

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2020年3月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の <b>安全談話室</b> (No.165) <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: 齋藤)</p>
----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

今月のテーマ: バキュームカーでも着火して爆発する!

司会: 今月の PSB の事故事例はバキュームカーが酸化性物質を吸い込み、内部で化学反応が起きて爆発し、バキュームカーが大破して有害物質を周辺に飛散させて多数の負傷者を出した事故です。はじめにこの事故の背景と発生時の状況について牛山さんに調べていただきましたので、お話していただきます。

牛山: 事故の詳細報告書が見当たらず詳細は不明ですが、2015年8月に出版された米国運輸省の調査資料によると、このバキュームカー爆発事故は2014年11月18日早朝3:45分頃起こったものです。20本くらいのラベルが貼られていないトート缶から化学物質をバキュームカーに積み込んでいた際に爆発し、1000ガロン(3.75m<sup>3</sup>)以上の化学物質がこぼれ、それが危険物を含む一連の爆発を引き起こしたようです。おそらくトート缶のどれかに亜塩素酸ナトリウムが入っていたものと思われます。この工場内には未届けや届け出以上の数量の危険物質が保管されていて、事故当日には Defense Logistics Agency の査察が入ることになり、急遽バキュームカーで他所へ移送しようとしていたようです。この事故後、会社のチェアマンをはじめ CEO、現場管理者など経営幹部監督者など9名が、危険物廃棄の謀議、業務妨害、重大な危険隠匿、危険物質廃棄、不安全廃棄行為、情報隠匿などなどの罪で告訴されています。

司会: ありがとうございます。それではまずこの事例に関してご感想やご意見をお願いいたします。

金原: 亜塩素酸ナトリウムの存在が確認されたということですが、この物質はアルデヒドからカルボン酸を得るのに用いられるくらいの酸化力を持つ物質なので、何かと反応して酸化反応が起こり発熱して温度が上がり、別の反応が起きたのか、ある物質が着火温度を越えて爆発した可能性も考えられます。ただ、亜塩素酸ナトリウムが酸化剤として作用するのは酸性域なので、酸が存在してpHが下がっていたのでしょうか。その意味でも受け入れ排水のpH管理が必要です。バキュームカーはピットのような開放型の廃水槽から液を移すのに使われます。タンクの廃水などは備え付けのポンプでローリーに移すのが普通です。通常、廃水のローリーは専用で、混載はしませんので、日本ではこのような事故は考えにくいですね。

山岡: PSBの記事では、バキュームカーの爆発は、前荷の何かの物質と亜塩素酸ナトリウムの反応による発熱で爆発に至ったように読めます。したがって、このようなケースでは前荷との混合に危険がないかを確認して荷積み作業に入らなければならいけません。ところが、この事故の実態は、そのような確認をしないばかりか、法違反も犯しているようなので論外です。この企業のマネジメントの問題もあるように思います。

三平: プラント内で可燃性物質を含む廃液などの移送に直接バキュームカーを使うことはあまりないのではありませんか。日本では普通はまずタンクやピットに貯めてから固定のポンプでローリーへ移して運ぶと思います。私自身は今回の記事のようなやり方でバキュームカーを使用した例を知りません。

山本: 小さな会社では廃水処理を業者に委託することもあり、バキュームカーを使うことはあると思います。

金原: 私のいた工場では1回だけ経験があります。ある廃水のSSが高くて処理できず、薬剤を入れて処理しましたが、自分の工場では処理できないのでやむをえずバキュームカーで吸い取って処理業者に処理してもらったことがあります。しかし、あくまで非常時の対応ですね。

春山: 大きなプラントでは定期修理のときに廃水処理のヘドロなどをバキュームカーで運ぶことはよくあります。定修時期のコンビナートではこの種のバキュームカーが走りまわっているのをよく見かけますよ。

