

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2021年9月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.183) 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:塩谷 寛)</p>
--	--	--

「鼻は本当に利いているのか? おそらく違う!」

(PSB 翻訳担当:飯濱 慶)

司会 : 今月号は、温水器のスタート作業において、新設の天然ガス配管内の空気を天然ガスで置換する際、パージガスを屋内に放出したことによる爆発事故を取り上げ、危険なガスを閉鎖空間に放出する作業及び嗅覚に頼ったガス置換作業の管理に対する危険性を警告しています。最初に事故の概要を紹介してください。

塩谷 : 事故の概要は次の通りです。①事故は新設の天然ガス炊き温水器のスタート操作時に発生した。②3 インチ径 36m の天然ガス供給配管が新設され、温水器メーカーの作業者は新設配管中の空気を天然ガスで置換するために、機械室内にて天然ガスのパージ作業を開始した。③このガス置換作業は2時間半にわたり断続的に実施されたが、その間、ガス検知器を用いた室内の大気のモニターは実施されなかった。④パージ作業が継続され、室内の天然ガス濃度は爆発下限界を超え、建物の倒壊を伴う大爆発が発生した。驚いたことにこのメーカーでは、屋内でのパージ作業は過去から通常の作業として実施されていた様です。

司会 : 山岡さんから事前にご紹介があったように、この事故は 2011 年 5 月号の Beacon でも取り上げています。事故の内容が把握できましたので、この事故に関して皆様の感想をお聞かせください。

山岡 : 屋内で可燃性ガスをパージしたりガスの検知を嗅覚に頼ったりすることなど考えられないことです。可燃性ガスが漏洩する可能性がある屋内にはガス検知器を設置するのは当然ですが、今月号の事例はそれ以前の問題で、この工場でどのような安全管理がなされているのか考えが及びません。エチレンプラントの計器室は陽圧にして外部からの可燃性ガスの侵入を防止し、念のためにガス検知器も設置していました。屋内へのパージは全く考えられません。

山本 : 「安全対策では人間の嗅覚に頼ってはいけない」ということですが、私も当然だと思います。だからといって、人間の嗅覚を完全に無視することはできないと思います。安全設備と人間との両輪で安全を確保すべきです。この事例でも、付近の従業員数名がガス臭を感じたとありますが、安全に対する感度が高い人がいたなら、天然ガスのパージを止めさせることができたかもしれませんね。無関心の人が多かったかのもかもしれませんね。

竹内 : メーカーから派遣された専門家が作業していたので、大丈夫だろうと判断したのではないのでしょうか。

三平 : 食肉加工工場の温水器新設の際に、燃料ラインの繋ぎ込みに伴うガス置換で屋内にそのまま放出していたのに驚かされました。外部へ放出ラインを仮設する必要がありますが、工場建屋が大きく内部に放出しても大丈夫と思ったのかもしれません。管理する工場側と施工する業者との事前打ち合わせや作業許可制度の運用もしっかりなされていなかったと推察します。燃料ガスのみを扱うこのような工場はたくさんありますが、化学プラントのように厳しい安全管理をしていないところも多いのではないのでしょうか。

飯濱 : 安全コンサルタントとして食品工場の安全調査をしたことがあります。食品工場の最大の関心事は衛生管理や異物混入防止の管理であり、安全管理はそれほど優先度が高くないケースも見られました。食品工場は取り扱う危険性物質の数は圧倒的に少ないのですが、今回の事故のように天然ガスや冷凍用のアンモニア、灯油、排水処理用の薬剤などを取り扱っており、皆無というわけではありません。しかし、食品会社における化学物質の管理体制は必ずしも厳格に実施されていないケースもありました。今回の事故は化学プラント並みの安全管理が実施されていれば、未然に防止できたのではないのでしょうか。

竹内 : 嗅覚を無視できないというのはその通りで、オペレーターがわずかな異臭からプロセスの異常に気付いた事例を2回ほど経験しています。1度目はすっぱいに臭いがするというので調査をしたところ、原料が異常な状態になっていることが判明しました。2度目は不燃性の紙屑をサイクロンで収集するプロセスにて、紙の一部が詰まったことにより、この詰り部が他の紙との摩擦によってボヤ騒ぎとなる事例がありましたが、この時もわずかな異臭に気づいて、早期の対応を行った結果、大事に至らずに済みました。臭いは安全の上では重要なパートであり、異臭には注意を払う必要があると思います。

