

## 2. 機械設計段階のリスクアセスメントの基本的手法

機械に関わる災害は、その設計段階でリスクアセスメントを適切に実施し、適切なリスク低減をしていれば、予防することが可能です。

本章では、機械の設計段階で行うべきリスクアセスメントの基本的な実施方法について解説します。

リスクアセスメントについてさらに詳しく知りたい方は、「機械設備のリスクアセスメントマニュアル 機械設備製造者用」（平成 21 年度厚生労働省委託事業 中央労働災害防止協会、以下「機械設備リスクアセスメントマニュアル」といいます）を参照してください。

本項の参考となる資料 → “機械設備のリスクアセスメントマニュアル 機械設備製造者用”

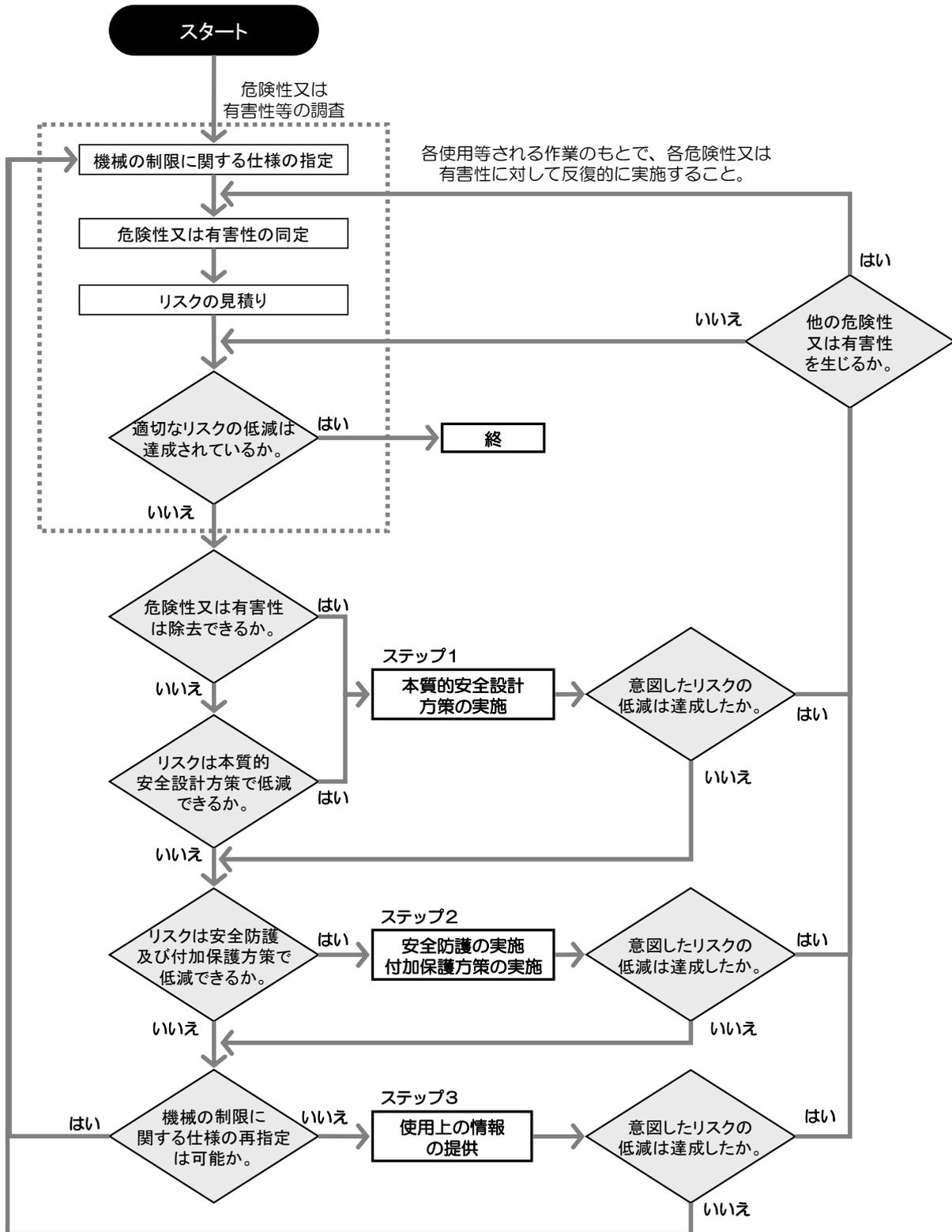
### 2.1. リスクアセスメントとは

リスクアセスメントとは、「機械に内在するリスクの評価を系統的に実施する論理的手段」のことをいいます。

図 2 に示しているとおり、リスクアセスメントは大きく分けて以下のような項目で構成されています。次項から、下記の項目について、順を追って解説します。

- ✓ 機械の制限に関する仕様の指定（2.2.1 参照）
- ✓ 危険源の同定（2.2.2 参照）
- ✓ リスクの見積り（2.2.3 参照）
- ✓ リスクの評価（2.2.4 参照）
- ✓ 保護方策の検討・実施とリスクの再評価（2.3 参照）

機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー  
 <機械設計段階リスクアセスメントの基礎>



出典：厚生労働省「機械の包括的な安全指針」別図

図2 リスクアセスメントの実施フロー



**Point** 災害発生の実例がない機械もリスクアセスメントの対象に

ここで留意すべきことは、ある機械に過去の災害実例がない、又は少ないことから、当該機械のリスクが低いと評価して、リスクアセスメントの対象外としてはならないということです。今まで幸運にも単に災害が起きなかっただけと考えるべきといえます。

機械包括安全指針に基づき、負傷・疾病の発生が合理的に予見可能であるものについては、リスクアセスメントの対象としましょう。

コラム：リスクアセスメントによる効果

リスクアセスメントを実施することによって、次のことが可能になります。

- ✓ リスクの全容（リスクの存在とリスクの大きさの大小）を明確化すること
- ✓ リスク低減策の必要性の有無とその優先順位を判断すること
- ✓ 必要かつ適切なリスク低減策をとること
- ✓ リスクアセスメントの繰り返し実施により、一層堅固な安全化の推進及び安全性の高い機械をユーザーへ提供すること



