

**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**

# 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

## 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

# 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

# 目次

- 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

- 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

- 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

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



## 学習のねらい・・・第5章 機械の安全設計

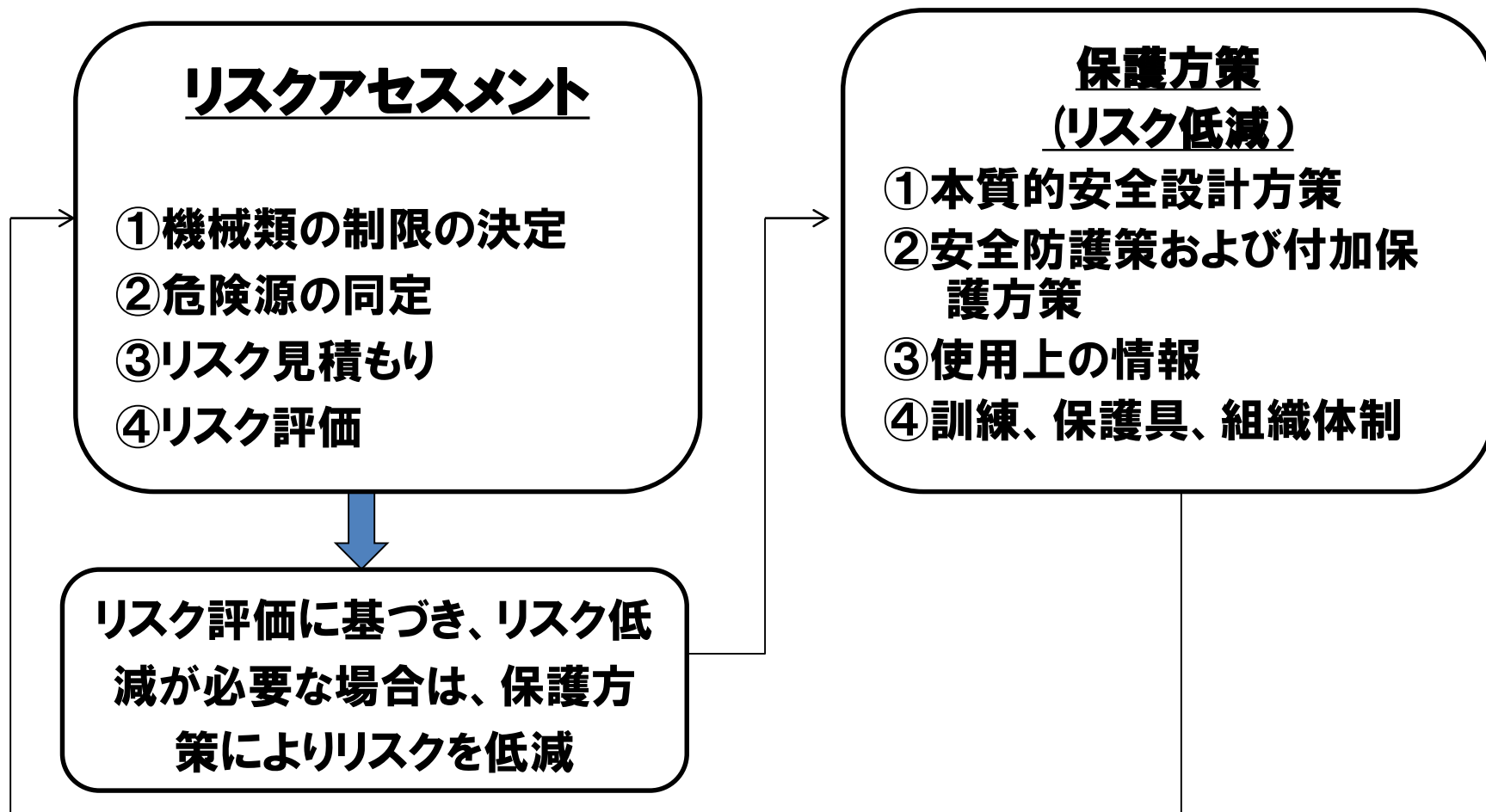
この章では、3ステップメソッドにおける具体的な設計方法を学習する。

- 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)

## 5.1 危険源の除去とリスクの低減

## 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。



## ISO12100のリスク低減の要求事項

- 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

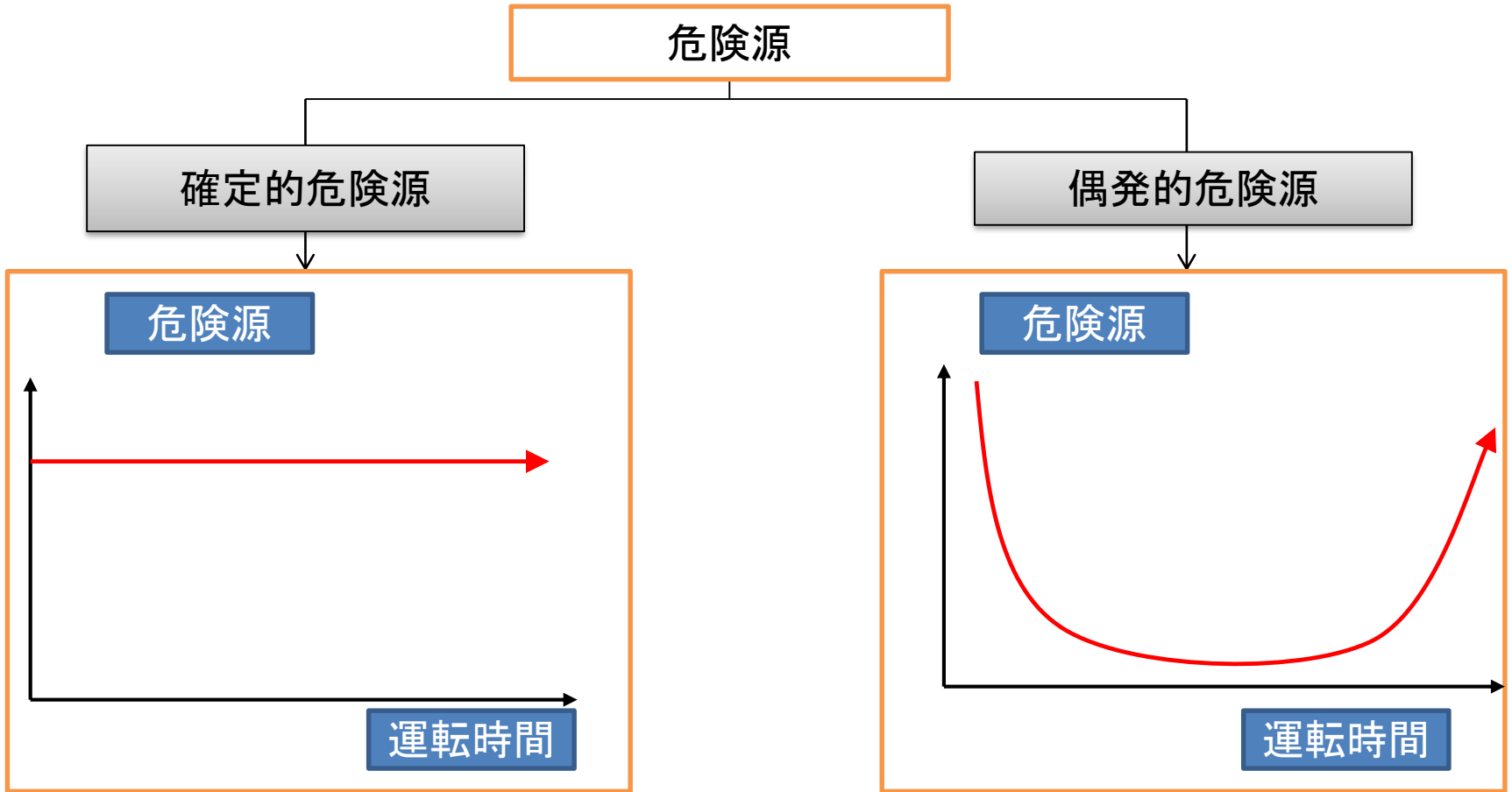
## 5.1.1 危険源の種類 (2)危険源の分類



## 5.1.1 危険源の種類 (3)危険源一覧

- 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

# 5.1.1 危険源の種類 (4) 確定的及び偶発的危険源



## ○ 確定的危険源

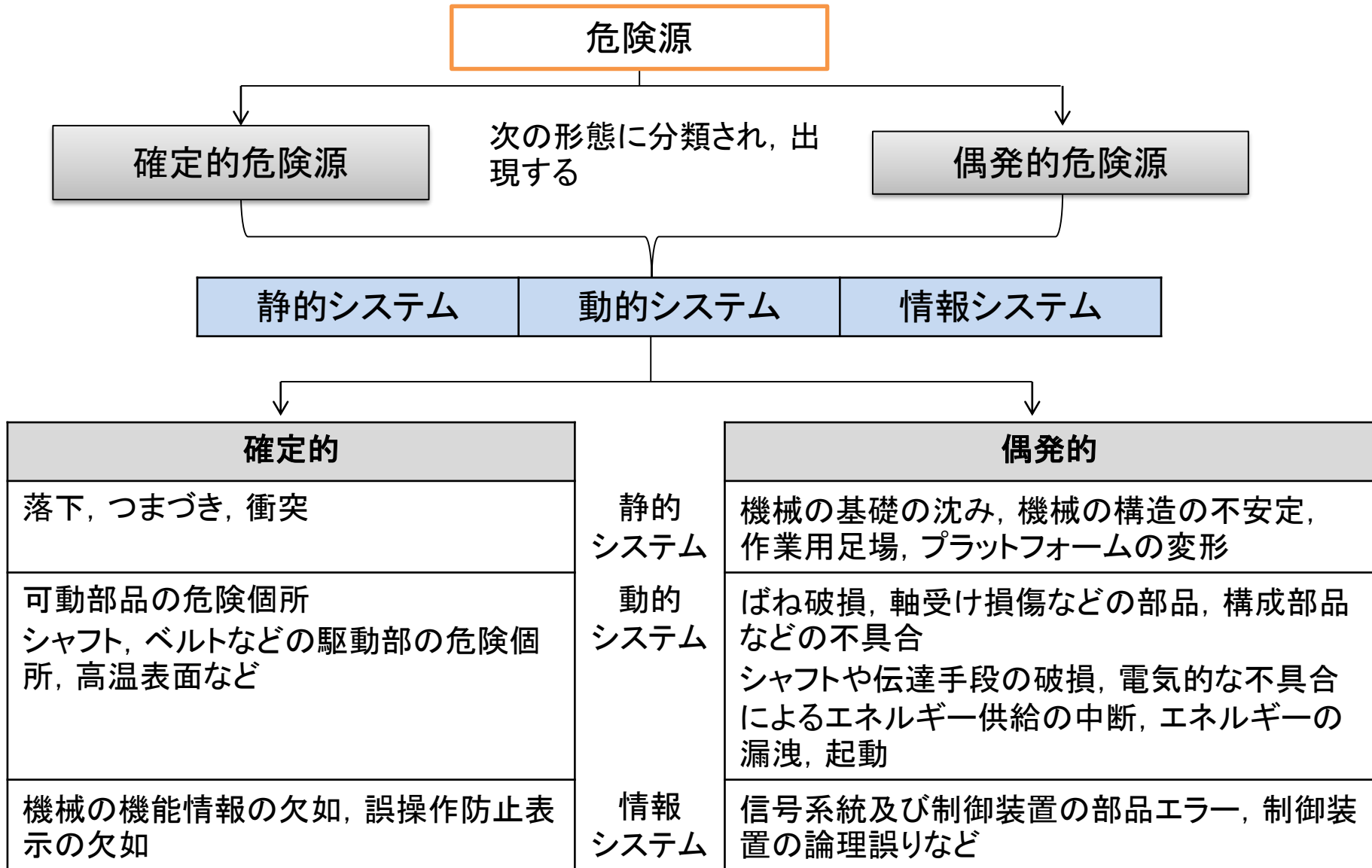
— 運転時間やライフタイムに関係なく機械に存在してる危険源

## ○ 偶発的危険源

— 機械のライフタイム間に発生する危険源。  
— 制御システムの故障・不具合などにより生じる危険源



# 5.1.1 危険源の種類 (4) 確定的及び偶発的危険源



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

確定的		偶発的
落下, つまづき, 衝突	静的 システム  動的 システム  情報 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		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		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

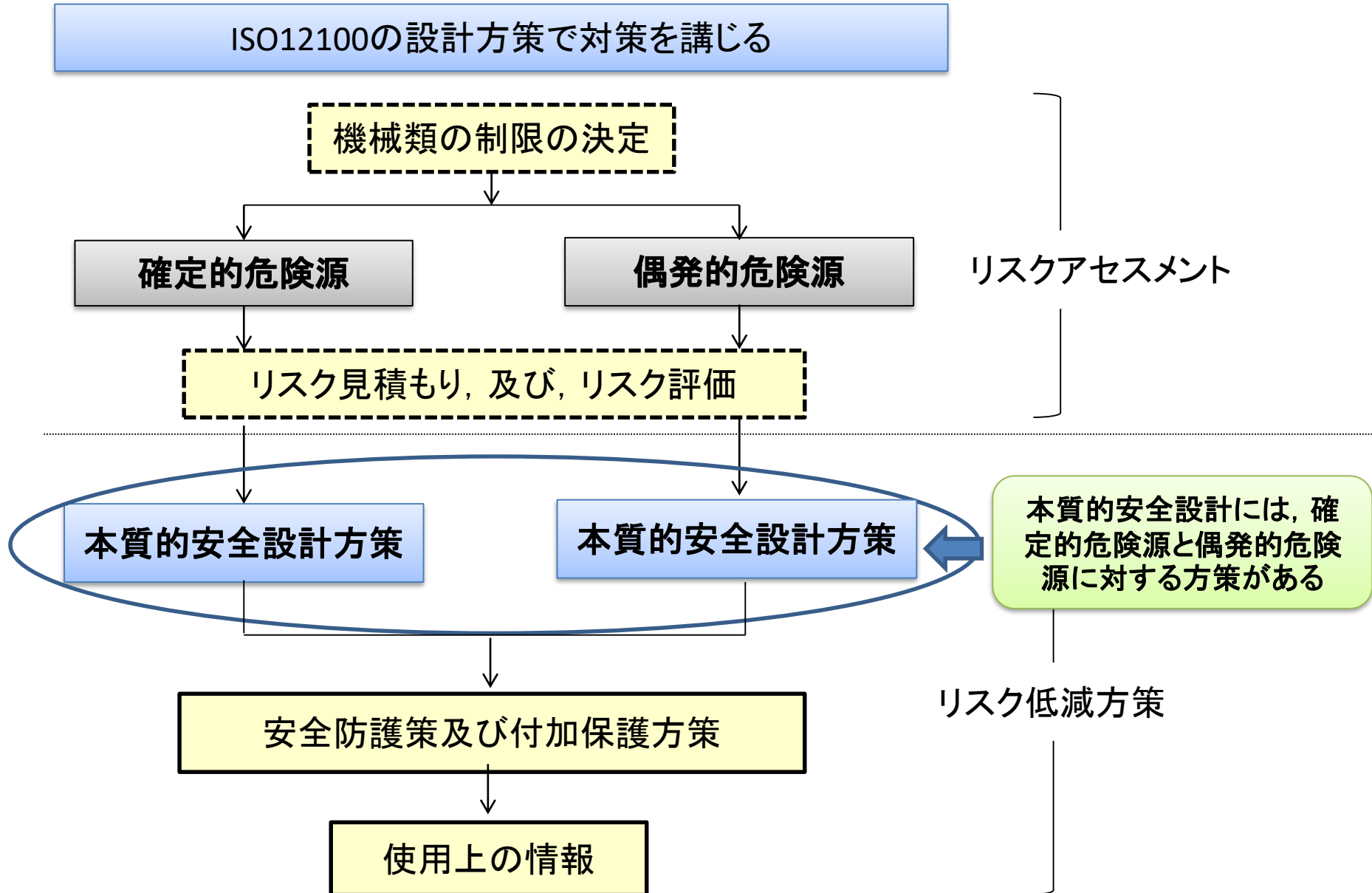
危険源として, 顕在化している

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。

# 5.1.2 本質的安全設計方策－危険源への対処方法



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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。

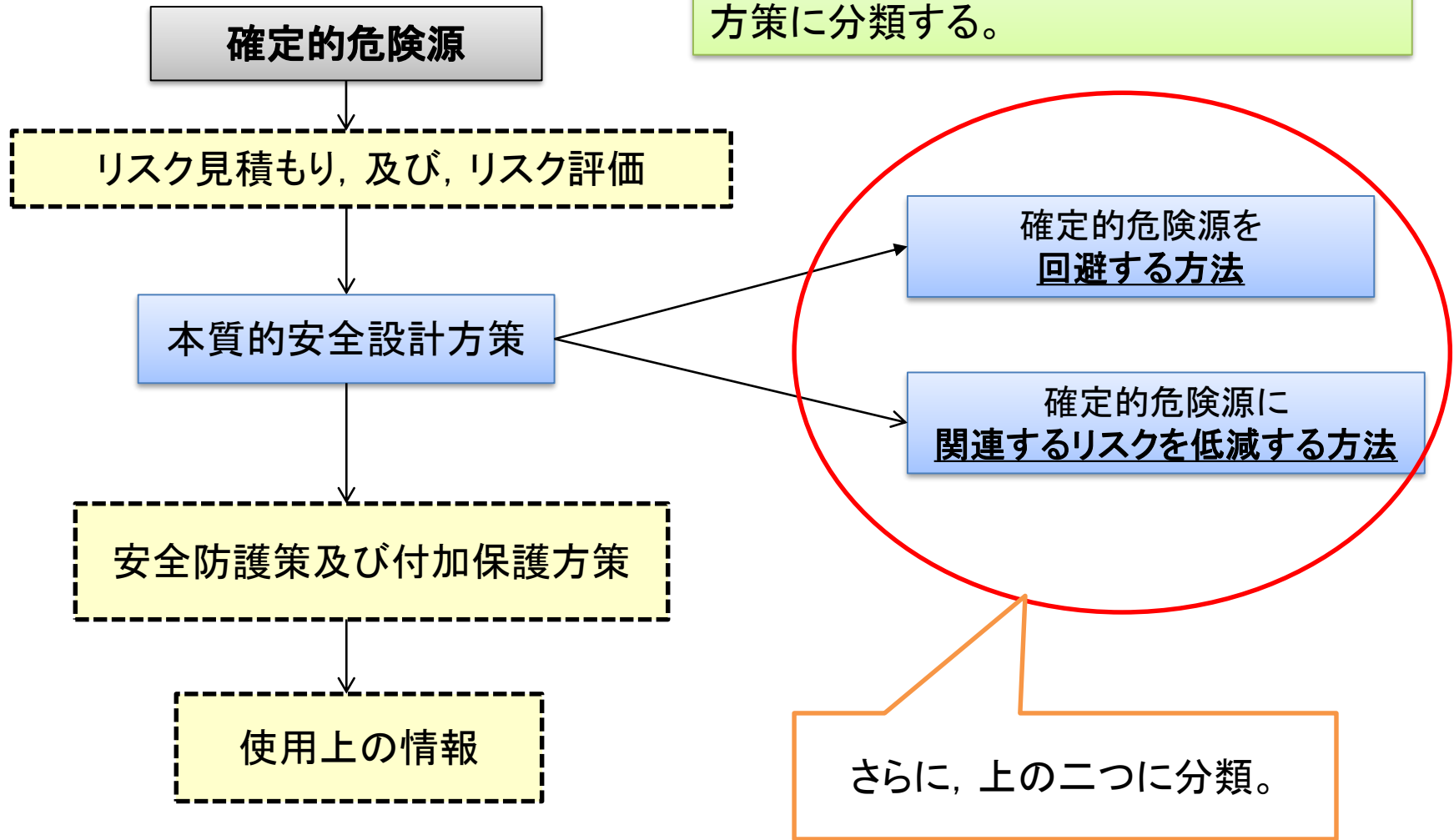
ISO12100で規定する本質的安全設計方策	関連箇条
(1)幾何学的及び物理的要素に関する配慮	この章の5.1.3
(2)機械設計に関する一般的技術知識の考慮	この章の5.1.4
(3)機械的結合の安全原則	この章の5.1.4
(4)人間工学原則の順守*	⇒ この章の5.1.4, <b>及び</b>
(5)空圧／油圧設備の危険源*	ISO4413及びISO4414参照
(6)電氣的危険源の防止*	6.1
(7)制御システムへの本質的安全設計方策の適用	6.2
(8)安全機能故障の確率の最小化	この章の5.1.4, <b>及び6.2</b>

\* (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。

# 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

本質的安全設計方策は、確定的危険源に対する方策と偶発的危険源に対する方策に分類する。



# 5.1.3 本質的安全設計方策－確定的危険源に対する設計対応

・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。

本質的安全設計方策

確定的危険源を除去する方法

(1)物理的側面を考慮した方策

エネルギー制限

力の流れの遮断

構成部品の弾性の利用

(2)幾何学的要素を考慮した方策

最小隙間

安全距離

角部, 突出部回避

確定的危険源に関連するリスクを低減する方法

(3)物理的側面を考慮した方策

- ・音源での騒音低減
- ・危険物質排出低減
- ・危険な放射低減
- ・ . . . . .

(4)幾何学的要素を考慮した方策

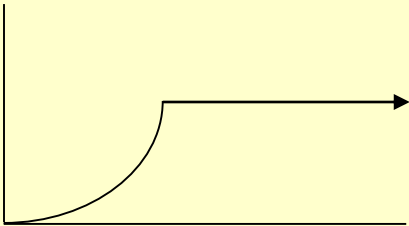
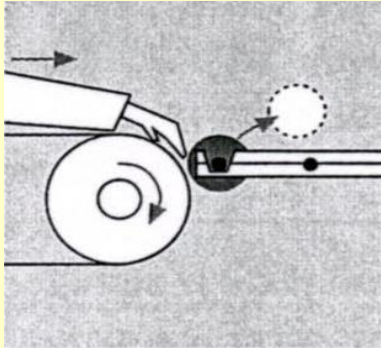
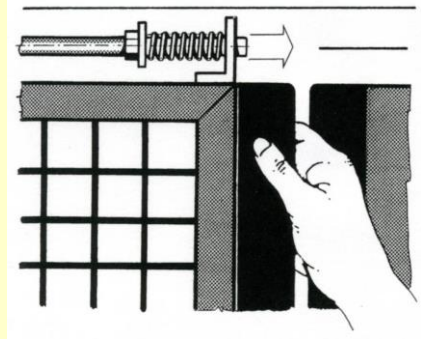
- ・直接視認性確保
- ・適切な作業位置
- ・手動アクチュエータへの接近性
- ・ . . . . .

・人間工学原則    ・電氣的危険源など

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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

### (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、田中紘一翻訳・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。

# 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](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](http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=wFp62jDcoFM)】

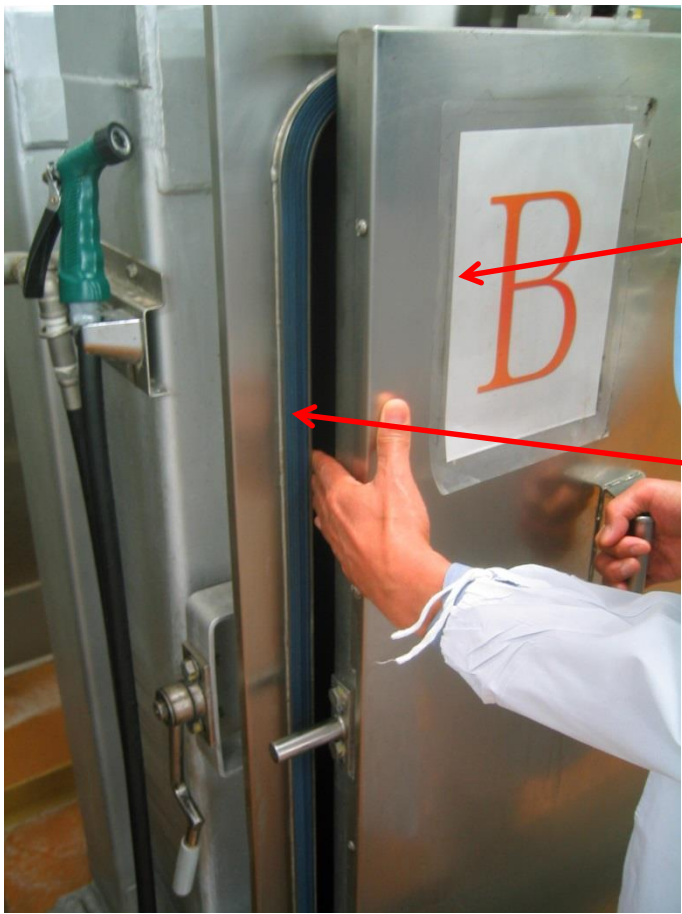
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



# 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 及び 構成部品の弾性の利用



扉を軽量化

ふちに  
衝撃吸収剤



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(株)様よりご提供

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

# 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

### 最小隙間及び安全距離

#### 安全距離

##### ISO13857 (上肢安全距離)

- ①上方への到達
- ②保護構造物を越える到達
- ③周囲への到達
- ④14歳以上の人の上肢の定形開口部を通しての到達
- ⑤3歳以上の人の定形開口部を通しての到達
- ⑥異形開口部を通しての到達

##### ISO13854 (最小隙間)

人体、頭、脚、足、つま先、腕、手、手首、こぶし、指の押しつぶし防止の最小すき間の規定


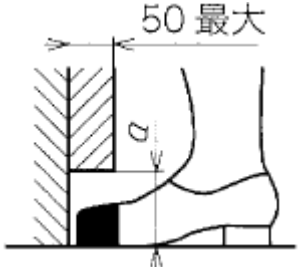
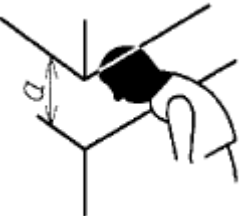
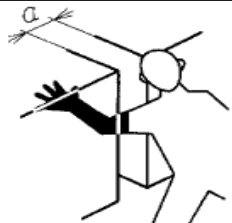

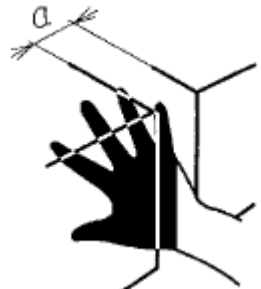

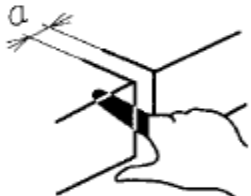
##### ISO13857 (下肢安全距離)

- ①定形開口部を通しての到達
- ②異形開口部を通しての到達
- ③下肢の自由な接近を防止するための安全距離

## (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

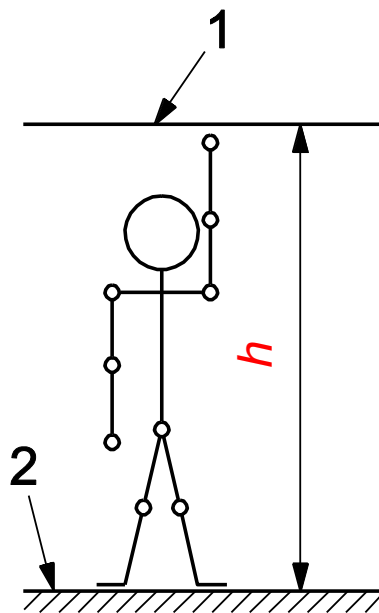
### 可動部分間の最少隙間の十分な確保

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

人体部位	最小隙間, $\alpha$	人体部位	最小隙間, $\alpha$
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

## (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

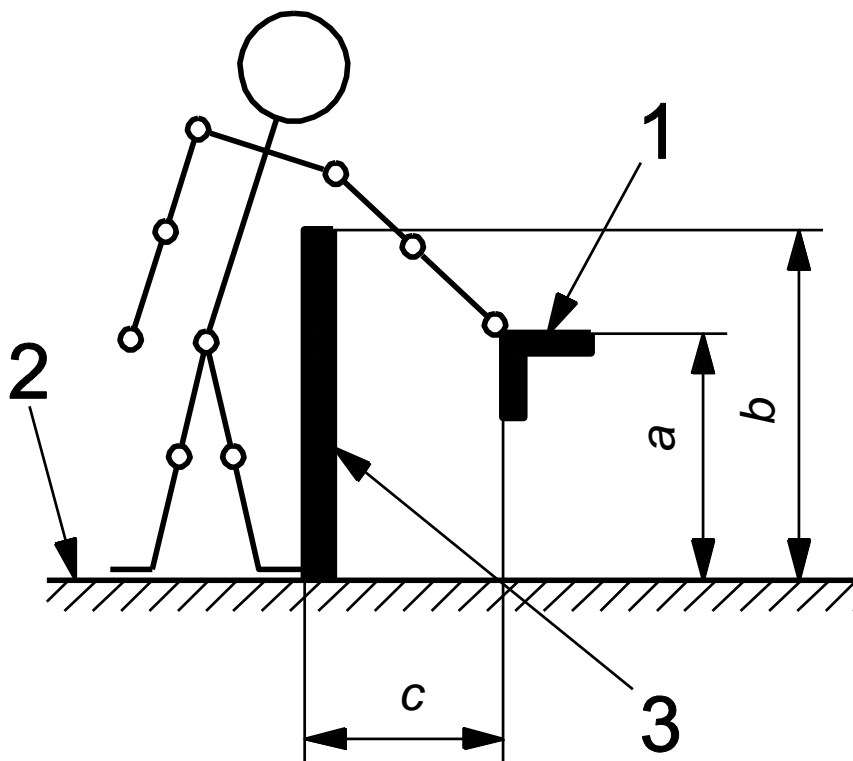
$h$  危険区域までの高さ

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。

## (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

# 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）

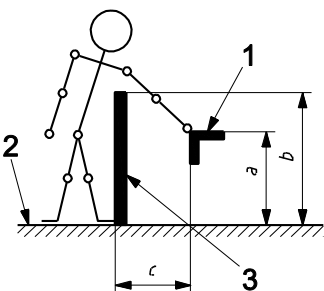
単位 mm

危険区域 の高さ <sup>b)</sup> <i>a</i>	保護構造物の高さ <sup>a)</sup> <i>b</i>								
	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 <i>c</i>								
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 <sup>c)</sup>	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 <sup>c)</sup>	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 <sup>c)</sup>	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。

b) 2 500 mm を超える危険区域に対しては、4.2.1 参照。

c) 日本人を対象にした到達距離 95 パーセント値がこの値より大きくなる箇所（詳細は、[附属書 JA](#) 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

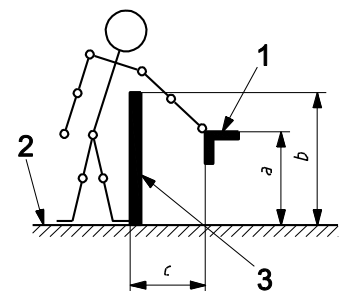
危険区域 の高さ <sup>c)</sup>  <i>a</i>	保護構造物の高さ <sup>a),b)</sup>  <i>b</i>									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
	危険区域までの水平安全距離 <sup>c)</sup>  <i>c</i>									
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	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<sup>a)</sup> 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<sup>b)</sup> 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<sup>c)</sup> 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。

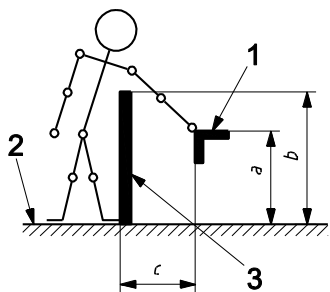


## (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

### 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





## (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

単位 mm

**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300mm以上ある場合850mm未満の安全距離を使用可

上肢の動きの制限	安全距離 $S_r$	図示
肩及び脇の下だけの制限	$\geq 850$	
肩から肘までの制限	$\geq 550$	
	230	
	130	

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

A 腕の動きの範囲  
 $S_r$  円弧状の安全距離  
 注<sup>a)</sup> 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辺の大きさのいずれかとなる。

(2) 幾何学的要素を考慮した方策によるハザードの除去

単位 mm

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 $S_r$		
			長方形	正方形	円形
指先		$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
		$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
指 (指先から指の付け根まで)		$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
		$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
		$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
		$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^a)$	$\geq 120$	$\geq 120$
		$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
		$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

- 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<sup>a)</sup> 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  $S_r$  は 200 mm まで低減できる。

# 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

単位 mm

**安全距離一下肢による接近防止**

下肢の部位	図示	開口部	安全距離 $S_r$	
			長方形	正方形又は円形
つま先		$e \leq 5$	0	0
足の指		$5 < e \leq 15$	$\geq 10$	0
		$15 < e \leq 35$	$\geq 80^a)$	$\geq 25$
足		$35 < e \leq 60$	$\geq 180$	$\geq 80$
		$60 < e \leq 80$	$\geq 650^b)$	$\geq 180$
		$80 < e \leq 95$	$\geq 1\ 100^c)$	$\geq 650^b)$
		$95 < e \leq 180$	$\geq 1\ 100^c)$	$\geq 1\ 100^c)$
		$180 < e \leq 240$	許容不可	$\geq 1\ 100^c)$

- 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)

**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 (簡条 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。

b) 値は脚 (つま先から膝まで) に一致する。

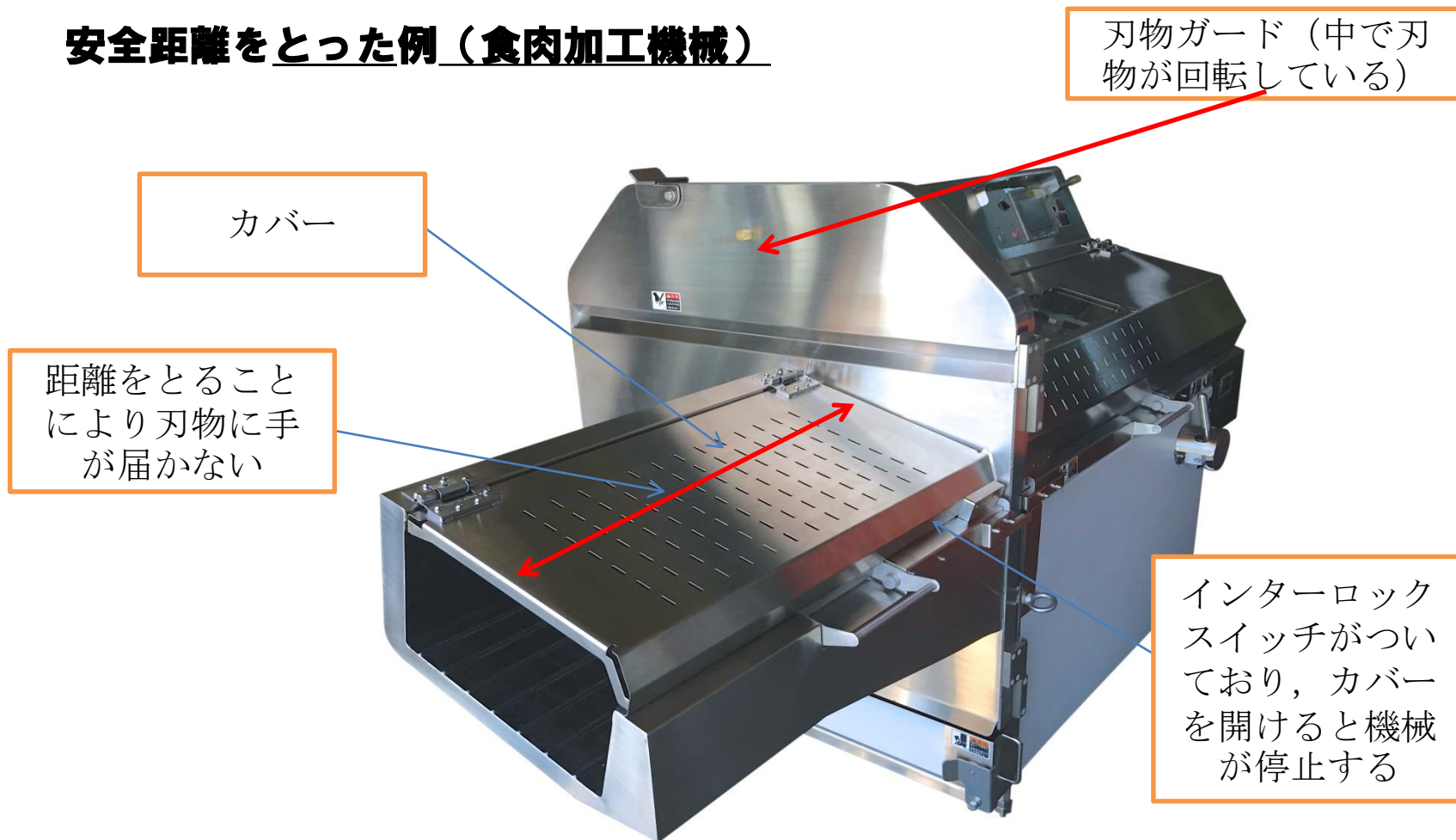
c) 値は脚 (つま先から股まで) に一致する。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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：ワタナベフーマック株）

