

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2014年11月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の <b>安全談話室</b>(No.101) <a href="http://www.sce-net.jp/anzen.html">http://www.sce-net.jp/anzen.html</a></p>	<p>化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 山岡龍介)</p>
---	---	---

今月のテーマ: 30年前—LPGの惨事

(PSB 翻訳担当: 加治久継、山岡龍介、小谷卓也(纏め))

司会: 今から丁度 30 年前に発生したメキシコシティーLPG基地の大規模な爆発事故は、2009 年 11 月号でも取り上げられ、そこでは BLEVE(沸騰液体蒸気膨張爆発)の説明が主体でしたが、今月号は、大惨事になった色々な安全上の不備にスポットを当てています。まず、本記事についてのご感想、ご意見をお願いします。

山岡: 「BLEVE」は内容物が引火性液体の場合に火災を伴い大きな災害になることが多いですが、BLEVE の条件にならなくても、内容物が引火性液体や可燃性ガスの場合には設備の破損や運転上のミスなどによる漏れで火災が発生します。この記事は、改めて悲惨な事故・災害を起こさないために設備面や運転面の適切な管理を求めたのだと思います。

牛山: このLPGのターミナルは確かメキシコ市街からティオティワカンに行く途中の郊外にあったと思いますが、この付近は無登録の住民も多くいたようで、被害も予想外に大きくなったようです。このような事故が起きて初めて、工場の危険性が実感されるのでしょうか、日本でも同様なことを過去に経験しています。昭和48年7月に起こった徳山の石油化学工場の爆発事故は、地域への影響も大きく、JRや新幹線もすぐそばを通過していて、事故の際には運行休止になったりしました。このため、その後の法改正で工場と住居地区の間には緑地帯を設置するよう義務付けられ、実際大分のコンビナートでは幅数百メートルの緑地帯が設けられ、できた当初は過剰ではないかと言われながら、現在では良い緩衝地帯になっています。

加治: 大量の可燃性ガス貯蔵庫のわずか130メートルのところに、大勢の人が住んでいること自体信じられない状況です。大事故が起こらないようにすることは当然必要ですが、仮に起こっても人的被害を最小にするには、居住地区から距離をとった貯蔵庫の配置計画が必要なことは言うまでもありません。

小林: 今回の事故の減災に寄与できたかどうか、この記述だけではわかりかねますが、民家方向への可燃性ガス検知器群の設置やガス拡散のシミュレーションによって、早期の危険感知、スチームカーテンなどのガス拡散の遮断設備の動作など打つべき手はあったような気がします。

澁谷: 最初研究所に配属となりましたが、1974 年開発に成功したフッ素樹脂のプラントを五井工場内に建設することになりました。建設チームの一員にもなり、研究所と工場を行き来しながら設計・建設を担当しました。その前年に隣の工場で大事故があり、狭い運河を隔てて事故の残骸を見て、事故の恐ろしさを実感した事を思い出します。この事故の対策として、民家の被害を防ぐため工場近くの大勢の住民がそっくり移転したとのことで、その後は、工場敷地と民家との間に幅の広い安全地帯を確保しなければならなくなったと聞きました。

中村: この事故での問題は、BLEVE の最初の原因になった LPG 流出の原因が、過充填の可能性を述べられているも断定できない状態にあったことだと思います。次の着火源は、グランドフレアーだろうとしています。LPG が流れていれば、着火源としては、いろいろあるでしょう。このような大惨事を食い止めるには、最初の LPG 流出を防ぐことが大事で、次に流出物を着火源に曝さないこととなります。これらは、現場を含めた設計段階での安全検討、運転時のメンテナンスでかなり防げると思います。問題になるのは、東日本大震災での市原市 BLEVE 事故のように LPG 流出の原因が想定外であったことだと思います。通常は、タンク内流体が LPG のところ、たまたまテスト後の空気を除去するために満水状態の時に地震が起こったことであります。今後、この様な事を考慮して、設計条件を、事前に今よりも厳しく検討する必要があると考えます。

