

設計・施工管理技術者向け 安全衛生教育支援事業 ～機械設計編～

機械設計を
学ぶ方のために



令和3年度厚生労働省委託事業

設計・施工管理を行う技術者等に対する
安全衛生教育の支援事業

はじめに

これまで、わが国の労働災害は、関係者の弛まぬ努力により、この半世紀、7割以上減少し、製造業においても8割減少してきました。ただ、製造業で今も、年間141人(平成31年・令和元年)の尊い命が失われています。

今後、製造現場の労働災害をさらに減少させるには、工場で使用する機械の安全衛生対策が求められ、厚生労働省は、第13次労働災害防止計画(平成30年度～令和4年度)で、「機械設計段階の安全衛生に配慮した設計の普及」を重点対策に掲げ、施策を推進しています。

このような現状を踏まえ、このテキストでは、大学で機械設計を学ぶ方々を対象に、機械設備にかかわる労働災害とはどのようなものか、それを防止する考え方や方策にはどのようなものがあるか、基本的な事柄を入門用として記述しています。

このテキストが労働安全衛生に関する知識の取得や意欲の向上に役立てれば幸いです。

目次

第1章 労働災害とは	1-1
1. 労働災害とは	1-2
2. 製造現場に潜む危険	1-3
3. 労働災害の発生状況	1-4
4. 労働災害の事例	1-5
(1)事故の型別労働災害発生状況	1-5
(2)災害事例	1-6
第2章 労働災害の責任	2-1
1. 事業者の責任	2-2
2. 設計技術者の責任	2-3
3. 設計製造者の安全に関する責任	2-5
(1)責任を果たすために考えなければならないコトはなにか	2-5
(2)安全配慮の失敗事例 ～製造物責任(PL)法の訴訟事例に学ぶ	2-6
(3)「人は誤り機械は故障する」を理解するための概念: 欠陥、誤使用予見可能性	2-10
(4)産業用製品の留意点	2-14
第3章 労働災害防止論	3-1
1. 安全とリスク	3-2
(1)安全の定義	3-2
(2)リスクの概念	3-3
2. 安全確保の考え方	3-4
(1) 国際安全規格によるリスク低減	3-4
(2) 法令遵守による労働災害の再発防止	3-6
(3) 安全確認の原理	3-8
(4) 無条件安全と機能的安全	3-9
(5) 確率的安全性と確定的安全性	3-12
3. 安全管理の考え方	3-13
コラム「ハインリッヒの法則」	3-14

4. 労働災害発生原因	3-15
(1) 労働災害発生のプロセス	3-15
(2) 労働災害発生プロセスから見た災害防止	3-16
(3) 危険状態の発生	3-16
(4) 危険事象の発生と回避	3-18
コラム「危険源、危険範囲、危険状態、危険事象」	3-18
(5) 労働災害発生の直接的原因追及	
「不安全状態と不安全行動・ヒューマンエラー」	3-19
(6) 労働災害発生の間接的原因追及 4M分析	3-20
5. リスクアセスメント	3-21
(1) リスクアセスメントとは	3-21
(2) リスクアセスメントの手順	3-22
(3) リスク低減措置の検討と実施	3-23
(4) リスクアセスメントのメリット	3-24
コラム「主観的な評価は役に立たない？」	3-25

第4章 労働災害を減少させるために	4-1
1. 機械災害の実態	4-2
2. ミスや故障を起こしても災害にならない工夫	4-3
(1) 機械安全の基本的な考え方	4-3
(2) 本質安全化の原則	4-8
(3) 隔離の原則と停止の原則	4-9
(4) 機械類の安全性を定める規格	4-17
(5) 機械包括安全指針「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	4-18
3. 機械設備のリスクアセスメント	4-19
(1) 機械設備のリスクアセスメント	4-19
(2) 設計段階でのリスクアセスメント	4-19
(3) リスクアセスメントの手順	4-21
4. リスク低減策	4-30
(1) 3ステップメソッド	4-30
(2) 付加保護方策	4-34
参考「関連する機械安全規格の例」	4-36

(3) 使用上の情報	4-37
参考「使用上の情報の内容及び提供方法の概要」	4-38
5. 作業環境や作業手順の改善	4-48
(1)作業標準	4-48
(2)安全な作業環境づくり	4-50
6. 安全教育	4-51
(1)安全教育の必要性	4-51
(2)安全教育の種類	4-51
7. 保護具の使用	4-53
(1)保護具とは	4-53
(2)保護具の種類	4-53
8.機械の安全設計の考え方	4-55
(1)労働安全と機械安全のリスクアセスメントの違いに注意	4-55
(2)リスクアセスメントで「欠陥」と「誤使用」を想定し、 リスクの低減で技術的対策を実施する	4-57
(3)「安全」の言葉には2つの意味がある	4-58
(4)安全設計の根底にある思想 ～安全は確認できなければならない～	4-59
(5)安全技術～欠陥と誤使用に対応するための技術	4-61
9.演習	4-62
(1) 演習と解説	4-59
演習1 身近な機械の設計	4-62
演習2 修理の際の保護方策	4-70
10.設備による安全が優先される	4-72
11.使用上の情報の意味	4-74
12.機能安全	4-76
(1) 機能安全とは	4-76
コラム「身近な機能安全」	4-78
(2) 機能安全ーまとめ	4-79
参考ー化学プラントの機能安全	4-80

第5章 化学物質による労働災害の防止	5-1
1. 化学物質取り扱いのリスク	5-2
2. 化学物質による災害事例	5-3

3. 化学物質による労働災害対策	5-5
(1) 化学物質のリスクアセスメント	5-5
(2) ラベル、SDS、GHS絵表示 コラム「作業環境測定」	5-10 5-13
(3) 法令規制	5-14
(4) 化学物質や粉じん対策の保護具	5-16

第6章 健康に働くためには	6-1
1. 労働衛生の3管理・5管理	6-2
(1) 労働衛生の3管理	6-2
(2) 労働衛生の5管理	6-3
2. メンタルヘルス	6-4
(1) 労働者の心の健康に関する現状	6-4
(2) メンタルヘルスの必要性と労働者の心の健康の 保持増進のための指針について	6-6
(3) メンタルヘルスの4つのケア	6-7
(4) ストレスチェック	6-8
(5) 高ストレス・不眠とヒヤリハット	6-11
(6) 職場環境等の改善	6-13
3 心とからだの健康づくり	6-14
(1) THPとは	6-14
(2) THPの実施方法	6-14
4. 過重労働	6-16
(1) 長時間労働の目安	6-16
(2) 長時間労働の現状	6-17
(3) 過重労働による影響	6-17
(4) 過重労働による健康障害を防止するための対策	6-19
5. エイジフレンドリー	6-20
(1) 高齢者労働災害の状況	6-20
(2) 高年齢労働者の課題	6-21
(3) 個人の内面や意識の課題への対応	6-22

(4) 求められる取り組み	6-24
コラム「高年齢労働者が働きやすい環境づくり」	6-26
(5) 国・関係団体等による支援の活用	6-27
参考「製造業就業者・労働災害死傷者の年齢別構成比」	6-28
コラム「健康づくりには時間がかかる」	6-29
6. 熱中症対策	6-30
(1) 熱中症の現状	6-31
コラム「WBGT値」	6-32
参考「身体作業強度等に応じたWBGT基準値」	6-33
(2) 製造業における熱中症の発生	6-34
(3) 製造業における熱中症の対策	6-35
7. 感染症対策	6-36
(1) 感染症とは	6-36
(2) 感染成立の3要素	6-36
(3) 感染症を広げないために	6-38
(4) 感染症予防対応として製造業に求められること	6-40

第7章 機械・建設安全のための人間理解	7-1
1. 人間理解の必要性	7-2
2. 人間の特性	7-3
3. エラー率の高さ、パフォーマンスの不安定さ	7-4
4. 注意の仕組み	7-8
コラム「意図的に制御できない行動もある」	7-9
5. ハザード知覚とリスク知覚	7-12
6. アフォーダンス・マンマシンインターフェイス	7-15
コラム「異なるレバー操作パターン」	7-17
7. フールプルーフ・フェイルセーフ	7-21
8. パフォーマンスに影響を与えるもの	7-22
9. 事故分析	7-24
10. 組織風土と安全	7-27
11. ルールと目的	7-29
12. より広く深く学びたい人のために	7-30

検討会委員名簿

(五十音順)

◎ 座長

石松 維世	産業医科大学	産業保健学部 作業環境計測制御学 准教授
小野 真理子	(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所	化学物質情報管理研究センター 研究員
蟹澤 宏剛	芝浦工業大学	建築学部建築学科 教授
熊崎 美枝子	横浜国立大学	大学院環境情報研究院 准教授
島崎 敢	名古屋大学	未来社会創造機構 特任准教授
◎ 高木 元也	(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所	建設安全研究グループ 安全研究領域長兼部長
高田 礼子	聖マリアンナ医科大学	予防医学教室 教授
中村 隆宏	関西大学	社会安全学部 教授
中村 瑞穂	職業能力開発総合大学校	機械保全・安全ユニット 准教授
濱島 京子	(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所	機械システム安全研究グループ 上席研究員
福田 隆文	長岡技術科学大学	システム安全専攻 教授
三觜 明	中央労働災害防止協会	健康快適推進部 審議役

第1章 労働災害とは

この章の狙い

この章では労働災害の概要について学びます。労働災害の定義とどのような災害がどのくらい発生しているのかを労働災害の事例を交えながら説明していきます。

1. 労働災害とは

労働災害とは、仕事をしていることが原因のケガや病気のことをいいます。ケガの程度によって以下の3つに分類されます。

- ①死亡災害：職業上の事故や職業性疾病によって被災者が亡くなる災害
- ②休業災害：職業上の事故によるケガや職業性疾病の治療等のために被災者が会社を休まなければならない災害
- ③不休災害：職業上の事故によるケガや職業性疾病の治療等のために被災者が会社を休まなくてもいい災害

仕事による病気は職業性疾病とか職業病といわれています。

死亡災害は、大きなエネルギーが近辺にある中で仕事を行う製造業や建設業で発生する危険性が高いといえますが、一方で梯子や脚立からの転落や階段の踏み外し等身近な場所でも発生しています。



＜労働安全衛生法における労働災害の定義＞

第2条

労働者の就業に係る建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉じん等により、又は作業行動その他業務に起因して、労働者が負傷し疾病にかかり、又は死亡することをいう

2. 製造現場に潜む危険

製造業の各プロセスには、様々な危険が潜んでおり、その危険から実際に怪我をする、また場合によっては命を落とすといったことがあります。

どんな危険があり、どのような災害が起きているのか、まずはイラストを見て下さい。

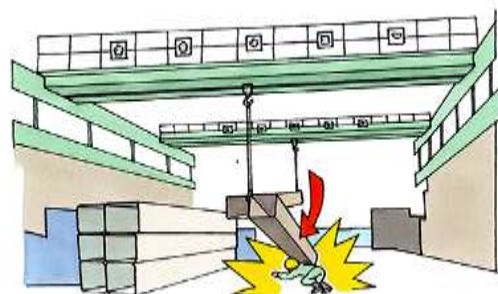
「墜落する危険」



「転倒する危険」



「落下物の下敷きになる危険」



「有害物に接触する危険」



「巻き込まれる危険」



「激突される危険」



「はさまれる危険」



「崩壊・倒壊の危険」



「感電する危険」



「爆発する危険」



「高温に接触する危険」



※厚生労働省ホームページ職場のあんぜんサイト労働災害事例より

https://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/SAI_FND.aspx

このような危険を低減させるために、機械設計技術者としてどのようなことができるのかをこのテキストを通じて考えてみましょう。

3. 労働災害の発生状況

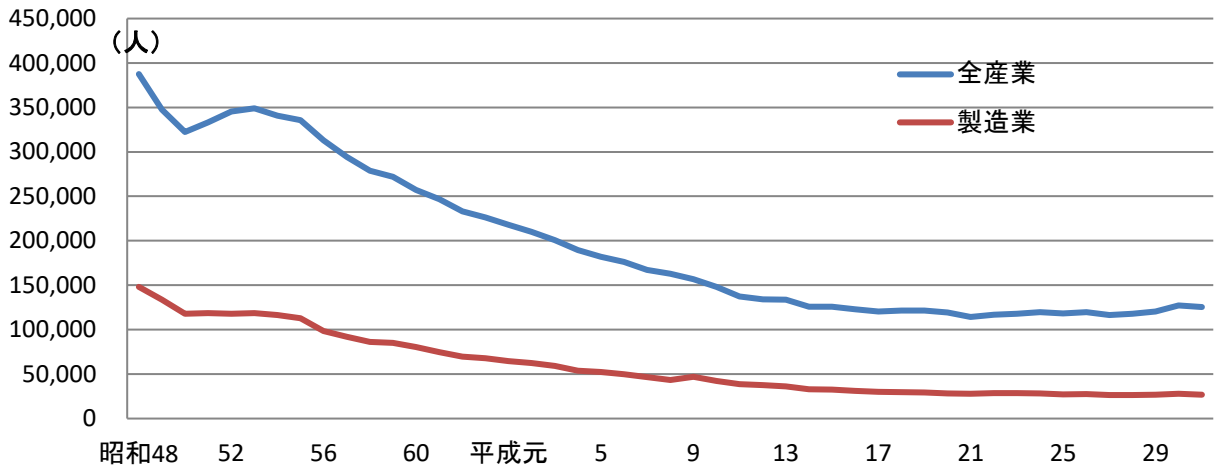


図1-1 労働災害死傷者数の推移(休業4日以上)

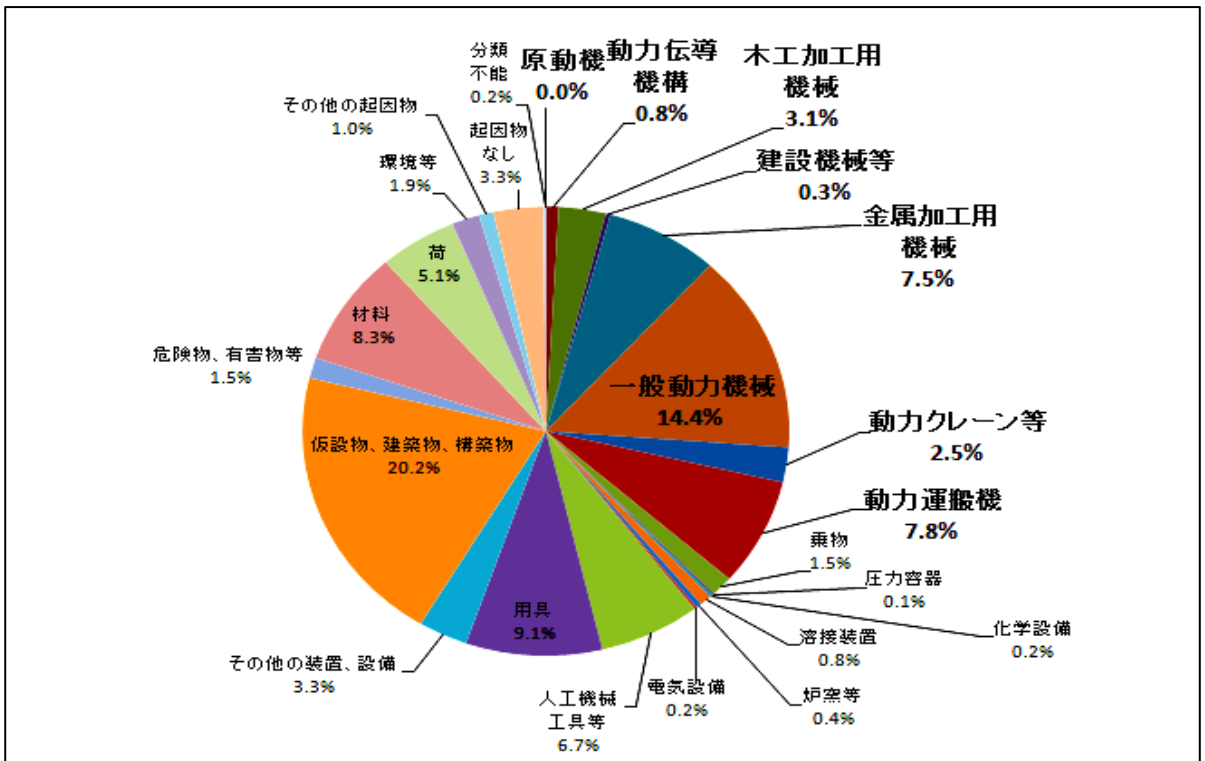


図1-2 製造業における機械災害の割合(平成28年)

※厚生労働省ホームページ職場のあんぜんサイト労働災害統計より
<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.htm>

- ◆労働災害死傷者数は全体的に減少傾向ですが、製造業の労働災害死傷者が全産業の20%以上を占める状況はずっと続いています。
- ◆製造業の休業4日以上の労働災害死傷者3分の1を超える36.4% (円グラフの太字の箇所の合計)が機械による労働災害です。

(2) 災害事例

機械事故事例(1)

タイヤの成型作業中、成型機ドラムとガイドにはさまれ死亡

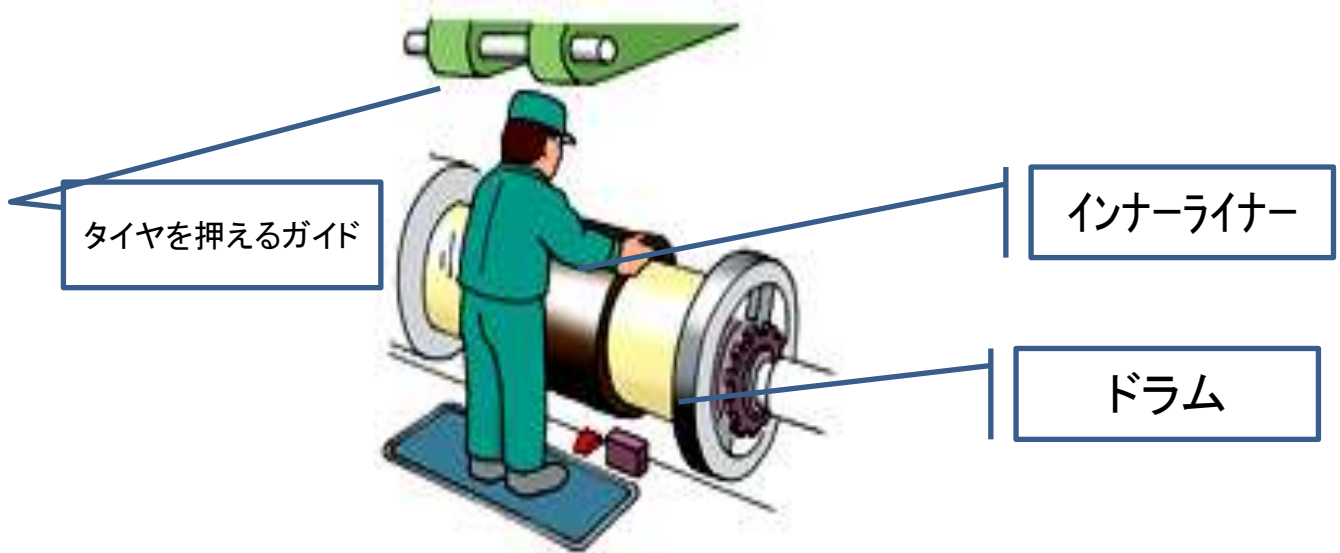
事象

この災害はトラック・バス用ラジアルタイヤの成型作業中に発生したものである。

作業員Aは、タイヤ成型作業中、最初に成型機のドラムに貼り付けたインナーライナーに不良部分を見つけたので、不良インナーライナーを成型機から取り出そうとした。Aは、操作盤が遠いため足元のマットスイッチを踏み成型機を停止させた後、成型機のドラム上に身を乗り出したところ、バランスを崩し、マットスイッチから足が離れてしまい、成型機が突然作動して、タイヤを押さえるガイドが降下し、ドラムとの間にはさまれて被災した。

タイヤ成型機にはガイドを自動停止させる安全装置が設置されておらず、成型機の操作盤も作業位置から離れていた。

この工場では、非定常作業の作業手順書を作成しておらず、作業員への安全衛生教育も実施していなかった。



事故原因

1. 身体が成型機にはさまれる危険性のあるインナーライナーの取出しの作業について、自動停止させる安全装置が設置されていなかった。
作業位置から操作できる位置に成型機の操作盤を設置していなかった。
2. 非定常作業の作業手順書(非定常作業では操作盤で機械を手動に切り替えて作業を行う)を作成していなかった。
3. 作業員への安全衛生教育を実施していなかった。

対策

1. (危害の程度低減)
 - ・インナーライナーの取出し等の作業では、成型機を自動停止させる安全装置を設置すること
 - ・作業位置から操作できる位置に成型機の操作盤を移動作業員がいつでも成型機を停止できるようにすること

＜安全防護対策＞
2. (発生頻度低減)
 - ・非定常作業の作業手順書を作成して作業員に徹底させる

＜使用段階での対策＞
3. (発生頻度低減)
 - ・作業の実態を十分に把握した上で、作業の近道・省略行為等によるヒューマンエラーを防止するための安全衛生教育を実施する

＜使用段階での対策＞

機械事故事例(2)

首に巻いていたマフラーが製材工場の ローラーコンベアのシャフトに巻き込まれる

事象

この製材工場では、加工された板材が、ローラーコンベアによって流されてきて、製材工場内のスイッチ操作で製品の種類ごとに横取装置(注)により振り分けられるようになっている。

被災者は振り分けられた製品を手運搬により建屋から離れた屋外に積み上げる作業に従事していたが、製品出し作業所には壁がなく、開放状態であったため、冬季の寒い時期には一斗缶で薪を燃やし暖をとっていた。被災者等は作業を開始したが、隣の場所で作業していた同僚が被災者の方を見たところ、被災者が担当場所の近くで、ローラーの下に置いてある薪の方に手を伸ばしてしゃがんでいるように見えた。不審に思った同僚が近づいて見ると、被災者はマフラーがローラーのシャフト部分に巻き込まれて倒れていた。救出したが既に呼吸が止まっていた。

(注) 板材加工機で切断加工された板材を製品と残材とに仕分けする装置



事故原因

1. 被災者は、マフラーを着け、しかも作業服の外に約30cm程度出していた。また、暖房用の薪を取るため不用意にローラーに接近し過ぎたと考えられる。
2. 作業場所近くには緊急停止の手元スイッチが無かった。
3. 朝礼が実施されたが、工場長などからマフラーの着用の注意等安全管理が行われていなかった。

対策

1. (危害の程度低減)

- ・防寒作業服の着用により、マフラーの着用等を厳禁する

＜使用段階での対策＞

- ・作業者がいつでも成型機を停止できるようにする

＜付加保護方策＞

- ・機械の稼動中、危険な箇所に立入らないよう柵の設置等の立入禁止措置を行うことが必要である

＜使用段階での対策＞

2. (発生頻度低減)

- ・危険な機械には、近くに非常停止装置を設ける

＜付加保護方策＞

3. (発生頻度低減)

- ・この事業場のような規模のところでは、安全衛生推進者を選任し、各種安全対策の計画、安全教育などを実施させることが必要である

＜使用段階での対策＞

第2章

労働災害の責任

この章の狙い

この章では労働災害の責任について説明します。労働災害が発生した場合の事業者及び設計技術者が負う責任やリスクについての説明を通じて労働災害防止の重要性について学びます。

1. 事業者の責任

安全衛生管理・活動を怠り、労働災害が発生すると、以下のようにさまざまな処罰・負担が発生する可能性があります。



出典：「ビルメンテナンス業におけるリスクアセスメントマニュアル」中央労働災害防止協会（厚生労働省委託事業）

＜労働災害が発生した場合に事業者が負うリスク＞

- ・被災者や遺族から、損害賠償を請求されることがあります。
- ・機械設備の使用停止や作業停止または指名停止などの行政処分を受けることがあります。
- ・特別教育を行わなかった場合や作業環境測定を行わなかった場合は懲役や罰金などの刑罰を受けます。
- ・業務上労働者の生命、身体、健康に対する危険防止の注意業務を怠って、労働者を死傷させた場合、業務上過失致死傷罪に問われることとなります。
- ・原因調査や設備改善などにコストが発生します。
- ・企業の信用低下、取引先からの取引停止、売上減少、人材確保が困難になることも考えられます。

2. 設計技術者の責任

労働災害が発生すると、事業者には様々な責任が生じ、多額の費用がかかることも考えられます。設計技術者は事業者に雇われて仕事をしているため、労働災害について意識することは少ないと思われます。しかし、設計技術者が作り出したものが労働災害に大きな影響を与えていること、技術と機械との関係をきちんと把握できるのは事業者よりもむしろ設計技術者であり、機械災害の多くを防止できるのは設計技術者であるという認識が必要です。

<設計者の責任が問われた事例>

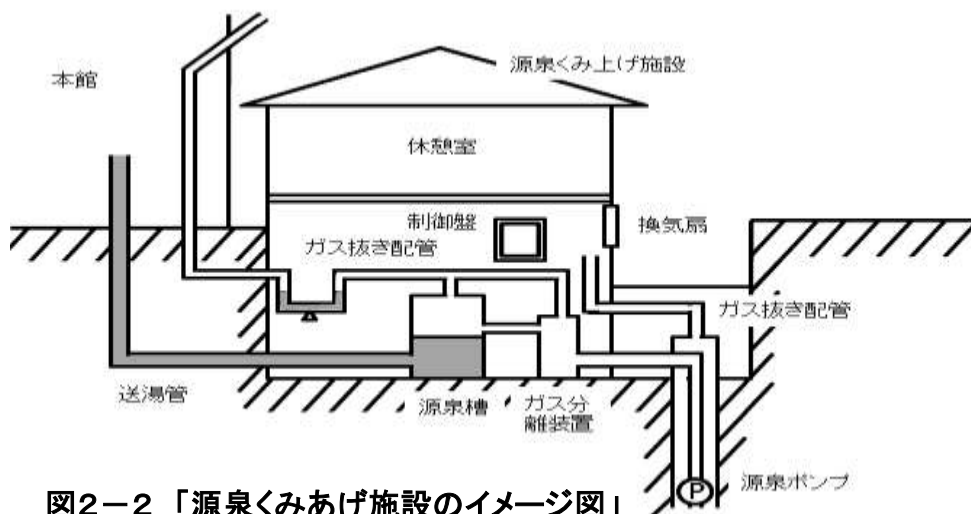
【渋谷温泉施設爆発事故】

2007年に東京都渋谷区の温泉施設で従業員3人が死亡したガス爆発事故で、設計を担当し、業務上過失致死傷罪に問われた大手建設会社社員について、最高裁第一小法廷は被告の上告を棄却し、禁錮3年執行猶予5年とした一、二審判決が確定した。

事故は同年6月に発生。屋外への配管に結露水がたまつたため、温泉水に含まれるメタンガスが排出されずに機械室内に漏れ出し、機器類の火花に引火して爆発した。

第一小法廷は「結露水を抜く作業が必要だと施設側に伝えなかった」として、被告に過失があったと認定した。

(2007.5.27朝日新聞記事より)



出典:「失敗知識データベース」 <http://www.shippai.org/fkd/cf/CZ0200803.html>

<設計技術者としてなすべきこと>

- 設計技術者は労働者の安全および健康を最優先に考慮する。
- 設計技術者は自分の行う業務内容や結果について、客観的かつ事実に基づいた情報で説明を行い、公正な分析と判断に基づき、業務を誠実に実行する。

(リスクアセスメントは説明責任を果たすツールとなります)

※設計技術者は、業務の内容や結果に対する説明責任があるため、業務に関する経験や知識が不十分な場合は、十分な事前学習を行い、それでも確信が持てなければ、専門家のサポートを得る等のことが必要で、安易な自己判断をすべきではありません。

出典:「機械設備安全化の進め方」 中央労働災害防止協会

**設計・製造段階から安全に配慮した機械を提供することが、
機械災害の減少につながります**

- ・機械災害は、リスクアセスメントを実施し、それに基づいて適切なリスク低減方策を実施することで発生の可能性を低減できますが、それができるのは労働者ではなく、事業者及び機械の設計技術者であるといえます。
- ・「技術者が作りだしたものが、機械災害に大きな影響を与えていること」「技術とその技術から生み出された機械との関係をきちんと把握できるのは経営者ではなく技術者である」ということを忘れるべきではなく、技術者の責任は経営者と同程度に重いとされています。前頁の事例でもわかるように事故・災害を防止しなかった技術者に対して司法も厳しい判断をしています。

出典:「機械設備安全化の進め方」 中央労働災害防止協会



3. 設計製造者の安全に関する責任

(1) 責任を果たすために考えなければならないことはなにか

第1章および第2章の学習にて、設計技術者は①「安全配慮義務」を果たす努めがあり、②そのためには「リスクアセスメント」をしなければならない、らしいことがわかりました。

では一体、設計において何を具体的に考えればよいのでしょうか。

本節の目的は、おそらく皆さんが疑問に感じている下記2つの質問に答えることです。

【質問】

①安全に配慮するとは、具体的に何について考えればよいのか。

②リスクアセスメントの手順を守れば安全に配慮した設計が自動的にできるのか。

【回答】

①安全設計の分野に「人は誤り、機械は故障する」という言葉があります。これが答えです。具体的には、「ユーザが誤った使い方をしていても危険が生じない設計」「故障を含む欠陥によって危険が生じない設計」を考えることが技術者に求められています。本テキストでは、「ミスや故障を起しても災害にならない工夫(テキスト4-3ページ)」にて安全設計のための基本的な考え方を説明しています。ただし「工夫」という言葉にご注意ください。次項の訴訟事例で示すように、設計製造者には「ミスや故障を想定する責任」があります。

②できません。

上記①の考え方を理解し、考え方を具現化するための安全設計技術を習得した者がリスクアセスメントを実施したときに、はじめて「安全」が生まれます。

「ユーザの誤使用」と「機械の欠陥(故障を含む)」のそれぞれに、対策の考え方や設計技術があります。これらを体系化したものが機械安全国際規格(4-16～4-18ページ)です。

参考)産業現場で使用する機械設備の設計製造者に「安全配慮」してもらうために、機械安全国際規格と整合を図る形で厚生労働省が出したのが「機械の包括的な安全基準に関する指針(4-18ページ)」です。

(2) 安全配慮の失敗事例～製造物責任(PL)法の訴訟事例に学ぶ

技術者に問われる具体的な「責任」は、実際に責任が問われている事例～「訴訟」～から知ることができます。製造物責任(PL)法の事例をみましょう。例えば、消費者庁が収集している訴訟情報※¹の中には、仕事中に発生した労働災害とみられる事件※²があります。以下に例を2つ示します。

(※1) 消費者庁、製造物責任(PL)法に基づく訴訟情報の収集

https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/product_liability_act/

(※2) 事故の誤字ではありません。事件です(法律用語のため)。

事例1) 東京地裁 平26(ワ)31484号「丸のこ切断機指切断事件」

原告・控訴人: 丸のこ切断機を使用する作業に従事していた男性

被告・被控訴人: 丸のこ切断機の製造販売会社

提訴(控訴等)の内容: 工作機械を使用して角材を切断する作業中、切断が終了した材料を取り出そうとして左手を機械内に挿入した際に回転中の丸のこ刃に触れて左手中指を切断するなどの傷害を負った者が、本件機械を製造販売した会社に対し、製造物責任法3条又は不法行為に基づき、損害賠償を求めた事案。

争点: ①本件機械における製造物責任法上の欠陥の有無、②不法行為責任の成否

判決内容: ①自動運転であれ手動操作であれ、本件機械を使用して材料を切断する場合、少なくとも最後の端材を取り出す際には丸のこ刃付近に手を挿入して端材を取り出す工程が不可避免的に存在し、作業者が丸のこ刃に手を触れる危険性がある。一方、本件機械が製造された平成16年当時、機械による労働災害を防止するため、機械操作による労働災害の危険の大きさに鑑み、機械の危険源が運動しているときに人が身体を危険源に誤って触れることがないような装置を備えることが、厚生労働省の「機械の包括的な安全基準に関する指針」などにおいて求められていた。そのオプション装置としての価格を合わせ考慮しても、このような安全装置を標準装備とすることに困難はない。したがって、こうした安全防護装置を備えないことは、通常有すべき安全性を欠いているといえ、本件機械には製造物責任法3条にいう欠陥がある。

②本件機械の製造販売会社には製造物責任法3条に基づく責任が認められ、不法行為に基づく損害賠償請求によっても、すでに説示した損害額を超える損害を認めることはできないから、不法行為に基づく存在賠償請求の責任原因について検討するまでもない。

出典: 消費者庁、PL法関連訴訟一覧(訴訟関係) No.399、https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/product_liability_act/assets/consumer_safety_cms206_210315_01.pdf

判決内容の下線部に注目してください(以下は執筆者の解釈による解説です)。

「機械による労働災害を防止するため、機械操作による労働災害の危険の大きさに鑑み...(中略)...備えること」とは、危険の大きさを考量してその大きさに応じた対策を講じる、ことを意味しています。「危険」を「リスク」と読み替えれば、この一文はリスクアセスメントについて述べていることがわかるでしょう。

「厚生労働省の「機械の包括的な安全基準に関する指針」などにおいて求められていた」という一文には、みなさんが知っておくべき重要な事項が含まれています。

- ・「機械の包括的な安全基準に関する指針」では、「機械の設計製造者はリスクアセスメントに基づいた安全設計を実施すること」を求めている。
- ・設計製造者が本指針を「知らなかった」という説明は通用しない。機械の設計製造者は、製品を設計する際に関連する法令等をすべて調べあげなければならず、本指針はその中に含まれる性格のものである。
- ・上述の調査を通じて、丸のこのリスク(危険性)については当然、把握できるものと考えられる。丸のこは極めて重篤な労働災害が発生しやすい機械のため、労働安全衛生法および労働安全衛生規則にて、いくつもの定めがある。歯の接触予防装置を講じることが義務付けられている機種もある。

「こうした安全防護装置を備えないことは、通常有すべき安全性を欠いている」については、つまりのところ、「安全防護措置の必要性は上述の調査の中で当然把握できる」ため「通常有すべき安全性として実装すべきものが備わっていない。つまり欠陥がある」という判断がなされています。

なお、本訴訟に類似した事例として、労働安全衛生法違反容疑で地方検察庁支部に書類送検された労働災害が、林業・木材製造業労働災害防止協会が公開している「災害事例研究 No.47」に掲載されていますので確認してみてください。

参考資料: 災害事例研究 No.47

【林業】丸のこ盤の「歯の接触予防装置」を取り付けないまま作業を行い、左手親指を切断。

http://www.rinsaibou.or.jp/cont02/items17/0217_no47_idx.html

事例2)東京高裁 平14(ネ)1863号「資源ゴミ分別機械上腕部切断事件」

原告・控訴人:飲料缶選別機を購入した一般廃棄物処理業者及び飲料缶選別機のローラーに巻き込まれ右上腕部を切断した一般廃棄物処理業者の元役員

被告・被控訴人:飲料缶選別機を製造納入した廃棄物再生処理業者

提訴(控訴等)の内容:飲料缶選別機のローラーに付着した異物を手で除去しようとしてローラーに巻き込まれ右上腕部を切断した一般廃棄物処理業者の元役員が、同機械を製造、納入した廃棄物再生処理業者に対し、製造物責任法に基づく損害賠償を求め(甲事件)、一般廃棄物処理業者が、本件機械の瑕疵を主張して瑕疵により被った損害のうち乙事件本訴で相殺の主張をした残代金支払いを求めた(乙事件反訴)ことにつき、本件機械には設計上及び指示警告上の欠陥もないなどとして各請求を棄却する旨判断した第一審に対する控訴審の事案。

争点:①本件機械に製造物責任法3条の「欠陥」があるか。

②(省略)

③本件機械に「瑕疵」があるか。

判決内容:①通常予見される使用形態とは、製造物の予定された適正な用途、使用態様のみならず、その製造物であれば通常合理的に予見、予期される用途、使用態様も含まれるものであり、使用者の誤使用であっても、通常合理的に予期、予見される使用形態であれば、製造物の欠陥の有無の判断に当たっては適正使用とみられることになる。

本件一般廃棄物処理業者は一般廃棄物処理業を始めたばかりで、元役員の本件機械の使用方法は通常の仕様形態を著しく逸脱したものとはいえないし、本件一般廃棄物処理業者は初めて一般廃棄物処理業に携わり、本件機械について専門的知識を有していなかったのであるから、**本件廃棄物再生処理業者は本件機械の仕様、性能、危険性について、具体的、詳細に説明し、その危険性について警告をすべきである。**本件廃棄物再生処理業者がこれを怠ったため本件事故が発生したものであって、元役員 of 誤使用ではあるが、なお本件廃棄物再生処理業者にとって通常予期、予見され得る使用形態というべきである。そして、スチール缶が選別機から漏れてアルミ選別機コンベア内に進入し、本件ローラーに付着しやすいということとあいまって、**本件機械には製造物責任法に定める「欠陥」があったと認める**ことができる。

②(省略)

③本件一般廃棄物処理業者が本件機械の瑕疵と主張する箇所について、アルミ缶選別機の欠陥を除いて、瑕疵とは認められない。

(出典:消費者庁、PL法関連訴訟一覧(訴訟関係) No.82、

https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/product_liability_act/assets/consumer_safetycms206_210315_01.pdf)

本事例で知っていただきたいのは主に①の内容です。

機械の設計製造者が想定すべき「誤使用」の内容が解説されています。
この解説を必ず理解してください。

また、**設計製造者は危険性について警告すべきである**、としています。
「機械の包括的な安全基準に関する指針」では、この警告について「機械を設計・製造・改造または輸入（以下、製造等）する者は、機械が使用されることによる労働災害を防止するため、機械の製造等の段階においてリスクアセスメントを実施し、それに基づく残留リスク情報等を機械を労働者に使用させる事業者を提供すること」としています。さらに現在、残留リスク情報等の提供は、労働安全衛生規則で努力義務化されています（平成24年1月の労働安全衛生規則の改正にて機械製造者等による「機械に関する危険情報の通知」が努力義務化）。

（参照：4-18ページ）

なおこの事件、提訴（控訴等）の内容に記載のあるように第一審に対する控訴審です。第一審の内容は、同じ資料の中に記載されておりますので、あわせて確認してみてください。

（参考）消費者庁、PL法関連訴訟一覧（訴訟関係）No.43、事件番号：東京地裁 平11（ワ）16886号・平12（ワ）2711号・平12（ワ）15199号。

https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/product_liability_act/assets/consumer_safety_cms206_210315_01.pdf

(3) 「人は誤り機械は故障する」を理解するための概念：欠陥、誤使用、予見可能性

製造物責任(PL)法の事例の中で、重要な語句が3つでてきました。欠陥、誤使用、予見可能性です。欠陥について製造物責任(PL)法では以下のように定義しています。

【欠陥】

この法律でいう「欠陥」とは、製造物に関する様々な事情を総合的に考慮して、「製造物が通常有すべき安全性を欠いていること」をいいます(本法第2条第2項)。このため、安全性に関わらないような単なる品質上の不具合は、この法律の損害賠償責任の根拠とされる「欠陥」には当たりません。

(出典：消費者庁、製造物責任法の概要Q&A、https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/pl_qa.html#q7)

欠陥の具体例：

一般に、欠陥は次の3つに分類することができます。

【1】製造物の製造過程で粗悪な材料が混入したり、製造物の組立てに誤りがあつたりしたなどの原因により、製造物が設計・仕様どおりに作られず安全性を欠く場合、いわゆる製造上の欠陥

【2】製造物の設計段階で十分に安全性に配慮しなかったために、製造物が安全性に欠ける結果となった場合、いわゆる設計上の欠陥

【3】有用性ないし効用との関係で除去し得ない危険性が存在する製造物について、その危険性の発現による事故を消費者側で防止・回避するに適切な情報を製造者が与えなかった場合、いわゆる指示・警告上の欠陥

(出典：消費者庁、製造物責任法の概要Q&A、https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/other/pl_qa.html#q9)

安全設計では、故障は欠陥に含まれます。安全装置が故障して危険が生じるような製品は欠陥であるためです。

【誤使用】

「一般的に誰もがやるであろうと思われる間違っただけの使い方」のことをいい、この使い方により生ずる危険の回避義務は、設計者にあるとされています。誤使用に対して設計者がどこまで対応すべきか、その責任範囲を示したものに、図2-3の「OKA トライアングル※」があります。この図で「企業が確保すべき安全基準」の範囲が、設計技術者による回避義務があるとされている範囲です。

警告表示・取扱説明書のみでの対応は不可。リスク低減とはみなされない。本質的安全設計方策または安全防护での対応が求められる。

(この補足は筆者作成)

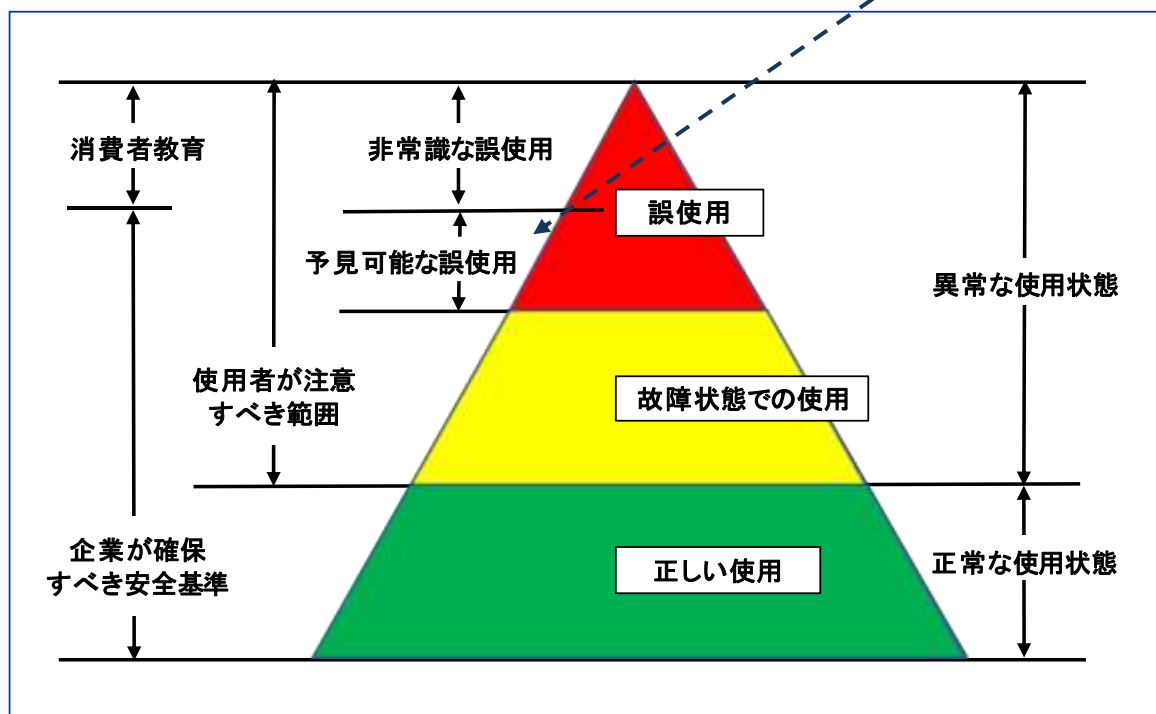


図2-3 使用方法の誤りに対する安全確保の基本概念図
(OKA トライアングル※)

※OKAトライアングル

1970年代に、(株)東芝の岡修一郎氏が社団法人日本電子機械工業会(現在の電子情報産業協会 JEITA)で提唱した「安全確保の基本概念図」のことを言います。

誤使用を想定するには、まず、「なぜ設計者が意図したとおりに使用者が機械設備を使うことができないのか」について、人間そのものについて研究している人間工学や心理学の視点から、その理由を知る必要があります。本テキスト7章「機械・建設安全のための人間理解」にて「機械安全を学ぶ人が、最低限これくらいは知っておいてほしい内容」を解説していますので、必ず学習してください。

【予見可能性】

専門的な用語ですが、訴訟や報道等で頻繁に使用される語ですので覚えましょう。事例2の判決内容①で多用されています。辞書では以下のように定義されています。

危険な事態や被害が発生する可能性があることを事前に認識できたかどうか、ということ。重大な結果を予見できたにもかかわらず、危険を回避するための対応・配慮を怠った場合、過失を問われることがある。(出典:デジタル大辞林)

事故発生後に予見可能性が問われた訴訟に「福知山線事故(2005年)」「福島原子力発電所事故(2011年)」があります。製造物責任(PL)法での訴訟ではありませんが、モノやサービスを供給する側の責任が問われた訴訟です。

(4) 産業用製品の留意点

安全設計の考え方などのフレームワークは産業用製品も一般消費者向け製品も同じものを利用しています。4-16～4-17ページ「機械安全規格の活用」および4-36ページ表4-10「関連する機械安全規格の例」がそのフレームワークです。

ただし、産業用製品には以下に示すように一般消費者向け製品とは異なる留意点があります。設計時に実施するリスクアセスメントの「使用者、意図する仕様及び合理的に予見可能な誤使用の同定」とは、これらの点を確認しながら仕様や制限を決めていく作業です。

1) 使用環境によっては乳幼児など「労働者ではない者」が機械をいじることがある

日本では、満15歳に達した日以後最初の4月1日から働くことが認められていることから、中学生以下の労働者は存在しません。このため「機械の使用者は15歳以上の人のみを想定すればよく、乳幼児や学童は対象としなくてよい」と、みなさんは考えるかもしれません。

しかし、機械が使用される環境によっては、この考えが適切ではない場合があります。例えば、一般家庭で使用される可能性のある事務用機器等では、15歳未満の人の存在を想定しなければなりません。

このとき、「学童や乳幼児は使用禁止」という警告表示ラベルを機械に貼付し、取り扱い説明書に「15歳以上の者が操作すること」と記載するだけでは、設計者に要求される「危険を回避する義務」を果たしたとはいえません。学童や乳幼児が、警告表示ラベルの意味を理解することは難しく、また、保護者が常に子どもや機械の状態に注意を払い続けることは不可能なためです。

幼い者が機械に触れたとしても、許容できない重篤な危害が生じないように、技術者は設計段階で安全性を確保しなければなりません。

2) 機械のライフサイクル全てに労働者が存在している

図2-4の左側に、JIS B9700等を参考に作成した「機械のライフサイクル」を示します。機械の設計・製造者は、ライフサイクルのすべての局面において、人や環境の安全が確保されるよう機械を設計し製造することが求められています。機械の使用時だけではない点に気づいてください。

この意味を、本テキストの視点である「労働災害防止」でとらえてみると、「機械の出荷から廃棄処分までの間、関わるすべての労働者が労働災害にあわないように設計すること」となります。設計においては、使用時だけでなく、運搬・保守・廃棄等を対象としたリスクアセスメントも必要です。

機械の設計・製造者は、機械のライフサイクルのすべての局面において安全が確保されるよう機械を設計し製造することが求められています。
 機械の運搬・設置・使用・廃棄にかかる全ての労働者の安全を視野にいれましょう。

機械のライフサイクル

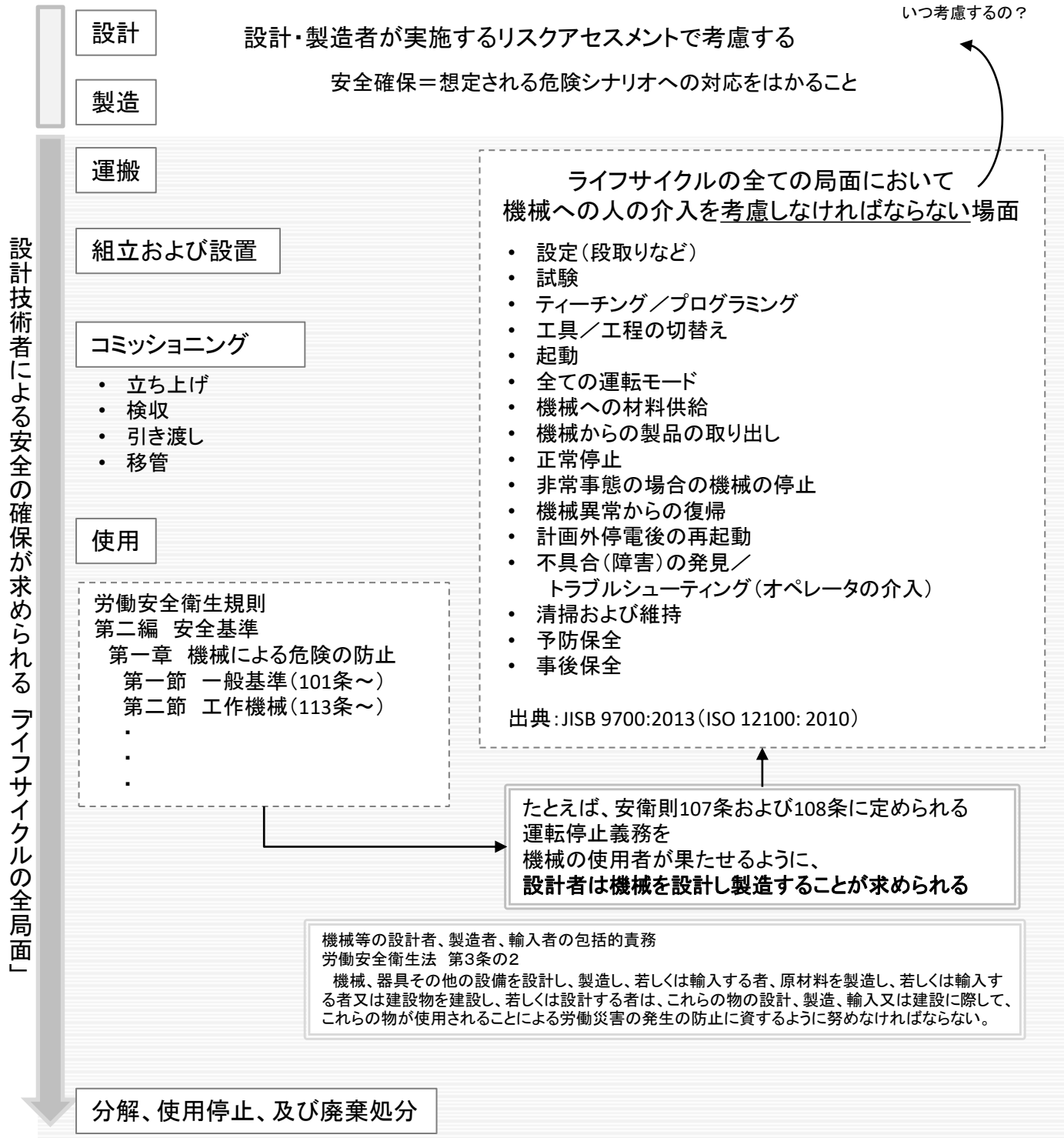


図2-4 機械のライフサイクルの全ての局面で考慮すべき労働者が仕事をする場面

3)大きなエネルギーを扱う

危害のひどさ(重篤度)は、人体がうけたエネルギーの大きさに決まります。産業用機械と一般家庭用機械とで、機械が「一度に処理できる量の違い」をイメージしてみてください。廃棄物を粉砕する産業用機械と家庭用機械では、どちらが一度に粉砕できる量が多いと思われますか。どちらが死亡事故が発生する可能性が高いですか。

産業用機械で重篤な労働災害が発生しやすい理由は、生産などの仕事上の理由から機械が大きなエネルギーを扱わざるを得ないためです。動いている可動部に触ってもケガをしない程度にまでエネルギーを下げられる場合はほとんど無いと言ってもよいでしょう。そのような可動部に近づく必要がある場合に用いられる対策が、4-9、4-11ページ、4-31～4-33ページで解説している隔離と停止です。

4)使用環境が良いとは限らない

機械が設置される産業現場の環境は様々です。屋内のみとは限りません。また、環境内に直射日光、高温多湿、低温、水、粉塵、可燃性ガス、有機溶剤、放射性物質、蒸気、騒音、振動、電磁ノイズなどが存在する場合があります。これらの存在に影響を受けて機械が危険な状況を生み出すことがないように設計しなければなりません。同時に、周囲に影響を与えるような騒音、振動や電磁ノイズを機械自身が出さないように設計することも求められています。

5)生産効率を過度に阻害する安全対策は労働者の不安全行動を誘発しやすい

現場で働く労働者にとって、安全と同じくらい生産性は大切です。どんなに安全な機械でも、作業効率が極めて悪く生産性に劣る場合には、労働者の心理に強い負担がかかります。こうした負担は、安全装置を無効化する等の不安全な行動を誘発することがあるため、本テキスト第7章で解説している「人間の特性」を理解した上で、安全性と生産性を両立させる設計を実現することが求められています。

6) 機械設備は改造されることがある

生産品の変更対応や生産性向上のために、機械設備を改造することがあります。機械設備を改造する際の安全上の留意点は「改造によって機械設備のリスクが変化する可能性がある」ことです。

このため、「機械の包括的な安全基準に関する指針」では、改造を行う時もリスクアセスメントを実施して安全性を確保することを求めています。

第3章

労働災害防止論

この章の狙い

この章では労働災害を防止するための考え方について、基本的な事項を説明します。

労働安全衛生でいう「安全」とはなにか、関連して「リスク」や「安全管理」といった概念、労働災害の発生原因を解析する基本的な枠組みを理解してください。

そして労働安全衛生管理にかかせないリスクアセスメントについて基本的なポイントを押さえておきますので、どのようなものかを学んでください。

1. 安全とリスク

(1) 安全の定義

「安全」と聞いて、みなさんはどんなイメージをもたれるでしょうか？

「怪我をしたり、物を盗られたりする心配がないこと」「損害を受けないこと」「危険な状態ではないこと」などが一般的な言葉の使われ方です。

わが国では、「安全」が絶対的な言葉として捉えられがちで、「危害や損傷を受けない、受ける心配がない」とする傾向がありますが、はたして、現在のある状態を「安全な状態」と呼び、「未来永劫、危害は受けない」と断じることが可能なのでしょうか。電気製品であれば、劣化や磨耗といった要素があるでしょうし、自動車でも、事故が起こる可能性はゼロではありません。一方で、危害が発生したとき、その危害の大きさによっても「安全」という概念は変わってきます。電気製品の故障にしても、動かなくなってしまうのか、発熱して爆発してしまうのかでは大きな違いです。自動車でも事故にあったとき、エアバックなどで運転手や同乗者の身が守られるかどうかは「安全な車」のイメージを左右します。

