

# 知りたい！ 機械安全とは？ -安全設計の基本

# 本日の内容

本講演会は、**ビギナーの方を対象に機械の安全設計の基本をご紹介します。**

**最初に、機械を安全に設計するための規格ISO 12100について、機械設備による災害を減らす方法として“機械安全”の考え方、リスクアセスメントやリスク低減を行う際の基本をご紹介します。**

続いて、弊会が国内審議団体となっているISO/TC199部会(機械類の安全性)主査 豊田工業高等専門学校長 山田陽滋氏及びIEC/TC44部会(機械類の安全性－電氣的側面)主査 工学院大学 電気・電子工学科 准教授 市川紀充氏より機械安全規格の概要及び国内外の動向をご紹介します。

**機械の安全設計の基本を理解できる**とともに、ISO/TC199及びIEC/TC44の最新動向も把握することが出来ます。この機会にご参加いただき、機械安全の規格に対する理解を深めていただければ幸いです。

1. 機械安全って何？
2. 機械安全を理解するポイント
3. リスクアセスメント
4. リスク低減
5. 機械安全と国際規格
6. セーフティアセッサ資格制度

1.機械安全って何？

2.機械安全を理解するポイント

3.リスクアセスメント

4.リスク低減

5.機械安全と国際規格

6.セーフティアセツサ資格制度

# 労働災害事例



Young Pizzeria Worker Loses Three Fingers\_ Work Safe BC



労働災害の再現ビデオ。  
ピザ屋で働くアルバイトが指三本を失った事例。

# この事故の原因



機械からカタカタという音がして、中を覗き込んだ。  
汚れた駆動部に気が付いたので、手で汚れを払おうとした。

# 問題点と安全の観点



Work Safe BC\_Young Pizzeria Worker Loses Three Fingers



手が入る状態で「手を入れちゃダメでしょ!!」と怒るよりも、手が入らないようなカバーを設けていれば事故が防げたはず。

# 問題点と安全の観点



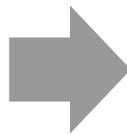
Work Safe BC\_Young Pizzeria Worker Loses Three Fingers