特に注意が必要となるのが、リスクアセスメントを実施するタイミングです。

リスクアセスメントを設計や試作の後に実施すると、機械の安全性を早期に把握することができず、後から防護方策をとらざるを得なくなります。その結果、多くのコストと時間が必要となってしまいます。

そのため、機械の構想、機能設計、詳細設計の各段階でリスクアセスメントを実施することで、適時に適切な対策を行うことが可能となり、リスク低減・コスト低減を達成することができます。

## 2.2. リスクアセスメントの手順

ここでは、リスクアセスメントの各手順について、具体的に解説します。

解説を始める前に、使用する用語の定義を示します。また、両頭グラインダーを例に、用語の意味を説明します。

- 危険源：危害を引き起こす潜在的根源。  
例：高速回転する砥石
- 危険状態：人が少なくとも一つの危険源に暴露される状況。暴露されることが、直ちに又は長期間に渡り危害を引き起こす可能性がある。  
例：回転する砥石の正面に人がいる状態
- 危険事象：危害をもたらしうる事象。  
例：グラインダーを使用中、砥石が破損し、破片が飛散する事象
- 危害：身体的障害又は健康障害。  
例：破損した砥石の破片が目には刺さり、眼球を損傷する

### 2.2.1. 機械の制限に関する仕様の指定

#### 本項で実施すること

機械の制限（使用上、空間上及び時間上の限度・範囲をいう）に関する仕様を決定し、表として取りまとめる。

#### 本項の目的・効果

本項の目的は、機械の特性や、機械に関わる人を明確にすること。

本項の内容を実施した結果、どのような人が、どのような状態で機械と関わり合いを持つかを明確にできる。また、人と機械の関わり合いを明確にした結果、機械ユーザーに伝えるべき“ユーザーが避けるべき行動・状況”を整理できる。これにより、本項以降のリスクアセスメントの実施手順を、スムーズに進めることができる。

危害は、人と機械の危険源との接近・接触で発生するため、その関わり合いを確認することがリスクアセスメントの最初の手順として必要となります。

機械の制限に関して仕様を指定した結果は、本項以降でのリスクアセスメント実施手順をスムーズに進めるために、表1に示すようなシートで整理をしておくとい良いでしょう。機械の制限仕様の指定にあたっては、このシートを埋めながら検討を進めることが可能です。この記入例を表2に示します。

以下に、シートを埋めながら検討を進める場合を想定し、記載内容について解説します。

機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー  
 <機械設計段階リスクアセスメントの基礎>

表 1 機械の制限仕様の指定シート例

		作成者	部長	課長	担当者
項 目		機械の制限仕様/制限条件			
機械名称/型式名称					
基本仕様	設計寿命				
	構成部品の交換間隔				
	原動機出力 (W) ほか				
	運転方式 (モード)				
	加工能力				
	回転数				
	製品寸法				
	製品質量				
	設置条件				
使用上の制限	使用目的/用途				
	予見可能な誤使用				
	予期しない起動				
時間上の制限	点検 (時期/間隔)				
空間上の制限	動作範囲/作業環境				
機械のライフサイクル段階					
危害の対象者	オペレーター				
	保守/調整担当者				
	周辺の作業員				
	第三者				

**機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー**  
**<機械設計段階リスクアセスメントの基礎>**

表 2 機械の制限仕様の指定シート記入例

		作成者	部長	課長	担当者
		〇〇工機 (株) 産業機械部 設計課			
項 目		機械の制限仕様/制限条件			
機械名称/型式名称		両頭グラインダー TG/205S			
基本仕様	設計寿命	10年			
	構成部品の交換間隔	研削砥石以外の構成部品は交換を要しない			
	原動機出力(W) ほか	◆交流直巻電動機 ◆出力：650W ◆ 使用電圧：単相 AC100V 定格 6.5A			
	運転方式(モード)	手動			
	加工能力	—			
	回転数	50Hz：3000 回転/分 60Hz：3600 回転/分			
	製品寸法	◆本体寸法：450mm(幅)×260mm(奥行き)×270mm(高さ) 砥石寸法：205mm(直径)×19mm(厚さ)×15.88mm(穴径)			
	製品質量	25Kg			
	設置条件	◆温度：-10℃~40℃ 相対湿度：65%以下 ◆可燃性ガス、液体が存在しない場所			
使用上の制限	使用目的/用途	金属材料などの研削、バリ取り、刃物の研削			
	予見可能な誤使用	◇砥石側面の使用 ◇砥石の最高使用周速度を超えて使用 ◇調整片無しで使用/調整片と砥石表面間隔 10mm 以上で使用 ◇ワークレストと砥石表面間隔 3mm 以上で使用 ◇メンテナンス時に、動作回転中または惰性回転中の砥石を停止状態と誤認し、手を接触			
	予期しない起動	◇停電時にスイッチを切り忘れ、停電復旧時に再起動する			
時間上の制限	点検(時期/間隔)	◆使用開始時の試運転(1分間) ◆砥石交換時の各部の外観点検と試運転(3分間)			
空間上の制限	動作範囲/作業環境	設置スペース：幅 1000mm×奥行き 500mm×500mm(高さ)以上の空間			
機械のライフサイクル段階		設置、使用、保守/調整(砥石交換含む)、廃棄			
危害の対象者	オペレーター	資格要件：法定資格は不要(グラインダー作業教育受講済みが条件)			
	保守/調整担当者	資格要件：「砥石の交換・試運転の特別教育」受講済みの者 安衛則第 36 条 特別教育規定 第 1、2 条による			
	周辺の作業員	資格要件は特になし			
	第三者	機械の見学者などの第三者			