どうやら「安全」という概念は、単純なYes/Noの二者択一のものではなく安全を押し量るある指標があって、その指標の「境目」で判断しているようです。

労働安全衛生の分野では、その指標を「リスク」と考え、下のように定義しています。(ISO/IEC ガイド51より)

安全 = 許容できないリスクがないこと
freedom from risk which is not tolerable

<参考 ISO/IEC ガイド51 安全 許容不可能なリスクがないこと>

このリスクという概念も使用する分野によって広い意味を持ちますので労働安全衛生の分野での概念や、『許容できる／できない』の考え方を見ていきましょう。

参考)「安全の理論と安全目標」(学術の動向 2016年 21巻 3号 p3_8-3_13 向殿 政男)

(2) リスクの概念

次にリスクを考えてみましょう。単純に日本語に直すとよく「危険」と訳されることがありますが、「安全」が「危険ではないこと」とは定義されなかったのと同じで、リスク＝危険ではありません。

よく「リスクが大きい」「リスクが小さい」といわれることがありますね。この表現から分かるように、リスクは大きさを表すものです。



図3-1 リスクの概念図

安全衛生の分野ではリスクを次のように定義しています。(ISO/IEC ガイド 51より)

**リスク＝危害の発生確率及びその危害の
度合いの組み合わせ。**

**combination of the probability of occurrence of harm
and the severity of that harm**

<参考 ISO/IEC G 51危害の発生確率及びその危害の度合いの組合せ
ISO 12100 危害の発生確率と危害のひどさとの組合せ>

簡単にいえば、「危なさを定量化したその度合い」ということです。例えば何らかの事故を例とすると、縦軸は事故によって受ける損害の程度を、横軸はその事故が起きる確率を表します。その組み合わせでリスクの大きさが決まると考えます。

2. 安全確保の考え方

(1) 国際安全規格によるリスク低減

リスクは危害の発生確率、危害の程度の組合せで定義されています。国際安全規格では、“絶対安全はない”として、人・財産・環境が受け不可能なリスクがないことを“安全”としております。これは事故が全くないという事では無く、事故（危害）が発生しても3つが許せる程度の被害であることを示しています。

つまり、表3-1のリスクが“1”であれば“安全とみなす”または、“事故（危害）が発生しても許しましょう”ということです。安全を確保するために図3-2のリスクアセスメントにより、図3-3に示す許容可能なリスクを超えて適切なところまでリスクを低減した状態または広く受け入れ可能なリスクを達成して安全とされています。安全といっても、残留リスクが残っており、決してリスクがゼロであるということを意味していないことに注意してください。

国際安全規格は自由な製品流通を促進するという面もあり、バランス（コスト、利便性等）による“見なし安全”でという見方も必要です。また、人の命・ケガ・健康を“確率”により扱うのでリスク低減方策は工夫が必要になります。

リスクの定義

危害の発生確率およびその危害の程度の組合せ

安全の定義

許容できないリスクがないこと

- ・「広く受け入れ可能な領域」
- ・「許容可能な領域」を超えて適切なところ
- ・残留リスクは存在しており、リスクがゼロではない

リスク	優先度	
4.5	高	直ちにリスク低減措置を講ずる必要がある措置を講ずるまで作業を中止する必要がある十分な経営資源を投入する必要がある
2、3	中	速やかにリスク低減措置を講ずる必要がある措置を講ずるまで使用しないことが望ましい優先的に経営資源を投入する必要がある
1	低	必要に応じてリスク低減措置を実施する



・国際安全規格ではリスク用いるので人の命・ケガ・健康を“確率”により扱うのでリスク低減方策は工夫が必要です。
 ・国際安全規格は自由な製品流通を促進するという面もあり、バランスによる“見なし安全”という見方も必要です。

表3-1 リスクの大きさと評価

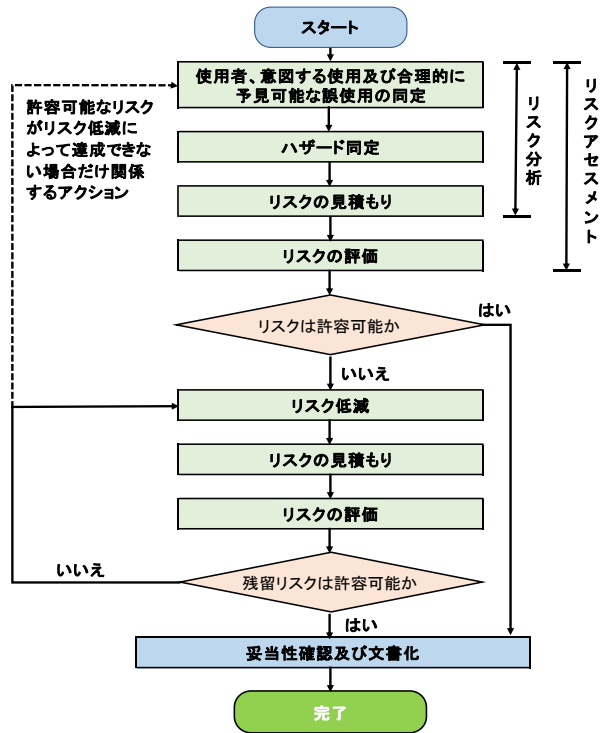


図3-2 リスクアセスメントおよびリスク低減の反復のプロセス

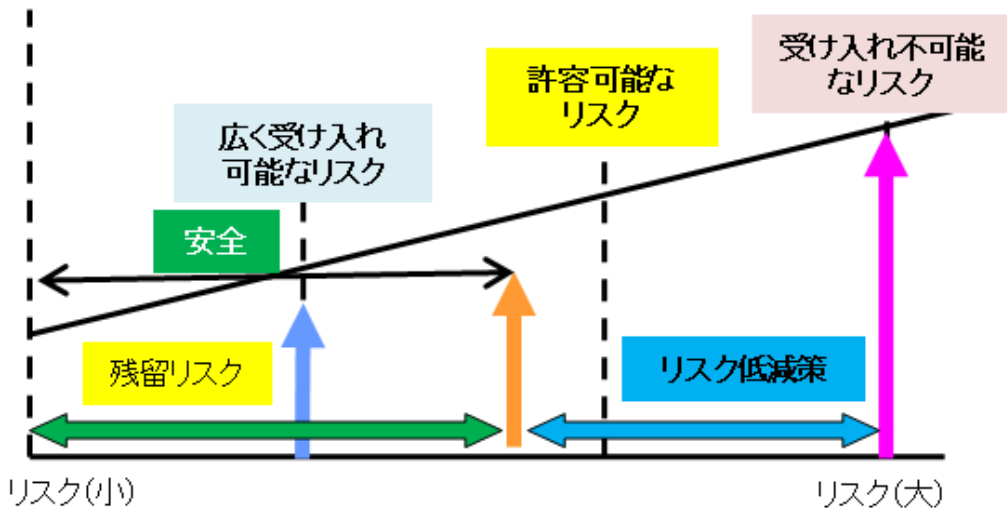


図3-3 リスクの大きさとリスク低減の進捗

引用：梅崎重夫他著、よくわかる！管理監督者のための安全管理技術 基礎編 P21/ISO/IEC Guide51(2014) : JIS Z8051(2015) P5/向殿政男著、入門テキスト 安全学 P38

(2) 法令遵守による労働災害の再発防止

労働安全衛生法（次ページ参照）を中心とした労働安全規則は成長する規則であるとされており、技術の進歩、災害・疫病の発生状況その他産業労働の場における諸般の事情の変化を背景として不断の進化を遂げてきているものであり、先人の事故・災害の経験による血で書かれた文字であると言われております。

そのため、後追い（再発防止）の性格を持ち、必然的に頻繁に規制の制定・改正が不可避なものです。2005年にリスクアセスメントに関する規定が設けられたことにより「後追い+先取り」に大きく切り替えられました。

機械設計では、第3条に示されているように労働災害の発生を防止に資するように努めること、第20～27条の危険防止、第28条のリスクアセスメント（努力義務）が責務とされております。

さらに、安全配慮義務（次ページ参照）では法令、努力義務規定、指針、関係通達、ガイドライン、行政指導などの労働安全規則を遵守するのは当然であり、それ以上の労働災害発生の防止対策をすることが求められております。

労働安全衛生法

労働災害の防止のための危害防止基準の確立、責任体制の明確化及び自主的活動の促進の措置を講ずる等その防止に関する総合的計画的な対策を推進することにより職場における“労働者の安全”と“健康を確保”するとともに、“快適な職場環境の形成を促進”することを目的とする。

・過去の尊い命を奪った災害による経験から制定された条項が多い

➡再発防止 同じ災害を繰り返さない

・第3条 事業者の責務

機械、器具その他の設備を設計し、製造し、若しくは輸入する者、原材料を製造し、若しくは輸入する者または建設物を建設し、若しくは設計する者は、これらの物の設計、製造、輸入又は製造に際して、これらの物が使用されることによる労働災害の発生の防止に資するように努めなければならない

・第20条～第27条 事業者が講ずべき措置

事業者は、次の危険を防止するため必要な措置を講じなければならない。

- 一 機械、器具その他の設備(以下「機械等」という。)による危険
- 二 爆発性の物、発火性の物、引火性の物等による危険
- 三 電気、熱その他のエネルギーによる危険

・第28条の2 危険性又は有害性等の調査(リスクアセスメント)

事業者は、厚生労働省令で定めるところにより、“建設物、設備、原材料、ガス、蒸気、粉じん等による、又は作業行動その他業務に起因する危険性又は有害性等を調査し、その結果に基づいて、この法律又はこれに基づく命令の規定による措置を講ずるほか、労働者の危険又は健康障害を防止するため必要な措置を講ずる”ように努めなければならない。ただし、当該調査のうち、化学物質、化学物質を含有する製剤その他の物で労働者の危険又は健康障害を生ずるおそれのあるものに係るもの以外のものについては、製造業その他厚生労働省令で定める業種に属する事業者に限る。

安全配慮義務

法令、努力義務規定、指針、関係通達、ガイドライン、行政指導を守ったとしても十分ではなく、個々の職場の業務内容、施設、設備等を含めた環境などの具体的状況に応じて、事故が生じないように労働災害の発生を防止するために必要な措置を講ずることが求められる。

(3) 安全確認の原理

これまで、国際安全規格によるリスク低減、法令遵守の再発防止について説明してきました。この2つの安全確保は安全を確率に委ねる、法令規則は最低基準であるため不完全であります。高い安全性を要求される機械・システムにおいては事故の前で停止する構造が要求されます。

安全確認の原理は安全を確認して運転が許可され、運転中には常に安全が確認されております。また、安全が確認できない、機械・システムの故障が生じたときには安全が確認された状態で停止することを設計において要求する原理です。つまり、設計者は技術の限界まで事故前の停止を追求することが責務（事前責任）です。技術の限界で、初めて真の事故であるaccidentが発生することになります。

身近な機械の例として、図3-4のガスの立ち消え安全装置があります。(a)によるとバーナーの炎で熱電対を加熱すると熱起動による電流が流れて電磁石が働き、ガス弁が開きガスが供給されます。ここで、安全確認はバーナーの炎になります。一方で、(b)ではバーナーの炎が消えると熱電対から電流が消滅して、バネによりガス弁が動作して、(c)のようにガスの供給が遮断されます。また、(d)に示すようにバネが壊れても、ガス弁の重さでガスの供給が遮断される構造になっています。

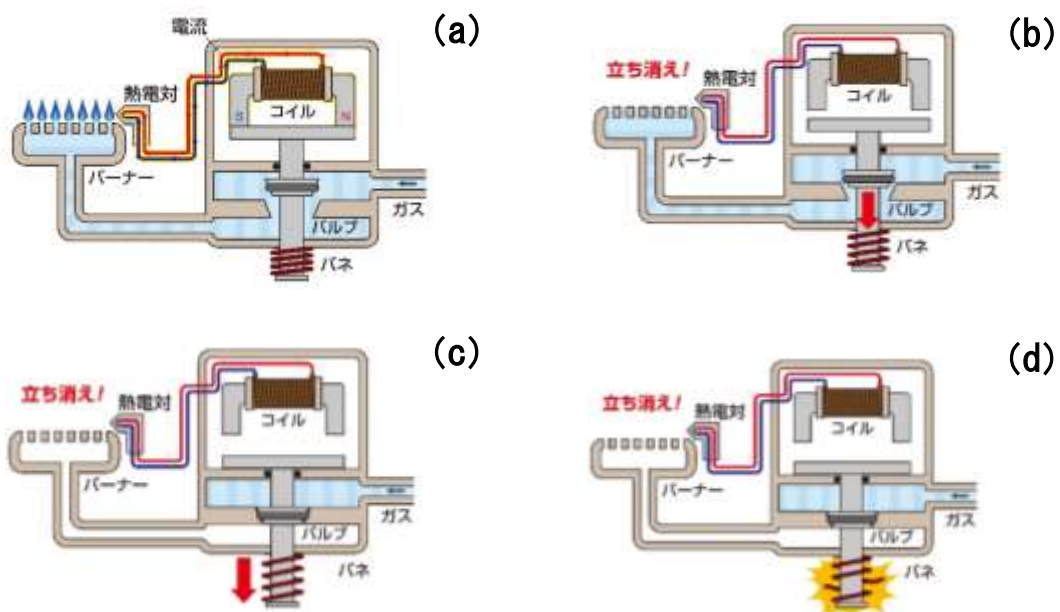


図3-4 ガスの立ち消え安全装置

(4) 無条件安全と合目的的安全

1) 無条件安全

無条件安全とは、①～④により構成されております。

- ① 図3-5-aのように起動前または停止スイッチを押した後は、ロボットの動力（エネルギー）は遮断されており、機構部が固定されており、人間と接触できない距離に離れています。
- ② 図3-5-bのように作業員が起動ボタンをONにしたら、ロボットに動力が供給されて、機構部の固定が解除されて運転が開始されます。
- ③ 図3-5-cのように、作業員が停止スイッチ、または、非常停止ボタンを押すことで、ロボットへの動力供給が遮断されて、機構部が停止して固定されます。
- ④ ロボットに故障が生じたら、動力供給が遮断されて機構部が停止して固定されます。

つまり、無条件安全とは①の起動前、③の停止操作後にロボットへの動力の供給が遮断および機構部が固定されていることと、作業員がロボットに接触できない距離が確保されていることです。また、④のように故障したら動力遮断および機構部が固定されて停止している状態でもあります。つまり、機械が停止（エネルギー0、機構部は固定）されることです。ここで、無条件安全の考え方を覚えておいて、後に勉強する隔離と停止の原則、安全確認型システムを勉強してみると理解が深まります。

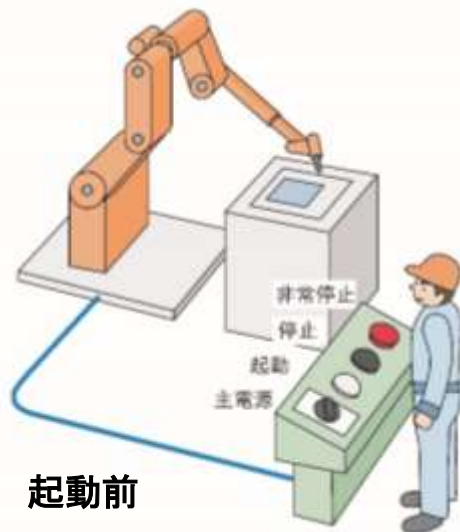
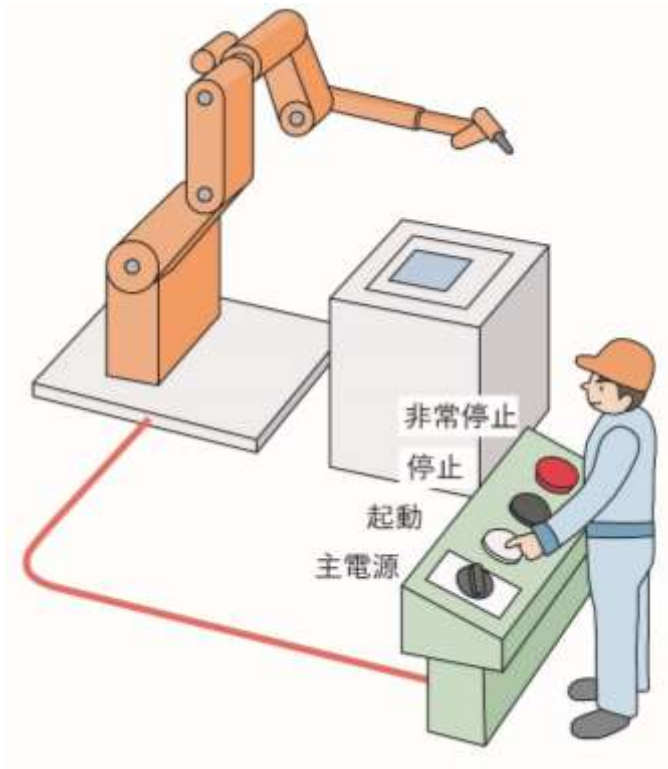


図3-5-a 起動前



作業者が起動ボタンを押す
↓
ロボットが動作する

図3-5-b 起動→運転

作業者が停止ボタンを押す
↓
動力が遮断される
↓
ロボットが停止(固定される)

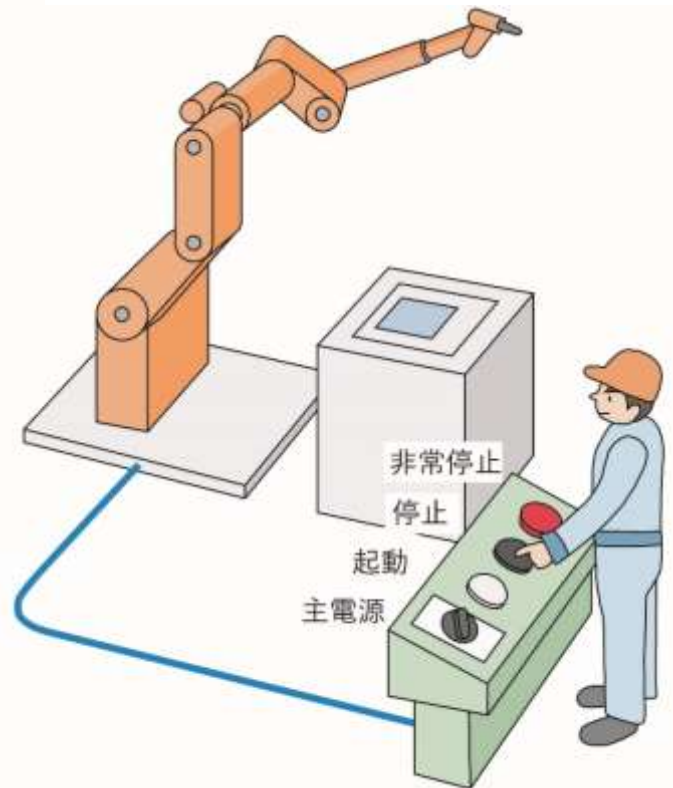


図3-5-c 停止スイッチ→動力遮断→ロボット停止(固定)

2) 合目的的安全

図3-6のように安全柵の中にロボットがあります。このシステムにおける安全の条件は、

- ①柵の中に人がいない
- ②入口が施錠されている
- ③操作盤の前に人がいる

になります。①～③が確認されたら操作盤の起動スイッチをONにすることが可能になり、人がスイッチをONにして運転を開始することができます。また、常時①～③が確認されて運転が継続されます。一方で、①～③が確認されなければ運転は許可されず、ロボットが停止します。つまり、安全であるという条件である①～③を運転中に常時確認されていることを“**合目的的安全**”と言います。

後に勉強する機能安全は、安全確保の対象が“外に付けた安全のための装置になります。例えば、ロボットを停止させる非常停止ボタン、鍵の中に含まれているスイッチなどになります。合目的的安全は運転中に常時安全が確認されていること、機能安全は安全装置の安全確保であるため対象が異なります。

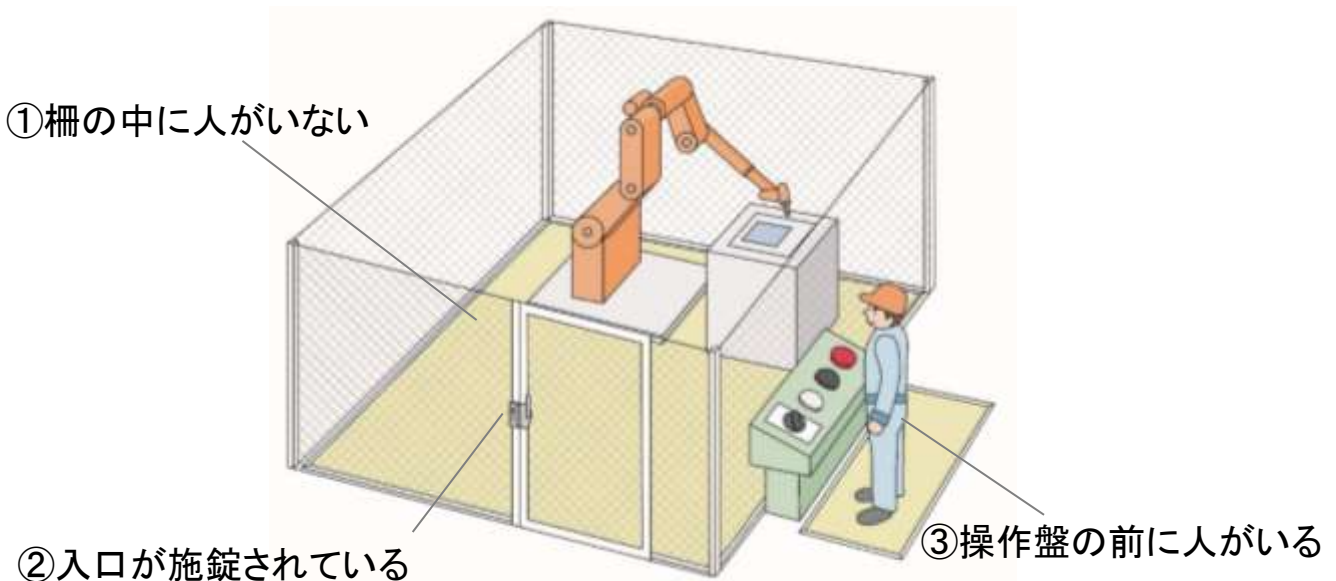


図3-6

引用：杉本旭他、安全確認形安全の基本構造、日本機械学会論文集(C編)54巻505号(昭63-9)

(5) 確率的安全性と確定的安全性

1) 確率的安全性

機械・システムにおいて機器・部品・安全システムなどを信頼性の高いものにより構成して、安全を確保することを**“確率的安全性”**と言います。例えば、図3-7の飛行機はNo. 1～No. 4の4機のエンジンが搭載されております。仮にエンジンの4機中3機が故障しても十分に飛行ができます。つまり、エンジンが1機よりも、他に3機あるので高い確率で事故を防ぐことができます。

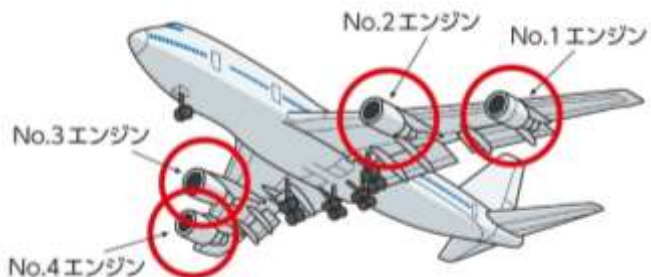


図3-7

2) 確定的安全性

“確定的安全性”とは、機械システムを構成する機器・部品・安全システムなどを安全確認の原理により設計されたものであり、故障・トラブルが生じた場合に安全側に動作して停止する構造です。例えばP3-8のガスの立ち消え安全装置のようにバネが故障した場合にガス弁の自重で供給を遮断するものです。また、図3-8のプレス機は安全柵が閉じて鍵がかかった状態、両手で操作することで、人または手が可動範囲に侵入させません。故障した場合は動力が遮断されて停止して、機構部が固定される構造のものです。このように、フェールセーフ特性を有している安全確認型システムは確定的安全の代表的なシステムです。



図3-8

3. 安全管理の考え方

安全とは「許容できないリスクがないこと」であり、リスクとは、危害が起こる発生確率とその危害の度合いの組み合わせであることを述べました。労働安全衛生の分野でそれを考えると、労働作業を行う環境下で、如何にそのリスクを減らしていくかということが、安全な労働環境を作り上げていく活動ということになります。

リスクを減らしていく方法には大きく分けて2つの方法があります。

①再発防止

過去に発生した災害の経験を元に、同様の災害が再発しないよう、災害の原因や要因を分析し、対策を講じていく活動です。

この考え方の利点は、その要因や原因を深掘りしていくことで、同業種はもちろん、異業種であっても、安全に対する対策を横展開することが可能なことです。また、実際に災害に至らなくても、災害になってもおかしななかった事例も対象とすることで、より一層の効果が得られます。労働災害の分野ではありませんが、飛行機のニアミスが起きたとき、対策委員会が組織され調査報告に至るのは、リスクの度合いが非常に大きいことを踏まえた再発防止の考え方の活用例です。労働災害の分野でのこの考え方は「ヒヤリハット」の活用として展開されています。

②未然防止

わが国ではこれまで再発防止を有効に活用してきたことで、災害による死傷者数や死亡者数を大きく減らしてきました。しかし、再発防止は「起きてしまったこと」「起きてもおかしななかったこと」という経験を元とするため、例えば新しい設備、技術、作業方法など未経験の要因に対する対策を講じるには、適用が困難です。そこで、まだ災害が発生した／発生したかもしれないという経験がなくても、リスクを想定し、その発生確率を減らす、発生したときの危害の度合いを減らすという考え方が提示され実施されています。この考え方が、未然防止です。

＜コラム：ハインリッヒの法則＞

ハインリッヒの法則という言葉聞いた方もあるかもしれませんが少し補足をおきましょう。

アメリカの損害保険会社の安全技師であったハインリッヒは潜在的有傷災害の頻度のデータから「同じ人間が起こした同種の330件の災害のうち、1件は報告を要する重大災害、29回は応急手当だけで済むかすり傷程度の軽症災害、300件は無傷（傷害や物損の可能性のあるもの）」ということが判明した。」としたものです。

同時にハインリッヒは、300回の無傷害事故の背後には数千に達すると思われる不安全行動や不安全状態があることも指摘しています。



ハインリッヒは、「300の傷害のない事故」と述べています。重要なことは、災害という事象の背景には不安全状態や不安全行動などの危険有害要因が数多くあるということであり、的確にその対応策を講ずることが必要であるということです。



よく聞く、「ヒヤリハット」ってなんですか。

ヒヤリハットは「ヒヤッと、ハッと」したが事故や災害にはならなかったケースです。事故に至らない場合も含めて考えます。



4. 労働災害発生原因

(1) 労働災害発生のプロセス

労働災害が発生するプロセスを見ると、危険性又は有害性(物)と作業者(人)の、両方があって発生するということです。どちらか一方が存在するだけでは、労働災害に至りません。

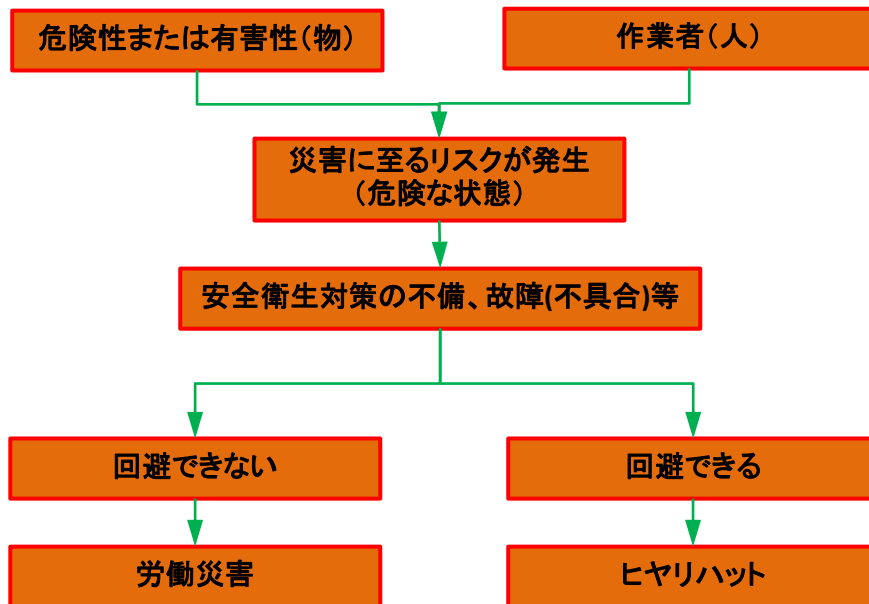


図3-9 危険性又は有害性から労働災害(健康障害を含む)に至るプロセス

また、災害に至るリスクが発生した(危険な状態になった)ときに、何らかの対策や偶然性を含めて回避できたかできないかで、労働災害になるか、ヒヤリハットで終わるかが分かります。

例えば、高所から何か物が落ちてきたとします。自分には当たらず脇に落ちたとすれば、それは偶然です。仮に当たったとして、ヘルメットにかする程度で怪我はしなかったとすれば、その対策(ヘルメットを装着すること)により、災害は回避できたわけですが、物が落ちてきたという危険な状態があったことは事実です。このように労働災害とヒヤリハットは、紙一重であり、リスクの発生があったことは間違いありません。

(2) 労働災害発生プロセスから見た災害防止

これまでの災害防止では、過去の事例や、自身の経験から危険に対する感受性を高め、できるだけ多くの危なさに気づき、見つけることを重要視してきました。そのため、気づき、見つける順序は目についた順、気づいた順など、各人の感受性に任された結果、気づかなかった危険、見つけられなかった危険が取り残されてしまうことがありました。

「労働災害発生のプロセス」に従って考えれば、本来の「安全」を確保するためには、個人の危険に対する感受性や気づきに期待するのではなく、「危険性又は有害性(物)」「作業者(人)」に着目すれば、災害に至るリスクを減らせることがわかります。また、リスクがあることを認めた上で、なんらかの対策を講じることによって、災害に至らず、ヒヤリハットにとどめる確率が高まります。

このように災害を防止するためには、道筋を決め、順序立てて、危なさを調べ、対策を考える、すなわち、「労働災害発生プロセス」を踏まえることが合理的です。

(参考: 愛知県労働局「リスクアセスメントとこれからの「安全」」

https://jsite.mhlw.go.jp/aichi-roudoukyoku/jirei_toukei/anzen_eisei/_121845/_121852.html)

(3) 危険状態の発生

「労働災害発生のプロセス」によれば、始まりは、「危険性又は有害性(物)」の存在になります。これを「危険源(Hazard)」と呼びます。

危険源が存在して、その危険源の影響が及ぶ範囲を危険区域と呼びます。危険区域と人の作業領域が大きく離れていて、重なる可能性がない場合は、危険状態(Danger)ではないことになります。

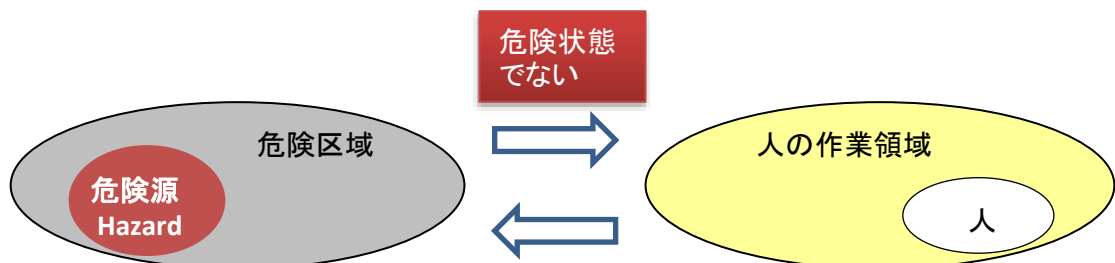


図3-10 危険ではない状態

もし、この危険区域に人が立ち入る様なことがあったり、何らかの要因で危険区域の範囲が広がったりして、危険区域と人の作業領域に重なりが出るような場合は、危険状態が存在することになります。

この危険区域と人の作業領域との重なり＝危険状態は空間的(3次元)な重なりと、時間的な重なりの双方が合わさることによって発生します。例えば、昼間は危険源が稼動して危険区域になるが、夜間は停止して危険区域でなくなれば、人が立ち入ったとしても、時間的な重なりはないので危険状態にはならないことになります。

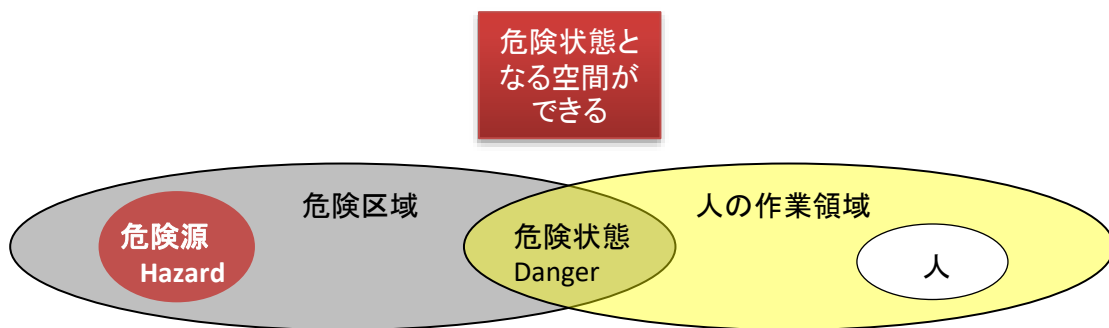


図3-11 危険状態が存在する状態

現場の状況によっては、危険源の可動範囲の全周囲に人の作業領域があり、人が近づくことができるようなものがありますが、その場合は危険区域がすべて危険状態になります。

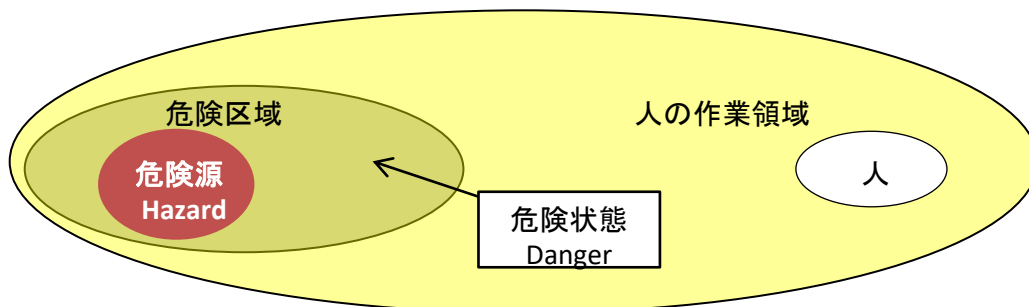


図3-12 危険区域がすべて危険な状態

(4) 危険事象の発生と回避

危険状態が存在しており、安全対策の不備や不具合(故障)があると危険事象が発生します。

事象の発生に対して、偶然性や、人的な反応(逃げる、よけるなど)によって災害を回避できるケースもありますが、プロセス上リスクがあったことは明白であり、「安全」ではなかったこととなります。

<コラム:危険源、危険範囲、危険状態、危険事象>

この章では、危険源、危険範囲、危険状態、危険事象という言葉を使い分けています。日本語でしばしば「危険」という言葉を使うと意味合いがあいまいになることがあります。単純に危険を和訳するとDangerとなりがちですが、例えば危険源はHazardであり、Dangerは危険状態としています。言葉の意味するところに注意してみてください。

(5) 労働災害発生の直接的原因追及 「不安全状態と不安全行動・ヒューマンエラー」

労働災害発生のプロセスを踏まえて、労働災害発生の原因を考えてみます。

労働災害発生の原因として、設備、安全装置、器材など物の面から見た欠陥により安全が確保されていない状態のことを、「不安全状態」といいます。

一方、労働者本人または関係者の安全を阻害する可能性のある行動を意図的に行う行為を、「不安全行動」といいます。例えば、「めんどうだ」「これぐらいなら大丈夫だろう」「みなやっている」と考えて、本来とるべき行動をとらない、あるいはとってはいけない行動をとる行為です。こういった行為のほか、「間違い」「うっかり」「無意識に」「思わず」といった不注意によって、意図しない結果になってしまった場合、その行為の発端において本人に不注意の認識がなかったとしても、その不注意による行為が、災害の原因になってしまいます。これらを含め、「意図しない結果を生じる人間の行為」をヒューマンエラーと呼びます。

(6) 労働災害発生の間接的原因追及 4M分析

不安全状態、不安全行動やヒューマンエラーは労働災害発生の直接的な原因として捉えられます。

しかし、災害事例の原因を直接的に捉えると、起きた事例を限定的に見てしまい、その背景にある本質的な原因や、改善すべき運用を見逃しその結果、同様の災害の防止にいたらないことが考えられます。

そこで、労働災害発生の原因の要素を4つに整理し、災害が起こるにいたった要因を系統的に整理したうえで、原因の本質を把握し、本当の意味での類似災害の防止に役立てる方法が4M分析です。

4Mとは要因をMan(人間的要因)、Machine(設備的要因)、Media(作業的要因)、Management(管理的要因)と分類した頭文字からとったもので、具体的には下表のような要因で分析します。

表3-1 4M項目とその原因・要因

項目	基本原因	具体的な要因
人間的要因 (Man)	①心理的要因 ②生理的要因 ③職場的要因	①ど忘れ、考え事、無意識、危険感覚のずれ、省略行為、憶測判断、錯誤など ②疲労、睡眠不足、疾病、加齢など ③人間関係、リーダーシップ、チームワークなど
設備的要因 (Machine)	設備・機器固有の要因	・機械・設備の欠陥(設計、機能、配置、品質など) ・危険防護(安全装置など)の欠落 ・本質安全化対策(人間工学的配慮)の不足 ・点検整備の不足 など
作業的要因 (Media)	作業者に影響を与えた環境の要因	・不適切な作業情報、不適切な作業方法 ・作業姿勢・作業動作の欠陥 ・作業空間の不良、作業環境条件(労働条件)の不良 など
管理的要因 (Management)	組織における管理状態に起因する要因	・管理組織の欠陥 ・管理規定・マニュアルの不備、作業手順の不備・不徹底 ・教育訓練の不足、部下に関する監督・指導不足 ・作業工程計画の不良、適正配置の不十分 ・健康管理の不良 など

※厚生労働省ホームページ職場のあんぜんサイト 安全衛生キーワードより
https://anzeninfo.mhlw.go.jp/yougo/yougo_index01.html

5. リスクアセスメント

(1) リスクアセスメントとは

労働災害防止に対するアプローチとして、実際の災害事例を教訓とし、その要因を解析展開し、類似災害を防止する観点から対策を講じる手法は、これまで大きな効果を上げ、労働災害による死傷者数、死亡者数の減少に貢献してきました。しかし、これまで全く災害が起きていない職場や、産業の発達・多様化によって、これまで経験のない新しい機械や設備の導入に対しては、事例の適用が難しいという課題も顕在化してきました。

一般的な問題解決の考え方は、次のようなステップによりアプローチします。

①直面している状況下で問題が発生する構造を明らかにする。

②問題が発生しやうのない構造に変える。

すなわち、構造を変えずに現象を一時的に抑えることは、応急処置的、かつ暫定的な問題の処理であって解決ではないこととなります。

これを災害防止に当てはめると、災害が生ずる因果の構造を明らかにし、その構造を変えることが災害防止であるということになります。

この因果の構造を明らかにし、変えるための手段がリスクアセスメントなのです。



(2) リスクアセスメントの手順

実際に行うリスクアセスメントの手順は以下のとおりです。

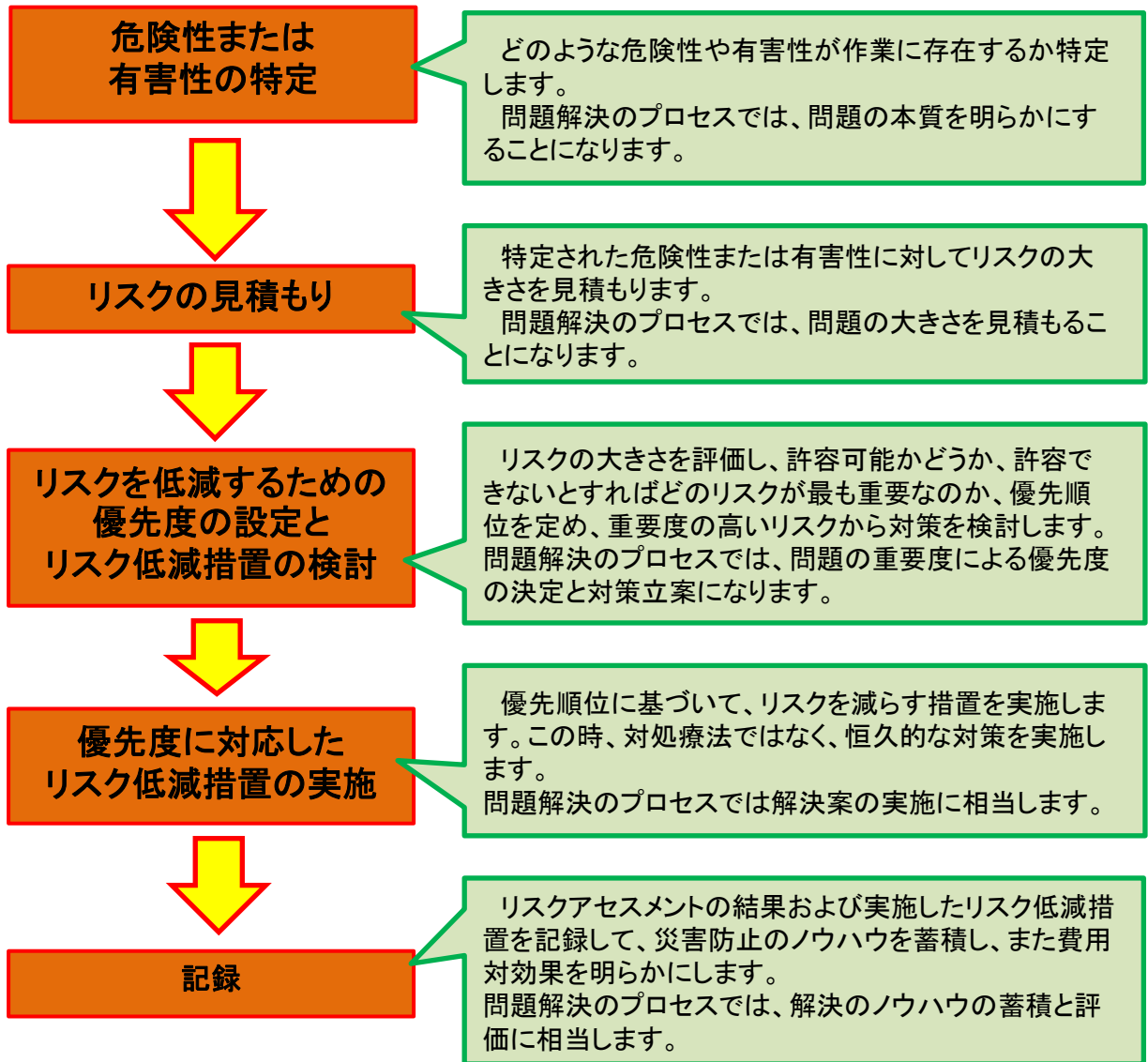
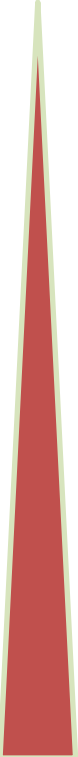


図3-13 リスクアセスメントの手順

(3) リスク低減措置の検討と実施

リスク低減措置の検討を行う場合、法令に定められた事項がある場合には、それを必ず実施するとともに、リスクの高いものから優先的に検討を行うこととなります。その検討・実施に当たっての安全衛生対策の優先順位は、下記のとおりです。

表3-2 リスク低減措置の優先度

① 作業の廃止・変更及び危険性又は有害性の低い材料の変更等により、本質安全化を採用する。	危険性又は有害性を除去又は低減する。 ⇒リスクを除去する、危害の重大性を無くすか低減する。	優先度高
② 保護柵、光線式安全装置、局所排気装置の設置、手すり・囲い・覆いなど工学的な安全防護対策を採用する。	危険性又は有害性に接触しない又は接触できないようにする。 ⇒リスクの可能性を無くすか低減する。	
③ 立入禁止措置、警報の運用、2人作業の採用、監視者の配置、マニュアルの整備、教育訓練などの管理的対策を採用する。	リスクの発生する可能性を軽減する。 措置内容により、危害の重大性が軽減することもある。	
④ 墜落制止用器具(安全带)等の個人用保護具を使用する。 ※この措置により①～③の措置の代替を図ってはいけない。	作業者が適切に使用すれば、危害の重大性を軽減できる。	
優先度低		

リスク低減措置の原則は、優先度の高い順に検討することですが、実施が困難なときは、次善の策を検討することになります。この場合は、残ったリスクについては、現場全員で共有し、作業者に周知するとともに引き続きより上位の対策を検討し続けることが大切です。

(4) リスクアセスメントのメリット

リスクアセスメント及びその評価によるリスク低減対策の実施には次のようなメリットがあります。

- ・リスクアセスメントは災害が起こる前に、そのリスクを特定評価し、災害が起こる前に対策を講じる手法になるので、まだ起きていない災害に対しても有効性を発揮します。
- ・現場のリスクを全員で検討することにより、どこに危険が内在するのか、どれくらいの重篤性があるのか現場全体で共有できます。
- ・対策立案についても思い付きではなく、本当に実施すべき施策から実施することができます。
- ・残されたリスクについては施策が打たれていない残存リスクを現場で共有することができ、作業ルールとしてリスク回避のために「守るべき決
め
事」とした理由が明確になります。
- ・現場全員が参加することにより、「危険」に対する感受性が高まります。
- ・現場が自発的に取り組むことで安全への意識向上に繋がります。



<コラム:主観的な評価は役に立たない?>

労働災害防止を目的として、様々な職場で導入が進んでいる「リスクアセスメント」は、災害の未然防止に有効であるとともに、リスクを共有することによって安全対策についての職場の共通認識を育むことにもつながります。一方で、導入・展開を図る上では、いくつか注意しなければならない点もあります。

多くの場合、リスク評価の結果は数値化されます。数値化することによって、対策を行った後の再評価でリスクがどの程度低減できたかもわかりやすくなります。また、異なる種類のリスクであっても、相対的に比較することが可能になります。

一方で、リスクを数値化したといっても、あくまで主観的な値であって、客観的な指標にはならないことに注意する必要があります。業務に対する知識や経験が豊富なベテランAさんと、対照的な新人Bさんでは、同じようにリスク評価を行っても異なる結果になることもあります。

ベテランと新人の違いは極端な例ですが、同じ職場内であっても担当や職位が異なれば、同じようにリスク評価を行っても、必ずしも同じ評価結果になるとは限りません。対策を実施する上での面倒さや費用などにこだわって、実際よりもリスクを低く評価してしまうこともあります。また、対策を行って数値が低くなったことで、リスクが“なくなった”と誤解することも懸念されます。

リスク評価に評価者の主観が反映されることや、評価者の経験や知識・立場の違い等が評価に影響することを完全に排除することは困難です。しかし、「客観的ではない主観的な評価」であるなら意味がない、ということではありません。主観的な評価であっても、評価者が何らかのリスクを感じた結果が数値化されているのですから、AさんとBさんの評価結果が異なっていること自体が問題ではないのです。むしろ、どういった点で、どのように評価が異なっていたのかを踏まえ、妥当な評価基準を職場全体で共有できるようにするための「擦り合わせ」が重要になります。「擦り合わせ」を通じて、ベテランと新人、あるいは現場側と管理側の共通認識の構築も可能となります。リスク評価の絶対値が重要なのではなく、相対的に比較し対策の優先順位を決定するための判断基準に利用すれば、作業標準や作業手順の整備にもつなげることが可能になります。

第4章 労働災害を減少させる ために

この章の狙い

この章では前の章で学んだ労働災害を防止するための考え方をもとに、労働災害をどのようにして減少させていくのかについて説明します。

まず機械安全の基礎的な理論の概要について学び、それを通じて機械安全化を図るための手法についての基本的事項を学んでいきます。

1. 機械災害の実態

第1章で述べたように、機械による労働災害(休業4日以上)は、製造業の死傷災害全体の約3分の1を占めています。また、労働災害の事故の型別にみると、機械設備に起因する「はさまれ・巻き込まれ」が全体の約4分の1を占めています。

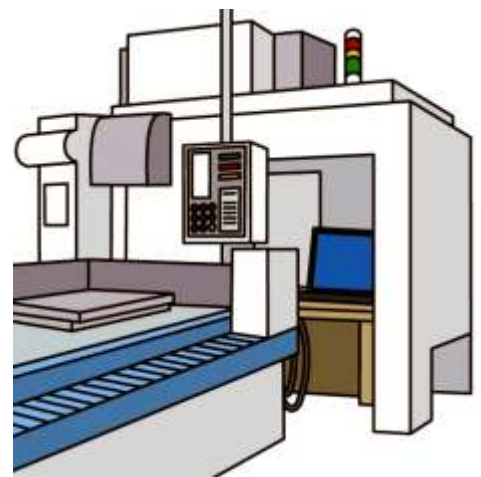


機械による労働災害の課題にはどのようなことがあるのでしょうか。

機械は動かすのに大きな力が必要なものが多いため、死亡や切断等の重大な事故につながることも少なくありません。

機械による災害については、不具合が生じた際に急いで対処しようとして機械に近づき被災しているケースが多く見られます。

また、機械は急に動き出すこともあるため、このような災害は、労働者の注意力だけで対処することは困難であり、機械の設計段階での安全対策が求められます。



2. ミスや故障を起こしても災害にならない工夫

(1) 機械安全の基本的な考え方

機械による災害を減らすためには、「安全な機械」が必要です。機械の安全を考えるにあたって前提とされることは、

『人間はミスをする』

『機械は故障する』

ということです。

人間の注意力には限りがあるため、どんなに注意しても、結果的にミスをしてしまうことがあるのが人間の特徴です。したがって、ミスをしてしまった人を責め立てても、災害がなくなるわけではありません。そうであれば、「人間はミスをする」ということを潔く認めて人間の特性である、うっかりミスやカン違いなどで誤った操作をしてしまった場合でも安全性を確保する(災害にならない)ような仕組みが必要になります。

人に頼るよりも機械に頼るほうが安全面において有効だといえます。

「機械は故障する」については、人間がミスをする確率と比べて、機械が故障する確率はかなり低いものの、全く故障をしない機械はないことを認めて、もし故障したとしても、安全が維持できるような仕組みが必要になります。