小谷: 今の時代とは少し違う古い話を1つ。1950 年代の終わりころの日本では、小規模の化学工場が町はずれの畑の中にポツンと建っており、近くには人家などないという光景がありました。当然のことながら、環境問題という意識は企業にも行政にもない状態でした。それが 1960 年代に入ると次第にまわりに人家が建つようにな

り、工場があることを知りながら住み始めた住民が文句を言い出し、それを煽る言動をする団体が騒ぎ、その対応に苦勞した会社がありました。近所に人が住みつくようになった時に、行政がしっかりしていれば危険防止などを考えたでしょうが。

司会 : 工場で大きな爆発が発生すると近隣の住民にも被害が及び社会的影響が大きくなります。工場だけでなく地域社会の防災にどのように取り組んだらよいでしょう。

竹内: プロセスの危険性を評価する時には、最悪の事故が発生したらプラントの外にどの程度の影響が及ぶかを考慮する必要があります。この LPG 基地の場合、既に人が大勢住んでいた所に建設されたとは考えにくいと思います。むしろ、危険な LPG 基地の近辺に人が住み始めたのではないのでしょうか。日本でも工場の周辺に民家が建ってしまった例は少なくありません。工場と民家が混在している地域では、安全管理が特に大切だと言えます。また、周辺住民には最悪の場合、何が起こり得るのか、その場合はどう行動すべきかなどを知らせておくべきだと思います。

山崎: この LPG ターミナルには、2,400m<sup>3</sup> の大型球形タンクが 2 基、1,600m<sup>3</sup> の小型球形タンクが 4 基、小容量の枕型タンクが 48 基あり、事故時の LPG 貯蔵量は 11,000m<sup>3</sup> と報告されています。その後の調査によると、未明の午前 5 時 30 分に球形タンクと枕型タンクをつなぐ 8 インチの配管が破損して LPG が漏洩。約 10 分後に地上を這って広がったガス雲がグランドフレイアで着火して猛烈な火炎となって小型球形タンクをあぶり、5 分後に BLEVE が発生。吹き上げられた LPG 混合気は直径 300m のファイアーボールとなったと報告されています。火炎にあぶられてから BLEVE を発生する時間は、通常 5~30 分とされていますが、この事故では非常に短時間で BLEVE に移行したようです。なお、大型球形タンク 2 基は、燃え続けたが爆発はまぬがれたようです。この事故には、ガスの漏洩検知と緊急遮断、着火源となったグランドフレイア、BLEVE の発生を遅らせる耐火断熱対策、隣接居住地区、BLEVE 状況下の消火活動、など多くの教訓が含まれています。

平木: 民家との距離の問題ですが、民家のある方向の敷地境界付近には、出来るだけ製造設備を置かないとか、置いても危険性の小さい設備にするなどして、万一事故が起きても民家へ影響がなるべく及ばないような配慮をしていました。しかし小さい工場の場合は民家との距離が近い例がよくあり、火災、ガス漏れなどを心配するとともに、騒音、臭気などの問題でも苦勞することが多いようです。

渡辺: 緊急時の安全設備(ジーゼル発電機、インターロック、消火栓、スプリンクラー、除害設備など)は定期的点検と作動チェックが重要で、万が一の時に働くようにしておかなければなりません。このような保守に係わる作業はシャットダウンした定期修理時に実施していましたが、現在では、この定期修理は保安検査認定制度で 1 年に 1 回から順次 4 年に 1 回と延長が可能になっています。そのため安全設備の保守点検は定期修理に合わせ延長するのではなく、独自に最適な点検期間を決め、きちんと実施していくことです。

工場周辺の人たちに対しては、事故発生時時にはとにかく知らせることが最優先です。年に 1 回の工場全体の防災訓練時には、事故情報と避難の有無について、広報車で周辺の人たちにお知らせしたり、自治会長へ電話連絡したりといった訓練もしました。また、日頃、地域の人たちとは行事に参加したり、説明会を開いたりといったコミュニケーションをとっておくことが大事です。

現場の 3S について触れておりますが、設備管理の初期の活動は清掃点検であり、3S はその全くの基礎といえます。この目的は異常を発見し易くする活動で、3S を徹底して継続していけば設備トラブルが減少し、設備を自ら守るという意識が育ってくるのではないかと思います。

