

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

機械安全推進特別委員会
機械安全教育プログラムの開発部会

目次

第4章安全設計の基本

4.1 リスクアセスメント

4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.2 機械類の制限の決定

4.1.3 危険源の同定

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

4.1.5 リスクアセスメントの手法

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

4.1.7 リスクアセスメント 演習

目 次

4.2 スリーステップメソッド

4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

4.2.1.1 スリーステップメソッドとは、

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

4.2.1.3 保護方策の分類

4.2.2 本質的安全設計方策

4.2.2.1 本質的安全設計方策とは、

4.2.2.2 危険源を回避する方法

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

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

目次

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

学習のねらい・・・第4章 安全設計の基本

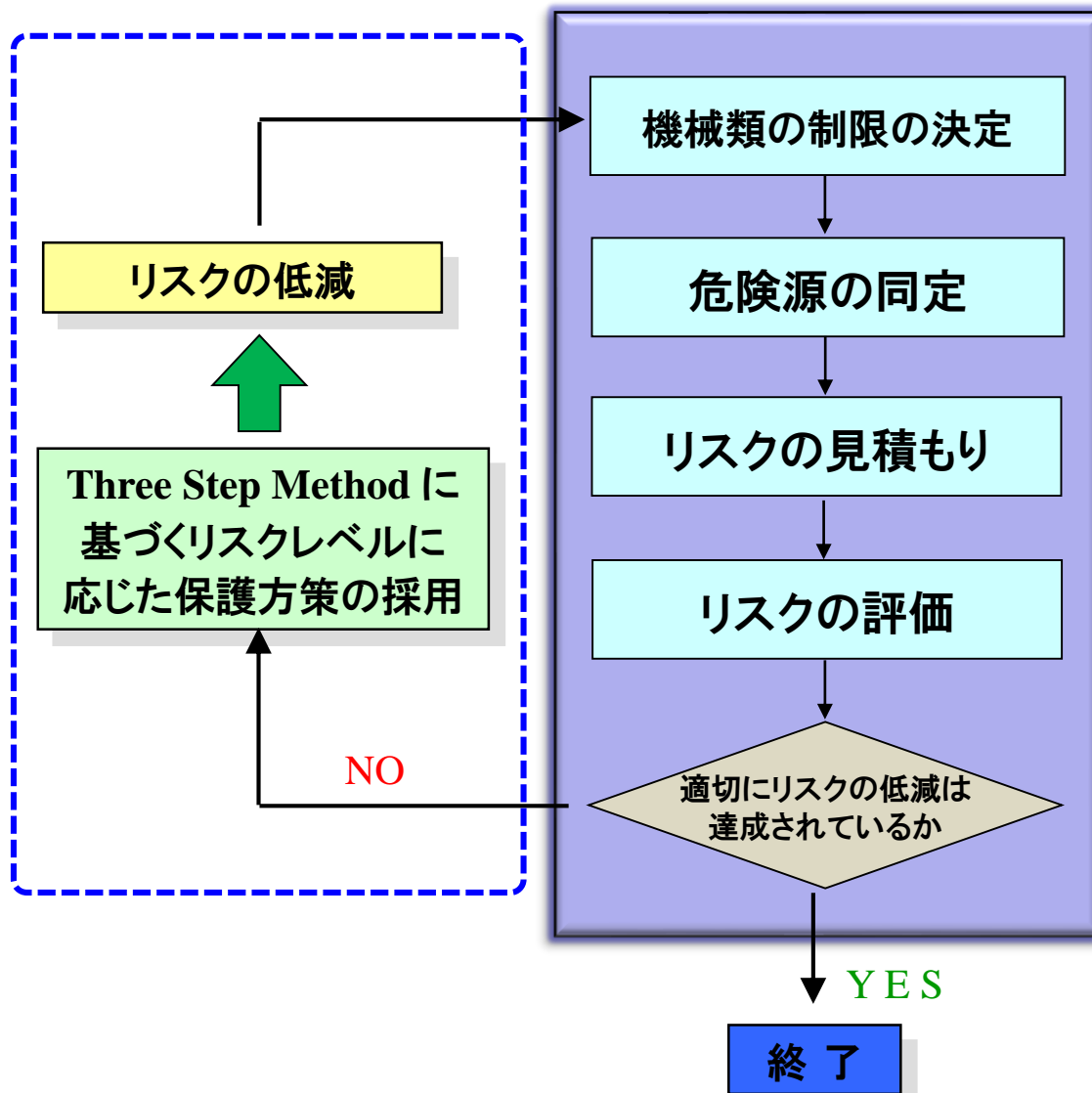
この章では、リスクアセスメントの概要とリスク低減の方法について学習する。

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

4.1 リスクアセスメント

4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.1.1 リスクアセスメントの目的、定義



リスクアセスメントの目的

反復的なThree Step Methodに基づくリスク低減プロセスにより、最大限実行可能なリスク低減を達成する

リスクアセスメントの定義

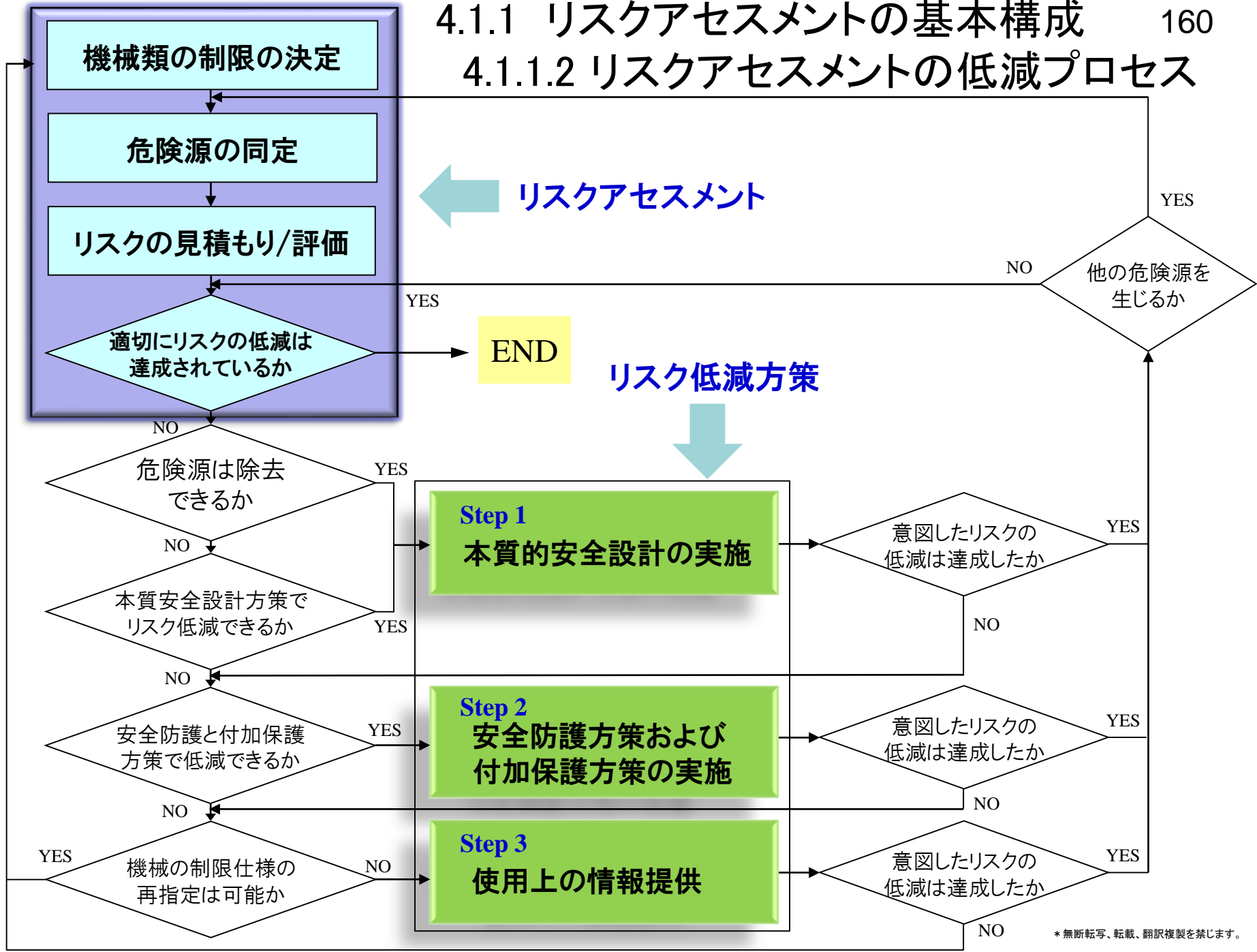
利用可能な情報を用いて危険源および危険状態を特定し、当該危険源および危険状態のリスクを見積もり、かつその評価をすることによって、当該リスクが許容可能か否かを判断する

(機械包括安全指針)

※ リスク低減及び適切な保護方策の選定は、リスクアセスメントの一部ではない

(ISO12100 / JIS B 9700)

4.1.1.2 リスクアセスメントの低減プロセス



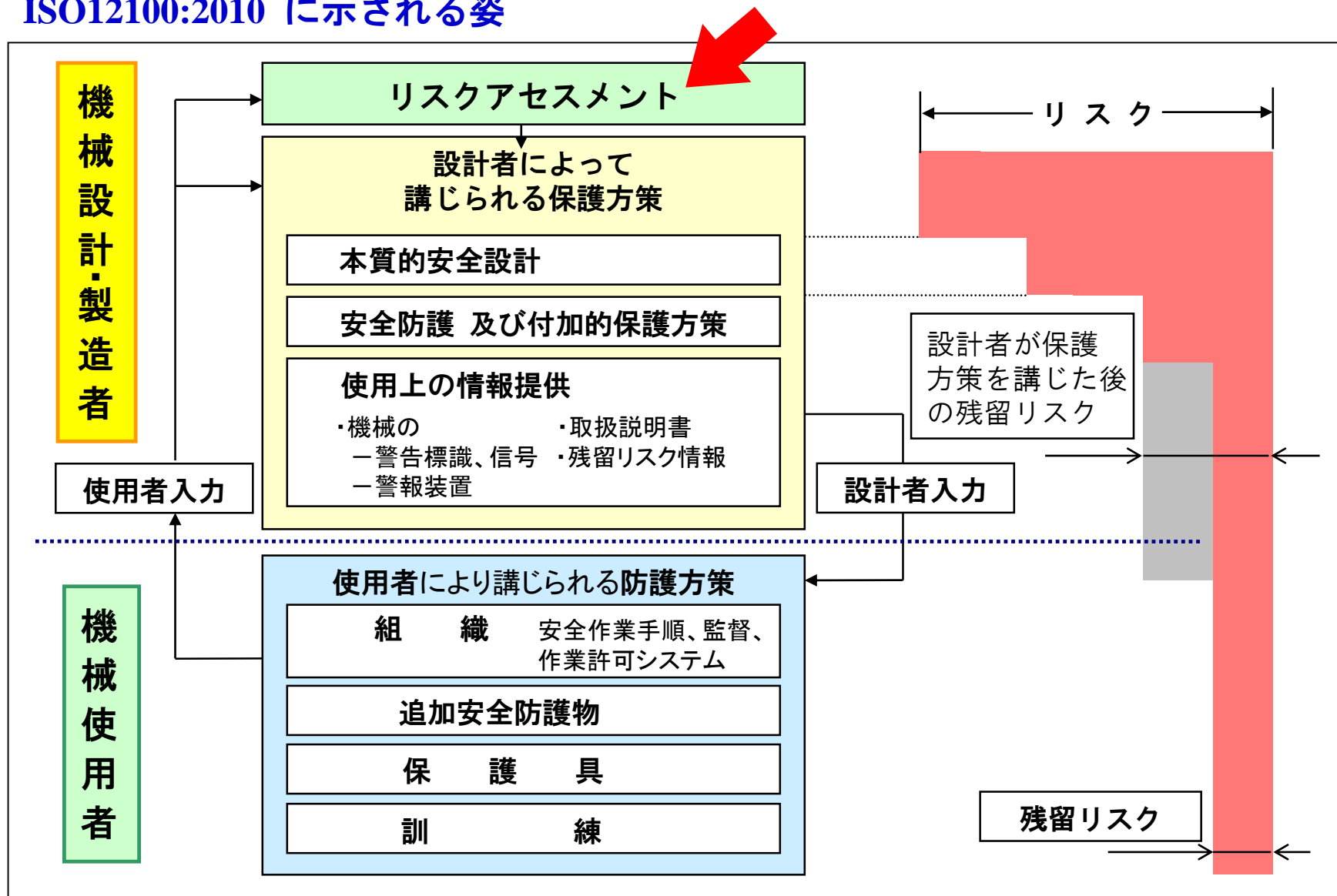
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.1.3 機械設計者のもとで行うリスクアセスメント

..... 機械の設計/製造者と機械使用者の関係

ISO12100:2010 に示される姿

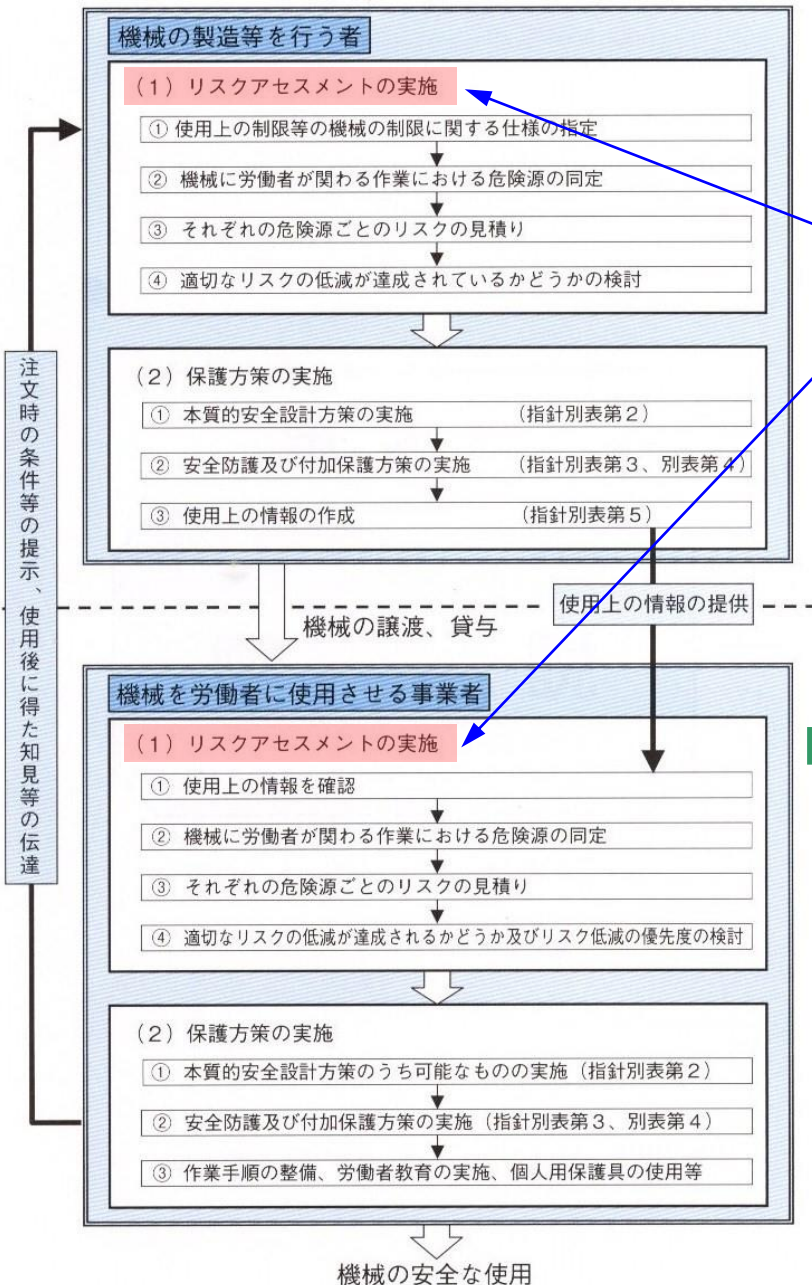


4.1.1 リスクアセスメントの基本構成

4.1.1.4 「機械包括安全指針」(2007)に示される役割分担

機械設計
製造者

機械使用者
(事業者)



