

Ver1

メーカーのための
機械工業界リスクアセスメントガイドライン

社団法人 日本機械工業連合会
平成 22 年 3 月 31 日

リスクアセスメント協議会参加機関

社団法人 日本印刷産業機械工業会

社団法人 日本工作機械工業会

社団法人 日本ロボット工業会

社団法人 日本食品機械工業会

社団法人 日本包装機械工業会

社団法人 日本産業機械工業会

社団法人 日本産業車両協会

一般社団法人 日本鍛圧機械工業会

社団法人 全国木工機械工業会

社団法人 日本フルードパワー工業会

社団法人 日本電機工業会

社団法人 日本電気計測器工業会

社団法人 日本電気制御機器工業会

TUV ラインランドジャパン

株式会社 三菱総合研究所

中央労働災害防止協会

社団法人 日本機械工業連合会

*本ガイドラインは、弊会及び上の工業会の協力を得て作成したものである。

目次

1 本ガイドライン作成の背景と目的	p. 1
2 ガイドラインの概要と特徴	p. 1
3 用語及び定義	p. 4
4 リスクアセスメントと保護方策の説明	p. 8
4.1 リスクアセスメントの意義	p. 8
4.2 リスクアセスメント	p. 9
4.3 保護方策	p. 23
4.4 ISO13849-1:2006	p. 26
5 リスクアセスメント手法とリスクパラメータ	p. 33
6 標準フォーマット	p. 36
6.1 制限仕様（関係する作業者を含む）フォーマット（開示情報兼用）	p. 36
6.2 危険源等の同定フォーマット	p. 38
6.3 リスクアセスメント及びリスク低減フォーマット	p. 41
6.4 開示情報	p. 44
付録 事例	p. 49
参考文献	p. 50

メーカーのための 機械工業界リスクアセスメントガイドライン

1 本ガイドライン作成の背景と目的

わが国において、機械の安全確保に関する包括的な枠組は、厚生労働省による“機械の包括的な安全基準に関する指針”で示される。この指針は、メーカー及びユーザに対してリスクアセスメントの実施を要求し、リスクアセスメントに関する各種ガイドラインは、メーカー側に対しては各機種別工業会、ユーザ側に対しては厚生労働省、中央労働災害防止協会などで作成されている。

メーカー側のガイドラインは、原則的には ISO12100, ISO14121 あるいはこれらを基礎とした機種別の C 規格を元に作成されているものの、各業界において作成されたガイドライン間を結ぶ共通ベースとなる考え方を示すガイドラインが存在しない。そのためリスクパラメータや手法等について一つの考え方に基づいて作成されていることが示されておらず、不統一が生じる（これらのガイドライン等に基づいて実施されるメーカーのリスクアセスメントにも影響を及ぼす）。

また、今後各機械工業界で新たにリスクアセスメントガイドラインを作成する際に横断的に使用できる基礎文書が存在しないことから、さらに不統一等が生じる恐れがある。

一方、ユーザの視点からみても、機械メーカーごとに異なった基準で R A が実施された場合、ユーザでの活用では基準合わせに手間がかかるなどの不都合がある（ユーザとメーカーの協力関係を構築する一助とする）。

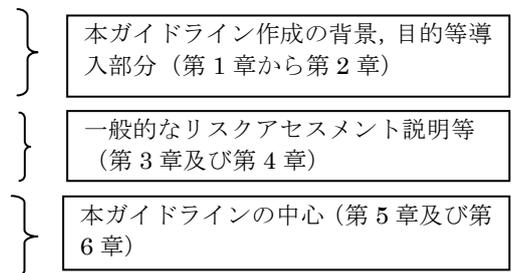
これらの理由から機械工業界で横断的に使用できる「メーカーのための機械工業界リスクアセスメントガイドライン」を作成した。

2 ガイドラインの概要と特徴

2.1 ガイドラインの概要

単体の機械のリスクアセスメントを基本とし、ライフサイクル全体（梱包・発送・設置・運用・保全・診断&修理・解体・廃棄など）を対象としたものである。以下の順で記載される。

- 1 本ガイドライン作成の背景と目的
- 2 ガイドラインの概要と特徴
- 3 用語及び定義
- 4 リスクアセスメントと保護方策の説明
- 5 リスクアセスメントの手法とパラメータ
- 6 標準フォーム一覧



6.1 制限仕様フォーマット

フォーム1 機械の制限事項の決定

6.2 危険源等の同定フォーマット

6.3 リスクアセスメント及びリスク低減フォーマット

フォーム3 リスク見積もり及びリスク評価(リスクアセスメント), 並びにリスク低減

6.4 開示情報フォーマット

フォーム4 機械の危険源(開示情報)

フォーム 5 使用上の情報の内容及び提供方法

本ガイドラインは、上で示したとおり第 1 章から第 6 章で構成される。第 1 章から第 2 章では、本ガイドラインの作成の背景と目的などが示される。第 3 章では、本ガイドラインを読むのに必要な用語の定義が示されている。第 4 章では、リスクアセスメントと保護方策に関する基本的な事項が示されており、一般的な解説の部分となっている。この章は、これからリスクアセスメントと保護方策を学びたい読者に対して用意したものであり、既に知見をお持ちの読者に関しては、読み飛ばしてもかまわない。

第 5 章と第 6 章が本ガイドラインの中核部分であり、第 6 章では本ガイドラインで提唱するリスクアセスメント手法とパラメータが示されている。リスクアセスメントの手法としては、基本的には、ISO14121 や ISO13849-1 で示されるリスクグラフを用いて作成されており、リスク低減が制御システムに依存する場合にもとめられる PLr/PL (要求パフォーマンスレベル/パフォーマンスレベル) の見積もりも統合したものになっている。

パラメータについては、S (ひどさ)、F (頻度)、A (回避の可能性)、O (危険事象の発生確率) の 4 パラメータを採用しており、S、F、A は 2 分岐、O は 3 分岐となっている。

第 7 章では、リスクアセスメントを実施する上で必要な情報を網羅するものとして、標準フォームを上で示したとおり 5 つ準備している。このフォームについては、あくまで標準であるため、利用者において改良して使用してもよい。

2.2 ガイドラインの特徴

本ガイドラインの特徴としては、次が挙げられる。

- (1)機械の包括的な安全基準に関する指針は、メーカーとユーザのリスクアセスメントを規定するが、そのうち本ガイドラインはメーカー側のリスクアセスメントガイドラインである。
- (2)本ガイドラインは、「包括的安全基準に関する指針」¹⁾、及び国際規格を基礎として用い、ISO14121²⁾及び ISO13849-1³⁾で示されるパラメータや手法等を採用している (PL を含む。PL については、本書の第 3 章及び 4.4 参照)。
- (3)本ガイドラインは、各機械工業界のリスクアセスメントガイドラインの基礎文書として位置づけられる。このガイドラインで示されるパラメータや手法は、各機械工業界のガイドラインで示されるものを包含するものであり、各業界のガイドラインで採用されるパラメータや手法は本文書のそれをベースとして個別事情を勘案して作成される。
- (4)本ガイドラインは、厚生労働省の「機械の包括的安全基準に関する指針」のうち「機械の製造等を行う者」(メーカー)の規定を逸脱するものではない (図 2-1 及び図 2-2 参照)。
- (5)各危険源 (機械的危険源、熱的危険源 etc) に対して、基準値⁴⁾を参考情報として掲載。

¹⁾ 改正 H19 年 7 月

²⁾ ISO14121:1999 は、JIS B 9702:2000 として発行されているが、ISO14121 は、改訂され ISO14121-1 として 2007 年に発行されているが、対応 JIS はない。

³⁾ ISO13849-1:1999 は、JIS B 9705-1:2000 として発行されているが、ISO13849-1 は、改訂され、2007 年に発行されている。対応 JIS 原案は作成中である。

⁴⁾ 基準値については、適宜追加される。

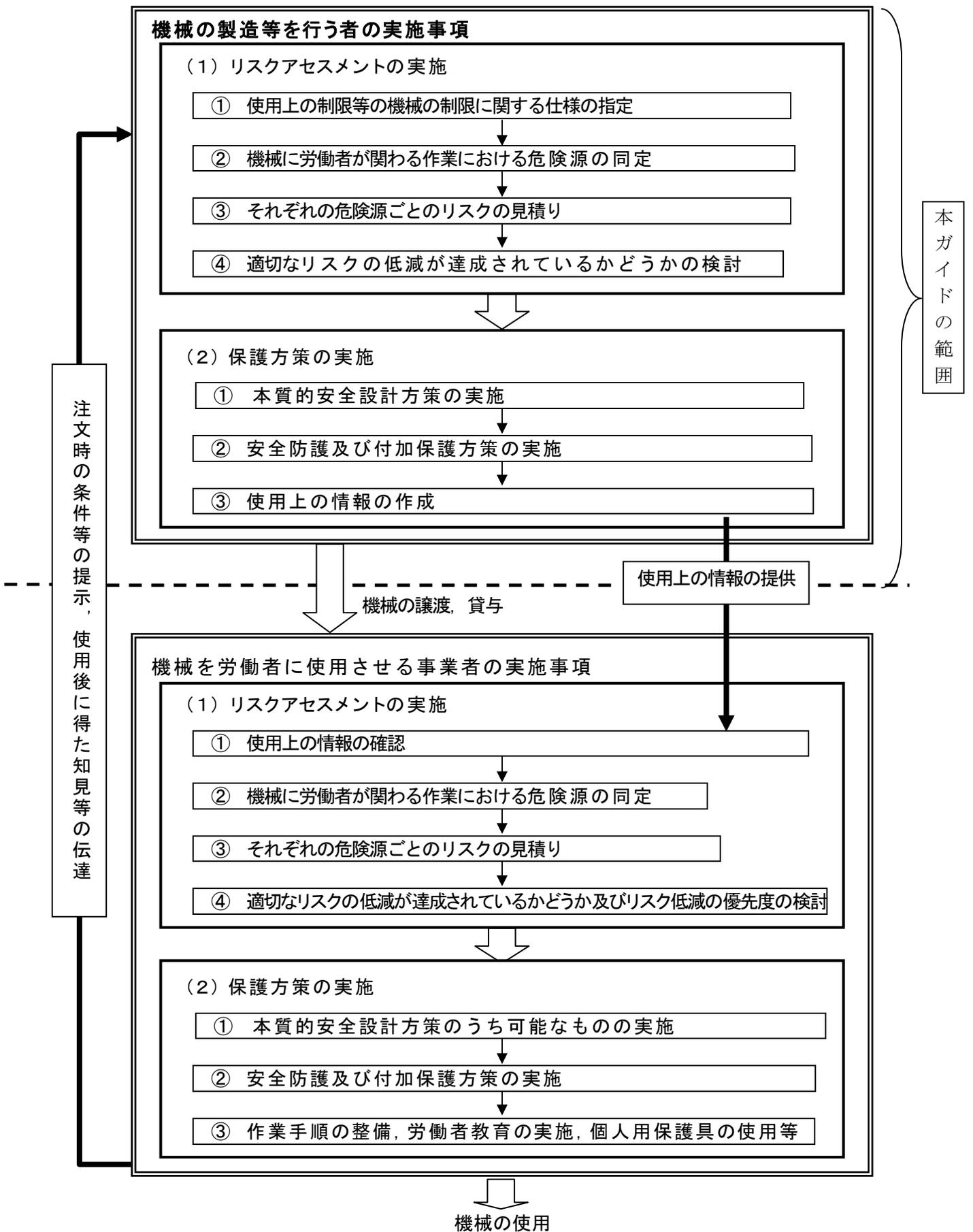


図2-1 「機械の包括的な安全基準に関する指針」による機械の安全化の手順⁵⁾

⁵⁾ 機械の包括的な安全基準に関する指針の参考1から引用。

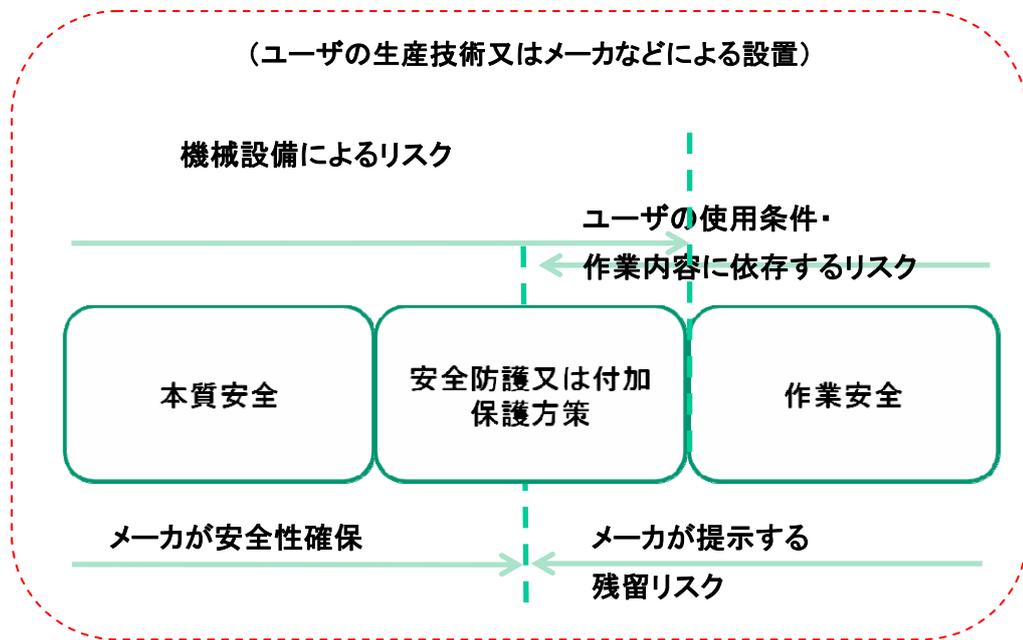


図 2-2 メーカーとユーザの役割

3 用語及び定義

本文書で使用する用語は、次による。

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。

3.1 リスク

危害の発生確率と危害のひどさの組合せ。

3.2 残留リスク

保護方策を講じた後に残るリスク。

3.3 リスクアセスメント

リスク分析及びリスクの評価を含む全てのプロセス。

3.4 リスク分析

機械の制限に関する仕様、危険源の同定及びリスク見積りの組合せ。

3.5 リスク見積り

起こり得る危害のひどさ及びその発生確率を明確にすること。

3.6 リスクの評価

リスク分析に基づき、リスク低減目標を達成したかどうかを判断すること。

3.7 適切なリスク低減

現在の技術レベルを考慮したうえで、少なくとも法的要求事項に従ったリスクの低減。

3.8 許容可能なリスク(tolerable risk)

社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク。

備考 “許容可能なリスク” 及び“安全” の概念については、4.2(5)の①及び②参照。

3.9 安全

“受け入れ不可能なリスク”(unacceptable risk) がないこと。

備考 “許容可能なリスク” 及び“安全” の概念については、4.2(5)の①及び②参照。

3.10 保護方策

リスク低減を達成することを意図した方策。

次によって実行される。

- － 設計者による方策（本質的安全設計方策，安全防護及び付加保護方策，使用上の情報）及び
- － 使用者による方策（組織[安全作業手順，監督，作業許可システム]，追加安全防護物の準備及び使用，保護具の使用，訓練）

備考 設計者は、本ガイドラインでいう“メーカー”，使用者は，“ユーザ”と置き代えることができる。

3.11 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って，危険源を除去する又は危険源に関連するリスクを低減する保護方策。

3.12 安全防護

本質的安全設計方策によって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。

3.13 使用上の情報

使用者に情報を伝えるための伝達手段（例えば，文章，語句，標識，信号，記号，図形）を個別に，又は組み合わせて使用する保護方策。

備考 “使用者” については，3.10 の備考参照。

3.14 機械の“意図する使用”

