

# 機械安全技術の普及促進事業報告書(概要)

発行：平成18年3月、NPO安全工学研究所

## 1. 本事業の目的

現在、欧州では、機械の安全性に関する規格を制定し、強制法規、第三者機関による認証制度、と併せて運用することにより実効性を確保しており、欧州規格をベースにして、ISO及びIECにて国際標準化作業が進められている。

この機械安全に関する国際規格の要点は、安全がリスクに基づいて定義され、リスクアセスメントの実施を基本として、安全な機械を製造する責任は機械のことを最もよく知っている製造メーカーにあること、及び安全な機械システムを設計するための安全方策に適用順序があること（設計で安全を確保する本質安全設計が第一であって、作業者の訓練で安全を確保するのは順番としては最後）にある。

また、厚生労働省でも機械安全の重要性に注目し、平成13年6月に「機械の包括的な安全基準に関する指針」（以下指針）を策定すると共に平成18年4月より、改正労働安全衛生法（安衛法）を施行し、（安衛法の規制の対象外である）機械の製造者への安全への取り組みを促しているところである。

しかし、我が国の製造メーカーにおいては、未だ機械安全に関するリスクアセスメントの重要性に関する認識は低く、安全性に関する国際的な要求水準達成に向けた取り組みは十分とは言えないのが現状である。

本事業は、こうした現状に鑑み、我が国製造現場の機械安全に関するリスクアセスメントに対する理解を増進し当該製造設備に対する需要を高めることで、製造産業の機械安全技術に対する開発インセンティブを醸成し、もってグローバルスタンダードに対応した国際競争力のある高度技術集約型産業を創出するため、機械安全に関するリスクアセスメントの有効性、機械安全概念の認識普及のための広報活動の実施等を行うものである。

## 2. 安全面からの有効性検証

労働災害事故の予見可能性(リスクアセスメント)と結果回避可能性(リスク低減)を確認するために、拡散している様々な事故情報で一貫した判断を下す事は困難である。その為に事故データベースでという統一形態にまとめ、そこに既知のリスク評価の方法論を統一的に適用し、自ら考案したカテゴリ・マトリックス評価により、データ分析を実施した。これにより、今後本データベースを拡充するフレームワークが構築された。

### 2.1. データベースの構築

幾つか存在するデータベースの中から、操作の容易性と拡張性の観点からFile Maker Proを選択の上デザインし構築した。

### 2.2. データの評価

構築したデータベースの入力件数は総数1496件である。これらの事故データに対しISO12100に基づく事前の設計者責任を製造者が全うしていれば発生事故を予見・結果回避できたかを分析し、機械安全概念の有効性を検証した。さらに、機械的危険源のみを抽出した646件に

についても別途分析評価を行った。その際、予見・回避可能性判断の妥当性を確保するため、具体的な判例も調査対象とした。

危険源の予見可能性カテゴリは表1.の

- 1S: 一般人が予見できる
- 2 - 4S: 専門家なら予見できる
- 5S: 予見しがたい

安全方策による回避可能性カテゴリは表2.の

- 1 - 2T: 安全技術
- 3T: 人の訓練や監理
- 4T: 回避困難

再発防止マトリックスは表3.の

- High = 国内基準無視による事故
- Middle = 国際安全規格等の無視による事故
- Middle-Low = 現在の安全技術の無視による事故
- Low = 新しい基準(技術・管理とも)が必要

予見可能性は × 5 で回避可能性は × 4 の 5 × 4 マトリックスとし、総合評価を再発防止マトリックスとした。更に、個別データ上は参考データとして技術的考察を追加し ISO12100 のスリーステップメソッドに則り確定的な手法による分析評価を実施した；

技術的考察

ISO12100 によるリスクアセスメント及びリスク低減

技術的考察1. 危険源同定・危険状態及び危険事象

技術的考察2. 本質安全設計 安全防護及び追加的保護方策 使用上の情報

技術的考察3. リスク低減

その際、予見・回避可能性判断の妥当性を確保するため、具体的な判例も調査対象とした。データの分析及び評価は、十分に機械安全の知識を有する専門家が実施した。

表1: 危険源の予見可能性カテゴリ

予見可能性 カテゴリ	専門性	知識や技術の水準	従事業務の 例	
(1S)	一般人が予見できる	一般常識		
(2S)	専門家なら予見できる	安全管理の専門家(安全管理者など)	KYT	
(3S)		一般技術者	一般的な工学知識	設計
(4S)		安全技術の専門家	安全技術に関する専門知識 (ISO/IEC など)	安全方策
(5S)	予見しがたい(予見困難)	既存の知識や技術では対応困難		

