

機械安全のための
教育カリキュラム用教材
－設計技術者編－
「第4章 安全設計の基本」

機械安全推進特別委員会
機械安全教育プログラムの開発部会

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

本資料はあくまで参考資料として作成されたものであり、その結果の安全性を保証するものではありません。
本資料を利用した結果生じたいかなる損害についても、当会は一切責任を負いかねますのでご了承ください。

目 次

第4章安全設計の基本

4.1 リスクアセスメント

4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.2 機械類の制限の決定

4.1.3 危険源の同定

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

4.1.5 リスクアセスメントの手法

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

4.1.7 リスクアセスメント 演習

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

目 次

4.2 スリーステップメソッド

4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

4.2.1.1 スリーステップメソッドとは、

4.2.1.2 リスクアセスメントフローにおける スリーステップメソッドの位置付け

4.2.1.3 保護方策の分類

4.2.2 本質的安全設計方策

4.2.2.1 本質的安全設計方策とは、

4.2.2.2 危険源を回避する方法

4.2.2.3 危険区域への進入の必要性を低減することにより 危険源へさらされる機会を制限する方法

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

目 次

- 4.2.3.1 安全防護策及び付加保護方策とは、
- 4.2.3.2 ガードとは、
- 4.2.3.3 固定式ガードと可動式ガードとは、
- 4.2.3.4 ガードの種類
- 4.2.3.5 保護装置とは、
- 4.2.3.6 付加保護方策とは、
- 4.2.4 使用上の情報で行う保護方策
 - 4.2.4.1 使用上の情報で行う保護方策とは、
 - 4.2.4.2 取扱説明書の記載及び作成上の注意事項
 - 4.2.4.3 附属文書とは、

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

学習のねらい・・・第4章 安全設計の基本

この章では、リスクアセスメントの概要とリスク低減の方法について学習する。

- ・ リスクアセスメントにおける3ステップメソッド
 - － 本質的安全設計
 - － 安全防護と付加保護方策
 - － 使用上の情報

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ この章では、機械の安全設計を行う上での基本となる「リスクアセスメント」の考え方とそのリスクアセスメントにおける結果を基にした安全設計手法について学習する。
- ・ この設計手法は、スリーステップメソッドと呼ばれており、行うべき安全対策を3段階に分けて規定の順番通りに実施するもの。
- ・ 1番目のステップは「本質的安全設計」と呼ばれるもので、危険箇所における対策を行うのではなく、危険の要因を無くすこと。
- ・ 2番目のステップはどうしても無くせない危険箇所について、ガード等の保護装置を取り付けるという手法。
本質的安全設計を飛ばして、ガード等の保護装置の対応を行うことはこの手法に違反する。
あくまでも危険な要因を極力無くした上で、ガード等の保護装置による対応を行うことになる。
- ・ 3番目のステップはガード等の保護装置によってもまだ無くすことができない危険要因、つまり残存するリスクと呼ばれるものについて、それらを機械の管理者や使用者に情報として伝えることを意味する。
- ・ このスリーステップメソッドが全世界における機械の安全設計の基本である。
詳細は、後のページで説明する。

4.1 リスクアセスメント

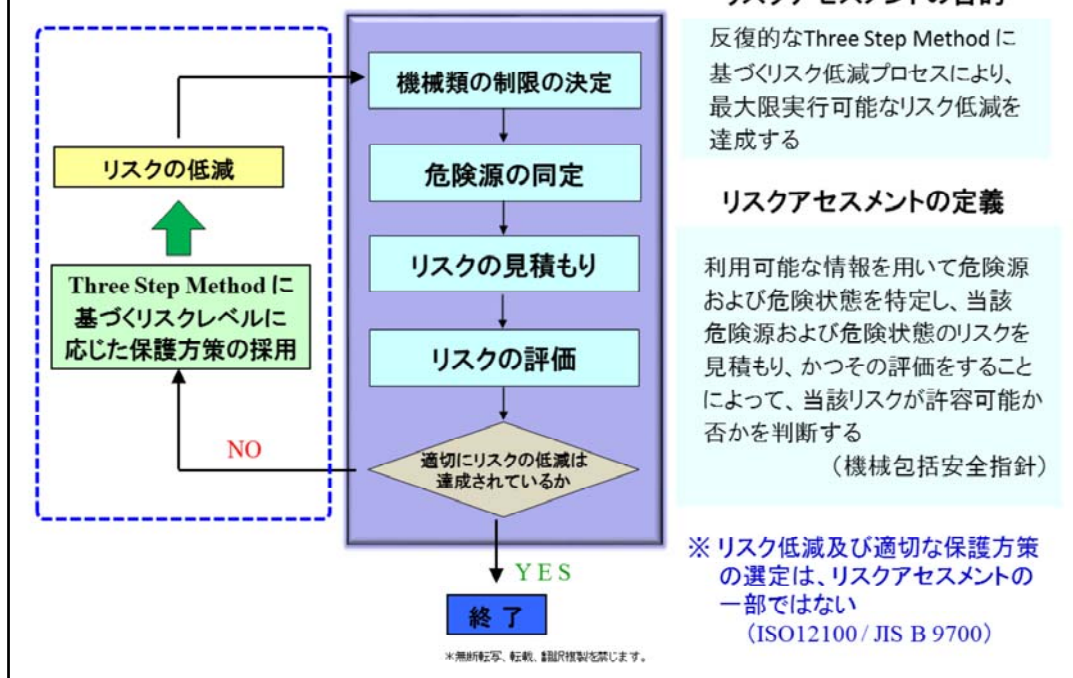
※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(タイトルのみのページ)

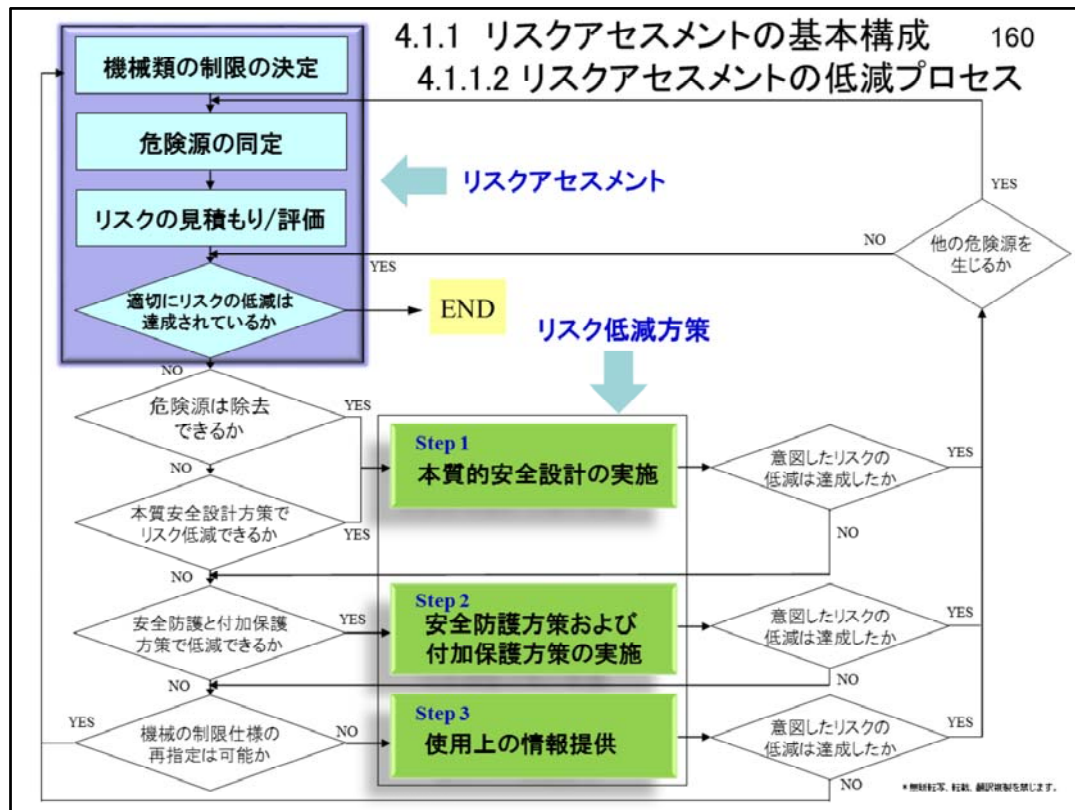
4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.1.1 リスクアセスメントの目的、定義

159



- ・ リスクアセスメントの最大の目的は、事故の原因となるような危険要因、つまりリスクを可能な限り無くすること。
- ・ リスクを無くしてゼロにしてしまうことは、現実的には困難なので、リスクを可能な限り低減させることになる。
- ・ リスクアセスメントでは、まず機械の仕様としてどのような人がどのような目的でどのように使うのかといった制限を決定し、利用可能な情報を集約し、対象とする機械における全ての危険源（どのような種類の危険が存在するか）、またそこでどのような危険状態となるか（どのような事故となるか）を見積もり、そのリスクが許容できる程度に小さいかどうかを判断する。
- ・ 残っているリスクが許容できない程度に大きい場合は、先ほどのスリーステップメソッドを用いてリスクを小さくすることを繰り返し行う。



- ・ リスクアセスメントの結果、リスクが許容できる程度にまで低減されていない場合、スリーステップメソッドを用いて、まず危険源そのものを無くしてリスクを低減させ、それでもリスクが許容されない場合はガード等の保護装置を用い、さらに必要な場合は残るリスクに対する情報を提供することになる。
- ・ 安全対策の実施により別の危険源が生じた場合は、その危険源についても、リスクを判断する。

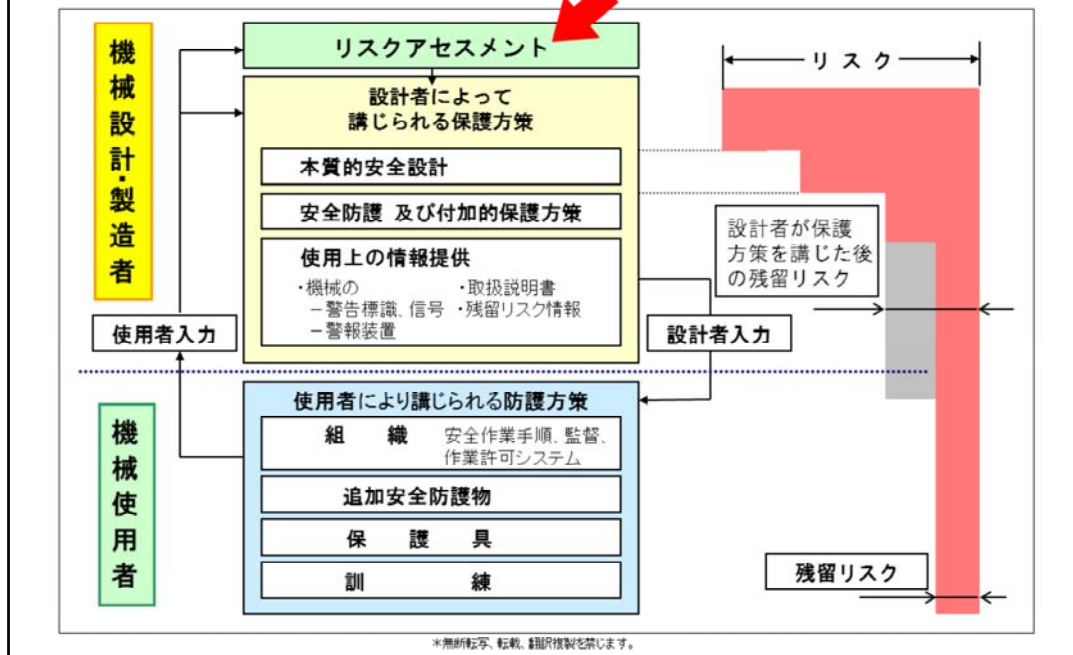
4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.1.3 機械設計者のもとで行うリスクアセスメント

161

..... 機械の設計/製造者と機械使用者の関係

ISO12100:2010 に示される姿

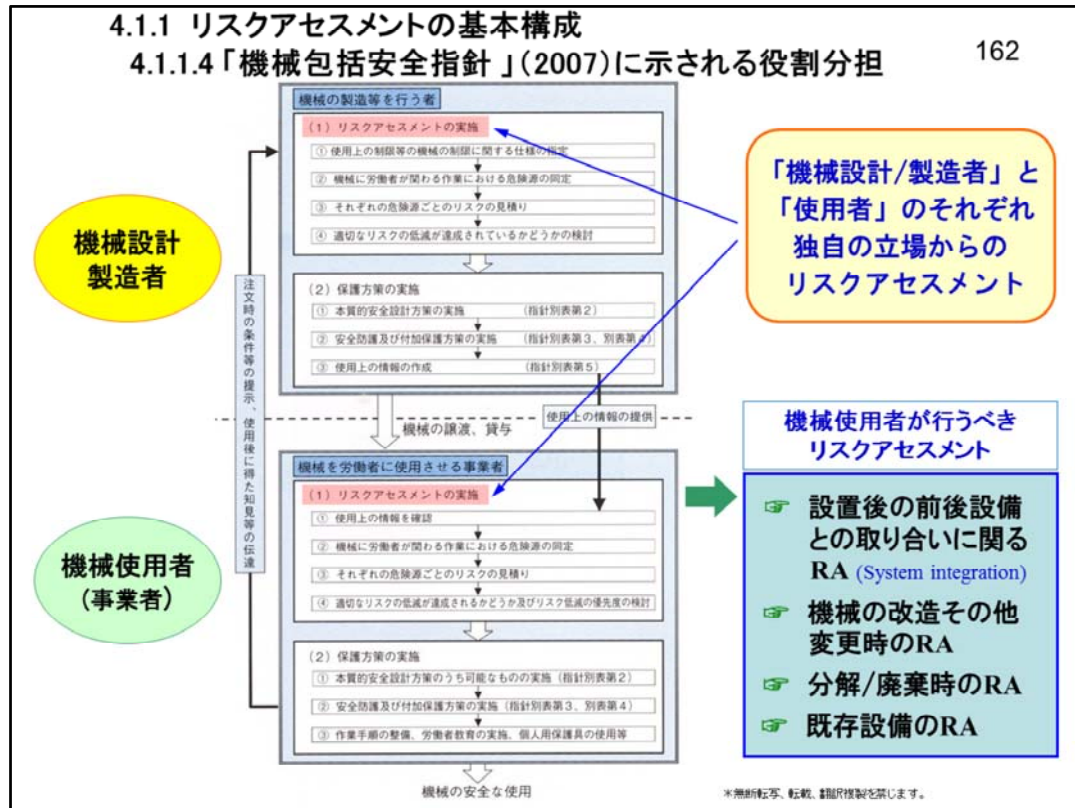


- ・ この図は、リスクアセスメント後のスリーステップメソッドによってリスクが段階的に低減されるイメージと、リスクアセスメントを実施した設計者と、機械の使用者間の情報の流れを図示したもの。
- ・ ISO12100では、リスクは機械設計者によって適切なレベルまで低減されなければならないと規定されており、機械の使用者は、設計者から提供された「使用上の情報」に基づき、使用者の組織的な手法や訓練やさらに追加のガード等を用いて残留リスクを低減することが規定されている。
- ・ 機械の使用者による管理には、例えば安全管理組織の活動、作業の監督、資格制度の適用、教育／訓練の実施等が含まれる。

4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.1.4「機械包括安全指針」(2007)に示される役割分担

162



- 日本国内においては、機械を安全に使用する為の指針「機械の包括的な安全基準に関する指針」（略して機械包括安全指針）が2001年に厚生労働省から発行され、ISO 12100における考え方が取り込まれた。
- その後、2007年にこの指針が改定され、機械メーカーにてリスクアセスメント実施後残存するリスク等について「使用上の情報」として機械の使用者へ提供することが規定された。
- また、機械の使用者は機械メーカーからの情報を基に、独自にリスクアセスメントを実施することが規定されている。

4.1.1.4「機械包括安全指針」(2007)に示される役割分担 機械メーカーと機械ユーザーのリスクアセスメントの分担

163

対象設備	機械メーカー	機械ユーザー
新たに設計/導入される機械設備 機械メーカーのもとで、RAや安全防護が講じられた上でインテグレートされ、ユーザーのもとに設置された新設/導入設備	基本/概念設計の段階 ● 本質的安全設計のためのRA 詳細設計の段階 ● 安全防護方を検討するRA 製作/納入時に ◆ 残留リスクに関する使用上の情報提供(機械危険情報)	設置時の段階 ● 追加の安全防護のためのRA ・設置環境条件 ・前/後設備の取合い ◆ 管理的な保護方策 初期運転管理の段階 ● 設計段階では想定できなかった不具合/異常処置等のRA (設置後改造を伴う) システム要素の変更段階 ● 本質的安全設計 ● 安全防護方策 ◆ 残留リスク制御方法の明確化を検討するRA
既存の機械設備 機械メーカーで、RAや十分な安全防護がなされ、いま設置され、ユーザーのもとで、そのまま使用されてきた 経年設備	(不十分なリスク低減)	後追いで保護方策を追加する 主に ● 本質的安全設計(適用余地は小) ● 安全防護方策 ◆ 残留リスク制御方法の明確化を検討するRA (ライフサイクル終了時) 解体・廃棄の段階 ● 安全防護方策 ◆ 残留リスク制御方法の明確化を検討するRA

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・この表は、「機械包括安全指針」における、機械の設計・製造者であるメーカーと、機械を導入し労働者に使用させる事業者のユーザーが、それぞれで実施するリスクアセスメントの分担を表わす。
- ・機械メーカーは、機械の基本設計、詳細設計から、製作、納入の各段階においてリスクアセスメントを実施し、本質的安全設計や安全防護方策などによりリスクを低減させる。
適切にリスク低減を図ったにもかかわらず残ってしまったリスクは、機械ユーザーが安全対策の追加処置ができるよう警告標識、警報装置、取扱説明書、残留リスク情報などの方法で、ユーザーに対して使用上の情報提供を行なう。
- ・機械ユーザーにおいては、機械設備を新たに導入する時だけでなく、従来から使用している既存の機械設備に対しても各段階でリスクアセスメントを行なって安全防護対策を実施する。

4.1.1.4「機械包括安全指針」(2007)に示される役割分担
機械のライフサイクルアセスメントのふたつの捉え方

164

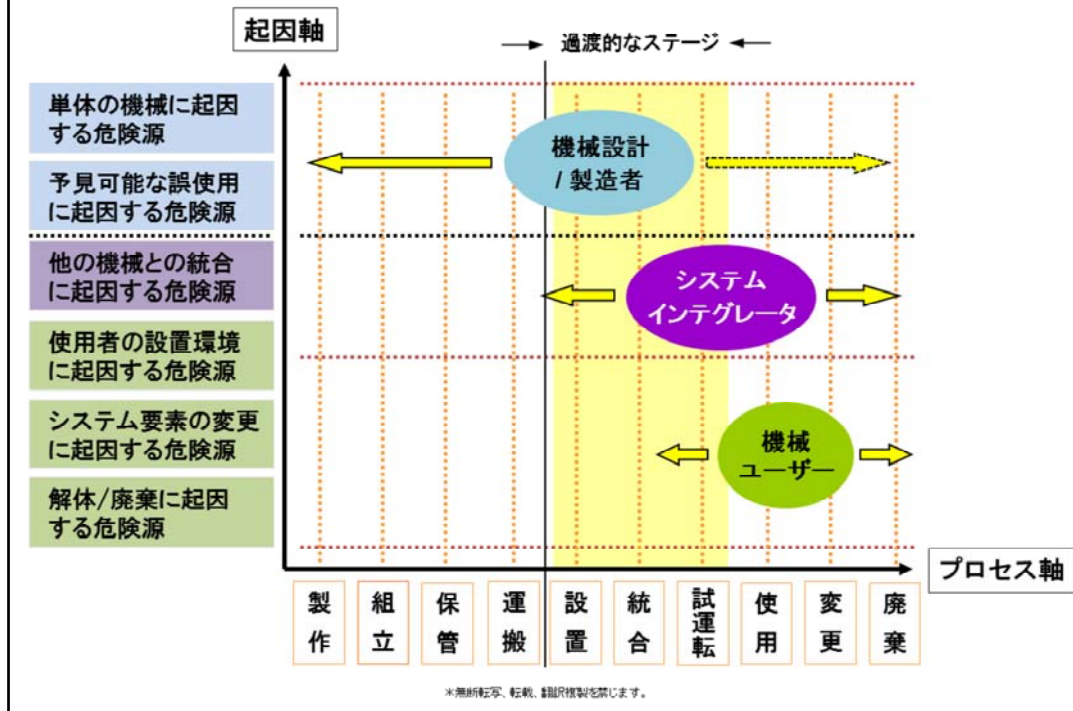
種 類	内 容	備 考
設計段階で機械の全 ライフサイクルを想定 したリスクアセスメント 《 ISO12100 》	▼ 機械の設計段階において、機械の ライフサイクルの全てのステージを 対象として行うリスクアセスメント (例えば、一般消費者用機械製品)	機械メーカー ライフサイクルの全ての 局面を設計段階で正確 に見通すことが可能な リスクアセスメント
機械のライフサイクル の各局面を分担して 行うリスクアセスメント 《 機械包括安全指針 》 (2007年)	▼ 機械のライフステージの主要な節目 ・ 構想設計 段階 ・ 詳細設計 段階 ・ システム統合段階 ・ 設置時の段階 ・ 改造/変更 段階 ・ 解体/廃棄 段階 の各段階で実施するリスクアセスメント (主に産業機械製品の場合)	機械メーカー システム・インテグレータ 機械使用者