使用上の指示事項の中に提供された情報に基づく機械の使用。

3.15 合理的に予見可能な誤使用

設計者が意図していない使用法で，容易に予測できる人間の挙動から生じる機械の使用。

3.16 制御システムの安全関連部/SRP/CS

安全関連入力信号に応答し，安全関連出力信号を生成する制御システムの部分。

備考 1 制御システムに組み合わされた安全関連部は，安全関連信号の発生するところ（例えば，作用カム又は位置スイッチのローラの位置信号を含む）で

始まって、動力制御要素（例えば、接触器の主接点を含む）の出力で終わる。

備考 2 監視システムが診断に使用される場合、これは SRP/CS と見なされる。

3.17 パフォーマンスレベル, PL

予見可能な条件下で、制御システムの安全関連部による安全機能の実行能力を特定するために用いられるレベル。

3.18 要求パフォーマンスレベル, PL_r

各々の安全機能に対し、要求されるリスク低減を達成するために適用されるパフォーマンスレベル。

3.19 平均危険側故障時間(MTTF_d)

危険側故障を生じるまでの平均時間の推定値。

3.20 診断範囲(DC)

診断効果の尺度であり、検出される危険側故障率（分子）に対する全危険側故障率（分母）の故障率比で決定することができる。

備考 診断範囲は、安全関連システムの全体又は一部のために存在し得る。例えば、診断範囲は、センサ、論理システム、最終要素のいずれかを単独で対象として存在することもあり、またこれらの任意の組合せを対象として存在する場合もある。

3.21 安全機能

故障がリスクの増加に直ちにつながるような機械の機能。

3.22 カテゴリ

障害に対する抵抗性（フォールト・レジスタンス）、及び障害条件下におけるその後の挙動に対する制御システムの安全関連部の分類であり、当該部の構造的配置、障害検出及び／又はこれらの信頼性により達成される。

3.23 障害

予防保全又は計画的行動若しくは外部資源の不足によって機能を実行できない状態を除き、要求される機能を実行できないアイテムの状態。

備考 1 障害は、しばしばアイテム自体の故障の結果であるが、事前の故障がなくても存在することがある。

備考 2 ISO13849-1 では、障害はランダム障害を意味する。

3.24 故障

要求される機能を遂行する能力がアイテムになくなること。

備考 1 故障後に、そのアイテムは障害をもつ。

備考 2 “故障”は事象であって、状態を示す“障害”とは異なる。

備考 3 ここに定義する概念は、ソフトウェアだけで構成されるアイテムには適用しない。

3.25 危険側故障

SRP/CS を危険状態又は機能不能状態に導く潜在性をもつ故障。

備考 故障が現実には危険側故障を導くかどうかは、システムのチャネルアーキテクチャに依存することがある。冗長システムにおいては、危険側ハードウェア故障が SRP/CS 全体を危険状態又は機能不能状態に導く可能性は少ない。

3.26 共通原因故障(CCF)

単一の事象から生じる異なったアイテムの故障であって、これらの故障が互いの結果ではないもの。

備考 共通原因故障は共通モード故障と混同すべきでない。

3.27 システムティック故障

何らかの原因に確定的に関係する故障であって、設計、製造プロセス、運転手順、文書又は他の関連要因を変更しなければ除去できない故障。

備考 1 変更を伴わない修理では、通常、システムティック故障の原因を除去できない。

備考 2 故障原因をシミュレートすることによって、システムティック故障を誘発することができる。

備考 3 システムティック故障の原因の事例には、次の段階で起こす人間の過誤を含む。

- 安全要求仕様
- ハードウェアの設計、製造、据付及び運転
- ソフトウェアの設計、実行など

3.28 ランダムハードウェア故障

時間に関して無秩序に発生し、ハードウェアの多様な劣化メカニズムから生じる故障

3.29 機械制御システム

機械要素の部分、オペレータ、外部制御装置又はこれらの組み合わせからの入力信号に応答し、機械が意図するように挙動するための出力信号を生成するシステム。

備考 機械制御システムには、いかなる技術又は異なる技術の組み合わせ（例えば、電気・電子式、液圧式、空圧式、機械式）であっても使用することができる。

4 リスクアセスメントと保護方策の説明

4.1 リスクアセスメントの意義

リスクアセスメントは安全性確保のための最も基本的な作業の一つである。機械、化学、医療、電気、金融など様々な分野で利用されており、特に、機械においては、産業機械、建設機械、工作機械等さまざまな分野において利用されている、安全性を評価するための一つの手法である。ここではリスクアセスメントについて考えるまえに、まず「安全」について考えてみる必要がある。

日本語の「安全」とは、英語でいうと「Safety, Safe」であり、「safety, safe」はラテン語の「securus」を語源に持つといわれる。この語がもつ意味は「sine cura」であり、英語では「without worry」となる。語源まで戻ると「安全」は、「心配ない」こととなる。「心配ない」ということは、何を意味するか、どう捉えるかは人により、使われる文脈により異なるが、日常の意識としては「危害に遭う心配がない」と捉える。機械の安全に関して言えば、「危害に遭う心配がなく、機械を使用することが出来る」と解釈するべきであり、「心配ない」は、絶対安全を意味しない。なぜなら、心配がなくても事故は起こるからである。

「安全」の概念は、通常、辞書によると、「危険がないこと」や「危害又は損傷・損害を受けるおそれのないこと」となる。これらの定義を、危害や傷害、危機、損害がまったくないことを意味しているとしたらどうか？このような状態を確実に確保することは、可能であろうか？おそらくは、困難であろう。このような意味で「安全」を捉えると、機械、電子機器、食品、医薬品など、市場に流通するほとんどすべての製品は、この要求を満たすことができなくなる。

しかしながら、われわれは、日常の生活において、意識しているか、していないかに係わらず、これらの製品が絶対にわれわれに損害を与えることはない、とは考えていない。暗黙のうちに、もしかしたら何か害があるかもしれないと考えているのではないであろうか。

例えば、自動車の運転を考えてみる。「自動車を運転して、絶対に事故を起こさない」といえるだろうか。仮に自問自答して、自分は事故を起こさない、といえるならば、再度、こう問いかけて見る必要がある。「任意の自動車保険に加入していただくか」。加入していれば、暗に「不測の事態に備えている」ことになり、事故を起こす可能性があるということ暗に認めていることになる。

つまり、絶対に危害や損害を受けないことが確保されている状態は、日常の行動や判断においては、自らのうちに否定していることが多いのである。

われわれは、日常生活において、多かれ少なかれ、不確実な状態で生活しており、「安全」は、危害や損害という不利益を生じる可能性が極めて少ないと考えた結果としての状態、状況である。

この不利益を受ける可能性が、「リスク」であり、「リスク」は一般的には、危害の発生

確率と危害の程度（大きさ）の二つの要素の組合せからなる。リスクアセスメントの手順については 4.2 に記述するが、リスクアセスメントの中で最も重要なステップは危険源の同定である。なぜなら、この段階で機械に付随する危険源を見落とすと、それに対する対策を打つことが出来なくなるからである。

危険源の同定とは、機械の通常運転中だけでなく、機械の製作、運搬、組立及び設置、コミッショニング、使用停止、分解及び安全上問題がある場合には廃棄処分のような機械の寿命上のすべての局面を考慮し、危険源から危害に至るシナリオを想定して、当該機械に付随する全ての危険源、危険状態及び危険事象等を同定することである。

リスクアセスメントとは、何が危険でありその危険を避けるためには何が必要かを考えようという、日常生活でも実践している合理的な科学的アプローチである。

4.2 リスクアセスメント

リスクアセスメントは、まず、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（恒久的な危険源及び予期せずに現れ得る危険源）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位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。危険源の除去又はリスクの低減が必要な場合は、保護方策が必要とされるわけであるが、保護方策は、本質的安全設計方策、安全防護及び付加保護方策、使用上の情報に分類される。

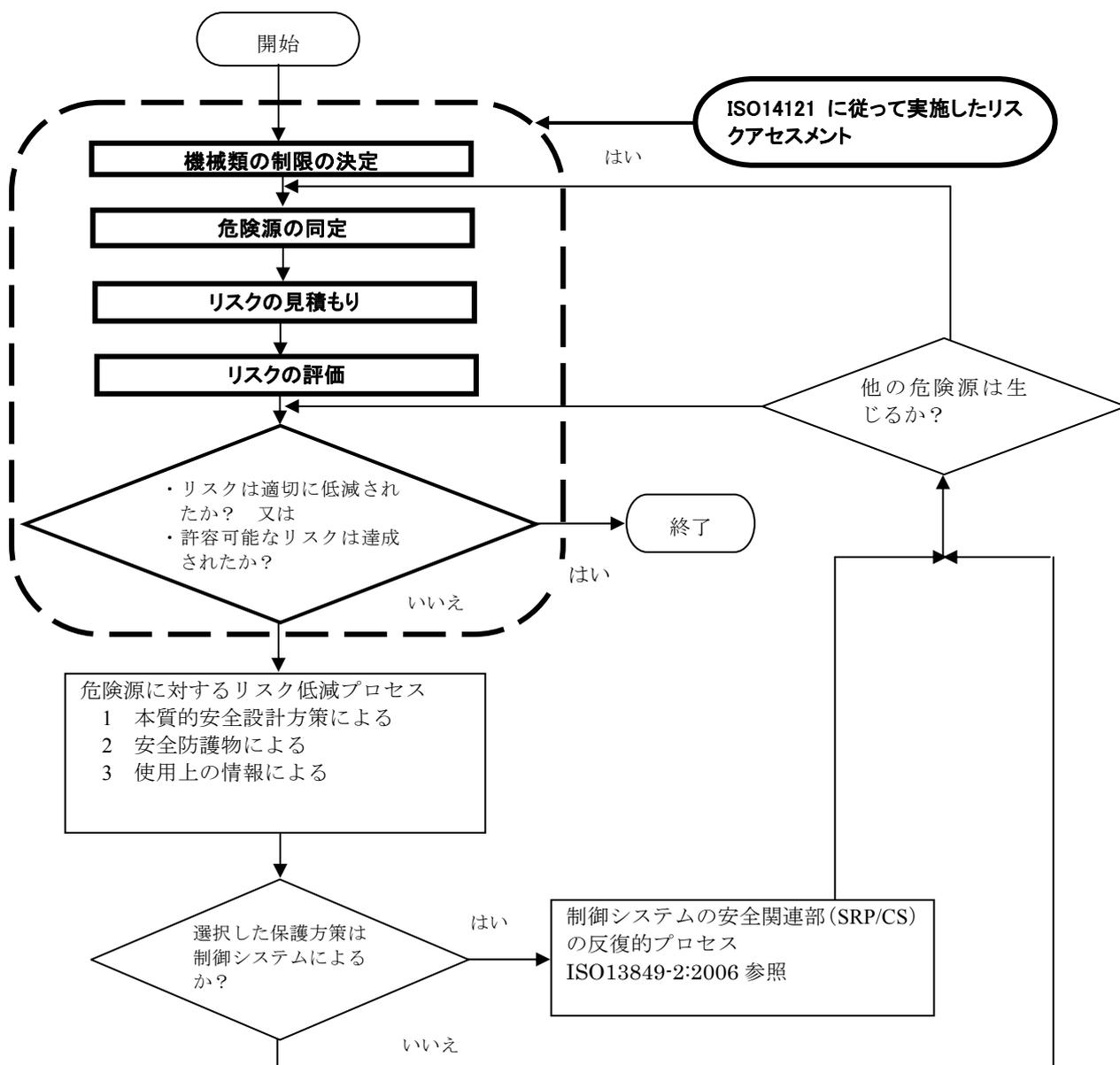


図 4-1 リスクアセスメント及びリスク低減の概念図

図 4-1 は、リスク低減方策までを含んだリスクアセスメントのフローであり、厳密に言えば、図の点線部分で囲まれたステップがリスクアセスメントである。この図では、保護方策のうち、制御システムによるリスク低減方策と他の方策を分離して示してある。

(1)機械類の制限の決定

機械類の制限は、次の 3 つの制限からなり、当該機械の使用範囲を決定することを意味する。

- －使用上の制限：意図する使用，合理的に予見可能な誤使用を考慮
- －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

一時間上の制限：機械，各コンポーネントのライフリミット
 詳細は，表 4-1 参照。

表 4-1 機械類の制限例

制限	制限要素例	
使用上の制限	意図する使用 (人との相互作用 ／対象設計範囲)	(a)ライフサイクル上での相互作用： 1)システム，構成，2)運搬，3)組立て及び据付，4)コミッ ショニング，5)使用状態，6)使用停止・分解
		(b)機能不良に伴う相互作用： 1)加工品の特性，寸法・形状の変化，2)構成部品又は機能 故障，3)衝撃，振動，電磁妨害，温度，湿度など環境変化， 4)ソフトウェア上の誤りを含めて設計誤り又は設計不良， 5)動力供給異常，電源変動，6)機械の据付やジャミングな ど機械近傍の状況変化
		(c)対象とする人： 1)オペレータ，技術者，見習い初心者，2)性別，年齢，利き 手，障害者，3)機械の周辺作業員，監督者，監視役，4)第3者
	合理的に予見可能な 誤使用(機械の合理 性の欠如)	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)集中力の欠如又は不注意による機 械の操作誤り，4)作業中での近道反応による被災，5)第3者 の行動
	予期しない起動	1)制御システムの故障や，ノイズなど外部からの影響で生じ る起動指令で生じる起動，2)センサや動力制御要素など，機 械の他の部分での不適切な扱いにより生じる起動，3)動力中 断後の再復帰に伴う起動，4)重力や風力，内燃機関での自己 点火など，機械への外部又は内部からの影響による起動，5) 機械の停止カテゴリ(IEC60204-1)
空間上の制限	機械の動作範囲	アクチュエータの可動範囲，及びその可動速度又は運動エネルギー
	オペレーター機械間 インタフェース	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，機械の応答時間
	機械－動力間インタ フェース	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 ルギの消散，捕捉時の救出，
	作業環境	階段，梯子，手摺の設置，プラットフォーム
時間的 制限	機械的制限	加工用の砥石やドリルなど工具の交換時期，可動部のベアリ ングや油空圧部品のシール寿命
	電氣的制限	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

(2)危険源の同定

危険源の同定とは，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（恒久的な危険源及び予期せずに現れ得る危険源）を特定することである。ISO12100-1の第4章では，表 4-2-1 及び表 4-2-2 のような危険源が規定されている。また，危険源の例の詳細は ISO14121 の附属書でも示されている。