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

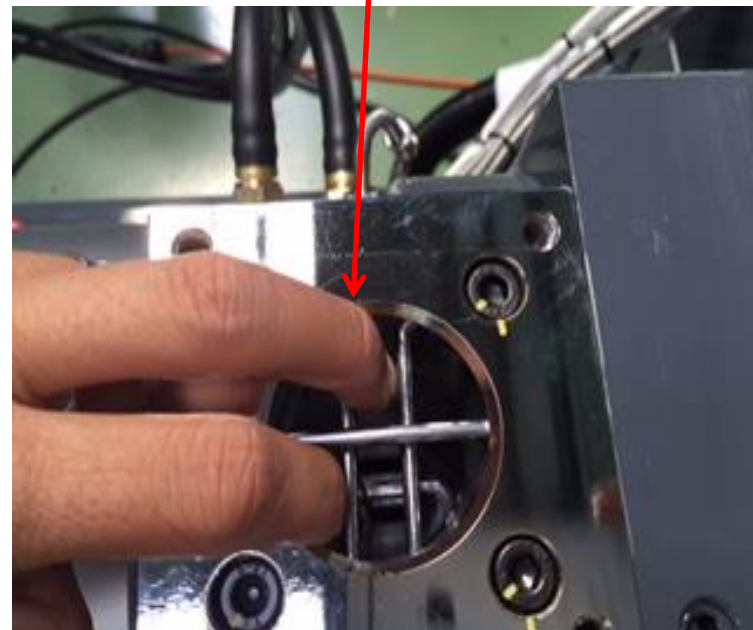
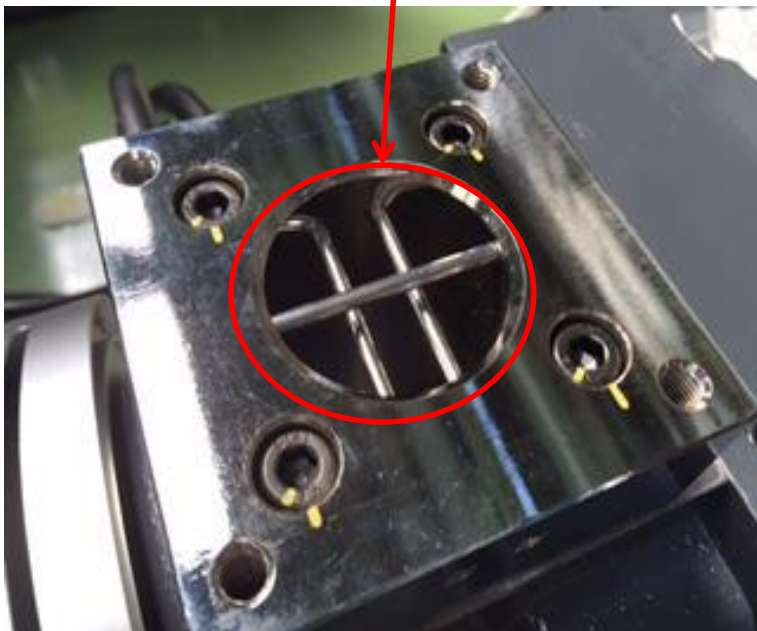
## 5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法 (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

### 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。



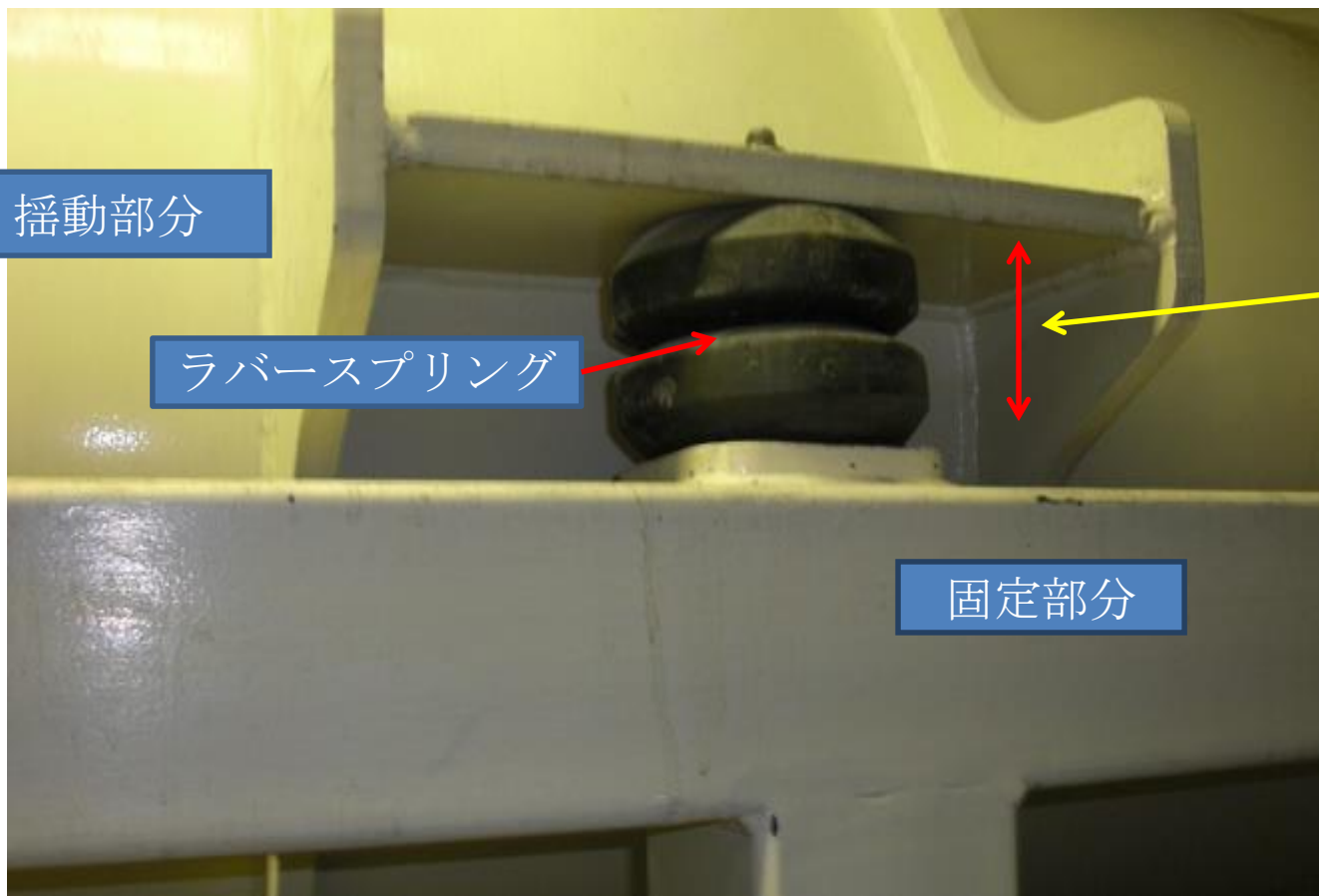
写真：住友重機械工業(株)様よりご提供  
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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

#### 安全距離—最小隙間

#### 最小隙間をとった例（製粉機械）



揺動部分

ラバースプリング

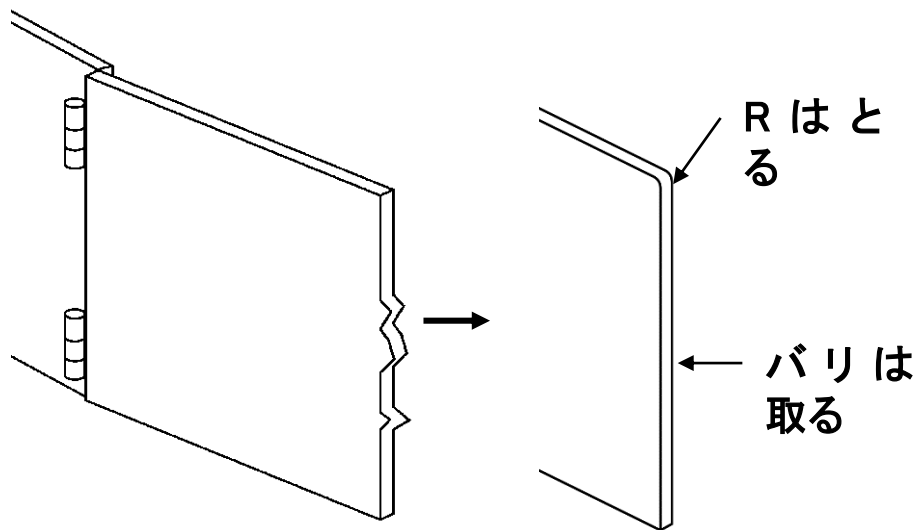
固定部分

十分な隙間  
を設けることにより  
挟まれを防止し  
ている。

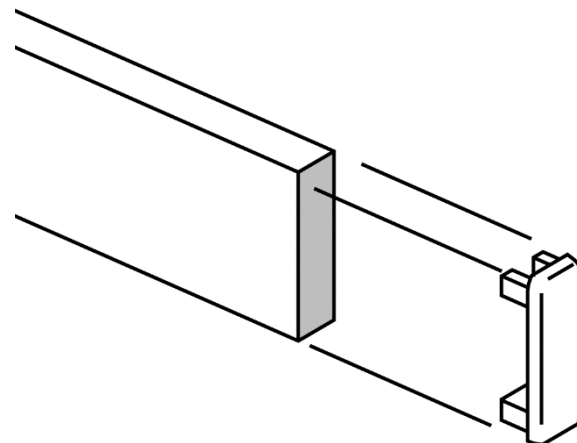
## 5.1.3 本質的安全設計方策—確定的危険源に対する設計方法

### (2) 幾何学的要素を考慮した方策による危険源の除去

#### 鋭利な角部、突出部などの回避



鋭利な角部、バリ取りの例



端部につばを設けた例

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

右下写真 出典(一社)日本食品機械工業会

## 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

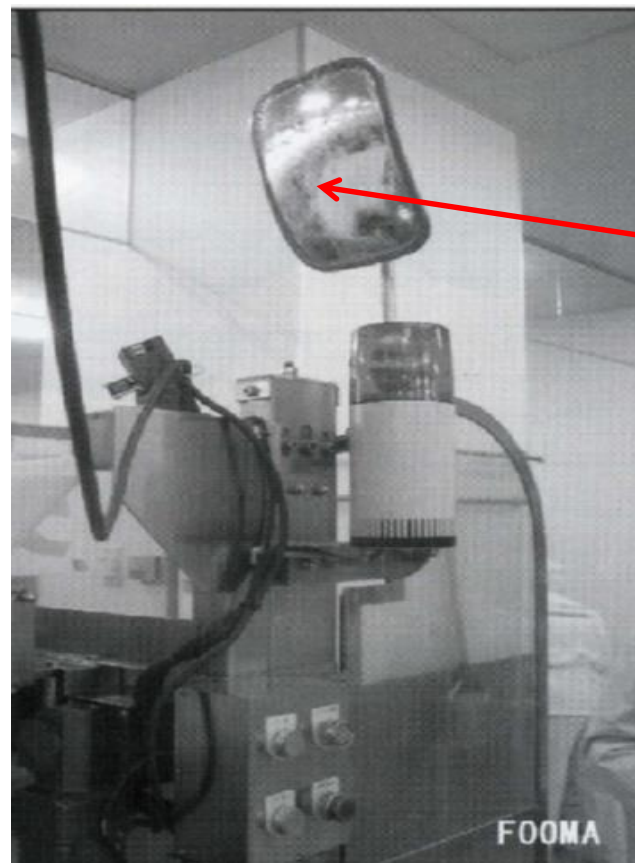


操作パネルの位置を工夫し  
作業区域を直接に見ることが  
できるようにした例

(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)



## 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。

## 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

#### 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。

## 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

適切な作業位置



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。

## 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

#### 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(株)様  
よりご提供

## 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

#### 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"> <li>・運転圧力を下げる</li> <li>・ロータの先端速度を下げる</li> <li>・圧力降下量を減らす</li> <li>・流れの中の障害となる構造を除く</li> <li>・流速を下げる</li> <li>・流速分布を改善する</li> <li>・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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧力変化の速度を遅くする</li> <li>・回転体近くの障害物を除く</li> <li>・超音速気流は用いない</li> </ul>

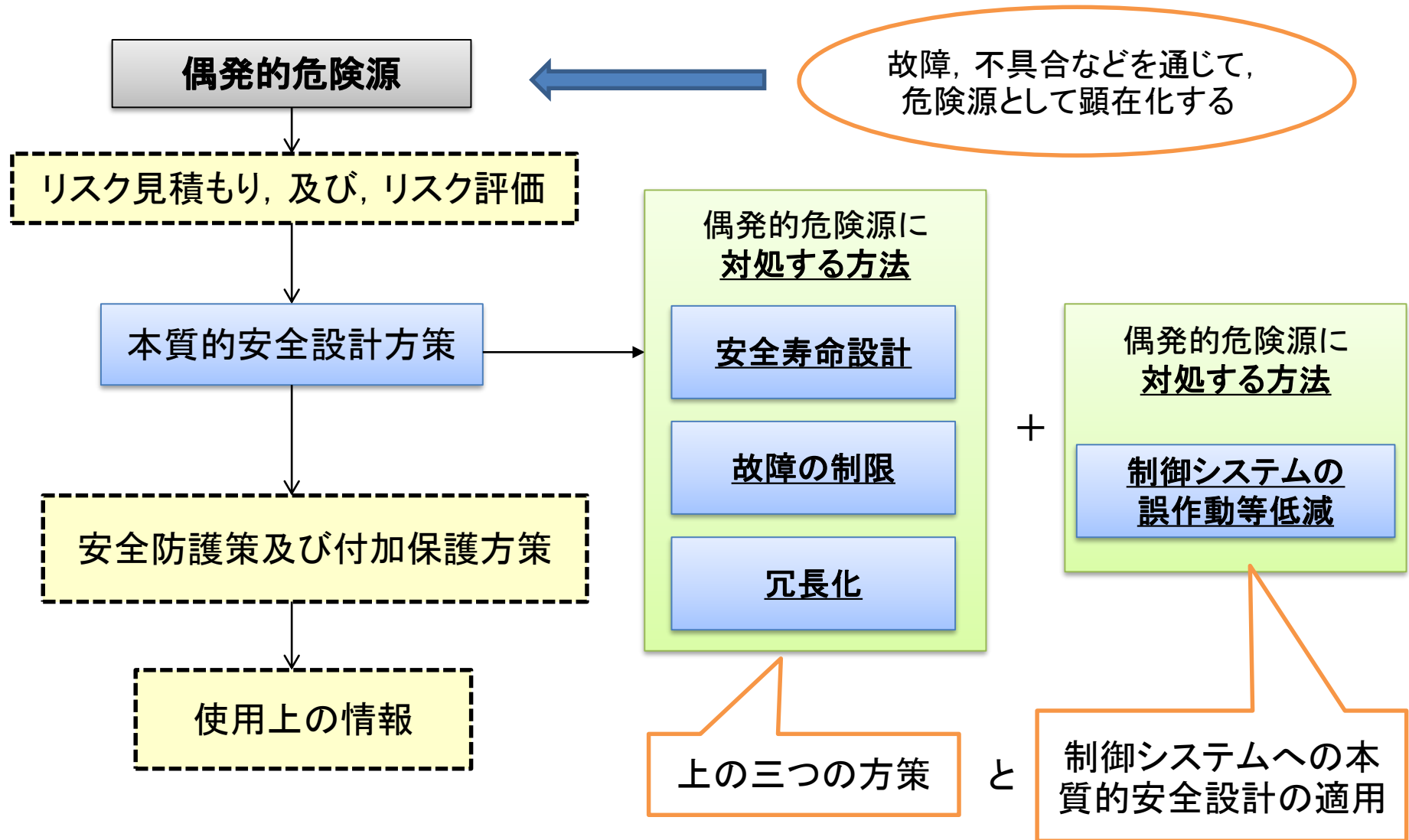
種類	液体騒音源	
発生原因	乱流や膨張・収縮及び急速な移動による騒音	キャビテーション
対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧力降下量を減らす</li> <li>・流速分布を改善する</li> <li>・流速を下げる</li> <li>・圧力変化の速度を遅くする</li> <li>・流れの中の障害となる構造を除くなど</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧力降下量を減らす</li> <li>・流速を下げる</li> <li>・場の静圧を上げる</li> <li>・流速分布を改善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

## (3) 物理的側面を考慮した方策による危険源の除去

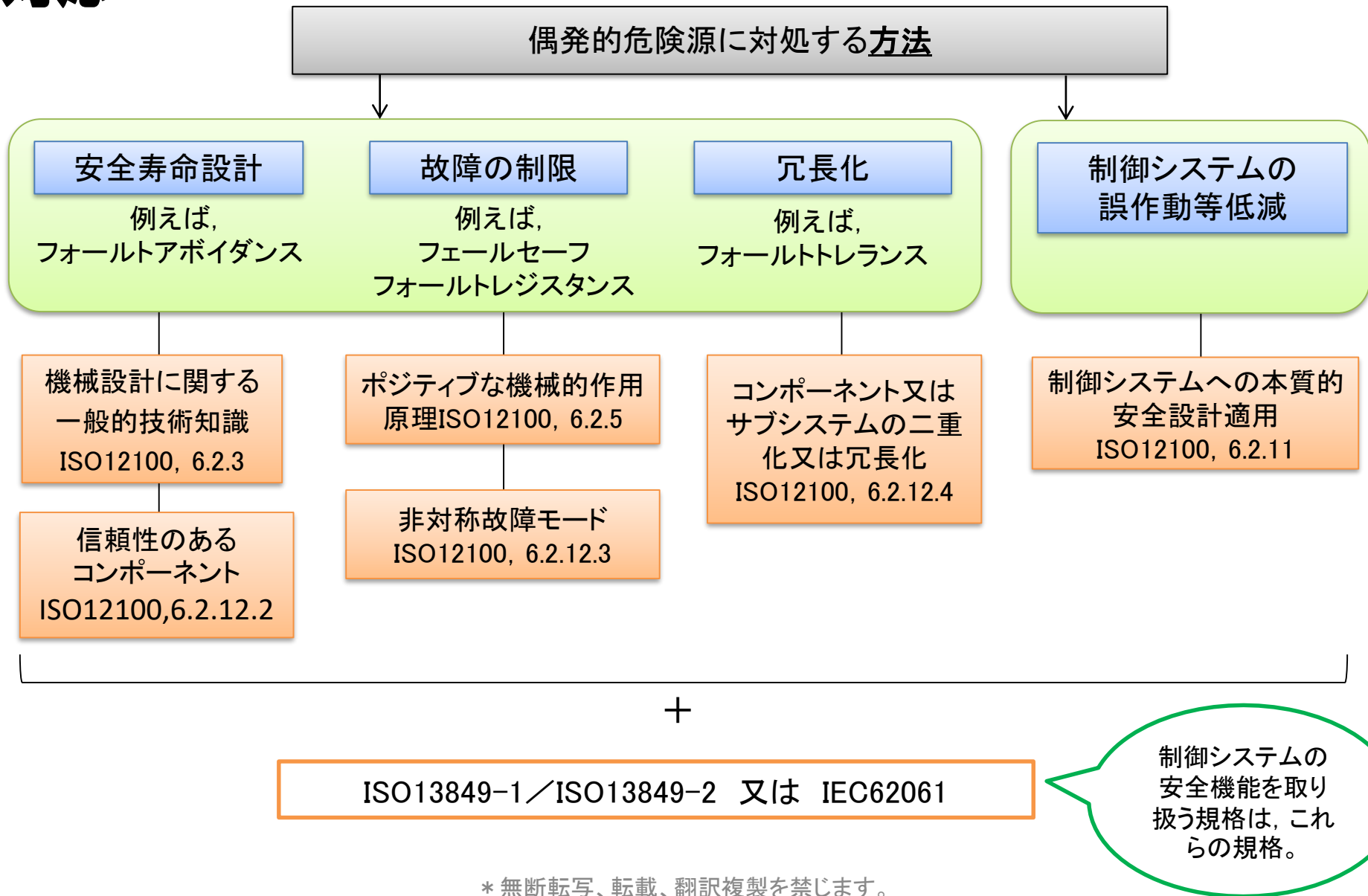
## 音源での騒音低減—構造体騒音源

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)	摩耗 (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"> <li>・衝撃接触時間を長くする</li> <li>・衝撃速度を小さくする</li> <li>・自由衝撃体の質量軽減</li> <li>・荷重変動による締結部の緩み防</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接触時間を長くする</li> <li>・ヘルカルギヤの使用</li> <li>・歯数の増加</li> <li>・歯の加工及び芯出し精度の向上</li> <li>・プラスチック材料の使用 (低荷重用)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・精密級転がり軸受の使用</li> <li>・軸受取付部のはめあい精度の向上</li> <li>・滑り軸受の使用</li> <li>・接触部の柔軟性向上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・回転体の不釣り合いの低減</li> <li>・運動部分への釣り合いおもりの取付け</li> <li>・加速度運動部の質量軽減</li> <li>・運動部分の安定性改善</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・低摩擦材料の使用</li> <li>・適当な潤滑剤の使用</li> <li>・構造減衰を大きくして自励振動を防止</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・溝と磁極の方向を平行にしない</li> <li>・磁界の対称性の狂いを最小化</li> <li>・磁極形状の最適化</li> <li>・周波数変換器に起因する磁気音を考慮</li> <li>・変圧器のコアには騒音低減材料を使用</li> </ul>

# 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

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

すべての構成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

フォールトアボイダンス

### 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。	

## (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

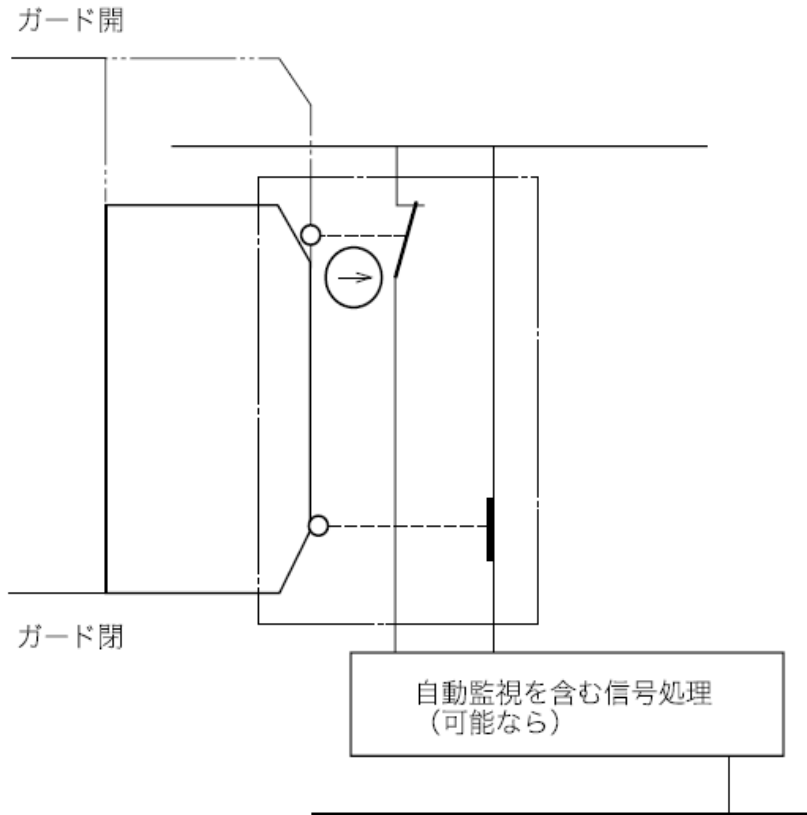
### 冗長系

- ・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

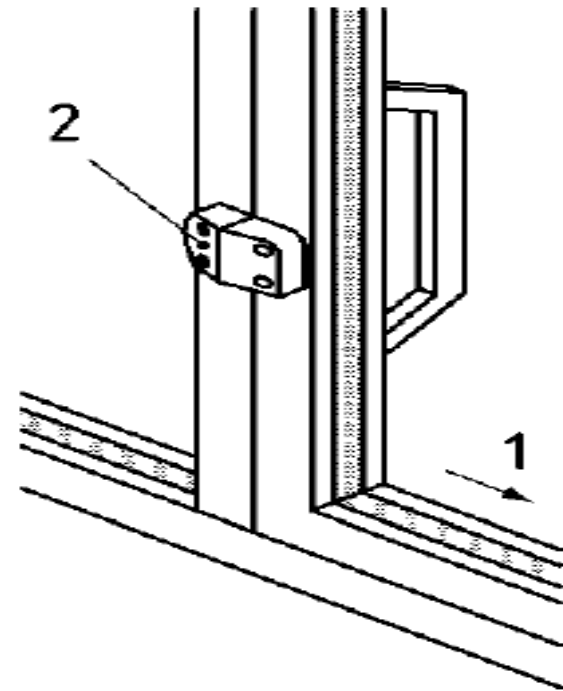
コンポーネントの二重系又は冗長系により、一つのコンポーネントが故障した場合、別のコンポーネントがその機能を継続できるように用いる。・適切な運転の開始を許可するため、自動監視を使用

## (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

## (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

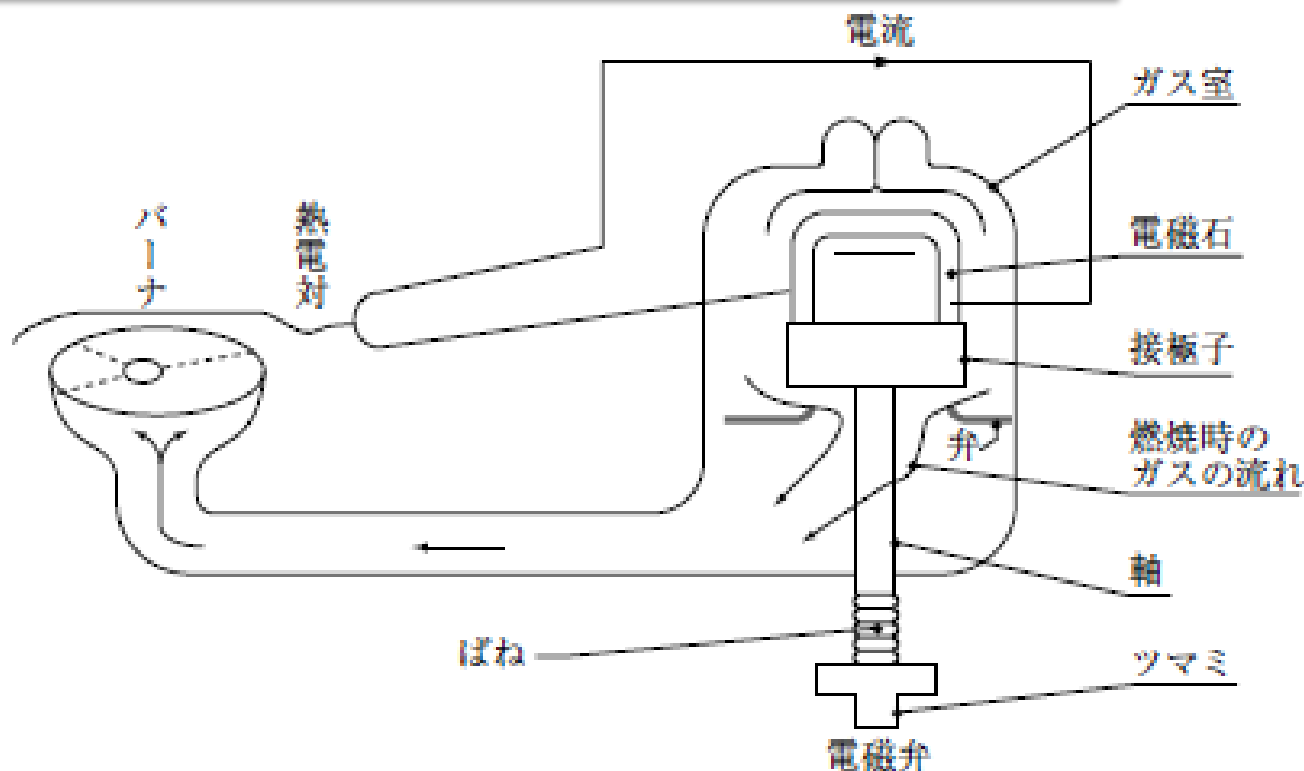
ポジティブな機械的作用  
ISO12100, 6.2.5

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
<p>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</p>	<p>顕著な故障モードが事前に分かっている</p>

## (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

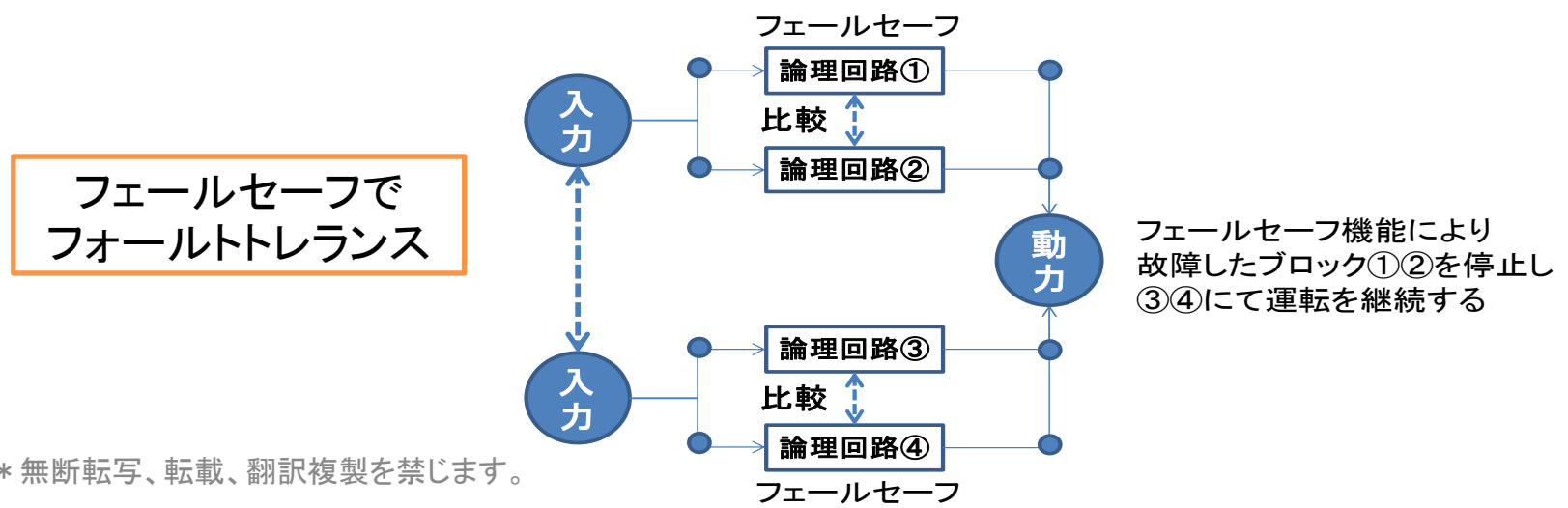
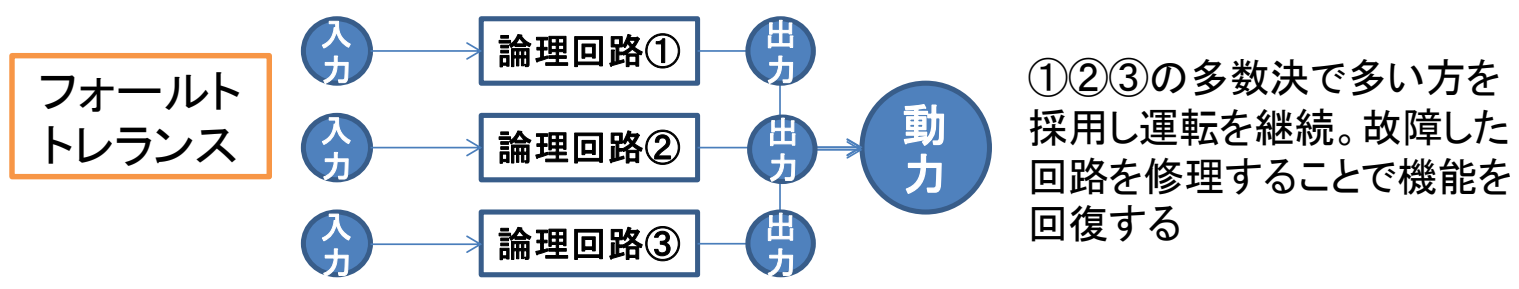
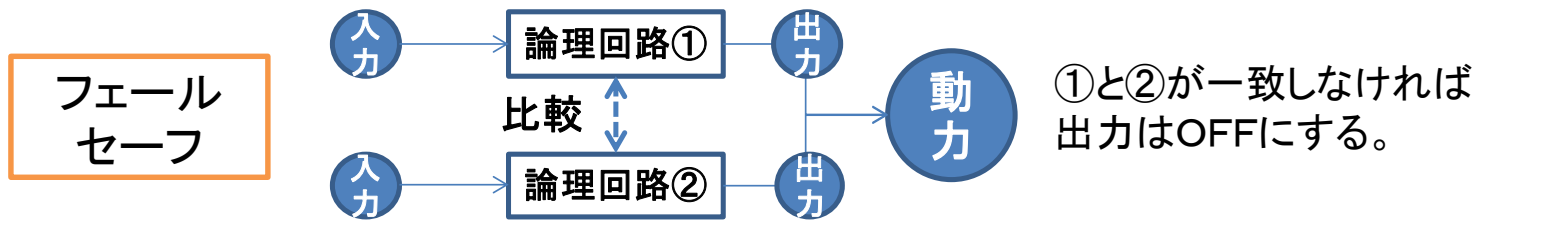


つまみを押し、ガス室にたまったガスをバーナに供給し、点火する。点火した火により、熱電対の起電力で電磁石のコイルに電流が流れ、接極子を引き上げるとガスが連続的に流れる仕組みになっている。点火されていないと接極子を引き上げる電流も流れないし、また電線が断線しても同様に接極子が引き上げられることはない。さらに電磁石の吸引力がなくなったとしても、軸がばねの作用と重力によりガスの供給弁をふさぐのでガス漏れを防止できる構造となっている

