確認
- コンビナート内近隣企業への飛行情報の共有
- 市原市消防局への飛行計画の説明
- 千葉県危機管理部産業保安課への飛行計画の説明



**コンビナートでの自主相互監視**

- **近隣企業と飛行情報を共有し、隣接企業からのガス流入防止**
- **不審ドローンの侵入防止**

**➡セキュリティ・保安の向上**

- **航空法に基づく、情報開示（DIPS、FISS）**
- **隣接企業への飛行情報提供（必要事項をメールで前日までに送信）**
  - いつ・どんな機体を飛行させるか
  - 爆発性ガスの放出計画の有無
  - 飛行目的や撮影方法は各社の秘匿情報

*DIPS：ドローン情報基盤システム/FISS：飛行情報共有システム

# 点検等の実施

ドローンチェックシート・飛行記録表のひな型を作成し、点検・チェックを実施した。

①ドローン倉庫の作業とチェック

| |
|---|
| １．プロペラのネジを締め付ける　（保管中は、同ネジを緩めた状態にしている為） |
| ２．プロペラガードが正しく設置されているか、目視で確認する。 |
| ３．ブラシレスモーターの異常（引っ掛かり）が無いか確認する。 |
| ４．カメラを固定し、配線を繋ぐ。 |
| ５．バッテリーに異常（変形、衝撃、電解液の漏えい、水漏れ、膨れ）が無いか確認する。 |

②飛行直前のチェック

| |
|---|
| 1. プロペラに接触しそうなゴミの付着が無いか、確認する。 |
| 2. バッテリーを設置し、配線を繋ぐ。 |
| 3. 「機体」と「ＰＣ」 が問題無く通信できる状態か確認する 。 |
| 4. コントローラーが問題無く使用できる(含 PC・機体との通信)か確認する 。 |

③飛行中のチェック

飛行時間、バッテリー（BT）残量、風速（平均・瞬間）を記録

| バッテリー | ＰＣ担当： | | 直前 | 離陸直後 | 飛行中 | | | | 着陸（停止） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 操縦者： | 時刻 | : | : | : | : | : | : | : |
| セット目 | BT No： | BT残量 | % | % | % | % | % | % | % |
| | 風速（警防係に無線で確認） | 平均 | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s |
| | | 瞬間 | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s | m/s |

④飛行後のチェック

| |
|---|
| ７．機体のバッテリーとコントローラーをＯＦＦにし、機体の異常（外観、ﾓｰﾀｰ）が無いか確認する。 |
| ８．機材の不足（現場への忘れ物など）が無いか確認し、機器を倉庫に保管する。 |
| ９．プロペラ固定用のネジを若干緩める（ネジのテンションを緩和する措置） |
| １０．必要な充電を行う。（充電終了させることを、忘れない様に） |

# 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。

| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 施設全体の巡回撮影 | Mini - GT3 | 3F 架台 | 14:02 | 3F 架台 | 14:10 | 0:08 | 特になし |
| A | 装置に近づいて撮影 | Mini - GT3 | 3F 架台 | 14:20 | 3F 架台 | 14:27 | 0:07 | |
| A | 高所設備の撮影 | Mini - GT3 | 3F 架台 | 14:30 | 3F 架台 | 14:39 | 0:09 | |
| A | 外周からの撮影 | Mini - GT3 | プラント横道路 | 14:50 | プラント横道路 | 15:03 | 0:13 | |

実験当日の、天候は晴。実験中の瞬間風速は最低1.0m/s、最大4.7m/sであった。

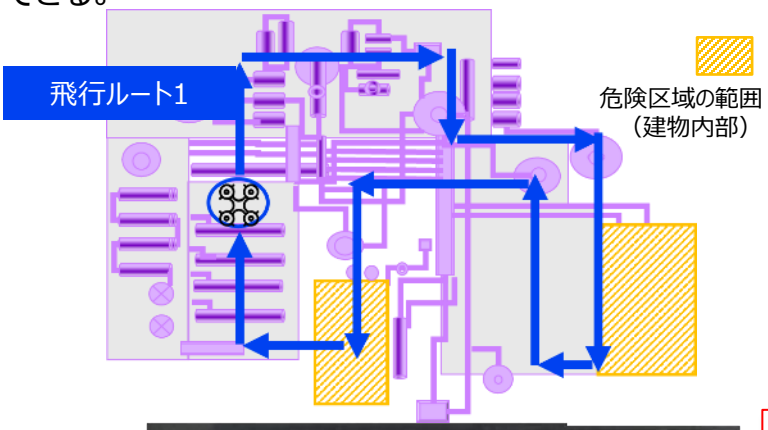
■実証実験により得た知見

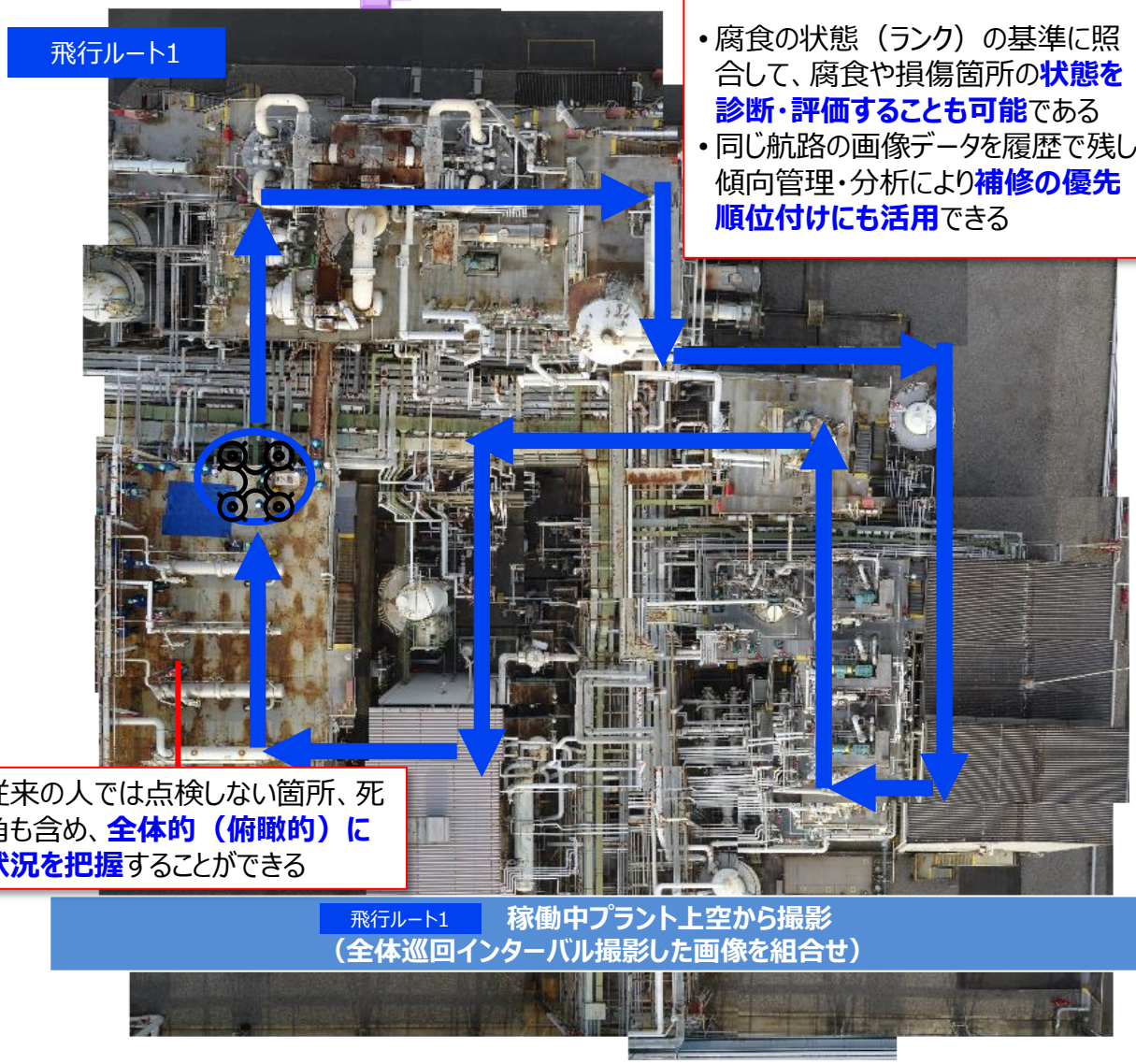
- **天候/撮影時間帯：**太陽の光が強く、設備が日陰に入っており、明瞭な画像の撮影が、困難な箇所があった。撮影時の時間帯・天候により、撮影する画像に影響が出る。
- **動画/写真**：静止画のインターバル撮影の方が、解像度が高く、後から確認が必要なポイントを選択、抽出することが容易であるため、静止画のインターバル撮影を行った。
- **飛行ルート：**プラント内の避雷針の考慮が難しい。自動航行では、避雷針の上空を飛行、距離をとって撮影する、あるいは、近接して撮影する際に高度を下げる必要があった。
- **カメラの性能：**近接して撮影できない場合を考慮すると、全体巡回の撮影には、解像度の高いカメラを使用するべきだった。目的に合わせてカメラの種類をテストが必要。デジタルズームと高解像度カメラ、ドローンの大きさ（重量）の選択と合わせて検証が必要。（➡参照：後掲「（参考）カメラ比較」）

# 実験結果とドローン活用の有効性

**飛行ルート1**：ポリブタジエン樹脂製造施設（稼働中）全体の上空を巡回撮影した。

従来の人では点検しない箇所を含め全体的（俯瞰的）に状況を把握できることにより、複数人（回）での確認・評価、見逃しの防止によりプラント保安の精度向上に期待できる。




- 腐食の状態（ランク）の基準に照合して、腐食や損傷箇所の**状態を診断・評価することも可能**である
- 同じ航路の画像データを履歴で残し、傾向管理・分析により**補修の優先順位付けにも活用**できる

- 従来の人では点検しない箇所、死角も含め、**全体的（俯瞰的）に状況を把握**することができる

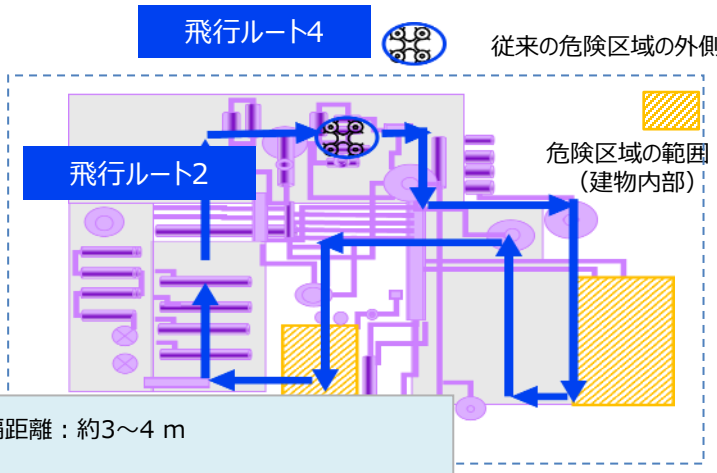
飛行ルート1　**稼働中プラント上空から撮影**
**（全体巡回インターバル撮影した画像を組合せ）**

# 実験結果とドローン活用の有効性（つづき）

**飛行ルート2**：ポリブタジエン樹脂製造施設（稼働中）全体の上空を巡回しながら、飛行高度を下げ、設備に接近、撮影した。

**飛行ルート4**：従来の危険区域の外側（設備から離れた場所）を飛行、プラントの内側を撮影した。

上記の飛行ルートにより、危険区域の見直し前と後を比較、検証した。危険区域の見直しにより至近距離から撮影できることにより、従来は死角になっていた箇所を含めプラント内の点検できる範囲を広げられ、プラント保安の向上にも有効であると考える。




- **人がプラントの内部に入らないと確認できない箇所を確認**可能。**網羅的に確認**ができることが重要➡**点検できる範囲を拡張**することに有効

- 外周からは見えない部分を**正常であることを確認可能**

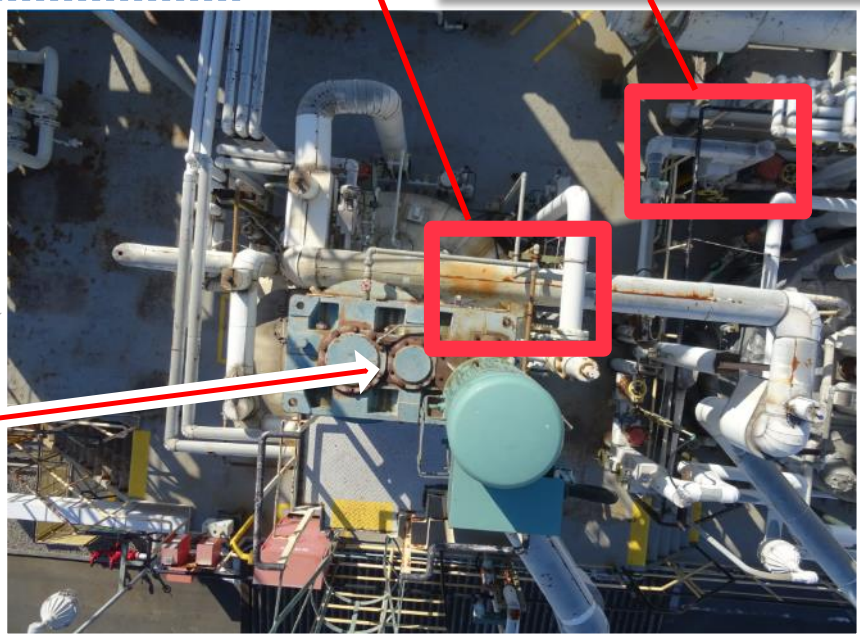
離隔距離：約3～4 m

【使用したカメラ性能】
2000万画素×30倍ズーム（デジタルズーム）
集点距離：4.3mm
センササイズ：5.97mm×4.5mm
記録画素数：5184×3888pixcel

30倍ズーム

飛行ルート4

**従来の危険区域の外側（対象から離れた場所）から撮影**



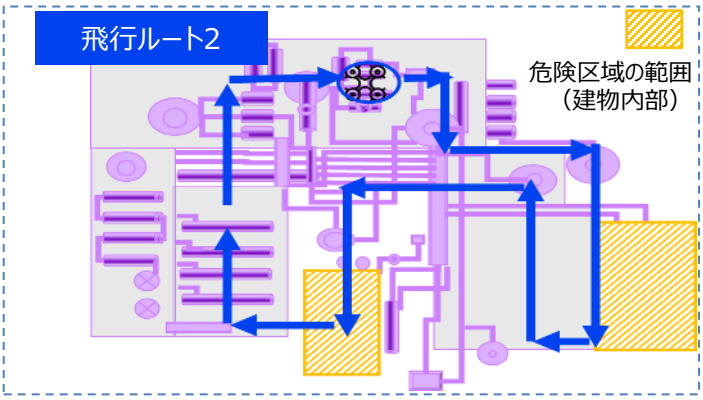
飛行ルート2 **見直し後非危険区域(上空)から撮影**

- 腐食の程度(ランク）の基準に照合し、診断・評価も可能
- 画像をズームして確認することで従来の点検画像と同様に扱うことも可能

# 実験結果とドローン活用の有効性（つづき）

**飛行ルート2**：ポリブタジエン樹脂製造施設（稼働中）全体の上空を巡回しながら、飛行高度を下げ、設備に接近、撮影するときの高度のイメージを参考に記載する。

設備からの離隔距離3～4mの至近上空にドローンを飛行させ撮影した。

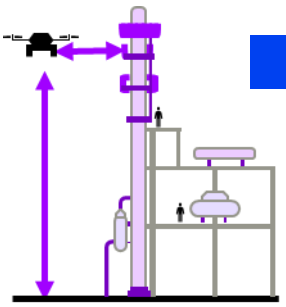


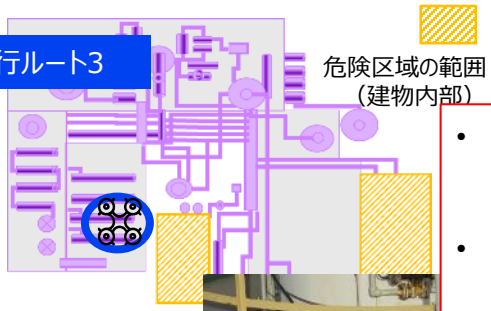

この方向から撮影した写真

# 実験結果とドローン活用の有効性（つづき）

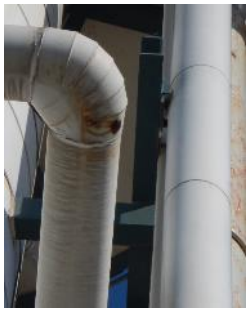
**飛行ルート3**：高所設備（蒸留塔）を至近距離から撮影した。

従来は危険区域内であることから、高所の腐食・損傷状況を確認するためには、足場を設置する必要があった。ドローンを至近距離に飛行させることにより、点検作業が困難だった箇所まで確認できるようになり、点検範囲をさらに拡張することに有効である。また、災害発生後など、足場の架設費用の削減、作業者の安全性の向上、および、プラント稼働の停止時間の短縮にも有効であると考える。






