

3要素 = 可燃物 + O₂ + 着火源

(社)日本労働安全衛生コンサルタント会 新潟支部 平成 23 年度第 1 回研修会

2011 年 6 月 4 日(土)

化学物質の爆発・火災に係るリスクセメントの実施

Chemical Risk Assessment (CRA)

《資料：モデル事業場 化学物質リスクアセスメントマニュアル(爆発・火災防止用) 平成 21 年度版 中央労働災害防止協会》

CSP 労働安全・CIH 労働衛生コンサルタント 田村 三樹夫

(1) ステップ 1：爆発・火災防止 CRA 実施計画の策定

「爆発・火災防止 CRA 実施計画」(様式自由)の内容には次が明記されていること。

- ① 対象施設の決定 (例：高圧ガス施設、危険物施設)
- ② 実施体制 (部署長を実施責任者とする)
- ③ 実施方法
- ④ 実施スケジュール

(2) ステップ 2：爆発・火災の危険要因(ハザード)の抽出

爆発・火災要因の特定時の留意点は次のとおりである。

- ① 危険要因とは、次のものをいう。
 - 1) 爆発・火災災害危険
 - 2) 破裂災害危険
 - 3) 静電気による災害危険等 液体、粉体、接点
その発火源には、火炎、溶接・溶断、高温固体、機械的火花、電気及び静電気火花、化学エネルギー(自然発火を含む)、放射熱等がある。
- ② 過去の災害・事故等の発生に関する情報の整理を行う。
過去に発生した災害や事故はもちろんのこと、事故に至らないものであっても異常発生やヒヤリハット等の発生についても情報を詳しく整理する。
- ③ 災害が発生する可能性のある作業場所の確認を行う。
- ④ 次の手法を活用し爆発・火災リスクの抽出漏れを防止することが望ましい。
 - ・ What・If 解析
 - ・ Check List 法

(注)「〇〇なので、〇〇して、〇〇となる」と爆発・火災の原因と結果のストーリーをより具体的に記述することが、リスクの見積りの精度を上げ、適切なリスク低減策の検討につながるため重要である。

(3) ステップ 3：爆発・火災リスクの見積りと評価

1) 危険源要素発生の可能性(P)に関するリスク見積り

危険源要素発生の可能性(P)とは、爆発・火災現象が発生する条件である三要素(可燃物、酸素、着火源)が作業現場に発生する可能性を意味する。

まず対象の化学物質の固有の危険性に応じて一次評価を行い、次に周囲の環境や条件により二次評価を行う。

なお、評価の取りまとめは「爆発・火災防止 CRA (危険源要素発生の可能性(P)の評価)(CRA 様式-1)を活用すると良い。

① 一次評価

対象の化学物質の危険性の度合いに応じ、GHS 分類がある場合は表 1-1、GHS 分類がない場合は GHS 分類ガイダンスに従って分類を行い、一次評価点を与える。

危険性の度合いは、化学物質等安全性データシート(MSDS)を入手し、そ

の物質の危険性等に関する情報などから把握する。

表 1-1. GHS 分類がある場合

一次評点	6	4	2	1
火薬類	等級 1.1~1.6			
可燃性・引火性ガス	区分 1	区分 2		
可燃性・引火性エアゾール	区分 1	区分 2		
支燃性・酸化性ガス		区分 1		
高压ガス	圧縮ガス、液化ガス、溶解ガス	深冷液化ガス		
引火性液体	区分 1	区分 2	区分 3	区分 4
可燃性固体		区分 1,2		
自己反応性化学品	タイプ A,B	タイプ C~F		
自然発火性液体	区分 1			
自然発火性固体	区分 1			
自己発熱性化学品	区分 1	区分 2		
水反応可燃性化学品	区分 1	区分 2,3		
酸化性液体		区分 1,2,3		
酸化性固体		区分 1,2,3		
有機過氧化物	タイプ A~D	タイプ E,F	タイプ G	
金属腐食性物質		区分 1		

(注) 各 GHS 分類の定義は「CRA別紙 (GHS における物理化学的危険性の種類の定義)」参照

②二次評価

一次評価をもとに次の周囲の環境や条件により二次評価を行い、災害発生の可能性を見積もり、表 1-2 に基づき評点する。

- ・ 爆発 (燃焼) の三要素 (可燃物、酸素、着火源) のうち一要素以上、理論的・技術的に取り除かれている場合は「ほとんど発生しない (1点)」とする。この場合、根拠を添付する。特に、着火源が静電気の場合は、「静電気安全指針 2007 (労働安全衛生総合研究所)」に記載された条件を技術的にクリアしていることが前提である。
ただし、自己反応性化学品のように酸素、着火源がなくても爆発に至る物質もあるので注意が必要である。
- ・ 逆に、対象の化学物質の使用状況において、取扱温度が、沸点や引火点を超えていれば 1 ランクアップ、発火温度を超えていれば 2 ランクアップとする。ただし、最高 6 点までとする。なお、混合物の場合は危険性が最も大きい物質で評点する。
- ・ 上記項目に該当しない場合は、一次評価のままの評点とする。

