

平成 16 年度
新製造技術に関する調査研究報告書
－機械工業の安全化技術－

平成 17 年 3 月

社団法人 日本機械工業連合会
財団法人 製造科学技術センター

序

戦後の我が国の経済成長に果たした機械工業の役割は大きく、また、機械工業の発展を支えたのは技術開発であったと云っても過言ではありません。また、その後の公害問題、石油危機などの深刻な問題の克服に対しても、機械工業における技術開発の果たした役割は多大なものでありました。しかし、近年の東アジアの諸国を始めとする新興工業国の発展はめざましく、一方、我が国の機械産業は、国内需要の停滞や生産の海外移転の進展に伴い、勢いを失ってきつつあり、将来に対する懸念が台頭しております。

これらの国内外の動向に起因する諸課題に加え、環境問題、少子高齢化社会対策等、今後解決を迫られる課題が山積しているのが現状であります。これらの課題の解決に向けて従来にもましてますます技術開発に対する期待は高まっており、機械業界をあげて取り組む必要に迫られております。我が国機械工業における技術開発は、戦後、既存技術の改良改善に注力することから始まり、やがて独自の技術・製品開発へと進化し、近年では、科学分野にも多大な実績をあげるまでになってきております。

これらのグローバルな技術開発競争の中で、我が国が勝ち残ってゆくにはこの力をさらに発展させて、新しいコンセプトの提唱やブレイクスルーにつながる独創的な成果を挙げ、世界をリードする技術大国を目指してゆく必要が高まっております。幸い機械工業の各企業における研究開発、技術開発にかける意気込みにかげりはなく、方向を見極め、ねらいを定めた開発により、今後大きな成果につながるものと確信いたしております。

こうした背景に鑑み、当会では機械工業に係わる技術開発動向等の補助事業のテーマの一つとして財団法人製造科学技術センターに「平成16年度新製造技術に関する調査研究－生産システムの安全化技術－」を調査委託いたしました。本報告書は、この研究成果であり、関係各位のご参考にご参考に寄与すれば幸甚であります。

平成17年3月

社団法人 日本機械工業連合会
会 長 金 井 務

はじめに

グローバル化が進展するなか、企業に対する市場ニーズは生産効率の向上による納期の短縮化、生産コストの低減等への要請が一層高まっており、製造業は国境を越えた厳しい国際競争時代に直面しています。

こうしたなか、企業の製造現場においては、ニーズへの迅速な対応が優先されることによって、安全に対する配慮が十分になされないことで機械や生産システムが突然に事故を起こし、時によっては不幸にも人身事故につながる事態を招いています。

我が国においては、危険が予測される機械等に関しては、労働安全衛生法において遵守すべき安全構造基準が定められており、また、それらの機械等を使用する場合には安全確保のために遵守すべき事項を定め周知を図ることになっています。また、機械によっては、JIS（日本工業規格）に安全規格が制定され、さらにメーカー業界団体が自主的に安全基準或いは指針を作成して、使用者が事故防止に努めています。しかしながら、厚生労働省の労働災害統計（平成15年1～12月における休業4日以上）における製造業の死傷者数は、32,518人（うち死亡者数は293人）に上り、全産業の約26%（18%）を占めており、事故防止に向けた効果的な対策が不可欠であります。

工場における生産設備の多くはライン化しており、1台の設備にトラブルが発生してもライン全体を停止せざるを得ないシステムや事故が起こっても直ちには停止できないシステムも少なくありません。いずれの場合にも被る損害は大きなものとなるばかりか、企業の信用問題につながる危険性を含んでいます。

このような状況の下、ISO14121、同12100等の国際安全規格の整備が進み、わが国においてもそれらの規格に準拠したJISB9702、同9700-1・同9700-2等が制定され、各企業においても安全確保に対する重要性の認識と関心が高まるなか、リスクアセスメントを採用する動きが現れています。

当財団では、このような背景を踏まえ、社団法人日本機械工業連合会から「新製造技術に関する調査研究」として委託を受け、機械工業における生産システムの安全化に向けた技術的方策についての調査研究を行ったものであります。

本報告書の成果が、あらゆる機械工業における安全確保への取り組みにおいて一助となれば幸いです。

なお、本調査及び本報告書のとりまとめにあたっては、安全技術応用研究会及び当財団の賛助会員企業から委員就任はじめ貴重な資料提供等、いただきました多大なご協力に対し深甚なる謝意を表します。また、本事業の実施にあたり、ご支援いただきました経済産業省ならびに社団法人日本機械工業連合会にお礼を申し上げますとともに協力いただきました委員の皆様方に対し深く感謝を申し上げます。

平成17年3月

財団法人 製造科学技術センター
理事長 庄山悦彦

目 次

	頁
序	
はじめに	
目 次	
第1章 調査研究の概要	1
1.1 背景と目的	1
1.2 調査研究体制	1
1.3 調査研究項目・スケジュール	2
第2章 機械メーカーにおける機械安全化方策事例	3
2.1 A社（ロボットメーカー）の事例	3
2.1.1 企業戦略上における「製品安全」の位置付け	3
2.1.2 社内安全設計基準の整備状況（国際安全規格等を含め）	3
2.1.3 リスクアセスメントの適用状況	4
2.1.4 安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの 納入までを含めて）	10
2.1.5 S E（Safety Engineer）を主体とする設計・開発技術者 及び工場作業者への安全教育	10
2.1.6 現状における課題	10
2.1.7 ユーザに対する要望	10
2.1.8 その他（安全確保を巡る意見・考え）	10
2.2 B社（総合電機メーカー）の事例	11
2.2.1 企業戦略上における『製品安全』の位置付け	11
2.2.2 社内安全設計基準の整備状況	12
2.2.3 リスクアセスメントの適用状況	16
2.2.4 安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの 納入までを含めて）	23
2.2.5 安全教育のための社内規程	23
2.2.6 現状における課題	24
2.2.7 ユーザに対する要望	24
2.2.8 その他（安全を巡る意見・考え）	24
2.3 C社（重機械メーカー）の事例	25
2.3.1 企業戦略上における「製品安全」の位置付け	25
2.3.2 社内安全設計基準の整備状況（国際安全規格等を含め）	26
2.3.3 リスクアセスメントの適用状況	27

2.3.4	安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの 納入までを含めて）	48
2.3.5	S E（Safety Engineer）を主体とする設計・開発技術者 及び工場作業員への安全教育	48
2.3.6	現状における課題	51
2.3.7	ユーザに対する要望	51
2.3.8	その他（安全確保を巡る意見・考え）	51
2.4	D社（工作機械メーカー）の事例	52
2.4.1	企業戦略における「製品安全」の位置づけ	52
2.4.2	社内安全設計基準の整備状況	52
2.4.3	リスクアセスメントの適用状況	58
2.4.4	安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの 納入までを含めて）	67
2.4.5	S E（Safety Engineer）を主体とする設計・開発技術者 及び工場作業員への安全教育	68
2.4.6	現状における課題	68
2.4.7	ユーザに対する要望	72
2.4.8	その他（安全確保を巡る意見・考え）	72
第3章	企業における安全技術者の育成	73
3.1	E社（タイヤメーカー）の事例	73
3.1.1	これまでの日本の安全管理の現状	73
3.1.2	設備設計技術者に起因する災害	77
3.1.3	設備設計技術者育成の現状	81
3.1.4	安全技術者の育成と課題	84
	別添図1.	89
	別添図2.	90
3.2	F社（制御機器メーカー）の事例	92
3.2.1	制御機器メーカーとしての使命と役割	92
3.2.2	国際安全規格に準拠した製品の提供	98
3.2.3	ユーザの要求に対応した安全技術者に求められる資質	106
3.2.4	安全技術者の育成と今後の課題	109
第4章	まとめ	112
4.1	機械安全に対する従来の考え方	112
4.2	国際安全規格への適合の必要性	113
4.3	安全技術者及び認証技術者養成の必要性とその現況	114

第1章 調査研究の概要

1.1 背景と目的

グローバル化が進展し、国境を越えた国際競争はますます拡大し、市場ニーズはますます多様化が進んでいる。こうしたなかで、とりわけ、生産効率の向上による納期の短縮、コストの低減への対応は製造業にとって重要不可欠となっている。しかし、それによって機械や生産システムの安全が損なわれるおうなことがあってはならない。わが国においては、工場等における労働災害を防止するために労働安全衛生法が施行され、稼働によって危険が予測される機械等に関しては、同法において遵守すべき安全構造基準が定められ、J I S（日本工業規格）で安全規格を定めている機械等もある。さらにユーザの安全を守るために機械のメーカー団体が自主的に安全基準を定めてその普及・周知に努めている例も少なくない。このような安全確保に向けた対策が講じられるなか、厚生労働省の統計における労働災害は年々減少傾向にはあるものの、痛ましい事故災害が発生しており社会問題になっている。

安全を確保するためには、機械が安全に設計・製作され、機械のメーカーとユーザとがその機械が安全であることについてお互いに確認し合うことが必要である。この確認作業が本来のリスクアセスメントであり、欧米では常識とされている安全思想として国際的に広く普及しつつある。

こうしたなか、わが国においても国際安全規格の動向に関心が高まり、国際安全規格をベースとしたJ I S（日本工業規格）の整備が進むとともに企業においても機械の設計時にリスクアセスメント手法を採り入れる動きが進んでいる。

本事業では、わが国製造業を取り巻く環境変化に対応して行くなかで機械工業がより積極的に安全対策を講じていくための技術ならびに普及の方策を明らかにすることを目的としている。本年度においては、機械メーカーにおける製品の安全確保のための取り組み事例、企業における安全技術者の育成に向けた取り組み事例について調査研究を行ったものである。

1.2 調査研究体制

財団法人製造科学技術センター内に生産システム安全化技術調査研究委員会を設置した。構成メンバーは、機械システムの安全技術の専門学識者および企業において安全に携わっている専門技術者の方々によって構成した。

生産システム安全化技術調査研究委員会名簿

[委員長]

田中 紘一 長岡技術科学大学 名誉教授

[委員]

相川 孝治 旭硝子株式会社 環境安全部 主幹技師

池田 博康 独立行政法人 産業安全研究所 機械システム安全研究グループ 主任研究官

井上 洋一 和泉電気株式会社 広域営業部 東日本グループ 第3チーム 東日本担当
岩田 一明 大阪大学 名誉教授
梶岡 圭一 大日本インキ化学工業株式会社 レスポンシブル・ケア部 安全担当課長
久保内 講一 株式会社日立製作所 モノづくり技術事業部 生産リユース推進センター センタ長
榊原 伸介 ファナック株式会社 ロボット研究所 名誉所長
佐野 昭一 豊田工機株式会社 グラインディングマシン標準機部 開発設計室 室長
杉本 穎俊 H&S オフィス 代表
鈴木 正俊 安全技術応用研究会 事務局長兼幹事長
蓬原 弘一 長岡技術科学大学 教授
星野 修二 石川島播磨重工業株式会社 技術開発本部 技監
水野 恒夫 株式会社ブリヂストン 安全衛生管理室 室長

[事務局]

瀬戸屋 英雄 財団法人 製造科学技術センター 専務理事
黒田 武夫 財団法人 製造科学技術センター 総務部長兼調査研究部長
豊吉 隆憲 財団法人 製造科学技術センター FAオープン推進室 主席研究員

1.3 調査研究項目・スケジュール

(1) 調査研究項目

- 1.) 機械メーカーにおける製品安全方策への取り組み事例
- 2.) 企業における安全技術者の育成事例

(2) スケジュール

(本調査研究事業は、以下のとおりの委員会を開催して実施した。)

第1回委員会開催 平成16年 8月 6日 (金) 財団法人 製造科学技術センター
第2回委員会開催 平成16年 9月 29日 (水) 財団法人 製造科学技術センター
第3回委員会開催 平成16年 12月 10日 (金) 財団法人 製造科学技術センター
第4回委員会開催 平成17年 2月 18日 (金) 財団法人 製造科学技術センター

第2章 機械メーカーにおける機械安全化方策事例

2.1 A社（ロボットメーカー）の事例

2.1.1 企業戦略上における「製品安全」の位置付け

製品設計、製造においてその安全性を確保することは企業戦略上最も重要なものの一つと位置付け、信頼性・安全性確保を含む国内外規格および社内規定を技術管理本部で管理し、社内イントラネットを通じて開発・設計各部門が常時閲覧可能としている。また、社内工場現場での安全に関しては、全社から委員が参加する安全・衛生委員会を設置しており、この委員会の指導のもと、設計、製造の各部門において、安全リーダーを任命し、毎朝、安全性の重要性を訓示している。

2.1.2 社内安全設計基準の準備状況（国際安全規格等を含め）

2.1.2（1）国際規格

まず、関連する国際規格について概略を説明する。国際規格および各国ごとの国家規格の関係は図2.1-1に示す通りである。

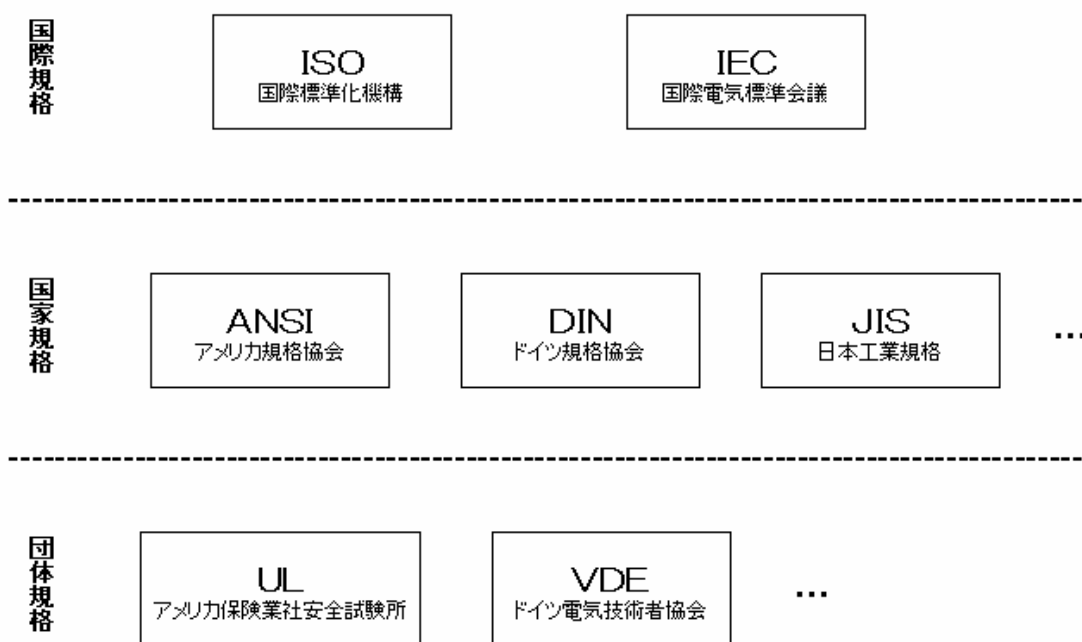


図2.1-1 規格の体系

他に、国家規格に相当するものとして欧州規格であるEN規格が存在する。EN規格とはEU域内の統一規格で、ECの官報（Official Journal）で公表されていることが適用の条件になる。後述するEC指令の必須安全要求事項に適合するための具体的な基準を示してお

り、EN規格に適合すればEC指令の必須安全要求事項を満足していると判断される。

具体的な内容は、対応するISO/IEC規格とほぼ同一で、CEN（欧州標準化委員会）/CENELEC（欧州電気標準化委員会）により制定される。ただし、EN規格は現在作成段階のものが多く、該当するEN規格がない場合はISOやIEC等への適合が要求される。

EC指令とはEC理事会が制定した指令であり、欧州市場に出る製品に均一な安全性を要求しており、EU加盟国政府は自国の法令をEC指令に整合するよう変更しなければならない。全製品に共通する広範囲の指令と個別対象製品別の指令がある。機械指令（Machinery Directive）は機械の安全性に関する指令を定めている。

2.1.2（2）社内規定（基準）の体系

社内独自の設計基準を持っており、その中に、信頼性ととも安全性遵守のための規定が存在する。

国際規格を基本とする。

機械系：ISO（国際標準化機構）規格

電気系：IEC（国際電気標準会議）規格

国内向け：国家規格のJISを使用。

EU向け：欧州規格のENを使用。ドイツの団体規格VDE等も使用。

米国向け：国家規格のANSIを使用。団体規格のUL等も使用。

社内独自規定は上記規格を補完するものである。

2.1.2（3）社内規定の制定、改正手続きの仕組み

社内の設計部隊が設計作業の際に新たに社内規定の制定が必要になった場合、まず、社内規定の起案を行う。次に、その原案の妥当性について関連部門で審議を行う。審議結果を起案元がすべて入手した後、結果をまとめ、指摘事項の検討、修正を行い、社内規定案となる。社内規定案の承認は、最終的には設計部門の最高責任者が行う。承認された社内規定は、関連部門に配布される。また、イントラネットで必要に応じて閲覧できる。

2.1.3 リスクアセスメントの適用状況

EU向けに機械を輸出する際にはCEマーキングを当該製品に貼ることが要求され、これを取得するための認証の際に、リスクアセスメントが求められる。

2.1.3（1）CEマーキング

CEマーキングとは下記のEC指令で規定された、必須安全要求事項に適合した製品に貼付するマーキングのことで、詳細はCE（Conformite Europeenne）マーキング指令で定められている。EC指令が施行されると、CEマーキングのない指令対象製品をEU域内に輸出・販売する事は事実上不可能となる。（CEマーキングを貼付した製品は、EU域内を

自由に流通できる。)

CE マーキングを貼付するためには、次の事項を満たしていなければならない。

- ・ 関連する各指令の必須安全要求事項を満足すること。
- ・ 指令に記載されていない一般仕様などについては、EN 規格（欧州規格）に適合すること。
- ・ 技術文書、適合宣言書を作成・保管すること。

CE マーキングの形状を図 2.1-2 に示す。



図 2.1-2 CE マーキング

2.1.3 (2) リスクアセスメントのロボット設計への適用例

当社でのリスクアセスメントは図 2.1-3 に示すように 3 つの表のセットを基本としている (Table 1~3)。Table 1 では EN 規格の EN292-1 に基づいて、さまざまな危険源をリスト化し、さらに各危険について「どのような場面が、どの場所で」起こる可能性があるかを検討する。

危険性は図 2.1-4 に示すように、I~V のカテゴリーに分けられる (数字が大きいほど危険性は高い)。

カテゴリーⅢの例：

- ① 危険状況：ロボットの作業領域においてロボットが動作中に、作業者がワークに接近する場合

安全対策：インターロック付き安全扉 (図 2.1-5) を設け、ロボットの教示、保守・サービスはこの中で行う。

- ② 危険状況：ロボットの作業領域においてロボットが停止中に、作業者がワークに接近し、その後、他の作業者がロボットに起動をかける場合。

安全対策：安全扉のドアに、安全プラグを設ける。安全プラグを抜かないと作業者は安全扉の中に入れない。

Robot risk assessment outline

Table 1: List of hazards

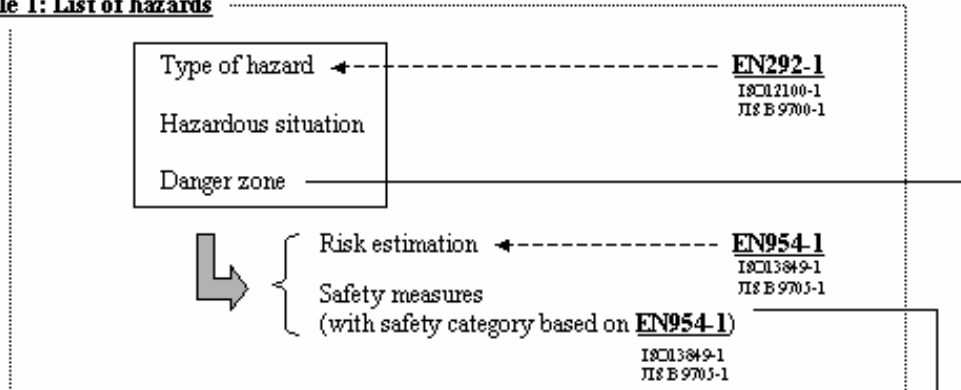


Table 2: Verification of safety measures

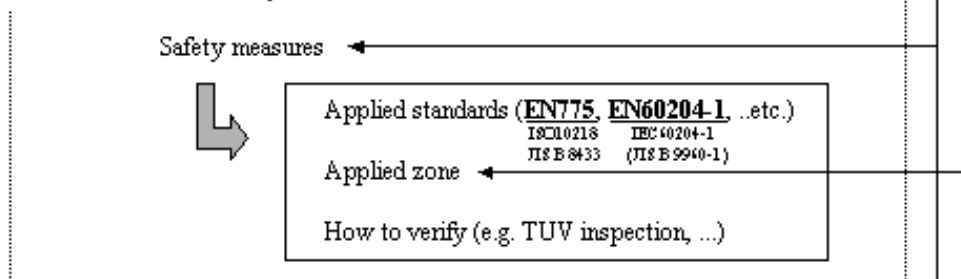


Table 3: Estimation of measures – Residual risk - Countermeasures

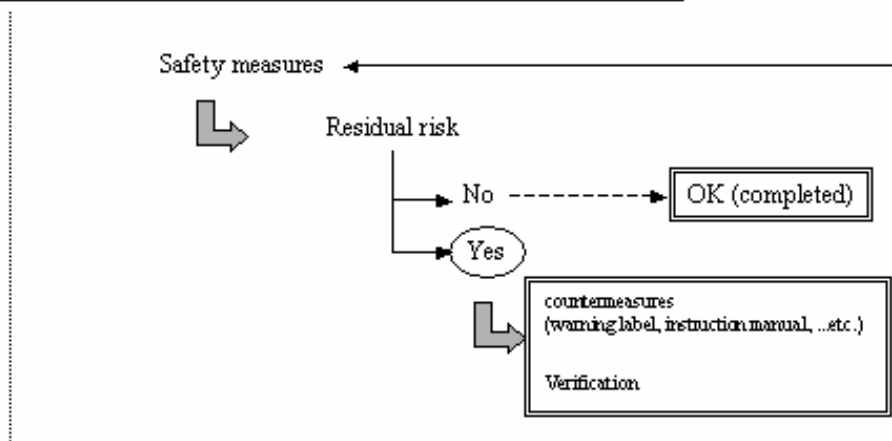


Table 4: Estimation of conformity to machine directive (Annex D)

図 2. 1 - 3 リスクアセスメントの概略

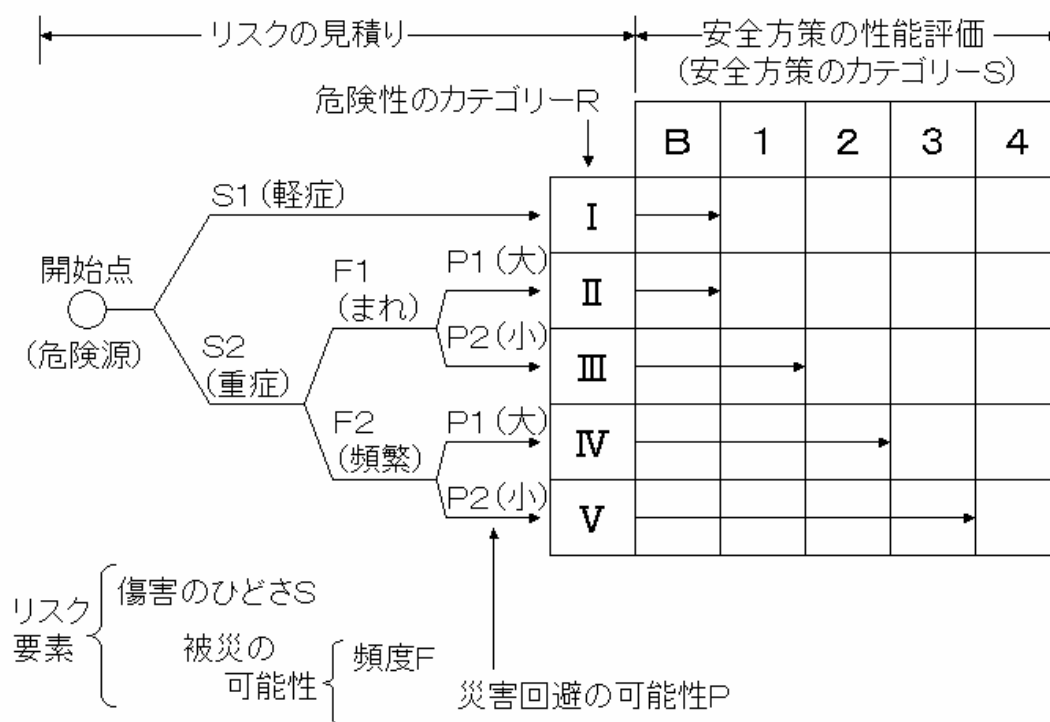


図 2. 1 - 4 危険性のカテゴリ

- ③ 危険状況：保守作業中に他の作業者がロボットを起動する。
安全対策：同上

さらに、Table 1 でそれら危険の程度を見積もり、それらに対する安全対策をまとめる。安全対策が、危険の程度に比べて見合ったものかどうかは EN954-1 に従って判定する。

Table 2 では、Table 1 で言及された各安全対策について、それら対策が準拠する安全規格、関連する場所、安全対策の確認手段をまとめる。

安全対策の確認手段の例：

- ① 安全対策：インターロック付き安全扉を設け、ロボットの教示、保守・サービスはこ
の中で行う。

適用規格：EN775 7.3.1

適用領域：作業領域、機械周辺

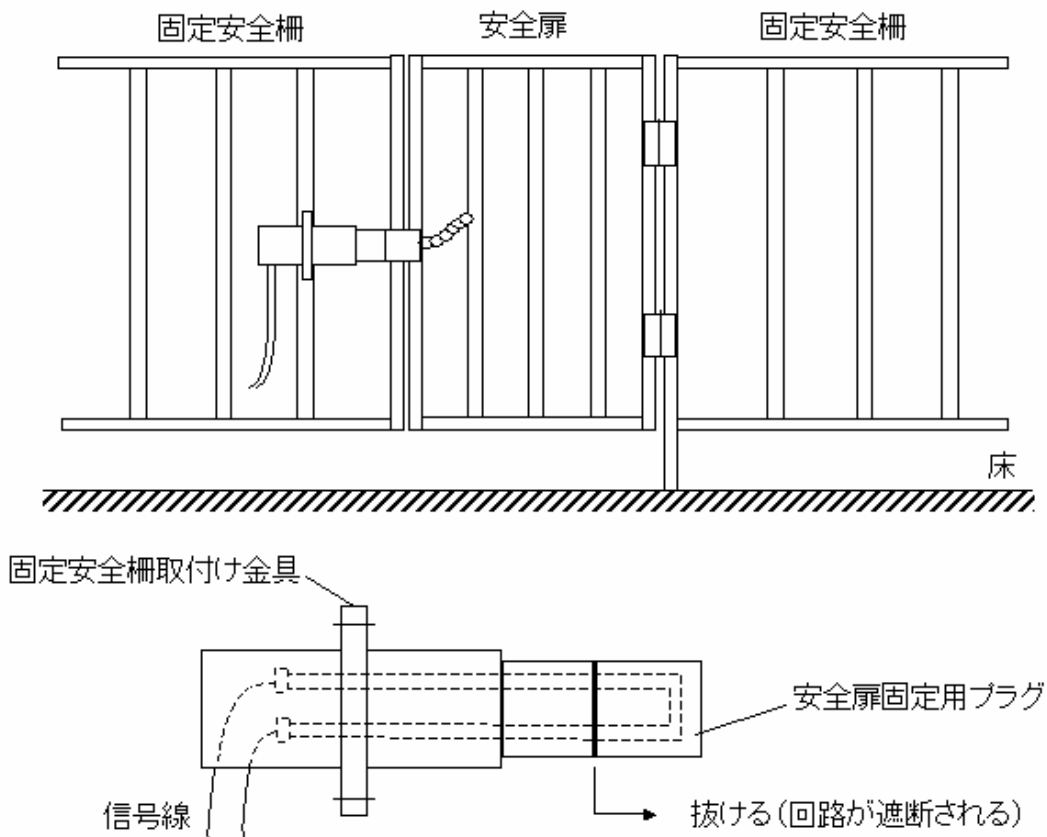


図 2. 1 - 5 安全扉と安全プラグ

② 最後に、Table 3 で Table 1 で言及された各安全対策を講じても残存してしまうリスクがないかどうかを判定し、残存リスクに対してさらなる使用上の情報を使用者に提供する。使用上の情報としては、具体的には警告ラベル貼付やマニュアルへの注意書きが一般的である。

直接、上記リスクアセスメントとは関連しないが、さらに Table 4 として、「機械指令補遺 I」の各項目に照らし合わせて各安全対策をチェックすることで、機械指令そのものの要求事項を満足しているかどうかを確認している。

上記リスクアセスメントは、当初はヨーロッパローカルの規格である「EN」をベースにしているが、その後 ISO、IEC あるいは JIS 規格として翻訳・採用されており、グローバルに通用する内容になっている。

③ 安全方策基準 適用する時の組織（メンバー構成）

機械、電気、ソフトウェアの開発・設計担当技術者および開発・設計部隊ごとに置かれた信頼性・安全性担当技術者が一同に会して行う。

最近では、ロボットの安全回路に関し、北米、ヨーロッパの自動車メーカ等より、以下の規格に対応する最高レベルの安全機能を要求されている。

北米： ANSI/RIA R15.06 (Control Reliable)

欧州： EN775 (カテゴリ 4)

(ISO10218)

ANSI/RIA R15.06 は、1999年に米国において、産業用ロボットとそのシステムの安全要求をまとめた国家規格として制定された。因みに、この規格の RIA という文字は、米国ロボット工業会を指している。この規格は、機械の安全性 基本概念・設計の一般原則を示した基本安全規格（A 規格）である ISO12100 シリーズをベースにしているが、より高度な安全機能を要求している。

例えば、ロボット教示に用いるペンダントには 3 ポジションスイッチを用いたイネーブル装置を持たなければならないことが要求されている。ロボットを教示するため作業者がロボットに近づいた時、万一ロボットが異常な動作をした場合の従来の考え方は、人は必ずペンダントを放り出すというもので、その時にロボットに非常停止がかかる設計でよかった。しかるに、さらに高度安全を考えると、人はペンダントを握り締める可能性もあり、放り出した場合、あるいは握り締めた場合の両方においてロボットに非常停止がかかるように図 2.1-6 に示す 3 ポジションのイネーブルスイッチ（デッドマンスイッチ）を設けることが要求された。

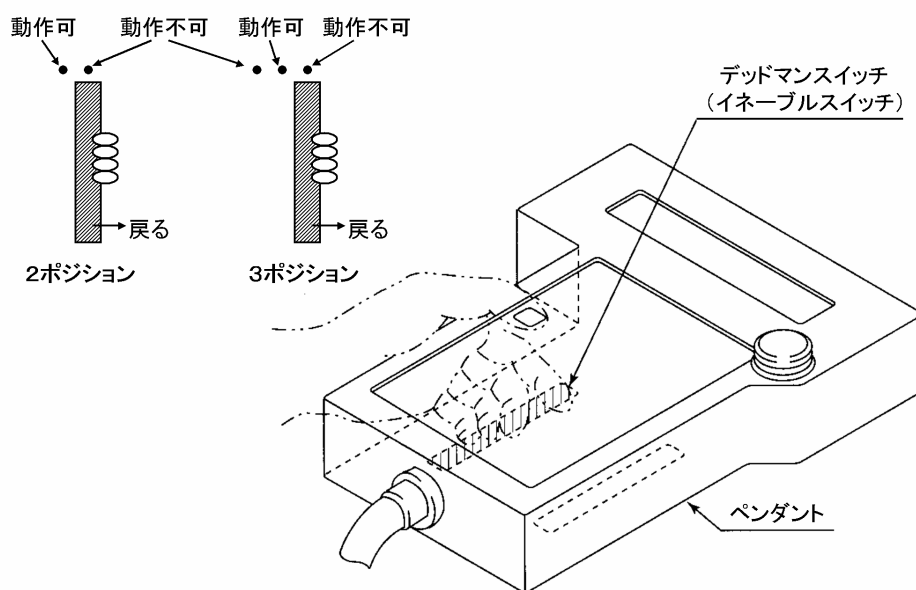


図 2.1-6 教示操作盤（ティーチペンダント）とデッドマンスイッチ

2.1.4 安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの納入までを含めて）

機械の設計に関しては、関連する国内外規格（JIS, ISO, IEC 等）および社内規定を技術管理本部が管理しており、社内イントラネットを通じて開発・設計各部門が常時閲覧可能である。また、社内工場現場での安全に関しては、全社から委員が参加する安全・衛生委員会を設置しており、この委員会の指導のもと、設計、製造の各部門において、安全リーダを任命し、毎朝、安全性の重要性を訓示している。

2.1.5 S E（Safety Engineer）を主体とする設計・開発技術者及び工場作業員への安全教育

設計・開発部門においては、S Eが、設計者と机を並べて、安全規格に外れることがないように常にチェック、アドバイスをを行っている。また、社内のイントラネットを経由して必要な情報を入手できるようにしている。

なお、設計、製造の各部門では、2.1.4で述べた通り、安全リーダを置き、毎朝、各部門の構成員に対して安全性への意識を高めている。

2.1.6 現状における課題

安全に限らず、国際規格の多くは、欧米主導で進められており、日本はどうしても後追いになっている。安全に関しても、日本発の国際規格を早急に確立していくことが日本の製造業の課題である。また、機械を欧米に輸出する割合が高い企業では必要に迫られて欧米の規格に合わせた設計を行っているが、安全に関しては、本来出荷先地域によらない対応とすべきであり、現状は異なった対応となっているのが課題である。

2.1.7 ユーザに対する要望

製品を販売する際、機能、性能などいくつかのオプションの中で、安全に関するオプションには安全性が低いものから高いものまでいくつかのレベルが存在する。安全性の高いものが選択される割合が日本の場合欧米に比べて低く、逆に言えば、安全確保を作業員の能力に委ねる割合が日本の場合欧米に比べて高いのが現状である。日本においても安全に関する社会的な関心の高まりに伴い、近い将来、安全性のレベルが欧米並みに高いオプションが選択されることを期待したい。

2.1.8 その他（安全確保を巡る意見・考え）

世界的に安全確保の重要性に対する認識が急速に広がっており、メーカ、ユーザとも、万一の災害発生を考えると、生産性より安全性を優先した方が、結果として企業を利することになるという考え方が定着することを期待したい。

2.2 B社（総合電機メーカー）の事例

当社は総合電機メーカーとして重電・産業用電気機器から情報通信機器や家庭用電化製品、ならびにその製造設備など広範囲に社会インフラを支える製品を多岐に亘り製造販売しており、世界中に製品、システム、サービスを提供している。この中で当社の製品安全に関する全体的な取組みの一端を事例として紹介する。

2.2.1 企業戦略上における『製品安全』の位置付け

(1) メーカーの責務

製造物に対するメーカーの責務には、顧客満足を提供するという製品のプラス面に対するものと、製品による損害を出さないと言う製品のマイナス面に対するものがあるが、当社はこの両方がメーカーの責務と捉えている（会社規則：当社企業行動基準として制定）。特に、このマイナス面に対しては製品事故の撲滅を目標（製品事故管理規程）に品質活動を展開しており、特に製造物責任法（以下PL法）の対象になるような事故（以下PL事故）は、従来から、絶対に起こしてはならない重要事故（社内製品事故管理規程集）として、最善の注意を払い防止活動を実施している。このために、PL事故ばかりでなく、PL事故につながる可能性のある製品安全（PS：Product Safety）に関する事故（以下PS事故）までも発生ゼロを目標に活動・管理し製品に安全を作り込むこととしている。

(2) PL対応のあり方

PL対応には、①PL事故発生の防止と、②万が一事故が発生した時の迅速で誠意ある対応、の2つがある。当社は、このうち①を活動の中心として製品安全の推進に努めている。②の事故対応について、当社では製品事故の撲滅とともに、有事の場合の迅速な対応に努めており、PS/PL事故もこの中で扱うことを基本にしている。

(3) PS/PL対応のための実施事項

当社では製品安全特別委員会を設置（1973年）し、この中で『製品の安全性に関する指針』を制定（1974年2月）している。これに従い、製品安全活動推進体制の整備、実施事項の整備などを継続的に実施している。具体的には製品安全に関する委員会が、社会の進展に伴い、ラインの課題・ニーズに応える対応策をその度毎に委員会報告やマニュアルとしてまとめ、社内関連事業所はこれを受けて事業所としての規程・規格に反映して日常業務に備えている。これらの活動を積み上げながら確実に実践していくことが当社PS/PL対応活動の基本である。

2.2.2 社内安全設計基準の整備状況

2.2.2 (1) 社内規程（基準）の体系

安全に関わる当社社内規程の体系の概略を図2.2-1に示す。

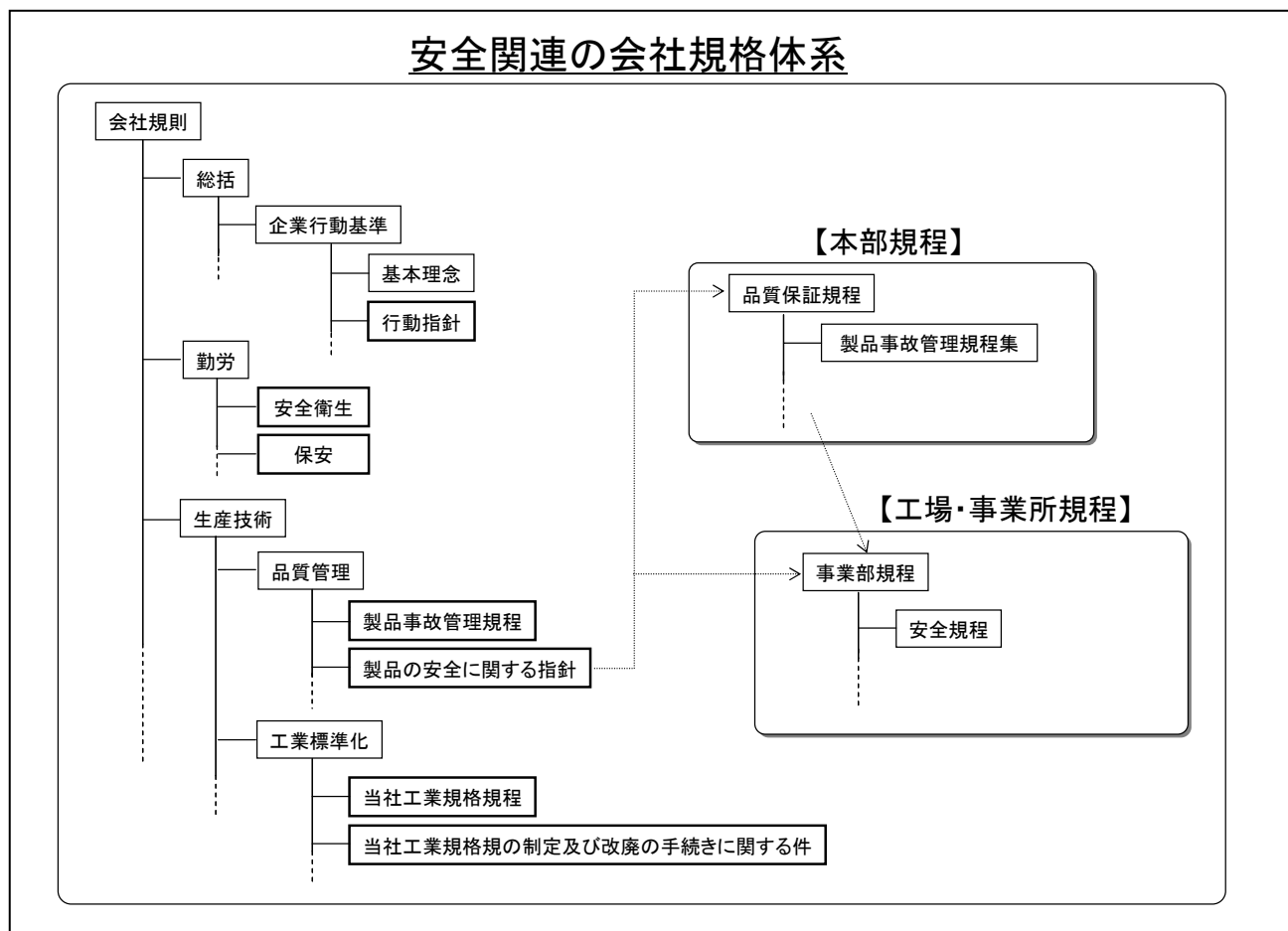


図2.2-1 安全関連社内規程の体系

当社は下記の＜製品安全に関する指針＞を設けるとともに、特に安全設計に関わる当社としての工業規格規程としては後述する＜工業規格規程＞を定めている。

＜製品の安全性確立に関する指針＞

■目的：

欠陥製品がその使用者などに与える損害については、その製品の製造者が責任を負う製造物責任（PL）の法理の発展に伴い、顧客に有用のみならず安全かつ無害な製品を生産供給することが、企業の緊要な社会的使命となっている。かかる社会通念の変革を強く認識し新しい製品安全（PS）を確立するために採るべき施策につき以下に指針を定める。

■指針1：総合施策の推進

製品安全問題に対処するためには、研究、開発、設計、製造、工事、検査、営業、宣伝、サービス、法務などあらゆる部門において常に顧客の安全性の確保を優先するよう心掛けなければならない。このため特に各事業部門の長は関係各部門との連携を密にし、総合かつ組織的な施策を推進しなければならない。

■指針2：安全性水準の確立

安全性の水準は固定したものではなく、社会の通念および環境の変化により厳しくなりつつある。従って安全法令や安全規格・基準を満足することはもとより、国内外の同種製品に比較して劣るところがあってはならない。このため広く安全性確保に関する情報を収集分析し常に最新の安全性水準を確立しなければならない。