表2： 安全方策による回避可能性カテゴリ

回避可能性 カテゴリ	採用する技術または手法	
(1T)	安全技術	適切な既存の安全規格・安全基準の採用
(2T)		安全技術に関する知見
(3T)	人の訓練や管理	
(4T)	回避困難	

表3： 再発防止可能性マトリックス

予見回避				
	High	High	High	High
	High	High	Middle - Low	Low
	Middle	Middle	Middle - Low	Low
	Middle	Middle	Middle - Low	Low
	Low	Low	Low	Low

High-Low の例示

- High = 国内基準無視による事故
- Middle = 国際安全規格等の無視による事故
- Middle-Low = 現在の安全技術の無視による事故
- Low = 新しい基準(技術・管理とも)が必要

ISO12100 による技術的考察；

- 技術的考察1．危険源同定・危険状態及び危険事象
- 技術的考察2．本質安全設計 安全防護及び追加的保護方策 使用上の情報
- 技術的考察3．リスク低減

### 2.3. まとめ

予見可能性(リスクアセスメント)と結果回避可能性(リスク低減)をISO12100の設計原則に則り実践したとすれば、国内における労働災害の8割近くの死亡事故は演繹的予防が技術的に可能であるとの結果を得た。

### 3. 産業競争力面からの有効性検証

国内で機械安全の有効性につき、基本的調査、アンケート及びヒアリングを実施し、文献を踏まえた考察を行い有効性の検証を行った。

#### 3.1. 明示的な企業価値

##### 3.1.1 コスト増加要因：

##### 3.1.2 生産性向上効果：

大野によると、トヨタ生産方式の基本思想は「徹底したムダの排除」であるが、それを貫く2本の柱が「ジャストイン・タイム」と「自動化」である。そして、それらの要諦となっている仕組みが前者では「標準化」であり、後者では「止まる機械」である。これはまさに機械安全の仕組みと一致している。規格ISO12100は基本的には確定論に則っており、安全を規格化=標準化して順守することと等価である。トヨタでは「自動機械」とは「自動停止付の機械」という意味であり、異常があれば機械が止まるシステムになっている。すなわち、人が常に付いていて、異常があれば機械

の代わりにすることでは、いつまでたっても異常がなくなる。異常があれば機械が止まるということは、不具合の原因をその場で明らかにでき、不具合がはっきりすれば改善も進む。結果的に機械は止まらなくなるので稼働率も上がり、生産性も上がる。同様な仕組みが機械安全にも当てはまる。日本の精鋭主義の労働安全システムでは、労働者が危険を察知して「機械を止める」ことによる危険予知型の安全確保である。一方、ISO12100は、労働者が危険領域に立ち入って安全が確保できなくなったら「機械が止まる」安全確認型の安全構築を要求している。杉本は安全確認型システムを導入したK社の製造ラインでは、導入前の稼働率93%であったものが、導入後99.3%に上昇した事例を紹介している<2>。すなわち、導入前は大きなトラブルは仕方なく止めていたが小さなトラブルはほとんど止めない処理をして、稼働率93%を保っていた。導入後は小さなトラブルでも機械は止まってしまうので稼働率は80%台まで落ちてしまった。しかし、逆に人間が止まる要因を見つけて、機械が止まらないための工夫をすることにより却って機械は止まらなくなり、100%近い稼働率になった。しかも、その後ラインスピードを30%アップしたので、生産性としては40%以上上がったことになる。

### 3.1.3 アンケート及びヒアリングの実施

本調査では、機械安全の産業競争力面からの有効性検証のため、2種類の計837社に対するアンケート及び国内及び欧米企業35社に対する先進事例ヒアリング調査を実施した。

国内典型事例：

自動車業界（4社）：

A社では、創業以来の安全に対する経営者の理解と熱意から製造現場での安全確保には特別の配慮が払われてきた。特に、1991年以降社内に安全設計検討委員会を組織し、安全に関する従来の社内基準と国際規格ISO/IECとの整合化を図り、リスクアセスメントの第1ステップである「本質安全設計」を徹底することにより、全体としてコスト削減並びに生産性向上を達成している。近年のグローバル化に伴い最近の設備は基本的にひとつのグローバル対応のものとなっており、各生産技術部門においても、安全、そして設計の第一段階に本質安全設計を徹底することが通例となってきた。結果として生産性向上(30 - 50%)とコスト削減につながっている。

B社の場合、外国で設計当初から国際規格の設計原則を適用し、同時にそれにより「標準化」を達成した結果、従来の同設備に対して十数パーセントのコストダウン及び25%の生産性上昇効果が検証された。事故が起きてから後処理として安全方策を講じた場合、確実にコストアップにある。そのために、設計自体に安全設計を織り込むことが基本的要件。安全確認型（止まる安全）であるが、止めないための工夫を生産技術面で行うことにより生産性も向上した。当社では、創業以来の社内設計基準があり、国際規格とは整合されていないために、現在その改定作業を行っている。