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ リスクアセスメントを実施するうえで、ISO 12100は基本安全規格であることから、一般消費者用機械を想定した使用者の知識や安全意識などに頼らない基本概念とし、機械メーカーが設計段階において機械のライフサイクル全ての局面を対象としてリスクアセスメントを実施する事としている。
- ・ 一方、「機械包括安全指針」では、メーカーだけでなく機械を導入して労働者に使用させる事業者も対象に含まれていることから、主に産業機械を想定とし、機械ユーザーにおいても各局面でリスクアセスメントを実施する事とする。
- ・ また、複数を組み合わせて機械を導入設置する際に、システム・インテグレータが介入する場合は、システム・インテグレータがシステムを統合する段階で実施する。

4.1.1.4「機械包括安全指針」(2007)に示される役割分担 機械のライフサイクル上の危険源の想定分担

165



- ・ 機械のライフサイクルにおける、各プロセスで想定される危険源が、機械メーカー、システム・インテグレータ、ユーザーにどのように分担されるのかを見る。
- ・ 横軸に、機械を製作して導入設置、廃棄されるまでのライフサイクルを見たプロセス軸。
縦軸に、想定される危険源を見る起因軸としている。
- ・ 機械設計・製造者であるメーカーは、ライフサイクル全てのプロセスにおいて、システム・インテグレータは機械の導入設置から、ユーザーは設置後の各プロセスから、それぞれ視点で想定される危険源に対してリスクアセスメントを実施し、リスクの低減を行なう。

4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

166

4.1.1.5 機械のライフサイクル上での危険事象と設計上の原因例

機械のライフサイクル			設計上の不備と危険事象の例		
			設計上の配慮の不足	誘発される危険事象	
据付～組立 ～使用開始			荷積み 輸送	重量記載なし 吊ボルトなし 重心位置表示なし	許容過重オーバー 過積載、搬送中の落下事故
			組立て 据付け	レイアウト空間不足 許容床荷重の表示なし アンカー等による固定不十分	ムリな機械据付けの工事空間 床の変形、陥没 地震による機械の転倒
			試運転 使用開始	部品の初期故障 液面計、流量計なし 軌道限界ストッパーなし	故障の誤った対応、運転条件 調整の失敗、過負荷運転 オーバーラン
稼 動	定 常 運 転	通常運転 異常処置	防護なしの危険箇所/危険源 不意の起動を誘発する回路	機械稼働状態で異常処置 不意の起動、誤作動事故	
	非定常 運 転	調整/段取 点検/保守	メンテナンスデッキの不備 足場の不良、アクセス困難	保全での危険なアクセス、調整 の失敗、誤操作、誤配線	
解 体 廃 棄			解体/撤去	蓄積流体、気体の情報欠落 アセンブリ、排出弁情報欠落	不適切な解体による漏洩事故 不適切な起重、用具撤去
			スクラップ リサイクル	危険/有害物質に関わる情報 土壌汚染の情報の欠落	危険/有害物質の不適切な遺棄 スクラップの不法投棄、汚染

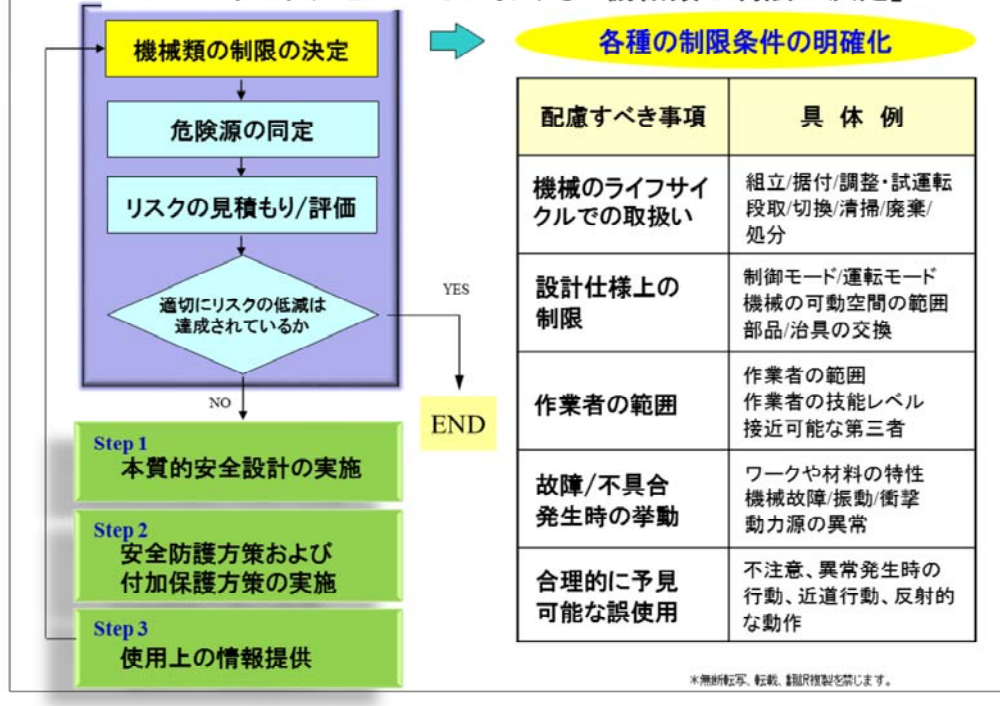
※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ここでは、機械のライフサイクルのうえで、設計上の不備により危険な事象が発生する具体的な事例をいくつか挙げてみる。
- ・例えば、機械の据付から使用開始するまでの間のプロセスで、荷積み輸送が行われるときに
 - 「機械重量がどこにも記載されていない」
 - 「機械を吊り上げるための吊りボルトが無い」
 - 「機械重心の位置がどこなのか表示が無い」
 など、設計上の配慮が足りないことにより、荷積み作業において重量オーバーや落下などの事故が誘発されてしまう事が考えられる。
- ・構想設計および詳細設計においては、ライフサイクルの各局面で想定しうる危険源に対して、リスクアセスメントを実施して安全方策を施した設計が必要となる。

4.1.2 機械類の制限の決定

167

4.1.2.1 リスクアセスメントにおける「機械類の制限の決定」



リスクアセスメントは、機械類の寿命における全段階を考慮した機械類の制限の仕様を決定することから始める。

このことは、機械の性能および特徴、または統合されたプロセスの一部としての一連の機械の性能及び特徴、関連する人、環境および製品をここに示す機械類の制限の観点で特定することが望ましい。

- ・ 機械のライフサイクルでの取扱い：組立/据付/調整・試運転段取/切換/清掃/廃棄/処分
- ・ 設計仕様上の制限：制御モード/運転モード機械の可動空間の範囲部品/治具の交換
- ・ 作業者の範囲：作業者の範囲作業者の技能レベル接近可能な第三者
- ・ 故障/不具合発生時の挙動：ワークや材料の特性機械故障/振動/衝撃動力源の異常
- ・ 合理的に予見可能な誤使用：不注意、異常発生時の行動、近道行動、反射的な動作

4.1.2.1 リスクアセスメントにおける「機械類の制限の決定」

168

「機械類の制限の決定」に際して事前に収集すべき情報

関連情報の収集、整理

— アセスメントの対象設備に関わる情報の収集

A. 機械に関連した情報

1. 使用者の種類、特性
2. 機械の想定仕様
 - (1) 当該機械のライフサイクルの全ての局面に関する事項
 - (2) 機械の特性を規定する設計図面、その他の情報
 - (3) 必要な動力源、動力供給方法
3. 同種の機械の設計文書
4. 同種の機械の「使用上の情報」

B. 法規制、規格その他の適用文書

1. 適用される法規制
2. 関連規格
3. 技術文書
4. 安全データシート

C. 過去の運用履歴情報

1. 同種の機械の事故/災害、機能不良
2. エミッション、化学物質、原材料に関わる健康障害に関する情報

D. 関連する人間工学原則

機械類の制限の決定

— 上記の情報を参考に機械の制限条件を検討

使用上の制限

空間的な制限

時間的な制限

16

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

「機械類の制限の決定」に際して事前に収集すべき情報としては、以下がある。

- A. 機械に関連した情報
- B. 法規制、規格その他の適用文書
- C. 過去の運用履歴情報
- D. 関連する人間工学原則

上記の情報を参考に機械の制限条件を検討

1. 使用上の制限は、意図する使用及び合理的に予見可能な誤使用を含む。
2. 空間的な制限は、以下を考慮する。
 - ・ 可動範囲
 - ・ 運転及び保全のように機械に係る人に対する要求事項
 - ・ オペレータと機械間のインターフェース
 - ・ 機械と動力源間のインターフェース
3. 時間的な制限は、以下を考慮する。
 - ・ 機械類の寿命
 - ・ 推奨点検修理間隔

機械の特性と使用目的を3つの制限条件で規定する

設計目標の 明確化	使用上の制限	■ 設計者の意図する使用方法での制限事項（温度範囲、制限速度、最大負荷、常用圧力など） ■ 種々の運転モード、使用局面、機能不良 ■ オペレータの種々の介入方法、予見可能な誤使用
	空間上の制限	■ 機械の据付に必要なレイアウト、保全に必要な空間の大きさ ■ 機械要素の物理的な作動範囲 ■ オペレーターと機械のインターフェース、機械と動力源とのインターフェースに関わる制限事項
	時間的な制限	■ 設計者が意図する使用条件のもとでの機械、構成部品の予定寿命による制限事項（予想できる部品減耗限度、交換間隔、延べ運転時間など）



機械のあるべき姿、性能や限界を定義して、
機械と人の関わり方を明らかにする

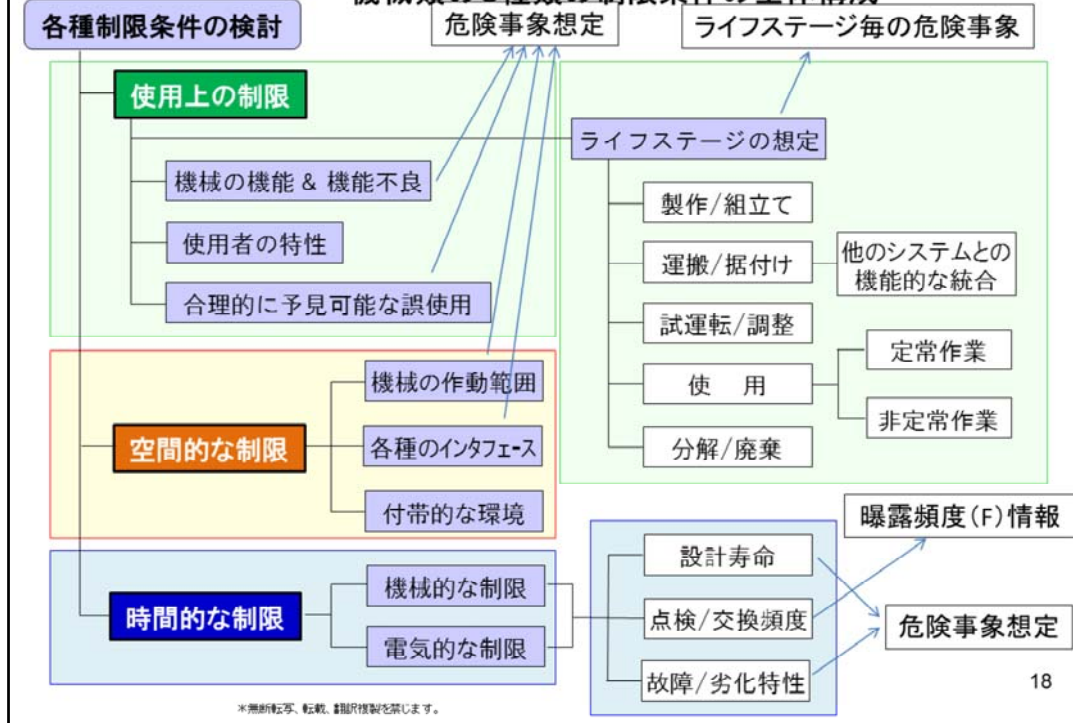
*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・それぞれの制限事項の細目を規定することは設計目標の明確化を行うことに相当し、機械のあるべき姿、性能や限界を定義して機械と人の関わり方の具体的なイメージを描くことである

4.1.2.1 リスクアセスメントにおける「機械類の制限の決定」

170

機械類の3種類の制限条件の全体構成



18

- ・ 3種類の制限条件の体系表を示す

4.1.2 機械類の制限の決定 4.1.2.2「使用上の制限条件」を構成する要素

制 限	制限要素例	171
使用上の 制限条件	意図する使用 (人との相互作用 /対象設計範囲)	a. ライフサイクル上での機械と人の関わり (1) システム、構成 (4) 検収 (2) 運搬 (5) 使用状態 (3) 組立および据付け (6) 使用停止、分解、廃棄 b. 機能不良に伴う機械と人の関わり (1) 加工対象の特性、寸法、形状の変化 (2) 構成部品、機能の故障 (3) 衝撃、振動、電磁妨害、温湿度などの環境変化 (4) ソフトウェア上の設計の誤りを含む設計不良 (5) 動力供給異常、電源変動 (6) 機械の据付け、製品/材料の詰まりなど周辺状況 c. 対象とする人 (1) オペレータ、エンジニア、初心者 (2) 性別、年齢、利き手、障害者 (3) 機械周辺の作業員、監督者、監視者 (4) 第三者
	合理的に予見 可能な誤使用	次頁に詳細
	予期しない起動	a. 制御システムの故障、ノイズなどの外乱による起動 b. センサー、動力制御要素などの不適切な取扱いでの起動 c. 動力中断後の復帰による起動 d. 重力、風力、内燃機関の自己点火等内外の影響による起動 e. 機械の停止カテゴリ
		※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。 19

設計項目の明確化として、「使用上の制限条件」を構成する要素として、3項目の検討例を表に示します。

一つ目の「(1)意図する使用」は、機械と人の係わりを考えます。

たとえば、a. ライフサイクル、b. 機能不良、c. 対象とする人、です。

二つ目の「(2) 予見可能な誤使用」は、次頁でお話いたします。

三つ目の「(3) 予期しない起動」は、不意の起動による危険事象をイメージして制限条件を検討します。

(1) 意図する使用

a. ライフサイクル上での機械と人の関り

⇒ その機械のライフサイクルの各ステージのイメージを描く

b. 機能不良（不具合&故障）に伴う機械と人の関り

⇒ 危険状態につながる不具合、故障の特定

c. 対象とする人（機械と関わる人の種類、特性）

⇒ オペレータのみでなく、危険源曝露が想定される関係者の範囲を特定

(2) 予見可能な誤使用

⇒ 人の行動に起因する危険事象の特定。 次頁

(3) 予期しない起動

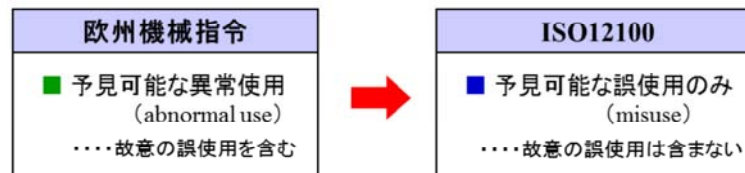
⇒ 不意の起動による危険事象を引き起こすさまざまなケースを想定します。

たとえば、故障やノイズによる誤作動です。

4.1.2 機械類の制限の決定 4.1.2.2「使用上の制限条件」を構成する要素 合理的に予見可能な誤使用

172

局 面	想定すべき人の行動
オペレータの機械制御の不能	◆ 手持ち式機械の制御不能 ◆ 移動機械の制御不能
機械に機能不良、事故、故障が生じた時の反射的な挙動	◆ とっさの反射動作 ◆ 本人の意図しない行動
集中力の欠如、不注意から生じる挙動	◆ 不適応行動（故意の誤使用は含まない）
「最小抵抗経路」を取った結果の挙動	◆ 近道反応（手数を省く） ◆ 手順を省略した行動
機械の稼働を継続させるプレッシャーからくる挙動	◆ 異常処置時等に機械を停止しないで行おうとする行動
子供、障害者などの特定の人の行動	◆ 子供、老人、障害者などの行動 （一般的に、公共施設や一般家庭の消費財の機械）



※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

「予見可能な誤使用」は、極力そのような行動が生じても、危険事象につながることを防ぐ設計を目指します。
主に、表で示した、6種類の局面（側面）から安全性の担保が要求されます。
なお、欧州機械指令では「予見可能な異常使用」（故意の誤使用）を含むが、ISO 12100は「故意の誤使用」の想定までは求めていません。

4.1.2 機械類の制限の決定

4.1.2.3 「空間上の制限条件」を構成する要素

173

制 限	制 限 要 素 例	
空間上の 制限条件	機械の 動作範囲	a. アクチュエータの作動範囲、作動速度、作動エネルギー
	オペレータと 機械との間の インタフェース	a. 機械の規模に適した使用環境の空間 b. 操作パネルの位置 c. オペレータの作業範囲 d. 点検/修理のための保全空間 e. 機械の点検個所へのアクセス f. 工具や加工物の放出 g. 機械の応答時間
	機械と動力源 との間のインタ フェース	a. 機械可動部への過負荷対応 b. 異常発生時の動力遮断 c. 危険領域の蓄積エネルギーの消散手段 d. 捕捉時の脱出、救出
	作業環境	a. 階段 b. 梯子、タラップ c. 手すりの設置 d. プラットフォーム

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この表は、「空間上の制限条件」を構成する要素を4つに分類して各制限を検討した例です。

(1) 機械の動作範囲

- a. アクチュエータの作動範囲、速度、作動力
⇒ 危険源となる箇所の想定、危険源のエネルギーの大きさ、
事故発生時の回避可能性の見積もり

(2) オペレータと機械との間のインターフェイス

- a. ～g.
⇒ 危険源との安全距離、誤操作を誘発する操作系、点検/
修理空間の危険源、アクセス頻度、衝撃の危険源などの
特定機械の停止応答時間（安全距離の基礎データ）

(3) 機械と動力源とのインターフェイス

- a. 過負荷防止手段の想定
- b. 異常検知手段、動力遮断方法の検討
- c. 蓄積または残留エネルギーの消散方法（付加保護方策）の検討
- d. 機械に捕捉された時の脱出、救出手段（付加保護方策）の検討

(4) 作業環境

- a. ～d. 高所の接近手段、転落防止措置の必要性の有無の検討

4.1.2 機械類の制限の決定

174

4.1.2.4「時間上の制限条件」を構成する要素

制 限	制 限 要 素 例	
時間上の 制限条件	機械的制限	a. 加工用の消耗部品、工具、電気部品の寿命 定期的な交換の推奨インターバル b. 可動部の摩擦を軽減するベアリングの交換 油空圧部品のシール材の寿命
	電氣的制限	a. 絶縁劣化 b. 接点寿命 c. 配線被覆の摩耗 d. 設地線の劣化、はずれ

「その他の制限条件」を構成する要素

制 限	制 限 要 素 例	
その他の 制限条件	加工物に関わる制限	処理材料の特性
	清浄度の要求レベル	クリーンルームの清浄度水準 清掃頻度
	設置環境	推奨される最低使用温度、最高使用温度 屋内/外使用環境(風雨、紫外線、塵埃)に関わる耐性

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この上段の表は、「時間上の制限条件」を構成する要素を二つに分類して、各制限を検討した例です。

(1) 機械的制限

主に消耗部品、工具の寿命と定期的な交換インターバル

(2) 電氣的制限

回路、配線の絶縁劣化、接点寿命、配線被覆、設地線の経年劣化

下段の表は、「その他の制限条件」を構成する要素を三つに分類して、各制限を検討した例です。

◇ その他の制限条件を構成する要素

(1) 加工物に関わる制限 ⇒加工材料の特性

(2) 清浄度の要求レベル ⇒クリーンルームの清浄度水準ほか

(3) 設置環境 ⇒最高及び最低温度の環境、屋内外環境への耐性を考慮する。

4.1.2 機械類の制限の決定

175

4.1.2.5「機械の制限事項一覧表」の書式例

機械名称：		部署名称	部長	課長	作成者
項 目		機 械 の 制 限 仕 様 等			
機械の用途、目的					
検討した機械のライフサイクルの範囲					
関連する機械に関する情報	機械に関連する情報 ・ 使用者の種類、特性 ・ 同種の機械の関連文書				
	適用される法規制 関連主要規格、技術文書 安全データシート				
	過去の運用履歴情報				
	その他情報				

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ではここで「機械の制限事項一覧表」の書式例について説明します。
まず一般事項として「機械の用途、目的」、検討した機械のライフサイクルの範囲、関連する機械に関する情報、機械の主な仕様を記載します。

機械のライフサイクルについては先ほど説明の通りです。

関連する機械に関する情報については、

「機械に関する情報として、・ 使用者の種類、特性、・ 同種の機械の関連文書」、「適用される法規制、関連主要規格、技術文書、安全データシート」、「過去の運用履歴情報」等を記載します。