三平: 人命の点から考えると、他の方も指摘されているように、大規模な LPG 基地と民家群との間の保安距離が、一番の問題だったと思いました。周辺に民家が後から増えて来た段階で、基地の管理者は事故発生時のことを考えなかったのでしょうか。対応が安逸に流れてしまいがちになるので、保安距離は法的に厳しく規制する必要があります。

タンク毎でなくてもブロック単位で防液堤があれば、液や蒸気の急速で無制限な拡散が抑えられて、着火の遅延や爆発の小規模化の可能性があったかも知れません。防液堤・防油堤が必須であることを考えさせる事故だと思いました。

敷地が広大な海外のプラントでは、停電や反応異常等による緊急時に可燃物の大量放出で燃焼させる設備として、グランドフレイアがよく使われています。平常は可燃性のベントガスなどを少量流して燃やしているの

で、低い位置での着火源として恐れ存在だと思えます。土地が高い日本では、同じ目的にフレースタックの採用が一般的です。放出する可燃物最大量の燃焼による地上での輻射熱を考慮して設計され、スタックの高さは数十mになります。設備としてはグランドフレアーよりずっと高価ですが、着火源の面では安心です。

司会：みなさんはこのような大規模な事故でなくても、工場などで事故防止のために色々努力されてきたと思います。改めてそれらを思い起こして経験されたことなどお聞かせください。

加治：私の在籍した会社でも、タンクのドレンバルブから漏れ出した可燃性ガス(比重が空気の約2倍)がピットを伝って流れ、加熱炉のところで引火し、大きな火災を起こしたことがあります。幸い人的事故はなかったのですが、ピット内をガスが漂う状態は想定されていませんでした。その事故以来、ガスが漏れ出す可能性や、漏れ出したガスがプラント内でどのように挙動するか、それをどう検知するかなどの議論が繰り返し行われマニュアルや、設備の見直しにつながっております。

小林：特に毒性ガスの漏洩は、外部に対して、ずいぶん注意を払っていました。風速、風向など環境条件によっても違いますから、渡辺さんが言われるような訓練です。従業員は勿論ですが、周辺住民も含めた避難訓練です。これらは繰り返しの訓練が必要です。外部に対しては、“安全だ、安全だ”となりがちですが、本来示すべきはその逆の態度です。

竹内：私は建設プロジェクトを担当していた頃、工事業者の方たちの安全に対する感覚が我々のものと大きく異なることを何度も経験しました。皆さん、口先では誰もが「安全は大切だ」と言うのですが、実際には工期やコストと競合した時、安全の優先度が落ちてしまう傾向があります。勿論、無闇に工期が遅れたり、コストが掛っては困るのですが、事故を起こされてはもっと困ります。このあたりがプロジェクトマネージャーの重要な役割のひとつでした。

牛山：私も工場建設に携わったのは昭和 40～50 年代ですが、当時大竹や徳山の高圧ガス関係工場の爆発事故や水島の重油流出事故など大きな事故が多発し、法制化が厳しく進められたこともあり、地元官庁の行政指導も厳しくなりました。これを受けて、数十基の危険物タンクに散水冷却設備や放水銃を設置し、電源喪失時にも対応できるようディーゼルエンジン駆動の送水ポンプを設置し非常時の対応ができるようにしました。当時はまだどこの会社も大規模な散水設備を設置したところがなく大分恨まれましたが、今では設置が常識になっています。

渡辺：製造工場の技術スタッフをしていた時ですが、1982 年の化学工場の大事故に鑑み、重合プラントの反応の緊急停止剤の検討をしました。緊急停止の判断どうするか、また、停止剤は何にするか、タイミングは、量は、チャージ方法は、といった事項を、実プラントでやる訳にはいかず、ボトルと数リッターの反応器で何十回となく重合し解析したことがあり非常に苦労しました。反応を伴うプロセスに関しては、研究所において、その研究開発段階から暴走反応、異常反応の対応を検討すべきです。