非常停止に手が届かないのに「すぐ止めろ!!」と怒るよりも、手が届く位置に非常停止を設けていれば、被害は小さかったはず。

# 機械安全のイメージ

これを



こうする



危ない機械を、人が事故を起こさないように使うのではなく、  
機械を変えて、事故が起きないようにするのが機械安全。

# 機械安全の構成

## 機械安全

安全な機械を作り上げる

### リスクアセスメント

機械の中の「何が」「何で」「どれくらい」  
危ないのかを明らかにする

### リスク低減

危ないモノ/トコロに「**保護方策**」を打って  
安全な機械にする

### 安全対策(Safety Counter Measure)

起きてしまった事故に対して、再発防止の手を打つ。

### 保護方策(Protective Measure)

事故が起きる前に、未然防止の手を打つ。

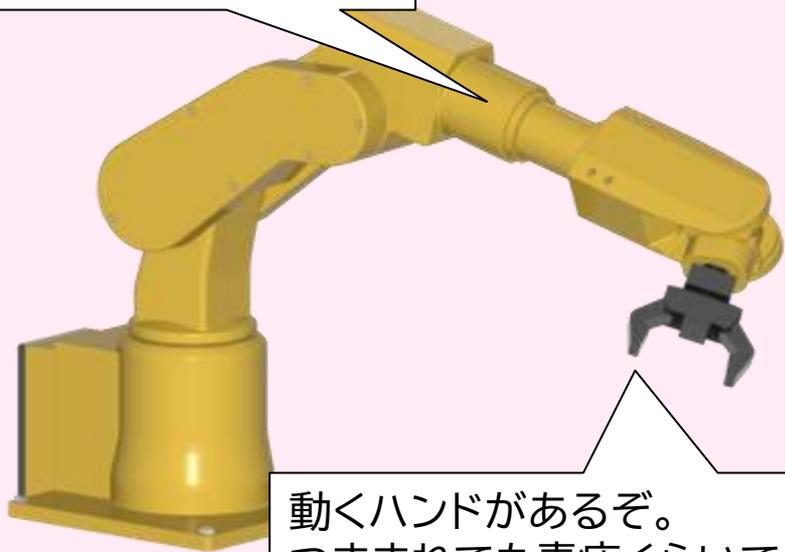


事故が起きる度「対策」するのでは、モグラ叩きで不安が消えない。  
事前に「方策」を打つことで、事故が起きないという安心につなげる。

# 機械安全のイメージ

## リスクアセスメント

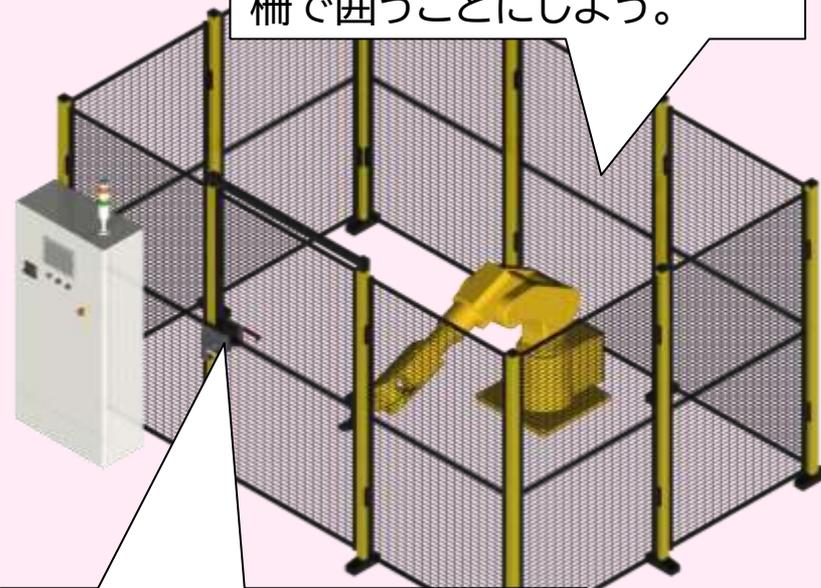
動く腕があるぞ。  
殴られたら死ぬくらい  
すごく危ないな。



動くハンドがあるぞ。  
つままれても青痣くらいで  
そんなに危なくはないな。

## リスク低減

定常作業では、  
ロボットに触る必要ないから  
柵で囲うことにしよう。



非定常作業で近づくときは  
動かないように  
扉にインタロックを設けよう。

# すべき事としてはならない事

	できる	できない
すべき事 して欲しい事 やりたい事	問題なく できる	無理にでも してしまう
してはならない事 して欲しくない事 する必要のない事	ついうっかり してしまう	自ずから できない

- ×そんなところ触らないからいちいち囲わなくてもいい。
- 触らなくてもいいトコロは全部囲って止める。
- ×触らないといけないから機械安全はできない。
- 触らないといけないなら安全でやりやすい方法を検討する。



