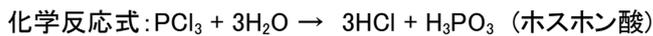


。PSB (Process Safety Beacon) 2022年6月号 の内容に対応	SCE・Net の 安全談話室 (No.192) http://sce-net.jp/main/group/anzen/	化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当:山岡龍介)
---	--	--

間違いは時間が経ってから事故になるかも
 (PSB 翻訳担当: 松井悦郎)

司会 : 今月号は、失敗をしてすぐには事故にならなくても、その失敗=ヒューマンエラー=が原因で時間が経って事が起こるといふ事例についての解説ですが、過去の事故を振り返るとこのような事例が数多くあるように思います。そこで、まず、今月号の記事について感想や意見がありましたらお聞かせください。

上田 : 今月のテーマに近い三塩化リンでの過去事故について調べた結果、下記の事例が見つかりました。中国にて2008年当時、3年前に閉業した化学工場の跡地に遺棄されていたドラム缶から三塩化リンが漏洩し、塩化水素による中毒が発生した事故です。



参照リンク: <https://www.recordchina.co.jp/b24682-s0-c30-d0000.html>

牛山 : 確かに塩化物を放置したままにすると危ないです。経験した例ですが、塩化アルミニウムを配管内に放置していたため配管が腐食してしまったもので、配管にはグラスライニングを施していましたがライニングにひびが入ったらしく、放置している間に塩酸が生じ腐食により配管が破孔して漏れ出したという事例です。このような腐食は塩化物だけでなく、他の物質でも起こり得るので、運転を長期に止める場合は内容物を除去しなければなりません。

山本 : このところ Beacon は、ヒューマンエラーに焦点を当てたものが多くなっていると感じます。事故原因は突き詰めれば人間が何らから関与しています。人間の特性から考えた対策が重要からでしょう。ヒューマンエラーの対策としては、人間と周囲の関係を考える m-SHELL モデルに沿って検討するのが効果的と言われています。m は管理面、S はソフトウェア面(マニュアル化など)、H はハードウェア面(ポカヨケの工夫、使いやすい設備など)、E は作業環境(5S、照明など) 二つの L (Liveware) は当事者とそれを巻き取る人のことで、コミュニケーションなどへの対策です。Beacon の最初の事例は過去にエラーをしたことを黙っていたことが原因の一つとして推定しています。人間はエラーを起こすものとして、エラーを起こしたらすぐに報告する職場風土が、安全文化を醸成する元になると思います。これには職場の良好なコミュニケーションが重要だと思います。

金原 : ヒューマンエラーについて紹介します。5つあり、まず省略エラー(オMISSIONエラー)で、A のスイッチを忘れて押さなかったような例です。2番目は誤処理エラー(コミッションエラー)で、うっかり A の代わりに B のスイッチを押してしまった。3番目は不当処理エラーで、A だけでなく B のスイッチまで押してしまった。4番目は順序エラーで、先に押すべき A ではなく B のスイッチを押してしまった。最後はタイミングエラーで A のスイッチを押すタイミングが遅れてしまった。ヒューマンエラーが続いた時に、この5つのどれに分類されるかを解析すると問題点が浮かび上がるかもしれませんね。

山岡 : ヒューマンエラーの中で、判断のエラー=判断ミス=が怖いです。判断を要する時は重要な局面の時が多く、判断をミスすると大きな事故につながります。発生した事故を振り返って見て、「あの時の判断は間違っていなかったか」と考えることがよくあります。私のいた工場で、地震が来た時プラントを止めるべきか続けるべきか、高圧蒸気の発生装置のチューブに減肉が見られた時に止めるべきか次の定修までもたせるかなどを思い浮かべました。前者は止めず後者は止めて事故になりませんでした。前者はラッキーな面がありました。なお、その後地震の場合はプラントごとに自動停止の基準を決め、あるガルで停止するようにしました。金原さんの分類では5番目のタイミングのエラーでしょうか。東日本大震災時の福島第一原発で、非常用電源や非常用の冷却水ポンプを高地に設置する判断をしていればあのような大事故は起こっていなかったかも知れません。