項 目		機 械 の 制 限 仕 様 等	176
機 械 の 主 な 仕 様	型 式 番 号		
	想 定 設 計 寿 命		
	原動機の種類、出力		
	運 転 モード		
	加 工 能 力		
	諸 元（寸法、重量）		
使 用 上 の 制 限 事 項	意図する使用	(1) ライフサイクル上での相互作用 ・システム/構成・運搬・組立&据付・設備検収・使用・分解/廃棄 (2) 機能不良に伴う相互作用 ・加工品の特性・寸法/形状変化・構成部品/機能故障・衝撃、振動、電磁妨害、 温度などの環境変化・ソフトのバグを含む設計誤り・動力供給源の異常・機械の 据付やジャミングなどの機械近傍の状況変化 (3) 対象とする人 ・オペレータ、技術者、見習い/初心者・性別、年齢、利き手、障害者・機械の周辺 作業員、監督者、監視役・第三者	
	合理的に予見可能な誤使用	(1) オペレータによる操作不能の発生 (2) 機能不良、事故発生時の人の反射的な挙動 (3) 集中力の欠如または不注意による機械の操作誤り (4) 作業中での近道反応による被災 (5) 第三者の行動	
	予期しない起動	(1) 制御システムの故障やノイズなど外部からの影響で生じる起動指令で生じる起動 (2) センサや動力制御要素など、機械の他の部分での不適切な扱いにより生じる起動 (3) 動力中断後の再復帰に伴う起動 (4) 重力や風力、内燃機関での自己点火など、機械への内・外部からの影響による起動 (5) 機械の停止カテゴリ（IEC 60204-1 参照）	

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

機械の主な仕様については、型式番号、想定設計寿命、原動機の種類、出力、運転モード、加工能力、寸法、重量などを記載します。
 使用上の制限事項につきましては、P171 4.1.2.2 「使用上の制限条件」を構成する要素で紹介した内容を例に記入します。

項 目		機 械 の 制 限 仕 様 等	177
空 間 上 の 制 限 事 項	機械の動作範囲 ・ 機械の作動範囲 ・ 作動速度 ・ 作動エネルギー	・ アクチュエータの可動範囲、およびその可動速度または運動エネルギー	
	オペレータと機械との間のインターフェース ・ 使用環境の空間 ・ 操作パネルの位置 ・ オペレータの作業範囲 ・ 点検/修理の保全空間 ・ 点検箇所へのアクセス ・ 工具や加工物の放出 ・ 機械の停止応答時間	・ 機械の大きさに適した使用場所、操作パネルの位置、オペレータの作業範囲、保守時の点検/修理スペース、点検部位へのアクセス、工具や加工物の放出、機械のレスポンスタイム	
	機械と動力源との間のインターフェース ・ 機械可動部への過負荷対応 ・ 異常発生時の動力遮断 ・ 危険領域の蓄積エネルギーの消散手段 ・ 捕捉時の脱出、救出	・ 動力源の異常、変動、故障による危険状態 ・ 機械可動部の過負荷対応、異常時のエネルギー遮断、蓄積エネルギーの消散捕捉時の救出手段	

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

同様に空間上の制限事項についてもP173 4. 1. 2. 3「空間上の制限条件」を構成する要素を例に記入します。

項 目		機 械 の 制 限 仕 様 等	178
時 間 上 の 制 限 事 項	機械的な制限事項 ・ 工具の交換インターバル ・ 部品の交換インターバル ・ ベアリングやシールなどの寿命想定と交換時期 ・ オーバーホール/全般検査の間隔	・ 経年劣化、故障によって生ずる可能性のある危険状態 ・ 加工用の砥石やドリルなど工具の交換時期、可動部のベアリングや油空圧部品のシール寿命	
	電気的な制限事項 ・ 絶縁の劣化、寿命 ・ 接点容量を考慮した寿命 ・ 配線被覆の摩耗寿命 ・ 接地線の劣化 ・ …を踏まえた交換時期	・ 経年劣化、故障によって生ずる可能性のある危険状態 ・ 絶縁劣化、接点寿命、配線被覆の磨耗、接地線の外れ、有資格者の任命	
そ の 他	使用される屋内/外での環境的な想定負荷レベル ・ 温/温度 ・ 風雨 ・ 紫外線 ・ 塵埃 取り扱う原材料の化学的な性質ほか	・ 環境の異常な負荷により生ずる可能性のある危険状態 ・ 使用の屋内/屋外、直射日光、埃、運転の環境面、清掃レベル、処理材料	

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

時間上の制限事項、その他の制限事項も同様にp174 4.1.2.4
「時間上の制限条件」、「その他の制限条件」を例に記入します。

4.1.2.5 「機械類の制限の決定」の役割と意義（まとめ）

1. 「機械」の機能の定義と「人（作業従事者）」の果たす役割を規定することにより、危険源の同定の基本的な枠組みを固める
(人と機械の関わり の明確化)
2. 「危険源の同定」に際して、想定範囲に入れるべき危険源の種類や内容、対象とするシステム要素の範囲を規定する
3. 「危険事象シナリオの想定」に際して、危険事象の契機となる機械の不具合や故障モードの想定やその内容を明らかにする
4. 各作業モードでの「予見可能な誤使用」や誤使用の形態を想定する

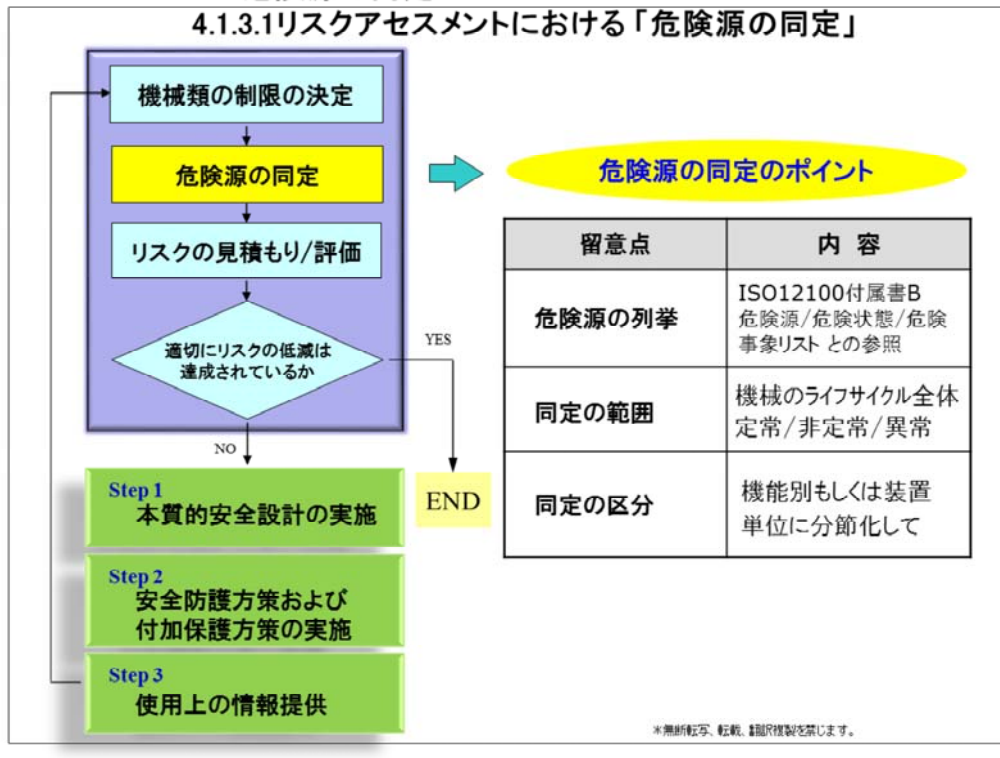
◎ これらのステップの品質が次のステップの「危険源の同定」の精度を大きく左右する

..... 危険源の見落としや危険事象の想定漏れにつながれば
リスクアセスメントの品質や価値を結果的に損う

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

本項は（まとめ）の項で有る為、各項目担当者のテキストを参照させて頂きたく思います。

4.1.3.1 リスクアセスメントにおける「危険源の同定」



- ・「危険源の同定」とは
 - (1) 機械設備に関連するすべての危険源を特定（同定）
 - (2) 危険源と人との関係で危害（傷害、健康障害）が発生する事が予測される、全ての危険源・危険状態を特定（同定）することを指す。
- ・リスクアセスメントは機械設備のすべてライフサイクルにおいて実施されなければならないが、一度に実施する事が困難で有る為、いくつかのサイクル／危険源／機能に分割して進める事が望ましい。
- ・具体的には
 - 「危険源の列挙」として、ISO 12100付属書B（JIS B9700 付属書B）を参照し、全ての危険源を列挙する
 - 「同定の範囲」として、「運搬、組立、設置」～「分解、破棄処分」のどのサイクルに該当しているかを明確にする
 - 「機械設備の使用段階」においても「通常の運転操作」の他、「保全」「修理」「清掃」等細分化して行う方が合理的である
 - 「同定の区分」として、「機能別」「装置単位」の他「予見される作業員」も考慮すべきである。

4.1.3 危険源の同定

181

4.1.3.2 危険源に関連する基本的な概念

危険源の同定のプロセスには、厳密には

(1)危険源 (2)危険状態 (3)危険事象の三種の要素を含む。

概 念	定 義
危 害 (harm)	人体の受ける身体的傷害もしくは健康障害 または財産もしくは環境上の障害
危 険 源 (hazard)	危害の潜在的根源
危険状態 (hazardous situation)	人、財産または環境が一つまたは複数の 危険源にさらされる状況
危険事象 (harmful event)	危険状態から結果として危害にいたる出来事

【 ISO / IEC guide 51 】

29

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

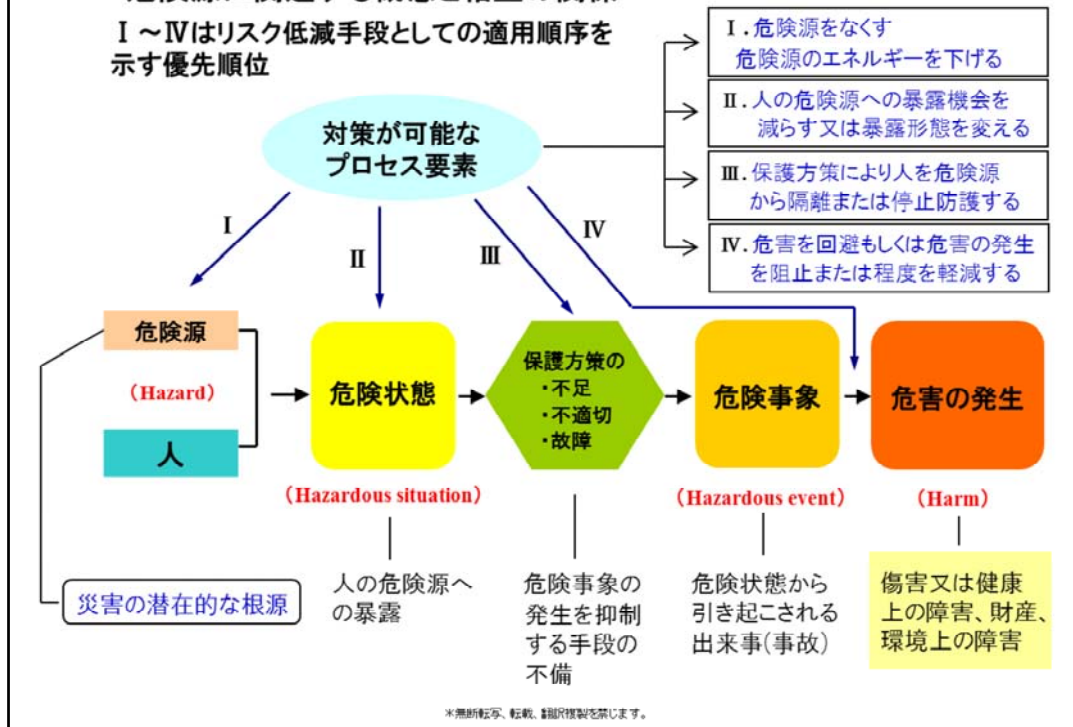
- ・「危険源」とは「危害を引き起こす潜在的根源」と定義（JIS B 9700）されているが、単に存在するだけでは「危険状態」とはならない。
- ・「危険源の空間的な広がり」と「人の行動範囲（空間的／時間的）」が重なり得る状態を「危険状態」と呼ぶ。
- ・「危険事象」とは「結果として危害に至る出来事」で、具体的には「危険源に対する保護方策の不足、不適切、不具合」により、「人」若しくは「機械設備」が「危険源」に接近／接触する行為、動作をさす。
- ・この状態で「回避の失敗」が伴うと、実際に「危害」が発生する事となる。

4.1.3.2 危険源に関連する基本的な概念

危険源に関連する概念と相互の関係

182

I～IVはリスク低減手段としての適用順序を示す優先順位



- ・ 前ページで述べた「危険源」から「危害の発生」の流れを改めて図表に起こした。
- ・ ここで先の「スリーステップメソッド」の概念との関連について説明する。
 - 「第1ステップ：本質的安全設計」は
 - 「I 危険源を無くす」
 - 「II 人の危険源への暴露機会を減らす」に働きかけ、「危険源」「危険状態」の低減の手法となる。
 - 「第2ステップ：安全防護と付加保護方策」は「III 保護方策により人を危険源から隔離」「IV 危害の回避若しくは発生を阻止」に働きかけ、「危険事象」の低減の手法となる

4.1.3.3 危険源/危険状態/危険事象の例

ISO 12100:2010 附属書 B (要約)

NO.	危険源の種類	内 容
1	機械的な危険源	・ 形状、位置、重力、質量/速度の運動エネルギー、機械強度不足 ・ 弾性要素、加圧下の液体/気体、真空効果の蓄積エネルギーによる押しつぶし、せん断、切傷/切断、巻き込み、引込み/捕捉、衝撃突刺し、擦過/こすれ、転落、転倒、高压流体の注入/噴出、窒息
2	電氣的な危険源	充電部への直接/間接接触、高压充電部への接近、静電気、短絡/過負荷による熱放射、熔融物の放出による火傷
3	熱的な危険源	高温/極低温物体・材料への接触による火傷/熱傷/凍傷 高/低温環境による健康障害
4	騒音による危険源	過大な音源による聴力損失、平衡感覚喪失、精神的ストレス 口答伝達/音響信号の障害
5	振動による危険源	振動工具などによる血管障害、劣悪な姿勢での全身振動 骨関節障害 神経系疾患
6	放射による危険源	低周波、マイクロ波、電磁波、紫外線、γ線、X線、レーザー光 α波/β波/電子ビーム、中性子線 による火傷、生殖障害、変異原性
7	材料/物質の危険源	機械で処理・加工・排出される有害性液体/気体への接触による傷害、変異原性、危険物の火災/爆発、ウイルス、微生物などの病原体による疾病
8	人間工学無視の危険源	無理な姿勢、照度の過不足、精神的なストレスなど人にエラーを誘発させる機器/環境的な要素、手動制御器、表示器の不適切な設計・配置
9	機械の使用環境の危険源	粉塵/ミスト、電磁妨害、雷、湿度、汚染、雪、温度、水、風による
10	組合せの危険源	上記の危険源の組合せ

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO 12100にはリスクアセスメントを支援するため危険源、危険状態、危険事象の例が附属書として示されている。

このテキストの表はその内容を要約したものである。

附属書では次の4つの表が示されている。

- ①危険源。原因と結果に分けて書き出したもの
- ②典型的な原因と結果の組合せ例
- ③危険源にさらされ危険状態となりうる作業。危険状態の例
- ④可動部との接触や意図しない起動といった危険事象の例

ここでは危険源を大きく9つに分類している。

これらの危険源から生じる障害の例を参考にして対象とする機械の危険源を考えることになる。

危険源の組合せの考慮も必要となる。

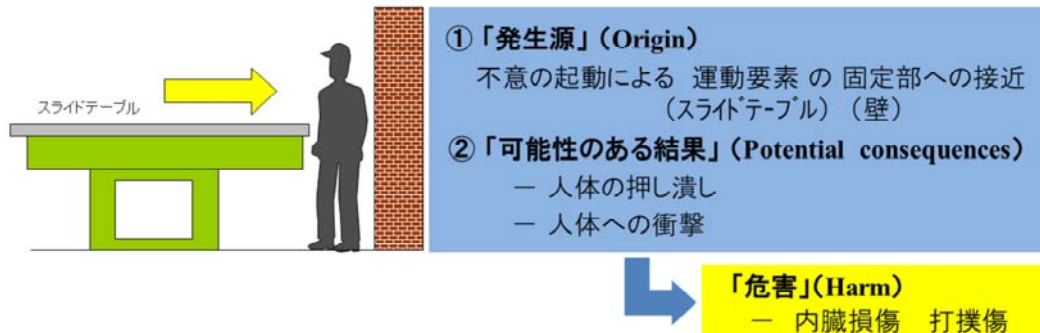
振動による危険源に記載されている「劣悪な姿勢での全身振動」は振動と人間工学無視の組合せである。

4.1.3 危険源の同定

184

4.1.3.4 危険源の構成概念

危険源は ①「発生源」(Origin)
②「可能性のある結果」(Potential consequences)
のふたつの概念の組み合わせ



ISO14121:1999 (リスクアセスメント)の附属書Aでは、「発生源」と可能性のある「結果事象」をそれぞれ区別することなく「危険源」として列挙していたが、統合後のISO12100:2010の附属書Bでは、上記に示すように両者が組み合わせられた概念として整理された

《ISO14121:1999では》

ex.制御回路の不備による「不意の起動の危険源」と「押しつぶしの危険源」というように、「原因系の危険源」と「結果系の危険源」が並列で相互に独立して取り扱われていた

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

危険源は「発生源」と「可能性のある結果」のふたつの概念の組合せと考えることで整理しやすくなる。

例としてスライドの移動による作業者の挟まれ、衝撃が図示されている。スライドテーブルが不意に起動して壁に向かって移動したということが発生源で、結果として作業者が壁とスライドテーブルに挟まれ押しつぶされる、または、衝撃を受けることによって、内臓損傷、打撲傷という危害が発生している。

このように原因と可能性のある結果を組み合わせることによって危険源を漏れなくリストアップしやすくなる。

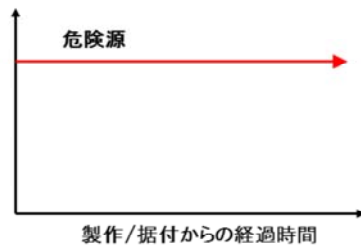
2000年頃の安全規格では、テキストに書かれているように「不意の起動の危険源」や「押しつぶしの危険源」というように「発生源」と「結果」が区別されずに列挙されていたが、2010年に発行されたISO 12100では原因と結果が組み合わせられたものとして整理された。

4.1.3.4 危険源の構成概念 危険源の形態

185

「安全な機械の設計」 A.Neudörfer より

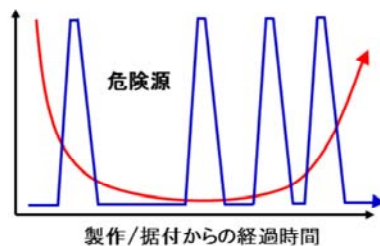
◇ 確定的危険源



機械の全寿命において恒久的に
存在する危険源（特定し易い）

↓
人的損害

◆ 偶発的危険源



機械の寿命の過程で、故障/不具合
などで偶発的に発生する危険源

↓
物的障害 人的損害

→ ライフサイクルの初期および終末期故障
→ 偶発的故障

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

危険源を漏れがないように考えるために様々な視点から分類してみることが有効となる。

危険源は大別してふたつのタイプに分けることができる。

(1) 確定的危険源

機械のライフサイクルのはじめから終わりまで一貫して存在し続ける危険源。

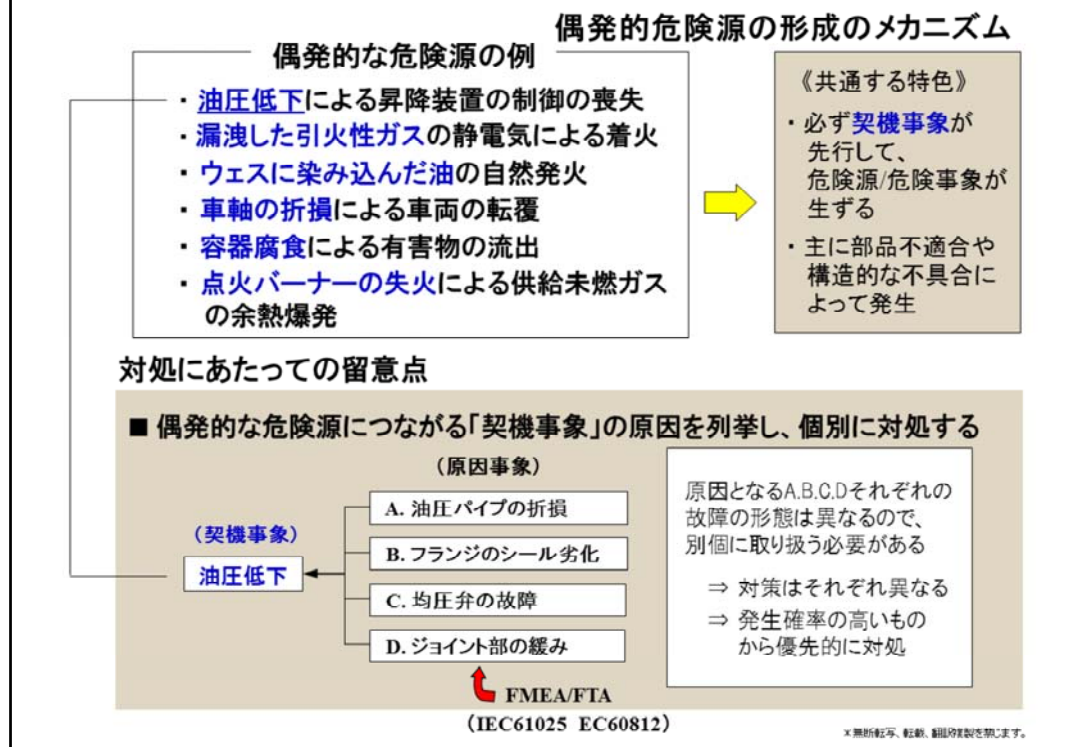
常時存在している危険源であるため比較的マークしやすい

(2) 偶発的危険源

機械のライフサイクルの過程で、故障/不具合や不適切な操作の結果などで偶発的に発生する危険源。

常時存在している危険源ではないため、このタイプの危険源を認識するのは確定的危険源に比較すると難しい。

機械のライフサイクル、作業の種類、機器の故障など様々なことを想定して考えることが必要。



偶発的危険源の形成のメカニズム

- ・ 必ず「契機事象」が先行して危険源/危険事象が生ずる
- ・ 「契機事象」は主に部品の不適合や構造的な不具合、故障の発生による
- ・ 「契機事象」は複数の原因からもたらされるケースが多いため、例えばFTAなどの故障解析手法を併用して原因系を整理し、リスク低減対策の選定、優先順位の手がかりとする必要がある。