すべき事ができない「安全ガチガチ」はかえって危険を招く。  
安全は生産の邪魔ではなく手助けがしたい。

1. 機械安全って何？

2. 機械安全を理解するポイント

危険源と3ステップメソッド

リスクと安全

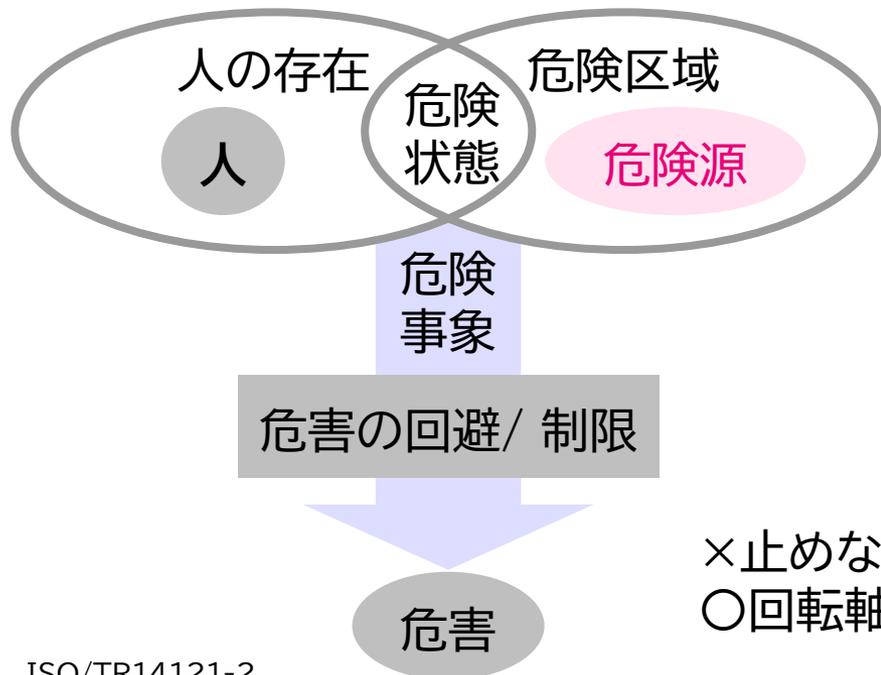
3. リスクアセスメント

4. リスク低減

5. 機械安全と国際規格

6. セーフティアセツサ資格制度

# 事故に至るプロセス



ISO/TR14121-2

**危険源**: 危ないモノ/トコロ

⇒ 回転軸

**危険状態**: 危険源に晒される状態、作業

⇒ 回転軸に油を挿す

**危険事象**: 事故につながるコト

⇒ 回転軸にうっかり触ってしまう

**危害**: 怪我、病気

⇒ 手を巻き込まれて骨折

× 止めないから事故になったんだ

○ 回転軸がむき出しだから事故になったんだ



機械の中の「危険源」があるから事故につながる。  
「危険源」がわかれば、どうすれば安全になるかもわかる。

# 9+1種類の危険源の分類

機械的 	動く、鋭い、重い モノ/トコロ	放射 	電波、光 の出るモノ/トコロ
電氣的 	電気が流れている モノ/トコロ	材料 物質 	劇物、薬物、 気体、液体、粉体
熱的 	熱いモノ/トコロ	人間工学 原則 の無視 	使いにくい、ツライ モノ/トコロ
騒音 	うるさい モノ/トコロ	環境 	暑い、寒い、汚い モノ/トコロ
振動 	震える モノ/トコロ	組合せ	

# リスク低減の手法(3ステップメソッド)

## ①本質的安全設計(機械を作り変える)



危ないモノ/トコロをなくす。  
安全なモノに置き換える。

## ②安全防護方策(安全装置を取り付ける)



危ないモノ/トコロに  
触れないようにする。



動いている危ない/モノ/トコロに  
触れないようにする。

## ②付加保護方策(その他の安全装置)



ガード、保護装置以外の安全装置  
(非常停止 等)

## ③使用上の情報(危害を避けてもらう)



危ないモノ/トコロに触らないよう、  
どうすればいいかわかるようにする。

# 扇風機の危険源



- ×カバー(ガード)がスカスカだから危ない
- ×指が入るからあぶない
- 回転する羽根(危険源)に触れるから危ない



危険源として「何が」「何で」危ないのかを見定める。

# 扇風機のリスク低減(3ステップメソッド)



①本質的安全設計:  
羽根(危険源)が無い



②安全防護:  
羽根がなくせないなら  
カバー(ガード)で  
羽根に触れないようにする

③使用上の情報:  
掃除のときはカバーを  
外さないといけないので、  
動いている羽根に触らないように  
シールで注意喚起する



危険源がわかれば、どんな方策を打つべきかわかる。

1. 機械安全って何？

2. 機械安全を理解するポイント

危険源と3ステップメソッド  
リスクと安全

3. リスクアセスメント

4. リスク低減

5. 機械安全と国際規格

6. セーフティアセツサ資格制度

# カバーを付ければ「安全」か？

機械  
設計

カバーを付けて安全にしたよ。  
でもカバーを外す時は気を付けてね。

現場  
定常

これなら安全だね。よかったよかった。

#  
掃除  
担当

こんなものの何が安全だ！  
結局自分が止めるかどうかじゃないか!!  
カバーを付けたり外したり、掃除の回数も増えて、  
手間ばかり増やしてなんてことをしてくれたんだ!!!



そもそも「安全」とは何か？話が通じないとどうにもならない。  
部署間でリスクコミュニケーションができないとこうなる。

# リスクで安全を考える

(辞書の意味での)

**安全** = 危なくないこと → 絶対に事故が起きないこと = **絶対安全**

カバーを付けたって、非定常作業では外すことがある。  
じゃあカバーつけても安全とはいえないじゃないか。

極論での安全はあり得ないので程度問題で考える

安全の程度 → 危なさの程度 = **リスク** { 危害のひどさ  
危害の発生確率

(機械安全において)

**安全 = 許容不可能なリスクの無い事** ISO/IEC Guide51

<使用者のロジック>

軽傷ならケガをしても良いのか!  
10年に一度なら事故が起きてもいいのか!



