PSB
(Process Safety Beacon)
2020 年 5 月号
の内容に対応

SCE・Net の
安全談話室 (No.167)
http://www.sce-net.jp/anzen.html

化学工学会
SCE・Net
安全研究会作成
（編集担当：澤　寛）

許可作業ーそこには特別な理由がある

（PSB 翻訳担当：澁谷　徹）

司会： 今月号の PSB は許可作業や作業許可証の発行がテーマで、火気作業や閉所空間作業等、日常的業務とは異なった準備や確認が必要な業務を行う際に、確認が不十分であったために発生した事故例が紹介されています。まずこの事故に関して補足事項や感想がありましたらまずお話しください。

金原： まず許可証の発行の留意点については本文記載の通りですが、問題はこの通り実行していたからといって今回の事故が防げていたかどうかです。工場関係者は、このタンクは水スラリーで危険性は極めて少ないレベルであると考えていたようです。とはいえ、念のために火気工事の許可証を発行し、かつフォアマン立会いの下、ガス検知まで実施されていました。許可証に関する運用としては良いと考えます。では、許可証通り行ったのになぜ事故が発生してしまったのかという疑問が残ります。

山岡： 私が居た事業所での火気使用工事では、必ず消火器を用意し、作業許可証にも許可条件に入れていましたが、この事例ではどうだったのでしょう。危険性は極めて少ないと判断した場合は不要なのでしょうか。

春山： 時間的変化のスケールでこの事故を見ますと、定期修理のように 1 週間もあるような作業について変化する点があるような場合、その状況変化が正確に押さえられているかの疑問が残ります。自分の経験では排水ピットの修理の際に、亀裂の入ったコンクリートの構造物で亀裂から可燃物が沁みだしてボヤを出したということがありました。時間的枠組みの中で、許可の要点をしっかり押さえておくことの重要性を痛切に感じました。

金原： この事故の詳細な事故報告書を見ると問題は、No.2 タンクの火気工事は 11/1 の工程停止期間中に行われ、無事に完了していたのですが、事故が起きた No.1 は都合により、プラント再スタート後の 11/7 に実施しています。工事許可が停止中を前提にしていたのか、それともこのタンクは安全な区域なので、稼働・停止に関係なく許可されていたのかです。前者であれば、工事計画変更に関する手続きを踏まなかったことでしょうし、後者であれば、危険意識の欠落が問題にあると考えます。

澤： 仮に工事が単一期間であっても、本文にあるように、事前、最中、事後とチェックすべき重要項目が移っていることを匂わせる内容があります。やはり時間的経緯によってチェックすべき項目の視点に変化が生ずることを念頭に置くことが重要であると思います。

金原： 時間的変化で状況が変わる場合には、許可証の内容やチェックリストを最初からやり直して工事を実施することが必要ではないでしょうか？

山岡： 確かに工事が長期にわたる場合は、途中で工事内容や工程の変更、当初確認した工事安全確保の状況が変化することがあり、それらによる事故も多く発生しているので、変更内容を関係者に周知することや、安全対策の見直し、それにともなう許可内容の追加や修正が必要と思います。

春山： 先ほど時間的経過と言う点を述べましたが、時間経過で注意すべき重要点が変化することはやはり念頭に入れることが重要だと思います。

竹内： 状況の変化だけでなく、作業方法を変更する必要が生じた場合も、作業許可の取り直しが一般に求められています。今回の事例では、タンクの中に可燃性の物質が入っていることに思いが至らなかったことが大きかったと思います。他の事故事例でも水を主体とした廃液で可燃性はないと考えられていたが、揮発性物質が含まれていた為にタンクの気相部に可燃性のガスがたまって爆発に至ったというケースが「若い技術者のためのプロセス安全入門」にも掲載されています。今回のケースでも引火性蒸気の流入を防止する為にシール用Ｕ字管が設置されていましたが、それが破損していたためにシールが効かず、可燃性蒸気がタンク内に流入していたことが原因の一つであったとされています。

澁谷： 今回の事例に関する CSB 事故報告によりますと、ポリマーと一緒に排出される重合水中のモノマー溶存濃度から、このタンクには可燃性のモノマー（VF）が爆発範囲に入るようなことは決してないと、設計時点で確認したと信じられていました。このためスラリータンクは PSM 対象外の設備として MOC も不要であると決定さ