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## (3) 故障の制限

### フォールトトレランスの例—論理回路

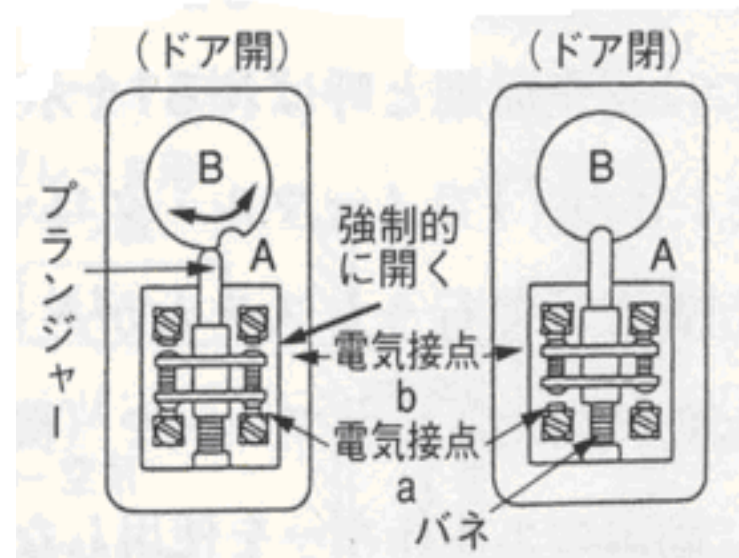
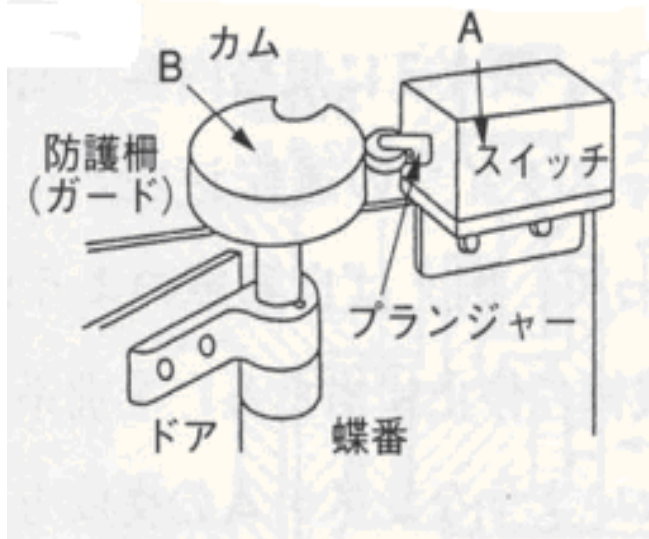


\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## (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)



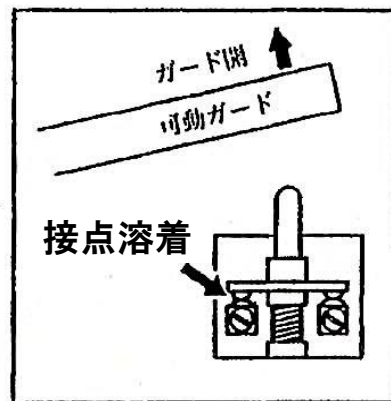
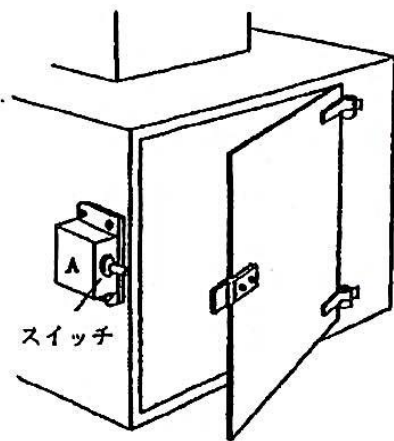
## (3) 故障の制限-2

### ポジティブな機械的作用原理

#### Non positive 結合

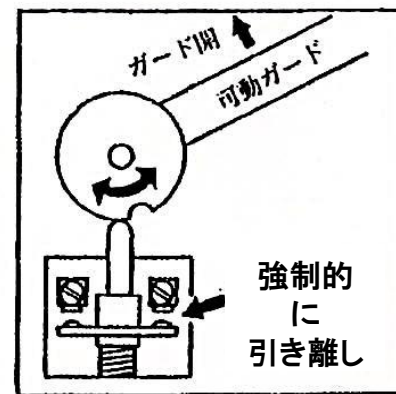
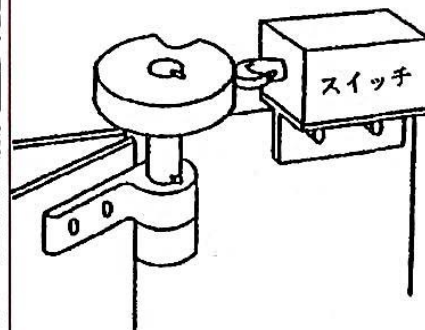
#### Positive 結合

(a) 不適切な例



ばね戻り式接点

(b) 適切な例



直接開離式接点

故障モード	故障特性
接点溶着	危険側故障
バネのへたり	危険側故障

故障モード	故障特性
接点溶着	安全側故障
バネのへたり	安全側故障

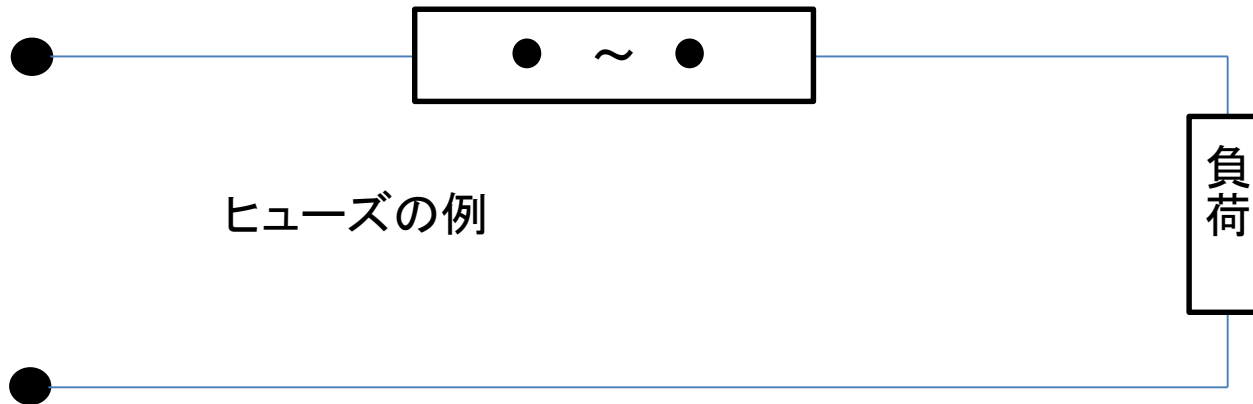


## (3) 故障の制限

### 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。



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。

## (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。

## (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

### (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。

## (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。)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

表 停止に関する各規格の規定

(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

## (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)

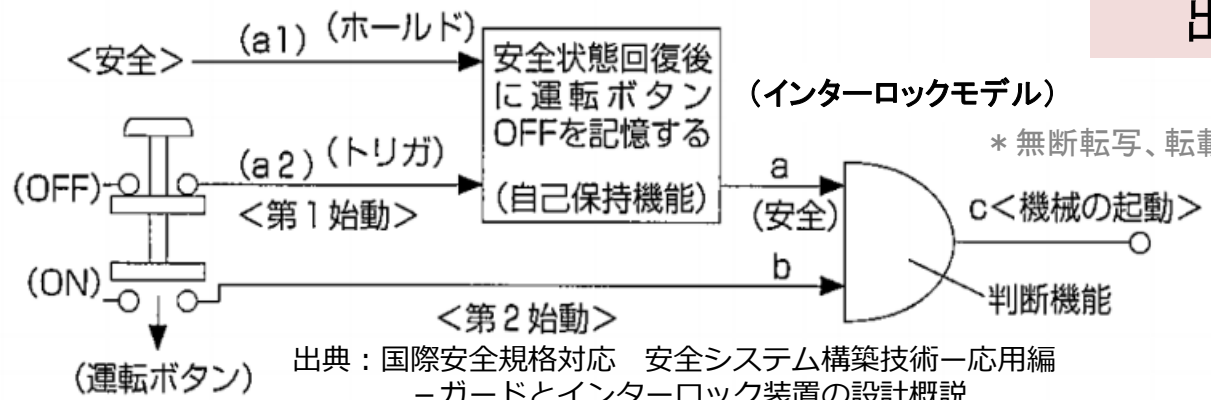
・ISO12100,6.2.11.4の規定

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。



出典：国際安全規格対応 安全システム構築技術—応用編  
—ガードとインターロック装置の設計概説

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### (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。

## (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変化した場合に, 不具合(障害)に応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



### (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マ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。

### (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 하나가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。

### (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ならなければならない。
- 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)。

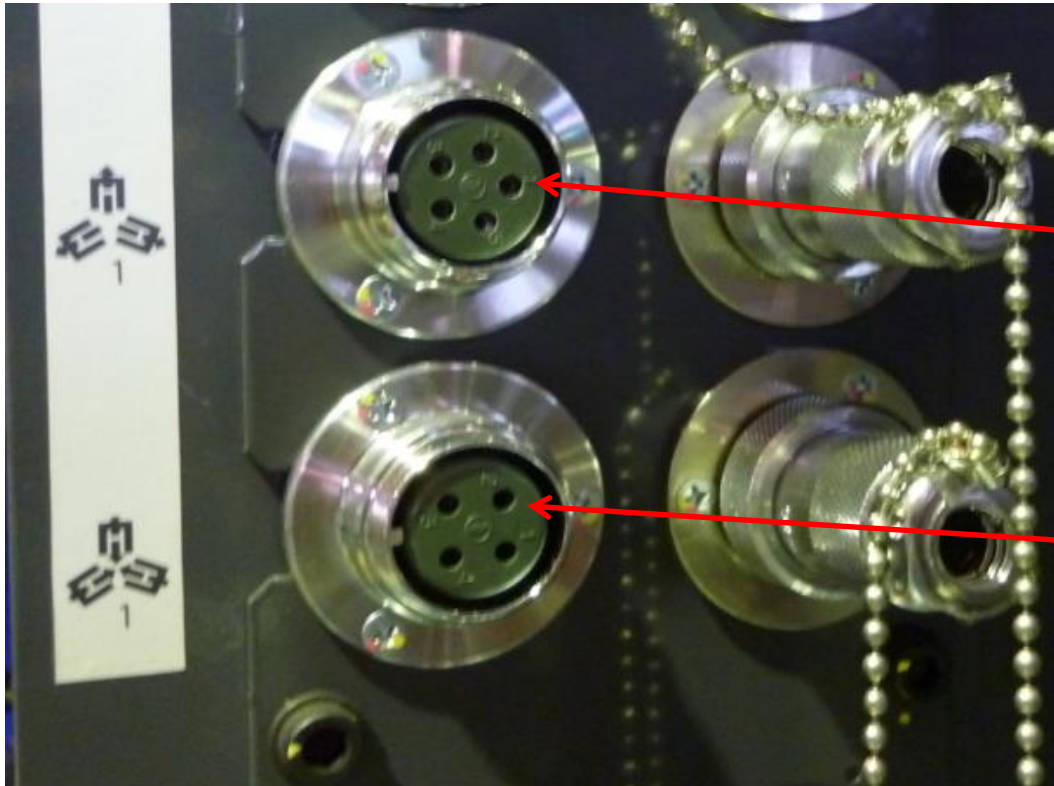
## その他の設計方法

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

## 5.1.6 危険源への暴露機会の制限

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

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 法令が定める衛生面の構造要求 1/7

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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

5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計  
法令が定める衛生面の構造要求 2/7

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)

### 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 法令が定める衛生面の構造要求 3/7

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 →??



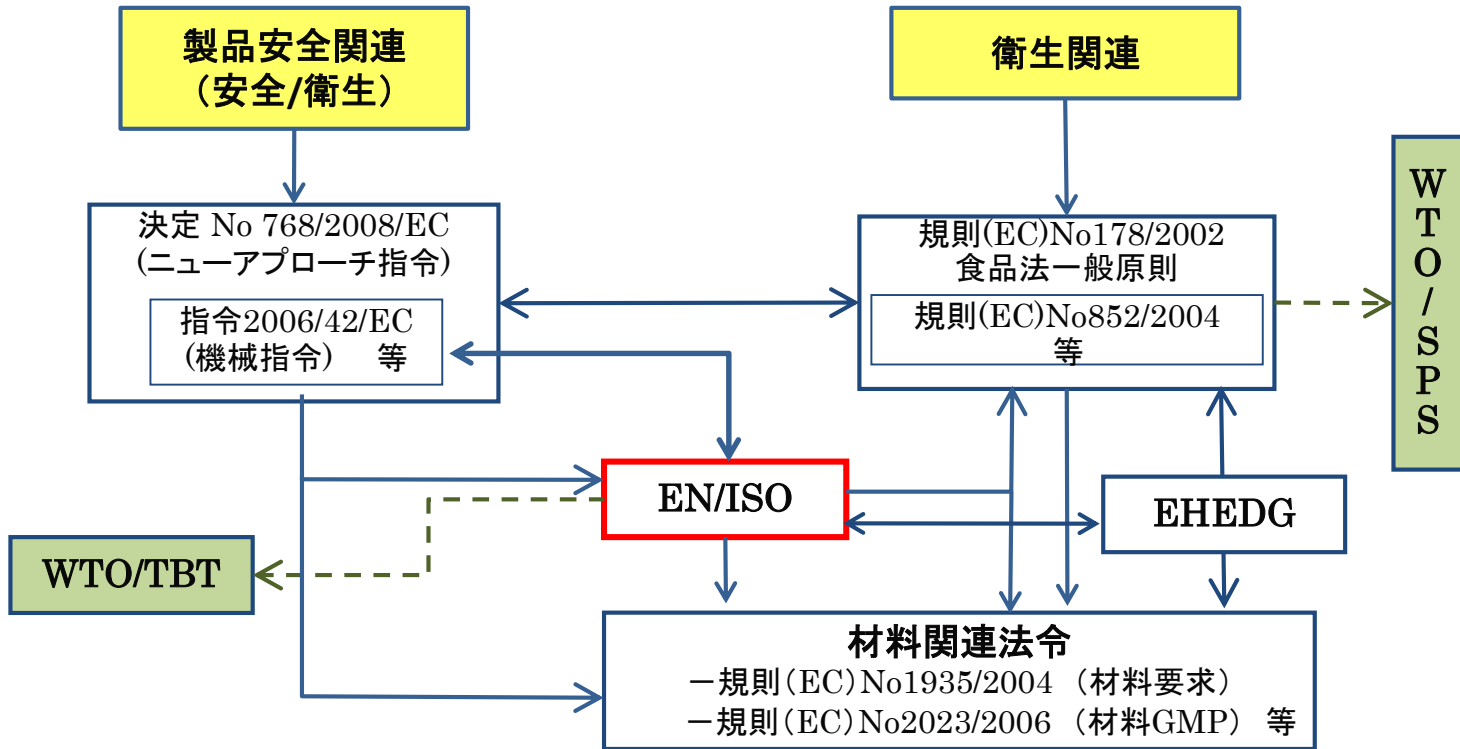
多くは顧客要求事項〔使用上の制限仕様(制限仕様)〕による

だが、詳細な構造・条件を提示する顧客は少ない・・・



5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計  
 法令が定める衛生面の構造要求 4/7

EUが構築する衛生構造要求の関係



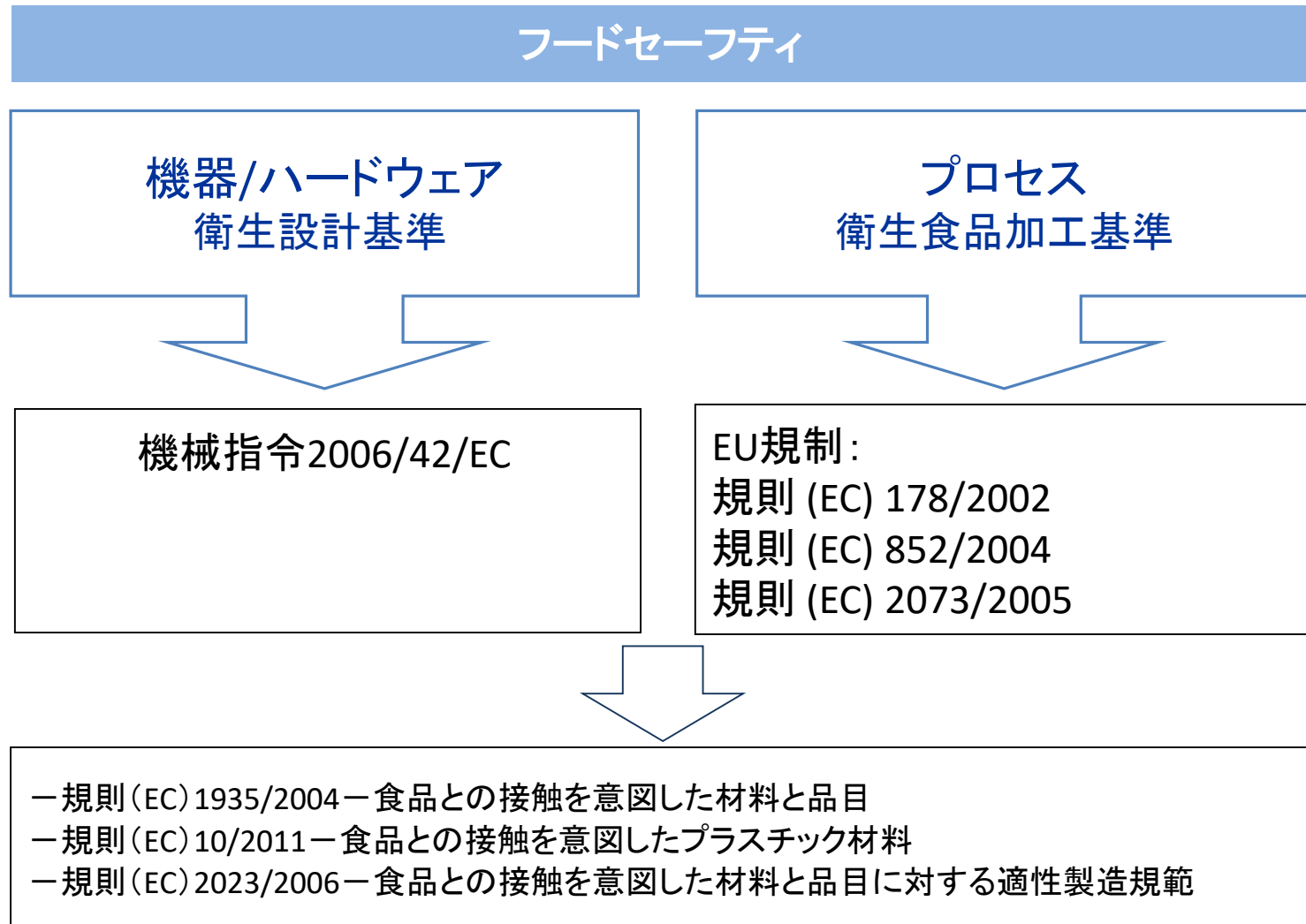
ー衛生構造の具体的な要求は機械指令が受け、整合規格リストに含まれるEN/ISOを参照  
 ー関連するEN/ISOの要求を満たすことで、法令が定める衛生構造を満たすと推定できる

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 法令が定める衛生面の構造要求 5/7

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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



### 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 法令が定める衛生面の構造要求 6/7

#### 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、使い捨て
- 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

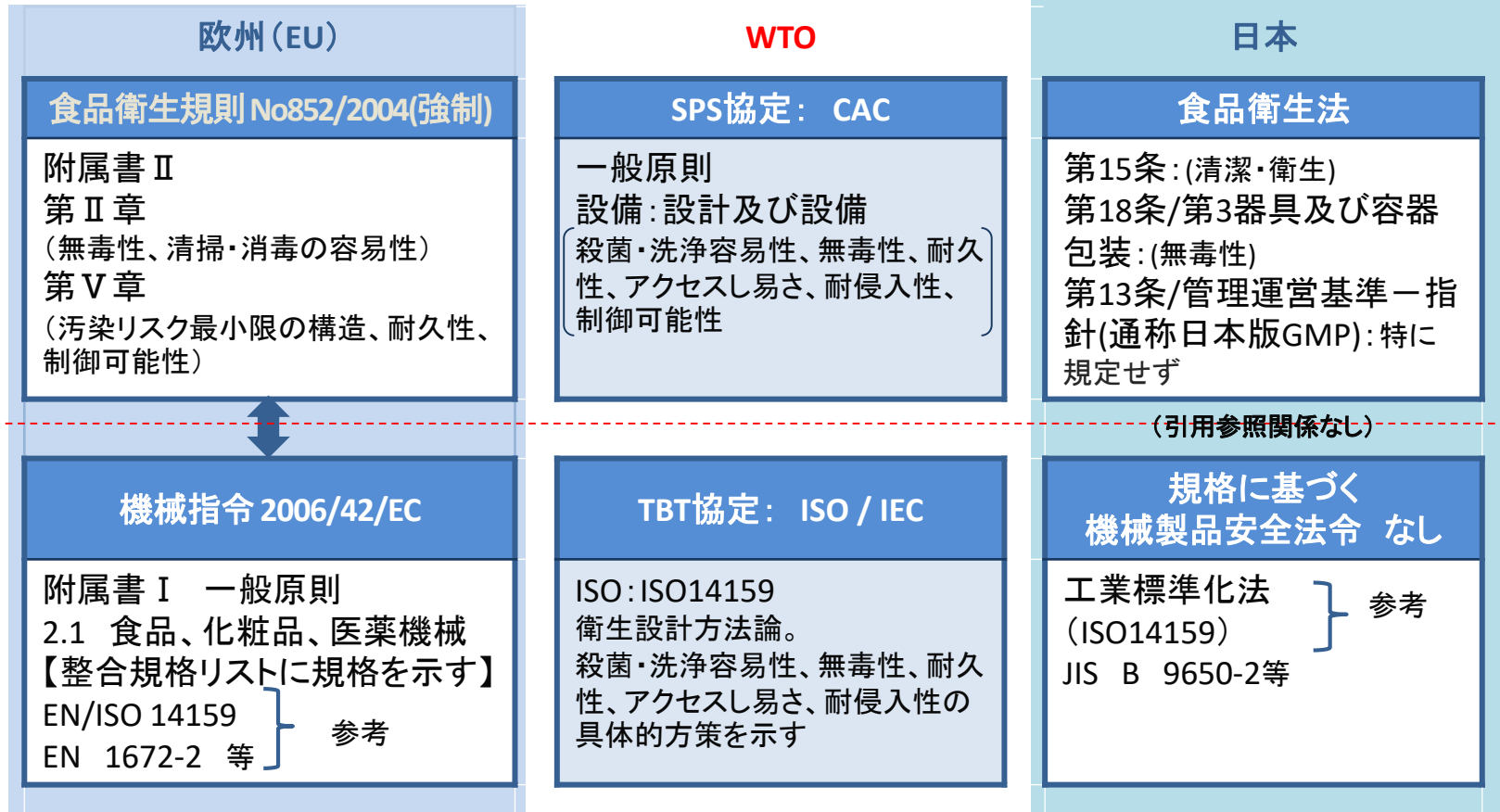
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計  
 法令が定める衛生面の構造要求 7/7

安全面、衛生面の構造に関する法令と規格の関係

【衛生面】

【安全面・衛生面】



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計を扱う規格 1/1

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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

#### 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

#### 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

#### タイプA

ISO12100

#### タイプB

ISO14159

ISO14120

ISO13849-1

IEC60204-1

#### タイプC

JIS B 9650-2

JIS B 9651～9658

EN1672-2

EN1241等、約50種類

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計を扱う規格 1/2

### 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

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計を扱う規格 2/2

### 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】

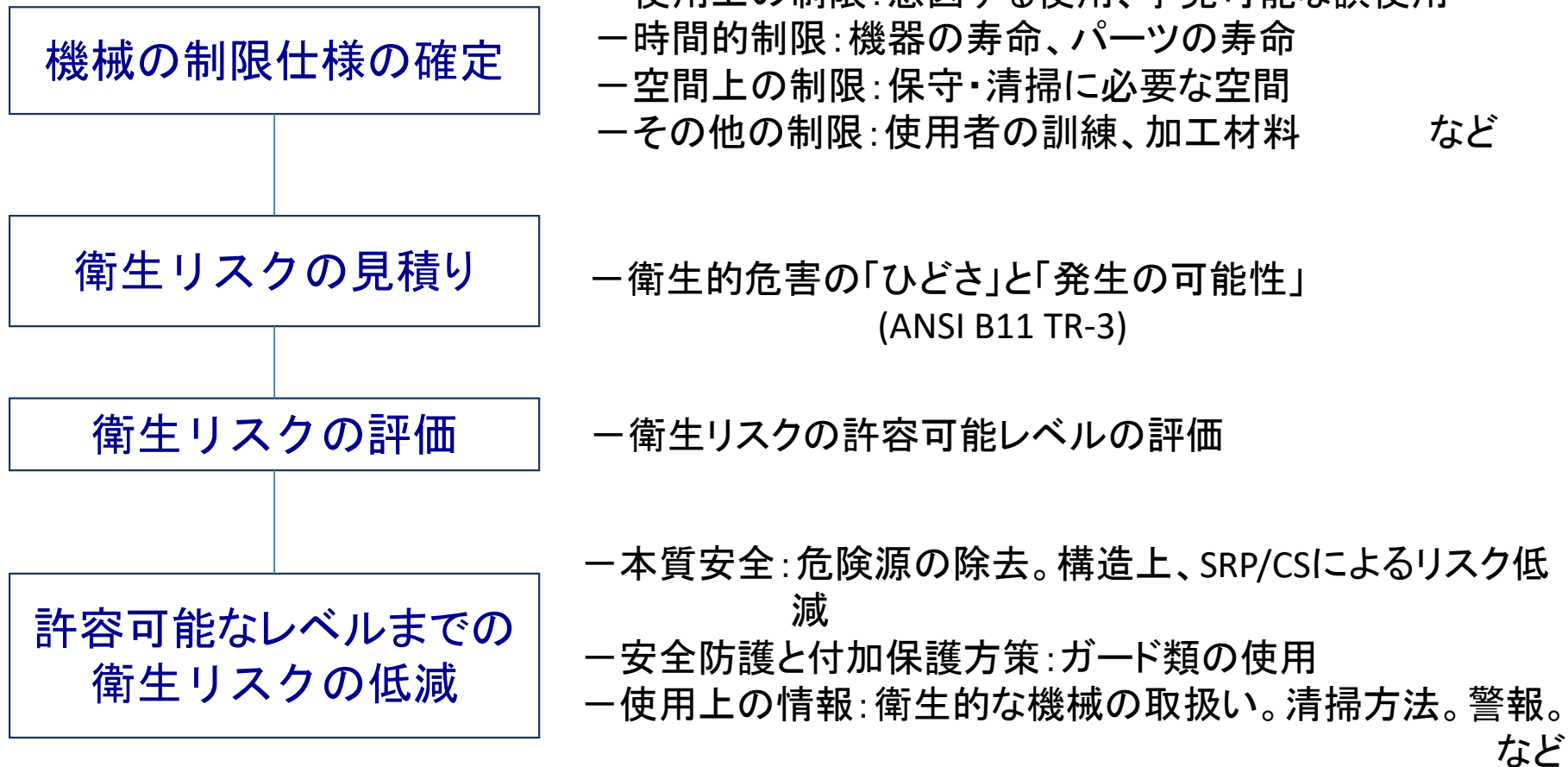
- ◆ JIS B 9650-2は、ISO14159が扱う危険源に、ベルト、のぞき窓等を追加。
- ◆ 詳細な危険源リストを提供。
- ◆ ISO12100に準拠した安全面に衛生面を加えたリスクアセスメントプロセスを提供
- ◆ より詳細な検証方法を提供

#### 【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

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計プロセス、及びリスクアセスメント 1/4

### 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



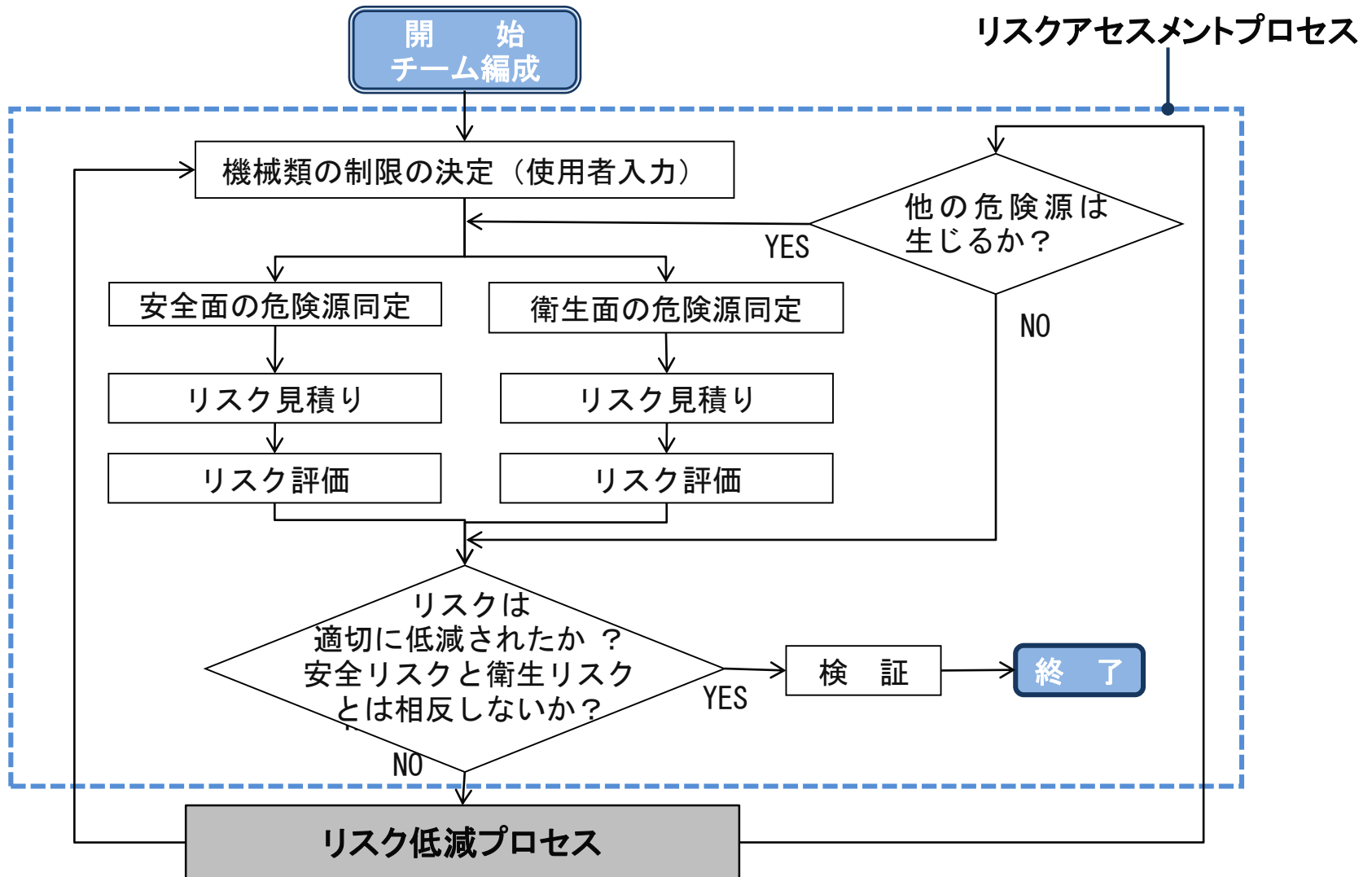
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計プロセス、及びリスクアセスメント 2/4

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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



## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計プロセス、及びリスクアセスメント 3/4

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

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生面の安全設計プロセス、及びリスクアセスメント 4/4

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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。

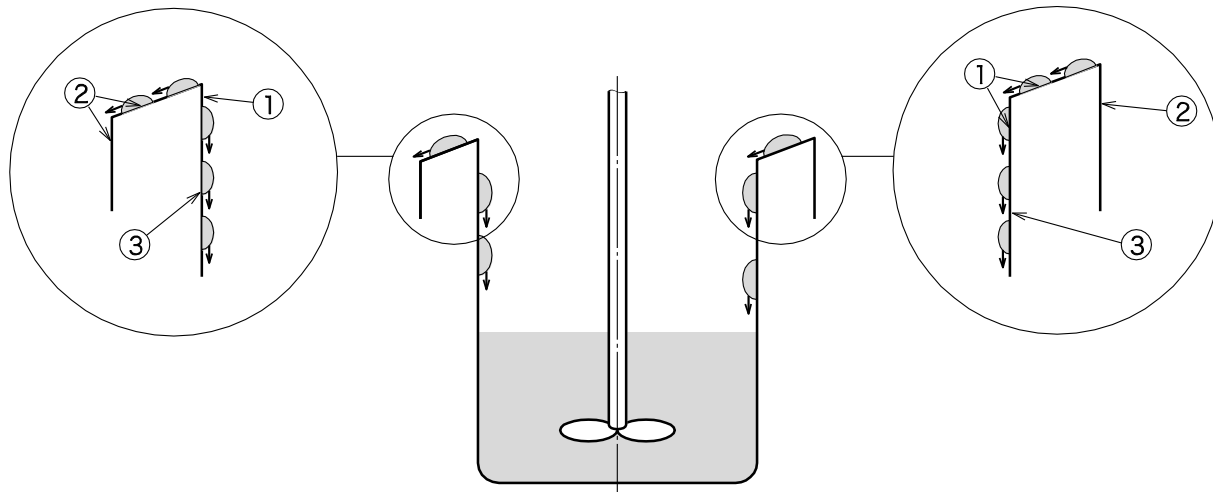
- 「危害のひどさ」は、ISO14159では、消費者が被る恐れのある“健康障害のひどさ”を指定する。JIS B 9650-2では、食品を製造する企業が被る恐れのある“経済的損失”で見積もることを認める。
- リスクの評価は、法令への適合、機械使用者の許容可能なリスクに基づく。規格では低減レベルには言及しないが、一般的には、“低”レベルを低減目標とする。

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生リスク低減の考え方 1/5

### 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。

## 構造材料に対するリスク低減のための要求事項の例

<b>食品接触部</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— 各国が定める衛生関連法令が定める材料規制への適合。</li><li>— 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。</li><li>— 食品に触れる手で触る表面も“食品接触部”となる。</li></ul>
<b>食品飛散部</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— 食品接触部に対する要求が適用される。</li></ul>
<b>食品非接触部</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— 食品接触部の要求事項は適用されない。</li></ul>