木村 : KHK が取り纏めている高圧ガス事故の原因別による分析*)によれば、令和3年においても「設備の維持管理の不良」とするものが最も多く、次いで「設備の設計・製作の不良」を原因とするものであり、第3位に誤操作・誤判断ならびに不良行為などの「ヒューマンファクター」が挙げられています。しかも、ヒューマンファクターに起因する事

故の件数は第2位の設備の設計・製作の不良に基づくものに迫りつつあるなど、ヒューマンファクターによる事故の撲滅の必要性が叫ばれつつあります。これに対して、いくつかの事業所では、この撲滅に向けた努力を行っており、その中で和歌山のある事業所では、過去の労災や失敗事例を取り纏めた事例集(ポカリスト 100)の冊子を配付し、その後業務管理システム(j 5)でデータベース化を行い、さらに活用しやすい環境に改善するなどの先駆的な取り組みを行っています。

ガス関係事故集計(令和3年 12 月末現在)、高圧ガス保安協会、令和 4 年 2 月。

金原 : 今回の記事は示唆に富んだ内容であると感じました。最初の完全停止したプラントで配管に未処置箇所があった為にトラブルになった件などはあり得る話であると思います。完全停止でなくても、最近のように経済的变化が激しい時は生産調整で数カ月あるいは年に跨いで停止することがあると考えます。その時にどれだけ内容物を排除しておくかは大切なことです。2つ目の誤操作に気づき、すぐに正しい処置を行った件もあり得ることです。「すぐに対処したから大丈夫だろう」とか「オペミスしたなど格好悪くて言えない」ということで放置しておく、とんでもないことが起きかねません。正直に報告できる安全文化作りが大切です。最後のシール間違いはあまり身近ではありませんが、あると大変なことになります。技術者が未熟なのか、間違えやすい保管方法であったのかなど本質原因を突き止めておく必要はあります。今回は違うと考えますが、このようなトラブルが変更管理不十分で発生したのなら、その体制作りが必要です。

牛山 : ミスを放置して事故になったケースとして、計器類の不調を見逃したり、適切な処置をしないまま放置して事故になる事例も多いです。書籍「事例に学ぶ化学プロセス安全」にも掲載されていますが、液面計の不調や高液位警報装置の故障を放置したため塔やタンクから液がオーバーフローして火災になった例などです。

司会 : 本題に戻りまして、“失敗が後で事故あるいはヒヤリなどのトラブルになった”ことの経験や知見がありましたらご紹介ください。

山本 : 攪拌機をある会社に納入した例です。試運転を順調に終えて、生産運転に入り順調に生産をしていましたが、ちょうど3か月後に攪拌機が停止してしまいました。すぐに調査したところ、攪拌機の塔台の中にある二つのベアリングにグリースが入っていなかったことが判明しました。ベアリングがぐちゃぐちゃに壊れていました。反応操作中に停止したら大変です。機械のベアリングなどの金属摺動部はグリースなどの潤滑油がないと時間がたつて必ず壊れます。運転前の潤滑油のチェックは重要な作業です。

金原 : 生産停止で発生したトラブルの事例を一つ紹介します。私が入社した直後の1970年代半ばですから運転管理技術が未熟であったのでしょうか。第一次オイルショック後の大不況で、大幅な生産調整の必要があり、プラントが数カ月停止しました。配管をはじめとする系内洗浄はきちっとされていたのですが、タンクには中間生成物などが貯蔵されていました。本来は、そこも空槽化しておけば良かったのですが、再スタート時に活用するために保管していたのです。凝固点が高い液体でした。本来は水が存在し高温でないと重合が起こらないはずですが、長期に凝固点を超えた温度で保管したことによって、無水系であるにも関わらず、低重合物が発生しました。タンク内が全面的に固化したため、課員全員が交代で固化物をスコップで取り出す作業を行いました。

永嶋 : 私のいた会社で、工場の10MPaGの高圧の水蒸気配管が突如爆発するという事故がありました。私はその爆発をちょうど目の前で見ていたのですが、10MPaGの圧力でしたので、水蒸気がキノコ雲のように舞い上がり、風圧で破損配管の近くにあったマンホールのふたが飛んで作業員の傍に落下するという激しさでした。幸い、けが人もおらず、プラントの緊急シャットダウンを行って事なきを得ました。その後、社内で事故調査委員会ができて原因の調査に当たりました。その水蒸気配管は当時建設後約40年を経経ていましたが、その破損した配管部位のみに本来使用してはならない汎用の配管鋼材が使用されていたことが判明しました。おそらく、建設時に建設に当たったエンジニアリング会社が間違った配管部材を調達してしまい、不適材料と分かっていたものの、工事工程を維持するために、報告をせずに取り付けたものと推測されました。この不適部位が、約40年の長きにわたり少しずつエロージョンで配管が減肉して、40年後の大爆発に至ったものです。Beaconにあるように規格と異なる材料を調達した場合は、勇気を持って報告することが大切です。

