

事例に学ぶ化学プロセス安全 — Beaconの教訓と事故防止の知恵 —

公益社団法人 化学工学会

SCE・Net 安全研究会

澁谷 徹

SCE・Net

- 化学工学会 産学官連携センター傘下の常置委員会
- シニア技術者を組織化 2000年4月発足
- メンバーの持っている知識・経験・技能を基盤にし、最新の情報・技術も加えて社会貢献に寄与し、自己発現を計る
- 6つの研究会(安全・エネルギー・環境・教育・装置材料・神奈川)と会員交流の2つの場(技術懇談会・交流会)開催
- 具体的な活動例
業務受託(調査・コンサルタント・講師など)、出版・執筆、講演、公開講座開催など
- 個人会員 90名、 法人会員(賛助会員含め) 16社

SCE・Net安全研究会の活動

- 事故の多発:再発
- 成功体験と失敗体験の伝承
- 事故報告・データベースの利用
- 事例に学ぶ:経験者の知見と知恵
- 自分のプラントに適応:新たな気付き
- 組織の安全文化の向上

⇒ 安全講習会、危険予知ミーティングなど
現場で役に立つ教材、参考書作成

AIChE (American Institute of Chemical Engineers **アメリカ化学工学会**)

CCPS (Center for Chemical Process Safety **化学プロセス安全センター**)

1984年12月3日インドのボパールで発生した大事故に対して化学業界のリーダー達がAIChEへ要請し設立した「大惨事を引き起こすプロセス事故をなくすための協力を推し進めるための」組織である。

Beacon (Process Safety Beacon)

2001年11月より現場作業者を主対象として写真付き事故事例解析と安全対策のポイントを簡潔にまとめている。2006年4月よりわれわれの和訳を加え、今や約30言語に翻訳され毎月発信される。



CCPS
CENTER FOR
CHEMICAL PROCESS SAFETY
An AIChE Industry
Technology Alliance



Process Safety
Beacon

Sponsored by
CCPS
Supporters

<http://www.aiche.org/CCPS/Publications/Beacon/index.aspx>
Messages for Manufacturing Personnel

プロセス安全文化

2007年6月



1986年1月、スペースシャトルChallenger
打ち上げ時爆発



2003年2月、スペースシャトルColumbia
再突入中分解



1988年7月、洋上プラットフォーム
Piper Alpha 火災と爆発で全滅



1974年6月、Plixborough, England
化学プラント爆発



2005年3月、Texas City,
Texas 精油所爆発

ここに示す事故—全て複雑な技術システムの大規模な事故だった—の共通点は何だろうか？事故調査結果のすべてが、事故に影響した重要な要素として組織の「安全文化」の問題があったことを確認している。では、「安全文化」とは何か？イギリスのHealth and Safety Executive (HSE, 安全衛生局)は安全文化を「...組織の決められた安全衛生プログラムに関する個人やグループの価値観・心構え・能力・行動パターンの集積とそのスタイルや習熟度」と定義しているが、これはかなりわかりにくい。CCPSは簡単な定義「安全文化とは、誰も見ていないとき組織がどう行動するかだ」を提案する。マネージメントは、組織の立派な安全文化を確立する鍵となる指導的役割を担っているが、皆が(それに)貢献しなければならぬ。このBeaconでは、安全文化の重要な一面—常に脆弱性を意識すること—に焦点を当て、その他のことは今後扱うことにする。

大災害は頻繁に起こらないため、人は、悪いことは起こり得ないと思ひ込み、自己満足し、安全に関し間違った感覚を持ってしまう。正しい運転方法が(悪いほうに)妥協されやすい。重要な保護システムや手順が維持されなかつたり、起こり得る結果を正しく理解しないまま変更されることもあり得る。重大事故を防ぐには、危険な行為により現実により起こり得る惨事に絶えず注意を払うことが必要である。