れ、単なる水タンクとして認識されていました。しかし、プロセス機器の健全性が保たれている場合には問題無いのですが、今回の事例のように、小さな不都合が複数重なると VF が蓄積され、爆発範囲に入ると想定されなかったことが事故の根本要因です。－

金原： 背景はよく理解できましたが、現実にこのような問題が発生していることを鑑みると、一体どうすればこのような思い違いを防ぐことができるのでしょうか？水タンクといいながらフロー図を見ると、セパレータからオーバーフローの配管が接続されており、場合によっては有機物が来ることもあるでしょう。後からは何でも言えるのかもしれませんが、絶対的な水スラリー系であるとは言えないので、そのような認識が欠落している点が大きな問題であるのではないでしょうか。再スタートのような非定常になると異常が起こることがあり得ます。溶接のような場合には万が一の場合に備え、閉止板を設置する、あるいは窒素シールをするなど細心の注意をして対処すべきであると思います。

春山： 同感です。またプラントの場合にはいろんなところにつながっているので、小さな配管から漏れる可能性があり、パージ用のラインから漏れ込むこともありえます。それに備えて、念には念を入れ閉止板を入れるなど細心の注意で準備しなければいけない、手を抜けないラインがあります。

金原： その様なライン経由で可燃物が入ってしまう可能性はどのタンクにも言えることで、非常に危険に感じます。やはり定常だけでものを考えないで、スタート・ストップのような非定常の場合にどのようなことが想定されるか考えることが必要と考えます。

渋谷： 同感です。最初の設計の時から考え得る非定常のケースを想定しておくことが重要だと思います。

澤： このエ事をしたエリアは防爆区域としてはどのような扱いだったのでしょうか？

金原： ガス検知をして許可しているとしている点からみると防爆地域ではなかったかと推察します。

澤： もし防爆区域内であればそれなりの準備をしてエ事に当たっているべきであったのではなかったでしょうか？

金原： おそらくタンクそのものには問題はないが、周辺で可燃性雰囲気がある可能性について、ガス検などを実施する要因となったのではないかと考えます。このガスそのものは密度が1．6で、周辺の比較的低い位置に滞留する可能性が高いということで、タンク外側に滞留して危険であるとの認識であったとのことですね？

今出： 基本的に DuPont では火気工事実施の際には、危険性に応じてガス検知を実施して監視人をつけるというルールになっています。この場合もそれに従って作業が実施されたが、タンク内にはそのような危険がないと認識されていたため確認することなしに進められたと思われます。

三平： 私が長く関わった PVC プラントの製品スラリーの処理でも、この事故と同様なスラリータンクのプロセスが使われています。懸濁重合法よる製品ポリマーは反応を途中で止めて VC モノマーを回収するために、ポロシティに富んだ粒子中にモノマーがまだ残留した状態でスラリータンクへ送られます。従ってタンク上部の空間には放出されたモノマーがあることを知っていました。スラリータンクは次工程の遠心分離、乾燥と一緒にして設備を組み、可燃性の高圧ガスや危険物を大量に保有する重合反応設備とは距離を離すのが一般的です。この事例のスラリータンクは非危険物エリアということで、関係者は可燃性モノマーが全く残ってないという考えに陥ってしまったのかも知れません。

金原： 確認ですが、タンク気相部では数百 ppm オーダーでモノマーが滞留していたということですね？

三平： その通りです。我々の場合は、スラリータンクには窒素ラインを設けていないので、直接火気を使った補修の際は事前に水張りして空間部のガスを上部から放出させました。

金原： 感受性の高い技術者がおられると、そういうことが確認されて、防災知見の蓄積となるということですね。

牛山： この事故に関連して、2010年に米国 CSB が1990年からの20年間で起こったタンクの火気使用工事で発生した11件の重大事故をまとめ、このような工事での事故防止のための7つの重要ポイントを指摘しています。それらは日本で当たり前に実施していることかもしれませんが以下の通りです。①極力火気使用しない方法を選定 ②事前の作業危険解析 ③作業場所の事前及び作業中のガス検知 ④作業場所周辺の液・ガス危険物排出および検知テスト ⑤書式による許可証発行 ⑥火気使用従事者の教育 ⑦業者の指導監督 それでも事故は起こる可能性があり、私は危険予知の習熟、熟練者の勘のようなものも更に必要だという気がします。

