

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2020年8月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.170) http://sce-net.jp/main/group/anzen/</p>	<p>化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 山本一己)</p>
--	--	---

火気使用工事前の燃焼下限界(LFL)チェック場所は何処？

(PSB 翻訳担当: 牛山 啓)

- 司会: 火気使用工事中に可燃物へ着火した事故は、多くの事例があります。Beacon でも、これまで、視点を変えたテーマで度々取り上げられています*1。今回は、事故防止対策の一つとして、ガス検知器を用いた事前のチェックについて述べていますが、これについての皆さんの意見や感想を伺いたと思います。
- 金原: 溶接箇所の周辺を綿密にガス検知するということが大切という点は理解できるのですが、それとともに事前準備、私がいた会社では環境設定と呼んでいましたが、それが大切だと考えます。図にあるタンクの上で溶接するのであれば、⑦と⑧に蓋をして、タンクに水を張り、⑥から水を排出させて引火性液体を完全に排除したことを、ガス検知のみならずビーカーなどを使って目視確認することであって、⑦や⑧でガス検知することではないと思います。また、どうしてもタンクに水を張れない事情があるのなら、ガス濃度が爆発下限を十分に下回るまで窒素置換して、その後大量の空気を送り込んで引火性ガスを完全に排除したことを⑥でガス検知すると良いと考えます。
- 竹内: Beacon が言っているだけでは不十分だと思います。5月号のデュポンの事故の場合はタンクの中が爆発限界範囲内に入っていました。Beacon の図を見ると、タンクの中までチェックしなさいとはいっていないですね。Beacon の通りだけでは事故は防げないと思います。
- 山本: やはり、金原さんがおっしゃるような環境設定の対策が足りないのでしょうか。
- 竹内: 水を張るなり、窒素ガスを入れて、爆発しないという状況を作っていないといけません。CSB の報告書では、火花がタンクの中に入って爆発したことになっていますが、もしかすると、タンクの表側が溶接で高温になり、その熱で、内部が着火温度を超えた可能性があり、そうであれば火花が入らなくても爆発するはずですよ。
- 金原: 溶接の箇所によっては溶接の温度が着火温度を超えるということは、十分にありえます。
- 竹内: 私もそう思います。あの報告書では、火花が中に入ったことになっていますが、伝熱の可能性もあるので今回の Beacon のリコメンデーションでは、不十分だと思います。
- 山岡: この事例のようなタンクでの火気使用工事では、必ずタンクの貯蔵物を他の設備に移送して空にした後、窒素でパージし可燃性ガスの濃度が爆発下限界の1/4以下の値になったことを確認して工事に入っていました。
- 金原: ⑤のような地下ピットあるいは排水溝は、特に冬場はガス検知だけでは危ないので、排水を採取して、油層がないかを目視で確認することが大切と考えます。ガス検知器だけで分かるかどうかですね。
- 春山: ガス検知器だけの確認は非常に怖いですね。地下ピットの排水溝はいろんな所から流れ込む可能性があるもので、当該の火気工事の場所につながっている排水溝については、入口を砂袋・土嚢等で縁切りするとか、火気養生を含めた確認が非常に重要になってくると思います。
- 竹内: 今回の Beacon のリコメンデーションでは、残り火については何も言っていません。確か PSM(プロセス安全管理)では、工事が終わった後、一時間後だったか、確認に行くようにとあったと思いますが、その記述がないですね。
- 今出: NFPA(全米防火協会)では作業終了後も少なくとも1時間は監視を要求していたと思います。
- 金原: 残火確認も大切です。溶接が終わった後、水をかけて温度を下げていたつもりが、内部から温度が上がり、意外と2、3時間後に、周辺の布などに着火してくずぶるということがあります。水をかける際に私はジョロを使うことを提案しました。最初はみんな笑っていましたが、やってみると意外と効果があり、ほぼ確実に降温できることが分かりました。基本的に溶接工事 30 分後、再度残火確認をすることになっていましたが、確実に温度がさがっていました。基準化もしましたので、いつも溶接工事の場にはジョロがおいてありました。残火確認は、非常に大事です。
- 春山: そうですね、残火確認不足で痛い思いをしたことがあります。
- 牛山: 基本的には火気使用する場合には、タンクや容器は洗浄して、内容物の可燃物や蒸気が無い状態にして工事をしました。Beacon の記事を見ると、内部の洗浄についてはあまり考慮されていないような気がします。
- 三平: 事前の洗浄については牛山さんが言われたように大事なことで、日本の化学会社は火気使用前に、しっかり行っていると思います。今号は5月号の事故がベースになっていますが、ガス検知ばかりに焦点を当てて、枝葉末節的な内容に目が行っているように思われ、テーマの取り上げ方に違和感を持ちました。火気使用のような重

