

このため、後述する手法により強度を確認する必要がある。また、複数の孔によるリベット接続が一般的に使用されているが、公差の関係から特定の孔に応力が集中することが多いので、この点に対する配慮も必要である。

## ② 製造についての検討

製造面では、成形プロセス・加工（ドリル・ルーター・ウォータージェット加工）について検討が必要である。特に穴あけなどによる発熱は強度を低下させるため、検討が必要である。

## ③ 品質保証についての検討

製品が想定されている強度を満たしていない場合は、繊維と樹脂の含浸不良、繊維の乱れ、しわ、外部欠陥、積層板のボイド、接着不良、層間剥離、異物混入などが考えられる。

こうした項目は目視検査、もしくは超音波探傷などによる非破壊検査を行うことで確認できる。しかし、同一の形状であったとしても、成形方法と樹脂によって、これらの損傷が発生する箇所は異なる。したがって、材料に応じた検査を行う必要がある

使用する材料の強度についての品質保証は、熱硬化性樹脂の場合は材料の購入時に受け入れ試験を実施するとともに、部品の製作段階では工程管理試験の実施によって行っている。なお、熱可塑性樹脂の場合は熱硬化性樹脂と異なる工程保証方法が必要であると言われている<sup>48)</sup>。

## (c) 樹脂複合材料の認定プロセスと認定試験

以上の検討を経て選択された材料を実機に使用する際は、材料と構造の両方について認定を受ける必要がある。

このうち、航空機に利用する複合材料の認定プロセスは米国の場合はFAAが発行しているDOT/FAA/AR-00/47<sup>49)</sup>をガイドラインとしている。このガイドラインに基づいて認定を得るためには、製造者がガイドラインに基づいて複合材料の認定プロセスに関する作業を認定時に実施する必要がある。その上でFAAが認定をする。

材料の認定については、以下の試験項目を実施する必要がある。これらに必要な試験は米国機械学会規格 (ASTM Standards) もしくはSACMA (Suppliers of Advanced Composite Materials Association, ただしASTMへ統一の動きもある) に記述されている。

### i) 硬化前のプリプレグ特性

プリプレグとは、繊維シートにマトリクス樹脂を含浸させた硬化前の中間的な材料をいう。表24に、プリプレグ特性調査試験の一覧表を示す<sup>49)</sup>。

### ii) 複合材料パネルの物理特性

表25に、複合材料パネルの物理特性調査試験の一覧表を示す<sup>49)</sup>。

### iii) 複合材料パネルの強度特性

表26及び表27に、複合材料パネルの強度特性調査試験の一覧表を示す。このうち、表26のReduced Samplingとは緩和抜取検査のことをいい、比較的品質の良好な製品に対して緩和された検査を行う場合である。これに対し、表27のRobust Samplingとは外れ値の影響を少なくした抜取検査のことをいう。

なお、樹脂複合材料を航空機に使用するという観点からすると、試験条件として吸湿と温度を考慮する必要がある。このとき、試験条件の記号は次の意味である。

- ・低温無吸湿 (CTD) -54℃、製造したまま
- ・室温無吸湿 (RTD) 室温、製造したまま
- ・高温無吸湿 (ETD) 82℃、製造したまま
- ・高温有吸湿 (ETW) 82℃、85%相対湿度下で飽和吸湿

### iv) 複合材料パネルの難燃性特性

表28に、複合材料パネルの難燃性特性調査試験の一覧表を示す<sup>49)</sup>。

構造についての認定を得るためには図32に示すように材料強度のための素材の試験（クーポン試験）から、実構造物にしたうえでの構造強度試験までを行う必要がある。こうした考え方を“ビルディング・ブロック・アプローチ”<sup>48)~50)</sup>と呼ぶ。また、クーポンからエレメントレベルであればデータベースとして共有されることで、コストダウンも図ることができる。これらの強度試験の結果はCHM-17 (MIL-HDBK-17) にしたがって統計的に処理される。

試験項目 (Reduced Sampling, Robust Sampling) にもよるが試験片の数は大量である。これらの手法は欧州でもほぼ同様である。こうした考え方は金属材料を主として利用していた時代から活用されており、コストはかかるが安全性を確保するという点からも現在においても活用されている。

材料と構造の認定については、金属材料も樹脂複合材料も同様のプロセスや試験を行うが、さらに樹脂複合材料については製造設備の認定を必要とする場合がある。これは、製品の質を安定的に確保するという目的のためと考えられる。例えば硬化用オートクレーブ、プリプレグ裁断機、非破壊検査装置などは製造設備の認定を必要とする場合がある。当然のことながら、これらの試験により問題点が発見された場合は、認定されず再試験となる。

航空機という一度構造が損傷すると被害の大きさは最悪墜落という大災害が発生する点を考

慮すると、材料から構造の認定までに非常に多くの作業とコストを必要としている。しかし、欧米においてはデルフト工科大学の活動<sup>48)</sup>に見られるように多額の予算を国と企業が出し合い、新しい材料と構造の開発に取り組んでいる。産業機械においても、こうした流れはやがて起こることを前提に安全かつ効率的な産業機械の開発を目指すことが望まれる。

## 5.12 機械安全にかかる意識調査

### 1) アンケート調査の概要

機械を実際に使う産業界の意見を知ることは必須である。そこで、機械メーカー及び機械ユーザーの企業を種々の産業分野から選んでアンケートを実施した。具体的には、工業会のホームページに掲載されている会員企業から適宜選択してアンケート用紙を郵送した。

アンケートは平成 27 年 10 月に 187 社の安全担当者宛に発送した。回答は 84 社からあった（回収率 45%）。その内訳を表 29、表 30 に示す。

企業規模では 100~299 人、300~999 人が中心となっている。製造業が 73 社であり、その他の業種は 7 社（建設業 3 社、卸売業・小売業 4 社）である。製造業では、生産用機械機器製造業が 17 社で最多であった。

設問は参考として本章の最終ページに示すが、大別して安全全般に関することと安全の仕組みに関することとした。回答は、5：概ね 9 割以上（まったくそのとおりだ）、4：概ね 7 割以上（そのようなときが多い）、3：概ね 5 割程度（半々だ）、2：概ね 3 割以下（そうでないときが多い）、1：概ね 1 割以下（そうでない）、0：分からない、から選択して回答を求めた。自由記述欄は一切設けなかった。この方式は、詳細な解析には不向きな点もあるが、企業に負担をかけず、結果として回答率を上げるだけでなく、率直な意見で回答をしてもらおうという点でも効果があると考えた。

以下、企業規模に応じて回答がどの様に変化するかを記述する。

### 2) アンケート結果

表 31 に各設問に対する回答の平均値を示す。

#### (a) 安全の構築について

設問 1)~4) から、コストの制約があるものの、多くの企業で安全を構築しようとしていることが分かる。但し、設問 1) の回答を企業規模別に見た表 32、図 33 から、小規模企業ほどコストの制約が大きい現実が分かる。その結果、設問 5) で示されたように作業性やコストを考慮した総合的な対策が必要と考えられている。

設問 6) の平均ポイント 4.9 で顕著に示されているように安全な職場は働く人の協力と連帯で初めて実現できると認識されていると共に、設問 11) の平均ポイント 3.7 から良くも、また設問 12) の平均ポイント 3.5 から悪くも、トップの影響が大きいととらえられている(図 34、図 35)。

また、設問 7) の平均ポイント 3.2 から、現場の安全管理力に依存した安全よりは設備対策の徹底によって安全な職場を実現すべきとの考えが強いことが分かる(図 36)。設問 6) の結果である、安全な職場は働く人の協力と連帯で初めて実現できると認識されていることから、設備による安全と人による安全が両輪であると認識されていると推察できる(図 37)。

#### (b) 機械の安全

次に機械の安全のとらえられ方を考察する。

設問 16) の平均ポイント 2.5 から、機械の残留リスクの提供は十分には行われていないと判断される(図 38)。一方、設問 17) の平均ポイント 4.2 から、安全な機械の実現のためには勘や経験依存から明確な考え方や安全基準によるべきとの考えが多くあり、設問 18) から、これらの基準を満たした安全な機械であることを示す表示は有用と考えられている(平均ポイント 3.7)(図 39、図 40)。

一方、設問 19) の平均ポイント 2.7 は、これらの基準は民間が中心になって規定するよりも国が規定することが望まれていることを示している。そして、これらの基準は一般的な性能で示すのではなく、具体的な仕様で示すのが良いと認識されている。この点は、構造規格・規定が未だに多い日本の事情を反映した結果と考えられる(図 41)。また、前述したが、設問 18) の平均ポイントが 3.7 であることから、機械が安全であることを示す表示があれば安全な機械の購入に資すると考えられている。欧米の CE マークに相当する制度の創設も検討の価値があると考えられる(図 40 参照)。

#### (b) リスクアセスメント

設問 14) の平均ポイントが 2.7 であることから、かなりの場合でリスクアセスメントは形骸化していると考えられていること、更に設問 15) の平均ポイント 2.5 から、労働災害防止に効果があるかについても疑問視されている(図 42、図 43)。形骸化、労働災害防止効果への疑問が、従業員数 100 人~2,999 人の中堅企業において高めである(表 32)。

更に、前に記述したが、設問 16) の平均ポイント 2.5 から、ユーザーはメーカーから十分な残留リスク情報を受け取っていないと認識している(図 38 参照)。

これらのことを考えると、リスクアセスメントは、実施法、活用法ともに、日本では未だ定着していないと判断され、今後の改善が必要である。

### 3) まとめ

今回の限られたアンケートの結果だけであるが、概ね次のような結果となった。

1. 多くの企業で安全の重要性に建前ではなく真に求められるものと考えられている。
2. 安全はコストがかかることも認識されている。
3. 一方、リスクアセスメントが災害防止につながるかという点では、意見が分かれている。また、残留リスク情報の提供も十分とは感じられていない。
4. 機械の安全性を示す表示制度は有効と考える回答がやや多かった。
5. “安全性の基準を民間が中心に進めること”、“安全性を性能で示すこと”については、そのようには考えないとする回答が多かった。
6. 安全な機械であることの表示制度については、一定の効果が期待されている。
7. 以上の回答において企業規模による差は、設問 1)を除き見られなかった。

機械安全の向上を目指して機械メーカーが安全を確認して出荷し、ユーザーはそれと共に受け取る残留リスク情報を基に更に安全対策を行って運用することが、今後の一つの形として模索されると思われるが、そのためには、上記 3. に対する有効な対応策等の検討、また今後も政府が基準を作成し続けることは困難になると考えられることからここで示した 5. に対する検討が必要である。

### 【参考】

実施したアンケートの項目を次に示す。

#### <御社についての質問>

御社の業種を次から選んで、記号あるいは番号を○で囲んでください。(下記の一覧は総務省の日本標準産業分類(平成 25 年 10 月改定)によっています。) <以下、回答がなかった分類は略す。>

