

<p>PSB (Process Safety Beacon) 2017年10月号 の内容に対応</p>	<p>SCE・Net の 安全談話室 (No.136) http://www.sce-net.jp/anzen.html</p>	<p>化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 三平忠宏)</p>
-----------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

今月のテーマ: 警報類は警告となっているか

(PSB 翻訳担当: 澁谷 徹、三平忠宏、竹内 亮)

司会: 今月号はイソップ物語の「オオカミ少年」を例えにして、プラントの運転における警報の無視がテーマに取り上げられています。事故事例では反応器のラプチャーディスク(破裂板 以降用語を統一)が破裂して内容物の塩化メチルが放出され、警報が作動したにもかかわらず、過去の誤報に慣れていたために無視して5日間も放置されました。この事故をもとにして警報に関する提言がまとめられています。記載されている内容では事故の細部について不明点が多いので、どなたか追加説明をしていただけないでしょうか。

牛山: この事故はウェストバージニア州のデュポン社ベル工場で発生したもので、33時間で3件続いた漏れ事故の最初の事故です。(他の2件は発煙硫酸とホスゲン) この工場では除草剤の中間体を製造しており、反応器のオフガスをスクラバーにベントする配管に、スクラバー保護のため破裂板がついていました。この破裂板には導線をつけたプラスチックフィルムが付いていて、破裂板が作動した際、その導線が切断されるのを感じて警報を出すようになっていましたが、最初は電源がバッテリーだったため、頻りに電池切れによる誤警報が出て、警報の信頼性が薄れたようです。このため、前年の6月には電源を通常電源に変更し、電源切れの誤報は改善したようですが、他の断線トラブルや破裂板そのもののトラブルも多く、頻りに点検のため取り外していることもあって、運転員は警報を信頼しないようになっていたようです。この設備は前年9月から1月17日まで長期のメンテナンス停止をしていて、事故が起こったのは再スタート後最初のバッチ運転の際だったようですが、運転開始前の窒素による気密テスト時に破裂板が作動しこの際に出た警報は運転員が知っていましたが、保全作業によるものと報告せず無視されたそうです。このため運転開始後塩化メチルの放出は、漏れ発見まで5日間間歇的に行われていて、結局1t近くの放出量になったようです。

竹内: 事故報告書の「事故の背景」を見ると「設置の際に十分な検討がされず、0.5インチのウィーブホール(液抜き穴 以降用語を統一)が建屋内に設置され、破裂板が割れたら危険な化学物質が室内に漏れるようになっていた」と書かれています。写真を見ても破裂板周辺は色が他の部分と異なり、改造が行われたように見えます。変更管理の不徹底が一因だろうと思います。

司会: 牛山さんと竹内さんからの追加情報を合わせても、この事故は我々が経験した日本のプラントと様子がかなり違っているように思います。感想や意見をお聞かせください。

澤: 事故事例のプラントのシステムについては疑問があります。エンジニアリングにいろいろと問題があるように思います。

山岡: PSBの事例に加え、上記の牛山さんの情報の後段、「このため」以降の内容を聞きますと、「オオカミ少年」の問題以前に、この職場の安全確保への無関心さを感じて気になりました。

竹内: 写真をよく見ると、古いプラントを改造したように見えますね。破裂板と液抜き穴の位置関係から、破裂板の上に液がある程度溜まらないと抜けにくい構造になっています。破裂板が割れる前に液抜き穴から液が出るのだとしたら、破裂板上に液が溜まることは避けるべきですし、割れたことで液が出るのであれば、この構造では液を出すことができません。設計に問題があるように思います。

井内: 液抜き穴は下流がベントに繋がりが、液は室内に放出されるようになっています。ベントの雨水の放出を想定しているのでしょうか、破裂版の吹き出しを考えると危険ですね。液抜き穴は、室外に導く必要があると思います。

司会: 塩化メチルは沸点が-24.2℃、蒸気圧は20℃で480Kpaと高圧ガスに相当します。異常昇圧時の脱圧手段として破裂板を直接使用していますが、降圧により吹き止まる安全弁を使わないのでしょうか。また一般計装のPIAH(圧力指示上限警報)を併用して破裂板の作動前に警報を出すようにしていなかったのでしょうか。破裂板がキーポイントだと思いますので、各自の経験を話していただけないでしょうか。

