

**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5章 機械の安全設計」**

**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5章 機械の安全設計

5.1 危険源の除去とリスクの低減

はじめに一リスクアセスメントとの関連

5.1.1 危険源の種類 (1)危険源とは

5.1.1 危険源の種類 (2)危険源の分類

5.1.1 危険源の種類 (3)危険源一覧

5.1.1 危険源種類 (4)確定的及び偶発的危険源

5.1.1 危険源の種類 (5)危険源形態と出現

5.1.2 本質的安全設計方策—危険源への対処方法

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計
対応

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

目次

- 5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 (2)幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去
- 5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 (3)物理的側面を考慮した方策による危険源の除去
- 5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応
- 5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 (1)安全寿命設計
- 5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 (2)冗長化

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

目次

- 5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 (3)故障の制限
- 5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 (4)本質的安全設計の制御システムへの適用※日工会注あり
- 5.1.5 その他
- 5.1.6 危険源への暴露機会の制限
- 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計
- 5.2 ガードの設計
 - 5.2.1 ガードの定義
 - 5.2.2 ガードを使用する目的
 - 5.2.3 ガードの選択: 危険源の数及びサイズによる

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 5.2.4 ガードの選択：アクセスの性質及び頻度による
- 5.2.5 ガードの種類
 - 5.2.5.1 固定式ガード
 - 5.2.5.2 可動式ガード
 - 5.2.5.3 インターロック付きガード
- 5.2.6 ガードの例
- 5.2.7 ガードを設計する際の留意点
- 5.2.8 ガードを製作する際の留意点
- 5.2.9 安全距離
- 5.2.10 最小距離
- 5.2.11 押しつぶし又ははさまりポイント
- 5.2.12 使用上の情報
- 5.3 保護装置の設計
 - (インターロックの設計)
 - 5.3.1 保護装置の定義

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 5.3.2 保護装置を使用する目的
- 5.3.3 保護装置の種類
- 5.3.4 保護装置の例
- 5.3.5 ガード及び保護装置の選択
- 5.3.6 ガード及び保護装置の設計
- 5.3.7 インターロック付きガードの設計
- 5.3.8 インターロック付きガードの制御設計
- 5.4 付加保護方策
 - 5.4.1 規定されている付加保護方策の内容
 - 5.4.2 非常停止
 - 5.4.2.1 機械安全のA,B,C規格体系における非常停止規格の位置づけ
 - 5.4.2.2 非常停止機能のリスク低減プロセスにおける位置付け
 - 5.4.2.3 非常停止機能
 - 5.4.2.4 非常停止機能のカテゴリー

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 5.4.2.5 非常停止装置
- 5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策
 - 5.4.3.1 動力源遮断装置
 - 5.4.3.2 蓄積エネルギーの消散又は制限装置
 - 5.4.3.3 動力源遮断装置及び、蓄積エネルギーの消散又は制限装置
- 5.4.4 捕捉された人の脱出及び救助のための方策
- 5.4.5 機械及び重量構成部品の容易、かつ安全な取扱いに関する準備
- 5.4.6 機械類への安全な接近に関する方策
- 5.5 人間工学
 - 5.5.1 人間工学に関連した安全性の問題とは、
 - 5.5.2 人間工学の検討の必要性について
 - 5.5.3 人間工学を検討する段階、ステップとは
 - 5.5.4 認識力に関連するヒューマンエラーを低減する方法

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 5.5.5 身体的努力に関連する健康障害及びヒューマンエラーを低減する方法
- 5.5.6 作業性を向上する方法
- 5.5.7 人間工学設計の適合を確認する方法
- 5.6 防爆
 - はじめに
 - 5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要
 - 5.6.2 爆発はなぜ起こる。(爆発/火災の3要素)
 - 5.6.3 危険個所(ゾーン)の判定
 - 5.6.4 防爆構造の種類と使用できる危険区域(ゾーン)
 - 5.6.5 各種防爆構造の概略
 - 5.6.6 防爆電気配線
 - 5.6.7 爆発性ガスと防爆電気機器
 - 5.6.8 保守・点検

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

学習のねらい・・・第5章 機械の安全設計

この章では、3ステップメソッドにおける具体的な設計方法を学習する。

- 本質的安全設計
- 安全防護と付加保護方策
- 使用上の情報(第7章参照)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

5.1 危険源の除去とリスクの低減

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

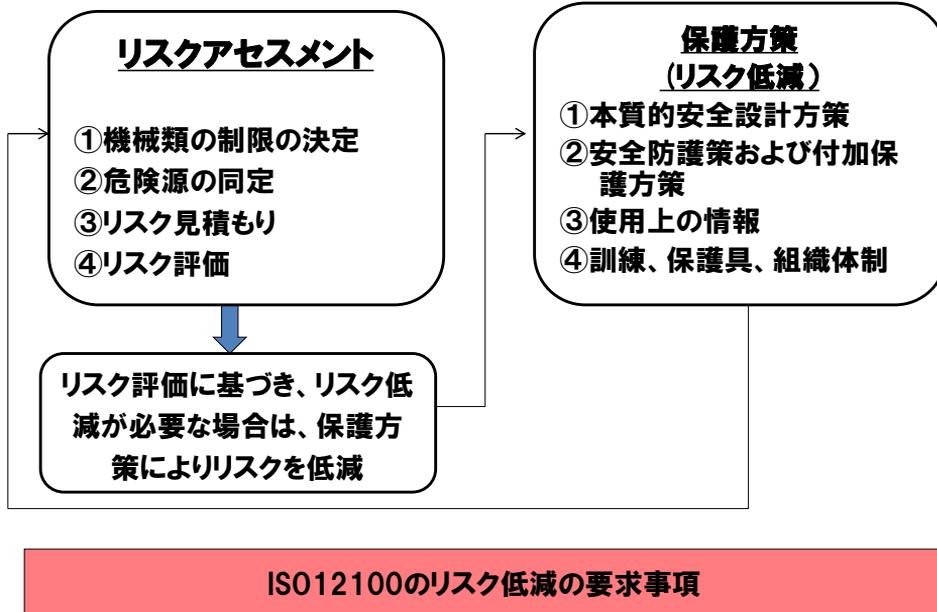
5.1 危険源の除去とリスクの低減について説明します。

学習のねらい・・・ 5.1 危険源の除去とリスクの低減

この項では、危険源について復習し、危険源ごとの本質的安全設計について学習する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この項では、危険源について復習し、危険源ごとの本質的安全設計について学習します。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

はじめにリスクアセスメントとの関連について説明します。

まず4項ではリスクアセスメントとして、

- ①機械類の制限の決定
- ②危険源の同定
- ③リスク見積もり
- ④リスク評価

について学んで頂きました。

アセスメントの最終アウトプットであるリスク評価に基づいて、リスク低減が必要な場合は、保護方策によりリスクを低減しなければなりません。

保護方策つまりリスク低減策としては

- ①本質的安全設計方策
- ②安全防護策および付加保護方策
- ③使用上の情報
- ④訓練、保護具、組織体制

について検討しなければなりません。

これらはISO 12100のリスク低減の要求事項となっています。

- 危険源(hazard):
 - 危害を引き起こす潜在的根源 (ISO/IEC guide51)
- 関連危険源(relevant hazard):
 - 機械に存在し, 又は機械に関連して存在すると同定される危険源。
- 重要危険源(significant hazard):
 - リスクアセスメントによって関連があるものとして同定され, かつ, リスクを除去又は低減するために, 設計者による所定の行動を必要とする危険源

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

5.1.1 ではここで危険源の種類について再度おさらいします。

一つ目の危険源 (hazard) とは 危害を引き起こす潜在的根源 (ISO/IEC guide51) のことをいいます。

二つ目の関連危険源 (relevant hazard) とは機械に存在し, 又は機械に関連して存在すると同定される危険源のことをいいます。

最後に三つ目の重要危険源 (significant hazard) とはリスクアセスメントによって関連があるものとして同定され, かつ, リスクを除去又は低減するために, 設計者による所定の行動を必要とする危険源のことをいいます。

5.1.1 危険源の種類 (2)危険源の分類

254



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ (1)での危険源の相関図になる。
- ・ 危険源を漏れなく抽出した後、「関連危険源」を抽出する
- ・ 更に「機械類の制限」に基づき、取り扱う／取り扱わない重要な危険源を抽出することとなる。

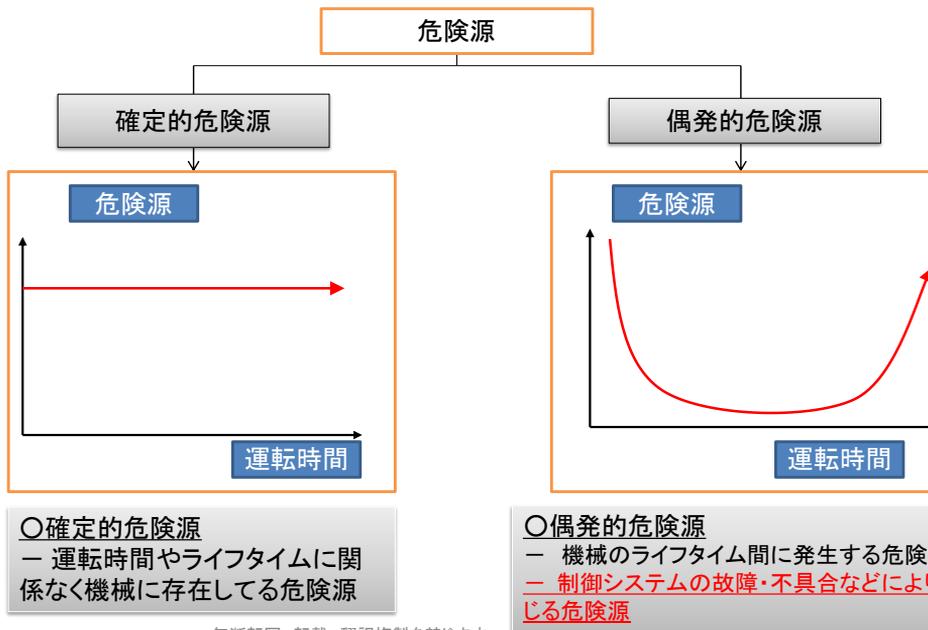
5.1.1 危険源の種類 (3)危険源一覧

- ①機械的危険源:押しつぶし、せん断、切傷又は切断衝撃等
- ②電氣的危険源:充電部に接触、静電現象等
- ③熱的危険源:熱源からの放射による火傷, 熱傷等
- ④騒音による危険源:聴力喪失、平衡感覚の喪失, 意識の喪失
- ⑤振動による危険源:神経及び血管障害を起こす手持機械の使用等
- ⑥放射線の危険源:低周波, 赤外線, X線/γ線, レーザ等
- ⑦材料、物質の危険源:有害な液体, 煙, 粉塵との接触又は吸入等
- ⑧人間工学の無視による危険源:不自然な姿勢、精神的過負荷, ストレス、ヒューマンエラー等
- ⑨すべり, つまづき及び墜落の危険源:床面及び接近手段の軽視
- ⑩危険源の組合せ:各種危険源の組合せ
- ⑪機械が使用される環境に関する危険源:温度、風、雪、落雷などを生じ得る環境条件

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

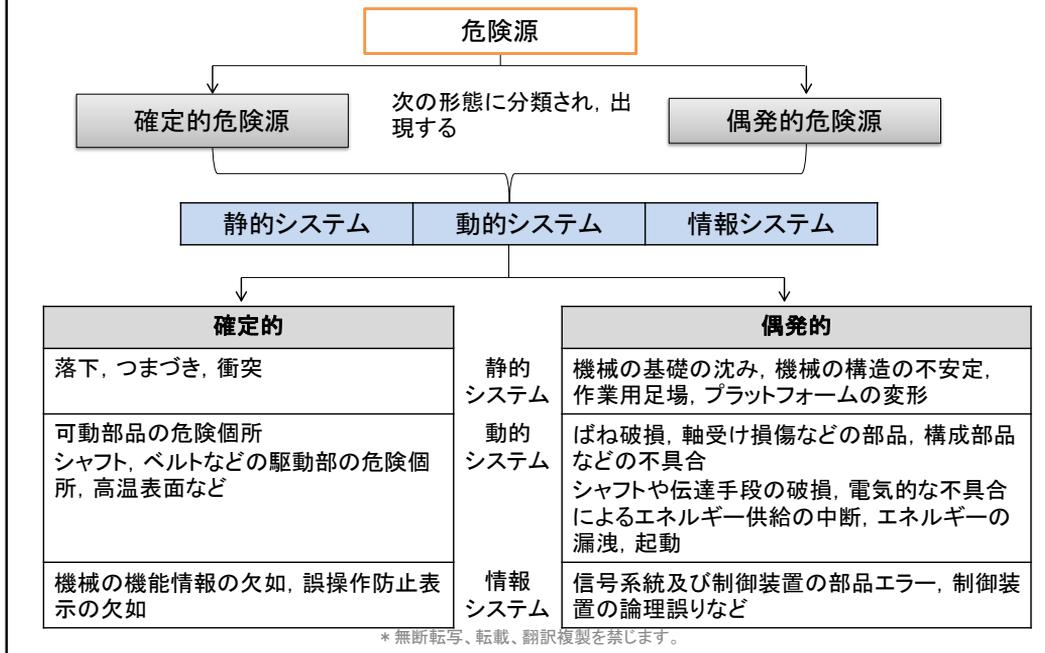
- ・ ISO 12100 : 2010 (JIS B 9700 : 2013) では「10項目」に分類されているが、ここでは「9」を追加し、「11項目」としてある。
- ・ この一覧では「危険源に対して暴露された結果」「危険源の原因」が混在している。リスクアセスメントの実施に際しては、規格本体を参照し、原因と結果の因果関係を正しく把握する必要がある。

5.1.1 危険源の種類 (4) 確定的及び偶発的危険源 256



- ・ 「確定的危険源」は運転時間やライフタイムに関係なく存在する危険源の為、機械の通常使用時に発生／暴露される為、特定しやすい。
- ・ 「偶発的危険源」は図に有るように、機械製作／立上げ時に十分な検証が行われていない場合や、運転時間による制御システムの故障・不具合の発生により、不定期に発生頻度が上がる危険源となる。
- ・ 図では中央部で危険源が低下しているが、合理的に予見可能な誤使用にて発生する危険源の考慮もしなければならず、特定が難しい危険源である。

5.1.1 危険源の種類（4）確定的及び偶発的危険源 257



- ・次に具体的な「確定的」「偶発的」の抽出の仕方をまとめる
- ・いずれの場合も「静的システム」「動的システム」「情報システム」の問題と大別されると考えられる。
- ・表記載の内容はあくまでも一例であるが
 - 「静的システム」は機械設計制作に起因する危険源
 - 「動的システム」は機械使用時に現れる危険源
 - 「情報システム」は制御システムや操作機器の不備などによる危険源として考えられる。

5.1.1 危険源の種類 (5)危険源形態と出現

258

| 確定的 | | 偶発的 |
|--|--------|--|
| 落下, つまづき, 衝突 | 静的システム | 機械の基礎の沈み, 機械の構造の不安定, 作業用足場, プラットフォームの変形 |
| 可動部品の危険箇所 シャフト, ベルトなどの駆動部の危険箇所, 高温表面など | 動的システム | ばね破損, 軸受け損傷などの部品, 構成部品などの不具合 シャフトや伝達手段の破損, 電気的な不具合によるエネルギー供給の中断, エネルギーの漏洩, 起動 |
| 機械の機能情報の欠如, 誤操作防止表示の欠如 | 情報システム | 信号系統及び制御装置の部品エラー, 制御装置の論理誤りなど |

4.3.3 危険源の同定も参照のこと

危険源として, 顕在化している

駆動系統, 制御系統故障/不具合, あるいは保守・点検などの欠如などを通じて, 危険源として顕在化する

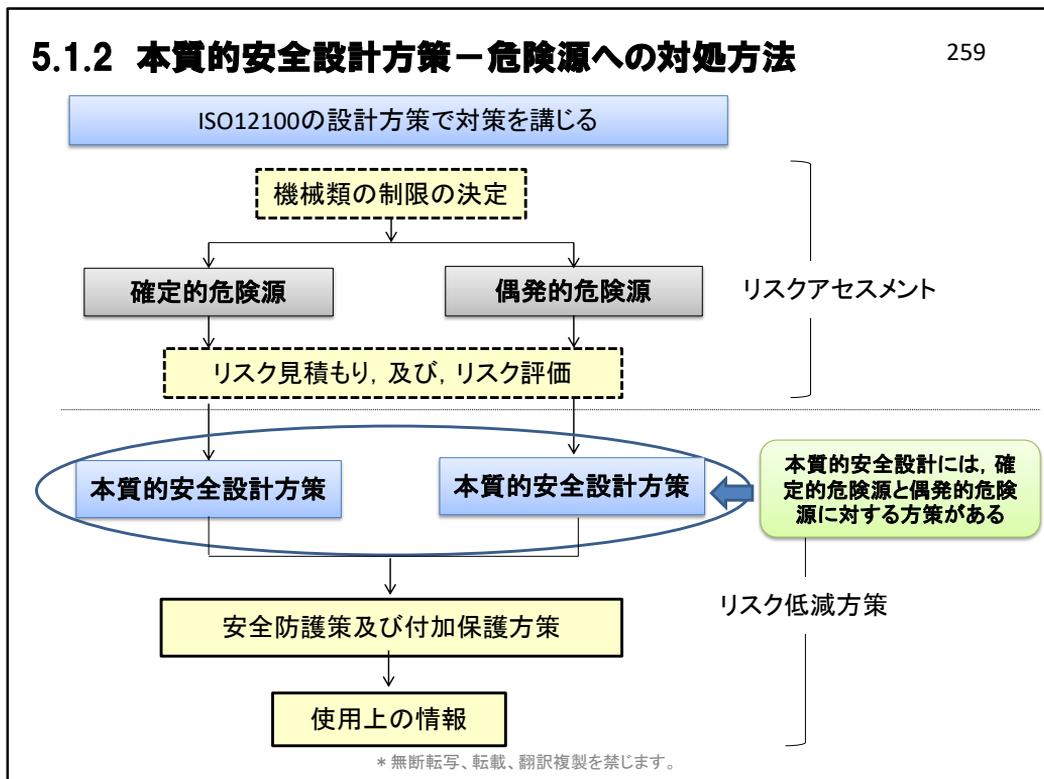
ISO12100の設計方策で対策を講じる

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ いずれのシステム上の危険源も、前述の如く「確定的危険源」は機械の状況により危険源が特定されるので抽出しやすいが、「偶発的危険源」は潜在的な原因により危険源として抽出しにくい事象となっている。
- ・ ISO12100では「確定的危険源」「偶発的危険源」の明確な記述は無いが、この様な多角的な視点でアプローチが必要であると思われる。

5.1.2 本質的安全設計方策－危険源への対処方法

259



- ・ 前節で抽出した「危険源」への対処方法としては、リスクの見積もり／評価を行う「リスクアセスメント」の後、アセスメント結果によってはリスク低減方策を実施しなければならない。
- ・ リスク低減方策に際しては、図の通り「確定的危険源」「偶発的危険源」に応じた「本質的安全設計方策」を用いなければならない。
- ・ 「確定的危険源」には「危険源の低減」「暴露頻度の現象」などが考えられるが、「偶発的危険源」に関しては、「フェールセーフ」「フルプルーフ」のアプローチが重要であると思われる。

5.1.2 本質的安全設計方策—危険源への対処方法

ISO12100の定義

本質的安全設計方策:

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策。

| ISO12100で規定する本質的安全設計方策 | 関連箇条 |
|-------------------------|-------------------------|
| (1)幾何学的及び物理的要素に関する配慮 | この章の5.1.3 |
| (2)機械設計に関する一般的技術知識の考慮 | この章の5.1.4 |
| (3)機械的結合の安全原則 | この章の5.1.4 |
| (4)人間工学原則の順守* | この章の5.1.4, 及び |
| (5)空圧／油圧設備の危険源* | ISO4413及びISO4414参照 |
| (6)電氣的危険源の防止* | 6.1 |
| (7)制御システムへの本質的安全設計方策の適用 | 6.2 |
| (8)安全機能故障の確率の最小化 | この章の5.1.4, 及び6.2 |

* (4)～(6)については、この章では取り扱わない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

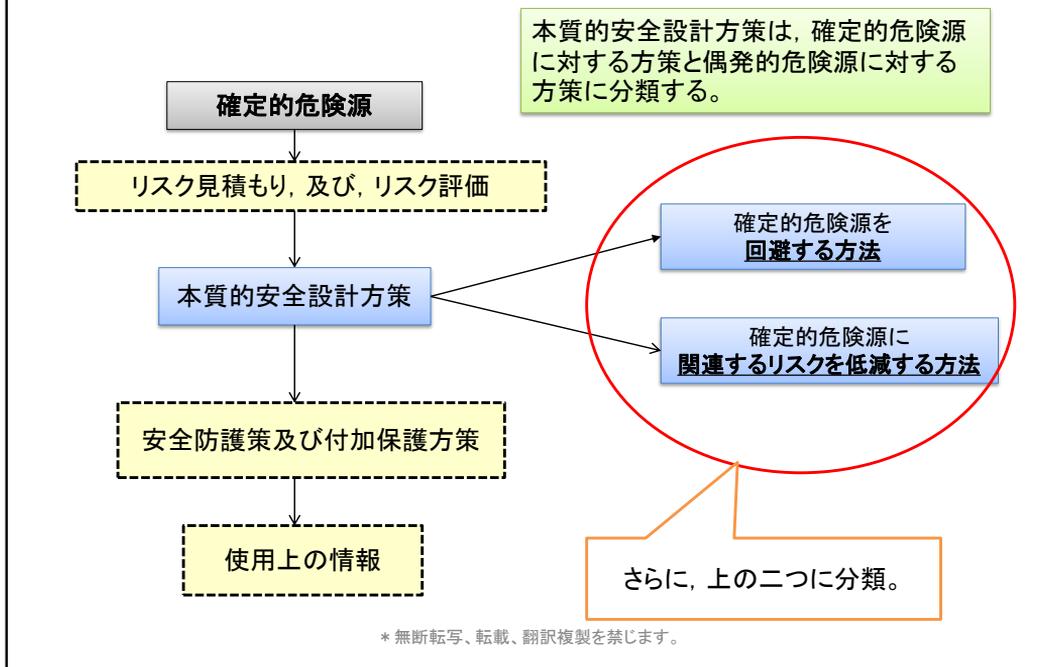
ISO 12100では本質的安全設計方策を、「ガード又は保護装置を使用しないで、機械の設計又は運転特性を変更することにより、危険源を取り除くか又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策」と定義している。保護装置が機能しなかったり、使用上の情報が守られなかったりと有効性が損なわれる場合があるが、本質的安全設計は危険源を除去したりリスクを低減する方策であり、有効性が損なわれにくく最も重要な方策である。本質的安全設計方策は、ここに記載されているように8つに分けられている。この章では(1)～(4)までを取り扱う。(4)人間工学は5.5で説明する。

電気・制御システムは6章で説明する。

油圧の安全要求事項はISO 4413 (JIS B8361)、空圧はISO 4414 (JIS B 8370)を参照。

5.1.3 本質的安全設計方策－確定的危険源に対する設計対応

261

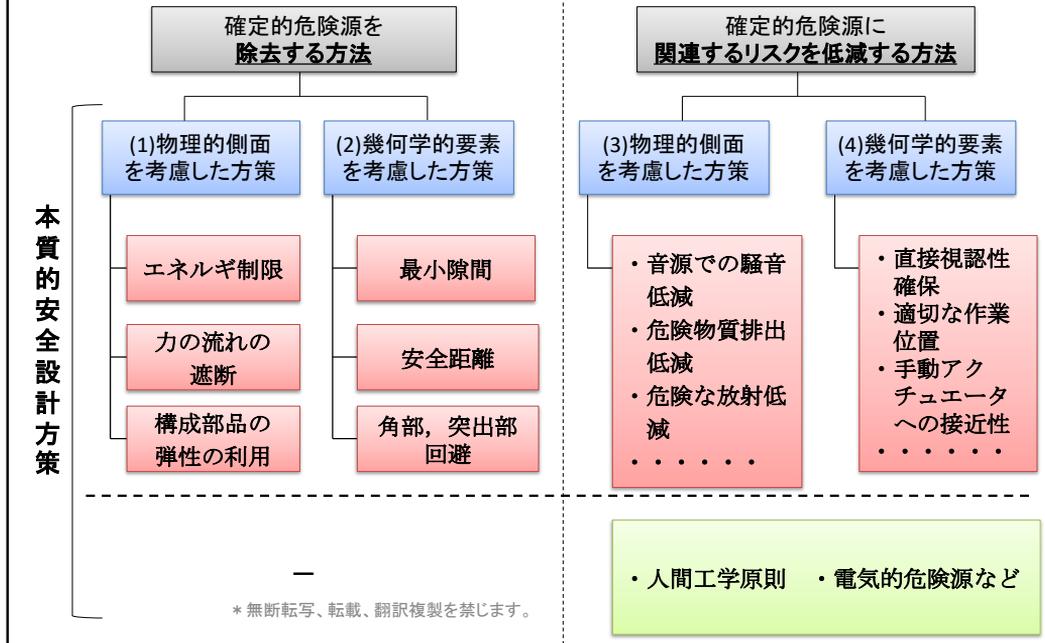


先に危険源を確定的危険源と偶発的危険源に分けて考える説明をしましたが、本質的安全設計方策の確定的危険源に対する対応は、さらに、危険源を回避・除去する方法と、危険源に関連するリスクを低減する方法のふたつに分けて考えます。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計対応

262

・除去の方法と関連するリスクを低減する方法に分類される。



確定的危険源を除去する方法、関連するリスクを低減する方法は、
 (1) 物理的側面を考慮した方策、
 (2) 幾何学的要素を考慮した方策のふたつに分類して考えます。

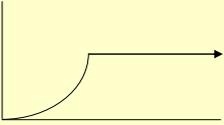
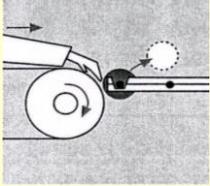
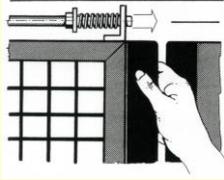
確定的危険源の除去においては、
 物理的側面では、エネルギーの制限、力の流れの遮断、部品の弾性を利用する方法がある。

幾何学的要素では、最小隙間、安全距離、角や突出形状の回避による方法がある。

関連するリスクを低減する方法においては、
 物理的側面では、騒音の低減、危険物質の排出低減、危険な放射の低減などがある。

幾何学的要素では、視認性確保、適切な作業位置、操作手段への接近性などがある。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 (1) 物理的側面を考慮した方策による危険源の除去

| エネルギーの制限 | 力の流れの遮断 | 構成部品の弾性の利用 |
|--|---|--|
| <p>人体が傷害を受けないように、危険区域に生じるエネルギーを低いレベルに制限する。</p>  <p>規格規定上の限界値： ISO14120では、動力作動式ガードの運動エネルギーは、次のように規定される。 保護装置がある場合、150N以下 以下 保護装置がない場合、75 N</p> | <p>人体部位と危険箇所間の力の流れを、人体が感じる痛みの限界値に達する前に遮断する。</p>  <p>ローラを自由に動くようにすることにより、動力で動くコンベアと先頭のローラとの間に挟まれる可能性を低減、又は回避する。可動部品の重量と慣性モーメントは、出来るだけ低く保つ必要がある。</p> | <p>適切な材料を選択する等により、構成部品の剛性および強度を低減し、人体部位が捕捉されても、人体が被る傷害のエネルギーを構成部品に移す。</p>  |

出所：A.ノイドルファー著、田中統一翻訳・監修、国際規格対応安全な機械の設計、NPO安全工学研究所、2002

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

確定的危険源に対する物理的側面を考慮した方策により危険源の除去についてさらに詳しく説明すると、エネルギー制限は、人体が障害を受けないように低いレベルに制限することです。

可動部の質量、速度、駆動力を小さくして人体に衝突しても障害が発生しないようにすれば危険源ではなくなる。

しかし、エネルギーを低減することは機械本来の機能を損ねることにもなるため難しい場合がある。

力の流れの遮断は、挟まれたときに人体が障害を受ける前に挟まれ状態を回避するように可動性を持たせるといった方法。

部品の弾性の利用は、人体が挟まれたとしても機械側が変形して人体に障害が発生しないようにする方法。

人体にかかるエネルギーは機械に移されて変形により吸収される。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 264

(1) 物理的側面を考慮した方策による危険源の除去

力の流れの遮断

木材とソーセージ



テーブルソーの例

木材は切断



ブレードとソーセージが接触した瞬間、ブレードが下方へ移動



http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM の映像をキャプチャーした画像 ([リンク](#))

【出所: http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM】

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

物理的側面を考慮した方策による危険源の除去。力の流れの遮断の事例です。

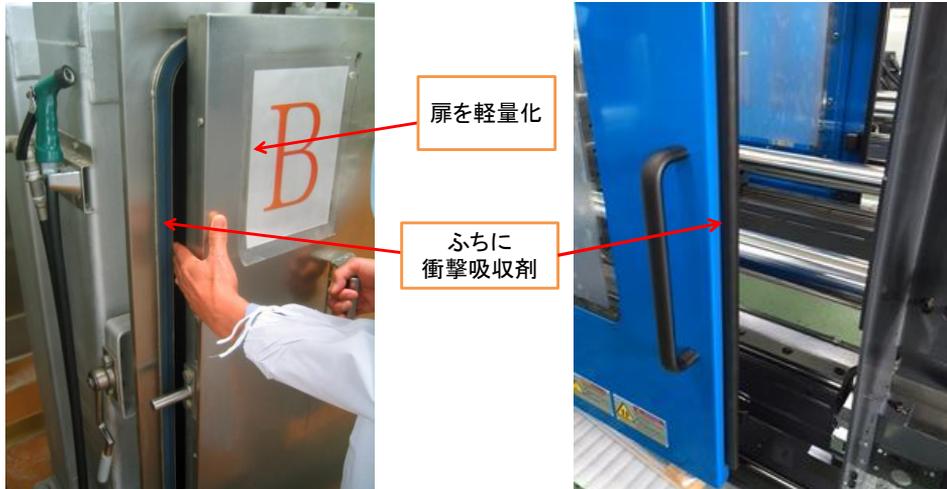
木材用電動のこぎりです。写真のように木材の上に手に見立てたソーセージを載せて切断作業をすると木材は切れていますがブレードがソーセージに触れた瞬間にテーブル下に退避するというものです。

これは、ブレードの静電容量を常時測定していて、ブレードが人体に触れることによる静電容量の変化をとらえて火薬でブレーキ機構を作動させているとのことです。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 265

(1) 物理的側面を考慮した方策による危険源の除去

エネルギーの制限 及び 構成部品の弾性の利用



出典：H17年度「食品機械の安全設計対応に関する調査研究報告書」(株武蔵野様)

写真：住友重機械工業様よりご提供

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

物理的側面を考慮した方策による危険源の除去。エネルギーの制限、構成部品の弾性の利用の事例です。

左の写真は食品機械で扉を軽量化することで運動エネルギーを低減しています。

また、扉、固定部どちらかに衝撃吸収材を取り付けて挟まれたときのエネルギーを吸収するようにしています。

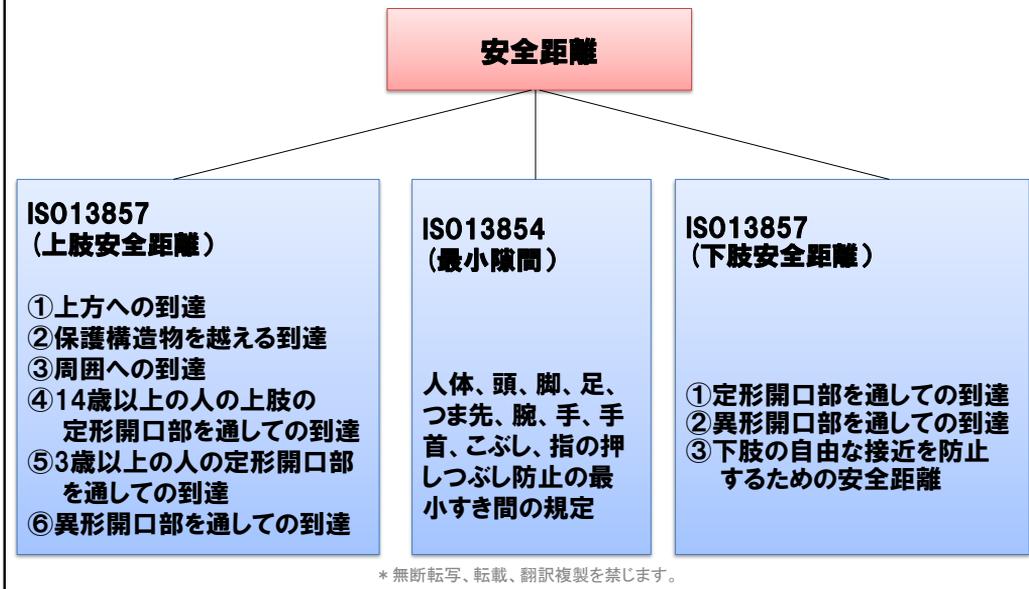
このように扉（可動式ガード）を軽量で操作力が小さくなるように設計すれば運動エネルギーを小さくでき、人間工学的にもストレスを低減できるものとなります。

動力駆動のガードでは閉じるのを妨げる力と運動エネルギーが規格に指示されています。

5.1.3 本質的安全設計—確定的危険源に対する設計方法 (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

266

最小隙間及び安全距離



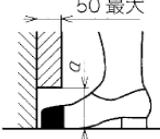
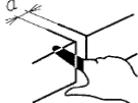
- ・ 確定的危険源を除去する設計方法のうち、幾何学的要素を考慮した方策について述べる
- ・ 図で示しているのは危害が発生しないために必要な、隙間や距離について定めた規格
- ・ 中央の図は人体部位が押しつぶされることを回避するための最小隙間を規定したISO 13854 → JIS B 9711
- ・ 左右の図は上肢及び下肢が危険区域へ到達しない安全距離について規定したISO 13857 → JIS B 9718
- ・ 上肢は肩から手の指先まで、下肢は股から足の指先までのこと

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 267

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

可動部分間の最少隙間の十分な確保

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

| 人体部位 | 最小隙間, α | 人体部位 | 最小隙間, α |
|---|----------------|--|----------------|
| 人体  | 500mm | つま先  | 50mm |
| 頭(最悪の位置)  | 300mm | 腕  | 120mm |
| 脚  | 180mm | 手 手首 こぶし  | 100mm |
| 足  | 120mm | 指  | 25mm |

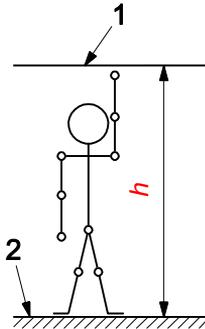
- ・ ISO 13854 (JIS B 9711) で規定される、可動部分において、人体部位が押しつぶされることを回避するために必要な部位ごとの最小隙間の表
- ・ 左上の図は人体全身が押しつぶされない最小隙間が500ミリであることを示している
- ・ 指だけ押しつぶされないようにする場合であれば、最小隙間は25ミリとなる
- ・ 例えば、指を挟むことが想定される場所で、可動部の最小すきまを25ミリ以上確保できれば、押しつぶしの危険は発生しない。これが、機械の仕様上、最小隙間を20ミリにする必要がある場合は押しつぶしの危険があるため、他の保護方策を検討する必要性が生まれる

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

268

安全距離—上肢による上方への到達



低リスク $h=2500\text{mm}$

高リスク $h=2700\text{mm}$

記号の説明

- 1 危険区域
- 2 基準面
- h 危険区域までの高さ

低リスク/高リスクについて:

危険源から生じるリスクは、回復不可能な又は回復に長期を要する傷害に至ることが予見されない場合(例えば、その結果がこすれ又はすりむきとしかならない場合)だけ、低リスクとみなせる。

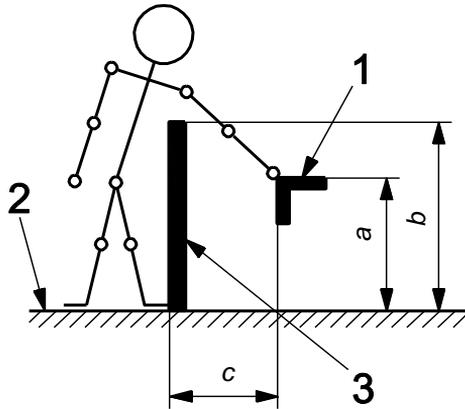
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ISO 13857 (JIS B 9718)で規定される内容の内、上方に危険区域があり、危険区域へ上肢が到達する場合の安全距離について説明する
- ・ 図の説明
- ・ 人、人の上にある1が危険区域、人の下にある2が基準面
- ・ 基準面は、通常、人が立つ面のことであり、床面とは限らない点に注意が必要
- ・ 安全距離は基準面から危険区域までの高さで規定され、低リスクの場合は2500ミリ、高リスクの場合は2700ミリ以上となる
- ・ 低リスク/高リスクの説明
- ・ リスクアセスメントを実施して、低リスクか高リスク、どちらの値を選択するか決定する必要がある
- ・ 一般的にリスクの大きさは傷害の発生確率と予見される傷害のひどさの程度に基づいて評価するが、ここでは、回復不可能な又は回復に長期を要する傷害に至ることが予見されない場合(例えば、その結果がこすれ又はすりむきとしかならない場合)だけ、低リスクとみなせる。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 269

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

安全距離—保護構造物を越えての到達



記号の説明

- a 危険区域の高さ
 - b 保護構造物の高さ
 - c 危険区域までの水平安全距離
-
- 1 危険区域(最も近い点)
 - 2 基準面
 - 3 保護構造物

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ISO 13857 (JIS B 9718)で規定される内容の内、保護構造物を越えた先に危険区域がある場合の上肢安全距離について説明する
- ・ 図の説明
- ・ 人、人が手を伸ばしている1が危険区域、人の下にある2が基準面、人と危険区域の間にある3がガードなどの保護構造物
- ・ この図で示されている「基準面から危険区域までの高さ a」と「基準面から保護構造物までの高さ b」の組み合わせによって「危険区域と保護構造物の水平方向の安全距離 c」がどのような値になるか、次に説明する

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 270

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

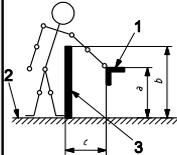
安全距離—保護構造物を越えての到達（低リスク）

単位 mm

| 危険区域 の高さ ^{b)} a | 保護構造物の高さ ^{a)} b | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 |
| | 危険区域までの水平安全距離 c | | | | | | | | |
| 2 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 400 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| 2 200 | 600 | 600 | 500 | 500 | 400 | 350 | 250 | 0 | 0 |
| 2 000 | 1 100 | 900 | 700 | 600 ^{c)} | 500 | 350 | 0 | 0 | 0 |
| 1 800 | 1 100 | 1 000 | 900 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 600 | 1 300 | 1 000 | 900 | 900 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 400 | 1 300 | 1 000 | 900 | 800 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 200 | 1 400 | 1 000 | 900 | 500 ^{c)} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 000 | 1 400 | 1 000 | 900 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 600 | 1 200 | 500 ^{c)} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 1 200 | 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 1 100 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 100 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

注^{a)} 高さ 1 000 mm 未満の保護構造物は、人体の動きを制限するのに十分でないため含まない。
 注^{b)} 2 500 mm を超える危険区域に対しては、4.2.1 参照。
 注^{c)} 日本人を対象にした到達距離 95 パーセントイル値がこの値より大きくなる箇所（詳細は、附属書 JA 参照）。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



- ・ 縦軸に危険区域までの高さ a、横軸に保護構造物までの高さ b を取り、その組み合わせにおける水平安全距離を示した表
- ・ この表は低リスクの場合のもの
- ・ 実際の数値が値の間にある場合、値を補間せず、表の値を用いる必要がある。これについては後述する（p. 272）
- ・ 左下の図では保護構造物上端より下側に危険区域があるが、この表は保護構造物上端より上側に危険区域がある場合にも適用される。危険区域の位置によって、選択すべき値が異なり、安全距離も異なる場合があるため、注意が必要
- ・ 例えば、左下の図と同じ状態の危険区域の高さが 1900 ミリ、保護構造物の高さがそれより高い 2000 ミリの場合を考える。この場合に表から選択すべき危険区域の高さは、手が届きやすく危険側となる 2000 ミリとなる。
- ・ 次に、左下の図と異なる状態の危険区域の高さが 1900 ミリ、保護構造物の高さがそれより低い 1800 ミリの場合を考える。この時、保護構造物より上側に危険区域がある状態となる。この場合に表から選択すべき危険区域の高さは、手が届きやすく危険側となる 1800 ミリとなる。
- ・ 表下側の注の説明
- ・ この表で保護構造物の高さの最小値は 1000 ミリだが、人体の動きを制限するのに 1000 ミリ未満では十分でないため、含まれていない
- ・ 危険区域の高さが 2500 ミリを超える場合は前のスライド（p. 268）で

- 示した、「上肢による上方への到達」の安全距離が適用される
- ・この表の値は欧州の人体測定データを基準として作成されたものであり、赤字部分については、日本人の95%がこの数値より大きい値となるため、注意が必要。詳細はJIS B 9718の附属書にある「日本人の保護構造物越え到達距離」を参照のこと

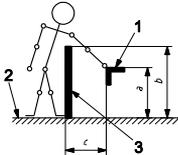
5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 271

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

安全距離—保護構造物を越えての到達（高リスク）

単位 mm

| 危険区域 の高さ ^{a)} a | 保護構造物の高さ ^{a),b)} b | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 000 | 1 200 | 1 400 | 1 600 | 1 800 | 2 000 | 2 200 | 2 400 | 2 500 | 2 700 |
| | 危険区域までの水平安全距離 c | | | | | | | | | |
| 2 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 600 | 900 | 800 | 700 | 600 | 600 | 500 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 400 | 1 100 | 1 000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2 200 | 1 300 | 1 200 | 1 000 | 900 | 800 | 600 | 400 | 300 | 0 | 0 |
| 2 000 | 1 400 | 1 300 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| 1 800 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 600 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 400 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 200 | 1 500 | 1 400 | 1 100 | 900 | 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 000 | 1 500 | 1 400 | 1 000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 1 500 | 1 300 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 600 | 1 400 | 1 300 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 1 400 | 1 200 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 1 200 | 900 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 100 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



注^{a)} 高さ 1 000 mm 未満の保護構造物は、人体の動きを制限するのに十分でないため含まない。

注^{b)} 他の保護方策を追加しない限り、1 400 mm 以下の保護構造物は使用しないほうがよい。

注^{c)} 2 700 mm を超える危険区域に対しては、4.2.1 参照。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ このスライドは高リスクの場合の水平安全距離示したもので、見方は前のスライドと同じ
- ・ 低リスクの場合に比べ、同条件の水平安全距離の値が大きくなっている
- ・ 表下側の注の説明
- ・ 保護構造物の高さの最小値は低リスク時と同様の理由で1000ミリ
- ・ 他の保護方策を追加しない場合の保護構造物の高さは、危険区域の位置に関係なく、1400ミリを超えるものが推奨されている
- ・ 危険区域の高さが2700ミリを超える場合については、低リスクの場合と同様、「上肢による上方への到達」の安全距離が適用される（p. 268）

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 272

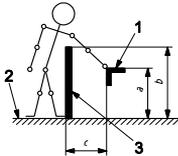
(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

安全距離—保護構造物を越えての到達（注意事項）

表に示された値を補間してはならない。

• a 、 b 又は c の既知の値が、表で示される二つの値の間にある場合、より長い安全距離又はより高い保護構造物、若しくはより安全な危険区域の高さ（高くとる場合と低くとる場合がある）を使用しなければならない。