- 災害などの後、足場を架設せずに、短期間に、状況を把握することができる（**停止時間の短縮**にも有効）
- 足場架設費用の削減や、作業者の安全性の向上に有効である
- 異常・損傷だけでなく、正常な状態であることを把握するためにも有効である



**従来の点検（撮影）**

従来の点検の角度からでは死角になって確認できなかった

離隔距離：約13 m

【使用したカメラ性能】
2000万画素×30倍ズーム
（デジタルズーム）
集点距離：4.3mm
センササイズ：5.97mm×4.5mm
記録画素数：5184×3888pixcel

飛行ルート3

**見直し後の非危険区域（至近距離）から撮影**

- **死角になって確認できなかった箇所を点検**可能。
  ➡**点検できる範囲を拡張**することに有効
- 腐食の程度(ランク）の基準に照合し、診断・評価も可能

# 従来の危険区域で飛行するための安全対策の有効性

（凡例）
〇：有効、改善点なし
△：改善点あり
＋：不足、追加必要
－：不要であった

　従来は危険区域内であり、稼働中施設の上空を飛行させるために、ドローンガイドラインを具体化・補足するための安全対策を行った。実験を通して、改善点や検討事項を整理し、次の飛行計画へ活用していく。

| 安全対策 | 概要 | 評価/課題/検討事項 |
|---|---|---|
| 飛行環境の説明 | ドローン運用事業者に飛行範囲に存在するプラント固有のリスク（ローカルの情報）について説明（チェックリストを作成） | ○ プラント固有のリスク（ローカルの情報）をドローン運用事業者に説明し、その記録を示すことは、消防・近隣を安心させることに有効であった<br>○ 飛行中止基準：具体的な風速について、ガイドラインに記載がないので、具体例として提示することは有効である |
| ドローン飛行技能検定 | ドローン操作者の操縦技能を実技にて評価し、技能レベルにより飛行可能エリアを制限する | △ ドローン操縦者を自社社員が行う前提の資料が多く、ドローン運用事業者の操縦者の場合に適応できない箇所があったため別評価方法が必要であった<br>▪ ドローン運用事業者の操縦者の場合の力量チェックは飛行時間の実績と基本的な確認で判断する方が現実的であった（*1）<br>△ ドローン運用事業者の操縦者の場合、選定時、あるいは安全教育の前に、確認する必要がある項目あり、それらの証明資料の提出などを依頼することが良いと分かった。別チェックリストが必要であった（法定期届出など）（*2）<br>*1 *2 ：サンプルを次ページに示す |
| ドローン操作者に必要な力量評価 | 操縦技能のほか、機体や法令の知識、安全管理に関する技能を評価する | |
| 飛行計画書・ドローンチェックシート | ドローンの飛行前、飛行後で点検すべき事項をリスト化したチェックシートおよび、飛行記録表のひな型を作成 | △ ドローン飛行前の機体点検チェックは機体によって点検項目が異なるため、ドローン業者による飛行の場合、ドローン業者の機体チェックリストを入手し、チェックが必要<br>△ ドローン運用事業者に対し、ドローン機体の点検状況の確認が必要（飛行時間によるバッテリー交換頻度など） |
| リスクアセスメント | ガイドラインに書かれたリスクと対策を具体化および追加し、リスクアセスメント表を作成 | △ リスクアセスメントは、汎用的なリスクだけではないため、実際の現場に即した項目を追加する方が有効である<br>＋ 今回は避雷針がプラントに多く、リスクアセスメントを実施する必要があった |
| 事前連絡<br>事前協議 | 隣接企業への飛行情報提供により、近隣からのガス流入防止や不審ドローンの侵入を防止する | ○ 事前に消防、近隣企業へ飛行情報を具体的に共有することは、有効であった |

# 従来の危険区域で飛行するための安全対策の有効性（つづき）

今回の実証実験を通して、ドローン操縦者に必要な力量評価において、改善、修正した点を示す。

## ドローン運用事業者の操縦者に必要な力量を評価

ドローン運用事業者の操縦者の場合には、力量チェックは飛行時間の実績と基本的な確認で判断する方法が現実的であると分かったためチェックリストを修正した。

| | GPS飛行のみ | 手動飛行も実施 |
|---|---|---|
| 直近3が月の飛行時間数 | 1時間以上 | 10時間以上 |
| 総飛行時間数 | 10時間以上 | 100時間以上 |

飛行時間については、今回飛行実験したドローン運用事業者とヒアリングしながら設定した目安である。今後の運用により見直す想定である。

**操縦者に必要な力量評価表**

評価年月日：　　年　　月　　日

| 事業者責任者 | 担当 |
|---|---|
| | |

氏名：　　（経験年数　　年）

※稼働Plant上空の場合以下条件を満たすこと、それ以外はGPS飛行のみの条件

以下時間は、訓練飛行も含む

| | | GPS飛行のみ | GPSなし（装置への近接） |
|---|---|---|---|
| 直近3カ月の飛行時間数 | 時間 | 1時間以上 | 10時間以上 |
| 総飛行時間数 | 時間 | 及び10時間以上 | または100時間以上 |

# 従来の危険区域で飛行するための安全対策の有効性（つづき）

今回の実証実験を通して、ドローン操縦者に必要な力量評価において、ドローン運用事業者の操縦者の場合、事前に航空法に関する許可申請や無線局の免状など確認が必要になる項目があるため、事業者の選定時、あるいは安全教育実施の前などに証明資料の提出を依頼するなどして、確認できるよう、別チェックリストを作成した。

## ドローン運用事業者への事前確認事項

| 項目 | | 確認資料 | 確認後<br>☑する |
|---|---|---|---|
| 航空法に対する確認 | | 無人航空機の飛行に関する許可承認申請書<br>及び　無人航空機の飛行に係る許可承認書 | □ |
| 電波法<br>※対象機の場合 | | 無線局免状　及び<br>JUTM日本無人機運航管理コンソーシアムへの加入確認 | □ |
| 操縦スキル確認 | | 事前に「操縦者のスキル評価表」を渡し記入してもらう | □ |
| 機体管理 | | 機体定期点検記録<br>バッテリー管理（放充電回数）記録<br>モーター管理（使用時間）<br>上記に関する管理方法を聞き、可能であれば記録をもらう<br><br>※定期的に行っていなければ上記項目を点検してもらい、<br>結果を提出してもらう。 | □ |
| 飛行前後の機体管理 | | 飛行前点検記録<br>飛行前にネジのゆるみ無し、バッテリーの損傷・液漏れなし、通信状態確認異常なし　等を確認するチェックシートを持っているか確認。<br>飛行後点検記録<br>飛行後に異常が発生した様子がないかを確認するチェックシートを持っているか確認。<br><br>※前後の点検記録がなければ、ガイドライン補足事項資料６参考に作成してもらう | □ |

# （参考）カメラ比較

点検のためには、高画質のカメラが必要であるが、搭載できるドローンのサイズ（大きさ・重量）にも影響するため目的・用途に合わせ考察、検証をすることが必要である。

- プラント内の避雷針のため、自動航行では、避雷針の上空を飛行、距離をとって撮影する、あるいは、近接して撮影する際に高度を下げる必要があった。
- 近接して撮影できない場合を考慮すると、全体巡回の撮影には、解像度の高いカメラを使用するべきだった。目的に合わせてカメラの種類をテストすること、デジタルズームと高解像度カメラ、ドローンのサイズ（大きさ・重量）の選択と合わせて検証すること、が必要であると分かった。
- 画像解析などで活用する場合には、センササイズを大きいカメラを使用する方が望ましい。今後は、望遠ズームとセンササイズの関係も確認予定である。

**Sony DSC QX30U**
**（今回の撮影で使用）**

- 2000万画素×30倍ズーム
- 集点距離：4.3mm
- センササイズ：5.97mm×4.5mm*
- 記録画素数：5184×3888pixcel

*多くのドローンはこのセンササイズ

**Sony UMC-R10C**

- 2000万画素レンズ交換式
- 集点距離：16mm
- センササイズ：23.2mm×15.4mm
- 記録画素数：5456×3632pixcel

# ２．実証実験の事例

## ③屋外での実証事業（2020年度）

経済産業省委託事業「令和２年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」の中で、三井化学株式会社市原工場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Ver3.0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

2019年にまとめた「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」（防爆ガイドライン）に基づき、非危険区域として再評価したエリア内において至近距離でのドローン飛行も可能になったが、ドローン操作時の影響など、特有のリスクや課題が存在している。そこで、「令和２年度新エネルギー等の保安規制高度化事業」において、プラント内で従来は危険区域として、ドローンが入ることができなかった範囲を含めた定期点検や日常点検を実現するための検証のため、また、従来の危険区域内であるための特有の安全対策の有効性の確認や課題の有無を確認するため、実証実験を実施した。

## 概要

防爆ガイドラインに従って、危険区域の精緻な設定の再評価を実施し、非危険区域として評価されたエリア（非危険区域に見直しを検討中のエリア）内にドローン飛行させ、点検対象であるコーンルーフタンク（開放中）の至近距離から外面を撮影、従来の点検方法との比較をする実証実験を実施した。

## 日程及び場所

日程：2021年2月8日（月）

場所：三井化学株式会社　市原工場

## 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 |
|---|---|
| 機体型式 | ACSL　Mini-GT3 |
| 最高速度 | 10m/sec(水平)、2m/sec(垂直) |
| 最高高度 | 150m |
| 機体重量 | 3.15kg |
| 電波到達距離 | 500m以内 |
| 最大風圧抵抗 | 10m/s |
| 最大飛行時間 | 33分（カメラ・ジンバル搭載時） |
| 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）<br>• 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 | Sony QX30U、他市販カメラを搭載可能 |

# ドローンの飛行目的・撮影対象等の選定

【飛行目的】 従来は危険区域内としてドローン飛行できなかったエリアにおいて安全なドローン飛行をし、定期点検や日常点検を実現するための検証する。また、従来の危険区域内であるための特有の安全対策の有効性の確認、課題の有無の検証する。

【撮影対象】 コーンルーフタンク

# ドローン運用事業者とドローンの選定

従来の危険区域内の飛行であるため安全性と信頼性を重視。ドローン運用事業者は、ドローン操縦の高いスキルを備え、国内プラントにおいて多くのドローン飛行実験、飛行操縦の実績を有している事業者を選定した。ドローン機体は、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。

# 飛行計画の設定

【目的】 コーンルーフタンク外面のウィンドガーダ―部の腐食点検

【撮影方法】 静止画撮影／動画撮影

【撮影対象】 コーンルーフタンク

【飛行区域の状態】 危険区域の精緻な設定のため非危険区域と評価されたエリア内
＊区域の設定実施は検討中のため、開放中（非危険区域）

【飛行ルート】 タンクの側面を飛行（1側面ずつ2ルート）

【飛行日時】 2021年2月8日　13:30~15:30

【実施体制】 操縦者、監督者、検査員、異常時の制御室との連絡者　各１名

風速監視員　１名

交通監視員　１名

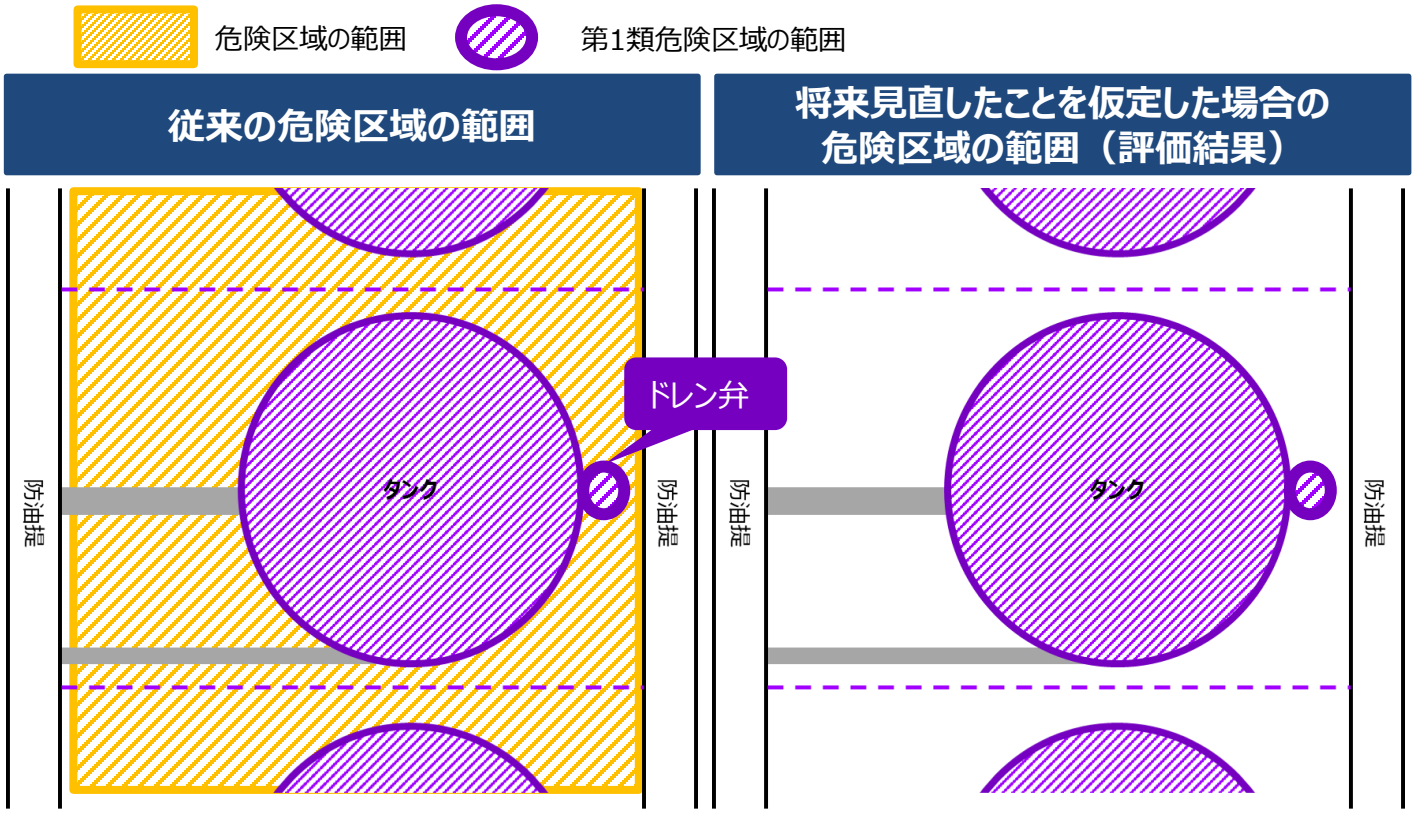
※プラントでドローンを安全に飛行させる方法を検討することを目的とした実験であるため、これに対応した監視人数で体制を整備

# 危険区域の見直し

「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」（防爆ガイドライン）に従って、タンク設備の評価を実施した。

対象のプラントにおいて、防爆ガイドラインに基づき評価した結果、タンク外周は非危険エリアになると評価された。

実験当日は危険区域の見直しが完了していないため、危険区域が見直された場合を仮定して実証実験を行った。




社内設備技術規格「防爆規格」に従って、タンク上部及びドレン弁周囲は、第1類危険箇所。防油堤内エリア一体を**第 2 類危険箇所に設定**

防爆ガイドライン従って、評価した結果、タンク上部及びドレン弁周囲のみ**第1類危険箇所、タンク外周は非危険区域になると評価された**
（ただし、実際の危険区域の見直し予定については、現時点では決まっていない）

# リスクアセスメントと対策

今回の飛行エリアがタンク至近となるため、リスクアセスメントと対策として、以下を実施した。赤字が至近距離を飛行するためにドローンガイドラインを補足した部分。

| リスク | 対策 |
|---|---|
| (a) 作業員、通行車両、設備等の上空での飛行 | • 操縦者と事前に面談し、操縦経験・ドローンが有する安全機能のヒアリングを実施<br>• タンク周辺、なおかつドローン落下推定範囲に存在する配管・計器・機器を足場材で養生<br>• 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<br>• 操縦を担当する者の健康状態を確認する<br>• 飛行前、飛行中にタンク周辺の可燃性ガスの有無をガス検知機でチェック<br>• 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 |
| (b) 悪天候、強風時での飛行 | • 悪天候雨天時、一定の風速(5m/s)を超えた場合の作業中止 |
| (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 | • 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<br>• 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<br>• 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 |

# リスクアセスメントと対策（つづき）

## 作業員の安全対策

- ヘルメット・防護メガネ・防塵マスクの点検を始業前に必ず行う。
  - ✓ ヘルメットのあご紐をしっかり固定し、外した状態で作業しない。
- 操縦者は自律飛行中のドローン直下に立入らない。
  - ✓ 作業エリアに立ち入らない
- プラント内での作業に関わる安全教育を実施し、化学プラント特有の作業リスクを理解した。