例としてテキストにある、油圧低下による昇降装置の制御の喪失を見てみると、油圧低下が契機事象となる。

油圧低下が発生する原因事象としてどんなことがあるか考えて、それぞれの原因事象に対処することになる。

テキストに記載のIEC 61025はFTA、IEC 60812はFMEAの規格でJIS C 5750シリーズで国内規格化されている。

4.1.3.4 危険源の構成概念

偶発的危険源を形成する故障/不具合の原因例

187

	偶発的危険源を形成する故障 「安全な機械の設計」 A.Neudörfer より		
不具合の原因	初期故障	偶発故障	終末期故障
部品/材料の不具合	・ アセンブリや構造が複雑なことによる設計の誤り ・ 寸法、荷重範囲の誤り ・ 材料の不具合 ・ 製造上の品質不良 ・ 不正確な取り付け、組み立て不良	・ 故障につながる高負荷エネルギーの曝露 ・ 衝撃、振動などの想定外の負荷 ・ 環境条件の変動	・ 材料の疲労 ・ 腐食 ・ 摩耗 ・ 経年劣化、脆弱化 ・ クリープ破壊
使用段階での操作の誤り（誤使用）	・ 不適切な初動運転 ・ 過荷重などの不適切な運転 ・ 訓練、指導不足の作業者	・ 規定に違反した取扱い ・ プログラミングの誤り ・ 故障につながるノイズなどの見落とし ・ 表示の読み違い ・ 警告信号の無視 ・ アクチュエータの誤操作	・ 潤滑油の汚染 ・ 保守の遅れ ・ 油の劣化による弁の故障
保守不良	・ 不必要な定期保守作業 ・ 過剰な保守 ・ 未熟練者による保守の不良	・ 故障リスクと整合しない保守間隔 ・ 保守の失敗 ・ 機械に工具を置き忘れ ・ 機械的、電気的結合の失念	・ 点検と整備対策の不整合

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 確定的危険源は、回転や摺動などの動作が行われる危険箇所などで、危害に至るシチュエーションがイメージしやすい危険源のこと。
危険源の同定を行いやすい
- ・ 偶発的危険源は、機械のライフサイクルにおいて突発的、偶発的に発生する危険源
経過時間によって、発生する故障、不具合の種類や発生率が異なり、危険源の同定を行いづらい
- ・ そこで偶発的危険源を形成する故障／不具合の原因例にどのようなものがあるかを説明する
- ・ この表は偶発的危険源が形成される故障や不具合、その原因について、横軸を故障や不具合の発生割合が変化する経過時間で分類し、縦軸を不具合の原因の内容別で分類したもの
- ・ 初期故障は運用初期段階における故障や不具合のことで、対策が行われることにより、時間の経過とともに故障率は減少する。
主に潜在的な設計ミスや製造過程における不具合が原因であるが、不適切な運転や訓練・指導不足なども原因となる
例えば、部品や材料の不具合の項にある、アセンブリや構造が複雑なことによる設計の誤りや寸法、荷重範囲の誤り、部品の加工不良などの製造上の品質不良、不正確な取り付けなどの組立不良が考えられる

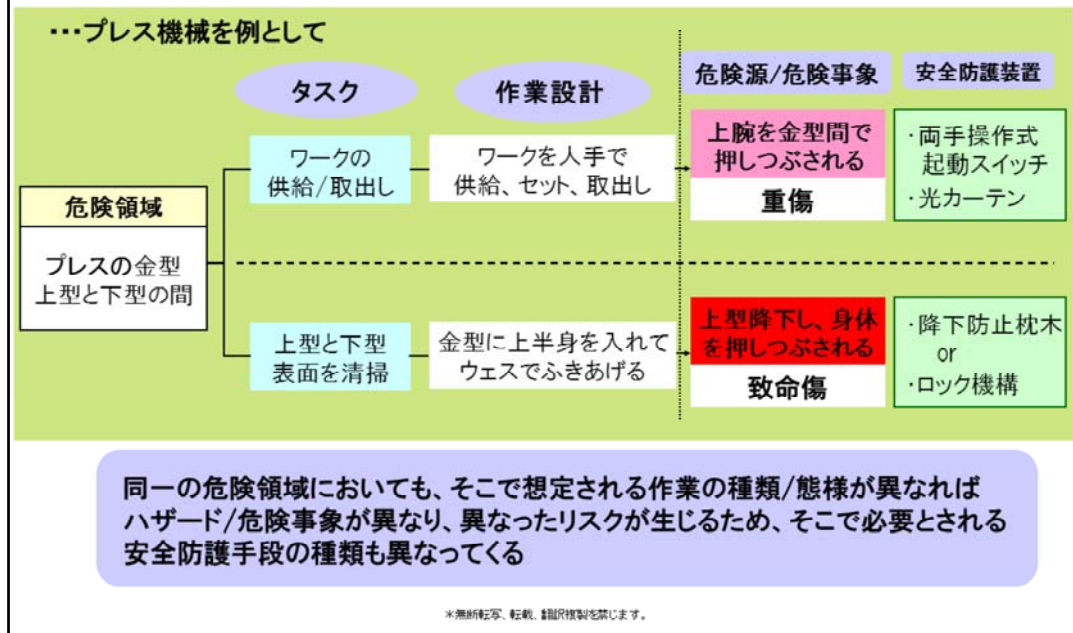
- ・偶発故障は初期故障期が終わり安定稼働される状態で突発的に起こる故障や不具合のことで、故障率は時間の経過に関係なく一定
例えば、使用段階での操作の誤りの項にある、規定に反した取扱い、プログラミングの誤り、アクチュエータの誤操作、保守不良の項にある故障リスクと整合しない保守間隔などが考えられる
- ・終末期故障は摩耗故障期とも呼ばれ、ある期間経過後の構成要素の劣化による故障や不具合のことで、時間の経過とともに故障率は上昇する
例えば、部品や材料の不具合の項にある、材料の疲労や摩耗、使用段階での操作の誤りの項にある、潤滑油の汚染、保守不良の項にある点検と整備対策の不整合などが考えられる有寿命部品の事前交換などの予防措置を図ることにより、寿命の延長が可能
- ・表の左上のグラフはバスタブ曲線や故障率曲線と呼ばれるもので、横軸が経過時間、縦軸が故障率を示しており、経過時間による故障率の変動傾向が見て取れる

4.1.3 危険源の同定

188

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと

機械の性能要件や機能からの検討だけに留まっていたのでは不十分。その機械のライフステージの各局面での作業(人との関わり)の形態を考慮する事が重要

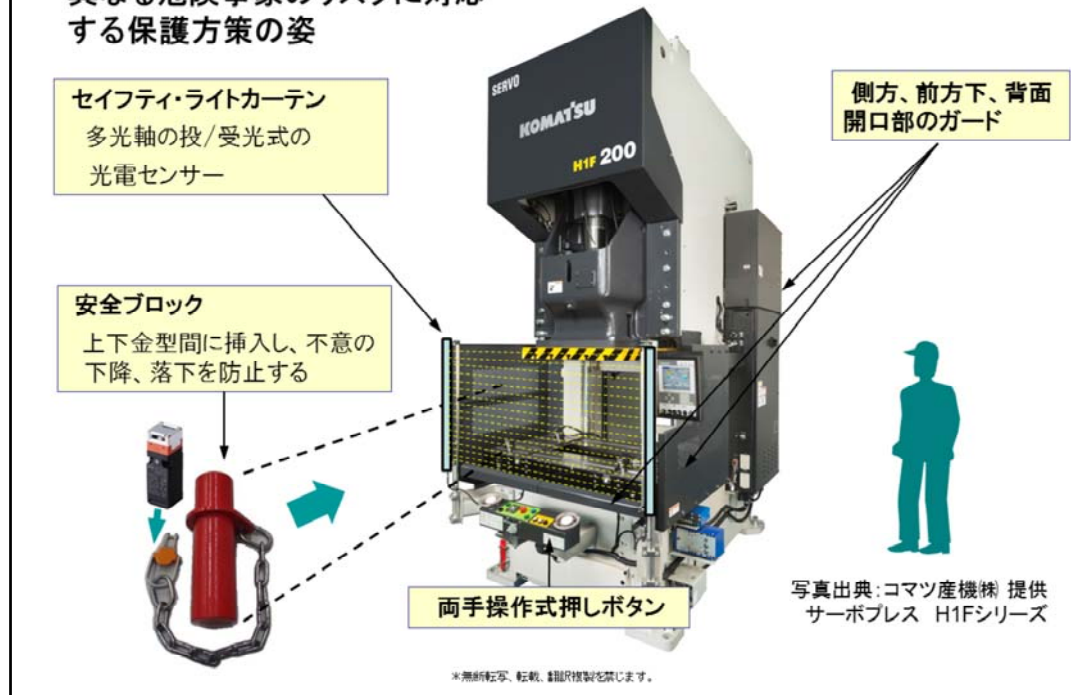


- ・人と危険源が揃って初めて危険状態となり、その状態に保護方策の不足などが加わって危険事象が発生し、危害を受ける
- ・ここで見つけ損なったリスクに対しては、続くリスクの見積もりや評価などが実施されず、また、リスク低減方策も実施されないため、危害を受ける可能性が残る
- ・漏れることなく、危険区分リストから危険源を同定するためには、機械の性能要件や機能からの検討だけに留まっては不十分
- ・その機械のライフステージ(＝ライフサイクルにおける各局面)において、人と危険源がどのように関わり、危険状態となって危険事象が発生するかを考慮することが適切なリスク見積もり・評価やリスク低減方策を実施するために重要
- ・ライフステージとは例えば、搬送、設置、試運転、運転、解体、廃棄などのこと
- ・同一の危険源・危険区域においても、そこで想定される作業の種類／態様が異なれば、危険状態も異なり、危険事象、危害、リスク及びリスクに対する保護方策も異なることについて、プレス機械を例に説明する
- ・プレス機械は金型の上型と下型の間のワークに力を加えて金型の形状に変形させる機械
- ・フローの上側について説明
- ・危険区域は金型の間
- ・危険区域とは人が危険源に暴露されるような機械の内部や周辺の空間の

こと

- ・ 人の作業はワークの供給や取り出し
 - ・ ワークは人が手で供給、セット、取り出しを行うよう設計されている
 - ・ 危険状態は金型間に入った腕に対し、ワークに加えられる力が働く状態
例えば、人が手を入れた状態で誤って起動スイッチを押す、あるいは金型が下降を開始してからワークのセット位置を調整しようとして誤って金型間に手を置くなどが考えられる
 - ・ 結果、上腕が押しつぶされる危険事象が発生
 - ・ 上腕が押しつぶされるため、危害の程度としては骨折や切断などの重傷を想定
 - ・ この危険事象を防ぐための保護方策の例としては、両手操作式起動スイッチやライトカーテンを設けることによって、金型間に手を入れた状態で機械を動作させないようにしたり、危険源に手が近づくことを検出して機械を停止させたりすることが考えられる
-
- ・ フローの下側について説明
 - ・ 危険区域は同じく金型の間
 - ・ 人の作業は金型の清掃作業
 - ・ 清掃作業は金型間に上半身を入れてウェスで拭くよう設計されている
 - ・ 危険状態は金型間に入った上半身に対し、ワークに加えられる力が働き、押しつぶされる状態
例えば、Aさんが清掃作業中であることに気が付かずBさんが金型を下降させる、あるいは金型の落下防止機構が無かったり故障したりして上型が落下するなどが考えられる
 - ・ 結果、身体が押しつぶされる危険事象が発生
 - ・ 上半身を押しつぶされるため、危害の程度としては死亡や再起不能などの致命傷を想定
 - ・ この危険事象を防ぐための保護方策の例としては、金型降下防止用に枕木を挟む、降下しないようなロック機構を追加するなどの物理的に落下を防ぐことが考えられる

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと 異なる危険事象のリスクに対応 する保護方策の姿



- ・図は保護方策を実施したプレス機械の例を示したもの

右上

- ・側方、前方下、背面開口部のガード
- ・ガードは人体の侵入を防止し、危険区域まで到達できないようにするための物理的なバリアとして設けられた安全防護策
- ・ガードにはいくつか種類があるが、これらはボルトで固定された、固定式ガードと呼ばれる方式のものと思われる

左上

- ・セイフティ・ライトカーテンと呼ばれる安全防護装置
- ・正面側はワークのセッティングなどアクセス頻度が高いため、物理的に侵入を防止するガードではなく、センサーで侵入を検知し、制御的に動作を制限する安全防護策を選択しているものと思われる
- ・機械正面の開口部の片端（かたはし）に設置した投降装置と反対側の端に設置した受光装置からなる光電センサーで、上下方向に一定の間隔で光軸を設けてあり、人が手をいれるなどして遮光されたことを検知する
- ・遮光された場合、動作を行っていない状態では危険な動作が行えないよう制限が加えられ、動作中であれば危険な動作を停止させるといった制御が行われる
- ・人体の接近速度とライトカーテンの応答時間及び機械停止までの時間、ライトカーテンの検出性能によって、危険区域からライトカーテンまでの最小設置距離は決定される

左下の安全ブロック

- ・物理的に上型の落下を防止する支え棒（つつかえぼう）。
この安全ブロックにはチェーンで安全スイッチのキーが取り付けられている
おそらく、キーをプレス機本体の安全スイッチに差し込むことによって、
制御的にプレス機の動作に制限を加えて不意の動作を行わせないように
しているものと思われる

中央下の両手操作式押しボタン

- ・両手を用いないと操作できない押しボタンを押させることによって、
手が危険な区域に侵入すること防ぐ安全防護策
- ・片手や肘、体で両方の押しボタンが押せないよう、押しボタンの距離
を適切に離し、各々を囲いで覆うなどの対応が必要

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと

190

危険源と作業のマトリクス表での整理（使用場面）

工程名称：			表 I 参照	設備名称：					設計書NO.		
番号	装置部位	危険源に関連する箇所	危険源 NO. 符号	危険領域にアクセス(曝露)する作業							
			危険事象	定常作業					非定常作業		
				主作業	立上げ 立下げ	点検 清掃	切替 材料供給	その他 付帯作業	異常 処置	調整・交換 保全	その他 付帯作業
1	プレス金型	上型と下型の間	1. C 押しつぶし	ワークの 出し入れ					型抜き金属 くずの除去		
2	プレス金型	上型と下型の間	1. A 重力はねが (金型降下)		金型面 の異物 点検	ウエスによる 上型表面 拭きあげ				上型直下 での 金型交換	金型の 位置合せ
3	プレス金型	下型とプレス フレームの間	1. C 押しつぶし				FLによる 金型挿入				
4	プレス金型	上型とプレス フレームの間	1. C 押しつぶし				FLによる 金型挿入				
5	プレス金型	型抜き金属 くず	1. B 切断			下型周り の清掃	ワークの 出し入れ				
6	プレス スライド機構	金型ホルダーと 天部フレーム	1. C 押しつぶし			スライド 機構部 清掃/注 油				スライド 機構部の 定期保全	
7	プレス スライド機構	金型ホルダーと フレーム開口部	1. C せん断	第三者の 作業介入							

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ プレスの金型部とスライド部について、危険源とそこで起こりうる危険事象及び対応する人が関わる作業を整理してまとめたマトリクス表
- ・ 人が関わる作業は、日常的に繰り返し行われる作業を定常作業、日常的に行われることが少ない保守点検やトラブル対応などの作業を非定常作業と、行われる頻度で大きく2種類に分けた後、さらにいくつかに分類することにより、作業の想定を容易にしているものと思われる
- ・ 青色で塗りつぶしてあるのは2つ前のスライドで示した内容
- ・ 一般的に非定常作業は想定を見落としやすいため、危険源の同定に際し注意が必要

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと

191

危険源の同定で明らかにすべき危険事象に至るプロセス要素

NO.	装置名	危険部位 と ハザード	作業名	危険事象／危害想定
1	加工テーブル	プッシャー(押さえ板)と アルミ型材の間での 押しつぶしのハザード	加工テーブル上の 切粉による位置決め 不良を防ぐための とっさの切粉除去	プッシャー(押さえ板)とアルミ型材 の間で、手指を押し潰され、挫滅 もしくは骨折をする
2	加工テーブル	プッシャー(押さえ板)の 戻り側ストローク端での 押しつぶしのハザード	とっさの切粉除去	プッシャー(押さえ板)の戻りスト ローク端で、手指を押し潰され、 挫滅もしくは骨折をする
3	加工テーブル	アルミ型材の加工面反転 機構の戻り側ストローク 端での 押しつぶしのハザード	とっさの切粉除去	アルミ型材の加工面反転機構の 戻り側ストローク端で、手指を押し 潰され、挫滅もしくは骨折をする

装置のどの部位が
どのような危険源に

どのような作業形態
のもとで

どのような危険事象(事故)で
どのような危害程度を想定

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 危険事象に至るプロセスの要素を抽出する。
- ・ 危険事象に至るプロセスの要素とは、リスクアセスメントの対象の装置の危険部位と危険源（ハザード）、危険部位における作業などの人の状況、および想定される危険事象のことである。
- ・ この例では、危険部位と危険源は、加工テーブル上のプッシャーとアルミ型材の間での押しつぶし、人の状況は作業として、とっさの切粉除去で危険部位に手を入れること、そして、危険事象は手指を押しつぶされて、挫滅、もしくは骨折である。
- ・ このように、要素を具体的に考えていく。

4.1.3.6 危険源/危険状態/危険事象の同定能力とは

1. 「誰でもこの手順に従えば、確実に危険源を識別できる」という
How to に還元できない能力
2. どれだけ過去の事故情報、安全防護の破綻例を蓄積しているか
正しい安全防護の原理について理解しているかで能力が決まる
…… リスクアセスメントは一見「演繹的」な思考プロセスのように見えるが
実際は、経験知がものをいう「帰納的」な蓄積情報を前提としている
How to ではなく、Know What である
3. 経験知、蓄積情報が前提である以上、情報を持たなければ、いくら
思考を重ねても、いくら時間をかけても、見えないものは見えない
4. 全てのジャンルについての事故例、安全防護の破綻例、安全方策
に通暁する専門家であることは極めて困難
…… それぞれキャリアと専門が異なる異種のメンバーが複数集まって
横断的で複合的な視点から行うブレインストーミングがKeyになる
5. 危険源/危険状態/危険事象は、その人のキャリアの
全てを動員して行う極めて難度の高い作業

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 同定するためには能力が必要である。
これは、手順に従えば誰でも確実に危険源を識別、同定できるという
HOW to にできないものである。
それは、次の様なものである。
- ・ どれだけ、過去の事故、安全防護の破綻例の情報を持っているか、
正しい安全防護の原理を理解しているか、といった経験値、蓄積情報が
必要である。
情報を持たなければ、思考し、時間をかけても見えないものは見えない。
- ・ また、全てのジャンルについての今言った様な情報に精通した専門家は
いない。
リスクアセスメントを実施するときは、できるだけいろいろな分野の人
を集め、多面的に見ることが大切である。
- ・ 以上の様に、危険源の同定の作業は実施する人の全ての経験を動員して
行うものであり同定する能力が必要である。

1. ライフステージのすべてを網羅して、ステージごとに分けて危険源を識別する
2. システム要素や機能部品の不具合時の挙動や故障モードを想定し危険側故障や偶発的な危険事象を識別する
 - － 「機械は劣化し、壊れる」ことを前提に置く
3. 「予見可能な誤使用」を想定し、可能性の高い危険事象を識別する
 - － 「人は誤る」ことを前提に置く
4. 過去の災害、事故のシナリオをなるべく多く蓄積しておき、類似の機械でのリスクシナリオ － 「仮説」を誘導する
 - － 危険源の同定は「仮説検証」プロセス
5. 既設の安全防護装置の妥当性を疑う（Must）
 - － 誤った安全防護はそれ自体が危険源を構成する

