

SE(セイフティ エンジニアリング)への掲載について

2014年12月15日

石油化学工業協会

公益財団法人総合安全工学研究所の機関紙SE(セイフティ エンジニアリング)の第177号(平成26年12月1日発行)に、当協会の岩間技術部長がまとめた「石油化学工業協会における産業保安の向上」が掲載された。

同研究所は、昭和48年に創立され、総合安全工学に関する調査研究、研修、普及啓発等を行うことにより、安全に係る科学技術の向上を図り、もって国民の福祉向上及び社会経済の健全な発展に貢献することを目的とした機関であり活発な活動を行うとともに、定期的に機関誌を発行している。

(掲載記事要旨)

石化協会員企業にて2011年から2012年に3件の大規模な爆発火災事故が発生し、それぞれ1名が亡くなった。これらの事故は、いずれも、本来、制御していなければならない暴走反応が起きた結果、機器が破裂し、内容物に引火爆発したものである。

石化協では、課題を明らかにし、対策の具体的な取り進めとして安全文化の強化に取り組んでいる。また、これらの活動を産業安全に関する行動計画として2013年7月に公表し、2014年6月に実績等に基づく見直し版を公表した。

(公益財団法人総合安全工学研究所)

<http://www.i-s-l.org/index.htm>

以上

石油化学工業協会における 産業保安の向上

石油化学工業協会 技術部 部長

岩間 啓一 Keiichi Iwama

1. はじめに

原油からガソリンを得る際に副生するナフサを高温で熱分解すると、エチレン、プロピレン、ブタジエンなどの基礎化学品が得られる。石油化学工業は、これらに様々な化学反応を行わせることによって得られる化学製品を、電機、自動車、家庭用品などの分野に提供する産業である。

これらの石油化学製品は私たちの生活を便利で豊かなものにしてきているが、一方で、最近、爆発火災をとまなう深刻な事故が発生している。

これらの事態から、2013年3月、経産省産業構造審議会にて産業保安の再構築の提言がなされ、石油化学の事業を行っている29社から構成される石油化学工業協会（以下、石化協）に対して、行動計画策定の要請が行われた。また、2014年5月に内閣官房の下で開催された、消防庁、厚生労働省、経済産業省の3省庁連絡会議でも同様の災害防止の要請が行われた。

石化協では、経産省産業構造審議会の要請を受けて「産業保安に関する行動計画」を定め、2013年7月に公表した。さらに、昨年1年間の実績、3省庁連絡会議の報告書などを踏まえ、2014年6月に見直しを行った。本稿では、石化協における産業保安の向上の取り組みとして行動計画の内容を説明する。

2. 産業事故の発生状況 および原因と課題

(1) 事故の発生状況

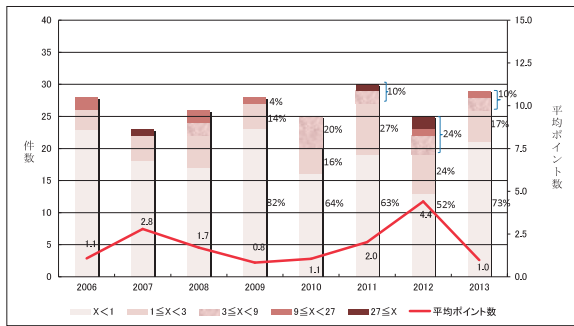
石化協では、会員29社の石油化学の事業所で発生する年間約30件の事故を、アメリカのCCPS法¹⁾を基にした方法(表1)により、定量的に評価し、傾向管理を行っている。CCPS法は一つの事故を人の健康、火災・爆発、漏洩の潜在的な影響、環境への影響の4項目について評価、定量的に把握する方法であり、世界の大手160の企業で採用されている世界共通の評価方法である。