■指針3：安全性の評価確認

製品の製造に当っては、固有技術、品質管理技術、信頼性技術などを慎重に活用し、更に周到なるデザインレビュー、試作試験、製品実用試験、信頼性試験等を実施して安全性を評価確認（リスクアセスメント）しなければならない。特に顧客又は使用者が不特定多数である製品については予想されるあらゆる危険を防止するよう努めなければならない。

■指針4：責任範囲の明確化

契約に際しては安全に関する規程を入れかつ契約先との間の責任区分と限界をできうる限り明確にしなければならない。

■指針5：記録の管理

製品および工事の設計内容を示す書類や図面を始め、製造および試験検査に関する記録を残し、材料、部品、完成品の各段階での状況を明らかにし、後日必要な折には速やかに製品の素性・履歴を証明し得るように保存しなければならない。

■指針6：使用方法の徹底

製品の安全な使用方法を徹底するために、取扱説明書、注意書はもとよりカタログその他の宣伝媒体においてもそれぞれの必要性に応じて具体的かつ明瞭に記述又は表現されなければならない。また場合によっては製品の使用者などを直接指導する配慮をしなければならない。

■指針7：保険の検討

製造物責任を担保するため、製品の特性により生産物賠償責任保険の付保について国内外の状況に応じた検討を積極的に行わなければならない。

<工業規格規程>

■目的

当社製品の標準化を図り、品質を維持向上せしめることを目的とし、併せて生産能率の増進その他生産、使用又は消費の合理化に資するため当社における工業標準（以下STD）を定める。

■制定範囲

1. STDは当社で生産する製品、部品又は半製品及び直接生産に使用する原材料、構築物、機械装置、車輛運搬具、工具、器具及び備品に関し2工場以上に関連し又は全社共通的な下記技術的事項について定める。
 - (1) 種類、型式、形状、寸法、材料、構造、装備、包装、品質、等級、成分、性能、耐久度又は安全度
 - (2) 生産方法、設計方法、製図方法、使用方法、作業方法又は安全条件
 - (3) 試験方法、分析方法、鑑定方法、検査方法、検定方法、測定方法又は統計的品質管理方式
 - (4) 技術に関する用語、略号、記号、符号、システムの整合、標準数又は単位
2. 上記にかかわらず、日本国家規格（JIS, JASなど）、国内団体規格（JEMなど）、国際規格（ISO, IECなど）、外国規格（BS, DIN, ANSIなど）で、その規格の大部分を採用する場合は、“STD扱い規格”として、規格略称番号、規格名称、除外箇所のみを登録することにより、STDの作成を省略することができる。“STD扱い規格”は別に定めるSTDによる。

■遵守

当社社員はSTDを守らなければならない。ただし、文書による顧客の要求又は法令による規程があるときはこの限りではない。

■制定・改廃

STDの制定及び改廃については別に定める手続きを経て当該部長がこれを決済する。

■分類

1. STDはその整理の便を図るためその内容に従いこれを分類する。
2. 前項の分類方法については別に定める。

■取扱

STDはこれを甲類と乙類に分け甲類は当該部長の認めた場合を除き社外秘扱とする。

甲、乙の類別は各規格表にこれを表示する。

■取扱部

STDに関する業務は当該部がこれを掌る。

2.2.2 (2) 社内規程の制定ないし社内規程の見直し（改正等）手続きの仕組み

以下に当社の社内規程の制定ないし見直し、改訂の手続きに関する規程の一部抜粋を示す。

■規程の提案

1. 各事業所又は各種委員会はSTDとして制定すべき事項があった場合これを規格当該STD担当者（管理職以上）に提案する。また既制定のSTDについて改正または改正又は廃止を必要と認めた場合は、直ちにその旨をSTD担当者に申し出なければならない。

■規程の制定

2. STD担当者は前項の提案により制定、改正又は廃止の必要を認めた場合は制定若しくは改正の原案を完成し、又は廃止に関する意見を取りまとめる。また必要に応じて当該内容に関わる規格委員会を設けることができる。

■規程の定期的見直し

3. STD担当者は規格が制定、確認又は改正の日から5年を経過する日までに少なくとも1回、その規格が適正であるかどうかを確認する。内容に応じ確認審議のための規格委員会を設けることができる。必要があると認めたときは、2項に準じて改正案を完成させ、又は廃止の意見を取りまとめ、5項により改正・確認・廃止の処置を行う。

■規程の一部改正

4. 当該部長がJIS改正に伴うものなど迅速な改正を必要と認めた場合は、各項に定める手続きを経ることなく、STDにより、その一部改正又は廃止を行うことができる。

■規程の交付

5. 当該部長は前2～4項のSTD原案の制定及び既制定STDの改正・確認・廃止を決済し、制定・改正の場合はSTDとして、確認・廃止の場合は部通達により、関係部署へ通知する。

■推奨規格

6. 当該部長は、採用を推奨し普及を図ることを必要とする工業規格については、当該規格をSTDとして制定する前に、関係部署において可能な限り遵守すべき推奨規格（R-STD）として定め、これを関係部署へ通知することができる。又当該部長は、R-STDをSTDとして制定した場合は、5項に基づき関係部署へ通知する。

■規格委員会

7. 規格委員会

7.1 構成

規格委員は、次の人員構成としSTD担当者の任命による。ただし、委員の

人選は、S T D担当者と委員長の合意によって定める。

- (1) 委員長 1名
- (2) 委員 若干名
- (3) 事務局 若干名

7. 2 任務

委員会は委員長の統括の下、次の業務を行う。

- (1) 新規制定S T Dの場合
 - (a) S T Dとして制定する草案の作成
 - (b) 草案を関係事業所に送付しての書類審議
 - (c) 書類審議の結果を考慮した、決裁者へ提示する原案の完成
- (2) 既制定S T Dの場合
 - (a) 3項に基づく既制定S T Dの適否の審議
 - (b) 審議の結果、改正の必要があると認められたS T Dの改正草案の作成
 - (c) 確認・廃止の意見又は改正草案を関係事業所に送付しての書類審議
 - (d) 書類審議の結果を考慮した、決裁者へ提示する意見又は原案の完成

7. 3 任期

委員会は、当該S T Dにかかわる、5項に基づく手続終了と同時に自動的に解散する。

2. 2. 3 リスクアセスメントの適用状況

2. 2. 3 (1) 社内規程

リスクアセスメントに関しては前述の<製品的安全性確立に関する指針>の中でも「指針3の安全性の評価確認項目」としてリスクアセスメント実施の必要性を記述してる。また前述で示した社内規程体系の中で<製品事故管理規程>として「製品事故重要度評価基準」を定めリスクアセスメントを行っている。この規程事例(一部抜粋)を図2. 2-2に示す。

第X章 製品事故重要度評価基準

第1条 目 的

この基準は、製品事故の重要度評価について定めるものであり、事故による顧客に与えた損害、迷惑の程度を把握して、事故管理ならびに品質保証に資することを目的とする。

第2条 定 義

製品事故重要度とは、事故により顧客に与えた損害、迷惑の程度をいい、また当社の信用の失墜度も考慮するものとする。

第3条 評価基準

第1項 製品事故重要度は表Aに示す「重要度評価表」により評価する。

表A 重要度評価表

重要度	評 価 基 準
A	1. PS事故により、顧客の身体や財産に危害または損害を与えた。(注1) 2. xxxxxxxx
B	1. xxxxxxxx 2. xxxxxxxx
C	1. xxxxxxxx 2. xxxxxxxx

(注1) PS事故の定義と重要度Aと評価する基準は、次の評価基準のいずれかの項目に該当するものをいう。

事業部が製品の性質に応じて評価細目を定めることができる。

P S 事 故 の 定 義		重 要 度 A 評 価 基 準	
人身	製品の取扱や欠陥が原因で、生命や身体に危害を及ぼした事故	同 左	<ul style="list-style-type: none"> ・新聞の全国版報道またはそれに準ずる報道機関で報道されたもの ・消防署または警察等の公的機関から当社側の責任につき何らかの指摘を受けたもの
財産	製品の欠陥が原因で発煙、発火等を生じ、財産に被害を与えた事故	<ul style="list-style-type: none"> ・製品以外へ類焼したもの(設備、家具等へ被害を与えたもの) ・類焼しなくても製品全体が焼損したもの 	
	水、ガス、各種の液洩れにより環境・財産に被害を与えた事故	<ul style="list-style-type: none"> ・環境、設備、家具等に著しい損害を与えたもの 	

尚、上記評価以外は重要度Bとする。

図2.2-2 製品事故重要度評価基準 (一部抜粋)

一方、図2.2-3に示すように当社は分科会を設置し製品安全（PS）リスクアセスメントの普及に向けた組織化も強化しており、今後 ISO12100 などへの取組みが期待される場所である。この分科会では表2.2-1、表2.2-2に示した製品安全（PS）相互診断チェックシートを規定して相互診断によるリスクアセスメントを推進している。表2.2-3にその実施事例を示す。第三者の専門家による目での客観的な評価を狙っており、関連事業所・工場間での効率的な横展開を図っている。また最近では ISO12100 に沿ったリスクアセスメントも順次取り入れながら進めており表2.2-4にその実施例を示す。

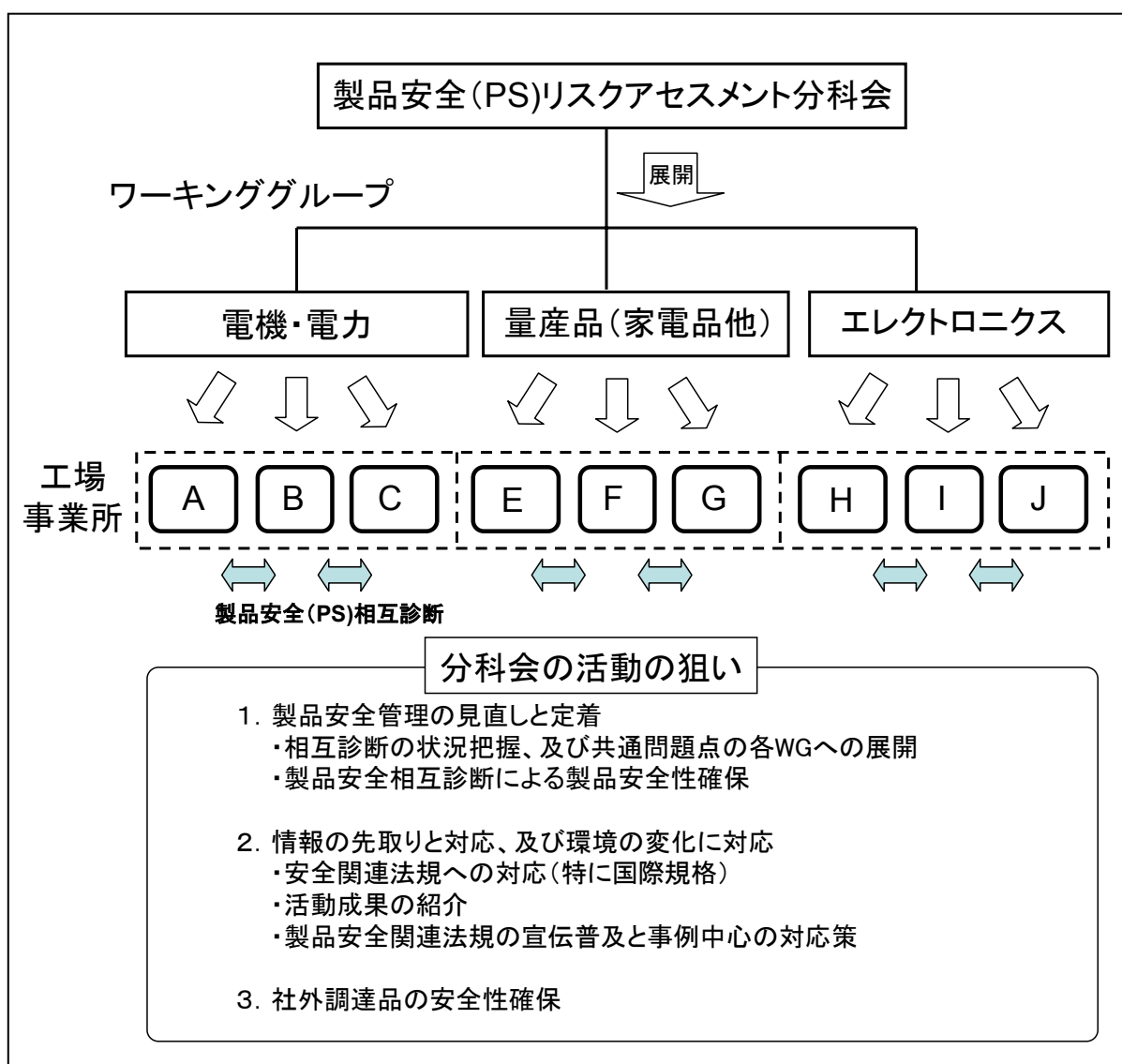


図2.2-3 製品安全（PS）リスクアセスメント取組組織

表 2.2-1 製品安全 (PS) 相互診断チェックシート (その 1)

製品安全 (PS) 相互診断チェックシート (PS リスクアセスメント分科会) その 1

No.	チェック項目
1. PS 推進体制	(1) 製品安全規則が整備され、PS 委員会を組織し、製品安全に関する方針と目標を定めて活動している ① 組織図があり、PS 担当 (部署 / 専任) が明確になっているか。 ② PS 委員会は規則で規定されているか。(委員長、必要な部門の参加、他) ③ PS 委員会は、規定の通り実施されているか。(開催、出席者および議事録など)
2. 製品安全設計	2.1 PS 設計手順 (1) 顧客要求仕様と、製品仕様は明確になっているか。 ① 製品の使用上の制限や各種制限を明確にして、顧客の理解が取られているか(契約書 / カタログ他)。 (2) 危険性の抽出と評価は合理的に行われているか。 ① 製品安全設計基準、PS チェックシート、FTA / FMEA、リスク評価、PS レビューの適用条件は明確になっているか。 (3) 危険性の低減対策は原則に従っているか。 ① 本質安全化 → 保護装置 → 警告表示の優先順位が守られているか。 2.2 PS 設計手順の実施 (1) 「製品安全設計基準」が整備され維持されているか。(基準 No. 名称、最終見直し年月) ① 危険の最悪現象 (火災、暴走、高エネルギー放出など) を許容可能レベルに抑える最終保護設計基準 (ガード、保安部品、多重化など) は明確か。 ② 製品安全設計基準の限界 (ハザードの検討範囲、安全水準) は明確になっているか。 ③ PS チェックシートの内容と対応しているか。 (2) 製品安全設計において、製品が使用される地域の法律、適用規格を全て確認しているか。 ① 安全法令や安全基準が適宜把握され、適用される最新の基準が参照できるか。(関連法規・基準リストなど) (3) 新設計品の、PS レビュー (PSDR / PSPP) を実施しているか。(基準 No. 名称、最終見直し年月) ① 実施状況。(実施件数など) ② 文書・記録についてもレビューしているか。 (4) 「PS チェックシート」が整備され記録があるか。 ① PS チェックシートの発行要否は明確か。 ② リスクアセスメントの結果を反映しているか。 ③ 実施状況。(設計・製造・品証での PS チェックシート活用状況、実施件数など) ④ 記録の保存部署と保存期限は明確か。 (5) リスクアセスメントを行っているか。 ① リスクアセスメントの実施基準があるか (取扱、部品、工程、ほか)。 ② 実施状況。 (6) 製品の安全に関する実施事項は、製造・検査等に適確に指示されているか。
3. 安全警告表示ラベル	(1) 警告ラベルの作成・運用基準を適用しているか。(基準 No. 名称、最終見直し年月) ① 警告は残留リスクに適切に対応しているか。 ② 全ての製品に適用しているか。
4. 取扱説明書、カタログ	(1) 取扱説明書の作成基準を適用しているか。(基準 No. 名称、最終見直し年月) ① 警告は残留リスクに適切に対応しているか。 ② 必要に応じ保証除外事項や制限事項の文言を明確に記載してあるか。 ③ 関連する文書相互間に矛盾がなく合理的か。 (2) 取扱説明書、カタログは PS / PL レビューを行なっているか。 ① レビューに PS 担当が参加しているか。 ② 必要に応じて弁護士などの専門家によるチェックを受けているか。
5. 製造、出荷	(1) PS に直結する工程を認識し管理しているか。 (2) 梱包、発送検収についても、製造・検査に準じて安全性について配慮しているか。 (3) 製品回収に対する方針に適合したトレーサビリティを確保しているか。

表 2.2-2 製品安全 (PS) 相互診断チェックシート (その 2)

製品安全(PS)相互診断チェックシート(PSリスクアセスメント分科会)その2

No.	チェック項目
6. 検査および試験	(1)「製品安全検査基準」を適用しているか。 (基準No.名称、最終見直し年月) ①安全性の検査項目は、全数実施しているか。 ②製品の安全性に直接つながる部品や、部組品は全数検査しているか。 ③製品の安全性を保証するための検査項目を設定する手順があるか。 (2) 安全の確認試験は、適切に行われているか。 ①誤用試験、死に様試験による最終保護の確認など安全性の実証法を確立して実施しているか。(最悪条件の把握と机上検討、現品確認、模型試験、シミュレーションなど)
7. PS文書・記録	7.1 PS文書・記録の作成 (1)作成すべき文書・記録は、明確になっているか。(基準No.名称、最終見直し年月) ①作成文書・記録名は明確か。(設計、製造、品証) (2)文書の作り方、書き方は適切か。 ①誤解の無い文書表現と正確で公正な記録か。 ②自己完結型の文書になっているか。 7.2 PS文書・記録の保存管理 (1) 文書・記録は、製品寿命を考慮した期間保存しているか。 ①保存文書・記録名は明確か。(設計、製造、品証) (2)保存すべき文書・記録が保存されることを確認しているか。 ①保存文書一覧(台帳)があるか。
8. 購入品	重要度を設定(明確化)し、これに対応した品質管理をしているか(購入認定、維持認定など)。 (1) 製造物責任に関する責任区分が、契約および購入仕様書において、明確になっているか。 ①仕様不足はないか、業務分担に空白や不明瞭はないか。 (2)購入先に、PS/PL の品質管理要求を与えているか。 ①購入先審査基準にPS/PL 項目の審査も含まれているか。 ②警告表示などが必要に応じてあるか。 ③取説はPL対応となっているか。 (3)外注・購入先のPS/PL に関する品質指導を行っているか。 注)顧客からの支給品があれば、購入品に準じて安全性について配慮すること。
9. 出荷後のPS活動	(1)顧客対応窓口は顧客に明示されているか(顧客は、容易にアクセス/連絡できること)。 (2)顧客からの情報、市場からの情報に関する処置判断は、定められているルールに基づいて実行されているか。 (3)これらの情報を、製品の安全性向上に役立てているか。 (4)保守サービスは、安全性を保証できるものか。 ①安全作業(段取り、後片付け、引渡し説明等含む)の指針があるか。 ②保守のマニュアルは、取扱説明書作成基準に準じて作成・レビューされているか。 ③既納品の予防診断を行い、故障や事故防止を図っているか。
10. PS 監査	(1)PS 監査の実施規定は明確か。また、定期的実施されているか。
11. 教育・訓練	(1)PS/PLP 教育を担当する部門は明確か。また、計画的に実施されているか。 ①教育計画書および実施記録。 ②PS意識を高める方策を講じているか。
12. PL 保険	(1)保険付保に関する方針が明確になっているか。 (2)PL 保険へ加入しているか。

表 2.2-3 製品安全 (PS) 相互診断チェックシート実施事例

シート No. PSFTP-002B(電)

PS 相互診断報告書 PS リスクアセスメント分科会 ××WG

診断リーダー : ××事業部 ××部長
サブリーダー : ××品証部 ××課長

1. 被診断事業部 : ××事業所 日時 : 2004年××月××日(○) ××時~××時 場所 : ××事業部 本館 1号応接室

2. 被診断側メンバー : ××品証部○○部長、△△品証部○○課長、△△品証部○○部長、△△品証部○○部長、△△品証部○○部長、
××PS 事務局、××PS 事務局

3. 診断チームメンバー : △△品証部○○部長、△△品証部○○部長、△△品証部○○部長、WG 事務局
アドバイザー : △△品証部○○部長、△△品証部○○部長、△△品証部○○部長
オブザーバー : △△品証部○○部長

4. 診断対象製品 : ××受変電設備

5. 診断結果

No.	診断項目	調査ポイント	診断結果
1	PS の浸透度 ・ PS 委員会開催状況 定期開催	組織図、規定 開催回数、主査出席 議事録、懸案処理	1×××を含めた組織、体系になっている。 2××規則に従い、PS 委員会事務局が主体となって活動方針を策定している。 ・・・
2-1	製品安全設計 ・ 製品安全性に関する設計手順の確立 ・ 契約と責任範囲の明確化	受注・設計から据付試運転後の管理に至る一貫性、顧客要求仕様、製品仕様契約書 危険性の評価、低減	1)規則×××を基に製品安全設計を制定している。 ・・・ 2)・・・
2-2	・ 製品安全設計 ・ 適用法規 ・ PSDR/PSPR 管理状況 ・ PS チェックシートの整備 ・ リスクアセスメントの実施	規程 議事録・懸案処理 実施状況、エビデンス	1××製品安全規程に基づき PL チェックシートなどが明確に定義されている。 ・・・ 2)・・・
3	安全警告表示ラベル	規程 実施状況、エビデンス	1)警告表示作成基準に従い制定、作成および運用している。 ・・・ 2)・・・
4	取扱説明書、カタログ	規程 レビュー状況 エビデンス	1)警告表示が「ドライン」等に準拠し制定し運用している。 ・・・ 2)・・・
5	製造、出荷 ・ 工程、梱包 ・ 製品回収、トレーサビリティ	管理状況	1)図面指示に基づき作業管理している。 ・・・ 2)・・・
6	検査および試験 ・ 安全確認試験 ・ 最終保護の確認	規程 実施状況、エビデンス	1)・・・ 2)・・・
7	文書・記録の管理 ・ PL 対応文書 (設計・製造・品証)	規程、管理対象文書名 保存期限 自己完結型文書	1)・・・ 2)・・・
8	購入品 ・ PL に関する責任の明確化 (契約・購入仕様書)	規程 購入先管理 エビデンス	1)・・・ 2)・・・
9	出荷後の活動 ・ 顧客対応窓口、クレーム処理 ・ 保守サービス	体制、責任者 PL 事故	1)・・・ 2)・・・
10	PS 内部監査	規程、実施状況、懸案処理	1)・・・
11	教育・訓練	計画/実施状況	1)・・・
12	PL 保険	加入	1)・・・

6. 総合評価

指摘・改善・T.T 事項	被診断側回答
PS/PL に関する規程、エビデンス等を確認した結果は・・・以下の項目について検討、改善をお願いしたい。	拝承。御指摘戴いた事項に対し下記の検討と改善を図ります。
1)・・・	・・・
2)・・・	・・・
3)・・・	・・・
4)・・・	・・・

配布先 : ××品証部長・他関連部署、診断チームメンバー、PS リスクアセスメント分科会 ××WG 各委員
参考配布 : PS リスクアセスメント分科会リーダー

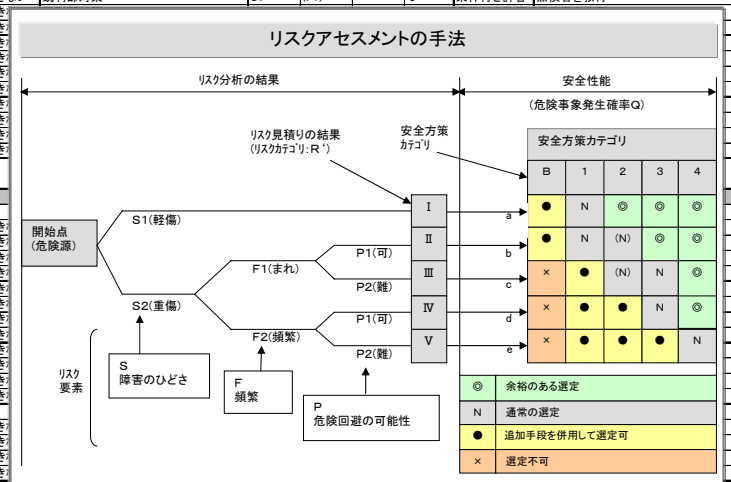
被 診 断 側							
------------------	--	--	--	--	--	--	--

表 2.2-4 リスクアセスメント実施例

リスクアセスメントワークシート

社内開発装置でのリスクアセスメント適用例

項目	危険源、危険状態及び危険事象 危険源の種類	作業場所	危険源 [力・エネルギー] 仕様値・確認 結果を表記	作業項目	危険の 対象者	リスク見積り				危険の対象者 操—機械操作者 補—補助作業員 3—機械に近接する第三者 4—保守サービス員	リスク見積り				リスク評価	設計時			出荷時				
						危害のひどさ S1/S2	危険源に 曝される 頻度 F1/F2	危害の回 避可能性 P1/P2	リスクレベル I~V		評価結果	採用した安全方策	危害のひどさ S1/S2	危険源に 曝される 頻度 F1/F2		危害の回 避可能性 P1/P2	リスクレベル I~V	承認	確認	作成	承認	確認	作成
機械的危険源																		使用条件					
1.1 押しつぶし危険源																							
1.1.1	移動機構と壁での身体押しつぶし	稼働場 点検場 保守場	全体の 衝突エネルギー	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	操作者を認定・防護柵を設置 点検者を認定 保守者を認定	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	Ⅱ Ⅱ Ⅱ	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.1.2	移動機構に碾かれる・踏まれる	稼働場 点検場 保守場	全体の踏み つけ速度と重量	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	操作者を認定・防護柵を設置 点検者を認定 保守者を認定	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	Ⅱ Ⅱ Ⅱ	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.1.3	本体が転倒して身体押しつぶし	稼働場 点検場 保守場	全体の衝突 押付けエネルギー	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	操作者を認定・防護柵を設置 点検者を認定 保守者を認定	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	Ⅱ Ⅱ Ⅱ	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.1.4	転落したワークと床での身体押しつぶし	稼働場 点検場 保守場	頭部の落下 押付けエネルギー	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	操作者を認定・防護柵を設置 点検者を認定 保守者を認定	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	Ⅱ Ⅱ Ⅱ	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.1.5	アーム(アーム含む)と壁間との 身体押しつぶし、指など (幼児も対象に含む)	稼働場 点検場 保守場	アームの落下 押付けエネルギー	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	操作者を認定・防護柵を設置 点検者を認定 保守者を認定	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	Ⅱ Ⅱ Ⅱ	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.1.7	アーム屈曲部に指を挟まれ押しつぶし	稼働場 点検場 保守場	アームの駆動力 と自重落下力 と速度	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	操作者を認定・防護柵を設置 点検者を認定 保守者を認定	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	Ⅱ Ⅱ Ⅱ	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.1.11	ハッチーと床での身体押しつぶし	稼働場 点検場 保守場	ハッチーの ハッチ重量	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S1 S1 S1	(F2) (F2) (F2)	— — —	I I I	許容できない 許容できない 許容できない	手掛け追加・操作者を教育 手掛け追加・操作者を教育 手掛け追加・操作者を教育	S1 S1 S1	(F1) (F1) (F1)	— — —	I I I	条件付き許容 条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育 保守者を教育	承認	確認	作成			
1.2.3	ハンドの鋭利部	稼働場 点検場 保守場	ハンド(受渡し)部 構造確認 鋭利部洗出し	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S1 S1 S1	(F2) (F2) (F2)	— — —	I I I	許容できない 許容できない 許容できない	鋭利部対策 鋭利部対策	S1 S1	(F1) (F1)	— —	I I	条件付き許容 条件付き許容	操作者を教育 点検者を教育	承認	確認	作成			
1.2.4	開口部に指を入れ切傷	稼働場 点検場 保守場	開口部隙間確認	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S1 S1 S1	(F2) (F2) (F2)	— — —	I I I	許容できない 許容できない 許容できない	開口部対策	S1	(F1)	—	I	条件付き許容	点検者を教育	承認	確認	作成			
1.2.5	回転・駆動機構部に指を挟まれ切傷	稼働場 点検場 保守場	開口部隙間確認	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S1 S1 S1	(F2) (F2) (F2)	— — —	I I I	許容できない 許容できない 許容できない	開口部対策	S1	(F1)	—	I	条件付き許容	操作者を教育	承認	確認	作成			
1.7 ワークの危険源および危険事象																							
1.7.1	過大ワーク重量・転倒・モメント超過等によって生じるワークの落下、衝突、機械の転倒	稼働場 点検場 保守場	過積載試験	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	許容できない	S1(軽傷)	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1.7.1.1	ワークの無理な積載	稼働場 点検場 保守場	過積載試験	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	許容できない	S2(重傷)	F1(まれ)	P1(可)	—	—	—	—	—	—	—		
1.7.1.2	過重なワークの保持強要	稼働場 点検場 保守場	過積載試験	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	許容できない	F2(頻繁)	P2(難)	P1(可)	—	—	—	—	—	—	—		
1.7.1.3	腕が折れ、観客に当たり怪我をする	稼働場 点検場 保守場	折損試験	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	許容できない	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
1.7.2	安定性の欠如によって生じるワークの落下、衝突、機会の転倒	稼働場 点検場 保守場	物/液体の 落下試験	稼働・通行 日常点検 保安調整	操・補・3 操・補 サ	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P2 P2 P2	Ⅲ Ⅲ Ⅲ	許容できない 許容できない 許容できない	許容できない	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		



2.2.3 (2) 安全方策基準 適用する時の組織（メンバー構成）

前述の当社の<工業規格規程>で規程する規格委員会の構成メンバーとして設計担当技術者ないし生産技術者など安全設計に関わる適任者を選出し任命してこれに当たらせている。

2.2.4 安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの納入までを含めて）

図2.2-4に当社の「製品安全推進体制」としての社内組織を示す。

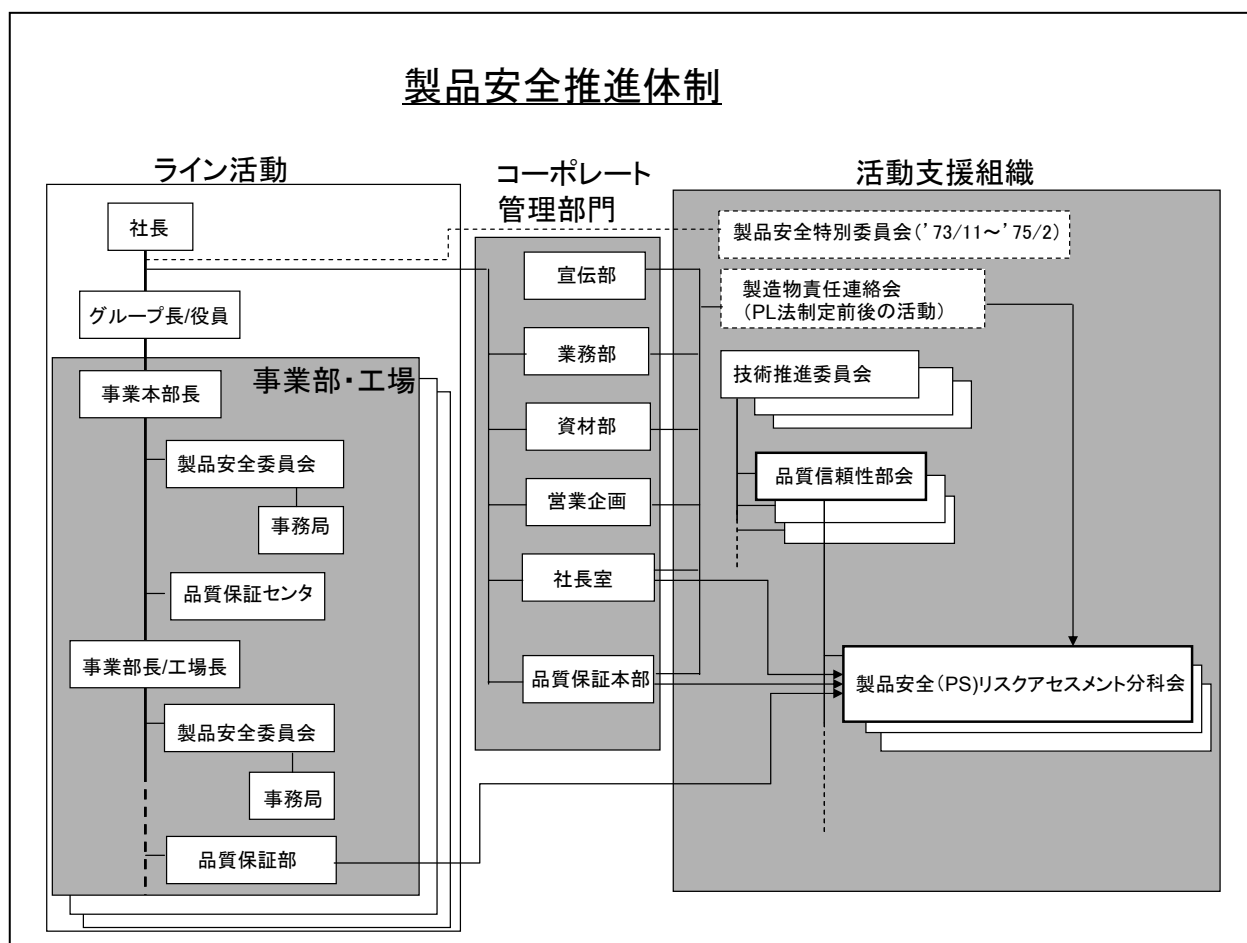


図2.2-4 製品安全推進体制

2.2.5 安全教育のための社内規程

安全教育に関する社内規程は前述（図2.2-1）の会社規則の中にある「安全衛生」で定めており、機械・装置を使う立場での安全教育カリキュラムは本規則に沿って事業所毎に作っている。全社共通的な教育カリキュラムとしては「製造物責任（PL）と予防」として製品安全に対する基本的な考え方の教育をし、また「監督者安全教育」として特に設備安全化、安全衛生点検、安全意識高揚、異状時と災害発生時の措置、災害事例研究、安

全衛生管理方針等、安全訓話などの項目で教育している。一般エンジニアコースとしては「機械安全工学」とか「電気安全工学入門」なども教育カリキュラムとして整備している。

一方、機械安全設計・開発に関わるリスクアセスメント面でのエンジニア教育としては広範に亘ることから十分に満足できるものにはなっていないのが実情である。実際的な活動は前述の図2.2-3で示した製品安全（PS）リスクアセスメント取組組織の中のワーキンググループ活動として横展開している。ただし、製品安全（PS）相互診断を実施するメンバの評価レベルはまだまだ個人技量（経験）に負うところが大きく、今後、認定制度、教育的な整備は今後の課題である。この組織でISO12100をベースにした定量的なリスクアセスメントの取り込みをしながらエンジニア教育も含めて拡充をしていく予定である。

2.2.6 現状における課題

今後はISO/IEC Guide51、ISO12100-1 およびISO14121に定めるリスクアセスメントの普及に向けた取組みが大きな課題となる。特に安全は総合力であり安全を推進できるエンジニアの不足、高齢化退職で、技能伝承もさることながら安全技能・技法・設計技法の伝承、育成の課題も大きくなっている。今後は前述の教育カリキュラムの中にもISO12100など取り入れた製品安全教育の整備充実が必要になる。

2.2.7 ユーザに対する要望

安全コストの評価が難しい。やはりユーザ仕様対応がコスト反映として対応が分かり易い。しかし、今後はISO12100対応のリスクアセスメントなども踏まえて、安全コストへのユーザ共通認識の形成、さらなる意識高揚をお願いしたいところである。

2.2.8 その他（安全を巡る意見・考え）

最近の製品設計に関しては機械安全設計以外にも環境安全（RoHS、WEEE など）対応の比重も大きくなってきており、環境・安全への対応が今後の日本企業生き残りのテーマになると思われる。安全・信頼を築くのは長い年月を要するが、些細なことでも軽視するようなことがあれば安全への信頼は一瞬で失い、会社存亡に係わることを常に肝に銘じていかなければならないと思っている。

2.3 C社（重機械メーカー）の事例

当社は、陸上機械・プラント、船舶、航空など製品系列が非常に多岐に渡っており、製品安全に対する取り組みは、IEC／ISOガイド51：「機械安全に関する国際規格の構造（A、B、C規格）」のように階層構造（全社規定、本部・事業部規定）になっている。ここでは、全社の技術開発の取り纏めを行う部門（T本部）が作成し、開発製品に適用している規格を中心に当社の製品安全に対する取り組みを紹介する。

2.3.1 企業戦略上の「製品安全」の位置付け

「製品安全」に関わる社内規定は、全社規定「製品安全に関する基本規程」として以下の通り定められている。

また各本部は、この全社規定の元にT本部の指導を受け、扱う機種や管理体制を考慮した独自の本部・事業部規定を設けており、さらに本全社規定第5条に従って「製品安全に係わる年度方針」を定め具体的な取り組みを実施している。

「製品安全に関する基本規程」：全社規定

第1章 総則

（目的）

第1条 この規程は、当社の製品安全確保に関する理念を達成することを目的とし、そのために必要な製品安全に関する基本事項を定めたものである。

（製品安全に関する理念）

第2条 当社は、製品の企画・開発から設計・製作・調達・組立・据付・運転・サービスおよび販売に至る工程さらに廃却に至るまでのライフサイクルを考えた製品全体の安全性向上のために全社員が取り組み、顧客へ「安全な製品」を供給し続けることを企業の社会的使命とすることを基本理念とする。

（製品安全に関する基本用語の定義）

第3条 「製品」とは、企業活動またはプロセスの結果としてのハードウェア・ソフトウェア・サービス・プロセス製品（原材料、半製品など）またこれらの組み合わせをいう。これらの製品には当社が意図した製品（顧客への提供物など）のほか意図しないもの（汚染物または望まなかった影響）も含まれる。

2. 「安全性」とは、（人への）危害、または損傷の危険性が許容可能な水準に抑えられている状態をいう。

第2章 方針

（基本方針）

第4条 当社は、第2条でいう理念を達成するための製品安全方針を以下のとおり定める。

- (1) 全ての社員が、製品の安全性を向上させるため考え、行動する。
- (2) 製品の企画から始まり製作、サービスおよび販売に至る各ステップで安全性を作り込む。
- (3) 万一、当社製品により損害が生じたときは、迅速にして誠実に対応し、再発防止に努める。

(年度方針)

第5条 各本部は、第2条でいう理念および第4条の基本方針を達成するため、毎年「製品安全に係わる年度方針」を定め文書化し、関係者に徹底する。

第3章 計画と実施

(計画の立案)

第6条 前条の年度方針を達成するため全社の各本部／事業部は、具体的な目標および実施項目を含めた計画を立案する。

(実施とフォロー)

第7条 全社の各本部／事業部は、前条の具体的実施項目を計画に従い着実に実施・フォローし、方針／目標の達成を図るものとする。

2.3.2 社内安全設計基準の整備状況（国際安全基準も含め）

2.3.2 (1) 社内規定（基準）の体系

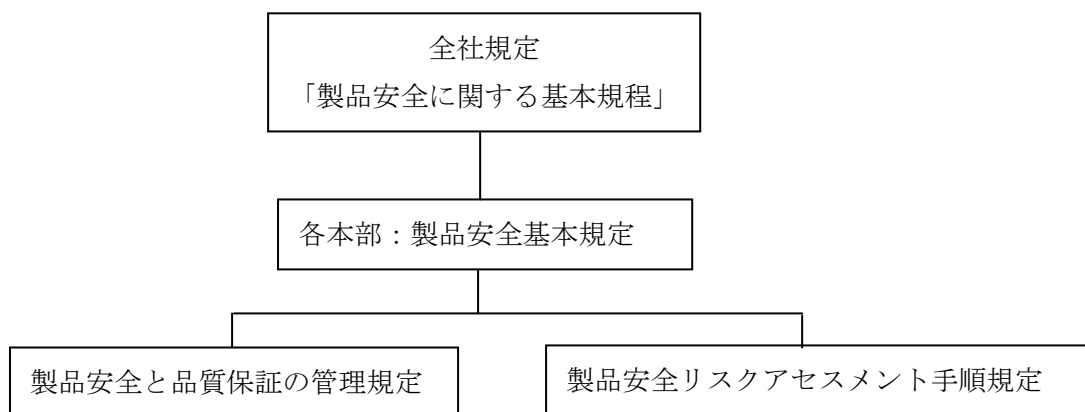


図2.3-1 社内規定体系

2.3.2 (2) 社内規定の制定・見直し（改正等）手続きの仕組み

当社における規定の制定、改廃は全社規定の「規定管理規程」に定められており、その手続きは、下記の管理組織の元に、業務所管部門長が立案者となって原案を立案し、「規定決裁書」を付し関係部門の合議を経て、規定主管部門および規定管理部門の審査を受けた後、決裁を受ける。