林 : 設計時の誤った材質選定や材料の誤使用は、後での発見が難しい失敗です。また当初は設計基準に合致していても、後の見直しで失敗となる事例もあります。例えば高温水素による損傷の実績の結果を整理したネルソン線

図は、1949年に発表されて以来たびたび改訂され、2016年の第8版では溶接後熱処理なしの炭素鋼溶接部の限界線が追加されています。設計時の失敗は Design reviewなどで防止を図り、材料の誤使用はミルシートや刻印などを検収段階で確認します。材質の懸念がある場合は現場で適用可能な材質分析技術もあります。12MPaGの水蒸気配管の材質確認で適用した自身の経験もあります。また規格改定には常に注意を払っておく必要があります。

金原：材質の間違いの例として、6MPaGの蒸気配管のエルボの部分が減肉して「シャー」という音とともに蒸気が吹出す事故がありました。調べてみると不適切な材質の配管が使われていました。スタート後6年で発生したトラブルでした。永嶋さんの例では40年経過していたので不適切な材質といえるかどうかとは思いますが、いずれにしても材質間違いについて深く追求された姿勢に敬意を表します。

永嶋：金原さんの事例との関連で、私のいた会社で事故当時問題になったのは、「どの材質が良かったか」ではなくて、決められた材料を使わなかったこと、そしてそれが報告されていなかったことです。なぜ決められた材料を使わなかったの記録も残っていませんでした。検討の経緯や決定事項をきちんと残すことが大事です。

竹内：デュポンの Belle プラントのホスゲン放出事故もフレキの材質の間違いによる事例です。材質が間違っていることは指摘されていたのですが、他の工場でその材質で使用して大丈夫だという報告を受けていたので、そのまま使用して死亡事故になった事例です。材料選定を間違えると後になって事故が起こることは往々にしてあります。また、交換頻度の規定があるのに守らなかったために起きた事故でもありました。

金原：今から15年ほど前に、事業採算が取れずに大型プラントを停止させた経験があります。高度成長期の1960年代に建設したプラントでしたから、増設に次ぐ増設があり、また省エネをはじめとするコストダウンによって多くの改造がされ、複雑な配管経路になっていました。その為、停止後の洗浄作業には大変苦勞をしていました。配管一本一本を丁寧に確認し、数カ月かけて洗浄が完了しました。その後何年かかけて設備撤去を行いました。今回の事例にあったようなトラブルはなかったです。過去の定期修理での災害の痛い経験で培ったノウハウが生きて、徹底した洗浄ができたと考えます。

上田：時間が経過してからミスが見つかるケースとして、データ分析にて、受領したタグとP&IDが一致しないケースがあり、理由を確認した結果、プラント改造された際に、最新のP&IDへ更新されていないことがわかりました。変更管理(MoC)の視点で、最新情報へ更新しておくことで、将来のミスを削減できます。

金原：図面など情報管理は大切な作業ですが、一度滞るとその後の修正は大変な作業になります。私のところでは、例えばEFDなどは毎年の定期修理後に必ず行うようにしていました。

三平：入社した前年に新設されたPVCプラントでは、未反応VCモノマーの回収設備にいろいろと不具合が出て、直ぐに来た定修で大掛かりな改造が行われました。可燃性のモノマーを抜き、窒素置換も充分に行って配管の解体作業に入ったところ、随所にVCモノマーの液やガスが残っていました。1年足らずの運転でも回収設備には重合性ラジカルが来て、配管の各所に菓子の「おこし」のような重合物が生成して部分的な閉塞が起きていました。1インチ以下の細い配管で、フランジが少なく、その後の解体撤去作業が大変でした。係長から速成の安全教育を受け、保全部門と業者の行う作業の立ち合い・監視をしたのはよい経験になりました。

