

適合性評価全体を図15に示す⁹⁾。機械指令においては、モジュールAであり、メーカーに第三者認証による認証書取得を求めている。したがって、以下に示すCEマーキングも自己宣言で行うことが基本である。

また、EU市場に機械を入れるには、(1)その機械を機械指令に適合させて設計・製造し、(2)機械にCEのマーキングを表示する。適合性の証明は、機械指令で特に規定された機械以外は自己宣言で行えばよい。ただし、CEマーキングを表示するには、その根拠を示した技術文書(TCF、テクニカル・コンストラクション・ファイル)を作成する必要がある。この文書は当局から指示があれば、速やかに提出しなければならない。

実際には、例えばEN ISO 12100に適合させることで、機械指令に適合すると宣言できる。このような規格を整合規格と呼び、CEN、CENELECで制定される。

6) まとめと今後の予定

以上、文献調査結果を記述した。本節で記載した事項は、機械を含む製品を市場に供給するための要件である。本研究の主題に絞れば、機械を起因とする労働災害を防ぐために、「安全な機械」を供給するためにEUが確立した仕組みである。

安全な労働環境構築には、安全な機械の供給とともに、それを適切に設置し、運用することが対になる。運用段階での適切性の検証を、本研究では妥当性確認という後で示している。

今後、この制度を日本に取り入れることの適切性や、(適当であると考えられるなら)その方法、リスクアセスメントや保護方策の義務づけの可否と評価法を検討する。また、適合性評価を行う機関のあり方も検討を要する。

5.7 欧州の労働災害発生状況に関する調査結果と機械指令等の有効性検証

本研究では、イギリス、フランス、ドイツを対象に、欧州のニュー・アプローチ政策及び機械指令の発令の前後で、機械災害及び労働災害の発生状況にどのような変化が認められたかの検証を試みた。具体的には、次のようなデータを利用して調査を進めている。

- ① 各国の労働安全衛生関係機関がインターネットで公表している労働災害統計(例えば、イギリスではHSE、フランスではINRSなど)
- ② 上記の労働安全衛生関係機関の専門家に対する実地調査、ヒアリング調査または照会調査
- ③ ILOの国際労働経済統計年鑑(1955～2005年

まで、概ね1年間に1回発行している。なお、2006年以降は休刊となっている)

- ④ 別添2に示した労働災害統計に関するデータベース一覧表に記載された情報源に対する調査(2004年12月号のセーフティ・サイエンス誌の933-960ページにCeleste Jacinto氏とElaine Aspinwall氏が記載した一覧表)¹⁰⁾

以上の結果、労働災害全体の発生件数の推移に関してはいくつかの貴重なデータが得られたが、機械に起因する労働災害の発生件数の推移に関しては適切なデータを得るには至っていない。この点に関しては、平成26年度以降も引き続き調査を続ける予定でいる。

なお、前述したように、仮に機械災害や労働災害に関する情報が得られても、国ごとの社会制度の違いから、数値に含まれる不確かさを考慮した考察が必要と考えられる。このため、本研究で得られた労働災害分析に関する結果は十分な吟味を経た上で公表するものとし、初年度の本報告書には詳細を公表しないことにした。

5.8 日本の“現場力”の源泉である安全管理技術及び生産技術の調査

本研究では、日本の強みである“現場力”の源泉としての質の高い安全管理と生産技術を基盤に置いた上で、安全の先進国と言われている欧州の機械安全に関する技術や制度を適切に活用することによって、機械災害の激減を図ることを目的とする。

このような戦略を採用する場合、日本の“現場力”の源泉である安全管理と生産技術について、適切な調査を実施する必要がある。

具体的には、次のような項目について調査が必要と考えられる。

- ① 安全管理を担ってきた方々が執筆した著書、文献類
- ② 上記の方々が実際に作り上げてきた職場の実地調査、及びこれらの方々に対するヒアリング調査
- ③ 上記の方々の活動の基盤である業界団体や研究会が公表している安全管理に関する情報の調査
- ④ 本質的安全設計方策として実際に活用できる生産技術の調査

以上に関連する文献で特に重要なものに、古澤登「元気な職場を作る実践的安全活動—安全スタッフ・管理監督者が組織を変える—」、中防災新書がある¹¹⁾。この書籍では、自動車製造業における安全活動の実践の中で、“人づくりが安全風土をつくり、企業を成長させる”、“あるべ

き姿の設定と見える化・共有化・具体化”、“的を絞った活動の大切さ”、“人がモノをつくるのだから、人をつくらねば仕事も始まらない”など、日常の安全活動に直ちに活用できる考え方が述べられている。

また、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」、オーム社では、化学分野を中心とした安全工学の観点から現場での実践に役立つ考え方が述べられている¹²⁾。

今後は、以上の調査などを契機として、労働災害防止に活用できる日本の“現場力”の本質の解明に努めたい。

5.9 研究代表者らが提唱している根拠に基づく安全理論 (EBS) の活用

次に、研究代表者らが提唱している根拠に基づく安全理論 (EBS) の概要を文献 13) ~ 15) の記載を基に述べる。

1) 件数重視から重篤度重視へ

労働災害の中には、過去に繰り返し発生しているタイプA災害と、発生確率は低いが高重篤度は著しく高いために社会的影響の大きいタイプB災害がある (図 16 参照)。現在、日本で実施されている労働災害防止対策の多くはタイプA災害を対象とする。この災害に対しては、“労働災害は本来あってはならない”という基本理念の下に、災害の発生件数を減少させる対策が講じられる。そして、軽微な不休災害も含めた災害の発生件数の大小を評価指標とし、件数が減少したことを理由として安全成績が向上したと主張する (この延長線上に無災害表彰制度がある)。

しかし、実際には、労働災害の発生件数が大きく減少した職場で、ある日突然、死亡災害や一度に3人以上が死傷する重大災害、あるいは企業経営に甚大な影響を与える爆発・火災などの重篤な労働災害が発生することがある。この原因の一つとして、過去に繰り返し発生しているタイプA災害に対する対策が、発生確率は低いが高重篤度は著しく高いために社会的影響の大きいタイプB災害に対して必ずしも有効でないためと推察される。

以上の点からも、今後の労働災害防止対策では、過去に繰り返し発生しているタイプA災害だけでなく、重篤度が高く社会的影響が大きいタイプB災害に対する対策のあり方も明確化していく必要がある。

同様に、タイプA災害でも重篤度を重視した対策が必要である。この点を明らかにするために、研究代表者らは典型的なタイプA災害である食品機械、コンベヤー、粉碎・混合機に起因

する災害を対象に労働損失日数の内訳の調査を実施した^{16) ~ 18)}。その結果、休業災害に相当する労働損失日数はいずれの機械でも 10~20%程度であったのに対し、死亡や障害に相当する労働損失日数は 80~90%程度と圧倒的に高かった (図 17 参照)。この結果だけを考慮しても、件数重視から重篤度重視への戦略転換の重要性が推察される。

2) 想定外に対する対策

<基本的戦略>

次に、想定外に対する対策の明確化を試みる。安全管理では、労働災害を事前に予測して回避するプロセスが不可欠である。このため、実際の職場では、発生する可能性がある災害をあらかじめ想定して、それを回避する対策が実施される。このような対応は、単純な機械などを対象とした場合、適切な対策と考えられる。しかし、少しでも複雑な対象になると“想定外”という問題が表れる。

図 18 は、この問題を図式化したものである。図で、(a)は前述した考え方に基づいて対策を実施した場合である。この場合、確かに労働災害を想定した人が回避すべきとした問題 (図の●印) は確実に取り除かれている。しかし、この人が想定しなかった問題 (図の点線の丸印) は残念ながら取り除かれずに潜在している。そして、何かの拍子にこの問題が顕在化したときに労働災害が発生する可能性がある。

このような説明に対しては、“想定者はプロだからそんな見落としはしない”との反論があるかもしれない。しかし、実際の労働災害は、想定者がうっかり見落としをしたときだけでなく、問題の所在は確認していたが“まさかそのようなことは起きないだろう” (確率が低いと判断)、“十分な対策をしたから大丈夫だろう” (過信) などと思っていたときにも発生する。特に後の2つは、想定者が許容可能なリスクや残留リスクと判断していたものが重篤な災害の原因になったということで、ここにリスク評価の難しさがある。