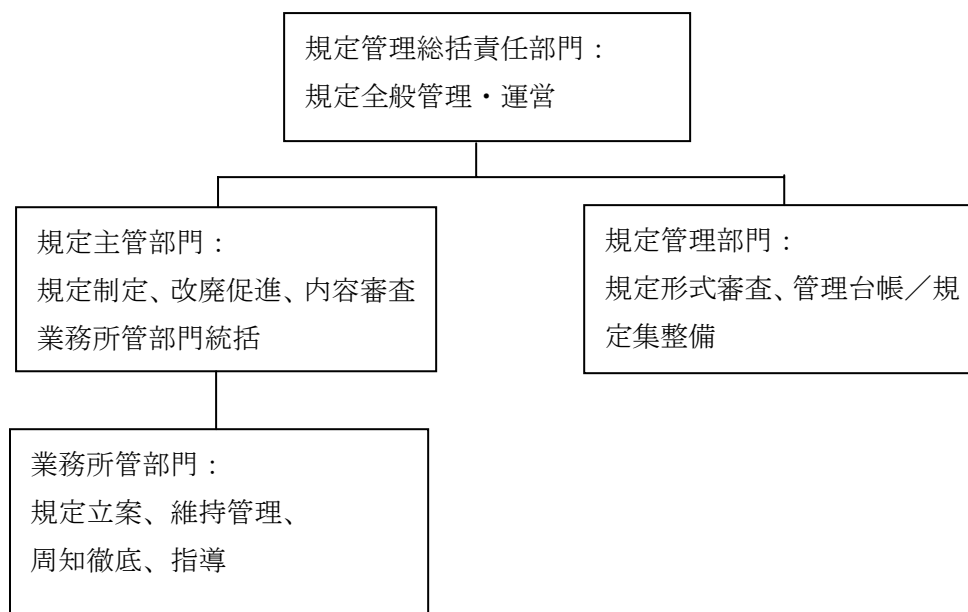


図 2.3-2 社内規定制定・見直し手続きの体制

2.3.3 リスクアセスメントの適用状況

2.3.3 (1) 社内本部規定（T本部の例）

関連の規定は以下の通りである。

規定A：製品安全基本規程

規定B：工事のQCD管理指針

規定C：製品安全と品質保証の管理規程

規定D：製品安全リスクアセスメント手順

ここでは、リスクアセスメントの適用状況として、規定D：「製品安全リスクアセスメント手順」について以下に概要を紹介する。

2.3.3 (2) 製品安全リスクアセスメント手順

(目的)

この規定は、T本部の有形製品または有形製品をつくるための設計図面と設計資料を社外の顧客に引渡す前に、有形製品等の製品安全が確保できているかを検証するための製品安全リスクアセスメントを実施する手順を定めたものである。

(適用範囲)

この規定は、受注工事、研究工事、設備工事（含むそれらの受託工事）におけるT本部の有形製品等の設計プロセスに適用する。製品安全が確保できているかを検証する製品安全リスクアセスメントの実施手順を規定しているだけでなく、製品安全設計の実施手順も規定している。

（解説）製品安全リスクアセスメントは製品安全設計の一部であり、製品安全設計は製品設計の一部である。これらは製品設計から独立した手法ではなく製品設計の一環として実施される。

(製品安全設計の全体の流れ)

製品安全設計の全体の流れは、

- ・ JIS B 9700-1:2004 5 リスク低減のための方法論

（図 2.3-3、図 2.3-4）

- ・ 基発第501号4 製造者等による機械のリスク低減のための手順

（図 2.3-5、図 2.3-6）

に規定されており、概要は次のとおりである。

- ①機械類の使用状況を特定する。
- ②危険源・危険状態を特定する。
- ③危険源・危険状態のリスクを見積る。
- ④リスクを評価しリスク低減の必要性を決定する。
- ⑤リスクが許容できない危険源・危険状態について本質的設計方策をする。
- ⑥残ったリスクが許容できないなら安全防護または追加保護方策によりリスク低減する。
- ⑦さらに残ったリスクが許容できないなら残留リスクについて使用上の情報を作成する。

(手順)

i) 機械類の制限の決定

使用状況想定シート、作業フローシートを作成。

（表 2.3-5、表 2.3-6）

方法

機械類の制限は、

- ・ JIS B 9702 5. 機械類の制限の決定
- ・ JIS B 9700-1 5.2 機械の制限について詳細明記に規定されている。

その概要は、次のとおりである。

- ①機械類の寿命に関する諸局面
- ②機械類の制限
 - ・ 意図する使用（機械の正しい使用及び操作の両方）

- ・合理的に予見可能な誤使用又は機能不良の結果
- ③予見可能な機械類の全使用範囲
 - ・性別、年齢、利き手又は身体的能力の限界
(視覚又は聴覚の減退、体型、体力など)
 - ・工業用、非工業用または家庭用
- ④予見可能な使用者の訓練、経験又は能力の予想レベル
 - ・訓練されたオペレータ
 - ・見習い及び初心者
 - ・一般大衆
- ⑤機械類に付随する危険源に第三者が暴露されること
産業機械と汎用機械(含むコンシューマー製品)では、使う人の力量に大きな差があり、このことをきちんと仕様としておく必要がある。

ii) 危険源の特定

危険源の特定チェックシートを作成。

事前に、FMEA または FTA などを実施して危険源を洗い出す。

危険源、危険状態及び危険事象 特定チェックシート

(表 2.3-7)

方法

危険源を洗い出すための系統的な危険源分析の方法は、ISO 14121 附属書B 「危険源分析及びリスク見積りの方法」に規定されている。

それは次のとおりである。

- ・PHA (予備危険源分析)
- ・ワット・イット法
- ・FMEA (故障モード及び影響分析)
- ・制御システムの不具合(障害)シミュレーション
- ・MOSAR (系統的リスク分析のための組織化法)
- ・FTA (フォールト・ツリー分析)
- ・デルファイテクニック

これらは大きく分けて演繹的方法と帰納的方法があるが、一般的に、FMEAのよう
に帰納的方法は洩れが少ないが、時間がかかりかかる。

FMEAとFTAの統合的方法がバランスがよい。

より簡便な方法として

- ・ブレインストーミング
- ・チェックリスト法

などでも専門家が注意深く実施すれば十分に役立つ。

チェックリストは固有技術の規格などを利用する。

チェックリストとして利用できるものは、次のものがある。

- ・ JIS B 9702 附属書A 「危険源、危険状態及び危険事象の例」
- ・ JIS B 9700-1 4 「機械類の設計時に考慮すべき危険源」
- ・ T本部「工事のQCD管理指針設計チェックリスト」

iii) リスクの見積り及びリスクの評価

リスクアセスメントのまとめ表を作成。

(表 2.3-8)

方法

リスクの見積り及びリスクの評価の方法は、ISO/JIS には規定されていないが多くの種類がある。

代表的なものは、

- ・ 当社における「製造物責任 (P L) 対策の手引書」の設計段階での P L 対策
- ・ IEC 61508 「機能的安全：安全関連システム」
- ・ MIL-STD-882C

などがある。

MIL-STD-882C はISO 14121 (JIS B 9702) の解説で紹介されており、最もよく使われているため本規定でもこの規格を使用する。

危険の大きさ (危害のひどさ) を S、危険 (危害) の発生確率を F とすれば、

リスク $R = S \cdot F$

で表される。

このリスクは単純な掛け算ではなく、S と F のマトリックス (リスク・アセスメント・マトリックス) により表されており、これをリスクインデックスという。

このリスクインデックスの大きさに応じて、取るべき処置が規定されている。

このリスクの見積り及びリスクの評価の結果は、別途定める帳票に一覧表としてまとめる。(表 2.3-1、表 2.3-2)

表 2.3-1 リスク・アセスメント・マトリックス

危険（危害）の 発生確率		危険の大きさ（危害のひどさ）			
		致命的	重度	軽度	軽微
		I	II	III	IV
頻発する	A	1	3	7	13
起こりうる	B	2	5	9	16
時々起こる	C	4	6	11	18
起こりそう にない	D	8	10	14	19
起こり得な い	E	12	15	17	20

表 2.3-2 リスクインデックスと取るべき処置基準

リスク・インデックス	とるべき処置
1～5	許容できない
6～9	望ましくない
10～17	許容できる（レビュー要）
18～20	許容できる（レビューなし）

iv) リスク低減対策及びリスクの再評価

リスクの低減対策を施し、リスクの再評価を行う（前記のまとめ表を見直す）。

方法

リスクアセスメントの結果、リスクが残っている場合、リスク低減対策を次の手順により実施しなければならない。本質的設計方策と安全防护または追加保護方策を省略して使用上の情報だけで保護方策としてはならない。

- ①リスクが許容できない危険源・危険状態について本質的設計方策を実施する。
- ②残ったリスクが許容できないなら安全防护または追加保護方策によりリスク低減

する

③さらに残ったリスクが許容できないなら残留リスクについて使用上の情報を作成する

これらの手順に従って、保護方策の具体的な適用技術は

- ・ JIS B 9700-2 第2部：技術原則
- ・ 基発第501号別表第1～4

に規定されている。

また、保護方策のためには、固有技術の規格も参照しなければならない。

保護方策のヒントは、設計のためのチェックリストも参照できる。

次のチェックリストも役に立つ。

- ・ T本部「工事のQCD管理指針設計チェックリスト」

(解説) 保護方策は固有技術の知見無しでは実施できないことが多い。

従って、上記の規格では、抽象的な一般論で書かれていることが多いが、概念／思想としては非常に重要であり、また、規格として遵守すべきことも多く書かれているので、是非参照すること。

本規定は、リスクアセスメントの規定であり、保護方策については詳細には規定していない。

リスクアセスメント結果に応じて、適切な規格を参照すること。

v) 製品安全レビュー

製品安全レビュー (PSR) を実施し PSR 議事録を作成。

レビューの指摘に従い、リスク低減対策とまとめ表も見直す。

(方法)

一通りのリスクアセスメントとリスク低減対策が立案または実施された後、製品安全レビュー (以下 P S R) を実施しなければならない。

開催のタイミングは、ある程度設計が進んでいて、まだ設計のやり直しが許される時期に実施する。製作は普通やり直しが困難なので、P S R の実施前に製作に着手してはならない。

審査の内容は、リスクの分析と評価の妥当性、リスク低減対策の妥当性である。

製品安全が確保されていることが検証されなければならないので、レビューは、センター、本部レベルまたは顧客レベルから選び、ピアレビューとしてはいけない。

P S R で使った資料と議事録は、電子ファイルの媒体で品質保証部門に提出する。

vi) 出荷検査

品質保証部門に上記帳票類を提出し、出荷検査を受ける。

リスクアセスメントのまとめ表と PSR 議事録は出荷許可の要件となる。

表 2.3-3 製品安全に関する帳票類

表題	種類	説明
取扱説明書 P L 適切性チェック証	帳票	取扱説明書の出荷検査成績書
取扱説明書作成時の構成例	帳票	取扱説明書作成時の参考
C社における製造物責任(PL)対策の手引書	マニュアル	リスクアセスメントのマニュアル 取扱説明書の P L 対策 (PL 研究会 94 年発行)
C社 P r o d u c t L i a b i l i t y Q & A	解説	製造物責任の Q & A 集 (PL 研究会 95 年発行)
製品安全技術者コーステキスト (日科技連)	解説	製品安全技術者コースのテキスト P L 裁判の判例, 製品安全設計
JIS B9702 機械類の安全性ーリスクアセスメントの原則	規格	リスクアセスメントの規格 (ISO 14121:1999)
(機械工業の標準化の推進) 機械設計におけるリスクアセスメント実施の手順に関する標準化調査研究	研究報告書	別名: 機械設計者のための「機械安全リスクアセスメントガイド」 第 4 章 概要 第 5 章 実施手順例 第 7 章 リスク低減方策 第 8 章 関連法規と規格 など
次の報告書は, 製品安全リスクアセスメントの例及び実施例が参考になる。 ・ 15 環境安全-3 平成 15 年度機械工業の安全化技術に関する調査研究報告書ー包装・荷造機械を対象としたモデルケース分析調査ー ・ 15 環境安全-4 平成 15 年度移動ロボットの安全基準策定に関する調査報告書 ・ 15 高度化-3-2 平成 15 年度新製造技術に関する調査研究報告書ー機械工業の安全化技術ー	研究報告書	(社) 日本機械工業連合会の 【調査・研究報告書】
製造物責任(P L)法について	法令解説	製造物責任法について法文、

(表 2.3-3 の続き)

		Q&A、法施行後の状況及び製品事故に係る苦情相談件数調査 (内閣府の広報データより)
製品安全 4 法パンフレット	解説	製品安全 4 法に関する経済産業省のパンフレット
消費生活用製品のリコールハンドブック	解説	リコール対応について、日頃の取り組み・実施・フォローアップの手引き。 (経済産業省消費経済部製品安全課)
製品安全に関する法令・規格	法令・規格	製品安全に関する法令、規格、指針及び解説など
家電製品の安全確保のための表示に関するガイドライン	解説	(財)家電製品協会が分かりやすい表示のあり方について解説。 平成 12 年 5 月 (第 3 版)
〇〇〇殺菌脱臭機取扱説明書	実例	取扱説明書の例 警告の表現が参考になる
〇〇〇空気清浄機取扱説明書	実例	取扱説明書の例 警告の表現が参考になる

表 2.3-4 社内外関連資料（規定参照用）

表題	種類	説明
JIS B 9700-1 機械類の安全性－設計のための基本概念一般原則－ 第1部：基本用語，方法論	規格	
JIS B 9700-2 機械類の安全性－設計のための基本概念一般原則－ 第2部：技術原則	規格	
JIS B 9702 機械類の安全性－リスクアセスメントの原則	規格	リスクアセスメントの規格
基発第501号 機械の包括的な安全基準に関する指針について（厚生労働省労働基準局 平成13年6月）	法令等	事業者に義務付けたリスクアセスメント
機械設計におけるリスクアセスメント実施の手順に関する標準化調査研究（日機連 H15年3月）	解説	リスクアセスメントの実施手順 様式の記入例がある
リスクアセスメント検討委員会報告書（日機連 H14年3月）	解説	リスクアセスメントのやり方の解説 実例が豊富にある

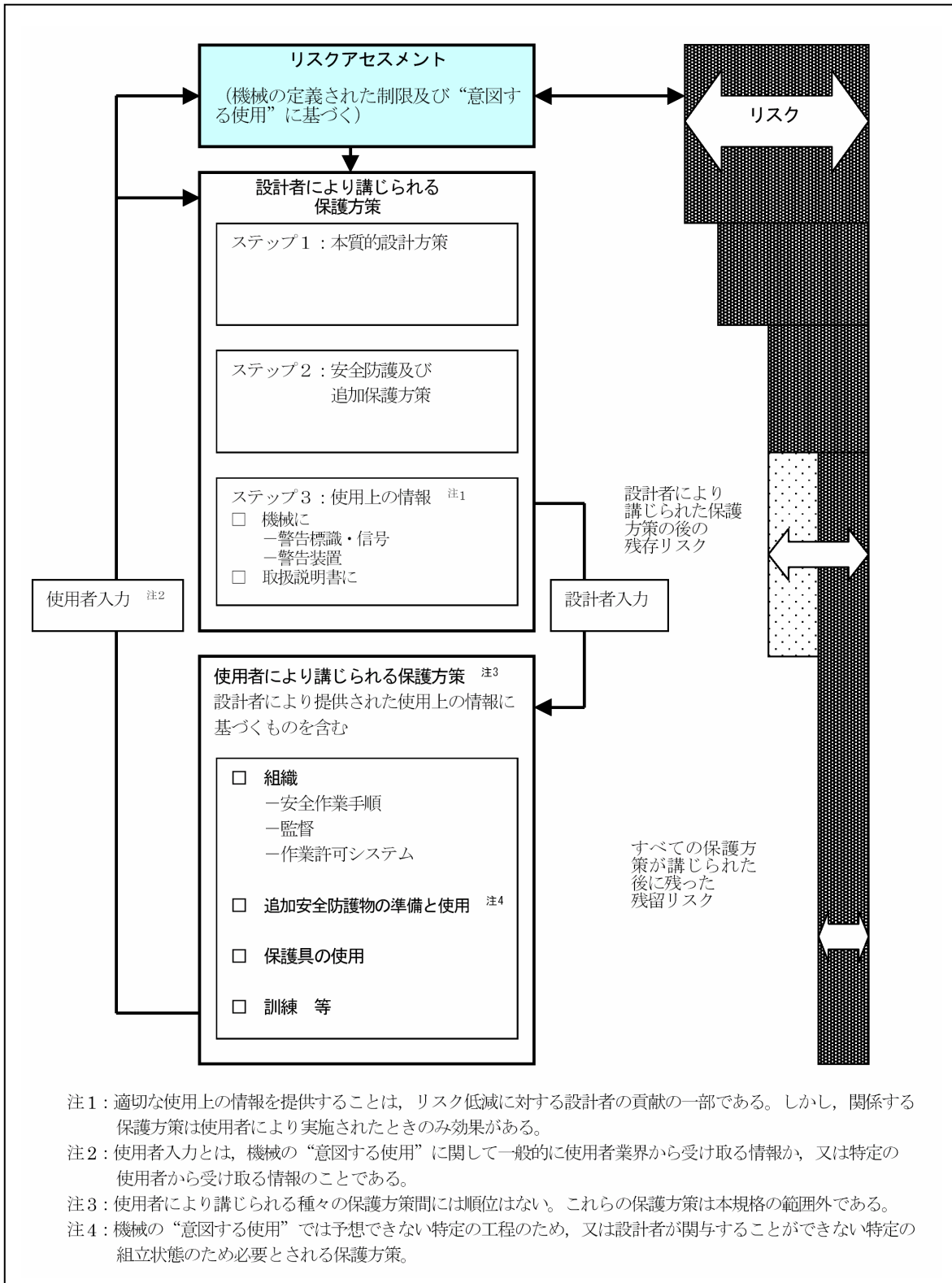


図 2. 3 - 3 設計者の観点によるリスク低減プロセス
(JIS B 9700-1:2004 図 1 より一部変更)

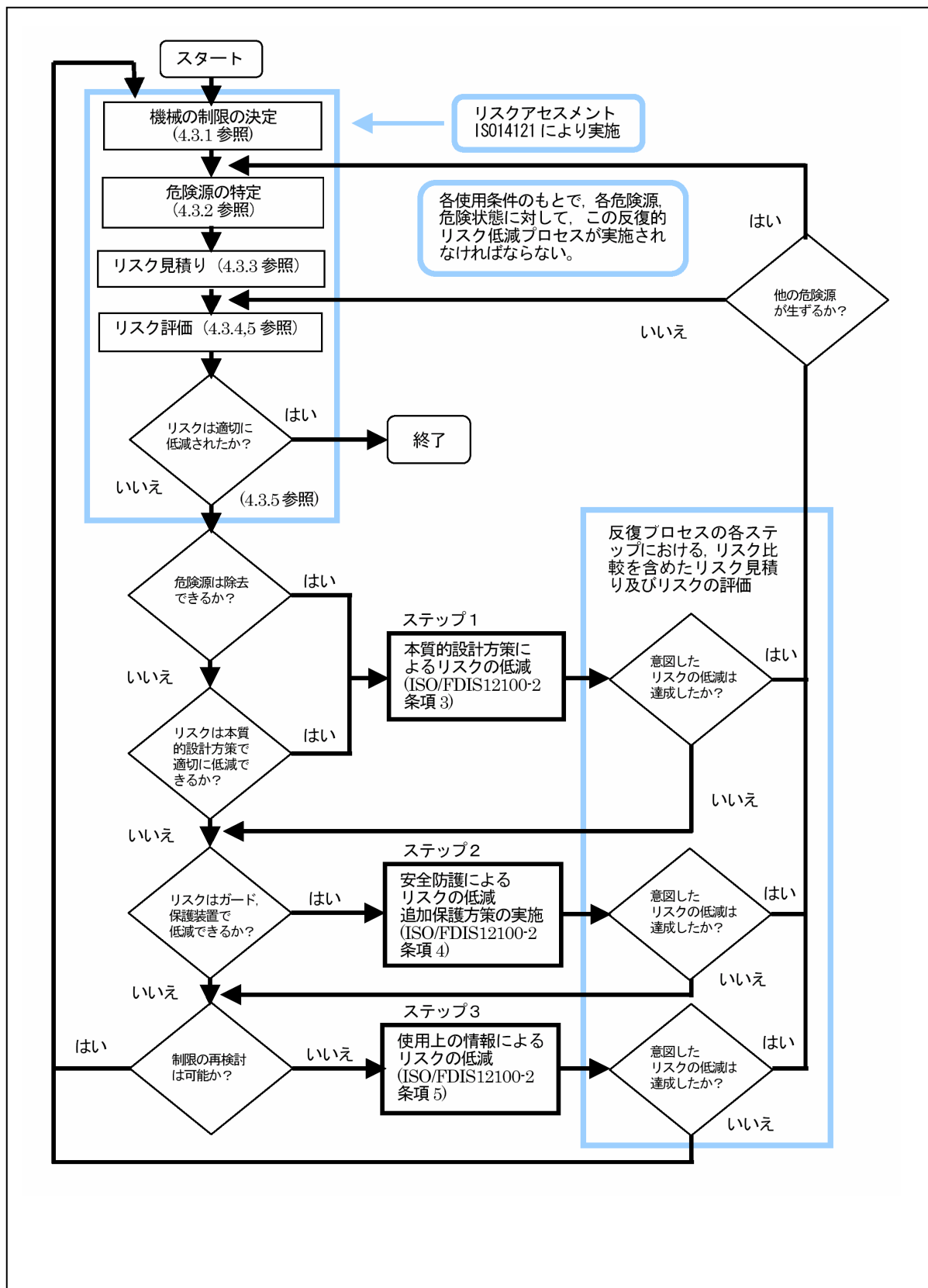


図 2.3-4 ステップ法による反復的リスク低減プロセス
(JIS B 9700-1:2004 図 2 より一部変更)

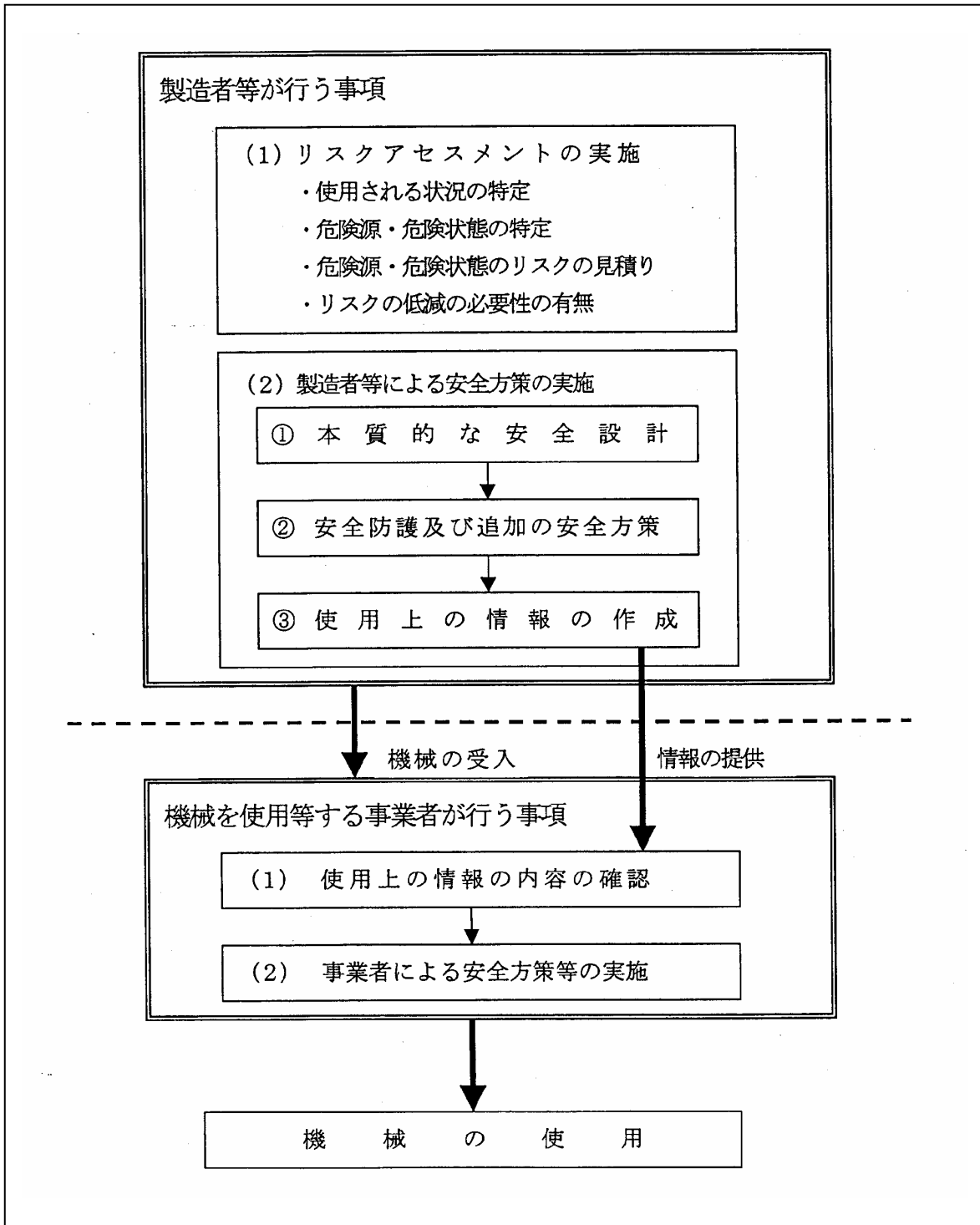


図 2.3-5 機械の安全化の手順
(労働基準局 基発第501号より)

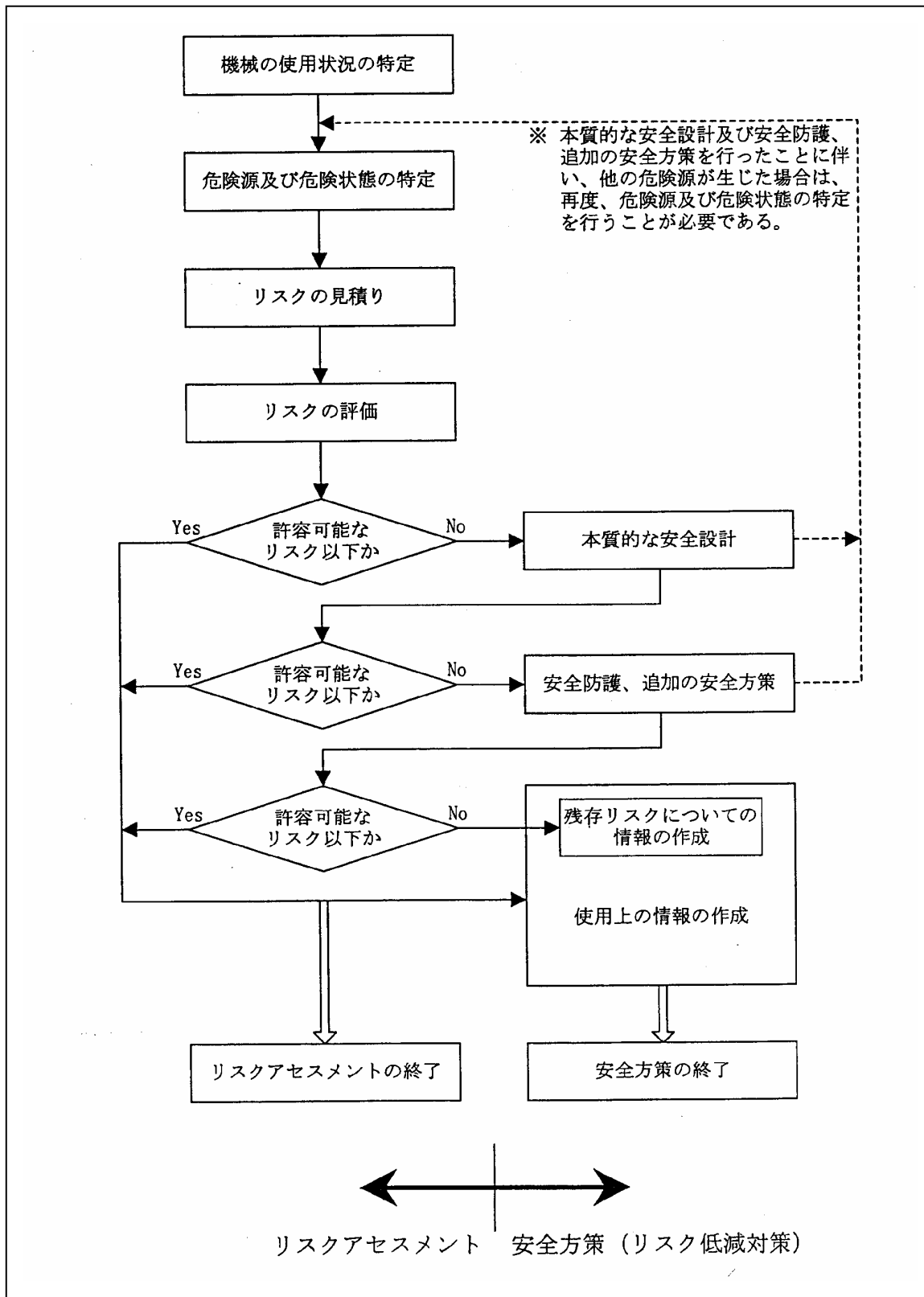


図 2.3-6 製造者等による機械のリスク低減のための手順
 (労働基準局 基発第501号より)

表 2.3-5 使用状況想定シート

使用状況想定シート		承認	確認	作成者
作成部署名	部			
作成日	年 月 日			
項 目	機械の使用状況等			
機械の名称				
機械を使用する目的、用途				
予見される誤使用、誤作動、機能不良				
製品 の 主 な 仕 様	製品型式			
	設計寿命			
	原動機出力			
	回転数			
	製品重量			
	製品使用スペース			
	環境条件(屋内外, 温度, 湿度)			
	使用エネルギー源			
	想定稼働時間(連続, 都度, H/日)			
	加工物材料(有害物質の有無)			
危険 の 対 象 者	騒音, 振動の発生状況			
	機械の移動の有無(据付, 移動)			
	その他			
	主要使用国(国内, 輸出)			
危険 の 対 象 者	運転員			
	保全, 調整員			
	周囲作業員			
	サービス員			
	管理, 事務員			
第三者				
機械のライフサイクル				

① 使用状況想定シート

表 2.3-6 作業フローシート

作業フローシート

1. 機械名: _____ 型式: _____

2. リスクアセスメント実施区分: _____ 設計企画段階 初期設計段階 最終設計段階 製造出荷段階

3. リスクアセスメント実施日: _____ 年 月 日 場所: _____

4. リスクアセスメント実施責任者: _____ (役職)

5. リスクアセスメント参加者: _____

6-1. 作業の区分: _____ 機械の 輸送 設置 試運転
 使用者の 調整 運転 清掃 保全 不具合の発見・措置

7-1. 作業の詳細フロー

作業番号	作業の具体的内容	対象者(危険域に存在する人)

8-1. 予見させる誤使用, 誤作動

No	予見させる誤使用, 誤作動の具体的内容	対象者(危険域に存在する人)

②-1 作業フローシート

表 2.3-7 危険源の特定チェックシート (37項目)

危険源、危険状態および危険事象		特定チェックシート				
1. 機械的危険源		危険源 有無	作業 番号	いつ、どんな時 作業内容	誰が 危険対象者	危険状態
	(1) 機械部品又は加工物が発生する例えば次の実行から起こるもの a) 形状 b) 相対位置 c) 質量および安定性 (重力の影響を受けて動く構成要素の位置エネルギー) d) 質量および速度 (制御または無制御運動時の構成要素【の運動エネルギー】) e) 不適切な機械強度 (2) 例えば次の項目から起こる機械内部の蓄積エネルギー f) 弾力性構成要素【スプリング等】 g) 加圧下の液体および気体 h) 真空効果【の影響】					
1.1	押しつぶしの危険源					
1.2	せん断の危険源					
1.3	切傷または切断の危険源					
1.4	巻き込みの危険源					
1.5	引き込みまたは捕捉の危険源					
1.6	衝撃の危険源					
1.7	突き刺しまたは突き通しの危険源					
1.8	こすれまたは擦りむきの危険源					
1.9	高圧流体の注入または噴出の危険源					

③-1-1 危険源チェックシート

⋮

地下作業によって付加される危険源、危険状態および危険事象		特定チェックシート				
30. 下記事項による機械的危険源および危険事象		危険源 有無	作業 番号	いつ、どんな時 作業内容	誰が 危険対象者	危険状態
30.1	動力式屋根支柱の安定性欠如					
30.2	レール上を走行する機械類の加速または制動の故障					
30.3	レール上を走行する機械類の非常制御の故障または欠如					
31.	人の移動の制限					
32.	火災および爆発					
33.	粉じん (塵)、ガス、その他の放出					
人のつり上げ (持ち上げ) または移動によって付加される危険源、危険状態および危険事象						
34.	次の事項による機械的危険源および危険事象					
34.1	不適切な機械的強度-不適切な運転【作業】係数					
34.2	負荷制御の故障					
34.3	人を搬送する機械の制御装置の故障 (機能、優先度)					
34.4	人を搬送する機械の超過速度					
35.	人を搬送する機械からの人の落下					
36.	人を搬送する機械の落下または転覆					
37.	ヒューマンエラー、人間挙動					

③-3-4 危険源チェックシート

表 2.3-8 リスクアセスメントまとめ表

作成 平成 年 月 日

No.	危険部位 (危険動作)	危険の種類	予想される危険	潜在する危険の内容	危険対象	リスクの評価			保護方策 (安全方策)					リスクの再評価			関連規格	対策後評価
						危害の ひどさ	危害の 発生確率	リスク インデックス	本質的 設計 方策	安全 防護	取扱 説明書	警告 ラベル(危険度)	対策内容	危害の ひどさ	危害の 発生確率	リスク インデックス		
						S	F	f(S,F)						S	F	f(S,F)		

2.3.3 (3) リスクアセスメント実施例：物流機械

①製品名スタッカクレーン

②実施対象（場面）：主に使用中（保守作業時を含む）

③実施時期：試作設計、商品設計

④構造・機能概要

倉庫や生産ラインに配置され、物品の自動保管に使用される機械で、固定の棚に対し自動的に入出庫する機能を持ち、その機能は、走行、昇降、フォークキングの3動作により実現される。仕様は、ハンドリングする荷物と棚の規模によりが決定され、能力は、サイクルタイムと呼ばれる棚との移動時間で規定される。

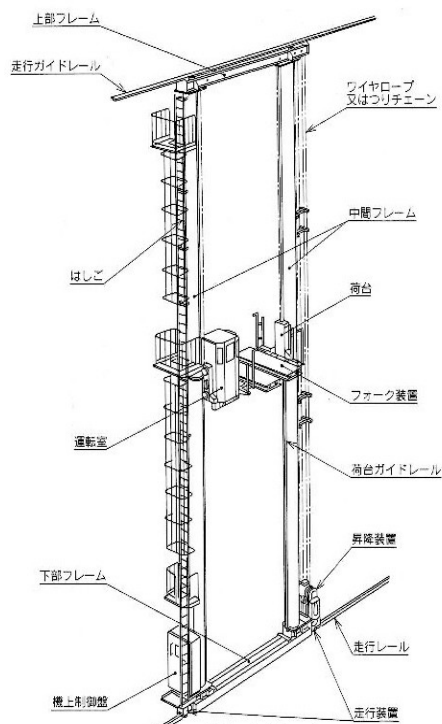


図 2.3-7 スタッカクレーン

⑤製品仕様

- ・設計寿命： 3～10 年
- ・機 高： 4～12 m
- ・製品質量： 5～10 ton
- ・走行速度： 1～120 m/min
- ・走行原動機出力： 3.7 kW
- ・昇降速度： 1～30 m/min
- ・昇降原動機出力： 5.5 kW
- ・使用大気温度： 常温、常湿
- ・対象アタッチメント： 運転室、入出庫台、棚

⑥使用状況の想定

- ・対象地域、国：主に国内、若干輸出あり（米、欧、オセアニア、東南アジア等）
- ・機械の用途：保管物品の入出庫作業
- ・予見される誤使用：運転中に人が乗る、運転停止での作業中に誤起動。
- ・危険の対象者：周囲作業員（取り扱いの説明を受けた人）、メンテ担当者（クレーン特別教育を受けた人）、サービス員：メーカー担当員、第三者

⑦危険源の同定

- i) 上記の使用状況の想定を中心に、危険源の同定を行う。特に機械周辺が作業場所になることを前提に行う。
- ii) 保守、アラーム復旧等自動モードから手動モードへ変更し、クレーン稼働エリア内に人が侵入する場合を前提に行う。

⑧リスク見積りと評価

リスクの見積もりと評価の手法には、MIL-STD-882Cの方法を応用した、(社)日本ロジスティックシステム協会の「物流機器に関するPL法対策のガイドライン」の捕捉資料によっている。

表2.3-9に「危険(ハザード)の大きさ」を、表2.3-10に「危険の発生する確率」を示す。また、表2.3-11に「ハザードリスクマトリクス(HRI)」を、表2.3-12に「リスクの判断基準」を示す。評価における判断基準は、未だ確実なデータは固まっていないが、過去の情報、記録をベースに、関係者で打ち合わせて決めている。

【MILの方法を採用した理由】：簡単な方法で分かり易い。

⑨リスクアセスメントの結果

表2.3-13の「リスクアセスメント結果の纏め表」の中央部の欄に示す。

⑩安全方策の実施

表2.3-13の「リスクアセスメント結果の纏め表」の右側の欄に、工業会レベルで統一実施する安全方策を示す。

一般的な実施に当たっては、オプションの選定で対応する。この判断基準は、労働安全衛生法やJISの安全対策及び基準を参考に設計、評価する。

⑪安全方策実施後のリスク再見積りの結果

評価での基準値は、現状、設計者や関係者の意見を総合して行うが、さらに頻度等に具体的な数値を検討中。

最終的なHRI値を記録に残す。

⑫安全方策実施後の実機確認とデータ整理

実機の確認は、製品出荷前の検査項目に記録。

データとしては、顧客要求項目やクレーム情報等を記録に残し、取扱説明書や製品の見直しに活かす。

⑬残存リスクの伝達

取扱説明書の完成図書に記載する。具体的には、運転要領、警告シールの意味と貼付け位置等。必要に応じて取扱説明会も実施する。

表 2.3-9 危険（ハザード）の大きさ

危険の大きさの種類 (カテゴリー)	定 義
I Catastrophic	死亡もしくはシステムの喪失
II Critical	重傷、重大な労災、または重要なシステムの損害
III Marginal	軽い傷害、軽い労災、または重要でないシステムの損害
IV Negligible	軽い傷害、軽い労災、またはシステムの損害にまで至らないもの

表 2.3-10 危険の発生する確率

レベル	特定の生産財	その他の製品
A	しばしば起こると考えられる。	絶えず経験される。
B	寿命がくるまでに数回起こりうる。	しばしば起こる。
C	寿命がくるまでにときおり起こると考えられる。	数回起こる。
D	起こりそうもないが、寿命がくるまでに起こる可能性はある。	起きそうもないが、起こることが合理的に予期される。
E	起きそうにはない。経験上、発生はないと推定しうる。	起きそうにもないが、可能性はある。

表 2.3-11 ハザードリスクインデックス(HRI : Hazard Risk Index)

危険の発生 確率	危険の大きさの種類			
	I Catastrophic	II Critical	III Marginal	IV Negligible
A	1	3	7	13
B	2	5	9	16
C	4	6	11	18
D	8	10	14	19
E	12	15	17	20

表 2.3-12 リスクの判断基準

HR I	リスクの判断基準
1~5	許容できない
6~9	好ましくない
10~17	許容できる（審査を要する）
18~20	許容できる（審査不要）

表 2.3-13 スタッカクレーンのリスクアセスメント結果の纏め表

番号	動作	危険箇所	危険内容	危険の 大きさ	発生 確率	リスク レベル	対策	
							目的	実施例
1-1	走行昇降シフト	走行組（入出庫から）	入出庫エリアから人が進入し スタッカと柵/入出庫台/台車 に挟まれる	I	D	8	侵入禁止	人が入れないようにする (例) 1. 固定台を 1100 高さにし下部はカバー付きとする 2. 固定台側面に安全柵を設置 3. コンベアで周りを巻く 4. 台車を置き安全柵で囲う 5. 侵入防止センサを取付ける 6. 警告ラベルを貼り付ける
1-2	走行/昇降	走行組	走行するクレーンにはねられる	I	D	8	侵入禁止	同上
1-3	走行	走行組（入口部から）	入出庫エリアから人が進入しスタッカと柵に挟まれる	I	D	8	走行停止	走行組に入るときはプラグスイッチを切り保守者が管理する
1-4	停止・昇降	走行組	通行時にレールにつまずく	IV	B	16	注意喚起	足元注意銘板貼り付け
1-5	接触	走行組	給電線に感電する	I	D	8	給電防止	1. 保守時は制御盤の電源を切り鍵を保守者が管理する
2	走行	周囲—安全柵/ドア	クレーンとの接触	I	D	8	接触防止	安全柵 H=1800 mm 以上とし金網やエキスパント [®] マル貼りとする
3	走行	入出庫台/台車	荷物への挟まれ	II	C	6	侵入禁止	安全柵 H=1800 mm 以上とし金網やエキスパント [®] マル貼りとする
4-1	走行	周囲（複列棚背面）	荷物への挟まれ	I	D	8	侵入禁止	侵入防止・棚間分離に安全柵またはネットを取付ける
4-2	走行	周囲（複列棚背面）	クレーン（フォーク）との接触	II	B	5	侵入禁止	侵入防止・棚間分離に安全柵またはネットを取付ける
4-3	走行	周囲（複列棚背面）	通路への侵入によるクレーンとの衝突	I	D	8	侵入禁止	侵入防止・棚間分離に安全柵またはネットを取付ける
5-1	フォーク	周囲（棚背面含）	安全柵とフォークの間に体を挟まれる	I	D	8	侵入禁止	安全ネット/柵を H=1800 mm まで取付
5-2	全部	周囲（棚背面含）	ラック側面より進入した人がスタッカに挟まれる	I	D	8	侵入禁止	安全ネット/柵を H=1801 mm まで取付
5-3	走行	周囲（棚背面含）	荷物への挟まれ	I	D	8	侵入禁止	安全ネット/柵を H=1802 mm まで取付
5-4	走行	周囲（棚背面含）	クレーン（フォーク）との接触	II	B	5	侵入禁止	安全ネット/柵を H=1803 mm まで取付
5-5	走行	周囲（棚背面含）	通路への侵入によるクレーンとの衝突	I	D	8	侵入禁止	安全ネット/柵を H=1804 mm まで取付
5-6	フォーク	周囲（棚背面含）	ラック側面より落下した荷物が通路に落下する	I	D	8	落下防止	ラック側面が通路の場合は落下防止ネットまたはストッパーを設ける
6-1	フォーク	ビッキング台	荷物への挟まれ	II	B	5	接触防止	ビッキングとフォーク作業が干渉しないよう 1. 台車・コンベア等で離す 2. インターロックを設ける 3. シャッタを設ける ビッキングとフォーク作業が干渉しないよう
6-2	フォーク	ビッキング台	棚側面ビッキング時スタッカの フォークと干渉する	II	B	5	接触防止	1. 台車・コンベア等で離す 2. インターロックを設ける 3. シャッタを設ける
7	走行/昇降	運転室	挟まれ	I	C	4	接触防止	走行/昇降動作中に運転室から 体の一部又は全部が出せない ようにする
8	停止・走行	集電部	集電子と接触し感電する	I	D	8	接触防止	集電子部にカバーを取付ける
9	接触	盤	感電	I	D	8	電源切断、接触停止	1. 保守時は電源断 2. 電源ブレーカはキー付きドア内に設ける 3. 充電部にはカバーを設ける 4. 保守時は垂幕等の警告表示を行う

