

# 製油所の事故要因調査と次世代インフラ化

平成26年4月  
資源エネルギー庁  
資源・燃料部

## 製油所におけるトラブルの要因分析(石油連盟)

- 2012年に入り、例年よりも多くの製油所におけるトラブルが多発(下表)したことを受け、経済産業省・資源エネルギー庁は石油連盟に対し、要因分析と対策のとりまとめを要請した。
- これを受け、2013年8月に石油連盟は、石油業界におけるトラブル(石油コンビナート等防災法上の「異常現象」)の発生件数推移や要因分析を含む、自主行動計画(次項参照)をとりまとめた。
- 要因分析のポイントは以下のとおり(以下、%表示の数字は資源エネルギー庁で計算)。
- ・「漏洩」の件数に伸びが見られた(前年比50%増)。
  - ・異常現象の66%は「オフ・サイト地区」(タンクや配管等で構成され、精製設備の集まるオン・サイト地区の外にある地区)で発生している。
  - ・異常現象が発生した設備は、「配管(全体の47%)」「タンク(全体の16%)」「その他(全体の37%)」。
  - ・原因は、「設備管理的要因(全体の69%)」「残りは運転・工事管理的要因」。

※「異常現象」は、石油コンビナート等災害防止法における特定事業所で発生した出火、石油等の漏洩、爆発、装置等の破損、暴走反応等の現象。

※「設備管理的要因」は、腐食・劣化に代表される物的要因であるが、装置産業では腐食等の点検を行い事故の未然防止を図っているため、単に腐食したのが原因と割り切りことはできず、点検計画の立案など人が行う設備管理に伴う問題としてとらえた名称。

※「運転・工事管理的要因」は、操作確認ミス、誤操作に代表される人的要因であるが、装置産業の運転や工事に伴う問題としてとらえた名称。

異常現象の事象別件数の推移

(単位:件)

|     | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 実績集計 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 漏洩  | 25    | 25    | 24    | 20    | 30    | 124  |
| 火災  | 6     | 9     | 8     | 7     | 9     | 39   |
| その他 | 2     | 1     | 0     | 1     | 2     | 6    |
| 合計  | 33    | 35    | 32    | 28    | 41    | 169  |

(火災と漏洩の同時発生など、重複カウントあり)

異常現象の発生装置別件数の推移

(単位:件)

|     | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 集計  |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 配管  | 12    | 13    | 12    | 15    | 18    | 70  |
| タンク | 5     | 4     | 6     | 1     | 7     | 23  |
| その他 | 13    | 14    | 10    | 8     | 10    | 55  |
| 合計  | 30    | 31    | 28    | 24    | 35    | 148 |

異常現象の地区別件数の推移

(単位:件)

|       | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 集計  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| オンサイト | 9     | 16    | 7     | 8     | 10    | 50  |
| オフサイト | 21    | 15    | 21    | 16    | 25    | 98  |
| 合計    | 30    | 31    | 28    | 24    | 35    | 148 |

異常現象の要因別件数の推移

(単位:件)

|            | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 集計  |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 運転・工事管理的要因 | 12    | 10    | 4     | 11    | 9     | 46  |
| 設備管理的要因    | 18    | 21    | 24    | 13    | 26    | 102 |
| 合計         | 30    | 31    | 28    | 24    | 35    | 148 |

出典:石油連盟「産業保安に関する自主行動計画」

# (参考)「産業保安に関する自主行動計画」(石油連盟)の概要

平成25年11月14日  
石油連盟

## 産業保安に関する自主行動計画について

- 昨年8月、石油連盟は、製油所でのトラブルが頻繁に発生している状況を踏まえ、「製油所の安全確保策に関する検討会」を設置、3月末に検討結果をとりまとめ
- 産業構造審議会保安分科会は、「産業事故の撲滅に向けて(「産業保安」の再構築)」として、新たな産業保安のあり方に関する報告書を取りまとめ、産業保安に関する行動計画の策定を各業界に要請
- 石油連盟は、「製油所の安全確保策に関する検討会」の最終とりまとめ(3月)を踏まえ、「産業保安に関する自主行動計画」を策定(概要以下)し、公表

