

ととなっているが、本支援事業の報告書としてまとめることを考慮し、全てを一枚の表にまとめることとした。

## (2) 作業内容の記載方法

作業内容は「なぜ危険源に近接しなければならないのか」その必要性が第三者にもわかるように記載する。なぜなら、危害発生プロセスにおける「危険状態」を明確にするためである(図1)。

作業者が危険源に近接していく状況が明確になれば、危険事象を詳細に表現することができるため、適切な保護方策を検討しやすくなる。反対に、作業内容が不明瞭な場合は、曖昧な危険事象が想定されやすくなり、適切な保護方策が考え出されない懸念がある(本質的な対策が見つからないために、警告表示などの使用上の情報の提供等に偏る)。

当該事業場の記載例を示す。

①作業内容：加圧ローラの間隔調整

②危険事象：加圧ローラの調整不良により、加工物がローラにからまる。

この作業内容の例(加圧ローラの間隔調整)は作業内容ではなく、危険事象が発生する原因と思われる。「加圧ローラの間隔調整」を作業内容とする場合、加圧ローラの調整作業時に生じる「事故に至るような危険な事象」を危険事象として記載する。よって、上記の作業内容と危険事象は以下のように修正できる。

①作業内容：加圧ローラに巻きついてしまった生地を取り出す。

②危険事象：加圧ローラに巻き付いた生地を取り出すため、カバーを開けて手を入れたところ、リミットスイッチに腕が触れて加圧ローラが動き出す。

指摘後、当該事業場により以下のように修正された。

①作業内容：加圧ローラに挟まった生地を取り出す。

②危険事象：ローラ間隔調整不良の状態のまま運転し、ローラに生地が挟まり、生地を取り出す際にローラに腕を巻き込まれそうになる。

## (3) 危険源の抽出

「危険源、危険状態及び危険事象の例(JIS B 9702:2000 附属書A)」などを参考に、危険源を同定するが、機械的危険源、電気的危険源に比べて下記の危険源は漏れやすいため注意を喚起した。

① 騒音から起こる危険源

② 振動から起こる危険源

③ 機械類の設計時に人間工学原則の無視から起こる危険源

④ 機械の安定性の欠如／転倒

⑤ 人の滑り、つまずき及び落下(機械に関係するもの) など

⑥ 機械類によって処理又は使用される材料及び物質(並びにその構成要素)から起こる危険源

## (4) 危険事象の記載方法

危険事象は、事故に至るような危険な事象を想定して記載する。一つの作業内容につき複数の危険事象が考えられる場合には、欄を区切って1つずつ記載し、危険事象ごとにリスク評価と対策の検討・比較ができるようにする。

さらに、より本質的な対策を講ずるためには、なぜ危害が発生するのか、そのプロセスを明らかにする必要がある。危険事象の記述を「不意に起動した」という不明瞭な記載をするので

はなく、その原因を考えて記載する。

当該事業場の記載例を示す

- ①作業内容：カバーを開けて、ローラのシャフト止めネジを緩めてローラのベアリングを交換する。
- ②危険事象：急にローラが起動して巻き込まれそうになる。

この危険事象の例には、なぜ急にローラが起動したのか原因が記載されていない。このような記載では原因がわからないため、低減対策を検討することができず、結果として「注意して作業する」など、作業者の注意力に依存した対策に頼りがちな。

これに対し、危険事象を下記のように記載した場合、リミットスイッチに問題があることが明らかとなる（ただし、この事例では主電源を切っていないことも問題となる）。

- ②危険事象：カバーを開けて、ローラのシャフト止めネジを緩めようとしたとき、カバー部のリミットスイッチに腕が触れローラが動き出す。

#### （５） リスク要素の見積り基準に関する支援

危害のひどさ、ばく露頻度、危険事象の発生確率、危害の回避可能性の見積り基準や方法に関しては、専門家が「妥当と思われる考え方」を示した。

また、リスクアセスメント結果の根拠が第三者にもわかるよう、可能な限りリスクアセスメント実施結果一覧表に見積り基準を併記した方が良い。

##### ① 「危害のひどさ」の見積り

見積りの妥当性を示すため、電圧や回転速度などエネルギーの大きさを併記することを推奨した。当該事業場のリスクアセスメント実施結果一覧表では、「危険源」の欄に併記されている。

##### ② 危険源にさらされる頻度（ばく露頻度）

リスクアセスメントに正解はないため、見積り基準については合理性があれば事業場が定めたものを使用して差し支えない。また、ISO/TR 14121-1:2007 では、1 シフト当たり 2 回超、又は 1 シフト当たり 15 分超を頻繁とする記述があるため、これを一つの基準とみなすことも可能である。