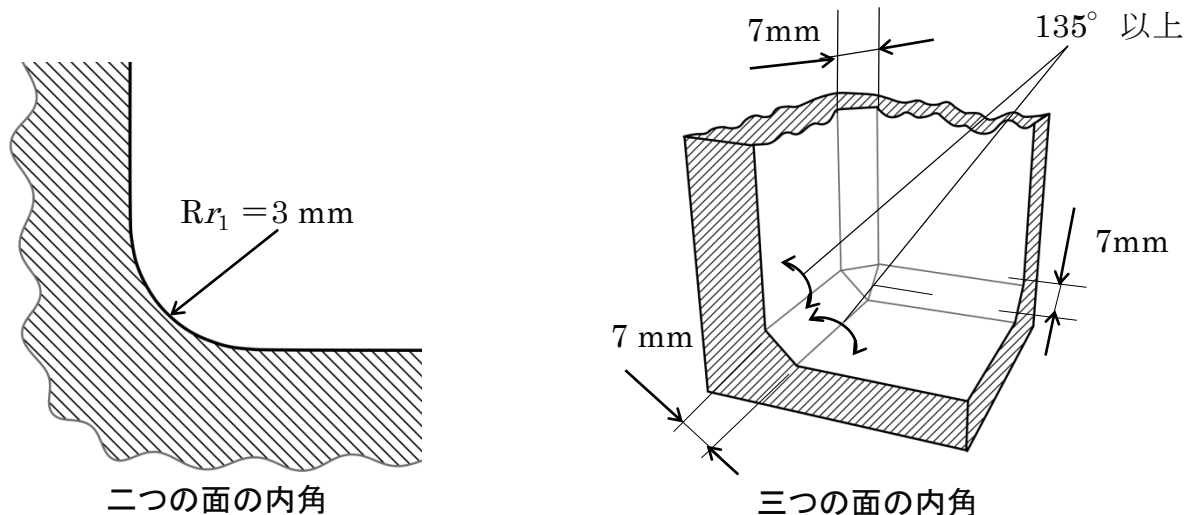
## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生リスク低減の考え方 3/5

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 基本構造に対するリスク低減のための要求事項の例

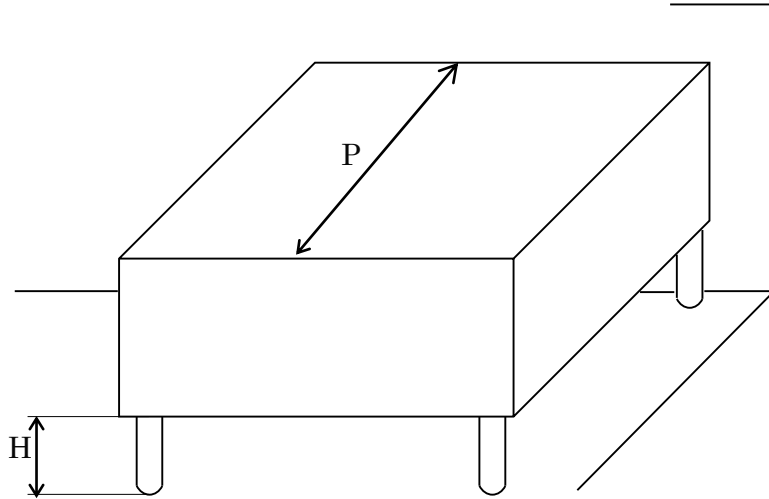
	表面粗さ	コーナR	デッドスペース	洗浄性
食品接触部	Raを細則が規定	細則が規定 通常は3 mm	許容しない	試験による確認 (EHEDG*ガイドラインの使用可)
食品飛散部	食品接触部同様 (大きくても許容可)	食品接触部同様 (小さくても許容可)	許容しない	食品接触部同様 (目視検査可)
食品非接触部	Raを細則が規定	細則が規定	許容しない	目視検査可

※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



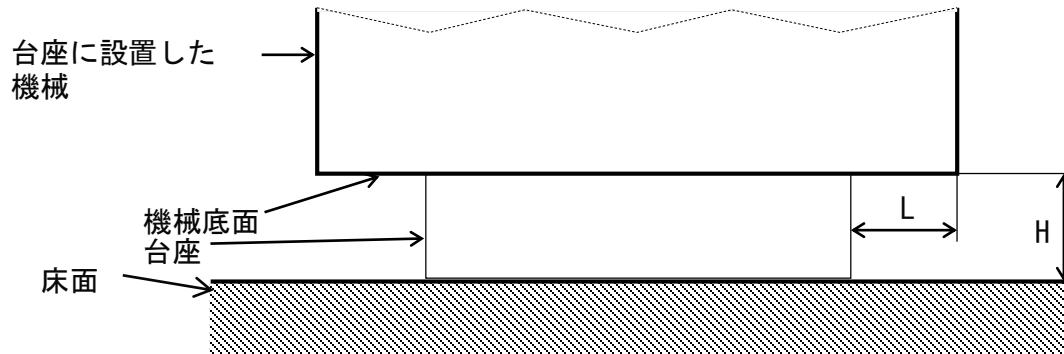
## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生リスク低減の考え方 4/5

### 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。

## 5.1.7 (参考) 国際安全規格に基づく衛生面の安全設計 衛生リスク低減の考え方 5/5

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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



## 5.2 ガードの設計

## 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。

## 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。

## 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

## 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。

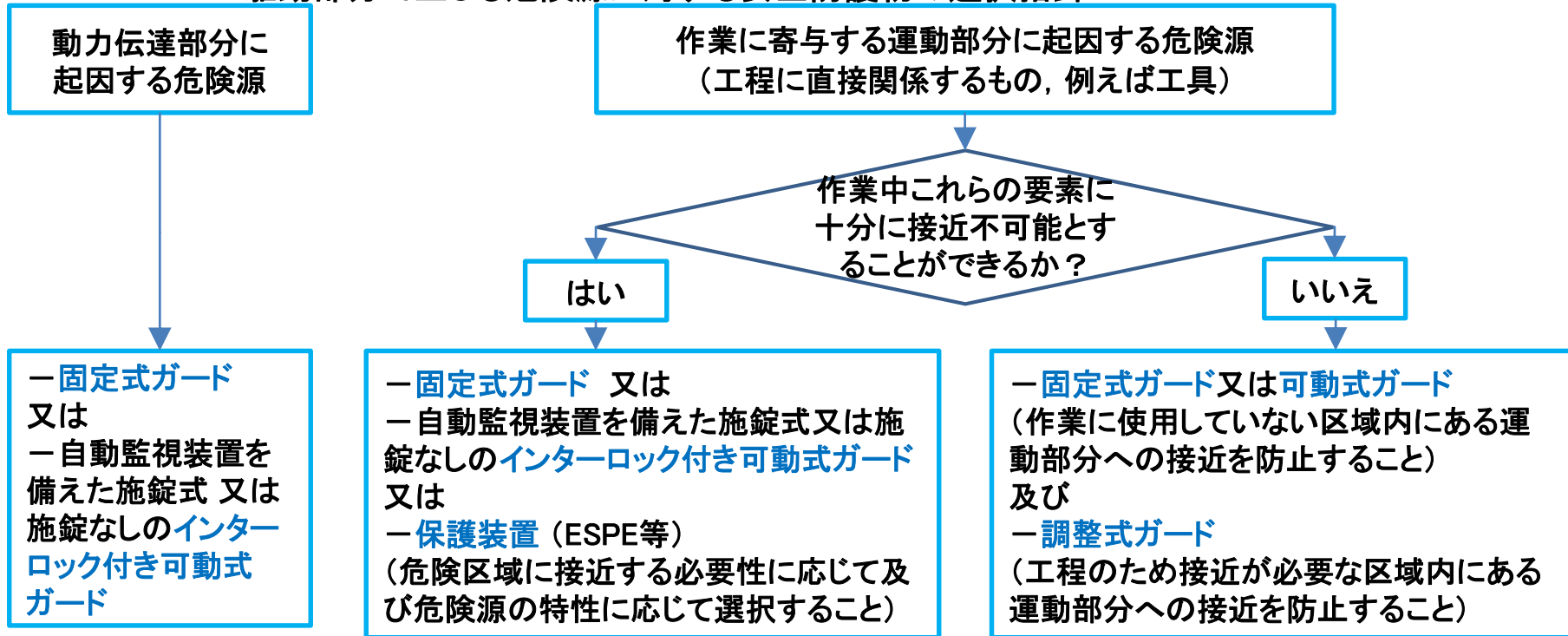
危険区域を複数の区域に分け、そのうちの一つにある停止した機械に、他の区域の機械が運転中にアクセスできるようにした場合、適切な安全防護物を用いて、安全を確保した区域からまだ運転中の区域に侵入することを防止しなければならない。

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。

## 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。

## 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。

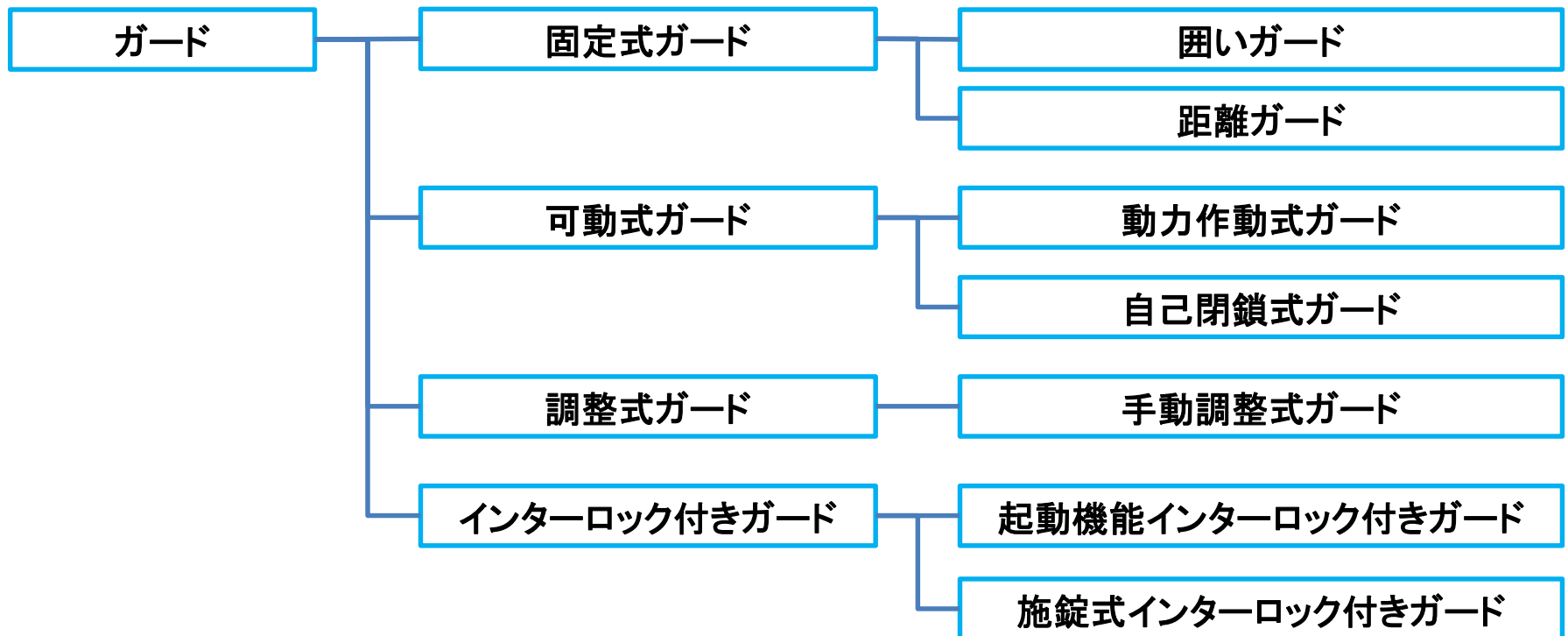
### ○ 動力伝達部分以外のガードの選択

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。

## 5.2.5 ガードの種類

### ISO 14120: 2015 によるガードの分類





### 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。

## 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。

## 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"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
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>

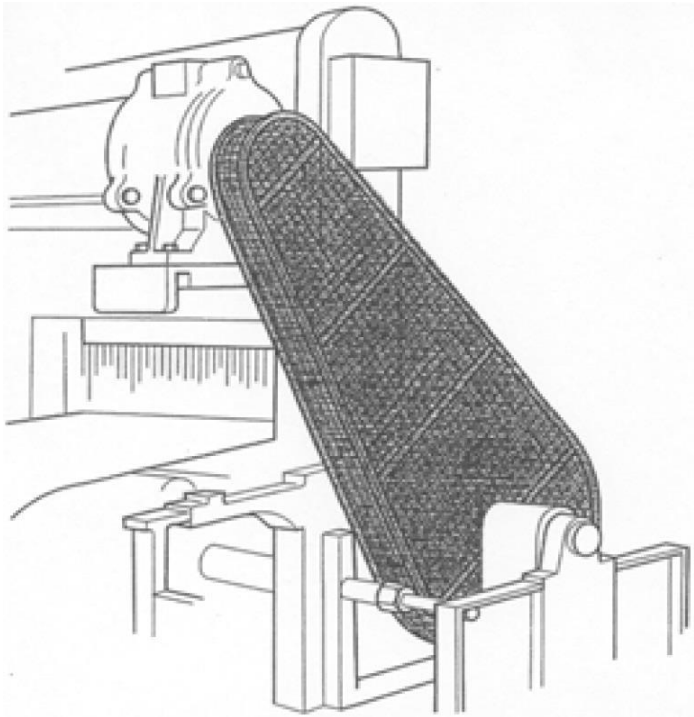
## 5.2.5 ガードの種類

### 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"><li>・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。</li><li>・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。</li><li>・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。</li></ul>

## 5.2.6 ガードの例

### 囲いガード

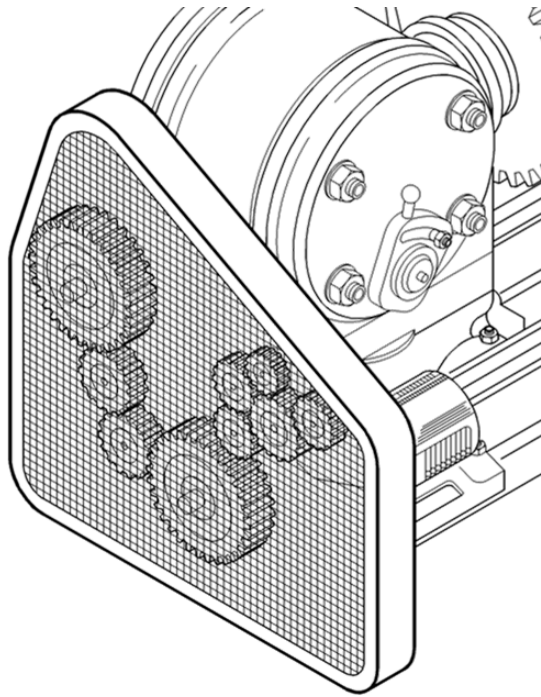


- 囲いガードは、危険区域に進入する必要がない場合に適用する。
- 例は、ベルトおよびプーリー類への接近を全体的に防止する囲いガードを示す。
- 手などがベルトおよびプーリーなどに巻き込まれないように、危険な可動部分を覆っている。

〔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」〕

## 5.2.6 ガードの例

### 囲いガード



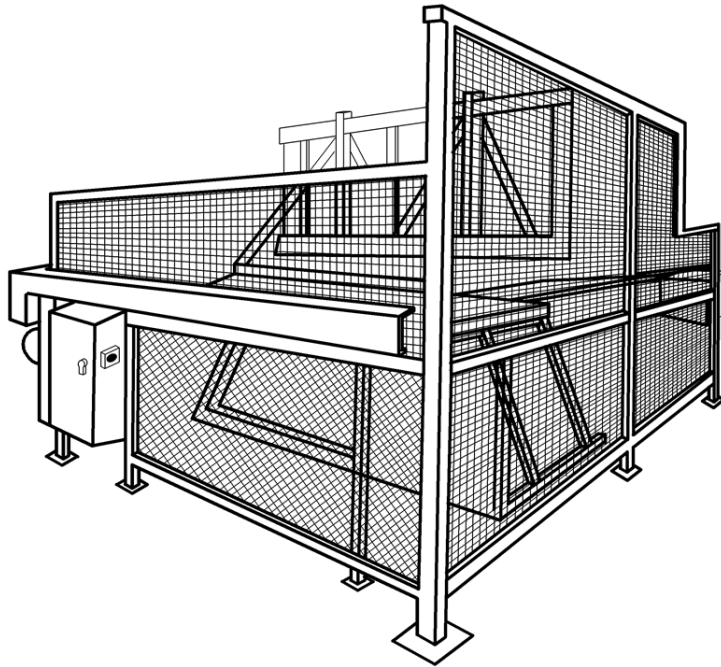
- 例は、トランスミッション類への接近を全体的に防止する囲いガードを示す。
- 手などがギアに巻き込まれないように、危険な可動部分を覆っている。

[出典 : ISO 14120]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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。

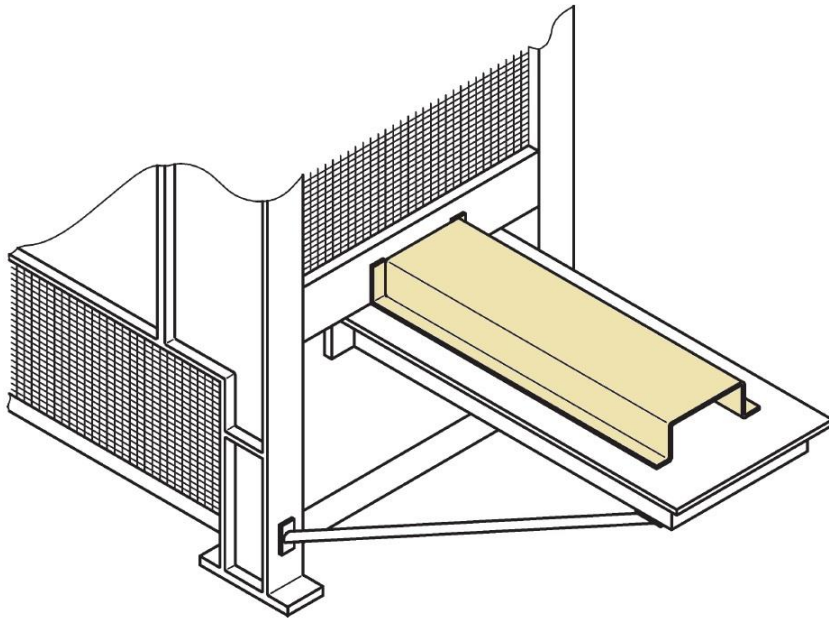
[出典 : ISO 14120]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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。

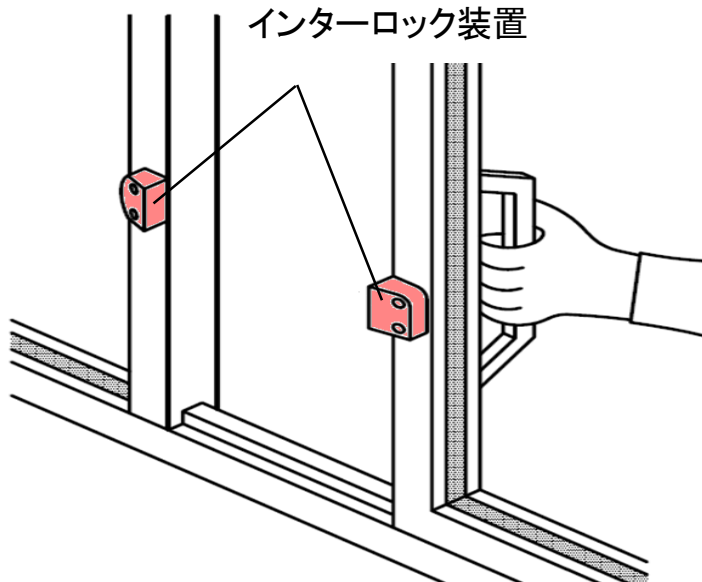
[出典 : ISO 14120]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



## 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



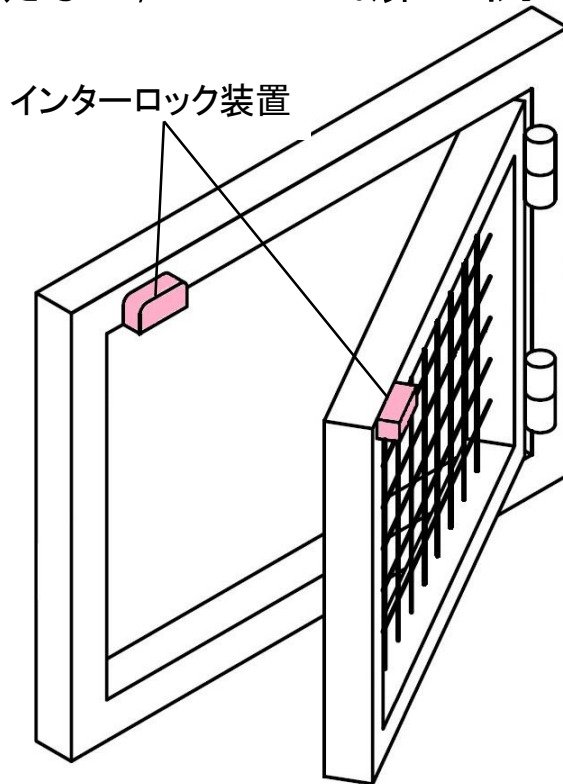
- 危険区域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部の動作を停止させることにより安全防護を行う場合に適用する。
- ガードを開けることにより、インターロック機能が作動し、危険な機械機能を停止させる。
- 急停止しない機械に使用する場合は、安全距離を考慮しなければならない。

[出典 : ISO 14119]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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

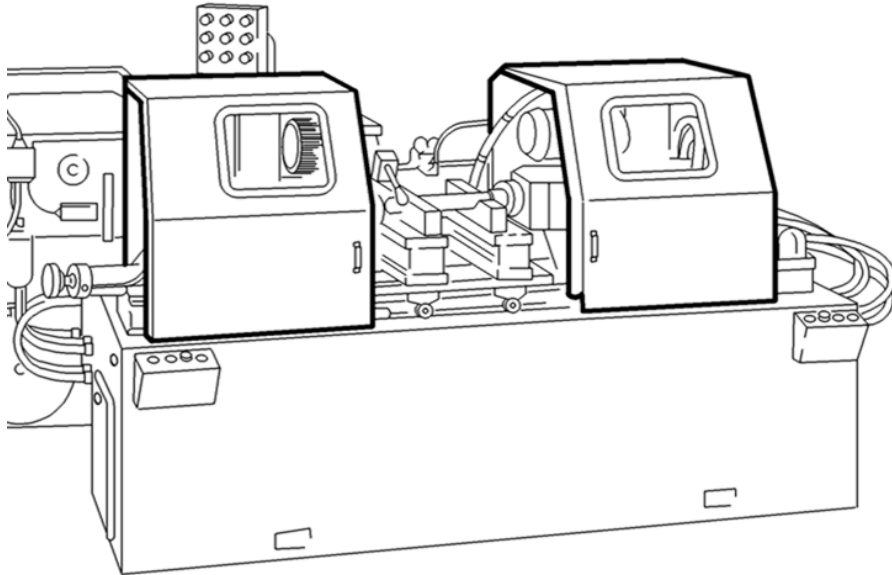


- ガードを開けることにより、インターロック機能が作動し、危険な機械機能を停止させる。
- 急停止しない機械に使用する場合は、安全距離を考慮しなければならない
- 左図は、非接触式のインターロック装置の使用例であり、閉時に扉を保持する場合は別の保持機器を必要とする。

[出典 : ISO 14119]

## 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

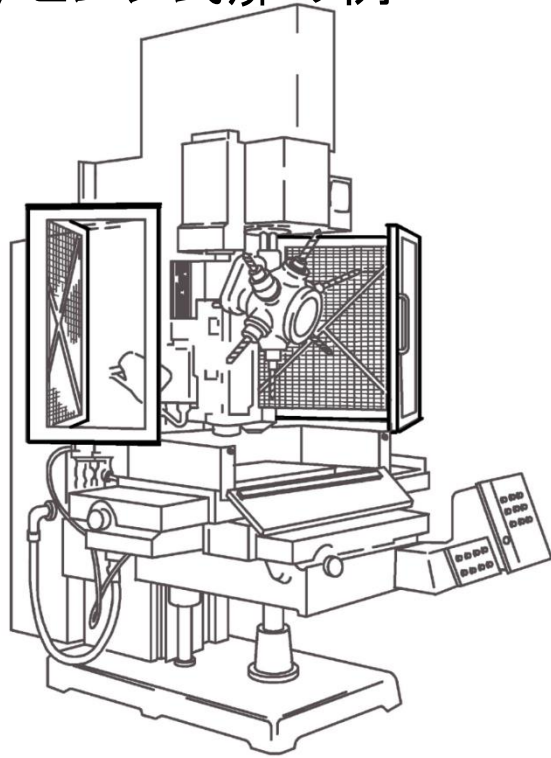


- 例は, 工作機械での使用を示す。
- 稼働中は, 施錠式インターロックによりガードが施錠される。
- 窓部を含むガードは, ワークピースや工具の破損による飛散を, ガードの内部に封じ込めなければならない。

[出典 : ISO 14120]

## 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

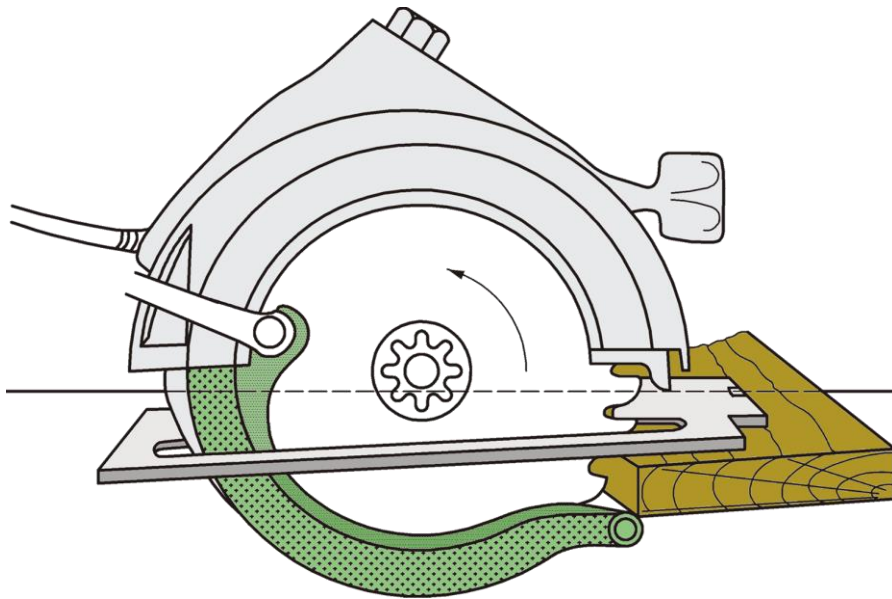


- この例は, 防護領域に進入する必要があり, かつ, 危険源となる可動部分の動作を停止させることによる安全防護が作業の遂行上, 不適切な場合に適用する
- 例は, 工作機械での使用を示す。

[出典 : ISO 14120]

## 5.2.6 ガードの例

### 自己閉鎖式ガード



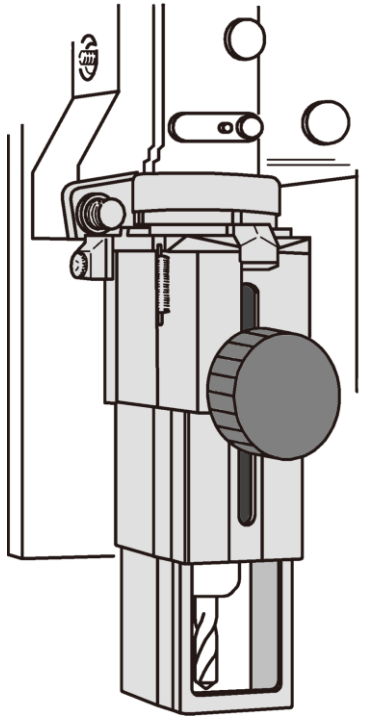
- 可動式ガードの一つであり、機械の危険な可動部分を工程中也ガードが覆っている。
- 左図は、木材を切断するための電動のこぎりの例であり、木材の切断中は、ガードがブレードを覆い、切断の終了によりガードは自動的に閉位置に戻る。

[出典 : ISO 14120]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 5.2.6 ガードの例

### 調整式ガード



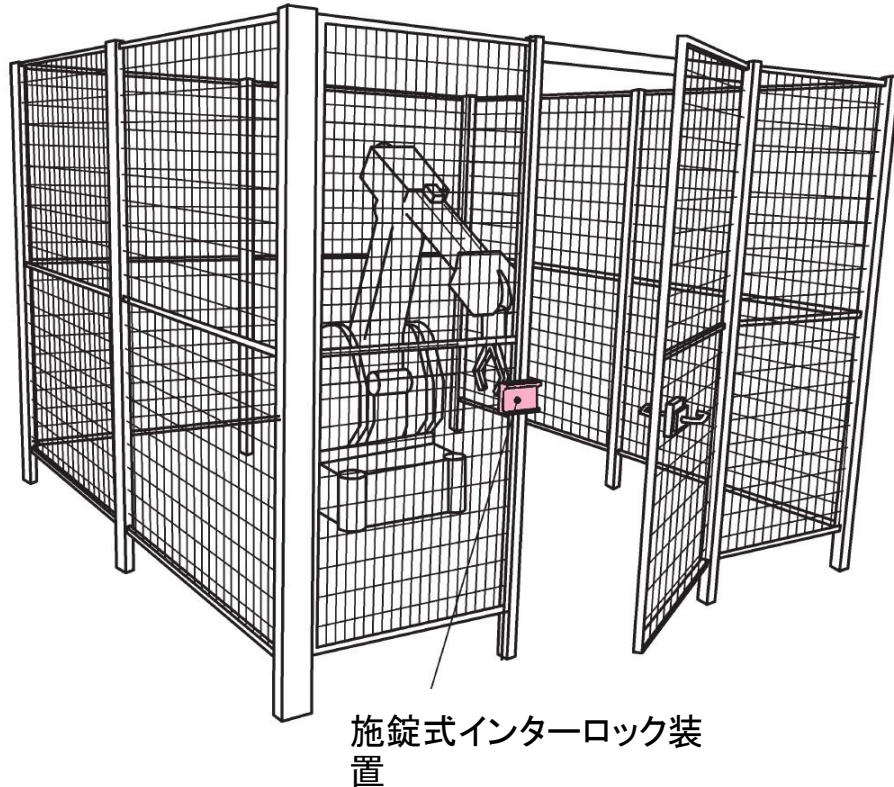
- 調整式ガードは、防護領域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部分の動作を停止させることによる安全防護が作業の遂行上、不適切な場合に適用する
- 容易にワークピースの表面まで調整できる、ドリル部の伸縮形のガードの例。
- ガードは、ワークピースの表面近くまで届いており、ドリル部が露出しない。

[出典 : ISO 14120]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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



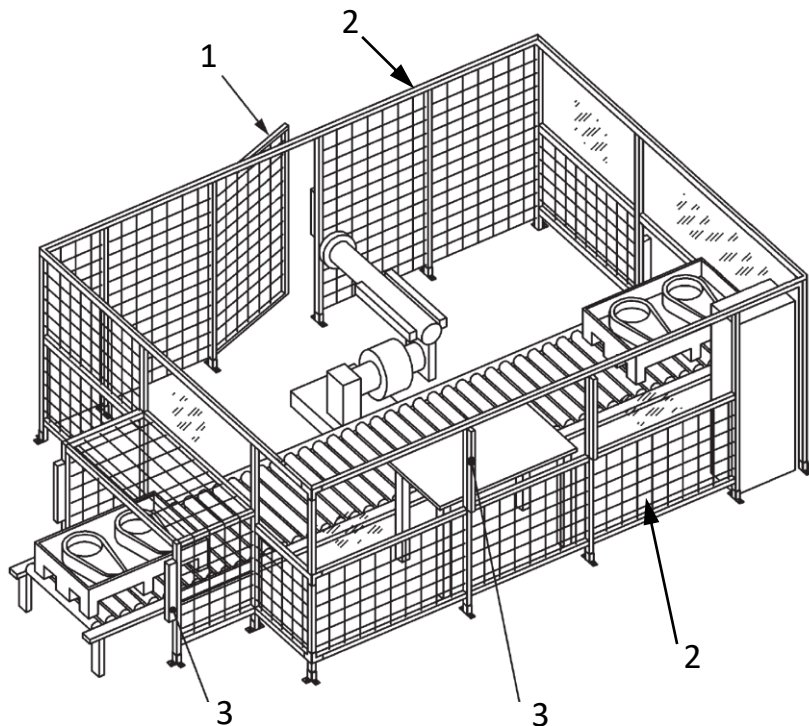
- 危険区域に進入する必要があり、かつ、危険源となる可動部の動作を停止させることにより安全防護を行う場合に適用する。
- 例は、工業用ロボットの外周のガードを示す。
- ロボットの稼働中は、施錠式インターロックは、解錠されない。ロボットの停止により、解錠が許可される。
- 作業者が開口部を通り、危険区域内に全身の進入が可能な場合は、危険区域の作業者を検知する装置を別途設ける必要がある。

〔出典：ISO 14120〕

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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る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。



## 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, 給油及び保全を, 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

## 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

## 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

## 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

## 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

## 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

## 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

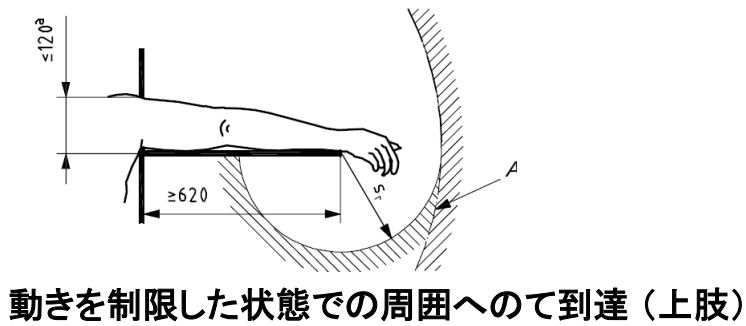
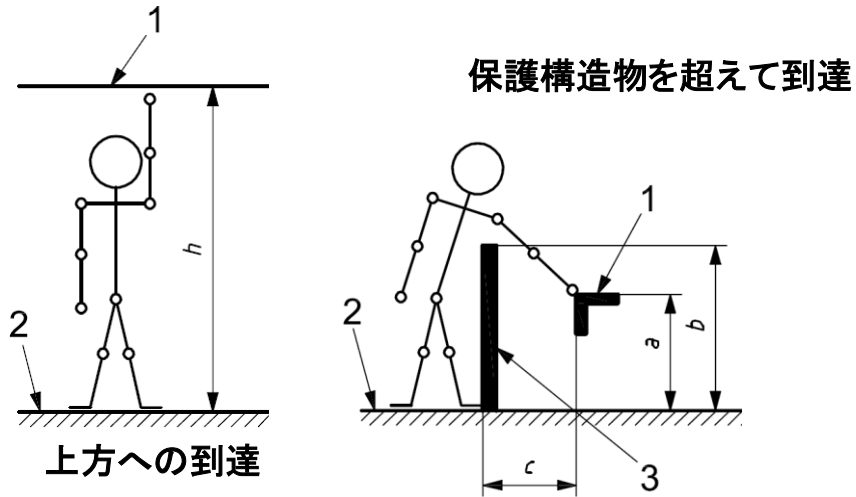
機械類の安全性