## 機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー ＜機械設計段階リスクアセスメントの基礎＞

### (1) 「機械名称／型式名称」「基本仕様」について

設計段階では、「機械名称／型式名称」「基本仕様」に関する項目が既に設定されているはずですので、必要な情報を記入します。

なお、「設計寿命」「構成部品の交換間隔」の項目については、以下の観点で記入してください。

#### 設計寿命

適切なメンテナンスを行った上で、設計上、機械を使用できる期間。

#### 構成部品の交換間隔

交換が必要な構成部品の、交換の間隔、頻度。

### (2) 「使用上の制限」について

機械を使用する以下のような場合に、機械を取り扱う作業者やそのほかの人々が機械にどのように関わるのかを把握します。

#### 使用目的／用途

機械を使用して行うことを記載します。

例えば、両頭グラインダーであれば、「金属材料などの研削、バリ取り、刃物の研削」など、簡潔に分かりやすく記載しましょう。

#### 予見可能な誤使用

機械の形態、動作などから、機械のユーザーが行うであろう、想定される誤使用の状態を特定しましょう。

予見可能な誤使用とは、その機械の取扱説明書に記載のない方法による機械の操作で、例えば、間欠運転中の機械を、稼動停止中と誤認して、回転部に手を触れるといったことなど、通常の想定で予測可能であり、かつ正しくない機械の使用を指します。



#### **Point** 予見可能な誤使用の特定

予見可能な誤使用を特定する上では、その誤使用による人と機械の関係や、機能不良の結果として生じる機械の振る舞いに対する、人の反応を考慮する必要があります。

機能不良については、そのような状況に陥ったとき、機械作業者等が機械に対してどのような行動（リアクション）をとるかということがポイントになります。

## 機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー ＜機械設計段階リスクアセスメントの基礎＞

### 予期しない起動

機械の使用者や周辺の作業者などが意図していないのに、不意に機械が起動してしまう場面を特定しましょう。

例えば、機械の電源が機械的なスイッチで、ON 状態を保持するもの場合には、停電により一度動作が停止した後、停電から電源が復帰した際、勝手に機械が起動することなどが考えられます。

### (3) 「時間上の制限」について

機械を継続して使用する上で必要となる、保守点検の間隔や時期を記載しましょう。また、使用開始前に行うべき試運転、点検についても記載しましょう。

### (4) 「空間上の制限」について

機械の各種運転モード（自動運転、手動運転、段取り、ロボット教示作業など）での作業、ワーク搬入・調整・設定等のいわゆる準備・段取り作業、そのほか作業者の機械への接近作業等における機械の運転条件・モード等を確認し、これらに関わる空間的な制限（動作範囲）を記載しましょう。

また、作業環境とは機械の置かれる環境を指し、騒音、振動、雰囲気（有機溶剤や可燃性ガス）などに関する制限を確認し、記載しましょう。



### Point 機械の絶対的動作範囲等

機械の可動部の動作範囲は、制御されて動く範囲よりも機械が持つ絶対動作範囲の方が広いため、機械の機能不良時には、絶対動作範囲まで動く可能性があることに留意しましょう。また、機械の据付けに伴うスペース上の条件（平面だけでなく、空間的な範囲や建屋の壁・天井・そのほかの構築物、ほかの機械等との距離）も確認する必要があります。

## 機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー ＜機械設計段階リスクアセスメントの基礎＞

### (5) 「機械のライフサイクル段階」について

機械を使用する上で、ユーザーにおいて想定されるライフサイクルにどのような段階があるかを確認し、記載しましょう。



#### Point ライフサイクルの段階

ライフサイクルの段階としては、組付・設置、調整・試運転、通常の使用（設定替え、運転、清掃、トラブルシュート、保全等）、改造、運搬、解体・廃棄・設備撤去などが考えられます。詳しくは、“機械設備のリスクアセスメントマニュアル 機械設備製造者用”を参照してください。

### (6) 「危害の対象者」について

危険事象が発生した際に、危害が生じる可能性のある対象者としてどのような人がいるかを明確にするとともに、危害の対象者の要件（法定の資格や講習の受講など）を記載しましょう。

以下、それぞれの危害の対象者について説明します。

#### オペレーター

機械の操作者などです。機械によっては、操作部位のそれぞれに必要な資格・要件が存在する場合があるため、機械の操作に関わる人の作業内容を明確にし、それら作業のそれぞれに求められる要件を記載しましょう。



#### Point オペレーターとして考慮すべき人

直接機械設備を操作する人だけでなく、機械設備で使用する原材料や部品を、機械設備の周辺で取り扱う（搬入・搬出、開梱などを行う）人、その機械設備の稼働状況の確認を行う人なども含めて考えましょう。

#### 保守／調整担当者

定期的もしくは臨時で機械のメンテナンスや調整作業、清掃作業等を行う人です。こちらもまた、作業部位のそれぞれに必要な資格・要件が存在する場合があるため、機械の保守、調整、清掃等に関わる作業内容を明確にし、求められる要件を記載しましょう。

#### 周辺の作業員、第三者

当該機械の置かれる環境などから想定される、周辺の作業員、第三者を特定しましょう。



#### Point 周辺の作業員、第三者として考慮すべき人

周辺の機械・装置を扱う人、また隣接する機械の作業員、さらには、近接する通路を歩行する人、一般の工場見学者などにも注意を向け、機械と人の関係を見い出す必要があります。

## 2.2.2.危険源の同定

---

### 本項で実施すること

機械に関連するすべての危険源を同定し、その危険源による危険状態を同定する。さらに、同定した結果を、表でまとめる。

### 本項の目的・効果

本項の目的は、機械の安全性向上のため、対策すべき点を検討する上で必要となる、機械の危険性を漏れなく洗い出すこと。

本項の作業を実施した結果、機械に関連する危険性・有害性を洗い出し、危険源から危害に至るプロセスを明確にできる。また、このプロセスを明確にすることで、必要な安全対策を検討するための基礎資料が得られる。