司会： このあたりでなぜこのような事故が発生したかの話はおしまいにして、次に作業許可と閉所空間作業について議論を進めていただきたいと思います

金原： 皆さんの所では、地下ピットは閉所空間として定義されていて酸素濃度の測定などが実施されているという

理解でいいのですか？

澤: 私の経験では1．5m以上の深さのある側溝、ピット、また掘削穴などは閉所空間として管理しております。

金原: それは面積に関わらずですか？

澤: はい面積に関わらず深さ1．5mで定められています。

金原: 確認ですが、いかに広いピットでも閉所空間作業としてガス検知、酸素濃度測定を実施しなさい、ということと理解していいのですね？

澤: その通りです。

飯浜: 日本でも十数年前に兵庫県だったと思いますが、地面掘削作業中に硫化水素ガスが発生して作業者がガス中毒で亡くなるという事故があったように記憶しています。天井のない空間でも比重の重いガスは地面の低いところに滞留しますので注意をする必要があります。

今出: 閉所空間と言った場合、天井があるなしに関わらず中に入った場合、自力脱出が困難となった場合救助を必要とするような空間も含めることが適当と考えられます。

金原: 少し話題を変えて基準書の話をさせていただきといと思います。20 年ほど前の経験です。火気工事の保安規則を見直していると不具合な点を発見しました。通気の良い所にある機器は工事保安の対象ゾーンから外れる、すなわち危険流体を中で取り扱う機器であっても事前協議や検討は必要でないという記述がありました。これは非常におかしい定義だと感じたので早速関係者を集めて討議の場を持ちました。その結果、通気がよくとも保安対象設備とする、と変更しました。皆さんのところにこのような類似ケースはあるでしょうか？

澤: 私の工場では通気がいいとか悪いとかが問題ではなくて、防爆地域であるかどうかが問題で、通気の問題ではありませんでした。

金原: それが正しい考え方です。通気が良い悪いで火災の危険性が決まるわけではないですよね、良く考えられた規則でも第三者が見直すと問題が発見されることがあるので定期的に見直しを実施することが重要です。

山岡: 閉所作業といえば、塔槽内作業がありますが、内容物が引火性や毒性の場合は特に注意が必要で、窒素置換、空気置換を経て入槽前に引火性や毒性物質の濃度が規定濃度以下、酸素が 18～22vol%にあることを確認し、作業中も適宜濃度を確認する必要があります。また、当該設備の縁切りのため近接配管のバルブ閉止はもちろんですが、配管か弁に仕切り板の装着を忘れないようにします。

飯浜: 作業許可証の品質を維持するためには、許可証やそれに付随する作業計画書を作成・承認する人の能力を確認する方法やルールが必要となります。さらにそのような人達を育成するプログラムが重要となります。発行する人や承認する人を教育し、力量の有る人達を育成する事が大切です。

金原: 全く同感で、慣れるとチェックリストにレ点を入れているだけで、ほんとに確認しているのか分からないようになってしまうことがあります。システム維持のためのプログラムの重要性を理解し維持向上させねばなりませんし、上層部の人もその活動に十分注目を払っておく必要があります。慣れの怖さがあります。

今から約 30 年前の話ですが、現場をパトロールしていたら、下に有機溶媒が入っているタンクの上で火気工事をやっており、火花がタンクの上にバラバラと落ちているのを見て　びっくりし、飛んで行って工事を中断させました。部下と工事責任者を呼んで事情を聴いたところ、タンク内は窒素シールされおり、タンク周辺のガス検知を行っているから大丈夫と思っていました、という回答でした。これに対し、事故というのは当たり前の時は起きない。何らかの原因で液が漏れたり、シールが切れてかつタンク内が減圧になると空気を吸うことがあるだろう、その時に起きるのだ、と叱りました。慣れてくると危険に対する知識は増える一方、危険に対する限界線が次第に甘くなります。日頃から目配りすることが大切です。

竹内: プロジェクト工事での経験ですが、請負工事の業者さんが JSA(作業安全分析)の必要な危険作業であるにもかかわらず、いきなり作業を始めようとしたことが何度かありました。全ての危険な作業が許可証制度に該当するわけではないので、この様な事が起こり得ます。この様な場合は、何が JSA 相当の作業であるかを説明し、次回から同様な作業には JSA 作成が必要であると指導しました。施主側も日頃から現場をよく観察して、そのようなことが無いように見守ることが大切です。

澤: 業者の暴走を見つけた場合その業者にペナルテーを与えるべきものですか？

竹内: それは Case by Case ですね。悪意が無くて、行うこともありますから。

金原: 協力業者でも、常駐の協力業者の方をあまり信頼しすぎると誤ることがあります。彼らは長い経験でプロセ

スのことを良く知っているので、気を利かすことがあります。よく知っていて、おそらく成功体験もあって、省略行為をすることがあります。工場の管理監督者が目を光らせる必要があります。