大作業では、しっかり計画をして、関係者に周知し、許可を取って進めていくことが大事です。

金原： 本文にも書いてありましたが、溶接の火花が飛散しないように、防災シートなどを使うことも必要かと思います。周辺のタンク類が在液なのか、保有距離が十分にあるのか、風向きはどうかなど、様々な点を考慮した上で、必要な措置を取る必要があります。一方で最も大切なことは、それを属人化させないことです。環境設定の基準書、火気工事实施上の基準書をきちっと作成し、実施のたびにチェックリストなどのようなもので確実に確認させ、上司に最終確認させることです。重要度に応じて承認を得る上司も決めておく必要があります。

春山： 本文にもありますが、溶断もプラントの工事の中でよくある作業で、鉄を溶かして切断するので、簡単な防火養生では防災シートを抜けるので養生にはならないですね。撤去工事など、溶断だらけなので、ガス検知器だけではなく、火気養生の準備をしっかりとしないと火災になります。倉庫の火事が最近続いています、見ると倉庫の解体工事です。解体工事では、あちらこちらで溶断をしていて、熔融鉄が可燃物に移って火災が起こっているケースがあります。工事の内容に応じて様々な角度から火気養生をすべきですね。

金原： 架台の解体工事を経験したことがあります、横にアンモニアの配管が通っていたこともあり、細心の注意を払いました。機器撤去で恐いのは、パイプの中にある液体、あるいはタール状物が残っていないか、よくチェックしてやらないといけない。そこで火が出る危険性があります。

牛山： 溶断の事例では、高温粒子なので、養生をしても、おっしゃるように防災シートを抜けます。実は LNG の工場での経験ですが、防災シートの下の方が燃えてしまった事例があります。監視人は、高温粒子がどこに飛ぶか、よく注意して見ていないと危ないですね。

金原： そうするのは、しっかりと対策をした上で、よく監視させ、防災シートを突き抜けていないかを含めて、よくチェックさせることが大事だと思います。

春山： おっしゃる通りです。私のところでは、防災シートの下に鉄板で養生をしていました。また、消火用のホースを傍に持ってきて、垂れたらすぐに消すようにしました。

金原： 二重、三重の対策が重要です。二重目が何か、三重目が何か、事前に考えておくことが大事です。経験を積まないといけないところがありますが。

春山： 一回は痛い思いをするということかも知れませんが。

塩谷： 数年前に蒸留塔解体工事中に塔内部で火災が発生し、蒸留塔が傾斜する事故がありました。原因は蒸留塔充填材に堆積していた重合生成物が解体工事の火気で着火したものでした。重合生成物は窒素置換、水洗を行っても除去できず、ガス検知でもその存在を検出できないものでした。この事例の教訓として、重合性物質を取り扱う機器類に火気を使用する場合には、このような重合生成物が存在することを前提として、作業計画を立案する必要があったと思いました。

竹内： デュポンでは「できるだけ火を使うな」と言っていました。火を使うと簡単なので、業者さんは火を使いたがるのですが、現場で火を使わないで済む方法をずいぶん事前検討して貰ったものです。

三平： 日本の化学会社では、アニュアルシャットダウンでプラント全体を停止した際に、火気使用の工事や補修作業をまとめて行っています。その際に可燃物や可燃性の高圧ガスは作業エリア外にまとめるなど、安全な状態にして火を使います。私が関わったプラントでは、運転中に可燃物使用エリアで火気は使用しないという方針でした。補修頻度が高い箇所、例えば反応器周りの配管などは解体して短管として取り外せるように設計し、補修の必要な箇所を取り外して、修理用内作場へ運んで溶接していました。各社もそのようなやり方をしているのではないかと思います。

金原： 止むを得ず火を使う工事はまれにあつたと思います。そういうときは、消火器などを傍に置いて、養生など万全の対策をとって工事をしました。ただ、できるだけそういうことが無いように、配管設計などで工夫が必要かと思います。

春山： 火が使えないので、高圧水で配管を切ったという記憶があります。そのときに、保全担当者から静電気が発生するとうコメントがあり、静電気対策をどうするかで保全部門とさんざん議論した経験があります。