大分類 D	建設業
大分類 E	製造業 → 次の中分類の中の該当 項の数字も○で囲んでください。
中分類 09	食料品製造業
中分類 14	パルプ・紙・紙加工品製造業
中分類 15	印刷・同関連業
中分類 18	プラスチック製品製造業

	(別掲を除く)
中分類 19	ゴム製品製造業
中分類 22	鉄鋼業
中分類 24	金属製品製造業
中分類 25	はん用機械器具製造業
中分類 26	生産用機械器具製造業
中分類 27	業務用機械器具製造業
中分類 28	電子部品・デバイス・電子回路製造業
中分類 29	電気機械器具製造業
中分類 31	輸送用機械器具製造業
中分類 32	その他の製造業

大分類 I 卸売業, 小売業

御社の規模を次から選んで希望を○で囲んでください。

A 従業員 50 人未満/B 従業員 50 人~99 人/C 従業員 100 人~299 人/D 従業員 300 人~999 人/E 従業員 1000 人~2999 人/F 従業員 3000 人~9999 人/G 従業員 10000 人以上

#### <安全管理に関する関係者への質問>

あなたは、次の質問に対して御社の関係者(あるいは御社が所属する業界の関係者)がどの程度強い意識や考え方を持っていると感じておりますか。5段階で評価してください。なお、5~1は次の意味です。

- 5は「概ね9割以上」(まったくそのとおりだ)  
 4は「概ね7割以上」(そのようなときが多い)  
 3は「概ね5割程度」(半々だ)  
 2は「概ね3割以下」(そうでないときが多い)  
 1は「概ね1割以下」(そうでない)  
 0は「分からない」

- 1) 安全な職場の実現は建前としては立派だが、現実にはコストの制約などで難しいときがある
- 2) 現実には安全よりもコストや作業性を優先させてしまう
- 3) 職場で働く人は、安全を何よりも優先すべきという共通認識を持っている
- 4) 安全は建前で、本気で安全な職場を作ろうと考えている人はほとんどいない
- 5) 安全だけでなく、作業性やコストも考慮した総合的な対策が必要である
- 6) 安全な職場は、働く人の協力と連携によって初めて実現できる
- 7) 現場の安全管理力に依存せず、設備対策の徹底によって安全な職場を実現すべきである
- 8) 未然防止も重要であるが、現実には再発防止が中心となり、未然防止対策が後回しになっている
- 9) 重篤度を重視した対策も重要であるが、現実には件数を減らす対策を実施せざるを得ない
- 10) 想定外の考慮が重要ということを、今回の東日本大震災の経験を経て初めて認識した

- 1 1) 多くの企業で“安全はコストでなく新たな価値を創造するための未来への投資である”という考え方の経営者がトップとなれば、労働災害は減少して行く
- 1 2) 労働災害が多発する企業では、現場の問題より経営トップの考え方に問題がある
- 1 3) 最近、以前と比較して“安全第一”という用語を聞く機会が減った
- 1 4) 職場で実施しているリスクアセスメントは形骸化していると思う
- 1 5) 現在実施しているリスクアセスメントが本当に労働災害防止に効果があるか、疑問を感じている
- 1 6) 最近では、メーカーが残留リスクに関する十分な情報を提供してくれるようになったと感じている
- 1 7) 安全な機械を実現するには、個人の勘や経験に頼るのではなく、文書化された明確な考え方や安全基準が必要である
- 1 8) 機械が安全であることを示す表示制度があれば、ユーザーが安全な機械を購入する際の拠り所となる
- 1 9) 上記 17) に示した安全基準の作成や上記 18) の表示の許可は、国が中心となるのではなく、民間が中心となって実施するのが良い
- 2 0) 機械が安全か否かの判断基準は、一般的な性能で示すのではなく、具体的な仕様で示すのが良い  
ご協力ありがとうございました。

## 第6章 日本での法規制及び社会制度のあり方に関する考察

本章では、今後、日本で望まれる機械に対する法規制及び社会制度のあり方について考察する。なお、本考察は現段階で検討中であり未公表のものも含まれるため、本章では現段階での概略を述べるに留める。

### 6.1 適合性評価と妥当性確認

#### 1) 用語の意味

最初に、適合性評価と妥当性確認の用語の意味を考察する。国立大学法人長岡技術科学大学のシステム安全系の講義では、規格を「公に入手できる技術的な仕様書またはその他の文書であって、科学・技術及び経験 から統合された結果に基づいて、影響を受けるすべての関係者の協力と コンセンサス あるいは全面的な承認の下に作成され、最適な社会的便益の促進を目指し、国内、地域的あるいは国際的なレベルで認知された機関によって承認されたもの」と定義している。このうち、人身などの安全を保証する仕様書を含む規格が安全規格である。

この定義からも分かるように、規格とは現時点での科学・技術及び経験に基づいて、関係者

のコンセンサスと承認の下に作成される。この規格に適合しているか否かを判定する行為が“適合性評価”(conformity assessment)である。この用語が ISO/IEC 17000(適合性評価 - 用語及び一般原則) で「製品、プロセス、システム、要員又は機関に関する規定要求事項が満たされていることの実証」と定義されていることは既に第 5.6 節で述べた。

また、妥当性確認(Validation)とは ISO9000 に「客観的証拠を提示することによって、特定の意図された用途又は適用に関する要求事項が満たされていることを確認すること」と定義されている。

これに類似した用語に検証(Verification)がある。これは「客観的証拠を提示することによって、規定要求事項が満たされていることを確認すること」をいう。ここで、本研究の目的が労働災害防止という特定の意図された用途又は適用に限定されることを考慮すれば、検証と妥当性確認では、妥当性確認という用語を使用した方が適切と考えられる。

#### 2) 具体的内容とマーキングの重要性

次に、実際の安全管理活動に必要な適合性評価と妥当性確認の具体的内容を考察する。

実際の安全管理活動は、機械の設計・製造段階と機械の使用段階での活動に大別される。このうち、機械の設計・製造段階では、製品が特定の安全規格に適合しているか否かを判定する行為が特に重要と考えられる。これは前述した適合性評価に他ならない。これに対し、機械の使用段階では、機械の使用者が実際の機械を使用するにあたって労働災害が発生する可能性がないかを個別具体的に確認する行為が特に重要である。これは、労働災害防止という特定の意図又は用途を対象に、個別の機械が安全であるか否かの確認を個別具体的にを行う行為であり、前述した妥当性確認に相当すると考えられる。

勿論、適合性評価と妥当性確認は一般には機械の設計・製造と使用の両方の段階に必要な行為である。しかし、本研究で対象とする機械の労働災害防止を対象を限定した場合には、“所定の規格に適合しているか否か”が問題となる機械の設計・製造段階と“現実には労働災害が発生する可能性があるか否か”が問題となる機械の使用段階では、両者の重要性は大きく異なる。このため、本研究では、図 44 に示すように“適合性評価”を主に機械の設計・製造段階に、“妥当性確認”を主に機械の使用段階に対応する行為として定めた。

この場合、機械の設計・製造段階の適合性評

価と機械の使用段階の妥当性確認の適切な連携が必要となる。この連携に不可欠な制度がマーキングである。マーキングが適切に施されていれば、機械の設計・製造者の側で適合性評価が確実に実施されていることを機械の使用者側に伝達できる。この情報伝達があれば、機械の使用者は、①残留リスク対策、②変更管理、③機械の製造後明らかとなった発生可能性のある災害に対する再発防止策に重点を置いて災害防止対策を実施できるので、機械の設計・製造者と使用者の間の役割分担が明確となる。

従来、労働安全分野ではマーキングの意義を十分議論することが少なかった。しかし、これまで労働安全分野では不明確であった機械の設計・製造者と使用者の役割分担の明確化と、その分担に基づく両者の適切な連携を図るためにも、マーキング制度の導入は日本でこそ重要と考えられる。

## 6.2 今後望まれる機械安全規制

本研究では、現段階で想定できる機械安全に関する日本での法規制案と社会制度案を仮説として複数設定し、各仮説を対象に、災害防止効果の有効性や実現可能性及び問題点などの検証を行う。この仮説には、例えば、①完全整合化案、②実質同一案、及び③従来の規制を徹底する案などが考えられた。

このため、平成25年度には、これらの案の現段階での概略と、検証を行う際に留意すべき事項や問題点について考察した。以下、その要点を述べる。

### 1) 完全整合化案

この案は、日本の機械安全に関する法規制及び社会制度を欧州の法規制や社会制度などと完全に整合させる案である。

具体的には、欧州機械指令に相当する「機械安全法」を強制法規として定めるとともに、強制法規に定めた要求事項を実現するために、体系的な機械安全規格（図1参照）、欧州方式の適合性評価制度、第三者認証制度及びマーキング制度を整備する案などが考えられる。

ここで、機械安全法の具体的内容としては、当初はドイツ機器・製品安全法(GPSG法)(2004年5月1日施行)とドイツ製品安全法(ProdSG法)(2011年12月1日施行)が参考になると考えた。しかし、具体的要求事項を考慮した場合は、むしろ①欧州機械指令の付属書、②イギリスの機械安全関係の規則であるPUWER(The Provision and Use of Work Equipment Regulations)、③ILOが2011年に主に途上国向

けに機械安全に関する要求事項をまとめた「Code of Practice on Safety and Health in the Use of Machinery」、④ILO第118号勧告(機械の防護に関する勧告)などが参考になると考えられる。

また、体系的な機械安全規格としてはISO/IECやENなどに定められた機械安全規格が参考になる。さらに、適合性評価とマーキングには欧州で実施されているモジュール方式の適合性評価(図2参照)やCEマーキング制度の採用などが考えられる。

この案の利点は、製品の自由な流通が経済効果を生むという点にあると言われている。しかし、働く人の安全(労働者保護)を対象とした本研究では、完全整合化された規格を実際の労働災害防止対策に活用した場合の有効性について定量的な検証を行うことが重要と考える。この検証作業は膨大な規格を対象とするために大変な作業となるが、具体的な作業は後述する2)に準拠した方法での実施を考えている。

なお、本案を実施する場合には、経済産業省の製品安全行政との連携が不可欠と考えられる。

### 2) 実質同一案

#### (a) 実質同一案の基本戦略

この案は、欧州の法規制や社会制度の中から特に労働災害防止効果が高いと考えられるエッセンスを抽出し、労働安全衛生法などに強制法規として反映させる案である。具体的には、機械の設計・製造者が行う方策としてISO12100のステップ1及び2に定める本質的安全設計方策や安全防護(ガードや安全装置)及び制御システムの安全関連部に対する方策(インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど)を労働安全衛生規則の第二編第一章第一節の一般基準などに規定し、かつ適合性評価、第三者認証及びマーキングなどの制度の内容を労働安全衛生法や機械等検定規則に規定する。