あなたにできること

- プラント内の取扱物質やプロセスの危険性に対し不断の注意を払うこと。
- 「ニアミス(ヒヤリハット)」事例を認識し、(事態が)悪い方向に向かう可能性があったことを思い出すこと。
- Beaconで報告されたようなほかの設備での事故例を使い、自分のプラントで同様な問題が起こる可能性を考えること。
- 常に、安全な操業範囲と確立された運転方法の範囲で運転すること。これが出来ないときは直ちに監督者に報告すること。
- 確立された手順の変更を許可するには、徹底したリスク評価と博識な専門家の許可を含め、承認された手続きをとること。

安全文化は皆でつくるもの！

AIChE © 2007. 不許複製。非営利的な教育目的のための複製は奨励する。ただし、再販目的のための複製は、CCPS以外のいかなる者に対しても禁止する。コンタクト先: ccps_beacon@aiiche.org or 212-591-7319

Beacon

プロセス安全文化

CCPSの定義:
**「安全文化とは、誰も見ていないとき
 組織がどう行動するかだ」**

加えて、重要な一面として:
「常に脆弱性を意識すること」

あなたにできること

警句 「安全文化は皆でつくるもの！」

Beacon基本的構成

- ・タイトル
- ・事例の解説
- ・知っていますか: 主題の事故を防ぐために知っておくべき事項
- ・あなたにできること: 現場の人たちがなすべき事項
- ・警句

Beacon記事の内容

- ・事例の内容: 事故事例と対策60%、危険性の解説25%、安全の考え方15 %
- ・事故事例の発生現象: 火災・爆発50%、機器の破裂20 %、漏れ20%、その他10 %
- ・事故の要因
 - 運転関係: 操作点検40 %、混合と反応・運搬保管各15%、凍結・静電気・その他 各10%
 - 設備関係: 配管機器25 %、工事・構造建屋各20 %、材料腐食15 %、計装電気・圧テスト各10%

「事例に学ぶ化学プロセス安全」の構成

第Ⅰ編：安全確保の基本行動に関わる事例

全ての基本となる「安全文化」について認識を深める。

第Ⅱ編：

第1節：運転管理にかかわる事例集

化学工場での運転における具体的な事例

第2節：設備管理にかかわる事例集

化学工場における設備管理における具体的な事例

[各事例の構成]

- ・ 事例の解説
- ・ 事故の要因と教訓
- ・ 現場の経験者が語る
- ・ 事故を防ぐためのポイント
- ・ 日本で起こった類似事故
- ・ その他(コラムとQ&A)

危険を過小評価するな

- ・ 大学研究室での事故：少量サンプルの移し替えを行っているとき、薬剤をこぼして火災が発生し、本人の着衣に燃え移り死亡。
- ・ 工場などでは多量の引火性物質・毒物などを取り扱っているが、品質管理・工程分析などでは少量の薬剤を扱う現場があり、少量であるがために危険性が過小評価されていないか。

- ・ 取り扱い物質の知識
- ・ 安全保護具の着用
- ・ 緊急設備の場所明示・使用法訓練

危険な化学物質は僅かな量でも危険



http://www.aiche.org/CPS/Newsroom/beacon/index.aspx
Messages for Manufacturing Personnel



Sponsored by
CCPS
Supporters

危険を過小評価するな!

2009年8月

2008年12月、大学院生が大学の研究室で作業をしていた。彼女は約2オンス(60ml)のn-ブチルリチウムを他の容器に移そうとしていた。n-ブチルリチウムは、空気に触れるとすぐに発火する自燃性物質である。その学生は移し替え操作について十分な訓練を受けておらず、適切な着衣や保護具を身に付けていなかったことが、最初の事故調査で判明した。n-ブチルリチウムはこぼれて、学生にはわかり、発火し、着衣を燃やした。彼女は酷いやけどをし、数週間後に亡くなった。