今出: ペナルテーに関して言えば、ロックアウトタグアウトのように特にルール違反をしてはいけないと指定されている項目にはペナルテーを含む厳正な態度で対処したこともありました。

竹内: 因みに、工事業者でも、短期作業でやってきた孫請けのような業者の人たちには、ルールを完全に理解して貰うのは難しいので、いきなりペナルテーを課すことはしていないです。ペナルテーを課すのは悪質な場合です。明らかに意図的に違反して、しかも言い逃れをしたケースでは出入り禁止にしたこともあります。

金原: 安全規則というのは大なり小なり似通ったところがあると思われますが、多数の業者が入る定修のような場合には、やはり知識不十分、感度不十分な方を見受けます。そこで、イラストを駆使した教育資料を作成して集合教育を実施し、理解度テストまで実施しています。それでも違反する人にはイエローカード、レッドカードのような注意過程を経て警告するようにしています。

飯浜: 消防設備で特にスプリンクラー配管の点検の場合、「常時開放」のバルブを全て一旦「閉」にした後で一つずつバルブを「開」にして流量確認をする必要がありました。頻繁に発生することではないのですが、所管消防署にも連絡を密にして確認しあう事柄でもありました。

竹内: 消防設備の工事の場合、事前に消防に報告する必要があるため、工事業者も書類を整備する必要があり、真剣に対応します。一見、簡単な工事でも、高所作業や重量物の玉掛などが含まれ、ひとたび間違えば大事故になるような工事なのに JSA（Job Safety Analysis）をやらずに作業を始めようとすることがあるので、注意が必要です。

金原: 重量物の吊り上げ設置工事も神経を使う工事でした。その為、落下防止策や立ち入り禁止ゾーン設置など事前の打ち合わせを綿密に行って工事を実施しました。

竹内: 今回のBeaconで書かれていないことで気が付いたことですが、インターロック解除の許可などについて具体的には何も書かれていませんが、かなり重要な項目だと思います。

澤: インターロックの解除や警報設定値の変更等の場合、その変更実施の権限についての定めがある筈です。

金原: 私の工場も重要度に応じて責任区分を決め、厳密に運用していました。

飯浜: インターロックの解除に関しては、Beacon 本文ではDisabling Safety Systems という表現で簡単に話を済ましている様ですが、もう少しわかりやすい表現で具体的に書いておく必要があると感じました。

三平: 作業許可のテーマは 2018 年 6 月の PSB「作業許可証―作業の範囲を理解する」でも取り上げられ、かなり細かく記載されています。その中で私は出身会社の作業許可システムついて説明しました。今回の PSB では、オペレータ個人への教育の観点から比較的簡単に話がまとめられているように思います。許可証の発行など組織としてどのようにするのかなど、もっと具体的な話も必要です。実際に作業許可を出す際には保全部門、運転部門、請負業者の三者が連携して抜けのないように行う必要があります。特に作業員を出している請負業者がしっかりして積極的に作業許可体制の中に入り込まないと事故を防ぐことができないと思います。出身会社では請負業者か先ず作業許可を受けるための詳しい工事手順書を出すことから始まります。その提出されたものを保全部門と運転部門がチェックするというやり方です。

金原: 作業許可の意味は、プラントの安全状態が確保できたので、工事をしてもいいという意味の作業許可ですか？

三平: 難しい工具を使ったり足場を組んだりして行う作業は、実際に作業をする業者でないと理解が不足して、許可を得るためのしっかりした作業手順書は作れません。手順書作成の元になる足場組み、火気使用、容器内などの危険作業の基本要領書を保全部門、環安部門、場内請負業者の共同で作成し、法令改正の際や定修前にアップデートしています。実際的な作業許可の進め方は 2018 年 6 月号の安全談話室を参照してください。

金原: 私の所では、工事の進展状況が分かるように、ホワイトボードに一覧表を作り、進捗に応じて責任者の名前を入れ、工事に関するコミュニケーションを図るようにしました。また、工事安全管理版なるものを、業者と一体となって作成しました。そこには事前に行った打ち合わせ議事録や工事安全上のポイント、当日行った危険予知、ガス検知、酸素濃度記録用紙などを入れるケースがありました。