では、このようなときの対策の妙案はあるのか。この問題に対して普遍的な解答を示すのはたいへん難しい。しかし、少なくとも一旦発生したら社会的に影響の大きい災害に対しては、どんなに発生確率が低いと判断しても確実な対策を施すことが重要と考える。このとき、発生確率や件数が少ないことを持ってリスクが低いと判断してはならない点に特に留意する必要がある。

従来、日本では労働災害の発生件数を減らす

ことを重視してきた。しかし、前述したように、本当に減らさなければならぬのは重篤度が高い災害である。ちなみに、日本では、丸のこ盤に対する対策を実施する場合、発生件数の多い指の切傷災害を重視する。これに対し、機械安全の先進国である欧州では、一旦発生したら死亡に至る可能性が高い木材の反発による災害を重視するといわれている（もちろん、指の切傷の中には切断などの障害を伴うものもあり、この対策は重要である）。また、最近、企業経営でコンプライアンスが重視されているが、安全に関しては比較的軽微な出来事が強調される一方で重大な問題が見逃されているように感じる。

いずれにしても、発生確率や発生件数の大小に惑わされず、“重篤度の高いものに対しては確実に手を打っておく”ことが重要である。このとき、“残留リスクや許容可能なリスクなどという言葉に惑わされず、残されたリスクの確定と適切な対策の採用によって最後まで面倒をみるという安全側の割り切り”も併せて考慮すべきと考える。

＜安全確認形による対策＞

次に、想定外を考慮した対策の一つとして、安全確認形¹⁹⁾という考え方を示す。これは、**図 18(b)**に示すように、安全が確認できる条件の下でのみ機械の運転を許可する方法である。このようにすれば、そもそも安全が確認できない条件（この中には危険な条件や想定外の条件を含む）の下で機械を運転することはないから、想定外の問題が発生する可能性は理論的には根絶できる（ちなみに、**図 18(a)**のように危険を検出したときだけ機械の運転を停止させるのを危険検出形と呼んでいる）。この方法は、想定者が危険をうっかり見落とししたときなどに特に効果を発揮する。

ただし、この方法では、安全が確認できなくなったときに、迅速かつ確実に機械を停止させる必要がある。したがって、この方法は、停止によって安全を確保できる鉄道や産業機械などに対しては適用できるが、停止によって安全を確保するのが困難な航空機などには適用が困難である。

なお、安全確認形では“安全か危険か判断がつかない不確定なものは、必ず危険とみなす”という考え方が重要である。これを杉本と蓬原は“安全の原理”と呼んでいる²⁰⁾。同様の考え方として、環境分野における予防原則がある。これは“科学的に因果関係が十分証明されない状況でも、疑わしいものは規制する”という考え方である。また、品質の分野でも“良品か不

良品か分からないものは不良品とみなす”という考え方が成り立つ。これらは、品質・安全・環境などの各分野を横断する普遍的な考え方であり、想定外を考慮した対策でも重要と考えられる。

3) 安全の定義と安全目標

次に、以上の検討を踏まえたうえで安全の定義に対する考察を試みる。ここでは、“安全目標＝確率論的なリスク管理目標”と単純に捉えてよいかという問題提起を行う中で、安全の定義に対する考察を試みたい。

安全規格を作成する際の国際的なガイドラインである ISO/IEC ガイド 51 では、安全を“許容不可能なリスクがないこと”などと定義している。この定義に従えば、安全目標として確率論的なリスク管理目標を採用するのも理解できる。しかし、すべての災害に対して安全目標として確率論的なリスク管理目標を採用するのが適切かは疑問である。

例えば、過去に繰り返し発生しているタイプ A 災害に対しては、行政的な目標値として確率論的なリスク管理目標（例えば、英国の HSE が示した労働者一人あたりの死亡労働災害の発生確率を 10^{-6} 回/年未満とするという目標）の設定が必要かもしれない。これに対しタイプ B 災害では、いかに発生確率が低いと言っても、万一災害が発生した場合には、社会的に取り返しのつかない事態に至る可能性が高い。このとき、“事故や災害は確率的に発生するのだからやむを得ない”という考えは、實際上、受け入れ難い。

同様に、労働者個人にとっても、軽微な労働災害（例えば、ナイフで軽い切り傷を負うなど）であれば、“災害は確率的に発生するからやむを得ない”として、怪我をした反省も含めて、そのリスクを受け入れることが可能かもしれない。これに対し、発生した労働災害が過去に繰り返し発生しているタイプ A 災害であったとしても、死亡や身体障害を伴う重篤な災害である場合は、被災者個人にとって到底受け入れは不可能である。

図 19 は、以上の点を考慮して安全目標のあり方をまとめたものである。図からも明らかなように、確率論的なリスク管理目標が採用可能なのは、タイプ A 災害の社会的な安全目標（領域Ⅲ）に限られる。これに対し他の領域では、確率論的なリスク管理目標の採用は困難で決定論的な安全目標を必要とする。

ここで決定論とは、事故や災害は起こり得ることを前提に“確実に”（決定論的に）予防策を

講じることを目的とした技術をいう。この技術では、事故や災害の発生確率を“ゼロ”とすることを目標に安全方策が実施される。しかし、絶対安全は困難であり、決定論的方策を採用したからと言って事故や災害の発生確率を“ゼロ”にできるとは限らない。では、決定論的方策によって事故や災害はどの程度まで減少できるのか。この質問に対しては“分からない”というのが正しい答えであろう。

むしろ危険な機械に対する決定論的方策では、比較的危険性の低い機械に対して確率論的なリスク評価を実施したときよりも事故や災害の発生確率は高くなることもあり得る（一般に、危険な機械の方が事故や災害の発生確率が高くなるのは当然である）。そして“分からない”からこそ、事故や災害の発生を防止するための未然防止策だけでなく、万一事故や災害が発生したときの被害拡大防止策を確実に実施しておく必要がある。現在、未然防止策は通常時の安全管理、被害拡大防止策は異常時の危機管理に対応させられているが、これを技術的方策として一体化を図るとともに、被害拡大防止策においても決定論の考え方を採用することが、この分野における重要な課題になると考える。

図 19 は、安全をリスクの問題として捉えられる部分が全領域の一部（領域Ⅲ）に過ぎないことを示唆している。このことは、安全をリスクに依存しない新たな概念として再構築する必要があることを意味する。このため、文献 3) では安全を“未然防止のための仕組みと戦略の構築”と定義した。このとき、安全目標は“未然防止の観点に立った活動か”、“災害防止のための手段とその仕組みは妥当か”、“戦略は適切で普遍的か”という観点からの設定が可能となると考えられる。

4) 根拠に基づく安全理論の提案

次に、以上の結果を踏まえた上で、根拠に基づく安全理論（EBS）の体系の提案を記す。図 20 に、EBS 体系の概略図を示す。

この体系では、前提条件となる安全管理上の留意点として、再発防止から未然防止、及び件数重視から重篤度重視への戦略転換が不可欠である。また、想定外に対する対策が不可欠である。

実際の EBS 体系では、安全目標を達成したか否かを立証する際の“根拠”を必要とする。これをエビデンス（Evidence）と呼ぶ。一般にエビデンスというと実験データを想定する。しかし、未知の要因や想定外事象などの不確定要因、あるいは設計段階での安全要求事項の見落とし

などが影響する安全分野では、長い歴史と経験に裏付けられた“実績”や自然法則などの“理論”も、エビデンスとして重要と考えられる。

このように、EBS の体系では表 13 に示す情報（データを含む）、実績、および理論というエビデンスを総合的かつ相互補完的に活用しながら科学的根拠を示していく点に特徴がある。しかし、単にエビデンスを示しただけでは科学的根拠としては十分でなく、エビデンスの活用にあたって適切な基本原則および標準化された手続きに従うことが、EBS 体系を構築する際の必要十分条件と考えられる。このため、これらの基本原則と手続き上の要件も併せて検討した。このうち、基本原則には機械安全分野の予防原則である“安全の原理”を始めとして表 14 に示すようなものが考えられる。また、手続き上の要件としては、表 15 に示す公平性、公開性、透明性、倫理性、専門性などが考えられる。