また、自動車業界においては、産業用ロボットの安全性に関するISO10218の国際委員会にユーザー及びメーカーが積極的かつ継続的に国際会議の委員会に出席し、国内での知恵の結集を今後の国際規格に反映すべく、かつ日本からの提案も含め発信している。

電機業界（2社）：

この分野でグローバル企業として活動しているC社の場合、ここ数年かけて全社的にISO 12100の設計原則をベースとした安全体系を構築し、平成17年4月より実践を開始した。まずは、社内規格を統一し、「C安全設備規格」を策定、安全についての適合性評価システムを構築、安全の妥当性を判断する専門家の教育、養成、そして実践する際のツールとしてのコンピューターシステムを構築し、標準化された規格を同一の様式でかつ迅速に伝達・実践することを可能にした。妥当性の

検証が済んだ機械には適合マークが貼られる。C社への設備・機械納入の際には要求仕様書の中に、リスクアセスメント図書の提出が求められているために、基本的に安全な機械のみが納入されることになっている。

D社の場合、安全に理解を示す経営者により独自で製造する機械につきグローバルな展開を見ずえて全社的に安全設計をISO 12100の設計原則に基づき実践することが、社内基準により定められている。それにより欧州輸出のCE対応と同仕様の機械が国内でも提供される。安全をやることで最優先すべきは本質安全設計であり、それを生かすことによりかなりのコストメリットを得られる。

これら電機大手が率先して安全を取り入れている背景として、前述の米国発の半導体製造装置安全性ガイドラインSEMI 2-93A規格があげられる。これは1993年に発行され、SEMI S2-0200として2000年に改定された。半導体は現在産業の米であり、グローバルに使われている。それを製造する装置は基本的に国際安全規格に合致しており、その要求を満たさないと、輸出ができないのが現状である。この分野の国際標準化は米国が先導している。

工作機械業界(16社):

欧州への輸出比率が高いこの業界では、欧州への輸出についてはCEマーキング制度導入前後から積極的に機械指令への対応を必須条件として実践してきた。機械安全の対応については、国内標準仕様とは別仕様で対応するとコストアップになるが、トータルとしては標準化のメリットがありコストダウンにつながるという意見が大方を占めた。国内向けに安全設計を施している製造者は限られているが、客先が安全装置をはずして納入を希望する際には、基本的に覚書を交わした上で、改造を施している。

