

PSB (Process Safety Beacon) 2019年8月号 の内容に対応	SCE・Net の 安全談話室 (No.158)	化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 竹内 亮)
	http://www.sce-net.jp/anzen.html	

今月のテーマ: 潜んでいるハザード

(PSB 翻訳担当: 春山 豊、竹内 亮)

司会: 今回は「潜んでいるハザード」がテーマで、PSB の事故事例は比較的一般的な事故でした。そのため、何時どこで発生したものは特定できませんでした。そこで、今回は皆さんが体験された「潜んでいるハザード」について、お話を伺いたいと思います。

飯濱: 事故にはならず、未然に防げたケースです。ある年の定期修理でタンク内壁の PT(PT: Liquid Penetrant Testing 浸透探傷試験) をやろうとした時のことです。作業担当の人たちの入槽作業事前教育でどのようなガス検知器が必要かを質問してみたら、誰も可燃性ガスの検知が必要だとは認識していませんでした。スプレ一缶には LPG と書いてあるのに可燃性ガスが含まれていることに気づいていなかったのです。

金原: PT の話が出ましたが、私の経験では、浸透探傷液に有機溶剤を使用していたにも関わらず、タンク内の換気が悪かったために作業員が中毒になりかけたことがありました。有機溶剤は人体には ppm オーダーで被害を及ぼすので、可燃性ガス検知器では不十分で、人の五感に頼るところがあります。槽内換気に必要な空気量が定められているので、それに基づいてきちりと守ることが大切です。

山本: ある安全関係の先生が言われていましたが、化学プロセス分野の安全確保は機械分野と異なり、扱っている化学物質そのものが潜在的な危険性を有するので、きわめて慎重を要することです。今月の Beacon の「あなたに出来ること」に述べてありますが、化学物質は「時間経過とともに変化する可能性がある」ということで、条件によっては危険な物質が生成することがあります。蒸留塔のボトムで過酸化物が生成して、それが爆発して事故が起こったり、最近のケースでは、熱交換器の洗浄作業をしていて、残留していたクロロシランポリマー類の加水分解物が爆発して事故が起こったりします。これらの事故では、そのような反応があること自体を知らなかったようです。大変ですが、化学プロセスでは、取り扱う物質については、可能性がある全ての反応ルートを探索して、出来た物質の危険性を評価しなくてははいけません。

春山: 定期修理での事例ですが、フェノールを扱っていたプレート熱交を開放点検することになったので、徹底的に洗浄しました。乾燥させてこれで大丈夫だろうと、協力会社の作業員に開放作業をさせたのですが、プレートのフランジ隙間にフェノールを含む洗浄水が残っていました。彼らは熱交がきれいになっていると聞かされていたので、軍手で作業していたため希釈されたフェノールが手に付いて、4 人が薬傷を負ってしまいました。負傷者 4 名ということで、重大災害扱いになってしまいました。事前に耐酸性のグローブを用意して、支給して使用させるべきでした。液が構造的に残留することを認識していなかった為に発生した事故でした。

金原: よく似た経験ですが、長年使っていなかった遊休配管の解体をした時のことです。管内に残っていた硫酸を作業員が浴びてしまいました。事前に十分調査したつもりでしたが、長年使用していなかった為に、過去に硫酸を扱っていたことを把握できていませんでした。やはり、想定外の物質が入っているものと思って、フランジを開ける時の立ち位置を考え、保護具着用が大切です。保護面、ゴーグル、カップ、ゴム長、厚手のビニール手袋、などが必要です。また、内容物が可燃性物質である可能性もあるので、徐々に開ける等、噴出で静電気発生による火災を防止する配慮が必要です。

牛山: 配管の交換工事で、洗浄して解体した配管を放置している間に自然発火したことがありました。硫化鉄が付着していて取り切れていませんでした。また、同じような経験ですが、触媒の交換作業で再生用の触媒を保管するのに窒素パーージを忘れた為に発熱したこともありました。発火までには至りませんでした。ヒヤリとしたケースです。これも、硫化物が付着していたことによって発生した事象でした。2017年1月の東燃ゼネラル石油和歌山製油所の事故もタンクの残渣に硫化物が含まれていた為に自然発火したものでした。これらの例のように硫化物は存在の有無を常に気を付けておかねばなりません。

金原: タンクの残渣やタールは空気に触れると自然発火することがありますね。そういったものが、どこにあるのかを把握しておくことは大切です。毎年定期修理で開放する時は事前にそれらの存在を把握して作業手順を