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

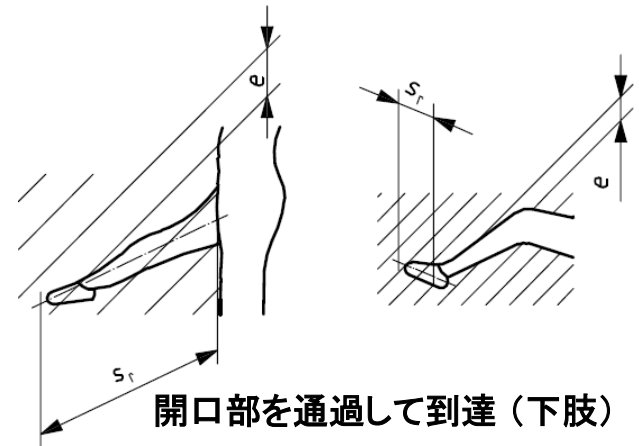
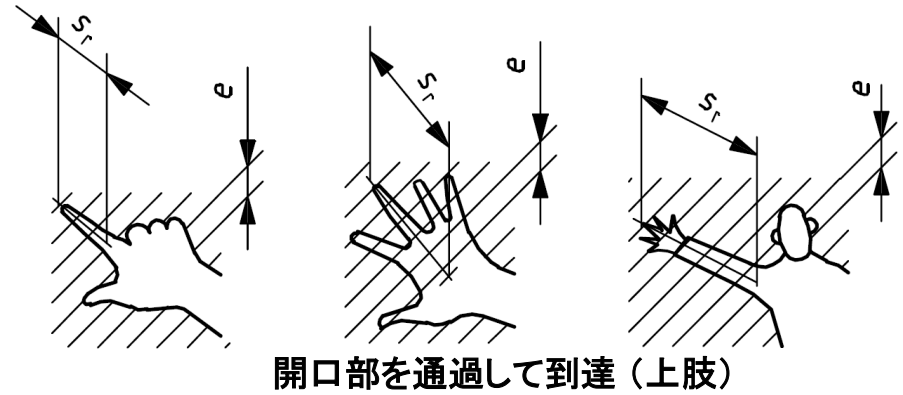
上肢及び下肢が機械類の危険区域に到達することを防止するために、保護構造物と危険区域との間における適切な安全距離の値を定める

## 5.2.9 安全距離

### 安全距離関連の規定



### 幾何学的及び物理的要素に関する配慮



[出典：ISO 13857]

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

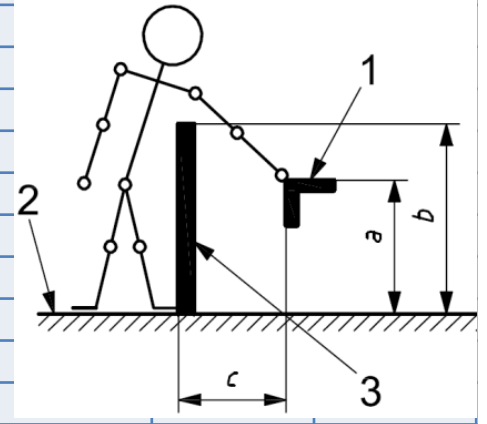


## 5.2.9 安全距離

### 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
	危険区域への水平距離 (c)									
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



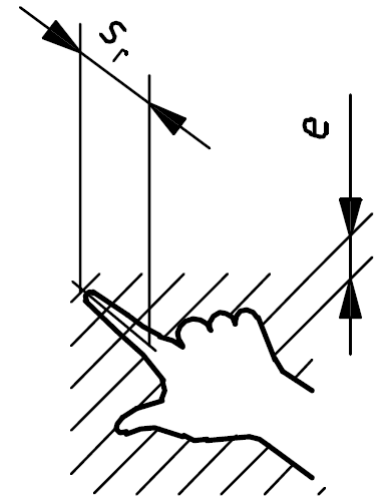
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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 定形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	$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
	$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
指の関節までの指又は手	$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
	$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
	$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
	$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
	$20 < e \leq 30$	$\geq 850$	$\geq 120$	$\geq 120$
肩の基点までの腕	$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
	$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$



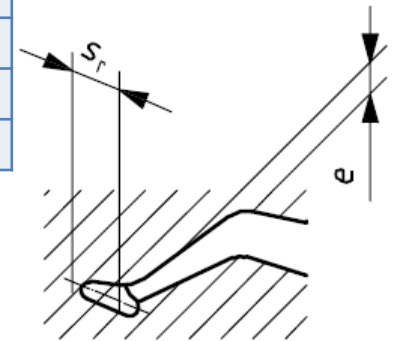
[出典 : ISO 13857]

## 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)

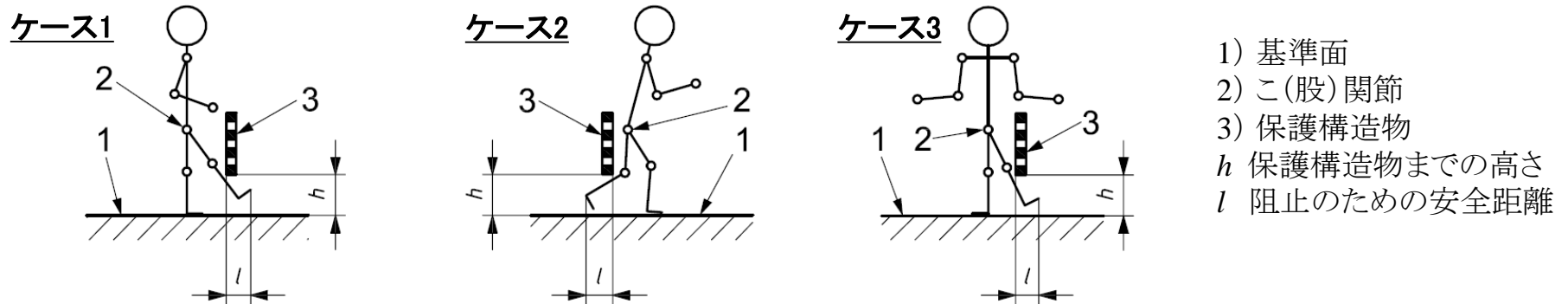
身体の部分	開口部 (e)	安全距離 (sr)	
		長方形	正方形又は円形
つま先	$e \leq 5$	0	0
	$5 < e \leq 15$	$\geq 10$	0
足指	$15 < e \leq 35$	$\geq 80$	$\geq 25$
足	$35 < e \leq 60$	$\geq 180$	$\geq 80$
	$60 < e \leq 80$	$\geq 650$	$\geq 180$
脚 [つま先から膝まで]	$80 < e \leq 95$	$\geq 1100$	$\geq 650$
脚 [つま先から股まで]	$95 < e \leq 180$	$\geq 1100$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



[出典 : ISO 13857]

## 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
$h \leq 200$	$\geq 340$	$\geq 665$	$\geq 290$
$200 < h \leq 400$	$\geq 550$	$\geq 765$	$\geq 615$
$400 < h \leq 600$	$\geq 850$	$\geq 950$	$\geq 800$
$600 < h \leq 800$	$\geq 950$	$\geq 950$	$\geq 900$
$800 < h \leq 1000$	$\geq 1125$	$\geq 1195$	$\geq 1015$

〔出典：ISO 13857〕

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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

## 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。

$$T = t1 + t2 \quad (1)$$

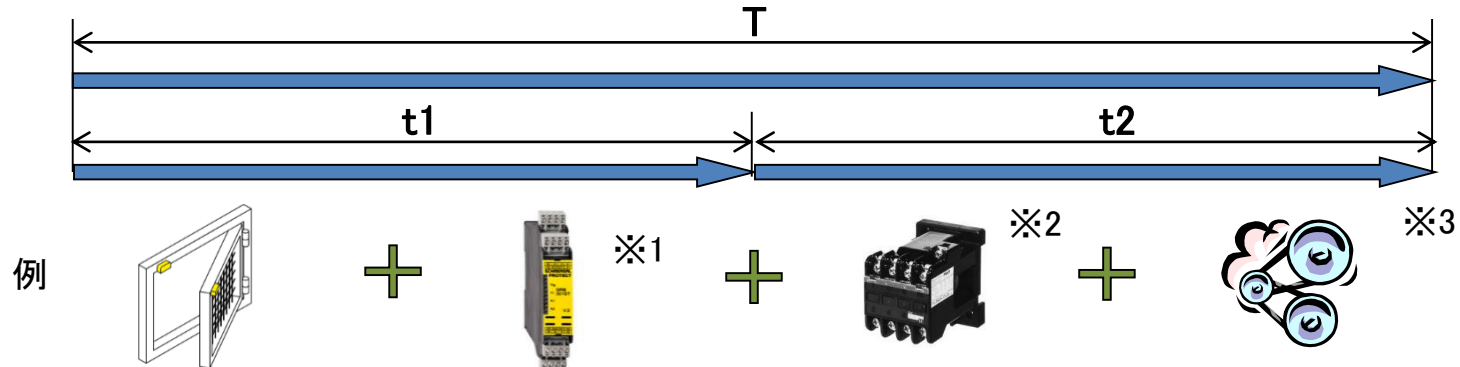
ここで

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。

## 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。

## 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


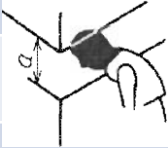


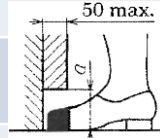
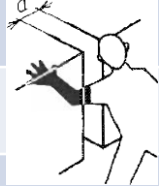

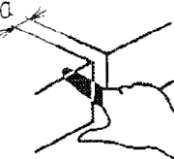
人体部位が押しつぶされることを回避するための最小隙間



## 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。

## 5.2.12 使用上の情報

### 1. 一般要求事項

取扱説明書は、据付及び保守を含む、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

## 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

### 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

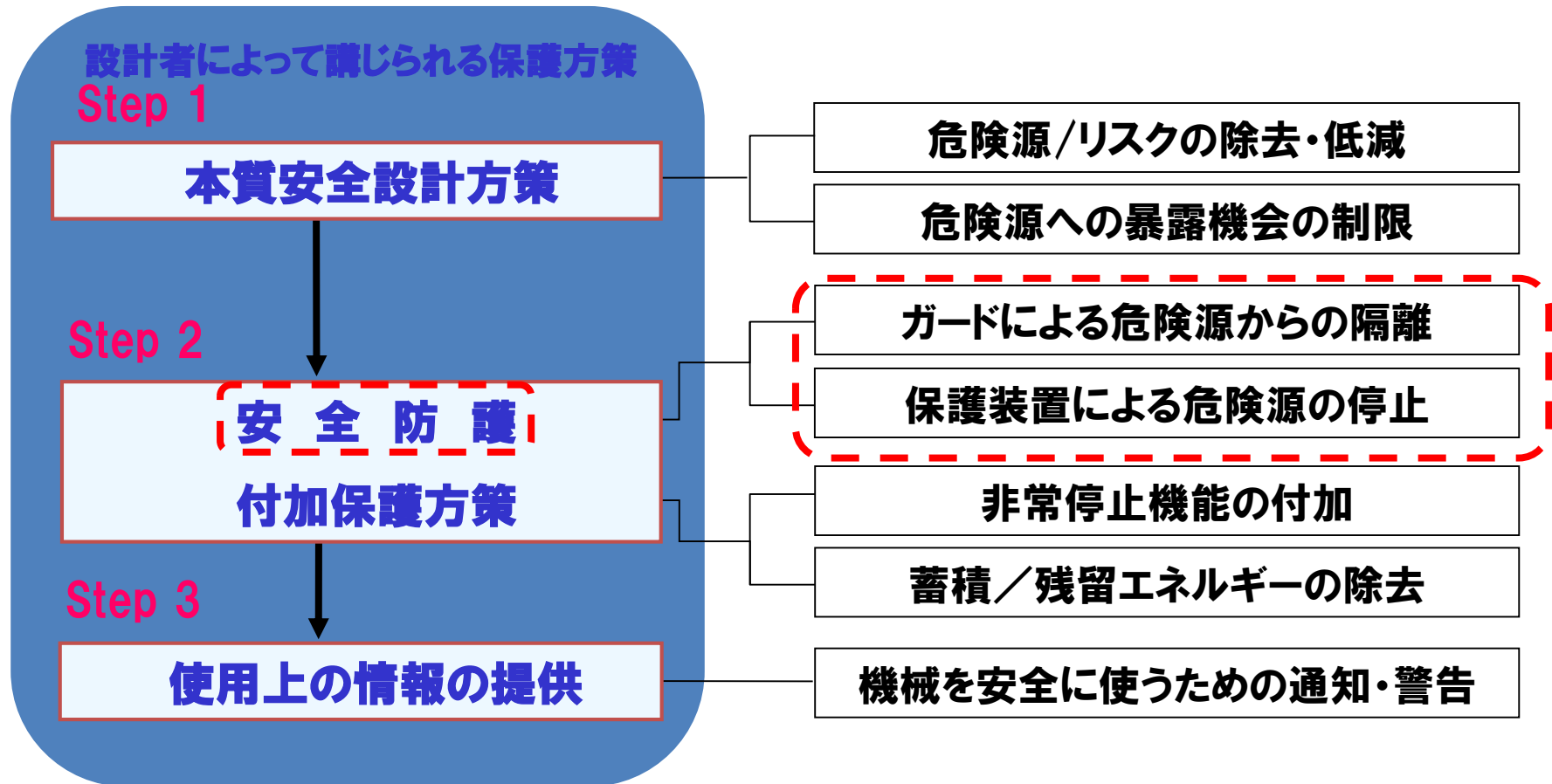
## 5.3 保護装置の設計 (インターロックの設計)

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

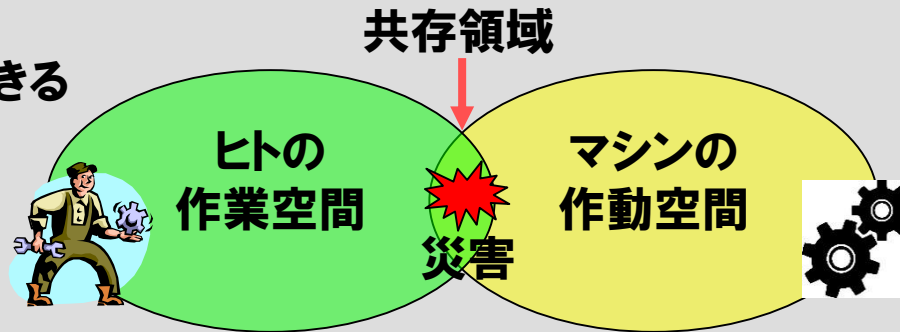
## 学習のねらい・・・5.3 保護装置の設計（インターロックの設計）

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。

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

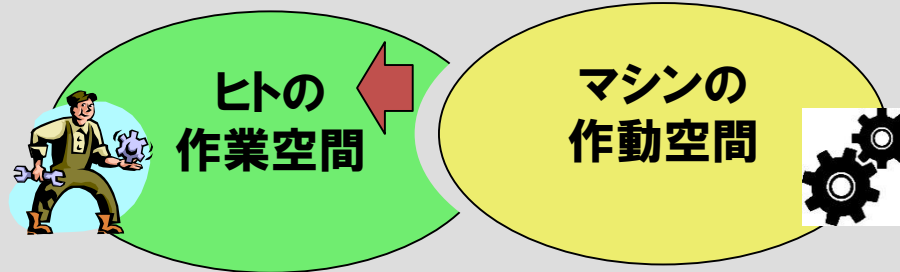


災害は共存領域で起きる



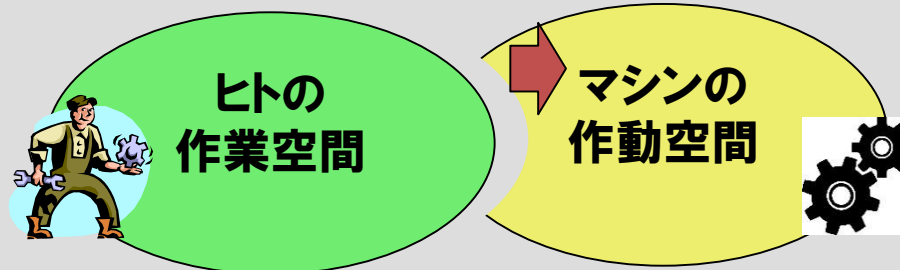
### ① 隔離の原則～ガードを使う

ガードを設けて人の作業空間を制限し共存領域を作らないようにする。



### ② 停止の原則～保護装置を使う

インターロックなどの保護装置でマシンの作動を(一部)停止して共存領域を作らないようにする。





## 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)

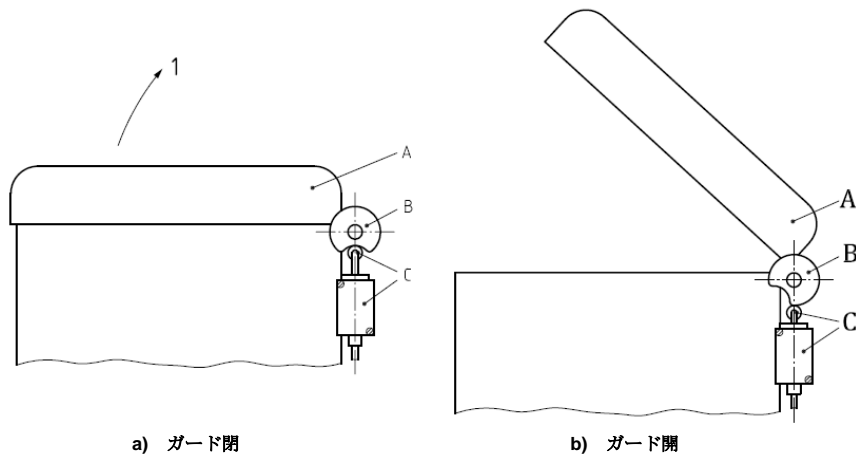
## ISO12100の定義

**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器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

# 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。**

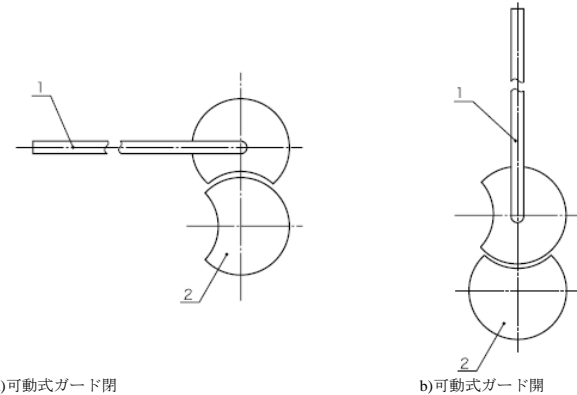


記号の説明

- A 可動式ガード
- B アクチュエータ (カム)
- C 位置スイッチ
- 1 開口方向

図 A.1 回転カム起動スイッチを備えたタイプ1インターロック装置

## 電気式



記号の説明

- 1 ガード閉
- 2 可動要素フリー状態  
可動要素が休止状態でない  
限り、ガードは閉位置にロッ  
クされる。

記号の説明

- 1 ガード開
- 2 可動要素ブロック状態  
ガードが閉位置でなくなる  
と、可動要素はブロックされる。

図 E.1-可動式ガードと可動要素間の機械的インターロックの例

## 機械式

# 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。

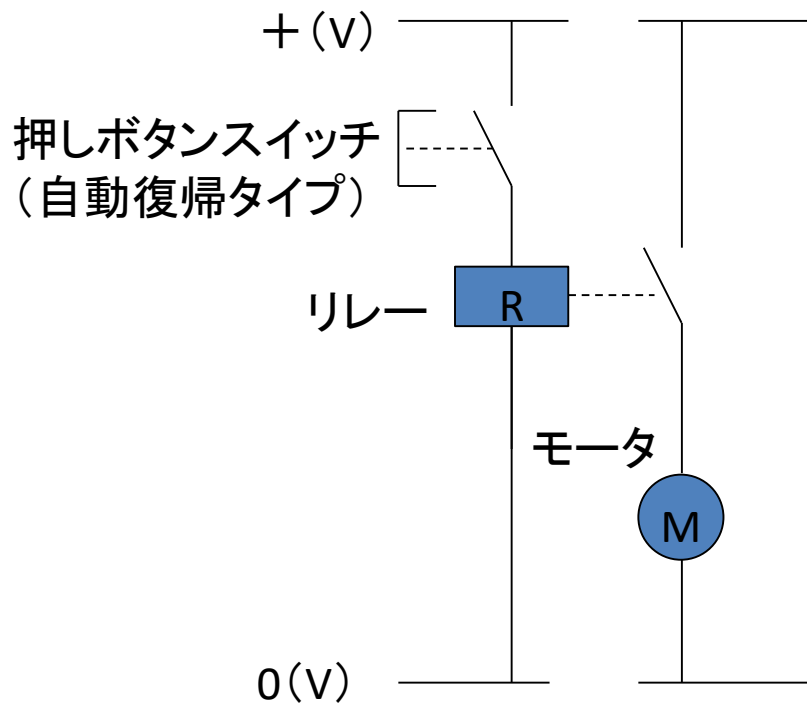
ティーチングペンダント



## ティーチング作業

### 3. ホールド・トゥ・ラン制御装置の例

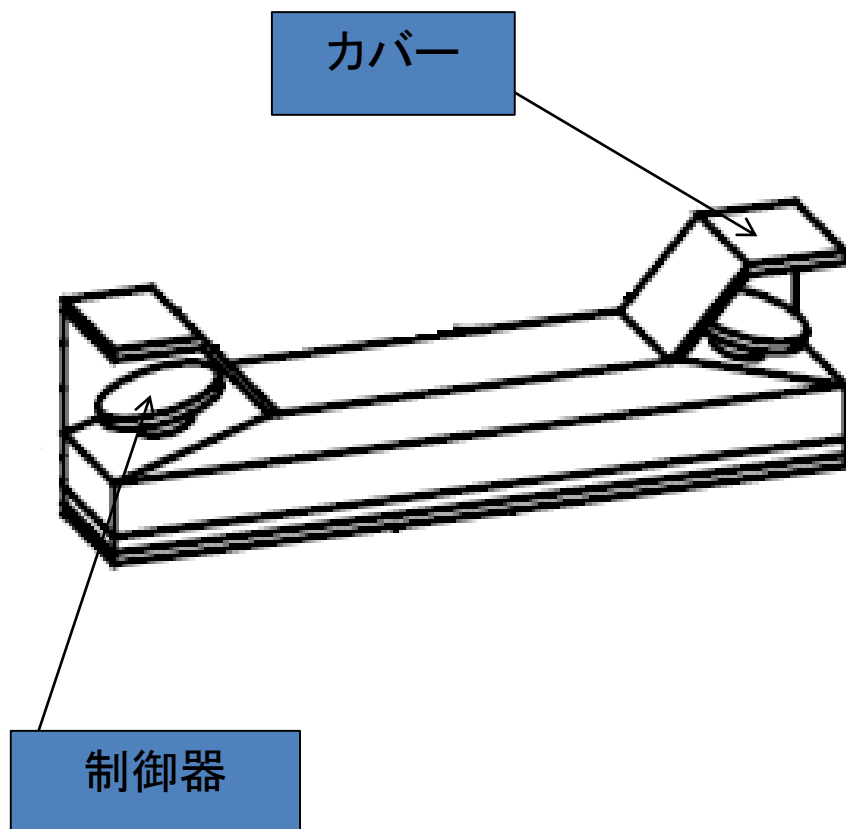
機械の運転のためには押しボタンを押し続ける必要がある。  
押しボタンを離すと運転は止まる。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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。

# 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。

# 6. 能動的光電保護装置の例

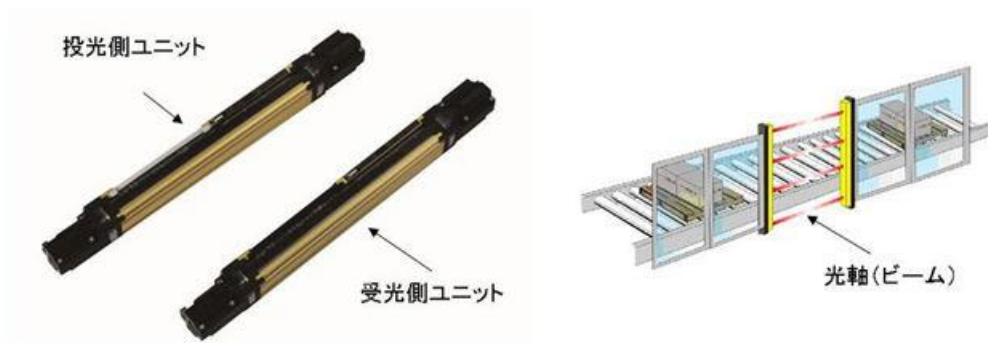


図1: セーフティ・レーザスキャナの例

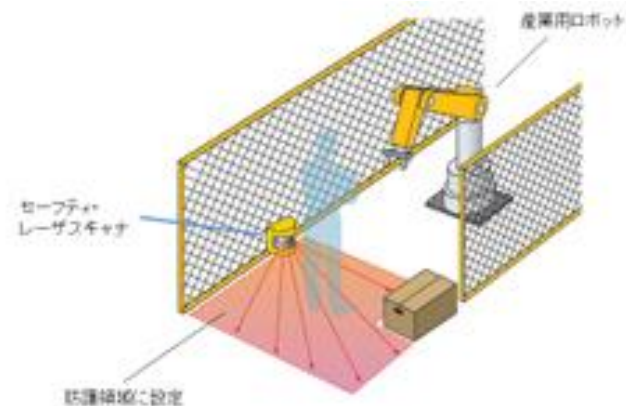


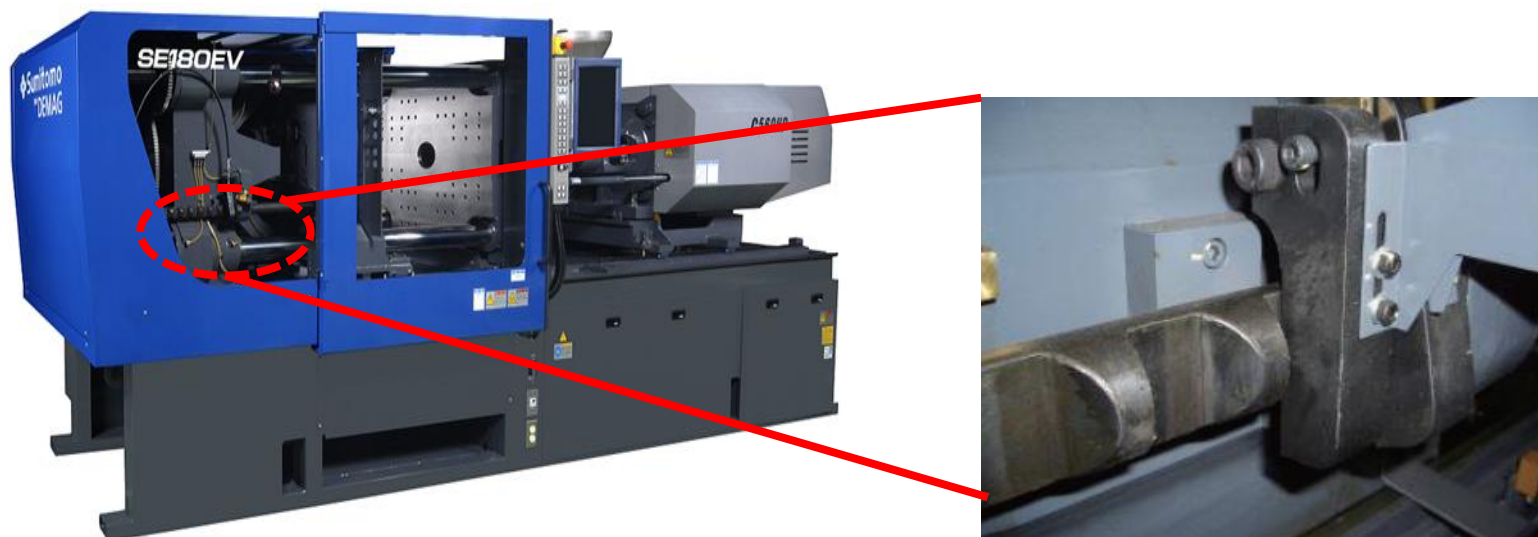
図6: ロボット生産ラインへのセーフティ・レーザスキャナの設置例

IDEC株式会社HPより

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



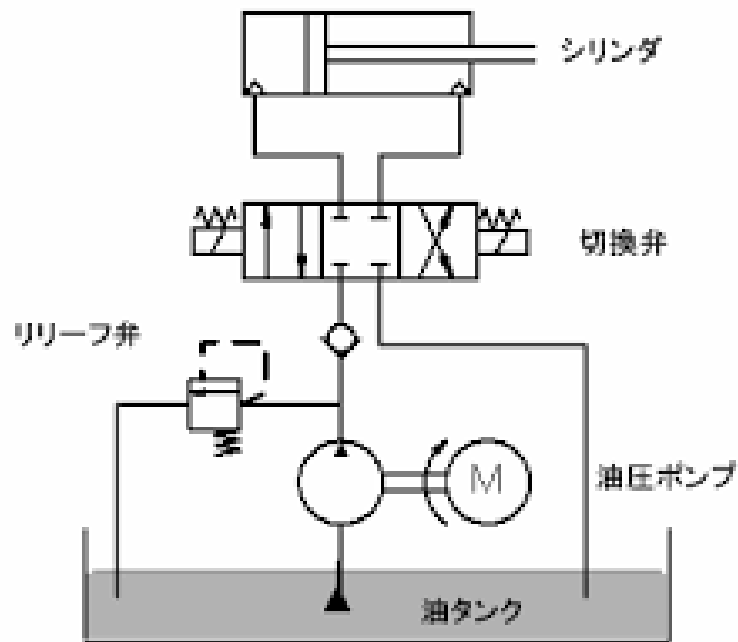
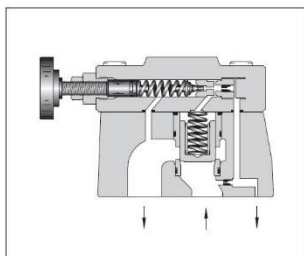
# 7. 機械的拘束装置の例



## 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枚のシャッターがのこ刃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。**

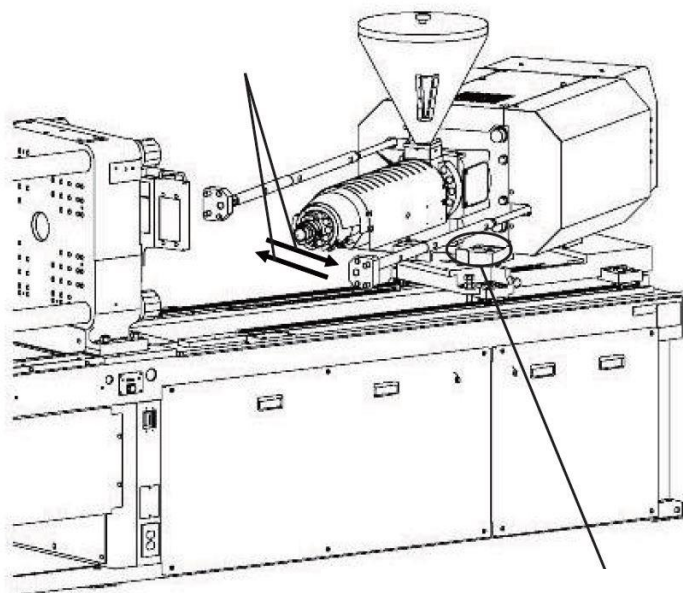
# 8. 制限装置の例



## 油圧回路の例

リリース弁によって油圧回路の過大な圧力を防止する。

# 9. 動作制限制御装置の例



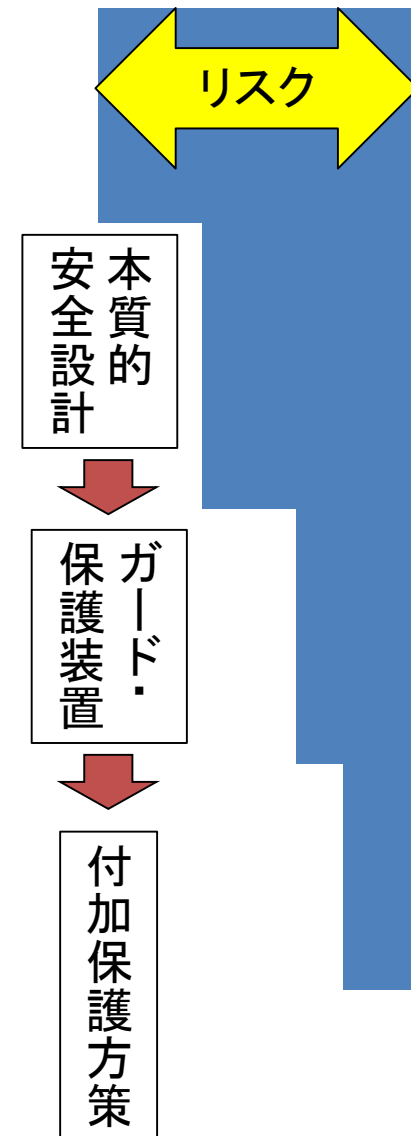
## プラスチック射出成形機の例

スクリュ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ュ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。

**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。**

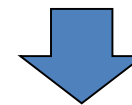


**機械の正常な運転（機能不良のない運転）中にオペレータが危険区域に接近する必要がない場合，固定式ガードを使用しなければならない。**

**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，代わりの保護方策（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。**

	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	×	○	

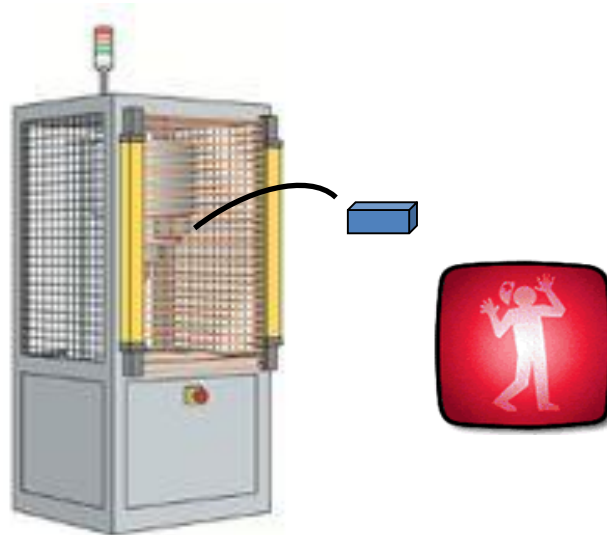
○: 推奨される  
×: 推奨されない



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。

### 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



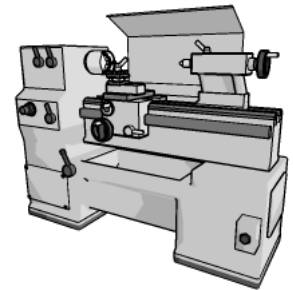
- **頑丈な構造であること**
- **新たな危険源を生じないこと（鋭利なエッジなど）**
- **無効化が容易にできないこと**
- **危険区域から適切な距離に配置されること**
- **生産工程の視界の妨げとなるものは最小とすること**
- **作業を必要とする領域だけに接近を許すことのできる限りガードや保護装置の除去なしで工具の交換や保全ができるようにする**



# インターロック装置の選び方

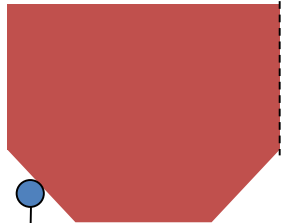
以下を考慮しなければならない。

- 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)