表 4-2-1 危険源

危険源	性質等
機械的危険源	可動する機械と直接人が接触すること、機械や装置に巻き込まれる、又ははさまれるなどの結果として生じる危険源。
電氣的危険源	電気に起因する危険源であり、次のような原因により危害を生じる可能性がある。 <ul style="list-style-type: none"> ●直接接触（充電部との接触、正常な運転時に加電圧される導体又は導電性部分） ●間接接触（不具合状態のとき、特に絶縁不良の結果として、充電状態になる部分） ●充電部への、特に高電圧領域への人の接近 ●合理的に予見可能な使用条件下の不適切な絶縁 ●帯電部への人の接触等による静電気現象 ●熱放射 ●短絡若しくは過負荷に起因する化学的影響のような又は溶融物の放出のような現象 ●感電によって驚いた結果、人の墜落（又は感電した人からの落下物）を引き起こす可能性がある
熱的危険源	人間が接触する表面の異常な温度（高低）により生じる危険源。 <ul style="list-style-type: none"> ●極端な温度の物体又は材料との接触による、火炎又は爆発及び熱源からの放射熱によるやけど及び熱傷 ●高温作業環境又は低温作業環境で生じる健康障害
騒音による危険源	機械から発生する騒音により、次のような結果を引き起こす危険源。 <ul style="list-style-type: none"> ●永久的な聴力の喪失 ●耳鳴り ●疲労、ストレス ●平衡感覚の喪失又は意識喪失のようなその他の影響 ●口頭伝達又は音響信号知覚への妨害
振動による危険源	長い時間の低振幅又は短い時間の強烈な振幅により、次のような危害を生じる危険源。 <ul style="list-style-type: none"> ●重大な不調（背骨の外傷及び腰痛） ●全身の振動による強い不快感 ●手及び／又は腕の振動による白ろう（蠟）障害のような血管障害、神経学的障害、骨・関節障害
放射による危険源	次のような種類の放射により生じる危険源であり、短時間で影響が現れる場合、又は長期間を経て影響がでる場合もある。 <ul style="list-style-type: none"> ●電磁フィールド（例えば、低周波、ラジオ周波数、マイクロ波域における） ●赤外線、可視光線、紫外線 ●レーザ放射 ●X線及びγ線 ●α線、β線、電子ビーム又はイオンビーム、中性子
材料及び物質による危険源	機械の運転に関連した材料や汚染物、又は機械から放出される材料、製品、汚染物と接触することにより生じる次のような危険源。 <ul style="list-style-type: none"> ●例えば、有害性、毒性、腐食性、はい（胚）子奇形発生性、発がん（癌）性、変異誘発性及び刺激性をもつ流体、ガス、ミスト、煙、繊維、粉じん、並びにエアゾルを吸飲すること、皮膚、目及び粘膜に接触すること又は吸入することに起因する危険源 ●生物（例えば、かび）及び微生物（ウイルス又は細菌）による危険源、など
機械設計時における人間工学原則の無視による危険源	機械の性質と人間の能力のミスマッチから生じる次のような危険源。 <ul style="list-style-type: none"> ●不自然な姿勢、過剰又は繰り返しの負担による生理的影響（例えば、筋・骨格障害） ●機械の“意図する使用”の制限内で運転、監視又は保全する場合に生じる精神的過大若しくは過小負担、又はストレスによる心理・生理的影響 ●ヒューマンエラー
滑り、つまづき及び墜落の危険源	床面や通路、手すりなど不適切な状態、設定、設置により生じる危険源。
危険源の組み合わせ	上に掲げた危険源が様々組み合わされることにより生じる危険源。 個々には取るに足らないと思われても重大な結果を生じる恐れがある。

表 4-2-2 危険源—基準値—大きさ・形状等（参考）

危険源	基準値—大きさ形状等（参考）																																									
機械的危険源	<ul style="list-style-type: none"> ●規格の要求事項（参考基準） 75N, 150N（適切な保護装置がある場合） *出典：参考文献の[13]参照 ●痛覚静的耐性値／被験者：10代～50代男女16名（参考基準） 平均値：65N～146N, 最小値：13N～46N, 最大値：133N～245N *出典：詳細は、参考文献の[14]参照 ●安衛法 80kW, 1m/s（ロボット） ●ISO10218（ロボット） 250mm/s（安全速度） 																																									
電氣的危険源	IEC60204-1 参照																																									
熱的危険源	<ul style="list-style-type: none"> ●接触時間限界値 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 16.6%;">材料</th> <th style="width: 16.6%;">1 秒</th> <th style="width: 16.6%;">10 秒</th> <th style="width: 16.6%;">1 分間</th> <th style="width: 16.6%;">10 分未満</th> <th style="width: 16.6%;">8 時間未満</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>無被覆金属</td> <td>65℃</td> <td>56℃</td> <td>51℃</td> <td>48℃</td> <td>43℃</td> </tr> <tr> <td>被覆金属</td> <td colspan="2">被覆の厚さにより異なる</td> <td>51℃</td> <td>48℃</td> <td>43℃</td> </tr> <tr> <td>セラミック, ガラス及び石材</td> <td>80℃</td> <td>66℃</td> <td>56℃</td> <td>48℃</td> <td>43℃</td> </tr> <tr> <td>プラスチック</td> <td>85℃</td> <td>66℃</td> <td>60℃</td> <td>48℃</td> <td>43℃</td> </tr> <tr> <td>木材</td> <td>110℃</td> <td>90℃</td> <td>60℃</td> <td>48℃</td> <td>43℃</td> </tr> </tbody> </table> <p>*参考文献の[15]参照</p>						材料	1 秒	10 秒	1 分間	10 分未満	8 時間未満	無被覆金属	65℃	56℃	51℃	48℃	43℃	被覆金属	被覆の厚さにより異なる		51℃	48℃	43℃	セラミック, ガラス及び石材	80℃	66℃	56℃	48℃	43℃	プラスチック	85℃	66℃	60℃	48℃	43℃	木材	110℃	90℃	60℃	48℃	43℃
材料	1 秒	10 秒	1 分間	10 分未満	8 時間未満																																					
無被覆金属	65℃	56℃	51℃	48℃	43℃																																					
被覆金属	被覆の厚さにより異なる		51℃	48℃	43℃																																					
セラミック, ガラス及び石材	80℃	66℃	56℃	48℃	43℃																																					
プラスチック	85℃	66℃	60℃	48℃	43℃																																					
木材	110℃	90℃	60℃	48℃	43℃																																					
騒音による危険源	<ul style="list-style-type: none"> ●工場等環境確保条例／第4種区域（東京都） 60dB（6時～8時）、70dB（8時～19時）、60dB（19時～23時）、55dB（23時～6時） *第4種区域：主として工業等の用に供されている区域であって、その区域内の住民の生活環境を悪化させないため、著しい騒音の発生を防止する必要がある区域 ●騒音障害防止のためのガイドライン <p>(1)作業環境測定を実施している場合</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">管理区分</th> <th style="width: 50%;">リスク</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第Ⅲ管理区分</td> <td>高</td> </tr> <tr> <td>第Ⅱ管理区分</td> <td>中</td> </tr> <tr> <td>第Ⅰ管理区分</td> <td>低</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">測定値</th> <th style="width: 50%;">管理区分</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90dB 以上</td> <td>第Ⅲ管理区分</td> </tr> <tr> <td>85dB～90dB</td> <td>第Ⅱ管理区分</td> </tr> <tr> <td>85dB</td> <td>第Ⅰ管理区分</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2)作業環境測定を実施していない場合 有害性のレベル</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">有害性のレベル</th> <th style="width: 50%;">騒音レベル（平均特性）</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>90dB 以上</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>90dB 未満 85dB 以上</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>85dB 未満 80dB 以上</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>80dB 未満</td> </tr> </tbody> </table>						管理区分	リスク	第Ⅲ管理区分	高	第Ⅱ管理区分	中	第Ⅰ管理区分	低	測定値	管理区分	90dB 以上	第Ⅲ管理区分	85dB～90dB	第Ⅱ管理区分	85dB	第Ⅰ管理区分	有害性のレベル	騒音レベル（平均特性）	A	90dB 以上	B	90dB 未満 85dB 以上	C	85dB 未満 80dB 以上	D	80dB 未満										
管理区分	リスク																																									
第Ⅲ管理区分	高																																									
第Ⅱ管理区分	中																																									
第Ⅰ管理区分	低																																									
測定値	管理区分																																									
90dB 以上	第Ⅲ管理区分																																									
85dB～90dB	第Ⅱ管理区分																																									
85dB	第Ⅰ管理区分																																									
有害性のレベル	騒音レベル（平均特性）																																									
A	90dB 以上																																									
B	90dB 未満 85dB 以上																																									
C	85dB 未満 80dB 以上																																									
D	80dB 未満																																									

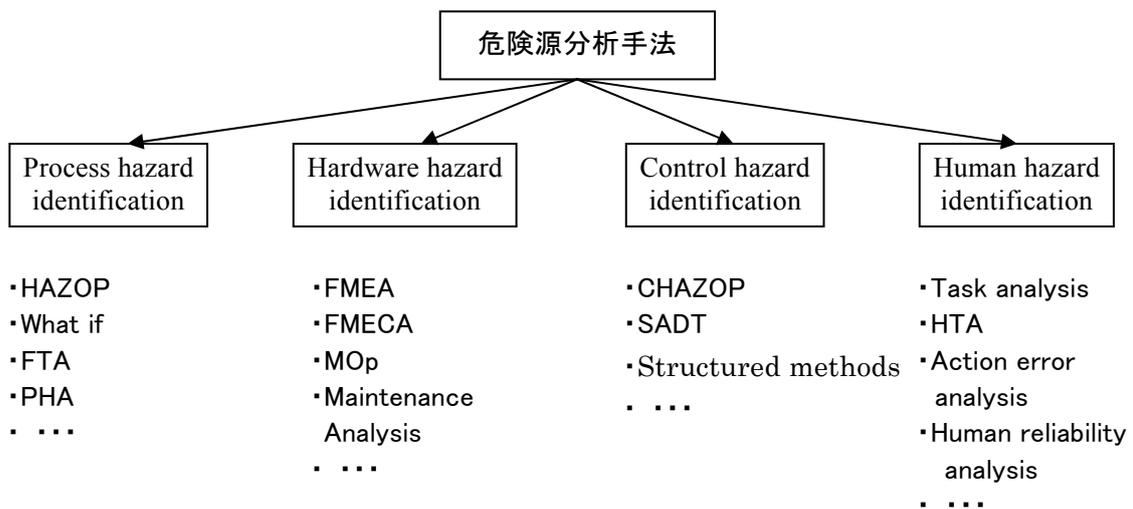
危険源	基準値－大きさ形状等（参考）				
	8 時間以上	8 時間未満 4 時間以上	4 時間未満 2 時間半以上	2 時間未満 1 時間以上	1 時間未満
A	高				
B	高		中	低	
C	高	中	低		
D	低				
リスク	優先度				
高	直ちに対応すべきリスクがある				
中	速やかに対応すべきリスクがある				
低	必要に応じてリスク低減措置を実施すべきリスクがある				
管理区分	対策				
第 I 管理区分	第 I 管理区分に区分された場所については、当該場所における作業環境の継続的維持に努めること。				
第 II 管理区分	<p>(1)第 II 管理区分に区分された場所については、当該場所を標識によって明示する等の措置を講ずること。</p> <p>(2)施設、設備、作業工程又は作業方法の点検を行い、その結果に基づき、施設又は設備の設置又は整備、作業工程又は作業方法の改善その他作業環境を改善するため必要な措置を講じ、当該場所の管理区分が第 I 管理区分となるよう努めること。</p> <p>(3)騒音作業に従事する労働者に対し、必要に応じ、防音保護具を使用させること。</p>				
第 III 管理区分	<p>(1)第 III 管理区分に区分された場所については、当該場所を標識によって明示する等の措置を講ずること。</p> <p>(2)施設、設備、作業工程又は作業方法の点検を行い、その結果に基づき、施設又は設備の設置又は整備、作業工程又は作業方法の改善その他作業環境を改善するため必要な措置を講じ、当該場所の管理区分が第 I 管理区分又は第 II 管理区分となるようにすること。</p> <p>なお、作業環境を改善するための措置を講じたときは、その効果を確認するため、当該場所について作業環境測定を行い、その結果の評価を行うこと。</p> <p>(3)騒音作業に従事する労働者に防音保護具を使用させるとともに、防音保護具の使用について、作業中の労働者の見やすい場所に掲示すること。</p>				
<p>●単体機械 80dB（EU 規制／機械から放出される騒音）</p> <p>●ISO1999 騒音性聴力障害 LAeg,24h=70dB（A）以下（長期的な暴露であっても聴力障害には至らない） 衝撃音のピーク音圧：140dB 以下（成人），120dB 以下（小児） * LAeg,T:A 特性補正した音の T 時間の平均エネルギーに等価な定常音のレベル</p>					

危険源	基準値－大きさ形状等（参考）					
振動による危険源	●環境確保条例／第2種区域（東京都） 65dB（8時～20時），60dB（20時以降）					
放射による危険源	●放射線の分類（周波数別）					
	性質	タイプ	周波数／波長／エネルギー	特徴		
	電場及び磁場 電磁波 光放射 光放射 光放射	極超長波及び長波 無線周波 赤外線 可視光 紫外線	$0 < f < 30\text{kHz}$ $30\text{kHz} < f < 300\text{GHz}$ $1\text{mm} > \lambda > 780\text{nm}$ $780\text{nm} > \lambda > 380\text{nm}$ $380\text{nm} > \lambda > 100\text{nm}$	非電離放射線		
	粒子	X線， γ 線 α 線， β 線，電子， 中性子 ほか	$\lambda < 100\text{nm}$ ， $W > 12\text{eV}$ $W > 12\text{eV}$	電離放射線		
	f =周波数， λ =波長， W =量子／粒子エネルギー					
	●放射線放出レベルによる分類					
	種別	内容	被爆者	一日当たりの被爆時間	制限と保護策	情報と訓練
	0	公共の場所で1日あたり24時間まで使用できる機械	一般人(成人，子供，知らされていない人など)	24時間	制限なし	情報は必要としない
	1	放射線放出種別0のレベルを超えるが通常の作業日に任意の作業者により使用される機械	作業員，全作業員（知らされている成人）	8時間	接近の制限あるいは保護策が必要	危害，危険及び二次的影響に関する情報
	2	放射線放出が種別1のレベルを超える機械	知識を持つ責任ある訓練を受けた人のみ	放出レベルによる	特別な制限と保護策が必須	危害，危険と二次的影響に関する情報，訓練が必要
材料及び物質による危険源	●MSDS					
機械設計時における人間工学原則の無視による危険源	●重量物の人手による取扱 (1)重量3kg以上の場合 — 補助具の準備の検討 — 補助具の寸法等：フック直径：20mm～40mm，深さ：125mm以上，形状：円形又は楕円形 — 移動距離：2m未満 — 専用の補助具を準備する					