### 安全確保に関する基本的な考え

石連加盟各社 ⇒ 自主保安の考えのもと適切に保安活動を推進

情報

石油連盟 ⇒ 事故事例水平展開活動等により各社の安全活動を支援

## 「製油所の安全確保策に関する検討会」

### 過去事例の分析結果と対応

【分析結果】  
オフサイト地区における漏洩防止が重要であることを確認

【課題】  
・腐食等設備管理対応  
・ヒューマンエラー防止  
・手順書・マニュアル等整備

### 事故事例水平展開活動の充実

【分析結果】  
・事故情報内容不足  
・事故情報説明会の頻度不足  
・安全管理活動の情報不足

【対応】  
・事故情報内容の充実化(質問票の新設)  
・ニーズに応じたタイムリーな事故情報説明会  
・各社の安全管理活動情報の共有化  
(→「安全管理活動情報連絡会」の新設)

### 全社的な安全・法令遵守の再徹底および従業員の安全教育

【安全・法令遵守対策の例】  
・経営層の保安に関するメッセージ発信とリーダーシップ  
・経営層と現場の意思疎通と融合  
・監査機能の再確認  
・第三者的視点の活用 等

【安全教育対策の例】  
・若手オペレーターによる手順書見直し  
・ベテランオペレーターの技術・知識の活用  
・情報整理とインフラ改善 等

## 「産業保安に関する自主行動計画」

### 各社が実施する取り組み

- (1) 経営者の産業保安に対するコミットメントと強いリーダーシップの発揮
- (2) 産業保安に関する具体的な目標設定
- (3) 産業保安のための施策の実施計画の策定  
(各社が製油所の実情に応じて対応を行う)  
⇒ 事故削減に向けた具体策の例  
腐食等の設備管理的要因 → 適切な点検計画の立案と実施 等  
ヒューマンエラーの防止 → 変更管理・トラブル解析の強化 等  
手順書・マニュアル類の整備 → 手順書記載内容の検証 等  
⇒ 教育訓練対策の例 → 若手作業員による手順書の見直し  
Know-How、Know-Whyの活用 等
- (4) 目標の達成状況や施策の実施状況についての調査および評価
- (5) 自主保安活動の促進に向けた取り組み【全社的な安全・法令遵守の再徹底】  
対策の例  
⇒ トップダウンとボトムアップの適正な融合  
⇒ 安全活動に関するインセンティブの付与  
⇒ 監査機能組織の再確認、見直し  
⇒ 法令教育の充実・強化 等

### 石油連盟が実施する取り組み

- (1) 業界内外で発生した事故の原因や教訓の共有  
⇒ 事故情報の内容の充実化  
⇒ ニーズに応じた事故情報説明会の開催
- (2) リスクアセスメント能力、危機予知能力等、産業保安に必要と考えられる能力について企業が実施する教育訓練の支援
- (3) 企業の産業保安活動に関するベストプラクティスの共有
- (4) 各社が実施する安全文化の向上に向けた取り組みの支援

### 自然災害への対応

- ・球形タンクブレースの評価の実施
- ・昭和57年通達による耐震性評価の促進
- ・大規模地震を想定した施設の安全性の評価・対策の推進 等

### 継続的なフォローアップの実施

出典：平成25年11月14日 産業構造審議会 保安分科会 高圧ガス小委員会(第4回) 石油連盟提出「産業保安に関する自主行動計画について」

[http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/koatsu\\_gas/pdf/004\\_02\\_02.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/hoan/koatsu_gas/pdf/004_02_02.pdf)

## 資源エネルギー庁による「我が国製油所の事故の要因分析調査」

- 資源エネルギー庁では、石油連盟における検討と平行し、具体的な政策支援のあり方を考える目的で、任意に抽出した5つの製油所への実地調査（我が国製油所の事故の要因分析調査（2012年12月～2013年3月））を実施した。
- この調査を通じ、トラブルや重大事故の防止に向けた、①「設備管理」の課題（経営判断、検査技術の限界等）、②「情報と先例の利活用」の課題（製油所内データ活用、過去の事故の教訓等）、③「人材育成システム」の課題、といった3つの課題が具体的に明らかになった。