表 1-2. 危険源要素発生の可能性 (P) に関するリスク見積り

二次評点	想定される爆発・火災の発生の可能性
6	可能性が非常に高い
4	可能性が高い
2	可能性がある
1	ほとんど発生しない

2) 異常現象が発生する頻度 (F) に関するリスク見積り

- ・異常現象の種類には、出火、漏洩、爆発、大型機器・建物の破損、破裂、暴走反応の6種類がある。
- ・作業の頻度ではなく、「危険源要素発生の可能性 (P)」で想定した化学物質に関して実際に異常現象が起こる頻度とする。異常現象が起こる頻度を推定するには過去のヒヤリハット事例や災害事例を参考にする。
- ・通常、誤操作は異常現象のひとつ前の事象なので、誤操作の頻度が災害発生の頻度に相当するものではない。ただし、その誤操作が必ず異常現象につながる場合は、誤操作の頻度が災害発生の頻度となる。
- ・上記視点にて異常現象発生の頻度を見積もり、表2に基づき評点する。

表2. 異常現象が発生する頻度 (F) に関するリスク見積り

評点	異常現象が発生する頻度
4	1～2回以上/年 発生する
3	1～2回以上/10年 発生する
2	1～2回以上/30年 発生する
1	ほとんど起こり得ない

フランクの寿命

3) 影響の重大性 (S) に関するリスク見積り

影響の重大性は実際に災害が発生した場合の被害の想定を意味する。

製造又は取り扱う化学物質の量により影響の重大性が変わること配慮し、影響の重大性を見積り、表3に基づき評点する。

表3. 影響の重大性 (S) に関するリスク見積り

評点	予想される災害の程度	具体的な障害の大きさ
10	大規模な損失	<ul style="list-style-type: none"> ・死亡・休業4日以上の傷害が出る ・1か月以上の修復期間が必要 ・おおむね1億円以上の損失額の見込み
6	中規模な損失	<ul style="list-style-type: none"> ・休業4日未満の傷害が出る ・1か月未満の修復期間が必要 ・おおむね10百万円以上の損失額の見込み
3	小規模な損失	<ul style="list-style-type: none"> ・休業にはならない傷害が出る ・1週間以内の修復期間が必要 ・おおむね1百万円以上の損失額の見込み
1	微少な損失	<ul style="list-style-type: none"> ・数日以内の修復期間が必要 ・おおむね1百万円未満の損失額の見込み

(注) 損失額は 実損+機会損失+修復費用 とする。

なお、金額については、事業の規模に応じて増減させ、リスクの見積り結果が実態に合うように調整すること。

4) リスクの評価

危険源要素発生の可能性 (P)、異常現象発生の頻度 (F)、影響の重大性 (S) の各観点から見積りしたそれぞれの評点を合計しリスクポイントを算出し、表4に基づきリスクポイントに応じたリスクレベルⅠ～Ⅴを決定する。

リスクポイント

=危険源要素発生の可能性 (P) + 異常現象発生の頻度 (F) + 影響の重大性 (S)

表4. リスクレベルとリスクポイント

リスクレベル	リスクポイント	判定結果	措置方法
V	14～20	耐えられない リスク	抜本的な見直しが必要
IV	11～13	大きなリスク	速やかに低減対策を検討・実施する。 (徹底的な管理業務を行う)
III	8～10	中程度のリスク	一定の期間内に低減対策を実施する。
II	6～7	許容可能な リスク	当面は良いが対策を検討
I	3～5	些細なリスク	現時点では特に対策の必要なし

(4) ステップ4：爆発・火災リスクのリスク低減策の立案及び再評価

- 1) 低減策を立案する際には次の優先順位に基づき検討する。
 - ① 法令順守
 - ② 本質安全化 (工程変更、取扱物質の変更、爆発・火災の三要素のうち一つ以上の完全削除)
 - ③ 防護策 (工学的対策：保護装置によるインターロック、安全装置の二重化等)
 - ④ 付加保護策 (エネルギーの遮断・消散の手段、スプリンクラー設置等)
 - ⑤ 人に頼った対策 (警告・表示、安全作業標準書、取扱説明書、作業許可システム、教育・訓練)。ただし、人に依存する対策の場合、リスクは低減しない。
- 2) リスク低減策で低減するための技術的根拠や理論的根拠を明確にし、記録として残す。またその記録を以降の教育資料として活用することが望ましい。

(5) ステップ5：爆発・火災リスクの低減策の実施

- 1) ステップ4で立案された各々の低減策に対し、その低減策により爆発・火災以外の健康障害を始めとした労働災害、環境影響及び製品安全に関する新たなリスクの発生の有無をリスクアセスメント担当者が確認 (=統合的リスクアセスメントの実施) し実施の可否を判定する。この時に、新たなリスクの発生が予見される場合はその回避策を検討しリスク回避する。