##### ③ 危険事象の発生確率

危険事象の発生確率は、想定される危害やヒヤリハットの発生頻度とほぼ同じとみなして、見積もる。

##### ④ 危害の回避可能性

危害の回避可能性とは、「危険事象が発生したあと、災害に至らずに済む可能性があるか」を表す。すなわち、危険事象発生後に災害を避けられる可能性を見積もる。

また、機械部品等の不意の起動等に対し、回避が可能とされる速度の目安は 0.25m/s 未満（ISO/TR 14121-2:2007）である。

#### （６） リスクの評価方法に関する支援

評価方法には、リスクグラフ法、加算法、マトリックス法などがあり、それぞれ長所短所がある。当該事業場では今回初めてリスクアセスメントに取り組まれるとのことから、評価が簡易なリスクグラフ法を勧めた。表 4 は当該事業場が作成したリスクグラフである。

なお、制御システムの安全関連部に対するカテゴリを選択するためのリスクグラフと、機械設備のリスクを見積もるためのリスクグラフは異なることを指摘し、混同しないよう指摘した。

#### （７） 保護方策に関する支援

一つのリスクに対し、複数の保護方策が想定される場合には、各々の保護方策実施後のリス

ク評価とその比較が可能となるよう、欄を区切って方策を一つずつ記載する。

リスク低減の方法は、JIS B 9700-1(ISO12100-1)の3ステップメソッドに基づいて検討を実施する。

#### (8) 関連規格の明記

対策の妥当性を示すため、根拠規格があれば記載する。

#### (9) 保護方策後のリスクの再見積

##### ① 「危害のひどさ」の再見積り

安全防護および付加保護方策（ガードや保護装置）で「危害のひどさ」を低減することは原則的にできない。危害のひどさ(S)は機械設備が持つエネルギーの大きさに決まり、ガードや保護装置は危険源の状態が変わることがないため、エネルギーの低減に寄与しないためである(参考文献：安全技術応用研究会編、リスクアセスメント実践技術の解説(2004) p15-16)。

リスクとは、一般的に式1で示すように「危害のひどさ(S)」と「危害の発生確率(P)」の組みあわせで表され、本質安全方策をとらない限り、「危害のひどさ(S)」の大きさは変わらないと考えるのが妥当である。

$$R \text{ (リスク)} = S \text{ (危害のひどさ)} \cdot P \text{ (危害の発生確率)} \cdots \text{式1}$$

ガードを設置しても、作業者がガードを乗り越えて受傷した場合、ケガの大きさは機械がもつエネルギーの大きさに依存する。ガード等の安全防護物による保護方策が低減できるのは、危害の発生確率(P)のみである。なお、危害の発生確率は、危険源へのばく露、危険事象の発生、危害回避又は制限の可能性から見積もられる。

##### ② 「危険源にさらされる頻度(ばく露頻度)」の再見積り

《S社からの質問》:

適切なカバーを設置すれば、人が危険源に接近・接触することが物理的に不可能となるため、危険にさらされる頻度は下がるとは考えられないか。

《専門家からの回答》:

ガードは、「危険にさらされる頻度」を下げる方策と捉えている。機械的な危険源の場合、固定式ガードは外されなければ、危険にさらされる頻度は下がる。ただし、固定式ガードは外されると効果がなくなるため「危険事象の発生防止」にはならないと考えられる。

また、可動式ガードは開ける頻度が「危険にさらされる頻度」となる。さらに、可動式ガードにインターロックが設置されていれば、ガード開放時でも機械の停止が維持されているので危険事象(意図しない起動)も発生しにくくなる。

##### ③ 「危険事象の発生確率」の見積り

ガードに関する危険事象の発生確率の見積りは、上記(2)を参照のこと。

##### ④ 危害の回避可能性

ガード等の安全防護物は、原則「危害の回避可能性」の低減には寄与しない(つまり、危害の回避可能性の見積り値は下らない)。

危害の回避可能性とは、危険事象が発生した後、それを回避できる可能性があるかを表す。

インターロック等の保護方策を講じていても、その反応速度が遅く機械が停止する前に危険源に手が届いてしまう(危険事象が発生する)こともありえる。よって、安全防護により危害回避の可能性を低減させることはできない、と考えるほうが妥当と思われる。

#### (10) 保護方策後のリスクの評価

##### ① 当該事業場が直面した問題

《S社からの質問》:

保護方策を行ったが、結果としてリスクレベルは「許容できない」のままであった。しかし、保護方策を行ったことによって危害の発生する可能性は確実に下がっているはずである。そこで、結果としては、「許容できない」けれども合理的に可能と考えられるところまでは危害が発生する可能性を下げた、と考えてよいか。

《専門家からの回答》:

「合理的に可能と考えられるところまでは危害が発生する可能性を下げた」という表現については、正直、言い切ってよいものかどうか不安である。自己責任が問われる世界のため、自ら判断された結果であるならば、良いとも言えるが、現状は厳しいと思われる。

合理的、という言葉は IEC61508 の ALARP(as low as reasonably practicable)と関連し、主として経済的意味合いを持つ。リスク領域は以下の3つの概念に分類される(出典:安全の国際規格1 安全設計の基本概念 向殿政男監修 日本規格協会、p78-79)。

ア 許容できないリスク領域: 異常な状況以外ではリスクは正当化できない

イ 広く一般に受容されるリスク領域: リスクが非常に小さいか、小さくされたので問題とされないリスク領域

ウ ALARP 又は許容 (Tolerable risk)領域: リスクが実行可能なレベルまで低減されているリスク領域。このリスクを受け入れることによる利益が使用者にあり、リスクをさらに低減するには費用が必要であることを示す。

ウの領域は、費用に対する便益を金額に換算して分析し、合理的に実行可能なレベルまでリスクを低減する必要がある。

したがって、S社の言う「許容できない」かつ「合理的」というのが、上記①、③と重なり、矛盾した印象がある。

「受忍限度内リスク(tolerable risk)は、ある便益を得るために積極的にリスクを共存することを示唆し、同時に当該リスクを見直し、可能な限り低減することを期待するものであることを示唆している」と解説している書籍 (ISO リスクアセスメント-大損しないための技術法務 松本俊次著 日本プラントメンテナンス協会) もあるため、「コストがかかるので対策できません」と説明すれば責を逃れられる、というものでもないと思われる。

なお、ISO12100-1:2003 では「許容可能なリスク」という言葉は使用されておらず、以下のように「適切なリスク低減」を実施すること、とある。

#### ISO12100-1:2003 3.17

適切なリスク低減: 現在の技術レベルを考慮した上で、少なくとも法的要求事項に従ったリスクの低減

「適切なリスク低減」を達成するための基準として、いくつかの質問が「ISO12100-1:2003 5.5 リスク低減目標の達成」に記載されており、各々の質問に対して肯定の答えを与えることができたときに達成されたと考えてよいとされている(出典:安全の国際規格1 安全設計の基本概念 向殿政男監修 日本規格協会、p78-79)。

#### ISO12100-1:2003 5.5 リスク低減目標の達成

—すべての運転条件及びすべての介入方法を考慮したか?

—保護方策による危険源の除去又はリスク低減(3ステップメソッド)方法を実施したか

—危険源は除去されたか、又は危険源によるリスクは実現可能な最も低いレベルまで低減されたか?

—採用する方法によって、新しく危険源が生じないのは確かであるか?

- －使用者に残留リスクについて十分に通知し、かつ警告しているか？
- －保護方策の採用によってオペレータの作業条件が危うくならないのは確かであるか？
- －採用した保護方策は互いに支障なく成り立つか？
- －専門及び工業分野の使用のために設計された機械が非専門及び非工業分野で使用される  
とき、それから生じる結果について十分配慮したか？
- －採用した方策が機械の機能を遂行するうえで、機械の能力を過度に低減しないのは確か  
であるか？

## ② リスクレベルが下がらない理由

当該事業場にて保護方策を行ったにもかかわらず、リスクレベルは「許容できない」のままであった理由は、以下の点が考えられる。

ア 当該事業場のリスク見積り基準では、「重傷」につながるものは原則として「許容できない」に定められているため。例えば、リスクレベルⅢを「許容できるが設計変更によるリスク低減を可能な限り実施する」などと定義すれば、項目の多くが「許容できない」と評価されてしまうことを避けることも可能となる。

ただし、この辺の考え方は、事業場の経営方針等にも係る事項であるので、経営トップも交えた社内全体での協議が必要かと思われる。

イ 当該事業場で使用しているリスクグラフ法は、リスクがどれぐらい減ったかを定量的に示すことが難しいため。リスクグラフはとでもわかりやすい反面、構造が二分木のため、パラメータ（重篤度、アクセス頻度、危険事象発生確率、回避可能性）を細かく見積もっていくことができないという欠点もある。