2006年からの事故を、CCPS法の評価ポイントに応じて高ポイントを濃い色で、低いポイントの事故を薄い色で表した積み上げグラフで示す(図1)。2007年は三菱化学(株)のエチレンプラントで4名が亡くなる火災事故²⁾、2011年は東ソー(株)で1名が亡くなる塩ビモノマープラント爆発事故³⁾、2012年は三井化学(株)と(株)日本触媒でそれぞれ1名が亡くなる爆発事故^{4)、5)}が高ポイントの事故となっている。その年の総ポイント数を件数で割った平均値を折れ線グラフで示しているが、高ポイントの事故のあった年は平均値も大きい値となっている。

表1 石化協の事故評価基準 (CCPS 評価法)

強度レベル (ポイント)	人の健康	火災・爆発	漏洩の 潜在的影響	環境への影響 (環境対応費用)
1 (27)	複数死亡	直接被害額 10億円超	複数死亡の可能性 のある放出	2.5億円超
2 (9)	1名死亡	1億~10億円	構外で死亡の可能性 のある放出	1億~2.5億円
3 (3)	休業災害	1千万~1億円	敷地内放出	1億円未満
4 (1)	応急手当	250万~ 1千万円	放出が二次防護 施設内でしきい値以上	短期的な 改善対応
5 (0.3)	レベル4未満	250万円未満	レベル4未満	レベル4未満

図1 事故規模別の件数推移 (CCPS 評価法)



(2) 2013年事故の解析

事故の未然防止のために、2012年から取扱状態、原因およびCCPSのポイントを組み合わせたマトリックス分析を始めた(表2)。本マトリックスでは横軸に事故の直接原因を示し、縦軸に事故が発生した時の状況を表し、それぞれの交点に事故のCCPSポイント合計の数字を記している。

大きなポイントの交点は、そこで大きな事故が発生しているか、または繰り返し事故が発生していることを示している。つまり、大きなポイントの原因、状況のところに保安上の弱点があると言える。このマトリックス分析は、状況/原因の項目を注意深く選択することで、保安上の弱点を明らかにすることが出来る。

2013年のマトリックス分析では、定常運転中に設備の維持管理が原因で、多くの事故が発生していることが明らかであり、確実な設備管理が重要であることが容易に理解できる。

(3) 重大事故の発生原因と課題

2007年のエチレンの火災による事故は、工事中にバルブが開いて火災となったものであるが、2011年の塩ビモノマーの事故では異常反応が暴走し、2012年4月のレゾルシンの事故では分解反応が暴走、9月のアクリル酸の事故では重合反応が暴走したことで大事故となった(表3)。

最近の事故の特徴は、暴走反応、すなわち化学反応の制御に関するものであり、化学プロセスの基本的な理解に課題があると考えられた。

このため、協会の中に検討WGを作り、事故調査報告書をもとに原因、背景について徹底的に議論を行って140項目の課題を抽出し、以下の4項目に整理して具体的な対策の検討を行うこととした。

- ①プロセスの危険性に対する感受性の欠如 (リスクアセスメント)

表2 2013年事故；取扱状態／事故原因別CCPS評価法ポイント数

取扱状態	事故原因	設計		維持管理					管理		技術的予見不足	誤操作・誤判断	不遵守・不良行為	自然災害	ポイント数合計
		設計不良	製作不良	施工管理不良	腐食管理不良	検査管理不良	締結管理不良	シール管理不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備					
製造中	スタートアップ			0.3						0.3					0.6
	シャットダウン	10		1						0.3					11.3
	緊急停止														
	トラブル対応														
	小規模作業								0.3	0.3			1.3		1.9
	大規模作業・工事 原料・銘柄切替等														
	定常運転	0.3	0.3	5.2⑤	0.6②	0.3	0.3					1			8
製造中その他			1								0.9②			1.9	
貯蔵中	貯蔵中														
停止中	検査・点検中														
	工事中						0.3								0.3
	停止中その他														
荷役中	荷役中	0.9②			0.3										1.2
その他	その他			3.3②											3.3
ポイント数合計		11.2	0.3	10.8	0.9	0.3	0.6	0.3	0.9	0.3		1.9	1.3		28.5