2) 新たなリスクが発生しない場合は、「爆発・火災防止CRA改善実施計画」(様式自由)を策定し実施する。

改善実施計画の内容には次の項目が明記されていること。

- ① 実施項目
- ② 実施担当者
- ③ 実施スケジュール
- ④ 実施までのリスク低減策(例:監視強化、管理業務等)

3) リスク低減策の実施は、原則としてリスクの高いものから優先的に実施する。

ただし、優先順位を変更せざるを得ない場合は、その理由と実施予定時期を周知するとともに、その間のリスク低減策を明らかにしておく。

(6) ステップ6: 爆発・火災リスクの低減策の検証

1) ステップ3と同様にリスクの見積りと評価を行う。

2) なお、その際には新たなリスクが生じていないか等についても併せて検討評価する。

3) 一連の評価結果を「爆発・火災防止CRAリスク評価表」(CRA様式-2)に記録し、関係者の間で共有化する。

(7) ステップ7: 爆発・火災リスクの低減策の記録

記録として以下のものを残す。

- ① 「爆発・火災防止CRA(危険源要素発生の可能性(P)の評価」
(CRA様式-1)
- ② 「爆発・火災防止CRAリスク評価表」(CRA様式-2)
- ③ リスク低減のための技術的根拠や理論的根拠

(8) 臨時の爆発・火災防止CRAの実施

設備の新增設、廃止、原材料の変更やプロセス事故が発生した場合、又は管理する危険・有害要因に変化が生じ、新たな爆発・火災リスクが想定される場合は、臨時の爆発・火災防止CRAを行い、必要な対策を講じる。

(CRA様式-1)

爆発・火災防止CRA(危険源要素発生の可能性(P)の評価)

1. 対象化学物質

化学物質名	CAS No.

2. 一次評価 (物理化学的危険性)

		一次評点			
		6	4	2	1
GHS 危険性 分類が ある 場合	(1) 火薬類	等級 1.1-1.6			
	(2) 引火性/可燃性ガス	区分 1	区分 2		
	(3) 引火性エアゾール	区分 1	区分 2		
	(4) 酸化性ガス		区分 1		
	(5) 高圧ガス	圧縮ガス、液化 ガス、溶解ガス	深冷液化 ガス		
	(6) 引火性液体	区分 1	区分 2	区分 3	区分 4
	(7) 可燃性固体		区分 1,2		
	(8) 自己反応性化学物質	タイプ A-B	タイプ C-F		
	(9) 自然発火性液体	区分 1			
	(10) 自然発火性固体	区分 1			
	(11) 自己発熱性化学物質	区分 1	区分 2		
	(12) 水反応可燃性化学物質	区分 1	区分 2,3		
	(13) 酸化性液体		区分 1,2,3		
	(14) 酸化性固体		区分 1,2,3		
	(15) 有機過酸化物	タイプ A-D	タイプ E-F	タイプ G	
	(16) 金属腐食性物質		区分 1		
ない					

3. 二次評価 (周囲の環境や条件を考慮)

(1) 爆発の三要素

要素	可燃物	空気(酸素)	着火源
有無			

(2) 特性値との比較

項目	融点	沸点(b)	引火点(c)	発火温度(d)	蒸気密度	爆発範囲
特性値(°C)						

工程	取扱温度(a)(°C)	rank up の有無

(a) ≥ (b) or (c) → P:1 rank up

(a) ≥ (d) → P:2 rank up

4. まとめ

一次評点	二次評点(最終)	根拠

(CRA様式-1)

爆発・火災防止CRA(危険源要素発生の可能性(P)の評価)

1. 対象化学物質

化学物質名	CAS No.
トルエン	

2. 一次評価 (物理化学的危険性)

GHS分類 危険性 1)

		一次評点			
		6	4	2	1
GHS危険性分類がある場合	(1) 火薬類	等級 1.1-1.6			
	(2) 引火性/可燃性ガス	区分 1	区分 2		
	(3) 引火性エアゾール	区分 1	区分 2		
	(4) 酸化性ガス		区分 1		
	(5) 高压ガス	圧縮ガス、液化ガス、溶解ガス	深冷液化ガス		
	(6) 引火性液体	区分 1	区分 2	区分 3	区分 4
	(7) 可燃性固体		区分 1,2		
	(8) 自己反応性化学物質	タイプ A-B	タイプ C-F		
	(9) 自然発火性液体	区分 1			
	(10) 自然発火性固体	区分 1			
	(11) 自己発熱性化学物質	区分 1	区分 2		
	(12) 水反応可燃性化学物質	区分 1	区分 2,3		
	(13) 酸化性液体		区分 1,2,3		
	(14) 酸化性固体		区分 1,2,3		
	(15) 有機過酸化物	タイプ A-D	タイプ E-F	タイプ G	
	(16) 金属腐食性物質		区分 1		
ない					

3. 二次評価 (周囲の環境や条件を考慮)