図44に、実質同一案における機械のリスク低減戦略の例を示す。この案では、①ISO12100に定めるリスク低減戦略、②モジュール方式による適合性評価(図2参照)と適合宣言に関する情報伝達を目的としたマーキング、③機械の使用者による妥当性確認、④機械の設計・製造段階での災害情報の活用が基本要素となっている<sup>33)</sup>。

このうち、①と②は製品の自由な流通を目的とする欧州の機械安全制度の中心となる機能である。これに対し、図44では、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度として、労働者の安全を確保するために③と④の機能も併

せて重視している。なお、ISO12100 によるリスク低減プロセスをシステムとしてみた場合、災害情報を機械の設計・製造者に伝達するための適切なフィードバック構造が必要である。図 44 は、この問題を解決するための構造でもある。

#### (b) 実質同一案での有効性検証

この案では、ISO12100のステップ1及び2に定める本質的安全設計方策や安全防護（ガードや安全装置）及び制御システムの安全関連部に対する方策（インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど）だけで十分な労働災害防止効果が得られるかという懸念がある。そこで、研究代表者らが約10年前に実施した機械に起因する労働災害の分析結果を利用して、このときの労働災害防止効果を推察した。ただし、約10年前と異なり、停止すると作業が不可能な危険点近接作業に対しては、現段階では有効な保護方策が存在しないと仮定して有効性の評価を実施した。

表33に、この分析結果をまとめた結果を示す。この分析では、首都圏で発生した機械に起因する“挟まれ・巻き込まれ”災害と“激突され”災害を事故の型とする死亡労働災害129件を対象とした<sup>51)</sup>。

分析の結果、少なくともステップ2の安全防護（ガードまたは保護装置）及び制御システムの安全関連部に対する対策（インターロック、フェールセーフなど）を実施すれば、機械に起因する労働災害の3分の2近く（67%）を防止できることが推察された。また、ガード（固定式及びインターロック式）を利用した対策だけでも、機械に起因する労働災害の5割を超えて（57%）防止できることが推察された。

#### (c) 移動式の機械に対する対策

以上の結果は死亡労働災害を対象としたもので、障害を伴う災害や休業災害に対してまで有効かは別途検証を行う必要がある。また、この分析を実施してから約10年近くが経過しているので、現在も上記の推察が有効かも別途検証する必要がある。

そこで、平成22～25年度に日本で発生した機械に起因する労働災害（死亡約5,000件及び休業4日以上約50万件）の分析を実施した。その結果は表15及び図16、図17に示したとおりである。

分析の結果、移動式の機械である建設用機械、移動式クレーン、及びフォークリフトに起因する死亡労働災害が全機械災害の50%を占めていた。これらの移動式の機械に対しては、人の注意力に依存して作業者の安全を確保せざるを得

ないと考えられている。

しかし、人の行動は誤りを伴うものであり、万全ではない。このため、本課題の研究者らは、人の行動を監視して警告等を行う支援的保護システムの検討を進めている。この具体例に、建設機械やフォークリフトへの接近警報システムがある。また、本課題の研究者らは、移動式クレーンのワイヤーロープの切断や構造体の破損などの災害を防止するために、材料工学的観点も含めた新素材や高強度材料、及び限界状態設計法などの信頼性・安全性評価手法の検討も含めた総合的な研究を進めている。

#### (d) 定置式の機械に対する対策

これに対し、定置式の機械での労働災害は、作業者が機械の危険な可動部を停止させない状態で可動部に近接して行う危険点近接作業や、作業者が機械の可動範囲などの広大領域に進入したときに他の人が誤って可動部を起動させたり、運転中の可動部に接触したりして発生することが多かった。

表34～表36は、これらの災害の分析結果をまとめたものである。表からもあきらかなように、危険点近接作業に関連する災害は定置式の機械で発生する災害の44%、広大領域内作業に関連する災害は定置式の機械で発生する災害の36%、第三者による誤った起動に起因する災害は定置式の機械で発生する災害の12%を占めていた。

また、これらのいずれかに関連する災害は重複も含めて65%と定置式の機械で発生する災害の3分の2近くを占めていた。

現在、労働安全衛生総合研究所では危険点近接作業や広大領域内での作業を対象とした新しい安全技術の開発を進めている。ただし、この方策では、単純にISO12100に基づくリスク低減戦略に従うのではなく、既に研究代表者らが提案している管理区分方式のリスク低減戦略と実質同一案を融合させた新たな戦略を必要とする。

図27に、この戦略を示す。これは、第5.9節で述べた帰納的方策と演繹的方策を連携させた戦略である。この戦略と、本質的安全設計方策や安全防護物（ガード、保護装置）の適用だけでなく、現在本研究の担当者が研究を進めている高機能型の光線式安全装置やレーザー式安全装置、及び無線通信を利用した遠隔非常停止装置などの支援的保護システムの適用などによって、労働災害の相当部分を防止できる可能性があり、この労働災害防止効果の検証が必要と考える。

なお、この案では欧州方式の適合性評価と実質同一とするための実施事項として、図45に示



す事項を想定している。これらは、欧州機械指令の付属書を基に作成したもので適切と考えているが、念のために労働災害防止効果に関する検証が必要である。

#### (e) 中小零細企業対象の簡易な対策の効果

実際の中小零細企業の実態を考慮したとき、実質同一案の場合でも対応が困難な企業が多いと考えられる。そこで、当面の措置として、例えば労働安全衛生規則の第二編第一章第一節の一般基準に可動部に対する“覆い・囲い等”（ガードだけでなく保護装置を含む）の規定を設け、この対策の徹底によって機械に起因する労働災害を大幅に減少させる方策も併せて提案した。これにより、定置式の機械では表37に示すように死亡労働災害の6割近くを防止できる可能性があると考えられる。

ただし、この方策の徹底にあたっては、現場段階での妥当性確認やリスクアセスメント、及び事業者に対するコンサルティングや講習会の実施などが不可欠である。また、中小零細企業でのリスク概念の普及を目的とした簡易なリスクアセスメント手法の開発、マーキングを利用した簡易な妥当性確認手法の開発、及び“覆い・囲い等”の好事例の収集なども重要な課題と考えられる。これらの業務には、労働安全衛生総合研究所の活用なども考慮すべきである。

### 3) 現在の規制を強化する案

この案は、努力義務である労働安全衛生法第28条の2（危険性又は有害性に関する調査等）や、ISO12100と実質同一である「機械の包括的な安全基準に関する指針」を適切に運用することによって、機械による労働災害を防止しようとするものである。

この案の問題点は、前述した法令や通達に強制力がない点にある。このため、安全活動に熱心な事業者が機械安全に熱心に取り組む一方で、災害発生率の高い事業者が強制でないという理由から熱心に取り組まないとという傾向が懸念される。

また、これらの規制では、事業者が自主的にリスクアセスメントに取り組むことが重要と考えられている。しかし、第5.2節の2)で述べたように、リスクアセスメントは主に中小零細企業がリスクの概念を習得してもらう際の教材に過ぎない。したがって、本案を採用する場合の労働災害防止対策では、本質的安全設計方策や安全防護（ガードまたは安全装置）などの設備対策を重点に置いた方策の展開が重要と考えられる。

### 4) 完全整合化案と実質同一案の融合

実際の案では、働く人の安全（労働者保護）と企業の国際競争力の強化を両立させる方策も重要と考えられる。このために考えられるのが、完全整合化案と実質同一案の融合である。

この具体例としては、労働安全衛生規則の一般基準に、①本質的安全設計方策や安全防護（ガードや安全装置）及び制御システムの安全関連部に対する方策（インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど）を規定するとともに、②ISO/IECなどの機械安全国際規格の要求事項を満足できる機械は①の要求事項を満足していると「みなす」または「推定する」規定を設けるなどの方法が考えられる。

なお、この場合でも、設備対策が困難な残留リスクに対しては、人の注意力に依存した安全管理策によって適切なリスク低減を図るという規定が必要になると考えられる。

## 6.3 社会制度の検討

同様に、法規制と並ぶ重要な課題として、社会制度についても考察した。ただし、この課題は社会科学的知見なども必要とする大変困難な検討を必要とした。

このため、現段階では次のような知見を得るに留まっているが、平成27年度においては専門家が参集する委員会の場なども活用し、機械安全に関する社会制度のあり方について知見を深めたい。

以下、現段階までに得られた成果の概略を記述する。

### 1) 自主対応と法規準拠

#### (a) 自主対応と自主的活動の違い

独立行政法人労働安全衛生総合研究所の福澤義行理事は、研究所のメールマガジン<sup>53)</sup>でイギリスにおける自主対応と日本の自主的活動を比較して次のように考察している。

「英国では、1972年のローベンス報告に基づき従来の最低基準の遵守を特徴とする法制から

① 安全衛生法規は枠組みのみを定める

② 事業者責任の強化

③ 現場での自主対応型の法制

を特徴とする英国労働衛生安全法が1974年に施行された。

一方、日本では最低基準＋自主的活動の促進（第1条）が謳われた労働安全衛生法が1972年に施行された。その後の実態を見ると英国の自主管理は経営トップが行う管理であり、日本の

自主的活動というのは現場の労働者が行う活動というイメージが強い。

極端に言えば、英国型では労働者は不安全行動をするという前提での「機械設備に頼る安全」、日本型では労働者は不安全行動をするので教育訓練していこうという「人に頼る安全」という側面が強かったように思える」とのことである。

この考察を考慮したとき、研究代表者らは、現在の日本で誤解されているのが「努力義務」の位置付けであると考えている。すなわち、福澤が示唆したように「努力義務」を経営者の自主対応でなく労働者の自主的活動として捉えてしまった場合、事業者責任の強化という視点は希薄とならざるを得ない。この点に現在の労働安全分野において特に考慮すべき問題の根源があると考えられる。

#### (b) 自主対応で根拠に基づく安全が必要な理由

では、どのようにすれば、イギリスの自主対応の観点から事業者責任の強化を図ることができるのか。この点で大変重要な概念が前述した事業者が行う妥当性確認である。これは、機械の使用段階での“客観的証拠の提示”によって、事故や災害が発生する可能性がないかを事業者が個別具体的に確認する行為をいう。

現在、日本では現場の優秀な作業員や管理・監督者の勘と経験に基づいて安全管理を実施しているが、ここに事業者が行う“根拠 (Evidence) に基づく”妥当性確認という考え方を導入できれば、より高い次元への安全管理へと発展できる可能性がある。これが、筆者らが根拠に基づく労働安全理論 (EBS) を提唱する理由である。

また、現在、本研究と平行して厚生労働科研究費での研究を実施している三柴丈典<sup>54)</sup>は、自主対応の発展形としての対話型の安全衛生政策を提案している。