安全な設計をするための考え方についてどのようなものがあるのでしょうか。

それでは、具体的な例を交えて見ていくことにしましょう。



＜安全設計のための考え方＞

【エラープルーフ】

「人間は間違える」ことを前提として、使用者が機械や設備の取扱いを誤っても、それが事故や災害につながらないようにする考え方です。

〔例①：洗濯機〕

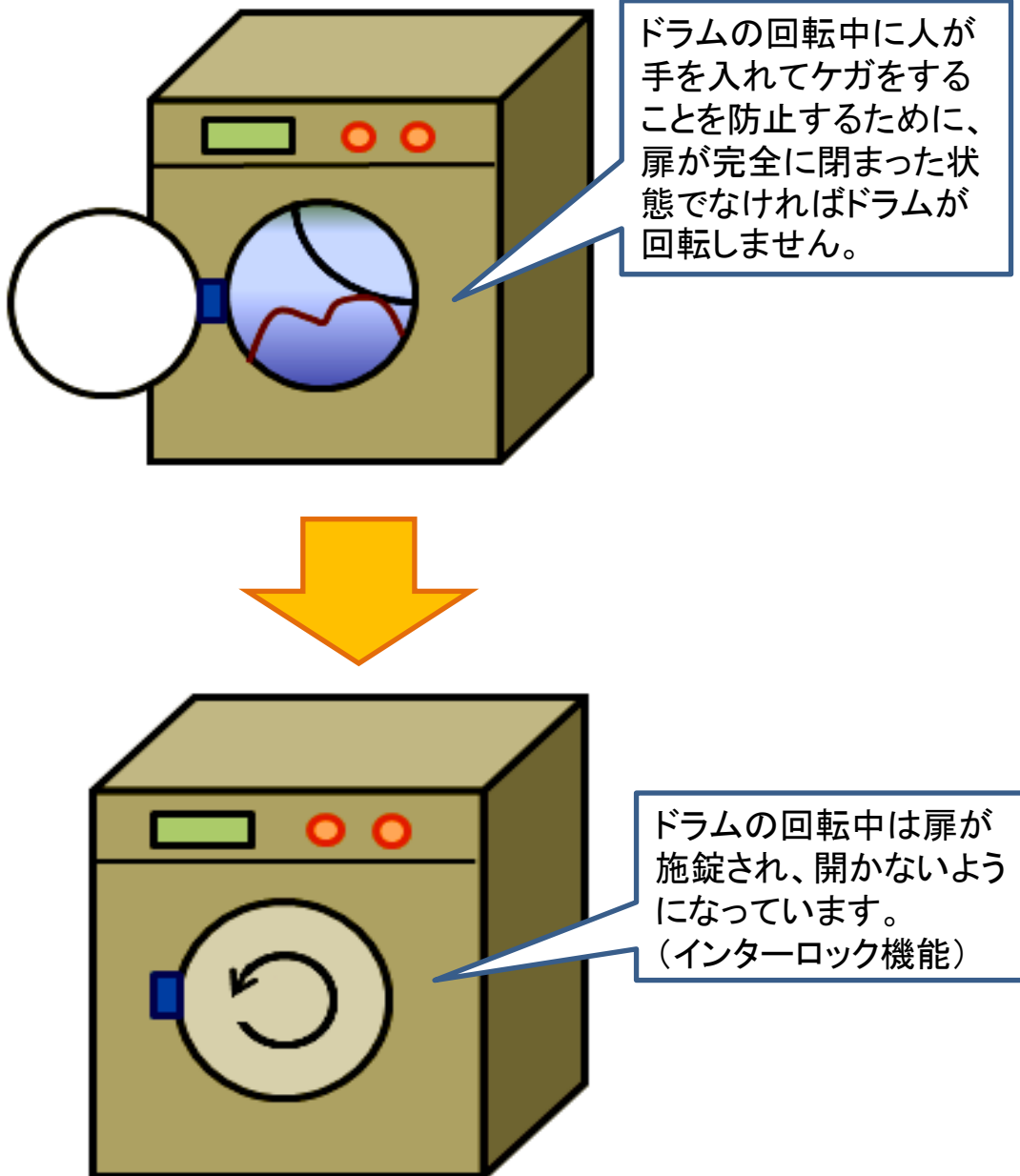


図4-1 洗濯機の例

〔例②：駅のホームドア〕

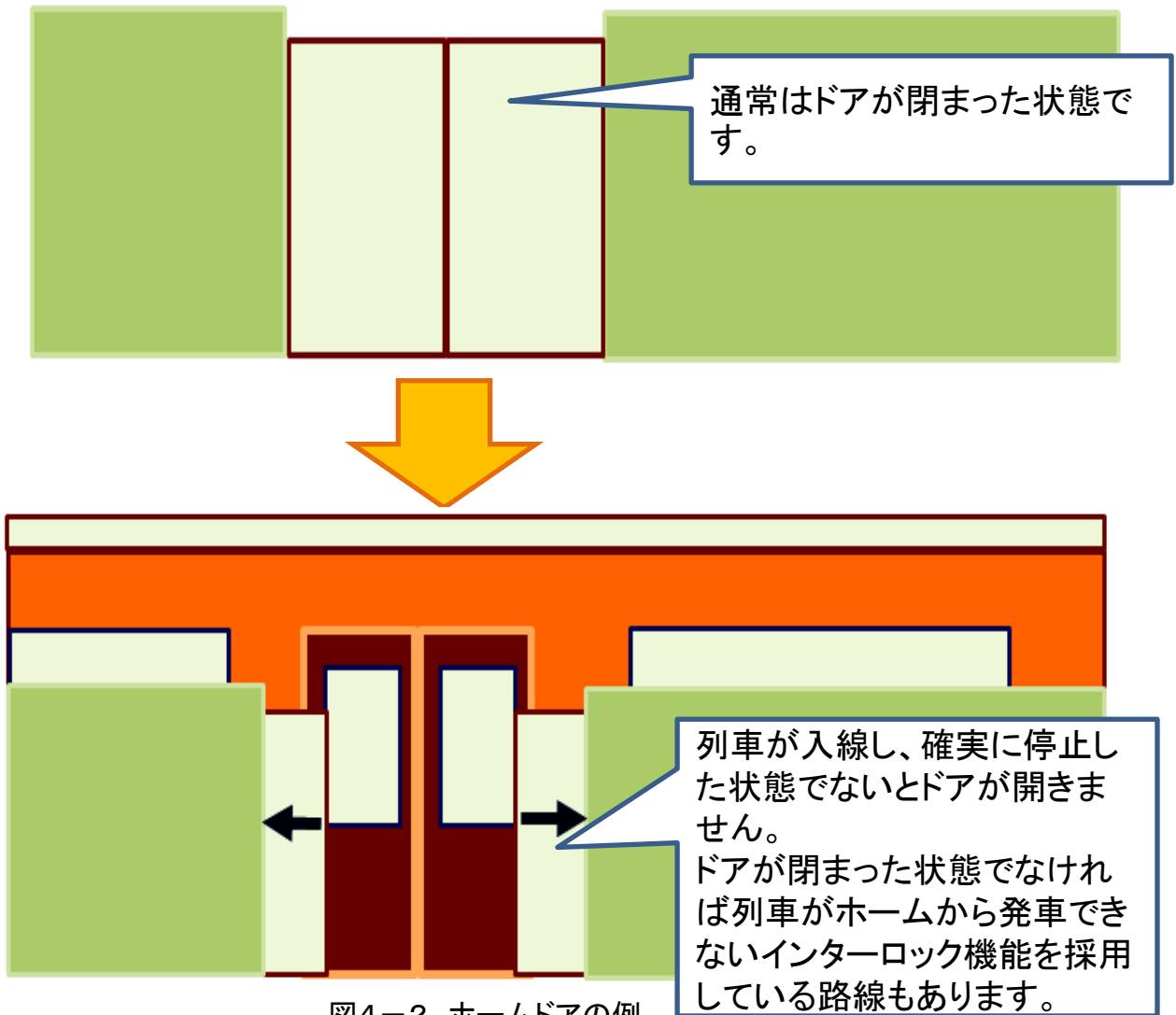


図4-2 ホームドアの例

〔その他の例〕

- ・電子レンジは、扉が開いた状態では作動しません。また、作動中に扉を開けてもその時点で運転を停止します。(マイクロ波が人体にばく露することを防止するため)
- ・自動車(AT車)は、セレクトレバーがPの位置でなければエンジンがかかりません。さらに、ブレーキペダルが踏まれた状態でなければ、セレクトレバーをPから他の位置に切り替えることができません。(エンジン始動時の誤発信を防止するため)
- ・人を危険源である機械から隔離するために設置される安全柵もエラープールの例です。

【フェールセーフ】

システムまたはこれを構成する要素が故障しても、災害が発生しないように故障の影響を限定することで作業者の安全を確保する考え方です。

〔例①: 交通信号機〕

＜平常時＞

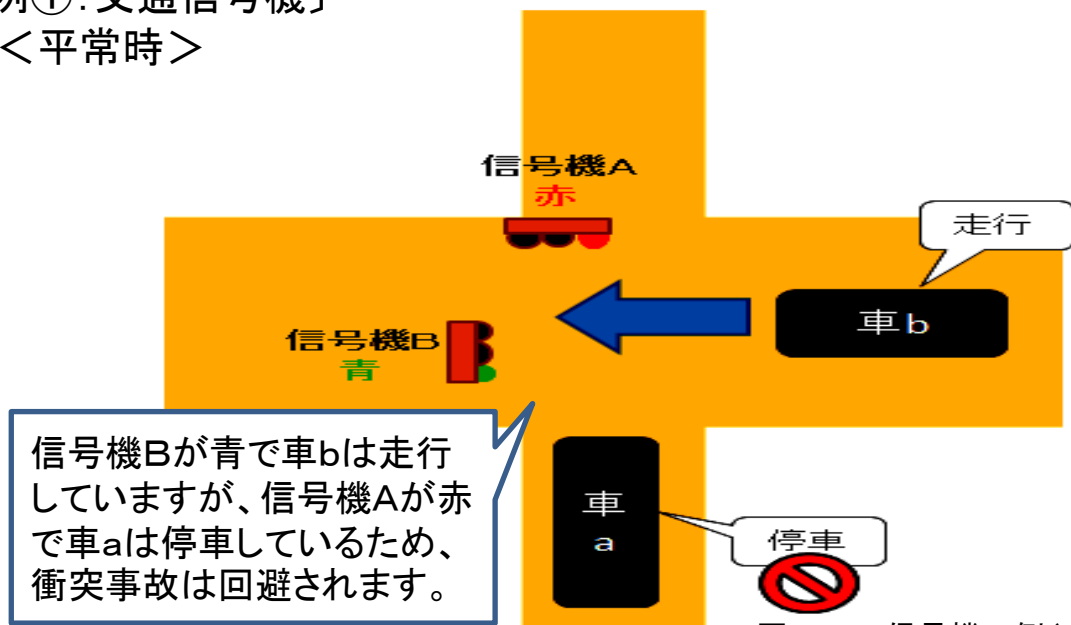


図4-3 信号機の例(1)

＜信号機故障時⇒故障すると赤になる場合＞

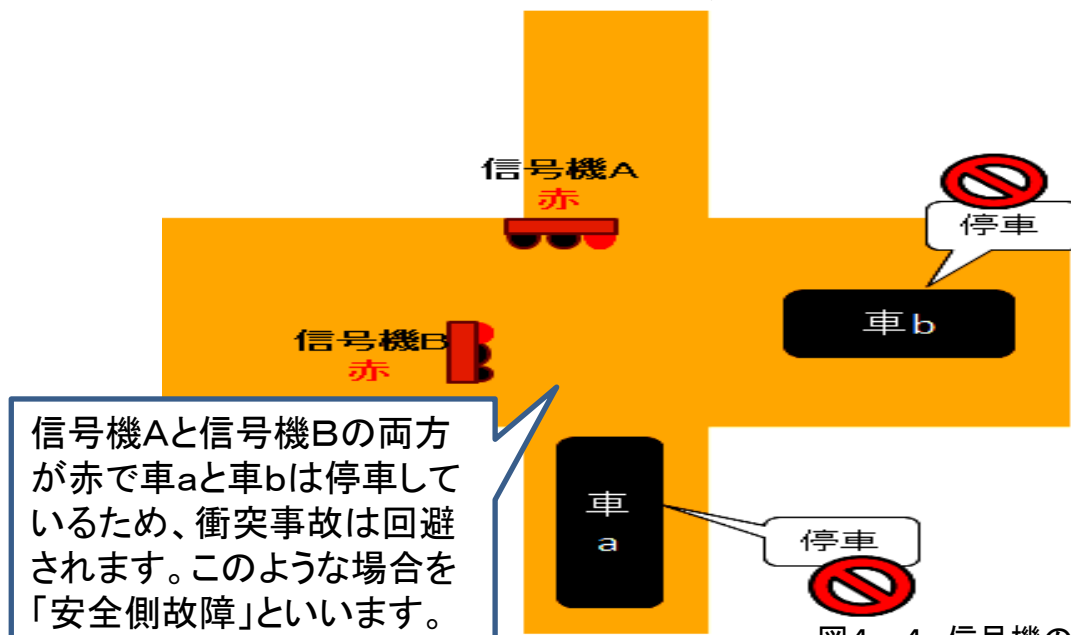
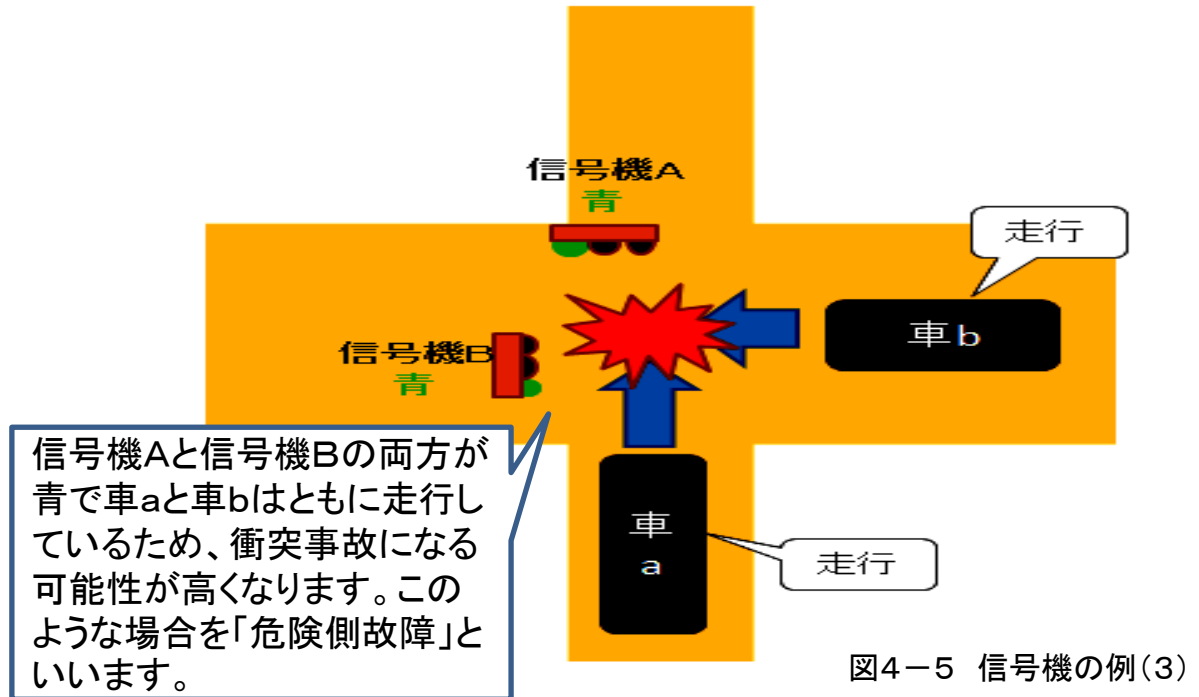


図4-4 信号機の例(2)

<信号機故障時⇒故障すると青になる場合>



[その他の例]

踏切遮断機は、平常時(通電中)は遮断かん(棒の部分)がやや斜めに立っているが、故障時は電力を失い、遮断かん自体の重みで水平に倒れ、踏切をわたる車の走行を遮断します。

「エラープルーフ」や「フェールセーフ」の考え方に基づいて安全対策を行ったとしても、故障しない機械設備は作ることができないため、残留リスクを完全になくすことはできません。その残留リスクによる危険を回避するために機械の操作者による危険回避策(例えば非常停止ボタンを押す等)が必要になります。このように全ての安全を機械に委ねるのではなく、最後は人間が対処せざるをえないということです。そして、最終的な安全確保の手段についてはできる限り最小化、単純化を図り、人が間違えないようにすることが大切です。

(2)本質安全化の原則

①危険源の除去

機械の危険源がなくなれば、危険区域もなくなりその結果、危険状態でなくなるため、危害が発生するおそれなくなります⇒保護方策としては、最も重視すべきものです。

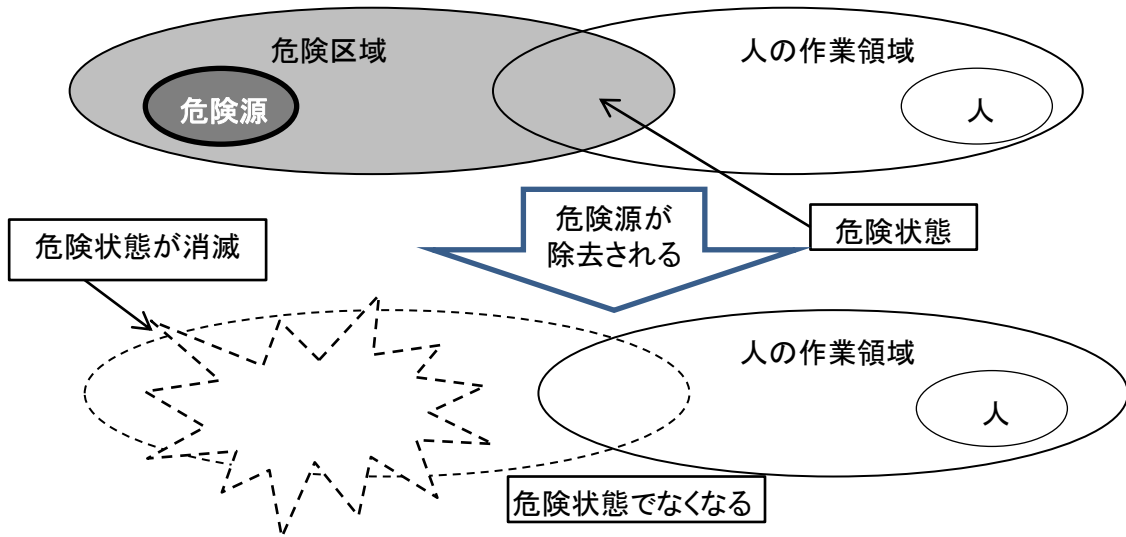


図4-6 危険源の除去

危険源を完全に取り除くことができなかつたとしても、「人に危害を与えない程度まで」に機械のエネルギーを小さくすることができれば、危険源でなくなった(すなわち危害のおそれがなくなった)とされます。



②危険区域に入る必然性の低減

「人の作業領域」を「危険区域」から離す方策です。危険源・危険区域は残るものの、人の作業領域と重ならないので安全性は高まります。

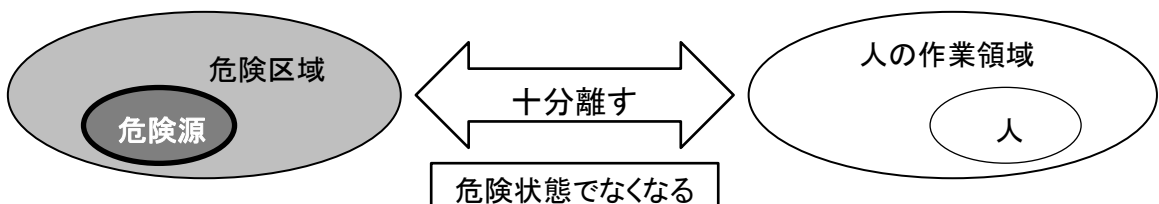


図4-7 危険区域からの隔離

(3) 隔離の原則と停止の原則

① 隔離の原則

人と機械の危険源をガードなどで隔離することで人が危険区域に入ること防止し、危険源に接触できないようにすることです。人の作業領域と危険区域が空間的に重なることが防止されるため、リスクの低減にはかなり有効です。

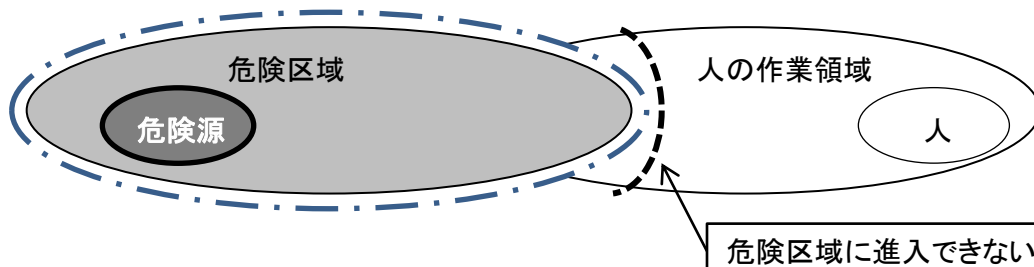


図4-8 危険源からの隔離

② 停止の原則

機械を停止状態にすることで人に危害をあたえない状態にし、人の作業領域と危険区域の時間的な重なりを防止します。ただし、一部の機械においては、停止しても安全とは限らないものがあるため、注意を要します。

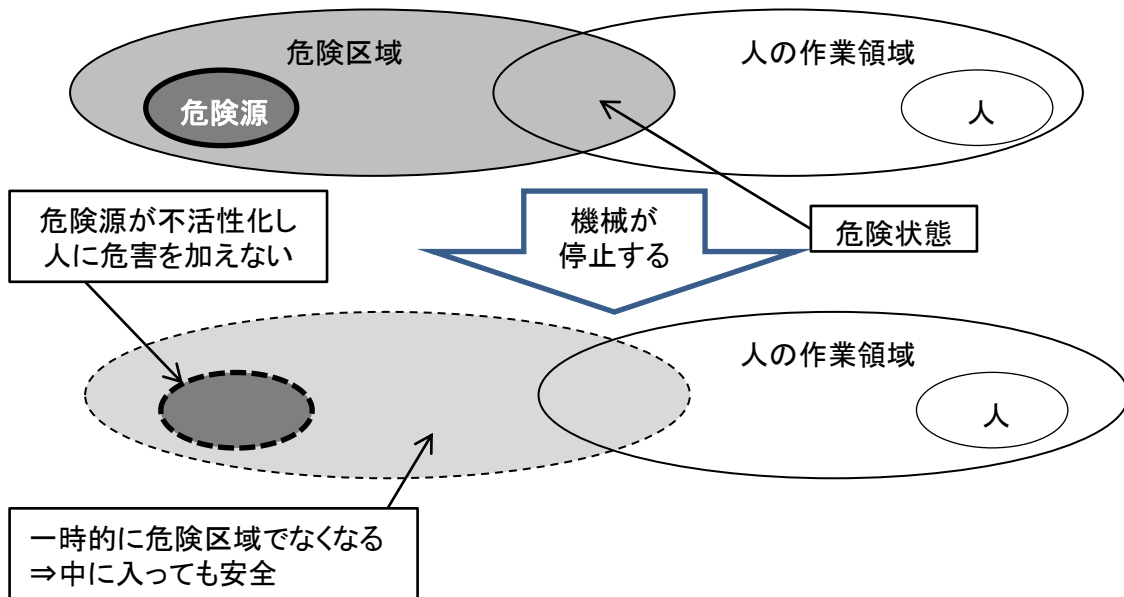


図4-9 機械の停止による危害の防止

【機械を停止しても安全とは限らない例】

- 1) 機械内部に危険な状態があるかもしれない(例えばシュレッダーの刃など)。
- 2) 停止した機械の運転スイッチを他の人が入れてしまうかもしれない。
- 3) 機械が完全に停止していない(惰性で動いている)かもしれない。
(回転する部分などは停止状態が目視でわかりにくいこともある)。
- 4) 残存するエネルギーで動く部分があるかもしれない(圧力を使う機械など)。
- 5) 充電部(通常の使用状態で電圧が印加※されている導体及び導電性部分)が残っているかもしれない。
※印加とは電気回路に電源や別の回路から電圧や信号を与えること
- 6) 停止している範囲が部分的で、隣接して稼動している部分が危険かもしれない。
- 7) 部品がそれ自身の重みで動く(落下するなど)かもしれない。
- 8) 電子回路の不具合で電気が完全に遮断できていないかもしれない。

機械に残っているエネルギーなどの対応方法は、機械ごとに違うので、機械の取扱説明書や会社の作業手順書で確認して確実に実施することが必要です。



③隔離の原則と停止の原則の組み合わせ

- ・固定式ガードを設置し、危険源に近づくことができないようにします。
(隔離の原則)
- ・固定式ガードに進入用の扉を設置し、「機械が停止したら扉が開く」
あるいは「扉が開いたら機械が停止する」ようなインターロック付きの
可動式ガードとします。(停止の原則)
- ・このように2つの原則を組み合わせせた方策を実施することで確実に危
険源から防護します。

④安全確認型と危険検出型

- ・安全な状態を確保するためには、危険源を除去することが最も効果
的で優先すべき方法であることは前述のとおりです。
- ・ただし、必ず危険源を除去できるとは限らないので、その場合は危険
源にカバーをしたり、柵などで囲い込んで人を危険源に接近できない
よう隔離する方法がとられることも前述のとおりです。
- ・しかしながら、作業の都合上、隔離状態を一時的に解除して危険源に
接触せざるをえない状況になることも考えられます。このような場合に
用いられる仕組みが「安全確認型システム」「危険検出型システム」で
す。

それでは、「安全確認型システム」と
「危険検出型システム」それぞれに
ついて見ていきましょう。



<安全確認型システムとは>

安全な状態を高エネルギー状態に対応させて検出するシステムのことです。たとえば、人が危険な場所にいないことを安全状態であるとして検出したい場合は、図4-11のように人の不在を光ビームの存在で検出することで安全を確認できます。

システムが故障して投光・受光ができなくなった場合には、光ビームの存在が検出できないため安全情報は発信されません。結果として、機械の運転は許可されません。つまり故障時には、安全であっても安全を確認できないと判断する**安全側故障**となります。

・人が危険な場所にいる(危険なとき)

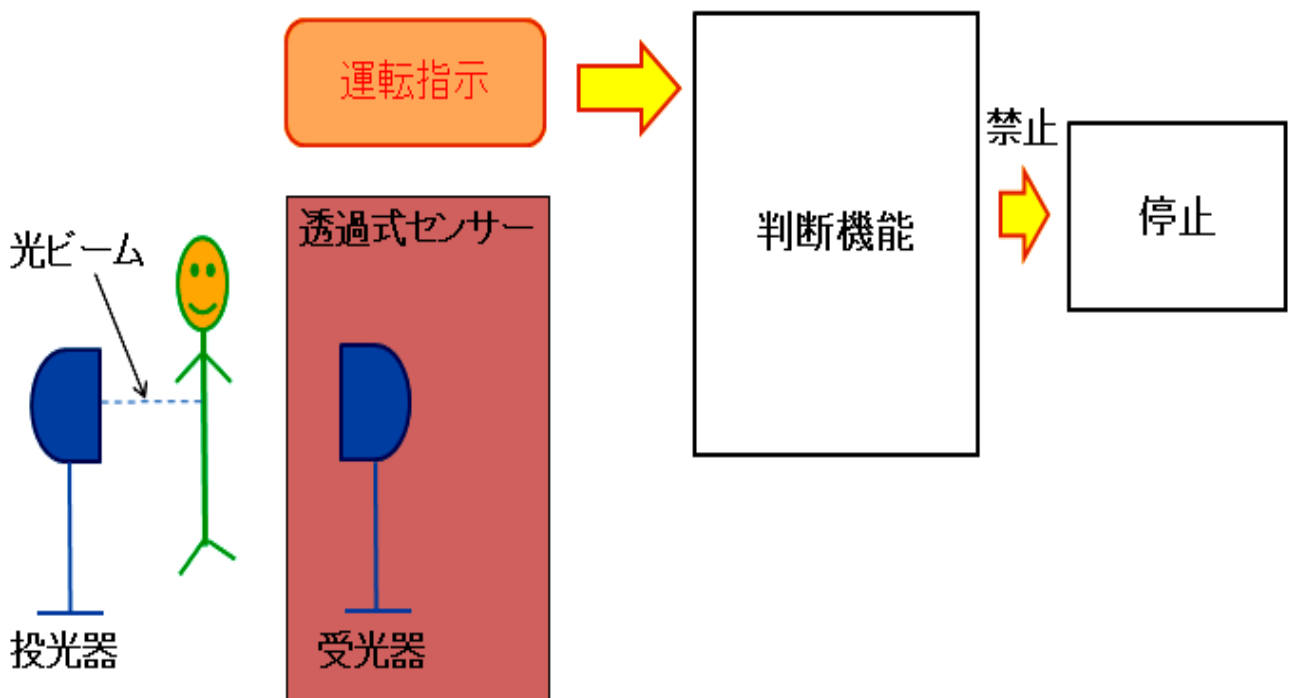


図4-10 安全確認型システム(1)

※人が危険な場所にいると、光ビームが人に遮られて受光器に感知されず、安全情報が発信されないために機械の運転が許可されない。

- ・人が危険な場所にいない(安全なとき)

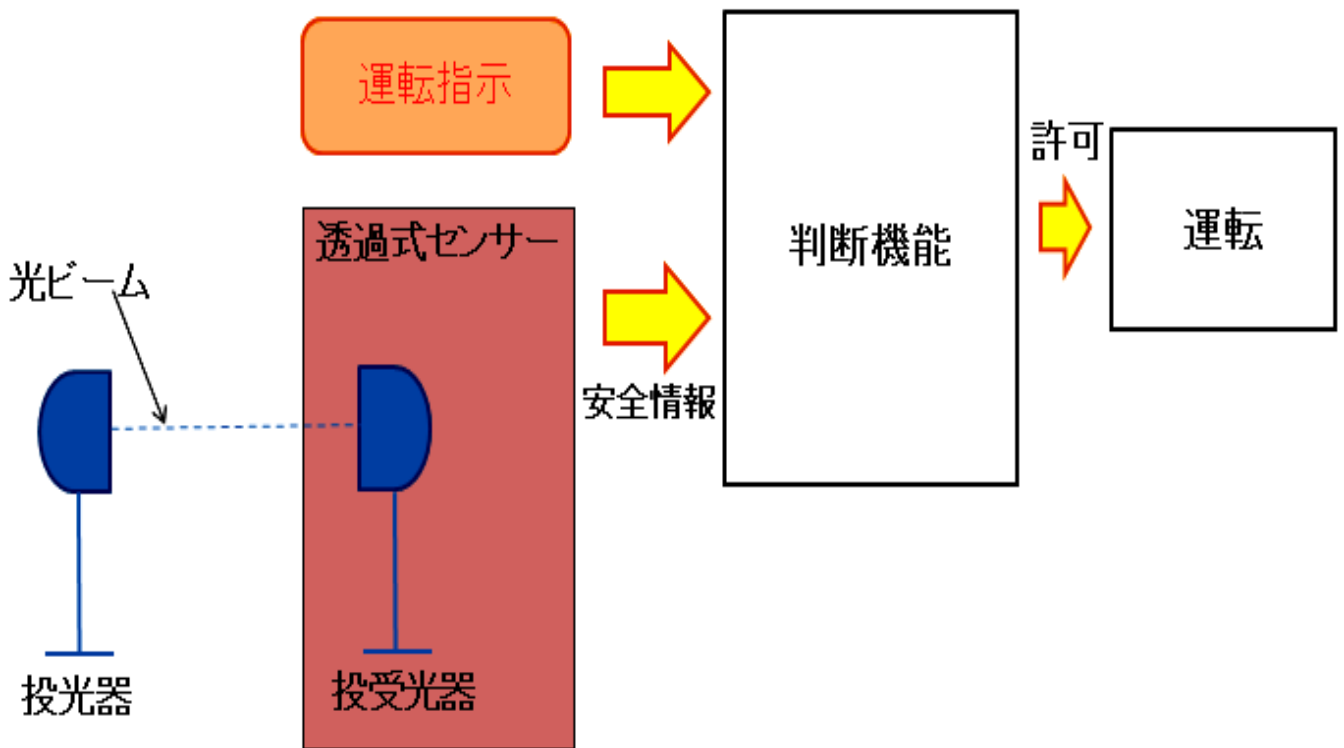


図4-11 安全確認型システム(2)

※人が危険な場所にいないときは、光ビームが受光器に感知され、安全情報が発信されるので機械の運転が許可される。

- ・投光器や受光器が故障すると、安全情報が発信されず、機械が停止するため、人の安全は確保されます。

<危険検出型システムとは>

危険な状態を高エネルギー状態に対応させて検出するシステムのことです。たとえば、光ビームを使って「人が危険な場所にいることを危険状態として検出」したい場合は、図4-12のように、人の存在を光ビームの存在で検出すると危険を検出できます。

システムが故障して投光・受光ができなくなった場合は、光ビームの存在が検出できないため危険情報は発信されません。結果として、機械の運転は停止しません。つまり故障時には、危険であるのに危険を検出できない**危険側故障**となります。

・人が危険な場所にいる(危険なとき)

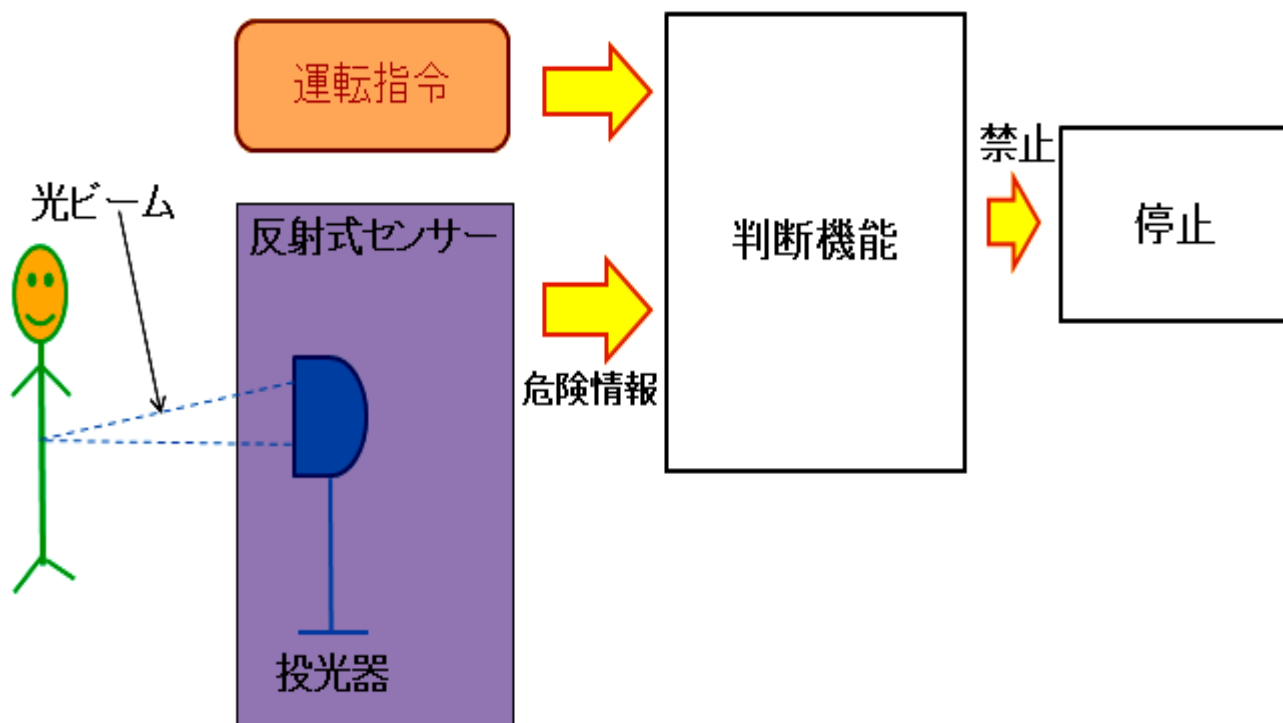


図4-12 危険検出型システム(1)

※人が危険な場所にいると、光ビームが人に反射してセンサーに感知されるため、危険情報が発信され機械が停止する。

・人が危険な場所にいない(安全なとき)

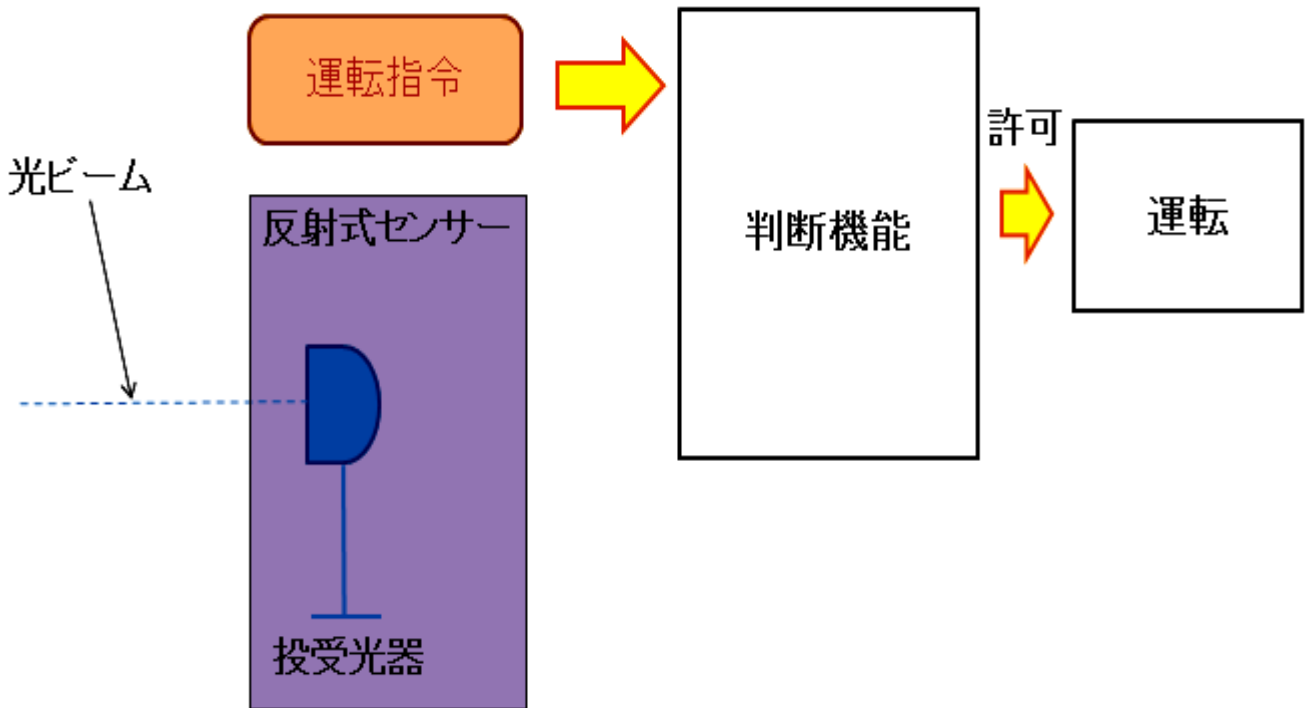


図4-13 危険検出型システム(2)

※人が危険な場所にいないときは、光ビームが人に反射されず、センサーも感知せず、危険情報が発信されないため機械は停止しない。

・投受光器が故障すると、センサーが感知しないため、危険情報が発信されず、機械が停止しないため、人の安全は確保されません。

機械が故障することを考慮すると、故障時に機械の運転を停止して、人の安全を確保する「安全確認型システム」を優先すべきといえます。

(注)p.4-33で紹介する拡散反射型能動的光電保護装置は、危険箇所の監視に使う場合は原理的には危険検出型となります。しかし、危険側故障の発生確率を許容値未満とする設計によって、保護装置として認められ、利用されています。

⑤機械安全規格の活用

機械安全に関する規格については、ISO(国際標準化機構)やIEC(国際電気標準化会議)といった国際規格の中で定められており、WTO(世界貿易機関)加盟国は、TBT協定(Agreement on Technical Barriers to Trade/貿易の技術的障害に関する協定)に基づき、国際規格と各国の規格とを整合するよう求められています。国内では、「機械の包括的な安全基準に関する指針(以下「機械包括安全指針」という。)」が定められています。また、日本工業規格(JIS)もあります。

機械包括安全指針は機械安全化の具体的な基準を定めています。これに準拠することが、世界に通用する安全基準に適合することになりますといえます。



規格ってなんですか。



規格とは、工業製品の大きさや形、材質などの標準を定めたものです。機械の設計や生産が無秩序に行われることによる効率悪化を防止するために基準の統一や単純化を図っています。それでは、ここで規格について見ていきましょう。



(4) 機械類の安全性を定める規格

機械類の安全性を定める規格は数百以上あります。これらの安全規格は適用対象別に以下の3つのタイプに整理されています。

この階層構造化は、JIS Z 8051-ISO/IEC ガイド51(安全側面-規格への導入指針)で定められています。

<タイプA:基本安全規格>

全ての安全規格に共通する概念や基本原則

<タイプB:グループ安全規格>

広範囲の機械に共通して適用できる保護方策

<タイプC:製品安全規格>

個別機械、特定のグループに適用できる保護方策

JIS Z 8051 (ISO/IEC ガイド 51) に基づき、階層構造化	
規格の種類	JIS 規格、(ISO, IEC 規格)
基本安全規格 (タイプ A 規格)	設計のための一般原則-リスク/アセスメント及びリスク低減
グループ安全規格 (タイプ B 規格)	<ul style="list-style-type: none"> ・保護装置 (インターロック、ガード、両手操作制御装置など) ・物理量 (安全距離、最小隙間など) ・人間工学、音響、振動など
製品安全規格 (タイプ C 規格)	印刷機械、食品加工機械、木材加工機械、工作機械、プレス、ロボット、工業用ミシン、包装・荷造機械、クレーン、繊維機械、産業車両、手持機械(電動等)、農業/林業/園芸用機械、土工機械、建設機械、連続搬送装置など

図4-14 安全規格の階層

出典:「機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)

このような階層化された安全規格においては、すでに他の規格に定められている事項は、その規格を引用することが決められています。それにより膨大な数の安全規格間の整合性をとっています。



(5) 機械包括安全指針「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

① 機械包括安全指針とは

機械包括安全指針は、すべての機械に適用できる安全を確保するための方策についての基準を定めたものです。

労働安全衛生法 第3条 第2項

機械その他の設備を設計し製造し、若しくは輸入する者は、機械が使用されることによる労働災害の発生の防止に資するよう努めなければならない。

機械包括安全指針に則って機械を設計し製造することが求められています。

機械包括安全指針は、労働安全衛生法の改正や国際安全規格の動向を踏まえて、平成19年に改正を行いました。

主な改正ポイントとしては、「①機械安全化のための対策はリスクアセスメントの結果に基づき実施すること」「②ISOなどの国際安全規格との整合性を図ったこと」が挙げられます。



② 機械安全化の進め方

- A. 機械の設計段階でのリスクアセスメントの実施
- B. 保護方策の実施

以下の3段階で保護方策を実施します。

- 1) 本質的安全設計方策の実施
- 2) 安全防護方策、付加保護方策の実施
- 3) 使用上の情報の提供

この3段階の保護方策を「3ステップメソッド」といいます。それでは機械安全化について順を追って見ていきましょう。



3. 機械設備のリスクアセスメント

(1) 機械設備のリスクアセスメント

機械設備のリスクアセスメントは、前出の「機械包括安全指針」に基づき、実施することとされています。機械の安全化においては最初の重要なステップとなります。

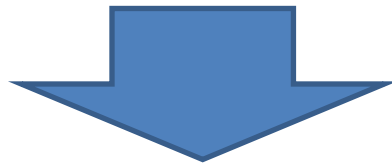
先に挙げた機械安全の国際規格では、リスクの低減に最も有効であるとして、機械設備製造者の設計の段階で、適切なリスクアセスメントと、それに基づく適切なリスク低減方策の実施を求めています。

(2) 設計段階でのリスクアセスメント

機械包括安全指針では、機械メーカー等に対して、設計段階のリスクアセスメントについて、以下の業務の実施を求めています。

- ① 使用上、空間上及び時間上の限度・範囲に関する、機械の制限に関する仕様を定める
- ② 機械に労働者が関わる作業等における危険性・有害性を洗い出す。
- ③ 洗い出された危険性・有害性の大きさを見積もり、その結果をうけて 危険性・有害性の対策の要否を判定する。

出典：「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社
(厚生労働省委託事業)



リスクへの対策が必要であると判定されれば、保護方策の実施によって、リスクの低減を図ることになります。

〔リスクアセスメントの実施フロー〕

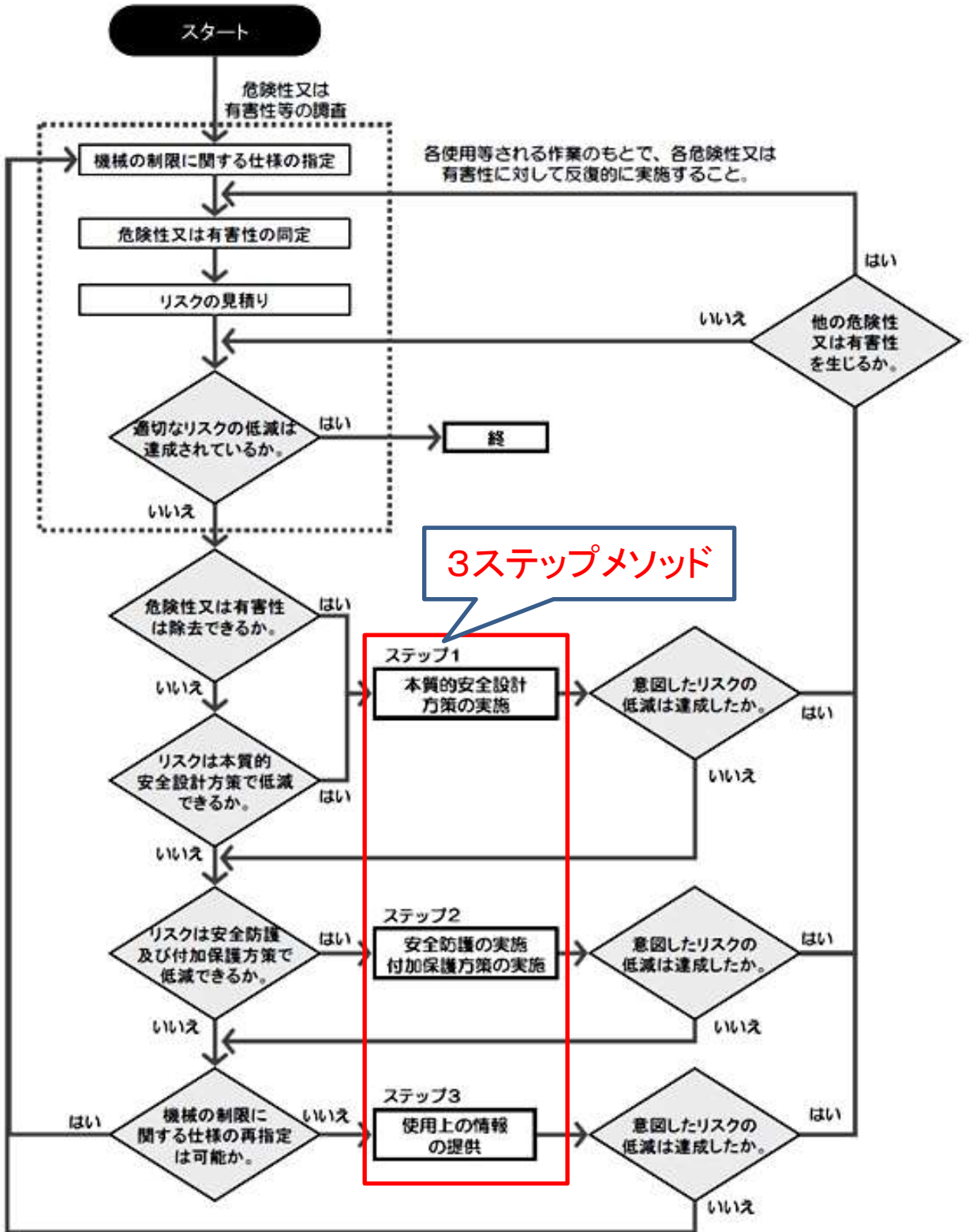


図4-15 リスクアセスメントのフロー

出典：厚生労働省「機械の包括的な安全指針」別図

(3) リスクアセスメントの手順

【手順1】機械の制限に関する仕様の指定

リスクアセスメントの最初の手順として必要なのは、人と機械の危険源との関わり合い(接近や接触の度合い)を確認することです。対象とする機械設備について、その制限に関する仕様を決定します。

①「使用上の制限事項」

機械設備の意図する使用(設計者が考えている本来の使い方)と合理的に予見可能な誤使用を明確にし、その機械設備を使用する労働者の経験や能力等を制限します。(性別、年齢、利き手の使用、又は身体能力の限界なども考慮します)

※予見可能な誤使用とは、「容易に予測できる人間の行動によって引き起こされる使用であるが、設計者が意図していない製品の使用方法」のことをいいます。例えば、間欠運転(機械を連続して運転するのではなく、一定の時間において稼動と停止を繰り返すこと)中の機械を停止中と誤認して危険な箇所に手を触れるといったことです。

②「空間的な制限事項」

機械設備の可動部分が作動する範囲、設置に要する床面積や高さを考慮し、人が作業したり、保守点検等をするために必要な空間を明示します。

③「時間的な制限事項」

機械設備本体、構成する部品の耐用年数や保守点検の間隔など、時間的な制限を明示します。

※機械の制限に関して仕様を指定した結果は、以下のようなシートにまとめるとよいでしょう。

表4-1 機械の制限仕様記入シートの例

		作成者	部長	課長	担当者
		〇〇工機 株式会社 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、動作回転中または慣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			
	周辺の作業者	資格要件は特になし			
	第三者	機械の見学者などの第三者			

出典：「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社(厚生労働省委託事業)

【手順2】危険源をすべて洗い出し、その中から危険状態を漏れなく同定する。

危険源の中には、人との接触がないため、危険状態にならず災害に結びつかないと判断できるものもありますが、ここではそれらも含めすべての危険源を漏れなく洗い出しておくことが重要です。

ここで漏らしてしまうと、後々低減されないリスクとして残ってしまうおそれがあります。

〔第1ステップ〕

その機械設備に存在する危険源をすべて見つけ出します。危険源の洗い出しに漏れがないようにするには、危険源のリストを手元に準備しておき、機械設備の構造、動作などと照らし合わせて、一つずつ確実にチェックすることが有効です。

※「危険源リスト」とは、製品や機械に潜んでいる危険源(ハザード)をリスト化したものです。製品設計において製品事故を起こさないために、またリスクアセスメントを行う際の危険源の同定に活用できます。

【注意事項】


機械設備の使用者におけるライフサイクルの全ての局面を想定した危険源の洗い出しを行うことが必要です。

タスク毎に危険源を洗い出します。(非常停止、異常時からの復帰・トラブル処理、清掃、保全など)

表4-2 機械のライフサイクル

機械のライフサイクル	ライフサイクルの詳細
機械の製造段階	機械メーカーが機械を製造する段階(ユーザー事業場でのメーカーによる組み立て、設置を含む)
運搬・流通段階	機械メーカーから直接または販社、リース業者等を経由して機械ユーザーへ機械を運搬するまでの段階 機械ユーザーから他のユーザー、機械メーカー、中古機械販社または廃棄業者へ運搬する段階
組立・設置段階	機械ユーザーが機械を組み立て・設置する段階
調整・試運転段階	機械メーカーが行う調整・試運転段階 機械ユーザーが行う調整・試運転段階
機械の使用段階	機械の運転操作に加え、設定替え、保全、故障修理、検査、清掃、補給等の段階を含む
解体・廃棄段階	機械ユーザーまたは廃棄業者等で機械を解体・廃棄する段階

【危険源の種類】

<p>機械的危険源</p> <p>固体 または、液体の機械的作用に起因して生ずる危険。たとえば、押しつぶし、切断、裂傷、巻き込みなどの危険性</p> 	<p>熱的危険源</p> <p>高温、低温の機械類に接触することなど。火災または爆発を引き起こす高温の危険性</p> 	<p>電気的危険源</p> <p>感電、電気アーク、絶縁破壊、漏洩電流、静電気などの危険性</p> 
<p>有害磁場、光線危険源</p> <p>レーザー、マイクロ波、X線、電離及び非電離放射線などの危険性</p> 	<p>騒音の危険源</p> <p>聴覚への支障や耳鳴りなど</p> 	<p>材料及び物質による危険源</p> <p>有害な化学薬品などの吸入、摂取または接触。それらが使用が起因する、火災・爆発の危険性</p> 

出典：「機械設備のリスクアセスメントテキスト」中央労働災害防止協会（厚生労働省委託事業）

【危険源リスト】

表4-3 危険源リスト

No.	符号	危険源の種類	危険源の例
1	A	機械的な危険源	A. 形状、位置(不安定)、重力(高さ)、質量/速度の運動エネルギー、機械強度不足、可動要素(回転要素含む)
	B		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		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、高圧液体の注入/噴出
2	D	電気的な危険源	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
3	E	熱的な危険源	高温/極低音物体・材料への接触による火傷/熱傷、高/低温環境による健康障害
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、γ線、X線、レーザー光、α線/β線/電子ビーム、中性子線
7	I	材料/物質の危険源	機械での処理・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、ウイルス、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、高頻度な反復動作、機器/環境的な要素、手動制御器、表示器の不適切な設計・配慮
9	K	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、酸素不足による
10	L	組合せの危険源	上記の危険源の組合せ
11	M	制御システムによる危険源	M. 機械の運動部または機械に締め付けられたワークピースの落下または排出
	N		N. 可動部を止めることが出来ない
	O		O. 保護装置の抑制(無効化または故障)から生じる機械の動作
	P		P. 制御されない運動(速度変化を含む)
	Q		Q. 意図しない/予期しない起動
12	R	ワークステーション及び作業工程設計による危険源	作業区域の直接視認性の喪失

出典：「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社（厚生労働省委託事業）

〔第2ステップ〕

第1ステップで見つけ出した危険源と手順1で明確にした制限仕様（人と機械設備の関わり合いの範囲）とを組み合わせで精査し、災害に結びつくか否か、つまり、リスクが発生するかどうかを明確にし、危険状態になり得るものをすべて抽出します。

「災害シナリオの想定」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します。このステップの実施によって危険源から危害に至るプロセスを明確にすることができます。

「危害発生が想定される危険源・危険状態」

表4-4 災害発生シナリオの想定表の例(両頭グラインダー想定)

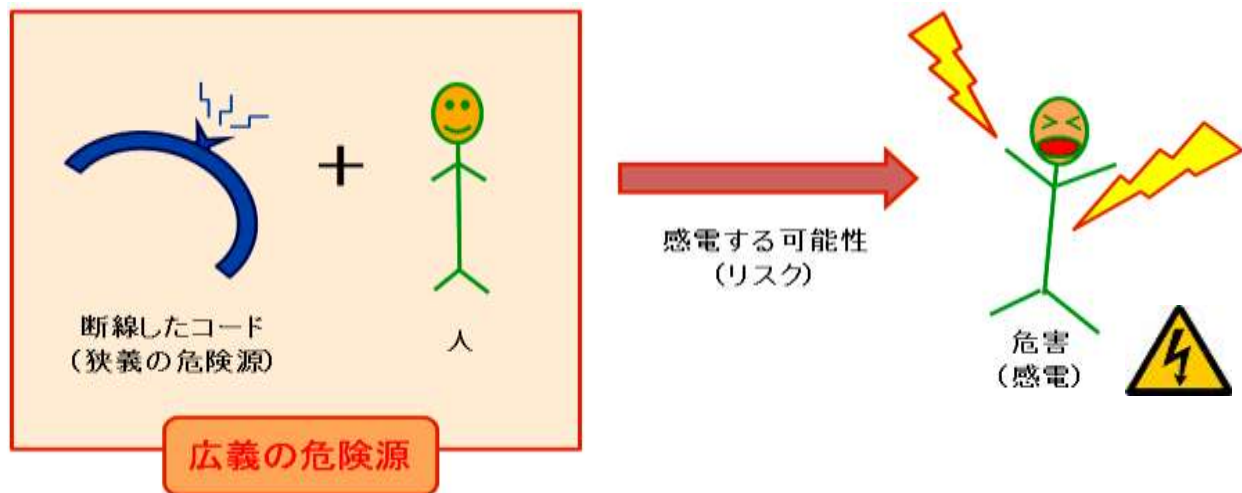
No.	検討すべき作業等	着眼点	災害発生シナリオの例
1	機械の意図する使用が行われる作業	目的通りに機械を使用する作業において、存在する危険性	グラインダー停止後、まだ惰性回転中の砥石を停止状態と誤認して手を触れ、擦過傷を負う
2	合理的に予見可能な誤使用が行われる作業	機械の機能、能力等から想定される、ユーザーの誤った使用方法とそれに関わる危険性	停電で研削作業中断後、起動スイッチの状態を確認しないまま砥石交換を行い、停電復旧時の不意の起動で回転軸に指を巻き込まれる
3	機械に故障、異常等が発生している状況における作業	機械に故障、異常等がある場合に発生しうる危険性	回転制御部の故障によ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々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）	