ここでは、危険源と危険状態の同定について解説します。危険源・危険状態の同定は、以下の手順で行います。

- a. 機械に関連するすべての危険源を同定する。  
→ 2.2.2. (1) 「機械に関連する危険源の同定」 にて解説
- b. 危険源と人との関係で危害（傷害、健康障害）が発生することが予想されるすべての危険源・危険状態を同定する。  
→ 2.2.2. (2) 「危害の発生が想定される危険源・危険状態の同定」 にて解説

この項で実施する作業は、表 3 に示すような表でまとめることで、この後の作業をスムーズに進めることができます。



**機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー**  
**<機械設計段階リスクアセスメントの基礎>**

**(1) 機械に関連する危険源の同定**

リスクアセスメントの対象としている機械に、危険源が存在するかどうか、存在する場合はどのような種類の危険源であるかについて確認します。

危険源の種類は表4のように分類できます。これをチェックリストとして使いながら、リスクアセスメントの対象となる機械に該当するような危険源がないかを確認するとよいでしょう。

表4 危険源の種類

No.	符号	危険源の種類	内容
1	A B C	機械的な危険源	A. 形状、位置、重力、質量/速度の運動エネルギー、機械強度不足 B. 弾性要素、加圧下の液体/気体、真空効果の蓄積エネルギー C. 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、高圧流体の注入/噴出
2	D	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、熔融物の放出
3	E	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 高/低温環境による健康被害
4	F	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 口頭伝達/音響信号の障害
5	G	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
6	H	放射による危険源	低周波、マイクロ波、電磁波、紫外線、 $\gamma$ 線、X線、レーザー光、 $\alpha$ 波/ $\beta$ 波/電磁ビーム、中性子線
7	I	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、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	J	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	K	機械の使用環境の危険源	粉塵/ミスト、電磁妨害、雷、温度、汚染、雪、湿度、水、風による
10	L	組合せの危険源	上記の危険源の組合せ

ISO12100:2010 附属書 B 表 B.1 を参考に作成

**機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー**  
**<機械設計段階リスクアセスメントの基礎>**

**(2) 危害の発生が想定される危険源・危険状態の同定**

(1) で同定した危険源の一つひとつに対して、表 5 に示す各作業等について危険状態となり得る状況を、「着眼点」の内容をもとに具体的に検討します。

※ 「災害発生シナリオの例」では、両頭グラインダーを想定した内容を記載しています。

表 5 危害発生が想定される危険源・危険状態

No.	検討すべき作業等	着眼点	災害発生シナリオの例
1	機械の意図する使用が行われる作業	目的通りに機械を使用する作業において、存在する危険性	グラインダー停止後、まだ惰性回転中の砥石を停止状態と誤認して手を触れ、擦過傷を負う
2	合理的に予見可能な誤使用が行われる作業	機械の機能、能力等から想定される、ユーザーの誤った使用方法とそれに関わる危険性	停電で研削作業中断後、起動スイッチの状態を確認しないまま砥石交換を行い、停電復旧時の不意の起動で回転軸に指を巻き込まれる
3	機械に故障、異常等が発生している状況における作業	機械に故障、異常等がある場合に発生しうる危険性	回転制御部の故障により砥石が規定以上の高速回転となり、回転のブレにより砥石が外れて作業者にぶつかりケガをする
4	運搬、設置、試運転等の機械の使用の開始に関する作業	機械の運搬、設置、試運転といった機械を使用するための準備作業において発生しうる危険性	設置作業の際、水平でない場所に置いたため、グラインダーが落下して足をケガする
5	機械を使用する人以外の人が機械の危険性または有害性に接近すること	オペレーター、保守／調整担当者、周辺の作業員、第三者などに及ぶ可能性のある危険性	グラインダーの起動スイッチが飛び出て取り付けられており、歩行者が誤って衝突して、意図せず起動し、回転部に触れてケガをする
6	解体、廃棄等の機械の使用の停止に関する作業	機械を解体する際や廃棄する際などに発生しうる危険性（廃棄する場合には、廃棄の方法についても同定の対象とする）	

### 2.2.3. リスクの見積り

#### 本項で実施すること

同定された危険源・危険状態について、危害の程度、発生可能性などの観点から、個別にどの位のリスクがあるのかの見積りを行う。さらに、見積もった結果を、危険源・危険状態との対応がわかるように表でまとめる。

#### 本項の目的・効果

本項の目的は、現状のリスクが適切なレベルであるかどうか、リスクを低減する必要があるかどうかを検討するために、現状のリスクがどの程度であるかを把握すること。

本項の内容を実施した結果、2.2.4.「リスクの評価」において、どの危険源に対して優先的に対策を行うべきかを判断する際の基礎情報が得られる。

ここでは、リスクの見積りの手法を解説します。

リスクの見積り手法は、様々なものが検討されており、各企業は自社製品に適用しやすい手法を選ぶことができます。場合によっては、機械ユーザーから、リスクの見積り手法について指定される場合もありますので、それぞれの手法についての知識を得ておくことが重要です。

代表的なリスクの見積り手法を以下に解説します。

表6 代表的なリスクの見積り手法一覧

リスクの見積り手法	概要	特徴・備考
リスクグラフ法	リスク見積りの観点それぞれについて、二者択一（一項目のみ三択）で評価を行う手法	区分が単純なため初心者でも評価しやすい
マトリクス法	「危害の程度」と「危害が起こる可能性」の2つの観点でリスクを見積る手法	それぞれのリスクをマトリクス上に表示でき、視覚的に分かりやすい
加算法	マトリクス法の観点において、「危害が起こる可能性」を「暴露頻度」と「回避可能性」に分割し、観点ごとに数値を割り当てて加算する手法	多く観点で見積りを行うため、詳細な見積りができる