### 3.2. 暗黙的な企業価値

#### 3.2.1 リスク低減による利得:

#### 3.2.2 労働者の志気・規律の上昇効果:

#### 3.2.3 標準化効果:

#### 3.2.4 信用力上昇効果:

### 3.3. 機械安全有効性の総合評価

#### 3.3.1 機械安全有効性のベクトル表示

#### 3.3.2 機械安全ベクトル図の定量化

##### 3.3.2.1 現況の制度下と国際規格に準拠した場合の比較

##### 3.3.2.2 考察

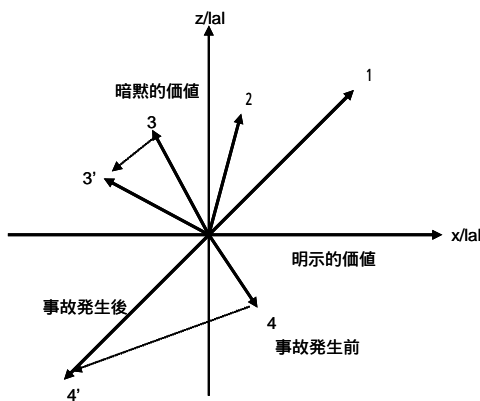


図4 機械安全で考えられるベクトル図

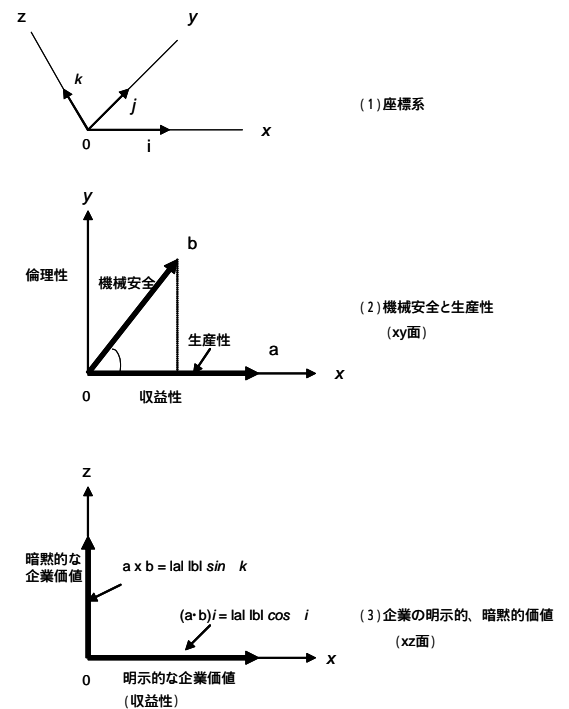


図1 機械安全と企業価値の関係

## 【コラム1】「安全の事前責任と安全の国際的整合化について」

### 1．労働安全と安全の事前責任

機械の欠陥によって起る事故の責任、いわゆる製造物責任（PL）は労働現場で使用する機械にも当然適用する。欠陥に対する補償の責任を果たすのは、端的には製造事業者である。補償という事後的責任の他に、その原因を作った設計者が本来果たすべき事前的責任が存在する。設計者は、もともと機械の安全を準備する立場にあり、それが不十分であったために事故が起こり、止むを得ず、事後処理の要求に製造事業者が応じているのである。機械安全の国際規格は、事故の責任（PL）を製造者としながらも、設計者が設計原則に従って確保すべき要求（PLP：Product Liability Prevention）を国際的コンセンサスとして示しているのである。

機械の欠陥に対する事後的責任は、PLが適用される場面でありながら、わが国の労働現場の状況は相当に違っている。わが国では優秀な労働者による「自主管理・改善」で事故防止が遂行されてきた。すなわち、機械の欠陥で事故が生じるというよりは、誤操作、技量不足、不注意など、労働者のミスが原因で事故が起こったと判断され、事後的責任として労災保険が支払われてきたわけである。労災保険は無過失責任保険である。労働者の錯誤（過失）で発生した労災であっても、無過失責任保険のおかげで、労働者が救済の恩恵を受けてきた。しかし、この見方は正しくない。

労働者が災害を受けたとき、予測して回避できたはずの事故であったか否か問われるべきである。重要なことは、設計者は、欠陥の発生をコントロールする直接的立場にあり、安全の事前責任は設計者に帰すべきだということである。製造物責任PLも安全配慮義務も同じであり、国際規格に従って設計者は可能な限りの設計安全を実施するのは、設計者が事後的責任を最小とする義務を事前に果たすためなのである。国際規格が利用されるのは、もともと国際規格が、その目的、すなわち事前の安全責任（PLP）を設計者が果たす目的で作られており、これによる説明はグローバルなコンセンサスを得て最も正当だと見なされるからである。

このように、事故に伴う責任には、事故の可能性とその原因に関して、事後的責任と事前的責任とが存在し、「安全」は事前の責任に属し、事後的責任を最小とするために最善の努力をし（‘State of the art’）、また、それが最善であることの説明責任を果たすことであり、その結果、事前に回避できない事故に対して改めて事後的責任を製造事業者に委ねることが許されるという関係である。しかし、私たちの国では、責任とは、文字通り「責めに任ずること」であり、結果責任、事後的責任の意味が強い。一方、国際規格では、責任はResponsibility、すなわちRespondすること（応答）であり、製造事業者が応える補償請求はもとより、設計者は、国際規格に応答することで事前責任を果たすことを最善とするのである。

繰り返すが、安全は、事故を防ぐと言う結果を必然とするのでなく、そのために事前に何を準備したのかの説明責任を果たすことである。設計者は、国際規格の要求に応じて（respond）最善を実行し、その限界を事後的責任（PL、労災保険）に委ねるのである。

### 2．安全の事前責任とリスクアセスメント

米国のPL訴訟では、裁判所から最初に請求される資料はリスクアセスメントである。コモロ（慣習法）として当然の要求であり、これを用いて、設計者の事前の準備（説明責任）が正当であるかどうか判断されるのである。リスクアセスメントには、実施者、確認者のサインが必要であり、どのような資格でこれを実行し、確認したのがチェックされる。米国には、CSP（Certified Safety Professionals）がリスクアセッサとして役割を担当する。事前の安全責任には、事故を防ぐ正当な姿勢が示されねばならず、そうでなければ、コンセンサスを得た説明責任に応える資格がないと見なされるのである。事後的責任の典型である米国PL制度であるが、責任の主体者は事後