- 牛山 : 今回の事故ではガス置換の終点管理を臭いでやっていましたが、これは到底不可能であると思います。このような基本的な管理方法は如何に食肉加工工場とはいえ、誰もが確実にできる方法にしなければならないと思います。
- 今出 : 食肉加工工場では、通常やる作業ではないのでその危険性についてよく判っていなかったのではないのでしょうか。また、工事業者側においてガスパージはいつ止めるのかなどの安全管理が十分に検討されていなかったことに大きな問題があったと思います。
- 牛山 : 室内でパージすることは論外であり、この危険性は食肉加工工場側も理解していたのではないのでしょうか。やはり、仮設配管を用いて必ず屋外の安全な場所からパージするようにしなければならなかったと思います。
- 飯濱 : 食品工場の衛生管理は非常に厳しいのですが、スタート前に安全レビューを実施するなどのプロセス安全管理の面が弱い工場もありました。
- 司会 : 今月号で取り上げた事故について、類似の経験や事故の防止対策に対する知見をお聞かせください。
- 山岡 : 屋外で「嗅覚」により可燃性ガスの微量の漏洩を検知し、事故を未然に防いだ経験はあります。プラント内を見廻り中、ある配管の近くで臭気を感じたため運転者を呼んでチェックさせたところ、ガス検知器は反応せず当人も感知しませんでした。どうしても臭うので配管の保温材を剥がしたところ小さなピンホールが見つかり、そこからガスが漏れていました。臭いに慣れたり、微量すぎてガス検知器が反応しなかったりしても嗅覚で感じることを経験しました。見廻りのときの五感は大事です。
- 牛山 : 嗅覚は非常に大事で、アンモニア等は嗅覚の方がガス検知器より敏感であり、人間の五感は大事であると思います。可燃性ガス検知器の検知管のカバーする領域は爆発下限界(LEL)の 1/4 程度に設定されているため、その濃度以下のガス漏洩では検知せず、人間の嗅覚に頼らざるを得ない場合があります。千葉県のある会社では、ガス検知器は作動してないもののオペレーターが見回り中にかすかな油の臭いを感じて、3 階の機器接続配管からの漏れを発見し、大事になるのを防ぐことができたそうです。このように、漏れの臭いなどは嗅覚の方が鋭敏な場合もあると思います。
- 春山 : 牛山さんの五感は重要とのコメントに同感です。人間の五感素晴らしい能力で臭気だけでなく聴覚、視覚、触覚等で現場パトロールではその人中心に全方位で感じ取れる能力があります。運転員の鋭い聴覚でパトロール中いつもと違う音が聞こえるとの報告があり現場に直行したところ、私には全く通常の運転音としか聞こえませんでした。念のために保全部門に詳細な検査を依頼したところ、配管内にポリマーがたまって異音が発生していることが判り、すぐに対応し事なきを得た経験があります。こうした五感による気づきは極めて大切です。ただし五感に頼りすぎても危険です。人間は記憶があやふやになり勘違いやミスをします。こうしたミスを防ぐためには気づいたその場で報連相を行うことです。この対応の組み合わせが重要です。
- 山本 : 2018 年 12 月に、札幌のアパマンの店内で窓を開けずに消臭スプレー 120 本のガス抜きをして、室内にガスが充満しているところに、手を洗うために給湯器のスイッチを押ところ、爆発が起こり、ビルが吹き飛んで 42 人の重軽傷者が出た事故がありました。スプレー缶に使用していたジメチルエーテルという可燃性ガスが爆発したためです。室内に可燃性ガスを充満することがいかに危険であるかよくわかります。
- 三平 : 可燃性ガスの着臭による漏洩検知は、ガス検知警報器が充分普及している現在でも大事だと思います。今回の事故事例でも工場従業員や施工業者にこのことを教育してあれば防げたと思います。私が入社して PVC プラントに従事した時は、ガス検知警報器は未設置でした。「ガス警報器技術史」によれば 1964 年に接触燃焼式センサーによる検知警報機が開発され、1969 年に画期的な半導体センサー式のものが世に出て、産業界や LP ガスや都市ガスを使う家庭や店舗に普及したのです。可燃性ガス漏洩による火災・爆発は現在も多く起きており、検知技術の向上とともに臭気による検知についても啓蒙・教育が引き続き望まれます。
- 竹内 : 『においセンサー』については、開発途上の技術であり、バイオセンサーを検討している学者の方がいらっっしゃいます。蚊は、我々が無臭と思っている二酸化炭素を感知して動物を追っているようです。臭いの検知の分野は今後さらに発展していく分野であると思います。
- 三平 : PVC の生産は戦前から始まり、ガス検知器が導入される前に高圧ガスであるモノマーが大量に生産され、ポリマー化されていました。クロロホルム臭のある VC モノマーガスは人の嗅覚で直ぐに検知できたので、漏洩の検知と処置について従業員にしっかりと教育されていました。出身会社でガス検知器の設置は 1965 年で、高価だったので多く付けられませんでした。半導体式の安価なものが普及してから更新、追加しています。当時のオペ