齋藤： 破裂板の利点を使って、最近のプラントでは破裂板と安全弁を直列に配置してよく併用されています。

澤： 破裂板はリーク(漏れ)をしっかりと確認する必要があるのではないのでしょうか。

齋藤： 下の破裂板と上の安全弁の間に、圧力ゲージを付けた短管を挟んで、破裂板の漏れをチェックできるようにしていました。シンプルですが確実です。

渡辺： 私が入社した 1966 年頃には重合釜は破裂板と安全弁は直列に設置されていました。それらの配置方法は齋藤さんの言われた通りで、管理は中間の圧力計の読みで、異常であれば破裂板の交換を実施しました。破裂板のセットは芯がずれたり、片締めしたりすると破れるので、慎重に取り付けたことを覚えています。

井内： 安全弁の内部は材質的に見て腐食されることも多く、要するに重合物や腐食性物質が安全弁に入らないように、縁切りのために耐食性の高い材料を使った破裂板を使うこともあります。その場合も、当然破裂版の下流に圧力ゲージでのチェックが必要ですね。また、定修ごとに破裂版に異常がないか点検することも必要ですね。

三平： ポリ塩化ビニルはバッチ重合で反応器が停止する時間があり、安全弁の簡単な点検や整備したものとの交換が容易でしたので破裂板との併用はしませんでした。

小谷： 初期の破裂板は信頼性が低くてなかなか通用しませんでした。通用するようになってから安全弁との併用などに使うようになったのです。

澤： エポキシ樹脂の重合反応器に使った破裂板では、コーティングのように膜が出来ていざという時に作動が遅くなるのです。

澁谷： フッ素樹脂の重合ではすごく大きくなる安全弁を付けずに、破裂板だけを付けていました。当時は信頼性の面から 5 枚作らせ、2 枚テストして合格したら残りを受け取って使用するやり方でした。

山岡： 破裂板は反応器等で圧力が急上昇した場合に、すぐに脱圧できる効果が大きいです。塩化メチルのように温度上昇とともに急激に圧力が上がるケースでは、安全弁では対応できないので、破裂板を選択して付けたのではないのでしょうか。また水の影響については、塩化メチルは毒性ガスで除害剤に水が使えるので、水で洗い流すようにしていて、それが残った時に液抜き穴から抜くようにしたのかもしれない。

齋藤： 塩素とメタンから塩化メチル等のクロロメタン類を製造しているプラントの反応器には、今は除害装置を付けていますが、昔は破裂板が作動すると除害はせずに直接大気へ出していました。塩素-メタン混合ガス系には爆発範囲があり、希釈ガスとしての塩化水素の比率によっては爆発範囲に入ります。爆発反応が起きた時は破裂板でないと安全に脱圧することが困難です。

長安： PSB の 2012 年 11 月号に破裂板と安全弁を直列につないだ部分の写真があり、この写真の異常を見つけなさい、という記事です。破裂板と安全弁の間の配管に圧力指示計が取り付けられ、これが高圧を示している写真です。圧力が上がっているということは、破裂板が破損したか亀裂を生じたかの異常を起こしていることに気づきなさい、という答えも求めているものです。ついですが、このような構造はたとえば腐食性ガスの扱いで、安全弁の材質選定が難しい(破裂板なら耐食性材質を選びやすい)場合などに採用されます。

司会： プロセスプラントの警報装置の異常などにより起きたトラブルや事故について、ご自身の経験や身近な見聞があればお聞かせください。また国内外で起きた普遍的なトラブルや事故の例も紹介してください。

山本： 警報に接続するセンサーは定期的に保守・点検する必要があります。その例ですが、研究棟の設備室(一階)に多数の窒素ポンペを配列して配管で接続し、窒素ガスを各フロアに送るようにしていました。そして、窒素ガスが漏れて設備室内が酸欠状態にならないように、酸素濃度計を設備室内に設置し、酸素濃度が 19%以下になると設備室外で警報が鳴り、ランプが点灯するようになっていました。ある深夜のことですが、それが作動して警備員に呼び出されたことがありました。結局、酸素濃度計を設置して 5 年以上も経っており、それが劣化して誤報を出したことが分かりました。現在は毎年メーカーに点検してもらい、酸素濃度計の近くに点検日の記録を表記するようにしています。