危険源	基準値－大きさ形状等（参考）																								
	<ul style="list-style-type: none"> — 寸法：幅 600mm×奥行 500mm（最大値）、高さ視界が確保できる高さ — 作業姿勢：無理な姿勢は避ける — 高頻度の作業の繰り返しは避ける <p>(2)最大重量 25kg の場合の補足事項</p> <ul style="list-style-type: none"> — 最大水平移動距離：250mm <p>●視認性</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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、頻度の多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 <p>●手動制御機器の選択及び配置</p> <p>(1)色彩 非常：赤 異常：黄 正常：緑 強制：青</p> <p>(2)要求事項</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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、ちゅうちよすることなく、素早く、かつあいまいさがなく安全に操作できる（例えば、標準化した手動制御器の配置により、オペレータがある機械から、同じ運転パターンを有した類似の機械に移動したとき、誤操作する可能性を低減できる） — 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り追加的なリスクを生じない。 <p>●精神的疲労</p> <table border="1" data-bbox="422 1279 1345 1691"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">精神的作業負荷による減退効果別の解決策</th> </tr> <tr> <th>疲労</th> <th>単調感</th> <th>注意力の低下</th> <th>心的飽和</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>業務における対策</td> <td>業務配分，時間分割への注意</td> <td>業務配分，多様性</td> <td>注意の連続を避ける</td> <td>小目標を与える 職務充実</td> </tr> <tr> <td>作業装置における対策</td> <td>あいまいさのない情報提示</td> <td>機械ペースの作業を避ける 信号提示のモードを変更する</td> <td>信号の見易さ</td> <td>業務達成に関して個人のやり方で行う機会を与える</td> </tr> <tr> <td>作業環境における対策</td> <td>証明</td> <td>温度，色</td> <td>変化のない聴覚刺激を避ける</td> <td>変化のない環境状態を避ける</td> </tr> </tbody> </table>		精神的作業負荷による減退効果別の解決策				疲労	単調感	注意力の低下	心的飽和	業務における対策	業務配分，時間分割への注意	業務配分，多様性	注意の連続を避ける	小目標を与える 職務充実	作業装置における対策	あいまいさのない情報提示	機械ペースの作業を避ける 信号提示のモードを変更する	信号の見易さ	業務達成に関して個人のやり方で行う機会を与える	作業環境における対策	証明	温度，色	変化のない聴覚刺激を避ける	変化のない環境状態を避ける
	精神的作業負荷による減退効果別の解決策																								
	疲労	単調感	注意力の低下	心的飽和																					
業務における対策	業務配分，時間分割への注意	業務配分，多様性	注意の連続を避ける	小目標を与える 職務充実																					
作業装置における対策	あいまいさのない情報提示	機械ペースの作業を避ける 信号提示のモードを変更する	信号の見易さ	業務達成に関して個人のやり方で行う機会を与える																					
作業環境における対策	証明	温度，色	変化のない聴覚刺激を避ける	変化のない環境状態を避ける																					
滑り，つまづき及び墜落の危険源	<p>●つまづき防止：スロープの設置及び角度 20°</p> <p>●すべり防止（作業用プラットフォーム及び通路）</p> <p>(1)構造及び材質</p> <ul style="list-style-type: none"> — 十分な剛性及び安定性を確保するための寸法及び構成品（取付金具，連結具，支え及び基礎を含む。）の選択。 — 環境上の影響（例えば，天候，化学薬品，腐食性気体など）に対する全部品の抵抗性。例えば，耐腐食材料又は適切なコーティングを用いる。 																								

危険源	基準値－大きさ形状等（参考）
	<ul style="list-style-type: none"> — 水がたまらないような構造部材の配置。例えば、結合部など。 — 電食作用又は温度膨張差を小さくするような材料の使用。 — 通路及び作業用プラットフォームの寸法は、利用可能な人体測定データに従う。参考 EN 547-1 及びEN 547-3。 — 作業用プラットフォーム及び通路は、落下物に起因する危険源を防止するように設計・製造されなければならない。 <p>(2) 位置</p> <ul style="list-style-type: none"> — 通路及び作業用プラットフォームは、有害な材料又は化学物質の放出及び滑りを引き起こしやすい材料がたい積されるような場所から、できる限り遠くに離して配置する。 — 作業用プラットフォームは、人が人間工学的な位置で作業できるように設置されなければならない、できれば作業位置高さは作業用プラットフォームの床上 500～1 700 mm の間が望ましい。 <p>● 墜落防止</p> <ul style="list-style-type: none"> 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 JIS B 9713-2 第2部：作業用プラットフォーム及び通路 JIS B 9713-3 第3部：階段、段ばしご及び防護さく（柵） JIS B 9713-4 第4部：固定はしご
危険源の組み合わせ	—

なお、危険源分析の手法については、図 4-2 のような手法がある。



略号

HAZOP : Hazard and operability study

FTA : Fault tree analysis

PHA : Preliminary hazard analysis

FMEA : Failure mode and effect analysis

FMECA : Failure modes, effects, and criticality analysis

MOp : Maintenance and operability study

CHAZOP : Computer hazard and operability study

SADT : Structured analysis and design techniques

HTA : Hierarchical task analysis

図 4-2 危険源分析手法の分類と例

(3)リスク見積もり

リスク見積もりとは、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位のリスクがあるかを算定することである。

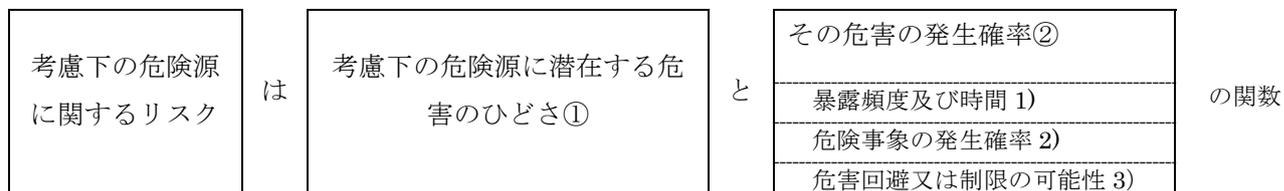


表 4-3 危害のひどさ及び発生確率，並びにその要件

(1)考慮下の危険源に潜在する危害のひどさ	考慮すべき要件
	①保護対象の性質（人，財産，環境），②傷害又は健康障害の強度（軽い，重い，死亡），③危害の範囲（個別 機械の場合，一人，複数）
(2)危害の発生確率	考慮すべき要件
1)危険源への暴露頻度及び時間	①危険区域への接近の必要性，②接近の性質，③危険区域内での経過時間，④接近者の数，⑤接近の頻度
2)危険事象の発生確率	①信頼性及び他の統計データ，②事故履歴，③健康障害履歴，④リスク比較
3)危害回避又は制限の可能性	①誰が機械を運転するか，②危険事象の発生速度，③リスクの認知，④危害回避又は制限の人的可能性，⑤実際の体験及び知識による

(4)リスク見積もりのツールについて

リスク見積もりを行う際、いくつかのツールが利用可能であり、どのツールを利用するかはそれぞれ人により機械により異なるが、代表的なものを次に示す。

①リスクマトリクス

危害の発生頻度と危害のひどさを定性的に見積もる手法である。それぞれの要素は、4分類する場合、6分類する場合など様々である。この例は、ANSI B 11（表 4-4 参照）や IEC61508（表 4-5 参照）で示される。

表 4-4 ANSI B 11 の例

危害の発生確率	危害のひどさ			
	致命的 (catastrophic)	深刻 (serious)	中程度 (moderate)	軽微 (minor)
確定的 (very likely)	高	高	高	中
起こり得る (likely)	高	高	中	低
起こりそうにない (unlikely)	中	中	低	無視可能
起こりえない (remote)	低	低	無視可能	無視可能

致命的(catastrophic) : 死亡又は永久的な傷害若しくは疾病 (仕事に戻れない)
 深刻(serious) : 重大な傷害又は疾病(ある時点では, 仕事に戻れる)
 中程度(moderate) : 応急処置以上が必要とされる重大な傷害又は疾病(同じ仕事に戻れる)
 軽微(minor) : 応急処置以上を必要としない傷害がない, 又は軽微な傷害 (ほんのわずか, 又はまったく仕事の時間に支障がない)
 確定的(very likely) : 起こることがほぼ確実
 起こり得る(likely) : 起こる可能性が高い
 起こりそうにない(unlikely) : ほとんど起こりそうにない
 起こりえない(remote) : ゼロに近いくらい起こりそうにない

表 4-5 IEC61508 の例

危害の発生確率	危害のひどさ (Consequences)			
	致命的 (catastrophic)	危機的 (critical)	限界的 (marginal)	無視可能 (negligible)
頻発 (Frequent)	I	I	I	II
起こり得る (Probable)	I	I	II	III
随時 (Occasional)	I	II	II	III
起こりそうにない (Remote)	II	III	III	IV
起こりえない (Improbable)	III	III	III	IV
信じられない (incredible)	IV	IV	IV	IV

クラス I : 許容できないリスク (Intolerable risk)
 クラス II : 好ましくないリスク (undesirable risk), 及びリスク低減が現実的でない又は得られる改善がコストの観点で適切でない場合のみ許容可能
 クラス III : リスク低減のコストが得られる改善を超える場合, 許容可能リスク
 クラス IV : 無視可能 (Negligible) なリスク

②リスクグラフ

ツリー形式で示される方法で, 想定される危害のひどさ, 危険源/危険事象/危険状態にさらされる頻度, 危険事象の発生確率, 回避の可能性などがリスクパラメータとなる。

この方法は、厚生労働省の指針、JIS B 9705-1 や DIN V 19250 等で示されている（図 4-3 参照）。

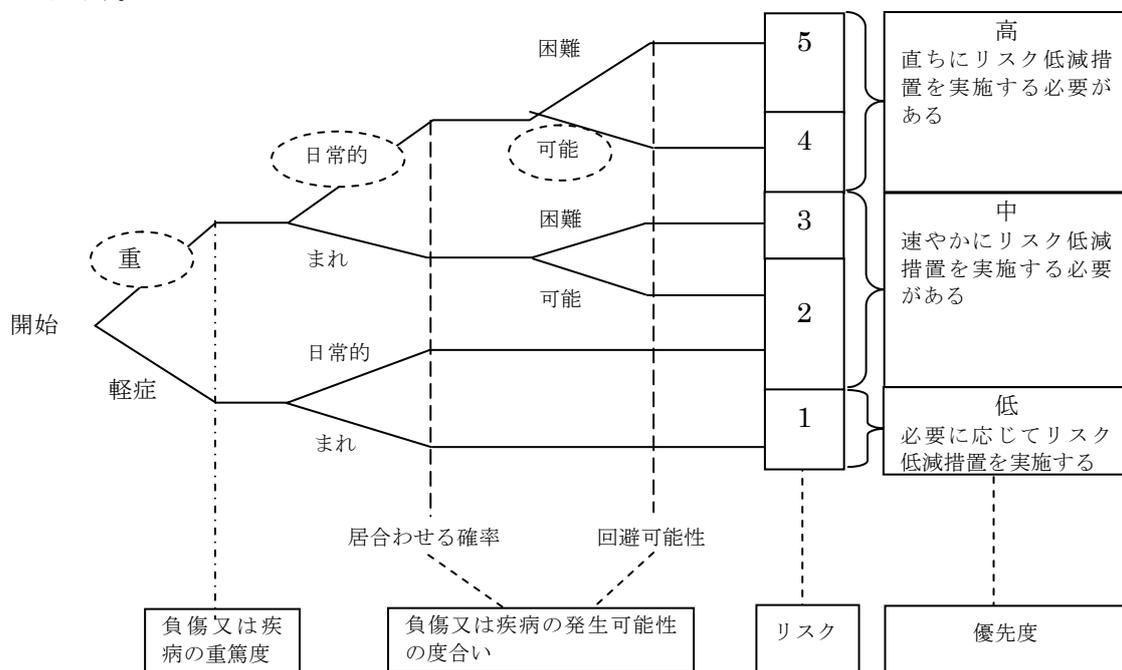


図 4-3 厚生労働省“危険性又は有害性等の調査等に関する指針”で示される例

③スコアリング

リスクマトリックスやリスクグラフと同様の方法であるが、リスクレベルを数字で表す方法である。危害の発生確率のスコアと危害のひどさのスコアを足し算し、リスクレベルを示す。危害のひどさのパラメータと危害の発生確率のパラメータは、最終的には、定性的に判断に基づく（表 4-6 及び表 4-7 参照）。

表 4-6 危害のひどさのスコアリング

危害のひどさ	危害のひどさのスコア
致命的 (catastrophic)	$SS \geq 100$
深刻 (serious)	$99 \geq SS \geq 90$
中程度 (moderate)	$89 \geq SS \geq 30$
軽微 (minor)	$29 \geq SS \geq 0$

表 4-7 危害の発生確率のスコアリング

危害の発生確率	危害の発生確率のスコア
確定的 (very likely) (likely or certain to occur)	$PS \geq 100$
起こり得る (likely can occur) (but not probable)	$99 \geq PS \geq 70$
起こりそうにない (Unlikely) (not likely to occur)	$69 \geq PS \geq 30$
起こりえない (Remote)	$29 \geq PS \geq 0$

確定的 (very likely) : 起こることがほぼ確実
 起こり得る (likely) : 起こる可能性が高いが、確実ではない
 起こりそうにない (unlikely) : 起こる可能性は高くない
 起こりえない (remote) : ゼロに近いくらい起こりそうにない

危害のひどさと発生確率のスコアを足し、表 4-8 によりリスクスコアを出す。

表 4-8 リスクスコア

—	高(high)	> 160
159 >	中(medium)	> 120
119 >	低(low)	> 90
89 >	無視可能(negligible)	> 0

(5)リスクの評価

リスクの評価とは、結果としてリスクの低減が必要であるかどうか、リスク低減目標を達成したかどうかを最終的に決定することである。

リスク低減目標については、ISO12100 では表 4-9 の問いに肯定の回答を与えることができたとき達成したと考えてよいとある。

表 4-9 ISO12100-1 で示されるリスク低減目標達成のための基準—適切なリスク低減

リスク低減目標達成のための問い	YES	NO	備考
すべての運転条件及びすべての介入方法を考慮したか？			
3 ステップメソッドを実施したか？			
危険源は除去されたか、又は危険源によるリスクは実現可能な最も低いレベルまで低減されたか？			
採用する方策によって、新しく危険源が生じないのは確かであるか？			
使用者に残留リスクについて十分に通知し、かつ警告しているか？			
保護方策の採用によってオペレータの作業条件が危うくならないのは確かであるか？			
採用した保護方策は互いに支障なく成り立つか？			
専門及び工業分野の使用のために設計された機械が非専門及び非工業分野で使用されるとき、それから生じる結果について十分配慮したか？			
採用した方策が機械の機能を遂行するうえで、機械の能力を過度に低減しないのは確かであるか？			

●規格が求める安全性のレベル

上で示した“適切なリスク低減”（表 4-9 参照）は、ISO12100 で示される基準であるが、このほかに参考として、ISO/IEC ガイド 51 に示される“安全”，“許容可能なリスク”に基づいた判断基準と IEC61508 で示される“許容可能なリスク”について参考のため記述する。

①ISO/IEC ガイド 51

ISO/IEC ガイド 51 における安全の定義は次である。

安全 (safety) :

受け入れ不可能なリスクがないこと。(Freedom from unacceptable risk)

“安全”とは、“受け入れ不可能なリスクがないこと”であり、いづらかリスクは残ることを前提としている。図 4-4 は、リスクの大きさを表したものである。図 4-4 では、“受け入れ不可能なリスク (unacceptable risk)”より低いリスクが、リスクの大きさ順に、“許容可能なリスク (Tolerable risk)”, “受け入れ可能なリスク (acceptable)”の 2 段階で示されている。

しかし、ISO/IEC Guide 51 には、“受け入れ可能なリスク”の定義は示されておらず、“許容可能なリスク”のみが定義されている。

許容可能なリスク (Tolerable risk) :

社会における現時点での評価に基づいた状況下で受け入れられるリスク。

“受け入れ可能なリスク”とは、リスクが非常に小さく、感覚的にいえば、かすり傷やあざができる程度のリスクと考えることができる。また、重大な影響を及ぼす事象の場合、発生確率が 100 万分の 1 以下の範囲を指す場合が多い。