レーターは極低濃度の VC モノマーガスを吸い込むことができました。大型の重合反応器から製品抜き出し後に、器内のクリーニングに協力会社員が入る前に上マンホールに仮設の大型扇風機から下側面のマンホールへ換気していました。二人作業で下マンホールを開ける際に、モノマーを含む排気を吸い込むことがあったのです。後にエンジニアに転進して新鋭工場の設計・建設を担当した際に、この種の危険な作業は無くしました。

竹内： ガス検知器の進歩と普及が化学工場の安全に大きな役割を果たしている良い例ですね。アルツハイマー型認知症は嗅覚が鈍くなることが知られていて、あるお婆さんが鍋を焦がしてしまっているのに気づかず、お爺さんが慌てて火を消して火災にならず済んだという事例を聞いたことがあります。

三平： 今回の事象例では屋内に可燃性ガスを放出したことが発端になっています。PVC の重合反応設備はバッチ式の多くの反応器を持ち、自動化やリモート操作化が進んでいなかった昔は、現場作業が多かったので建屋内に収められていました。1961 年に自社設備で反応器番号を間違えて反応中の抜き出し弁を開放し、屋内に広がった噴出 VC モノマーガスに着火した爆発事故が起きました。その後建屋の側壁のスレートは屋根の直下の一部を残してすべて撤去し、万一の漏洩事故でも速やかにガスを外部へ拡散するようにしました。これはその後の新設工場でも踏襲しています。

司会： 「知っていますか」や「あなたにできること」の追記すべきことがあればお願いいたします。

竹内： 嗅覚については、嗅盲という遺伝体質が存在することに気を付ける必要があります。これは色盲と同様にその人の個性です。色盲をご存知の通り、色を見分ける上で障害があることですが、嗅盲は臭いの感じ方に障害があることです。例えば、猛毒のシアン化水素はアーモンド臭だと言われますが、10 人に一人は感じる事が出来ないそうです。都市ガスに付けているブチルメルカプタンも約千人に一人は感知できないと言われています。

山本： 竹内さんのお話は先天的な嗅覚のお話ですが、Beacon にあるように、風邪やコロナウイルスに感染すると後遺症で嗅覚がなくなります。むかし、私の妻も風邪をひいて嗅覚がなくなったことがあります。食事もおいしくなくなり、どうしたものかと思いましたが、徐々に嗅覚を取り戻し、生活に支障なくなるまでに半年以上かかりました。

竹内： 臭いは空気中の分子が鼻腔の嗅覚受容体に結合することで脳に信号が送られることで感知されます。人間の嗅覚受容体の有効な遺伝子は396種あり、その幾つかが分子に反応することで極めて多様な臭いを感じることが出来ます。光の受容体は3種しかない為、その一つの機能が不全だと色盲になりますが、嗅覚受容体は数が多いので人により感じ方に差が出やすいと言われています。例えば、バルサミコ酢の臭いは人により好き嫌いがはっきりと出ます。

山本： 「知っていますか」にある米国労働安全衛生研究所(NIOSH)の報告書を調べてみましたが、消防士に向けた報告書でした。そこには、人間の嗅覚に頼ってはいけない他の理由が記載されていました。それは、天然ガスやプロパン中の付臭剤(着臭剤)の臭いは、土壌やコンクリート、ビルディングに用いられる乾式壁、木材などの様々な材料、新しい配管などに接触すると消えてしまう可能性があることです。それが原因で、リフォームされたビルディングのオフィスの中で、プロパンガスの付臭剤であるメルカプタンの臭いが消え、消防士がプロパンガスで充満されていることに気付かないでそのオフィスに入り、爆発して1名が殉職し、6名が入院した事例が載っていました。

牛山： 臭いは初めて嗅ぐ場合は非常に敏感に検知することができますが、しょっちゅう嗅いでいることによって嗅覚機能が低下することがあります。ピリジン系の臭いは悪臭ですが、この物質を取り扱う工場の人はその臭いが気にならなくなるそうです。芳香族系の窒素化合物は悪臭物質の一つで、インドールという物質は単体では大変な悪臭を放ちますが、香水には欠かせない物質でもあります。このことは他の物質と混じり合うと臭いそのものが変わってしまうという非常に面白い現象があるということです。その意味では臭いだけに頼ることは難しいことだと思います。

飯濱： 飲料会社の品質管理部門のテイスターは香りで判断しており、同じブランドの飲料でも工場ごとの違いを嗅ぎ分ける特殊能力を持っているようです。微妙な臭いの変化には嗅覚は非常に敏感に識別できるのですが、同じ臭いに曝されると感じなくなることは事実です。以前 MMA を取り扱う工場に着任した際、工場から離れた事務棟においてもこの芳香臭を感じる事が出来ましたが、4 か月後は感じる事が出来なくなりました。このことはある意味怖いことだと思います。