松井: 廃水中の有機物が多い場合、例えば食品会社の廃水などは廃水に酸化剤を加えて処理して有機物量を減らすことがよく行われます。

金原: 酸化剤のような薬剤を使う場合はその量をきちんと管理することが重要ですが、このPSBの事例は酸化剤の濃度がかなり高かったように思えます。

牛山: この会社はいろいろなところから廃水をバキュームカーで集めてきて、この工場ですべて処理していたようです。見つかったのは困る物質を隠そうとしてバキュームカーを使ったようで普通はやらない作業だろうと思わ

れます。

竹内： この事故直後のニュース記事を目にしましたが、水を掛けてはいけない化学物質があるため消火活動が困難であるとの記述がありました。一方、SDS によれば、亜塩素酸ナトリウムの火災は大量の水で消火するとされています。事故の現場には他にも色々な化学物質があったものと推測されます。

金原： この事故ではバキュームカーの後部がすっ飛んだとのこと。かなりの爆発力だったことが伺えます。四日市の工場での熱交換器の蓋が飛んだ事故を連想させますね。この PSB の事例は酸化反応が起きたため、原因として静電気についての可能性は低いと考えますが、油やスラリーのように二相の混合物を受入れ時に攪拌効果によって混合した後、相分離した時に液面の電位が向上することがあります。その時に空気が存在し、爆発混合気を形成すれば、爆発の可能性はあるとは言えます。いずれにしても異種廃液・排水を混載することが問題であると考えます。

司会： この PSB の事故は、不適切なバキュームカーの使用が原因で起きました。普通の現場では考えられない事例だと思えますが、私たちの現場に活かすとしたらどのようなことが考えられますか。

春山： この PSB から何を学び取るかを考えてみますと、最近の廃棄物処理工場での火災の多発が思い浮かびます。原因の多くが混触不適合物によるものです。混触とか混合というのはこわいです。混触とか混合禁忌物質のこわさをもっと強調してもいいと思います。

今出： この事故はバキュームカーを本来使うべきでない作業に使ったことが問題です。このような非定常作業をやる場合には事前に安全性を評価する仕組みが必要ですね。

牛山： 正しい使い方をする場合でも、廃液を受入れる処理業者が組成や性状をしっかりとチェックをしているかどうか問題です。前荷はきれいに洗浄することが必要ですが、廃水の場合にはどこまでチェックをしているのでしょうかね。

今出： プロセスで出る汚泥などの廃液の場合は、分析結果を示さないと処理業者に引き取ってもらえませんね。

牛山： そうですね。近年は PRTR 法などが整備されましたので、排水でも業者に廃棄を依頼する場合は、依頼元が分析をきちんとして提示したうえで引き取り依頼します。

齋藤： 今は原材料については非常にうるさくなっています。品質マネジメントシステムなどでローリーの前荷についても確認するよう定めている場合も多いと思います。有機廃液については処理業者と組成等について書類を交わしているのが普通です。廃水は水質指標については交わすでしょうが混入物まではどうでしょうか。

竹内： この PSB の事例は廃水処理業者の例ですから、作業員は内容物についてはあまり気にしていなかったかもしれませぬ。廃水と思っていたら危険物が一緒に入っていて爆発した例が「若い技術者のためのプロセス安全入門」にも書かれています。

山岡： 国内の事業所で起きた事例ですが、プロセス廃水を廃水タンクに入れて放置しておいたら、廃水中に溶け込んでいた可燃性ガスが徐々に気化してタンクの上部に溜まり、爆発範囲に入って爆発した事例です。廃水に溶解する可燃性ガスが微量なため注意が行き届かなかったようです。プロセス廃水の保管には注意が必要です。

竹内： 廃水処理業者の現場には化学に詳しい人がいるのではありませんか。

金原： それはもう、この業界は過去に痛い目に何度もあっていますから、深い化学の知識を持っている方が育っています。特に混合危険に関する知識は幅広く、深いと考えます。

齋藤： 有機廃水処理の工場にも必ず化学に精通した技術者がいます。かなり危険な物質も扱いますし、蒸留回収設備や廃液燃焼設備などを持っている業者も多いですから。それに、廃水処理も廃液処理も排水や排ガスの法規制が厳しいですから、必ず専門家を配置していると思います。

