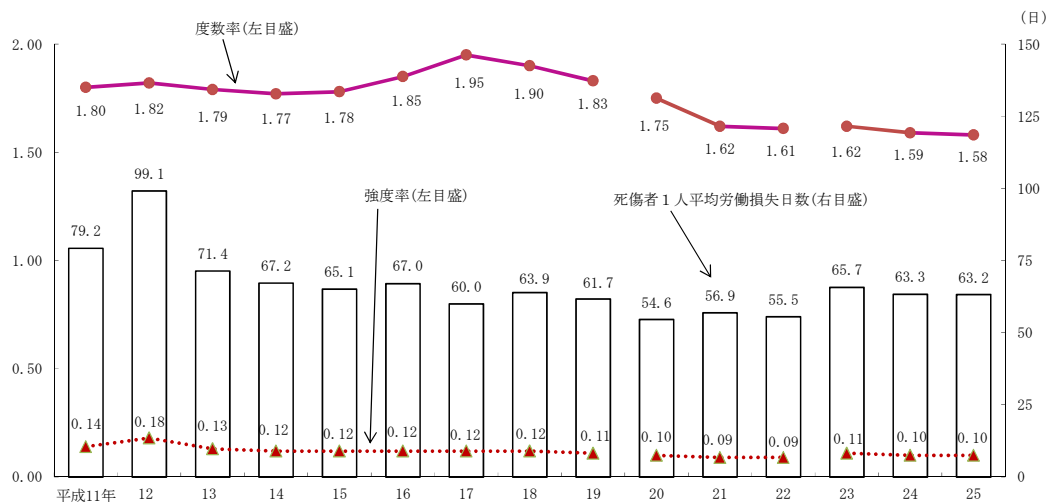


## 近年の化学物質に係る事故の傾向及びそれらの事故対策などについて

(独) 労働安全衛生総合研究所  
 化学安全研究グループ  
 藤本 康弘

日本での労働災害の発生件数や死傷者数は、ここ数年は多少の増減はあるもののほぼ横這いと言ってよい状況であり、さらなる減少には何らかのブレークスルーが必要と考えられます。

第1-1図 労働災害率及び死傷者1人平均労働損失日数の推移  
 【調査産業計（事業所規模100人以上）】



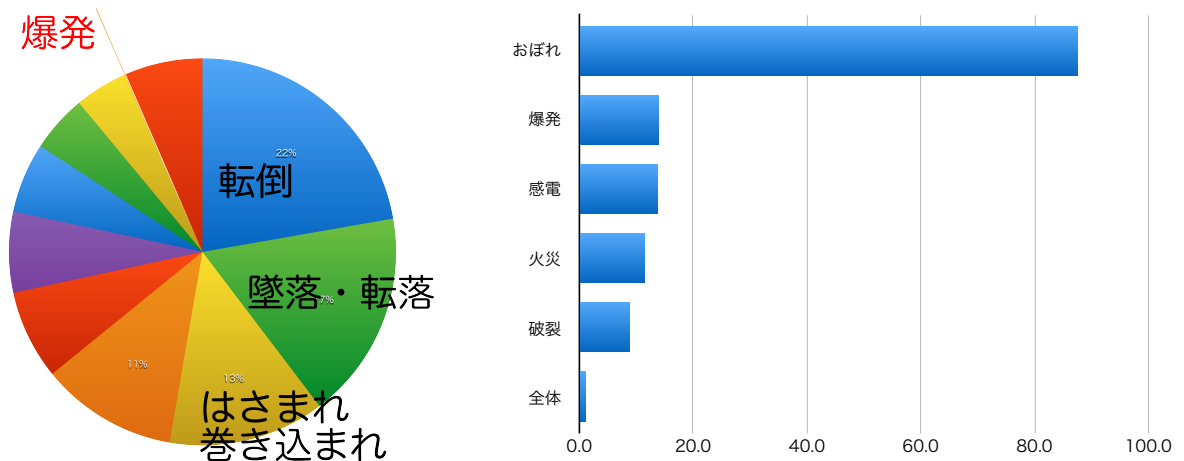
注：1) 平成20年から調査対象産業に「医療、福祉」を追加したため、平成19年以前との時系列比較は注意を要する。  
 2) 平成23年から調査対象産業に「農業、林業」のうち農業を追加したため、平成22年以前との時系列比較は注意を要する。