(1) 爆発の三要素

要素	可燃物	空気(酸素)	着火源
有無			静電気

(2) 特性値との比較

項目	融点	沸点(b)	引火点(c)	発火温度(d)	蒸気密度	爆発範囲
特性値(°C)		111	4	480	3.18	1.1 ~ 7.1

工程	取扱温度(a)(°C)	rank upの有無
	室温	有

(a) ≥ (b) or (c) → P:1 rank up

(a) ≥ (d) → P:2 rank up

4. まとめ

一次評点	二次評点(最終)	根拠
4	6	

爆発・火災防止CRAリスク評価表 (部署:)

【P:危険源要素発生の可能性】
 6点:可能性が非常に高い
 4点:可能性が高い
 2点:可能性がある
 1点:ほとんど発生しない
 物質の危険性より一次評価
 爆発要素・取扱条件で二次評価

【F:異常現象が発生する頻度】
 4点:1~2回以上/年 発生する
 3点:1~2回以上/10年 発生する
 2点:1~2回以上/30年 発生する
 1点:ほとんど起こり得ない

【S:影響の重大性】
 10点:大規模な損失
 6点:中規模な損失
 3点:小規模な損失
 1点:微小な損失
 プロセス事故における影響を評価

リスクレベル	リスクポイント	判定結果(措置方法)
V	14~20	耐えられないリスク (抜本的な見直しが必要)
IV	11~13	大きなリスク (速やかに低減対策を検討・実施する(徹底的な管理業務を行う))
III	8~10	中程度のリスク (一定の期間内に低減対策を実施する)
II	6~7	許容可能なリスク (当面は良いが対策を検討)
I	3~5	些細なリスク (現時点では特に対策の必要なし)

抽出・低減策
 部署長承認
 (年月日)

低減対策結果
 部署長承認
 (年月日)

リスク評価・低減策参加者氏名

リスク抽出・特定					リスク低減策					リスク対策後																
危険要因の内容					リスク見積り・評価(現状)					リスク見積り・評価(低減策後)																
No	工程/系列 又は設備名	作業名	取扱 化学物質名 (GAS No.)	一次 評価点	定常/ 非常	災害が発生するプロセス 【事故の型】 ○○なので、○○して、○○になる より具体的に記載することが重要 (抽象的に記載するとリスク低減策 が曖昧となる)	危険 源要素 発生の 可能性 (P)	異常 現象が 発生す る頻度 (F)	影響 の重大 性(S)	リス クポ イント	リス クレ ベル	リスク低減策		残 留リス クへの 対応 もしくは リス ク低減 根拠	実 施可 否判 定	具体的リスク低減実施内容		リスク見積り・評価(対策後)								
												一つの危険要因に対して、複数の対策を立案検討すること。更にそれぞれの対策に対してリスク評価すること。	危険源要素発生の可能性(P)			異常現象が発生する頻度(F)	影響の重大性(S)	リスクポイント	リスクレベル	低減実施内容に対し個別に評価する。必要に応じ、複数の低減実施項目での総合評価しても良い。	危険源要素発生の可能性(P)	異常現象が発生する頻度(F)	影響の重大性(S)	リスクポイント	リスクレベル	残留リスクへの対応 もしくは リスク低減根拠 (低減データ)
	塗料混合	混合器内 攪拌	トルエン キシレン	6 2	定常	溶剤蒸気と空中O ₂ が 混合し、爆発性混合物 を形成し、タンク容器と 溶剤との摩擦による静電 気発生により爆発する	6	4	6	16	IV	温度を下げる	4	2	3	9	III	静電発生抑制	○	熱交換器を容器に つける						
												湿度も上げる (70%≦)	6	2	3	11	III	"	X	ボイラー水蒸気 入れ、 品管低下防止						
												アース	6	2	3	11	III	"	◎	アース接地交換						
												"						◎	抵抗測定							
																			23手法組み合わせ	4	1	1	6	II	3手法の交換 表(賦:付)	

気胸発生に対する対策

根本原因		対策: 5E (他に、OHSAS, 医療過誤類型、4 Step/Mなど、漏れ・重複が無いように検討する)											
		Education 教育・訓練、業務遂行のために必要な能力・意識を向上させるための方策: 知識教育、意識教育、実技、管理人		Engineering 技術・工学、安全性を向上させるための設備・方法の技術的な方策: 機器改善、仕様材変更、工程改善、表示・警報、重化(冗長化)		Example 規範・事例、具体的な事例を示す方策: 模範提示、事例紹介、水平展開		Enforcement 管理、強化・徹底、業務を確実に実施するための強化・徹底に関する方策: 規定化、手順の設定、注意喚起、キャンペーン、KY		Environment インフラ、作業環境		コメント	
1	気胸発生(10%でも)時の経過観察に関する取り決めが無かった	教育OJT 力量評価 専門医とのコミュニケーション	◎			医療安全研究会: 事例紹介、水平展開	○	手順書・ルール	○				
2	当直医の業務に関する取り決めが無かった					医療安全研究会: 事例紹介、水平展開	○	配置 手順書、ルール 院内規定 就業規則	◎				
3	申し送り中の処置に対する取り決めが無かった	コミュニケーション	○			医療安全研究会: 事例紹介、水平展開	○	手順書・ルール	◎				手順書に過剰な期待
4	事前説明の実施と確認に関する取り決めが無かった					医療安全研究会: 事例紹介、水平展開	○	院内規定 手順書・ルール チェックリスト カルテ書式	○				