<設計者のロジック>

リスクが許容できないなら  
機械を提供できない



極論で考えると「安全」はあり得ない。  
設計者と使用者で同じ言葉で話ができなければ安全は実現しない。

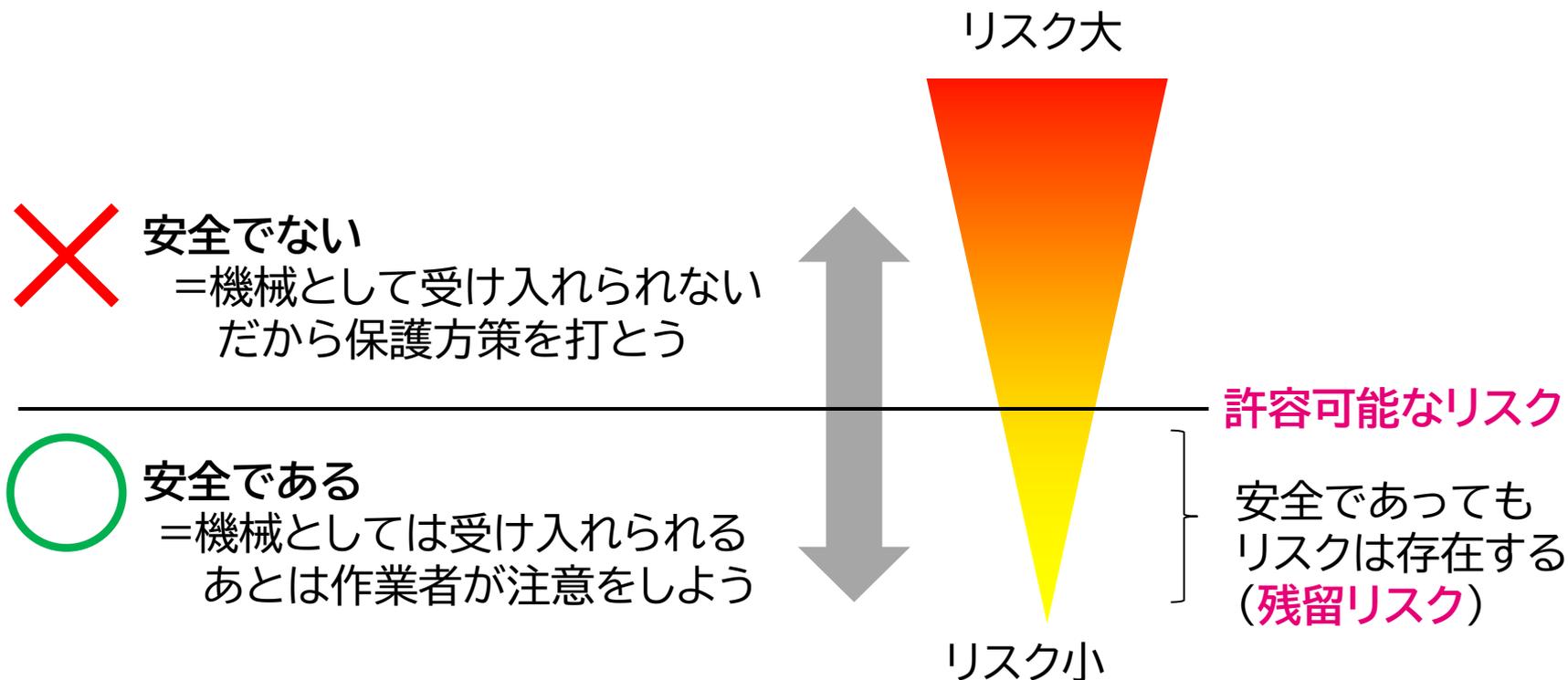
# リスクを許容するということ

特別なことではない	状況によって異なる	時代によって異なる
<p data-bbox="92 354 564 464">事故のリスクがあるが 自動車や電車を使う</p> 	<p data-bbox="685 354 1226 464">大人の料理 = 許容可能 子供の遊び = 許容不可能</p> 	<p data-bbox="1278 354 1767 464">昭和時代 = 許容可能 令和時代 = 許容不可能</p> 