対策の実施前後のリスク点数の変化を定量的に示したい場合は、リスクマトリクスを使う方法がある。

リスクを大きく下げる要素は安全防護（及び付加保護方策）ではなく、本質安全設計方策である。安全防護を講じているのにリスクが下がらないのは、そもそもの重篤度が大きいためである。よって、本質安全設計方策を実施しない限り、当該機械はリスクを下げられないことを意味しているとも考えられる。

## ③ リスクの再評価

危険源を除去しない限り、リスクは必ず存在するので保護方策実施後のリスクの再評価は必ず実施する必要がある。

## ④ 残留リスクへの対応

機械設備のリスクがゼロになることは、あり得ない。何らかのリスクは必ず残り、場合によっては高いレベルのリスクが残る場合もあり得る。残留リスクには下記の２種類がある。

ア 設計や保護方策に不備があるためリスクが残留している

イ 原理上、リスクを低減できない

上記アとイを区別せずに、リスクを下げようとするあまり見積り基準や評価手法のチューニングに力を注ぎ、リスクを低く評価できる手法を延々と追い求め続けることは、避けなければならない。

リスクアセスメントで大切なことは、評価方法ではなく対策である。リスクは必ず残留することを前提として対策を講じ、かつ、残留リスクの内容を正確にユーザへ伝達することが求められる。

## 1-4 総合評価または意見

支援した事業場は大変意欲が高く、開発設計部全員での本事業への参画および主力製品 3 機種のリスクアセスメント支援を望まれていたが、日程的な問題もあり、機種を 1 機種（縦型混合攪拌機）に限定して支援を実施した。

当該機械は客先要望による特注仕様が主とのことで、設計変更が難しい機種でもある。また、情報漏洩を警戒した顧客から機械の使用に関する情報が得にくいということもあり、リスクアセスメントに必要な情報の収集も困難であった。今後、組織的にリスクアセスメントを実施するためには、下記体制の構築が必要と思われる。

- (1) リスクアセスメントの妥当性検証を含めたデザインレビュー体制の構築（社外設計者含む）
- (2) 自社内のサービスメンテナンス部や営業部などと連携した情報の収集・共有・伝達の体制整備

## 2 機種別編

対象機械とした縦型混合攪拌機に対して実施した保護方策の検討支援を以下にまとめる。

### 2-1 機械設備の概要および制限使用の指定

支援対象の機械設備概要を表 6 に、制限使用の指定を表 7 に示す。

### 2-2 機械の外観

図 2 に機械の外観を示す。

### 2-3 危険源、危険状態、危険事象または危害

表 5 の識別 No. 1-1-1-7 の作業に関するリスク低減策を検討した。下記に作業内容と危険事象および危害を抜粋する。

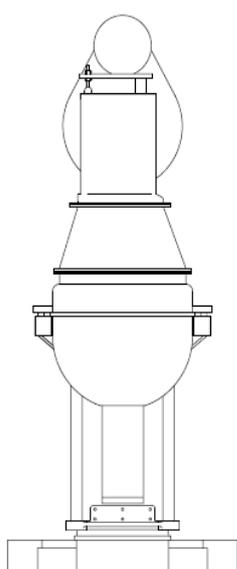


図 2 縦型混合攪拌機の外観

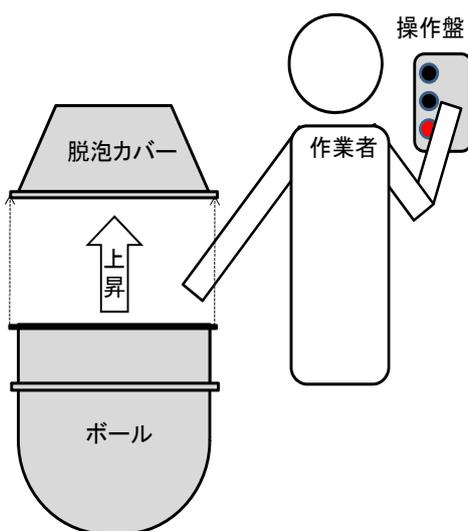


図 3 ボール上昇中の危険源と作業員の近接状態

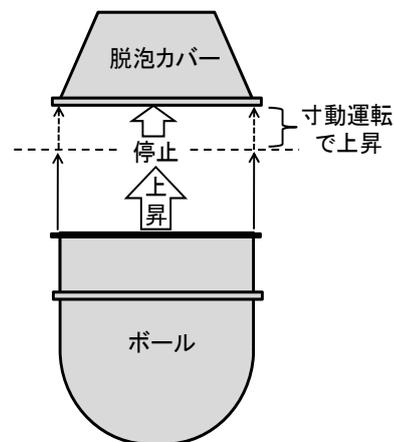


図 4 リミットスイッチによる上昇動作の停止と寸動動作