<内容>

●作業プラント内の流体・注意箇所

●着装すべき保護具、緊急時の連絡系統

●着工許可の運用について　**等**

## 緊急時の制御機能

- ドローン操作用の電波が途絶したり、バッテリが低下すると、自動的に緊急時操作画面が立ち上がる
- 緊急操作が行われない場合は自動的に離陸地点に着陸

# ドローン落下リスクの対策（つづき）

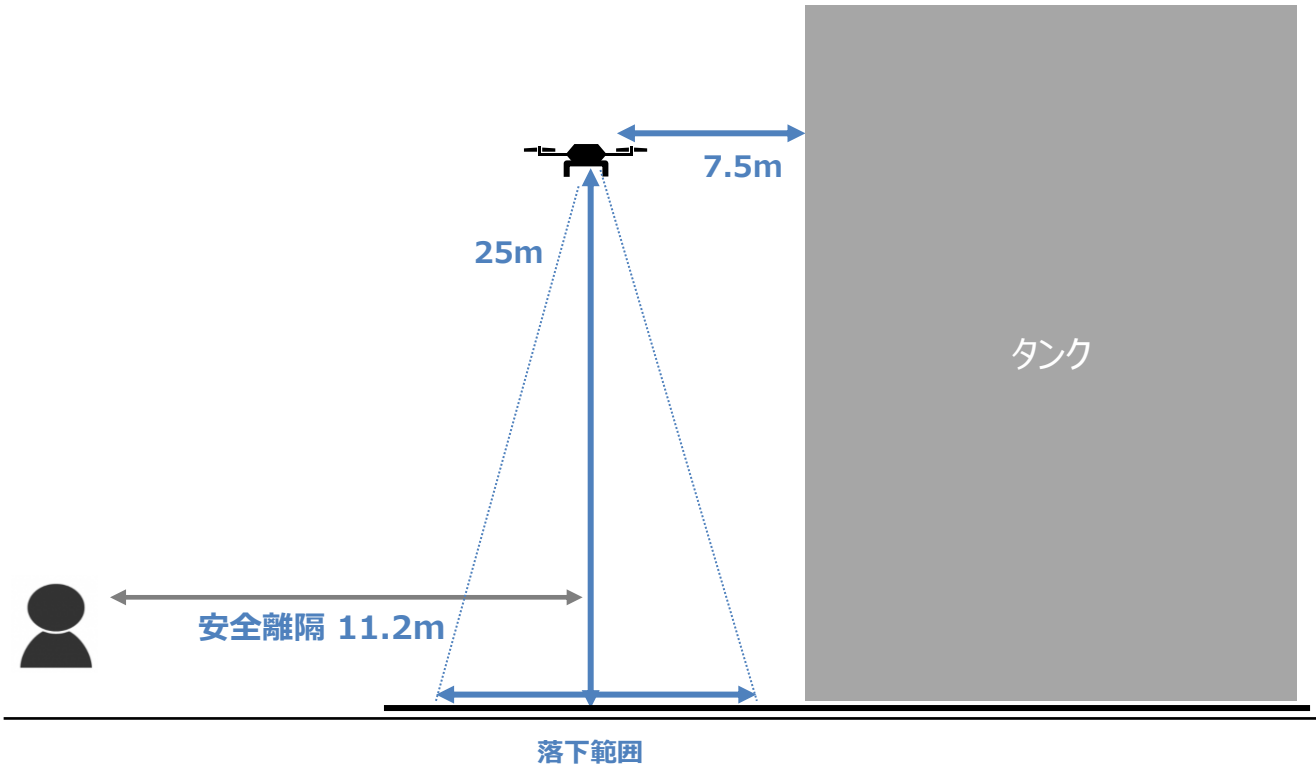
**中止判断基準の設定**

- 雨：降雨時は飛行中断して待機
- 風：地上風速5m/s以上で飛行を中断して待機（上空の風速も考慮）

**安全離隔の設定**

- ドローンの落下範囲(GPS誤差含む)＋5m以上を安全離隔として設定
- 高度25mから落下し、設備に接触することを回避するため、タンクと7.5m以上の離隔を設定し飛行

## 飛行時の安全区画



# ドローン落下リスクの対策（つづき）

**事前協議の実施**

飛行計画について、以下の事前説明、協議等を実施した

- 市原工場内の関係部署への事前確認
- コンビナート内近隣企業への飛行情報の共有
- 市原市消防局への飛行計画の説明

# 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。

| 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 | バッテリー電圧（飛行前） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | ナフサタンク西(海側) | Mini - GT3 | 防油堤内 | 13:15 | 3F架台 | 14:00 | 0:15 | 4.2V |
| A | ナフサタンク西(海側) | Mini - GT3 | 防油堤内 | 14:02 | 3F架台 | 14:13 | 0:11 | 3.9V |
| A | ナフサタンク東(山側) | Mini - GT3 | 防油堤内 | 14:20 | 3F架台 | 14:27 | 0:07 | 4.2V |
| A | ナフサタンク東(山側) | Mini - GT3 | 防油堤内 | 14:31 | プラント横道路 | 14:41 | 0:10 | 4.1V |

実験当日の、天候は晴。実験中の風速瞬間最大値は2.1m/sであった。

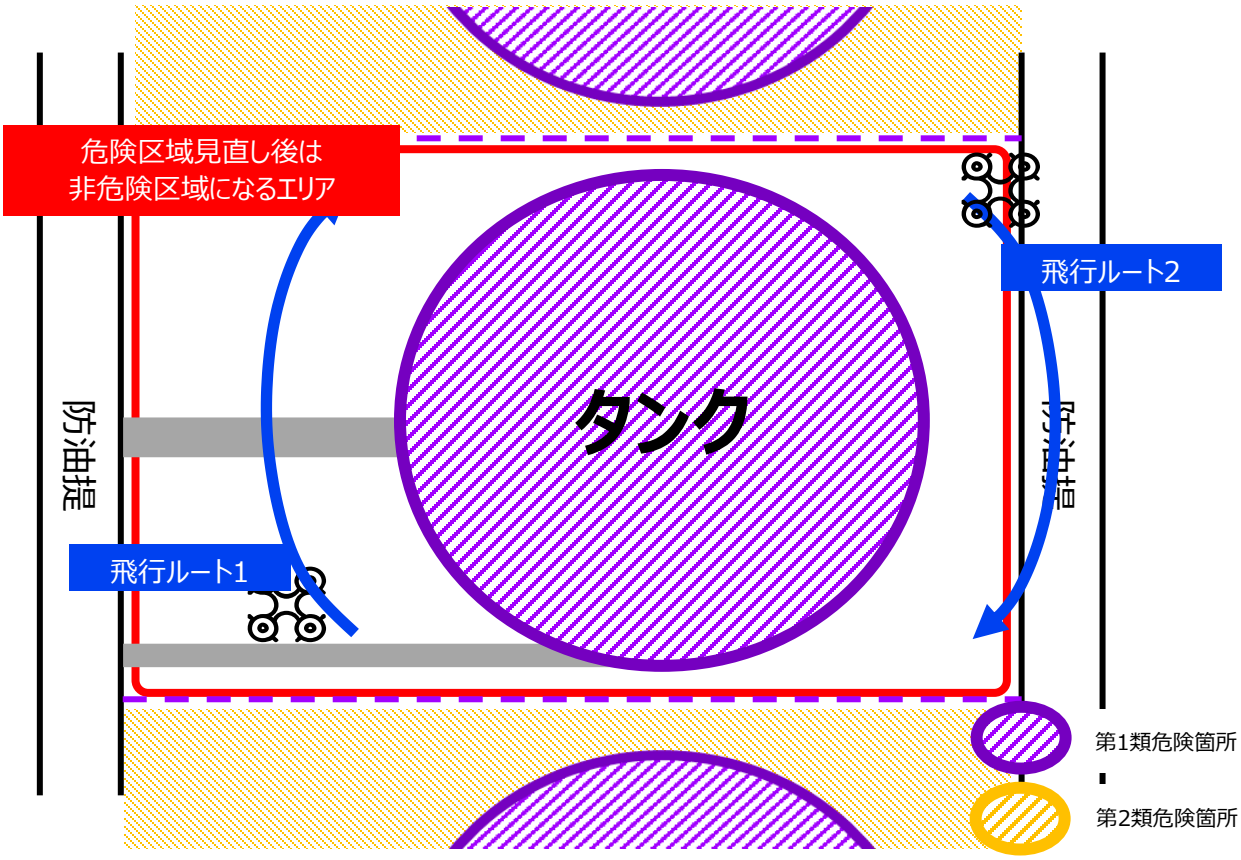
■実証実験により得た知見

- **撮影画像**：画像から腐食度合いを拡大して確認するためにも、カメラ性能（解像度）を上げた撮影の検証が必要であった。

# 実験結果とドローン活用の有効性

従来の危険区域(仮*)の内側で、タンク至近距離からコーンルーフタンク（開放中）の外面を撮影し、従来、人により足場やゴンドラを使って近づかないと確認できない箇所まで確認可能であった。

**＊危険区域の見直し後は非危険区域になるエリアと仮定して検証**



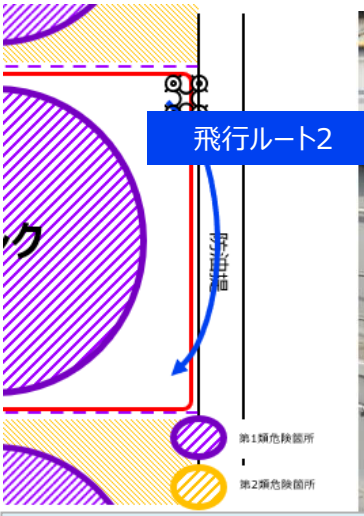

| 想定している点検 | 実施周期 | 評価 | 課題/検討事項 |
|---|---|---|---|
| ドローンによる運転中点検<br>(将来危険区域が見直された場合) | 1回/年<br>(想定) | 塗装剥離、サビの進行等の異常有無を画像による「視覚」で確認し、詳細な点検要否の判断材料になりうる。（日常パトロールでは見ることのできない部分の点検可能) | 嗅覚、触覚、聴覚による異常有無の情報が得られない。 |
| ドローンによる保安検査前予備点検(停止、開放中) | 1回/7年or8年<br>(想定) | 事前に画像による「視覚」で確認しておくことで点検・補修ボリュームを把握できる。 | 「補修要否」の判断については実際に人の手による検査が必要。 |

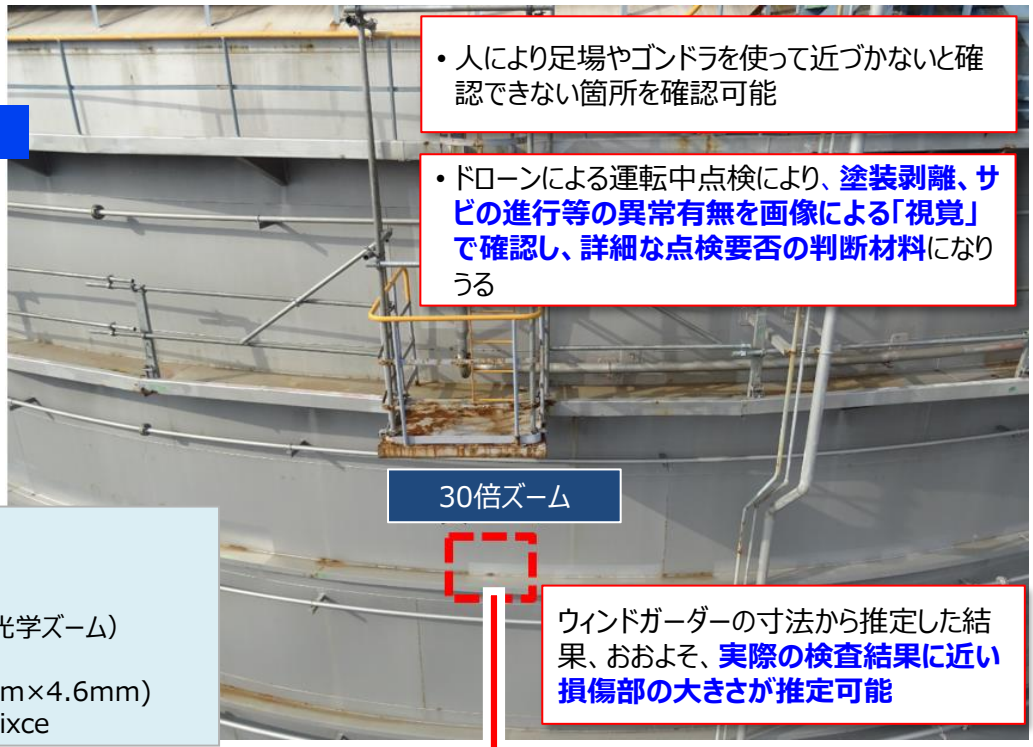
**（参考）**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 「現状」<br>運転員による日常パトロール | 毎日 | 地上から、あるいは階段から見える範囲での目視点検のみしかできない。 | 点検可能な範囲が限られ、かつ距離も遠いため、詳細な状況がわからない。 |

# 実験結果とドローン活用の有効性(つづき)

画像をズームすると、従来の点検画像と同様に扱うことができ、定期点検としてドローンを飛行させ、塗装の浮き上がり・錆範囲を確認することで、異常有無・点検要否の判断材料になり得る。



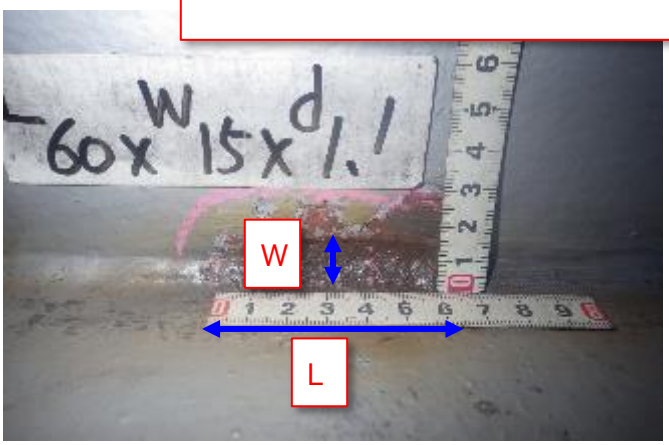

- 人により足場やゴンドラを使って近づかないと確認できない箇所を確認可能
- ドローンによる運転中点検により、**塗装剥離、サビの進行等の異常有無を画像による「視覚」で確認し、詳細な点検要否の判断材料**になりうる

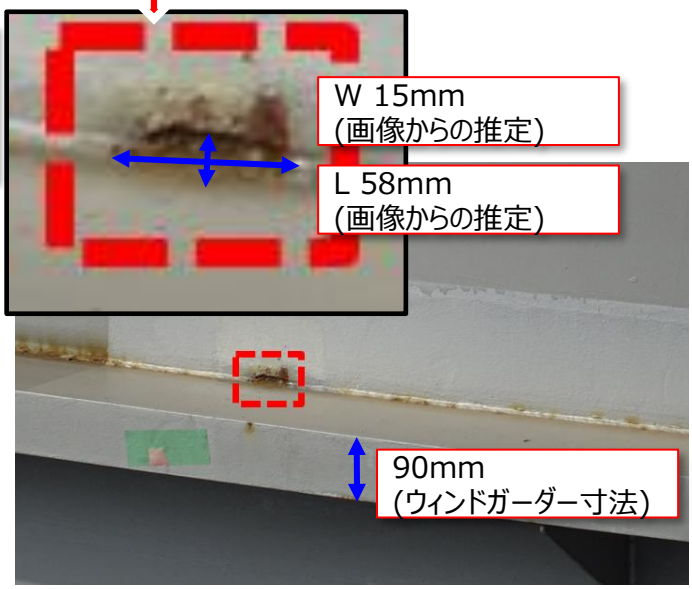
離隔距離：7.5m

【使用したカメラ性能】
2040万画素×30倍ズーム（光学ズーム）
集点距離：4.3-129mm
センササイズ：1/2.3型(6.2mm×4.6mm)
記録画素数：5184×3888pixce

ウィンドガーダーの寸法から推定した結果、おおよそ、**実際の検査結果に近い損傷部の大きさが推定可能**

- 画像をズームして確認することで**従来の点検画像と同様に扱うことも可能**




**従来の点検記録（ゴンドラ使用）**

**タンク外周から撮影**

# ３．国内企業の事例

※2021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。

# 旭化成株式会社

## 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 | 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<br>・無線計装の電波とドローンの操作用電波が干渉<br>・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）<br>・人員配置（操縦士、画面確認補助、ドローン飛行確認等）<br>・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<br>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） |
| ドローン活用の課題点 | ・通信干渉<br>・バッテリーの安全性<br>・バッテリー（飛行）時間<br>・鳥からの攻撃回避 |

（2019年3月 時点）

# 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<br>・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。<br>・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）