吟味して対策を講じていました。

三平： PVC プラントで経験した事例で、重合反応器が空だと思い込んで、胴下部のマンホールを開けたところ、実際には水が大量にあって噴き出したことがありました。ヒンジで止められていたマンホールが一気に全開になりましたが、幸いにマンホール蓋が人に当たらなかったため、負傷者は出ませんでした。大量の水が瞬時に放出されたので周辺が水浸しになりました。これは諸々の事情で特定の反応器を長期間隔離した際に、保全作業後の処置で水張りされたことが申し送りされていなかった為に起こったことでした。情報が伝わらなければ、後日作業する人には隠れたハザードとなるわけです。

竹内： 内容物を把握しないでボトムから液を抜いてしまったということでは、2004年イリノイ州での台湾プラスチック社の事故に似ていますね。あのケースでもボトムを解放しようとした反応器に反応中のプロセス物質が入っていたことを把握していませんでした。悪いことに、折角インターロックで止まっていたのに、違反作業をしてインターロックを解除してしまいました。

山岡： 現場での安全管理の経験から、潜んでいるハザードの一つに、慣れ、忘れ、思い込みなどのヒューマンエラーがあると思います。わずかな異常への慣れから大きな異常へ発展したことがありました。この他、指示や注意事項の忘れ、過去の実績からの思い込みもハザードと言えます。作業前ミーティング、危険予知、指差呼称などでハザードの有無を確認していました。

金原： 作業前の気づきも重要です。対話型KYと言って、当日行う作業に対し、作業員と主任が危険のポイントは何かを話し合うことによって、気づかせる活動をやっていました。

司会： なるほど、色々なお話が出てきています。Beaconでは化学プラントは動いて見える部分が殆どないと言っていますが、これに関連した事例は如何でしょうか？

竹内： あるプラントでミストセパレータを使用していました。ミストを除去したエアをルーツフロアで引いていたのですが、ある時突然インペラーのルーツが破損してベルトドライブ用のプーリーがベルトカバーの中で粉々に破損しました。原因はミストセパレータのボトムから溜まった水を排出する配管に設置されていたチェッキ弁が開のまま固まっていたことで、排出ラインから空気が逆流してミストセパレータのボトムの水が吹き上げられていたことでした。チェッキ弁は外から見ていたのでは機能しているかいないかが判らず、原因が判明した時は驚きました。

金原： 広い意味での化学産業と言えるかもしれませんが、フィルムに金属を蒸着させる工場でのことです。真空の中でるつぼに入れた金属を蒸発させてフィルムに蒸着させるプロセスで、安全上の問題はあまり意識されていませんでしたが、ひょっとしたらと考えて測定したところ、存在する微量の水と金属が反応して水素が発生して爆発混合気を作られていました。事故になる前に気付いて空気で希釈する対策を取りました。

もう一つは、製糸工場のケースです。糸は細くなるにつれて単位体積当たりの表面積がどんどん大きくなり表面更新も進みます。しかも温度も高いので、添加物によっては分解しやすいものが含まれており、紡糸機の下に可燃性ガスが放出され、溜まるということが起こります。蒸着工場も製糸工場も爆発とは縁がなさそうに見えますが、意外なところに危険が潜んでいます。

竹内： 米国の粉じん爆発の事例で West Pharmaceutical の場合も、工場の内部は清掃が行き届いていたのに、天井裏に積もったポリエチレンの粉に気付いていませんでしたね。誰も粉じん爆発が起こるとは思っていませんでした。

金原： 定修の際には安全のために窒素置換や水で置換するといことが行われますが、皆さんのところではどうされていきましたか？ 私は工場長の時に基本となる基準書を作成して、それに基づいて各部署が単位ごとに手順書を作成し、教育すると共に模擬操作も実施していました。皆さんの所も標準書を作成されていますか？

三平： 出身会社では工事安全対策基準の中に「作業環境の確立」の項目があり、「安全対策措置」と「安全対策措置の確認」に分かれて細目が定められています。前者は回転機器の電源遮断(SW切、施錠、通電禁止表示など細目)や機器や配管の液抜き、ガス抜き、洗浄等とそれに伴う弁の二重締切り、閉止板挿入などの基本を定めています。後者では上記の対策措置が確実に実行されているかを製造側責任者がリーダーとなって保全側作業責任者及び実際に作業する協力会社責任者と一緒に確認するようにしています。電源遮断では通電禁止表示札に各責任者が署名します。スイッチに施錠した場合は鍵を保全側作業責任者が保持し、容器内作業を伴う際には中に入る責任者に鍵を持たせません。以上は基本的な内容であり、各プラントで細部が違