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 危険源の同定の失敗／見逃しを防ぐためには次の様なことに注意する。
- ・ 機械のライフステージの全てを網羅し、運搬、据付、使用、廃棄などのステージ毎に危険源を識別する。
- ・ 機械は劣化し、壊れることを前提とし、システム要素や機能要素の故障モードを想定し、故障したときの危険事象を想定する。
- ・ 人は誤ることを前提とし、予見可能な誤使用を想定し、危険事象を想定する。
- ・ 過去の災害、事故事例を蓄積しておき、類似の事例から、危険事象を想定する。
- ・ 最初から安全防護物が付いた機械の危険源を同定する場合、その安全防護物が適切か判断する必要がある。
安全防護物が無いとどの様な危険事象があるか想定してみる。
また、リスク低減対策を実施した後、その対策が新たな危険源を作り出していないか同定することは忘れてはならない。

1. 列挙した危険源の数は「多きがゆえに尊からず」

- 些細な危険源まで列挙されたRAより、「重要な危険源」の漏れが無い同定を心掛けること **(特に重傷以上の危険源)**
- 小さなリスクにまで工学的なリスク低減を追求する必要はなく、オペレータの注意力に委ねればよいものは思い切って委ねる

2. 危険源の同定能力は経験量(知)に比例する

- 初めて取り組んで、最初から優れたレベルの同定ができる人はいない
危険源の同定の場数を重ねる事が重要 **(多様な仮説の想定能力は経験量)**

3. 安全の原則、原理に照らして見る … ex. 機械包括安全指針/別表
JIS B 9700 (ISO12100)

- 規格の概念的な規定を丸呑みするだけでは身につかない
規格の規定/文言の理由(なぜそのような要求事項になっているか)を考えぬくことが大切 **(原理/原則の背景を理解すると応用がきく)**
- 正しい姿(原理/原則)からの「ずれ」や「逸脱」を洞察することが危険源の同定の第一歩
⇒ 正しい姿を知らなければ、「ずれ」や「逸脱」は見えてこない

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 危険源の同定において心がけるべきことがある。
 - ・ 危険源の同定は数よりも、重症に繋がる危険源を漏らさないことが重要である。
軽症につながるリスクを見逃すことと、重症に繋がるリスクを見逃すことの違いは自明である。
 - ・ 先にも説明したが、危険源の同定能力は、経験量、情報量に比例する。
できるだけ多くの場数を踏むことが大切である。
 - ・ 安全とはどのような状態のことか、原理、原則を考えて危険源の同定を実施する。
- 安全規格を見たときに、書いてあることを鵜呑みにするのではなく、理由まで考える。そうすることで、応用がきく。
安全な状況とは、あるべき姿が見えれば、そこからの逸脱を洞察することができ危険源の同定に結びつく。
(機械の包括的な安全基準に関する指針の別表、JIS B 9700 6項、表Bは参考になる。)

1. 機械ユーザーの「使用」場面だけでなく、運搬、搬出/入、現地組み立て試運転/調整や解体/廃棄など、機械ユーザー以外の関係者が関与する全てのライフサイクルのステージも併せて検討する
2. 機械ユーザー及びその他の関係者のもとでの機械の取扱いや「作業形態」を想定することなしに、適切な危険源同定を行うことは不可能
3. 「偶発的危険源」の漏れのない列举をどの程度行うことができるかでリスクアセスメントの精度が決まる
4. 「偶発的危険源」の想定においては、予見される「故障/不具合」と「予見可能な誤使用」を必ず念頭に置く

◎「危険源同定」の精度が、リスクアセスメントとそれから導かれるリスク低減方策の品質を結果的に大きく左右する

…… 危険源の見落としや危険事象の想定漏れは
リスクアセスメントの品質や価値を大きく損う

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 以上のことから、「危険源の同定」には、
 1. 機械ユーザーの「使用」場面だけでなく、運搬、搬出/入、現地組み立て試運転/調整や解体/廃棄など、機械ユーザー以外の関係者が関与する全てのライフサイクルのステージも併せて検討しなければならない。
 2. 機械ユーザー及びその他の関係者のもとでの機械の取扱いや「作業形態」を想定することなしに、適切な危険源同定を行うことは不可能である。
 3. 「偶発的危険源」の漏れのない列举をどの程度行うことができるかでリスクアセスメントの精度が決まる。
 4. 「偶発的危険源」の想定においては、予見される「故障/不具合」と「予見可能な誤使用」を必ず念頭に置くことを考慮しなければならない。
- ・ 特に「危険源同定」の精度が、リスクアセスメントとそれから導かれるリスク低減方策の品質を結果的に大きく左右するため、危険源の見落としや危険事象の想定漏れはリスクアセスメントの品質や価値を大きく損うことを十分注意する必要がある。

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

196

4.1.4.1 リスクアセスメントにおける「リスクの見積もり/評価」



リスク見積もり …… risk estimation

リスク評価 …… risk evaluation

リスク見積もりのポイント

留意点	内 容
最適手法の適用	採用すべき評価ファクターの見極め
	危険源の特性に合った手法の選択
評価基準の明確化	各ファクター毎の判定基準を設定しておく

<< 評価手法 >>

- ・加算法/積算法
- ・マトリクス法
- ・リスクグラフ法
- ・その他

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

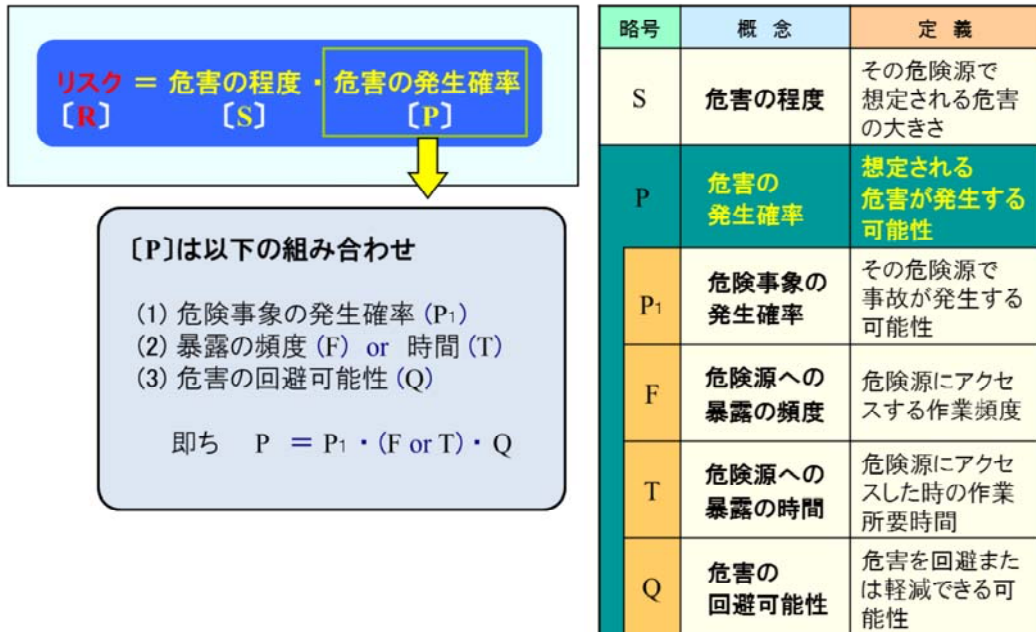
- ・ リスクを見積もり/評価するときは、
 - ①最適な手法が適用されてるか？
 - ②評価基準が明確になっているかどうか？
 がポイントである。
- ・ 評価手法にはいくつかの種類があるため、危険源の特性に合った手法を選択しなければいけない。

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

197

4.1.4.2 リスクの定義とリスクのパラメータの対応

【定義】

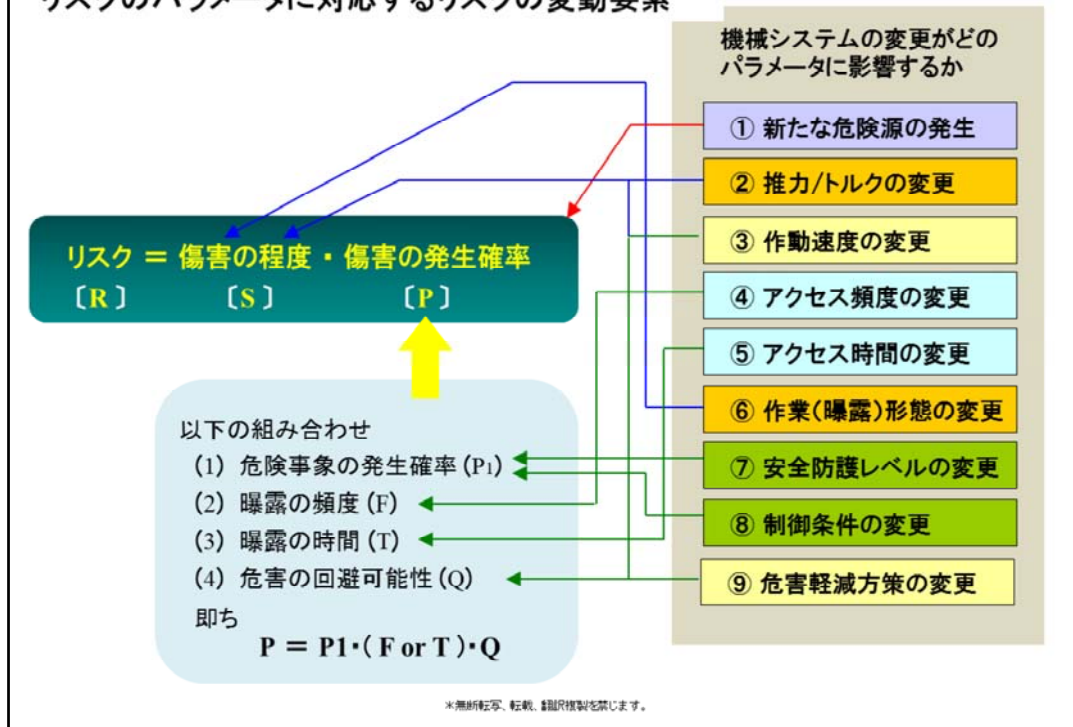


*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ リスクとは「危害の程度」と「危害の発生確率」によって見積もられる。
- ・ 「危害の程度」は、その危険源で想定される危害の大きさである。
- ・ 「危害の発生確率」は、「危険事象の発生確率」、「暴露の頻度・時間」、「危害の回避可能性」の要素の組み合わせによって見積もられる。
- ・ それぞれの要素をなるべく分解して見積もることで、リスクを正確に見積もり/評価することができる。

4.1.4.2 リスクの定義とリスクのパラメータの対応 リスクのパラメータに対応するリスクの変動要素

198



- ・ リスクのパラメータに対応するリスクの変動要素は右図の①～⑨になる。
- ・ ①～⑨の内容を読み上げる。
- ・ 例えば、
② 推力/トルクの変更、③ 作動速度の変更、⑥ 作業（曝露）形態の変更では、傷害の程度[S]の見直しが必要。
また、③ 作動速度の変更は、(4) 危害の回避可能性 (Q)の見直しも必要。
- ・ このように、リスクの変動要素によって関連するリスクのパラメータの見直しが必要となる。

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

199

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策

略号	概 念	定 義	そのパラメータに影響する低減方策の例
S	危害の程度	その危険源で想定される危害の大きさ	・ 危険源の除去 ・ 機械アクチュエータのトルク、作動圧を抑制し、危険源の持つ潜在エネルギーを下げる
P	危害の発生確率	想定される危害が発生する可能性	
P ₁	危険事象の発生確率	その危険源で事故が発生する可能性	・ 危険事象に直結する機械故障や不具合の発生確率を抑制する ・ 故障時に安全側に移行する Fail safe 特性を設計段階で組み込む
F	危険源への暴露の頻度	危険源にアクセスする作業頻度	・ 危険源が存在する箇所での点検、保守、異常処置の実施頻度や回数を抑制して接近機会を減らす
T	危険源暴露の時間	危険源にアクセスした時の作業に要する時間	・ 危険源の存在する箇所での点検、保守、異常処置作業に要する所要時間を抑制する
Q	危害の回避可能性	危害を回避又は軽減できる可能性	・ 危害発生の予兆の識別手段、識別能力の付加 ・ 危害(damage)の軽減(爆発放散口、爆轟検知遮断弁など)

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

前のページで、リスクは「危害の程度」と「その発生確率」の積で定義できると学習しました。

そこで、ここでは各パラメータにおいてそのリスク低減方策を説明します。まず「危害の程度」とは想定される危害の大きさであり、それを低減するには、危険源そのものを除去する、アクチュエータのトルクや作動圧を抑制し潜在エネルギーを下げる、などが挙げられます。

次に「発生確率」は、

P₁：危険事象の発生確率、

F：危険源への暴露頻度、

T：暴露時間、

Q：危害回避の可能性、

の4つに分けられ、各々について個別に低減することが必要である。

（以後、必要に応じて表を読み合わせる。）

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策
保護方策の種類とリスク低減効果が現れるパラメータ

200

保護方策 本質的安全設計方策

保護方策の種類	低減効果が現れるリスクパラメータ			
	危害の 程度	危害の発生確率		
		危険事象の 発生確率	危険源 への曝露	危害の回避 可能性
危険源の除去	(アセスメントの対象から外れる)			
危険源のエネルギーを低減する	●	—	—	—
要求された期間内において正常に機械が機能する	—	●	●	—
全ライフサイクルにおいて損傷の可能性を低減する	—	●	●	—
異常、故障、不具合時に危険状態にならぬようにする	—	●	●	—
異常・危険状態を早期発見する	—	●	—	●
危険源に近づかなくて済むようにする	—	—	●	—
やむを得ず危険源に近づく時のリスクを低減する	—	●	—	●
オペレーターの精神的、身体的負荷を軽減する	●	(●)	●	(●)

※ (●)は人の行動の信頼性に依存するため、確定的なリスク低減効果は見込めない

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次に、主なリスク低減方策が対応するリスクのパラメータを、スリー
ステップメソッドに沿って紹介します。

まずステップ1である「本質的安全設計方策」としては、このような
対応表になります。

(ここで、必要に応じて表を読み合わせる。)

たとえば、危害の程度を低減するには、危険源のエネルギーを低減する
だけでなく、オペレーターの精神的・身体的負荷を軽減することも有効で
あることが分かります。

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策
保護方策の種類とリスク低減効果が現れるパラメータ

201

保護方策 安全防護及び付加保護方策

保護方策の種類		低減効果が現れるリスクパラメータ			
		危害の 程度	危害の発生確率		
			危険事象の 発生確率	危険源 への曝露	危害の回避 可能性
安全 防護 方策	「隔離」による安全防護	—	●	●	—
	「停止」による安全防護	—	●	—	—
付加 保護 方策	非常停止装置	—	(●)	—	(●)
	機械への捕捉時の脱出手段	(●)	—	—	(●)
	動力遮断と蓄積エネルギーの消散手段	—	(●)	(●)	—
	重量品の取り扱い手段、用具類の装備	(●)	(●)	—	—
	高所などへの接近手段(タラップ、梯子など)	—	●	●	—

※ (●)は人の行動の信頼性に依存するため、確定的なリスク低減効果は見込めない

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次に、ステップ2「安全防護および付加保護方策」については、このような関係になります。

(ここで、必要に応じて表を読み合わせる。)

保護法策としては「隔離」や「停止」が基本となりますが、逆に、高所などへの接近手段を設けることで低減できる場合があることが分かります。

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策
保護方策の種類とリスク低減効果が現れるパラメータ

202

保護方策

使用上の情報提供

保護方策の種類	低減効果が現れるリスクパラメータ			
	危害の 程度	危害の発生確率		
		危険事象の 発生確率	危険源 への曝露	危害の回避 可能性
付属文書、取扱説明書(運搬、取り扱い、保全、 訓練の方法、使用すべき保護具)による教示	(●)	(●)	(●)	(●)
警報、信号、警告表示、標識、警告文	—	(●)	(●)	(●)

※ (●)は人の行動の信頼性に依存するため、確定的なリスク低減効果は見込めない

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

最後に、ステップ3「使用上の情報提供」です。

(ここで、必要に応じて表を読み合わせる。)

表からも分かる通り、この段階では確定的なリスク低減効果が見込めません。

残留リスクの表示は必須ですが、リスク低減の効果が期待できないので注意が必要です。

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

203

4.1.4.4 危害の程度(S)と危害の発生確率(P)の評価段階

略 号	概 念	定 義	判定段階（区分例）
S	危害の程度	その危険源で 予想される危害の 大きさ	致命傷／重傷／軽傷／微傷
P	危害の 発生確率	想定される危害が 発生する可能性	
	P ₁	危険事象の 発生確率	確実に起きる／可能性が高い 可能性がある／ほとんどない
	F	危険源への 暴露の頻度	頻繁／時々／たまにある／殆どない
	T	危険源への 暴露の時間	多い／やや多い／少ない／殆どない
	Q	危害の 回避可能性	不可／困難／可能／容易

それぞれの判定段階に対応する判断基準を別に
設ける必要（ex. 頻繁 …… 3 回/日以上）



*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 同定された危険源のリスクレベルを求めるため、それぞれのリスクパラメータ（要素）に判定段階を設ける。
- ・ また、それぞれの判定段階に対応する判断基準を別に設ける。
- ・ その判断基準は見積もりや評価の段階で評価者によるバラツキを少なくするために 具体的かつ論理的に定める必要がある。
例えばこのように頻度であれば「頻繁」というのは「3 回/日以上」というように定める。
- ・ この表ではリスクパラメータに対してそれぞれ4段階の判定段階を定めている。

4.1.4.5 リスクパラメータと「リスク見積もり」の役割と意義（まとめ）

1. 「危害の発生確率」（P）の見積もりの精度を確保するには
 - ・ 危険事象の発生確率（ P_1 ）
 - ・ 危険源への曝露頻度（F）
 - ・ 危険源への曝露時間（T）
 - ・ 危害の回避可能性（Q）

の評価要素になるべく分解して見積もることが望ましい
2. リスク低減方策の性質によって、リスクを低減できる要素（ P_1 , F, T, Q）を識別することにより、リスク低減効果を正確に見積もることができる
3. 危険源の種類に応じて、リスク見積もりの評価要素の最適な選択、組み合わせを行う

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ リスクの見積もりは危害の程度（S）と危害の発生確率（P）より求められるが、発生確率（P）は危険事象の発生確率（ P_1 ）、危険源への曝露頻度（F）や曝露時間（T）、危害の回避可能性（Q）の要素に分解して見積もると精度を確保することができる。
- ・ 機械システムを変更するなどそれぞれのリスク低減方策がどの要素に影響するかを認識することで低減効果を正確に見積もり、また効果的にリスク低減できる。
- ・ 見積もりは主観差が生じない判断基準を設けて、実際に見積もるときには判断のバラツキを避けるためチームとして行うと良い。
そのチームは設計者が主体となり、さらに製造部門や保守部門、可能であれば ユーザーなど様々なメンバーで構成することが望ましい。

4.1.5 リスクアセスメント手法

205

4.1.5.1 各種のリスクアセスメント手法

手法	内容	特徴
加算法	個々のリスクパラメータに配点基準を設けておき、パラメータごとの評点を加算し、合計点をリスクインデックス（リスク評価点）として、リスクレベルを決定する方法	・リスクパラメータを任意に選択して取り扱うことができる ・リスク低減方策の適用の前後の比較が困難
積算法	加算法の変形。個々のリスク要素に配点基準を設けておき、パラメータごとの評点を積算し、リスクインデックスを算出して、リスクレベルを決定する方法	・加算法同様、任意にリスクパラメータを選択して取り扱うことができる
マトリクス法	「危害の程度」と「危害の発生確率」のパラメータを縦/横2軸のマトリクスで構成し、パラメータの段階の組合せによるセルにリスクインデックスを割り付けておき、リスクレベルを決定する方法	・リスク低減方策の適用の前後の評点比較が容易 ・採用できるリスクパラメータの種類には限界
リスクグラフ法	それぞれのリスクパラメータ毎に評価の分岐経路を定め、最終的にリスクレベルを判定する方法でISO13849-1のリスクグラフ法のように制御システムの安全関連部について適用すべき要求性能レベルを導くものもある	・判断分岐は二分法のため主観による評点の差が生じにくい

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・総合的にリスクを評価する方法としてはこの4種類が主な手法となる。
- ・加算法はリスク評価点を加算するだけなのでリスクパラメータを任意に選択してリスクレベルを決定できる。
反面、各パラメータの加算なのでリスク低減効果が見えにくい。
- ・積算法は加算法の変形でパラメータを任意に選択でき、リスク低減効果を反映しやすい。
- ・マトリクス法は縦・横2軸の評価軸の組合せで示されるリスク評価点でリスクレベルを決定するのでリスク低減方策実施前後の比較がしやすい。
ただし、適用できるリスクパラメータに限界がある。
- ・リスクグラフ法は評価の分岐経路によりリスクレベルを判定するので主観による評点の差が生じにくい。
比較・妥当性の確認が容易である。
- ・規格ではこれらの手法が例として挙げられている。