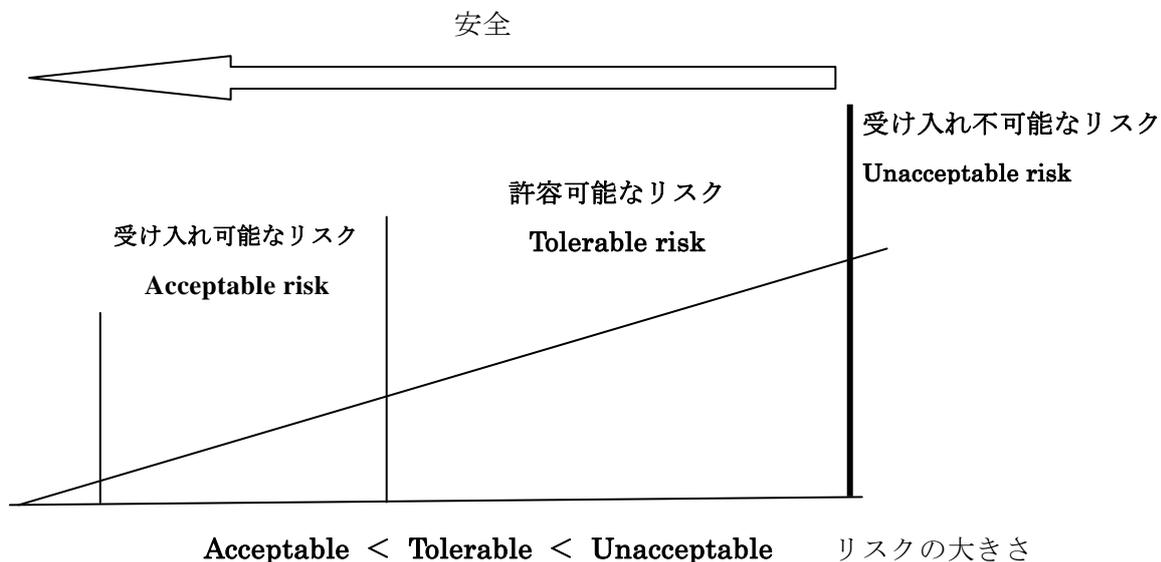


図 4-4 リスクの大きさ

さらに、ISO/IEC ガイド 51 では、上で示す“許容可能なリスク”の定義に加え、次の説明が加えられる。

“絶対的安全という理念，製品，プロセス又はサービス及び使用者の利便性，目的適合性，費用対効果，並びに関連社会の慣習のような諸要因によって満たされるべき要件とのバランスで決定される”

つまり，“許容可能なリスク”は，統一的に，普遍的な一定の基準として決められるものではなく，限りなくリスクがゼロになること（絶対的安全という理念）を目指し，製品などを使用する人の利便性，製品がその本来の使用目的と適合していること，費用対効果，ある社会の文化・慣習などのさまざまな要因によって決定されるものとしている。

安全の定義からすると，この“受け入れ可能なリスク（**acceptable risk**）”か“許容可能なリスク（**tolerable risk**）”が達成されていれば，安全性が達成されたと解釈することができるが，図 4-1 では，“許容可能なリスクは達成されたか？”が最終判定の一つとなっている。これは，許容可能なリスクが達成されていることが，安全であるとみなす最低限のレベルであるということの意味しており，可能であれば，“受け入れ可能なリスク”まで低減することを要求している。なぜなら，現実的には，費用をかけてもそれに見合うリスク低減がなされない，リスクと製品の便益を比較すると得られる便益のほうが大きいなどの理由により，“受け入れ可能なリスク”まで低減できない場合があるので，“許容可能なリスク”を達成することにより，やむを得ず安全と定義している。

②IEC61508

IEC 61508 で示される“許容可能なリスクと ALARP（As low as practicable）”を，図 4-5 により説明する。

なお，“安全”，“許容可能なリスク”の定義については，ISO/IEC Guide 51 と同様である。

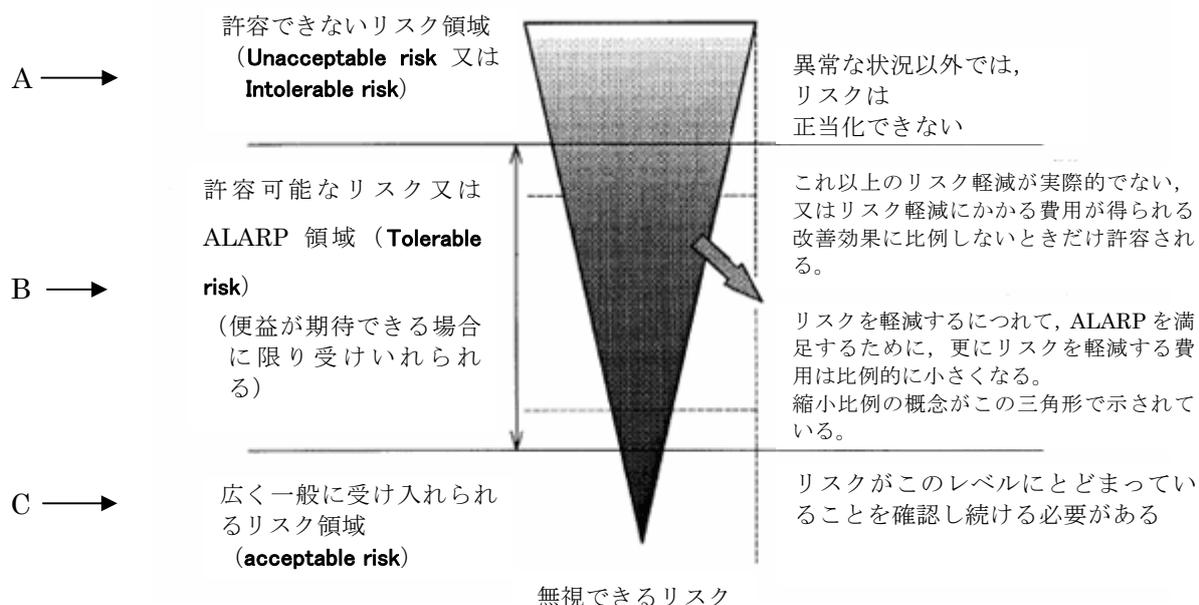


図 4-5 許容可能リスクと ALARP

図 4-5 では、リスク領域の概念が大きく三つに分類されていることがわかる。

A. 許容できないリスク (Unacceptable risk 又は Intolerable risk) 領域 :

リスクが非常に大きく全面的に拒絶されるリスク領域。

B. 許容可能なリスク又は ALARP (Tolerable risk) 領域 :

リスクが実行可能なレベルまで低減されているリスク領域。このリスクを受け入れることによる利益が使用者にあり、リスクをさらに低減するには費用が必要であることを示す。

C. 広く一般に受け入れられるリスク (Acceptable risk) 領域 :

リスクが非常に小さいか、小さくされたので問題とされないリスク領域

B で示されるリスク領域は、一般的に ALARP 領域と呼ばれる。この領域では、費用便益分析 (費用に対する便益を金額に換算して分析すること) により、合理的に実行可能なレベルまでリスクを低減する必要がある。

なお、図 4-5 の B における ALARP 又は許容可能なリスク領域の上方のレベルは、リスクの低減が不可能か、リスク改善の費用が改善効果に対して全くつりあっていないときのみ許されるレベルで、下方のレベルは、リスク低減の費用が得られる改善効果に比例しない場合のみ許されるレベルである。

4.3 保護方策

保護方策は、設計者／メーカーにより講じられる方策と使用者／ユーザにより講じられる方策とに大きくは分類できる。ここでは、設計者／メーカーにより講じられる方策について記述する (図 4-6 及び表 4-10 参照)。

本質的安全設計方策 : (1) 設計上の各種処置方法を適切に選択し、できる限り多くの危険源の生成を防止し、低減する方法, (2) 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

安全防護策及び付加保護方策 : (1) ガード, (2) 保護装置, (3) 非常停止など (付加保護方策)

使用上の情報 : (1) 信号及び警報装置, (2) 表示, 標識 (絵文字), 警告文, (3) 付属文書 (特に, 取扱説明書)

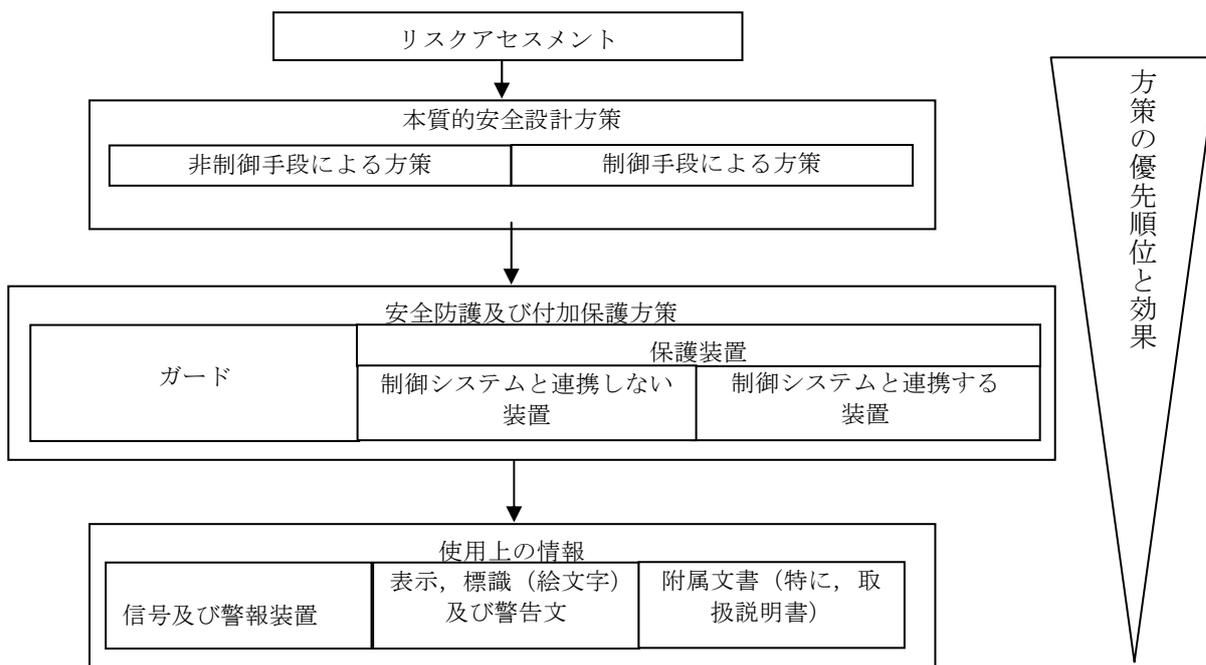


図 4-6 リスクアセスメントと保護方策

●**本質的安全設計方策：**

制御手段と非制御手段による方策に分類できる。制御手段による方策とは、制御システムで故障、不具合を生じないように意図する機能を実行し、人に危害を生じる機械の危険な動きを防止する対策や故障しても、故障に対する抵抗性を高めることにより、安全性を確保する方策などがあげられる。また、非制御手段による方策としては、危険な箇所をなくす方法やオペレータの精神的、肉体的疲労などを低減する人間工学原則を適用する方法などである。

●**安全防護策及び付加保護方策：**

ガードと保護装置（安全装置）による方策である。ガードについては、危険な箇所への接近防止策として、保護装置については、機械の危険な動きを停止させる方策である。保護装置については、ライト（光）カーテンや圧力検知マットなどの人の進入・存在検知装置や、両手操作制御装置、イネーブル装置、ホールド・トゥ・ラン制御装置などの人が意図的に起動し操作者の保護のための装置、またインタロック装置などである。これらの装置は、制御システムと連携する装置である。このほか、各種保護装置が規定されるが、くさびや車輪止めなどの機械的拘束装置は制御システムと連携しない装置である。

付加保護方策は、非常停止、機械類へ安全に接近するためのはしごやプラットフォーム、人の救出手段などである。

●**使用上の情報：**

三つに分類され、機械の状態変化や異常状態を知らせるための信号及び警報装置、

機械を正しく使用するために必要な表示，標識（絵文字）及び警告文，機械の運転や保全等のために必要とされる取扱説明書となる。

表4-10 方策分類と例

方策の分類		方策の例
本質的 安全設計方 策	非制御手段	<ul style="list-style-type: none"> ●幾何学的要因及び物理的側面の考慮 ●構成品間のポジティブな機械的作用の原理 ●安定性，保全性 ●人間工学原則の遵守 など
	制御手段	<ul style="list-style-type: none"> ●内部動力源の起動又は外部動力供給の接続 ●機構の起動又は停止 ●動力中断後の再起動 ●動力供給の中断 ●自動監視の使用
安全 防護策	ガード／制御システムと連携しない	<ul style="list-style-type: none"> ●固定式ガード ●可動式ガード（インタロックなし） ●取り外し可能ガード
	ガード／制御システムと連携する	<ul style="list-style-type: none"> ●インタロックガード ●制御式ガード
	保護装置／制御システムと連携する装置	①制御装置 <ul style="list-style-type: none"> ●両手操作 ●イネーブル ●ホールド・トゥ・ラン ●インタロック装置 など
		②進入・存在検知装置 <ul style="list-style-type: none"> ●ライトカーテン ●レーザスキャナ ●圧力検知マット など
保護装置／制御システムと連携しない装置	<ul style="list-style-type: none"> ●くさび ●車輪止め ●アンカーボルト など 	
付加 保護 方策	<ul style="list-style-type: none"> ●非常停止 ●遮断及びエネルギーの消散に関する方策 ●捕捉された人の脱出及び救助のための方策 ●機械類への安全な接近に関する方策 ●機械及び重量構成部品の容易，かつ安全な取り扱いに関する準備 	
使用上の 情報	信号及び警報装置	<ul style="list-style-type: none"> ●危険事象の警告のために使用される視覚信号（例えば，点滅灯）及び聴覚信号（例えば，サイレン）
	表示，標識（絵文字），警告文	<ul style="list-style-type: none"> ●製造業者の名前及び住所 ●シリーズ名又は型式名 ●マーキング ●文字での表示 ●回転部の最大速度 ●工具の最大直径 ●機械自体及び／又は着脱可能部品の質量（kg表示） ●最大荷重 ●保護具着用の必要性 ●ガードの調整データ ●点検頻度
	附属文書(特に，取扱説明書)	<ul style="list-style-type: none"> ●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 ●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

4.4 ISO13849-1:2006

要求されるリスク低減方策には，機械自体に存在する角部などの危険部位を除去したり，

作業者の筋負担を軽減したりするような方法と、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や保護装置の機能停止などを生じないように機械の制御システムにより安全性を確保する方法とがある。別の言い方をすれば，保護方策が制御システムに依存する場合と依存しない場合が考えられるが，この選択については，リスクアセスメントに基づいて，決定されることとなる。

ISO13849-1:2006 は，リスク低減が制御システムに依存する場合の制御システムの安全関連部の設計方策が規定され，制御システムにおいては，安全に係わる部分＝制御システムの安全関連部と，安全に係わらない部分＝非制御システム安全関連部とがある。

保護方策が制御システムに依存する場合，現在利用可能な規格としては，ISO13849-1:2006 と IEC62061:2005 の二つがあるが，ここでは ISO13849-1:2006 について説明する。