この提案を受けて筆者らの研究で論点となったのは、イギリスのローベンス報告で指摘された自主対応型、及び日本の三柴丈典が指摘している対話型の安全衛生政策<sup>54)</sup>を日本の機械安全の現場で実現するための具体的な理論と戦略を構築することであった。特に、自主対応と対話を基盤とするこれらの方策では、対策を実施するにあたっての根拠 (エビデンス) とプロセス (戦略) の明確化が重要と考えられる。そこで、この点を考慮し、研究代表者らが提案している根拠に基づく安全理論 (EBS: theory of Evidence-Based Safety) の更なる検討を進めた。なお、根拠とプロセスに基づく方策は欧州の鉄道分野における機能安全やアメリカの System Safety Society でも重要な課題となっている。

#### (c) 自主対応と法規準拠の連携

上記の自主対応と対話型の観点から事業場に対して具体的な支援を行える機関としては、独立行政法人労働安全衛生総合研究所や現在法案を審議中の新たな独立行政法人である労働者健康安全機構などが考えられる。一方で、多発する労働災害を防止するには、労働基準監督機関が行う法規準拠及び監督取締型の施策は依然として重要である。したがって、今後は労働基準監督機関と労働安全衛生総合研究所などの連携によって、自主対応及び対話型と法規準拠及び監督取締型のバランスの取れた施策を日本国内で総合的に進める体制の構築が重要と考えられる (図 46 参照)。

#### 2) 全体最適の視点

以上の社会制度では全体最適の視点も重要である。そこで、全体最適に対する具体例として、企業と働く人の両方を考慮した総合的リスクマネジメント戦略の構築を併せて進めている。表 38 に、この戦略の概要を示す。

また、全体最適の観点から、機械安全と労働安全の両分野において望ましい安全性を達成するための理論的考察として、ISO/IEC ガイド 51 を基礎とする個別最適理論である機械安全と、ガイド 73 を基礎とする全体最適理論である労働安全におけるリスク低減戦略の違いも考慮した新たな最適設計理論の検討を進めている<sup>62)</sup>。

表 39<sup>55)</sup> は以上の観点から機械安全と労働安全の比較を行ったもので、以上の理論構築の必要性を示唆している。

#### 6.4 社会基盤整備の必要性

以上は主に法規制や社会制度を対象とした考察である。しかし、実際の労働災害防止に関するシステムでは、図 47 に示すように①理論、②技術、③情報、④知的財産、⑤法規制、⑥適合性評価、⑦教育、⑧支援に関する社会基盤を整備する必要がある。このため、労働安全衛生総合研究所では、以上の課題について別途研究を進めている。

この中で特に重要なのは、以下の項目と考えられる。

##### 1) 法規制

現在、日本では、機械安全に関して事業者の自主的活動を中心とした施策が進められている。しかし、事業者に対して強制を伴う施策を進める場合は、特に中小零細企業を対象に労働基準監督機関による適切な技術支援活動が必要にな



る。この場合、イギリス、フランス、ドイツの例に相当するレベルでの労働基準監督機関内での技術専門家の充実が必要不可欠と考えられる。

## 2) 情報

機械の設計・製造者に対する技術支援活動では、①本質的安全設計方策、②安全防護（ガードや安全装置）、及び③制御システムの安全関連部に対する方策（インターロック、フェールセーフ、タンパープルーフなど）に関する具体的情報を提供できる安全設計支援システムが必要と考えられる（図 48 参照）。

同様に、機械の使用者に対する技術支援活動では、④災害情報の提供、⑤リスクアセスメントとリスク定量化、⑥根本原因究明、⑦対投資効果推定などの機能を備えた支援システムが必要と考えられる（図 48 参照）。

現在、労働安全衛生総合研究所では、以上の点に配慮した総合的な支援システムの検討を進めている。

## 3) 教育

一方、各企業が法令に定める以上の安全性向上策を自主的に進めるためには、企業内にも、技術的知見と能力を備えた人材が確保されるのが望ましい。これには、①国立大学法人長岡技術科学大学専門職大学院システム安全専攻の修了者、②同大学が実施している「システム安全エンジニア」の資格取得者、③一般社団法人日本電気制御機器工業会等が実施している「セーフティリードアセッサ」、「セーフティアセッサ」などの資格制度の活用が考えられる。

また、厚生労働省の技能検定制度の中に、機械安全に関する専門的知識の検定を設けるべきとの意見もある。以上のような点も含めて、機械安全の専門家に対する体系的な資格制度や教育・訓練制度のあり方の検討が重要と考えられる。

## 6.5 日本の労働安全分野に望まれる妥当性確認の要件

日本の強みは、現場の優秀な作業員や管理・監督者及び生産技術者が質の高い安全管理と生産技術に基づく改善を実施していることにある。したがって、この“現場力”を基盤とした上で、技術に基づく安全の先進国と言われる欧州の機械安全技術や社会制度を適切に活用すれば、現在多発している機械災害の激減を図るとともに、日本の現場力と欧州の機械安全技術を高い次元で融合させた新しい枠組みの安全技術と社会制度を構築できる可能性がある。

### 1) 事業場での残留リスク査定の必要性

ただし、機械安全と労働安全では安全の確保に関する本質的な目的が異なる点を踏まえな

ければならない。機械類の安全性を定めた機械安全国際規格の本質的な目的は、製品の流通であり<sup>56)</sup>、規格はあくまでも、製品レベルでの安全性を満たすことを目的として定められている。すなわち、適用範囲とする機械が意図する使用の範囲（すなわち、標準的な使用環境）で運転されることを前提に要求事項が設けられ、さらに、規格で扱われる危険源は、機械に存在しているか又は関連付けられていると同定された危険源の中で、設計者による対応が求められ、かつ、その対応の内容が合理的に実施可能として標準化できた危険源に限られる<sup>57)</sup>。このため、導入する機械が該当する安全規格に適合しているとしても、設計段階での対処が求められていないリスクが必ず残留しており、事業場において、現実の使用環境の条件を考慮した残留リスクの査定を行い、追加の保護方策を実施することが不可欠となる。

### 2) 残留リスクの査定に関する支援の必要性

上記の残留リスクへの対応については、事業場での機械に関わる労働災害の防止と関連したリスクアセスメントとして、2001年の「機械の包括的な安全基準に関する指針」から2006年の労働安全衛生法の改正（第28条の2の追加）でのリスクアセスメント実施の努力義務化に至る一連の行政施策によって、事業場の自主的な安全衛生活動の要と位置付けられ、普及が推進されている。また、2012年には、機械製造業者等に対し、事業場でのリスクアセスメントが適切に実施できるよう、譲渡時等における危険性等の通知も努力義務化されている。このように、事業場に残留リスクの査定を求める体制はあるものの、本年度機械の使用事業場84社を対象に実態を調査したアンケートで、リスクアセスメントは、実施方法及び活用方法ともに、日本では未だ定着していない状況にあるという結果が示された。特に、事業場でのリスクアセスメントが形骸化しつつあること、ならびに、リスクアセスメントの労働災害防止効果に事業場が疑問を感じていることが明らかになり、機械安全に関する法規制を導入するだけでは機械災害の減少は期待できず、事業場での残留リスクの査定に関して何らかの支援が望まれることが示唆された。

### 3) 残留リスク査定の支援を目的とした妥当性確認の検討

本研究では、これまで、欧州の機械安全制度の導入方法として、主に定置式の機械に対する法規制を仮定し、a) 完全整合化案、b) 実質同一案及びc) 現時点での規制を強化する案の3案を考え、それぞれの優位性などを検討すると

もに、いずれの案においても、機械の使用段階での妥当性確認が極めて重要な役割を担うことを指摘してきた。しかし、この妥当性確認の具体的な内容や求められる要件に関しては議論していなかった。そこで、平成27年度は、欧州の機械安全制度を導入した場合に日本の労働安全分野に求められる妥当性確認を明らかにするべく、主に次の2つの観点から検討を行った。

**(a) 統一された判断基準の提供**

第一としては、残留リスクの査定においては、リスクを評価する上での判断基準を、リスクアセスメントを実施する者が自らの知識や経験（場合によっては、災害防止に対する認識や理念）に依拠して定めることとされており、公に受け入れられ統一された判断基準はまだ確立されていない問題があることを示し、この観点から検討を行った。

統一された判断基準がまだ確立されていないため、リスクアセスメントの結果から導かれる対策は、リスクアセスメントを実施する者の主観に依存し、その妥当性は必ずしも担保されない。極端な例では、同一の作業で使用される同一の機械に対して、ある事業場ではインターロックガード等の工学的方策が必要であると判断したときでも、別の事業場では警告掲示によるオペレータへの注意喚起のみで使用を認めてしまう場合も起こり得る。ただし、この判断基準に関する問題は、一事業場内の自主的労働安全衛生活動の範囲で回避するには限界があることが、考察の結果明らかになった。

そこで、リスクアセスメントに基づく機械安全を日本に先行して推進してきた欧州4ヵ国を対象に調査を行い、リスクアセスメント結果の妥当性を如何に担保してきたかについて各国の活動を日本国内での場合と比較した（表5～表9参照）。その結果、最新の機械安全国際規格や他事業場等での成功事例に精通した第三者が機械のリスク低減状態を個別具体的に確認する仕組みが必要であることを明らかにするとともに、そこで収集される労働災害の未然防止に寄与する情報が広く共有されるよう展開することが重要であると判明した。この妥当性確認のフィードバックの構造を図49<sup>61)</sup>に示す。現在の国内の社会制度の枠組みでこれに相当する活動を実施するとすれば、労働安全衛生総合研究所の研究員や労働基準監督官、厚生労働技官などの、公的かつ専門的知識を有する者による実施が適当であると示した。

**(b) 社会リスクマネジメントの観点**

第二として、リスクマネジメントの観点から検討を行い、国による妥当性確認などの支援が

必要となることを示した。リスクマネジメントの考え方をいけば、機械安全制度の導入とは、日本全体の機械災害リスクを社会制度にて低減することを意味するが、これにおいて、残留リスクの査定が適切かつ十分に行われていないという問題は、機械安全制度を導入・運用していったとしても、その中に到底許容できないほどの大きなリスクを残留させてしまうことになりかねない。このことをより詳細に検証するために、日本経済における国の役割をマクロ経済理論が示すのと同様に、日本の労働安全において機械安全に関する法規制及び社会制度の運用で国が担う役割を明確にするとともに、リスクマネジメント原則 ISO 31000:2009 を用いて機械安全制度を運用するための考え方を示した（図50<sup>62)</sup>）。

特に、ここでは、従来の労働安全研究でのリスク論との区別を明らかにするために、労働安全衛生での事業者や作業者の役割と国の役割を次のように区分して扱うことを提案した：従来の労働安全研究では、事業場単位の労働災害防止を前提とし、事業場での安全衛生管理活動の内容を拡充させるための方法探求やリスクマネジメント論が中心であった。本研究では、これをミクロ労働安全と定義する。これに対し、提案する国による支援は、ミクロ労働安全の実行を支える、社会基盤（社会環境）整備を目的とすることから、これをマクロ労働安全と定義する（図51<sup>62)</sup>）。