5) タイプA及びタイプBの労働災害防止戦略

次に、タイプA及びタイプBの労働災害防止戦略の提案の要点のみを概説する。

図 21 に、タイプA災害の労働災害防止戦略の要点を示す。この戦略では、①IS012100 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、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中心となる。このうち、①と②は主に機械の設計・製造段階で実施するもので、製品の自由な流通を目的とする欧州の機械安全制度の活用を図っている。これに対し、③及び④は、労働安全を確保するために特に重要と考えて提案した制度である。

なお、タイプB災害の労働災害防止戦略では、通常時の安全管理に対応する未然防止策だけでなく異常時の危機管理に対応する被害拡大防止策を独立防護層（IPL:Independent Protection Layers）として構築して行くことが重要と考える。

特に、一般に被害拡大防止策は人の注意力や設備の信頼性に依存せざるを得ない確率的な対策との思い込みがある。しかし、実は被害拡大防止策に決定論的な考え方を導入することによって、タイプB災害に伴って生じる被害を著しく低減することも可能と考えられる（この具体例に、杉本らが提唱しているクリティカル・インタロックがある）²¹⁾。したがって、今後は決定論的観点からの被害拡大防止策について引き続き検討を進める必要がある。なお、タイプBの労働災害防止戦略は現段階で十分なものでないので、引き続き検討して高度化を図っていく必

要がある。

5.10 事故の人的要因とヒューマン・エラー

2.2) ~ 2.4)

1) 運転行動の階層モデルからみたヒューマン・エラー対策

今日、事故原因として無視できない影響を持つのが人的要因、いわゆるヒューマン・エラーである。ヒューマン・エラーには、個人が起こすものと集団・チームで起きるものがある。

個人が起こすエラーは、意図せずに行う狭義のヒューマン・エラーと、法律等に反することを知りつつ意図的に行う「不安全行動」がある。

狭義のヒューマン・エラーは、視力・記憶力等人間の能力の限界や、錯覚・勘違い等を起こす人間の性質が原因となっている。このため、努力や根性はエラーの根本的な解決法にはならないのである。一方、不安全行動は危険であることを知りつつ行われる。これは、「手間やコストをかけたくない」、あるいは周囲の人に「迷惑をかけたくない」「よい評価をされたい」心理から起こるとされる。

集団やチーム内で生じるエラーは、主に人間同士のコミュニケーションの場面において、伝えるべきことを伝えない、うまく伝えられない、情報共有がされないといった問題である。これは過度の信頼、過度の遠慮、無関心等によって生じるとされる。

このヒューマン・エラーによる事故防止に向け、人間の行動を構成する要素を4つの階層に分け、対策を検討することが提唱されている。

最下層のレベル1は、基本的な技能やルールの習得である。

次に、危険予知(KY)訓練などを通して危険を予測し、身につけた知識や技能を現実に即して適切に用いることができるようにする段階がある(レベル2)。

しかし、これだけではヒューマン・エラー防止対策として十分ではない。技能の向上や危険予知だけでは事故防止対策として限界がある。

営利企業において利用者・顧客の要望に応え、営業収入を上げることは重要である。しかし、効率を重視するあまり無理な業務計画をたて、安全確保がおろそかになると、いくら技能や危険予測能力を身につけても事故が起きる可能性が高くなる。このように、業務計画のたて方が、事故防止に大きな役割を果たす(レベル3)。

さらに、この安全軽視の業務計画の背後には、当事者の効率重視等の価値観や、「自分なら大丈夫」という誤った自己評価、あせりや疲労をうまくコントロールできない性質が潜んでいる

(レベル4)。このような、いわば感情面のコントロール力が、最も支配力のある業務遂行上の技能とされる。

これら4つの要素が階層構造を持つということは、下層の能力を身につけても、上層で安全を軽視する価値観を持っていれば安全な行動は実現されない、いわば上層の要素が下層の要素を無効化するということである。

加えて、会社としての業務遂行の場合、レベル4(個人の価値観等)に影響を与えるのが、会社組織の風土・文化と考えられる。経営トップが売り上げ重視のあまり規則違反を黙認すれば、その価値観は組織中に広がり、現場のルール違反は増加の一方であろう。また、経営トップが現場から都合の悪い情報が上がってきたら叱責するという態度では、事故情報は隠蔽され、十分な原因の分析・対策策定がされないまま、同じような事故を繰り返すことになる。近年では事故や不祥事を起こした会社に対する社会の目は厳しさを増している。企業として存続していくためにも、組織の安全文化の構築は不可欠となっている。

2) 安全文化の構築

「安全文化」とは、「安全には、その重要性にふさわしい注意が最優先で払われなければならない。安全文化とは、そうした組織や個人の特性と姿勢の総体である。」と定義され、安全文化を構成する一般的な要素は、「第一に組織内に必要とされる枠組みと管理階層の責任、第二に組織内の枠組みに対応し、そこから利益を受けるすべての階層の従業員の姿勢である」とされた。

日本では2005年に公共交通機関でヒューマン・エラーを原因とする事故・トラブルが多発したことを受け、2006年10月、運輸事業者の組織内に「安全文化」の構築を目指す制度(運輸安全マネジメント制度)が策定されるなど「安全マネジメント」への注目が高まっている。

安全確保を目的とした制度という意味では、これまでも、会社法における内部統制システム(コンプライアンス体制、リスク管理体制の構築)による企業不祥事の防止や、労働安全衛生マネジメントによる労働災害の防止等の形で事故防止が図られていた。上記の運輸安全マネジメント制度は、組織内の安全管理体制の構築を通じ、組織内への安全文化の浸透を究極の目的とする点で特徴がある。

3) 安全マネジメント

2005年に多発した事故・トラブルの背景として、組織の中で安全最優先の意識および経営管

理部門と現場との意思疎通の欠如が指摘されているが、この意識の浸透および組織内のコミュニケーションの確立には経営管理部門の率先垂範が不可欠である。

このため、安全マネジメントという観点からは、経営トップが自らリーダーシップを発揮し、安全管理体制の構築・運営を行う責務があることを明確にするとともに、経営層から安全確保の責任者を選出し、組織内に安全確保の重要性を意識づけ、安全担当者の地位向上を図ることが重要となる。

次に、安全管理体制構築のために必要とされる取り組み内容は、安全文化の重要な構成要素とされる「報告する文化」「正義の文化」「柔軟な文化」「学習する文化」の構築を具体化しているといえる。

「報告する文化」は、自分のエラーを積極的に報告しようとする組織の雰囲気を作り上げることである。安全管理体制の構築に当たっては、ヒヤリ・ハット報告に対する免責も含め報告へのインセンティブを持たせる必要があること、現場からの情報について一定期間内に管理部門からフィードバックするなど積極的に活用することで、報告しやすい社内文化構築を目指している。またこれに資する取り組みとして、コミュニケーションと情報共有（トップダウン、ボトムアップの情報の流れ、部署間での情報共有）の確保が重要となる。

報告する文化が効果的に機能するには、報告された情報について組織がどのように処罰または報償を与えるかが重要であり、組織として許容できる／できないを明確かつ的確に線引きすることを、「正義の文化」とよぶ。法令をはじめとするルール遵守に対する報酬の付与と違反行為に対する処罰のバランスをとりながら、ルール遵守へのインセンティブを維持・向上させる必要がある。

組織として危機に直面したときに、自らの組織構成を再構成し、臨機応変に対応できるようにするのが「柔軟な文化」である。安全管理体制の構築においては、会社の存立を揺るがすような重大な事故が起きた場合に備え、組織体制や対応方法をあらかじめ定め、有事の際は迅速適切に組織的な対応をとれるように備えることとされ、さらに事故対応体制等を定期的に見直し改善を図る必要がある。

さらに、組織内の安全情報から正しい対策を導き出し、必要であれば大きな改革を実施するのが「学習する文化」である。安全管理体制では、安全確保に向けた各種取り組みについて、定期的に進捗状況および有効性をチェックし、

問題点を適時適切に解決するとともに、安全管理体制全体（全体の方針、年間の取り組み計画、安全に関わる組織構成、予算配分等）の見直しと改善を行うことが求められている。これらの取り組みはそれぞれ単独で存在するのではなく、それぞれが作用し合い、その組織の安全文化を構成するのである。