司会： ところで、今回の Beacon ではガス検知に焦点を当てていますが、火気工事のチェックで、ガス検知の濃度は、皆さんはどんな値で管理していましたか。

金原： ガス検知の許容濃度は、爆発下限以下であれば良いということではなく、現実はその更に下じゃないかと思えます。私のいた会社では爆発下限の 2/3 以下でした。それでも怖いので、基本的には、検出されない濃度まで低下させていました。そもそもガス検知器で、検知されるのも怖いかと思います。

春山： 確かにそうですね。LFL の L(Low) 側の下に更に L(Low) を決め、LL で管理していました。

牛山：私のところでは、爆発下限界の1/4でした。

山岡：私のところも同じで1/4と定めていました。ただ、感知したことはありませんでした。

司会：次に、皆さんが火気使用工事前にチェックや対策をして、事故発生の可能性を事前に防いだ経験や、火気使用工事中のニアミスの経験、または、その他の事故事例をご存じでしたらお願いします。

金原：私が生産課長の時、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。溶接工事は工事の中でも火災爆発の危険性が最も高い工事であり、ガス検知を幅広く行うこととシート養生などの手段を取る必要があります。ただ、本文にあった通り、「それだけに頼ってはいけない」とあるように、状況に応じて、さらに危険な状況を考え、必要な手段を取る必要があると考えます。

竹内：入社当時はグラインダーでカットする工事は、火気工事に含まれていませんでしたが、火花が飛び散るので、火気工事に加えたという記憶があります。

金原：私がいた会社では準火気工事と定義していました。基本的には火気とほぼ同じ取り扱いをしていました。

司会：火気使用工事は、プロセス安全では“安全作業の実行”の元素に含まれており、作業を実施するには、工事担当部門が申請書を発行し、関係部門の許可と確認の手続きが必要です。この一連の手続きについて、事故防止の観点から重要なポイントについてコメントをお願いします。

金原：操業と工事管理責任部署、工事担当部署（委託会社）の三者の連携、連絡が大切であると思います。具体的には三つあって、一つは事前の確認です。その三者が起こりうる危険とその危険を排除する方法と排除したことを確認する手段を明確にし、共有することです。二つ目は危険の排除をきっちり確認することで、ガス検知や酸素濃度計の測定やpH 確認などを三者の責任者がきっちり確認することです。最後は実行にあたって決めた通りの工事が行われているかを立会い者や各部署の担当者、場合によっては責任者が良く目を光らせることかと思えます。

三平：金原さんが言われたことと基本的には同じです。危険物の除去など現場エリアの準備では、製造（運転）部門が全責任で計画し、処置し、その内容は工事を担当する保全部門と協力会社に詳しく説明しています

牛山：私のところも同じで、危険物、可燃物、引火性蒸気などの排除とその点検は製造側が責任をもってやっていました。危険物が無いという状態で工事サイドに引き渡し、三者で事前の安全の打合せを行って、注意事項を確認していました。ところで、Beacon の記事で気になったのは、ガス検知の責任部署がどこかははっきりしていません。私のところは、製造側がやることになっていましたが、皆さんのところは、どこがやることになっていましたか。

三平：保全部門とか協力会社がやることはないでしょう。全てを製造部門が責任をもってやっていました。

竹内：デュポンでもガス検知は製造側が責任をもってやっていました。PSB5月号の事故でも、チェックは製造関係が行っていました。やはり、工事側ではどこをチェックすべきかを正しく判断するのは困難ですね。

三平：業者が安心して作業をしてもらうような状況をつくるのが、製造部門の責任だと思います。工事担当者では想像がつかないし、まして工事業者には全然わからないと思います。

山岡：皆さんとだいたい同じですが、もう一つ、許可条件を明確にすること、それを工事中作業現場に掲げることをしていました。

竹内：エンジニアリング会社にいた頃に経験をしたことですが、ある溶接作業員の人に「急に、ここで溶接をしてくださいと言われると、本当に怖いです」と言われたことがあります。ここで本当に火気を使用しても安全なのか、信用して大丈夫かと、怖い思いをしながら作業をやっているとのことでした。

金原：先ほどは言っておりませんが、環境設定は当然製造側の責任です。しかしながらガス検知など、事前確認で抜けや見間違いがあってはいけないので、三者が確認することが重要です。その為にも事前の会議では、三者が共同で議論し、危険箇所や安全のポイントを理解しておくことが重要であると考えています。