### 調査方法

- 資源エネルギー庁石油精製備蓄課の調査事業として、製油所や化学プラントの産業事故対策を指導してきた安全工学分野の専門家等の協力を得ながら実施。  
田村昌三 東京大学 名誉教授  
鈴木和彦 岡山大学工学部 教授  
特定非営利活動法人 安全工学会（JSSE）  
日本アイ・ビー・エム株式会社
- 石油精製元売大手5社の 5つの製油所への、それぞれ2営業日ずつ費やしての立入調査を実施。
- 各製油所において、
  - ①管理階層ごと（製油所幹部層／中間管理職層／現場担当者層）
  - ②業務部門ごと（運転管理部門／設備管理部門／保安管理部門）の詳細な意見交換を実施。

# エネ庁調査の要点と、導き出される対策 (1)「設備管理」

## ○経営判断の課題

- ・過去10年程度の間、投入した保全費が十分でなかったのではないかととの声があった。
- ・「リスクアセスメント」を実施し、特にリスクの高い点に集中的に保全費用を投入することが重要との声があった。
- ・製油所の腐食・劣化部位を発見して対策を進める際、「操業を続けるべき」との社内意見とのバランス等が大きな制約になっているとの声があった。
- ・人手が足りない中で効率的に管理するには、そもそも検査・管理すべきポイント数を減らすべきであり、オフサイト地区で広域にわたり多数存在する遊休配管を撤去すべき。しかし膨大な時間と費用がかかるため対応が進まないとの声があった。

## ○検査技術の課題(大きなコスト負担と小さな効果)

- ・配管の「外面腐食」の発見や、劣化部位の寿命予測等の検査手法(超音波・放射線等)の的中率が低い、人が製油所の塔類に登って検査をするため、人が乗る「足場」作りやアスベスト対策等で巨額の付帯費用が発生する、との声があった。
- ・防爆処理等が施され、製油所での検査・補修業務に使用可能なロボット・センサー等の開発が課題との声があった。

## 対策例

### インフラ点検・補修用ロボットの技術開発の推進

インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト  
(平成26年度新規NEDO事業(22.2億円))  
(産業技術環境局 研究開発課 / 製造産業局 産業機械課)

#### 事業の概要・目的

- 橋・トンネル等社会インフラや石油プラント等産業インフラは、今後、建設後50年を経過するものが加速度的に増加する等、それらの老朽化に対する十分な資金と高度な維持管理の専門知識を有する人材の不足が大きな課題。そのため、既存インフラの状態に応じて効果的かつ効率的な維持管理・更新等を図る必要がある。
- 本事業では、的確にインフラの状態を把握できるモニタリング技術(センサ開発、イメージング技術、非破壊検査技術)、点検・補修を行うロボット等の開発を進める。

#### 事業イメージ

- ①インフラの状態モニタリング技術開発  
(例)複合センサ基盤技術、検出部の高機能化技術、画像を活用したイメージング技術、非破壊検査技術
- ②インフラ点検・補修用ロボット技術開発  
(例)人が到達困難な場所へ点検・補修機器を搭載して移動する小型移動ロボット、防爆・防水・防塵化ロボット