4) 社会制度の観点からの安全マネジメント

法令は、遵守すべき基準や資格を求めることで事故の未然防止を図るものと、事故が発生した場合に民事、刑事、行政上の責任を負わせることで事後的に被害者の救済とともに事故の再発防止を図る形で安全の確保を目指しているといえる。

しかし、法令による技術基準や技術者資格の設定は、基準の硬直化と現実との乖離、ひいては国際規格、国際水準との不適合を生じるおそれもある。また、責任追及が重視されるあまり原因究明が十分行われず、将来の安全対策に必要な情報が得られないという問題も指摘されている。

そこで、安全性確保への取り組みを促進させる仕組みとして、保険制度の活用があげられる。保険は、被害者の個別的救済(リスクの社会的分散)を図りつつ、付保の条件として基準適合検査を行うことで安全基準を徹底し、安全性に応じた傾斜的保険料率とすることで安全性向上へのインセンティブ付与を図ることが可能となる。また、事業者にとっては事業への予測可能性を付与することで産業の活性化にも資するであろう。

以上のとおり、システム安全は、ハードウェア・ソフトウェアに加え、人間の特性、そして安全な組織の構築と社会のシステムという総合的な観点から安全確保を目指すものである。

5.11 日本の法規制や社会制度に反映できる関連技術の調査

1) 防火・防爆と安全規格²⁵⁾

爆発性雰囲気においては、何らかの着火源の存在により爆発が起こり、その結果として危害が生じる。爆発の予防と防護に関する規格として、EN1127-1:2011「爆発性雰囲気-爆発の予防と防護-基本概念と方法論」がある。この規格は、欧州指令 94/9/EC (ATEX) 及び 2006/42/EC 付属書 I の 1.5.7 項の本質的要件に適合するように策定されたものである。そして、ISO12100 に準拠したタイプ A 規格である。

欧州規格 EN1127-1:2011 では、爆発を誘発する危険状態の識別及びアセスメントの方法並び

に必要な安全性の確保のための適切な設計及び製造方法を定めており、これは以下の手順により達成される。

- ・危険の同定 (hazard identification)
- ・リスクアセスメント (risk assessment)
- ・リスク低減 (reduction of risk)
- ・使用上の情報 (information for use)

危険源の同定では、以下を考慮することとなる。

- ・燃焼特性 (combustion properties)
- ・着火要件 (ignition requirements)
- ・爆発挙動 (explosion behavior)

リスクアセスメントの要素として、以下が挙げられる。

- ・爆発性雰囲気生成の量と可能性の確定
- ・着火源存在の確定
- ・爆発の影響評価
- ・リスクの評価

欧州規格 EN1127-1:2011 では、リスクの低減において、はじめに予防(prevention)、次に防護(protection)を行い、そして最後に情報(information)の提供を行うことが規定されている。この順序の考え方は、国際安全規格 ISO12100:2010「機械類の安全性-設計の一般原則-リスクアセスメント及びリスク低減」におけるリスク低減方策における3ステップメソッドと同一のものである。予防で低減できなかった場合にのみ防爆電気機械器具の方策に頼るべきである。はじめから防護や情報で安全を確保する遣り方は、国際安全規格の考えから逸脱するものである。

リスクの低減の基本原理は、

- 予防：①爆発性雰囲気の回避
②着火源の回避

防護：構造的な防護手段

となっており、第一に予防、第二に防護を行う。

基本的な爆発予防策は、可燃性物質を不燃性物質に代替すること、および可燃性物質の濃度を抑制することである。そして、危険区域の分類として、爆発性雰囲気の発生頻度や継続時間をもとにゾーンに分類される。

Zone 0：ガス、蒸気またはミスト状の可燃性物質と空気との混合物質で構成する爆発性雰囲気が連続的に、長時間または頻繁に存在する区域

Zone 1：ガス、蒸気またはミスト状の可燃性物質と空気との混合物質で構成する爆発性雰囲気が通常運転中でもときどき生成する可能性がある区域

Zone 2：ガス、蒸気またはミスト状の可燃性物質と空気との混合物質で構成する爆発性

雰囲気が通常運転中に生成する可能性がなく、生成しても短時間しか持続しない区域

防爆対策は、安全規格に基づいて行われる。具体的には、危険源の同定(燃焼特性、着火要件、爆発挙動)、リスクアセスメント(爆発性雰囲気生成の量と可能性の確定、着火源存在の確定、爆発の影響評価、リスクの評価)、並びにリスクの低減(予防、防護、情報)である。これらの方策は、システム安全の考え方に通ずるものである。合理的にリスクを低減して安全を確保することが重要である。

日本では、防護による方策、例えば防爆電気機械器具(IEC60079-0等)、並びに使用上の情報に頼る傾向が強いが、本来は予防でリスクを低減できなかった場合にのみこれらの方策に頼るべきである。はじめから防護や情報で安全を確保するあり方は、国際的な安全規格の考えから逸脱するものであり、今後の改善が強く期待されることである。

爆発性雰囲気での爆発の発生確率を定性的に示したゾーン分類と安全設計のためのカテゴリの概念があり、両者の関係が示されている。予防により防爆のための十分な対策を施すことにより、防護のための装置が必ずしも必要とはなくなる。安全確保の観点からのみならず、コストの観点からも今後検討する価値があると考えられる。

2) 感電防止と安全規格²⁶⁾

交流アーク溶接作業に伴う感電災害防止対策は、日本では交流アーク溶接機用自動電撃防止装置(以下、電撃防止装置という)が使用されている。一方、国際的にはアーク溶接装置に関わる規格のアーク溶接電源(IEC 60974-1 Ed3:2012)に基づいた危険低減装置などが使用されている。ここでは国際規格に基づく保護装置について調査を行った。

(a) 最高無負荷電圧の制限

国際規格では、アーク溶接機の最高無負荷電圧を厳しい電撃を伴うか否かによって次の2種類に区分している(表16参照)。

- ① 厳しい電撃の危険を伴う環境で使用
直流出力のピーク値が 113V
交流出力のピーク値が 68V 及び実効値が 48V
- ② 厳しい電撃の危険を伴う環境で使用
直流出力のピーク値が 113V
交流出力のピーク値が 113V 及び実効値が 80V

ここで、厳しい電撃の危険を伴う環境とは、アーク溶接作業に伴う電撃危険性が、通常のア

ーク溶接作業に比較して増大する環境であって、具体的には次のように例示されている。

- a) 動きの自由が制限され、その結果作業者が導電性部品との物理的な接触を伴う窮屈な姿勢（ひざを突く、座る、横になるなど）で溶接することを強いられる場所。
- b) 導電性部品によって全体的に、又は部分的に制約及び制限されており、作業者が避けられないか、若しくは偶然に接触してしまう危険性が高い場所。
- c) 湿度又は発汗によって、人体の皮膚抵抗、及び附属品の絶縁抵抗値がかなり低下する、ぬれた、湿った、若しくは高温の場所。

なお、電撃の危険性が増大する環境の中には、作業者の近傍の導電性をもつ部分が絶縁されている場所は含まない。

(b) 危険低減装置の使用

危険低減装置とは、許容最高無負荷電圧を超えた無負荷電圧によって生じる感電危険性を低減するために定められた装置である。この装置では、外部出力回路の抵抗が 200Ω を超えたときに、自動的に最高無負荷電圧を表 17 に示す電圧値以下に低減する。そのときの動作時間は表 17 に示す値以下でなければならない。

例えば、最高無負荷電圧である交流出力の実効値が 48V を超え 80V 以下であれば、動作時間は 2 秒、交流実効値が 80V を超え 100V 以下であれば動作時間は 0.3 秒と規定されている。もし危険低減装置が正常動作をしなかった場合には、自動的に交流出力電圧の実効値を 48V 以下にしなければならない。

(c) 国際規格と日本の労働安全衛生関係法令との比較

表 18 に、日本の労働安全衛生関係法令である労働安全衛生規則第 332 条、及び交流アーク溶接機用自動電撃防止装置構造規格第 12 条、第 13 条、及び第 13 条の 2 との主な相違をまとめる。これらのどちらが安全側であるかは議論のあるところであるが、このような点も含めて、交流アーク溶接作業にともなう感電災害防止対策として、国際規格との整合化の検討が必要と考えられる。