リスクを許容して安全と言うことは日常的に行っている。  
改めて自身の機械のリスクが許容可能かどうかを明確に示す。

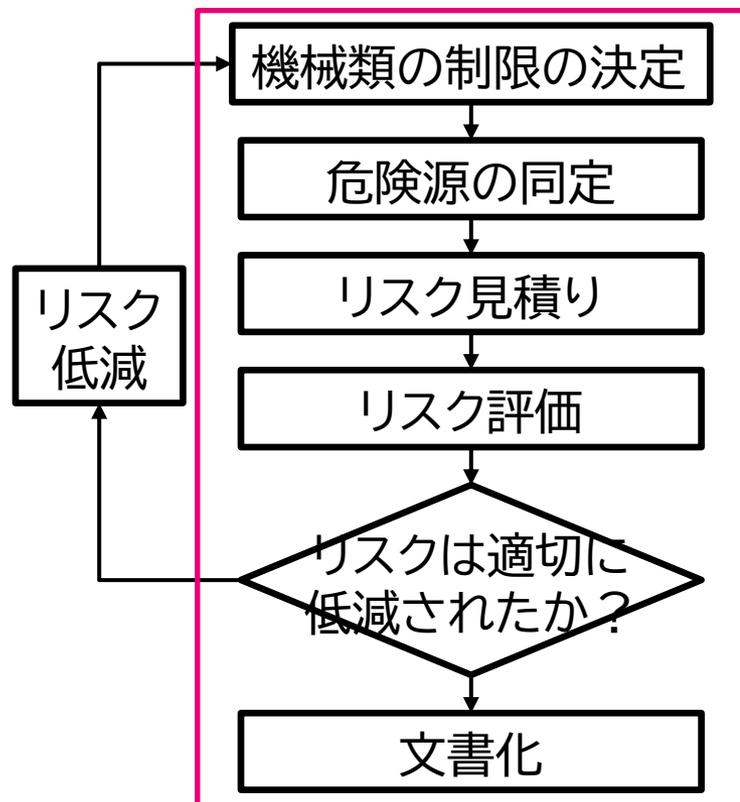
# リスクと安全と役割分担



設計者は機械のリスクを許容可能なレベルにし、残留リスクを示す。  
使用者は残留リスクを理解して事故ゼロにする。

1. 機械安全って何？
2. 機械安全を理解するポイント
- 3. リスクアセスメント**
4. リスク低減
5. 機械安全と国際規格
6. セーフティアセツサ資格制度

# リスクアセスメント



機械類の制限の決定	どんな人がどんな使い方をしますか？ どんなところで使いますか？ どんな間隔で保全、交換をしますか？ その他にどんな条件がありますか？
危険源の同定	「何が」危ないのですか？ 「何で」危ないのですか？ 危ないところは何箇所ありますか？
リスクの見積	その危険源は「どれくらい」危ないですか？
リスクの評価	保護方策は必要ですか？ 十分な保護方策を施しましたか？



「何が」「何で」危ないかを皆で共有するために文書化する。それほど特別なことをするわけではない。

# リスクアセスメントシート

設備名: 製品前詰め機		製作社名	株式会社 〇〇〇	使用社名	●●●株式会社 ▲▲工場										
リスクアセスメント実施日: 平成20年 9月 10日		担当名	設計部 〇〇〇	マシンリスクアセスメント(RAM)		確認担当名: ●●●									
1. 使用者条件 (オペレーター)															
年齢: 18~60歳		性別: 男女問わず		その他身体条件等: ユーザーが使用者認定をした者に限る											
使用の状態	注意事項	危険源 (危険源)	危険域/危険状態	危険にさらされる可能性	被害のひどさ S	危険源にさらされる頻度 F	被害回避の可能性 P	リスクレベル	安全対策	危険にさらされる可能性 S	被害のひどさ S	危険源にさらされる頻度 F	被害回避の可能性 P	リスクレベル	使用上の情報
① 電源投入、操作盤キースイッチON		駆動部		無し	無し	F1	P1	I							
② 搬送リサーボモーター原出	搬送リコンベヤの駆動	巻き込み	異常起動によるコンベヤへの指のはき込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
③ 乗積サーボモーター原出	乗積装置の駆動	巻き込み	異常起動による乗積部への指のはき込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
④ カートンフラップ上げ	空圧シリンダーの駆動	巻き込み	異常起動によるカートンフラップの上半身の巻き込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	身体が入らぬようカバーフレームで囲い、扉には安全スイッチ設置、出入口部に各500mm長のカバー設置	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
⑤ カートン搭載	モーター駆動部の駆動	巻き込み	異常起動によるカートン搭載部への身体の一部、及び衣服の巻き込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
⑥ 上流よりワーク繰り入れ		特になし		無し	無し	F1	P1	I							
⑦ ワーク格納入動作	ロボット駆動部、各駆動部の駆動	巻き込み	異常起動から生じる、ロボットアームによる身体への打撲	殆ど無し	S1	F1	P1	I	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
⑧ 4列挿入完了後排出	モーター駆動部の駆動	巻き込み	異常起動によるモーター駆動部への身体の一部、及び衣服の巻き込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
3. サニタイズ手順															
① キースイッチを抜き自ら停止			アームがブローで、稼働するコンベヤ部への身体の一部の押し	殆ど	キー				キー	殆ど無し				I	「何が」「何で」 「安全」になったか 「どれくらい」 「危ないか」 保護方策を どうするか 残留 リスク は何
② 製品に触れる箇所の清掃			手掛けを扱う、狭いので立ち上げ	可能	安全				安全	殆ど無し				II	
			顔により身体にけがを扱う	可能	手す				手す	殆ど無し				II	
③ 機械上又は下の清掃	中扉又は扉を閉めて行う	擦傷	体勢が悪く腰を痛める	可能性有り	S2	F2	P1	III	専用の清掃用具の指示	殆ど無し	S1	F1	P1	I	
	カバーを外すと同時に落下させる	打撲、切り傷	外したカバーが落下し足の甲又は指を痛める	可能性有り	S2	F1	P2	II	カバーが落下しないようカバー受けを製作、安全靴の着用をマニュアルで記す	殆ど無し	S1	F1	P1	I	カバーの落下を防止する作業方法に関する手順をマニュアルへ記載
	作業後はカバーを完通りにはめこむ	巻き込み	カバーを外したままでの機械動作による身体の一部の巻き込み	可能性有り	S3	F2	P2	IV	はめ直しカバーを閉塞式に変更し、安全スイッチ設置、カバーフレーム面に清掃用具が入る隙間をつくる	殆ど無し	S1	F1	P1	I	清掃用具、清掃方法に関する手順、手順をマニュアルへ記載
4. 型替え手順															
① 搬送リコンベヤ	安全状態状態で機械停止しない	巻き込み	異常起動によるコンベヤへの身体の一部、及び衣服の巻き込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
	専用工具を使用	擦り傷	専用工具以外の使用による手指への擦り傷	殆ど無し	S1	F1	P1	I	作業手順、取扱説明書明記	殆ど無し	S1	F1	P1	I	作業上の注意事項、作業方法に関する手順をマニュアルへ記載
② ワーク受け交換	安全状態状態で機械停止しない	巻き込み	異常起動によるカートン搭載部への身体の一部、及び衣服の巻き込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーインターロックシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載
	場所が狭い	擦り傷	手足を滑らせ身体にけがを扱う	殆ど無し	S2	F2	P1	III	通路、作業スペース確保	殆ど無し	S1	F1	P2	II	作業上の注意事項、作業方法に関する手順をマニュアルへ記載
③ 搬送リコンベヤ型替え	場所が狭い	擦り傷	カバーフレームへのつまづき、転倒	可能性有り	S2	F1	P2	III	カバーフレーム内にステップを追加	殆ど無し	S1	F1	P1	I	作業上の注意事項、作業方法に関する手順をマニュアルへ記載
④ ロボットハンドチャック設置型替え	安全状態状態で機械停止しない	巻き込み	異常起動によるカートン搭載部への身体の一部、及び衣服の巻き込み	殆ど無し	S3	F1	P2	III	出入り口扉1箇所にしキーシステム導入、安全PLC使用	殆ど無し	S1	F1	P1	I	乗物化禁止に関する情報をマニュアルへ記載