(表 2.3-13 の続き)

番号	動作	危険箇所	危険内容	危険の 大きさ	発生 確率	リスク レベル	対策	
							目的	実施例
10-1	走行	終端部	ストップとクレーン間で足をはさまれる	II	D	10	走行停止	走行経路に入るときはプラグスイッチを切り保守者が管理する
10-2	走行	終端部	クレーンと固定物の間に挟まれる	I	C	4	待避エリア確保	走行終端にてクレーン端と固定物(安全柵・壁・柱等)の最小隙間を幅 500 mm、高さ 2100 mm 確保する
10-3	走行	終端部	走行端で減速しなかったスタッカがストップを超えて逸走	I	D	8	物理的に止める	1. 走行過速度の検知 2. 定格速度のスタッカクレーンを止められる強度のストップを設ける(破損しても可)
11	フォーク・昇降・走行	フォーク・昇降・走行各駆動部分	各駆動部分の突然の起動で巻き込まれる	II	C	6	動作停止	第三者が電源入切を出来ないスイッチを設ける
12-1	昇降	昇降	巻上チェーン sprocket に指を巻き込まれる	II	C	6	接触防止	sprocket 部にカバーを取付ける
12-2	昇降	昇降	ドラムに巻き込まれる	II	C	6	接触防止	1. ドラム側面にカバー取付け 2. 警告ラベルを貼り付け
13	昇降・走行	昇降・走行	高温のモータに接触する	IV	B	16	接触防止	高温注意銘板取付け
14	昇降	昇降台	昇降台から落下する	I	C	4	人の落下防止	1. 命綱の使用 2. 警告ラベルを貼り付け
15-1	全部	フォーク	昇降台に乗って運転を行い、転落や挟まれる	I	C	4	昇降台に乗らせない	1. マニュアルにより点検時の注意喚起
15-2	点検	フォーク・昇降	巻き込まれによる負傷	II	C	6	接触防止	1. 安全カバーの取付け 2. マニュアルにより点検時の注意 3. 警告ラベルを貼り付け
15-3	フォーク・昇降・走行	フォーク・昇降・走行	巻き込まれ	II	C	6	給電遮断	1. 保守時は電源断(手元スイッチの設置) 2. 警告表示
15-4	フォーク・昇降・走行	フォーク・昇降・走行各動力部	動力ラインによる感電	I	D	8	給電遮断	1. 保守時は電源断 2. 電源ブレーカはキー付きドア内に設ける 3. 充電部にはカバーを設ける 4. 保守時は垂幕等の警告表示を行う 5. マニュアルにより点検時の注意 6. 警告ラベルを貼り付け
15-5	給電	フォーク・昇降・走行	感電	I	D	8	給電遮断	保守時は電源切断
16-1	昇降	昇降台	上部サドルの sprocket 部に指を巻き込まれる	II	D	10	接触防止	sprocket 部にカバーを取付ける
16-2	昇降	昇降台	フォーク駆動部に指を巻き込まれる	II	D	10	接触防止	注意銘板取付け
16-3	昇降時	昇降台	昇降台降下時、または落下時に押しつぶされる	I	D	8	台の落下防止	1. チェーンブロックで吊る 2. 落下防止のボールまたはピンを入れる 3. 警告ラベルを貼り付け
16-4	昇降	昇降台	頭を上部サドルにぶつける	III	D	14	接触防止	搭乗禁止ラベル貼り付け
16-5	昇降	昇降台	マストとキャレッジサイドローラ間に指をはさまれる	III	D	14	接触防止	搭乗禁止ラベル貼り付け
17	停止・走行	保守梯子リフト	タラップから落下する	I	D	8	落下防止	1. 背当付タラップにする 2. 命綱を使用する

2.3.4 安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの納入までを含めて）

製品の安全に関する社内組織は、本部・事業部のライン組織（縦）に、品質管理部門がスタッフ組織（横）として、規定・規格作りや教育・啓蒙などを行い、縦と横のマトリックス組織（図2.3-8）となっている。

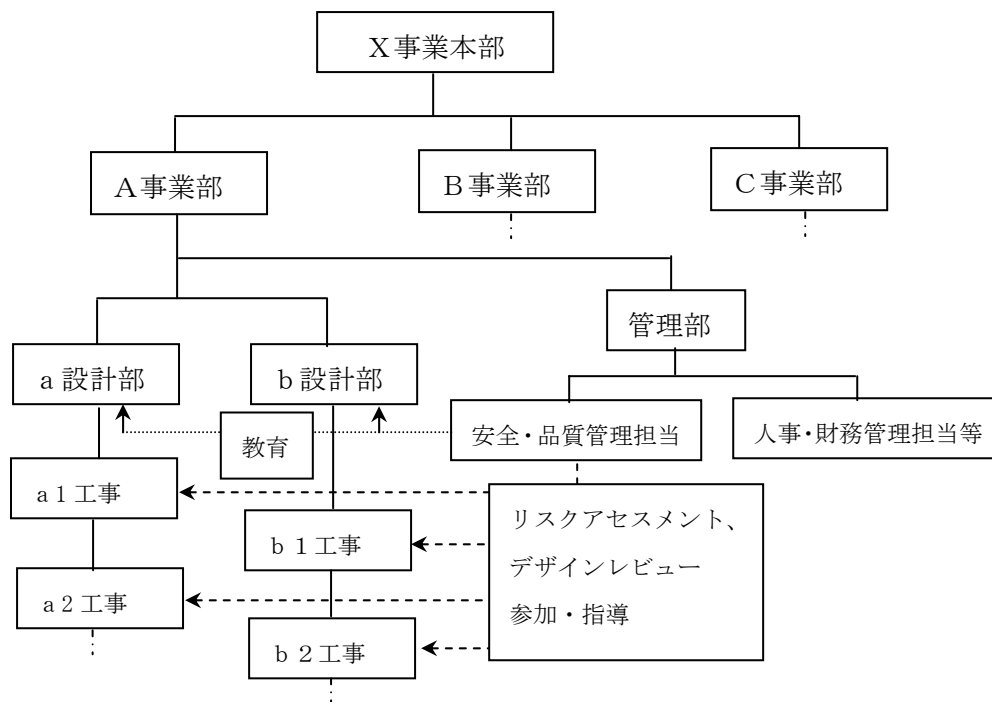


図2.3-8 安全確保のための社内組織

2.3.5 SE（Safety Engineer）を主体とする設計開発技術者および工場作業員への安全教育

2.3.5（1）設計・開発技術者への安全教育

各本部には品質管理部門があり、この部門が製品安全を含めた設計段階からの品質管理に関する規定・基準、教育資料作成や設計者への教育、啓蒙活動を行っている。

設計部門では、設計のフェーズ（計画、基本設計、詳細設計など）ごとに安全（設計、工事に関する）を含めたDR（デザインレビュー）を行い、専門家（経験者、管理部門担当者）の参加による隠れた危険要素の洗い出しとそれらの本質安全に向けた対策検討（実質的にリスクアセスメントを織り込んだ設計）を行い、関係者全員が共通の安全意識を持つように意識付けを行っている。

特に、H13年に厚生労働省労働基準局が策定した「機械の包括的な安全基準に関する指針」が通達（基発第501号）として発令されたのを受け、社内でもリスクアセスメントに関する規定・基準作りと並行して、「製品安全通信」（図2.3-9）の発行を始めとする教育・啓蒙活動を実施してきた。

発行：2003年__月 作成：T品管

題目：リスクアセスメント

◆リスクアセスメントは義務付けられている

厚生労働省労働基準局は、「機械の包括的な安全基準に関する指針」を策定し、平成13年6月1日付け基発第501号通達としてだされました。これは労働安全衛生法第3条に規定されている機械等の設計・製造者および機械等を使用させる事業者の責務を具体化したものであります。この指針は、ISO/FDIS 12100 機械類の安全性－基本概念，設計のための一般原則－とISO 14121 機械類の安全性－リスクアセスメントの原則－を踏襲したものであります。

この指針の内容は、安全な機械等を設計・製造する方策と機械等を安全に使用させる方策が規定されていますが、特徴的なことは、安全であることを検証するためにリスクアセスメントが義務付けられていることです。機械等のリスクを低減するための保護方策を決める手順の中に必ずリスクアセスメントの裏付け（根拠付け）が必要であると規定されています。

◆リスク低減対策は必ず3段階で実施する

設計者により講じられるリスク低減対策は必ず3段階で実施することになっています。リスクアセスメントの結果、リスクが許容できないのなら最初に「本質的設計方策」を実施することになっています。例えば、火傷の危険のある熱源をなくすとか、巻き込まれの危険のある回転部をなくすとか、危険源そのものをなくす方策です。そしてまだリスクが残っていれば「安全防护及び追加保護方策」を実施します。例えば、安全カバーやインターロックなどです。それでもリスクが残れば「使用上の情報」を作成します。取扱説明書や警告ラベルなどです。教育もこのステップにはいります。

ここで大事なことは、「本質的設計方策」と「安全防护及び追加保護方策」を省略して「使用上の情報」だけで保護方策としてはいけないということです。安易に取説や警告ラベルで済ますことのないようにしたいものです。

図 リスク低減対策の手順

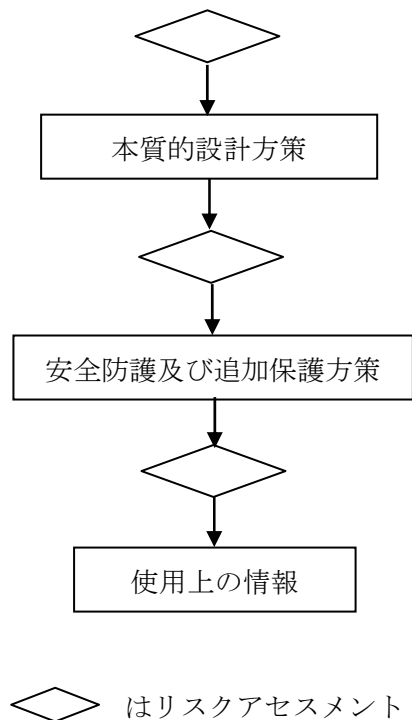
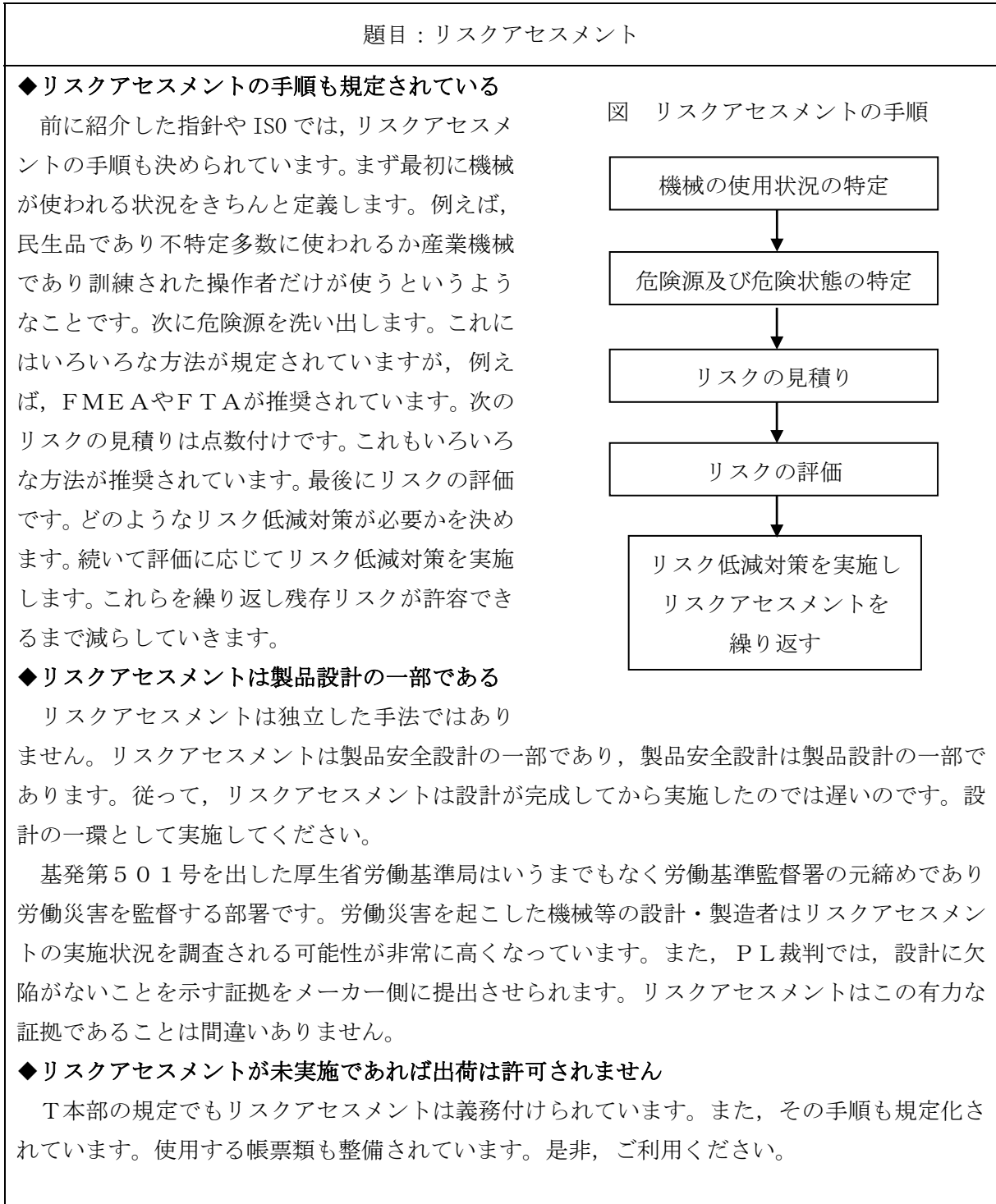


図2.3-9 製品安全通信

図 2.3-9 の続き



2.3.5 (2) 工場作業員への安全教育

工場作業員への安全教育は、各本部・事業部が規定（実施内容、時期、方法）を定め、新人や異動者向けに行う安全教育と新しい工事ごとに行う安全検討レビュー・安全教育を実施している。

また、労働安全マネジメントシステム（OSHMS）のガイドラインがH11年に厚生労働省の告示第53号として発表されて以来、当社においてもそのガイドラインに沿って、各本部・事業部の事情に合わせた啓蒙活動、教育活動を行っている。

2.3.6 現状における課題

新製品や新システムの開発では、製造元の開発設計者もユーザも共に、製品の潜在的な危険を完全に把握しているとは限らないため、製品安全のためのリスクアセスメントの実施においては、定量的な評価が非常に難しくなる。このような場合、色々な開発を経験した開発技術者や経験豊かな品質保証部門の担当者や安全担当者およびユーザ側も要求仕様を作成した経験者の共同のリスクアセスメントが必要であるが、ユーザの要求が厳しい（納期、コスト、品質など）場合、十分なアセスメントができない場合がある。

このユーザの要求事項への対応能力が、差別化技術になる場合が多くなりつつあるが、メーカーとしても合理的な手法や新手法・新技術（ナレッジマネジメント、3DCAD/CAE、PDM etc.）を積極的に取り入れる努力を行っている。

しかし、特に新しい分野への進出を目指しているメーカーが、製品安全のための効果的なリスクアセスメントの方法を試行錯誤で模索することは、アセスメントの精度も悪くなり事故につながる可能性がなかなか低くならないのが現状である。

従って、ISO/JISなど国際規格、国家規格をできるだけ早く充実させて、新分野でのリスク事例を世界規模でデータベース化し、誰でもいつでも活用できる要にし、新分野への参入障壁を極力低くするべきである。

2.3.7 ユーザに対する要望

ユーザは、（相矛盾する可能性の高い）コスト/作業性/安全性の3立を望み、その通りのシステムを組むと、一見は安全が確保しているかのように見えるが、実際には非常に危険な作業が内在している場合がある。

従って、安全確保のためには、作業性の多少の低下またはコストアップは妥協すべきであり、不安全要素もコストの一部と考え、安全確保のための必要な対策はコストを抑える有力な手段であるという考え方を浸透させる必要がある。

2.3.8 その他（安全確保を巡る意見・考え）

真の安全確保のためには、安全の本質に立ち返って、ユーザとメーカーが最低限の安全確保には妥協しない対策：規格作りが必要である。

2.4 D社（工作機械メーカー）の事例

当社は円筒研削盤、カムシャフトやクランクシャフトを加工する特殊研削盤、マシンングセンタ、自動車エンジン部品加工の専用機などの製品を主に製造販売している工作機械メーカーである。国内海外の大手ユーザから中小までの幅広いユーザに販売している。製造する機械の安全確保の取組みについて代表機種としてマシンングセンタと研削盤の事例で紹介する。

2.4.1 企業戦略における「製品安全」の位置付け

社内には、安全な製品を提供するための安全設計や製造工程での製品の安全を確認するためのワーキンググループ活動組織があり、『安全対応を製品の差別化のチャンスととらえ、お客様に安全な機械を提案することに積極的に取り組む』を製品安全確保のための活動方針として掲げている。

2.4.2 社内安全設計基準の整備状況

当社の製品安全の取組みとして、

- ・ 1985年：PL委員会を設置し、当社製品の「安全」管理活動を実施
- ・ 1990年：ANSI Z535（警告表示、取扱い説明書関係）に対応
- ・ 1995年：欧州でのCEマーキング制度に対応

という経緯をたどってきた。

製品安全は、

- ・ 本質安全設計による、リスクの低減
- ・ 安全防護対策による、リスクの低減
- ・ 使用上の情報提供による、リスクの低減
- ・ 機械の取扱説明書上における

— 警告、ラベル、シンボル … 残存リスクに関する情報と警告

を基本として取り組んできた。

関連安全規格として、表2.4-1（リスクアセスメント&リスクマネジメント関連規格）および表2.4-2（機械安全リスクマネジメントに係る規格）を参考にしている。

関連法規としては、表2.4-3（機械の安全に関する法規）に適合させている。

表 2.4-1 リスクアセスメント&リスクマネジメント関連規格

No.	規格等	リスクアセスメントに関する記載内容（概要）
1	JIS B 9700-1 予定 ISO12100-1 機械類の安全性—基本概念、設計のための一般原則—第1部：基本用語、方法論	機械のリスクを設計者の観点によって低減するプロセスの中に、リスクアセスメントを位置付けている。 ①用語及び定義 ②機械の設計時に考慮すべき危険源 ③リスク低減のための戦略
2	JIS B 9702 : 2000/ ISO1412 (EN1050) Ed. 1 : 1999-02 機械類の安全性—リスクアセスメントの原則	機械の安全性を対象にしたリスクアセスメントについて、その実施上の原則及び考え方を標準として記載している。 ①一般原則（基本概念、反復のプロセス、リスクアセスメントに関する情報） ②機械の制限の決定 ③危険源の特定（固定） ④リスク見積り ⑤リスクの評価 ⑥文書化
3	JIS Q 2001 : 2001 リスクマネジメント構築のための指針	リスクアセスメントを経営活動等の中に取り込み、マネジメントの下におくための仕組み及び運用方法が標準として記載されている。 ①一般原則 ②リスクマネジメントシステム構築及び維持のための体制（組織の最高経営者の役割、リスクマネジメントシステム担当責任者の役割） ③リスクマネジメント方針 ④リスクマネジメントに関する計画策定（リスク発見、リスク特定等） ⑤リスクマネジメントの実施 ⑥リスクマネジメントパフォーマンス評価及びリスクアセスメントシステムの有効性評価 ⑦リスクマネジメントに関する是正・改善の実施 ⑧リスクマネジメントシステム維持のための仕組み ⑨組織の最高経営者によるレビュー
4	JIS C 0508-5 : 1999/ IEC/FDIS 61508-5 : 1998 電気・電子・プログラマブル電子安全関連系の機能安全—第5部：安全度水準決定方法の事例	リスクと安全度についての一般概念、リスクモデル（ALARP）及び許容リスクの概念、安全度水準（SIL）の決定、定性的方法によるSILの決定について附属書（参考）として情報提供している。
5	JIS B 9705-1 : 2000/ ISO13849-1 : 1999 機械類の安全性—制御システムの安全関連部—第1部：設計のための一般原則	設計の原則に関する安全要求事項を規定し、保護方策の選択及び設計のためのプロセスとして、危険源分析及びリスクアセスメント、制御手段によるリスク低減方策の決定、制御システムの安全関連部に対する安全性要求事項の指定などを示している。
6	厚生労働省通達「機械の包括的な安全基準に関する指針」：2001-06	製造者による機械のリスク低減のための手順の中に、当該機械のリスクアセスメントを位置付け、リスクアセスメントの方法と保護方策の手順を示している。
7	「機械の包括的な安全基準に関する指針」の解説等について：2001-06	指針の周知にあたって参考として、その内容（用語、リスクアセスメント手法、保護方策、別表）についての解説である。
8	ISO/IEC GUIDE 51 : 1999 安全面—規格に安全に関する面を導入するためのガイドライン Safety aspects—Guidelines for their inclusion in standards	人、財産又は環境に関連する安全面に適用するもので、製品、プロセス又はサービスを使用することから生ずるリスクを低減することに基づくアプローチを採用している。リスクアセスメント及びリスク低減プロセスへのガイドである。

表 2.4-2 機械安全リスクマネジメントに係る規格

No.	規格等	参考になる内容、リスクアセスメントに関する記載内容等
1	JIS Q 9001 : 2000/ ISO9001 : 2000 品質マネジメントシステム—要求事項	リスクアセスメントの用語は使用されていないが、「品質」を「機械安全」に読み替えると、機械安全マネジメントシステムをイメージアップできる。 ①品質マネジメントシステム ②経営者の責任 ③資源の運用管理 ④製品実現
2	JIS Q 9004 : 2000/ ISO9004 : 2000 品質マネジメントシステム —パフォーマンス改善の指針	リスクアセスメントの用語は使用されていないが、「品質」を「機械安全」に読み替えると、機械安全マネジメントシステムの改善への参考になる。 ①システム及びプロセスの運営管理 ②文書化 ③経営者・管理者の責任 ④資源の運用管理 ⑤製品実現
3	JIS Q 14001 : 1996/ ISO14001 : 1996 環境マネジメント—仕様及び利用の手引	リスクアセスメントの用語は使用されていないが、「環境」を「機械安全」に読み替えると、機械安全マネジメントシステムの運用への参考になる。 ①環境マネジメント要求事項
4	JIS Q 14971-1 : 2001/ ISO14971 : 1998 医療用具—リスクマネジメント— 第1部リスク分析の適用	「医療用具」を「機械」に読み替えると、機械安全リスクマネジメントの運用への参考になる。 ①手順 ②リスク分析の見直し
5	JIS X 5080 : 2002/ ISO/IEC17799:2000 情報技術—情報セキュリティマネジメント の実践のための規範	情報セキュリティでは、リスクアセスメントを実施しセキュリティ要求事項を識別し、その上でリスクを許容できるレベルまで低減する管理策を選択し実施することを基本としており、対象は異なるが、機械安全リスクアセスメント及びリスクマネジメントへの参考になる。 ①規格の位置付け（セキュリティリスクアセスメントを含む） ②セキュリティマネジメントの体制 ③情報資産の分類及び管理 ④人的セキュリティ ⑤物理的、環境的セキュリティ ⑥通信及び運用管理 ⑦アクセス制御 ⑧システムの開発及び保守 ⑨事業継続管理 ⑩適合性
6	BSI-OHSAS 18001 労働安全衛生マネジメントシステム	労働安全衛生マネジメントシステムに求められる要素として、一般的要求事項、方針、計画、体制及び責任、文書化及び記録管理、監査を規定し、リスクアセスメントをベースにしたマネジメントシステムを規定したものであるが、製造者等設計部門のリスクアセスメントの推進にも参考になる。

表 2.4-3 機械の安全に関する法規

国	法令・指令等	
	製造者	使用者
日本	<ul style="list-style-type: none"> ①労働安全衛生法第3条2項 ②機械の包括的な安全基準に関する指針 ③製造物責任法 	<ul style="list-style-type: none"> ①労働基準法 ②労働安全衛生法第3条1項 ③労働安全衛生法施行令及び規則（個別） ④機械の包括的な安全基準に関する指針
米国	<ul style="list-style-type: none"> ①製造物責任法 ②消費者製品安全法 	<ul style="list-style-type: none"> ①連邦職業安全衛生法 ②連邦職業安全衛生規則（OSHA） ③PSM法
EU	<p>欧州経済共同体条約の 100a条項による</p> <ul style="list-style-type: none"> ①機械指令（機械設備に関する加盟国の法律を近似させるための理事会指令）、EMC指令 ②一般製品安全指令 ③指令に基づく欧州加盟国の 法整備 <p>例えばドイツでは...</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 機器安全法...行政機械指令 ・ 災害防止規定（製造と設備） 	<p>欧州経済共同体条約の 118a条項による</p> <ul style="list-style-type: none"> ①労働安全衛生基本指令 ②労働場所に関する個別指令 ③労働手段利用の関する個別指令 等 ④指令に基づく欧州加盟国の 法整備 <p>例えばドイツでは...</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 労働安全衛生保護法 ...行政指令 ・ 災害防止規定（工場）

社内安全設計基準としては、当社を含む関連グループ会社で共通の「安全設計基準書」を使用してきた。 図 2.4-1 に ISO 規格とグループ会社共通の安全設計基準との比較を示す。 ISO 規格とグループ会社の安全設計基準には大きな差はない。 具体例を図 2.4-2 と図 2.4-3 に示す。グループ会社の安全設計基準書は、専任メンバーにより定期的に検討され制定・改定が行なわれる。改定ごとにグループ会社各社へ通達配布される。

マシニングセンタなどの一部の製品については、‘03年モデルチェンジ機から ISO 規格、IEC 規格を 100% 適用している。但し、輸出先の地域ごとに一部仕様が異なる。例えば、欧州向けは制御盤にノイズフィルター取付け、米国向けは UL 規格の電線使用などが異なる。ISO に準拠した社内規格は、社内の規格委員会で現在整備しつつある。

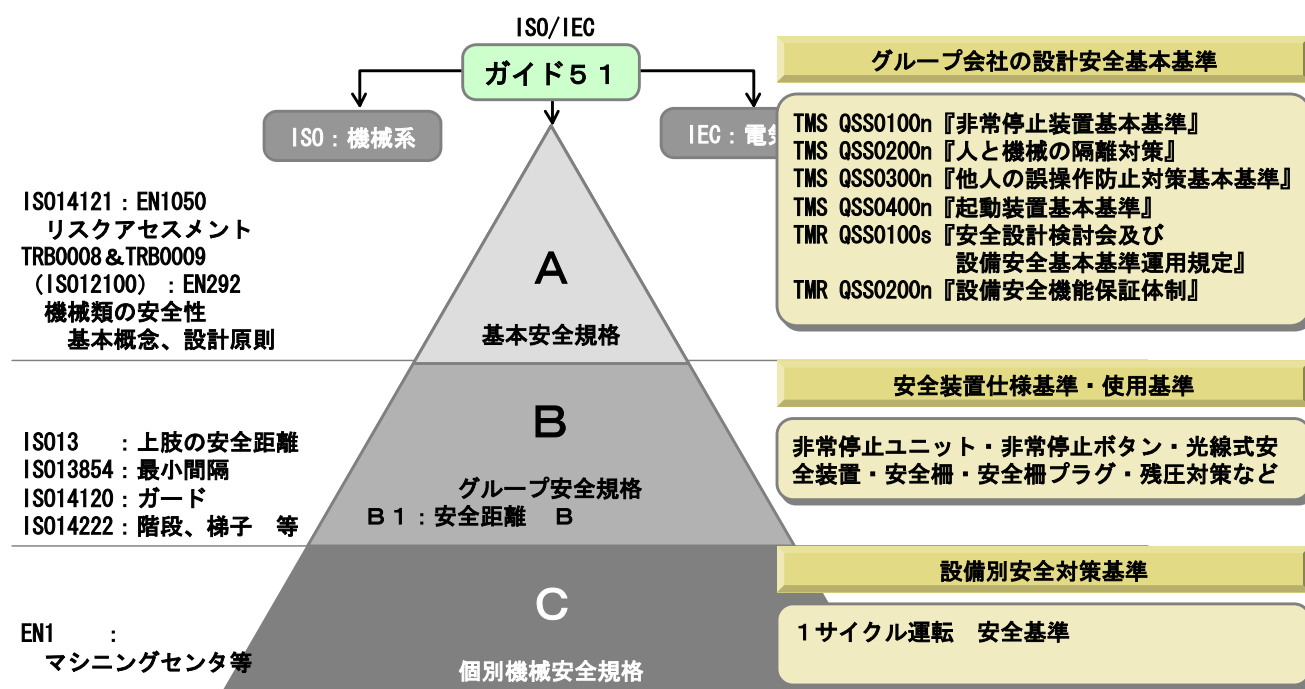


図 2.4-1 ISO 規格、IEC 規格とグループ会社の安全設計基準との比較

身体部分		ISO 13854 (最小の隙間)	トヨタグループ (挟まれない隙間)
身体		500	400mm以上 (胸)
頭 (最悪の部分)		300	—
脚		180	180mm以上
足		120	120mm以上
足指		50	—
腕		120	120mm以上
手・手首・握りこぶし		100	100mm以上 (指・手)
指		25	

図 2.4-2 ISO規格とグループ会社の安全設計基準との比較例

ISO 13852 安全距離										
		安全柵の高さ b								
		1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500
危険部位の高さ a		危険部位までの水平距離 c								
		2500	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000
	2500									
	2400	100	100	100	100	100	100	100	100	
	2200	600	600	500	500	400	350	250		
	2000	1100	900	700	600	500	350			
	1800	1100	1000	900	900	600				
	1600	1300	1000	900	900	500				
	1400	1300	1000	900	800	100				
	1200	1400	1000	900	500					
	1000	1400	1000	900	300					
	800	1300	900	600						
	600	1200	500							
	400	1200	300							
	200	1100	200							
	0	1100	200							

図 2.4-3 ISO規格 (低リスクの場合) とグループ会社の安全設計基準との比較例

2.4.3 リスクアセスメントの適用状況

リスクアセスメントは、一般的な手法に基づいて実施している。

2.4.3 (1) リスク低減プロセス

リスク低減プロセスは、図2.4-4に示すように、許容できるレベルまで安全設計、安全防護対策、使用上の情報などでリスクを低減し、残存リスクは取扱い説明書などで説明するようにしている。

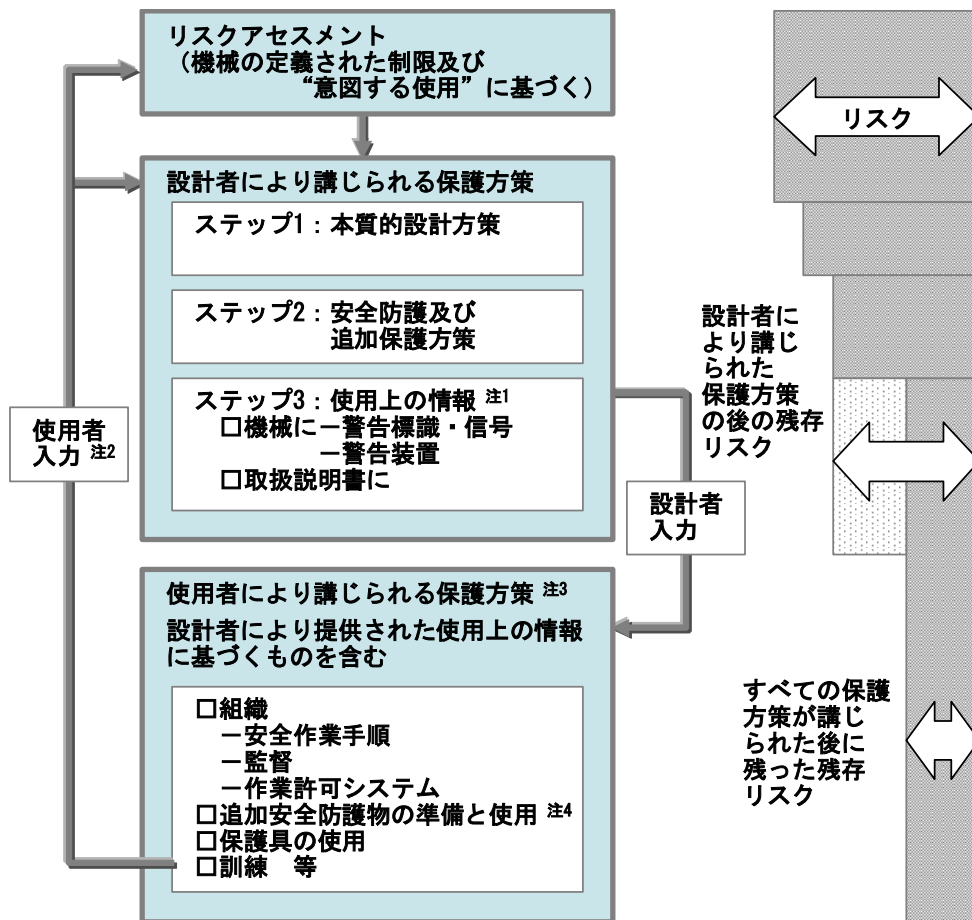


図2.4-4 リスク低減プロセス

2.4.3 (2) 機械の使用状況の想定

まず、機械の使用状況を想定し、対象者・作業内容を分析し、前提条件を決定する。

- | | |
|---------------|-----------|
| ①機械のライフサイクル | ②意図する使用 |
| ③合理的に予知可能な誤使用 | ④スペース上の制限 |
| ⑤時間的な制限 | ⑥身体的能力の限界 |
| ⑦運転者の能力レベル | ⑧予見可能な第三者 |

2.4.3 (3) 危険源の特定

危険源の概念を明確にし、危険源を特定する必要がある。一般的な危険源の特定手法を以下に示す。

①PHA(**Preliminary Hazard Analysis**)－予備危険源分析－

特定のシステム/サブシステム/構成部分の寿命すべての局面に対して、災害につながるような危険源、危険状態、危険事象を特定する。

②ワット・イフ

各段階において機械で創り出される危険源に関して構成部分の故障の影響又は手順のエラーを評価するために、ワット・イフ質問が明確に記述され、回答される。

③FMEA(**Failure Mode and Effects Analysis**)－故障モード及び影響分析－

構成部分の故障の頻度及び影響を評価することである。

④MOSAR法(**Method Organized for a Systemic Analysis of Risks**)－系統的リスク分析のための組織化法－

分析されるべきシステム(機械類、工程、据付など)は相互作用する一群のサブシステムと考えられる。危険源、危険状態及び危険事象を特定するために表を使用する。

⑤制御システムの不具合(障害)シミュレーション

制御システムで複雑な安全関連部を試験する場合は、いくつかの機能的サブシステムに分割し、かつ、そのインターフェイスを不具合(障害)シミュレーション試験にのみ、かけることが常に必要である。この技術は機械の他の部分にも適用できる。

⑥FTA(**Fault tree Analysis**)－故障の木解析－

FTAによって、保護方策交換の効果が容易に調査できる。

⑦デルファイテクニック(**DELPHI Technique**)

基本的に、デルファイはアイデアを引き出すのに使用される予測手法である、この方法は専門家に限定するため特に効率が良い。

⑧チェックリスト法

ハザードには、「機械に潜在的に存在するハザード」「ヒューマンファクタに起因して生じるハザード」「環境条件により生じるハザード」等があり、これらのハザードについて、機械の全サイクルにわたり考慮する。

⑨ETA(**Event tree Analysis**)－事象の木解析－

手順は、各プロセス段階チェックリストの作成、分析ワークシートの作成、ハザードの大きさのランキング、分析検討作業、ドキュメンテーションとなる。

⑩JSA(**Job Safety Analysis**)－作業安全分析－

このハザード分析手法は、操作、組立、調整、設置、保全、搬送など諸作業の手順の分析に重点をおく。

⑪HAZOP(**Hazard and operability study**)

化学プロセスにおける複数の独立した事象が複雑に絡む故障を扱う目的で開発されたもので、

化学プラントのようなプロセスプラントに潜在的に存在するハザードとプラントの操作性を考慮するのに用いる手法である。

2.4.3 (4) リスクの見積と評価

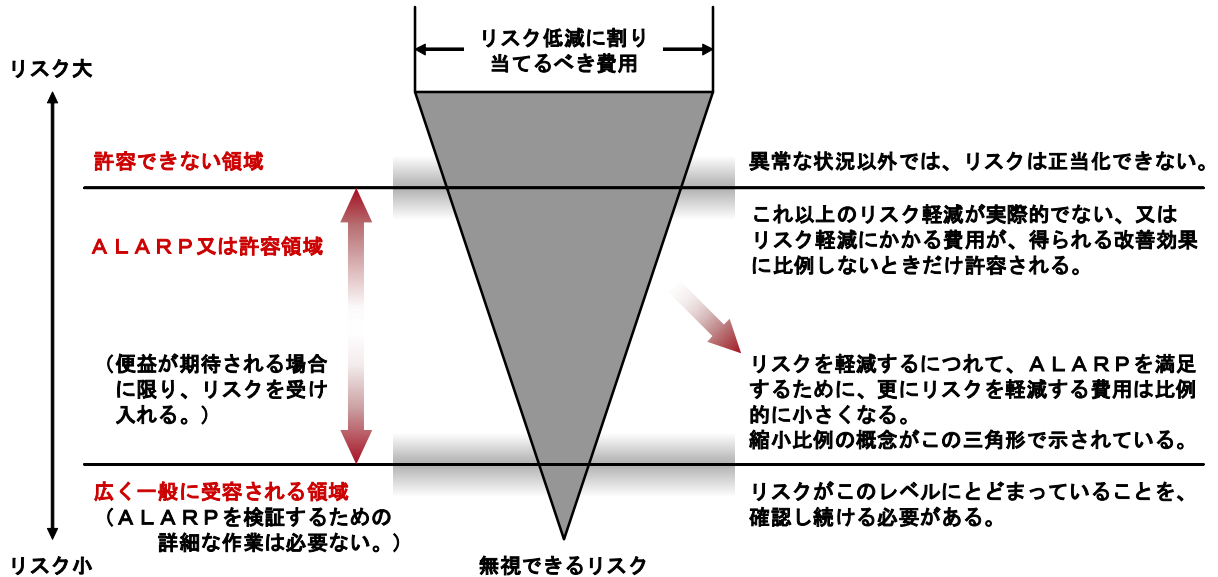
リスクの見積と評価には各種の一般的な方法があるが一例を図2.4-5に示す。

積算法		・イギリスHSE（労働安全衛生庁）の指導で策定	
障害発生の可能性（LO）／危険との接触			
障害発生の可能性（LO）/危険との接触		ポイント	
ほとんど起こり得ない—あるとすれば右の数値以下の割合（細小の極限状況）		0.033	
ほとんど起こりそうにない—しかし起こることも考えられる		1	
起こりそうにない—しかし起こり得る		1.5	
起こり得る—しかしほとんどない		2	
場合によっては起こり得る—起こり得る		5	
多分起こる—驚くに値しない		8	
起こりやすい—予期したときだけ		10	
必ず起こる—疑いなく		15	
危険にさらされる頻度（FE）		起こり得る障害のひどさ（DPH）	
危険にさらされる頻度（FE）	ポイント	起こり得る障害のひどさ（DPH）	ポイント
毎年	0.5	引っ掻き傷／打撲傷	0.1
毎月	1	裂傷／軽傷	0.5
毎週	1.5	小さな骨折又は軽い病氣（一時的）	2
毎日	2.5	大きな骨折又は大病（一時的）	4
毎時	4	1本の手足、眼球及び聴力の損傷（永久）	6
常時	5	両手足、両眼球の損失（永久）	10
		致命傷（死亡）	15
危険に曝される人数（NP）			
危険に曝される人数（NP）		ポイント	
1～2人		1	
3～7人		2	
8～15人		4	
16～50人		8	
50人を超え		12	
トータルポイント＝LO・FE・DPH・NP			
リスクレベル			
リスクのレベル		ポイント	
レベル1（取るに足りない）：健康と安全にごく僅かなリスクしか呈さない。		5以下	
レベル2（程度は低いが重大）：安全の制御手段を必要とする危険を含む。		5を超え50以下	
レベル3（程度が高い）：緊急に安全の制御手段の実施を要する潜在的な危険を有する。		50を超え500以下	
レベル4（容認できない）：この状態での継続的な運転は容認できない。		500を超え	