(厚生労働省 平成25年\_労働災害動向調査より)

厚生労働省の第12次労働災害防止計画（平成25年度～平成29年度）では、現状認識として労働災害は長期的には減少しているが第三次産業（小売、飲食、福祉系サービス業等）では増加していることが示されており、第三次産業を最重点業種に位置づけ、その災害防止に集中的に取り組む姿勢を示しています。また、製造業に対しては、死亡災害に重点を絞り、死亡者数の多い「はさまれ巻き込まれ災害」への対策に重点がおかれており、化学系に関しては、化学物質対策として有害性情報の伝達、表示とそのリスクアセスメントの促進などが謳われています。

それに対して、爆発火災災害の対策については、死亡者の絶対数が少なく、また発生件数自体も減少傾向であったことから、現在の労働災害防止計画の中ではその優先度は必ずしも高いとは言えません。しかし、一旦爆発火災事故が発生すると、多くの方が被災するケースが多く、場合によっては死者を出すこともあります。そしてマスコミなどでも大きく報道されます。そしてこのような爆発事故後にその事業を継続しようとするには、十分な再発防止対策を立てて労働者の方々や周辺住民の方々の不安を取り除いた上で行政の承認が必要となるため、事業の継続を断念する場合も少なくありません。

爆発災害については、件数は少ないですが被害が大きいことから、件数の多寡ではなく重篤度をその評価手法とすべきです。例えば近年の爆発火災災害について、重篤度の一つの指標としての死亡者/死傷者の比率をみると増加傾向が見られます。死亡者/死傷者の比率が5年前の5%から昨年度の15%程度まで増加しているのです。これは、多数の死者を出す重篤な災害の発生割合が増えていることを示します。通常作業時の爆発火災は、現場の方々の努力などで減少傾向にあっても、清掃作業や補修作業といった非常作業時等の作業員密度の高い作業中に発生する災害が減っていない事が一つのその要因とみなせるかもしれません。今後の変化を注視しつつ、上記作業などへの対策が求められます。



平成26年 死傷者数の事故の型別分類                      死亡者/死傷者の比率 (事故の型別分類)  
 (厚生労働省 職場のあんぜんサイト 労働災害統計 速報値より)

本日は、これらの傾向を踏まえた上で、爆発火災事故に関して以下の2点に分けて説明していきます。

1. 爆発災害の概要から見たその背景要因は「慣れ」、その対策は？
2. 非常作業の一例としての保守解体作業、その対策のための最近の研究例。

## 1. 爆発災害の概要から見たその背景要因は「慣れ」。その対策は？.

次に示す表は労働災害としての爆発災害抜粋例（2010～2014）です。

爆発の直接原因は千差万別です。件数で見れば可燃性ガス蒸気の着火が主要な直接原因となることは疑いはありませんが、重篤度が高い災害として重災に限ると、熱分解や自然発火、暴走反応といった反応熱の蓄積に由来する事例の存在感が増してきます。

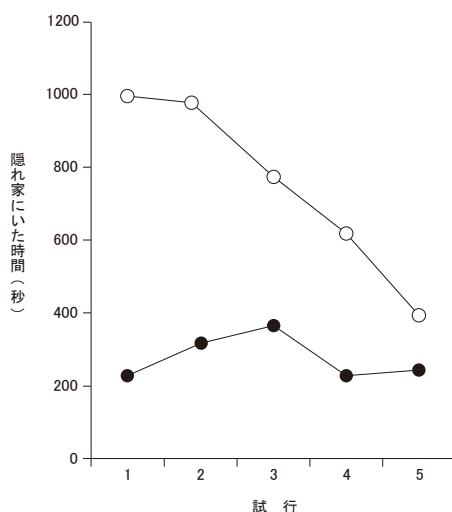
また、間接原因についてその共通項を考えると、多くの場合、**化学物質の取り扱い条件を不適切に拡張**、つまりそれまでの安全に取り扱うことができていた条件を大丈夫だろうと拡大解釈したことが当てはまりそうです。このような条件の不適切な拡張を許した背景には、作業への「慣れ」があるのではないかと、ここでは問題提起したいと思います。