4.1.5 リスクアセスメント手法

206

4.1.5.2 加算法の一例

加算方法	リスクインデックス = (S) + (F) + (Q)
------	-----------------------------

危害の程度(S)	配点	危険源への曝露頻度(F)	配点
致命傷	10	頻 繁 (1回/日以上)	4
重 傷	7	時 々 (1回/日～1回/週以上)	3
中等傷	4	たまに (1回/週～1回/月以上)	2
軽 傷	1	殆どない (1回/月～1回/年以上)	1

危害の回避可能性(Q)	配点
殆どない (回避不可能)	6
可能性がある (回避できないおそれ)	4
可能性が高い (概ね回避可能)	2
確 実 (容易に回避可能)	1

リスクレベル	配点
Ⅳ	20 ～ 13
Ⅲ	12 ～ 10
Ⅱ	9 ～ 7
Ⅰ	6 以下

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ これは加算法の例である。
- ・ リスクインデックス（評価点）はS, F, Qの3つのリスク要素の加算となっている。
- ・ それぞれの要素を4段階に定め、SとQの配点は重み付けをした割り付けとなっている。
危害の程度がひどかったり、回避の可能性がないものは大きく加点されている。
- ・ リスクインデックスの点数によりリスクレベルが4段階に分けられる。
- ・ どのリスクレベルであればリスク低減を必要とするかは別途規定しなければならない。

4.1.5 リスクアセスメント手法 4.1.5.3 マトリクス法の一例 (MIL-STD882D) 207

危害の発生確率 (Probability)	危害の大きさ (Consequences)			
	致命的 (catastrophic)	重大 (critical)	軽微 (marginal)	無視可能 (negligible)
頻 繁 (frequent) $X > 10^{-1}$	1	3	7	13
しばしば (probable) $10^{-1} > X > 10^{-2}$	2	5	9	16
時々 (occasional) $10^{-2} > X > 10^{-3}$	4	6	11	18
まれに (remote) $10^{-3} > X > 10^{-6}$	8	10	14	19
起こりそうにない (improbable) $10^{-6} > X$	12	15	17	20

X: そのシステムのライフサイクル (寿命期間内)で起こる確率	リスクレベル	High	1 ~ 5
		Serious	6 ~ 9
		Medium	10 ~ 17
		Low	18 ~ 20

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

マトリクス法の例を示す。

これは、縦軸に危害の発生確率を示し、横軸に危害の大きさを示した2次元の表でリスクの大きさを表す。

この方式のメリットは、専門的な知識が不要ですぐに結果が出せること、また安全方策適用の前後で危害発生確率や危害の大きさがどのように変わったかを簡単に比較することができる。

逆にデメリットとしては、簡単な手法なので誤差が出やすく、安全率を大きくとる必要がある。

4.1.5 リスクアセスメント手法

208

4.1.5.4 リスクグラフ法の一例 (PLr / PL の特定を含む日機連の方式)

危害の程度 (S)	曝露頻度 (F)	回避可能性 (A)	危険事象の 発生確率 (O)			優先順位 (リスクレベル)	ISO13849-1
			O1	O2	O3		PLr/PL
S1 軽 傷	F1 まれ	A1 可 能	1	1	2	優先順位 III (リスク低)	a
		A2 不可能	1	1	2		b
	F2 頻繁	A1 可 能	1	1	2		b
		A2 不可能	1	1	2		c
S2 重 傷	F1 まれ	A1 可 能	2	2	3	優先順位 II (リスク中)	c
		A2 不可能	2	3	4		d
	F2 頻繁	A1 可 能	3	4	5	優先順位 I (リスク高)	d
		A2 不可能	4	5	6		e

※ PLr / PL を導くために使用されるパラメータは、S、F、A(P)

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

リスクグラフ法の例を示す。

この方法では、要求されるパフォーマンスレベルを求める際の選択肢である、危害の程度 (S)、曝露頻度 (F)、回避可能性 (A) のそれぞれについて、2つに分岐するのみであることから、評価者による差異が出にくい特徴がある。

リスクレベルを数値化する際には、3分岐である危険事象の発生確率を選択する必要がある。

ここで、PLrは要求パフォーマンスレベル、PLはパフォーマンスレベルを表す。

aよりbの方が安全制御における要求レベルが高く、eが最大の要求レベルとなる。

危害程度 (S)	S1 軽 傷	軽微な傷害（回復可能で障害が残らない） ex. 擦過傷、挫傷で応急措置で対応可能なレベル
	S2 重傷以上	深刻な傷害（回復不可能な障害、致命傷を含む） ex. 上下肢の粉碎骨折、筋骨格障害、致命傷
曝露頻度 (F)	F1 まれ	1作業シフト当たり1回以下の危険源への曝露 または、1作業シフト当たり15分以下の危険源への曝露
	F2 頻繁	1作業シフト当たり2回以上の危険源への曝露 または、1作業シフト当たり15分を超える危険源への曝露
回避可能性 (A)	A1 回避可能	いくつかの条件下で傷害を回避可能 －可動部が0.25m / 秒以下の速度で危険源の存在に気づいている 危険事象が切迫 していることを認識できる －特定の条件（温度、騒音、人間工学など）による
	A2 回避不可能	回避が不可能（上記の条件にない）
危険事象の 発生確率 (O)	O1 低い	安全分野で証明され、成熟した技術（ISO13849-2 参照）
	O2 中程度	過去2年間で技術的な故障が発見されている －リスク認識があり、6か月以上の経験の熟練者による不適切な行動
	O3 高い	定期的にみられる技術的な故障 －6か月以下の経験の未熟練者による不適切な行動 －過去10年間で類似の事故例あり

＊無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

リスクグラフ法における各パラメータの判定基準を示す。

判断が少し困難なパラメータである回避可能性（A）について、可動部が近づいている場合に接触を回避できる条件として、可動部の速度が0.25m／秒以下であることとしている。

熟練技術者であれば、可動部がこれより早く移動していても回避できる場合もあるが、ここでは0.25m/sを基準とする。

もしくは周囲の騒音等の環境も考慮した上で、危険事象が切迫していることを認識できる場合が回避可能となる。

危険事象の発生確率（O）について、「O1 低い」となるのは、例えばISO 13849-2にて、安全機能の分析と試験によって妥当性が確認された技術を用いる場合である。

マトリクス法と加算法を組み合わせた評価方式の例

210

危害の程度	危害の発生確率 (Fr + Pr + Av)					危険源への曝露頻度 (Fr)		危険事象の発生確率 (Pr)		危害の回避可能性 (Av)	
	3~4	5~7	8~10	11~13	14~15						
致命傷						1回/日以上	5	頻繁に	5	危害の回避可能性 (Av)	
重傷						1回/週以上	4	しばしば	4		
軽傷						1回/月以上	3	時々	3	制限、回避は不可能	5
微傷						1回/年以上	2	稀に	2	制限、回避の可能性あり	3
						1回/年以下	1	無視できる	1	容易に制限、回避が可能	1

..... 保護対策が必須
 保護対策を推奨

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。(ISO/TR 14121-2)

マトリクス法と加算法を組み合わせた方式の例を示す。

マトリクス法でいう危害の発生確率を、危険源への曝露頻度 (Fr)、危険事象の発生確率 (Pr)、危害の回避可能性 (Av) の3つの要素を加算した数値で評価し、危害の程度と組み合わせた2次元の表で保護対策の要否を求める手法である。

4.1.5 リスクアセスメント手法

4.1.5.5 リスクアセスメントの手法 の役割と意義（まとめ）

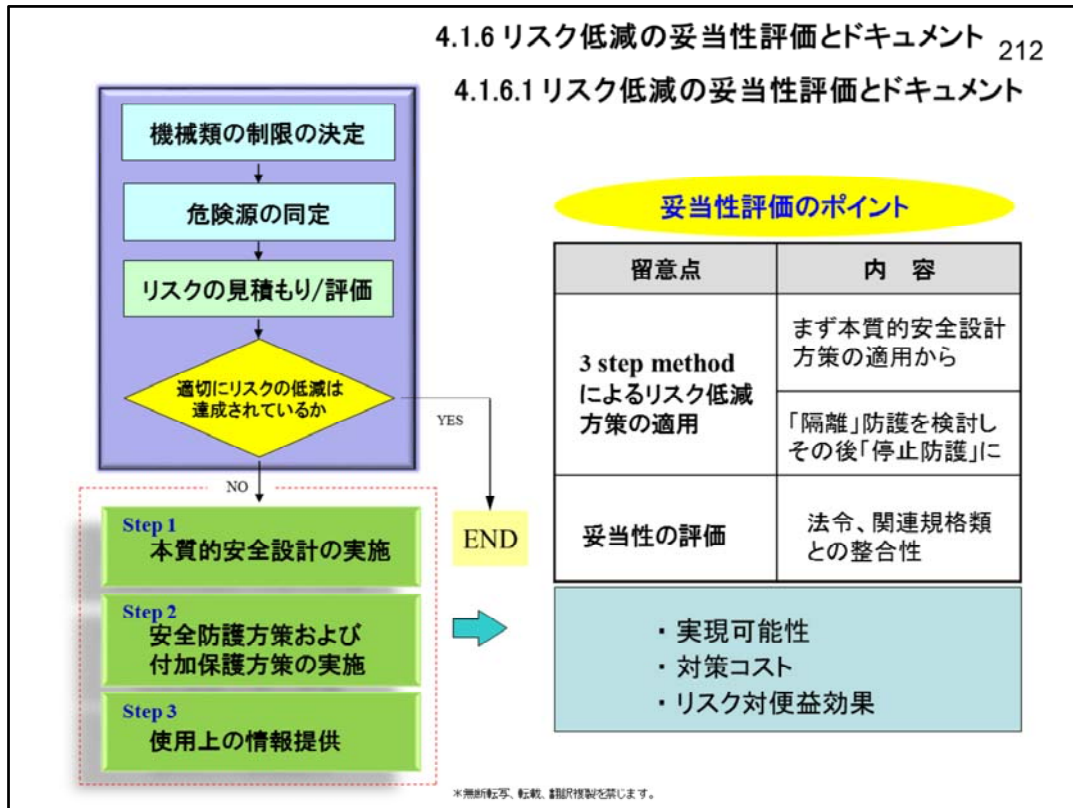
1. リスクインデックスやスコアという数量的な表現形式をとっているが、リスクを厳密に定量化するものではなく、リスクの大小は単にリスクの大きさの相対順位を示すもので、等比級数や等差級数として数量的に表現したものではない
2. あらゆる機械システムの危険源を評価できる万能の評価手法は存在しない。危険源の種類に応じて、手法を適宜使い分けが必要
3. いったん採用したアセスメント手法をあとから変更することには、過去の評価実績との比較などでとかく弊害を伴うことが多いので、手法の選定、採用に際しては、機械システム、ハザードの性質を十分考慮して慎重を期する必要

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・すでに説明した各種のリスクアセスメント手法についてまとめる。
 1. 全ての手法において、リスクを数値で表現する方法をとっているが、これらの数値は、単にリスクの大きさに順番を付けたに過ぎず、リスクの大きさに比例するものではない。
 2. 全ての機械の危険源を評価できる1つの万能な手法はありません。機械や危険源の種類に応じて適した手法を用いる必要がある。
 3. 一度採用した手法でリスクアセスメントを行い、その後別の手法に変更する場合は、それまで行ってきた評価内容をそのまま用いることができなくなるため、大変な作業が必要となる。そのため、リスクアセスメント手法の選択は、機械や危険源の性質を考慮した上で慎重に行うこと。

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント 212

4.1.6.1 リスク低減の妥当性評価とドキュメント



- ・ リスクを評価した結果、適切なリスクの低減が達成されていない場合、3ステップメソッドを用いてステップ1の本質的安全設計を適用し、次にステップ2のガード等の安全防護方策を適用し、最後にステップ3として使用者への情報提供を行う。
- ・ リスク低減の妥当性の評価においては、3ステップがその順番で適用されたかどうか、法令や規格の要求事項に整合しているかといった点を必ず確認すること。
- ・ また、リスク低減に用いる設計手法が現実的なコストで実現可能であるかといった点も確認しなくてはならない。

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

213

4.1.6.2 リスク低減方策の妥当性確認とは

スリーステップメソッドに従って選定/適用された「保護方策」によって「許容可能なリスクレベル」までリスクが低減されたか否かを確認する

↑
リスクアセスメントに基づいて検討された保護方策に関する安全要求仕様と実際に適用された保護方策を比較して適合性を評価する

◇ 基本的には、適用した保護方策に関連する国内法規制、関連規格、技術基準等と比較して、それらの要求事項を満足しているか否かを判定する

◇ 妥当性確認の参考例（ISO13849-2に定める制御安全の防護の場合）

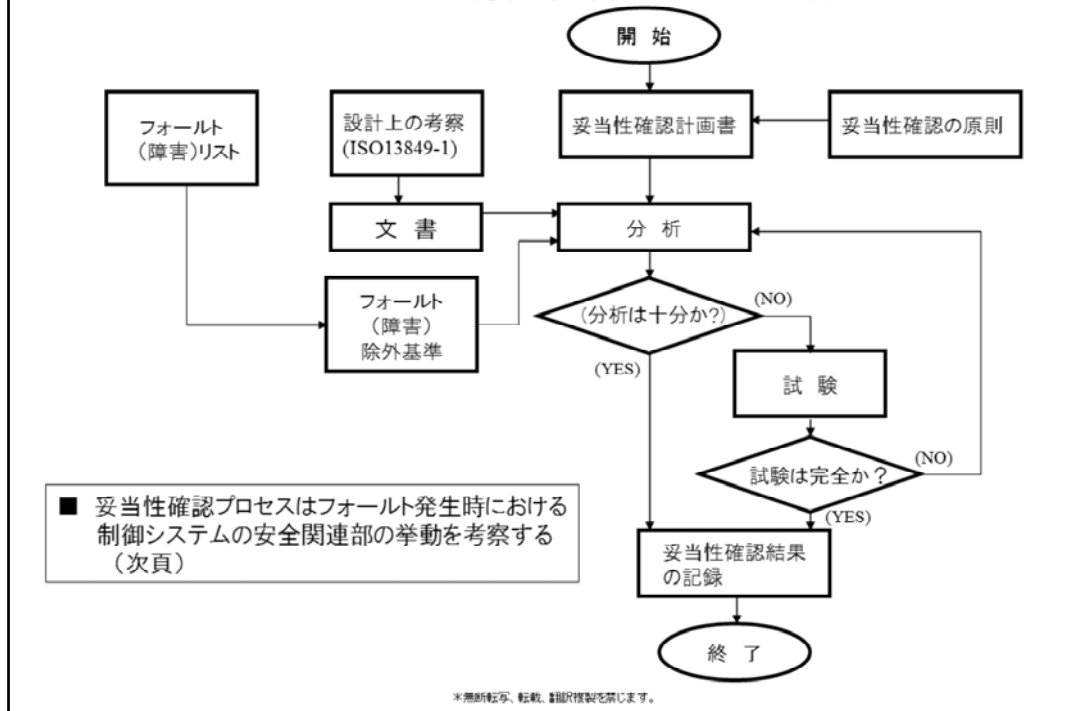
目 的	機械の安全性要求事項の仕様内で、制御システムの安全関連部に対する設計上の仕様及び適合性を確認する
内 容	設計基準で述べられる安全関連部の安全機能に対する特定の安全特性および特定のカテゴリの要求事項に適合しているかを確認する
実施者	妥当性確認は安全関連部の設計者から独立した人によって実施しなければならない

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 前ページの妥当性の確認の方法をさらに説明すると、適用した方策によって、リスクが許容可能なレベルまで低減されたかどうかを確認することである。
- ・ リスクアセスメントに基づいて検討した安全要求仕様に対し、実際適用した保護方策が適合しているかを評価する。
- ・ 安全要求仕様としては、関連する法規制や規格を検討に含めること。
- ・ 特に安全に関わる制御システムについては、ISO 13849-2に示す事例のように安全特性や制御回路のカテゴリ等についても確認すること。
- ・ これらの妥当性の確認は、設計者自身ではなく、別の人が実施しなくてはならない。

4.1.6.2 リスク低減方策の妥当性確認とは ISO 13849-2 による妥当性確認のプロセスの例

214

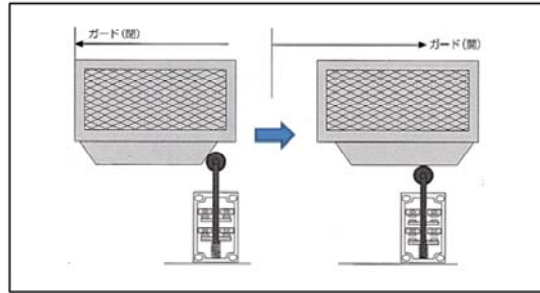


- ・ ISO 13849-2による安全制御回路の妥当性確認のプロセスの例の説明。
- ・ 妥当性確認計画書、設計において安全制御回路の安全性を検討した文書、ならびに可能性のある障害のリストを元に分析を行い、その後その分析が十分であったかどうかを判断し、十分でない場合は試験を行い、完全になるまで分析を行った上で結果を記録する。

4.1.6.2 リスク低減方策の妥当性確認とは 安全関連部の障害分析の例

215

Normal close のポジションスイッチ
を単独で使った場合のスライド式
インタロックガードの分析例



単一障害の種類		安全機能の維持	障害の検出		
			即時	再起動時	
ポジション スイッチ	レバー押し込み 不能(溶着他)	○: 防護ガードが開かず、 危険源隔離を維持	○: 防護ガードが 開かない	—	○
	レバーの破壊	×: 信頼性に依存 (接点開離不能となる)	×	×	×
	NC接点が 開離不能	—: 強制開離接点なので 障害は除外	—	—	—
端子部/ ケーブル	端子間短絡	×: 信頼性に依存 (回路導通状態となる)	×	×	×

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・安全関連部の障害リストを元にした分析の例。
 - ・ガードを開いた時にNormal Closeの接点を使ったリミットスイッチのレバーを押し込む構造のインタロックガードを分析する。
 - ・リミットスイッチの考えられる障害として、レバーが押し込めない場合、レバーが破損している場合、ならびに接点が開離しない場合の3つと、配線系統における短絡を上げて、それぞれ安全機能が維持されるか、またその故障が検出されるかどうか、検出される場合、どの時点で検出されるのかについて分析している。
- この例の場合、レバーが破損した場合と配線が短絡した場合に、安全機能が維持できず、またその故障を検出することもできない事が示されている。

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

216

4.1.6.3 適切なリスクレベルが達成されたか否かの判定要件

No.	判 定 項 目	判定欄 yes / no
1	機械の全ての運転条件、人の介入方法が考慮されている	yes/no
2	Three step method に従って、危害のひどさ、発生確率の低減が図られている	yes/no
3	危険源が除去もしくは実現可能な最も低いレベルまでリスクが低減されている（技術的に、コスト的に）	yes/no
4	適用した保護方策によって新たな危険源が生じない	yes/no
5	機械の使用者に残留リスクが通知され、「使用上の情報提供」によって残留リスクの適切な対処方法について警告されている	yes/no
6	保護方策の採用でオペレータの作業条件が危険にさらされない	yes/no
7	適用した保護方策がお互いに矛盾せず、成立している	yes/no
8	機械を扱うオペレータの技能レベルが考慮されている	yes/no
9	適用した保護方策が機械の性能要件を過度に損なっていない	yes/no

Adequate risk reduction 「適切なリスク低減」 ISO12100:2010 5.6.2

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・適切なリスクの低減が達成されたかどうかを判定する為の検討項目を示す。

1. 機械の全ての運転条件、人の介入方法が考慮されているか。
2. 3ステップメソッドにより、発生する危害のひどさ、もしくは発生確率の低減が図られているか。
3. 技術的、ならびにコスト的に実現可能な手法が用いられているか。
4. 新たに適用した保護方策により、別の新しい危険源が生じていないか。たとえば、ガードの追加による新たな挟まれの危険源の発生など。
5. 機械の使用者に対する残留リスクの通知ができていないか。
6. 適用した方策により、オペレータの作業が危険にならないか。
7. 適用した複数の方策が互いに矛盾しないか。
8. 機械を扱うオペレータの技能レベルが考慮されているか。
9. 保護方策を適用することで、機械の性能が大きく損なわれることはないか。

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

217

4.1.6.4 リスク低減の妥当性評価の役割と意義（まとめ）

1. リスク低減方策の適用後の低減効果の妥当性を保証するものは、第一義的には低減方策が関連する機械安全の国際規格、法規制、技術基準への適合性を有することである（適切なリスク低減のレベル）
2. リスク低減方策の適用後の低減効果をリスクインデックスやスコアの評点の変化で表現することがあるが、加算法やリスクグラフのように低減前後の比較が困難なケースがある。リスク低減の妥当性は定量的な低減数値の変化というより低減効果の定性的な判定に基づく
3. 妥当性の検証は、低減方策を採用した設計者とは別の独立した検証者、検証組織に委ねることが望ましい
4. 検証者/検証組織(機関)では必要に応じて妥当性検証のための試験や論証を行う