4M-4E(5E)マトリックス

例. 根本問題4			事前説明の実施と確認に関する取り決めが無かった
----------	--	--	-------------------------

要因分析、具体的要因 対策立案	man 人・当 事者: 身体、心理・ 精神、知識、 技量、 不正、作業 能力*	Machine も の、設備・機 器固有: 故障、設 計、品質、ト ラブル	Media 環境＝作業者に影響を 与えた物理的・人的な環境の 要因、手段・方法・媒体＝Man とMachineの取り持ち: 自然環境(気象、地形)、インフ ラ、作業環境(施設、設備)、人 的環境:コミュニケーション、マ ニュアル、チェックリスト、労働 条件・勤務時間、職場状況* (Material 材料)	Management 管理、 組織における管理状 態に起因する要因: 組織*、管理規程、 作業計画*、教育訓 練、不正*、確認*、 変更措置*、組織風 土* (Method 方法)
Education 教育・訓練、業務 遂行のために必要な能力・意 識を向上させるための方策: 知識教育、意識教育、実技、 管理人				教育OJT
Engineering 技術・工学、安全 性を向上させるための設備・ 方法の技術的な方策: 機器改善、仕様材変更、工程 改善、表示・警報、重化(冗長			カルテに表示 カルテ書式	
Example 規範・事例、具体的 な事例を示す方策: 模範提示、事例紹介、水平展 開*				事例紹介 水平展開
Enforcement 管理、強化・徹 底、業務を確実に実施するた めの強化・徹底に関する方 策: 規定化、手順の設定、注意喚			手順書 注意喚起	規定 就業規則 KY 医療安全風土
Environment インフラ、作業 環境				

- * 作業能力 作業対象の取り違え、作業順序の間違え、実施タイミングが早い遅い、未確認、5S
- 職場状況 人間関係:上司、同僚、部署間
部署間連携
職場習慣
組織風土
- 組織 組織管理運営
予算、コスト削減:設備更新
過剰ノルマ
責任体制
- 作業計画 工程(作業スケジュール)設定
作業計画(内容、管理者レビュー)
人員配置
作業安全、リスク評価
突発作業
過大集中力、記憶に頼る無理な作業
- 不正 裏マニュアル黙認
不正作業隠蔽、黙認
不正作業指示
- 確認 確認手順の検討
確認体制(ダブルチェック)
- 変更措置 計画変更周知
作業遅延が反映されない
- 組織風土 ルール違反が日常化

コストダウン

業務遂行、スケジュール優先

不都合な情報が報告されない

過去の経験が反映されない

セクショナリズム

水平展開

データベースによる情報共有

職制による情報の周知

リスク低減の考え方:労働安全衛生OHSAS

優先順

設計・計画の段階からの措置	危険作業の廃止
安全防護(工学的対策)	インターロック、安全装置
管理的対策	マニュアルの整備、安全教育
個人用保護具の使用	防護帽、マスク、手袋

「人」の管理

類型	原因	対策
(1) 医療知識の不足	医療従事者であれば求められるべき知識が不足していることが原因で起こった事故	事故の原因となった医療知識の再確認、再教育 類似の薬剤、機器による事故についての注意喚起 前向きなリスク情報の収集と対策 医療機関への注意喚起、予防策の提言
(2) 確認のエラー	機器の接続間違い、流量の間違い、誤記載、誤処方等単純なエラー	ヒヤリハット事例の収集 個々のプロセスの問題を明らかにし、予防策をとる 医療機関への注意喚起、予防策の提言
(3) 伝達のエラー	引継ぎや口頭指示等の際に情報が取り違えて伝わったことによる事故	口頭やわかりにくい筆記による指示を避ける オーダーリングシステムによる用量違反の警告 引継ぎの際の担当者間での確認作業
(4) 医療技術の不足	医療技術が不足していることが背景となった事故	ピアレビューによる医療者相互の自律的な評価 技術習得システム 専門医制度 患者、医療者の集約化
(5) 手技のエラー	一連の手技操作において事故が起こった場合。手技が潜在的にもつ起こりうる有害事象	患者家族との事前の情報共有 安全機構や事故防止策事故が起こった場合のバックアップ 当該病院内外における情報収集 無過失補償制度の導入
(6) 安全注意看過	患者の状態を十分把握していなかった、監視していなかったことで事故に到った事例	機器や薬剤の安全情報によって広く注意を喚起する 類似の事例を収集し対策案を策定する 前向きなリスク情報の収集と対策
(7) 衛生管理の不足	感染予防や感染対策の不足による事故	感染症関連法令の運用 感染情報の共有 アウトブレイク事例では保健所の査察等