っているので、プラント毎に細かな安全対策を記した作業指示書を製造側の運転担当作業長が作って、実働に入ります。毎回同じ方法で実施する作業ではマニュアルが出来ているので、それら使いながらその回に異なる固有の内容があればそれらを作業指示書に表記して徹底します。

春山： 私のところでは確かに共通の手順書はありました。機器類はそれぞれ構造が似ているので、機器ごとの標準作業手順書を作っていました。これを各課に配布して、各課ではこれを基に具体的な作業手順書を作成していました。各課の手順書にはトラブル事例も掲載していました。各課固有のトラブルがあるためです。

三平： 安全対策措置の確認までを前に述べましたが、実際の定修作業や工事での具体的な作業内容や安全対策の詳細資料は保全担当責任者の管轄のもとに担当する協力会社が作成します。それらがしっかりした形で出されるように工場の保全部門、環安部門と協力会社で検討・作成した工事管理要領を使っています。法改正があるので、定修ごとに関係者で見直し・改訂を行っていて、使用開始後三十年以上経っています。作業に入る前に、製造、保全、協力会社の三者によるミーティングと現場確認が行われ、作業許可札が保全側責任者へ渡されて現場に掲示されます。該当があれば高所、火気使用、容器内などの重大作業の掲示も合わせて行います。許可札が渡されるまではそのエリアは製造側の管理とし、渡された後作業終了確認までは保全側の管理とする責任分担にしています。製造側の保全担当日勤作業長が両者とのコミュニケーションに努め、問題が起きれば関係者とやり取りして処理します。

金原： 私が基準書を作る上で特に注意したのが、どのようにして安全な状態にできたのかを確認する手段を明確にすることでした。危険流体から安全流体への置換、電源が完全に切れたなどを、どのような手段で、だれが確認するのか、そしてそれをどのように共有するかです。定期修理での薬液事故、爆発事故はそのあたりの確認が不十分だから起きた例が多くみられます。

竹内： プラントの一部を解放する場合、業者の方に安全な環境を提供するのは大切なことですが、それ以前に危険な化学物質の処理に対応できる業者を選定することも大切です。一般の解体業者の作業員には経験の浅い人が含まれていることも多く、壊せば良いという感覚で作業されては危険です。

飯濱： ただ、最近数年はオリンピックや東日本大震災の影響で、そういう業者さんが不足していて見つけるのが難しくなっている様です。

司会： さて、今回の Beacon には 6 個の注意表示が示されていますが、それに関連して何かご意見はありますか？

山岡： 各表示の前にクエスチョンマークが載っていますが、どういう意味でしょうか。

飯濱： 「ハザードを理解していますか」という意味かと思います。ハザードが判るために表示がある訳で、分からないと意味ないですよ。

今出： 先ず、各表示ですが、初めの二つは SDS でも良く使われている GHS の絵表示(ピクトグラム)で、次が NFPA (米国防火協会)のファイア・ダイヤモンド表示といわれるものですね。下段の真ん中は放射能への注意でユニコードのシンボルは皆さんよくご存じのものです。両サイドは米国で高電圧と高温の注意表示に一般的に使われているものです。私もクエスチョンマークは読者に対して、「どのようなハザードがあるのかを正しく判っていますか？」という意味だと思います。

竹内： 日本でも NFPA のマークは利用すると良いと思います。青が健康への影響度、赤が可燃性の程度、黄色が爆発性の程度で、白は文字や記号でどのような危険があるかを表示します。例えば、W に横線を入れた記号は禁水性物質を表します。万一の場合、消防士はどのような様な物質が入っているかを知ることが出来ます。

春山： 現場は運転員だけでなく、色々な作業員が入りますが、意外に表示の内容を知らない人がいることがあります。従って、漫然と表示するだけでなくそういう人たちにきちんと説明して分からせる必要があるという意味もこのクエスチョンにはあると思います。

飯濱： あるプラントに安全診断で訪問した時に、火気厳禁と表示されている前でエンジン式の芝刈り機を使用しているのを見たことがあります。案内をしてくれていた当プラントの保安環境担当者に許可を得て、後日報告書で指摘するための写真を撮らせてもらいました。