X<1 1<=X<3 3<=X<9 9<=X<27 27<=X

本マトリックス解析は2012年から開始した。なお、数字はポイント数合計、○印内の数字は件数(無印は1件)を表す。

表3 重大事故の原因

名称	内容	ポイント数	反応	原因
塩ビモノマー プラント爆発火災 (2011.11.13発生)	反応系の緊急停止に伴う操作において、塩化水素、塩ビモノマー、および未分解のEDCを分離する蒸留塔が大きく変動し、運転マニュアルで定められた中間段の温度維持に注力した結果、塔頂の塩化水素に大量の塩ビモノマーが混入。系内に存在していた塩化第2鉄が触媒となって、塩化水素と塩ビモノマーが異常反応を起こして発熱、爆発火災となった。死亡1名。	39	異常反応 (発熱) の暴走	技術的予見不足
レゾルシン プラント爆発火災 (2012.4.22発生)	動力プラントでトラブルが発生したため、レゾルシンプラントの緊急停止を行っていた。緊急停止に伴う操作において過酸化物を生成させる酸化反応器の窒素による液循環を停止したため、反応器内の一部で分解反応が暴走、爆発火災となった。 工場構内：死亡1名、負傷9名。 工場構外：負傷16名、家屋損傷999軒。	40	過酸化物の分解反応の暴走	誤操作・誤判断
アクリル酸 タンク爆発火災 (2012.9.29発生)	高純度アクリル酸精製塔のボトム抽出液を一時貯蔵する中間タンクの一部でアクリル酸の二量化反応が進行し、その反応熱で重合反応が促進され急激な温度・圧力上昇に至りタンクが破損して、爆発火災を起こし、隣接するアクリル酸タンク、トルエンタンクなどに延焼した。 死亡1名、負傷36名。	39	重合反応の暴走	技術的予見不足

- ② 事故事例の活用の不備（情報の活用）
- ③ 技術的背景の理解不足(Know-Whyの伝承)
- ④ 保安に関する経営層の強い関与

協として重点的に取り組んでいる。

本項では、はじめに会員企業のガイドラインについて概要を、次に協会としての活動の詳細を述べる。

3. 産業保安の取り組み

一般に、保安安全の維持向上には安全基盤と図2に示す8軸からなる安全文化⁶⁾が必要であると言われている。

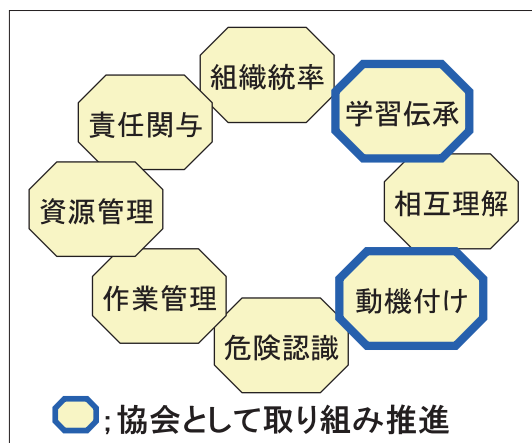
会員企業は、企業活動の基礎として自らの責任のもとに安全基盤と安全文化の両方を充実させていく必要がある。一方、安全文化の中の学習伝承と動機づけについては、単独で取り組むより、業界団体の中で共同して取り組む方が大きな効果が期待できるため、石化

(1) 会員企業が実施する取り組みのガイドライン

会員企業が行う産業保安への取り組みは、安全基盤の強化と安全文化の強化に、重大事故の解析結果から得られる4つの課題を加えたものである。

- ① 企業経営者の産業保安に対するコミットメント
経営トップが基本的な理念や基本的な方針を示し、強力なリーダーシップのもとに確実に情報を発信し、実行していく。
- ② 産業保安に関する目標設定
「重大事故ゼロ」など定量的な目標設定を行う。
- ③ 産業保安のための施策の実施計画の策定
4M（人、設備、材料、製造方法）の変更時、異常反応、非定常状態、緊急停止などでのリスクアセスメントの徹底、運転、保全、設計部門間などの適切なコミュニケーションの実行、確実な設備的不具合の防止、人材育成、新たな技術の取り入れの