発災場所	発災工程	被害	直接原因	間接原因
製鉄工場	保管工程	重災	過熱による自然発火	長期保管
化学工場	廃棄処理工程	—	可燃性蒸気の着火	新設設備
金属加工工場	非定常作業	重災	金属粉の着火	新設設備
鋳鋼工場	精錬工程	重災	COの急速燃焼	閉塞
合金鉄工場	溶融工程	—	金属塩からの分解ガスによる突沸	作業手順変更
化学工場	非定常作業	重災	不安定物質の分解	設備の不適切管理
穀物倉庫	非定常作業	—	生分解反応による分解ガス	長期保管
リサイクル工場	保管工程	—	混触～熱分解	不適切な混合
リサイクル工場	輸送工程	重災	静電気による可燃性蒸気の着火	不適切な混合
震災復旧工事	非定常作業	—	溶断火災による可燃性ガスの着火	不適切な作業姿勢
非鉄金属製造業	溶解作業	重災	亜鉛蒸気の突沸	作業手順変更
化学工場	保管工程	重災	重合反応の暴走	長期保管
土運船	非定常作業	重災	溶断火災による油圧作動油の着火	油漏れ
工場	非定常作業	—	溶断火災によるCOGの着火	ドレイン開放
化学工場	緊急停止作業	重災	過酸化物の暴走分解反応	インターロック解除
化学製品倉庫	計量工程	重災	静電気による可燃性粉じんの着火	導通不良
清掃工場	輸送工程	—	溶接火災による水素の着火	近傍の溶接作業
石灰工場	圧縮工程	—	テルミット反応	試作品製造
化学工場	緊急停止作業	—	触媒による発熱反応	不適切な温度管理
化学工場	非定常作業	重災	補修作業の火花による水素の着火	設備の不適切使用
化学工場	取り出し工程	重災	熱分解	長時間加熱
パルプ工場	補集工程	—	静電気によるセルロース粉じんの着火	設備の不適切管理
化学工場	洗浄工程	—	過圧	設備の不適切使用
機械製造工場	破碎工程	—	静電気による可燃性蒸気の着火	集じん機停止

慣れ（順化）とは、反応を誘発する刺激が繰り返し呈示された時、その反応の強度が減少する現象と定義されます。これ自体は悪いことではありません。刺激への順化は、とくにその刺激が中立的で動機付けが弱い時に起こりやすいと言われています。つまりすべての外部の刺激にいちいち反応してはとても大変なので、必要なものだけに反応を集中させるための仕組みと考えられます。また、例えば面倒だが繰り返し作業しなければならない事があった時でも、何度も繰り返すうちにその面倒さに慣れて習慣化させることにも役立ち、人間生活を営む上での重要な機能ともいえます。

しかし、この順化という現象には、こんな有名な実験もあります。

猫の匂いのついた首輪を呈示されることによるねずみが隠れ家にいた時間の増加は、連日の呈示による慣れで次第に減少し、徐々に猫の匂いがしない首輪を呈示した群の時間に近くなる。



「メイザーの学習と行動」より

つまり、毎日「狼が来た」と言っていると、そのうちに、誰もその話を信じなくなったという童話の通りです。この時は、人間が首輪を置くという条件であるから、猫がいなかった(安全だった)のであり、ネズミにとっての猫の匂いの危険性は、実は全く変わっていないにもかかわらず、その危険性への認識が甘くなっていることがわかります。