「機械設計/製造者」と
「使用者」のそれぞれ
独自の立場からの
リスクアセスメント

機械使用者が行うべき
リスクアセスメント

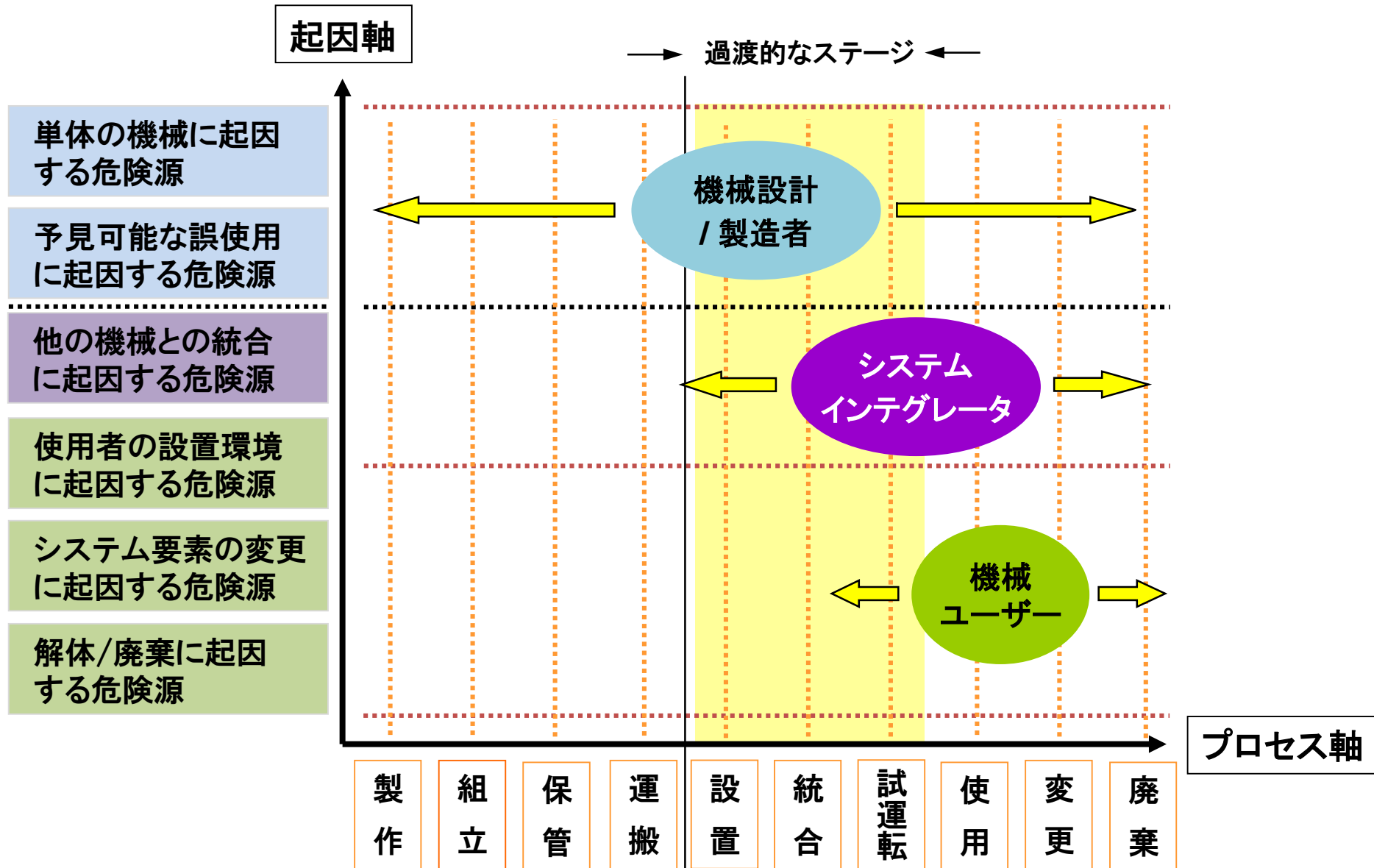
- 👉 設置後の前後設備との取り合いに関する RA (System integration)
- 👉 機械の改造その他変更時のRA
- 👉 分解/廃棄時のRA
- 👉 既存設備のRA

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

対象設備	機械メーカー	機械ユーザー	
<p>新たに設計/導入される機械設備</p> <p>機械メーカーのもとで、RAや安全防護が講じられた上でインテグレートされ、ユーザーのもとに設置された新設/導入設備</p>	<p>基本/概念設計の段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本質的安全設計のためのRA <p>詳細設計の段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 安全防護方策を検討するRA <p>製作/納入時に</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 残留リスクに関する使用上の情報提供(機械危険情報) 	<p>設置時の段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 追加の安全防護のためのRA <ul style="list-style-type: none"> ・設置環境条件 ・前/後設備の取合い ◆ 管理的な保護方策 <p>初期運転管理の段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 設計段階では想定できなかった不具合/異常処置等のRA 	<p>(設置後改造を伴う)</p> <p>システム要素の変更段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本質的安全設計 ● 安全防護方策 ◆ 残留リスク制御方法の明確化 <p>を検討するRA</p>
<p>既存の機械設備</p> <p>機械メーカーで、RAや十分な安全防護がなされないまま設置されユーザーのもとで、そのまま使用されてきた経年設備</p>	<p>(不十分なリスク低減)</p>	<p>後追いで保護方策を追加する</p> <p>主に</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 本質的安全設計(適用余地は小) ● 安全防護方策 ◆ 残留リスク制御方法の明確化 <p>を検討するRA</p>	<p>(ライフサイクル終了時)</p> <p>解体・廃棄の段階</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 安全防護方策 ◆ 残留リスク制御方法の明確化 <p>を検討するRA</p>

種類	内容	備考
<p>設計段階で機械の全ライフサイクルを想定したリスクアセスメント</p> <p>《 ISO12100 》</p>	<p>▼ 機械の設計段階において、機械のライフサイクルの全てのステージを対象として行うリスクアセスメント</p> <p>(例えば、一般消費者用機械製品)</p>	<p>機械メーカー</p> <p>ライフサイクルの全ての局面を設計段階で正確に見通すことが可能なリスクアセスメント</p>
<p>機械のライフサイクルの各局面を分担して行うリスクアセスメント</p> <p>《 機械包括安全指針 》 (2007年)</p>	<p>▼ 機械のライフステージの主要な節目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 構想設計 段階 ・ 詳細設計 段階 ・ システム統合段階 <hr style="border-top: 1px dotted black;"/> <ul style="list-style-type: none"> ・ 設置時の段階 ・ 改造/変更 段階 ・ 解体/廃棄 段階 <p>の各段階で実施するリスクアセスメント</p> <p>(主に産業機械製品の場合)</p>	<p>機械メーカー</p> <p>システム・インテグレータ</p> <p>機械使用者</p>

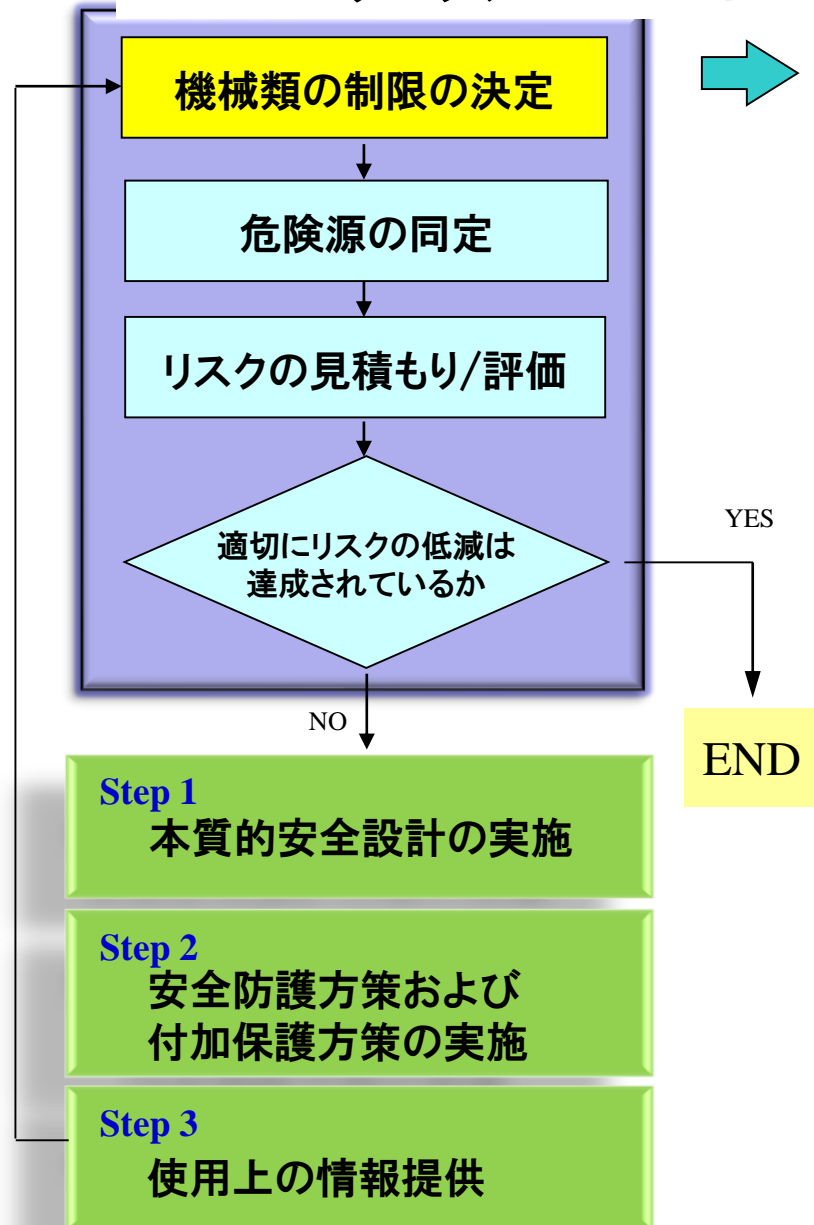
4.1.1.4 「機械包括安全指針」(2007)に示される役割分担 機械のライフサイクル上の危険源の想定分担



4.1.1.5 機械のライフサイクル上での危険事象と設計上の原因例

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

4.1.2.1 リスクアセスメントにおける「機械類の制限の決定」



各種の制限条件の明確化

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

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

「機械類の制限の決定」に際して事前に収集すべき情報

関連情報の収集、整理

— アセスメントの対象設備に関わる情報の収集

A. 機械に関連した情報

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

B. 法規制、規格その他の適用文書

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

C. 過去の運用履歴情報

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

D. 関連する人間工学原則

機械類の制限の決定

— 上記の情報を参考に機械の制限条件を検討

使用上の制限

空間的な制限

時間的な制限

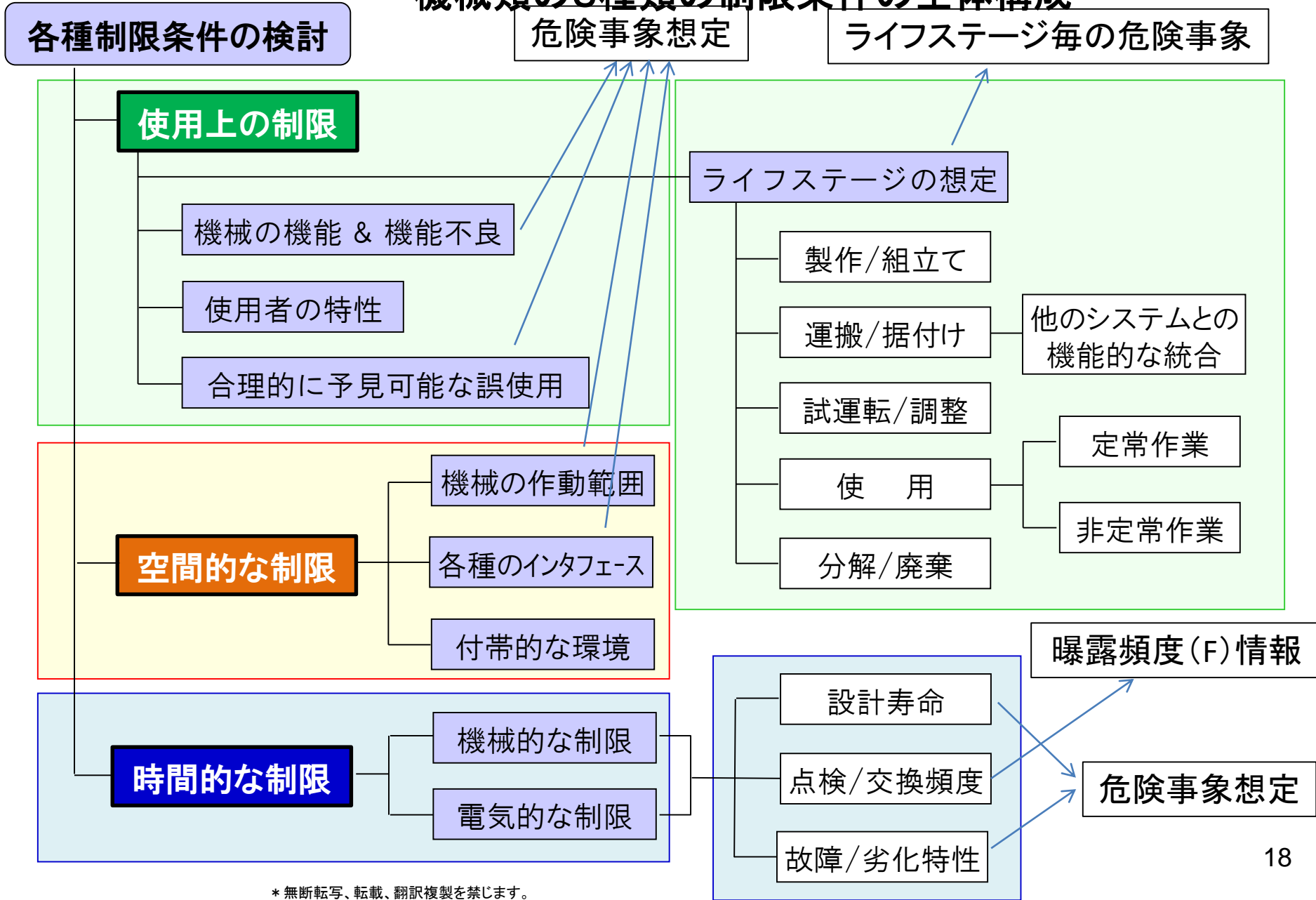
機械の特性と使用目的を3つの制限条件で規定する

設計目標の 明確化	使用上の制限	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設計者の意図する使用方法での制限事項 (温度範囲、制限速度、最大負荷、常用圧力など) ■ 種々の運転モード、使用局面、機能不良 ■ オペレータの種々の介入方法、予見可能な誤使用
	空間上の制限	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機械の据付に必要なレイアウト、保全に必要な空間の大きさ ■ 機械要素の物理的な作動範囲 ■ オペレーターと機械のインタフェース、 機械と動力源とのインタフェースに関わる制限事項
	時間的な制限	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設計者が意図する使用条件のもとでの機械、構成部品の予定寿命による制限事項 (予想できる部品減耗限度、交換間隔、延べ運転時間など)