出典:「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社(厚生労働省委託事業)

【危険源の同定を行う場合の留意点】

- ① 対象作業取扱いマニュアルや作業手順書を用意しましょう。
(それらが無い場合は、作業の概要を書き出しましょう)。
- ② 対象作業をわかりやすい単位で区分しましょう。
- ③ 日常の仕事とは違う目、すなわち危険がないかという目で、現場を観察してみましょう(過去に起こった災害は、そんなことが起きるわけがないと思われるような災害が多いものです)。
- ④ 機械や設備は故障しますし、人はミスを犯すということを前提に作業現場を観察してみましょう。
- ⑤ 危険性又は有害性の特定に当たっては、これによって発生する災害について、次の「リスクの見積り」を適切に行うため、労働災害に至る流れを想定して「～なので、～して、～になる」という形で書き出すことが大切です。

出典:「リスクアセスメント担当者養成テキスト」日本労働安全衛生コンサルタント会(厚生労働省委託事業)



「断線したコードの周囲に人がいて何らかの行為をして感電する」

図4-16 労働災害に至る流れの例

【手順3】リスクの見積もり

同定された危険源、危険状態について、危害の程度、発生可能性の度合いなどの観点から個別にどのくらいのリスクがあるのかを見積もります。

〔リスクの見積もりにおいて考慮すべき項目〕

- ①危害の酷さ
 - ・ 傷害(健康障害)の程度
 - ・ 人数
- ②ばく露頻度(時間)
 - ・ 接近の必要性(性質)
 - ・ 経過時間
 - ・ 人数
- ③危険事象の発生確率
 - ・ 信頼性データ、事故・健康障害履歴
 - ・ リスク比較
- ④危害の回避(制限)の可能性
 - ・ 熟練者か否か
 - ・ 危険事象の発生速度
 - ・ リスク認知の方法(情報、観察、表示)
 - ・ 体験・知識の有無、人の能力(敏捷性等)

出典:「リスクアセスメントシート解説」労働安全衛生総合研究所

〔代表的なリスク見積もり手法〕

表4-5 主なリスク見積もり手法

リスクの見積もり方法	内容
リスクグラフ法	負傷又は疾病の重篤度及びそれらが発生する可能性等を段階的に分岐していくことによりリスクを見積もる方法
マトリクス法	負傷又は疾病の重篤度とそれらが発生する可能性の度合を相対的に尺度化し、それらを縦軸と横軸とし、あらかじめ重篤度及び可能性の度合に応じてリスクが割り付けられた表を使用してリスクを見積もる方法
数値化による方法 (加算・乗算)	負傷又は疾病の発生する可能性とその重篤度を一定の尺度によりそれぞれ数値化し、それらを加算又は乗算等してリスクを見積もる方法

出典:「危険又は有害性等の調査等に関する指針」厚生労働省

【手順4】リスクの評価

リスクの見積りの結果をもとに、現状のリスクのレベルの確認を行った上でリスク減の必要性を検討し、対策の優先順位を決定します。

＜リスクの見積りにおいてマトリクス法を使用した場合＞

マトリクス法は、リスクを「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。

表4-6 危害の程度(記入例)

危害のひどさ (S)	危害のひどさの程度 () 内は目安の例 1
S 1	微傷 (不休業災害に至らない災害)
S 2	軽傷 (不休業災害)
S 3	重傷 (休業、後遺障害 8～14 級)
S 4	重大 (死亡・後遺障害 1～7 級や、3 人以上の死傷)

表4-7 危害が起こる可能性(記入例)

危害が起こる可能性 (K)	発生可能性の程度 () 内は目安の例 1
K 1	まれ (数年に 1 回程度かそれ以下)
K 2	たま (1 年に 1 回程度)
K 3	時々 (2 月に 1 回程度)
K 4	頻繁 (1 週に 1 回以上)

表4-8 リスクの見積りマトリクス表(記入例)

		危害が起こる可能性			
		まれ ほぼゼロ (K 1)	たま 減多にない (K 2)	時々 ありうる (K 3)	頻繁 ほぼ確実 (K 4)
危害の ひどさ	微傷 (S 1)	I	I	II	II
	軽傷 (S 2)	I	II	III	III
	重傷 (S 3)	II	III	IV	IV
	重大 (S 4)	III	IV	IV	IV

出典:「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社(厚生労働省委託事業)

マトリクス表から、リスクレベルを判定します。よりリスクレベルが高いもの（表4-8ではIVが最も高い）から対策をしていく必要があります。レベルIの場合は通常の安全管理でカバーできますが、レベルII以上の場合は保護方策を実施する必要があります。

表4-9 リスクレベルの判断基準と保護方策対応の例

(判断基準の例)		(保護方策対応の例)	
リスクレベル	判断基準	高 ←	保護方策の選択優先度 → 低
I	些細なリスク	(新たな保護方策不要、従来の安全管理継続で可)	
II	軽微なリスク	使用上の情報に基づく方策	
III	中程度のリスク	付加保護方策	
IV	重大なリスク	安全防護	
		本質的安全設計方策	

リスク低減が必要

低↑安全確保性能↓高

出典:「機械のリスクアセスメントの具体的な実施手順及び低減策の概要」厚生労働省

4. リスク低減策

(1) 3ステップメソッド

① 本質的安全設計方策

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のことです。

(ISO 12100の定義)

A. 設計上の配慮(設計手法)により危険源そのものをなくす、あるいは低減する

- ・人に接触する可能性のある部位から鋭利な端部、角、突出部をなくす
- ・はさまれるおそれのある部分は、進入できない程度に狭くするか、はさまれない程度に広くする
- ・身体に被害が生じない程度に駆動力を小さくする
- ・身体に被害が生じない程度にエネルギーを小さくする
- ・動力源に低電圧を使用する
- ・騒音、振動の発生、危険物の飛散、放射線の漏洩を防止する
- ・危険物、有害物質を使用しない又は最小限にする
- ・一般的設計技術を活用し、機械が正常に作動するように配慮する
- ・人間工学的配慮により、身体的負荷、誤操作を低減する
- ・機械が危険な挙動をしないように、制御システムを正しく設計する

B. 作業者が危険区域に入る必然性をなくす、あるいは頻度をへらす

- ・機械の構成要素の信頼性を向上し、故障を防止する
- ・機械の構成要素の不具合を想定し、冗長化(予備設備を準備しておくことで、不慮の事故や障害に備えること)によって故障の影響を最小限にとどめる
- ・材料の供給、製品の取り出しを自動化・遠隔化する
- ・保全作業等を危険区域外からできるようにする
- ・給油作業を外部から実施又は自動化する

これらの方策を設計・製造段階で実施することで安全性を確保します。

②安全防護

安全防護は本質的安全設計方策によってリスクを十分に低減できない危険源に対するリスクの低減策です。

A. ガードの設置により人と危険源を空間的に分ける(隔離の原則)

『固定式ガード』

工具を使用するか、取付け部分を破壊しないと外せないものです。固定式ガードには、危険部分を囲う「囲いガード」と安全柵のように安全防護領域の周辺に設置する「距離ガード」があります。



図4-17 囲いガードの例

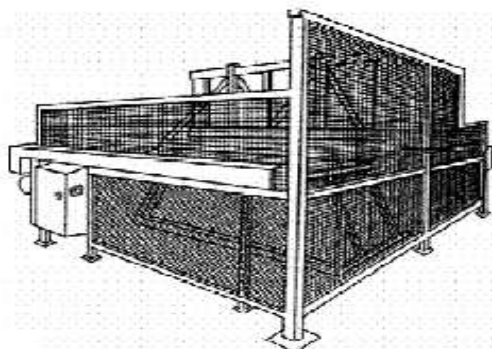


図4-18 距離ガードの例

出典:「機械設備のリスクアセスメントテキスト」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)

『可動式ガード』

工具を使用せずに開くことができるもので、一般的には固定式ガードに設けられた扉や蓋のことです。開いた場合に危険源にばく露されるため、開いたら機械が停止する、または機械が停止しないと開かないインターロックが必要です。

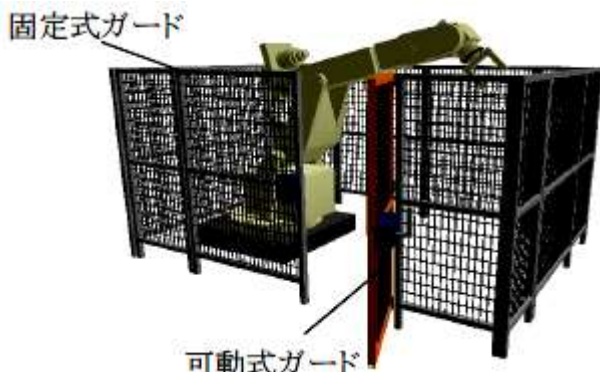


図4-19 可動式ガードの例(手動開閉式)

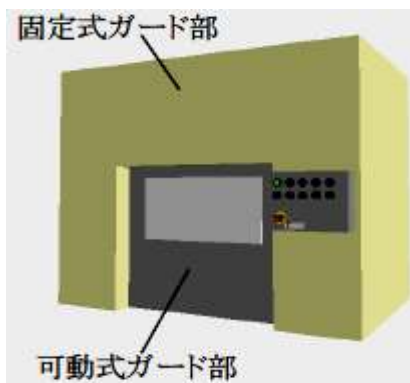


図4-20 可動式ガードの例(自動開閉式)

出典:「機械設備のリスクアセスメントテキスト」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)

『調整式ガード』

作業上、危険区域を固定的にかつ完全に包囲できないときに、運転部分の露出を最小限に抑える手段としてのガードです。必要な作業の種類に応じて、工具を使用しないで調整を行います。

(作業者が調整を行わないことを防止するため、簡単に調整できることが必要です。)

『制御式ガード』

起動機能インターロック式ガードのことで、ガードを閉じると起動操作なしで機械を自動的に起動させる方式で、定められた要求事項を満たした場合のみ使用可能です。

出典:「機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)



図4-21 制御式ガードの例

出典:「機能安全活用実践マニュアル」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)



図4-22 インターロック装置の例

出典:「機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)

B. 保護装置の設置により人と危険源を時間的に分ける(停止の原則)

保護装置は「ガード以外の安全防護物」と定義されます。保護装置の機能は、危険源から人を時間的に隔離するために、身体の全体または一部(手足など)が所定の限界を越えて危険源に近づいたことを検知して、機械を止めるものです。

「能動的光電保護装置」

一般的にはライトカーテンと呼ばれるもので、投受光器を遮ると機械の運転許可を取り消し、停止させます。

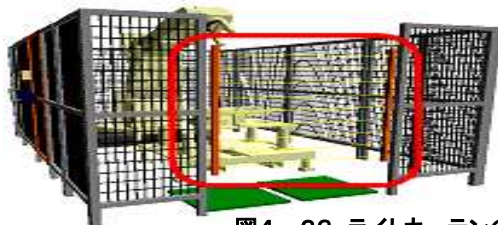


図4-23 ライトカーテンの例

「拡散反射型能動的光電保護装置」

一般的には、レーザースキャナと呼ばれるもので、スキャニング範囲に入ったことを検出して機械を停止させます。



図4-24 レーザースキャナの例

「イネーブル装置」

ボタン式又はグリップ式のスイッチで、軽く握っている時だけ運転が可能になり、危険な状態で手を離したり握りこんだりした時には機械を停止させることができます。



図4-25 イネーブル装置の例

「ホールド・トゥ・ラン制御装置」

手動操作装置のスイッチで、押しているときだけ機械が動き、手を離せば機械が停止するものです。

図4-26 ホールド・トゥ・ラン
制御装置の例



「両手操作制御装置」

作業者が両手で同時に操作したときだけ機械が起動できるもので、プレス機械の起動装置に使用されます。操作者自身の安全が確保できますが、第三者の安全は確保できません。



図4-27 両手制御装置の例

(2) 付加保護方策

本質的安全設計方策でもなく、安全防護及び使用上の情報でもない技術的、工学的な保護方策のことです。労働災害に至る緊急事態からの回避等のために行う方策ですが、補足的な手段であり、多くは人に依存するものなので、安全性能としては高くありません。

① 非常停止機能(非常停止装置)

大半の機械設備は、作動を止めることで安全が確保できます。通常、電気・電子回路(制御システム)で非常停止機能を実現しています。非常停止ボタンを設置する場所については、十分に検討する必要があります。状況に応じて作業者が直ちに押せるように設置するのがよいでしょう。



図4-28 非常停止スイッチ

出典:「機械設備のリスクアセスメントテキスト」中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業)

②被災者の脱出及び救助手段

実際に災害が起きた場合に、被災者をできるだけ早く助け出して被害を最小限にするための方策です。

方策の例として次のようなものがあります。

- 1) 非常時、作業者が危険源から直ちに逃げられる脱出ルートや避難場所の確保
- 2) 非常停止で止まった機構部分を手で動かすための手段
- 3) すきまを開く等動きを戻して逃げる空間を作る
- 4) 下へ降りるための装置に係留する手段
- 5) 被災者が救済を求める手段

③エネルギーの遮断及び消散の手段

保全や修理作業は機械を停止して行います。機械が作業中に動き出さないように機械に供給されるエネルギーを遮断し、また蓄積されたエネルギーを消散させるなどにより、停止状態を保持する方策です。

④機械及び重量物の運搬・取扱手段

機械そのもの、または機械の構成部品が人の手で持ち運べない場合の備えとなります。

例えば、アイボルトやフック等の吊り上げ用器具の準備や、フォークリフトの差し込み口の準備等が当てはまります。

⑤機械への安全な接近のための方策

階段やプラットフォーム等を指します。但し、可能な限り機械の設計時には、運転や設定、保守等の作業を地上から行えるように考慮しなければなりません。

<参考:関連する機械安全規格の例>

表4-10 機械安全規格の例

規格番号	名 称	概 要
ISO12100:2010 JIS B 9700:2013	機械類の安全性—設計のための一般原則—リスクアセスメント及びリスク低減	機械設計者が機械安全設計を行うための基本用語、原則について規定している。方法論としてリスクアセスメントとスリーステップメソッドの考え方について示されている。
ISO13849-1:2015 JIS B 9705-1:2011	機械類の安全性—制御システムの安全関連部	機械安全設計におけるリスクレベルに対応した制御システムの安全関連部の構築に関する要求性能の決定から具体的な制御システムの要求性能の達成に関する技術的な考え方、実施内容と妥当性確認の手順について示されている。
ISO14118:2017 JIS B 9714:2006	機械類の安全性—予期しない起動の防止	予期しない起動を防止するための技術的手段が示されている。
ISO13850:2015 JIS B 9703:2011	機械類の安全性—非常停止—設計原則	非常停止機能の設計の要求事項、非常停止機器の運用の要求事項について示されている。
ISO14120:2015 JIS B 9716:2006	機械類の安全性—ガード—固定式及び可動式ガードの設計及び製作のための一般要求事項	安全防護としてのガード(固定ガード、可動ガード)及び可動ガードのインターロック装置を設計、設置するための要求事項が示されている。
ISO14119:2013 JIS B 9710:2006	機械類の安全性—ガードインターロック装置—設計及び選択のための一般要求事項	
ISO13854:2017 JIS B 9711:2002	機械類の安全性—人体部位が押しつぶされることを回避するための最小隙間	本質的安全設計方策として固定部と可動部間での各人体部位が挟まれる危害を回避するための最低隙間が示されている。
ISO13857:2008 JIS B 9718:2013	機械類の安全性—危険区域に上肢及び下肢が到達することを防止するための安全距離	安全防護として危険源領域に対する安全距離を確保するためのガードの高さ、ガードの開口部から危険源までの安全距離の確保についての設計内容が示されている。
ISO13855:2010 JIS B 9715:2013	機械類の安全性—人体部位の接近速度に基づく安全防護物の位置決め	検知保護装置、インターロック装置、両手操作制御装置等が作動してから人が危険源に到達するまでに危険源を停止することを前提とした安全防護の最小距離の算出方法が示されている。
ISO14122:2016 JIS B 9713:2004	機械類の安全性—機械類への常設接近手段	機械への安全な接近手段として常設する昇降設備、プラットフォーム、通路、階段、はしご、昇降装置に設置する柵などの設計基準が示されている。
ISO14123:2015 JIS B 9709:2001	機械類の安全性—機械類から放出される危険物質による健康へのリスクの低減	機械設備から放出される危険物質による健康へのリスクを制限するための一般原則とリスク低減手順と検証手段について示されている。
ISO13851:2002 JIS B 9712:2006	機械類の安全性—両手操作制御装置—機能的側面及び設計原則	両手操作制御装置を安全防護として使用する際の設計原則について示されている。
ISO13856:2013 JIS B 9717:2011	機械類の安全性—圧力検知保護装置	圧力検知保護装置の製造者に対する装置の要求事項、テスト方法についての要求事項について示されている。

出典:「機能安全活用実践マニュアル」安全・環境マネジメント協会(厚生労働省委託事業)より抜粋

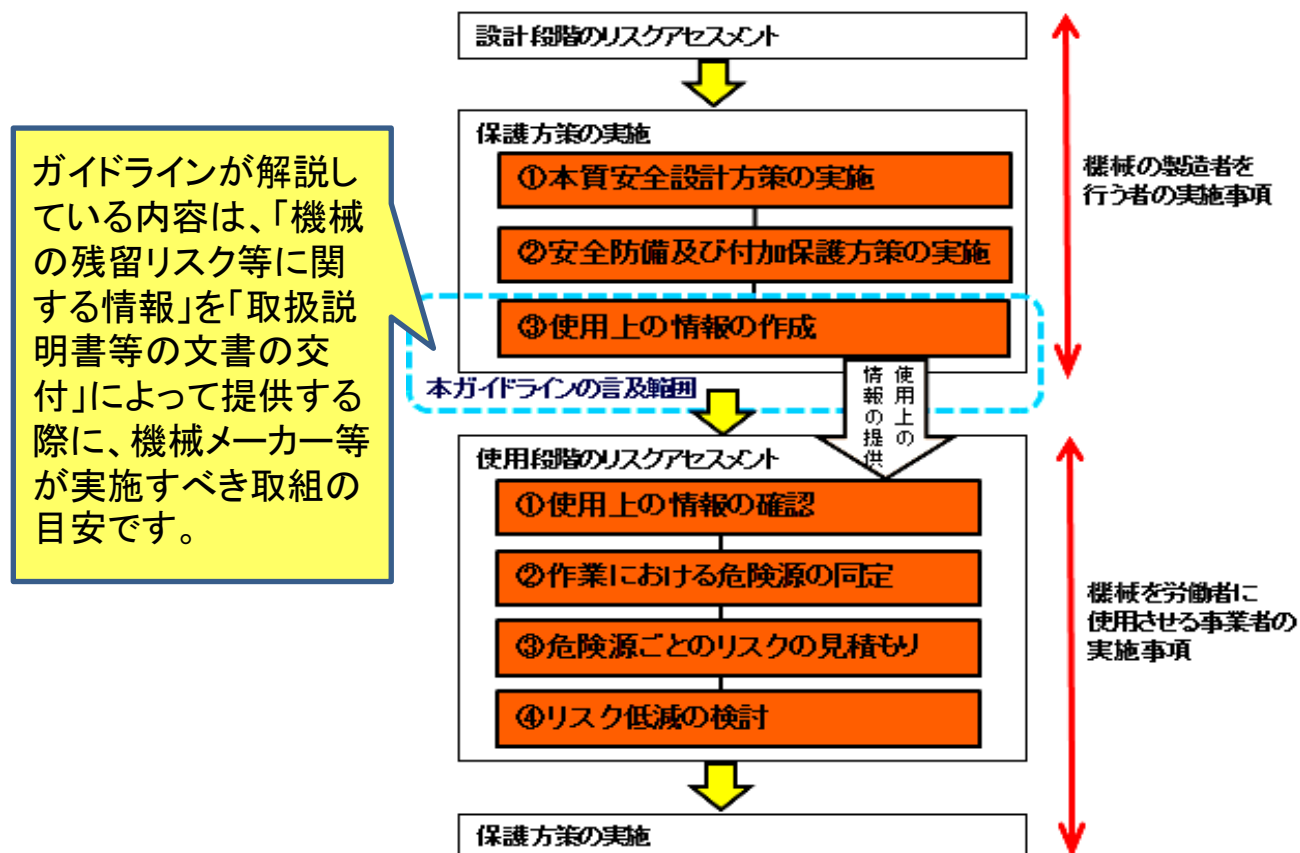
(3) 使用上の情報

本質的安全設計方策、安全防護又は付加保護方策を実施して低減されなかった「残留リスク」に対して、メーカーはユーザーに「使用上の情報」として提供します。提供した情報を元にユーザーが適切な対応をとることが前提の保護方策です。

残留リスクの情報を、機械危険情報としてユーザーに明確に伝達することが努力義務化されています（労働安全衛生規則第24条の13）。但し、本質的安全設計方策、安全防護又は付加保護方策が適切に適用できるにも関わらず、使用上の情報で代替することは厳に禁止されています。

① 機械危険情報提供ガイドラインの概要

機械危険情報提供ガイドラインは、機械ユーザーでの労働災害防止のため、機械ユーザーの事業場におけるリスクアセスメントの実施が推進されるよう、機械メーカー等から機械ユーザーに対する機械危険情報の提供のあり方を示しています。



出典：「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社（厚生労働省委託事業）

＜参考：指針別表第5 使用上の情報の内容及び提供方法の概要＞

A. 使用上の情報に必要な内容

1) 製造の名称及び住所

2) 型式又は製造番号等の機械の情報

3) 機械の仕様や構造の情報

4) 機械の使用の情報

- 意図する使用の目的及び方法
- 運搬、設置、試運転等
- 解体、廃棄等
- 機械の故障、異常等
- 合理的に予見可能な誤使用や禁止する使用

5) 安全防護や付加保護方策の情報

- 目的(対象となる危険性又は有害性)
- 設置位置
- 安全機能及びその構成

6) 機械の残留リスク等に関する情報

- 製造者で除去や低減できなかった残留リスク
- 特定の用途や付属品の使用で生じるリスク
- 使用が実施する安全防護、付加保護方策、労働者教育、個人用保護具の使用等の保護方策の内容
- 取扱われ又は放出される化学物質の安全データシート

B. 使用上の情報の提供の方法

1) 標識、警告表示等の貼付

- 危害が発生するおそれのある箇所のある箇所の近傍の機械の内部、側面、上部等の適切な場所
- 機械の寿命を通じて明瞭に判読可能であること
- 容易にはく離しない
- 標識又は警告表示は、次に定めるところによるものとする
 - ・ 危害の種類及び内容の説明
 - ・ 禁止事項又は行うべき事項が指示
 - ・ 明確かつ直ちに理解できるもの
 - ・ 再提供することが可能である

2) 警報装置について

- 聴覚信号又は視覚信号による警報が必要に応じ使用されている
- 機械の内部、側面、上部等の適切な場所に設置されている
- 機械の起動、速度超過等重要な警告を発するために使用する警報装置は、次に定めるところによるものとする
 - ・ 危険事象を予測して、危険事象が発生する前に発せられる
 - ・ 曖昧でない
 - ・ 確実に感知又は認識でき、かつ、他のすべての信号と識別できる
 - ・ 感覚の慣れが生じにくい警告とする
 - ・ 信号を発する箇所は、点検が容易なものとする

3) 取扱説明書等の文書

- 機械本体の納入時又はそれ以前の適切な時期に提供される
- 機械が廃棄されるときまで判読が可能な耐久性のあるものとする
- 可能な限り簡潔で、理解しやすい表現で記述されている
- 再提供することが可能である

②情報提供の例

【機械メーカーが作成する文書による情報提供】

安全に機械を運用することにより労働災害を防止するため、機械メーカー等が想定した、機械ユーザーが行うべき保護方策と関連する残留リスクに関する情報を提供します。

■機械ユーザーによる保護方策が必要なリスクマップ(イメージ) 〔食肉加工機械の例〕

↓ No.15

↓ No.3

↑ No.1, No.11

↑ No.2, No.11

↑ No.10

↑ No.6, No.12

↑ No.8

箇所 B (上部：駆動部)

危険	No. 15
警告	No. 3
注意	—

箇所 G (下部：全体)

危険	—
警告	No. 10, No. 13
注意	—

箇所 A (下部：カッター部)

危険	—
警告	No. 1, No. 2, No. 8, No. 11
注意	—

箇所 E (中間部：揺動部)

危険	—
警告	No. 6, No. 12
注意	—

出典：「機械に関する危険性等の通知情報の作成事例」厚生労働省

■機械ユーザーによる保護方策が必要な残留リスク一覧(イメージ) 〔食肉加工機械の例〕

表4-11 残留リスク一覧の例

No	運用段階	作業	作業に必要な資格・教育	機械上の箇所※2	危害の程度※1	危害の内容	機械ユーザーが実施する保護方策	取扱説明書参照ページ
1	使用	機械洗浄前に、丸刃カッターを取り外す作業が日に1回ある。	カッター刃交換教育を受けていること	A:下部 カッター部	警告	取り外す時、丸刃カッターがむき出しなので、指と接触して切傷する。	丸刃カッターの刃先に触れても切れないように、保護手袋をする。	37～38頁 40頁
2	使用	機械洗浄前に、直刃カッターを取り外す作業が日に1回ある。		A:下部 カッター部	警告	取り外す時、直刃カッターがむき出しなので、指と接触して切傷する。	直刃カッターの刃先に触れても切れないように、保護手袋をする。	37～38頁 40頁
3	保全	駆動ギアに給油する作業が、月に1回ある。	保全教育を受けていること	B:上部 駆動部	警告	駆動ギアに給油する時、駆動ギアがむき出しなので、指や手が巻き込まれ潰される。	給油は機械を停止して行い、必ずグリスガンを使用する。	87頁
6	保全	実際のワークを使用してカッター揺動部のストローク調整する作業がある。		E:中間部 揺動部	警告	機械を動かしながら調整する為、カッター揺動部に指や手が引き込まれる。	<調整中:操作禁止>の張り紙・立て札を表示して、JOG運転BOXを使用する。(危険を感じた際、指を離せば機械をすぐに止めることができる)	41頁
8	修理	センサー・モーター等の部品交換する際、電気配線の交換作業がある。	低圧電気特別教育	A:下部 カッター部	警告	ブレーカーをONにした状態で、電気配線の結線部に接触して感電する。	結線作業は手元操作盤のキースイッチをOFFにしてキーを抜いてから行う。	85頁
10	使用	生産終了時に機械本体を洗浄する作業が日に1回ある。	使用者教育を受けていること	G:下部 全体	警告	機械の洗浄不足により細菌が発生して、細菌が付着した鶏肉を食べて食中毒を起こす。	鶏肉と頻繁に接触する部品は取り外して洗浄する。(ワンタッチ式部品)	37頁
11	使用	生産終了時に機械本体を洗浄する作業が日に1回ある。		A:下部 カッター部	警告	機械を洗浄する前に、丸刃カッター及び直刃カッターを取り外す時、指と接触して切傷する。	丸刃カッター及び直刃カッターの刃先に触れても切れないように、保護手袋をする。	37～38頁 40頁

出典:「機械に関する危険性等の通知情報の作成事例」厚生労働省

【残留リスク情報の提供に関する留意点】

機械設計技術者は、残留リスク情報が以下の項目を守っているかどうかを確認することが大切です。

- 1) 使用上の情報で、設計上の不備を補っていないこと
- 2) 使用上の情報は、機械設備のライフサイクル全般が対象であること

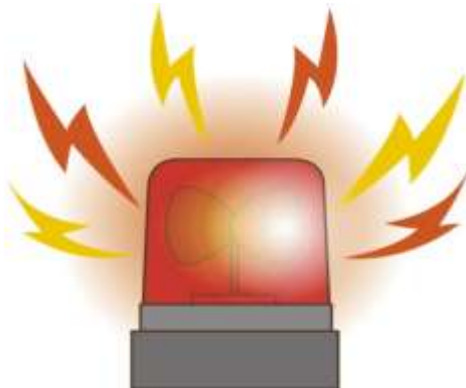
【使用上の情報を作成する上での留意点】

機械設計技術者は、使用情報の提供にあたり、以下の点に注意しましょう。

- 1) 情報の表現があいまいで、意味を取り違える(誤解する)おそれはないか
- 2) 取扱説明書、警告ラベルなど複数の情報に、一貫した用語や単位が使われているか
- 3) 経験の浅い機械設備オペレーター等でも十分に理解できる形式、表現になっているか
- 4) 機械のライフサイクルを考慮して、文書等の耐久性、耐候性が確保されているか
- 5) 通知された情報に基づき、機械設備使用者側で現実的な対策をとれるかどうか
- 6) 取扱い説明書は、機械設備使用者から要望があれば、再提供が可能なこと

【使用上の情報の提供手段】

1) 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



2) 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



3) 機械の運転や保全のために必要とされる取扱説明書等の文書



③情報の活用

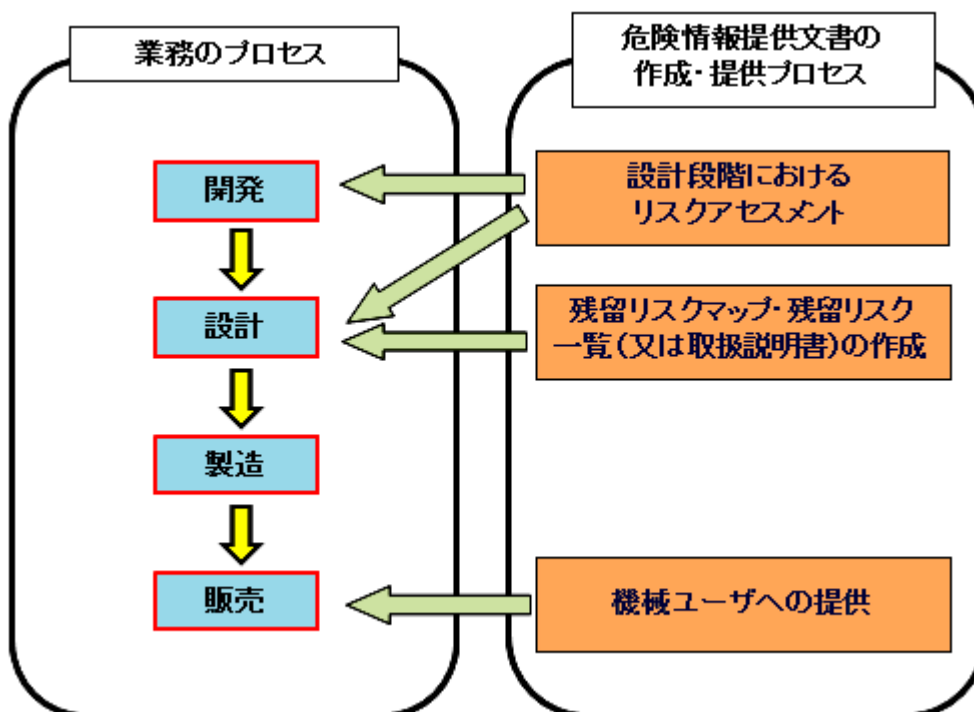
〔取扱説明書の基本情報として活用〕

機械危険情報はユーザーに必ず伝えるべき情報であるため、機械危険情報を、取扱説明書を作成する上での基本情報として活用し、必要な内容を取扱説明書に盛り込んで、ユーザーに伝達することが考えられます。

〔機械の設計ルールなどへの反映〕

機械のリスクアセスメントを行い、残留リスクマップ、残留リスク一覧を作成したら、残留リスクとそのリスクの低減策の内容に応じて設計ルールを更新し、常に安全な機械の設計・製造が行えるようにすることが望まれます。

＜危険情報提供文書の作成・提供プロセスフロー例＞



出典：「機械災害予防セミナーテキスト」東京海上日動リスクコンサルティング株式会社(厚生労働省委託事業)

それでは、労働災害の事例を用いて、
3ステップメソッドについて振り返りましょう。



加工食品工場で食品攪拌装置の洗浄作業中攪拌羽根に 巻き込まれ死亡

事象

この災害は、加工食品工場で食品攪拌装置の洗浄作業中に発生したものである。

被災者はいつもの通り単独で混練機内部の洗浄作業を始めた。

しばらくして他の作業者が引き続き作業を開始するために混練機の設置してある調理室に来ると、Aが混練機の攪拌羽根にはさまれぐったりしているのを発見した。

洗浄作業中に、何らかのはずみで釜内部に倒れこみ、同時に回転していた攪拌羽根に挟まれ被災したものである。災害の起きた混練機は通常、攪拌羽根を回転させながら、開口部から原料や調味料を投入する為、回転を止めるための安全装置はなかった。

また、本作業に関しての作業手順書はなく、作業者に対する安全教育も実施されていなかった。

事故原因

1) (危害の程度低減)

混練機に安全装置が設置されていなかった。回転した攪拌羽根は混練機開口時に停止する構造になっていなかった。

＜安全防護不備による原因＞

2) (発生頻度低減)

洗浄作業は日常的に行われているが、作業手順書により異常時の処理手順等は定められていなかった。

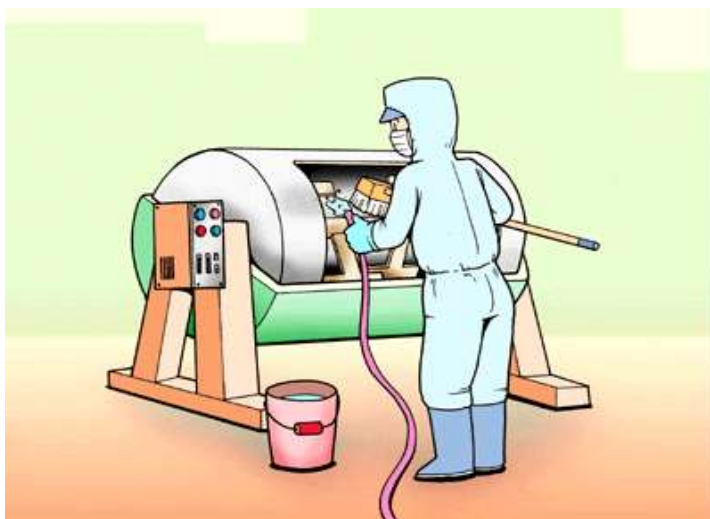
＜使用段階におけるリスク低減措置不備による原因＞

3) (発生頻度低減)

混練機の取扱いに関して安全教育が行われていなかった。

事前の安全対策、準備、検討等が不十分であった。

＜使用段階におけるリスク低減措置不備による原因＞



攪拌羽根を回転させながらの洗浄作業を「使用上の制限」として指定し、攪拌羽根を「危険源」として同定した上で、この事例の場合におけるリスク(攪拌羽根への巻き込まれ)低減措置を考えます。

＜どのような対策が考えられるでしょうか？＞

【ステップ1:本質的安全設計方策】

まず、危険源をなくすことができるのか、作業者が危険源に近づかないようにすることができるのかを検討します。

〔考えられる方策〕

- ・蓋を開口して行う洗浄作業時は、蓋に備えられたインターロックにより攪拌羽根を回転させる原動機が停止する。攪拌羽根の駆動トルク(運動エネルギー)は作業者の手により与えることとすることで、巻き込まれた場合でも身体に大きな被害が生じない程度までエネルギーを低減し、かつ攪拌羽根が作業者の身体の一部に当たった際にはすぐに停止できるようにする。
- ・開口された時には、作業者の体の一部が巻き込まれないように攪拌羽根と釜内部の隙間が広がる構造にする。

【ステップ2:安全防護及び付加保護方策】

ステップ1の本質的安全設計方策が難しいときは、安全装置の設置などにより危険状態になることを防止することを検討します。

〔考えられる方策〕

- ・開口すると攪拌羽根が停止するようにする。
(インターロック付きガードの設置)
- ・攪拌羽根の回転が完全に停止しなければ開口できない構造にする。(ロック機構)
- ・洗浄作業者に危険な状況が迫った場合に、すぐに操作ができる位置に非常停止装置を設ける。

【ステップ3:使用上の情報の提供】

ステップ1とステップ2を実施しても残留するリスクがある場合はユーザーに「使用上の情報」を提供します。

〔考えられる方策〕

- ・安全な作業方法を記載した文書の交付
- ・ユーザーにおいて安全教育を実施するための情報提供
- ・洗浄作業時の禁止事項等についての標識、警告文などの表示

5. 作業環境や作業手順の改善

(1) 作業標準

① 作業手順書の必要性

これまでいくつかの労働災害の事例についてご紹介いたしましたが、ルールを守っていないことが労働災害の発生につながるケースがありました。

確かにルールを守れば労働災害は起きなかったかもしれませんが。しながら「ルールを守らなかった者が悪い」ということだけでは労働災害はなくなりません。労働災害が起こった原因を共有し、改善に活かしていくことが求められます。そのために作業手順書を作成して作業の標準化を図ることが重要なのです。

② 作業手順書とは

作業手順書は、作業者に作業行動の順序をわかりやすく示すと共に各作業のやり方と急所を表すものです。

『作業手順書の目的』

- ・作業内容のバラつき防止
- ・その時点における最善の方法の共有
- ・新入者の教育訓練に活用
- ・ノウハウの蓄積

『作業手順書の記載事項』

- ・作業名
- ・作業手順
- ・使用する設備、工具
- ・使用する部品、材料
- ・作業に関連して発生する可能性があること。
- ・事故の予防方法、対策



『作業手順書作成のポイント』

- ・手順は1手順1項目
- ・簡潔にわかりやすく
- ・作業のコツがあれば併記する
- ・危険を伴う作業は注意事項も明記
- ・なぜその作業をしなければならないのかを付記

◆作成した手順書は、使用されてこそ意味を持ちます。作業者が、手順書に基づいて適切に作業ができるよう、手順の教育、手順書の保管、手順書の改訂などを行いましょう。

『作業手順書遵守のポイント』

- ・手順書に沿って、教育を行う
- ・手順書どおりに作業できているか、定期的にチェックする
- ・手順書をいつでも見られるように、決められた場所に保管する
- ・作業内容や設備に変更があったときは、速やかに手順書を改訂する
- ・手順書を改訂したときは、追加の教育を行う

出典:「製造事業者向け安全管理のポイント」厚生労働省委託事業

作業手順については、リスクアセスメントを行い、より安全なものとするよう、適宜見直すことも大切です。



(2)安全な作業環境づくり

作業環境をよくする活動(4S)

4Sは、「整理」「整頓」「清潔」「清掃」のアルファベットの頭文字をとったもので、これらを徹底する活動を4S活動と呼んでいます。さらに4Sを身につけさせる「習慣(しつけ)」を加えて、5S(活動)という場合もあります。作業を安全、衛生、効率的に行うために励行させるべき基本の取組です。

<p>【整理】</p> 	<p>① 整理</p> <p>いるものといらないものを分け、いらないものは処分します。 (不要なものが置かれていると、つまづいて転倒したり、作業の流れも悪くなります。)</p>
<p>【整頓】</p> 	<p>② 整頓</p> <p>いるものを使いやすいように、わかりやすく収納します。 (いるものを探しているとき、作業の能率が下がります。また、食品関係では、整頓で用具等の欠けなども容易にみつき、製品への異物混入も早期に発見できます。)</p>
<p>【清潔】</p> 	<p>③ 清潔</p> <p>汚れを取り除いて身の回りをきれいにします。 (機械の正常な動作を維持するために必要です。また、食品を扱う職場では、食中毒予防からも当然衛生的でいつも汚れない状態は必須です。)</p>
<p>【清掃】</p> 	<p>④ 清掃</p> <p>機械設備、机周り、床などの汚れやゴミを除去します。 (濡れた床をすぐに拭き取ることは、転倒防止からも重要です。)</p>
<p>【習慣(しつけ)】</p> 	<p>⑤ 習慣(しつけ)</p> <p>決められたことをきちんと守ります。繰り返し行うことで習慣づけます。 (整理、整頓、清潔、清掃は、理解しているだけでなく、実際にできるよう習慣づけることが重要です。)</p>

出典:「未熟練労働者に対する安全衛生教育マニュアル」日本労働安全衛生コンサルタント会(厚生労働省委託)

6. 安全教育

(1) 安全教育の必要性

実際に作業を行う労働者や労働者を指揮、監督する者が安全についての知識や技能を十分に有していないと、安全対策を実施しても効果をあげることができません。特に、危険な業務に従事する労働者が安全についての知識、技能を十分に持たないで、作業方法を誤ってしまうと、すぐさま大きな労働災害につながりかねません。

安全教育は、どのようにしたら職場で危険を回避し、安全に作業ができるかということについて、理解をしていただき、身につけてもらうために行うものです。

(2) 安全教育の種類

労働安全衛生法においては、次の教育の実施が事業者には義務付けられています。

① 雇入れ時教育、作業内容変更時教育

労働者を雇い入れた時または労働者の作業内容を変更したときに事業者が行う安全衛生教育

- 1) 機械等、原材料等の危険性又は有害性及びこれらの取扱い方法に関すること。
- 2) 安全装置、有害物抑制装置又は保護具の性能及びこれらの取扱方法に関すること。
- 3) 作業手順に関すること。
- 4) 作業開始時の点検に関すること。
- 5) 当該業務に関して発生するおそれのある疾病の原因及び予防に関すること。
- 6) 整理、整頓及び清潔の保持に関すること。
- 7) 事故時等における応急措置及び退避に関すること。
- 8) 前各号に掲げるものの他、当該業務に関する安全又は衛生のために必要な事項。

②特別教育

危険又は有害な業務で、当該業務に従事する者に対し事業者が行う特別の安全衛生教育。

③職長等教育

建設業、製造業(一部業種を除く)、電気業、ガス業、自動車整備業、機械修理業において、新たに職務に就くことになった職長その他の作業中の労働者を直接指導又は監督する者に対し事業者が行う安全衛生教育。

- 1) 作業方法の決定及び労働者の配置に関すること。
- 2) 労働者に対する指導又は監督の方法に関すること。
- 3) リスクアセスメントの実施に関すること。
- 4) 異常時等における措置に関すること。
- 5) その他現場監督者として行うべき労働災害防止活動に関すること。

労働安全衛生法第59条

事業者は、労働者を雇い入れたときは、当該労働者に対し、厚生労働省令で定めるところにより、その従事する業務に関する安全又は衛生のための教育を行わなければならない。

2前項の規定は、労働者の作業内容を変更したときについて準用する。

3事業者は、危険又は有害な業務で、厚生労働省令で定めるものに労働者をつかせるときは、厚生労働省令で定めるところにより、当該業務に関する安全又は衛生のための特別の教育を行わなければならない。



7. 保護具の使用

(1) 保護具とは

保護具は、機械を使用する際、作業環境や作業の危険から身を守るために装着する道具です。保護具を装着することによって、リスクを軽減することができます。作業内容に見合った適切な保護具を使用することの大切さを理解しておきましょう。

(2) 保護具の種類

①ヘルメット

飛来・落下物や、墜落時の衝撃から頭部を守る保護具です。



②墜落制止用器具(安全帯)

労働者の作業中の墜落による危険を防止するための保護具です。



③安全靴

着用者のつま先を先芯によって防護し、すべり止めを備える靴のことです。

JIS T 8101(安全靴)において、「耐滑性が優れる靴」とは、動摩擦係数が0.2以上の物と規定されています

	動摩擦係数
耐滑性が優れる靴	0.2以上
一般のプロテクティブスニーカー	0.05～0.15程度
市販の紳士靴	0.01～0.1程度



④保護めがね

作業中に発生する飛来物、粉じん、熱や有害光線から眼を保護するため着用するものです。



⑤防塵マスク

作業現場で発生する粉じんなどを吸入する恐れがあるときに使用する呼吸用保護具です。



⑥その他の保護具



〔防毒マスク〕



〔電動ファン付き呼吸用保護具〕



〔防振手袋〕



〔顔面保護具〕

保護具は最後の最後の保護方策です。
保護具の使用により、その他の安全方策
や安全教育などの措置の代替を図っては
ならないことも理解しておきましょう。



8. 機械の安全設計の考え方(第4章補足)

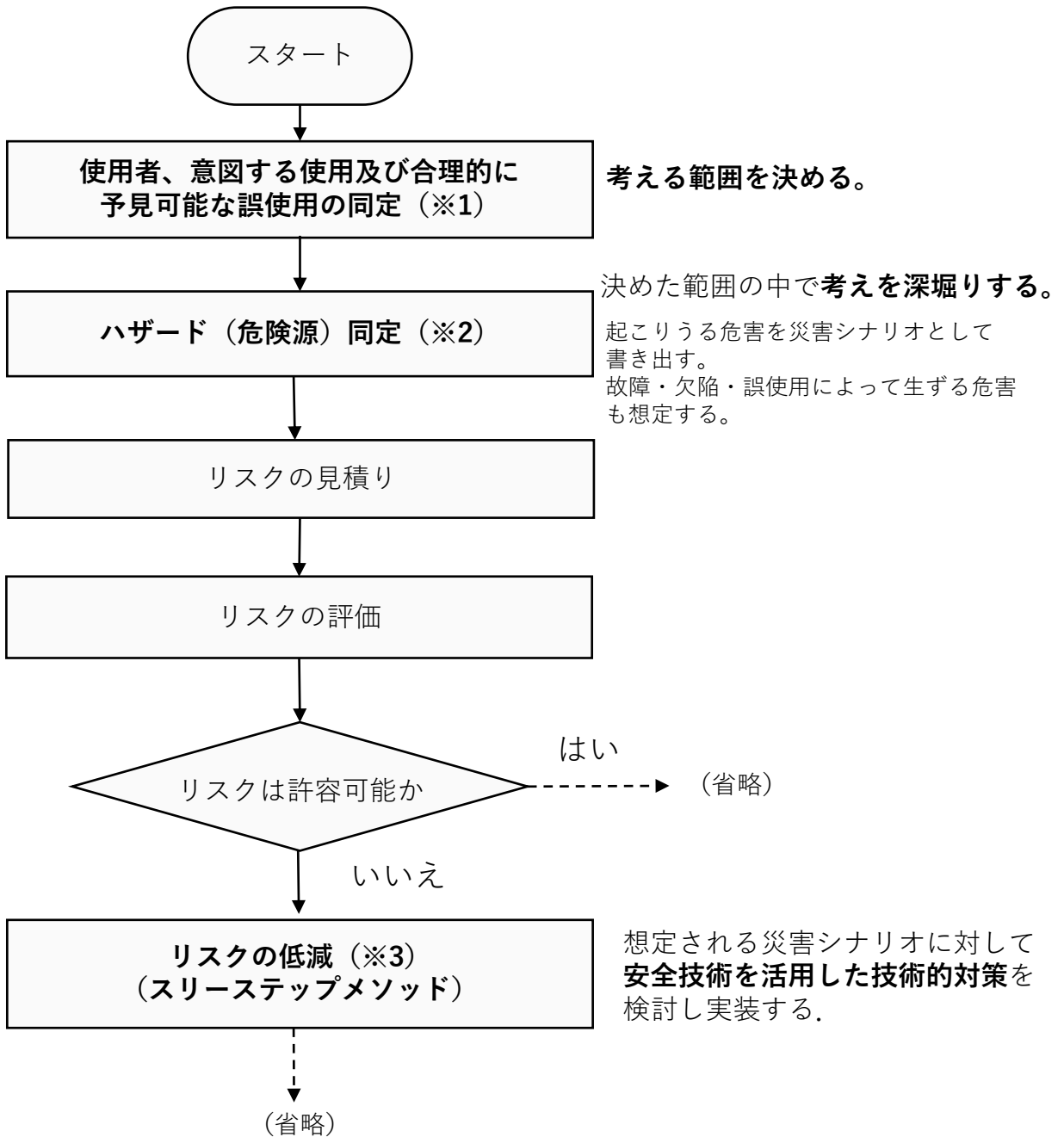
(1)労働安全と機械安全のリスクアセスメントの違いに注意

本テキスト第3章と第4章でリスクアセスメントに基づく労働災害防止の考え方や機械安全設計の基礎的事項を説明していますが、リスクアセスメントを学ぶ際には第3章と第4章の解説内容の違いに注意してください。第3章は機械設備を使用する者(労働現場)が実施するリスクアセスメント、第4章は機械設備を設計する者が実施するリスクアセスメントです。一見、内容が似ていますが、これまで学習してきた「誤使用の想定」に関して重要な違いがあります。

労働現場向けのリスクアセスメント手順(図3-6、3-22ページ)では、「誤使用の想定」が出てきません。これに対し、機械設備の設計製造者向けのリスクアセスメント手順(図4-15、4-20ページ)では、リスクアセスメントの最初の手順「機械の制限に関する仕様の指定」で“誤使用の想定”をするように位置づけられています。

設計製造者向けのリスクアセスメント(図4-15)は、実務者向けで複雑なため、初学者のみなさんは、まずは次のページの図4-29で「リスクアセスメントの流れ」をざっくりとつかんでください。

- ※1 テキスト図4-15では「機械の制限に関する仕様の指定」と記載
- ※2 テキスト図4-15では「危険性または有害性の同定」と記載
- ※3 テキスト図4-15では「3ステップメソッド」と赤枠で記載



※JIS Z 8051:2015 (ISO/IEC Guide51:2014) をもとに作成

図4-29 リスクアセスメントのおおまかな流れとやるべきこと

(2) リスクアセスメントで「欠陥」と「誤使用」を想定し、リスクの低減で技術的対策を実施する

図4-29の最初の手順「使用者、意図する使用及び合理的に予見可能な誤使用の同定」で、何を検討すべきかは、本テキスト第2章3「設計製造者の安全に関する責任」を読んだ後であれば想像がつくでしょう。この「使用者、意図する使用及び合理的に予見可能な誤使用の同定」は、図4-15では「機械の制限に関する仕様の指定」として表現されている内容です。

「使用者、意図する使用及び合理的に予見可能な誤使用の同定」で考えるべきことを一言でまとめると「意識をし、問題を存在させること」です。想定していないことやイメージしていないことは、存在しないのと同じです。誰がどのような場所で使うのか、周囲に使用者以外に誰がいる可能性があるのか等、を“意識”します。

以後の手順(危険源の同定)では、意識した範囲の中で起こりうる故障や危険を深堀りしていくため、意識していない箇所は当然、リスクアセスメントから漏れていきます。「まさか、動いている機械に手をいれる人がいるなんて夢にも思わなかった」という人は、動いている機械に手が入らないように対策を講ずる必要性に気づけないのです。

(3)「安全」の言葉には2つの意味(使われ方)がある

機械設備の安全設計で使われる「安全」の言葉には2つの意味(使われ方)があります。ひとつはリスクアセスメントでの「安全」(「安全とリスク」(3-2ページ))、もうひとつは“人にとっての安全の状態”を意味する「安全」です。リスク低減策を考える際、意味のある方策を考えられるかどうかは、後者の「安全」の意味が理解できているかにかかっています。

安全の2つの意味

- 1) リスクアセスメントでの安全：
許容不可能なリスクがないこと

- 2) 安全の状態※：
 - ① 危険源がない状態。
または
 - ② 危険源(危険なエネルギー)があっても、人間が危害を受けることのないように対策がなされ、そのことが確認されている状態。

※原文を一部書き換え。引用:(社)実践教育訓練研究協会編、
“安全に対する基本的な考え方、安全基礎工学入門 労働災害の原因と対応技術、” pp.13-17、工業調査会、東京、1999.