澤： タンク内作業などで酸素濃度をチェックする酸素濃度計は、法令で 1 年に 1 回検定が必要です。それを抜かすことがよくあるので気を付けなければなりません。

飯濱： 山本さんの話に出たような窒素ガスを大量に使う設備を設置した部屋があり、酸素濃度 18%の基準ガスを用いて定期的に酸素濃度計を校正していましたが、やはりセンサーの劣化で誤報が出たことがあります。

山岡： 誤報でプラントが止まった例があります。計器盤の裏側で作業していて、現場との連絡に使っていたトランシ

ーバーからの電波が、緊急停止に関係する主要計器に感応してプラントが自動停止しました。その計器はすぐ交換して再スタートしましたが、原因解明に手間取りました。近くの電波塔や飛行機からの電波など他の原因も当たりましたが、結局トランシーバーの発するある周波数の電波が計器に感応したためでした。これを機にトランシーバーによる連絡を禁止しました。

渡辺： 警報装置ではありませんが、遠くの雷によるノイズが原因で、プロセスに付属する金属探知機が誤作動してしまい、数10トンもの製品をロット抑えし、全数を、再度、金属の検知を実施したことがありました。雷による電磁障害には注意が必要です。

竹内： 会社で行った感電対策で事務機器等にアースを取った為、近くに落雷した時に地中から逆に大電流が来て機器が壊れたことがあります。その後、私は自宅のパソコンや FAX 等でも雷サージ付きのタップを使用しています。ところで最近話題となって気になっていたことに太陽フレアがあります。この影響で GPS や通信などに障害が出る可能性があると報道されました。今回は大きな影響が出なかったようですが、プラントで使用している電子機器への影響も気になります。

澤： 昔は飛行機の中で電話を使わないなどありましたが、現在は回路が研究されてノイズ対策が進んでいて、あまり問題にならなくなったように思います。

司会： 頻繁に作動するなどしてオペレーターの手のかかる警報は、トラブルや事故につながる可能性があります。このようなケースの経験や効果的な対処方法をお聞かせください。

竹内： あるプロセスで、社内で初めて DCS を導入した時のことですが、試運転の時点でセットポイントを調整するのに随分と苦労しました。試運転に参加したオペレーターは警報が鳴ると手が自然にアクノレッジ・ボタンを押すようになりました。無用なアラームは人間の感度を落とすだけで、有害だと実感しました。

澤： この関連で問題が起きると、製造部門に所属しているエンジニアがハード、ソフトの面からいろいろと対応していました。彼らが自分の責任でコントロールプログラムを書くことになっていました。

渡辺： 昔我々がやったのはアラームのランプの色やブザーの音を変えて、識別を容易にしていました。これらの設計指針は基本的なもので、詳細については運転側で設定を検討しました。アラームの不要か不適かは、安全を第一に考え、徹底的に合理化しました。大変だと思ったのはスタート、ストップ時のアラームをどうするかでした。これは簡素化が容易に出来ませんでした。

三平： バッチプラントでは各操作の区切りをオペレーターに知らせる必要があり、その報知についてはランプの位置と色、さらにブザーの音を一般警報のものと変えていました。一般警報のうちで重大なものはランプの色を赤にしていました。

竹内： 現場に配置している盤では、パトライトの色を変えて識別できるようにしているものもありました。

渡辺： アラームを減らすには、やはり工程の安定化の取り組みを徹底して進めるのが大事だと思います。アラームの回数が少ないほどプラントの完成度が高く、安全で安定なプロセスであることを担当したプラントの実例で実感しました。余談ですが、現場の改善グループなどでの工程安定化の取り組みの評価は、アラームの回数で見ていくのがわかり易いですね。

山岡： TPM(Total Productive Management)活動で、アラームが一日に何回鳴るか、何故鳴ったのかを調べ、それをもとにアラーム回数を減らす取り組みをして相当数減らし、運転者の「またか」も減りました。