機械のあるべき姿, 性能や限界を定義して、
機械と人の関わり方を明らかにする

機械類の3種類の制限条件の全体構成



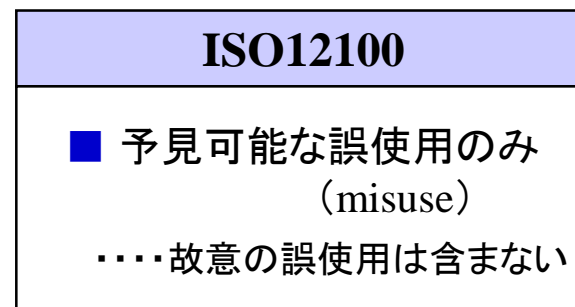
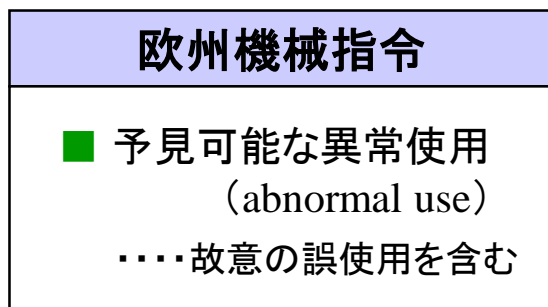
* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

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

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

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

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



4.1.2 機械類の制限の決定

4.1.2.3 「空間上の制限条件」を構成する要素

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

4.1.2 機械類の制限の決定

4.1.2.4 「時間上の制限条件」を構成する要素

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

「その他の制限条件」を構成する要素

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

4.1.2 機械類の制限の決定

4.1.2.5 「機械の制限事項一覧表」の書式例

機械名称：		部署名称	部長	課長	作成者

項目		機械の制限仕様等
機械の用途、目的		
検討した機械のライフサイクルの範囲		
関連する機械に関する情報	機械に関連する情報 ・ 使用者の種類、特性 ・ 同種の機械の関連文書	
	適用される法規制 関連主要規格、技術文書 安全データシート	
	過去の運用履歴情報	
	その他情報	

項目		機械の制限仕様等	176
機械の主な仕様	型式番号		
	想定設計寿命		
	原動機の種類、出力		
	運転モード		
	加工能力		
	諸元（寸法、重量）		
使用上の制限事項	意図する使用	<ul style="list-style-type: none"> (1) ライフサイクル上での相互作用 <ul style="list-style-type: none"> ・システム/構成 ・運搬 ・組立&据付 ・設備検収 ・使用 ・分解/廃棄 (2) 機能不良に伴う相互作用 <ul style="list-style-type: none"> ・加工品の特性 ・寸法/形状変化 ・構成部品/機能故障 ・衝撃、振動、電磁妨害、 ・温湿度などの環境変化 ・ソフトのバグを含む設計誤り ・動力供給源の異常 ・機械の据付やジャミングなどの機械近傍の状況変化 (3) 対象とする人 <ul style="list-style-type: none"> ・オペレータ、技術者、見習い/初心者 ・性別、年齢、利き手、障害者 ・機械の周辺作業員、監督者、監視役 ・第三者 	
	合理的に予見可能な誤使用	<ul style="list-style-type: none"> (1) オペレータによる操作不能の発生 (2) 機能不良、事故発生時の人の反射的な挙動 (3) 集中力の欠如または不注意による機械の操作誤り (4) 作業中での近道反応による被災 (5) 第三者の行動 	
	予期しない起動	<ul style="list-style-type: none"> (1) 制御システムの故障やノイズなど外部からの影響で生じる起動指令で生じる起動 (2) センサや動力制御要素など、機械の他の部分での不適切な扱いにより生じる起動 (3) 動力中断後の再復帰に伴う起動 (4) 重力や風力、内燃機関での自己点火など、機械への内・外部からの影響による起動 (5) 機械の停止カテゴリー（IEC 60204-1参照） 	

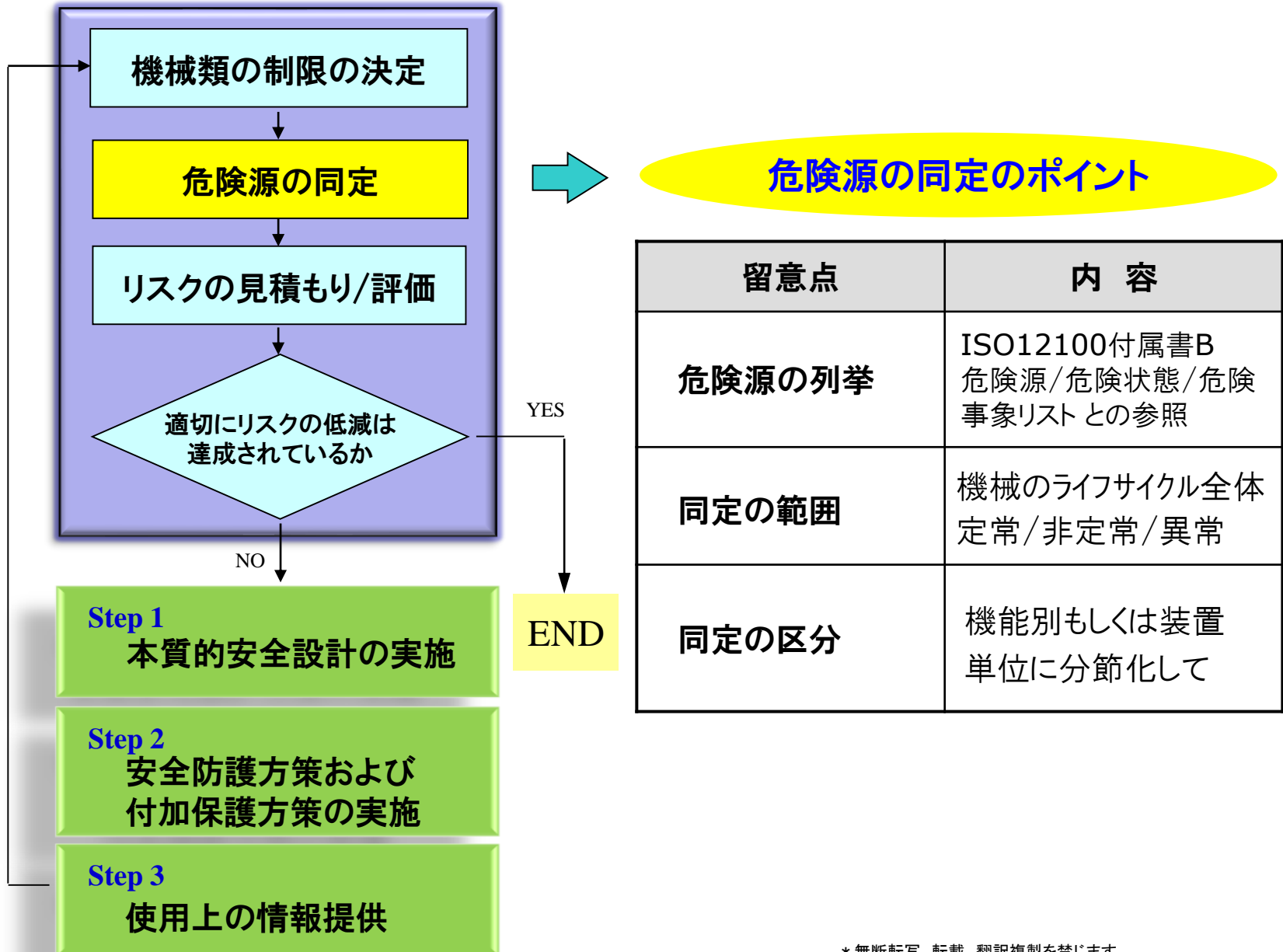
項目		機械の制限仕様等	177
空間上の制限事項	機械の動作範囲 <ul style="list-style-type: none"> ・ 機械の作動範囲 ・ 作動速度 ・ 作動エネルギー 	<ul style="list-style-type: none"> ・ アクチュエータの可動範囲、およびその可動速度または運動エネルギー 	
	オペレータと機械との間のインターフェース <ul style="list-style-type: none"> ・ 使用環境の空間 ・ 操作パネルの位置 ・ オペレータの作業範囲 ・ 点検/修理の保全空間 ・ 点検箇所へのアクセス ・ 工具や加工物の放出 ・ 機械の停止応答時間 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機械の大きさに適した使用場所、操作パネルの位置、オペレータの作業範囲、保守時の点検/修理スペース、点検部位へのアクセス、工具や加工物の放出、機械のレスポンスタイム 	
	機械と動力源との間のインタフェース <ul style="list-style-type: none"> ・ 機械可動部への過負荷対応 ・ 異常発生時の動力遮断 ・ 危険領域の蓄積エネルギーの消散手段 ・ 捕捉時の脱出、救出 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 動力源の異常、変動、故障による危険状態 ・ 機械可動部の過負荷対応、異常時のエネルギー遮断、蓄積エネルギーの消散捕捉時の救出手段 	

項目	機械の制限仕様等	178
<p data-bbox="73 275 121 743">時間上の制限事項</p> <p data-bbox="166 151 465 191">機械的な制限事項</p> <ul data-bbox="185 215 600 496" style="list-style-type: none"> ・ 工具の交換インターバル ・ 部品の交換インターバル ・ ベアリングやシールなどの寿命想定と交換時期 ・ オーバーホール/全般検査の間隔 <p data-bbox="166 572 465 612">電氣的な制限事項</p> <ul data-bbox="185 636 600 876" style="list-style-type: none"> ・ 絶縁の劣化、寿命 ・ 接点容量を考慮した寿命 ・ 配線被覆の摩耗寿命 ・ 接地線の劣化 ・ …を踏まえた交換時期 	<ul data-bbox="672 254 1754 779" style="list-style-type: none"> ・ 経年劣化、故障によって生ずる可能性のある危険状態 ・ 加工用の砥石やドリルなど工具の交換時期、可動部のベアリングや油空圧部品のシール寿命 ・ 経年劣化、故障によって生ずる可能性のある危険状態 ・ 絶縁劣化、接点寿命、配線被覆の磨耗、接地線の外れ、有資格者の任命 	
<p data-bbox="73 1039 121 1168">その他</p> <p data-bbox="166 951 571 1029">使用される屋内/外での環境的な想定負荷レベル</p> <ul data-bbox="185 1053 359 1248" style="list-style-type: none"> ・ 温/湿度 ・ 風雨 ・ 紫外線 ・ 塵埃 <p data-bbox="166 1272 562 1350">取り扱う原材料の化学的な性質ほか</p>	<ul data-bbox="672 1100 1692 1208" style="list-style-type: none"> ・ 環境の異常な負荷により生ずる可能性のある危険状態 ・ 使用の屋内/屋外、直射日光、埃、運転の環境面、清掃レベル、処理材料 	

4.1.2.5 「機械類の制限の決定」の役割と意義（まとめ）

1. 「機械」の機能の定義と「人（作業従事者）」の果たす役割を規定することにより、危険源の同定の基本的な枠組みを固める（人と機械の関わりの明確化）
 2. 「危険源の同定」に際して、想定範囲に入れるべき危険源の種類や内容、対象とするシステム要素の範囲を規定する
 3. 「危険事象シナリオの想定」に際して、危険事象の契機となる機械の不具合や故障モードの想定やその内容を明らかにする
 4. 各作業モードでの「予見可能な誤使用」や誤使用の形態を想定する
- ◎ これらのステップの品質が次のステップの「危険源の同定」の精度を大きく左右する
- …… 危険源の見落としや危険事象の想定漏れにつながれば
リスクアセスメントの品質や価値を結果的に損う

4.1.3.1 リスクアセスメントにおける「危険源の同定」



4.1.3.2 危険源に関連する基本的な概念

危険源の同定のプロセスには、厳密には

(1)危険源 (2)危険状態 (3)危険事象の三種の要素を含む。

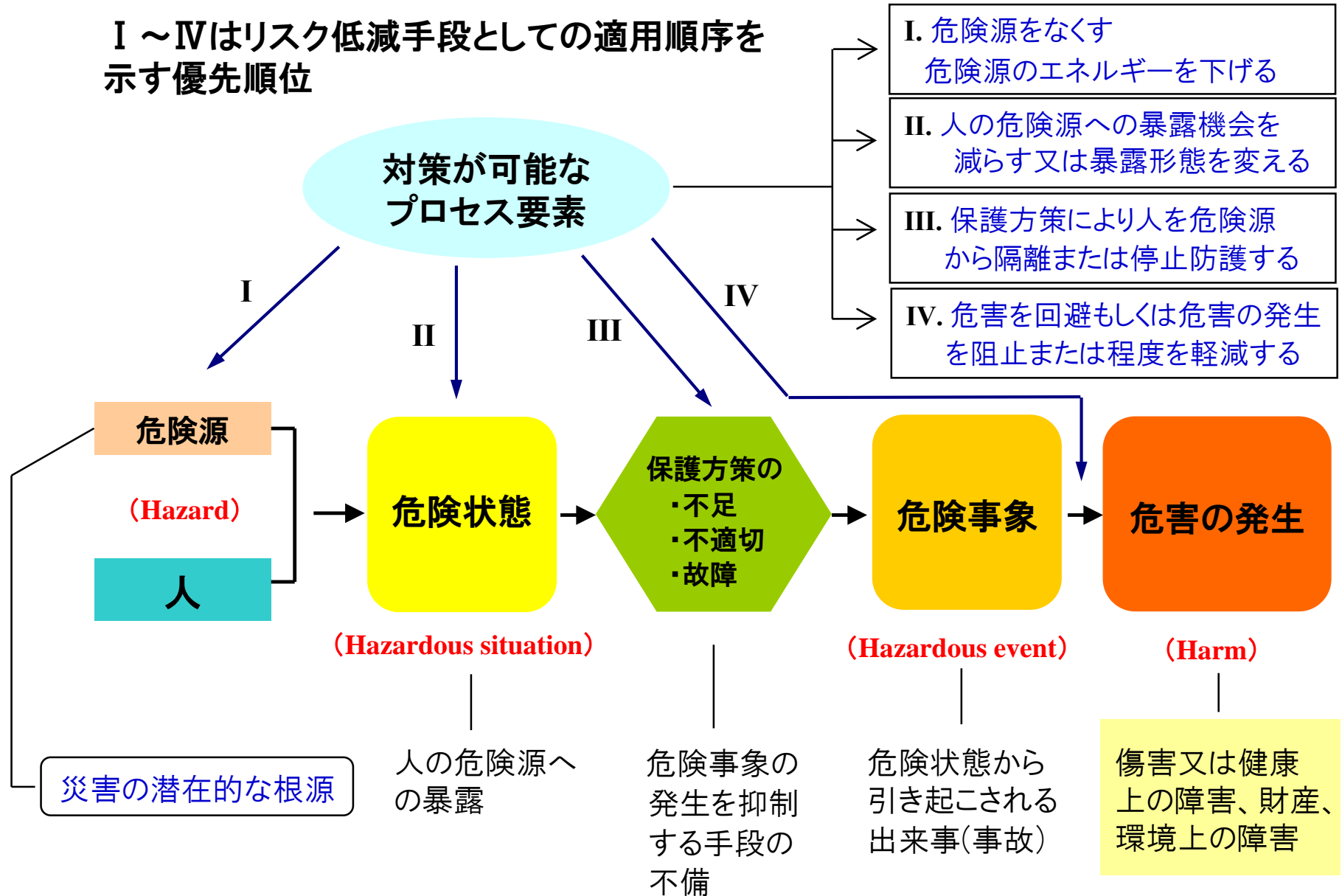
概 念	定 義
危 害 (harm)	人体の受ける身体的傷害もしくは健康障害 または財産もしくは環境上の障害
危 険 源 (hazard)	危害の潜在的根源
危険状態 (hazardous situation)	人、財産または環境が一つまたは複数の 危険源にさらされる状況
危険事象 (harmful event)	危険状態から結果として危害にいたる出来事