戦略的エラー対策 strategic approach to error prevention and mitigation by 4Ms, 4 STEP/M

4 steps	11の戦術							
I Minimum encounter エラー発生 可能作業数 を低減	1	環境	止める、無くす	ヒューマンエラー発生可能性のある作業を無くす	1. 転記を止める: オーダーリングシステム、電子カルテ、カーボン複写	2. 薬選択、シリンジへの吸い上げを止める: 注射薬セット(プレフィルドシリン)	3. 薬剤を無くす:危険薬、間違える薬を病棟に置かない	
	2		できないようにする	制約:ハード、ソフト	1. 接続できないようにする:接続部分のピン数、サイズを違える	2. そろわないとできない:身長と体重を一緒に入力しないとオーダー入力で		
II Minimum probability エラーの確率を低減	3		わかりやすくする	単純化、標準化、表示工夫:認知的負担の軽減	1. 記憶に頼らない: 手順フローチャートの掲示、操作順をスイッチ	2. 色分け: スイッチ	3. 音を変える: 警報の音色、音量	
	4		やりやすくする	操作を単純化	1. 握りやすい: ゴムグリップ	2. 運搬しやすい: キャスター付きワゴン、バスケット	3. 整理整頓: 作業のやり易さ、異常の発見	
	5	人	知覚させる	基準異常の感覚知覚能力の維持	1. 自己管理: 飲酒、睡眠	2. 休息: 定期的	3. 人間リズム: 勤務シフト	
	6		予測させる	エラー発生の予測	1. KYT: 潜在危険予測	2. TBM (ツールボックスミーティング): 潜在危険予	3. 日常の安全指導	
	7		安全優先の判断をさせる		1. 職業的正直 (Professional honesty): わからないことはわからないと言う	2. 明確な判断基準: フェイルセーフ、判断に迷う時安全側を選択	3. 管理者の模範を日常示す	
	8		能力を持たせる	心技の習得	1. 定期健康診断	2. 学習	3. 力量、資格: 資格制	
エラー発生								
III Multiple detection 多重のエラー検出策	9		自分で気付かせる	自分のエラーを自分で発見	1. 作業後反体側からチェック、時間を置いてチェック	2. 指指し呼称	3. 手で触れる: 輸血ラインは手で触れて確認	
	10	環境	エラーを検出する	エラー検出仕組み、気付かせる工夫	1. ダブルチェック	2. チックリスト: 最小限項目	3. 機械検出: カウンタ、センサーによる検出・音光	
IV Minimum damage 被害の備え	11		エラーに備える	被害の最小化	1. 救助体制、緊急連絡体制	2. 低いベット: 落下しても最低限骨折を避ける	3. 危険薬は分割投与	4. 拮抗薬準備
事故発生								

るときは、内部を洗浄し、不活性ガスで置換することなどを行う。また、酸化エチレンなどを注入するときも同様とする。(安衛則第259、260条)

(5) 乾燥設備

- ・ 危険物の乾燥設備を設ける建築物は、原則として平屋とする。(安衛則第293条)
- ・ 乾燥設備は、不燃性の材料で造ること、有効な爆発戸・爆発孔などを設けること、点火する箇所の換気などができる構造とすること、内部温度の調節装置を設けることなどを実施する。(安衛則第294、296条)
- ・ 技能講習を修了した乾燥設備作業主任者を選任して作業を行う。(安衛則第297条)
- ・ 1年以内ごとに1回定期的に自主検査を行い、補修を行う。(安衛則第299、300条)

(6) ガス集合装置

可燃性のガス(水素、アセチレン、エチレン、メタン、プロパン、ブタンその他の温度15度、1気圧において気体である可燃性のものの容器を導管により連結した装置等：令第1条)の集合装置については、次のような措置を行う。(ガス集合装置の他アセチレン溶接装置についての規定もあるが、ここでは省略)

- ・ 火気を使用する設備から5m以上離す。(安衛則第308条)
- ・ 屋根などに不燃性の材料を使用する。また、ガスが漏洩したときに滞留しないようにする。(安衛則第309条)
- ・ 配管のフランジ、バルブ、コックなどはガスケットを用いて密着させる。溶解アセチレンの場合は、配管などには銅または銅が70%以上含有する合金を使用しない。(安衛則第310、311条)
- ・ ガス溶接作業主任者を選任する。(安衛則第314～316条)
- ・ 1年以内ごとに1回定期自主検査を行う。(安衛則第317条)



(7) 建設工事

- ・ 地下作業場などでは、可燃性ガスの濃度測定などを行う。(安衛則第322、382条の2など)
- ・ ずい道などの工事においては、火気、ライターなどの携帯の禁止、ガス抜き、溶接・溶断時の火災予防、防火担当者の指名、避難訓練の実施などを行う。(安衛則第389～389条の11)
- ・ 元方事業者は、火災などの発生時の警報を統一し、周知する。(安衛則第642条)
- ・ 元方事業者は、避難訓練の実施方法、時期を統一的に定める。(安衛則第642条の2)