3) 鉄道における安全規格²⁷⁾～³¹⁾

(a) 機能安全・システム安全と鉄道制御システム
コンピュータ制御の安全を対象とする機能安全は、ISO 13849-1:2006 (Safety of Machinery – Safety-related parts of control systems – Part 1: General principles for design) などに見られるように機械安全の分野においても重要な位置を占めるようになっている。このような機能安全に

関する安全管理については、高度な安全レベル (SIL 4) が要求される鉄道制御システムを対象とする EU 地域での鉄道システムの安全管理が先進的な取り組みとして参考となる点も多い。

EU 地域の鉄道制御システムに大きな影響を与えている EU 指令として、インタオペラビリティ指令と鉄道安全指令の 2 つある。前者は、EU 統合後の高速鉄道網構築を目的とするもので、国境ごとでの機関車交換を必要としない EU 共通の列車制御システムを開発し、国際列車運転のスムーズな直通運転を実現する。具体的には、1996 年に高速鉄道を対象とした EU 指令が制定され、2001 年に在来線を対象とした指令が制定された（その後、これら 2 つの指令は 2004/50/EC で修正）。このようなことを背景に、EU における列車制御システムの開発のために機能安全に関する EN 50126 (RAMS)、EN50128 (ソフトウェア)、EN 50129 (セーフティケース)、EN 50151 (安全伝送) などの CENELEC 規格が 1990 年代の後半には制定された。その後、2000 年代の前半には、これら CENELEC 規格はそれぞれ IEC 62278、IEC 62279、IEC 62425、IEC 62280 となった^{24)～26)}。

後者の鉄道安全指令は、EU 域内の鉄道の安全向上と鉄道輸送サービス市場へのアクセス改善を目的とし、2004/49/EC (Railway Safety Directive) として 2004 年に制定された。これを受けて、その実施・管理組織としての ERA (European Railway Agency) がフランス Valenciennes に設置された。ERA の設置目的と使命は Regulation (EC) No. 881/2004 (Agency Regulation) で規定されている。

インタオペラビリティ指令と鉄道安全指令に関することは、ERA が中心となって制度構築が進められている。現在は、鉄道制御システムの認証等に関しては、認証機関、各国ごとの Safety Authority (許認可を行う国土交通省に相当) によって行われているが、将来的には ERA が中心となって行われる可能性がある。

(b) 欧州における鉄道制御システムの安全管理の現状

ERA では、SMSs (Safety Management Systems)、CSMs (Common Safety Methods) や CSTs (Common Safety Targets) を検討している。SMSs は、上下分離方式となっているヨーロッパの鉄道事業者とインフラ管理者に対する各国の安全管理当局のための安全管理におけるプロセス・手続きを規定する。CSMs は、鉄道の輸送および設備に関するリスクアセスメント

方法に関するものであり、前項の SMSs が組織的な管理に重点があるのに対して、より技術的で運転・設備を対象としているとみることができる。CSTs では、鉄道の安全レベルを維持・向上するための共通安全目標値であり、換算死者数/旅客列車・km などのデータを扱う。

設備の更新や新システムの開発などにおいては、リスクアセスメントが必要であり、その意味で CSMs は重要なものである。2009 年に CSMs に関する Regulation が制定されている²⁸⁾。この Regulation の特徴は、最初にハザードの同定および分類を行い、鉄道システムに対する変更や新規性の影響の大きさに応じて安全への影響評価のためのリスク受容原則を選択するというものである。

CSMs のリスクアセスメントの方法として、Regulation では以下のような方法をとる。

- ① 鉄道事業者あるいはインフラ管理者のうちの当事者が、対象とする鉄道システムの変更（新技術の採用を含む）の安全への影響を考察する。鉄道システムの変更が安全への影響がないと判断された場合には、リスク管理プロセスの適用は必要とされない。
- ② 鉄道システムの変更が安全に影響すると判断された場合、専門家の判断によって次の 3 つのうちの 1 つの対応をとる。
 - (i) 安全への影響が大きい場合、当事者が自分の安全手法を適用する
 - (ii) 安全への影響が大きい場合、本 Regulation を適用する
 - (iii) 安全への影響が大きかつ特に安全当局の関与が必要とされる場合、別に規定されている手順・手法を適用する
- ③ 上記②の本 Regulation を適用したケースとして、安全への影響の評価には、次の 3 つのリスク許容原則の 1 つあるいは複数を用いる。
 - (i) 実績のある技術・規格類によるリスクアセスメント (code of practice)
 - (ii) 参照システムとの比較によるリスクアセスメント (similar reference system)
 - (iii) 明示的なリスクアセスメント (explicit risk estimation)

安全への影響の評価のための i ~ iii の原則の適用には、変更の内容が関係する。変更の内容およびその安全への影響が大きい場合には、iii. 明示的なリスクアセスメントによる定量的な解析と評価（たとえば危険故障の発生確率 10^{-9} など）が必要とされる。

c) 鉄道制御システムの安全管理の今後の動向

現在、EU 域内では、上記のインタオペラビリティ指令、鉄道安全指令などと関連づけながら鉄道制御システムの安全認証が行われている。しかし、鉄道列車制御システムの認証・使用許可においては、認証機関、安全管理当局、鉄道事業者、インフラ管理者が関与することもあって、鉄道制御システムの実際の運用開始には多くの時間を要しているのが実情である。このような状況において、EU では上記の 2 つの指令と Regulation の改訂し、鉄道列車制御システムの認証・使用許可の手続きを ERA を中心的にしたより効率的なものにしようという動きがある。

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、本考察は平成 26 年度に重点的に実施する予定なので、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た“申し合わせ”に過ぎない。したがって、規格に適合していることは必ずしも安全であることを保証するものではなく、単に関係者間の承認の下に作成された申し合わせ事項に適合しているに過ぎないことを理解しておく必要がある。

このような“申し合わせ”として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第 5.6 節で既に述べた。

これに対し、妥当性確認 (Validation) とは「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」をいう。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に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 21 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る。

以下、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

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21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³³⁾。

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21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21は、この問題を解決するための構造でもある。

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。

表19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³²⁾。

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、機械による労働災害の8割近く（79%）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、機械による労働災害の3分の2近く（67%）を防止できることが推察された。

ただし、こ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する必要がある。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ため、現在も上記の推察が有効かも別途検証する必要がある。

実際の労働災害は、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い。

表20～表22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全災害の44%、広大領域内作業に関連する災害は全災害の36%、第三者による誤った起動に起因する災害は全災害の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%と全災害の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おり、これらの技術を考慮した労働災害防止効果の検証が必要と考える。

さらに、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22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。

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を行わない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。

今後は、このような方法の可能性も含めて検討を進めていく予定でいる。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った規定が必要になると考えられる。

6.3 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 23 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 24 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 24 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

以上の法規制を踏まえた上で、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、高度な知見と能力を備えた技術専門家による支援体制が不可欠である。

このために、①国立大学法人長岡技術科学大学システム安全系の修了者、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」などの資格を有する者を活用すべきである。

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。今後は、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。

第7章 結論

欧州の機械安全に関する法規制及び社会制度の基本的枠組みは、1985年のニュー・アプローチ政策によって確立したと考えられる。この政策では、①安全上の必須要求事項である欧州指

令とこれを補完する体系的な技術仕様書である EN 規格、②モジュール方式による適合性評価と欧州域内での相互承認、③自己責任に基づき製品の必須要求事項への適合を自ら宣言する CE マーキングなどが、日本の労働災害防止対策でも大変参考になると考えられる。このため、本研究では、上記①～③の法規制や社会制度を日本の機械安全分野でも活用することによって、機械による労働災害の大幅な減少が図れるかの検証を試みた。具体的には、欧州の機械安全に関する法規制や社会制度の内容と実態を調査・分析するとともに、現段階で想定できる日本での法規制及び社会制度を仮説として複数設定し、各仮説を対象に労働災害防止効果や実現可能性及び問題点などの検証を行っている。このうち、平成 25 年度に得られた主な結果は次のとおりである。