書類を作成することが目的ではない。  
機械を変えるために情報共有するのに書類が必要。

1. 機械安全って何？
2. 機械安全を理解するポイント
3. リスクアセスメント
- 4. リスク低減**
5. 機械安全と国際規格
6. セーフティアセツサ資格制度

# 3ステップメソッド

## ①本質的安全設計(機械を作り変える)



危ないモノ/トコロをなくす。  
安全なモノに置き換える。

## ②安全防護方策(安全装置を取り付ける)

ガード(隔離)



危ないモノ/トコロに  
触れないようにする。

保護装置  
(停止)



動いている危ない/モノ/トコロに  
触れないようにする。

## ②付加保護方策(その他の安全装置)



ガード、保護装置以外の安全装置  
(非常停止 等)

## ③使用上の情報(危害を避けてもらう)



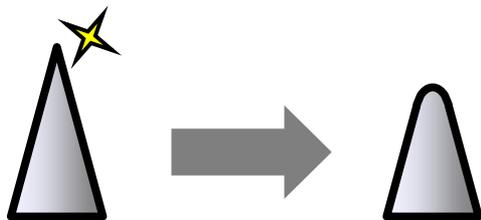
危ないモノ/トコロに触らないよう、  
どうすればいいかわかるようにする。



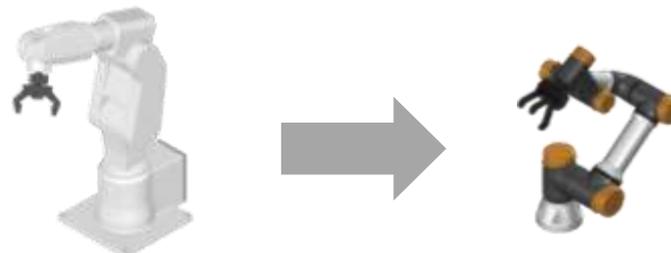
安全装置を取付ける前に、リスクの小さな機械に作り変える。  
設計の最初期に行うべきであり、根本からの見直しをする。