図2.4-5 リスクの見積と評価例

許容可能なリスクレベルとは？

■ALARPの原理 (ALARP: As Low As Reasonably Practicable)許容リスクとALARP



許容可能なリスクレベルとは？

■MIL-STD-882Cにおけるリスクインデックス判断基準

危害の発生頻度	(A) しばしば	許容できない	3	7	13
	(B) 可能性多い	2	5	9	16
	(C) ときどき	4	6	11	18
	(D) たまに	8	10	14	19
	(E) 可能性なし	12	15	17	許容できる
		I 破滅的	II 危機的	III 限界的	IV 無視的
	リスクインデックスにより 危害の大きさを定量的に評価	危害の大きさ			

図 2.4-6 許容可能なリスクレベル

2.4.3 (5) リスクアセスメントの実施時期

開発、量産ステージでのリスクアセスメントの実施時期を図2.4-7に示す。

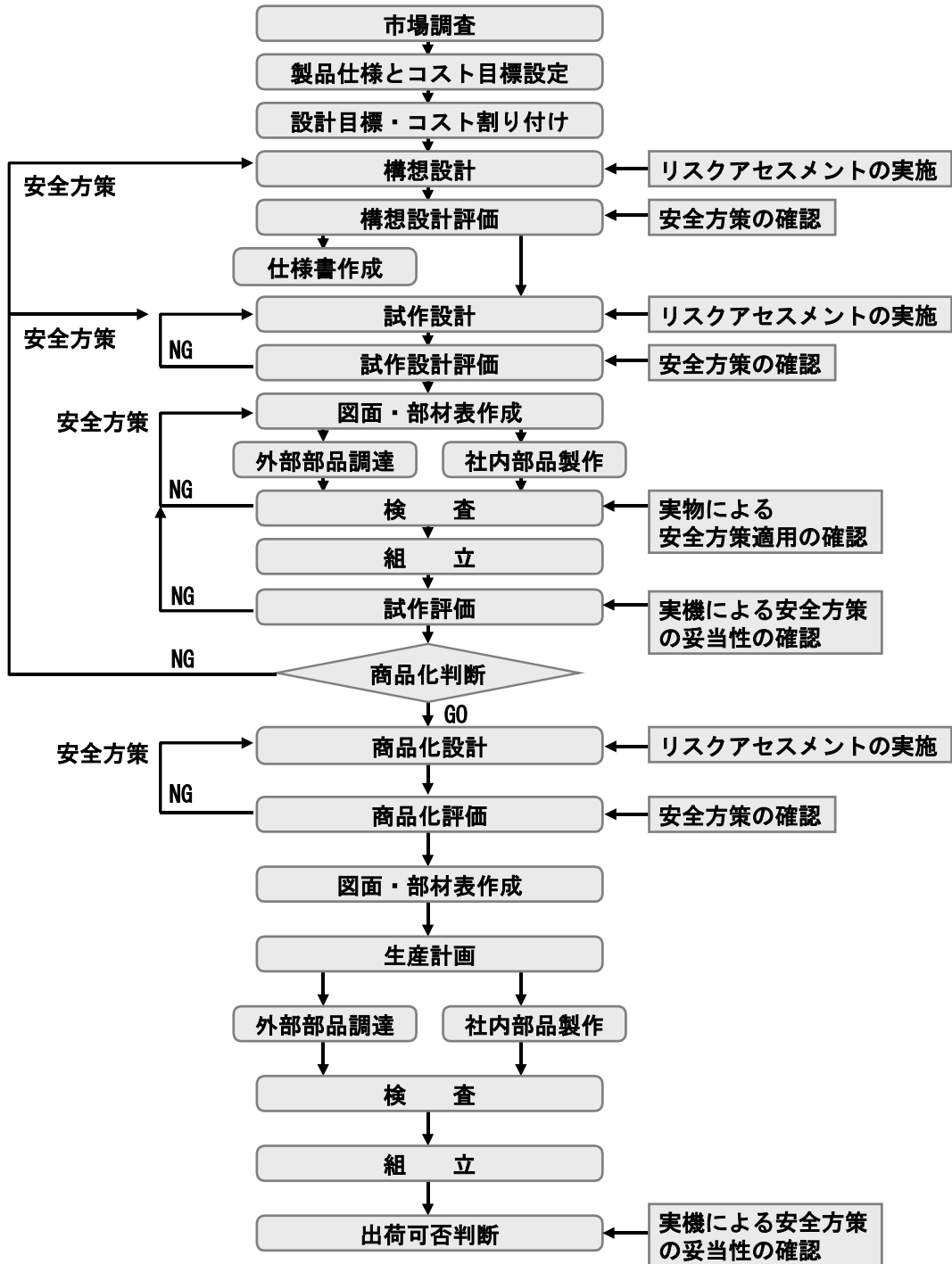


図2.4-7 開発、量産ステージでのリスクアセスメント実施時期

2.4.3 (6) リスクアセスメントの実施記録の文書化と管理

1) 文書化に必要な事項

- ①アセスメントが行われた機械(例えば、仕様書、制限、意図する使用)
- ②関連して想定した仮定(例えば、負荷、強度、安全係数)
- ③特定した危険源 — 特定した危険状態
 - 査定時に考察した危険事象
- ④リスクアセスメントの際に基礎として用いた情報
 - 使用データ及びデータ源
 - 使用データに付随する不明確さ、及びそのリスクアセスメントへの影響力
- ⑤保護方策によって達成される目標
- ⑥特定した危険源の除去、又はリスク低減のために実施した保護方策
- ⑦機械に付随する残存リスク
- ⑧最終のリスクの評価結果

2) 文書作成における留意事項

- ①文書の作成者及び承認者を明確に。
- ②改訂担当者及び承認者を明確に。
- ③関連した活動の参加者を含め、関係者の資格、経歴等が追跡できること。

顧客への提出書類

1) 契約書／仕様書

- ①機械操作者、保全員等の制限
- ②機械の能力範囲を超えた使用
- ③予見される誤使用
- ④インターフェイスに起因する危険源

2) 取扱説明書(操作、保全、教育など)

- ①運転員、保全・調整員などオペレータの制限
- ②機械の能力範囲を超えた使用の制限
- ③非定常作業の操作方法
- ④残存リスクへの対応

3) 残存リスクの提示

- ①使用上の警告分
- ②警告ラベルの種類とその貼付位置図
- ③機械全体及び単体の危険領域図(ハザードマップ、デンジャーゾーン)
- ④運転員、保全・調整員などオペレータへの教育内容

表 2.4-4 に見積から納入後の段階で必要なリスクアセスメントの実施記録の文書化と管理方法を示す。

表 2.4-4 リスクアセスメントの実施記録の文書化と管理

階段	文書の作成作業		顧客への提出該当文書	確認事項
	作成文書	リスクアセスメントに関する記録		
見積・契約	<ul style="list-style-type: none"> 見積仕様書 契約書 仕様書 打合せ議事録 	<ul style="list-style-type: none"> 危険源の特定 機械の使用制限に関する仕様の決定 危険源の特定 リスクの見積り 	<ul style="list-style-type: none"> カタログ 契約書 仕様書 打合せ議事録 	<ul style="list-style-type: none"> 機械の使用制限 仕様に対する逸脱使用等の免責表示 製品/部品寿命に関する記述
設計・開発	<ul style="list-style-type: none"> DR/検討会 ・ 計算書 設計図面 購入品(調達品)の仕様書 検査要領書 リスクアセスメントの実施確認要領 	<ul style="list-style-type: none"> リスクの評価 リスクアセスメント結果の見直し 購入品(調達品)のリスクアセスメント 保護方策の実施 実施後のリスクアセスメント再見積りの結果 	<ul style="list-style-type: none"> 設計図書 納入図(承認図) 確定仕様書 打合せ議事録 	<ul style="list-style-type: none"> ボ 社内基準 JIS ISO、IEC ANSI等 実験値等の採用基準 その他(顧客)
試運転・転	<ul style="list-style-type: none"> リスクアセスメント実施の(妥当性)確認 検査結果とそのデータ分析 	<ul style="list-style-type: none"> リスクアセスメントの確認書 残存リスクの確定 		
引渡し	<ul style="list-style-type: none"> 仕様書の確認、修正 残存リスクの対策 取扱説明書(操作・運転)(保守・点検)(教育・訓練)(非正常作業の操作)等 安全標識・警告シール 	<p>(完成図書)</p> <ul style="list-style-type: none"> 納入仕様書 取扱説明書 検査記録(官庁検査等含む) その他(顧客の要求による提出文書)(打合せ議事録) 		<ul style="list-style-type: none"> 残存リスクに対し 警告文 使用者(者)制限 防護装置・保護具の設置/指示 教育・訓練の実施/指示 安全標識・警告 貼付け位置
納入後	<ul style="list-style-type: none"> 関係図書の保管 	<ul style="list-style-type: none"> 該当リスクアセスメントの関係者人事台帳 	—	<ul style="list-style-type: none"> トレーサビリティへの対応
	<ul style="list-style-type: none"> 納入後、発見された危険源の通知の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 予見通知 		<ul style="list-style-type: none"> 法令・規制の改訂 災害事例・判例等

2.4.3 (7) リスクアセスメントの適用事例

マシニングセンタについては、‘03年モデルチェンジ機からリスクアセスメントを実施している。研削盤は、全閉カバー型の標準部について実施している。リスクアセスメントの妥当性評価のため、第三者の認証機関による代表機種での確認を行なっている。

1) 機械使用上の前提条件

対象者・作業内容を分析し、前提条件を決定する。

アセスメント対象

- ・18才以上の健常者
- ・身長 148~190cm

操作員、補助、サービス、第3者の区別

- ・機械操作員
 - ワーク脱着、操作盤を使った異常復帰、異常機器の推定
 - デバッグ、切削工具段取、日常点検、以上を行う
- ・補助作業員
 - 切削工具段取、日常点検を行う
- ・保守サービス員(メーカーサービス、保全教育受講者)
 - 保全調査、工具を使った故障復帰を行う
- ・第3者、上記以外の通行者

加工調整 内容

- ・ツール調整、ジグ調整、クーラントノズル調整、プログラムデバッグ、治具FC調整、刃具検調整

保全調整 内容

- ・近接SW、LS、PS、オートSW調整、圧力調整、可変絞り調整、テーブルFC調整
- 主軸冷却温度調整、シリンダストローク調整、水準出し、原点出し。ATC芯出し
- レベリング、配管端子台増締め、保守マニュアル、保全項目内容
- 機械移設、機器交換、APC芯出し、装置交換

日常点検、保守マニュアル、日常点検項目内容

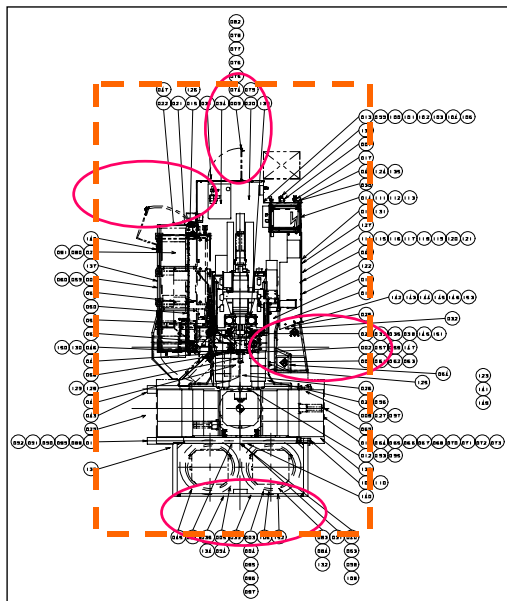
表 2.4-5 に示すような機械の操作モードを明確にする。

表 2.4-5 操作モード

	モード1 (自動サイクル)	モード2 (設定)	モード3 (制限された運転条件下の手動調整用オプション)
作業者のレベル	ワーク着脱・搬送をおこなう作業者	ワーク着脱・搬送＋治具ワーク 芯だしをおこなう作業者	プログラムデバック・保全 をおこなう作業者
モードスイッチ	1	2	3
作業者扉が開けられる条件	・加工完了状態 ・加工室内が停止している状態 ・「扉開き可」ランプが点灯している	・加工完了状態 ・加工室内が停止している状態 ・「扉開き可」ランプが点灯している	・加工完了状態 ・加工室内が停止している状態 ・「扉開き可」ランプが点灯している
作業者扉の開き方	・加工室内停止状態で扉開きボタンを押す。	・加工室内停止状態で扉開きボタンを押す。	・加工室内停止状態で扉開きボタンを押す。
NCの状態	・非常停止	・NCリセット	・軸インターロック
動力遮断他	・送り軸、主軸、ATC、マガジナーボ遮断 ・油圧ポンプ遮断 ・テーブルしめ、ゆるめ、パレットしめ、ゆるめ遮断 ・工具しめ、ゆるめ遮断 ・ソケット右旋回、左旋回遮断 ・パレット上昇、下降、右旋回、左旋回遮断 ・ATCシャッター遮断 ・エアブロー遮断 ・クーラント遮断 *加工続行不可能	・ATC、マガジナーボ遮断 ・ソケット右旋回、左旋回遮断 ・パレット右旋回、左旋回遮断 ・ATCシャッター遮断 ・エアブロー遮断 ・クーラント遮断 *オリエント動作可能・S指令及び 主軸回転はソフトインターロック *ハンドルモード×1, 10のみデマンドスイッチ にて有効 *加工続行不可能	・ATC、マガジナーボ遮断 ・ソケット右旋回、左旋回遮断 ・パレット右旋回、左旋回遮断 ・ATCシャッター遮断 ・エアブロー遮断 ・クーラント遮断 *オリエント動作可能・S指令及び 主軸回転はソフトインターロック *ハンドルモード×1, 10のみデマンドスイッチ にて有効 *連続加工禁止
復帰方法	・作業者扉を閉め、扉閉め釦を押す。 その後、運転準備を入れMDIにて パレットチェンジし、ワークを交換後 次ワークを加工する。	・作業者扉を閉め、扉閉め釦を押す。 その後、MDIにてパレットチェンジし、 ワークを交換を実施する。 加工を実施する場合モード1に切替える。 (扉開き時モードを切替は非常停止になる)	・作業者扉を閉め、扉閉め釦を押す。 その後、起動釦を押し再加工を実施。 また、連続(パレチェン動作)を行なう場合 モードを1に切替加工を行なう。 (扉開き時モードを切替は非常停止になる)

2) 危険源の特定とリスク見積

図 2.4-8 にハザードマップによる危険源の列挙とゾーン化の例を示す。



－ ハザードマップ(例) －

- ①メイン操作ゾーン
- ②ワーク段取りゾーン
- ③工具交換ゾーン
- ④保守ゾーン
- ⑤第三者進入禁止ゾーン

図 2.4-8 ハザードマップ

表 2.4-6 にリスクアセスメントワークシート作成の実施例を示す。

表 2.4-6 リスクアセスメントワークシート

リスクアセスメントワークシート													出現時			設計時		
													承認	確認	作成	承認	確認	作成
項目	危険源の種類	危険状態	作業項目	作業場所	危険源	危険の対象	リスク見逃し				評価結果	採用した安全対策	リスク再見逃し				リスク再評価	備考
							発生のおよび	危険源に接触する頻度	危害の回避可能性	リスクレベル			発生のおよび	危険源に接触する頻度	危害の回避可能性	リスクレベル		
危険源、危険状態及び危険事象																		
1 機械的危険源																		
1.1	押しつぶしの危険源	・カブラー装置(電動シリンダ)に頭が挟まれる	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理	APC内	カブラー装置	挿 抜	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	許容できない 許容できない 許容できない 許容できない	自動手動源を設置 作業者のカバーを設置 安全物ロックアウトして作業 安全物はロックアウト作業	S2 S2 S2 S2	F1 F1 F1 なし	P1 P1 P1 なし	II II	条件付許可 条件付許可 許可 許可	操作者教育
		・2軸スライドに手が挟まれる	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理	APC内 APC前面	2軸スライド カバー	挿 抜	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	許容できない 許容できない 許容できない 許容できない	カバー設置 安全物はロックアウト作業	S2 S2 S2 S2	F1 F1 F1 なし	P1 P1 P1 なし	II II	条件付許可 条件付許可 許可 許可	
		・P/Cアーム上昇、下降のリフトとアームの間に指が挟まれる	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理	APC内、前面 加工室内	P/Cアーム	挿 抜	S2 S2	F2 F1	P2 P2	V III	許容できない 許容できない 許容できない 許容できない	自動、手動源設置/カバー設置 加工室内で作業着脱禁止、作業着で全裸 安全物はロックアウト作業	S2 S2 S2 S2	F1 F1 F1 なし	P1 P1 P1 なし	II II	条件付許可 条件付許可 許可 許可	
		・テーブルの回転軸やコブブラケットとモーターが挟まれる(左右両方)	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理 日常点検 通行	作業着脱前 MG側 側面	テーブル	挿 抜 挿 抜	S2 S2 S2 S2	F2 F1 F2 F2	P2 P2 P2 P2	V III V III	許容できない 許容できない 許容できない 許容できない	カバー設置 安全物はロックアウト作業	S2 S2 S2 S2	F1 F1 F1 なし	P1 P1 P1 なし	II II	条件付許可 条件付許可 許可 許可	
		・テーブルのリフトクランプ アンクランプでクランプに挟まれる	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理	加工室内 作業着脱前	テーブル クランプ	挿 抜	S2 S2	F2 F1	P2 P2	III III	許容できない 許容できない 許容できない	作業着脱前加工調整を行わず 安全は確認して記録する	S2 S2 S2	F1 F1 なし	P1 P1 なし	II II	条件付許可 条件付許可 許可	
		・作業着腕に手を挟む	加工調整 保全調整 異常処理 日常点検	作業着脱前	作業着腕	挿 抜	S1 S1	F1 F1	P1 P1	I I	許可 許可		S1 S1	F1 F1	P1 P1	I I	許可 許可	
		・MG腕に手を挟む	加工調整 保全調整 異常処理 日常点検	MG側面	MG腕	挿 抜	S1 S1	F2 F1	P1 P1	I I	許可 許可		S1 S1	F1 F1	P1 P1	I I	許可 許可	
		・P/C腕に手を挟む(手動)	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理	APC前面	P/C腕	挿 抜	S2 S2	F2 F1	P1 P1	IV II	許容できない 条件付許可 条件付許可	作業着脱も両手作業ではないと 安全に確認し、ロックにする	S1 S1 S1	F1 F1 F1	P1 P1 P1	I I I	許可 許可 許可	
		・P/C腕に手を挟む(自動)	ワーク取替 加工調整 保全調整 異常処理	APC前面	P/C腕	挿 抜	S2 S2	F2 F1	P1 P1	IV II	許容できない 許容できない 条件付許可	エリクセンナー設置 安全物はロックアウトして作業	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	II II	条件付許可 条件付許可 条件付許可	操作者教育
		・テーブルの回転軸やコブブラケットとテーブルに挟まれる	加工調整 保全調整 異常処理 日常点検	加工室内	テーブル	挿 抜 挿 抜	S2 S2 S2 S2	F1 F1 F2 F1	P2 P2 P2 P2	III III V III	許容できない 許容できない 許容できない 許容できない	カバー設置 作業着脱前全裸 安全物は手動×1で回転	S2 S2 S2 S2	F1 F1 F1 なし	P1 P1 P1 なし	II II	条件付許可 条件付許可 許可 許可	
		・主軸のカバーの間に挟まれる(手動移動時)	加工調整 保全調整 異常処理 日常点検	加工室内	主軸	挿 抜	S2 S2	F1 F1	P2 P2	III III	許容できない 許容できない	カバー設置 作業着脱前全裸 安全物は手動×1で回転	S2 S2 S2	F1 F1 F1	P1 P1 P1	II II	条件付許可 条件付許可 許可	
		・コラムと制御盤及びコラムとMG腕に挟まれる(手動移動時)	加工調整 保全調整 異常処理	コラム左右	コラム	挿 抜	S2 S2	F1 F1	P2 P2	III III	許容できない 許容できない	カバー設置 安全物はロックアウト作業、シリンダ近接スイッチは確認して記録	S2 S2	F1 なし	P1 なし	II II	条件付許可 許可	

3) リスク評価と低減

リスク評価と安全対策によるリスク再評価の実施例を図 2.4-9 と図 2.4-10 に示す。

機械危険評価記録	
会社名	豊田工業(株)
製品名	機形マシニングセンタ
モデル	FH80S
製品番号	NM9452
場所	マシン後部扉
写真番号	
図面番号	29-69980908-1
危険の性質 ()FH ()SH (X)MH ()OH ()AH	安全対策
マシン後部扉にインターロックが無いため、作業者が運転中にマシン内に入ることができ、その結果、可動部が作業者に当たり、怪我をする可能性がある。	保守用カバー(固定ボルト4本)に変更する。
関連資料:	
関連図番:	29-69980913-0
評価結果	再評価
$L0 \times FE \times DPH \times NP = HRN$	$L0 \times FE \times DPH \times NP = HRN$
2 2.5 4 1 20	0.1 1.5 4 1 0.6
危険の程度 ■ 不適合	危険の程度 適合
火災の危険 (FH) 感電の危険 (SH) 機械的危険 (MH) 薬品の危険 (OH) 偶発危険 (AH)	(O) 適 () 否
注釈: 発生予測 (LO) 危険周期 (FE) 考えられる損害の程度 (DPH) 危険となる対象人員 (NP) 危険指数 (HRN)	評価実施者 氏名 鈴木 道博 役職 カuttingマシン開発設計室 室長 氏名 榎本 勝博 役職 カuttingマシン開発設計室 担当員 日付 2002年12月11日

図 2.4-9 リスク評価記録

(例) マシン後部扉

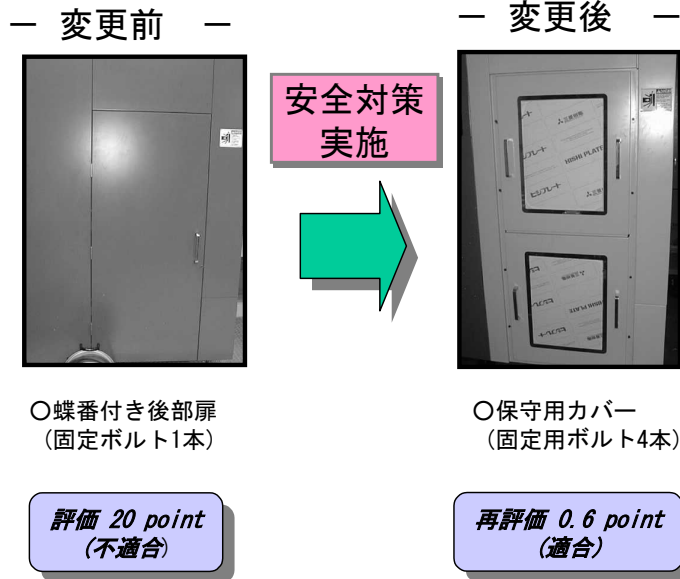


図 2.4-10 安全対策後のリスク再評価実施例

2.4.4 安全確保のための社内組織（機械の設計からユーザへの納入までを含めて）

安全確保のための社内組織としては、図 2.4-11 に示すような安全設計ワーキンググループの組織で活動している。年度ごとに製品安全に関する重点テーマを決め活動している。設計、製造、納入の各段階で関連部署ごとにテーマをもって取組んでいる。

ワーキングG	主な活動内容とメンバー	◎：リーダー
安全設計 表示上の欠陥	・安全な製品を提供するための安全設計への活動 ・取説、カタログ等の表示上での安全を確保する活動	
	◎ ○○部長 グライディングマシン開発設計室：○○室長 グライディングマシン生産設計室：○○GL 主担当員 カッピングマシン開発設計室：○○主担当員 カッピングマシン生産設計室：○○主担当員 システムエンジニアリング部：○○部長 DE 推進室トキモトG：○○GL 主査 工作機械制御情報システム室：○○担当員	
製造上の欠陥	・製造工程（加工～組立）での安全確保・確認する活動 （加工：図面精度の確保 組立：異常運転での安全確認）	
	◎ ○○部長 調達部：○○室長 グライディングマシン事業部：○○課長 カッピングマシン事業部：○○課長 システムエンジニアリング部：○○課長 生産技術室：○○GL 主担当員	
PL 法収集 他社との契約 保険	・国内外の PL 法、判例の収集と関連部署への周知 ・他社との契約で PL 責任の回避、緩和への検討・推進 ・ファミリー、仕入先を含めた PL 保険の検討・推進	
	◎ ○○主査 財務管理室：○○主担当員 研究推進部：○○主査	
顧客対応 海外輸出	・製品を安全に使用して頂くための情報提供活動 ・海外輸出機における PL 訴訟の未然防止活動	
	◎ ○○参与 営業総括部：○○主担当員 海外営業部：○○GL 主担当員	

図 2.4-11 安全設計ワーキンググループ活動組織

2.4.5 SE (Safety Engineer) を主体とする設計・開発技術者及び工場作業者への安全教育

設計安全基準について安全担当が設計者及び組立・電気・検査工程の作業者への勉強会を実施している。特に安全教育のための社内規定はない。教育頻度はある期間集中して週1回ペースで行なったり、2ヶ月に1回程度行ったり、その時の改定、変更内容による。テキストとしては、安全チェックシート及び制御チェックシートなどを使用している。

2.4.6 現状における課題

2.4.6 (1) 開放カバー型の機械の課題点

製品の中で使い方やユーザにより、最高レベルの安全基準を適用している設備と適用レベルの低い設備とがあり、その差が、かけ離れている点が最大の課題である。

図2.4-12に示す汎用円筒研削盤は、開放カバー型の機械で、従来から作業性、段取り性を重視し、そのスタイルを変えていない。



図2.4-12 開放カバー型の汎用円筒研削盤

当社の研削盤では、図 2. 4 - 1 3 に示すように全閉カバー型の機械と開放カバー型の機械がある。全閉カバー型についてはリスクアセスメントも実施し、最高レベルの安全基準となっている。一方、開放カバー型の機械については安全対策で遅れがある。

機械タイプ 安全対応レベル		全閉カバー型機械			開放カバー型機械		
		標準機部分 (オプション含む)	専用機部分	周辺機部分 (ローダ他)	標準機部分 (オプション含む)	専用機部分	周辺機部分 (ローダ他)
I	従来機踏襲の設計	■	■	■	■	■	■
II	安全設計要領書、設計基準書によるDR ⇒ 安全への配慮	■	■	■	■	■	■
III	リスクアセスメント実施	■	■	■	■	■	■
IV	公的機関での適合証明書取得	■	■	■	■	■	■

図 2. 4 - 1 3 研削盤の機械タイプ別の安全対応レベル

リスク低減のための安全対策レベルを図 2. 4 - 1 4 に示す。

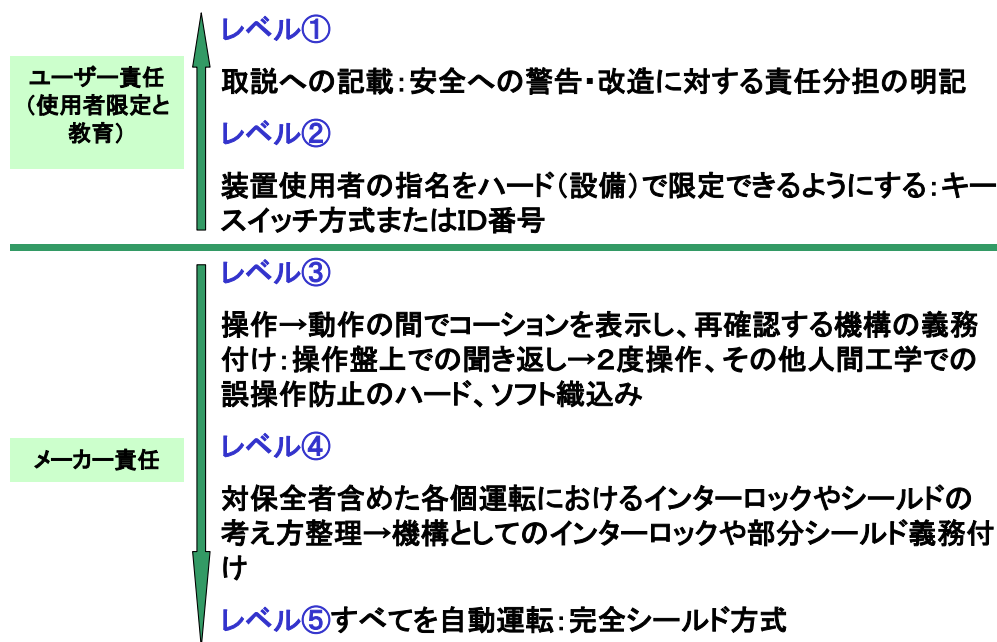


図 2. 4 - 1 4 リスク低減の安全対策レベル

研削盤の具体的な安全対策の実施状況を図2.4-15に示す。生産ライン対応機が前述の全閉カバー型機に相当し、安全レベルは高い。油圧汎用機、CNC汎用機が開放カバー型機に相当し、安全対策の適用レベルが低い。

研削盤の安全対応状況

a	コストアップはともなうが技術的に対応可能
b	コストアップと客先の安全基準、操作性との結びつきが難しい
c	②に加えて、技術的方策検討(使い勝手)が必要

	研削盤の安全規格 (といし、ガード)	ISO12100による 移動体、回転体 からの保護	電氣的動力 遮断、2重化 (IEC)	IEC60204に よる電気規格	EN954-1 によるリスク アセスメント	国際規格 に準じた 部品使用 (油気圧電気)
油圧汎用機	○	x;c	x;b	x;a	x;c	x;a
CNC汎用機	○	x;c (欧州対応機 ○(CE))	x;b (欧州対応機 ○(CE))	x;a 欧州対応機 ○(CE)	x;c 欧州対応機 ○(CE)	x;a 欧州対応機 ○(CE)
生産ライン対応機 (一般ユーザ)	○	○	△b (欧州対応機 ○(CE))	○	△b (欧州対応機 ○(CE))	○
生産ライン対応機 (当社グループ会社)	○	○	○	○	○	○

図2.4-15 研削盤の安全対応状況

図2.4-16に示すように過去に発生した事例に対してどのレベルの安全対策を実施すれば防止できたかの検証を行なっている。

1. Aユーザの事例

要点 作業者は熟練者である。
 といしを回したまま、前で段取りしていた。(段取りできるようになっている・オープンカバー)
 割れたといしがガードされず作業者にあたった。

↓

レベル④以上の対応が必要

2. Bユーザの事例

要点 作業者は未熟者である。
 ワーク付け替えの通常作業時に発生した。
 押しやすい位置にスイッチを改造していた。(押し間違いが発生する)

↓

レベル③以上の対応が必要

3. Cユーザの例

要点 作業者は保全者である。(異常復旧作業)
 作業者がローダからの信号で運転中の信号になっていると思わなかった。(ローダの信号ミス)
 マシン停止させなくても作業ができた。

↓

レベル④以上の対応が必要

図2.4-16 事例による安全対応の検証

図 2.4-17 に示すようにユーザごとの安全に対する取組みの違い、コストアップ、使い勝手や操作性への影響など、最高レベルの安全対策を適用するためのいくつかの課題点がある。

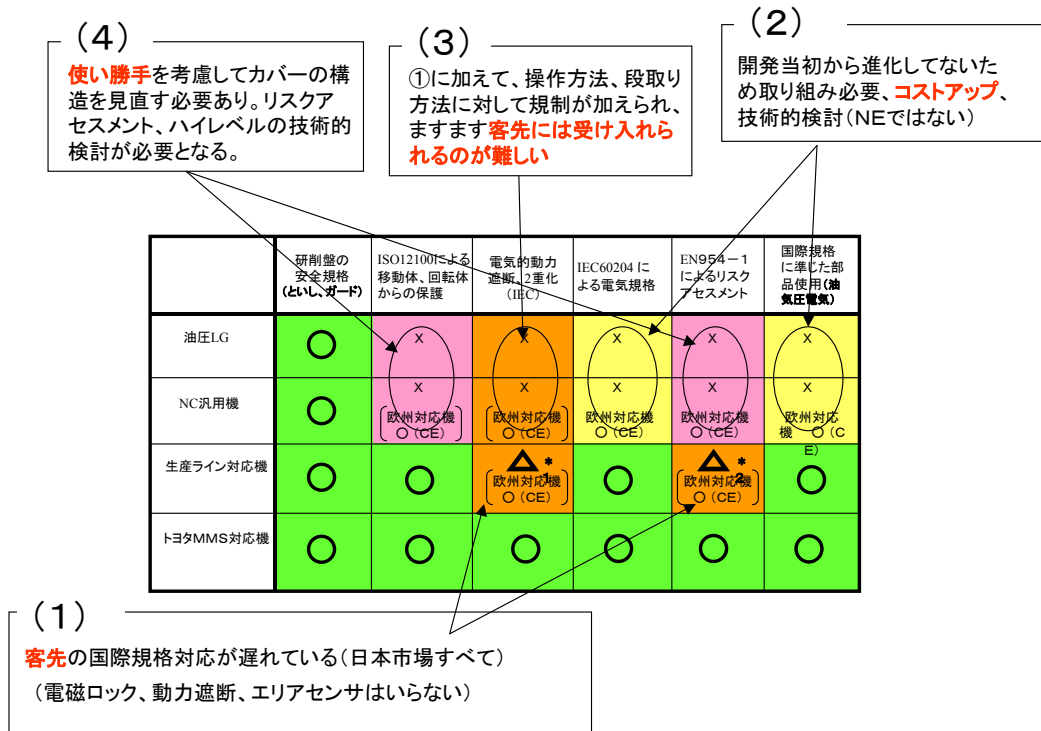


図 2.4-17 安全対策を適用するための課題点

いくつかの課題点に対して図 2.4-18 に示す検討を行なっている。

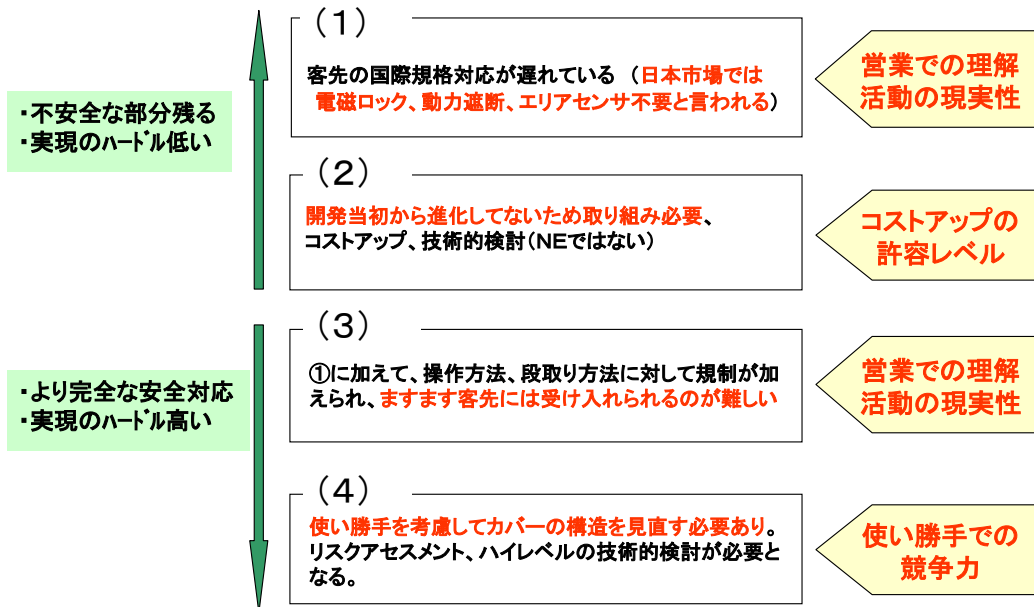


図 2.4-18 課題点に対する取組み

2.4.6 (2) その他の課題

非常作業でのさらなる安全対策の向上の取組みが必要である。このために、電源を切るとできない刃具交換や段取り替え作業を完全廃止する取組みを行なっている。また、電磁ロックキーのロックアウト金具の取付けも一部のユーザ向けで実施している。

NCプログラムやPLCなどのソフト面の安全性の確認方法にも課題があるが、当社では、3D-CADデータと制御ソフトをリンクさせ、機械の動作状態をシミュレーションできるシステムを開発した。これにより設計段階でいろんなケースを想定してバーチャルに安全性や信頼性などを確認できるようにしている。

操作盤の機械の状態表示例を図2.4-19に示す。



図2.4-19 機械の動作状態の3Dシミュレーションによる視覚化

2.4.7 ユーザに対する要望

安全費用にかかるコストの費用対価を認めて欲しい。

2.4.8 その他（安全確保を巡る意見・考え）

日本の全メーカ、全ユーザが同時に共通レベルの安全対応をするようなトリガーとなる法規制を施行する必要があるのではないか。

第3章 企業における安全技術者の育成

3.1 E社（タイヤメーカー）の事例

3.1.1 これまでの日本の安全管理の現状

「怪我と弁当は手前持ち」という言葉は、日本企業にあつては未だに「死語」になってはいない。この言葉は江戸時代の職人社会で生まれた言葉である。これが連綿として今日の近代工業社会に至っても、なお企業現場の中で使い続けられている。

職人の世界では、大工であろうと建具の職人であろうと、「鑿」や「鉋」など自分の仕事に必要な道具は、自分の弁当と同様に自前で用意し、自分で手入れをして使うものと相場は決まっていた。従って、道具の手入れを行わなかったために、自前の道具の欠陥で工作中に自分が怪我をするのは、「職人として恥ずべき事である」という職業倫理が、この言葉では端的に表現されている。

戦後、日本の復興のさきがけとなった昭和30年代以降の高度成長経済にあつても、事業主はこの旧来の職業倫理を再び担ぎ出すことに熱心であつた。すなわち、労働災害は労働者個人の責任に帰せられるべきものであつて、まずは事業者が責任を負うべきものではないという都合のよいプロパガンダとして利用されていた。現代の企業にあつては、労働者にとって機械設備はもはや自前の道具ではなく、事業者からの「貸与設備」に過ぎないにもかかわらず、そうした設備での労働災害も依然として「怪我と弁当は手前持ち」なのであり、そのご託宣を聞かされる労働者の方もなんとなくそれで納得しているような風情なのである。

この構図は、現在の日本にあつても、大企業であろうと中小企業であろうと、多かれ少なかれ共通に認められる構図である。労働災害が発生すると、労働者に対して現場の中間管理職は「当人の危険予知の不足」を嘆いて見せ、「自分の身は自分で守る」と言う教訓で事故を総括してみせる。当人の危険予知の不足は教育の至らざるところで、管理者として何がしかの責任は感じないではないが、つまるところ事故は自分の身を自分で守れなかった当人の責任であつて、管理者が責任を負いきれるものではないと言いたいのである。繰り返すが、この構図は日本全国の労働災害の現場で、毎日言われていることである。多くの企業のトップも管理職も労働者も、労働組合も、その認識のレベルから、今もさほど大きく出てはいない。

3.1.1 (1) 事故の「責任論」と「原因論」

日本における不祥事や事故は、とかくその「責任所在」を明らかにすることに重きが置かれ、専ら誰が責任を負うべきかの論議に関心が向きがちである。大災害が起きると、マスコミに必ず登場するのが、天然自然の災害も仔細に検証すれば、天災ではなく「人災」であるという論調である。それはそれで誤りではないかもしれないが、災害に関わる関係者に甚だ怪しからぬ点があつたという結論を導き、不始末を誰が起こしたか、誰がどう責任を取るべきかということをもっぱら最大の関心事とする。紆余曲折の末、然るべき人間が責任を取り、出処進退で相応のけじめをつければ、マスコミの報道もそれで一件落着である。報道をする側も受ける側も、事故の原因系や原因の連鎖のメカニズムを解明したり、そこから再

発防止の方策となるキーファクターを見出したり、原因をつくるに至った組織や社会システムにどのような欠陥が内蔵されていたか、それらをどのように改善していくかという発想は極めて希薄といってよい。「当事者」の責任所在さえ明らかになれば、その当事者がどういう経緯を辿って、不祥事や災害を生じせしめたかは二義的な問題なのである。誰かに責任を取らせることが最も大切な社会正義であると信じて疑わないのである。

一方で、当事者が「腹」を切れば、以後、なお、不祥事や事故の原因に関して他者が更にあれこれ詮索を加えることは大人気ないとする価値観があり、当事者が「腹」を切っているのに、そのような「死者に鞭打つ行為」は慎むべきだとするのが日本の社会である。こうした日本では、不祥事や事故について再発防止のメカニズムは殆どといってよいほど働かないため、いずれ時が経てば、依然としてまた同じような不祥事や事故が別のところで、引き続き繰り返されているのが実情である。

太平洋戦争中、米軍は日本の陸海軍の行動パターンを観察して「何度も同じ戦術を使ってくる」「同じ失敗を繰り返しても、戦術行動を修正しない」と指摘したが、これは戦術的な敗北を喫した場合、その渦中の当事者が死亡していることが多く、当事者は立派に責任を取ったものとして不問に付して、問題とすべき戦術行動について、更にそれらの行動を生み出した軍組織に内在する欠陥の所在について、以後の反省(原因究明)を殆ど省略したからである。いまだに「責任論」に立脚する日本の社会は、この時代から遠く隔たっているとはいえない。

米国の司法制度に「司法取引」という制度があるが、日本人の大半はこの制度に対してはいささか違和感を覚えるといって過言ではないだろう。「不始末を起こした当事者が事の仔細をつまびらかにして、すべてを説明すれば罪を問わない」とする司法取引の制度は、欧米の社会が「原因を究明し、組織や社会システムの観点から再発防止の手段について手がかりを掴む」ことに最も価値を置く「原因論」の社会であることに由来している。不正を働いた当事者が事の仔細を明らかにしただけで、罪を償うことが免除されてしまうのは、甚だしく不公正であるとしか、日本社会では受けとめられないのである。それは日本の社会が依然として「責任論」の精神風土をもった社会だからである。結果について責任を取ることが大事であり、その原因の説明をことさらしないことがむしろ潔いとされる。当事者が責任を取りもしないで、事に至った説明をくどくどと申し開くのは見苦しいとする社会であるため、「腹」に納めて、黙って責任を取ることが推奨されるのである。

