

目次

1 章 なぜ今「安全」を言うのか	1
1.1 労働災害の現状と防止策	1
1.2 機械安全の概念	5
2 章 国際安全規格の体系	9
2.1 安全法令と規格	9
2.2 認証制度	10
2.3 国際安全規格の体系	13
2.4 国際安全規格と JIS	14
3 章 事故災害に対する企業責任と各種国内法	15
3.1 企業責任	15
3.2 法令とその優先関係	18
3.3 労働安全衛生法と機械の包括的な安全基準に関する指針	19
3.4 労働安全衛生規則	23
3.5 製造責任（PL）法	28
3.6 消費生活用製品安全法	29
4 章 リスクアセスメント	35
4.1 リスクアセスメントの概念	35
4.2 リスクアセスメントの手順	36
5 章 リスク低減(ISO12100)	43
5.1 リスク低減の手順（3 ステップメソッド）	43
5.2 本質的安全設計方策によるリスク低減	45
5.3 安全防護および付加保護方策によるリスク低減	45
5.4 使用上の情報によるリスク低減	46
5.5 安全制御機器の増加と進化	47
6 章 本質的安全設計方策	49
6.1 本質的安全設計	49
6.2 人間工学原則に関するオペレータインタフェース	51

7 章 安全防護(ガードと保護装置)	54
7.1 ガードとインターロック	54
7.2 ガード (Guard)	55
7.3 インターロック	62
7.4 停止カテゴリ	67
8 章 安全機器(セーフティコンポーネント)	70
8.1 安全機器とは	70
8.2 安全機器の種類－正しく使うための要件と構造に関する規格要件	74
9 章 付加保護方策	88
9.1 非常停止装置	88
9.2 捕捉された人の脱出および救助のための方策	90
9.3 遮断およびエネルギーの消散に関する方策	90
9.4 機械および重量構成部品を容易かつ安全に取り扱うための方策	91
9.5 機械類へ安全に接近するための方策	92
10 章 感電保護と電気起因する火災	94
10.1 感電	94
10.2 直接接触による感電に対する保護	97
10.3 間接接触による感電に対する保護	98
10.4 電気に起因する火災	100
11 章 使用上の情報提供	104
11.1 使用上の情報	104
11.2 標識、警告表示の貼り付け	105
11.3 表示およびマーキング	107
11.4 取扱説明書	107
付録	108
危険区分リスト (JIS B 9700 : 2013 に基づき整理したもの) 1/2	108
危険区分リスト (JIS B 9700 : 2013 に基づき整理したもの) 2/2	109

はじめに

一般社団法人日本電気制御機器工業会（NECA）は、国際的に通用する機械設備や生産システムの安全に対する妥当性確認を実施できる人材（機械装置及び生産システムの安全化技術に関し、設計技術者、管理技術者及び関連業務担当者）を対象としたセーフティアセッサ資格認証基準を 2004 年度に制定しました。日本認証株式会社（JC）が、制度の運用を行っています。

セーフティアセッサ®資格認証者は年々拡大し、2023 年 4 月現在で 9,949 名に達するとともに、資格認証者保有企業も 934 社を超え、安全技術者の役割が社会的に認知されるようになってきました。そして現在、「セーフティアセッサ®認証制度」は厚生労働省からも認められ、通達文書の中で機械安全教育に有効であると明示されています。

しかしながら、機械安全を理解した技術者が増える一方で、機械を設計する側と機械を使用する側の安全に対する考え方に隔たりが生じるようになってきました。いくら設計側で機械安全の考え方を取入れようとしても、使用する側の製造現場の理解が得られないと、機械安全は社会や企業内に浸透していきませんし、機械を使用する製造現場とのリスクコミュニケーションが上手く取れないと、機械安全の確立は困難となります。こうした設計側と使用する側の考え方のギャップを埋めたいという声が増える中、使用する側を対象とした機械安全教育制度のニーズが高まってきました。

機械安全の考えを取入れ、さらなる製造現場のリスク低減や各種の事故災害の減少を図るためには、設計側だけでなく使用する側や技術者以外の幅広い分野の方々へも機械安全の考え方の浸透が必要と認識し、一般社団法人日本電気制御機器工業会（NECA）と日本認証株式会社（JC）が協力して新たな資格「セーフティベーシックアセッサ」を制度化しました。