澁谷：フッ素樹脂はポリマーでは石と同じくらい不活性ですが、モノマーは非常に反応性が高く扱うのに細心の注意が必要です。純度の高いモノマーは重合し易く発熱します。また、自己分解し易く発熱します。フッ素樹脂の初期のプラントではモノマーの蒸留塔も防護バリケードで囲まれていました。重合用の高純度モノマーは、低温に保ち(マイナス数十度)且つ重合防止剤を溶解させておくこと、酸素は絶対に入れないことが肝要です。技術的には制御できるようになってはいますが、2004 年に他社ですが鹿島で大事故を起こしています。突発停電後の立ち上げ時に爆発したとのことです。技術的には完成していても、常に在るべき状態を維持するのは非常に難しいことです。特に異常が発生した場合の後始末は、通常では必要とされていない知識・技能も必要になる場合があり、人材育成が難しいです。理想は、誰でも安全に対処できるようにマニュアルが完成されていないとダメなのですが、実際はそこまでの域に到達していないこともあります。特に技術導入し自社では初めての技術の場合、「未知との遭遇」に面食らいます。私は、幸運にも事故にはなりませんでした。蒸留塔の最上部が樹脂で満杯になった事があります。重合防止剤の分散が悪かったのが原因でしたが、今考えても冷や汗が出ます。

山岡： 私が関与したエチレンプラントでは、大量の引火性液体、可燃性の高圧ガスをプラントからタンク、タンクからタンク、タンカーからタンクへ移送する機会が多かったので、移送中の事故を防ぐため、運転部門と荷役部門やタンカー側との連絡を密にし、移送前の段取りだけでなく、移送中の荷役数量やタンクレベルを必ず連絡し、確認し合うようにしていました。

齋藤： 私が 3 年半勤務した小さな有機合成の工場は民家の中に工場がある状況で、フェンスの外は即民家でした。ですから安全には気を遣いましたね。有機合成プロセスではトルエンやメタノールなどの各種の引火性の有機溶剤を扱うだけでなく、特殊な反応試薬を原料として大量に使います。ある原料は粉末が空気中に飛び散るとパチパチと火花を発します。また、いろいろな人名反応も使って目的物を合成しますが、けっこう危ない反応も多かったですね。作業員に徹底させたのは、反応釜の中に絶対に空気(酸素)を入れさせないことでした。あとは引火性物質の洩れの管理です。原料投入にマンホールの開閉を伴うバッチ反応ですから周辺への漏れをゼロにすることはできません。でも管理はできます。若い課長が熱心に現場を教育し、設備面でも改善を進めたこともあります。今年まで約 18 年、保安事故は起こしていませんし、近隣住民との関係も良好です。でも、ヒヤリとしたことも何度かあり、いまでも鮮明に覚えています。

三平： 私は PVC 及びオキシ反応などの有機合成品の大規模プラントに関わりました。大量のモノマーをバッチ反応で扱う PVC プラントでは、停電等による攪拌停止が引き起こす暴走反応対策が大きなテーマで、ポイズンの投入による反応停止法が社内を挙げて開発されました。複数のバッチ反応器で構成する PVC 設備の制御は複雑になりました。自らシーケンス制御の基本設計を行いました。インターロックなど安全対策に相当気を使いました。

司会 日本は石油や化学コンビナートと民家が近接しているところが多く、大きな爆発事故を起こすと、そこで働く人たちや設備だけでなく、近隣の住民、社会にも多大な被害をもたらします。PSBで紹介された事例を他山の石として、改めて安全の重要性を認識し、「あなたにできること」に述べられていることや「談話室」を参考にして事故防止に努力していくことが重要です。本日はたくさんの知見や、経験されたこととお話いただきありがとうございました。

**【談話室メンバー】**

井内謙輔、 牛山 啓、 加治久継、 小谷卓也、 小林浩之、 齋藤興司、 澁谷 徹、  
菅原 仁、 竹内 亮 中村喜久男、 長安敏夫、 日置 敬、 平木一郎、 三平忠宏、  
山岡龍介、 山崎 博、 渡辺紘一