澤: 事故が発生したときの責任追及になった場合はどのように考えるのでしょうか？

金原:あまり特定の個人や部門に責任を追及しすぎると真実を隠すようになります。過去に小火があり原因究明を

行っている時に、担当者が正直に省略行為をしたことを言ってくれ、原因が分かったことがありました。「良く言ってくれました。」とお礼を申し上げました。「誰が悪い」のではなく「何が悪い」というアプローチにしないといけないと考えます。

竹内： 今回の PSB のテーマとなっている事故に関して、当局は個人の責任を問うのではなく、会社に対して罰金を科しています。レポートには、今回事故を起こしたプラントが事前の PSM 監査で 99 点という極めて高い評価を受けていました。個人的には、この評価には疑いを持たざるを得ないですね。

飯浜： DuPont の内部監査制度は制度としてよく構築されたシステムだと感じていますが、この 99 点という結果に対しては全く同意できません。監査を受けたこともあり、監査する側の経験もありますが 90 点以上の評価を得ることは至難の業です。

竹内： もう一点、アスベストの断熱材を非アスベストのものに取り変えたとの記述がありましたが、2010 年と言えば、もう 10 年以上前に DuPont ではプロセスでのアスベスト使用が禁止されていた筈です。PSM 監査での評価の高い工場にふさわしくない話だと感じます。

飯浜： テドラーの工場は 1970 年代に建設されたはずで、保温材の取り換えは 2010 年に初めて実施されたのかも知れません。

金原： PSM99 点という評価の話ですが管理面では高評価であったのかと思います。ただ、タンク内に危険物が存在することについて誰も気付かなかったという点に関しては査察者、設計者、管理者の見落としがあったということで、評価方法の難しさと限界を感じます。その点からしてもハザードがどこにあるのか見つける感受性を養うことの重要性を感じます。

竹内： さらに気になった点としては U 字管に亀裂が入ってシールが効かなかったという点です。その機能から考えると、その U 字管は安全上の重要機器(Critical Equipment)として管理されるべきものでした。

澤： 先ほど事故の責任の所在について感想を述べましたが、本質的には設計者が誰であれ査察者が誰であれ、設備の所有者つまり製造の責任者が究極的なプロセス安全の責任を負うべきだと思います。

司会： その他何か付け加えあることはありませんか。

飯浜： この事故の後、DuPont の火気管理の基準は大幅に改定されて大変厳しい規定になりました。テドラー工場のタンクは上が開放となっている構造ではないのですが、撹拌機の軸と天板の隙間から熔接火花が入って着火源となったということであったため、改定の要旨としては、火気工事を行う時にはどの範囲に溶接火花が散るかを確認して図示することが必要となりました。さらに工場長の役割の見える化を推し進めるよう指示があり、工場長の行動指針の表示などをボードに示すようになりました。

金原： 熔接火花が軸の隙間からタンク内に入ることなど現実的には可能性として低いと思います。溶接部に近い箇所のタンクが局所加熱され、内部気体が熱せられて着火することもあり得ると考えます。熔接の火花管理も大事ですが、やはりタンク内部の貯蔵物への対応も考慮する必要があったのではないかと考えます。

三平： 事故の資料を読んだ時に、スラリータンクの撹拌軸にシールが無かったのに驚きました。古い工場で止むを得ない面もあったのでしょう。私のところではかなり古いプラントでも、この種の撹拌機では水ポンプの軸封で使うようなグランドパッキンを使ってシールしていました。シールのないこのケースでは、作業に入る前に防炎シートで覆って熔接火花などが飛び入らないようにして工事することも考えられるのでないかと思います。

牛山： Beacon の「あなたのできること」の 3 項の作業完了後の現場確認は非常に大切なことです。火気使用工事ではなかったのですが、たまたま回転機の保全工事が並行して進んでいた 2 件の内 1 件が完了し、業者が確認した言葉を真に受け運転員は現場確認を怠り、別の工事完了と勘違いして LOTO を解除したため、その後別の運転員が回転機を遠隔起動して事故を起こしました。どちらかの運転員が現場の状況を確認していたら起こらなかったものでした。

司会： 今回は作業許可について正しい運用について多くの有意義な経験や知見をお話しいただきました。

キーワード： 作業許可証、火気工事、閉所空間作業、定期修理、チェックリスト、可燃性ガス、非定常、閉止板、窒素シール、非定常作業、PSM, スラリー、モノマー、JSA

【談話室メンバー】

飯濱　慶、今出善久、牛山　啓、金原　聖、木村雄二、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