大量の引火性物質や毒物を保有する工場で働いていると、少量取り扱われる物質の危険性を過小評価するかもしれない。殆どのプラントでは、サンプルを採取し、分析ラボに運ぶ必要がある。多くのプラントには、プラントの作業員が品質管理

テストを行うプラント内の分析ラボがあり、この作業では少量の物質を取り扱う。ラボテストでは、プラント内の他の区では全く扱わない化学物質を用いる必要があるかもしれないし、これらの物質の危険性に詳しくないかもしれない。少量の危険物であっても、重傷、大被害、さらには死亡事故を引き起こすことがあるのを見ておくこと。




あなたにできること

- ・ たとえ少量でも、自分が扱うすべての化学物質の危険性を心得ておくこと。プラント内の品質管理ラボで少量しか扱われない化学物質でも忘れてはならない。
- ・ 少量しか扱わない物であっても、全ての危険物に注意を払うこと。
- ・ プラントでの全てのサンプリング操作や、サンプルを安全に採取し、運搬するのに必要な全ての特殊な器具の使用法について、十分に訓練されていることを確かめること。
- ・ 取扱う危険物から自分を護るためには、どんな種類の保護着や保護具が必要か理解しておくこと。そして、ラボで作業する場合は、必要な保護着や保護具全てを常に使用すること。
- ・ 化学物質を扱う場合には、安全シャワーや洗眼器のような緊急設備の場所、使用方法を心得ておくこと。
- ・ サンプル採取に必要な容器、サンプルを運ぶのに適切な運搬容器を常に使用すること。
- ・ ラボにサンプルを運んだとき、資格のあるラボの人に渡したか、彼らは正しいラベリング法を含めサンプル容器の中身を知っているかを確認する手順を、自分が守っていることを確かめること。

危険な化学物質は僅かな量でも危険!

AICHE © 2009. 許諾複製 非営利的教育目的のための複製は奨励する。ただし、商業目的のための複製は、CCPS以外にいかなる者に対しても禁止する。センター名: cpsa_beacon@aisa.org 648-495-1371

Copyright© 澁谷 徹

8

直接要因

- ・ 保護具、保護着の着用が不適切
- ・ t-ブチルリチウム(有機金属化合物で自然発火性)の知識、取り扱い訓練が不足
- ・ 緊急設備(シャワー・洗眼器など)の未使用

背後要因

- ・ 少量試料のための侮り
- ・ 物質についての調査不足、自分の身を守るという意識不足
- ・ 大学の管理・教育・訓練不足

教訓

現場の経験者が語る

- ・ 作業者の保護具完全着用、緊急設備の場所明示、ともに大切なことである。加えて、緊急設備の器具点検を定期的に行うこと。洗眼器を用いたため、小さな鏝で眼球を傷つけた二次災害の例あり。

一時的に仕切られた空間の危険性

CCPS
Beacon
Sponsored by CCPS Supporters
Messages for Manufacturing Personnel

一時的に仕切られた空間の危険性 2007年8月



写真のような開放配管の端に黒のプラスチックシートを敷せることで、危険な仕切られた空間を作り出すことがあると思いませんか？

そうです。これが危険な仕切られた空間を作り出すのです！二人の作業員が開放配管の検査に“ブラックライト”を使用する目的で遮光用に黒のプラスチックシートを使用した。不幸なことに、約150フィート(45m)離れた、作業場所から数階下にその配管に接続した遮断されていない窒素配管があった。窒素は配管を通り写真の開放端から流出した。開放端を覆うのに使われた黒シートは、作業場所のシートの下に窒素を溜め、危険な酸欠空間を形成するのに十分な滞留場所を提供した。

シートの下にいた作業員の一人は窒素で窒息死し、もう一人は重症であった。すぐ隣に大勢の作業員がいたが、彼らが危険に気づいていると気付く前に、シート下の作業員は低濃度酸素雰囲気ですぐに意識を失い助けを呼ぶことができなかった。近くにいいた者がシートの下から片手が突き出ているのを見て呼びかけたが応えがなく、(それで)ようやく発見されたのであった。