- a 、 c の値が既知の場合に b の値を決定する → 附属書A 例1
- a 、 b の値が既知の場合に c の値を決定する → 附属書A 例2
- b 、 c の値が既知の場合に a の値を決定する → 附属書A 例3



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

表 a 、 b 、 c の値が表中の数値と一致しない場合、補間してはいけない。
表中のリスクの高い方の値で設計する。
高リスクの場合における3つの例を示す。表は前のページの表になる。

1例目、危険区域の高さ a 、および危険区域までの水平安全距離 c の値が既知で保護構造物の高さ b を決定する場合、 a が1500mm、 c が800mmのとき、危険区域の高さ a の値として1400mmまたは1600mmを選択する。この場合、危険区域までの水平安全距離がより長くなる1600mmを選択する。
水平安全距離 c は800mmが選択され、 b は1800mmと決定される。

2例目、危険区域の高さ a 、および保護構造物の高さ b の値が既知で危険区域までの水平安全距離 c を決定する場合、 a が2300mm、 b が1300mmのとき、 b の値として1200mmまたは1400mmを選択する。この場合、より安全距離が長くなる1200mmを選択する。 a の値は、2200mm、または2400mmの選択になるが、より安全距離が長くなる2200mmを選択する。
 c の値は1200mmと決定される。

3例目、保護構造物の高さ b および危険区域までの水平安全距離 c の値が既知で危険区域の高さ a を決定する場合、 b が1700mm、 c が850mmのとき、 b の値として危険区域への水平安全距離がより長くなる1600mmを選択する。
次に、危険区域までの水平距離が850mmよりも大きい値を除外する。そうすると、 a の値は2400mm以上、または1000mm以下となる。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

安全距離—動きを制限した周囲への到達

- 14歳以上
- 開口部の径は120mm以下
- 動きを制限する障害物の長さが300 mm以上ある場合850 mm未満の安全距離を使用可

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

| 上肢の動きの制限 | 安全距離 S | 図示 |
|-------------|--------|----|
| 肩及び脇の下だけの制限 | ≧850 | |
| 肩から肘までの制限 | ≧550 | |
| | 230 | |
| | 130 | |

A 腕の動きの範囲
 S 円弧状の安全距離
 注** これは円形開口部の直径、長方形開口部の短辺、又は正方形開口部の一切の大きさのいずれかとなる。

動きを制限した中での動きの例を示す。この例は14歳以上の人、身長がおよそ1400mm以上の人を想定している。次のページで説明するが、開口部の大きさが120mm以下の場合、腕を入れることができる。このときの安全距離は最小850mmとなる。図の様に動きを制限する障害物の長さが300mm以上ある場合、これを850mm未満としてよい。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的ハザードに対する設計方法 274

(2) 幾何学的要素を考慮した方策によるハザードの除去

安全距離一定形開口部を通過しての到達

| 人体部位 | 図示 | 開口部 | 安全距離 S_s | | |
|-----------------|----|-------------------|-----------------|------------|------------|
| | | | 長方形 | 正方形 | 円形 |
| 指先 | | $e \leq 4$ | ≥ 2 | ≥ 2 | ≥ 2 |
| | | $4 < e \leq 6$ | ≥ 10 | ≥ 5 | ≥ 5 |
| 指 (指先から指の付け根まで) | | $6 < e \leq 8$ | ≥ 20 | ≥ 15 | ≥ 5 |
| | | $8 < e \leq 10$ | ≥ 80 | ≥ 25 | ≥ 20 |
| | | $10 < e \leq 12$ | ≥ 100 | ≥ 80 | ≥ 80 |
| | | $12 < e \leq 20$ | ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 120 |
| | | $20 < e \leq 30$ | $\geq 850^{*)}$ | ≥ 120 | ≥ 120 |
| | | $30 < e \leq 40$ | ≥ 850 | ≥ 200 | ≥ 120 |
| | | $40 < e \leq 120$ | ≥ 850 | ≥ 850 | ≥ 850 |

- 14歳以上(3歳以上の場合は表5)
- 開口部の径は120mm以下(120mm以上の場合は表1または2を使用)
- 動きを制限する障害物の長さが300 mm以上ある場合850 mm未満の安全距離を使用可

表中の太線は、開口部の寸法によって制限される人体部位を表す。

注*) 長方形開口部の長辺が65 mm以下の場合、親指がストッパとして働くので、安全距離 S_s は200 mmまで低減できる。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

14歳以上の人の定型開口部を通過しての到達に対する安全距離を示す。開口部 e の寸法は、長方形の短辺、正方形の一辺、および円形開口部の直径を示す。指先、指、手、腕が入る場合について記載してある。手の場合、開口部が20mmより大きく30mm以下の場合、長方形では850mmとなり腕の進入が想定される。この場合、長辺が60mm以下であれば、この距離を200mmとすることができる。

この表は、長方形、正方形、円形の場合を示す。開口部が不定形の場合について、JIS B 9718に記載があるので、その場合は規格を参照して下さい。

5.1.3 本質的安全設計方策－確定的危険源に対する設計方法
 (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

275

安全距離一下肢による接近防止

- 14歳以上の人に適用
- 上肢の開口部への接近が予見されない場合、下肢に対する安全距離を使用
- 不整地面を移動できるような機械の場合には下肢の動きを制限する保護構造物を使用(附属書B)

| 下肢の部位 | 図示 | 開口部 | 安全距離 S_s | |
|------------|----|---|-----------------------|--------------------------------|
| | | | 長方形 | 正方形又は円形 |
| つま先 足の指 | | $e \leq 5$ | 0 | 0 |
| | | $5 < e \leq 15$ | ≥ 10 | 0 |
| | | $15 < e \leq 35$ | $\geq 80^a$ | ≥ 25 |
| 足 | | $35 < e \leq 60$ | ≥ 180 | ≥ 80 |
| | | $60 < e \leq 80$ | $\geq 650^b$ | ≥ 180 |
| | | $80 < e \leq 95$ | $\geq 1100^c$ | $\geq 650^b$ |
| | | $95 < e \leq 180$ $180 < e \leq 240$ | $\geq 1100^c$ 許容不可 | $\geq 1100^c$ $\geq 1100^c$ |

単位 mm

注記 $e > 180$ mm の長方形開口部及び $e > 240$ mm の正方形又は円形開口部は全身の接近を許すおそれがある(箇条1も参照)。
 注^{a)} 長方形開口部の長さが75 mm 以下の場合、距離は50 mm まで低減できる。
 注^{b)} 値は脚(つま先から膝まで)に一致する。
 注^{c)} 値は脚(つま先から股まで)に一致する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

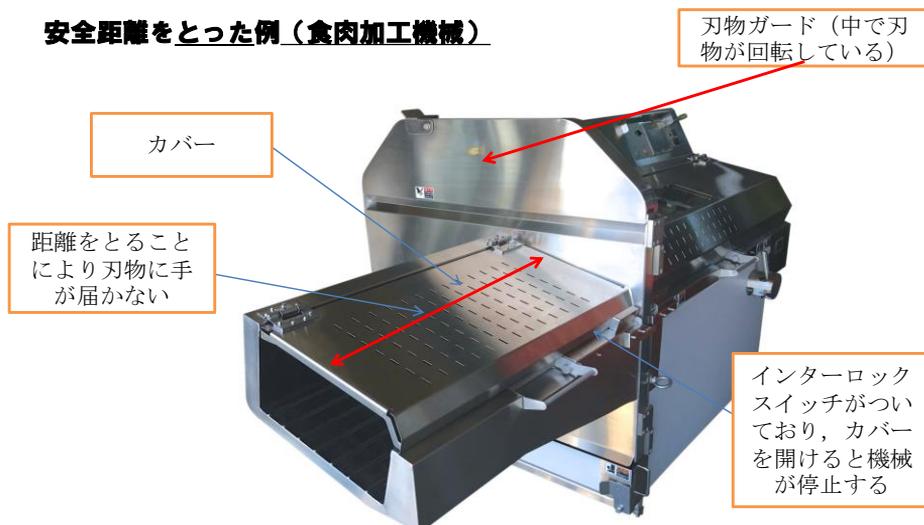
14歳以上の人々の下肢に対する安全距離を示す。
 上肢の開口部への接近がない場合に適用できる。
 650mmは、つま先から膝までの長さに一致する。
 1100mmは、つま先から股までの長さに一致する。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

安全距離—上肢による接近防止

安全距離をとった例（食肉加工機械）



(出典: ワタナベファーマック株)
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この例は、カバーを付けることで開口部の寸法を120mm以下とし、かつ刃物までの距離を850mmより長くすることで危険源に手が届かないように対策している。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

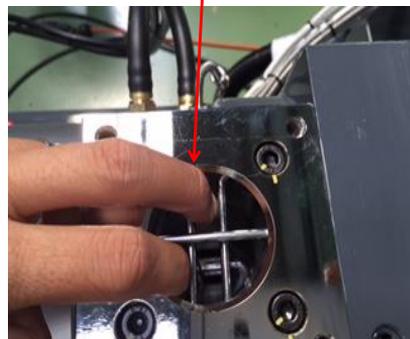
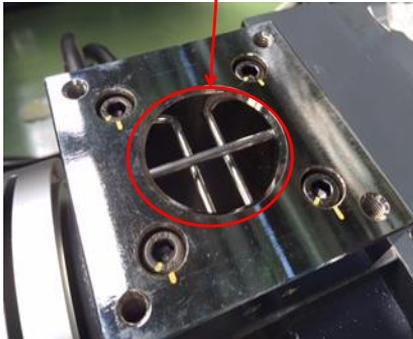
277

安全距離—一定形開口部を通過しての到達

開口部の寸法に基づいて安全距離をとった例（成形機）

樹脂材料（ペレット状）の投入口

誤って指を挿入しても、開口部の寸法を制限し、可動部分に指が届かないように安全距離をとってある。



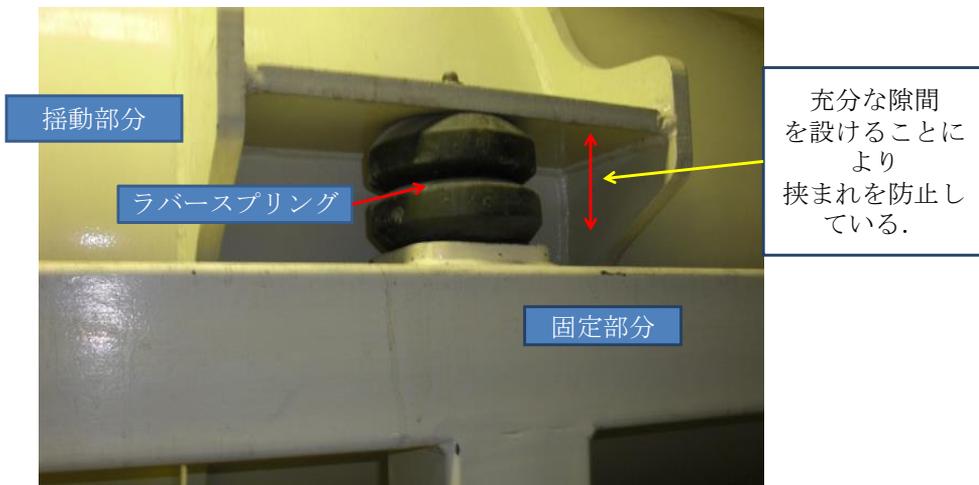
写真：住友重機械工業株式会社様よりご提供
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この例は、材料投入口に格子状のものを取り付けることで指の安全距離を確保している。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 ²⁷⁸ (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

安全距離—最小隙間

最小隙間をとった例（製粉機械）



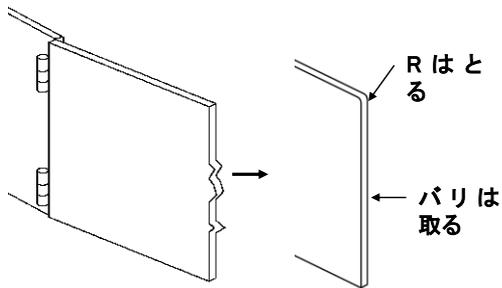
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

最小隙間をとった製粉機械の例です。
揺動部分と固定部分との隙間で、指や手が挟まれないように
このように、十分な隙間を設けることにより挟まれを防止しています。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

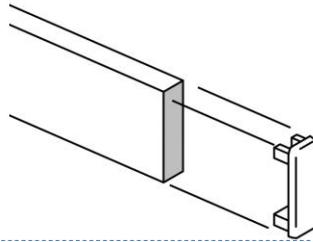
(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

鋭利な角部、突出部などの回避



鋭利な角部、バリ取りの例

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



端部につばを設けた例

右下写真 出典(一社)日本食品機械工業会

鋭利な角部、突出部などの回避の例です。
 このように鋭利な角はRを付け、バリを取り、引っかかりを無くしています。
 端部につばを設けることも有効です。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

直接視認性確保

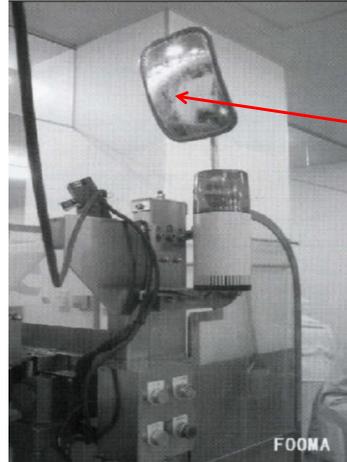


操作パネルの位置を工夫し
作業区域を直接に見ることが
できるようにした例

(出典:株ヤナギヤ)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

間接視認性確保



鏡を用いて
操作版から
作業領域等
を確認でき
るようにした
例

出典: H17年度「食品機械の安全設計対応に
関する調査研究報告書」(株武蔵野)

これは視認性確保の事例で、操作位置から作業区域を見ることができるよう配慮しています。
(画面読み上げ)

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

直接視認性確保

加工作業区域に人が接近できないようにガードを設けて、安全性を確保するとともに、加工作業状況の確認もできるように、網目状の開口部を設けた例



注:ガードは、安全防護策

写真:住友重機械工業(株)様よりご提供

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次も視認性確保の事例です。
(画面読み上げ)

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

282

手動アクチュエータへの接近性

操作レバーを一定箇所にまとめて設置し、接近性を向上



接近しやすいよう、治具、工具などもまとめてある。

接近性を高めるため、操作位置周りに障害物がない。

写真:住友重機械工業(株)様よりご提供

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

手動アクチュエータへの接近性について、汎用旋盤の例です。
汎用旋盤は人と機械が一体となって材料を削ります。
ストレスの大きな作業姿勢や動作を回避するために人間工学原則に従った配慮を行っています。
(画面読み上げ)

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

283

適切な作業位置



写真:住友重機械工業様よりご提供

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

適切な作業位置の例です。

架台を設けて適切な作業位置になるよう配慮した事例です。

不自然な姿勢とならないよう、人間工学原則に従った配慮を行っています。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

(2) 幾何学的側面及び物理的側面

—構成部品の弾性の利用と直接視認性の確保

284

直接視認性確保

扉に窓を設けて、
加工状況を直接確認

直接視認性確保

手動制御器から加工
状況を直接確認

構成部品の弾性の利用

挟まれても傷害をこうむら
ない(低減)よう、衝撃吸収
材(ラバー)を使用した例



写真:住友重機械工業様
よりご提供

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

このスライドは、幾何学的側面と物理的側面の要素を併せ持った安全方策の事例です。

手動操作しながらでも加工状況を直接確認できる位置に窓を設け、かつ、万が一ドアに挟まれた場合でも傷害を受けない／低減できるよう衝撃吸収材をドアのエッジに設置しています。

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 285

(3) 物理的側面を考慮した方策による危険源の除去

音源での騒音低減—空気及び流体騒音源

| 種類 | 空気騒音源 | |
|------|--|---|
| 発生原因 | 乱流による騒音の発生 | 膨張・収縮及び急速な移動による騒音 |
| 対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・運転圧力を下げる ・ロータの先端速度を下げる ・圧力降下量を減らす ・流れの中の障害となる構造を除く ・流速を下げる ・流速分布を改善する ・ノズルの出口形状を半径方向の流速変化が最小になる形とする | <ul style="list-style-type: none"> ・圧力変化の速度を遅くする ・回転体近くの障害物を除く ・超音速気流は用いない |

| 種類 | 液体騒音源 | |
|------|--|--|
| 発生原因 | 乱流や膨張・収縮及び急速な移動による騒音 | キャビテーション |
| 対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・圧力降下量を減らす ・流速分布を改善する ・流速を下げる ・圧力変化の速度を遅くする ・流れの中の障害となる構造を除くなど | <ul style="list-style-type: none"> ・圧力降下量を減らす ・流速を下げる ・場の静圧を上げる ・流速分布を改善する ・ポンプの吸込圧力を上げる など |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

これより2枚のスライドにて、騒音に対する物理的側面を考慮した安全方策を紹介します。
このスライドでは、「空気」および「液体」が騒音源となる場合の方策例です。

(以下、スライド内の表を、いくつかピックアップして読み上げる。)

5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 286

(3) 物理的側面を考慮した方策による危険源の除去

音源での騒音低減—構造体騒音源

| 種類 | 構造体騒音源 | | | | | |
|------|---|---|--|--|---|--|
| 発生原因 | 衝撃 (ハンマなどの機械要素と工作物又は機械要素間の衝突・打撃) | かみ合い (歯車, チェーン駆動装置, などのかみ合い部, 等) | 転がり接触 (球軸受, ころ軸受, コンベヤ, 車両, 等) | 慣性効果 (クランク機構等) | 摩擦 (機械の各種滑り機構部) | 磁気 (電動機のトルク変動による振動音, 電動機や変圧器の磁気音等) |
| 対策 | <ul style="list-style-type: none"> ・衝撃接触時間を長くする ・衝撃速度を小さくする ・自由衝撃体の質量軽減 ・荷重変動による締結部の緩み防 | <ul style="list-style-type: none"> ・接触時間を長くする ・ヘルカルギヤの使用 ・歯数の増加 ・歯の加工及び芯出し精度の向上 ・プラスチック材料の使用(低荷重用) | <ul style="list-style-type: none"> ・精密級転がり軸受の使用 ・軸受取付部のはめあい精度の向上 ・滑り軸受の使用 ・接触部の柔軟性向上 | <ul style="list-style-type: none"> ・回転体の不釣り合いの低減 ・運動部分への釣り合いおもりの取付け ・加速度運動部の質量軽減 ・運動部分の安定性改善 | <ul style="list-style-type: none"> ・低摩擦材料の使用 ・適当な潤滑剤の使用 ・構造減衰を大きくして自励振動を防止 | <ul style="list-style-type: none"> ・電動機の回転子・固定子の溝数は共振が起きないように設定 ・溝と磁極の方向を平行にしない ・磁界の対称性の狂いを最小化 ・磁極形状の最適化 ・周波数変換器に起因する磁気音を考慮 ・変圧器のコアには騒音低減材料を使用 |

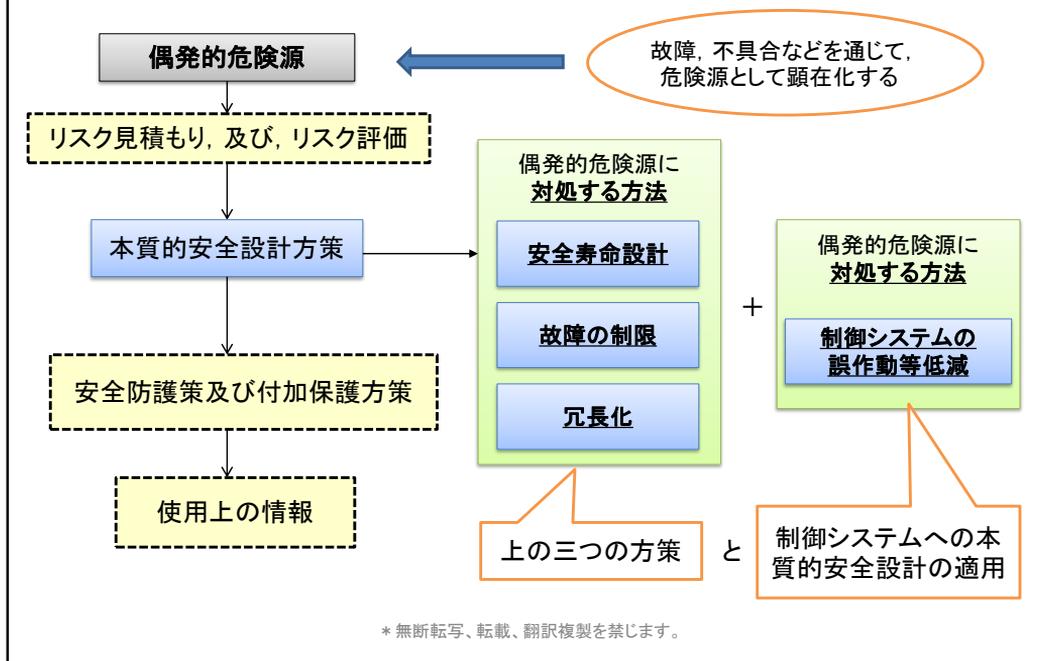
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

前頁に続いて、このスライドでは「構造体そのもの」が騒音源となる場合の方策例です。

(以下、スライド内の表を、いくつかピックアップして読み上げる。)

5.1.4 本質的安全設計方策－偶発的危険源に対する設計対応

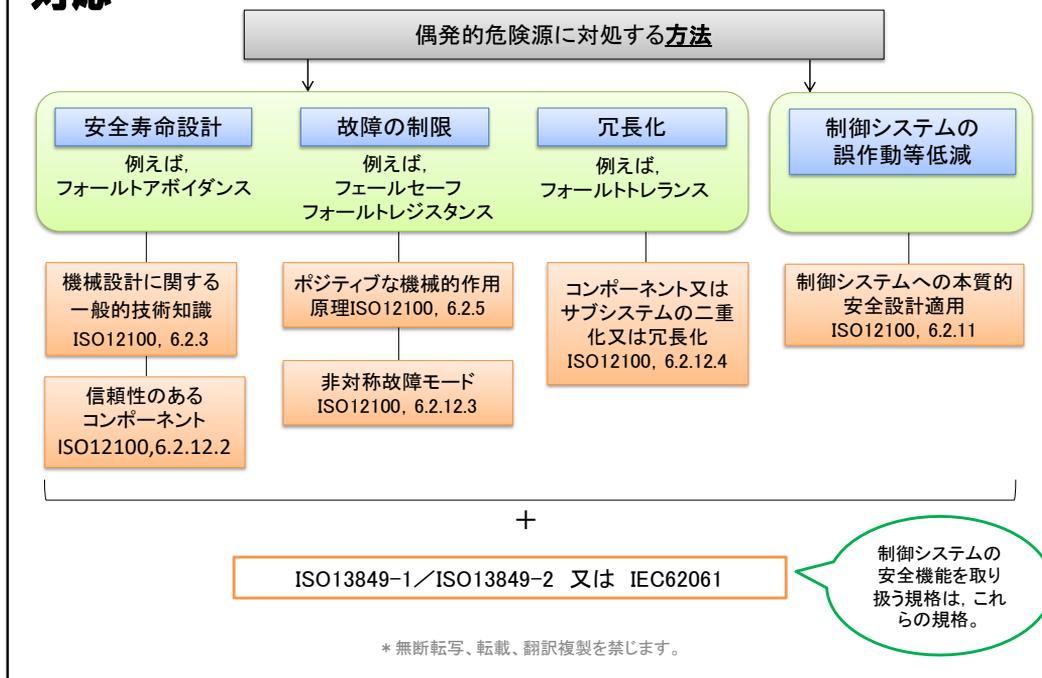
287



これまでは確定的危険源に対する対応を学んできましたが、ここから扱うのは偶発的危険源です。偶発的危険源とは、故障や不具合などを通じて危険源が顕著化するケースですが、リスクアセスメントの手法としてはこれまでと変わりありません。ただし、その中の「本質的安全設計方策」が次の4項目に分類されます。「安全寿命設計」、「故障の制限」、「冗長化」、に加えて、「制御システムの誤作動等低減」を考慮する必要があります。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応

288



前項で偶発的危険源への本質的安全方策には4項目あること学習しましたが、このスライドはそれらと国際規格との関係を示しています。各々において参照すべき規格が併記されていますが、ISO 12100に加えてISO 13849-1（または、IEC 62061）も参照する必要があることがわかります。このISO 13849-1は制御システムの安全機能を扱う規格であり、前項の「制御システムの誤作動等低減」についてその手法が書かれています。事項からは、4項目について詳細説明していきます。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 289

(1) 安全寿命設計

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

すべての構成部品とそれらを連結したものが予定寿命内に故障、機能不良にならないで稼働すること
アイテムの目標寿命以内では故障が生じないように配慮する設計。

安全(応力)係数

材料、製品の特性のばらつき、荷重(負荷)推定及び応力(ストレス)解析の不確かさに備えて、運用中に期待される最大荷重(負荷)に対して、過去の経験を基にして設計時に余裕をとるための荷重(負荷)倍数。

例えば

フォールトアポイダンス

| 機械設計に関する一般的技術知識の考慮 ISO12100,6.2.3 | | | 信頼性のあるコンポーネント ISO12100, 6. 2. 12. 2 |
|---|---|---|---|
| 機械的応力 | 材料及びその特性 | 安全(応力)係数 | 使用上で定められた運転の期間又は回数の間、機械の危険な機能不良を引き起こす故障の確率が低く、意図する使用の条件下(環境条件を含む。)での装置の使用法に関連する全ての妨害及びストレスに耐えることができるコンポーネントを使用する。 |
| 例えば、 適正な計算、構造及び締め付け方法による応力制限。過負荷防止による応力制限。応力変動下にある要素の疲労の回避。回転要素の静的及び動的バランス | 例えば、 腐食、経年変化、摩滅及び摩耗に対する抵抗性 — かたさ、延性、ぜい(脆)性 — 均質性 | コンポーネント等(ex, ロープ、チェーン、揚荷用附属品)の信頼性が安全性に対して極めて重要な場合、応力限界は適切な作用係数を乗じたもの。 | |

ここでは、偶発的危険源への対処方法のうち「安全寿命設計」について説明します。

その目的は、「すべての構成部品とそれらを連結したものが、予定寿命内に故障／機能不良にならないで稼働すること」です。

そのためには、「安全係数」というものが必要になってきます。それは、材料などの特性のばらつきや、荷重推定および応力解析の不確かさに備えて、運用中に期待される最大荷重(負荷)に対して、過去の経験を基にして設計時に余裕をとるための荷重(負荷)倍数です。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 290

(2) 冗長化

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

冗長化（多重系を組むこと）
アイテム中に、要求機能を遂行するための二つ以上の手段が存在する状態。

冗長化には

ダイバーシティー、常用冗長、全冗長、部分冗長、待機冗長

安全機能故障確率の最小化
ISO12100,6.2.12
の中の

コンポーネントの又はサブシステムの二重系(又は冗長系)
ISO12100, 6.2.12.4

冗長系

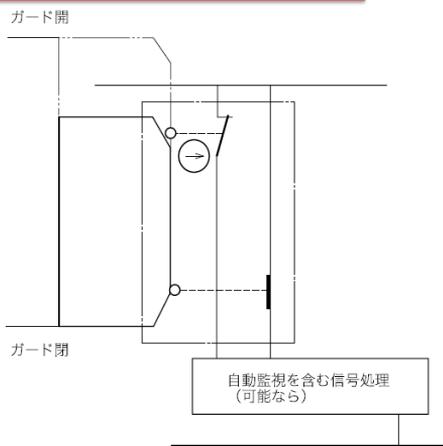
- ・アイテム中に、要求機能を遂行するための二つ以上の手段が存在する。
- ・ISO12100,6.2.12.4の要求
コンポーネントの二重系又は冗長系により、一つのコンポーネントが故障した場合、別のコンポーネントがその機能を継続できるように用いる。・適切な運転の開始を許可するため、自動監視を使用

- ・偶発的危険源に対する設計対応の2つ目は冗長化を行うことです。
- ・冗長化は万が一に備え、機能を遂行する複数のしくみを用意しておき、故障や障害が発生した場合に機能を継続的に遂行できるようにすることです。
- ・冗長化にはダイバーシティー、常用冗長、全冗長、部分冗長、待機冗長のそれぞれがあります。
- ・ISO 12100では「安全機能故障確率の最小化」の方策として記述されています。

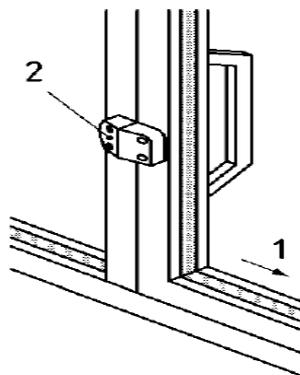
5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 291

(2) 冗長化

冗長系の例



ガードの位置を検知する検出器 (2 個) に加えて、扉にさらにマグネットスイッチを取り付けることにより、異種冗長を構成している例



- a) 2重の位置検出器を もつ インタロック + b) マグネットスイッチによるインタロック

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 冗長化の例として2つの例を挙げます。
- ・ a) はガードの閉じ状態を2つの異なるスイッチで確認する機構です。どちらか一方でも機械的、電氣的故障が発生すると閉じ状態と検出しない構成です。また、それぞれN.C. 接点、N.O. 接点を使用することでメカ構造や電気接点の故障モードの対応範囲を拡げています。
- ・ b) は2個のガード閉じ検出器を備えながら、さらにマグネットスイッチにより自由にガードを開くことができない様にインターロックを取ることができます。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 292

(3) 故障の制限

機械の部品やコンポーネントなどが故障しても、常に安全側、安全な状態になるような設計をする。

例えば

フェールセーフ
フォールトトレランス

非対称故障モード，ポジティブな機械的作用

ISO12100では、6.2.5と6.2.12

ポジティブな機械的作用
ISO12100, 6.2.5

非対称故障モード
ISO12100, 6.2.12.3

| ポジティブな機械的作用 | 非対称故障モード |
|---|--------------------|
| 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。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る | 顕著な故障モードが事前に分かっている |

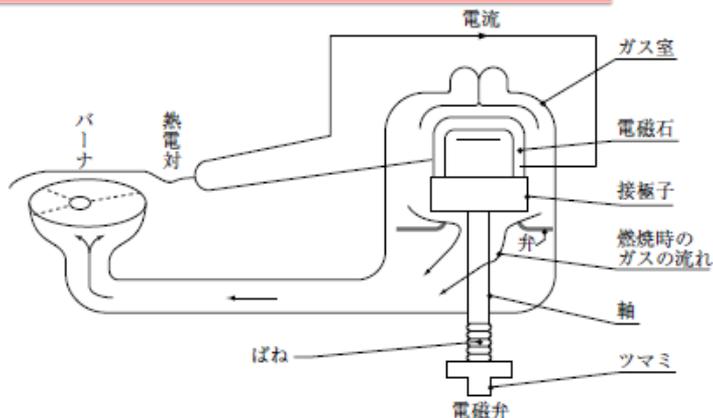
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 偶発的危険源に対する設計対応の3つ目は、故障の制限について説明します。
- ・ 構成要素が故障したときに常に安全側に機能することが重要となり、その設計手法をフェールセーフやフォールトトレランスと呼びます。フェールセーフは故障時に安全な状態にすること、フォールトトレランスは故障時でも正常に機能し続けるしくみにします。
- ・ また、ISO12100では「ポジティブな機械的作用」と「非対象故障モード」について記述されており、「ポジティブな機械的作用」は可動する機構によりその動きを他の機構に伝達し、目的の動作を得ることで、安全リミットスイッチなどを利用したドア開閉確認機構が例として挙げられます。
また、「非対象故障モード」はフェールセーフと同様にあらかじめ分かっている故障モードに対して故障が発生した時に安全側に導くように使用することを言います。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 293

(3) 故障の制限

構造によるフェールセーフの例—ガスバーナ



つまみを押して、ガス室にたまったガスをバーナに供給し、点火する。点火した火により、熱電対の起電力で電磁石のコイルに電流が流れ、接極子を引き上げるとガスが連続的に流れる仕組みになっている。点火されていないと接極子を引き上げる電流も流れないし、また電線が断線しても同様に接極子が引き上げられることはない。さらに電磁石の吸引力がなくなったとしても、軸がばねの作用と重力によりガスの供給弁をふさぐのでガス漏れを防止できる構造となっている

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

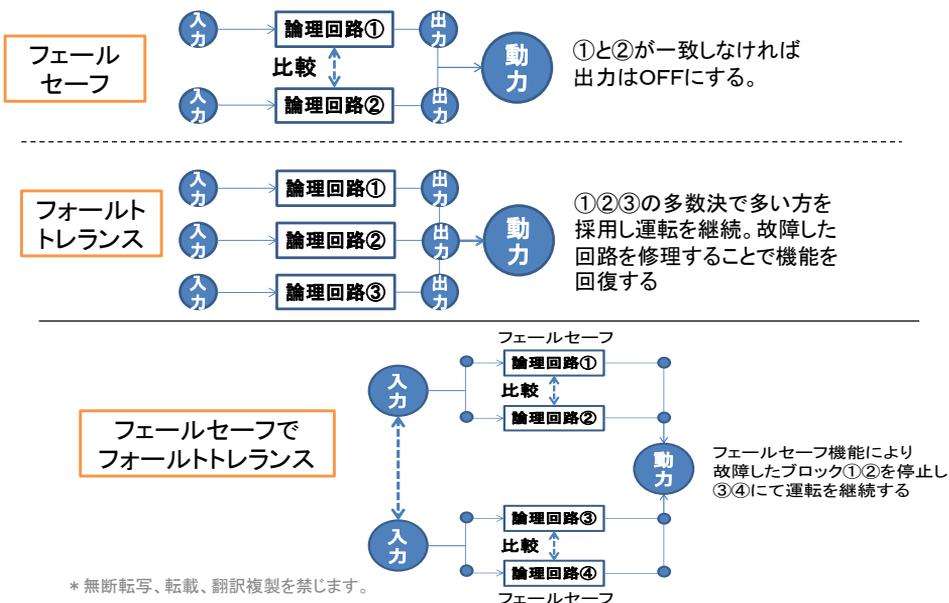
- ・ これはガスバーナの構造によるフェールセーフの例です。
- ・ 1つ目のフェールセーフは、熱電対と電磁石と接極子で構成され、点火されていないとガスが供給されないしくみとなっています。
- ・ 2つ目のフェールセーフは、熱電対と電磁石間の電線が断線したときに接極子が動作せず、ガスが供給されないしくみとなっています。
- ・ 3つ目のフェールセーフは、電磁石の吸引力がなくなったときにばねにより供給弁が塞がれてガスが供給されないしくみとなっています。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応

(3) 故障の制限

294

フォールトトレランスの例—論理回路



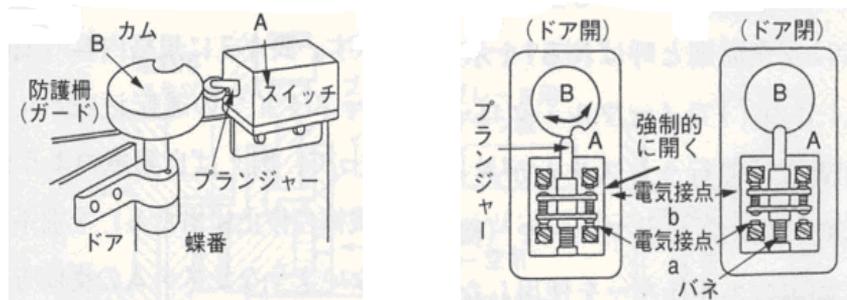
- ・ フォールトトレランスを論理回路の例で説明します。
- ・ 上段の回路は①と②が一致しないと出力をOFFするというフェールセーフを実現しています。
- ・ 中段の回路は①②③の出力の多数側の出力により動力を制御しています。3つのうち1つが故障しても残りの2つは正常として運転を継続することでフォールトトレランスを実現しています。
- ・ 下段の回路は上段と中段の複合型でフェールセーフとフォールトトレランスの両方を実現しています。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 295

(3) 故障の制限-1

ポジティブな機械的作用原理

・ポジティブモードで結合(機械的構成部品が直接、または剛体要素を介して他の機械的構成部品に連動させる)



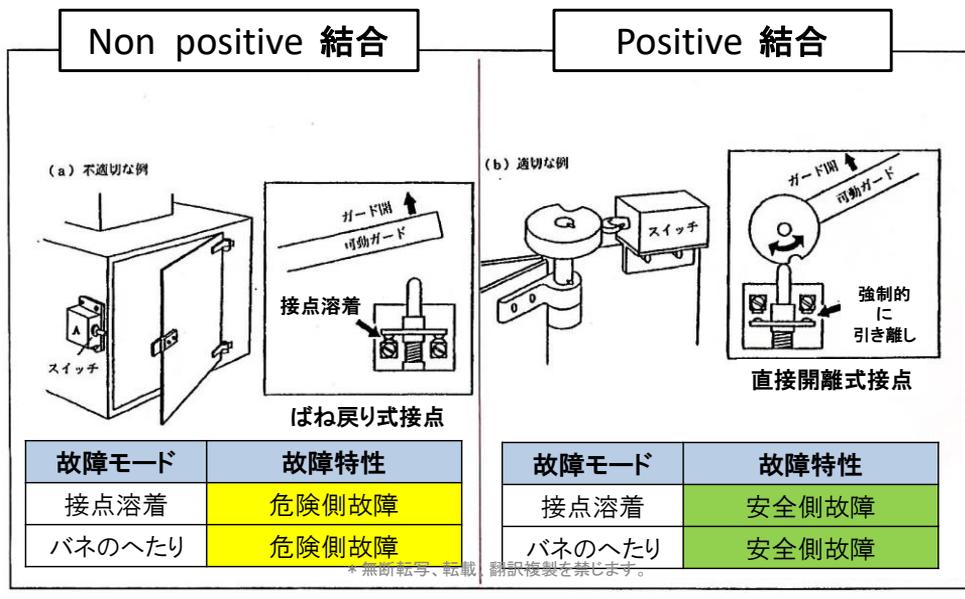
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ポジティブモードな機械的作用原理をドア閉じ確認スイッチの例で説明します。
- ・ 左の図では防護柵に取り付けられたドアの開閉状態をスイッチAで検出する機構です。ここで、ドアは防護柵に付けられており、閉じていることが検出できること、また何か故障が発生した場合は開き状態と認識して安全側に制御する必要があります。
- ・ まずドアの開閉はカムBの回転運動となり、スイッチAのプランジャーを押したり押さなかったりします。カムBの一部に溝が設けてあり、ドアが閉じているときのみプランジャーを押さない状態にします。すなわちドア閉じはプランジャOFF, ドア開きはプランジャONとなります。もしプランジャーの動作不良で押せない場合はドアが開かず、戻らない場合はONのままとなり、開き状態と検出することでフェールセーフを実現しています。
- ・ 次にスイッチの内部接点機構ですが、ドア閉じ (プランジャOFF) の状態で接点ON (導通あり) とすることで断線や電源異常のフェールセーフを実現したいので電気接点bを使用します。ドア開きではプランジャONとなり、もし電気接点が溶着していても強制的に開き、接点OFFとなります。(強制乖離機構) これで接点溶着時のフェールセーフが実現します。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 296

(3) 故障の制限-2

ポジティブな機械的作用原理



必要以上に「positive結合」を選択すると、過剰品質、操作性の悪化、費用の増大につながる。
適切な選定が必要。

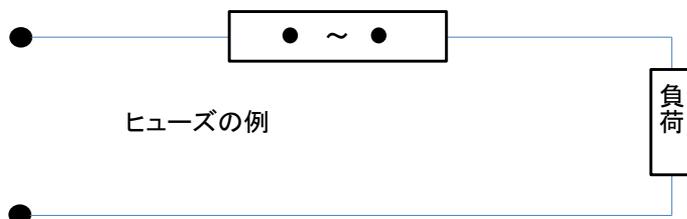
5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 297

(3) 故障の制限

非対象故障モードの例

コンポーネントの主な故障モードは事前に知られており、常に同じである

負荷にヒューズが直列に接続される。負荷に異常が生じて、定格電流超の負荷電流が流れるとヒューズが必ず切れる。



ヒューズの例

半導体、コンピュータなど、故障した場合、どのような挙動をとるかわからないものは、非対称故障モードとは言わない。

出典：ISO「機械安全」国際規格，日刊工業新聞社

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ヒューズが切れると負荷に電流は流れない。よって、負荷は電流が遮断されることで危険な動作をしないようになっていれば安全である。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 298

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

ISO12100では、6.2.11及び6.2.12

制御システムへの本質的安全設計の適用 12100, 6.2.11
と
安全機能故障の確率 ISO12100,6.2.12
の組合せ

◆ISO12100,6.2.11.1

機械制御システムの正しい設計によって、予測できず、かつ、潜在的に危険な機械の挙動を回避することができる。

上の方策を使用することで、「危険な機械の挙動」を防止する。

挙動の典型的な原因

不適切な設計・修正
コンポーネントの不具合
動力供給の変動・故障
不適当な選択・設計・配置



危険な挙動の例

- ・意図しない機械の起動
- ・無制御状態の速度変化
- ・運動部分の停止不能
- ・ワークピースの落下・放出
- ・保護装置の不動

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

「挙動の典型的な原因」は予め取り除く必要があるが、「危険な挙動」を防止することで、リスクを低減する。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 299

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

6.2.11.1 一般

6.2.11.2 内部動力源の起動又は外部動力供給の接続

6.2.11.3 機構の起動又は停止

6.2.11.4 動力中断後の再起動

6.2.11.5 動力供給の中断

6.2.11.6 自動監視の使用

6.2.11.7 プログラマブル電子制御システムによって実行される安全機能

6.2.11.8 手動制御に関する原則

6.2.11.9 設定(段取りなど)、ティーチング、工程の切替え、不具合(障害)の発見、清掃又は保全の各作業に対する制御モード

6.2.11.10 制御モード及び運転モードの選択

6.2.11.11 電磁両立性を達成するための方策の適用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO 12100

6.2 本質的安全設計方策

6.2.11 制御システムへの本質的安全設計方策の適用の要求項目。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 300

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

内部動力源の起動又は外部動力供給の接続(ISO12100,6.2.11.2)

6.2.11.2 内部動力源の起動又は外部動力供給の接続

内部動力源の起動又は外部動力供給の接続によって危険状態が生じてはならない。

例えば、

- 内燃機関の始動によって移動機械が動いてはならない。
- 主電力供給との接続によって機械の作動部分が起動してはならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

その他の例

- ・ メインブレーカを入れただけで機械は動いてはならない
- ・ アラームにより停止した機械が、アラームをリセットしただけで動いてはならない。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 301

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

機構の起動又は停止 要求事項 (ISO12100,6.2.11.3)

- 停止又は減速の最初の動作は、電圧又は流体圧力の除去若しくは低減によって、又は、2値論理の要素を考慮する場合、1の状態から0の状態への移行によって実行するのが望ましい(ここで、1の状態は、最も高いエネルギー状態を表す。)

表 停止に関する各規格の規定

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(機械可動部が所定速度以下であって、かつ所定時間以上その状態を継続したとき)

| 停止関連規格 | 規定内容 |
|------------|---|
| prEN12417 | 可動部の移動速度を2m/分以下で定める |
| ISO12100 | 停止装置として機械的拘束装置を定める |
| IEC60204-1 | 停止操作機能として、電気的エネルギー遮断に基づく非制御停止(カテゴリ-0)と、電気的エネルギー非遮断に基づく制御停止(カテゴリ-1及び2)を定める |
| ISO14118 | 予期しない起動を例示し、停止状態をエネルギー供給の遮断、残存エネルギーの消散および予期しない起動の防止の適用で定める。 |
| ISO14119 | 機械可動部の停止時間が人の接近時間を超える場合のインタロック機能を定める |

故障や不具合により、1の状態は意図せず0となる場合がある。その時、停止するように設計する。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 302

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

動力中断後の再起動(6.2.11.4)