(8) 建築物貸与者

- ・ 避難用出入口、通路、すべり台など共用のものに表示をする。(法第34条、令第11条、安衛則第670条)
- ・ 火災、爆発の自動警報装置、非常用ベルなどを設置し、有効に保持する。(法第34条、令第11条、安衛則第671条)
- ・ 非常事態発生時の警報を統一的に定め、関係者に周知する。(法第34条、令第11条、安衛則第678条)

6 化学プラントのセーフティ・アセスメントなど

化学プラントなどについては、設計段階でその安全性を検討するための指針として、厚生労働省は化学プラントに係るセーフティ・アセスメントを公表し、また、非常事態発生時の警報を統一的に定め、関係者に周知する。(法第34条、令第11条、安衛則第678条)

(1) 化学プラントのセーフティ・アセスメント

わが国では1970年代に石油コンビナートにおいて相次いで爆発火災が発生したことから、厚生労働省(当時・労働省)は、化学設備の新設・変更の際に安全性の事前評価を行うための手法をまとめ、1976(昭和51)年に「化学

おおせきちめし
関親著、新しい時代の安全管理について、才3版

プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針」を公表した。

これは、現在、国内外で論じられているリスクアセスメントの始まりともいえるが、その後の科学技術の進歩、国内外での新たな安全評価手法の導入などを踏まえたものとして、2000（平成12）年3月に新たな指針が公表された。

この指針は、化学プラントの試運転の開始時までに行うものとされているが、その考え方は化学プラントの安全確保に止まらず、機械設備の設計・製造段階における安全確保の手法として参考にできるものである。

この指針における安全性の事前評価の要点は、次のようになっている。

第1段階 関係資料の収集・取りまとめ

誤動作防止対策、異常時に安全側に作動する方式の安全設計のための資料などの収集とその取りまとめを行う。

（資料の例）

立地条件、プラント配置図、原材料・中間体・製品等の物理的・化学的特性、人体に及ぼす影響、起こり得る反応、工程系統図、配管・計装系統図、類似装置・プロセスにおける災害事例、運転要領、要員配置、緊急時の連絡体制、教育訓練計画等

第2段階 定性的評価：診断項目による診断

診断項目、関係法令等を参照して、化学プラントの安全性について定性的評価を行う。この段階で改善すべき事項があれば設計変更などを行う。

（診断項目の例）

地盤、過去の最大震度等の自然条件、公共施設・住宅地・他の隣接工場との関係、工場内施設の間隔、地盤の強度、建造物の耐震設計、原材料・中間体の性状、基本設計時の問題点の活用、プロセス運転のための作業規程、静電気対策、危険性物質の放出への対策、配管等の材質・強度、プロセス機器の選定・

人間工学的配慮、緊急時の消防・救急体制 等

第3段階 定量的評価

この段階では、物質、エレメントの容量、温度、圧力および操作の5項目について総合的に化学プラントの安全性について定量的な評価を行い、危険度のランクづけを行う。

（定量化の方法・評価の例）

定量化評価を行うに当たっては、プラントを数個のエレメントを含むブロックに分割し、各ブロックのあらゆるエレメントについて定量化を行い、これらエレメントの危険度のうち、最も大きいものを当該ブロックの危険度とする。

定量化の方法としては、表6.5-18（毒性評価部分は省略）により実施し、A、B、C、Dの和によって次のように危険度のランク付けを行う。

ランクⅠ 16点以上 危険度が高い

ランクⅡ 11～15点 周囲の状況、他の設備との関係で評価

ランクⅢ 1～10点 危険度が低い

第4段階 プロセスの安全評価

第3段階での危険度ランクとプロセス固有の特性等に応じ、適切な安全評価手法を用いて潜在危険の洗い出しを行い、妥当な安全対策を決定する。

（安全評価の例）

危険度ランクがⅠのプラントについては、フォルト・トリー、HAZOP、FMEA手法などにより、危険度ランクがⅡのプラントについてはWhat-if手法などにより潜在危険の洗い出しを行い、妥当な安全対策を決定する。

第5段階 安全対策の確認等

第4段階でのプロセス安全性評価結果に基づき、設備等にかかる対策の確認等を行うとともに、それまでの評価結果につい

表6.5-18 定量的評価表(抜粋)