三平：出身会社では製造部門と保全部門のコミュニケーションを十分に行うために、製造部門には運転担当と保全担当の作業長を置いています。保全担当にはオペレータ出身で機械、電気計装にも詳しい人を就け、日常的に保全部門とやり取りしながら運転担当作業長ともコミュニケーションを取っています。工事や保全作業で何か問題が起きると保全担当作業長を介して製造部門に状況が伝わって直ぐに対応を取ります。昔私が作業長の頃は一人で運転、保全のすべてを見ていましたが、このシステムになって安全管理面で格段によくなったと思います。

司会：作業を行う協力会社の作業員は、工事をしているプロセス設備については、よく知らないのが普通ですが、火気

使用工事などの協力会社の管理については、どういふところを注意していますか。

金原： 私の認識では、設備の細かいことはもちろん知らないのですが、危険に対する知識と意識は協力会社の人たちの方は高かったように思います。といいますのは、彼らは第一線で作業をしており、大げさに言えば命がかかっています。先ほど申し上げた、火気工事の事前会議で、工事責任部署や工事担当会社なども危険ポイントは熟知しているので、彼らの意見も良く聞いておくことは必要です。

山岡： 定修で新規の工事業者を採用する場合慎重に対応していました。工事の出来/不出来が次の2～4年の連続運転に影響し、また、トラブルを起こすと定修中の工事全体に波及するので、新規に採用する際は技術、安全意識の両面で面接によるテストを実施し、採用した業者には担当する工事内容だけでなく安全教育も徹底して行いました。

今出： 工事をやってもらっている間、最初に許可した範囲外の作業をしなくてはならないことがあります。そのときに勝手に許可した以外の作業をやることが無いよう、特に注意していました。良かれと思ってやってしまうことが無いよう、改めて許可を取るよう徹底させてしていました。

金原： シャットダウンで、開けてみてびっくりすることが時々あります。そういうときに、勝手に改良工事を行うことが無いように、通常の工事ミーティング以外に、管理監督者の部長、課長レベルが一日一回集まって情報を共有して具体的対策案を協議し、必要であれば火気使用に関する事前会議で調整しながら進めていました。

竹内： 工事期間中のパトロールも大切です。今出さんが言われたように、許可を取っている範囲のつもりで、余計なことをする場合があります。最初にきちんと伝えないと、許可範囲外のことをやってしまう危険性があります。

金原： どこまでが許可されている事で、どこまでが許可されていない事か、一目でわかるというのが大事です。

竹内： パトロールをする側も、許可範囲がどうなっているかが分かっていないとだめです。

金原： そういう意味でも、工事安全管理板というものを作って、工事内容、期間、安全管理のポイント、事前会議の議事録を一纏めにし、工事しているところに吊り下げる。そうすると、パトロールに来たときに、こうはこういう工事だから、こういう点を注意して、チェックをしないといけないなど、管理監督者として見るということがよくありました。

今出： われわれも火気使用許可書の写しを作業現場に掲示しています。現場パトロール時には、それを見てチェックしていました。また、作業が日をまたぐ場合は、当日だけ有効にしていました。同じ作業でも、翌日に許可を新たに発行します。バッチの工程ということもあり、その日によって現場の状況がいろいろ変わる可能性があるのもこういうシステムにしていました。

竹内： 基本的には、日が変われば、火気工事をやる場所とやる作業が変わることが普通ですね。

三平： 火気使用などすべての現場作業では、製造部門が作業許可札(掲示板式)を発行しています。具体的な作業計画書は実際に作業する協力会社が作成し、保全部門が確認後に製造部門が承認します。それを元に作業場所、作業名、業者名と責任者、保全部門担当者などを記載した作業許可札が作られます。製造、保全、業者の三者が現場で安全を確認後にその札を見やすい位置に掲げて作業を開始します。終了すると三者で仕上がり確認をして、作業許可札を取り外します。何日も作業が続く場合には、その日の作業終了後に保全部門が許可札を製造部門に返却します。具体的には状況を報告しながらコントロールルームの所定の場所に保管し、翌朝に保全部門の担当者がまた取りに来るようにしています。

金原： 一日一日状況が変わるので、安全確保を確認する上で、朝受け取り、夕方返すシステムは非常に大事です。

今出： 我々も、毎日、作業が終わったら許可証を返し、翌朝、許可をもらう手続きになっていました。

竹内： 実際には、その日の作業が終わったら、残り火のチェックをしたとか、この日の作業は終わったとか、毎日報告をしないとイケません。

今出： そうでないと、その日の作業は終わったことにはならないということ現場や教育時によく言っていました。

司会： その他、火気使用工事で注意することは何かありますか。あったらコメントをお願いします。

金原： ガス検知を広範囲で行うことは大切ですが、溶接工事を行う場合、迷走電流対策もしっかりしておかなければなりません。とんでもないところで火花が出ると、ガス検知のエリアの範囲外になることもあると考えます。