(4) 安全設計の根底にある思想 ～安全の状態を実現する～

この「安全の状態」を実現する方法には次に示す【1】～【3】の3つの方法があります。

【1】危険源がない状態をつくる。

本テキストでの解説箇所

- ・本質安全化の原則①危険源の除去(4-8ページ、図4-6)
- ・本質安全化の原則②危険区域に入る必然性の低減(4-8ページ、図4-7)

※作業の自動化などが該当。そもそも作業者が危険区域に入ることがないので、作業者にとっては危険源が無いのと同じ。

- ・リスク低減策3ステップメソッドでのステップ1「本質的安全設計方策」(4-30ページ)

【2】危険源が危険なエネルギーを持っていても、そのエネルギーが人に伝達されないような対策がなされ、その対策が正常(故障していない)であることが確認できる。

本テキストでの解説箇所

- ・安全確認の原理(3-8ページ)
- ・隔離の原則と停止の原則の「①隔離の原則」(4-9ページ、図4-8)
- ・リスク低減策3ステップメソッドでのステップ2「安全防護、A.ガードの設置により人と危険源を空間的に分ける(隔離の原則)」(4-31ページ)

【3】危険源のエネルギーがゼロであり、そのことが確認できる。

本テキストでの解説箇所

- ・隔離の原則と停止の原則の「②停止の原則」(4-9ページ、図4-9)
- ・リスク低減策3ステップメソッドでのステップ2「安全防護、B.保護装置の設置により人と危険源を時間的に分ける(停止の原則)」(4-33ページ)

これら3つの方法の中で、もっとも確実に労働災害を防止できるのは【1】です。図3-9に示すように、労働災害は危険源(危険性又は有害性)と作業員(人)の、両方が存在することから発生するため、そもそも危険源がなければ労働災害に至らないためです。

では、危険源を取り除けない場合に労働災害をどのように防止するか。そのための方法が【2】と【3】です。

危険なエネルギーを持つ危険源があったとしても、【2】のときのみ機械の運転が許可される技術的な仕組みを講ずれば、労働者にとって「安全の状態」で機械を動かすことができます。

さらに、【3】のときのみ労働者が危険源に近づくことが許可される技術的な仕組みを講ずれば、労働者にとって「安全の状態」で機械に近づくことができます。

この【1】～【3】の3つの状態の実現が、機械設備の安全設計の根底にある考え方です。

技術的な仕組みが故障したらどうなるか

【2】【3】で使用する安全確保のための「技術的な仕組み(制御)」が故障した場合に**危険を生ずるような設計は許容されません**(2-10ページ参照)。故障には、危険側故障と安全側故障と危険側故障の2種類があります。

・**危険側故障:故障したときに危険が生ずるもの。**

例)ライトカーテン故障時に人体の一部が危険区域に進入しているのに機械が止まらない
(危険源の危険なエネルギーがゼロにならない)

・**安全側故障:故障したときに「安全の状態」が確保されるもの。**

例)ライトカーテン故障時は、そもそも機械が動かない。
または動いている途中で故障が検知されたら機械が止まる。
(危険源の危険なエネルギーがゼロになる)

(5) 安全技術～欠陥(故障)と誤使用に対応するための技術

図4-29に示したリスクアセスメントのおおまかな流れの中にある「リスクの低減」とは、設計者が技術で対策を講じることを意味しています。対策の考え方はもうわかりますか？「人が誤っても機械が故障しても人にとっての安全の状態」を技術で実現することですね。

表4-12に、安全設計で使用される安全技術の基本的な考え方を示します。たとえば安全確認型システム(4-12ページ)は、インターロックとフェールセーフを組み合わせています。ライトカーテン(4-33ページ)は、フールプルーフとフェールセーフを組み合わせたものです。

この考え方は、機械安全設計だけでなく他分野の安全設計でも共通する考え方です。初学者のみなさんは、まずこの技術の考え方を理解してください。

表4-12 安全技術の考え方

安全の状態を実現する際の考え方	技術名称	技術の目的	事例
安全が確認されている時のみ機械はエネルギーを出力してよい	インターロック	条件が整わない限り次へ進めないようにする※	安全機能が正常、かつ、危険区域に人がいないときに機械可動部にエネルギーを供給する。
故障しても危険なエネルギーを出力しない	フェールセーフ	故障しても安全な状態になるように設計する※	安全装置が故障したら機械可動部にエネルギーを供給できない。
	フォールトトレランス	多重系を用いて信頼性をあげる※	モジュールが1つ壊れても安全機能を失わないようにする。
人の誤った行動に対して危険なエネルギーを出力しない	フールプルーフ	人間が間違えないように、間違えても大丈夫なように工夫する※	人体が危険区域に入れないようにする、人体が危険区域に入ってしまったら機械設備の可動部が止まる。
	タンパープルーフ	意図的な不正行為を防ぐ	特殊な工具を使用しないと安全装置のカバーを開けられない(改造防止)。

※部の出典：

向殿政男、「入門テキスト安全学」、東洋経済新報社(2016年)、p.218 図表11-1 安全技術についての共通した考え方。

9. 演習

(1) 演習と解説

演習1 身近な機械の設計

●洗濯機を設計してみよう

ここでは、洗濯・脱水の機能を満たす設計をします。

求める機能を書きだしてみよう。なお、実際に売られている洗濯機にはいろいろな機能がありますが、ここでは簡単に洗濯(水槽下部にあるパルセータの回転)と脱水(脱水槽の回転)だけできる洗濯機を考えます。

* 機能 洗濯と脱水

* 使う人 中学生以上の人

* 使う場所 一般家庭

* 想定されるその他の状況

子供が洗濯の様子を眺める

湿度の高い状況(風呂場に設置されることもある)で使われる

(本当の製品設計では、詳細に書き上げます。)

そうすると、図4-29のような洗濯機ができます。

- 電源ON/OFFでモーターの回転が開始/停止します。
- 洗濯/脱水スイッチの選択でクラッチが切り替わり、パルセーターあるいは脱水槽が回転します。

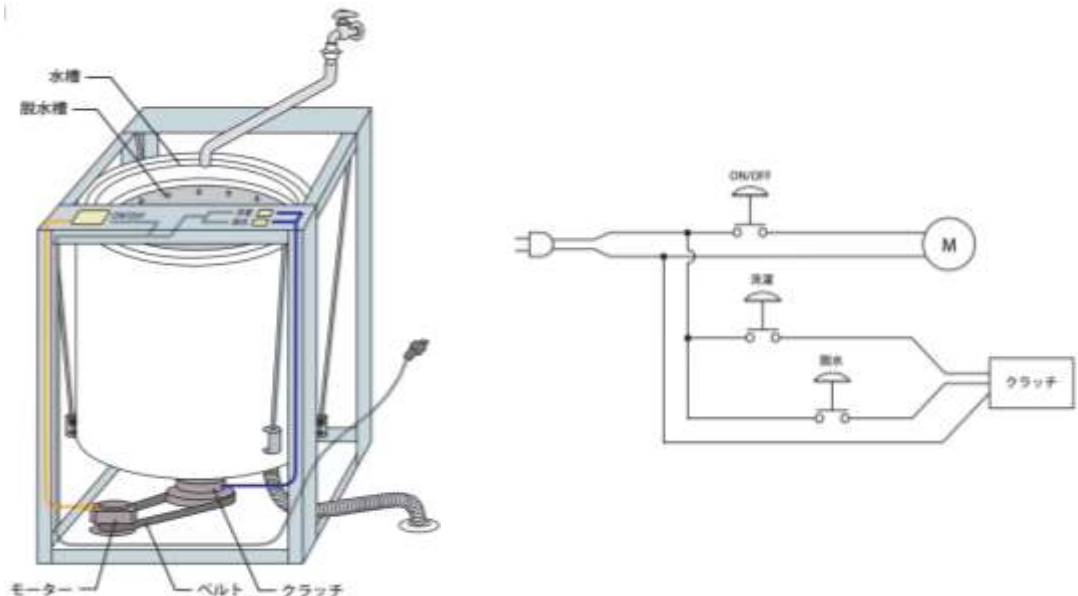


図4-30 機能を満たすだけの洗濯機(これは仮想の洗濯機です)

解説(演習1 身近な機械の設計)

いくつあげられましたか。

- ・はじめは多くを指摘できませんが、何回も繰り返していると、的確な指摘ができるようになります。
- ・肝心なことは、後遺症の残るあるいは死亡につながる危険源を見落とさないことです。

次に対策を考えましょう。ここでのポイントは、3ステップメソッドに則って検討することです。

ここでは、下の6個の解答例について検討します。まだ危険源・危険状態・危険事象はあげられます。同じように検討してみましょう。

下の6個を例に考えます。

危険の指摘例

<機械的危険源>

1. モーターのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
2. クラッチのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
3. 脱水中に中に手を入れ、布が絡まり指がもげる。

<電氣的危険源>

4. モーター端子部に手を触れ感電して死亡する。
5. 漏電により充電した部分に人が触れ感電して死亡する。

<環境による危険源>

6. 洗濯中にのぞき込んだ幼児が中に落下し、溺れる。

なお、危険源の同定の段階で漏らす(見逃す)と保護方策の検討もなされません。ですので、実務では危険源の同定がきわめて重要であることは忘れないでください。

次は保護方策を考えます。このとき、3ステップメソッドを思い出して、本質的安全設計方策、安全防護及び付加保護方策、使用上の情報の順番で考えてください。

危険の指摘例

<機械的危険源>

- 1.モーターのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
- 2.クラッチのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
- 3.脱水中に中に手を入れ、布が絡まり指がもげる。

<電氣的危険源>

- 4.モーター端子部に手を触れ感電して死亡する。
- 5.漏電により充電した部分に人が触れ感電して死亡する。

<環境による危険源>

- 6.洗濯中にのぞき込んだ幼児が中に落下し、溺れる。

1.、2.は類似なので一緒に考えましょう。

まずは**本質的安全設計方策**を実施できないかを考えます。指が巻き込まれても怪我をしないくらい力が小さいと洗濯や脱水ができませんので、合理的ではありません。しかし、クラッチを直結できるモーターがあれば、それを使用することを検討します。

このような仕様のモーターがなければ、次に、**安全防護**を考えます。洗濯機の機能から、モーターやベルトなどが見えている必要はありません。また、水槽は脱水中には大きく振れますから、全体を覆うカバーを付けることが良さそうです。固定ガードです。このようにすれば、使用者がベルトに巻き込まれることは防げます。

危険の指摘例

<機械的危険源>

1. モーターのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
2. クラッチのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
3. 脱水中に中に手を入れ、布が絡まり指がもげる。

<電氣的危険源>

4. モーター端子部に手を触れ感電して死亡する。
5. 漏電により充電した部分に人が触れ感電して死亡する。

<環境による危険源>

6. 洗濯中にのぞき込んだ幼児が中に落下し、溺れる。

3.ですが、これも本質的安全設計方策として、回転力を小さくする、回転速度を十分ゆっくりにすることは本来の機能が果たせません。

そこで安全防護を考えます。洗濯物を出し入れできなければなりません。洗濯・脱水中にはしなくてよいので、上面にカバーをすることを検討します。可動式ガードです。脱水中は高速なので、脱水が終了するまで蓋が開かない施錠付きインターロックがよいと判断されます。

さらに、洗濯中は蓋が開きますので、取扱説明書や本体の上面に、「洗濯中はカバーを開けないこと」と明示しましょう。使用上の情報です。

危険の指摘例

<機械的危険源>

1. モーターのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
2. クラッチのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
3. 脱水中に中に手を入れ、布が絡まり指がもげる。

<電氣的危険源>

4. モーター端子部に手を触れ感電して死亡する。
5. 漏電により充電した部分に人が触れ感電して死亡する。

<環境による危険源>

6. 洗濯中にのぞき込んだ幼児が中に落下し、溺れる。

4.は、1.、2.の対策、つまり周囲を覆う固定ガードの設置で、接触することが防げますので、よいと判断できます。

5.については、漏電しないことを保証するような絶縁は現実的には実施できないので、漏電遮断器を設置して、漏電が発生した際には検出して電源を断路するようにします。**安全防護**です。このためには接地線が必要ですから、用意します。

使用者は接地線が何のためにあるか分かりませんから、**使用上の情報**として接地線を必ず壁のアース端子に接続するかアース棒を地中に打ち、それに接続するように取扱説明書に記載します。また、本体にも記載します。つまり、安全防護だけでは不十分で、使用上の情報の提供も併せて行います。

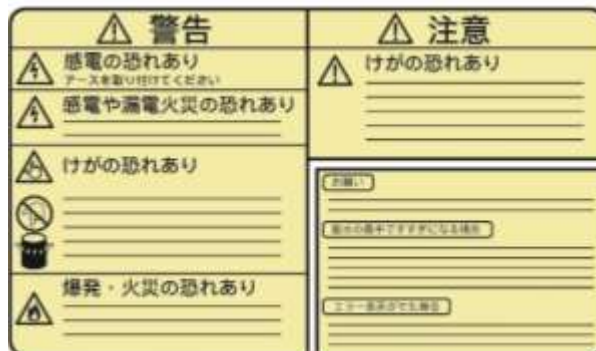


図4-31 接地線取り付け指示の例

危険の指摘例

<機械的危険源>

1. モーターのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
2. クラッチのプーリー部でベルトに巻き込まれて、指を切断する。
3. 脱水中に中に手を入れ、布が絡まり指がもげる。

<電氣的危険源>

4. モーター端子部に手を触れ感電して死亡する。
5. 漏電により充電した部分に人が触れ感電して死亡する。

<環境による危険源>

6. 洗濯中にのぞき込んだ幼児が中に落下し、溺れる。

最後に6.について考えましょう。

まずは本質的安全設計方策の検討です。上面までの高さを幼児の身長以上の800mm以上にすることを考えます。それでも、踏み台が周囲にあると、それに登ってのぞき込む可能性があるため、安全防護としての蓋が要ります。

3.では可動式ガードとし、脱水中は施錠付きインターロック式ガードとなるようにすることとしましたが、6.を考えると洗濯中・脱水中共に施錠付きインターロック式ガードをする方策もあります。

いずれにしても、使用上の情報として「周囲に踏み台になるものを置かないこと」を示しましょう。

リスクアセスメントで危険源を抽出し対策を考えました。
それを施すと、図4-31のようになります。
皆さんが普段使っている洗濯機はこのように安全対策が行われています。

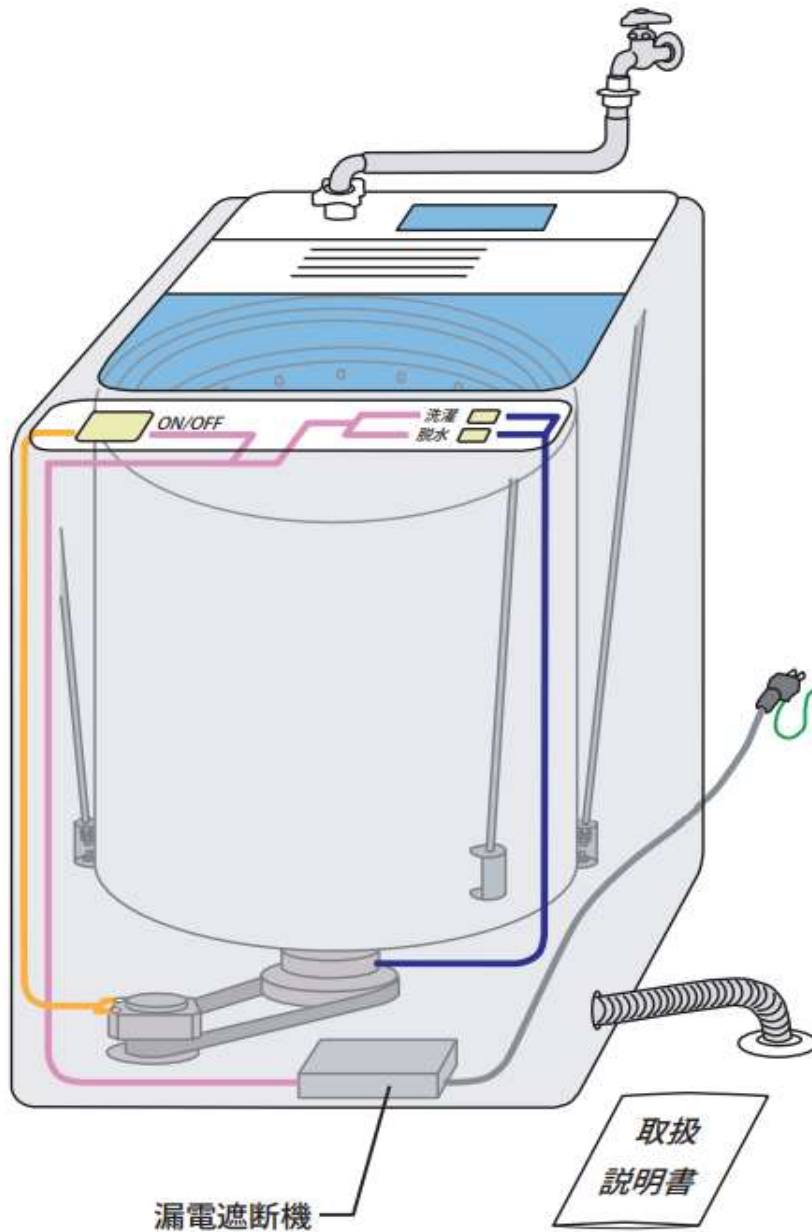


図4-32 リスクアセスメントの結果を反映した洗濯機

危険の指摘例

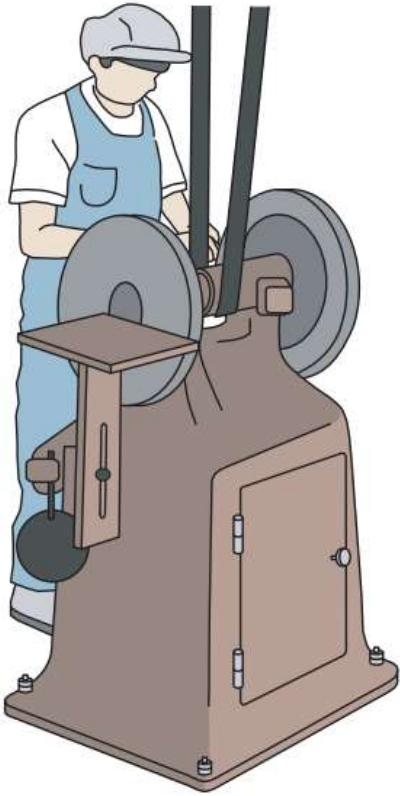
1. 症状確認や修理後の試運転時にモーターの電気端子(コードの接続部)に触れて感電する可能性がありますから、モーター端子にはカバーが要ります(安全防護)。
2. 症状確認や修理後の試運転時にベルトに触れる可能性があるため、可能ならベルト駆動ではなく直結モーターに変更(本質的安全設計方策)することを先ず考え、それが現状無理であれば、ベルト部にカバーをすることを考えましょう(安全防護)。
3. さらに、素人が修理を行うことは危険ですから、訓練を受けた人のみがカバーを外して修理できることを明示しましょう(下のイラストは電子レンジにおける警告表示の例です)。これは使用上の情報です。



図4-33 警告表示の例

10. 設備による安全が優先される

産業機械の安全は、当初は人の注意によって達成しようとしていました。図4-34の機械では、回転する部位がむき出しです。



この機械の中に手を入れたり、そばを通行中によろけたら即大けがです。

作業者の方は、中の材料が斜めになっていることに気がつくと、とっさに手を入れて直そうとします。では、そのようなことは、斜めで不良品ができてよいから無視しなさい、と指示すればよいでしょうか。

図4-34 危険な部位の露出した機械

勤務中は注意深く行動すべきだ、という意見もありますが、これには限界があります。そこで、人は間違えるという前提に立って、それでも大きな災害に至らないように設計しよう、と考え方が変わってきました。

しかし、このことが規格等の文書で示されたのは、1990年代からです。

それ以降、ISO 12100と関連する規格ではインターロック式ガードなどで人と機械の危険な動作が時間的・空間的に重ならないようにすることを求めています(4-10～4-11ページ及び4-31ページ参照)。

皆さんには、作業者が手を入れたら機械が止まるように設計して、人を機械で守る、という考えを身につけて欲しいと思います。

最近は工学諸分野の発展、特に制御工学、情報工学の著しい発展から、

- ・作業者を認識して、その人の能力に応じて機械の運転特性を変えることで、安全性と生産性を向上する、
- ・機械に人が接触すればそれを検出してすぐ停止する機能を持たせ、人・機械の協調作業を可能にする、等の技術の黎明域です。

ここで、考えておくべき事項を整理します。その上で、安全性のレベルを決して下げることなく生産をスムーズにするように活用できることを願っています。

- ・人の行動の仕組みは、設計者が想定するよりも複雑であり、想定したとおりに人間が動くとは限らないことを、先ずは忘れてはいけません。人はこうしてくれるから大丈夫、という前提で設計すると、そうでない行動があると災害に至ってしまいます。
- ・使用上の情報の提供は3ステップメソッドのリスク低減方策の一つであることはすでに記しましたが、これは使用者がそれを守ってくれることが前提でした。意図的に無視するのではなく、警告表示を見落とす、警告音に気がつかないなどは、あり得ると考えるべきです。ですので、使用上の情報の検討以前に本質的安全設計方策や安全防護・付加保護方策でリスクを低減することもすでに勉強しました。機械安全が日本に普及されはじめた当初、「日本は保護方策を実施せずに警告表示で逃げている」との評価がありました。
- ・このことは、ICT/IoT/AIを使っても同じです。最先端技術が出す警告も気づかないことがあります。
- ・安全装置は安全確認型で構成されているでしょうか。容易に無効化できないでしょうか。

これらの点を理解して、ICT/IoT/AI等を活用する事を検討しましょう。

11. 使用上の情報の意味

設計者は機械のことをよく知っています。

潜在している危険源も分かっています。では、使用者はどうでしょうか。操作法には熟達しています。しかし、機構の詳細を知っているわけではありません。

例えば、

- ・故障したときにどのようなことが起こるか、
- ・誤操作するとどのような危険事象が起こりえるか、
- ・機械部品の交換のとき、そばにある電気は遮断しないと危険なのか、

などは、設計者が伝えなければ作業者は分かりません。保全の時の手順を間違えると災害になるかもしれません。

このような状況から使用者に知らすべき危険に関する情報を伝達することが決められています。4-37ページで説明されている「機械に関する危険情報の通知」です。

使用上の情報の提供は、3ステップメソッドの3番目に当たります。これは、それ以前の工学的な対策と違ってリスクの低減に寄与していないように感じるかもしれませんが、それは間違いです。

皆さんの生活でも、注意書きがあるから気をつけて使用している事例は多くあると思います。産業機械でも同じです。

図4-35のようにリスク低減に寄与しています。ステップ1、2は設計側で検討・実施することでリスクを下げることができましたが、ステップ3では、使用者に対応を委ねます。

ですから、どのような危険があって、どうしなければならないのか(あるいは、どのようなことはしてはいけないのか)、を分かりやすく、具体的に説明することが求められます。

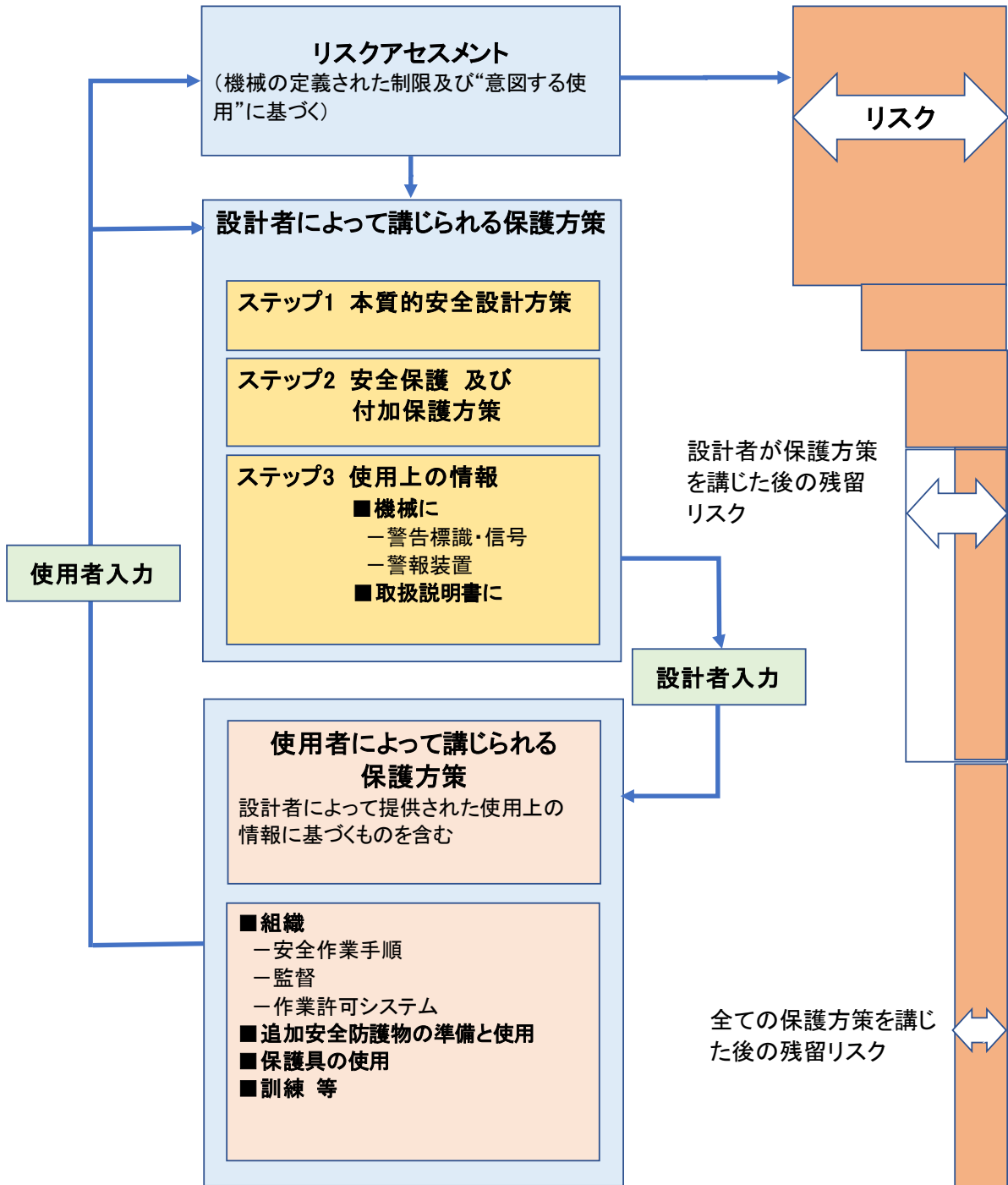


図4-35 3ステップメソッドによるリスク低減

12. 機能安全

(1) 機能安全とは

2000年ころにIEC 61508(最新版は2010年発行)が制定され、機能安全という用語が急速に拡がりました。しかし、機能安全はそれ以前から「制御システムの安全関連部」による安全等の語で表現されていました。IEC 61508で示されているのは電気・電子・プログラム電気技術による機能安全であって、機能安全はそれだけではなく、他の技術を用いた機能安全も多く使われています。

次に記す定義から見てみましょう。(あわせて図4-36参照)

3.1.12 機能安全 (functional safety)

EUC及びEUC制御系の全体に関する安全のうち、E(電気)/E(電子)/PE(プログラマブル電子)安全関連系及び他リスク軽減措置の正常な機能に依存する部分。

(IEC 61508-4)

(IEC規格については4-16、17ページ参照)

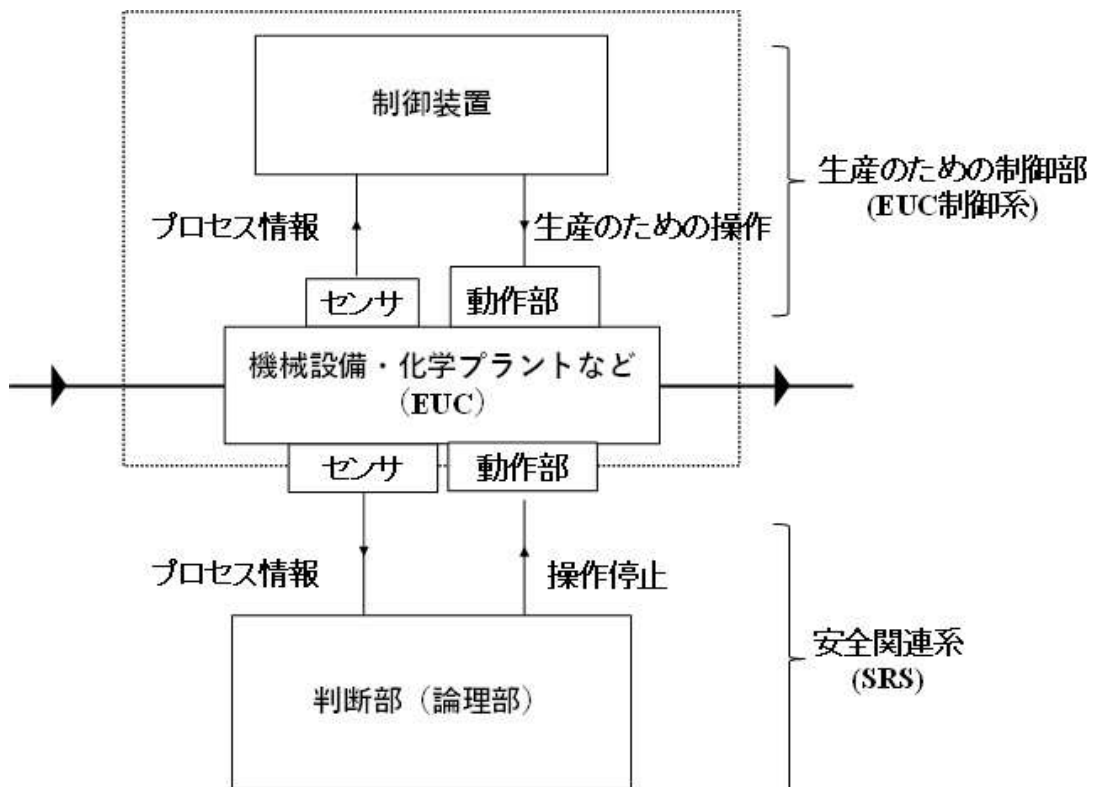


図4-36 機能安全の基本構造

・EUCとは、製造、プロセスなど、ある目的のための設備(機械から大きい物では化学プラントなど)です。

・EUC制御系は、製造などの目的のための制御装置です。

これらが組み合わさって設備全体となり、目的に合致した動作(加工、運搬、化学製品の生産など)が行われます。

生産設備全体の安全を確保するには、3ステップメソッドで行うが、第2ステップである安全防護及び付加保護方策にあたるのが機能安全です。

機械で例示すれば、人の手の侵入を検知するライトカーテン、その信号を受けて機械へ停止指示をする安全のための制御器、最終的にモータへの動力を遮断するコンタクタからなるのが安全関連系です。

これらが故障すると(正常な機能が遂行できない)危険な事象が発生しても、機械を停止できません。従って、機能安全は安全関連系の正常な機能に依存します。

こう見てみると、要は、「外に付けた安全のための装置による安全確保」が機能安全です。IEC 61508は電気/電子/プログラマブル電子による機能安全に限って扱っていますが、機能安全自体は、油・空圧制御によるもの、全く制御によらないものなど、範囲は広く、機械安全ではISO 13849に機能安全の設計に関する記述があります。

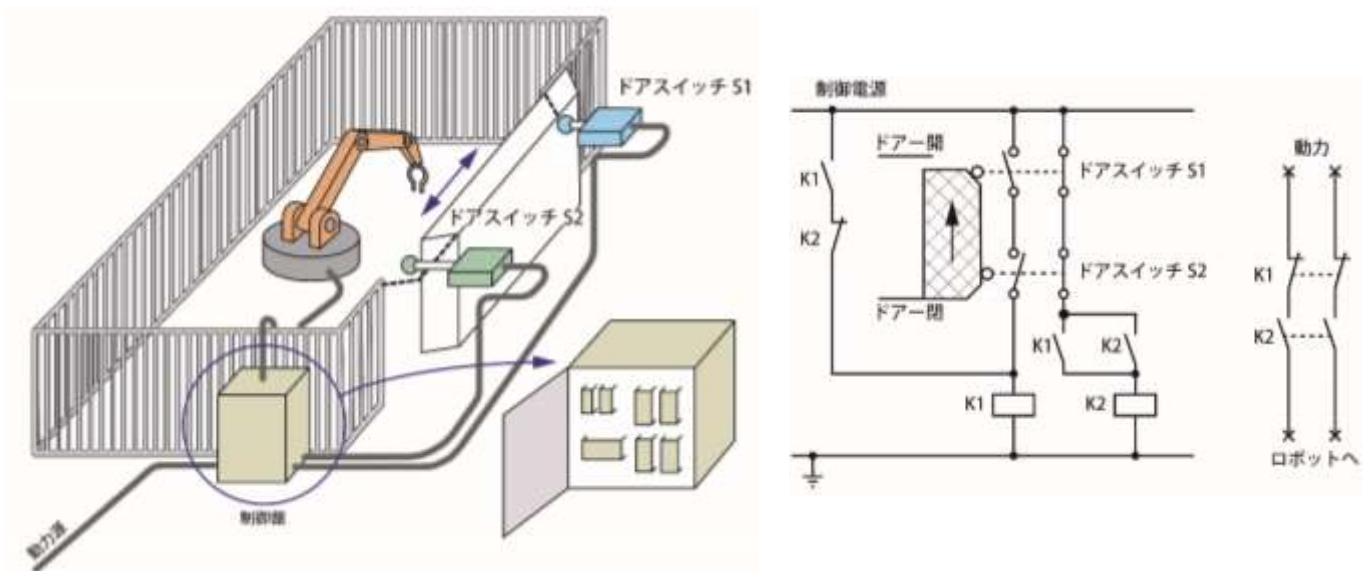


図4-37 機械の機能安全適用の例

<コラム 身近な機能安全>

身近な例として、電子レンジで機能安全を説明します。

電子レンジの役割(機能)は、マイクロウェーブを用いて食品を速やかに加熱することです。マイクロウェーブは食品を加熱するためには有用ですが、人体の一部に照射されるとやけどなどの傷害に至ります。

そこで、人がマイクロウェーブを浴びないようにしなければなりません。実際、そのような仕組みが組み込まれています。その中から、2つの機能安全を取り上げます。

1つ目は扉を開けるとマイクロウェーブが停止することです。扉が開いているときは、手指が庫内にある可能性があるので、手指が加熱されることを防ぐために、マイクロウェーブを止めます。扉のラッチと本体に組み込まれたスイッチには、「扉が閉じているときのみマイクロウェーブが照射できる(加熱できる。)」という安全のための機能(安全機能)を担っています。

2つ目は、扉のガラス内のメッシュ状の金属網により、高エネルギーのマイクロウェーブが外部に漏れて、周囲の人にあたり、人体に悪影響を及ぼすことを防いでいます。マイクロウェーブは、その波長よりも小さな穴を通り抜けられないという性質を利用してマイクロウェーブが外に出るのを防いでいます。つまり、ガラス内の網には、「マイクロウェーブの透過をさせない」という安全機能が組み込まれているのです。

一方、電子レンジにはタイマーが付いていて、設定時間が継続すると加熱が停止します。これは、希望する時間だけ加熱するという、調理のための機能であって、安全のための機能ではありません。「強」、「弱」のマイクロウェーブの出力の制御も、調理のための機能であって、安全のための機能ではありません。

ただし、機能安全ですべての危険を防いではいません。レンジから食品を取り出す際に熱く、不注意に触るとやけどしますが、このことは、使用者が注意して使うことが求められています。

(2) 機能安全—まとめ

機能安全は安全関連系(安全装置)の正常性に依存するので、信頼性が大切である。従って、信頼性の計算について規格にも書かれています。

この計算は避けて通れないことですが、それ以前に、機能安全とリスクアセスメントとの関係を知って頂きたいのです。

他のリスク低減方策と同じように、リスクアセスメントで危険源が明らかになり、その危険源に対するリスク低減方策として3ステップメソッドの順に検討した結果として、機能安全による方策が適切な場合には、機能安全によるリスク低減を行うこととなります。

このプロセスは、前述のIoTなどを利用した高度な機能安全であっても同じで、保護方策の検討は、どんなときでもリスクアセスメントから始まります(図4-38)。

No.	番号	危険源(ISO14151保護書A参照)	危険箇所	作業内容 (工程)	危険現象	発生形態	発生防止				対策	対策実施状況			残存リスク	備考 (参照規格・認定 種別の異時点 など)	
							対策	対策の大きさ	リスクレ ベル	対策の要否		対策	対策の大きさ	リスクレ ベル			の評定
29	6	1.4 押しつぶしの危険源	天井	設置されている状態で、天井の構造や物の構造による作業を行う	電線ケーブル、ホースなどが他の機械や部品等と干渉し、ケーブルが断線し、電圧の入力が入り下りることになる	誤作動	低	低	低	低	本装置のみの対応でない。						
30	7		天井	設置されている状態	設置者が押おしておられ、何らかの操作中に本体が転倒し、人が下りることになる	誤作動	低	低	低	低	対策済	付録A-2(4)に設置することを確認している。 新設計仕様書で、設置部を構造部材・設置方法及び、運搬中の構造確認等について、再確認すること。				重心の計算、吊り位置について新設計(0000,001)参照(構造・機電設計仕様書(0000,004)	
31	8		フロア構造、取っ手で行く部分	天井吊り入れ	吊り入れ	転倒	誤作動	低	低	低	低	対策済	吊り入れの際に、吊り上げ位置を確認すること。				吊り上げ位置の確認
32	9		出入口のバー	出入口のバー	出入口のバー	転倒	誤作動	低	低	低	低	対策済	出入口のバーに注意喚起文を貼付すること。				出入口のバーに注意喚起文を貼付すること。

重心計算書→吊り位置決定→雌ネジ用意

インターロックの設計

注意喚起文検討→表示銘板作成

図4-38 リスクアセスメントと保護方策

<参考－化学プラントの機能安全>

機械の場合、機能安全を使用する場合であっても、機能安全で単に動力供給を停止するだけではなく、いろいろなことを併せて行っています。

例えば、動力の供給が断となっても、高い位置にあるものが落ちてこない工夫(カウンターウェイトでバランスを取る、送りねじのリード角と摩擦角の関係から自重で落ちないようにする)をしています。

これらの事を基礎に、基本的に動力断とすることで安全状態に移行できるようにしています(停止してもなお残る危険源に関しては4-10ページ参照)。また、安全に関する部分は安全確認型で構成することも大切です。

一方、化学プラント(図4-39に典型例を示します)では、反応を停止させるまでに行う操作には順番(手順)が大切なことがあったり、冷却水循環装置のように動き続けることが求められることもあって、同じ機能安全でも様相が異なります。

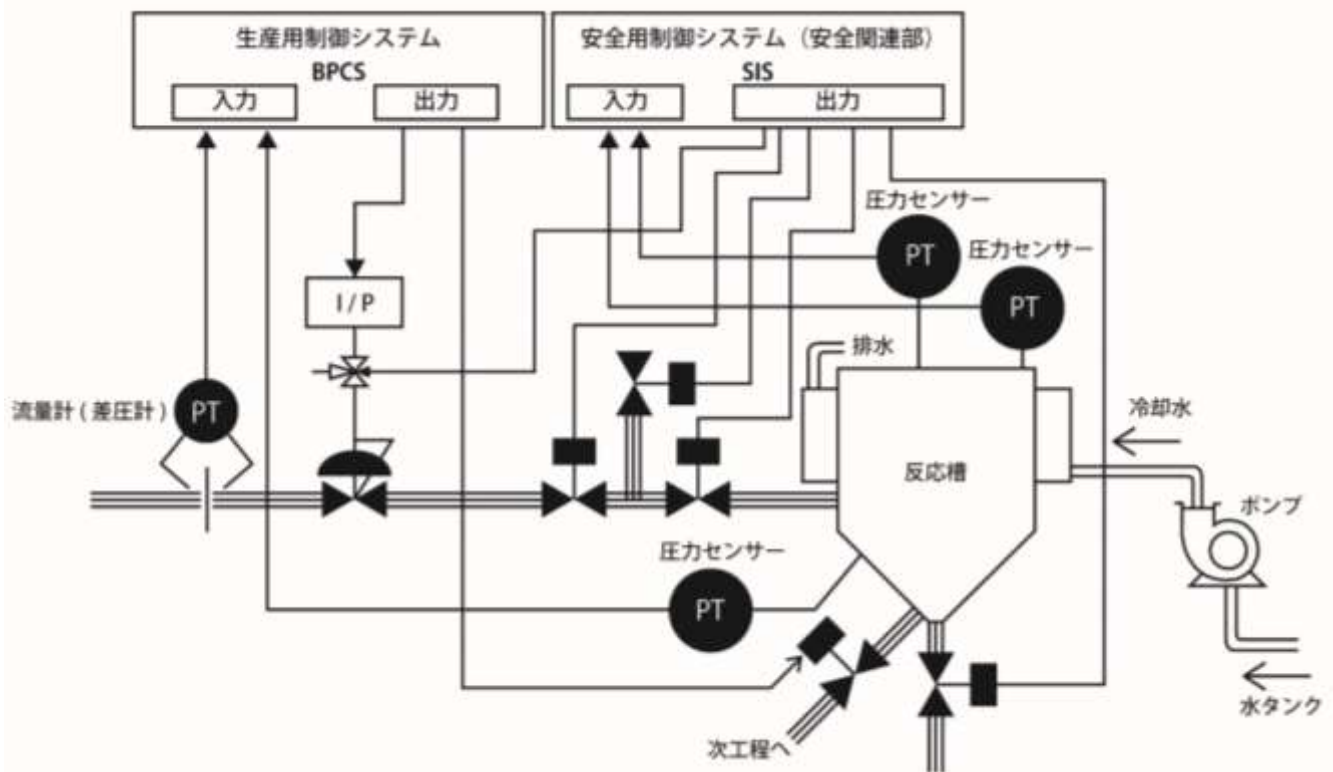


図4-39 化学プラントの機能安全の例

第5章

化学物質による労働災害の防止

この章の狙い

この章では化学物質による労働災害にはどのようなものがあるか、またその防止のためにはどのような点に留意すべきかを、事例などを通じ学んでいきます。化学物質のリスクは、直感的には分かりにくいものですが、国際的な基準で定められた表示によりそのリスクや対処方法を知ることができます。現場で化学物質を扱うための原則、基本的事項を習得してください。

1. 化学物質取り扱いのリスク

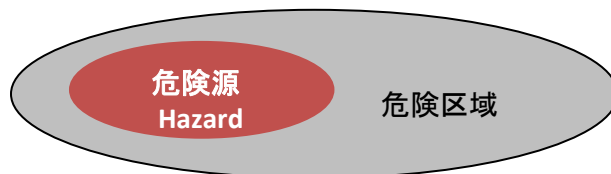
前章までで、労働災害のプロセスでは不安全状態と不安全行動が直接原因となること、不安全状態には危険源(Hazard)があり、その影響を及ぼす範囲に人が立ち入ることによってリスクとなることを学んできました。

化学物質による労働災害の場合、危険源は化学物質そのものになります。

従って、化学物質によるリスクを知るためには、その化学物質による危険性・有害性は何か(人に対する毒性、引火性／可燃性)、その影響の程度がどれくらいかを知る必要があります。

本テキストを読まれている方は、大半が化学分野の専門ではないと思われます。化学式や用語が出るとつい尻込みをする方も多いと思いますが、みなさんの分野の労働安全衛生で取り扱う化学物質はそれほど多くはありません。また、現場で取り扱う際には、その化学物質の危険性や有害性を分かりやすく表示する基準が定められており、その表示を見れば、必要な情報は得られるように工夫されています。

危険源＝化学物質



危険有害性の種類は何か

- ・有害性: 発がん性、急性毒性、臓器への影響など
- ・危険性: 爆発性、引火性など

影響の程度はどれくらいか

次項以降で、災害事例、リスクアセスメント、危険性・有害性の表示、対策のひとつである保護具について学んでいきましょう。

2. 化学物質による災害事例

事例1 シンナーを用いて部品を脱脂洗浄する作業中、有機溶剤中毒となる

(事故の概要)

被災者は、洗浄用シンナーを用いて部品の脱脂洗浄の作業を実施していたところ、意識が混沌となり、歩行困難な状態となったため、病院に収容され、有機溶剤中毒と診断された。作業場所は工場の一隅であり、工場建屋は換気扇が取り付けられ、全体換気は行われていたが、作業台には、局所排気装置などは設けられていなかった。被災者は作業中は自ら購入した簡易防じんマスクを着用していた。



(当該事例から学べること)

シンナーはメーカーや種類により、詳細は異なりますが、この事例ではシンナーの含有量の80%はトルエンでした。

トルエンは、引火性があり、蒸気は吸入すると急性毒性があり、また発がん性や臓器障害などの毒性がある物質です。したがって、

- ①換気の良い場所で取り扱う。容器はその都度密栓する。
- ②周囲で火気・スパーク・高温物を使用しない。
- ③皮膚粘膜着衣に触れたり、目に入らないように適切な保護具を着用する。
- ④使用済みのウエス、塗料カス、ダストなどは廃棄するまでは必ず蓋付きの容器に入れておく。

などの取り扱い上の注意が必要です。

事例では作業場周辺の換気が十分でない上、保護具も防じん用と、適切ではなかったものが用いられていました。

事例2 製造ラインの機器修理作業に用いた有機溶剤で、他の作業を行っていた者が有機溶剤中毒となる

(事故の概要)

工場の製造ラインに設置された作業用ポンプに異常が発見されたため、洗面器に入れたメチルエチルケトンに分解したポンプの部品を1時間程度浸し、その後ブラシを用いて清掃、再び組立調整するという方法を採用した。その間メチルエチルケトンが入った洗面器は放置されていた。やがて異臭に気づき、扇風機を排気装置に向けて送風したが、扇風機の風下にいた被災者が有機溶剤中毒になった。

被災者を含め作業者は呼吸用保護具を使用していなかった。



災害発生状況図

(当該事例から学べること)

ラインに設置された装置を洗浄する非定常作業を実施するに当たり、有害性を十分に認識していない有機溶剤を、作業主任者もいない管理体制の中で使用したため、換気も十分でなく保護具未着用のまま作業が行われ、災害に至りました。

製造工程では機械や工具の修理などでしばしば非定常作業が行われます。定常作業では安全を考慮した設備や施策が講じられていることが多いのですが、実際の災害はこういった非定常作業で発生するケースが多く見られます。

事例の場合、有機溶剤の有害性を作業者に認識させるとともに、修理作業等の非定常作業を行う場合の手順を定める、作業主任者を選任し、適切な衛生管理体制を確立するなどの対策が必要でした。

3. 化学物質による労働災害防止対策

(1) 化学物質のリスクアセスメント

化学物質のリスクアセスメントフローは下記のとおりです。

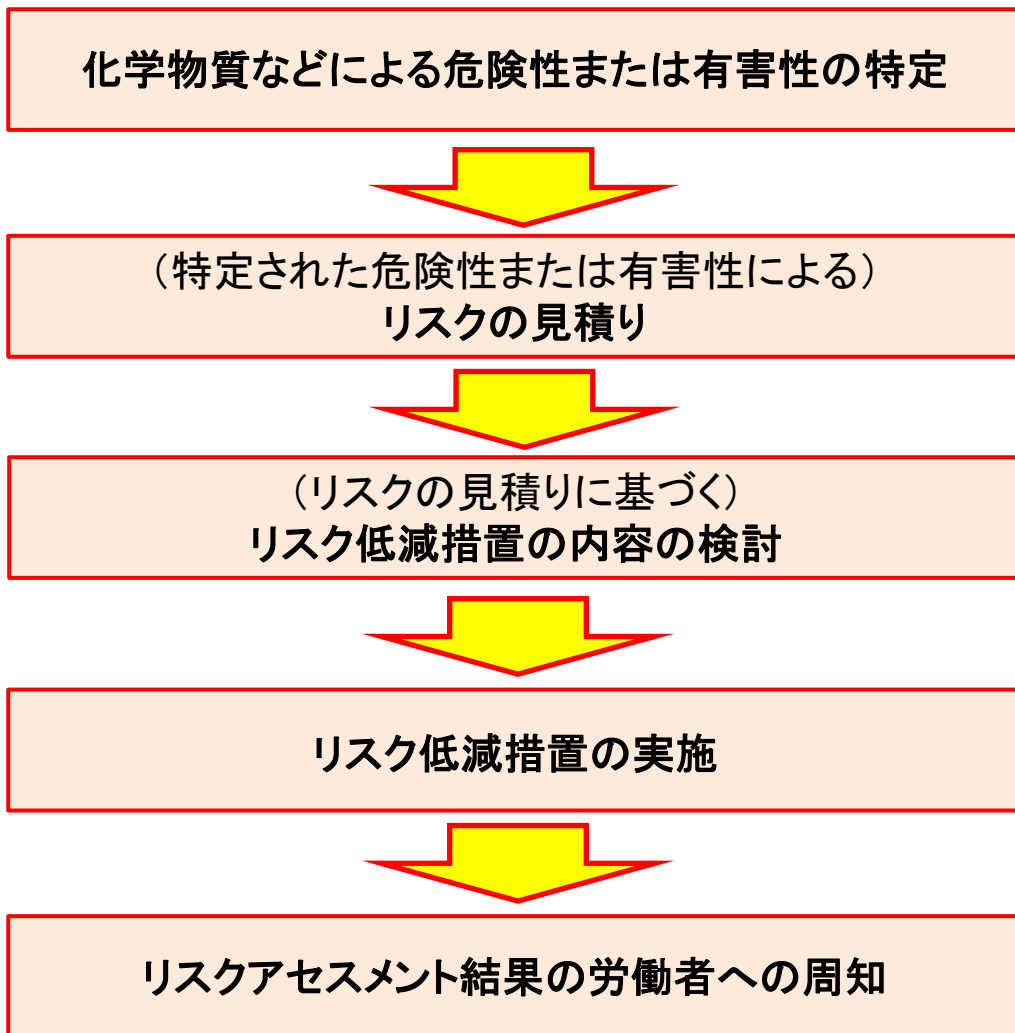


図5-1 リスクアセスメントフロー(基本)

※厚生労働省:化学物質を取扱う事業場の皆さまへ

「労働災害を防止するためリスクアセスメントを実施しましょう」(平成28年)より

<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneiseibu/0000099625.pdf>

①危険性または有害性の特定

まずは、対象となる化学物質をすべて確認し、その危険性や有害性を把握します。そのためには扱う化学物質の容器にあるラベルや入手時に供給者から提供されるSDS(安全データシート: Safety Data Sheet)を参照します。ラベルやSDSについては次項で説明しますが、ラベルやSDSによって化学物質の危険性・有害性情報や適切な取扱い方法などを知ることができます。

②リスクの見積り

対象物を製造し、または取り扱う業務ごとに、次のア～ウのいずれかの方法またはこれらの方法の併用によって行います。(危険性についてはアとウに限る)

ア. 対象物が火災・爆発などで労働者に及ぼす危険、または健康障害を生ずるおそれの程度(発生可能性)と、身体的・設備的被害または健康障害の程度(重篤度)を考慮する方法

イ. 労働者が対象物にさらされる程度(作業場の空気中の濃度など)とこの対象物の有害性の程度を考慮する方法

ウ. その他、アまたはイに準じる方法

アによる事例として、簡略化マトリクス法によるリスクの見積りをみてみましょう。

例:トルエンによる脱脂・前処理作業

1) 見積り方法: 簡略化マトリクス法

$$\text{リスクレベル} = \text{主要成分の有害性(HL)} \times \text{推定作業環境濃度レベル(EWL)}$$

2) 取り扱い物質と有害性(HL=ハザードレベル)

取り扱い物質:トルエン、沸点110.7°C、HL=4

3) 推定作業環境濃度レベル(EWL)を決める要素

- ・取扱量ポイント(a) = 2 (中量:kgオーダー、1kg未満なら1、1t 超なら3)
 - ・揮発性ポイント(b) = 2 (沸点が50°C未満なら3、150°C超なら1)
 - ・換気性ポイント(c) (※)
 - ・修正ポイント(d) = 0 (衣服が溶剤で汚れているなど特殊な場合1)
- ※換気性ポイントは作業場の状況によるが一般的に下記の表で評価

表5-1 換気性ポイント

C 換気設備	
全自動化、遠隔操作化	4点
発生源の密閉化	4点
局所排気(フッシュプル式等)	3点
局所排気(外付け)	2点
全体排気	1点
換気なし	0点

4) 要素による推定作業環境濃度レベル(EWL)の決定

$$\text{EWLポイント} = a + b - c + d$$

表5-2 推定作業環境濃度レベル(EWL)

EWL	E	D	C	B	A
EWLポイント	7~5	4	3	2	1~-2

5) リスクレベルの決定

表5-3 リスクレベル決定表

		推定作業環境濃度レベル EWL				
		E	D	C	B	A
HL 有害性 レベル	5	5	5	4	4	3
	4	5	4	4	3	2
	3	4	4	3	3	2
	2	4	3	3	2	2
	1	3	2	2	2	1

5: 耐えられないリスク
 4: 大きなリスク
 3: 中程度のリスク
 2: 許容可能なリスク
 1: 些細なリスク

6) リスクレベルの判定

HLとEWLのマトリックスからリスクレベルを見積もり判定する

5: 耐えられないリスク

4: 大きなリスク

3: 中程度のリスク

2: 許容可能なリスク

1: 些細なリスク

3以上ならば対策が必要

7) 事例による見積もり

表5-1 換気性ポイントより

・全体換気しか行われていなかったら

$c=1$

EWLポイント: $a+b-c+d=3 \Rightarrow$ EWLレベル=C

従ってマトリックス表より、リスクレベルは4となり、大きなリスクで対策が必要。

・通常の局所排気が行われていたら

$c=2$

EWLポイント: $a+b-c+d=2 \Rightarrow$ EWLレベル=B

従ってマトリックス表より、リスクレベルは3となり、中程度のリスクで対策が必要。

・プッシュプル型などの局所排気が行われていたら

$c=3$

EWLポイント: $a+b-c+d=1 \Rightarrow$ EWLレベル=A

従ってマトリックス表より、リスクレベルは2となり、許容可能なリスクとなる。

③リスクを低減するための優先度の設定とリスク低減措置の検討

まず前提として「法令に定められた事項の実施」があります。その上で、リスクアセスメントの結果に従ってリスク低減措置を検討します。優先的に検討すべき順は以下のとおりです。

- 1) 危険・有害な物質の使用を中止し、危険・有害性が低い物質に転換する。
- 2) プロセスを再検討し、火災・爆発などの危険性物質の場合は取扱量を減らすまたは着火源をなくす。例えば酸化性物質と可燃性物質といった「互いに反応するような物質」を近くに置かない。有害性物質の場合は発散量を減らす。
- 3) 発生形状を変える。例えば微細な粉なら液体状にして発散を抑える。
- 4) 発生源を密閉構造にする。
- 5) 局所排気等により拡散を止める。
- 6) 全体換気を行って気中濃度を下げる。
- 7) 作業マニュアル、教育訓練、立ち入り禁止区域などの管理的な対策を講じる。
- 8) 有効な保護具を使用してばく露(吸入や接触すること)を防ぐ。

④優先度に対応したリスク低減措置の実施

実施可能性、有効性、経済性から判断された措置を実施し、その結果を評価して、残留リスクを明確にします。すぐに本質安全化の高い対策が取れない場合は適切な保護具の着用が必要です。

⑤リスクアセスメント結果の労働者への周知

定期的な見直しやノウハウの蓄積のために、リスクアセスメント活動の内容を記録し、結果を労働者に周知します。

なお、化学物質のリスクアセスメントの詳細については、厚生労働省の職場のあんぜんサイト「化学物質のリスクアセスメント実施支援」(https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/ankgc07.htm#h2_1)に記述がありますので参照してみてください。

(2) ラベル、SDS、GHS絵表示

①ラベル

化学物質は容器に入っており、その容器にはラベルが添付されています。ラベルには使用する作業者がその化学物質の有害性や取扱い上の注意等が分かるように記載することが労働安全衛生法令によって義務付けられています。(674物質及びその混合物:令和3年1月1日現在)