# ガードインターロックの原理

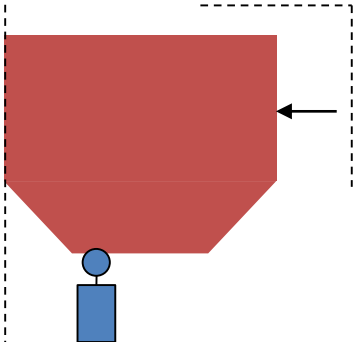
ガード閉



位置スイッチ

危険な機械機能は**運転可能**

ガード開



危険な機械機能は**運転不可**  
→インターロック装置(位置スイッチ)は停止指令を発生する。

# 施錠付きガードインターロックの原理

ガード閉

ガード施錠装置

ガードを開けてオペレータが危険源にアクセスするまでに、危険な機械機能の停止が間に合わない機械の場合に使用される。

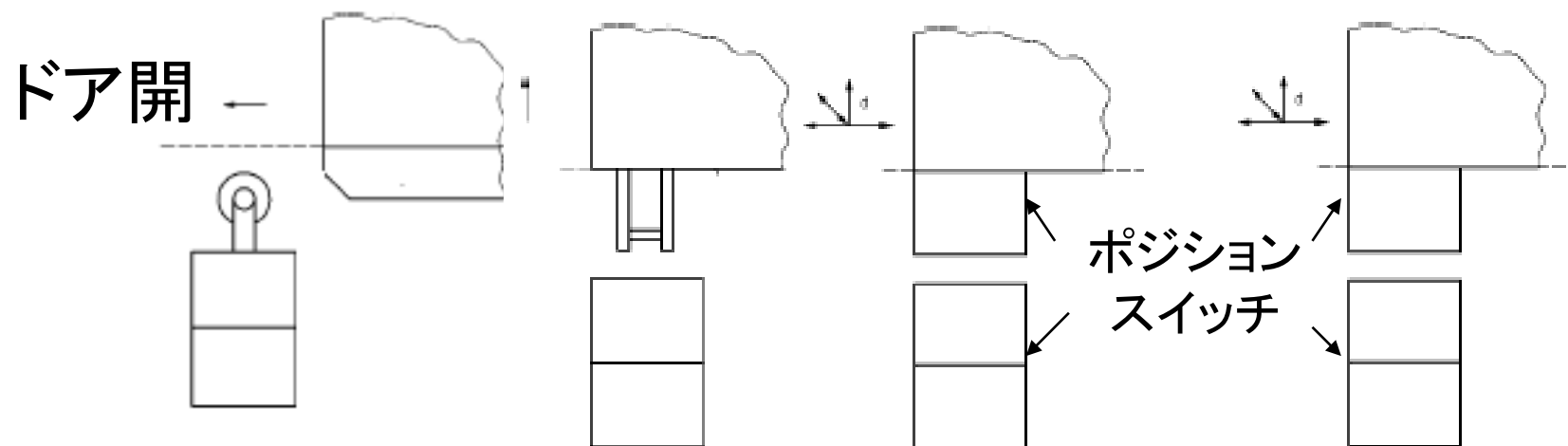
危険な機械機能が消失するまでガードは開かない

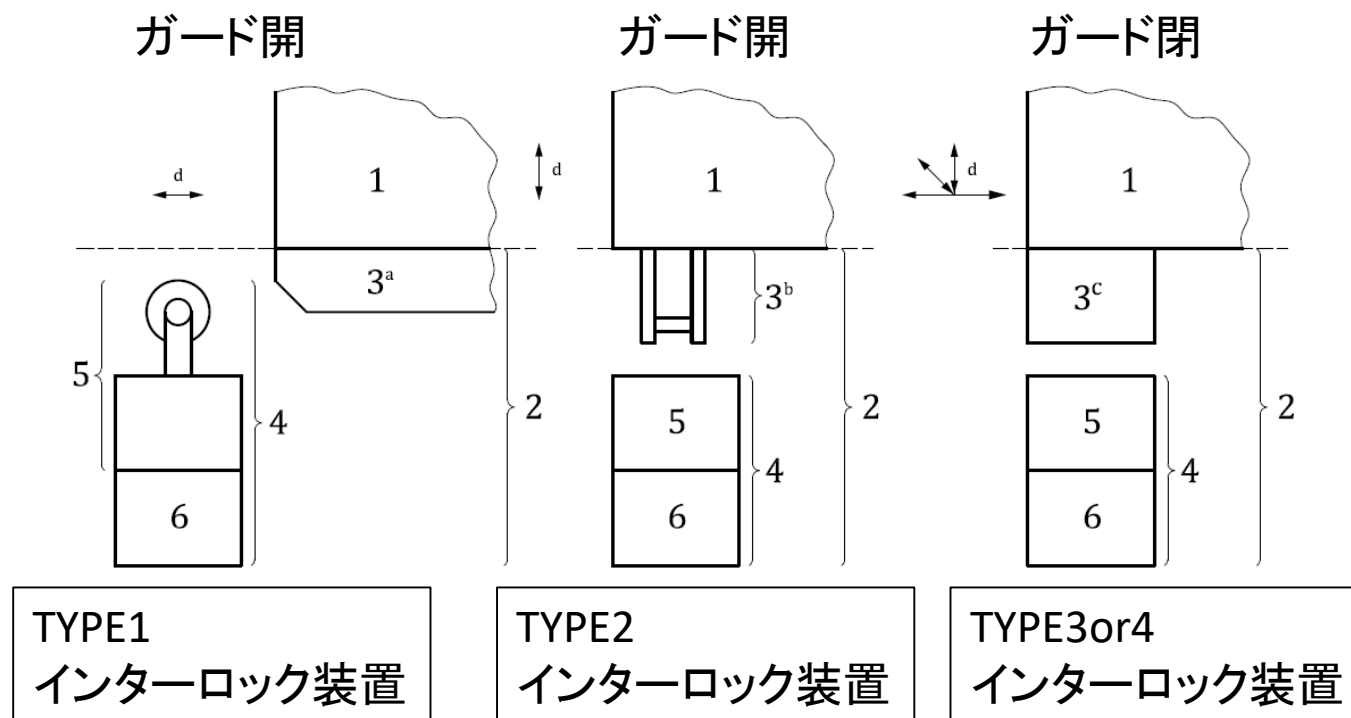
位置スイッチ

ガード開

危険な機械機能が消失後ガードは開けることができる

	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





## 記号の説明

- 1 可動式ガード
  - 2 インターロック装置
  - 3 アクチュエータ
  - 4 位置スイッチ
  - 5 作動部
  - 6 出力部
- a カム    c 例えば,.RFID, リフレクタ  
b タン    d 移動方向

# 位置スイッチの準備及び締結その1

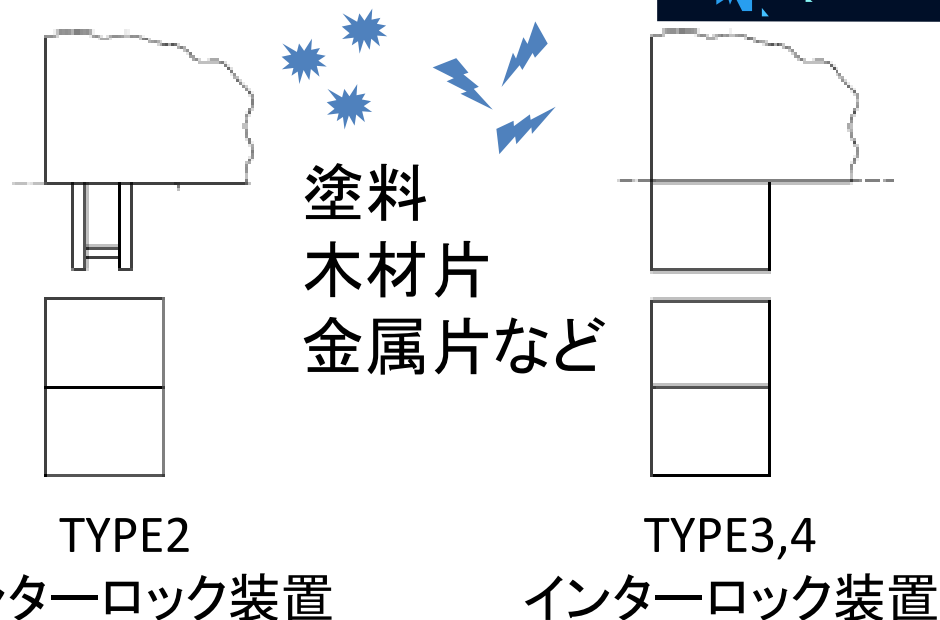
- a) インターロック装置の締結具は信頼でき、かつ、それを緩めるには工具を必要としない。
- b) タイプ1位置スイッチは、調整後、その位置を恒久的に固定する準備をしなければならない(例えば、ピン又はだぼによって)。
- c) 保全及び正しい動作確認のためにインターロック装置に接近するための必要な手段が準備されていなければならない。合理的に予見可能な方法での無効化の防止は、接近手段を設計する際に考慮しなければならない。
- d) 自然に緩まないように防止する手段を備えなければならない。
- e) 合理的に予見可能な方法でインターロック装置が無効化されることを防止する。

# 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。

## 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



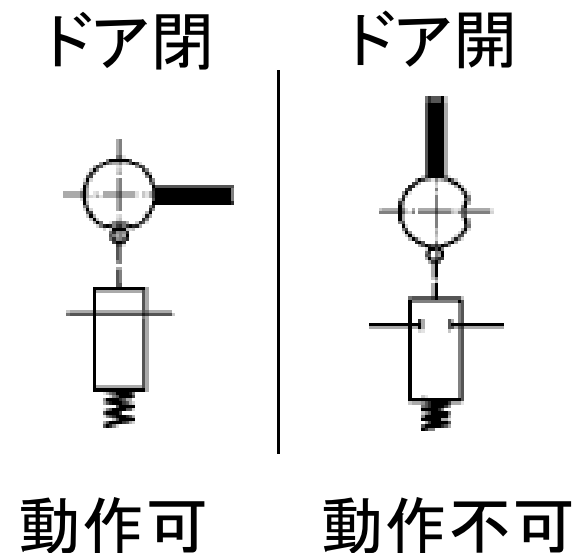
インターロック装置は、その予期される寿命の間、  
予見可能なあらゆる影響に耐えられるものでなければならない。

→ 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。

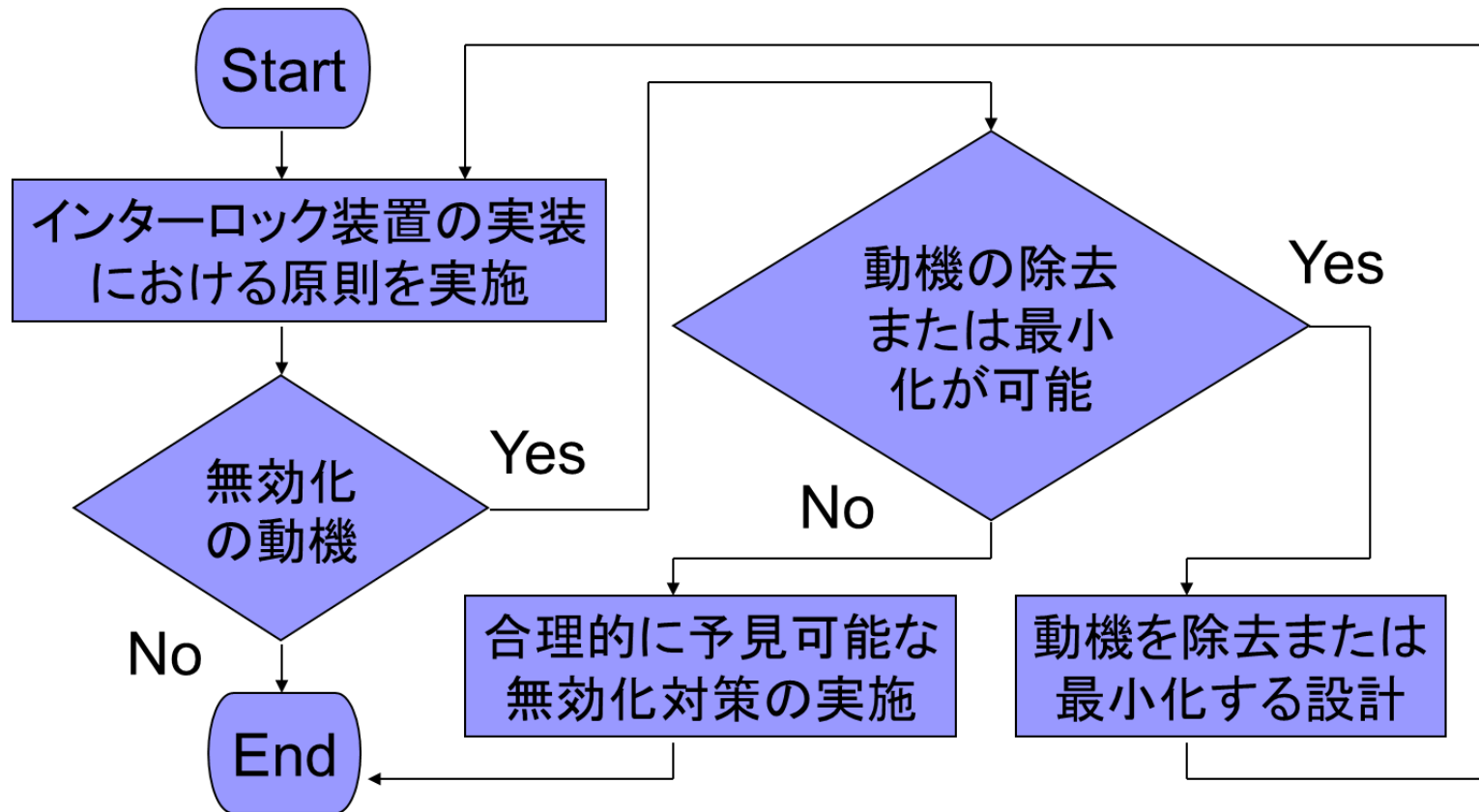


## インターロック装置の実装の注意点

- 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



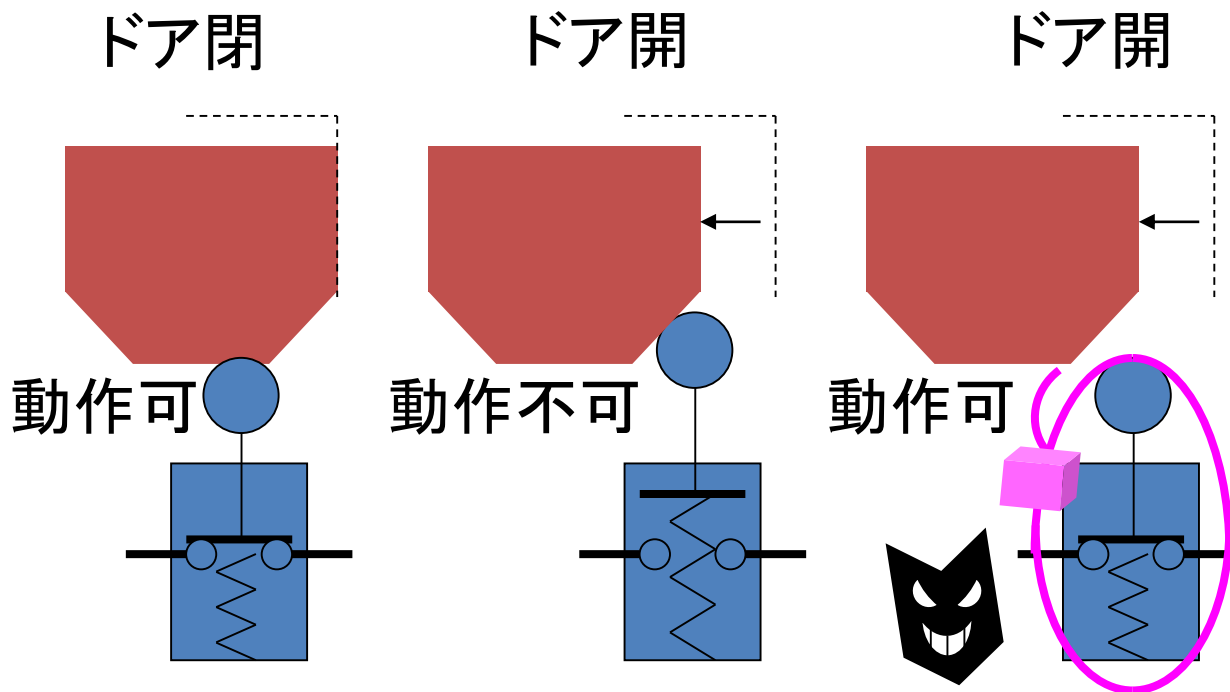
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 無効化の動機を考える



なぜ？

- 利便性
- サイクルアップ
- コストダウン
- 耐久故障回避など



ケーブルタイによる無効化

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。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

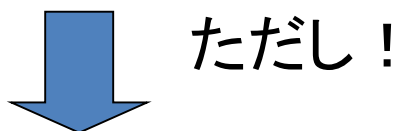
## 無効化の動機を評価して最小にする

タスク	A欄			B		C					備考
	モード1(自動)	モード2(手動)	⋮	これらのモードでのタスクは許容可能か?	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

# 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。

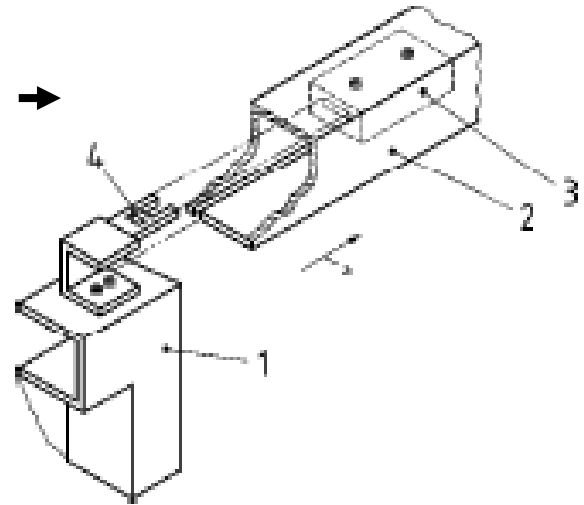


プラスチック射出成形機の米国規格  
(ANSI/SPI B151.1)ではキースイッチ  
の使用でガード開時の一部動作が  
認められている。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 無効化対策の例

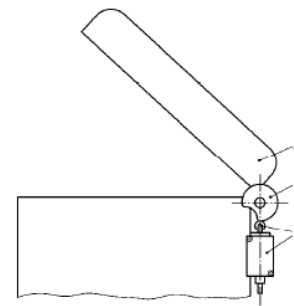
- 手が届かなくする
- ガードを付ける ----->
- 隠す
- コード化する
- 簡単に外せない
- 動作チェックする



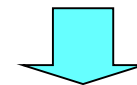
## 無効化の可能性を最小にする設計

Principles and measures	Type 1 interlocking device, except hinge operated and Type 3 interlocking devices operated only	Type 1 interlocking device, hinge operated only	Type 2 and Type 4 interlocking devices, low level coded as given in 7.2 b) 1) with or without electromagnetic guard locking	Type 2 and Type 4 interlocking devices, high level coded as given in 7.2 b) 2) with or without electromagnetic guard locking	Trapped key systems (medium or high level coded, 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 ii)					
Non-detachable fixing of position switch and cam, see 7.2 c) 1)					
Non-detachable fixing of position switch, see 7.2 c) 1)		M			M
Non-detachable fixing 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	
<p>X It is mandatory to apply at least one of the measures                      M mandatory measure                      R recommended measure (additionally)</p> <p>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.</p> <p>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.</p>					

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。



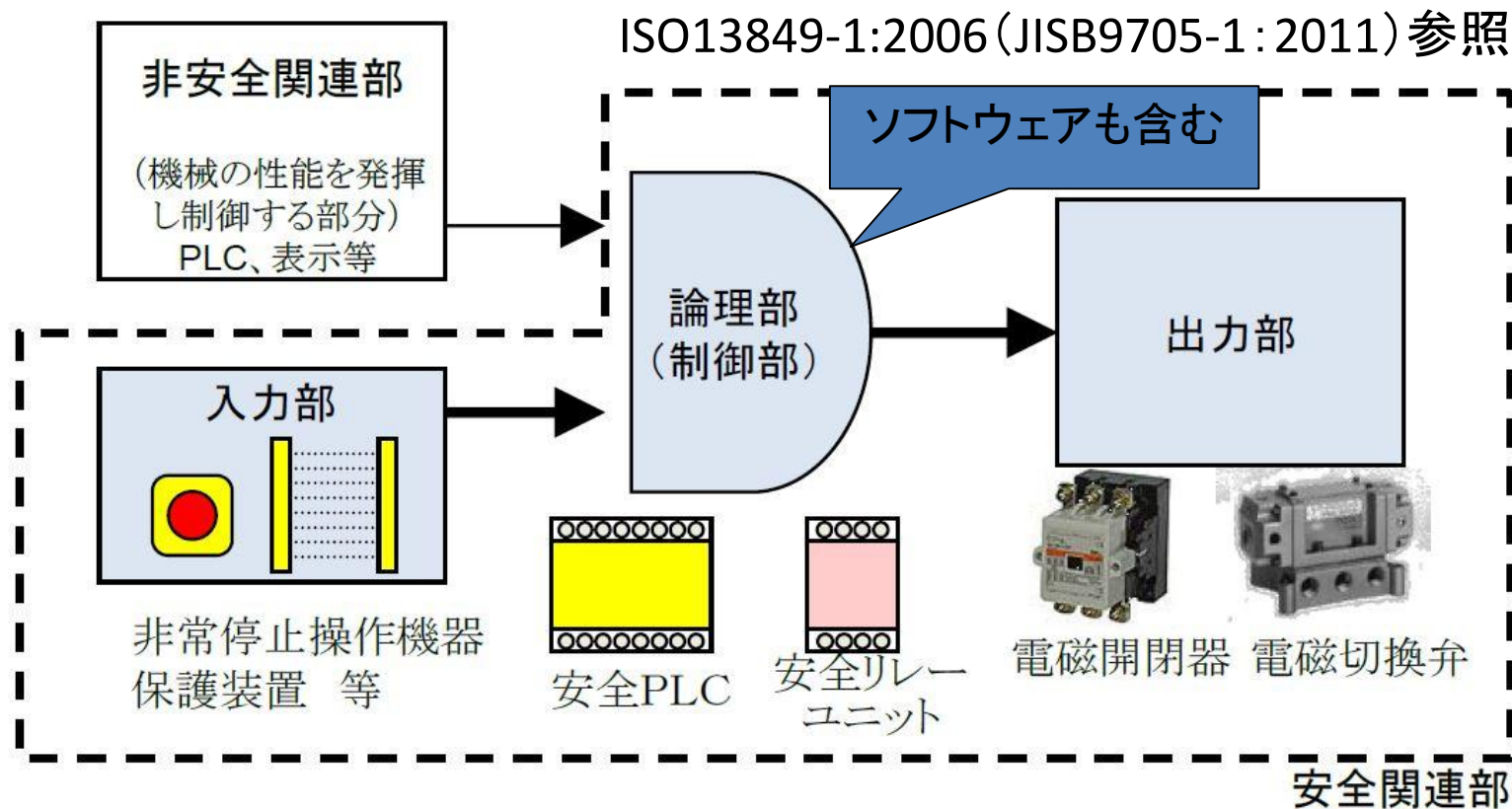
TYPE1  
+  
ヒンジ



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。

## 安全関連部 (SRP/CS) の設計が求められる



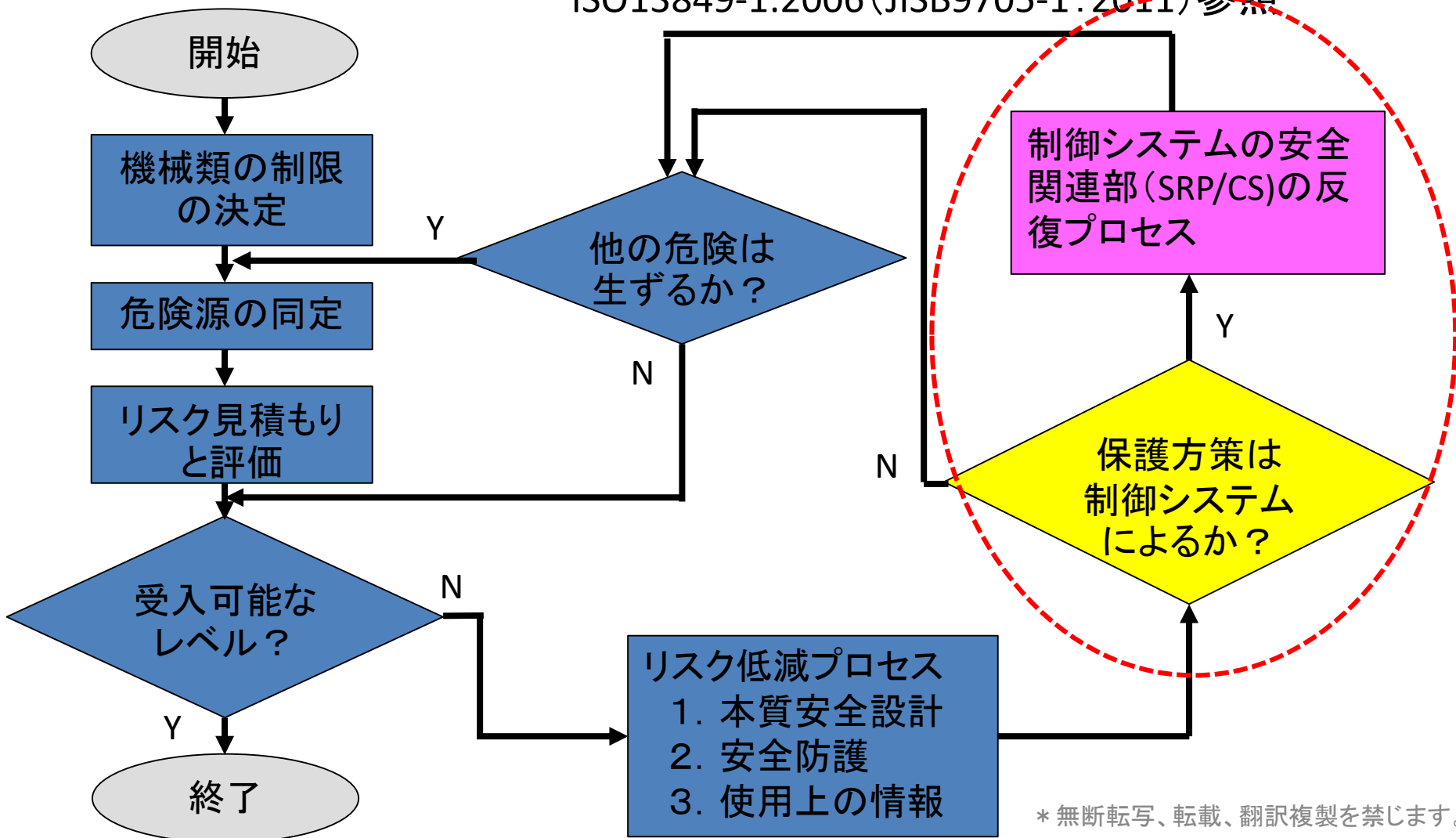
危険状態を防止するために使用する電気品には高い信頼性が必要。  
例えば安全用途として規格をクリアーしている専用のPLCやリレーなど。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。



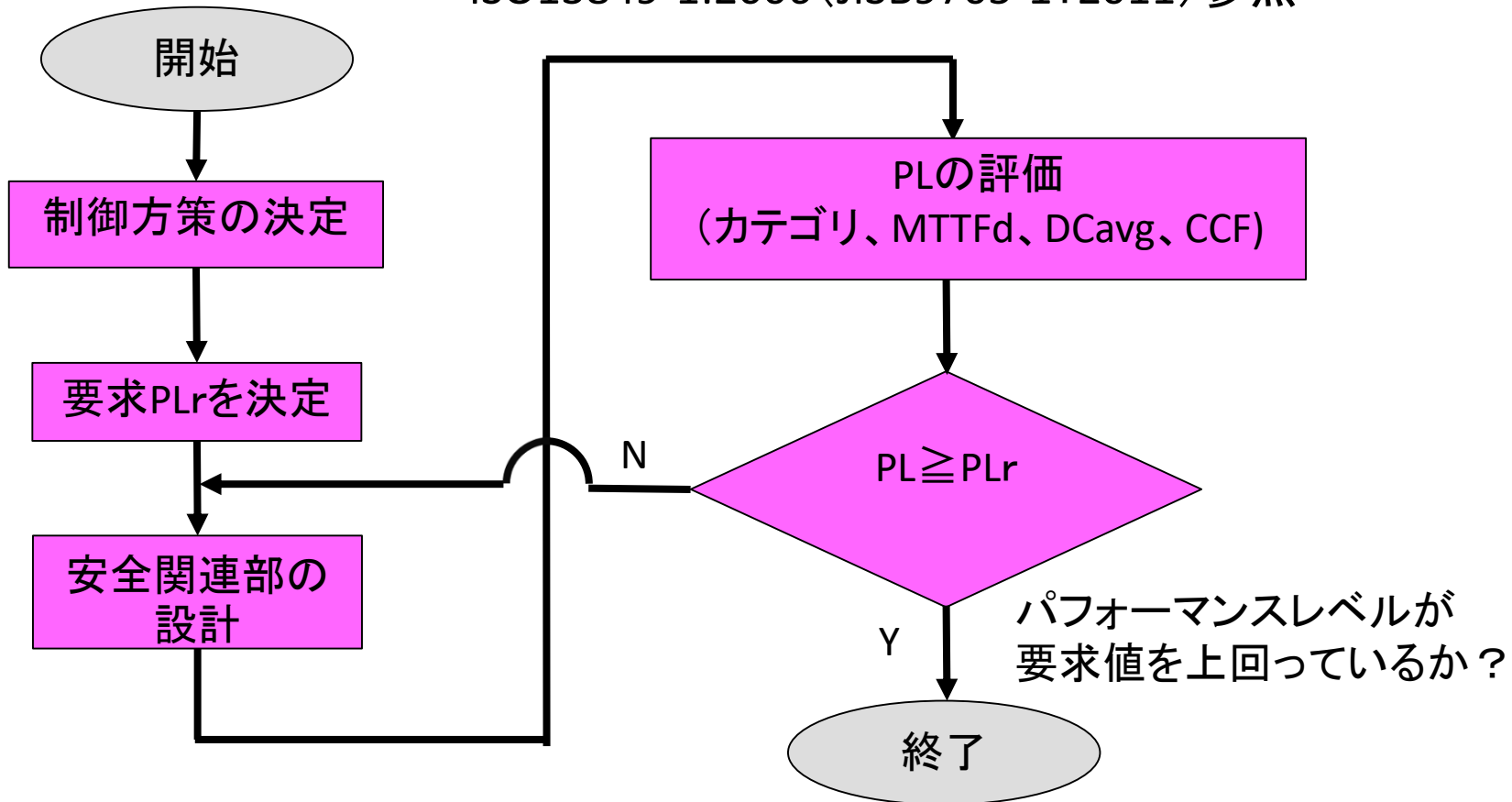
## リスクアセスメントとの関連

ISO13849-1:2006 (JISB9705-1:2011) 参照

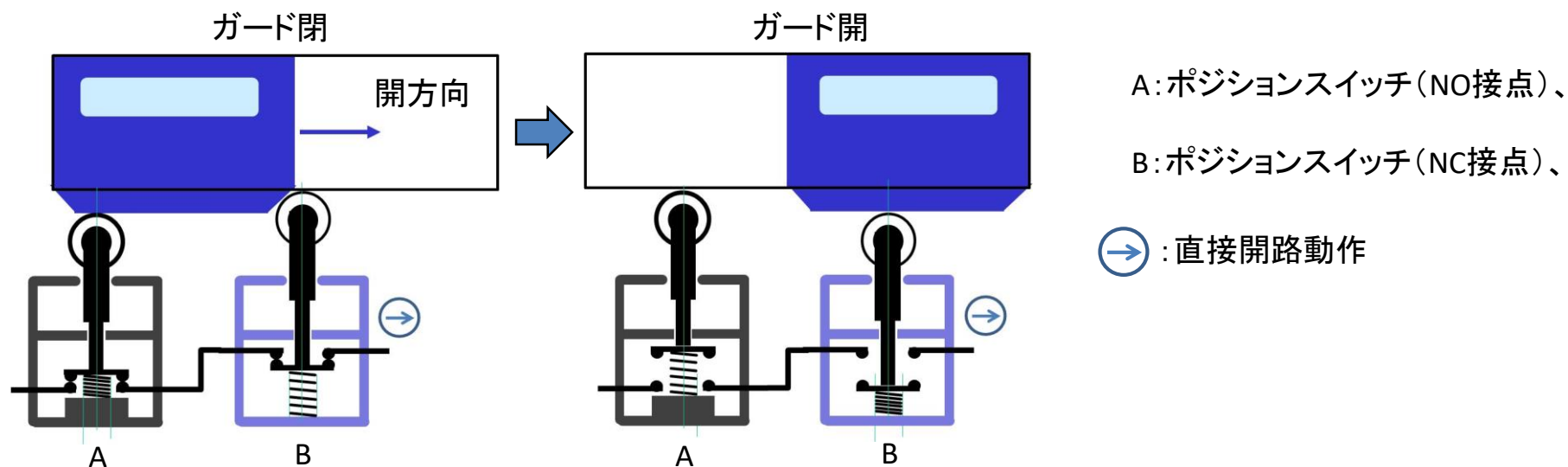


# 制御システムの安全関連部 (SRP/CS) の反復プロセス

ISO13849-1:2006 (JISB9705-1:2011) 参照



# 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

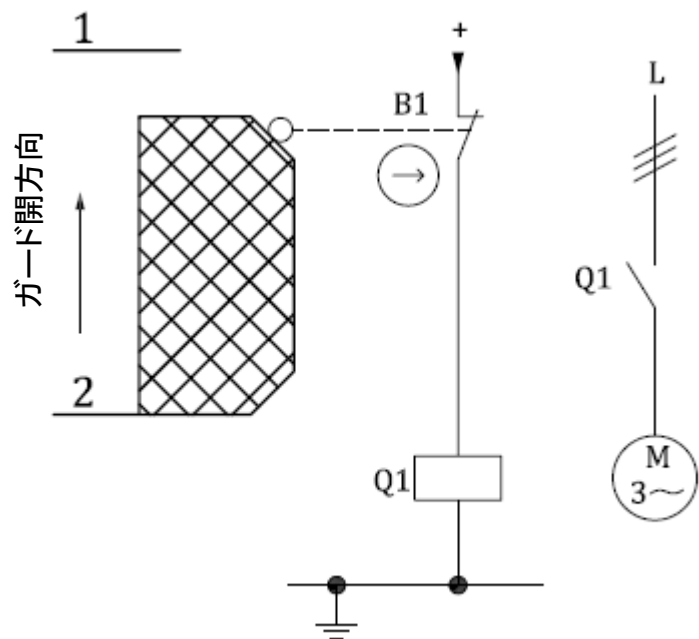
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