検討の結果、社会基盤の脆弱さはミクロ労働安全に負の影響を与え、上述の残留リスク査定に対する妥当性確認は社会基盤に位置付けられることを導き、機械安全制度の導入・運用において、国による妥当性確認などの支援が必要となる根拠を示すことができた。

**4) 妥当性確認の要件**

以上のことから、結論として、欧州の機械安全技術や社会制度を適切に活用すれば、現在多発している機械災害の激減が図られる可能性があるが、単にそのフレームワークだけを導入しても効果は期待できず、日本の労働安全分野の社会環境全体を見据えた変革が必要であるとした。特に、事業場での自主的な安全衛生管理活動の支援の拡充を進めることが不可欠であり、労働安全衛生に携わる行政、監督機関及び調査研究機関などが互いに連携してこれにあたるべきである。

事業場での自主的な安全衛生管理活動が強く推進されている現在、労働安全衛生行政や労働基準監督機関、ならびに労働安全衛生に関する専門機関や研究者・専門家等が担う役割や互い

の連携が見え難くなりつつあるが、機械安全に関する法規制の導入においては、まず、これらすべてが考え方を改め、制度見直しに向けた検討をはじめていくことが望まれる。

## 第7章 結論

- 1) 日本の強みは、現場の優秀な作業員や管理・監督者及び生産技術者が質の高い安全管理と生産技術に基づく改善を実施していることにある。したがって、この“現場力”を基盤に置いた上で、技術に基づく安全の先進国と言われる欧州の機械安全技術や社会制度を適切に活用すれば、現在多発している機械災害の激減を図るとともに、日本の現場力と欧州の機械安全技術を高次の次元で融合させた新しい枠組みの安全技術と社会制度を構築できる可能性がある。
 

そこで、平成 25 年度に実施した欧州の機械安全技術の調査に加えて、平成 26 年度には日本の現場力の源泉としての安全管理と生産技術に関する調査及び分析を行い、日本の特徴である安全管理の集合知の体系（関係者間の協力と連携によって現場で発生する問題を組織的に解決するための実践的な知識体系）、特に安全性と生産性の両立を目指した技術体系について考察した。このとき、安全はコストでなく新たな価値創造のための投資として位置づけることが可能となる。
- 2) 平成 25 年度の研究では、主に定置式の機械に対する法規制の仮説として、完全整合化案、実質同一案、及び現時点の規制を強化する案を提示し、この中から実質同一案を選択した。この案では、①ISO12100 に定めるリスク低減戦略、②モジュール方式による適合性評価と適合宣言に関する情報伝達を目的としたマーキング、③マーキングの情報に基づく機械の使用段階での妥当性確認、④機械の設計・製造段階への災害情報のフィードバックが特に重要であった。
 

しかし、中小零細企業の実態を考慮したとき、実質同一案の場合でも対応が困難な企業が多いと考えられる。そこで、平成 26 年度には、当面の措置として、例えば労働安全衛生規則の第二編第一章第一節の一般基準に可動部に対する“覆い・囲い等”（保護装置も含む）の規定を設け、この対策の徹底によって機械に起因する労働災害を大幅に減少させる方策も併せて提案した。これにより、定置式の機械では死亡労働災害の 6 割近くを防止できる可能性があると推察される。
- 3) 上記 2) の方策の徹底にあたっては、現場段

階での妥当性確認やリスクアセスメント、及び事業者に対するコンサルティングなどが不可欠である。また、中小零細企業でのリスク概念の普及を目的とした簡易なリスクアセスメント手法の開発、マーキングを利用した簡易な妥当性確認手法の開発、及び“覆い・囲い等”の好事例の収集なども重要な課題と考えられる。これらの業務には、独立行政法人労働安全衛生総合研究所の活用なども考慮すべきである。

- 4) 一方、平成 26 年度に、平成 22～25 年に日本で発生した機械に起因する労働災害（死亡約 5,000 件及び休業 4 日以上約 50 万件）を分析した結果、移動式の機械である建設用機械、移動式クレーン、及びフォークリフトに起因する死亡労働災害が全機械災害の 50% を占めていた。これらの移動式の機械に対しては、人の注意力に依存して作業員の安全を確保せざるを得ないと考えられている。しかし、人の行動は誤りを伴うものであり、万全ではない。このため、本課題の研究者らは、人の行動を監視して警告等を行う支援的保護システムの検討を併せて進めている。この具体例に、建設機械やフォークリフトへの接近警報システムがある。また、本課題の研究者らは、移動式クレーンのワイヤーロープの切断や構造体の破損などの災害を防止するために、材料工学的観点も含めた新素材や高強度材料、及び限界状態設計法などの信頼性・安全性評価手法の検討も含めた総合的な研究を進めている。
- 5) 平成 25 年度の研究では、機械安全に関する社会制度としてイギリス、ドイツ及びフランスで実施している機械の使用段階での妥当性確認制度を調査し、特に日本で参考にできる制度としてイギリスの制度に着目した。平成 26 年度は、これにスイスでの調査を加えるとともに、平成 25 年度に引き続きイギリスの HSE（英国安全衛生庁）の調査を行い、実際の製造業や建設業の現場で妥当性確認をどのように進めているかの知見を深めた。
- 6) 上記 5) と平行して、平成 26 年度には、機械安全に関する社会制度のあり方を理論的に検討した。この検討で論点となったのは、イギリスのローベンス報告で指摘された自主対応型、及び日本の三柴丈典が指摘している対話型の安全衛生政策を日本の機械安全の現場で実現するための具体的な理論と戦略を構築することであった。特に、自主対応と対話を基盤とするこれらの方策では、対策を実施するにあたっての根拠（エビデンス）と

プロセス（戦略）の明確化が不可欠と考えられる。そこで、これらの点を考慮し、研究代表者らが提案している根拠に基づく安全理論（EBS: theory of Evidence-Based Safety）の更なる検討を進めた。なお、根拠とプロセスに基づく方策は欧州の鉄道分野における機能安全やアメリカの System Safety Society でも重要な課題となっている。

- 7) 上記の自主対応と対話型の観点から事業場に対して具体的な支援を行える機関としては、独立行政法人労働安全衛生総合研究所や平成 28 年 4 月 1 日に発足した新たな独立行政法人である労働者健康安全機構などが考えられる。一方で、多発する労働災害を防止するには、労働基準監督機関が行う法規準拠及び監督取締型の施策は依然として重要である。したがって、今後は労働基準監督機関と労働安全衛生総合研究所などの連携によって、自主対応及び対話型と法規準拠及び監督取締型のバランスの取れた施策を日本国内で総合的に行える体制の構築が重要と考えられる。
- 8) 以上の社会制度の検討にあたっては、機械安全と労働安全では安全の確保に関する目的が異なる点を考慮した。このうち、機械安全の目的は製品の円滑な流通である。これに対し、労働安全の目的は労働災害の発生がないことを客観的な証拠に基づいて事前に確認することであり、現実の使用条件も考慮した残留リスクの査定を行い、追加の保護方策を実施するという対応も求められる。この対応では、機械安全と労働安全の両分野の連携によって望ましい安全性を達成するためのリスクマネジメント理論を必要とする。このため、平成 27 年度には、このようなリスクマネジメント理論の候補として、ISO/IEC ガイド 51 を基礎とする個別最適理論である機械安全と、ガイド 73 を基礎とする全体最適理論である労働安全におけるリスク低減戦略の違いも考慮した新たな最適設計理論の検討を進めた。

この結果、現実の使用条件を考慮した残留リスクを査定する上で、統一的な判断基準がなく、同一の残留リスクに対して異なる対応がとられる可能性もあることが判明し、このこと自体が、労働災害を防止する上でのリスクとなることを指摘した。このリスクを管理することが、労働安全の社会制度に求められる対応である。また、上記 5) に示したイギリス、ドイツ及びフランスで実施されている妥当性確認とは、このリスク管理に相当する

ことを明らかにし、日本で妥当性確認を実施する際の要件を提案した。

なお、実際の労働災害防止活動を適切に推進するにあたっては、職場で重大な労働災害を発生させないことは当然として、働く人が長期的に安定した労働条件や安心できる職場環境の下で、他の人と協調しながら自己の能力を存分に発揮できる状態の実現など、別添 3 に示した労働基本権も含めた職場環境の整備も重要と考える。

また、本研究では、働く人の安全（労働者保護）の確保は当然として、企業の国際競争力の強化、安全に関連する新産業の創出、海外との相互承認による適合性評価に要するコストの削減、製造物責任対策などの視点や機械作業に関連する生産性、作業性、費用対効果の改善という観点からも、欧州の機械安全に関する法規制や社会制度の有効性評価を進めていくべきと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 日経メカニカル別冊、機械の CE マーキング、日経 BP 社 (1994)
- 2) 丸山弘志・三平律雄、CE マーキング制度とは、工学研究社 (1996)
- 3) 梅崎重夫・桑川壮一、機械安全に関する欧州規格の現状と国内法規との対応に関する調査、産業安全研究所安全資料、NIIS-SD-No. 14、(1996) pp. 1-14
- 4) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子・平沼栄浩・高木元也・島田行泰・三平律雄、よくわかる！管理・監督者のための安全管理技術—管理と技術のココがポイント—(基礎編)、日科技連出版社 (2011)
- 5) 中山和久、国際労働法、三省堂 (1998) pp. 46-54
- 6) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、機械安全と安全管理における基本理念と災害防止原則の比較—ベスト・プラクティスの観点から、労働科学、Vol. 86、No. 4 (2010) pp. 179-187
- 7) 池田博康、機械の制御システムの安全設計原則 ISO13849-1 における安全機能の確認、安全工学、Vol. 48、NO. 4 (2009) pp. 375-378
- 8) 齋藤剛、最近の制御技術(5)—制御システムの安全性能基準—、クレーン、Vol. 51、No. 8 (2013) pp. 4-10
- 9) JIS ハンドブック、適合性評価、CE マーキング制度の主な指令と適用モジュール (2011) p. 568
- 10) Celeste Jacinto、Elaine Aspinwall、A