記載されている内容は下記の通りですが、誰にでも分かりやすい、大きな特徴として、注意喚起語と、危険性・有害性情報を表す「絵表示」=GHS絵表示があります。

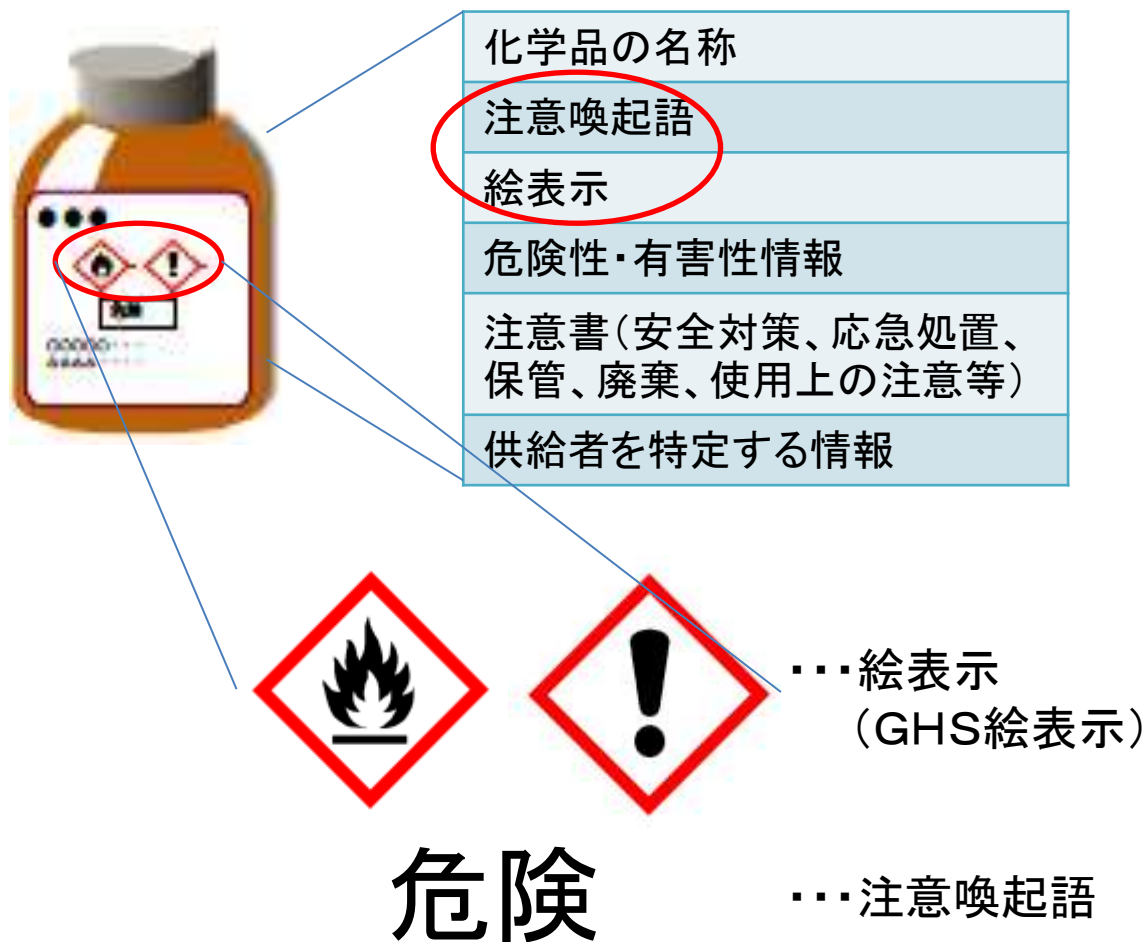
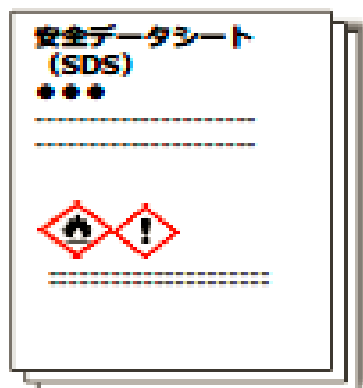


図5-2 ラベルの記載事項

② SDS

SDS (Safety Data Sheet) は「安全データシート」の略語で、化学物質および、化学物質を含む混合物を供給する際に、その化学物質の物理化学性質や危険性・有害性および取り扱いに関する情報を相手方に知らせる文書です。

SDSには、上記のほか、ばく露された際の応急措置、取扱い方法、保管方法、廃棄方法など、ラベルには書ききれない情報を含め、16項目の情報が記載されています。



- ・化学物質を供給する時まで提供者が交付します。繰り返して譲渡または提供する場合は、一度交付すれば問題ありません。
- ・提供を受けたSDSは、最新であることを確認し、化学物質を取り扱う作業者が常に確認できるように周知することが必要です。







表5-4 SDSの記載項目

記載項目	記載項目の概要
化学品及び会社情報化学物質等の名称	SDSを作成した事業場の名称と連絡先
危険性・有害性の要約	最小限知っておかなければならない化学物質の重要な危険性・有害性の情報、GHS分類(※表5-5を参照)、ラベル要素等
組成、成分情報	化学物質の組成、成分などの情報等
応急措置	吸入した場合など非常時の応急措置等
火災時の措置	使用できる消火剤など火災時の措置等
漏出時の措置	人体や環境に対する注意など漏出時の対応等
取扱い及び保管上の注意	化学物質の適正な取扱い方法、保管の方法等
ばく露防止及び保護措置	化学物質を取扱う場合の局所排気装置などの設備、使用すべき保護具の情報、管理濃度、許容濃度等防毒マスクの形状(全面型、半面型等)を使い分けること
物理的及び化学的性質	化学物質の形状や色、臭い、沸点、融点など基礎的な情報。引火点、爆発範囲などの危険性に関する詳細な情報
安定性及び反応性	化学物質の反応性、化学的安定性、危険有害反応可能性などの情報
有害性情報	急性毒性、慢性毒性、発がん性などの健康障害に関する詳細な情報
環境影響情報	化学物質が環境に流出した場合の水生物への影響、残留性等
廃棄上の注意	廃棄の方法、注意事項
輸送上の注意	輸送のための国際規制、国内規制、注意
適用法令	化学物質が関係する法令(安衛法、化管法等)等
その他の情報	上記には記載されていない重要とする情報、引用文献、災害事例等

③GHS絵表示

ラベルやSDSには危険性・有害性を分かりやすく表す絵表示が記載されています。この絵表示は国際的に定められた、GHS(The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals)で規定されている、危険性・有害性を示す絵表示です。

表5-5 GHS絵表示が示す危険性・有害性

																																		
爆発物・自己反応性化学品・有機過酸化物	空気、熱や火花にさらされることで発火する物質	他の物質の燃焼を助長する物質	ガスが圧縮または液化されて充填されている物質																															
																																		
接触した金属や皮膚などを損傷させる危険性がある物質	急性毒性がある物質	短期又は長期で体内に入ると、健康障害を引き起こす危険性がある物質	急性毒性・皮膚刺激性・皮膚感作性・眼刺激性・気道刺激性・麻酔作用などの健康有害性がある物質																															
	<p>急性毒性(経口)の区分と該当するラベル情報</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>区分 1</th> <th>区分 2</th> <th>区分 3</th> <th>区分 4</th> <th>区分 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LD₅₀ (mg/kg) (判定基準)</td> <td>5以下</td> <td>50以下</td> <td>300以下</td> <td>2,000以下</td> <td>5,000以下</td> </tr> <tr> <td>絵表示</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>なし</td> </tr> <tr> <td>注意喚起語</td> <td>危険</td> <td>危険</td> <td>危険</td> <td>警告</td> <td>警告</td> </tr> <tr> <td>危険有害性情報</td> <td>飲み込むと生命に危険</td> <td>飲み込むと生命に危険</td> <td>飲み込むと有毒</td> <td>飲み込むと有害</td> <td>飲み込むと有害のおそれ</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">有害性 大 ←————→ 有害性 小</p>					区分 1	区分 2	区分 3	区分 4	区分 5	LD ₅₀ (mg/kg) (判定基準)	5以下	50以下	300以下	2,000以下	5,000以下	絵表示					なし	注意喚起語	危険	危険	危険	警告	警告	危険有害性情報	飲み込むと生命に危険	飲み込むと生命に危険	飲み込むと有毒	飲み込むと有害	飲み込むと有害のおそれ
	区分 1	区分 2	区分 3	区分 4	区分 5																													
LD ₅₀ (mg/kg) (判定基準)	5以下	50以下	300以下	2,000以下	5,000以下																													
絵表示					なし																													
注意喚起語	危険	危険	危険	警告	警告																													
危険有害性情報	飲み込むと生命に危険	飲み込むと生命に危険	飲み込むと有毒	飲み込むと有害	飲み込むと有害のおそれ																													
水生環境(水生生物及びその生態系)に悪影響を及ぼす危険性がある物質																																		

※ここではGHS絵表示が示す危険性・有害性を簡略して記述しています。詳細については厚生労働省職場のあんぜんサイト「化学物質のリスクアセスメント実施支援」

<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/ankgc07.htm>

などを参照してください。

<コラム3:作業環境測定>

リスクアセスメントのリスク見積もりの項で「作業環境測定」という用語が出てきました。

化学物質のリスクマネジメントでは物質の危険性・有害性ととも、その物質が労働者の働く場所においてどれくらいの濃度なのかが重要になります。(リスクマネジメントの見積もりでは、ばく露の量にあたります。)

ただ、化学物質の濃度は発生源では当然高く、距離が離れるにしたがって低くなります。作業者の周辺でどの程度の濃度であり、どの程度の危険性・有害性があるのかを把握する必要があります。作業環境測定とは、ガス、蒸気、粉じんなどの有害物質や騒音、放射線などの有害エネルギーが、その作業場所において、どの程度なのか、を把握し、そのリスクを定量化するものです。

最近では、作業者に測定装置をつけモニタリングする方法も出てきています。

法令で定められた作業場では、作業環境測定を行わなくてはならないのです。



(3) 法令規制

①労働安全衛生法

労働安全衛生法による化学物質の規制は下図のように考えられています。

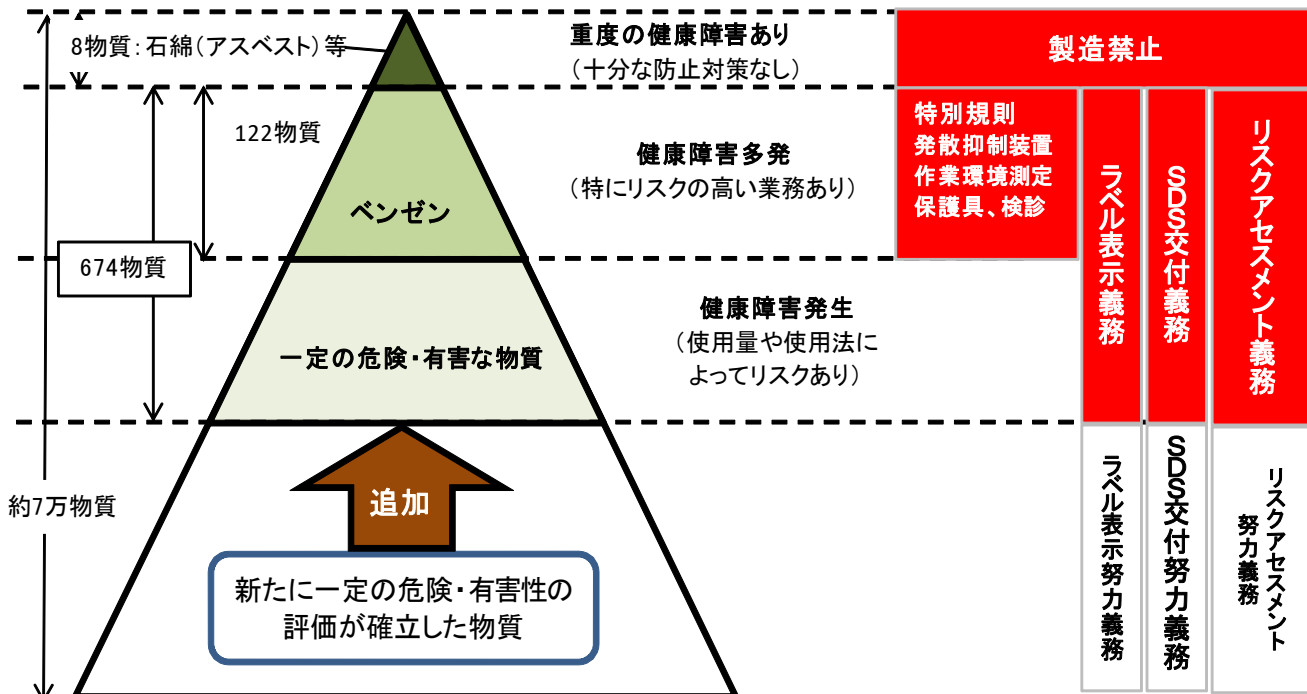


図5-3 労働安全衛生法における化学物質の規制管理

【製造禁止】製造、輸入、供給、使用を禁止

【特別規則】個別の規則(有機溶剤中毒予防規則、特定化学物質障害予防規則など)で、製造・取扱いに際して、具体的な措置(作業環境測定、排気装置の設置、マスクの使用、健康診断の実施など)を義務付け

【リスクアセスメント】製造・取扱いに際して、危険・有害性を調査・評価することを義務付け

【ラベル表示】供給する場合に、容器にその物質の危険・有害性を絵表示することを義務付け

【SDS交付】供給する場合に、その物質の危険・有害性、取扱い上の注意等を記載した文書を交付

※厚生労働省化学物質対策課NITE 講座「化学物質に関するリスク評価とリスク管理の基礎知識」第2回「労働安全衛生法に基づく化学物質管理の考え方と留意点」(平成元年11月13日)より
<https://www.nite.go.jp/data/000104104.pdf>

※物質のカウント数値は、令和3年1月1日現在

労働安全衛生法では、まず、製造禁止の物質を8種類定め、次に特に危険・有害性の高い物質・作業を特定し、有機溶剤中毒予防規則、特定化学物質障害予防規則などで、それぞれの製造・取扱いに当たって遵守すべき事項を個別具体的に規定しています。(122種類)。

それ以外での物質については、使用者が自主的に危険性、有害性を判断し必要な施策をとることとしており、その判断の手法がリスクアセスメントです。令和3年1月現在で674物質についてはリスクアセスメントが義務化されています。

②労働安全衛生法以外の法令

下に、労働安全衛生法以外で、化学物質を使用するにあたって規制を受ける主な法令を示します。その化学物質が、どのような法令の規制を受けるかについてもSDSを見れば知ることができますので、該当法令を正しく理解し、その法令に基づいて、安全・衛生・環境面で適正な管理と取扱いをすることを心がけてください。

表5-6 化学物質に関する主な法令(労働安全衛生法以外)

法律	区分	備考
毒物および劇物取締法	特定毒物	特定毒物の取扱いは許可必要
	毒物	「医薬用劇物」「医薬用毒物」の表示
	劇物	毒物と劇物は別々に保管
消防法	危険物	指定数量を把握
	消防活動阻害物質	火災予防または消火活動に重大な支障を生ずるおそれがある
PRTR法	第1種指定化学物質	移動・排出量の把握
	第2種指定化学物質	第1種ほど環境中に存在しないとされる



化学物質の取扱いは、危険性や有害性に関わらず、丁寧に行うことが基本です。特に、液状のものや粉体の飛散防止や反応性の高い化学物質の取扱いには細心の注意が必要です。



(4) 化学物質や粉じん対策の保護具

リスクアセスメントの結果、設備や作業環境などに対策を行うことが最善ですが、現場によっては十分な対策が取れないことがあります。また、設備や作業環境への対策を取ったとしても、想定外の状況にそなえ、個人保護具で労働災害を防ぐ必要があります。

SDSには、使用すべき保護具の記載がありますので、それを参考にして保護具を使用して、化学物質へのばく露を最小化する作業手順の確立が必要です。

保護具の使用に際しては、対象物質に応じて適切なものを選択し、有害物質を除去するための吸収缶や粉じんフィルタなどは点検・交換により、その有効性を損なわないように確認しておく必要があります。また、顔への密着性が低いと漏れが発生するので、漏れのチェックが重要です。

保護具の例

①防毒・防じんマスク

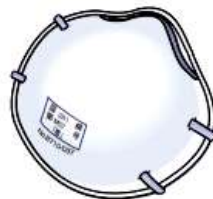
(ガス・蒸気の毒性物質と粉じんの両方が存在する場合は、防毒・防じんの両方の機能をそなえたマスクを使用します)



防毒マスク (半面型)



防毒マスク (全面型)



防じんマスク (使い捨て式)



防じんマスク (取替式)

②保護手袋



③保護めがね等



ゴーグル型



スペクトル型



顔面保護具

第6章

健康に働くためには

この章の狙い

この章では労働衛生面から労働者の健康管理を学びます。健康管理は、体の健康管理ももちろんですが、昨今ではこころの健康の面で様々な課題が浮き彫りになっていますので、そういった面での対策も必要です。また、熱中症、感染症といった課題も取り上げて説明します。

1. 労働衛生の3管理・5管理

(1)労働衛生の3管理

労働衛生の3管理とは、作業環境管理、作業管理及び健康管理の3つの管理を指します。これは労働衛生管理の基本となるものです。

・作業環境管理

作業環境中の有害因子の状態を把握して、できるかぎり良好な状態で管理していくことです。作業環境中の有害因子の状態を把握するには、作業環境測定が行われます。

・作業管理

環境を汚染させないような作業方法や、有害要因のばく露や作業負荷を軽減するような作業方法を定めて、それが適切に実施させるように管理することで、改善が行われるまでの間の一時的な措置として保護具を使用させることなども含まれます。

・健康管理

各労働者の健康の状態を健康診断により直接チェックし、健康の異常を早期に発見したり、その進行や増悪を防止したり、さらには、元の健康状態に回復するための医学的及び労務管理的な措置をすることです。最近では、労働者の高齢化に伴って健康を保持増進して労働適応能力を向上することまでを含めた健康管理も要求されるようになってきています。



(2) 労働衛生の5管理

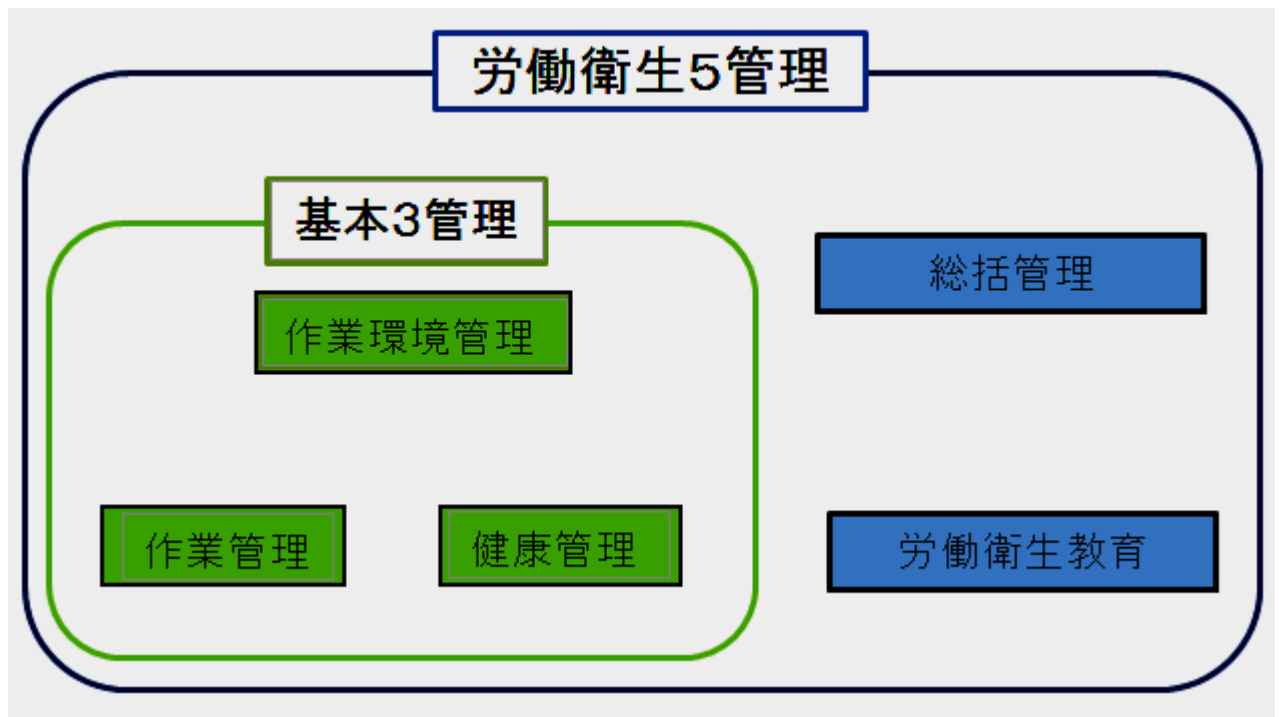
前項の3つの管理に以下の2つの管理を加えて5管理とすることもあります。

・総括管理

総合的に労働衛生対策を効果的に進めるためには、産業医や衛生管理者等の労働衛生専門スタッフが有機的に結びついて連携をとっていくとともに、安全管理さらには生産管理と一体となつて行われる必要があります。この管理のことを総括管理と呼びます。

・労働衛生教育

作業者が労働衛生管理体制や労働衛生3管理についての正しい理解をすることが大切であり、この理解を深めることを目的として行われる教育が労働衛生教育です。



2. メンタルヘルス

(1) 労働者の心の健康に関する現状

近年、業務による心理的負荷を原因として精神障害を発症し、あるいは自殺したとして労災認定が行われる事案が近年増加し、社会的にも関心を集めています。



図6-1「精神障害等による労災認定件数」

令和元年の、業務による心理的負荷を原因として精神障害を発症、または自殺にいたった業種別の内訳は下記のとおりです。

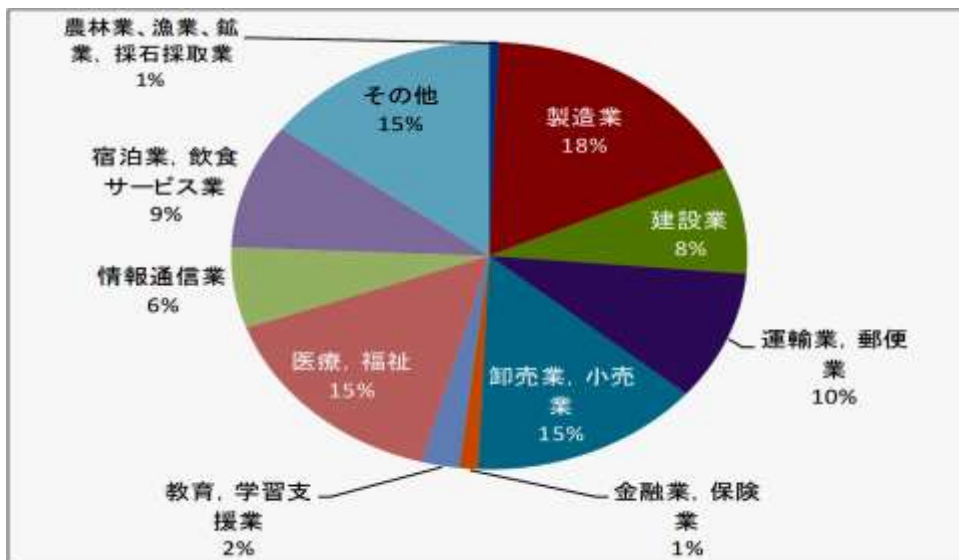


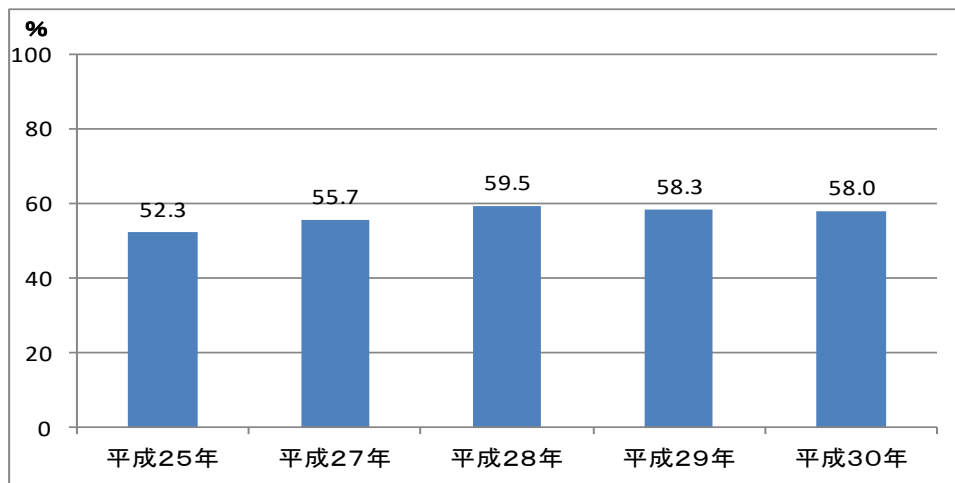
図6-2 業種別 心理的負荷を起因とした精神障害・自殺発生状況

※厚生労働省「過労死等の労災補償状況」より

<https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/000634421.pdf>

これは、経済・産業構造が大きく変化する中で、仕事や職業生活に関する強いストレスを感じている労働者が多くなっていることを起因としており、その割合は増加傾向にあります。

平成30年の厚生労働省による調査によれば、強いストレスとなっていると感じる事柄があると答えた労働者の割合は半数を超えています。



※平成26年は当該項目を調査していない。

図6-3 強いストレスとなっていると感じる事柄がある労働者割合の推移(労働者計=100%)

※厚生労働省「労働安全衛生調査」より



(2) メンタルヘルスの必要性と労働者の心の健康の保持増進のための指針について

メンタルヘルスとは文字どおり、「こころの健康」です。前項で示したように、精神障害の発生やそれを起因とした労働災害の発生があることを踏まえ、労働衛生の目的である労働者の健康を維持し、より良い職場に改善していくことを、こころの面からとらえていく活動です。

厚生労働省は、平成18年、「労働者の心の健康の保持増進のための指針(平成27年改正)」を策定し、労働安全衛生法第70条の2の規定に基づき、同法第69条の措置の適切かつ有効な実施を図るための指針として、事業場において事業者が講ずる労働者の心の健康の保持増進のための措置が適切かつ有効に実施されるよう、メンタルヘルスケアの原則的な実施方法を定めました。

労働安全衛生法

第六十九条

事業者は、労働者に対する健康教育及び健康相談その他労働者の健康の保持増進を図るため必要な措置を継続的かつ計画的に講ずるよう努めなければならない。

第七十条の二 厚生労働大臣は、第六十九条第一項の事業者が講ずべき健康の保持増進のための措置に関して、その適切かつ有効な実施を図るため必要な指針を公表するものとする。

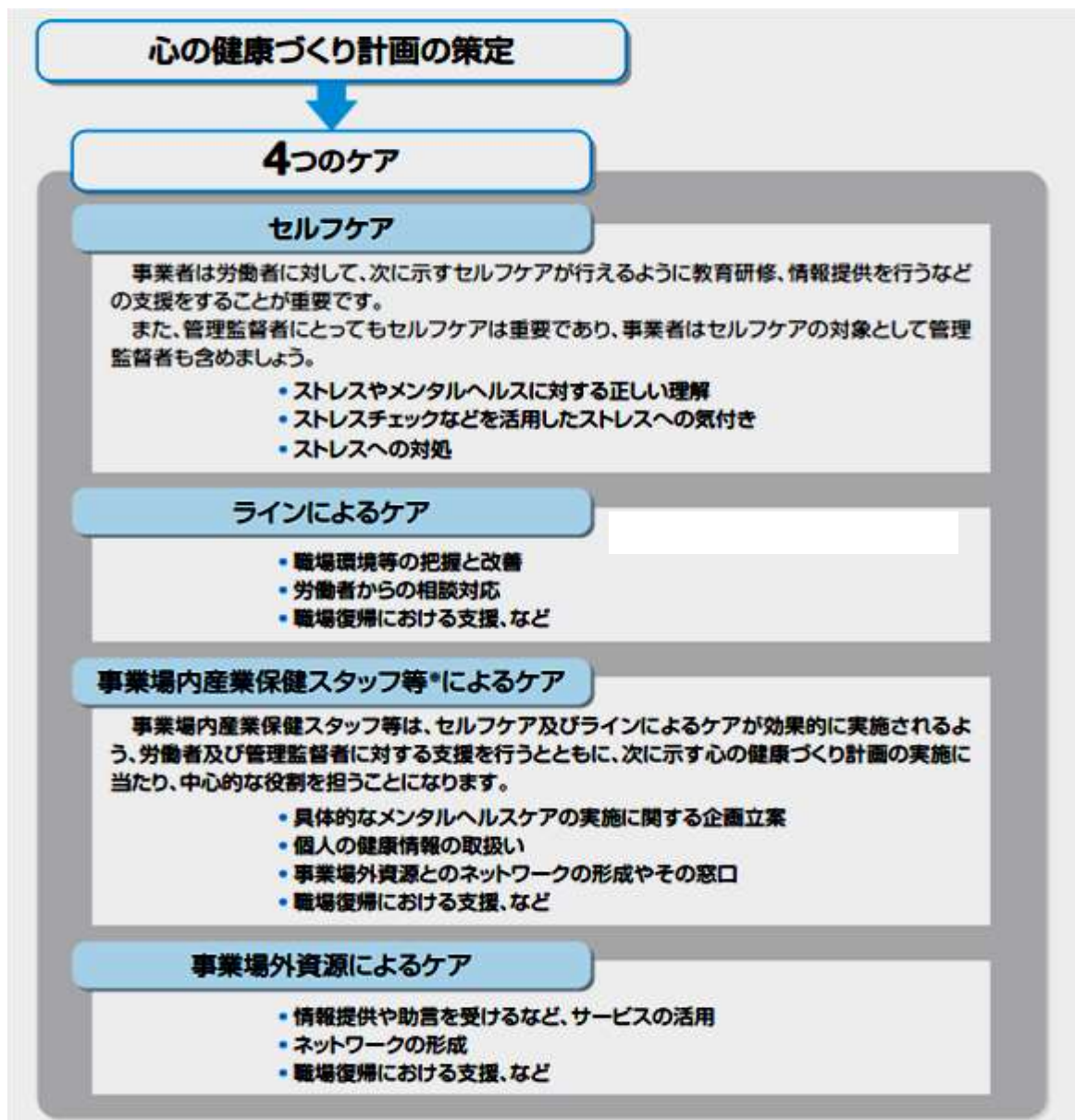
2 厚生労働大臣は、前項の指針に従い、事業者又はその団体に対し、必要な指導等を行うことができる。



(3) メンタルヘルスの4つのケア

メンタルヘルス対策で欠かせない活動、それが「セルフケア」「ラインによるケア」「事業場内産業保健スタッフ等によるケア」「事業場外資源によるケア」で構成される「4つのケア」です。

表6-1 4つのメンタルヘルスケア



※厚生労働省 独立行政法人労働者安全機構:職場における心の健康づくり(2017年)より
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11300000-Roudoukijunkyokuanzeneseibu/0000153859.pdf>

メンタルヘルスの4つのケアを推進のための取り組みとしては

- ① 管理監督者に対してメンタルヘルス教育研修を行うこと
- ② 職場環境等の改善を図ること
- ③ 労働者が自主的な相談を行いやすい体制を整えることが大切です。

(4) ストレスチェック

① ストレスチェックとは

ストレスチェック制度は、定期的に労働者のストレスの状況について検査を行い、本人にその結果を通知して自らのストレスの状況について気付きを促し、個人のメンタルヘルス不調のリスクを低減させるとともに、検査結果を集団的に分析し、職場環境の改善につなげることによって、労働者がメンタルヘルス不調になることを未然に防止することを主な目的としたものです。平成27年12月に施行されました。



②ストレスチェックの手法

ストレスチェックの手順は下記のとおりです。

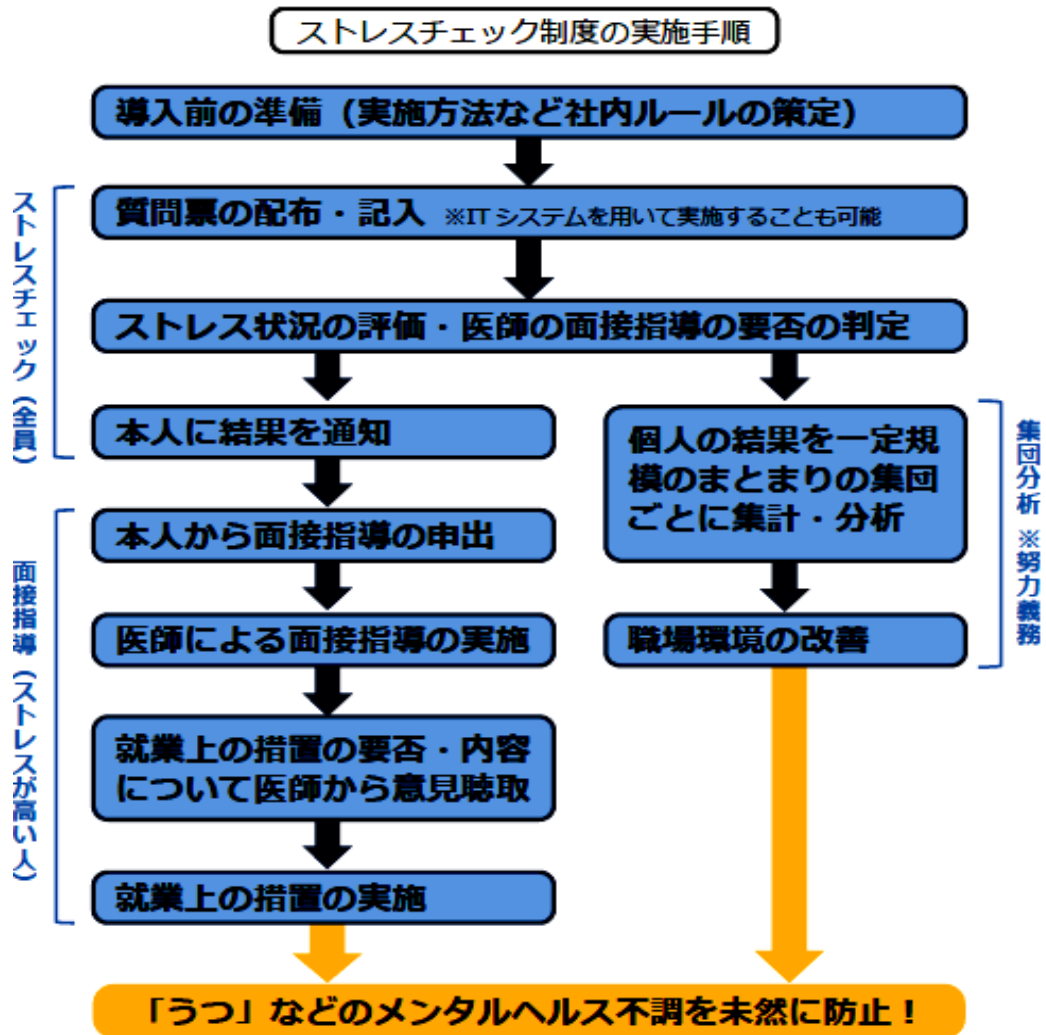


図6-4 ストレスチェック手順

※厚生労働省：ストレスチェック制度導入マニュアルより

<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/pdf/150709-1.pdf>

③ストレスチェックの効果と結果への対応

ストレスチェックによって、各個人のメンタルヘルス不調を未然に防ぐことができます。それと同時に、その結果を元に職場内に存在する「ストレスの要因」を顕在化し、対応・改善を行うことで、より働きやすい職場を実現していくことができます。

(5) 高ストレス・不眠とヒヤリハット

建設業労働災害防止協会がまとめた建設現場における不安全行動・ヒヤリハット体験に関する実態調査(平成30年11月)によると

①労働災害につながる恐れのあるヒヤリハット体験者は約6割(58.2%)

②高ストレス・不眠の者はそうでない者と比べて、ヒヤリハットの体験リスクは約1.2~2.0倍高い。

ということが示されました。これにより、改めて現場においてのメンタルヘルス対策の重要性が明らかとなりました。

調査は建設現場ですが、製造現場においても同様の関係性があると考えられます。



実際の現場では少なからず、精神障害による労働災害が発生しており、ストレスへの対処が必要です。

例えば、ついうっかりといった不安全行動が招く労災事故の背景には、しばしば不眠・疲労等の因子が関連しているケースがあります。慢性的な睡眠不足や高ストレスの状態が続くと、体内のホルモンバランスが崩れ、脳血流が低下し認知機能に影響を与えることが知られています。「不安全行動」防止の観点からもメンタルヘルスの視点を取り入れることが大切です。

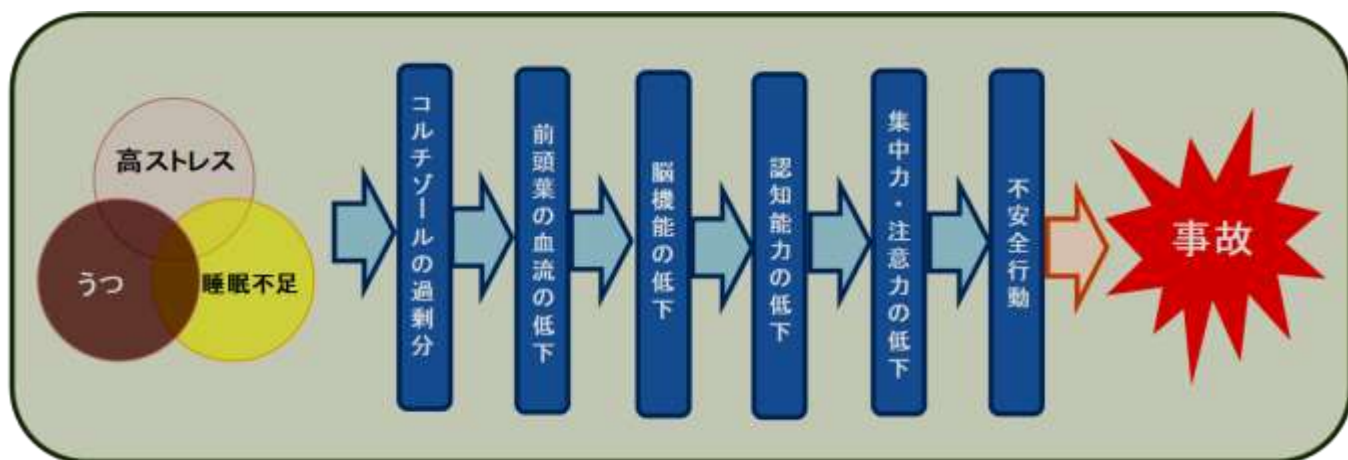


図6-5 心の健康状態と事故災害(イメージ)

参考:建設業労働災害防止協会:防災建災防方式健康KYと無記名ストレスチェック

(6) 職場環境等の改善

職場環境等の改善とは、職場の物理的レイアウト、労働時間、作業方法、組織、人間関係などの職場環境を改善することで、労働者のストレスを軽減しメンタルヘルス不調を予防しようとする方法です。

職場改善のポイントを下に記述します。

- ① 過大あるいは過小な仕事量を避け、仕事量に合わせた作業ペースの調整ができること
- ② 労働者の社会生活に合わせて勤務形態の配慮がなされていること
- ③ 仕事の役割や責任が明確であること
- ④ 仕事の将来や昇進・昇級の機会が明確であること
- ⑤ 職場でよい人間関係が保たれていること
- ⑥ 仕事の意義が明確にされ、やる気を刺激し、労働者の技術を活用するようにデザインされること
- ⑦ 職場での意志決定への参加の機会があること



3. 心とからだの健康づくり

(1) THPとは

厚生労働省は、「働く人の心とからだの健康づくり」をスローガンに、労働者の健康保持増進措置としてTHP(Total Health promotion Plan)を推進しています。

労働安全衛生法では、事業者は労働者の健康保持増進を図るために必要な措置を継続的かつ計画的に実施すること、労働者は事業者が講ずる措置を利用して、健康保持増進に努めることとされています。また、THPの基本的な考え方や事業場における具体的な実施方法について、「事業者における労働者の健康保持増進のための指針」(THP指針)が厚生労働大臣により公表されています。

(2) THPの実施方法

THP指針では、健康保持増進措置の原則的な実施方法として、およそ次のように示しています。ただし、実施に当たっては、各事業場の実態に即した形で取り組むことが望ましいとされています。

①実施計画の策定

継続的かつ計画的な実施のためには健康保持増進計画を策定するよう努めることが必要です。なお、その際、事業者が健康づくりを支援することを表明することなどが必要です。

②推進体制の確立

健康づくりを進めるためには、体制作りが必要です。具体的は

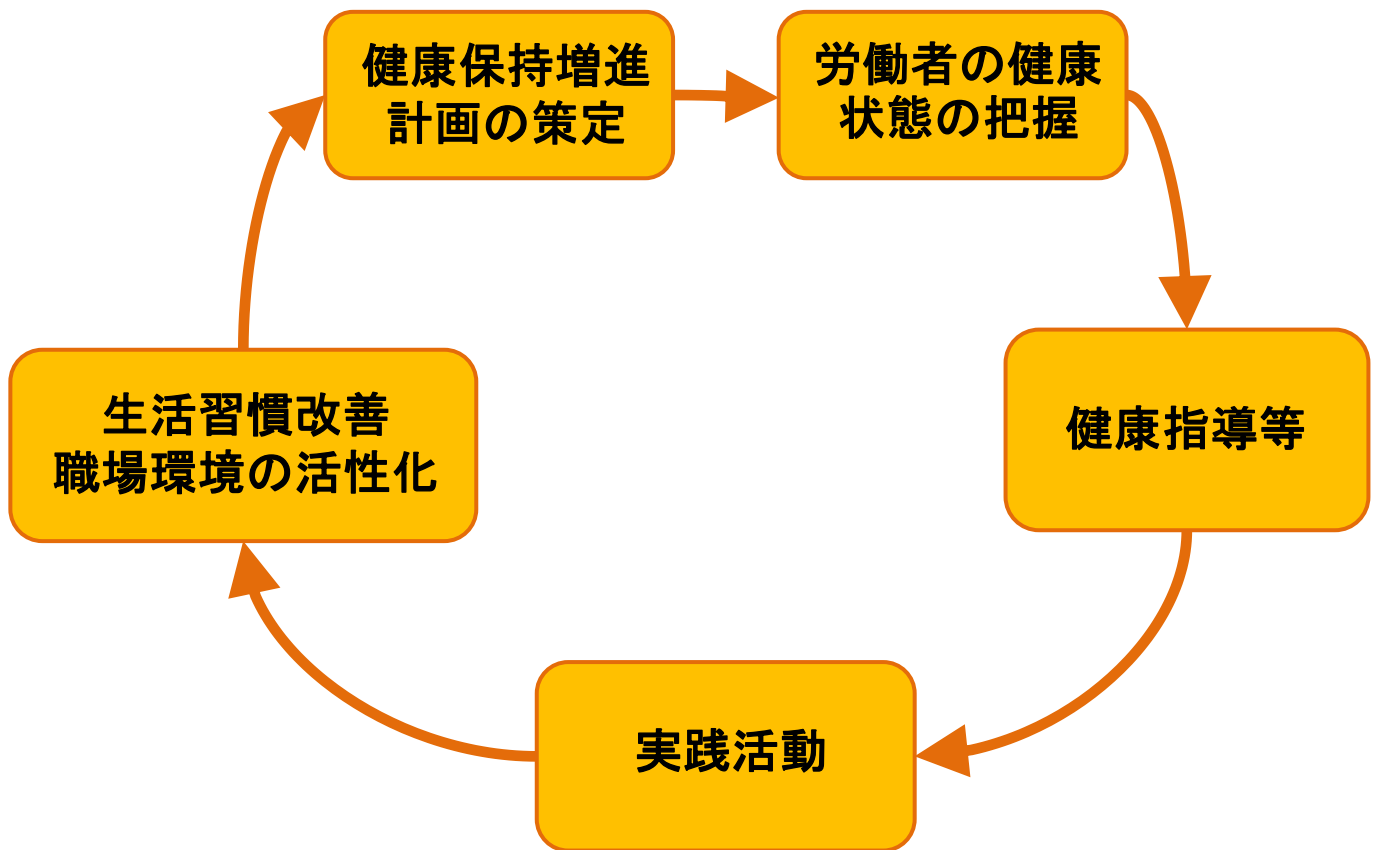
- ・健康保持増進計画の総括的推進担当者を選任(衛生管理者・衛生推進者等から)
- ・健康保持増進措置を実施するスタッフ(産業医、運動指導担当者、運動実践担当者、心理相談担当者、産業栄養指導担当者、産業保健指導担当者)の養成
- ・上記メンバーからなる健康保持増進専門委員会の設置

となりますが、すべてのスタッフを確保することが困難な場合には、健康保持増進サービス機関等に委託して実施することが適当です。

③THPの内容

THPの具体的な内容は、健康測定結果に基づいて産業医(健康測定医)が一人ひとりの健康状態に応じた指導票を作成し、これに基づき各THPスタッフが具体的な指導を行うものです。

次のようなサイクルで、進めていくことが効果的です。

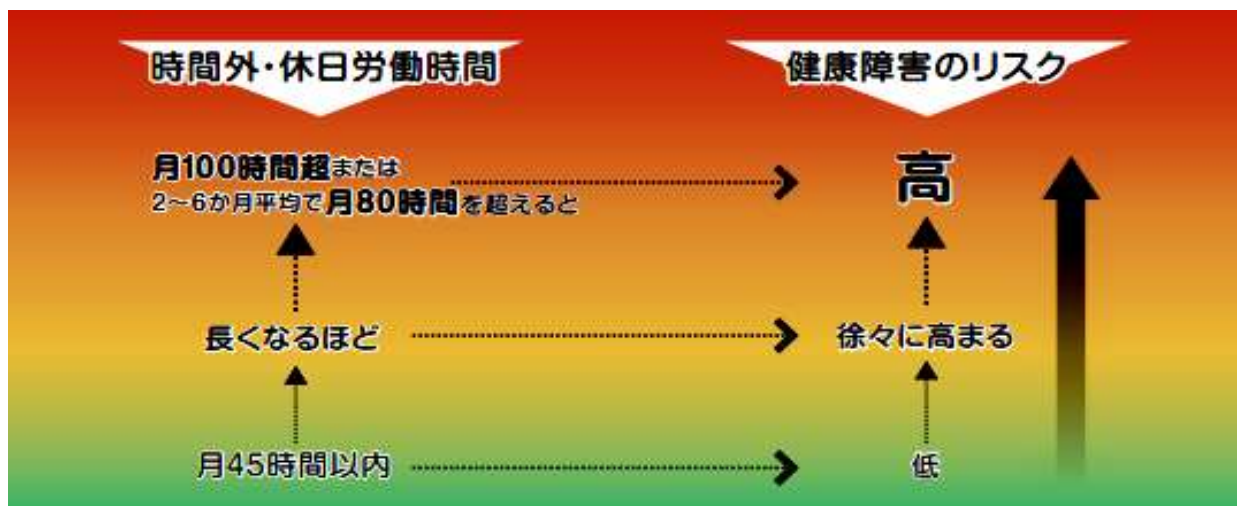


4. 過重労働

(1) 長時間労働の目安

長時間の時間外労働や休日労働などによって、過剰な労働が続くと、脳や心臓疾患を発症するリスクが高まることが医学的に知られています。

厚生労働省の見解によると、時間外労働や休日労働が月45時間を超えると健康障害のリスクが少しずつ上昇し、月100時間超もしくは2～6か月間の平均が80時間超になると、脳や心臓疾患のリスクがかなり上昇するとされています。



- ・上の図は、労災補償に関わる脳・心臓疾患の労災認定基準の考え方の基礎となった医学的検討結果を踏まえたものです。
- ・業務の過重性は、労働時間のみによって評価されるものではなく、就労態様の諸要因も含めて総合的に評価されるべきものです。
- ・「時間外・休日労働時間」とは、休憩時間を除き1週間当たり40時間を超えて労働させた場合におけるその超えた時間のことです。
- ・2～6か月平均で月80時間を超える時間外・休日労働時間とは、過去2か月間、3か月間、4か月間、5か月間、6か月間のいずれかの月平均の時間外・休日労働時間が80時間を超えるという意味です。

※厚生労働省「過重労働による健康障害を防ぐために」（令和2年7月）より

<https://www.mhlw.go.jp/content/11303000/000553560.pdf>

(2) 長時間労働の現状

月80時間の時間外労働は、週次では20時間に相当します。2015年（平成27年）に策定、2018年（平成30年）に一部変更された「過労死等の防止のための対策に関する大綱」では、この20時間に法定労働時間の週40時間を加えた週60時間労働を目安とし、2020年までに週労働時間60時間以上の雇用者の割合を5%以下とすることを目標としていますが、2018年（平成30年）実績では6.9%となっており、まだ未達です。

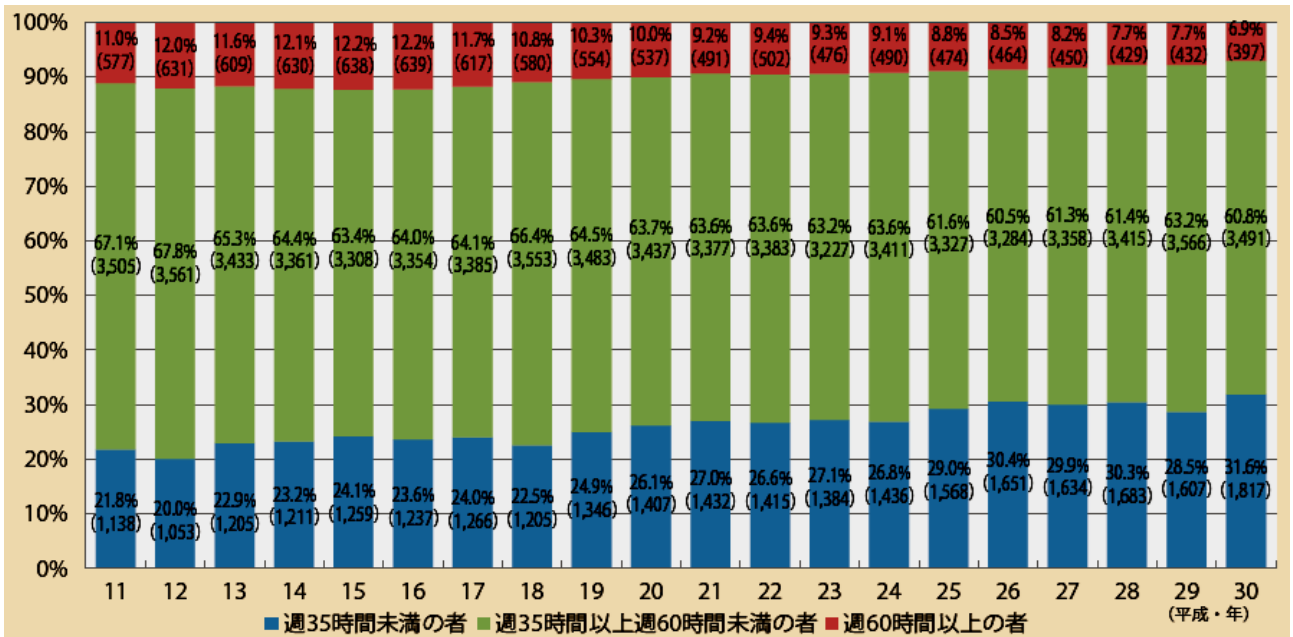


図6-6「月末1週間の就業時間別の雇用者の割合及び雇用者数」

※総務省「労働力調査」より（雇用者数の単位は万人）

(3) 過重労働による影響

勤務問題に起因する自殺者の割合は増加傾向にあり、2018年（平成30年）は2018人で自殺者総数の9.7%を占めています。

働き方改革によって過重労働是正の対策が実施されているものの、依然として長時間労働によって疲弊している人も多いことがわかります。



図6-7「自殺者数総数のうち、勤務問題を原因・動機の1つとするものの割合」

※警察庁の自殺統計原票データに基づき厚生労働省作成

業務における強い心理的負荷による精神障害を発病したとする労災請求件数は増加傾向にあり、令和元(2019)年度は2060件で、前年度比240件(+13.2%)と急増しています。労災支給決定件数は、10年前(平成21年)と比べると倍増しており、平成24(2012)年度以降は横ばい、高止まりの状態になっています。

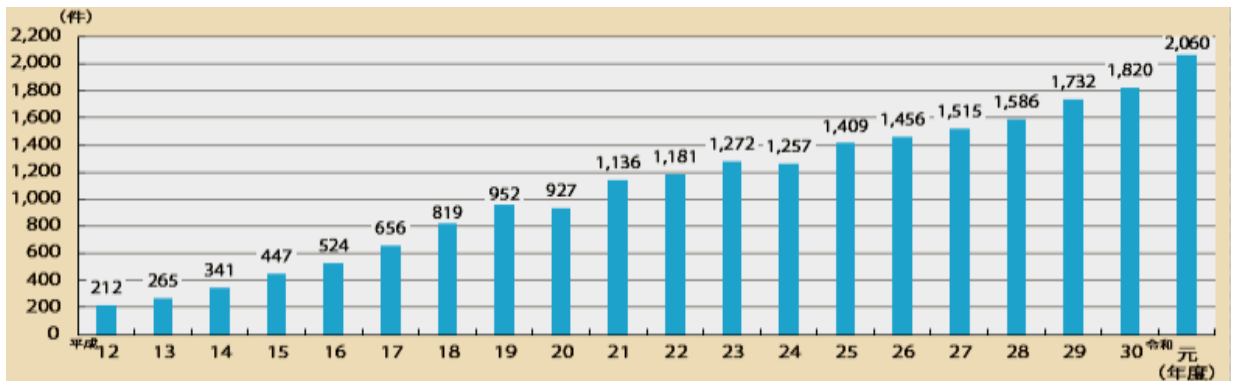


図6-8「精神障害に関わる労災請求件数の推移」

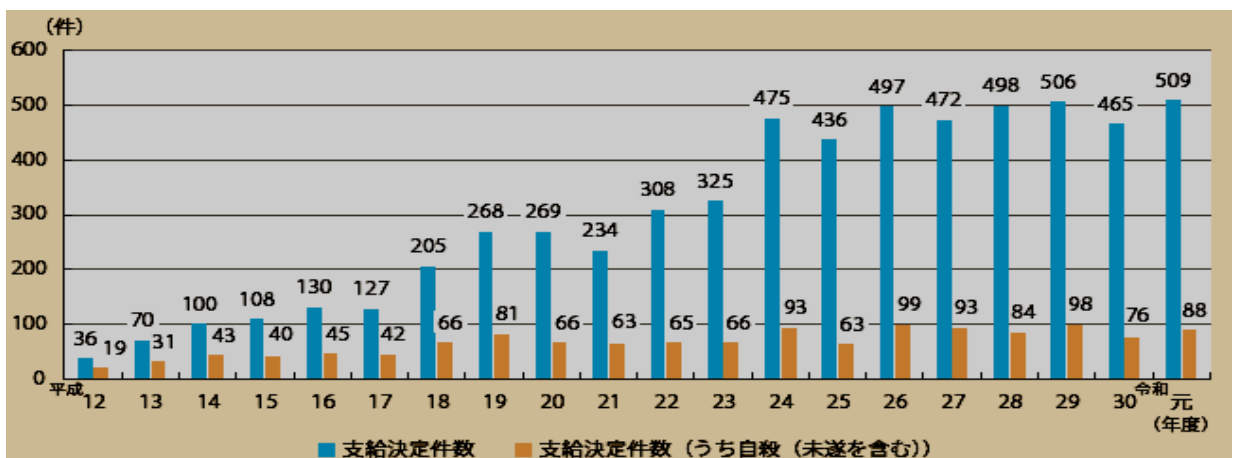


図6-9「精神障害に関わる労災支給決定件数の推移」

※厚生労働省「令和元年度過労死白書」より

(4) 過重労働による健康障害を防止するための対策

これらの状況を踏まえて、厚生労働省は労働者が疲労を回復することができないような長時間にわたる過重労働を排除していくとともに、労働者に疲労の蓄積を生じさせないようにするため、「過重労働による健康障害を防止のための総合対策」（平成18年3月策定、令和2年4月改正）を定め、事業者に対し、労働者の健康管理に関わる措置を適切に実施することを求めています。