知っていた？

- 危険な仕切られた空間は、呼吸に安全な雰囲気を維持するのに必要な空気の流れや換気を制限するもの全部により作り出される。
- 危険な空間は有毒なガスにより生じる。また、仕切られた空間の酸素濃度が窒素や炭酸ガスのような不活性ガスによって低下することにより生じる。
- 開放されたプロセス容器や配管はすべて、危険な仕切られた空間を形成する高気の潜在的供給源である。
- 危険な高気は、接続した配管や容器を通り長距離を移動し、高気源から遠く離れた開放配管や容器から放出されることがある。

あなたにできること

- 潜在的に危険な仕切られた空間を認識し、その脱出の仕切られた空間における安全作業手順に従うこと。
- 換気が不十分あるいは全くなされていない区域、更に、適切な作業許可証および安全確認のための大気モニタリングなしに、開放容器・配管・その他の開放プロセス機器の中に立入らぬこと。
- 潜在的に危険な汚染源が互しく切り離されていること、蓋をされていること、あるいは隔離されていることを確かめるためには、開放管を極端な距離離らなければならないことを忘れてはならない。
- 作業場所の状態を変更する場合(例えば、管端を覆うプラスチックの下での作業)、危険を認識し適切な規制を行うための現場の危険評価を行う資格のある者が居ることを確認すること。
- 窒素による窒息危険に関する更なる情報については2014年4月のCCPS Process Safety Beaconを参照すること。

仕切られた空間を認識したら必ず注意して作業してください

AIChE © 2007. 不得转载。事業目的での複製は認めず。ただし、再販目的での複製は、CCPS以外のいかなる者にも、してはならない。問い合わせ: ccps_beacon@aiiche.org or 212-691-7319

- 1.2m径の配管内壁の蛍光磁粉探傷検査のため外部の光を遮断していた。45m離れた箇所(数階下)で窒素配管が接続していて、作業員が酸欠で死亡した。
- 作業員は低濃度酸素雰囲気ですぐに意識を失い、助けを呼ぶことができなかった。

- 潜在的な危険を認識し、安全作業手順に従うこと。
- 危険な汚染源が切り離されているのを確認すること。

仕切られた空間を認識したならば注意して処理すること

直接要因

- ・ 管内作業を行う配管に生きた窒素配管が繋がっていた。

背後要因

- ・ 安全作業手順がなかった。
- ・ 有資格者による現場の危険度評価がなされていなかった。
- ・ 酸素濃度が測定されていなかった。

教訓

現場の経験者が語る

- ・ 図面で縁切りの必要な箇所を確認し、現場では運転側と作業実施側と双方の担当で配管・機器をたどって、図面通りになっているかを確認する。
- ・ 作業前の酸素濃度確認だけでなく、作業中には定期的に計測し、かつ周囲の状況などが変わったならば、その都度測定する。
- ・ 通常の作業と異なる作業する場合は、安全審査を実施する。

CPS **10 Beacon** **ioMosaic**

www.ache.org.jp | www.ache.org | www.ioMosaic.com

安全のためにはしっかりした現場管理(5S)を！ 2012年11月

プロセス建屋内のファイバー製廃棄物用ドラムから火災が発生した。そのドラムには、ハンダ融材とペースト・溶接クズ・一般ゴミ・油の浸み込んだボロ布があった。長い間、空にはされていなかった。着火源は、熱い溶接クズが油の浸み込んだボロ布の自然発火であったであろう。

廃棄物用ドラムの火災は、更に悪くなった。いくつかのプロセス機器・配管・配線の架橋や床が、以前漏出した重合物で覆われていた。火災は廃棄物用ドラムから、溢もった漏出重合物に広がった。建屋、プロセス機器、計器類や制御盤等に重大な被害を及ぼすような大火災となってしまった。責任者は解かれたが、プラントは長期閉鎖された。被害額は数十万ドルとなった。