図2 安全文化を構成する8軸



推進、協力会社へのリスクアセスメントの支援などを行う。

④ 目標の達成状況や施策の実施状況

年度ごとに実施状況を確認し次年度の計画に反映する。

⑤ 保安活動の促進に向けた取り組み

表彰制度を使つての従業員の保安向上に対するモチベーションアップ、民間コンサルタントを活用しての安全文化の醸成に取り組む。

(2) 業界団体が実施する取り組み

石化協では、安全文化の中の学習伝承を、「事故情報の共有化」、「経験の共有化」、「保安の取り組み共有化」の3つの共有化として活動を行っている。一方、重大事故からの4つの課題のうち、リスクアセスメントとKnow-Whyは取り組みの共有化と、事故情報はまさに事故情報の共有化と密接な関係があるため、これらは3つの共有化の中で課題への対応に取り組んでいる。

経営層の関与も取り組みの共有化の一種とも考えられるが、独立させて、安全文化の醸成の上位に位置づけている。

経営層の保安に対する関与の強化として、2012年度の5回の保安トップ懇談会に引き続き、2013年度は、保安トップセミナーを開催した。2013年11月開催の第1回目では、アメリカCCPS作成のThe Executive Role(保安安全に関する社長の役割)を視聴し、2014年度に石化協でも保安に関するトップメッセージビデオの作成を行うこととなった。

2014年5月開催の第2回目では、東京大学名誉教授の畑村洋太郎先生に「散発する化学事故をどう考えるか～アクティブに働く思考回路を作れ～」の題でご講演をいただいた。先生からは、様々な刺激的な言葉で、自分で考える文化を構築して定着させること(組織文化の見直し)が重要であり、主体的・能動的に行動できる強い個人の育成が最重要であるとの指摘が行われた。

(3) 安全文化の醸成

① 保安の取り組み共有化

保安の取り組みの共有化では、保安研究会、保安推進会議及び産業安全論の3つの活動を行っている。

保安研究会は、1964年に石油精製、石油化学で大規模な事故が頻発したことを契機に始まり、その後、同種のプラントごとに発展、改組が行われ、現在はエチレン、高圧法ポリオレフィンなどの7研究会となっている。現場課長を中心として年間延べ数十回、約350名が参加して、現場レベルで運転管理、教育、リスクアセスメントを確実にを行うための危険認識能力の強化、技術伝承、設備保全など保安の取り組みに関する情報交換を行っている。

危険認識能力の強化では、最近の重大事故を題材にして事故事例研究を行っている。実際に起きた事故から問題点や課題について、ファシリテーターの適切なリードのもとで討議を行い、自らの問題として転換を図っている。ケーススタディーを通して自ら考え発言することが重要である(図3)。

保安研究会は、当協会の初期からの保安に関する活動であり、協会の保安活動の基盤となっている。

保安推進会議は、各会員の輪番制で会社や事業所全体の保安に関する自社の優良取組事例に関する情報交換を行う場である。

毎年秋にほぼ一日かけて、本社および事業所の保安、運転、保全部門など約200名の参加に加えて、高圧ガス保安室、消防庁、労働基準局などの行政機関の方々にもご出席いただき、活発な意見交換が行われている。

また、2012年から東京大学名誉教授である田村昌三先生のご指導の下、「産業安全論」を開講し、保安向上への取り組みの強化を行っている。さらに、2014年度からは石化協、日化協、石油連盟の3団体による共催に発展させて、業界全体の強化に

図3 事故事例研究（ケーススタディー）

<p><議論の例></p> <p><問題点・課題></p> <ul style="list-style-type: none"> 温度や圧力以外も大幅に変動したことによって、重要なアラームに気づけなかったと思われる（アラーム管理） 温度上昇 = 圧力上昇に対して一つの機器での監視では不足している 気相部分での温度上昇と思い込んでいた（正しい判断のためには、より多くの運転情報が必要） 気づくのに時間がかかったことが問題 なぜAirを入れようとしたのか、Airによる攪拌の理由がわからない →通常の運転状態に戻そうとしたと考えられるが、すでに遅すぎたと思われる
<p><自分のプラントへの課題・要求機能></p> <ol style="list-style-type: none"> 重要なアラームが的確に把握できる仕組み、アラームマネージメントの実施 <ul style="list-style-type: none"> 特に緊急停止した際にはたくさんのアラームが鳴るため、重要なアラームに気づきにくい 停止後の状態（温度、圧力など）の的確な監視 DCS画面における温度計などの配置模式図と実際の配置を正しく表現 <ul style="list-style-type: none"> 各種のセンサーと液相部、気相部、インターナルとの関係が誤解を生まない表現が必要
<p>ケーススタディーを通して自ら考えることが大事</p>