澁谷： ソーダ灰の製造方法として、アンモニアソーダ法というプロセスが昔から知られています。55 年ほど前の事になりますが、私が受けた新入社員教育の一つとして、ソーダ灰プラントの見学がありました。建屋内はアンモニア

の臭いが充満し、目も開けていられないし息もできないと私は感じましたが、作業をする人たちは平気な様子でした。人の嗅覚は麻痺するものだと、驚いたことを今でも覚えています。それから十年ほど後に、その同じプラントを巡視する機会がありましたが、今度はアンモニアの臭いが全くしないのに驚かされました。三平さんの話にあったガス検知器の技術的進歩と職場環境の改善意識が相伴っての成果だと思っています。

司会： 仮設配管等を用いて屋外の環境中にガスパーズを行うことはよく行われる作業です。その際の安全対策としてどのような点に注意すべきでしょうか。

竹内： 建物のすぐそばで放出するのではなく、十分な距離を置き、できれば高い場所からパーズすることが必要です。パーズしても安全な場所であるのかを、事前に十分に検討する必要があると思います。有機溶剤の蒸気を含む場合は、有機溶剤中毒予防規則により「空気清浄装置を設けていない局所排気装置の排気口の高さを屋根から一・五メートル以上としなければならない」とされています。

司会： 今回の事故は新設機器の試運転時に発生しています。このような機器製造元である社外の作業員と工場側作業員が協力して行う作業の場合、その安全対策はどうあるべきでしょうか。皆様のご意見をお聞かせください。

竹内： 協力会社と共同で行う作業は安全責任がどちらにあるかが曖昧になり易いので極力避けて、どうしても行わなければならない場合は、所掌範囲を明確にして行う必要があります。ただ、この Beacon の事例の場合、共同作業では無く、工事中にも拘わらず周辺で通常業務をしていたのではないかと思います。もし、JSA(作業安全分析)を事前に行い、パーズガスを安全な場所に排出する様に計画していれば事故にならなかったと思います。

山岡： プラントや機器更新後の試運転でメーカーや業者と合同で作業する際の安全管理には何回も立ち合いましたが、安全対策の打合せは合同で行いましたが、安全管理の責任はあくまでも工場側がもって管理していました。

牛山： 今回のような工事に伴う作業は、工事側の責任範囲に入るのか、運転の一環として運転側が行う作業なのかを明確にして進めなければなりません。定修や新設工事の際も、工事側から運転側に引き渡すという作業があるはずですが。引き渡し後は運転側が責任を持って実施するし、引渡し前であれば工事側が責任を持つということになります。その場合、運転側の支援が必要な作業であっても、責任の所管は工事側にあることを明確しておく必要があります。

林： 牛山さんの言われる通りで、工事管理の責任範囲、役割分担の問題ですね。運転部門が安全対策を実施した後、安全手続きを経て工事部門が現場の指揮権を引き継いで、協力会社による施工が行われ、工事の完成確認や検収が行われ、運転部門に引き渡される一連の工事管理の体制です。まず工事に際して必要な安全に関わる打合せを関係者で行います。特に危険を伴う火気作業の場合は開催必須です。ここで残液・残ガス・残圧への安全措置、ガス検知や残存物の処理や確認方法、作業に伴う危険性とその対処などが打合せられます。ここが一つ目の回避機会になります。引渡し前の天然ガス置換では責任の所在が曖昧だったのではないのでしょうか。パーズ場所として屋内は最悪ですが屋外への排出方法、換気法、ガス検知法、静電気への対策なども打合せされるべきですね。

司会： 今月は屋内に危険性物質をパーズすること及び嗅覚に頼ってガス置換作業を管理することの危険性を取り上げています。仮設配管等を用いて屋外の安全な場所にてパーズを行い、ガス検知器を用いて適切に大気をモニターすれば類似の事故は必ず防止できると思います。また、嗅覚は非常に優れたセンサーですが、長時間同じ環境に曝されると、その能力は低下してしまうことを再度認識すべきと思いました。皆様、貴重なご意見や経験談をありがとうございました。

キーワード: 屋内でのパーズ作業、可燃性ガス、ガス検知器、嗅覚、五感、爆発下限界、スプレー缶、付臭剤、嗅盲、協力会社と合同で行う作業、所掌範囲の明確化、JSA(作業安全分析)

【談話室メンバー】

飯濱 慶、今出善久、牛山 啓、金原 聖、木村雄二、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、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