- survey on occupational accidents' reporting and registration systems in the European Union、Safety Science、42 (2004) pp.933-960
- 11) 梅崎重夫・清水尚憲、産業機械の労働災害分析、産業安全研究所特別研究報告、NIIS-SRR-NO.33 (2005) pp.53-67
  - 12) 梅崎重夫・福田隆文・齋藤剛・清水尚憲・木村哲也・濱島京子・芳司俊郎・池田博康・岡部康平・山際謙太・富田一・三上喜貴・平尾裕司・岡本満喜子・門脇敏・阿部雅二郎・大塚雄市、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度の考察、労働安全衛生研究、Vol.8、No.1 (2015) pp.13-27
  - 13) 古澤登、元気な職場を作る実践的安全活動ー安全スタッフ・管理監督者が組織を変えるー、中災防新書 (2012)
  - 14) 中村昌充、製造現場の事故を防ぐ安全工学の考え方と実践、オーム社 (2013)
  - 15) 遠藤功、現場力の教科書、光文社新書 (2012)
  - 16) 若松義人、最強の現場を作り上げる！トヨタ式「改善」の進め方、PHP ビジネス新書 (2007) pp.122-126
  - 17) 労働省安全課監修、これからの安全技術ー工作機械等の制御機構のフェールセーフ化に関するガイドラインの解説ー、安全確認システムと生産性 (杉本旭と梅崎重夫で執筆) (2000) pp.190-193
  - 18) 栗原史郎監修、向殿政男ほか、現場発ものづくり革新ー安全は競争力ー、日刊工業新聞社 (2009)
  - 19) 遠藤功、現場力復権、東洋経済新聞社 (2009)
  - 20) 梅崎重夫・板垣晴彦・齋藤剛・伊藤和也・山際謙太・崔光石・高橋弘樹・濱島京子・清水尚憲・大幢勝利、よくわかる！管理・監督者のための職場における安全工学、日科技連出版社 (2013) pp.1-16
  - 21) 朱宮徹、現場力の高い職場づくり、労働の科学、Vol.68、No.12 (2013) pp.10-14
  - 22) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、根拠に基づく安全 (EBS) を考慮した安全目標と安全性評価指標の提案、安全工学シンポジウム2013 講演予稿 (2013) pp.334-337
  - 23) 梅崎重夫・濱島京子、第三次産業の労働災害防止対策に関する技術基準等の検討、労働安全衛生総合研究所特別研究報告、JNIOOSH-SRR-NO.43 (2013) pp.101-108
  - 24) 梅崎重夫・濱島京子・池田博康、食品機械を対象とした労働災害分析、労働安全衛生総合研究所安全資料、JNIOOSH-SD-NO.27 (2010)
  - 25) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲・板垣晴彦、コンベヤーを対象とした労働災害分析ー労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価ー、労働安全衛生研究、Vol.5、No.1 (2012) pp.33-44
  - 26) 濱島京子・梅崎重夫・板垣晴彦、粉碎機及び混合機を対象とした労働災害分析ー労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価と比較ー、労働安全衛生研究、Vol.5、No.2 (2012) pp.87-97
  - 27) 杉本旭・糸川壮一・深谷潔・清水尚憲・梅崎重夫・池田博康・芳司俊郎・蓬原弘一、安全確認形安全の基本構造、日本機械学会論文集 C 編、Vol.54、No.505 (1988) pp.2284-2292
  - 28) 杉本旭・蓬原弘一、安全の原理、日本機械学会論文集 C 編、Vol.55、No.530 (1990) pp.2601-2609
  - 29) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子・木下博文・平沼栄浩・宮崎浩一・石坂清、統合生産システム (IMS) におけるリスク低減プロセスの基礎的考察、労働安全衛生研究、Vol.1、No.3 (2008) pp.212-219
  - 30) 梅崎重夫・濱島京子、日本の現場力と欧州の機械安全技術の連携による新たな社会制度の構築、電子情報通信学会安全性研究会、Vol.114、No.458 (2015) pp.13-16
  - 31) Keskinen、E. : Why do young drivers have more accidents? Junge Fahrer und Fahrerinnen. Referate der Esten Interdisziplinären Fachkonferenz 12-14. Dezember 1994 in Köln richte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit、Heft M 52 (1996)
  - 32) IAEA Safety Series No.75-INSAG-1 "Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident" Vienna (1986)
  - 33) IAEA Safety Series No.75-INSAG-4 "Safety Culture" Vienna (1991)
  - 34) EN 1127-1:2011、Explosive atmospheres - Explosion prevention and protection - Part 1: Basic concepts and methodology
  - 35) IEC 60974-1 ed4.0 : Arc welding equipment - Part 1: Welding power sources
  - 36) EN 50126 : Railway applications - The specification and demonstration of Reliability、Availability、Maintainability and Safety (RAMS) (IEC 62278)

- 37) EN 50128 : Railway applications - Software for railway control and protection systems (IEC 62279)
- 38) EN 50129 : Railway Applications : Safety related electronic railway control and protection Systems (IEC 62425)
- 39) EN 50159-1、 -2 : Railway applications - Communication、 signalling and processing systems - Safety-related communications in closed (open) transmission systems (IEC 62280-1、 -2)
- 40) Commission Regulation (EC) No 352/2009 of 24 April 2009 on the adoption of a common safety method on risk evaluation and assessment as referred to in Article 6(3) (2) of Directive 2004/49/EC of the European Parliament and of the Council
- 41) Commission Implementing Regulation (EU) No 402/2013 of 30 April 2013 on the common safety method for risk evaluation and assessment and repealing Regulation (EC) No 352/2009
- 42) EN50129/IEC62425 Railway Applications - Safety related electronic railway control and control systems
- 43) ORR Common Safety Method for risk evaluation and assessment - Guidance on the application of Commission Regulation (EU) 402/213、 March 2015
- 44) Journal of System Safety、 Spring/Summer 2014、 pp.31-38
- 45) 山際謙太、炭素繊維ケーブルを使用したペンダントロープとその繰り返し荷重特性、クレーン、Vol. 51、No. 589、pp. 25-29
- 46) 山際謙太・大山裕太・佐々木哲也・本田尚・山口篤志・辻 裕一、静索用炭素繊維複合材料ケーブルの繰返し軸荷重試験、日本機械学会論文集(A 編)、Vol. 79、No. 802 (2013) pp. 745-748
- 47) 山際謙太・本田尚・山口篤志・佐々木哲也、従来材及び新素材クレーン用ワイヤーロープの経年損傷評価と廃棄基準の見直し、労働安全衛生総合研究所 特別研究報告、SRR-No. 44 (2014) pp. 19-24
- 48) 平成20年度 熱可塑性樹脂複合材料の航空機分野への適用に関する調査報告書、社団法人 日本機械工業連合会
- 49) U. S. Department of Transportation Federal Aviation Administration、DOT/FAA/AR-00/47 “Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems”
- 50) 戸井康弘・中村裕之、複合材料力学入門 第7章 航空機構造の設計の実例とその成形方法の特徴、日本複合材料学会誌、Vol. 23、No. 1 (1997) pp. 31-38
- 51) 梅崎重夫・清水尚憲、産業機械の労働災害分析、産業安全研究所特別研究報告、NIIS-SRR-NO. 33 (2005) pp. 53-67
- 52) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察 -社会基盤の機能と構造-、電子情報通信学会安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 113、No. 154 (2013) pp. 17-20
- 53) 独立行政法人労働安全衛生総合研究所メールマガジン、第70号 (2014)
- 54) 三柴丈典、リスクアセスメントを核とした諸外国の労働安全衛生制度の背景・特徴・効果とわが国への適応可能性に関する調査研究、厚生労働科研費補助金総括研究報告書
- 55) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察 -社会制度と妥当性確認の前提条件の検討-、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 114、No. 458 (2015) pp. 17-20
- 56) 鈴木茂夫、CE マーキング制度 -主要 EC 指令と CE マーキング-、工学図書株式会社、p. 2 (2010)
- 57) ISO Guide 78: 2008. Safety of machinery - Rules for drafting and presentation of safety standards.
- 58) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子、機械安全及び労働安全分野で安全・安心な社会サイクルを実現するには、安全工学シンポジウム 2015 講演予稿 (2015)、pp. 22-25.
- 59) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子、機械安全規制を対象とした日本における社会制度の考察、安全工学シンポジウム 2015 講演予稿 (2015)、pp. 306-309.
- 60) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全分野における全体最適理論の必要性、安全工学シンポジウム 2015、講演予稿集、pp. 302-305 (2015).
- 61) 齋藤剛・濱島京子・芳司俊郎・木村哲也・清水尚憲、機械のリスクアセスメント結果の妥当性確認に関する欧州実態調査の結果と日本国内での労働安全衛生活動に対する提言、労働安全衛生研究、Vol. 9、No. 2 掲載予定 (2016)



- 62) 濱島京子、機械安全制度の導入に伴う機械の使用段階での妥当性確認の考察－労働安全分野におけるマクロ労働安全の提案－、労働安全衛生研究、Vol.9、No.2 掲載予定 (2016)

#### 図表の出典

- ・図 1 文献 2) の p. 73
- ・図 2 文献 2) の p. 33
- ・図 3 JISB9700:2013 図 2 に具体的方策を追加
- ・図 4 文献 4) の p. 56 の表 3.5 に具体的方策を追加
- ・図 6 文献 33) の p. 18 の図 2
- ・図 7 文献 4) の p. 41 の図 3.1
- ・図 8 JISB9705-1:2011 図 1 と図 3 を参考に作成
- ・図 9 JISB9705-1:2011 図 A.1
- ・図 10 JISB9705-1:2011 図 4 を参考に作成
- ・図 11 JISB9705-1:2011 図 5
- ・図 12 文献 8) の p. 6 の図 1
- ・図 13 文献 8) の p. 6 の図 2
- ・図 14 JISQ17000:2005 図 A.1
- ・図 15 文献 9) の p. 568
- ・図 18 文献 15) の p. 112 の図を参考に作成
- ・図 19 文献 15) の p. 206 の図を引用
- ・図 20 文献 15) の p. 126 の図を引用
- ・図 28 文献 41) の図を引用
- ・図 29 文献 42) の図を引用
- ・図 30 文献 43) の図を引用
- ・図 31 文献 44) の図を引用
- ・図 32 文献 50) の p. 44 の図を引用
- ・図 46 文献 54) 記載の考え方を参考にした
- ・図 49 文献 61) の図を引用
- ・図 50 文献 62) の図を引用
- ・図 51 文献 62) の図を引用
- ・表 1 文献 4) の pp. 42-43 の表 3.1
- ・表 2 文献 4) の p. 44 の表 3.2
- ・表 3 文献 4) の p. 47 の表 3.3
- ・表 10 文献 6) の p. 219
- ・表 11 JISB9705-1:2011 表 3
- ・表 12 文献 8) の p. 6 の表 3
- ・表 13 文献 8) の p. 7 の表 4
- ・表 15 文献 12) の p. 19 の表 4
- ・表 24 文献 49) の Table1
- ・表 25 文献 49) の Table2
- ・表 26 文献 49) の Table3
- ・表 27 文献 49) の Table4
- ・表 28 文献 49) の Table6