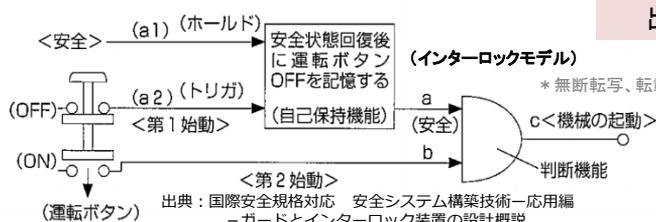
・ISO12100,6.2.11.4の規定

動力の中断後に再励起されると機械が自動的に再起動して、それが危険源となるおそれがある場合は、その再起動を防止しなければならない(例えば、自己保持のリレー、電磁接触器又はバルブの使用による)。

⇒ 一般的には、定められた危険区域が一度犯された後、その領域が安全状態に復帰したというだけでは機械を起動させないこと。

⇒ 再起動防止を運転ボタンで説明すると、一度安全ではない状態が生じたら、たとえ運転ボタンがONのままであっても、運転ボタンをOFFにしてからでないと運転ボタンONの命令は伝達されないような構成方法。

再起動防止制御システム—インターロックモデルの例



日工会注：
出典を追加。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ここでは一旦動力が中断した後の再起動に関する安全設計の例を紹介する。
- ・動力が中断した後に復帰した際、起動操作をする前に自動的に運転が再開してしまうと、危険になるおそれがある場合、中断前の状態に復帰しただけでは機械は起動せず、作業者が起動操作を行わない限り停止状態を維持するようにする。
- ・この回路では、スイッチがONの状態になっていても起動はせず、OFFの状態からONに切り替わることで、起動するようになっている為、動力等の状態が復帰した時に、例えスイッチがONの状態であっても起動はしない。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 303

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

動力供給の中断(6.2.11.5)

機械類は、動力供給の中断又は過度な変動によって生じる危険状態を防止するように設計しなければならない。少なくとも次の要求事項に合致しなければならない。

- 機械類の停止機能を維持しなければならない。
- 安全性のために常時運転を必要とする全ての装置は、安全を維持するために効果的な方法で作動しなければならない(例えば、ロック装置、クランプ装置、冷却又は加熱装置、自走式移動機械のパワーアシストステアリング)。
- 位置エネルギーの結果として、機械類の部分又は動きやすい機械類によって保持されたワークピース及び／又は負荷は、それらを安全に低い位置に移すために必要な時間、保持されなければならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 機械への動力、つまり電力の供給が中断した場合や電圧が大きく低下するなどの変動があった場合でも、危険な状態とならない様に設計しなくてはならない。
- ・ 少なくとも、
 - 停止させるための機能は常に働いていること。
 - 安全を維持する為に常時運転を必要とするようなクランプ回路や冷却回路は効果的に作動を続けるようにすること。
 - ワークを把持するような可動部は、その回転エネルギーが低くなるような速度に減速するまでの時間、把持を維持しなくてはならない。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 304

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

自動監視の使用(6.2.11.6)

3.9 自動監視 (Automatic monitoring)の定義

- ・ コンポーネント又は要素の機能遂行能力が低下した場合、又は工程の状態が危険側に变化した場合に、不具合(障害)に应答する機能を始動する診断機能。

6.2.11.6の要求事項

安全機能が次に動作要求される前に不具合(障害)を検出するために、自動監視は不具合(障害)を直ちに検出するか、又は周期的にチェックを行う。いずれの場合も、保護方策を直ちに開始するか、又は特定の事象(例えば、機械サイクルの開始時点)まで遅らせる。

保護方策には、例えば、次がある。

- 危険な工程の停止
- 故障に伴う最初の停止後、この工程の再起動を防止
- 警報の開始

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 自動監視機能を装備することで、不具合を検出し、危険な動作を停止させたり、必要な機能を始動させたりして、リスクを低減させる。
- ・ 安全機能が必要とされる前、もしくは周期的に不具合の検出を行う必要がある。
- ・ 不具合が検出された場合は、たとえば、機械の動作を停止させ、その後の関連する動作の再起動を防止し、さらに警報にて作業者に知らせる等の方策をとる。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 305

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

プログラマブル電子制御による安全機能(6.2.11.7)

ランダムハードウェア故障の確率及び安全関連制御機能の性能に対して不利に影響し得るシステムティック故障の可能性が十分に低い設計とする。

—ハードウェアの設計

—ソフトウェアの設計

ISO13849-1, IEC62061又はIEC61508を参照のこと。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ プログラマブルコントローラにおける安全機能としては、ハードウェア部品が故障するランダムハードウェア故障の確率を下げるような設計とし、また特定の状況で必ず発生するバグのようなシステムティック故障の可能性を十分に低くした設計が必要となる。
- ・ ハードウェアの設計においては、たとえば危険になるランダムハードウェア故障の確率が十分に低い装置の選択、システムティック故障や制御システムの不具合を回避するか許容するような技術の取り込みが必要である。
- ・ ソフトウェアの設計においては、アプリケーションソフトウェアを使用者が勝手に変更することができないようにソフトウェアを固定化する、あるいはアクセスを制限する必要がある。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 306

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

手動制御に関する原則(6.2.11.8)

- ①人間工学原則に従って設計し、配置すること。
- ②停止制御装置は起動制御装置の近傍に配置
- ③手動制御器の危険区域外配置(非常停止、教示ペンダントなどやむを得ない場合は除く)
- ④制御装置及び制御位置を、オペレータが作業区域及び危険区域を視認できるような位置に配置する
- ⑤一つの機械又は危険要素を複数の制御器で起動できる場合、使用時はそのうちの一つが有効となるような制御回路設計
- ⑥制御アクチュエータの誤操作防止(意図的な操作を行わない限り操作できないような設計又はガードなどを設ける)
- ⑦制御時のオペレータの制御位置(オペレータによる常時直接の制御に頼る機械)
- ⑧ケーブルレス制御の場合、制御信号が受信されないときは、自動停止が作動する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 手動制御に関しては、
 1. その操作機器を人間工学に従う設計、配置とし、
 2. 起動後にすぐに停止操作ができるよう、停止制御機器を配置し、
 3. 非常停止スイッチを除き、危険区域に操作機器を配置しないようにし、
 4. 操作中は作業区域を視認できるようにし、
 5. 複数ある同じ機能の操作機器のうち1つだけが有効となるようにし、
 6. 不用意に操作機器から起動してしまうことが無いような操作方式とし、
 7. オペレータを安全位置に誘導するような配置とし、
 8. 無線通信を用いている場合は、通信不通時に必ず停止するよう設計しなくてはならない。

5.1.4 本質的安全設計方策—偶発的危険源に対する設計対応 307

(4) 本質的安全設計の制御システムへの適用

制御モードと運転モード(6.2.11.9及び6.2.11.10)

- 調整、設定(段取りなど)、保全、点検などを許可するために異なる保護方策及び/又は作業手順を必要とする幾つかの制御モード又は運転モードを使用できるように機械を設計し製作する場合、当該機械には各々のモード位置に固定(ロック)できるようなモード切替装置を備えなければならない。切替装置の各々の位置は、明確に識別可能でなければならない。切替装置の各々の位置は、一つの制御モード又は運転モードのいずれか一つを選択するようにしなければならない。
- 切替装置は、機械のある特定機能の使用について特定のカテゴリのオペレータに限定するような他の切替手段で置き換えてもよい(例えば、ある種の数値制御機能に対するアクセスコード)。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 通常の運転以外に、段取りや保守など特別な操作を必要とする場合には、それらの操作に合わせた制御モードや運転モードを提供し、モード切り替えスイッチはロックできるようにしなければならない。
- それぞれのモードは明確に識別でき、また、1つのモードのみが選択できるようにしなくてはならない。
- 特定機能についてオペレータを限定する場合は、アクセスコードを用いるようにしても良い。

5.1.5 その他

308

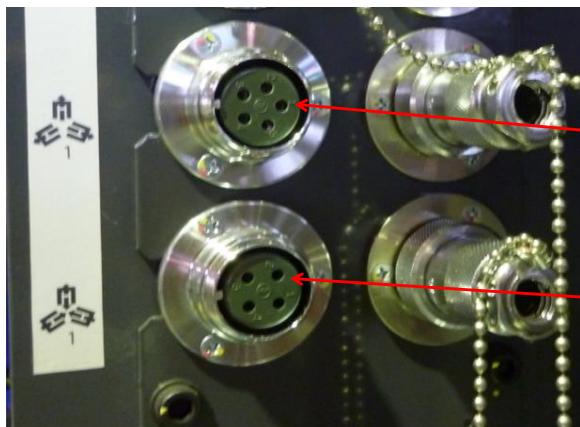
その他の設計方法

ヒューマンエラーを防止するための設計

例えば

フルプルーフ

メタルコネクタの例



上下のコンタクトの数を
変えることにより、差し込み間
違いを防止している

コンタクト数5

コンタクト数4

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ その他、ヒューマンエラーを防止するための設計方法として、例えばフルプルーフがあります。フルプルーフとは、産業の分野において、使用者が誤った操作をしても危険な状況を招かないように、あるいはそもそも誤った操作をさせないようにと、配慮して設計されていることです。
- ・ 人間はものを熟知していない状態（fool）で行動することも多く、熟知している者でも集中力が低下すればどうしても操作を誤ってしまいがちです。そうした場合にも安全性が確保できるように、設計段階から対策を講じておこうという考え方が、フルプルーフの考え方であるといえます。例として下記写真の様なメタルコネクタがあり、コンタクトの数を変えることにより、差し込み間違いを防止しています。

5.1.6 危険源への暴露機会の制限

309

作業員が危険区域内に介入する必要性を低減することにより、人の危険源への暴露を制限する

①設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限

②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

③設定(段取り等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。

- ・ 「暴露」とは、さらされるという意味です。危険源への暴露機会の制限とは、作業員が危険区域内に介入する必要性を低減することにより、人が危険源にさらされない様、制限する考え方です。
以下の3つの方法があります。
- ・ 一つ目は、設備の信頼性を向上させることにより、設備の故障（回数）を減らすことです。
- ・ 二つ目は、素材の搬入（供給）と搬出（取り出し）作業の機械化及び自動化することです。
- ・ 最後に三つ目は、設定（段取り等保全の作業位置）を危険区域外とすることです。

衛生構造に対する要求を定める主な衛生関連法令

国際標準 コーデックス委員会 (CAC)

- ◆「食品衛生の一般原則(一般原則)[GHP]」
 - － § 4 施設:設計及び設備
 - － 附属書 HACCPシステムとその適用に関するガイドライン

アメリカ FDA

- ◆21CFR -Part110 「現行の適正製造基準(GMP)」
 - －Subpart C § 110.40 機器及び什器
- ◆Food Code 附属書5 HACCPの指針

欧州(EU)

- ◆Regulation No.852/2004 「食品衛生に関する規則」
 - －第5章 機器の要求事項
- ◆Directive 2006/42/EC 「機械指令」
 - －附属書 I 2.

日本

- ◆食品衛生法
 - －第15条～第18条
 - －食品・添加物等の規格基準－第3器具及び容器包

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

CACの一般原則が定める機器の衛生構造

- ◇適切な洗浄、消毒、保守が容易に可能な構造
(洗浄・殺菌・保守性)
- ◇食品接触面は耐食性、耐久性を有し、かつ無毒
(耐久性/無毒性)
- ◇汚染を最小限に抑える/有害小動物に対する防御手段
(耐侵入性)
- ◇容易な分解性
[分解性(アクセスし易さ)]
- ◇衛生関連パラメータの条件は迅速に達成し、維持できる
(制御信頼性)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

日本の食品衛生法が定める衛生構造を満たすための具体的な要求事項

- 耐久性 →材料特性／過去の経験則
- 無毒性 →各法令が定める試験基準への適合
- 洗浄・殺菌・保守性 →??
- 耐侵入性 →??
- アクセスし易さ →??
- 制御信頼性 →??

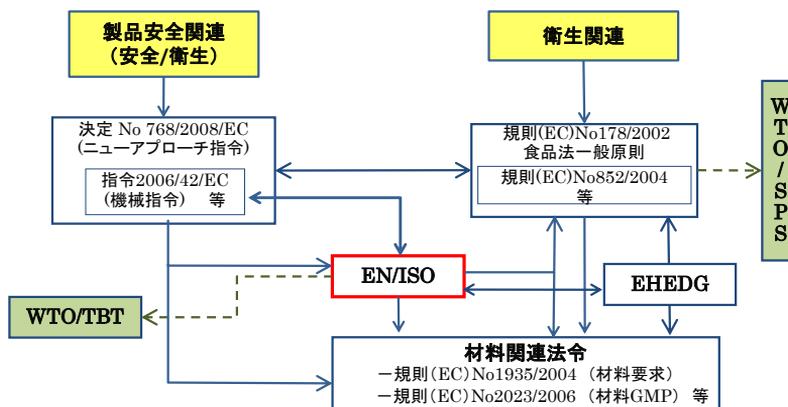
多くは顧客要求事項〔使用上の制限仕様(制限仕様)〕による

だが、詳細な構造・条件を提示する顧客は少ない・・・

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

EUが構築する衛生構造要求の関係

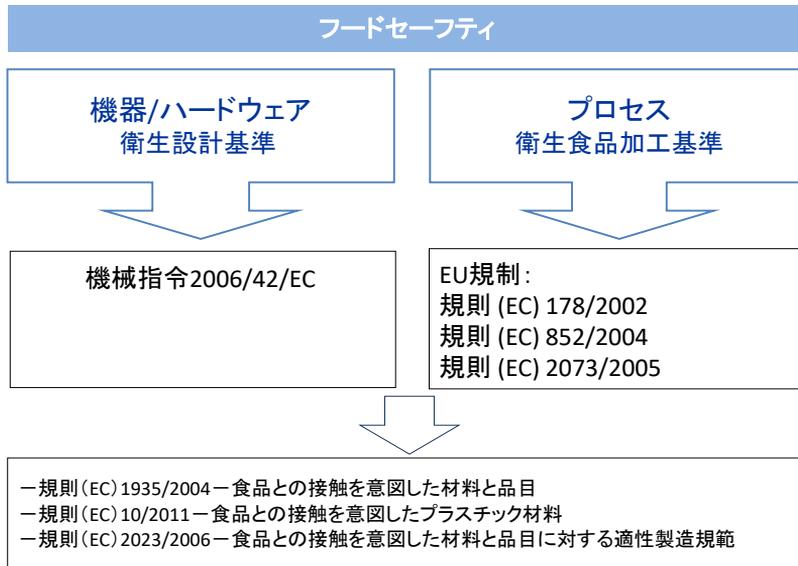


— 衛生構造の具体的な要求は機械指令が受け、整合規格リストに含まれるEN/ISOを参照
 — 関連するEN/ISOの要求を満たすことで、法令が定める衛生構造を満たすと推定できる

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

EUにおける機器の衛生要求、及び衛生プロセスの統合運用



<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

EU機械指令が定める機器の主な衛生要求

次の製品製造への使用を意図する機械類は、感染、病気、または接触感染のあらゆる衛生リスクを避けられるよう、設計、製造しなければならない。

- ◆食品
- ◆化粧品
- ◆医薬製品

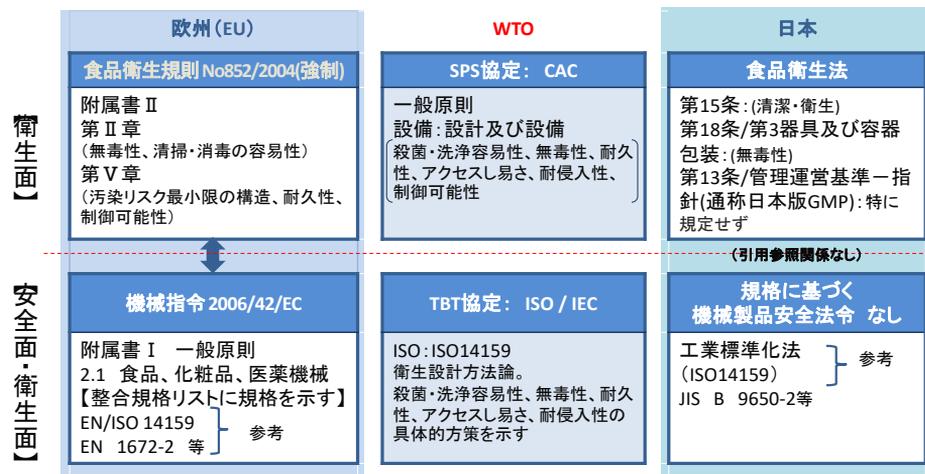
【主な要求】

- 使用前にクリーニングが可能。不可能な場合は、使い棄て
- 表面、内部は滞留のない構造。内部は排出可能
- 洗浄、殺菌が容易な構造
- 分解可能な構造
- 洗浄できない場所に物質/生物は進入できない。及び堆積しない
- 有害な補助物質は製品と接触しない

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

安全面、衛生面の構造に関する法令と規格の関係



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

衛生面の機械安全規格開発に取り組む主な組織

国際機関

ISO/TC199: 機械類の安全性

IEC/TC44 : 機械類の安全性—電気的側面

- タイプA: ISO12100 設計のための一般原則
- タイプB: ISO14159 機械設計の衛生要求事項
ISO13849-1 制御系の安全関連部
ISO14120 ガード
IEC60204-1 機械の電気装置
- タイプC: このカテゴリに属する衛生要求はない

タイプA

ISO12100

タイプB

ISO14159
ISO14120
ISO13849-1
IEC60204-1

日本

(一社)日本食品機械工業会

- タイプC: JIS B 9650-2 通則—衛生設計基準
JIS B 9651~9658 細則

タイプC

JIS B 9650-2
JIS B 9651~9658
EN1672-2
EN1241等、約50種類

EU

CEN/TC153: 食品加工を意図する機械類

- タイプC: EN1672-2 基本概念—衛生要求事項
EN12041 モルダ 等 約50種類
CEN/TC194食品接触器具、CEN/TC197ポンプ 等

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

タイプB ISO14159の項目

- －衛生面の危険源リスト
- －衛生設計のための基本プロセス
- －衛生リスクのリスクアセスメントスキーム
- －衛生リスク低減のための保護方策
- －リスク低減の妥当性確認、保護方策への適合性検証
- －取扱説明書への記載事項
- －保守、及び洗浄
- －追加情報/使用制限

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

タイプC JIS B 9650-2が定める主な要求事項

【JIS B 9650-2 が、ISO14159を修正、補完する主な事項】

- ◆ JIS B 9650-2は、ISO14159が扱う危険源に、ベルト、のぞき窓等を追加。
- ◆ 詳細な危険源リストを提供。
- ◆ ISO12100に準拠した安全面に衛生面を加えたリスクアセスメントプロセスを提供
- ◆ より詳細な検証方法を提供

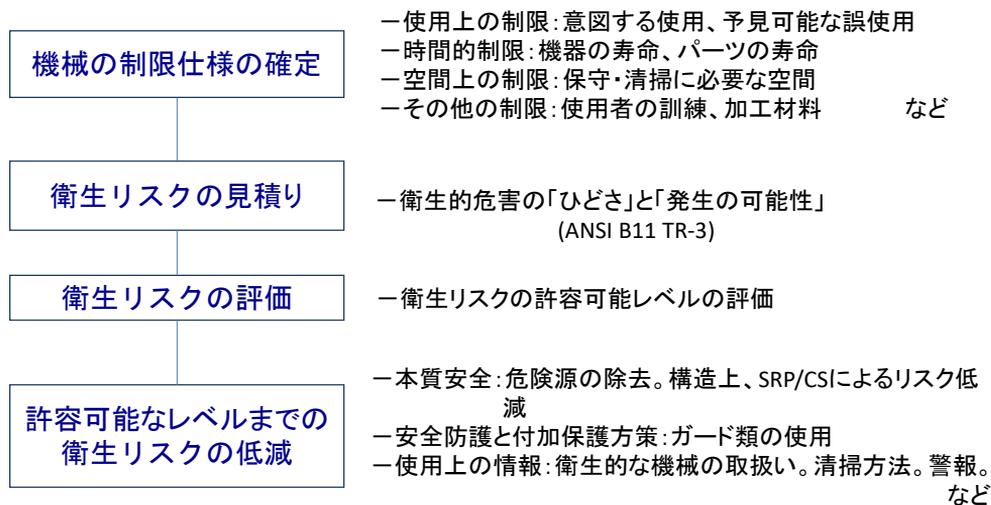
【JIS B 9650-2の項目】

- － 衛生面の危険源リスト
- － 衛生設計のための基本プロセス
- － 衛生リスクのリスクアセスメントスキーム
- － 衛生リスク低減のための保護方策
- － リスク低減の妥当性確認、保護方策への適合性検証
- － 取扱説明書への記載事項
- － 保守、及び洗浄
- － 追加情報/使用制限

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

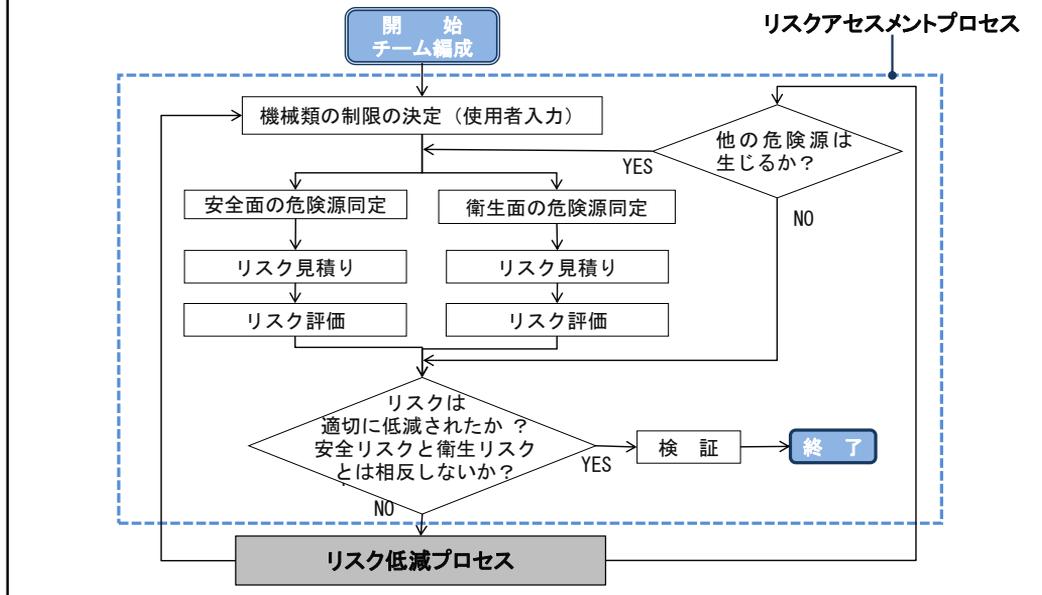
タイプC JIS B 9650-2が定める衛生面の安全設計の主なプロセス



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

タイプC JIS B 9650-2が定める衛生面のリスクアセスメント



<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

衛生リスクを見積もる際に考慮すべき因子

| リスク見積もり時に考慮が必要な因子 | 考慮すべき情報 |
|-----------------------|--|
| 機械・装置の意図する使用 | <ul style="list-style-type: none"> ・単一の食料品、又は複数の食料品を加工するか。 ・食料品のタイプ特定なし。 |
| 食料品原材料及び加工した食料品の衛生レベル | <ul style="list-style-type: none"> ・加工する原材料の衛生レベル。 ・原料/中間製品 |
| 機械・装置を使用する加工の段階 | <ul style="list-style-type: none"> ・衛生リスクの低減、又は危険源除去を目的とするか。 ・最終生産工程に使用するか |
| 食料品の用途 | <ul style="list-style-type: none"> ・食料品は直ちに消費されるか。 ・食料品は明確な保存期間が定められているか。 ・食料品の安定性（腐敗・劣化し易さ）。 |
| 食料品の消費者 | <ul style="list-style-type: none"> ・健常者 ・健康障害を受けやすいグループ（老人、幼児、病人など） |
| 洗浄・清掃、殺菌及び点検の程度 | <ul style="list-style-type: none"> ・機械・装置の洗浄・清掃、殺菌及び点検の程度 |
| 機械・装置の使用法 | <ul style="list-style-type: none"> ・機械・装置の使用頻度、及び時間 |
| 市場 | <ul style="list-style-type: none"> ・限定された地域だけの市場 ・国内全域における市場 ・国際市場 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

衛生リスクを見積もる際のリスク要素、及びリスク評価

| 危害の発生確率 | 危害のひどさ | | | |
|-----------|---|----|------|------|
| | 破局的 | 重大 | 中程度 | 軽微 |
| 可能性大 | 高 | 高 | 高 | 中 |
| 時々 | 高 | 高 | 中 | 低 |
| わずかに | 中 | 中 | 低 | 無視可能 |
| 可能性なし | 低 | 低 | 無視可能 | 無視可能 |
| 注記 | ANSI B11 TR3:2000は、工作機械一般に対する設計、製造、メンテナンス及び使用に関するリスクを評価する手順及び方法を示す。ANSI B11 TR3:2000の4. 参照。 | | | |

—「危害のひどさ」は、ISO14159では、消費者が被る恐れのある“健康障害のひどさ”を指定する。JIS B 9650-2では、食品を製造する企業が被る恐れのある“経済的損失”で見積もることを認める。

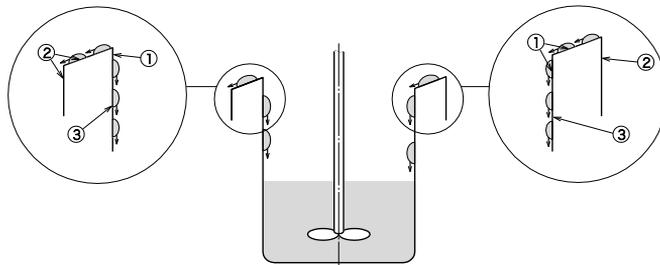
—リスクの評価は、法令への適合、機械使用者の許容可能なリスクに基づく。規格では低減レベルには言及しないが、一般的には、“低”レベルを低減目標とする。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

衛生リスクを見積もる際のリスク要素、及びリスク評価

機械の衛生区域の明確化

- 衛生区域を「食品接触部」「食品飛散部」「食品非接触部」に分類
- 各区域別に定めるリスク低減方策の適用を検討



- ①食品接触部 : 食品が直接、間接的に接触する機械及び部品の表面。接触した食品は、製品としてリリースされる。
- ②食品飛散部 : 食品の一部が偶発的に飛散して付着する表面。付着した食品は、“食品接触部”へ戻らない。“食品非接触部”の一部。
- ③食品非接触部 : ①以外の表面

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

構造材料に対するリスク低減のための要求事項の例

| | |
|--------|--|
| 食品接触部 | <ul style="list-style-type: none">— 各国が定める衛生関連法令が定める材料規制への適合。— 日本の場合“食品衛生法 器具及び容器包装”が材料成分、及び試験法を定める。— 食品に触れる手で触る表面も“食品接触部”となる。 |
| 食品飛散部 | <ul style="list-style-type: none">— 食品接触部に対する要求が適用される。 |
| 食品非接触部 | <ul style="list-style-type: none">— 食品接触部の要求事項は適用されない。 |

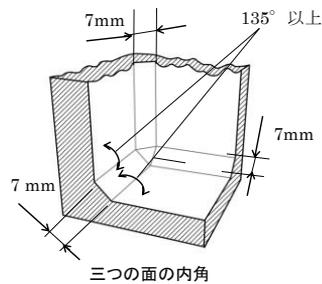
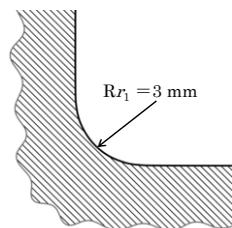
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

基本構造に対するリスク低減のための要求事項の例

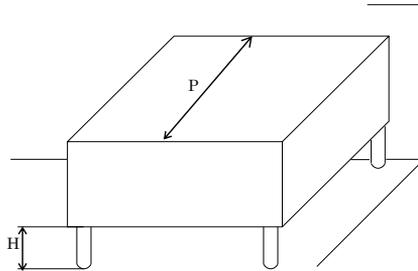
| | 表面粗さ | コーナR | デッドスペース | 洗浄性 |
|--------|-----------------------|-----------------------|---------|-------------------------------|
| 食品接触部 | Raを細則が規定 | 細則が規定 通常は3 mm | 許容しない | 試験による確認 (EHEDG※ガイドラインの使用可) |
| 食品飛散部 | 食品接触部同様 (大きくても許容可) | 食品接触部同様 (小さくても許容可) | 許容しない | 食品接触部同様 (目視検査可) |
| 食品非接触部 | Raを細則が規定 | 細則が規定 | 許容しない | 目視検査可 |

※EHEDG: 欧州衛生設計デザイングループ。衛生設計に使用する具体的数値を提案する



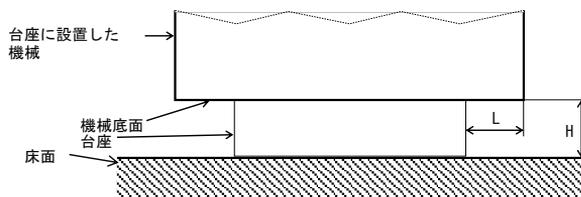
<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

その他(基準面からの機械底面距離)のリスク低減のための要求事項の例



| | |
|--------------------|--------------|
| $P \leq 120$ | $H \geq 50$ |
| $120 < P \leq 500$ | $H \geq 75$ |
| $500 < P \leq 650$ | $H \geq 100$ |
| $P > 650$ | $H \geq 150$ |

単位 mm



| | |
|--------------|--------------|
| $L > 150$ | $H \geq 150$ |
| $L \leq 150$ | $H \geq 100$ |

単位 mm

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

まとめ: 衛生リスク低減構造とフードセーフティ

食品機械JISに基づき設計された機械

適性衛生規範(GHP)に適合する「適性衛生設計(GHD)」

- EUでは、「フードセーフティは規格に基づく生産設備と衛生食品加工基準(衛生マネジメント)により達成される」と考える。
- 日本では、未だに規格に基づく衛生設計が、フードセーフティに明確に規定されていない。
- 食品機械JISに基づく機械は、HACCPシステム構築の際に実施するリスクアセスメントに役立つ。
- 使用者が定める洗浄などの衛生性確保のための取り組みに関する妥当性確認に役立つ。

GHP : Good Hygiene Practice
GHD : Good Hygienic Design

以上

<<食品機械の衛生面に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

5.2 ガードの設計

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

学習のねらい・・・ 5.2 ガードの設計

この項では、ガードの定義、目的、種類、選択と適用例について学習する。

さらに、ガードの具体的な設計方法について学習する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

5.2.1 ガードの定義

ISO12100による定義（抜粋）

ガード (Guard):

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。

備考1. ガードは、次のように機能する。

- ・ガードが単独の場合：
可動式ガードでは“閉じた状態”のときのみ保護、又は
固定式ガードでは“確実に取り付けられている状態”のときのみ保護。
- ・ガードをインターロック装置（施錠式又は施錠なし）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。

備考2. ガードはその構造によって、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。

まずガードの定義ですが、「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」とあります。

また備考1として

ガードが単独つまり他の保護方策と組み合わされていない場合は、可動式ガードでは“閉じた状態”のときのみ、固定式ガードでは“確実に取り付けられている状態”のときのみ保護します。

ガードをインターロック装置（施錠式又は施錠なし）と組み合わせる場合はガードの位置によらず、保護が確実にされなければなりません。

また備考2として

ガードはその構造によって、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ります。

5.2.2 ガードを使用する目的

ISO 12100 6.3.1より

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ができない場合に、人を保護するために使用しなければならない。

| ISO 12100に基づくリスク低減 | | |
|--------------------|--------|-------------|
| 3ステップメソッド | ステップ 1 | 本質的安全設計方策 |
| | ステップ 2 | 安全防護／付加保護方策 |
| | ステップ 3 | 使用上の情報 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ISO 12100にガードの目的が示されているが、すなわちガードを使用する目的とは、残留する危険源／低減できないリスクに「人の接近を防止」「危険源の放出／暴露を防止」する事となる。

5.2.3 ガードの選択：危険源の数及びサイズによる

可能であれば、危険源は囲いガードで防護しなければならない。

実施できない場合、例えば固定式ガード(距離ガード)、可動式ガード、調整式ガード(自動又は手動)等から最も適切なものを選択する。

一つのガードで複数の危険源を対象にすることができる。この場合、ガードは、全ての危険源に対して適切なものでなければならない。

危険区域を複数の区域に分け、そのうちの一つにある停止した機械に、他の区域の機械が運転中にアクセスできるようにした場合、適切な安全防護物を用いて、安全を確保した区域からまだ運転中の区域に侵入することを防止しなければならない。

注記 同定した危険源又は意図する機械の運転によっては、ガード以外の安全防護物(ESPE、マット等)がより適している場合がある。

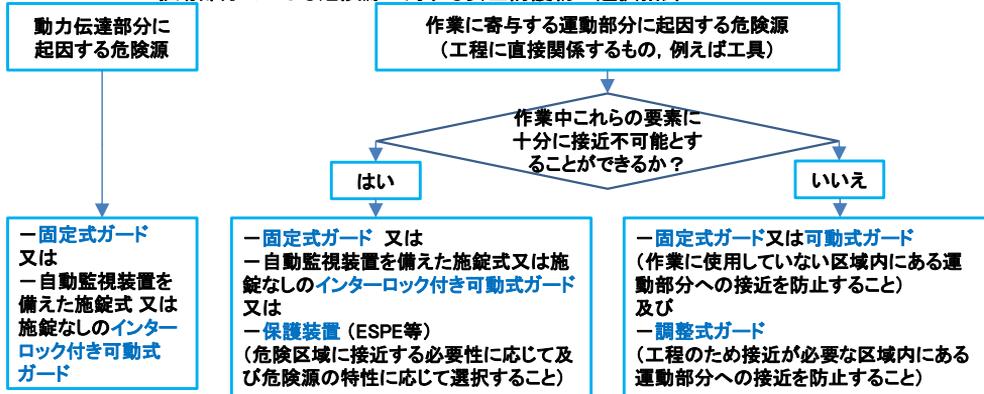
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ガードは危険源の数及びサイズによって、最も適切なものを選択する必要がある。
- ・ 人のアクセスが必要のない危険源は「囲いガード」による保護、人のアクセスが必要な物は、その頻度などにより適切なガードを選択する。
- ・ 複数の危険源を対象とする物は、その危険源の性質（熱／電気／圧力等）を勘案し、適切な物を選択する。
- ・ 危険区域を複数に区分し、複数のガードがある場合などは、相互のガード又は保護方策により安全確認を行わなければならない。
- ・ 危険源・意図する機械の運転によってはガードではなく、存在検知・通過検知などの保護方策を適用しても良い。

5.2.4 ガードの選択：アクセスの性質及び頻度による

ISO 12100の6.3.2 に従い、ガード及び保護装置の選択を使用する

駆動部分で生じる危険源に対する安全防護物の選択指針



[出典：ISO 12100]

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ガードはアクセスの性質及び頻度によっても、最も適切なものを選択する必要がある。
- ・ 全項までに述べた「適切なガードの選択」に関しては、「ISO 12100 6.3.2」を参考する事を推奨する。
- ・ 本ページは、上記規格による「選択指針」を引用した物で有る。

5.2.4 ガードの選択：アクセスの性質及び頻度による

○ 動力伝達部分のガードの選択

例えば、プーリ、ベルト、歯車、ラック&ピニオン、シャフト等の動力伝達部分により生じる危険源を防護するガードは、**固定式ガード**又は**インターロック付き可動式ガード**でなければならない。

○ 動力伝達部分以外のガードの選択

機械の設定、工程の修正、又は保全のために接近が要求される場合は、次のガードを使用すること望ましい。

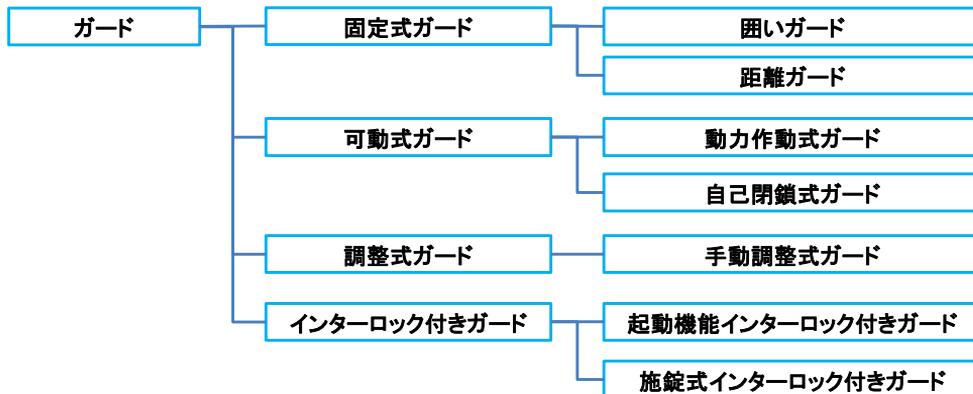
- a) 接近の頻度が高いと予見できる場合(例えば、1週間に1回を超える)、又は固定式ガードの交換や取り外しが困難である場合は、**施錠式又は施錠なしのインターロック付き可動式ガード**を用いる。
- b) 接近の頻度が低いと予見でき(例えば、1週間に1回以下)、ガードの交換が容易で、かつ、ガードの取り外し及び交換が**安全作業システムの下で実施される場合は、固定式ガードのみ**を用いる。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ISO 12100では「機械の正常な運転（機能不良の無い運転）中にオペレーターが危険区域に接近する必要が無い場合は固定式ガードを使用しなければならない。」としており、動力伝達部での固定ガードを推奨している。
- ・ 但し、動力伝達部以外（作業者の接近が予見される危険源）で固定ガードを用いた場合、ガードの戻し忘れ（意図的を含む）の可能性が高まる為、代替りの保護方策を用いる必要が有る。
- ・ 機械の設定、工程の修正、又は保全など、接近の頻度が高い場合、ガードの無効化の動機づけにならない様な、施錠式又は施錠なしのインターロック付き可動式ガードの選定／設計も必要である。

5.2.5 ガードの種類

ISO 14120: 2015 によるガードの分類



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 前項までに説明したガードの種類がISO 14120に記載されている。
- ・ 次項より詳細を個別に説明する。

5.2.5.1 固定式ガード

| ガードの種類 | ガードの説明 |
|--------|--|
| 固定式ガード | 工具の使用によって、又は取付け手段を破壊することによってのみ、開いたり又は取り外すことができるような方法(例えば、ねじ、ナット、溶接により)で取り付けられたガード。 |
| 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。 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 固定式ガードは「恒久的に固定されていて」即ち、それ自身が開閉する事は無い。
- ・ 固定式ガードは、工具を使用して取り外す、又は取り付け部分を破壊する事でしか、内部にアクセスできないもので、その性質によりさらに「囲いガード」「距離ガード」に分けられる。
- ・ 具体的なガード例は「5. 2. 6」に説明する。

5.2.5 ガードの種類

5.2.5.2 可動式ガード

| ガードの種類 | ガードの説明 |
|----------|---|
| 可動式ガード | 工具を使用せずに開くことができるガード。 |
| 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)。 |
| 調整式ガード | 固定式又は可動式ガードであり、その全体で調整できるか、又は調整可能部を組み込んだガード。特定の運転中、調整部は固定されたままであること。 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

固定式ガードが工具を必要とするのに対して、可動式ガードは工具なしで開くことができるものをいう。
 可動式ガードで、人や重力とは別の動力源によって動作する可動式ガードを動力作動ガードという。
 自動的に閉じるものを自己閉鎖式ガードという。閉じるときの動力は重力、ばね、その他動力などを使用する。
 調整式ガードは位置を調整できるもので、例としてはボール盤の工具回転部に取付するガードがある。

5.2.5 ガードの種類

5.2.5.3 インターロック付きガード 1/2

| ガードの種類 | ガードの説明 |
|-------------------------|--|
| インターロック付きガード | <p>機械の制御システムと一緒に次のように機能するインターロック装置が付加されたガード。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガードによって“覆われた”危険な機械機能は、ガードが閉じるまで運転できない。 ・危険な機械機能の運転中にガードが開くと、停止指令が発生する。 ・ガードが閉じると、ガードによって“覆われた”危険な機械機能は運転することができる。ガードが閉じたこと自体によって危険な機械機能が起動しない。 |
| 起動機能インターロック付きガード、制御式ガード | <p>ガードが閉じる位置に到達したら、他の起動制御器を使うことなく危険な機械機能の起動開始指令を出すインターロック付きガードの特別な形式。</p> |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

固定式、可動式に関係なく、ここに記載された3つのインターロック装置を付けたガードをインターロック付きガードという。インターロック装置の機能は

- ・ガードが閉じるまで運転できない。
- ・運転中にガードが開くと停止指令が発生する。
- ・ガードを閉じると運転が可能になるが、ガードを閉じたことで運転が起動しない。

である。

特別な形式として、ガードを閉じることで運転を起動する機能を持つガードも定義されている。

起動機能インターロック付きガードで、いくつかの使用条件が決められている。

5.2.5 ガードの種類

5.2.5.3 インターロック付きガード 2/2

| ガードの種類 | ガードの説明 |
|-----------------|--|
| 施錠式インターロック付きガード | <p>機械の制御システムと一緒に次のように機能するインターロック装置とガード施錠装置を備えたガード。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガードによって“覆われた”危険な機械機能はガードが閉じ、かつ、施錠されるまで運転できない。 ・ガードによって“覆われた”危険な機械機能によるリスクが消失するまで、ガードは閉じ、かつ、施錠されている。 ・ガードが閉じ、かつ、施錠されていると、ガードによって“覆われた”危険な機械機能は運転することができる。ガードを閉じ、かつ、施錠したことによって危険な機械機能が起動しない。 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次に、施錠式インターロック付きガードの説明です。

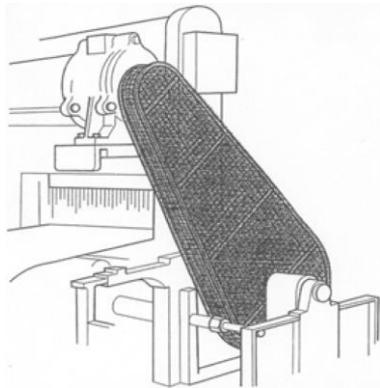
次の3つのインターロック機能が条件です。

- ・ガードを閉じ、かつ、施錠されるまで運転できない。
 - ・リスクが消失するまでガードは閉じていて、かつ、施錠されている。
 - ・ガードが閉じ、かつ、施錠されていると運転することができる。
- 尚、ガードを閉じ、かつ、施錠したことによって起動しない。

例えば、施錠なしの可動式ガードで運転中にガードを開いたときに機械が停止するまで危険状態となる場合があるのならば施錠式を検討する必要があります。

5.2.6 ガードの例

囲いガード



- 囲いガードは、危険区域に進入する必要がない場合に適用する。
- 例は、ベルトおよびプーリー類への接近を全体的に防止する囲いガードを示す。
- 手などがベルトおよびプーリーなどに巻き込まれないように、危険な可動部分を覆っている。

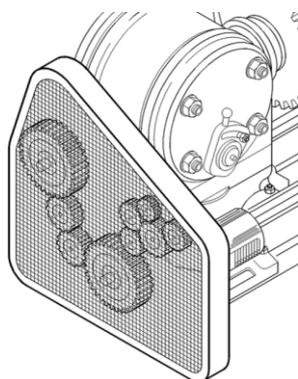
〔出典：（一社）日本機械工業連合会（2006）「平成17年度食品機械の安全設計対応に関する調査報告書：国際安全規格利用手引き機械安全編」〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここからガードの例を説明する。最初は囲いガード。
囲いガードは、危険区域に進入する必要がない場合に適用する。
図はベルト及びプーリーの部分への接近を防止する囲いガードである。
ベルト、プーリーなど危険な可動部全体を覆っている。