（2019年3月 時点）

# JSR株式会社（鹿島工場）

## 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 | 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。<br>・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。<br>・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。<br>・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。<br>・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。<br>・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。<br>・長時間の飛行できず、点検作業効率が高くない。 |

（2019年3月 時点）

# JSR株式会社（鹿島工場）

## 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。<br>・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 | ・監視者よる機体挙動の確認及び操作者へ逐次連絡。<br>・飛行前後の機体確認。監視者による機体挙動の確認。<br>・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。<br>・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）<br>・高度を上げた場合、機体の前後確認の目視性が悪い。 |

（2019年3月 時点）

# JSR株式会社（鹿島工場）

## 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 | 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。<br>・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 | ・監視者よる機体挙動の確認及び操作者へ逐次連絡。<br>・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。<br>・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。<br>・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。 |

（2019年3月 時点）

# JSR株式会社（四日市工場）

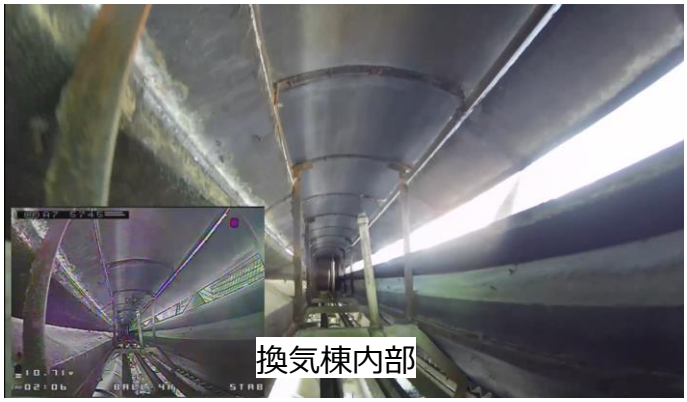
## 事業所　基礎情報

| 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約58万m$^2$ |
|---|---|---|---|

## ドローン活用実績

| | |
|---|---|
| 点検対象の状態 | 通常時　（点検作業） |
| 点検目的・点検箇所 | 外観点検　・　建屋屋根内外 |
| ドローン運用事業者 | 外部事業者 |
| 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、衝突・墜落すること。<br>・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 | ・監視者よる機体挙動の確認及び操作者へ逐次連絡。<br>・軽量ドローン（200g未満）の活用。<br>・球体状ガードの取り付け。 |
| ドローン活用のメリット | ・軽量機体のため安全に近接撮影が可能。<br>・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。 |
| ドローン活用の課題点 | ・FPV機体の操作難易度が高く、現状外部活用が前提。<br>（柔軟に点検日時を調整できる社内パイロット確保が望ましい） |

谷樋部


換気棟内部

（2021年3月 掲載）

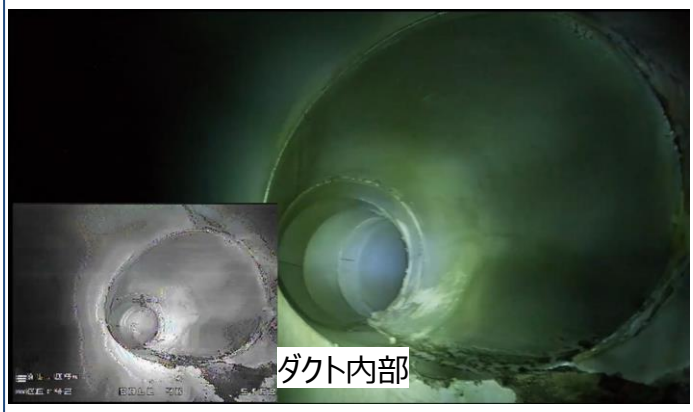
# JSR株式会社（四日市工場）

## 事業所　基礎情報

| 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約58万m$^2$ |
|---|---|---|---|

## ドローン活用実績

| | |
|---|---|
| 点検対象の状態 | 停止中　（点検作業） |
| 点検目的・点検箇所 | 機器内部狭所点検 |
| ドローン運用事業者 | 外部事業者 |
| 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、衝突・墜落すること。<br>・対象に近づき過ぎて、機体挙動が不安定になること。 |
| 実施したリスク対策 | ・監視者よる機体挙動の確認及び操作者へ逐次連絡。<br>・軽量ドローン（200g未満）の活用。<br>・球体状ガードの取り付け。 |
| ドローン活用のメリット | ・軽量機体のため安全に近接撮影が可能。<br>・通常目視できない未点検部位の確認。 |
| ドローン活用の課題点 | ・FPV機体の操作難易度が高く、現状外部活用が前提。<br>（柔軟に点検日時を調整できる社内パイロット確保が望ましい） |


ダクト内部

機器床下

（2021年3月 掲載）

# ENEOS株式会社

## 事業所　基礎情報

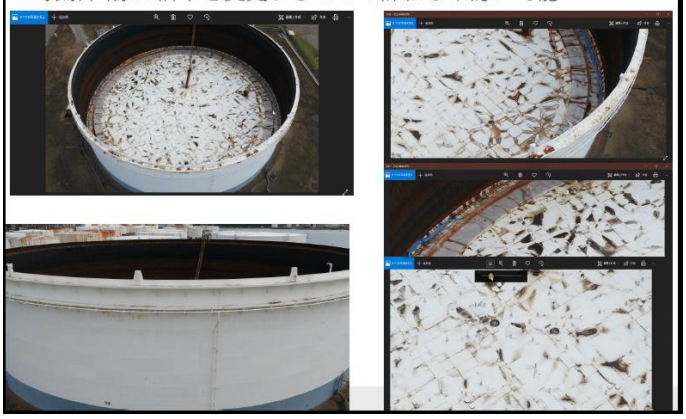
| 事業種類 | 石油精製 | 総面積 | 100万m$^2$ |
|---|---|---|---|

## ドローン活用実績

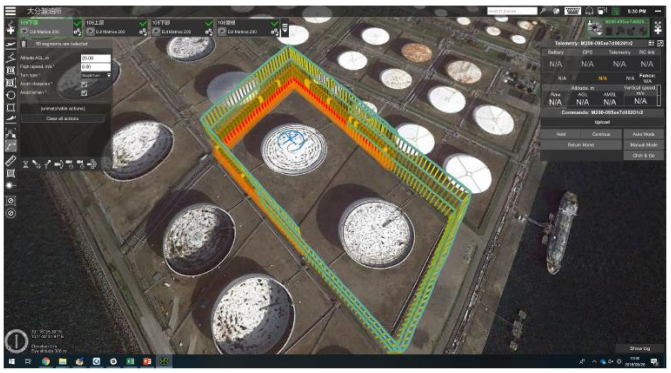
| | |
|---|---|
| 点検対象の状態 | 通常運転時 |
| 点検目的・点検箇所 | 配管／タンク／フレアー設備／<br>塔本体・塔頂配管／塔槽内部／桟廻り |
| ドローン運用事業者 | 自社 |

| | |
|---|---|
| 想定した<br>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<br>・ 人へのドローンの落下　・ ドローンの耐風性能 |
| 実施した<br>リスク対策 | ・ 周囲の危険物施設との距離を適切に保つ<br>・ 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<br>・ 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<br>・ 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<br>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）<br>・ 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）<br>・ 撮影結果に基づく自動での懸念箇所抽出（AI活用）<br>・ 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<br>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



（2019年3月 時点）

# ENEOS株式会社

## 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／フレアー設備 |
| 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<br>・十分な監視体制（監視人数等）の構築<br>・適切な操縦者（資格の保有等）の配置<br>・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。<br>・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 |

（2019年3月 時点）

# 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<br>（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<br>・飛行可能な気象条件の制約（風速、雨、雪）<br>・運用エリア、高度の制約<br>・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<br>・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<br>・機体落下時の安全性確保 |

（2019年3月 時点）

# 住友化学株式会社

## 事業所　基礎情報

| | |
|---|---|
| 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

（2019年3月 時点）

# 太陽石油株式会社

## 事業所　基礎情報

| | |
|---|---|
| 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 | フレア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<br>・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<br>・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）<br>・電波干渉がないか確認（GPS電波の受信状況確認）<br>・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<br>・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<br>・防爆仕様 |

（2019年3月 時点）

# 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 | エレベーテッドフレア、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
- 足場架設コストの低減、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）

（2019年3月 時点）

# 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m$^2$ |
|---|---|---|---|

## 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）フレアー設備／煙突の損傷点検（外部）<br>（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<br>（２）飛行時：気象条件悪化による操縦性の悪化で転落、衝突<br>（３）飛行時：ドローン部品の落下による危険物施設の損傷<br>（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<br>（２）障害物検知機能保有の機器使用<br>（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<br>例：　風速5m/s<は飛行させない。雨天時は飛行させない等<br>（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＞<br>（１）フレアー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<br>（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<br>（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<br>（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<br>（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 |

（2019年3月 時点）

# JFEスチール株式会社　西日本製鉄所（倉敷地区）

## 事業所　基礎情報

| 事業種類 | 鉄鋼 | 総面積 | 約1090万m$^2$ |
|---|---|---|---|

## ドローン活用実績

| | |
|---|---|
| 点検対象の状態 | 大規模災害発生時および通常運転時 |
| 点検目的・点検箇所 | 大規模災害発生時の構内状況確認・外観腐食傾向管理・<br>大型建設案件の記録ドキュメント化 |
| ドローン運用事業者 | 自社またはドローン業者 |
| 想定した<br>リスク事象 | ・風によりドローンが敷地エリア外へ侵入・落下すること<br>・各種電波とドローンの操作用電波が干渉<br>・落下したドローンによる人的被害・設備損傷 |
| 実施した<br>リスク対策 | ・GPS運転、風速管理（起点風速：10m/s以下）<br>・人員配置（3名体制：操縦者、補助者、安全確保担当）<br>・ドローン落下対策　①操縦者の技能確保（定期操縦訓練と評価）<br>②自動帰還機能による担保 |
| ドローン活用<br>のメリット | ・点検作業の省力化、安全性の向上（高所作業回避、点検頻度アップ）<br>・ドローン自動航行技術で撮影し、AI画像解析技術を組み合わせることにより、設備異常の早期検知や劣化度の傾向管理の実現<br>・腐食箇所の評価・診断の標準化・脱属人化（ベテランの知見蓄積）<br>・プラントの状況を俯瞰で把握、点検、補修箇所等の投資配分の最適化 |
| ドローン活用<br>の課題点 | ・非GPS環境（配管・ダクト内等）での動作安定性<br>・気象条件の影響<br>・バッテリー（飛行）時間制約 |

大規模災害時の構内確認（非防爆エリアからのズームアップ）

大型建設記録

（2021年3月 掲載）

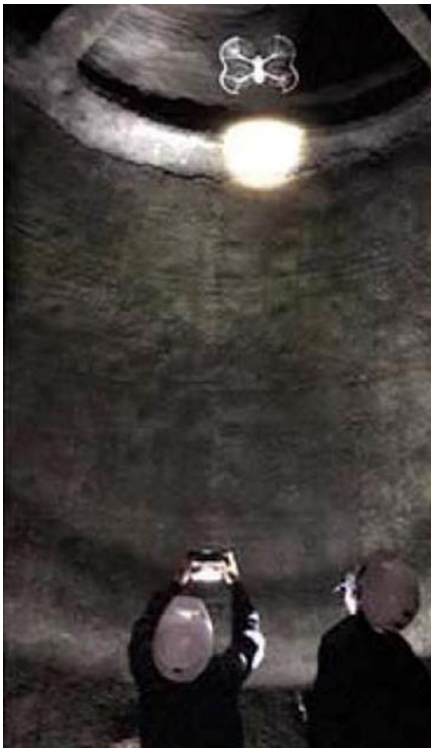
# 出光興産株式会社（徳山事業所）

## 事業所　基礎情報

| 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約216万m$^2$ |
|---|---|---|---|

## ドローン活用実績

| | |
|---|---|
| 点検対象の状態 | 装置定修工事時 |
| 点検目的・点検箇所 | 煙突内部、埋設配管内部の目視検査 |
| ドローン運用事業者 | 点検会社、ドローン事業者 |
| 想定したリスク事象 | ・ 煙突内部でのドローンの接触により、損傷、落下すること<br>・ 無線計装の電波とドローンの操作用電波が干渉<br>・ 落下したドローンによる設備損傷 |
| 実施したリスク対策 | ・落下ﾘｽｸ低減の為、球体ガード、防塵用ﾌﾟﾛﾍﾟﾗ付きのドローン選定<br>・煙突ﾄﾞﾛｰﾝ検査時、操作者の安全確保の為、煙突外での操縦<br>・人員配置（3名体制：操縦者、補助者、安全確保担当） |
| ドローン活用のメリット | ・巡回点検作業の省力化、安全性の向上（高所作業回避、点検頻度アップ）<br>・煙突、加熱炉（ﾎﾞｲﾗｰ）、ﾀﾝｸ、配管等の設備異常の早期検知や劣化度の傾向管理の実現<br>・腐食箇所の評価・診断の標準化・脱属人化（ベテランの知見蓄積） |
| ドローン活用の課題点 | ・GPS動作安定性　・防爆対策<br>・気象条件の影響　・規制緩和<br>・バッテリー（飛行）時間 |



（2021年3月 掲載）

# 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<br>・ 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）<br>・ 磁気干渉の影響が受けにくい機体の採用<br>・ 目視による操縦の実施<br>・ 風速は約13m/sに制限し実施<br>・ 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<br>・ 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<br>・ 3Dマッピングを活用した効率化<br>・ AIを活用した欠陥等の検出 |

（①）

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

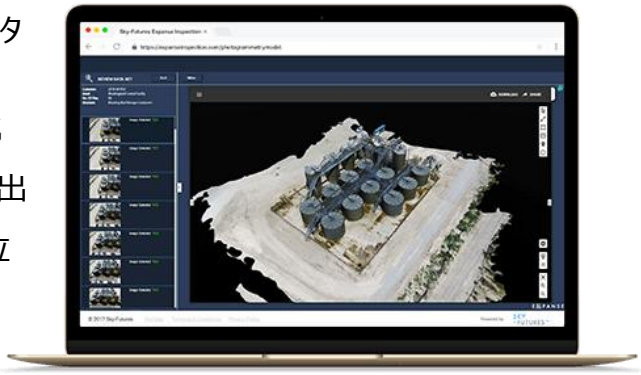
# Sky Future社（本社：英国）

## 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、桟橋、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<br>・ 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）<br>・ 目的に応じた機体の選定<br>・ 目視による操縦の実施<br>・ 風速は約15m/sに制限し実施<br>・ 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<br>・ 早期の欠陥の発見<br>・ 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<br>・ 3Dマッピングを活用した効率化<br>・ AIを活用した欠陥や腐食の検出<br>・ データ分析による点検の優先位付け<br>・ AIによる点検報告書作成 |



（①）

出典： Sky Future社 HP
https://www.sky-futures.com/expanse/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/

## 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

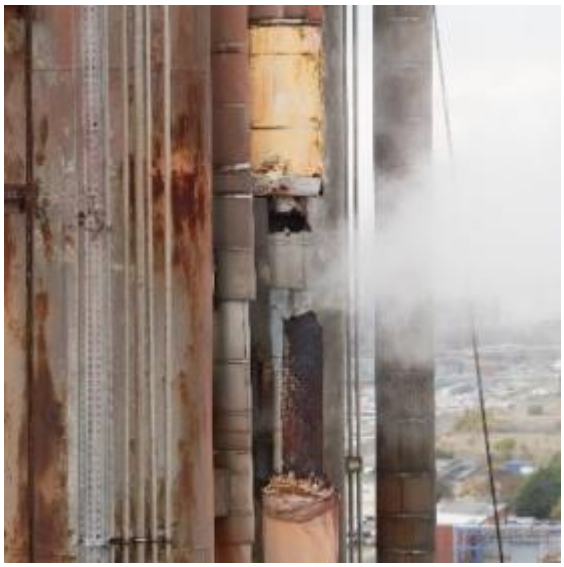
Cyberhawk Innovation社では、主要な化学会社の英国のプラントにおいて、ドローンを用い、石油貯蔵タンク内の溶接品質を検査した。

(③)

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

## 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/



※みずほ情報総研抄訳

# 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影像が、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



※みずほ情報総研抄訳

# 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
https://www.uavia.eu/PR_ENGLISH_25062018_UAVIA.pdf

(①)

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

(②)

## 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/



※みずほ情報総研抄訳

# 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
桝谷　昌隆　　石油化学工業協会（ＪＳＲ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（ＪＸＴＧ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
綜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 くらし安全防災局 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」解説書

Ver.1.0

2021年3月

経済産業省

# 目次

**1.　本書の位置づけ・目的　P.2**

**2.　本書の構成　P.3,4**

**3.　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の解説　P5-21**

3.1. ガイドラインの解説の一覧　P.6

3.2. ガイドラインの解説　P.7-21

**4.　危険区域の見直し事例　P.22-25**

# 1. 本書の位置づけ・目的

経済産業省は、令和元年度に、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・活用し、設備の予期せぬ故障やヒューマンエラーを防ぐ取組を進める必要があり、プラント内でのドローン飛行や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のニーズに対応するため、IEC規格を具体化した「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」（以下、「防爆ガイドライン」という）を作成した。