牛山：ミスが後で事故となった例として私が経験したのは、残留応力の問題でした。反応器の上部に斜めのノズルがついていてそこに配管を取り付けたのですが、現場施工時に角度が合わず無理に取り付けたようです。完成時の検査では分らず、ノズルに応力がかかった状態になっていました。何回かの運転後にそのノズルに亀裂が入っているのを発見し、大修理を余儀なくされましたが、配管施工時の問題は都度チェックしておかないと、完成時には不具合を見つけるのが難しいとあらためて思い知らされました。

司会：「知っていますか」の項にヒューマンエラーについての記述がありますが、ヒューマンエラーの防止について実施したことやお考えをお聞かせください。

永嶋：作業手順書は通常文章で記載されているため、読み飛ばしたり、順番を間違えたりといったヒューマンエラーがどうしても起こる可能性があります。これを防止するために、ある工場で、作業手順書をフローチャート式に書き換えて作業員の好評を博したことがありました。具体的には、作業手順書の一項目がフローチャートの一ブロックになっており、作業順番が矢印で示されています。そして、その一つの作業を終えると一ブロックの中の所定の欄に日

時を記入していきます。日時を記入することでチェックシートにも活用できました。

金原 : 海外のある会社であるトラブルが発生しました。追求していくと、それはある操作ミスでしたが、すぐに気付いて正しい操作に戻したものの、そのオペミスが原因で後になってトラブルが発生したに違いないと考えられました。ところが、オペミスをしたと考えられるオペレーターに問い合わせても「自分はそのような操作をしていない」と言い切ってしまったので、結果的には原因究明に至らなかったことがあります。これは国内・海外を問わずあり得ることです。人は間違いを起こす、だから許容することが必要というのはよく言われることですが、自分自身を振り返ってみても、自らミスをしたと正直にいうのはなかなか難しいです。加えて立場が上になる程メンツがあり、言えないものです。「J.T.Reason」という人が安全文化について4つの構成要素を提唱しています。一つは「報告できる文化」で、自分自身のミスやエラーなど自分に不利な事項も報告する。2番目は「正義の文化」で、意図的な不安全行動に対し厳しく罰する。3番目は「柔軟な文化」で、予想しない事態に直面してもマニュアルに頼らず臨機応変に対応できる。4番目は「学習する文化」で、過去の事故やニアミス事例を活かして組織を変化させる。安全文化(組織で共有される安全に対する信念や価値)の構築に努めて、安全風土(安全行動を誘発する組織の雰囲気)を高めることが望ましいですね。

竹内 : 私のいた会社では、「悪いニュースは早く知らせろ」と言っていました。失敗も早期に知ることにより、早く対処することが出来るからです。人は誰も失敗をしたくないので自分の失敗を隠そうとしたり、自分だけでリカバーしようとしたりすることがありますが、後ろめたさからくるプレッシャーで更に失敗を重ねる可能性があります。上司は失敗の報告を受けた時に、失敗したことを責めるのではなく、報告したことの勇気を褒めるくらいの態度が大切です。

塩谷 : 竹内さんのコメントから、テネリフェ空港のジャンボジェット機衝突事故を思い出しました。この事故では、機長と機関士の間に強い権威勾配があり、機関士の意見が運航に反映されなかったことも一因と言われています。権威勾配が強すぎる職場では、現場からの意見が上がりにくくなり、更に上司自身はこの強すぎる権威勾配を自覚することができないといわれます。上司自らコミュニケーションを働きかけることが必要であると思います。

林 : 込み入った配管群で発生した失敗事例ですが、断熱材をカラー鉄板で一括外装されていたために外観ではラインフローが良く分かりませんでした。近辺にフローと弁を記載した看板は設置していましたが、ある時新人達に切り替え作業を指示した際、誤操作をして吸水破過時間を超過させてしまった事例です。対策として直接外装に配管のラインフローを色別でなぞって記述しました。

金原 : 大きなガasketなどですと皆さんが注意するのですが、小型になると個人任せになります。材質の異なるものを取り付けたために漏れたという例を聞いたことがあります。また配管で SUS316L を使わなければならない所を、SUS304 を使ってしまって腐食したという話も聞いたことがあります。ラプチャーディスクを逆に付けたという話も聞いたことがあります。いずれも大きなトラブルになりかねないミスです。担当者がやることすべてに目を光らせることは不可能なので、整理整頓や技能教育など、やるべきことをきちっとやる必要がありますね。