5.2.6 ガードの例

囲いガード



- 例は、トランスミッション類への接近を全体的に防止する囲いガードを示す。
- 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。

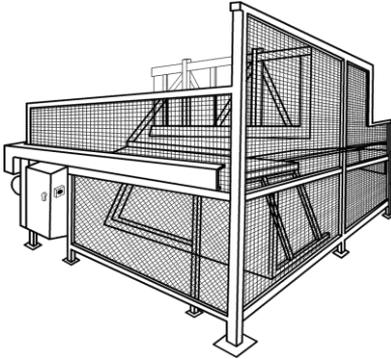
〔出典：ISO 14120〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次も囲いガードの例である。
危険な可動部であるギアの全体を覆っている。
図の出典元ISO 14120は、機械類の安全性—ガード—固定式及び可動式ガードの設計及び製作のための一般要求事項で、対応JISはJIS B 9716である。

5.2.6 ガードの例

距離ガード



- 距離ガードは、危険区域に進入する必要がない場合に適用する。
- 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。
- 例は、周辺フェンスを示す。

〔出典：ISO 14120〕

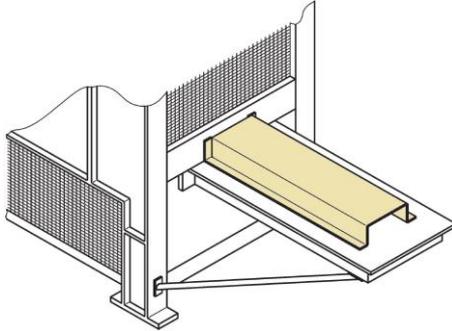
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

次は距離ガードの例である。距離ガードも危険区域に進入する必要がない場合に適用する。
危険区域を完全に囲うのではなくガードの寸法や危険区域からの距離によって接近の危険を防止または低減する。
寸法や距離は 5.1.3(2) で説明した安全距離によって検討する。

5.2.6 ガードの例

距離ガード

機械の供給又は排出域で保護をする「トンネルガード」の例



- ・ 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。
- ・ 左図は、トンネルガードの例。

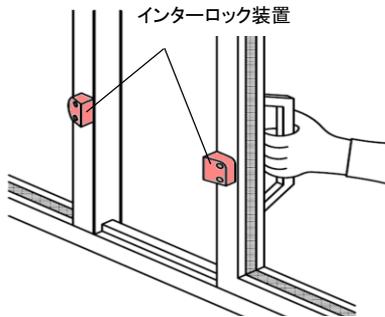
〔出典：ISO 14120〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 図は、距離ガードの例であるトンネルガード
- ・ 距離ガードは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、接近の危険を防止または低減するガード
- ・ 図の説明
- ・ トンネルガードを通過させて、機械内へのワーク供給や加工されたワークの排出を行わせることにより、機械のワーク送り動作エリアやワークの排出エリアなどの危険区域に接近できないようにしている
- ・ トンネルガードを設けたことによる異なる危険が発生していないか確認が必要。例えば、ワークが自動で搬出される場合にワークとガードの間で指を挟まれるなど
- ・ (補足) ISO 14120 → JIS B 9716

5.2.6 ガードの例

インターロック付きガード 施錠なし、スライド式扉の例



- ・ 危険区域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部の動作を停止させることにより安全防護を行う場合に適用する。
- ・ ガードを開けることにより、インターロック機能が作動し、危険な機械機能を停止させる。
- ・ 急停止しない機械に使用する場合は、安全距離を考慮しなければならない。

〔出典：ISO 14119〕

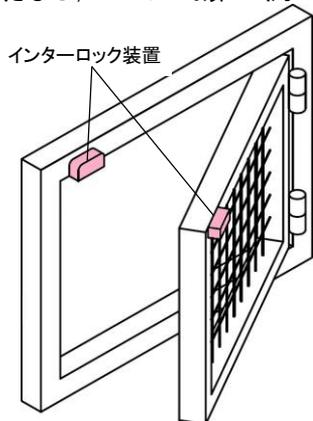
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ インターロック付きガードについて説明する
- ・ インターロックとは、特定の条件が整わないと危険な機械機能の動作ができなくなる装置のこと。特定の条件とは通常、ガードが閉じた状態
- ・ インターロック付きガードは可動式ガードにガードが閉じていることを検知するインターロック装置を備えたもの
- ・ 工具交換やワーク段取りなどのためガード内の危険区域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部の動作を停止させることにより安全防護を行う場合に適用する
- ・ インターロック付きガードには、ガードが閉じている状態で施錠する「施錠式インターロック付きガード」と施錠しない「インターロック付きガード」がある（括弧内はJIS B 9710 用語定義による）
- ・ まず、施錠しないタイプのインターロック付きガードについて説明する
- ・ 施錠しないタイプのインターロック付きガードを備えた機械の動作説明
- ・ ガードを閉じるまで危険な機械機能は運転できない
- ・ ガードを開けると、インターロックが作動し危険な機械機能の停止指令が発生する
- ・ ガードを閉じることによって、機械機能の動作は開始されない
- ・ 施錠されていないため、機械の状態に関わらず、ガードを開閉させることが可能

- ・施錠しないタイプのインターロック付きガードを使用する場合の注意点
 - ・インターロックが作動して危険な機械機能への停止指令が発生しても、実際に停止するまで時間がかかる場合がある
 - ・危険な機械機能が停止していない状態で、人が危険区域に進入できないよう、人体の接近速度や機械の停止までの時間などを考慮してガードの設置位置を決定する必要がある
 - ・この時のガードと危険区域の距離を安全距離と言う（安全距離の詳細は ISO 13855 → JIS B 9715）を参照）
 - ・安全距離を確保できない場合は、後述する施錠式インターロック付きガードを使用する
-
- ・ 図の説明
 - ・ この図は非接触式インターロックスイッチとスライド式扉を組み合わせた施錠なしタイプのインターロック付きガードを示している
 - ・ 非接触式インターロックスイッチはメカニカルなスイッチと比較した場合、
 - (1) かみ合わせを考慮する必要がない、
 - (2) 取り付けが容易、
 - (3) 開口部がなく、水などの影響を受けにくい、
 といった利点があるが、構造上、スイッチ自体に施錠機構を設けることができない欠点もある
 - ・ （補足）本図出典元の ISO 14119 に相当する JIS B 9710:2006 には、この図は記載されていない（JIS B 9710:2006が古い ISO 14119:1998 を元に作成されているため）

5.2.6 ガードの例

インターロック付きガード 施錠なし、ヒンジ式扉の例



〔出典：ISO 14119〕

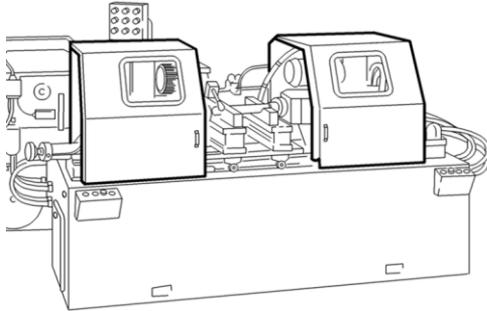
- ・ ガードを開けることにより、インターロック機能が作動し、危険な機械機能を停止させる。
- ・ 急停止しない機械に使用する場合は、安全距離を考慮しなければならない
- ・ 左図は、非接触式のインターロック装置の使用例であり、閉時に扉を保持する場合は別の保持機器を必要とする。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 図は、非接触式インターロックスイッチとヒンジ式扉を組み合わせた施錠なしタイプのインターロック付きガード

5.2.6 ガードの例

インターロック付きガード 施錠式、スライド式の例



〔出典：ISO 14120〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

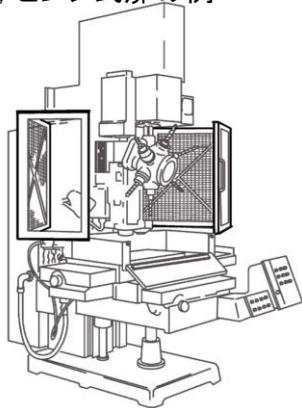
- ・ 例は、工作機械での使用を示す。
- ・ 稼働中は、施錠式インターロックによりガードが施錠される。
- ・ 窓部を含むガードは、ワークピースや工具の破損による飛散を、ガードの内部に封じ込めなければならない。

- ・ 次に施錠式インターロック付きガードについて説明する
- ・ 施錠式インターロック付きガードを備えた機械の動作の説明
- ・ ガードを閉じ、かつ、施錠されるまで危険な機械機能は運転できない
- ・ ガード内の危険な機械機能によるリスクが消失するまでガードは閉じられ、施錠されている。例えば、動力は切断されているがフリーラン状態で動作が継続している場合は、リスクが残存している状態である
- ・ ガードを閉じることによって、機械機能の動作は開始されない
- ・ 施錠式インターロック付きガードは、ガードを開けた時、危険な機械機能が停止する前の危険区域に進入できてしまう場合に使用する
- ・ ガード施錠装置はインターロック装置と一体化されたものが一般的
- ・ 施錠と解錠の方式には、スプリングを用いる方式と動力を用いる方式がある。動力は、電気エネルギーをメカニカルな直線運動に変換するソレノイドを用いたものが一般的
- ・ ガードの施錠機構は2つの剛体がかみ合って形成されなければならない
- ・ 施錠機構は安全面から、原則、スプリングで施錠、動力で解錠を行う、スプリング施錠方式でなければならない。スプリングによるメカニカルな施錠であれば、断線などの故障で電力が供給されない状態でも施錠状態が保持される

- ・ 動力で施錠を行う方式では、インターロックスイッチに電力が供給されない状態では解錠状態となる。そのため、ガードを開けた状態でリスクが小さいなどのスプリング施錠方式と同レベルの安全性が提供できる場合のみ、使用が可能
- ・ 図は、工作機械を例にスライドする可動式ガードのイメージを示したものの
- ・ ガードに対する一般的な要求事項として、ワークピースや破損した工具がガードを突き破って外部に飛散しないよう、ガードを設計する必要があり、内部確認用の窓などもその対象に含まれる
- ・ (補足) ISO 14120 に相当する JIS B 9716:2006 において、本図は施錠なしタイプのインターロックガードの例として記載されている

5.2.6 ガードの例

インターロック付きガード 施錠式、ヒンジ式扉の例



〔出典：ISO 14120〕

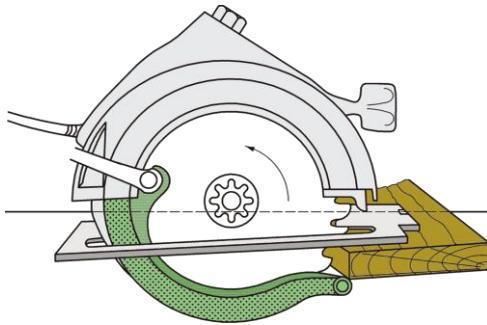
- ・ この例は、防護領域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部分の動作を停止させることによる安全防護が作業の遂行上、不適切な場合に適用する
- ・ 例は、工作機械での使用を示す。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 図は、工作機械を例にヒンジ式の可動式ガードのイメージを示したもの
- ・ （補足）ISO 14120 に相当する JIS B 9716:2006 において、本図は施錠なしタイプのインターロックガードの例として記載されている

5.2.6 ガードの例

自己閉鎖式ガード



〔出典：ISO 14120〕

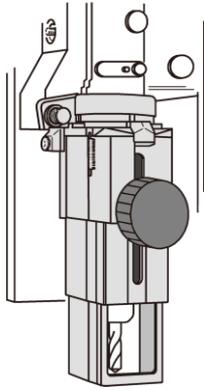
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 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もガードが覆っている。
- ・ 左図は、木材を切断するための電動のこぎりの例であり、木材の切断中は、ガードがブレードを覆い、切断の終了によりガードは自動的に閉位置に戻る。

- ・ 図は、可動式ガードの例である自己閉鎖式ガード
- ・ 自己閉鎖式ガードは重力やばね力などにより自動的に閉じられた位置に戻る構造のガード
- ・ 自己閉鎖式ガードの説明（図の説明）
- ・ 中央の白い部分の丸鋸刃を用いた手持ちタイプの電動のこぎりで、丸鋸刃が矢印方向に回転した状態で本体を手で持って図の右方向に移動させて、木材の切断を行う
- ・ 下側にある緑色の部分が自己閉鎖式ガードで通常は丸鋸刃の下側を覆っており、危険源である刃先の露出を最小限にしている
- ・ ガードは円周方向に移動できる構造になっており、右方向に移動させると、木材の先端面に押され切断動作に必要なだけガードが開く
- ・ 切断が完了してガードが木材に押されない状態になれば、ばね力などにより図の位置に自動的に戻る

5.2.6 ガードの例

調整式ガード



- ・ 調整式ガードは、防護領域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部分の動作を停止させることによる安全防護が作業の遂行上、不適切な場合に適用する
- ・ 容易にワークピースの表面まで調整できる、ドリル部の伸縮形のガードの例。
- ・ ガードは、ワークピースの表面近くまで届いており、ドリル部が露出しない。

〔出典：ISO 14120〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

例は、調整式ガードである。

調整式ガードは、防護領域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部分の動作を停止させることによる安全防護が作業上できない場合に適用する。

手動調整正式ガードは、

- ・ 運転前に調整した位置が運転中は維持されなければならない。
- ・ 工具を使用せずに容易に調整可能でなければいけない。

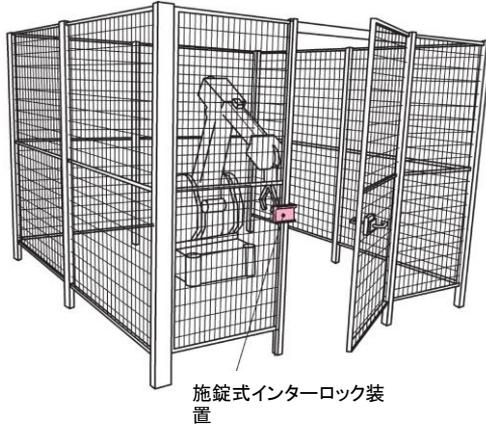
図は、ラジアルまたは直立ボール盤の調整式ガードの例である。

ドリルの先端までを覆うように全体の位置を調整して固定するもので、加工中はガードの先端がワークピースの表面に当たり、ドリルの加工深さに応じ自動的に伸縮するタイプ型であり、ドリル部が露出しない。

ドリル交換のために主軸に近寄ることができる様にヒンジが取り付けられている。

5.2.6 ガードの例

施錠式インターロック付きガードと距離ガードの組み合わせ



- 危険区域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部の動作を停止させることにより安全防護を行う場合に適用する。
- 例は、工業用ロボットの外周のガードを示す。
- ロボットの稼働中は、施錠式インターロックは、解錠されない。ロボットの停止により、解錠が許可される。
- 作業者が開口部を通り、危険区域内に全身の進入が可能な場合は、危険区域の作業者を検知する装置を別途設ける必要がある。

〔出典：ISO 14120〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

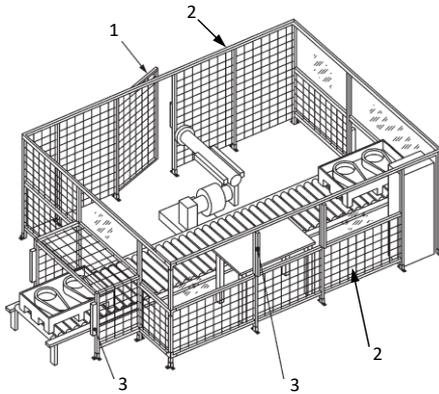
例は、工業用ロボットの外周ガードで、施錠式インターロック付きガードと距離ガードの組み合わせである。

危険区域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部の動作を停止させることにより安全防護を行う場合に適用する。

施錠式インターロック付きガードは、ロボットが停止しているときのみ開錠可能となる。作業者が危険区域内に全身の進入が可能な場合、危険区域の作業者を検知する装置を別途設けるなど、危険区域内の人が閉じ込められて危険にさらされないようにしなければならない。

5.2.6 ガードの例

異なるガードの組み合わせ及び他の保護装置とガードの組合せ



- 異なるタイプのガードを組み合わせで使用することが適切な場合もある。
- 例えば、機械がいくつかの危険区域を有し、機械を作動させる局面で、危険区域の一つに接近することが要求される場合、ガードは固定式ガードにインターロック付き可動式ガードを組み合わせで構成することができる。
- 同様に、保護装置とガードの組合せが必要とされる場合がある。

1. インターロック付き可動式ガード
2. 距離ガード
3. 保護装置 (ESPE)

〔出典：ISO 14120〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

異なるガードと保護装置の組み合わせの例を示す。

例えば、機械がいくつかの危険区域を有し、機械を作動させる局面で、危険区域の一つに接近することが要求される場合、ガードは固定式ガードにインターロック付き可動式ガードを組み合わせで構成することができる。同様に、保護装置とガードの組み合わせが必要とされる場合がある。例では、ロボットの可動エリアにコンベアが通され、ワークが通過するガード開口部にライトカーテンを設置している。ESPEとはライトカーテンの様な電氣的検知保護設備のことである。

5.2.7 ガードを設計する際の留意点

機械的側面

- ・ 危険区域への接近の最小化
日常的な調整、給油及び保安を、ガードを開かず又は取り外すことなく実施できる
- ・ 放出部品の封じ込め
機械から部品の放出のリスクがある場合、適切な材料により、これらを封じ込める
- ・ 危険物質の封じ込め
機械から危険物質の放出のリスクがある場合、これらを封じ込める
- ・ 騒音の低減
要求される騒音低減を実現する
- ・ 危険な放射からの保護
危険な放射に暴露されるリスクがある場合、人を保護するように設計し、適切な材料を選択する
- ・ 爆発からの保護
爆発のリスクがある場合、安全な方法で開放されたエネルギーを封じ込めるか又は安全な方向に消散させる

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ガードを設計する際の留意点について説明する。

機械的側面、人的側面、ガードの設計側面、ガードの製作の側面がある。機械的側面についての留意点を示す。

機械の設計に当たり、機械の環境面、または操作面についての適切な配慮が必要である。これらの配慮が不十分だと、機械が不安全、または操作不能となる可能性がある。このことは人がガードを壊さなければいけない可能性が発生し、より大きなリスクにさらされることになる。この機械的側面に留意してガードを設計する。

- ・ 危険区域への接近の最小化
日常的に実施する調整、給油などはガードの外から実施できるようにする。
- ・ 放出部品の封じ込め
危険物質が放出されるリスクがある場合は、適切な材料、構造でガードする。
- ・ 危険物質の封じ込め
危険な物質の放射のリスクがある場合、これらが放出されないように設計する。
- ・ 騒音の低減
要求される騒音以下にする。
- ・ 危険な放射からの保護
溶接火花、レーザーなど危険な放射に対して適切な材料、構造の

- ガードを設置する。
- ・爆発からの保護
 - 爆発エネルギーを封じ込めるか安全に消散させる。

5.2.7 ガードを設計する際の留意点

人的側面

- ・ 安全距離 (ISO 13857/JIS B 9718)
人体部位が危険区域に到達することを防止
- ・ 危険区域への接近管理目視
可動式ガードは、通常運転中に危険区域内に人が取り残された状態で、閉じられない
- ・ 人間工学的側面
 - － 寸法及び質量
適切な寸法と質量で設計
吊上げ装置による搬送のための適切な附属装置
質量の値の表示
 - － 操作力
可動式ガード又はガードの取外し可能な部分は、容易に操作を行えるように設計
人間工学の原則を遵守

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

人的側面についての留意点を示す。

人と機械の相互作用について、例えば、搬入、保全、給油を行うときなどについて、考慮しなければならない。

- ・ 安全距離の考慮
危険区域への接近を防止することを意図したガードは、人体部位が危険源に到達することを防止できる安全距離を確保する。
安全距離の出し方については別に説明する。
- ・ 危険区域への接近管理目視
可動式ガードは通常運転中に危険区域内に人が取り残された状態で閉じられないようにする。これが不可能な場合は、人の存在検知など他の方策をとる。
- ・ 人間工学的側面
人間が容易に持ち上げたり、取り扱ったりできるように、寸法、質量、操作力などを適切に設計する。

5.2.7 ガードを設計する際の留意点

ガード設計側面

- ・ 押しつぶし又ははさまりポイント (ISO 13854/JIS B 9711)
機械の部分又は他のガードと危険な押しつぶし又ははさまりポイントを生じない
- ・ 耐久性
機械の寿命期間中、的確に機能を遂行し、また劣化部品は交換できるように準備する
- ・ 衛生
食品の小片、滞留した液体又は材料によって、衛生上の危険源を生じない
- ・ 清掃
特に食品及び薬品加工で使用される場合、容易に清掃できること
- ・ 汚染物質の除去
食品、薬品及び電子などのプロセスから生じる汚染物質を除去するようにガードを設計

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ガードの設計側面について示す。

ガード自体によって新たな危険源が生じないように設計段階で配慮しなければならない。

- ・ 押しつぶし、または挟まりポイントを生じない。
ISO 13854、JIS B 9711は人体の部位が押しつぶされない最小隙間の規格である。この内容については、別に説明する。
- ・ 耐久性
機械の寿命期間中、機能を遂行し、劣化部品は交換可能にする。
- ・ 衛生
食品関連など物の滞留によって不衛生にならないようにする。
- ・ 清掃
容易に清掃できる様にする。特に食品および薬品加工などの機械。
- ・ 汚染物質の除去
食品、薬品、電子産業などのプロセスで必要な場合、プロセスから生じる汚染物質を除去するガードを設計する。

5.2.8 ガードを製作する際の留意点

ガード製作

- ・ 鋭利な端部等
露出した鋭利な端部及び角部又は他の危険な突起部をもたない
- ・ 接合部分の性状
ガードの接合部分は、合理的に予見可能な負荷に適した十分な強度をもつ
- ・ 工具だけによる取外し
取外し可能部分は、工具使用によってだけ取外し可能
- ・ 取外し可能ガードの明確な配置
取外し可能ガードは、固定しなければ、取付け状態を維持できないようにする
- ・ 可動式ガードの明確な閉鎖
可動式ガードの閉位置を明確に決定
ガードは質量、ばね、留め金具、ガード施錠装置又は他の手段により停止位置に保持する

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(JIS B 9716 5.4に記載されている事項)

(各項目 画面読み上げ)

- ・ 工具だけによる取外しの補足
ここでいう「工具」ですが、コイン又はつめ磨きのような間に合わせの道具で取り外しができてはいけません。

5.2.8 ガードを製作する際の留意点

ガード製作

- 自己閉鎖式ガードに関する留意事項
自己閉鎖式ガードの開は、ワークピースの通過だけに限定
開位置で固定保持することが可能であってはならない
固定式距離ガードと組み合わせて使用
- 調整式ガードに関する留意事項
調整可能部分は、材料の通過に合わせてその開口を最小に制限
工具を使用しないで容易に調整可能
- 可動式ガードに関する留意事項
開操作には、明確な開動作を必要とすること
ヒンジ又はスライドにより保持されるように機械又は隣接した固定部分に取り付け

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(JIS B 9716 5.4に記載されている事項)

(各項目 画面読み上げ)

- 可動式ガードに関する補足
固定部に取り付けとありますが、工具の使用によってのみ取り外しが可能でなければなりません（前述の間に合わせ道具は不可）。

5.2.8 ガードを製作する際の留意点

ガード製作

- ・ 起動機能インターロック付きガード(制御式ガード)に関する留意事項
次のすべての条件が満たされる場合だけ使用可能

閉じているときに人体部位が、危険区域又は危険区域とガードの間に存在する可能性がない

機械に介入しなければならないオペレータ又は他の人が、全ての機械、プロセスを全体的に観察可能

制御式ガードに関するインターロック装置は最高の信頼性を備えている

制御式ガードによって機械を起動することが、機械の制御モードの一つである場合、モードの選択が確認されていなければならない

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

(JIS B 9716 5.4に記載されている事項)

(画面読み上げ)

- ・ 最高の信頼性の補足
インターロック装置の故障により、予期しない起動が生じる可能性があるため“最高の信頼性を備えている”必要があります。

5.2.9 安全距離

ガードからの上肢及び下肢の到達防止

次の規格により、ガードを通して上肢及び下肢の危険区域への到達の防止を図る。

ISO 13857: 2008/JIS B 9718

機械類の安全性

危険区域に上肢及び下肢が到達することを防止するための安全距離

上肢及び下肢が機械類の危険区域に到達することを防止するために、保護構造物と危険区域との間における適切な安全距離の値を定める

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO 13857: 2008 / JIS B 9718

この規格は上肢及び下肢が機械類の危険区域に到達することを防止するために保護構造物と危険区域との間における適切な安全距離の値を定めています。

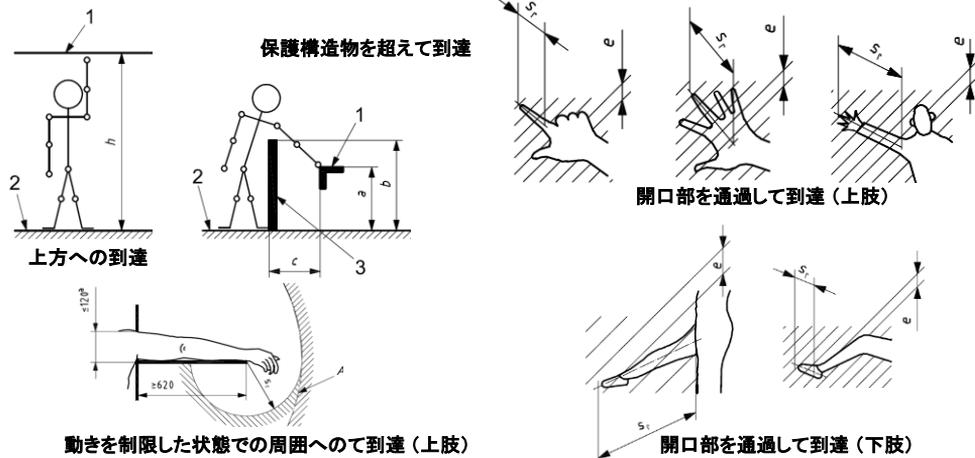
また、安全距離を決定する前に、高リスク又は低リスクのいずれの値を使用するか決定する必要があり、リスクアセスメントを実施しなければなりません。

低リスク、高リスクについて

危険源から生じるリスクは、回復不可能な又は回復に長期を要する傷害に至ることが予見されない場合（例えば、その結果がこすれ又はすりむきとしかならない場合）だけ、低リスクとみなせます。

5.2.9 安全距離

安全距離関連の規定



[出典：ISO 13857]

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

規格で示されている安全距離の図例です。

- ・ 上方への到達
 - 図の記号 1 は危険区域
 - 図の記号 2 は基準面
 - 図の記号 h は危険区域までの高さです。
 - リスクが低い場合は2500mm以上
 - リスクが高い場合は2700mm以上でなければなりません。

- ・ 保護構造物を超えて到達
 - 図の記号 1 は危険区域（最も近い点）です。
 - 図の記号 2 は基準面です。
 - 図の記号 3 は保護構造物を示します。
 - 図の記号 a は危険区域の高さ
 - 図の記号 b は保護構造物の高さ
 - 図の記号 c は危険区域への水平距離を示します。

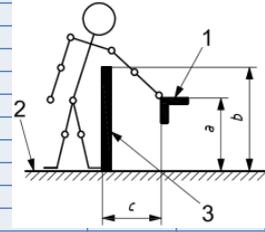
このほかの図例に関しても、記号の値は表で示されています（次のスライドより）。

5.2.9 安全距離

安全距離 上肢の場合（水平距離）

ISO 13857(JIS B 9718) 表 2 - 保護構造物 - 高リスク (mm)

| 危険区域の高さ (a) | 保護構造物の高さ (b) | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 | 2500 | 2700 |
| 2700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2600 | 900 | 800 | 700 | 600 | 600 | 500 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2400 | 1100 | 1000 | 900 | 800 | 700 | 600 | 400 | 300 | 100 | 0 |
| 2200 | 1300 | 1200 | 1000 | 900 | 800 | 600 | 400 | 300 | 0 | 0 |
| 2000 | 1400 | 1300 | 1100 | 900 | 800 | 600 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| 1800 | 1500 | 1400 | 1100 | 900 | 800 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1600 | 1500 | 1400 | 1100 | 900 | 800 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1400 | 1500 | 1400 | 1100 | 900 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1200 | 1500 | 1400 | 1100 | 900 | 700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1000 | 1500 | 1400 | 1000 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 800 | 1500 | 1300 | 900 | 600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 600 | 1400 | 1300 | 800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 400 | 1400 | 1200 | 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 200 | 1200 | 900 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1100 | 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

表の見方（赤字の数値の例）

例えば、危険区域の高さ（a）が1200mmで、保護構造物の高さ（b）が1400mmの場合、危険区域への水平距離（c）の値は1100mmとなります。

このスライドで示される表は、高リスクとあります。規格で値は低リスク・高リスクの場合で示されますので、リスクアセスメントを実施して高リスク・低リスクのいずれの値を使用するか決定する必要があります。

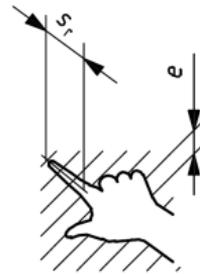
注意事項: 表に示された値を補間して用いてはなりません。既知の値が、表で示される二つの値の間にある場合は、より長い安全距離より高い保護構造物、若しくはより安全な危険区域の高さを使用しなければなりません。中間値の処理については規格の付属書にて説明されています。

5.2.9 安全距離

安全距離 上肢の場合（開口部通過）

ISO 13857 (JIS B 9718) 表 4 定型開口部を通過しての到達 - 14歳以上の人

| 身体の部分 | 開口部 (e) ^(mm) | 安全距離 (sr) | | |
|-------------|-------------------------|------------|------------|------------|
| | | 長方形 | 正方形 | 円形 |
| 指先 | $e \leq 4$ | ≥ 2 | ≥ 2 | ≥ 2 |
| | $4 < e \leq 6$ | ≥ 10 | ≥ 5 | ≥ 5 |
| | $6 < e \leq 8$ | ≥ 20 | ≥ 15 | ≥ 5 |
| 指の関節までの指又は手 | $8 < e \leq 10$ | ≥ 80 | ≥ 25 | ≥ 20 |
| | $10 < e \leq 12$ | ≥ 100 | ≥ 80 | ≥ 80 |
| | $12 < e \leq 20$ | ≥ 120 | ≥ 120 | ≥ 120 |
| | $20 < e \leq 30$ | ≥ 850 | ≥ 120 | ≥ 120 |
| 肩の基点までの腕 | $30 < e \leq 40$ | ≥ 850 | ≥ 200 | ≥ 120 |
| | $40 < e \leq 120$ | ≥ 850 | ≥ 850 | ≥ 850 |



〔出典：ISO 13857〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

14歳以上の人々の定型開口部を通過しての到達に対する安全距離を示す。開口部eの寸法は、長方形の短辺、正方形の一辺、および円形開口部の直径を示す。

指先、指、手、腕が入る場合について記載してある。手の場合、開口部が20mmより大きく30mm以下の場合、長方形では850mmとなり腕の進入が想定される。この場合、長辺が60mm以下であれば、この距離を200mmとすることができる。

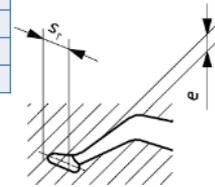
この表は、長方形、正方形、円形の場合を示す。開口部が不定形の場合について、JIS B 9718に記載があるので、その場合は規格を参照して下さい。

5.2.9 安全距離

安全距離 下肢の場合（開口部通過）

ISO 13857(JIS B 9718) 表 7 下肢による定形開口部を通過しての到達 (mm)

| 身体の部分 | 開口部 (e) | 安全距離 (sr) | |
|--------------|--------------------|-------------|-------------|
| | | 長方形 | 正方形又は円形 |
| つま先 | $e \leq 5$ | 0 | 0 |
| | $5 < e \leq 15$ | ≥ 10 | 0 |
| 足指 | $15 < e \leq 35$ | ≥ 80 | ≥ 25 |
| 足 | $35 < e \leq 60$ | ≥ 180 | ≥ 80 |
| | $60 < e \leq 80$ | ≥ 650 | ≥ 180 |
| 脚 [つま先から膝まで] | $80 < e \leq 95$ | ≥ 1100 | ≥ 650 |
| 脚 [つま先から股まで] | $95 < e \leq 180$ | ≥ 1100 | ≥ 1100 |
| | $180 < e \leq 240$ | 許容不可 | ≥ 1100 |



[出典 : ISO 13857]

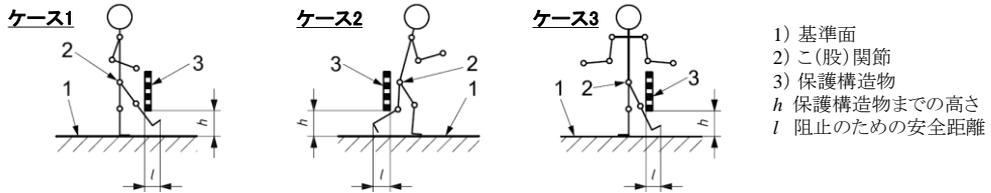
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

14歳以上の人の下肢に対する安全距離を示す。

上肢の開口部への接近がない場合に適用できる。650mmは、つま先から膝までの長さに一致する。1100mmは、つま先から股までの長さに一致する。

5.2.9 安全距離

保護構造物下での自由な動作の阻止（下肢）



ISO 13857(JIS B 9718) 表 B.1 下肢の接近が制限される場合の距離 (mm)

| 保護構造物までの高さ (h) | 距離 (l) | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| | ケース1 | ケース2 | ケース3 |
| $h \leq 200$ | ≥ 340 | ≥ 665 | ≥ 290 |
| $200 < h \leq 400$ | ≥ 550 | ≥ 765 | ≥ 615 |
| $400 < h \leq 600$ | ≥ 850 | ≥ 950 | ≥ 800 |
| $600 < h \leq 800$ | ≥ 950 | ≥ 950 | ≥ 900 |
| $800 < h \leq 1000$ | ≥ 1125 | ≥ 1195 | ≥ 1015 |

[出典 : ISO 13857]

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO 13857(JIS B 9718)で規定される内容のうち、人が補助なしで立っている状態で下肢による自由な接近を阻止するための距離について説明する。

ただし、これらの距離は安全距離ではないため、滑りや故意の侵入のおそれがある場合は、追加の方策を採用することがより適切である。また、前頁までも同様だが、この表の値を補間して使用してはいけない。もし保護構造物までの高さhが二つの値の間にあるなら、より高い方の値hを採用しなければならない。

5.2.10 最小距離

人体部位の接近速度に基づくガードの位置決め

次の規格により、人体部位の接近速度に基づく施錠なしインターロックガードの位置決めを規定する。

ISO 13855: 2010/JIS B 9715

機械類の安全性

人体部位の接近速度に基づく保護装置の位置決め

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここからは、人体部位の接近速度に基づいて、安全防護物から危険区域までの最小距離を決定するための方法論を説明します。ただし、典型的な接近に対する指針を提供するものであり、例えば、走る、跳ねる、落下する、などは、ここでは考慮していない。

5.2.10 最小距離

総合システム停止性能及び最小距離計算のための一般公式

総合システム停止性能は、少なくとも二つ段階で構成される。二つの段階は式(1)により関連付けられる。

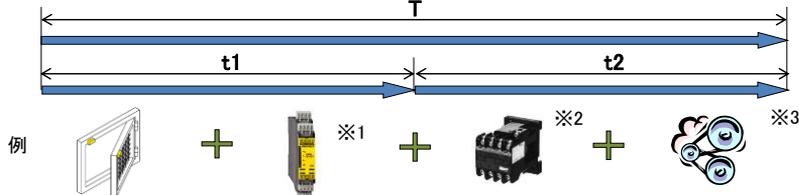
$$T = t_1 + t_2 \quad (1)$$

ここで

T=総合システム停止性能

t₁=安全防護物が作動してから、出力信号開閉機器がオフ状態になるまでの最大時間

t₂=安全防護物の出力信号がオフ状態になってから危険な機械機能が終止するまでの最大時間。
機械の制御システムの応答時間はt₂に含まなければならない。



[※1 出典：K.A.Schmersal G mbH&CO.KG「SRB 301STリレーユニット」]

[※2 出典：富士電機機器制御(株)「コンタクタ」]

[※3 出典：日本マイクロソフト(株)「クリップアート プーリとベルト」]

*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

システムの停止性能は、少なくとも図中の t₁ と t₂ の合計で表すことができる。

これらの時間は、温度やバルブの開閉時間など様々な要因の影響を受けるため、設計および測定によって決定される。

なお、停止時間が悪化する可能性がある場合などは、技術的な方策を講じることが望ましい。たとえば、ブレーキを有する装置の場合、マニュアルで点検を規定するなど。

5.2.10 最小距離

総合システム停止性能及び最小距離計算のための一般公式

施錠が無いインターロックガードを開けたとき、危険な機械の動きが停止する前に危険区域に到達しないことを確実にするために、最小距離Sを決定しなければならない。

施錠が無いインターロックガードの開口部の最も危険区域に近い端までの最小距離は式(2)を使用して計算しなければならない。

$$S = (K \times T) + C \quad (2)$$

ここに

K = 1600mm/s, C = ISO 13857/JIS B 9718の表4, 又は表5から抽出された安全距離。

これは、停止信号が生成される前にガードの開口部から危険区域に指又は手を通すことが可能である場合に考慮する。

場合によっては、対象としている人体部位が通過できる広さまでガードを開くのに要する時間 t_3 だけTを低減してもよい。ただしISO 13857/JIS B 9718の表4及び表5で示される開口部寸法 e を考慮しなければならない。計算は危険区域に到達可能な最小の人体部位から始めなければならない。

ガードが開く時間 t_3 がインターロックガードの特性に依存している場合、その値を計算又は試験から決定し、使用しなければならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ガードを開けたとき、危険源が停止する前に危険区域に到達しないことを確実にするため、この公式を用いて最小距離Sを決定しなければならない。
- ・ Kは、人体または人体部位の接近速度に基づくパラメータ
単位：mm/s
- ・ Tは、前項で定義した総合システム停止性能 単位：s
- ・ Cは、侵入距離 単位：mm

なお、JIS B 9715 附属書Aに、具体的な使用事例がいくつか掲載されているので、参照してみてください。

5.2.11 押しつぶし又ははさまりポイント

ガード及び機械の可動部との押しつぶし，又ははさまりの防止

次の規格により，ガードと機械の可動部との押しつぶし，又ははさまりの防止を図る。

ISO 13854/JIS B 9711

機械類の安全性

人体部位が押しつぶされることを回避するための最小隙間

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ガード及び機械の可動部における押しつぶしやはさまりを防止します。
- ・ ISO 13854やJIS B 9711で規定された人体部位が押しつぶされることを回避するための最小隙間を次ページより説明します。

5.2.11 押しつぶし又ははさまりポイント

押しつぶし又ははさまりの防止の最小隙間

ISO 13854 (JIS B 9711) 表 1 人体部位が押しつぶされることを回避するための最小隙間の数値 (mm)

| 人体部位 | 最小隙間 (a) | 図示 |
|------------|----------|---|
| 人体 | 500 |  |
| 頭 (最悪の位置) | 300 |  |
| 脚 | 180 |  |
| 足 | 120 |  |
| つま先 | 50 |  |
| 腕 | 120 |  |
| 手, 手首, こぶし | 100 |  |
| 指 | 25 |  |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ この表のようにそれぞれの人体部位に対する最小隙間の数値が規定されています。
- ・ はさまれた場合に大きな怪我を負わないために最小隙間 (a) を確保する必要があります。

5.2.12 使用上の情報

1. 一般要求事項

取扱説明書は、据付け及び保守を含む、ガードに要求された情報、安全要因及び機能(例: 垂直又は水平方向)を含まなければならない。

2. ガードによる危険源

ガード自体に関連した危険源、例えば、機械的な危険源又は材料の可燃性のような危険源に関する情報、及び適切な試験結果が提供されなければならない。

3. 据付け

ガード及び関連の設備の正しい据付けに関する取扱説明書が提供されなければならない。ガードが構造物に取り付けられる場合は、取扱説明書は固定するための要求事項を含まなければならない。

それは次を含むが制限はされない

- － 床に固定すること
- － 可動性のガードの組立
- － 固定の数及び方法
- － 他の適切な規格への適合、例えば ISO 13857 及び ISO 14119

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 使用上の情報として取扱説明書等に以下の情報を記述しなければなりません。
- ・ 一般要求事項として据付けや保守時を含む、ガードに要求された安全要因や機能の情報を提供します。
- ・ ガードによる危険源としてガード自体に関連した機械的な危険源や可燃性のような危険源に関する情報やその試験結果を提供します。
- ・ 据付け時においてガード及び関連設備の正しい据付けに関する取扱方法を提供します。ガードが構造物に取付けられる場合には固定するための要求事項を含めなければなりません。それは“床に固定する”、“可動性ガードの組立”、“固定の数及び方法”、“他の適切な規格への適合”などを含みます。

5.2.12 使用上の情報

4. 操作

使用者がガードやそのインターロック装置等を正しく操作できるように取扱説明書を提供しなければならない。合理的に予見可能な誤使用に対する警告が示されなければならない。

5. ガードの取外し

ガードを取り外す前に取るべき行動, 例えば, 機械動力の遮断又は蓄積エネルギーの消散, 及びガードの取り外しの手順の情報は, 掲示して提供されなければならない。

その情報は, ガードの取り外しの手順に次を含む要求事項も規定しなければならない。

- 適切な工具の使用, 及び
- 安全な作業手順

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 操作に対しても使用者がガードやインターロック装置を正しく操作できるように取扱説明書を提供しなければなりません。そこには予見可能な誤使用に対する警告を示さなければなりません。
- ・ ガードを取り外す際の情報提供も行います。
取り外す前に取るべき行動, 例えば, 機械動力の遮断又は蓄積エネルギーの消散, 及び取り外し手順の情報は掲示により提供します。
また、取り外し手順に適切な工具の使用及び安全な作業手順などの要求事項も規定しなければなりません。

6. 検査及び保全

欠陥を識別するために要求される検査及び保全についての詳細が提供されるべきである。
適切な場合、次のことを含まなければならない。

- 特に安全性能の低下につながる場合においてガードのあらゆる部分の損失又は損害，例えば窓部の材料の傷による耐衝撃性の低減
 - 損傷が安全性に負の影響を与えている場合は，変形又は破損した部分を修理又は交換する
 - 消耗部品の交換
 - インターロックの正しい操作
 - 接合部又は固定部の劣化
 - 腐食，度変化，脆化又は化学的攻撃による劣化
 - 満足する操作及び必要に応じて可動部分の潤滑
 - 安全距離及び開口の大きさの変更
 - 該当する場合，防音性能の劣化
- ガードの固定具（例：ボルト、ねじ）の交換は，同じ又は同等の固定具を使用することを示す警告を，使用上の情報に含まなければならない 例えば工具の使用を必要とする固定

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 検査及び保全により欠陥を識別するための詳細情報を提供します。
それには次のことを含まなければなりません。
- 特に安全性能の低下につながる場合においてガードのあらゆる部分の損失又は損害，例えば窓部の材料の傷による耐衝撃性の低減
- 損傷が安全性に負の影響を与えている場合は，変形又は破損した部分を修理又は交換する
- 消耗部品の交換
- インターロックの正しい操作
- 接合部又は固定部の劣化
- 腐食，度変化，脆化又は化学的攻撃による劣化
- 満足する操作及び必要に応じて可動部分の潤滑
- 安全距離及び開口の大きさの変更
- 該当する場合，防音性能の劣化