同様に、順化は安全な労働環境作りには必ずしも役に立っていないとも言えます。特に化学プラントにおける爆発事故などのように目の前でその危険が顕在化する機会が極端に少ない（すなわち狼が来ることはほとんど無い）場合は、いかに危険と指摘されていても目の前の環境にその危険性が存在することがなかなか実感できず、己の労働環境は安全だと考えてしまうことが起こり得ます。すなわち、

- ・ これまでこのやり方で上手くいっている
- ・ 危険物というのはわかっているが、日常的に受け入れており特段に対応は必要ない
- ・ 電源を切る等の日常的作業では、トラブルは生じない

など、日常の作業がうまくいっていると、どうしても危険性に関して考えが甘くなりがちで、こうした中で作業を繰り返していくと、いつしか危険を内在した作業に慣れ、危険を軽視することとなります。そして、何もしなくても安全であると勘違いします。実際は、ある条件が満たされているおかげで、安全に作業できたのです。このような場合、危険を内在した作業でありながら見掛け上は労働者にその対応を要求する動機付けが弱いこととなります。このように、危険性認知が順化によって不十分になってしまうと、いかに素晴らしい安全対策を講じていてもその運用には人の作業の介在を完全に排除することが困難であることから、ヒューマンエラーに起因する災害の発生を防ぎきれないこととなります。つまり、せっかく危険性ありという情報があっても危険性が発現しないままその情報だけが繰り返されると、慣れてしまって危険性情報としての意味を持たなくなってしまうのです。

上手くいったことはそれでいいのですが、なぜ安全だったかその条件を正確に把握していないと危険です。取扱条件がどんどん拡張していくことがあるからです。ある条件で安全に取り扱うことができた（ガソリン使ったけど臭いがするだけで火事にならなかった。混ぜたら発熱したけどそんなに高い温度にはならなかった、三日間保管してたけど大丈夫だった）という経験から、もうちょっとガソリンを増やしても大丈夫だろう、似た物質だからこれを混ぜても大丈夫だろう、五日間保管でも大丈夫だろう。．．．というように考えがちです。

作業条件の拡張/変更がある程度大きければ、上層部の判断や工場の技術部の試験などを要求するとしても、些細な変更と思われるものは、現実的にはその是非の判断を作業員当事者もしくは現場責任者などの現場に任せていることも多いと思います。その場合の作業条件の拡張/変更が不適切になるかどうかは、当然ながらその方々の災害に関する知識、体験を基にした判断結果に依存することになります。作業条件の拡張/変更が不適切に行われるのを防ぐ対策としては、安全な作業方法だけを教えるのではなく、その背景にある、**その方法でなぜ安全に作業できるのか**、どこを変えるとどのように危険が増すのかといった情報を、具体的に伝達しておくことが重要です。その知識があって初めて安全だと考えている作業条件の拡張の是非、あるいは上層部などに打診すべきかどうかを判断することが可能となります。そのような教育がなされていない場合は、判断を任せるべきではありません。過去の災害事例に基づくいろいろな災害原因の調査結果などが、この教育のための有効な資料になると思います。

また、**爆発の実際の規模を知る**ということも大切です。作業条件の拡張変更にあたっての判断にあたっては、**判断に失敗した時どれだけのペナルティがあるのかを正しく認識**していないと、不用意に怖がる、あるいはその逆の無鉄砲な挑戦につながってしまいます。爆発したらどうなるかをイメージできていれば、目の前の作業条件の拡張/変更の判断がどれだけ重要かがわかってきます。また、いざという時のために、どのような位置で作業した方が良いかや避難方法などを考えるきっかけにもなります。試験室などでの爆発実験や、ビデオ映像、各種シミュレータなどの利用によって、できるだけ実際の作業と関連付けた形で爆発をイメージできるようにすると効果が高いと思います。

化学プラントにおける爆発事故などのような目の前でその危険が顕在化する機会が極端に少ない（すなわち狼が来ることはほとんど無い）場合の日常作業の慣れ（安全への過信と言っても良い）の中で、これらの対策がより適切な作業変更の判断につながれば、爆発災害による被害を減らすことに繋がっていくと思います。