#### Point 手法・パラメータについて

ここで示した手法や各観点における基準は一例であり、各手法の利用や基準の程度は、業界の動向などを踏まえ、自社で定める必要があります。

まず、本テキストにおける基準をもとに、必要に応じて見直しを行い、自社で使用する基準を明確にして作業を行いましょう。

## コラム：リスクの見積り作業の参加部門

リスクの見積りは、同定された各々の危険源・危険状態に対して一つずつ行います。

リスクの見積り作業は、機械のエンジニアグループ（機械設計者、制御設計者など）とリスクアセスメントの専門家（安全管理部門）でチームを編成し、さらに次の参加者の協力を得て行うことが望まれます。



- ・ 機械を製造する製造部門
- ・ 機械を顧客がどのように使うのかをよく理解している営業技術部門
- ・ 購買部門
- ・ 品質保証部門 など

## （１） リスクグラフ法

リスクグラフ法では、表 7 の判定基準に基づき、表 8 を用いて、リスクの見積りを行います。

1. 危害の程度を軽傷（S 1）あるいは重傷（S 2）なものかを見積ります。
2. 危険事象への暴露頻度が、まれ（F 1）か頻繁（F 2）かを見積ります。
3. 危害を回避できる（A 1）か否（A 2）かを見積ります。
4. 危険事象の発生確率が、低い（O 1）か、中程度（O 2）であるか、高い（O 3）かを見積ります。
5. 1. ～4. の結果、表 8 から割り当てられたリスクレベルが大きな数字になるほど、対策の優先度が高いものになります。

機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー  
 <機械設計段階リスクアセスメントの基礎>

表7 リスク見積りにおける判定基準

項目	レベル	判定基準
危害の程度 (S)	軽傷 (S1)	軽微な危害 (不休災害、回復可能で障害が残らない危害) 例えば、すり傷、裂傷、挫傷で応急処置を要する軽い傷害
	重傷 (S2)	深刻な危害 (回復可能だが休業を要する災害、回復不可能な障害、致命傷) 例えば、骨折、重度の火傷、上下肢の粉碎、挫滅、筋骨格障害、致命傷
曝露頻度 (F)	まれ (F1)	1 作業シフトあたり 1 回以下の危険源曝露 または、1 作業シフトあたり 15 分以下の危険源曝露
	頻繁 (F2)	1 作業シフトあたり 2 回以上の危険源曝露 または、1 作業シフトあたり 15 分を超える危険源曝露
回避可能性 (A)	回避可能 (A1)	いくつかの条件下で傷害を回避可能 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 可動部分が 0.25m/秒以下の速度で動く場合で、暴露者が危険源の存在に気づいており、危険状態又は危険事象(事故)が迫っていることを認識できる</li> <li>・ 特定の条件 (温度、騒音、人間工学など) により回避できる</li> </ul>
	回避不可能 (A2)	回避が不可能
危険事象の発生確率 (O)	低い (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)
	中程度 (O2)	過去 2 年間で技術的故障が発見されている <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 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挙動 (人に依存する場合)</li> <li>・ 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)</li> </ul>
	高い (O3)	定期的に見られる技術的な故障 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業場で 6 ヶ月以下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挙動 (人に依存する場合)</li> <li>・ 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)</li> </ul>

表8 リスクグラフ法によるリスク見積り

危害の程度	曝露頻度	回避可能性	危険事象の発生確率		
			低い (O1)	中程度 (O2)	高い (O3)
軽傷 (S1)	まれ (F1)	可能 (A1)	1	1	2
		不可能 (A2)	1	1	2
	頻繁 (F2)	可能 (A1)	1	1	2
		不可能 (A2)	1	1	2
重傷 (S2)	まれ (F1)	可能 (A1)	2	2	3
		不可能 (A2)	2	3	4
	頻繁 (F2)	可能 (A1)	3	4	5
		不可能 (A2)	4	5	6

## コラム：リスクグラフ法

この手法は、上記のとおり危害の程度、暴露頻度、回避可能性のそれぞれについて、二者択一で見積りを行うものであり、区分が単純なため**初心者に適した手法**です。



リスクグラフ法は、ISO/TR 14121-2:2007、ISO13849-1：2006 及び JIS B 9705-1:2000 に示されているものをベースにしています。

## (2) マトリクス法

マトリクス法は、リスクを2つの観点「危害の程度」と「危害が起こる可能性」の組み合わせとして見積る手法です。マトリクス法では、以下の手順で見積りを行います。

1. リスクが顕在化したときの危害の程度を見積ります（表9参照）。
2. 危害が起こる可能性を見積ります（表10参照）。
3. 表11のマトリクス表から、リスクレベルが判定できます。よりリスクレベルが高いものを、優先的に対策する必要があります。



### Point 「危害が起こる可能性」の判断方法

「危害が起こる可能性」としては、以下の3つの要因を総合的に判断して見積ります。

- ① 人が危険源へさらされる頻度（時間）
- ② 危険事象の発生確率
- ③ 危害の回避の可能性

しかし要因ごとの影響度は必ずしも一定ではなく、事象に応じて適切に判断する必要があります。すなわち、①～③のうち、どれが「危害の起こる可能性」において重要なのかを判断し、リスクの見積りを行わなければなりません。

表9 危害の程度（S）（マトリクス法）

危害の程度（S）	危害の程度の判定基準（括弧内は目安の例）
微傷（S1）	すぐに治る傷害
軽傷（S2）	治療を要する不休災害
重傷（S3）	休業、後遺障害8～14級
重大（S4）	死亡・後遺障害1～7級や、3人以上の死傷

**機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー**  
 <機械設計段階リスクアセスメントの基礎>

表 10 危害が起こる可能性 (K) (マトリクス法)

危害が起こる可能性 (K)	発生可能性の判定基準 (括弧内は目安の例)
まれ (K1)	数年に 1 回程度かそれ以下
たまに (K2)	1 年に 1 回程度
時々 (K3)	2 月に 1 回程度
頻繁 (K4)	1 週に 1 回以上

表 11 リスクの見積りマトリクス表

		危害が起こる可能性			
		まれ (K1)	たまに (K2)	時々 (K3)	頻繁 (K4)
危害の程度	微傷 (S1)	1	2	2	3
	軽傷 (S2)	2	2	3	4
	重傷 (S3)	3	3	4	5
	重大 (S4)	3	4	5	5