山岡 : ヒューマンエラーを起こさないように、或いは起こしても事故につながらないように設備面、運転面、安全管理面で色々な防護策が講じていますが、ヒューマンエラーはつきもので、エラーで事故やトラブルになるケースがどうしても起こります。現役のときに、ヒューマンエラーの防止の取り組みを色々行っていましたが、有効だったのは小集団活動を中心とした職場ベースの取り組みで、指差呼称の励行、ヒヤリ・ハットの共有、相互注意、声掛けの運動で、職場の長が職場の良好な関係づくりに心がけるのも大切です。

金原 : 2021年12月号のbeaconで話題になった、一呼吸置いてから行おうとしている操作が正しいかと確認して作業に入るという「take two」も、ヒューマンエラーを防止する効果のある対策と思います。もう一つ、経験したこととして、作業をよく見てみると、操作を間違いなく行う人は指差呼称などをきちっとやり、間違いする人に限って指差呼称などもやっていない。職場全体で安全に対する質の底上げが大事で、管理者はどう底上げするか悩んでいると思います。

山本 : ヒューマンエラーには人間特性の錯覚や、早とちり、思い違い、物忘れなどによるうっかりミスがあります。この種の対策はポカヨケと呼ばれていて、ハード面での対策が有効です。例えば、「重要なバルブのロック化」「重要なスイッチへのカバー化」「消し忘れを防止する自動停止や締め忘れを防止する自動復帰装置」「カップラーの接続ミスを防止する色分け」「ヒューマンエラーを起こしやすい場所での警告プレート」などですが、その他の多くの例があり、小集団活動などで色々とアイデアが出ると思います。

三平 : 1960年代半ばに入社して関わったPVCプラントは、大量生産でも品質問題から重合反応はバッチ式設備が採用され、複数の反応器を仕込み、反応、残モノマー回収、製品抜き出し、器内クリーニングの操作サイクルで稼働させていました。計器による反応操作以外は人による操作のためミスが出やすい環境で、反応器番号の認識間違いによるモノマー噴出と火災・爆発で死亡事故が起きていました。機器の起動や弁の操作に関わる仕込み、製品抜き出しの自動化が必要で、先輩たちも挑戦していましたが、既設プラントの改造は容易ではなく、停滞していました。その後新プラントの建設に関わり、リレーシーケンスを使ったバッチ操作の自動化に取り組みました。精細なタイムスケジュール表を作り、計装技術者が長い巻物状のリレーシーケンス図にし、シーケンサーの未だない時期にパネル裏に大掛かりなリレー回路を組みました。これが成功してその後誤操作は無くなりました。

司会 : そのほか関連する話題がありましたらお話しください。

山岡 : 4月23日に北海道知床で痛ましい観光船沈没事故が起こりました。通信設備が破損したまま放置していたとか、社長である運航管理者が安全を無視して出航を優先したなど、色々な安全上の問題が指摘されていますが、不適切な措置が跡で事故になったという点で、今月号の記事の内容と共通している部分があると感じました。私たちのプロセス安全上の事故を振り返ってみても、安全よりも生産を優先した、多少の不具合やトラブルがあっても適切な対応をとらなかった、不具合を見過ごした、点検が不十分で知らない間に腐食や劣化の進行した、などが原因で事故が発生した例を思い起します。改めてみんなが常に安全最優先の意識をもつこと、小さな不具合でも後廻しにしないことが大事だと思いました。

司会 : 失敗が時を経て、その失敗が原因で後に事故になったという事例をもとに、たくさんの経験や知見をご披露いただき、更にその失敗＝多くはヒューマンエラー＝の防止についての色々なご意見をいただきまして、ありがとうございました。何か作業をする時の失敗は我々の日常生活も含めて常にありうることで、本日の談話は現役の皆さんにとって大いに参考になると思います。ありがとうございました。

キーワード: ヒューマンエラー、人間特性、操作ミス、誤操作、m-SHELLモデル、安全文化、Design review、材料の誤使用、材質の誤選定、作業手順書、チェックシート、

【談話室メンバー】

今出善久、上田 健夫、牛山 啓、金原 聖、木村雄二、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、永嶋良一、春山 豊、林 和弘、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己、頼昭一郎、