竹内： 私も火気厳禁と書かれた危険物倉庫の前がたばこ部屋になっているのを指摘したことがあります。

金原： プラントでは配管表示も大切です。共通ルールとして内部流体が、可燃物、酸、アルカリなど何であるかを表示していました。例えば、オレンジ色が危険物で、線 1 本だったら第 4 石油類 1 類だとか、線 3 本だったら 3 類だとかを表していました。窒素や水素も色分けしていました。

春山：色での識別はプラントにより異なることがあって、かえって危険な場合もあります。空気と窒素の色がプラントで逆転していて、他のプラントから異動してきた人が空気だと思ってつないだ配管に窒素が入ったというヒヤリがありました。そこで、カップリングを変えて構造的に空気配管に窒素が繋がらないようにしました。

金原：ローリーからの受け入れで間違った接続をして薬液が混ざらないように、フランジの大きさや穴の数を変えるなどしますね。

竹内：それらは間違った接続をする可能性があるというハザードに気付いたから打てた対策ですね。だから、ハザードを認識すれば何か対策を打てるが、認識しないとどうしようもないということですね。

金原：やはり隠れたハザードに気付くには、日ごろからヒヤリハットの報告をさせることが大切です。それを通じて危険ポイントに対する感性を磨く必要があります。

竹内：また、他社の事故事例をよく調べて、「こんなことが起こり得る」ということを知っておくことも重要ですね。

司会：もう一度協力会社の作業に戻って、最近の傾向についてお話を伺いたいと思います。

竹内：昨年、建設工事の安全管理に関わりましたが、最近の元請業者は自分たちで「作業安全分析シート」を持っていて、その日にどの様な作業をするのかを図示して作業員に説明するようになってきていました。以前はそのようなシートの作り方まで説明が必要だったのに、進歩していると感じています。

三平：若い頃から多くのプラント工事を担当して来ましたので、昔の工事で安全管理面に多くの問題があったのをよく知っています。先に述べたように作業管理を工場と協力会社でしっかりやるようになって、今は工事業者の安全管理はレベルが上がっていると思います。それでも定修の際には日ごろ使っていない業者の下請け業者で問題が生じることがあります。

金原：そのような人達の教育の仕方にも工夫が必要だと思います。失礼な言い方かもしれませんが、決して勉強が好きならばいいわけでもありません。文字ばかりのテキストでは受け付けません。私が工場長時代に、協力会社の方々と共同してイラストや漫画の入ったテキストを作り、それに基づいて教育しました。

牛山：メインコントラクターは良いのですが、下請けに入る人たちが問題ですね。製鉄会社と関係があったため、鉄鋼プラント関係の業者も使いましたが、その作業員は平気で火気使用することもあり、化学プラントの安全について知識のある業者を極力選ぶようにしていました。

山岡：私が在籍した工場のプラントで作業する工事業者は、常駐業者と化学プラントの定修を渡り歩いている業者が主で、それぞれプラントや作業内容を熟知しているので問題はないのですが、たまに突発的な工事があるため臨時に来てもらうと安全意識や技能のプアーな人が来てしまうことがあります。それを避けるために採用を決める前に適正テストをしていました。

三平：初めて入った人たちには、入門時教育と実際に作業をさせる場所での現場教育をしっかり行わなければなりません。前者は入場時に環安部門が工場内での行動や諸作業での基本ルールを教育し、後者は製造部門が当該現場で安全に作業をやってもらえるように立ち入り範囲や規制内容を詳しく教育します。両方とも教育終了証を発行し、それらを持っていないと作業させないようにしています。

飯濱：私も現場監督にインタビューしたら、「全部ではないが、たまにスパナとモンキーの違いも知らない、安全知識のレベルの低い人が混じっていて苦労することがある」と言っていました。

金原：彼らには指導することも大事ですが、モチベーションを上げることも大切です。私のところでは定期修理の際に、パトロールでレッドカード、イエローカードの他にグリーンカードを用意していました。レッドカードは即時退場、イエローカードは3枚で退場相当です。その一方でグリーンカードは安全上で模範的な行動・対策をしている作業員を対象に配っていました。各課長に提出のノルマを与えていますが、未だに80件位集まっているそうです。グリーンカードでベストテンは工場の安全委員会で表彰していました。すると、業者の人たちは率先して安全上で良いことをするようになって安全レベルの向上に大いに役立ちました。やはり、指導と恐怖だけでコントロールするのではなく、モチベーションを上げることも大切だと思います。