ISO13849-1:2006 では，図 4-7 のステップで制御システムの安全関連部を設計することが規定される。

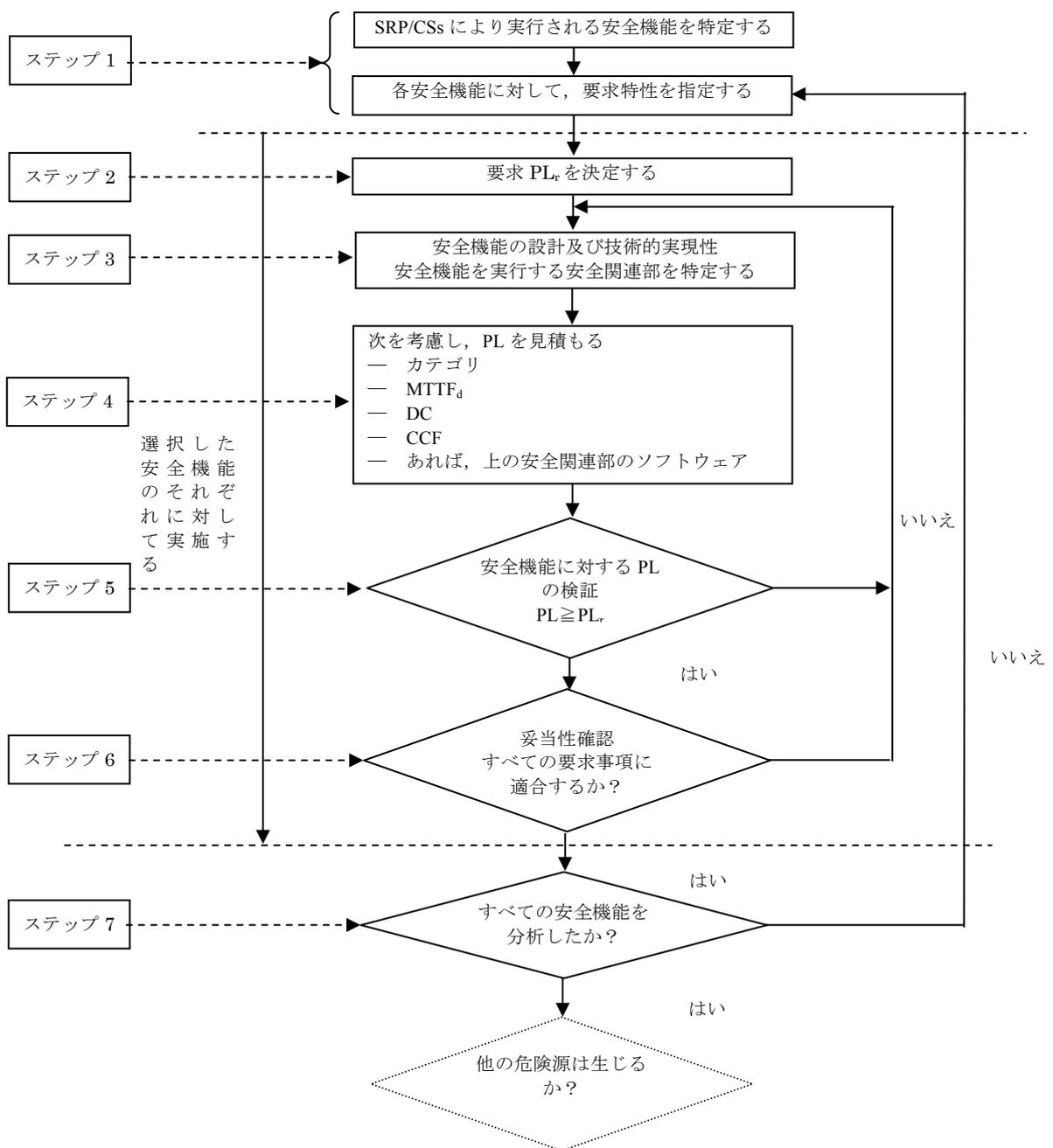


図 4-7 制御システムの安全関連部 (SRP/CS) の設計のための反復的プロセス

●ステップ 1(図 4-7):

制御システムの安全関連部により実行される安全機能を特定し、選択した安全機能に対する要求特性を指定する。

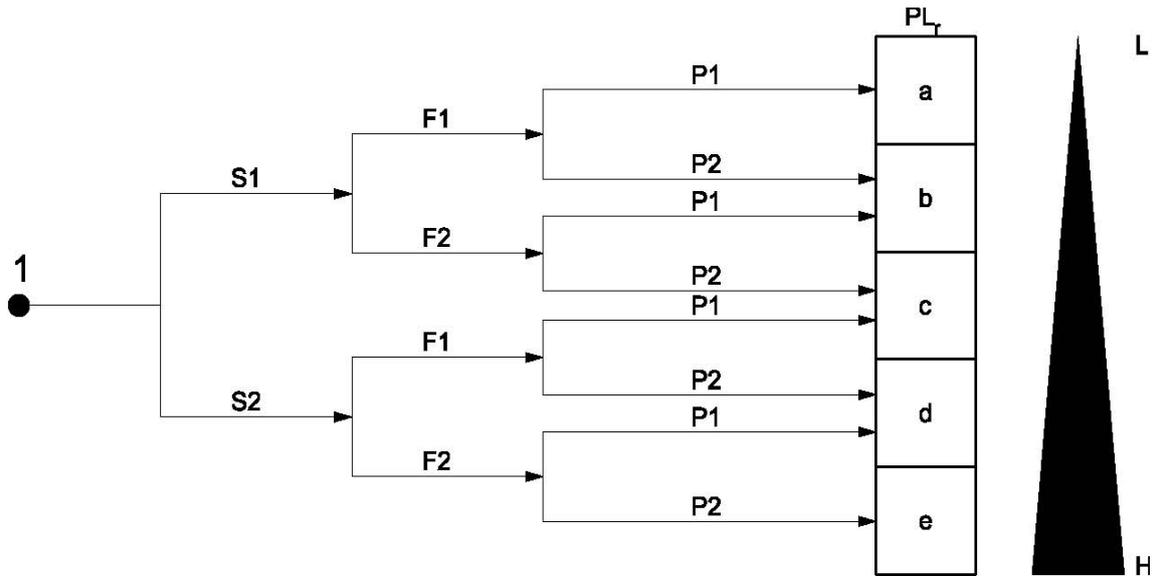
安全機能としては、停止機能、非常停止機能、手動リセット、起動及び再起動、局部制御機能、ミューティングなどが例として挙げられる。

●ステップ 2(図 4-7):

PL_r (要求パフォーマンスレベル) を決定する。これは、リスクグラフにより決定される。

“PL_r/PL は、予見可能な条件下で、安全機能を実行するための制御システムの安全関連部の能力を規定するために用いられる区分レベル”と定義され、表 4-11 に示されるように“時間当たりの危険側故障発生の平均確率”で規定される。

この図は、ISO13849-1:2006 の附属書 A に参考として記載されているもので、リスクの大きさに対応して、安全機能が必要とする PL (パフォーマンスレベル) が示されている。PL_r/PL は a から e の順に、必要とされる PL が高くなることをあらわしている。



S=危害の程度

S1=軽微 S2=過酷

F=危険源にさらされる頻度又は時間

F1=まれから低頻度，又はさらされる時間が短い

F2=高頻度から連続，又はさらされる時間が長い

P=危険源の回避可能性，又は危害を抑える可能性

P1=ある条件では可能 P2=ほとんど不可能

図4-8 安全機能に対する要求PL_r (パフォーマンスレベル) 決定のためのリスクグラフ

表 4-11 PL_r/PL (パフォーマンスレベル/要求パフォーマンスレベル)

PL _r / PL	時間当たりの危険側故障 発生の平均確率 [1/h]	PL _r /PL の説明
a	$10^{-5} \leq \text{PDF} < 10^{-4}$	S1 は、危害の程度が回復する怪我とされる。回復する危害しか予想されない場合、F (頻度) と P (回避可能性) に関らず、PL _a /PL _r でよいとされる。安全機能が機能遂行を失敗する確率は、時間当たり危険側故障発生の平均確率で、 10^{-5} から 10^{-4} である。
b	$3 \times 10^{-6} \leq \text{PDF} < 10^{-5}$	S1 は、危害の程度が回復する危害とされる。回復する危害しか予想されない場合、危険源の発生頻度は、F1=まれ

PL _r / PL	時間当たりの危険側故障 発生の平均確率 [1/h]	PL _r /PL の説明
		から低頻度，又はさらされる時間が短い，と F2=高頻度から連続，又はさらされる時間が長い，場合が想定される。安全機能が機能遂行を失敗する確率は，時間当たり危険側故障発生の平均確率で， 10^{-5} から $3 \cdot 10^{-6}$ である。
c	$10^{-6} \leq \text{PDF} < 3 \times 10^{-6}$	S1 と S2 の場合が考えられる。S1 の場合，危険源にさらされる時間は，F2=高頻度から連続，又はさらされる時間が長い，であり，その回避は不可能な場合である。また，S2 の場合，危険源にさらされる時間は，F1=まれから低頻度，又はさらされる時間が短い，であり，その回避がある条件では可能な場合である。安全機能が機能遂行を失敗する確率は，時間当たり危険側故障発生の平均確率で， 10^{-6} から $3 \cdot 10^{-6}$ である。
d	$10^{-7} \leq \text{PDF} < 10^{-6}$	S2 であり，危険源にさらされる時間は，F1=まれから低頻度，又はさらされる時間が短い，F2=高頻度から連続，又はさらされる時間が長い，であり，その回避が不可能な場合と，ある条件では，可能な場合である。安全機能が機能遂行を失敗する確率は， 10^{-6} から 10^{-7} である。
e	$10^{-8} \leq \text{PDF} < 10^{-7}$	最悪の場合を想定しており，危害の回復は不可能であり，危険源の発生頻度も F2=高頻度から連続，又はさらされる時間が長い，回避は不可能な場合である。安全機能が機能遂行を失敗する確率は， 10^{-7} から 10^{-8} である。
*PDF=Probability of dangerous failure		

●ステップ3(図4-7):

安全機能を実行する安全関連部を特定し，設計する。ステップ2で決定された PL_r (要求パフォーマンスレベル) に適合するように，システムティック故障，コンポーネントの選択などを考慮して制御システムの安全関連部を設計する。

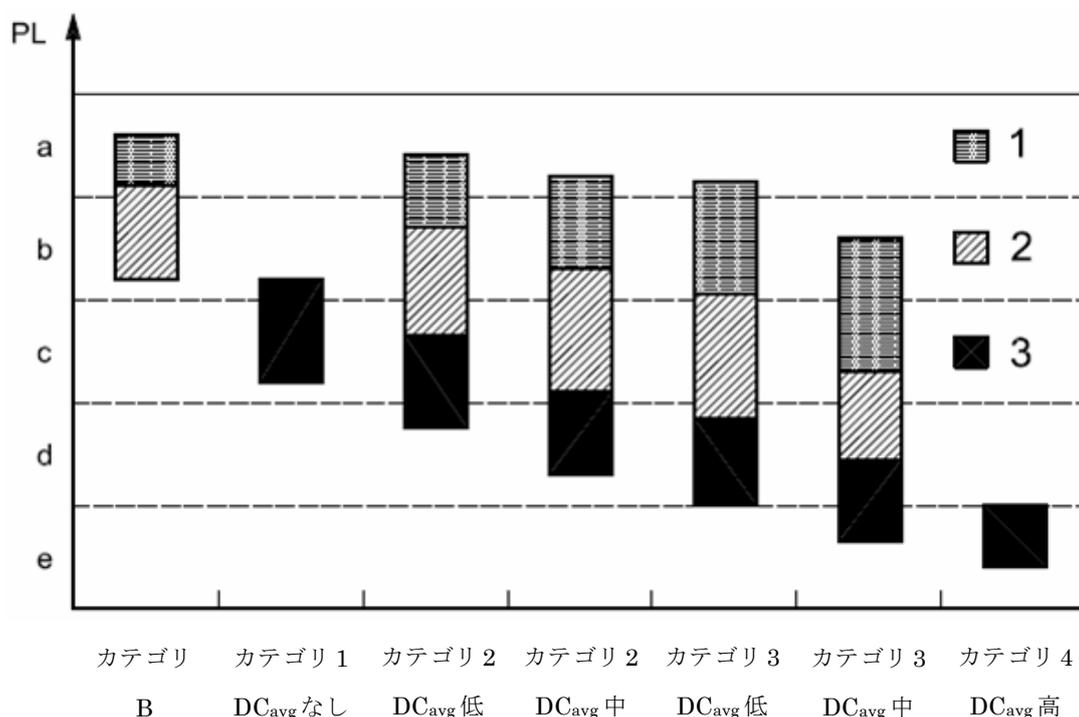
●ステップ4(図4-7):

安全機能の PL (パフォーマンスレベル) を見積もる。パフォーマンスレベルは，“時間当たりの危険側故障の発生平均確率”で規定される (PL_a から PL_e。表4-11も参照)。PL の見積もりは，次の①から⑤を考慮する必要がある。

- ①カテゴリ (表4-12, 表4-13及び表4-14)
- ②MTTF_a(危険側故障平均時間) (表4-15)
- ③DC (診断範囲) (表4-16)
- ④CCF (共通原因故障)
- ⑤ソフトウェアがある場合，安全関連部のソフトウェアを考慮し，PL を見積もる。

表 4-12 安全関連部の必要条件

要素	内容	範囲
カテゴリ	故障時の挙動を指定する	B,1,2,3,4 の範囲
MTTF _d	各チャンネルの平均危険側故障時間	Low : 3年から10年 Medium : 10年から30年 High : 30年から100年
DC	各チャンネルの自己診断の範囲率	なし : 0% Low : 60%から90% Medium : 90%から99% High : 99%以上
ベータ factor	危険側故障の故障率のうち、共通原因故障の故障率の割合	2%以下
構成	ハードの冗長構成	1oo1 1oo2D



記号の説明

- PL パフォーマンスレベル
- 1 各チャンネルの MTTF_d= “低”
- 2 各チャンネルの MTTF_d= “中”
- 3 各チャンネルの MTTF_d= “高”

図 4-9 カテゴリ, DC_{avg}, 各チャンネルの MTTF_d と PL の関係

①カテゴリ

要求事項は表 4-13 参照。また、システム構成の要約は表 4-14 参照。

表 4-13 カテゴリ要求事項の要約

カテゴリ	要求事項要約	システム挙動	安全性達成のために使用される原則	各チャネルのMTTF _d	DC _{avg}	CCF
B	コンポーネントのみならず SRP/CS 及び/又は保護設備は、予想される影響に耐えるように、関連規格に従って設計、製造、選択、組立、組み合わせられること。基本安全原則を用いること。	障害発生時、安全機能の喪失を招くことがある。	主としてコンポーネントの選択により特徴づけられる。	“低” — “中”	“なし”	—
1	B の要求事項が適用されること。“十分吟味されたコンポーネント”及び“十分吟味された安全原則”を用いること。	障害発生時、安全機能の喪失を招くことがあるが、発生する確率はカテゴリ B より低い。	主としてコンポーネントの選択により特徴づけられる。	“高”	“なし”	—
2	B の要求事項及び“十分吟味された安全原則”の使用が適用されること。安全機能は機械の制御システムにより適切な間隔でチェックされること。	チェックの間の障害の発生が安全機能の喪失を招くことがある。安全機能の喪失はチェックによって検出される。	主として構造により特徴づけられる。	“低” — “高”	“低” — “中”	関連あり
3	B の要求事項及び“十分吟味された安全原則”の使用が適用されること。安全関連部は次のように設計されていること。 — いずれの部分の単一障害も安全機能の喪失を招かない。かつ — 合理的に実施可能な場合は常に単一障害が検出される。	単一障害発生時、安全機能が常に機能する。すべてではないが障害のいくつかは検出される。検出されない障害の蓄積で安全機能の喪失を招くことがある。	主として構造により特徴づけられる。	“低” — “高”	“低” — “中”	関連あり
4	B の要求事項及び“十分吟味された安全原則”の使用が適用されること。安全関連部は次のように設計されること。 — いずれの部分の単一の障害も安全機能の喪失を招かない。かつ — 単一障害は、安全機能に対する次の動作要求のとき、又はそれ以前に検出される。それが不可能な場合、障害の蓄積が安全機能の喪失を招かないこと。	障害発生時、安全機能が常に機能する。蓄積された障害の検出は、安全機能の喪失の可能性を減少する(高DC)。障害は安全機能の喪失を防止するために適時検出される。	主として構造により特徴づけられる。	“高”	“高”(障害の蓄積を含む)	関連あり