# 本質的安全設計方策

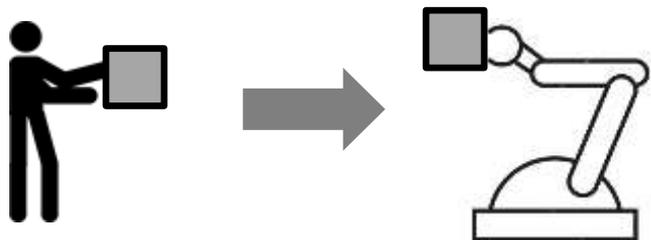
危ないトコロをなくして  
そもそも危くない機械にする



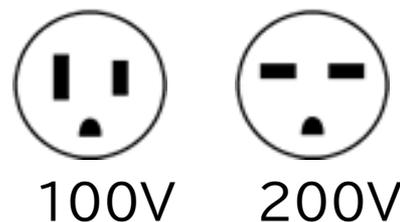
エネルギーを小さくして  
あんまり痛くない機械にする



自動化で危ないトコロに  
行かなくてもいい機械にする



フルプルーフで間違いにくい  
事故を起こしにくい機械にする



現状ありきではなく、仕様や構造から根本的に見直す。  
一部でも少しでもリスクの低い機械を目指す。

# 3ステップメソッド

## ①本質的安全設計(機械を作り変える)



危ないモノ/トコロをなくす。  
安全なモノに置き換える。

## ②安全防護方策(安全装置を取り付ける)

ガード(隔離)

危ないモノ/トコロに  
触れないようにする。

保護装置  
(停止)



動いている危ない/モノ/トコロに  
触れないようにする。

## ②付加保護方策(その他の安全装置)



ガード、保護装置以外の安全装置  
(非常停止 等)

## ③使用上の情報(危害を避けてもらう)

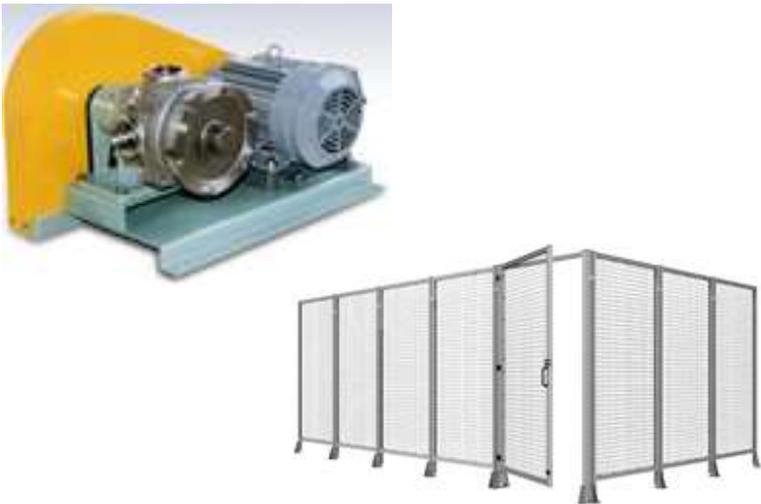


危ないモノ/トコロに触らないよう、  
どうすればいいかわかるようにする。



本質的安全設計では下げきれないリスクに対して、  
安全装置を取付けることでリスクを下げる。

# 安全防護方策

ガード	保護装置
<p>カバーや柵で人と危険源を隔離して危険源に触れないようにする</p>	<p>安全センサやスイッチで危険源を停止させ動いている危険源に触れないようにする</p>
	



ただカバーやセンサをつければよいというものではない。  
何故安全になるのかを考えると、抑えるべきポイントがわかる。

# 3ステップメソッド

①本質的安全設計(機械を作り変える)



危ないモノ/トコロをなくす。  
安全なモノに置き換える。

②安全防護方策(安全装置を取り付ける)

ガード(隔離)



危ないモノ/トコロに  
触れないようにする。

保護装置  
(停止)



動いている危ない/モノ/トコロに  
触れないようにする。

②付加保護方策(その他の安全装置)



ガード、保護装置以外の安全装置  
(非常停止 等)

③使用上の情報(危害を避けてもらう)

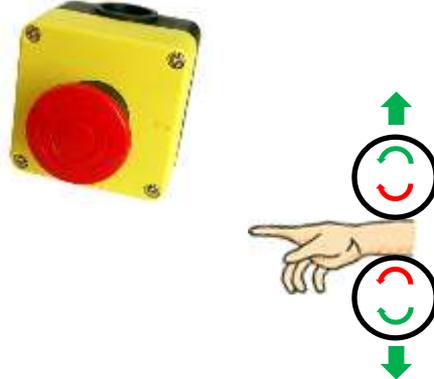


危ないモノ/トコロに触らないよう、  
どうすればいいかわかるようにする。



「付加」=Complementary≡「補完する」というニュアンス。  
ガードと保護装置を取付けた上で、補完するために必要な方策。

# 付加保護方策

重量物の取り扱い手段 機械への接近手段	遮断/消散/施錠	非常停止 捕捉からの脱出手段
ちゃんと無理なく 作業できるようにする	動かないようにしてから 作業できるようにする	最悪事故時が起きても 危害を最小限に抑える
		