責任（PL 補償）と事前責任（PLP）があって、予見・回避の責任者（設計者）の無責任で法外な事後責任（場合によっては制裁）が課せられるのである。

事前の安全責任を果たす最も広く認められた手段がリスクアセスメントである。事前の安全責任の制度では、正当なリスクアセスメントが要求される。グローバルなコンセンサスを得たリスクアセスメントだと言うことである。わが国の安全配慮義務が、この正当なリスクアセスメントによる「認証」を要求しないため、どうしても事後のゴタゴタが避けられないのである。2006年安衛法改正に先立ち厚生労働省が行った職場でのリスクアセスメント実施の実態調査によると、リスクアセスメントを行っている職場は少なく、ましてや、国際規格に準拠したリスクアセスメントが殆ど行われていないという調査結果を得た。これは、当然のことだと思わざるを得ない。わが国の安全の問題は、安全の事前責任の制度を持たないことから発生していると言っている。事故は何が原因か、誰の責任かと言うように責めに任ずべき対象者の特定でゴタゴタにけりをつけようとしたり、逆に、誰も悪くないとして、労災保険のように、無過失責任保険で被害者救済を行って事故の責任を曖昧にしてゴタゴタの発生を阻止すると言うようなこれまでのやり方では、何も解決しないのである。

わが国では、現に、輸出用機械のメーカーだけが、国際規格の考え方でリスクアセスメントをやっている。我流で生じた事故の抗弁は何の効力を示さず、多額の事後責任が待っているのを彼らは知っているからである。リスクアセスメントに生命力を与えるなら、事後の責任が、事前の責任を如何に果たしたかに大きく依っており、その決定的といえる手段がグローバルに認められたリスクアセスメントなのだという共通認識を持つことが何よりも重要である。これは、リスクアセスメントデータベースを作る以前に、わが国にとって最も重要で困難な課題である。

### 3. 標準的リスクアセスメントの実施機会

ところで、リスクアセスメントの責任（義務）が、共通の認識に立つ機会が存在する。それは、事故を起こした後の運転再開の時点である。これまでは、事故が発生すると、刑法上の違反や過失の調査を行って、特に問題がないと労災保険の手続きを行って容易に運転再開が可能であった。今後は、どの危険源が事故の原因になったかと言う事後責任とともに、運転再開の条件として、対策を行うとともに、リスク低減効果をリスクアセスメントによって証明する義務を課す。このときのリスクアセスメント手法は、行政が準備するが、国際的に通用する手法を準備することができるはずである。いずれにせよ、事前責任による安全の制度を如何に実現するかが、今後の安全行政に大きく影響することは間違いない。

#### 【コラム2】衡平性 (Equity 関連)

米国の製造物責任法 (Products Liability Law: PL法) においては、許容リスクの限界を定めるためにリスク/便益基準を採用し、安全の費用を算出して裁判を争っている。すなわち、リスクを低減するに要する費用が安全を確保したことによる便益を数値で明示化して製造物責任を争う。しかし、そのPL法に公平と正義を追求する衡平法 (Equity) の精神が根底にある。

英米法には判例法と制定法があり、前者は慣習法、コモンロー、衡平法に分かれる。現在は衡平法はコモンローとの融合が行われ、裁判所は一つに統合されている<2>。衡平法の起源はローマ時代に遡り、ローマ市民と征服した民族との民事紛争の裁判に端を発している。中世時代には地主と農奴の間の紛争のように、国王裁判所が運用したコモンローでは救済が与えられないタイプの事件であっても、正義 (justice) と公正 (fairness) の見地から当然自分に救済が与えられて然るべきと考えた者は、正義の源泉である国王にその旨の請願を提出した。

安全に関する施策の基本は世界的に伝統的な官主導の労働災害への方策から、職業

病へ、さらには作業関連疾患へと労働者の権利を如何に擁護するかに変遷してきている。欧州の機械使用者は職場の安全衛生の改善に関する手段の導入を定めた欧州指令 89/391/EEC (これを受けて 19 の個別指令が発令された) の要求に適合する為に、例えば 2006 年から EU 域内の国内法として発効する新騒音指令で騒音数値の低減が求められ、機械設計者もこれを考慮した方策が新たに求められている。しかるに、それに伴い機械設計者の負担も増加傾向にある。これを負担と考えるか、経済性が悪化すると捉えるかは、衡平性のあり方が問われてくる。

また近年の日本の情報公開法は、官から民への情報提供の義務を謳っているが、アメリカではケネディ大統領の時代に弱者側からの権利としての知る権利法が成立している。ドイツでは、労働者は危険情報を知る権利、危険な機械での作業を拒否する権利 (同様にカナダの労働法) が明文化されている。日本ではこれらはタブー化しており、労働組合でさえも興味を示さない。

日本の労働安全法規は、明治時代の工場法に源を発するが、これはそもそも当時の殖産興業政策を支える 監督・取締りとして出発している。戦後、労働基準法を分離独立させて形成された労働安全衛生法では労働基準法の責務主体者である「使用者」を各事業所の責任者である「事業者」と変更した。ドイツやイギリスで一般的となっている 労働者参加制度を規定していない。また、ドイツやイギリスなどでは労働者の権利の反面としての義務が明文化されているが、日本ではこの 労働者の権利と義務に関しては明文化されておらずなじみがない。