山本： 迷走電流では、感電事故も起きていますが、対策はどんなものがありますか。

金原： アースをしっかりとるということなど、溶接工事担当者がしっかりと対策をとり、立会者とか責任者が、それをチェックするということをしなければなりません。

司会： Beacon では、状況変化の管理のために、LFL の再テストを頻繁に行うこととありますが、これについてはどうですか。

牛山：火気工事の最初のガス検知はどこでもやっていると思いますが、Beaconの本文にある途中のガス検知が必要かどうかの判断は難しいですね。私のところでは、毎朝、製造の担当者が確認するのですが、工事の途中で確認するという事はあまりしません。工事の工程は製造側で確実に把握できないので、工事の邪魔をしないように、やるとしたら昼休みとか、決まった時間でしかできないと思いますが。

三平：工事の施工では、作業中に運転側の人間がずっと付いているということはないのでしょうか。

牛山：立会人としては、業者の責任者か関係者を付けることになっています。運転側の人間も付いていることはありますが、火気工事が許可通りにできれば、一応、事故は起こらないということで、製造側がずっと立ち会うことは、めったにありません。

金原：例えば、休憩後の再開するときにやっていました。工事をやっている最中はやっていないですし、特にシャットダウン中は、危険物が排除されている状態ですから、朝と念のために午後一ぐらいやれば良いと思います。

牛山：ガス検知をやるという判断は誰がしていましたか。

金原：それは、工場ルールに従って、例えば事前の三者会議の中で、決めていました。

牛山：Beaconの中では、プロセス変動なんかがあった場合とか、気候条件が変わった時にやりなさいと書いてあるのですが、まず、プロセス変動を与える条件で、火気工事をやるかどうかという、まずやらないだろうと思います。基本的には、途中でチェックしなさいと言いながら、ほんとうにチェックするのだろうか、私は疑問です。異常があることを誰が、どのように捉えるかが大切だろうと思います。

竹内：Beaconの5月の例の事故の場合は、途中でプロセスが動き始めて可燃性蒸気が入りました。危険なプロセスが近くにあって、しかも、運転状況が変わるというようなときは、やはりガス検知しなければならないと言っているのだと思います。私自身は、そんな危ない状況では火気工事はやらなかったのですが、工事をやるとしたら、危険な蒸気が来るとしたら、ガス検知器を置いて常時監視するのでしょうか。

牛山：予め分かっていたら、常時モニターをして、監視することにすればいいんじゃないでしょうか。

山本：Beacon2004年5月号の「あなたにできること」でも、火気使用工事で条件が変化しそうならば、連続的なモニタリングを考慮することとありますね。

竹内：休憩が入って、時間がたった後で、再開する場合はできれば再検知した方がいいと思います。

金原：それ位が良いと思います。人間の嗅覚は優れているのですから、おそらくガス検知以上の感度があると思います。

竹内：臭いがしたから、ガス検知をしてくれ、ということはありませんね。

金原：ただ、水素は臭いがしないから、そういう場合は途中でガス検知をすることがあるかもしれません。例えば、環境設定が不十分で、となりのタンクとつながっているバルブが内漏れした場合などがあるかも知れないので、工事前、休憩した後のチェックは是非必要と考えます。

牛山：基本的には、そういうところは縁切りをするのでしょうか。

金原：通常は閉止板やBPなどにより、完全に来ないようにするとか、そういったことは当然やるべきです。ただ、そのような場合でも何かあるかわからないので、ガス検知は念のために行う、という考え方であると思います。

司会：今回は火気使用工事を安全に進めるにあたり、注意しないといけない重要な事項について、皆さんの実際の経験をもとにして討議をして頂きました。ありがとうございます。

*1)参考資料, Beacon 2020年5月号, "許可作業—そこには特別な理由がある", 2012年8月号, "火気使用工事の危険!", 2007年9月号, "火気工事許可", 2004年5月号, "火気使用工事を安全に開始して...",
(http://sce-net.jp/main/group/anzen/anzen_danwa/)

キーワード: 火気使用工事、PSM(process safety management: プロセス安全管理)、NFPA(National fire Protection Association: 全米防火協会)、燃焼下限界(LFL)、着火温度、溶断、高圧水、残火確認、迷走電流、協力会社

【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