【 ISO / IEC guide 51 】

4.1.3.2 危険源に関連する基本的な概念

危険源に関連する概念と相互の関係

I ~ IVはリスク低減手段としての適用順序を示す優先順位



4.1.3.3 危険源/危険状態/危険事象の例

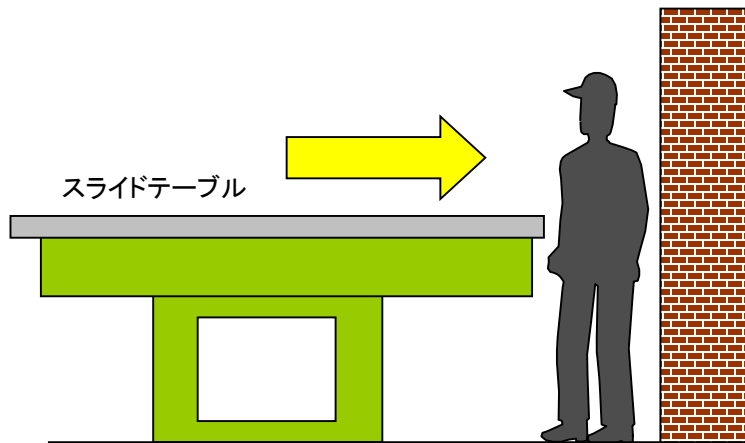
ISO 12100:2010 附属書 B (要約)

NO.	危険源の種類	内 容
1	機械的な危険源	<ul style="list-style-type: none"> ・ 形状、位置、重力、質量/速度の運動エネルギー、機械強度不足 ・ 弾性要素、加圧下の液体/気体、真空効果の蓄積エネルギー による押しつぶし、せん断、切傷/切断、巻き込み、引込み/捕捉、衝撃突刺し、擦過/こすれ、転落、転倒、高圧流体の注入/噴出、窒息
2	電氣的な危険源	充電部への直接/間接接触、高圧充電部への接近、静電気、短絡/過負荷による熱放射、溶融物の放出による火傷
3	熱的な危険源	高温/極低温物体・材料への接触による火傷/熱傷/凍傷 高/低温環境による健康障害
4	騒音による危険源	過大な音源による聴力損失、平衡感覚喪失、精神的ストレス 口答伝達/音響信号の障害
5	振動による危険源	振動工具などによる血管障害、劣悪な姿勢での全身振動 骨関節障害 神経系疾患
6	放射による危険源	低周波、マイクロ波、電磁波、紫外線、 γ 線、X線、レーザー光 α 波/ β 波/電子ビーム、中性子線 による火傷、生殖障害、変異原性
7	材料/物質の危険源	機械で処理・加工・排出される有害性液体/気体への接触による傷害、変異原性、危険物の火災/爆発、ウィルス、微生物などの病原体による疾病
8	人間工学無視の危険源	無理な姿勢、照度の過不足、精神的なストレスなど人にエラーを誘発させる機器/環境的な要素、手動制御器、表示器の不適切な設計・配置
9	機械の使用環境の危険源	粉塵/ミスト、電磁妨害、雷、湿度、汚染、雪、温度、水、風による
10	組合せの危険源	上記の危険源の組合せ

4.1.3 危険源の同定

4.1.3.4 危険源の構成概念

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



①「発生源」(Origin)

不意の起動による 運動要素の固定部への接近
(スライドテーブル) (壁)

②「可能性のある結果」(Potential consequences)

- 人体の押し潰し
- 人体への衝撃

「危害」(Harm)

- 内臓損傷 打撲傷

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

《ISO14121:1999では》

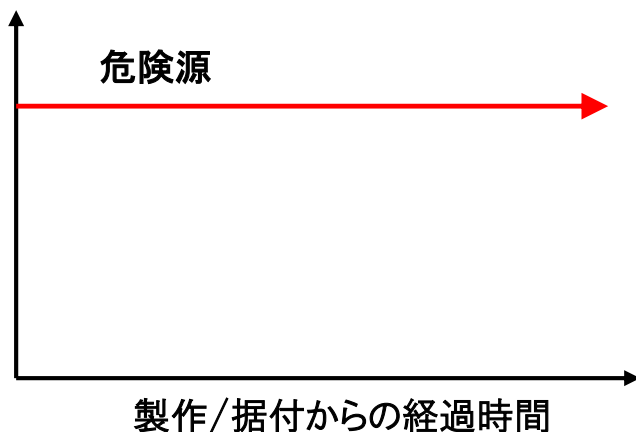
ex.制御回路の不備による「不意の起動の危険源」と「押しつぶしの危険源」というように、「原因系の危険源」と「結果系の危険源」が並列で相互に独立して取り扱われていた

4.1.3.4 危険源の構成概念

危険源の形態

「安全な機械の設計」 A.Neudörfer より

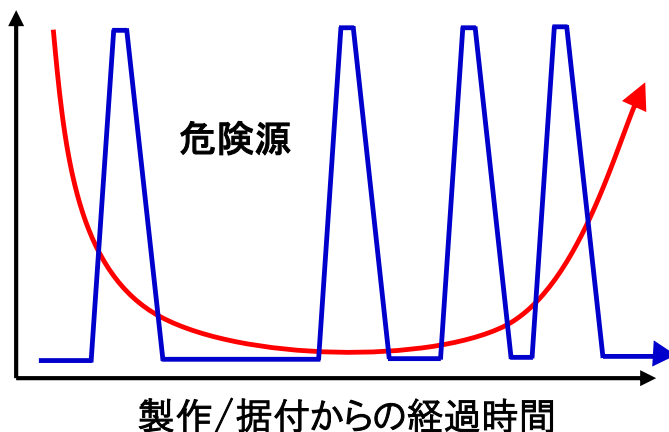
◇ 確定的危険源



機械の全寿命において恒久的に存在する危険源 (特定し易い)

↓
人的損害

◆ 偶発的危険源



機械の寿命の過程で、故障/不具合などで偶発的に発生する危険源

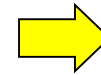
↓
物的障害 人的損害

- ▶ ライフサイクルの初期および終末期故障
- ▶ 偶発的故障

偶発的危険源の形成のメカニズム

偶発的な危険源の例

- ・ **油圧低下**による昇降装置の制御の喪失
- ・ **漏洩した引火性ガス**の静電気による着火
- ・ **ウェスに染み込んだ油**の自然発火
- ・ **車軸の折損**による車両の転覆
- ・ **容器腐食**による有害物の流出
- ・ **点火バーナーの失火**による供給未燃ガスの余熱爆発

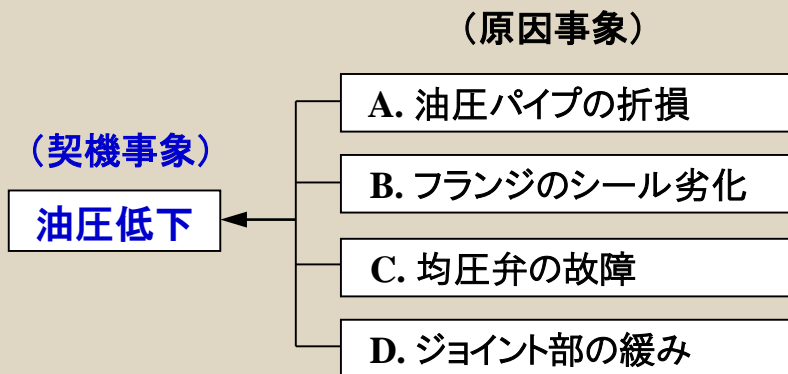


《共通する特色》

- ・ 必ず**契機事象**が先行して、危険源/危険事象が生ずる
- ・ 主に部品不適合や構造的な不具合によって発生

対処にあたっての留意点

■ 偶発的な危険源につながる「契機事象」の原因を列挙し、個別に対処する



FMEA/FTA

(IEC61025 EC60812)

原因となるA.B.C.Dそれぞれの故障の形態は異なるので、別個に取り扱う必要がある

- ⇒ 対策はそれぞれ異なる
- ⇒ 発生確率の高いものから優先的に対処

4.1.3.4 危険源の構成概念

偶発的危険源を形成する故障/不具合の原因例

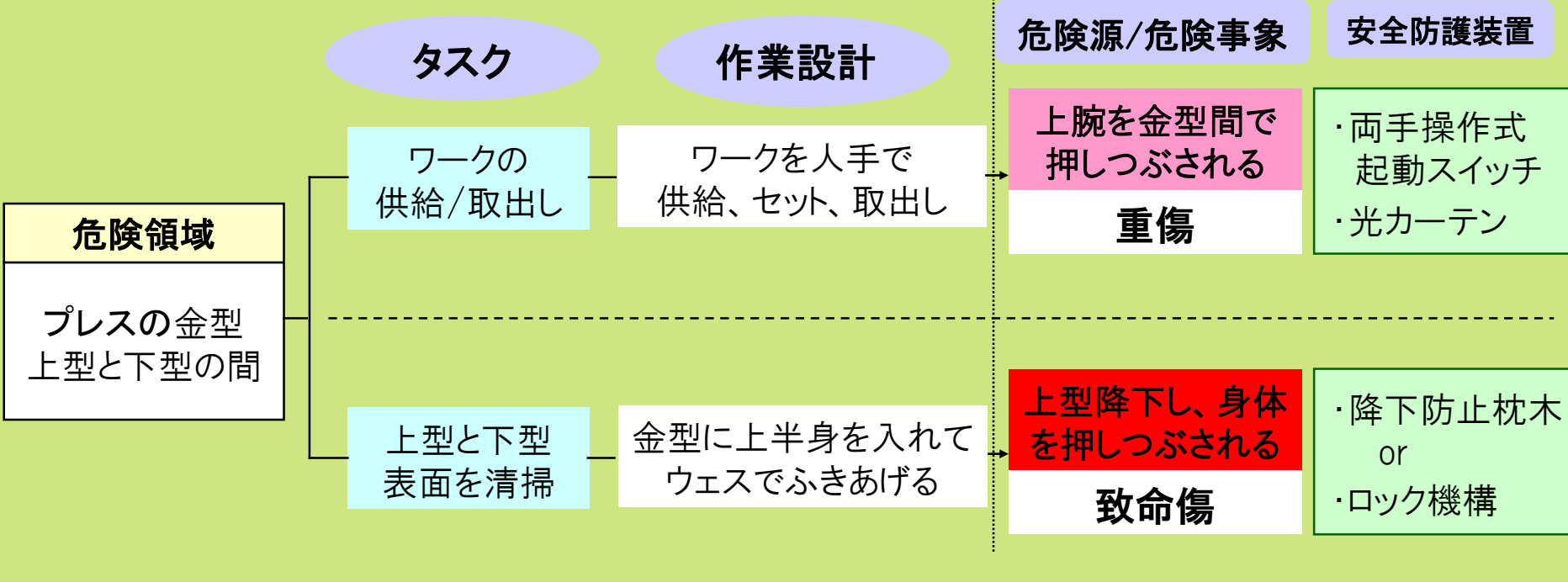
187

	偶発的危険源を形成する故障 「安全な機械の設計」 A.Neudörfer より		
不具合の原因	初期故障	偶発故障	終末期故障
部品/材料の不具合	<ul style="list-style-type: none"> ・ アセンブリや構造が複雑なことによる設計の誤り 寸法、荷重範囲の誤り ・ 材料の不具合 ・ 製造上の品質不良 ・ 不正確な取り付け、組み立て不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 故障につながる高負荷エネルギーの曝露 ・ 衝撃、振動などの想定外の負荷 ・ 環境条件の変動 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 材料の疲労 ・ 腐食 ・ 摩耗 ・ 経年劣化、脆弱化 ・ クリープ破壊
使用段階での操作の誤り (誤使用)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不適切な初動運転 ・ 過荷重などの不適切な運転 ・ 訓練、指導不足の作業者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 規定に違反した取扱い ・ プログラミングの誤り ・ 故障につながるノイズなどの見落とし ・ 表示の読み違い ・ 警告信号の無視 ・ アクチュエータの誤操作 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 潤滑油の汚染 ・ 保守の遅れ ・ 油の劣化による弁の故障
保守不良	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不必要な定期保守作業 ・ 過剰な保守 ・ 未熟練者による保守の不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 故障リスクと整合しない保守間隔 ・ 保守の失敗 ・ 機械に工具を置き忘れ ・ 機械的、電氣的結合の失念 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 点検と整備対策の不整合

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと

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

…プレス機械を例として



同一の危険領域においても、そこで想定される作業の種類/態様が異なればハザード/危険事象が異なり、異なったリスクが生じるため、そこで必要とされる安全防護手段の種類も異なってくる