この防爆ガイドラインに従って現状の危険区域を再評価すれば、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、危険区域を精緻に設定することができるようになった。しかし、事業者の環境に合わせた条件設定が必要であり、事業者が判断に迷う点があるため、実際のプラントにおいて、防爆ガイドラインを用いた危険区域の再評価が進んでいない現状がある。

そこで、本書は、防爆ガイドラインを活用し危険区域の再評価を促すために、実際の防爆ガイドライン利用者となるプラント事業者、地域消防の担当者からのヒアリング調査を元に、防爆ガイドラインとして理解が難しい点、あるいは、判断に迷う点などを中心に、解説を加えた参考資料をまとめたものである。

利用者により、防爆ガイドラインの理解度が異なるため、①全体の作業手順の流れから、②用語の補足、さらに、③評価のための計算式の使い方まで、網羅的に掲載している。これらの内容は、危険区域の再評価を促す1つのツールとして、ヒアリング調査を踏まえ、実際のプラントの評価現場における実例を参考に作成されたものである。

本書の目的は、ガイドラインの内容をより簡易化し、わかりやすく示すことで、

（１）プラントの実務担当者の①全体の作業手順の把握、②用語の理解、③評価指標の判断のための参考情報として活用されること、

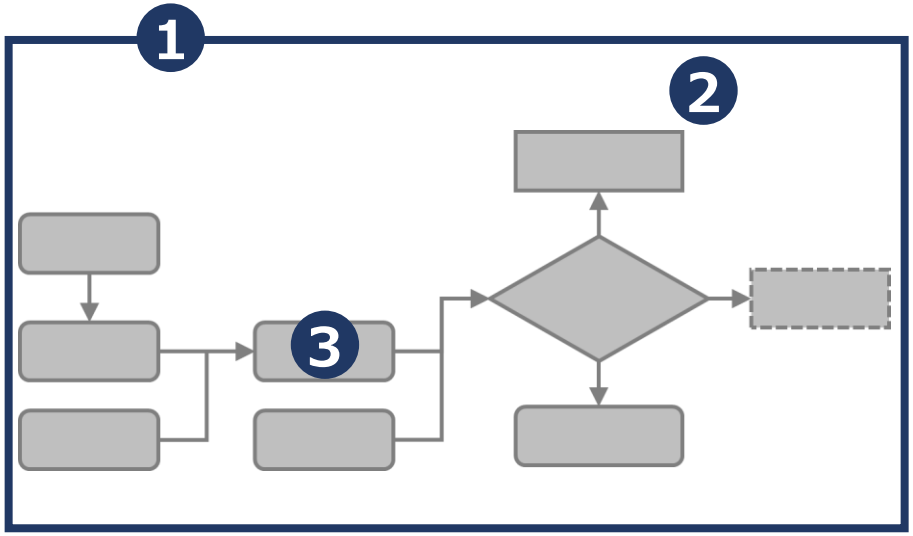
（２）地域消防や各行政関係機関の担当者の、プラントにおいて実施される評価の方法、危険区域の見直しの根拠の理解の一助として活用されること等である。

プラントにおける再評価の対象エリアの条件、状態は、事業所によって大きく異なるため、評価・計算の方法、判定も個々の諸条件により変わり得ることを踏まえ、プラント事業者の判断の下で、防爆ガイドラインを理解・活用するための参考資料として本書をご活用いただきたい。

# 2. 本書の構成

**解説の追加の観点**

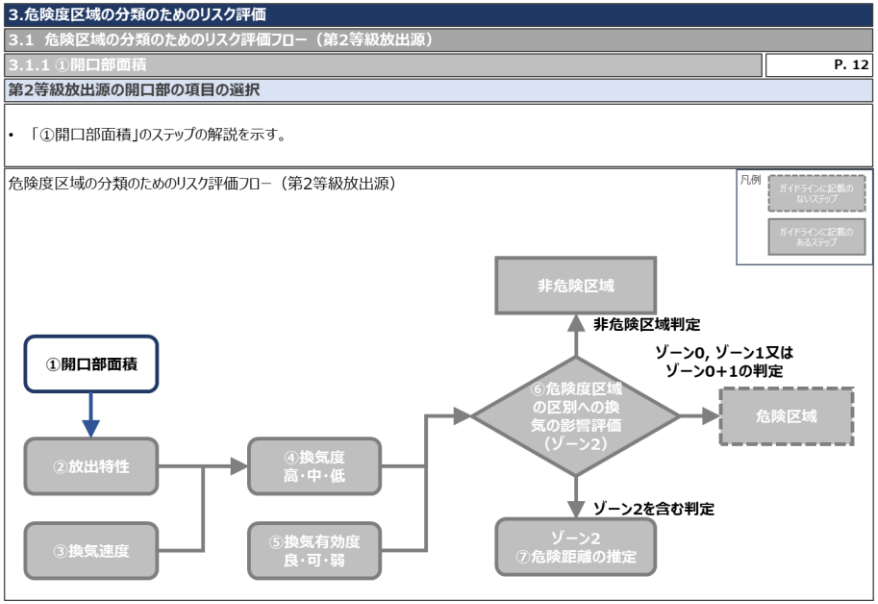
理解度の異なる利用者がいることを想定し、防爆ガイドラインの作業全体の流れ、手順を補足するための解説から、ガイドラインの中で記載している用語の意味や閾値の求め方、判断の補足となる解説を含む。また、評価のための計算式に係る解説を加えている。

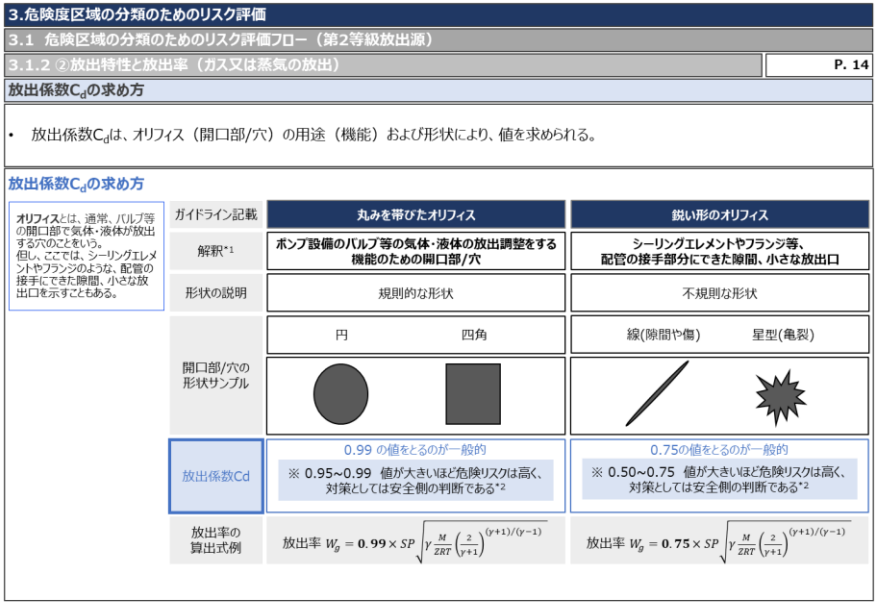



| | |
|---|---|
| **①作業手順** | • 危険区域見直しの評価をするための作業手順の全体の流れ、前後の手順の繋がりを明確化<br>• 最も理解度が低い利用者が必要とすることを想定 |
| **②用語・閾値** | • 防爆ガイドラインの中で使用する用語の理解、判断のための補足<br>• 防爆ガイドラインに記載の閾値の求め方、判断のための補足 |
| **③計算** | • 危険区域見直しの評価のための計算式に用いる値（インプット情報、アウトプット情報）の判断のための補足<br>• 最も理解度が高い利用者が必要とすることを想定 |

# 2. 本書の構成

各解説内容について、全体のリスク評価手順における位置づけと解説内容の詳細ページにより解説をする。




**リスク評価手順における位置づけ**

**解説内容の詳細ページ**

# 3. 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の解説

# 3.1. ガイドラインの解説の一覧

| ガイドライン記載元 | | 解説書 | |
|---|---|---|---|
| 3.危険度区域の分類のためのリスク評価 | | | |
| 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源） | | | |
| | P.10 | 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー | P.7 |
| 3.1.1. ①開口部面積 | P.12 | 第2等級放出源の開口部の項目の選択 | P.8,9 |
| 3.1.2. ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出） | P.14 | 放出係数$C_d$の求め方 | P.10,11 |
| | | 放出率を求めるために使用する式の選択 | P.12,13 |
| | | ガスの密度の求め方 | P.14,15 |
| | | 燃焼下限界LFLから安全率の値の求め方 | P.16,17 |
| | | 危険度区域分類事例Excelファイルの紹介 | P.18,19 |
| 3.1.7. ⑦ 危険距離の評価法 | P.19 | ガスの噴出の形態の判断 | P.20,21 |
| | | 危険度区域分類事例Excelファイルの紹介 | P.18,19 |
| 3.2液体放出等の放出率の評価 | | | |
| 3.2.1. 液体放出の放出率<br>3.2.2. 蒸発プールの放出率<br>3.2.3. ガス又は蒸気の放出（亜音速放出） | P.20,21 | 放出率を求めるために使用する式の選択 | P.12,13 |

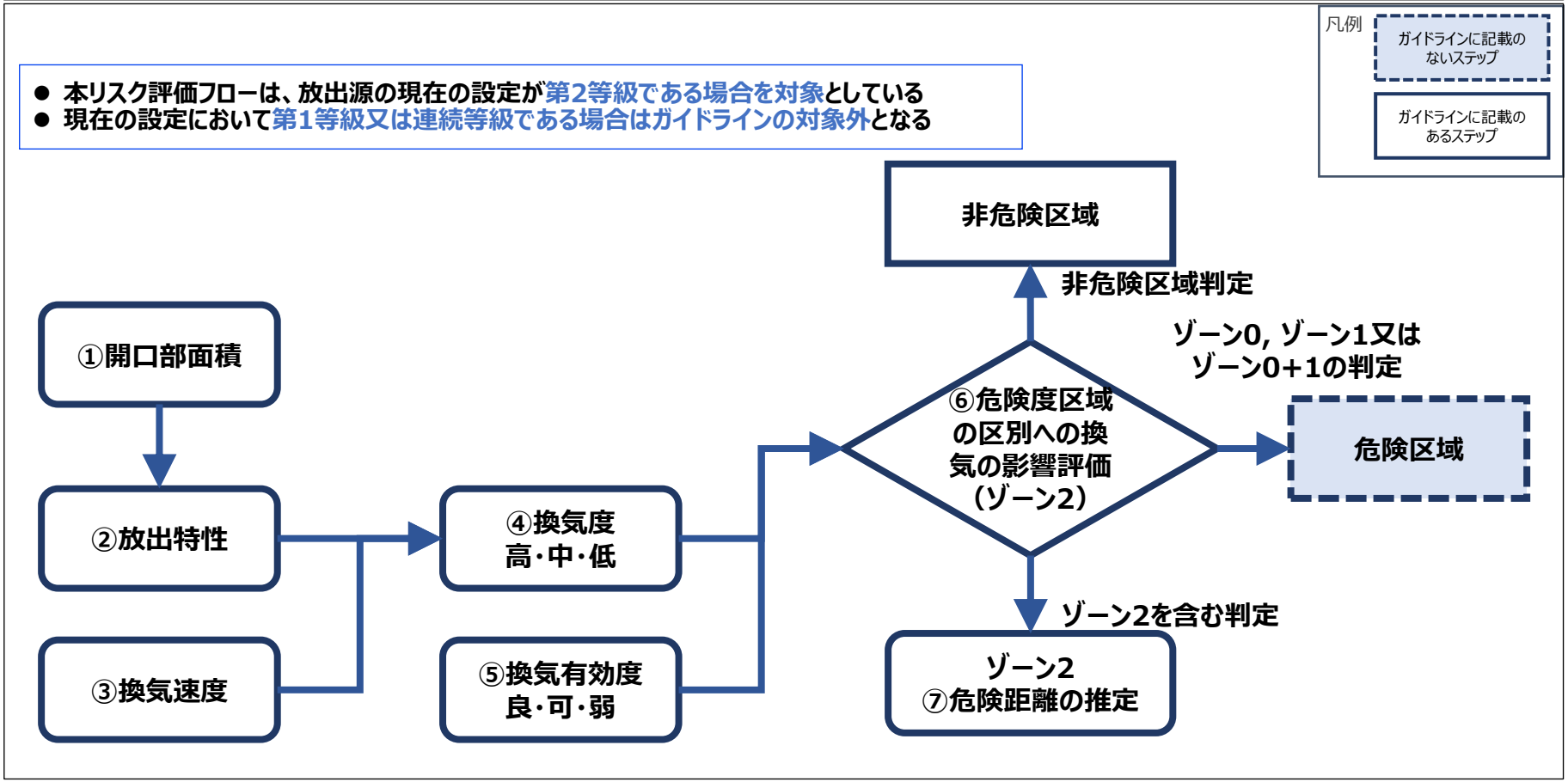
# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

P.10

### 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー

- 危険度区域の分類のためのリスク評価の作業の全体概要を示す。下記の作業ステップに従ってリスク評価を実施する。
  現在の設定において、放出源の等級評価が1級以上の場合には、ガイドラインの対象外となる。



# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

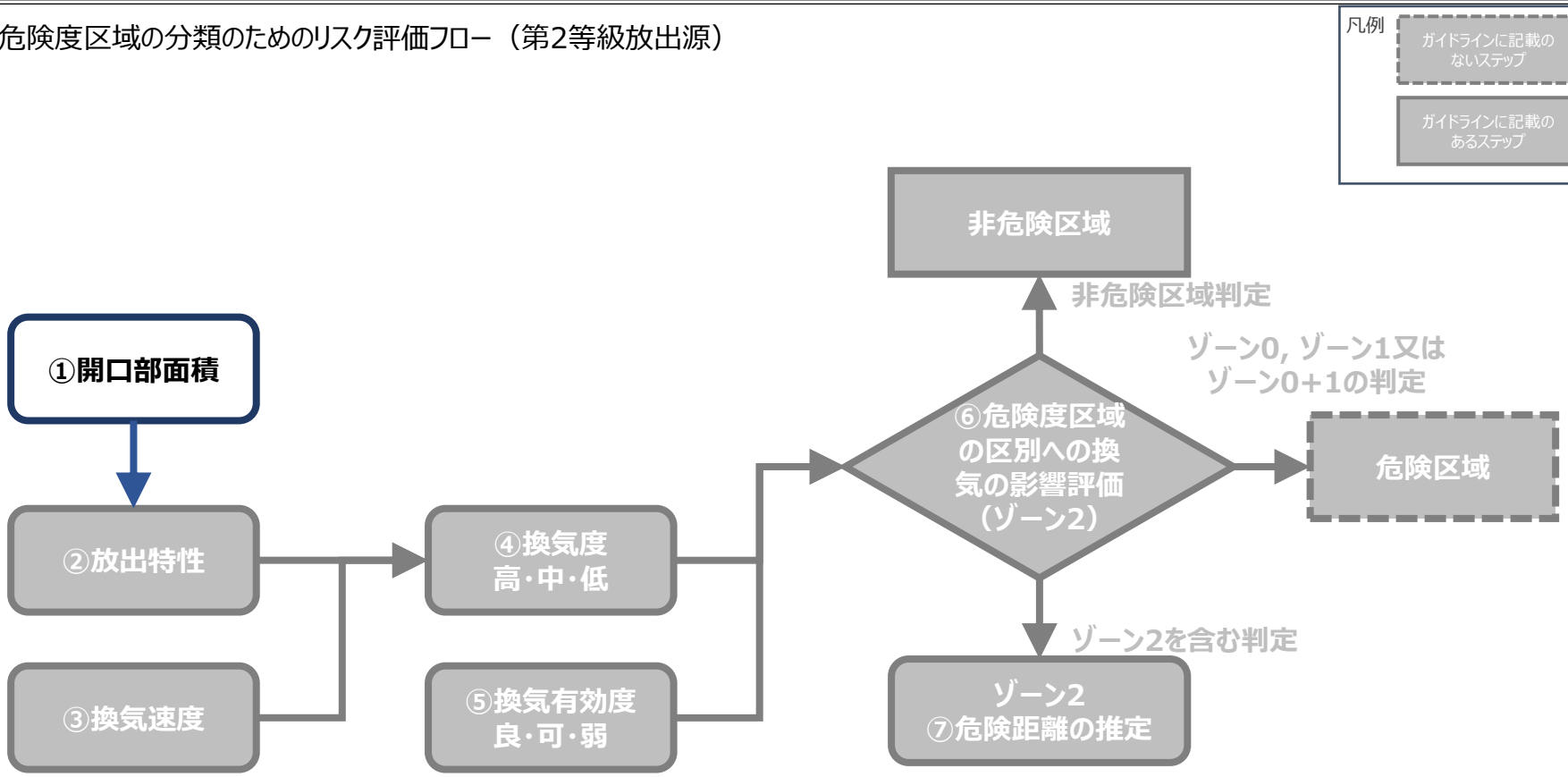
### 3.1.1 ①開口部面積

P.12

**第2等級放出源の開口部の項目の選択**

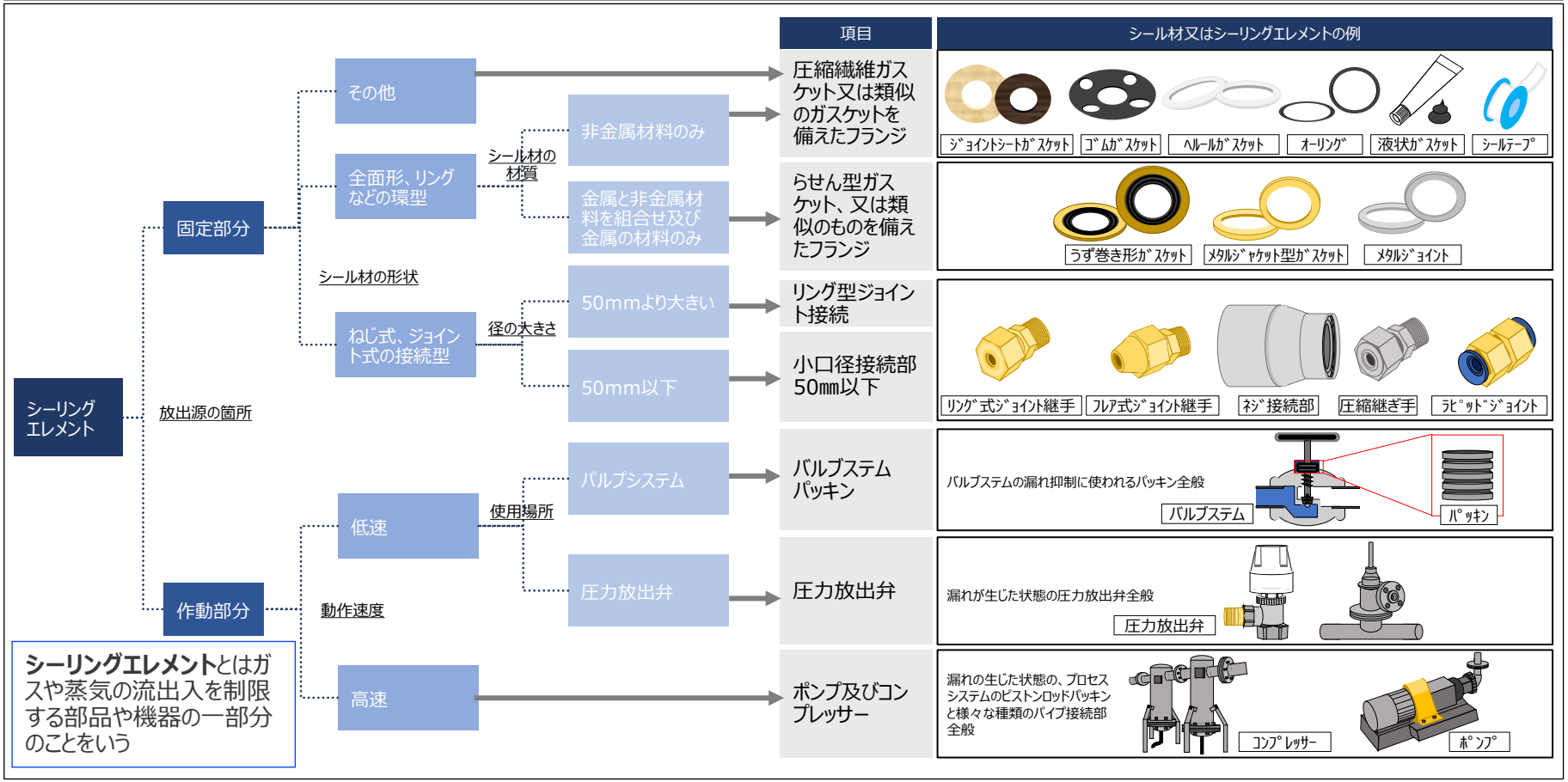
- 「①開口部面積」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



## 第2等級放出源の開口部の項目の選択

- 「表 3.1 第2等級放出源の開口部面積の推奨値」中の項目は、放出源の箇所、シールの形状、材質、径の大きさ、および動作速度や使用場所により、選ぶ。各項目に該当するシール材またはシーリングエレメントの例を示す。



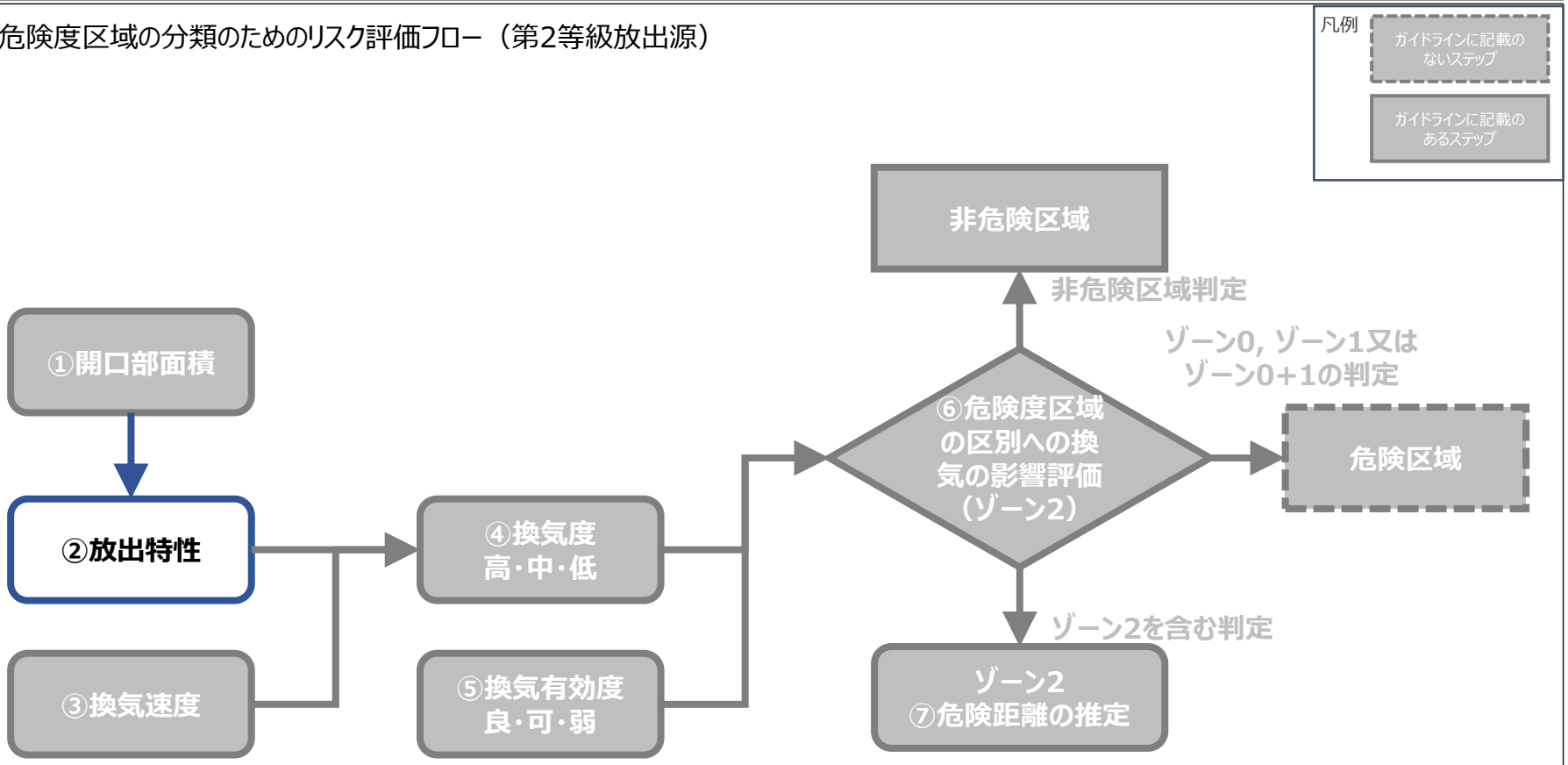
## 3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

### 放出係数$C_d$の求め方

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



## 放出係数$C_d$の求め方

- 放出係数*1 $C_d$は、オリフィス（開口部/穴）の用途（機能）および形状により、値を求められる。

**オリフィス**とは、通常、バルブ等の開口部で気体・液体が放出する穴のことをいう。
但し、ここでは、シーリングエレメントやフランジのような、配管の接手にできた隙間、小さな放出口を示すこともある。

| ガイドライン記載 | 丸みを帯びたオリフィス | 鋭い形のオリフィス |
|---|---|---|
| 解釈*2 | **ポンプ設備のバルブ等の気体・液体の放出調整をする機能のための開口部/穴** | **シーリングエレメントやフランジ等、配管の接手部分にできた隙間、小さな放出口** |
| 形状の説明 | 規則的な形状 | 不規則な形状 |
| 開口部/穴の形状サンプル | 円　四角 | 線(隙間や傷)　星型(亀裂) |
| | | |
| 放出係数Cd | 0.99 の値をとるのが一般的<br>※ 0.95~0.99　値が大きいほど危険リスクは高く、対策としては安全側の判断である*3 | 0.75の値をとるのが一般的<br>※ 0.50~0.75　値が大きいほど危険リスクは高く、対策としては安全側の判断である*3 |
| 放出率の算出式例 | 放出率 $W_g = \mathbf{0.99} \times SP\sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}$ | 放出率 $W_g = \mathbf{0.75} \times SP\sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}}$ |

*1P.25-35の事例中の「放出定数」は「放出係数」と同義である。*2出典：IEC 60079-10-1 Edition 2.0 2015-09 Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres. *3危険側の値を用いる場合は、その根拠を明示すべきである。

# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

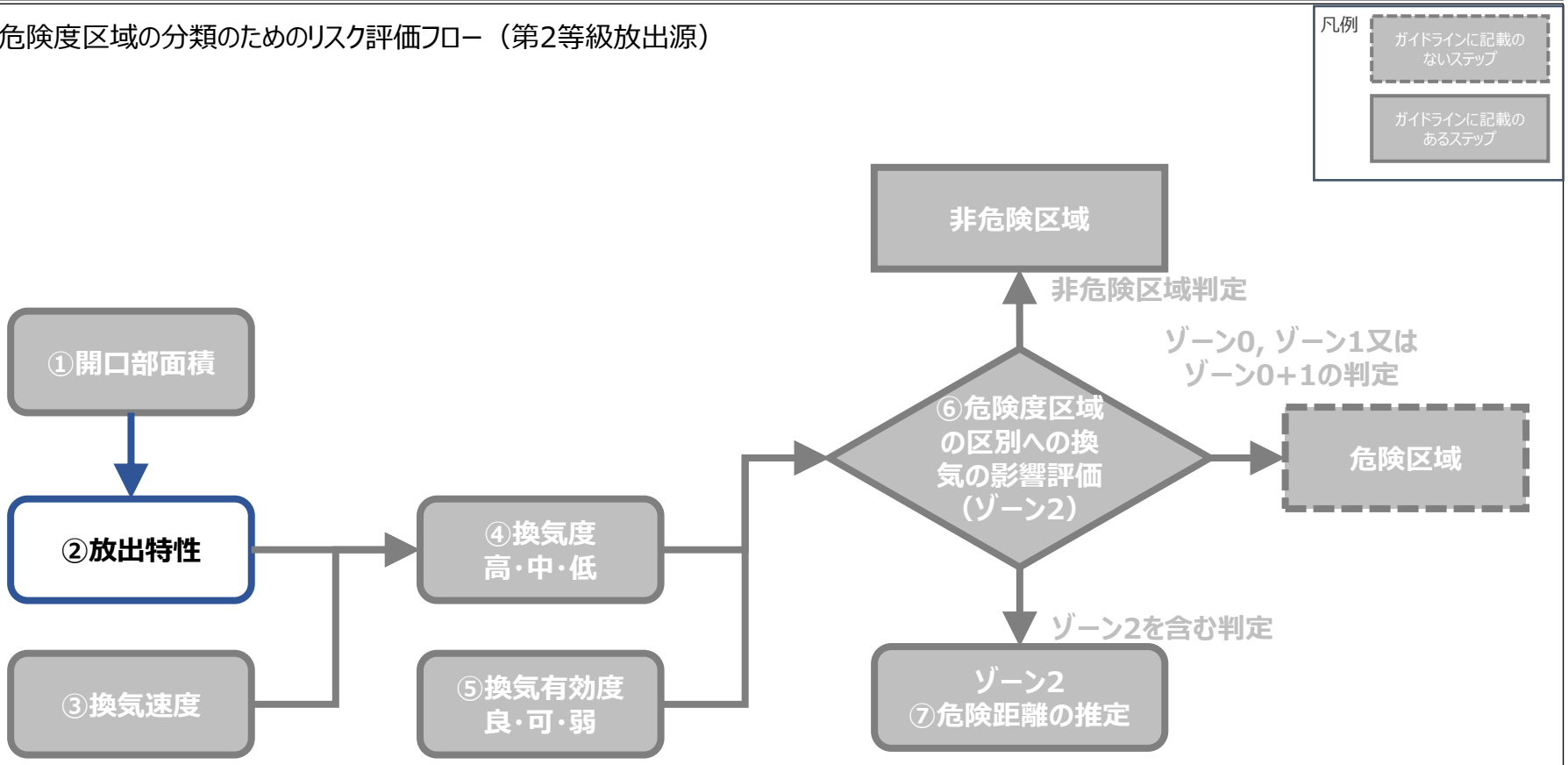
## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）, 3.2 液体放出等の放出率の評価

3.1.2 ②放出特性と放出率(ガス又は蒸気の放出), 3.2.1 液体放出の放出率, 3.2.2 蒸発プールの放出率, 3.2.3 ガス又は蒸気の放出（亜音速放出） **P.14,20,21**

### 放出率を求めるために使用する式の選択

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）, 3.2 液体放出等の放出率の評価

### 3.1.2 ②放出特性と放出率(ガス又は蒸気の放出), 3.2.1 液体放出の放出率, 3.2.2 蒸発プールの放出率, 3.2.3 ガス又は蒸気の放出（亜音速放出）

**P.14,20,21**

### 放出率を求めるために使用する式の選択

- 放出率を求める式は、放出源における**放出直後の物質の状態、プロセス圧力、蒸発プールの形成の有無**により、選択する。
  放出率と式(2)を用いて放出特性を求める。

臨界圧力

$$P_c = P_a\left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (Pa)$$

放出源

- 放出直後の物質の状態
  - 気体
    - プロセス圧力Pと臨界圧力$P_c$の関係*1
      - プロセス圧力P>臨界圧力$P_c$ → 式(1)*3
      - プロセス圧力P<臨界圧力$P_c$ → 式(7)*3
  - 液体
    - 蒸発プール形成の有無*2
      - 蒸発プールが形成されない → 式(3), 式(4)
      - 蒸発プールが形成される → 式(5)

| | 放出率を求める式 | ガイドライン該当頁 |
|---|---|---|
| 式(1)*3 | $W_g = C_d S P\sqrt{\gamma\frac{M}{ZRT}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)/(\gamma-1)}} \quad (kg/s)$ | Page 14 |
| 式(7)*3 | $W_g = C_d S P\sqrt{\frac{M}{ZRT}\left(\frac{2\gamma}{\gamma-1}\right)\left[1-\left(\frac{P_a}{P}\right)^{(\gamma-1)/\gamma}\right]}\left(\frac{P_a}{P}\right)^{1/\gamma}$ | Page 21 |
| 式(3) | $W_l = C_d S\sqrt{2\rho\Delta P} \quad (kg/s)$ | Page 20 |
| 式(4) | $W_g = E_c W_l/100 \quad (kg/s)$ | |
| 式(5) | $W_e = \frac{6.55\times10^{-3}u_w^{0.78}A_p P_v M^{0.667}}{R\times T} \quad (kg/s)$ | Page 20 |