（2023 年 4 月現在 15,972 名が機械運用安全の資格を保持）

主な対象は、①現場オペレータ・保全担当者 ②総務・人事部門等の管理部門の方 ③機械設備・機械部品等の製品、システムを販売する営業担当者 ④購買・調達担当等 としています。

本書では「セーフティベーシックアセッサ」資格として、必要な「安全とは何か」「どうすれば安全になるのか」の考え方、手法について説明します。

※「セーフティベーシックアセッサ」は厚生労働省の通達文書の中で、機械ユーザの職長、作業主任、各種安全担当者の機械安全教育に有効であると明記されています。

1章 なぜ今「安全」を言うのか

昨今、工場における爆発事故や産業事故等が多発し、新聞やTVでもその悲惨な事故内容が度々報道されています。このような産業事故の発生は減少するどころか、むしろ増加の傾向にあります。従来日本では、ものづくり現場での安全構築を現場作業員への安全教育や指示徹底に大きく依存してきましたが、現場を熟知している熟練者のリストラや高齢化・定年による退職、それに伴う経験ノウハウが不十分な若年・派遣労働者、そして外国人労働者の増加により、これまでのやり方では現場での安全確保は難しい状況となってきています。

この章では、これまでとは異なる労働災害に対する安全への取組みについて、考え方の相違点も交えながら紹介します。

1.1 労働災害の現状と防止策

1.1.1 ハインリッヒの法則

重大な労働災害を防ぐ教訓として、「ハインリッヒの法則」と呼ばれる経験則があります。別名「1：29：300（1対29対300）の法則」「ヒヤリ・ハットの法則」とも呼ばれており、日本を含む世界の様々な労働現場において、労働者への注意喚起を促すために活用されています。

皆さんの職場でもこの法則を活用していませんか？

ハインリッヒの法則は、米国の損害保険会社で技術・調査部の副部長を務めていたハーバード・ウィリアム・ハインリッヒ（Herbert William Heinrich）という人が1929年の論文で主張した災害防止に関する統計です。彼はある工場で発生した5,000件以上に及ぶ労働災害を統計学的に調べ、以下のような法則性を示しました。「同一の人間に類似した accident が330回起きるとき、そのうち300回はケガを伴わず（no injury）、29回には軽いケガ（minor injury）、1回には重いケガ（major injury）が伴う。そして、injuryの有無・重軽にかかわらず、すべての accident の背景に、おそらく数千に達すると思われるだけの[不安全行動]と[不安全状態]が存在する。」

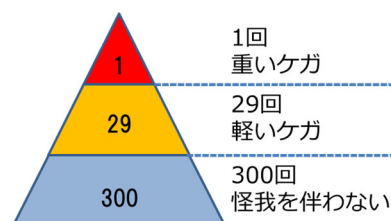


図 1.1 ハインリッヒの法則

では、この1対29対300のハインリッヒの法則は、製造現場のみに適用するものでしょうか？

統計学的に導き出された確率なので、常に大事故のリスクと隣合せになっている医療現場、建設現場、鉄道・車両等の輸送現場等でもリスク管理指標として使われることがあります。必ずしも本来の意味と一致するわけでもありませんが以下に類似例を紹介します。

◆JR 西日本福知山線脱線事故（2005 年）

多くの死傷者を出してマスコミを賑わした大事故でした。その後の調査によると、停止線

にきっちりと停まれなかったオーバーラン、減速するはずのカーブでのスピード超過が、脱線事故前に 300 件以上も発生していたそうです。これらのオーバーランとスピード超過は「列車の運転手がヒヤリ」とする程度の些細なミス（＝ヒヤリ・ハット）でしかなく、後々の事故調査によって初めて明らかになったことで、都度報告さえもされておらず、脱線事故が発生しない限り、「運転手のみが把握していたミス」だったそうです。こうしたヒヤリ・ハットを積み重ねて行った結果が、脱線事故という大事故に繋がってしまったという訳です。