- 1) 日本の強みは、鉄鋼・自動車・化学などの現場で質の高い安全管理と生産技術を達成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、欧州の機械安全技術や制度を適切に活用すれば、日本の現場力に基づく新しい枠組みの安全技術を構築できる可能性がある。これは、働く人の安全(労働者保護)だけでなく日本の国際競争力の強化という観点からも意義がある。
 - 2) 機械安全に関する国内外の情報を調査・分析したところ、機械の使用段階の妥当性確認について十分な知見が得られていないことが判明した。そこで、この点に重点を置いてドイツ・フランス・イギリスの現地調査と欧州に本社を置く企業等に対するヒアリング調査を実施し、日本で望まれる機械の使用段階での妥当性確認のあり方を明確にした。これは、災害が多発している中小零細企業が有する機械の労働災害防止対策として特に有効と考えられる。
 - 3) 上記 2) と併せて欧州での機械による労働災害の発生状況を調査した。しかし、欧州では域内で統一的な労災保険制度がないという事情もあり、欧州を起源とする機械安全技術の有効性を十分に検証できるデータは得られなかった。むしろ、この種のデータは日本の方が整備されていると考えられる。このため、本研究では、日本で発生した機械災害のデータを利用してこの検証作業を実施することにした。これは平成 26 年度以降に取り組む予定でいる。
 - 4) 欧州機械安全の考え方を日本に取り入れる場合、再発防止から未然防止、件数重視から重篤度重視という戦略転換や想定外の考慮
- が特に重要である。また、“人は誤り機械は故障やトラブルを起こすことを前提に対策を実施する”などの基本原則や、公平性、公開性、透明性、中立性などの手続き要件が重要である。これは、研究代表者が提唱している根拠に基づく安全理論 (EBS: Evidence-Based Safety) の内容とも一致する。
- 5) 欧州での現地調査及び国内外の企業等に対するヒアリング調査などを行った結果、機械の保護方策では ISO12100 に定められた本質的安全設計方策及び安全防護の重要性が改めて確認できた。そこで、これらの方策に機械の使用段階での妥当性確認、及び研究代表者らが提案している根拠に基づく安全理論 (EBS) の成果も加味した上で、日本の現場に適用可能と考えられる新たな災害防止戦略を提案した。
 - 6) 上記の本質的安全設計方策及び安全防護(ガードまたは保護装置)を法規制に取り込むだけで、現在発生している機械による労働災害の相当部分を防止できる可能性が示唆された。この検証は平成 26 年度以降に取り組む予定でいる。
 - 7) 上記 5) の結果では、特に中小零細企業に対するマーキングの有効性が改めて確認できた。これは、専門知識のない人でも適合性評価が完了していることを容易に確認できるためである。また、機械災害に関する情報を機械の設計・製造者に確実にフィードバックすること、機械の設計・製造者や使用者に対して安全技術に関する情報を提供する支援システムの必要性、及びこれらの人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の重要性が改めて確認できた。
- 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が重要と考える。
- 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る。

平成 26 年度以降は、以上のような観点も考慮した上で、実際の研究活動を進めたい。

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・糸川壯一、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) 古澤登、元気な職場を作る実践的安全活動－安全スタッフ・管理監督者が組織を変える－、中災防新書 (2012)
- 12) 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)
- 13) 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
- 14) 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
- 15) 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・大嶋勝利、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)
- 16) 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)
- 17) 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－労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価－、労働安全衛生研究、Vol. 5、No. 1 (2012) pp. 33-44
- 18) 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－労働損失日数の活用によるリスクの定量的評価と比較－、労働安全衛生研究、Vol. 5、No. 2 (2012) pp. 87-97
- 19) 杉本旭・糸川壯一・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
- 20) 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
- 21) 本間慶太・杉本旭、原子力プラントの深層防護とクリティカル・インタロックの概念、安全工学シンポジウム 2013 (2013) pp. 338-341
- 22) 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)
- 23) IAEA Safety Series No.75-INSAG - 1 "Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident" Vienna (1986)
- 24) IAEA Safety Series No.75-INSAG - 4 "Safety Culture" Vienna (1991)
- 25) EN 1127-1:2011、Explosive atmospheres - Explosion prevention and protection - Part 1: Basic concepts and methodology
- 26) IEC 60974-1 ed4.0 : Arc welding equipment - Part 1: Welding power sources
- 27) EN 50126 : Railway applications - The specification and demonstration of Reliability 、 Availability 、

- Maintainability and Safety (RAMS) (IEC 62278)
- 28) EN 50128 : Railway applications - Software for railway control and protection systems (IEC 62279)
- 29) EN 50129 : Railway Applications : Safety related electronic railway control and protection Systems (IEC 62425)
- 30) EN 50159-1、 -2 : Railway applications - Communication, signalling and processing systems - Safety-related communications in closed (open) transmission systems (IEC 62280-1、 -2)
- 31) 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
- 32) 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
- 33) 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

- ・図 21 文献 33) の p. 18 の図 2
- ・図 23 文献 33) の p. 19 の図 3
- ・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 9 文献 6) の p. 219
- ・表 10 JISB9705-1:2011 表 3
- ・表 11 文献 8) の p. 6 の表 3
- ・表 12 文献 8) の p. 7 の表 4
- ・表 13 文献 15) の p. 2 の表 1. 1
- ・表 14 文献 14) の p. 105 の表 3
- ・表 15 文献 14) の p. 105 の表 4
- ・表 19 文献 32) の p. 55 の Table1 を修正
- ・表 20 文献 32) の p. 58 の Table6 を修正
- ・表 21 文献 32) の p. 60 の Table8 を修正
- ・表 22 文献 32) の p. 60 の Table9 を修正

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 16 文献 15) の p. 3 の図 1. 1
- ・図 17 文献 15) の p. 7 の図 1. 4
- ・図 18 文献 4) の p. 25 の図 2. 2
- ・図 19 文献 13) の p. 335 の図 2
- ・図 20 文献 13) の p. 335 の図 3

II. 研究成果の刊行に関する一覧表

- 1) 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
- 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 -、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