「IEC60204-1(JISB9960-1):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

## 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。

## インターロック装置(電気回路含む)代表例

### カテゴリ4

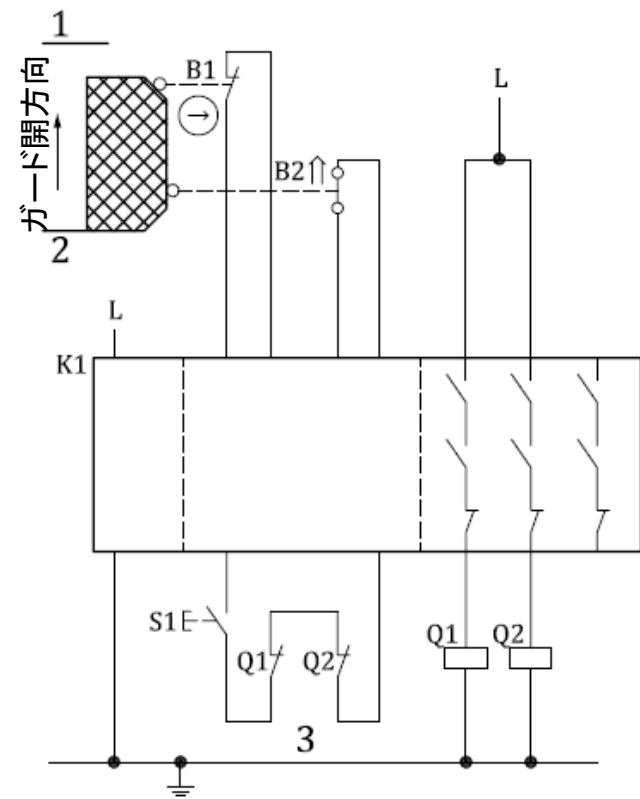
#### 安全機能

- ・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



## 5.4 付加保護方策

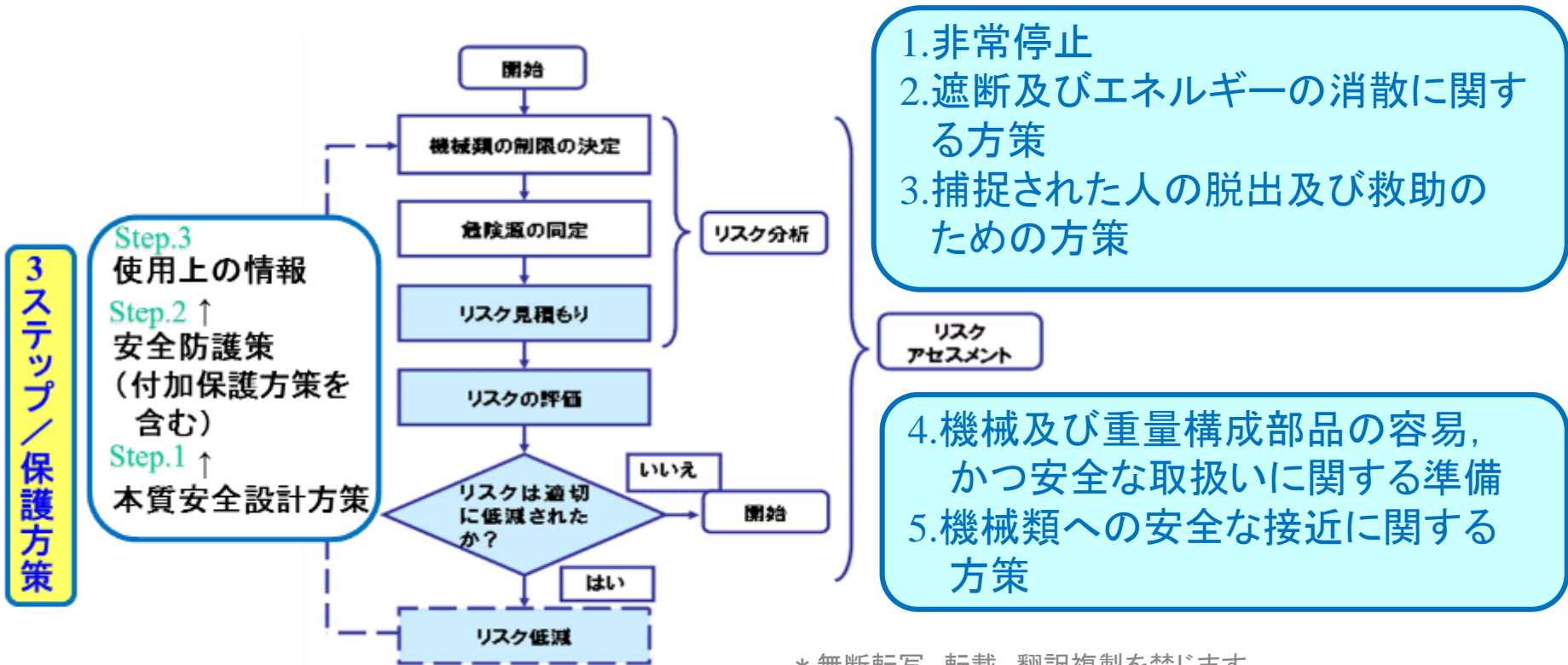
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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。



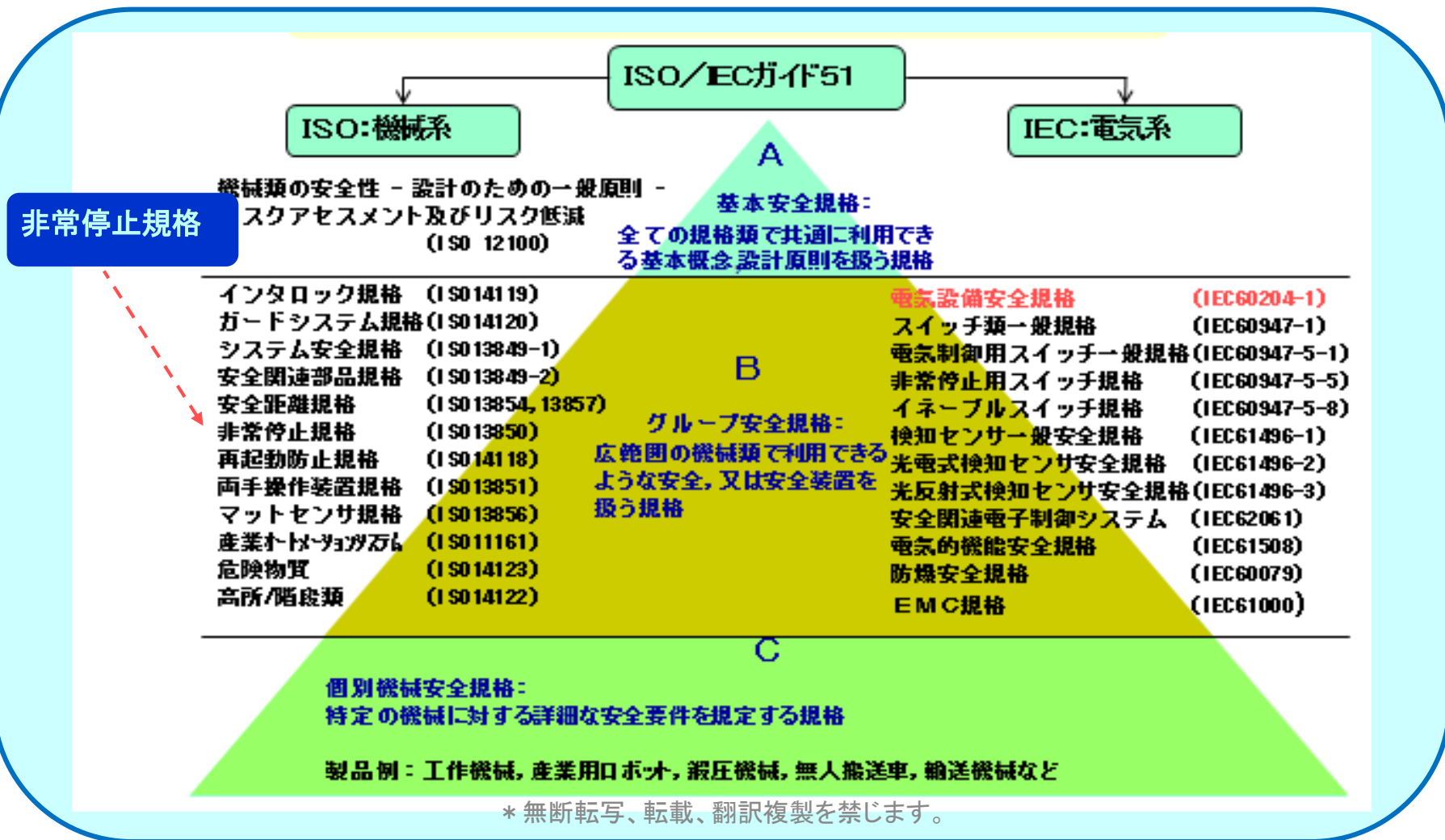
機械の“意図する使用”及び合理的に予見可能な機械の誤使用によって必要なとき、本質的安全設計方策でなく、安全防護(ガード, 保護装置)でもなく、使用上の情報でもない保護方策を実施しなければならない場合がある。このような保護方策は“付加保護方策”と呼ばれ、ISO 12100-1 の図では、3ステップのうち安全防護とともに**ステップ2**に位置づけられている。付加保護方策としては、次の5つの内容が規定される。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

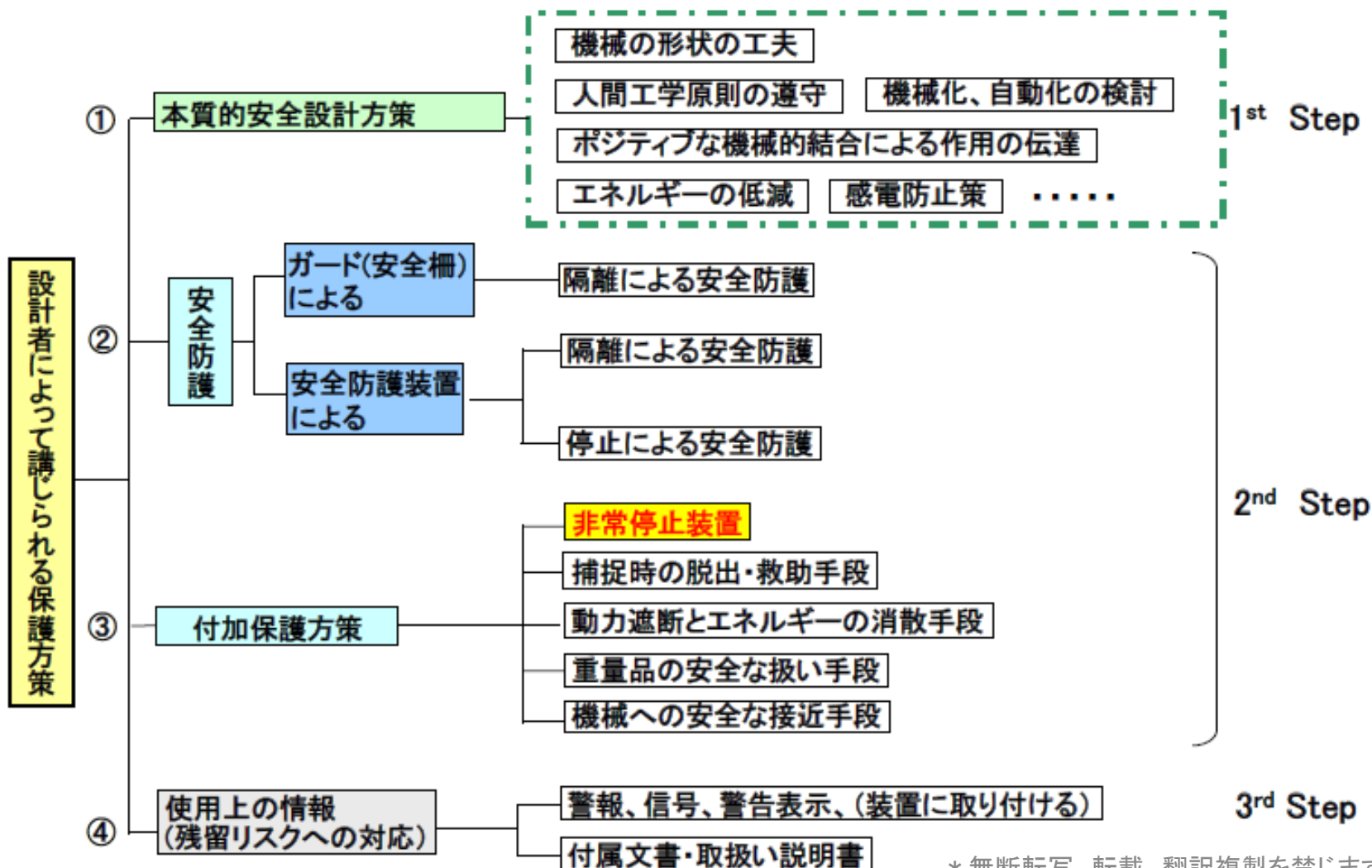
### 5.4.2.1 機械安全のA,B,C規格体系における非常停止規格の位置づけ

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。



### 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。



### 5.4.2.3 非常停止機能

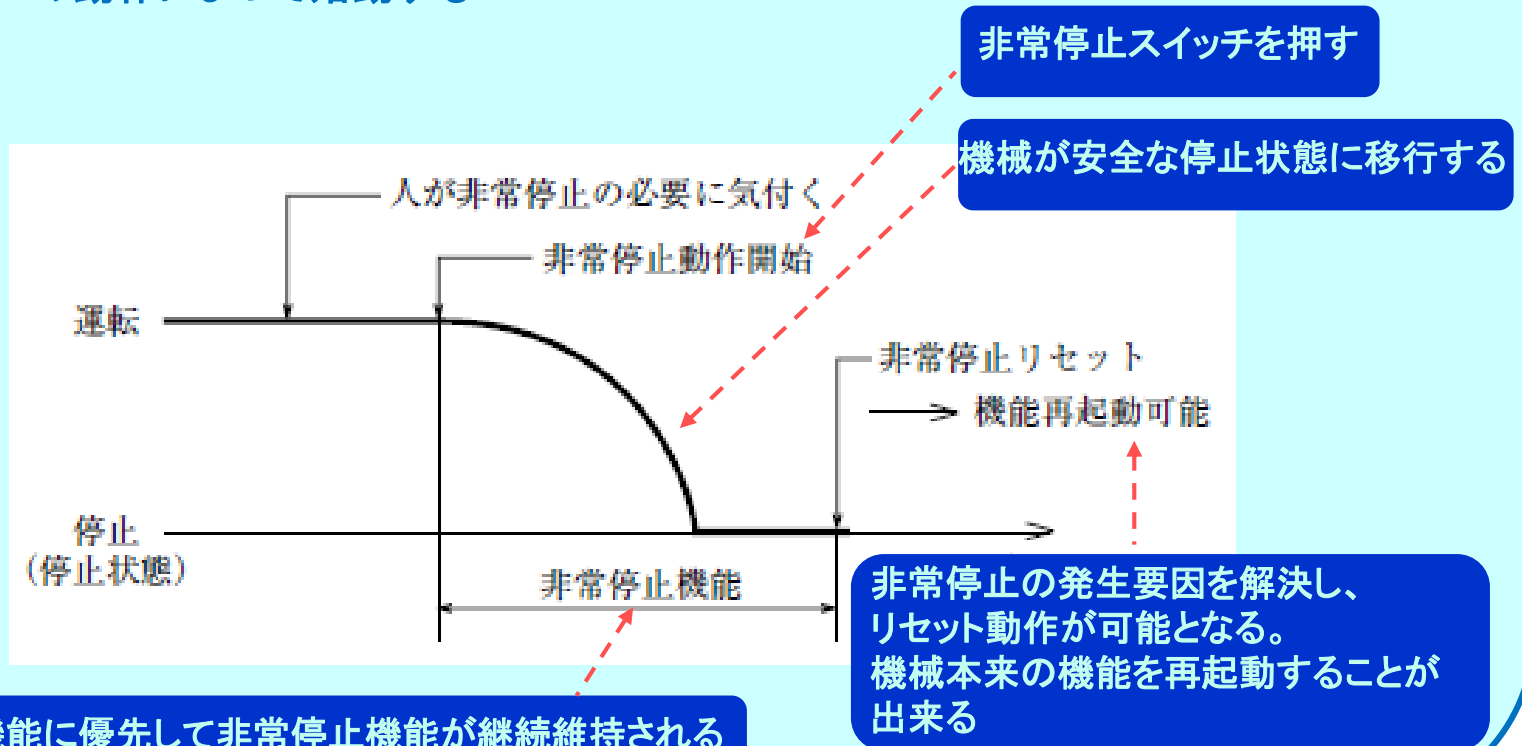
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

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(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。



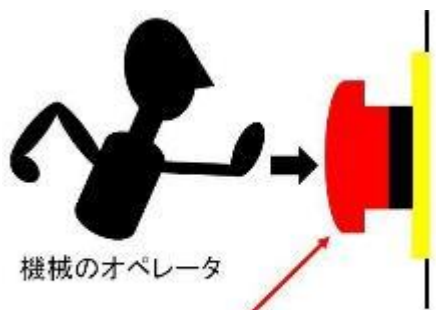
## 5.4.2 非常停止

### 5.4.2.3 非常停止機能

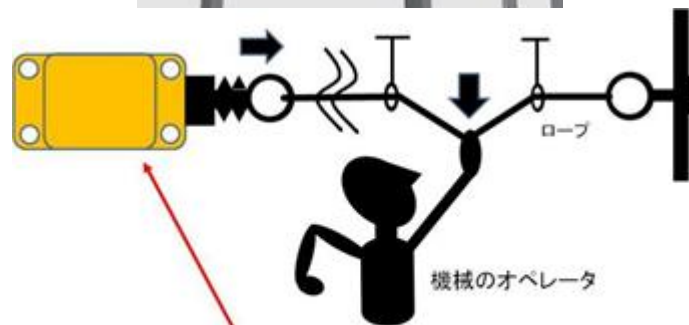
\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

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。



押しボタン型 非常停止スイッチ



ロープ式非常停止スイッチ

### 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ずに、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。



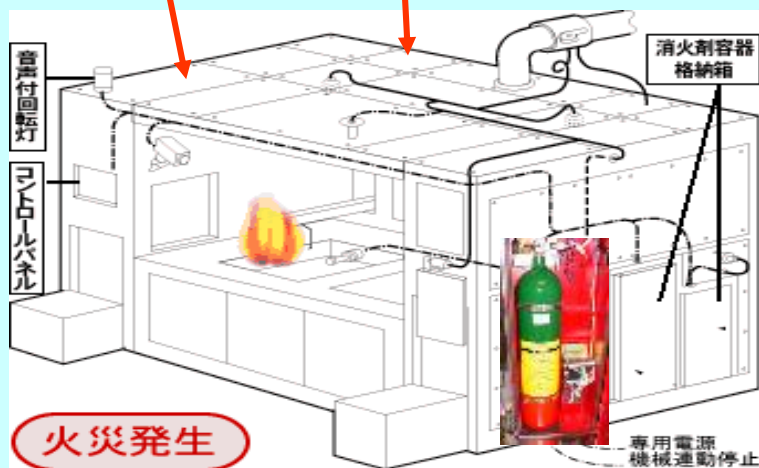
### 5.4.2.3 非常停止機能

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、別電源供給とする必要があります。



\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

### 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。



### 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

停止のカテゴリーは、カテゴリー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、**カテゴリー0, 1のみである。**

#### ■停止カテゴリー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

#### ■停止カテゴリー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。

#### ■停止カテゴリー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。

### 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

##### ■ 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、最終的な機械的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。

### 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。

## 5.4.2 非常停止

### 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あります。



#### ■ 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。



### 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

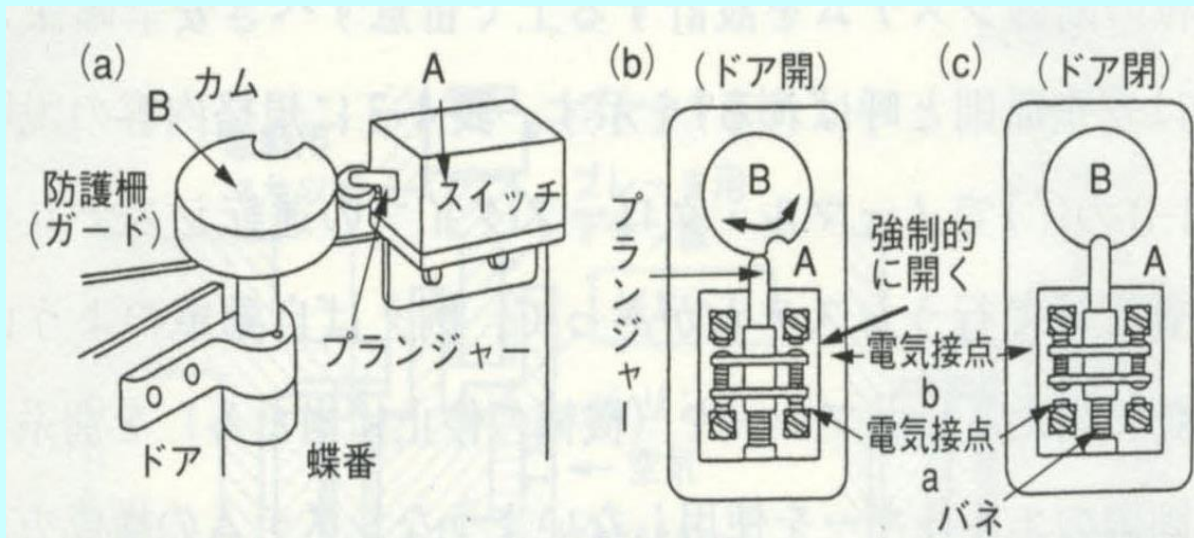
#### ■ 装置の接点及び原理:

**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

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。

### 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

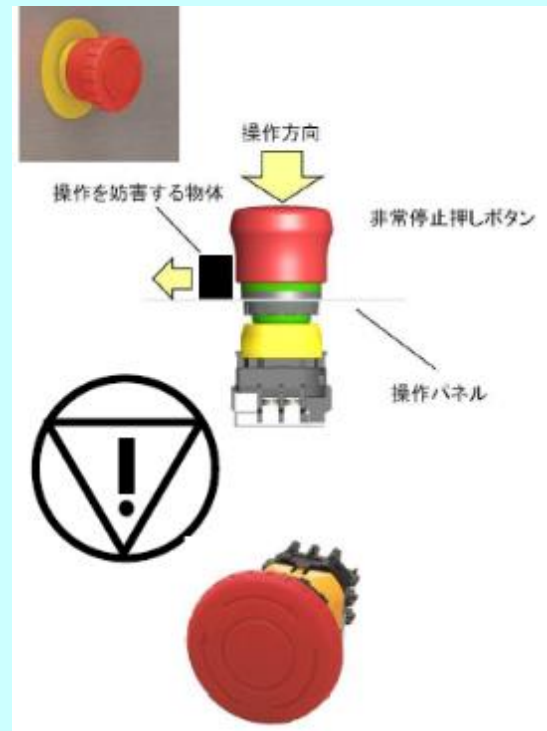
#### ■アクチュエータの種類

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。

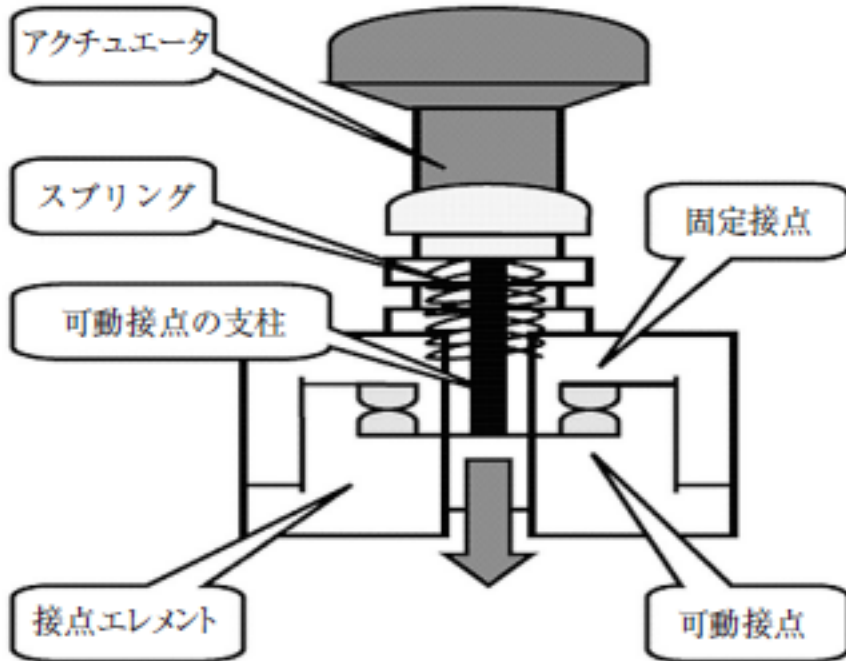
■アクチュエータとバックグラウンドには、文字やシンボルを使わない方がよい。仮に、シンボルを使用する場合は、右の図を使用すること。

■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。



## 5.4.2 非常停止

### 5.4.2.5 非常停止装置



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

### 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  
かつ圧縮空気システムの圧力計の指示値がゼロの状態



### 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

### 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:

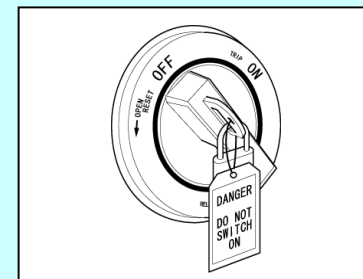
- ・ 機械の構成、危険区域に人がいることの必要性、リスクアセスメントにより決定する。
- ・ 遮断装置が遮断する機械又は要素の対応関係を明確にする。

#### 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

## 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。

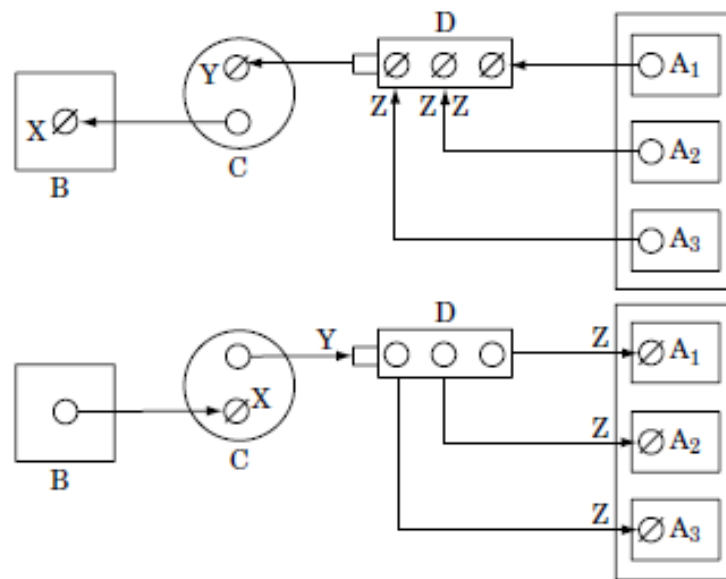
構造は、堅牢なステンレス製インターロック

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。A<sub>1</sub> から A<sub>3</sub> 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。

### 5.4.3.2 蓄積エネルギーの消散又は制限装置

#### ■ 要求事項:

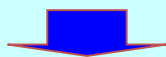
- ・残留エネルギー放出用機器に残留エネルギーが残る場合、確実に封じ込める機能を備える。
- ・エネルギー放出により危険が増加したり、別の危険が生じない。
- ・残留エネルギー抑制用機器は抑制位置でロック可能とする、あるいは他の方法で安全を確保できる。
- ・残留エネルギーの放出又は抑制の手順は取扱説明書、注意名版に記載する。  
装置の例: 放電抵抗器、減圧バルブ、ブレーキ など

#### 補足説明

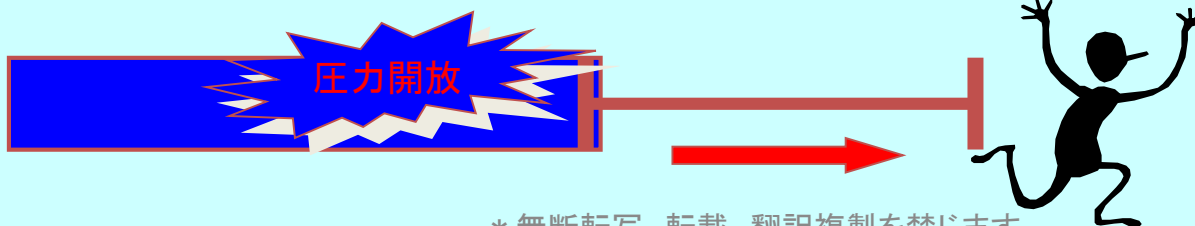
#### 油圧・空圧機器の圧力開放の危険性



機構がその場で停止し、圧力が封じ込まれた状態



停止しているので安全と思い込んで残圧を開放したとたん



異常対処時やメンテナンス時には  
残圧を開放してから作業を行うことです。

設備には残圧開放用の手動バルブを  
設けておくこと。



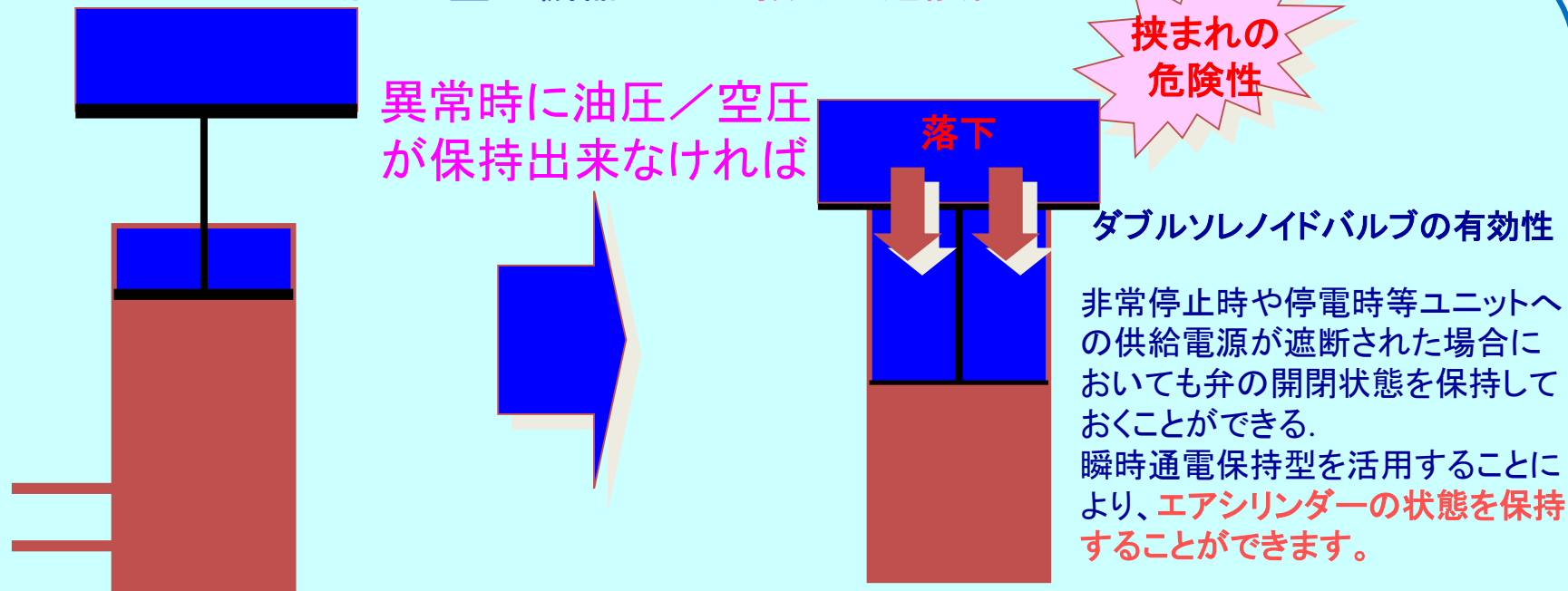
### 5.4.3.2 蓄積エネルギーの消散又は制限装置

#### ■ 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

#### 油圧・空圧機器の圧力抜けの危険性



下降する力の大きい油圧・空圧機構では異常時圧力保持できる機構を有すること。

\* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

## 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。

## ■ 要求事項:

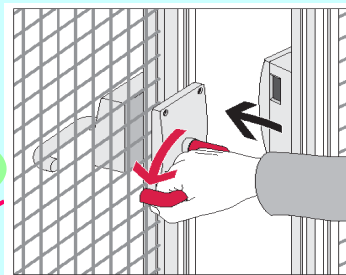
- ① オペレータが捕捉される**危険源を生じる設備での脱出ルート**及び避難場所
- ② 非常停止後に特定の要素を手で動かすための手段
- ③ 特定の要素を逆転するための手段
- ④ 下へ降りる装置のための係留具
- ⑤ 捕捉された人が救助を求めることができる伝達の手段

## 補足説明

ロボットの稼働に対する危険性に対し、

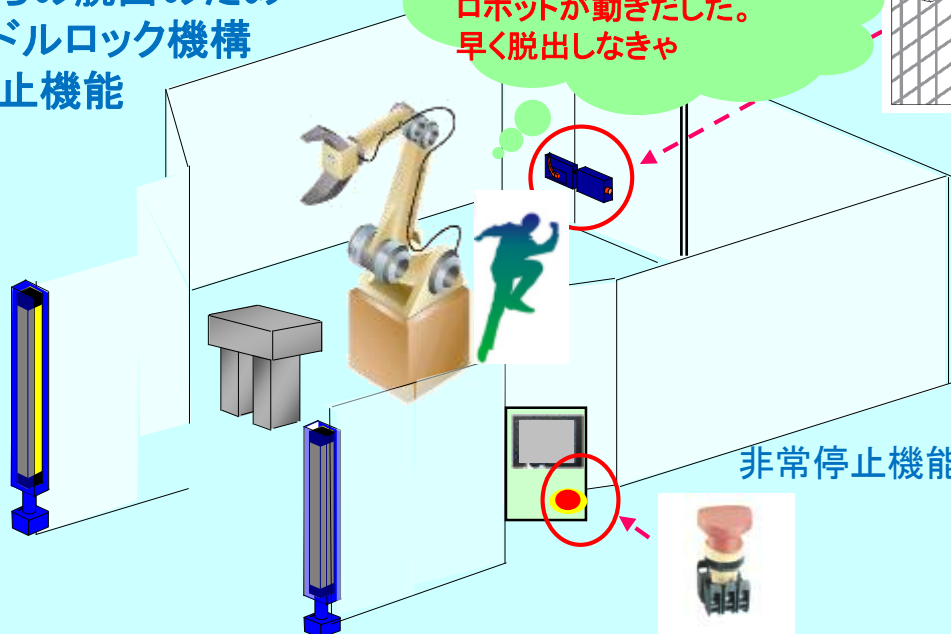
1. 侵入に対するライトカーテン
2. 内部からの脱出のためのハンドルロック機構
3. 非常停止機能

柵内で保正中なのに、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



### ■ 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ことが必要です。





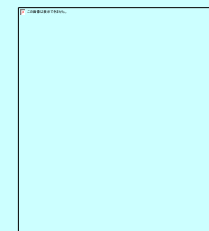
### ■ 要求事項:

- 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  
惰性で回転するロールに挟まれた！  
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。