日本人にとって最後まで理解が困難なのは「説明責任」(Accountability)という言葉である。欧米における「説明責任」の本来の意味は、例えば「リスクはこのように最小化されています」と事前に表明する「契約上の責任」を意味しているが、日本人にとっての「説明責任」は、不祥事や事故を起こした後に「然るべき立場の人間が記者会見で頭を下げる」事後の責任と解されている。事故のリスクの大小について、事前に説明されることを望むのではなく、起きた事故の責任について謝罪をすることをまず求める社会である。こうした社会では「原因」はおろか、組織や社会システムの構造的な欠陥についての本来の意味での責任は問われることはなく、専ら組織末端の「当事者責任」についてしか目を向けない性癖を持った社会なのである。

3.1.1 (2) 事故における当事者エラーと組織エラー

James Reasonは「組織事故」(Managing the risks of Organizational accidents.1997)の中で、チェルノブイリやスリーマイル島の原子力発電所のような巨大事故を取り上げ、事故を「スイスチーズのモデル」として概念化している(図3.1-1) James Reasonによれば、本来、組織やシステムには事故を防止するための縦深的なバリア(多重防護)が備えられているとして、それらのバリアに存在する固有欠陥をスイスチーズの穴になぞらえている。安全性が特に要求される複雑なシステムではバリアの種類(チーズの板の枚数)が多く、バリアに多少の固有欠陥があっても、どこかのバリアで事故原因の連鎖がブロックされるとしている。James Reasonは事故を防ぐための重層的なバリア(スイスチーズの板)にある大きささまざまの欠陥(穴)は、同じ組織でも、時代の変化によって、その数や大きさが変動しており、それぞれのバリアの欠陥(穴)が、ある時点で不幸にして一直線に揃ってしまった時に事故が発生すると説明している。

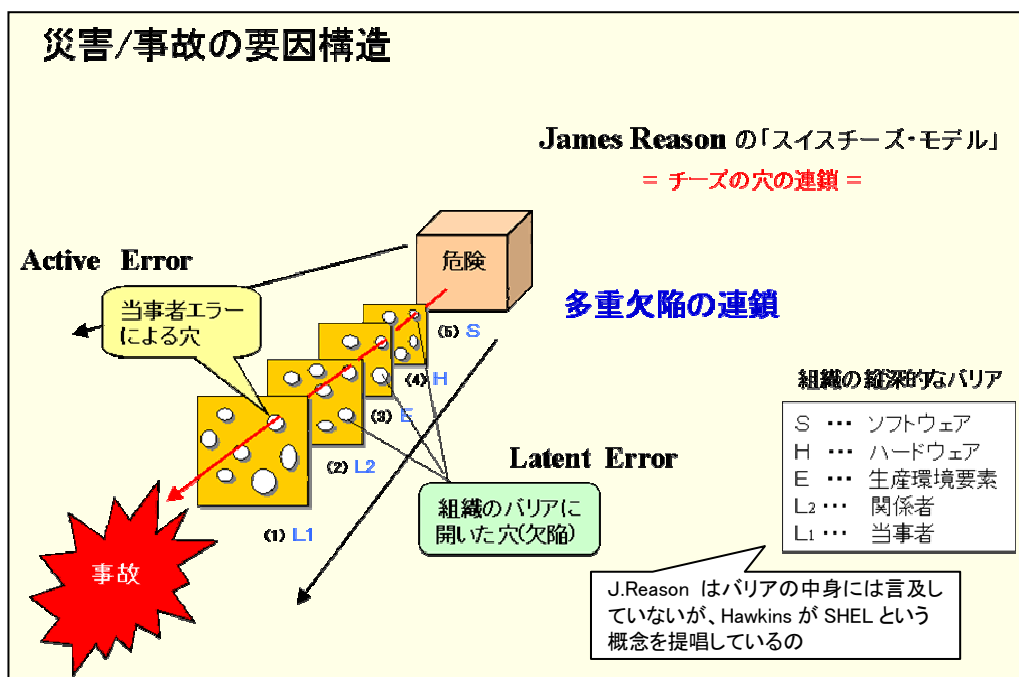


図3.1-1 事故要因(多重防護の欠陥)モデル

James Reasonは、ここで組織エラー(Organizational error)という概念を併せて提唱している。当事者エラーはActive errorとして最も目につきやすく、その背景に幾重にも存在する「組織のバリアに開いた穴(欠陥)」を隠されたLatent errorと呼んでいる。表面的な当事者責任に目を奪われることなく、むしろ当事者エラーにつながった組織エラー(Organizational error)が問われるべき事故の隠された本質であると説いている。

3.1.1 (3) 日本における安全の規制と設計/製造者の責任

日・米・欧の製品安全や労働安全に関する責任と規制の性格には表3.1-1に示すように、いくつかの相違点が存在している。(表3.1-1)

表3.1-1 日・米・欧の安全に関する責任と規制の性格

	安全責任	法令	規制	安全規格
日本	事後責任	取締規定 (構造規格)	—	任意規格 (JIS)
EU	事前責任	性能規定	流通規制(CE) PL法	実質的に 強制規格
米国	事前責任	性能規定	PL法 (※)	任意規格(ANSI) /一部強制規格

※ 懲罰的賠償、加害者立証責任

先に述べたように、欧米では製品や機械システムの安全にかかわる責任は、事故につながる前にあらかじめリスクについて説明がなされなければならない事前の責任概念であるのに対し、日本では、事故が起きた後の事後責任にとどまる。欧米での規制法は概念的な安全性能の要求事項を定める性能規定であるのに対し、日本のたとえば労働安全衛生法の「構造規格」では、個別の特定機械に対する具体的な構造スペックを法令で違反を取締る。法令改正には煩雑な行政手続を要するので、いったん具体的なスペックを定めてしまうと、安全技術の進歩に応じたレベル要求をタイムリーに追従させるのは困難であり、時代遅れの規制が横行しがちである。それ以上に困ったことは、特定の機械の具体的な構造スペックについてのみの規制しか存在しないため、指定された「特定機械」以外の一般的な産業機械は、事実上、規制から野放しの状態になる点である。

欧州では機械指令により、市場に流通する機械はCEマーキングによる規制を受けるため、「欧州規格—EN規格」は事実上強制規格の位置づけにある。これに対して、日本のJIS規格は、あくまで任意規格であって法的な強制力は伴わない。米国における製品安全に関わるPL法では、製品安全に対する事前の配慮に大きな瑕疵があれば「懲罰的賠償」を覚悟しなければならない。一方、日本ではPL法による裁判例は、これまで殆ど存在しないといっているが、製品の欠陥に関わる挙証責任をユーザー（被害者）に負わせているため、ユーザーは満足な材料も無く訴訟維持をしなくてはならず、勝ち目のない戦いを強いられてきたからである。「お客様は神様」と言いながら、このように一向に消費者本位ではないのが日本社会である。

こうした日本の状況下では、製品や機械に関する設計/製造者責任がクローズアップされることは少なく、ことに産業機械にかかわる労働安全の世界では、冒頭に述べたように、事故/災害は「労働者のエラー」の産物とされているため、産業機械の設計/製造者が責任を問われ

る局面は、これまで殆ど無いといってもよかった。企業の現場では、労働者の「教育」「躰」「安全意識向上のキャンペーン」のオンパレードであり、機械の設計/製造者の安全にかかわる責任は、事故の前はおろか、事故の後でも取り上げられる場面は殆どなかったといつてよい。

3.1.1 (4) 設備設計技術者の能力伸長を阻むもの

機械を使用し、取り扱うのは人間であるが、人間そのものや人間と機械のインターフェースのありかたおよび安全の原理に関わる教育は、設備設計技術者に本来不可欠であるにもかかわらず、理工系の学校教育では殆ど取り上げられてこなかった。使用する人間についての洞察力を欠いた機械設計は、安全性のみならず人間-機械系全体の生産性を著しく損ねる原因である。しかし、日本では「機械を人間に合わせる」のではなく、伝統的に「人間を機械に合わせる」という発想が優位なため、それらは設備設計者の関心の埒外に置かれてきた。ここでは、「事故・災害という現象は、機械への適応ができなかった人間の失敗の所産である」とする日本の伝統的安全観が災いしている。「人間」は、あくまで人文科学、社会科学の対象領域であって、設備設計技術者は専ら「機械」についてのみ学べばよいとされてきたのである。例外的に「人間工学」という領域はあるものの、この分野は、こうした背景からこれまで日本の理工系の学校教育の中では極めて冷淡な扱いと位置づけしか与えられてこなかった。

設備設計技術者に対する安全教育の不在は、結果としてさまざまな弊害を生じることになる。人間の安全に対する配慮が欠如した設計は、設備の使用者が被る災害要因を設計段階で組み込んでしまうととも、使い易さや保全性への配慮の欠如が、設備の使用者や保全担当者に対していたずらに「名人芸」の技能を強いることにもつながっている。また、設備の効率を上げなければならないという命題を与えられた時、こうした設備設計技術者は、往々にして安全性とトレードオフとなる手段をためらわずに採用しがちである。このようにして事故要因および使用場面や保全場面における非効率性は、すべて「人間」にしわ寄せされることになり、機械の使用者の安全性や効率について、設備設計技術者が何かを学び取り、それらについて技量を上げていくためのフィードバックを設備の使用者から受けることもないという構図が出来上がるのである。

3.1.2 設備設計技術者に起因する災害

この項では、前項でふれた設備設計技術者が新規設計段階や改造設計の段階で組込んでしまった事故要因が、どのような形で設備の使用者の災害に結びついているかを示す弊社の製造現場での事例を紹介する。

3.1.2 (1) 設備設計者起因の災害事例

再起動防止制御は「安全防護装置等による停止後は、再起動操作をしなければ、運転の起動が起きない」(ISO12100-2 4.11.4)ことを意味し、「起動」と「停止」の制御原則と並んで、機械安全の重要な原則であるが、この原則が守られていない制御設計のケースが現実にはかなり存在し、多くの事故につながっている。

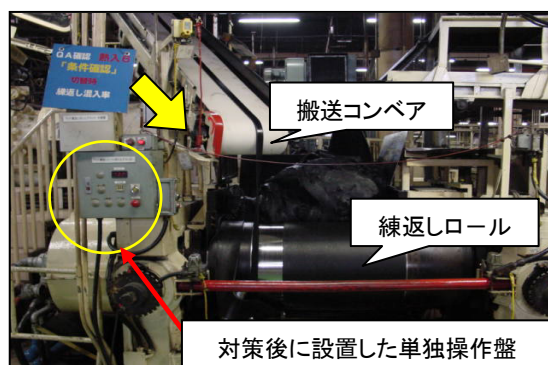
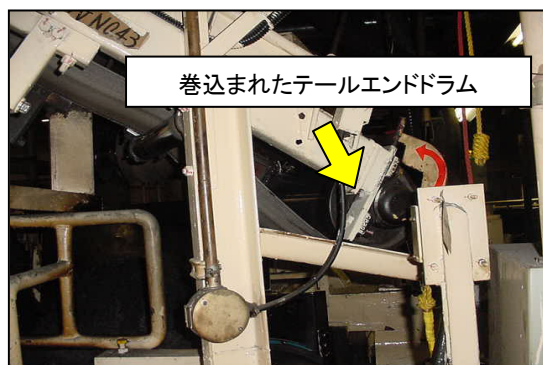
①事故例-1「リセット」スイッチを起動スイッチとして兼用したために起きた事故例

機械Aと機械Bの間を往復するトランスファー装置と操作者の衝突を防ぐためにトランスファー装置の軌道にエリアセンサーを設置していたが、エリアセンサーが作動した後に効率的に再起動ができるよう、リセットスイッチに起動機能を兼用させるといった制御方法を取っていた。しかし、リセットスイッチの接点が溶着故障を起こしていたため、エリアセンサーの圏外に操作者が出た瞬間、即座にトランスファー装置に起動信号が入り、操作者がトランスファー装置に跳ね飛ばされて、機械との間に身体を挟まれるという重傷事故を発生させた。

通常、起動スイッチは「A接点」で構成される。「A接点」は、接点の接触不良の場合はスイッチ操作をしても、機械が起動できなくなるため「安全側故障」になるが、接点溶着が起きると溶着の瞬間に機械に起動信号が入りっぱなしになる。こうした不意の起動事故を防ぐため、リセットスイッチを起動スイッチとシリーズで組合せることにより、起動スイッチの溶着が、即座に起動を引き起こさないようにしている。リセットスイッチも「A接点」で構成されるため、上記の事故例のように起動スイッチを省いて、リセットスイッチで起動をかける制御方法を採用していると、リセットスイッチの接点溶着が即起動を引き起こしてしまうことになる。リセットスイッチも起動スイッチも「A接点」だが、これらを2重に組み合わせることにより、いずれか片方に溶着が起きても、それだけでは起動信号が生じないようにしている。このことを設備設計技術者が十分理解していなかったため、一見無駄と思えるスイッチを省き、再起動をスイッチひとつで行えばより効率的と考えて事故を引き起こしてしまった事例である。

② 事故例-2 機械に連動させた搬送コンベアに自動、手動の「運転モード選択」の切り替えスイッチを設置しなかったために、不意の起動が起きた事故例

搬送コンベアのテールエンドドラムに巻きついたゴム屑をナイフで除去しようと、搬送コンベアの「停止スイッチ」を押してコンベアを止め、ドラムのゴムを取り除いていたところ、コンベアに連動する機械から搬送コンベアに起動信号を送られたため、突然コンベアが回転して、テールエンドドラムとコンベアベルトの間に左腕を巻き込まれ、上腕部を切断した。



搬送コンベアにモード選択スイッチが設置されていて、運転モードを自動から手動に切り替えた上で停止操作が行われていれば起きなかった事故だが、操作盤に運転モードの選択スイッチが設けられていなかったために、操作者が操作盤の停止スイッチを押して作業をしていたにもかかわらず、連動する機械からの起動信号で搬送コンベアの突然の再起動が起きたものである。

包括安全基準における別表第6-17-(4)と(5)には、次のような規定が定められている。

停止のための装置については次に定めるところによるものとする

- 停止命令は、運転命令より優先されること
- 複数の機械を組合せ、連動して運転するものにあつては、いずれかの機械を停止させた時に、運転を継続するとリスクの増加を生じるおそれのある他の機械も同時に停止する構造のものとする
- 各操作部分に機械の一部または全部を停止させるためのスイッチが設けられていること
- 非常停止の解除(リセット)操作をした時に、それにより直ちに再起動することがないこと

この事故の場合、搬送コンベアの操作盤の「停止スイッチ」ではなく「非常停止スイッチ」を押して作業にかかっていたら、連動する機械の側から起動信号が送られてもコンベアが起動することはなかった。一般的に操作盤上の「停止スイッチ」と「非常停止スイッチ」の機能的な区別は現場の操作者に理解されていないことが多い。機能的には同じものとみなされてしまいがちなため、操作者への両者のスイッチの相違点についての啓蒙が望まれるところだが、この事故の本質は「非常停止スイッチ」を操作しなかった操作者の問題より、停止スイッチが操作されているにもかかわらず、連動する機械からの起動信号が優先されてしまう誤ったシステム設計にある。また、この場合、非常停止スイッチによるハード回路による遮断のあとに、連動する機械の側から起動信号が入ってくると、リセットをただけで、人が再起動ボタンを押していないのに、不意の自動起動が起きるかたちの設計となっている。(ISO12100-2 4.11.4「動力中断後の再起動」)

③ 事故例-3 過負荷によるNFB作動後にNFBの復帰操作をしたところ、機械が突然作動し、スプロケットとチェーンの間に手を巻き込まれた事例

カレンダーロールへゴムを供給する首振り式のコンベアの車輪の軌道上にゴム屑がたまつたため、コンベアの首振り用の動力を供給するモーターが過負荷となり、制御盤のNFBが作動して、コンベアの首振り動作が停止した。軌道上のゴム屑除去を行うためモーターとコンベアを結ぶ駆動チェーンを手で手繰り、コンベア的位置を変えながら除去作業中に、除去作業の終了が近いと判断した職長が共同作業者に制御盤のNFBの復帰を指示した。共同作業者が制御盤のNFBを復帰させたところ、首振り用の動力を供給するモーターが突然起動し、駆動チェーンを手繰っていた右手がスプロケットに巻き込まれ、右手指3本を切断した。

過負荷を検出したNFBによっていったん動力が自動遮断された状態からNFBを復帰操作した時には、機械の起動は起きてはならないとされている。(ISO12100-2 4.11.2「内部動力源の起動/外部動力供給の接続」) および包括安全基準 別表 6-17-(2)に照らせば「起動装置を意図的に操作したときに限り、機械の起動が可能」でなければならず、NFBを復帰し、かつ安全を確認して起動スイッチを操作しない限り、モーターの起動は起きてはならないのであり、この事故の起動回路の設計には致命的な誤りがあったものと考えられる。この場合も、いったん非常停止措置を講じてからゴム屑除去作業に取り掛かっていたら、確かに被災を防ぐことはできたといえるが、NFBの自動遮断が作動し、機械が既に停止状態にある状況に遭遇した場合は、あえて非常停止措置を取ることが失念されやすく、往々にして操作者はそのまま異常処置作業に移行してしまうことがある。

「再起動防止」の原則が守られていない機械では、操作者は身構えるいとまもなく、不意の起動による傷害を被るため、多くの場合に重大な災害になる。機械が停止すべき時に停止しないために被る傷害より、機械が起動してはならない時に起動して被る傷害の方が圧倒的に多く、かつ又その結果(傷害程度)には深刻なものがある。

このように「再起動防止制御」に限っても、設計者起因の災害例は枚挙にいとまがなく、ISO12100-2 4.11 と 12 に示される「制御システムの本質的安全設計方策」に定めるその他の事項全般に関連した設備設計者起因の災害例に至っては、更に多くを数える。

3.1.2 (2) 設備設計者起因の災害の背景

これらの設備設計者起因の災害の背景は、前項で触れたとおりだが、安全の原理に関わる理工系の学校教育プログラムの不在のほか、企業内教育においても、それを補完するだけの安全の原理についての知識体系が欠落していたことも大きい要因である。安全に関わる日本における法規制が、性能規定によらず、「構造規格」に見られるような個別規定にとどまり、安全の原理についての包括的な要求事項を示すに至っていない点も安全の原理についての知識体系の欠落に同様に由来している。

事故/災害現象をエンジニアリング的な観点から帰納して、原理の抽出をする努力がなされていれば、これらの知識体系の構築はさして困難な作業ではなかったはずである。抽出できなかったはずの安全の原理についての知識体系が設計場面で演繹的に運用されることなく、設備設計者起因の災害の拡大再生産をもたらすことになった。この安全に関わる包括的で体系的な原理が欧州の地に発して、ISO12100 に代表される機械安全の国際規格体系として登場してきたが、これらの規格体系が設備設計者にとってはもちろんのこと、日本の社会にとっての太平の眠りを覚ます「黒船」であることすら、行政レベルでも、設計の現場でもまだ十分には認識されるに至っていない。

3. 1. 3 設備設計技術者の育成の現状

E社では、「人に求める安全」が頂点に達する一方、安全性とトレードオフとなる手段を設備効率のために採用して重篤な災害を散発させたことをきっかけに、設備設計者起因の災害防止に向けて舵を切り直す努力がなされ始めた。それは前述の機械安全の国際規格 ISO12100 がCD段階に入った1999年前後からである。

3. 1. 3 (1) E社の生産技術の特色

タイヤ製造における機械は、表3.1-2に示すとおり製品の形状、製法の特色および工程間のマテハンの多さから、部材のロード、アンロードに関わる巻出し、巻取り機構（回転部分）の多さとエア圧駆動によるアクチュエータの多用が際立っている。加えて生産設備の全自動化率はあまり高いとはいえず、機械の作動範囲と人の作業範囲の輻輳が多い半自動化設備が大半を占めている。適切な安全方策が施されていない機械との干渉部分では非定常時の回転機構による事故・災害の発生率が高い。これらの生産設備、システムは、先頭工程および最終工程の一部（ゴム練りミキサーおよびタイヤ加硫機）を除き、自社設計によるもので占められ、一般の機械メーカーの汎用機械のウェイトは極めて低い。従って、機械安全の観点からは、機械ユーザーの立場としてはもとより、機械の設計/製造者としての立場を兼ね備えている。

表3.1-2 タイヤ産業の他業種に対比しての特徴

領域	特徴	背景/影響
素材/材料	(1) 四季の温度変化などでゴムの性状が変動するため製造条件や製造プロセス変更が多い (2) ゴムの性状が変化し易いため、設備/機械性能との適合性が不安定 (3) 工程異常の発生率が極めて高い (正常作業と異常作業の境目が曖昧)	<ul style="list-style-type: none"> 機械運転中のオペレータのチョコ手出し/チョコ手助け/先回り作業
機械/設備	(1) 材料の荷姿、製品形状から、巻取り/巻出しなどの「回転機構」が多い (2) 機械の動作範囲と人の作業範囲が輻輳している部分でインタロックが取られていない領域が多い ... インタロック⇒停止インタロック/隔離インタロック (3) アクチュエータへのエアシリンダーの使用率の高さ (4) 容易には「止めにくい」ラインや設備	<ul style="list-style-type: none"> 機械と人の分離が課題 低い初期コストに対し安定した動作維持の難しさ
その他 工程の特性	(1) 異様に多い運搬台車数、仕様 (2) 地区ごとに異なる台車の形状、サイズの仕様 (3) 頻繁に行われる設備の改造/工程変更	<ul style="list-style-type: none"> 古典的な台車災害 Load/Unload機構部の自動化の標準化が困難 頻繁なリスク変動

製品、材料のスペック変更による設備の改造のほか、温度依存性の高い物性を持つゴム材料を扱う設備のため、変動する温度環境下での部材の適合性向上の観点から、設備改造や設定条件変更がかなり高い頻度で加えられる場合が多く、こうした設備改造に際して新たに危

険源を作り出したり、改造に伴う制御条件の変更で、前章に例示した災害につながるような誤った制御設計を行ったりするケースが生じることも少なくない。

3.1.3 (2) 設備設計時点での安全性の保証

以前は、自社設計による生産設備の安全性については設備設計者自らが検討し、必要な安全方策を講ずるものとされていた。設計に際して依拠すべき安全の国内法規、社内の設備安全規格に従って設計を行い、その安全性や妥当性についての審査／承認はその設備設計部門のその上司によって行うものとされてきた。同一部門の中で起案と承認という二つの手続きが完結するため、安全性の審査自体は客観性に乏しく、そこに有効なチェック機能を期待することは事実上難しかった。

こうした組織と運用上の問題以前に、安全方策そのものが、機械本体の設計に後から付加するといった程度の認識で扱われてきたため、安全カバーや安全柵は、機械の据え付け工事の施工業者に製作が一任されるか、据え付け後の関係者による安全点検で、危険部位の特定を行い、必要な安全対策を検討するといった方法が一般的であった。こうした後付けの設計手法では、安全対策のコスト、システムの納期といった設計効率の面でも好ましい手法とはいえず、予め設計時点で作りこまれるべき「本質的な安全設計」は、もとより望むべくもなかった。

ア) フィードバック情報を持たない設備設計者の技量

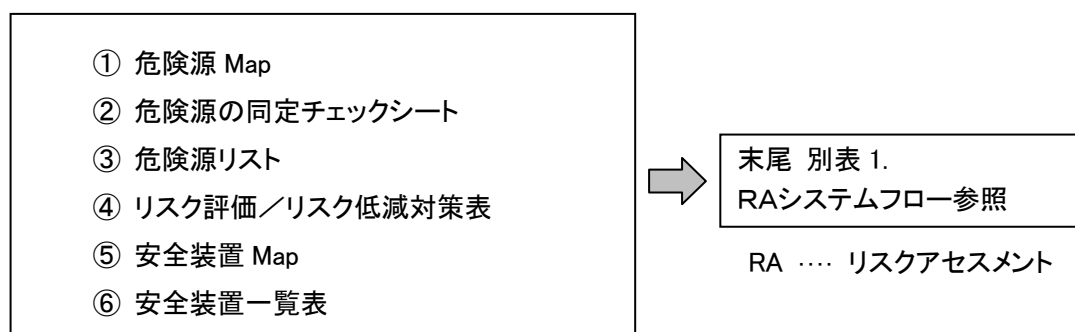
据え付け後に付加的に安全対策が講じられた機械・設備は、一定期間の初期流動管理の後、製造部門に引き渡されるが、その後、製造部門は初期管理期間では生じなかった性能不適合やトラブルに見舞われる場合がある。製造部門と機械保全部門の手によって、なんとか改善策が講じられる時点では、すでに設備設計者の手から離れており、自ら設計した設備の機能や設計上の問題点について、そうしたフィードバック情報を受けることもなく、その頃には次のテーマの設計にとりかかっている。仮にフィードバック情報があったとしても、次の仕事に忙殺されており、そうした設計上の問題について反芻し、自らの設計に欠けていた視点や考慮すべきであったポイントを振り返るだけのゆとりはすでに無いというのが実情であった。

同様に、自ら設計した設備での災害情報についても、機械の操作者の不注意、未熟練が原因であるとする災害情報からは、安全設計に資する情報が得られることはない。安全設計を含めて、設備設計者の技量の向上は、自ら設計した設備に関するフィードバック情報によって得られるものであるが、そうしたフィードバックループを持たない設計者の手になる機械・設備では、同じような不適合、トラブルもしくは災害要因の拡大再生産を繰り返すことになる。

イ) 設備設計時点での安全性の保証

弊社の設備安全に関わる社内規格体系は、2000年を境にそれまでの規格体系を一新し、機械安全の国際規格 ISO12100 をはじめとする ISO/IEC 規格の3階層の体系に倣う形に改め、基本的に ISO/IEC 規格から JIS 規格への置き直しがなされたものから順次、規格の改定、整備を連動させるようになった。これを機に、従来の設計業務に関わる基準を改め、設計する設

備の個々の危険源に対してリスクアセスメントを行い、リスク低減方策を採用していく場合、社内規格に定めがある場合はこの規格要求に従うものとし、規格が未整備で定めがないものについては、個々の設計者がリスクに応じた安全方策を、決定するようにしている。これらの設計時点での検討プロセスは、以下の6種の帳票に整理し、これらをまとめて「安全設計書」と総称している。



これらの一連の安全設計プロセスのシステムフロー図を末尾の別添図 1. に示す。

リスクアセスメントについては、そのアセスメントの手続き、リスクの見積もり・評価、リスク低減方策が適切に行われる必要があるが、社内の設備設計に関わる部門全体にリスクアセスメント手法を浸透させる必要がある。弊社では、保全部門を含む設備設計部門の500名以上の対象者に対して、一通り教育を終えるのに2001年から足掛けで3年を要した。現在では、既存設備のほか設備の新設やある一定規模以上の改造に際しては、すべてリスクアセスメントが実施されている。そこでは本体設備の設計図に対して専門の「安全技術者」がリスクアセスメントを行うという構図を思い描きがちであるが、設備の安全性の保証は、あくまで設備設計者自らがリスクアセスメントを行うことを基本としている。

3.1.3 (3) 設備の設計時点での安全審査(第三者)機能

リスクアセスメントについては、そのアセスメントの手続き、リスクの見積もり・評価、リスク低減方策が適切であるか否かが第三者によって検証される必要がある。このため弊社では、2002年から事業所あたり1～2名の設備安全の専従スタッフ（社内的には Safety Engineer—通称SEと呼称）を設置し、それらの検証に当たらせるようにした。これらのSEは、組織的に設備設計担当部署とは別の製造部長所属スタッフとして、設備設計部署と設備のユーザーである製造部門との間の仲立ちを社内第三者機能として果たしている。設計時点での安全の確保は、まず設備設計者の責任において吟味されなければならないが、このような独立した牽制機能によってその安全方策の妥当性についての追加検証を行うものとした。両者の関係を次頁の表 3.1-3 に示す。

このような機能を果たす設備安全の専従スタッフを企業内育成の枠組みの中で育成していく必要があるが、算定リスクと適用されている安全防護方策の妥当性検証に必要な能力にはかなり高度なものが要求される。

表 3.1-3 設備設計技術者と S E の関係、位置づけ

	役割	備考
設備設計者	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計時点のリスクアセスメントの実施 ・ リスク低減のための本質安全設計、安全防護方策、残留リスクに関わる使用上の情報提供 (※) ・ 全社設備規格に適合した対策仕様 (※※) の実現 (安全性の妥当性確認) ・ PM情報に基づく改善点の設計図面へのフィードバック 	(※) 取扱説明書 標識/表示 (※※) 国際安全規格 に適合した社則
S E	「社内第3者機能」として、設計者、製造部門の <ul style="list-style-type: none"> ・ リスク評価の妥当性検証 ・ リスク低減方策の妥当性検証 ・ 国際安全規格に適合した対策仕様のアドバイス (※) ・ 設計、製造部門への設備安全に関わる啓蒙活動 (※) 	(※) 純然たる第3者機能とは異なる部分

3.1.4 安全技術者の育成と課題

機械システムがもつリスクの評価と安全方策の妥当性検証に必要とされる能力の背景となるものをざっと列挙してみると、

- ① 災害/危険事象の構造に関する知識
- ② 危険源の種類に関する知識
- ③ 静電気、可燃性ガス、粉体などの特殊な領域の危険源の生成プロセスに関する知識
- ④ 人間の認知特性や人間工学に関わる知識
- ⑥ 危険源の特性に合ったリスク評価手法に関する知識
- ⑦ 個別のリスク評価手法の運用技術
- ⑧ ISO/IEC 規格の「基本規格」(タイプ A 規格) に定める基本概念に関する知識
- ⑨ ISO/IEC 規格の「グループ規格」(タイプ B 規格) に定める規格要求に関する知識
- ⑩ 個別の安全防護方策と機器に関する知識
- ⑪ 計測機器や制御システムの故障特性および非対称故障特性の獲得に関する知識
- ⑫ 安全防護方策カテゴリーの識別に関する知識

などが挙げられる。

3.1.4 (1) SE に必要とされる能力の育成

機械システムの設計や保全従事者から S E を選抜するにしても、これらの能力の背景要素については、事実上ゼロからの出発になる。企業内で基礎的な導入研修プログラムは準備で

きても、前掲の多くの要素について企業内で教育プログラムを網羅的に準備するのは至難の業である。また加えて、ごく最近まで社外に教育プログラムを求めようにも、適切な機関は殆ど存在していないというのが、当時の実情であった。

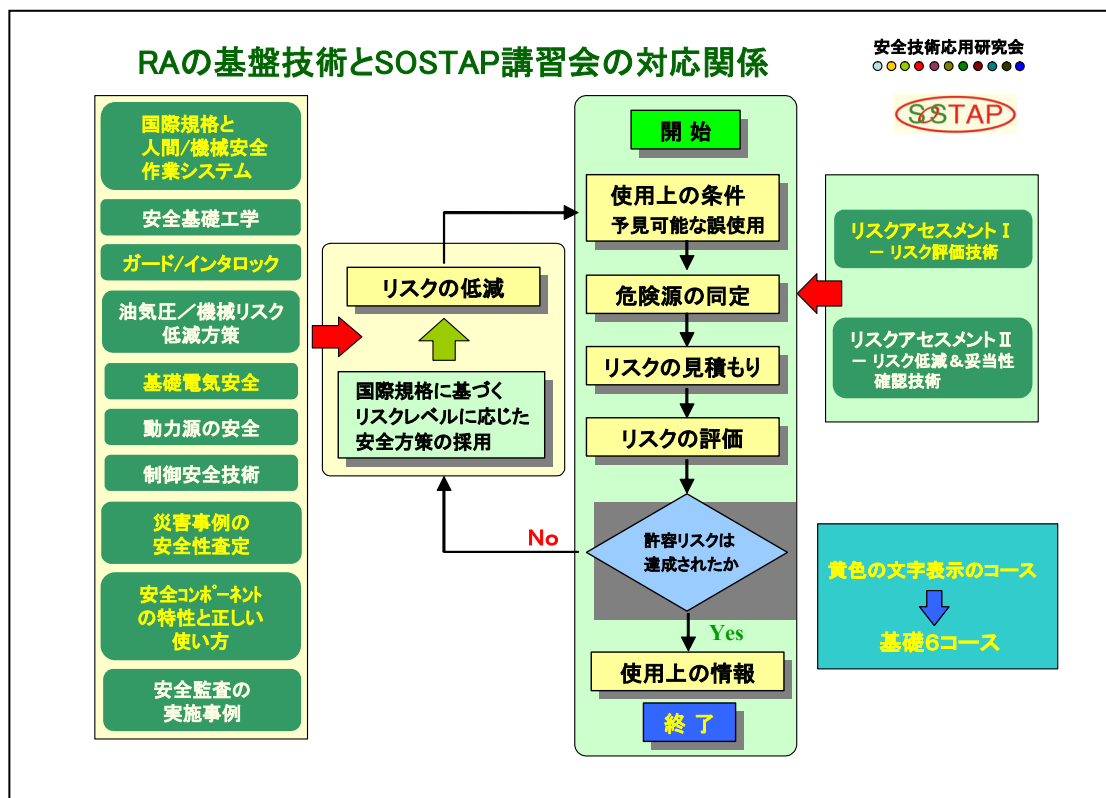


図 3. 1 - 2 リスクアセスメントに関連した講習プログラム

安全技術応用研究会(会長:向殿政男)では、2001年からリスクアセスメントの基盤技術に関わる講習プログラムの整備に着手し、徐々にメニューを拡充して、2004年に至って概ね図 3. 1 - 2 に示すような体系を持つに至った。現在のところ、これだけの教育プログラムの維持・運営が可能な団体は、安全技術応用研究会以外に日本では存在していない。

弊社では、現在ではSEの育成については、全面的にこの講習会への派遣に依っている。SEの在任期間は最低4年程度を想定しているが、人事ローテーションの関係で2~3年で、それまで養成してきた人材を失うケースも出てきている。このような場合の補充人材の育成は、こうした個別教育のアウトソーシングなくして、早期戦力化は不可能といって過言ではない。

安全技術応用研究会 (1992 年設立) <http://www.sostap.org/>
 会員メンバーは大別して、安全機器メーカー、それらのユーザー企業、大学および厚生労働省、産業安全研究所からの個人会員関係者から成っており、官・民・学で構成された安全技術の研究と啓蒙を目的とした自主団体

弊社のSE制度は設立後3年を経過したが、最近では安全機器メーカーとの協力のもとに、

安全方策のシステム化、安全装置デバイスの共同開発といった商品開発のコラボレーションの事例も徐々に生まれつつある。(別添図2. 安全デモ機製作例 参照)。

3.1.4 (2) 望まれる制度と社会システム

企業内の安全技術者の存在意義とその地位の確立にまず必要なことは、第一に一昨年発効に至った ISO12100 (JIS B 9700) の社会的な普及であるが、これまでのところ、行政面においては「機械の包括的な安全基準に関する指針」(厚生労働省平成13年6月1日第501号通達)が発行されている。ただし、法的な強制力を持たない行政指針にとどまるため、企業の関心は総じて高いとはいえず、普及とは程遠い現状にある。

ア) 機械システムの安全性に関わる認証制度と認証機関

この指針公表を契機として、指針に違反する産業機械での災害では民事賠償責任の十分な根拠になり得るが、労働災害が民事賠償まで発展することが極めてまれな日本では、これまで指針を根拠とする民事賠償の裁判例は寡聞にして聞かない。米国のPL訴訟の半数が労働災害で占められるという状況とは好対照である。米国のPL訴訟の極端な賠償金額などは行き過ぎと感じられる点が多いにしても、日本の正反対の現状はこれに負けず劣らず異常である。本年度に予定される労働安全衛生法の改正では「包括安全基準」の法規制への格上げについては見送りの公算が高い。この調子でいくと、安全仕様に必要なコストを織り込まなくとも済む産業機械の横行が、国内では依然として続きかねない形勢である。

CEマーキング制度を持つ欧州では、安全仕様および欧州規格適合の認証コストを前提とする製品、機械システムづくりを行っている。中国のCCCマークなど、各国でこれに追随する動きが広がっているが、このまま日本でこうした動きとは無縁の太平楽が続くと、国際競争場裡では「国内市場で不公正競争を続ける日本」という評価を受ける局面が早晚訪れるものと思われる。認証機関を持たない日本では、規格適合認証を求める諸外国に対して日本から輸出される製品や機械システムについては、すでに海外の認証機関頼みという現状にある。こうしたソフトパワー領域における日本の立ち遅れは、長い目で見て日本の製品/サービスの国際競争力の低下を招く懸念があり、日本の認証制度と国内の認証機関の整備が一刻も早く望まれるところである。こうした中で、日本機械工業連合会の手による国内の認証機関の設立に向けた胎動が始まっているが、官製ではない、このような機関設立の動きは大いに注目したいものである。

イ) 安全技術者の能力・資格認定制度

製品もしくは産業機械の安全性の認証システムと裏腹の関係になるものとして、それらのリスクおよびリスクレベルに応じた安全仕様の妥当性を検証する安全技術者の能力についても、その能力と資格認定のシステムが必要である。また能力と資格認定制度の前提には、能力養成のサービスシステムが伴わなければならない。

度圧による日本の安全教育とりわけ高等教育においては、機械安全を教育し、安全技術者を養成している大学は極めて少数である。その少数の大学のひとつに「長岡技術科学大学」を

数えることができる。本学では日本における産業機械の国内認証制度の導入を視野に置いて、2002年より、修士課程機械システム工学専攻の中に機械安全工学コースを設定している。本コースでは社会人の受け入れを行っているが、入学した社会人が仕事をしながら勉強できるよう、サテライトキャンパスでの短期間のスクーリングによる単位の修得、E-learningを導入した遠隔教育による自宅学習での単位の一部の取得などの便宜が図られている。教科内容も特別実験・演習ならびにセミナーとして、実際の業務に関わるリスクアセスメントに取り組み、それに関するレポートの提出を行わせるなど、実際の現場に立脚した実学の色彩を色濃く持っている点が特徴的である。

能力と資格認定に関わるもうひとつの試みとして、日本認証（株）と日本電気制御機器工業会、安全技術応用研究会（前出）、TUVラインランドジャパンの提携の下に、機械システムの安全設計、管理技術に関わる資格認定制度が2004年に発足した。安全機器のメーカー、ユーザー企業を問わず、国内および諸外国に流通させる生産システム、製品に関わる安全技術の習得度について資格認定制度を設けたものである。認定資格は、表3.1-4に示す3段階のグレードが設定されている。

表 3.1-4 三段階の資格認定制度

	資格名称	レベル	認定機関
I	セイフティ サブアセッサー 【 Safety Sub Assessor 】	ISO12100 に関わる基本的な概念、規格要求事項に関して一定の知識レベルを有する	日本認証
II	セイフティ アセッサー 【 Safety Assessor 】	上記のサブアセッサーに専門知識、実務講習を加え、安全性の妥当性を判断できる能力を有する	日本認証
III	セイフティ リード アセッサー 【 Safety Lead Assessor 】	上記のアセッサーに専門知識、実務講習を加え、第3者機能として安全性の妥当性を判断できる能力を有する	TUVラインランド ジャパン

能力検定は、筆記試験、リスクアセスメントの事例演習、口頭試問の組合せから成っており、2005年に入り、セイフティ サブアセッサー、セイフティ アセッサーについて、初の認定者が生まれている。ちなみにサブアセッサー資格はセイフティアセッサーに至る中間段階の里程碑としての資格として位置づけられている。

セイフティアセッサーに要求される能力は、前項の「安全技術者の育成」に列挙した能力と同様と考えてよいが、これらの広範にわたる能力育成のプログラム体系については、次頁の図3.1-3に示すとおり、安全技術応用研究会の提供プログラムを基礎、応用の2種に分類し、アセッサー資格段階に対応させている。