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

セイフティ・ライトカーテン
多光軸の投/受光式の
光電センサー

安全ブロック

上下金型間に挿入し、不意の
下降、落下を防止する



両手操作式押しボタン

**側方、前方下、背面
開口部のガード**



写真出典:コマツ産機(株) 提供
サーボプレス H1Fシリーズ

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと

危険源と作業のマトリクス表での整理（使用場面）

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

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.1.3.5 危険源の同定に際して考慮すべきこと

危険源の同定で明らかにすべき危険事象に至るプロセス要素

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

装置のどの部位が
どのような危険源に

どのような作業形態
のもとで

どの様な危険事象(事故)で
どのような危害程度を想定

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.1.3.6 危険源/危険状態/危険事象の同定能力とは

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

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

心掛けるべきこと

1. 列挙した危険源の数は「多きがゆえに尊からず」

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

2. 危険源の同定能力は経験量(知)に比例する

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

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

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

4.1.3.7 「危険源の同定」の役割と意義（まとめ）

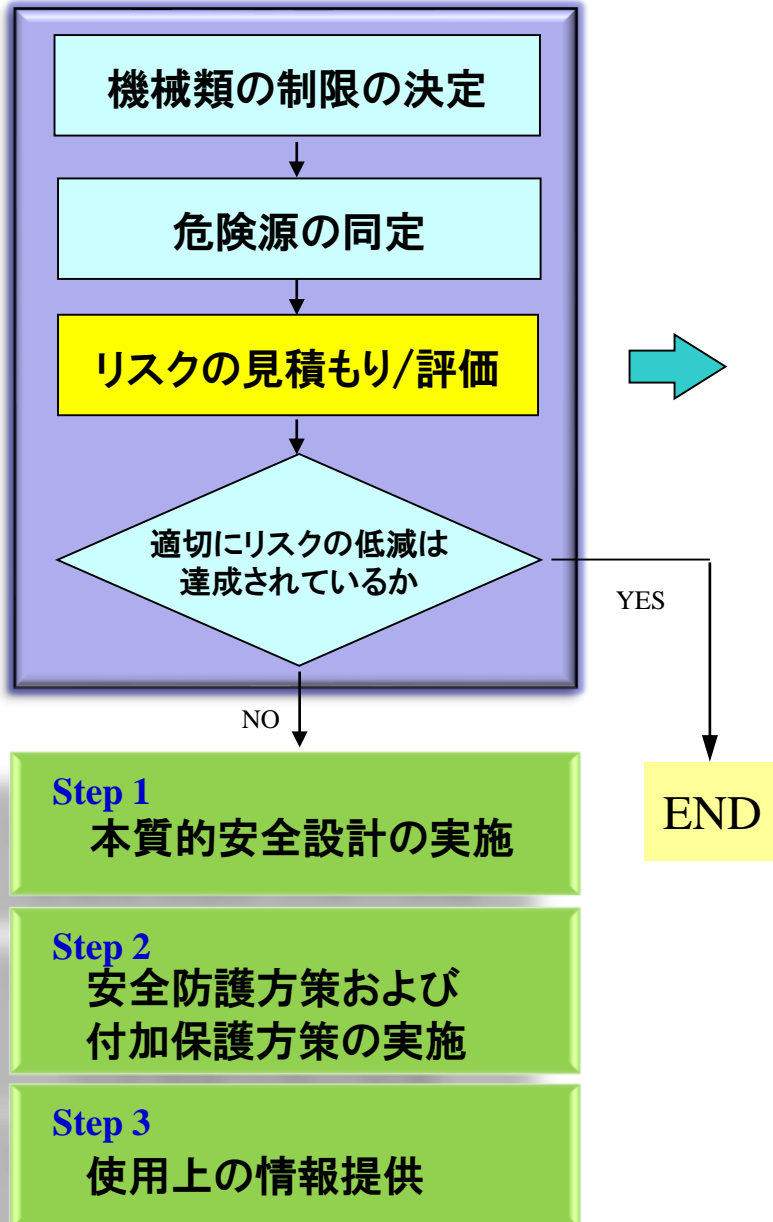
1. 機械ユーザーの「使用」場面だけでなく、運搬、搬出/入、現地組み立て試運転/調整や解体/廃棄など、機械ユーザー以外の関係者が関与する全てのライフサイクルのステージも併せて検討する
 2. 機械ユーザー及びその他の関係者のもとでの機械の取扱いや「作業形態」を想定することなしに、適切な危険源同定を行うことは不可能
 3. 「偶発的危険源」の漏れのない列挙をどの程度行うことができるかでリスクアセスメントの精度が決まる
 4. 「偶発的危険源」の想定においては、予見される「故障/不具合」と「予見可能な誤使用」を必ず念頭に置く
- ◎ 「危険源同定」の精度が、リスクアセスメントとそれから導かれるリス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

4.1.4.1 リスクアセスメントにおける「リスクの見積もり/評価」

リスク見積もり …… risk estimation

リスク評価 …… risk evaluation

リスク見積もりのポイント

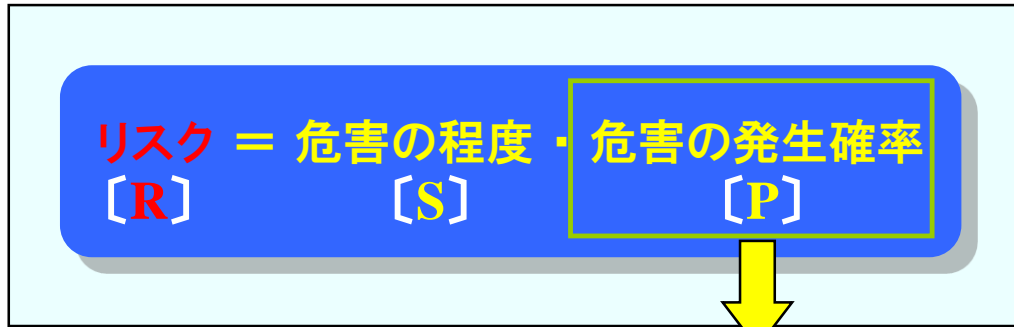


留意点	内容
最適手法の適用	採用すべき評価ファクターの見極め
	危険源の特性に合った手法の選択
評価基準の明確化	各ファクター毎の判定基準を設定しておく

- 《 評価手法 》
- ・ 加算法/積算法
 - ・ マトリクス法
 - ・ リスクグラフ法
 - ・ その他

4.1.4.2 リスクの定義とリスクのパラメータの対応

【定義】



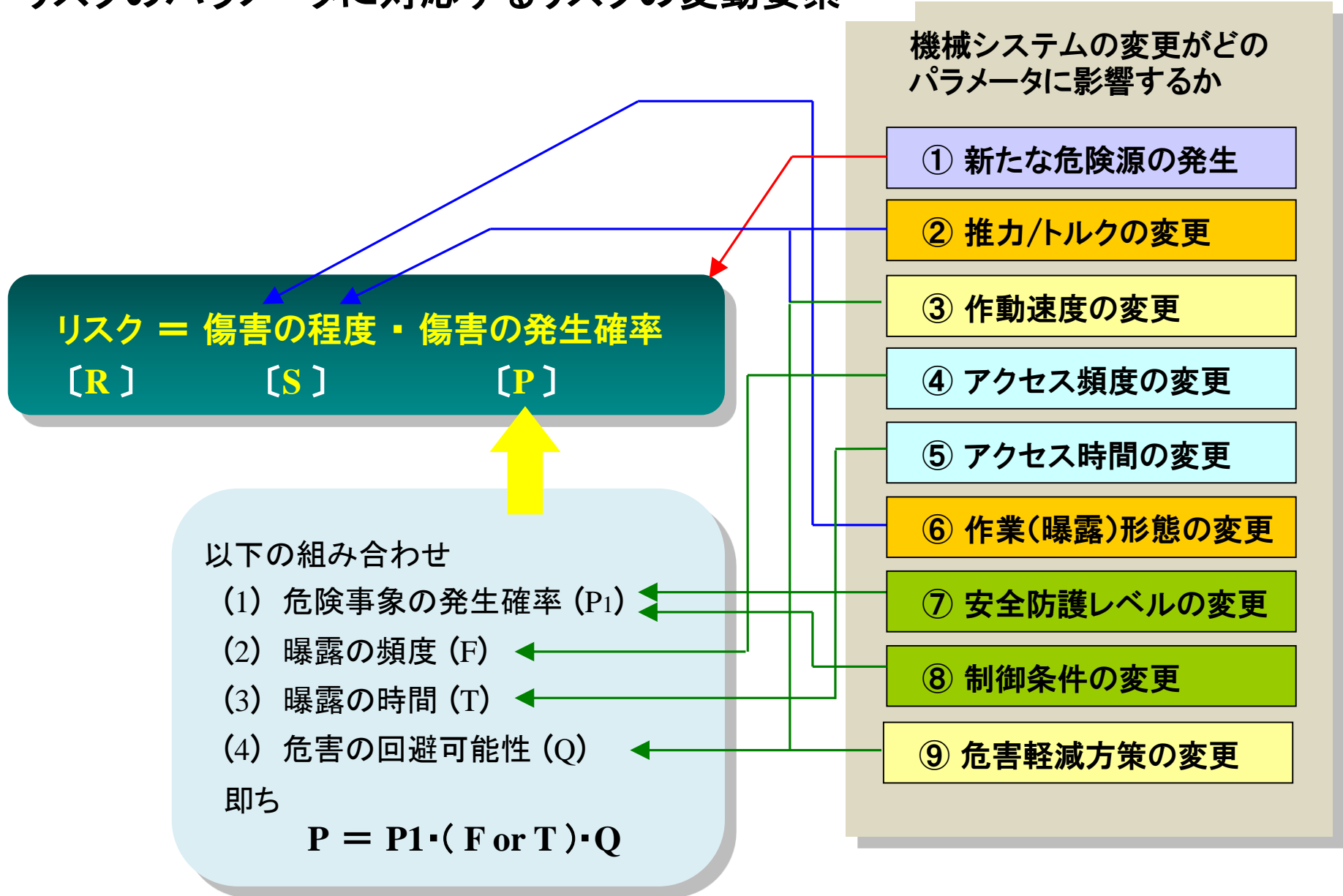
[P]は以下の組み合わせ

- (1) 危険事象の発生確率 (P₁)
- (2) 暴露の頻度 (F) or 時間 (T)
- (3) 危害の回避可能性 (Q)

即ち $P = P_1 \cdot (F \text{ or } T) \cdot Q$

略号	概念	定義	
S	危害の程度	その危険源で想定される危害の大きさ	
P	危害の発生確率	想定される危害が発生する可能性	
	P ₁	危険事象の発生確率	その危険源で事故が発生する可能性
	F	危険源への暴露の頻度	危険源にアクセスする作業頻度
	T	危険源への暴露の時間	危険源にアクセスした時の作業所要時間
	Q	危害の回避可能性	危害を回避または軽減できる可能性

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



4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策

略号	概念	定義	そのパラメータに影響する低減方策の例
S	危害の程度	その危険源で想定される危害の大きさ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険源の除去 ・ 機械アクチュエータのトルク、作動圧を抑制し、危険源の持つ潜在エネルギーを下げる
P	危害の発生確率	想定される危害が発生する可能性	
	P ₁ 危険事象の発生確率	その危険源で事故が発生する可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険事象に直結する機械故障や不具合の発生確率を抑制する ・ 故障時に安全側に移行する Fail safe 特性を設計段階で組み込む
	F 危険源への暴露の頻度	危険源にアクセスする作業頻度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険源が存在する箇所での点検、保守、異常処置の実施頻度や回数を抑制して接近機会を減らす
	T 危険源暴露の時間	危険源にアクセスした時の作業に要する時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危険源の存在する箇所での点検、保守、異常処置作業に要する所要時間を抑制する
	Q 危害の回避可能性	危害を回避又は軽減できる可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 危害発生の予兆の識別手段、識別能力の付加 ・ 危害(damage)の軽減(爆発放散口、爆轟検知遮断弁など)

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策

保護方策の種類とリスク低減効果が現れるパラメータ

保護方策	本質的安全設計方策
------	-----------

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

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

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策

保護方策の種類とリスク低減効果が現れるパラメータ

保護方策	安全防護及び付加保護方策
------	--------------

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

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

4.1.4.3 リスクのパラメータに対応するリスク低減方策

保護方策の種類とリスク低減効果が現れるパラメータ

保護方策	使用上の情報提供
------	----------

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

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

4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

4.1.4.4 危害の程度(S)と危害の発生確率(P)の評価段階

略号	概念	定義	判定段階（区分例）	
S	危害の程度	その危険源で 予想される危害の 大きさ	致命傷／重傷／軽傷／微傷	
P	危害の 発生確率	想定される危害が 発生する可能性		
	P ₁	危険事象の 発生確率	その危険源で事故 が発生する可能性	確実におきる／可能性が高い 可能性がある／ほとんどない
	F	危険源への 暴露の頻度	危険源にアクセス する頻度	頻繁／時々／たまにある／殆どない
	T	危険源への 暴露の時間	危険源にアクセス している時間	多い／やや多い／少ない／殆どない
	Q	危害の 回避可能性	危害を回避、または 制限できる可能性	不可／困難／可能／容易

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



4.1.4 リスクパラメータ（リスクの見積もり）

4.1.4.5 リスクパラメータと「リスク見積もり」の役割と意義（まとめ）

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

の評価要素になるべく分解して見積もることが望ましい

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

4.1.5 リスクアセスメント手法

4.1.5.1 各種のリスクアセスメント手法

手法	内容	特徴
加算法	個々のリスクパラメータに配点基準を設けておき、パラメータごとの評点を加算し、合計点をリスクインデックス（リスク評価点）として、リスクレベルを決定する方法	<ul style="list-style-type: none">・リスクパラメータを任意に選択して取り扱うことができる・リスク低減方策の適用の前後の比較が困難
積算法	加算法の変形。個々のリスク要素に配点基準を設けておき、パラメータごとの評点を積算し、リスクインデックスを算出して、リスクレベルを決定する方法	<ul style="list-style-type: none">・加算法同様、任意にリスクパラメータを選択して取り扱うことができる
マトリクス法	「危害の程度」と「危害の発生確率」のパラメータを縦/横2軸のマトリクスで構成し、パラメータの段階の組合せによるセルにリスクインデックスを割り付けておき、リスクレベルを決定する方法	<ul style="list-style-type: none">・リスク低減方策の適用の前後の評点比較が容易・採用できるリスクパラメータの種類には限界
リスクグラフ法	それぞれのリスクパラメータ毎に評価の分岐経路を定め、最終的にリスクレベルを判定する方法でISO13849-1のリスクグラフ法のように制御システムの安全関連部について適用すべき要求性能レベルを導くものもある	<ul style="list-style-type: none">・判断分岐は二分法のため主観による評点の差が生じにくい

4.1.5 リスクアセスメント手法

4.1.5.2 加算法の一例

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

危害の程度(S)	配点
致命傷	10
重傷	7
中等傷	4
軽傷	1

危険源への曝露頻度(F)	配点
頻繁 (1回/日以上)	4
時々 (1回/日~1回/週以上)	3
たまに (1回/週~1回/月以上)	2
殆どない (1回/月~1回/年以上)	1

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

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

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

X : そのシステムのライフサイクル
(寿命期間内)で起こる確率

リスクレベル	High	1 ~ 5
	Serious	6 ~ 9
	Medium	10 ~ 17
	Low	18 ~ 20

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.1.5 リスクアセスメント手法

4.1.5.4 リスクグラフ法の一例

(PLr / PL の特定を含む日機連の方式)

危害の程度 (S)	曝露頻度 (F)	回避可能性 (A)	危険事象の 発生確率 (O)			優先順位 (リスクレベル)	ISO13849-1
			O ₁	O ₂	O ₃		PLr/PL
S ₁ 軽傷	F ₁ まれ	A ₁ 可能	1	1	2	優先順位 Ⅲ (リスク低)	a
		A ₂ 不可能	1	1	2		b
	F ₂ 頻繁	A ₁ 可能	1	1	2		b
		A ₂ 不可能	1	1	2		c
S ₂ 重傷	F ₁ まれ	A ₁ 可能	2	2	3	優先順位 Ⅱ (リスク中)	c
		A ₂ 不可能	2	3	4		d
	F ₂ 頻繁	A ₁ 可能	3	4	5	優先順位 Ⅰ (リスク高)	d
		A ₂ 不可能	4	5	6		e

※ PLr / PL を導くために使用されるパラメータは、S、F、A(P)