金原： 事前にサンプルを送って頼むことも多いですね。

澤： プロセスの予期せぬアプセットなどで液が漏れたりすることがありますが、現場としてはそういう時は早く処理したいですから業者に頼んでバキュームカーで吸い取ることはありますね。

金原： 経験談を一つお話します。以前にもお話したことがありますが、ある工場で、様々な薬液を使って洗浄することによって製品を精製するプロセスがありました。当然、各種の廃液が出てきます。増産するために別の工場に新設した時、廃液処理設備のプロセスを簡素化したために混合危険によるトラブルが発生しました。各ステップで出てくる廃液を一つのタンクで受け入れていたのですが、少量残る構造であったために前ステッ

プの廃液が残り、次ステップの廃液と混合することによって発熱したのです。その混合液を抜いた後、やはり少し残りました。そして温度も上がっていました、そこに次のステップの廃液を受け入れたところ、反応が進行し、内液が固化していました。幸い、人的被害や環境問題も発生しなかったのですが、残量がもう少し多かったら、被害はもっと大きかったと考えます。原因は、新設する時に元の設計思想が正しく伝授されなかった為、設計に反映されなかったのです。元のプロセスでは、廃液が残らない構造でしたし、受け入れタンクも複数あり、そもそも混合することがなかったのです。メインプロセスはしっかりと防災対策が取られるのですが、往々にして廃液処理設備は目が行き届かず、安易な設計をしてしまいます。でも本当に怖いのは廃液です。しっかりとした、処理システムを構築する必要があります。

塩谷： 研究所では取扱物質が多岐にわたり、廃液類の性状が日々変化します。シアン化合物等毒性物質含有廃液、塩素化合物系溶剤、一般溶剤、酸、アルカリ等に分別して廃棄するよう管理していましたが、安易に廃棄してしまうケースもあり、その徹底に苦労しました。ガス状物質の発生により廃液容器が加圧されるトラブルもあり、管理の徹底は重要です。

澤： バキュームカーではなく真空掃除機の経験です。エポキシ工場の現場で原料のビスフェノール-A の粉体を大量にこぼしてしまいました。急いで業者に連絡して真空掃除機を用意してもらい、粉体を吸い取ってもらったのですが、しばらくして掃除機内でバリバリバリというおかしい音がしたのですぐに作業を止めました。粉体を大量に吸い込んで内部で固化して異常が起きたようです。真空の機器は便利ですが、業者に頼んでもすぐに防爆タイプの機器が使えるわけではなく、使い方には注意が必要です。

司会： バキュームカーや廃水・廃液等の管理・ルールに関してのご経験やご意見がありましたらお願いします。

竹内： このPSBの“あなたにできること”に、「多くの会社ではバキュームカーの操作を安全に管理するために許可制度を採用している」とありますが、日本の現場ではどうなのでしょう。

金原： バキュームカーに関連する作業はほとんどが非正常作業に属するものですので、非正常作業届や各社・各工場のルールに従っていると思います。

飯濱： 私のいた工場では定期的に泡消火設備の作動試験をやることになっておりました。当時在庫していた古いタイプの泡消火剤は環境上問題があることが後から判り、自社の排水処理槽に放流もできなかったので事前に廃液処理業者に頼んでバキュームカーで吸い取って処理してもらったことがあります。事前に消防署にも連絡して許可をもらいましたが、あまりやられない試験ということで署員が試験に立ち会うという経験をさせてもらいました。これなど非正常操作そのものですね。

金原： バキュームカーはあまり使ったことがありませんが、バキュームカー以外でも定常的に廃液処理業者を使う場合は作業標準書を作って責任範囲を明確化しておくことが必要だと思います。そして、1～2年に1回でいいと思いますが時々現場での作業に立ち会うことですね。

春山： プラントの定期修理のときなどは非正常作業許可証を発行して協力会社さんに渡して説明しました。そして担当者が現場で立ち会ってチェックするというやりかたをとりましたね。爆発火災の可能性のあるような危険な廃液は扱ったことはありません。