ガードの固定具（例：ボルト、ねじ）の交換は，同じ又は同等の固定具を使用することを示す警告を使用上の情報に含めなければなりません。

5.3 保護装置の設計 (インターロックの設計)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

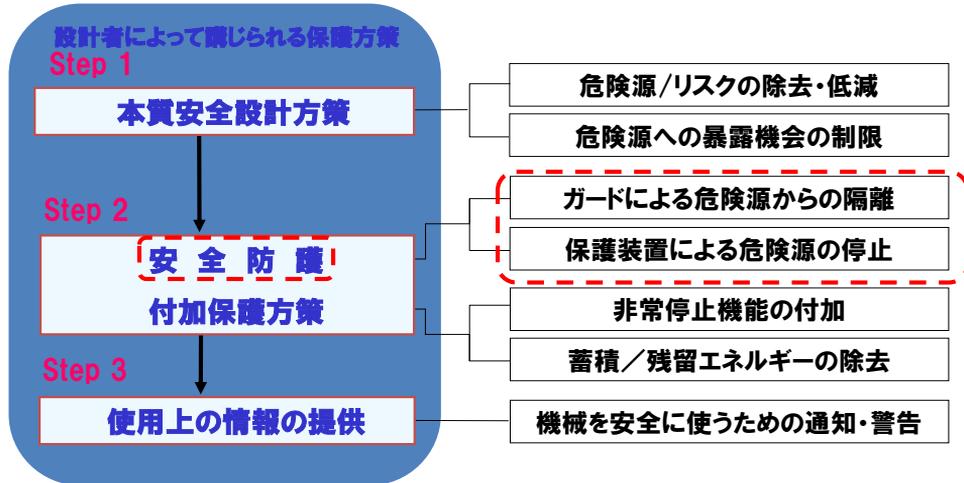
この項ではインターロックの設計を説明します。

学習のねらい・・・5.3 保護装置の設計(インターロックの設計)

この項では、保護装置の定義、目的、種類、選択と適用例について学習する。さらに、インターロック付ガードの具体的な設計方法について学習する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO12100による定義では、“保護方策”「Step2」の“安全防護”の2つの方策として「ガード」と「保護装置」がある。



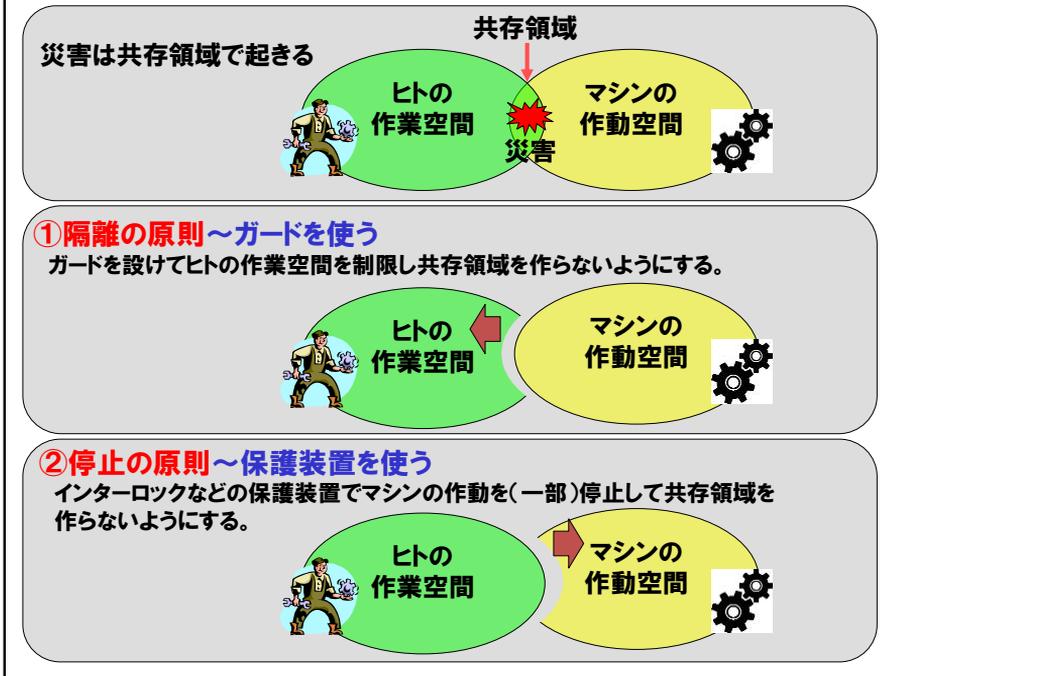
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

Step1本質安全設計方策によってもリスクの低減が十分でない場合、Step2の方策が必要となる。
Step2には、安全防護と付加保護方策があり、安全防護については人を危険源から隔離するガードや、危険源の動作を停止させる保護装置の2つがある。

5.3.2 保護装置を使用する目的

376

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



ガードは人を危険源の領域に入れないようにするものであり、保護装置は人が危険源の領域に入る前に危険源を停止させるものである。どちらも、人と危険源が共存することを防止するものである。安全性、操作性を考慮してガードまたは保護装置又は両方を選択する必要がある。

ISO12100の定義

保護装置:ガード以外の安全防護物

| No. | 保護装置の種類 | 保護装置の説明 |
|-----|-------------------|--|
| 1 | 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 |
| 2 | 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。 |
| 3 | 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 |
| 4 | 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 |
| 5 | 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) |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護装置には制御システムと「連携する装置」と「連携しない装置」がある。

1～5は全て制御システムと連携する装置である。

ISO12100の定義

保護装置:ガード以外の安全防護物

| No. | 保護装置の種類 | 保護装置の説明 |
|-----|-----------|--|
| 6 | 能動的光電保護装置 | No.5検知保護設備の中で、装置が放射する光の遮断を光電子発行者と受光器により検出する装置(光カーテンなど) |
| 7 | 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 |
| 8 | 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 |
| 9 | 動作制限制御装置 | 機械要素の移動量だけを制限する単一動作の制御装置 |

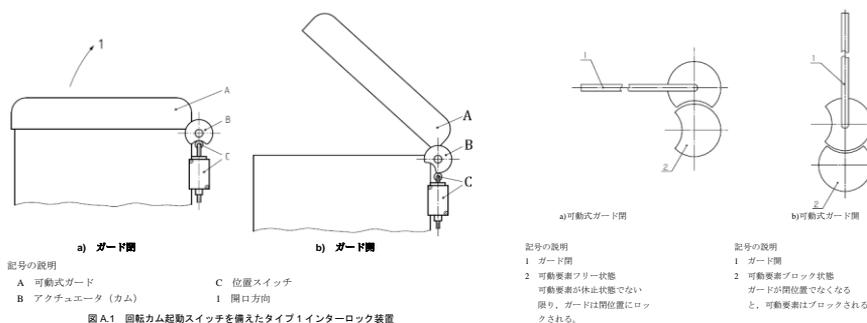
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

6と9は制御システムと連携する。

7と8は制御システムと連携せず、機械的な要素のみで機能するものである。

1. インターロックの例

用語の定義 インターロック装置(Interlocking device), インターロック(Interlock):
 特定の条件(一般的にはガードが閉じていない場合)のもとで危険な機械機能の
 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。



電気式

機械式

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

電気式例は

CスイッチはB接点 (NC) タイプである必要があり、Bカムの回転によりCスイッチを押すことで、強制的に接点が開く。

機械式例は、2つのカムを利用する。

左図のカム2の状態ではガードが開かない。

右図のカム2の状態ではガードの開閉が可能となる。

2. イネーブル装置の例

危険区域での段取り、保守などの作業において機械の予期しない動作に対して驚いた作業者が無意識にイネーブルスイッチから手を離す、あるいは強く握りこんでしまっても運転を停止し危険を回避する。



ティーチング作業

〔 IDEC株式会社HPより 〕

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護装置の例として2つ目は、イネーブル装置があります。イネーブル装置とは、スイッチの操作部を所定の位置に保持している場合に限り機械の起動を許可する装置です。図の様な危険区域での段取り、保守作業において、機械の予期しない動作に対し、驚いた作業者が無意識にイネーブルスイッチから手を離す、あるいは強く握りこんでしまっても運転を停止して危険を回避する装置となります。

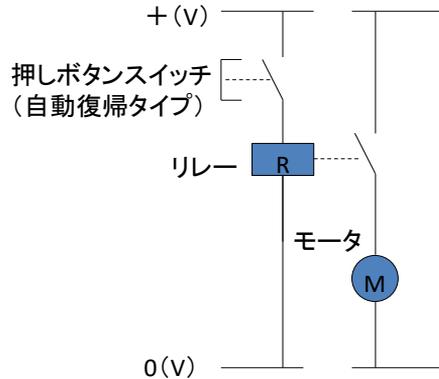
産業用ロボットの教示装置（ティーチングボックス、ティーチペンダント）など、手持ちの手动操作装置の把持部分（側面や裏面など）に取り付ける押釦やレバーで、それを意図的に押さない限り、ボタン等による機械設備の運転操作をできないようにしたものです。

これは、意図しないボタンの押下による機械設備の誤動作を防ぐのが目的です。誤って教示装置を、ボタンを下にして取り落としたとき、テーブル等に置いた教示装置の上に何か落ちたときなど、ボタンが押されてしまう可能性があります。このときにイネーブル釦も同時に押されてしまう確率は極めて低いので安全が確保できます。

この押釦やレバーはティーチングボックスを手に持ったとき、自然に、かつ軽い力で押せる位置に取り付けておく。つまり、作業者に負担を掛けないようにして、この機能を使うことを作業者が嫌がらないようにしてあるのです。力を掛けないと押せないボタンでは、作業者がそのボタンをテーピングして常に押した状態にしてしまうなどの不正行為をする可能性があります。

3. ホールド・トゥ・ラン制御装置の例

機械の運転のためには押しボタンを押し続ける必要がある。
押しボタンを離すと運転は止まる。

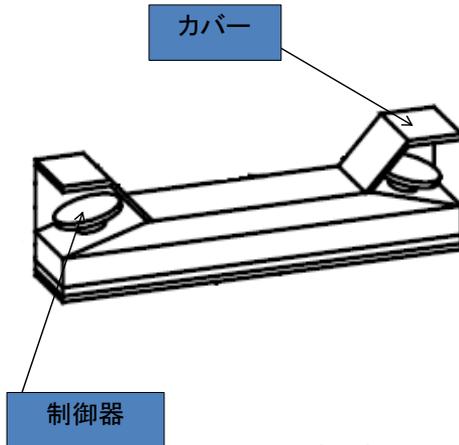


* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護装置の例として3つ目は、ホールド・トゥ・ラン制御装置があります。手動操作装置のスイッチ、レバーなどで、それを人が作動させている（押ししている）間に限って機械設備の運転操作ができる電気制御の手法です。スイッチやレバーから手や指を離せば、それに対応する機械設備の動きは直ちに停止（その場停止）します。スイッチから手を離せば直ちに機械設備が止まるというこのホールド・トゥ・ラン制御を行えば、緊急事態のときの安全性が高まります。この制御手法は、寸動スイッチの制御とは若干動作が異なります。寸動スイッチの場合は、ボタンを押したままでいても、一定のごく短い時間（又は一定の短い距離）だけ作動して停止します。しかし、ボタンを押して一旦起動すれば、直ちにボタンから手を放しても所定の時間（距離）だけ作動しないと停止しません。その場停止はしないのです。この差が災害発生の分かれ目になる可能性も否めません。

4. 両手操作制御装置の例

両手で制御器を押しているときのみ機械の動作を許可することで作業者が危険区域に近づいて作業することを防止する。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護装置の例として4つ目は、両手制御装置があります。

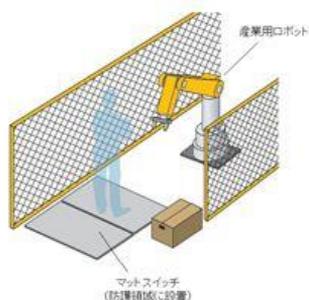
作業者が両手で操作したときにだけ機械設備の起動（運転）ができるものです。これによって機械設備が起動した時点における当該作業員自身の安全が確保できます。例えば、プレス機械の両手制御装置は起動に使われているが、人の両手を一定位置に置かせることで作業位置を固定し、当人が危険源に近づけないように設計されています。したがって、両手制御装置の設置位置には十分な配慮が必要です。手の動きを封じて、頭や足が危険源に届いてしまっても何にもなりません。

5. 検知保護設備の例



圧力検知マットの例

〔 写真出所:アズビルレーディング株式会社HP 〕



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保護装置の例として5つ目は、検知保護設備があります。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ます。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。

保護装置には、例にて示すような圧力検知マットや、光線式安全装置（ライトカーテンなど）、エリア内存在検出センサー（レーザースキャナーなど）、トリップワイヤなど様々なものがあります。なお、トリップだけか、存在検知だけに使えるのか、両方の機能で使えるのかは、個々の製品によって異なります。

6. 能動的光電保護装置の例



図1: セーフティ・レーザスキャナの例

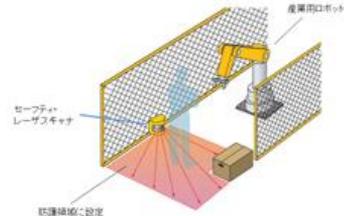


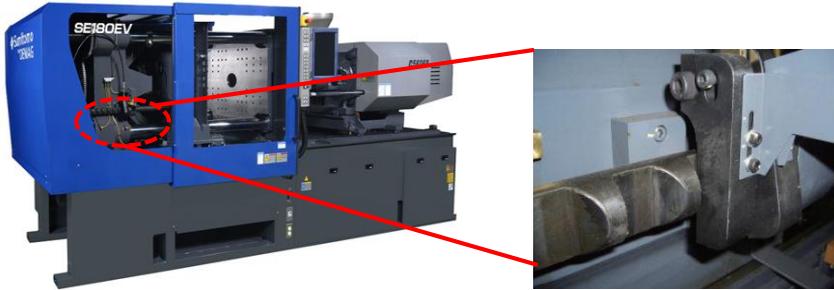
図6: ロボット生産ラインへのセーフティ・レーザスキャナの設置例

{ IDEC株式会社HPより }

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

光電保護装置には、セーフティライトカーテン、セーフティレーザスキャナがあり、用途は下の図に記載のように、開口部における人体の進入の検知や、危険区域での足の存在検知などです。

7. 機械的拘束装置の例



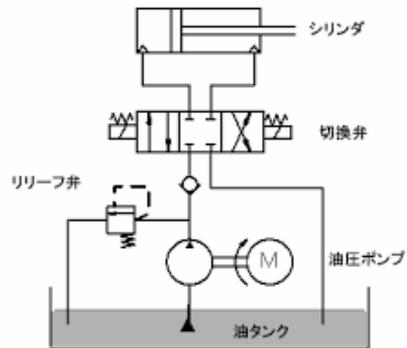
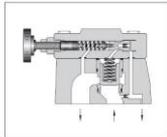
プラスチック射出成形機の例

可動式ガードの開閉に連動した2枚のシャッターがV字状のロッド溝に入り込み、ガード開時の可動部の危険な動作を防止する。
個別製品安全規格(C規格)、プラスチック射出成形機の米国規格で規定あり。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

これは、プラスチック射出成形機において、メカニカルに機械の危険な動作を拘束させる機構で安全を確保する一例です。

8. 制限装置の例

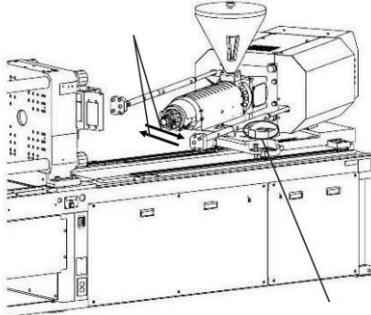
**油圧回路の例**

リリーフ弁によって油圧回路の過大な圧力を防止する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

これは、リリーフ弁を使用することによって油圧回路が誤動作した場合も予期しない機械動作速度を下げることにより、安全を確保する例である。

9. 動作制限制御装置の例



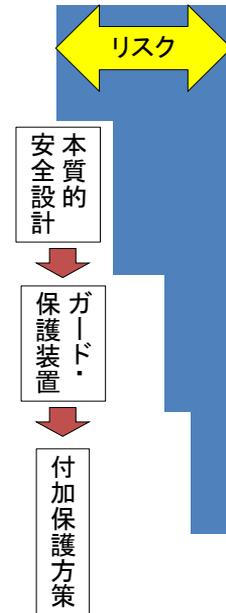
プラスチック射出成形機の例

スクリー清掃時に装置の旋回をポジションスイッチにより検出すると、手動操作によるスクリー前進動作の最大速度が低速(30mm/sec)に制限される。
個別製品安全規格(C規格)、プラスチック射出成形機の欧州規格で規定あり。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

これは、プラスチック射出成形機において、保守作業時の機械手動操作速度に制限をかけ安全を確保する一例です。

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ず、またリスクを十分に低減することもできない場合、人を保護するために使用しなければならない。追加設備（例えば、非常停止設備）を含む付加保護方策を使用しなければならない場合もある。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・次にガード及び保護装置の選択に関して説明します。
- ・ガード及び保護装置の方策は、本質的安全設計によって合理的に危険源を除去できず、またリスクを十分に低減することもできない場合の次のステップとなります。
- ・更に非常停止設備などを含む付加保護方策を使用しなければならない場合もあります。

機械の正常な運転（機能不良のない運転）中にオペレータが危険区域に接近する必要がない場合、固定式ガードを使用しなければならない。

接近の必要性の頻度が増加するにつれて、必然的に固定式ガードを元に戻さないことになる。この場合、代替りの保護方策（可動式インターロック付きガード、検知保護設備）を使用する必要がある。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ ガードについては、機械の正常な運転中にオペレータが危険区域に接近する必要がない場合は、固定式ガードを使用しなければならない。
- ・ しかし、接近の必要性の頻度が増加すると必然的に固定式ガードを元に戻さないことになる可能性があります。この場合、代替りの保護方策（可動式インターロック付きガード、検知保護設備）を使用する必要があります。

| | 正常な運転中に危険区域に接近する必要がないケース | 正常な運転中に危険区域に接近する必要があるケース | 段取り、保全のために危険区域に接近する必要があるケース |
|-------------|--------------------------|--------------------------|--|
| 固定式ガード | ○ | × | 左記の対策が段取り、保全作業を妨げることなく、要員を保護するように設計が必要 |
| インターロック式ガード | ○ | ○ | |
| 検知保護設備 | ○ | ○ | |
| 両手操作制御装置 | × | ○ | |

○: 推奨される
×: 推奨されない



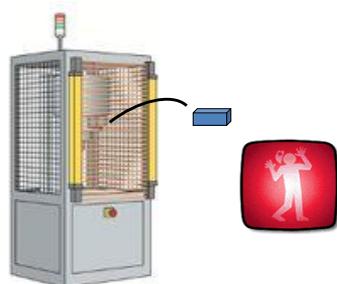
各作業を特定しリスクアセスメントにおいて考慮が必要。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ この表は、ガード及び保護装置がどのような状況で推奨されるかを表したものである。
- ・ 正常な運転中に危険区域に接近する必要がないケースで両手操作制御装置が推奨されないとなっている。
- ・ これは、両手操作制御装置が両手で制御器を押しているときのみ機械の動作を許可することで作業者が危険区域に近づいて作業することを防止することを目的としている為である。危険区域に接近する必要がないケースでの両手操作制御装置は作業性を損なうことにもなる。
- ・ 正常な運転中に危険区域に接近する必要があるケースで固定式ガードが推奨されないとなっている。
- ・ これは、固定式ガードでは、そもそも接近できない為である。また、取り外して、元に戻さないことに繋がる為である。
- ・ 段取り、保全のために危険区域に接近する必要があるケースにおいては、各作業を特定し、リスクアセスメント結果から必要なガード及び保護装置を選択する必要がある。
- ・ 次に、適切ではない選定例を示す。

検知保護設備の単独使用が適切でない場合

- ・ 材料や部品が飛び出してくる機械
- ・ 騒音、放射、粉塵などのガードが必要な機械
- ・ 機械が停止するまでの時間が長い機械



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

この図は、ライトカーテン選択が適切ではないイラストである。
材料等の飛散がある場合や、ライトカーテンを遮光しても機械稼働部の
停止が長い（安全距離が確保できていない）場合は、ライトカーテンの
選択ではなく、インターロック式ガード等を選択する必要がある。

- ・頑丈な構造であること
- ・新たな危険源を生じないこと（鋭利なエッジなど）
- ・無効化が容易にできないこと
- ・危険区域から適切な距離に配置されること
- ・生産工程の視界の妨げとなるものは最小とすること
- ・作業を必要とする領域だけに接近を許すことのできる限りガードや保護装置の除去なしで工具の交換や保全ができるようにする

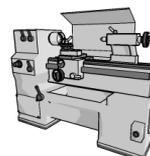
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・次にガード及び保護装置の設計時に考慮すべき点を説明する。
- ・ここに挙げた、6項目が、ガード及び保護装置の設計で考慮すべき項目である。
- ・ガードは、丈夫な構造であること。保護装置、例えば、ライトカーテン等、安全距離も考慮すること。そして、設計上は、作業性の確保をしつつ、安全機能の無効化を防ぐことが重要である。

インターロック装置の選び方

以下を考慮しなければならない。

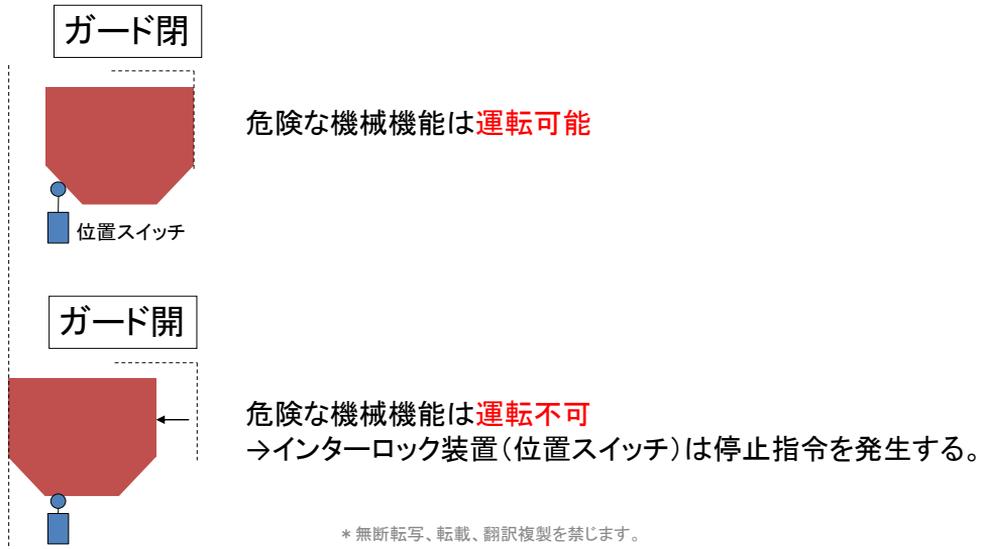
- 機械を使用する条件とその用途
- 機械の危険源
- 起こりうる負傷の度合い
- インターロック装置の故障確率
- 機械の停止性能とアクセスタイム
- システムの必要とされる安全性能
PL(ISO13849-1)またはSIL(IEC62061)



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 次に、ガード及び保護装置の設計時に考慮すべき点を説明する。
- ここに挙げた6項目の内、始めの3項目は、ガードの設計として考慮する内容、残り3項目は、インターロックの安全設計で特に考慮しなければならない項目である。

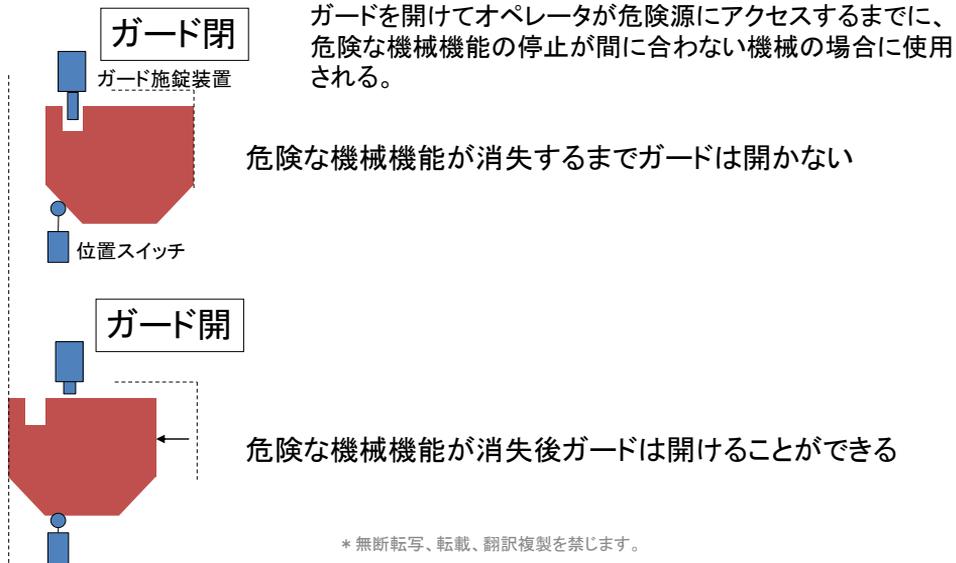
ガードインターロックの原理



- ・これは、ガードインターロックの原理を示した図である。位置スイッチの緑色の丸の伸び縮みで青色ガードの開閉を判定する機構となっている。

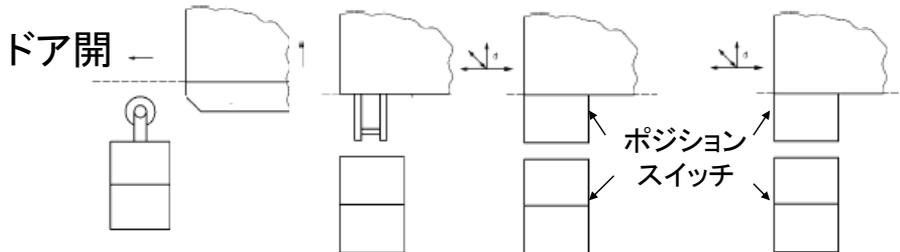
一般的に、この様な方式では、位置スイッチの接点はB接点（通常閉接点）を用いる。位置スイッチが押されて縮んでいる時は、接点が開放された状態となっている。

施錠付きガードインターロックの原理



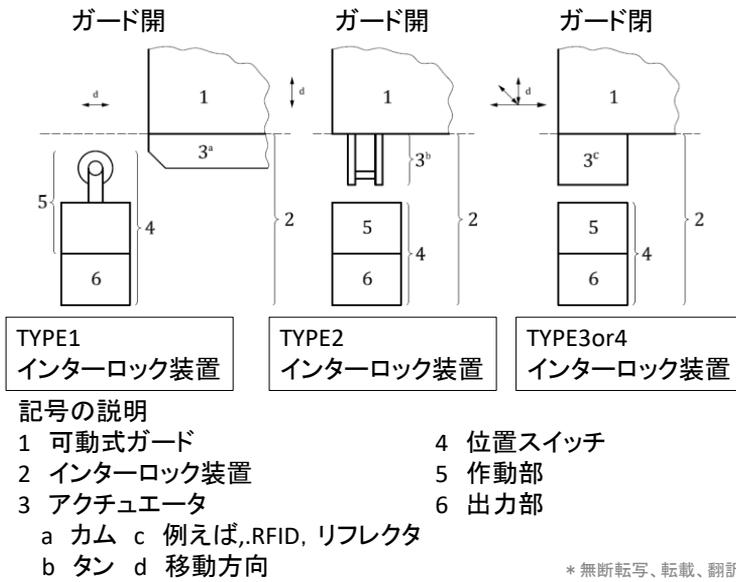
この図は、青色ガードの開閉に、ガード施錠装置（ロック機構）を設けた機構である。ガードの施錠が必要な例として、ガード開時に直ちに、危険源を除去できない場合（例えば、高温状態、可動部が停止していない。）に適用する。

| | TYPE1 | TYPE2 | TYPE3 | TYPE4 |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 作動方法 | カム | タン | 非接触 | 非接触 |
| コード化 | No | Yes | No | Yes |



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ガード開閉の確認用スイッチは主に4つのタイプがあります。
 TYPE1はカム機構を採用したものでガードがローラ上を通過することで押し込まれ、確認スイッチがONします。ガードのカムと確認スイッチの種類を複数にし、特定の組み合わせしか動作しないようにすることはできない為、コード化は不可です。
 TYPE2はタンとよばれる方式で、ガードに取り付けた突起（タン）が、受け側に挿入されることでガードの閉状態を認識し、ガードを開くことで、スイッチ内のカム機構にて接点が強制的に開くものです。これは、そのスイッチに合ったタンでなければスイッチを作動させることができないため、コード化していると言えます。
 TYPE3, TYPE4はポジションスイッチを利用したもので非接触式です。ポジションスイッチがどの組み合わせでも動作できる方式のものはコード化しておらず、特定の組み合わせしか動作できないものはコード化していると言えます。



これらはTYPE 1, TYPE2, TYPE3それぞれの機構詳細を説明した図です。

3のアクチュエータ機構で分類されていることが分かります。
 ガード開閉状態を認識するこれらのスイッチをここでは位置スイッチと呼ぶことにします。

位置スイッチの準備及び締結その1

- a) インターロック装置の締結具は信頼でき、かつ、それを緩めるには工具を必要としない。
- b) タイプ1位置スイッチは、調整後、その位置を恒久的に固定する準備をしなければならない(例えば、ピン又はだぼによって)。
- c) 保全及び正しい動作確認のためにインターロック装置に接近するための必要な手段が準備されていなければならない。合理的に予見可能な方法での無効化の防止は、接近手段を設計する際に考慮しなければならない。
- d) 自然に緩まないように防止する手段を備えなければならない。
- e) 合理的に予見可能な方法でインターロック装置が無効化されることを防止する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

位置スイッチの準備及び締結ということで
ここでは位置スイッチを取り扱う上での注意事項を述べます。

- a) インターロック装置の締結具は信頼でき、かつ、それを緩めるには工具を必要としない。
専用工具を使用して確実に締結する必要があります。
- b) タイプ1位置スイッチは、調整後、その位置を恒久的に固定する準備をしなければならない(例えば、ピン又はだぼによって)。
スイッチがずれることがないよう位置を固定しなければなりません。
- c) 保全及び正しい動作確認のためにインターロック装置に接近するための必要な手段が準備されていなければならない。合理的に予見可能な方法での無効化の防止は、接近手段を設計する際に考慮しなければならない。
インターロック動作確認用の方法を予め備えておく必要があります。
- d) 自然に緩まないように防止する手段を備えなければならない。
- e) 合理的に予見可能な方法でインターロック装置が無効化されることを防止する。
安易にインターロックを無効化されないようにする必要があります。
例えばキースイッチなどを利用して有効、無効をキーの所持管理者

だけが取扱うことができるようにする等の方法がよく実施されます。

位置スイッチの準備及び締結その2

- f) 位置スイッチは、予見可能な外部原因による損傷を回避するように配置し、及び、もし必要であれば、保護しなければならない。
- g) 機械的動作によって生じる動き又はシステムを作動する近接スイッチの隙間は、正しい動作を確実にするために及び／又は行き過ぎを防止するために、スイッチの製造業者によって指定される位置スイッチ又は作動部の動作範囲内とする。
- h) 位置スイッチは、その製造業者によって公表された意図する使用でないならば、機械的ストッパとして使用してはならない。
- i) 位置スイッチがその状態を変える前に隙間を生じるようなガードのミスアライメントは、ガードによる保護効果を損なうほど大きなものであってはならない
- j) 位置スイッチの支持及び締結は、装置の正しい動きを維持できるよう十分に堅固にしなければならない。

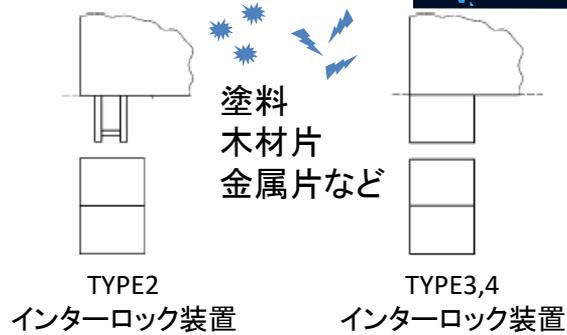
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- f) 位置スイッチは、予見可能な外部原因による損傷を回避するように配置し、及び、もし必要であれば、保護しなければならない。外部要因で故障・損傷しないように配慮する必要があります。また予め予見できる環境であれば保護しなければなりません。
- g) 機械的動作によって生じる動き又はシステムを作動する近接スイッチの隙間は、正しい動作を確実にするために及び／又は行き過ぎを防止するために、スイッチの製造業者によって指定される位置スイッチ又は作動部の動作範囲内とする。必ずスイッチメーカー仕様範囲の中で使用するようして下さい。
- h) 位置スイッチは、その製造業者によって公表された意図する使用でないならば、機械的ストッパとして使用してはならない。メーカー仕様指定の目的以外の用途で使用してはいけないということです。
- i) 位置スイッチがその状態を変える前に隙間を生じるようなガードのミスアライメントは、ガードによる保護効果を損なうほど大きなものであってはならない。位置スイッチが確実に動作するようにガード側の施工もガタが無いように確実に施工する必要があります。
- j) 位置スイッチの支持及び締結は、装置の正しい動きを維持できる

よう十分に堅固にしなければならない。

使用環境に対する配慮が必要

- 温度
- ダスト
- 湿気
- 振動とショック
- 衛生
- 電磁妨害



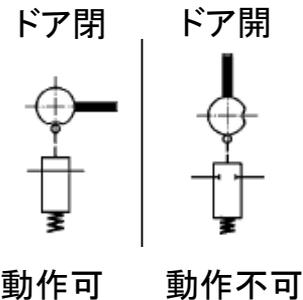
インターロック装置は、その予期される寿命の間、
予見可能なあらゆる影響に耐えられるものでなければならない。

→ TYPE選定や定期メンテナンス等に関わる。*無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

これまで述べた注意事項に加えて使用環境に対する配慮が必要です。例えば温度、ダスト、湿気、振動とショック、衛生、電磁妨害などの環境影響が考えられます。使用寿命を考慮してこれらの予見可能なあらゆる影響に耐えられるスイッチを選定する必要があります。またメンテナンスの周期も考慮しておく必要があります。

インターロック装置の実装の注意点

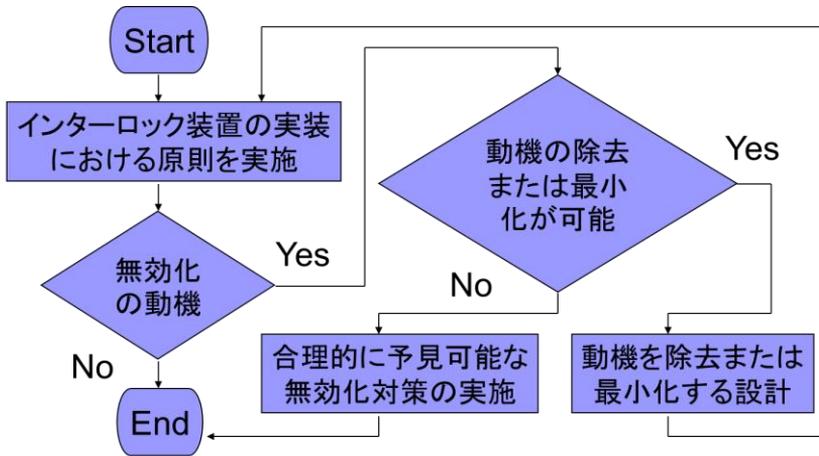
- インターロック装置は位置がずれないように十分な処置が必要。
 - 位置決めピン、保護カバーなど
- TYPE1またはTYPE2のインターロック装置を単独で用いて停止命令を出す場合は、ドア開と連動して機械的に直接電気接点をオープンにする。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- インターロック装置は、アクチュエータとそれを受けるスイッチの位置がずれてしまうと、ガードの状態を正しく検知できなくなることから、両者の位置関係がずれないように対応が必要である。
- TYPE1（カム式）やTYPE2（タング式）の機械的な接点を用いたインターロック装置のみを用いてガードが開いた時に停止指令を出すような構成の場合は、アクチュエータの機械的な動作により、接点を直接押して開くような回路構成とする。ばね等の要素を介して接点を開く構成にしてはならない。

無効化の可能性を最小にする設計が求められる

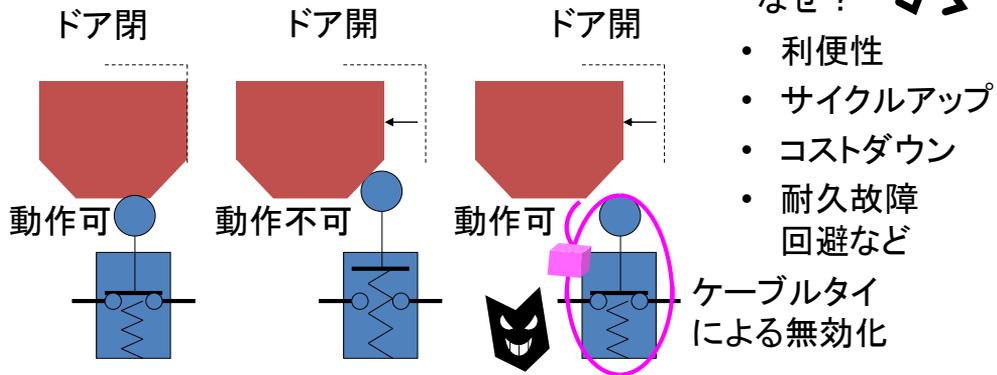


* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ インターロック装置は、作業員から考えると、作業性を低下させる不便な機能であると考えられる場合があり、作業員自身がインターロック装置を無効化する可能性がある。その為、無効化される可能性を最小にするような設計が求められる。基本的には、作業員がインターロック装置を無効化しようとする動機が無くなれば良いが、動機がある場合はこれを無くすような設計が必要で、そのような設計ができない場合は、無効化しようとしてもできないように設計する必要がある。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

無効化の動機を考える



インターロック装置は、それを無効化しようとする動機を低減するために運転中及びその他の機械の寿命の間の作業に対して**最小限の干渉**とするようなものでなければならない。

- ・なぜインターロック装置を無効化しようとするのかについて考えると、無効化すると作業が便利になる、運転時間が短くなり生産性が向上する、コストを下げることができる、装置の故障を回避すること等が考えられる。
- ・例えば、図のようにドアを閉じることでドグがスイッチを押して接点が閉じ、運転が可能になるような構成の場合、結束バンド等で常にスイッチが押されたままになるよう固定することで、ドアを開いた状態でも動作が可能となる。
- ・インターロック装置は、機械における作業性を妨げるような干渉は、最小となるようにしなければならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

無効化の動機を評価して最小にする

| タスク | A欄 | | | B | | C | | | | 備考 | |
|-------------|----------|----------|-------|-----------|--------------------|--------------|------------------------|-----------------|---------------|----|-------|
| | モード1(自動) | モード2(手動) | | これは許容可能か？ | 無効化をしないでタスクは実施可能か？ | より容易、または便利か？ | より迅速になるか、または生産性は向上するか？ | より十分な視認性が得られるか？ | 身体的負荷が軽減されるか？ | | |
| 最初の運転 | | × | | Yes | Yes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| テストラン/調整 | | × | | Yes | Yes | 0 | | 0 | 0 | 0 | |
| 機械加工 | × | | | Yes | Yes | 0 | 0 | | 0 | 0 | |
| ワークピースの手動交換 | | × | | No | No | ++ | ++ | 0 | 0 | 0 | 改善が必要 |
| メンテナンス | | | × | Yes | Yes | | | | | | |
| 清掃 | | | × | Yes | Yes | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

注1 A欄には、運転モード・手動モードなど全てのモードを記入する。
 注2 C欄には、保護装置が無い場合の便利さ(利益)を記入する。
 ・0=なし ・+=微小である ・++=大幅(に便利)である

- ・ここでは、インターロックを無効化する動機の評価に用いる表の一例を紹介する。
- ・表の左に「タスク」として、機械のライフサイクルにおける各作業を記載し、それぞれのタスクについて、どのモードを使用するか（A欄）、そのモードで必要な作業は全て実施可能か（B欄）、インターロック機能が無い場合どの程度作業性が向上するのか（C欄）といった内容を記入し、必要な作業が出来ない場合や、インターロックの存在で作業性が大きく低下するような場合は、無効化の動機が大きいと考え、この動機を最小化する為のインターロックの変更が必要となる。

無効化動機の最小化の例

セットアップ、ツールチェンジ、メンテナンスを
目的とした「特別操作モード」の使用が可能。



ただし！



機械のタイプや機能に大きく依存するため、安易な使用は危険！
C規格（個別安全規格）で定義される場合がある。



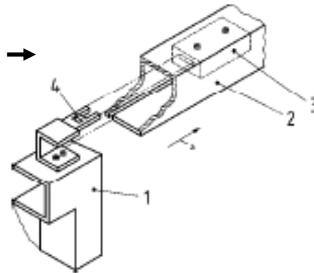
プラスチック射出成形機の米国規格
(ANSI/SPI B151.1)ではキースイッチ
の使用でガード開時の一部動作が
認められている。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ インターロックの無効化の動機を最小化する例として、通常の運転ではなく、セットアップやメンテナンスのみに用いる特別操作モードを設ける場合がある。
このモードを使用することで、インターロック装置を無効化することなく、ガードが開いた状態でより多くの範囲の作業ができるようになります。
- ・ ただし、この特別操作モードは、機械の種類や機能により可能とすべき操作が異なることから、どのような機械でも、一律的に設けることは危険です。
機械によっては、C規格（製品別の安全規格）にて条件が定義されているものもあります。
- ・ 写真の例は、プラスチック射出成型機において、危険な金型開閉部における作業を可能とする為のキースイッチを示しています。
これは米国のANSI規格のC規格で定義されているものです。

無効化対策の例

- 手が届かなくする
- ガードを付ける ----->
- 隠す
- コード化する
- 簡単に外せない
- 動作チェックする



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

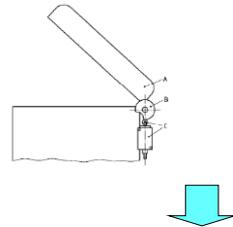
- ・ 次に、無効化の動機を最小化できない場合に、装置が無効化されないように対策を行う例を示します。
 まず、インターロック装置に手が届かないようにする、または装置にガードを付ける、あるいは装置を隠して見えない位置に設けることで、作業者がインターロック装置にアクセスすることを防止できます。
 また、アクチュエータに内蔵チップなどを用いて、コード化した機能を持たせることで、正規のアクチュエータ以外の部品を用いてインターロックスイッチをオンさせることを防止できます。
 また、アクチュエータを簡単に外せないようにする、例えば、市販の工具では回せないような特殊なねじを用いるなどで、改造を防止できます。
 さらに、インターロック装置が正常に動作しているかどうかを機械自身でチェックする機能を持たせることで、改造したことを検出することができるようになります。

無効化の可能性を最小にする設計

| Principles and measures | Type 1 interlocking device, except those operated and Type 1 interlocking devices | Type 1 interlocking device, hinge operated only | Type 1 interlocking device, with coded actuator (see 7.2 (b) (1) with or without electromagnetic guard locking | Type 2 and Type 4 interlocking devices, with or without electromagnetic guard locking | Trapped key system (medium or high level control, see Note 2) |
|--|---|---|--|---|---|
| Mounting out of reach, see 7.2 (a) 1) | | | | | |
| Physical obstruction (shielding, see 7.2 (a) 2) | | | X | | |
| Mounting in hidden position, see 7.2 (a) 3) | X | | | | |
| Status monitoring or cyclic testing, see 7.2 (d) (1) (i) and (j) | | | | | |
| Non-detachable firing of position switch and cam, see 7.2 (c) 1) | | M | | | M |
| Non-detachable firing of actuator or cam, see 7.2 (c) 1) | | | M | M | |
| Additional position sensing and checking for plausibility, see 7.2 (d) 2) | R | | R | | |
| If electromagnetic locking is applied and the guard has been opened by force: interruption of the hazardous machine function and a reset of the interlocking device shall not be possible within 10 minutes, see 7.2 (e) | | | M | M | |

X: it is mandatory to apply at least one of the measures
 M: mandatory measure
 R: recommended measure (additional)
 NOTE 1: Table 3 is intended to be used for the selection of appropriate measures against defeating of interlocking devices. According to the risk assessment the application of more than one of the indicated measures can be necessary.
 NOTE 2: If the number of interlocking devices used within one site is known, coded actuators can be used as a sufficient measure against reasonably foreseeable defeating under the following conditions:
 — if the coding is marked on the device each machine should have a different coding and
 — the actuator should be medium or high level coded.