## 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

### ■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、ウィンチ、吊り具、チェーンブロック、クレーンサドルなどがある。

### ■ 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。

### ■ 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



はしごの安全囲い

手すりやステップに  
滑り止め対策を行う



高所作業場所の  
転落防止柵



## 5.5 人間工学

## 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。

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。

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

ストレスによる疲労(慢性疲労)腱鞘炎

ミスをする

生産性、安全性の低下

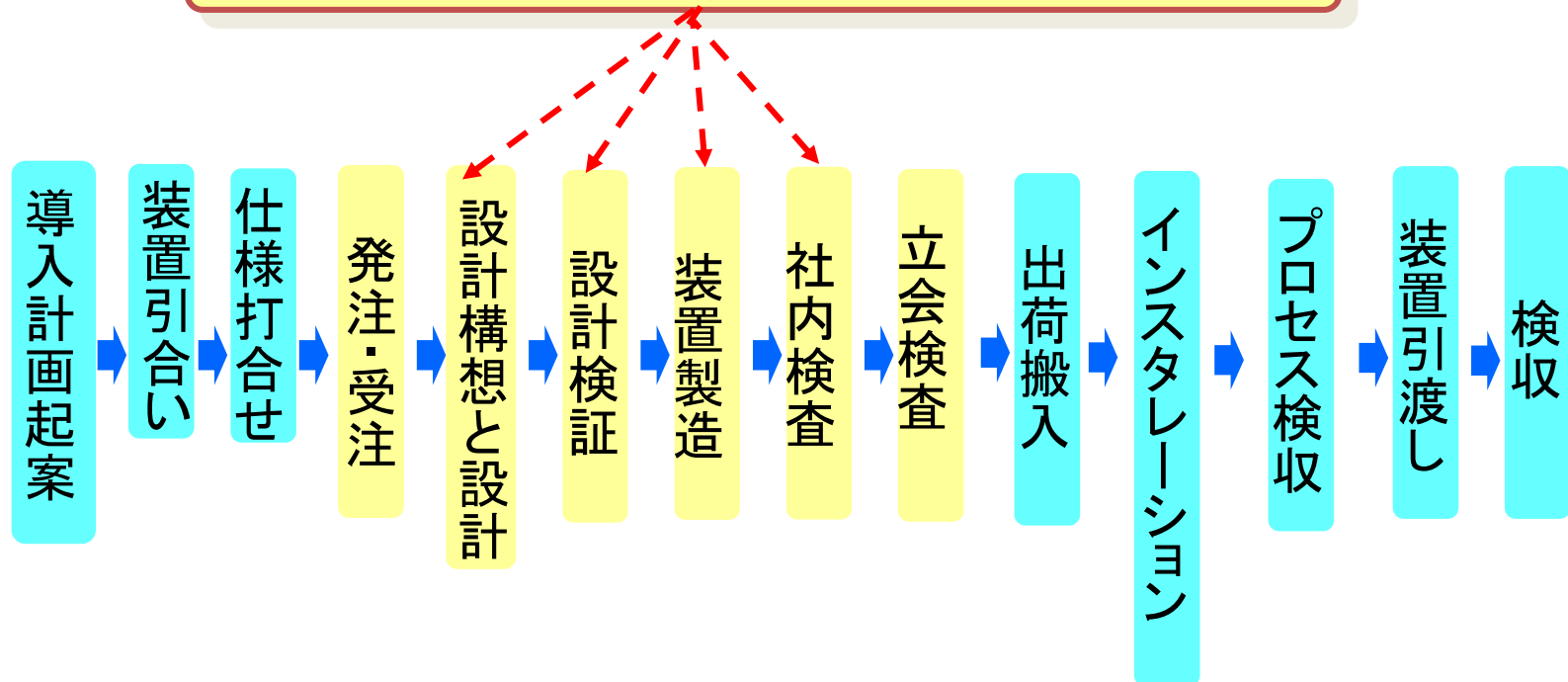
人間の機能を無視した設備を操作すると疲れて、ミスが起きやすい。  
ミスを起こすと危険が伴う。

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。



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。

(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。

- ・手動制御器は明りょう(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りょう(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。

(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。

- (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。

- (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。

- (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) 定期的に交換を行う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性を考慮すること。



- (5) 2m以上の高さに保全対象部品があるときは、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。

### 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。



## 5.6 防爆



## 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

## 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



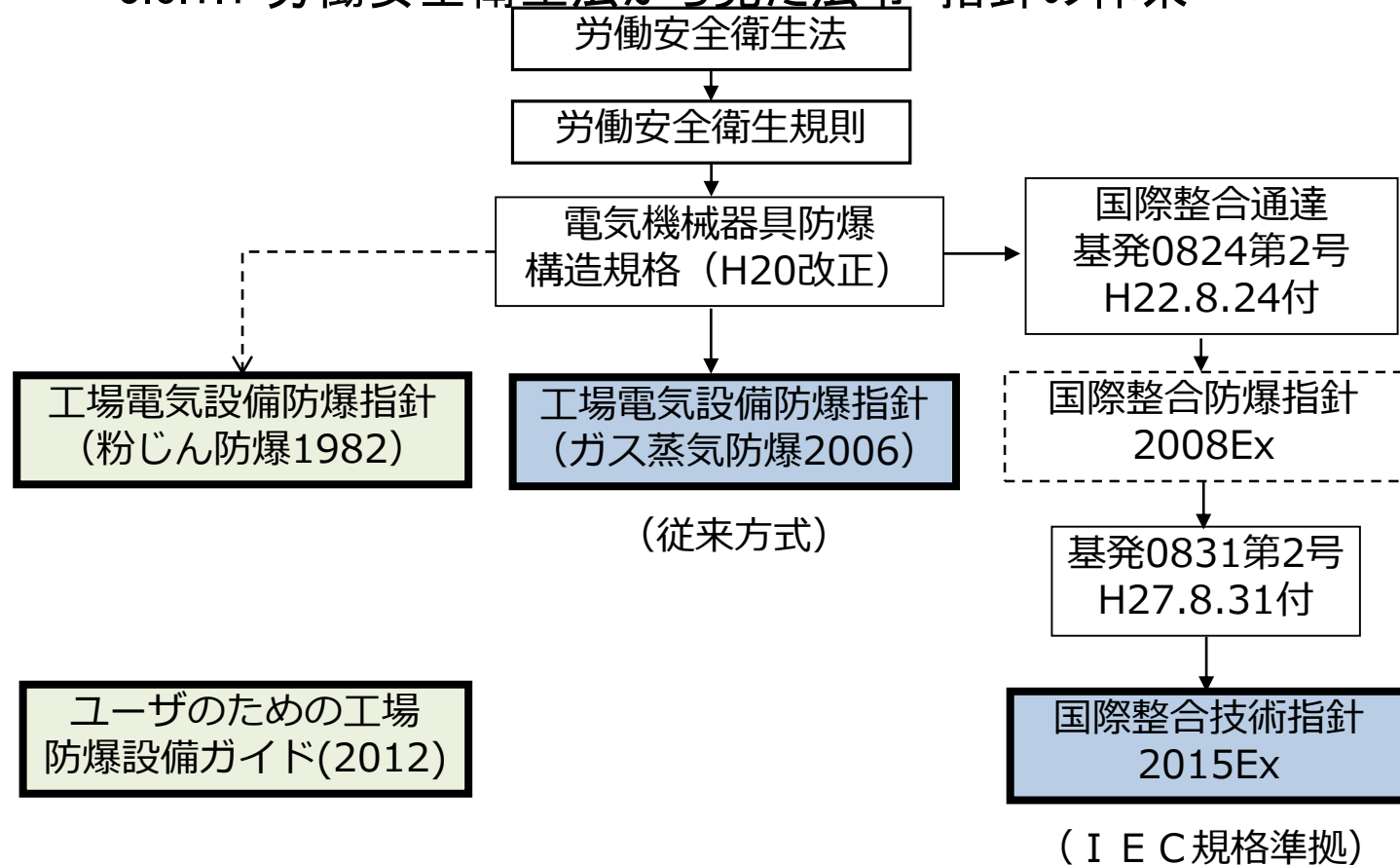
爆発の危険性のある場所

- ・ 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

## 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



## 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

## 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)

## 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



従来方式（第二章）に加えて、  
IEC規格に従が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）

#### 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

## 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 2 0 1 5		
	編	名 称	指針 番号
IEC60079-0	第1編	総則	JNIOSH-TR-46-1
IEC60079-1	第2編	耐圧防爆構造“d”	JNIOSH-TR-46-2
IEC60079-2	第3編	内圧防爆構造“p”	JNIOSH-TR-46-3
IEC60079-6	第4編	油入防爆構造“O”	JNIOSH-TR-46-4
IEC60079-7	第5編	安全増防爆構造“e”	JNIOSH-TR-46-5
IEC60079-11	第6編	本質安全防爆構造“i”	JNIOSH-TR-46-6
IEC60079-18	第7編	樹脂充填防爆構造“m”	JNIOSH-TR-46-7
IEC60079-15	第8編	非点火防爆構造“n”	JNIOSH-TR-46-8
IEC60079-31	第9編	容器による粉じん防爆構造“t”	JNIOSH-TR-46-9
IEC60079-33	第10編	特殊防爆構造“s”	JNIOSH-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

## 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）・・・

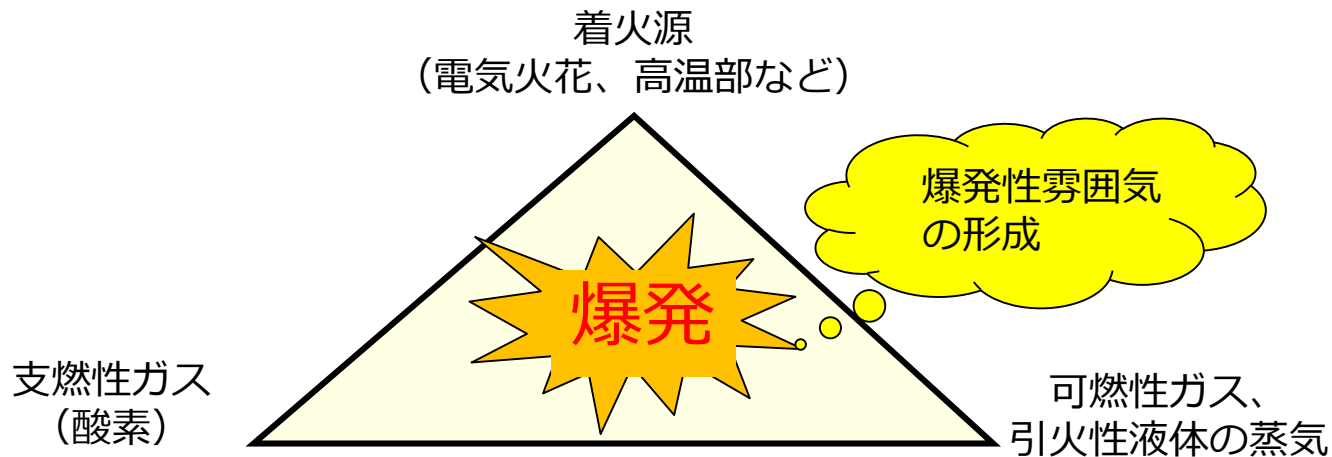


## 5.6.2 爆発はなぜ起こる。(爆発/火災の3要素)

### 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 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。

## 5.6.3 危険個所(ゾーン)の判定

### 5.6.3.1 ゾーン0, 1, 2の定義

危険個所は、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。

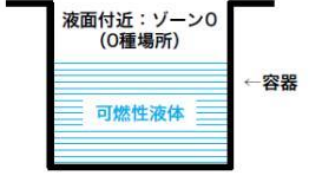
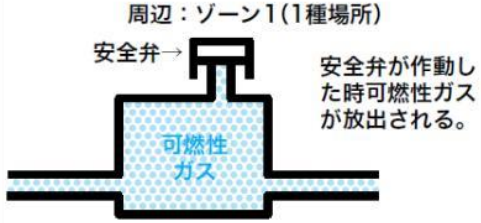
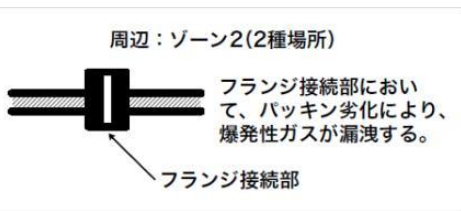
	危険場所 (ゾーン)		
	特別危険場所 (ゾーン0)	第一類危険個所 (ゾーン1)	第二類危険個所 (ゾーン2)
説明	爆発性雰囲気が通常の状態において、連続して長時間にわたり、または頻繁に可燃性ガス蒸気が爆発の危険のある濃度に達するものをいう。	通常の状態において、爆発性雰囲気をしばしば生成するおそれがある場所をいう。	通常の状態において、爆発性雰囲気を生成するおそれが少なく、また、精製した場合でも、短時間しか持続しない場所をいう。
API RP505 の分類	爆発性雰囲気の生成時間が、年間1000時間以上の場所。	爆発性雰囲気の生成時間が、年間10～1000時間の場所。	爆発性雰囲気の生成時間が、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

## 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"> <li>・ふたが解放された容器中の引火性液体の液面付近</li> <li>・引火性液体のタンク内の液面上部の空間部分</li> </ul>	
第一類危険箇所 (ゾーン1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>	
第二類危険箇所 (ゾーン2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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</li> <li>・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。</li> <li>・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、爆発性雰囲気はまれに侵入するおそれのある場所。</li> </ul>	

防爆安全ガイドブック (NECA)より引用

## 5.6.3 危険箇所(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
<p>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。</p>
1 級放出源
<p>通常の状態、定期的に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。</p>
2 級放出源
<p>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。</p>

### 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。

## 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)		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よりも広がる可能性がある。  
 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、Negrect(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

### 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

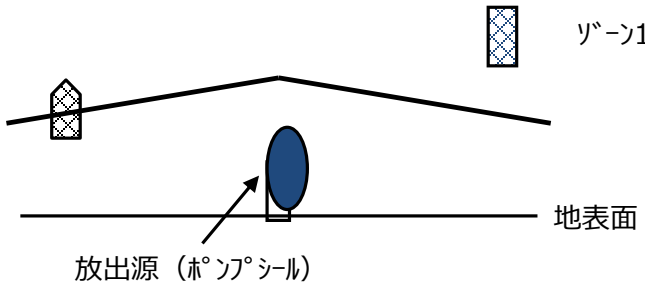
事例 1		危険区域 (ゾーン) の判定例
設備	引火性液体のポンプ	<p>ゾーン1 ゾーン2</p> <p>a</p> <p>b</p> <p>地表面</p> <p>放出源 (ポンプシール)</p> <p>a=3m 放出源から水平に3m b=1m 地上1m及び放出源上1mまで</p>
設備能力	容量：50m <sup>3</sup> /h 低圧カポンプ	
設置場所	屋外	
放出源	ポンプのメカニカルシール	
放出等級	2級	
蒸気密度	空気より重い	
換気条件	自然換気（屋外）	
換気度	全体：中度、ピット：低度	
換気の有効度	良	

JIS C 60079-10:2008 より引用

### 5.6.3 危険箇所(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 <sup>3</sup> /h 低圧力ポンプ	
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



## 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）

## 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 国際統合防爆指針 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
国際統合防爆指針 (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。

## 5.6.5 各種防爆構造の概略

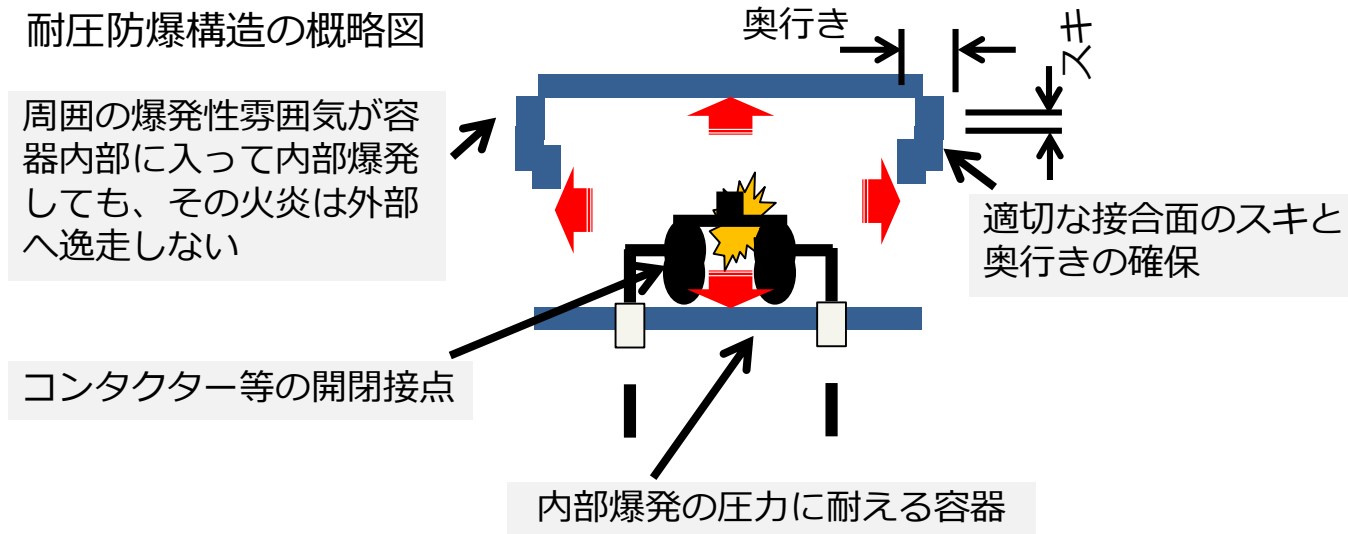
### 5.6.5.1 耐圧防爆構造（1）

#### 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



耐圧防爆構造の製品例

## 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。

##### (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、グループ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。

小形



中形



I D E C株式会社カタログより引用

## 5.6.5 各種防爆構造の概略

### 5.6.5.3 内圧防爆構造(1)

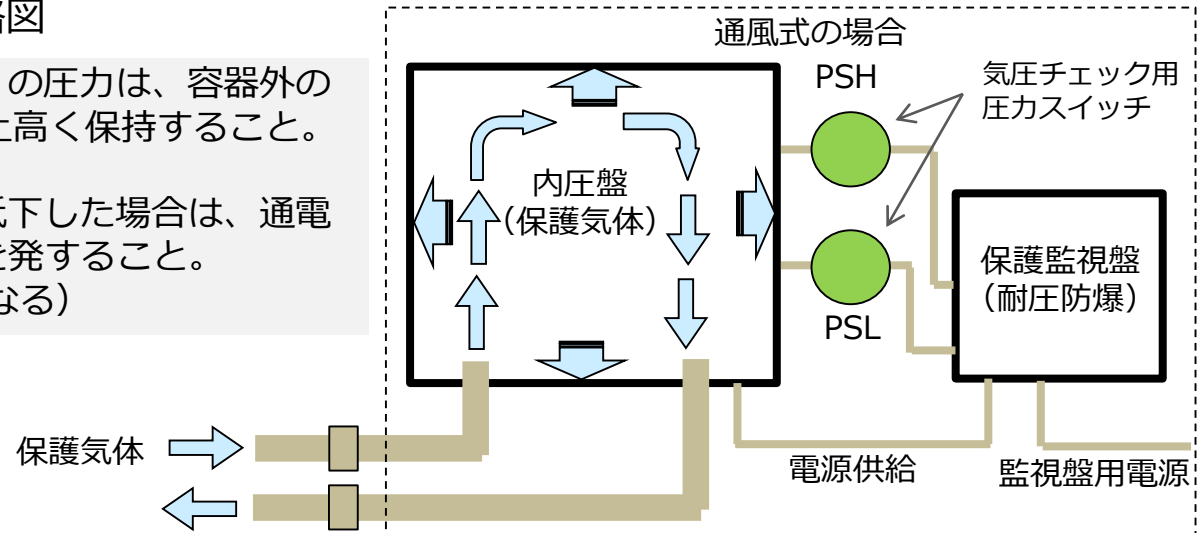
#### 内圧防爆構造

容器内の保護ガスの圧力を外部雰囲気気圧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）



## 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 2006 より引用

## 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

## 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

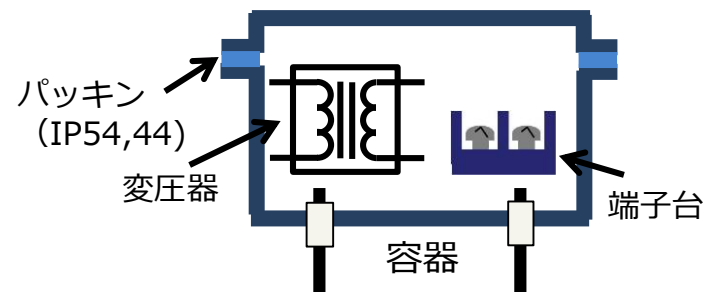
#### 安全増防爆構造の概略

##### 容器に要求される性能

- ・ 容器内部に裸充電部が有る場合は、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。





## 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、

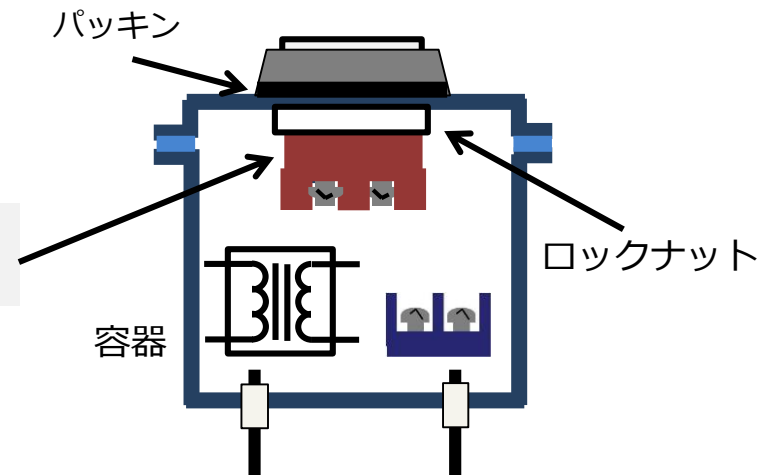
- ・ 接点开閉器、
- ・ 高温発生部等をもつ電機機器

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り付けて使用することができます。

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)



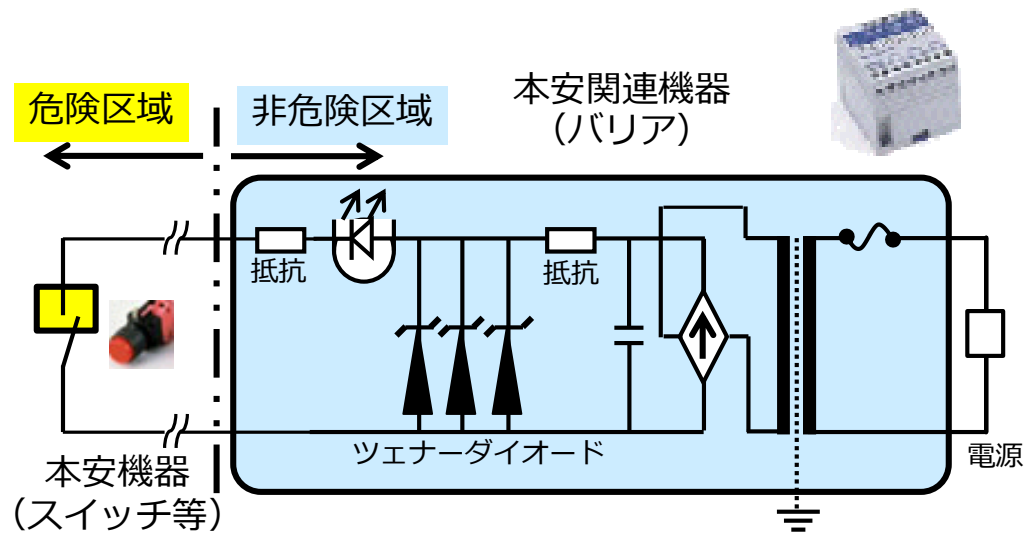
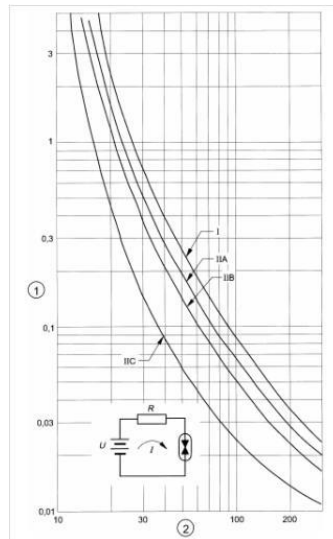
## 5.6.5 各種防爆構造の概略

### 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



## 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に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)

## 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) 組合わせ条件

本安機器と本安関連機器の組合わせ条件の概略。

#### 1、本安機器と本安関連機器の組合わせの一般原則

- ・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	組合わせ条件	本安関連機器の安全保持定格
V <sub>m</sub> : 本安回路最大許容電圧	≥	V <sub>max</sub> : 本安回路最大電圧
I <sub>m</sub> : 本安回路最大許容電流	≥	I <sub>cc</sub> : 本安回路最大電流
P <sub>i</sub> : 本安回路最大許容電力	≥	P <sub>o</sub> : 本安回路最大電力

本安機器と配線のパラメータ	組合わせ条件	本安関連部のパラメータ
L <sub>int</sub> + L <sub>w</sub> L <sub>int</sub> : 本安機器の入カインダクタンス    L <sub>w</sub> : 配線のインダクタンス	≤	本安回路 許容インダクタンス
C <sub>int</sub> + C <sub>w</sub> C <sub>int</sub> : 本安機器の入カキャパシタンス    C <sub>w</sub> : 配線のキャパシタンス	≤	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

## 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 I D E C株式会社 より引用

## 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

## 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ⅡCには適しない。

NECA防爆安全ガイドブックより引用

## 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

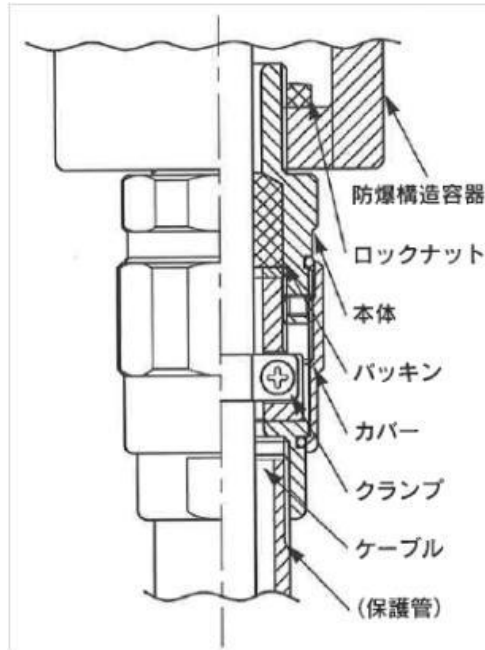
防爆性能保持の基本	
ケーブル配線	ケーブルの機械的及び電氣的に安全度を増加するのが危険場所での考え方の基本である。潜在的発火源を持つケーブルとその接続部に付いては、保護層及び絶縁体の損傷又は劣化、断線、接続部の緩みなど、潜在的危険源が顕在化するような異常状態又は故障が起こらないように、ケーブルの外傷保護及び接続部の強化等を行う。
金属管配線	潜在的発火源をもつ絶縁電線を、厚鋼電線管と厚鋼電線管用附属品から成る電線管路に納め、これらの電線管路と、防爆電気機器又は接続箱との接続部に防爆構造に応じた防爆性能をもたせたのが金属管配線の考え方である。
本安回路の配線	本安回路の配線は、本安機器相互を接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

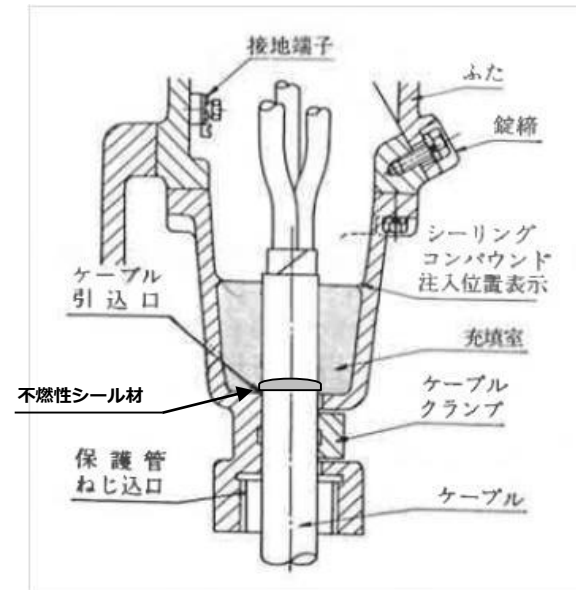


## 5.6.6 防爆電気配線

### 5.6.6.3 ケーブル配線の引き込み方式



パッキン式引込み方式の例

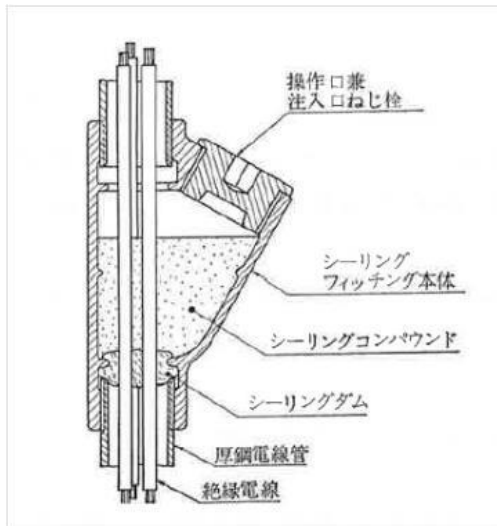


耐圧固着式引込み方式

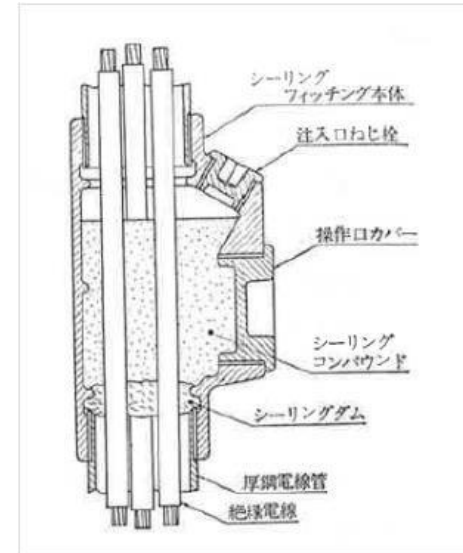
ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

## 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

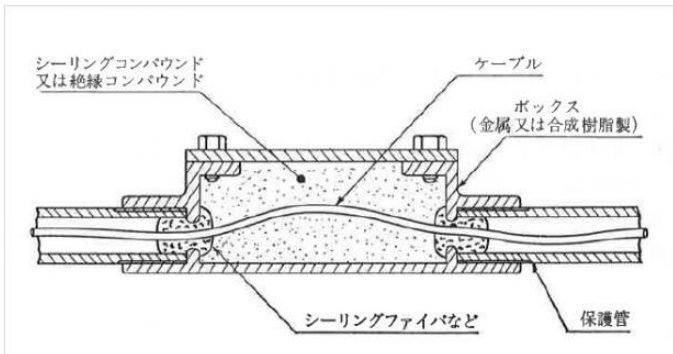
ユーザのための工場防爆設備ガイドから引用

## 5.6.6 防爆電気配線

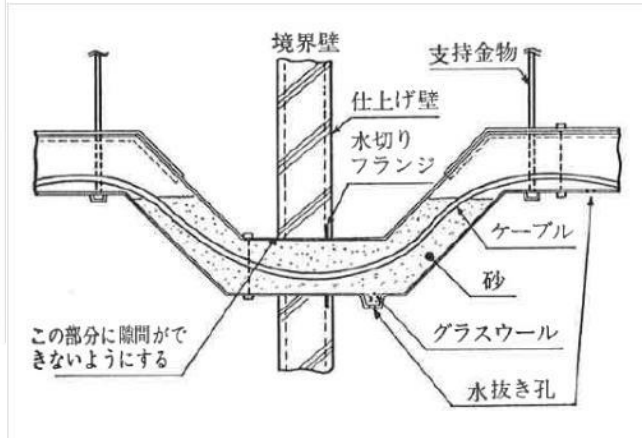
### 5.6.6.5 ケーブル配線における爆発性雰囲気の流れ防止

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

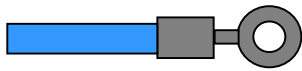


ユーザのための工場防爆設備ガイド他から引用

## 5.6.6 防爆電気配線

### 5.6.6.6 本安回路の配線例

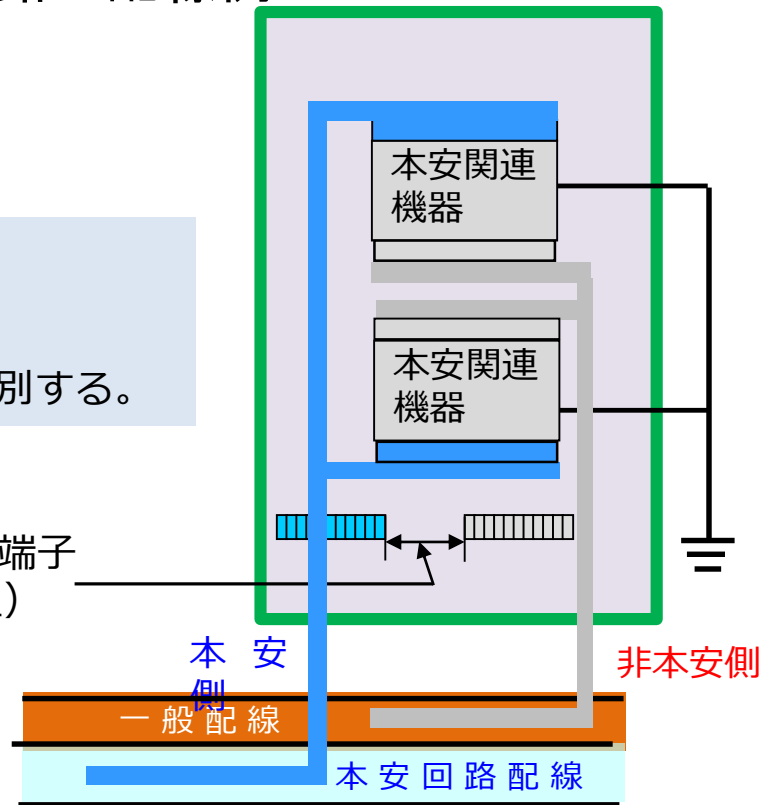
本安回路の配線



- ・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

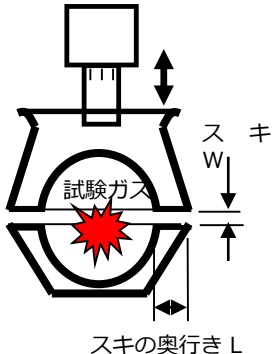


本安関連機器によっては、アースが必要になる。

## 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

## 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

## 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℃ $\geq$ >300℃	300℃ $\geq$ >200℃	200℃ $\geq$ >135℃	135℃ $\geq$ >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	イソプレン		
	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

## 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

	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



## 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	II A
		2	II B	
		3	II C	
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	

## 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

## 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"> <li>腐食発生以前の頻繁な塗装維持</li> <li>容器だけでなく、支持部材、配管なども合わせて塗装維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>塩害などの影響には頻繁な塗装維持が効果大</li> <li>耐圧防爆の接合面へのグリス再塗布も効果大</li> </ul>
2	薬品や溶剤に曝される環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>保護容器に収納、部品点検交換</li> </ul>	
3	粉じんが堆積しやすい状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>保護容器に収納</li> <li>頻繁な清掃</li> </ul>	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"> <li>パッキンの点検、交換</li> <li>ブリーザ、ドレインの点検、保守</li> </ul>	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"> <li>使用周囲温度範囲を超えない</li> <li>ヒーターなどの点検、保守</li> </ul>	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"> <li>ガード等の設置</li> </ul>	
7	過度の振動を受ける環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>ボルト等の緩みを点検</li> </ul>	