表 4-14 システム構成の要約

システム構成記号	特徴	ISO13849-1
1oo1 (1 out of 1)	1 チャンネルしかない。その 1 チャンネルが正常ならシステムは正常。	カテゴリ B カテゴリ 1
1oo1D (1 out of 1 diagnostic)	1 チャンネルであるが、故障監視部があり、故障すると監視部が機械を止めるための出力を出す。	カテゴリ 2
1oo2D (1 out of 2 diagnostic)	予備チャンネルを持ち、両チャンネルとも故障監視部を持つ。故障すると監視部が機械を止めるための出力を出す。	カテゴリ 3 カテゴリ 4

②危険側故障平均時間(MTTF_d)

危険側故障の平均時間を算出する。この算出は、次の表にしたがって定義されており、各チャンネルに対して考慮する。

表 4-15 危険側故障平均時間 (MTTF_d)

危険側故障に対する平均時間の表示	MTTF _d の範囲
低	3 年 ≤ MTTF _d < 10 年
中	10 年 ≤ MTTF _d < 30 年
高	30 年 ≤ MTTF _d < 100 年

③診断範囲(DC)

検出される危険側故障と全危険側故障の確率の分数である。診断範囲は表 4-16 にしたがって決定される。

表 4-16 診断範囲 (DC)

診断範囲の表示	DC の範囲
なし	DC < 60%
低	60% ≤ DC < 90%
中	90% ≤ DC < 99%
高	99% ≤ DC

④共通原因故障(CCF)

共通原因故障は、カテゴリ 2, 3, 4 で考慮される。B と 1 では、考慮しない。

●ステップ 5(図 4-7):

達成した PL を検証する。PL が PL_r 以上 (PL ≥ PL_r) であるか検証する。リスクアセスメントにおいて必要とされた PL_r (要求パフォーマンスレベル) よりも、実現した PL が大きい場合も許容される。

●ステップ 6(図 4-7):

妥当性確認を行う。この規格のすべての関連要求事項に適合しているかどうか確認する。

●ステップ 7(図 4-7):

安全機能の分析。すべての安全機能を分析したかどうか確認する。

5 リスクアセスメント手法とリスクパラメータ

ISO14121 及び ISO13849-1 で示されるリスクグラフをベースに、図 5-1 のパラメータを標準パラメータとして設定した。左欄は機械メーカ及び機械工業会において共通に使用可能なリスクパラメータであり、右欄は、メーカ側において使用する制御システムのリスクアセスメントが求められる場合のリスクパラメータであり、かつ制御システムによる安全機能を実行するために用いられる性能レベルである (PL_r/PL)。機械メーカにおいてリスクアセスメントを実施する場合、機械系のリスクアセスメントと制御系のリスクアセスメントを個別に、又は組み合わせて実施する場合があるが、どちらを選択しても良い。なお、下記に示すパラメータは、基礎としての意味づけであり、各業界においては、この標準パラメータを用いてより詳細な分類をすることが可能である。なお、例として、図 5-2 に危害の程度についてパラメータの 4 分割を示す。

なお、PL_r 又は PL の構築については、本ガイドラインの 4.4 及びより詳細については ISO13849-1:2006 を参照のこと。

ISO14121/ISO13849-1 リスクパラメータ			危険事象の発生確率 ^{*注1}			優先順位	ISO13849-1
危害の程度	暴露頻度	回避の可能性	O1	O2	O3		PL _r 又は PL
S1 軽度	F1 稀	A1 可	1	1	2	3	a
		A2 不可	1	1	2		b
	F2 頻繁	A1 可	1	1	2	2	b
		A2 不可	1	1	2		c
S2 重度	F1 稀	A1 可	2	2	3	2	c
		A2 不可	2	3	4		d
	F2 頻繁	A1 可	3	4	5	1	d
		A2 不可	4	5	6		e

RI=リスクインデクス

リスク	リスクインデクス	対策を講じる優先順位
高	5 又は 6	優先順位 1
中	3 又は 4	優先順位 2
低	1 又は 2	優先順位 3

図 5-1 リスクアセスメントガイドライン基礎パラメータ

ISO13849-1 S 傷害のひどさ		ISO14121-2,A.19 S 傷害のひどさ	傷害の程度
S2	→	4	回復不可能：死亡，目や腕の喪失
S1		3	回復不可能：手足骨折，指の喪失
		2	回復可能：医師の手当てが必要
		1	回復可能：応急処置が必要

図 5-2 リスクパラメータ S の改良

表 5-1 リスクパラメータの意味

S	S1	軽微な傷害（通常は回復可能），例えば，こすり傷，裂傷，挫傷，応急処置を要する軽い傷
	S2	深刻な障害（通常は回復不可能。致命傷を含む），例えば，肢の粉碎又は引き裂かれる若しくは押しつぶされる，骨折，縫合を必要とする深刻な傷害，筋骨格障害（MST），致命傷
F	F1	作業シフト（サイクル）あたり 2 回以下又は 15 分以下の暴露
	F2	作業シフト（サイクル）あたり 2 回超又は 15 分超の暴露 * 暴露頻度については，主に「機械的危険源」を対象としている
A	A1	いくつかの条件下で可能 — 可動部分が 0.25m/s 以下の速度で動く場合，及び被暴露者がリスクに気づいており，また危険状態又は危険事象が迫っていることを認識している。 — 特定の条件による（温度，騒音，人間工学等）
	A2	不可能
O	O1	安全分野で証明され，承認されている成熟した技術（ISO13849-2:2003 参照）
	O2	過去 2 年間で技術的故障が発見されている — リスクに気づき，また作業場で 6 ヶ月以上の経験を持つ十分に訓練を受けた人による不適切な人の挙動（人に依存する場合） — 過去 10 年以上発生していない類似の事故（類似事故の有無の場合）
	O3	定期的に見られる技術的な故障（6 ヶ月以下毎） — 作業場で 6 ヶ月未満の経験を持つ十分に訓練を受けていない人による不適切な人の挙動（人に依存する場合） — 過去 10 年間に工場で見られた類似の事故（類似事故の有無の場合）

● 図 5-1 の使い方

当該機械の危険源からリスクが発生し，人に危害をもたらすと仮定した場合，危害の程度として軽度ですむものなのか，重度なものかを見積もる。ここでは仮に，深刻な傷害を仮定すると図 5-1 の“危害の程度”は，“S2”が選択される。次いで，重度のリスクを生じる危険源又は事象への接近頻度を見積もる。その頻度が頻繁なものであれば，“暴露頻度”においては，“F2”が選択される。F2 の選択後，人に危害をもたらす事象が発生した場合，その事象の出現から生じる危害を回避することができるかどうか決定する。身体能力の高さや，熟練技術者であれば回避することができる事象もあれば，事象の発現速度が非常に速く身体能力や熟練度を考慮しても回避不可能なものもあるが，ここでは規準として，事象の発現速度（表 5-1 の A1）が，0.25m/s 以下であり，所定の条件を満たしていれば，

回避可能としている。この条件を満たしていると判断されれば、“回避の可能性”は、“A1”を選択する。次に、人に危害を及ぼす事象の発生確率を見積もる。図 5-1 では、O1, O2, O3 の三つの規準を設定してある（基準の意味は、表 5-1 参照）。“危険事象の発生確率”は、機械やコンポーネントに“十分吟味されたコンポーネント”や“十分吟味された安全原則”などを用いて故障を安全側に導くことなどによって、その発生確率を低減することができる。例えば、コンポーネントの故障モードが事前にわかっており、常に同じ故障の仕方をするならば、それに対する対策を講じることができるので故障による危険事象の発生確率を低減することができるため、O1 を選択することができる。O1 を選択した場合、リスクインデクス (RI) は、O1 の欄の“1”となり、対策を講じる優先順位は“2”となる。なお、当該機械から生じるリスクを低減する手段が制御システムによる場合、リスクレベルは“3”なので、対応する PL_r 又は PL は“d”以上であればよいことになる。

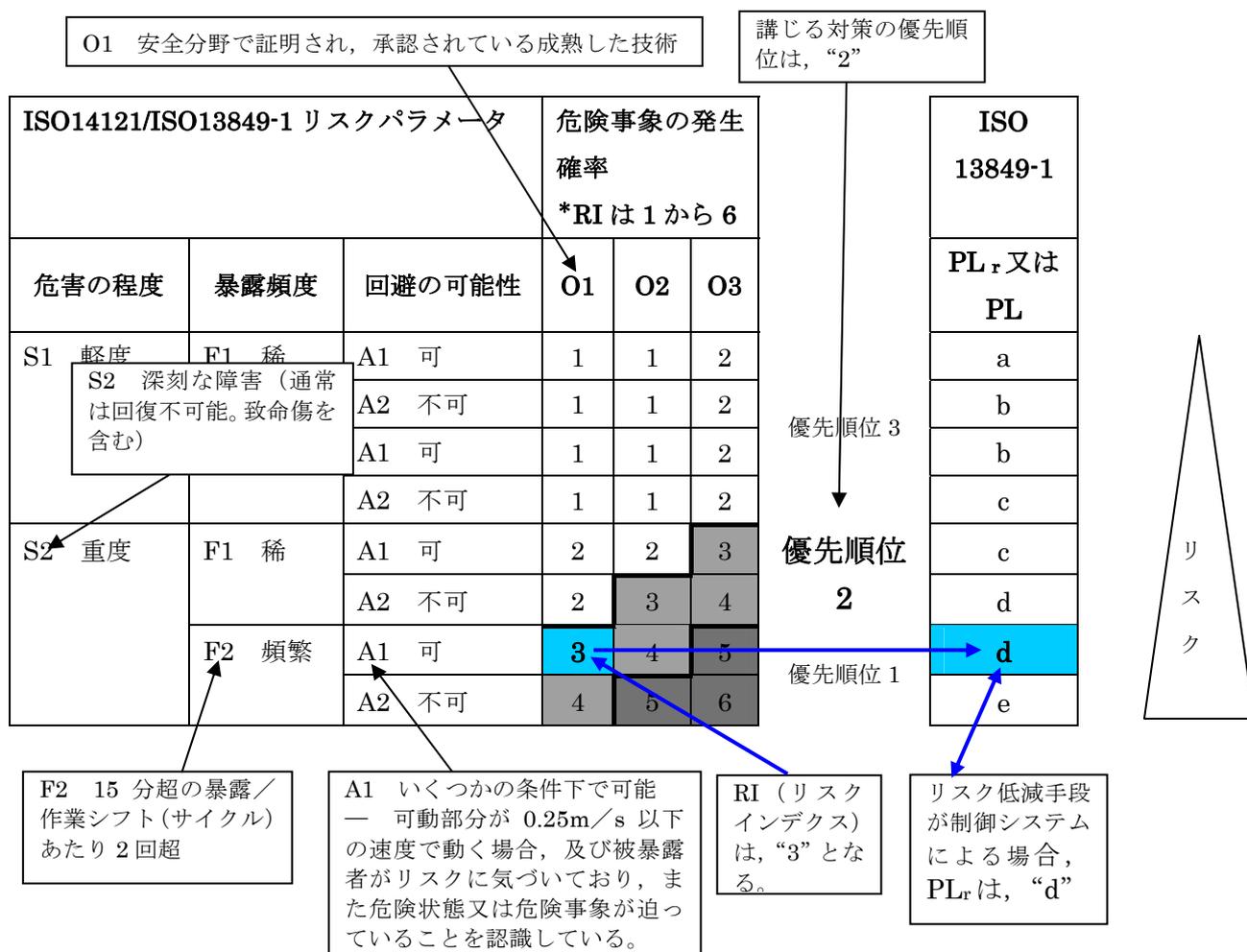


図 5-3 リスクアセスメントガイドライン基礎パラメータの使い方例

6 標準フォーマット

6.1 制限仕様（関係する作業者を含む）フォーマット（開示情報兼用）

このフォームでは、仕様制限を決定するための情報を記述する。含むべき情報としては、例えば次のようなフォームとなる。

フォーム 1 機械の制限事項の決定

項目		機械の制限仕様等	
機械の名称			
機械の主な仕様	製品型式		
	設計寿命		
	構成部品の交換間隔		
	原動機出力 (kW)		
	運転方式 (モード)		
	加工能力		
	送り速度又は回転数		
	製品寸法 製品質量		
機械の使用する目的と用途 (使用上の制限) ・意図する使用, 予見可能な誤使用 ・予期しない起動			
機械コンポーネントの交換 (時間上の制限) ・機械的制限 ・電氣的制限			
機械の可動範囲等 (空間上の制限) ・動作範囲 ・インタフェース ・作業環境			
機械の設置条件 ・屋内/外 ・温度, 湿度 ・保安管理物件			
機械のライフサイクル			
危害の対象者	オペレータ	資格の要否	
	周辺の作業員		
	サービスマン (補給, 保全)	資格の要否	
	第三者		
その他			

フォーム1の記入例

項目		機械の制限仕様等	
機械の名称		無人搬送車 (AGV)	
機械の主な仕様	製品型式	AGV10	
	設計寿命	20年	
	構成部品の交換間隔	定期点検周期 1年	
	原動機出力 (kw)		
	運転方式 (モード)	オンライン自動/オフライン自動/手動	
	最大積載荷重	1, 000kg	
	最高走行速度	走行60m/min	
	製品寸法		
	車体重量		
	設置条件 (温度, 湿度)	常温・常湿	
機械を使用する目的と用途 (使用上の情報) ・意図する使用, 予見可能な誤使用 ・予期しない起動		仕様重量超過積載 ノイズによる制御系誤作動	
機械コンポーネントの交換 (時間上の制限) ・機械的制限 ・電気的制限		年次点検の実施	
機械の可動範囲等 (空間上の制限) ・動作範囲 ・インタフェース ・作業環境		・専用通路として区画されたエリア ・部外者の立ち入りが無いこと ・取り合う装置とのインタフェースで 切り分けが可能なこと	
機械のライフサイクル		メーカーによる1年毎の定期点検の実施を行う	
危害の対象者	オペレータ	資格の要否	否
	周辺の作業員		教育受講者のみ操作可能
	サービスマン (補給, 保全)	資格の要否	要
	第三者		作動エリアへの進入禁止
その他			

6.2 危険源等の同定フォーマット

フォーム 2 は、事故シナリオを想定した危険源等の同定フォームである。当該機械の各ライフサイクルの段階で生じる“タスク”（運搬、組立・設置・コミッショニング、設定・ティーチング、運転、保全等）とそれに伴う“危険区域”，“危険源”，“危険状態”，“危険事象”を記述する。

まず当該機械の各ライフサイクルにおける各タスクを記述する。次いでタスクが行われる区域／危険区域を明確にする。その危険区域に潜在する危険源がどのような危険源か記述し、その危険源と人との係わりなどを危険状態として示し、人が危害を被るとした場合、その危険状態からどのような事象が発生するかを危険事象として記述する。

なお、機械によっては危険状態と危険事象等を区別して記述しづらい場合があるが、その場合は、まとめて記述しても差し支えない。

フォーム2 危険源等の同定

危険源の同定

危険源の同定							
機械		機械の名称			分析者		
情報源		設計仕様書			バージョン		
範囲		ライフサイクル			分析・評価日時		
手段		チェックリスト			ページ		
No	ライフサイクル	タスク/ 作業者	危険区域	危険源	危険状態	危険事象	備考
1	運搬						
2	組立・設置・コミッ ヨニング						
3	設定・ティーチング						
4	運転 定常運転 運転 非常常運転						
5	故障診断						
6	保全 ユーザ 保全 メーカー						
7	廃棄 再使用 廃棄 再利用 廃棄						