どのTYPEのインターロック装置をどう使うかによって無効化を最小にする設計が規定されている。C規格での導入を推奨。



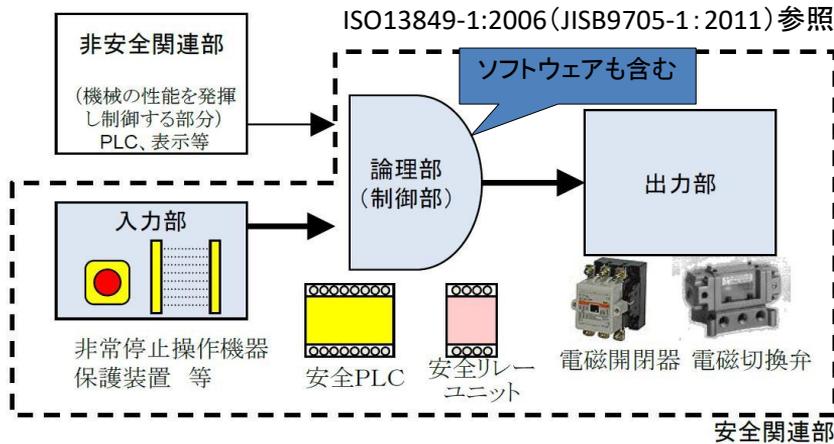
TYPE1
+
ヒンジ

簡単に外せないように特殊ビスなどで止めなければならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

インターロック装置にはポジションスイッチの形態やコード化によりタイプ区分が分かれており、どのタイプのインターロック装置をどう使うかにより、無効化を最小にする設計が規定されている。左の表は、インターロック装置の無効化に対する適切な方策を選択するために使用するもので、リスクアセスメントによっては2つ以上の方策が必要になる場合がある。例えば、図の様なタイプ1のヒンジ形インターロック装置の場合、ポジションスイッチが簡単に外せないよう特殊ビスなどで固定しなければならない。

安全関連部 (SRP/CS) の設計が求められる



危険状態を防止するために使用する電気品には高い信頼性が必要。
例えば安全用途として規格をクリアしている専用のPLCやリレーなど。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

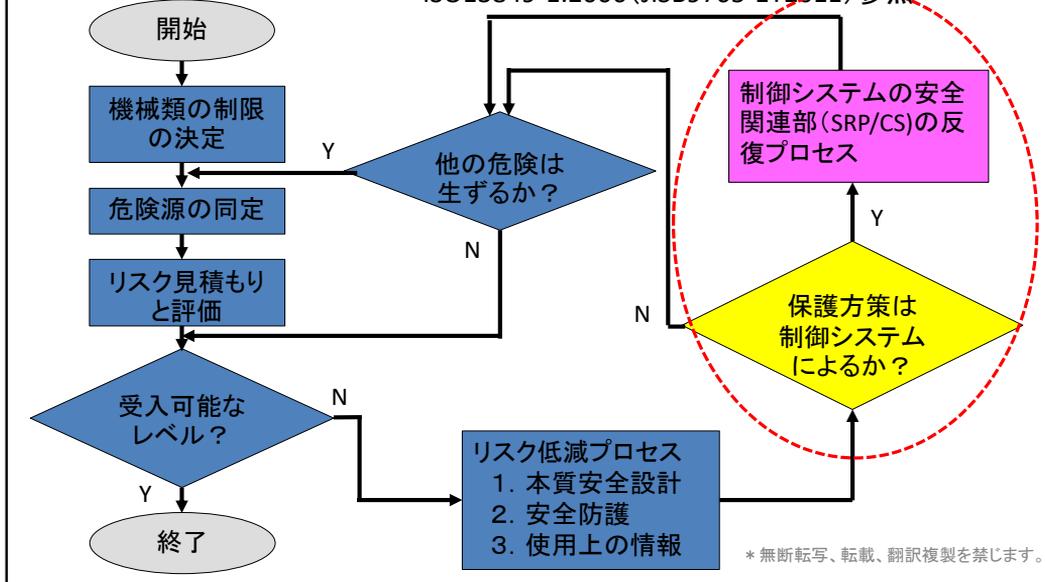
機械の制御システムは、機械本来の性能（早く/正確に動くなど）を發揮し制御する「非安全関連部」と、人に対する安全を確保する「安全関連部」（SRP/CS : safety-related parts of a control system）の2つに区分出来る。

安全関連部は、安全関連入力信号の発生するところ（例えば、非常停止操作機器、保護装置、ポジションスイッチの作動カム及びローラ等）で始まり、動力（電力）制御要素（例えば、電磁開閉器、電磁切替弁、コンタクタの主接点等）の出力で終わる。

監視システムが診断に使用される場合、それらも制御システムの安全関連部とみなされる。安全関連部の電気品は、危険状態を防止するために使用されるため、例えば安全用途として規格をクリアしている専用のPLCやリレーなど、高い信頼性が必要となる。

リスクアセスメントとの関連

ISO13849-1:2006 (JISB9705-1:2011) 参照



機械におけるリスクアセスメント及びリスク低減方法はISO 12100 (JIS B 9700) やISO 13849-1 (JIS B 9705) で規定されており、この図はそのフローを示したものである。

まず意図する使用及び合理的に予見可能な誤使用を含む機械の制限を決定する。次に危険源及び危険状態を同定、同定されたそれぞれの危険源及び危険状態に対してリスクを見積もり、評価。

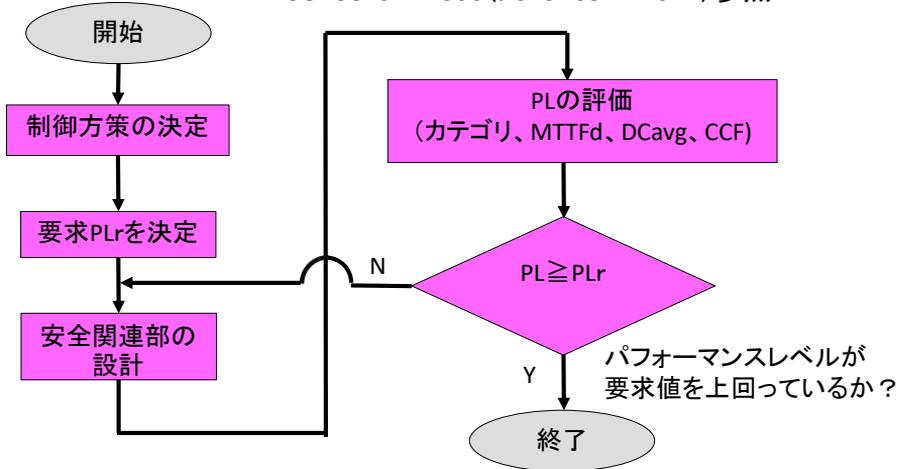
その後、リスク低減の必要性について決定する。必要であれば、次の階層的方策により危険源を除去又は低減する。

1. 本質的な安全設計。
2. 安全防護及び付加防護。
3. 残留リスクに関する使用上の情報の準備。

制御システムの安全関連部の設計は、このフローの中に組み込まれた一部となっている。詳細は次項にて説明する。

制御システムの安全関連部(SRP/CS) の反復プロセス

ISO13849-1:2006 (JIS B 9705-1:2011) 参照



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

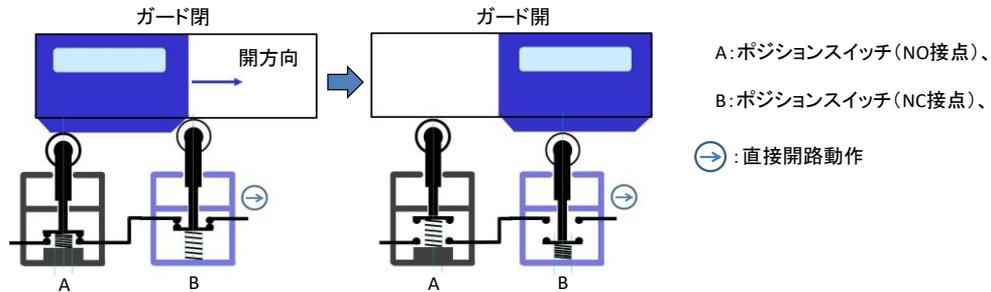
この図は制御システムの安全関連部の反復プロセスを示したものである。

図に示すように、制御システムの安全関連部の設計においては、パフォーマンスレベル：PLが要求値：PL_rを上回っていることが必要である。PLは次のパラメータを見積もることにより決定する。

- ・ MTTF_d (JIS B 9705-1 付属書C、D参照)、
- ・ DC (付属書E参照)
- ・ CCF (付属書F参照)
- ・ 構造 (箇条6参照)
- ・ 障害条件下の安全機能の挙動 (箇条6参照)
- ・ 安全関連ソフトウェア (4.6及び付属書J参照)
- ・ システムティック故障 (付属書G参照)
- ・ 予期される環境条件下での安全機能遂行能力

ただし、他のパラメータ、例えば、運転局面、動作要求率、診断試験率も影響する可能性がある。

故障しても危険とならない設計例(冗長+多様)



機械的に作動するポジションスイッチ (A、B) の典型的な故障の原因として考えられること

- ①: アクチュエータの過度な摩耗
- ②: アクチュエータとポジションスイッチの位置ズレ
- ③: ばねが折れる、作動システムのジャミング (詰まり) など

上記いずれの故障においても、AあるいはBが安全側故障となり、機械は停止する。

→ 共通原因故障の回避

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

制御システムの安全関連部に関して、安全機能が故障する可能性を最小化する方策として、信頼性のあるコンポーネントを使用すること、「非対称故障モード」のコンポーネントの使用、自動監視 (自己診断) 機能の使用とともに、コンポーネントまたはサブシステムの冗長 (二重) 化がある。コンポーネント (および信号経路) を二重化すると、1つのコンポーネントが故障した場合でも、他のコンポーネントが正常に動作して機械を安全に停止するなど、安全機能を維持することができる。さらに、冗長化+多様性 (ダイバーシティ) は、共通原因故障 (CCF) や共通モード故障に対しても有効となる。

図示した例では、A、Bの2つのポジションスイッチを使用することにより、考えられる故障において、いずれも安全側故障となり、リスクが低減される。

「IEC60204-1 (JIS B 9960-1) : 機械類の安全性—機械の電気装置—第1部: 一般要求事項」に適合が必要

- 環境(電圧、温度等)規定
- 導体(ケーブル)の規定
- 異常(電圧、電流、温度)に対する保護
- 配置の規定
- 防水、防塵

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

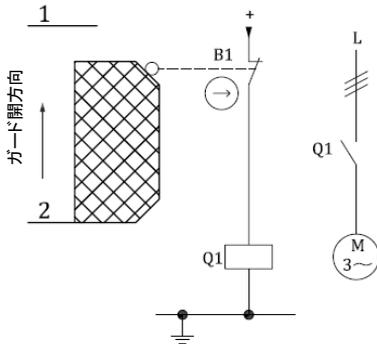
IEC 60204-1 (JIS B 9960-1) : 機械類の安全性—機械の電気装置—第1部: 一般要求事項

この規格は、各種の機械及び連携して稼働する一群の機械に用いる電気装置に適用され、以下の内容を含む。

- ・ 環境(電圧、温度等)規定・・・電気装置を設計する際の電源条件、温度条件等が定められている。例えば全ての電気装置は、最低条件として、周囲温度が5~40°Cの間で正常に作動しなければならない。
- ・ 導体(ケーブル)の規定・・・導体は使用条件(電圧、電流、感電保護、密集度)及び外界から受ける影響(周囲温度、腐食性物質の存在、機械的応力、火災の危険)に対して適切なものを選択しなければならない。
- ・ 異常(電圧、電流、温度)に対する保護・・・電気装置は、感電や地絡に対する保護、雷サージや開閉サージ等の過電圧保護、電動機の温度上昇保護等に対して対策を備えなければならない。
- ・ 配置の規定・・・制御装置は接近性、保全性、熱の影響等を考慮して配置しなければならない。
- ・ 防水・防塵・・・制御装置は、外部からの固体及び液体の侵入に対して、適切な保護能力を持つものでなければならない。

インターロック装置(電気回路含む)代表例

カテゴリ1



安全機能

- ・可動ガードが開くと、Q1がOFFとなりモータは停止する。(停止カテゴリ0)

機能の説明

- ・ポジションスイッチB1は、直接回路動作型(NC接点)
- ・安全機能は、単一障害で喪失の可能性有り。
- ・安全機能は、各部品(装置)の信頼性に拠っている。
- ・故障検知や自己診断機能はない。
- ・ガードの取り外しなどは検出されない。

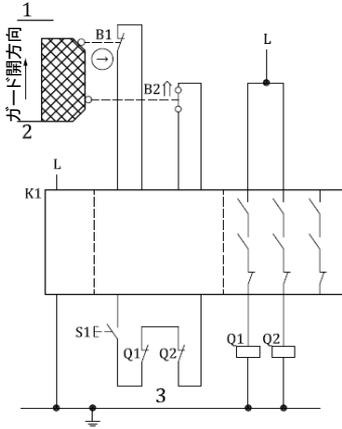
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO14119 附属書Gより抜粋

停止カテゴリ0は、動力源の遮断です。ちなみに停止カテゴリ1は、制御停止後動力源遮断、停止カテゴリ2は、制御停止です。
安全回路設計カテゴリBの安全機能の維持能力は、不具合発生時安全機能を損なう場合が十分起こりえる。
カテゴリ1は、カテゴリBと同様であるが、安全関連部の安全確保機能の信頼性は高い。

インターロック装置(電気回路含む)代表例

カテゴリ4



安全機能

- ・可動ガードが開くと、Q1とQ2がOFFとなりモータは停止する。(停止カテゴリ0)

機能の説明

- ・ポジションスイッチB1は、直接開路動作形(NC接点)
- ・ポジションスイッチB2は、非直接開路動作形(NO接点)
- ・ロジックユニットK1は、B1,B2の動作をモニターしている
- ・コンタクタQ1,Q2の故障は、K1のEDM機能によりモニターされている
- ・起動スイッチ(S1)は、Q1とQ2が非励磁となって、そのNO接点が開となった後でだけ有効となる。

* EDM : External Device Monitoring

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ISO14119 附属書Gより抜粋

カテゴリ4の安全機能の維持能力は、不具合が発生した場合も常に安全機能は損なわれない。

5.4 付加保護方策

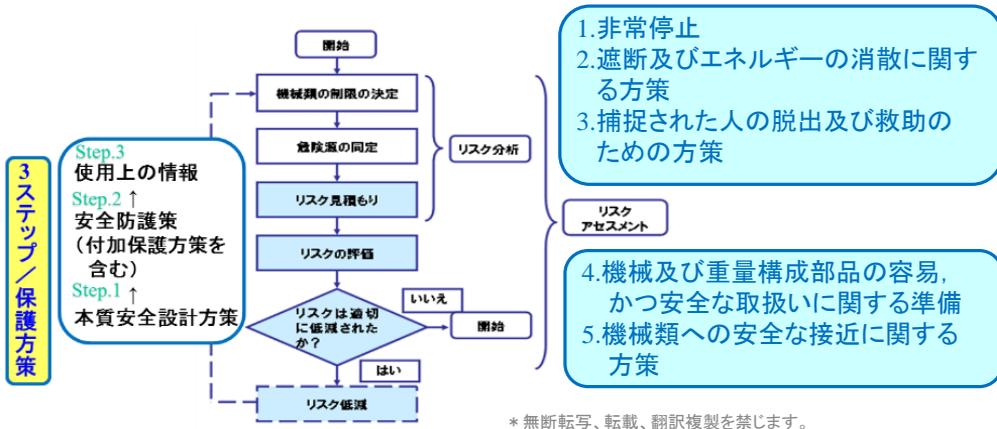
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

学習のねらい・・・ 5.4 付加保護方策

この項では、付加保護方策の種類、適用例と設計方法について学習する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

機械の“意図する使用”及び合理的に予見可能な機械の誤使用によって必要なとき、本質的安全設計方針でなく、安全防護(ガード、保護装置)でもなく、使用上の情報でもない保護方針を実施しなければならない場合がある。このような保護方針は“付加保護方針”と呼ばれ、ISO 12100-1 の図では、3ステップのうち安全防護とともにステップ2に位置づけられている。付加保護方針としては、次の5つの内容が規定される。



付加保護方針としては、次の5つの内容が規定される。

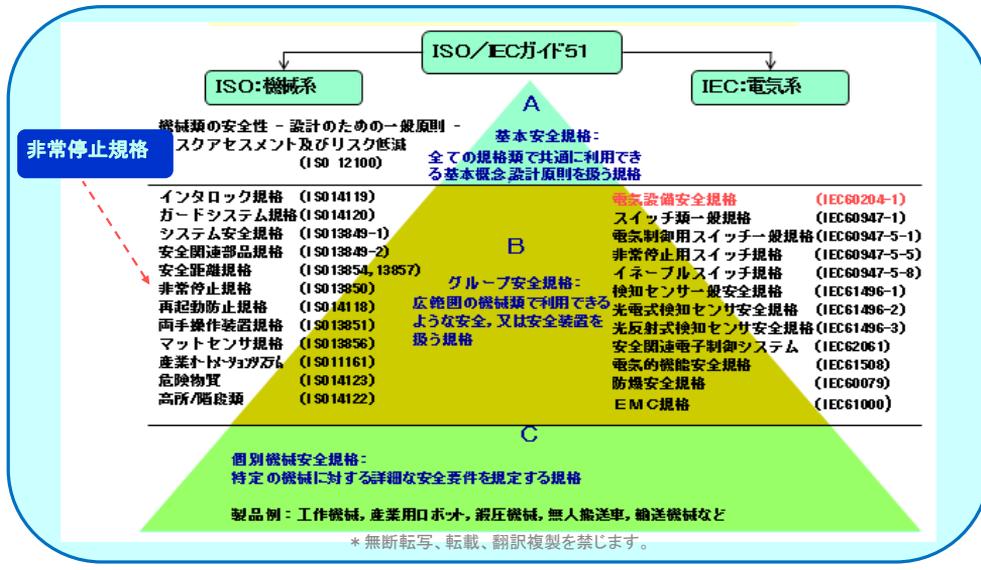
1. 非常停止：全ての機械は、動力遮断の非常手段をもつ
2. 遮断及びエネルギーの消散に関する方針：動力源はいつでも遮断できるようにし、遮断してもエネルギーが残る場合は、そのエネルギーを早急に消散させるための手段を講じる
3. 捕捉された人の脱出及び救助のための方針：機械に人が巻き込まれたとき、手動で機械から離脱できるような構造にしておく
4. 機械及び重量構成部品の容易、かつ安全な取扱いに関する準備：重い機械は荷揚げのためにアイボルトを備える
5. 機械類への安全な接近に関する方針：階段、はしご、滑り止め、手すりなどを備える

5.4.2 非常停止

418

5.4.2.1 機械安全のA,B,C規格体系における非常停止規格の位置づけ

非常停止規格 ISO 13850 は、グループ安全規格B規格に分類されています。



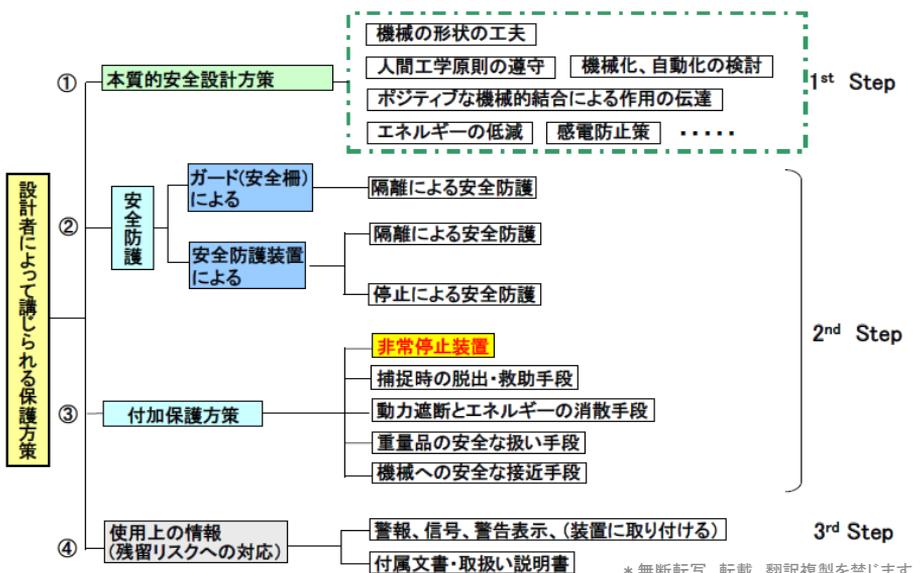
非常停止の規格 ISO 13850 は、グループ安全規格B規格に分類される

5.4.2 非常停止

419

5.4.2.2 非常停止機能のリスク低減プロセスにおける位置付け

非常停止装置は、付加保護方策に分類されています。



非常停止装置は、付加保護方策に分類される

5.4.2 非常停止

5.4.2.3 非常停止機能

420

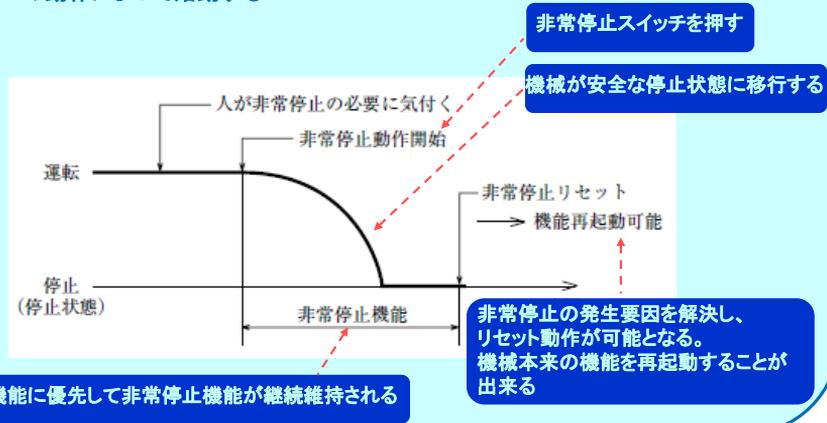
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

設計要求事項は、ISO 13850(機械類の安全性—非常停止—設計原則)で規定され、機械類に広く使用される

非常停止(機能)[Emergency stop (function)]:

次のことを目的とした機能

1. 人に対する危険源を又は機械若しくは工程中のワークへの損害を避けるか又は減少させる。
2. 人の単一の動作によって始動する。



この図は、非常停止時のモータ等の可動部分の停止を表した図です。
非常停止の始動は、人の操作によって開始されます。
非常停止は全ての機能に優先して継続維持されます。

5.4.2 非常停止

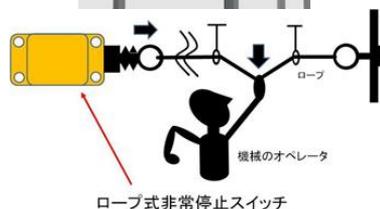
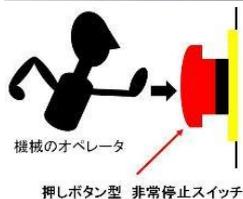
421

5.4.2.3 非常停止機能

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

設計要求事項は、ISO 13850(機械類の安全性—非常停止—設計原則)で規定され、機械類に広く使用される非常停止手段について、設計上の原則を定めたものである。この規格では、

- (1) 非常停止手段が有すべき機能
- (2) 非常停止装置自体の要求事項
- (3) アクチュエータとして使用されるワイヤ及びロープに対する要求事項を定めている。



非常停止は、安全性設計の基本であり機械類に広く使用されている機能である。この機能は、人に対する危険源を減少又は、避けることを主目的とし、人の単一動作によって、非常停止機能を始動する。非常停止機能は、機械の全ての機能に優先しなければならない、機械設計の重要機能である。

非常停止の設計原則で定められたポイントは、次の3点です。

- (1) 非常停止手段が有すべき機能
- (2) 非常停止装置自体の要求事項
- (3) アクチュエータとしてつかわれるワイヤ及びロープに対する要求事項。

5.4.2 非常停止

422

5.4.2.3 非常停止機能

非常停止機能は、以下のような一般的な要求事項がある。

1. 非常停止機能は、機械のすべての運転モードに優先する。
2. リセットされるまで他のすべての起動信号も有効にはならない。
3. 他の安全機能の代替手段にしてはならない。
4. 非常停止機能は、他の保護装置又は他の安全機能をもつ装置の有効性を損なってはならない。
5. 非常停止装置の動作後、非常停止機能は別の危険を発生させることなしに、機械を停止させる。

補足説明

上記2: 非常停止が使用されたということは、機械が何かしらの緊急事態が発生していることになる。緊急事態発生の原因を取り除き安全なスタンバイモードであることを確認してからリセット動作し、復帰することが可能となる。

上記3:



非常停止機能があるので、ドアインターロックを付けなくて、ドアを開ける度に、非常停止を毎回使用すれば良い。という考え方は間違いです。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

非常停止機能の要求事項は、次の5件がある。

1. 機械の全ての運電モードに優先する。
2. リセットされるまでは、起動しない。
3. 他の機能の代替えとしてはならない。
4. 他の保護装置等の有効性を損なってはならない。
5. 機能作動後、他の危険を発生させることなく機械を停止させる。

なお、非常停止は、機械に何らかの緊急事態が発生した時に使用する。通常の停止として使う手段ではない。

2. を補足すると、

非常停止が使用されたということは、機械が何かしらの緊急事態が発生していることとなります。緊急事態発生の原因を取り除き安全なスタンバイモードであることを確認してからリセット動作し、復帰することが可能とならなければならないということです。

3. を補足すると、

例えば、非常停止機能があるので、ドアインターロックを付けなくて、ドアを開ける度に非常停止を毎回使用するという事をしてはいけないということです。

5.4.2 非常停止

423

5.4.2.3 非常停止機能

非常停止機能は、以下のような一般的な要求事項がある。

1. 非常停止機能は、機械のすべての運転モードに優先する。
2. リセットされるまで他のすべての起動信号も有効にはならない。
3. 他の安全機能の代替手段にしてはならない。
4. 非常停止機能は、他の保護装置又は他の安全機能をもつ装置の有効性を損なってはならない。
5. 非常停止装置の動作後、非常停止機能は別の危険を発生させることなしに、機械を停止させる。

補足説明

上記4: 炎センサ 熱センサ



火災が発生したので非常停止機能を使用しました。同時に、自動消火器の電源も遮断されました。このようなことがあってはいけません。消火器の電源は、保安電源からの供給とし、設備電源とは、別電源供給する必要があります。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4. を補足すると、
例えば、火災発生により、非常停止機能を使用した。
同時に自動消火器の電源も遮断されたということが
あってはいけません。この場合、消火器の電源は、
保安電源からの供給とし、設備電源とは別電源供給と
する必要があります。

5.4.2 非常停止

424

5.4.2.3 非常停止機能

非常停止機能は、以下のような一般的な要求事項がある。

1. 非常停止機能は、機械のすべての運転モードに優先する。
2. リセットされるまで他のすべての起動信号も有効にはならない。
3. 他の安全機能の代替手段にしてはならない。
4. 非常停止機能は、他の保護装置又は他の安全機能をもつ装置の有効性を損なってはならない。
5. 非常停止装置の動作後、非常停止機能は別の危険を発生させることなしに、機械を停止させる。

補足説明

上記5: 回転するロール機構の運動部分の停止機能



非常停止機能を使用しました。
機械は、内部にロール回転する機構があります。
非常停止は機能していますが、動力系への電源が遮断されただけで、ロールはイナーシャルで未だ回転しています。いわば、危険な残留エネルギーがあります。
対策として、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。

この補足説明の図は、一般的な要求事項の「5. 機能作動後、他の危険を発生させることなく機械を停止させる」に対応できていない例です。内容は、「動力系電源を遮断し、保護カバーが開けられる状態でも、回転ローラのイナーシャが大きく、動力供給なしに空転し続ける危険源が残留していた事例です。」対策は、保護カバーが開けられる条件として、ローラの回転を検知し、停止を確認するユニットを追加してリスク低減を行いました。

5.4.2 非常停止

425

5.4.2.4 非常停止機能のカテゴリー

IEC 60204-1 では、停止機能をカテゴリーとして以下のように分類しており、この分類に基づいて、ISO 13850 では非常停止は、**カテゴリ0 又はカテゴリ1の停止機能を有していなければならない**とされる。

カテゴリ0: 機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止 (すなわち、非制御停止)

カテゴリ1: 機械アクチュエータが停止するために電力を供給し、その後停止したときに電源を遮断する制御停止

カテゴリ2: 機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止

補足説明

停止のカテゴリーは、カテゴリ0, 1, 2 の3種類が存在する。この内、**非常停止機能 (ISO13850) に用いられるのは、カテゴリ0, 1のみである。**

■ 停止カテゴリ0

機械のアクチュエータへの動力(電源)の即時切り離しによる停止。
(追加のブレーキが必要な場合がある。)

- ・電気機械式開閉機器による機械の電気モーターへのスイッチのOFF
- ・危険な要素(直接の危険源)と機械アクチュエータとを機械的に切離す
- ・機械の油空圧アクチュエータへの流体の動力供給を遮断する

■ 停止カテゴリ1

- ・停止するまで機械アクチュエータに動力が供給される制御された停止。
- ・停止すると動力は切り離される。

■ 停止カテゴリ2

- ・機械が停止したあとも電源は接続

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

IEC 60204-1では、停止機能をカテゴリーとして以下のように分類しており、この分類に基づいて、ISO 13850 では非常停止は、カテゴリ0又はカテゴリ1の停止機能を有していなければならないとされています。

- ・カテゴリ0は、機械アクチュエータの電源を直接遮断することによる停止です (すなわち、非制御停止です)
- ・カテゴリ1は、機械アクチュエータが停止するために電力を供給し、その後停止したときに電源を遮断する制御停止です
- ・カテゴリ2は、機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止です。

補足すると、

- ・アクチュエータの動力(電源)を、直ちに遮断する、停止カテゴリ0。
- ・制御して停止した後、動力を遮断する、停止カテゴリ1。
- ・機械を制御停止した後も、動力(電源)が供給された状態の、停止カテゴリ2。

となります。

機械類の非常停止に使える、停止カテゴリーは、「0」と「1」です。

5.4.2 非常停止

426

5.4.2.4 非常停止機能のカテゴリー

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

IEC 60204-1 では、停止機能をカテゴリーとして以下のように分類しており、この分類に基づいて、ISO 13850 では非常停止は、**カテゴリー0** 又は**カテゴリー1**の停止機能を有していなければならないとされる。

カテゴリー0: **機械アクチュエータ**の電源を直接遮断することによる停止(すなわち、**非制御停止**)

カテゴリー1: 機械アクチュエータが停止するために電力を供給し、その後停止したときに電源を遮断する**制御停止**

カテゴリー2: 機械アクチュエータに電力を供給したままにする制御停止

補足説明

■ 機械アクチュエータ:

装置などで、エネルギーの供給を受けて、最終的な機械の仕事に変換する機械要素。サーボモーター・油圧シリンダー・空圧シリンダー・油圧モーターなど。

機械アクチュエータは、機械的動作(多くは回転動作)を直線動作に変換したり、ギヤを使って異なる速度の回転動作に変換したりするためのメカニズムとして使われています。

これらのアクチュエータは、多くの場合、パワードライブ、機械連結装置、フィードバック装置といった、複数の装置の動作制御に使われるより大きなシステムの一部として利用されます。

■ 非制御停止:

機械アクチュエータへの電力を切ることによる機械動作の停止であり、ブレーキその他の機械的停止装置はすべて動作させるもの

■ 制御停止:

制御装置が停止信号を認識すると、例えば指令電気信号をゼロにするが、停止までは、機械アクチュエータへの電気電力を残しておく機械の停止方法。

補足とし用語の定義について説明します。

・ 機械アクチュエータについて

装置などで、エネルギーの供給を受けて、最終的な機械の仕事に変換する機械要素のことです。

具体的にはサーボモーター・油圧シリンダー・空圧シリンダー・油

圧

モーターなどを指します。

機械アクチュエータは、機械的動作(多くは回転動作)を直線動作

に

変換したり、ギヤを使って異なる速度の回転動作に変換したりするためのメカニズムとして使われています。

これらのアクチュエータは、多くの場合、パワードライブ、機械連

結

装置、フィードバック装置といった、複数の装置の動作制御に使われるより大きなシステムの一部として利用されます。

・ 非制御停止について

機械アクチュエータへの電力を切ることによる機械動作の停止であ

り、

ブレーキその他の機械的停止装置はすべて動作させます。

・ 制御停止

制御装置が停止信号を認識すると、例えば指令電気信号をゼロに

するが、停止までは、機械アクチュエータへの電気電力を残しておく
機械の停止方法をいいます。

5.4.2 非常停止

427

5.4.2.5 非常停止装置

非常停止装置は、オペレータが簡単に作動させることができるように、制御ステーションや非常停止が要求される場所に配置する必要がある。非常停止装置の要求事項は以下の通りである。

- 配置：
オペレータの操作位置、非常停止が要求される場所
- 装置の接点及び原理：
ポジティブな機械的作用原理、ラッチングにより非常停止信号を維持する
- アクチュエータの種類：
押しボタンスイッチ(きのこ形)、コードを引くことで作動のスイッチ(ワイヤ、ロープ、棒)ハンドル、ガードのないペダルスイッチ(特別の用途のみ)
- 通常機能への復帰：
手でリセット、リセットにより、機械は再起動しない
- 色：
赤、アクチュエータの取付け周りの地は黄。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

非常停止装置は、オペレータが簡単に作動させることができるように、制御ステーションや非常停止が要求される場所に配置する必要があります。

非常停止装置の要求事項は記載の通り

- ・ 配置について
オペレータの操作位置、非常停止が要求される場所に配置する必要があります
- ・ 装置の接点及び原理について
ポジティブな機械的作用原理、ラッチングにより非常停止信号を維持する必要があります
- ・ アクチュエータの種類について
キノコ型の押しボタンスイッチ、コードを引くことで作動スイッチ、ハンドル、ガードのないペダルスイッチ（特別の用途のみ）などを使用する必要があります
- ・ 通常機能への復帰：
手でリセット、リセットにより、機械は再起動しないようにする必要があります
- ・ 色：

赤, アクチュエータの取付け周りの地は黄色にする必要があります

5.4.2 非常停止

428

5.4.2.5 非常停止装置

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

■ 配置:

オペレータの操作位置、非常停止が要求される場所

■ 装置の接点及び原理:

ポジティブな機械的作用原理、ラッチングにより非常停止信号を維持する

補足説明

■ 配置: 各々の操作制御ステーション



プレスの両手押しボタンスイッチの間に非常停止スイッチが有ります。



■ 非常停止が要求される場所: リスクアセスメントで決定された緊急事態を回避する必要があると決定された場所

例として

- ・ 入り口および出口
- ・ あらゆる場所から歩いて到達できる、4m以内の適切な場所
- ・ 機械への介入が必要とされる場所



設備の側面から入って搬送ロボットをメンテナンスする作業を行います。



非常停止ボタンの配置についてももう少し詳しく御説明します。

オペレータの操作位置とは、各々の操作制御ステーションになります。非常停止が要求される場所は、リスクアセスメントで決定された緊急事態

を回避する必要があると決定された場所になります。

例として

- ・ 入り口および出口
- ・ あらゆる場所から歩いて到達できる、4 m以内の適切な場所
- ・ 機械への介入が必要とされる場所
などが挙げられます。

5.4.2 非常停止

5.4.2.5 非常停止装置

429

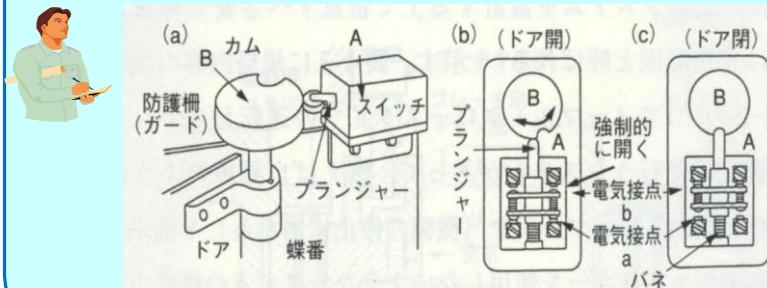
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- 配置:
オペレータの操作位置、非常停止が要求される場所
- 装置の接点及び原理:
ポジティブな機械的作用原理、ラッチングにより非常停止信号を維持する

補足説明

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。(JIS C 8201-5-1 及び 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。

次に装置の接点及び原理についてもう少し詳しく御説明します。

ポジティブな機械的作用とは、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ます。

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。

5.4.2 非常停止

430

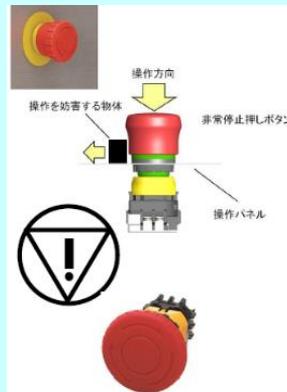
5.4.2.5 非常停止装置

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- アクチュエータの種類：
押しボタンスイッチ(きのこ形)、コードを引くことで作動のスイッチ(ワイヤ、ロープ、棒)ハンドル、ガードのないペダルスイッチ(特別の用途のみ)
- 通常機能への復帰：
手でリセット、リセットにより、機械は再起動しない
- 色：
赤、アクチュエータの取付け周りの地は黄。

補足説明

- アクチュエータの種類
非常停止装置のアクチュエータは赤。バックグラウンドは黄色
- 非常停止装置は簡単な方法で動作がブロックされないように設計されなければならない。
- アクチュエータとバックグラウンドには、文字やシンボルを使わない方がよい。仮に、シンボルを使用する場合は、右の図を使用すること。
- アンラッチを示す方向が重要な場合には、アクチュエータと同じような色で方向を指し示すこと。



次にアクチュエータの種類ですが、非常停止装置のアクチュエータは赤。

バックグラウンドは黄色にする必要があります。

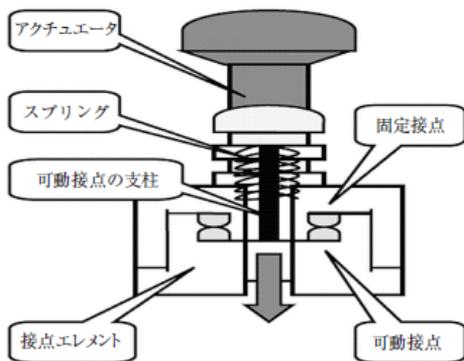
また非常停止装置は簡単な方法で動作がブロックされないように設計されなければなりません。アクチュエータとバックグラウンドには、文字やシンボルを使わないようにしてください。仮に、シンボルを使用する場合は記載の図を使用して下さい。

アンラッチを示す方向が重要な場合には、アクチュエータと同じような色で方向を指し示すようにして下さい。

5.4.2 非常停止

5.4.2.5 非常停止装置

431



可動接点が溶着しても、支柱が確実に接点を切り離す構造になっています。
その他の関連規格も参照してください。



参照／関連規格

| 規格／箇条番号 | 規格／箇条のタイトル |
|----------------------|--|
| ISO12100 3.39 | 機械類の安全性－設計のための一般原則－リスクアセスメント及びリスク低減“非常停止”の定義 |
| ISO13850 | 機械類の安全性－非常停止－設計原則 |
| ISO13850 3.1 | 同上，“非常停止(機能)”の定義 |
| ISO13850 3.2 | 同上，“非常停止機器”の定義 |
| IEC60204-1 3.1.14 | 機械類の安全性－機械の電気装置－第1部：一般要求事項“制御停止”の定義 |
| IEC60204-1 3.1.64 | 同上，“非制御停止”の定義 |
| IEC60204-1 9.2.3.3 | 同上，“停止”に対する要求事項 |
| IEC60204-1 9.2.3.4.2 | 同上，“非常停止”に対する要求事項 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

非常停止装置の詳細図を示します。アクチュエータ、スプリング、可動接点の支柱、固定接点、接点エレメント、可動接点で構成されています。

可動接点が溶着しても、支柱が確実に接点を切り離す構造になっています。

その他の関連規格も記載していますので参照してください。

5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策

432

5.4.3.1 動力源遮断装置

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

危険区域内で作業を行う場合の安全確保のために、予期しない起動の発生を防止する必要がある。ISO 12100-2 5.5.4 では、付加保護方策として規定され、詳細は、ISO 14118“機械類の安全性—予期しない起動の防止”で規定される。
なお、この方策は、PL 対策で必要となる**ZMS*(ゼロメカニカルステート)による安全確保策である。**
方策には、動力源遮断装置と蓄積エネルギーの消散又は制限装置がある。

補足説明

ZMS : エネルギー源から隔離し、エネルギーゼロ状態を安全性が最も高い状態とみなす。この状態をZMSと呼ぶ。

停止安全状態(危険状態になるための条件が除去されている状態)を示す代表特性

例1: 電源供給回路のメインスイッチの接点が開(Open)になった状態
メイン回路の電磁リレーが開(Open)になった状態
メイン電源のコンセントを取り外した状態
かつ惰性回転部の回転計の値がゼロの状態
かつコンデンサーの電圧計の値がゼロの状態

例2: 圧縮空気供給配管のメインバルブを閉にした状態
かつ圧縮空気の大気開放バルブを閉にした状態
かつ圧縮空気系統の圧力計の指示値がゼロの状態

- ・ 「前段を読み上げた後」すなわち危険区域内での作業に伴い、可動部分の「動力源」を遮断する事を目的とする。
- ・ 「補足説明を読み上げた後」例3として油圧供給の遮断も挙げられる。

油圧供給源の電動機がオフした状態

かつ電磁弁がオフした状態

かつ圧力計（もしくは流量計）の指示がゼロの状態
が必要な特性である。

5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策

433

5.4.3.1 動力源遮断装置

■要求事項:

- ・断路, 分離など, 確実に信頼できる遮断とする.
- ・手動制御器と遮断装置は, 機械的に結合している.
- ・手動制御器の位置に対応する遮断機器の状態を, 明確に識別できる.
- ・遮断装置は, 施錠(固定)装置により施錠できるもの又は他の方法で遮断位置に固定できるものでなければならない.

■遮断装置の配置及び数:

- ・機械の構成, 危険区域に人がいることの必要性, リスクアセスメントにより決定する.
- ・遮断装置が遮断する機械又は要素の対応関係を明確にする.

■遮断装置の例:

- ・電源開路機器(IEC 60204-1 5.3)
- ・プラグ/ソケット接続[IEC 60204-1 5.3.2 d)] など

■施錠装置の例:

- ・南京錠
- ・トラップド・キーインターロック装置
- ・エンクロージャ など

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

・先に挙げた「ZMS」を実現する為に、ISO 14118 (JIS B 9714) では

下記の様に定義されている。

・遮断装置の例に関しては、電気対応 (IEC) を引用してあるが液圧、

空圧システムに関しても各々「EN 982」「EN 983」で要求事項が示され

ている。

・ISO 14118は「2017年12月」に改訂が行われているので、最新版を参照する事が望ましい。

5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策

434

5.4.3.1 動力源遮断装置

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

■ 要求事項:

- ・断路, 分離など, 確実に信頼できる遮断とする.
- ・手動制御器と遮断装置は, 機械的に結合している.
- ・手動制御器の位置に対応する**遮断機器の状態を, 明確に識別できる.**
- ・**遮断装置は, 施錠(固定)装置により施錠できるもの**又は他の方法で遮断位置に固定できるものでなければならない.