## 2. 非正常作業の一例としての保守解体作業、その対策のための最近の研究例。

爆発事故が目立つ非正常作業としては、貯槽等での保守・解体作業があります。この作業では、通常作業中には可燃性ガス蒸気が存在する等の理由で実施しないガス溶断や切削工具による切断などの作業を行うことになります。溶接・溶断作業が関わる爆発火災事例を労働安全衛生総合研究所が公開している爆発火災データベースにより集計しました。その発生件数の推移を下記図2に示しています。1970年代には1年あたり15件ほどの発生でした。1980年代に入って1年あたり10件を下回るようになったものの、それ以降はほとんど減少せず、下げ止まっています。図3には物質別に事故件数を分類した結果を示しますが、可燃性液体がほぼ半数を占めました。作業箇所に残留したり、養生や撤去不十分により滞留した可燃性蒸気に着火する例が多いようです。

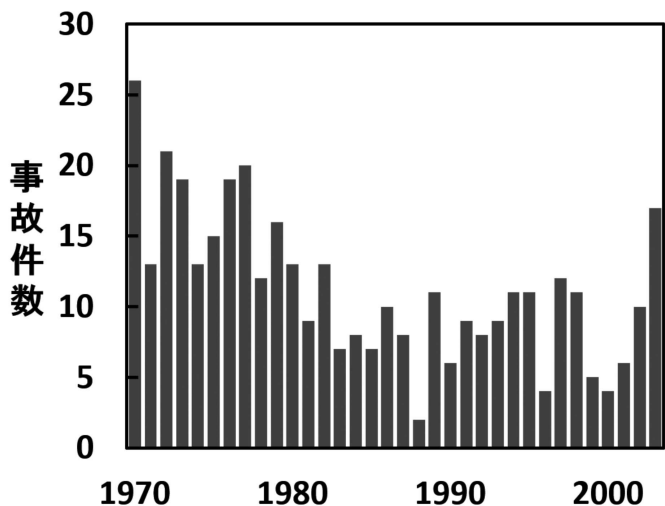
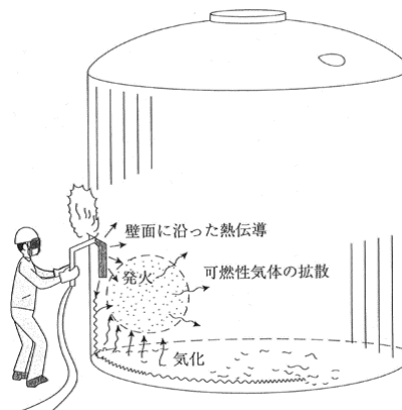


図2 溶接・溶断作業が関わる爆発火災の推移

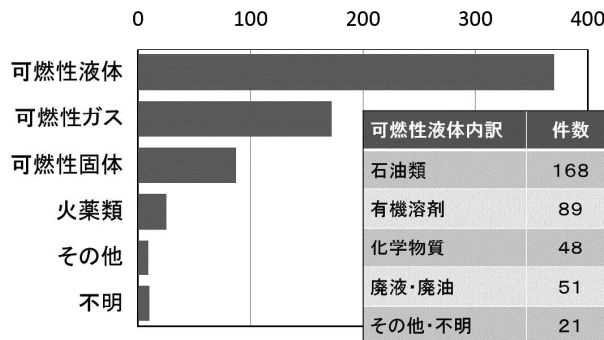


図3 溶接・溶断作業が関わる事例の物質別件数

(労働安全衛生研究所研究報告より)

このような溶接溶断作業における爆発火災防止のためには、いわゆる燃焼の三要素に関連した対策として、1) 作業環境の可燃性ガス蒸気濃度を下げること、2) 溶接溶断作業器具の適切な安全設計、3) 溶断火花の着火性の把握などが必要となります。また、「作業の慣れ」にも関連した 4) 不適切作業の防止、ヒューマンエラー対策も必要でしょう。