III. 研究成果の刊行物・別刷

別添のとおり。

梅崎・齋藤・清水・濱島・芳司・岡部・池田・山際・富田・福田・木村・三上・平尾・岡本・門脇・阿部・大塚

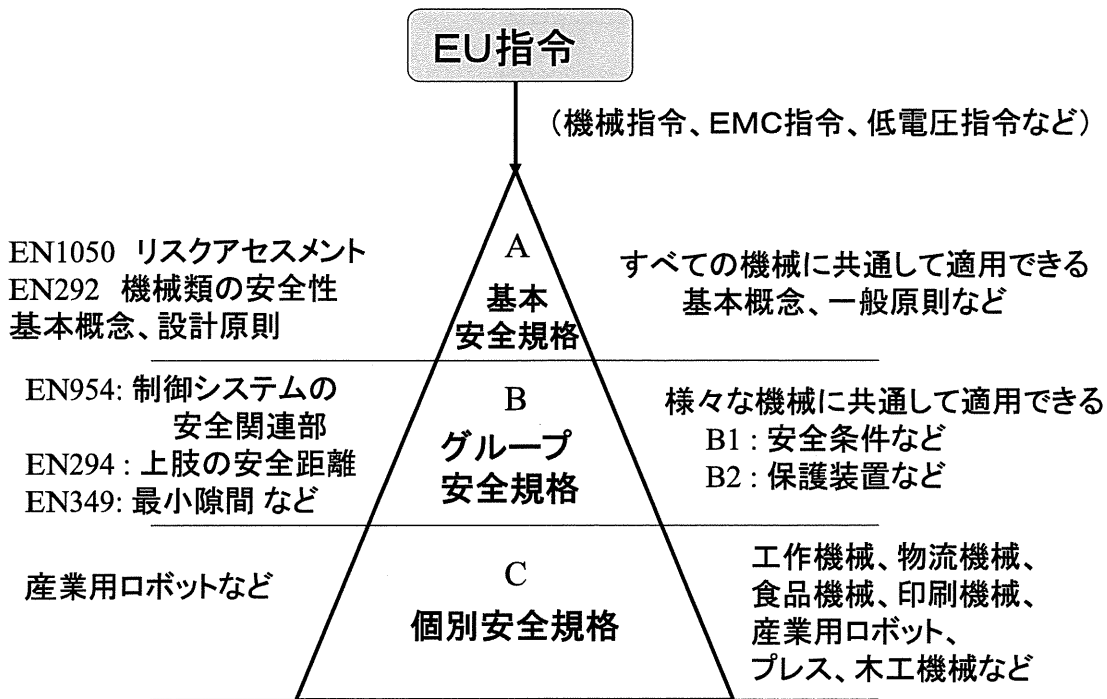


図1 EN規格の体系

設計段階の 適合性評価	A (内部生産管理)	Aa (EU公認機関が製造者を補佐する内部生産管理)	B (型式試験)				G (ユニットの検定)	H (全体の品質管理)
	<ul style="list-style-type: none"> 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に保管しておく。 	<ul style="list-style-type: none"> 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に保管しておく。 EU公認機関は、製品の安全性を確保するために、必要に応じて指導や助言を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、指定された形式の製品のサンプルと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。 EU公認機関は、製品サンプルが指令の要求事項に適合しているかを審査し、適合している場合、EC形式審査証明書を発行する。 				<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。
製造段階の 適合性評価	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)	G (ユニットの検定)		H (全体の品質管理)	
	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、必須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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 製造者は、必須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。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。 EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。 製造者は、必須要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造者は、ISO 9001に基づいた品質管理システムを構築する。 EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。 製造者は、必須要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。 製造者は、必須要求事項への適合を宣言し、CEマーキングを行う。 	<ul style="list-style-type: none"> EU公認機関は、製品の全数を検査する。 製造者は、適合宣言とともに、CEマーキングを行う。 		<ul style="list-style-type: none"> EU公認機関は、ISO 9001に基づいて製造者を監視する。 製造者は、適合宣言とともに、CEマーキングを行う。