■ 遮断装置の配置及び数:

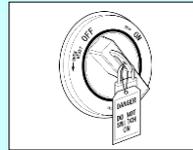
- ・機械の構成, 危険区域に人がいることの必要性, リスクアセスメントにより決定する.
- ・遮断装置が遮断する機械又は要素の対応関係を明確にする.

補足説明

遮断機器の状態を識別可能なブレーカー



主電源ブレーカーが上がらないように、鍵を付ける
この穴に
ロックアウトして・・・



ロータリースイッチに対するロックアウトタグアウト

- ・ (本ページは「補足説明」もあり、読み上げだけで問題無いと思います。)

5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策

435

5.4.3.1 動力源遮断装置

■遮断装置の例:

- ・電源開路機器 (IEC 60204-1 5.3)
- ・プラグ/ソケット接続 [IEC 60204-1 5.3.2 d)] など

■施錠装置の例:

- ・南京錠
- ・**トラップド・キーインターロック装置**
- ・エンクロージャ など

補足説明

■トラップド・キーインターロック装置

予め定義された操作シーケンスが必要な安全アプリケーションで電力遮断、キー交換、およびインターロック用に設計された**メカニカル式のインターロック**です。

例として、危険な機械を点検する際に作業者の安全を確保し、万が一の事故を未然に防止するための安全スイッチです。

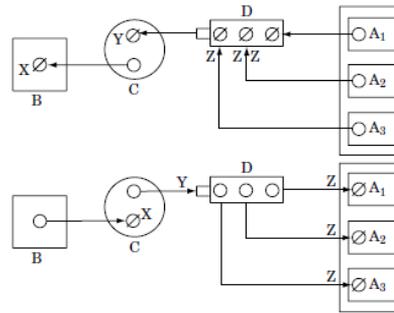
構造は、堅牢なステンレス製インターロック

キー交換やアイソレータでアプリケーションに対応

ドアを開ける前に電源遮断を確実に実行させるため、複雑な安全回路が不要となる。

ドアのインターロックは、メカ式なので電気配線が不要

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



A : ガード錠 B : 回路遮断要素錠 C : 時間遅延装置
D : キー交換箱 X, Y, Z : キー ○ : キー保持なし錠 ⊙ : キー保持あり錠

ガードを開いた状態を示している。A₁ から A₂ に保持されていたキーが、キー交換箱にすべて移されると D に保持されていたキーが抜ける。D から抜いたキーが、C の時間遅延装置の Y に保持されると X のキーが B の回路遮断要素に保持される。

- ・添付の回路図は「JIS B 9710」の附属書からの転記となる。
- ・ロック装置本体にキーが付属しており、キーを差し込まないと、ロック（動力供給）状態とならない。
- ・複雑な操作を伴う為、緊急性が要求される部位には適さない。
- ・キーは作業者が携帯する事でインターロックとなるが、スペアキーを
用いられた場合、無効化されてしまう。

5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策

436

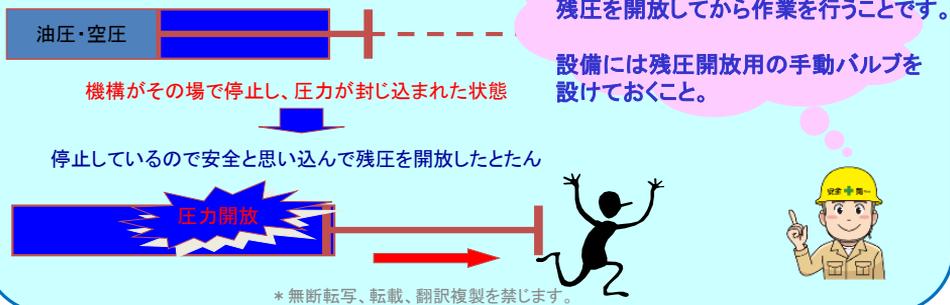
5.4.3.2 蓄積エネルギーの消散又は制限装置

■要求事項:

- ・残留エネルギー放出用機器に残留エネルギーが残る場合、確実に封じ込める機能を備える。
- ・エネルギー放出により危険が増加したり、別の危険が生じない。
- ・残留エネルギー抑制用機器は抑制位置でロック可能とする、あるいは他の方法で安全を確保できる。
- ・残留エネルギーの放出又は抑制の手順は取扱説明書、注意名版に記載する。
装置の例: 放電抵抗器、減圧バルブ、ブレーキ など

補足説明

油圧・空圧機器の圧力開放の危険性



- ・本項では「油圧・空圧」の残留エネルギーに関して説明する。
- ・前項に有るように「ZMS」による作業例において、「開放用手動バルブ」により「残圧開放」を行うが、ばね要素による危険を生じさせない為には、ロック機構もしくは装置例に有る手法を取る必要がある。

5.4.3 遮断及びエネルギー消散に関する方策

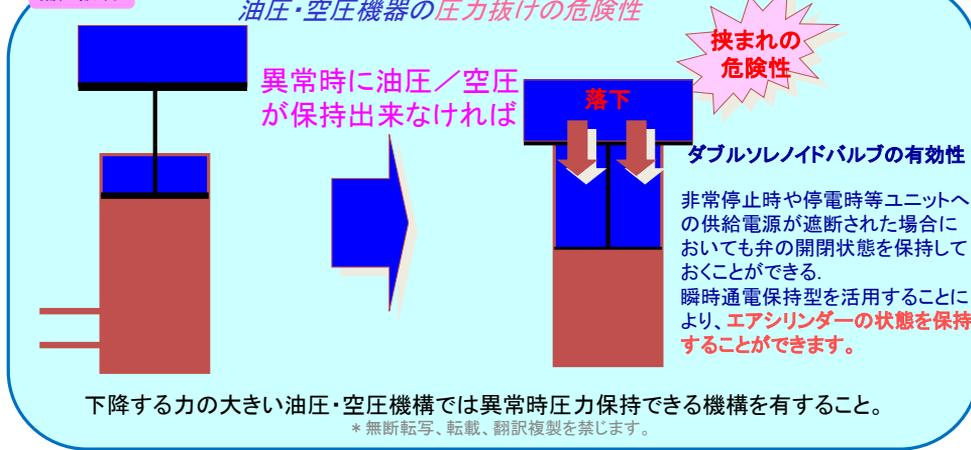
437

5.4.3.2 蓄積エネルギーの消散又は制限装置

■要求事項:

- ・残留エネルギー放出用機器に残留エネルギーが残る場合、確実に封じ込める機能を備える。
- ・エネルギー放出により危険が増加したり、別の危険が生じない。
- ・残留エネルギー抑制用機器は抑制位置でロック可能とする。

補足説明



- ・本項の補足事項は「封じ込め」に関する記述で有る。
- ・「封じ込め」による、状態の保持においては、必要な場合、施錠又は固定する必要も有る。
- ・ISO 14118(JIS B 9714)においては、「一般要求事項」「機械要素」に続き、『検証』の項目が有るので参照される事が望ましい。

5.4.3.3動力源遮断装置及び、蓄積エネルギーの消散又は制限装置

補足説明

以下のような参照、関連規格があります。

| 参照/関連規格 | |
|-------------------|---|
| 規格/箇条番号 | 規格/箇条のタイトル |
| ISO 12100 6.3.5.4 | “遮断及びエネルギーの消散に関する方策” に対する要求事項 |
| ISO 14118 5 | 機械類の安全性—予期しない起動防止— “遮断及びエネルギーの消散のための手段” に対する要求事項 |
| ISO 14118 5.1 | “動力源の遮断装置” に対する要求事項 |
| ISO 14118 5.2 | “施錠（固定）装置” の例 |
| IEC 14118 5.3 | “蓄積エネルギーの消散又は制限（封じ込め）装置” に対する要求事項 |
| IEC 60204-1 5.5 | “電気装置の断路機器” に対する要求事項 |
| IEC 60204-1 5.6 | “禁止されている投入，不注意による投入及び／又は誤投入に対する保護” 要求事項 |
| IEC 60204-1 5.3 | “電源断路機器” に対する要求事項 |
| ISO 14119 附属書 B | “トラップド・キーインターロック装置” の例 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

ここまで説明した5.4.3の遮断及びエネルギー消散に関する方策は既に述べたようにISO 14118 予期しない起動の防止、IEC 60204-1 機械の電気機器の一般要求事項に基づいている。規格を参照する場合は、ここに記載した箇条を参考にすること。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

■ 要求事項:

- ① オペレータが捕捉される**危険源を生じる設備での脱出ルート**及び避難場所
- ② 非常停止後に特定の要素を手で動かすための手段
- ③ 特定の要素を逆転するための手段
- ④ 下へ降りる装置のための係留具
- ⑤ 捕捉された人が救助を求めることができる伝達の手段

補足説明

ロボットの稼働に対する危険性に対し、

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

槽内で保安全なのに、急に
ロボットが動きだした。
早く脱出しなきゃ



万一、閉じ込められた場合、
内側のハンドルを回すと
ロックが解除され、
脱出が可能となります。
捕捉された人の脱出及び
救助のための方策の一つです。

非常停止機能



補足された人の脱出及び救助のための方策について、この「要求事項」は ISO 12100に記載されているものである。これらは方策として列挙されていて、これらに限定するものではないと述べられている。

図の事例は、ロボットの可動域に閉じ込められた場合に内部からも出入口のロックを解除可能にすることで脱出することができる方策である。

■ 要求事項:

- ① オペレータが捕捉される危険源を生じる設備での脱出ルート及び避難場所
- ② **非常停止後に特定の要素を手で動かすための手段**
- ③ 特定の要素を逆転するための手段
- ④ 下へ降りる装置のための係留具
- ⑤ 捕捉された人が救助を求めることができる伝達の手段

補足説明

昇降機構系の搬送ロボットに挟まれてしまった!!
何とかして早く救出しなければ



搬送ロボットは、パルスを保有していますから、指示された位置まで動作します。非常停止機構を使用して、設備を電源遮断すると共に、ロボットのサーボモーターのブレーキリリーススイッチを設けて、マニュアル操作で救助できるようにする手法を持つ必要があります。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

機械の可動部で挟まれたとき、その機械部分を人力で動かして救助する
場合がある。

制御装置が正常で手動操作可能な場合もあるが、救助する人の中に
機械を操作可能な人がいない場合もある。発生原因が不明な場合、
非常停止を解除することで危険な状態となる恐れもある。

非常停止状態でもブレーキなど機械を固定する機構があればそれを
解除する手段を設けることで救助できるようにする。

■ 要求事項:

- ③ 特定の要素を逆転するための手段
- ④ 下へ降りる装置のための係留具
- ⑤ 捕捉された人が救助を求めることができる伝達の手段

補足説明

非常停止スイッチは、押せたけど
情性で回転するローラに挟まれた！
近くに誰もいない。誰か助けて～



万一の緊急事態を周囲に
知らせる手段が必要です。
例として、非常停止スイッチ
操作時に、外部出力信号
を使用して、回転灯をまわす
などの手法があります。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

図のようなローラに巻き込まれて、ローラを逆転しないと救助できないと
いったことが想定される場合は逆転する手段が必要となる。
また、機械に捕捉された人が周囲の人に知らせるための方法も必要となる。

5.4.5 機械及び重量構成部品の容易，かつ 安全な取扱いに関する準備

442

■要求事項:

手で移動又は運搬ができない機械及びその構成部品については、**つり上げ装置**による運搬のため適切な附属用具を備えておくか、又は附属用具を取り付けることができるようにすること。

補足説明

- つり上げ装置の例として、ホイスト、門型クレーン、ジブクレーン、ウインチ、吊り具、チェーンブロック、クレーンサドルなどがある。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

保守などで機械の一部を取り外したりする場合、手で持ち上げられない重量物もつり上げ用具を用いて容易に作業できるように設計しなければならない。取扱う対象そのものだけでなく、周囲にあるものが作業の邪魔にならないようにすることも必要である。着脱する部品の重量や重心などの情報も安全作業には必要となる。

■要求事項:

- ① 運転や保全などの作業を地上レベルで行えない場合の方策
プラットフォーム、階段など(ただし、危険区域に接近できないようにする)
- ② 機械類の高所にある部位への接近手段
階段、はしご、プラットフォームのガードレール及び／又ははしごの安全囲い
など(墜落防止)
- ③ 歩行区域に関する要求事項
作業時すべらないような材料で製作する。
地上からの高さに応じて、適切なガードレールを備える。

補足説明

JIS B 9713機械類の安全性- 機械類への常設接近手段

ISO 14122(JIS B 9713)の規格群には、次に示す部編成がある。

ISO 14122-1(JIS B 9713-1) 第1部:高低差のある2か所間の固定された昇降設備の選択
一部内容を抜粋;

**5.2 望ましい昇降設備 機械への望ましい昇降設備は、次の順序で選択し
なければならない。**

- a) 地上又は床からの直接の接近
- b) 昇降機、傾斜路又は階段
- c) 段ばしご又ははしご

ISO 14122-2(JIS B 9713-2) 第2部:作業用プラットフォーム及び通路

ISO 14122-3(JIS B 9713-3) 第3部:階段、段ばしご及び防護さく(柵)

ISO 14122-4(JIS B 9713-4) 第4部:固定はしご

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

運転、設定、保守など日常作業は可能な限り地上レベルでできるように設計しなければならない。これが不可能な場合、機械に安全に接近できるように階段、プラットフォームなどを設けなければならない。

それらの要求事項がここに記載されたものである。

ISO 14122は機械類での常設接近手段についての安全規格である。

5.4.6 機械類への安全な接近に関する方策

444

■要求事項:

- ① 運転や保全などの作業を地上レベルで行えない場合の方策
プラットフォーム、階段など(ただし、危険区域に接近できないようにする)
- ② 機械類の高所にある部位への接近手段
階段、はしご、プラットフォームのガードレール及び／又ははしごの安全囲い
など(墜落防止)
- ③ 歩行区域に関する要求事項
作業時すべらないような材料で製作する。
地上からの高さに応じて、適切なガードレールを備える。

補足説明



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 要求事項を実際に適用した例を下側に写真で示す
- ・ 左側「はしご」
- ・ 垂直に固定されたはしごに「背かご」などと呼ばれる、安全囲いを設けた写真
- ・ 頭から墜落することを防ぎ、重傷や死亡に至るリスクを軽減する
- ・ 中央「階段」
- ・ 手すり及び階段の踏み板部に縞鋼板を設けた転倒防止策を行った階段の写真
- ・ 縞鋼板は縞状の突起部を持つ板
- ・ 縞鋼板は水や油などの影響下では滑りやすくなるため注意が必要
- ・ 右側「高所作業場所」
- ・ 落下の危険がある箇所に転落防止柵を設けた写真

5.5 人間工学

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

学習のねらい・・・ 5.5 人間工学

人間工学は、人にやさしい設計を扱う工学である。
この項では、人間工学の視点から、健康障害及びヒューマンエラーを低減し、作業性を改善する方法について学習する。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ (内容のまま)

人間工学に関連した安全性の問題— 装置設計, 据え付け, 操作, サービスまたは保守の要因により, 適切に訓練されたユーザの情報処理能力または身体能力を上回る作業の要求が発生した時は, 人間工学に関連した安全性の問題が生じる。

例えば, 人間工学に関連した安全性の問題は次のものが原因となる:

- 1 静止した, もしくは無理な姿勢。
- 2 反復動作。
3. 手や, 身体が入りにくい場所, 不十分なクリアランス, 過度のリーチ。
4. 重いかまたは大きい部品の持ち上げ。
5. 読み取りまたは理解が困難な表示。
7. 混乱させるような操作部または操作に力のいる操作部。
8. 特定できない警告の使用や機械の問題についての誤った情報伝達。

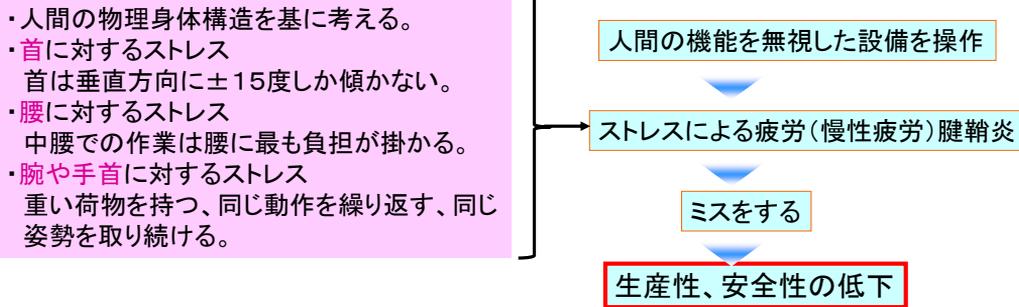


このような安全上の問題が浮上する
とどのような影響があるのでしょうか？

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ (内容のまま)
- ・ (補足) 1の前半「静止した姿勢」は身体的に負荷のかかる姿勢を保持して作業する場合などのことと思われる

ストレス ストレス ストレス ストレス……



- ・人間の物理身体構造を基に考える。
- ・首に対するストレス
首は垂直方向に±15度しか傾かない。
- ・腰に対するストレス
中腰での作業は腰に最も負担が掛かる。
- ・腕や手首に対するストレス
重い荷物を持つ、同じ動作を繰り返す、同じ姿勢を取り続ける。

人間の機能を無視した設備を操作すると疲れて、ミスが起きやすい。
ミスを起こすと危険が伴う。

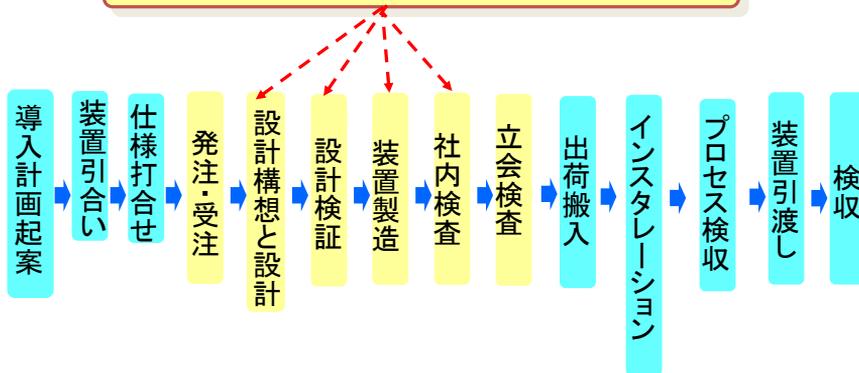
これらの危険を最小限にし、**作業者の精神的、身体的ストレス及び緊張を低減**するために、人間工学に配慮した設計が必要である。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 人間工学を検討する必要性についての説明
- ・ 人間の物理身体的構造＝機能を無視した設備を操作すると疲れる
- ・ 疲れは、6か月以上疲労が続き、一晩寝ても疲れがとれない状態となる慢性疲労や腱鞘炎になる場合もある
- ・ 疲れによりミスが起きやすくなり、生産性や安全性の低下を引き起こす
- ・ つまり、ミスを起こすと危険が伴うことになる
- ・ これらの危険を最小限にし、作業者の精神的、身体的ストレス及び緊張を低減するために、人間工学に配慮した設計が必要
- ・ (補足) 首は垂直方向に対し±15度しか傾かないと説明されているが、実際にはもっと傾く(ネットで検索できる日本リハビリテーション医学会などの資料を見ると、参考値ではあるが、首は前側60度、後ろ及び左右に50度程度可動するのが正常状態とされている) ±15度はストレスを感じず首を動作できる範囲か、あるいはストレスを感じない視線範囲ではないかと思われる

人間工学の検討は、**構想、設計、組み立て、社内検査段階**に渡って人間工学を検討した内容を精査する必要がある。

これらのステップで人間工学の検討と検査を行う



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、人間工学原則を考慮しなければならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・ 図のような導入計画案から検収まで、機械に対するフローを想定した場合、「発注・受注」「構想と設計」「設計検証」「装置製造」「社内検査」「立会検査」の各ステップに渡って、人間工学を検討した内容を精査する必要がある。
- ・ オペレータ及び機械に対して機能（自動化の程度）を割り当てる基本設計の段階で、人間工学原則を考慮しなければならない。

(1) 手動制御器(アクチュエータ)の選定, 配置及び識別は, 次による。

- ・手動制御器は明瞭(瞭)に視認可能で, かつ識別可能であり, 必要に応じて適切に表示されている。
- ・手動制御器は, ちゅうちょ(躊躇)することなく, 素早く, かつあいまいさがなく安全に操作できる。
- ・手動制御器の位置(押しボタンに対して)及び動き(レバー及び丸ハンドルに対して)は, その操作の結果と符合する。
- ・手動制御器の操作によって追加的なリスクを生じない。

一つの手動制御器が, 複数の異なる動作を実行するように設計及び製作されている場合, すなわち一対一の対応がない場合(例えば, キーボード), 実行される動作は明瞭(瞭)に表示され, かつ必要に応じてそれを確認できなければならない。

手動制御器は, 人間工学原則を配慮して, その配置, 操作時の移動量及び抵抗力が実行される動作に適合するように配列しなければならない。保護具(履物, 手袋のような)の使用が必要な場合又はその使用が予見可能な場合には, それによる制約を考慮しなければならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

- ・「識力」とは物事を識別する能力のこと
- ・手動制御器(=アクチュエータ)の選定, 配置及び識別について, 次のような点を配慮することにより, ヒューマンエラーが低減される
- ・明瞭に視認可能で, かつ識別可能であり, 必要に応じて適切に表示されている
- ・躊躇することなく, 素早く, かつあいまいさがなく安全に操作できる
- ・押しボタンの位置及びレバー及び丸ハンドルの動きは, その操作の結果と符合する
- ・操作によって追加的なリスクを生じない
- ・一つの手動制御器が, キーボードなどのように複数の異なる動作を実行するように設計及び製作されている場合, 実行される動作は明瞭に表示され, かつ必要に応じてそれを確認できなければならない
- ・人間工学原則を配慮して配列され, また, 操作時の移動量及び抵抗力が実行される動作に適合するようにしなければならない
- ・操作時に履物や手袋のような保護具の使用が必要な場合又はその使用が予見可能な場合には, それによる制約を考慮しなければならない

(2) 指示器, ダイヤル及び視覚表示ユニットの選択, 設計並びに配置は, 次による。

- ・それらは人間の知覚のパラメータ及び特性に適合する。
- ・表示される情報は容易に気づくことができ, かつ内容を識別して理解できる。
- すなわち, オペレータの要求及び意図する使用に応じて長く持続し, 明りょう(瞭)で, あいまいでなく, かつ理解しやすい。
- ・オペレータは, 操作位置でそれらを認知できる。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

スイッチの配置や操作方向に関してはIEC 60447 (JIS C 0447) に規定がある。例えば、スライド式操作部であれば左が停止、右が高速、若しくは左右が高速で中心が停止である。また操作スイッチ群であれば、左が停止、右が高速、もしくは左右が動作方向で中心が停止となる。回転式操作部であれば時計方向に回転させる事が、例えば加速や音量増加などのエネルギー増大方向となる。これらは、全ての人ではないが、多くの人の感覚にあっている。詳細に関してはJIS C 0447 付属書A (規定) 操作とその結果の現れ方の分類と相関を参照されたい。

出展：機械安全実務講習会[基本コース] 6.9. 人間工学原則の遵守
：JIS C 0447 マンマシンインタフェース (MMI) ー操作の基準

5.5.5 身体的努力に関連する健康障害及びヒューマンエラーを低減する方法

452

- (1) 機械を使用中、**ストレスの大きな姿勢及び動作をする必要がないように**すること。
例えば、種々のオペレータに応じて機械の調整ができるような設備を用意すること。
- (2) 機械、特に手持ち機械及び移動機械は、人間の労力、制御器の操作及び手、腕、脚の**身体構造に配慮して容易に**運転可能なように設計すること。
- (3) 騒音、振動及び極端な温度のような**温熱の影響を可能な限り制限**すること。
- (4) オペレータの作業リズムを自動連続運転のサイクルに無理に合わせないこと。
- (5) 機械及び／又はそのガードの設計上の特性によって明るさが十分でない場合、作業区域及び調整・設定区域、**頻度の高い保全区域の照明用として機械上に又は機械の中に照明を備える**こと。

点滅、げん(眩)光、影及びストロボ効果の影響は、それによってリスクを生じるおそれがある場合、回避しなければならない。
照明源の位置又は照明源自体を調整しなければならない場合、その位置が調整者にとってリスクとなってはならない。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

人間工学的原則は、オペレータの精神的、身体的ストレスを低減する事に関しては、本質安全の原則に合致している。(1)～(4)は、労働者の疲労低減、ストレス低減に効果が大きい。

(5)の照明に関しては、安衛則604条の規定は最低限のものであり、JIS Z 9110の照明基準に従うのが望ましい。適切な照明でミスは減るが、最後は人の確認結果に頼る事になることを認識しなければならない。

出展：械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック
(平成27年3月中央労働災害防止協会)

- ：労働安全衛生規則（中央労働災害防止協会）
- ：JIS Z 9110 照明基準総則（日本工業規格）

- (1) 操作ボタンの位置は、通常作業範囲内に集中させること。
- (2) ボタンの構造は不意の接触による誤動作を防ぐものとする。
- (3) 表示文字は作業位置から読みやすい大きさと場所を選ぶこと。
- (4) スタートとストップボタンは対応して配置し、スタートは上、奥、左に配置し、ストップは下、手前、右に配置すること。
- (5) エラーリセットはスタートボタンの位置から概ね20cm以上離し、誤動作に配慮すること。
- (6) VDTの設置は天井からの光線でグレアが発生しないよう配慮すること。
- (7) オペレータアクセスドアのストッパーは、セルフストップ型(オープンした定位置を保持するタイプ)を使用すること。
- (8) 立ち作業は何か、座り作業は何かを明確にして、設備を設計すること。
- (9) ハンドル・レバー類の動きの方向は機械の運動方向を一致させること。

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

作業性の向上する方法の詳細に関しては、IEC 60447 (JIS C 0447) や

JIS B9700 6.2.8 人間工学原則の遵守の規定を参照されたい。

本内容は具体的対策の一例である。

用語例：

VDT (Visual Display Terminals)：ディスプレイ、キーボード等により

構成されるコンピュータの出力装置の一つで、文字や図形、グラフィック、

動画などを表示する装置のこと

グレア (Glare)：不快感や物の見えづらさを生じさせるような

「まぶしさ」のことをいう。ある光の状態がグレアとなりうるか否かは、

周辺の総合的な環境と個々人の生理的状态で決まる

出展：JIS C 0447 マンマシンインタフェース (MMI) - 操作の基準 (日本工業規格)

：JIS B 9700 機械類の安全性 - 設計のための一般原則 -

(日本工業規格)

- (1) リレー、コンタクタの作動状態の確認が**部品を外すことなく容易に見えること。**
- (2) 15kg以上の保全部品には個別に**重量表示**を行うこと。
- (3) 定期に交換を行う25kg以上の保全部品があるときは、交換作業のために**治具等を準備**すること。
- (4) 電装キャビネット等で**スライド機構**を採用するときはアキュライドレールによるスライド機構を使う等で保全部品性を考慮すること。
- (5) 2m以上の高さに保全部品があるときは、**手すり、把手等**を設けること。
- (6) CRTの取り付け位置は**室内照明が影響しない位置**とする。
- (7) メンテナンス時に**高所作業の可能性**がある場合は別途**踏台**を設けること。
- (8) 設備内部各構成品の相互間については、**あまり密着させず、メンテナンス性を考慮**すること。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

出典：日本アキュライドホームページ

作業性の向上する方法の詳細に関しては、IEC 60447 (JIS C 0447) や

JIS B 9700 6.2.8 人間工学原則の遵守の規定を参照されたい。

本内容は具体的対策の一例である。

用語例：

アキュライドレール：日本アキュライド製スライドレール

(<https://accuride.co.jp/>)

出展：JIS C 0447 マンマシンインタフェース (MMI) - 操作の基準 (日本工業規格)

：JIS B 9700 機械類の安全性 - 設計のための一般原則 -

(日本工業規格)

SEMIスタンダード

S8-0715 半導体製造装置の人間工学エンジニアリングに対する安全ガイドライン があります。

検査についてはSESC 文書を遵守するべきである(付属書1 参照)。との記載があります。
その SESCとは、

サプライヤ人間工学適合条件チェックリスト
Supplier Ergonomics Success Criteria Checklist

サプライヤ人間工学適合条件

SESC (Supplier Ergonomics Success Criteria)

を運用することにより人間工学設計の適合を確認することが出来ます。運用ならびに参考にしてください。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) とは半導体、FPD、太陽光発電、その他関連装置、関連材料、関連サービスを提供している企業における国際工業会です。その工業会の専門委員会が発行される文書（スタンダード・仕様・ガイドライン等）をSEMIスタンダードと呼んでいます。SEMIスタンダードとは、デバイスメーカー、装置製造、材料製造、半導体・FPD工場設備、第三者機関、大学、研究所などのメンバーによって、作成され、承認された業界ガイドラインです。その中で、SEMI S2・SEMI S26を代表とするSEMI Sシリーズは、半導体・FPD (Flat Panel Display) 製造業界の製造装置システムに対する環境、健康、安全 (environmental health and safety: EHS) に関わりのある安全ガイドラインです。SEMI S8 : Safety Guideline for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment (半導体製造装置の人間工学エンジニアリングに対する安全ガイドライン)
出展 : © The British Standards Institution 2018 HPより

: © 2018 SAFE TECHNO Ltd. All rights reserved. HPより

5.6 防爆

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

学習のねらい・・・ 5.6 防爆

防爆とは、爆発性雰囲気(例えば、坑道)の中で使用する機械類に対する爆発／火災を防止するための方策である。

通常、工作機械には適用しない。

この項では、防爆に関する次の項目について学習する。

- － 防爆に関する法規制
- － 爆発/火災の3要素
- － 危険個所(ゾーン)
- － 防爆構造/防爆機器

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

はじめに

引火性の蒸気や可燃性のガスが発生し（または可燃性の粉じんが発生し）、爆発の危険性がある場所で電気機械器具（モータ、スイッチ、配電盤 など）を使用するときは、「電気機械器具防爆構造規格」に従った防爆電気機械器具（防爆機器）を使用しなければなりません。

引火性の蒸気や可燃性ガスが発生する可能性のある事業所の例

| | |
|-------------|---------------|
| 合成樹脂製造工場 | 機械器具、部品の洗浄作業所 |
| 医薬製品製造事業所 | ゴム製品製造工場 |
| ガソリンなどのスタンド | 印刷工場 |
| 半導体製造工場 | 塗装工場 |



爆発の危険性のある場所

- ・特別危険箇所（ゾーン0）
- ・第一類危険箇所（ゾーン1）
- ・第二類危険箇所（ゾーン2）

IDEC株式会社技術資料より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

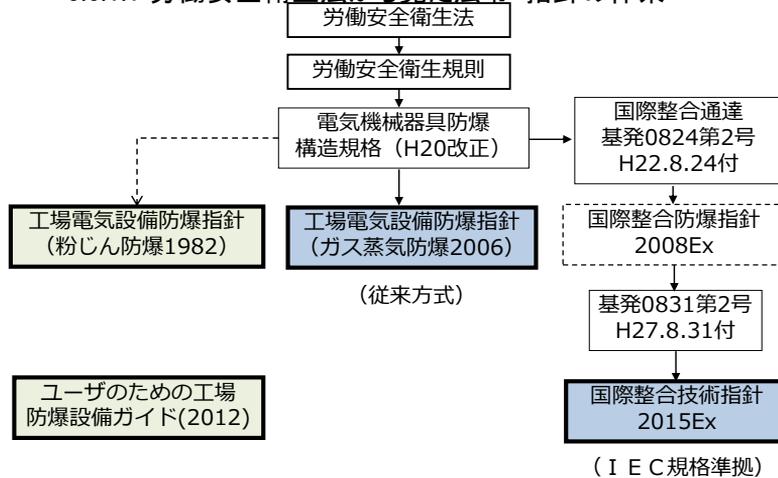
可燃性のガスや液体を使用する場所（区域）で電気・制御システムを使用するときには、電気機器などに関する防爆の知識が必要であることを伝える。

爆発や火災の危険性（リスク）が存在する場所とは、ゾーン0・1・2と、3種類に区分される。（ゾーン0が最もリスクが高い。）

爆発・火災のリスクが有る場所で使用される電気機器をここでは、防爆電気機械器具（防爆機器）と表現する。

5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要

5.6.1.1 労働安全衛生法から見た法令・指針の体系



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

国内における防爆製品（防爆機器）は、労働安全衛生法を基本にして、電気機械器具防爆構造規格（以下、構造規格と略す。H20年改正）に基づいている。
 なお、実際の製品は、その構造規格を基本とした2種類の指針（太枠、青い部分）の内、何れかの具体的な要求に基づいて設計/製造された防爆製品である必要があります。

- 1、従来方式（ほぼ日本独自の規格に基づく）と呼ばれる、「工場電気設備防爆指針」（2006）に基づく防爆製品。
- 2、国際安全規格（IEC規格準拠）の考え方を取り入れた、「国際整合防爆指針2008Ex」又は「国際整合技術指針2015Ex」などに基づくもの。（防爆機器メーカーは、今後国際整合指針に基づく製品を製造する場合には、2008ではなく、2015Exに基づいた製品を製作しなければならない。）

なお、防爆製品で2008年Exに基づいた製品を使用しているユーザでは、それをそのまま使用し続けても問題はない。

5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要

5.6.1.2 労働安全衛生法による規定

(譲渡等の制限等)

第四十二条 特定機械等以外の機械等で、別表第二に掲げるもの（防爆電機機械器具など）その他危険若しくは有害な作業を必要とするもの、危険な場所において使用するもの又は危険若しくは健康障害を防止するため使用するもののうち、政令で定めるものは、厚生労働大臣が定める規格又は安全装置を具備しなければ、譲渡し、貸与し、又は設置してはならない。

別表第二の概略

- ・ゴム／ゴム化合物（合成樹脂を含む）のロール機及び急停止装置
- ・プレス機械又はシャーの安全装置
- ・防爆構造電気機械器具
- ・クレーン又は移動式クレーンの過負荷防止装置
- ・防じん／防毒マスク
- ・木材加工用丸のこ盤及びその反発予防装置又は歯の接触予防装置
- ・動力により駆動されるプレス機械
- ・その他

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

防爆機器は、上記第42条により、規格（ここでは、「電気機械器具 防爆構造規格」）の要求を満たしていなければ使用してはいけません。別表第二は、「防爆構造電気機械器具」の他にも、安全に配慮する必要がある機械・安全装置がリストアップされている。

5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要

5.6.1.3 労働安全衛生規則による規定(1)

(型式検定)

第四十四条の二 第四十二条の機械等のうち、別表第四に掲げる機械等で政令で定めるものを製造し、又は輸入した者は、厚生労働省令で定めるところにより、厚生労働大臣の登録を受けた者（以下「登録型式検定機関」という。）が行う当該機械等の型式についての検定を受けなければならない。
 ・ ・ ・ ・ ・ (略) ・ ・ ・ ・ ・

5 型式検定を受けた者は、当該型式検定に合格した型式の機械等を本邦において製造し、又は本邦に輸入したときは、当該機械等に厚生労働省令で定めるところにより、型式検定に合格した型式の機械等である旨の表示を付さなければならない

7 (中略) 第五項の表示が付されていないものは、使用してはならない。

別表第四の概略

- ・ 電氣的制動方式以外の、ゴム／化合物（合成樹脂を含む）の
 ロール機／急停止装置
- ・ プレス機械又はシャアの安全装置
- ・ 防爆構造電気機械器具
- ・ 防じん／防毒マスク
- ・ その他



検定合格標章
(記載内容例)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

防爆機器は、自由に製作し、使用・設置出来るわけではない。
 登録型式検定機関（例：産業安全技術協会）で検定を受けて合格し、合格の証として製品に検定合格商標を張り付けなければならないことを伝える。

また、海外の防爆認証（認定）を取得済製品でも、国内で使用する場合は、再度国内の登録型式検定機関で検定を受ける必要がある。

5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要

5.6.1.4 電気機械器具防爆構造規格(1)

第一章 総則

- 第一条 定義（用語の定義）
- 第二条 構造（危険場所と使用できる防爆構造）
- 第三条 構造（点検、補修の容易性）
- 第四条 必要事項の表示
- 第五条 規格（国際規格に基づいた防爆機器も構造規格として認めること。他）

第二章 ガス蒸気防爆構造

- 第一節 耐圧防爆構造
- 第二節 内圧防爆構造
- 第三節 安全増防爆構造
- 第四節 油入り防爆構造
- 第五節 本質安全防爆構造
- 第六節 樹脂充填防爆構造
- 第七節 非点火防爆構造
- 第八節 特殊防爆構造

第三章 粉じん防爆構造

- 第一節 粉じん防爆普通防じん構造
- 第二節 粉じん防爆特殊防じん構造



従来方式（第二章）に加えて、
IEC規格に従って設計製造された防爆構造の製品も国内で、構造規格に沿ったものとして認める。（Ex 指針2015）

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

防爆構造規格の内容を記している。

第一章の第五条で、従来方式に加えて、国際安全規格（IEC）に基づいて設計製造された製品も国内で使用してもよい。とされていることが解る。

第二章は、ガス蒸気防爆構造および粉じん防爆構造の各々の製品に対する構造要求を述べている。

5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要

5.6.1.5 防爆IEC規格と国際整合技術指針 (Ex 指針2015)

| 国際規格No | Ex 指針2015 | | |
|-------------|-----------|-----------------|------------------|
| | 編 | 名称 | 指針 番号 |
| IEC60079-0 | 第1編 | 総則 | JNIO SH-TR-46-1 |
| IEC60079-1 | 第2編 | 耐圧防爆構造“d” | JNIO SH-TR-46-2 |
| IEC60079-2 | 第3編 | 内圧防爆構造“p” | JNIO SH-TR-46-3 |
| IEC60079-6 | 第4編 | 油入防爆構造“O” | JNIO SH-TR-46-4 |
| IEC60079-7 | 第5編 | 安全増防爆構造“e” | JNIO SH-TR-46-5 |
| IEC60079-11 | 第6編 | 本質安全防爆構造“i” | JNIO SH-TR-46-6 |
| IEC60079-18 | 第7編 | 樹脂充填防爆構造“m” | JNIO SH-TR-46-7 |
| IEC60079-15 | 第8編 | 非点火防爆構造“n” | JNIO SH-TR-46-8 |
| IEC60079-31 | 第9編 | 容器による粉じん防爆構造“t” | JNIO SH-TR-46-9 |
| IEC60079-33 | 第10編 | 特殊防爆構造“s” | JNIO SH-TR-46-10 |

(参 考)

| 国際規格No | 名称 | 規 格 |
|---------------|---------------------|------------------|
| IEC60079-10-1 | 危険場所の分類 - 爆発性ガス雰囲気 | (JIS C 60079-10) |
| IEC60079-10-2 | 危険場所の分類 - 爆発性粉じん雰囲気 | - |
| IEC60079-14 | 電気設備の設計、選定及び据付 | (JIS C 60079-14) |

産業安全技術協会資料より引用編集

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

グローバルの視点から見れば、防爆製品はIEC 60079シリーズの考え方をういて設計/製造されている。
 Ex 2015 (指針) は、その流れを取り込んで国内で発行されている。
 両社 (IEC 60079とEx2015) の関係は上表のようになる。

5.6.1 国内の防爆に関する法規制の概要

5.6.1.6 電気機械器具防爆構造規格(2)

第一章 総則（第一条－第五条）

（構造）

第二条 規則第二百八十条第一項に規定する電気機械器具の構造は、次の各号の区分に応じ、それぞれ当該各号に定める防爆構造でなければならない。

- 一 **特別危険箇所** 本質安全防爆構造（第四十三条第二項第一号に定める状態においてガス又は蒸気に点火するおそれがないものに限る。）、樹脂充てん防爆構造（第五十三条第一号に定める状態においてガス又は蒸気に点火するおそれがないものに限る。）又はこれらと同等以上の防爆性能を有する特殊防爆構造
- 二 **第一類危険箇所** 耐圧防爆構造、内圧防爆構造、安全増防爆構造、油入防爆構造、本質安全防爆構造、樹脂充てん防爆構造又はこれらと同等以上の防爆性能を有する特殊防爆構造
- 三 **第二類危険箇所** 耐圧防爆構造、内圧防爆構造、安全増防爆構造、油入防爆構造、本質安全防爆構造、樹脂充てん防爆構造、非点火防爆構造又は特殊防爆構造

（必要事項の標示）

第四条 電気機械器具は、その見やすい箇所に、次の各号に掲げる事項を標示した銘板が取り付けられているものでなければならない。・・・（後略）・・・

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

防爆機器を使用する場合は、危険場所の区分（上記3種類）によって、使用できる機器が制限される。

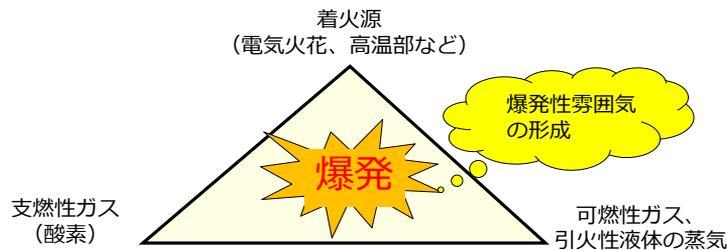
- ・ 特別危険場所（ゾーン0）では、本質安全防爆構造、樹脂充填構造のものしか使用できない。

故に、対象区分が、ゾーン2などリスクの小さい区域と判定されるように通風をよくするなどの工夫をした方が電気機器を使用し易いことが解る。

5.6.2 爆発はなぜ起こる。(爆発/火災の3要素)

5.6.2.1 爆発・火災の3要素

可燃性ガス又は引火性液体の蒸気（以下、爆発性ガス）が、ある範囲内の比率で空気と混合したときに爆発性雰囲気生成され、同時に電気火花や高温部などによる着火源と共存したとき、爆発あるいは火災が発生する。従って、爆発を生じさせないためには、爆発性雰囲気の生成を抑制するか、着火源の無効化や共存を避けることが必要となる。



防爆電気機器の安全設計とエンジニアリング IDEC株式会社 より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

爆発・火災が発生する3要素を述べる。

「支燃性ガス」と「着火源」と「可燃性ガス」の3つが揃うと爆発が発生する。

爆発を防止する基本は、理論上はどれか一要素を外せばよい。

ただし、アセチレンは支燃性ガスが無くても爆発の可能性がある。

5.6.3 危険箇所(ゾーン)の判定

5.6.3.1 ゾーン0, 1, 2の定義

危険箇所は、爆発性雰囲気存在する時間と頻度に応じて以下の3種類に分類される。

| | 危険場所 (ゾーン) | | |
|------------------|---|---------------------------------------|---|
| | 特別危険場所 (ゾーン0) | 第一類危険箇所 (ゾーン1) | 第二类危険箇所 (ゾーン2) |
| 説明 | 爆発性雰囲気が通常の状態において、連続して長時間にわたり、または頻繁に可燃性ガス蒸気が爆発の危険のある濃度に達するものをいう。 | 通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所をいう。 | 通常の状態において、爆発性雰囲気を生成するおそれが少なく、また、精製した場合でも、短時間しか持続しない場所をいう。 |
| API RP505 の分類 | 爆発性雰囲気の生成時間が、年間1000時間以上の場所。 | 爆発性雰囲気の生成時間が、年間10～1000時間の場所。 | 爆発性雰囲気の生成時間が、年間1～10時間の場所。 |