この 1) ~ 3) に関連した対策のために、

1. 廃油やスラッジ類、混合液体などの危険性を事前に知るための測定方法と測定データの公開
2. 原因物質を事前に排除するための換気方法
3. 着火源となる溶接・溶断時に発生する火花や電気工具の電気火花についての性状の測定
4. ガス漏れや火花発生を防ぐための用具の調査・改良やハード対策

の4分野の実験を実施しました。まずこの秋発行予定の当研究所のプロジェクト研究報告で、このうち、1~3に関連した研究報告が公開されます。



それぞれの内容は、1. に関しては、まず、混合液体や廃液類の引火点の測定について議論し、測定方法によっては測定値よりも低い温度で引火することを明らかにしました。そして法令で定められた測定方法と異なる測定方法を紹介し、その計測値の法令で定められた測定法との差異について議論しています。また、残渣や粘調物に対しても測定ができる高性能型熱分析装置について、その測定性能を評価すると同時に自然発火性の迅速測定への適用方法を検討しました。また、廃金属粉の例としてのマグネシウム合金粉について、保管状態の例として湿った状態に置かれた場合の燃焼性を検討しています。2. に関しては、貯槽での可燃性ガス蒸気の引火を防ぐ最有力な防止対策である換気に着目し、必要な換気時間の推定を軸として取り上げ、簡易計算図を考案しました。また、3. に関しては、溶断作業時に発生する火花を詳細に観測し、着火源となりうるかどうかの判定のための基礎資料を得ています。

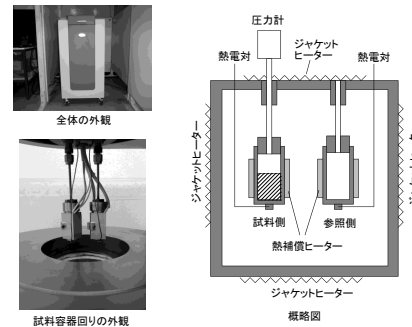
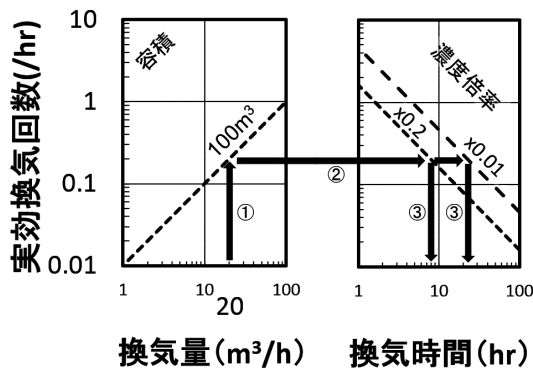


図1 DARCの概要

貯槽の容積と換気量からの換気時間の推算

高性能型熱分析装置

(労働安全衛生研究所研究報告より)

これらの成果を図1に示すように組み合わせることにより、災害の発生防止を図ることを考えています。また、作業前のリスクアセスメントなどで現場での検討資料として活用しやすいように、より現場で扱いやすく報告書をまとめ直した安全ガイドの発行も計画しています。

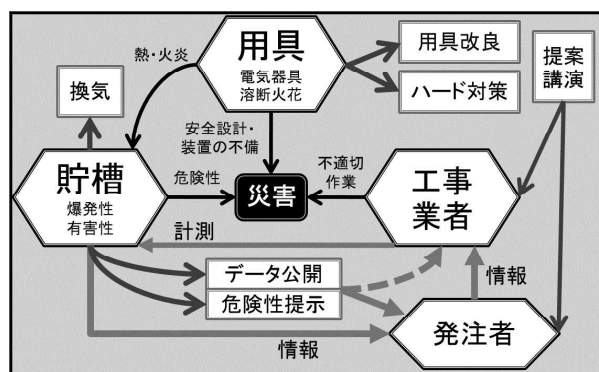


図1 災害防止の戦略

(労働安全衛生研究所研究報告より)