◆六本木ヒルズ回転ドア事故（2004 年）

6 歳の男児が大型の自動回転ドアに頭部を挟まれ死に至った事故でした。回転ドアの重量が重く停止するまでに時間を要したことで男児が光センサの死角に入り緊急停止が働かなかったことが主な原因でしたが、死亡事故が起きるまでの 1 年間に、32 件の事故が報告されているにも関わらず、ビルを管理する側やメーカ側が本格的な対策に乗り出さなかったのも、このような最悪の結果を招いたもうひとつの原因と言えます。また、おそらく大変多くの方が、この自動回転ドアに対してヒヤリ体験をしたのではないのでしょうか。

これらの事例から、重大災害を未然に防ぐには、機械を使用する側がヒヤリ体験や軽微の事故を管理者や機械メーカ等にフィードバックすることが如何に大切であるかがわかります。機械を設計する側は気付かないが、使用する側なら気付くことはたくさんあるはずです。是非ともこの法則のことを思い出して、機械を設計する側とリスクコミュニケーションして下さい。

1.1.2 労働災害の現状

1972 年（昭和 47 年）に労働安全衛生法が施行され、当時年間約 6,000 人だった労働災害による死亡者数は、現在年間約 800 人にまで大きく減ってきました。死傷者数は、年間約 400,000 人から年間約 120,000 人に減っていましたが 2015 年くらいから増加に転じています。理由としては、雇用の変化（ベテランの退職、パートや請負の増加、外国人労働者の増加等）等が挙げられています。なお、2023 年の死亡者数は 755 名、死傷者数は 135,371 名となっています。

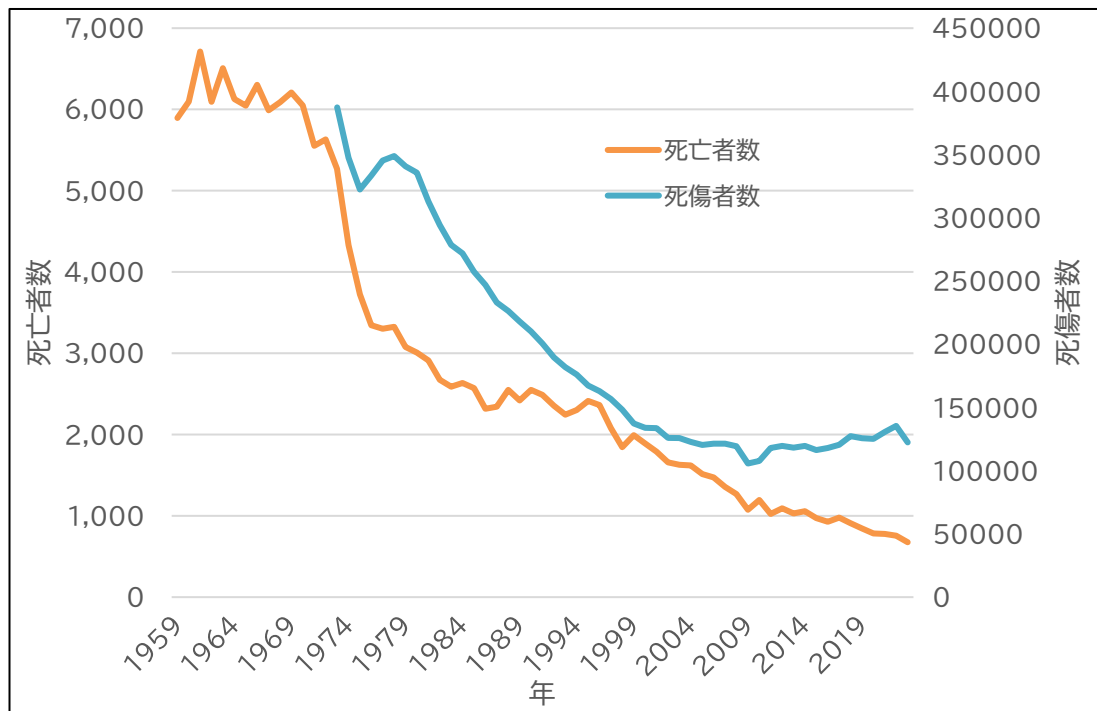


図 1.2 労働災害による死亡者数と死傷者数の推移（厚生労働省の労災統計より）

また、製造業における労働災害を事故の型別でみると、「はさまれ・巻き込まれ」による死亡災害が最も多く、死亡災害の約 3 分の 1 を占めています。「はさまれ・巻き込まれ」事故のほとんどは製造用の機械設備によるものなので、従来とは異なる考え方で安全化された機械設備の導入が、災害の低減に貢献すると考えられます。