**➡求めた放出率より放出特性を求めることができる**

式(2)　放出特性$=W_g/(\rho_g * k * LFL) \quad (m^3/s)$

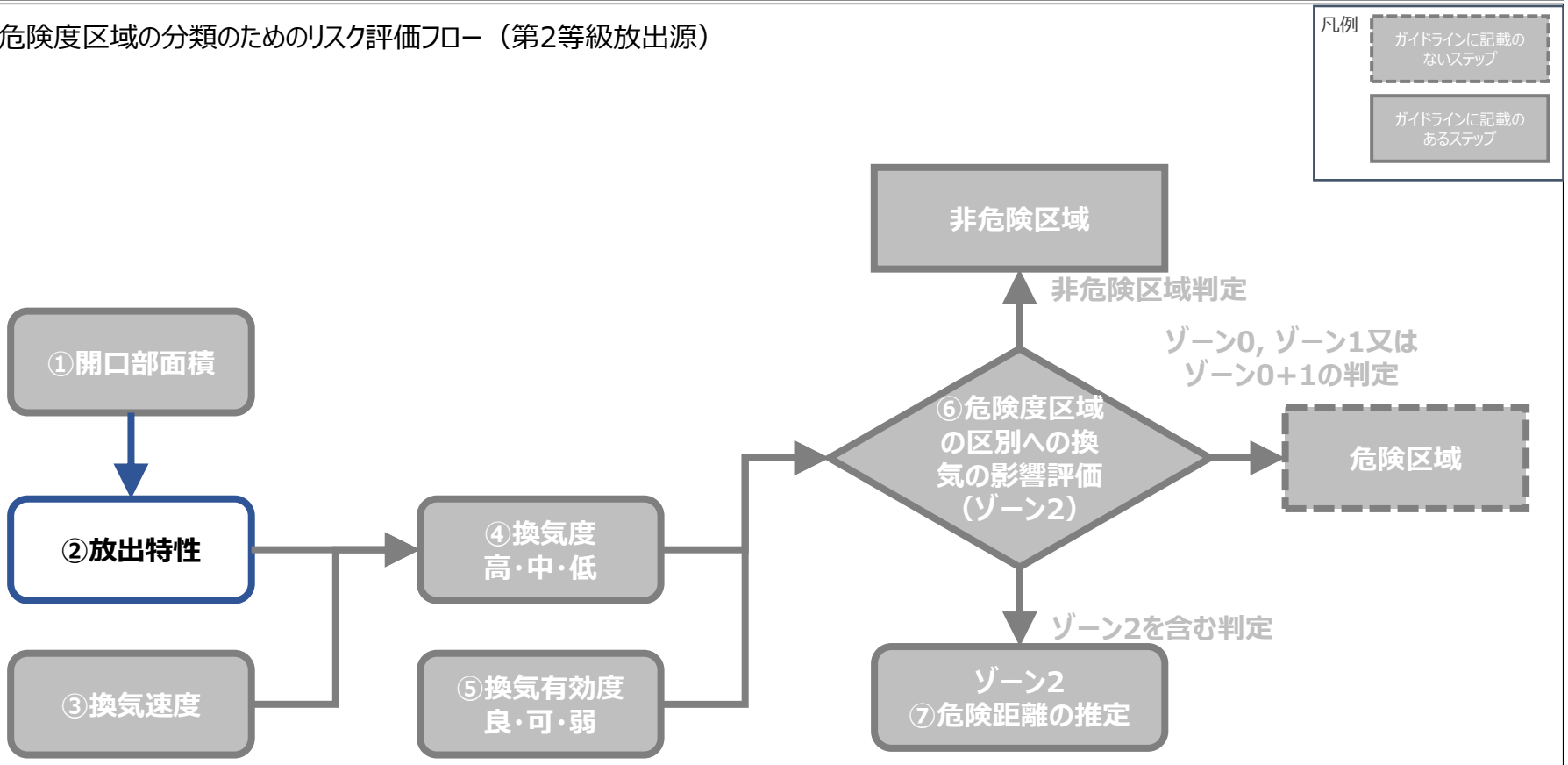
*1プロセス圧力は臨界圧力より高いことがほとんどである。式(1)を用いる方が危険リスクを高く評価することになり、対策としては安全側の判断である。 *2噴出した液体が地面に落ちた場合でも、流れにより廃液溝に到達する場合等については蒸発プールの評価をしなくても良い場合がある。ただし、トレーが設置されている場合あるいは地面形状によっては液が溜まる可能性が考えられる場合は、蒸発プールの放出率も評価する。 *3圧縮因子Zについては防爆ガイドラインp.14, l.17を参照する。

P.14

## ガスの密度の求め方

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



## ガスの密度の求め方

- 式を使い「ガスの密度$\rho_g$[kg/m$^3$][*1]」の値を求める

$$\rho_g = \frac{p_a M}{R\ T_a}$$ is the density of the gas (kg/m$^3$);

※IEC60079-10-1:2015 B.7.2.3.3より

| パラメータ | 名称 | 単位 | 値の求め方 |
|---|---|---|---|
| $P_a$ | 大気圧 | Pa | 固定値として、101325(Pa)を使用 |
| M | 分子量 | kg/kmol | 評価対象の特性値を使用 |
| R | 気体定数 | J/kmol K | 固定値として、8314(J/kmol K)を使用 |
| $T_a$ | 雰囲気温度 | K | 評価場所の値を使用 |

求めた**ガスの密度$\rho_g$**を後続計算に使用する

$$Q_g = \frac{W_g}{\rho_g}\left(m^3/s\right)$$

$$放出特性 = W_g / (\rho_g * k * LFL)$$

[*1]P.25-35の事例中の「放出ガス密度」は「ガスの密度」と同義である。

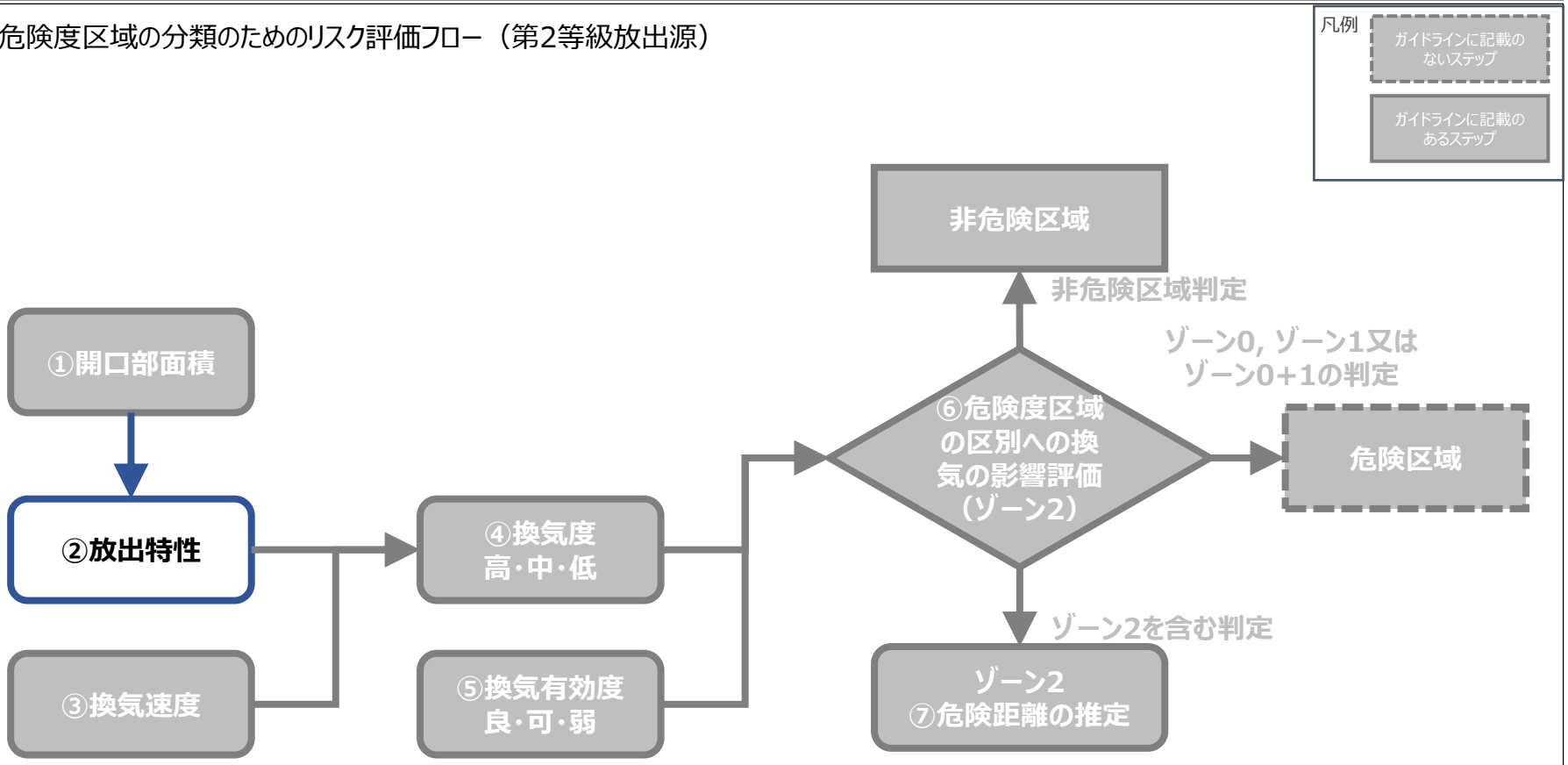
## 3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出）

P.14

### 燃焼下限界LFLから安全率の値の求め方

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

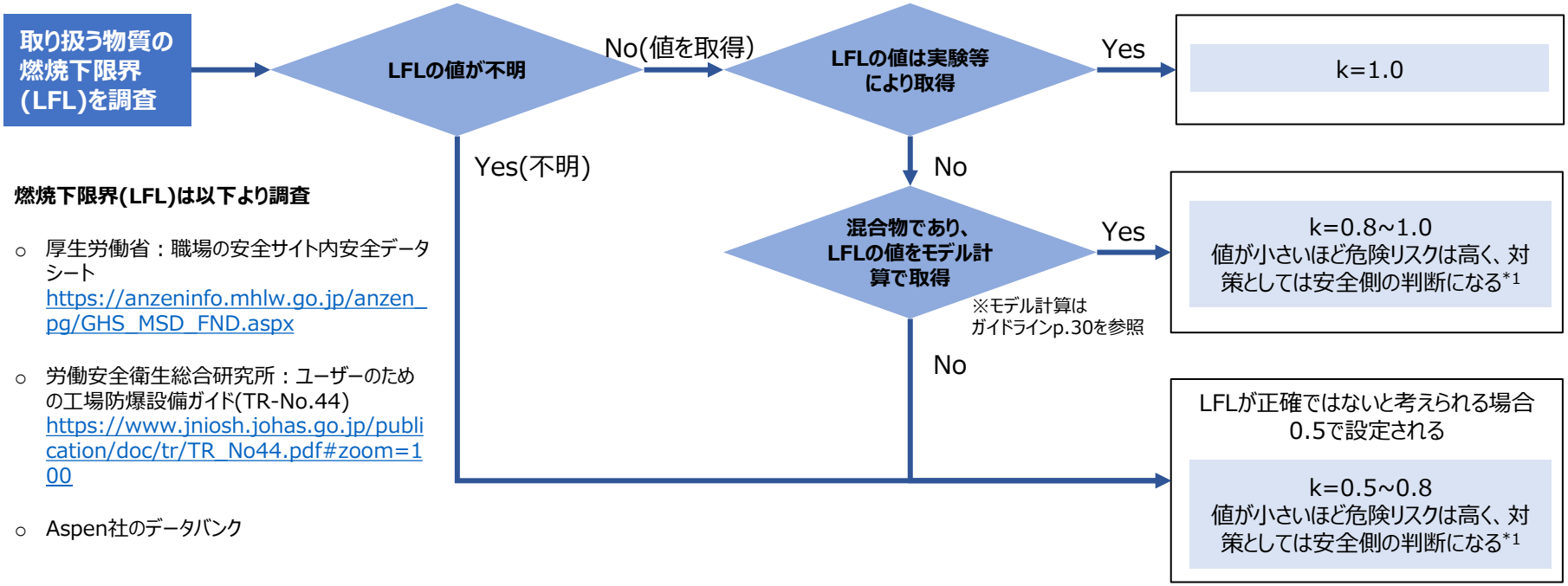
危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



## 燃焼下限界LFLから安全率の値の求め方

- 取り扱う物質の燃焼下限界LFL(vol/vol) を調査し、安全率(k)の値の求める。
  求めた燃焼下限界LFL(vol/vol)と安全率(k)の値と式(2)を用いて放出特性を求める。

式(2)　放出特性$=W_g/(\rho_g * k * LFL)$　$(m^3/s)$




**燃焼下限界(LFL)は以下より調査**

- 厚生労働省：職場の安全サイト内安全データシート https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_FND.aspx
- 労働安全衛生総合研究所：ユーザーのための工場防爆設備ガイド(TR-No.44) https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/tr/TR_No44.pdf#zoom=100
- Aspen社のデータバンク

*1危険側の値を用いる場合は、その根拠を明示すべきである。

# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

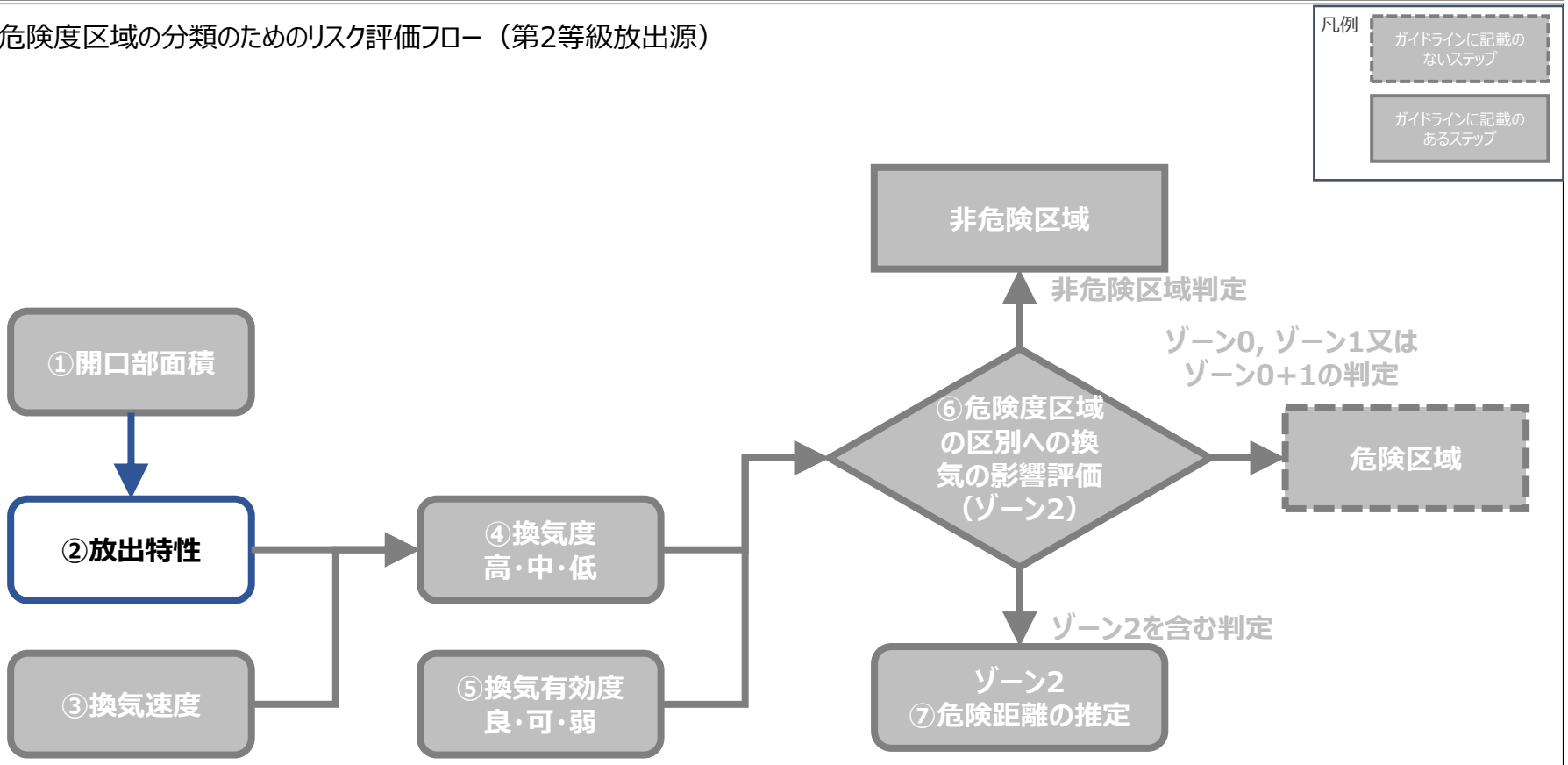
### 3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出），3.1.7 ⑦ 危険距離の評価法