山岡：私のところでも似たようなことをしていました。定修時の作業で、業者が行っている作業で良いことをしたらプラス1点、悪いことをしたらマイナス1点、感心した作業にプラス3点、とんでもないことをしたらマイナス3点を与え、業者単位で点数を競わせたら、結構効果がありました。また、この結果を次の定修の参考にしていました。

金原：そうです。人は褒められると嬉しいのですよ。貰う賞金の多寡ではなく、工場長直々に表彰状を受け取る、こ

れが喜びであり、誇りでもあるのです。だから、協力会の方からメインストリートばかり見ずに、隅の方で頑張っている人もいますので、こちらにも見に来てくださいよ、と叱られることもあったくらいでした。

竹内： あるイエローカードとレッドカードしかない工場に安全診断に行ったら、環境安全部のパトロールと一緒にだったからでしょう、近づくとも皆が仕事を止めて休憩に入ったり、他の場所へ移動してしまうので驚いたことがあります。グリーンカードがあれば良かったのですね。

司会： 最後に、今回のテーマは RBPS(リスクに基づくプロセス安全)の根幹の話で、ハザードに気付かなければ判断もできないので、対策の打ちようがないということだったと思いますが、ハザードを発見する能力についてコメントをお願いします。

竹内： ハザードを発見するためには、プラントで働く人たちの認知能力、特に三次元空間を頭の中で想像する能力が大切だと思います。それは、単に三次元空間でプラント設備の位置を把握するだけでなく、目には見えない配管の中を今何がどの様に移動しているかなどをイメージできる能力です。例えば、間違ってもバルブを開けたらどんなことが起こるかを想像できるといった能力です。

金原： やはり、そのようなハザードを見つけるオペレータは観察力が丁寧ですよ。私が製造部長だったころですが、入社 5 年くらいのおペレータで良くトラブルの種を発見してくれる人がいました。現場のパトロールに出るとなかなか帰ってこなくて、主任が心配になる位でした。そこで一緒に回って見たのですが、確かに隅から隅まで、また機器の下に潜ってチェックしていました。これは見つける筈だと思いました。日頃の正常な状態を観察し、記憶しているからわずかな変化にも気付くのです。

竹内： 日頃、プラントを綺麗に清掃しておく、僅かな漏れなどに気付きやすいと言われますね。

春山： 現場をパトロールする目的は、僅かな異常に気付く感性を磨くことでもあります。漫然とパトロールしては、何も発見できません。現場に行って、圧力だけ見て帰ってきたというのではだめですね。パトロールや点検の目的を明確にしておくことが重要です。

飯濱： 春山さんの圧力の話で思い出したのですが、私のいたプラントでとても優秀な班長がいて、観察力もあり、とても記憶力が良い人でした。彼はある冷凍機の圧力計の値が 2 週間ほど前と比べ変化していることに気付いたのです。その変化は許容範囲に入っていたのですが、僅かに低くなっていました。彼の報告のお陰で、冷媒の漏れに早期に気付くことが出来ました。

竹内： 先程紹介したチェッキ弁の不具合によりルーツブロアが破損したケースでも、メンテナンスの技術者が「もしかしたらチェッキ弁が効いていないのではないかと」想像を働かせたことで原因を特定することが出来ました。彼は新しいルーツブロアに交換して空運転した時に、もしかしたらと排水管の出口に手を当ててみて空気が逆流していることを発見したのです。

司会： 今回はテーマが漠然としていたので、意見があまり出ないのではないかと心配していましたが、思いの外多くのご意見を頂くことが出来ました。皆様、ありがとうございました。CCPS からは日本からも Beacon のネタを出して欲しいとも言ってきていますので、何か事例を紹介できれば良いと思います。

キーワード： 解体作業、ハザードの認識、定修工事、PT(浸透探傷試験)、プレート熱交、自然発火、硫化鉄、作業手順、ミストセパレータ、チェッキ弁、ルーツブロア、製糸工場、NFPA、作業安全分析シート、業者選定、

【談話室メンバー】

飯濱 慶、今出善久、牛山 啓、金原 聖、小谷卓也、齋藤興司、澤 寛、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、中村喜久男、春山 豊、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己

以上