1) 時間外・休日労働時間の削減

事業者は、実際の時間外労働を月45時間以下とするよう努めるものとする。さらに、事業者は、休日労働についても削減に努めるものとする。（労働時間の適正な把握と注意喚起）

2) 年次有給休暇の取得促進

事業者は、年次有給休暇を取得しやすい職場環境づくり、計画的付与制度の活用等により年次有給休暇の取得促進を図るものとする。

3) 労働時間等の設定の改善

事業者は、過重労働による健康障害を防止する観点から、改正後の労働時間等設定改善 指針に留意しつつ、必要な措置を講じるよう努めるものとする。

4) 労働者の健康管理に関わる措置の徹底

健康管理体制の整備、健康診断の実施等、長時間にわたる時間外・休日労働を行った労働者への面接指導等過重労働による業務上の疾病を発生させた場合の措置

※厚生労働省通達「過重労働による健康障害を防止するため事業者が講ずべき措置（令和2年4月改正）」より

5. エイジフレンドリー

少子高齢化に伴う労働力の確保や社会保障制度改革が急がれる中、働く高齢者は増加の一途をたどっています。ただ、労働災害の発生状況に目を向けると、60歳以上の死傷災害が全体の2割以上を占めるなど、高齢者の労働災害防止対策が喫緊の課題となっています。

(1) 高齢者労働災害の状況

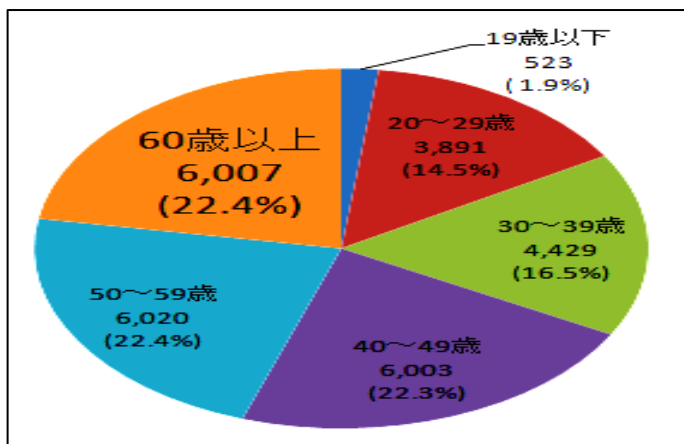


図6-10 「年齢別死傷災害発生件数(2019年)」
※厚生労働省「労働災害統計(令和元年)」より



図6-11 「年齢別・男女別死傷災害発生率(2019年)」
※厚生労働省「労働災害統計(令和元年)」より

労働者千人当たりの労働災害件数(千人率)では、男女ともに若年層に比べ高年層で相対的に高くなっています。

(25～29歳と比べ65～69歳では男性2.0倍、女性4.7倍)

(2) 高年齢労働者の課題

高年齢労働者の課題は次のように大別することができます。

高年齢労働者の課題

身体的な課題

個人の内面や意識の課題

身体的な課題とはすなわち、

- ・筋力の低下
- ・視力の低下
- ・聴力の低下
- ・俊敏性の低下

といった、目に見える課題です。



一方、個人の内面や意識の課題とは次のような課題になります。

- 1) これまでの知識と経験による判断に依存する
状況や環境が変わっても過去の経験への自信が過剰となり、ルールを軽視する場合もある。
- 2) 新しいものへの対応が難しい
集中力・記憶力・対応力が衰えているため、対応が難しくなる。そのためもあり、従来(過去)の手法へ依存しがちになる。
- 3) 若年者とのコミュニケーションが不得意
自身のプライドや立場が邪魔をし、若い人に質問しづらい。

高齢労働者の課題に取り組む際にはこういった特性も考慮する必要があります。

(3) 個人の内面や意識の課題への対応

① 身体的な課題と個人の内面や意識の課題

身体的な課題は、目に見えやすいものが多いため、比較的具体的な対応策がとりやすくなります。

例えば、重いものを小分けにして軽くする、現場で読む文字を大きくする、職場の照度をあげるなど、課題に直結させることができます。

一方で個人の内面や意識は目に見ることがないため、問題を顕在化することが困難です。

② 個人の意識と行動

一般に、個人の意識が行動を制御しているといわれています。

例えば、職場の同僚に対して挨拶をするという行動は、個人の習慣やマナーから起きていると思われています。しかし、実際は、職場の同僚に対して挨拶をするという行動は、同僚からの挨拶を返されるといった反応につながります。もし、同僚に挨拶しても、その同僚から無視され続けたら、恐らくその同僚へは挨拶しなくなるのではないのでしょうか。このことから職場における挨拶は、個人の習慣やマナーというよりも、自分が挨拶することで同僚からも挨拶されるようになるという状況の変化を起し、その状況の変化が意識に変化を促し、行動を制御し、挨拶をし続けるという行動につながると考えられます。

すなわち、なんらかの環境の変化や他者の反応が個人の意識と行動に影響を与えるということです。

③ 行動と意識は密接な相関関係

このように考えると、「意識が行動を制御している」という発想から、「環境要因によって個人の行動を制御し、その制御された行動を繰り返すことによって個人に安全に対する意識が醸成される」という発想へ転換することで、現場で個人の内面や意識の課題に対して、実践的な対策を策定するための手掛かりが見えてきます。

「意識」は他者が直接的に制御することはできませんが、「行動」は他者からの観察が可能です。したがって、他者を含めた環境を刺激し、その行動を制御することによって、個人の内面や意識への働きかけが可能であるといえます。

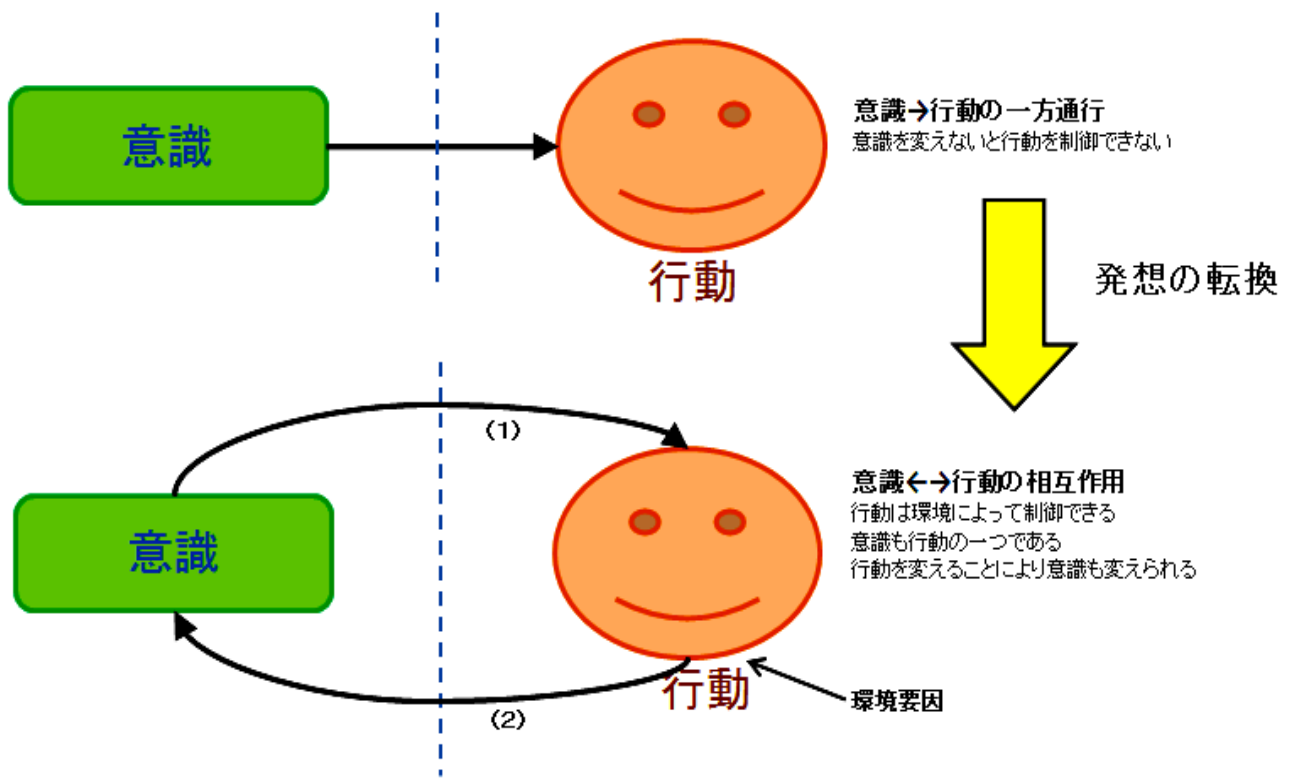


図6-12 個人の意識と行動

④高年齢労働者の労働安全対策

この考え方から高年齢労働者の安全対策は、目に見える身体的な課題への対応のほか、個人の内面や意識への課題への対応も必要となります。具体的には下記のような施策です。

- 1) 高年齢労働者の「行動」に注目
- 2) 個人の内面や意識の課題を明確化
- 3) 意識を刺激するような職場環境づくり

例・新しい設備や作業方法を高齢労働者にも分かりやすく教育
 ・新しい設備や作業方法のメリットを体験
 ・若年層を交えた職場内コミュニケーション機会の創設
 ・高年齢労働者の知識経験を有効に作業方法に取り入れ

このような環境変化によって、高年齢労働者にとっても働きやすい職場環境を作ることができます。

<参考：厚生労働省委託事業「高年齢労働者の活躍促進のための安全衛生対策」
 （中央労働災害防止協会：平成29年3月）>

(4) 求められる取り組み

① 事業者求められる取組

1) 安全衛生管理体制の確立等

経営トップ自らが安全衛生方針を表明し、担当する組織や担当者を指定します。さらに、高年齢労働者の身体機能の低下等による労働災害についてリスクアセスメントを実施します。



図6-13 事業場における安全衛生管理の基本的体制

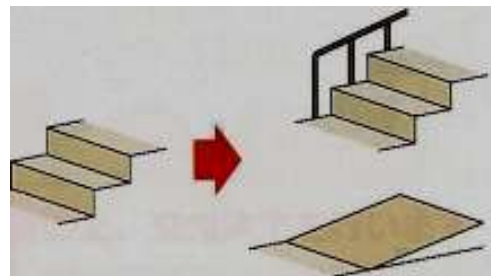
※厚生労働省「高年齢労働者の安全と健康確保のためのガイドライン」より

2) 職場環境の改善

照度の確保、段差の解消、補助機器の導入等、身体機能の低下を補う設備・装置の導入を図ります。また、勤務形態等の工夫、ゆとりのある作業スピード等、高年齢労働者の特性を考慮した作業管理を行うようにします。



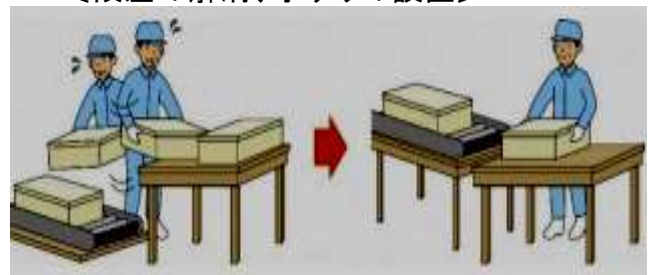
〔照度の確保〕



〔段差の解消、手すりの設置〕



〔警告音量や警告ランプ設置位置の変更〕



〔作業台の高さ変更〕

図6-14 対策の例

※厚生労働省「高年齢労働者の安全と健康確保のためのガイドライン」より

3) 高年齢労働者の健康や体力の状況の把握

健康診断を確実に実施し、働く高齢労働者が自らの健康状況を把握できるようにします。主に高年齢労働者を対象とした体力チェックを継続的に行うよう努めます。

4) 高年齢労働者の健康や体力の状況に応じた対応

高齢者に適切な就労の場を提供するため、職場における一定の働き方のルールを構築するよう努めます。労働者の健康や体力の状況は、高齢になるほど個人差が拡大するとされており、個々の労働者の健康や体力の状況に応じて、安全と健康の点で適合する業務を高年齢労働者とマッチングさせるよう努めることが必要です。

さらに、業種特有の就労環境に起因する労働災害があることや、労働時間の状況や作業内容により、個々の労働者の心身にかかる負荷が異なることに留意します。

また、何らかの疾病を抱えながらも働き続けることを希望する高年齢労働者の治療と仕事の両立を考慮することが必要です。

複数の労働者で業務を分けあう、いわゆるワークシェアリングを行うことにより、高年齢労働者自身の健康や体力の状況や働き方のニーズに対応することも考えられます。

5) 安全衛生教育

高齢者対象の教育では、作業内容とリスクについて理解させるため、十分な時間をかけ、写真や図、映像等、文字以外の情報を活用します。再雇用や再就職等で経験のない業種や業務に従事する場合には、特に丁寧な教育訓練が必要です。

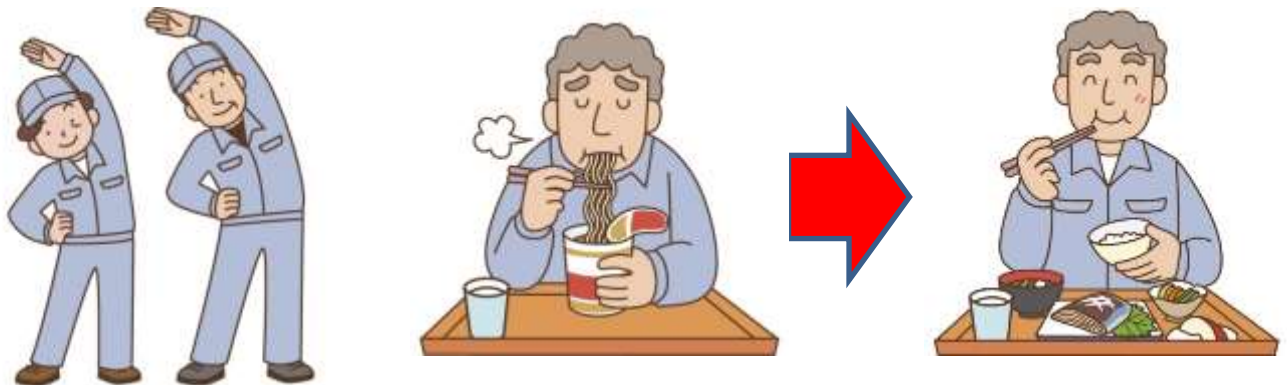
②労働者に求められる取組

労働者は、事業者が実施する労働災害防止対策の取組に協力します。その一方で、自らの身体機能や健康状況を客観的に把握し、健康や体力の維持管理に努めることが必要です。そのためには、日頃から運動を取り入れ、食習慣の改善等により体力の維持と生活習慣の改善に取り組むことが大切です。

<コラム: 高年齢労働者が働きやすい環境づくり>

高年齢労働者は個人の内面や意識の課題があり、単に教育する、注意するのではなく、働きやすい環境を提供して結果として安全な行動につなげる必要があります。具体的な例を示します。

- ・新しい設備や作業方法などについても高年齢労働者がわかりやすく扱えるよう、マニュアル、教育、体験会、テスト操業を行います。またその際、高年齢労働者がこれまで蓄積してきた知識や経験を、作業方法などに反映させ、モチベーションがあがるような工夫をします。
- ・若年層の労働者と触れ合う機会を多く作り、どんなことでもお互いに発言し合えるような環境をつくれます。



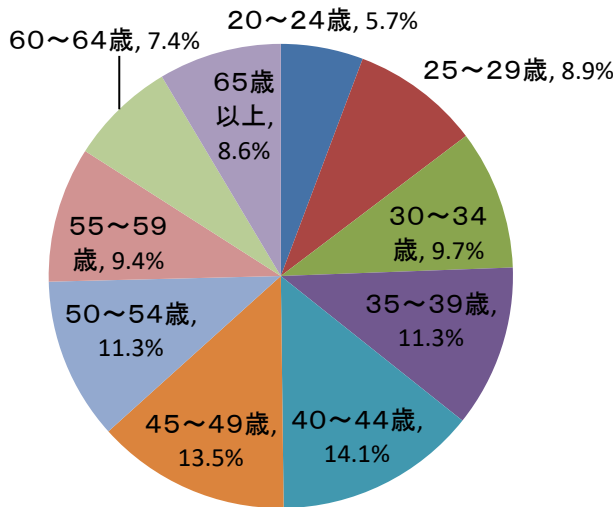
(5) 国・関係団体等による支援の活用

事業者は労働災害防止対策に取り組むに当たり、国、関係団体等による支援策を効果的に活用することが望ましいとされています。具体的には、個別事業場に対するコンサルティング等の活用やエイジフレンドリー補助金等の支援策の活用などです。

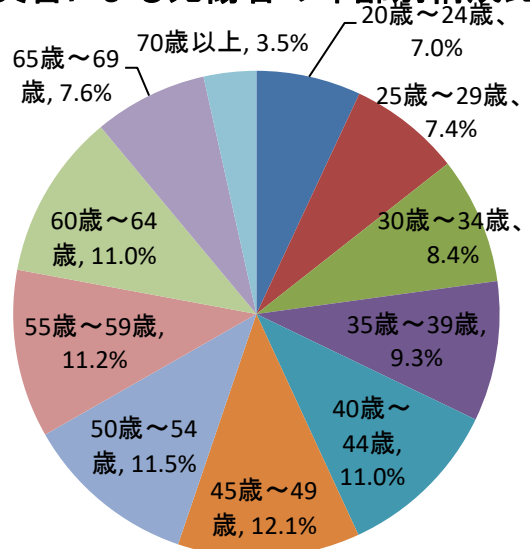


<参考：製造業就業者・労働災害死傷者の年齢別構成比（平成28年度）>

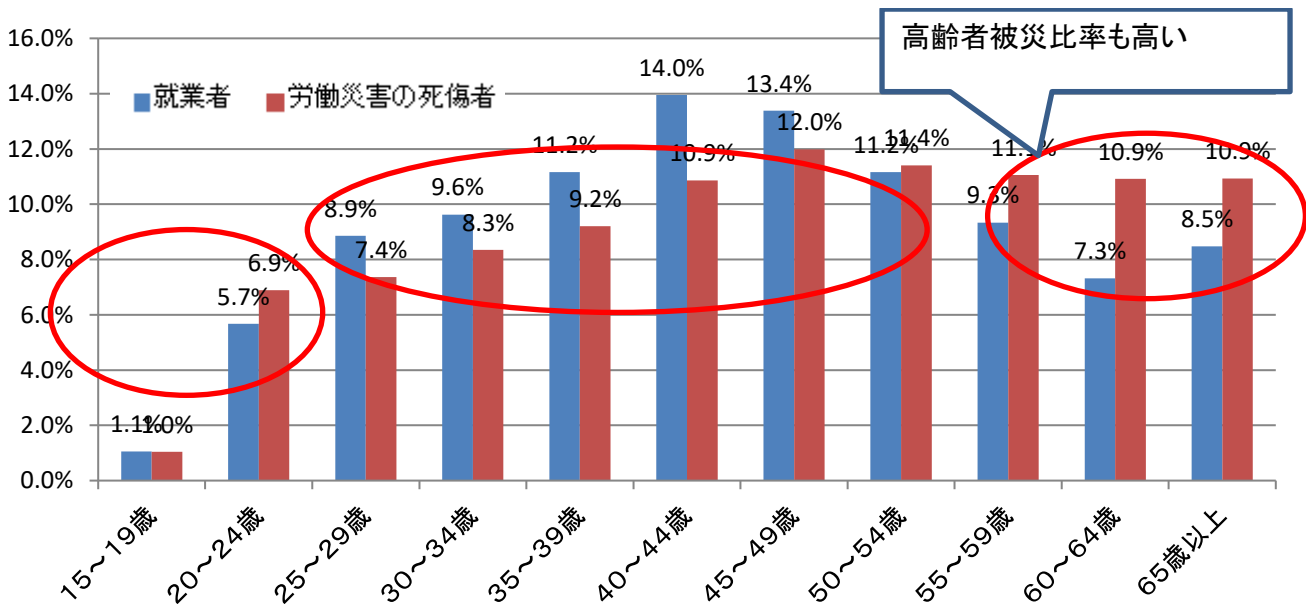
就業者の年齢別構成比



労働災害による死傷者の年齢別構成比



それぞれの数値を年齢別に比較すると下記グラフのようになる



- ・20歳から24歳は就業者数に対して被災者数が多い。
- ・25歳から49歳までは就業者数に対して被災者数は低くなっている。
- ・50歳を境に再び就業者に対する被災者数が多くなっている。

<コラム:健康づくりには時間がかかる>

高年齢労働者の割合は次第に高まってきており、今後とも増加する傾向にあります。これは、単に生産性の維持・向上といった側面に限らず、安全技能の伝承といった観点からも、高年齢労働者が担う社会的役割の重要性が今後さらに高まることを意味します。

加齢に伴う心身機能の変化は古来より不可避な現象です。労働者の基礎的資源として位置づけられる健康確保(健康づくり)については、職場としての努力もさることながら、個々人の日頃の取組みの重要性も無視できません。

加齢に伴う心身機能の変化は、それが客観的に把握された時点からすぐに改善を図ったとしても、数年後にようやく効果が表れてくるかどうか…という性質のものです。また、安全意識の醸成や行動の変容にはさらに多くの時間を費やす必要があります。すなわち、職場の高年齢化対策の効果が現れてくるまでにはかなりのタイム・ラグがあることを念頭におけば、どれほど早い時期から取組みを実現しどれほど持続できるかが、将来を左右することになるのです。

6. 熱中症対策

(1) 熱中症の現状

熱中症とは、高温多湿な環境下において、体内の水分と塩分（ナトリウムなど）のバランスが崩れたり、体内の調整機能が破綻するなどして、発症する障害の総称をいいます。厚生労働省の調査によると、過去9年間の職場での熱中症による死傷災害による発生状況は、近年の気候変動もあり、死傷者数、死亡者数とも高止まりの状態にあります。

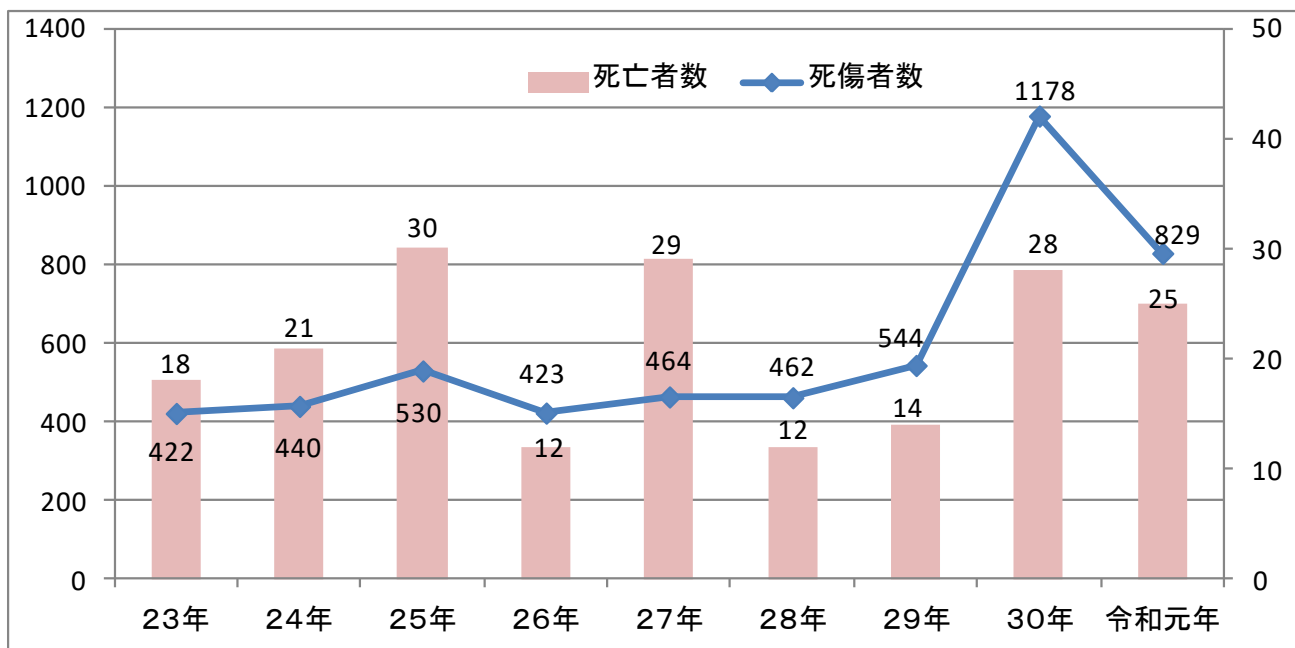


図6-15 職場における熱中症死傷者数推移

※厚生労働省「職場における熱中症死亡災害の発生状況」より

厚生労働省は、平成30年に熱中症によって死亡した全28人について発生状況の障害を調査しており、その結果は以下のとおりです。

- ①28人のうち、25人については、WBGT値(コラム参照)の測定を行っていなかった。
- ②28人のうち、14人については、被災者に対する熱順化(体が徐々に熱に対応できるようになること及びその措置)が適切に行われていなかった。

- ③ 28人のうち、14人については、事業者が水分や塩分の準備をしていなかった。
- ④ 28人のうち、7人については、労働安全衛生法第66条に基づく健康診断が適切に行っていなかった。

熱中症はその症状によって、重症度が分類されています。重症の場合死亡に直結することは良く知られているとおりですが、重症の症状が現れる前に早めの手当てが必要です。

分類	I度	II度	III度
症状	めまい・失神、筋肉痛・ 筋肉の硬直、大量の発汗	頭痛・気分の不快・吐き気・ 嘔吐・倦怠感・虚脱感	意識障害・けいれん・ 手足の運動障害、 高体温
重症度			

**II度に分類される症状が現れた場合は、病院などに搬送することが望ましく、
III度に分類される症状が現れた場合は、直ちに救急隊を要請する必要があります。**

※厚生労働省「職場の熱中症予防対策は万全ですか？」(2020年版)より

<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/000634988.pdf>

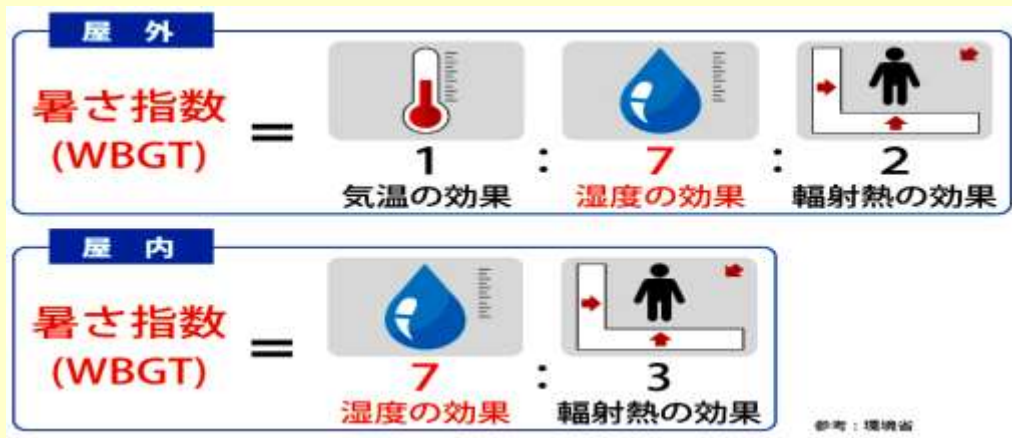
<コラム:WBGT値>

WBGT値(暑さ指数:湿球黒球温度)とはWet-Bulb Globe Temperatureの略称で、人間の熱バランスに影響の大きい

気温 湿度 輻射熱

の3つを取り入れた温度の指標です。熱中症の危険度を判断する数値として、環境省では平成18年から情報提供しています。

輻射熱とは放射熱とも呼ばれます。熱の伝わり方には伝導・対流・輻射の3つがあります。輻射熱とは、遠赤外線熱線によって伝わる熱のことです。太陽の直射日光を浴びて熱いと感じることやアスファルトの照り返しで熱いと感じるのもこの影響です。WBGTは屋外、屋内では計算方式が異なります。



暑さ指数は、気温と同じ単位(°C)ですが、気温だけではありません。湿度が重要な指数になっています。



なぜ湿度の効果が7割を占めているのでしょうか？

湿度が高い場所では汗が蒸発しにくいので、身体から空気へ熱を放出する能力が減少してしまいます。そのため熱中症になりやすくなるからです。



気温の効果は通常の温度計(乾球温度計)、湿度の効果は湿球温度計、輻射熱の効果は黒球温度計で測った数値(°C)でWBGTも°Cで表現します。湿度の効果が非常に大きいことが特徴です。

<参考:環境省「熱中症予防情報サイト」>

https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt_data.php

＜参考：「身体作業強度等に応じたWBGT基準値」＞

区分	身体作業強度(代謝率レベル)の例	WBGT基準値				
		熱に順化している人(℃)		熱に順化していない人(℃)		
0 安静	・ 安静	33		32		
1 低代謝率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 楽な座位 ・ 軽い手作業(書く、タイピング、描く、縫う、簿記) ・ 手及び腕の作業(小さいペンチツール、点検、組み立てや軽い材料の区分け) ・ 腕と足の作業(普通の状態での乗り物の運転、足のスイッチやペダルの操作) ・ 立位 ・ ドリル(小さい部分) ・ フライス盤(小さい部分) ・ コイル巻き ・ 小さい電気巻き ・ 小さい力の道具の機械 ・ ちょっとした歩き(速さ3.5km/h) 	30		29		
2 中程度代謝率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 継続した頭と腕の作業(くぎ打ち、盛土) ・ 腕と脚の作業(トラックのオフロード操縦、トラクター及び建設車両) ・ 腕と胴体の作業(空気ハンマーの作業、トラクター組立て、しつこい塗り、中くらいの重さの材料を断続的に持つ作業、草むしり、草掘り、果物や野菜を摘む) ・ 軽量の荷車や手押し車を押したり引いたりする ・ 3.5～5.5km/hの速さで歩く ・ 鍛造 	28		26		
3 高代謝率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 強度の腕と胴体の作業 ・ 重い材料を運ぶ ・ 大ハンマー作業 ・ 草刈り ・ 硬い木にかんなをかけたりのみで彫る ・ 5.5～7.5km/hの速さで歩く ・ 重い荷物の荷車や手押し車を押ししたり引いたりする ・ 鋳物を削る ・ コンクリートブロックを積む 	<ul style="list-style-type: none"> ・ シヤベルを使う ・ のこぎりをひく ・ 掘る 	気流を感じないとき	気流を感じるとき	気流を感じないとき	気流を感じるとき
		25	26	22	23	
4 極高代謝率	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最大速度の速さでとても激しい活動 ・ おのを振るう ・ 激しくシヤベルを使ったり掘ったりする ・ 階段を登る、走る、7km/hより速く歩く 	23	25	18	20	

※ 本表は、日本工業規格Z8504(人間工学—WBGT(湿球黒球温度)指数に基づく作業者の熱ストレスの評価—暑熱環境) 附属書A「WBGT熱ストレス指数の基準値表」を基に、同表に示す代謝率レベルを具体的な例に置き換えて作成したものです。
 ※ 熱に順化していない人とは、「作業する前の週に毎日熱にばく露されていなかった人」のことをいいます。

※厚生労働省「職場における熱中症予防対策」をご存知ですか？(平成23年)より

(2) 製造業における熱中症の発生

平成27年～令和元年の業種別の熱中症による死傷者・死亡者数を見ると建設業・製造業において非常に多く発生していることがわかります。

近年では製造業での死傷者数が急増(5年間で約2.2倍)しており、令和元年では初めて建設業の死傷者数を上回りました(製造業184人、建設業153人)。屋内であっても熱中症発生のリスクが高まっています。

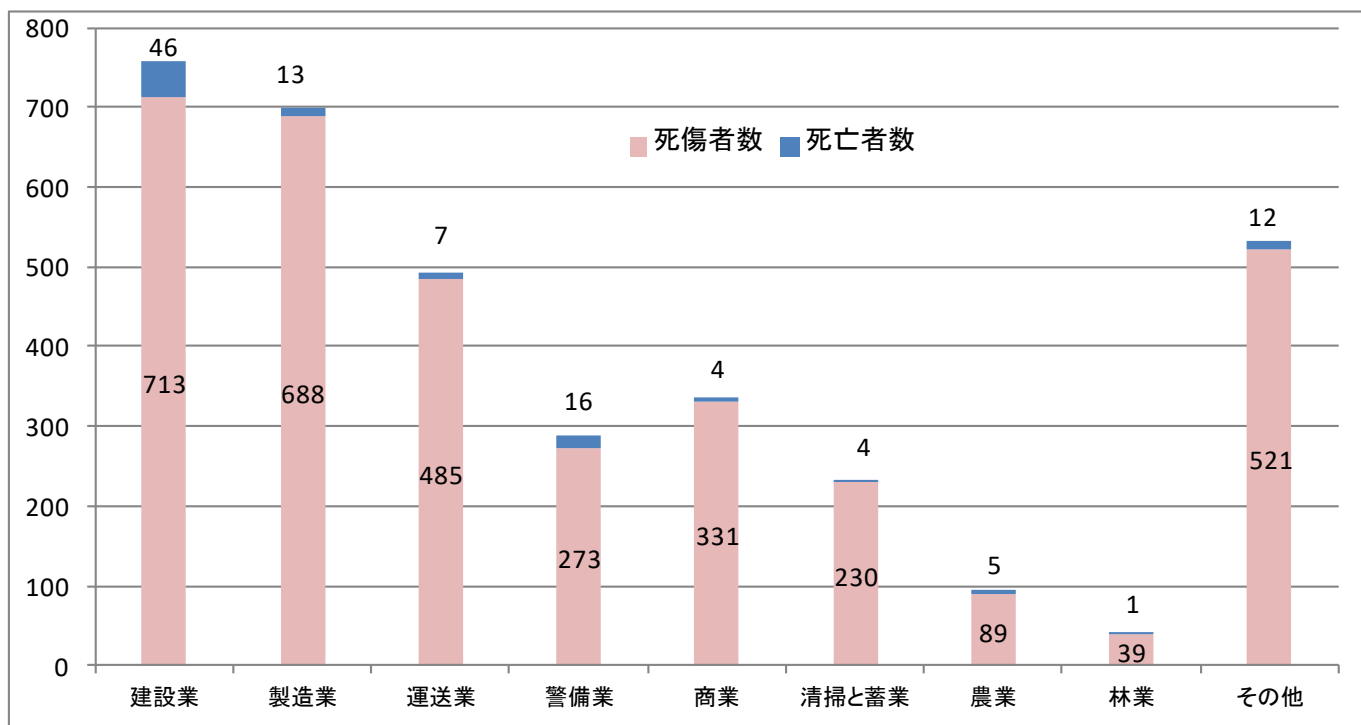


図6-16 業種別熱中症死亡者数(平成27年～令和元年計)

(3) 製造業における熱中症の対策

- ① WBGT値(暑さ指数)の活用
JIS規格「JIS B 7922」に適合した暑さ指数計を準備しましょう。
- ② 作業計画の策定
暑さ指数に応じて、作業の中止、休憩時間の確保などができるよう余裕を持った作業計画をたてましょう。
- ③ 設備対策・休憩場所の確保
通風または冷房設備や ミストシャワーなどの設置により、暑さ指数を下げる方法を検討しましょう。また、作業場所の近くに冷房を備えた休憩場所を確保しましょう。
- ④ 透湿性・通気性の良い服装や帽子の着用
通気性のいい作業着を準備しておきましょう。身体を冷却する機能をもつ服の着用も検討しましょう。
- ⑤ 熱中症を予防するための安全衛生教育の実施
熱中症の防止対策について、教育を行いましょ。
- ⑥ 労働衛生管理体制の確立
衛生管理者などを中心に、事業場としての管理体制を整え、必要なら熱中症予防管理者の選任も行いましょ。
- ⑦ 緊急事態の措置の確認
体調不良時に搬送する病院や緊急時の対応について確認を行い、周知しましょ。

注意 マスク着用により、熱中症のリスクが高まります

マスクを着けると皮膚からの熱が逃げにくくなったり、気づかないうちに脱水になるなど、体温調節がしづらくなってしまいます。暑さを避け、水分を摂るなどの「熱中症予防」と、マスク、換気などの「新しい生活様式」を両立させましょ。

※マスクは感染症対策の一つですが、マスクを着用していない場合と比べると、心拍数や呼吸数、血中二酸化炭素濃度、体感温度が上昇するなど、身体に負担がかかることがあります。したがって、高温や多湿といった環境下でのマスク着用は、熱中症のリスクが高くなるおそれがあるので、注意が必要です。マスクを着用する場合には、強い負荷の作業や運動は避け、こまめな水分補給を心がけましょ。

7. 感染症対策

(1) 感染症とは

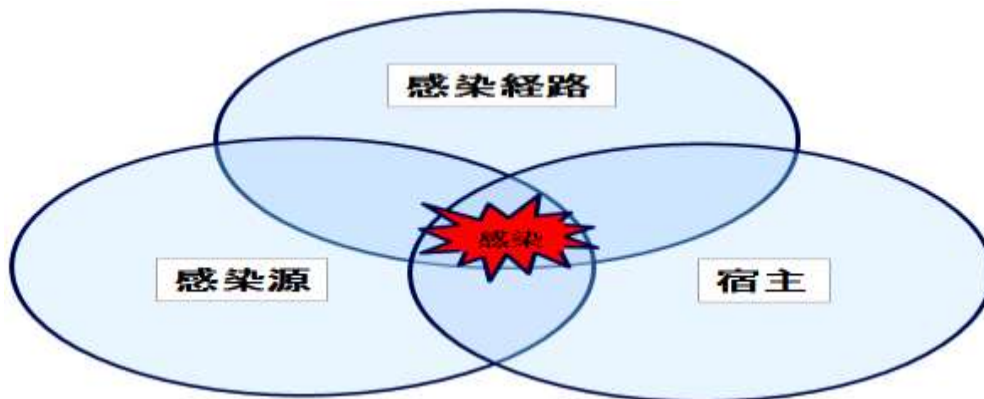
病原菌やウイルスが体内で増えることで起きる病気で、風邪のように身近なもの、エボラ出血熱のように重症化する可能性の高いものなど、様々な病気が指定されています。

(感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律より)

労働安全衛生法では、「事業者は、伝染性の疾病その他の疾病で、厚生労働省令で定めるものにかかった労働者については、厚生労働省令で定めるところにより、その就業を禁止しなければならない。」としています。

(2) 感染成立の3要素

下記の3つの要素が揃うことで感染症が発生します。



① 感染源

感染症の原因となるウイルスや細菌を含んでいるもののことをいいます。以下のものは感染源となる可能性があります。

- ① 嘔吐物、排泄物(便・尿等)、創傷皮膚、粘膜等
- ② 血液、体液、分泌物、(喀痰、膿等)
- ③ 使用した器具、器材
- ④ 上記に触れた手指

②感染経路

ウイルスや細菌が体内に入る方法のことです。以下のようなものがあります。

表6-2 感染症の主な広がり方の種類

感染の広がり方	説明	該当する感染症
飛沫感染	咳やくしゃみの飛沫で広がる	いわゆる風邪、インフルエンザ、風疹、COVID-19など
空気感染 (飛沫核感染)	飛沫の水分で空気中で蒸発して飛沫核(微粒子)になっても感染が広がる	はしか、結核など
接触感染	皮膚や粘膜を通して感染が広がる	性感染症、エボラ出血熱など
経口感染	感染動物由来の肉や糞便で汚染された水などを飲食して感染する	病原性大腸菌(O157など)、赤痢など
昆虫媒介感染	蚊などの媒介生物を介しての感染が広がる	日本脳炎、マラリア、デング熱など

※中央労働災害防止協会「新入者安全衛生テキスト」より

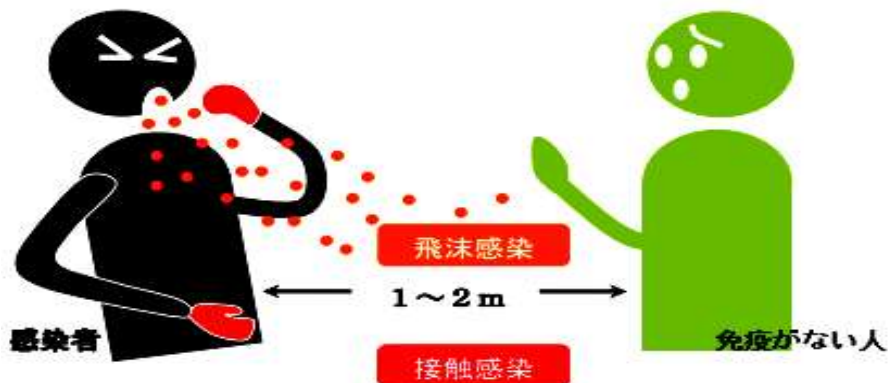


図6-17 感染経路の例

※厚生労働省「新型インフルエンザ等発生時の業務継続ガイドライン」より

③宿主(感染を受けやすい人)

ウイルスや細菌が増殖しやすい場所(生物)のことです。例えば抵抗力が弱い人が該当します。感染防止のためには「宿主の抵抗力の向上」が必要とされています。宿主の抵抗力を向上させるためには、日ごろから十分な栄養と睡眠をとるとともに、ワクチン接種によりあらかじめ免疫を得ることも重要です。

④感染拡大防止のために特に重要な点

感染成立の3要素を取り除くことが感染対策として重要ですが、拡大防止のためには感染経路の遮断が特に重要であるとされています。

(3) 感染症を広げないために

厚生労働省では、COVID-19感染防止対策の基本事項となる以下の5つの取組ポイントとチェックリストを定め、これをもとに、それぞれの職場における感染症対策の検討と実施を求めています。

- ①テレワーク・時差出勤等を推進しています。
- ②体調がすぐれない人が気兼ねなく休めるルールを定め、実行できる雰囲気を作っています。
- ③職員間の距離確保、定期的な換気、仕切り、マスク徹底など、密にならない工夫を行っています。
- ④休憩所、更衣室などの“場の切り替わり”や、飲食の場など「感染リスクが高まる『5つの場面』」での対策・呼びかけを行っています。
- ⑤手洗いや手指消毒、咳エチケット、複数人が触る箇所の消毒など、感染防止のための基本的な対策を行っています。

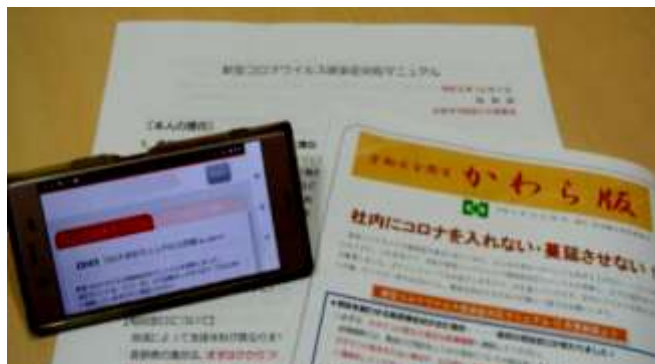
「職場におけるCOVID-19の拡大を防止するためのチェックリスト」(イメージ)

項	目	確認
1 感染予防のための体制		
	・事業場のトップが、新型コロナウイルス感染症の拡大防止に積極的に取り組むことを表明し、労働者に対して感染予防を推進することの重要性を伝えている。	はい・いいえ
	・事業場の感染症予防の責任者及び担当者を任命している。(衛生管理者、衛生推進者など)	はい・いいえ
	・会社の取組やルールについて、労働者全員に周知を行っている。	はい・いいえ
	・労働者が感染予防の行動を取るよう指導することを、管理監督者に教育している。	はい・いいえ
	・安全衛生委員会、衛生委員会等の労使が集まる場において、新型コロナウイルス感染症の拡大防止をテーマとして取り上げ、事業場の実態を踏まえた、実現可能な対策を議論している。	はい・いいえ
	・職場以外でも労働者が感染予防の行動を取るよう感染リスクが高まる「5つの場面」や「新しい生活様式」の実践例について、労働者全員に周知を行っている。	はい・いいえ
	・新型コロナウイルス接触確認アプリ(COCOA)を周知し、インストールを労働者に勧奨している。	はい・いいえ
2 感染防止のための基本的な対策		
(1) 事業場において特に留意すべき事項である「取組の5つのポイント」		
	・「取組の5つのポイント」の実施状況を確認し、職場での対応を検討の上、実施している。	はい・いいえ
(2) 感染防止のための3つの基本: ①身体的距離の確保、②マスクの着用、③手洗い		
	・人との間隔は、できるだけ2m(最低1m)空けることを求めている。	はい・いいえ
	・会話をする際は、可能な限り真正面を避けることを求めている。	はい・いいえ
	・外出時、屋内にいるときや会話をするとき、症状がなくてもマスクの着用を求めている。	はい・いいえ

※厚生労働省「職場における新型コロナウイルス感染症対策実施のため～取組の5つのポイントを実施しましょう」より

＜職場における感染防止対策の実践例＞

COVID-19感染者が発生した場合の対応手順の作成



感染者が発生した場合の対応手順を定め、社内イントラネットや社内報で共有した。

複数人が触る箇所の消毒



複数人が触る可能性がある機械のスイッチ類を定期的に消毒することを徹底した。

ITを活用した対策



スマートフォン用無線機を導入し、社員同士や作業従事者との会話に活用。3密を避けたコミュニケーションをとるようにした。

休憩所での対策



休憩室の机の中央を注意喚起付きのパーテーションで区切り、座席も密とならないよう二人掛けにし、対面とならないよう斜めに配置した。

※厚生労働省「職場における新型コロナウイルス感染症対策実施のため～取組の5つのポイントを実施しよう」より

(4) 感染症予防対応として製造業に求められること

感染症予防対策として製造業では以下のような対策が必要です。

① 勤務時間や配置の見直しによる作業スペースの確保

製造現場でも労働者の密集を避けるために勤務時間や(機械設備や人員の)配置の見直しなどによる新たな勤務体制を確立し、作業スペースの自由度を高める必要があります。

② 健康状態の確認

朝礼時には体温測定等を実施し、各作業員の健康状態を確認します。また、休憩時には必ず手洗いを実施します。

③ 事務所・休憩所の清潔維持

事務所や休憩所は、1日1～2回、決められたタイミングで清掃を実施します。テーブル、椅子等は洗剤やアルコールなどで除菌し、さらに換気を行います。

④ 機械の安定稼働・予防保全の自動化

ロボットやAIの活用による機械の安定稼働、さらには予防保全等を自動的に実現することが期待されます。

⑤ 遠隔操作

遠隔地からでも機械の稼働状況監視や操作を行うことが出来る仕組みを構築することも期待されています。



感染が一気に拡大する可能性のある状況のときには、行政の対応にも呼応して企業としても拡大防止の対応をとることになります。個人判断は避け、職場でどのように対応するのかを確認しておきましょう。



第7章

機械・建設安全のための人間理解

この章の狙い

機械を設計する人、建設計画を立てたり現場を管理したりする人が、最低限理解しておくべき人間の特征について解説することを目的とします。

1. 人間理解の必要性【機械★★★ 建設★★★】

機械安全・建設安全を学ぶ皆さんは、機械や建設の事だけを理解していれば良いと思われるかもしれませんが、しかし、事故の多くは人的要因によって発生しているため、安全な機械を設計したり、安全な建設現場を管理したりするには、人間に関する理解が不可欠です。

機械は人間が使うために作られます。また、ほとんどの建築物は単品生産であるため、建設作業の完全機械化は当面実現しないでしょう。これらを踏まえると、当分の間、これらの分野では、人間と機械は協調して働く必要があります。

私たちは、自分自身が人間であることから「人間のことを良くわかっている」と考えがちです。しかし、実際には人間の基本特性さえも、それほどの確には理解されていません

人間は機械ほど単純でなく、パフォーマンス(その瞬間に発揮できる能力)や行動が様々なものに影響されます。機械とちがって感情があり、外力や温度などの環境変化に脆弱であり、個人差もあります。

そして、機械と人間が大きく違うのは、一人ひとりが誰かにとってかけがえのない存在であり、命や、体の一部を失ってしまうと、二度ともとは戻せない点です。そんな人間に機械と協調して上手く、そして安全に働いてもらうためには、設計や作業計画作成を行う皆さんに人間に対する理解が必要不可欠なのです。



2. 人間の特性【機械★★★ 建設★★★】

皆さんに最初に強く意識していただきたいことは「人間の特性は変えられない」ということです。

生き物は長い時間をかけて、環境に適応する進化を繰り返していますが、産業革命からわずかに200年しか経っておらず、これは人類の長い歴史の0.1%の時間に過ぎません。ですから、私たちの体や感覚器官は、強力な機械や高速な乗り物を扱うようには進化しておらず、20万年前の草原で暮らしていた時と同じ体と感覚で現代の文明社会を生きています。

ですから、私たち人間が持っている特性を、現代社会に合わせて変えることはできないと考えてください。極端な例ですが、「まもなく始まる宇宙時代に合わせて、息をするのをやめろ」と言っても絶対にそんなことはできません。これと同じように、これから説明する、機械や建設安全に関わる人間のいくつかの特徴は「変えられないもの」であり「人間が設計や環境や計画に人間を合わせて働く」のではなく「設計や環境や計画を働く人間の特性に合ったものにしていく」ことが必要です。



人類の歴史を24時間に縮めてみると、産業革命は23:58に起きた。つまり、人類は産業革命により200年前に突然「巨大なエネルギー」や「高速移動」や「複雑な機械」を手に入れてしまった。しかし、感覚は20万年前から進化していない。



古典的で簡単な道具と、新しい複雑な道具
効率は新しい方が良いが、事故も起きやすい。

古典的な金槌で自分の手を壁に釘で打ち付けることはまずありえないが、効率の良い自動釘打ち機では、誤って引き金を引けば簡単に自分の手を壁に打ち付けてしまう。

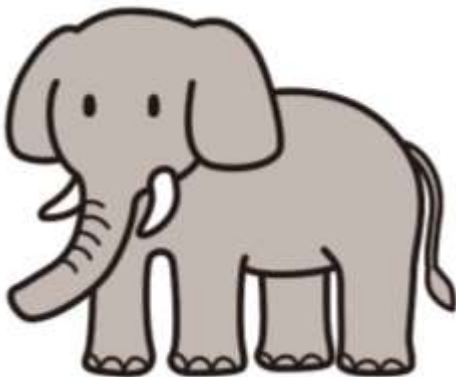
3. エラー率の高さ、パフォーマンスの不安定さ

【機械★★★ 建設★★★】

まずはじめに理解していただきたいことは「人間は機械に比べて遥かにエラー率が高い」ということです。

機械は正常にメンテナンスされており、故障等がなければ、高い信頼性で動作してくれます。一方、人間のエラー率は機械に比べて遥かに高く、その変動も大きいことを意識してください。人間も、意識が明瞭であり、エラーを起してはいけない作業であることを意識し、高い集中力を発揮しているときは、比較的低いエラー率で作業できます(それでも機械に比べればエラー率はやや高いと考えてください)。しかし、残念ながらそのようなエラー率の低い状態を長く維持することは困難であり、作業内容、疲労、過緊張など様々な要因で、場合によっては作業の半分以上がエラーになってしまうことさえあります。

このような人間のエラー率の高さを下げようとする試みが行われることがあります。もちろんスキルが足りない、やり方がわからないために発生しているエラーはこれらの対策によって減らすことができますし、環境を整え道具の使いやすさなどを工夫することである程度エラーを抑えることはできます。しかし、最初に書いたように「エラーをしやすい」というのは人間の変えられない特性です。したがって、これら対策によるエラーの低減には限界があり、どうしても、一定確率でエラーは起きてしまいます。重要なのはそのエラーが事故などの致命的な事態につながらないようにすることです。



人間のエラー率



機械のエラー率

エラー率や仕事の出来栄えなども含めたパフォーマンスは、様々な背後要因に影響されます。例えば酷暑や極寒、長時間の連続労働、職場の人間関係、使いにくい道具、間違いやすい手順や計画、無理のある納期によるタイムプレッシャーなどはいずれも人間のエラー率をさらに高くする要因です。