竹内： お聞きしていますと、日本ではバキュームカー作業について作業許可制を採用している会社はなさそうですね。

金原： 日本では廃液はタンクを作ってそこに貯めますが、米国では土地が広いですから敷地内にピットを掘って廃水をそこにに入れて処理することもあるようです。

竹内： このPSBの“あなたにできること”の第3項に「積み下ろしする車両は全て接地・ボンディングされていること」とありますが、すべての車両に接地・ボンディングをするのでしょうか。危険物の場合には当然実施していると思いますが、宅配業者のトラックや機器を積んだユニック車なども来ますから、この表現はややオーバーではありませんか。

齋藤： 日本ではやっていますよ。荷積み・荷下ろし場所にはアースステーションがあって、塩酸やカセイソーダのような非可燃物の場合でも運転手はそれを使って接地するのが習慣になっていると思います。静電気は諸悪の根源です。

山岡： 可燃性のガスや蒸気を車両に充填したり車両から設備に充填するときにはその接続配管も含めて接地・ボ

ンディングなどの静電気対策をするように決められています。

春山：日本では構内に車両が入る場合には必ずルールがあります。マフラーには金網の消炎装置(フレームアレスタ)をつけるとか、走行してよい道路以外には入らないとか。この PSB の指摘は、表現は別にして、日本の工場の現場でも何らかの形でルール化されていると思います。

金原：話は少し変わりますが、現場で使うフォークリフトの煙道と排気口は数百度とかなりの高温で着火源になりえます。ある工場ではこれが原因で事故を起こしたという話も聞いたことがあります。

齋藤：最近では電動フォークリフトが広く使われるようになりました。特に製薬会社など建物の中で使う場合にはほとんどが電動フォークに変わっていると思います。安全ですし、微粒子も出しませんから。

木村：一部では燃料電池フォークリフトも使われるようになっていきます。

澤：最後にポリエーテルポリオール工場の廃棄物による事故の経験をお話ししましょう。一つは原料に使うエチレンオキシドの廃液に関係する事故で、エチレンオキシドを入れていた球形タンクを検査のため水で洗浄して、その廃水を大きなタンクカー(貨車)に入れて保管しました。エチレンオキシド濃度が 30% くらいの廃水でしたが、30 日ぐらい放置していたら突然シューという音がしてガスが噴き出し、タンクカーが爆発して大きな事故になりました。廃水でも溶解している物質によっては大事故になることがあるという一例です。もう一つは廃水処理の工夫の例ですが、エチレンオキシドのタンクの法定検査のためにタンクを水で洗った廃水をどうするかが問題になりました。廃液処理業者とも相談してエチレングリコールなら問題ないということで、洗浄廃水を空いていた反応器に入れ、ゆっくり昇温してエチレングリコールに転化させ、廃液業者にひきとってもらって安全に法的にも問題なく処理できたという例です。

山本：化学プロセスの安全知識として最も重要なのは、取り扱う化学物質の反応危険性や異なる化学物質との反応危険性を知ることだと思います。2016 年 7 月の Beacon([http://sce-net.jp/main/group/anzen/anzen\\_danwa/](http://sce-net.jp/main/group/anzen/anzen_danwa/))でも紹介しましたが、CCPS から CRW(Chemical Reactivity Worksheet)という、約 5,200 種類の化学物質の反応危険性を載せたデータベースが提供されていますので、これを利用するのも良い方法だと思います。CRW は次のサイトからダウンロードすることができます。

(<http://www.aiche.org/ccps/resources/chemical-reactivity-worksheet-40>)

司会：今月号は、バキュームカーでも適切に取り扱わないと爆発することもあるという事例でしたが、話はバキュームカーにとどまらず、廃水・廃液全般にまで広がりました。いずれも多くが非定常作業で、処理業者に作業を委託することが多く、作業管理やコミュニケーションに皆さん工夫されていることがよくわかりました。長時間の熱心なご討議、ありがとうございました。

キーワード：バキュームカー、廃水、廃液、ヘドロ、亜塩素酸ナトリウム、化学物質の反応危険性、廃水処理業者、廃液処理業者、定期修理、非定常作業、プロセス簡素化、真空掃除機、作業許可制度、泡消火剤、車両入構ルール

#### 【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

以上