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

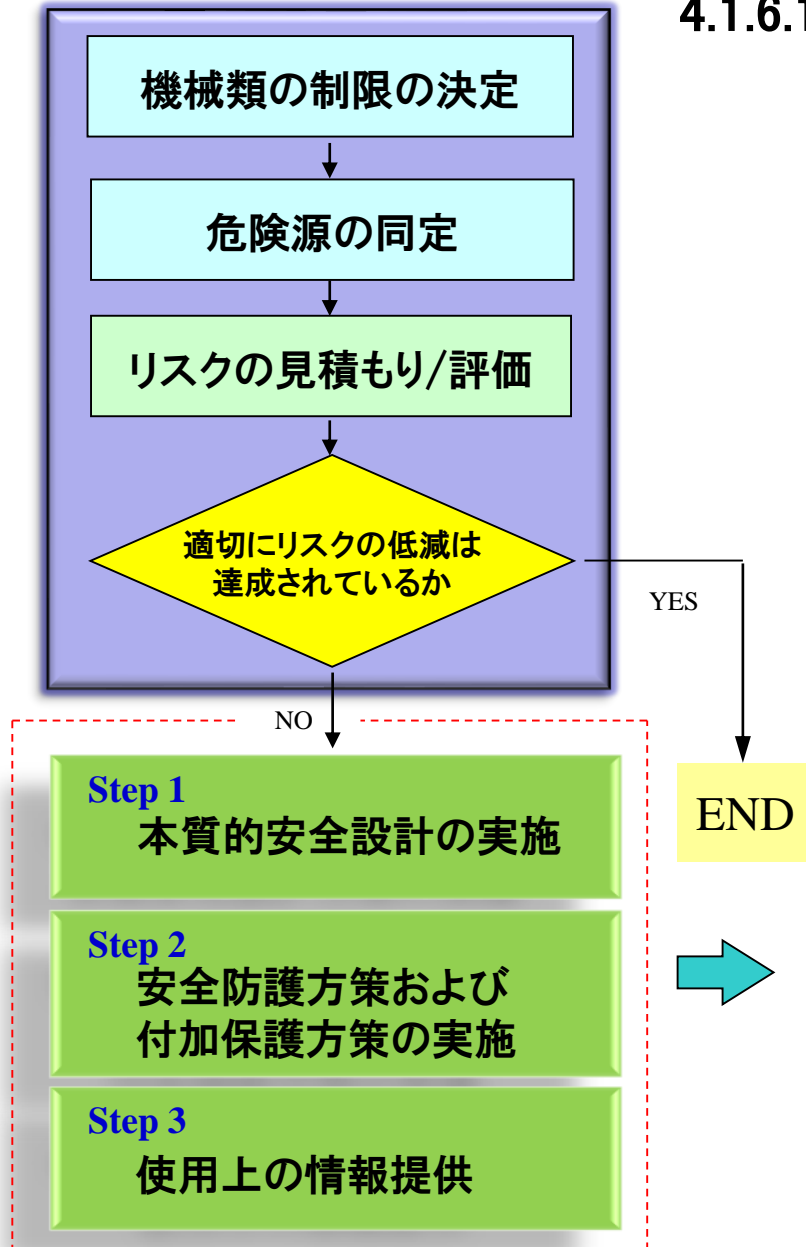
危害の程度	危害の発生確率 (Fr + Pr + Av)					危険源への曝露頻度 (Fr)		危険事象の発生確率 (Pr)		危害の回避可能性 (Av)	
	3~4	5~7	8~10	11~13	14~15						
致命傷	Yellow	Red	Red	Red	Red	1回/日以上	5	頻繁に	5	危害の回避可能性 (Av)	
重傷	Green	Yellow	Red	Red	Red	1回/週以上	4	しばしば	4		
軽傷	Green	Green	Yellow	Red	Red	1回/月以上	3	時々	3	制限、回避は不可能	5
微傷	Green	Green	Green	Yellow	Red	1回/年以上	2	稀に	2	制限、回避の可能性あり	3
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> 保護方策が必須 </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-right: 5px;"></div> 保護方策を推奨 </div>						1回/年以下	1	無視できる	1	容易に制限、回避が可能	1

4.1.5 リスクアセスメント手法

4.1.5.5 リスクアセスメントの手法 の役割と意義（まとめ）

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

4.1.6.1 リスク低減の妥当性評価とドキュメント



妥当性評価のポイント

留意点	内容
3 step method によるリスク低減 方策の適用	まず本質的安全設計 方策の適用から
	「隔離」防護を検討し その後「停止防護」に
妥当性の評価	法令、関連規格類 との整合性

- ・ 実現可能性
- ・ 対策コスト
- ・ リスク対便益効果

4.1.6.2 リスク低減方策の妥当性確認とは

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



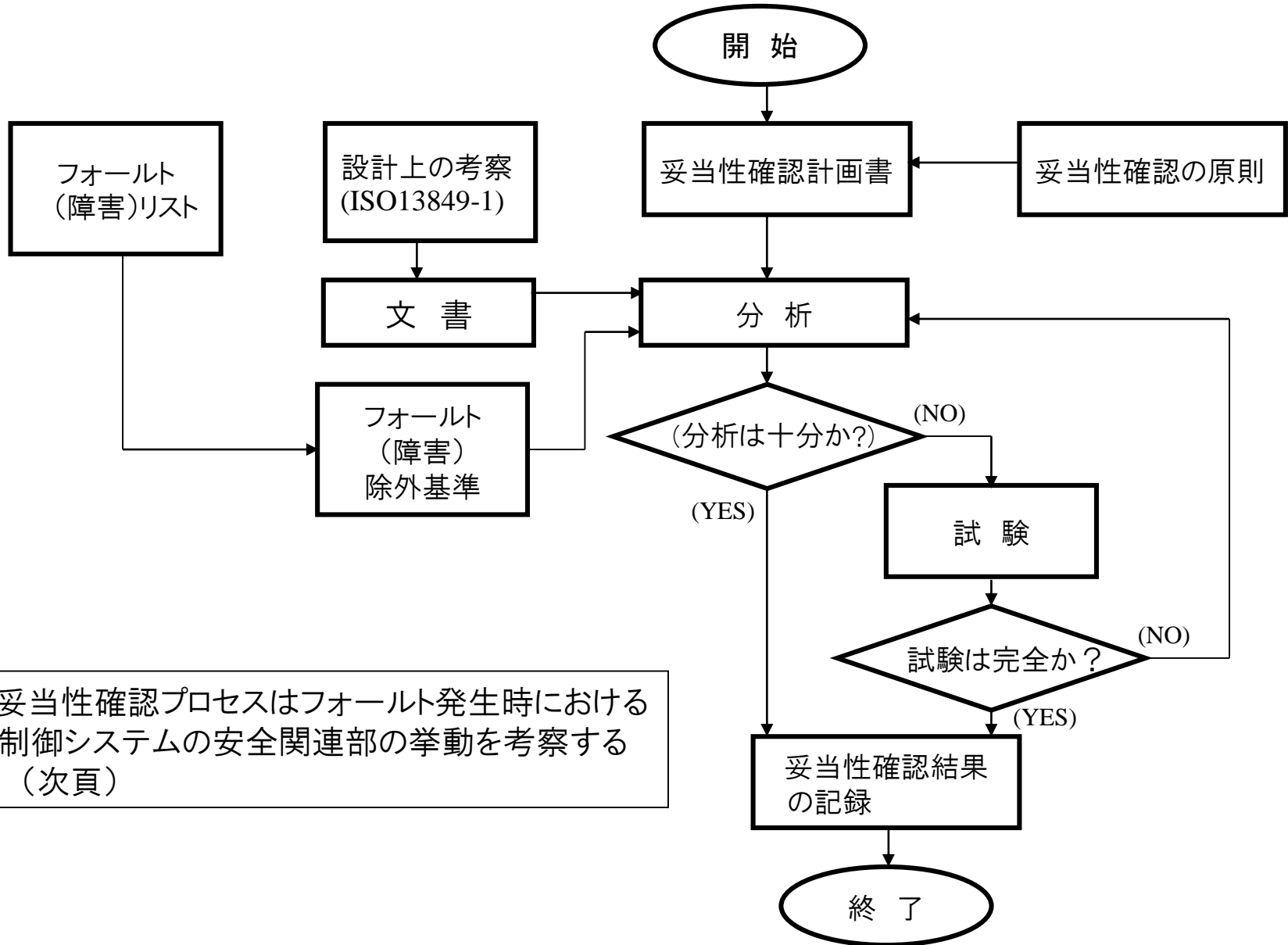
リスクアセスメントに基づいて検討された保護方策に関する安全要求仕様と実際に適用された保護方策を比較して適合性を評価する

- ◇ 基本的には、適用した保護方策に関連する国内法規制、関連規格、技術基準等と比較して、それらの要求事項を満足しているか否かを判定する
- ◇ 妥当性確認の参考例（ISO13849-2に定める制御安全の防護の場合）

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

4.1.6.2 リスク低減方策の妥当性確認とは

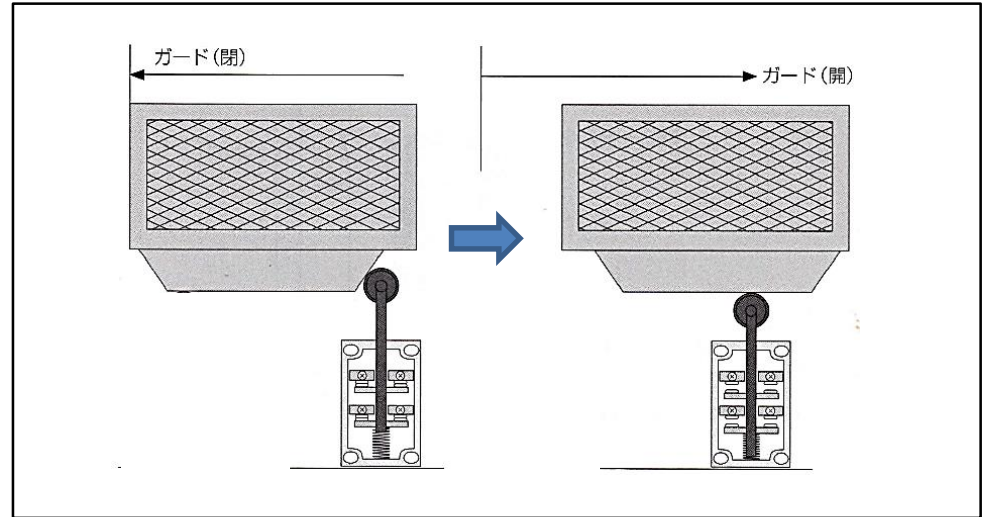
ISO 13849-2 による妥当性確認のプロセスの例



■ 妥当性確認プロセスはフォールト発生時における制御システムの安全関連部の挙動を考察する (次頁)

4.1.6.2 リスク低減方策の妥当性確認とは 安全関連部の障害分析の例

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



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

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

4.1.6.3 適切なリスクレベルが達成されたか否かの判定要件

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

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

4.1.6.4 リスク低減の妥当性評価の役割と意義（まとめ）

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

4.1.6 リスク低減の妥当性評価とドキュメント

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

アセスメント結果の文書化はそのプロセスと結果を下表の内容で正確に記録する

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

4.1.7 リスクアセスメント

4.1.7.1 リスクアセスメント 演習項目

演習項目	内容	留意点
機械の制限の決定	自社の機械製品の一つを取り上げて4.1.2.5「機械の制限事項一覧表」の書式例に従い、表を完成させてみよう	
評価対象/手法の選定	<ul style="list-style-type: none">・自社の機械製品のアセスメントの範囲を決める・演習用として、添付のリスクアセスメントワークシート(日機連方式)を使用	<ul style="list-style-type: none">・機械の該当箇所の設計図面を対象に評価範囲を決定しよう・自社で既に採用しているアセスメント書式があれば、それに従う
危険源の同定	アセスメントの範囲に存在する危険源を4.1.3.3 危険源リストに従って、同定してみよう	重要危険源を中心に洗い出しをしてみよう (ライフサイクルの一部の局面に限定した範囲内で想定する)
リスク見積もり/評価	同定して危険源のリスクパラメータの数値を見積もり、リスクレベルを評価してみよう	
リスク低減方策の選定	リスクの内容とリスクレベルの大きさを考慮し、リスク低減方策を考えてみよう	制御システムに関わるリスク低減方策の場合は、6.2.2を参照して安全関連部のグレードを選定する
残留リスク情報の作成	リスク低減方策を講じてもなお残るリスクがある場合は、残留リスク情報を整理する	7.2の「残留リスクマップ」と「残留リスク一覧表」の書式に従って、作成

4.2 スリーステップメソッド

4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

4.2.1.1 スリーステップメソッドとは、

リスク低減の方法は、大きく二つに分類される。

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

リスクアセスメントとは、

リスクアセスメントは、

機械に関する使用上の制限(意図する使用, 合理的に予見可能な誤使用の考慮等),
空間上の制限(機械の可動範囲, オペレーター—機械間インタフェース等),

時間上の制限(機械, 各コンポーネントのライフリミット等)