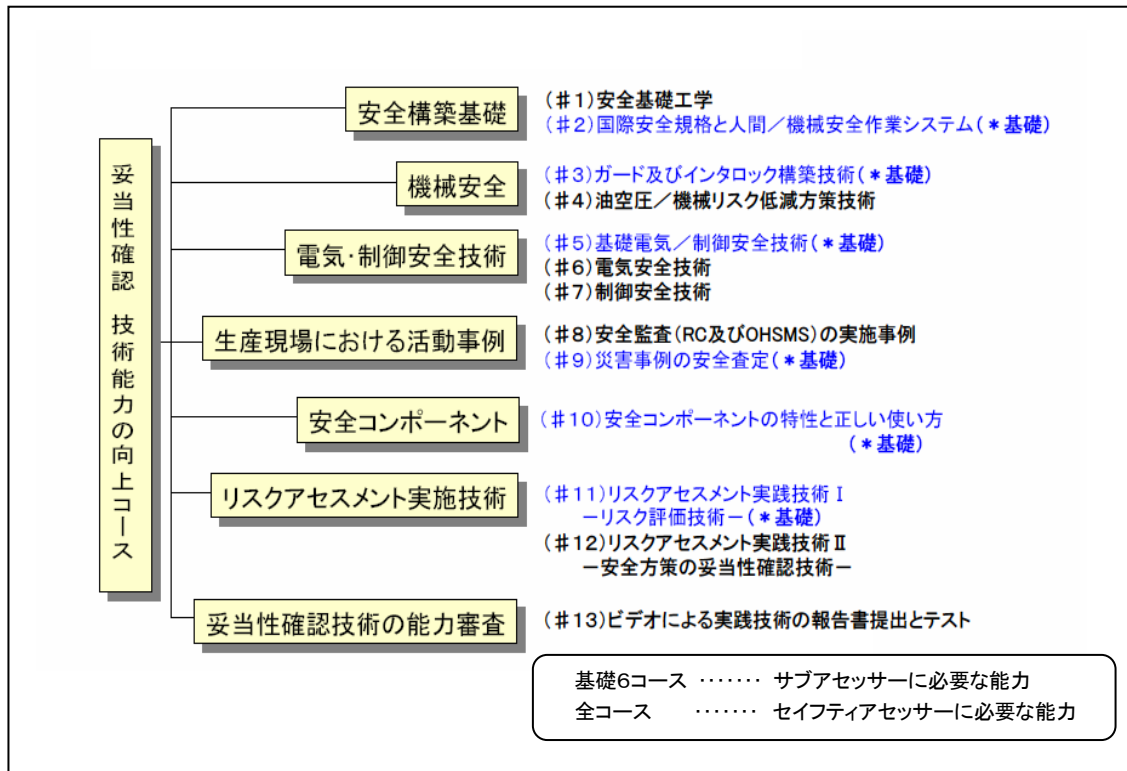


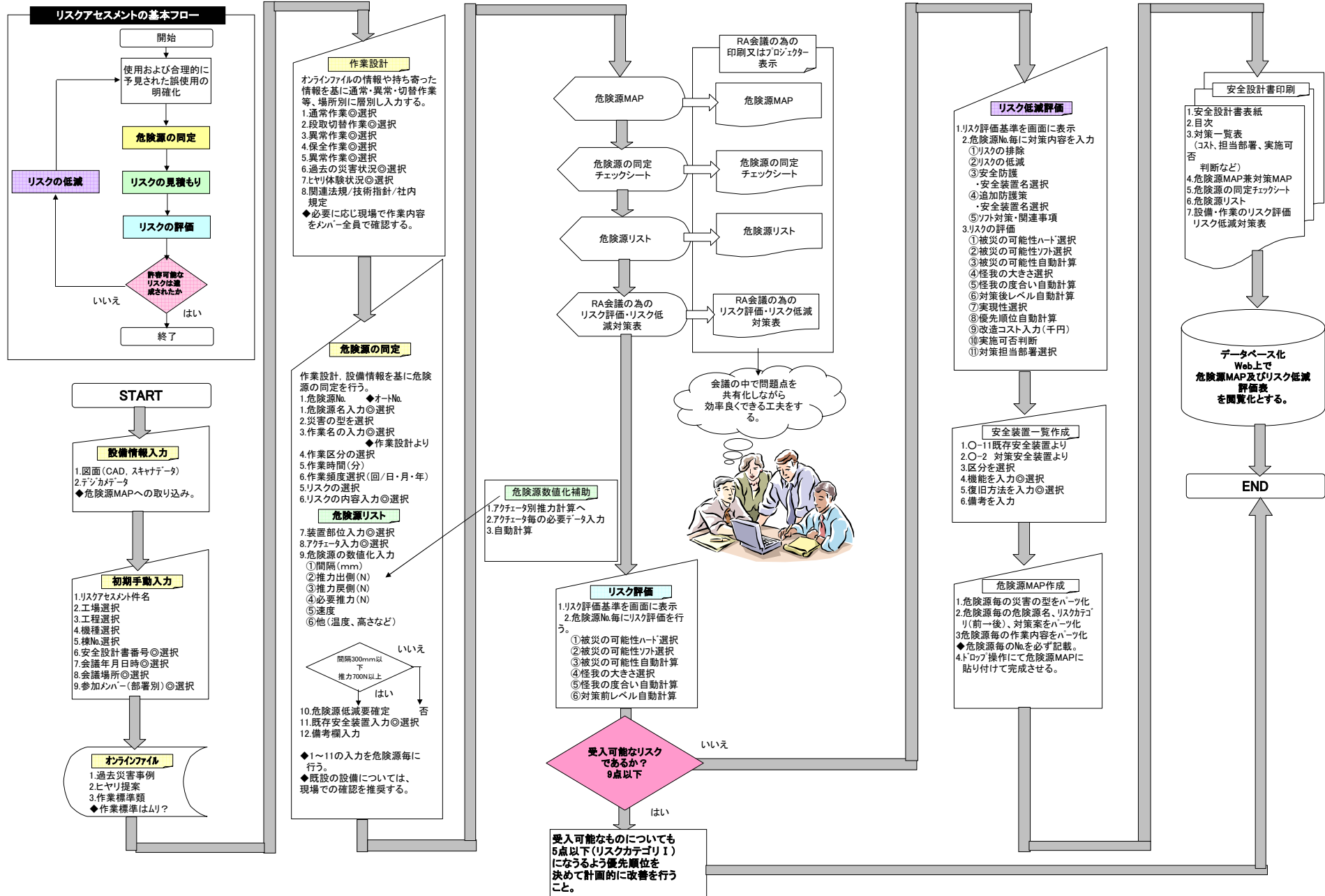
図3.1-3 セーフティアセッサー能力養成プログラム体系

これらの機関における学位や資格認定制度が、広く社会的に認知されるか否かは、ひとえにISO12100をはじめとするISO/IECの国際安全規格体系をベースとした機械システムの国内認証制度の確立にかかっているといつてよい。

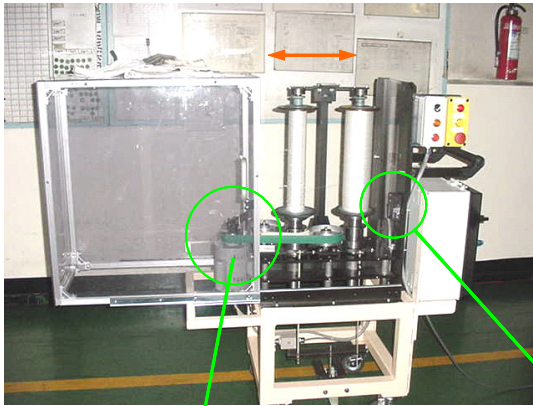
3.1.4 (3) 今後の日本の安全管理

1991年に始まったISO/IECの国際安全規格の体系的な整備と並行して、1995年にWTO/TBT協定(貿易の技術的な非関税障壁の撤廃に関する協定)が締結されている。加盟国は各国の国家規格へのISO/IECの国際安全規格の取り込みが義務付けられ、日本においてもJIS規格への置き換え作業が、現在も継続的に進められている。しかし、製品安全領域はともかく、国内の産業機械へのJIS規格適用の機運は今ひとつ盛り上がり欠けている。日本企業の安全文化が本稿の冒頭に記した「事故・災害」観にとどまっている限り、また機械の供給メーカーの自覚に待つという受身の姿勢では、状況の好転は到底望めない。機械のユーザー企業が自ら使用する機械の安全仕様について高い見識を示す以外に打開の道はなく、それが実現すれば、それに沿った機械の供給メーカーからの供給努力はおのずと追従してくるであろう。そのためにも機械使用者としての企業は、自社内に機械安全の国際規格をベースとする実践的な安全技術に通曉した人材の配置・育成を図っていくことが何よりも重要であろう。日本企業が機械の国際安全規格に対する事実上の「鎖国」状態をなお継続することは、前述のとおり長期的に日本の国際競争力を損ねていくことに他ならず、この認識に立てない日本企業は国際競争場からいずれ退場を余儀なくされるであろう。

別添図1. リスクアセスメントシステムフロー図



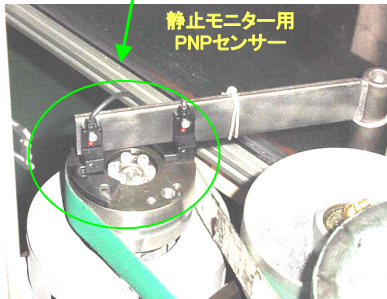
コード残糸処理装置 - 安全機器メーカーとの連携例 (1)



1, 目的
02年に他工場の「コード不良糸玉巻き機」で被災。
類災対策と、安全機器使用のモデルマシン製作

2, 狙い
基本的な安全機器の使い方と、安全対策がコリー
3を狙い、安全機器メーカーSUNXの協力を得て
安全デモ機を兼ねた実機を製作

3, 主な安全機能
1) 安全ガードに電磁ロック式ドアSWと、静止モニター
ユニットを使い安全リユニットで構成する。
2) 安全ガードを閉めないで、運転出来ない。
3) モーター回転慣性が停止するまで静止モニターで
監視し、停止後でないで、安全ガードが開かない



静止モニター用
PNPセンサー

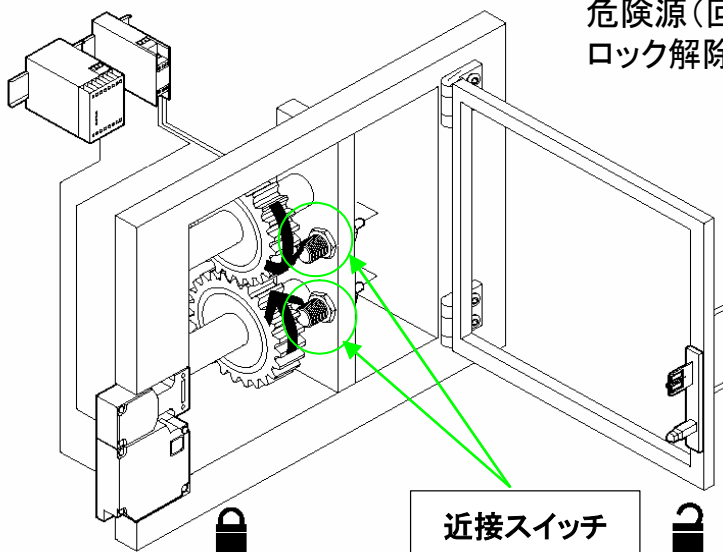


電磁ロック付きドアSW

静止モニター(回転0センサ)の概要

◆ 静止モニター(回転0センサ)とは…

危険源(回転体)の停止を確認したら、
ロック解除信号を出力

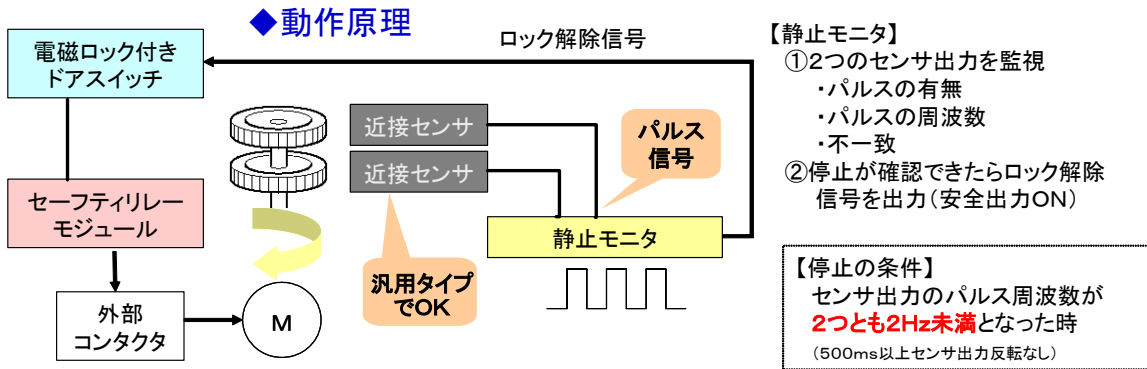


回転体が停止するまで
(安全が確認できるまで)
ガードは開かない!

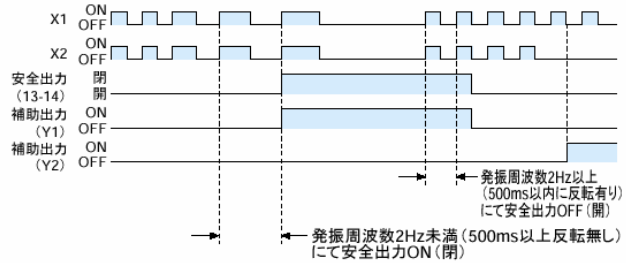
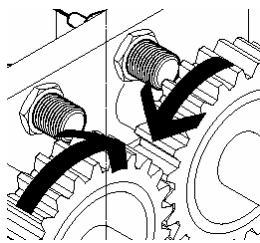


施錠式インタロックガード

静止モニタ(回転0センサ)の概要

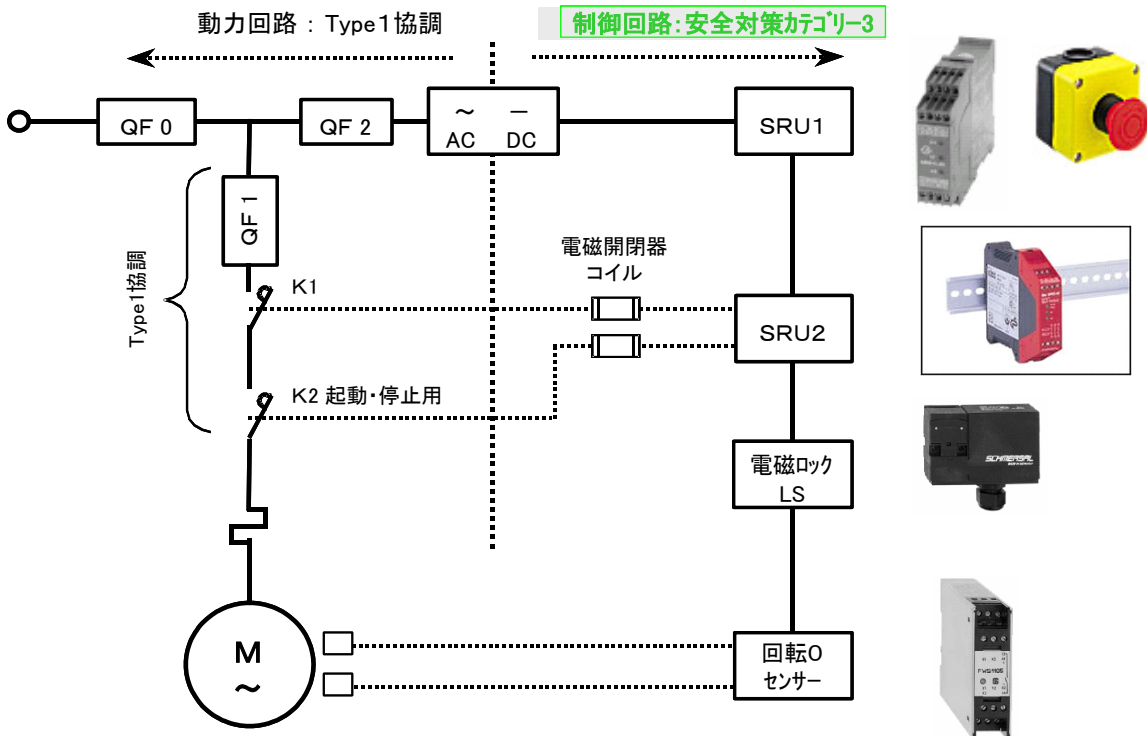


タイムチャート



・異常診断時[図では入力(X1, X2)不一致]に補助出力Y2がON

コード残糸処理装置 – 安全回路の概要



3.2 F社（制御機器メーカー）の事例

F社は創業1945年以来、制御機器製品、制御装置及びFAシステム製品、制御用周辺機器製品、防爆・防災関連機器製品など一貫して各種制御機器を開発、製造、販売している専門メーカーである。制御機器は、生産設備ばかりでなく民生などにも幅広く使用されており、その用途や使用環境などに応じてデザインや、スペック、構造などにより数十万種類もの製品を提供している。また、社会的潮流の中で制御システムが大きく変遷しており、最近「安全」ビジネスがクローズアップされている。そこで、制御機器メーカーとして「安全」への取り組みとそのため求められる技術者育成についてまとめた。

3.2.1 制御機器メーカーとしての使命と役割

制御機器に対するニーズも、激変する社会環境の変化とともに大きく変わってきている。FA現場において、従来、生産現場での生産性向上を重視したニーズが多く、例えばリレー、タイマなどの組み合わせで制御を組んでいたものが、マイコン化技術の進展とともにPLC（プログラマブルコントローラ）へと進化し、さらに小型化、高速化、高機能化しつつも、需要の増大とともに納入価格は、20年前は50万円以上していたのが今では10万円以下となっている。また、操作機器も従来、押しボタンスイッチと白熱式表示等で構成されたパネルがLED化され、さらにタッチパネル式の表示器へと変化している。しかしながら、最近の制御機器業界を取り巻く社会的潮流は、以下に述べるように生産システムのさらなる効率化とともに、より一層の人への配慮が求められるようになった。

1) 国際標準化への流れ

1995年、WTO（国際貿易機関）のTBT協定締結以降、JISのISO、IEC国際規格への適合化により急速に国際規格対応のニーズが高まった。特にISO、IEC規格のベースとなっているEN規格適合のCEマーク対応の要求が多く、国際標準化への統合が進んでいる。しかも、現在日本の製造業は生産拠点を海外に展開しており、生産システムも国際標準に適合されたものが導入されている。

2) ネットワークなどオープン化の推進

FA現場ではCIM化が進み、コンピュータによる生産管理が行われそれぞれのラインは階層化されてネットワークにより繋がっている。10年前まではクローズドシステムと呼ばれるメーカー独自のネットワークであったが、ここ数年の間にデファクトスタンダード化されたオープンネットが普及した。

3) 「省」への対応

生産性向上のニーズから、一層の効率化・合理化のための省エネルギー、省工数、省スペースなどの要求が多く、またISO14001に代表される環境負荷低減の製品開発による地球環境への配慮が大きなテーマとなっている。

4) 安全への配慮

1995年7月に施行されたPL（製造物責任）法への対応や、2004年11月に発効されたISO12100（機械類の安全性—基本概念、設計のための一般原則）のJIS B9700による人に対する使いやすさと安全性への対応のニーズが高まっている。

このような社会的潮流の背景として、国際化の進展とともに激変する環境社会の中で“人”に対する配慮という考え方が世界共通のテーマとなっている。表3.2-1は、生産現場における操作表示環境における課題をまとめたものである。最近の生産現場での現状を見ると、これまで熟練経験者により高度な生産活動が行われていたが、リエンジニアリングなどによる生産活動の劇的な見直しにより量産、低付加価値製品の生産は生産コストの低い海外へ移管され、多品種少量、高付加価値製品が国内で作られるという国際分業体制となっている。しかも国内の労働者もこれまで熟練経験者が主流であったものから、パートや季節労働者など非熟練経験者に労働移動が行われており、加えて多品種少量生産によりラインの複雑化、多能工化、高齢化が進み、安心して作業のできる安全を保証した生産現場へのニーズが国際標準化という流れでクローズアップされている。

表3.2-1 生産現場の操作表示環境における課題

生産現場の現状	人間工学的観点からの 本質的安全設計による解決策	重要なキーワード
熟練経験者の不足 アルバイト、パートの増加	操作・表示の標準化により誰でも 使いやすくなる	1. ユーザビリティ (使いやすさ) 2. アフォーダンス (認知性) 3. 安全性 4. 標準化・統一化
合理化により一人で多くの機械を操 作する必要性が増加	配置の標準化により、統一して分 かりやすくなる	
多品種少量生産によるラインの複 雑化と高齢者のライン参加	確実な操作性・視認性と機能表現 統一により認識しやすくなる	
文化・言語の異なる外国人労働者 の参加	操作表示色・シンボルの統一によ り直感的に分かりやすくなる	
市場のグローバル化に伴う同一シ ステムの要請	HMI 環境の国際規格化により国 籍を越えて理解できる	

FAの現場では、機械の自動化や電子化がますます進化し、さらにIT技術の進展はインテリジェント化、機械間のネットワーク化が進み、人と機械とのふれあいが増大している。それに伴ない事故や災害は人と機械が共存するインタフェース部分の環境において発生している。図3.2-1は人と機械の安全の概念図を示したものである。人と機械が触れ合う接点のHMI（Human Machine Interface）環境ではより簡単に、より見やすく、より快適に、より操作しやすく安心して作業できる環境を構築することが重要となる。このことは、機械を使う人の「安全」を守り、ひいては業務の効率化やスピードアップを実現

することにつながる。このように安全性を確保することが今日の生産システムの生産性向上に大きな役割を果たすことになり、グローバルベースで統一された国際安全規格 ISO 12100 と関連規格に基づいた製品安全として保証される。

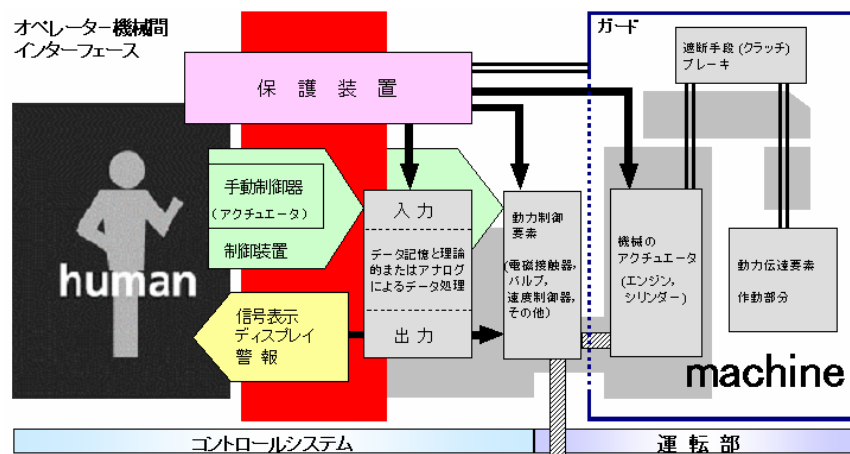


図 3. 2 - 1 人と機械の安全の概念図

また、図 3. 2 - 2 は F A 現場でのオペレータの操作環境を表したものである。一般的に生産ラインは個別生産ライン（主に多品種少量、受注生産）、連続生産ライン（主に少品種多量生産、見込み生産）、最近ではセル生産となっており、システムも複雑化、多様化してきている。しかも実際に機械を操作するオペレータも少人数化し、一人で複数の機械を担当しておりフレキシブルになっている。また、就労者も多様化し、パートタイマや短期間契約労働者、社内外注化による下請労働者など様々となっており、しかも安全教育レベルの異なるオペレータやサービスマン、メンテナンス作業員により毎日作業が行われており、もはや人の教育だけでは安全性の確保ができないのが現状である。

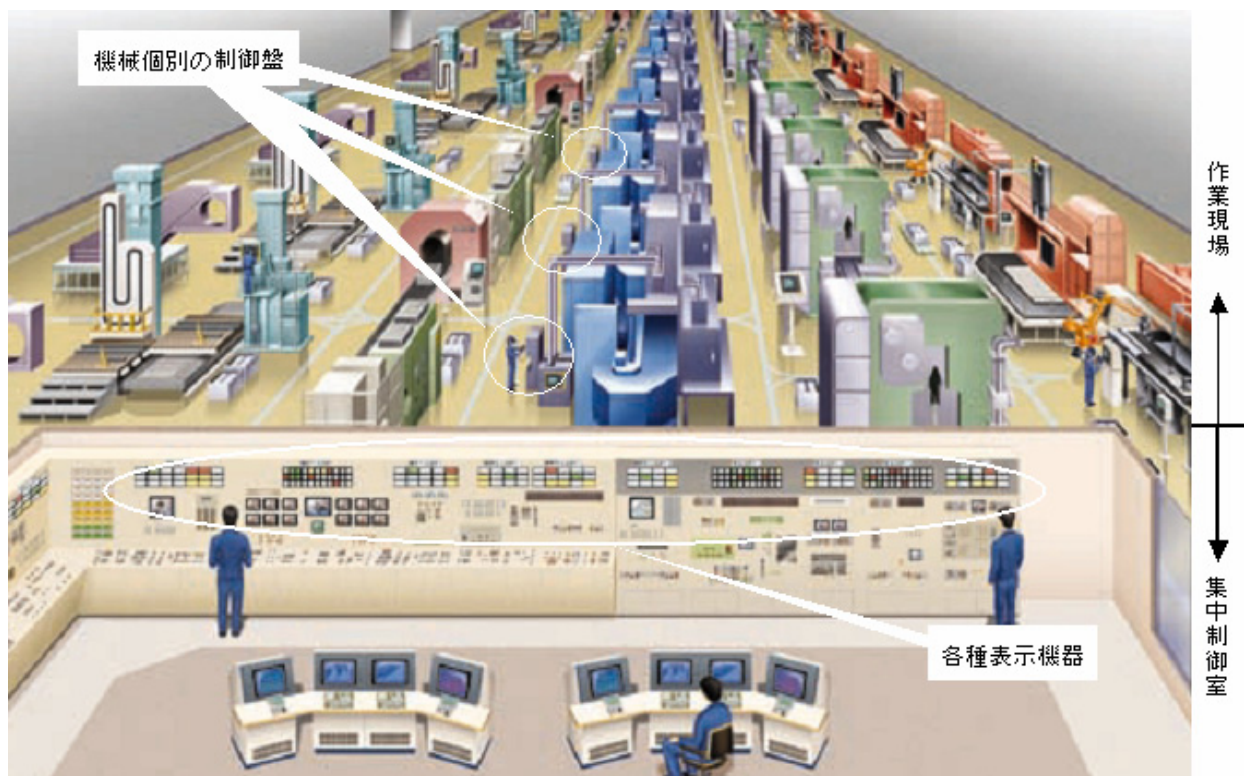


図3.2-2 FA現場におけるHMI操作環境の例

表3.2-2では我が国と欧米の安全に関する相違を示している。日本では工場の作業者は優秀であり、人がものをつくるという考え方から、人への教育を重視することにより安全性を確保できると考えられてきた。一方、欧米では、人は間違いを起こすものであるという前提に立ち、リスク評価した結果に基づいて技術的に合理的な安全方策を行うことによりそれ相応のコストは必要であると考ええる。そのため、安全技術の標準化を進めて国際的に規格化された製品を設計すれば仕向地ごとに個別の安全対策をすることなく統一することができ、トータルのコスト低減に貢献することができることから、積極的に国際安全規格を推進した。

このような中で、制御機器メーカーとしての使命と役割は次の様になる。

- 1) 国際安全規格、標準化、ユーザビリティ、セーフティ、コスト、環境をキーワードとした製品開発と提供。
- 2) FA現場のそれぞれの環境において最適な製品の選定と使用方法の提案。
- 3) ユーザーのかかえている問題の解決の支援。
- 4) 日本発の国際規格の提案。

特に2)、3)については国際規格に基づく安全性、例えばJIS B 9700やJIS B 9960に記載されている事項や、リスクに応じた安全回路についてのアプリケーションについての問い合わせが非常に多い、それらに答えるべく次の事項を実施し、多くのユーザーに国際

規格による安全性の考え方について提案活動を行っている。

- ・ 実際に安全コンポーネントのアプリケーションが見られる移動展示車によるキャラバン展示会の実施（図3.2-4）。
- ・ 安全コンポーネントとして国際規格が求める必要要件について技術的に解説した技報や、国際安全規格ISO12100（JISB9700）について解説したコンセプトブックの発行。（図3.2-4）
- ・ 安全コンポーネントのデモ機による提案活動。

などを実施し、多くのユーザーに国際規格による安全性の考え方についての提案活動を行っている。

また、4）については、弊社をはじめ、官学民が連携してISO、IECの国際会議に参加し、安全技術に関する提案活動を展開しており、これまで欧米主体の国際規格であったものから、今後は我が国が提案した技術要件も審議され規格化されていくことになる。

表3.2-2 日本と欧米の安全に対する安全の考え方の違い

日本	欧米
災害は努力すれば、2度と起こらないようにできる	災害は努力しても、技術レベルに合わせ必ず起こる
・ 災害の主要因は人である ・ 技術対策よりも 人の対策	・ 災害を防ぐのは、技術の問題である ・ 人の対策よりも 技術対策
管理体制を作り、人の教育訓練をし、 規制を強化 すれば安全を確保できる	人は必ず間違いを犯すものであるから、 技術力向上 がなければ安全を確保できない
・ 安全衛生法で、人及び設備の安全化を目指し、災害が発生するたびに、 規制を強化	・ 設備の安全化と共に、事故が起こっても重大災害に至らない 技術対策 ・ 災害低減化技術向上 の努力
安全は基本的に、 ただ である	安全は基本的に、 コスト がかかる
・ 安全コストを認めにくい ・ 目にみえる「 具体的危険 」に対して最低限のコストで対応 ・ 起こらないはず の災害対策に、技術的深耕をしなかった	・ 安全にはコストをかける ・ 危険源を洗い出し、 リスク評価 をし、評価に応じたコストをかけた ・ 起こるはず の災害の低減化努力をし、様々な技術、道具が生まれた
見つけた 危険をなくす技術 (危険検出型技術)	論理的に 安全を立証する技術 (安全確認型技術)
度数率 (発件数)重視	強度率 (重大災害)重視

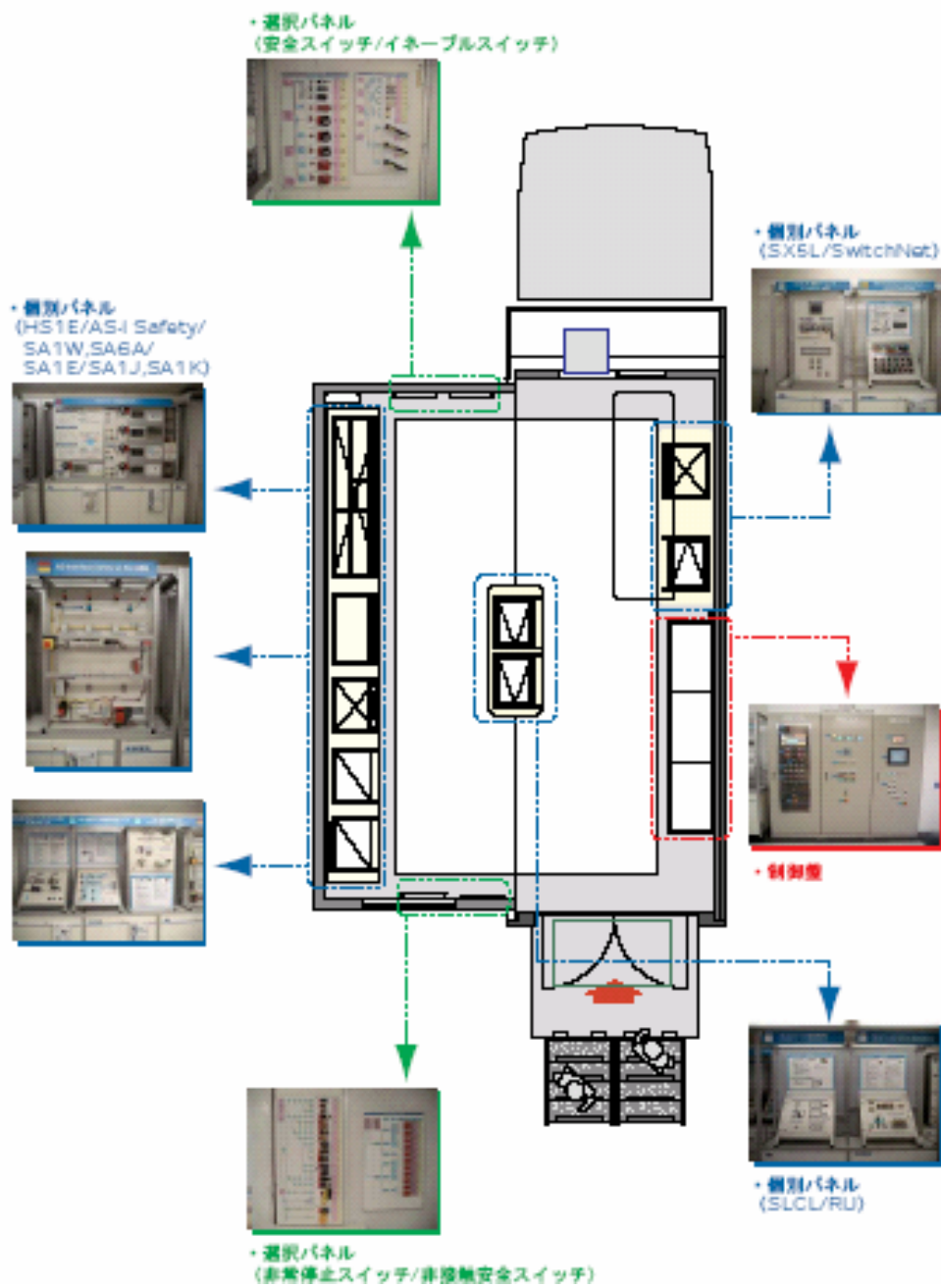


図 3. 2 - 3 移動展示車



図 3. 2 - 4 技法と安全コンセプトブック

3. 2. 2 国際安全規格に準拠した製品の提供

制御機器の製品開発は、製品のコンセプトとともに各種規格への対応が重要となる。特に安全コンポーネントの製品開発では、数多くの国際安全規格の中から必須のものを取り入れつつ、客先のニーズを反映させることになる。図 3. 2 - 5 は製品開発のフローを示したものであるが、まず、営業よりの市場ニーズ情報から開発製品の種類と用途が決定される。市場ニーズ情報は、ユーザーよりの具体的引合い件名、市場リサーチ、SFA（Webを利用した営業支援情報システム：営業日報）情報などからどのような製品開発を進めるかいろいろなアイデアをスクリーニングしながら検討される。そして取り入れるべき製品規格について調査検討され、製品仕様を取りまとめ、製品の設計開発が行われる。次に試作評価により問題点を詰めながら製品化を進め、最終的に製品は自己認証または第三者の認証機関による認証を受け、製造販売される。

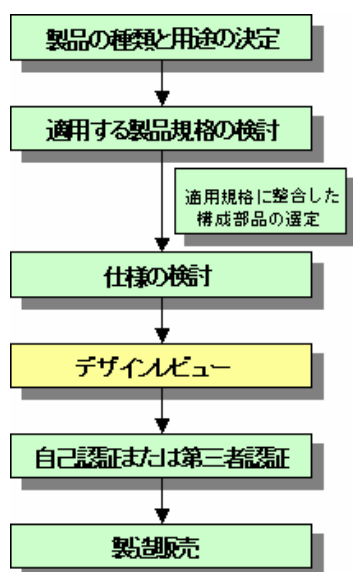


図 3.2-5 製品開発のフロー

実際に、国際安全規格に基づき、ユーザーニーズを取り入れた、安全コンポーネントの製品開発事例から、

- 1) 国際規格に対応した非常停止スイッチの開発
- 2) 人間工学に配慮し国際規格に準拠した 3 ポジションイネーブルスイッチの開発の 2 例について紹介する。

1) 国際規格に対応した非常停止スイッチの開発

国際規格において、非常停止スイッチの規格要件として、

<使用上での要求事項>

- ① リスクアセスメントの結果によって、必要に応じ付加の安全方策として非常事態を意図した 1 つまたは複数の非常停止装置を装着しなければならない。(ISO12100-2:6.1 項)
- ② 緊急停止機能は全運転モードで有効であり、他のいかなる制御に対して優先であること。
(ISO12100-2:3.7 項、ISO13850:4.1.1 項、IEC60204-1:9.2 項)
- ③ 駆動部の電源が遮断された停止状態（ゼロステートメント）であること。
(IEC60204-1:9.2.5.4 項)
- ④ 各操作パネルや、その他の作業位置近傍に設置し、緊急事態に即操作可能とすること。
(ISO12100-1:3.7 項、ISO13850:4.4 項、IEC60204-1:10.7 項)
- ⑤ 予期しない突発の起動を防ぐため、リセットで再起動しないシステム構成とすること。
(ISO13850:4.4 項、IEC60204-1:9.2 項)

＜構造上での要求事項＞

①直接開路動作機能の NC 接点

非弾性部材を経由して押しボタンの動きの直接の結果として接点开路が達成されること。

(IEC60947-5-5;5.2 項、IEC60947-5-1;付属書 K 適合=JIS C8201-5-1)

②容易に識別可能で操作しやすい、赤色でマッシュルーム形のボタン、背景は黄色とすること。

(IEC60947-5-5;4.2 項、ISO13850;4.4 項、IEC60204-1;10.7 項)

③予期しない突然の起動を防止するため、操作部のラッチングと同時に停止状態を保持し、手動によってリセットする構造とすること。(IEC60947-5-5;6.2 項、ISO13850;4.4 項)

④感電防止として、充電部に直接触れることができないように、IEC60529 の保護構造上で少なくとも IP2*または IP**B であること (いずれも危険な部分への接近に対する保護レベルが「指」以上)。また、ドア内側の充電部については、ドアを開けたときに電源が切れる構造のものは IP1*または IP**A の水準 (同じく保護構造レベルが「手の甲」以上)、ドアを開けても充電されている部位に対しては、少なくとも IP2*または IP**B であること。(IEC60204-1;6.2.2 項)

となっている。

これら構造上の要求事項を盛り込んで開発したプッシュロック・ターンリセット動作の構造とプッシュロック・ターンリセット動作を操作ストローク／操作荷重、および接点ギャップ面からと、さらにその動作特性を比較するため一般の押しボタンスイッチのモメンタリ動作の特性を比較して示した (図 3. 2-6)。

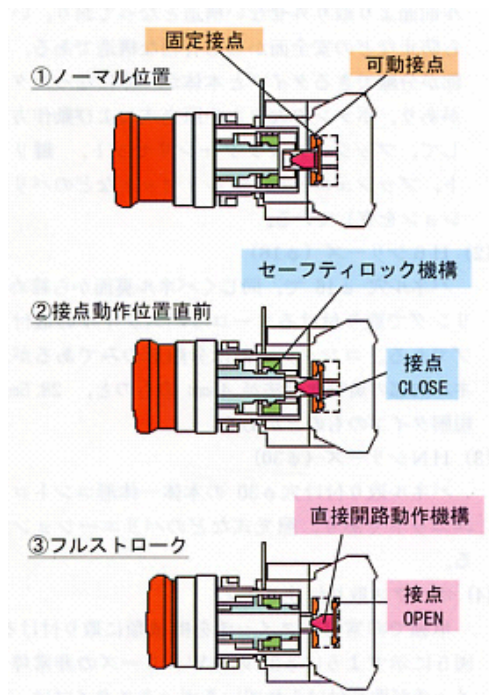


図 3. 2-6 HWシリーズ非常停止スイッチの接点構造

さらに、予期しない突然の起動を防止するため操作部のラッチング（ロック）と同時に接点の開離を行う機構としてセーフティロック機構を採用している。図3.2-6において①のノーマル位置で閉じられている接点は、②の接点動作位置の直前まではボタンを操作しても影響されず、さらにボタンを押すとロックされ同時に接点が動作する。したがって操作の意図がなく人や物がボタンに触れた、もしくはあたってような場合でもロックされるまでは接点が動作しないようになっている。プッシュロック・ターンリセットの非常停止スイッチとモメンタリ動作との操作ストローク／操作荷重・接点ギャップを比較すると、モメンタリ動作では、ボタンのストロークに比例し、操作荷重・接点ギャップが変化しているが、非常停止スイッチではロック位置寸前まで接点ギャップは変化せず、ロックの際に短時間に接点が動作することがわかる（図3.2-7）。

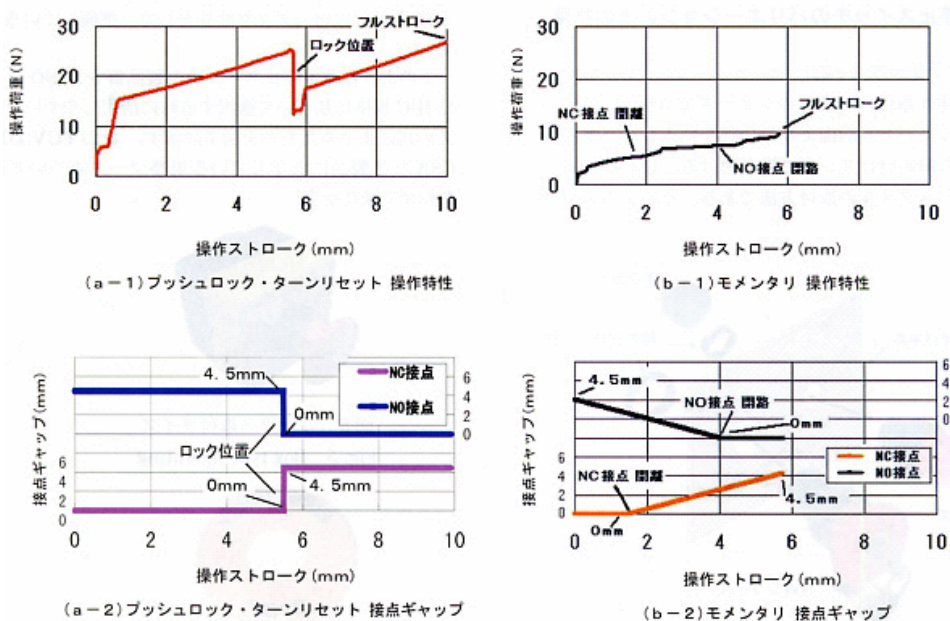


図3.2-7 非常停止スイッチとモメンタリ動作スイッチの操作ストローク比較

さらに、直接開路動作機構について NO（ノーマルオープン）接点利用の非常停止スイッチと NC（ノーマルクローズ）接点利用の非常停止スイッチの相違について示す（図3.2-8）。

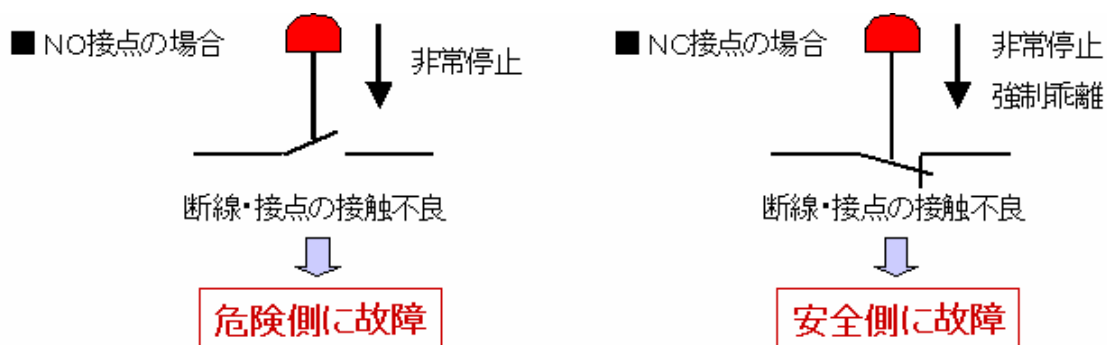


図3.2-8 NO接点と直接開路動作機能NC接点の違い

以上が、国際安全規格に求められる非常停止スイッチの構造、機能であるが、最近では構造面、機能面においてユーザーより色々な要求がある。その中で、特に多いのは、次のような多接点化と一体化あるいは短胴化というトレードオフの要求である。