厚生労働省において、2023 年（令和 5 年）4 月 1 日より第 14 次労働災害防止計画が、2028 年（令和 10 年）3 月 31 日までの 5 ヶ年計画でスタートしています。本計画では、「労働災害を少しでも減らし、労働者一人一人が安全で健康に働くことができる職場環境の実現」に向けて全体目標として 2027 年までに①労働災害による死亡者数を 5%以上の減少（2022 年比）と②労働災害による死傷者数（休業 4 日以上）を 2021 年までの増加傾向に歯止めをかけ 2022 年と比較して 2027 年までに減少に転じることを掲げています。

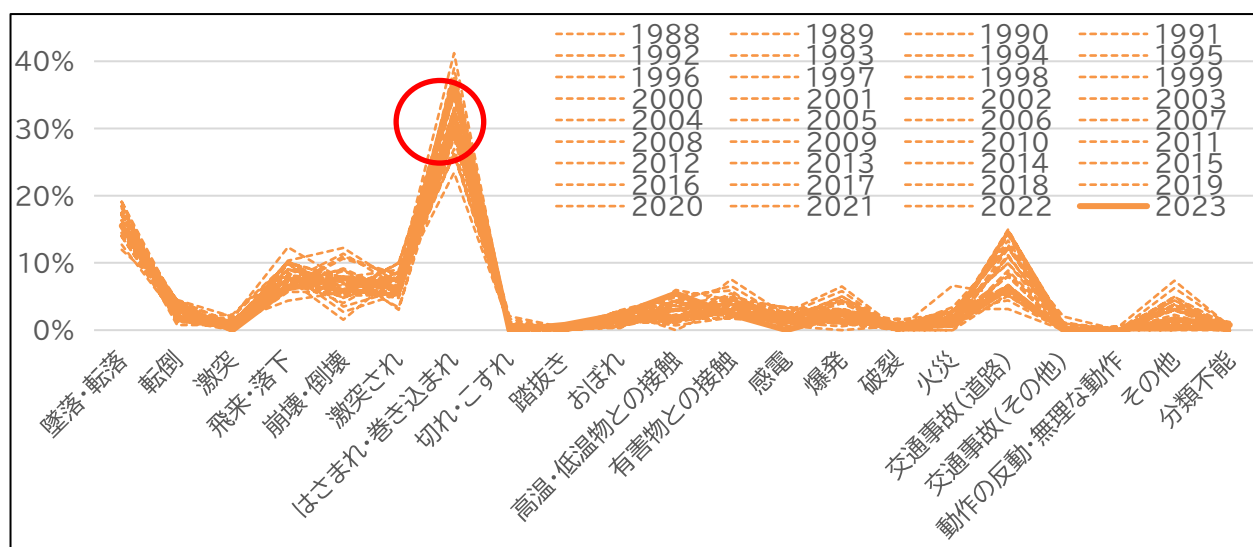


図 1.3 事故の型別死亡災害発生状況（厚生労働省の労災統計より）

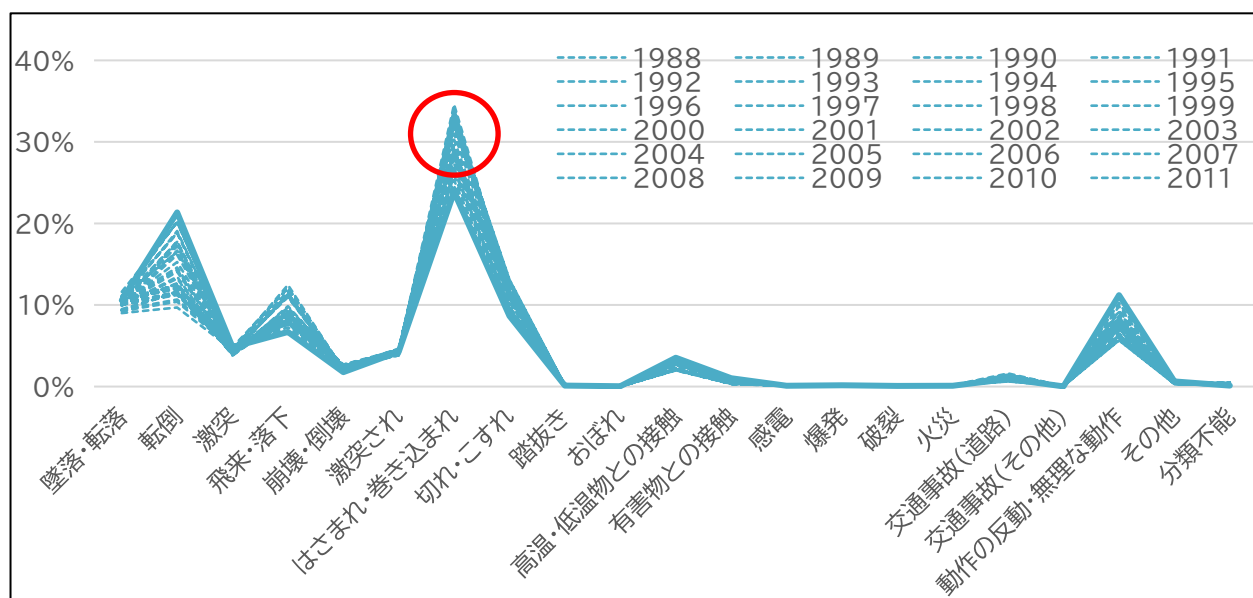


図 1.4 事故の型別死傷者災害発生状況（厚生労働省の労災統計より）

防止計画の 8 項目の重点事項の具体的取組の最初に「死亡災害の撲滅を目指した対策の推進」とありますが、その中に「製造業における施設、設備、機械等に起因する災害等の防止」として

－危険性の高い機械等については、製造者が十分な知識及び技能を有する者を参画させた、機械の包括的な安全基準に関する指針（平成 19 年 7 月 31 日付け基発第 0731001 号）による製造時のリスクアセスメントを確実に実施するための方策を検討するとともに、製造者によるリスク低減を実施しても残留するリスク等の情報を機械等の使用者に確実に提供する方策を検討する。あわせて、機械等の使用者による安全な使用の徹底を図る。－とあります。

1.2 機械安全の概念

1.2.1 人は間違える、機械は壊れる

誰もが事故を起こしたくありませんが、そもそも事故が起きてしまう原因は何でしょうか？ ふたつ原因があります。

まずひとつに、作業者の不注意によるミス（予見可能な誤使用）や不安全行動が原因となって事故は発生しています。

例えば、作業者が疲労していれば確認がおろそかになりがちですし、体調不良や心配事があれば集中力を欠いてうっかり操作ミスをしてしまうこともあるでしょう。また、機械の停止からの復旧を急がされれば安全確保の手順を省略したり、次のことを急ぐあまりついつい近道行動をとったりしてしまいます。

もうひとつは、機械自体の故障等（不具合・不安全状態）が原因となって事故は発生しています。

例えば、非常停止押しボタンスイッチを押したけれども機械の電源が切れなくて事故となった事例があります。これは押しボタンスイッチが永らく使われていなくてスイッチの接点が溶着していたためです。また、強力な外来ノイズ（電波等）でロボットが勝手な動きをしたとか、センサや制御回路の故障で危険状態になっても機械が停止しなかった事例もあります。