また、作業する人間自身の中にもエラー率を上げる要因は潜んでいます。疲れや悩み、病気や服用している薬、アルコールなどもエラー率を上げます。

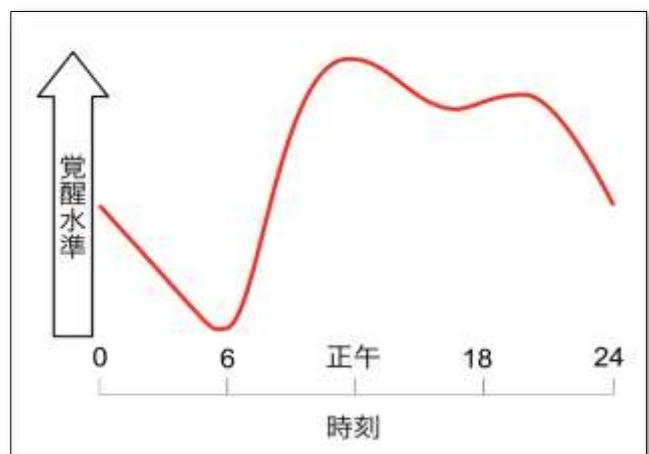
それから、人間を含む生き物は様々な周期に支配されています。例えば人間に比較的強い影響を及ぼす周期として概日リズム(サーカディアンリズム)があります。これは約1日を周期としたリズムで、午前中や午後後半から夜のはじめにかけて覚醒水準が高く(意識が冴えていて)比較的高いパフォーマンスの時間帯が現れますが、深夜から明け方にかけてや、午後のはじめは覚醒水準が下がり(眠くなり)パフォーマンスは低下し、実際に走行量あたりの交通事故件数などによく一致します。

さらに、人間には個人差があることも忘れてはなりません。体力のある人ない人、器用な人そうでない人、集中力が長続きする人そうでない人など様々です。機械安全や建設安全を目指す皆さんは、現場ではこのように変動幅の大きい人々が働いていることを忘れてはなりません。

そして、その変動幅の中で、働く人々になるべく良いパフォーマンスを発揮してもらえるような設計や計画や管理を心がける必要があるのです。



人間にのしかかっている「負の要因」を取り除けば、パフォーマンスは上がり、エラー率は下がる

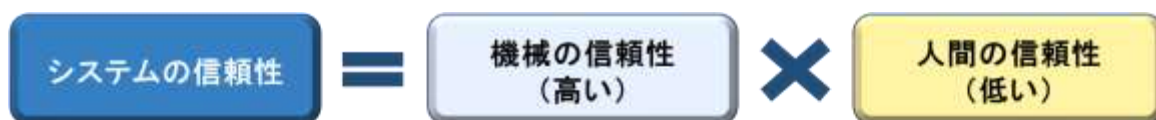


24時間の覚醒水準のリズム
(サーカディアンリズム)

なお、完全なオートメーション化がなされた工場などを除き、人間と機械と一緒に働く現場では「機械の信頼性」×「人間の信頼性」が全体の信頼性になります。したがって、仮に機械が1万回に1回しか間違えなくても（信頼性0.9999）、人間が10回に1回間違える（信頼性0.9）ような現場では結局信頼性は0.8999になってしまいます。

つまり、機械を作る人たちが、せっかく信頼性の高い機械を作っても、人間のエラー率がそれを台無しにしてしまうことがあるのです。このことから、人間の特性を理解し、エラー率を低く抑えるための対策を怠らないことが重要であることがわかります。

ところで、人間は機械に比べてエラー率がとても高いので、人間はシステムの信頼性を下げる存在として厄介者扱いされ、おおよそ20世紀までは、人間工学的対策や訓練・規則・マニュアルなどで人間の変動幅をいかに小さく抑えるかが研究されてきました。この考え方は、機械安全や建設安全を実現するために、原則としては正しいと言えますが、近年では、この考え方を一部否定する研究者も登場しています。



ここさえどうにかすればシステムの信頼性は高まるので、教育やマニュアルで変動幅を小さくしようとしていた

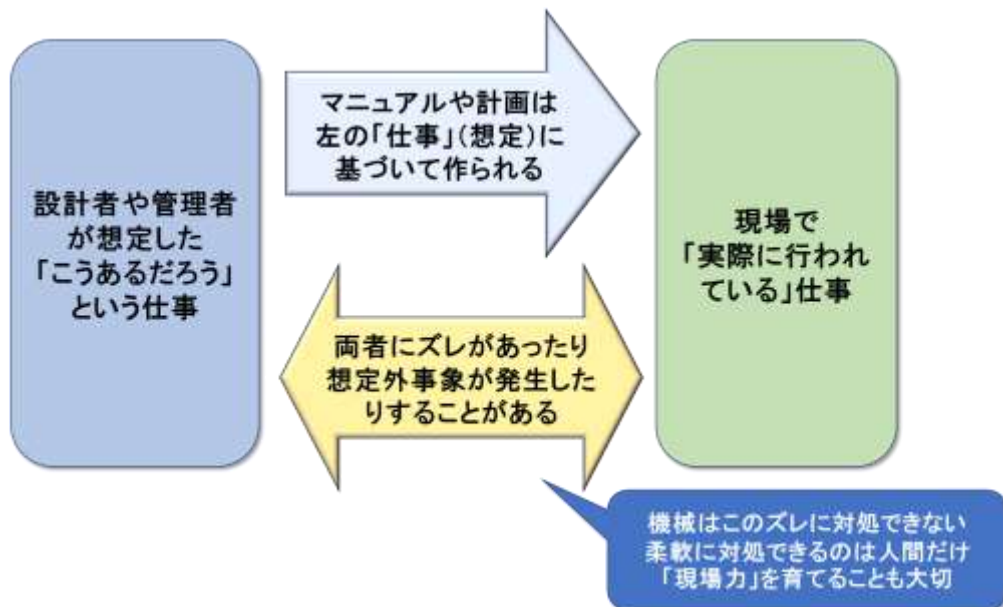
規則やマニュアル、作業計画などは、基本的に設計者や管理者が想定した範囲内で作られます。

作業が彼らの想定内だけで進めば良いのですが、部材の到着が遅れたとか、自然災害などの外乱が発生したなど、現場ではしばしば、様々な理由で「想定外」の事象が発生します。このような場合、手順書やマニュアルには「想定内」の対応しか書かれていないので、事態を收拾できるのは「創意工夫」ができる人間だけです。

こういった「想定外事象」に対して、平時からその現場に「マニュアルからの逸脱を厳しく断罪する文化」があると、現場は盲目的にマニュアルを信じるようになり、考えたり工夫したりする力が弱まってしまうと考えられています。

規則やマニュアルの遵守は重要です。しかし、その規則やマニュアルがどのような目的で作られたのかを、現場の一人ひとりが意識しておくことはもっと重要です。そうしないとマニュアルに書かれてないような「想定外事象」には対応できません。一方、みんなが背景や目的を理解していれば、マニュアルに書いていないことが起きても、目的に対してどうするのがよいかを考えられるのです。

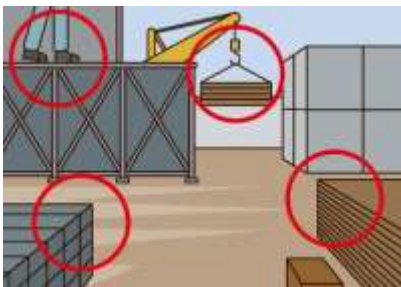
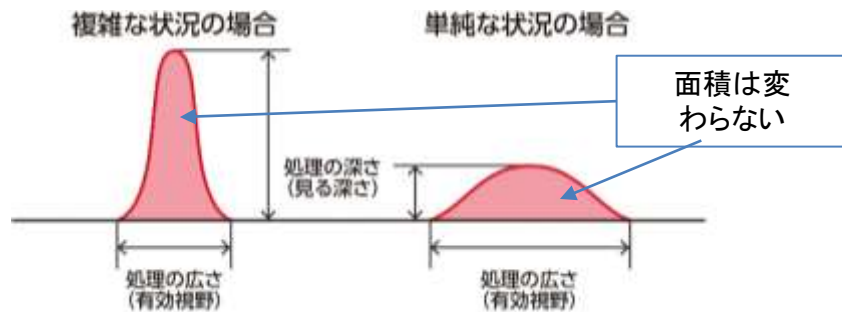
このような組織は大きな外乱に対して機能不全になりにくいと考えられます。



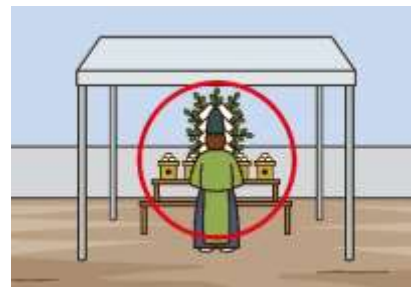
4. 注意の仕組み【機械★★★ 建設★★★】

私たち人間には「注意」という仕組みが備わっています。環境の情報を認知したり、状況判断を行ったり、作業を実行したり、人間は実に様々なことをやっていますが、これらに対し、意識をどこにどの程度向けるのかが「注意」です。「注意」は「注視(目で見ること)」とは別々に機能し、環境などの人間の外部の情報だけではなく、内部の情報(頭の中で考えていること)にも向けられます。例えば、目はテレビをみても、心は上の空で「今日の晩御飯はなんだろうなあ」などと「将来の予測」に注意が向いている場合があります。

注意の量には「上限」があります。例えば、人の話を聞く場合も、同様で、例えば、テレビを見ているときに電話がかかってきた場合、テレビドラマのセリフと、電話の相手の話を同時に聞いて理解するのはほとんど不可能です。視覚的な注意も同様で、例えば作業に深く注意を向けている(集中している)と、周りの状況には注意が向かなくなります。一方で、目の前の作業にそれほど深く集中していなければ、周囲の状況を広く認識できます。つまり注意は「深く狭く」とか「広く浅く」注意を向けることはできますが「深く広く」注意を向けることはできないのです。



深い注意を向けなければ行けない対象がたくさんある状況。何かに注意を向けると他のものに注意できなくなる



注意を向ける対象が少なく、深い注意も必要ない状況。広く浅く見渡すことができるため周囲の変化にも気づきやすい

<コラム：意図的に制御できない行動もある>

机に向かって勉強に集中している最中に部屋のドアを開ける大きな音がしたら、驚くと同時に、思わず音がした方向へ視線を向けることでしょう。大きな音や強い光など普段とは異なる刺激や、目新しい(新規性がある)刺激があると、私たちは意図せずともその刺激に視線を向けようとしています。

人類の祖先は、捕食する側であると同時に捕食される側でもありました。身近なところで起きた異変にいち早く気づき、その正体を把握し、空間的位置関係を確認することは、捕食されないために極めて重要だったのです。そのため、音や光といった刺激に気づいたら(シグナルを検出したら)、真っ先に視線を向けようとしています。これを「定位反射」と言います。

定位反射は、危険をいち早く察知して身を守るために重要な働きですが、例えばプラントのオペレーションで計器類の監視作業行っていた場合はどうでしょうか？計器類から決して目を離さず、異常事態を見逃さないようにしようとしても、突然背後で大きな音がすればその方向へ視線を向けてしまいます。ちょうどその瞬間に計器類に異常事態が表示されても、見逃してしまうことになります。

監視作業に従事する時には定位反射をするな、と言われても、もともと人間の行動プログラムに組み込まれているのですから、意図的に制御することは困難です。

また、注意は意識的に何かに向けることができる一方で、無意識的にそちらに向いてしまう場合もあります。例えば作業中に、後ろの方で同僚がヒソヒソ自分のうわさ話をはじめたことに気づいたら、注意は一気にそちらに奪われてしまうかもしれません。

このように注意は量に上限があり、自分の意思に従うときも従わないときもあります。さらに「注意の量の上限」には個人差もありますし。個人内でも、疲労、眠気、アルコールなどの様々な要因で小さくなってしまう場合もあります。

現場で発生した過去の労働災害の多くは、この注意の仕組みに関連して起きています。しかし、注意の量に上限があり、なにかに集中すると周りが見えなくなるのが人間の特性であり、これを変えることはできません。したがって、機器設計や作業手順などは、この人間の注意の特性を踏まえて検討されるべきなのです。

例えば、視覚的な情報はそこに注意が向いていなければ気がつくことができません。したがって、警告灯などは、作業者が見ていなければ意味がありませんが、聴覚情報は現在の注意の方向に関わらず気づかれる可能性が高まりますので、機械設計を行う際にはこのような感覚器官による違いにも着目する必要があるでしょう。

	視覚	聴覚
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・時間的に保持できる ・情報量が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ・後ろを向いていて気づく ・ぼーっとしていても気づく
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・見ていないと気づかない ・注意していないと変化に気づきにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ・時間的に保持できない ・情報量が少ない
用途	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑で長い情報 ・後で見る必要がある情報 ・見る人が定位置にいる場合 ・うるさい場合 	<ul style="list-style-type: none"> ・緊急で単純な情報 ・後で見なくてよい情報 ・見る人が定位置にいない場合 ・視覚が利用困難な場合

また、例えば鉄道の保線作業では、線路そのものに対して作業をする人と、列車の接近にだけ注意を払う人を明確に分けています。これは線路側の作業に集中している人が列車の接近に気づかずに轢かれてしまうことを防ぐために、人間の注意の仕組みをよく理解して立てられた作業計画だと言えるでしょう。

以上、注意について解説してきましたが、このような注意の仕組みを理解すると「注意せよ」とか「気をつけよ」といった事を作業者に対していくら言っても、対策として機能しないことがわかります。注意せずとも、気を付けずとも、当たり前に来たり、注意が自然と必要なところに向くような設計や管理が重要だと言えます。

5. ハザード知覚とリスク知覚【機械★☆☆ 建設★☆☆】

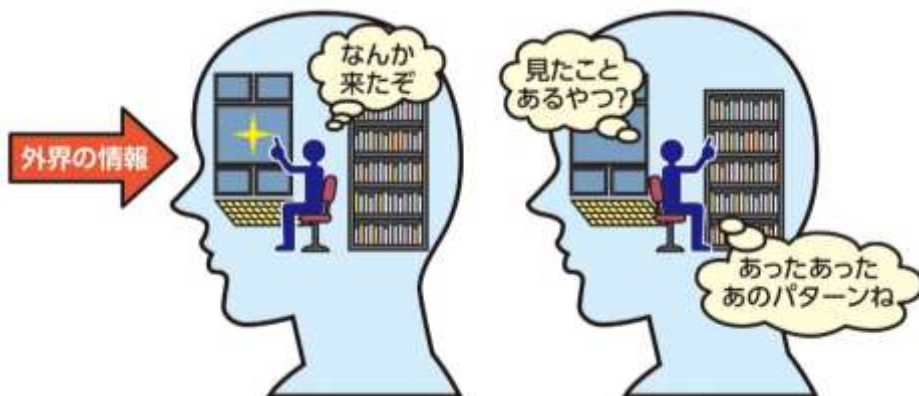
ハザードとは環境中にある危険なもの、あるいは危険な状態・状況などを指す用語です。

例えば建設作業現場では躓く可能性のあるものや開口部など、機械では手を切ったり挟んだりする可能性のある部分や高温部分などもハザードです。また高所で作業しなければいけないとか、屋外作業で気象条件が悪く突風が吹く可能性や足元が濡れていて滑りやすいという状態・状況もハザードと言えます。また、ある人にとってハザードであっても別の人にとってはハザードとならないものもあります。

同様に、ある瞬間までは自分にとってハザードでなかったものが、次の瞬間からハザードに変わることもあります。例えば脚立の上で釘打ち作業をしている人は、床に置かれた部材に躓く心配はありませんが、他の作業者は躓くかもしれませんし、脚立上での作業を終えて床に降りた瞬間からは、自分も躓く可能性があります。

作業者はこれらハザードの存在を認識し、様々な対応をします。簡単に除去できるものなら除去するでしょうし、そこを避けるようにするとか、作業日程を変更するなどの対処も考えられます。ただし、先程述べたように、何がハザードとなるかは人や状況によって異なるので、自分にとってハザードでないものを悪意なく置いたつもりでも、それが意図せず人を傷つけてしまうこともあります。

したがって、現場に出入りする多くの人々の行動を予測し、みんなにとってのハザードの総量を減らすことが求められます。



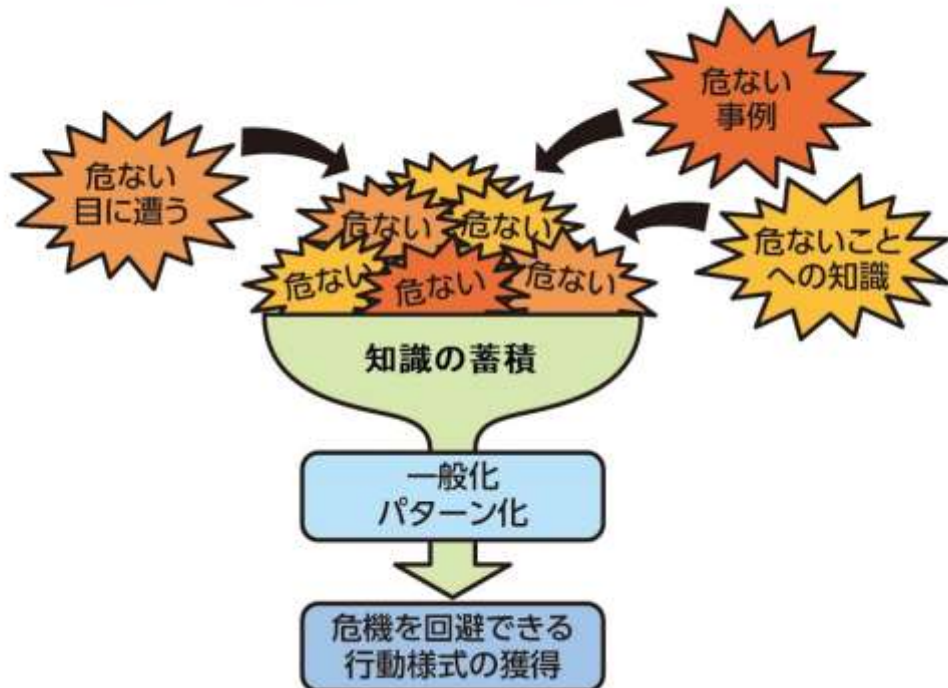
ハザードは、頭の中のデータベースと照合して認識される。
知らないハザードは発見しづらい

誰にとって何がハザードであるかを認識するためには、知識や経験や想像力が必要です。

例えば建設業に携わらない人は、日常生活で柵のない開口部に遭遇する経験が少なく、建設現場にはそのような開口部が比較的多くあるという知識もありません。したがって開口部をハザードと認識できないかもしれません。開口部ほどわかりやすいハザードであれば、知識や経験のない人でも、想像力によって「あそこから人が落ちるかもしれない」とわかるかもしれませんが、現場にはもっとわかりにくい、知識や経験が十分にあっても見落としてしまうようなハザードがたくさんあります。

以上を踏まえると、現場に入ってから経験が浅い作業者は、知識や経験の不足によってハザードを見落とすことが十分に考えられますし、ベテランであっても見落としの可能性はゼロとは言えません。したがって、現場の作業者に対しては、ハザードを見落とさないよう、常に教育や訓練、あるいはハザードの注意喚起をしておく必要があるといえるでしょう。

危ないものを見つけられるようになるには



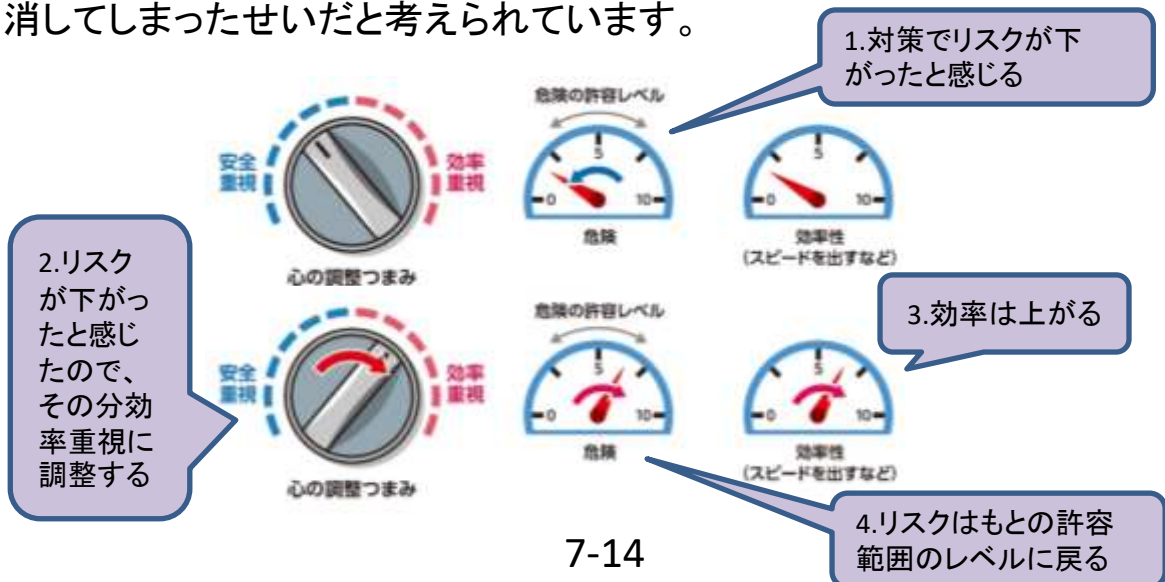
なお、私たちは、危ない対象であるハザードの認識とは別に、今の状況が総合的に危険かそうでないかという評価(リスク評価)も行っていると考えられています。このリスク評価の中には、ハザードの数や質の他、自分のスキルに対する評価や安全対策の状態などが含まれます。

つまり、自分はスキルが十分にあり、ハザードだらけの現場でも安全に仕事ができるんだ、と思えば感じるリスクは小さくなります。また、安全対策が十分になされた現場だと思えば、やはり感じるリスクが小さくなります。「リスクが小さい」と感じて作業者が行動を変化させなければ何も問題はありませんが、多くの作業者は、リスクの小さい職場では安全よりも効率を重視しようとします。

もちろん、進んで危険なことをする人は稀ですが、安全対策の効果を、作業者の「安全ならば効率を優先しよう」という気持ちが打ち消してしまう可能性があることがわかっています。安全対策を行う側の皆さんは、こういった人間の特性も十分に理解しておく必要があります。

例えば1980年代にABS(アンチロックブレーキシステム)という安全装置が開発されました。ブレーキを強く踏んでもタイヤがロックしないようにする装置で、特に濡れたり凍ったりしている路面で急ブレーキをかけても車のコントロールを失わないようにする装置です。この装置は今では殆どの車に装備されていますが、ちょうど装着率が半々ぐらいだった頃に、ABS付きの車となしの車の事故率を調べてみたら、あまり変わらないことがわかりました。

この理由は「自分の車にはABSという安全装置がついているから少しぐらい無理をしても平気」というドライバーの気持ちが安全装置の効果を打ち消してしまったせいだと考えられています。



6. アフォーダンス・マンマシンインターフェイス

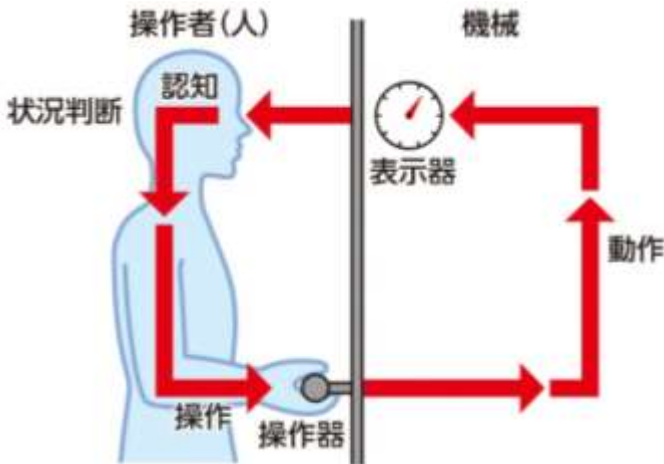
【機械★★★ 建設☆☆☆】

マンマシンインターフェイスとは機械と人間が情報をやり取りするところです。例えばパソコンの画面やスピーカは機械から人間に情報を伝えるインターフェイス(表示器)であり、キーボードやマウスは人間から機械に情報を伝えるインターフェイス(操作器)です。

インターフェイスの設計の良し悪しは、人間のエラー率に直結する設計上のとても重要なポイントです。例えば、典型的な操作器として、ボタン、スイッチ、レバー、ペダルなどがありますが、これらは操作内容や機械の特性に合わせて適切な組み合わせになっている必要があります。

また、似た機能のものはひとかたまりにする、機能が異なるものは間を開ける、クリティカルな操作(例:発破用のダイナマイトのスイッチなど)をする操作器は間違っても操作できないようにしておくなどの工夫も必要です。記号やピクトグラム、文字などを使った操作器の意味の適切な表示も必要です。また、今後増加が予想される外国人労働者でも理解できるような工夫も必要です。

メーターの配置と異常指示計器の発見のしやすさ(青い範囲は正常値を示す)



インターフェイスの概念図



正常値からの逸脱をすぐに発見できる見やすい例



正常値ではなく「0」の位置を揃えたために見にくい例

さらに操作できたことが分かるフィードバックも必要です。このためには、表示器でわかりやすくフィードバックすることが重要ですが、それだけでなく、操作器単体で手や足にフィードバックが適切に伝わることも重要です（例えばボタンが押されたことがわかるようにボタンが沈み込むことなど）。

さらに操作の方向と人間の感覚が合っている必要もあります。例えばアームを上を動かしたり、出力を上げたりする操作は下向きの操作よりも上向きの操作のほうが直感的です。

この他、操作器と表示器の位置関係も重要です。例えば操作器が表示器の上にあると、操作する手で表示器が隠れてしまいます。表示器というと視覚的なものを想像しがちですが、視覚を利用した表示器には前述の注意が向いていないと気づけないという特性があります。また暗すぎる、明るすぎるなど、環境的な制約で使えない場合もあります。こういった場合には、音声や振動など、他の表示方法も検討してみる必要があります。

このようにインターフェイスは機械の設計者にとっては非常に奥の深い、そして重要な知識です。ここに書き切れることには限界がありますので、普段から身のまわりにある機械のインターフェイスに注目してみてください。そうすることでインターフェイスの良し悪しや設計者の意図などがわかります。なぜこのようなインターフェイスが採用されたかなどを考える癖をつけましょう。

なお、建設現場サイドでは機械のインターフェイスの改善は困難です。大手であればメーカーにリクエストぐらいは出せるかもしれませんが、直接改善はできません。しかし、インターフェイスはメーカーによって違うことが多いので、まずは、良いインターフェイスの機械を選ぶこと、多様なメーカーの製品を混在させず可能ならメーカーなどを統一することにより混乱を防ぐことができます。

<コラム:異なるレバー操作パターン>

建設工事などで使用されるドラグ・ショベルでは、ブーム・アーム・バケット・旋回の4つの操作を2本の操作レバーで行います。以前は、このレバー操作パターンがメーカーによって異なっていました。つまり、A社のドラグ・ショベル操作に慣れているオペレータがB社のドラグ・ショベルを操作しようとする、度々操作ミスをしてしまう、ということが頻繁に起きていたのです。

かつては、建設工事会社が自社で建設機械を保有し、自社の従業員が操作を担当することが当たり前でした。従って、一人のオペレータがいくつものメーカーのドラグ・ショベルを操作する機会はほとんどなく、レバー操作パターンが異なっていることはほとんど問題になりませんでした。しかし、初期投資やランニングコストの低減を図るため、建設機械を自社保有するのではなくリース機を利用することが一般的になると、オペレータは常に同じメーカーのドラグ・ショベルを操作するとは限らなくなります。複数のレバー操作パターンがあることで操作ミスが起こりやすくなり、安全上の大きな問題となったのです。

現在は、レバー操作方式はISO (JIS) 規格に準じており、一部を除き、異なるパターンが混在する状況は解消されています。設計する立場からすれば、自社保有からリース機利用への転換が進むことなど、全く考慮することはないかもしれません。しかし、その機器の設計や作業の管理を行う立場であれば、エンドユーザーがどのような状況で、どのような業務に携わっているのか、といった点にまで、思いを巡らす必要があるのかもしれません。



左上段の例はOFFのすぐ横がHighになっていて直感的ではありません。下段は直感的だが異なるインターフェイスが混在しており、操作ミスを誘発します。右の例は数字と高・低が一致していません。温度調節がどちらにかかるとか、冷房時と暖房時でどう異なるのかわかりません。いずれも悪いインターフェイスの例です。



悪いインターフェイスによりユーザーの操作ミスが連発し、現場の人が対策を施したと思われる例(ホテルの食堂)です。インターフェイスの良し悪しという視点で身の回りのものを見てみると、このようなちょっと面白い発見がたくさんあるので、みなさんもそのような視点を身につけることをおすすめします。

アフォーダンス

皆さんは椅子を見たら何をしますか？初めて見た椅子でも、説明書を見なくても座ることができると思います。実際に駅や公園のベンチなどの使い方などはどこにも書かれていませんが、皆さん自然にそこに座っています。これはちょうど膝下くらいの高さでお尻を乗せるのに十分な広さの平面があり、場合によっては背中をもたれるのによさそうな縦または斜めの面があるからです。

つまり椅子を見た私たちは、自分の体の構造や椅子の形状から、自然に座るといふ「使い方」を思いつくわけです。こういった関係を専門的に「アフォーダンス」と呼んでおり、例えば椅子は私たちの人体の特徴に対してに「座る」といふ使い方を「アフォード」しているわけです（※「アフォード」(afford)「与える、提供する」という意味）。

ところで椅子以外の物にも座ってみた経験は誰にでもあると思います。階段、切り株、ちょうど良さそうな石など、私たちに座ることをアフォードするものはたくさんあります。同様に椅子は「座る」以外の使い方を私たちにアフォードする場合もあります。高いところのものを取りたいという意思を持った人には「踏み台」としての使い方をアフォードしますが、例えばキャスター付きの椅子に乗って高いところのものを取るのはとても危険な行為です。

アフォーダンスと機械設計やインターフェイスは密接に関わっています。ここでの重要ポイントの1点目は「設計者の意図とアフォーダンスは、なるべく合っている方が良い」ということです。ボタンの見ためは押すことをアフォードしており、引っ張ろうとする人は少ないはずで、設計者の意図が適切なアフォーダンスによってユーザーに伝われば、あまり説明はいらないし、エラー率も低くなります。

重要ポイントの2点目は「設計者が意図した使い方以外の使い方(とりわけ危険な使い方)をアフォードしないように設計するべきだ」ということです。脚立の天板には立ってはいけないことになってはいますが、現在販売されている脚立の多くは天板の上に立つことをアフォードしているように見えます。2つのポイントを満たすためには、設計者にユーザーの作業内容や事情や気持ちに対する想像力が必要ですが、特に2つめは高い想像力を要求されます。時としてユーザーは設計者が思っても見なかった使い方をしてしまうからです。

こういった想像力を養うためには、様々な事故事例などをよく知る、現場を見て回る、ユーザーから話を聞くなど、常に謙虚に知識を仕入れようとする姿勢が必要です。

家庭用の足裏マッサージ機で首をマッサージし、
衣服が巻き付いて窒息死した事故の例

ここではユーザーは首をマッサージすることをアフォードされてしまいましたが、こういう使われ方をする想像力が果たして開発者にあったでしょうか。



7. フールプルーフ・フェイルセーフ 【機械★★★ 建設★☆☆】

フールプルーフとは、設計側で人間がエラーをそもそもできないようにしてしまったり、エラーをしても、それが事故などの致命的な事態に発展しないようにしようという発想です。

例えばコンセントの電圧は国によって違うので、間違えて挿すと電気製品を壊してしまいますが、コンセントの形状も違うので、間違っただけでも挿せないようにできています。昔は違いましたが、最近のトイレの洗浄便座は人が座っていないと水が出ません。プレス機の中に手を入れたままプレスの操作ができないように、機械の両サイドのボタンを同時押ししないと動かないプレス機もあります。

このように、知識がない人や危険を理解していない人などどんな人が扱っても怪我をしたり事故になったりしないように、設計側でできることをやっておく、というのがフールプルーフの考え方です。

フェイルセーフも類似の考え方です。フェイルセーフは人間がエラーした場合ももちろん含みますが、人間が介在しない単なる故障に対しても、機器が安全側に動作するような設計の考え方です。

例えば踏切の遮断機は電力で遮断器を持ち上げる仕組みになっているので、停電すると自動的に踏切が閉まった状態になります。ストーブは倒れると自動的にスイッチが切れ火災を防止するようにできています。ストーブを倒す原因は地震かもしれないし、躓いた人（つまり人間のエラー）かもしれませんが、いずれにしてもこれらに対して安全サイドになるように設計しておこうというのがフェイルセーフの考え方です。

いずれの考え方も適応範囲に限界がありますが、事故防止に極めて有効ですので、可能な範囲でこのような機構を設計に盛り込むことが、エラー率の高い人間を当てにしないという意味でとても重要です。

8. パフォーマンスに影響を与えるもの【機械★☆☆ 建設★★☆】

人間のエラー率が高いことは既に述べてきましたが、「様々なものの影響を受けてパフォーマンスが安定しない」というのも、事故防止のために知っておくべき人間の重要な特性の1つです。

パフォーマンスに影響を与えるものは非常に多様ですが、例えばここで疲労について考えてみましょう。疲労には、全身の疲労、体の局所的な疲労、精神的な疲労など様々な種類や形態がありますが、総じて疲労が人間のパフォーマンスを下げるのは間違いありません。また、疲労を引き起こす要因も多様ですので以下に列挙してみましょう。

◇ 個人要因：

- 個人特性：年齢、性別、体力、遺伝など
- 個人の状態：病気、睡眠、興味、悩み、意欲など

◇ 作業内容：作業強度、難易度、変化、肉体・精神作業のバランス、切迫性、自由度、道具の良し悪し

◇ 時間的要因：継続時間、時間帯、休憩の取り方など

◇ 環境要因：

- 物理的環境：光、音、温度、機器の配置など
- 社会的環境：人間関係、立場など

ざっと考えただけでも極めて多くの要因が疲労に影響を与えていますが、特筆すべきは、1行目に挙げた「個人特性」以外の要因には全て外部からの介入が可能である点です。要因が多いのは一見すると厄介な問題のようにも見えますが、見方を変えれば、対処できることがたくさんある、ということでもあります。上に列挙した要因のうち、個人特性以外が全て最善であるという職場は稀だと思しますので、改善可能な部分を改善すれば、疲労を軽減し、作業パフォーマンスの向上やエラー率の低下を期待できると考えられます。

疲労以外にも、人間のパフォーマンスに影響を与える要因は多様です。既に述べたように、例えば我々は約24時間の周期で覚醒レベルが上下しています。午前中や午後の遅めの時間は目が冴えて高いパフォーマンスを発揮できますが、深夜や午後の前半は眠くなります。

アルコールや薬もパフォーマンスに影響を与えます。酒に酔って職場に来るのは論外としても、風邪薬やアレルギー薬の中にも眠くなる成分などが入っていますので注意が必要です。

さらに職場や仕事との関係の有無に関わらず、個人的に抱えている様々な悩みやストレスなども私たちのパフォーマンスを左右します。

この他、無理な作業計画によるタイムプレッシャーや、劣化が著しく十分な性能を発揮しない道具・機械なども、パフォーマンスを下げる要因です。こういった要因は作業員個人の問題というより、管理者側が把握し、コントロールしなければならない問題でもあります。

いずれにしても、これらの問題は精神論で解決できる問題ではありません。「苦しいことを耐え抜く美学」は、安全にはマイナスです。同じ納期で同じクオリティの仕事ができるのであれば、むしろ高いパフォーマンスを維持できるようになるべく楽をできる職場環境を作るべきだと考えられます。

9. 事故分析【機械☆☆☆ 建設★★☆】

多くの事故は人間の行為(エラー)の結果発生します。したがって、その部分だけを見ると、事故は「結果」、人間のエラーが「原因」ということになります。

この考え方を前提にすると「それなら人間のエラーをなくせば良い」ということになりますが、ここまで繰り返し述べてきたように、人間はもともとエラー率の高い生き物であり、その特性を変えてエラーをしない人間に育てるのは不可能です。

また、エラーを「原因」としてしまうと、そのエラーを行った個人を罰する、排除するなどの方向の対策が取られがちです。その人に悪意がある場合にはそれで良いのかもしれませんが、もともとエラーをしやすいという人間の特性を考えれば、たまたまそこに居合わせ、エラーをしてしまった人を排除し、別の人間に置き換えたところで、いずれ同じようなエラーが発生し、事故が起きます。

ではどうすれば良いのでしょうか。もちろん、エラーをした人間が行っていた作業をエラー率の低い機械に置き換えてしまうというのが一番の対策だと思いますが、もともとそれができないから人間がその作業をしていたという場合がほとんどだと考えられます。

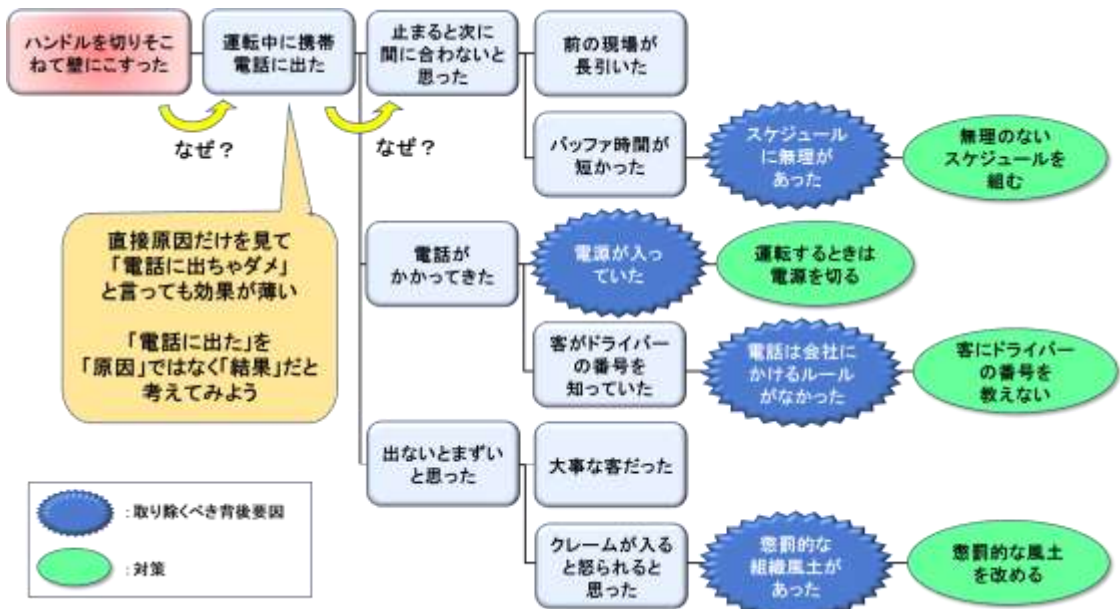
この場合はやはりその作業を人間がやらざるを得ないので、エラーを「事故の原因」と考えるのではなく、より深いところにある背後要因の「結果」であると考え、人間のエラー率を下げる対策を考案する必要があります。

例えば、下図のように運転中に携帯電話に出たために事故を起こした例を考えてみましょう。

もちろん運転中の携帯電話の使用は道路交通法違反でもありますし、「電話に出たお前が悪い、だから事故が起きた」として片付けることもできるかもしれませんが。しかし「電話に出た」ことが「原因」ではなく「結果」だと考え、なぜ電話に出なければならなかったのかを深掘りしていくと事故対策に結びつく場合があります。

例えば下図の例では、運転者は、ルール通り停止してから電話に出ていると、次の現場に間に合わないと考えています。なぜでしょうか。それは前の現場が長引いたから、そして、長引いた場合のバッファ(余裕時間)を取るようなスケジュール設定がされていなかったからです。

だとすれば、スケジュールに無理があったので、もっと余裕を持ったスケジュールを立てればこのようなことにはならなかったかもしれません。また、そもそも電話に出た理由は「電話がかかってきたから」です。運転中は電源を切るルールを作る必要もあるかもしれません。さらに電話をかけてきた人はなぜ運転者の電話番号を知っていたのでしょうか。お客さんからの電話は基本的に会社にしかつながらない(会社の電話番号しか教えない)ようにしておけばよいのかもしれませんが。また、運転者が「出ないとまずい」と思った背景が、以前電話に出れずにクレームが入り、上司に怒られた経験があったからだとしたら、そのような懲罰的な組織風土を改めるべきかもしれません。



このように掘り下げていけば、様々な組織や計画などの構造的な欠陥が見つかり、これらを潰すことで複数の解決策を発見することができます。

一方「運転中に電話に出たお前が悪い」で終わらせてその運転者を乗務停止にして他の人に運転をさせても、同じような背後要因が残り続ける限りはいずれ同じことが起こります。

ここでは、比較的理解しやすい「なぜなぜ分析」という手法を取り上げて原因を掘り下げていく方法を紹介しましたが、この他にも多くの分析手法が開発されていますので、興味のある方は是非専門書を手にとって見てください。

なお、いずれの分析手法を用いる場合も「誰が悪いのか」という責任追及型の視点に立った分析を行ってしまうと、当事者は罰則を恐れて口を閉ざし、本当の原因が見えてきません。したがって、人間の本来の特性である「エラー」を罰しようとする、根本的な対策にたどり着けなくなってしまう。

本当に明らかにすべきは「誰が悪いか」ではなく「なぜ事故が起きたか」であり、そこがわかって初めて対策が立てられるのです。もしあなたが所属した組織に「犯人探し」をするような風土があればすぐに「原因究明」を優先するような組織風土に改めるように努力してください。

10. 組織風土と安全【機械★☆☆ 建設★★☆】

自分の評価は、低いより、高いに越したことはありません。周囲からいつも高く評価されていて、自分でもそのことを自覚している人は、日々生き生きと、高いモチベーションを維持して過ごすことができるでしょう。逆に周囲からあまり評価されず、自分でも自分に対する評価を下げていたり、あるいは、周囲の人は本当の自分を不当に低く評価していると感じている人は、人間関係もあまりうまくいかず、つらい日々を過ごす可能性が高そうです。

周囲からの評価、あるいは自分で自分に対してしている評価は自尊心と密接に結びついています。そこで例えば、仕事でいつも低い評価をされると、その人は自尊心の防衛のために「仕事の評価」と「自分の価値」は無関係だ、と考えるようになります。これによりその人の心は多少は穏やかになるかもしれませんが、「自分の価値と無関係の仕事」に対するモチベーションが下がります。その結果、仕事の出来栄えや効率が下がるだけでなく、本来行わなければならない安全措置を怠ったり、必要なところに注意を向けなくなったりして、事故リスクも高まる可能性があります。したがって、職場を安全にするためには、職場のみんなが「正當に(あるいは高く)評価してもらえている」と感じられる必要があります。もちろん、仕事のできない人に高い給料を払うことなどは難しいと思いますが、感謝の気持ちを伝えること、良い点を褒めることなどにはお金はかかりません。仕事をする人が「自分の価値と仕事は無関係」と考えることのないような職場の環境づくりが、安全のためにも重要なのです。



自分の価値の自己評価には様々なものが乗っている



仕事の評価が低いと、仕事を自分の価値の外に置くようになる
(脱同一視)



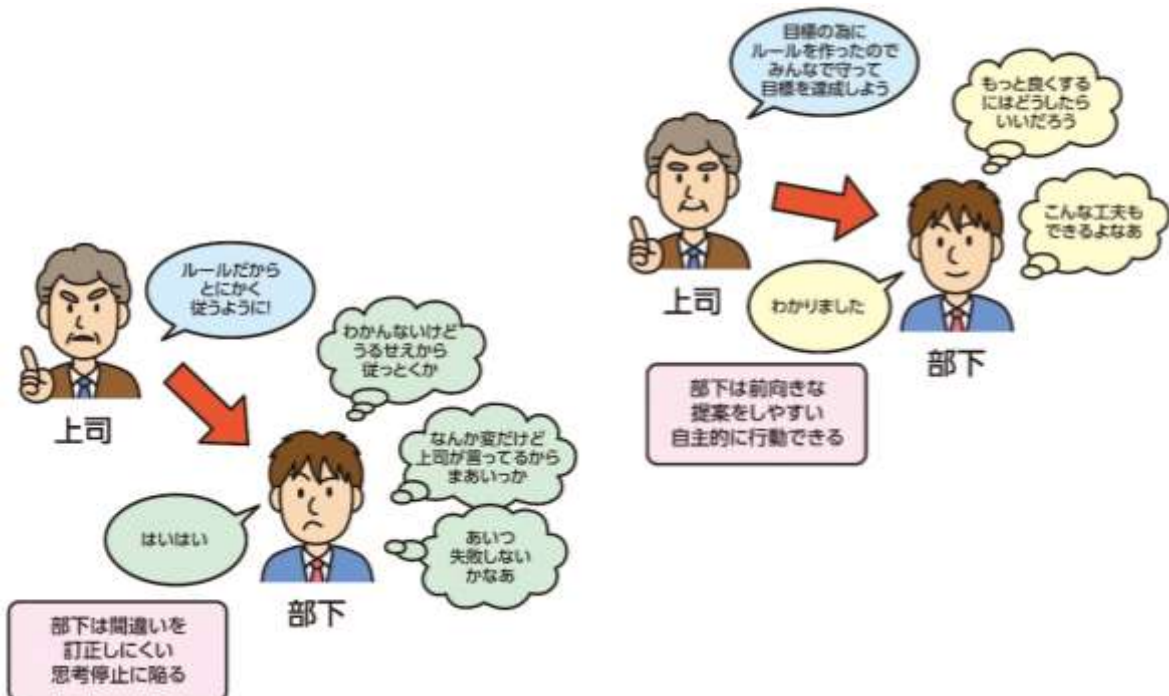
脱同一視は自尊心の防衛には有効だが、負のスパイラルが起き、本人にも組織にも悪い影響を及ぼす

良好な職場環境づくりのためには、上司と部下の関係も重要です。上下関係が厳しく高圧的な上司がいるような職場では、部下は上司の言いなりになるしかなく、例えば事故対策の良いアイデアなどを思いついても、言い出しづらくなります。そればかりか、部下は上司に言われたことしかやらなくなり、考えて仕事をするをやめてしまいます。建設作業現場のような日々刻々と状況が変わる現場では、一人ひとりが安全のために考え工夫する、いわゆる「現場力」が重要ですが、上下関係が厳しすぎる職場環境は、このような現場力の醸成を妨げます。

一方、上司と部下の関係が比較的フラットで、自由に意見を言い合えるような職場では、対策のアイデアに限らず、情報共有が円滑になされます。また、部下の意見が取り入れられると部下の考える意欲も湧くので、考えることが当たり前の組織風土が生まれます。

こういった組織風土の中では、例えば想定外でマニュアルに載っていないような事態が発生した場合にも、安全のためにはどのような作業手順を踏めばよいのかを一人ひとりが考えて実行できるので、事故リスクを低く抑えることができます。

したがって、職場の人間関係が良好で、自由な意見交換ができるような組織風土を醸成することが重要です。



11. ルールと目的【機械★☆☆ 建設★★☆】

安全のためには「ルールを守ること」はとても重要ですが、現実にはルールを守らない、つまり「違反」が起こることもしばしばです。無論、「しなければならない」「してはならない」ことを理解しながらも、あえてそのルールを守らない当事者に多大なる責任があることは確かですが、当事者の責任を追及してばかりでは、再発防止が困難であることも確かです。なぜ違反が起こるのかを理解すれば、設計の段階で違反が起こりにくくすることも出来るかもしれません。

「違反」とは、何らかの利益が得られるからこそ、なされるものです。この場合の「利益」とは、「コスト削減」といった金銭面に限らず、「面倒を避ける」といった効率重視の場合もあります。また、「賞賛や感謝を得られる」「秘密を知ることが出来る」など様々で、個々人の欲求とも関わってきます。

「違反」を抑制する感情は、「発覚した場合の懲罰の深刻さ」「事故になった場合の不利益の程度」「罪悪感」「遵守することで得られると期待される利益」などです。逆に違反を促進する感情は、「違反しても大丈夫」「見つからない」「自分ならうまくやれる」といったコントロール感とされています。促進感情が抑制感情を上回れば違反はなされ、抑制感情が促進感情を上回れば違反はなされない、ということになります。

ここで重要なのは、「違反に成功した」という経験は、促進感情であるコントロール感を高めるように作用する、ということです。最初は恐る恐るやってしまった違反でも、成功経験は次への違反のハードルを下げることとなります。違反を繰り返すことによって、更に大きな違反への抵抗を薄れさせてしまうことになるのです。これが、小さな違反でも看過することが出来ない理由です。

一方で、「守らない」のではなく、「守れない」規則はないでしょうか？「人間の特性を十分に考慮していない」「合理的な理由がない」「守るための方法がない」「判断基準が曖昧」といった規則は、悪意がないとしても守ることは困難です。規則の文言だけに留まらず、「なぜ守らなければならないのか」についても理解を広げることが重要です。

また、たとえその規則が社内規定や技術的な規定に過ぎず、ユーザーの安全に深刻な影響は及ぼさないとしても、一旦定められた規則が守られないということは、社会からの不信を招くことにもつながります。組織において自分たちが決めた規則を自ら守ること、あるいは守らないことには、重要な社会的な意義も含まれているのです。

12. より広く深く学びたい人のために【機械★☆☆ 建設★★☆】

ここまで「機械・建設安全のための人間理解」と題して説明してきた内容の多くは「人間工学」や「心理学(認知・社会・産業組織心理学等)」と呼ばれる分野のうち、機械安全・建設安全を学ぶ人が、最低限これくらいは知っておいてほしい、という、極限られた内容です。

実際には人間工学も心理学も極めて多様で奥の深い学問ですし、ここに載せた以外の知識も、みなさんの安全に役に立つ内容もたくさんあるはずです。もしこれらの学問をもっと学んでみたい、と思った方はさらに掘り下げた勉強もしてみてください。専門書を手にとってみるとするのも手段の一つですが、現代はインターネット等を通じて様々な情報が入手できます(質の低い情報も含まれているので注意は必要ですが)。最新の研究論文の多くがインターネット経由で無料で手に入りますし、外国語の論文であっても、翻訳ソフトを利用して読めば十分理解できるようになってきました。

したがって、これらの専門的知識を「ハードルの高いもの」と考えずに、是非、お気軽に情報収集をしてみてください。

最後に

本テキストでは、製造現場の労働災害の実態、効果的な労働災害防止対策、機械設計段階での労働災害防止の必要性などを学んできました。

今後、製造現場の労働災害防止が進展し、一人でも多くの方の命を守ることが重要であることは言うまでもありません。

そのためには、製造段階における労働災害防止の推進に加え、機械設計段階において、製造現場の危険な作業等を一つでも多く取り除くことが求められます。

皆さんが、将来、機械設計業務に携わった時、本テキストで学んだ製造現場の労働災害の実態などを頭に浮かべ、働く人の命を守るにはどうすればよいか思案することを願っています。



〔参考文献〕

- ・職場のあんぜんサイト
<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/>
厚生労働省
- ・製造事業者向け安全衛生管理のポイント
～パートや期間従業員などの安全衛生のために～
<https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anzen/110329-1.html>
作成: 東京海上日動リスクコンサルティング(株)(厚生労働省委託事業) P6 P38-39 2011年
- ・危なさ toward あおう
<https://jsite.mhlw.go.jp/aichi-roudoukyoku/content/contents/000710899.pdf>
作成: 愛知労働局 P1-8 2019年
- ・機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック
https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyoku/kikai_kikaku_2.pdf
作成: 中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業) P1 P4 P6-9 P10-11 P30 P99-100 2015年
- ・機械の包括的な安全基準に関する指針が改正されました
～機械を安全化し、安全に使用するために～
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/ks04.pdf>
作成: 厚生労働省・都道府県労働局 P3 P5 2007年
- ・機械メーカー等向け機械災害予防セミナーテキスト
https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/120501_1.pdf
作成: 東京海上日動リスクコンサルティング株式会社(厚生労働省委託事業) P6 P16 P33 2011年
- ・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
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/100524-1.pdf>
作成: 中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業) P27 P42-43 P77 P85-87 2009年
- ・中央労働災害防止協会サイト「安全衛生教育促進運動」
<https://www.jisha.or.jp/campaign/kyoiku/index.html>
作成: 中央労働災害防止協会
- ・中央労働災害防止協会サイト「機械安全」
<https://www.jisha.or.jp/oshms/machinery/about01.html>
作成: 中央労働災害防止協会
- ・働く人の安全と健康Vol3 「しくみを用いた安全確認型システム」No2
<http://www7b.biglobe.ne.jp/~ishihara-kt/2ankakukikeken.pdf>
作成: 石原立憲 (中央労働災害防止協会刊行の月刊誌掲載) 2002年

[参考文献]

- ・建設業労働災害防止協会サイト「防災建災防方式健康KYと無記名ストレスチェック」
https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/leaflet/files/pamphlet8P_1908.pdf
作成:建設業労働災害防止協会 P2 2018年
- ・高齢労働者の活躍促進のための安全衛生対策
ー先進企業の取組事例集ー
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000156041.html>
作成:中央労働災害防止協会(厚生労働省委託事業) P27-30 2017年
- ・感染症の基礎知識
<https://www.fukushihoken.metro.tokyo.lg.jp/iryo/kansen/kansensyoutaisakukoushuukai.files/koureikansen.pdf>
作成:東京都福祉保健局 P8 2007年
- ・高齢者介護施設における感染対策マニュアル
<https://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/tp0628-1/dl/130313-01.pdf>
作成:株式会社三菱総合研究所(厚生労働省委託事業) P3 2013年
- ・安全の理論と安全目標(学術の動向 21巻 3号)
<https://www.mukaidono.jp/kouen/files/1603%e5%ad%a6%e8%a1%93%e3%81%ae%e5%8b%95%e5%90%91%ef%bc%9a%e5%ae%89%e5%85%a8%e3%81%ae%e7%90%86%e5%bf%b5%e3%81%a8%e5%ae%89%e5%85%a8%e7%9b%ae%e6%a8%99.PDF>
作成:向殿 政男 p8-13 2016年
- ・筐体設計のススメ/キーエンスサイト「JIS規格・ISO規格・IEC規格の基礎知識」
<https://www.keyence.co.jp/ss/products/marker/housing-design/knowledge/iso.jsp>
作成:株式会社キーエンス
- ・新入者安全衛生テキスト 指導のポイント
編著:中央労働災害防止協会 P22 2017年
- ・機械包括安全指針に沿った機械設備安全化の進め方
編著:中央労働災害防止協会 P21-26 P31 2015年
- ・システム安全入門
編著:長岡技術科学大学システム安全専攻 P25-27 2016年
- ・実践技術者のための安全衛生工学
監修:半田有通/後藤康孝 P58-65 2017年