図2 モジュール方式による適合性評価

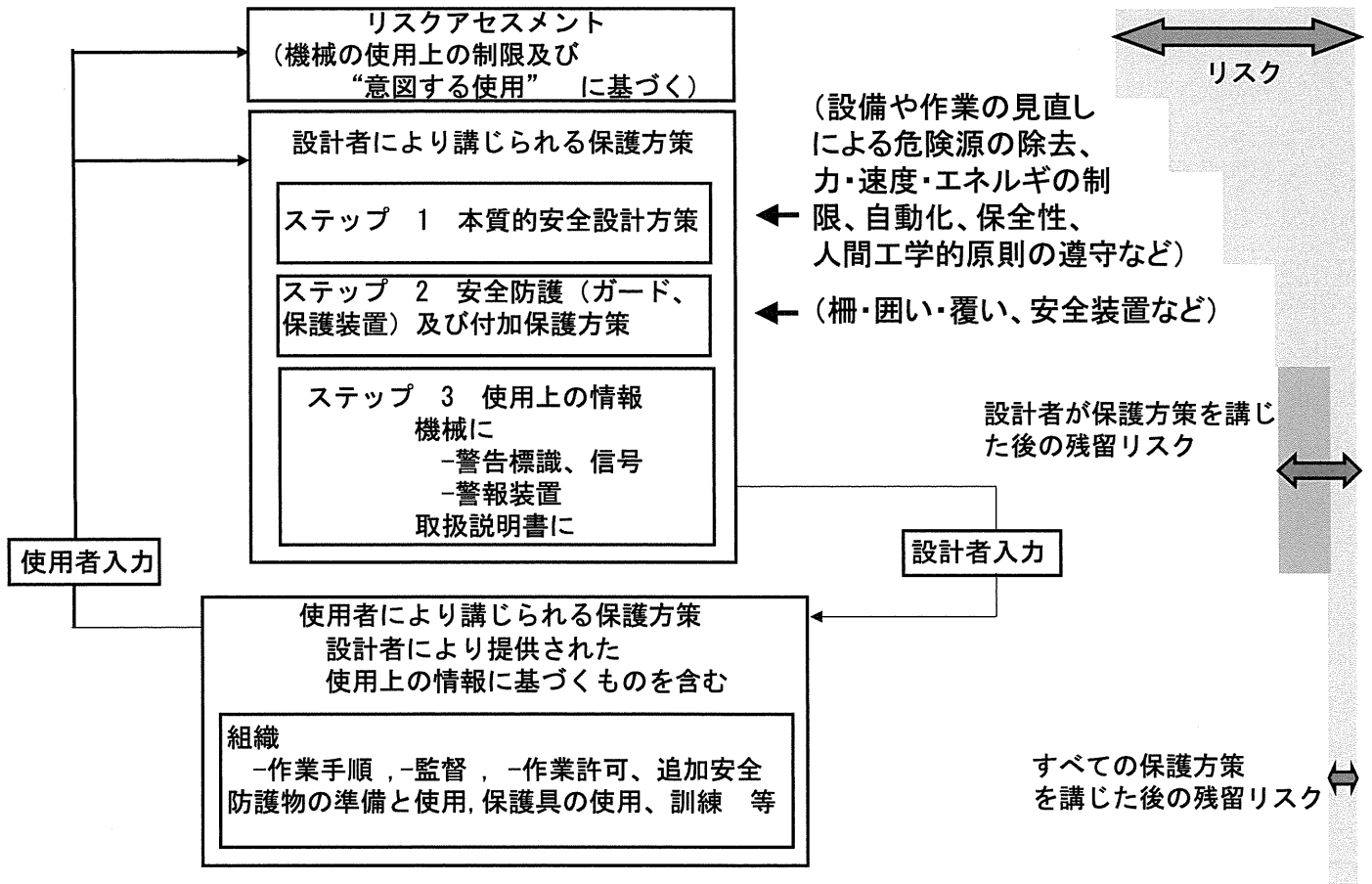


図3 ISO12100のリスク低減戦略

- 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。

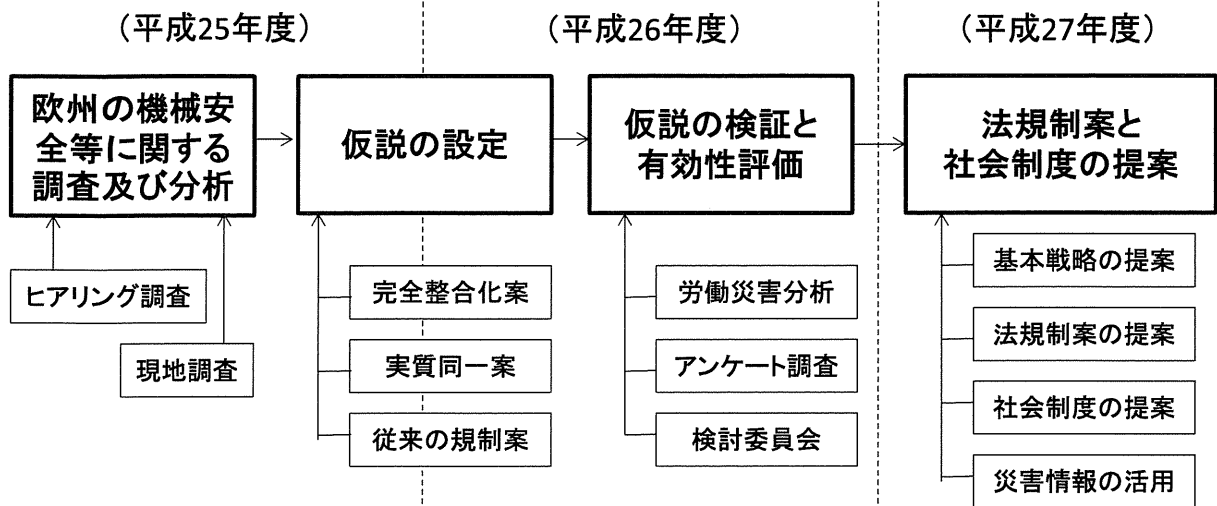


図5 研究全体の流れ図

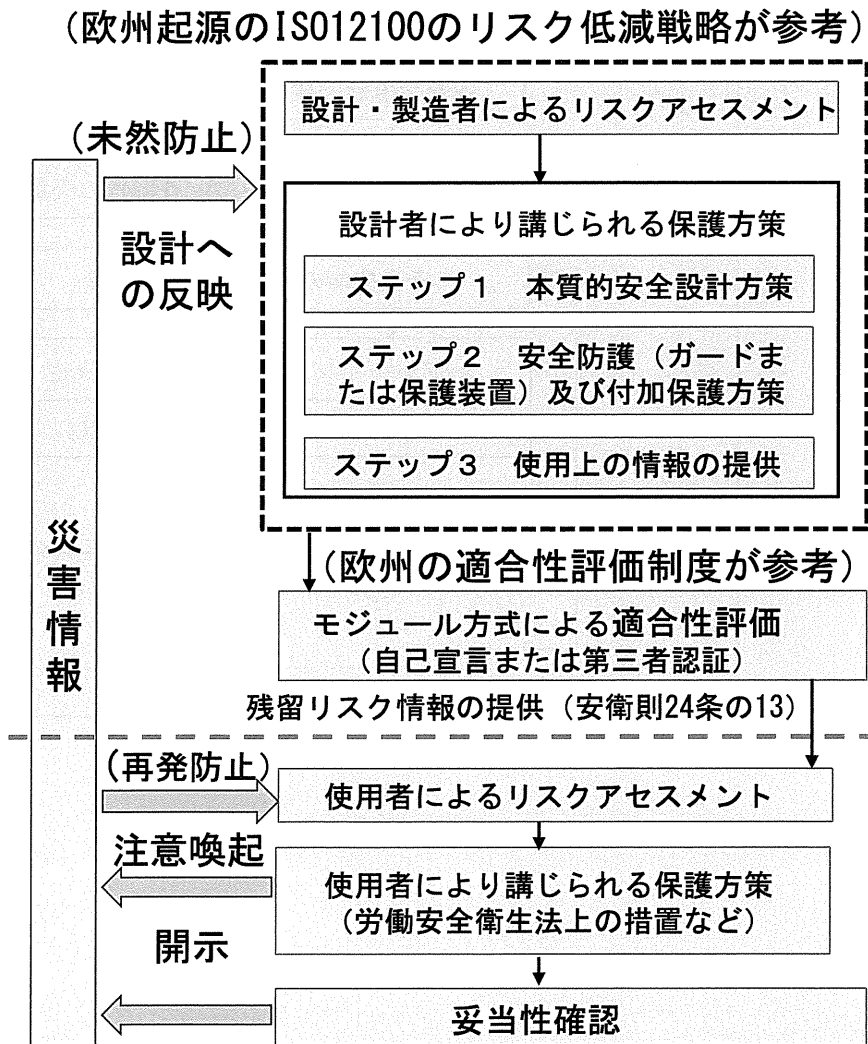


図6 法規制案と社会制度の例(実質同一案の場合)

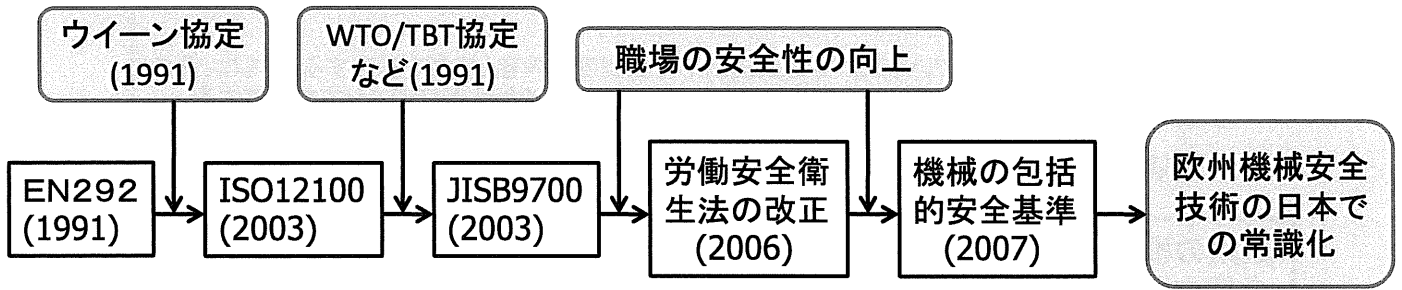


図7 欧州機械安全技術の日本への影響

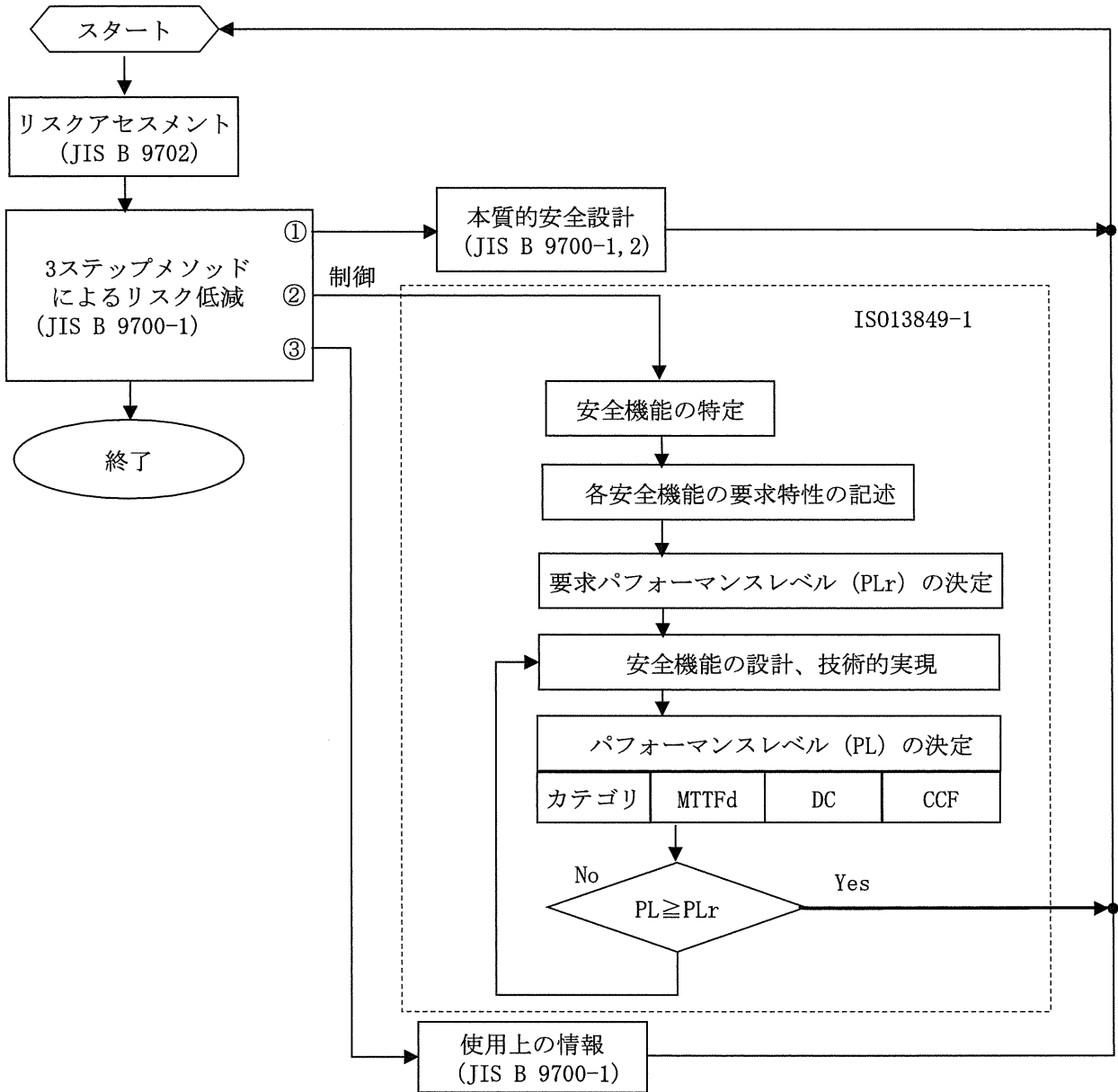


図8 SRP/CSの設計手順とその位置付け