API : American Petroleum Institute

ユーザのための工場防爆設備ガイドより引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

防爆機器を適切に使用するためには、対象となる区域（場所）のゾーンを明確にして、それに見合った機器を配置する必要がある。
（ゾーンによって、使用できる機器が異なる）
ここでは、各ゾーンの定義を明確にしている。

ゾーンの具体的イメージは、「API RP505の分類」が解りやすい。

5.6.3 危険箇所(ゾーン)の判定

5.6.3.2 ゾーン0, 1, 2の例

| 危険場所区分 | 危険場所の例 | 図示 |
|-------------------|---|----|
| 特別危険箇所 (ゾーン0) | <ul style="list-style-type: none"> ふたが解放された容器中の引火性液体の液面付近 引火性液体のタンク内の液面上部の空間部分 | |
| 第一類危険箇所 (ゾーン1) | <ul style="list-style-type: none"> 通常の運転、ふたの開閉操作などによって可燃性ガス蒸気を放出する開口部付近。 点検または修理作業のために、可燃性ガス蒸気をしばしば放出する開口部付近。 屋内、または通風/換気が妨げられる場所で、可燃性ガス蒸気が滞留するおそれのある場所。 | |
| 第二类危険箇所 (ゾーン2) | <ul style="list-style-type: none"> ガスケットの劣化などのために可燃性ガス蒸気を漏出するおそれのある箇所 誤操作によって可燃性ガスを放出したり、異常反応などのために高温、高圧となって可燃性ガス蒸気を漏出したりするおそれのある箇所。 第一類危険場所の周辺、または第一類危険箇所に隣接する室内で、爆発性雰囲気がまれに侵入するおそれのある場所。 | |

防爆安全ガイドブック (NECA)より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

各ゾーンの具体的な例を示す。

- ・ ゾーン0の例は、可燃性液体の液面付近など。
- ・ ゾーン1の例は、定期的に開閉する可能性のある安全弁、定期的に試験液を取り出す必要がある蓋の周辺など。
- ・ ゾーン2の例は、管の接続部分でフランジの合わせ面にあるガスケットの経年変化で多少の爆発性ガスが漏洩する場合。(故障ではない)

一般にフランジ接続部付近は、ゾーン2と判定される例が多い。

5.6.3 危険個所(ゾーン)の判定

5.6.3.3 放出源と等級

ゾーンを決定するには、その前に放出源の等級を特定する必要がある。

放出源は、可燃性物質の放出が起こる頻度などによって、連続級、一級、および二級に分類される。

| 連続級放出源 |
|---|
| 可燃性物質を連続して放出するか、または長時間の放出もしくは短時間の高頻度放出をすることが予測される放出源。 例として、大気に解放された引火性液体の表面や、可燃性ガス蒸気を大気中に頻繁にまたは長時間にわたって放出する解放されたベントおよびその他の開口部等をいう。 |
| 1 級放出源 |
| 通常の状態、定期的またはときどき放出することが予測される放出源で、通常の状態において、可燃性物質を大気中に放出することが予測される資料採取箇所や可燃性ガス蒸気を大気中に放出されることが予測される、リリースバルブ、ベントおよびその他の開口部など。 |
| 2 級放出源 |
| 通常の状態では放出することが予測されず、もし放出してもまれで、しかも短時間しか放出しない放出源で、通常の状態において可燃性ガス蒸気を大気中に放出されることが予測されないリリースバルブ、ベントおよびその他の開口部など。 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

ゾーンを明確にするには、放出源の等級（3種類）の特定、及び換気度、換気の有効度などの各要素を明確にする必要があることを伝える。

ここでは、放出源の等級に付いて述べている。

5.6.3 危険個所(ゾーン)の判定

5.6.3.4 換気度・換気の有効度

ゾーンを決定する要素として、換気度、換気の有効度を考慮する必要がある。

換気度は、内部に放出源がある設備において以下のように3種類に区分される。

| 換気度 | 定義 |
|-----------|--|
| 高換気度 (VH) | 放出源に於いて、濃度を実質的に瞬時に低下させて爆発下限界未満に抑えることができる換気。 |
| 中換気度 (VM) | 濃度を抑制し、放出が継続していても危険区域の境界を安定させることができる換気。 |
| 低換気度 (VL) | 放出継続中の濃度を制御することができない換気。また放出が停止した後も可燃性雰囲気の過度の持続を防止できない。 |

換気の有効度は換気の信頼性であり、以下のように3種類に区分される。

| 換気の有効度 | 状態 |
|--------|---|
| 良 | 実質的に連続した換気が存在する。 |
| 可 | 通常運転の間、換気が想定できる。低い頻度で短時間の換気停止があっても許容する。 |
| 弱 | 上記の良・可には及ばないと想定できるが、長時間の換気停止は無いと想定できる。 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

ゾーンを決定する要素の内、換気度・換気の有効度の説明を行っている。

5.6.3 危険個所(ゾーン)の判定

5.6.3.5 ゾーンの決定

| | | 換気度 | 換気の有効度 | | |
|--------|--------|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| | | | 良 (連続) | 可 (通常連続) | 弱 (中断あり) |
| 放出源の決定 | 二級放出源 | 高度 (VH) (局所換気、) | ゾーン2 NE A) 非危険 | | ゾーン2 B) |
| | | 中度 (VM) (全体換気) | ゾーン2 | | |
| | | 低度 (VL) | ゾーン1 場合によっては ゾーン0 a) | | |
| | 一級放出源 | 高度 (VH) (局所換気、) | ゾーン1 NE C) 非危険 | ゾーン1 NE C) ゾーン2 | |
| | | 中度 (VM) (全体換気) | ゾーン1 | ゾーン1 + ゾーン2 | |
| | | 低度 (VL) | ゾーン1 または ゾーン0 A) | | |
| | 連続級放出源 | 高度 (VH) (局所換気、) | ゾーン0 NE C) 非危険 | ゾーン0 NE C) + ゾーン2 | ゾーン0 NE C) ゾーン1 |
| | | 中度 (VM) (全体換気) | ゾーン0 | ゾーン0 + ゾーン2 | ゾーン0 + ゾーン1 |
| | | 低度 (VL) | ゾーン0 | | |

- A) 換気が低度 (VL) で、かつ非常に脆弱で換気なしの状態に近い場合には、ゾーン0となる。
 B) 2級放出源により生成されるゾーン2は、1級放出源又は連続級放出源によるゾーン2よりも広くなる可能性がある。
 C) ゾーン0 NE、ゾーン1 NE、ゾーン2 NEは理論的なゾーンであり、通常状態では無視できる広さであることを示す。
 “NE”は、Neglect(無視できる)の意味。“+”は周囲を囲まれていることを表す。

防爆電気機器の安全設計とエンジニアリング I D E C株式会社 より引用

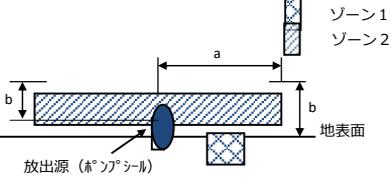
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

放出源 → 換気度 → 換気の有効度 を考慮して対象となる
 場所のゾーンを区分する概略例。
 下の注意書き A)、B)、C) もゾーンの条件として参考。

5.6.3 危険箇所(ゾーン)の判定 5.6.3.6 危険場所の分類例(1)

屋外の地上に設置したメカニカル（ダイヤフラム）シールを備えた可燃性液体ポンプ

| 事例 1 | | 危険区域 (ゾーン) の判定例 |
|--------|------------------------------|--|
| 設備 | 引火性液体のポンプ |  <p>ゾーン1 ゾーン2</p> <p>放出源 (メカニカルシール)</p> <p>a=3m 放出源から水平に3m b=1m 地上1m及び放出源上1mまで</p> |
| 設備能力 | 容量：50m ³ /h 低圧ポンプ | |
| 設置場所 | 屋外 | |
| 放出源 | ポンプのメカニカルシール | |
| 放出等級 | 2 級 | |
| 蒸気密度 | 空気より重い | |
| 換気条件 | 自然換気（屋外） | |
| 換気度 | 全体：中度、ピット：低度 | |
| 換気の有効度 | 良 | |

JIS C 60079-10:2008 より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

ゾーンの判定例 1（屋外）

IEC 60079-10の翻訳規格である、JIS規格の付属書には、具体的な条件を元にゾーンの判定例を示している。

5.6.3 危険個所(ゾーン)の判定

5.6.3.7 危険場所の分類例(2)

屋内の地上に設置したメカニカル(ダイヤフラム)シール可燃性液体ポンプ

| 事例 1 | | 危険区域(ゾーン)の判定例 |
|--------|-------------------------------|--|
| 設備 | 引火性液体のポンプ | <p>危険場所が屋内であるため屋内全体がゾーン1となる。換気が中度に改善されれば、ゾーンは小さくなり、ゾーン2になることがある。</p> |
| 設備能力 | 容量：50m ³ /h 低圧カポンプ | |
| 設置場所 | 屋内 | |
| 放出源 | ポンプのメカニカルシール | |
| 放出等級 | 2級 | |
| 蒸気密度 | 空気より重い | |
| 換気条件 | 人工換気 | |
| 換気度 | 低度 | |
| 換気の有効度 | 可 | |

JIS C 60079-10:2008 より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

ゾーンの判定例 2 (屋内)

判定例 1 とよく似た屋内の場合の例。

5.6.4 防爆構造の種類と使用できる危険区域(ゾーン)

5.6.4.1 ガス蒸気防爆 2006 による防爆構造の種類と対応できるゾーン

| | 防爆構造の種類 | 記号 | 防爆電気機器を使用する場所 | | |
|----------------------------|----------|----|---------------|------|------|
| | | | ゾーン0 | ゾーン1 | ゾーン2 |
| 工場電気設備防爆指針 (ガス蒸気防爆2006) | 本質安全防爆構造 | ia | ○ | ○ | ○ |
| | 本質安全防爆構造 | ib | × | ○ | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | f | × | ○ | ○ |
| | 安全増防爆構造 | e | × | × | ○ |
| | 油入防爆構造 | o | × | × | ○ |
| | 特殊防爆構造 | s | - | - | - |
| | | | | | |

○：適合している。(使用できる。)

×：適合していない。(使用できない)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）の要求に沿って設計・製造された防爆電気機器に関して、どの防爆構造のものが、どのゾーンに使用出来るか？について記したものを。

- ・ゾーン0で使用出来るのは、ia(本質安全防爆構造)のみ。
- ・安全増防爆構造、油入り防爆構造のものは、ゾーン2でしか使用できないことを伝える。

5.6.4 防爆構造の種類と使用できる危険区域(ゾーン)

5.6.4.2 国際整合防爆指針 2015Exによる防爆構造の種類と対応できるゾーン

| | 防爆構造の種類 | 記号 | 防爆電気機器を使用する場所 | | |
|-----------------------|-----------|-------|---------------|------|------|
| | | | ゾーン0 | ゾーン1 | ゾーン2 |
| 国際整合防爆指針 (2015 Ex) | 本質安全防爆構造 | Ex ia | ○ | ○ | ○ |
| | 本質安全防爆構造 | Ex ib | × | ○ | ○ |
| | 本質安全防爆構造 | Ex ic | × | × | ○ |
| | 耐圧防爆構造 | Ex d | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | Ex px | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | Ex py | × | ○ | ○ |
| | 内圧防爆構造 | Ex pz | × | × | ○ |
| | 安全増防爆構造 | Ex e | × | ○ | ○ |
| | 油入防爆構造 | Ex o | × | ○ | ○ |
| | 樹脂充てん防爆構造 | Ex ma | ○ | ○ | ○ |
| | 樹脂充てん防爆構造 | Ex mb | × | ○ | ○ |
| | 樹脂充てん防爆構造 | Ex mc | × | × | ○ |
| | 非点火防爆構造 | Ex n* | × | × | ○ |

○：適合している。(使用できる。)

×：適合していない。(使用できない)

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

国際整合防爆指針 (2015Ex) の要求に沿って設計・製造された
 防爆電気機器に関して、どの防爆構造のものが、どのゾーンに使用
 出来るか? について記したものを。

- ・ゾーン0で使用出来るのは、ia(本質安全防爆構造) および樹脂
 充てん防爆構造 (Ex ma) のみ。
- ・また、樹脂充てん防爆構造 (Ex mc) および非点火防爆構造は、
 ゾーン2でしか使用できない。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.1 耐圧防爆構造（1）

耐圧防爆構造

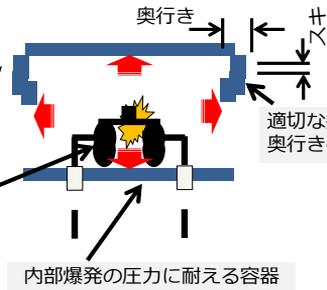
容器が、その内部に侵入した可燃性ガス蒸気による内部爆発に対して損傷を受けることなく耐え、かつ、容器のすべての接合部または構造上の開口部を通じて外部の対象とする可燃性ガス蒸気の発火を生じさせることのない電気機器の防爆構造をいう。

ユーザのための工場防爆設備ガイドより引用

耐圧防爆構造の概略図

周囲の爆発性雰囲気
が容器内部に入
って内部爆発
しても、その火
炎は外部へ逸
走しない

コンタクター等
の開閉接点



適切な接合面のス
キと奥行き確保



耐圧防爆構造の製品例

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

各種防爆構造の紹介を行う。

耐圧防爆構造は、外部の爆発性雰囲気
が容器内に入り爆発しても、
外部には悪影響の無いように

- ・ 内部爆発に耐える丈夫な容器。
- ・ 内部爆発の炎が外部に出ないように、適切な「スキ」の厚みと奥行きで管理されている。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.2 耐圧防爆構造の特長(2)

耐圧防爆構造の特長

(長所)

- 1、容器内部には、汎用の電気機器（リレーなど）がそのまま使用できるので防爆構造化しやすい。（ただし、容器表面に取り付ける押しボタンスイッチや表示灯、メータ類はそれ自身に防爆化が必要）
- 2、小形、中形の電気機器の防爆化が容易。
- 3、他の防爆構造と組み合わせることが容易。

小形



(短所)

- 4、内部爆発に耐える容器強度が必要のため、必然的に重くなる。
- 5、水素、アセチレンなど（爆発等級3、ブルーブⅡC）のガス雰囲気に対応する仕様では接合面等に加工精度が求められる。
- 6、内部爆発した場合、内部に収納した機器が破損する可能性が高い。

中形



I D E C株式会社カタログより引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

耐圧防爆構造

（長所）汎用機器を防爆容器に収納するだけなので、防爆構造化し易い

（短所）一旦内部爆発すると、容器内の機器は損傷を受ける。（使用不可能）

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.3 内圧防爆構造(1)

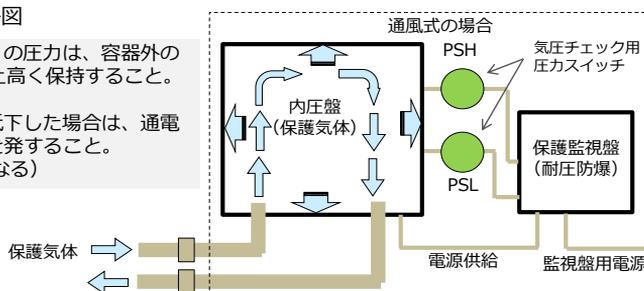
内圧防爆構造

容器内の保護ガスの圧力を外部雰囲気圧力より高い圧力値に保持し、かつ、容器内の可燃性ガス蒸気の濃度を爆発下限界より十分に低いレベルに希釈することによって、防爆性能を確保する電気機器の防爆構造をいう。

ユーザのための工場防爆設備ガイドより引用

内圧防爆構造の概略図

- ・内圧盤（容器内部）の圧力は、容器外の圧力より50Pa以上高く保持すること。
- ・保護気体の圧力が低下した場合は、通電を停止するか警報を発すること。（使用条件により異なる）



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

内圧防爆構造

内圧盤に清浄な保護気体を送り込み、周囲と比べて気圧を多少上げて、外部の爆発性雰囲気盤内部に侵入しないようにした構造。内部の気圧は圧力スイッチでチェックしている。

- ・ PSH : pressure switch high
- ・ PSL : pressure switch low

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.4 内圧防爆構造の分類(2)

内圧防爆構造は、内圧の保持方式によって次の3種類に分類される。

| 内圧防爆方式 | 概要 |
|-----------|--|
| 通風式内圧防爆構造 | 内圧盤（容器）に給気口と排気口を持ち、他からの通風により内圧を保持する方式を言う。 |
| 封入式内圧防爆構造 | 内圧盤（容器）内の保護気体の漏れ量が微小である場合に、漏れ量に応じて、外部から連続的にまたは間欠的に保護気体を補充して内圧を保持する方式をいう。 |
| 密封式内圧防爆構造 | 保護気体を完全に密封し、漏れるおそれがないようにして内圧を保持する方式をいう。 |

ガス蒸気防爆 2 0 0 6 より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

内圧防爆構造

清浄な気体を送り込む方法は、表の通り3種類。

一般には、

- ・ 通風式：常時気体を送るので、コンプレッサーなどの付帯設備が必要。
- ・ 封入式：漏れた気体の人だけ、気体を送り込む方式。
- ・ 密封式：ほとんど使用されていない。（完全密封は難しい？）

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.5 内圧防爆構造の特長(3)

内圧防爆構造の特長

(長所)

- 1、制御盤などの大形電気機器の防爆化に適している。
- 2、分析計のような他の防爆構造で実現困難な大形電気装置も防爆化が可能。

(短所)

- 3、エア源が必要。
- 4、掃気時間が必要。(運転までに時間を要する)
- 5、一般的には、装置が大型で仕様も各々異なるため、都度防爆検定が必要となる。
- 6、別途、保護装置(監視盤)が必要。



内圧防爆構造の製品例

I D E C株式会社カタログより引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

内圧防爆構造

- ・ 長所 1 では、大型電気設備でなければ、メリットが少ないこと。
- ・ 短所 5 では、都度防爆検定が必要 ⇒ その分納期が必要。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.6 安全増防爆構造(1)

安全増防爆構造

正常な使用中にはアークまたは火花を発生することのない電気機器に適用する防爆構造であって、過大な温度上昇のおそれ並びにアークおよび火花の発生のおそれに対して安全性を増加し、これらの発生を阻止する手段が講じられた電気機器の防爆構造をいう。

ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

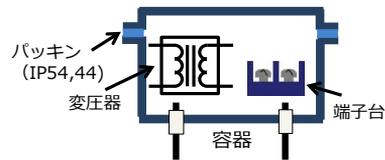
安全増防爆構造の概略

容器に要求される性能

- ・ 容器内部に裸充電部がある場合は、IP54以上の保護等級。
- ・ 容器内部に裸充電部が無い場合は、IP44以上の保護等級を持つこと。

また、

- ・ 変圧器の絶縁巻き線の温度上昇は、一般の規格より低く抑えている。
- ・ 端子台の沿面距離は、一般の規格より長くとり、絶縁性能を高めている。



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

基本的に、アーク等を発生する機器は使用できない。
 工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）の要求で設計・製造されたものは、ゾーン2でしか使用できない。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.7 安全増防爆構造の特長(2)

正常な運転中や操作時に着火源とならない機器に限定して適用できる防爆構造。
したがって、

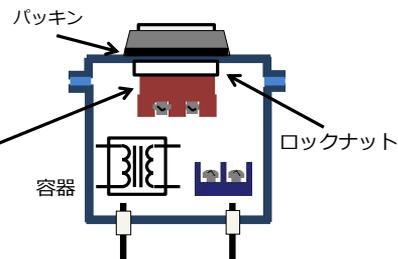
- ・ 接点開閉器、
- ・ 高温発生部等をもつ電機機器

などは適用できません。

ただし、スイッチなどが着火源にならないように、接点部を耐圧防爆構造にする等、他の防爆構造と組合せて使用することで、着火源を持つ電気機器を安全増防爆構造容器に取付けて使用することが出来ます。

安全増防爆構造の容器に点火源を持つ
操作機器を取り付ける場合の概略図

耐圧防爆型の押しボタンスイッチ
(端子台部分は安全増防爆構造)



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

安全増防爆は、本来接点開閉時にアークの発生を伴うスイッチ類は使用できないが、スイッチで、接点を収納する部分を耐圧防爆構造とし、その端子部分は安全増防爆構造（絶縁距離が大きい）のものを搭載して使用することは出来る。

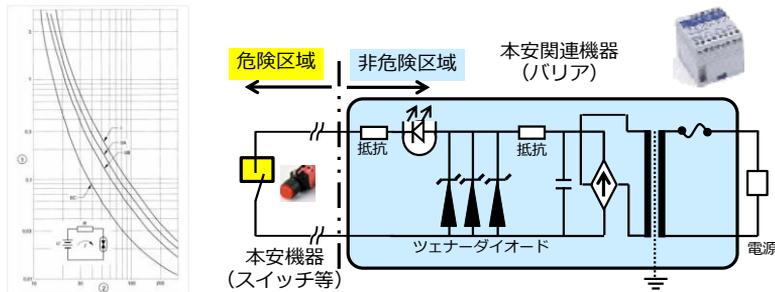
5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.8 本質的安全防爆構造(1)

本質安全防爆構造

爆発性雰囲気内で使用される電気機器（本案機器接続用配線を含む）において、火花または温度上昇によって点火を引き起こすことが無いように、その電気エネルギーを一定レベル以下に抑えた防爆構造である。

防爆電気機器の安全設計とエンジニアリング（IDEC株式会社）より引用



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

本質安全防爆構造

本安回路は、本質的にアーク等を生じない低電圧・低電流で回路を構成する。

（左側の点火曲線左側/下側の電圧・電流範囲内で使用）

本安回路とは、上図の2点破線から左側を言う。（本安機器の配線側）

なお、

- ・ 点火曲線の左側（下側）では、点火に必要なアーク（火花）は発生しない。
- ・ 点火曲線の右側（上側）では、点火に必要なアーク（火花）が発生する。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.9 本質的安全防爆構造(2)

本安機器 : 全ての内部回路が本安回路から構成された電機機器。危険区域に設置できるよう規格に基づいた構造要件で保護された機器をいう。

本安関連機器 : 本安回路と非本安回路の両方を含む機器であり、非本安回路が本安回路に悪影響を与えない構造を持つ。本安関連機器は非危険区域（爆発性雰囲気が無い区域）に設置することとなり、規格に基づいて電気エネルギーを制限することによって本安機器を接続することが出来る。

性能区分

Ia : 正常時並びに2故障までを仮定したとき、いずれも爆発性ガスに点火しないことが確認された電気機器。（ゾーン0の区域から使用可）

ib : 正常時並びに1故障を仮定したとき、いずれも爆発性ガスに点火しないことが確認された電気機器。（ゾーン1の区域から使用可）

ic : 正常状態において、爆発性ガスに点火しないことが確認された電気機器。（Ex 指針 2 0 1 5、ゾーン2専用）

防爆電気機器の安全設計とエンジニアリング IDEC株式会社 より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

本安機器と本安関連機器の違いを明確に述べること。
3つの性能区分があり、各々使用出来るゾーンに制限が有ることを伝える。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.10 本質的安全防爆構造(3) 組み合わせ条件

本安機器と本安関連機器の組み合わせ条件の概略。

1、本安機器と本安関連機器の組み合わせの一般原則

- ・本安回路は、通常 1 : 1 の接続で構成する
- ・構造規格品同士または技術指針品同士での相互接続とする。

2、防爆検定に従った組み合わせ

- ・システム検定合格品は、本安機器と本安関連機器が1つの検定。(同じ検定合格No)
- ・機器検定合格品は、本安機器と本安関連機器とは個別検定。(異なる検定合格No)

構造規格では、組み合わせ条件を以下のように規定している

| 本安機器の安全保持定格 | 組み合わせ条件 | 本安関連機器の安全保持定格 |
|-----------------|---------|-----------------|
| Vm : 本安回路最大許容電圧 | \geq | Vmax : 本安回路最大電圧 |
| Im : 本安回路最大許容電流 | \geq | Icc : 本安回路最大電流 |
| Pi : 本安回路最大許容電力 | \geq | Po : 本安回路最大電力 |

| 本安機器と配線のパラメータ | 組み合わせ条件 | 本安関連部のパラメータ |
|--|---------|-------------------|
| Lint+Lw Lint : 本安機器の入力インダクタンス Lw : 配線のインダクタンス | \leq | 本安回路 許容インダクタンス |
| Cint+Cw Cint : 本安機器の入力キャパシタンス Cw : 配線のキャパシタンス | \leq | 本安回路 許容キャパシタンス |

防爆安全ガイドブック (NECA)より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

本安機器と本安安全機器の接続/組み合わせに関するポイント
 組み合わせの条件を満たすことが必要であることを伝える。

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.11 本質的安全防爆構造の特長(4)

本質安全防爆構造の特長

長所

- ・ゾーン0の雰囲気中で使用できる (ia)
- ・本安機器の小型、軽量化が可能
- ・スイッチや検出器等が容易に防爆化できる



短所

- ・配線は本質安全防爆専用のものが必要
(他の回路と混触しない)
- ・大きな電力を必要とする機器には向かない
(モータ等は駆動できない)
- ・本安関連機器に於いて、A種接地が必要な場合がある



防爆電気機器の安全設計とエンジニアリング IDEC株式会社 より引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

本安回路の代表的な特徴は、ゾーン0の雰囲気中で使用できる (ia) こと。
一方で、モータ等を駆動するための大きな電力は使用できない。
(本安回路は信号系の伝達のみ)

5.6.5 各種防爆構造の概略

5.6.5.12 非点火(タイプn)防爆構造

非点火防爆構造(タイプn)

正常運転中および特定の異常状態で、周囲の可燃性物質が存在する雰囲気を発火させる能力の無い電気機器に適用する防爆をいう。

ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

1、ノンスパークデバイス "nA"

通常運転時に、発火源になり得るアークまたは火花が発生するリスクを最小限にするための構造をもったデバイス。
(安全増防爆構造に類似)

2、非点火コンポーネントおよび接点封入デバイスなど"nC"

外部の爆発性雰囲気への侵入がない構造、または侵入によって内部の爆発があってもその影響を外部に影響しない構造など。
(耐圧・樹脂充填防爆構造などに類似)

3、呼吸制限容器 "nR"

ガス、蒸気及びミストの侵入を制限するように設計した容器。
(内圧防爆構造の密封型に類似)



非点火防爆構造の
防爆型LED照明機器の例

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

以下のコメントは日機連が作成したものです。

非点火防爆構造は、ゾーン2専用の防爆電気機器であること。

複数のタイプがあり、・安全増防爆構造、・耐圧防爆構造、・内圧防爆構造などに類したタイプがある。

5.6.6 防爆電気配線

5.6.6.1 防爆電気配線と適用するゾーン(1)

電気配線の方法は、以下の何れかによって布設すること。

- 1、ケーブル配線
- 2、金属管配線
- 3、移動用防爆電気機器の配線
- 4、本安回路の配線

防爆配線方式の原則的な区分と使用できるゾーン

| 配線方式 | | ゾーン0 | ゾーン1 | ゾーン2 |
|-----------|------------|------|------|------|
| 本安回路以外の配線 | ケーブル配線 | × | ○ | ○ |
| | 金属管配線 | × | ○ | ○ |
| | 移動用電気機器の配線 | × | ○ | ○ |
| 本安回路の配線 | | ○ | ○ | ○ |

注) 金属管配線は、金属管ねじの加工精度の面から爆発等級3および分類II Cには適しない。

NECA防爆安全ガイドブックより引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

ここからは、防爆配線の話し。

- ・ 主な配線の形態として4種類あること。
 - ・ ゾーン0の区域（場所）では、本安回路用の配線のみ使用出来る。
- なお、金属管配線とは、金属管の中に複数のバラ電線が納められたもの。

5.6.6 防爆電気配線

5.6.6.2 各配線方式の基本の考え方

| 防爆性能保持の基本 | |
|-----------|---|
| ケーブル配線 | ケーブルの機械的及び電氣的に安全度を増加するのが危険場所での考え方の基本である。潜在的発火源を持つケーブルとその接続部に付いては、保護層及び絶縁体の損傷又は劣化、断線、接続部の緩みなど、潜在的危険源が顕在化するような異常状態又は故障が起こらないように、ケーブルの外傷保護及び接続部の強化等を行う。 |
| 金属管配線 | 潜在的発火源をもつ絶縁電線を、厚鋼電線管と厚鋼電線管用附属品から成る電線管路に納め、これらの電線管路と、防爆電気機器又は接続箱との接続部に防爆構造に応じた防爆性能をもたせたのが金属管配線の考え方である。 |
| 本安回路の配線 | 本安回路の配線は、本安機器相互を接続する配線及び本安機器と本安関連機器とを接続する配線が本安回路の配線に該当する。本安回路の配線の防爆性は、接続される機器と配線の電氣的パラメータ(浮遊インダクタンス、浮遊キャパシタンスなど)によって成立する。なお、本安回路の配線は、他の回路と混触しないように、また他の回路から静電誘導及び電磁誘導を受けないような措置を講じなければならない。 許容されない損傷や傷害から保護するため、本安機器と本安関連機器(例えばバリヤ)の部品や配線は保護等級がIP20以上の容器に実装されなければならない。 |

ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

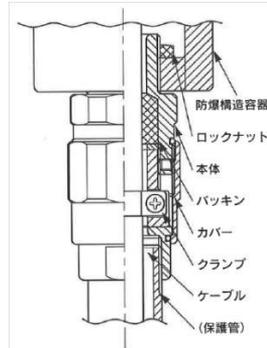
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

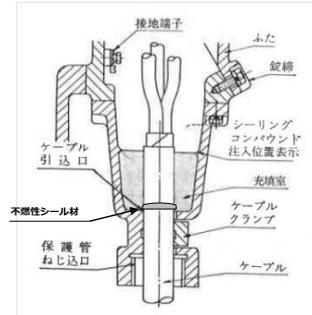
ケーブル配線は、外傷保護目的で金属管・ダクトなどにケーブルを収納すること。
金属管配線は、金属管同士のつなぎ目に気を使うこと。
本安回路は、電圧・電流が小さくデリケートなので、外部からの悪影響を受けないようにする。

5.6.6 防爆電気配線

5.6.6.3 ケーブル配線の引き込み方式



パッキン式引き込み方式の例



耐圧固着式引き込み方式

ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

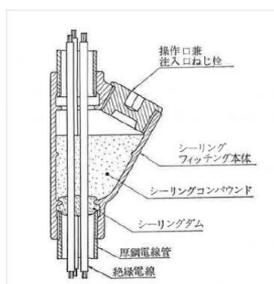
防爆電気機器などに、ケーブルを配線する際の方式

- ・パッキン式
- ・耐圧固着式

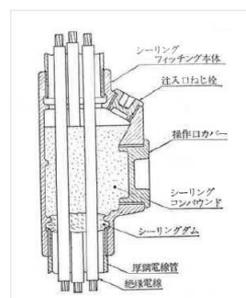
なお、パッキン式の方がしっかり固定できるので、より推奨されている。

5.6.6 防爆電気配線

5.6.6.4 金属管配線のフィッシング



縦型シーリングフィッシング（小形）
の施工図



縦型シーリングフィッシング（大形）
の施工図

ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

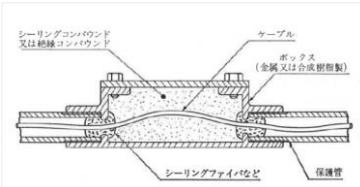
金属管配線のシーリングフィッシング（爆発性雰囲気の流れ防止）
電線の均等な配置、シーリングダムの固定、コンパウンドの流し込みなど
全て手作業。
出来栄えが人の技量で左右される。

5.6.6 防爆電気配線

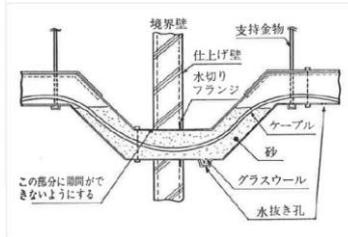
5.6.6.5 ケーブル配線における爆発性雰囲気の流れ防止

ケーブル配線では、爆発性雰囲気保護管やダクト、ピット等の内部を通して流動するおそれがある。このような場合には、危険個所の境界付近において流通路を遮断し、爆発性雰囲気の流動を防止する必要がある。

ケーブル配線で、保護管を使用し、ボックスなどで流動防止を行う例



ケーブル配線で、ケーブルダクトを使用し、砂を充填するなどして流動防止を行う例



ダクトの開口に詰め物を施す例



ユーザのための工場防爆設備ガイド他から引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

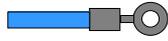
<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

ダクトの中のケーブル配線に対する爆発性雰囲気の流動防止。
 配線を別の部屋に送る。または保護管を接続する場合を示している。

5.6.6 防爆電気配線

5.6.6.6 本安回路の配線例

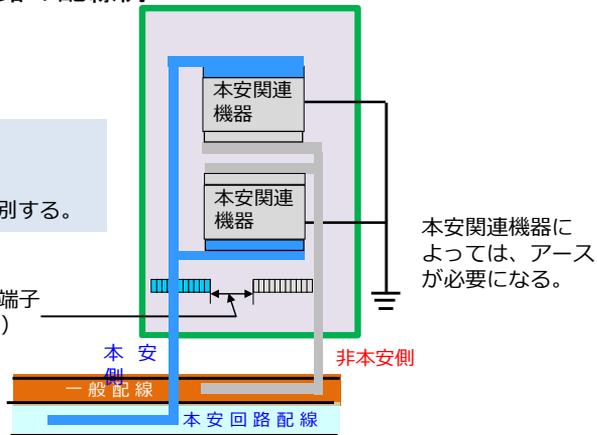
本安回路の配線



- ・明青色の電線
 - ・明青色のマークチューブ
 - ・名声色のテープ
- のいずれかで他の配線と識別する。

本安回路用端子と非本安用端子は分離する。(50mm以上)

ダクト配線は、金属隔壁板で分離して誘導を防止する



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

本安回路の配線には、他の配線と区別するために、上記のように

- ・明青色の電線、
- ・明青色のマークチューブ、
- ・名声色のテープ

のいずれかを適用する。

また、ダクトへは本安回路は、一般の回路と分離して図のように配線を納めること。

5.6.7 発性ガスと防爆電気機器

5.6.7.1 爆発性ガスの分類(構造規格の場合)

爆発等級の分類

| 爆発等級 | 火炎逸走限界の値 W (mm) | 対象ガス |
|------|-----------------|-------------|
| 1 | 0.6を超えるもの | プロパン、ガソリン 等 |
| 2 | 0.4を超え0.6以下のもの | 石炭ガス、エチレン 等 |
| 3 | 0.4以下のもの | 水素、アセチレン 等 |

発火度：ガスの発火温度（加熱面での最低発火温度）による分類

| 爆発性ガスの発火温度（℃） | 発火度 |
|-------------------|-----|
| 450 を超えるもの | G1 |
| 300 を超え 450以下 のもの | G2 |
| 200 を超え 300以下 のもの | G3 |
| 135 を超え 200以下 のもの | G4 |
| 100 を超え 135以下 のもの | G5 |

電気機器の許容温度は周囲温度40℃を含む

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

以下のコメントは日機連が作成したものです。

構造規格（ガス蒸気防爆2006）による、爆発性ガスの分類

- ・爆発等級は3種類。水素、アセチレンなどは爆発等級3で特に注意が必要。
- ・爆発性ガスの発火温度の区分は、5種類。

に分類される。

5.6.7 発性ガスと防爆電気機器

5.6.7.2 爆発性ガスの分類(国際整合指針の場合) グループの分類

| 図は構造規格 の場合とほぼ同じ | グループ | 火炎逸走限界の値 W (mm) | 対象ガス |
|--------------------|------|--------------------|-------------|
| | II A | 0.6を超えるもの | プロパン、ガソリン 等 |
| | II B | 0.4を超え0.6以下のもの | 石炭ガス、エチレン 等 |
| | II C | 0.4以下のもの | 水素、アセチレン 等 |

温度等級：電気機器の最高表面温度（点火する最高温度）での分類

| 爆発性ガスの発火温度（℃） | 温度等級 |
|-------------------|------|
| 450を超えるもの | T1 |
| 300 を超え 450以下 のもの | T2 |
| 200 を超え 300以下 のもの | T3 |
| 135 を超え 200以下 のもの | T4 |
| 100 を超え 135以下 のもの | T5 |
| 85 を超え 100以下 のもの | T6 |

電気機器の許容温度は周囲温度40℃を含む

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

国際整合指針による爆発性ガスの分類

- ・爆発等級は、グループと言う名称に変更。（3種類）
- ・発火温度は、6種類に増えている。

5.6.7 発性ガスと防爆電気機器

5.6.7.3 爆発性ガスの分類(構造規格)

爆発性ガスの爆発等級(分類)と発火度(温度区分)

| | 発火度 | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 |
|------|------------|--|---|---------------------------------------|----------------|----------------|
| | 爆発性ガスの発火温度 | >450℃ | 450℃≥ >300℃ | 300℃≥ >200℃ | 200℃≥ >135℃ | 135℃≥ >100℃ |
| 爆発等級 | 1 | アンモニア エタン トルエン メタン 一酸化炭素 シアン化水素 アクリロニトリル | 1-ブタノール ブタン アセチルアセトン 塩化ビニル プロパン フラン アクリル酸エチル エタノール | ヘキサン n-ペンタン シクロヘキサン ジメチルエーテル | アセトアルデヒド | |
| | 2 | | エチレン | イソブレン | | |
| | 3 | 水素 | アセチレン | | | |

注) 爆発等級3において、3aは水性ガス、水素、3bは二硫化炭素を、3cはアセチレンを対象とし、3nは爆発等級3のすべてのガスを対象とする

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

構造規格(ガス蒸気防爆2006)の考え方にしたがって区分された爆発性ガスのマッピング

例1: イソブレン ・爆発等級: 2 ・発火度: G3
例2: 水素 ・爆発等級: 3 ・発火度: G1

なお、
防爆製品のラベルに「2G4」と表記があれば、使用できる周囲のガスは「1G1(アンモニア、アクリロニトリルなど)」～「2G4(イソブレン、アセトアルデヒド)」のガス雰囲気中で使用可能。

5.6.7 発性ガスと防爆電気機器

5.6.7.4 爆発性ガスの分類(国際整合指針)

爆発性ガスのグループの分類と温度等級

| グループ | 温度等級 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|------|-----------------|---------------------------------|---|-------------------------------|--------------|------|------------|
| | 電気機器の 最高表面温度 | 450℃ | 300℃ | 200℃ | 135℃ | 100℃ | 85℃ |
| グループ | II A | アンモニア エタン トルエン メタン | 1-ブタノール ブタン アセチルアセ トン 塩化ビニル プロパン | ヘキサン n-ペンタン シクロヘキサ ン | アセトアルデ ヒド | | 亜硝酸 エチル |
| | II B | 一酸化炭素 シアン化水素 アクリロニト リル | フラン アクリル酸エ チル エタノール エチレン | ジメチルエー テル イソブレン | | | |
| | II C | 水素 | アセチレン | | | | 二硫化炭素 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
 以下のコメントは日機連が作成したものです。

国際整合指針の考え方に従って区分された爆発性ガスのマッピング

例1：イソブレン ・グループ：II B ・温度等級：T3

例2：水素 ・グループ：II C ・温度等級：T3

なお、

防爆製品のラベルに「II CT6」と表記があれば、使用できる周囲のガスは
 「II AT1（アンモニア、メタンなど）」～「II CT6（二硫化炭素）」の
 ガス雰囲気中で使用可能。

5.6.7 発性ガスと防爆電気機器

5.6.7.5 防爆電気機器の構造の種類と表示

| 防爆構造等の記号 | | 記号 (構造規格) | 記号 (IEC規格) 2015Ex | |
|------------------|-----------|-----------|----------------------|-----|
| 防爆構造の種類 | 耐圧防爆構造 | d | d | |
| | 油入防爆構造 | o | o | |
| | 内圧防爆構造 | f | p | |
| | 安全増防爆構造 | e | e | |
| | 本質安全防爆構造 | ia、ib | ia、ib、ic | |
| | 特殊防爆構造 | s | s | |
| | 樹脂充てん防爆構造 | (ma、mb) | ma、mb、mc | |
| | 非点火防爆構造 | (n) | n | |
| 爆発等級/電気機器 の分類 | 爆発等 級 | 機器分類 | 1 | IIA |
| | | 2 | IIB | |
| | | 3 | IIC | |
| 発火度/温度等級 | 発火度 | 温度等級 | G1 | T1 |
| | | | G2 | T2 |
| | | | G3 | T3 |
| | | | G4 | T4 |
| | | | G5 | T5 |
| | | | - | T6 |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>

5.6.7 発性ガスと防爆電気機器

5.6.7.6 防爆電気機器の性能表示の例

| 適用規格 | 表示内容 | 防爆構造であることを示す記号 | 防爆構造の種類 | 爆発等級またはグループ | 発火度または温度等級 | 保護レベル |
|----------------|---------------------------------------|----------------|---------|-------------|------------|-------|
| 構造規格 | 爆発等級2、発火度G4に属する爆発性ガスを対象とする耐圧防爆構造の電気機器 | — | d | 2 | G4 | — |
| 整合指針 (2015 Ex) | グループ II B、温度等級T4の耐圧防爆構造の電気機器 | Ex | d | II B | T4 | Gb |

構造規格
による性能表示例

d2G4



国際整合指針 (2015 Ex)
による性能表示例

Ex d II BT4Gb



| 保護レベル | グループ | EPL | 対応するゾーン |
|------------|------|-----|---------|
| 非常に高い保護レベル | II | Ga | 0 |
| 高い保護レベル | II | Gb | 1 |
| 強化された保護レベル | II | Gc | 2 |

* EPL: Equipment Protection Level

NECA防爆安全ガイドブックより引用

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>
以下のコメントは日機連が作成したものです。

構造規格による防爆製品の表示例

1、構造規格によって、設計された耐圧防爆構造の製品例

- ・ 耐圧防爆を表す記号： d、
- ・ 耐圧防爆構造はゾーン 1 または 2 で使用可。
- ・ 爆発等級 2、発火度 G4 の爆発性ガス雰囲気内で使用可能。

2、国際整合指針による防爆製品の表示例

- ・ 最初に Ex が付く。
- ・ 耐圧防爆を表す記号： d
- ・ グループ II B、温度等級 T4 の爆発性ガス雰囲気内で使用可能。
- ・ ゾーンは 1 で使用可 (Gb)

5.6.8 保守・点検

5.6.8.1 点検・保守のポイント

防爆電機機器は、設置環境条件によって悪影響を受けることがあります。考慮すべき主な劣化要因と対策の概略は以下の通りです。

| | 電気設備の劣化要因 | 対策 | 備考 |
|---|--------------------|--|--|
| 1 | 腐食しやすい環境 | <ul style="list-style-type: none"> 腐食発生以前の頻繁な塗装維持 容器だけでなく、支持部材、配管なども合わせて塗装維持 | <ul style="list-style-type: none"> 塩害などの影響には頻繁な塗装維持が効果大 耐圧防爆の接合面へのグリス再塗布も効果大 |
| 2 | 薬品や溶剤に曝される環境 | <ul style="list-style-type: none"> 保護容器に収納、部品点検交換 | |
| 3 | 粉じんが堆積しやすい状況 | <ul style="list-style-type: none"> 保護容器に収納 頻繁な清掃 | フードの設置も効果あり |
| 4 | 水分が浸入しやすい状況 | <ul style="list-style-type: none"> パッキンの点検、交換 ブリーザ、ドレインの点検、保守 | フードの設置も有効 |
| 5 | 周囲温度が過度に上昇（下降）する環境 | <ul style="list-style-type: none"> 使用周囲温度範囲を超えない ヒーターなどの点検、保守 | 直射日光にはフードも有効 |
| 6 | 機械的な損傷を受ける危険性 | <ul style="list-style-type: none"> ガード等の設置 | |
| 7 | 過度の振動を受ける環境 | <ul style="list-style-type: none"> ボルト等の緩みを点検 | |

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

<<防爆に関する項目のみのページにつき、日工会ではコメント未作成>>