なく、統計的処理によって傾向管理や弱点の把握に使っている。

(4) 動機付け

保安を維持向上させるために最も重要なのは、動機付け、すなわちモチベーションの向上である。このために石化協としても、保安活動に地道に従事し優秀な安全成績を上げている保安功労者を対象に毎年保安表彰を行っている。

取り組んでいる。

② 経験の共有化

経験の共有化では、事故事例巡回セミナーを開催している。様々な事故対策や現場管理の経験をお持ちの先輩方に、企業の枠を超えて、コンビナート地区で、現場の管理者層を対象に、ご自身の経験を生の声で語っていただくセミナーである。

経験者の考え方、現実の対応経験などを通して刺激を与え、連想的発想を促すことで、自らの課題との共通点を見つけ、解決のヒントを得るための現場の若手管理職の気付きの機会とするものである。先輩方に業界若手のために語り部になっていただいている。

③ 情報の共有化

情報の共有化では、事故情報の相互報告と傾向管理を行っている。石油化学の事故の大部分は繰り返し型であり、全く新しいものは殆ど存在しない。つまり、他社の事故、過去の事故を学ぶことによって、これから発生するかもしれない事故を未然に防止することができる。

このために石化協では、お互いの信頼関係とギブ&テイクの精神のもと、自社で発生した事故を互いに報告し、状況や対策を共有することで同種事故の未然防止に努めている。

事故情報は、1件ごとの共有化ばかりで

4. 最後に

自然災害による産業事故の発生防止に向けた取り組みとして、情報交換などを通じて高圧ガス設備などの耐震性強化を推進している。

また、これらの業界としての取り組みを産業保安に関する行動計画⁷⁾としてまとめるとともに、毎年、実行状況を確認し必要に応じて見直しを行っている。

参考文献

- 1) 化学工業会 SCE-Net : CCPS プロセス安全 先行および進行 測定基準, 2012.
http://www.sce-net.jp/anken_pdf/200901igo/Process-SafetyMetrics-J-all-120209.pdf
- 2) 三菱化学(株) 事故: 三菱化学鹿島事業所 第2エチレンプラント火災事故 再発防止対策取り組み状況報告書, 2008.
http://www.m-kagaku.co.jp/aboutmcc/RC/pdf/regard/kashima_j03.pdf
- 3) 東ソー(株) 事故: 南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設 爆発火災事故調査対策委員会 報告書,
http://www.tosoh.co.jp/news/pdfs/20120613001.pdf
- 4) 三井化学(株) 事故: 岩国大竹工場爆発火災事故に係る事故調査委員会報告書について, 2013.
http://jp.mitsuichem.com/release/2013/pdf/130123_02.pdf
- 5) (株) 日本触媒事故: (株) 日本触媒 姫路製造所 アクリル酸製造施設爆発・火災事故調査報告書, 2013.
http://www.shokubai.co.jp/ja/news/file.cgi?file=file1_0111.pdf
- 6) 平成18年度原子力発電施設等安全性実証解析等(原子力発電施設等社会安全高度化) 事業報告書, 安全工学会, 2007.
- 7) 石油化学工業協会: 産業保安に関する行動計画, 2014.
https://www.jpca.or.jp/pdf/hoankeikaku.pdf



高知県高知市出身。早稲田大学理工学部応用化学科卒、同研究科(修士課程)修了。1976年三菱化成(現三菱化学)に入社、水島事業所に配属される。その後、海外勤務、工場の運営管理などを経て、2007年より現職。