フォーム 2 の記入例

危険源の同定							
機械	AGVシステム	機械の名称	AGV	分析者			
情報源		設計仕様書		バージョン			
範囲		ライフサイクル		分析・評価日時			
手段		チェックリスト		ページ		1/3	
No	ライフサイクル	タスク	危険区域	危険源	危険状態	危険事象	備考
1	運搬	移載 /〇〇者	AGV 本体周辺	作業者を押しつぶす /機械的危険源	クレーン等によるAGVのトラック移載作業 /近傍作業	AGV が落下し、作業者に接触	
2	組立・設置・コミッショニング	組立 /〇〇者	バッテリー周辺	作業者が感電する /電氣的危険源	バッテリーのAGVへの搭載作業 /近傍作業	バッテリー端子部に接触	
3		組立 /〇〇者	バッテリー周辺	作業者が火傷をする /材料物質から起こる危険源	バッテリー搭載作業	バッテリーが転倒しバッテリー液がかかる	
4	設定・ティーチング	調整 /〇〇者	AGV 本体周辺	作業者と衝突・轢かれる /機械的危険源	AGV 動作確認作業	障害物センサの設定ミスにより、動作確認中にAGVと作業者が衝突	
5		調整 /〇〇者	AGV 本体周辺	作業者と衝突・轢かれる /制御システムによるもの 機械的危険源	想定外の場所での接近状態	マップデータの入力ミスにより、AGVが想定外のところで旋回し、物や人にぶつかる /予期しない起動	
6		調整 /〇〇者	地上制御盤	作業者が感電する /電氣的危険源	一次電源確認作業 /盤内充電部近傍	盤内充電部に触れる	
7		調整 /〇〇者	AGV 本体周辺	作業者の指の巻き込まれ /機械的危険源	コンベヤチェーンのテンション調整作業 /近傍作業	コンベヤチェーンのテンション調整時に誤動作してチェーンと接触 /予期しない起動	
8	運転 定常運転	自動運転	AGV 本体周辺	作業者が巻き込まれる /機械的危険源	AGV 周辺での各種作業	コンベヤ駆動チェーンに指が接触し、巻き込まれる	
9	故障診断	自動運転	AGV 本体	作業者が衝突、轢かれる /制御回路の故障 /機械的危険源	作業者へのAGVの想定外接近	停止せず暴走し接触	
10	保全	保全作業 /〇〇者	AGV 本体周辺	作業者の指が挟まれる /機械的危険源	カバー取付作業	保全時、カバー取り付け作業中に指が挟まれる	

6.3 リスクアセスメント及びリスク低減フォーマット

洗い出したタスク／作業者ごとの“各危険源”等に対して、危害のひどさ、暴露頻度、危険事象の発生確率、回避の可能性をフォーム3を使用し、**図5-1のパラメータ**にしたがって決定する。なお、制御システムの安全関連部に対するリスクアセスメントが要求される場合、ISO13849-1で規定される PL_r （要求パフォーマンスレベル）を決定する。制御システムの安全関連部に対するリスクアセスメントについては、別のフォームで個別に見積り、評価することができる。

次に見積もったリスクを低減するために用いた保護方策を記述する。用いた方策により、どのパラメータに影響を及ぼすかをチェックし、講じた方策により初期リスクが低減されたかどうかを確認・記述する。

さらなる低減が必要な場合は、6.1から6.3から順番に反復してリスクの低減を行う（図4-1も参照）。なお、ゼロリスクは達成不可能であるので、残ったリスクは、残留リスクとしてまとめて記述し、ユーザに開示する。

フォーム3 リスク見積もり及びリスク評価 (リスクアセスメント), 並びにリスク低減

リスクアセスメント (リスク見積もり及びリスク評価) 及びリスク低減																									
機械								分析者				<名前>													
情報源								バージョン																	
範囲								分析・評価日時																	
手段								ページ																	
		イニシャルリスク評価							リスクの低減							低減後・リスク評価						さらなる低減の要否	No		
No	フォーム2のNo	S	F	A	O	RI	PL _r	備考	方 策	保護方策の分類			低減対象のパラメータ				S	F	A	O	RI	PL	備考		
		S1	F1	A1	O1					本質	安全防護	情報	S	F	A	O	S1	F1	A1	O1					
		S2	F2	A2	O2																				
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									

フォーム3の記入例

リスクアセスメント(リスク見積り及びリスク評価)及びリスク低減																									
機械		無人搬送車(AGV)				分析者				<名前>															
情報源						バージョン																			
範囲						分析・評価日時																			
手段						ページ				1/3															
		イニシャルリスク評価							リスクの低減							低減後・リスク評価						さらなる低減の要否	No		
No	フォーム2のNo	S	F	A	O	RI	PLr	備考	方策	保護方策の分類			低減対象のパラメータ				S	F	A	O	RI	PL	備考	さらなる低減の要否	No
		S1	F1	A1	O1					本質	安全防護	情報	S	F	A	O	S1	F1	A1	O1					
1	No.1	S2	F1	A2	O1	2			従来の安全管理			○			○		S2	F1	A1	O1	2			不要	
2	No.2	S1	F1	A2	O1	1			従来の安全管理 警告表示			○			○		S1	F1	A1	O1	1			不要	
3	No.3	S2	F1	A2	O1	2			作業手順の順守			○			○		S2	F1	A1	O1	2			不要	
4	No.4	S2	F1	A2	O1	2			検証・チェック方法の順守			○			○		S2	F1	A1	O1	2			不要	
5	No.5	S2	F1	A2	O1	2			充電部のカバー取付		○				○		S2	F1	A1	O1	2			不要	
6	No.6	S2	F1	A2	O1	2			作業手順の順守			○			○		S2	F1	A1	O1	2			不要	
7	No.7	S2	F1	A2	O1	2			・コンベア可動部にカバー 取付け ・注意銘板の添付	○		○	○		○		S1	F1	A1	O1	1			不要	
8	No.8	S2	F1	A2	O1	2	d		異常検出回路の二重化・電源遮断処置	○			○		○		S1	F1	A1	O1	1	d			
9	No.9	S1	F1	A2	O2	1			従来の安全管理			○			○		S1	F1	A1	O2	1			不要	

6.4 開示情報

ここでは、次の二つのフォームが準備されている。

フォーム 4 機械の危険源（開示情報）

フォーム 5 使用上の情報の内容及び提供方法

4のフォームは、6.1 から 6.3 までに実施した内容のうちユーザに提供すべき残留リスクの情報を記述する。各項目は 1 から 11 に大分類されており、当該機械で関係する危険源について記述する。横軸の“リスク有無”と“許容範囲内”のコラムまでがメーカーとして対策を講じた内容を示すコラムである。“残留のリスク”のコラムについてはメーカー側からユーザ側に提供すべき残留リスクの情報を示すためのものであり、ユーザ側の対策が必要なものが含まれる。このコラムでは作業に関連する場合と関連しない場合も記述する。

5のフォームでは、使用上の情報として、ユーザに提供すべき内容と形式として、“1 使用上の情報の内容”と“2 情報の提供方法”が示されている。1では、①から⑫、2では、①から③の項目が示されている。1及び2の内容としては、ユーザに提供するのに必要な情報と形式が網羅されている。1の内容については、すべてを満足することが望ましいが、当該の機械においては必ずしも必要がない場合もある。2については、それぞれ各項目の情報提供に適した内容を選択すればよい。

フォーム4 機械の危険源 (開示情報)

プロジェクト名:		作成者:	日時:
使用したツール及びパラメータの説明:		認可者:	

機械の危険源	リスク有/無	許容範囲内	残留のリスク情報		
			作業関連なし	作業関連あり	RA項目番号
1 機械的危険源					
2 電氣的危険源 —安全電圧 (DC24V) 以上の部位はないか					
3 熱的危険源 —高温 (°C以上) の部位はないか					
4 騒音による危険源 —騒音発生源 (dB 以上) はないか					
5 振動による危険源					
6 放射による危険源 —放射はあるか					
7 材料及び物質による危険源 —使用禁止物質はあるか —毒性のあるものはあるか 限界量以下か (法律をチェック)					
8 機械の設計時における人間工学の無視による危険源 —腰痛の危険性 高いところ (?cm 以上) へのアクセス 重いもの (?Kg 以上) 長時間 同じ姿勢 —VDT 作業はあるか					
9 滑り, つまづき及び墜落の危険源					
10 危険源の組み合わせ					
11 機械が使用される環境に関連する危険源					

フォーム4の記入例

		日時:
プロジェクト名: AGVシステム	作成者:	認可者:
使用したツール及びパラメータの説明:		

	機械の危険源	危険源・ リスク 有/無	許容 範囲内	残留の危険源/リスク情報		
				作業関連 なし	作業関連 あり	RA 項目番号
1	機械的危険源	有	○		○	1, 4, 5, 7, 8, 9, 10
2	電氣的危険源 －安全電圧(DC24V)以上の部位はないか	有	○		○	2, 6
3	熱的危険源 －高温(℃以上)の部位はないか	無				
4	騒音による危険源 －騒音発生源(db 以上)の部位はないか	無				
5	振動による危険源	無				
6	放射による危険源 －放射はあるか	無				
7	材料及び物質による危険源 －使用禁止物質はあるか －毒性のあるものはあるか 限界量以下か(法律をチェック)	有	○		○	3
8	機械の設計時における人間工学の無視による危険源 －腰痛の危険性 高いところ(? cm 以上)へのアクセス 重いもの(? kg 以上) 長時間 同じ姿勢 －VDT 作業はあるか	無				
9	滑り, つまづき及び墜落の危険源	無				
10	危険源の組み合わせ	無				
11	機械が使用される環境に関連する危険源	無				

フォーム5 使用上の情報の内容及び提供方法

		日時：
プロジェクト名：	作成者：	認可者：
使用したツール及びパラメータの説明：		

1 使用上の情報の内容		2 情報の提供方法				
		①機械本体 (シール・警報等)	②帳票	③マニュアル	④トレーニング	備考
①	製造等を行う者の名称及び住所					
②	型式又は製造番号等の機械を特定するための情報					
③	機械の仕様及び構造に関する情報					
④	機械の使用等に関する情報 一意図する使用の目的及び方法（機械の保守点検等に関する情報を含む） 一運搬、設置、コミッショニング等の使用の開始に関する情報 一解体、廃棄等の使用の停止に関する情報 一機械の故障、異常等に関する情報（修理等の後の再起動に関する情報を含む） 一合理的に予見可能な誤使用及び禁止する使用法 一使用者の制限（作業者の力量等） 一使用環境 一機械の修理方法 一想定する使用法、使用時間 等					
⑤	安全防護及び付加保護方策に関する情報 一目的（対象となる危険性又は有害性） 一設置位置 一安全機能及びその構成					
⑥	機械の残留リスクに関する情報 一メーカーによる保護方策で除去又は低減できなかった危険源又はリスク 一特定の用途又は特定の付属品の使用によって生じる恐れのあるリスク 一機械を使用するユーザが実施すべき保護方策の内容 一危険・有害物質の取扱いに関する情報(MSDS) 等					
⑦	契約条件：保証事項、免責事項					
⑧	安全に関する重要事項 一作業者が必ず守らなければならない事項					
⑨	準拠する法規、規格					
⑩	販売関連条件 一販売形態(直又は代理店) 一転売に関する制限事項					
⑪	保守・メンテナンスに関する情報 一点検レベル/頻度/時期 一消耗品の耐用年数 一消耗品の品番・メーカー 一作業者の制限 一使用工具 等					
⑫	機械の耐用年数（適切な場合）					

フォーム5の記入例

		日時：
プロジェクト名：AGV	作成者：	認可者：
使用したツール及びパラメータ	RA ガイドライン	

1 使用上の情報の内容		2 情報の提供方法				備考
		①機械本体 (シール・警告等)	②帳票	③マニュアル	④トレーニング	
①	製造等を行う者の名称及び住所	○	○	○	○	帳票は契約書, 仕様書, 打合せ議事録, デビューセッションリストなど
②	型式又は製造番号等の機械を特定するための情報	○	○	○		
③	機械の仕様及び構造に関する情報		○	○	○	帳票は仕様書
④	機械の使用等に関する情報 ー意図する使用の目的及び方法(機械の保守点検等に関する情報を含む) ー運搬, 設置, コミッショニング等の使用の開始に関する情報 ー解体, 排気等の使用の停止に関する情報 ー機械の故障, 異常等に関する情報(修理後の後の再起動に関する情報を含む) ー合理的に予見可能な誤使用及び禁止する使用法 ー使用者の制限(作業者の力量等) ー使用環境 ー機械の修理方法 ー想定する使用法, 使用時間 等		○	○	○	帳票は仕様書
⑤	安全防護及び付加保護方策に関する情報 ー目的(対象となる危険性又は有害性) ー設置位置 ー安全機能及びその構成		○	○	○	帳票は仕様書
⑥	機械の残留リスクに関する情報 ーメーカーによる保護方策で除去又は低減できなかった危険源又はリスク ー特定の用途又は特定の付属品の使用によって生じる恐れのあるリスク ー機械を使用するユーザが実施すべき保護方策の内容 ー危険・有害物質の取扱いに関する情報(MSDS) 等		○	○	○	帳票はリスクアセスメント
⑦	契約条件:保証事項, 免責事項		○	○		帳票は契約書, 仕様書
⑧	安全に関する重要事項 ー作業者が必ず守らなければならない事項		○	○	○	帳票はリスクアセスメント
⑨	準拠する法規, 規格		○	○		帳票は仕様書
⑩	販売関連条件 ー販売形態(直又は代理店) ー転売に関する制限事項		○			帳票は契約書, 仕様書
⑪	保守・メンテナンスに関する情報 ー点検レベル/頻度/時期 ー消耗品の耐用年数 ー消耗品の品番・メーカー ー作業者の制限 ー使用工具 等			○	○	
⑫	機械の耐用年数(適切な場合)		○			帳票は契約書, 仕様書

付録 事例*

*別冊とする。現時点では、未完成。

参考文献

- [1] 機械の包括的な安全基準に関する指針, 厚生労働省
- [2] ISO 12100-1:2003, Basic concepts, general principles for design —Part 1: Basic terminology, methodology
- [3] ISO 12100-2:2003, Safety of machinery—Basic concepts, general principles for design—Part 2 : Technical principles
- [4] ISO 14121-1:2007, Safety of machinery - Risk assessment - Part1: Principles
- [5] ISO TR14121-2:2007, Safety of machinery - Risk assessment - Part2:Practical guidance and examples of methods
- [6] ISO 13849-1:2006, Safety of machinery - Risk assessment - Part1: Principles
- [7] 機械設備のリスクアセスメント及びリスク低減のための保護方策, 中央労働災害防止協会
- [8] 宮崎浩一, 向殿政男「安全設計の基本概念」(安全の国際規格) (財) 日本規格協会
- [9] 宮崎浩一, 向殿政男「機械安全」(安全の国際規格) (財) 日本規格協会
- [10] 川池 襄, 井上洋一, 蓬原弘一, 平尾祐司, 向殿政男, 「制御システムの安全」(安全の国際規格) (財) 日本規格協会
- [11] ISO/IEC guide51:1999, Safety aspects -- Guidelines for their inclusion in standards
- [12] IEC61508 series, Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- [13] ISO14120, Safety of machinery - Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards
- [14] 山田陽滋, 吹田和嗣, 池田博康, 杉本旭, 三浦洋憲, 中村尚範「ヒト・ロボット共存のための人間工学実験に基づく痛覚レベルの人体耐性値の解明」 日本機械学会論文集 (C編) 63巻612号(1997-8)
- [15] BS EN563, Safety of machinery – temperature of touchable surfaces – Ergonomics data to establish temperature limit values for hot surfaces



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。