このことは、日本の法制度は欧米の「衡平性」に則った法制度からは出発していないということの意味する。すなわち、日本の場合最上位にある国が事業者を取締まる観点からの法規制を施行するため、機械を作る製造者や、現場で作業をする労働者というステークホルダーの責務が殆ど不在のまま、職場の労働安全衛生を達成しなければならないという矛盾がある。

新 J I S 制度の柱はイギリスで 30 年前に提出されたローベンス報告 (資料 5) の enabling act (自主行動・自主責任) であるが、これは上述の概念と第三者機関が歴史的に育成されている前提で当時提言されたという理解の必要性がある。

このような矛盾の表れとして次の事例を挙げることができる。国内では機械の危険源を同定し、リスク評価をするリスクアセスメント及びその結果としてのリスク低減方策という設計者の本来の責務を棚上げにして、いきなり現場で (機械の使用者側) 労働安全衛生マネジメントシステムを導入する動きがある。これは本末転倒であり、リスク低減されていない機械をアセスメントすることは意味がない。危険源への対処が充分になされた機械が設置されていると言う前提があって、初めてマネジメントシステムが功を奏する。

しかるに安全な機械とは、機械的・電氣的・人間工学的等の危険源が同定され、リスク評価後にリスク低減を実施した機械であり、残留リスクの情報を使用者に伝えるという一連の作業が行われかつこれらを文書で残したものをさし、これら安全な機械が設置されていない (危険源が低減可能にも係わらず残っている) 現場でマネジメントシステムを適用しても功を奏さないと言う事である。

報告書本文に示す図 12 のクルマの絵は日本ロボット学会年次大会で 2005 年に発表された資料であるが、製造現場では、「危険ゼロ」というスローガンをよく見受ける。ところが、危険ゼロということは、危険源を有する機械にエネルギーを投入しないということであり、それでは機械は稼動しない為に現場ではあり得ないことである。

「危険ゼロ」という発想は、設計原則 ISO12100 とは全く相容れないものであり、リスクアセスメントを考慮していないということになる。平成 18 年 4 月より施行する、改正安衛法でリスクアセスメントを努力義務と規定しているが、絶対安全 (危険ゼロ) をもとめられたら、設計者はお手



上げであるし、リスクアセスメントの実施もままならない。機械は壊れる・人間は間違えるが国際機械安全の前提であり、リスクアセスメント・リスク低減の後での残留リスクを許容することがグローバル・セーフティの基本となっていることを十分認識する必要がある。

同時に、国際機械安全の概念と上述二点の国内でのギャップをどう乗り越えるかが、機械安全概念を今後国内で普及させるかの大きな課題である。

#### 4. 海外事情調査

海外の機械安全概念に関する標準化戦略適用・成功例を調査・分析した。

##### 4.1. アメリカ

###### 4.1.1 OSHA概要 (資料8「OSHA概要」参照)

OSHA (Occupational Safety and Health Administration)

VPP(Voluntary Protection Programs)

NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health : U.S.Department of Health and Human Service) ;

CDC: Centers for Disease Control & Prevention 災害管理と予防

NORA:: National Occupational Research Agenda 労働安全衛生関連研究機関

**NOIRS: National Occupational Injury Research Symposium** は国際安全衛生会議を開催

その他 ;

NSC(National Safety Council)

Board of certified safety professionals(BCSP)

National Commission for Certifying Agencies(NCCA)

American Society of Safety Engineers(ASSE)

The System Safety Society(SSS)

###### 4.1.2 産業事故統計・傾向・事故調査の集計方法

###### 4.1.3 データベースの活用実態

###### 4.1.4 機械安全技術導入による有効性の実態

アメリカでは欧州のような直接的な製造者責任はないが、OSHA規格が機械安全につき規則と手法を定めている。プロセス安全からの基本的な電氣的な概念であるゼロ・メカニカルスタートあるいはロックアウト・タグアウトの概念はISO12100の設計者原則にも採用された。国際規格のA規格にあたる概念は、1990年代に半導体業界でSEMI S2規格として、産業用ロボット分野ではANSI RIA15として採用され、工作機械業界では2000年にANSI B11.TR3としてリスクアセスメントとリスク低減がガイドラインとして採用された。しかしながら、これら特定分野以外では未だ安全の実践が周知徹底していない分野が数多くある。但し、厳しいPL訴訟に備え総体的には安全を実践し、リスクアセスメント文書が要求されている。