- ① 通常、非常停止スイッチは2重化により2接点で使用されるが、リスクが大きい危険源に対する制御回路としてモニター接点の用途として、3接点、4接点ほしいが、パネルの奥行きは短く。
- ② スwitchの構造上接点部分と操作部分は分離構造になっているが、万が一操作中に接点が操作部分から外れるとNC接点はクローズ状態であるので危険側故障となるため、操作部分と接点部分を一体型にしてほしい。

そこで、まず②の要求を満たすべく一体型の非常停止スイッチが開発された(図3.2-9)。

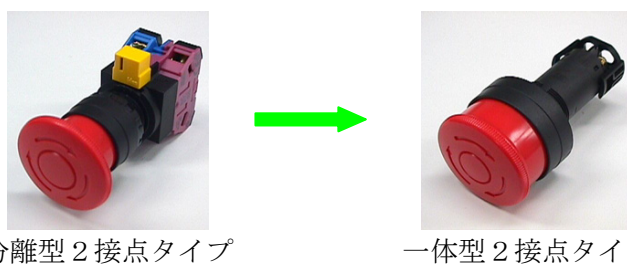


図3.2-9 接点分離型非常停止スイッチと一体型非常停止スイッチ

しかしながら、これを3接点、4接点にすると構造上どうしても奥行きが長くなるという問題が残った。そこで、奥行きを分離構造のものより短くして短胴化にしつつ、接点部が万が一外れてもNC接点がオープン状態で安全側に機械が必ず止まる機構(セーフブレイクアクション)を持つ非常停止スイッチを開発した。(図3.2-10)

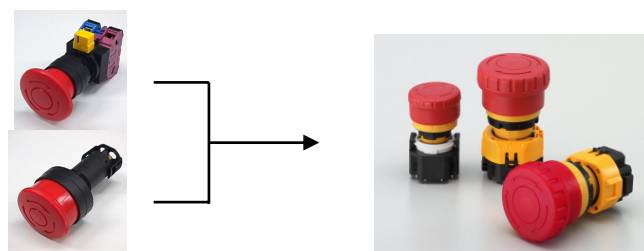


図3.2-10 セーフブレイクアクション構造の新非常停止スイッチ

この構造は、図3.2-11で示すように、従来のものと異なり接点部をはずす際にはカム(非弾性体)によりNC接点を引き離す(オープン)機構とすることによりユーザーの要求である①、②の要件を同時に達成する。これが、国際安全規格とユーザーに対応した新しい非常停止スイッチである。

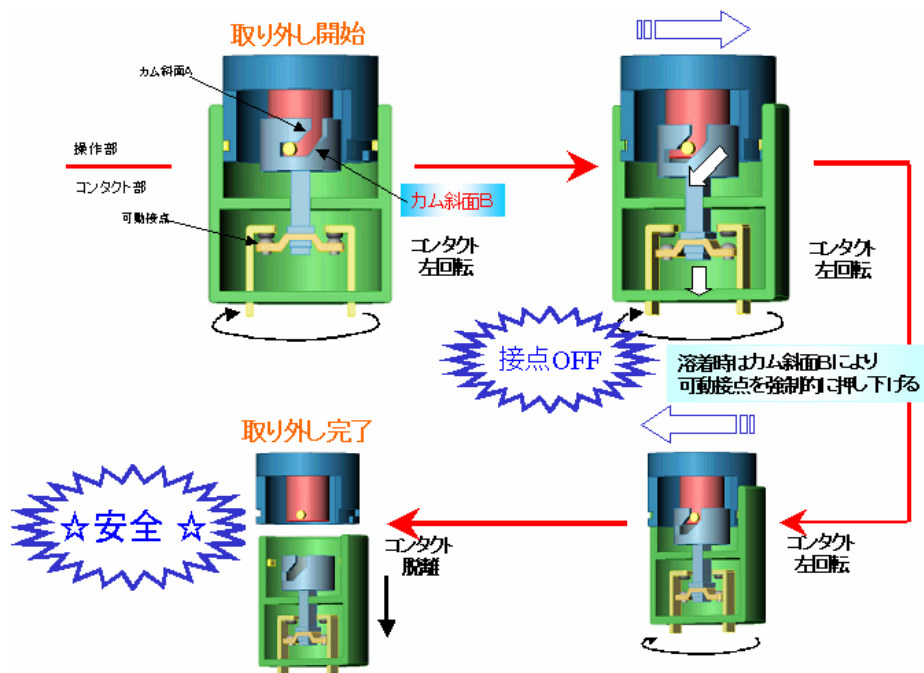
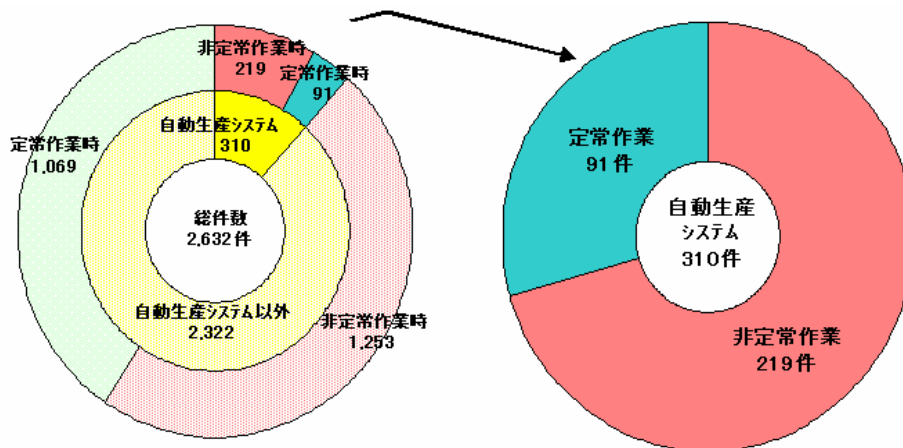


図3. 2-11 セーフブレイクアクション (接点ユニット取り外しの安全性)

2) 人間工学に配慮した国際規格に準拠した3ポジションイネーブルスイッチの開発
一般的に作業を大きく分類すると、定常作業と非定常作業に分けることができる。

図3. 2-13は自動車生産システムにおける労働災害の状況を示したものであり、定常作業時より非定常作業時での労働災害が多いことがわかる。そのための安全方策について、ISO 12100-2; 4. 11. 9項では、「設定 (段取り等)、ティーチング、工程の切り替え、不具合の発見、清掃又は保全の各作業に対する制御モード」として、次の様に規定している。

- すべての他の制御モードを不作為にする。
 - 機械の危険な要素の運転は、イネーブル装置、ホールド・トゥ・ラン制御装置又は両手操作制御装置の操作を続けることによるのみ許可する。
 - 機械の危険な要素の運転は、リスクが低減した状態下においてのみ許可する。
- この制御モードは、次の一つ又はいくつかの方策を組み合わせなければならない。
- 可能な限り危険区域に接近することを制限すること。
 - 非常停止制御機器をオペレータのすぐ手の届く範囲に設置すること。
 - 携行式制御ユニット (例えば教示ペンダント)、及び/又は制御される要素を視認できる局所制御器であること。
- と規定されている。



中央労働災害防止協会発行：
「非常作業における安全衛生対策に関する調査研究委員会(自動生産システム)報告書」(平成9年2月)より抜粋

図 3. 2 - 1 2 自経連加盟企業における労働災害発生状況

また、IEC60204-1 (JIS B 9960-1) では、あるシステムの一部をイネーブル機器として用いる場合は、1つのポジションに操作したときだけ機械の動きが許されるように設計しなければならない、その他のポジションでは、動きは停止しなければならないとして、次の様に規定している。

- ー 人間工学の原理を考慮した設計であること。
- ー 3ポジションについては、
 - ・ ポジション1：スイッチのオフ機能 (スイッチが押されていない状態)
 - ・ ポジション2：可能化機能 (スイッチが中間位置まで押された状態)
 - ・ ポジション3：オフ機能 (スイッチが中間位置を過ぎて押された状態)

ポジション3からポジション2に戻ったときは、イネーブル機能が作動してはならない。

図 3. 2 - 1 3 に 3 ポジションイネーブルスイッチの接点動作状態を示す。

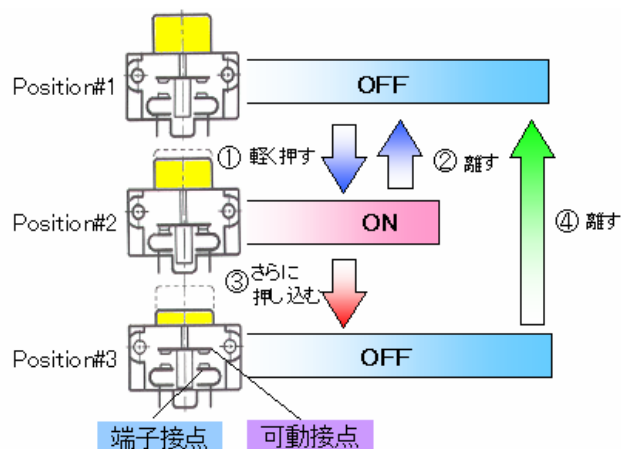


図 3. 2 - 1 3 3 ポジションイネーブルスイッチの接点動作

この3ポジションイネーブル装置は、前述の非常停止スイッチが作業者の意識によって操作される安全機器であるのに対し、無意識の動作によっても安全性を確保できることが必要要件となる。人間工学的に作業者は緊急時においてイネーブル装置から手を離す場合と、強く握り込む場合があるが、その両方との高い確実性で安全に機械を停止させなければならない。具体的には、接点溶着や配線の短絡など危険側の故障に対応するため、イネーブル装置には2つの接点を内蔵して回路を二重化し、一方の接点が危険側の故障を起こしても、手を離すかもしくは強く握り込んだ際には残りの故障していない回路で危険側の作動を停止させることが可能となる。また、人間工学的に考慮しなければならないのが操作感の問題がある。例えばロボットのティーチング作業は一般的に長時間に及ぶ場合が多く、その間イネーブル装置を握り締めるという操作を続けることになる。そのため3ポジションイネーブル装置の使い勝手の面から次のよう要求がある。

- (i) ポジション2 (ON 状態) の操作荷重が軽いこと。
 - (ii) ポジション2 からポジション3 への移行において適切な荷重差があること。
- このため、ユーザーニーズに対応すべく人間工学的に考慮した操作荷重の製品開発が進められた。図3.2-14に開発したHE2B形イネーブルスイッチの動作特性を示す。

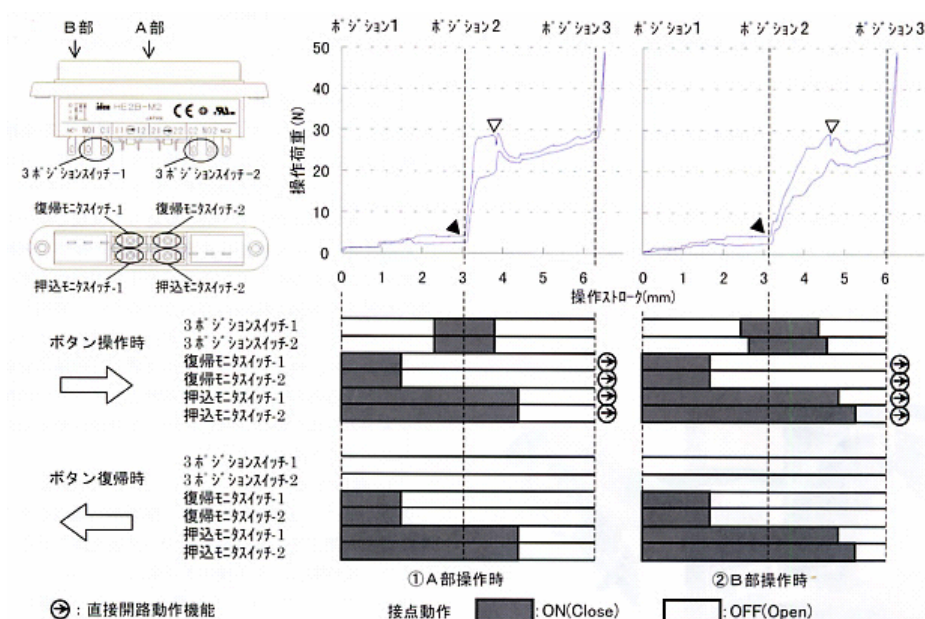


図3.2-14 HE2B形イネーブルスイッチの動作特性

このイネーブルスイッチを使用したものに、産業用ロボット用指示用ペンダントと複数作業者が危険エリアで安全を確保するためのグリップスイッチがある。特に指示用ペンダントはANSI/RIA R15.06では必須要件となっている。

3.2.3 ユーザーの要求に対応した安全技術者に求められる資質

現在、国内で販売されている安全コンポーネントのほとんどは、残念ながら欧米発の技術開発による製品が多いという状況にある。先に欧米と日本の安全に対する考え方について述べたが、欧米では人は必ず間違いを犯すものであるから技術力向上がなければ安全を確保できないという観点から、災害低減化技術向上を努力を積み重ねてきた結果が国際安全規格に反映されていると言える。それに対し日本の場合は、災害の主要因は人にあるという考え方から技術面よりも管理体制強化や教育訓練の実施、規制強化に注力してきた。これは、決して安全性を考慮していなかったのではなく、これまでの日本では作業者が安全に機械を使用することにより、安全性確保や無災害を迫及してきた。

しかし最近の国際的な潮流は、むしろ機械設備や生産システムそのものが事故に繋がらないような本質的安全設計や安全防護を技術的に確実に行うことで、事故や災害を防止しようという動きが急速に高まっている。これは、作業者に単に安全責任を求めるのではなく、事業責任者や安全管理者が安全の仕組みを構築しなければならないという企業の社会的責任（CSR）でもある。そのため、日本の生産現場では積極的に安全システムの構築に取り組もうという機運がたかまっているが、実際のものづくりの現場では、次の様な多くの問題を抱えている。

- 1) 災害発生後の対策の妥当性が判断しにくい
- 2) 自社装置・製造システムを海外工場に導入したいが、安全設計が難しい
- 3) コンサルタントや第三者認証機関に指摘された事項の対策が難しい
- 4) 機械設備のリスクアセスメントの判断がむずかしい
- 5) 新人設計者への機械安全についての教育カリキュラムがない
- 6) 労働安全マネジメントシステムを導入にても機械による災害が減らない
- 7) 安全管理者に機械の安全知識が不足している
- 8) 電気／機械設計者に安全知識をつけたい

図3.2-15は、実際に国際安全規格で求められているグローバルな水準で製品や生産システムの安全性について、安全方策から妥当性確認作業までの一連の作業プロセスを示した。

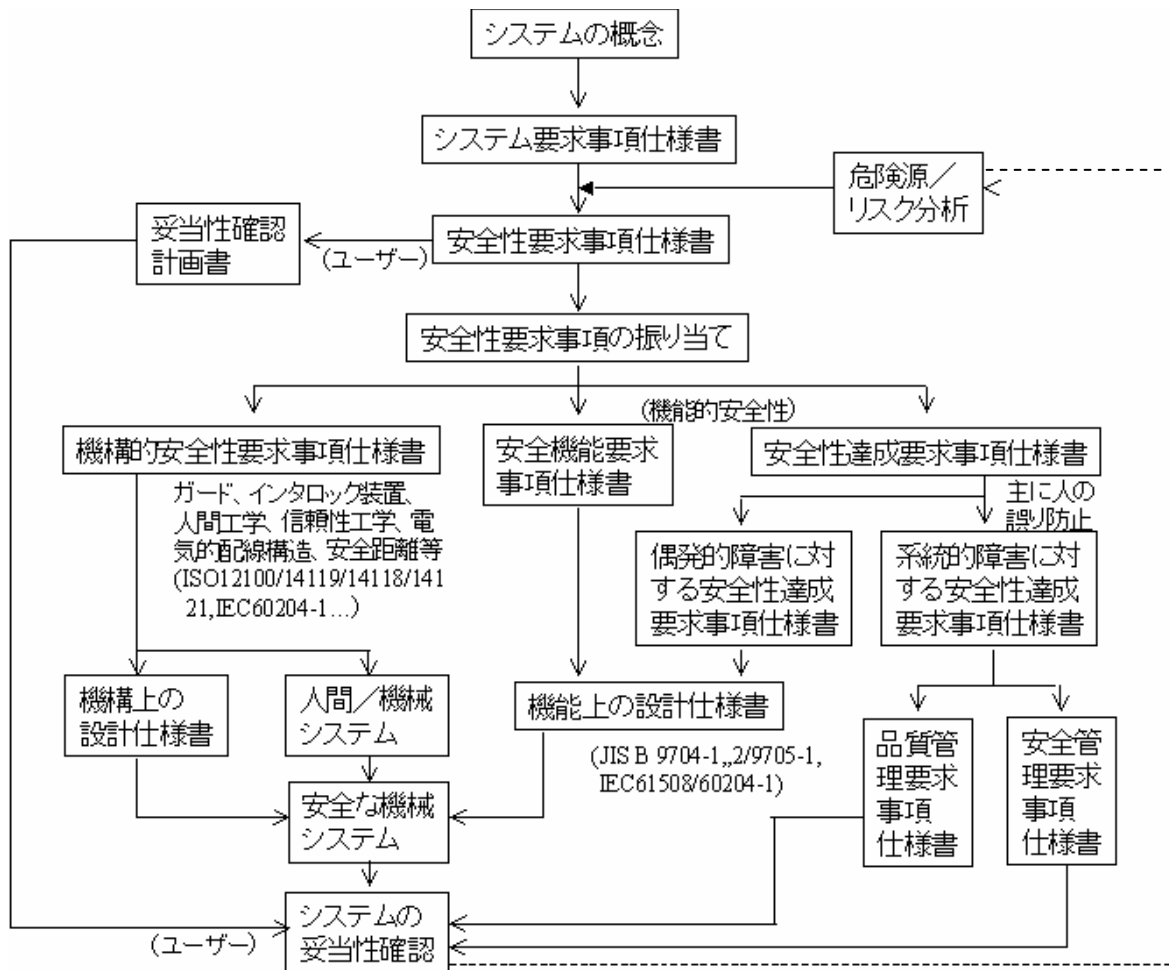


図 3. 2 - 1 5 安全方策から妥当性確認までのプロセス図

この中で、機能的又は、機構的な安全性の要求事項に対し、ISO 13849-1では制御システムに関する保護方策カテゴリを定めている。これには①品質を上げて故障しないようにする、だけでなく、②定期的に故障の有無をチェックする、③故障しても安全機能を維持させる（「抵抗性と呼ばれる」、④故障を検出したら機械の運転を止める、というように「はじめから故障の発生を認めて安全性を確保する」考え方が盛り込まれており、この安全に関わる制御システムが故障した場合の安全機能の維持能力を分類している。表 3. 2 - 3 は、この ISO 13849-1 による制御システムのカテゴリとその要求事項について示されたものである。日本の機械メーカーはこれまで欧米向けの機械類に対しては、この保護方策カテゴリに基づく制御回路を組み込んでいたが、国内向けには、安全確保よりコストが優先されてこれは組み込まれなかった。しかしながら、最近では、IEC 60204 (JIS B 9960) とともにこの ISO 13849-1 の考え方を社内設計標準書に取り入れを検討している機械メーカーが増加しており、制御機器メーカーとしてもこの制御システムの考え方を十分取り入れた安全コンポーネントの提案をすることになった。

表 3. 2 - 3 制御システムのカテゴリーとその要求事項 (ISO13849-1)

分類 (カテゴリ)	要件の要約	安全機能の維持能力 (抵抗性)
B	・基本安全原則を用いて、機械制御システム安全関連部の目的機能を実現すること。	・欠陥発生時安全機能を損なう場合が十分起こりえる。
1	・カテゴリ-Bの要件を満たすこと。 ・十分吟味された高信頼性のコンポーネントを使用し、安全の確保は安全原則に従うこと。	・カテゴリ-Bと同様であるが、安全関連部の安全確保機能の信頼性は高い。
2	・カテゴリ-Bの要件を満たすこと。 ・安全の確保は安全原則に従うこと。 ・安全機能が適当な間隔でチェックされること。	・安全機能の消失はチェックによって検出されるが、チェック間隔時間の間では安全機能は損なう。
3	・カテゴリ-Bの要件を満たすこと。 ・安全の確保は安全原則に従うこと。 ・設計要件：単一欠陥で安全機能を損なわないこと。単一欠陥はできる限り検出されること。	・単一欠陥で安全機能は損なわれない。 ・すべてではないが、欠陥の検出ができる。未検出欠陥の蓄積によって安全機能を損なう場合がある。
4	・カテゴリ-Bの要件を満たすこと。 ・安全の確保は安全原則に従うこと。 ・設計要件：単一欠陥は安全実行時、もしくはその前に検出されること。これが実行できないときは欠陥の蓄積で安全機能をそこなわないこと。	・欠陥が生じた場合、常に安全機能は損なわれない。 ・欠陥は安全機能実施が必ず間に合うように、予防設置として検出される。

現在ISO、IECの国際規格がJIS化されるようになり、生産設備はリスクアセスメントによりリスクを見積り、適正な安全方策を設計し、最終的安全かどうか妥当性確認が行われ生産現場に導入されることになる。そのための支援活動が安全コンポーネントを提供している制御機器メーカーに求められており、単に安全コンポーネントの仕様だけでなく、正しい使用方法（安全回路の構築）など国際安全規格における必要要件など専門的な知識が要求されている。制御機器メーカーのセールスエンジニアなど安全技術者に求められる資質として、「専門的な知識」、「経験」、そしてそれらを生かすための「能力」が必要である。図3.2-16ではそれぞれの資質に求められる項目を示したが、これらの資質をフルに生かすことによりさらによりよいユーザーニーズにマッチした安全コンポーネントの開発と提案が可能になると考えられる。

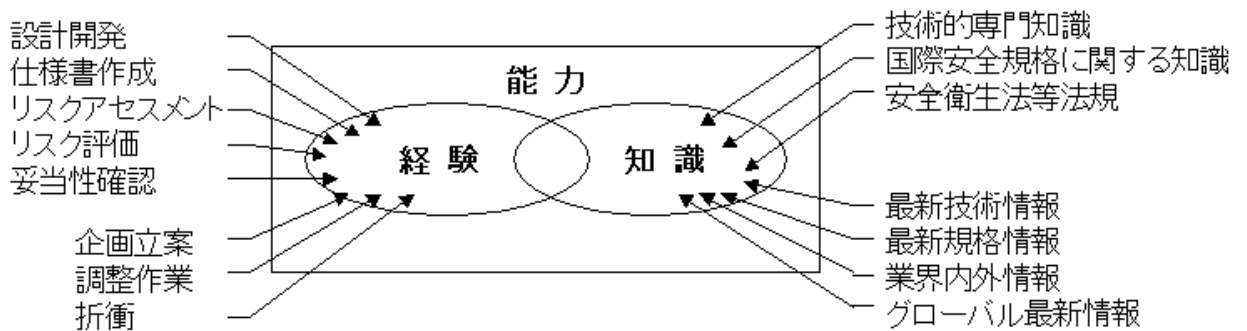


図 3. 2 - 1 6 安全技術者に求められる資質

1) 知識面

- ① 技術的専門知識；製品の仕様、性能、材質、品質、用途など
- ② 国際安全規格に関する知識；製品に求められる規格上の必要要件、使用方法、制御回路、プログラムなど
- ③ 労働安全衛生法等国内強制規格；防爆など特定製品における構造規格など
- ④ 最新技術情報；Safety のオープンネットやソフト、ハード面における新しい技術情報など
- ⑤ 最新規格情報；国際規格の J I S 化に関する情報、国際規格の改訂などの情報
- ⑥ 業界内外情報；制御機器業界としての安全に関する活動、各工業会における安全に対する取り組みや業界規格情報など
- ⑦ グローバル最新情報；国際的な安全に関する社会的潮流の動き、UL や CSA など認証に関する動きなどの情報

2) 経験面

- ① 設計開発；市場ニーズに対応した製品の開発
- ② 仕様書作成；ユーザーの要求事項のとりまとめ（求められるべき製品仕様についての性能、品質、規格面など）
- ③ リスクアセスメント；製品、工場設備、顧客でのリスクアセスメント
- ④ リスク評価；リスクアセスメントによるリスク見積りから本質的安全方策などへの展開、及びユーザーへの対策についての提案
- ⑤ 企画立案；新製品の開発、ユーザーへの提案など
- ⑥ 調整作業；社内関連部門、ユーザーとの調整
- ⑦ 折衝；製品採用に向けてのネゴシエーション活動

3) 能力面

「知識面」「経験」をフルに活用して、市場ニーズにマッチした製品の開発、製造、提供のレベルアップを図る能力

以上述べた要件を十分に生かすことにより、機械メーカーの要求に答える安全コンポーネントを開発し、客先に提案していくことも可能となる。

3.2.4 安全技術者の育成と今後の課題

以上、制御機器メーカーとしての安全コンポーネント普及のための取り組みについて述べたが、国際規格による標準化と機械安全への普及はこれからは急速に進むであろうと予測され、そのためにも

さらなる安全技術者の育成が非常に重要となる。そのために、

- ① 安全性を評価するためのリスクアセスメントを十分に理解する。

- ② リスクを低減するための国際安全規格を十分に理解する。
- ③ リスクを低減するための安全方策技術を十分理解し、提案ができる。
- ④ 安全方策に対する妥当性の確認と支援ができる。

などのスキルを育成していくために、社内研修や社外研修、セミナーへの参加など積極的に展開している。社内研修は、単に製品の研修だけでなく、国際安全規格の動向や必要要件、実際にデモ機を利用しての安全回路の組み方など実践的内容となっている。特にインタロック回路の組み方は、リスクレベルによりカテゴリーの考え方など理解できるような内容も取り入れている。また、ユーザーに対し規格要件の必要性や、構造、機能など十分理解してもらうための資料として技報や安全コンセプトブック、マニュアルなどを発行し活用している。また、社員を安全技術応用研究会の講習会や他のセミナーなどに積極的に参加し、新しい内外の安全技術情報を社内にフィードバックしている。ユーザーが実施する工場設備ラインのリスクアセスメントに参加し、リスク低減のための安全方策の低減策を提案するなど実践的活動を展開しスキルアップを図っている。しかしながら、国際的に通用する安全技術のスキルを身につけるための環境が、産学の一部であるのみで、ほとんどが習得する機会が少ないというのが現状であり、欧州にて実施されているような資格認証制度のようなものが希望されてきたが、ようやく国内においても、日本認証（株）と日本電気制御機器工業会（NECA）、安全技術応用研究会、TUVラインランドジャパンの提携のもとに発足したセーフティアセッサ資格制度が立ち上げられた。この制度は、E社の事例の中でも説明されているが、**図3.2-17**で示すような3段階のステップになっており、それぞれのステップの資格要件として、

Step1. セーフティ・サブアセッサ

アセッサに向けた基礎知識の習得度を評価する。国際規格にもとづく安全性の妥当性確認に必要とされる基礎能力を有すること。

Step2. セーフティアセッサ

セーフティ・サブアセッサで得た基本的知識に加え、更なる専門知識と実務講習を加え、安全性の妥当性判断の総合力を有し、リスクアセスメントから**図3.2-15**で示した仕様書の作成から、妥当性評価のできる実践能力を有すること。

Step3. セーフティ・リードアセッサ

セーフティアセッサの持つ安全性の妥当性判断能力に加え、第三者としての総合的な安全性の妥当性確認能力を評価するため、TUVラインランドジャパンの教育プログラムを習得し、認定されることとなっており、それぞれのレベルに応じてスキルアップを図れるようになっている。

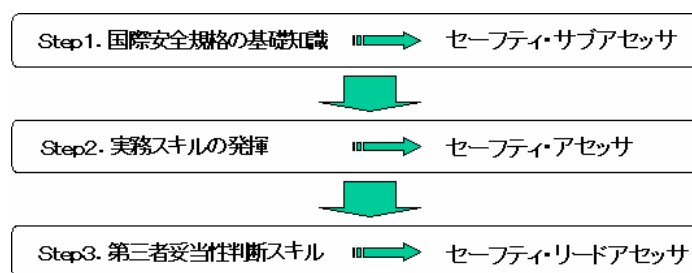


図 3. 2 - 1 7 セーフティアセッサ制度の 3 つのステップ

このセーフティアセッサ制度の第 1 回目の試験が 2004 年 12 月から 2005 年 1 月にかけて実施され、弊社では、設計部門、技術支援部門、営業部門から 50 名以上が受験した。第 1 回目ということでもあり、ほとんどがセーフティ・サブアセッサの受験あったが、次回以降、セーフティアセッサをめざし研鑽中である。今回多くの社員がこの資格認証制度を受けた最大の理由は、社会的潮流が安全への配慮の必要性へという動きを感じたからである。市場のニーズに対応して、いかに安全を確保していけばいいのかという問題に対し、それらをいかに解決すべきかという、いわゆる HMI ソリューションのための能力アップを計りたいことと、「安全を考慮した魅力ある使いやすさを考慮した製品づくりと提供」をめざしたいという強い思いに後押しされたからである。

日本の FA 現場は、社会的潮流の中でこれまでの人中心の安全性確保から人を守るための安全技術の構築へと変わってきており、制御機器メーカーは、ユーザーニーズにマッチした低コスト、高品質、扱いやすい製品の提案と供給、そして日本発の国際標準となる開発技術を世界に向けて発信することを最大の使命として、さらなるスキルアップを図っている。

第4章 まとめ

4.1 機械安全に対する従来のお考え方

機械に起因する事故を失くすためには、機械を安全に設計製造すること(機械安全)と機械を安全に操作保全すること(労働安全)が肝要である。前者は主として技術の問題であり、後者は人の問題である。本来、両者は車の車輪の如くバランスをとって始めて機械の安全は守られるはずである。ところがわが国では「人」だけを重視し、「技術」を忘れてきた。それが体制としてはっきりしてきたのは、1972年の労働安全衛生法(安衛法)の施行以後である。バランスはその後益々「人」に傾き、人を訓練教育して精鋭となし、危険に対する感性を養い、危険回避のスキルを研ぐことによって災害を防ぎ、絶対安全(ゼロ災)を目指してひたすら進むことになる。この精鋭主義のもとでは、事故の原因は必然的に精鋭たる作業者のヒューマンエラーや危険回避スキルの不足などに帰着してしまうのは必至である。そして被害を受けた作業者は労働災害保険の給付を受けるが、安全責任は実質的にはその作業者が被ることになる(第3章)。その結果、設備の安全方策やシステム構成を問題にすることはなく、ましてや機械の設計者まで遡って責任を問われることも皆無に近かった。すなわち、安全は「人」に頼る限り、事故が起こってから始めて責任を問うことになる(事後責任)また安全を守る方策のノーハウは暗黙知と化し、原因を技術的に追究して工学的な明示知とすることを怠ってきた。その結果、日本ではこの30年間安全は工学として発展してこず、安全工学を専門とする安全技術者も育ってこなかった。

一方、欧州は機械安全と労働安全の両者は法令上は均等に規制されてきた。しかし、キリスト教文化に根差す罪の意識が強い欧州では人は信頼できず必ずミスがあると考え、技術に頼る機械安全のほうに圧倒的にウエイトが掛かっている。すなわち、安全は災害の発生を事前に予測し技術的に予防する(事前責任)という考えで、機械の設計製造時にリスクアセスメントをして製造者が安全を保証する(自己宣言または第三者認証によるCEマーキング)。当然そこには安全工学による裏付けが必要となる。

EUはその成立にともない安全要求事項を性能規定した指令(法令)を各加盟国で共通に立法化することを強制した(ニューアプローチ)。そして性能規定を具体的に順守していくために必要な技術的事項をEN規格として定めた。その際、EUは戦略としてEN規格の国際規格化を推し進めたので、WTO/TBT協定によりEN規格は自動的にJIS化することになる。

この様なEUの規格戦略を日本の産業界が軽視し、ダブルスタンダード状態を容認してきた。それは次のような状況に起因している。

(1) 機械メーカーは日本の技術水準は非常に高いので、輸出市場においては国際安全規格にいつでも柔軟に対応でき、とくに対策を立てるほどのことはないと考えてきた。一方、国内市場においてはユーザはコスト面で国際規格対応をむしろ忌避してきた。そ

のため、機械メーカーに対して規格順守のインセンティブがなかった。

(2) 日本の労働安全行政は「人」重視の精鋭主義で十分成果を上げてきたので、今更技術路線に変更する必要性はないと考えてきた。産業界も行政が強制法規化して、国際規格順守を義務化しない限り路線を変更する意志はなく、むしろ規制緩和の名目で強制法規化に反対してきた。

4.2 国際安全規格への適合の必要性

機械システムや各種システムの国際安全規格への適応は不可避である。その理由としては次の様な事が上げられる。

(1) グローバル市場は機械の安全性は不可欠な要件となっており、安全技術の遅れは市場競争で敗北を意味するようになってきた。例えば、韓国への新幹線売り込み失敗は安全管理技術でフランスに遅れをとったことが原因であると云われている。

(2) 災害の発生は確定(論)的危険源と偶発(確率論)的危険源に分けられる。前者は例えば稼働中の旋盤のバイトの刃先のような危険源で、手を出せば必ず指に怪我をする。後者はバイトの欠けた刃先飛散のような危険源で、欠けの発生は予想できず確率的にしか起こらないが、欠けたチップが人に当たると大怪我となる恐れがある。確率的危険源に対する安全方策は隔離の原則に則り、現行の国際規格で細かに規定されている。しかし日本では未だに人のスキルに頼って防ぐ場合が多い。偶発的危険源に対しては、本質的安全設計方策によらざるを得ない。ロボットを例にとると、産業用ロボットに対しては隔離の原則を基に ANSI/RIA15.06 や ISO10218 が制定されている。一方、サービス用ロボットの場合ロボットに直接接触しなければならないので隔離の原則は適応できず、本質的安全設計方策が必要であるが、技術的に未開発の分野である。このように新製品の偶発的危険源に対する安全方策の技術開発が市場競争のキーポイントとなる。

(3) 日本では絶対安全が原則であり、一般認識となっている。BSE騒動がその一例で、牛の全頭検査が義務化され、残留リスクを認め一部検査の米国と牛の輸出入を巡って対立している。新しい製品を開発して逸早く市場投入する際、絶対安全原則は障害となる。欧米では ALARP(As Low As Reasonably Practicable)ゾーンすなわちリスク/便益基準(IEC60508 および ISO14971)を認めている。例えば、医療機器では、リスク低減が技術的に非常に困難であったり、莫大なコストが掛かる場合、残留リスクが許容レベル以下に低減されなくても、医学的便益性が不十分なリスク低減を補うことができるならば、その医療機器を使用して免責される。ただし、使用に際し、情報開示して患者の同意を得る必要がある(Informed Consent)。日本の場合、六本木ヒルズの自動回転ドアの死亡事故の例を見るまでもなく、新しい製品がいくら良いメリットを有していても、絶対安全でなければ、製品の市場性は断たれてしまう。

(4) 労安法制定草創期から営々と労働安全運動を進めてきた人材(精鋭)は続々と引退し、リストラでその補充もままならない。また、労働市場のグローバル化生産工場の

国外移転、省力による自動化推進などの理由で精鋭主義を貫くことは難しくなってきた（3.2節）。また、企業内の労働安全規制も労安法、国際規格、社内規格の三重規制では混乱を招き、コストも嵩む。

（5）国際安全規格が JIS 化されて、国内に浸透してくると、重大な労働災害に対する PL 訴訟で製造者も責任を問われるようになるであろう。すなわち、機械が国際安全規格に則って製造されていない場合、その事実が被害者側が製造物責任の要件事実の証明の根拠となり得る。

最近になりこのような状況が産業界でも少しずつ認知されてきたようである。日本機械工学連合会（日機連）では平成 15 年度に我が国の機械工業分野における今後の標準化戦略のあり方に関する調査研究を行なっている。その中で、機械安全に関わる標準化を最も重要な課題として位置づけている。そして国際安全規格を日本に根付かせるため、(1)JIS 規格の強制化、(2)安全要求事項への自主的適合宣言参加組織の構築、(3)認証制度の育成、(4)産業界の規格利用と作成を促進する制度の育成、(5)安全責任、安全工学教育普及活動、(6)本質的安全設計の導入促進活動、などを今後産業界が推進していくべき方策として提言している。日機連として、このような方策を具体的に実行していくため、平成 17 年 1 月に安全コンソーシアム構想を打ち上げた。

本調査はこの様な流れに沿うものであり、製品の国際規格適合に向けた機械メーカー 4 社の取組み事例（第 2 章）とそのために必要な安全技術者の育成に向けた取組み事例を（第 3 章）機械ユーザー及び制御器メーカー各 1 社について調査研究を行なったものである。

4.3 安全技術者及び認証技術者養成の必要性とその現況

そもそも、欧州で成立した国際安全規格は 30 年に亘って培われた安全工学をベースとして、確固たる安全概念の上に構築されており、科学的合理性を持つ。したがって、それだけの重みがあり片手間に規格を取扱う訳にはいかない。例えば、基本規格の ISO12100 には 50 の B 規格が引用されている。この事は ISO12100 を使いこなすには 50 の規格を読み理解して判断しなければならない。そのためには、各企業には少なくとも数名の専門教育を受けた安全技術者が必要となろう。また、基本規格 ISO14121 で規定されているリスクアセスメントは一日や二日の講習会を受けて身につくような安直な手法でなく、これを使いこなすためには規格に精通した上、経験を要する。さらにアセスメントの最終結果は専門の安全技術者による妥当性確認が必要である。

第 2 章の取組み事例において、D 社は社内の製品安全と労働安全の体制を 2003 年より完全に国際規格対応に切替えている。この切替えは D 社の属している T 自動車グループ全体の意志に基づくものである。A 社はロボットの輸出に必要な CE マーキングや米国 ANSI/RIA 規格などを強く意識しているが、B 社、C 社と同様に旧来の労働安全体制を継続しており、完全な国際規格対応に至っていない。このような立ち遅れの主因は安全

方策の妥当性確認を実行できる専門的な安全技術者は3社とも社内に育成されていないことにあると推測される。

第3章において、機械ユーザーの1社は既設の自社製機械において、設備設計技術者がISO12100に規定されている再起動防止制御機構が構築されていなかったために起きた災害事例を3例上げている。また制御機器メーカーの1社は国際規格対応の非常停止スイッチとイネーブルスウィッチの開発事例を取上げている。両社共これから国際規格に対応した設備設計や安全コンポーネント開発を推進していくには、規格を専門的に教育された安全技術者やセーフティアセッサの早急な育成が必須要件であることを強調している。

現在のところ国際規格対応の安全技術者並びに認証技術者の養成機関及び要員認証機関は日本では下記の3機関しかない。

(1) 長岡技術科学大学

2003年度より企業からの派遣学生（社会人学生）を対象に「機械安全コース」を機械工学修士課程に設けている。コースの目的は国際安全規格を論理的に読解し、安全工学並びに認証工学の高等専門家の養成であり、日本の国際安全規格の適合化における指導者育成を目指す。授業は集中講義（年間30日程度）で行いサテライト教室東京で受講させる。授業の他に、各派遣企業でのリスクアセスメント実施を演習として課し、修士論文として企業内での安全上の問題を安全工学的手法での分析を課する。2年間の教育後、論文審査を合格すれば、修士の学位を授与するとともに機械安全コース修了者として認定する。

(2) 安全技術応用研究会（安応研）

（会長：向殿政男、副会長：蓬原弘一）

1992年に国際安全規格の啓蒙、安全技術の研究を目的とした任意団体で、60の企業会員、22名の官、民、学の個人会員で構成される。安全技術講習会やリスクアセスメント研修会の開催、安全確認型安全技術の研究及びその結果の図書出版などを手がけている。2004年度より妥当性確認技術の能力審査制度を立上げ、その能力養成用の講習プログラムを提供している。

(3) 日本認証株式会社

日本電気制御機器工業会（NECA）のバックアップで設立された認証会社であるが、2004年度に安全技術者の能力、資格認定制度を立上げた。3段階の資格、Ⅰセーフティサブアセッサ（Safety Sub Assessor）、Ⅱセーフティアセッサ（Safety Assessor）、Ⅲセーフティリードアセッサ（Safety Lead assessor）を用意している。初年度にはⅠとⅡの資格認定を行なった。Ⅱの資格認定には、安応研とタイアップし、その能力養成用の講習会受講と能力審査試験合格を受験条件としている。

参 考 文 献 (購入文献)

1. J I S B 9 7 0 2 : 2000 「機械類の安全性」 (財) 日本規格協会
－ リスクアセスメントの原則 －
2. リスクアセスメント実践技術の解説 安全技術応用研究会
3. J I S B 9 7 0 0 - 1 : : 2004 機械類の安全性 (財) 日本規格協会
機械類の安全性
－ 設計のための基本概念、一般原則 －
第 1 部 : 基本用語、方法論
4. J I S B 9 7 0 0 - 2 : 2004 機械類の安全性 (財) 日本規格協会
機械類の安全性
－ 設計のための基本概念、一般原則 －
第 2 部 : 技術原則



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

非 売 品

禁無断転載

平成16年度

新製造技術に関する調査研究報告書

— 機械工業の安全化技術 —

発 行 平成17年3月

発行者 社団法人 日本機械工業連合会

〒105-0011

東京都港区芝公園三丁目5番8号

電 話 03-3434-5384

財団法人 製造科学技術センター

〒105-0002

東京都港区愛宕一丁目2番2号

電 話 03-5472-2561