### (3) 加算法

加算法は、それぞれの観点を数段階に分けて、各段階に重み付けをした数値を割り当て、それらを加算する手法です。ここでは「危害の程度」、「暴露頻度」及び「回避可能性」の3つのリスク要素に分けた例を紹介します。

加算法は以下の手順でリスクの見積りを行います。

1. 危害の程度 (S) を判定基準に基づいて見積ります (表 12 参照)
2. 暴露頻度 (F) を判定基準に基づいて見積ります (表 13 参照)。
3. 回避可能性 (A) を判定基準に基づいて見積ります (表 14 参照)。
4. 各要素の数値を足し合わせ、その合計値からリスクレベルを判断します (表 15 参照)。



#### Point 加算法における評価

加算法では、まずマトリクス法と同様に各観点的程度を推定し、それぞれの推定結果を合計してリスクレベルを決定します。それぞれの観点的推定において、数値を割り当てていくことがこの手法の特徴です。

機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー  
 <機械設計段階リスクアセスメントの基礎>

表 12 危害の程度 (S) (加算法)

危害の程度 (S)	危害の程度の判定基準 (括弧内は目安の例)
微傷 (1)	すぐに治る傷害
軽傷 (4)	不休災害
重傷 (6)	休業、後遺障害 8～14 級
重大 (10)	死亡・後遺障害 1～7 級や、3 人以上の死傷

表 13 暴露頻度 (F) (加算法)

暴露頻度 (F)	暴露頻度の判定基準 (括弧内は目安の例)
まれ (1)	半年に 1 回程度かそれ以下
時々 (2)	1 週間に 1 回程度
頻繁 (4)	1 日に 1 回程度かそれ以上

表 14 回避可能性 (A) (加算法)

回避可能性 (A)	回避可能性の判定基準 (括弧内は目安の例)
ほとんどない (6)	危険の検知や回避は無理
可能性がある (4)	よほど注意しないと危害が発生
可能性が高い (2)	注意していれば検知可能／回避可能
確 実 (1)	危険は容易に検知／回避可能

表 15 加算法によるリスクのレベル分け

加算値 (S+F+A)	判断	リスクレベル (R)
12～20	極めて重大なリスク	4
8～11	重大な問題があるリスク	3
5～7	多少の問題があるリスク	2
3～4	些細なリスク	1

## 2.2.4. リスクの評価

### 本項で実施すること

リスクの見積りの結果をもとに、現状のリスクが適切なレベルであるかどうか、リスクを低減する必要があるかどうかを検討・決定し、対策の優先順位を決定する。結果は、リスクの見積り結果との対応がわかるように、表などでまとめる。

### 本項の目的・効果

本項の目的は、複数存在する機械のリスクについて、効率的かつ効果的にリスク低減対策を検討するための基礎情報を得ること。

本項の内容を実施した結果、どのような人が、どのような状態で機械と関わり合いを持つかを明確にできる。また、人と機械の関わり合いを明確にした結果、機械ユーザーに伝えるべき“ユーザーが避けるべき行動・状況”を整理できる。これにより、本項以降のリスクアセスメントの実施手順を、スムーズに進めることができる。

2.2.3「リスクの見積り」で見積ったリスクについて、そのリスクレベルに応じた対策の必要性を、個別のリスクに優先順位をつけることで決定します。

なお、リスクの見積りの仕方（見積りの手法や判定基準など）によって、見積り結果のリスクレベルが異なる場合があります。リスクの評価を行う際は、リスクの見積り結果との関係を確認しましょう。ここでは、リスクの見積りにおいてリスクグラフ法を使用した場合について解説します。

リスクグラフ法による見積り結果（リスクレベル）に応じた対策優先順位は表 16 のように分類することができます。

それぞれのレベルに応じた保護方策を講じる必要があるため、2.3.で解説する「保護方策の検討・実施とリスクの再評価」を実施することになります（具体的な実施内容は、2.3.参照）。

また、リスクの見積り・評価を行った結果として、リスクグラフ法により実施した例を表 17 に示します。

表 16 リスクグラフ法によるリスク見積り・評価

危害の程度	暴露頻度	回避可能性	危険事象の発生確率			対策優先順位
			低い (O1)	中程度 (O2)	高い (O3)	
軽傷 (S1)	まれ (F1)	可能 (A1)	1	1	2	優先順位Ⅲ (リスク低)
		不可能 (A2)	1	1	2	
	頻繁 (F2)	可能 (A1)	1	1	2	
		不可能 (A2)	1	1	2	
重傷 (S2)	まれ (F1)	可能 (A1)	2	2	3	優先順位Ⅱ (リスク中)
		不可能 (A2)	2	3	4	
	頻繁 (F2)	可能 (A1)	3	4	5	優先順位Ⅰ (リスク高)
		不可能 (A2)	4	5	6	

機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー  
 <機械設計段階リスクアセスメントの基礎>

表 17 リスクの見積り・評価の実施例（リスクグラフ法）

No.	危険が発生する箇所	作業等の内容	危険事象シナリオと 危害の程度	リスク要素					
	危険の内容			S	F	O	A	リスクレベル (1~6)	優先順位 I~III
				S1	F1	O1	A1		
1	砥石表面	調整作業	運転中で砥石が回転している事に気づかず、停止状態と誤認してうっかり手を触れて、手指を挫傷	S1	F2	O3	A2	2	III
	擦過/こすれ	研削作業		S2	F2	O3	A2		
2	砥石、フランジ、回転軸	調整作業	停電で研削作業中断後、停電が復旧した時にグラインダが不意に起動し、回転軸、フランジなどに指を巻込まれて切断	S2	F1	O3	A2	4	II
	擦過/こすれ 引込み、巻込み			S1	F2	O3	A2		
3	砥石表面	調整作業	スイッチで電源 OFF 後、惰性で回転中の砥石を停止状態と誤認し、うっかり手を触れて、手指を挫傷	S1	F2	O3	A2	2	III
	擦過/こすれ	研削作業		S2	F2	O3	A2		
4	砥石表面	調整作業	フランジの変形、損傷による砥石のぶれ、振動などの予期せぬグラインダの挙動で、砥石に手指を巻込まれ挫減創	S1	F2	O3	A2	2	III
	巻込み	研削作業		S2	F2	O3	A2		
5	砥石、フランジ		電源を切り忘れて、砥石交換中に、スイッチ誤作動で回	S2	F1	O2	A2	3	