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

3ステップメソッドとは、

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

3ステップメソッド

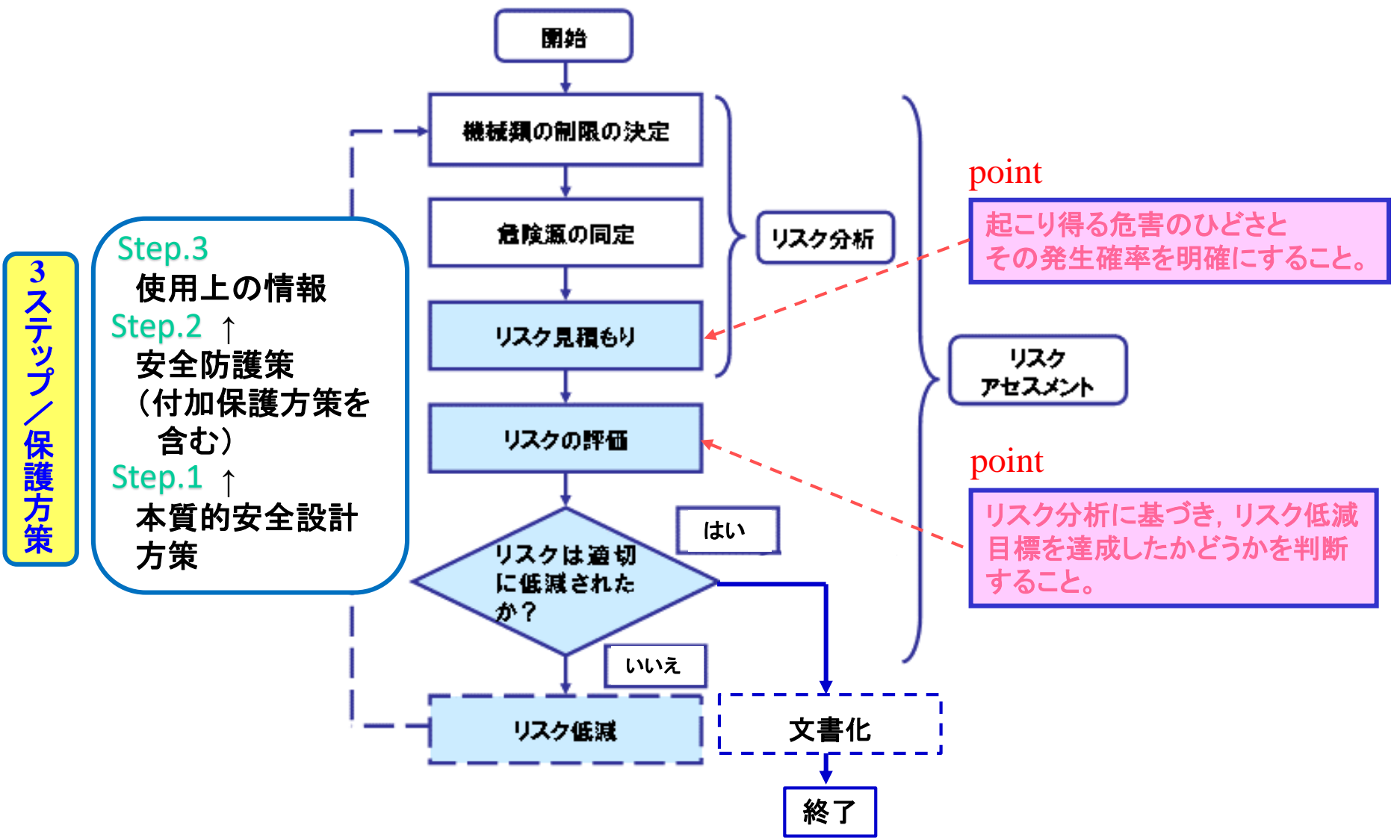
Step1. 保護方策—本質的安全設計方策

Step2. 保護方策—安全防護及び付加保護方策

Step3. 保護方策—残留リスクについて使用上の情報

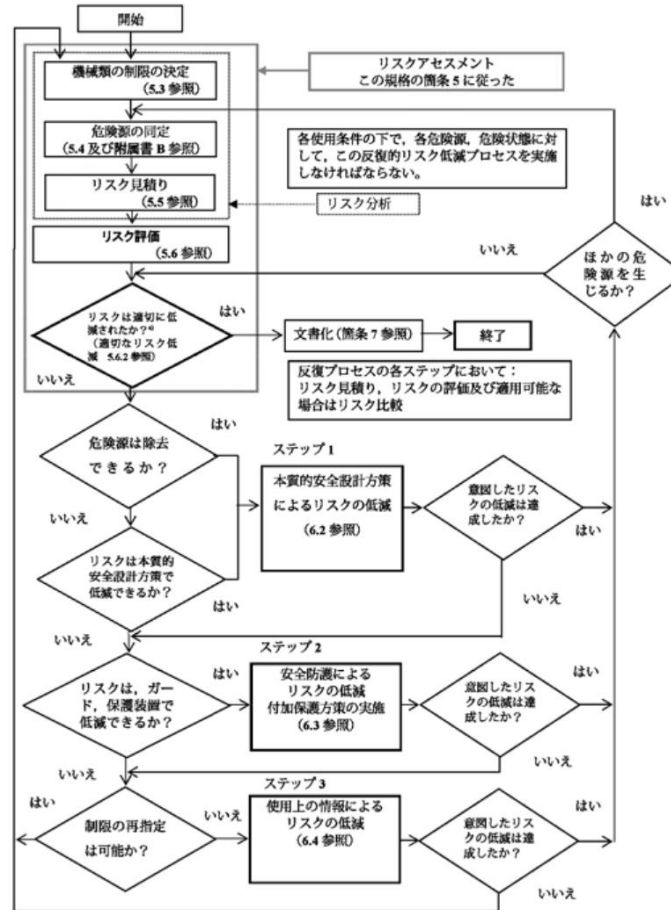
4.2 1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

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



JISB9700:2013の3ステップメソッドによる反復的リスク低減プロセス説明図

11
B 9700 : 2013 (ISO 12100 : 2010)

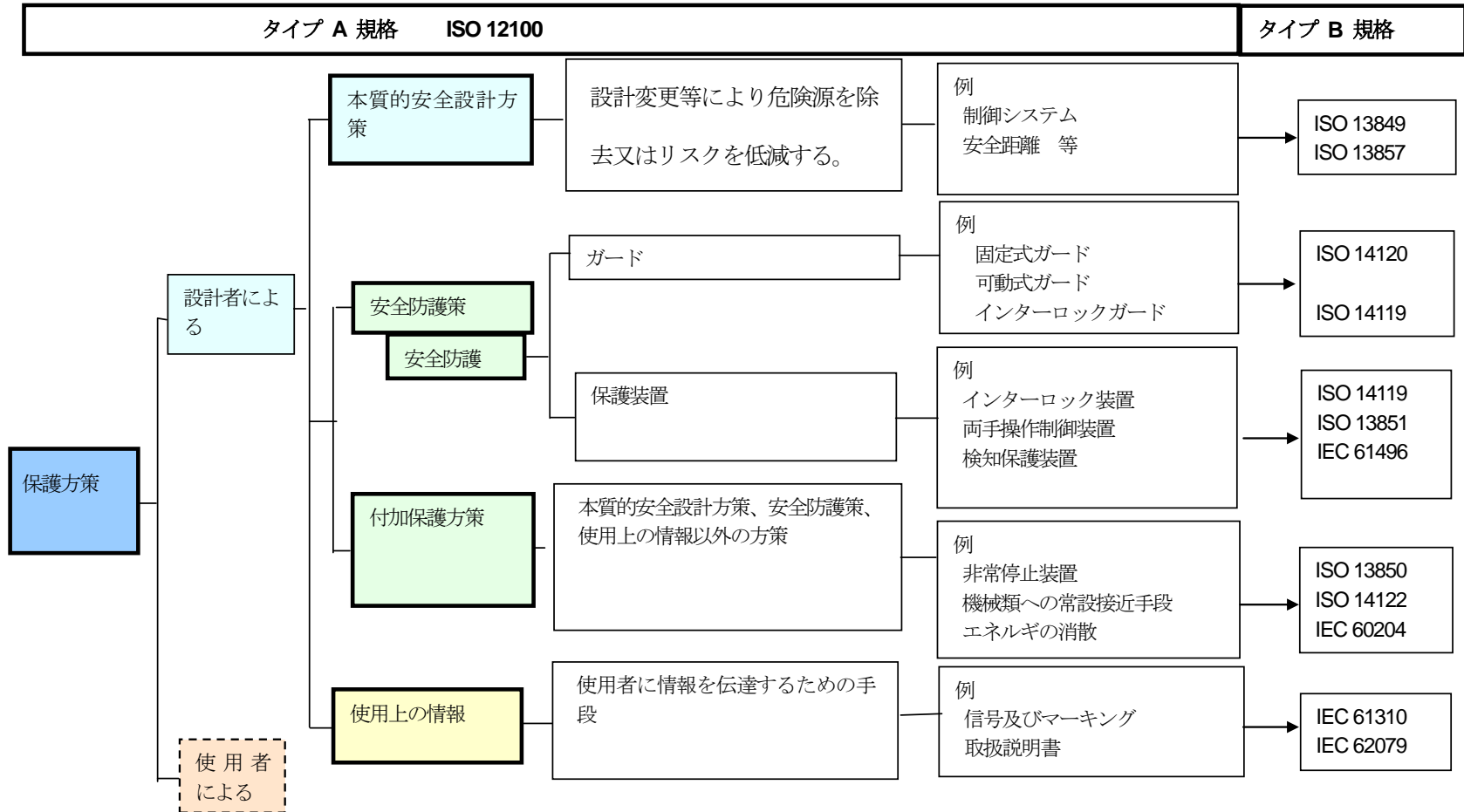


注⁹⁾ 1回目での回答は、初期のリスクアセスメント結果の回答である。

図 1-3 ステップメソッドによる反復的リスク低減プロセス説明図

4.2.1 スリーステップメソッドと実施すべき方策

4.2.1.3 保護方策の分類



4.2.2.1 本質的安全設計方策とは、

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

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

危険源を回避する方法

設計手法により危険源そのものをなくす(低減する)

- 幾何学的及び物理的要素に関する配慮 エネルギーを小さくする
- 機械設計に関する一般的技術知識の考慮
- 機械的結合の安全原則
- 人間工学原則の遵守
- 制御システム設計上の安全原則
- 安全機能故障の確率の最小化
- 空圧／油圧設備の危険源防止 定格圧力 危険な流体の流出
- 電氣的危険源の防止 等

機構的に危険な部位をなくす
構造計算、材料など一般設計技術・知識の活用
本質的に安全な技術や動力源の使用
ヒューマンファクターを考慮した設計
制御システムの本質設計
圧力機器の危険防止

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

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

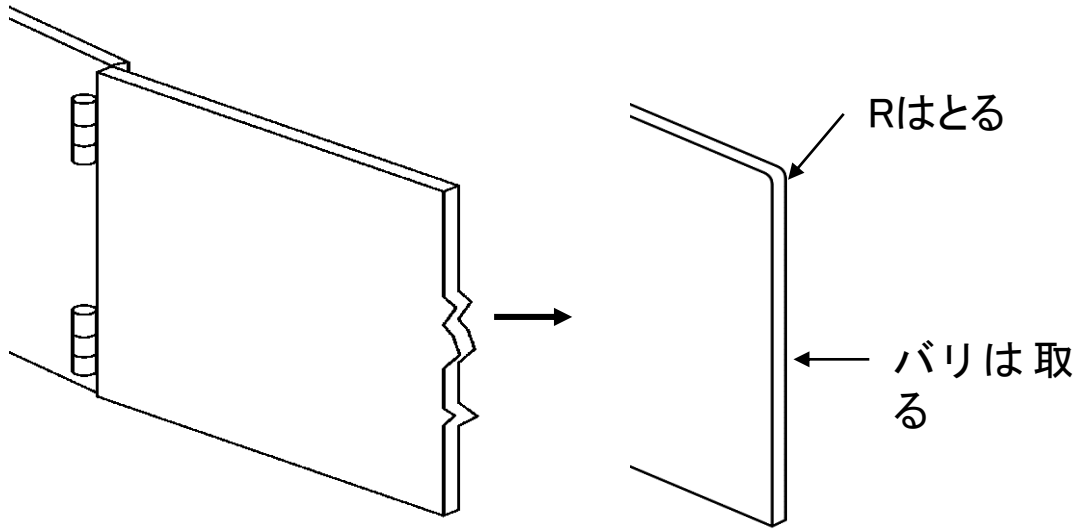
4.2.2 本質的安全設計方策

4.2.2.2 危険源を回避する方法

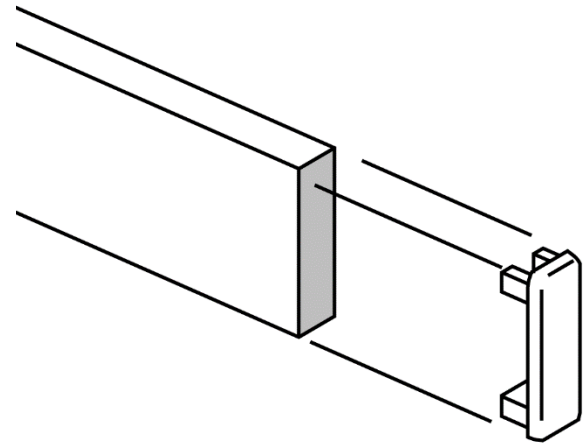
危険源を回避する方法

—幾何学的及び物理的要素に関する配慮(例)—

鋭利な角部、突出部などの回避



鋭利な角部、バリ取りの例



端部につばを設けた例

4.2.2 本質的安全設計方策

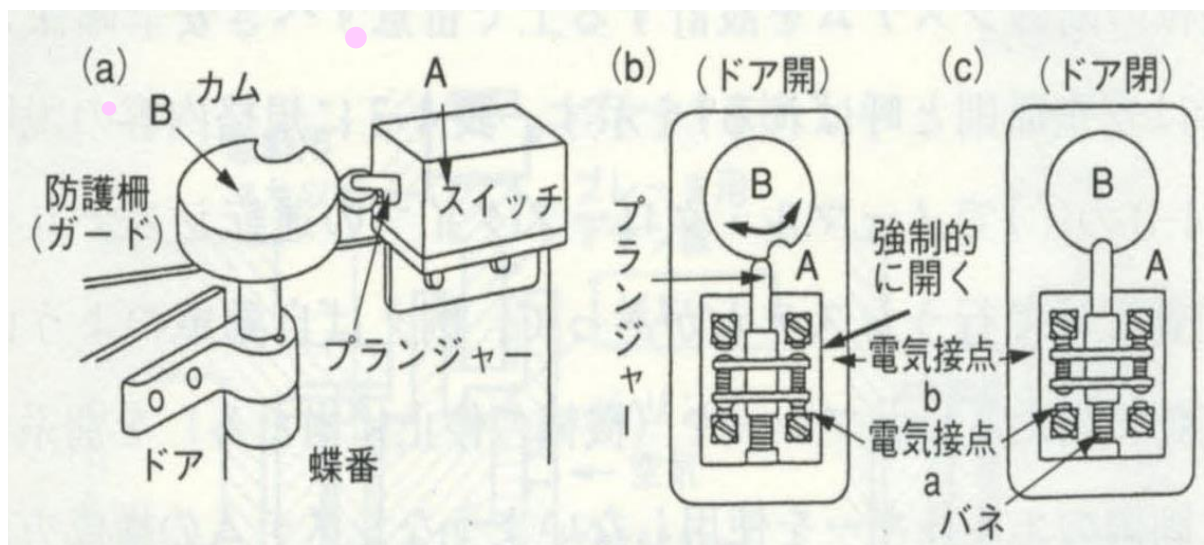
4.2.2.2 危険源を回避する方法

危険源を回避する方法

—機械的結合の安全原則(例)

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

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



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

4.2.2 本質的安全設計方策

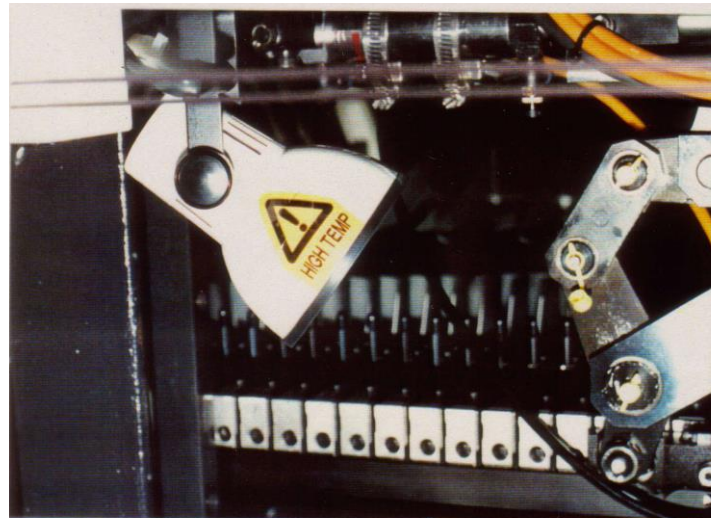
4.2.2.2 危険源を回避する方法

危険源を回避する方法

—人間工学原則の遵守

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

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



4.2.2 本質的安全設計方策

4.2.2.2 危険源を回避する方法

危険源を回避する方法

—制御システム設計上の安全原則

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

危険な機械の挙動の典型的な例は、

- ・予期しない機械の起動
挟まれの危険性がある
プレス機構
- ・無制御状態の速度変化



- ・運動部分の停止不能
イナーシャルで動力源
が遮断されても回転が
続行するロール機構
- ・機械の部分又は機械に
よってクランプされた
ワークピースの落下又は放出