P.14,19

### 危険度区域分類事例Excelファイルの紹介

- 「②放出特性」のステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）



# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

### 3.1.2 ②放出特性と放出率（ガス又は蒸気の放出），3.1.7 ⑦ 危険距離の評価法

P.14,19

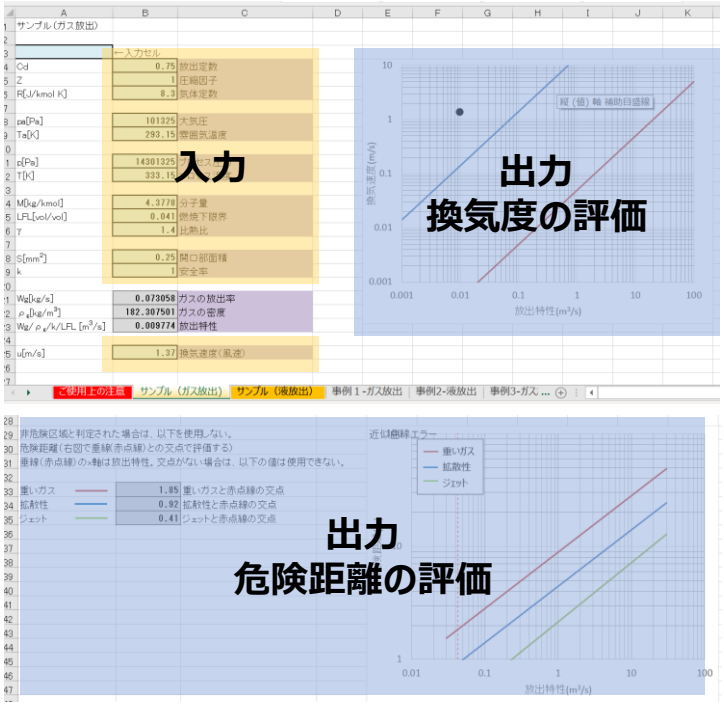
### 危険度区域分類事例Excelファイルの紹介

- 産業技術総合研究所のポータルサイトより、危険度区域分類をグラフ化したExcelファイル及びその使用に関するマニュアルを入手できる

産総研ポータルサイト

https://sanpo.aist-riss.jp/2020guideline/

Excelファイル例




- 入力セルに該当する値を入力すると、換気度が出力される。
- 出力された換気度と換気有効度から評価区域がゾーン2となった場合、出力されるExcel内の危険距離を参照する。

# 3.危険度区域の分類のためのリスク評価

## 3.1 危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

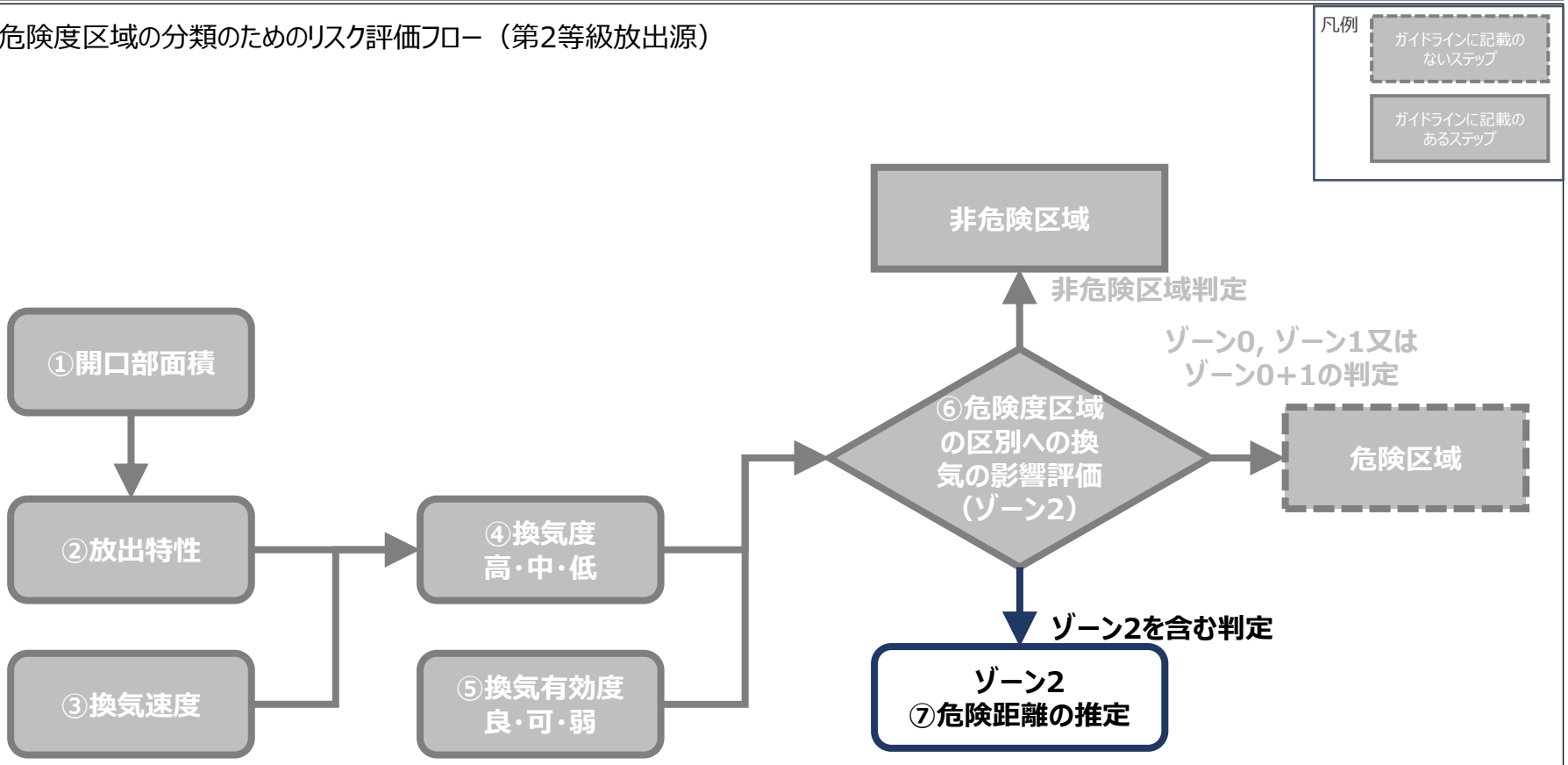
### 3.1.7 ⑦ 危険距離の評価法

P.14,19

#### ガスの噴出の形態の判断

- 「⑦危険距離の推定」ステップの解説を示す。

危険度区域の分類のためのリスク評価フロー（第2等級放出源）

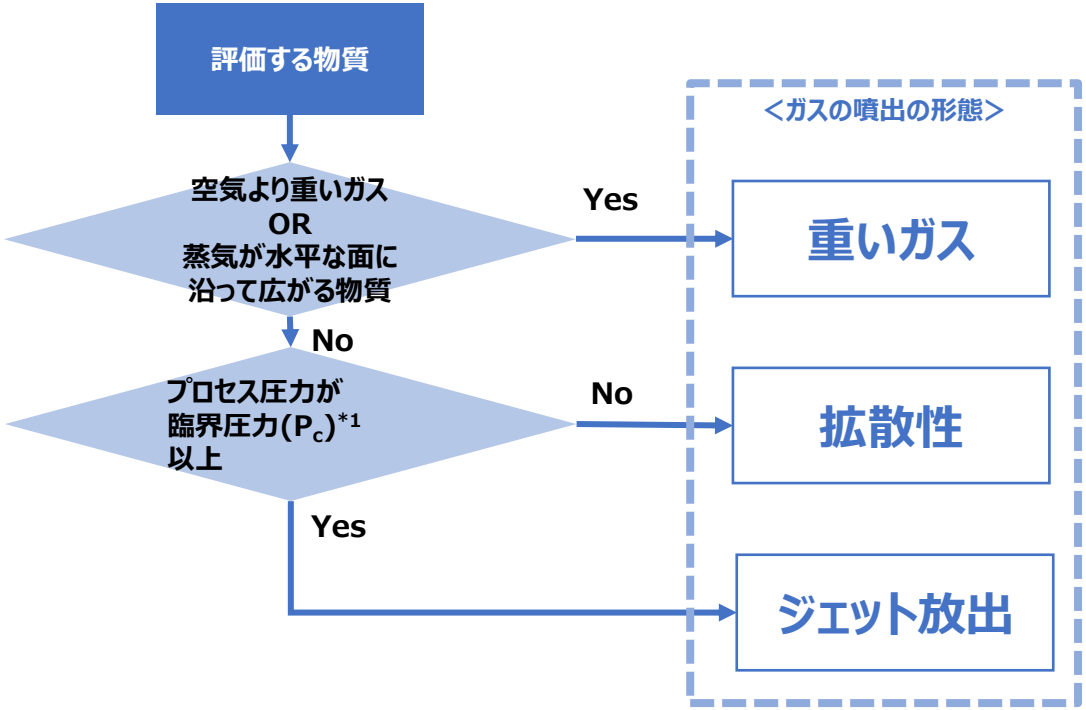


## 3.1.7 ⑦ 危険距離の評価法

P.14,19

### ガスの噴出の形態の判断

- 危険距離を評価する際に必要な「ガスの噴出の形態」を下記の判断により分類できる。




**[*1]臨界圧力($P_c$)の求め方**

$P_a$とγを使用

$P_a$(Pa)：大気圧(101,325Pa)

γ：比熱比(無次元)

$$P_c = P_a \left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^{\gamma/(\gamma-1)} \quad (Pa) \qquad (6)$$

# 4. 危険区域の見直し事例

# 危険区域の見直し事例① 1/2

（2021.03掲載）

| 企業/事業所名 | JSR株式会社 / 千葉工場 | 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約22.1万m² |
|---|---|---|---|---|---|
| 概要 | • 工場全体（4プラント）の危険区域を再評価し、危険区域を大幅に縮小する見込み（工場全体に占める割合34%→2%見込み）<br>• 設定が完了した1プラントでは、稼働中プラントの上空のドローン飛行を実施、今後は、非防爆のタブレット端末を使った点検記録システムの導入を予定 | | | | |
| 見直しの目的 | ドローン飛行（プラント全体撮影・設備点検）、<br>非防爆タブレット端末利用（点検記録システム導入） | 対象エリア | 工場全体 | 見直し状況 | 1プラント完了<br>3プラントは2021/3完了予定 |

## 危険区域見直し前

### 現場の問題

- **稼働中プラント上空はドローン飛行ができない**
  - プラント全体を俯瞰的な点検がしたい
- **点検記録を紙ベース**で点検現場に持ち込まなければならない
  - 作業員は現場で記入後、事務所に持ち帰り、記録用紙として保管するため**作業負荷が大きい**
  - **防爆仕様のタブレット端末の導入コストが高額**になる
- プラント構内コミュニケーションはページング装置しか利用できない
- 現場作業のマニュアル、作業指示書も**紙ベースで持ち込み、確認**する必要がある

## 危険区域見直し後

### 変化・期待効果

- **ドローン飛行可能な範囲を拡張、点検の範囲を追加、拡大**
  - 稼働中プラント上空をドローン飛行し、**プラント全体を俯瞰的に撮影**できる
  - 従来は危険区域だったエリアの中より、**設備至近から撮影、より鮮明な画像**を取得できる
- **点検記録システムを導入**
  - 非防爆仕様のタブレット端末を利用可能になり**導入コスト削減**
  - 点検記録の入力、管理業務を**ペーパーレス化、**作業者の**作業効率の向上**、**点検記録データの活用可能性**の向上も期待
- **非防爆仕様のコミュニケーションツール、ウェアラブル端末**なども利用可能になり、作業員、点検の**現場作業をサポート、ヒューマンエラーの抑止**に期待
  - マニュアル、作業指示書なども**電子データで閲覧、**ベテランによる**遠隔からの指導**などを想定

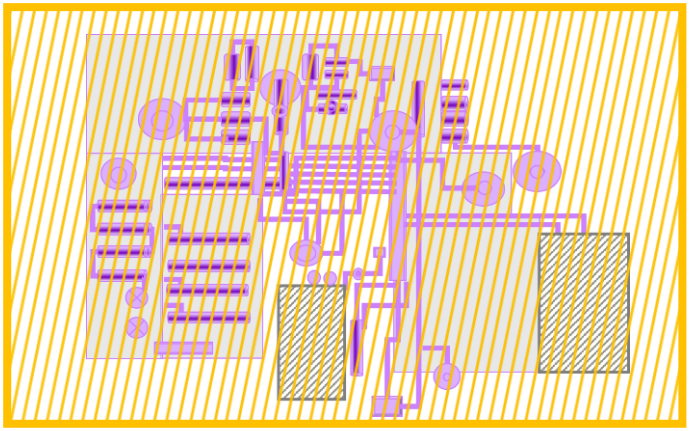
# 危険区域の見直し事例① 2/2

（2021.03掲載）

| 企業/事業所名 | JSR株式会社 / 千葉工場 | 事業種類 | 石油化学 | 総面積 | 約22.1万m² |
|---|---|---|---|---|---|

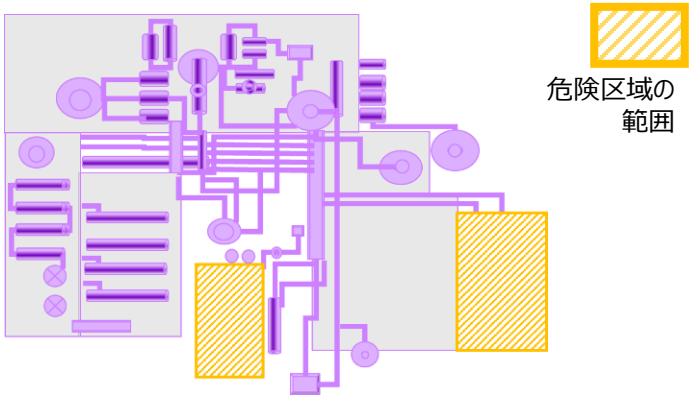
**危険区域の評価結果（1プラントの例）**

**従来の危険区域の範囲**



工場電気設備防爆指針に従って、プラント一体を**第 2 類危険箇所に設定**

**見直し後の危険区域の範囲**




「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」従って、評価した結果、プラント内の**建物の内部のみ、第 2 類危険箇所に設定**

- ✓ 非危険区域に評価されたエリアも、基本的には、危険な状態が起こりうるエリアである
- ✓ **常時、危険な状態でなく、非定常作業の際の危険のリスクを認識し安全対策をとることにより、非危険区域として作業が可能になった（非防爆の電子機器も利用できる時間ができた）として理解した上で評価に基づき、危険区域を判断した**
- ✓ 非危険区域となり、定置型の電子機器も非防爆機器を導入できるようになった。しかし、非定常作業を考慮し、JSR千葉工場の方針として、非危険区域であっても、定置型の電子機器については、防爆仕様の機器を設置することを原則としている

# 危険区域の見直し事例②

（2021.03掲載）

| 企業/事業所名 | 日産化学株式会社 / 富山工場 | 事業種類 | 化学工業 | 総面積 | 約215.6万m² |
|---|---|---|---|---|---|
| 概要 | • 製品倉庫の危険区域を再評価し、危険距離を定めたうえで非危険区域を設定した（製品倉庫全体 914.99㎡）<br>• 倉庫で、出荷検品システムを利用した製品梱包作業、検品作業のため非防爆仕様のハンディターミナルを導入した | | | | |
| 見直しの目的 | 出荷検品システムの利用・ハンディーターミナルの利用 | 対象エリア | 製品倉庫 | 見直し状況 | 申請完了済み（2019/12） |

## 危険区域見直し前

### 現場の問題

- 出荷検品システム・ハンディターミナルを導入のためには**防爆仕様の機器が必要**
  - 防爆仕様のハンディ―ターミナルは高額、選択できる製品も少ない
- **紙の伝票の管理**により、倉庫の受け入れ、払い出し業務
- 作業者のマニュアル作業による誤り、出荷検品時の**チェック漏れが発生**
- 倉庫現場でデータ入力はできず、後から**手入力作業**発生
- **在庫データをリアルタイムで把握**できない、精度も低い
  - 在庫精度を上げたい、データをもっと活用したい

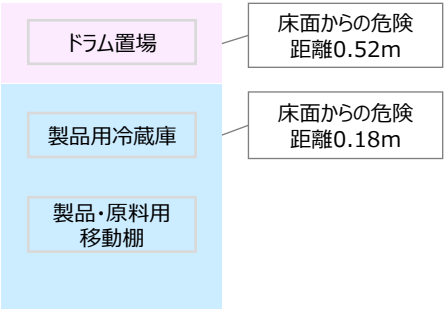
## 危険区域見直し後

### 変化・期待効果

- **非防爆仕様のハンディターミナル**から選択可能になり、**導入コストが削減**
- 倉庫の受け入れ、払い出し業務を**QRコードの読取りで管理できる仕組み***の実現
- ハンディーターミナルを使ってQRコードの読み取りにより、**作業ミスの削減・検品精度の向上**
- 作業者の**作業負荷を低減、作業効率を向上**
- **在庫データの活用可能性も向上**

（参考）コスト削減効果 400万円削減
導入ハンディ―ターミナル 8台
防爆機器：90万円/台 非防爆機器：40万円/台

製品倉庫全体 914.99㎡
床面からの危険距離より上は非危険区域




*Wi-Fiアクセスポイント（非防爆）を従来からの非危険区域に新たに設置し、ハンディーターミナルと接続して利用