###### 4.1.5 認証

###### 4.1.6 損害保険

###### 4.1.7 機械安全分野での戦略

1) 標準化での幹事国引受け

2) M & Aによる専門性の即効性取得 (Competencyの確保)

3) ANSIはISO/IECに整合

シカゴで行われた安全の専門会議SIAS2005で、アメリカの自動車会社GE社による基調講演の中で、ISO/IECの重要性が強調された。それによると、アメリカでの標準化活動は、

1960年代までは自社規格、1970年代から90年代までがOSHA規則、2000年からはISO/IECが主体であり、アメリカのANSI規格はそれに整合させるとのこと。

機械安全に関しての規格 ANSI B11 シリーズにおいて個別機械の安全性要件を規定すると共に、ANSI B11.TR3-2000 では工作機械のリスク評価と低減に関するガイドラインを定めている。これは70を超えるANSIのサブコミティの審議を終え成立したもので、米国での過去30年間の安全規格の流れに一石を投じるパラダイムシフトの位置付けを有するものである。つまり、元々アメリカで存在していたリスクの概念は大方原子力やプロセス産業に代表されるように確率論に基づくアプローチであったのに対し、機械の危険源を同定・見積・評価・低減するという確定的な方法論が認知されたために、確率論から確定論へのパラダイムシフトが起こったと言われている。基本的には新しいANSI B11は、設計者原則のEN292-1(ISO12100)及びリスクアセスメントの原則EN1050(ISO14121)をベースとして構築している。

性能規定については、WTO/TBT協定Annex 3及びISO/IEC Directives Part2, 4.2項に明記されており、日本では特に機械安全につき、それには適合しておらず、技術的進歩に柔軟に対応しにくい国が定める技術基準が特定機械分野で存在している。これは、産業競争力面では不利である。

## 4.2. イギリス

- 4.2.1 H S E (Health and Safety Executive) 概要
- 4.2.2 産業事故統計・傾向・事故調査の集計方法
- 4.2.3 データベースの活用実態
- 4.2.4 機械安全技術導入による有効性の実態
- 4.2.5 認証
- 4.2.6 損害保険
- 4.2.7 機械安全分野での戦略

イギリスの場合、機械製造者の数はドイツと比べかなり限定されているために、機械製造者よりも機械使用者を主眼に置いた一連のマネジメントシステムの開発・提案で主導権を握ってきた。

## 4.3. ドイツ

ドイツは安全の先進国であり、19世紀のビスマルク時代からの社会福祉政策とそれを受けた職業保険組合(BG)の歴史と時代を先取りした活動内容が参考になる。

- 4.3.1 BG概要及びその歴史
- 4.3.2 産業事故統計・傾向・事故調査の集計方法
- 4.3.3 データベースの活用実態
- 4.3.4 機械安全技術導入による有効性の実態
- 4.3.5 認証
- 4.3.6 損害保険
- 4.3.7 機械安全分野での戦略
  - 1) 安全分野でのイノベーションによる市場創出
  - 2) 印刷機械産業における市場占拠
  - 3) 認証ビジネス

## 4.4. 中国

### 5. 国際標準化動向 ~イノベーションへの対応~

#### 5.1. 機能安全規格 IEC61508

## 5.2. 安全ドライブシステム IEC61800-5-2

## 5.3. 騒音・振動・環境

## 5.4. 日本: 将来の競争力強化に向けて

国内で安全に関し欧米と同等の社会システムを整備するには時間が必要である。既存産業分野では企業の自主性に重きをおき、できる所ができるものから進めるしかない。ただし、従来のしがらみにとらわれずに具体的な日本発で国際競争力を保てる分野として、機械安全の概念をサービスロボットの安全性に適用した場合のシナリオ検証はかなり実現性が高いと思われる。

## 6. 機械安全概念の普及及び広報活動

### 6.1. 機械安全概念に関する広報資料作成（2千部）

機械安全の有効性を専門家以外の人達が簡単にわかりやすく理解できる内容を基本として2000部作成した。漫画を基にした広報資料「安全規格のススメ」の概要は以下の通り；

本事業の主旨に基づき、機械安全技術を世間に広く普及させるために、「現在の技術者」である工場職長クラスと、「未来の技術者」である工業高等専門学校生・大学工学部学生を機械安全に導入するための資料を作成する。内容は簡単な概要説明にとどめ、インパクトを重視することによって、既存の機械安全の資料との差別化を図る。