安全防護方策を補って完全なものにするのが付加保護方策。  
何のためにこれ等が必要なのかを理解した上で適用する。

# 3ステップメソッド

## ①本質的安全設計(機械を作り変える)



危ないモノ/トコロをなくす。  
安全なモノに置き換える。

## ②安全防護方策(安全装置を取り付ける)

ガード(隔離)



危ないモノ/トコロに  
触れないようにする。

保護装置  
(停止)



動いている危ない/モノ/トコロに  
触れないようにする。

## ②付加保護方策(その他の安全装置)



ガード、保護装置以外の安全装置  
(非常停止 等)

## ③使用上の情報(危害を避けてもらう)



危ないモノ/トコロに触らないよう、  
どうすればいいかわかるようにする。



ゼロにならない残留リスクに対して危害を避けてもらうために、「何が」「何で」危なくて「どうすればいいか」をわかるように伝える。

# 行動につながる情報の提供

「何で？」「じゃあどうしたらいいの？」となると行動につながらない

**使用禁止**



危害を避けてもらう「行動に繋げる」ために「理由」を明記する



単に「こうしろ」では伝わらない、行動につながらない。  
「何で」「どうやって」「何をしてほしいのか」を伝える。

1. 機械安全って何？
2. 機械安全を理解するポイント
3. リスクアセスメント
4. リスク低減
- 5. 機械安全と国際規格**
6. セーフティアセツサ資格制度

# 標準化のメリットと安全

会社によって異なることをしていると相互利用ができない



標準化されていると違う会社でも同じように使える



安全について違う言葉を使っていると話が通じない



安全が標準化されていれば立場が異なっても話が通じる



機械安全にはリスクコミュニケーションをしなければならない。そのためには安全も標準に基づくべき。



# 機械安全に関する国際規格

## ISO/IEC ガイド51:規格への導入指針

	<p><b>ISO12100:</b> リスクアセスメント リスク低減</p>	<p>タイプ A規格</p>	
<p>非電気系</p>	<p>ISO13849:安全関連部 ISO13850:非常停止 ISO13851:両手操作装置 ISO13854:最小すきま ISO13857:安全距離 ISO14118:予期しない起動 ISO14119:インタロック ISO14120:ガード</p>	<p>タイプ B規格</p>	<p>電気系</p>
	<p>IEC60204:電気機器 IEC61310:マーキング IEC61496:検知保護設備 IEC61508:機能安全 IEC62061:機械の機能安全</p>		
	<p>ISO10218:ロボット ISO23125:旋盤</p>	<p>タイプ C規格</p>	



品質保証はISO9001に基づいてやっているのが当たり前。  
なら機械安全はISO12100に基づいてやっているのが当たり前。

1. 機械安全って何？
2. 機械安全を理解するポイント
3. リスクアセスメント
4. リスク低減
5. 機械安全と国際規格
6. **セーフティアセッサ資格制度**

# 誰が安全に責任を持つか

本当に安全になってる？  
漏れはない？  
コスト的にどうなの？  
作業性の邪魔にならない？  
国際規格の要求事項は？  
国内法令は守れてる？



安全に責任を持つためには正しい知識と確かな技能が必要。  
機械安全の力量を持つ人を認めるのがセーフティアセッサ資格制度。

# 設計技術者、生産技術管理者に対する 基安安発0415第1号 機械安全に係る教育に関し留意すべき事項について

資格		生産技術管理者の 15時間分カリキュラム	設計技術者の 40時間分カリキュラム
セーフティリードアセッサ		全部の知識を有する	全部の知識を有する
セーフティアセッサ		全部の知識を有する	全部の知識を有する
セーフティサブアセッサ		全部の知識を有する	—
長岡技術科学大学 システム安全エンジニア		全部の知識を有する	全部の知識を有する
労働安全衛生 コンサルタント	(機械、電気)	全部の知識を有する	技術者倫理関係法令のみ
	(化学、土木、建築)	技術者倫理関係法令のみ	技術者倫理関係法令のみ

生産技術管理者 = 生産設備の運転・保全等の業務を管理する技術者  
設計技術者 = 工作担当者、仮設機材管理者等を含む



セーフティアセッサの各資格があれば、知識を有すると認められる。  
リスクアセスメントする人も受け取る人も同じレベルで話をしよう。

# 機械安全の実現に向けて

皆で仲良くしましょう



これからの時代に合わせた生産現場の見直しが機械安全。  
「共通の言葉」と「正しい知識」でリスクコミュニケーションをしましょう。