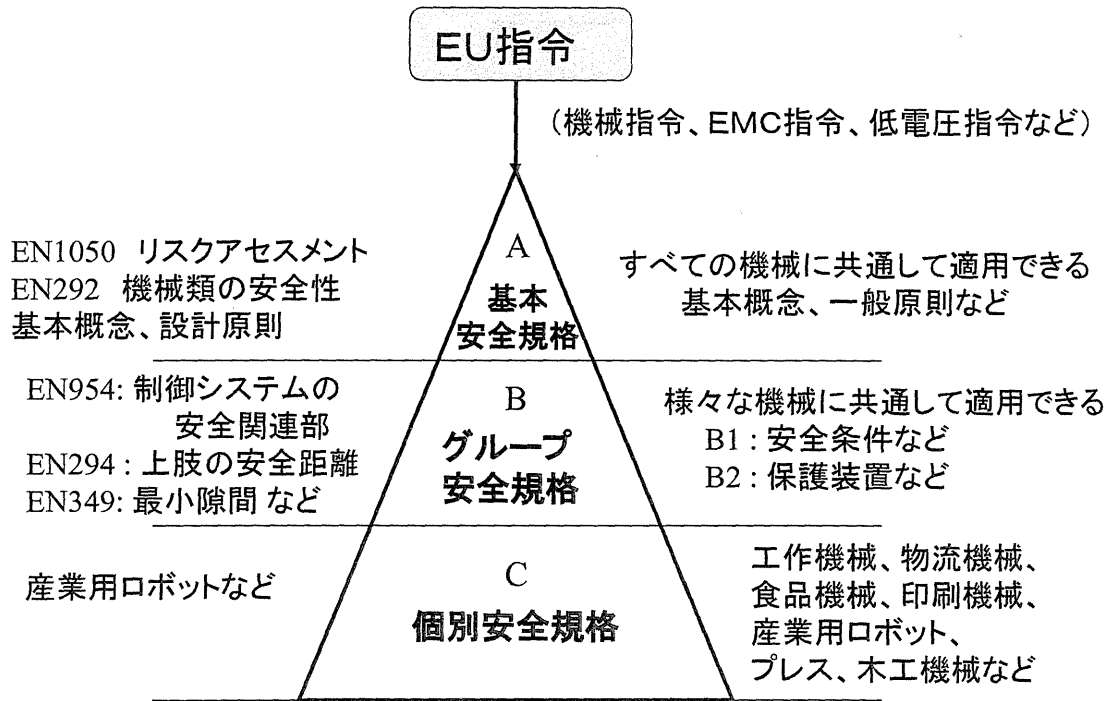
#### II. 研究成果の刊行に関する一覧表

- 1) 梅崎重夫・福田隆文・齋藤剛・清水尚憲・木村哲也・濱島京子・芳司俊郎・池田博康・岡部康平・山際謙太・富田一・三上喜貴・平尾裕司・岡本満喜子・門脇敏・阿部雅二郎・大塚雄市、日本で望まれる機械安全に関する法規制及び社会制度の考察、労働安全衛生研究、Vol. 8、No. 1 (2015) pp.13-27.
- 2) 齋藤剛・濱島京子・芳司俊郎・木村哲也・清水尚憲、機械のリスクアセスメント結果の妥当性確認に関する欧州実態調査の結果と日本国内での労働安全衛生活動に対する提言、労働安全衛生研究、Vol.9、No.2 (2016) 掲載予定 (PDFにて早期公開済み)
- 3) 濱島京子、機械安全制度の導入に伴う機械の使用段階での妥当性確認の考察－労働安全分野におけるマクロ労働安全の提案－、労働安全衛生研究、Vol.9、No.2 (2016) 掲載予定 (PDFにて早期公開済み)
- 4) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子、機械安全及び労働安全分野で安全・安心な社会サイクルを実現するには、安全工学シンポジウム 2015 講演予稿集 (2015), pp. 22-25.
- 5) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全分野における全体最適理論の必要性、安全工学シンポジウム 2015 講演予稿集 (2015) pp. 302-305.
- 6) 梅崎重夫・清水尚憲・濱島京子、機械安全規制を対象とした日本における社会制度の考察、安全工学シンポジウム 2015 講演予稿集 (2015), pp. 306-309.
- 7) 梅崎重夫・濱島京子、日本の現場力と欧州の機械安全技術の連携による新たな社会制度の構築、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.114、No.458 (2015) pp.13-16.
- 8) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察－社会制度と妥当性確認の前提条件の検討－、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.114、No.458 (2015) pp.17-20.
- 9) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、労働安全分野における安全目標の考察、安全工学シンポジウム講演予稿集 2014 (2014) pp.164-167.
- 10) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察－社会システムとしての安全制御構造－、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.114、No.106 (2014) pp.1-4.
- 11) 梅崎重夫・濱島京子・清水尚憲、根拠に

- 基づく安全（EBS）を考慮した安全目標と安全性評価手法の提案、安全工学シンポジウム 2013 講演予稿集（2013）pp.334-337.
- 1 2) 濱島京子・梅崎重夫、労働安全及び機械安全分野における社会基盤の確立に関する考察－社会基盤の機能と構造－、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.113、No.154（2013）pp.17-20.
  - 1 3) 福田隆文・芳司俊郎・梅崎重夫、機械安全における管理者の意識に関する調査、安全性研究会、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.115、No.503（2016）pp.23-26.

### Ⅲ. 研究成果の刊行物・別刷

別添のとおり。



**図1 EN規格の体系**

	A (内部生産管理)	<p>A a (EU公認機関が製造者を補佐する内部生産管理)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>製造者は製品の安全性を立証するための技術文書を作成し国内行政当局が閲覧できるよう保管しておく。</li> </ul>	B (型式試験)	<p>G (ユニットの検定)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>製造者は製品の安全性を立証するための技術文書をEU公認機関に提出する。</li> </ul>	<p>H (全体の品質管理)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。</li> </ul>		
設計段階の適合性評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言するとともに、CEマーキングを行う。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>EU公認機関は、製品の全数を検査する。</li> <li>製造者は、適合宣言とともに、CEマーキングを行う。</li> </ul>			
製造段階の適合性評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>EU公認機関は、製品の抜き取り検査を定期的に行う等の方法によって、製造段階の適合性評価を行う。</li> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言するとともに、CEマーキングを行う。</li> </ul>	C (型式への適合性)	D (生産の品質保証)	E (製品の品質保証)	F (製品の検定)	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>EU公認機関は、製品の抜き取り検査を定期的に行う等の方法により、製造段階の適合性評価を行う。</li> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EU公認機関は、製品の抜き取り検査を定期的に行う等の方法によって、製造段階の適合性評価を行う。</li> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。</li> <li>EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。</li> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。</li> <li>EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。</li> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造者はすべての製品を一個づつ検査するか、又は生産したロットからランダムにサンプルを一個づつ取って検査し、製品が指令に適合するのを検証する。</li> <li>製造者は、必要要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。</li> </ul>	

**図2 モジュール方式による適合性評価**

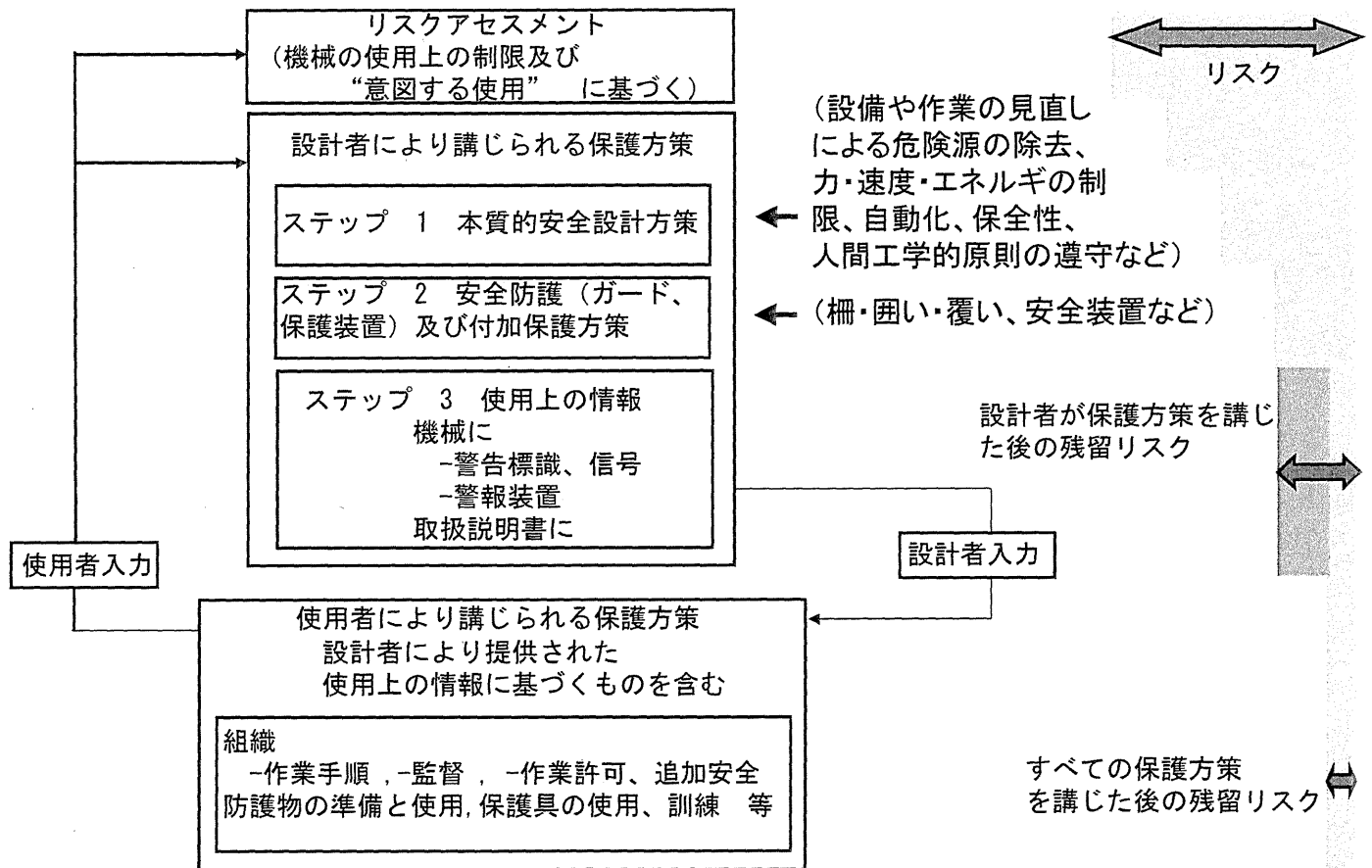


図3 ISO12100のリスク低減戦略

- 1) 鋭利な端部、角、突起物などを除去する。
- 2) 挟まれるおそれのある部分は、人体が進入できないように狭くするか、または挟まれるおそれがない程度に広くする。
- 3) 機械の可動部が発生する力を小さくする。
- 4) 可動部の運転速度を小さくする。
- 5) 可動部の持つ運動エネルギーを小さくする。
- 6) 応力の制限、過負荷の防止、破損や腐食の防止などに配慮する。
- 7) 設備の見直しやレイアウトの変更によって、危険な設備を根絶する。
- 8) 作業方法の変更によって、危険な作業を根絶する。
- 9) 自動化によって、人と機械の接触危険性を減少させる。
- 10) 有害性のない材料を使う。
- 11) 転倒防止のために安定性を確保する。
- 12) ライン内の視認性を確保する。
- 13) 誤操作しにくい配置や色とする など