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・リスク低減の妥当性評価の役割と意義のまとめを示す。

1. 方策適用後に、機械安全の国際規格や法規制や技術基準への適合性を有することが第一である。
2. 方策適用後のリスクの変化について各種の計算方法が存在するが、数値を用いての比較が困難な場合もあるため、リスク低減効果の定性的な判断を行うこと。
3. 設計者が妥当性の検証を行うと、設計の主観が入ったり、検討漏れが発生する可能性があるため、検証は設計者とは異なる人が行うこと。
4. 必要に応じ、試験等を実施すること。

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

218

4.1.6.5 リスクアセスメント結果の文書化（Documentation）

アセスメント結果の文書化はそのプロセスと結果を下表の内容で正確に記録する

	記録項目	内容
a	使用したツール、方法	適用したアセスメント手法、補完的な併用した評価手法(故障解析手法など)と評価基準
b	評価対象機械の仕様	評価対象設備の詳細(制限仕様など) 関連して想定した条件(負荷、強度、安全係数)
c	同定した危険源と危険状態、考察危険事象	同定した危険源、危険状態およびリスク評価に際して考察した発生危険事象
d	アセスメントの基礎情報	使用データ(ex.災害歴、類似機械の適用リスク低減方策に関連した情報)
e	保護方策によって達成される目標	リスク低減を達成した危険事象の種類
f	同定した危険源の除去 リスク低減のための方策	適用保護方策と関連規格類、保護方策の安全仕様
g	機械類の残留リスク	リスク低減方策適用後になお残るリスクと 使用者に推奨するリスク制御の方法
h	アセスメント評価結果	個々の危険源に対応する詳細な評価結果

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます

・リスクアセスメントの結果の記録には、以下の項目を含めること。

- 適用した手法や評価基準
- 評価対象の機械の仕様と使用条件
- 検討した危険源と障害発生の状況
- 参考として利用したデータ
- リスクが低減された障害の種類
- 適用した安全方策とそれに関連する規格
- リスク低減後になお残存するリスクと使用者へ提供する情報
- 個々の危険源についての詳細な評価結果

4.1.7 リスクアセスメント

219

4.1.7.1 リスクアセスメント 演習項目

演習項目	内容	留意点
機械の制限の決定	自社の機械製品の一つを取り上げて 4.1.2.5「機械の制限事項一覧表」の 書式例に従い、表を完成させてみよう	
評価対象/手法の選定	・自社の機械製品のアセスメントの範囲 を決める ・演習用として、添付のリスクアセスメント ワークシート(日機連方式)を使用	・機械の該当箇所の設計図面を 対象に評価範囲を決定しよう ・自社で既に採用しているアセス メント書式があれば、それに従う
危険源の同定	アセスメントの範囲に存在する危険源 を4.1.3.3 危険源リストに従って、同定 してみよう	重要危険源を中心に 洗い出しをしてみよう (ライフサイクルの一部の局面に 限定した範囲内で想定する)
リスク見積もり/評価	同定して危険源のリスクパラメータの 数値を見積もり、リスクレベルを評価 してみよう	
リスク低減方策の選定	リスクの内容とリスクレベルの大きさを 考慮し、リスク低減方策を考えてみよう	制御システムに関わるリスク低減 方策の場合は、6.2.2 を参照して 安全関連部のグレードを選定する
残留リスク情報の作成	リスク低減方策を講じてもおお残る リスクがある場合は、残留リスク情報 を整理する	7.2 の「残留リスクマップ」と「残留 リスク一覧表」の書式に従って、 作成

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・リスクアセスメントの演習を行う場合、次のような順序で各自が関係する機械について評価を行ってみましょう。

- まず機械を特定し、その仕様や制限事項を4.1.2.5の表にまとめます。
- リスクアセスメントを行う範囲を決め、その手法や書式を決めます。
- リスクアセスメントを行う範囲内で存在する全ての危険源を洗い出します。
- リストアップした危険源について、リスクレベルを数値で評価します。
- それぞれの危険源について、リスク低減方策を検討します。制御に関する部分については、その回路のカテゴリやパフォーマンスレベル(6.2で学習)を選定します。
- 検討したリスク低減方策を適用した後に残るリスクについて残留リスク一覧にまとめます。

4.2 スリーステップメソッド

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

221

4.2.1.1 スリーステップメソッドとは、

リスク低減の方法は、大きく二つに分類される。

その一つは**リスクアセスメント**であり、もう一つは**3ステップメソッド**と呼ばれるリスク低減のための技術的保護方策である。

リスクアセスメントとは、

リスクアセスメントは、

機械に関する使用上の制限（意図する使用、合理的に予見可能な誤使用の考慮等）、空間上の制限（機械の可動範囲、オペレーター—機械間インタフェース等）、時間上の制限（機械、各コンポーネントのライフリミット等）

で構成される機械類の制限から始まり、その制限範囲内で、機械によって引き起こされる可能性のある種々の危険源を同定し、可能な限り要因の定量的なデータ等をもとにそれぞれの危険源についてどのくらいのリスクがあるかを算定し、結果としてリスクの低減が必要であるかどうかを最終的に決定する作業である。

3ステップメソッドとは、

危険源の除去又はリスクの低減が必要な場合は、3ステップメソッド（優先順位付けがなされている）と呼ばれる次の方策によるリスク低減を行う。

3ステップメソッド

Step1. 保護方策—本質的安全設計方策

Step2. 保護方策—安全防護及び付加保護方策

Step3. 保護方策—残留リスクについて使用上の情報

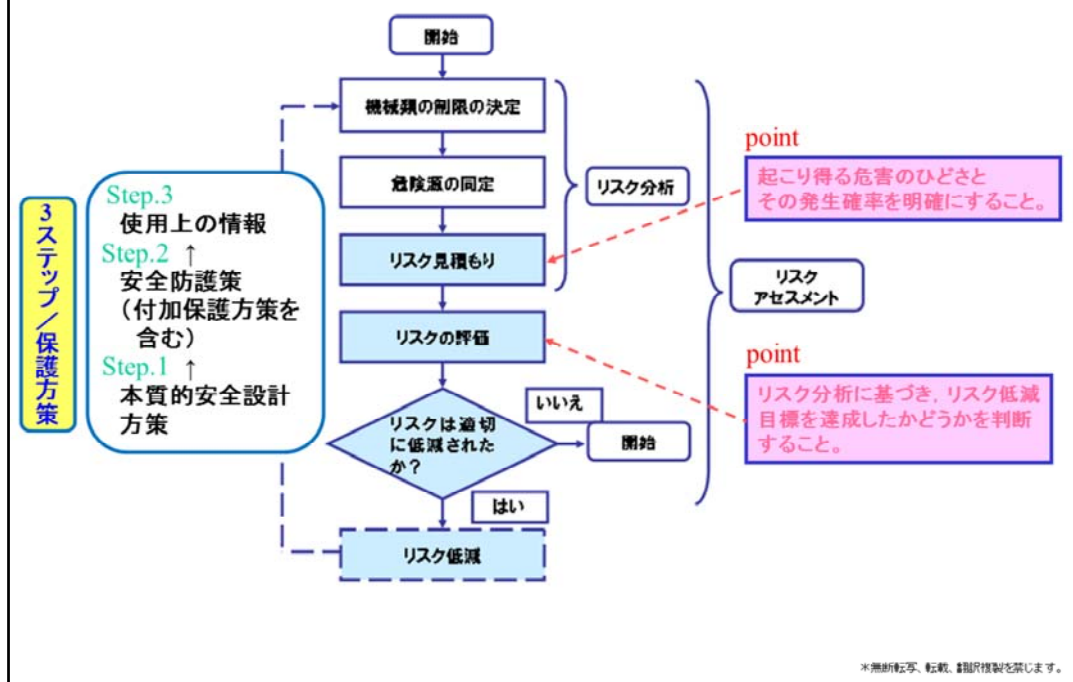
※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・4.1項で勉強してきたようにリスクアセスメントは機械に関する使用上の制限を明確にし、危険源を洗い出し（同定し）、リスクを見積もり、許容可能なリスクになったかを評価することでした。リスクが許容可能で無い場合、許容可能となるまでリスク低減を行う必要があります。リスク低減の方法については、4.1.2項で勉強してきましたリスクアセスメントの機械に関する使用上の制限を見直す場合と、これから勉強していくスリーステップメソッドによる方法があります。機械に関する使用上の制限には、使用上の制限、空間上の制限、時間上の制限がありました。スリーステップメソッドには優先順位があり、必ずステップ1、ステップ2、ステップ3の順番に実施しなければなりません。ステップ1をやらないでステップ2からやる。またステップ1、2をやらないでステップ3のみによるリスク低減は間違いです。例えば、警告銘板はステップ3の一つですが、他の方策を考えずに何でも警告銘板で済ますというのは間違いです。

4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

222

4.2.1.2 リスクアセスメントフローにおけるスリーステップメソッドの位置付け



- ・この図は、リスクアセスメントのフローを表しています。リスクが許容可能で無い場合、許容可能となるまで、反復してリスク低減を行う必要があることを表しています。
- ステップ1は、本質的安全設計方策、ステップ2は安全防護策で、付加保護方策を含みます。ステップ3は使用上の情報で、先にお話したように、この順番に実施する必要があります。

尚、フローの図に間違いがありますが、元データの変更につき許可を得ていない為、各自修正をお願いします。

「リスクは適切に低減されたか」に対し「はい」と「いいえ」を入れ替えてください。次にそこにある「開始」を削除してリスク低減の右隣に「文書化」→「終了」と記入し、入れ替え後の「はい」の矢印を「文書化」に繋げてください。「文書化」の四角の枠は破線としてください。リスク低減も破線となっていますが、JISB9700(ISO12100)の箇条5で示される、リスクアセスメントの範囲に含まないためです。

次ページ及びその次のページに、日工会で追加したJISB9700:2013の3ステップメソッドによる反復的リスク低減プロセス説明図、ならびにフロー図修正案を示しています。

JIS B 9700:2013の3ステップメソッドによる反復的リスク低減プロセス説明図

コメントにより
追加
2018.10.24

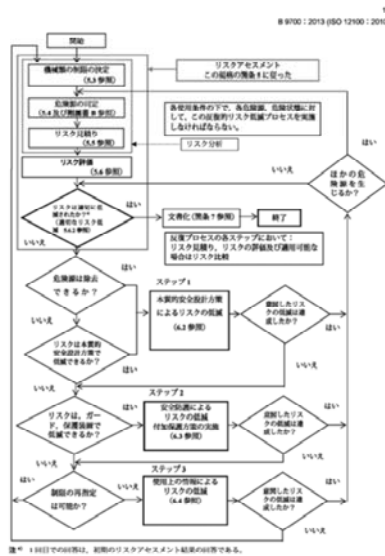
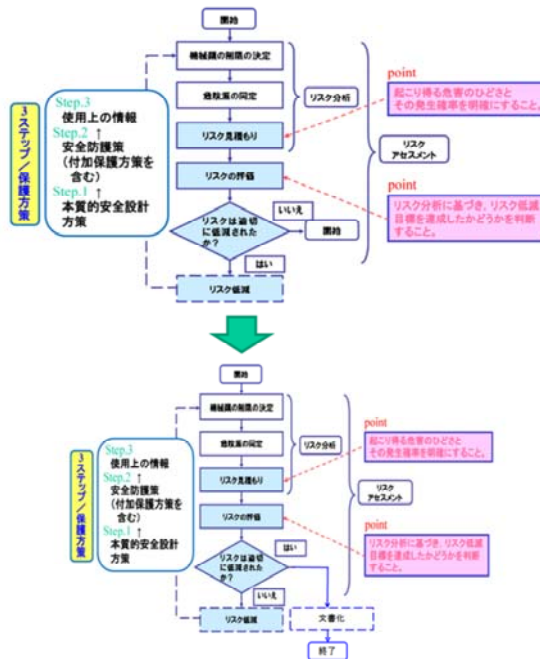


図 1—3 ステップメソッドによる反復的リスク低減プロセス説明図

フロー図修正案

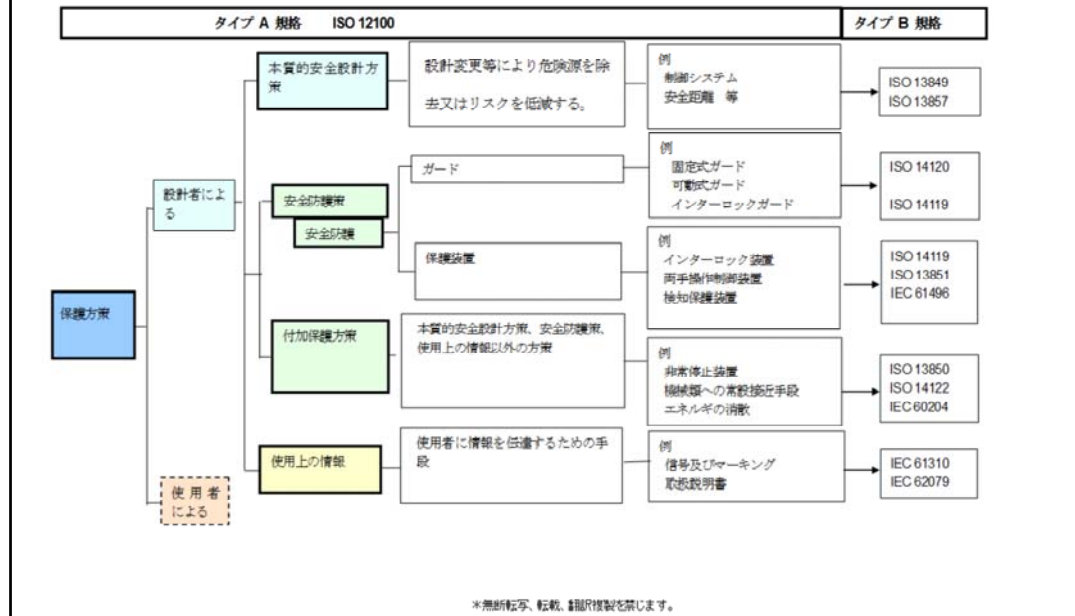
コメントにより
追加
2018.10.24



4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

4.2.1.3 保護方策の分類

223



- この図は保護方策の分類を表しています。保護方策には設計者による保護方策と使用者による保護方策があります。使用者は工作機械メーカーからいえば、お客様ということになります。ここでは、設計者による保護方策について勉強していきます。ステップ1の本質的安全設計方策は、設計変更等により危険源を除去又はリスクを低減することです。適切なパフォーマンスレベルの制御システムを採用したり、安全距離を確保すること、人の作業が介在しないよう自動化することなどが含まれます。ステップ2の安全防護策はガードを設けること、インターロックをとること、両手操作制御装置、ライトカーテンなどの検知保護装置が含まれます。同じくステップ2の付加保護方策は非常停止装置、はしご、空気圧用の手動脱圧バルブなどが含まれます。ステップ3の使用上の情報には、警告銘板や取扱説明書などが含まれます。

4.2.2 本質的安全設計方針

224

4.2.2.1 本質的安全設計方針とは、

ガード又は保護装置を使用しないで、機械の設計又は運転特性を変更することにより、危険源を取り除くか又は危険源に関連するリスクを低減する保護方針であり、

- a) 危険源を回避する方法、
 - b) 危険区域への進入の必要性を低減することにより危険源へさらされる機会を制限する方法
- に大別される。

危険源を回避する方法

設計手法により危険源そのものをなくす(低減する)

- | | | |
|----------------------|---------------|-----------------------|
| — 幾何学的及び物理的要素に関する配慮 | エネルギーを小さくする | 機構的に危険な部位をなくす |
| — 機械設計に関する一般的技術知識の考慮 | | 構造計算、材料など一般設計技術・知識の活用 |
| — 機械的結合の安全原則 | | 本質的に安全な技術や動力源の使用 |
| — 人間工学原則の遵守 | | ヒューマンファクターを考慮した設計 |
| — 制御システム設計上の安全原則 | | 制御システムの本質設計 |
| — 安全機能故障の確率の最小化 | | 圧力機器の危険防止 |
| — 空圧／油圧設備の危険源防止 | 定格圧力 危険な流体の流出 | |
| — 電気的危険源の防止 等 | | |

危険区域への進入の必要性を低減することにより危険源へさらされる機会を制限する方法

- 設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限
- 搬入(供給)／搬出(取り出し)作業の機械化及び自動化による危険源への暴露機会の制限
- 設定(段取り等)及び保全の作業位置を危険区域外とすることによる危険源への暴露機会の制限

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ステップ1の本質的安全設計方針について勉強していきます。ステップ2の安全防護策(ガードなど)の前に考慮する必要があります。設計により危険源を回避する方法、言い換えれば危険源そのものを無くすか危険源によるリスクの大きさを低減する方法が一つ、危険区域へ入る必要性を低減することで危険源にさらされる機会を制限する方法の二つに大別されます。それぞれについての方法を記載していますが、これらの具体例の主なものを次のページから紹介していきます。

4.2.2 本質的安全設計方策

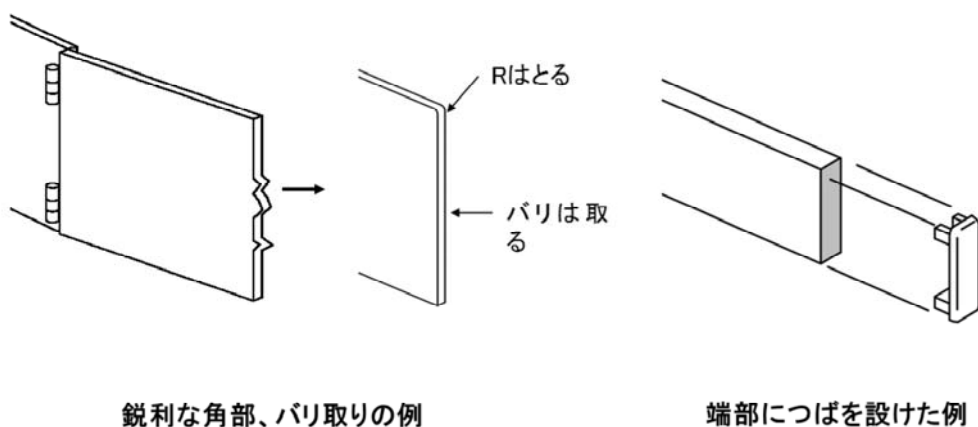
4.2.2.2 危険源を回避する方法

225

危険源を回避する方法

—幾何学的及び物理的要素に関する配慮(例)—

鋭利な角部、突出部などの回避



*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

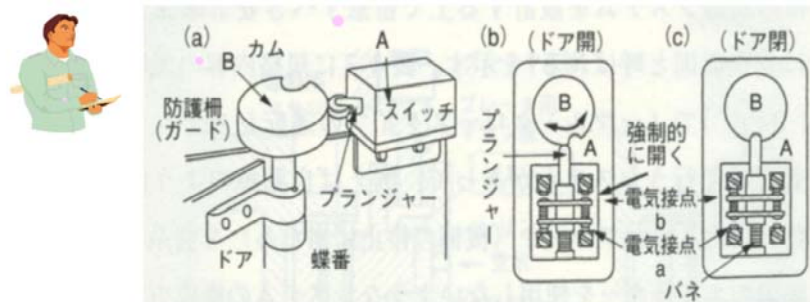
- これは、危険源を回避する方法の内、幾何学的及び物理的要素に関する配慮例です。板状の部品について角部をR形状にし、端面のバリを無くす例、及び角のある端面部にRのあるつばを設けた例です。体の一部をぶつけた場合、危害の程度を低減することができます。

危険源を回避する方法

—機械的結合の安全原則(例)

ポジティブな機械的作用は、一つの可動な機械的コンポーネントが直接接触して又は剛性要素を介して他の機械的コンポーネントの動作に必然的に依存して動作する場合に実現される。(IEC60947-5-1(JIS C 8205-1) 及びISO14119(JIS B 9710) 参照)。

この一例として、電気回路の開閉機器(の接点)のポジティブ開離操作があります。



この一例において、ポジティブな機械的方策は、カムがプランジャーを機械的に押すことにより、電気接点を強制的に開くことにあります。

※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- これは、危険源を回避する方法の内、機械的結合の安全原則例です。(ISO 14119では‘ポジティブモードの作動’という用語として規定しています。一つの機械的構成部分が直接接触して、又は剛性要素を介して他の機械的構成部分に作動するような結合です。)
- カム位置検出器を備えたインターロックガードでカムの回転によりリミットスイッチAのプランジャーを押し、内部の電気接点を強制的に引き剥がします。リミットスイッチはB接点のタイプで右の図は内部構造を示しています。カムとプランジャーは剛性要素で構成されており、ドア開の場合カムの回転により例えば電気接点bが融着した場合でも強制的に接点を引き剥がします。一方、ドア閉の場合、電気接点aはバネにより接点を引き剥がすため、接点が融着した場合は、確実に引き剥がすことができません。しかしながら電気接点aが溶着して引き剥がせなくても電気信号はドア開の状態が維持されるため、動作が制限され、リスクは低減された状態となります。