このように「人は間違える、機械は壊れる」ということを前提に機械を設計したり、防止策を検討したりすることが重要となります。



図 1.6 人は間違える・機械は壊れる（NECA 安全ガイドブックより）

1.2.2 日本の安全活動と欧州の機械安全

これまでの日本は、質の高い作業者と現場の改善により「人と教育に依存した安全」を進めてきました。指差呼称、KY 活動、改善等の現場力で災害防止の成果をあげてきたことも事実です。確かに、過去の実績から作業者のミスは教育訓練でなくすことができるように思えますが、いくら教育訓練を行っても作業者が間違えないようにするには限りがあります。しかしながら現在、現場を熟知した熟練者の定年による退職、それに伴う経験・ノウハウが不十分な若年層も含むパートや請負労働者の増加、さらには言葉や文化が異なる外国人労働者の増加等の雇用環境変化、セル生産に見られる段取り替えや作業の複雑化、生産設備の高度化にともなう予防保全の要求等、労働環境は大きく変わってきており、従来のやり方では現場での安全確保が難しい状況になっています。そこで、こうした背景から、「むしろ人間は間違えるものとして、人が操作を間違えても事故が起こらない、近道行動等の不安全行動ができない機械を考える方が事故防止には有効である」「機械は壊れるものとして、機械に不具合が発生したり不安全状態に陥ったりしても事故が起こらない技術を用いる」という欧州型の「技術と設計による安全」いわゆる機械安全への対応が求められており、現場の教育訓練だけに頼るのではなく、安全技術に基づいた安全な機械の設計および導入が、これからの工場では必須となります。そのためにも、機械の設計・製造者はもちろん、機械の使用者およびその事業者も「安全技術の習得」および「安全に関わるリスクの理解」を求められています。つまり、機械安全の目的、機械安全に関わる用語、機械安全の考え方を機械の設計をする側と機械を使用する側で共有し、リスクコミュニケーションを図ることのできる下地を作ることと求められています。

表 1.1 日本の安全活動と欧州の機械安全

	日本の安全活動	欧州の機械安全
目的	人間が間違えないようにする 事故が起きそうになっても、 人間が対処できるようにする	人間が間違えても、機械が故障しても 事故が起きないようにする
主担当	現場作業者	設備設計者
何に対して	現場作業者、作業、作業環境	機械の仕様、機械の設計
何を	KY（危険予知） 指差呼称	リスクアセスメント リスク低減（3 ステップメソッド）
いつ	日々、常時	機械設計時、変更時
どこで	作業現場	設計現場
ポイント	局所的、ボトムアップ	系統的、網羅的、トップダウン
メリット	現場だけでできる 徐々に改善しやすい	1 度の対策が継続的に効果を上げる 水平展開が同様の効果を上げる
デメリット	常に継続しなければならない 水平展開が同様の効果を上げにくい	各部署の合意と組織的取り組みが必要 一気に変えることが多い

1.2.3 労働災害の発生条件

災害に至る理由はたくさんあります。それらをひとつひとつ解決していても、なかなか災害は無くなりません。そこで、機械安全では、事故のモデルをシンプルに考えることにしました。機械の中にある危険源に触ってしまうから怪我をする訳です。そして、危険源に触れる状態を放っておくから、いつか必ず誰かが危険源に触ってしまうのです。したがって、危険源に何らかの対処をして、危険状態をなくせば、人が何をしても災害に至らないはずで