**Point** リスクの評価実施後の対応

リスク低減対策を必要とする場合は、2.3「保護方策の検討・実施とリスクの再評価」により保護方策を立案し、それを適用してリスクの再評価を実施し、リスクが適切なレベルになったかどうか確認します。

また、保護方策を実施することにより新たな危険源が生じないかについても再チェックし、新たな危険源が生じた場合には、危険源の同定から、再度リスクアセスメントの手順を繰り返す必要があります。

## 2.3. 保護方策の検討・実施とリスクの再評価

### 本項で実施すること

リスクの評価結果を踏まえて、リスク低減が必要とされた項目について、具体的な保護方策を検討した上で、実施するとともに、十分にリスク低減が図られたか、新たな危険が発生していないかを再度評価する。

保護方策の実施結果と、再評価の結果は、2.2.4「リスクの評価」までで作成した表に書き足し、まとめる。

### 本項の目的・効果

本項の目的は、リスク低減のための保護方策を検討し、それを再評価して、必要に応じて追加の保護方策を実施することにより、確実にリスクを低減すること。

本項の内容を実施することで、機械を安全なものとするための保護方策を選択して、機械の危険性を低減することができる。

また、検討した保護方策により危険性の低減が十分にできているかを確認することで、保護方策の効果を確認し、必要に応じてさらなる保護方策の検討を行うことができる。これらにより、より安全な機械が実現できる。

リスクアセスメントの手順としてここまで解説してきた事項は、機械を安全なものとするための保護方策を効果的に実施するための背景情報となっています。保護方策を実施し、リスクが低減されてこそ、リスクアセスメントの実施が意味を持つことになります。

この項では、保護方策の検討の考え方および保護方策選定にあたっての観点を解説します。

### (1) 保護方策の検討及び実施

リスク低減のための保護方策は大きく3つ（小分類を含めれば4つ）に分類することができます。1.2.2.「保護方策の実施」で解説したように、機械包括安全指針では、とるべき保護方策の優先順位が以下のように示されています。

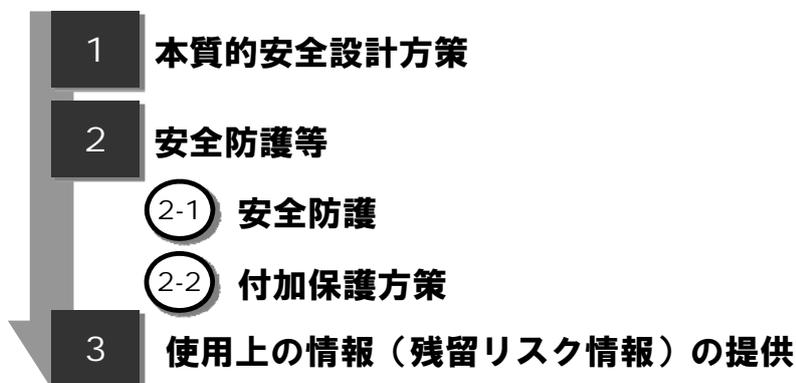


図3 保護方策の優先順位

## 機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー ＜機械設計段階リスクアセスメントの基礎＞

### 本質的安全設計方策

順位1の「本質的安全設計方策」は、安全性を確保する上で非制御手段と制御手段による方策に分類できます。非制御手段と制御手段とは、以下のような方法により安全性を確保することを指します。

- 非制御手段による方策
  - ✓ 危険源の排除
  - ✓ 危険源のエネルギーを人に危害を与えない程度に低減
  - ✓ 危険源への暴露の排除。頻度、時間の低減
  - ✓ オペレーターの精神的、肉体的疲労などを低減する人間工学原則の適用
- 制御手段による方策
  - ✓ 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の実行
  - ✓ 人に危害を生じる機械の危険な動きを防止する対策
  - ✓ 故障に対する抵抗性の向上



### Point 本質的安全設計

「本質的安全設計方策」は、設計段階でリスクの除去又は低減を図るものであり、一般的には最も確実な安全確保ができ、まずはこの検討が必要です。機械の設計段階でこの安全対策を実施すれば、機械完成後に手戻りするよりコストも時間もはるかに低減できます。また、人の行動に依存しない、本質的なリスク低減の方策はこれ以外にはありません。

本質的安全設計とは「機械固有のリスクを最小にすること」を意味しており、安全防護装置も機械であるため、安全防護装置の設計においても本質安全化を図る必要があります。

つまり、機械本体だけでなく、安全防護装置である「本質安全防爆」「非対称故障特性(Fail safe)」「再起動防止制御」などの設計を行う場合にも、上記の非制御手段及び制御手段により、本質的安全設計を行うことが必要です。

## 機械メーカー等向け 機械災害予防セミナー ＜機械設計段階リスクアセスメントの基礎＞

### 安全防護

順位2-1の「安全防護」とは、一般的に機械の外側に後付けするもので、カバー、柵、各種の電気・電子的な保護装置が含まれます。

この方策は、最も実行しやすく、かつ効果的に安全確保を図ることができ、機械メーカー、機械ユーザーを問わず、保護方策の最も主要なものとして位置付けられます。

### 付加保護方策

順位2-2の「付加保護方策」とは、非常停止ボタンのように人為的操作に期待する保護方策などのように、「本質的安全設計方策」でも「安全防護」でもない技術的、工学的な方策のことをいいます。名称のとおり順位1、2-1の方策に付加して安全機能を補うもので、主たる方策ではありません。