図4 本質的安全設計方策の具体例

本研究の目的：  
 機械安全規制が進んでいる欧州等の法規制や社会制度の内容と実態を調査するとともに、その効果を検証し、日本における機械の設計・製造段階の法規制や社会制度のあり方を提案する。

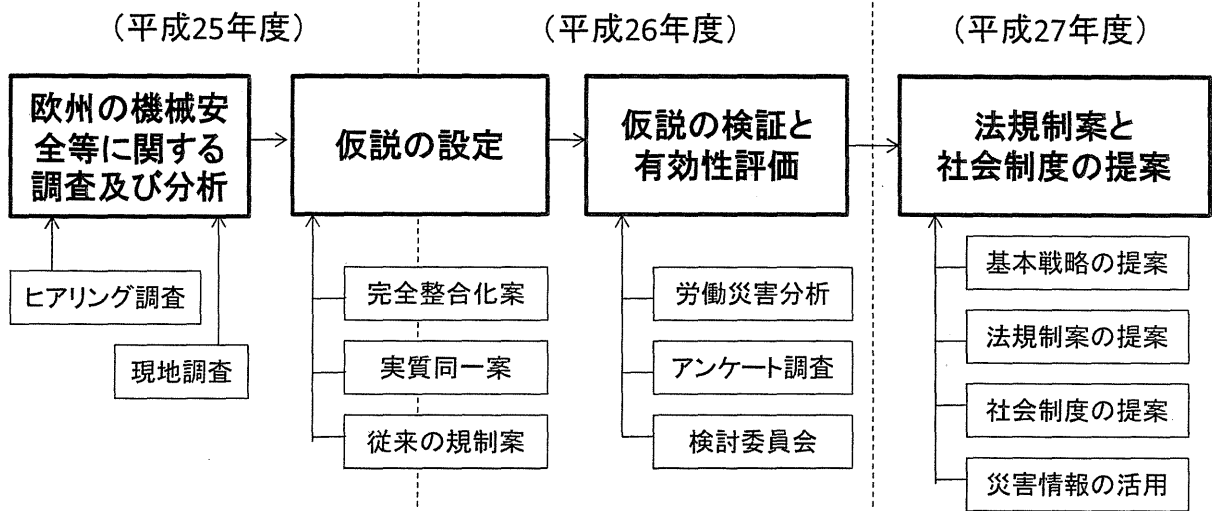


図5 研究全体の流れ図

(欧州起源のISO12100のリスク低減戦略が参考)

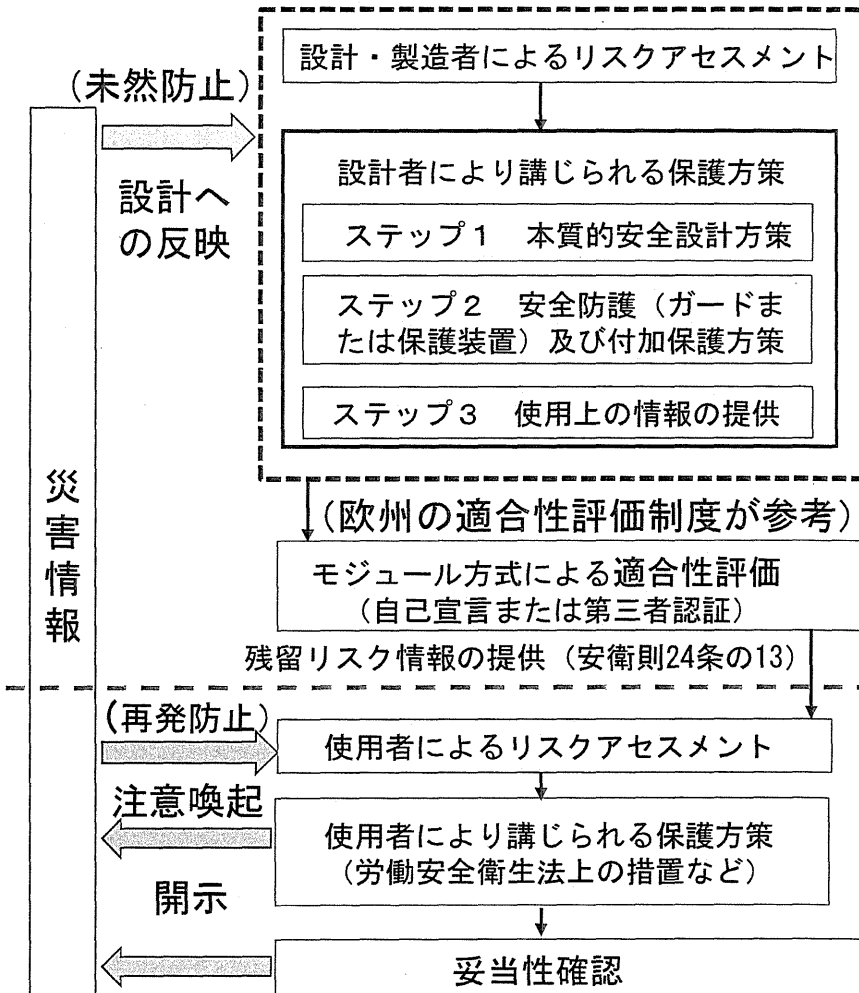


図6 法規制案と社会制度の例（実質同一案の場合）

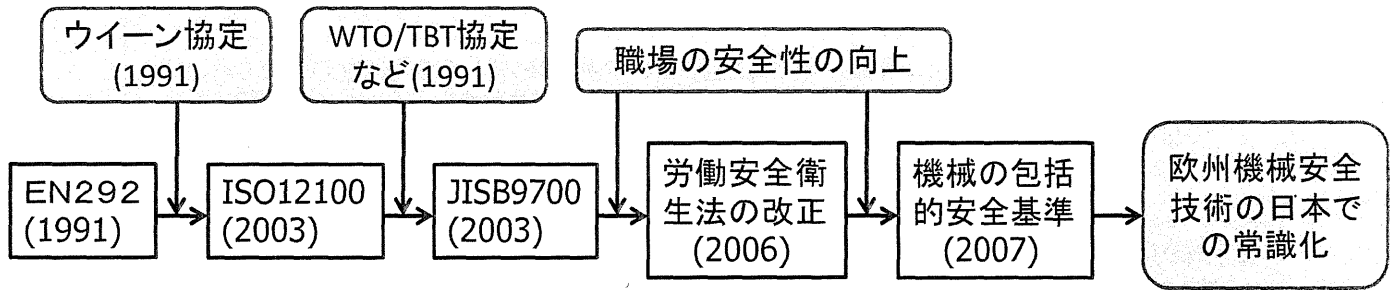


図7 欧州機械安全技術の日本への影響

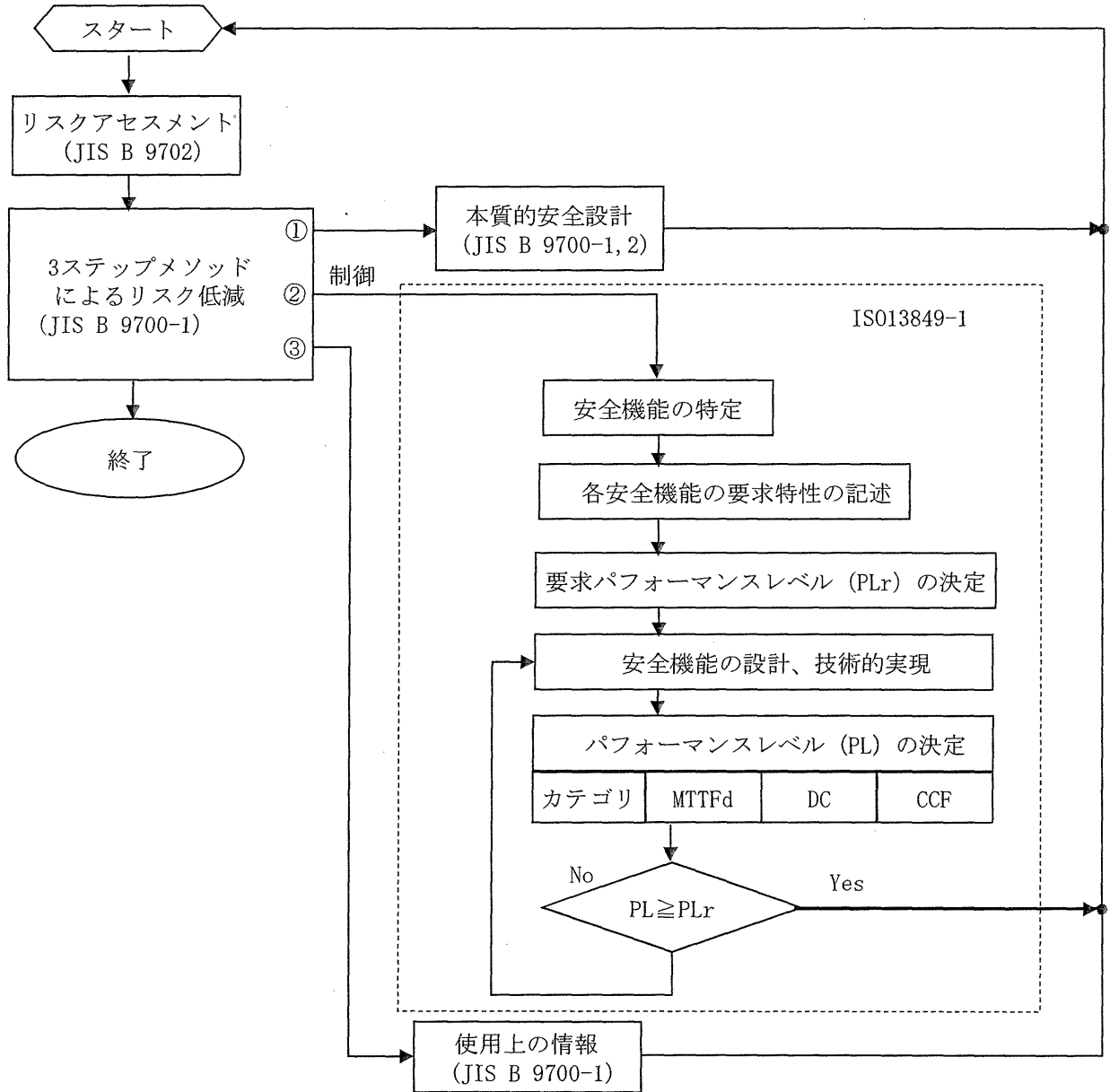


図8 SRP/CSの設計手順とその位置付け