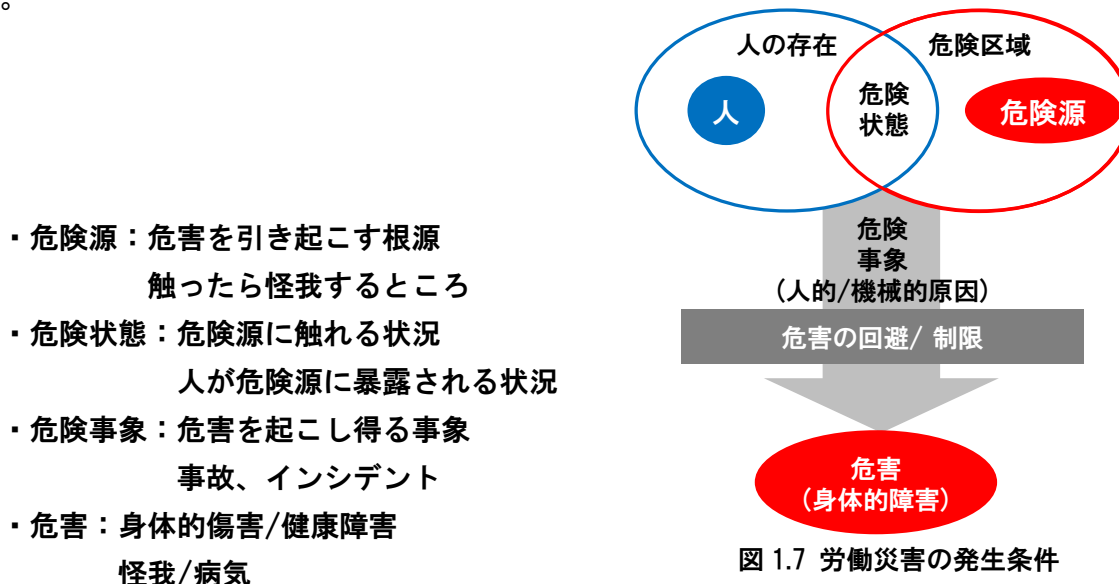


図 1.7 労働災害の発生条件

(ISO/TR 14121-2:2012 より)

機械の安全設計では、機械に潜むあらゆる危険源を列挙してその危険性を評価します。以下の種類が、機械類に関する国際安全規格である ISO12100

(JIS B9700) に危険源として定義されています。この規格をもとに整理した危険区分リストを付録として巻末に掲載しておりますので参照下さい。

- ・ 機械的危険源：落下物、回転部、鋭利部 等
- ・ 電氣的危険源：端子部、充電部、電気回路、配線 等
- ・ 熱的危険源：炎、高温部、低温部 等
- ・ 騒音による危険源：空圧装置、排気、接触部 等
- ・ 振動部による危険源：振動する装置、移動機械、手持ち工具、加振機 等
- ・ 放射による危険源：低周波、高周波、紫外線、赤外線、X線等
- ・ 材料及び物質による危険源：有機溶剤、粉じん、酸、アルカリ 等
- ・ 人間工学無視により発生する危険源：見難い表示器、操作し難い制御器、低すぎる台 等
- ・ 機械が使用される環境に関連する危険源：使用環境、天候、閉鎖空間 等



危険源には、即座に作業者に人的被害、傷害をもたらすものと、騒音や振動のように後から被害が出てくるものがあります。機械設計においては、前者の危険源にのみ注意しがちですが、上記に列挙した多様な危険源を見落とさないようにして下さい。

1.2.4 リスクと安全

安全技術に基づく安全設計を行うにあたってはリスクという概念が重要です。リスクとは、「危険な状況下で起こり得る傷害の可能性と傷害の程度の組み合わせ」と定義されています。ここで、傷害の可能性とは、危険源に接触あるいは接近する頻度や時間、危険な事象の発生する確率、および危険な事象が発生した時に回避できる可能性を包括的に考慮したものです。また、傷害の程度とは、受傷したときに予想される傷害または健康障害の程度となります。

リスクは、プレスや裁断機のように受傷すれば重傷となる危険に常に接するものから、ケーブルにつまずいて転倒する程度のもので幅広く存在します。いろいろな安全対策を実施したとしても、全てのリスクをゼロ、すなわち絶対安全にすることは技術的に不可能です。国際安全規格では、リスクを「受け入れ可能なリスク程度」以下に低減することを求めている、これを安全としています。

受け入れ可能なリスク程度は、国、使用分野、技術、時代等の対象と環境によって異なるため、規格として統一的な基準が決まっています。よって、製品規格や各工業会での合意等を参考に各社で規定します。

日本人は、安全を絶対安全として捉えがちです。「人は間違える、機械は壊れる」という考えを前提にすると、絶対安全はあり得ないことになります。欧州はそれを認め、リスクという概念を機械安全に適用しています。また、「安全＝リスクゼロ保証」と誤解されないように、商品名等で「安全」という言葉の使用を避けています。例えば、「安全靴」→「保護靴（protective shoes）」、「安全帯」→「落下防止帯（fall-prevention harness）」、「安全ヘルメット」→「保護ヘルメット（protective helmet）」等です。