また、この方策は、次の順位3と同じく、多くは人に依存する保護方策なので、安全性能としては高くありません。

### 使用上の情報（残留リスク情報）の提供

順位3の「使用上の情報（残留リスク情報）の提供」は、順位1から2-2の方策でリスクの低減を図ったが、残留リスクが存在するときの最後の手段と考えるべきものです。コストを抑え容易にできるからといって、本来順位1から2-2の方策でできるはずのものをこの方策で代用してはなりません。

機械メーカーは、残留リスクがある場合には、機械ユーザーに「ハザードマップを含めた残留リスクの詳細」を明確に伝える必要があります。

なお残留リスクがある場合の対応については、4章で解説します。

### コラム：保護方策の考え方

保護方策を考える前に、次の事項を前提として認識しておきます。

- ①人はミスをする
- ②機械は故障する
- ③絶対安全は存在しない

保護方策を実施する上でこの3項目の考慮が欠けていれば、ミスや故障が影響して保護方策が機能しない可能性もあります。

そのため、以下の2点を念頭に置き、ミスや故障が起こることを前提にした保護方策を考えれば、安全性を高めることができます。

- ・ 人に依存する方策ならば、ヒューマンファクターを十分考慮する。
- ・ 機械に依存する方策ならば、故障時に人に危害を及ぼさないように構成する。



## (2) リスクの再評価について

### リスクの再評価の概要

前節までで示したように、リスクアセスメントでは 2.2.1「機械の制限に関する仕様の指定」から 2.2.4「リスクの評価」で、機械の制限仕様の指定を行い、リスクの存在とその大きさを求め、その後、リスクの高いものについては、2.3(1)「保護方策の検討」で示した保護方策を適用してリスク低減を図ります。

ただし、保護方策を実施しただけでは、その方策が当該リスクの低減に適切、妥当なものかどうか明確にはならないため、2.3(1)に続く次の手順として保護方策の再度見直し、すなわち「リスクの再評価」が必要です。



### **Point** リスクの再評価における見直しの対象

「リスクの再評価」では、保護方策の見直しばかりでなく、例えば制御手段による方策などの場合には、使用するデバイスの安全性能を勘案して、そのデバイスを使用することが適切であるかについても検討する必要があります。

### リスクの再評価方法

保護方策を立案した場合、その保護方策の妥当性及びリスクの低減レベルの妥当性についてチェックします。ここでいうリスクの再評価とは、次のことをいいます。

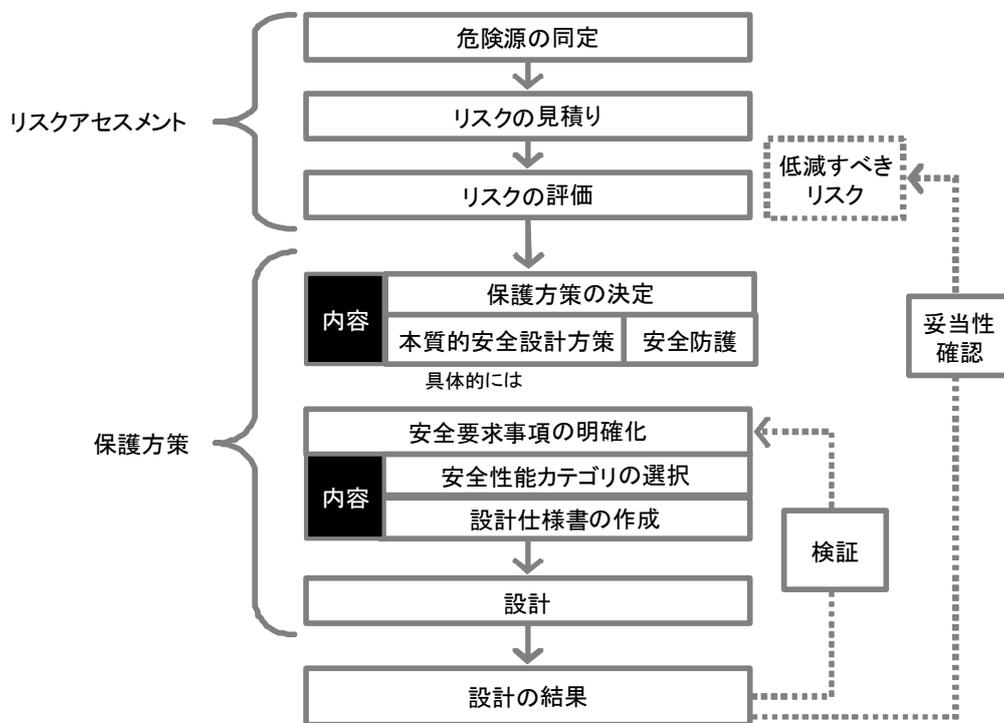
- ✓ 法令や規格等に照らして適切な保護方策かどうかの検証
- ✓ リスク低減効果の妥当性の確認
- ✓ 保護方策を施した状態での「危険源の同定」から「リスクの評価」までのリスクアセスメントの再実施



再評価の具体的実施内容

図 4 の内側の矢印付きの破線で示すとおり、保護方を立案（まだ実施には至らない時点）したあと、最適な方を設計することになります。そして最終的な方が完成（設計完了）したのち、労働安全衛生規則や構造規格、JISやISOの規格、当該機械の輸出先の国家規格などの安全規格に挙げられている安全性要求事項に適合しているか、問題点がないかなどを検証します。ここで要求事項に適合していないなどの問題があれば、方の設計をやり直します。

続いて、図 4 の外側の矢印付きの破線で示すとおり、設計した方が的確にリスクを低減する性能を有するかなど、その妥当性を確認します。ここで、リスク低減の有効性や新たな危険源の発生、誘発の可能性はないかなど、あらゆる角度からの検証を行います。



出典：「機械設備リスクアセスメントマニュアル」図 25

図 4 機械の安全性を確認するための検証と妥当性確認のプロセス