何故起こったのか？

- お粗末な現場管理が、下の二つの理由のためにこの事故につながった。
 - 出火は、建設や保全作業からの廃材入れに過ぎないファイバードラムからであった。そのドラムを定期的に空にすることはなかった。
 - 配管、機器、建屋架橋に積もった重合物のため火災はより大規模になった。この堆積した可燃性の固体は火災をさらに大きくする燃料となった。
- 溢もった重合物は、プロセス機器の不具合により水性乳化重合物が漏れ出して生じたものである。
- プラントの運転員はプラントをクリーンに保つ努力を放棄していた。なぜなら繰り返される漏出がその作業を絶望的なものにしてきたからである。
- 重合物の漏出は、運転員の抑制できる範囲を超えた機器設計の悪設計であった。これは、管理や工学上の注意が必要なエンジニアリングデザインの悪設計であった。
- 恐らく、古いプラントが「当たり前」となってしまった文化が、ゴミや廃全廃材をファイバードラムに入れて、定期的に空にもしないという事を受け入れていた原因であったのであろう。
- このような状態は、プロセス安全文化を議論するとき、「逸脱の定常化」と言われている。これは、受け入れ難い状態を突入することを防ぎ、これが普通なのだと思わせようとする、言い得て妙な表現である。

あなたにできることは？

- 全ての廃全廃材を速やかに作業現場から取り除き、適切に処分すること。清掃が終わるまで仕事は終わっていない！
- 油や化学製品の浸み込んだボロ布や紙を適切に処分すること(金属容器に入れ、着火源となりうるものから離れ、プロセス現場ではない場所で)。
- 一般ゴミは適切な容器に入れ、定期的な容器を空にすること。
- プロセス現場をクリーンに保つこと。機器・床・ケーブル類や配線の架橋に積もる可燃性残渣を含めて全ての可燃物は火災を一層大きくする燃料だ！
- プロセス現場をクリーンに保つのを困難あるいは不可能にする漏れを直す機器の問題を含む状態を、受け入れないこと。管理者に潜在する危険な状態を気付かせて、早期解決を共にすること。

クリーンなプラントはより安全なプラント！

ACHE © 2012. 本誌掲載、教育目的での複製は奨励する。但し、再販目的での複製は、CCPの許可のいかなる者に対しても禁止する。コンタクト先: www.beacon@ache.org 又は 1-844-468-1271

安全のためにはしっかりした現場管理(5S)を！

- ・ プロセス建屋内の廃棄物用ファイバードラムから火災が発生した。
- ・ ドラムには油の浸み込んだボロ布、一般ゴミ、溶接クズなどが入れられていて、その上長い間、空にはされていなかった。
- ・ 梁や床が、以前漏出した重合物で覆われており、大火災となった。

- ・ プロセス現場をクリーンに保ち、適切な廃棄物容器を用い定期的に空にすること。
- ・ 重合物の漏出を無くす機器の改良を行うこと。
- ・ 「逸脱の定常化」を防ぐ。

クリーンなプラントはより安全なプラント！

直接要因

- ・ 廃棄物容器として可燃性のファイバードラムに種々のゴミを入れていた。
- ・ 容器の掃除をしていなかった。

背後要因

- ・ 可燃物と着火源になるものについての教育がなされていなかった。
- ・ 漏出した重合物が梁や床に積もっていた。

教訓

- ・ 「逸脱の定常化」を防ぐ。

現場の経験者が語る

- ・ 5Sの徹底が必要である。5S活動を開始するのは容易であるが、活発な活動を継続させるには、工夫がいる。
- ・ 汚れている職場に慣れてしまうと、汚れが気にならなくなり、「逸脱の定常化」となる。

ご清聴有難うございました。

ポスターセッションにも展示してありますので、

「事例に学ぶ 化学プロセス安全」

—Beaconの教訓と事故防止の知恵—

手に取ってご覧ください。