4.2.2 本質的安全設計方策

4.2.2.2 危険源を回避する方法

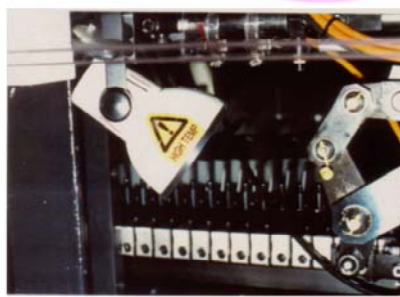
227

危険源を回避する方法

一人間工学原則の遵守

オペレータの精神的又は身体的ストレス及び緊張を低減するため、機械類の設計時に人間工学原則を考慮しなければならない。
基本設計の段階で、オペレータ及び機械に対して機能(自動化の程度)を割り当てるとき、これらの原則を考慮しなければならない。

暗い配電盤の中を保全するのは危険なので、視認性を確保するため照明を付けました。



*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

例えば感電の危険源を回避する方法として、制御盤内保守時の視認性を確保するため、制御盤内照明灯を準備するなどの対応が必要になります。

4.2.2 本質的安全設計方策

4.2.2.2 危険源を回避する方法

228

危険源を回避する方法

—制御システム設計上の安全原則

制御システムの設計方策は、それらの安全関連性能が十分リスクを低減できるように選択しなければならない。(ISO13849-1 (JIS B 9705-1) 及び IEC62061 (JIS B 9961) 参照)

危険な機械の挙動の典型的な例は、

- ・予期しない機械の起動
 - 挟まれる危険性があるプレス機構
- ・無制御状態の速度変化
- ・運動部分の停止不能
 - イナーシャで動力源が遮断されても回転が継続するロール機構
- ・機械の部分又は機械によってクランプされたワークピースの落下又は放出
- ・保護装置の不作動によって生じる機械の挙動



危険な機械の挙動の典型的な原因は

- サーボモーターのブレーキ機構、ドインターロックと連動したメカストッパーを設置しました
- 制御システム論理の不適切な設計又は修正
- 制御システムの一つまたは複数のコンポーネントの一時的、恒久的な不具合又は故障
- 制御システムの動力供給の変動又は故障
- 制御装置の不適切な選択、設計及び配置

回転検出ユニットで完全停止を検出するようにしました



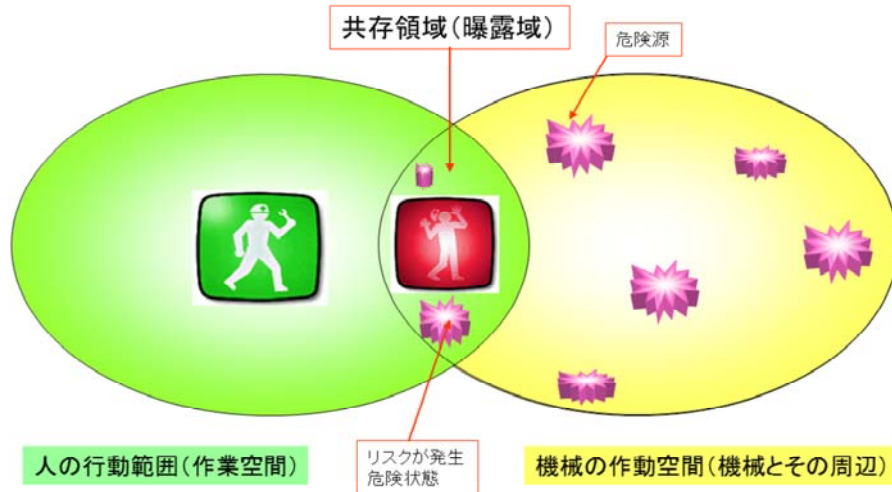
*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御システム設計上の安全確保として、例えば非常停止、アラームリセットただけで機械が突然動き出すなど、予期しない起動を防止することが重要です。

危険区域 (hazard zone/danger zone)

人が危険源に暴露されるような機械類の内部及び／又は機械類周辺の空間。

災害の発生 = 人と機械の危険源が接触



※無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

災害は、人が危険源に接触する際に発生することが考えられるため、危険区域への進入の必要性を低減することにより危険源へさらされる機会を制限する。

4.2.2 本質安全設計方策

230

4.2.2.3 危険区域への進入の必要性を低減することにより危険源へさらされる機会を制限する方法

危険区域への進入の必要性を低減することにより危険源へさらされる機会を制限する方法

- 設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限
- 搬入(供給)／搬出(取り出し)作業の機械化及び自動化による危険源への暴露機会の制限
- 設定(段取り等)及び保全の作業位置を危険区域外とすることによる危険源への暴露機会の制限

搬送系ロボットとインデックステーブルは、シャッターで隔離されている。

作業者は、フープボックスをインデックステーブルに単に乗せるだけで、内部のロボットに接触することは無い。



例えば危険源を隔離したり、停止させることにより安全を確保することもできる。

この例は、半導体ウエハの搬送において、搬送ロボットの可動エリアと作業者の作業エリアをシャッターで仕切っているものです。

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

231

4.2.3.1 安全防護策及び付加保護方策とは、

本質的設計方策により合理的に除去できない危険源、又は十分に低減できないリスクから人を保護するための安全防護物の使用による保護方策であり、次の三つに分類される。

a) ガード

固定式ガード、可動式ガード、調整式ガード、制御式ガード等

b) 保護装置

両手操作式制御装置、インターロック装置、検知装置(ライトカーテン、レーザスキャナ等)等

及び

c) 付加保護方策

非常停止、捕捉された人の脱出及び救助、遮断及びエネルギーの消散等

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護方策として、インターロック付き可動式ガード、セーフティライトカーテンなどの保護装置、動力源の遮断などの付加保護方策がある。

4.2.3.2 ガードとは、

ISO12100の定義（一部抜粋）

ガード：保護するために機械の一部として設計された物理的なバリア。

1. ガードは、次のように機能する。

－ 単独の場合：

可動式ガードでは“閉じた状態”のときだけ有効であり、固定式ガードでは“確実に取り付けられている状態”のときだけ有効である。

－ ガード施錠式又は施錠なしのインターロック装置と組み合わせる場合：
ガードの位置によらず、保護が確実にされる。

2. ガードはその設計によって、例えば、ケーシング、シールド、カバー、スクリーン、ドア、囲いガードと呼ばれる場合がある。

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ガードとは、人を保護するために危険源を隔離することを目的とした機械の一部として設計された物理的なバリアをいう。

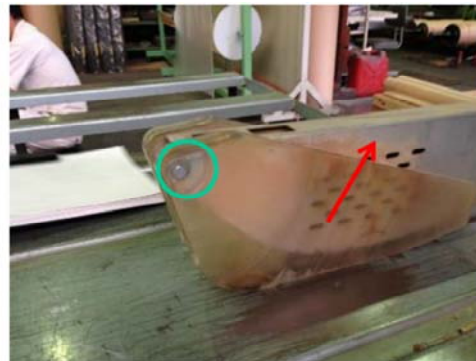
固定式ガード

- ・ 囲い式ガード: 固定式ガードの一つとして、分類されるガード。
- ・ 手などがギアに巻き込まれないように、危険な可動部分を覆っている。



可動式ガード

- ・ 自己閉鎖式ガード
可動式ガードの一つであり、機械の危険な可動部分を工程中でもガードが覆っている。右図は、木材を切断するための電動のこぎりの例であり、材木の切断中は、ブレードをガードが覆い、切断が終了すると、ガードは自動的に閉位置に戻る。



*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 上段の写真は、“囲い式ガード”と言われる固定式ガードである。回転するチェーンに指が触れて、巻き込まれないように、黄色のガードで保護している。
- ・ 下段の写真は、可動式ガードの一つである自己閉鎖式ガードの例である。材木切断時は、写真中の緑色の丸で囲ったネジを支点として、透明のガードが赤い矢印の方向に 移動し、切断中も切断終了後も中のブレードに指が触れないようになっている構造である。

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

234

4.2.3.4 ガードの種類

ガードの種類	ガードの説明
固定式ガード	所定位置に固定されているガード。解錠には工具が必要。
可動式ガード	工具なしで、開閉可能なガード。
調整式ガード	機械の停止中に一部が調整可能なガード。
囲いガード	全ての面から危険区域への接近を防止するガード。
距離ガード	危険区域を完全に囲うのではなく、危険区域からその寸法及び距離により接近の危険を防止又は低減するガード。例えば、周辺フェンス又はトンネルガードによる。
動力作動ガード	人又は重力とは別の動力源からの力により作動する可動式ガード。
自己閉鎖式ガード	機械要素(例えば、可動テーブル)又はワークピース若しくはジグの一部により作動する可動式ガードであり、ワークピース(及びジグ)が通りぬけることのできる開口部を通りぬけるとすぐに、自動的に閉位置にもどる(重力、ばね、その他の外部動力などによる)。
制御式ガード	インターロック機能を付加したガードであり、ガード開では機械は起動しない。ガード閉で機械が起動する。
インターロック付きガード	機械要素の運転をやめるための機械的、電氣的装置を付加したガード。
施錠式インターロック付きガード	施錠装置を備えたインターロック付きガード。

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ガードの種類は、大きく分けて、①固定式ガードと②可動式ガードの二種類に分類される。
可動式ガードには、“機械の制御システムと連携するガード”と“連携しないガード”がある。
- ・制御システムと連携するガードとは、主に、各種インターロック付きガードである。

ISO12100の定義

保護装置:ガード以外の安全防護物

保護装置の種類	保護装置の説明
インターロック装置／インターロック	危険な機械機能の運転を防ぐことを目的とした機械装置、電気装置、又はその他の装置
イネーブル装置	起動制御に連続して用いる調整又は保全などの補足的な手動操作装置である。
ホールド・ツー・ラン制御装置	手動制御器を作動させている限り、開始指令を出し、かつ維持する制御装置
両手操作制御装置	操作する人のみを保護する装置であり、両手による同時操作を少なくとも必要とする制御装置
検知保護設備	人を検出する設備で、制御システムに対して適切な信号を生成する設備（光カーテン、レーザスキャナ、圧力検知マット、トリップバー、トリップワイヤなど）
機械的拘束装置	機械的障害（例えば、くさび、スピンドル、支柱、車輪止め）を組み込んだ装置
制限装置	機械又は危険な機械条件が設計限界（例えば、空間の限界、圧力限界、負荷モーメント限界）を超えないように制限する装置

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・保護装置とは、ガード以外の安全防護物とISO 12100で定義されています。
- ・保護装置は、身体全体又は一部が所定の限界を越えて危険源に近づいたとき機械設備が自動的に止まる（トリップする）機能や、特定の区域内に人が存在するか否かを検知して機械設備の起動を制御する機能を持っている。これらのほとんどは、電気制御システムで安全を確保する装置です。
- ・主な保護装置として、イネーブル装置、ホールド・ツー・ラン装置やライトカーテン等の検知保護装置があります。くさび等の機械的拘束装置も、この保護装置に含まれます。

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

236

4.2.3.5 保護装置とは、

両手操作式制御装置、インターロック装置、検知装置(ライトカーテン、レーザスキャナ等)等ガード及び保護装置は、本質的安全設計によって合理的に危険源を除去できない、又はリスクを十分に低減することもできない場合に、人を保護するために使用しなければならない。



前面エリアセンサーのみ設置

● リスクアセスメント後の
要改良箇所



前面: ライトカーテン
側面の侵入可能領域: 固定ガードによる隔離
両手押しスイッチ: プレス部に手を接近させるためカバーを設置

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・この写真は、プレス機械の安全対策前後の写真です。
- ・左側の写真で、機械の安全リスクアセスメントによって、危険源を特定し、要改良箇所を、赤丸●で示します。
- ・対策として、プレススライド稼働部(上下運動)には、正面以外からアクセス出来ない様に、両サイドを黄色いガードで囲い、正面(アクセスする部分)は、ライトカーテンで保護を実施。プレスの稼働(運転)は、両手での操作を確実にする為に、保護装置として、スイッチ上部にカバーを取付けています。

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

237

4.2.3.6 付加保護方策とは

非常停止、捕捉された人の脱出及び救助、遮断及びエネルギーの消散等

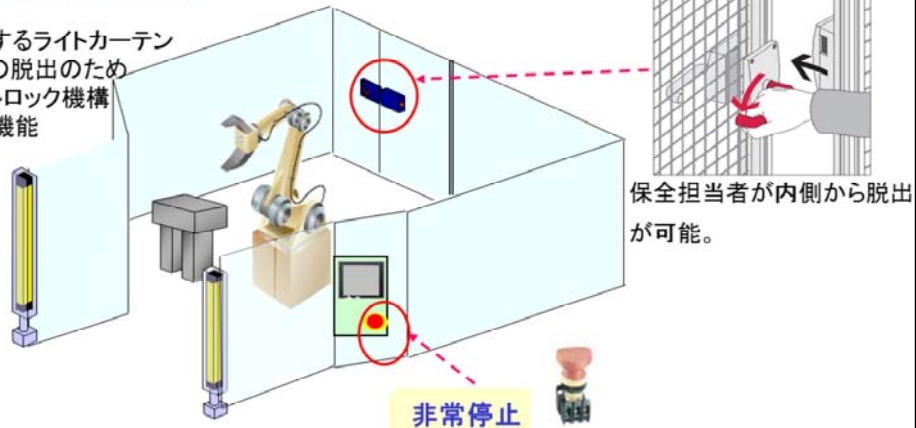
制御位置又は介入区域の囲いに対して、危険源に対する組合せの保護を備えることを考慮しなければならない。

組み合わせの保護として

捕捉された人の脱出及び救助のための方策(例)

ロボットの稼働に対する危険性に対し
以下のような「組み合わせの保護」がある。

1. 侵入に対するライトカーテン
2. 内部からの脱出のための
ハンドルロック機構
3. 非常停止機能



・本質的安全設計方策や、安全防護で対処しきれなかったリスクを低減するには、次善の策である付加保護方策を用いて対処することになる。
主なものは、次の4点である。

- 1) 非常停止機能
- 2) エネルギー遮断・消散機能
- 3) 被災者の脱出・救助手段
- 4) 機械設備の安全な運搬手段のほか

これらは、あくまで補足的な手段である。これを主たる方策とせず、
できる限り本質的安全設計方策や安全防護で対策すべきものです。

・このスライドは、捕捉された人の脱出及び救助のための方策として

1. ガード内部から開錠できるハンドルや
2. 非常停止スイッチが、付加保護方策の例となります。

4.2.4 使用上の情報で行う保護方策

238

4.2.4.1 使用上の情報で行う保護方策とは、

保護方策—使用上の情報(ISO 12100-2)

使用者に情報を伝えるための伝達手段(例えば、文章、語句、標識、信号、記号、図形)を個別に、又は組み合わせて使用する保護方策であり、大きく次の3方策に分類される。

- a) 信号及び警報装置
- b) 表示、標識(絵文字)
警告文
- c) 附属文書
(特に、取扱説明書)

「改正労働安全衛生規則第24条の13」および指針の概要

機械による労働災害は、全労働災害の約1/4を占め、死亡災害や障害の残る災害も多数発生しています。このたび厚生労働省では、機械による労働災害の防止策を強化するため、**機械を譲渡または貸与する者に対し、「機械に関する危険性等をその機械の譲渡または貸与を受ける相手方事業者に通知すること」を努力義務化するとともに**(改正労働安全衛生規則第24条の13。以下「改正安衛則」という)、その通知を促進するための指針(機械譲渡者等が行う機械に関する危険性等の通知の促進に関する指針)を公表しました。

改正安衛則と指針は、平成24年4月1日から施行・適用されます。事業者の皆さまには、これらにより、適切な通知に努めるようお願いします。

付属文書(特に、取扱説明書)に含める情報

- 機械の運搬、取扱い、保管に関する情報
- 機械の設置及び立上げに関する情報
- 機械自体に関する情報
- 機械の使用に関する情報
- 保全に関する情報
- 使用停止、分解、及び、廃棄処分に関する情報
- 非常事態に関する情報
- 熟練要員/非熟練要員の保全指示事項の明確化

指針の要求を踏まえ

及び

残留リスク情報

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

使用者が知っておくべき情報を機械設計に応じて次のいずれか又はその組合せで実施提供する。主に次の4つになります。(梱包上は、スライドには記述していません。)

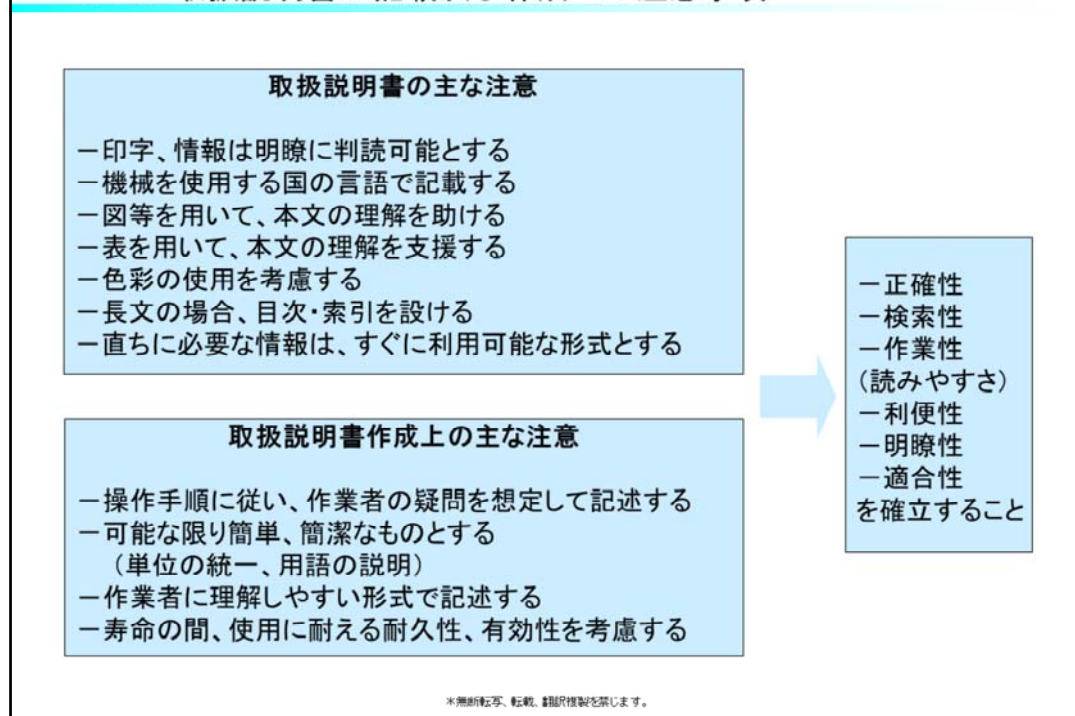
機械状態の表示(警報、表示ランプ灯など)

機械自体の内部及び機械上に表示(注意シンボルなど)

付属文書(例えば、取扱い説明書)

梱包上

4.2.4.2 取扱説明書の記載及び作成上の注意事項



4.2.4.2 取扱説明書の記載及び作成上の注意事項について説明します。 取扱説明書の主な注意事項として

印字、情報は明瞭に判読可能とする
機械を使用する国の言語で記載する
図等を用いて、本文の理解を助ける
表を用いて、本文の理解を支援する
色彩の使用を考慮する
長文の場合、目次・索引を設ける
直ちに必要な情報は、すぐに利用可能な形式とする
などが挙げられます。

また、作成上の注意事項として

操作手順に従い、作業者の疑問を想定して記述する
可能な限り簡単、簡潔なものとする
(単位の統一、用語の説明)
作業者に理解しやすい形式で記述する
寿命の間、使用に耐える耐久性、有効性を考慮する

などが挙げられます。
いずれも正確性、検索性、作業性(具体的には読みやすさ)、利便性、
明瞭性、適合性を確立することが必要です。

4.2.4 使用上の情報で行う保護方策

240

4.2.4.3 附属文書とは、

附属文書は、実施した手順及び達成された結果を示さなければならない。
これには、次を含む。

- a) リスクアセスメントを実施した機械（例えば、仕様、制限、意図する使用）
- b) リスクアセスメントの際の想定（負荷、強度、安全係数等）
- c) リスクアセスメントで同定した危険源及び危険状態、並びに考慮した危険事象
- d) リスクアセスメントの元になる情報

出荷搬入後に安全教育を行い、展開してきた全ての安全方策の正しい使い方を使用者に的確に伝授すること。

警告標識、保護方策を説明しましょう
緊急時の回避方法は・・・
保護具は・・・



安全マニュアルには



危険源からの回避の方法が記載されています

- 設備搬入後に、安全作業マニュアルなどをもとに定常・非定常安全作業手順書を作成して使用者へ教育訓練を行う
- 設備が設置された作業環境におけるリスクの想定も行う。

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.2.4.3 附属文書について説明します。

附属文書には、実施した手順及び達成された結果を示さなければなりません。

これには、

- a) リスクアセスメントを実施した機械（例えば、仕様、制限、意図する使用）
- b) リスクアセスメントの際の想定（負荷、強度、安全係数等）
- c) リスクアセスメントで同定した危険源及び危険状態、並びに考慮した危険事象
- d) リスクアセスメントの元になる情報を含む必要があります。

そして出荷搬入後に安全教育を行い、展開してきた全ての安全方策の正しい使い方を使用者に的確に伝授することが重要です。

写真の例のように警告標識、保護方策、緊急時の回避方法や保護具などについて説明してください。また、設備搬入後に、安全作業マニュアルなどをもとに定常・非定常安全作業手順書を作成して使用者への教育訓練や、設備が設置された作業環境におけるリスクの想定も実施するようにして下さい。