- ・保護装置の不作動
によって生じる機械の挙動

危険な機械の挙動の典型的な原因は

サーボモーター
のブレーキ機構、
ドアインター
ロックと連動し
たメカストッパー
を設置しました



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

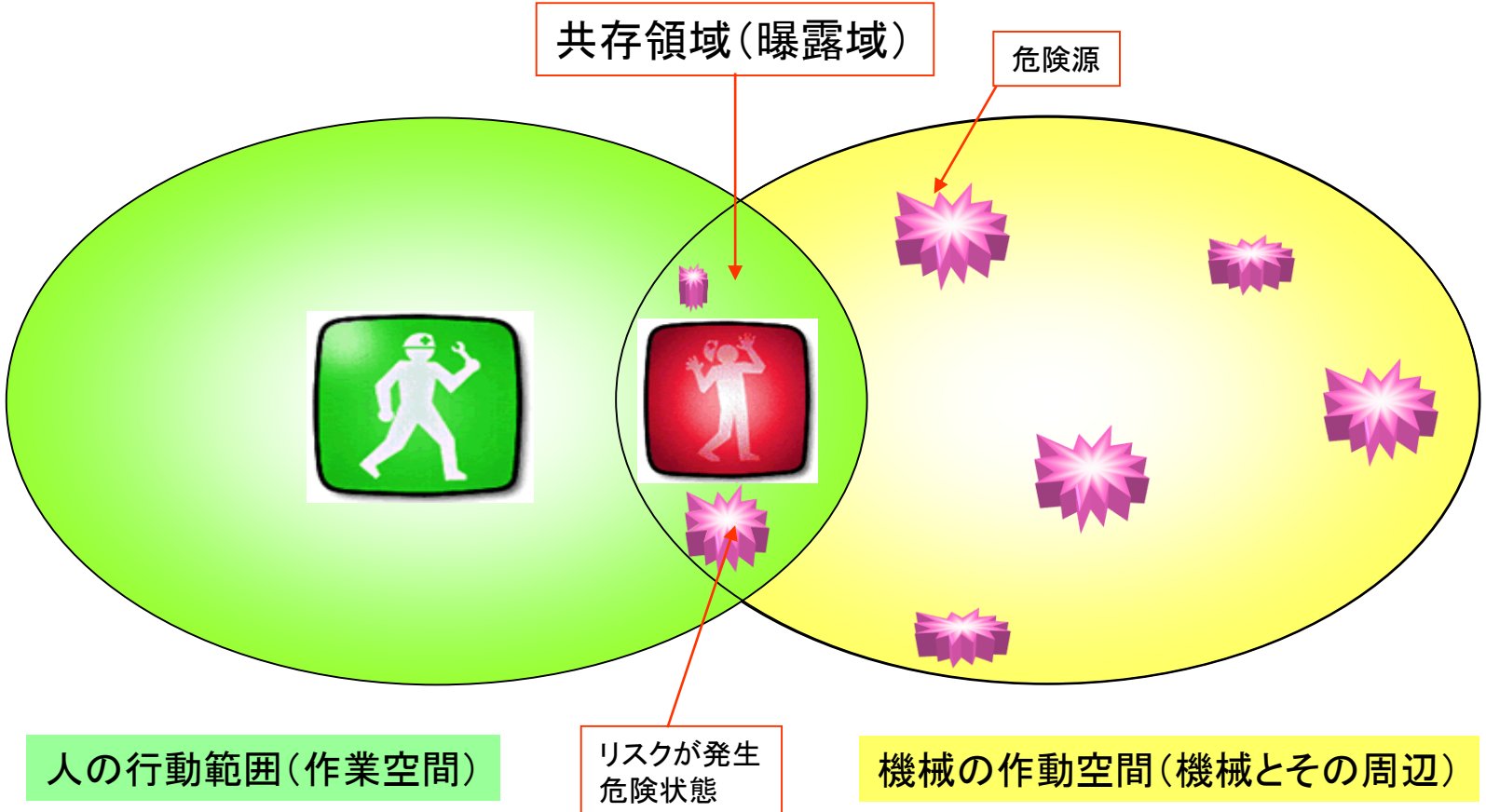
- ・制御システム論理の不適切な
設計又は修正
- ・制御システムの一つまたは
複数のコンポーネントの一時的、
恒久的な不具合又は故障
- ・制御システムの動力供給の
変動又は故障
- ・制御装置の不適切な選択、
設計及び配置

4.2.2 本質的安全設計方策

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

危険区域 (hazard zone/danger zone)
 人が危険源に暴露されるような**機械類の内部及び／又は機械類周辺**
の空間。

災害の発生 = 人と機械の危険源が接触



* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.2.2 本質安全設計方針

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

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

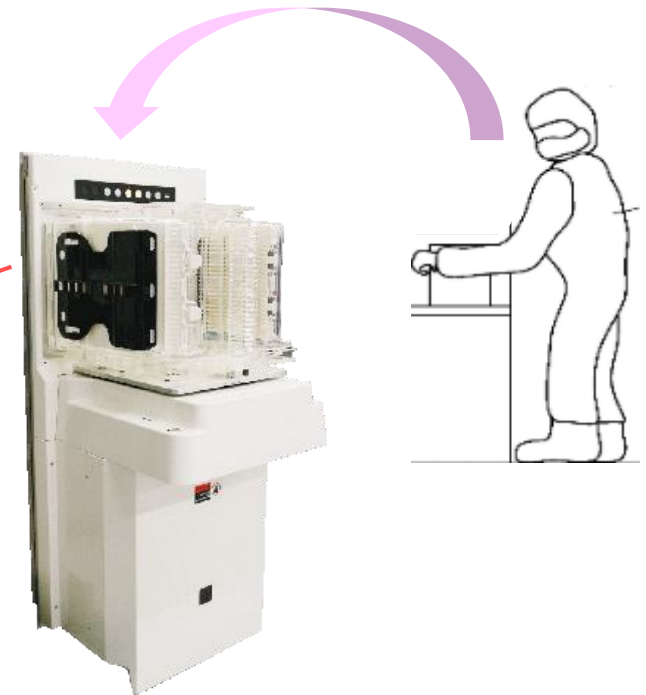
- 設備の信頼性による危険源への暴露機会の制限
- 搬入（供給）／搬出（取り出し）作業の機械化及び自動化による危険源への暴露機会の制限
- 設定（段取り等）及び保全の作業位置を危険区域外とすることによる危険源への暴露機会の制限

搬送系ロボットとインデックステーブルは、シャッターで隔離されている。

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



搬送ロボットが設置され、背面側の処理機溝へ移載される。



4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

4.2.3.1 安全防護策及び付加保護方策とは、

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

a) ガード

固定式ガード，可動式ガード，調整式ガード，制御式ガード等

b) 保護装置

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

及び

c) 付加保護方策

非常停止，捕捉された人の脱出及び救助，遮断及びエネルギーの消散等

4.2.3.2 ガードとは、

ISO12100の定義（一部抜粋）

ガード：保護するために機械の一部として設計された物理的なバリア。

1. ガードは、次のように機能する。

－ 単独の場合：

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

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

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

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

4.2.3.3 固定式ガードと可動式ガードとは、

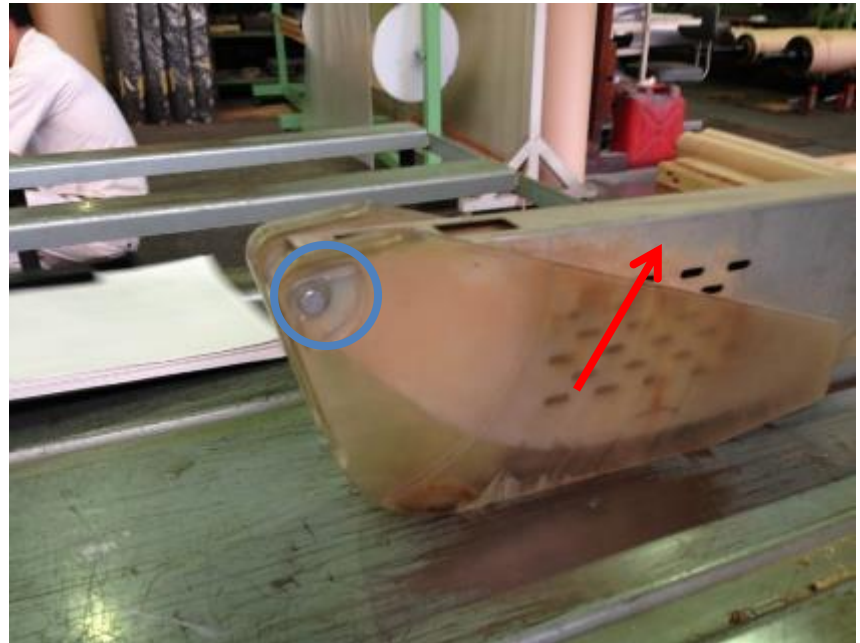
固定式ガード

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



可動式ガード

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



4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

4.2.3.4 ガードの種類

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

4.2.3 安全防護策及び付加保護方策

4.2.3.5 保護装置とは、

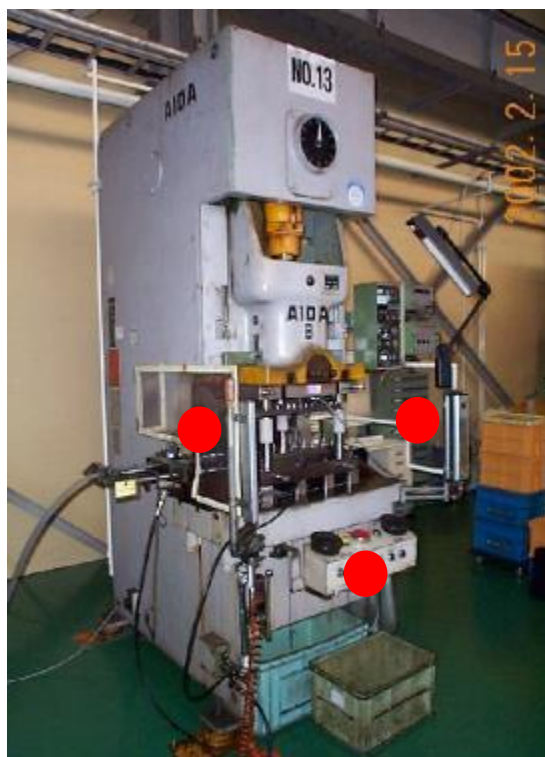
ISO12100の定義

保護装置:ガード以外の安全防護物

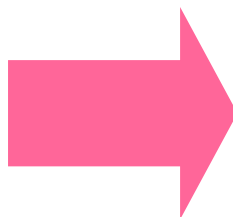
保護装置の種類	保護装置の説明
インターロック装置／ インターロック	危険な機械機能の運転を防ぐことを目的とした機械装置、電気装置、又はその他の装置
イネーブル装置	起動制御に連続して用いる調整又は保全などの補足的な手動操作装置である。
ホールド・ツー・ラン制 御装置	手動制御器を作動させている限り、開始指令を出し、かつ維持する制御装置
両手操作制御装置	操作する人のみを保護する装置であり、両手による同時操作を少なくとも必要とする制御装置
検知保護設備	人を検出する設備で、制御システムに対して適切な信号を生成する設備（光カーテン、レーザスキャナ、圧力検知マット、トリップバー、トリップワイヤなど）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

4.2.3.5 保護装置とは、

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



● リスクアセスメント後の
要改良箇所



前面エリアセンサーのみ設置

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

* 無断転写、転載、翻訳複製を禁じます。

4.2.3.6 付加保護方策とは

非常停止，捕捉された人の脱出及び救助，遮断及びエネルギーの消散等

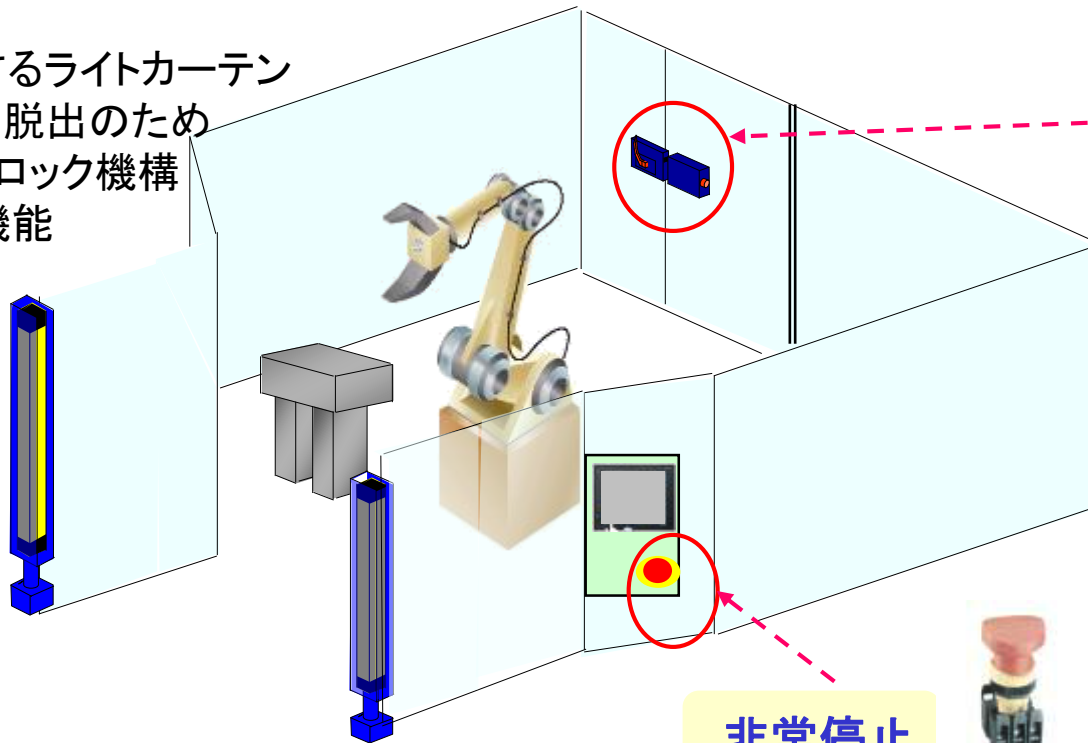
制御位置又は介入区域の囲いに対して，危険源に対する組合せの保護を備えることを考慮しなければならない。

組み合わせの保護として

捕捉された人の脱出及び救助のための方策(例)

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

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



保安担当者が内側から脱出が可能。

4.2.4.1 使用上の情報で行う保護方策とは、

保護方策—使用上の情報(ISO 12100-2)

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

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

「改正労働安全衛生規則第24条の13」および指針の概要

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

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

附属文書(特に, 取扱説明書)に含める情報

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

指針の要求を踏まえ

及び

残留リスク情報


4.2.4.2 取扱説明書の記載及び作成上の注意事項

取扱説明書の主な注意

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

取扱説明書作成上の主な注意

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

- 
- 正確性
 - 検索性
 - 作業性
(読みやすさ)
 - 利便性
 - 明瞭性
 - 適合性
を確立すること

4.2.4 使用上の情報で行う保護方策

4.2.4.3 附属文書とは、

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

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

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

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



安全マニュアルには

	注意
天板開閉時 天板を開ける時は周りに人がいない事を確認してください。又、ストッパーがある場合は確実にストッパーを掛けてください。 天板を開める時は手や物を天板とチャック本体の間に挟まないよう注意してください。	

危険源からの回避の方法が記載されています

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