		A (10点)	B (5点)	C (2点)	D (0点)
1. 物質		1) 労働安全衛生法施行令(以下「令」といふ)別表第1に掲げる爆発性の物 2) 同、発火性の物のうち、金属「リチウム」、金属「ナトリウム」、金属「カリウム」、黄りん 3) 同、可燃性のガスのうち、圧力0.2MPa以上のアセチレン 4) 1)~3)と同程度の危険性を有する物、例えばアルキルアルミニウム	1) 令別表第1に掲げる発火性の物のうち、塩化りん、赤りん、マグネシウム粉、アルミニウム粉 2) 同酸化性の物 3) 同、引火性の物のうち、引火点が30℃未満の物質 4) 同、可燃性のガス(Aのものを除く) 5) 1)~4)と同程度の危険性を有する物	1) 令別表第1に掲げる発火性の物のうち、セロイド銀、炭化カルシウム、リン化石灰、マグネシウム粉及びアルミニウム粉以外の金属粉 2) 同、引火性の物のうち、引火点が30℃以上65℃未満の物質 3) 1)~2)と同程度の危険性を有する物	A、B、のいずれにも属さない物
ここでいう物とは、原料、中間体及び生成物のうち、最も危険度の大きいものをいう。					
2. エレメントの容量	気体で取り扱う場合	10,000m ³ 以上	5,000m ³ 以上10,000m ³ 未満	1,000m ³ 以上5,000m ³ 未満	1,000m ³ 未満
	液体で取り扱う場合	100m ³ 以上	50m ³ 以上100m ³ 未満	10m ³ 以上50m ³ 未満	10m ³ 未満
・触媒等を充填した反応装置等に関しては、充填物を除いた空間体積とする。 ・気液混合系における反応装置に関しては、反応形式に応じ、精製装置に関しては、精製形態に応じて、上記のいずれかを選ぶものとする。 ・化学反応の起こらない精製装置及び貯蔵装置に関しては、1ランク下げたランクで評価する。ただしDランクのものはそのままとする。					
3. 温度		取扱い温度が、1,000℃以上の場合	取扱い温度が、500℃以上1,000℃未満の場合	取扱い温度が、250℃以上500℃未満の場合	取扱い温度が、250℃未満の場合
4. 圧力		100MPa以上	20MPa以上100MPa未満	1MPa以上20MPa未満	1MPa未満
5. 操作	爆発範囲内またはその付近での操作	1) Qr/CppV値が400℃/min以上の操作 2) 運転条件が通常の条件から25%変化すると1)の状態になる操作 3) バッチ式でオペレーターの判断で操作が行われるもの 4) 系内に空気等の不純物が入り、危険な反応を起こす可能性のある操作 5) 粉じん爆発を起こすおそれのあるダストもしくはミストを取り扱う操作 6) 1)~5)と同程度の危険度を有する操作	1) Qr/CppV値が4℃/min以上400℃/min未満の操作 2) 運転条件が通常の条件から25%変化すると1)の状態になる操作 3) バッチ式でその操作があらかじめ機械にプログラミングされているもの 4) 精製操作のうち、化学反応を伴うもの 5) 1)~4)と同程度の危険度を有するもの	1) Qr/CppV値が4℃/min未満の操作 2) 運転条件が通常の条件から25%変化すると1)の状態になる操作 3) 反応容器内に70%以上の水が入っている場合 4) 精製操作のうち、化学反応を伴わない操作及び貯蔵 5) 1)~4)のほか、A、B及びCのいずれにも属さない操作	

注) ・Qr/CppV: 温度上昇速度 (℃/min)
 ・Qr: 反応による発熱速度 (kcal/min)
 ・Cp: エレメント内の物質の比熱 (kcal/kg℃)
 ・ρ: エレメント内の物質の密度 (kg/m³)
 ・V: エレメント内容量 (m³)

(化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針 厚生労働省(平成12年3月21日基発第149号))

1/5Pa = 0.1MPa

て総合的な検討を行い、さらに改善すべき点がないか最終的なチェックを行う。

(チェック項目の例)

緊急時に必要な人員、関係法令に基づく資格者の配置、プラントに関する知識教育、運転操作実技訓練、化学物質に関する教育の実施と取得状況、非正常作業における対応マニュアルの整備、周知状況 等

最終チェック 以上の評価を終了した段階で、それまでの評価結果を総合的に検討し、さらに改善すべき箇所が発見された場合は、設計内容、管理方法などに所要の修正を加え、当該プラントにおける安全性評価が完了していることを確認して評価を終了する。

なお、旧指針においては、事前評価を6段階方式で行うものとされていたが、新指針では5段階方式とし、旧指針の第4段階「災害情報からの再評価」を新指針の第1段階に組み込み、第5段階の「フォルト・トリーによる再評価」を廃止して、新しく第4段階に新しい評価方法を加えた「プロセス安全性評価」が位置づけられた。

(2) 非正常作業

化学設備においては、定期にかなり大規模な改造、修理、清掃、検査などの保全作業をはじめとして、トラブル対処作業、原料、製品等の変更作業またはスタートアップ、シャット・ダウンなどの移行作業など、いわゆる非正常作業において事故・災害が発生している。

そのため、これらの作業時における安全を確保するため、厚生労働省は1997(平成9)年6月に「化学設備の非正常作業における安全衛生対策のためのガイドライン」を策定し公表した。

化学設備における爆発火災の防止とともに、保守点検時の安全な作業を確保することは重要事項であり、この通達を参考としての確実な安全対策の実施が求められる。