## エネ庁調査の要点と、導き出される対策 (2)「情報や先例の活用」

### ○「製油所内ビッグデータ」活用の課題

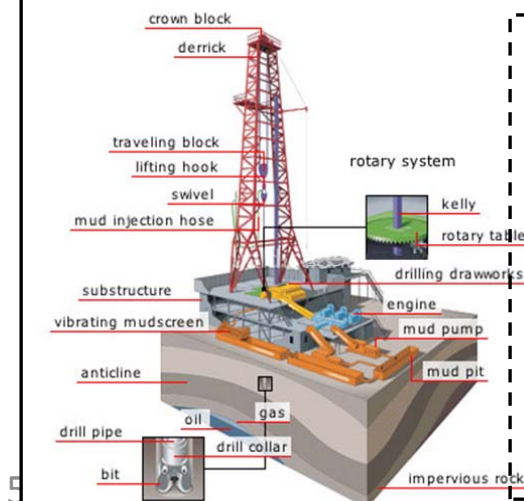
- ・日々の製油所操業の中で生まれるビッグデータ(運転・引継日誌の中の言葉、ヒヤリハット情報、事故・トラブル情報等)は、情報の種類ごとに異なる情報システムやフォーマットに分散管理され、事故・トラブルの予兆検知を目的に情報が統合管理されておらず、十分に解析・活用されていないとの声があった。
- ・そもそも、具体的なIT活用手法(テキスト・マイニング等)が確立しておらず、まず、その効果実証が必要(プラント・メンテナンスとビッグデータ)であり、センサー系データとの組み合わせも中長期的課題であるとの声があった。

### ○過去の事故・トラブル情報の収集・活用の課題

- ・石油業界で取り組んでいる事故・トラブルの情報共有も、間接要因や背後要因等まで分析された、十分なボリュームの情報にはなかなか共有されないため、実務に活かしにくいとの声があった。
- ・たとえば、米国では、規制当局(Chemical Safety Board)が、規制で集めた情報を自ら分析・公開との指摘もあった。

## 対策例

### ビッグデータを活用した事故・トラブル予兆発見システムの実証



北米等では油田設備を対象にデータ解析に基づく障害予測、状態監視の取組みが進展

- タービン、ポンプ等の重要設備の障害予測、検知
- 油田全体の障害予測、状態監視

応用可能性を実証

国内製油所を対象に、製油所内のビッグデータを活用した、事故・トラブル予兆発見システムの実証事業を実施(平成26年度)。

- ・複数の製油所を対象に実施(2箇所を想定)
- ・製油所現場の課題も踏まえながら、実証テーマを絞り込み(例: 配管やFCC(流動接触分解装置)の障害の予測・早期発見等)
- ・IT企業、エンジニアリング企業の参画により、IT技術、製油所の現場知見を組み合わせることでシステムを実証。

## エネ庁調査の要点と、導き出される対策 (3)「人材育成システム」

### ○「プラント新規建設」がない時代の「人材育成」の難しさ

- ・ベテランがプラントの隅々まで理解しているのは、自ら「プラント新規建設」を経験しているから。
- ・一方、現在の若手や中堅は、かつてのようにプラントの新設や試運転を経験する機会に恵まれず、また、装置の運転が安定したことによりトラブル等を経験する機会が減少。
- ・さらに、「4年連続運転」が可能となったことで定期修理工事の頻度が減り、装置を動かすとき(スタートアップ)、停止するとき(シャットダウン)の非定常状態での運転経験が減少。
- ・こうした条件変化の中で、「製油所立ち上げ」世代が退き、そうした「製油所立ち上げ」を経験していない世代が操業の中心を担うことを前提に、石油会社は、従来とは異なる人材育成手法として、実機に近いプラント・シミュレータの導入や、ITを用いた業務支援ツールの導入など、技術によるアシストも検討すべきではないか。

業界・各社で検討されるべき対策例  
(現地調査の声や有識者の指摘)

### 業務支援ツールや訓練シミュレータ等の開発・導入

#### ○業務支援ツール

- ・小画面でプラント内を持ち運びできる携帯端末型の手順書
- ・様々な運転情報から製油所内で特に管理すべきポイントを判断するツール
- ・製油所の設備・配管等の管理ポイントを3D画像で可視化するツールの導入

#### ○訓練プラント・シミュレータ等

- ・より実機に近い「訓練プラント」(水ではなく石油を模した流体を使用して実プラントと同じ挙動が再現できるもの)や「訓練シミュレータ」の導入が有効ではないか。
- ・個社で対策を行うのが困難であれば、業界全体としての取組みも考えるのではないか。  
(たとえば、「シミュレータ」の基本モデルを業界で共同開発・共有し、各製油所のプロセス特性に応じてカスタマイズが必要なシミュレータは、各企業がそれぞれ開発する役割分担)。