井内： 昔はプラントを極力止めたくなかったので、エマージェンシーのアラーム処理が大変でした。たくさんのパネルで多くのアラームが作動するのに苦労していました。当時は、運転員の教育と勘に頼らざるを得なかったと思います。幸か不幸か、小さなトラブルが結構頻繁に発生していましたので、それが一種のトレーニングになっていたのかもしれない。

三平： 今は DCS を使用しているので、エマージェンシー時には DCS 画面がエマージェンシー専用画面に自動的に切り替わって、オペレーターは数少ない重要計器を監視するようになっています。

竹内： 新しいプラントには DCS を使用していますが、古いプラントなどでは計装パネルで運転しているところがまだあり、アラーム処理に苦労しているのではないかと思います。

飯濱： 私がいた会社では、2011年から2016年にかけて、アラーム・マネジメント・プロジェクトという活動が本社エンジニアリング部を中心に行われていました。私が2012年-2015年の間担当した工場でもプロジェクトチームを組んで 2000 以上の全アラームを安全上の重要度別に再点検し、不要・不急アラームの大幅な削減を行うと

共に、それら変更を含めたハイレベル運転手順書の大改訂を行っていました。

司会： 警報の設定点の変更や作動時の対処法の変更を行う際の変更管理について、実際に行った経験やそこで工夫されたこと、あるいは注意すべき事項があればお聞かせください。

竹内： 先程のプラントとは別のプラントで DCS のリプレースを行った時は、コントロール・パラメーターを変えない様に気を配ったのですが、コンピュータのレスポンスが早くなった為にプロセスとの関係が崩れて、結局は調整が必要になりました。ただ、権限のある人だけが設定値を変更できるように、パラメーター変更画面には鍵を掛けていました。

飯濱： 私も竹内さんと同じ会社の別工場にいましたが、安全警報設定点およびプロセスパラメータの変更は、変更管理基準にもとづいてプロセス安全委員会の承認後に、エンジニアリング部の計装技術者(この人もプロセス安全委員会のメンバーの一人)が変更していました。DCS ボードの鍵は製造課長が保管し、承認を得た変更作業許可証に基づいてその計装技術者に貸し出しをしていました。

澤： 前の設問で述べたように、製造部門に所属しているエンジニアが自身の責任で変更管理を行い、ハード、ソフトの面からいろいろと対応していました。

三平： 今は計器類がすべて DCS 化されているので、オペレーターは変更したいときに、専任のシステムエンジニアにこうして欲しいと変更管理に基づいて文書で依頼しているようです。

竹内： PID 制御のパラメーターの設定点変更は、エンジニアとしてはある程度は試してみたい部分もありますので、どこまで変更管理の対象にするかが悩ましいところです。

澤： アラームの設定値の変更では、エンジニアがキーを使って開いて行うようにしていますが、オペレーターが保管場所からキーを取り出して変更したことがありました。

小谷： システムを作っただけでは安心できません。それを普段から注意して点検することが大事です。

長安： 一般的な変更管理ですが、私が勤めていた時の経験では、主要な関係者を集めて検討会を実施して必要な処置を実施する程度でしたが、今は必ず関係者全員に内容を連絡し、事前に検討会をやり、さらに進め方の訓練もしているようですね。

渡辺： 昔の警報の変更については年 1 回の定修の時に設定をオーソライズしていました。但し、それらの変更管理はしっかりと行っていませんで、管理者とスタッフで目を通すやり方でした。PID の設定変更などは、適時、実験的に実施しており、きちんと管理はしていませんでした。

司会： 今月は警報を無視したために起きた事故事例から、まず詳しい状況の考察とキーポイントの破裂板について多くのコメントをいただきました。さらに警報に関するトラブル・事故の経験、警報の管理手法についても種々の事例が寄せられ、プラント現場で大いに役立つ内容にまとまったと思います。長時間のご討議をありがとうございました。

(キーワード)警報、破裂板、安全弁、液抜き穴、除害装置、酸素濃度計、電波障害、雷による障害、警報の識別管理、緊急時の警報処理、変更管理

【談話室メンバー】

飯濱 慶、井内謙輔、牛山 啓、小谷卓也、齋藤興司、澤 寛、澁谷 徹、竹内 亮、中村喜久男、長安敏夫、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己、渡辺紘一

以上