### 6.2. 工業専門学校及び大学工学部への教材提供

### 6.3. デモキット作成

本デモキットでは、工作機械における機械安全の有効性について、コンピュータグラフィックス(CG)と実機を用いて体験できる環境を提供する。

CGは、実際には体験することの困難な危険事象をアニメーションとして実感できるようになっている。実機は、巻き込みの危険事象とその安全方策が、実際に動かし触れることで体験できるようになっている。また、本実機は標準的な機械系工業高等専門学校生ならば容易に複製できる設計にした。同時に実機の図面も提供することで多くの者が本実機を複製し、自ら機械安全の有効性を体験することを期待している。これらのCGと実機の説明ビデオをPCで閲覧できる形式にまとめる。

## 7. 結論

### 7.1. 安全面からの機械安全の有効性について

構築した事故データベースによって、予見可能性（リスクアセスメント）と結果回避可能性（リスク低減）をISO12100の設計原則の確定的方法論に則り実践したとすれば、8割近くの死亡事故は演繹的予防が技術的に可能であることが検証された。

これを評価する為の5×4マトリックスは本調査を実施するうえで考案したもので、世界的にも類のないものである。結果として、再発防止のランク付けをHigh/Middle/Middle-Low/Lowの4段階で実施し、その際ISO12100のスリーステップメソッドである「本質安全設計 - 安全防護 - 追加情報」を判断基準とした。

### 7.2. 産業競争力面からの機械安全の有効性について

産業競争力に対する機械安全の有効性は次の2点に集約できる。

#### 1.) 「止まる」安全システムの構築による生産性増大

機械が止まる要因となる危険源（リスク）を早期発見し排除（低減）することにより、機械を止まらないようにして稼働率を上昇させる。これは、トヨタ生産方式における「自動化」と同様なシステムである。すなわち、機械安全の「安全確認型システム」の下で迅速な「問

題解決サイクル」を働かせれば、労働生産性向上が可能となる。

## 2.) 安全規約標準化による「深層の競争力」<1>の強化

日本の企業では、安全規約は社内で標準化されていないのが普通である。社内規約を国際規格のA、B規格で標準化できれば国内外の工場における安全システムの平準化が図れ、安全システム構築に際し、仕様書の共通化が図れ、対応の迅速化と共に在庫低減につながる。

安全性・倫理性・生産性の相関関係を既存データと幾つかの国内企業の実践例で検証し、考察を行い、参考的に3.3.2項に示した。具体的に安全をやり、生産性を向上させた事例を踏まえ、安全の有効性をベクトル図を使い新しい概念として提案しその相関関係の解明を試みた。

国内での機械安全実施状況は未だ黎明期にあるが、グローバルな先進企業のうち何社かは、ベクトル図の相関関係を理解し、実践している。これまで機械安全の国際規格には日本からの提案が極めて少ないが、暗黙知を形式知に転換しそれを普及させるという国際規格の動向は上述1.)項の内容に即し、日本の蓄積されたものづくりの叡智を如何に発信できるかと言う事と関連してくる。

サービスロボットの分野では日本からの規格発信を前提条件とすれば産業競争力を出せる産業となる可能性が高い。又、産業用ロボットの分野では日本からの規格提案が最近顕著になっており、このような安全の概念を包括した標準化活動を積極的に展開する事は、産業競争力面では必須条件と思われる。

## 7.3. 海外動向について

### 1. 海外事情

歴史的背景から欧米では安全に関しては先進国で、それを支える衡平性の原理等をベースとして労働者参画の社会システムが法的拘束力と共に存在し機能している。

演繹的な予防概念としてのリスクアセスメント手法は既に定着し稼働している。又、安全面からの機械安全の概念の有効性は、かような社会システム(専門家教育・認証制度・損害保険制度)が機能していることで実証されており、それをさらに改善する戦略的活動が実施されている。

日本では、設計者責任の不在が社会システムの欠陥として挙げられる。

### 2. 国際標準化動向

欧米では機械安全を産業育成の手段として活用しており、アメリカの場合、国際規格の幹事国取り、イギリスの場合、マネジメント規格導入での主導権、ドイツの場合は最新の安全技術の展開と、各国はそれぞれの戦略の基に普及活動を実践している。

現在、EUから発せられた新たな重要な国際安全規格(例えば、機能規格 IEC61508、安全ドライブシステム IEC61800-5-2 など)は、機械分野全てに横断的に係って、安全技術だけでなく、制御技術の根幹を支配しつつあるが、日本ではそれらに対する対応は大幅に遅れている。

また、人間の健康に直接関わり合う欧州協定第137条関連の騒音・振動・危険な化学物質の基準が2006年より厳しくなり、EN規格化され、欧州製造者はそれに対応済であるが、日本では情報すら皆無である。

これらの事から、機械安全の安全面並びに産業競争力面での有効性は実証済みであり、標準化活動による産業協力向上の観点から、機械安全の概念と真摯に取り組む普及活動を促進する事が有効であるとの結論に達した。